平成 31 年度（令和元年度）林野庁補助事業
中高層建築物を中心とした CLT 等新たな木質建築部材利用促進・定着事業

CLT を活用した先駆的な建築物の建築等支援事業

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を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業　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　・・・・　6
1.3.3　専門家派遣　・・・・　10
1.3.4　各実証事業の講評とまとめ　・・・・　10
1.4　成果報告の構成について　・・・・　11

2　成果報告

2.1　（株）大林組　・・・・　14
2.1.1　建築物の仕様一覧　・・・・　14
2.1.2　実証事業の概要　・・・・　15
2.1.3　成果物等　・・・・　19
・設計概要
・CLT耐力壁及びCLT床の設計ディテール
・実大架構モックアップ施工試験報告
・乾式CLT遮音床の性能実証報告
・木質部材で構成するCLT耐火床の検討報告

2.2　（有）タマディックホールディングス／（株）坂茂建築設計　・・・・　35
2.2.1　建築物の仕様一覧　・・・・　35
2.2.2　実証事業の概要　・・・・　36
2.2.3　成果物等　・・・・　40
・CLT合成構造・CLTロの字柱　構造概要
・試験体の詳細
・試験内容・結果
・試験結果考察
・その他事項とコスト比較、まとめ

2.3　（株）ミヨシ産業／福山弘構造デザイン　・・・・　52
2.3.1　建築物の仕様一覧　・・・・　52
2.3.2　実証事業の概要　・・・・　53
2.3.3　成果物等　・・・・　57
・倉庫棟構成概念図
・詳細図等
・施工時写真
・ストレストスキンパネル試験
・倉庫棟S 造倉庫との仮定コスト比較

１．　事業の概要

１．１　事業の概要

我が国の森林は人工林を中心に利用期を迎えており、この豊富な森林資源を活かして木材製品の国際競争力の強化を実現するためには、これまで木材利用が低位であった非住宅や中高層建築物などの分野で木造化・木質化が推進されることにより、木材製品の新たな需要創出やコスト競争力の向上につながることが期待されている。このため、CLT を活用した先駆的な建築物の建築実績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、CLT の実需に結びつくよう効果的に支援を行う必要がある。

そこで本事業は、コストや耐震・居住性能、施工性に優れた CLT の多様な活用事例を全国各地に創出する観点から、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 3 件の応募があり、それら 3 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 80 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 50,000,000 円を予定。採択件数の目安は 2 件程度。

（７）公募期間

平成 31 年 4 月 26 日（金）～令和元年 6 月 6 日（木）

提出書類は令和元年 6 月 6 日（木）　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 3 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 1 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抜粋を以下に記す。

（１）（株）大林組

CLT を耐力壁および床に用いた 11 階建て耐火純木造ビルの設計、性能実証事業である。架構形式としてはラーメン架構であり、1 方向は CLT による耐力壁を用いた耐震要素付きラーメン架構としている。実大架構モックアップ施工試験を行っており、CLT 耐力壁および床の施工性、適正ディテールを検証できた。また、CLT 床の床衝撃音試験を行い、軽量で安価かつ汎用性のある乾式 CLT 床によって、ホテルに求められる程度の遮音性能が確保できることを確認できた。

（２）（有）タマディックホールディングス／（株）坂茂建築設計

RC と CLT の合成構造を採用した地下 1 階、地上 8 階の事務所ビルの設計、性能実証事業である。モックアップを製作し、これによりディテールを検証するとともに、これを試験体

とした架構試験を行い、構造性能の検証を行った。CLT を活用して適材適所に構造性能を負担し、耐火性能は RC で担保する事例には前例がなく、中大規模建築の木質化の一案として設計実証ができた。

（３）（株）ミヨシ産業／福山弘構造デザイン

営業所の倉庫棟と事務所棟の 2 棟についてそれぞれ CLT を活用した実証事業である。倉庫棟については、倉庫棚のタテ板を兼ねた耐力要素として利用する他、屋根天井にストレストスキンパネルとして使用している。ストレストスキンパネルについては性能評価試験を行っており、汎用的に展開できるよう取りまとめた。事務所棟については、CLT を 3 次元トラス架構に用いており、2 棟の実証によって CLT の様々な有効利用方法を示した。

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31年度（令和元年度）　CLTを活用した先駆的な建築物の建設等支援事業　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	株式会社大林組 代表取締役　蓮輪賢治	株式会社大林組一級建築士事務所 伊藤　泰	（仮称）OYプロジェクト計画	設計、性能	構造体	都市型純木造高層建築のモデルとなる純木造10階建の研修所の計画である。その中で、床、壁、階段にCLTを用いた先導的な設計実証、部材の性能実証を行った。①スラブ厚・重量の削減と遮音性能の確保を実現する乾式CLT床の設計、性能実証、②施工方法、コスト削減に配慮したCLT床、壁、階段の各所ディテールの設計実証を行った。	①従来の遮音性能を向上させるための質量付加や吸音材付加の高価な方法ではなく、施工性・コストに配慮したCLT床の構成を検証した。②純木造では、木の耐火部材同士の取合い部の施工方法やコスト検討を行い、設計実証を行った。	神奈川県横浜市	用途：研修所 構造：地階RC造+木造ラーメン構造+CLT耐震壁、CLT床 階数：地上10階、地下1階 延べ面積：3497.92㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2022年3月	・実大架構モックアップ試験体の製作においてBIMモデルとCAMの連携及び加工精度の確認を行うとともに、施工試験により、CLT床及びCLT耐力壁のディテールの施工性や適正寸法を確認した。 ・床衝撃音試験により、高価な付加質量材や吸音材に頼らない、軽量で安価かつ汎用性のある乾式CLT床によって、ホテルに求められる程度の遮音性能が確保できることを確認した。	株式会社大林組設計本部 伊藤　翔
2	有限会社タマディックホールディングス 森實　敏彦	株式会社　坂茂建築設計 坂　茂	事務所ビル新築工事の建築設計実証	設計、性能	構造体	8階建事務所ビルの設計に際して新しい合成耐火木造の開発を行った。今回開発する構造材（床、柱）はRCとCLTとの合成構造であり、耐火性能をRCで負担することで木材を表しで使用でき、RCと木を適材適所に用いた構法である。	本施設は、RC+木の合成柱とRC+木のフラットスラブで構成した免震構造である。一般的な鉄骨ラーメン構造で設計した場合とのコスト概算比較を基軸に、類似の用途・規模の建築物の、総コスト、工期、人工等を比較しコストメリットを検証した。本事業における材料調達、施工工程・手法等の課題を分析した。	愛知県名古屋市	用途：事務所 構造：RC造+CLT合成柱、床 階数：地上8階、地下1階 延べ面積：4082㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2021年3月	・構造性能を適材適所の部材組み合わせの考え方によってRC+木構造の合成構造とし、耐火性能はRCで負担させる考え方には前例がなく、大規模建築の木質化を進めるための一案として設計実証できた。	株式会社　坂茂建築設計 渡部　玲士
3	株式会社　ミヨシ産業 代表取締役　谷野利宏	福山弘構造デザイン 代表　福山弘	ミヨシ産業広島営業所新築工事の設計実証および建築実証	建築、設計、性能	構造体、部位・部品（ｽﾄﾚｽﾄｽｷﾝﾊﾟﾈﾙ）	建材販売会社営業所の倉庫棟をCLT告示ルート2、事務所棟を木造仕様規定に基づいて設計を行った。それぞれの建物において、特に比較的薄い90mm以下のCLTについて要求条件に合わせた様々な利活用を展開し特性を生かす方法を提案した。協議会において接合部納まりとストレストスキンパネルの実用的な仕様について議論し、汎用性やコストを検討した。実証建築物の建築費は、同規模のS造建物と比較検証した。	倉庫については標準的な形状であり、他工法での類似の用途・規模の建築物の施工実績が豊富に存在する。本事業で実証する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、人工等を比較するとともに、本事業における材料調達、施工工程・手法等の課題を分析することが可能である。構造システムの簡略化・合理化を図ることで、概算比較ではコスト的には遜色ない価格での建設が可能となっている。	広島県広島市	用途：事務所＋用途上不可分の倉庫 構造：[事務所棟]木造軸組構法＋CLTトラス屋根［倉庫棟]CLTパネル工法（ﾙｰﾄ2） 階数：[事務所棟]平屋建て[倉庫棟]2階建て 延べ面積：[事務所棟]157.3㎡[倉庫棟]466.2㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2020年3月	・CLTパネル工法で一般的な壁柱利用と、薄物による面材型利用の組み合わせによる構造合理的なシステムの汎用性について実際の設計を通して確認することができた。 ・薄物のCLTを利用した2次構造的な利用方法を箇所、用途に合わせ有効性を確認できた。 ・CLT壁柱利用における接合部ディテールおよびストレストスキンパネルについて、同様の用途の建築物への普及効果を期待した参考データが得られた。	福山弘構造デザイン 代表　福山　弘

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.1～5 に示す。

表1.3.2 現地調査委員所見

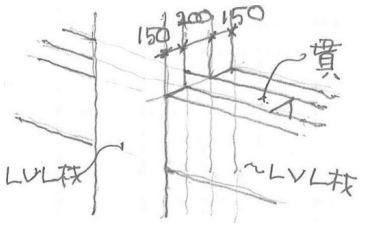
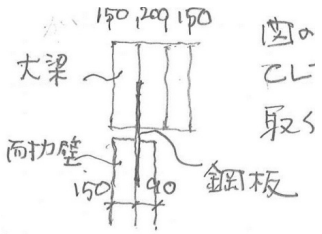
番号 （都道府県順）	1
実施者	株式会社大林組
協議会運営者	株式会社大林組
事業名	（仮称）OYプロジェクト計画
実証の種類	設計、性能
建設地	神奈川県横浜市
現地調査	
時期	令和2年1月30日（木）午前
内容	協議会参加
場所	大林組本社
調査担当委員	成瀬友宏、山辺豊彦、河合　誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・対象となる建物は、耐火建築物か準耐火建築物により建築する必要があるが、既存の技術（国土交通大臣認定の仕様）を使用して、木造の主要構造部にせっこうボードにより被覆した耐火建築物としている。柱・梁・耐力壁等については、地震時の被覆の脱落等の懸念があるが、これまで接合部の加力実験後に加熱試験を実施して、被覆を有効に保持するために、目地処理をする等、耐火性能上問題がないことを確認している点は評価できる。 ・構造上は、階高への配慮から梁天と床天を同一とするディテールに注意して欲しい。（建方時仮サポート等） ・柱通しの架構で、図のような仕口を中心に十字型のピースを工場で製作し現場搬入するとの事。接合部にGIR工法や貫を使用している。 ・建築としての特徴は「木材利用拡大を目指す日本初の高層純木造耐火建築」に集約されているように鉄骨を用いていない接合方法を取っている。さらに建物重量が軽い事により新設の杭が必要なかったなどの副次的メリットも活かした設計になっており、免震構造にする事により地震時応答が弾性範囲内に押さえられるという安心感もある。 
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	・耐火に関する検討内容を報告書に記載するのであれば、「どういった当初計画に対して、どういった検討をして、その結果、どの部分が技術的課題となって、検討が止まったか」を記載することを希望する。 ・階高への配慮からCLT床とLVL梁の取付詳細に対しては、梁天と床天端をそろえる場合、床の鉛直支持と水平剛性を併せて考える必要があると思われる。 ・実現に向けて、構造、防耐火、遮音性、施工の各分野の全般的な実証事業が行われているが、その報告を記載して欲しい。 ・開発課題のひとつである床の重量床衝撃音遮断性能は　目標性能Lr55としており、新開発の板ばねでその性能をクリヤーしようとしている。現状ではLH-60（125HZで決まっている）で2月より日総試で試験を予定されている。是非、結果をオープンにしていただきたい。
その他	・実大施工試験にてCLT耐力壁の施工性を確認されたようである。図のように鋼板を梁LVLの150位置に取付け、CLT板耐力壁厚を外側t=150、内側t=90の間で取付けており、特に問題がなかったとのことである。 ・自社の宿泊施設を伴った研修施設であり、全国の大林マンが木造建築に直に触れられる施設として　有効に機能（木造に対する理解を育む）する事を期待する。 

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	2
実施者	有限会社TMK
協議会運営者	株式会社坂茂建築設計
事業名	事務所ビル新築工事の建築設計実証
実証の種類	設計、性能
建設地	愛知県名古屋市
現地調査	
時期	令和元年10月28日（月）午前
内容	CLT耐力壁水平加力試験見学
場所	ベターリビング　つくば建築試験研究センター
調査担当委員	河合直人
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・剛性、耐力とも事前の計算による予想を上回る十分な値であることが確認されており、順調に設計が進むものと考える。 ・予測値と実験結果との差異については、その理由を考察していただき、計算の信頼性向上に繋げていただけると有り難い。 ・構造物全体の構造解析については、柱内でのCLTとRCとの接触による干渉の影響、安全限界変形の設定方法、床の曲げ変形を考慮した曲げ戻し効果（による柱のモーメント低減の度合い）など、様々な検討課題があると考えられる。 ・特に、下層の耐力壁の剛性、耐力は、連層効果により単層での実験とは異なる（引抜力が増大しロッキングが増大するので見かけの剛性が低下する）と考えられる。構面の解析等で補われると思うが、適切なモデル化が必要である。
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	・実験結果のみならず、計算値と実験結果との照合、それを踏まえた構造物全体の解析方法とその解析結果については、今後の有益な資料となるので、成果報告書にわかりやすく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）	3
実施者	株式会社ミヨシ産業
協議会運営者	福山弘構造デザイン
事業名	ミヨシ産業広島営業所新築工事の設計実証および建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	広島県広島市
現地調査	
時期	令和2年1月20日（月）午前
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	中島史郎、赤嶺嘉彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・本事業では「雨水CLT材とCLT壁柱の接合ディテール開発」「倉庫の基礎部分にかかるコストに関するS造との比較」「ストレストスキンパネルの仕様策定と性能試験」という課題を設定し、その課題に着実に対応されている。 ・事務所ではCLTによる面トラスと鋼材張弦を組み合わせた屋根が採用されており、パース図面等から事前にイメージしていたよりも実際の空間は高い意匠性と開放性が実現されていた。 ・内部空間に感じられる木の温もり、トップライトから差し込む光、CLTを立体的配した小屋組の造形など、CLTを代表する建物の一つとなる要素が多く含まれていた。申請書の内観パースよりも実物のほうがかなり良いという印象を得た。 ・トップライトの立ち上がりの壁の部分の断熱が不十分であり、結露の可能性がある旨の指摘を行った。設計者に伝え、改善策についての意見交換を行った。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・CLTを用いた場合、建物各部（CLT部分に限らない）の納まり（納め方）について、特に留意が必要であることを成果報告書に記載すると良いかもしれない。 ・成果報告書への記載は不要であるが、事務棟の棟に設けられた窓部分で結露が発生する恐れを感じたので、対応の検討をお願いしたい。
その他	

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 3 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。

【31-1】（株）大林組

・11 階建て純木造のチャレンジは評価したい。床の遮音にも有益な資料を提供している。
・高層純木造耐火建築で免震構造の建物で、用途は自社の宿泊施設、研修施設。実大の施工試験が行われたビデオも拝見し、実現に向けて、着々と進んでいることを実感した。
・CLT を耐力壁及び床として耐火木構造部材と組み合わせた木造ビル 11 階建てとなっている。高層階木造の試みの一つと期待される。居住空間にかかわる遮音性能を確保するディテールの現実の使用環境下での評価に注目したい。

【31-2】（有）タマディックホールディングス／（株）坂茂建築設計

・RC と CLT の合成構造で構造、耐火を満たそうという有りそうで無かった構造。CLT の柱の耐力が意外に大きい。ハンチの寄与がどの程度期待できるのか知りたい。
・RC と CLT の合成柱、合成床などに新しい試みがなされている。

【31-3】（株）ミヨシ産業／福山弘構造デザイン

・ストレストスキンパネルや薄物 CLT による屋根架構など、構造上の意欲的な試みを短期間で実現している。
・面トラスと鋼材張弦を組合せた屋根は高い意匠性が実現されている。
・CLT を構造材として用いることに対する新しい提案が行われており、実建物として実証をしている。事務所棟の屋根構造を CLT と張弦材を用いて成立させ、造形的に美しい屋根天井を屋内側に見せている点など設計に工夫が見られる。
・角度を持って配置された屋根構造の一部となる CLT にトップライトから光があたるなど採光についての配慮もなされている。トップライト部分の断熱については、検討すべき点があるかもしれないが、総じて CLT の活用方法についての新しく有用な提案となっている。
・倉庫棟については、外壁 CLT に倉庫の棚を兼ねさせるという新しい提案が行われている。外壁の CLT と基礎を固定する金物が特注品であると思うが、その中で、本建物に限ったことではないが、標準的な金物を用いたディテールが提案できると、普及という観点からは良いかもしれない。

１．４　成果報告の構成について

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

表 1.4.1　成果報告の構成

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

表1.4.2 建築物の概要

事業名			○○施設の新築工事
実施者（担当者）			
建築物の概要	用途		
	建設地		
	構造・工法		
	階数		
	高さ（m）		
	軒高（m）		
	敷地面積（㎡）		
	建築面積（㎡）		
	延べ面積（㎡）		
	階別面積	１階	
		２階	
		３階	
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		
	ＣＬＴ使用量（㎥）		
	壁パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	床パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	屋根パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		
	木材使用量（㎥）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		
仕上	主な外部仕上	屋根	
		外壁	
		開口部	
	主な内部仕上	界壁	
		間仕切り壁	
		床	
		天井	
構造	構造計算ルート		
	接合方法		
	最大スパン		
	問題点・課題とその解決策		
防耐火	防火上の地域区分		
	耐火建築物等の要件		
	本建築物の防耐火仕様		
	問題点・課題とその解決策		
温熱	建築物省エネ法の該当有無		
	温熱環境確保に関する課題と解決策		
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	
		外壁	
		床	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		
	建て方における課題と解決策		
	給排水・電気配線設置上の工夫		
	劣化対策		
工程	設計期間		
	施工期間		
		ＣＬＴ躯体施工期間	
	竣工（予定）年月日		
体制	発注者		
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		
	構造設計者		
	施工者		
	ＣＬＴ供給者		
	ラミナ供給者		

２　成果報告

2.1　（株）大林組

事業名			（仮称）ＯＹプロジェクト計画
実施者（担当者）			株式会社大林組
建築物の概要	用途		研修所
	建設地		神奈川県横浜市弁天通２丁目
	構造・工法		木造軸組工法＋CLT壁（耐力壁）＋CLT床
	階数		地上11階・地下1階
	高さ（m）		44.1
	軒高（m）		42.14
	敷地面積（㎡）		563.28
	建築面積（㎡）		397.58
	延べ面積（㎡）		3507.46
	階別面積	地下１階	322.87
		１階	382.94
		２階	307.34
		３階	337.71
		４階	359.19
		５階	336.95
		６階	336.95
		７階	313.32
		８階	325.13
		９階	359.19
		１０階	83.81
		１１階	42.06
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		建築物使用量650㎥
	壁パネル	寸法	150mm+150mm厚/150mm+90mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ+5層5プライ / 5層5プライ+3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	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）		柱/梁：カラマツ/スギLVL
	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		構造材：1100㎥、柱/梁燃え代層：150㎥、その他仕上材：100㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	CLTt150＋胴縁＋木毛セメント板t25＋塗膜防水
		外壁	CLTt150+150(90)＋胴縁＋木毛セメント板t25＋金属葺
		開口部	ダブルスキンカーテンウォール（Low-E複層ガラス：インナーサッシ） アルミサッシ（Low-E複層ガラス）
	主な内部仕上	界壁	LGS＋PB2枚貼り
		間仕切り壁	LGS＋PB2枚貼り
		床	CLTt150＋鋼製上床t300＋フローリング（一部遮音層付加）
		天井	鋼製下地＋合板＋木羽目板張り
構造	構造計算ルート		時刻歴応答解析（性能評価＋大臣認定ルート）
	接合方法		CLT耐震壁：鋼板挿入ドリフトピン接合、CLT床：ビス接合
	最大スパン		大梁：6.9m、小梁：10.2m、CLT床：3.9m
	問題点・課題とその解決策		・CLT耐震壁の効果を十分に発揮させるためにはCLT耐震壁とラーメン架構の最大耐力が発揮する変形角を同程度とする必要がある。そこでCLT耐震壁のジョイントは緩みを持たせたディテールとしラーメン架構に耐震梁を追加することで、両者の最大耐力時の層間変形角をほぼ1/150として架構全体の剛性および耐力を確保した。 ・CLT床の面内せん断力移行機構が不明確であった。そこでCLT床とLVL梁を留めるビス（パネリード）のせん断試験を新たに行い、必要剛性および耐力を満足するビス配置とした。
防耐火	防火上の地域区分		防火地域
	耐火建築物等の要件		あり
	本建築物の防耐火仕様		2時間耐火（一部柱/梁に3時間耐火仕様を採用）
	問題点・課題とその解決策		中高層耐火純木造における避難安全検証法ルートＣ（大臣認定）の採用
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届け出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		断熱性能の高い木造躯体（LVL柱/LVL梁/CLT耐力壁）で内外区画を形成
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	CLT面にはなし
		外壁	CLT面にはなし
		床	CLT面にはなし
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		Lr-55を実現する乾式CLT遮音床の開発
	建て方における課題と解決策		実大施工試験により躯体精度や施工クリアランスの検証を行った
	給排水・電気配線設置上の工夫		縦シャフトは竪穴区画を形成しCLT耐火床へのスリーブを極力要しない計画とした
	劣化対策		燃え止まり石膏ボード面には極力雨が掛からない施工計画とする
工程	設計期間		2019年4月～9月（6カ月）
	施工期間		2019年9月～2020年1月（4.5ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2021年5月中旬～10月中旬（5ヵ月）
	竣工（予定）年月日		2022年3月15日
体制	発注者		株式会社大林組
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		株式会社大林組
	構造設計者		株式会社大林組
	施工者		株式会社大林組
	ＣＬＴ供給者		未定
	ラミナ供給者		未定

実証事業名：（仮称）ＯＹプロジェクト計画
建築主等／協議会運営者：株式会社大林組

１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">研修所</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">神奈川県横浜市</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">木造軸組工法＋CLT 壁（耐力壁）＋CLT 床</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">地上１１階・地下１階</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>44.1</td><td>軒高（m）</td><td>42.14</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>563.28</td><td>建築面積（㎡）</td><td>397.58</td></tr>
<tr><td rowspan="11">階別面積</td><td>地下１階</td><td>322.87</td><td rowspan="11">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="11">3507.46</td></tr>
<tr><td>１階</td><td>382.94</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>307.34</td></tr>
<tr><td>３階</td><td>337.71</td></tr>
<tr><td>４階</td><td>359.19</td></tr>
<tr><td>５階</td><td>336.95</td></tr>
<tr><td>６階</td><td>336.95</td></tr>
<tr><td>７階</td><td>313.32</td></tr>
<tr><td>８階</td><td>325.13</td></tr>
<tr><td>９階</td><td>359.19</td></tr>
<tr><td>１０階</td><td>83.81</td></tr>
<tr><td>１１階</td><td>42.06</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">壁、床、屋根</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（㎥）</td><td colspan="3">建築物使用量 650 ㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（㎥）</td><td colspan="3">構造材：1100 ㎥、柱/梁燃え代層：150 ㎥、その他仕上材：100 ㎥</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CLT の仕様</td><td>（部位）</td><td colspan="3">（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）</td></tr>
<tr><td>壁</td><td colspan="3">150mm+150(90)mm 厚/5(3)層 5(3)プライ/Mx60A 相当/スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A/相当/スギ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">2019 年 7 月～2020 年 3 月（8 カ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">2020 年 3 月～2022 年 3 月（24 ヵ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">2021 年 5 月中旬～10 月中旬</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">2022 年 3 月 15 日</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

① <u>CLT 耐力壁、CLT 床を有する 11 階建て耐火純木造ビルにおける設計実証</u>

【目的】構造設計、施工性の観点より、耐火木構造部材である柱梁と CLT 床の取り合いや CLT 耐力壁のディテールの見極め、検証を行う。

【課題】CLT 耐力壁、CLT 床まわりの各所ディテール設計と施工性の検証

② 乾式 CLT 遮音床の性能実証

【目的】床乾式での CLT 床の遮音性能は、従来、質量や吸音材の付加で確保していたが、付加質量材や吸音材は高価な為、重量衝撃音に対する遮音性能を向上させる安価な仕様・技術の開発を目指す。

【課題】検証する乾式 CLT 床仕様での重量衝撃音性能値の把握
CLT 遮音床のコスト／重量の検証

３．協議会構成員

（設計・構造設計・施工）株式会社大林組
（技術検証）：大林組技術研究所・株式会社シェルター

４．課題解決の方法と実施工程

① CLT 耐力壁、CLT 床を有する 11 階建て耐火純木造ビルの計画を取り纏め、大臣認定（構造評定／構造時刻歴応答解析）を取得した。また、シェルターにより BIM を活用して実大架構モックアップを製作し、施工試験にて各所設計ディテールでの施工性の検証を行った。

② 予備試験とコスト検証を行い、遮音仕様案をとりまとめ、日本建築総合試験所における本試験により性能確認を行った。

＜協議会の開催＞
2019 年 7 月・9 月・10 月・11 月・12 月、2020 年 1 月に協議会開催
＜設計＞
2019 年 7 月~2020 年 3 月：実施設計
2020 年 1 月：実大架構モックアップ施工試験
2020 年 3 月：建築確認申請
＜性能確認＞
2019 年 11 月：CLT 床遮音性能確認予備試験（大林組技術研究所）
2020 年 2 月：CLT 床遮音性能確認試験（日本建築総合試験所）

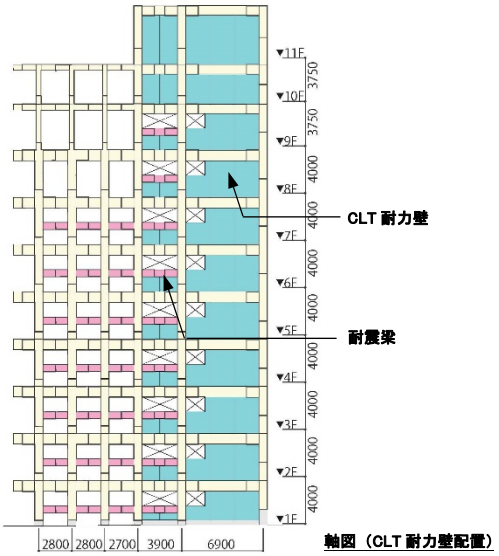
５．得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。

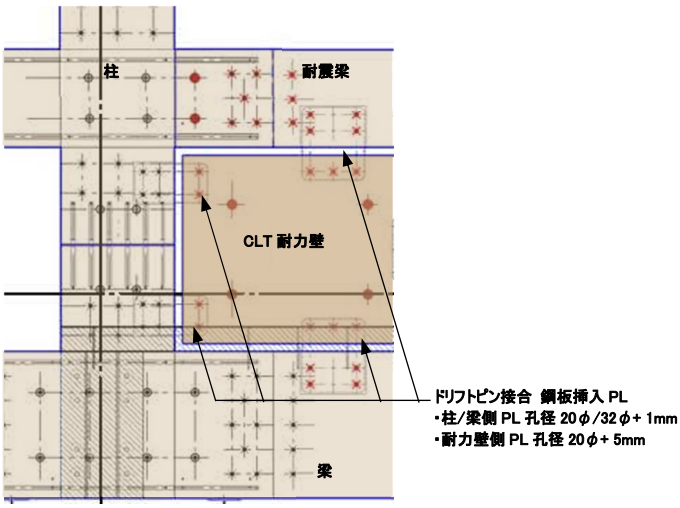
① CLT 耐力壁、CLT 床を有する 11 階建て耐火純木造ビルにおける設計実証

<CLT 耐力壁まわりの設計ディテール>

CLT 耐力壁の効果を十分に発揮させるためには CLT 耐力壁とラーメン架構の最大耐力が発揮する変形角を同程度とする必要があるが、CLT 耐力壁のジョイントは緩みを持たせたディテールとしラーメン架構に耐震梁を追加することで、両者の最大耐力時の層間変形角をほぼ 1/150 として架構全体の剛性および耐力を確保した。



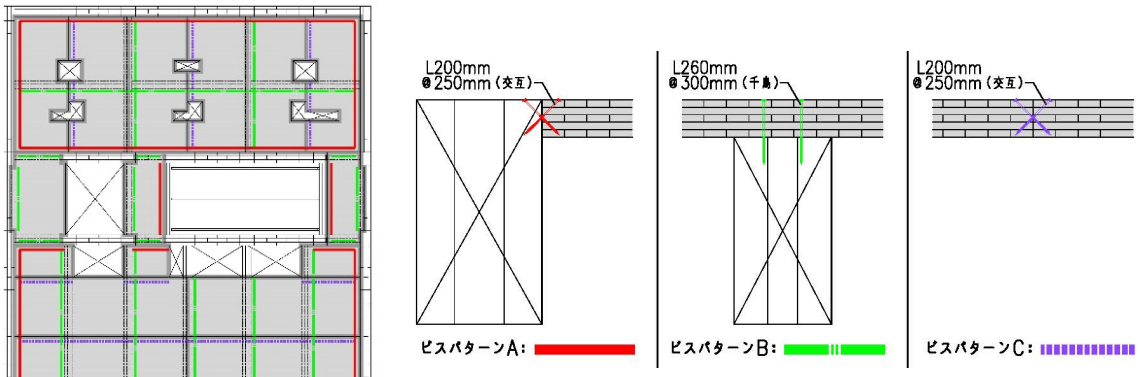
軸図（CLT 耐力壁配置）



CLT耐力壁まわりの設計ディテール

<CLT 床まわりの設計ディテール>

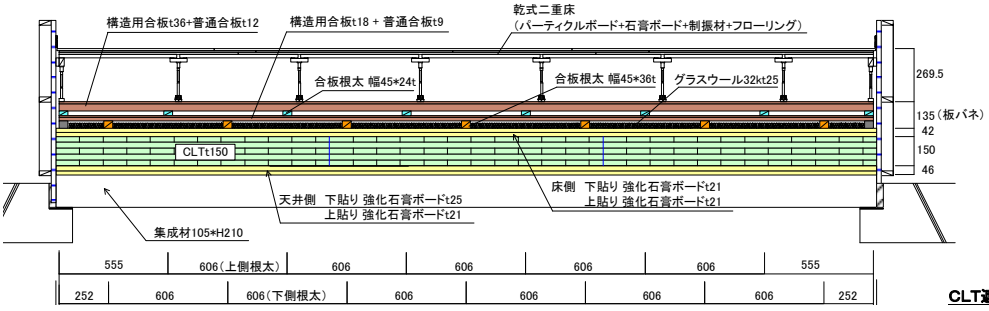
CLT 床の面内せん断力移行機構が不明確であったが、CLT 床と LVL 梁を留めるビスの一面せん断試験を新たに行い、必要剛性および耐力を満足するビス配置とした。



CLT床割付け ＋ 支持ビスパターン

② 乾式 CLT 遮音床の性能実証

根太床の上に更に根太床を重ね、下側の根太床合板が板バネとして作用して床衝撃時に CLT 板へ伝わる振動を低減する乾式の床仕上げ構造を CLT 床板上に施工し、重量床衝撃音に対する性能検証を行った。1 時間耐火仕様の 150mm 厚 CLT で $L_{i,Fmax,r,H(1)}$-65 に対して、板バネ床と乾式二重床を施工することにより、天井がなく軽量な床構造（208kg/m²）でも $L_{i,Fmax,r,H(1)}$-55 の性能が得られ、且つ床上の歩行振動性能も良好であることを確認した。



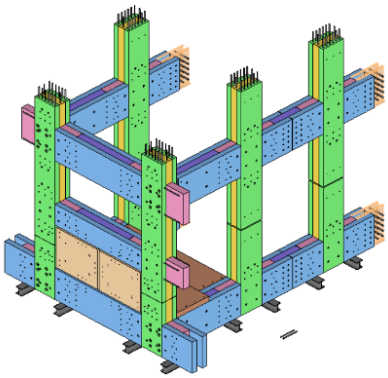
CLT遮音床試験体の構成

6．本実証により得られた成果

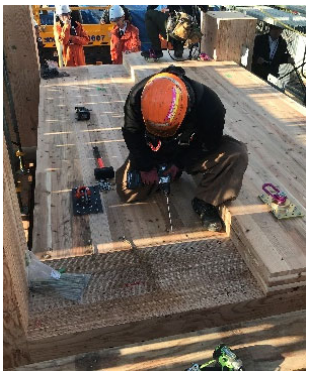
・実大架構モックアップ試験体の製作においては、BIM（revit）モデルと CAM の連携及び加工精度の確認を行うとともに、施工試験により、階高を抑えるために大梁と天端を合わせた CLT 床の施工性や適正クリアランス(2mm)、柱/梁に挿入された鋼板の両側から CLT で挟み込んでドリフトピン接合する CLT 耐力壁の施工性や適正ドリフトピン孔寸法(+5mm)を確認した。

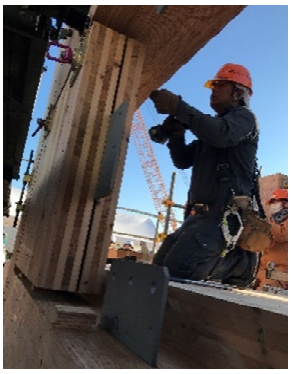
・床衝撃音試験により、高価な付加質量材や吸音材に頼らない、軽量で安価で汎用性のある乾式CLT床で、ホテルに求められる程度の遮音性能が確保できることを確認した。

・本事業で得られた設計及び施工性に関する知見は、今後計画が増えると考えられる中高層木造ビルにも活用することができる。



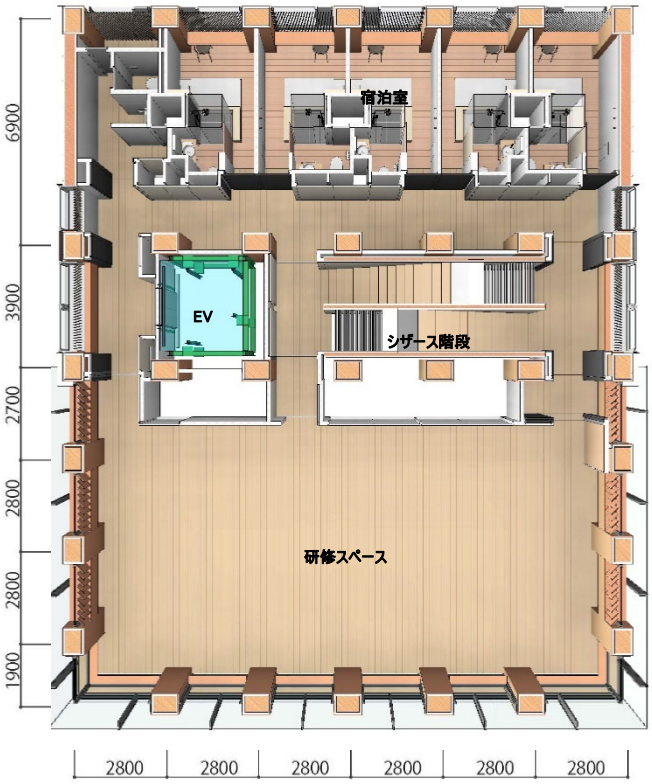
実大架構試験体 BIM モデル





実大架構モックアップ施工試験状況

7．建築物の平面図・立面図・写真等



平面アクソメ

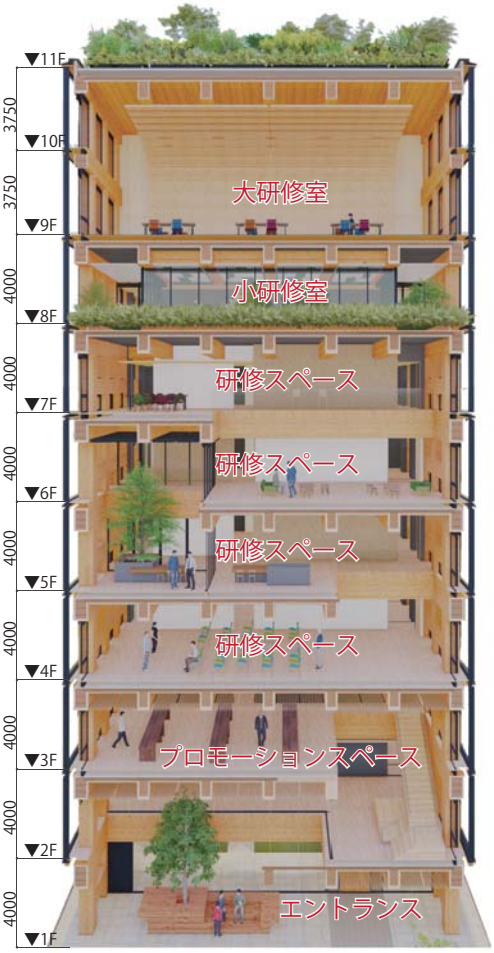
外観パース

① 設計概要

1-1. プロジェクト概要

本施設は、持続可能な社会、木材利用拡大を目指す日本初の高層純木造耐火建築物である。世界的にも類を見ない構造部材（柱・梁・床・壁）をすべてを木材とすることで、木材利用量・炭素固定量を拡大させ高層純木造耐火建築物の様々な技術開発に取り組み、調達、施工方法を検証、確立する。また、木質化された空間デザイン、自然を取り込む技術によって、利用者の健康と快適性を高め、ZEB Ready、WELL 認証、および LEED 認証の取得を目指し、自由闊達なコミュニケーションの誘発により、新たなイノベーションや企業文化を生み出すことをコンセプトとした次世代型研修施設である。

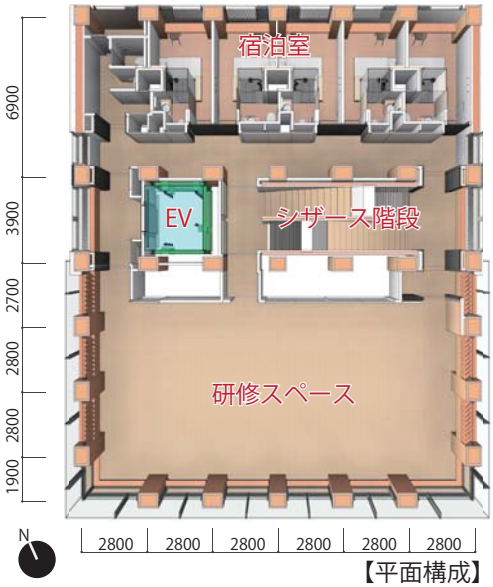
【外観パース】



【断面構成】

■計 画 地：横浜市中区弁天通二丁目
■敷地面積：563 ㎡
■延べ面積：3,507 ㎡
■規　　模：地下 1 階
　　地上 11 階建
■構　　造：地上 木造
　　地下 RC 造
　　（地下 1 階柱頭免震）
■用　　途：研修室／宿泊室
■工　　期：2020 年 3 月～ (24 か月)

【建築概要】



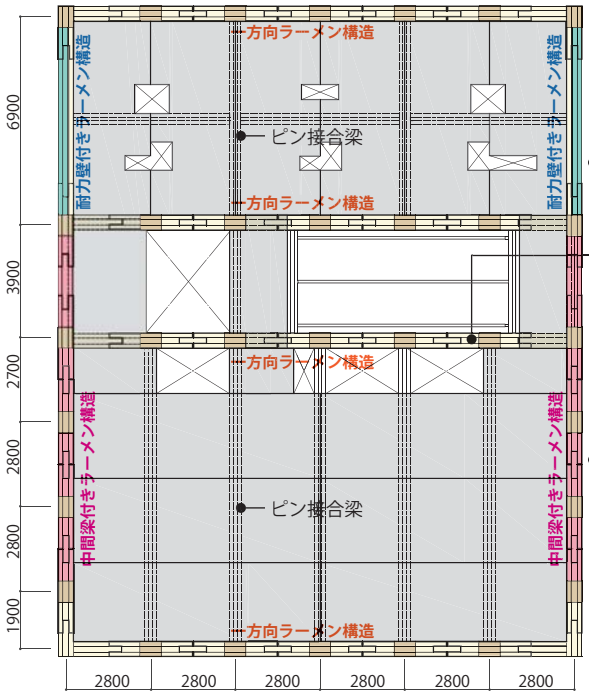
【平面構成】

1-2. 構造計画

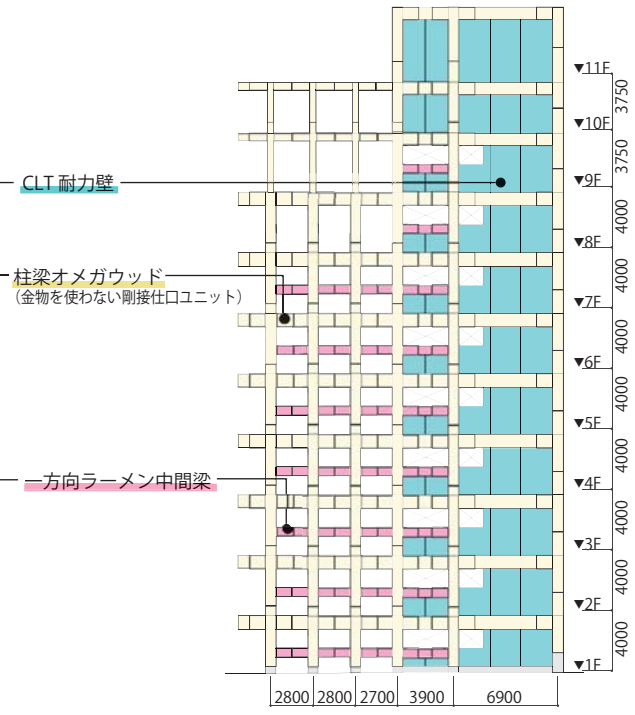
■構造概要

・構造種別は 1 階床・梁を鉄筋コンクリート造とし、1 階柱より上部を木造とする。
・柱、大梁断面は LVL（オメガウッド）、耐力壁と床は CLT で構成した純木造とする。
・架構形式は X 方向ラーメン架構、Y 方向耐震要素付きラーメン架構とし、Y 方向のラーメン架構には、耐震要素として各階中間階レベルの剛接梁 (耐震梁) 及び CLT 耐力壁設ける。
・純木造とすることにより、建物重量の軽量化が図れ、新設杭が不要となった。
・当該敷地は狭小な為、免震クリアランスを 450mm とした変形制御型免震構造を採用する。
・免震周期が建物重量に左右されず、RC 造等一般的な建物と比べて軽量な木造建物に適した、「振り子の原理」による球面すべり支承を免震材料として採用した。
・積層ゴム系の免震材料と比較してコンパクトな材料を用いることで基礎底を浅くし、既存建物の基礎スラブ上に新築建物を計画する。

規　　模		階数	地上 11 階、地下 1 階、塔屋 1 階
		スパン	桁行方向：2.8m×6 スパン 梁間方向：1.9m,2.8m×2 スパン,2.7m,3.9m,6.9m，計 6 スパン
		高さ	建物高さ　地盤面+44.1m　（地盤面＝T.P.+ 3.177m） 基礎底深さ　1FL －6.3m、一部、1FL -3.3m 基準階階高　4.0m
基礎		基礎形式	直接基礎
上部構造	架構		X 方向　木造　純ラーメン構造 Y 方向　木造　耐力壁付きラーメン架構・耐震梁
	主要部材	柱	LVL，B×D＝　500×700　他
		梁	LVL，B×D＝　500×900　他
		壁	CLT, t150+150(90)
	床形式		CLT，t150
木材種別			集成材　E 120　（小梁） LVL　　60E, 90E，120E（柱、梁） CLT　　Mx60（耐震壁、床）



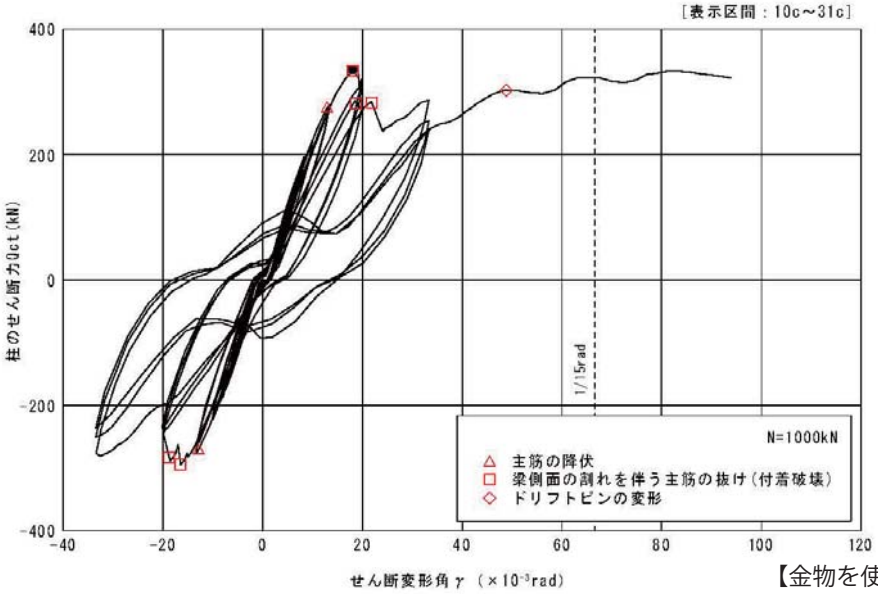
【伏図】

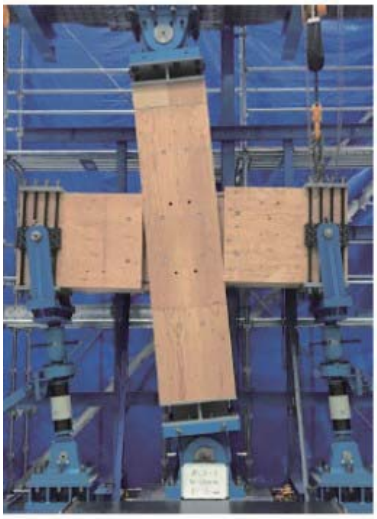


【軸図】

■金物を使わない剛接仕口ユニット

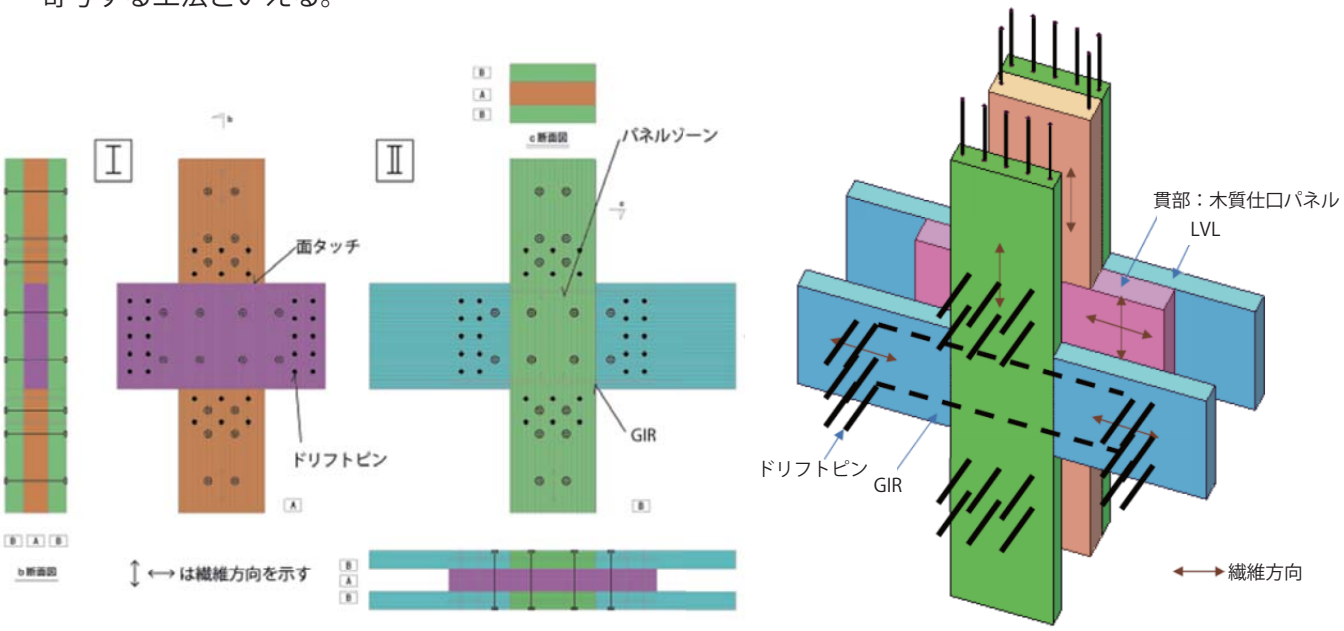
純木造で 11 階を計画するにあたり、柱梁接合部の高剛性化・高耐力化が必要となる。従来の接合では鋼板や形鋼を用いた接合法が用いられてきたが、初期すべりやガタの影響が大きかった。その為、LVL と木質仕口パネルを組み合わせた柱梁接合部（金物を使わない剛接仕口ユニット）を開発し採用した。また、免震構造と併用することにより、地震時応答は弾性範囲内におさめる設計となっている。





【金物を使わない剛接仕口ユニット試験結果】

金物を使わない剛接仕口ユニットは、梁通し部（Ⅰ）と柱通し部（Ⅱ）の２通りの部材で構成され、（Ⅰ）の貫状である木質仕口パネルは、繊維方向を 50%柱と同じ方向とすることで、梁の上下方向へのめり込み強度を向上させて柱軸力を伝達し、さらに梁の曲げによる支圧を柱へと伝達させる。（Ⅱ）は柱･梁ともに繊維方向と材軸方向は一致しており、柱に梁を GIR 工法により接合し、曲げモーメントを伝達させる機構とした。（Ⅰ）と（Ⅱ）を綴り材によって一体化した十字型接合部は、工場で精度良く製作され、十字型接合部同士の接合は、曲げ応力の小さい階高の中央およびスパン中央部で行う。また、あらかじめ工場でユニット製作し建方を行うことが可能であり、施工性の向上に寄与する工法といえる。

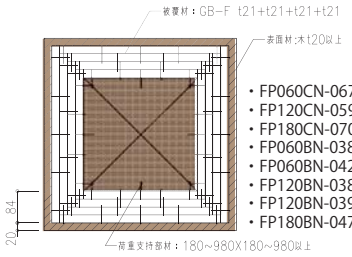


【金物を使わない剛接仕口ユニットの構成】

1-3. 各所耐火設計

① 柱 / 梁：オメガウッド（耐火）

・燃え代＋燃え止まり型

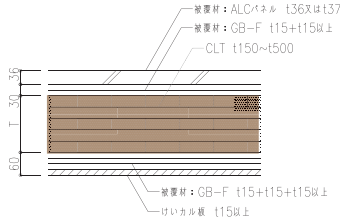


・FP060CN-0677
・FP120CN-0599-1
・FP180CN-0702
・FP060BN-0384-1
・FP060BN-0420
・FP120BN-0385-1
・FP120BN-0392-1
・FP180BN-0477

・外部に面する１階柱には日本初の３時間耐火仕様を採用

② 床：CLT

・メンブレン型

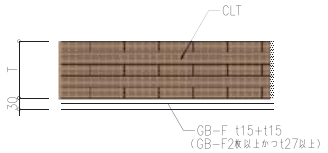


・告示（一時間耐火）
・FP120FL-0141

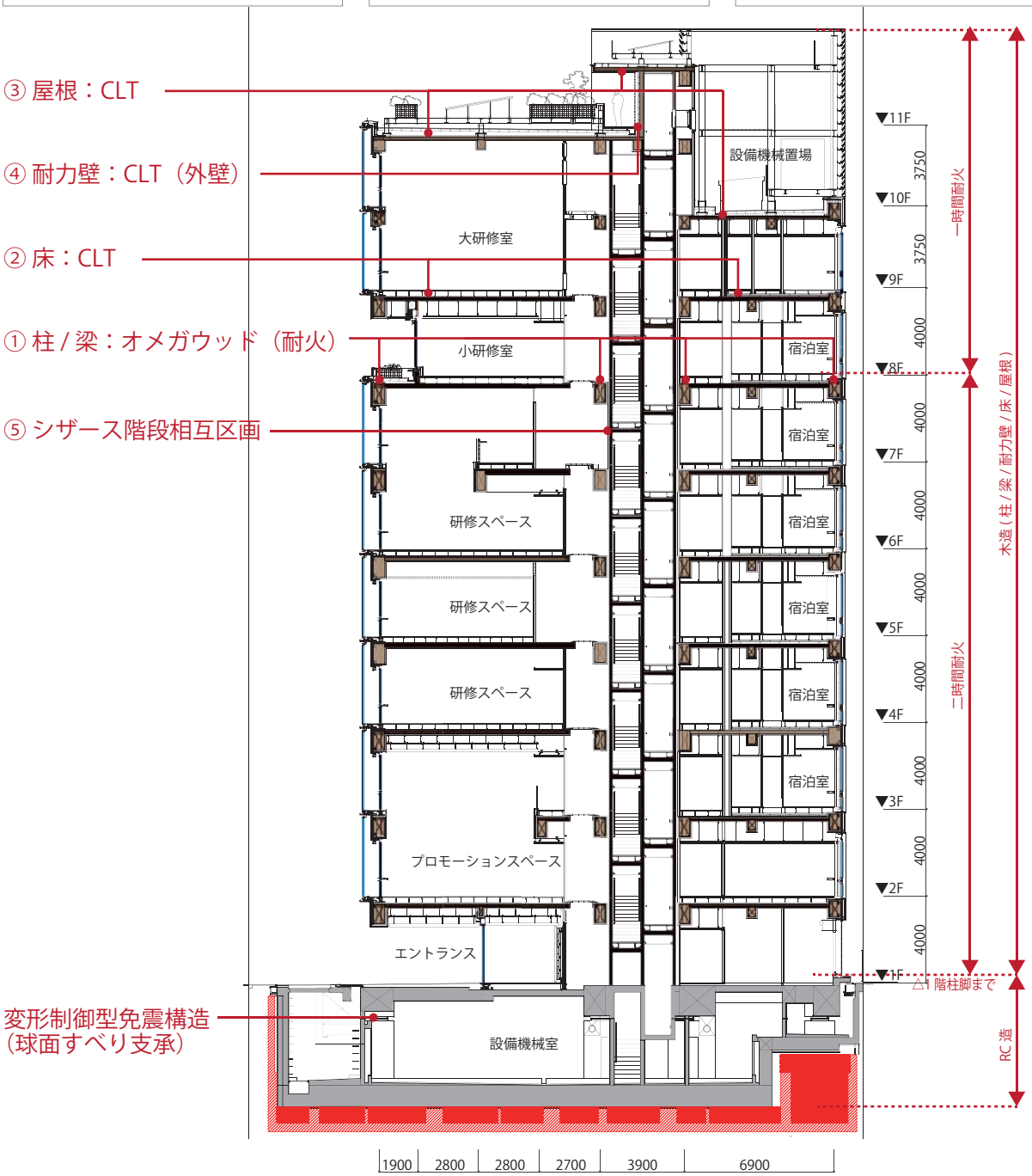
・宿泊室には本事業で新たに開発した板ばね構造遮音床システムを採用

③ 屋根：CLT

・メンブレン型



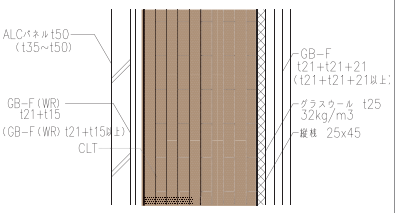
・告示（一時間耐火）



【Y 断面図：1/300】

④ CLT 耐力壁（外壁）

・メンブレン型

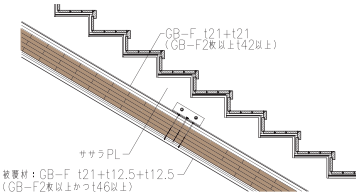


・告示（一時間耐火）
・FP120BE-0176

・柱 / 梁と一体で耐火メンブレンで覆うため、2 時間耐火認定工法を採用

⑤ シザース階段相互区画

・メンブレン型



・告示（一時間耐火）

・シザース階段は CLT 耐火壁及び CLT 耐火床での相互区画（1 時間耐火）を形成し、鉄骨階段を支持する構成

⑥ その他 耐火取り合い

・シェルター監修の下、「木質耐火部材を用いた木造耐火建築物設計マニュアル」（一般社団法人日本木造耐火建築協会発行）に則り、各所耐火取り合いを整理

・各所耐火メンブレンを貫通する支持ビス / ボルトは M8 以下のコーチボルトにて設計

・避難安全検証法により、竪穴区画 / 内装制限 / 排煙設備を免除

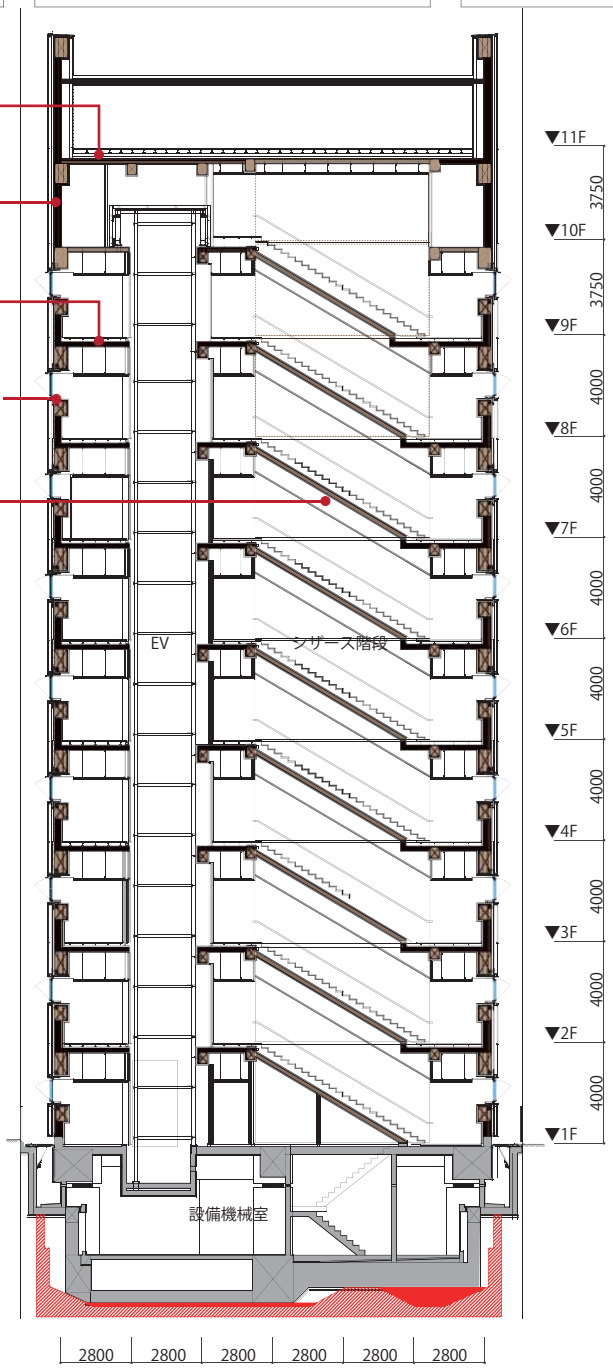
③ 屋根：CLT

④ 耐力壁：CLT（外壁）

② 床：CLT

① 柱 / 梁：オメガウッド（耐火）
※中間耐震梁も同様

⑤ シザース階段相互区画



【X 断面図：1/300】

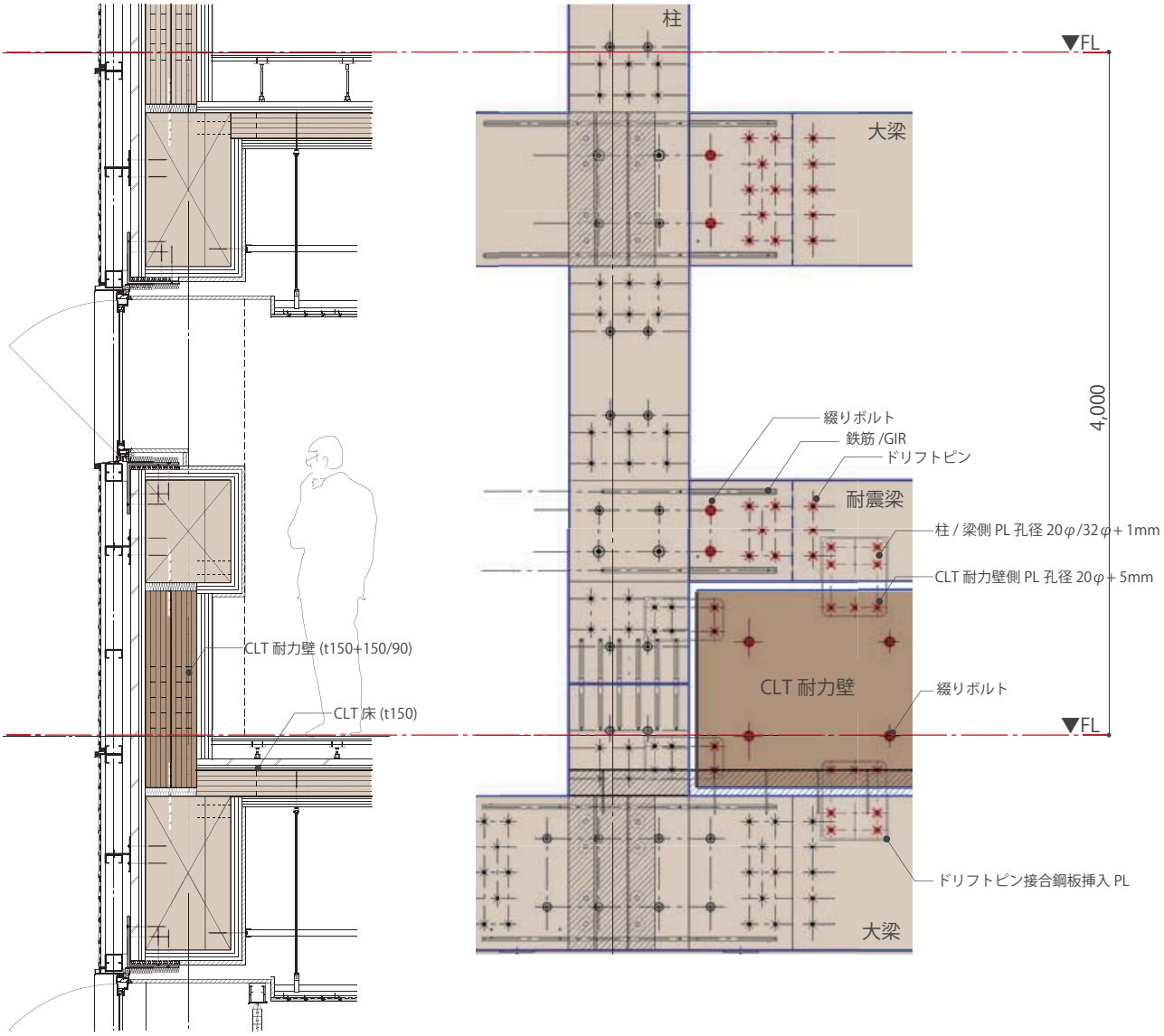
② CLT 耐力壁 及び CLT 床の設計ディテール

2-1. CLT 耐力壁の設計上のポイント

・延焼のおそれのある範囲内の外壁に求められる耐火性能を確保するだけでなく、柱 / 梁と一体でメンブレンで覆うため、2 時間耐火 CLT 耐力壁の認定工法を採用した。

・Y 方向ラーメン架構内に CLT 耐震壁を挿入することで架構の剛性と耐力を高め、地震荷重、風荷重に抵抗する。CLT 耐力壁の効果を十分に発揮させるためには CLT 耐力壁とラーメン架構の最大耐力が発揮する変形角を同程度とし、ラーメン架構と CLT 耐力壁にバランスよく荷重を負担させる必要があるが、CLT 耐力壁の荷重負担を抑制することが必要となった。そこで、CLT 耐力壁側の挿入鋼板プレートのドリフトピン孔を大きめに設定（※1）するなど、CLT 耐力壁のジョイントに緩みを持たせたディテールとし、ラーメン架構には耐震梁を追加することで、両者の最大耐力時の層間変形角をほぼ 1/150 として架構全体の剛性および耐力を確保した。

※1）CLT 耐力壁側の挿入鋼板プレートのドリフトピン孔：ドリフトピン径 + 5.0mm



【断面詳細図 1/20】　　【木架構製作図 1/20】

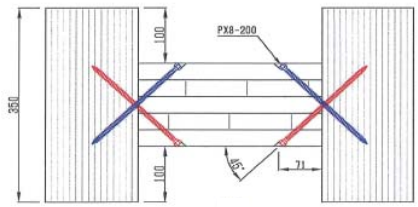
2-2. CLT 床の設計上のポイント

・階高を抑えるため、大梁天端と CLT 床天端を合わせる計画とした。
・製作 / 輸送可能サイズを考慮しつつ、2.8mスパンを生かした極力大判での CLT 床割付けとした。
・CLT 床の面内せん断力移行機構が不明確であったため、CLT 床と LVL 梁を留めるビス（パネリード）のせん断試験を新たに行い、移行せん断力の伝達が可能であることを確認し、剛床仮定のもと構造計算を行い、必要剛性および耐力を満足するビス配置とした。

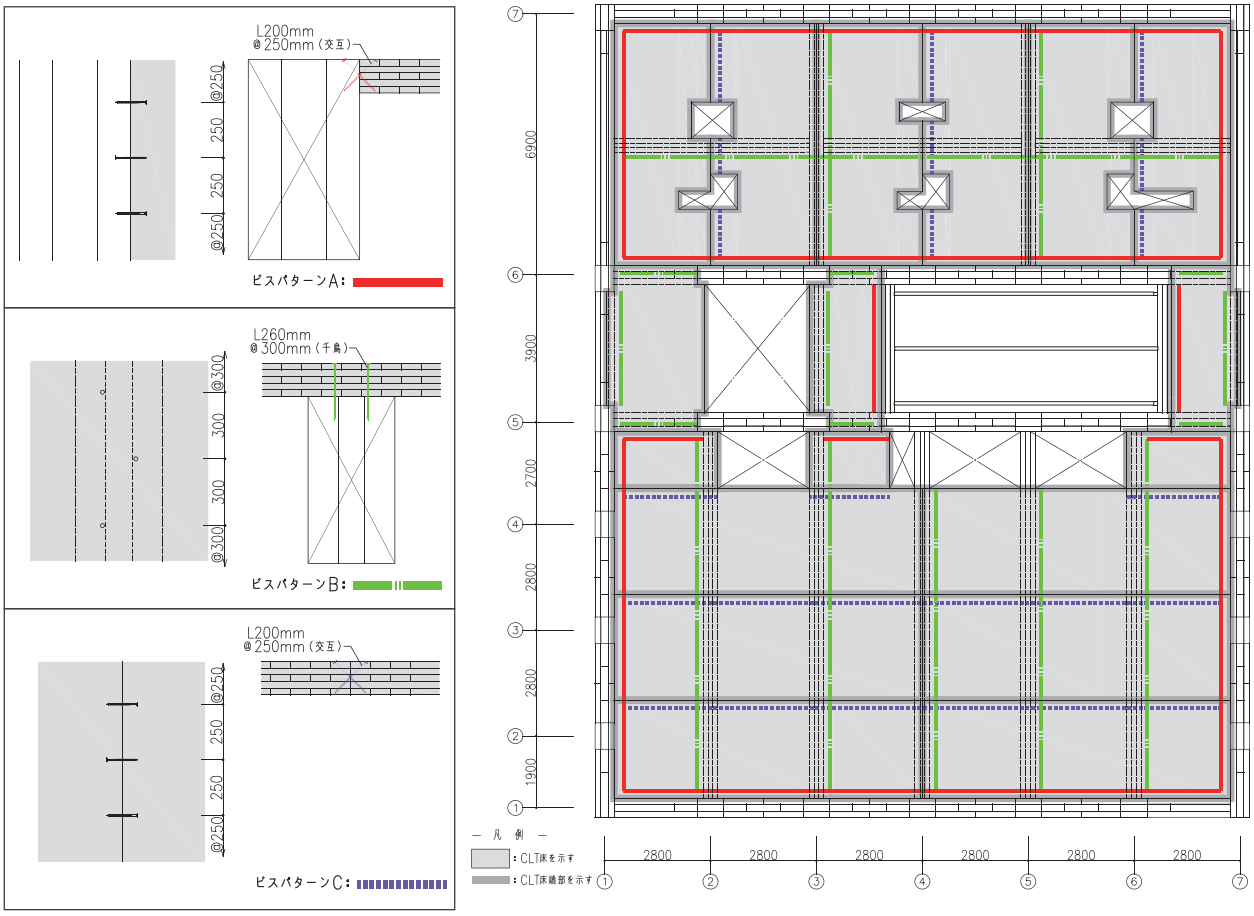
1.	件名	一面せん断試験
2.	試験概要	目的 ：PX8-200をCLTとLVLに施工した際のせん断強度を測定する。 試験体 ：図1.1に示す。 1. 接合部位 ：主材 - 側材 2. ねじ　名称：PX8-200　【SIP-PF-S15(7)】 寸法：ねじ径8.0mm、長さ200mm 3. 材料　主材：スギCLT 、Mx60-5-5(5層5プライ) 、150×300mm、長さ300mm 側材：カラマツLVL 、120E-385F 、150×350mm、長さ350mm 4. 試験体数：6体
3.	試験実施場所	宮城県富谷市成田1－5－9 シネジック株式会社
4.	試験実施日	2019年10月7日
5.	使用試験機	インストロン社製 ネジ式万能試験機 5985型
6.	試験担当者	R&D推進室　石森 一樹

7. 試験方法

一面せん断試験：主材から側材に対し下図のように角度を付けてねじを施工し、主材上端部を下方に加圧することで強度を測定する。このときの加力速度は5mm/minとする。



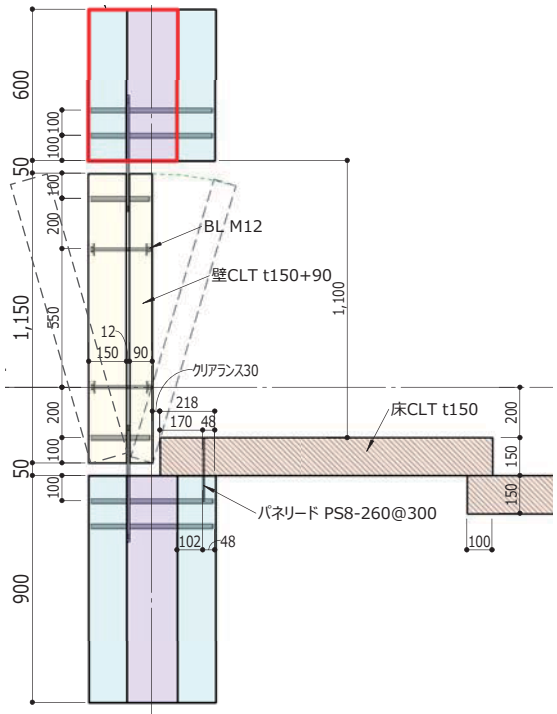
【ビス一面せん断試験概要】



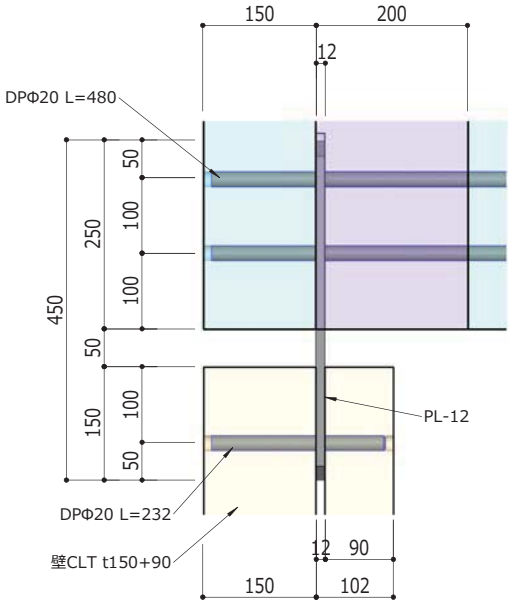
【CLT 床割付け / ビスパターン 1/200】

2-3. CLT 耐力壁の施工性への配慮

3 層構成の柱 / 梁の中板のみを欠き込み、極力単純な加工で溝を構築し、鋼板を挿入しドリフトピン接合する。先行施工された鋼板に対して、CLT 耐力壁を建て込む必要があるため、内側と外側から 2 枚の CLT で挟み込むシンプルな構造で CLT 耐力壁を構築する。また、柱 / 梁及び CLT 床と CLT 耐力壁のクリアランスを適正に確保した。



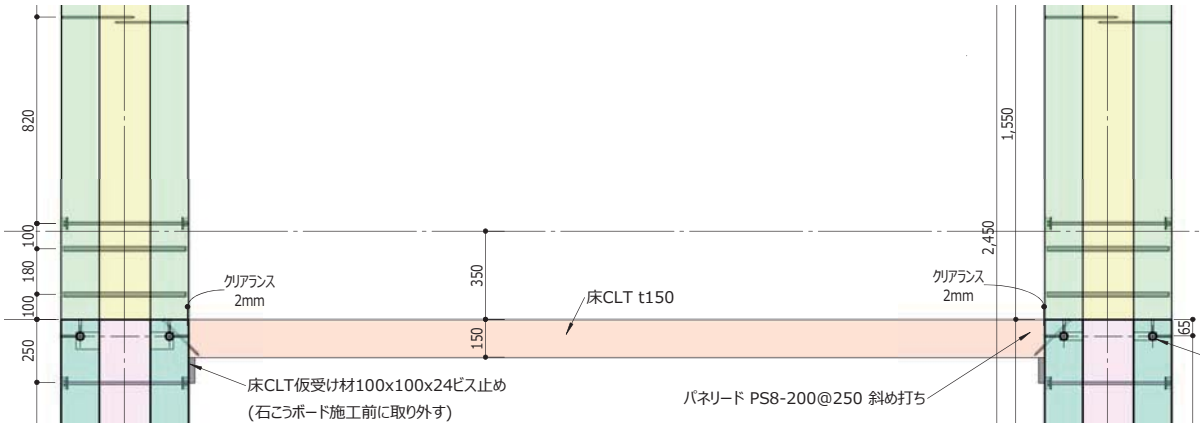
【CLT 耐力壁 断面 1/30】



【CLT 壁 - 梁間 鋼板挿入接合部 PL 1/10】

2-4. CLT 床の施工性への配慮

階高を抑えた合理的な計画とするため、大梁天端と CLT 床天端を合わせて斜めビス（パネリード）によって支持する納まりとしているため、施工時は仮設受け材を梁に先付けして CLT 床の荷重をあずけることとした。また、木架構の製作精度や CLT 床の吊込みの施工性を考慮し、CLT 床と梁とのクリアランスは 2mm とした。

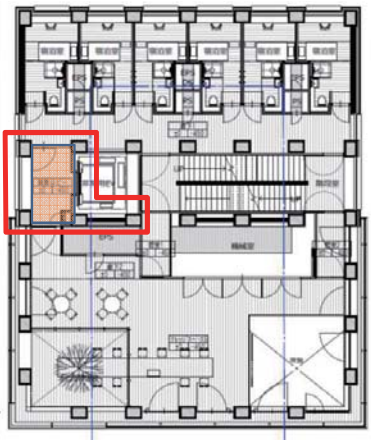


【CLT 床 - 梁取り合い 1/30】

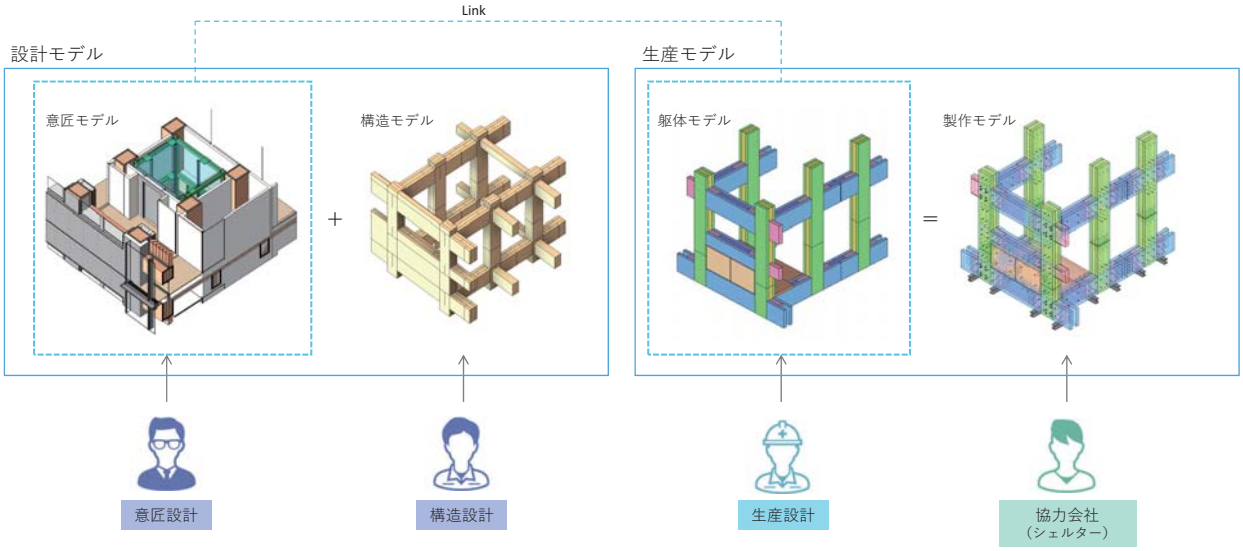
③ 実大架構モックアップ施工試験報告

3-1. 試験概要

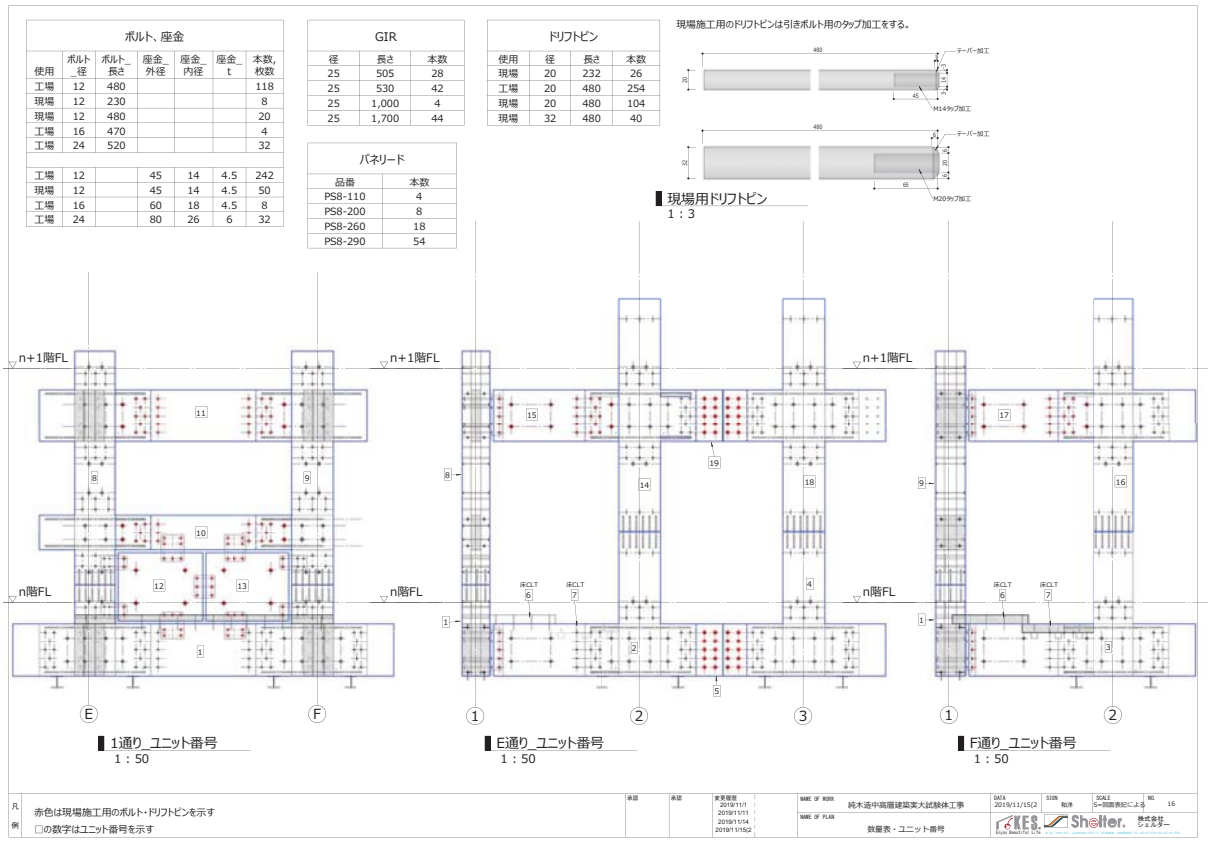
・試験場所：大林組 東日本ロボティクスセンター
・試験時期：2020 年 1 月 16 日～ 1 月 29 日
・試 験 体：①-③通／ E-F 通の 1 フロア分の木架構
・施　　工：株式会社シェルター
・製品製作：株式会社翠豊
・設計 BIM モデル→施工 BIM モデル→製作 BIM モデルへと
　データ連携し木部材の製作を行った。



【実大架構モックアップ製作範囲】



【BIM モデル連携イメージ】



【実大架構モックアップ製作図】

3-2. 試験で得られた知見

・実大架構モックアップ試験体の製作においては、BIM（revit）モデルと CAM の連携及び加工精度の確認を行うとともに、施工試験により、階高を抑えるために大梁と天端を合わせた CLT 床の施工性や適正クリアランス (2mm)、柱 / 梁に挿入された鋼板の両側から CLT で挟み込んでドリフトピン接合する CLT 耐力壁の施工性や適正ドリフトピン孔寸法 (+5mm) を確認した。

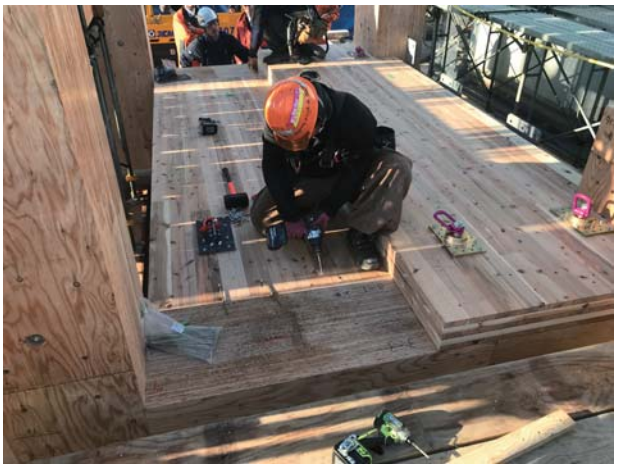
・CLT 耐力壁や CLT 床は重量が軽く、小さなクレーンでの同時揚重やクレーンを使わない取付け作業など、生産性向上という面での可能性を確認した。

CLT 床の吊込み

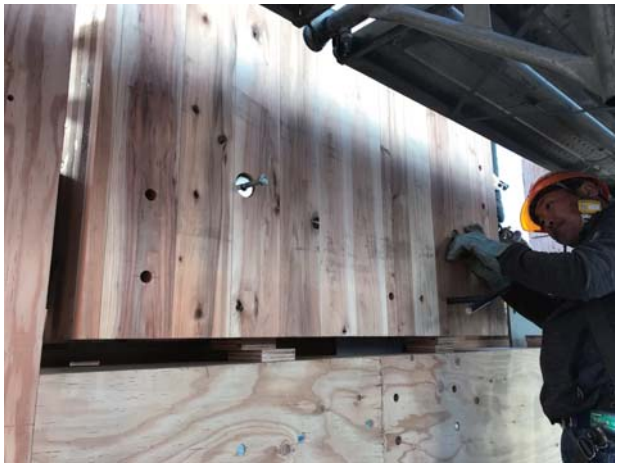
実大架構モックアップ全景

CLT 床の仮設受け材

CLT 耐力壁の建込み



CLT 床の留め付け



CLT 耐力壁のドリフトピン打ち込み

④ 乾式 CLT 遮音床の性能実証報告

4-1. 乾式 CLT 遮音床の構成と特徴

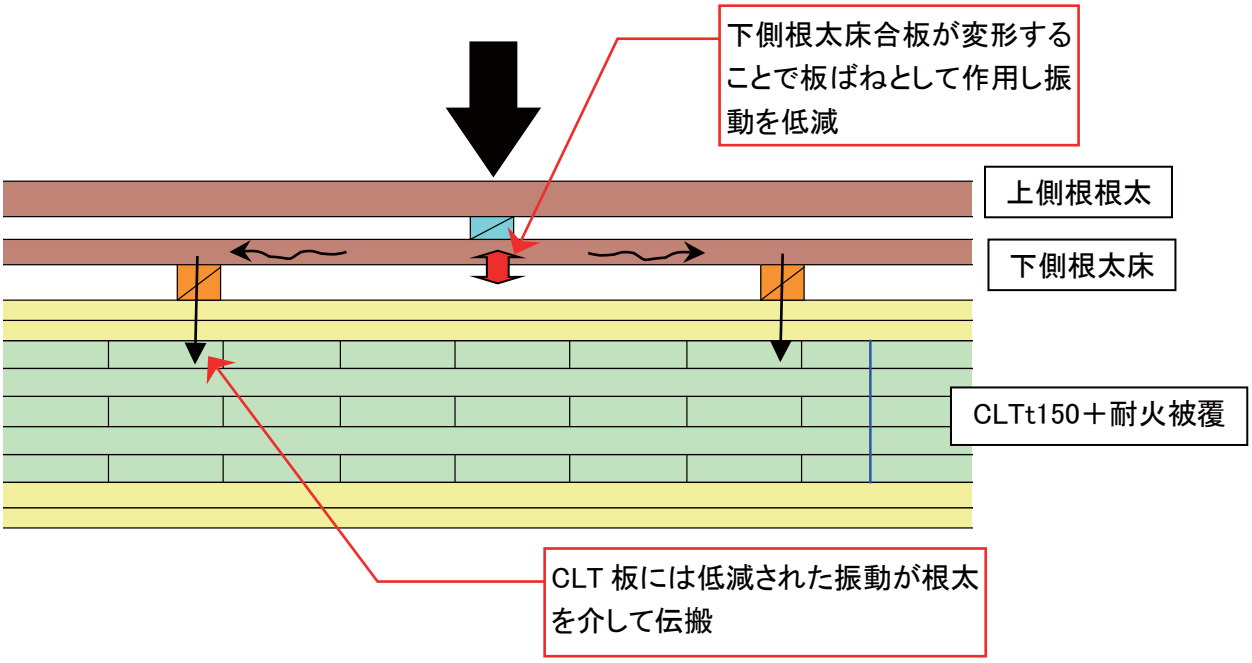
CLT 床はコンクリートスラブに比べ軽量なため、特に重量床衝撃音遮断性能の確保が課題となる。重量床衝撃音遮断性能を高めるには、通常重量を大きくする対策が用いられるが、工期・建物重量への影響が大きい。

このため、下図に示すような木製の根太床を 2 段重ねた、板ばね床工法を CLT 板上に設置することとした。

板ばね床工法は、下側根太間の中央部に上側の根太を配置することで、床上を加振した際に下側根太床合板が変形し板ばねとして作用して CLT 板へ伝わる振動を低減する工法である。板ばねの固有振動数は、重量床衝撃音の主要な周波数となる 63Hz 帯域に対して効果があり、且つ歩行振動性能を確保するため 20 ～ 25Hz となるよう、根太ピッチと合板の厚さを調整している。また、根太高さは 63Hz 帯域で空気層の共振による衝撃音の増幅が生じないよう、40mm 未満として共振周波数をより高い周波数としている。

集合住宅や宿泊施設への適用を想定し、1 時間耐火仕様の CLT 板 t150＋板ばね床＋床仕上げ用の乾式遮音二重床の床構成で、目標性能を重量は Lr-55、軽量は Lr-50 と設定した。

本工法の乾式 CLT 遮音床では、CLT 板は厚さ 150mm で天井を用いないため、床上・天井に遮音対策を施した従来の床断面よりも薄くすることが可能である。また、軽量・安価な材料で構成しているため、建物重量減による構造計画の合理化・コストダウンとともに、乾式による高い施工性と工期の短縮が実現できる。



板ばね構造による床衝撃音低減のシステム

4-2. CLT 遮音床性能実証予備試験

■ 目的

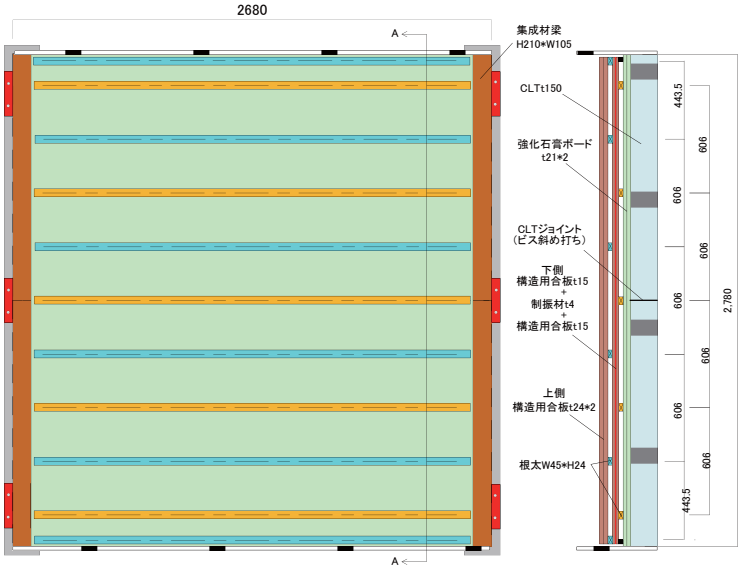
CLT パネル上に板ばね床を施工し、JIS で規定される重量・軽量の標準衝撃源で加振し、板ばね床による CLT 板への振動低減効果を確認することを目的とした。

■試験概要

・2680mm×1390mm の CLTt150*2 枚をビスで接合し、2 辺を集成材梁で支持した。CLT 上には 1 時間耐火を想定して強化石膏ボード t21 を 2 枚貼りとした。

・板ばね床の根太間隔は 606mm とし、上側・下側根太床合板の厚さ・構成と制振材やグラスウールの有無をパラメータにした試験体数種類を対象とした。

・インパルスハンマーによる板ばね床の固有振動数測定と、バングマシン・タッピングマシン加振時の板ばね床施工による CLT 裏面での振動低減量の測定を実施した。



平面図
(根太配置、橙色が下段、水色が上段))

A-A断面図

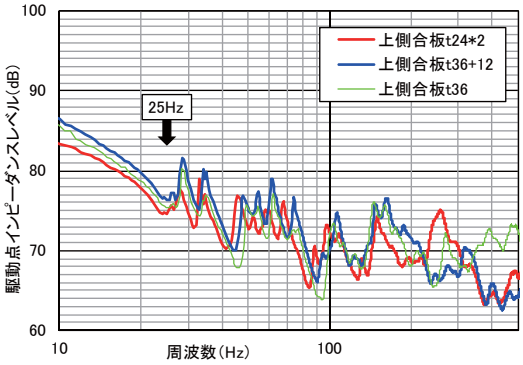
【下側根太床施工状況】

【バングマシン加振状況】

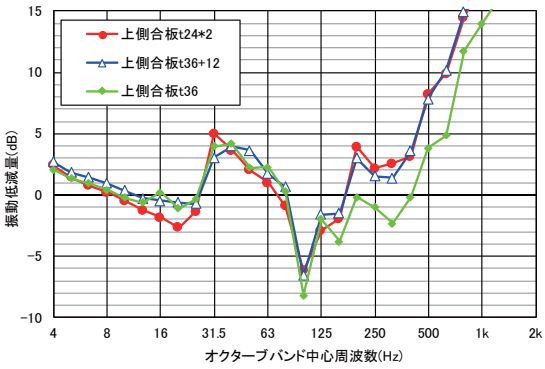
■試験結果

・板ばね床の固有振動数は各仕様とも約 25Hz であり、根太床合板は上側・下側とも 2 枚貼りとする方が振動低減性能、歩行振動性能とも良い結果であった。

・125Hz 前後で板ばねや空気層の共振による振動の増幅があり、グラスウールや制振材の併用により増幅を抑えられる傾向が得られた。



【板ばね床上振動特性】



【バングマシン加振時の板ばねによる振動低減量】

4-3. CLT 遮音床性能実証本試験

■目的

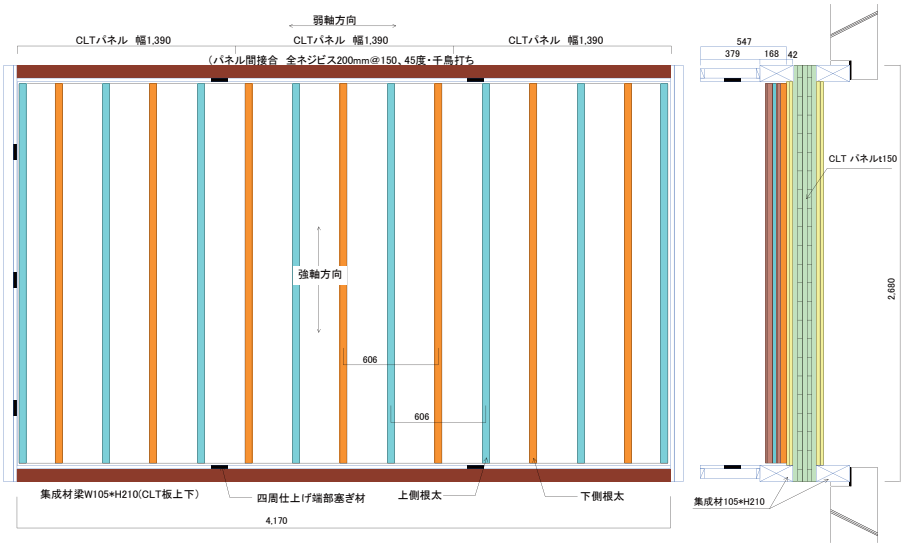
実大試験体により、CLT 板 t150＋板ばね床＋床仕上げ用の乾式遮音二重床による床構造の重量・軽量床衝撃音遮断性能を把握することを目的とした。

■試験概要

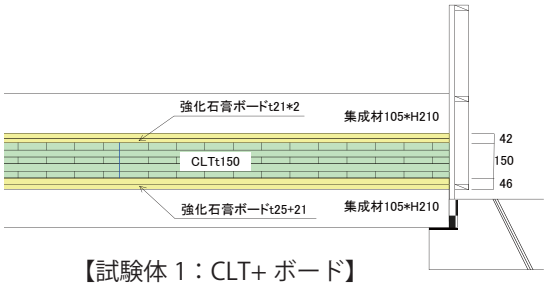
・日本建築総合試験所における上下残響室間の開口部に、幅 1,390mm× 長さ 2,680mm の CLT 板を 3 枚ビス接合して設置した。実プロジェクトに近い拘束条件となるよう、2 辺を集成材梁により支持した。CLT 板上下には強化石膏ボードを 2 枚貼りし、その上に 3 種類の板ばね + 二重床の仕上げを施工した。

・床上をバングマシンとタッピングマシンで加振した際の床衝撃音レベルを測定し、JIS1) による評価方法を準用して L 値の評価を行った。なお、軽量床衝撃音遮断性能については、規準化床衝撃音レベル 1) により評価を行った。

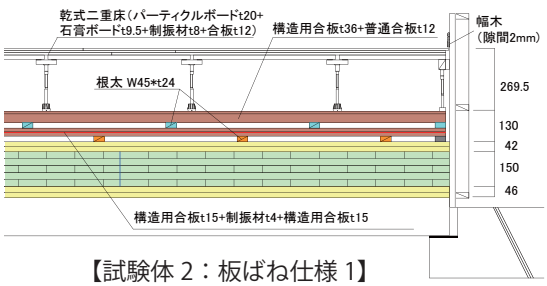
※JIS A 1419-2:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法 - 第 2 部：床衝撃音遮断性能」



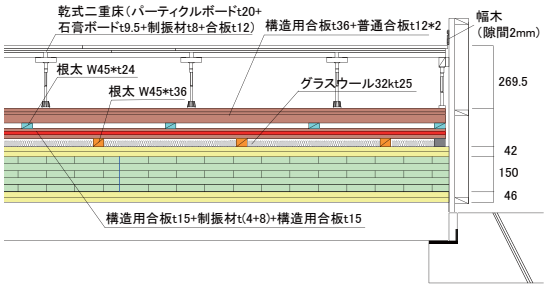
【試験体概要図】



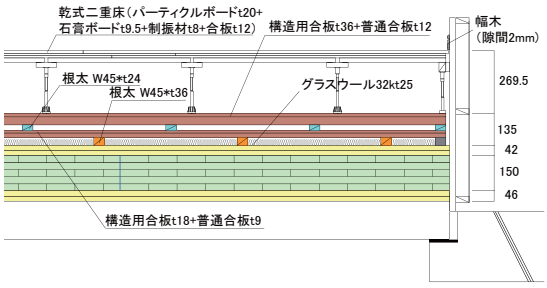
【試験体 1：CLT+ ボード】



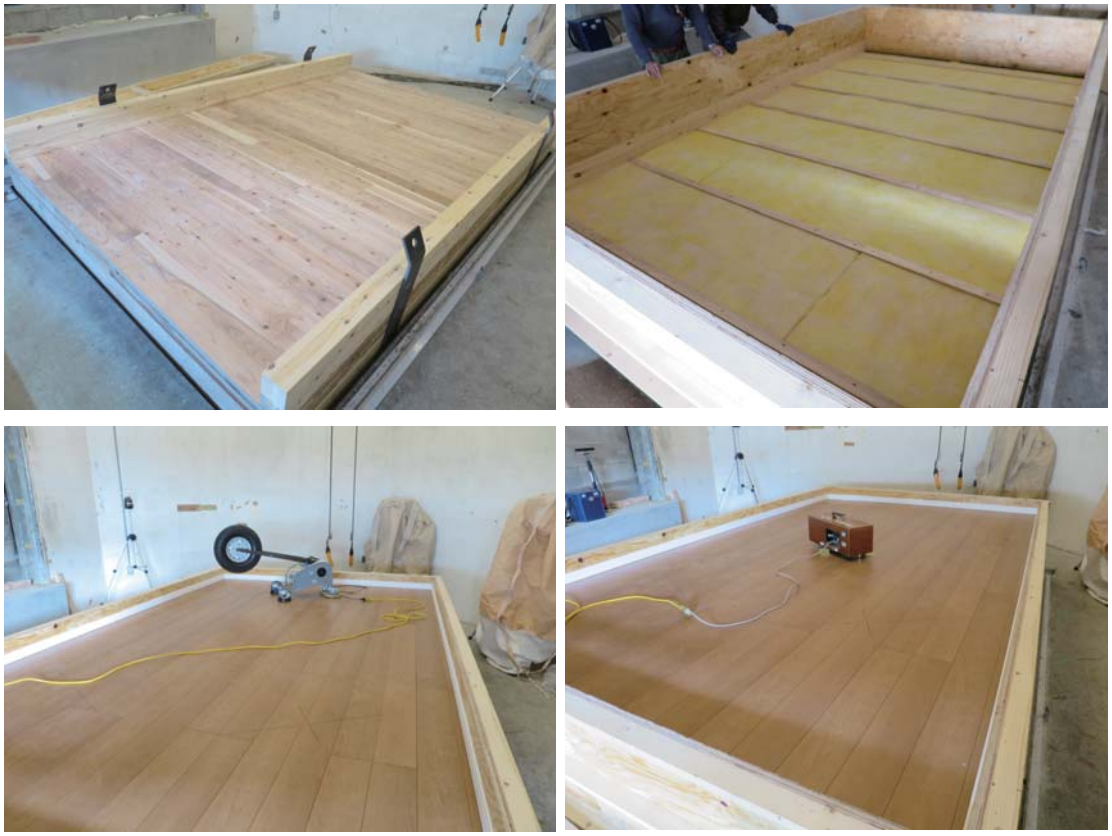
【試験体 2：板ばね仕様 1】



【試験体 3：板ばね仕様 2】



【試験体 4：板ばね仕様 3】



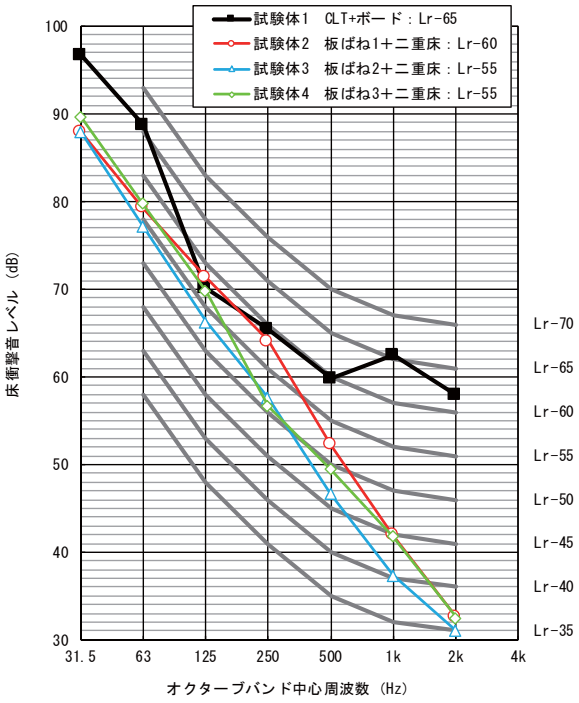
■試験結果

・重量床衝撃音

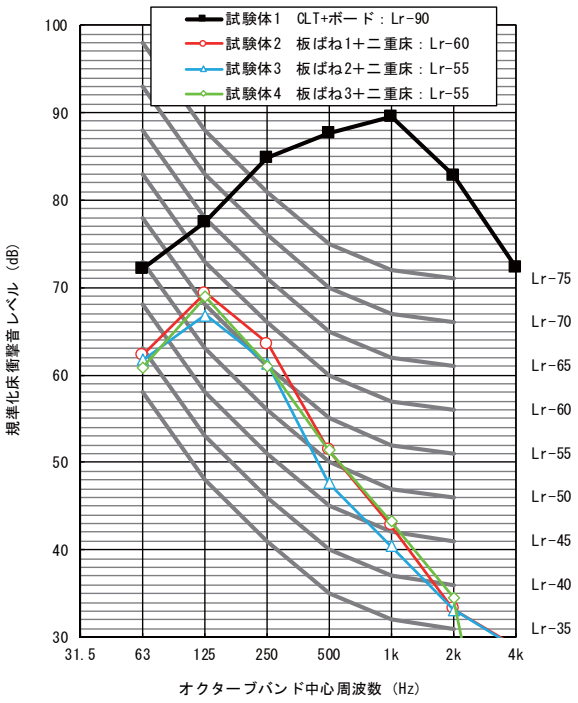
CLT+ ボードの試験体 1 で Lr-65 に対して、試験体 2・3 で 2 ランク性能が向上し、目標値の Lr-55 を満足する結果が得られた。63Hz 帯域での低減量は、試験体 2 で 11dB、試験体 3 で 9dB である。

・軽量床衝撃音

試験体 1 で Lr-60、試験体 2・3 で Lr-55 であった。L 値の決定周波数は 125Hz 帯域、又は 250Hz 帯域である。



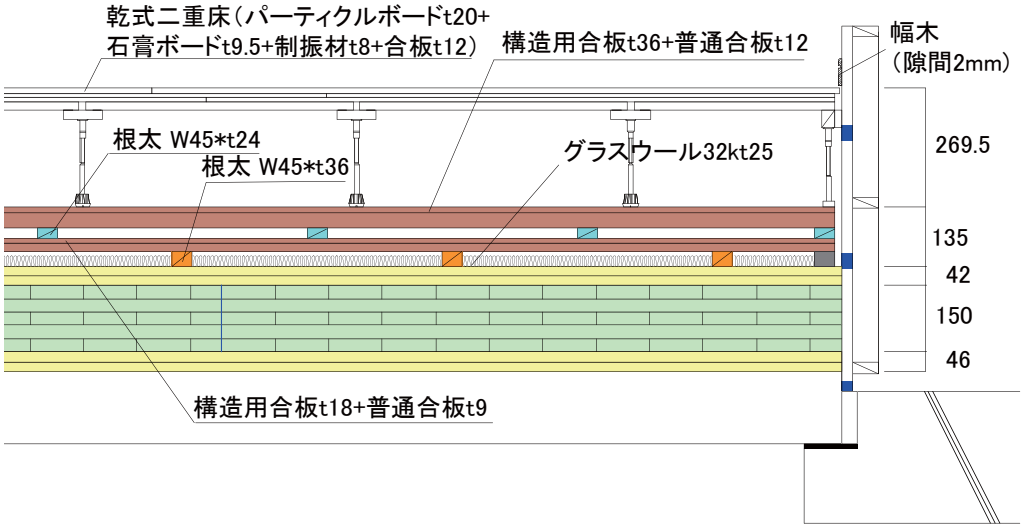
【重量床衝撃音レベル測定結果】



【軽量床衝撃音レベル測定結果】

4-4. CLT 遮音床のコスト / 重量の検証

CLT 遮音床性能実証本試験における試験体 4（1 時間耐火仕様 CLTt150+ 板ばね 3＋二重床）のコストと重量を以下に示す。



■コスト：58,000 円 /m2

（CLTt150+ 耐火被覆：37,000 円、板ばね + 乾式二重床：21,000 円）

■重量　：208kg/m2

（CLTt150+ 耐火被覆：123kg/m2、板ばね + 乾式二重床：85kg/m2）

4-5. まとめ・今後の課題

CLT 床板上に乾式の板ばね床と二重床を用いた床構造を上下残響室間の開口部に施工し、重量・軽量床衝撃音の性能検証を実施した。

重量に対しては、1 時間耐火仕様の 150mm 厚 CLT で Lr-65 に対して、板バネ床と乾式二重床を施工することにより、天井がなく軽量な床構造でも Lr-55 の目標性能が得られ、且つ床上の歩行振動性能も良好であることを確認した。一方軽量は、制振材とグラスウールを併用した試験体でも Lr-55 であり、目標性能より 1 ランク低い性能となった

今後の課題としては、軽量床衝撃音の性能向上、CLT 板の振動特性に応じて最適な板ばね仕様を決定できるような解析による性能評価方法の確立、実建物における性能検証、が挙げられる。

⑤ 木質部材で構成する CLT 耐火床の検討報告

5-1. 実証事業の目的と課題

既存の CLT 床耐火構造（石膏ボード等を用いたメンブレン工法）では、石膏ボードによる重量増や、施工時の雨掛かり養生・対策等に課題が想定された。これらの課題を解決する方策として、柱・梁部材で開発実績のある 3 層構造による燃え止まり型の耐火木造工法を応用し、CLT 床（構造体）の表面に燃え止まり層と燃え代層を設け、さらに燃え止まり層の主構成を木質材料とすることによって、軽量化および施工時の降雨対策の省力化に有効な工法の開発を目指した。

燃え止まり層に適用する木質材料（難燃処理木材）の調査・検討を行った結果、インサイジング等の加工を要しないことで経済合理性を確保すること、且つ既存工法および既存特許よりも少ない薬剤含浸量（70kg/m3）とすることを見据え、比較的低い温度から吸熱反応を示す難燃処理木材単体での燃え止まり性能の確認実験を計画した。

5-2. 本実証により得られた知見

薬剤含浸量を少なく抑えた難燃処理木材の製作にあたり、インサイジング等の加工をせずに既存の製造装置（減圧加圧チャンバー）を用いる条件にて、杉材を主対象として薬剤原液を希釈した条件での含浸を試みたが、本手法では含浸量の多寡（ばらつき）を安定的に制御することは技術的に困難であることが明らかとなった。

上記の難燃処理木材製造に係わる試行錯誤に時間を要した結果、難燃処理木材単体での燃え止まり性能の確認実験については未実施となった。

2.2　（有）タマディックホールディングス／（株）坂茂建築設計

事業名			事務所ビル新築工事の建築設計実証
実施者（担当者）			有限会社タマディックホールディングス／株式会社坂茂建築設計
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		愛知県名古屋市中区丸の内2丁目
	構造・工法		RC造　CLTパネル工法(柱型・床として) RC＋CLT合成構造
	階数		地下1階　地上8階
	高さ（m）		32.9
	軒高（m）		29.64
	敷地面積（㎡）		637.47
	建築面積（㎡）		496.79
	延べ面積（㎡）		4247.96
	階別面積	地階	465.9
		１階	485.35
		２階	496.27
		３階	483.74
		４階	496.27
		５階	496.27
		６階	496.27
		７階	496.27
		８階	322.74
		塔屋階	8.88
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		合成柱(耐力壁として)、床
	ＣＬＴ使用量（㎥）		建築物使用量 536.89㎥
	壁パネル	寸法	90mm厚 / 150mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ / 5層5プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	3層4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）		CLT以外の木構造体は無し
	木材使用量（㎥）※構造材、羽柄材、下地材、		44㎥　（準不燃処理杉板 ／８Fフローリング・天井羽目板）
仕上	主な外部仕上	屋根	塩化ビニル樹脂系シート防水(t=2.0)
		外壁	押出アルミスパンドレル板(t=1.2)
		開口部	鋼製カーテンウォール＋複層ガラス（Low-E、中空層幅12mm）
	主な内部仕上	界壁	（PB21+12.5＋LGS（GW）＋PB21+12.5）＋不燃メラミン化粧板
		間仕切り壁	（PB21+12.5＋LGS（GW）＋PB21+12.6）＋不燃メラミン化粧板
		床	タイルカーペット＋乾式二重床パネル＋鋼製束
		天井	CLT+準不燃処理杉板(t12)
構造	構造計算ルート		時刻歴応答解析（性能評価＋大臣認定ルート）
	接合方法		GIR接合
	最大スパン		7.2m
	問題点・課題とその解決策		CLTは型枠として利用し、同時に仕上げ材にもなるためコンクリート打設時には養生等に特別な配慮が必要
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
	本建築物の防耐火仕様		耐火構造
	問題点・課題とその解決策		耐火要件の無い耐力壁にCLTを利用
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当あり　規制対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		特になし
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	耐火断熱サンドイッチパネルt35 ＋　ロックウール吹付50mm
		外壁	金属断熱サンドイッチパネル t75
		床	断熱ペフシート　t5
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		RCスラブによる遮音性能確保
	建て方における課題と解決策		ユニット化し、建て方を行う想定。現しのため、精度を求める
	給排水・電気配線設置上の工夫		電気配線はスラブ内もしくは床下転がし
	劣化対策		養生・外部現し箇所はガラス質塗装
工程	設計期間		2019年7月～2020年2月（8カ月）
	施工期間		2020年3月～2021年11月（21ヵ月）※予定
		ＣＬＴ躯体施工期間	2021年2月上旬～7月中旬（6か月）※予定
	竣工（予定）年月日		2021年11月 ※予定
体制	発注者		タマディックホールディングス
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		坂茂建築設計
	構造設計者		飯島建築事務所
	施工者		未定
	ＣＬＴ供給者		未定
	ラミナ供給者		未定

実証事業名：事務所ビル新築工事の建築設計実証

建築主等／協議会運営者：（有）タマディックホールディングス／（株）坂茂建築設計

１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">事務所</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">愛知県県名古屋市丸の内</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">CLT パネル工法（床・柱型として）</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">地下 1 階　地上 8 階</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>32.9</td><td>軒高（m）</td><td>29.64</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>637.47</td><td>建築面積（㎡）</td><td>496.79</td></tr>
<tr><td rowspan="6">階別面積</td><td>地下 1 階</td><td>465.9</td><td rowspan="6">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="6">4247.96</td></tr>
<tr><td>1 階</td><td>485.35</td></tr>
<tr><td>2 階、4～7 階</td><td>496.27</td></tr>
<tr><td>3 階</td><td>483.74</td></tr>
<tr><td>8 階</td><td>322.74</td></tr>
<tr><td>塔屋階</td><td>8.88</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">壁(柱型)、床</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（m^3）</td><td colspan="3">建築物使用量 536.89 m^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（m^3）</td><td colspan="3">44 m^3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">CLT の仕様</td><td>（部位）</td><td colspan="3">（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）</td></tr>
<tr><td>壁</td><td colspan="3">90mm 厚/3 層 3 プライ/S60A 相当/スギ</td></tr>
<tr><td>壁</td><td colspan="3">150mm 厚/5 層 5 プライ/S60A 相当/スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">120mm 厚/3 層 4 プライ/S60A 相当/スギ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">2019 年 7 月～2020 年 2 月（8 ヵ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">2020 年 3 月～2021 年 11 月（21 ヵ月）※予定</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">2021 年 2 月上旬～7 月中旬（6 カ月）※予定</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">2021 年 11 月　※予定</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

事務所ビルにおいて、これまでに前例のない、RC と CLT の合成構造（柱型、床）の架構形式を実現することを目的とした。開発のため、その効果（剛性、耐力）を実験的、解析的に把握し、部材構成および接合部のディテールの解決を含めた構造性能評価方法の確立を課題とした。

３．協議会構成員

（設計）坂茂建築設計：坂 茂　菅井啓太　渡部玲士（進行管理）　佐々木真海

（構造設計）滋賀県立大学陶器浩一研究室：陶器浩一、高橋俊也構造建築研究所：高橋俊也、飯島設計事務所：金子慶一

（施工）株式会社 翠豊：今井潔志　今井隆介

４．課題解決の方法と実施工程

建築計画は坂茂建築設計が、構造設計および合成部材の断面設計は陶器浩一を中心とした構造設計チームが、部材制作は翠豊にて行った。

実験のために製作するモックアップの製作手順や納まり等について、設計・施工の観点から協議会を通して問題点を整理し、細かく検証することでディテールを決定した。設計内容を反映したモックアップを実験体とした各種柱型 - 床仕口部の架構試験を行い、構造性能の検証をした。

＜協議会の開催＞

2019 年　7 月 9 日：第 1 回開催、問題点洗い出し

7 月 19 日：第 2 回開催、取り合い等の詳細検討　実験内容確認

8 月 5 日：第 3 回開催　第 2 回課題の進捗・実験内容確認・実験機関協議

8 月 28 日：第 4 回開催　評定機関協議、実験内容の要点整理

9 月 10 日：第 5 回開催　実験内容確認　製作図・仕様確認

9 月 23 日：第 6 回開催　実験内容　製作図・仕様確認　実験機関協議内容反映

10 月 2 日：第 7 回開催　実験内容・スケジュール確認　製作図・仕様最終確認

10 月 15 日：第 8 回開催 試験体製作状況確認

10 月 21 日～31 日：第 9 回　実験期間中に開催、状況確認・考察

2020 年　1 月 24 日：第 10 回開催、実証事業の取りまとめ・考察

＜設計＞

2019 年 7 月～：実施設計・構造設計

2019 年 10 月～：性能評価 /　12 月：大臣認定　2020 年 3 月：建築確認申請予定

＜施工＞（実験体（検証用モックアップ）工事）

2019 年 8 月後半～：製作図開始及び 詳細確認

2019 年 9 月中旬：CLT 製作開始

2019 年 10 月～:　実験用治具（鋼材）製作

2019 年 10 月 21 日～：実験機関へ搬入後、組み立て。10 月 31 日：実験終了

（本工事の予定：2020 年 3 月中旬着工）

＜性能確認＞

2019 年 10 月：合成柱 CLT 架構　構造試験（面内剛性試験合計 6 体）

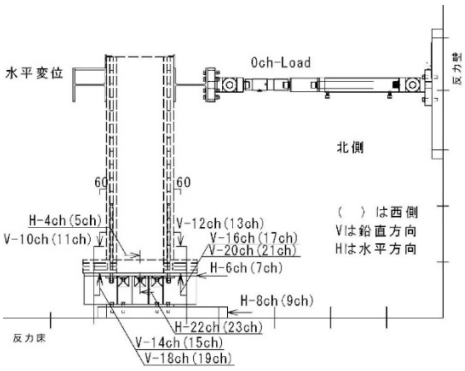
５．得られた実証データ等の詳細

接合部、接合金物の仕様選定

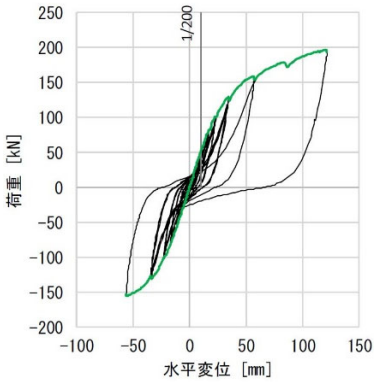
柱型（ロの字型）を形成する CLT 同士の接合にはパネリード S を選定、柱型と CLT 床及び RC（実験上は鉄骨架台）との接合は異形棒鋼 D22 をエポキシ樹脂接着剤で硬化させる GIR 接合とした。（材料それぞれに既往の実験等により性能値が与えられていることで今回の合成構造を定量的に評価できる点、実際の製作・建て方時において信頼性が高く施工性が高い点を主な選定理由とした）

性能確認試験結果による構造特性値の取得

採用する CLT の厚み・柱型形状毎に水平加力試験を行い、特に採用箇所の多い断面形状についてばらつきを見るために 3 体の試験体とした。その結果、変形角 1 /30 に至るまで大きな破壊性状が見られず、優れた構造性能があることが確認できた。



実験体図

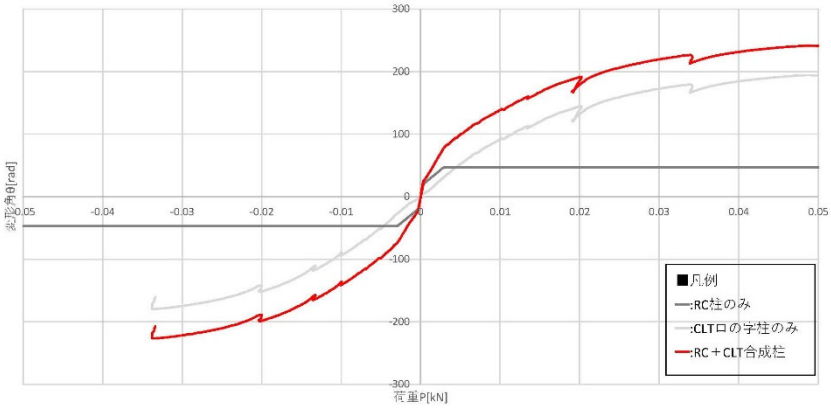


変形角図

実験体写真

合成 CLT 柱の効果の検証

ロの字型の CLT 柱型を組み合わせることにより、一般的な配筋の RC 断面のみの設計に対して耐力と剛性が大幅に増大する性能が確認できた。



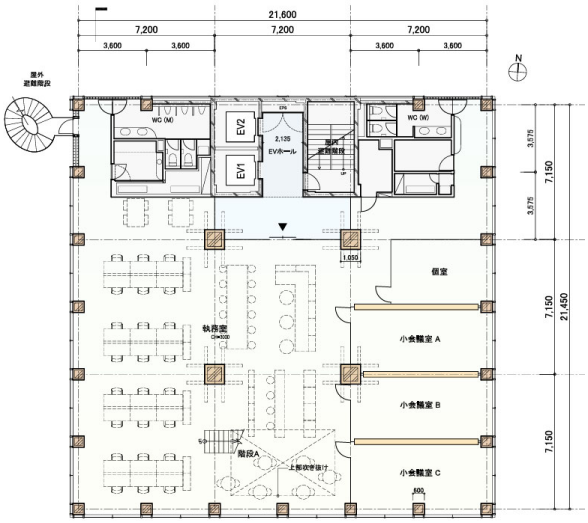
合成骨格曲線図　（赤字が合成効果を示す）

６．本実証により得られた成果

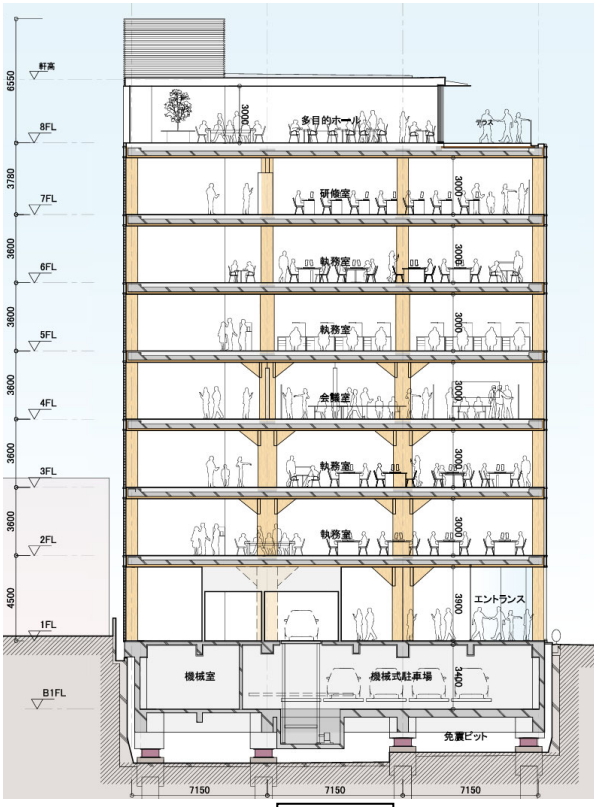
構造性能（剛性、耐力）を適材適所の部材組み合わせの考え方によって RC+木構造とし、耐火性能は RC で負担させる考え方には前例もなく、大規模施設の木質化を進めるための一案となることを期待している。耐火要求の無い場合や、CLT 材をこれまで採用されているパネル材としての利用に対して変則的な利用を検討する場合にも、本事業で得られた結果は活用することができると考える。

７．建築物の平面図・立面図・写真等

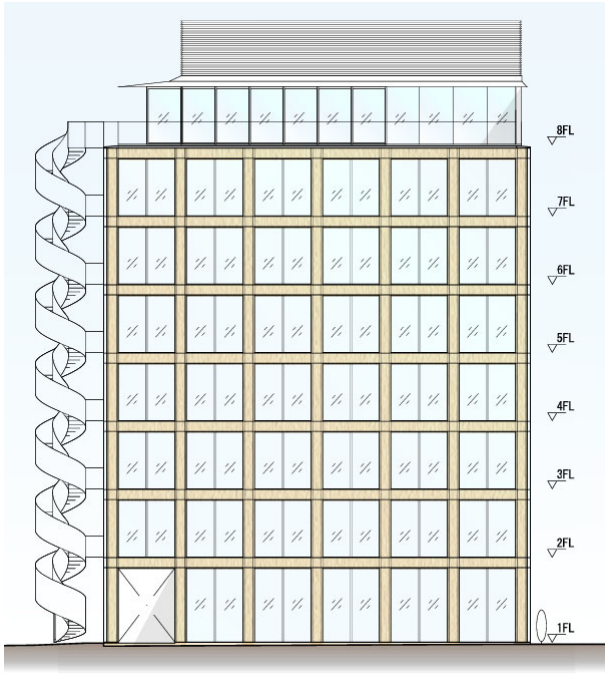
イメージ図



基準階平面図



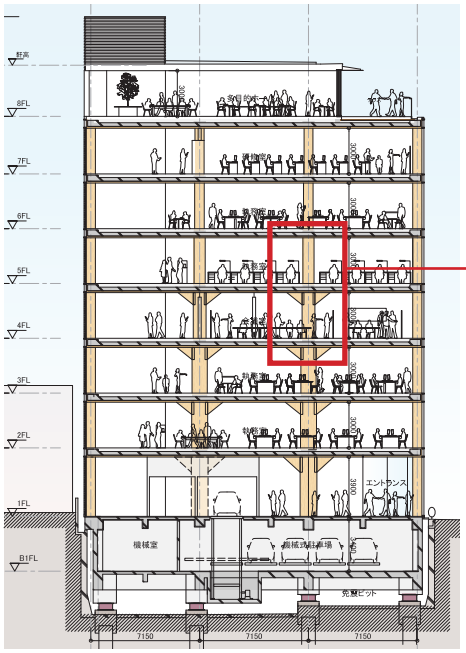
断面図



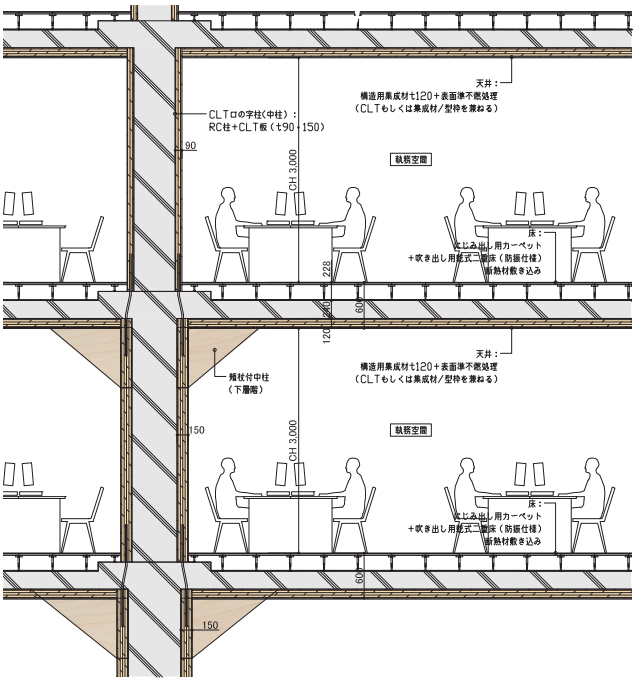
南立面図

８．成果物

８－１．CLT 合成構造・CLT ロの字柱　構造概要

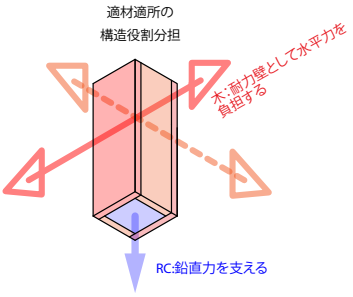


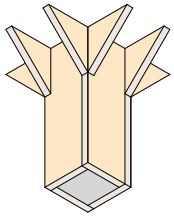
全体断面図



ロの字柱を示す断面詳細図

耐火構造が要求される規模となる本計画では、適材適所の部材組み合わせの考え方により、RC と木材（CLT）を組み合わせることで全体の架構を計画している。CLT+RC の合成構造となる柱型は、CLT 板を組み合わせてロの字型断面とし、コンクリートを打設して、RC を内蔵したハイブリッド断面としている。





CLTロの字合成柱

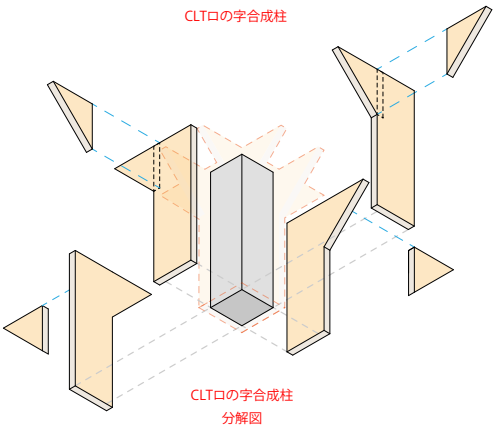
ロの字型柱の構成を決定する主な要因として：

・CLT 原版からの効率的な材取りと構成する各部材の統一性

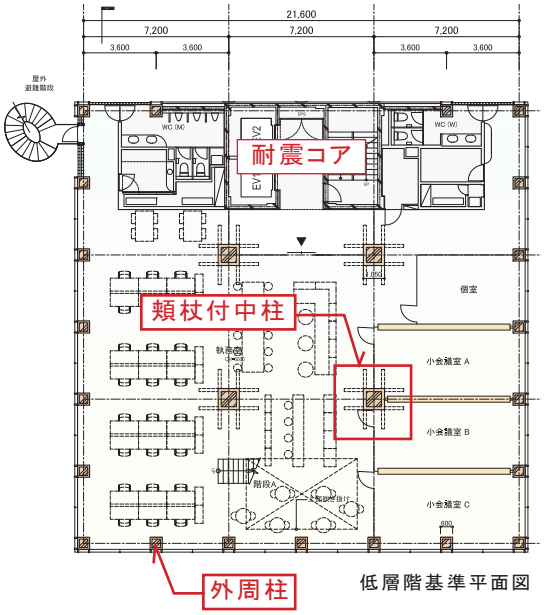
・耐震要素として構造的に方向性の出ない仕口

・CLT 同士・CLT と RC を接合する場合におけるそれぞれに適した方法

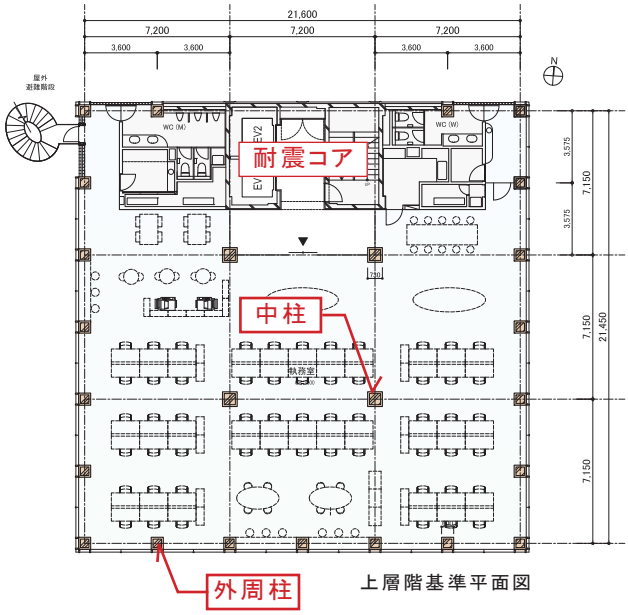
等を挙げ、あまり特殊な手法にならないように最適解と考えられる取り合いを採用した。



CLTロの字合成柱
分解図
(類杖付の場合)



低層階基準平面図



上層階基準平面図

全体を構成するロの字型柱の位置を上図にて示す。代表的な部位を抽出して、合計6体の試験体を製作して水平加力試験を行った。

8－2. 試験体の詳細

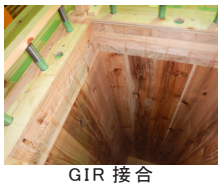
試験体の一覧

	試験体名称	柱外径	試験体数	備考
外周柱（柱頭） 上層階中柱相当	A-1 試験体	600mm×600mm	3 体	A-2 試験体の床有り
外周柱（柱脚） 上層階中柱相当	A-2 試験体	600mm×600mm	1 体	A-1 試験体の床無し
類杖付中柱 （柱頭）	B-1 試験体	1100mm×1100mm	1 体	B-2 試験体の床有り
類杖付中柱 （柱脚）	B-2 試験体	1100mm×1100mm	1 体	B-1 試験体の床無し

実施試験の試験体の一覧と計画上の該当箇所をここに示す。各試験体は工場にて、ロの字型にパネリードSにて組み、異形鉄筋（GIR）をエポキシ樹脂にて固定の上、試験場にて架台・反力床等に固定して実施している。

試験体の
製作状況

A-1 試験体



GIR 接合

パネリード接合

エポキシ樹脂充填

試験体に使用した各CLT部材、及び接合部の詳細を下記に示す。

表 2.1　構成部材の仕様

項目	構成部材の仕様
柱材(CLT)	直交集成板の日本農林規格（JAS3079） 品名： 同一等級構成直交集成板 強度等級： A-1, A-2 試験体　S60-3-3 B-1, B-2 試験体　S60-5-5 種別： A 種構成 接着性能：使用環境 A 樹種：内外層　スギ 厚さ：90mm（S60-3-3）　150mm（S60-5-5） 断面寸法：2.2 節の試験体図による
床材(CLT)	直交集成板の日本農林規格（JAS3079） 品名： 同一等級構成直交集成板 強度等級： A-1 試験体　S60-3-4 B-1 試験体　S60-3-4 種別： A 種構成 接着性能：使用環境 A 樹種：内外層　スギ 厚さ：120mm（S60-3-4） 断面寸法：2.2 節の試験体図による
方杖(CLT)	直交集成板の日本農林規格（JAS3079） 品名： 同一等級構成直交集成板 強度等級： B-1 試験体　S60-5-5 種別： A 種構成 接着性能：使用環境 A 樹種：内外層　スギ 厚さ：150mm（S60-5-5） 断面寸法：2.2 節の試験体図による

表 2.2(1)　接合具等の仕様

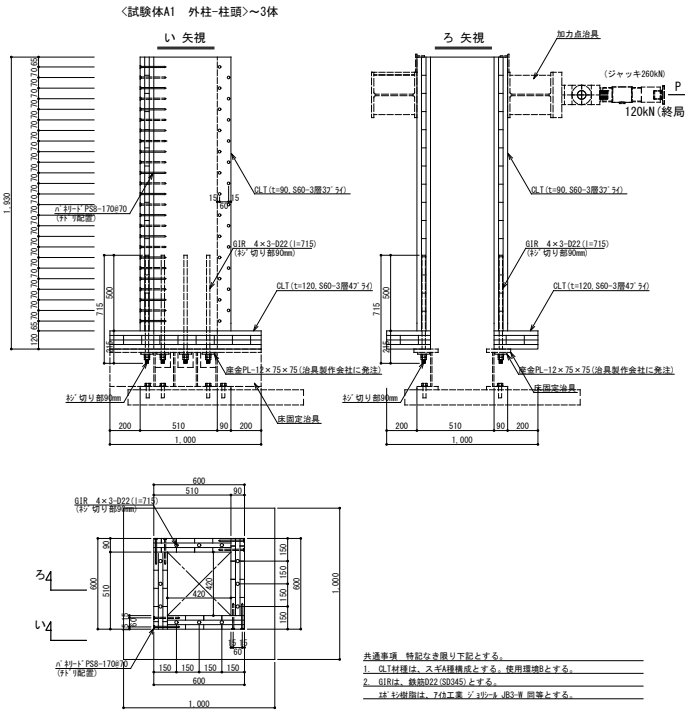
項目	接合具と緊結仕様
柱材と柱材の接合具と緊結仕様	名称：パネリードS（PS8-170, 260） 販売製造：シネジック株式会社 材質：炭素鋼　JIS G 3507-2:2005 冷間圧造用炭素鋼-第 2 部:線　SWCH22A 相当 形状：A-1, A-2 試験体 全長 170mm ネジ部長さ 70.0mm ネジ外径 8.0mm 頭部径 18.0mm B-1, B-2 試験体 全長 260mm ネジ部長さ 100.0mm ネジ外径 8.0mm 頭部径 18.0mm 表面処理： クロメート JIS H 8610:1999 電気亜鉛めっき（等級 3 級相当） JIS H 8625:1993 電気亜鉛めっき及び電気カドミウム及びめっき上のクロメート皮膜（等級 2 級相当） 本数、接合方法：2.2 節の試験体図参照
柱材と床材（架台）の接合具と緊結仕様	【柱の部分】 日本産業規格　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：D22 寸法： 接着部分（床を除く）の長さ　A-1, A-2, B-1, B-2 試験体 500mm 棒鋼の長さ A-1, B-1 715mm　A-2, B-2 595mm ネジきり：M20-90mm 表面処理：なし 挿入孔：直径 28mm　深さ 500mm ＊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　ヒルティ　HIT-RE 500 V3 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（5℃以上） 本数、接合方法：2.2 節の試験体図参照 【床の部分】 日本産業規格　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：D22 寸法： 接着部分の長さ　A-1, B-1 試験体 120mm 棒鋼の長さ A-1, B-1 715mm　A-2, B-2 595mm ネジきり：M20-90mm 表面処理：なし 挿入孔：直径 28mm　深さ 120mm ＊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　ヒルティ　HIT-RE 500 V3 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（5℃以上） 本数、接合方法：2.2 節の試験体図参照

表 2.2(2)　接合具等の仕様

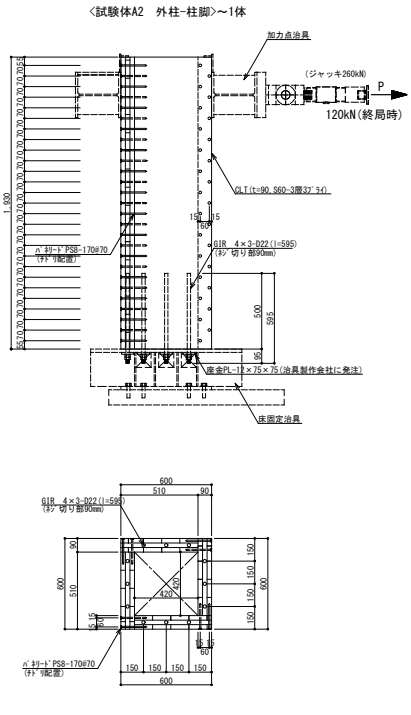
項目	接合具と緊結仕様
柱と方杖と床を貫通接合する接合具（斜め）と緊結仕様 （図 2.2 の B-1 試験体の仕様図参照）	日本産業規格　JIS G 3112:2010　鉄筋コンクリート用棒鋼 種類：異形棒鋼　SD345 呼び名：D22 寸法：接着部分の長さ　（柱）500mm 柱厚さ部分は柱厚 150mm を斜めに貫通 （方杖）500mm （床側）床厚 120mm を斜めに貫通 棒鋼の長さ 2081mm, 1899mm ネジきり：M20-130mm 表面処理：なし 挿入孔：(柱）直径 28mm　深さ 500mm （方杖）直径 28mm　深さ 500mm （床）直径 28mm　貫通 ＊挿入孔に接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　ヒルティ　HIT-RE 500 V3 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（5℃以上） 本数、接合方法：2.2 節の試験体図参照
方杖と柱材の接合具（水平）と緊結仕様 （図 2.2 の B-1 試験体の仕様図参照）	日本産業規格　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：D22 寸法：接着部分の長さ 365mm　（柱厚さ部分 150mm） 棒鋼の長さ 365mm 表面処理：なし 挿入孔：(柱）直径 28mm　深さ 150mm （方杖）直径 28mm　深さ 215mm ＊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　ヒルティ　HIT-RE 500 V3 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（5℃以上） 本数、接合方法：2.2 節の試験体図参照
方杖と床材（架台）の接合具と緊結仕様 （図 2.2 の B-1 試験体の仕様図参照）	日本産業規格　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：D22 寸法：接着部分の長さ 700mm　（方杖部分 500mm） 棒鋼の長さ 830mm ネジきり：M20-130mm 表面処理：なし 挿入孔：(方杖）直径 28mm　深さ 500mm （床）直径 28mm ＊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　ヒルティ　HIT-RE 500 V3 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（5℃以上） 本数、接合方法：2.2 節の試験体図参照

試験体図及び試験写真を下記に示す。

（1:50）



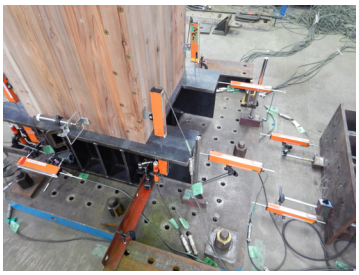
A-1 試験体図



A－２試験体図

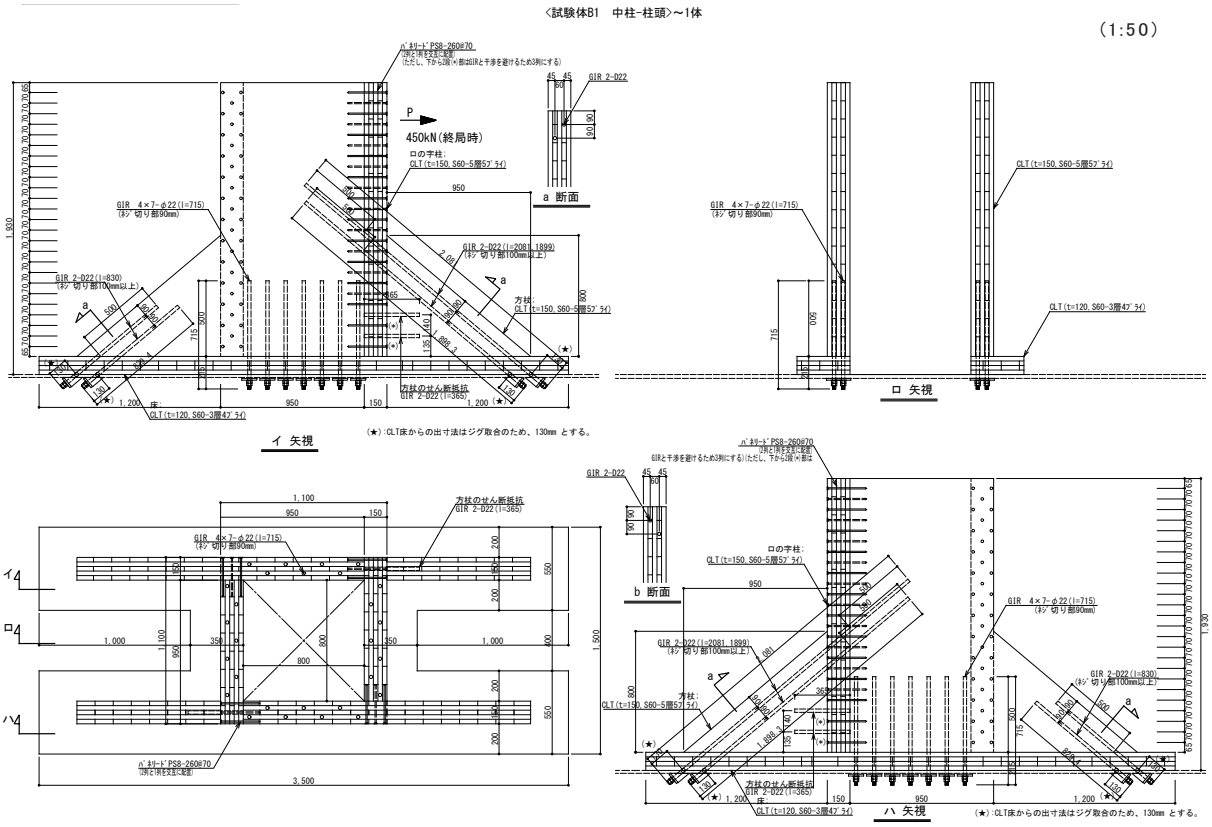
A-1 試験体実験写真

A－２試験体実験写真

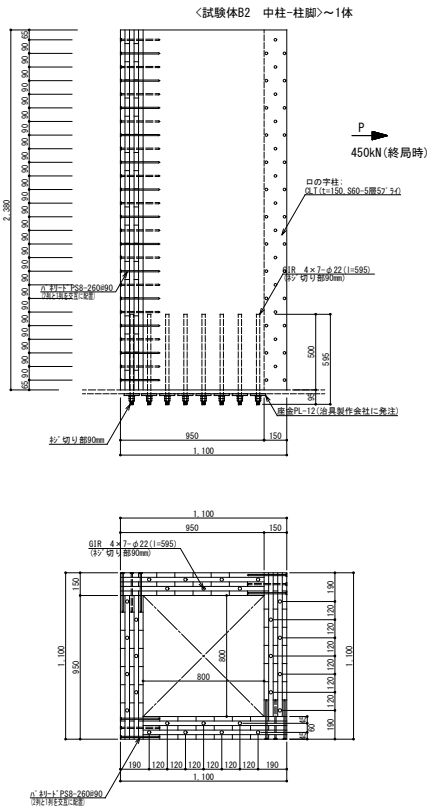


A－２ 計測機器

A-1 架台接続部分



B-1 試験体図



B- 2試験体図

B-1 試験体実験写真

実験後に B-1・B-2 試験体を重ねて
柱型を一体として確認した様子

８－３. 試験内容･結果

はじめに試験方法の詳細を以下に示す。

表 3.1　試験方法の詳細

項目	詳細
加力方法	無載荷式の水平加力試験
制御方法	（1）加力方法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、1/50、1/30 に繰り返しを行い、1/15rad までの変形を目指す。 （2）同一変形段階で 3 回の繰り返しを行い、1/30 においては 1 回の加力を繰り返す。

試験により得られた各試験体の骨格曲線を以下に示す。

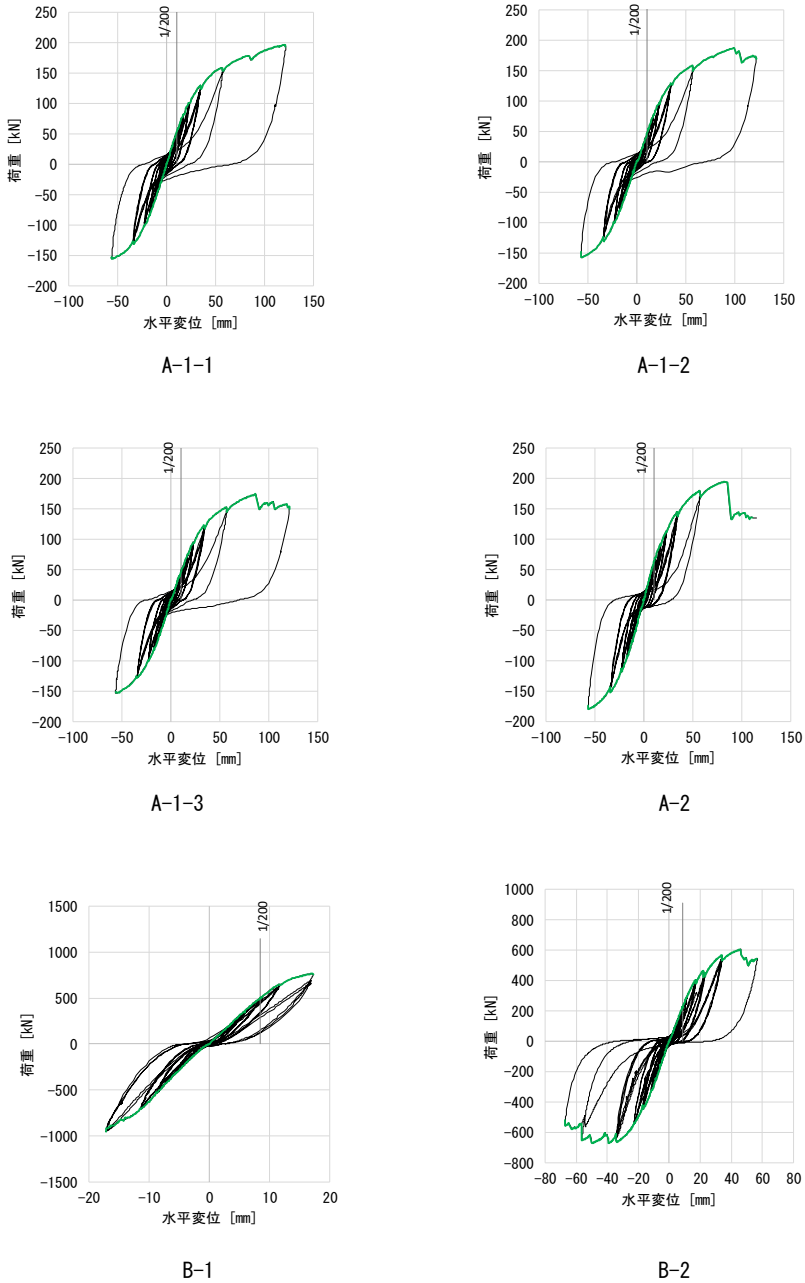


図 4.7　荷重ー水平変位の骨格曲線

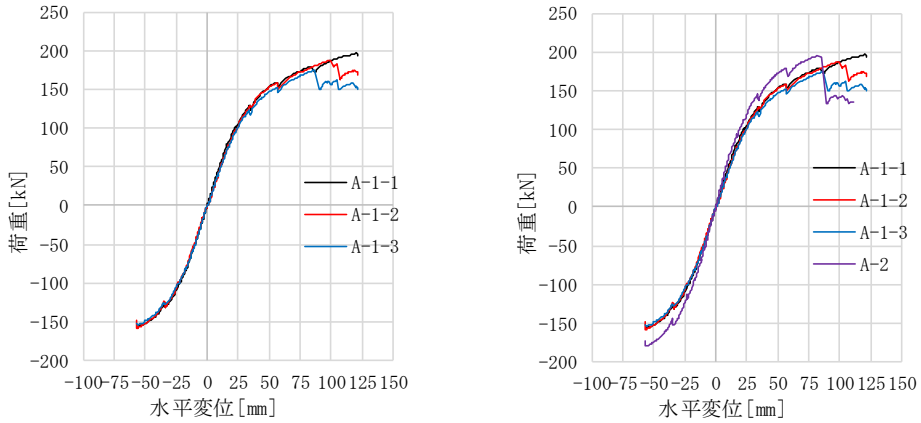


図 4.8　荷重ー水平変位の骨格曲線（A-1、A-2 試験体）

上図がA-1試験体・A-1及びA-2試験体の結果を重ねたもので、下記表がA-1試験体3体分の最大耐力及び剛性を示している。表から確認できるように3体のばらつきも少ないことが確認できた。またA-1とA-2試験体の違いは床用CLTを介して架台に固定されている点であり、最終破壊状況としても、ロの字柱型とCLT床へのめり込みによって差があることが確認できた。

表 4.4　A-1 試験体の最大の荷重とばらつき　[kN]

	最大の荷重	
	正側	負側
A-1-1	196.7	155.9
A-1-2	188.0	157.4
A-1-3	174.5	153.3
平均値	186.4	155.5
標準偏差	9.1	1.7
変動係数 Cv	0.05	0.01
k	0.471	
ばらつき係数	0.98	0.99
平均値×ばらつき係数	182.0	154.7

*k は信頼水準 75%における 50%下側許容限界値を求めるための係数
*ばらつき係数は、1-Cv・k で算出した値

表 4.6　A-1 試験体の等価剛性　[kN/mm]

	1/450rad		1/300rad		1/200rad	
	正側	負側	正側	負側	正側	負側
A-1-1	4.9	5.5	5.3	5.4	5.3	5.2
A-1-2	3.5	4.5	4.1	4.9	4.4	4.9
A-1-3	4.0	5.1	4.5	5.2	4.7	5.2
平均値	4.1	5.0	4.6	5.2	4.8	5.1
標準偏差	0.6	0.4	0.5	0.2	0.4	0.1
変動係数	0.14	0.08	0.11	0.04	0.08	0.03
k	0.471					
ばらつき係数	0.93	0.96	0.95	0.98	0.96	0.99

*等価剛性はそれぞれの変形角の時の荷重をその時の水平変位で除した値
*k は信頼水準 75%における 50%下側許容限界値を求めるための係数
*ばらつき係数は、1-Cv・k で算出した値

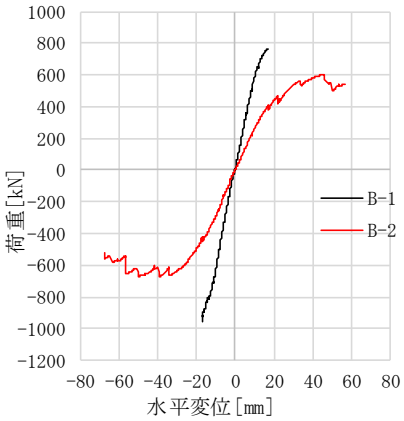


図 4.9　荷重ー水平変位の骨格曲線（B-1、B-2 試験体）

上図がB-1試験体・B-2試験体の結果を重ねたもの、下記表A-2試験体を含めた最大耐力及び剛性を示している。外形・CLT厚みは同じ2つのB試験体の結果の差は、A-1・A-2と同じように床CLTを介している点以外に、大きくは頬杖の効果による耐力の差であると言える。頬杖付のB-1の試験体は水平変位が20mm程度で想定荷重を超えて加力治具・ジャッキ性能の限界となり試験を終了させた。

表 4.5　A-2、B-1、B-2 試験体の最大の荷重　[kN]

	最大の荷重	
	正側	負側
A-2	194.4	179.7
B-1	766.3	954.3
B-2	604.6	671.8

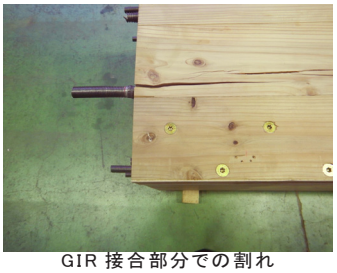
表 4.7　A-2, B-1, B-2 試験体の等価剛性　[kN/mm]

	1/450rad		1/300rad		1/200rad	
	正側	負側	正側	負側	正側	負側
A-2	6.3	5.4	6.5	5.6	6.2	6.0
B-1	60.9	53.4	61.5	58.0	59.5	60.6
B-2	24.8	27.5	26.3	27.4	26.7	29.9

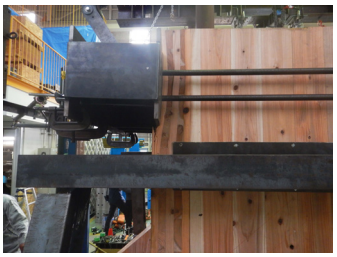
*等価剛性はそれぞれの変形角の時の荷重をその時の水平変位で除した値

A-1　実験終了時

A-1　脚部
浮きと GIR 接合部分での割れ



GIR 接合部分での割れ



B-1頬杖（脚部）での変形前に
加力部で CLT のめり込みが進んだ

8－4. 試験結果考察

① CLTロの字柱試験結果のまとめ

試験結果について、表8-4.1として以下にまとめる。

表 8-4.1 各試験体の最大変形角、剛性、崩壊型

試験体	最大変形角	剛性(実験値)	崩壊型
A-1-1	1/15	5.15	GIR降伏
A-1-2	1/15	4.36	引張GIR破断
A-1-3	1/15	4.71	引張GIR破断
A-2	1/18	5.23	引張GIR破断
B-1	1/83	55.99	柱頭部支圧
B-2	1/30	23.20	引張GIR破断

※剛性(実験値)は1/200,1/300,1/450の正負の平均としている。

・概ね大きな変形能力を有している。崩壊形は、引張側GIRの鉄筋降伏、または破断であった。B-1試験体については、柱頭部治具による支圧が過大となり、試験体が加力できなくなったため、1/83で実験が終了しているが、最大耐力はこれよりかなり大きいと考えられる。

・本計画建物で想定する変形領域層間変形角1/200以下（基礎免震構造を採用）では、概ね弾性挙動を示している。

・同一試験体（A-1-1,A-1-2,A-1-3）の剛性のばらつきは20%以内と小さい。

・A試験体の柱頭、柱脚では変形角1/200以下において剛性に大きな差はない。一方、B試験体は、方杖の有無により剛性が大きく異なり、方杖がある場合は2.4倍の剛性がある。

② 解析による検証

試験体を再現したモデル（図8-4.2）によりFEM解析を行い、試験結果との比較検証を行った。図8-4.3は実験値と計算値の荷重-変形角関係を合わせてプロットしたものである。解析により得られる剛性は、比較的精度よく再現できており、実験値と計算値の誤差は20%程度となった。

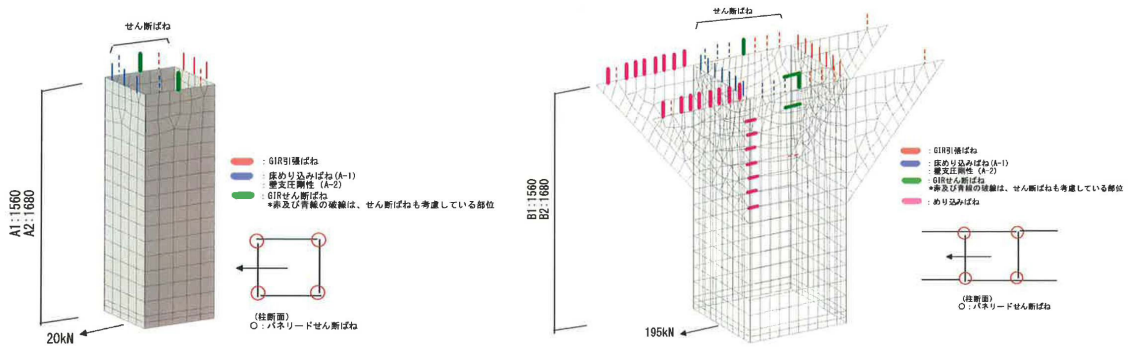


図 8-4.2 試験体の試験体の解析モデル

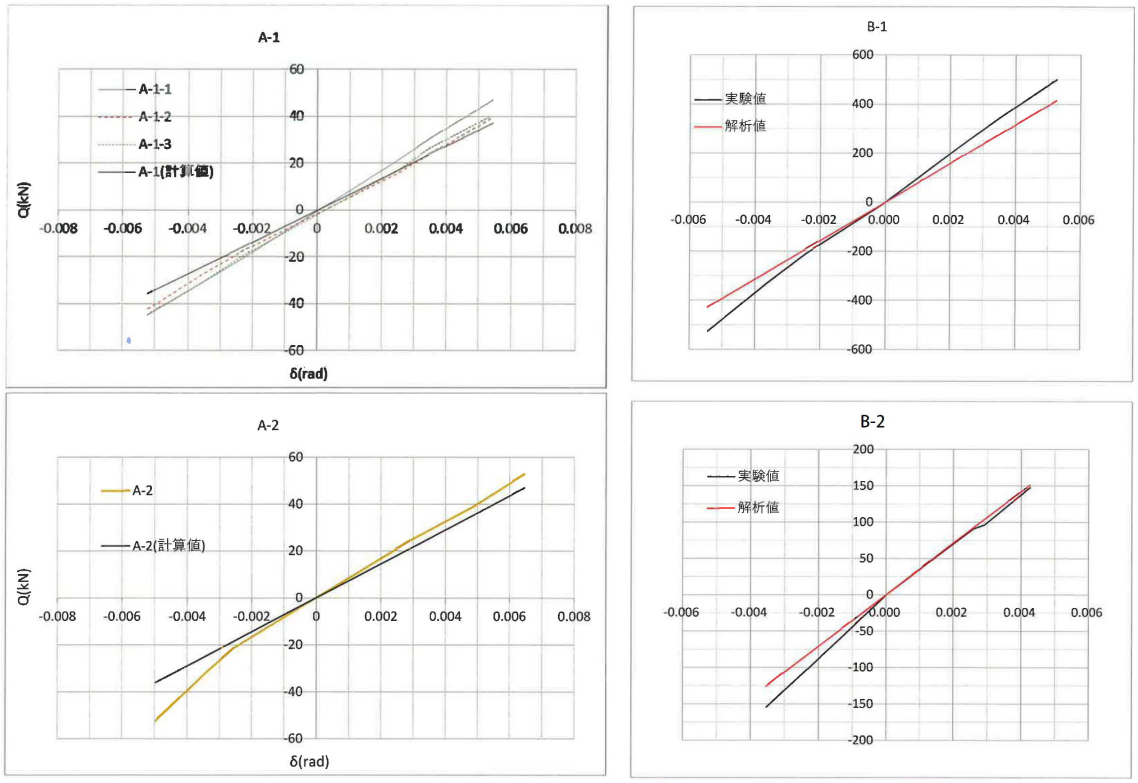


図 8-4.3 剛性の比較

③ CLTロの字柱を組み合わせることによる効果

本建物の設計にあたり、CLTロの字柱による剛性増大率、および、CLTロの字柱とRC柱との応力分担をFEM解析により検証した。

図8-4.4の解析モデルにより、単体のRC柱とした場合と、CLTロの字柱＋同位置にRC柱を配置した場合を比較して算出した。その結果、CLTロの字柱を組み合わせることで、RC柱の剛性は、中柱で1.099～1.150倍、外周柱で1.129倍、RC柱の耐力は中柱で1.35～1.49倍、外周柱で1.41倍となった。

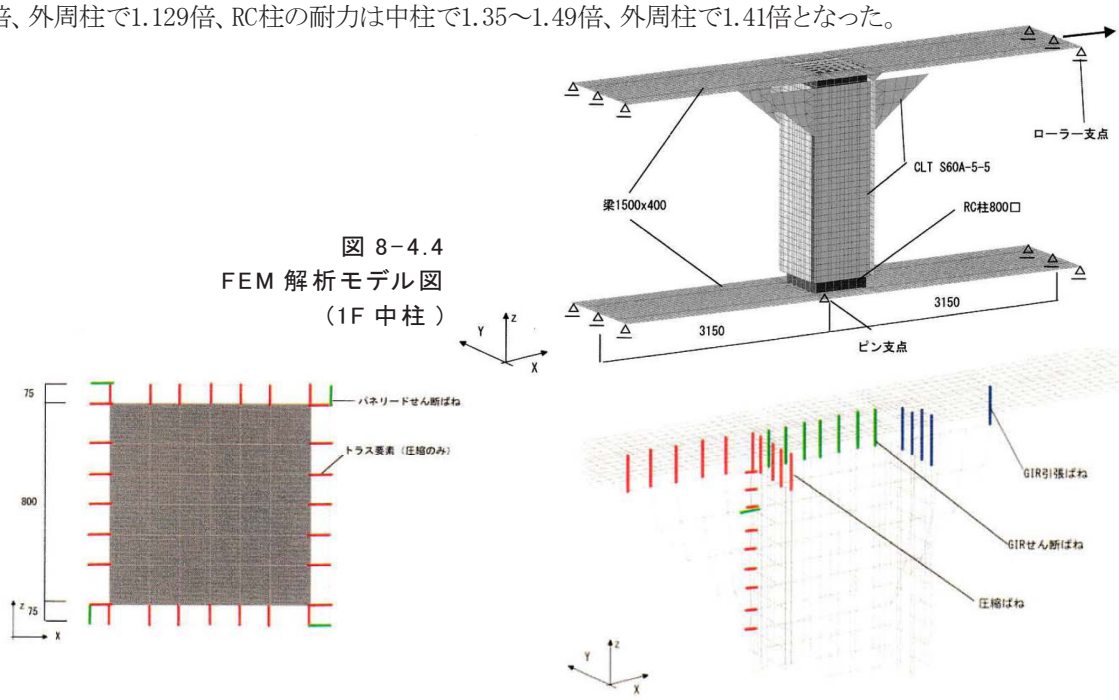


図 8-4.4
FEM 解析モデル図
（1F 中柱 ）

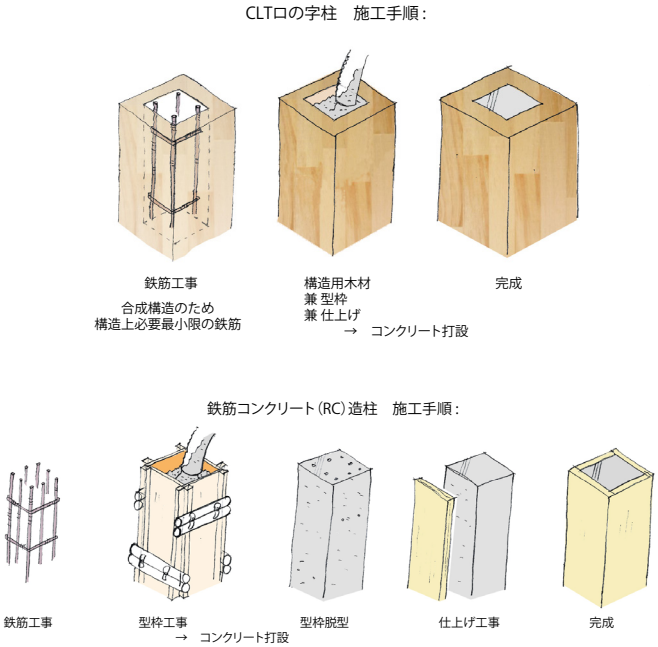
８－５. その他事項 と コスト比較、まとめ

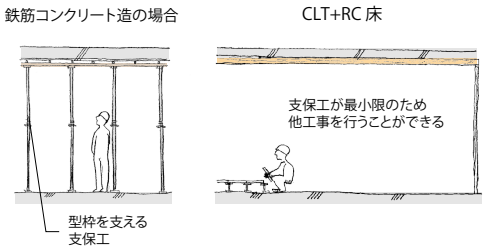
①　床構造について

本計画では、各層の床をCLT板の上にコンクリートを打設する、RC+CLT構造としている。柱型と床CLT部分の接合方法等の検討をし、実験体の製作に反映した。床板単体としての構造性能実験等は実施していないが、常時はRC断面で床を支え、RC+CLTの合成構造とする事で床の振動やたわみを抑え、強度、剛性、遮音性の高い床構造として計画している。

②　型枠・仕上げとしてのCLT

本計画では全ての（柱型・床）CLTを型枠として利用して、コンクリート打設後にそのまま内部仕上げとなることが大きな利点と考えている。





養生方法や建て方の精度等、施工時における懸念事項等についても細かく想定しながら議論を重ねたが、実際の本工事施工中における検証についても建築実証等で引き続き行いたい。

躯体・型枠・仕上を兼ねたCLTの活用は本計画の大きなポイントとなるため、このことを前提に次項のコスト比較を行った。

③　コスト比較

前述の通り、躯体のみの工事費では本計画の特性を把握しにくいため、躯体工事・仕上工事の概算工事費を算出した。これに対して、上部躯体を一般的なRC造及びS造とした場合それぞれとの比較を行った。算出の前提として、本計画自体もRC造である点、また計画上地階があり、どの構造種の場合でも地階含めた地下躯体はRC造としている点を挙げておく。RC造・S造における内装仕上げは、本計画で得られる木質空間と同等になるものを想定して算出した。また、各構造種の想定工期による工事費への影響までは具体的に算出できないため、それぞれにおける上部躯体の建て方から仕上げまで含めた工期を想定した。躯体の建て方に要する施工期間はS造が最も短くなることが予測できるものの、RC造に対して本計画は約2カ月の短縮が可能になると考えている。

次に示す表のように、本計画の躯体＋仕上工事の概算工事費はRC造に対して㎡単価の差額が約＋11.6千円で4%程度の増、S造に対しては地下等の前提条件の影響もあり、㎡単価の差額が約－2.3千円で1%程度減となった。工事費のみの比較の場合S造がRC造を上回っているが、想定工期がRC造の約半分となるため、工事費総額ではS造が下回る可能性が高い。このように工期も考慮に入れて3種の構造を比較した場合には、それぞれに費用面での大きな差は生じないと考えられる。

工事費の比較

工事費（躯体＋仕上）（税抜・千円）		本計画（A）	CLTを使用せず、一般RC造同等とした場合（B）	CLTを使用せず、一般S造同等とした場合（C）	増減額（A)−(B）	増減額（A)−(C）	備考
基礎工事	土工事	26,500	26,500	26,500	0	0	本計画がRC造のため、上部躯体を；一般RC造とした場合：重量増 S造とした場合：重量減 として基礎工事への影響を想定して算出。
	基礎工事	112,000	119,000	100,800	△ 7,000	11,200	
	杭工事	52,000	52,000	42,000	0	10,000	
	免震工事	69,400	69,400	69,400	0	0	
基礎工事計(E)		259,900	266,900	238,700	△ 7,000	21,200	
上部躯体工事	仮設工事	50,050	72,800	58,240	△ 22,750	△ 8,190	CLT床の型枠利用による支保工等の減
	コンクリート工事	61,750	114,000	35,000	△ 52,250	26,750	コンクリート・鉄筋・型枠 S造はデッキプレート+RCスラブ分
	木工事	312,000	0	0	312,000	312,000	CLT躯体工事
	鉄骨工事	0	0	180,900	0	△ 180,900	上部躯体S造の場合670t＋耐火被覆
	防水工事	7,100	7,100	7,100	0	0	本計画では外皮がほぼガラスカーテンウォールのため、構造種による差は無いものとした。
	屋根工事	7,740	7,740	7,740	0	0	
	断熱工事	20,280	20,280	20,280	0	0	
	外装工事	445,000	445,000	445,000	0	0	
	内装工事	204,750	385,500	385,500	△ 180,750	△ 180,750	本計画ではCLTが内部仕上となる。
上部躯体工事計(F)		1,108,670	1,052,420	1,139,760	56,250	△ 31,090	
合計(E)+(F)		**1,368,570**	**1,319,320**	**1,378,460**	49,250	△ 9,890	※土留等の工事は除外 ※8階部分や屋外階段等の鉄骨は除外
延べ面積あたり工事単価（千円/㎡）		**322.2**	**310.6**	**324.5**	11.6	△ 2.3	
					96%	101%	
上部躯体建て方＋内装仕上げ工期の想定		**9カ月**	**11カ月**	**5.5カ月**			

内観イメージ（中間階）

今回の実証事業では、建物が密集する都市における本計画のような中高層建築物においても、架構としての木材利用を実現するために、CLTを積極的に活用し、特殊な加工をすることなく、木材に包み込まれるようなあたたかな室内空間をつくることが、他工種に対して費用面でも大きな差がない形で実現できる、そのための工法の設計を実証できたと考えている。

以上。

2.3　（株）ミヨシ産業／福山弘構造デザイン ン

事業名			ミヨシ産業広島営業所新築工事の設計実証および建築実証
実施者（担当者）			株式会社ミヨシ産業／福山弘構造デザイン
建築物の概要	用途		事務所・倉庫
	建設地		広島県広島市安佐南区伴南8015-1
	構造・工法		<倉庫>CLTパネル工法、<事務所>在来軸組構法
	階数		1
	高さ（m）		9.17
	軒高（m）		7.45
	敷地面積（㎡）		2527.53
	建築面積（㎡）		673.41
	延べ面積（㎡）		656.06（498.72 + 157.34）
	階別面積	１階	498.72,　157.34
		２階	
		３階	
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、屋根、臥梁
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量92.8㎥、建築物使用量90.5㎥
	壁パネル	寸法	36, 72, 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（臥梁）	寸法	60(45+15), 54, 72mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	36, 54mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：スギ　梁：ベイマツ
	木材使用量（㎥）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		95㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.4)立てﾊｾﾞ葺き
		外壁	鋼板スパンドレル、一部モルタル
		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10mm）、木枠FIX複層ガラス
	主な内部仕上	界壁	CLT顕わし、木軸PB12.5塗装仕上げ
		間仕切り壁	PB12.5＋木軸（GW24K50mm）＋PB12.5
		床	なし
		天井	CLT顕わし、構造用合板塗装仕上げ
構造	構造計算ルート		<倉庫>CLTパネル工法ルート2、<事務所>在来軸組構法仕様規定
	接合方法		ビス接合＋制作金物
	最大スパン		13.2m
	問題点・課題とその解決策		倉庫棟は壁柱での自立ができないため、桁通りのCLT壁と同時に施工していく必要があった。小屋組みは倉庫棟・事務所棟とも地組の上施工する必要があった。事務所棟については正確な治具を製作して対応した
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		なし
	本建築物の防耐火仕様		延焼線内防火構造
	問題点・課題とその解決策		防火壁を免除するため準耐火建築物としている
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		特になし
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　75mm（事務所）
		外壁	グラスウール　24K　t100（事務所）
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　65mm（事務所土間下）
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		床がないため特になし
	建て方における課題と解決策		基礎上はシートタイプの絶縁パッキンを施工
	給排水・電気配線設置上の工夫		倉庫SSPパネルには予め配線用の穴を設けて実験、施工した
	劣化対策		外壁に用いたCLTには十分な通気層を設けた
工程	設計期間		2019年7月～10月（3カ月、実施設計のみ）
	施工期間		2019年11月～2020年4月（6カ月見込）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2019年1月上旬～2月中旬（6週間）
	竣工（予定）年月日		2020年4月20日
体制	発注者		ミヨシ産業
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		福山弘構造デザイン
	構造設計者		福山弘構造デザイン
	施工者		蜂谷工業株式会社、住友林業株式会社
	ＣＬＴ供給者		鳥取CLT、銘建工業
	ラミナ供給者		米子木材市場（鳥取県産材）

実証事業名：ミヨシ産業広島営業所新築工事の設計実証および建築実証
建築主等／協議会運営者：（株）ミヨシ産業／福山弘構造デザイン

１．実証した建築物の概要

用途		事務所・倉庫		
建設地		広島県広島市安佐南区		
構造・工法		〈倉庫〉CLT パネル工法、〈事務所〉在来軸組構法		
階数		1		
高さ（m）		9.17	軒高（m）	7.45
敷地面積（㎡）		2527.53	建築面積（㎡）	673.41
階別面積	１階	498.72, 157.34	延べ面積（㎡）	656.03
CLT 採用部位		壁、屋根、臥梁		
CLT 使用量（㎥）		加工前製品量 92.8 ㎥、建築物使用量 90.5 ㎥		
CLT を除く木材使用量（㎥）		59.2 ㎥		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	36,72,90㎜厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	臥梁	60(45+15),54,72㎜厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
	屋根	36,54㎜厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間		2019 年 7 月～10 月（3 カ月、実施設計のみ）		
施工期間		2019 年 11 月～2020 年 4 月（6 カ月見込）		
CLT 躯体施工期間		2020 年 1 月上旬～2 月中旬（6 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

営業所の倉庫棟を CLT 告示のルート２、事務所棟を仕様規定に基づいて設計を行った。倉庫においては標準的な壁柱形式の CLT で倉庫棚のタテ板を兼ねて梁間方向の耐力要素とし、薄いタイプの CLT を桁行の壁の面材として利用し、各方向の構造的要求に合わせて特性を生かす方法を提案した。また屋根天井には薄い CLT をストレストスキンパネルのスキンとして利用し、意匠性・軽量性・コスト上の優位性のある提案を行った。事務所棟においては薄いタイプの CLT の軽量性を意匠的に生かした屋根架構を提案している。

３．協議会構成員

（設計）福山弘構造デザイン：福山（協議会運営者）
（構造設計）同上

（施工）蜂谷工業：茅野、久安
（材料）住友林業：西出、鳥取 CLT：井口
（金物、試験）カネシン：遠藤

４．課題解決の方法と実施工程

福山弘構造デザインが中心となり設計仕様をとりまとめ、協議会内で VE 検討、施工性検討を行った。
倉庫屋根架構にも使う SSP については特に汎用性に留意して、協議会でコスト検討と仕様策定を行い、性能確認試験は株式会社カネシンで行った。また倉庫壁の CLT 柱脚には、施工性の確認について協議を行いながら決定した。確認申請は解析計算に基づき、試験結果にかかわらず手続きを進められる形とし、全体スケジュールに影響しないよう留意して工程を進めた。
＜協議会の開催＞
2019 年 7/11：第 1 回開催、設計仕様及び試験仕様の問題点洗い出し、スケジュール確認
8/19-21：第 2 回開催、設計仕様の確定、試験体でのディテール確認（試験場にて）
9/19：第 3 回開催、見積調整、仕様の変更内容確認
10/16：第 4 回開催、見積調整、工事仕様の変更協議
11/18：第 5 回開催、工事仕様の詳細に関する協議
11/25：第 6 回開催、工事仕様の詳細に関する協議（現場初回打合せ）
12/6：第 7 回開催、工事仕様の詳細に関する協議
12/13：第 8 回開催、工事仕様の詳細に関する協議
12/20：第 9 回開催、工事仕様の詳細に関する協議
2020 年 1/10：第 10 回開催、木工事進捗確認
1/21：第 11 回開催、工事改善点等確認
＜設計＞
2019 年 7/5　実施設計開始
7/31 本見積用実施設計図書展開
8-10 月初旬：実施設計調整
8-11 月中旬：建築確認申請
11/22～：確認申請済証受理、工事監理開始
＜施工＞
2019 年 11/4：工事契約および起工式
11/25：着工、基礎工事
2020 年 1/6～：木工事
2 月～：外装工事
＜性能確認＞
2019 年 8 月：ストレストスキンパネル予備試験、7 仕様(屋根、軽量床、重量床）各 1 体

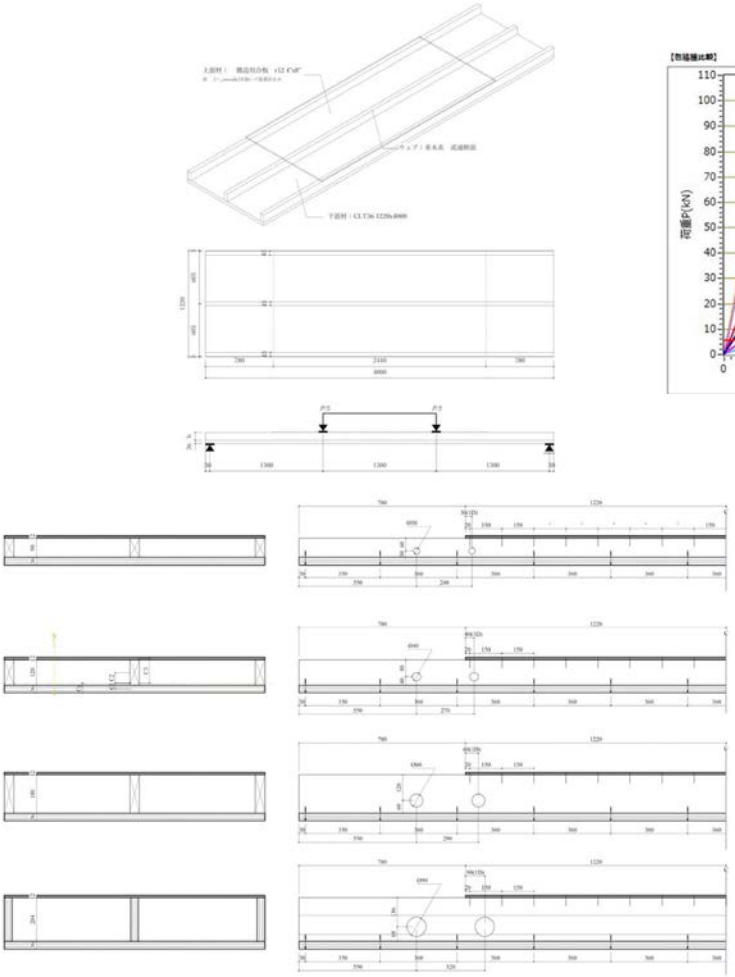
５．得られた実証データ等の詳細

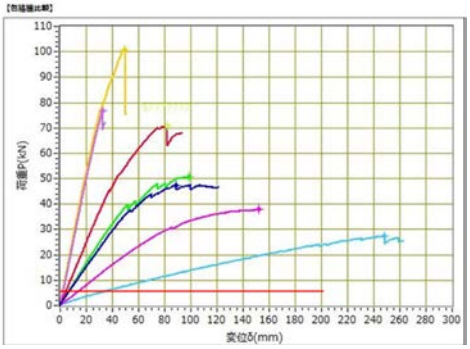
設定した課題において次の結果が得られた。

（１） CLT を利用した SSP の強度試験

ウェブに貫通孔のある下側 CLT 上側合板の SSP について、様々なせいのパタンについて試験を行い、その性能と解析可能性を確認した。剛性については高い精度で予測できることが分かり、耐力については CLT のローリングシア性能が関与することが明確となった。CLT をウェブとした場合に貫通孔の影響は極めて小さくなることが確かめられ、今後の開発研究の始点として期待できる。

name	web		web cut (hole)	lower frange	upper frange	joint glue	joint fastener	comment	Num pre
SSP-90 [ctrl]	スギ E70	45x90	2x 2-φ30	CLT36 Mx60 1220x4000	構造用合板 t12 4'x8'	パネルボンドKU（上下とも）	ecofastener-75 @360 (lowerFrange-web) CN50 @150 (upperFrange-web)	コントロール。ウェブに穴あけ、上面材あり、接着剤併用ビス止め	1
SSP-90_os (oneside)		45x90	2x 2-φ30		off			上面材なし	1
SSP-90_ns (nocut)		45x90	off		構造用合板 t12 4'x8' (1220x2440)			穴あけ無し	1
SSP-90_ng (nonglue)		45x90	2x 2-φ30			off		上下面、接着剤なし	1
SSP-120		45x120	2x 2-φ40			パネルボンドKU（上下とも）			1
SSP-180		45x180	2x 2-φ60					入手困難な場合中止	1
SSP-204	CLT36 Mx60	36x204	2x 2-φ90						1



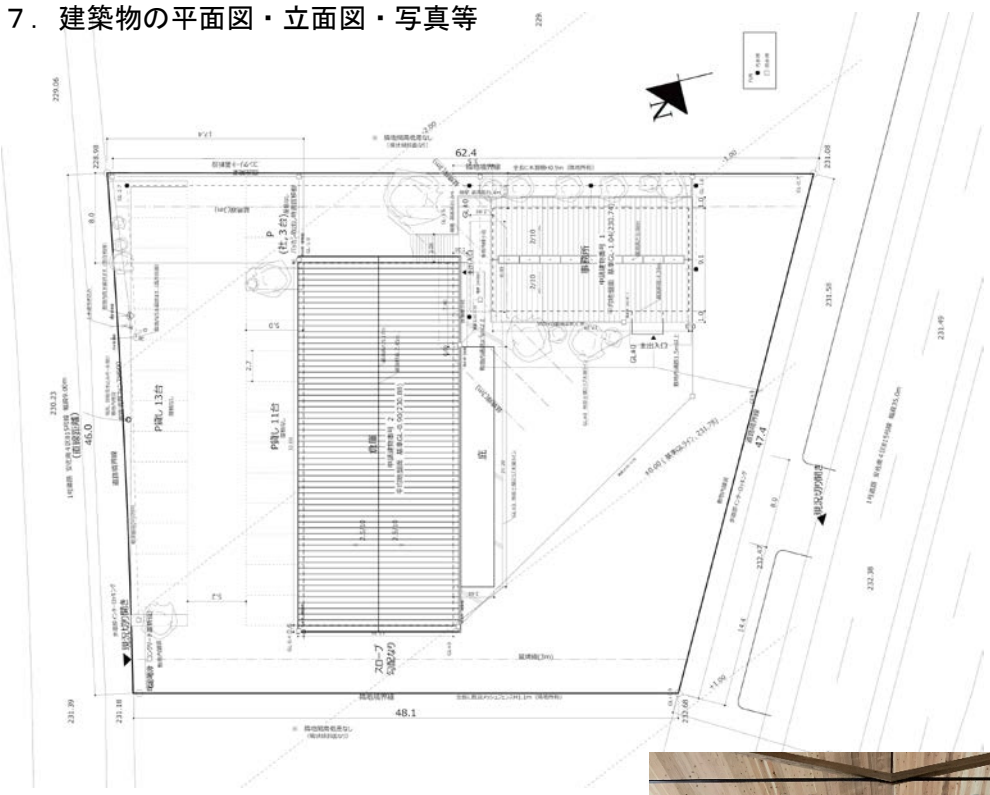


name	試験結果 最大荷重 (kN)	試験結果 最大荷重時変位 (mm)
SSP-90 [ctrl]	47.39	88.34
SSP-90_os (oneside)	37.87	152.05
SSP-90_ns (nocut)	50.71	98.52
SSP-90_ng (nonglue)	27.52	248.03
SSP-120	70.87	82.03
SSP-180	76.60	32.46
SSP-204	100.75	49.61

６．本実証により得られた成果

CLT パネル工法で一般的な壁柱利用と、薄物による面材型利用の組み合わせによる構造合理的なシステムの汎用性について実際の設計を通して確認することができた。薄物の CLT を生かした２次構造材的な利用方法を箇所・用途に合わせた有効な使いかたについて確認できた。特に倉庫での壁柱利用において、設計と協議を通じて得られる接合部ディテールと性能、およびストレストスキンパネルの性能情報は、汎用的に展開することができ、コストに関する情報と合わせて同様の用途の建築物に波及的効果を期待できる。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



成果報告書　目次

1.　倉庫棟構成概念図

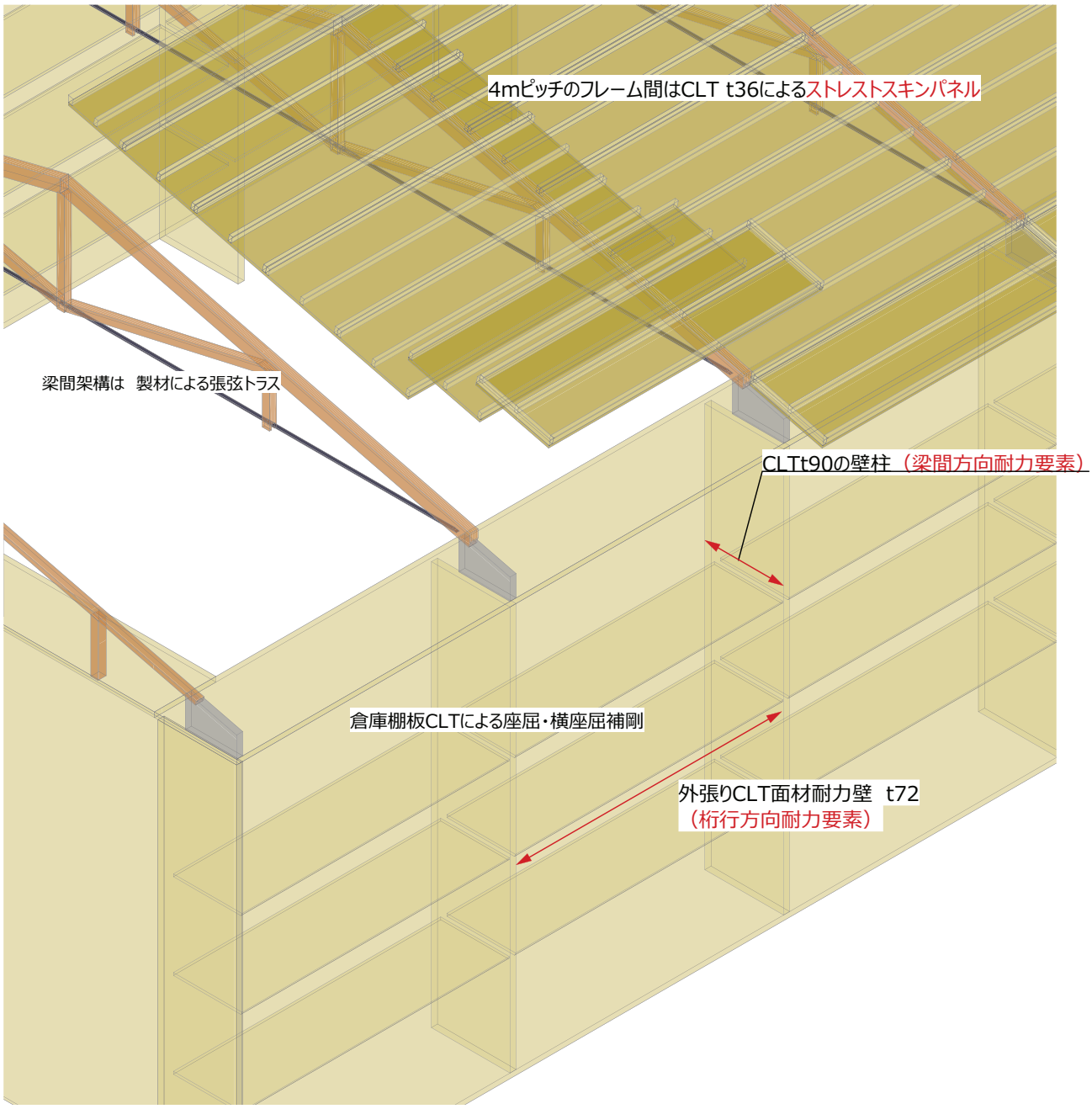
2.　詳細図等

3.　施工時写真

4.　ストレストスキンパネル試験

5.　倉庫棟 S 造倉庫との仮定コスト比較

1.　倉庫棟構成概念図



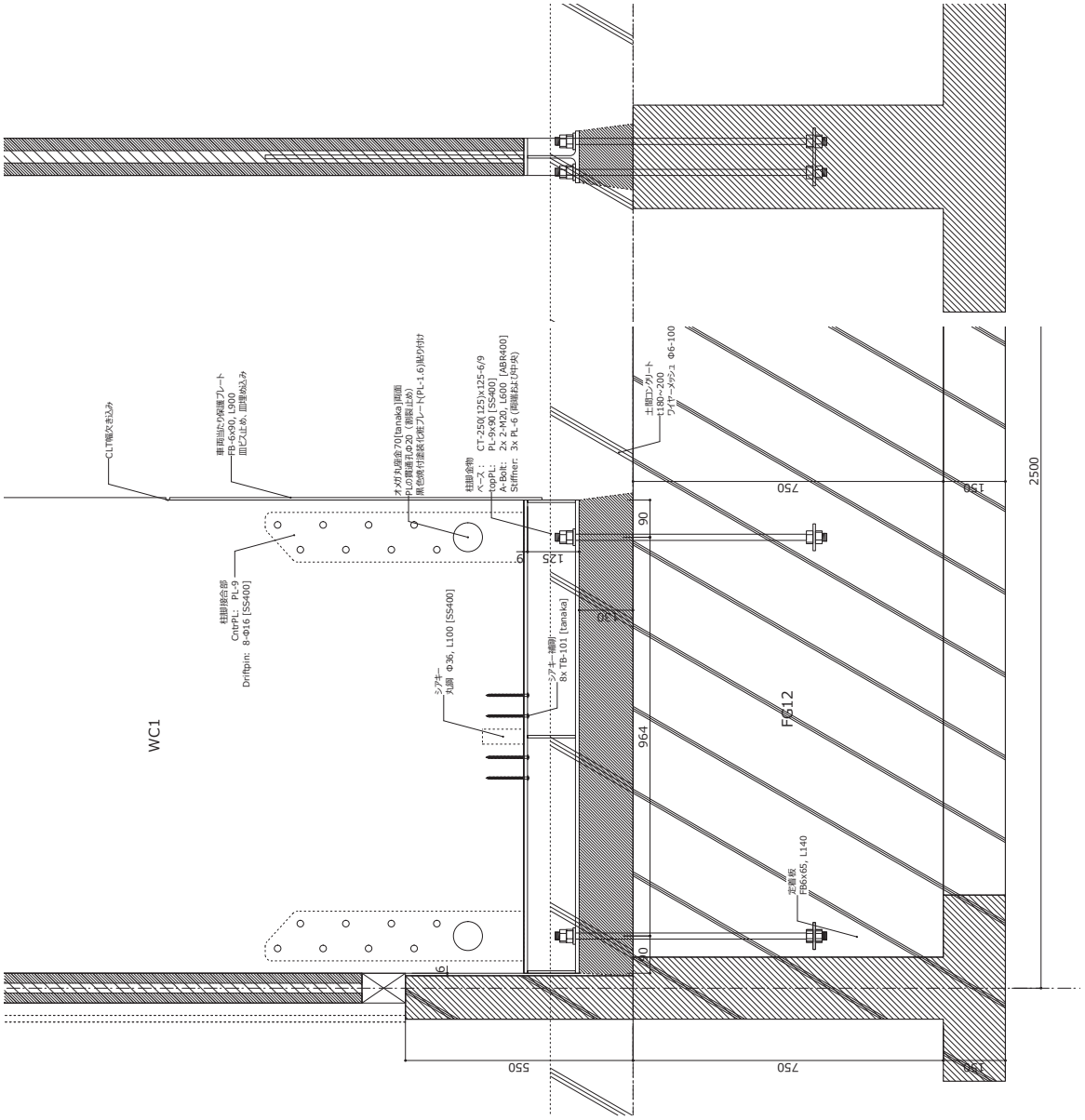
梁間：一方向ラーメン
桁行：一方向ブレース壁

敷地の高低差のため下部の基礎せいが大きくなる

-1.　CLTパネル工法の壁柱で梁間方向に抵抗
上部は単純支持のトラスでストレストスキンパネルを強調する形とした

-2.　桁行はブレースなど考慮したが、CLTパネル工法はX, Y別構造を許容していないため、桁行もパネル工法に該当するt72とした。
集成材や LVL を用いれば､梁間方向モーメント抵抗＋桁行ブレース（面材壁）が可能となり､柱脚モーメント抵抗を基本形式とする CLT でそれが不可能なのは不自然

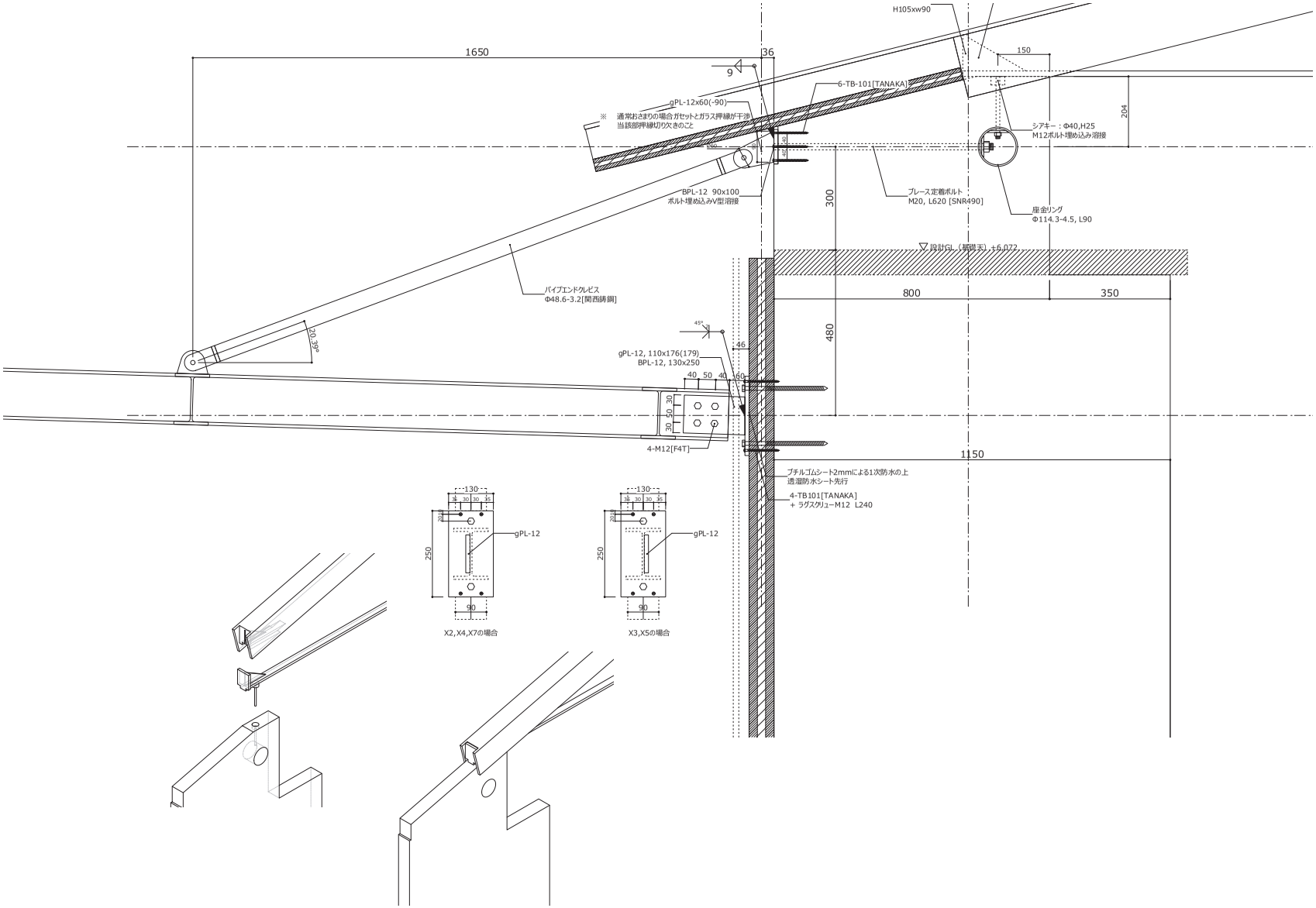
2.　詳細図等



倉庫棟柱脚部

-1.　センタープレートドリフトピン。終局時のドリフトピンの曲げに伴う面外方向への割裂どめのせん断抵抗しないボルトを併用

-2.　鉄骨土台を壁柱ごとに一体化し、あらかじめ取りつけての施工を想定



Hf

福山弘構造デザイン
Hf architectural design

神奈川県川崎市麻生区
上麻生 ﾄｼﾗ45-302
一級建築士事務所 17546 号

物件名

ミヨシ産業
広島営業所
新築工事

図面名

実施設計図
倉庫棟

構造詳細図２
WC1柱頭詳細図

図面番号

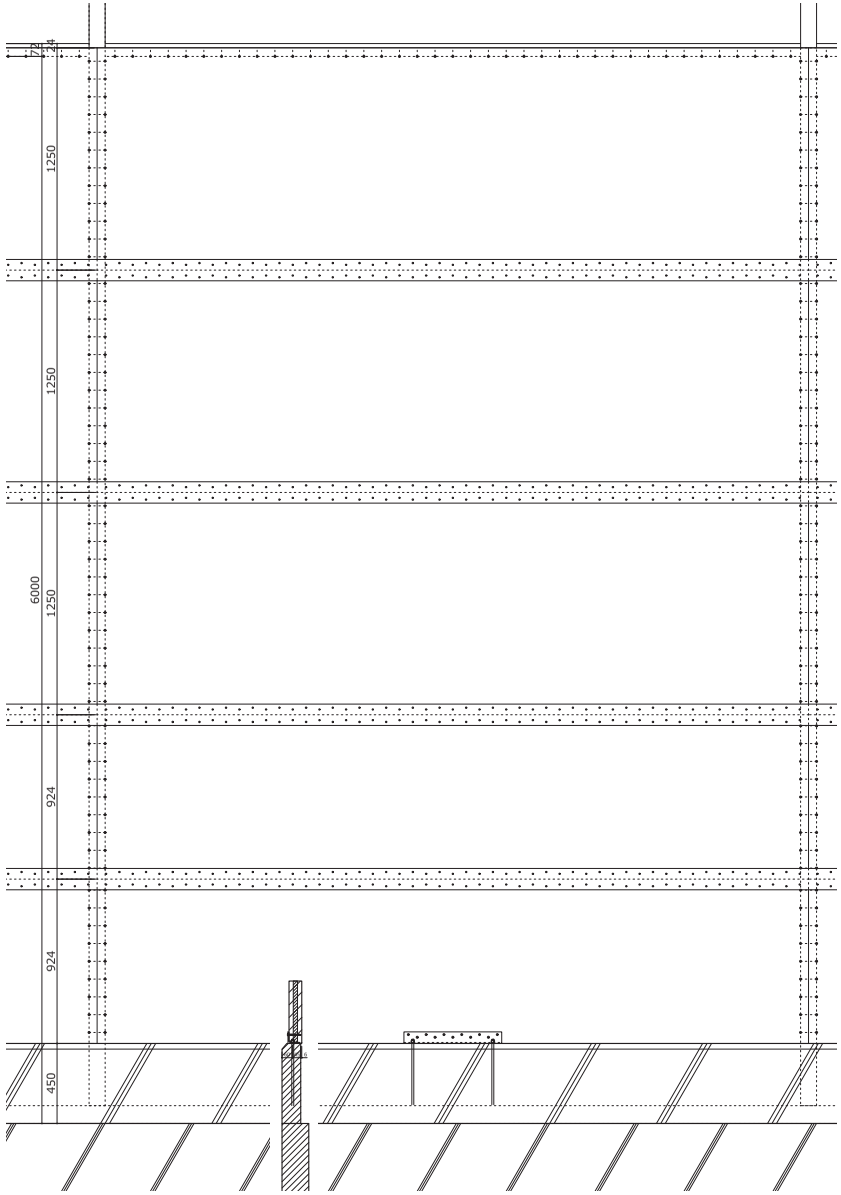
S-1-17

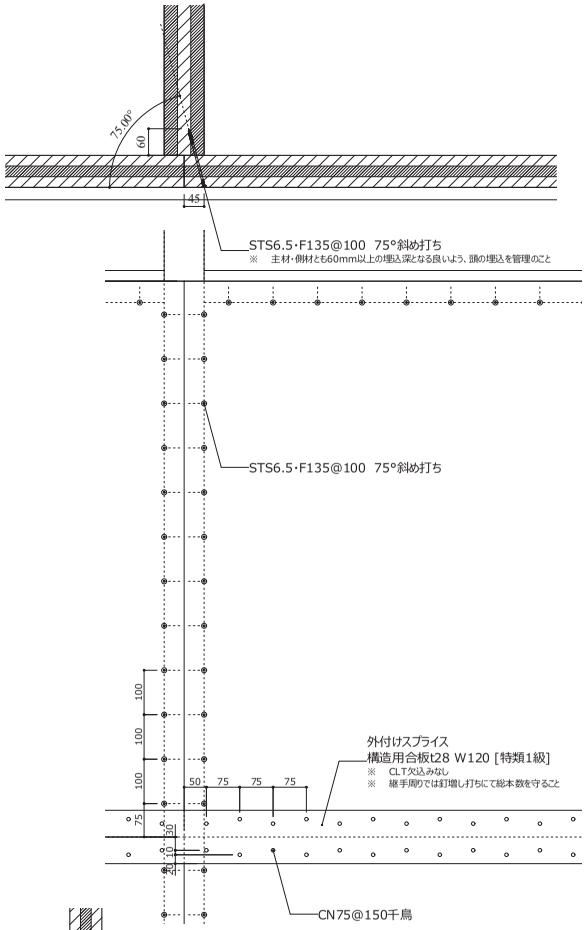
縮尺
1:10

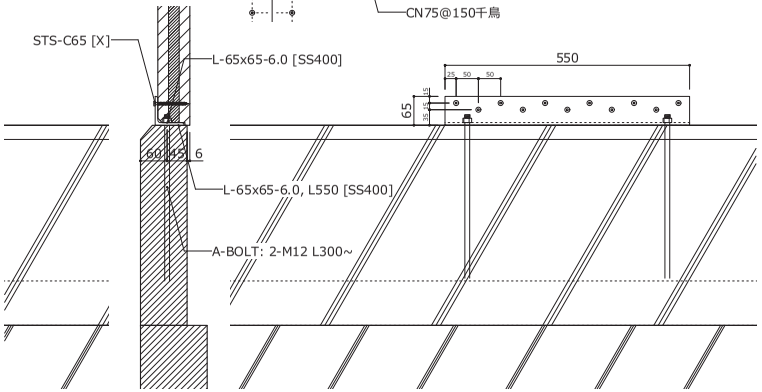
作図者

福山 弘
一級建築 士登録 第357430号

その他







Hf
福山弘構造デザイン
Hf architectural design
神奈川県川崎市麻生区
上麻生 3-3-15-301
神奈川県知事登録 17546 号

物件名

ミヨシ産業
広島営業所
新築工事

図面名

実施設計図
倉庫棟

構造詳細図 6
W1接合詳細図

図面番号

S-1-21

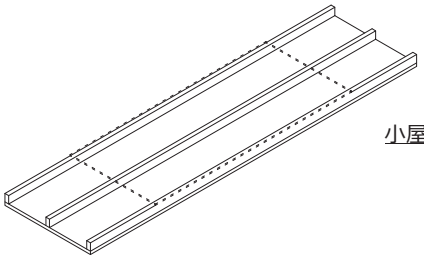
縮尺

1:10
1:25

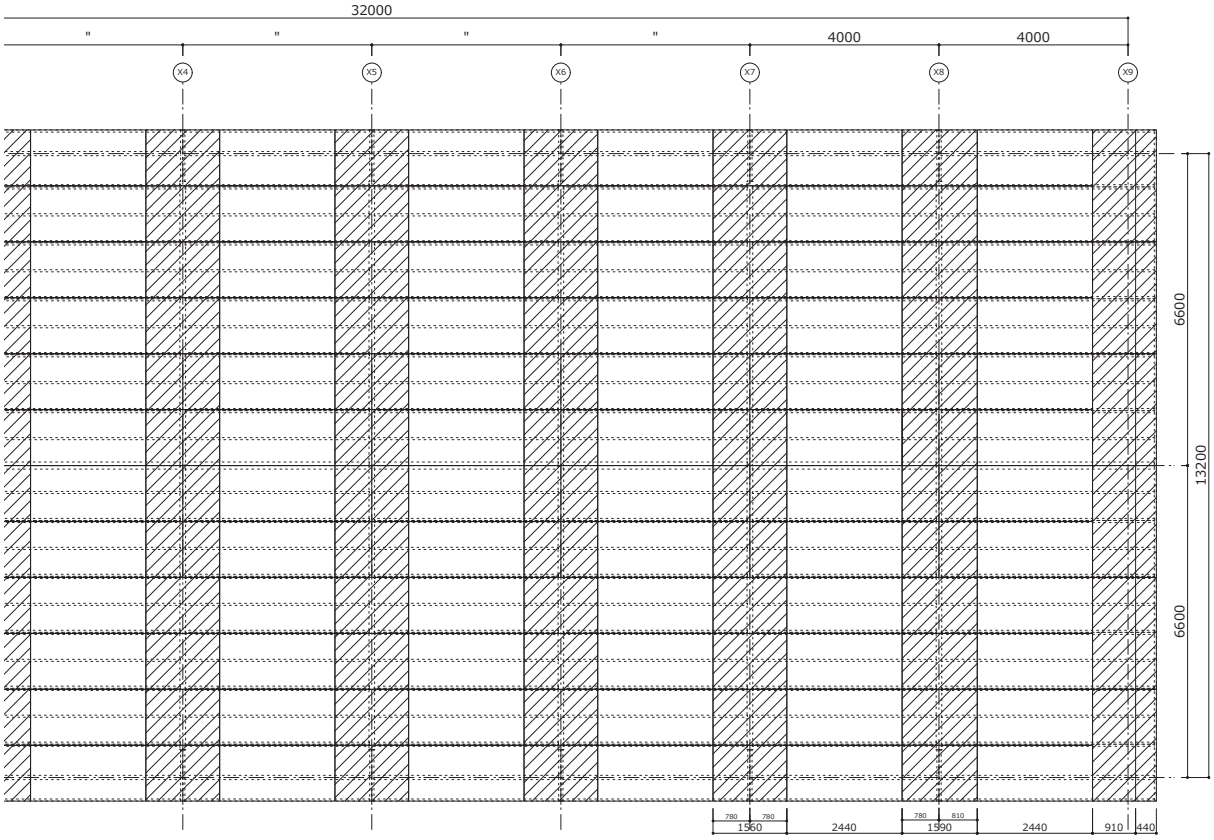
作図者

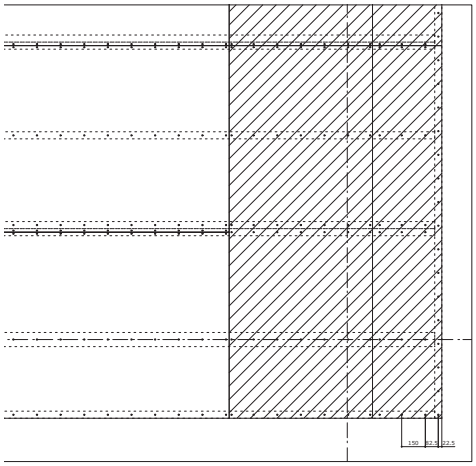
福山 弘
一級建築士登録 第357430号

その他



小屋載掛け時部材図



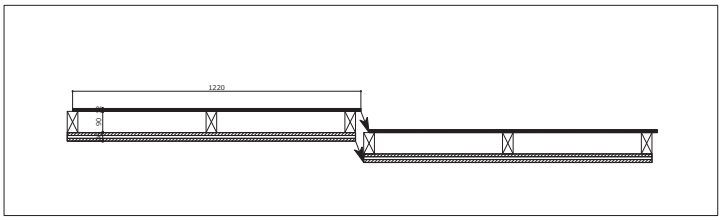


下部のぼり梁(トラス上弦)およびタルキを示す

構造用合板t12 プレ接合面　CN50@150 パネルボンドKU[コニシ]併用

※ 当該部構造用合板は下小屋にて取り付け後架設のこと

構造用合板t12 現場接合面　CN50@150



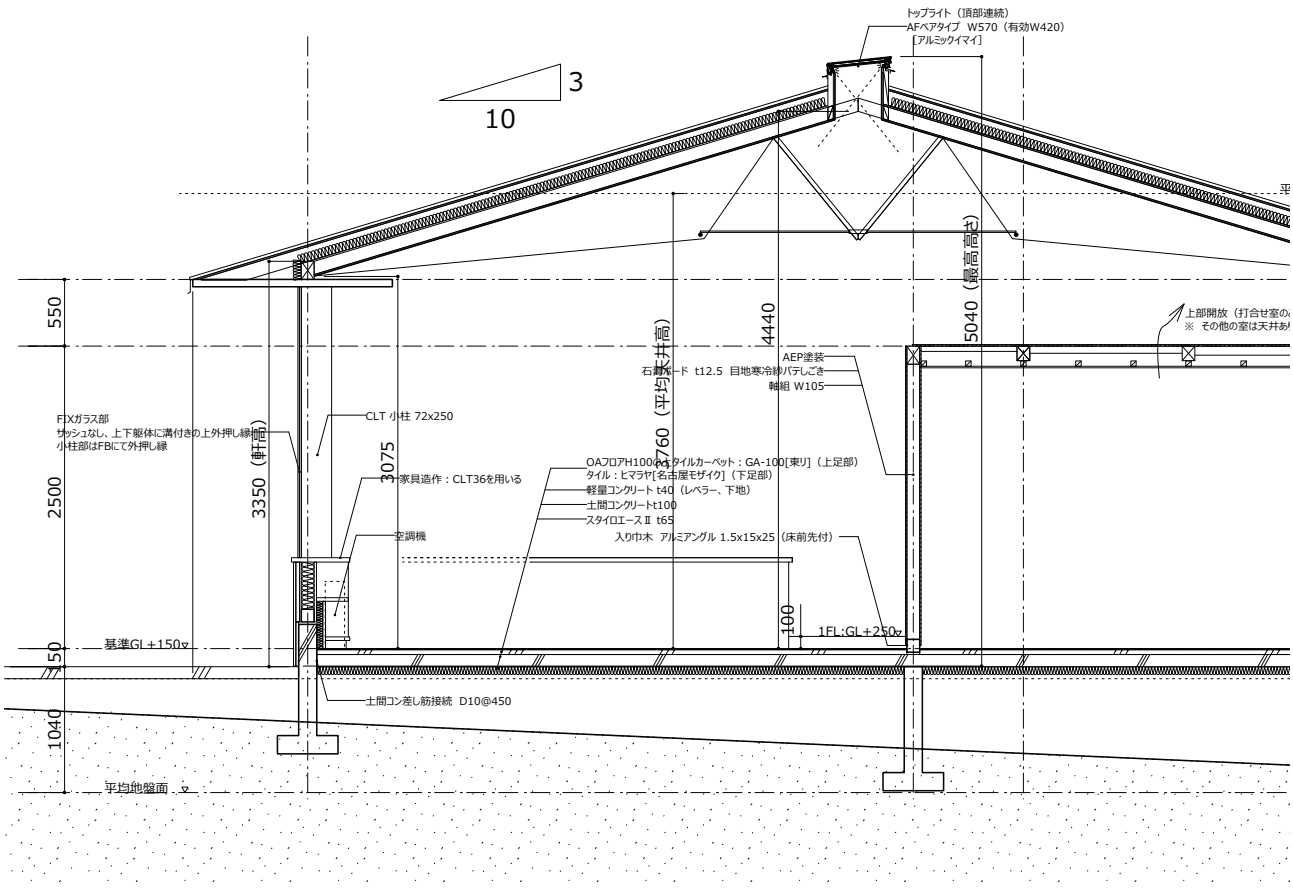
倉庫棟上部ストレストスキンパネル

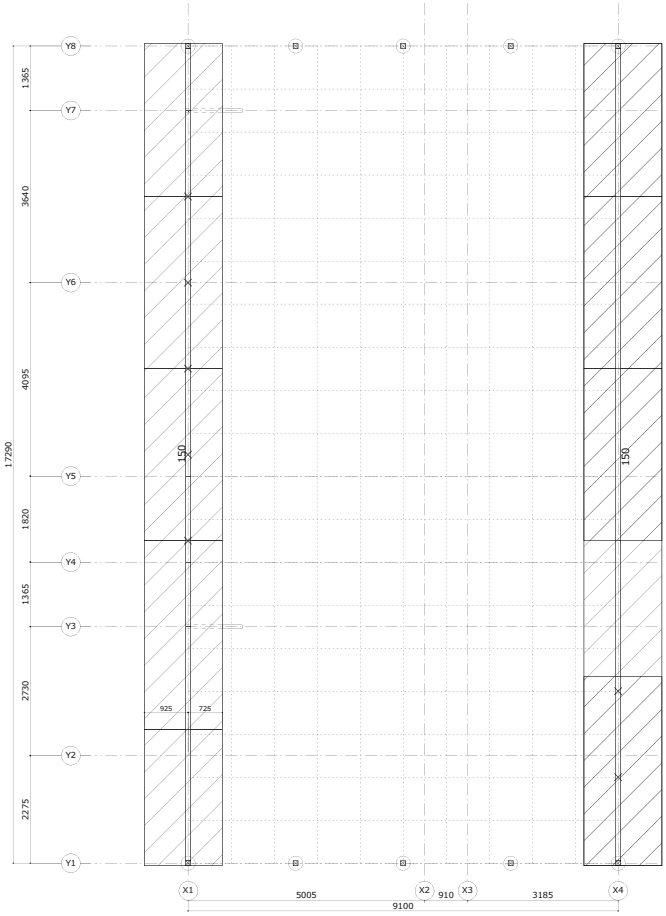
-1.　パネル縁端部の上側合板をオープンとし、現場で留め付けることで以下のメリット

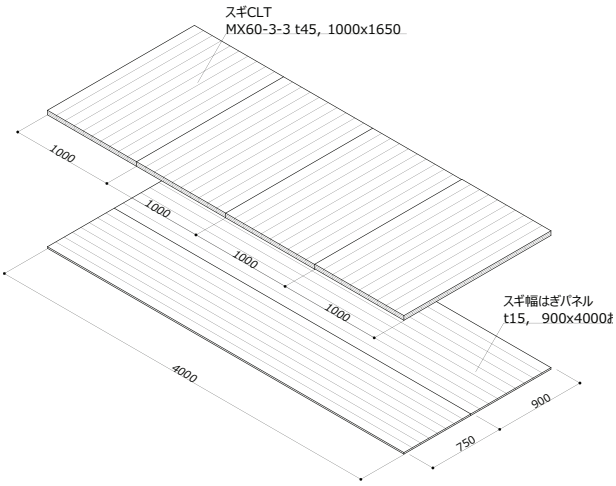
　　i.　現場では釘打ちのみでOK。水平構面としての一体性を担保しやすく

　　ii.　設備の配管・配線後に現場で蓋をすることができる

-2.　トラス上弦材に落とし込みとし、パネル内の垂木と上弦材は天端合わせ

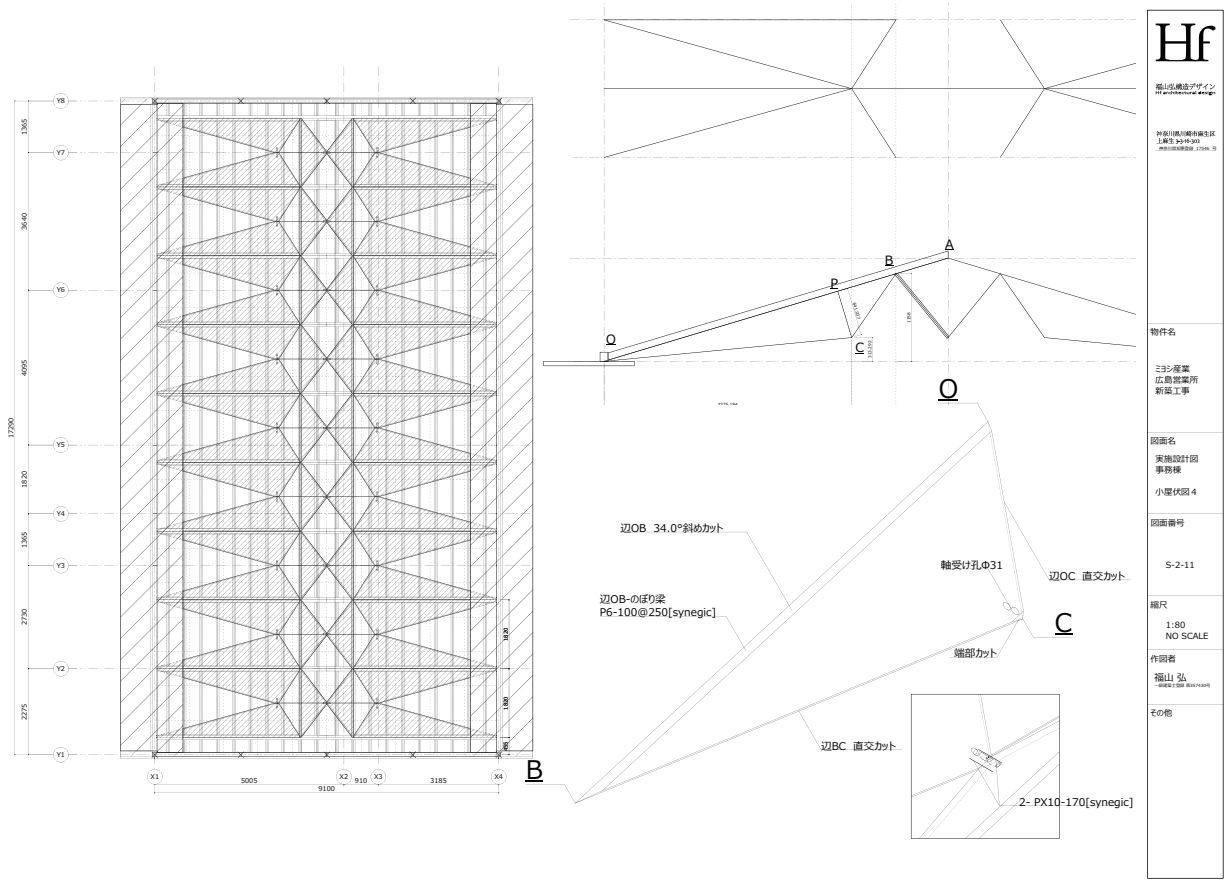


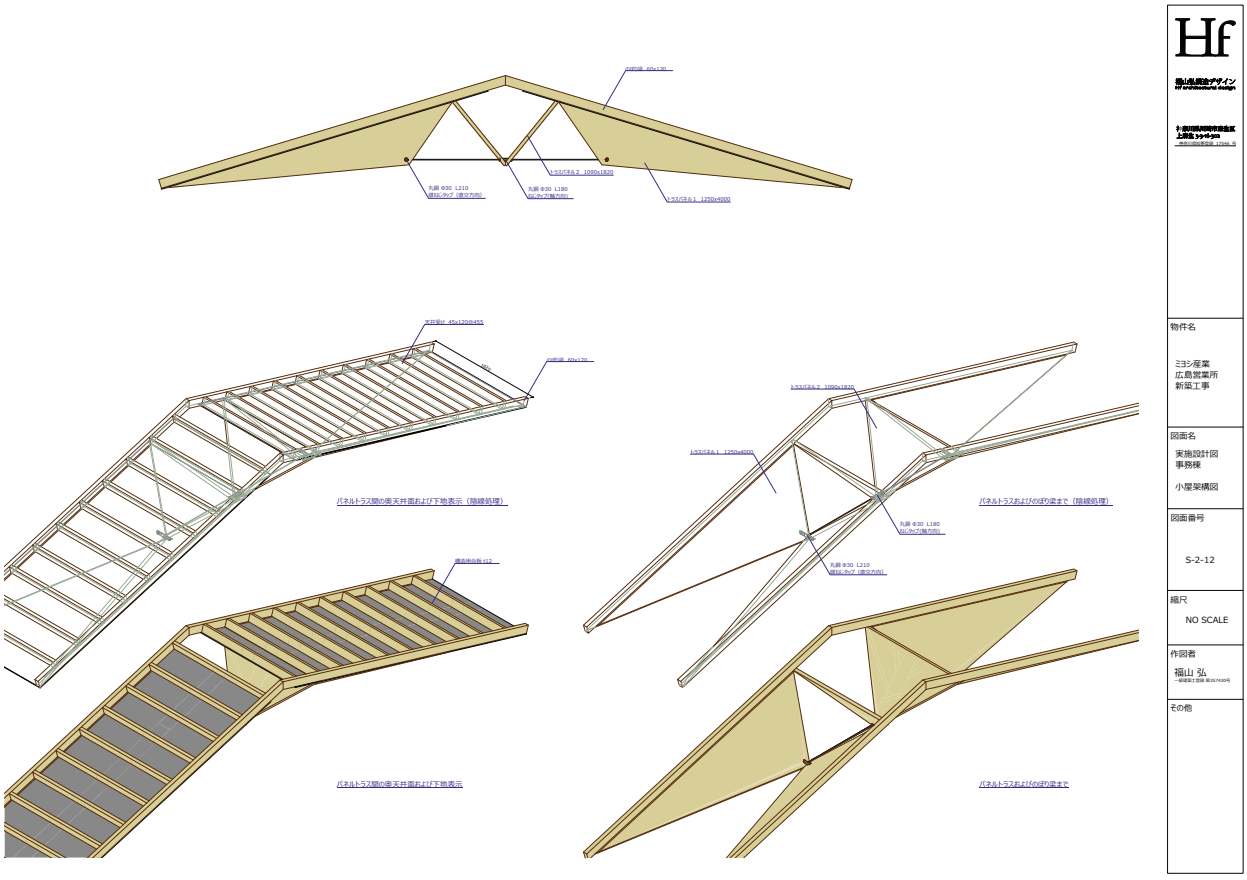


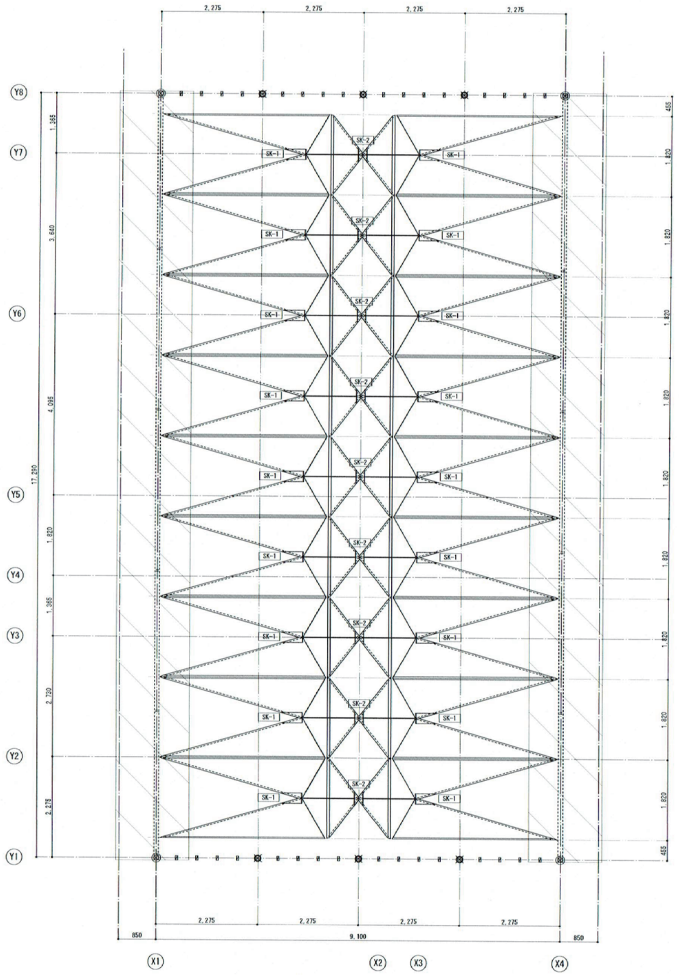


現場接着等（下小屋施工）にて臥梁軒天パネルを形成する

KU-960W全面塗布
＋ビス圧締（軽天ビス等適宜、非構造）


Y8
Y7
Y6
Y5
Y4
Y3
Y2
Y1
1365
3640
4095
1820
1365
2730
2275
17290
X1
X2
X3
X4
5005
910
3185
9100
B
A
P
Q
C
O
辺OB 34.0°斜めカット
辺OB-のぼり梁
P6-100@250[synegic]
軸受け孔φ31
辺OC 直交カット
端部カット
辺BC 直交カット
2- PX10-170[synegic]
福山弘構造デザイン
Hf architectural design
物件名
ミヨシ産業
広島営業所
新築工事
図面名
実施設計図
事務棟
小屋伏図４
図面番号
S-2-11
縮尺
1:80
NO SCALE
作図者
福山 弘
その他


パネルトラス間の南天井面および下地表示（隙間処理）
パネルトラス間の南天井面および下地表示
パネルトラスおよびのぼり梁まで（隙間処理）
パネルトラスおよびのぼり梁まで
福山弘構造デザイン
Hf architectural design
物件名
ミヨシ産業
広島営業所
新築工事
図面名
実施設計図
事務棟
小屋架構図
図面番号
S-2-12
縮尺
NO SCALE
作図者
福山 弘
その他



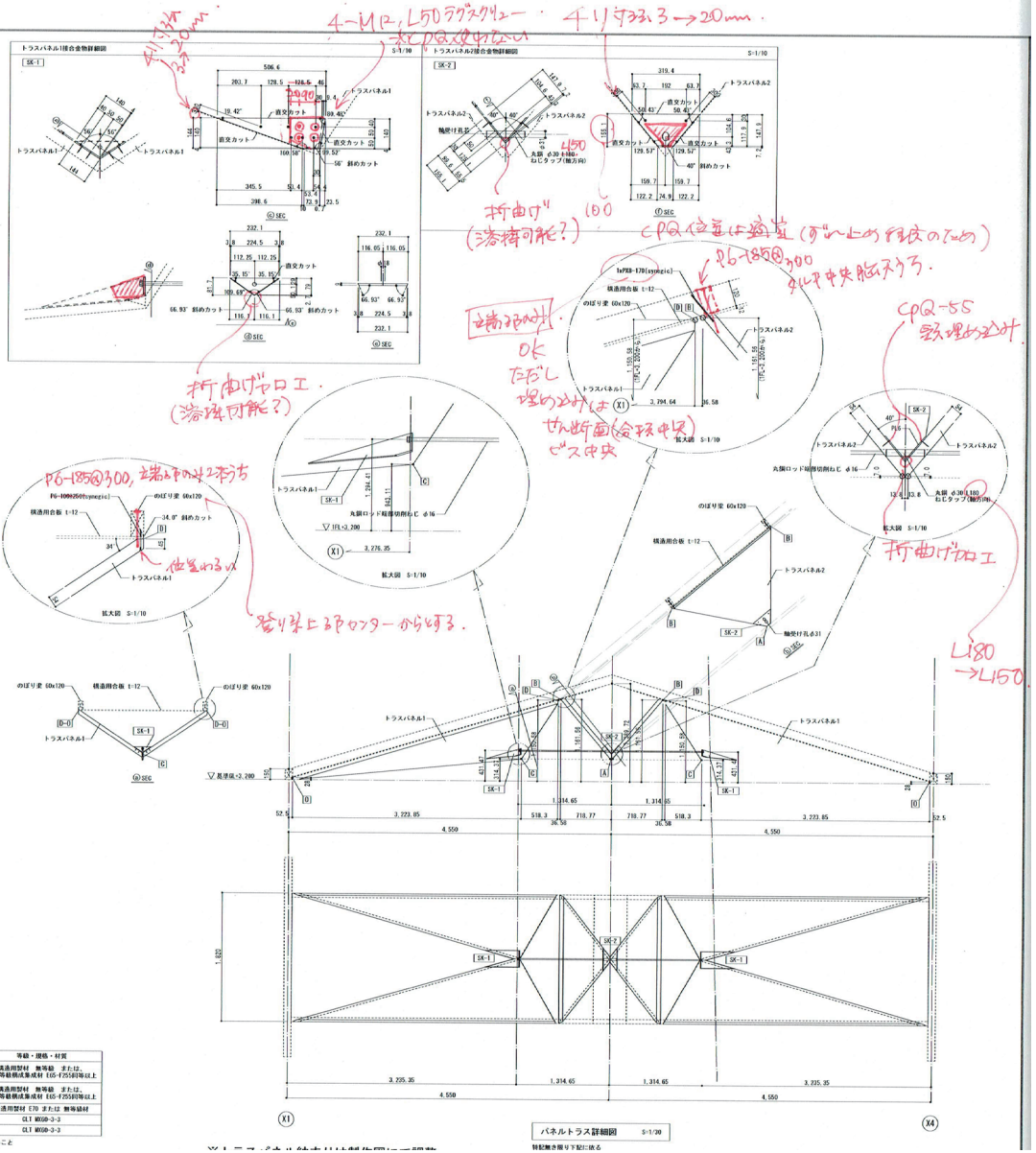
小屋伏図4　S=1/50

特記無き限り下記に依る
1. 柱はC1とする
2. ⊗印は、当該伏図レベルにおける柱勝ちとする
3. ⊠印は、上階束を示す
4. ■印は、下地間柱 45x105を示す

部材リスト

部位	符号	断面	樹種	等級・規格・材質
柱	C1	105x105	杉	構造用製材　無等級　または、同一等級構成集成材 E65-F255同等以上
束		105x105	杉	構造用製材　無等級　または、同一等級構成集成材 E65-F255同等以上
下地間柱		45x105@455	杉	構造用製材 E70 または 無等級材
トラスパネル	トラス1 A&1	L54　1250x4000	杉	CLT M60B-3-3
	トラス1 A&2	L54　1850x1820	杉	CLT M60B-3-3

※無等級材とする場合は、品質について監理者の確認を得ること



3.　施工時写真

倉庫棟
基礎打設後

倉庫棟
建方開始時

倉庫棟
建方開始時、壁柱のつり込み

倉庫棟
壁柱のつり込み時は安定性確保のため桁行壁も２段程度施工

倉庫棟
壁柱・桁行壁まで

倉庫棟
トラス地組　下弦材中央の接合部

倉庫棟
トラス地組　水下の支圧接合と壁柱接合部

倉庫棟
SSP 落とし込み後

事務所棟
トラス仮組および製作用治具

事務所棟
トラスの架設　１間幅ユニット
断熱材は地組時に入れている

事務所棟
トラス架設と下部軸組

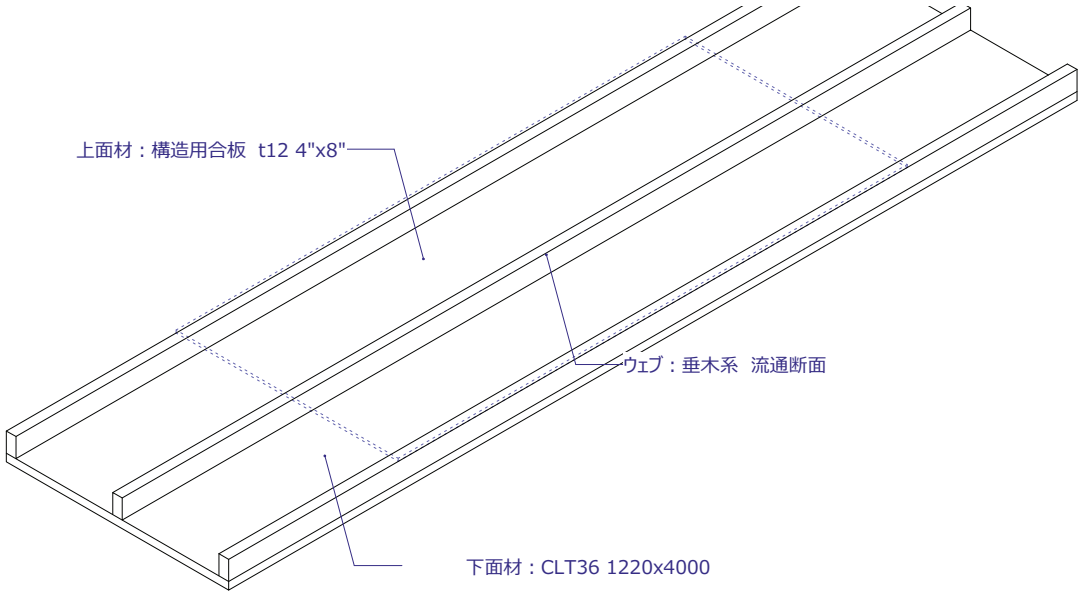
事務所棟
トラス架設

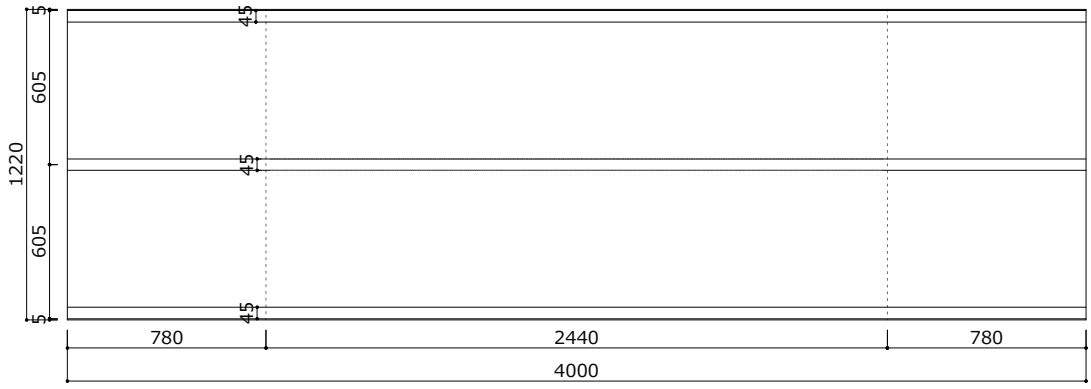
事務所棟
CLT の使用箇所
3 次元トラス・小柱・臥梁
基本的に軸組工法

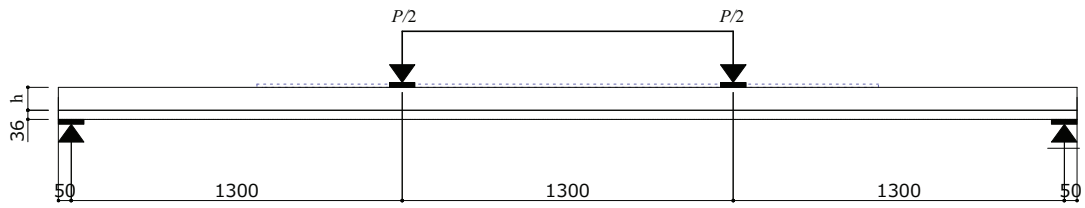
4.　ストレストスキンパネル試験

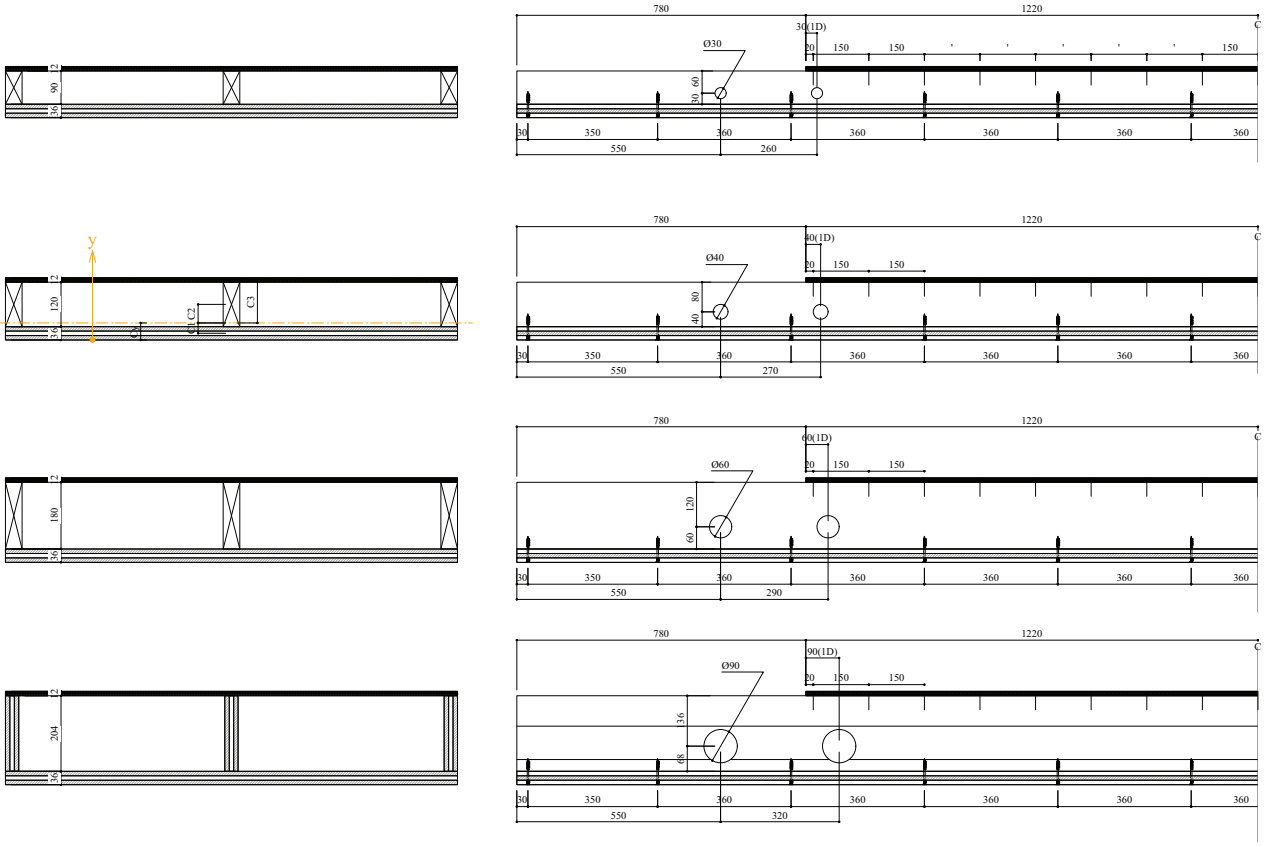
SSP TEST (miyoshi_CLT36-SSP_project)

name	web		web cut (hole)	lower frange	upper frange	joint		comment	Num	
						glue	fastener		pre	main
SSP-90 **[ctrl]**	スギ E70	45x90	2-ϕ30	CLT36 Mx60 1220x4000	構造用合板 t12 4'x8'	パネルボンドKU	ecofastener-75 @400	コントロール。ウェブに穴あけ、上面材あり、接着併用ビス止め	1	2(or3)
SSP-90_os (oneside)		45x90	off		off			上面材なし、穴あけ無し	1	2(or3)
SSP-90_ns (nocut)		45x90	off		構造用合板 t12 4'x8' (1220x2440)			穴あけ無し	1	2(or3)
SSP-90_ng (nonglue)		45x90	2-ϕ30			off	ecofastener-75 @400 (梁端1m @150)	接着なし	1	2(or3)
SSP-120		45x120	2-ϕ40			パネルボンドKU	ecofastener-75 @400		1	2(or3)
SSP-180		45x180	2-ϕ60						1	2(or3)









■　ストレストスキンパネル（SSP）試験の目的

- 倉庫棟屋根を構成するSSPの性能を検証
- 薄物CLTの合理的利用法の一つであるSSPフランジ利用について、さまざまなせいの試験体で解析適用性、有用性を探る。
- 倉庫棟屋根仕様で接着しない場合でも安全性が担保出来ていることを確認。（設計上は計算で担保）
- ウェブ有開口とし、配管・配線等が可能になる仕様を探る。基本的にはせいの1/3程度とし、かなり厳しい条件の位置に穴あけ。
- 特にウェブをCLT36とした試験体では開口をウェブせいの1/2.26とし、せん断開口優位性を検証
- スパン中央部のみ上部スキンを接着ビス止め（倉庫棟詳細図参照）不連続変断面となることでの影響を探る。
- パラメータは以下の条件で決定
    - i.　倉庫棟仕様（ウェブ45x90）をコントロール
    - ii.　ウェブはスギE70またはスギCLT。下フランジはCLT Mx-60-3-3、上フランジは合板4”×8”板（L2440）で固定。縁端部上側はオープン
    - iii.　コントロールに対して同一断面で、①全材料接着なし②上フランジ接着なし③ウェブ穴あけなし
    - iv.　ウェブをスギE70でH90,120.180に変化
    - v.　ウェブせいH180（45x180）のものと同一材積となるCLTウェブ（36x204）について、より大きいウェブ開口で検討

試験結果報告書

2019年8月21日

株式会社 ミヨシ産業 御中

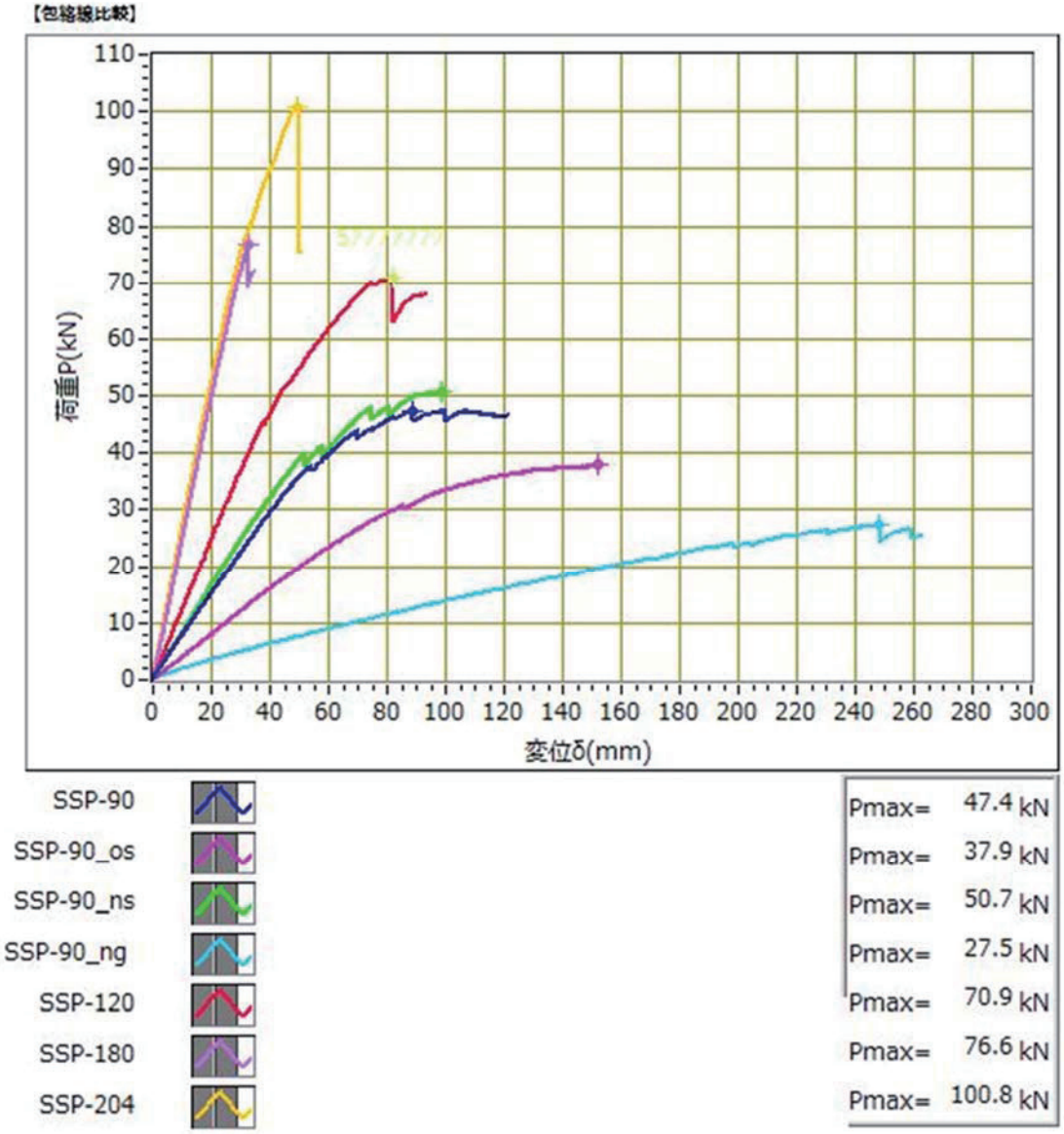
BXカネシン株式会社
東京都葛飾区奥戸4丁目19番12号

ご依頼の試験結果は次の通りです。

1. ご依頼者名 及び ご住所	株式会社 ミヨシ産業 〒683-0853 鳥取県米子市両三柳2360-8
2. 試験の目的・内容	【目的】 CLTパネルを用いたストレストスキンパネル(SSP)の仕様策定のため、各仕様を曲げ試験により性能確認をする。 【試験体仕様】 ページ1に記載 【試験内容】 曲げ試験 各1体×7
3. 試験結果	ページ4に記載
4. 試験実施場所	BXカネシン株式会社 試験センター 東京都葛飾区奥戸4－19－12
5. 備考	試験実施日 ：2019年8月19日～2019年8月20日 営業担当者 ：遠藤 龍司 開発担当者 ：波多野 力

転載するときは、必ず全文を記載してください。

試験結果

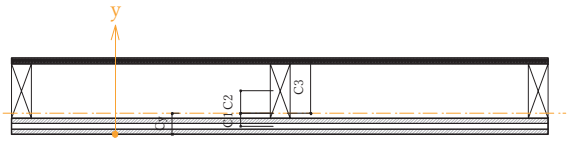


name	試験結果	
	最大荷重（kN）	最大荷重時変位（mm）
SSP-90 [ctrl]	47.39	88.34
SSP-90_os (oneside)	37.87	152.05
SSP-90_ns (nocut)	50.71	98.52
SSP-90_ng (nonglue)	27.52	248.03
SSP-120	70.87	82.03
SSP-180	76.60	32.46
SSP-204	100.75	49.61

■　断面性能の検討

せん断遅れ等非考慮でフランジは全断面有効であるとし、1220 の幅に対して 3 本の垂木が均等に負担幅を持つものと仮定したタルキ 1 本当たりの計算。上フランジがない部分も全て計算

			glue 45x90	glue 45x120	glue 45x180	glue 36x204	OpenSide 45x90	OpenSide 45x120	OpenSide 45x180	OpenSide 36x204	NoGlue 45x90
B	有効幅	[mm]	405	405	405	405	405	405	405	405	405
t_{1_0}	ラミナ厚さ	[mm]	12	12	12	12	12	12	12	12	12
b	タルキ幅	[mm]	45	45	45	24	45	45	45	24	45
h	タルキせい	[mm]	90	120	180	204	90	120	180	204	90
t_2	合板厚さ	[mm]	12	12	12	12					12
H	全高	[mm]	138	168	228	252	126	156	216	240	138
E_1	ヤング係数（CLTラミナ）	[kN/mm^2]	7	7	7	7	7	7	7	7	7
E_2	ヤング係数（タルキ）	[kN/mm^2]	7	7	7	7	7	7	7	7	7
E_3	ヤング係数（合板）	[kN/mm^2]	7	7	7	7	7	7	7	7	7
EA_1	CLT有効断面積	[kN]	68040	68040	68040	68040	68040	68040	68040	68040	68040
EA_2	タルキ有効断面積	[kN]	28350	37800	56700	34272	28350	37800	56700	34272	28350
EA_3	合板有効断面積(50%)	[kN]	17010	17010	17010	17010	0	0	0	0	17010
EA	全軸剛性	[kN]	113400	122850	141750	119322	96390	105840	124740	102312	
ES_1	CLT断面1次モーメント	[kNmm]	1224720	1224720	1224720	1224720	1224720	1224720	1224720	1224720	
ES_2	タルキ断面1次モーメント	[kNmm]	2296350	3628800	7144200	4729536	2296350	3628800	7144200	4729536	
ES_3	合板断面1次モーメント	[kNmm]	2245320	2755620	3776220	4184460	0	0	0	0	
ES	断面1次モーメント	[kNmm]	5766390	7609140	12145140	10138716	3521070	4853520	8368920	5954256	
c_y	中立軸位置	[mm]	50.85	61.94	85.68	84.97	36.53	45.86	67.09	58.20	
c_1	CLT芯-中立軸キョリ	[mm]	32.85	43.94	67.68	66.97	18.53	27.86	49.09	40.20	0.00
c_2	タルキ芯-中立軸キョリ	[mm]	30.15	34.06	40.32	53.03	44.47	50.14	58.91	79.80	0.00
c_3	上合板-中立軸キョリ	[mm]	81.15	100.06	136.32	161.03	89.47	110.14	148.91	181.80	0.00
EI_1	CLT断面2次モーメント	[kNm^2]	84	142	322	316	34	63	175	121	10.6
EI_2	タルキ断面2次モーメント	[kNm^2]	45	89	245	215	75	140	350	337	19.1
EI_3	合板断面2次モーメント	[kNm^2]	112	171	316	441	0	0	0	0	0.2
EI	断面2次モーメント	[kNm^2]	. 241	402	884	972	109	204	524	458	30.0

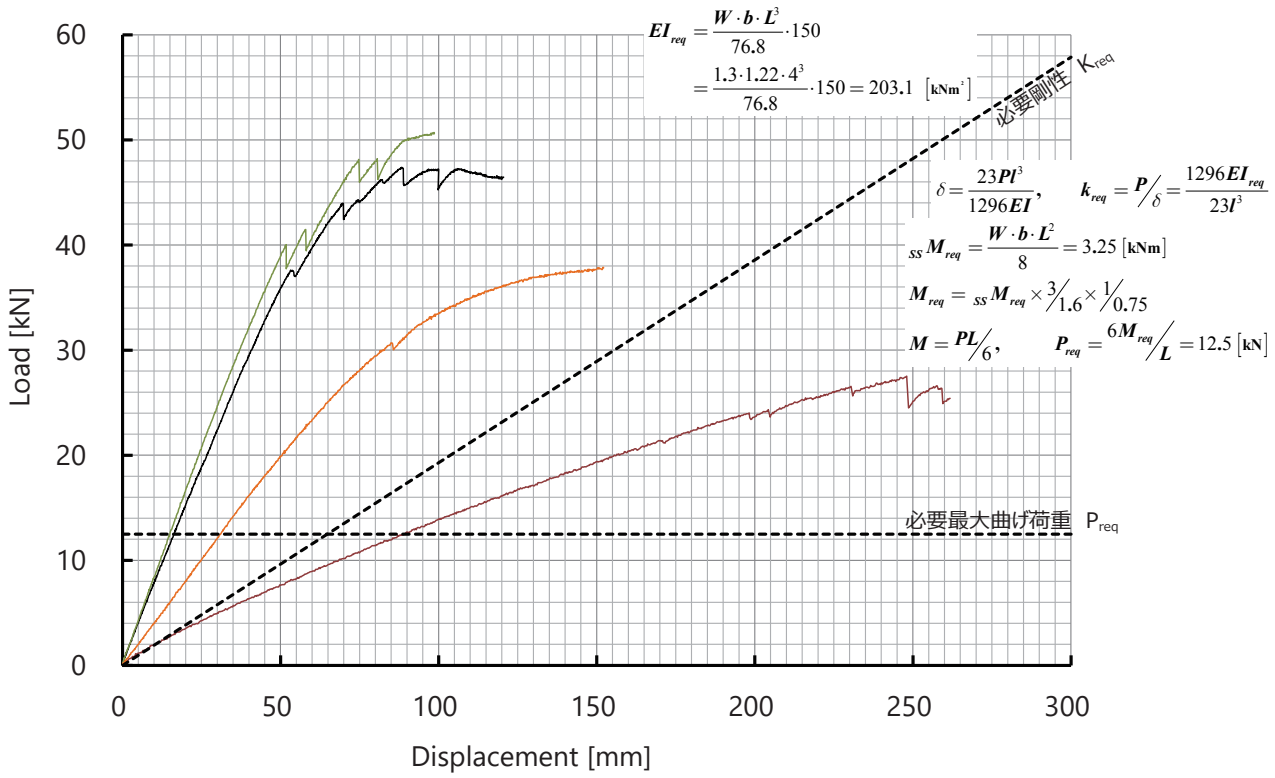


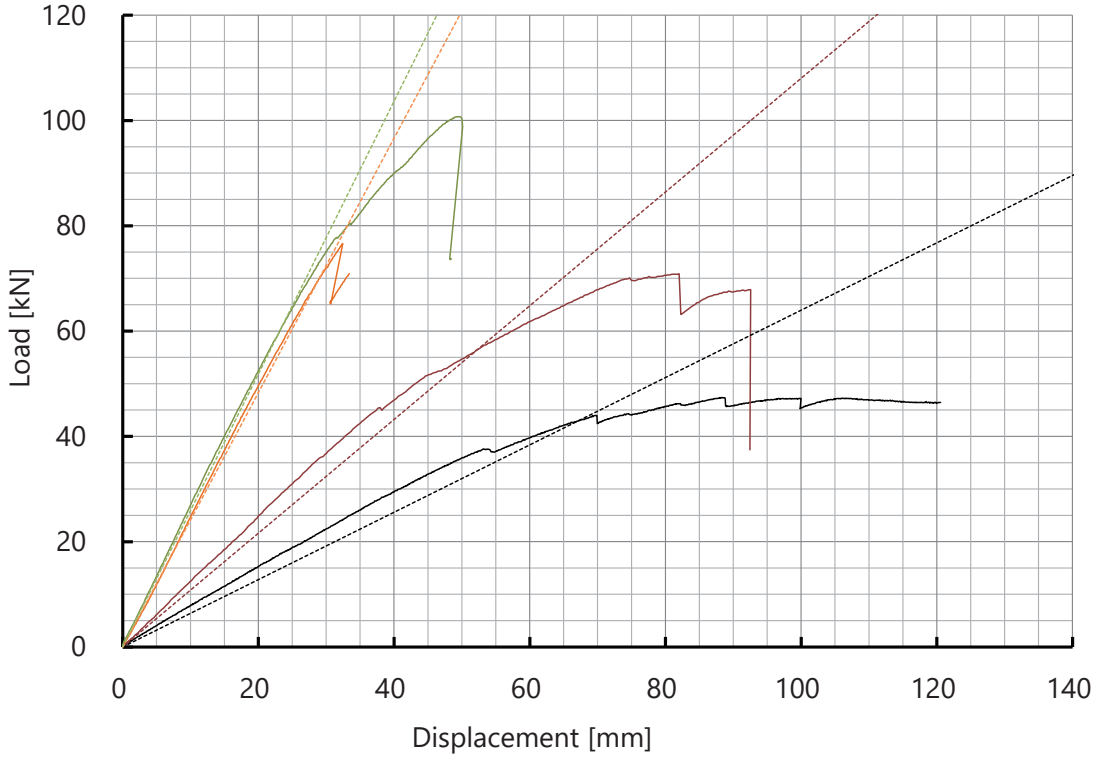
■　不連続変断面の梁としての剛性計算

解析適用性を確認。せん断開口は非考慮

			glue 45x90	ng 45x90	os 45x90	glue 45x120	glue 45x180	glue 36x204
	端部仕様		OpenSide45x90	NoGlue45x90	OpenSide45x90	OpenSide45x120	OpenSide45x180	OpenSide36x204
EI_1	端部曲げ剛性	[kNm^2]	109.2	30.0	109.2	203.8	524.4	457.7
	中央仕様		glue45x90	NoGlue45x90	OpenSide45x90	glue45x120	glue45x180	glue36x204
EI_2	中央曲げ剛性	[kNm^2]	241.2	30.0	109.2	401.7	883.8	972.3
l	曲げスパン	[mm]	3900	3900	3900	3900	3900	3900
l_a	構成切り替わり点までの距離	[mm]	730	730	730	730	730	730
l_0	荷重点までの距離	[mm]	1300	1300	1300	1300	1300	1300
δ	単位荷重時中央変位	[mm/kN]	4.69	35.14	9.64	2.78	1.24	1.16
K	剛性（1/δ）（タルキ1本あたり）	[kN/mm]	0.21	0.03	0.10	0.36	0.81	0.86
K	剛性	[kN/mm]	0.64	0.09	0.31	1.08	2.42	2.59

$$\delta = \frac{P}{6EI_1} l_a^{\,3} + \frac{P}{48EI_2}\left(-4l_0^{\,3} + 3l^2 l_0 - 8l_a^{\,3}\right)$$





■ 結果と考察

- 剛性について、十分な解析適用性が確認された
- 採用した仕様が十分安全であり、接着を考慮すれば非常に高い剛性も担保出来ている
- 終局については、下フランジのローリングシアとスパン中央寄りせん断開口のリンクに拠る破壊が大部分。せいが大きいほど開口周りの破壊が起きていた。
- CLTウェブの試験体204についてはせん断開口が破壊しないため純粋な下フランジローリングシアとなり、強度が上がった。

5.　倉庫棟 S 造倉庫との仮定コスト比較

ミヨシ産業　広島営業所　倉庫棟　工事費集計

倉庫棟床面積	498.72 ㎡

		CLT倉庫（本建築）	鉄骨の場合	備考
建築工事	直接仮設	2,616,000	2,616,000	
	土工事	1,472,000	2,893,000	鉄骨：¥5800/m^2
	コンクリート工事	3,251,000	4,389,000	鉄骨：¥8800/m^2
	型枠工事	1,986,000	4,788,000	鉄骨：¥9600/m^2
	鉄筋工事	1,248,000	3,042,000	鉄骨：¥6100/m^2
	上部構造躯体工事	36,845,000	16,364,000	
	その他工事	28,593,000	28,593,000	金属板仕上げ
建築工事計（B）		76,011,000	62,685,000	
坪あたり		504,850	416,341	

※　直近の同程度のサイズの鉄骨倉庫の単価から計算
※　建築工事費に（共通仮設、設備外構、管理費）は含まない
※　鉄骨の場合も躯体以降の単価の違いはないものと仮定