令和元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 建築実証事業　報告書

令和３年３月

木構造振興株式会社
公益財団法人日本住宅・木材技術センター

令和２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
石川　敦子　（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
石塚　洋介　林野庁木材産業課木材製品技術室　木材技術班　課長補佐
増田　莉菜　林野庁木材産業課木材製品技術室　木材技術班　木材技術係長
武井　量宏　林野庁木材産業課木材製品技術室　木材技術担当専門職
事務局：金子　弘　（公財）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
髙橋　秀樹　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
田中　肇　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
平原　章雄　木構造振興（株）常務取締役

令和２年度　CLT 接合部データ集作成部会

（敬称略）

主　査：河合　直人　工学院大学建築学部建築学科　教授
　　※「CLT 活用建築物等実証事業検討委員会」委員長
委　員：福山　弘　　Hafnium Architects　代表
協力委員：中越　隆道　（一社）日本 CLT 協会　開発技術部　構造設計相談室担当
事務局　：金子　　弘　（公財）日本住宅・木材技術センター　専務理事兼研究技術部長
　　鈴木　　圭　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
　　髙橋　秀樹　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
　　田中　　肇　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任

CLT建築実証事業　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　・・・・　7
1.3.3　専門家派遣　・・・・　14
1.3.4　各実証事業の講評とまとめ　・・・・　14
1.4　成果報告の構成について　・・・・　16

2　成果報告

2.1　(株)三栄工業所／ジャパン建材(株)　・・・・　19
2.1.1　建築物の仕様一覧　・・・・　19
2.1.2　実証事業の概要　・・・・　20
2.1.3　成果物等　・・・・　24
・建築概要
・構造概要
・基礎
・CLT等製作

2.2　山長商店(株)／(有)阪根宏彦計画設計事務所　・・・・　44
2.2.1　建築物の仕様一覧　・・・・　44
2.2.2　実証事業の概要　・・・・　45
2.2.3　成果物等　・・・・　49
・鉄骨梁+CLTパネルによるハイブリッド構造
・CLTに対するシアキー接合部のせん断試験計画
・CLT+鉄骨ハイブリッドパネル実大曲げ試験報告書

2.3　日ノ丸産業(株)／(株)白兎設計事務所　・・・・　142
2.3.1　建築物の仕様一覧　・・・・　142
2.3.2　実証事業の概要　・・・・　143
2.3.3　成果物等　・・・・　147
・実証事業概要
・建方計画
・現場暴露試験
・施工レポート
・養生実施後の経過観察
・CLTと鉄骨(デッキ)の施工・コスト比較
・本事業を通して
・別の工法(S造)とのコスト比較

2.4　勝央町／ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)　・・・・　160
2.4.1　建築物の仕様一覧　・・・・　160
2.4.2　実証事業の概要　・・・・　161
2.4.3　成果物等　・・・・　165
・はじめに
・デザインコンセプト
・構造計画
・実施すべき課題
・まとめ

2.5　南予森林組合　・・・・　175
2.5.1　建築物の仕様一覧　・・・・　175
2.5.2　実証事業の概要　・・・・　176
2.5.3　成果物等　・・・・　180
・建築・設計概要
・構造概要
・強度試験
・分離発注報告
・施工状況報告
・RC造とのコスト比較
・総括

2.6　(株)采建築社／SAI GROUP HOLDINGS (株)　・・・・　201
2.6.1　建築物の仕様一覧　・・・・　201
2.6.2　実証事業の概要　・・・・　202
2.6.3　成果物等　・・・・　206
・構造図面
・CLT CELL UNITの基本構造性能
・第2期ユニット実験試験計画書
・CLT CELL UNITの構造強度試験
・CLT CELL UNIT　2階建てモデル　概略コスト比較表
・CLT CELL UNIT　使い方と組み合わせ方

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6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３年２月１９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３年２月１９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）として全体で約 250,000,000 円を予定。採択件数の目安は 5 件程度。

（７）公募期間

令和 2 年 2 月 20 日（木）～令和 2 年 3 月 12 日（木）

提出書類は令和 2 年 3 月 12 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 6 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 4 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）（株）三栄工業所/ジャパン建材（株）

3 階建ての事務所建築に 120 ㎜厚の CLT 壁パネル、屋根パネルを適材適用で計画することにより、住宅用建具等の利用も併せて全体的なコスト削減を試みた実証事業である。リブ付 CLT 屋根パネルは CLT パネルの屋根利用において、長手方向に約 6m スパンで計画出来る事を確認している。設計上は更なる長スパンや、床の活用も期待でき、CLT 壁パネル及びリブ付 CLT 屋根パネルの接合部データは、3 階建て木造建築のコスト減につながり、CLT パネルの活用拡大が期待出来る。CLT エレベーターシャフトは木造建築の業務用エレベーターの計画において、シャフトに別途鉄骨軸材の設置が不要であり、シャフト面積及びコスト削減による有効利用方法を示した。

（２）（株）山長商店／(有)阪根宏彦計画設計事務所

本事業は、S 造と大判の CLT パネルによるハイブリッド逆スラブ構法の性能実証・設計検証を行う実証事業である。ハイブリッド構造は、鉄骨梁とその下側に配置された CLT パネルを接合した合成梁とし、構造体である CLT パネルを現しの天井仕上げとして用いる。CLT パネルは地震・強風時に屋根に生じる水平力を鉛直ブレースへと伝達する水平構面の役割をもつとともに、鉛直荷重(面外方向曲げ)に対して鉄骨梁と CLT パネルが一体となって抵抗し、ロングスパン部や大きな庇部分のたわみ・振動に対する抑制効果が得られた。

（３）日ノ丸産業（株）／（株）白兎設計事務所

大断面集成材を用いた木質 2 方向ラーメン構造で、柱・梁の軸組を形成し、4 層ある床、屋根スラブを CLT パネルにて構成した 4 階建ての木造建築物である。本事業は平成 30 年度補正事業にて設計実証を行い、前事業で検討された事項を基に 4 階建ての中層木造建築物を実現する際の施工プロセス、特に冬の山陰地方という気候の中での CLT 施工に関する養生方法についての建築実証を行った。

（４）勝央町／ジェイアール西日本コンサルタンツ（株）

駅舎建築に求められる鉄道路線近接工事の安全性確保のため、CLT 建築物の優れた施工性と短期間工事を目的とした建築実証である。屋内空間を構成する範囲では、屋根と壁の CLT パネル同士の曲げ抵抗型接合部の検討により、CLT パネルと集成材を合成した T 型フレームを採用し、合理的な併用構造の利用などによる新しい意匠性の提案を示した。

（５）南予森林組合

連続円筒シェルの屋根に CLT パネルを用いる利用方法と、軸組工法に CLT パネルを耐力壁や屋根・床材として適材適所の利用によるコスト削減を試みた建築実証である。面外曲げ合成を伝達する接合具は、LSB の引張特性と CLT の圧縮特性を基に構造計算で想定できることが分かり、同様の構造形式において適用できる。また CLT 耐力壁と構造用合板を使い分けることにより、一方向が開放された感じの建築空間を経済的に設計することができ、CLT パネルの使用法の今後の更なる普及の期待ができる。

（６）（株）采建築社／SAI GROUP HOLDINGS（株）

ユニット化により、少材積量による所要構造性能確保や構造設計手間の削減によるコスト削減を目的とした設計実証である。CLT ユニットを構成する CLT パネル相互の接合には、鋼板挿入ドリフトピン接合の他に、木製蝶蟻（雇さね）を用いて、金物・接合具の露出を極少化することで現し仕上げの美観が確保を提案。また、ユニット化による施工方法単純化・工期短縮は、建設業従事者不足への対策となり、加えてユニット構成によっては、更なる高耐力化が可能であり、水平方向連続配置、多層配置など含めて、対応範囲拡充の可能性が期待できる。

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3年2月19日までに終了した。

実施事業の成果は下記の成果報告会において報告した。成果報告会では、「CLT建築物事例集2020」を配布するとともに、昨年新型コロナウイルス感染症の拡大を防ぐための自粛要請により中止となった、令和元年度の報告も合わせて行い、本事業の成果の普及に努めた。

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 3 年 3 月 10 日（水）　13:00～16:30
会　　場：木材会館（東京都江東区新木場 1-18-8）
報告形式：WEB を用いたオンライン報告会

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 （予定も含む）	得られた成果等	担当者氏名
1	株式会社三栄工業所 代表取締役　金昌治	ジャパン建材株式会社 代表取締役　小川明範	三栄工業所新社屋の建築実証	建築、設計、性能	構造体	高さ規制が緩和された木造3階建て16m以下の事務所ビルを、120mm厚高耐力CLTパネルを用い、低コスト性、施工性、ディテールの検証等を実際の建物を建設し、建設の総合的な実証を行う。また、CLTの用途開発として、エレベーターシャフトへの利用、階段のCLT片持ち段板への利用、リブ付きCLT屋根パネルへの利用等の実証を行った。	本事業で実証する120mm厚高耐力CLTパネルを用いた建築物と、壁式RC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共に、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。 120mm厚の薄い高耐力CLTパネルを用いることで、材積を抑えた設計が可能で、且つ、設計段階からプレカットデータに使えるCADで作図し、データの一括管理を行うことで、効率化、正確性の向上が図れ、更に、工場で接合具をセットすることで施工性が図れ、コスト削減の解決が可能と考えている。	岩手県大船渡市	用途：事務所 構造：CLTパネル工法 階数：3階建て 延べ面積：986.49㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2021年7月	・3階建て事務所建築は120mm厚CLT壁パネル、屋根パネルを適材適用で計画すること、住宅用建具等の利用も併せて全体的なコスト削減が図れた。 ・CLT 壁パネル及びリブ付CLT 屋根パネルの接合部データは、3階建て木造建築のコスト減につながり、CLTパネルの活用拡大が期待出来る。 ・CLTエレベーターシャフトは木造建築の業務用エレベーターの計画においてシャフトに別途鉄骨軸材の設置が不要であり、シャフト面積及びコスト削減が図れる事を確認した。	ジャパン建材株式会社木材部木構造建築課 内野　吉信
2	株式会社山長商店 代表取締役会長 榎本長治	有限会社阪根宏彦計画設計事務所 代表取締役　阪根宏彦	（一財）日本鯨類研究所太地支所施設 新築工事の性能・建築設計実証	設計、性能	構造体、部位・部品（耐震壁、天井）	S造とCLT（檜表層+すぎ）の大判（マザーボード）によるハイブリット逆スラブ構法（複合梁）を性能実証・設計検証する。同時に、集成材とCLT（檜表層+すぎ）の大判（マザーボード）によるハイブリット逆スラブ構法（複合梁）を性能実証・設計検証した。	S造とCLT（檜表層+すぎ）の大判（マザーボード）によるハイブリット逆スラブ構法（複合梁）を性能実証・設計検証する。同時に、集成材とCLT（檜表層+すぎ）の大判（マザーボード）によるハイブリット逆スラブ構法（複合梁）を性能実証・設計検証する。これにより木造のロングスパン（6～8m）の複合梁と、コスト、施工の合理性など、総合比較できる。	和歌山県東牟婁郡太地町大字太地	用途：博物館（研究所・教育普及・図書館） 構造：　S造　一部　+CLT造 階数：平屋建て 延べ面積：1784. 93㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2022年3月	・CLT+鉄骨ハイブリットパネルは、鉄骨フレームのみに対して約1.5 倍剛性を増大させ、たわみ抑制効果が期待できる。 ・鉄骨フレームに対する CLT+鉄骨ハイブリットパネルの剛性増大率は、設計上はこれらを考慮し、剛性増大率を若干低減させるか(例えば×0.9)、接合部の剛性を初期ガタ分小さくして計算又は解析を行う事で、十分設計は可能であることを確認した。	有限会社 阪根宏彦計画設計事務所 阪根宏彦
3	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 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建築実証	建築	構造体	木質二方向ラーメン構造にプラットホーム工法を採用することから、施工工程の簡略化を図り、CLT床版を採用することで、一般木質床構造対比、施工性、工事日程の対比を検証し床版の雨養生、プラットホーム工法への床養生を広く周知することで価格以外にも見えない品質保持の在り方を検証した。	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。	鳥取県鳥取市	用途：事務所 構造：木造 階数：4階建て 延べ面積：1,477.34㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2021年7月	・中層建築物を木造で実現する場合の参考となる。また各種の養生方法は同じ工法を採用した場合だけでなく架構を木現しとする場合の有用な情報となった。 ・雨養生により下階の作業効率が図れ、工期短縮の可能性を示した。	株式会社　白兎設計事務所　企画設計監理部 菅原　大介
4	勝央町 町長　水嶋淳治	ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社 代表取締役　土肥 弘明	JR勝間田駅舎新築工事の建築実証	建築	構造体、部位・部品（内装仕上）	屋内空間を構成する範囲では、CLTパネル同士の曲げ抵抗型接合部の検討により、CLTパネルを用いた薄肉ラーメン構造の実用性を検証する。また、屋外パーゴラの範囲では、CLTパネルと集成材を合成したT型フレームを採用し、合理的な併用構造の利用方法を模索した。	駅舎建築はその施工環境からS造が一般的であるが、昨今、本件のような小規模駅舎においては木造が求められる場合が多い。そこで、CLTを主たる構造に用いた場合と、在来木造とした場合について、コストや工期、鉄道近接工事における安全性等を比較するとともに、他駅舎への普及、応用を前提とした材料調達、施工工程等の課題を分析することが可能である。	岡山県勝田郡勝央町	用途：駅舎 構造：CLTパネル工法（ルート2） 階数：平屋建て 延べ面積：84.00㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2021年2月	・アンカーフレームなどの施工性向上に関する知見や、CLTのみによる薄肉ラーメン架構、集成材との一体利用などによる新しい意匠性の獲得など、これからのCLT工法の普及に関する知見が得られた。	ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社　建築設計本部 玉石　勇
5	南予森林組合 代表理事組合長 兵頭謙太郎	同左	南予森林組合事務所新築工事の建築実証	建築、設計、性能	構造体	本施設は軸組工法で建設されるが、屋根はCLTの特徴を生かした連続円筒シェル構造となる。円筒シェルを構成するCLT板の加工を最小限とし簡易な接合具により実現するための検証を行う。接合部は汎用性・低コスト性に考慮し、既往の知見を応用した工法とし、一部は実験により性能を検証する。また、同規模同構造のRC造建物と比較を行った。 木材及び施工図（木工事）の分離発注を導入することで工期短縮が図られ単年度で事業整備を行うことが可能であることを実証する。	本事業ではCLTの特性を生かした連続円筒シェル屋根を建設し、同規模同構造のRC造建物と比較することで、CLT使用のメリット、コスト削減への寄与を検証する。軽量化、仮設材削減、工期短縮などの効果を考慮してコスト、工期、人工等を比較してCLTの使用によるメリットを確認する。併せて材料調達、施工工程・手法等の課題を分析する。	愛媛県北宇和郡鬼北町	用途：事務所 構造：CLTパネル工法 階数：2階建て 延べ面積：772.11㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2021年3月	・本プロジェクトで用いた面外の曲げ剛性を伝達する接合具は、LSBの引張特性とCLTの圧縮特性を基に構造計算で想定できることが分かり、同様の構造形式において適用できることを示した。 ・CLT耐力壁と構造用合板を使い分けることにより、一方向が開放された感じの建築空間を経済的に設計できることが実証でき、今後の普及が期待できる。	南予森林組合 専務理事 増田　真人
6	株式会社采建築社 代表取締役　野村直樹	SAI GROUP HOLDINGS株式会社 代表取締役　惠美須健也	采建築社二丈CLT CELL UNIT新築工事の建築実証	設計、性能	構造体、その他（ファサード装飾部）	CLTパネルによる箱型ユニット構造体（"CLT CELL UNIT"、以下「CLTユニット」と呼ぶ）による建築物の設計・建設手法開発の一環としてモデル棟の設計・建設を行う。モデル棟では2層に重ねた2つのユニット群を、水平方向に間隔を空けて配置することで、最小限のCLTユニットで最大床面積を支持する架構を実証すると共に、空間を極力開放的にして構造体の可視化を試みた。	CLTユニットの構造性能を実験等に基づいて評価することによる少材積量での所要構造性能確保、建築物の保有水平耐力をユニットの保有水平耐力の合計として簡単に算出できることによる構造設計手間の削減のほか、工場生産による品質向上、建設現場における施工方法単純化・工期短縮等によるコストメリットを他工法と比較する。工期については施工経過を記録して短縮効果を検証する。	福岡県福岡市	用途：事務所 構造：CLTパネル工法 階数：2階建て 延べ面積：167.25㎡ 工事種別：新築 竣工予定：2021年8月	・空間を持った躯体構造体としてのCLT CELL UNITの離隔配置により、最小限のユニット数で支持可能な最大床面積の確保を試み、CLTパネル工法による開放的な空間を提供可能とし、経済的な材積量での設計を可能とした。 ・ユニット単体の構造性能を明確にしたことにより、連層、連結、離隔配置、単独利用など、今後の展開として、幅広い活用の提案が可能となり、CLT活用拡大が期待できる。 ・ユニットの移築・リユースを考えることにより、持続可能な社会構築に資することができると共に、建設業界の業態変革と幅広い用途への普及が期待される。	SAI GROUP HOLDINGS（株） 山口　哲生

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.1～6 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	株式会社三栄工業所
協議会運営者	ジャパン建材株式会社
事業名	三栄工業所新社屋の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	岩手県大船渡市
現地調査	
時期	令和3年1月22日（金）午後
内容	現地調査(リモート中継)
場所	
調査担当委員	有馬孝禮、成瀬友宏
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・当初の審査段階の書類では、「室内は、CLT躯体を可能な限り荒鷲でみせる計画とする。」とあったが、排煙規制により、下地にせっこうボードを用いて内装するという報告があった。平成12年5月31日建設省告示第1436号(令和2年4月1日改正)により、天井下50cmの壁以外の部分について、木現しに挑戦してもらいたかった。 ・三栄工業社屋の新設工事、集成材とLVLからなる軸組にCLTを耐力壁として構成している。施工建設段階でのオンラインによる調査である。本事業は木質材料や施工金物などに精通されたグループの物件とみられる。以下のような点を明確にされたい。 （1）原木、製材、CLT製造にかかわる課題や今後の工夫が必要となる点 （2）本構造は軸組み工法にCLT耐力壁形式を採用しているが、採用に至った構造的考え方と採用理由。 （3）金物等への加工、取り付け手間などについて、工場と施工現場での役割分担がなされたか、その仕様、接合金物、施工手順等。 （4）床構面の構成法、屋根構面の接合に関わる材料調達と施工、構造的な留意点 （5）内装制限などへの対応
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	・木造建築物にエレベーターを設ける際は、鉄骨造のエレベーター用のフレームとする計画が多い。その場合、竣工後の木造部分の寸法変化により、階高に変化があるため、変化のない鉄骨造との納まりに設計上留意する必要がある。本計画では木架構（集成材）で直接エレベーター（ロープ式）を支える構造に使用した計画であり、竣工後の使用によるメリットやデメリット（振動や不具合等）について報告して戴くことを希望する。 　施工に関して、CLTパネルと基礎を緊結するアンカーボルトの埋設等の精度を出すために製作されたフレーム等、コスト低下と精度向上のために工夫された点について紹介戴きたい。 （1）上記項目を採用した結果の今後工夫すべき点 （2）施工現場における作業者の評価 （3）設計、施工管理から見た維持管理の使用者に対して注視すべき点
その他	使用時における居住環境、電気量などデータ収集を期待したい 職場内での評価や変化 来訪者の評価及来訪者との関係など

表1.3.2 現地調査委員所見

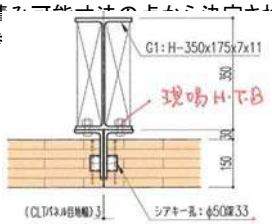
番号 （都道府県順）	2
実施者	株式会社山長商店
協議会運営者	有限会社阪根宏彦計画設計事務所
事業名	(一財)日本鯨類研究所太地支所施設 新築工事の性能・建築設計実証
実証の種類	設計、性能
建設地	和歌山県太地町
現地調査	
時期	令和2年12月22日（金）午後
内容	CLT+鉄骨ハイブリッドパネルの実大面外曲げ試験立ち合い
場所	(株)ストローグ　滑川試験場　（富山県滑川市）
調査担当委員	赤嶺嘉彦、山辺豊彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・本事業は、S造と大判のCLTパネルによるハイブリッド逆スラブ構法の性能実証・設計検証を行うものであり、その試験体の加力・変形測定の試験実施状況の視察を行った。 ・試験は適切に実施されており、試験体の製作や設置における知見等を踏まえて、実際に施工する際の手順等の検討も進められている。 ・CLT板の大きさ2.2m×9.0mは平積み可能な寸法の上から決定されたとのこと。この板を鉄骨梁から吊り天井面に置く、逆梁の発想となっている。（図参  ・設計では、鉛直荷重は鉄骨梁で負担し、CLTパネルは水平力を鉛直ブレースへ伝達させる役割を持つことになる。 ・調査時は鉛直荷重に対するスパン9mの鉄骨梁の変形量の測定（鉄骨梁のみの変形量2.0cmに対し、CLT板取付後の変形量1.4cmとなっている）であったが、施工にあたりCLT板と鉄骨梁の製品寸法、組立順序、接合詳細等の確認がされた。
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	・接合部はよく考えられている。問題は2.2m×9.0mの大型CLT板重量（1.5t/枚）を鉄骨骨組の梁下に取り付ける時の仮設計画と建方順序、接合部の取付方法だと言える。特に施工時の建方順序、仮設計画は重要と言えるので、設計者と施工者の密な打合せが必要と思われる。 ・本事業の成果のもと、大判のCLTパネルを実際に天井として利用するという数少ない取組みが予定されている。本実証事業で得られるパネルの性能だけでなく、実際にどのように施工したかはとても貴重な情報となる。 ・是非、施工方法などについても情報提供をお願いしたい。
その他	・本事業を踏まえて、CLTパネルを天井に用い、水平耐力を持たせるとともに、現しにして衣装として活用するなど、CLTの特性を生かした建築が計画中である。

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	3
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建築実証
実証の種類	建築
建設地	鳥取県鳥取市
現地調査	
時期	令和3年1月29日（金）午後
内容	現地調査(リモート中継)
場所	
調査担当委員	有馬孝禮、成瀬友宏、河合誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・集成材による柱―梁からなるラーメン構造に床構面を構成した耐火構造による社屋の新設工事である。耐火構造は石膏ボードによるメンブレン方式によっている。施工建設段階でのオンラインによる調査である。以下の5点を示してほしい。 （1）集成材構造に関わる設計、加工、施工手順に関して今後の工夫が必要となる点 （2）CLTの床版の加工、とくに接合仕様と施工手順で留意した点。 （3）金物等への加工、取り付け手間などについて、工場と施工現場との情報交換や役割分担がなされたか、その仕様、接合金物、施工手順等で問題になった点。 （4）床構面の雨水等に対する養生、とくに耐久性上問題になる部分と問題の少ないであろうと思われる汚れやシミの説明や対処法に工夫があったら示しておいてほしい。 （5）発注者の木材にこだわりが本実証事業を推進したようであるが、関連した地域や地域産業への波及効果がどのようにみられたか可能な範囲で示してほしい。 ・空間に占める木材の割合が大きいものの、木造の被覆型耐火構造の建築物であるため、架構の木材は現しにはできない。木表面を注意しながら養生しているが、性能上の問題とならない美観等のための配慮であるとすると、被覆に隠れてしまう点は非常に残念である。 ・せっこうボードによるメンブレン被覆のため、一旦架構部分ができた後に被覆の作業を行う点は、被覆の取り合い部分を含めて管理がしやすいという印象を受けた。 ・当初計画では、S造床版とのコスト比較を実施する旨記載があるが、建物全体でS造と木造のコスト比較をして戴けると有効な情報となる。 ・床養生に着目されたのは工事を拝見して4階の建て方工事をしながら下階の石膏ボード張りができるところにある事。養生の仕方もコスト見合いで2種類のシートを使い分けている点などコスト意識がしっかりされていると感じた。 ・GIRの採用は躯体表面に金物の凹凸が出てなく石膏ボードによる耐火被覆の施工が速くできていると感じました。構造形式と接合方法に新規性を追わず　従来の鉄骨造の技術を生かした施工方法を採用したところに先導性が感じられる。
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	・今後工夫すべき点や施工現場における作業者の評価 ・木表面を注意しながら養生している点は、他の建築物で、架構を木現しにする場合には有用な情報となるので、工夫した部分（軒を設け透湿防水シート使用等）・効果が確認できた部分（含水率を測定していればその値）について。 ・75分準耐火構造での計画も検討された点については、具体にどういった点で計画がとまったのか（コストや仕様という話だが）、どういう仕様を希望されるのか。 ・木造部分の高さの変化（クリープ等）の有無や程度、エレベーターシャフト部分のS造との取り合い部分の納まり上の課題等。 ・含水等への影響・効果について。 ・木造2方向ラーメン＋CLTプラットフォームで設計するに至った経緯と採用した技術（接合方法・養生方法　等）が結果どうであったのかまた課題はどこにあるのか。
その他	・使用時における居住環境、電気量などデータ収集を期待したい ・職場内での評価や変化 ・来訪者の評価及来訪者との関係など ・コストの報告は部分的な比較と同時に工事全体での効果について

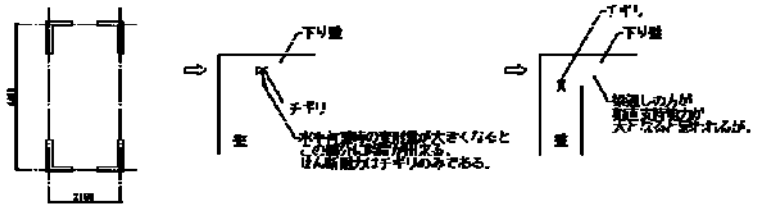
表1.3.2 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	4
実施者	勝央町
協議会運営者	ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社
事業名	JR勝間田駅舎新築工事の建築実証
実証の種類	建築
建設地	岡山県勝田郡勝央町
現地調査	
時期	令和2年10月9日（金）午後
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	有馬孝禮、石川敦子
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・当該駅舎建築工事については、CLTをふんだんに使用し、屋根と壁の接合金物を新たに作製するなど工夫が見られる。 ・付帯するパーゴラには内側に木材が現しで使用され、デザインも工夫されていて利用者に木材の良さをアピールできると考えられる。 ・駅舎建物については、コンクリート基礎とCLTの間に隙間ができないようにするため、調整に手間がかかったとのこと。こうした事例を記録し、今後の参考になっていければと思う。 ・パーゴラ内側は透明系の塗装をしているとのことでしたが、雨風太陽光を受ける構造であるため、劣化が早く進む可能性があります。定期的な点検とメンテナンスが重要となる。
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版で壁屋根を構成する接合部の基本的な検討事項、仕様詳細を明示。 ・CLT版で壁屋根を構成する際の施工手順。 ・CLTと湾曲集成材の接合仕様と手順。 ・上記3点に関して今後工夫すべき点があったら掲載。とくに基礎精度の困難さがあると思われる。 ・外装仕様、施工において耐久性上留意した点。とくに雨水など対処。 ・CLTと湾曲集成材から構成される屋外解放空間部分の維持管理上の方針。 ・本工法と旧駅舎に見られるような一般的な木造で本設計のような現代版を想定したときのコスト、施工等に関わる比較検討。 ・使用開始後の評価、特に学生や高齢者、その他の人々の行動や待合などにおける実態、評価を可能な限り集積されたい。（従来と違う木材に関する評価、居住空間としての印象など） ・完成後の定期的な木材の点検及びメンテナンスをご検討頂きたい。 ・屋根と壁の接合等、今回苦労した点について、改善案などあればお示しいただければ、大変有益な情報になると思われる。
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	南予森林組合
協議会運営者	南予森林組合
事業名	南予森林組合事務所新築工事
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	愛媛県北宇和郡鬼北町
現地調査	
時期	令和3年1月8日（金）午前
内容	現地調査
場所	建築現場
調査担当委員	有馬孝禮
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	南予森林組合事務所新築工事で、ヒノキ材を用いたCLTで床、壁、屋根構面を構成している。施工建設段階での調査である。本事業は分離発注形態を採用しているので、原木から発注使用者まで役割分担とその連携における課題等が追跡しやすい物件と考えられる。以下のような点を明確にされたい。 （1）原木、製材、CLT製造、金物等への加工、取り付け手間などについて、各分離区分での役割分担がなされたか、その結果から良かった点、今後の工夫が必要となる点 （2）本構造は軸組み工法の耐力壁形式を採用しているが、一方向はCLTを内部に組み込んだ耐力壁、他方向は合板等耐力壁を採用、その仕様、接合金物、施工手順等、構造的考え方と採用理由 （3）床構面の構成法、CLTの長尺通し壁との取り合いなど （4）屋根構面の接合に関わる材料調達と施工、構造的な留意点 （5）屋根構面の使用時や維持管理における留意点 （6）化粧用のラミナと一般ラミナの区分、CLT製造樹上の留意した点など
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	（1）上記項目を採用した結果の今後工夫すべき点 （2）施工現場における作業者の評価 （3）施工管理から見た維持管理の注視すべき点
その他	使用時における居住環境、電気量などデータ収集を期待したい 使用者の評価

表1.3.2 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	6
実施者	采建築社
協議会運営者	SAI GROUP HOLDINGS
事業名	采建築社二丈CLT CELL UNIT新築工事の建築実証
実証の種類	設計、性能
建設地	福岡県福岡市
現地調査	
時期	令和3年1月27日（水）午後
内容	協議会参加(リモート)
場所	
調査担当委員	有馬孝禮、河合誠、山辺豊彦、石川敦子
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・CLTパネル工法をベースとしたユニットボックスを構成単位要素として、上下、平面的に展開することを目的としている。水平構面をCLTで展開すると考えられ、以下のような2点について実証ベースの具体例を明らかにされたい。 （1）単位ユニットの構成要素、接合の仕様詳細を示してほしい。 （2）ユニット相互の位置関係とそれを一体化するための水平構面等との基本ルール。とくに水平構面と単位ユニットの力の伝達、 （3）キャンテ部分の仕様と適用範囲 ・CLTパネルを用いたユニットの提案は企画・設計支援事業でも数件あり　話題になっている。ユニット構造による建築は1970年頃から複数の企業で開発が行われ商品化されてきた。しかし商業ベースに乗った企業は1社のみで他の企業はユニット住宅から撤退をしている。その理由は住宅の多様化にユニット住宅での対応がしづらいことによる。　本プロジェクトも同じ轍を踏まないよう企画段階での状況判断が必要であるし　CLTユニットのメリットを生かせる市場と価格設定が重要と思われる。 ・構造面からのアプローチは得てしてプロダクトインに陥りやすく　今回のプロジェクトもこの点十分注意する必要を感じた。 ・図のユニットはCLTパネルと鉄骨架台からなっており、工場組立である。 ・CLT壁、床パネル共(S60-3-3)で接合はチギリを積極的に使用している。  ・CLT CELL UNITは、様々な組み合わせやが期待できることに加え、当日説明のあったPCR検査や被災地への対応等、一時的な使用にも適しており、新規性・先駆性、普及性が高く、CLT の使用量および需要拡大への貢献性も高いと考えられる。接合に用いた蝶ありの割れ等の問題についても工夫を重ねており、今後の経年変化について観察を続け、寸法精度を工場で管理する予定とのことで、適切な接合方法が確立されることを期待する。
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	・上記実証から、今後改善、新たな展開について。 ・本工法による建築用途を想定したときの展開に対応するための課題。 ・CLTによるユニット構造躯体についての検討が現段階の中心であったが　むしろユニットによる現場工数の削減を考えると設備・内装の開発に力をそそぐ必要を感じた。 ・1個のユニットの水平荷重時の支持能力を実験結果、構造解析によって明らかにされると思われる。（同時に作用している鉛直荷重の支持能力にも注意して下さい。） ・水平荷重時の耐力と降伏順序及び最終崩壊形が示されることを期待しています。 ・モデル図から見ると、負担面積は7.2m×6.5mである。1フロア0.5t/㎡とすると、2階建の1階のユニットは約10tの水平力を負担することになりますが、一次設計でクリア出来ると良いと思います。 ・蝶ありについては今後も経年変化を観察し、適切な対処法を検討するとのことであったが、UNIT全体、特に地際や現し部分等、経年変化が予想される部分についても、劣化状況等を把握し、これらの知見を基に施工の合理化やメンテナンスおよび解体時の費用も含めたコスト削減等について検討を進めて頂きたい。
その他	ユニット化による工期短縮を目指しているが、1個のユニットの運搬を考えると運搬効率が良いとは言えないので、折り畳み式か何か良案があるとなお良い。

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 6 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。

【R1 補正-1】（株）三栄工業所/ジャパン建材（株）

・事業者は CLT の設計や扱いに慣れている印象を感じた。
・CLT パネル工法を梁勝ちで設計した比較的少ない事例、リブ付きの屋根パネルが構造的に作用している。
・防耐火の基準改正により内装現しに関しては、内装制限の条件は満たしていたが、排煙規定の条件が不満足なため断念しているため次回に期待したい。
・木架構のエレベーターシャフトや CLT を片持ち階段板に採用する等、提案性に長けており、これからの活用につながる。

【R1 補正-2】（株）山長商店／有限会社阪根宏彦計画設計事務所

・現場でハイテンションボルトを CLT 版に仕込み、鉄骨梁の孔あき部に挿入し締める納まりとなっており、ディテールに関して良く考えられている。
・CLT による剛性割増を考えており、剛床仮定を目指している。大型 CLT 版を鉄骨梁の下部で吊るので、仮設計画と建方順序が重要になってくる。
・CLT 版と鉄骨梁の施工に関して、鉄骨の熱変形の対策を今後検討していく必要がある。

【R1 補正-3】（株）日ノ丸産業（株）／（株）白兎設計事務所

・石こうボードによる耐火被覆の建築としている。木架構の現しに挑戦して欲しかった。
・山陰地方という地域柄、雨(雨養生)に着目したのは良い。
・4 階の建て方時点で下階の石こうボード張りが完了している点から、シート養生による対策により工期短縮につながっている。
・石こうボードの現場に置く際、クリープ変形しないよう床上に置いていた点に感心した。

【R1 補正-4】勝央町／ジェイアール西日本コンサルタンツ（株）

・CLT 製造・加工会社である銘建工業と上手く連携し、施工効率を上げている。
・屋外部パーゴラの雨がかりの耐久性に関しては定期的に調査する必要がある。
・旧駅舎もシンボルとして残していくという考え方もあったのではないか。

【R1 補正-5】南予森林組合

・雨仕舞及び雪仕舞を適切に処理することが今後の課題になる。
・分離発注によるコスト削減を試みたことは評価できる。
・CLT を曲面に利用する新たな試み。CLT 屋根パネルに垂木を取り付け、断熱材と野地板に電気配線の空間を確保など注目すべき点が多い。

【R1 補正-6】（株）采建築社／SAI GROUP HOLDINGS（株）

・ユニット提案は事業としては難易度が高い。本事業のユニットが将来の展望についてどのくらい考えられているか、商品化出来るのか疑問に感じた。
・長期的な耐久性を求めない仮設建築としての利用ならば、部材としてのリサイクルを考え汚れ対策が今後の課題になる。
・ユニットを複数利用することで平面計画がより自由になる点は評価できる。
・ユニット化による工期短縮を目指しているが、１個のユニットの運搬を考えると運搬効率が良いとは言えないので、折り畳み式か何か良案を提案頂けるとなお良い。

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

事業名			
実施者（担当者）			
建築物の概要	用途		
	建設地		
	構造・工法		
	階数		
	高さ（m）		
	軒高（m）		
	敷地面積（㎡）		
	建築面積（㎡）		
	延べ面積（㎡）		
	階別面積	１階	
		２階	
		３階	
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		
	ＣＬＴ使用量（㎥）		
	壁パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	床パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	屋根パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		
	木材使用量（㎥）※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)三栄工業所／ジャパン建材(株)

事業名			三栄工業所新社屋の建築実証
実施者（担当者）			株式会社三栄工業所／ジャパン建材株式会社
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		岩手県大船渡市赤崎町字普金10番地
	構造・工法		CLTパネル工法
	階数		3
	高さ（m）		10.91
	軒高（m）		10.621
	敷地面積（㎡）		2881.42
	建築面積（㎡）		344.69
	延べ面積（㎡）		986.49
	階別面積	１階	344.31
		２階	326.09
		３階	326.09
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、屋根、階段
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量126.14㎥、建築物使用量126.14㎥
	壁パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	3層4プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	階段パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ集成材　梁：ｵｳｼｭｳｱｶﾏﾂ集成材、ﾀﾞﾌﾘｶｶﾗﾏﾂ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		113.35㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾗｰｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.35)立てﾊｾﾞ葺き
		外壁	金属サイディング（外張り断熱）、窯業系サイディング（外張り断熱）
		開口部	住宅用ｻｯｼ（複層ｶﾞﾗｽ）、ビル用ｻｯｼ（複層ｶﾞﾗｽ）
	主な内部仕上	界壁	隔壁（PB12.5mm両面張り）
		間仕切り壁	木軸下地+PB12.5mm+不燃ﾋﾞﾆﾙｸﾛｽ、CLT現し
		床	塩ビシート、塩ビタイル
		天井	化粧PB9.5mm、PB12.5mm+ﾋﾞﾆﾙ、CLT天井リブ
構造	構造計算ルート		ルート2
	接合方法		LSB接合＋鋼板挿入ドリフトピン接合＋ビス接合
	最大スパン		6.37m
	問題点・課題とその解決策		境界梁にCLT壁金物と梁受金物が取合い、納まりが非常に複雑で、特注金物の製作で対応した。接合具干渉回避の標準納まりの整理が課題。
防耐火	防火上の地域区分		防火指定なし（22条区域）
	耐火建築物等の要件		無し
	本建築物の防耐火仕様		その他
	問題点・課題とその解決策		防煙区画、内装制限
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		CLTパネル部分は充填断熱ができないため外張り断熱とした
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	フェノールフォーム t=40
		外壁	フェノールフォーム t=40、グラスウール10K t=100
		床	無し
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		CLTは遮音性能が無く、ふかし壁など対策を要する。
	建て方における課題と解決策		アンカーテンプレートで、CLT壁脚に密集のアンカー精度を確保した。
	給排水・電気配線設置上の工夫		プレカットで境界梁に設備孔を設けた。貫通分を集約する計画とした。
	劣化対策		CLT段板に体育館床に使うウレタン塗料を塗布し傷・汚れを防止した。
工程	設計期間		2020年5月～7月（3カ月）
	施工期間		2020年10月～2021年7月（10ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2021年1月上旬～2月中旬（6週間）
	竣工（予定）年月日		2021年7月15日
体制	発注者		株式会社三栄工業所
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		松本設計ホールディングス株式会社
	構造設計者		ジャパン建材株式会社　株式会社木質環境建築
	施工者		株式会社三栄工業所　ジャパン建材株式会社
	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（産地指定なし）

実証事業名：三栄工業所新社屋の建築実証
建築主等／協議会運営者：株式会社三栄工業所／ジャパン建材株式会社

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">岩手県大船渡市</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">CLT パネル工法</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">3</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>10.910</td><td>軒高（m）</td><td>10.621</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>2881.42</td><td>建築面積（㎡）</td><td>344.69</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積</td><td>１階</td><td>344.31</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">986.49</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>326.09</td></tr>
<tr><td>３階</td><td>326.09</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">壁、屋根、階段</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（m^3）</td><td colspan="3">加工前製品量 126.14 m^3、加工後建築物使用量 126.14 m^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（m^3）</td><td colspan="3">113.35 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">120mm 厚/5 層 5 プライ/S60A 相当/スギ</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">120mm 厚/3 層 4 プライ/Mx60A 相当/スギ</td></tr>
<tr><td>階段</td><td colspan="3">90mm 厚/3 層 3 プライ/S60A 相当/スギ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">2020 年 5 月～7 月（3 カ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">2020 年 10 月～2021 年 7 月（10 ヵ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">2021 年 1 月～2 月中旬（6 週間）</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">2021 年 7 月</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

自社社屋を CLT パネル工法で建築する事を計画の主題とする。耐力壁は 120mm 厚 CLT、梁と合板で床組を構成する梁勝ちの CLT 告示仕様（ルート 2）で設計する。本建築は、CLT、LVL、集成材、合板、製材など木質材料の適材適用を試みた、岩手県で初の CLT 工法建築とする。設計にあたり、既往の知見で不足していた CLT 壁パネル（S60、5 層 5 プライ、120mm 厚)に使用するラグスクリューボルト接合部及びリブ付 CLT 屋根パネル（CLT：Mx60、3 層 4 プライ 120mm 厚、LVL：カラマツ、E120-F385、50mm 厚）に使用するラグスクリュー接合部の設計用特性値（剛性及び耐力）の評価が必要である。検討した仕様は木造住宅の壁･柱材幅と同じ 120mm 厚であり、住宅用建具･内装建材の流用が可能であり、汎用性・普及性が高い。また、業務用エレベーターシャフト、片持ち階段の段板へ CLT パネルを利用し、CLT 活用拡大の可能性を探る。今回実証事業で設定した課題は以下である。

（1）120mm 厚 CLT パネルの高耐震性と施工性を兼ね備えた接合部、接合金物の構造特性値の取得
（2）CLT パネル工法における材積削減及び施工性向上に取組み、コスト削減を狙い、RC 造との比較検討
（3）エレベーターシャフトへの CLT パネル使用における構造、収まり等の検討
（4）階段に使用する片持ち CLT 段板の構造、収まり等の検討
（5）リブ付き CLT 屋根パネルの構造、収まり等の検討

３．協議会構成員

（事業主・施工）株式会社三栄工業所：金一磨、大畑勇気
（設計・監理）松本設計ホールディングス株式会社：阿部大輔、柳町篤
（構造設計・施工・協議会運営者）ジャパン建材株式会社：吉川正勝、内野吉信、坪井浩一、宮田裕章、並木博一
（構造設計）株式会社木質環境建築：川原重明

４．課題解決の方法と実施工程

120mm 厚 CLT パネルの接合部の仕様については木質環境建築が中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめ、ストローグ本社試験棟で試験する。120mm 厚 CLT パネルの試験として、引張接合部試験 2 仕様×7 体、接合部圧縮試験 2 仕様×7 体、接合金物の引張試験 2 仕様×7 体を行い、高い強度性能だけでなく、施工性、意匠性(現し対応)に配慮した接合部を検証する。エレベーターシャフトへの CLT パネルの利用について、構造検討・収まり等の検証を行う。CLT 片持ち段板は、モックアップを作成し、接合方法等の検証を行う。リブ付き CLT パネルはこれまでの知見を元に、国産材の利用の為に、CLT と国産カラマツ LVL リブ材のせん断試験を 2 仕様×7 体を行い、最適条件を決定する。

＜協議会の開催＞
2020 年　6 月：　第 1 回開催、問題点洗い出し
　　8 月：　第 2 回開催、着工前確認
　　10 月：　第 3 回開催、木工事進捗確認
2021 年　1 月：　第 4 回開催、工事改善点等確認
　　2 月：　第 5 回開催、実証事業の取りまとめ検討
＜設計＞
2020 年 5～ 7 月：実施設計
　　6～ 7 月：構造設計
　　7～10 月：建築確認申請
＜施工＞
2020 年 9～10 月：工事契約

10～12 月：着工、基礎工事

2021 年 1～2 月：木工事

2～5 月：外装工事

5～7 月：内装工事

2020 年 10 月～2021 年 7 月：設備工事

＜性能確認＞

2020 年 5～6 月： 120mm 厚 CLT 壁 引張接合部試験 2 仕様×7 体

接合部圧縮試験 2 仕様×7 体

接合金物引張試験 2 仕様×7 体

CLT とカラマツＬＶＬリブ材のせん断試験 2 仕様×7 体

7 月： CLT 階段 部分モックアップ検証 1 体

8 月： CLT 階段 プレキャストコンクリート部材 試作・品質確認

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）120mm 厚 CLT パネルの高耐震性と施工性を兼ね備えた接合部、接合金物の構造特性値の取得

CLT 壁パネルの引張接合部試験を実施し、本計画の CLT 壁耐力要素に有用な接合性能を確認した。壁パネル接合の仕様・試験結果例を図 5-1、5-2 に示す。

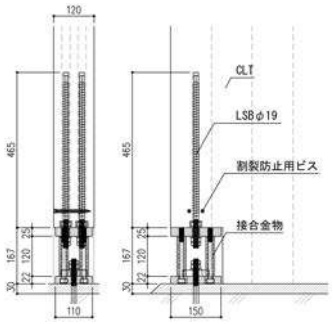
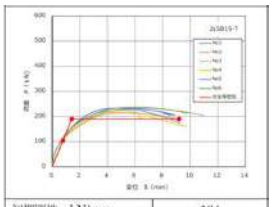


図 5-1 CLT 壁パネル
LSB 接合部



初期剛性 kN/mm	134
降伏耐力 kN	104
降伏変位 mm	0.78
降伏点変位 mm	1.42
終局耐力 kN	190
終局変位 mm	9.2

図 5-2 同左試験結果

（2）CLT パネル工法における材積削減及び施工性向上に取組み、コスト削減を狙い、RC 造との比較検討

上部構造のみで CLT 造と RC 造を比較すると RC 造にコストメリットがあるが、下部構造・地業を合わせたコストで比較すると CLT 造が低コストである事を確認した。

（3）エレベーターシャフトへの CLT パネル使用における構造、収まり等の検討

120 厚 CLT を三方で囲み接合剛性を確保する事で、CLT シャフトの計画が可能である事を確認した。

（4）階段に使用する片持ち CLT 段板の構造、収まり等の検討

支柱側に加えて CLT 段板同士を蹴込み部分も接合し一体化する事で、片持ち CLT 階段の計画が可能である事を確認した。

（5）リブ付き CLT 屋根パネルの構造、収まり等の検討

リブ付 CLT 屋根パネルのせん断試験を実施し、本計画の CLT 屋根スパンに有用な接合性能を確認した。また、CLT 水平構面にリブ梁を付加する事で、施工時にリブ梁端部の大入れが設置のガイドとなり、330 平米分の屋根パネルを 9 人工 1.5 日で施工出来た。リブ付 CLT 屋根パネル接合の仕様・試験結果例を図 5-3、5-4 に示す。

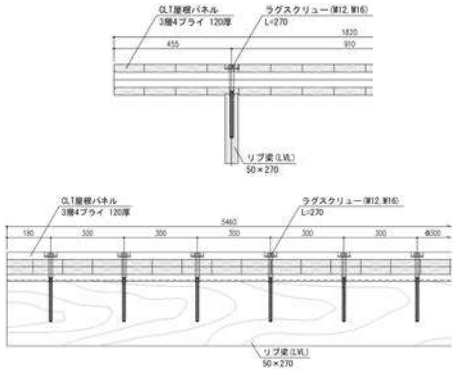
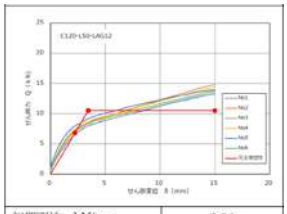


図 5-3 リブ付 CLT 屋根パネル接合部



初期剛性 kN/mm	3.04
降伏耐力 kN	6.8
降伏変位 mm	2.24
降伏点変位 mm	3.45
終局耐力 kN	10.5
終局変位 mm	15

図 5-4 同左試験結果

６．本実証により得られた成果

本事業で得られた結果から、3 階建て事務所建築は 120mm 厚 CLT 壁パネル、屋根パネルを適材適用で計画することが可能であり、住宅用建具等の利用も併せて全体的なコスト削減が図れる目処を確認した。リブ付 CLT 屋根パネルは CLT パネルの屋根利用において、長手方向に約 6m スパンで計画出来る事を確認した。設計上は更なる長スパンや、床の活用も期待できる。CLT 壁パネル及びリブ付 CLT 屋根パネルの接合部データは、3 階建て木造建築のコスト減につながり、CLT パネルの活用拡大が期待出来る。CLT エレベーターシャフトは木造建築の業務用エレベーターの計画においてシャフトに別途鉄骨軸材の設置が不要であり、シャフト面積及びコスト削減が図れる事を確認した。3 階建て木造建築への業務用エレベーター採用の普及の一助になると考えられる。CLT 階段はモニュメントの要素と実用性の両立を具現化でき、CLT パネルの利用用途拡大の可能性を見出せた。

７．建築物の平面図・立面図・写真等

図 7-1 リブ付 CLT 屋根パネル

図 7-2 エレベーターシャフト接合部

Ⅰ設計

1. 建築概要

1.1　意匠計画

1 階は風除室、エントランスホール、CLT 階段、エレベーター、工事作業員用待機室、ホール、水廻りを設けた。CLT 階段は各階の移動を考慮し、また建物のシンボルとして建物中央部に計画を行った。エレベーターは高齢者や荷物運搬を考慮しエントランスホールの西側に計画した。2 階は CLT 階段南側にホールを設け、事務室、社長室、応接室、応接コーナー、女子更衣室、水廻り、CLT 階段北側に事務室と連動して作業員の利用する備品類の受渡カウンターを設け事務所機能の主な機能を集約させるよう計画した。3 階は広いスペースを必要とする会議室、施工計画室、倉庫、男子更衣室、作業員が夜間休憩をする休憩室を設け、その他水廻りを計画した。エレベーター昇降路は CLT 壁の利用で、鉄骨やぐらを不要とした。屋根の野地板は CLT パネルにリブを取り付た屋根パネルを採用し小屋梁を減らした。屋根パネルは軒天材としても利用した（図 1.1.1）。

1.1.1 法規制

居室、避難経路となる廊下、ホール、風除室は建築基準法 35 の 2、施行令 128 条の 5 が摘要され内装制限が必要となる。また、法 23 条による外壁の制限及び床面積が 500 ㎡を超えることから施行令 126 条の 2 第 1 項の防煙区画の規制も適用された。

(1) 内装制限

CLT 壁、天井リブの現しが規制される事から、CLT 壁については H12 年 5 月 31 日　建設省告示第 1439 号（改正　H28 年 4 月 25 日国土交通省告示 707 号）の解釈を参考とし、天井リブは建築物の防火避難規定の解説 2016 に記載の「内装制限における柱・はり等の取扱い」、質疑回答 82 の解釈を参考とした。一方、令和 2 年施行の内装制限に関する施行令 128 条の 5 に追加された 7 項及び令和 2 告示 251 号の内装制限代替措置は、構造計画の観点で天井高さの基準が満たせず代替措置の摘要が不可となった。

① 内装制限される CLT 壁の現し

告示 1439 号第 2、2 号ただし書きにある「木材等の厚さが 25 ㎜以上である場合においては、この限りでない」の解釈を参考に現しとした（図 1.1.3、1.1.4）。

② 内装制限される天井リブの現し

天井見付面積の 1/10 が現し可能となり、天井面から 20 ㎜のリブ梁下端を現しにした（図 1.1.5）。

(2) 防煙区画

防煙区画壁は木軸を不燃材料で覆う必要があるが、防火避難規定の解説 2005（第 6 版）アフターフォロー質問・回答 12 の解釈を参考とし、防煙区画をする壁の一部を現しにした。この解釈を適用した壁は 2 階の社長室及び応接コーナーの間仕切り壁、3 階の施工計画室及び休憩室の間仕切り壁で、各部屋が独立して排煙基準を満たすことで CLT 壁を不燃材料で覆う必要がなくなり現しが実現した（図 1.1.3、1.1.4）。階段及び昇降路は竪穴区画の規定を受けないが、他の部分と防煙区画をする解釈と、昇降路については施行令第 129 条の 6、2 項にある「昇降路の壁、又は囲い及び出入り口の戸は、難燃材料で造り、又は覆うこと。」とあり CLT 壁の現しが不可となった。ただし、昇降路の CLT 壁はホール側を不燃材のガラスパネルで覆い、CLT を現した（図 1.1.2）。防煙区画壁は内装制限の代替措置が可能であっても、防煙区画の「不燃材料造る、覆う」という規定に対する代替措置がないため CLT 壁の現しが不可となった。

(3) 法 23 条の外壁

計画建物の周囲に既存建物が存在し延焼の恐れのある部分に該当する外壁は、準防火性能が求められ、内装制限や防煙区画の規制を受けない外壁でも CLT 壁の現しが不可の範囲があった。

1.1.2 考察

空間構成は CLT 壁と軸組梁の利用で耐力壁を少なくし、広い空間を実現した。防煙関連について木造の防煙区画壁は「不燃材料で覆う」の解釈により、木軸を床から天井まで不燃材料で覆う事が一般的だが、本件は内装制限の代替措置の基準を満たせば 2 階廊下と応接コーナー、前室は必要排煙が各部分で規定を満たしたので、CLT 壁の現しが可能であった。内装制限の代替措置にある「居室の天井高さ 3m以上」は共用部、ホール等広い空間で可能だと考える。一方で「当該居室と他の部分を防火設備で区画する」の規定はコスト増の要因であり、物件ごとにコスト配分の検討が必要である。CLT は内装制限や防煙区画に対して、不燃認定の取得や燃え代設計等で規制を満たせば、構造部材に加えて化粧材として意匠性を果たすことで普及促進に寄与すると考える。

図 1.1.1 外観パース

図 1.1.2 1 階平面図

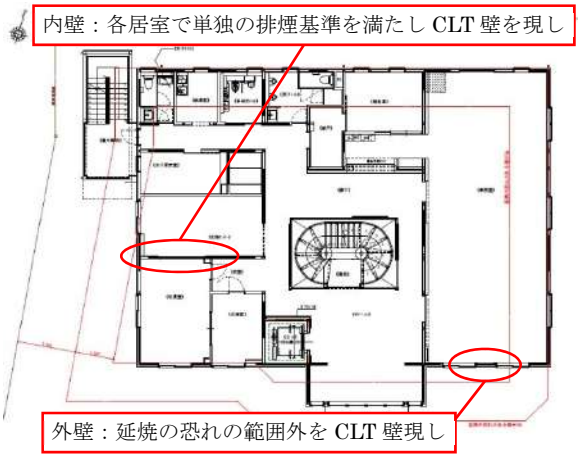


図 1.1.3 2 階平面図

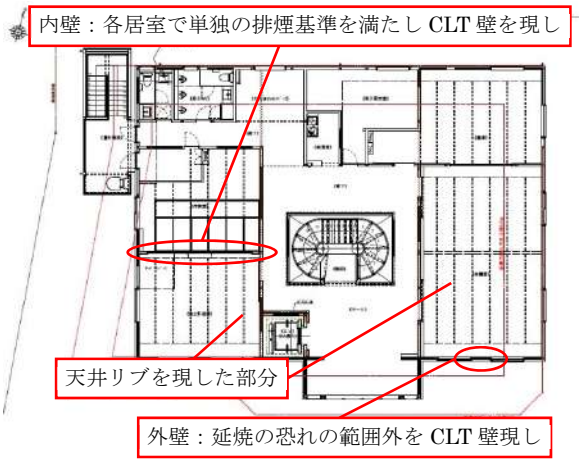


図 1.1.4 3 階平面図

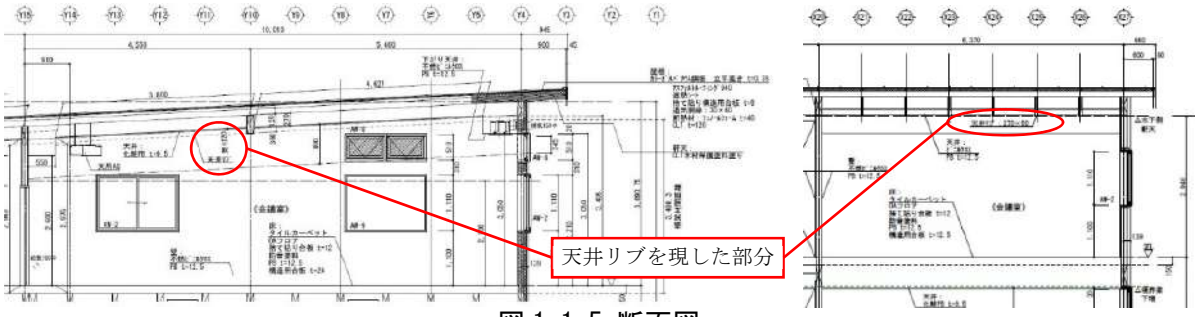


図 1.1.5 断面図

1.2 CLT エレベーターシャフトの設計

木造建築の場合、住宅用エレベーターは木造の昇降路内へ設置する事例がある。しかし、業務用エレベーターは、昇降路内に別途、鉄骨やぐらを組み、エレベーターレールを設置することが一般的である。これは、エレベーターメーカー各社が昇降路に求める「エレベーターレールのたわみが 5mm 以内であること」の性能を確保するためである。また、鉄骨昇降路の実績は多くあるが、木造昇降路の実績はほぼ無いため、安全性が確保されていることの想定がメーカー側で困難な状況による。特に、木造昇降路とエレベーターファスナーの接合方法に知見が少ないことが要因である。本件は CLT で昇降路の三方を囲い(図 1.2.1)、各階の剛性を確保すること(表 1.2.1)。並びに、LSB 接合(図 1.2.2～1.2.4)で木部の接合剛性を確保することにより成立させた。エレベーターファスナー接合部は、おもり側が地震時荷重に引張力を受ける。また、常時荷重で 800kg の荷重に対して 2 次応力が生じる恐れがある(図 1.2.3)。そこで、LSB で引張性能を確保しつつ、中央部にボルトを設けて 2 次曲げで生じるせん断力を補強した(図 1.2.4)。

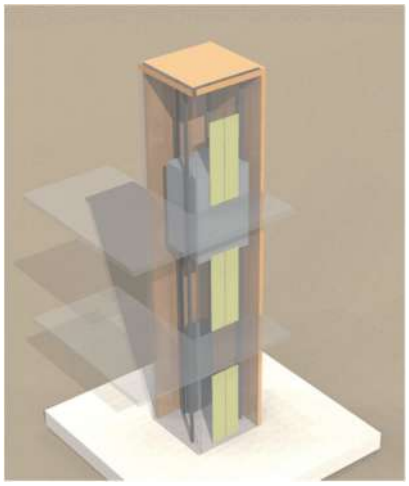


図 1.2.1 CLT 昇降路パース

図 1.2.2 LSB 接合具

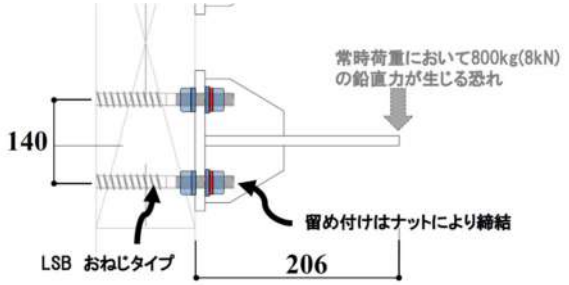


図 1.2.3 ファスナー接合部の検討

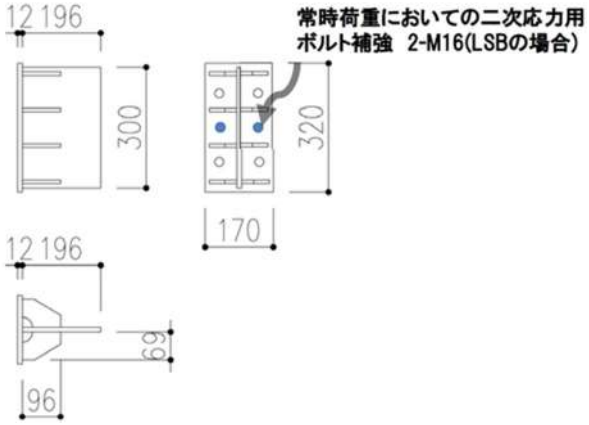


図 1.2.4 ファスナー接合部の例

表 1.2.1 各階のレール変形の検討

階	層	階高	階レベル	地震時 層間変位	地震時 解析変位	基準変位	レールに 生じる 予想変位	
	i	Hi	$H_L i$	Δi	δi	δ0i	Δrei	
屋根	3	3600	9990	8.558	19.497	19.5	0.000	
3階	2	3240	6390	6.993	10.939	12.5	1.532	5mm以下
2階	1	3150	3150	3.946	3.946	6.1	2.202	5mm以下
1階	0	0	0	0	0	0	0	
		ここで、i=層						
		$H_L i = \Sigma Hi$ (i=0～n、nは求める層番号)						
		$\Delta i = \delta n - \delta(n-1)$ (nは求める層番号)						
		$\delta 0i = (\delta 3/H_L 3) \times H_L n$ (nは求める層番号)						
		$\Delta rei = \delta 0n - \delta n$ (nは求める層番号)						

1.3 CLT 片持ちらせん階段の設計

CLT 建築実証支援事業に応募するにあたり、CLT をこれまでの利用用途のように、壁や床、屋根の構造躯体に使うだけではなく、それ以外にもいろいろな利用方法を提案したいと考えた。

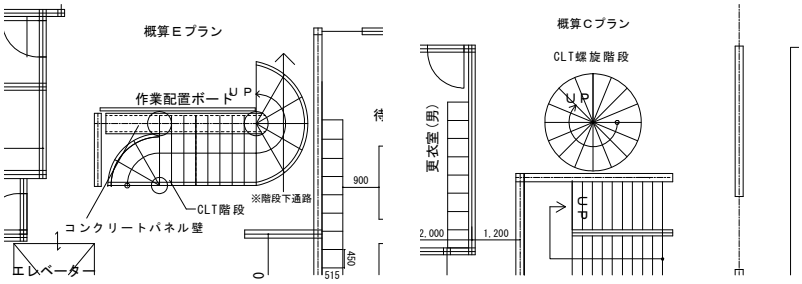
その一つに、CLT の特徴である床版としての利用方法を広げたいと思い、階段の段板に活用する事にした。これまでにも段板としての利用はあったが、床版としての特徴をより活かせる、大きな板から曲線的に切り出した形状美を見せたいと考え、見せ方として、回転しながら昇降するらせん階段とすることにした。

また、施主である株式会社三栄工業所は、太平洋セメントのプラントの維持管理業務等を行っているコンクリートと深いつながりを持った会社であることから、コンクリートと木を組み合わせた提案をしたいとも考えていた。そのような思いが試行錯誤する中、何種類か CLT 階段を図面や模型で提案するうちに、以前より考えていた PC 板と木の段板を組み合わせた階段へたどり着いた。

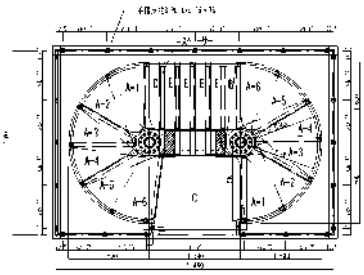
今回の CLT と PC の積層階段は、CLT、PC、鉄の 3 つの素材の組合せであり、これまでに取り組んだことがなったことから、モックアップ等で検証するなどして、詳細を検討した。

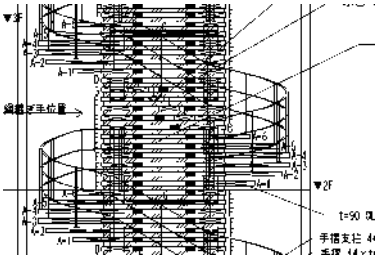
構造としては、蹴上による制限を受けるので CLT 厚は 200 ㎜程度となる。また、テーマである PC 板との積層を考慮して各々を 90 ㎜とし蹴上を 180 ㎜とした。スギ CLT の段板の変形を抑えるため、蹴上材を介して上下の段板を緊結する構造とした。

設計当初の提案図



採用案





モックアップ検証

CLT 階段

2. 構造概要

2.1 構造計画

本建物は大船渡湾付近に建設されるため地盤の状況は良くない。木造は他構造に比べ軽く、本建物には適しているが、さらなる軽量化、コストを縮減する目的で、床はCLTパネルを使用せず、軸組み工法の床組を採用した。また、軸組み部材は、既製品（120㎜幅）を使用し、それに合わせCLT壁パネルも120㎜幅とする計画とし、建物重量の低減と合わせ、コスト縮減を図った。また、この設計条件で構造性能を担保できる接合部を開発し、本建物への適用を検討した。地盤については、地盤沈下対策として耐圧版下には地盤置換工法を採用した。

上部構造は、XY方向共に、CLT壁パネル工法とし、水平構面は、2階床は構造用合板、屋根面はCLTパネルによる構造とした（図2.1.1、図2.1.2）。さらに、CLT屋根パネルと屋根梁（LVL)とをラグスクリューで一体とした合成梁によって、長スパンに対応した(図2.1.3）。CLTパネルの設計においては、その特長を生かす為、極力パネルサイズを大きくする事及びパネル種類を少なくする事に配慮し設計を行う共に、境界梁長さも既製品サイズの6m以下となる様に設計を行った。下部構造は、中空のピット形式とすることで、地盤沈下の低減を図った。

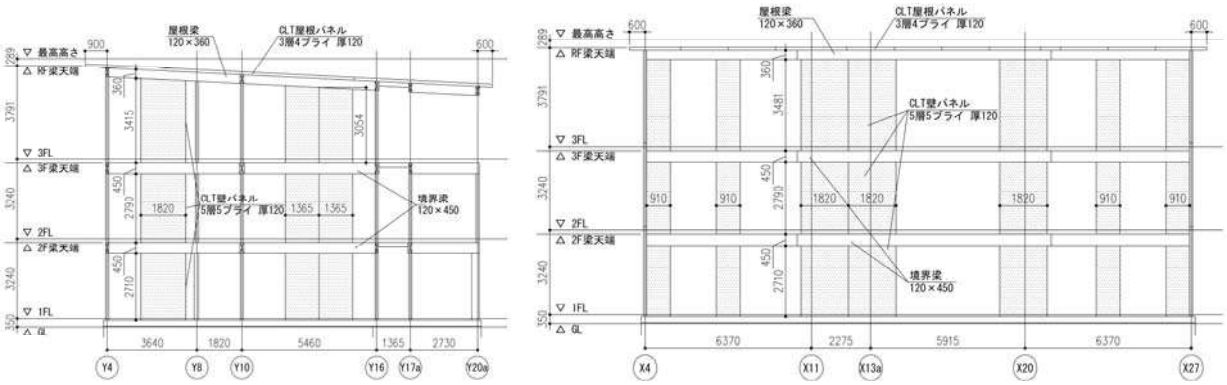


図 2.1.1 軸組図

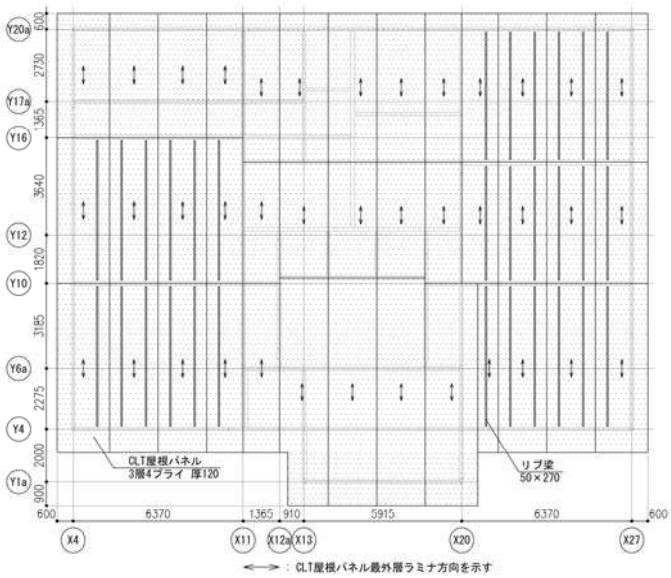


図 2.1.2 屋根伏図

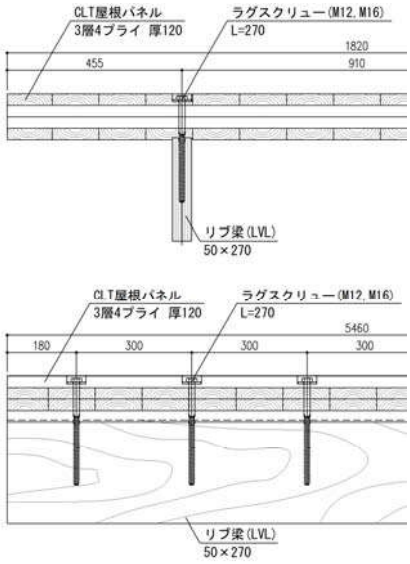


図 2.1.3 リブ付き屋根パネル図

構造計算ルートはルート 2 とし、解析は主要構造材を全て線材でモデル化した立体フレームモデルを用いて弾性解析を行なった（図 2.1.4）

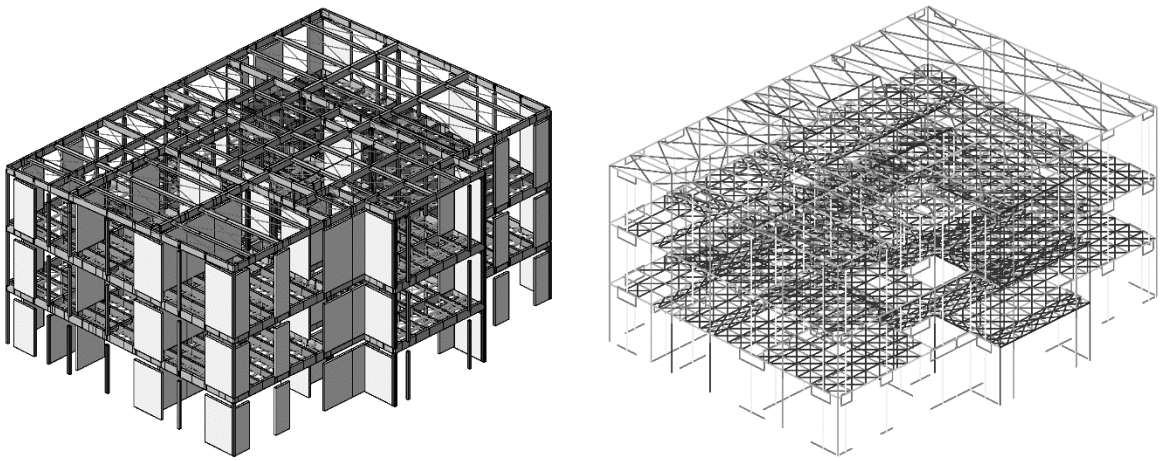
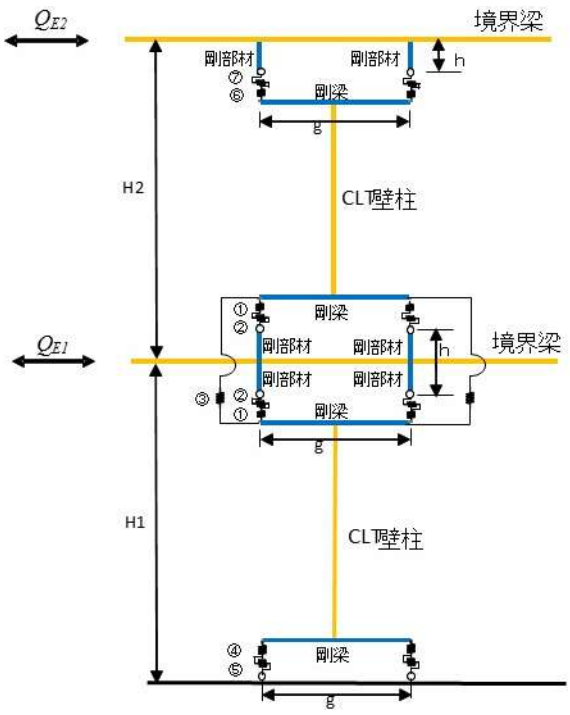


図 2.1.4 解析モデル図

各部のモデル化は、CLT 壁パネルは接合位置に軸バネ（圧縮/引張バネ、せん断バネ）を用いた壁エレメント置換モデル（図 2.1.5）、床及び屋根構面はブレス置換によりたすき掛けブレスにモデル化した。合成梁は、組立梁の設計式を用いて、別途単純梁モデルで検討した。



①圧縮：「CLT に対する LSB 接合の圧縮バネ」と「境界梁に埋め込まれた LSB 接合の圧縮バネ」との直列バネ（圧縮専用バネ）

②せん断：「CLT に対する鋼板挿入ﾄﾞﾘﾌﾄﾋﾟﾝ接合のせん断バネ」と「境界梁に対する鋼板挿入ﾄﾞﾘﾌﾄﾋﾟﾝ接合のせん断バネ」との直列バネ

③引張：「引きボルト接合の引張バネ」と「CLT に対する LSB 接合の引張バネ」と「接合金物の引張バネ」の直列バネ（引張専用バネ）

④圧縮：「CLT に対する LSB 接合の圧縮バネ」（圧縮専用バネ）

引張：「ｱﾝｶｰﾎﾞﾙﾄ接合部の引張バネ」と「CLT に対する LSB 接合の引張バネ」と「接合金物の引張バネ」の直列バネ（引張専用バネ）

⑤せん断：「CLT に対する鋼板挿入ﾄﾞﾘﾌﾄﾋﾟﾝ接合のせん断バネ」

⑥圧縮：①と同じ。

引張：「引きボルト接合の引張バネ」と「CLT に対する LSB 接合の引張バネ」と「接合金物の引張バネ」と「境界梁に埋め込まれた LSB 接合の圧縮バネ」との直列バネ（引張専用バネ）

⑦：②と同じ。

Q_{Ei}:各階せん断力、H_i:階高、h：境界梁背、g：LSB 群剛心間距離

図 2.1.5 CLT 壁パネルのモデル化（軸バネモデル）

2.2 各部構造

(1) 主な使用材料

表 2.2.1 使用材料一覧

部位		構成材料	仕様
鉛直構面	CLT 壁パネル	CLT パネル	S60A、5 層 5 プライ、厚さ 120mm（ラミナ厚 24mm）、 スギ
		境界梁	構造用 LVL A 種　140E-525F　ダフリカカラマツ
		管柱	構造用集成材　E95-F315、E105-F300
水平構面	屋根パネル	CLT パネル	Mx60A、3 層 4 プライ、厚さ 120mm（ラミナ厚 30mm）、スギ
		リブ	構造用 LVL A 種、120E-385F(1 級)、カラマツ
	床	構造用合板	構造用合板、2 級、厚さ 24mm
	梁	大梁、小梁	構造用集成材　E105-F300、構造用 LVL A 種　140E-525F

(2) CLT壁パネル工法

CLT壁パネル上に床梁又は屋根梁（境界梁）を配置したCLT壁パネル工法である。壁パネル幅は910mm、1365mm、1820mmの3種類とした。

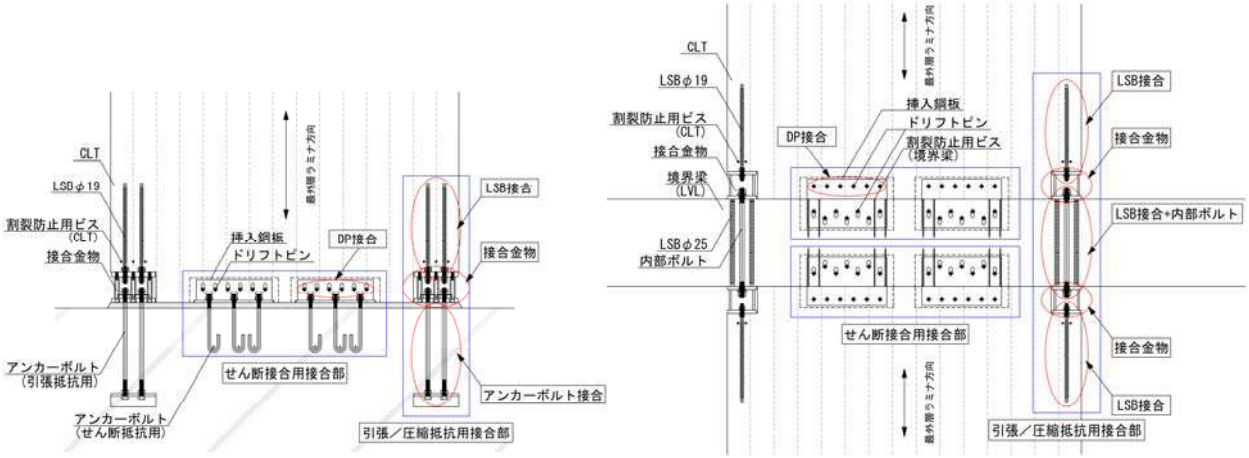
接合部は、引張/圧縮用とせん断用の接合に分け、それぞれ別機構としている。引張/圧縮用接合部は、CLT壁パネルに埋め込んだラグスクリューボルトを接合金物を介し、ボルト又はアンカーボルトとを接合する引きボルト型の接合とした。せん断用接合部は、鋼板挿入ドリフトピン接合（DP接合）とした。

引張に対しては、靭性確保の為、アンカーボルト及び引きボルトをSNR490Bとし、伸びしろを400mm以上確保するようにした。

圧縮に対しては、CLTに埋め込んだφ19LSBの押抜き抵抗によって、CLTの圧縮耐力の向上を図った。さらに、境界梁接合部においては、境界梁内に埋め込んだLSBの押抜き抵抗によって、境界梁へのめり込み防止を図った。

せん断に対しては、CLTの特長を生かし、ドリフトピンの配置を端空き(4d)、間隔(4d)とし、金物を小さくし、偏心による金物の回転を生じ難くした。また、引張接合部のボルト降伏後の伸びを拘束しない様に、金物のドリフトピン孔を縦ルーズとした。

壁脚部引張/圧縮接合部については、2.4接合部試験から誘導した剛性及び耐力を用いた。その他の特性値は既往の研究結果を用いた。



＜壁脚部接合部＞　　＜境界梁接合部＞

図 2.2.1 CLT 壁パネル接合部の代表例

(3)2 階床構造

床の水平構面は、厚物の構造用合板を床梁に直貼する構造とした。また、その仕様は、JIS A 3301：2015（木造校舎の構造設計標準)に規定される仕様を採用した。

(4)屋根構造

屋根の水平構面は、CLT 屋根パネルを外周梁にラグスクリューで接合し、CLT 屋根パネル同士はスプライン接合とした。また、CLT 屋根パネルと@910 に配置した屋根梁（LVL)をラグスクリューで接合した合成梁により鉛直方向の変形に抵抗させる構造とした（図 2.2.2)。なお、CLT 屋根パネルは長さ 9m 以下、幅 2m 以下とし、運搬し易い寸法とした。また、CLT 屋根パネルと屋根梁（LVL)は予め一体とし、合成梁の状態で架設する計画とした。

これらの設計に必要なラグスクリュー接合部のせん断性能は、2.4 接合部試験から誘導した剛性及び耐力を用いた。

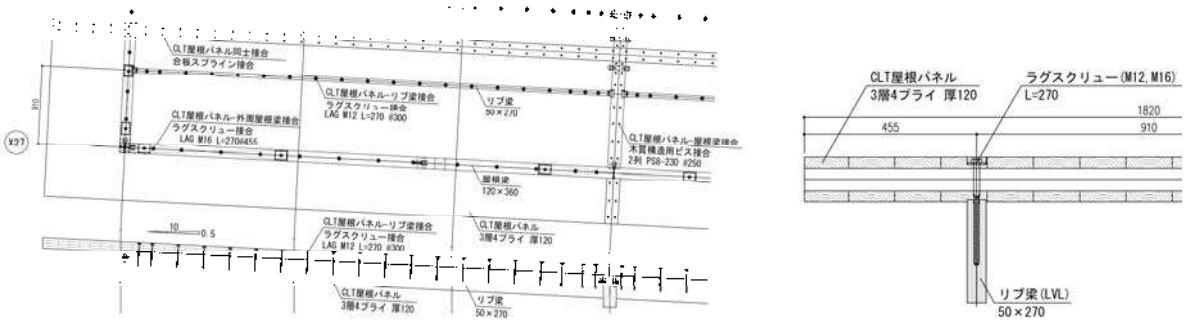


図 2.2.2 リブ付き屋根パネルの詳細

2.3 構造性能

2.3.1 上部構造

構造計算結果より(1)地震力に対する負担せん断力、(2)合成梁の曲げ性能、(3)変形に関する性能、の 3 項目について示す。

(1)地震力に対する負担せん断力

地震力に対する負担せん断力を表 2.3.1 に示す。標準層せん断力係数(C0=0.2)時における 1 層 CLT 袖壁パネルの単位長さ当たりの負担せん断力を地震力の方向、壁幅ごとに示す。又、層せん断力を存在壁幅で除した 1m 当たりの負担せん断力とその平均値を合わせて示す。

各値はルート 1 に規定されるせん断耐力(3 階建て 10kN/m)に対し約 1.2～2 倍の負担せん断力となり、ルート 2 の詳細な設計により CLT パネルの持つ性能を生かした設計となっている。

傾向として壁幅が長い壁の負担せん断力は高くなる。これは前述の接合部剛性を考慮した解析により壁パネルの曲げ剛性に応じた負担せん断力となる。

表 2.3.1 1 層袖壁パネルの負担せん断力

壁幅(mm)	Lx(m)	Ly(m)	Qx(kN)※1	Qy(kN)※1	X 方向(kN/m)	Y 方向(kN/m)
【W1】910	5.460	1.820	69.0	23.4	12.6	12.8
【W2】1365	6.825	6.825	88.5	139.7	13.0	20.5
【W3】1820	32.760	23.660	517.2	511.5	15.8	21.6
合計/平均	45.045	32.305	675	675	15.0	20.9

※1：1 層の C0=0.2 時における負担せん断力

(2) 合成梁の曲げ性能

合成梁の性能として曲げ剛性について図 2.3.1 にその性能を示す。CLT に LVL をラグスクリューで留め付け複合梁にすることで CLT 単独の場合に対して曲げ剛性は 3.76 倍となり、スパン 5.46mの架構を可能にしている。

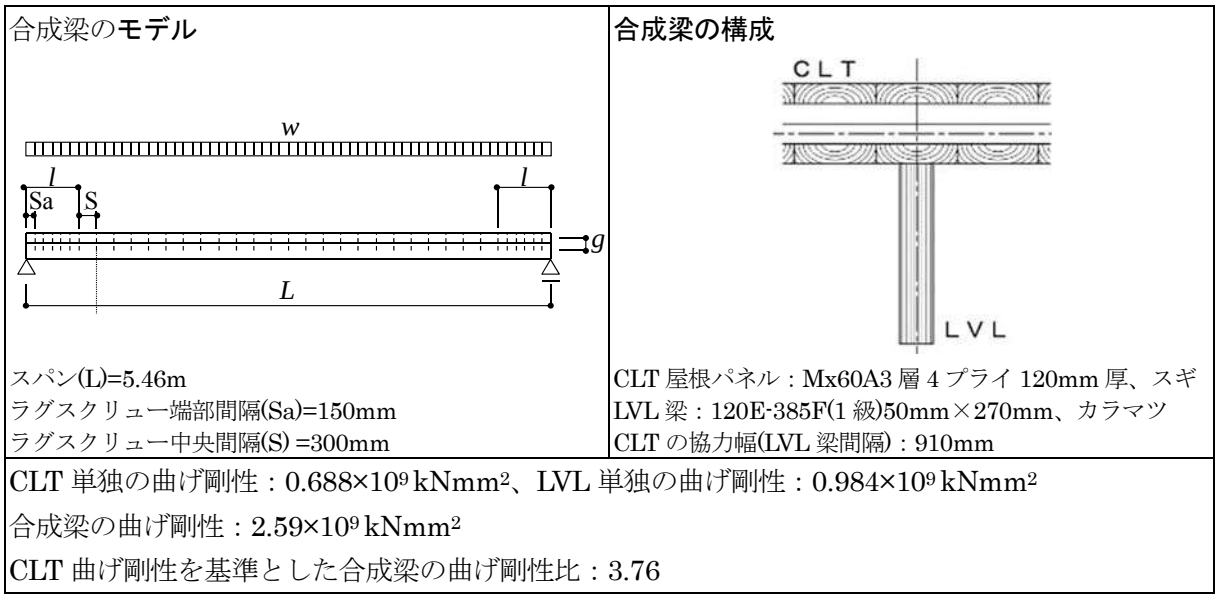


図 2.3.1 合成梁の性能

(3) 地震時変形に関する性能

変形に関する性能として、偏心率、層間変形角、剛性率について示す。

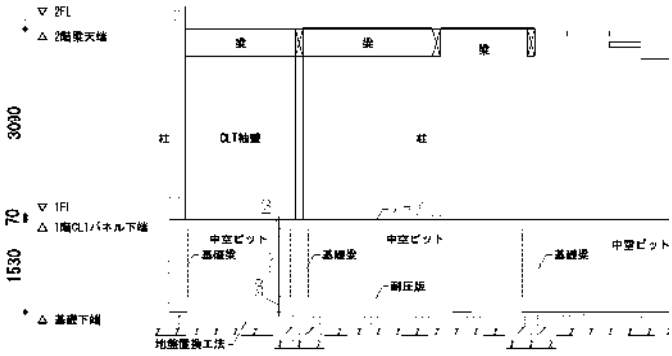
表 2.3.1-2 に偏心率、剛性率、層間変形角を示す。偏心率の最大値は 3 層の 0.128 で 0.15 以下、剛性率の最小値は 0.661 で 0.6 以上、層間変形角の最大値は 1/334rad で 1/150rad 以下を満足している。

表 2.3.2 偏心率、剛性率、層間変形角(+)方向の集計結果

層	偏心率(-)		剛性率(-)		層間変形角(rad)	
	X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向	X 方向	Y 方向
3 層	0.128	0.004	0.719	0.661	1/514	1/334
2 層	0.059	0.088	0.739	0.694	1/529	1/351
1 層	0.040	0.006	1.607	1.649	1/1148	1/833

2.3.2　下部構造

建設地は大船渡湾付近にあり地盤の主たる種別は沖積層である。このため接地圧軽減及び沈下対策として、上部構造は木造、下部構造は基礎梁、耐圧版並びにスラブからなる中空のピット形式とした。耐圧板下には、さらなる沈下対策のために地盤置換工法を採用した。



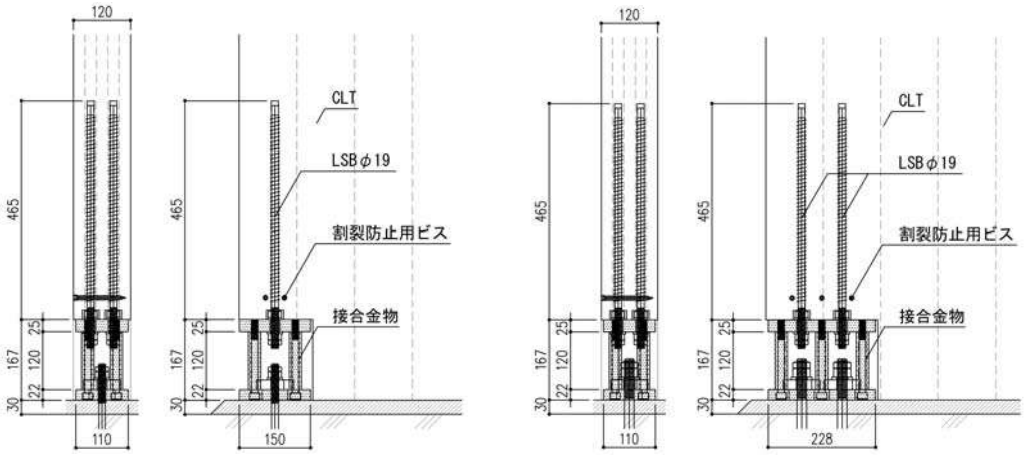
2.4 接合部試験

2.4.1 目的

CLT 壁パネル（S60、5 層 5 プライ、120mm 厚))に使用するラグスクリューボルト接合部（以下、LSB 接合部という）及びリブ付 CLT 屋根パネル（CLT：Mx60、3 層 4 プライ 120mm 厚、LVL：カラマツ、E120-F385、50mm 厚）に使用するラグスクリュー接合部（以下、LAG 接合部という）の特性値（剛性及び耐力）を誘導する。

2.4.2 試験対象部位

LSB 接合部は、CLT 壁パネルの引張・圧縮接合部に使用する接合部で、CLT 壁パネルの壁頭部又は壁脚部に使用する。LSB 接合部の詳細を図 2.4.1 に示す。



<2-LSBφ19>　　<4-LSBφ19>

図 2.4.1 LSB 接合部の詳細

LAG 接合部はリブ付 CLT 屋根パネルにおける CLT 屋根パネルと LVL（梁）間の接合に使用し、そのせん断性能によって CLT 屋根パネルと LVL（梁）の一体化を図る。リブ付 CLT 屋根パネルの詳細を図 2.4.2 に示す。

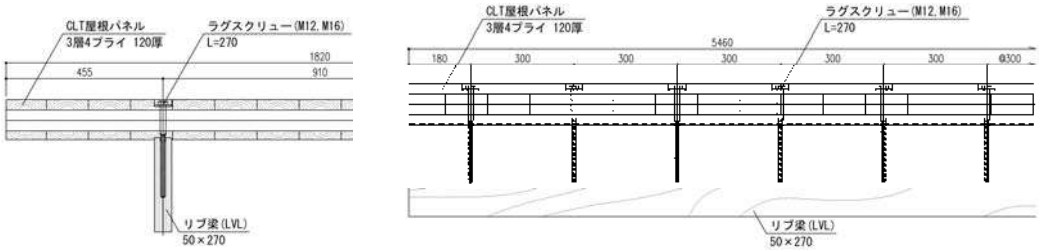


図 2.4.2 リブ付 CLT 屋根パネルの詳細

2.4.3 試験の種類

実施した試験の一覧を表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 試験一覧

No		試験名	試験体名
1	1	LSB接合部の引抜き試験	2LSB19-T
	2		4LSB19-T
2	1	LSB接合部の圧縮試験	2LSB19-C
	2		4LSB19-C
3	1	LSB接続コネクタの引張試験	2LSBC-T
	2		4LSBC-T
4	1	ラグスクリュー接合部の一面せん断試験	CLT120-L50-LAG12
	2		CLT120-L50-LAG16

2.4.4 試験体及び試験方法

各試験の試験体図と試験方法の代表例を図 2.4.3～図 2.4.6 に示す。

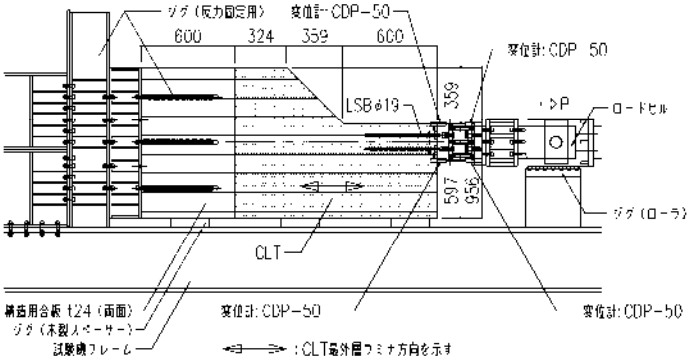


図 2.4.3 LSB 接合部の引抜き試験

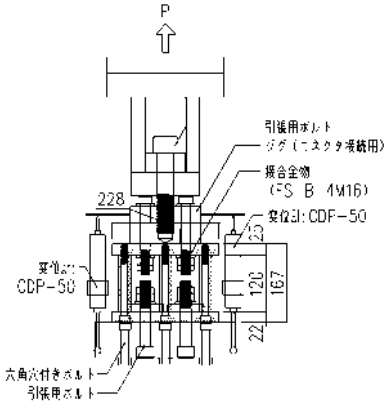


図 2.4.4 LSB 接続コネクタの引張試験

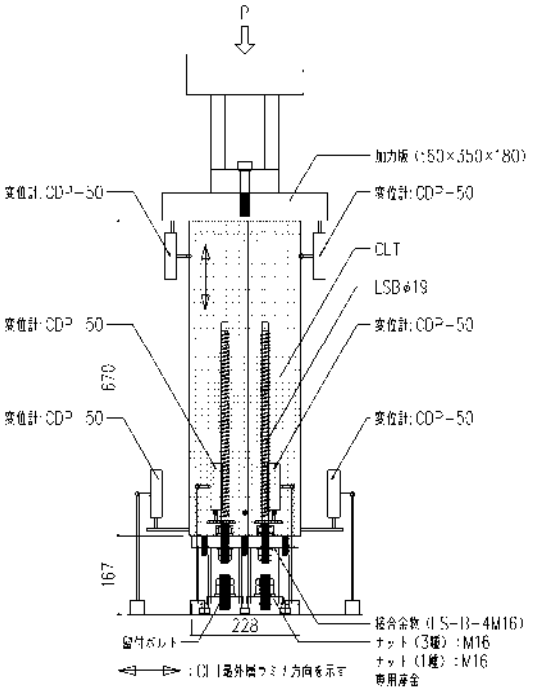


図 2.4.5 LSB 接合部の圧縮試験

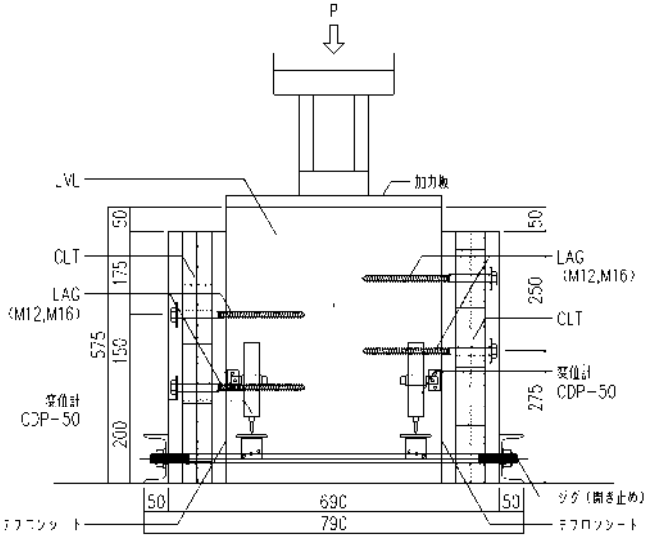


図 2.4.6 ラグスクリュー接合部の一面せん断試験

2.4.5 試験結果

特性値の評価は、CLT マニュアルに準じ、完全弾塑性モデルに近似し、各特性値を算出した.

なお、ラグスクリュー接合部の一面せん断試験は、全ての試験体で、終局変位は 30mm を越えているが、鉛直荷重に対して設計を行うリブ付屋根パネルに使用するため、終局変位を 15mm として、特性値を算出した。

特性値及び骨格曲線を主な破壊状況と合わせ図 2.4.7～図 2.4.10 に示す。

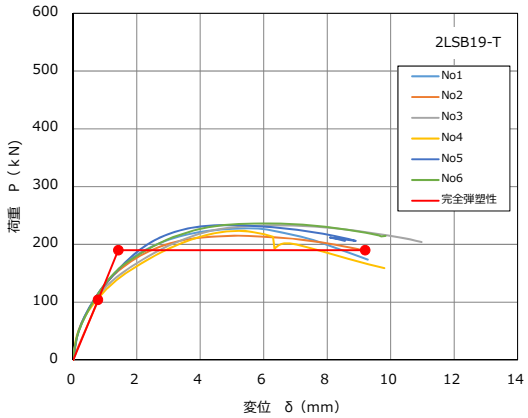
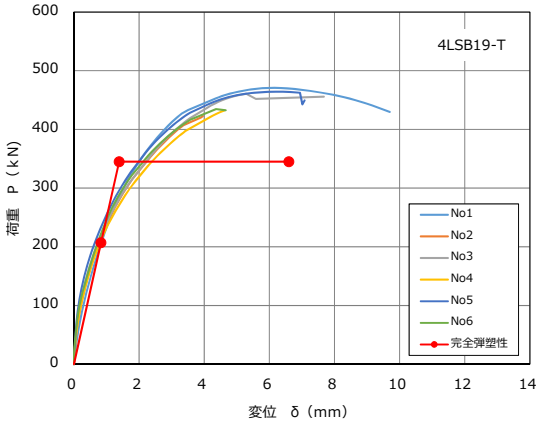
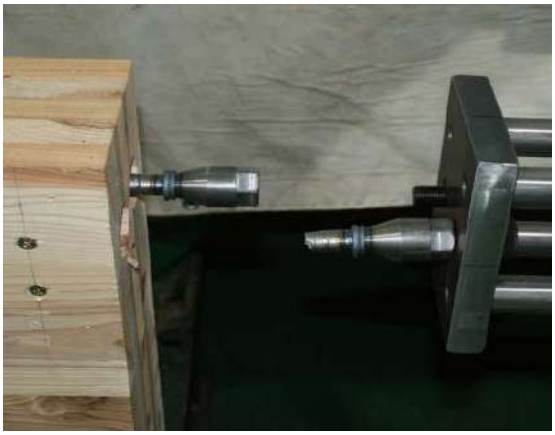
2LSB19-T		4LSB19-T	
			
初期剛性　kN/mm	134	初期剛性　kN/mm	248
降伏耐力　kN	104	降伏耐力　kN	207
降伏変位 mm	0.78	降伏変位 mm	0.83
降伏点変位　mm	1.42	降伏点変位　mm	1.39
終局耐力　kN	190	終局耐力　kN	345
終局変位　mm	9.2	終局変位　mm	6.6
			
LSB の破断		LSB の破断	
上面の状況（層せん断破壊）		上面の状況（層せん断破壊）	

図 2.4.7 試験結果（LSB 接合部の引抜き試験）

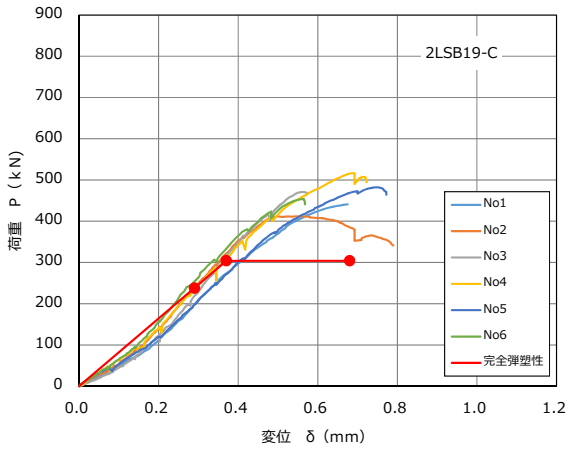
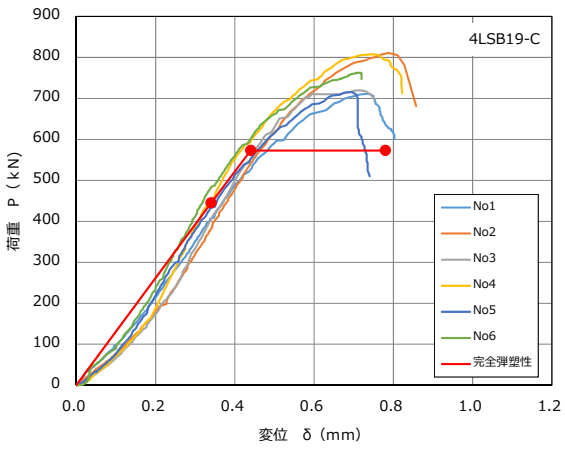
2LSB19-C		4LSB19-C	
			
初期剛性　kN/mm	822	初期剛性　kN/mm	1295
降伏耐力　kN	238	降伏耐力　kN	445
降伏変位 mm	0.29	降伏変位 mm	0.34
降伏点変位　mm	0.37	降伏点変位　mm	0.44
終局耐力　kN	304	終局耐力　kN	573
終局変位　mm	0.68	終局変位　mm	0.78
圧縮破壊とラミナの座屈に伴う割れ		圧縮破壊とラミナの座屈に伴う割れ	
CLT 木口の状況(損傷は見られない)		CLT 木口の状況(損傷は見られない)	

図 2.4.8 試験結果（LSB 接合部の圧縮試験）

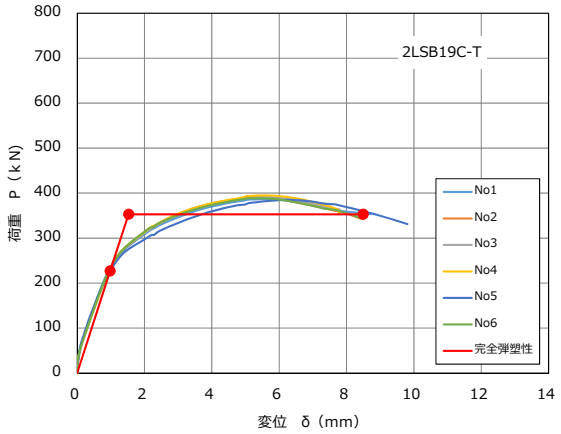
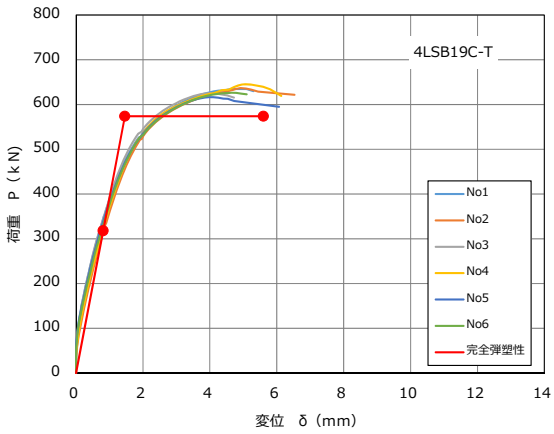
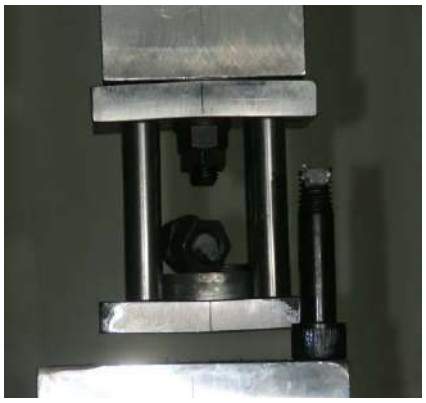
2LSBC-T		4LSBC-T	
			
初期剛性　kN/mm	231	初期剛性　kN/mm	394
降伏耐力　kN	227	降伏耐力　kN	318
降伏変位 mm	0.98	降伏変位 mm	0.81
降伏点変位　mm	1.53	降伏点変位　mm	1.46
終局耐力　kN	353	終局耐力　kN	574
終局変位　mm	8.5	終局変位　mm	5.6
			
アンカーボルトの破断		上下プレートの曲げ変形	
上下プレートの曲げ変形		中央部 M14 ボルト 2 本破断	

図 2.4.9 試験結果（LSB 接続コネクタの引張試験）

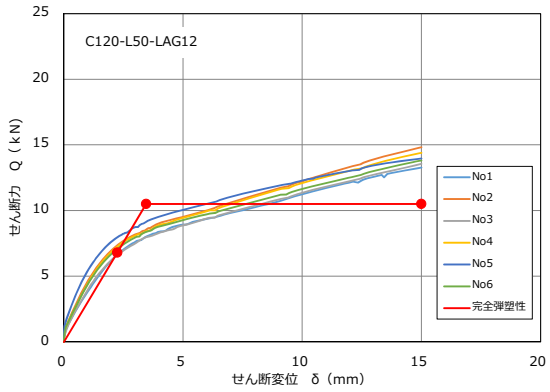
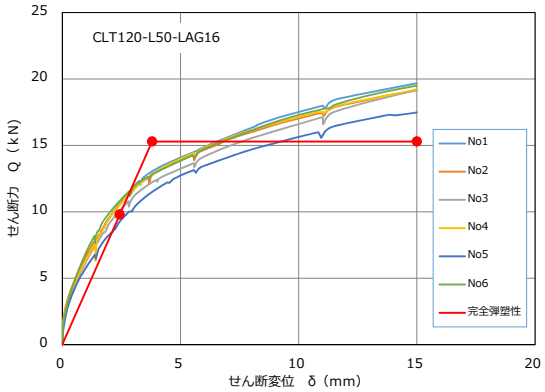
CLT120-L50-LAG12		CLT120-L50-LAG16	
			
初期剛性　kN/mm	3.04	初期剛性　kN/mm	4.03
降伏耐力　kN	6.8	降伏耐力　kN	9.8
降伏変位 mm	2.24	降伏変位 mm	2.43
降伏点変位　mm	3.45	降伏点変位　mm	3.8
終局耐力　kN	10.5	終局耐力　kN	15.3
終局変位　mm	15	終局変位　mm	15
ラグスクリューからのＬＶＬの割れ		ラグスクリューからのＬＶＬの割れ	
ラグスクリューの変形		ラグスクリューの変形	

図 2.4.10 試験結果（ラグスクリュー接合部の一面せん断試験）

*ラグスクリュー1 本当たりの結果

Ⅱ施工

1. 基礎

本建物の基礎はピット構造となっており、耐圧板打設後、基礎梁→1 階スラブの順にコンクリート打設を行った。今回の CLT 壁パネルは 1 枚のパネルに最大 14 本のアンカーボルトが配置されており、尚且つ、引張接合とせん断接合のアンカーボルトの長さが異なるため、1 度の打設ではアンカーボルトがコンクリートに充分に埋め込まれないという現象が起きてしまう(図 1.1 赤いラインがコンクリート打継ぎ面)。そこでパネル建込時のアンカーボルトの芯ずれを最小限に抑える事を考慮し、アンカーセット時のテンプレートに FB-6×125 を使用して、壁パネルごとに一体化したテンプレートを作成した(図 1.2、1.3)。結果、アンカーボルトの芯ずれは最大 5mm 程度となり、台直しで対処した。

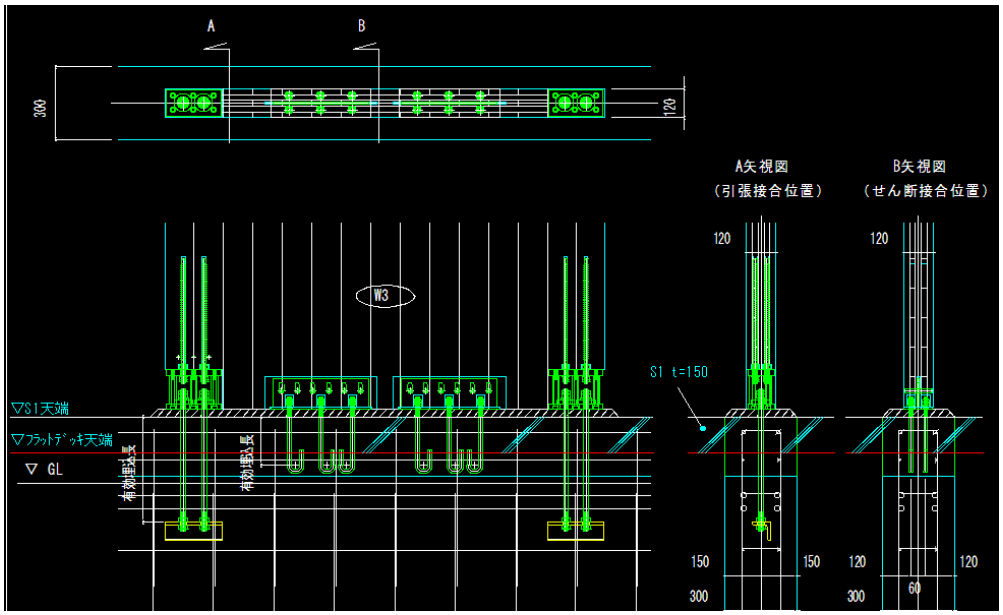


図 1.1 アンカーボルト納まり図

図 1.2 アンカーテンプレート

図 1.3 アンカーテンプレート

1.1 アンカーボルト調整

本物件はアンカーボルトの位置精度がそのまま上階の建入れ精度に直結するため、計画当初よりアンカーボルトの位置精度の確保が大きな課題であった。フラットバー製テンプレートの使用に加えて、基礎打設後にすべてのアンカーボルト位置を測定し、必要に応じて台直しで位置を調整した。実際に基礎打設後に台直しによる位置調整を行った箇所は想定よりも多く、原因はテンプレートやアンカーボルトの倒れに対する固定度が不足している部分があり、打設時に正規位置からずれたものと推察される。また、せん断金物とアンカーボルトの許容差が 2mm と小さいことが要因である。今後の課題としてアンカーボルトの固定方法のほか、打設時のテンプレートの保持方法など、施工方法の改良が挙げられる。

図 1.4 アンカーボルト位置の測定

図 1.5 CLT 柱脚せん断金物

2. CLT 等製作

2.1 材料調達

CLT は銘建工業、集成材はティンバラム、LVL はキーテック、製材はオノツカ・群馬木芸、合板は群馬木芸、金物関係はストローグ、クニタ、丸鋲、シネジックと協業して調達した。CLT、大断面集成材、LVL、製作金物、LSB 等特注接合具は製造に期間を要するので、2～3 ヶ月前から事前協議を重ねて調達を進めた。

2.2 加工

CLT、集成材、LVL、製材の加工はオノツカと協業した。CLT は板加工に優れた NC 加工機(フンデガーPBA)、軸材の木質材料は直通材加工に優れた NC 加工機(フンデガーK2i)で加工した。合板・甲乙梁の加工は群馬木芸と協業し、柱や CLT 壁の欠き込みを設けた。躯体への設備孔の現場加工を省力化するため、事前に電気・空調設備の導線を各専門会社と連携して位置を定め、木質材料のプレカットにて設備孔を加工した。

図 2.1 フンデガーPBA

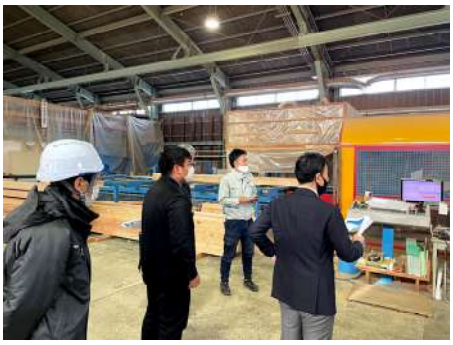


図 2.2 フンデガーK2i

2.3 金物取り付け

CLT 壁接合部のうち、壁四隅に設ける引張接合金物については LSB 接合により CLT 壁側にすべて工場取り付けしたうえで現場搬入した。一方でせん断接合金物はすべて現場で取り付けた。せん断接合金物を現場取り付けとした理由としては輸送効率性の向上が挙げられるが、一方、現場荷置き場でせん断接合金物を取り付けるにあたっては CLT 壁パネルを複数枚積み上げた状態ではせん断接合金物の取り付けが困難であったため、2 階以上の階は一枚ずつ、金物取り付け、荷揚げの繰返し作業を行わざるを得なかった。工場取り付けされた状態であれば複数枚の CLT 壁パネルを纏めて荷揚げ可能であったことを考えれば、工場取り付けを行うことで施工性向上が図れたものと推察される。

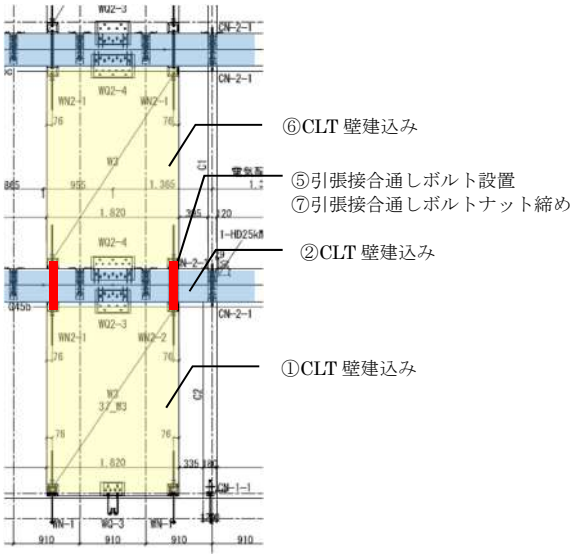
3. 建て方概要

3.1 建て方手順

主として CLT 壁周りの建方手順について以下に示す。

①CLT 壁建込み
②境界梁梁掛け
③小梁梁掛け
④合板張り
⑤引張接合通しボルト設置
⑥CLT 壁建込み
⑦引張接合通しボルトのナット締め

の繰返しで各層毎に建方を行った。



3.2 各部施工方法及び施工状況

①各部構造

1）建方精度

本計画では意匠性に配慮して CLT 壁パネル間の突付け部クリアランスを設けない計画とした。1 階の施工にあたり、CLT 壁の設置位置精度は壁脚部のアンカーボルトの設置精度に大きく依存する。上記に配慮してアンカーボルト位置精度については前述のとおり特に重点管理を行ったが、それでもやはり特に CLT 壁が平面的に連続する箇所についてはスムーズに建込みができない箇所が発生し、壁位置の微調整を繰返しながらの建方を免れなかった。一方で 2 階、3 階に関しては CLT 壁の設置位置精度は主として CLT 壁や境界梁の加工精度に依存する。両者の加工はすべて NC 加工機による加工のため、製作精度は非常に高く、CLT 壁パネル間の突付け部クリアランスを設けない計画であっても特に大きな支障はなく、非常にスムーズな建込みができた。

また、本工法での建入れ精度は CLT 壁パネルの製作精度でほぼ決まってしまうため、現場での建入れ調整は非常に困難である。一方で CLT 壁パネルの製作精度が十分に高ければ、自ずと高い建入れ精度を確保することが可能であり、本工事においては建入れ調整をほと

んど行うことなく、高い建入れ精度を確保することができ、このことは重層構造の建方にあたっての大きなメリットの一つと捉えることができるものと感じた。

2) CLT 屋根パネル(リブ付き CLT パネル)の施工

本建物の屋根には CLT パネルにあらかじめ工場で LVL のリブ梁を接合したリブ付き CLT パネルを用いた。リブ梁の接合は大入れ接合であり、CLT パネルの設置位置は大入れ接合部に依存するため、パネル間の突付け部クリアランスが 0 の場合、CLT パネルの寸法精度によってはリブ梁を大入れに落とし込めなくなる恐れが懸念された。そこで本計画では CLT パネル間に 6mm のクリアランスを設ける計画とした。CLT パネルの敷き込み作業は非常にスムーズで小梁及び甲乙梁、合板で構成した 2 階、3 階床と比較して、小梁や甲乙梁の梁掛け作業がないことを鑑みると本工法は工期短縮に大きなメリットがあると思われる。また CLT パネル敷き込み作業が円滑に進んだ背景には上述したとおりパネル間突付け部に 6mm のクリアランスを設けたことが挙げられる。施工性の観点から言えばクリアランスとしては 4mm～6mm 程度が妥当であると実際の現場作業の状況から推察される。

図 3.1 リブ付 CLT パネル搬入

図 3.2 リブ付 CLT パネル荷姿

図 3.3 リブ付 CLT パネル施工

図 3.4 リブ付 CLT パネル施工

3) 境界梁納まりについて

本工法の大きな特徴として CLT 壁上部に境界梁を設けることで床を梁材で受けることができ、管柱を併用した自由な平面計画や長大スパンの実現が可能となることが挙げられるが、一方で境界梁には CLT 壁の引張接合用ボルト、せん断金物、直交梁の梁受け金物が各方向から取合ってくるため、当該部分の納まりが非常に混み合い、納まり上の調整が非常に複雑であることが本工事で実感させられた。本工事においては既製梁受け金物では収まらない箇所が多数存在したため、当該部については CLT 壁引張接合用ボルトおよびせん断金物を避ける位置にボルトが来るよう、部位ごとに専用の金物を製作することで対応した。そのため、製作梁受け金物の種類が非常に多種類にわたるとともに、輸送効率を考え製作金物は現場接合で計画したため、現場での梁地組、梁掛け作業に時間を要した。これらの納まり

を考慮した建築計画および構造計画のほか、接合具干渉回避のための標準ディティールの開発等が今後の検討課題の一つと言える。

②らせん階段

CLT らせん階段は、各段板の下面にサポートを立て、段板の上面に養生を施すことで、施工者が段を一段一段上がりながら施工した。段板一枚一枚の高さをレベルで測量し、高さ調整を図った。CLT 段板と PC 板は上から落とし込む組み方のため、適宜、カケヤ等で板材を入れ込む必要があり、板に養生材を巻いて傷やクラック防止の措置を施した。

図 3.5 CLT 階段

図 3.6 CLT 階段接合部

③エレベーター

CLT エレベーター昇降路は、境界梁に仕込んだ LSB に現場でファスナー金物を取付け、戻り止め機能付きナット(スマートハイパーロードナット)で留め付けた。ファスナー取付けの手間は生じるが、CLT 躯体を施工することでエレベーター昇降路が組み上がるので、CLT エレベーター昇降路のメリットは大きいと考える。

図 3.7 CLT エレベーター昇降路

図 3.8 エレベーターレールファスナー

Ⅲコスト

1.RC 造との比較

上部構造のみで CLT 造と RC 造を比較すると RC 造にコストメリットがあるが、下部構造・地業を合わせたコストで比較すると CLT 造が低コストであった。本建物は地盤状況が良くないので、RC 造は杭を採用する必要があるためコスト高になった。本建築は地盤要因により、木造に高いメリットが生まれた事例と考える。

表 3.1 RC 造とのコスト比較

	CLT 造	RC 造
地業・下部構造	39,666 千円	64,420 千円
上部構造	74,000 千円	49,799 千円
小計	113,666 千円	114,219 千円
	基準	＋553 千円

2.2 ㈱山長商店／㈲阪根宏彦計画設計事務所

事業名			（一財）日本鯨類研究所太地支所施設新築工事
実施者（担当者）			阪根宏彦計画設計事務所　阪根宏彦
建築物の概要	用途		博物館
	建設地		和歌山県東牟婁郡太地町
	構造・工法		CLT＋鉄骨（逆梁）ハイブリッドパネル構法
	階数		2
	高さ（m）		3.6
	軒高（m）		8.7
	敷地面積（㎡）		23,854
	建築面積（㎡）		2,163.23
	延べ面積（㎡）		1,784.93
	階別面積	１階	1,594.07
		２階	190.86
		３階	
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量258.597㎥、加工後建築物使用量239.282㎥
	壁パネル	寸法	－
		ラミナ構成	－
		強度区分	－
		樹種	－
	床パネル	寸法	－
		ラミナ構成	－
		強度区分	－
		樹種	－
	屋根パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx90A相当
		樹種	桧-スギHB使用環境B
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		付柱：桧　壁：桧
	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		56㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.4)平葺
		外壁	押出成型セメント板（厚75）鉄骨下地
		開口部	Low-Eガラス　10mm+中空層幅12mm+10mm
	主な内部仕上	界壁	（PB12.5×2＋木軸（GW24K50mm）＋PB12.5×2）両面＋CLT
		間仕切り壁	壁：桧　現し（下地：両面PB12.5mm＋9.5mm）
		床	桧FL12＋耐水合板12＋RC即時金鏝
		天井	CLT現し
構造	構造計算ルート		ルート3
	接合方法		CLT:ビス接合＋シアー金物（性能実証）鉄骨H.T.B.接合
	最大スパン		20.5m
	問題点・課題とその解決策		接合部詳細は施工精度が求められる。2.2m×9.0mの大型CLT板重量（1.5t/枚）を鉄骨骨組の梁下に取り付ける時の仮設計画と建方順序、接合部の取付方法を今後検討する。特に施工時の建方順序、仮設計画は重要と言えるので、設計者と施工者の密な打合せが必要と考えられる。
防耐火	防火上の地域区分		22条地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		1時間準耐火
	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		R3　4月1日以降　該当
	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機密処理
	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50mm　+グラスウール100mm
		外壁	現場発泡ウレタンフォーム 30mm
		床	押出法ポリスチレンフォーム30mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		音響性能を確保する空間は木質ルーバーに吸音材とした。
	建て方における課題と解決策		可能な限り工場製作で、仮設構台で鉄骨にボルト接合実施を想定。
	給排水・電気配線設置上の工夫		CLT天井に照明器具等の開口も全て工場製作する。
	劣化対策		防蟻対策は、発生源に目視、薬剤注入ができる天井空間を確保。
工程	設計期間		2019年10月～2021年1月（15カ月）
	施工期間		2021年5月～2022年3月（10.5ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2021年10月上旬～11月中旬（1.5ヵ月）
	竣工（予定）年月日		2022年3月
体制	発注者		太地町
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		（有）阪根宏彦計画設計事務所
	構造設計者		（株）村田龍馬設計所
	施工者		未定
	ＣＬＴ供給者		未定
	ラミナ供給者		未定

実証事業名：(一財)日本鯨類研究所太地支所施設 新築工事の性能・建築設計実証

建築主等／協議会運営者：株式会社山長商店／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

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">博物館</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">和歌山県太地町</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">CLT+鉄骨（逆梁）ハイブリッドパネル構法</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">2</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>3.6</td><td>軒高（m）</td><td>8.7</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>23,854</td><td>建築面積（㎡）</td><td>2163.23</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積</td><td>１階</td><td>1594.07</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">1784. 93</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>190. 86</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">屋根</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（m^3）</td><td colspan="3">加工前製品量 258.597 m^3、加工後建築物使用量 239.282m^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（m^3）</td><td colspan="3">56 m^3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">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>天井</td><td colspan="3">150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx90A 相当/檜-スギ HB　使用環境 B</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">2020 年 6 月～2021 年 1 月（8 カ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">2022 年 3 月</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

(一財)日本鯨類研究所太地支所施設の大屋根に、CLTとS造（逆梁）によるハイブリット構法のフレームを設置し、準耐火建築の実現を目指す。ここでは、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（逆梁）フレームには、CLTの檜-杉ハイブリット材を現しと、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、CLT + S造（逆梁）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、CLTとS造（逆梁）によるハイブリット構法を用いた大規模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。

（１）CLTとS造（逆梁）によるハイブリット構法の接合部及びその構造特性値の取得

（２）CLTとS造（逆梁）によるハイブリット構法の建設合理性の設計検討

３．協議会構成員

（事業主）株式会社　山長商店：榎本長治　三栖基文　橋本豊　梅本順一　沖見　統
（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）株式会社村田龍馬設計所：村田龍馬　小坂大和
（木質構造設計・実証指導）株式会社　木質環境建築：川原重明
（実証試験確認）京都大学生存圏研究所：中川貴文
（材料）銘建工業：宮竹　靖　鳥羽 展彰　鈴木伊織
（実証試験）株式会社　ストローグ：大倉憲峰　大倉義邦

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有限会社　阪根宏彦計画設計事務所：阪根宏彦が、フレーム解析、総合的な構造設計を株式会社村田龍馬設計所：村田龍馬　小坂大和、接合部の仕様、実証試験の実施指導については株式会社　木質環境建築　川原重明が中心となり設計仕様、試験条件をとりまとめ、実証試験確認は京都大学生存圏研究所　中川貴文准教授が行った。CLT パネルと鉄骨梁シアキー接合部の面内方向及び面外方向のせん断試験を予試験含め各 8 体実施した。施工性、意匠性及び経済性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、実大での地組みや 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＞

2020 年 9 月：第 1 回開催、問題点洗い出し
　　10 月：第 2 回開催、実証試験（要素試験）
　　11 月：第 3 回開催、実証試験（実大試験）への準備
　　12 月：第 4 回開催、実証試験（実大試験）実証事業の取りまとめ検討

＜設計＞

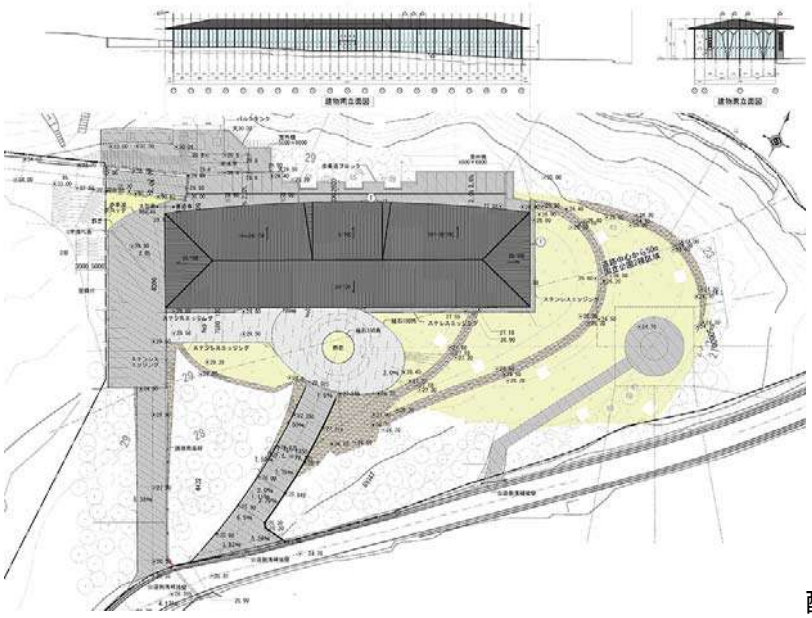
2020 年 6 月：基本設計　構造設計、フレーム解析開始
　　9 月：基本設計（CLT+ S 造(逆梁)+ハイブリット構法の方針確定）
　　10 月：構造設計、フレーム解析のモデル化協議
　　12 月：実証試験を反映した構造設計、フレーム解析

2021 年 1 月：実施設計、構造設計、工事概算　継続し：確認申請　本申請
2021 年 4 月～2022 年 3 月： 建設予定

５．完成予想パース

外観 Fig1.2.

６．建物の配置平面図・立面図



配置図　Fig3

７．コスト比較

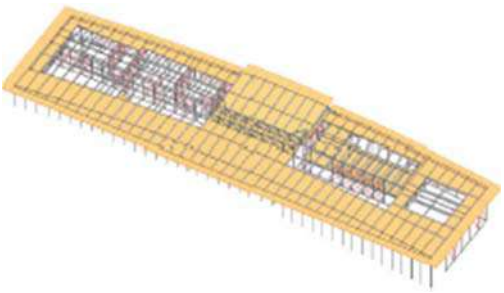
CLT+鉄骨（逆梁）ハイブリッドパネル構法は、檜の現しであることから、鉄骨造のデッキスラブに天井下地と、同様の檜材天井（中級品）を施工する場合との工事費比較を検討した。今回の設計では CH＝4500～7500 と高天井で、内部足場の比較は加味していないが、本設計において、さらなる、CLT 現しの有効性が確認できた。

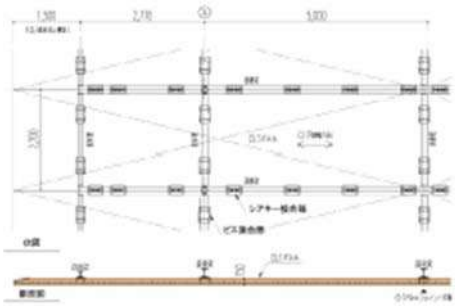
コンクリートデッキ床　（単位　円/㎡）		CLT 屋根（現し）　（単位　円/㎡）	
デッキコンクリート	12,500	CLT パネル t＝150 桧　ﾊｲﾌﾞﾘｯﾄ	23,250
金物・副資材+ﾜｲｱﾒｯｼｭ６Φ	2,000	荷揚等(鉄骨建方時に仮置セット)	1,000
施工費	2,600	施工費（CLT 上ボルト締結施工）	3,000
LGS 天井下地	1,700		
木質　縁甲板　t＝12　桧	11,000		
	¥29,800		¥27,250

8. 構造概要と実証試験の概要

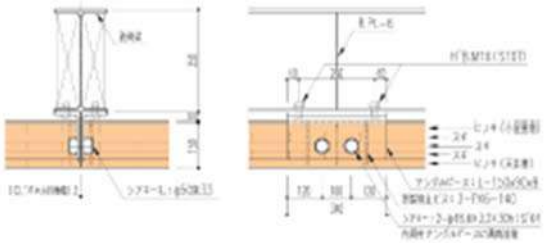
○鉄骨梁+CLT パネルによるハイブリッド構造

X・Y 両方向とも鉄骨ブレース構造の 2 階建てとし、軒レベルに鉄骨梁+CLT 天井パネルによる逆梁形式のハイブリッド構造を設置する。ハイブリッド構造は、鉄骨梁とその下側に配置された CLTパネルを接合した合成梁とし、構造体である CLTパネルを現しの天井仕上げとして用いる。鉄骨梁と CLT パネルの接合は、鉄骨梁の下フランジに取り付ける「シアキー接合部」及び「ビス接合部」による。CLT パネルは地震・強風時に屋根に生じる水平力を鉛直ブレースへと伝達する水平構面の役割を持つとともに、鉛直荷重(面外方向曲げ)に対して鉄骨梁とCLTパネルが一体となって抵抗し、ロングスパン部や大きな庇部分のたわみ・振動に対する抑制効果を持つ。





概要　Fig4.5.



詳細概要　Fig6.

９．実証により得られた成果から構造設計への反映

鉄骨梁+CLT パネルによる逆梁形式のハイブリッド構造について、本実証により得られた成果を以下に示す。

(1)　既往の研究・設計において、鉄骨梁上に CLTパネルを載せ床面として利用する事例 1)はあるが、逆梁形式で鉄骨梁下に CLT パネルを取り付け構造体(水平構面)として利用するとともに、現しの天井仕上げとして用いる点において本事業は今までにない提案であり、合理的かつ美しい木質空間を表現することが可能となる。

(2) シアキー接合部において、鉄骨梁下フランジ下面と CLT パネル上面に 30mm のクリアランスを設ける納まりとすることで、鉄骨梁継手のスプライスプレート等によるCLT パネル上面の欠き込み加工を不要とすることができ、加工コストの削減につなげることが可能となる。

(3)　設計から施工手順に至るまで詳細に検討したことで、一般的な施工方法で施工が可能であることが示され、誰もが建設できる技術として普及することが期待できる。

(4) 鉄骨梁に CLT パネルが協力することによる合成梁効果を考慮することで、ロングスパンや跳ね出し長さの大きい片持ち梁のたわみ・振動を抑制する効果を取り込み設計することが可能である。

１０．実証により得られた成果の概要

(1)CLT+鉄骨ハイブリットパネルは、鉄骨フレームのみに対して約 1.5 倍剛性を増大させ、たわみ抑制効果が認められた。

(2)鉄骨フレームに対する CLT+鉄骨ハイブリットパネルの剛性増大率は、計算値及び解析値共に、僅かに実験値より高いが（1.06～1.08 倍）、十分予測できていると考える。

これらの差は、実験における残留変位の 1mm を初期ガタの影響と考えると、この 1mm を計算値及び解析値に加えると両者はほぼ一致する。 従って、設計上はこれらを考慮し、剛性増大率を若干低減させるか(例えば×0.9）、接合部の剛性を初期ガタ分小さくして計算又は解析を行う事で、十分設計は可能であると考える。

(3)計算値と解析値はほぼ一致しており、本ハイブリットパネルの設計においても、組立梁の設計式を用いても問題が無いこと事が確認された。

実証事業名：(一財)日本鯨類研究所太地支所施設 新築工事の性能・建築設計実証

建築主等／協議会運営者：株式会社山長商店／有限会社 阪根宏彦計画設計事務所

成果物

鉄骨梁+CLT パネルによるハイブリッド構造

1. 構造計画の概要

X・Y 両方向とも鉄骨ブレース構造の 2 階建てとし、軒レベルに鉄骨梁+CLT 天井パネルによる逆梁形式のハイブリッド構造を設置する。ハイブリッド構造は、鉄骨梁とその下側に配置された CLT パネルを接合した合成梁とし、構造体である CLT パネルを現しの天井仕上げとして用いる。鉄骨梁と CLT パネルの接合は、鉄骨梁の下フランジに取り付ける「シアキー接合部」および「ビス接合部」による。CLT パネルは地震・強風時に屋根に生じる水平力を鉛直ブレースへと伝達する水平構面の役割を持つとともに、鉛直荷重(面外方向曲げ)に対して鉄骨梁と CLT パネルが一体となって抵抗し、ロングスパン部や大きな庇部分のたわみ・振動に対する抑制効果を持つ。

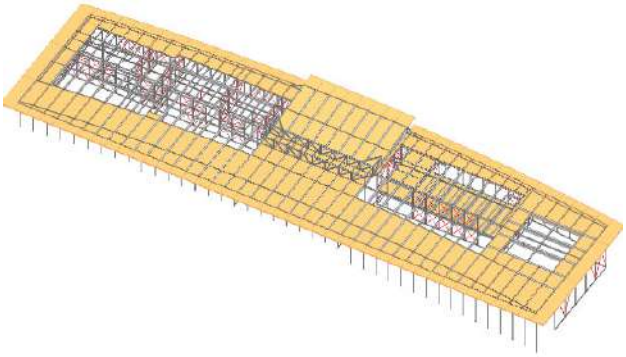


図 1　構造イメージ図

2. 鉄骨梁と CLT パネルの接合方法の概要

接合部は、施工性、低コスト性を念頭に詳細検討し、a)シアキー接合部と b)ビス接合部を併用する(図 2、図 3)仕様とした。

a) シアキー接合部は、アングル材に溶接された鋼管(φ48.6x3.2 を長さ 30mm に切断)を CLT 小口面にあけた孔に差し込み、アングル材上フランジと鉄骨梁下フランジをボルトによって留めつけることで鉄骨梁と CLT パネルを一体化する。鋼管と CLT 接触面の支圧により CLT パネルと鉄骨梁の間で面外方向および面内方向のせん断力を伝達する。

b) ビス接合部は、鉄骨梁下フランジの下面に取りつけた鋼板と CLT パネルを上からビス留めし一体化することで、CLT パネルと鉄骨梁の間で面内方向のせん断力を伝達する。

本実証では a)シアキー接合部の性能を検証することを目的とし、b)ビス接合部の性能については、既往の実験データ等から算出した剛性・耐力を用いて設計を行う方針とした。

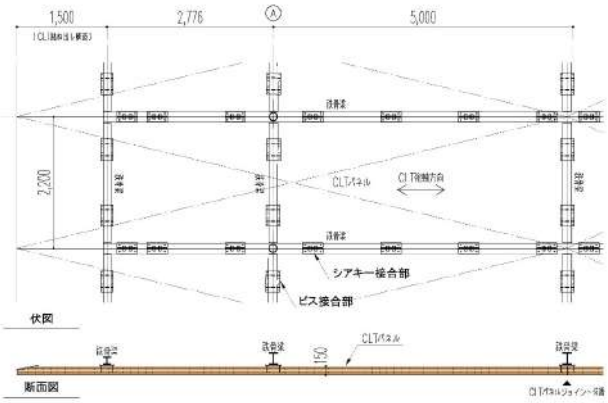


図 2　鉄骨梁-CLT パネル伏図・断面図

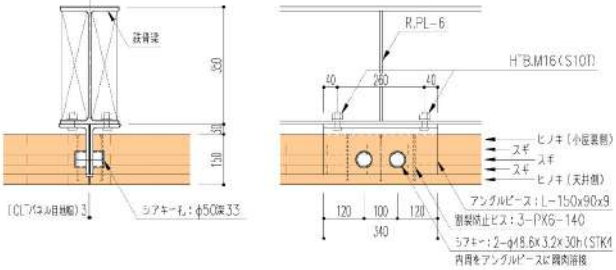


図 3-a)シアキー接合部

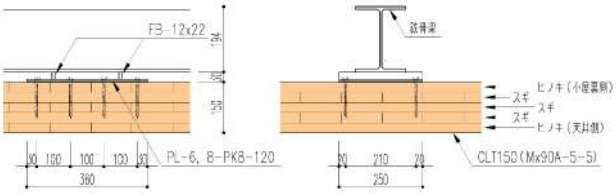


図 3-b)ビス接合部

3. 施工方法・手順の概要

本ハイブリッド構造の施工については、下記の 3 点を重視し、施工方法・手順を設計段階で検討した。

① 可能な限り加工は工場にて行い、現場では鉄骨部材同士のボルト接合だけで済むようにした。

② CLT パネルの加工は一般的な加工機で実施可能な形状とした。

③ 鉄骨の建方精度を考慮して、施工誤差の吸収が可能なディテールとした。

以下にその手順の概要を示す。

施工手順の概要

(1) CLT パネルを工場でユニット化

工場において、シアキー接合部の孔あけと座堀、柱周囲および鉛直ブレースのガセット周囲の切り欠きを行ったうえで、シアキー接合部を予めセットしパネルユニット化して現場へ運搬。

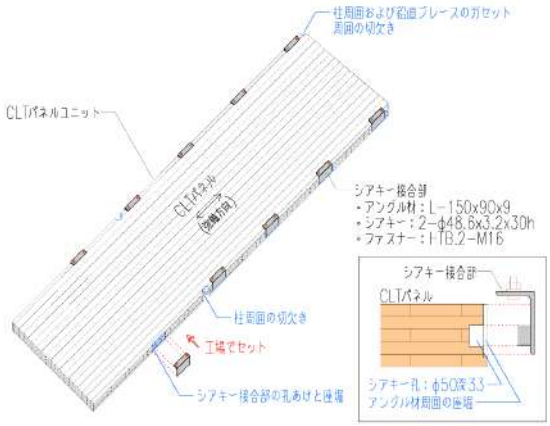


図 4(1)工場での CLT パネルの加工

(2) 鉄骨柱の建方

(3) CLT パネルユニットを仮設構台に仮置き

CLT パネル用の仮設構台をセットし、CLT パネルユニットを吊り込んで鉄骨柱上部から柱に沿って落とし込む。仮設構台に仮置き。

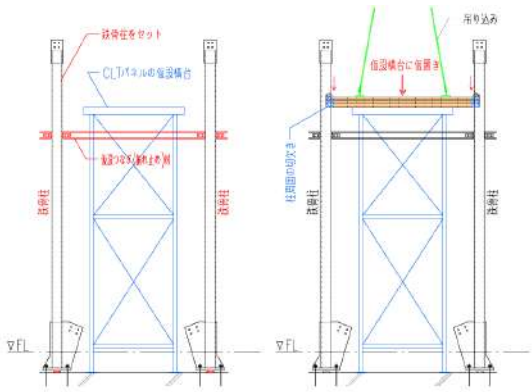
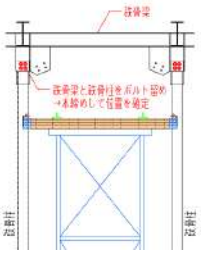


図 4(2)鉄骨柱の建方　図 4(3)CLT を構台に仮置き

(4) 鉄骨梁と鉄骨柱を接合



鉄骨梁と鉄骨柱を高力ボルトにより留め付け接合し、本締めまで行い鉄骨の位置を確定。

図 4(4)鉄骨梁の接合

(5) CLT パネルユニットを鉄骨梁と接合

CLT パネルユニットを仮設構台から鉄骨柱に沿って所定の高さまで吊り上げる。CLT パネルに予めセットされたシアキー接合部のボルトを鉄骨梁下フランジのボルト孔に差し込み、梁下フランジ上面からナットを締めつけ接合。

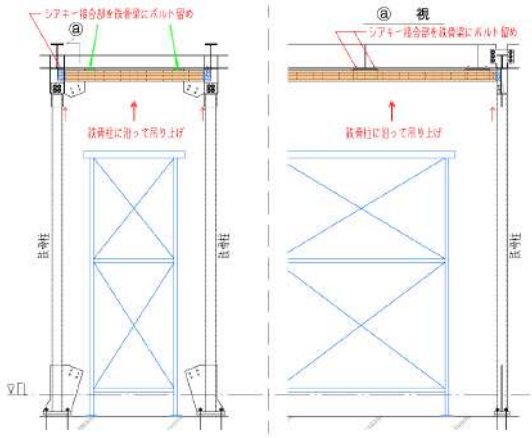
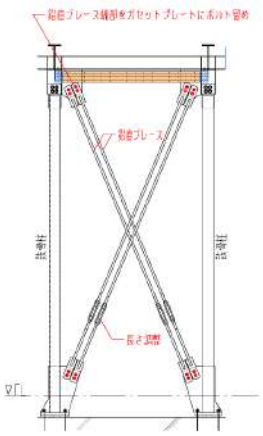


図 4(5)CLT パネルと鉄骨梁の接合

(6) 鉛直ブレースをセット



CLT パネル下面より下部に突出したガセットプレートに鉛直ブレース端部接合部をボルト留めにて接合。ターンバックル等で所定の張りが確保できるよう長さ調整(本物件では鉛直ブレースはすべて引張ブレースとし長さ調整が可能な仕様としている)。

図 4(6)鉛直ブレースセット

4. 実証により得られた成果

鉄骨梁+CLT パネルによる逆梁形式のハイブリッド構造について、本実証により得られた成果を以下に示す。

(1) 既往の研究・設計において、鉄骨梁上に CLT パネルを載せ床面として利用する事例 [1]はあるが、逆梁形式で鉄骨梁下に CLT パネルを取り付け構造体(水平構面)として利用するとともに、現しの天井仕上げとして用いる点において本事業は今までにない提案であり、合理的かつ美しい木質空間を表現することが可能となる。

(2) a)シアキー接合部において、鉄骨梁下フランジ下面と CLT パネル上面に 30mm のクリアランスを設ける納まりとすることで、鉄骨梁継手のスプライスプレート等による CLT パネル上面の欠き込み加工を不要とすることができ、加工コストの削減につなげることが可能となる。

(3) 設計から施工手順に至るまで詳細に検討したことで、一般的な施工方法で施工が可能であることが示され、誰もが建設できる技術として普及することが期待できる。

(4) 鉄骨梁に CLT パネルが協力することによる合成梁効果を考慮することで、ロングスパンや跳ね出し長さの大きい片持ち梁のたわみ・振動を抑制する効果を取り込み設計することが可能である(図 5)。尚、次章以降で示す実験報告より、合成梁によるたわみ抑制効果が認められたことが確認された。

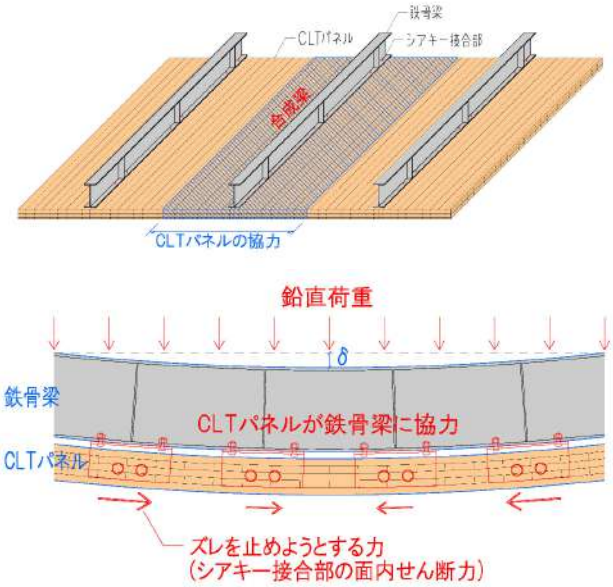


図 5　合成梁のイメージ図

[1] 山佐木材株式会社「柱梁鉄骨造・床 CLT 構造の建物に関する、鉄骨と CLT 床の新接合方法の開発、CLT 床相互の新接合方法の開発、および新耐火被覆方法の開発」研究成果報告書、平成 31 年 3 月

5. 部材検証実験

1 目的

シアキー接合部の特性値の評価試験及び面外曲げの設計法を検証する実大曲げ試験を行った。

2. シアキー接合部のせん断試験

2.1 試験の種類

CLT パネルに対して面内方向及び面外方向の 2 種類の加力試験を行い、特性値の評価を行った。

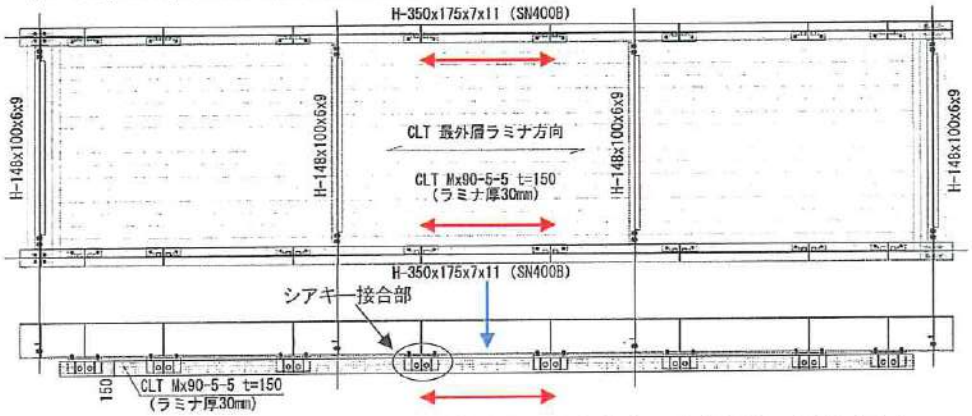


図 2.1 試験で想定した加力方向（赤矢印：面内方向、青字矢印：面外方向）

2.2 試験体の仕様

(1)直交集成板（CLT）

①樹種：外層 ヒノキ、内層 スギ(M60A)

②等級・構成等：Mx90A、5 層プライ、厚さ 150mm、ラミナ厚 30mm、ラミナ幅 122mm、幅はぎ接着なし

③接着剤 水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤

(2)シアキー

①材質：STK400

②形状：外径 48.6mm、厚さ 3.2mm、長さ 30mm

③個数：2 個

④配置：間隔 100mm、端距離 150mm、縁距離 75mm

⑤溝形鋼への留め付け方法：鋼管の内側で隅肉溶接

(3)溝形鋼

①材質：SS400

②形状：面内方向加力試験 200mm×90mm×8mm×13.5mm
面外方向加力試験 250mm×90mm×9mm×13mm

2.3 試験体及び試験方法

図 2.2 及び図 2.3 に、試験体の形状及び試験装置図を示す。

面内方向加力試験は、水平構面としての設計に使用することから正負交番繰り返し加力試験とした。

面外方向加力試験は、長期性能に対する評価を主目的としていることから、押し方向の繰り返し加力試験とした。

試験体数は各 6 体とした。

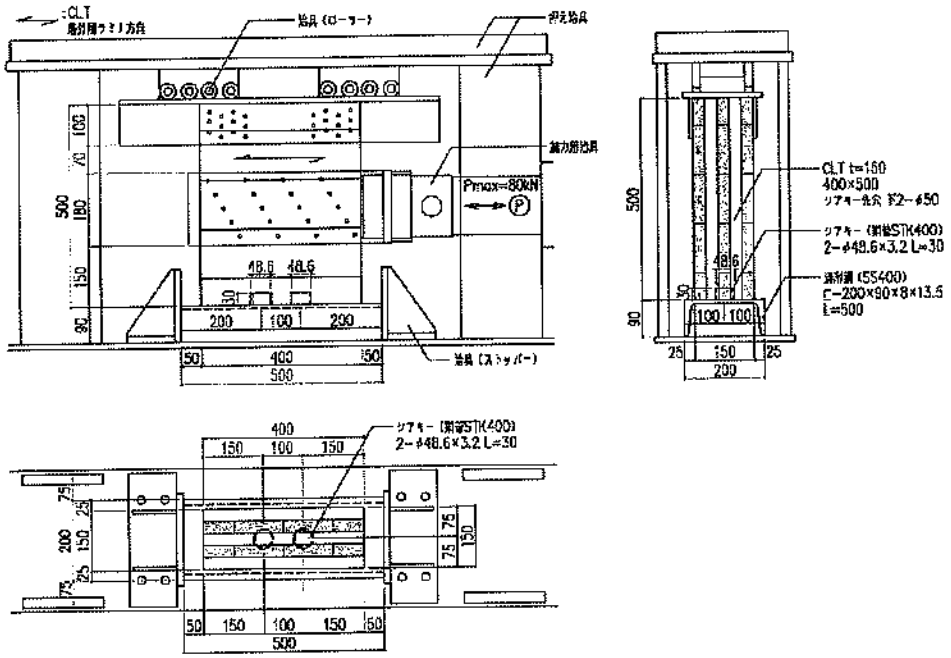


図 2.2　試験体の形状及び試験装置図（面内方向加力試験）

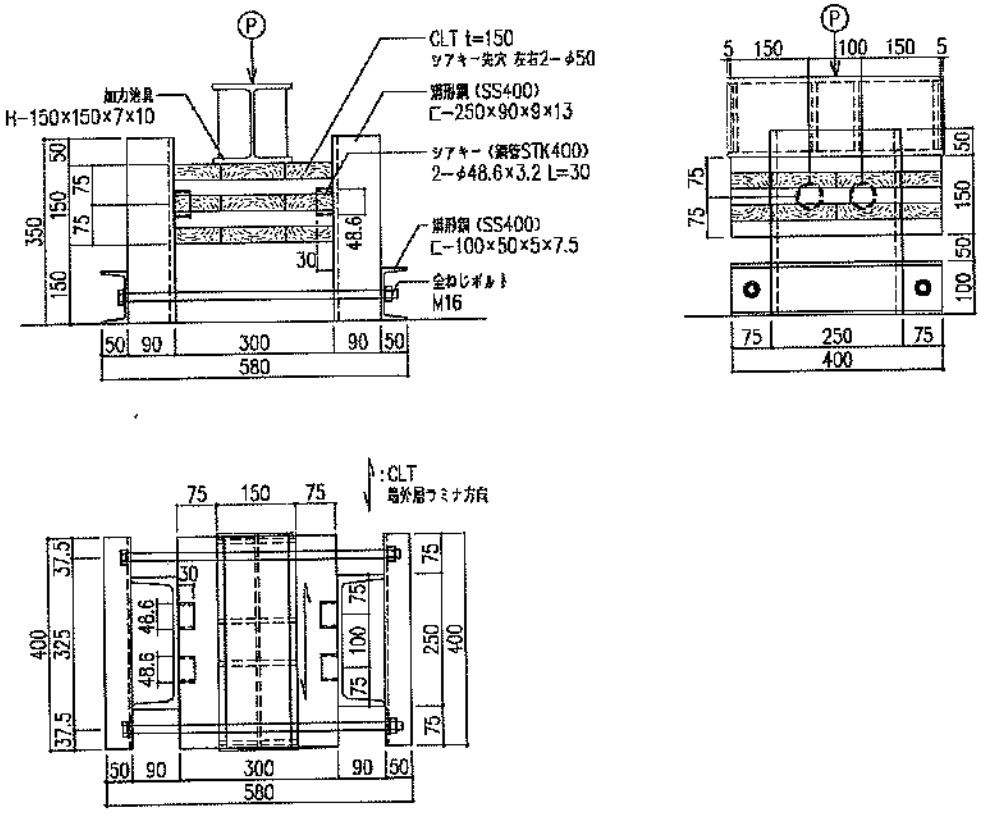


図 2.3　試験体の形状及び試験装置図（面外方向加力試験）

2.4　試験結果

特性値の評価は、CLT マニュアルに準じ、完全弾塑性モデルに近似し、各特性値を算出したが、面内方向加力試験については、包絡線が凹状となり降伏耐力が算出できなかったため、2/3Pmax を降伏耐力 Py として、各特性値の算出を行なった。これらの特性値から誘導した許容耐力及び骨格曲線を主な破壊状況と合わせ図 2.3 に示す。但し、面内方向加力試験については、2/3Pmax より短期基準耐力 P0 を算出しているため、安全率を 2.0 倍取り（1/2Pmax 相当）、低減係数 0.75 として許容耐力及び骨格曲線を評価した。

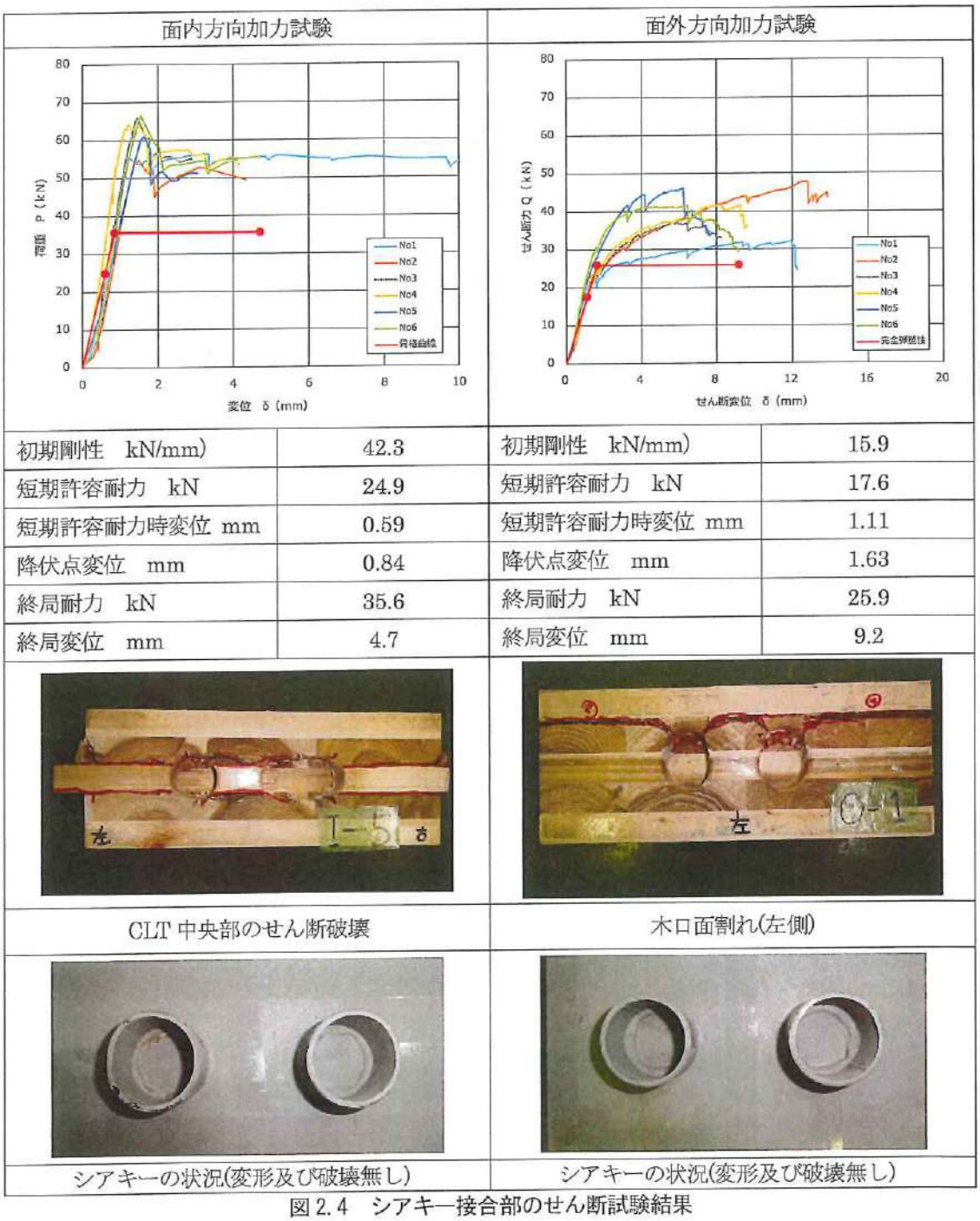


図 2.4　シアキー接合部のせん断試験結果

3. 実大曲げ試験

3.1 試験体

図 3.1 に試験体図を、表 3.1 に使用材料の一覧を示す。

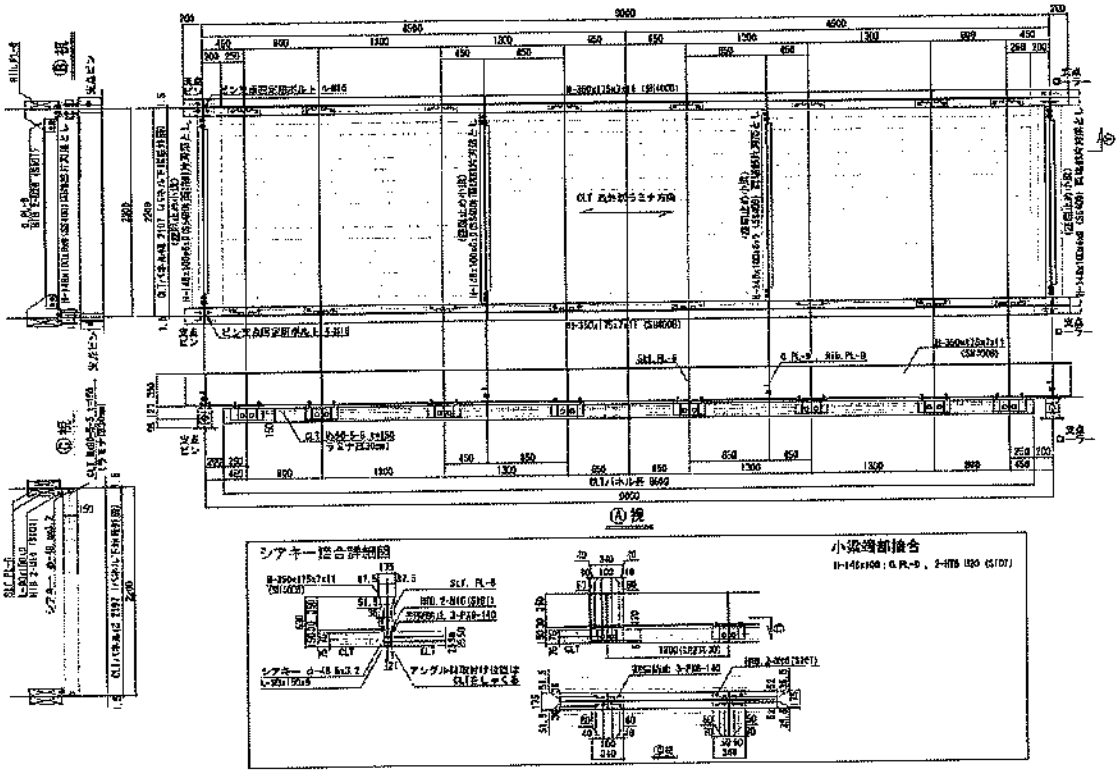


図 3.1 試験体図

表 3.1 使用材料一覧

部材・接合部		材種等	形状
CLT		Mx90A、5 層 5 プライ 外層：紀州産ヒノキ 内層：紀州産スギ（M60A）	厚さ：150mm、幅：2200mm
鉄骨梁（大梁）		SN400B	H-350×175×7×11
鉄骨梁（小梁）		SS400	H-148×100×6×9
シアキー接合部	シアキー	STK400	φ48.6、t3.2、L30
	L アングル	SS400	L-90×150×9
	高力ボルト	S10T	M16
	木質構造用ビス	PX6-140	

3.2 試験方法

(1)試験は 3 等分点 4 点曲げ試験とし、中央部及び加力点の鉛直変位及びシアキー接合部のせん断変位を測定した。

(2)加力に使用した錘は、山留め鋼材を用いた。

錘の設定は、鉄骨梁のみで生じる曲げ応力度が短期許容曲げ応力度(235N/mm²)の約 1/2 となる重量とした。

(3)載荷は、最初に鉄骨梁のみの状態で載荷し、除荷後、CLT パネルを取り付け再度載荷し、除荷した。載荷した錘の順番は、図 3.2 に示す錘 No の順に、中央から左右に 1 個づつ振り分け載荷した。

また、左右の錘の重量の合計が、ほぼ等しくなるように錘を振り分けた。
試験の状況を写真 3.1 に、試験装置図を図 3.2 に示す。

写真 3.1　試験状況

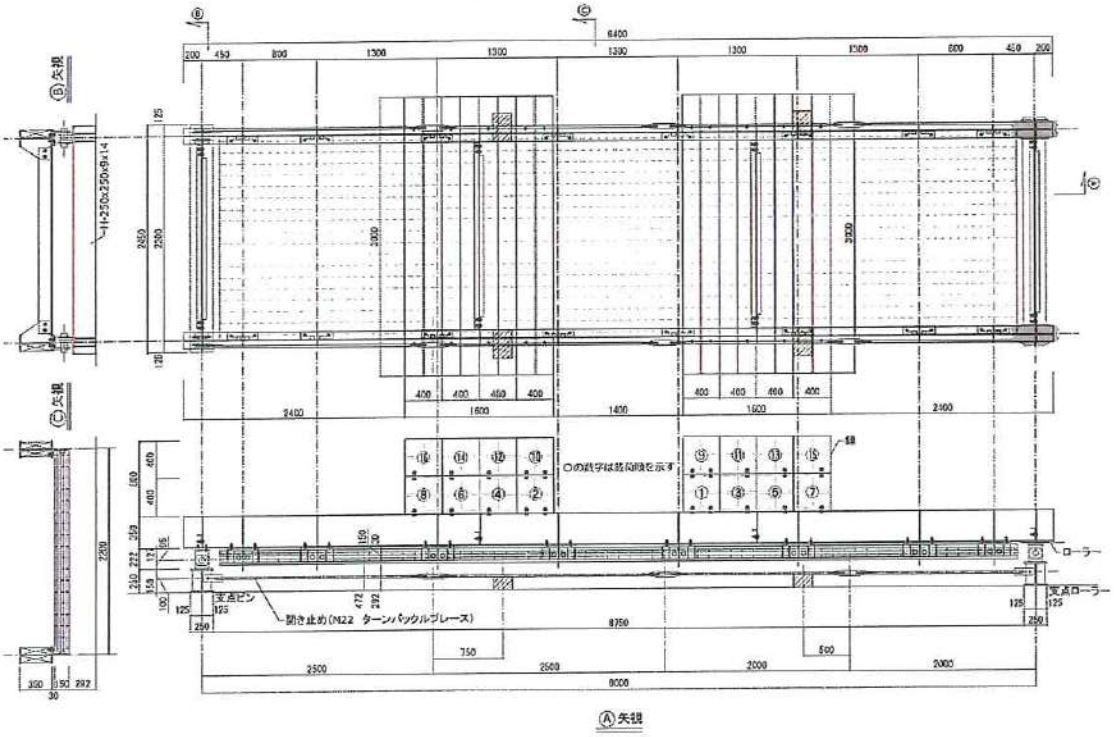


図 3.2　試験装置図

3.3　試験結果

図 3.3 に鉄骨フレームのみと CLT＋鉄骨パネルの荷重とスパン中央変位の関係を、計算値及び解析値と合わせ示す。また、表 3.2 に錘全載荷時におけるスパン中央変位の比較を、表 3.3 に計算値及び解析値と実験値の比較を示す。

ここで、計算値は、組立梁の設計式[*1]による計算値、解析値は図 3.4 に示す解析モデルでフレーム解析を行った解析値である。

*1 木造軸組工法 中大規模木造建築物の構造設計の手引き（許容応力度設計編）2.8 組立梁の構造設計法、(公財)日本住宅・木材技術センター、2020.11

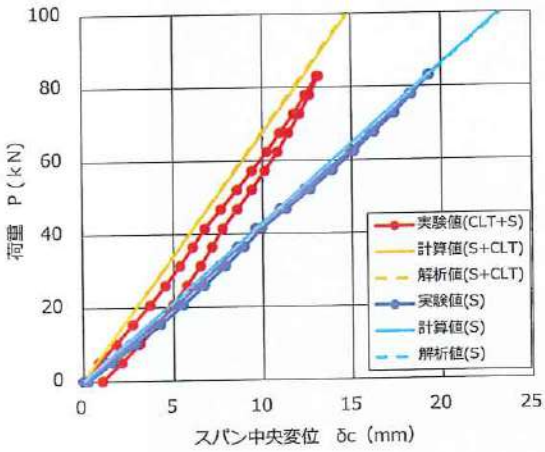


図 3.3 実験値と計算値及び解析値との比較（スパン中央変位）

表 3.2 錘全載荷時におけるスパン中央変位の比較

試験体		荷重 P(kN)	ｽﾊﾟﾝ中央変位 δc(mm)	②/①	残留変形 δc(mm)
①	鉄骨	82.95	19.34	0.68	0.28
②	CLT+鉄骨		13.14		1.06

表 3.3 実験値と計算値及び解析値との比較

	鉄骨 δ_S(mm)	CLT+鉄骨 δ_{CLT+S}(mm)	剛性増大率 $\delta_S / \delta_{CLT+S}$	計算値or解析値/実験値
実験値	19.34	13.14	1.47	−
計算値	19.25	12.29	1.57	1.06
解析値	19.34	12.18	1.59	1.08

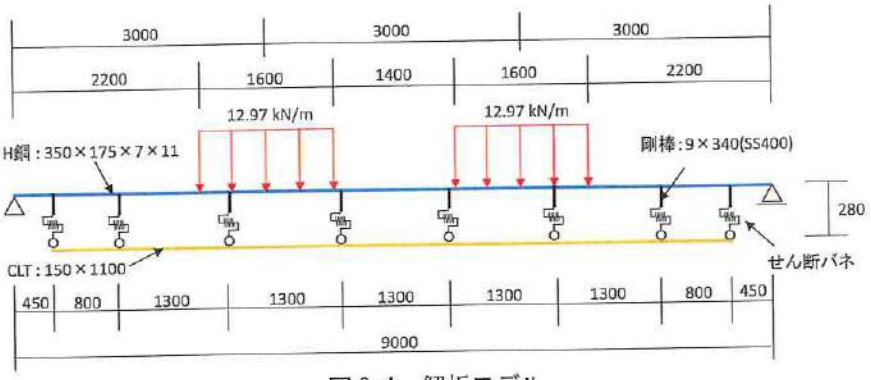


図 3.4 解析モデル

*せん断バネは、シアキー接合部の面内方向加力試験の結果（せん断剛性)を用いた。

3.4 まとめ

(1)CLT+鉄骨ハイブリットパネルは、鉄骨フレームのみに対して約 1.5 倍剛性を増大させ、たわみ抑制効果が認められた。

(2)鉄骨フレームに対する CLT+鉄骨ハイブリットパネルの剛性増大率は、計算値及び解析値共に、僅かに実験値より高いが（1.06～1.08 倍）、十分予測できていると考える。

これらの差は、実験における残留変位の 1mm を初期ガタの影響と考えると、この 1mm を計算値及び解析値に加えると両者はほぼ一致する。

従って、設計上はこれらを考慮し、剛性増大率を若干低減させるか(例えば×0.9）、接合部の剛性を初期ガタ分小さくして計算又は解析を行う事で、十分設計は可能であると考える。

(3)計算値と解析値はほぼ一致しており、本ハイブリットパネルの設計においても、組立梁の設計式を用いても問題が無いこと事が確認された。

実証事業名：(一財)日本鯨類研究所太地支所施設 新築工事の性能・建築設計実証

建築主等／協議会運営者：株式会社山長商店／有限会社 阪根宏彦計画設計事務所

試験結果

令和2年10月12日
木質環境建築　川原

CLTに対するシアキー接合部のせん断試験計画(本試験)

1.目的
CLT木口に配置したシアキーのせん断性能を評価する。

2.試験体
2.1試験マトリックス

表2.1　試験マトリックス

CLT	シアキー取り付き方向	シアキー個数	加力方向	試験体数*1	試験体名
ヒノキースギ Mx90 5層5ﾌﾟﾗｲ 150mm厚	CLT強軸木口	2	CLT面外方向	7	O−①~⑥
		2	CLT面内方向	7	I−①~⑥

*1：内1体は繰り返し加力履歴算定用

2.2使用材料
(1)直交集成板(CLT)
・樹種、等級：ヒノキ(外層)、スギ(内層)、Mx90
・構成等：5層5プライ、厚さ150㎜、ラミナ厚30㎜、ラミナ幅122㎜、幅はぎ接着なし
*内層（スギ）M60A
・接着剤：水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤
(2)シアキー
・材質：STK400
・外径：48.6mm、厚さ：3.2mm、長さ30mm
・配置：間隔100mm、端距離150mm、縁距離75mm
・取付け方法：溝型鋼に対して、鋼管の内側で隅肉溶接
(3)溝形鋼
・材質：SS400
・寸法：Oシリーズ：溝形鋼250×90×9×13、Iシリーズ：溝形鋼200×90×8×13.5

2.3試験体の形状
試験体図を図2.1、図2.2に、加工図を図2.3、図2.4に、金物図を図2.5、試験装置及び変位測定図を図2.6、図2.7に示す。

2.4加力方法
(1)Oシリーズ（CLT面外方向加力）
・一方向繰り返し加力とする。
(2)Iシリーズ（CLT面内方向加力）
・正負交番繰り返し加力とする。

2.5 評価方法

CLT マニュアルに準じ、完全弾塑性モデルに近似し、特性値の評価を行なう。

3.試験場所

㈱ストローグ実験棟

4.試験実施期間

令和 2 年 10 月 30 日～令和 2 年 11 月 6 日

以　上

CLTに対するシアキー接合部のせん断試験
Iシリーズ（面内加力方向）

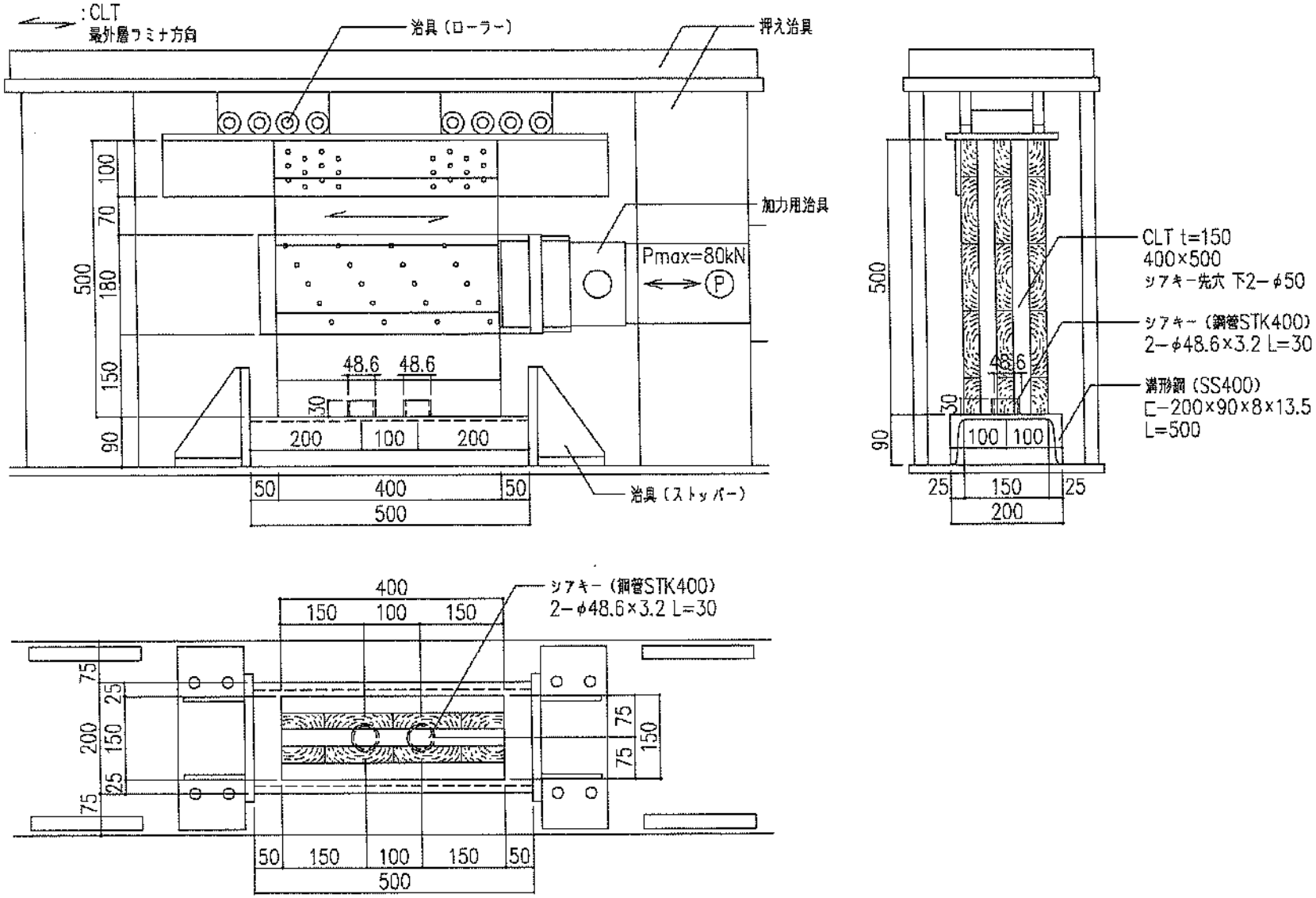


図2.1　試験体図（Iシリーズ：面内方向加力）

CLTに対するシアキー接合部のせん断試験
0シリーズ（面外加力方向）

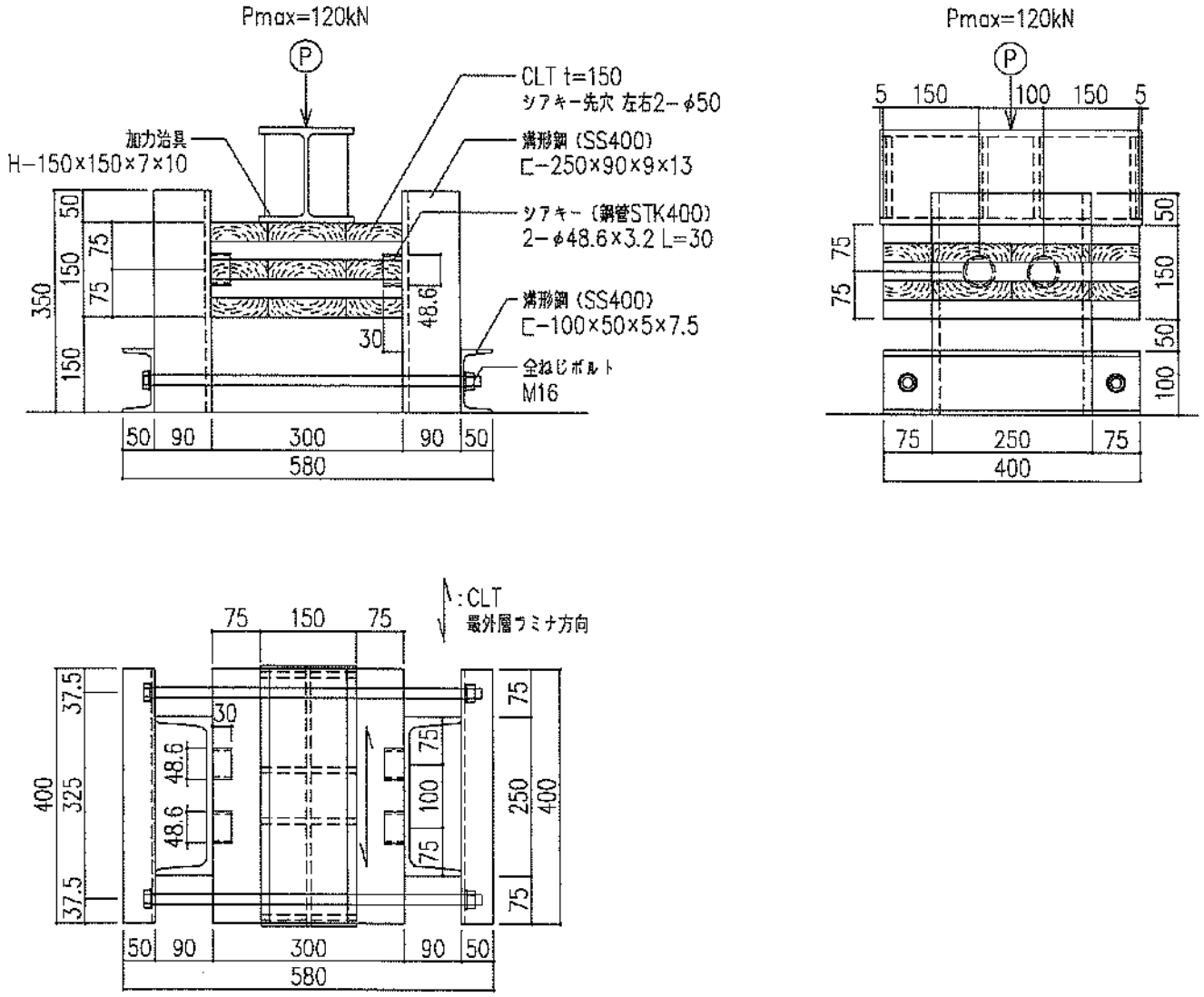
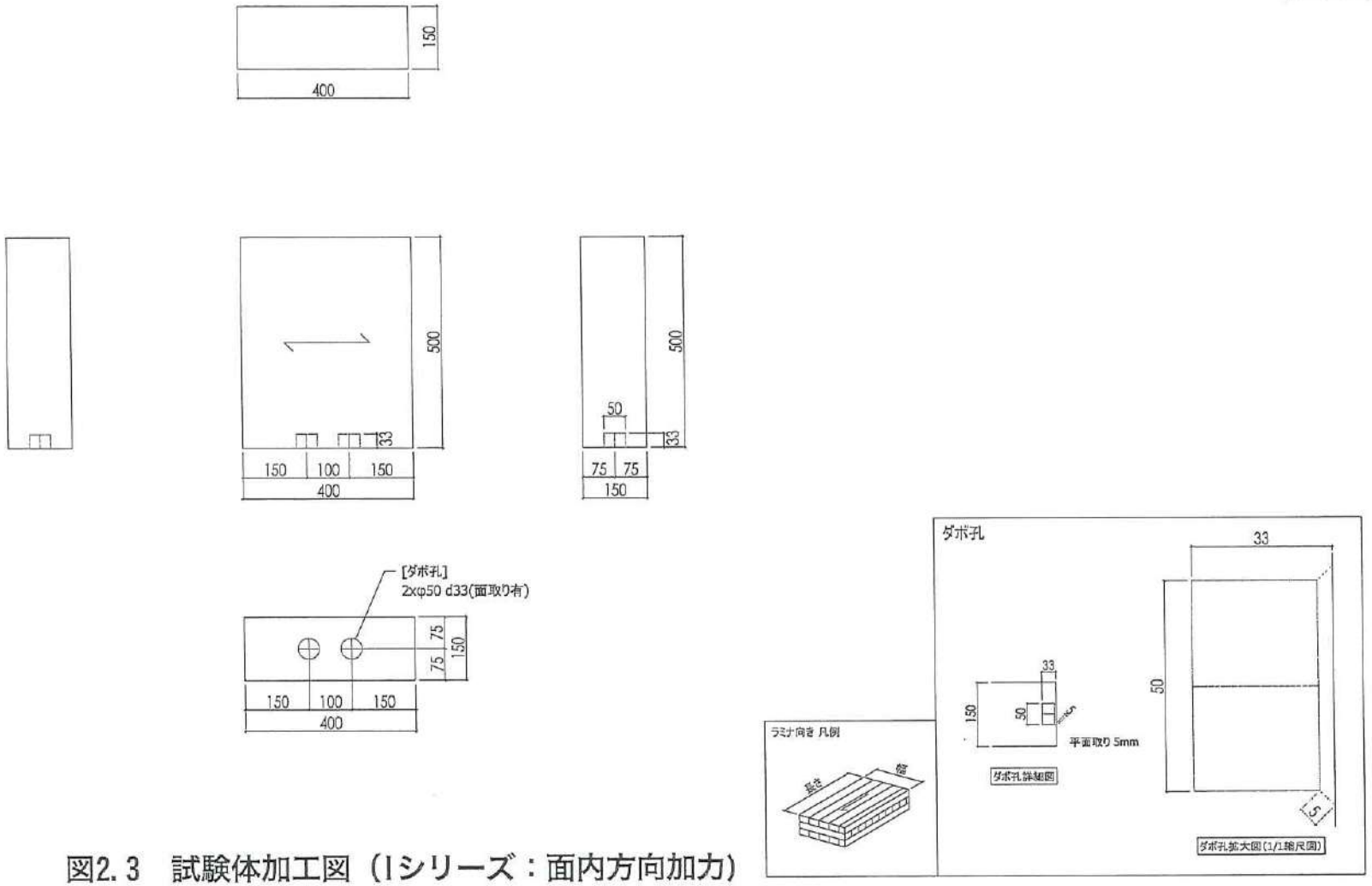


図2.2　試験体図（0シリーズ：面外方向加力）

I シリーズ		150mm x 500mm x 400mm

試験体番号

I-1
I-2
I-3
I-4
I-5
I-6
I-7



加工データ 1

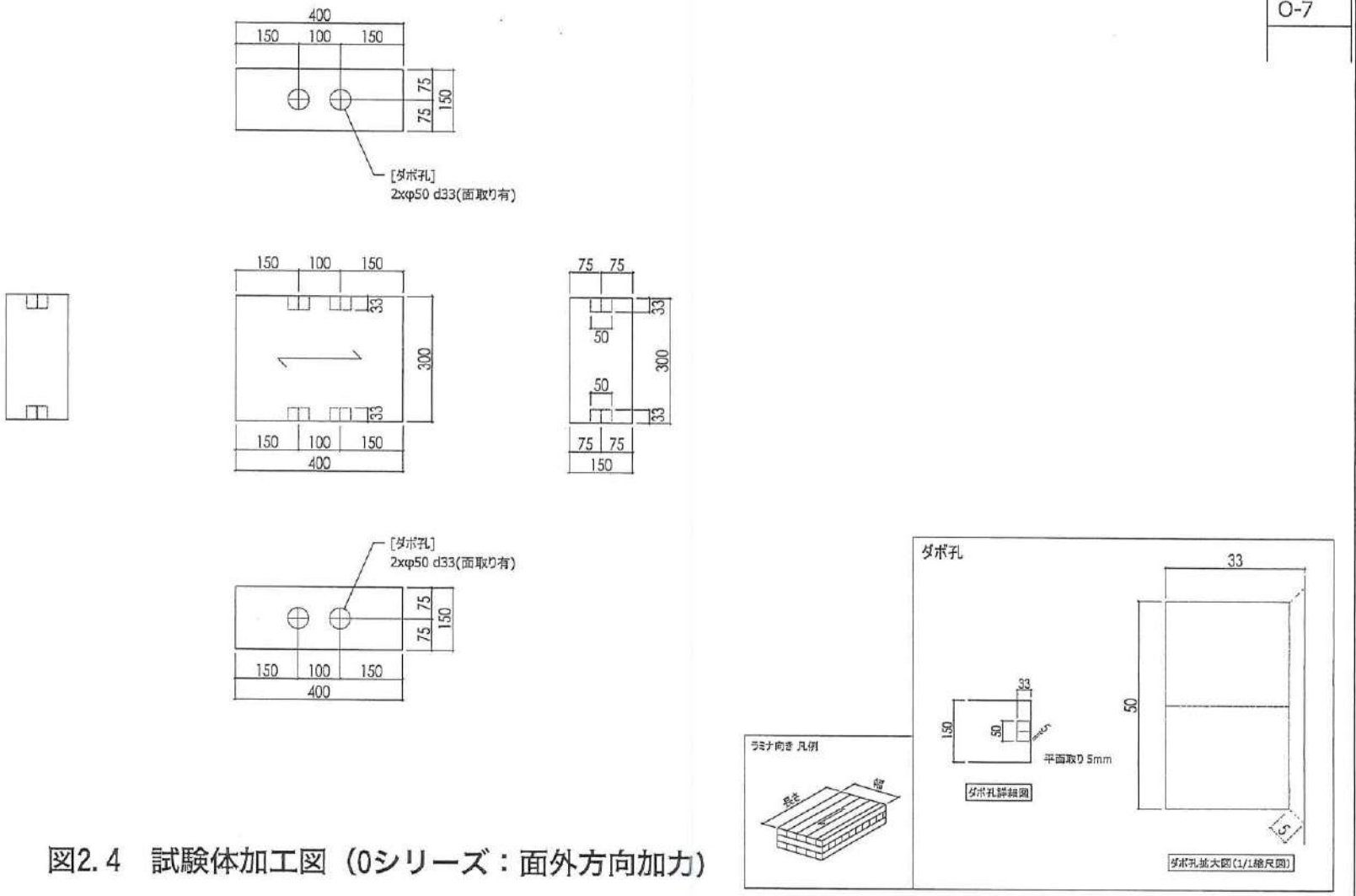
図2.3 試験体加工図（Iシリーズ：面内方向加力）

2020.09.23	日本鯨類研究所 要素試験体	MEIKEN LAMWOOD Corp. TEL.(0867)42-3660 FAX.(0867)42-5240

O シリーズ		150mm x 300mm x 400mm

試験体番号

O-1
O-2
O-3
O-4
O-5
O-6
O-7



加工データ 2

図2.4　試験体加工図（0シリーズ：面外方向加力）

2020.09.23	日本鯨類研究所　要素試験体	MK MEIKEN LAMWOOD Corp. TEL.(0867)42-3660 FAX.(0867)42-5240

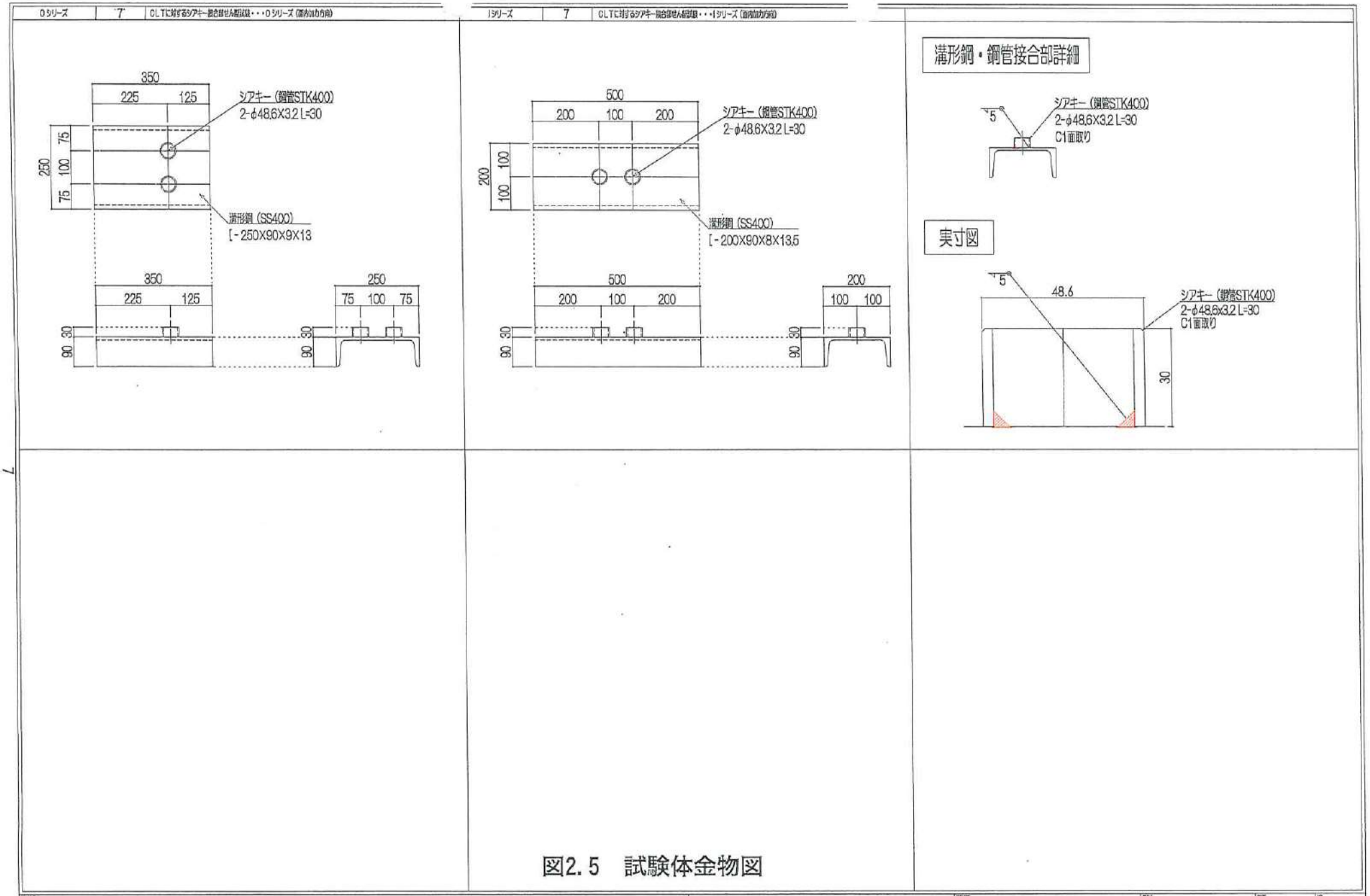

Oシリーズ
7
CLTに対するシアキー接合部せん断試験・・・Oシリーズ（面外加力方向）
Iシリーズ
7
CLTに対するシアキー接合部せん断試験・・・Iシリーズ（面内加力方向）
350
225
125
シアキー（鋼管STK400）
2-φ48.6X3.2 L=30
250
75
100
75
溝形鋼（SS400）
[-250X90X9X13
30
90
250
75
100
75
500
200
100
200
シアキー（鋼管STK400）
2-φ48.6X3.2 L=30
溝形鋼（SS400）
[-200X90X8X13.5
200
100
100
溝形鋼・鋼管接合部詳細
5
シアキー（鋼管STK400）
2-φ48.6X3.2 L=30
C1面取り
実寸図
48.6
30
MEIKEN LAMWOOD Corp.
岡山県真庭市中島 1334-4 TEL.(0867)42-3660 FAX.(0867)42-5240
日本製紙研究所　実験試験体
予備試験金物図（11）
令和2年9月17日
1

図2.5　試験体金物図

CLTに対するシアキー接合部のせん断試験

Iシリーズ

□試験装置図　S=1:20

○ジグ組み合わせ

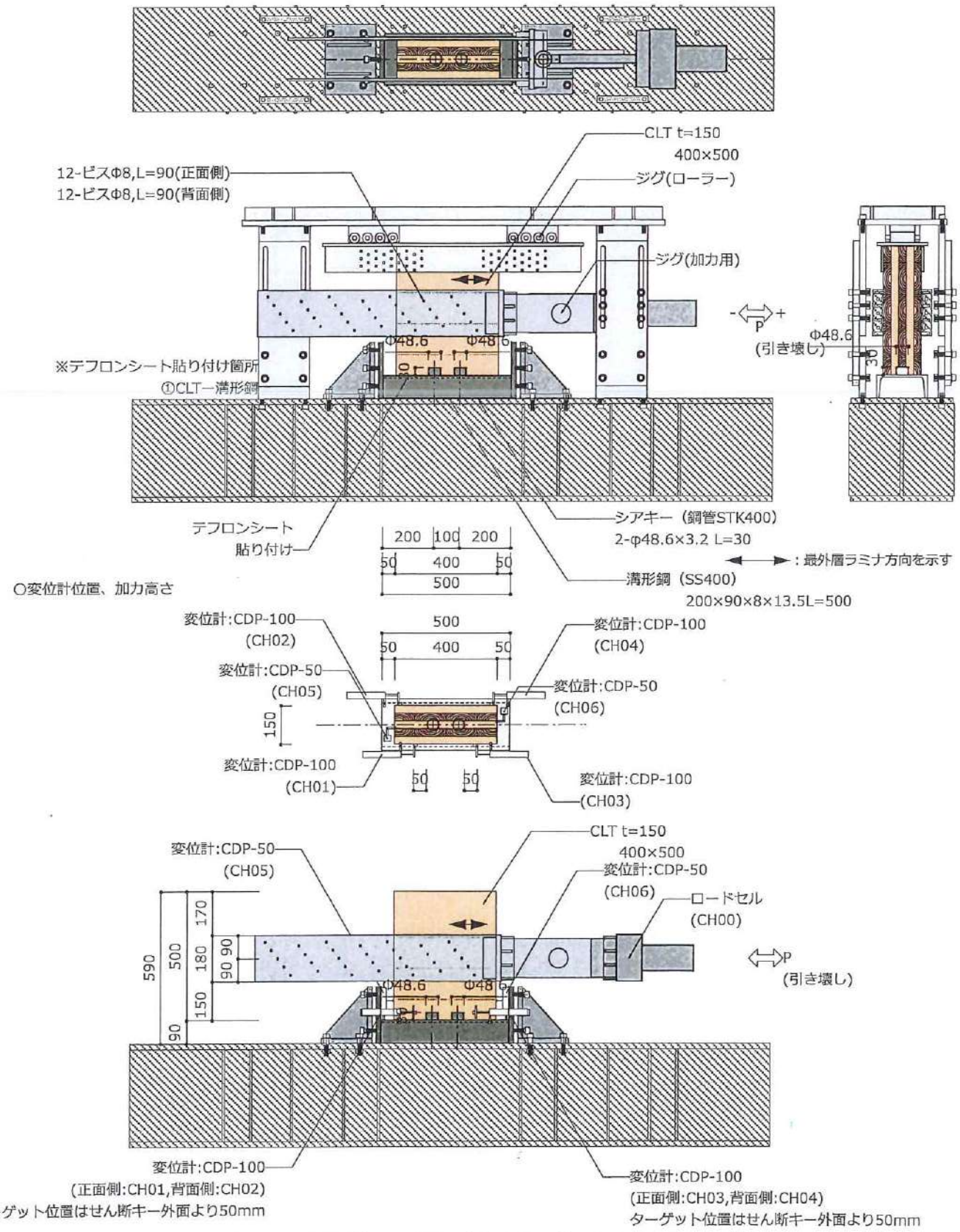


図2.6　試験装置図及び変位測定図（Iシリーズ）

CLTに対するシアキー接合部のせん断試験
0シリーズ

□試験装置図　S=1:20

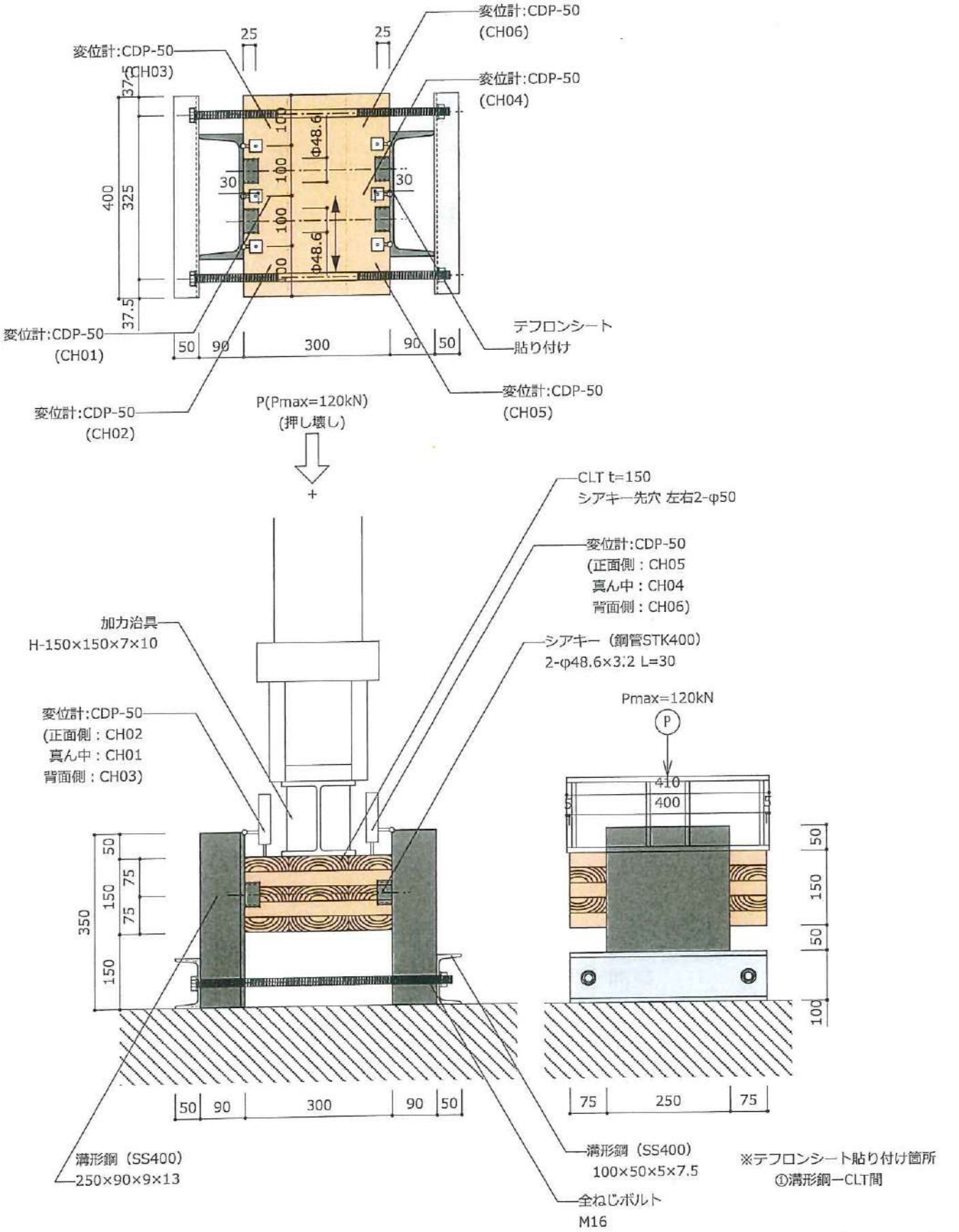


図2.7　試験装置図及び変位測定図（0シリーズ）

試験報告書

シアキー接合部のせん断試験
（面内方向）

令和２年11月

京都大学　生存圏研究所

准教授　中川貴文

目　次

1. 一般事項 ・・・・ 1
2. 試験体 ・・・・ 1
2.1 使用材料
2.2 試験体の形状
2.3 試験体数
2.4 比重と含水率
3. 試験方法 ・・・・ 5
3.1 測定機器
3.2 試験方法
3.3 加力スケジュール
4. 評価方法 ・・・・ 7
4.1 荷重と変位
4.2 包絡線の作成方法
4.3 特性値の算出方法
4.4 ばらつき係数及び短期基準耐力の算出方法
5. 試験結果 ・・・・ 9
5.1 予備試験結果
5.2 荷重-変形曲線
5.3 包絡線
5.4 特性値
6. 破壊状況 ・・・・ 13
7. 許容耐力と骨格曲線 ・・・・ 20
7.1 短期許容耐力 Pa の算定
7.2 低減係数αの算定
7.3 許容耐力の算定
7.4 骨格曲線

1.一般事項

1.1　目的　：CLT 木口に留め付けた接合部の面内方向せん断性能を評価する。

1.2　試験場所　：株式会社ストローグ本社試験棟

1.3　試験実施期間：2020 年 10 月 30 日～11 月 4 日

2.試験体

2.1　使用材料

（1）直交集成板（CLT）

①樹種：外層 ヒノキ、内層 スギ（M60A）、

②構成等：異等級構成　Mx90、5 層プライ、厚さ 150mm

ラミナ厚 30mm、ラミナ幅 122mm、幅はぎ接着なし

③接着剤　水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤

（2）シアキー

①材質：STK400

②形状：外径 48.6mm、厚さ 3.2mm、長さ 30mm

③個数：2 個

④配置：間隔 100mm、端距離 150mm、縁距離 75mm

⑤溝形鋼への留め付け方法：鋼管の内側で隅肉溶接

（3）溝形鋼

①材質：SS400

②形状：200mm×90mm×8mm×13.5mm

試験は、「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」（2016 年版）公益財団法人　日本住宅・木材技術センター企画発行（以下、「CLT マニュアル」、第 10 章 CLT パネル工法における接合部試験・評価方法に従い、同一個体由来の材料から、2 つ以上の試験体は採取していない。

2.2　試験体の形状

図 2.1 に試験体の形状及び寸法を、図 2.2 に試験体の加工図を、図 2.3 に金物図を示す。

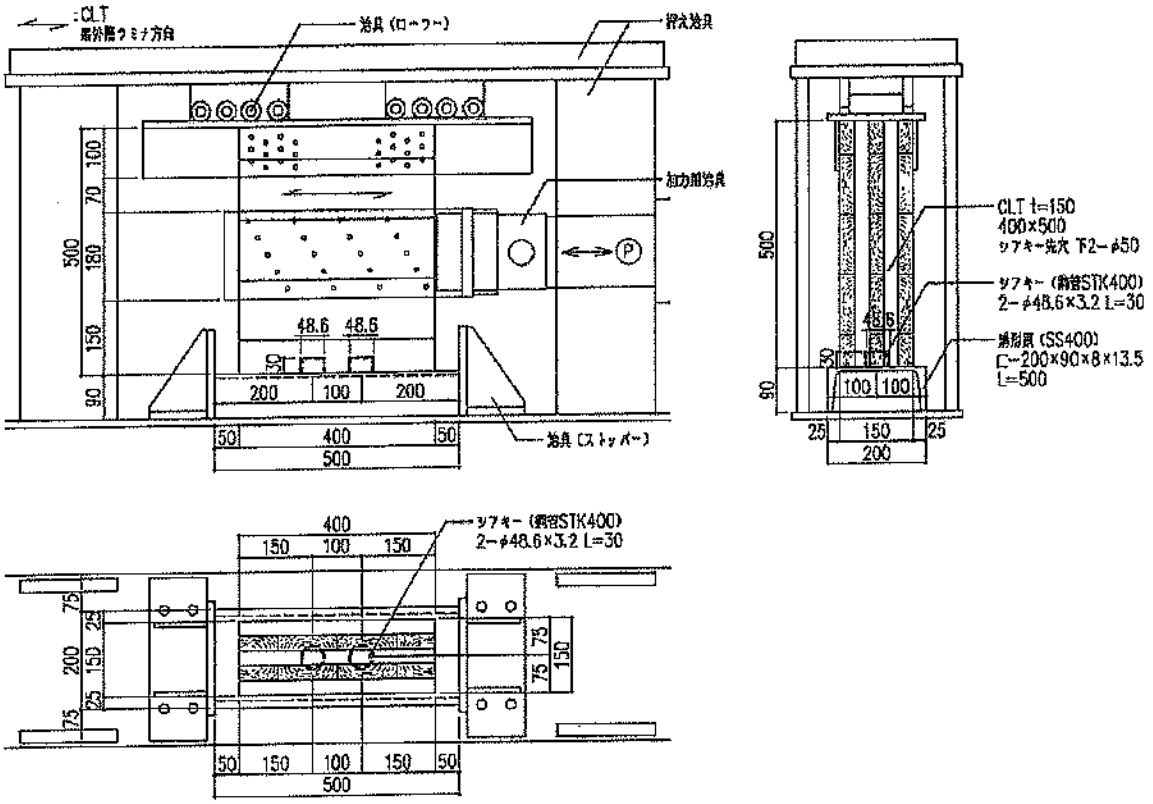


図 2.1　試験体の形状及び寸法

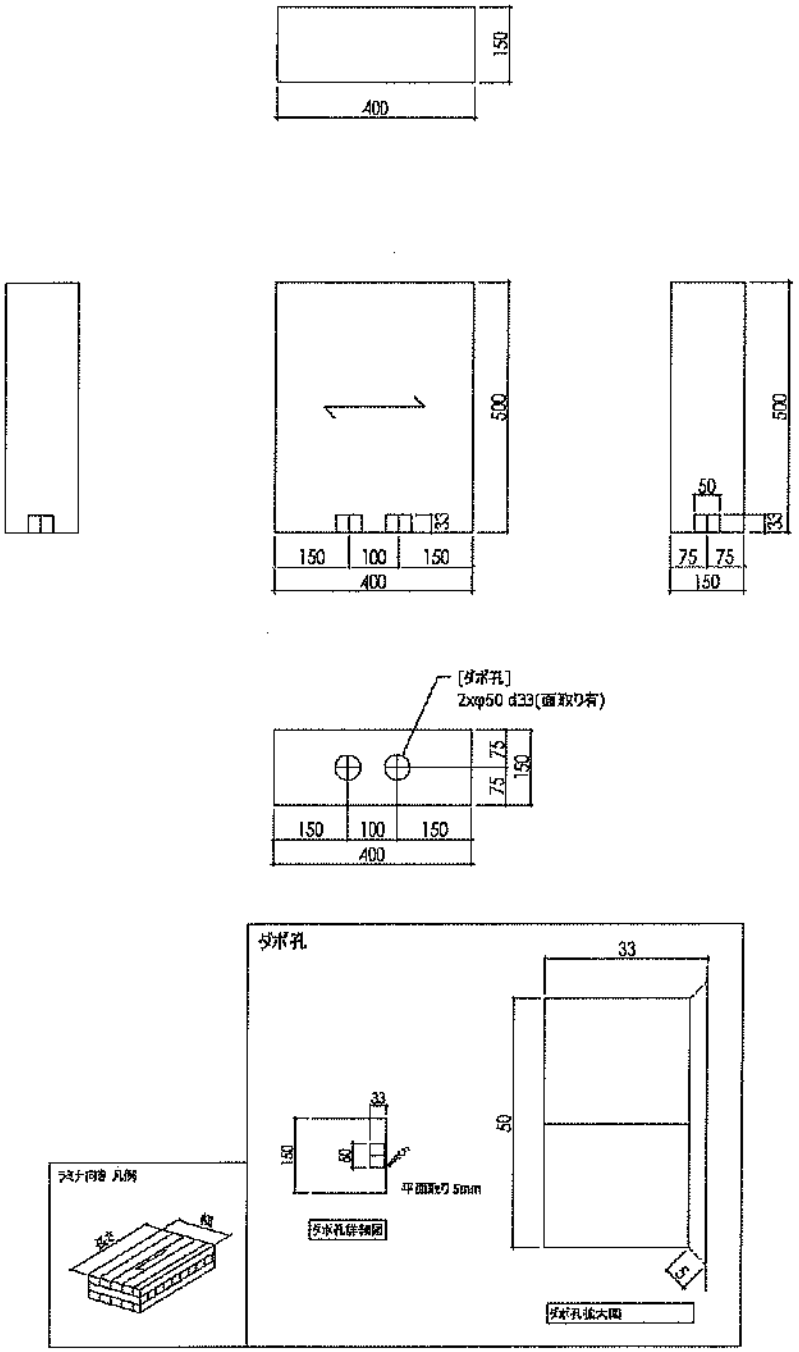
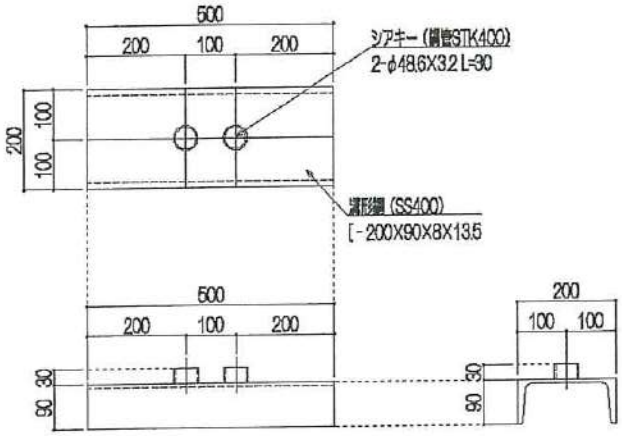

150
400
500
33
150
100
150
400
50
75
75
150
[ダボ孔]
2xφ50 d33(面取り有)
75
75
150
150
100
150
400
ダボ孔
33
50
150
50
33
5°
平面取り 5mm
ダボ孔俯瞰図
5°
ダボ孔拡大図

図 2.2　試験体加工図



溝形鋼・鋼管接合部詳細

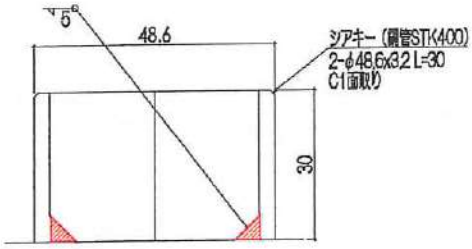


図 2.3　金物図

2.3　試験体数

予備試験体（繰り返し履歴算定用試験体）：1 体

本試験体：6 体

2.4　比重と含水率

表 2.1　比重と含水率

試験体	比重	含水率（%）
No1	0.49	16.2
No2	0.50	15.8
No3	0.49	15.3
No4	0.48	14.7
No5	0.48	15.8
No6	0.48	14.7

※　含水率は、含水率計による 3 点の平均、比重は試験時比重。

含水率計：株式会社 Kett 科学研究所　Kett　HM-520（MOKO2）

3.試験方法

3.1　測定機器

株式会社ストローグ製　大型水平加力試験機（能力 1000kN）

変位計　株式会社東京測器研究所製　CDP100、CDP50

3.2　試験方法

試験は、引き始め、引き終わりの正負交番加力で、試験材体の浮き上がりを防止するため、試験体上部に鋼材をビス止めし、上面に治具ローラーを配した。また、浮き上がり防止に伴う鉛直力により試験材間に生じる摩擦力の影響を抑制するため、CLT と溝形鋼間にテフロンシートを貼り付けた。

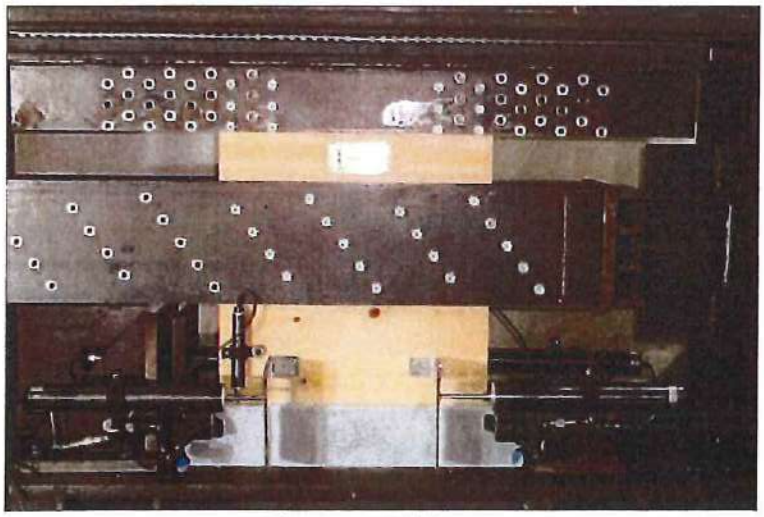


写真 3.1　試験状況

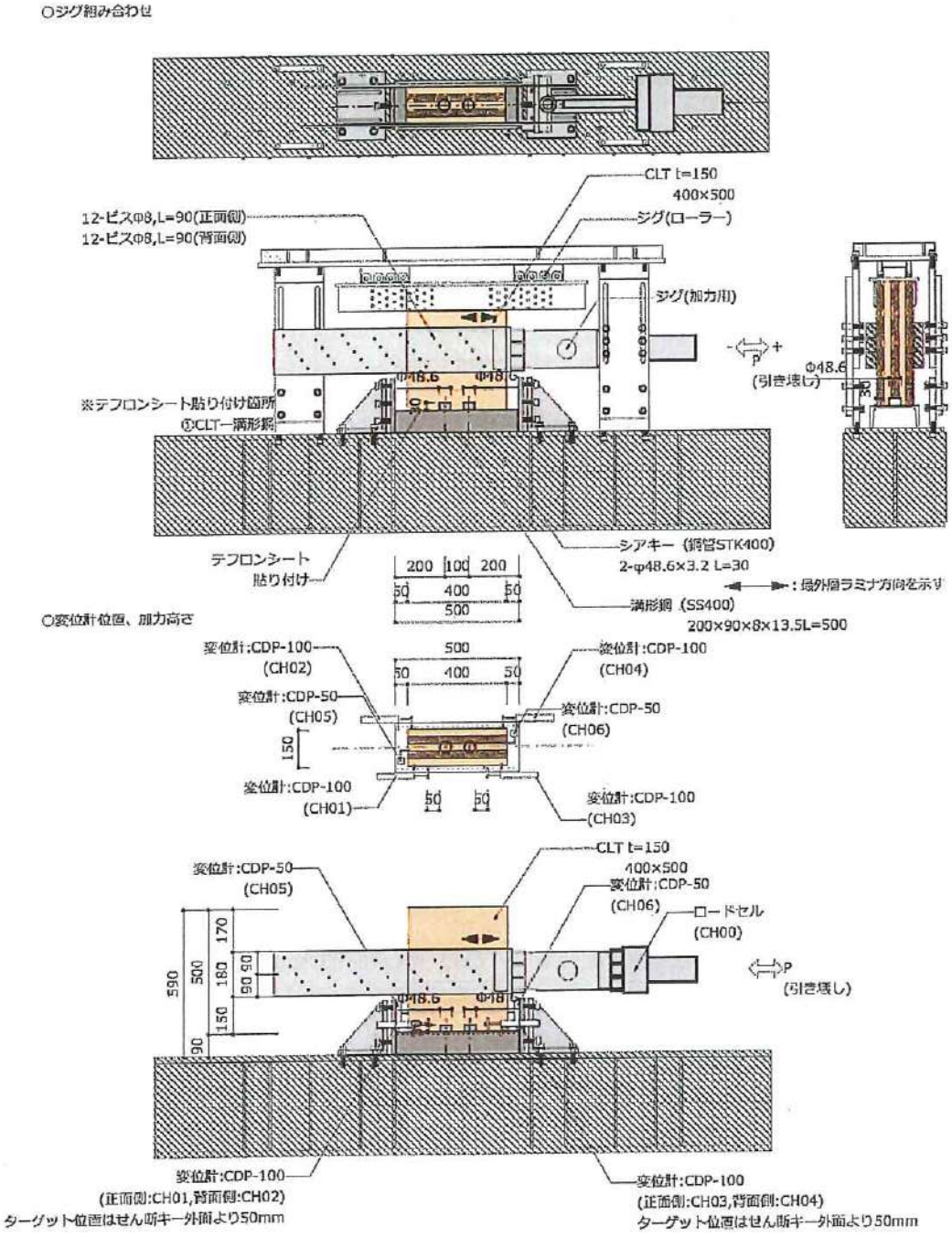

○ジグ組み合わせ
CLT t=150
400×500
12-ビスφ8,L=90(正面側)
12-ビスφ8,L=90(背面側)
ジグ(ローラー)
ジグ(加力用)
φ48.6
(引き抜し)
※テフロンシート貼り付け箇所
①CLT一溝形鋼
テフロンシート
貼り付け
シアキー (鋼管STK400)
2-φ48.6×3.2 L=30
溝形鋼 (SS400)
200×90×8×13.5L=500
○変位計位置、加力高さ
変位計:CDP-100
(CH02)
変位計:CDP-50
(CH05)
変位計:CDP-100
(CH01)
変位計:CDP-100
(CH04)
変位計:CDP-50
(CH06)
変位計:CDP-100
(CH03)
変位計:CDP-50
(CH05)
CLT t=150
400×500
変位計:CDP-50
(CH06)
ロードセル
(CH00)
(引き抜し)
変位計:CDP-100
(正面側:CH01,背面側:CH02)
ターゲット位置はせん断キー外面より50mm
変位計:CDP-100
(正面側:CH03,背面側:CH04)
ターゲット位置はせん断キー外面より50mm

図 3.1　試験方法

3.3　加力スケジュール

予備試験１体を単調引張加力で破壊後、降伏変位δｙを求め、δｙの1/2、1、2、4、6、8、12、16倍で各１回の正負の繰り返し加力を行う。繰り返した後、引きで破壊まで負荷する。

4.評価方法

「CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」10章10.6評価方法にしたがい、包絡線と完全弾塑性モデルの作成、及び特性値の算出を行う。

4.1　荷重と変位

評価は、荷重とCLTと溝形鋼の相対変位に基づき行う。

荷重P：ロードセルの読み(kN)

変位δ：　δ＝（δ1+δ2+δ3+δ4）/4　(mm)

δ1～δ4：変位計CH01～CH04

CH01～CH04は、溝形鋼とCLT間の水平相対変位

4.2　包絡線の作成方法

包絡線は、荷重と変位の関係より、最初の立上りの計測点を繰り返し点まで結び、各繰り返し点のピーク及びその間の適切な点を順次結んで、包絡線を算出する。

4.3　特性値の算出方法

特性値は、作製した包絡線に対して、下記（1）～(12)及び図4.1に示す方法で、剛性･耐力を算出し、その平均値を特性値とする（下記（1）～（12）及び図4.1に示す方法は「木質構造設計規準・同解説」及び「2016年版　CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」公益財団法人日本住宅･木材技術センター発行に準じた方法である）。

なお、包絡線が凹状となり降伏耐力が算出できない場合は、2/3Pmaxを降伏耐力とし、(5)以降の算出を行なう。

また、評価は、破壊した側の包絡線を用いて行う。

(1)包絡線上の0.1Pmaxと0.4Pmaxを結ぶ第Ⅰ直線を描く。

(2)包絡線上の0.4Pmaxと0.9Pmaxを結ぶ第Ⅱ直線を描く。

(3)包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。

(4)第Ⅰ直線と第Ⅲ直線の交点の荷重を降伏耐力Pyとし、この点からｘ軸に平行に第Ⅳ直線を引く。

(5)第Ⅳ直線と包絡線の交点の変位を降伏変位δy とする。

(6)原点と（δy、Py）を結ぶ直線を第Ⅴ直線とし、その勾配を初期剛性 K と定める。

(7)最大荷重後の 0.8Pmax 荷重低下域の包絡線上の変位または、25mm のいずれか小さい変位を終局変位と定める。

(8)包絡線とｘ軸及びδu で囲まれる面積を S とする。

(9)第Ⅴ直線とδu とｘ軸及びｘ軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるようにｘ軸に平行な第Ⅵ直線を描く。

(10) 第Ⅴ直線と第Ⅵ直線の交点の荷重を完全弾塑性モデルの終局耐力 Pu と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点変位δv とする。

(11)塑性率　μ＝δu/δv とする。

(12)試験体の変位が 25mm を超えても最大荷重に達しない場合は、25mm までの最大荷重を Pmax とする。

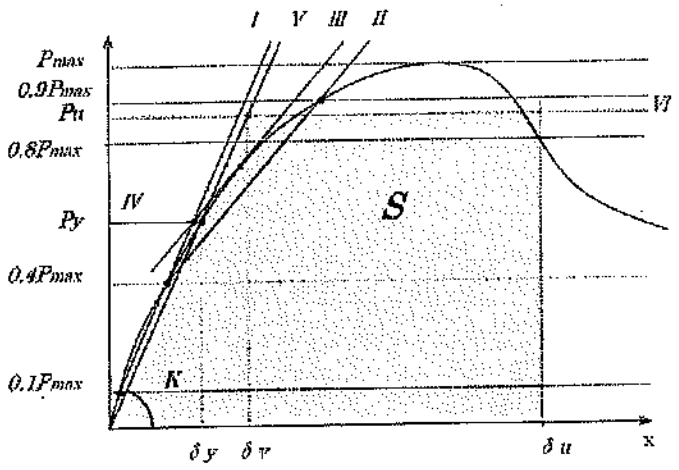


図 4.1　完全弾塑性モデルによる降伏耐力、終局耐力の求め方

4.4　ばらつき係数及び短期基準耐力の算出方法

特性値の下限値は、平均値にそれぞれのばらつき係数を乗じて求める。なお、ばらつき係数は得られたデータの母集団が正規分布するものとみなし、統計的処理に基づく下側許容限界値として下記により求める。

ばらつき係数＝1－cv・k

cv：変動係数（標準偏差／平均値）

信頼水準 75%の 95%下側許容限界値を求めるための係数　n=6 のとき k ＝2.336

信頼水準 75%の 50%下側許容限界値を求めるための係数　n=6 のとき k=0.297

n:試験体数

短期基準耐力 Po は、信頼水準 75%の 95%下側許容限界値とし、下記　a）又はｂ）の耐力の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値の小さいほうの値とする。

なお、包絡線が凹状となり降伏耐力が算出できない場合は、b)のみで短期基準耐力を算出する。

a）降伏耐力　Py

b）最大荷重 Pmax の 2/3

5.試験結果

5.1　予備試験結果

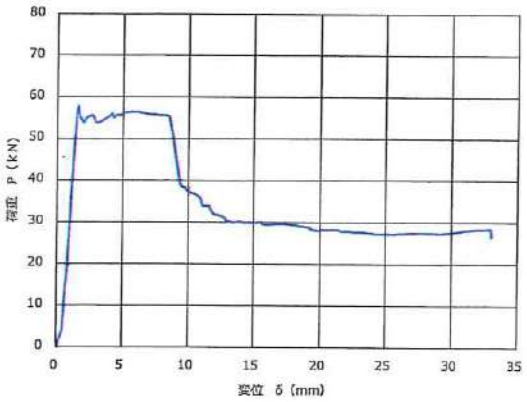


図 5.1　予備試験結果（荷重 P-変位δ曲線）

荷重－変位曲線が凹状となり、4.3 の算出方法では降伏耐力 Py が得られない為、1/2Pmax 時の変位を降伏変位とし、降伏変位δｙ＝0.8mm を用いて、変位 0.4、0.8、1.6、3.2、4.8、6.4、9.6、12.8mm で各 1 回の正の繰り返しを行い、破壊まで負荷した。

5.2　荷重-変位曲線

荷重 P-変位δ曲線を図 5.2 に示す。

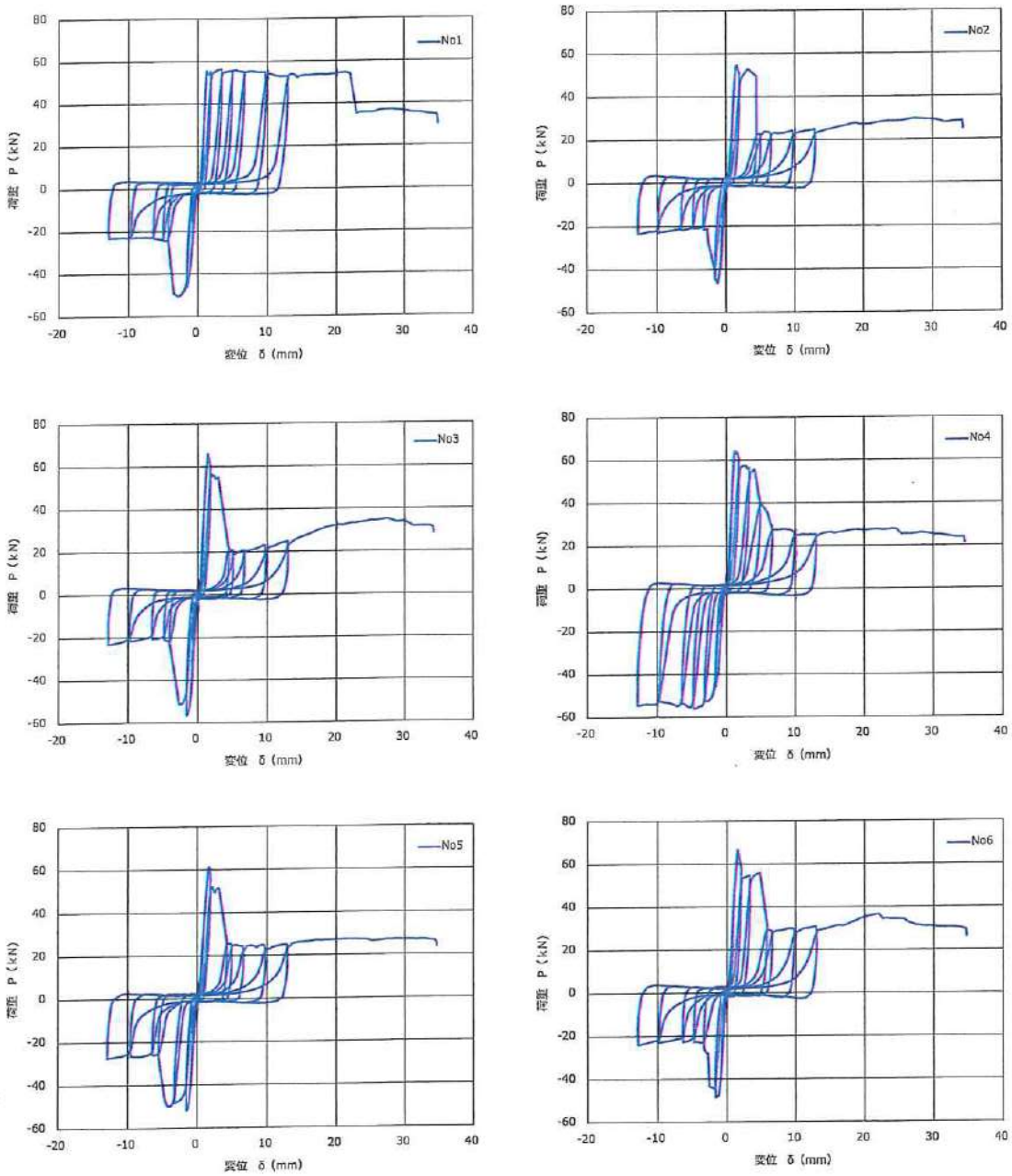


図 5.2　荷重 P-変位δ曲線

5.3　包絡線

「4.2　包絡線の作成方法」により作成した包絡線及び「4.3　特性値の算出方法」で求めた完全弾塑性モデルを図 5.3 に示す。

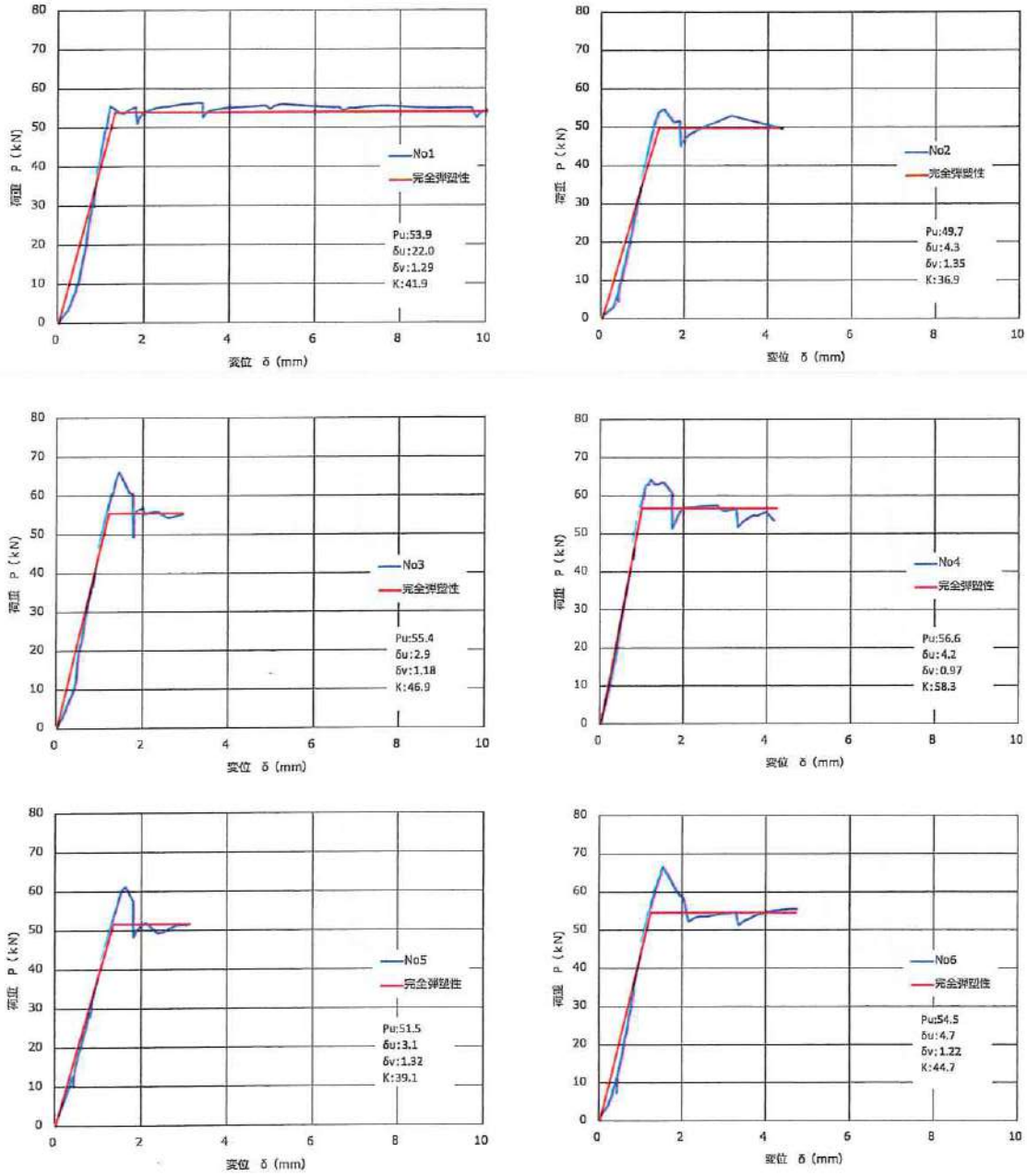


図 5.3　包絡線と完全弾塑性モデル

5.4　特性値

特性値の計算結果を表 5.1 に示す。黄色で塗りつぶした項目は「4.4 ばらつき係数及び短期基準耐力の算出方法」で求めた短期基準耐力を示す。

なお、包絡線が凹状となり降伏耐力が算出できなかったため、4.3 に準じ、2/3Pmax を降伏耐力 P y として、各特性値の算出を行なった。

表 5.1　試験結果

	Pmax kN	δmax mm	Py kN	δy mm	Pu kN	δv mm	δu mm	K kN/mm	μ
No1	56.3	3.2	37.6	0.90	53.9	1.29	22.0	41.9	17.07
No2	54.7	1.5	36.5	0.99	49.7	1.35	4.3	36.9	3.22
No3	66.0	1.4	44.0	0.94	55.4	1.18	2.9	46.9	2.46
No4	64.2	1.2	42.8	0.73	56.6	0.97	4.2	58.3	4.28
No5	61.1	1.6	40.7	1.04	51.5	1.32	3.1	39.1	2.32
No6	66.5	1.5	44.4	0.99	54.5	1.22	4.7	44.7	3.88
Ave	61.5	1.7	41.0	0.93	53.6	1.22	6.9	44.6	5.54
sd	5.02	0.7	3.34	0.110	2.56	0.138	7.45	7.61	5.701
cv	0.082	0.429	0.081	0.118	0.048	0.113	1.080	0.171	1.029
下限値	49.7	1.5	33.2	0.90	47.5	1.18	4.7	42.3	3.85

注）Pmax：最大荷重、δmax：最大荷重時の変位、Py：降伏耐力、δy：降伏変位、Pu：終局耐力、δv：完全弾塑性モデルの降伏点変位、δu：終局変位、K:初期剛性、μ：塑性率μ＝δu/δv

Ave：平均値、sd：標準偏差、cv：変動係数、黄色枠：短期基準耐力

下限値：Pmax、Py、Pu・・信頼水準 75%の 95%下側許容限界値

K、δmax、δy、δv、δu、μ・・信頼水準 75%の 50%下側許容限界値

シアキー接合部の短期基準耐力 P0 は、

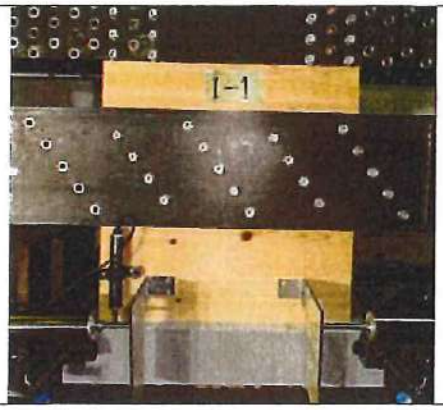
P0＝33.2kN　が得られる。

6.破壊状況

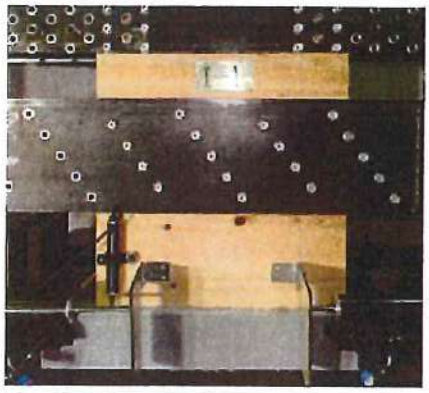
破壊状況を表 6.1、写真 6.1～6.6 に示す。

表 6.1　破壊状況の概要

試験体	破壊状況
No1	CLT中央部のせん断破壊(両側)、シアキーの変形
No2	CLT中央部のせん断破壊(両側)
No3	CLT中央部のせん断破壊(両側)
No4	CLT中央部のせん断破壊(左側)、シアキーのわずかな変形
No5	CLT中央部のせん断破壊(両側)
No6	CLT中央部のせん断破壊(両側)



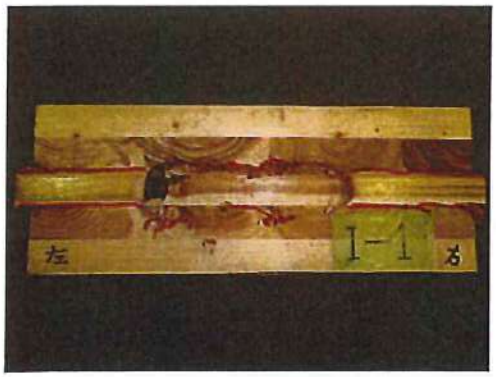
試験前



試験後

せん断破壊(正面左側)

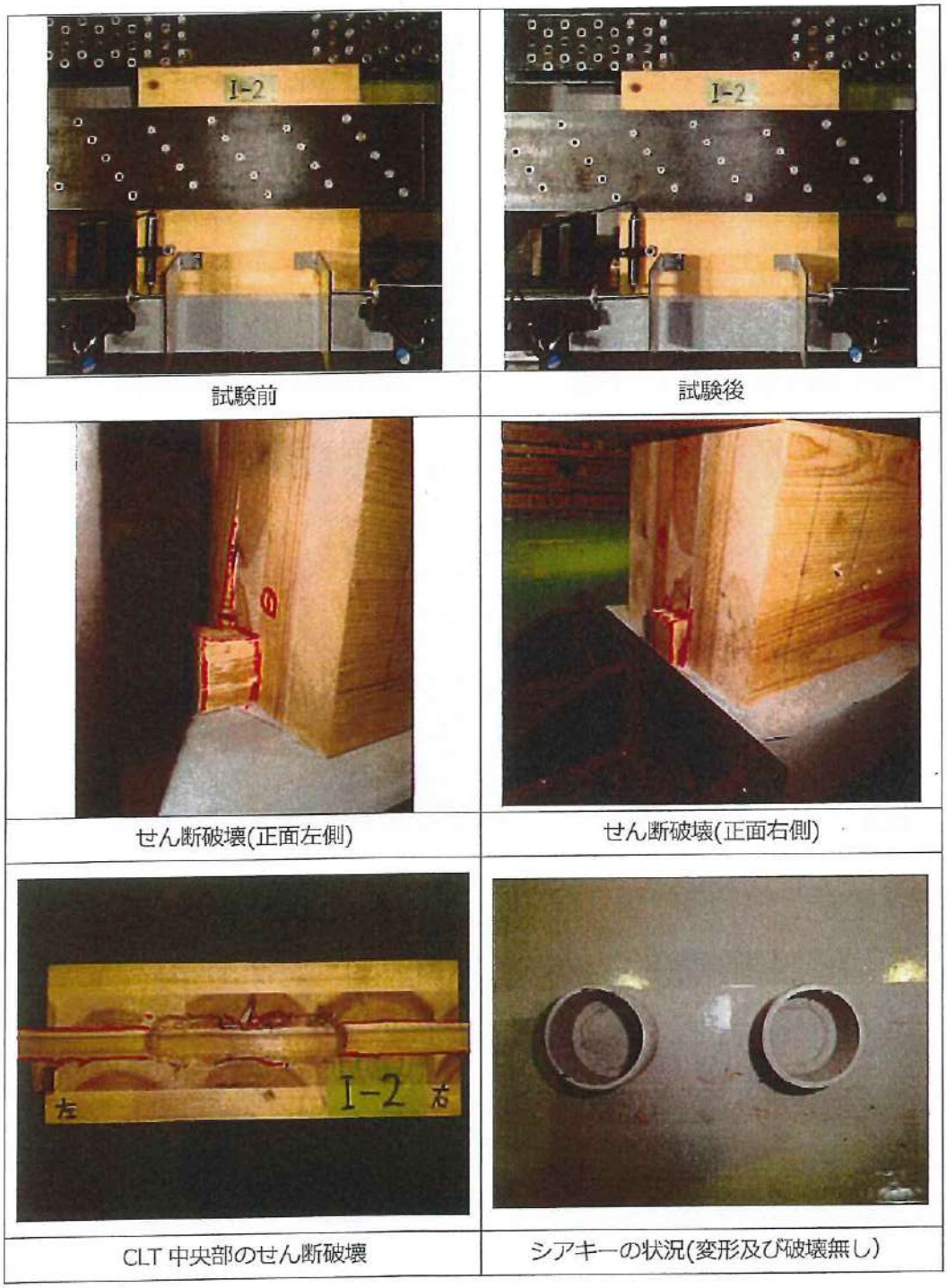
せん断破壊(正面右側)



CLT 中央部のせん断破壊

シアキーの変形(左側)

写真 6.1　破壊状況（試験体 No.1）

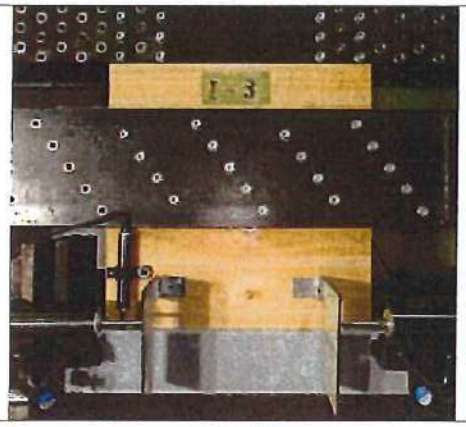


試験前　試験後

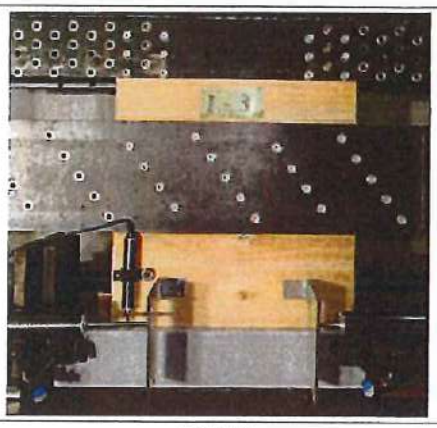
せん断破壊(正面左側)　せん断破壊(正面右側)

CLT 中央部のせん断破壊　シアキーの状況(変形及び破壊無し)

写真 6.2　破壊状況（試験体 No.2）

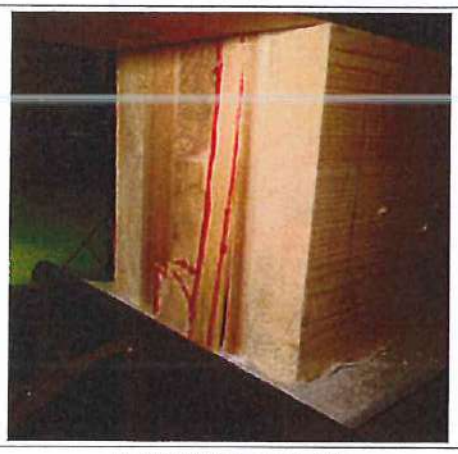


試験前

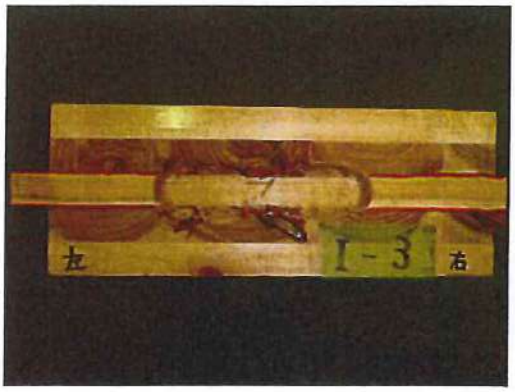


試験後

せん断破壊(正面左側)



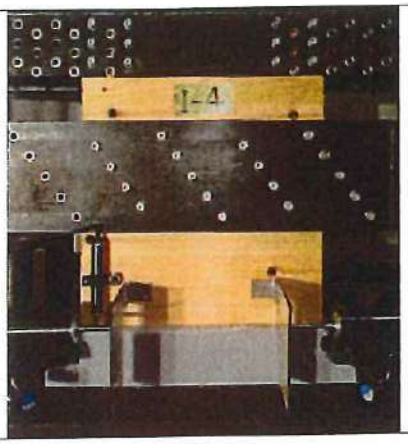
せん断破壊(正面右側)



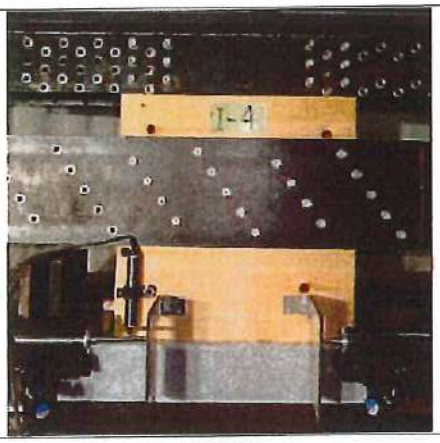
CLT 中央部のせん断破壊

シアキーの状況(変形及び破壊無し)

写真 6.3　破壊状況（試験体 No.3）



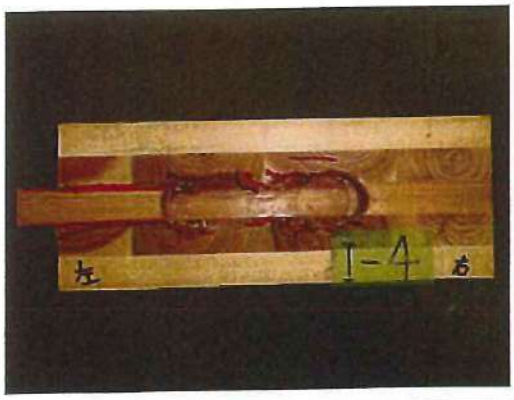
試験前



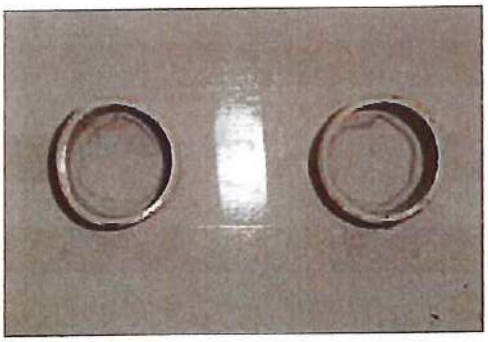
試験後

せん断破壊(正面左側)

破壊無し(正面右側)

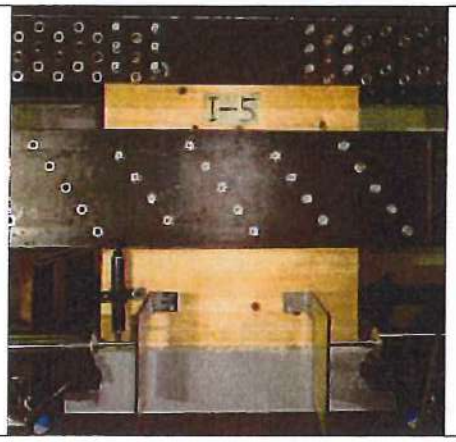


CLT 中央部のせん断破壊（右側破壊無し）

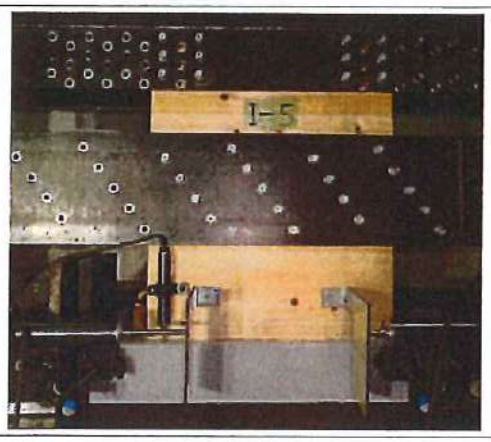


左のシアキーがやや楕円状に変形している）

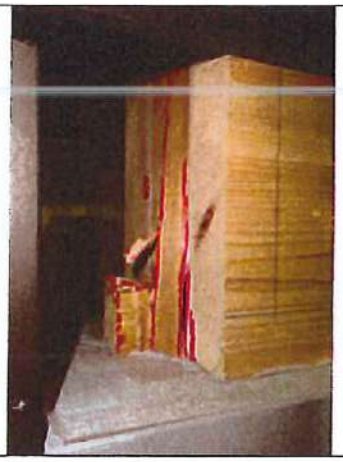
写真 6.4　破壊状況（試験体 No.4）



試験前

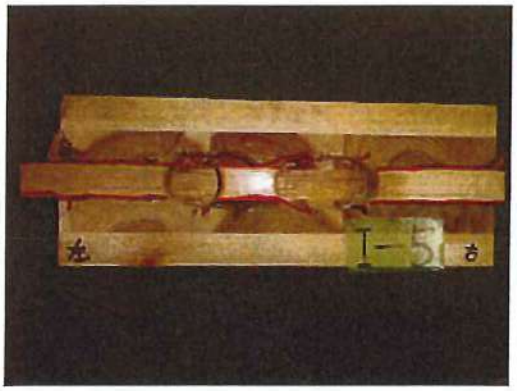


試験後



せん断破壊(正面左側)

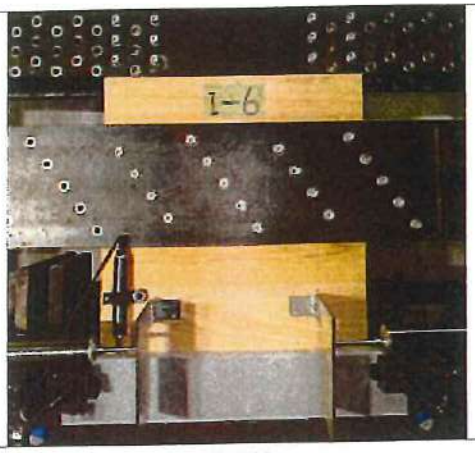
せん断破壊(正面右側)



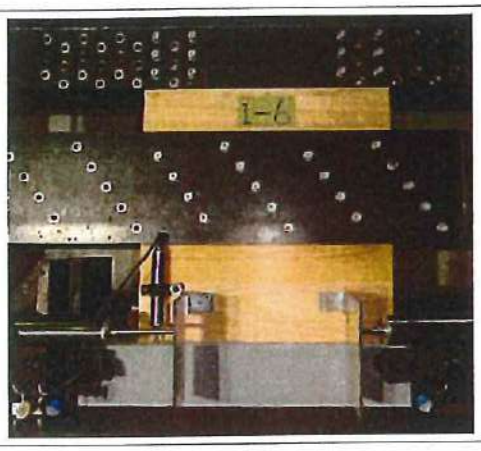
CLT 中央部のせん断破壊

シアキーの状況(変形及び破壊無し)

写真 6.5　破壊状況（試験体 No.5）



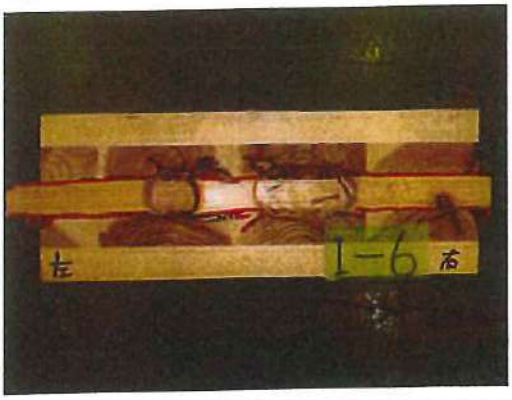
試験前



試験後

せん断破壊(正面左側)

せん断破壊(正面右側)



CLT 中央部のせん断破壊

シアキーの状況(変形及び破壊無し)

写真 6.6　破壊状況（試験体 No.6）

7. 許容耐力と骨格曲線

7.1 短期許容耐力 Pa の算定

短期許容耐力 Pa は、下式で算定する。

短期許容耐力 Pa＝P0×α

ここで、P0：実験により決定された接合部の短期基準耐力

α：耐力に影響を及ぼす係数で、構成材料の耐久性・使用環境の影響、施工性の影響、許容応力度設定の前提条件を満たさない場合の影響等を勘案して定める係数。

7.2 低減係数αの算定

αの算定では、「CLT マニュアル」10.6.2 では、以下の全てにあてはまる場合は、α＝1 とするこことができることが示されている。

①耐久性が十分であること。

②現場施工と同一の条件、施工方法で試験体を作成していること。

③工学的判断による低減が必要ないこと。

・接合部で脆性的な破壊性状を示さないこと。

・接合部の品質が一定であること。

・施工時の水がかりによる影響がないこと。

・木材の乾燥収縮による影響がないこと。

当該接合部については、

①耐久性については、シアキー接合部は塗装処理を行なうため、考慮する必要はないものとする。

②現場施工と同じ加工方法を取っており問題はない。

③工学的判断については

・2/3Pmax より短期基準耐力 P0 を算出しているため、安全率を 2.0 倍取り（1/2Pmax 相当)、低減係数 0.75 とする。

・シアキーの品質は安定している。

・施工時は雨がかりを防止することを前提とする。

・JAS に規程された CLT であり、乾燥収縮が小さいため影響はない。

以上のことから

当該接合部の　低減係数　α＝0.75 とみなすものとする。

7.3　許容耐力

「5.4　特性値」の結果から、

短期基準耐力　P_0＝33.2kN　　が得られている。

7.2 からα＝0.75 とすると

短期許容耐力　P_s＝24.9kN　が得られる。

以下、長期許容耐力は短期許容耐力 P_s x 1.1/2、中短期許容耐力は短期許容耐力 x 0.8、中長期許容耐力は　長期許容耐力 x 1.3　で求められる。表 7.1 に各許容耐力を示す。

表 7.1　許容耐力

短期許容耐力　P_S (kN)	24.9
中短期許容耐力　P_{MS} (kN)	19.9
中長期許容耐力　P_{LS} (kN)	17.6
長期許容耐力　P_L (kN)	13.6

7.4　骨格曲線

以下の方法で骨格曲線を求めた。

①原点から Pa まで

初期剛性 K：実験から求めた初期剛性の 50%下限値。

許容耐力 Pa：実験から求めた短期許容耐力。

Pa 時の変位：δa＝Pa/K

②Pa～Pu まで

終局耐力 Pu：実験から求めた終局耐力の 5%下限値にαを乗じたもの。

降伏点変位δv：δv=Pu/K

③Pu～最後まで

終局耐力 Pu: 実験から求めた終局耐力の 5%下限値にαを乗じたもの。

終局変位δu：実験から求めた終局変位の 50%下限値。

これらから求められた特性値を表 7.2 に、骨格曲線を図 7.1 に示す。

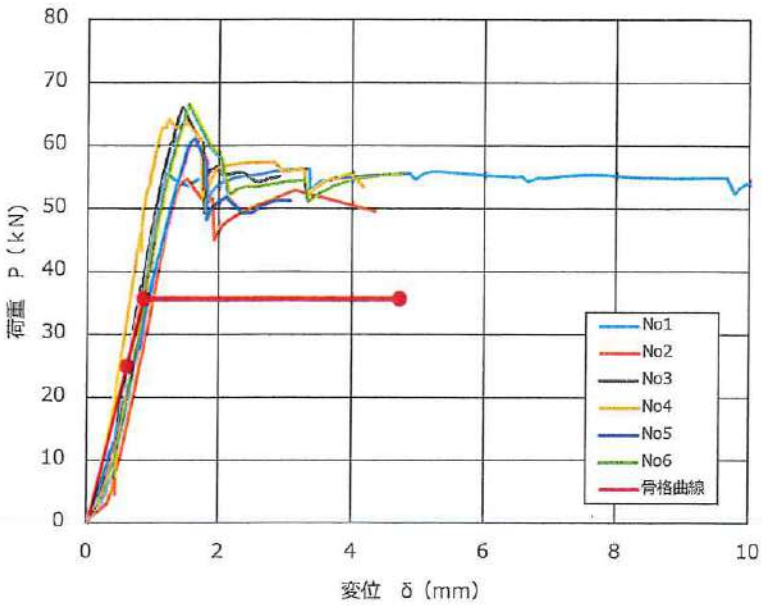


図 7.1　骨格曲線

表 7.1　特性値

初期剛性 K kN/mm	短期許容耐力 Pa kN	Pa時変位 δa mm	降伏点変位 δv mm	終局耐力 Pu kN	終局変位 δu mm
42.3	24.9	0.59	0.84	35.6	4.7

試験報告書

シアキー接合部のせん断試験
（面外方向）

令和２年11月

京都大学　生存圏研究所

准教授　中川貴文

目　次

1. 一般事項 ・・・・ 1
2. 試験体 ・・・・ 1
2.1 使用材料
2.2 試験体の形状
2.3 試験体数
2.4 比重と含水率
3. 試験方法 ・・・・ 5
3.1 測定機器
3.2 試験方法
3.3 加力スケジュール
4. 評価方法 ・・・・ 7
4.1 せん断力とせん断変位
4.2 包絡線の作成方法
4.3 特性値の算出方法
4.4 ばらつき係数及び短期基準せん断耐力の算出方法
5. 試験結果 ・・・・ 9
5.1 予備試験結果
5.2 せん断力-せん断変形曲線
5.3 包絡線
5.4 特性値
6. 破壊状況 ・・・・ 12
7. 許容せん断耐力及びせん断剛性 ・・・・ 19
7.1 短期許容せん断耐力 Qa の算定
7.2 低減係数αの算定
7.3 許容せん断耐力及びせん断剛性の算定

1.一般事項

1.1　目的　：CLT 木口に留め付けたシアキー接合部の面外方向せん断性能を評価する。

1.2　試験場所　：株式会社ストローグ本社試験棟

1.3　試験実施期間：2020 年 10 月 30 日、11 月 2 日

2.試験体

2.1　使用材料

(1) 直交集成板（CLT）

①樹種：外層 ヒノキ、内層 スギ（M60A）、

②構成等：異等級構成　Mx90、5 層プライ、厚さ 150mm

ラミナ厚 30mm、ラミナ幅 122mm、幅はぎ接着なし

③接着剤　水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤

(2) シアキー

①材質：STK400

②形状：外径 48.6mm、厚さ 3.2mm、長さ 30mm

③個数：2 個

④配置：間隔 100mm、端距離 150mm、縁距離 75mm

⑤溝形鋼への留め付け方法：鋼管の内側で隅肉溶接

(3) 溝形鋼

①材質：SS400

②形状：250mm×90mm×9mm×13mm

試験は、「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」（2016 年版）公益財団法人　日本住宅・木材技術センター企画発行（以下、「CLT マニュアル」、第 10 章 CLT パネル工法における接合部試験・評価方法に従い、同一個体由来の材料から、2 つ以上の試験体は採取していない。

2.2　試験体の形状

図 2.1 に試験体の形状及び寸法を、図 2.2 に試験体の加工図を、図 2.3 に金物図を示す。

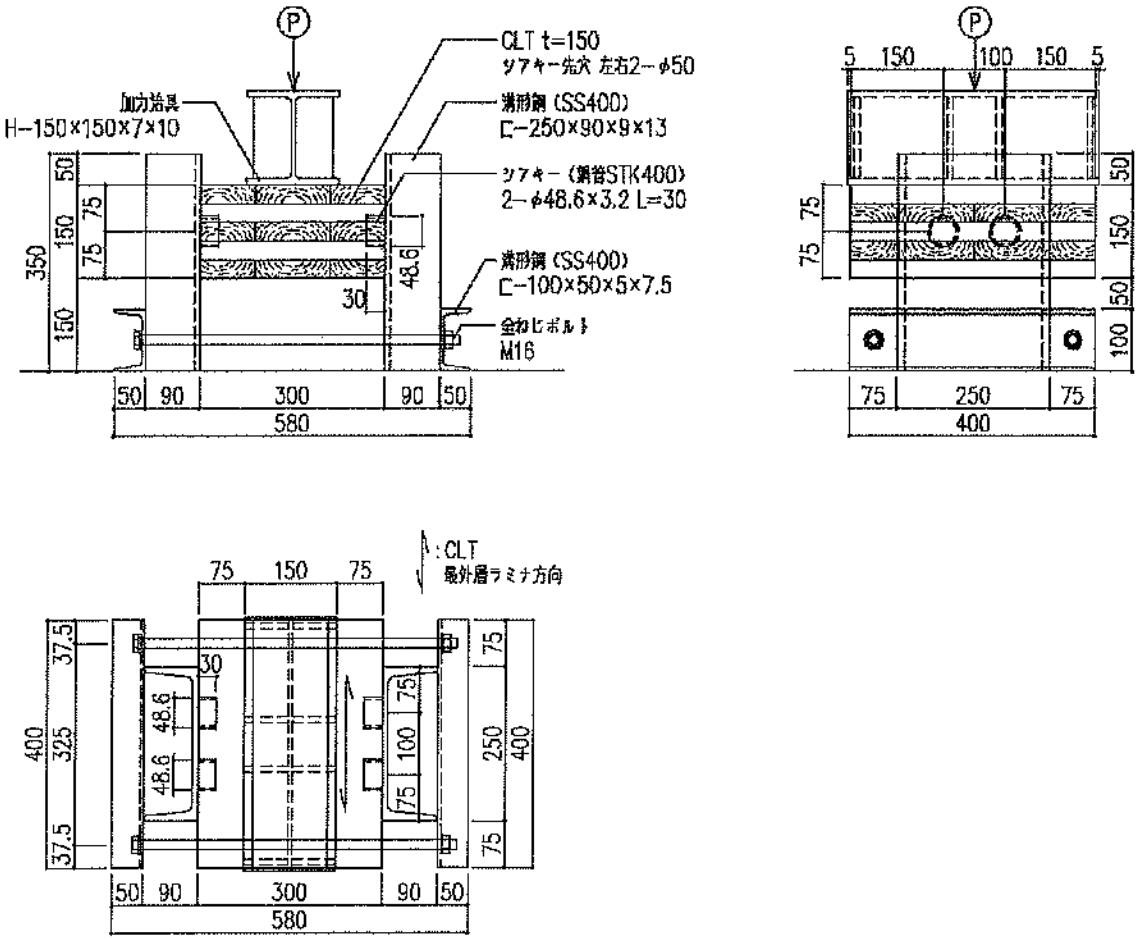


図 2.1　試験体の形状及び寸法

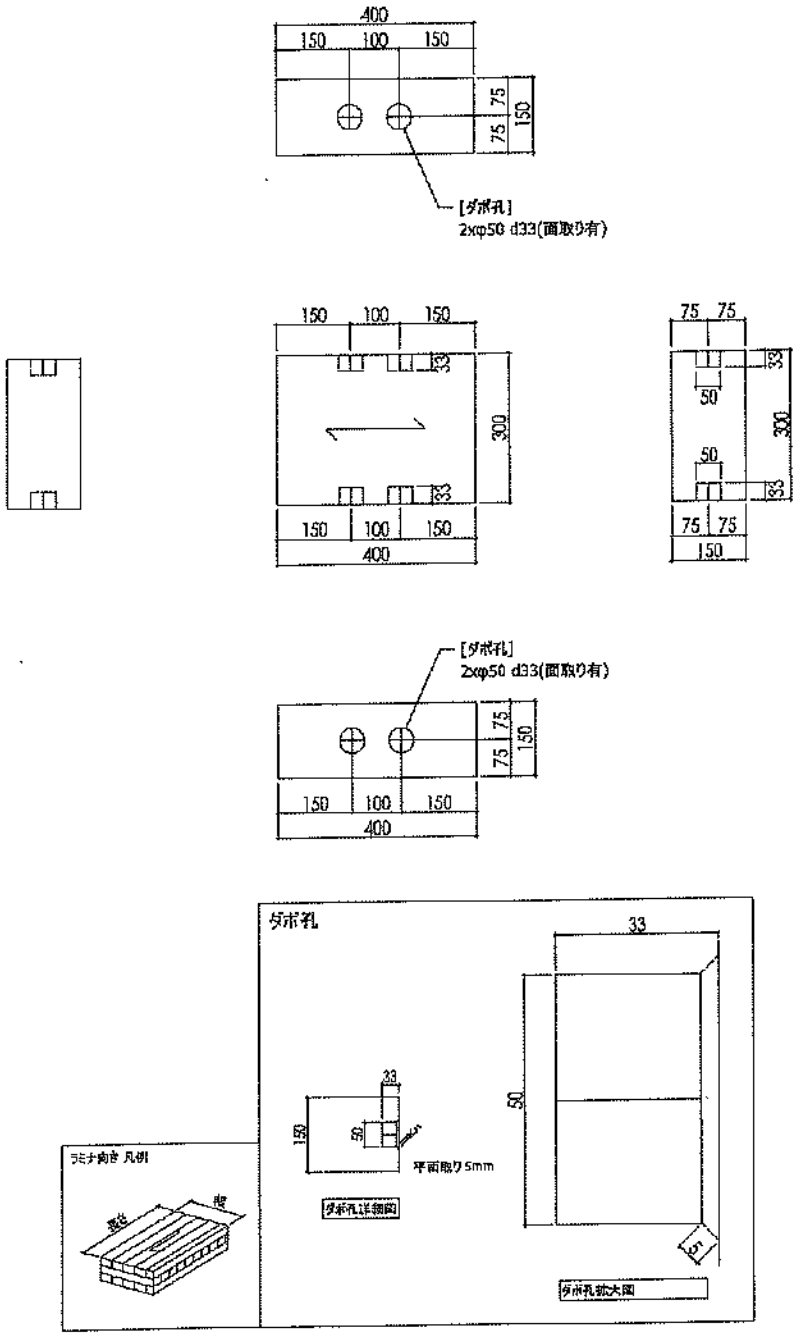

400
150
100
150
75
75
150
[ダボ孔]
2xφ50 d33(面取り有)
300
33
50
ダボ孔
平面取り5mm
ダボ孔詳細図
ダボ孔拡大図
ラミナ向き 凡例
表裏
側

図 2.2　試験体加工図

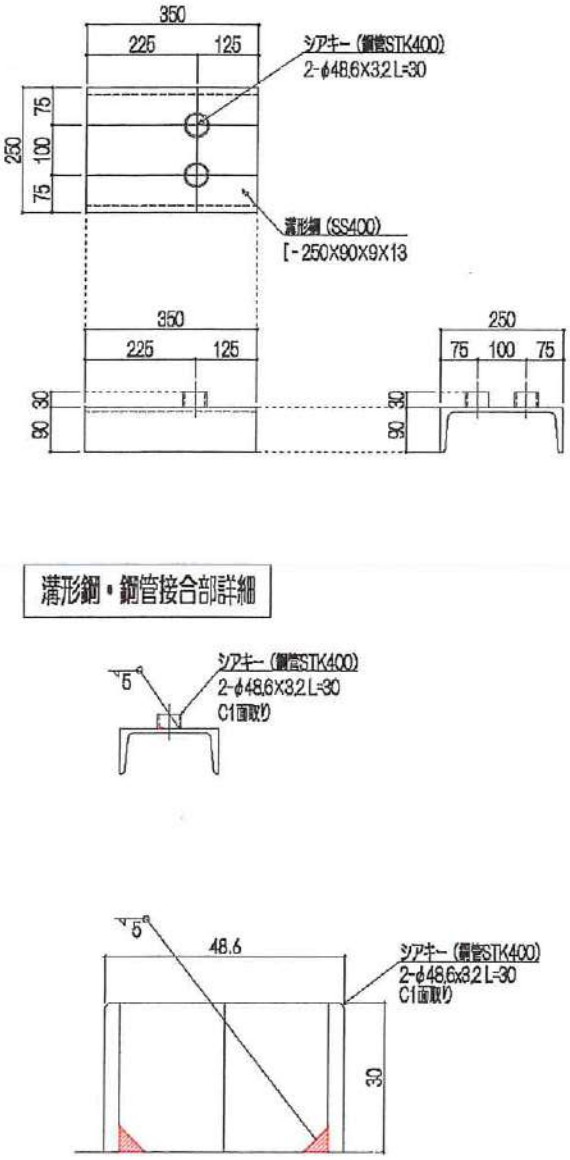


図 2.3　金物図

2.3　試験体数

予備試験体（繰り返し履歴算定用試験体）：1 体

本試験体：6 体

2.4　比重と含水率

表 2.1　比重と含水率

試験体	比重	含水率（%）
No1	0.47	15.0
No2	0.50	16.2
No3	0.49	14.5
No4	0.51	15.8
No5	0.48	15.5
No6	0.48	15.8

※　含水率は、含水率計による 3 点の平均、比重は試験時比重。

含水率計：株式会社 Kett 科学研究所　Kett　HM-520（MOKO2）

3.試験方法

3.1　測定機器

株式会社ストローグ製　引張圧縮強度試験機（能力 1000kN）

変位計　株式会社東京測器研究所製　CDP50

3.2　試験方法

試験は、押し方向の繰り返し加力とし、溝形鋼と CLT の相対変位を測定した。

また、試験材間に生じる摩擦力の影響を抑制するため、CLT と溝形鋼間にテフロンシートを貼り付けた。

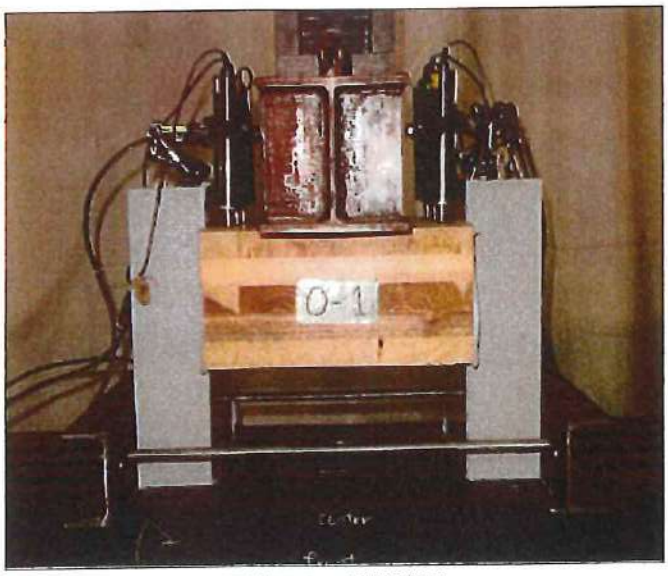


写真 3.1　試験状況

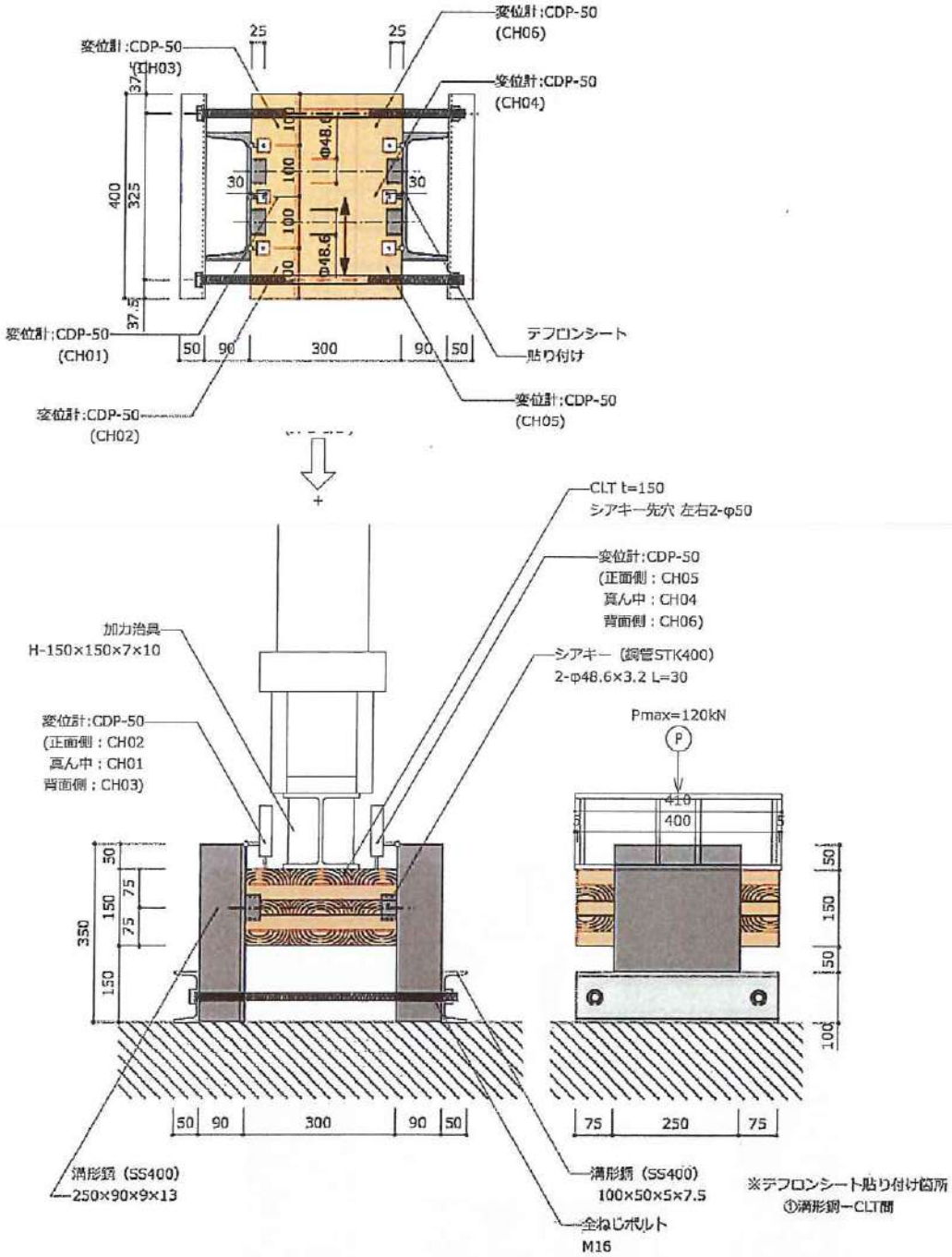

変位計:CDP-50
(CH06)
変位計:CDP-50
(CH03)
変位計:CDP-50
(CH04)
変位計:CDP-50
(CH01)
変位計:CDP-50
(CH02)
変位計:CDP-50
(CH05)
テフロンシート
貼り付け
CLT t=150
シアキー先穴 左右2-φ50
変位計:CDP-50
(正面側：CH05
真ん中：CH04
背面側：CH06)
加力治具
H-150×150×7×10
シアキー（鋼管STK400）
2-φ48.6×3.2 L=30
変位計:CDP-50
(正面側：CH02
真ん中：CH01
背面側：CH03)
Pmax=120kN
溝形鋼（SS400）
250×90×9×13
溝形鋼（SS400）
100×50×5×7.5
全ねじボルト
M16
※テフロンシート貼り付け箇所
①溝形鋼ーCLT間

図 3.1　試験方法

3.3　加力スケジュール

予備試験１体を単調加力で破壊後、降伏変位δｙを求め、δｙの 1/2、1、2、4、6、8、12、16 倍で各１回の正の繰り返し加力を行う。繰り返した後、破壊まで負荷する。

4.評価方法

「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」10 章 10.6 評価方法にしたがい、包絡線と完全弾塑性モデルの作成、及び特性値の算出を行う。

4.1　せん断力とせん断変位

評価は、シアキー接合部１か所のせん断力と変位計（CH01～CH06）の平均値を用いて行う。

荷重 P：ロードセルの読み　(kN)

シアキー接合部１か所当たりせん断力 Q

$Q=P/2$

せん断変位δ：　$\delta=(\delta1+\delta2+\delta3+\delta4+\delta5+\delta6)/6$　(mm)

δ1：変位計 CH01、δ2：変位計 CH02、δ3：変位計 CH03、δ4：変位計 CH04、δ5：変位計 CH05、δ6：変位計 CH06

CH01～CH06 は、溝形鋼と CLT の相対変位（mm）

4.2　包絡線の作成方法

包絡線は、せん断力とせん断変位の関係より、最初の立上りの計測点を繰り返し点まで結び、各繰り返し点のピーク及びその間の適切な点を順次結んで、包絡線を算出する。

4.3　特性値の算出方法

特性値は、作製した包絡線に対して、下記（1）～(12)及び図 4.1 に示す方法で、剛性･耐力を算出し、その平均値を特性値とする。なお下記（1）～（12）及び図 4.1 に示す方法は「木質構造設計規準・同解説」及び「2016 年版　CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」公益財団法人日本住宅･木材技術センター発行に準じた方法である。

(1)包絡線上の 0.1Qmax と 0.4Qmax を結ぶ第Ⅰ直線を描く。

(2)包絡線上の 0.4Qmax と 0.9Qmax を結ぶ第Ⅱ直線を描く。

(3)包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し、これを第Ⅲ直線とする。

(4)第Ⅰ直線と第Ⅲ直線の交点のせん断力を降伏せん断耐力 Qy とし、この点からｘ軸に平行に第Ⅳ直線を引く。

(5)第Ⅳ直線と包絡線の交点のせん断変位を降伏せん断変位δy とする。

(6)原点と（δy、Qy）を結ぶ直線を第Ⅴ直線とし、その勾配を初期剛性 K と定める。

(7)最大せん断力後の 0.8Qmax せん断力低下域の包絡線上のせん断変位または、25mm のいずれか小さいせん断変位を終局せん断変位と定める。

(8)包絡線と x 軸及びδu で囲まれる面積を S とする。

(9)第Ⅴ直線とδu と x 軸及び x 軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるように x 軸に平行な第Ⅵ直線を描く。

(10) 第Ⅴ直線と第Ⅵ直線の交点のせん断力を完全弾塑性モデルの終局せん断耐力 Qu と定め、その時の変位を完全弾塑性モデルの降伏点せん断変位δv とする。

(11)塑性率　μ＝δu/δv とする。

(12)試験体のせん断変位が 25mm を超えても最大せん断力に達しない場合は、25mm までの最大せん断力を Qmax とする。

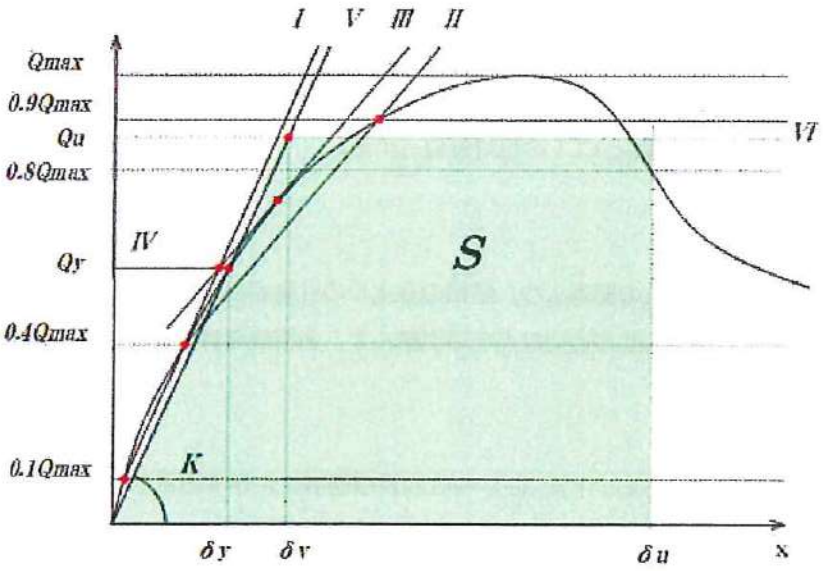


図 4.1　完全弾塑性モデルによる降伏せん断耐力、終局せん断耐力の求め方

4.4　ばらつき係数及び短期基準せん断耐力の算出方法

特性値の下限値は、平均値にそれぞれのばらつき係数を乗じて求める。なお、ばらつき係数は得られたデータの母集団が正規分布するものとみなし、統計的処理に基づく下側許容限界値として下記により求める。

ばらつき係数＝1－cv・k

cv：変動係数（標準偏差／平均値）

信頼水準 75%の 95%下側許容限界値を求めるための係数　n=6 のとき k ＝2.336

信頼水準 75%の 50%下側許容限界値を求めるための係数　n=6 のとき k=0.297

n:試験体数

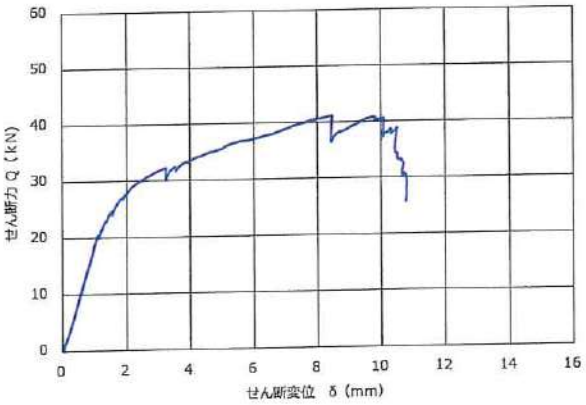
短期基準せん断耐力 Q0 は、信頼水準 75%の 95%下側許容限界値とし、下記　a）又はb）の耐力の平均値に、それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値の小さいほうの値とする。

a）降伏せん断耐力　Qy

b）最大せん断力 Qmax の 2/3

5.試験結果

5.1　予備試験結果



		予備試験
最大せん断力　Qmax	[kN]	41.0
〃変位　δmax	[mm]	8.42
降伏せん断力　Qy	[kN]	25.7
降伏変位　δy	[mm]	1.67
終局変位　δu	[mm]	10.6
初期剛性　K	[kN/mm	15.4
Energy	[kN・m	347
終局せん断力　Qu	[kN]	36.8
降伏点変位　δv	[mm]	2.39
塑性率　μ		4.45
構造特性係数　Ds		0.36

図 5.1　予備試験結果（せん断力 Q-せん断変位δ曲線）

予備試験で得られた降伏せん断変位　δy＝1.67mm を用いて、本試験ではせん断変位 0.8、1.6、3.2、6.4、9.6、12.8、19.2、25.6mm で各 1 回の正の繰り返しを行い、破壊まで負荷した。

5.2　せん断力-せん断変位曲線

せん断力 Q-せん断変位δ曲線を図 5.2 に示す。

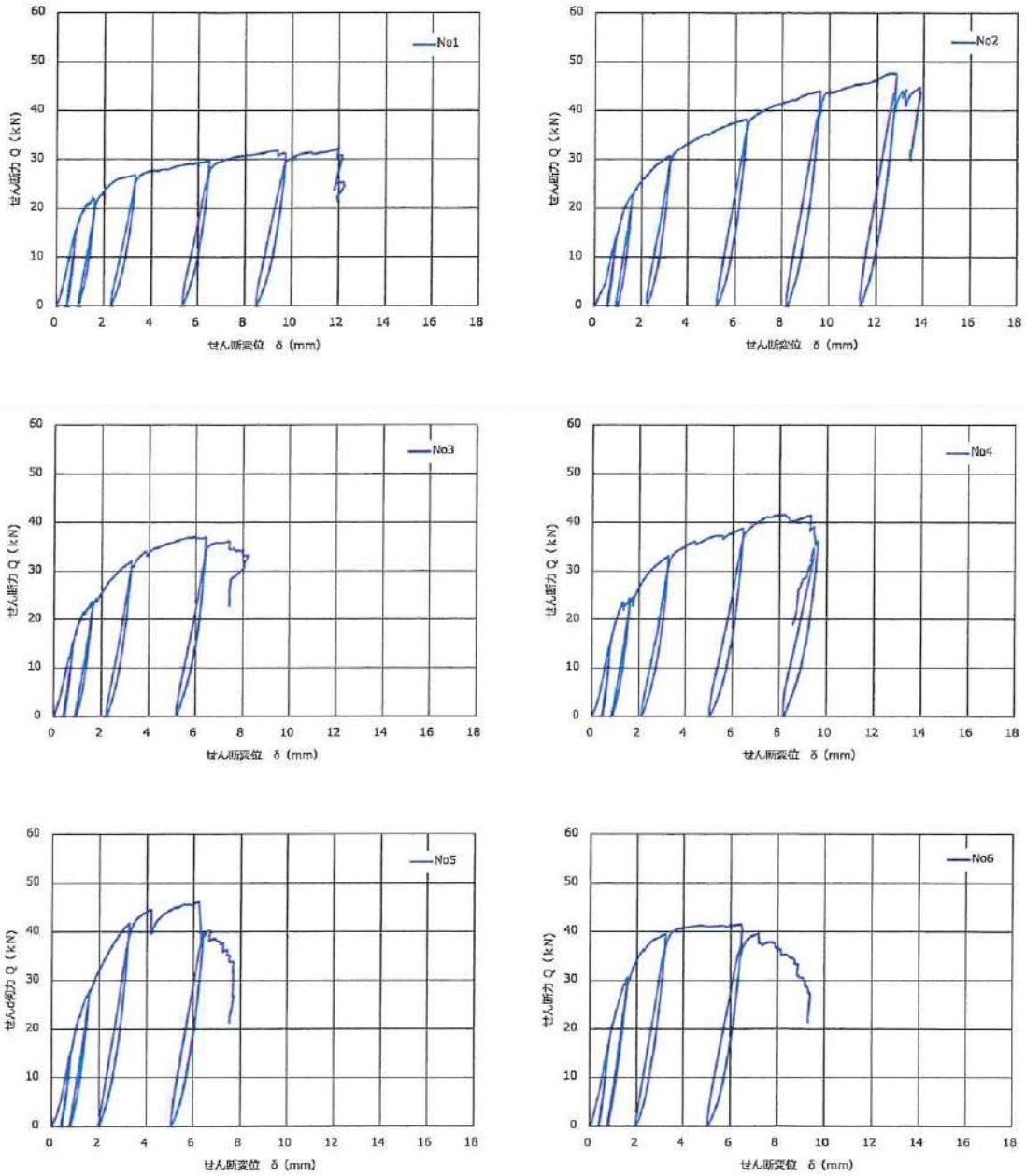


図 5.2　せん断力 Q-せん断変位δ曲線

5.3　包絡線

「4.2　包絡線の作成方法」により作成した包絡線及び「4.3　特性値の算出方法」で求めた完全弾塑性モデルを図 5.3 に示す。

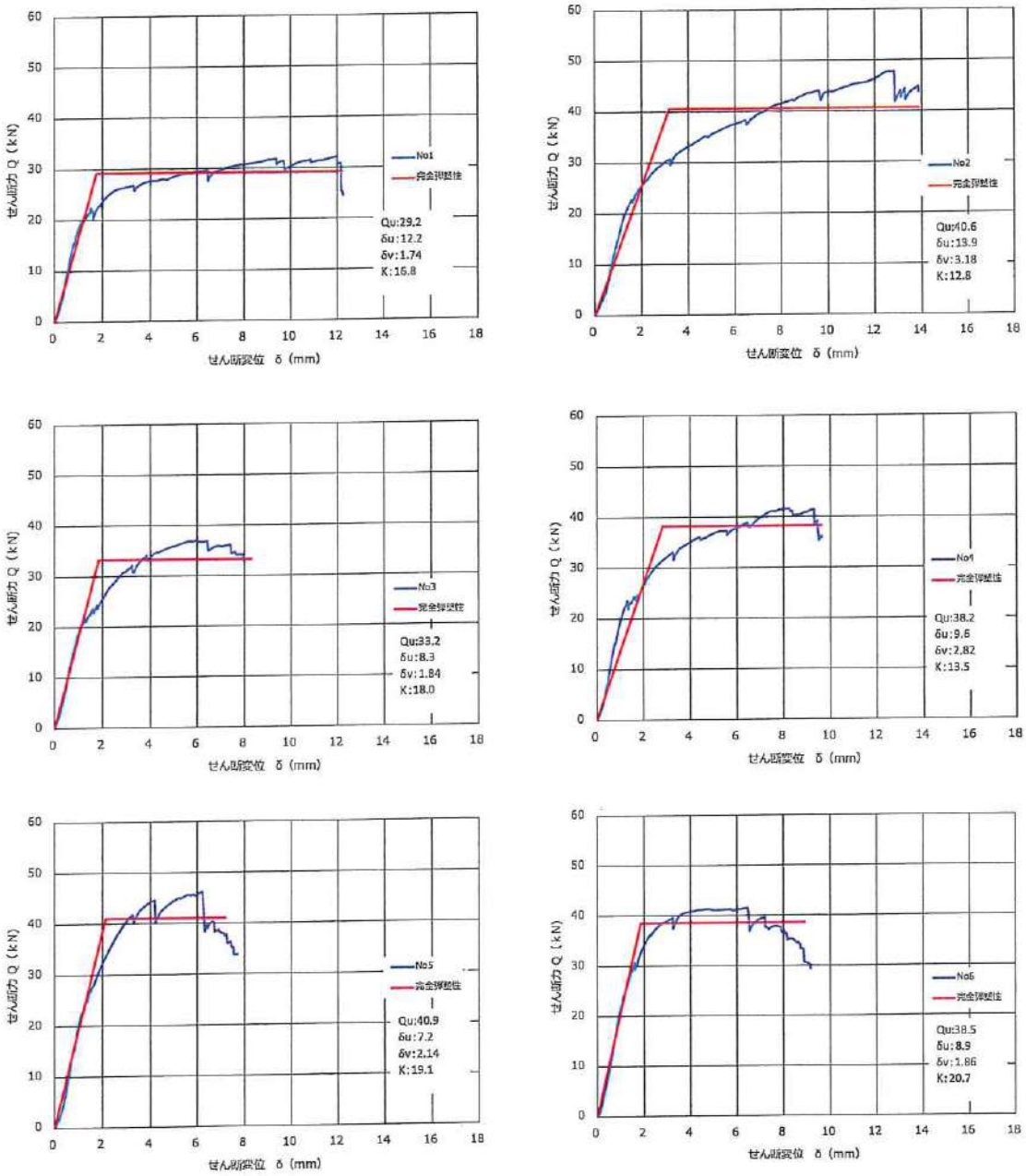


図 5.3　包絡線と完全弾塑性モデル

5.4　特性値

特性値の計算結果を表 5.1 に示す。なお、黄色で塗りつぶした項目は「4.4 ばらつき係数及び短期基準せん断耐力の算出方法」で求めた短期基準せん断耐力を示す。

表 5.1　試験結果（シアキー接合部 1 か所当たり）

	Qmax kN	δmax mm	2/3・Qmax kN	Qy kN	δy mm	Qu kN	δv mm	δu mm	K kN/mm	μ
No1	32.1	11.9	21.4	20.7	1.24	29.2	1.74	12.2	16.8	6.99
No2	47.8	12.6	31.9	25.7	2.01	40.6	3.18	13.9	12.8	4.36
No3	37.0	6.0	24.7	20.1	1.11	33.2	1.84	8.3	18.0	4.48
No4	41.7	8.2	27.8	24.8	1.83	38.2	2.82	9.6	13.5	3.41
No5	46.2	6.2	30.8	23.9	1.25	40.9	2.14	7.2	19.1	3.38
No6	41.5	6.4	27.7	25.8	1.25	38.5	1.86	8.9	20.7	4.76
Ave	41.1	8.6	27.4	23.5	1.45	36.8	2.26	10.0	16.8	4.56
sd	5.82	3.0	3.88	2.51	0.374	4.62	0.597	2.54	3.13	1.320
cv	0.142	0.347	0.142	0.107	0.258	0.126	0.264	0.254	0.186	0.289
下限値	27.4	7.7	18.3	17.6	1.34	25.9	2.08	9.2	15.9	4.17

注）Qmax：最大せん断耐力、δmax：最大せん断力時の変位、Qy：降伏せん断耐力、δy：降伏せん断変位、Qu：終局せん断耐力、δv：完全弾塑性モデルの降伏点せん断変位、δu：終局せん断変位、K:初期剛性、μ：塑性率μ＝δu/δv

Ave：平均値、sd：標準偏差、cv：変動係数、黄色枠：短期基準せん断耐力

下限値：Qmax、2/3Qmax、Qy、Qu・・信頼水準 75%の 95%下側許容限界値

K、δmax、δy、δv、δu、μ・・信頼水準 75%の 50%下側許容限界値

シアキー接合部 1 か所当たりの短期基準せん断耐力 Q0 は、

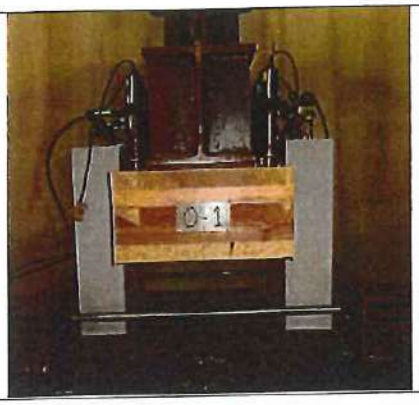
Q0＝17.6kN　が得られる。

6.破壊状況

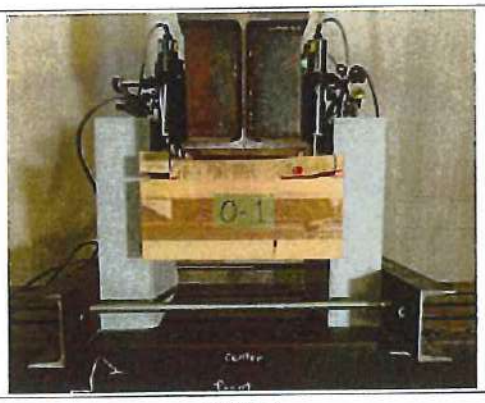
破壊状況を表 6.1、写真 6.1～6.6 に示す。

表 6.1　破壊状況の概要

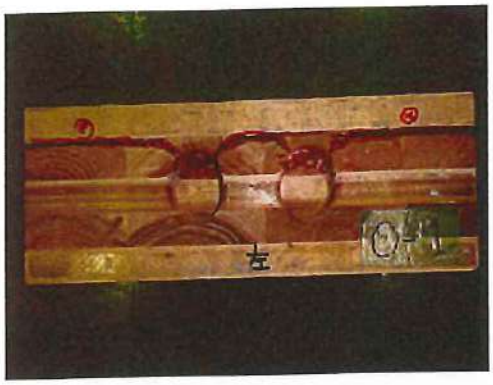
試験体	主な破壊状況
No1	2層目ラミナのせん断破壊、表層ラミナの面外方向への剥離
No2	2層目ラミナのせん断破壊、表層ラミナの面外方向への剥離
No3	2層目ラミナのせん断破壊、表層ラミナの面外方向への剥離
No4	2層目ラミナのせん断破壊、表層ラミナの面外方向への剥離
No5	2層目ラミナのせん断破壊、表層ラミナの面外方向への剥離
No6	2層目ラミナのせん断破壊、表層ラミナの面外方向への剥離



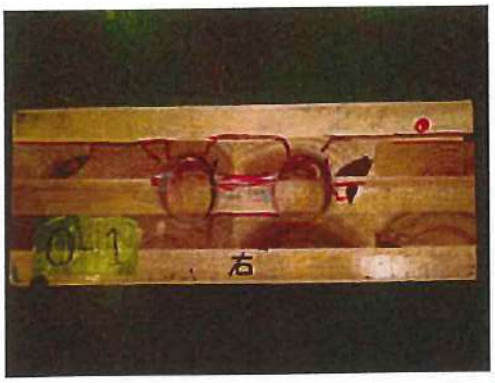
試験前



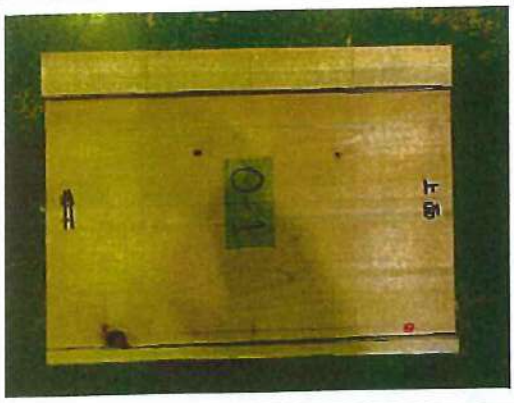
試験後



木口面割れ(左側)



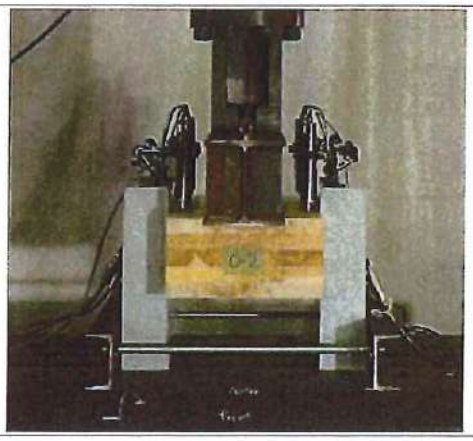
木口面割れ(右側)



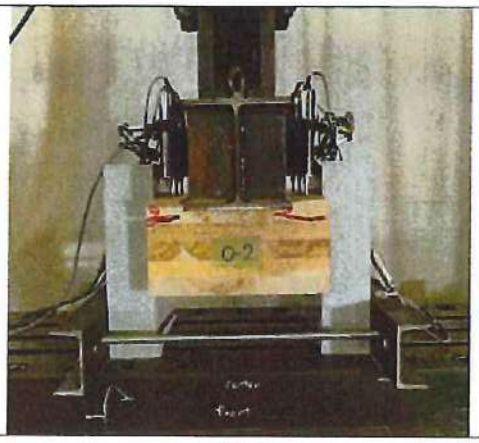
幅はぎ部のずれ(上面)

シアキーの状況(変形及び破壊無し)

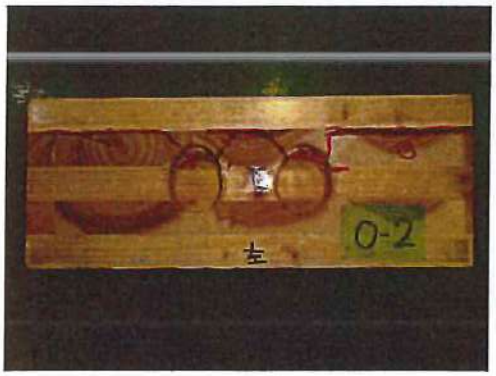
写真 6.1　破壊状況（試験体 No.1）



試験前

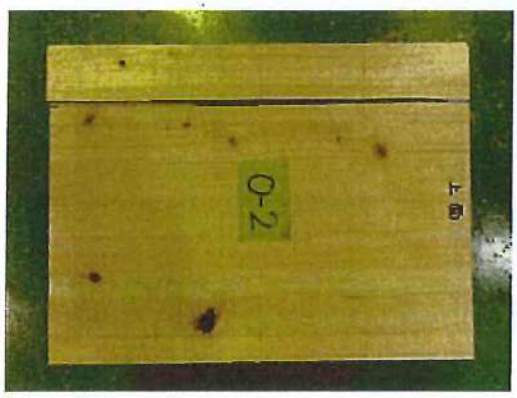


試験後

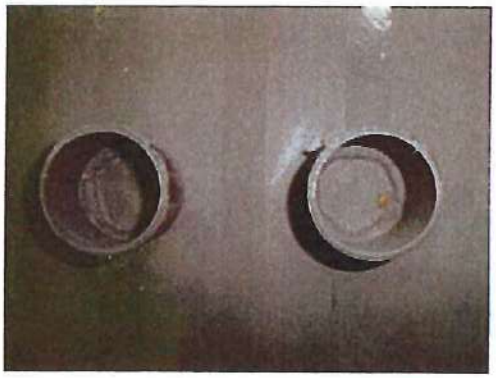


木口面割れ(左側)

木口面割れ(右側)

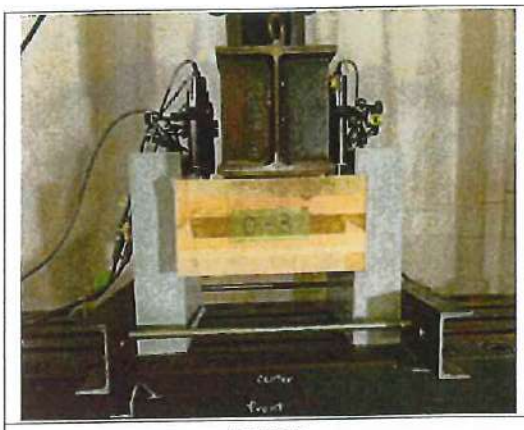


幅はぎ部のずれ(上面)

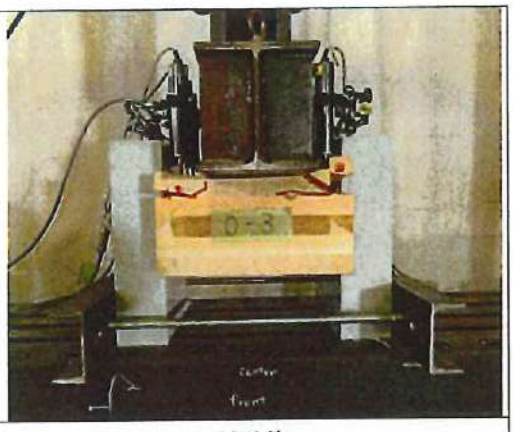


シアキーの状況(変形及び破壊無し)

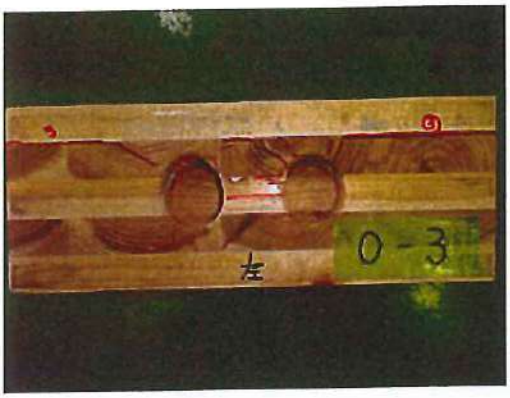
写真 6.2　破壊状況（試験体 No.2)



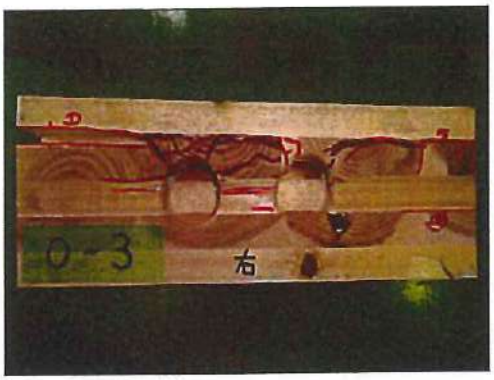
試験前



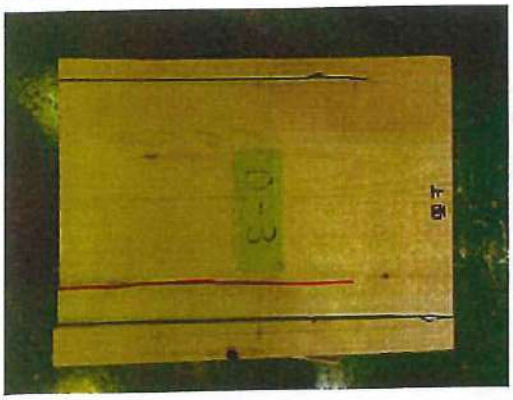
試験後



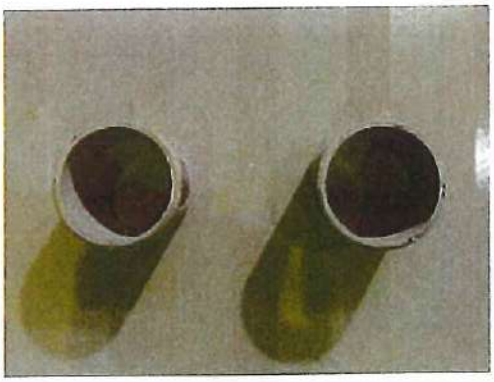
木口面割れ(左側)



木口面割れ(右側)

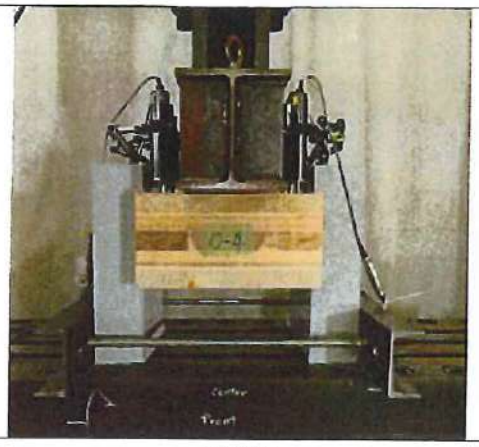


幅はぎ部のずれ、ラミナの割れ(上面)

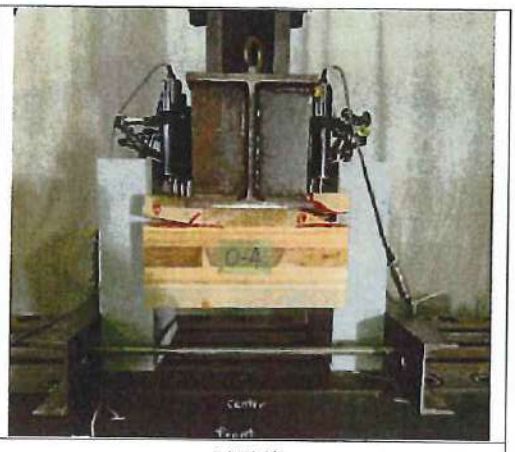


シアキーの状況(変形及び破壊無し)

写真 6.3　破壊状況（試験体 No.3）

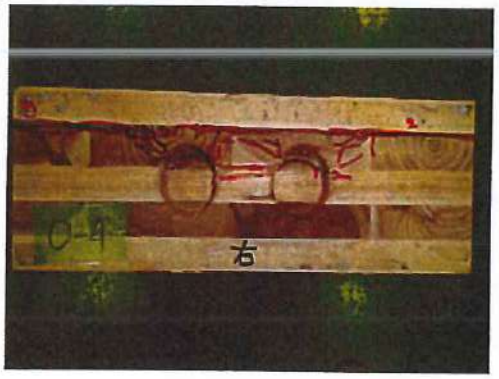


試験前

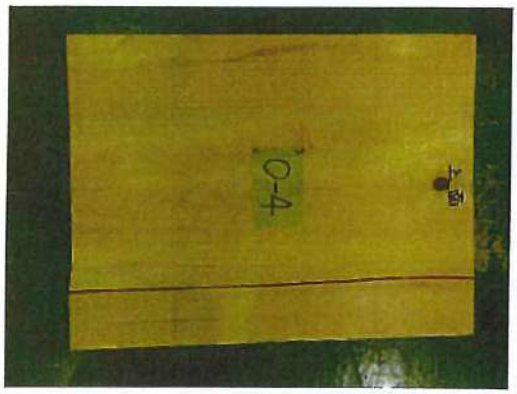


試験後

木口面割れ(左側)



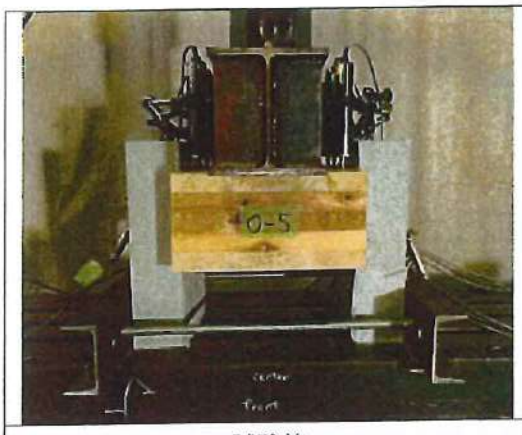
木口面割れ(右側)



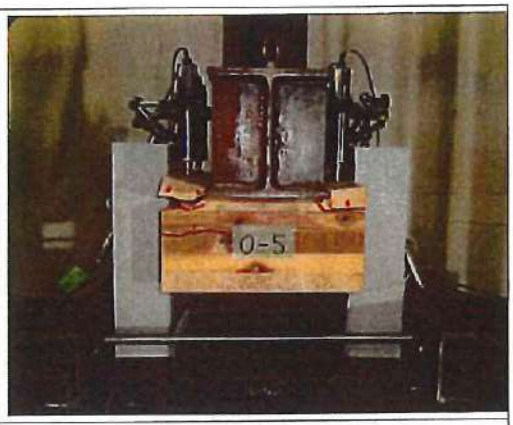
ラミナの割れ(上面)

シアキーの状況(変形及び破壊無し)

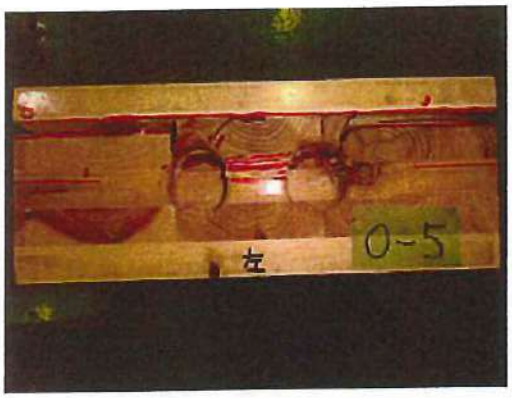
写真 6.4　破壊状況（試験体 No.4）



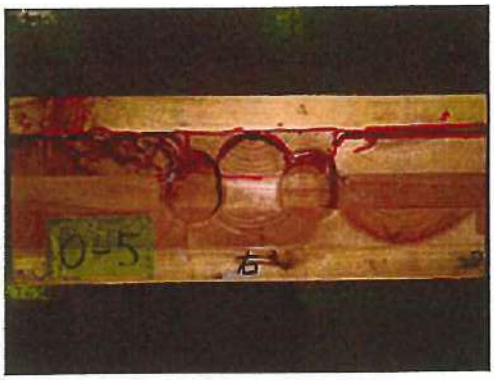
試験前



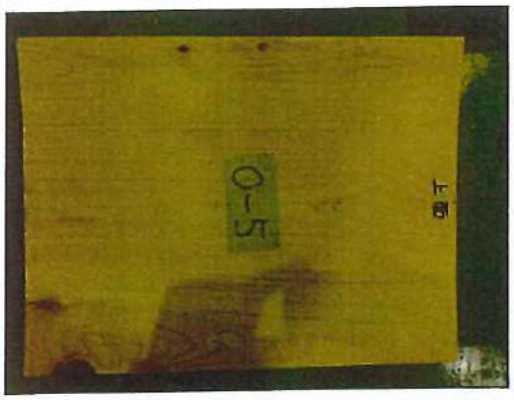
試験後



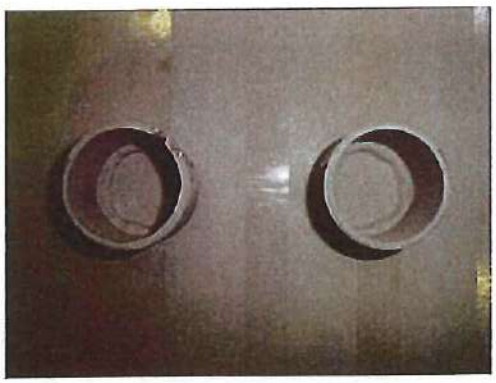
木口面割れ(左側)



木口面割れ(右側)

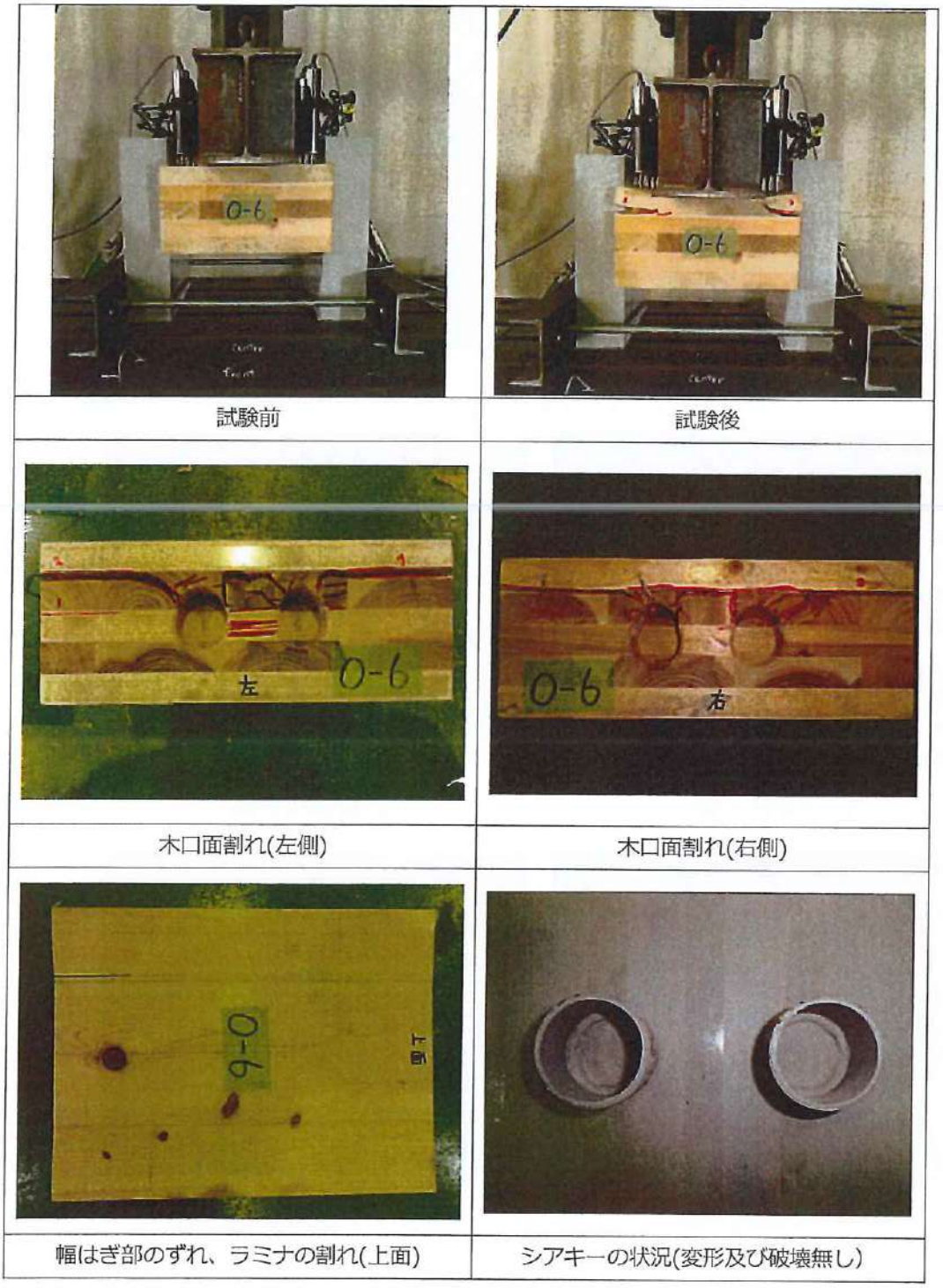


ラミナの割れ(上面)



シアキーの状況(変形及び破壊無し)

写真 6.5　破壊状況（試験体 No.5）



試験前　試験後

木口面割れ(左側)　木口面割れ(右側)

幅はぎ部のずれ、ラミナの割れ(上面)　シアキーの状況(変形及び破壊無し)

写真 6.6　破壊状況（試験体 No.6）

7. 許容せん断耐力及びせん断剛性

7.1 短期許容せん断耐力 Qa の算定

短期許容せん断耐力 Qa は、下式で算定する。

短期許容せん断耐力 Qa＝Q0×α

ここで、Q0：実験により決定された接合部の短期基準せん断耐力

α：耐力に影響を及ぼす係数で、構成材料の耐久性・使用環境の影響、施工性の影響、許容応力度設定の前提条件を満たさない場合の影響等を勘案して定める係数。

7.2 低減係数αの算定

αの算定では、「CLT マニュアル」10.6.2 では、以下の全てにあてはまる場合は、α＝1 とするこことができることが示されている。

①耐久性が十分であること。

②現場施工と同一の条件、施工方法で試験体を作成していること。

③工学的判断による低減が必要ないこと。

・接合部で脆性的な破壊性状を示さないこと。

・接合部の品質が一定であること。

・施工時の水がかりによる影響がないこと。

・木材の乾燥収縮による影響がないこと。

当該接合部については、

①耐久性については、シアキー接合部は塗装処理を行なうため、考慮する必要はないものとする。

②現場施工と同じ加工方法を取っており問題はない。

③工学的判断については

・脆性的な破壊はみられない。

・シアキーの品質は安定している。

・施工時は雨がかりを防止することを前提とする。

・JAS に規程された CLT であり、乾燥収縮が小さいため影響はない。

以上のことから

当該接合部の　低減係数　α＝1 とみなすものとする。

7.3　許容せん断耐力及びせん断剛性の算定

「5.4　特性値」の結果から、

短期基準せん断耐力　Q_0＝17.6kN　　が得られている。

7.2 からα＝1 とすると

短期許容せん断耐力　Qs＝17.6kN　が得られる。

以下、長期許容せん断耐力は短期許容せん断耐力 Qs x 1.1/2、中短期許容せん断耐力は短期許容せん断耐力 x 0.8、中長期許容せん断耐力は　長期許容せん断耐力 x 1.3　で求められる。表 7.1 に各許容せん断耐力を示す。

せん断剛性 K は、表 5.2 の初期剛性 K の信頼水準 75%の 50%下側許容限界値として K=15.9kN/mm が得られる。

表 7.1　許容せん断耐力とせん断剛性（シアキー接合部 1 か所当たり）

短期許容せん断耐力	Qs　(kN)	17.6
中短期許容せん断耐力	Q_{MS} (kN)	14.0
中長期許容せん断耐力	Q_{LS} (kN)	12.5
長期許容せん断耐力	Q_L　(kN)	9.68
せん断剛性	K　(kN/mm)	15.9

令和2年12月18日
木質環境建築　川原

CLT+鉄骨ハイブリットパネルの実大面外曲げ試験計画

1. 目的

CLTパネルと鉄骨梁を複合したCLT+鉄骨ハイブリットパネルの実大面外曲げ試験を行い、CLTパネルのたわみ抑制効果の確認及び設計法検討の為の基礎データを収集する。

また、実大試験体の作製を通じ、各部納まりや見え掛かり、施工方法の確認も合わせ行なう。

2. 試験体

2.1 使用材料

(1)直交集成板(CLT)

・樹種、等級：ヒノキ(外層)、スギ(内層)、Mx90A
・構成等：5層5プライ、厚さ150㎜、ラミナ厚30㎜、ラミナ幅122㎜、幅はぎ接着なし
　　*内層（スギ）M60A
・接着剤：水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤

(2)鉄骨梁

①大梁

・材質：SN400B
・断面：H-350×175×7×11

②小梁

・材質：SS400
・断面：H-148×100×6×9
・接合部：トルシア型高力ボルト、2-M20、S10T

(3)シアキー接合部

①シアキー

・材質：STK400
・外径：48.6mm、厚さ：3.2mm、長さ30mm
・個数：2個
・配置：間隔100mm、縁距離150mm
・取付け方法：L形アングルに対して、鋼管の内側で隅肉溶接

②不等辺L形アングル

・材質：SS400
・断面：L-90×150×9
・配置：@1300mm以下

③トルシア型高力ボルト

・強度区分：S10T
・呼び径：M16
・本数：2本
・摩擦面：発生剤による赤さび

④木質構造用ビス(割裂防止用)

・品名：パネリードX　PX6-140
・配置：シアキー横に、端距離25mm、@100mm、3本配置

2.2 試験体数

試験体数は1体とする。

但し、測定は、①鉄骨梁のみの状態と②CLT+鉄骨ハイブリットパネルの状態の2状態を測定する。

2.3 試験体の形状

試験体図を図2.1に、製作図を図2.2及び図2.3に示す。

試験装置図を図2.1に、試験体図を図2.2に、製作図を図2.3、図2.4に示す。

2.4 試験方法

試験装置図及び変位計配置図を図2.4及び図2.5に示す。

(1)試験は3等分点4点曲げ試験とする。

(2)錘を負荷させ、その時の各部の変形を測定する。

錘の重量は、鉄骨梁のみで生じる曲げ応力度が短期許容曲げ応力度(235N/mm²)の約 1/2 となる重量とした。

負荷重量（鉄骨梁自重+錘重量)による鉄骨梁の曲げ応力度とたわみの計算結果を表2.1に示す。

表2.1　負荷重量による鉄骨梁の曲げ応力度とたわみの計算結果（鉄骨梁1本当たり）

断面寸法	断面係数 Z(cm³)	断面2次モーメントI(cm⁴)	ヤング係数 E (N/mm²)	スパン (mm)	鉄骨梁自重(N)	錘重量 (N)	Mmax*1 (kN·m)	σb*1 (N/mm²)	δmax*1 (mm)
H-350×175×7×11	638	13,500	205,000	9,000	4,357	47,040	75.5	118	23.5

*1錘重量は3等分集中荷重で計算、自重は等分布荷重で計算し、Mmax,、σb、δmaxはそれらの和とした。

2.5 試験手順

試験手順(予定)を表2.2に示す。

2.6 評価方法

(1)①鉄骨梁のみの状態と②CLT+鉄骨ハイブリットパネルの状態の変形量を比較し、その効果を確認する。

(2)重ね梁の設計式及び立体フレームモデルによる解析値と実験値を比較し、設計法を検証する。

3. 試験場所

㈱ストローグ実験棟

4. 試験実施期間

令和2年12月21日(月)、22日(火)

以　上

試験体図（見下げ図）

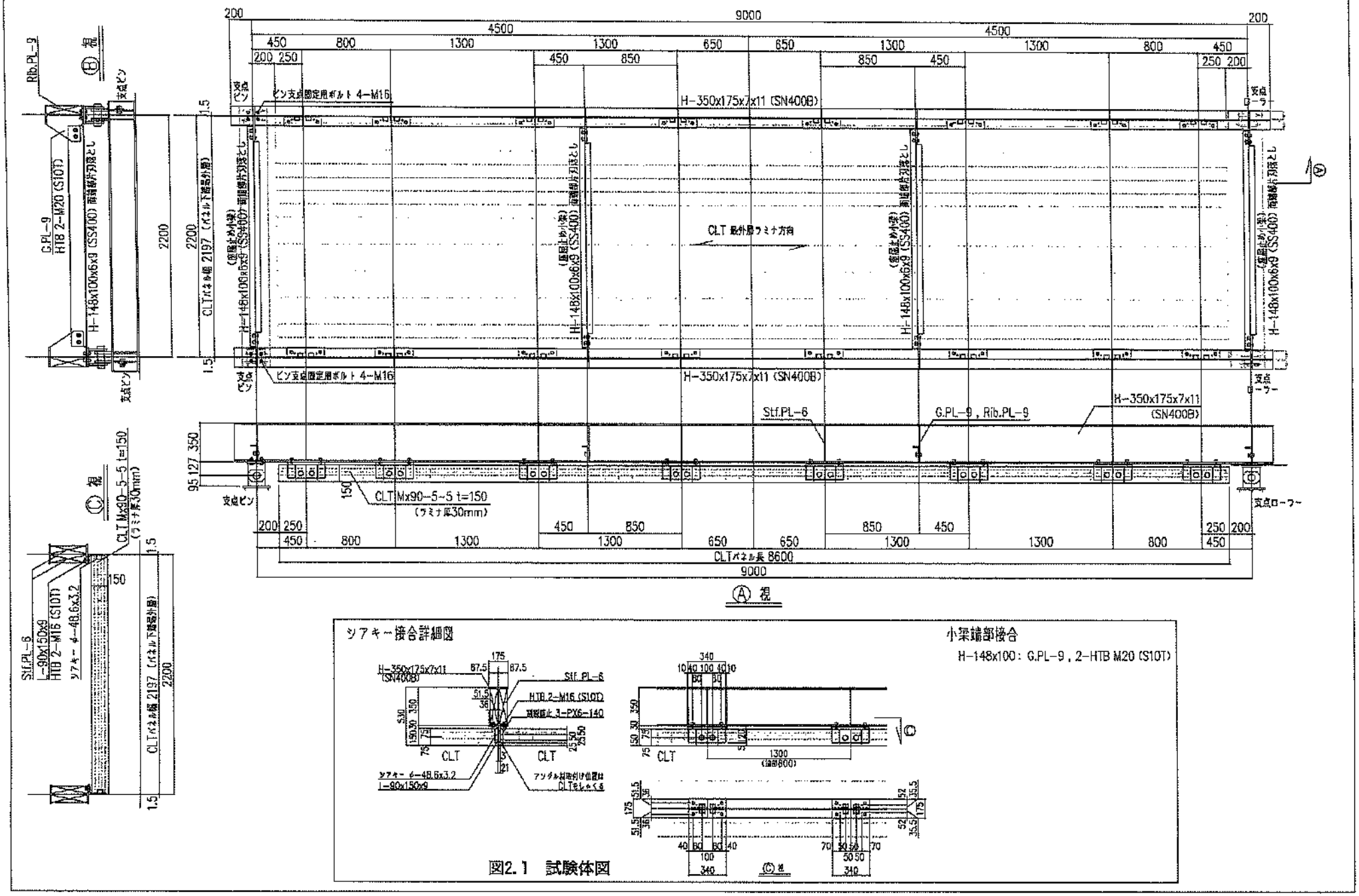


図2.1　試験体図

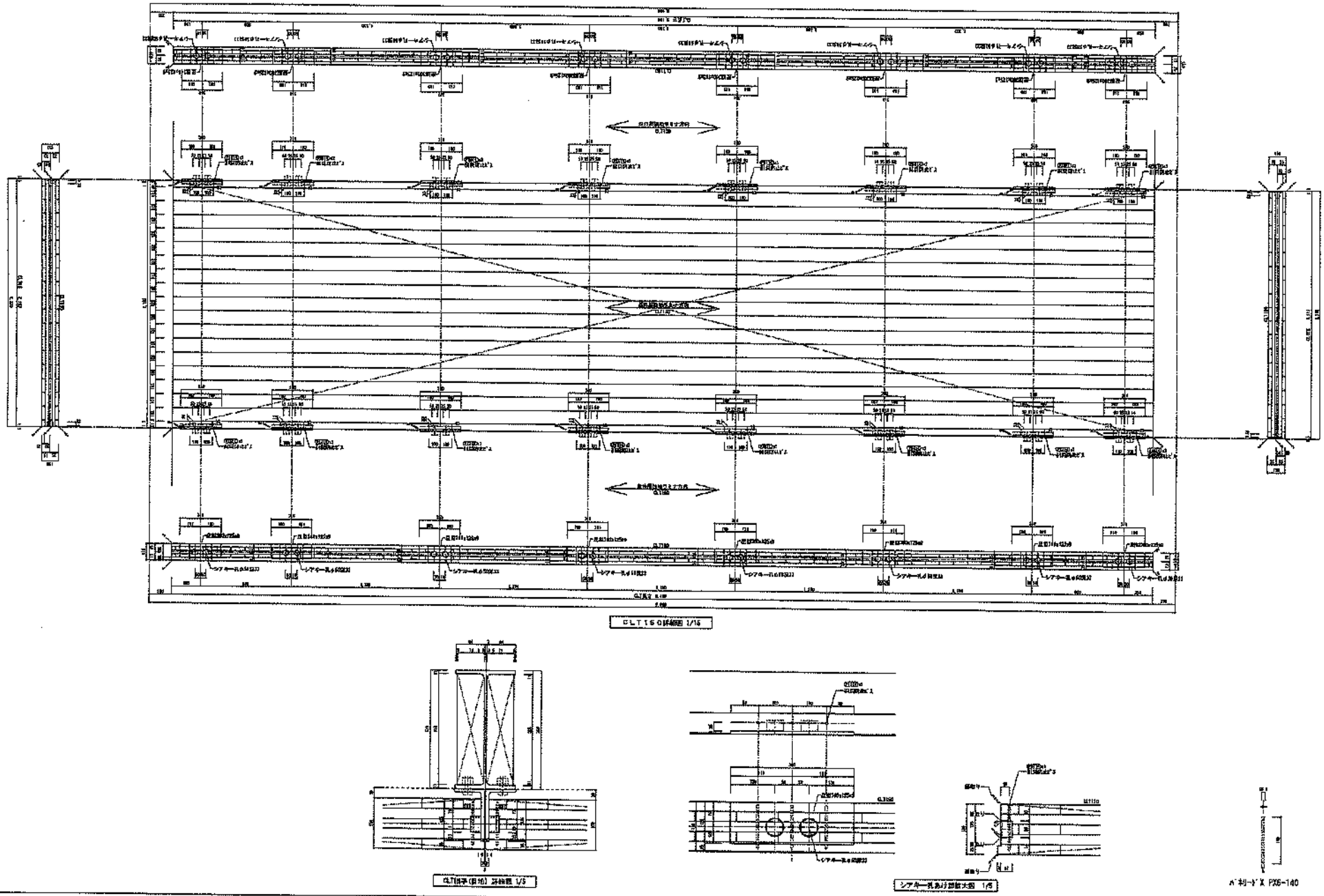


図2.2 製作図（CLT）

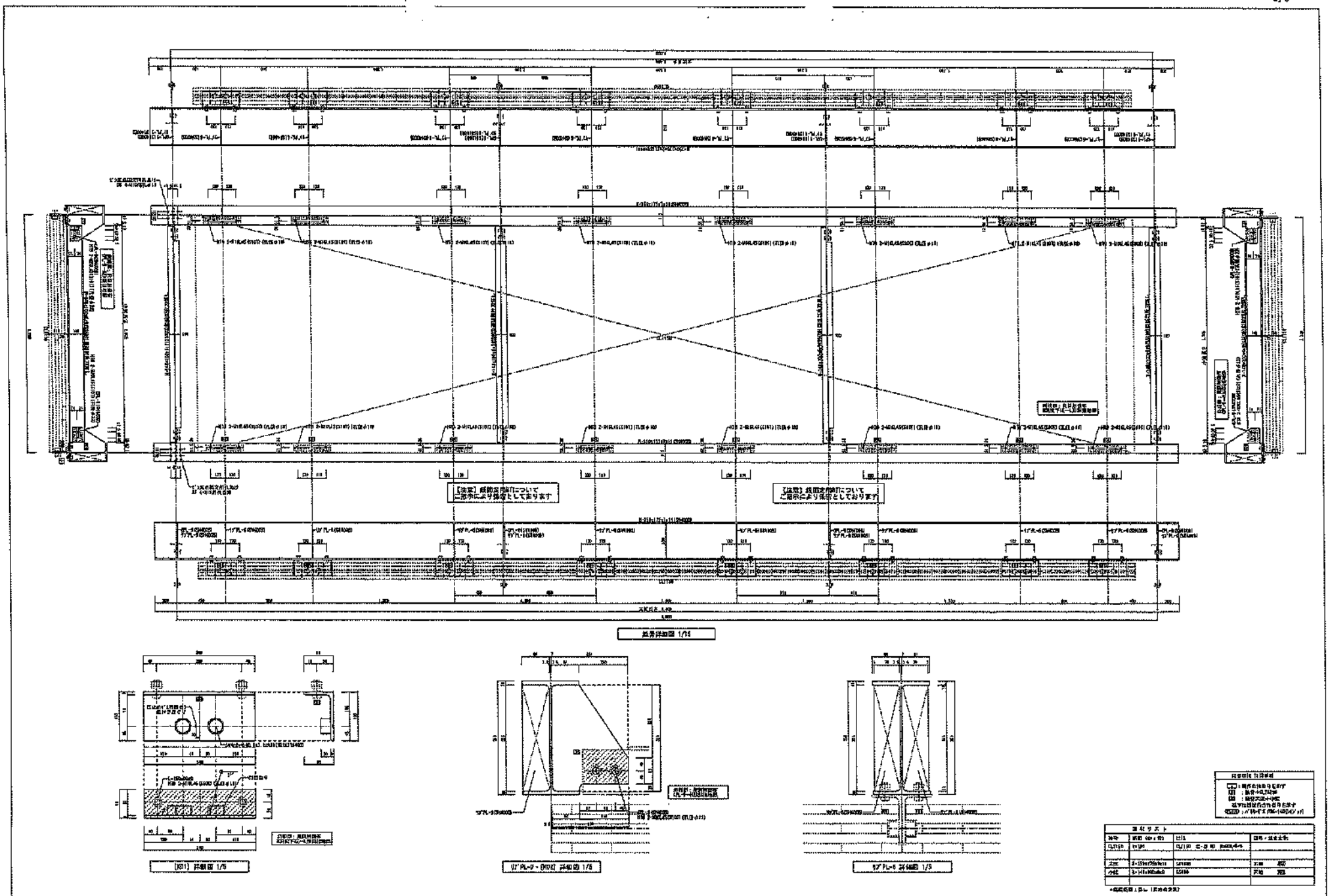


図2.3　製作図（鉄骨）

試験装置図（見下げ図）

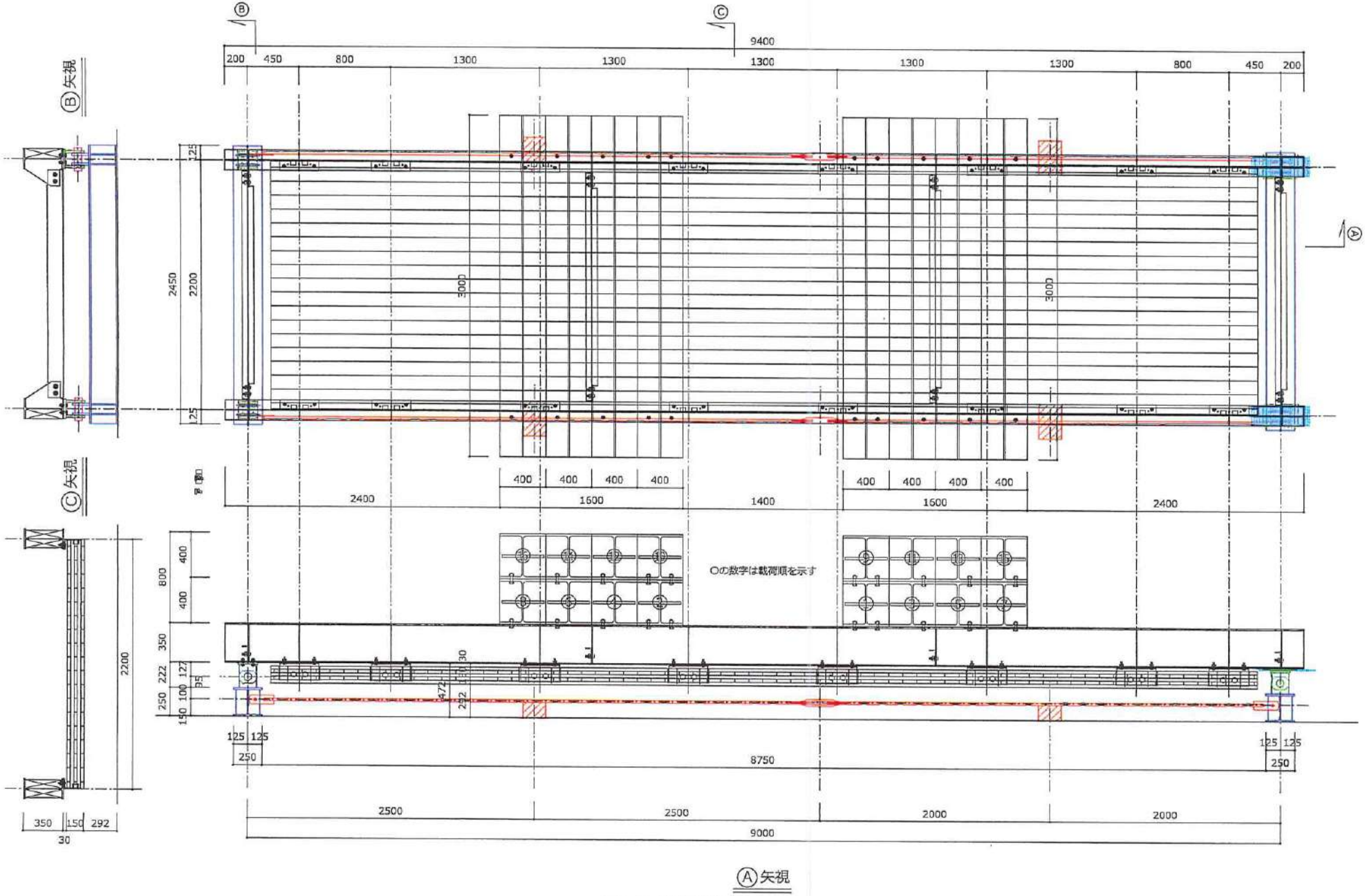


図2.4　試験装置図

変位計設置図（見下げ図）

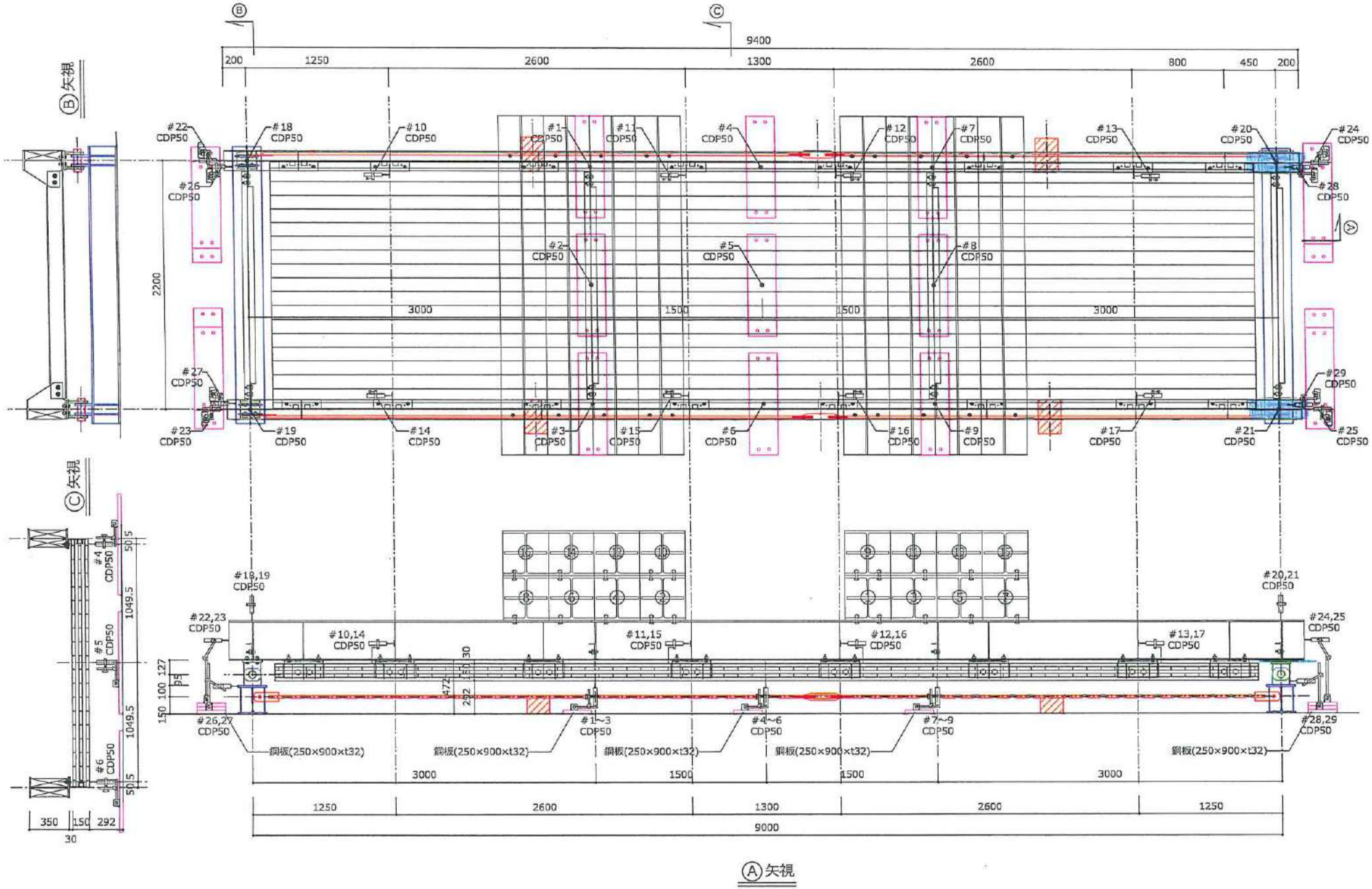


図2.5　変位計設置図

表2.2　試験手順（予定）

日程	手順(作業内容)	確認事項、注意点
事前	1.準備 (1)搬入・受け入れ ①検品 (2)重量測定 ①H鋼、CLT、接合具等 ②錘測定、ナンバーリング (3)墨出し (4)加力架台セット	・加力架台とは別に組み立てスペースが必要 ・クレーンにつける荷重計で測定
12/21 (月)	2.試験体の組立 (1)CLTに接合具取り付け (2)CLTを先に加力架台内に床置き (3)鋼材のみ試験体組立 (4)鋼材のみ試験体を加力架台にセット	(場所) 加力架台横 加力架台内 加力架台横 シアレンチ必要 クレーン能力確認 ターンバックル調整
	3.鋼材のみの試験体の加力、変形測定 (1)鋼材のみの試験体の矢高測定(自重による変形) (2)変位計セット (3)錘加力 ①錘1個づつ、変形を計測。 左右に振り分け。内側から加力 ②各部の状況を観察 (4)除荷 ①錘1個づつ、変形を計測。 加力と逆の順番で除荷 ②残留変形を計測 ③各部の状況を観察	横ずれ防止(ボルト留め) 各部の変位確認 異常はないか確認 異常はないか確認
12/22 (火) AM	4.鋼材+CLT試験体の加力、変形測定 (1)CLTの取り付け(クレーンにて引き上げ) ①HTB(トルシア)の締め付け スパン中央から外に向かって、左右交互に本締め ②各部隙間等の観察(記録) (2)CLT+鋼材の試験体の矢高測定(自重による変形) (3)変位計セット (4)錘加力 ①錘1個づつ、変形を計測。 左右に振り分け。内側から加力 ②各部の状況を観察 (5)除荷 ①錘1個づつ、変形を計測。 加力と逆の順番で除荷 ②残留変形を計測 ③各部の状況を観察	クレーン能力確認 小型シアレンチ必要 ターンバックル調整 3.(2)と同じ位置 3(3)と同じ手順 横ずれ防止(ボルト留め) 各部の変位確認 異常はないか確認 3(4)と同じ手順 異常はないか確認
12/22 (火) PM (住木センター立合い)	5.データ取りまとめ 6.錘を乗せた状態で住木センター確認 7.解体 ①データに問題が無ければ、解体 ②解体後、各部の状況を観察 8.撤去	

*測定は、データロガーへの記録の他、野帳にも記録する(グラフ化する)。

CLT+鉄骨ハイブリットパネル実大曲げ試験報告書

2021 年 1 月

株式会社 木質環境建築

1. 一般事項

1.1 目的

CLT パネルと鉄骨梁を複合した CLT+鉄骨ハイブリットパネルの実大曲げ試験を行い、CLT パネルのたわみ抑制効果の確認及び設計法検討の為の基礎データを収集する。

1.2 試験体製作

銘建工業株式会社

1.3 試験実施者

株式会社ストローグ、株式会社木質環境建築

1.4 試験場所

株式会社ストローグ実験棟

1.5 試験実施期間

2020 年 12 月 21 日、22 日

2. 試験体

2.1 使用材料

(1)直交集成板(CLT)

・樹種、等級：紀州産ヒノキ(外層)、紀州産スギ(内層)、Mx90A

・構成等：5 層 5 プライ、厚さ 150 ㎜、ラミナ厚 30 ㎜、ラミナ幅 122 ㎜、幅はぎ接着なし
*内層（スギ）; M60A

・接着剤：水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤

・パネル寸法：幅 2,197mm×長さ 8,600mm

(2)鉄骨梁

①大梁

・材質：SN400B

・断面：H-350×175×7×11

②小梁

・材質：SS400

・断面：H-148×100×6×9

・接合部：トルシア型高力ボルト、2-M20、S10T

(3)シアキー接合部

①シアキー

・材質：STK400

・外径：48.6mm、厚さ：3.2mm、長さ 30mm

・個数：2 個

・配置：間隔 100mm、縁距離 150mm 以上

・取付け方法：L 形アングルに対して、鋼管の内側で隅肉溶接

②不等辺 L 形アングル

・材質：SS400

・断面：L-90×150×9
・配置：@1300mm 以下

③トルシア型高力ボルト
・強度区分：S10T
・呼び径：M16
・本数：2 本
・接合面：発錆剤（ヒットロックＢ：㈱イチネンケミカルズ）による赤さび

④木質構造用ビス(割裂防止用)
・品名：パネリード X（㈱シネジック）　PX6-140
・配置：シアキー横に、端距離 25mm、@100mm、3 本配置

2.2 試験体の形状

試験体図を図 2.1 に、製作図を図 2.2 及び図 2.3 に示す。

2.3 試験体数

試験体数は 1 体とした。
但し、①鉄骨梁のみの状態と②CLT+鉄骨ハイブリットパネルの状態の 2 状態を測定した。

2.4 CLT パネルの比重と含水率

・比重：0.43
・含水率：14.5%
*含水率は、含水率計による 6 点の平均、比重は試験時比重。
（含水率計：株式会社 Kett 科学研究所　Kett　HM-520（MOKO2））

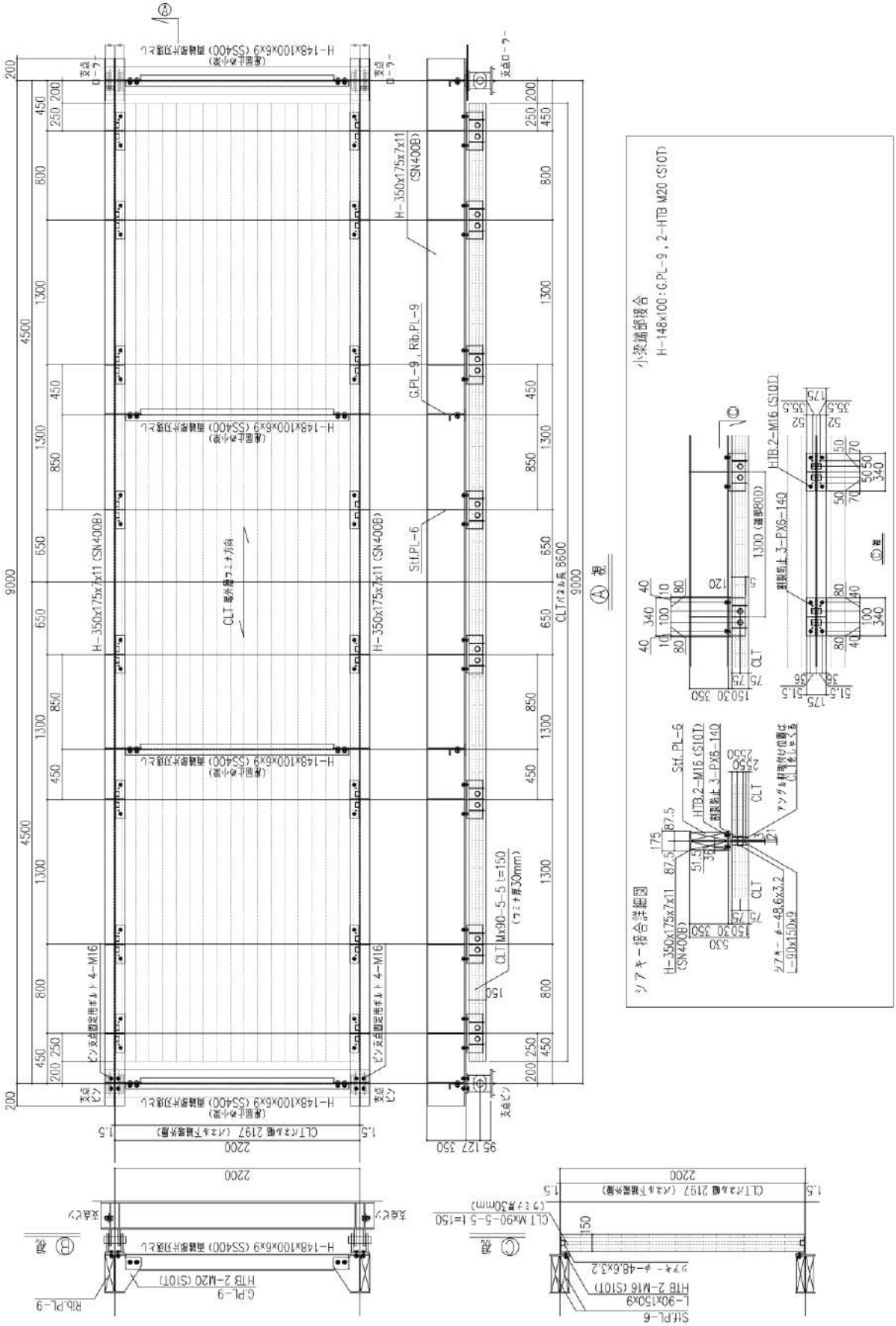

H-148x100x6x9 (SS400) 両端部片面溶接
H-350x175x7x11 (SN400B)
G.PL-9, Rib.PL-9
Stf.PL-6
CLT 最外層フミナ方向
CLT Mx90-5-5 t=150 (フミナ厚30mm)
ピン支点固定用ボルト 4-M16
支点ピン
支点ローラー
CLTパネル長 8600
CLTスパン幅 2197 (パネル下端長外寸)
小梁端部接合
H-148x100:G.PL-9, 2-HTB M20 (S10T)
シアキー接合詳細図
H-350x175x7x11 (SN400B)
HTB.2-M16 (S10T)
側面筋上 3-PX6-140
CLT
アングル材溶接位置固定 CLTをしっかり固定
シアキー -48.6x3.2 L-90x150x9
Stf.PL-6
L-90x150x9
HTB 2-M16 (S10T)
G.PL-9
HTB 2-M20 (S10T)
Rib.PL-9
Ⓐ 視
Ⓑ 視
Ⓒ 視
Ⓓ 視

図 2.1　試験体図

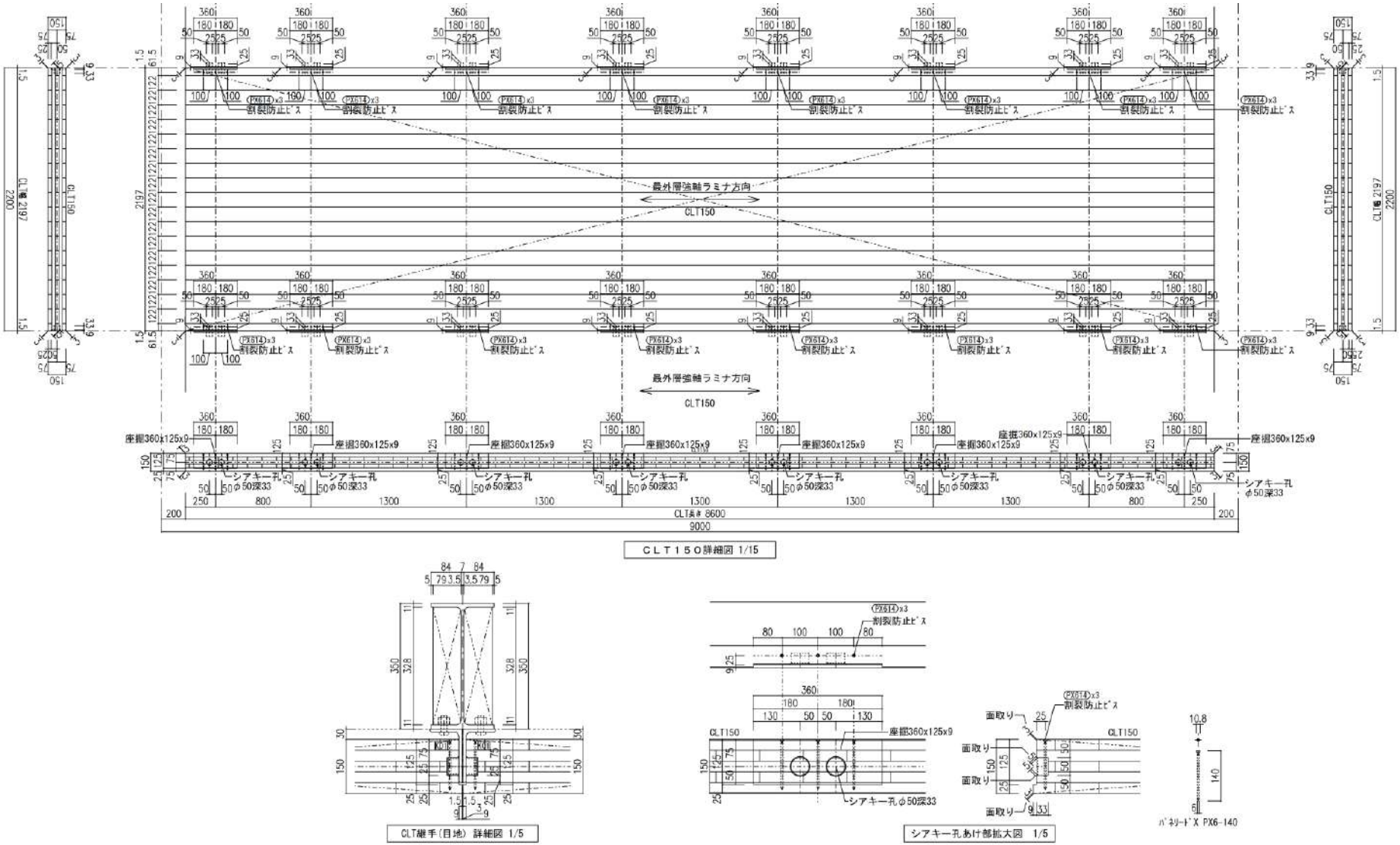

CLT150詳細図 1/15
CLT継手(目地) 詳細図 1/5
シアキー孔あけ部拡大図 1/5
最外層強軸ラミナ方向
CLT150
割裂防止ビス
座掘360x125x9
シアキー孔
CLT長さ 8600
9000

図2.2　製作図（CLT）

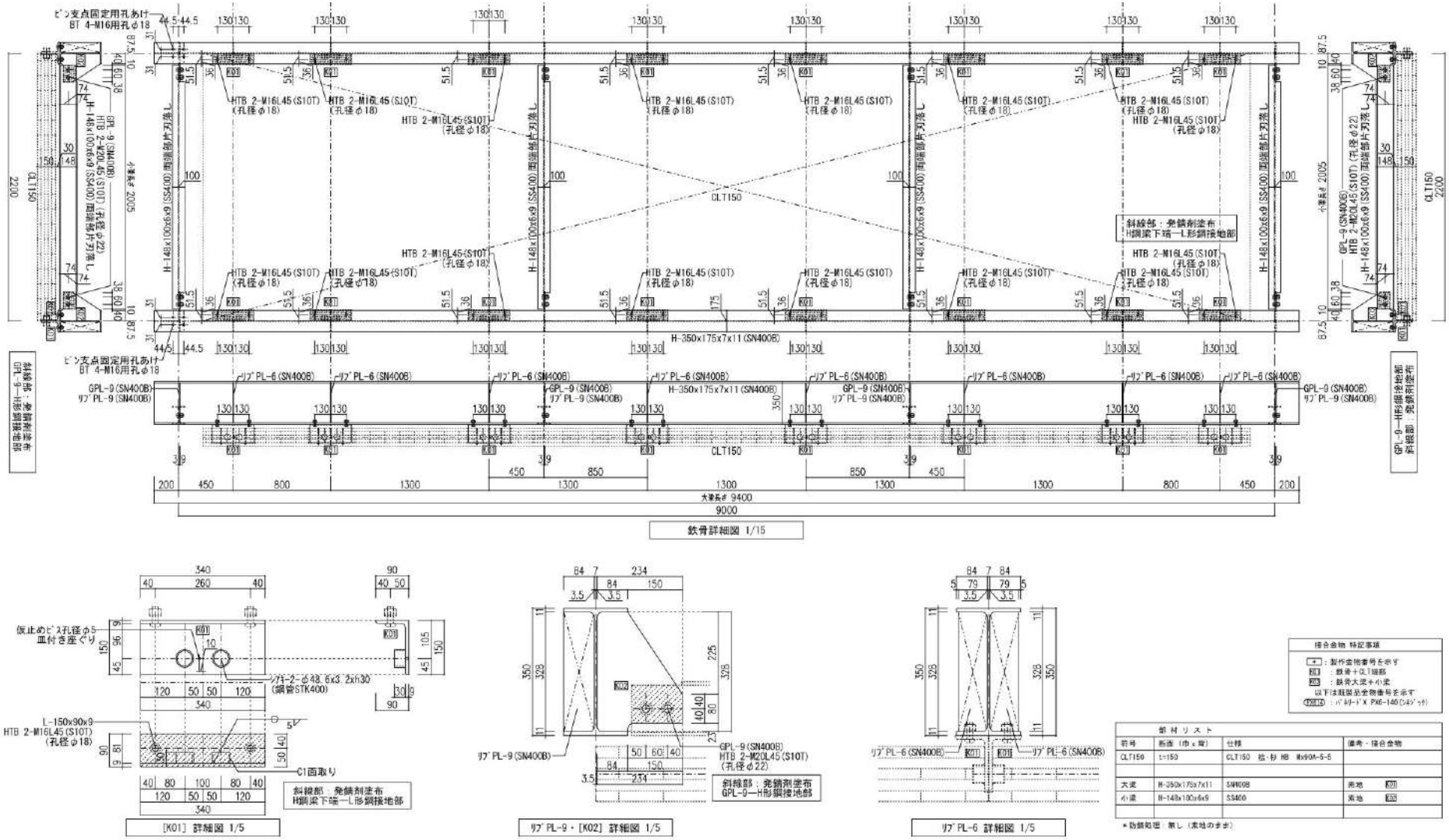

鉄骨詳細図 1/15
[K01] 詳細図 1/5
リブ PL-9・[K02] 詳細図 1/5
リブ PL-6 詳細図 1/5
斜線部：発錆剤塗布
H鋼梁下端—L形鋼接地部
斜線部：発錆剤塗布
GPL-9—H形鋼接地部
部材リスト
接合金物 特記事項

図2.3　製作図（鉄骨）

3. 試験方法

3.1 試験方法

(1)試験は 3 等分点 4 点曲げ試験とし、中央部及び加力点の鉛直変位及びシアキー接合部のせん断変位を測定した。

試験の状況を写真 3.1 及び写真 3.2 に、試験装置図及び変位計配置図を図 3.1 及び図 3.2 に示す。

写真 3.1　試験状況（載荷前）

写真 3.2　試験状況（載荷後）

(2)加力に使用した錘は、山留め鋼材を用いた。

錘の設定は、鉄骨梁のみで生じる曲げ応力度が短期許容曲げ応力度(235N/mm^2)の約 1/2 となる重量とした。

負荷重量（鉄骨梁自重+錘重量)による鉄骨梁（H350×175×7×11)の曲げ応力度とたわみの計算結果を表 3.1 に示す。

表 3.1　負荷重量による鉄骨梁の曲げ応力度とたわみの計算（鉄骨梁 1 本当たり）

断面係数 Z(cm^3)	断面2次ﾓｰﾒﾝﾄI(cm^4)	ヤング係数 E (N/mm^2)	スパン (mm)	鉄骨梁自重(N)	錘重量 (N)	M_{max} *1 (kN·m)	σ_b *1 (N/mm^2)	δ_{max} *1 (mm)
638	13,600	205,000	9,000	4,357	41,475	67.1	105	20.7

＊1錘重量は3等分集中荷重で計算、自重は等分布荷重で計算し、
M_{max}、σ_b、δ_{max}はそれらの和とした。

3.2 載荷手順

載荷は、最初に鉄骨梁のみの状態で載荷し、除荷後、CLT パネルを取り付け再度載荷し、除荷した。
載荷した錘の順番は、図 3.1 に示す錘 No の順に、中央から左右に 1 個づつ振り分け載荷した。
また、左右の錘の重量の合計が、ほぼ等しくなるように錘を振り分けた。
載荷した錘の重量の内訳(実測値)を表 3.2 に示す。また、参考までに、各部材の重量の内訳(実測値)を表 3.3 に示す。

表 3.2　錘の重量

錘No.	右(kg)	右(kN)	錘No.	左(kg)	左(kN)
1	514.5	5.05	2	517.5	5.07
3	538.5	5.28	4	538.0	5.28
5	539.5	5.29	6	542.5	5.32
7	522.0	5.12	8	518.5	5.08
9	536.5	5.26	10	534.5	5.24
11	531.0	5.21	12	527.0	5.17
13	522.5	5.12	14	527.0	5.17
15	525.5	5.15	16	524.0	5.14
計	4230.0	41.5	計	4229.0	41.5
合計(kg)	8,459				
合計(kN)	82.95				

表 3.3　各部材の重量

種類	品　名	重量（kg）	重量(N)
鋼材	G1-1　大梁　H-350×175×7×11	507.00	4,972
	G1-2　大梁　H-350×175×7×11	506.00	4,962
	大梁　小計	1013.00	9,934
	b1-1　小梁　H-148×100×6×9	37.00	363
	b1-2　小梁　H-148×100×6×9	37.00	363
	b1-3　小梁　H-148×100×6×9	37.00	363
	b1-4　小梁　H-148×100×6×9	37.00	363
	小梁　小計	148.00	1,451
接合具	HTB　M20、L45　0.3kg/個×16個	4.80	47
鉄骨フレーム合計		1165.80	11,433
接合金物	K01-①　シアキー接合金物	5.54	54
	K01-②　シアキー接合金物	5.55	54
	K01-③　シアキー接合金物	5.52	54
	K01-④　シアキー接合金物	5.52	54
	K01-⑤　シアキー接合金物	5.54	54
	K01-⑥　シアキー接合金物	5.54	54
	K01-⑦　シアキー接合金物	5.53	54
	K01-⑧　シアキー接合金物	5.54	54
	K01-⑨　シアキー接合金物	5.55	54
	K01-⑩　シアキー接合金物	5.54	54
	K01-⑪　シアキー接合金物	5.52	54
	K01-⑫　シアキー接合金物	5.52	54
	K01-⑬　シアキー接合金物	5.54	54
	K01-⑭　シアキー接合金物	5.52	54
	K01-⑮　シアキー接合金物	5.52	54
	K01-⑯　シアキー接合金物	5.52	54
	K01　シアキー接合金物　小計	88.51	868
接合具	HTB　M16、L45　0.178kg/個×32個	5.69	56
	割裂防止ビス　PX6-140　0.0157kg/個×48本	0.75	7
木材	CLT１５０	1219.12	11,955
治具	吊り具　4.72kg/個×4個	18.88	185
CLT+鉄骨フレーム合計		2498.75	24,504

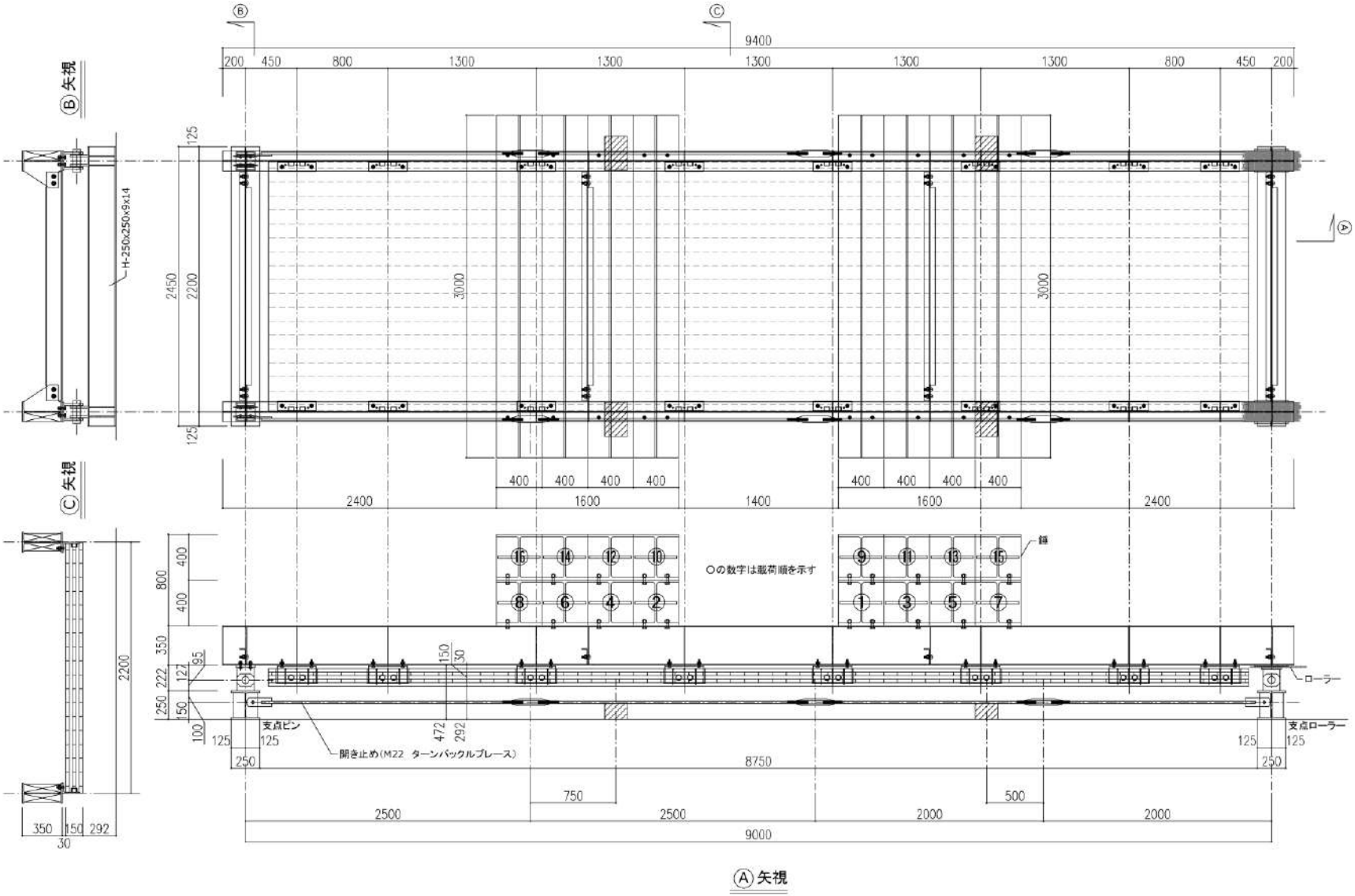

Ⓑ矢視
Ⓒ矢視
Ⓐ矢視
H-250x250x9x14
○の数字は載荷順を示す
錘
ローラー
支点ピン
支点ローラー
開き止め(M22 ターンバックルブレース)
9400
9000
8750

図 3.1　試験装置図

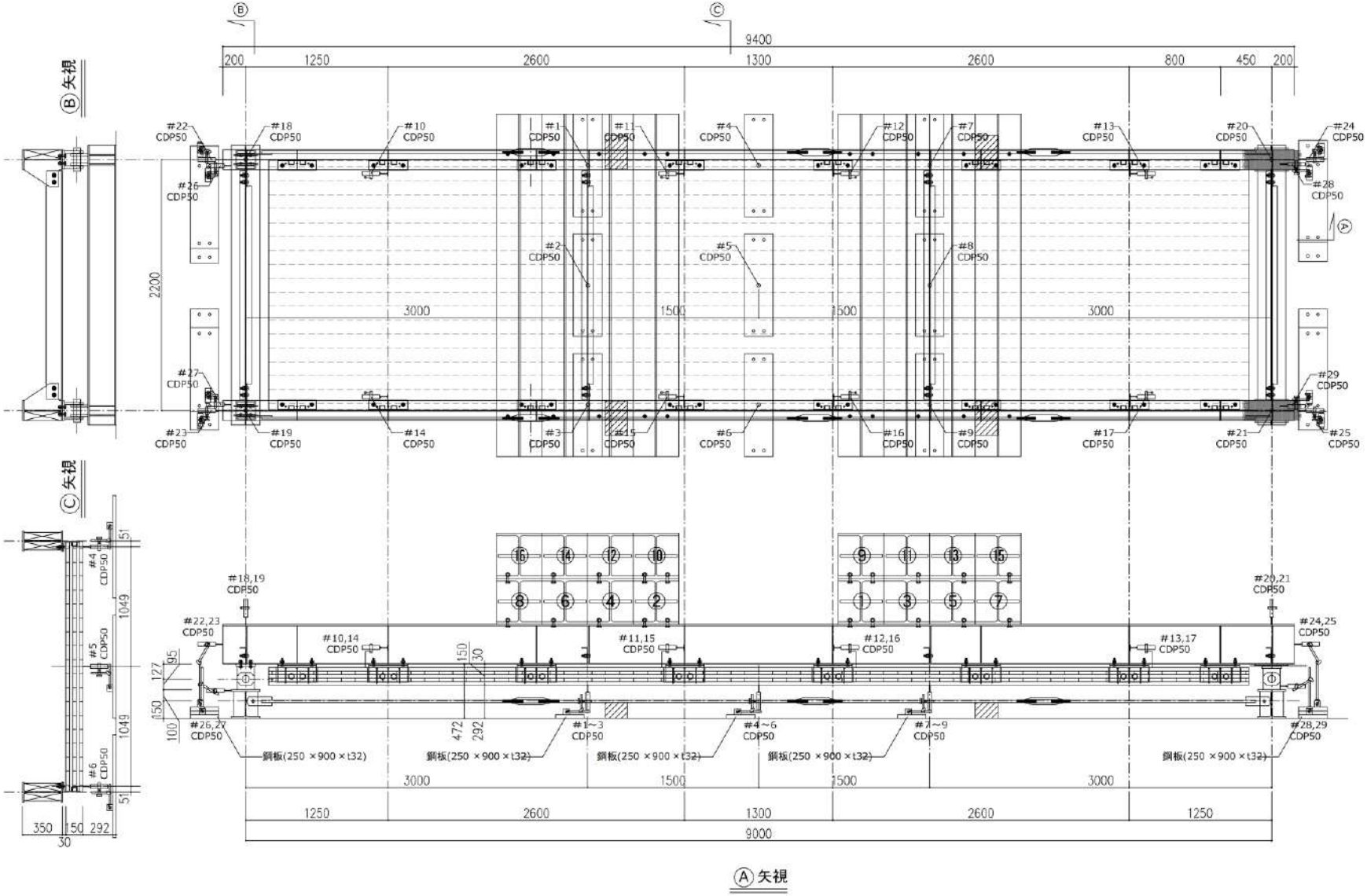

Ⓑ矢視
Ⓒ矢視
Ⓐ矢視
9400
200
1250
2600
1300
2600
800
450
200
2200
3000
1500
1500
3000
9000
#1 CDP50
#2 CDP50
#3 CDP50
#4 CDP50
#5 CDP50
#6 CDP50
#7 CDP50
#8 CDP50
#9 CDP50
#10 CDP50
#11 CDP50
#12 CDP50
#13 CDP50
#14 CDP50
#15 CDP50
#16 CDP50
#17 CDP50
#18 CDP50
#19 CDP50
#20 CDP50
#21 CDP50
#22 CDP50
#23 CDP50
#24 CDP50
#25 CDP50
#26 CDP50
#27 CDP50
#28 CDP50
#29 CDP50
#18,19 CDP50
#20,21 CDP50
#22,23 CDP50
#24,25 CDP50
#10,14 CDP50
#11,15 CDP50
#12,16 CDP50
#13,17 CDP50
#26,27 CDP50
#28,29 CDP50
#1～3 CDP50
#4～6 CDP50
#7～9 CDP50
鋼板(250 ×900 ×t32)
1049
350
150
292
30
51
95
127
100
472
292
150
30

図 3.2　変位計設置図

4. 試験結果

4.1 荷重 P とスパン中央変位 δc の関係

図 4.1 に鉄骨フレームのみと CLT＋鉄骨パネルの荷重とスパン中央変位の関係を示す。

ここで、

①荷重 P：載荷時の錘の合計重量

*各錘の重量及び載荷順は 3.2 載荷手順参照

②スパン中央部の変位 δc

・鉄骨フレームのみ：δc＝（δ4+δ6)/2+(δ18+δ19+δ20+δ21)/4

・CLT+鉄骨パネル：δc＝（δ4+δ5+δ6)/3+(δ18+δ19+δ20+δ21)/4

δi：変位計 CHi の計測による変位量（i=4,5,6,18,19,20,21）

また、表 4.1 に錘全載荷時におけるスパン中央変位の比較を示す。また、参考として、除荷時の残留変形も合わせ示す。

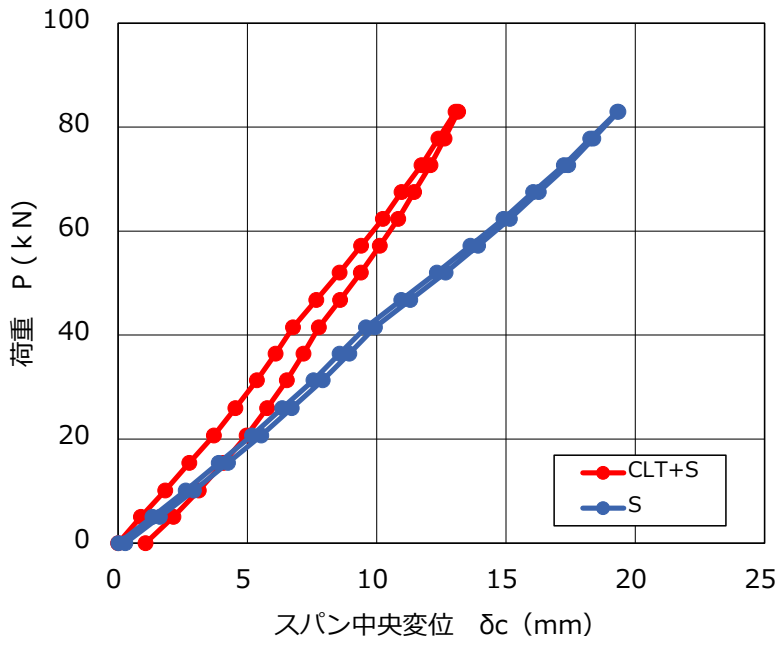


図 4.1　荷重 P とスパン中央変位 δc の関係

表 4.1　錘全載荷時におけるスパン中央変位 δc の比較

試験体		荷重 P(kN)	スパン中央変位 δc(mm)	②/①	残留変形 δc(mm)
①	鉄骨フレーム	82.95	19.34	0.68	0.28
②	CLT+鉄骨		13.14		1.06

4.2　CLT－鉄骨梁間シアキー接合部の荷重 P とせん断変位 δs の関係

図 4.2 に CLT－鉄骨梁間シアキー接合部の荷重 P とせん断変位 δs の関係を示す。

ここで、

①荷重 P：載荷時の錘の合計重量

*各錘の重量及び載荷順は 3.2 載荷手順参照

②せん断変位 δs

・スパン中央付近シアキー接合部（スパン中央から 650mm）

δs =－(δ11+δ12+δ15+δ16)/4

・支点付近シアキー接合部（スパン中央から 3250mm）

δs=－(δ10+δ13+δ14+δ17)/4

δi：変位計 CHi の計測による変位量（i=10,11,12,13,14,15,16,17）

また、表 4.2 に全載荷時におけるせん断変位の比較を示す。また、参考として、除荷時の残留変形も合わせ示す。

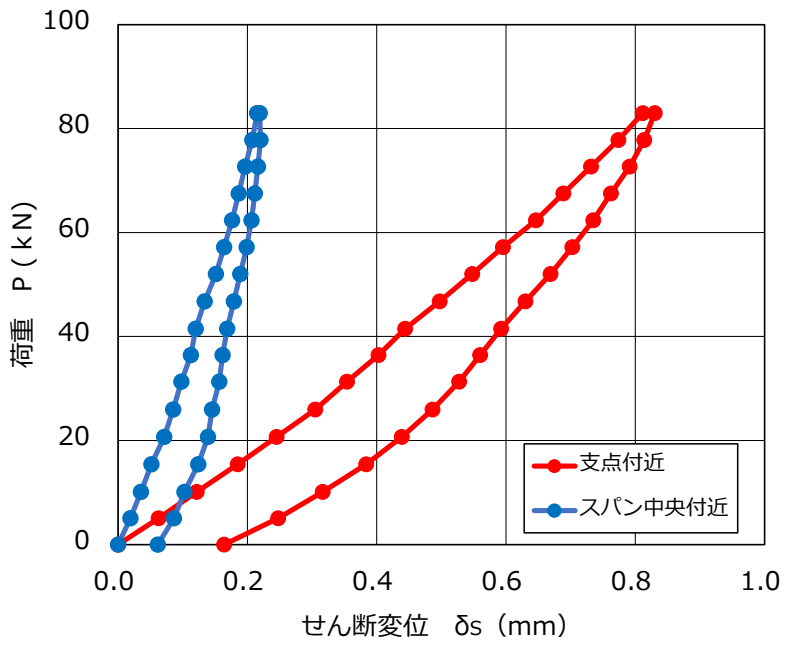


図 4.2　荷重 P とシアキー接合部のせん断変位 δs の関係

表 4.2　錘全載荷時におけるシアキー接合部のせん断変位 δs の比較

測定位置(接合位置)		荷重 P(kN)	シアキー接合部のせん断変位 δ s(mm)	②/①	残留変形 δ c(mm)
①	スパン中央付近 (スパン中央から650mm)	82.95	0.22	3.79	0.06
②	支点付近 (スパン中央から3250mm)		0.83		0.16

5. 試験後の状況

試験後の試験体の主な状況を写真 5.1 及び写真 5.2 に示す。

パネル下端(見え掛かり）の状況	パネル下端(見え掛かり）の状況
解体した状況(全景)	解体した状況(全景)

写真 5.1　試験後の試験体の状況

シアキー接合部（パネル端部）の状況
パネルに損傷は見られない。

シアキー接合部（パネル端部）の状況
接合部に損傷は見られない。

シアキー接合部（パネル端部）の状況
接合金物に損傷は見られない。

シアキー接合部（パネル中央部）の状況
パネルに損傷は見られない。

シアキー接合部（パネル中央部）の状況
接合部に損傷は見られない。

シアキー接合部（パネル中央部）の状況
接合金物に損傷は見られない。

写真 5.2　試験後の接合部の状況

6. 計算値と実験値の比較

組立梁の設計式*1)による計算値（以後、計算値と言う）及びフレーム解析による解析値（以後、解析値と言う）と実験値を比較した結果を図 6.1、表 6.1 に示す。

なお、計算値の算出内容は Appendix1 に、フレーム解析モデル及び解析結果は Appendix2 に示す。

*1 木造軸組工法 中大規模木造建築物の構造設計の手引き（許容応力度設計編）2.8 組立梁の構造設計法、(公財)日本住宅・木材技術センター、2020.11

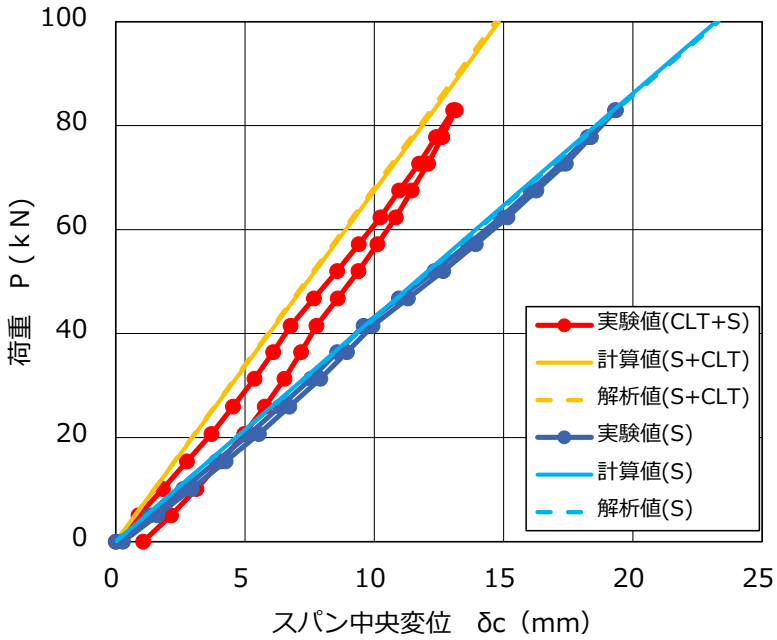


図 6.1 実験値と計算値及び解析値との比較（スパン中央変位）

表 6.1 実験値と計算値及び解析値との比較（スパン中央変位）

	鉄骨フレーム δ_S(mm)	CLT+鉄骨 δ_{CLT+S}(mm)	剛性増大率 $\delta_S / \delta_{CLT+S}$	計算値or解析値/実験値
実験値	19.34	13.14	1.47	−
計算値	19.25	12.29	1.57	1.06
解析値	19.34	12.18	1.59	1.08

(1)鉄骨フレームに対する CLT+鉄骨ハイブリットパネルの剛性増大率は、計算値及び解析値共に、僅かに実験値より高いが、十分予測できていると考える。

これらの差は、実験における残留変位の 1mm を初期ガタの影響と考えると、この 1mm を計算値及び解析値に加えると両者はほぼ一致する。

従って、設計上はこれらを考慮し、剛性増大率を若干低減させるか(例えば×0.9）、接合部の剛性を初期ガタ分小さくして計算又は解析を行う事で、十分設計は可能であると考える。

(2)計算値と解析値はほぼ一致しており、本ハイブリットパネルの設計においても、組立梁の設計式を用いても問題が無いこと事が確認された。

CLT+鉄骨ハイブリットパネルの設計

鉄骨梁1本+CLT幅1/2の組立梁を仮定した。

(1)部材構成

鉄骨梁	ヤング係数	E	=	205,000	N/mm^2	
	断面積	A	=	6,314	mm^2	
	断面2次モーメント	I	=	136,000,000	mm^4	
	軸剛性	EA_s	=	1,294,370,000	N	
	曲げ剛性	EI_s	=	2.788.E+13	Nmm^2	
CLT	軸ヤング係数	E_t	=	4,800	N/mm^2	Appendix1-2参照
	曲げヤング係数	E_b	=	7,104	N/mm^2	Appendix1-2参照
	有効幅	B	=	1,100	mm	CLTパネル幅の1/2
	背	h	=	150	mm	
	断面積	A	=	165,000	mm^2	
	断面2次モーメント	I	=	309,375,000	mm^4	
	軸剛性	$E_t A_{CLT}$	=	792,000,000	N	
	曲げ剛性	$E_b I_{CLT}$	=	2.20.E+12	Nmm^2	
せん断キー	せん断剛性	k	=	42,300	N/mm	要素実験値(50%下限値)
	配置間隔	s	=	1,300	mm	標準間隔
構成	スパン	L	=	9,000	mm	
	中立軸間距離	H	=	280	mm	
	積層数	n	=	2	層	

(2)曲げ剛性の算出

①ウェブのせん断剛性　G_p　=　9,111 N/mm

$$G_P=\frac{H}{(n-1)s}k$$

②剛性増大率の計算　C_0

$$C_0=1+\frac{1}{\left(\frac{1}{H^2}\Sigma\frac{1}{EA}+\frac{600}{61GP\cdot H\cdot L^2}\right)\Sigma EI}$$

曲げ剛性の単純和　ΣEI　=　3.008.E+13 Nmm^2

剛性増大率　C_0　=　1.45

③曲げ剛性　EI_{S+CLT}　=　4.367E+13 Nmm^2

$$EI_{S+CLT}=C_0\times\Sigma EI$$

(3)錘全載荷時のたわみの計算

①CLT+鉄骨ハイブリットパネル

$$\delta_{S+CLT}=\frac{23\cdot P\cdot L^3}{648\cdot EI_{S+CLT}}$$

δ_{S+CLT}　=　12.29 mm

載荷荷重(片側)　P　=　20,738 N

②鉄骨フレームのみ

$$\delta_S=\frac{23\cdot P\cdot L^3}{648\cdot EI_S}$$

δ_S　=　19.25 mm

③たわみ比(剛性比)

δ_{S+CLT}/δ_S　=　0.64

(4)錘全載荷時のシアキー接合部の負担せん断力とせん断変位の計算

①最大負担せん断力　${}_JQ$　(錘外端ー支点間のせん断力)

$$_JQ=\left(1-\frac{1}{C_0}\right)\frac{S}{H}Q$$

Q　=　20.74 kN

${}_JQ$　=　30.0 kN

②せん断変位　δ

$$\delta=\frac{_JQ}{k}$$

δ　=　0.71 mm

Shear Analogy Method※1に基づいて、面外方向の曲げ弾性係数E_bとせん断弾性係数Gを次のように計算する。以下、ラミナの繊維方向がCLT パネルの長手方向に平行な層を「平行層」、直交する層を「直交層」と称する。

$$E_b = \frac{\sum\left(E_i \cdot I_i + E_i \cdot A_i \cdot Z_i^2\right)}{I_0}$$

E_i　:一方の外層から数えてi 番目の層のラミナのヤング係数(直交層はE_i=0)
A_i　:一方の外層から数えてi 番目の層の断面積
I_i　:i 番目の層の断面二次モーメント
Z_i　:i 番目の層の重心とCLT パネルの中立軸との距離
I_0　:CLT パネルの断面二次モーメント

$$G = \frac{a^2}{\frac{h_1}{2 \cdot G_1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{h_i}{G_i} + \frac{h_n}{2 \cdot G_n}} \cdot \frac{1}{t_{gross}}$$

a　:外層同士の重心間距離(外層が弱軸の場合、その一つ内側のラミナ同士の距離とする)
hi　:i番目の層の厚さ
Gi　:i番目の層のせん断弾性係数(平行層G_i = E_i/16、直交層G_i = E_i/160)
t_{gross}　:CLT パネルの厚さ

(1)曲げ弾性係数E_bの算出

ラミナ構成	強度等級	パネル厚さ t_{gross} (mm)	CLT幅 (mm)	外層同士の重心間距離 a (mm)	外層ラミナ方向
5層5プライ	Mx90A	150	2200	120	強軸

*内層M60Aを使用。

層	CLT幅 (mm)	ラミナ厚 (mm)	層断面積 A_i (mm²)	ラミナE E_i (N/mm²)	ラミナ方向	$E_i \cdot A_i$	断面二次モーメント I_i (mm⁴)	中立軸との距離 Z_i (mm)	$E_i \cdot I_i + E_i \cdot A_i \cdot Z_i^2$
1	2200	30	66000	9000	平行層	5.9E+08	4950000	60	2.18295E+12
2	2200	30	66000	0	直交層	0	4950000	30	0
3	2200	30	66000	6000	平行層	4E+08	4950000	0	29700000000
4	2200	30	66000	0	直交層	0	4950000	−30	0
5	2200	30	66000	9000	平行層	5.9E+08	4950000	−60	2.18295E+12
					Σ $E_i \cdot A_i$	1.6E+09	Σ $E_i \cdot I_i + E_i \cdot A_i \cdot Z_i^2$		4.3956E+12

I_0 ＝ 6.19E+08 (mm⁴)

以上より、　E_b ＝ 7,104 (N/mm²)

(2)せん断弾性係数Gの算出

層	ラミナ厚 h_i (mm)	ラミナ強度 Ei (N/mm²)	ラミナ方向	層のせん断弾性係数 G_i(N/mm²)	h_i/G_i	備考
1	30	9000	平行層	563	0.02667	$h_i/G_i/2$
2	30	6000	直交層	38	0.8	
3	30	6000	平行層	375	0.08	
4	30	6000	直交層	38	0.8	
5	30	9000	平行層	563	0.02667	$h_i/G_i/2$
1層目と5層目のh_i/G_iは半分としている。				Σ h_i/G	1.73333	

以上より、　G ＝ 55.4 (N/mm²)

(3)引張弾性係数E_tの算出

$$E_t = E_{t\text{-}oml} \cdot \frac{A_A}{A_0} = E_{t\text{-}oml} \cdot \frac{\Sigma Ei \cdot A_i}{E_0} \cdot \frac{1}{A_0} = \frac{\Sigma Ei \cdot A_i}{A_0}$$

$E_{t\text{-}oml}$　:外層に用いられるラミナの引張弾性係数
A_A　:等価断面積

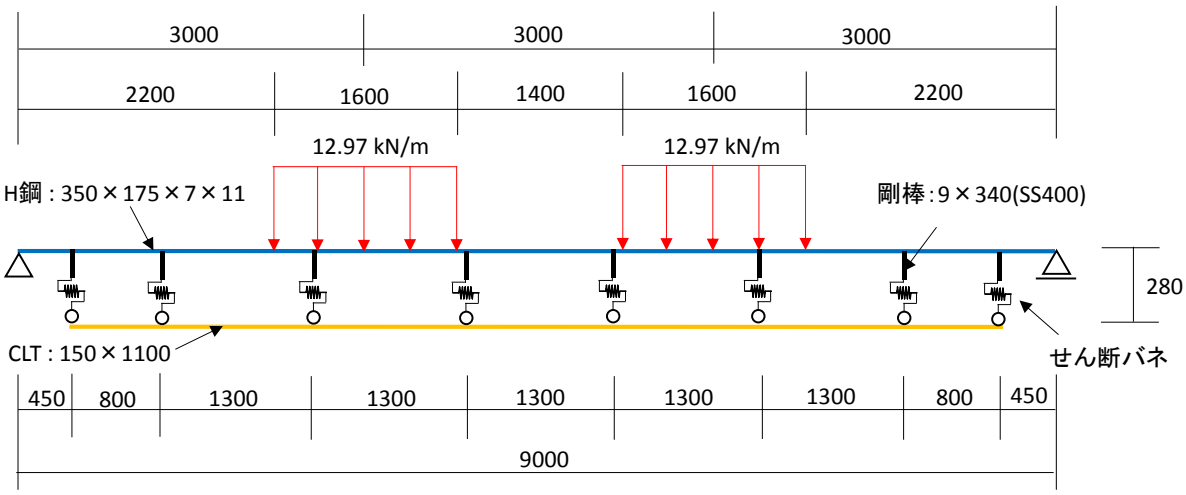
$$A_A = \frac{\Sigma Ei \cdot A_i}{E_0}$$

E_i　:各層のラミナの引張弾性係数
A_i　:各層の断面積
E_0　:外層に用いられるラミナの引張弾性係数
A_0　:CLTの断面積

E_t ＝ 4,800 (N/mm²)

フレーム解析

(1)解析モデル



鉄骨梁	ヤング係数	E	=	205,000	N/mm^2
	断面積	A	=	6,314	mm^2
	断面2次モーメント	I	=	136,000,000	mm^4
CLT	軸ヤング係数	E_t	=	4,800	N/mm^2
	曲げヤング係数	E_b	=	7,104	N/mm^2
	せん断弾性係数	G	=	55.4	N/mm^2
	有効幅	B	=	1,100	mm
	背	h	=	150	mm
	断面積	A	=	165,000	mm^2
	断面2次モーメント	I	=	309,375,000	mm^4
せん断キー	せん断剛性	k	=	42,300	N/mm

(2)解析プログラム

MIDAS iGen ver.875 ((株)マイダスアイティジャパン)

(3)解析結果

スパン中央部の変位を表 A2.1 に示す。

表 A2.1　解析結果

試験体		総荷重 P(kN)	スパン中央変位 δ c(mm)	②/①
①	鉄骨フレーム	41.50	19.34	0.63
②	CLT+鉄骨		12.18	

7. まとめ

CLT パネルと鉄骨梁を複合した CLT+鉄骨ハイブリットパネルの実大曲げ試験を行い、以下の事が確認された。

(1)CLT+鉄骨ハイブリットパネルは、鉄骨フレームのみに対して約 1.5 倍剛性を増大させ、たわみ抑制効果が認められた。

(2)組立梁の設計式による計算値及びフレーム解析による解析値共に、実験値に比べ剛性は僅かに高いが（1.06～1.08 倍）、初期ガタの影響を考慮して設計を行えば、十分設計が可能である事が分かった。

(3)計算値と解析値はほぼ一致しており、本ハイブリットパネルの設計においても、組立梁の設計式を用いても問題が無いこと事が確認された。

2.3 日ノ丸産業(株)／(株)白兎設計事務所

事業名			日ノ丸産業株式会社本社建替工事の建築実証
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（菅原大介）
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+CLT床版
	階数		4
	高さ（m）		16.3
	軒高（m）		14.99
	敷地面積（㎡）		1673.3
	建築面積（㎡）		407.93
	延べ面積（㎡）		1481.06
	階別面積	１階	388.43
		２階	318.8
		３階	374.19
		４階	374.19
		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		428㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	カラーガルバリウム鋼板(t=0.8)折板葺き
		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PB21ｔ（二重）張り+LGS65型@455下地
		間仕切り壁	PB12.5ｔ　両面張り+LGS65型@303下地
		床	タイルカーペット貼り（床版CLTの上置床）
		天井	ビニルクロス貼り（鋼製下地+PB9.5ｔ張り下地）
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		7.805m
	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		-
	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敷込み
		外壁	金属サンドイッチパネル50ｔ
		床	CLT面は無し
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		建方に日数を要するため、雨への対策が必要。
	給排水・電気配線設置上の工夫		-
	劣化対策		CLT床面に養生シート張り
工程	設計期間		2019年5月～2月（10カ月）
	施工期間		2020年8月～2021年7月（12ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2020年12月上旬～2021年2月上旬（3カ月）
	竣工（予定）年月日		2021年7月31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：日ノ丸産業株式会社本社建替工事の建築実証
建築主等／協議会運営者：日ノ丸産業株式会社／株式会社白兎設計事務所

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　＋　CLT 床		
階数		4		
高さ（m）		16.3	軒高（m）	14.99
敷地面積（㎡）		1673.30	建築面積（㎡）	407.93
階別面積	１階	388.43	延べ面積（㎡）	1481.06
	２階	318.80		
	３階	374.19		
	４階	374.19		
	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）		428 m^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 8 月～2021 年 7 月（12 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		2020 年 12 月上旬～2021 年 2 月（3 ヵ月）		
竣工（予定）年月日		2021 年 7 月 31 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

実証事業の目的

山陰地方の気候において、4 階建ての中層建築物を木構造で実現する上で、如何に含水管理された JAS 材を良好な乾燥状態で施工するかが課題となる。木質 2 方向ラーメン構造にプラットホーム工法を採用することにより、施工工程の簡略化を図り、CLT 床版を採用することによる他構造との施工性、工事日程の対比を検証する。CLT 版の雨養生の検討、実証することにより品質保持の在り方を検証する。

３．協議会構成員

（設計）株式会社白兎設計事務所：菅原大介
（施工）大和建設株式会社：田中但男
（資材調達）SMB 建材株式会社：片桐真人

４．課題解決の方法と実施工程

協議会を通じて設計・施工・資材調達が相互に協力しあい適切な実証方法を検討していく。本工事施工前の実地での現場暴露試験により、本事業の条件に見合った養生方法を検証する。4 層ある CLT 床版をプラットホーム工法にて施工していく中で実証内容を検討し、手法をかえて、適切な養生方法を考案する。

＜協議会の開催＞
2020 年 7 月：第 1 回開催、問題点洗い出し
8 月：第 2 回開催、着工前確認
9 月：第 3 回開催、木工事進捗確認
10 月：第 4 回開催、工事改善点等確認
2021 年 1 月：第 5 回開催、まとめ
＜設計＞
2020 年 7 月：実施設計
7 月：構造設計
8 月：建築確認申請
＜施工＞
2020 年 8 月：工事契約
8～11 月：着工、基礎工事
2020 年 11 月 ～ 2021 年　2 月　木構造躯体工事
2021 年 2 月 ～ 5 月：外・内装工事
2021 年 1 月 ～ 6 月：設備工事
6 月 ～ 7 月：外構工事
7 月：竣工予定

５．得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。
（1）現場暴露試験結果
暴露試験より床材として CLT を水平設置した場合、表面に水分が滞留することから撥水材塗布養生では良い効果を期待することが出来ないことが分かった。またラミナ間の隙間からの浸水を防ぐ点でもシートによる養生は効果があった。

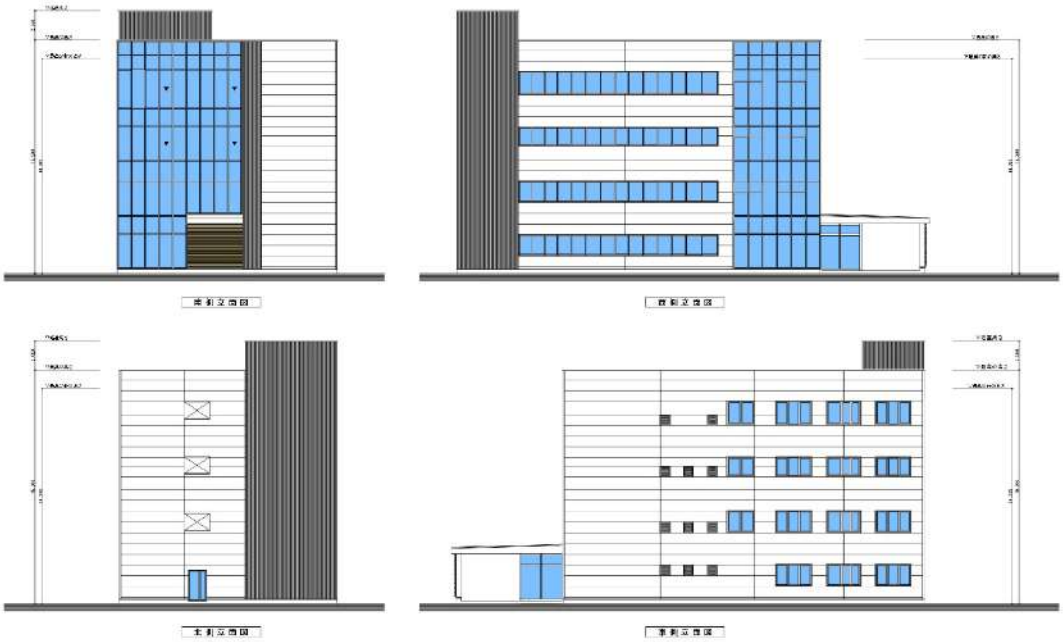
（2）施工レポート

各層の養生実証を通してより生産に近い時点で養生を実施することが施工の上ではメリットとなることが分かった。計画の早い段階から養生方法を計画し、実施することが品質保持の上で重要となる。

６．本実証により得られた成果

本事業で得られた成果はこれから中層建築物を木造で実現する場合の参考となる。また各種の養生方法は同じ工法を採用した場合だけでなく架構を木現しとする場合の有用な情報となる。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



完成パース

1 層目（1 階柱）建方状況

2 層目（3 階床）建方状況

木構造躯体建方完了

木構造躯体建方状況

木構造躯体内部

1. 実証事業概要

本事業は『平成 30 年度補正　CLT 建築実証支援事業』にて設計実証した事業（以下前事業）の建築実証事業となる。大断面集成材を用いた木質 2 方向ラーメン構造で柱・梁の軸組を形成し、4 層ある床、屋根スラブを CLT にて構成した 4 階建ての木造建築物となっている。前事業にて検討された事項を基に本実証事業では 4 階建て中層木造建築物を実現する際の施工プロセス、特に冬の山陰地方という気候の中での CLT 施工に関する養生方法についての建築実証を行った。

2. 建方計画

本事業ではマザーボードからの加工による CLT パネルのロスを縮減し、かつ複数層に床版として CLT を用いるため、木造枠組壁工法に採用されるプラットフォーム工法にて建方を行った。柱を各層毎に分割し柱、梁による 4 層の骨組みとし、各層毎に軸組建方及び CLT 床版の設置をすることで CLT 版設置時の上層階の柱梁フレームによる干渉を排し、大型 CLT パネルでの床版の形成を可能としている。

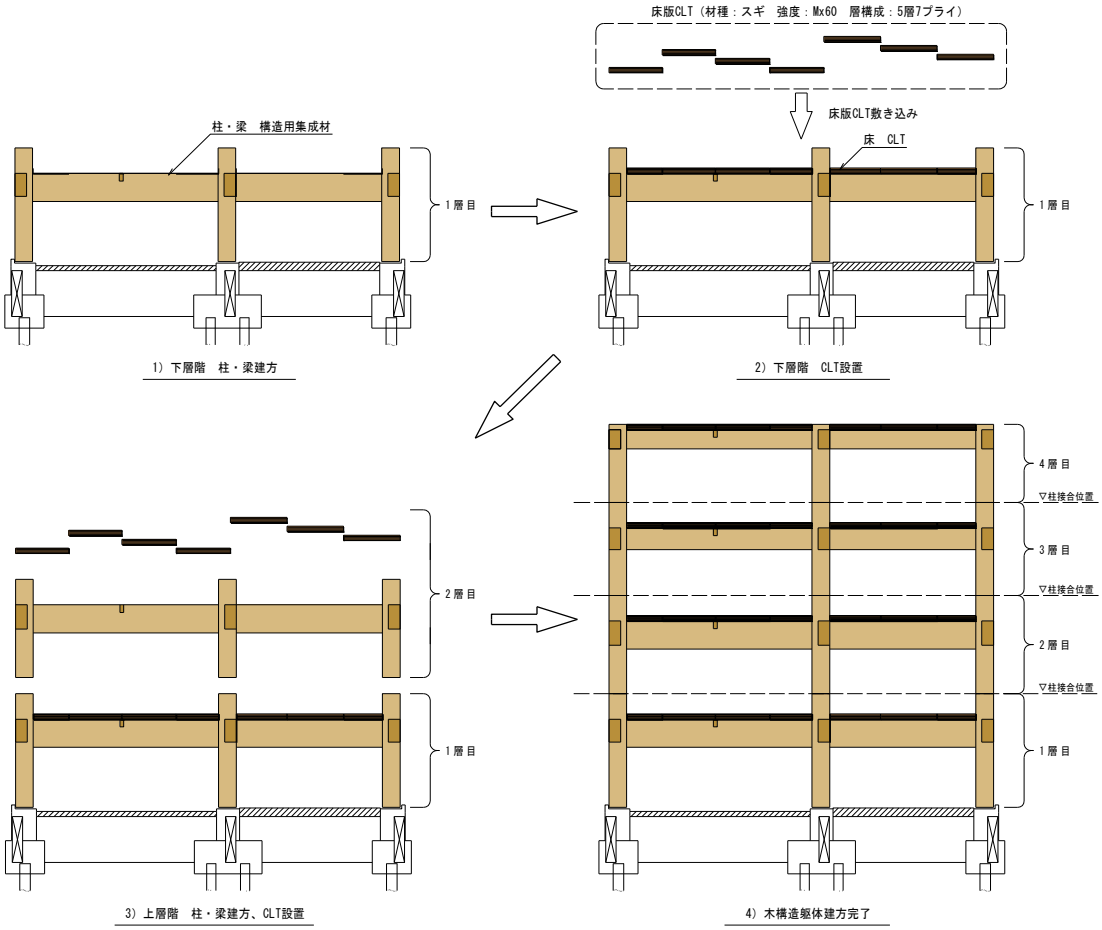


図　プラットフォーム工法　施工手順

CLT パネルは最大短手方向（弱軸方向）2,174 ㎜、長手方向（強軸方向）11,275 ㎜のパネルを使用した。大型パネルの使用に伴い建方スペースの確保も必須となった。本事業では前事業にて建方計画の検討がなされていたことに加え、お施主様所有の隣地の一部を借用できたことにより十分な建方スペースを確保することが出来た。面材として大きな寸法を製作可能な事は CLT の大きな利点であるが、活用していく上では事業計画への早い段階からの設計、施工、資材調達を含めた計画への参画が必要である事を実感した。

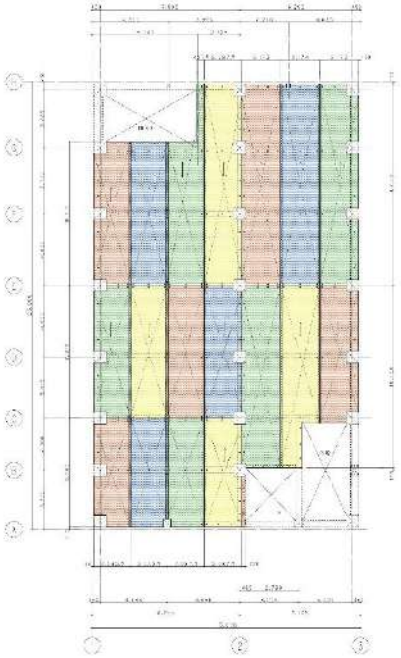


図　CLT パネル割付

本工事の柱梁接合は GIR 接合を採用している。CLT と軸組との接合にも M20 の全ネジボルトによる GIR 接合を採用し、ビス留めに比較して、本数が少なく、せん断強度の高い接合となっている。

プラットフォーム工法ならびに大型 CLT パネルの床版への採用は建方時強固な水平構面を各層毎に効率よく形成可能であり、高所作業の減少等安全面ならびに作業性に寄与していた。但しパネルの大型化、建築物の中層化は前述の作業スペースの確保のほか揚重機械の大型化と同義であり、本工事でも 25 t クレーンから始まり最終的には 70 t クレーンが必要となるなど計画段階より考慮が必要な点も多くみられた。

3.　現場暴露試験

木構造躯体工事実施前に CLT パネル上が作業構面になることから、環境に則した養生方法を検証するため実地にて暴露試験を実施した。

3-1　試験目的

本事業にて使用する床版 CLT について実施に近い環境で、異なる養生を行い工事に適した養生方法を検証する。

3-2　試験方法

試験体（CLT　スギ　5 層 7 プライ M x 60A 相当　巾 600 ㎜×長さ 900 ㎜×厚 210 ㎜）を床版としての仕様を想定し、3 つの試験体に異なる養生を施した後架台上に水平に設置し状態変化の観察、比較を行った。試験体は 1.無養生、2.シート養生、3.撥水材塗布養生の 3 種類にて実施した。

写真　試験体作成（シート張り）状況

写真　試験体作成（撥水材塗布）状況

写真　暴露試験実施状況

写真左より無養生、シート養生、撥水材塗布養生

3-3　結果と考察

暴露試験の実施期間は 10 月初旬～11 月初旬の約 30 日間実施した。試験期間中は良くも悪くも山陰特有の雨の多い日が続き、設置した温湿度計の記録では試験期間の平均気温は 15.6℃、平均湿度は 76.6%となった。各試験体の経過観察記録は下記となる。

1. 試験体 1（無養生）：設置数日後には表面ラミナにカビの発生、ラミナの反りが観察された。試験期間を通じてラミナの気候による収縮・膨張が確認されラミナ間に隙間の発生が確認された。これは本事業仕様の CLT は積層接着された製品であり、ラミナ間の幅はぎ接着は行われていないために発生したものと考察される。ラミナ間の隙間より下層プライへの透水も確認された。また表面ラミナの汚れ、退色が観察された。
2. 試験体 2（シート養生）：試験期間を通じて大きな変化は観察出来なかった。ラミナ間の隙間の発生も確認出来なかった。表面ラミナの退色についても大きな変化は確認出来ない。
3. 試験体 3（撥水材塗布養生）：雨の降り始めや朝露による撥水効果は試験期間を通じて確認することが出来た。但し雨量の多い場合やラミナ表面に水分が滞留した場合ラミナへの透水が観察された。結果カビ、表面ラミナの反りが発生していた。またラミナ間の隙間の発生による下層ラミナへの透水も観察された。表面ラミナ

の退色についても無養生品との差異は観察出来なかった。

3-4　まとめ

暴露試験より床材として CLT を水平設置した場合、表面に水分が滞留することから撥水材塗布養生では良い効果を期待することが出来ないことが分かった。またラミナ間の隙間からの浸水を防ぐ点でもシートによる養生は効果があった。各試験体の寸法精度の確認を行ったがシート養生では寸法の変化はほぼ確認出来なかった。但し無養生・撥水材塗布養生とも多少の収縮・膨張はみられたがこちらも大きな変化は観察出来なかった。このことから CLT の面材としての優位性を実感することが出来た。経過観察する中でシミ・カビの発生は試験開始後 4 日程度の早い段階で確認されたことから、初期養生の重要性を痛感した。

暴露試験より本事業に於けるシートによる養生の有効性が確認出来た。

経過観察記録（抜粋）

・試験体 1（無養生）

・経過 11 日目（気象　午前・午後共晴れ）
前日の降雨により試験体上面に水の滞留、表面ラミナへの透水がみられる。
ラミナ間の隙間はラミナの膨張により減少している。
シミ・カビの発生が散見される。

・経過 30 日目（気象　午前・午後共晴れ）
ラミナ間の隙間、シミ・カビの発生が散見される。ラミナ表面が退色している。

・試験体 2（シート養生）

・経過 11 日目（気象　午前・午後共晴れ）
前日の降雨はシート表面に滞留し内部への透水は確認出来ない。ラミナ間の隙間、シミ・カビの発生も確認出来ない。

・経過 30 日目（気象　午前・午後共晴れ）
変化は確認出来ない。ラミナの退色も確認出来ない。

・試験体 3（撥水材塗布養生）

・経過 11 日目（気象　午前・午後共晴れ）
前日の降雨は撥水効果により水滴状となっているが、ラミナへの透水も確認出来る。ラミナ間の隙間、シミ・カビの発生も散見される。

・経過 30 日目（気象　午前・午後共晴れ）
ラミナ間の隙間、シミ・カビの発生が散見される。ラミナ表面が退色している。

4.　施工レポート

暴露試験の結果を基に各層 CLT のシート養生を実施した。各層毎の実施と結果を下記に示す。

4-1　1 層目（2 階床）計画・実施

1 層目の養生は CLT スプライン接合部ならびに GIR 接合部の全ネジボルト挿入部の木栓処理を考慮し、CLT 設置後の実施を計画した。養生シートは木造枠組壁工法等で使用されるシート裏面に粘着剤が塗布されている床下張材養生シートを用いた（写真 1)。また CLT の突合せ部ならびに柱勝ちとなる柱-CLT 取り合い部に関してはシーリング処理（写真 2）を、CLT スプライン接合部にはバックアップ材を CLT 取り合い部に張り付けそれを構造用合板で押える形として下層階への漏水防止処理とした（写真 3)。CLT 上が作業構面となること、上層階建方に高所作業車の使用を計画していたことから高所作業車走行部の構造用合板敷による養生も検討したが、施工者と打合せの上シートの巻き込み・損傷等床への影響を低減するため走行機能が履帯式のクローラ式高所作業車にかえ、ゴムタイヤのホイール式高所作業車とすることで対応した。

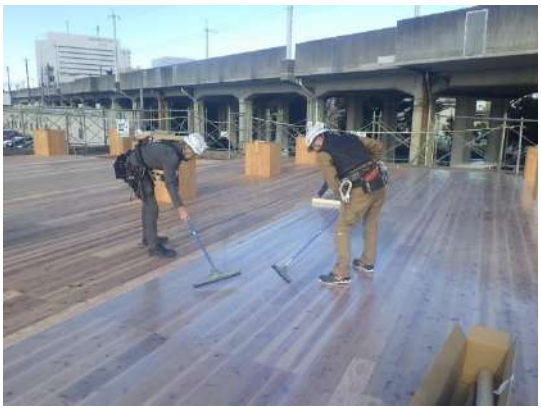


写真 1　養生シート張り状況

写真 2　取り合い部シーリング状況

写真 3　スプライン接合部処理状況

養生実施後の作業状況

4-2　1 層目（2 階床）結果

1 層目の実施により本事業規模の建築物では CLT の搬入からスプライン接合完了まで 3 日～4 日程度要することが分かった。また 1 層目実施期間では幸い好天に恵まれたが養生前に朝露により CLT 上に湿気を帯びることがあった。養生実施数日後には CLT 上に降雪による積雪があり、シート上が大変滑りやすくなり、ホイール式高所作業車ではホイールが空転しクローラ式に変更する必要がでるなど問題点もあった。また養生シートのジョイント部が除雪や作業により捲れてくるなど改善が必要な部分が散見された。だが養生が適正に実施されている部分では CLT の濡れや下層階への漏水は無くシートによる養生ならびに各所の漏水処理の有用性を確認した。

4-3　2 層目（3 階床）計画・実施

1 層目の実証に基づいて CLT の現場搬入から設置完了までの天候の変化による影響を無くすため、2 層目の CLT 養生は CLT を現場搬入し仮置きした時点で行うよう計画し（写真 4)、スプライン接合部ならびに木栓部については設置完了後にシートを増し張りすることで対応するように計画した。また作業によるシートへの影響を考慮しシートは高強度タイプのものを使用し、シートジョイント部には補強テープ張りを行った。(写真 5）取り合い部へのシーリング処理は引き続き実施し、スプライン接合部のバックアップ材貼付けは作業性を考慮し取り合い部同様シーリング処理とした（写真 6)。

写真 4　CLT 設置前のシート張り状況

写真 5　スプライン接合部シート増し張り

写真 6　スプライン接合部処理状況

2 層目（3 階床）養生状況

4-4　2 層目（3 階床）結果

1 層目と同じく養生実施後積雪に見舞われたが 1 層目のように除雪によりシートジョイント部が捲れてくるなどの問題は生じなかった。シート上の滑り易さに関してはシート表面に凹凸処理が施してある製品だったため若干の改善はみられたが依然滑り易く積雪や凍結時には細心の注意が必要だった。クローラ式の高所作業車による補強テープの剥がれや一部シートの捲れはあったが 1 層目と比較して良好な養生となった。

写真　降雪後の状況　除雪によるシートの捲れはない

4-5　3 層目（4 階床）計画・実施

3 層目については 2 層目が比較的良好な養生となったことから、原則 2 層目の養生方法による実施を計画していた。しかし CLT 搬入、建方を予定した日に悪天候が予報されていたことから養生実施の時期が問題となった。CLT 設置後天候が回復してから透湿性のあるシートにより養生を実施するなど何案か検討したが、数日間天候の回復が見込めないこと、暴露試験の結果による初期養生の重要性を鑑み、資材の加工・販売を行っている業者の工場の一角にて養生シート張りを行うこととした。

写真　CLT 仮搬入状況

写真　工場でのシート張り状況

4-6　3 層目（4 階床）結果

工場で養生を実施することで天候に左右されることなく CLT 養生を実施することが可能となった。但し加工工場以外への仮搬入や CLT の積み替え、シート張りにより現場作業の手待ちが発生することになった。

4-7　4 層目（屋上床）計画・実施

4 層目の CLT に関しては資材調達業者と協議を行い、CLT の加工工場にて行うこととした。

4-8　4 層目（屋上床）結果

加工工場にて養生を実施したパネルを搬入することにより、現場の天候に左右されることなく CLT の養生・建方を実施することができた。また現場ではスプライン接合部のシート増し張りや各所補強を行うのみとなるので施工性も改善された。但し加工工場でのシート張りは早い段階からの資材調達業者との打合せが必要となる。

写真　養生実施後運送用に梱包された CLT

写真　同左拡大

4-9　まとめ

各層の養生実証を通してより生産に近い時点で養生を実施することが施工の上ではメリットとなることが分かった。計画の早い段階から養生方法を計画し、実施することが品質保持の上で重要となるのではないだろうか。今回の実証を通して山陰地方での養生実施の困難さを実感した。特に施工時期が秋から冬にかけてと天候の不順な時期であったため天気予報を確認しながらの作業が続いた。また本事業は中層建築物であることから木構造躯体工事の施工期間が 2 ヵ月半程度となり、適正な養生を保持することの難しさも痛感した。本事業では CLT を床として水平に設置するため暴露試験の結果から撥水剤塗布による養生は見送ったが比較検討を行う中でシート張りに比べ施工性、コストの面では優れていた。CLT を壁として垂直面で使用する場合など効果を期待でき検討対象になると感じた。

5.　養生実施後の経過観察

養生実施後各層の経過観察を行った上で含水率測定についても実施した。一部シートを剥がした部位と比較した結果、シートを剥がした部位では含水率が天候に左右され、シートが機能している部分は一定若しくは若干高い数値となった。晴天が続き気温が高くなった場合はシートを剥がした部位の方が含水率は低下した。これは表面ラミナ内部の水分が気温の変化よりシート接着面に上昇しているためと考察される。

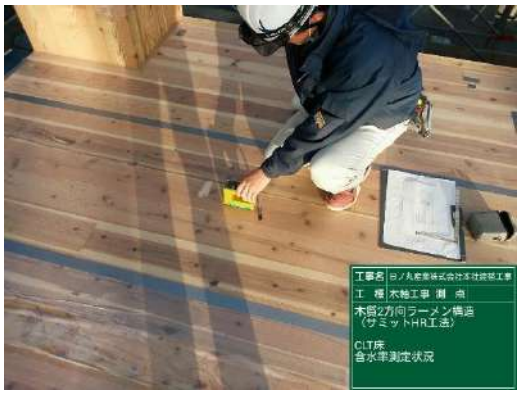


写真　含水率測定状況

CLT の含水率管理は製造時のラミナの時点で行われるため、このことからも CLT の早期の養生は有効に作用すると思われる。また湿度が高い場合や現場搬入後降雨にあった後に養生する必要がある場合は透湿性のあるシートの使用を検討する必要があることが分かった。

本事業は 4 階建て木造、事務所建築であることから耐火構造としなければならず、架構や床など石膏プラスターボードで被覆する被覆型耐火構造となっている。今回実施した床 CLT 養生は現しとして表にでることは無いが下層階への養生として有効に作用している。4 階建方を施工している段階で 1、2 階の被覆工事に着手することが可能であったため工期の面で有用だった。ただ吹き込みや床から外部面の梁を伝う落水はあったため外部面の石膏プラスターボード張りは仮設屋根の設置後とし、それまでの養生として仮の小庇を設けるなど対策を実施した。

写真左　CLT 養生面には降雨により水が滞留しているが、下層への漏水は確認出来ない。写真右

写真　下層階より耐火被覆工事を実施

写真　下層階への落水対策として外部面に小庇を設置

6.　CLT と鉄骨（デッキ）の施工・コスト比較

CLT を床版として使用する中で施工性の良さを感じられた。同規模程度の鉄骨床構造（デッキ+コンクリート）と比較し 1 層あたりでは 3 日程度施工日数が早い。施工方法が本事業ではプラットフォーム工法を採用するなど単純に比較することはできないかもしれないが構造材として採用する上では大きな魅力になる。

本事業は木造ラーメン構造であることから柱・梁・床の上部構造建方が全て一業者で完結している。このこと事業を進めていく上では調整・管理のし易さに繋がった。

コストについては一般化している鉄骨床構造の方が圧倒的に安価となった。これから先 CLT の普及が進み価格が下がることで構造材の選択肢の一つとなることが理想だが、現段階では工法の工夫、工期の短縮によりコストを下げる一方、CLT の持つ環境対応への付加価値が広く広まり採用の一助となることが重要と考える。

CLT　床　版		鉄骨床構造	
作業内容	必要日数	作業内容	必要日数
搬入・建方	3日程度	搬入・建方	2日程度
調整・接合	2日程度	調整・溶接接合	3日程度
		ワイヤーメッシュ敷き	2日
		コンクリート打設	1日
計	5日程度	計	8日程度

図　CLT・鉄骨床構造施工日数比較

CLT　床　版		鉄骨床構造	
項　目	㎡単価（円）	項　目	㎡単価（円）
本事業　CLT		デッキ	2,600
加工後材積　268.8㎥	46,310	ワイヤーメッシュ	123
スギ　5層7プライ		コンクリート	1,530
		左官押え	434
計	46,310	計	4,687

図　CLT・鉄骨床構造コスト比較

7.　本事業を通して

4 階建ての木造建築物が鳥取県初であったことから県内の設計事務所、工務店、建材メーカー、行政機関を対象とした県主催の CLT 勉強会が現場にて開催された際には多くの申込者があった。当初 30 名を対象としていたが応募が多く 30 名を追加し 2 部構成で開催された。また見学したいとの申し出も多く受けた。このことは中層建築物への木材の活用ならびに CLT への関心の高さの現れだと感じた。見学された方は木材の良さを口にされた後、耐火構造とするため被覆し木材が現しとならないと聞くと必ずもったいないと感想を言われていた。本事業では一部架構材の現しも検討されていたが建具等の製品の法整備後の市場対応の遅れ、木構造材の難燃化に伴うコスト上昇により断念された。本事業はお施主様の強い信念により実現したがこのことは中層建築部の木質化や CLT 活用への大きな障害となっていると感じた。

本事業では外壁を架構に取り付けたアングルにより鉄骨胴縁を配置し一般的な鉄骨造の外装納まりとなるよう設計されている。また階段や EV も鉄骨造となっている。従来の鉄骨造納まりの技術が生かせることは利点となっているが、木構造耐火被覆取り合いなどまだ施工事例が少なくメーカーに問い合わせても明確な回答が無い場合もある。普及を進めていく上では多くの施工事例による納まりの検討ならびに一般化が必要になると思われる。

プラットフォーム工法ならびに GIR 接合の採用は施工する上で前述の下層階の後工程の早期開始、高所作業を低減する安定した施工面の構築の他に接合金物の露出による耐火被覆への影響を無くすなど多くの利点がみられた。また CLT パネルの切り欠き等は工場にて加工されているため作業場を整然とした状態に保つことが可能だった。

作業者の多くは慣れない木造耐火への戸惑いを口にしていたが作業自体に大きな遅延は感じられない。これは本事業の構造が従来の鉄骨造に近いことに加え、木という材料の作業性の良さに起因すると思われる。

写真　CLT 勉強会開催状況

8.　別の工法（S 造）とのコスト比較

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S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	6,662	6,490	172	
	基礎工事	16,454	10,510	5,944	
	杭工事	37,655	30,570	7,085	
	土留工事	7,908	7,908	0	
基礎工事計(E)		68,679	55,478	13,201	
上部躯体工事	仮設工事	8,664	8,912	△ 248	
	躯体工事	0	5,034	△ 5,034	
	木工事	275,000	0	275,000	
	鉄骨工事	14,962	43,620	△ 28,658	
	屋根工事	6,172	2,300	3,872	
	外装工事	24,878	15,535	9,343	
	断熱工事	1,113	2,767	△ 1,654	
				0	
				0	
上部躯体工事計(F)		330,789	78,168	252,621	
合計(E)+(F)		399,468	133,646	265,822	
延べ面積あたり工事単価（千円/㎡）		270	90	179	

※同等規模の S 造建築物（過去の施工事例）との比較

本事業を S 造と比較した場合、明らかに本事業の方が高コストとなる。これは本事業が柱梁を含めた構造部材のほとんどを木質化していることに起因している。また中層化により上部躯体の重量が増加し、木構造のメリットである基礎コストの削減も見込めなかった。木質構造の普及・一般化によるコスト低下が理想だが、中層建築物では S 造や RC 造との混構造による CLT の普及、活用が現実的と考察される。

2.4 勝央町／ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)

事業名			JR勝間田駅舎新築工事の建築実証
実施者（担当者）			勝央町／ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社（玉石勇）
建築物の概要	用途		駅舎
	建設地		岡山県勝田郡勝央町勝間田765-3
	構造・工法		CLTパネル工法
	階数		1
	高さ（m）		5.23
	軒高（m）		2.98
	敷地面積（㎡）		930.10
	建築面積（㎡）		84.00　（パーゴラ部分：14.3㎡除く）
	延べ面積（㎡）		84.00　（パーゴラ部分：14.3㎡除く）
	階別面積	１階	84.00　（パーゴラ部分：14.3㎡除く）
		２階	-
		３階	-
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		建物部分：壁、屋根 パーゴラ部分：柱、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前：製品量45.33m3 加工後：建築物使用量39.65m3
	壁パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60相当
		樹種	外層：檜・内層：杉
	床パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
	屋根パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60相当
		樹種	外層：檜・内層：杉
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		間柱：スギ　梁：スギ
	木材使用量（㎥）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		2.6㎥
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	モルタル（厚17）＋硬質木片セメント板（厚18）下地
		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）
	主な内部仕上	界壁	CLT
		間仕切り壁	CLT（一部　化粧ケイカルt6、PB12.5壁紙）
		床	磁器質タイル
		天井	CLT（一部　木天井下地＋PB9.5壁紙）
構造	構造計算ルート		ルート２
	接合方法		ビス接合＋金物
	最大スパン		7m
	問題点・課題とその解決策		・基礎とCLTパネルの施工精度　⇒アンカーフレームの設置 ・合掌構造によるスラストの抑制　⇒タイバーの設置 ・壁と屋根接合部の鈍角接合　⇒ボルトと金物併用固定 ・パーゴラ部の意匠性　⇒集成材を用いたT型断面の採用 など
防耐火	防火上の地域区分		その他地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		無
	問題点・課題とその解決策		無
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		壁・屋根に外断熱を施工
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　40mm
		外壁	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　40mm
		床	無
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		特に無し
	建て方における課題と解決策		基礎アンカー実測後のCLTパネル削孔による精度の向上
	給排水・電気配線設置上の工夫		露出電気配線ルートの意匠的検証
	劣化対策		CLTパネル下部の防蟻処理、屋外のCLTパネル小口の保護
工程	設計期間		2019年1月～6月（6カ月）
	施工期間		2020年8月～2021年1月（6ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2020年9月下旬（1週間）
	竣工（予定）年月日		2021年2月22日（開業）
体制	発注者		勝央町
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社
	構造設計者		照井構造事務所（設計協力）
	施工者		佐藤建設株式会社
	ＣＬＴ供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ供給者		杉：中国林業株式会社、檜：江与味製材株式会社

実証事業名：JR 勝間田駅舎新築工事の建築実証
建築主等／協議会運営者：勝央町　／ジェイアール西日本コンサルタンツ株式会社

１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">駅舎</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">岡山県勝田郡勝央町</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">CLT パネル工法</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">1</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>5.23</td><td>軒高（m）</td><td>2.98</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>930.10</td><td>建築面積（㎡）</td><td>84.00
［ﾊﾟｰｺﾞﾗ部分：14.3 ㎡除く］</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積</td><td>１階</td><td>84.00</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">84.00
［ﾊﾟｰｺﾞﾗ部分：14.3 ㎡除く］</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>-</td></tr>
<tr><td>３階</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">建物部分：壁、屋根
パーゴラ部分：柱、屋根</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（m³）</td><td colspan="3">加工前：製品量 44.97m³
加工後：建築物使用量 39.96m³</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（m³）</td><td colspan="3">2.6 m³</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">150mm 厚 / 5 層 5 プライ / Mx60 / 外層：檜・内層：杉
120mm 厚 / 5 層 5 プライ / Mx60 / 外層：檜・内層：杉
90mm 厚 / 3 層 3 プライ / Mx60 / 外層：檜・内層：杉</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60/外層：檜・内層：杉
90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60/外層：檜・内層：杉</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">2019 年 1 月～6 月（6 カ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">2020 年 8 月～2021 年 1 月（6 ヵ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">2020 年 9 月下旬（1 週間）</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">2021 年 2 月 22 日（開業）</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

屋内空間を構成する範囲では、屋根と壁の CLT パネル同士の曲げ抵抗型接合部の検討により、CLT パネルを用いた薄肉ラーメン構造の実用性を検証する。また、屋外パーゴラの範囲では、CLT パネルと集成材を合成した T 型フレームを採用し、合理的な併用構造の利用方法を模索することを目的とした。

また、CLT 建築物の優れた施工性による短期間工事により、駅舎建築に求められる鉄道線路近接工事の安全性向上が期待できることから、今後の同種事業への有益性を検証することを目的とし、具体的な課題は下記のように設定した。

（１） 基礎アンカーとの接合方法及びその精度確保方法について
（２） CLT パネル同士の接合部及び接合部金物の仕様選定とその施工方法について
（３） CLT 壁パネルと集成材フレームの一体性確保とその施工方法の確認
（４） CLT パネル現しによる内装工事について
（５） CLT パネル工法における鉄道路線近接工事の安全性について

３．協議会構成員

（事業主）　　勝央町：佐々木正宏
（設計）　　ｼﾞｪｲｱｰﾙ西日本ｺﾝｻﾙﾀﾝﾂ株式会社：玉石勇、加地忠夫［協議会運営者］
（構造設計協力）　有限会社照井構造事務所：照井健二
（施工）　　佐藤建設株式会社：杉山朋巳
（CLT 施工）　　銘建工業株式会社：安達将司

４．課題解決の方法と実施工程

照井構造事務所が中心となり接合部の仕様を詳細検討し、銘建工業が施工方法を踏まえた検証を加え、佐藤建設がとりまとめたものを協議会にて提示し、その妥当性について検証を行った。

また、現場施工方法の検討として、特に基礎と CLT パネルの接合においては、アンカーの施工精度担保の手法について施工者が中心となり検討し、協議会において銘建工業のパネル加工との関係を綿密に精査した。

事業全体のスケジュールを下記に示す。

＜協議会の開催＞
2020 年　6 月　第 1 回開催　設計内容の再確認、仮設計画検討、(JR 西日本協議準備)
2020 年　7 月　第 2 回開催　CLT 用アンカーの基礎固定方法検討、全体工程の確認等
2020 年　8 月　第 3 回開催　CLT 用アンカーの基礎固定方法承認、及び CLT 施工図の最終確認等
2020 年　9 月　第 4 回開催　CLT パネル製品確認、検査
2020 年　10 月　第 5 回開催　住宅木材技術センター視察
2020 年　12 月　第 6 回開催　工事改善点等確認及び監理者による完成検査

＜設計等＞
2019 年　3 月：建築実施設計着手
2019 年　6 月：建築実施設計完了、建築確認済証交付
2020 年　5 月：「令和 2 年度 CLT 活用建築物等実証事業助成金」交付申請・承認

＜施工＞
2020 年　6 月：工事契約
2020 年　7 月：JR 西日本との営業線近接工事協議・手続き
2020 年　8 月：着工、基礎工事
2020 年　9 月：CLT 建方工事
2020 年　10 月：建具、外装工事（住宅木材技術センター　視察）
2020 年　11 月：内装工事
2020 年　12 月：設備工事

５．得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。

（１）　基礎アンカーとの接合方法及びその精度確保方法について

コンクリート打設時の衝撃や振動によってアンカーセット位置に誤差が生じることがないように、基礎コンクリート内に鋼製アンカーフレームを設けて支持し、打設時にはアンカーの頂部にも通しアングルを設けて施工精度の確保に努めた。加えて CLT パネル工場から近い現場であるという好条件を活かし、CLT パネルへのボルト穴加工時期についても調整し、コンクリート打設後にアンカーボルトの位置を実測後、パネル加工を行うこととした。その結果、非常に順調な CLT 建方工事を行うことができた。

アンカーフレームの計画は仮設工事として施工段階での検討としたが、基礎配筋や設備との整合性確認、一部の基礎配筋変更など、基礎工事の施工図承認に時間を要す結果となってしまった。今後、アンカーフレームを設ける場合は、設計時点で指定仮設物として基礎構造と一体的に設計すべきである。

（２） CLT パネル同士の接合部及び接合部金物の仕様選定とその施工方法について

基本構造はタイバー及び直交壁によりスラストを拘束する計画であるため、壁パネルと屋根パネルを剛接合とした場合に発生しうる曲げ応力に対して 1/2 程度の曲げ耐力を有する接合金物を計画し、同金物の回転剛性を入力した FEM 解析により変形抑制効果を確認した。計算上のみならず、建て方完了後の検査においても変形抑制の効果は実感出来たが、施工費に対して接合金物が占める割合も決して少なくなく、長ビス等を用いた接合方法により、同様の効果が得られる接合方法の採用を今後の課題としたい。

（３） CLT 壁パネルと集成材フレームの一体性確保とその施工方法の確認

屋外パーゴラには、CLT 壁パネルと集成材を合成した T 型フレームを採用している。ラーメン方向にはＴ型フレームのスリーヒンジラーメンを計画し、フレーム材は脚部から頂部までを１部材とした湾曲集成材を採用した。壁パネルの強軸方向は脚部を LSB 接合とし回転剛性を持たせた独立壁として抵抗する計画としたが、水平荷重の作用点との偏心は避けられない為、フレーム部分脚部も一体とした制作金物を作成し、基礎と緊結する事でねじれ剛性を高める計画とした。

CLT とアンカーを接合してから集成材との一体化を行うことで、ある程度の誤差も吸収でき、非常に簡素な施工が可能であった。

（４） CLT パネル現しによる内装工事について

在来工法のような隠蔽配線ができない電気配線については、最終的には現場での目視が最も重要であった。設計段階では各設備機器と分電盤等との対応を記号等で示す（系統図等）が、施工図段階では、それを実際のルートに置き換えて平面図上にプロットし、見えがかりとなる個所を検証した。それをもとに、CLT 建方工事完了後に現地で再検証し、不具合個所を未然に防止した。

本件では、CLT パネルの頂部が開放されている（屋根まで到達せず、小口が上向きに表しになっている）部位や、建具周りの鋼製枠等を利用し、配線を極力隠蔽している。

（５） CLT パネル工法におけるコストについて

現状では CLT の方が工事費高となる。内装工事削減（CLT 現し利用）等、CLT でなければ実現できない内装など、他工種の削減を推進することで、ある程度下がると思われる。

（６） CLT パネル工法における鉄道路線近接工事の安全性について

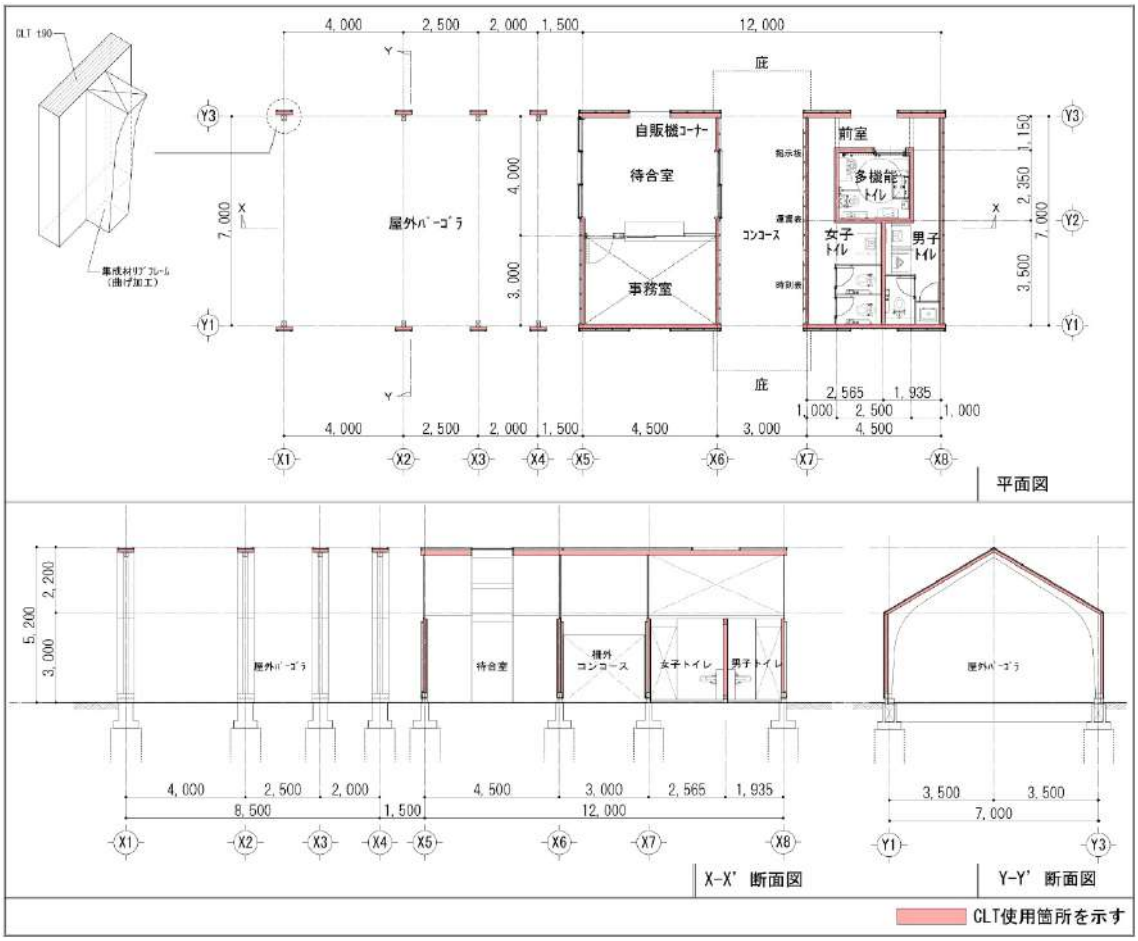
今回製作した CLT パネルの内最大のものは約１ｔであったため、建方工事において用いる重機は、より大型の２５ｔラフターが必要となった。計５３枚のパネルを３日間で設置、前後の調整を含めて約１週間の建方工事期間であり、工事期間としては鉄骨造と同等以下と考えられる。現場加工が無い CLT パネルの各種接合部は、鉄骨造と類似であった。

以上のことから、施工ヤード等による条件整理は必要なものの、特に建方工事～外壁工事までに関しては、鉄道営業線近接工事において CLT パネル工法の採用は有益であると考えられる。

６．本実証により得られた成果

本事業により、各種工程における課題が明らかとなった。アンカーフレームなどの施工性向上に関する知見や、CLT のみによる薄肉ラーメン架構、集成材との一体利用などによる新しい意匠性の獲得など、これからの CLT 工法の普及に関する知見が得られたと考えられる。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



コンコース

全景

パーゴラ

待合室

１．はじめに

JR 西日本姫新線（姫路駅～新見駅）の中央付近に位置する勝間田駅舎の建替え事業である。出雲街道の宿場町として栄えた岡山県勝田郡勝央町の玄関口として、昭和９年の姫新線開通と同時に開業し、昭和６１年にJR西日本から勝央町に財産移管され、現在に至るまで活躍したレトロな木造駅舎は、1 両編成の列車が行き交う長閑な風景と共に地域の人々に愛されてきた。

しかし、老朽化が激しく日常利用にも支障をきたし始めたことから、駅舎としての機能を確保しつつ、鉄道利用者だけではなく公共施設としての機能を向上させるべく、建替え工事が決定された。

２．デザインコンセプト

勝央町は、古くは美作国（みまさかのくに）領域、津山盆地の東部に位置しており、美作国を東西に貫く出雲街道の宿場町として、街道沿いの他の宿場町と「美作七宿（土居宿 / 勝間田宿 / 坪井宿 / 久世宿 / 高田宿 / 美甘宿 / 新庄宿）」を形成し栄えてきた。

今回の駅舎デザインではこの「美作七宿」をモチーフとし、７つの門型フレームによって施設全体を構成している。「勝間田宿」を駅コンコースに据え、公衆トイレや待合、屋外にはパーゴラを設け、鉄道利用者に限らない、地域の人々が多目的に活用できる場を一体的に整備した。フレームの形状は現駅舎の切妻屋根を受け継いでおり、東西方向に同一形状のフレームが連続する中に、各種の機能が内包されている。（写真１、２）

３．構造計画

このフレームを実現するために、構造の架構がそのまま意匠となるシンプルで純粋な構成が実現できる工法として、CLT パネル工法を採用した。屋内空間を構成する駅舎の範囲では、X,Y 方向共に十分な CLT 壁パネルを配置した壁構造として計画し同壁により水平力に抵抗する計画としている。（写真３）山型形状の屋根によるスラストは、屋根面の版を介

写真１：隣り合う新旧の駅舎

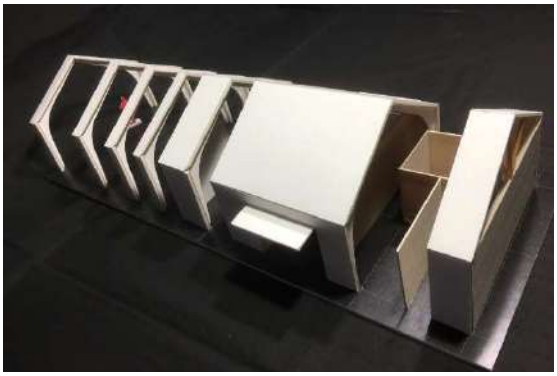


写真２：コンセプトモデル

写真３：門型フレーム（駅舎部分）

写真４：門型フレーム（パーゴラ部分）

して適宜配置したタイバー及び耐力壁により拘束する計画とした。加えて、壁パネルと屋根パネルの接合金物に回転剛性をもたせ、薄肉ラーメン架構による変形抑制効果を期待した。

屋外パーゴラの範囲では、CLT パネルと集成材を合成した T 型フレームを採用し、面外方向は壁パネルで、ラーメン方向は合成フレームで抵抗する計画とした。（写真４）

４．実証すべき課題

今回の実証事業に際して、下記のような項目を掲げた。

１．基礎アンカーとの接合方法及び、その精度確保
２．CLT パネル同士の接合部及び接合金物の仕様選定とその施工
３．CLT 壁パネルと集成材フレームの一体性確保と施工方法の確認
４．CLT パネル表しによる内装工事
５．CLT パネル工法における鉄道路線近接工事の安全性

以下、各施工に関する検証を通して今後の展開へ向けた課題を整理する。

４－１．基礎アンカーとの接合方法及びその精度確保方法

本件では内装の多くを CLT 表しとした。そのため屋内空間を構成する範囲では、意匠性と断熱性能を考慮し、基礎と CLT パネルの間に柱脚金物を介在させず、基礎コンクリートに定着させた引き抵抗用のボルト（M-16）と剪断抵抗用の鋼製ダボ PL を直接 CLT パネルと接合させる計画とした。一方、屋外の独立柱脚となるパーゴラ部については、鋼製金物を用いている。（図１、２、３）

コンクリート打設時の衝撃や振動によってアンカーセット位置に誤差が生じることがないように、基礎コンクリート内に鋼製アンカーフレームを設けて支持し、打設時にはアンカーの頂部にも通しアングルを設けて施工精度の確保に努めた。（図４、５、写真５）

加えて CLT パネル工場から近い現場であるという好条件を活かし、CLT パネルへのボルト穴加工時期についても調整し、

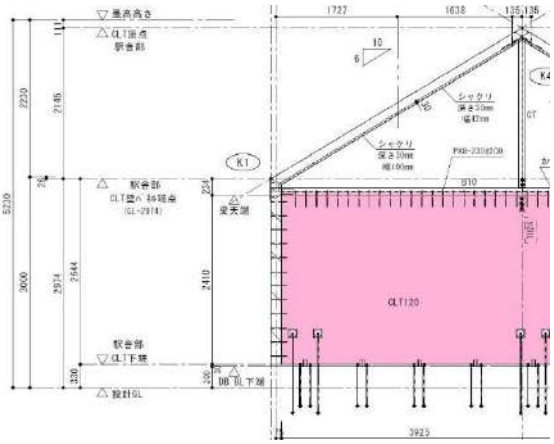


図１：CLT 施工図（軸組図）

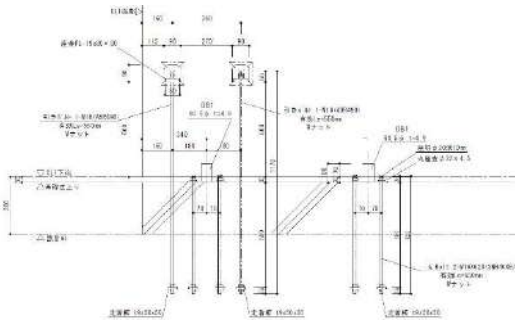


図２：柱脚金物（屋内空間範囲）

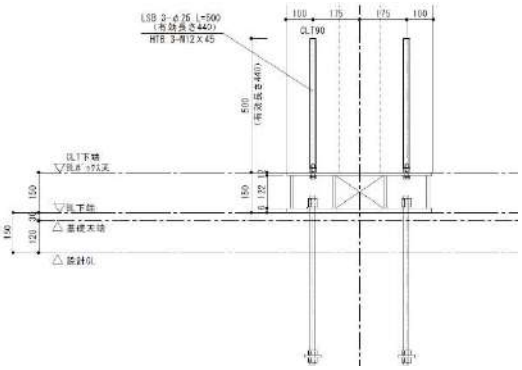


図３：柱脚金物（パーゴラ範囲）

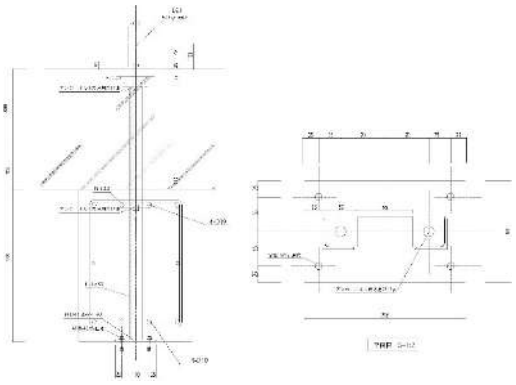


図４：アンカーフレーム

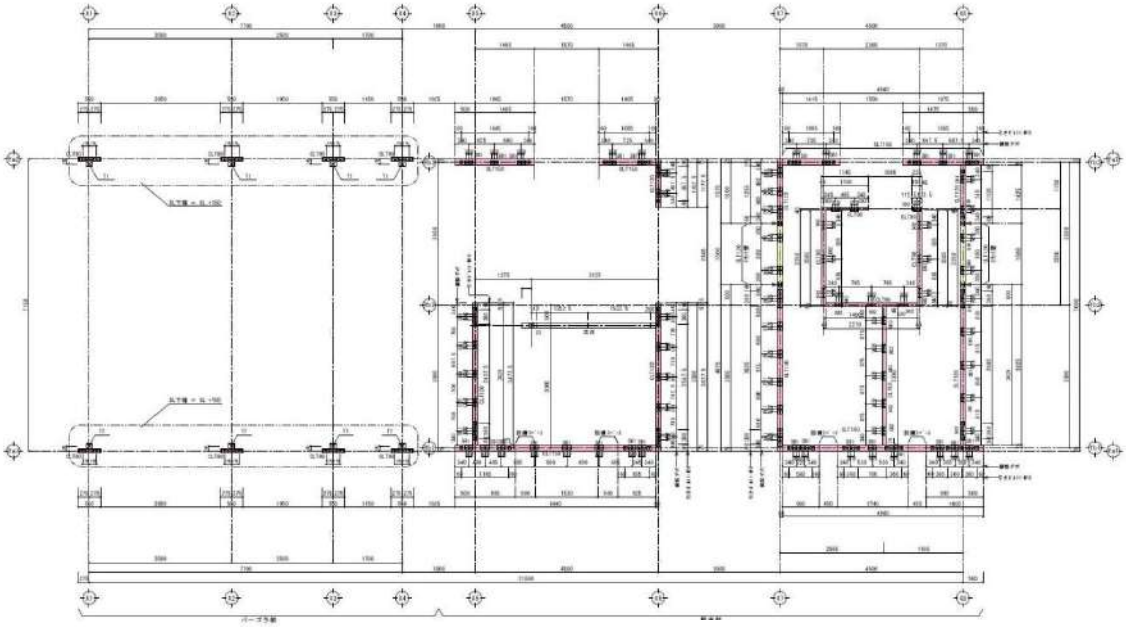


図５：CLT パネル施工図（アンカー位置整合図）

コンクリート打設後にアンカーボルトの位置を実測後、パネル加工を行うこととした。その結果、非常に順調な CLT 建方工事を行うことができた。（写真６、７）

アンカーフレームの計画は仮設工事として施工段階での検討としたが、基礎配筋や設備との整合性確認、一部の基礎配筋変更など、基礎工事の施工図承認に時間を要す結果となってしまった。

今後、アンカーフレームを設ける場合は、設計時点で指定仮設物として基礎構造と一体的に設計すべきである。

写真５：アンカーフレームセット状況

写真６：CLT 建方状況（駅舎部分）

写真７：CLT 建方状況（パーゴラ部分）

４－２．CLT パネル同士の接合部及び接合金物の仕様選定とその施工

山型屋根のスラスト拘束、並びに耐力壁へのせん断力伝達はタイバーとして配置した H 形鋼（横使い）を壁頂部からビス打ちにより担保する計画とし（図６、写真８）、ビス径及びピッチはスラスト拘束による軸力並びに壁倍率 7.5 倍相当のせん断力に対して十分な安全率を確保出来るよう計画した。タイバー端部は、直交する壁パネルの外側に支圧プレートを設け、直交パネルのめり込み耐力によりスラスト及び屋根面からの水平荷重を伝達する計画とした、支圧プレートの形状は、屋根面からの力の伝達がスムーズに行えるよう、壁パネルと屋根パネルの小口同士のめり込み耐力、接合部の偏心に配慮し決定した。

屋根パネルと壁パネルの接合部は変形抑制を目的とし、長期引張り側（外部側）にくの字型のプレートをビス留めする納まりを採用した。（図７、写真９）

基本構造はタイバー及び直交壁によりスラストを拘束する計画であるため、壁パネルと屋根パネルを剛接合とした場合に発生しうる曲げ応力に対して 1/2 程度の曲げ耐力を有する接合金物を計画し、同金物の回転剛性を入力した FEM 解析により変形抑制効果を確認した。計算上のみならず、建て方完了後の検査においても変形抑制の効果は実感出来たが、施工費に対して接合金物が占める割合も決して少なくなく、長ビス等を用いた接合方法により、同様の効果が得られる接合方法の採用を今後の課題としたい。

４－３．CLT 壁パネルと集成材フレームの一体性確保と施工

屋外パーゴラには、CLT 壁パネルと集成材を合成した T 型フレームを採用している。ラーメン方向には T 型フレームのスリーヒンジラーメンを計画し、フレーム材は脚部から頂部までを 1 部材とした湾曲集成材を採用した。（写真１０）CLT パネルとフレーム材の接合方法はフレーム材小口に CLT パネル側から 1.0G 相当の水平力作用時における変動軸力を接合部せん断強度として十分に伝達出来うる量のビス止めとした。（写真１１）

壁パネルの強軸方向は脚部を LSB 接合とし回転剛性を持たせた独立壁として抵抗する計画としたが、水平荷重の作用点との偏心は避けられない為、フレーム部分脚部も一体とした制作金物を作成し、基礎と緊結する事でねじれ剛性を高める計画とした。（写真１２）

４－４．CLT パネル表しによる内装工事

本件では、屋内空間範囲の内装のほとんどで CLT パネルを表し、そのまま内壁及び天井の仕上げとしている。そのため、パネル製作開始までに、建具周りや各種設備の開口、配線などについて詳細に検討する必要があった。

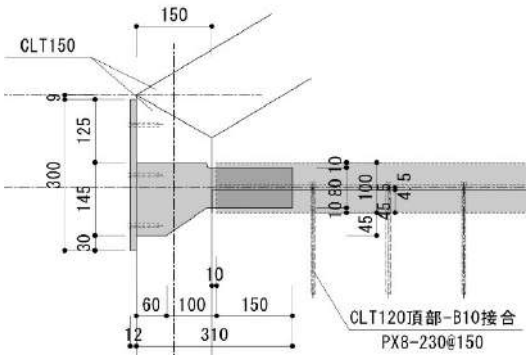


図６：タイバーと支圧プレート

写真８：タイバーと壁パネル

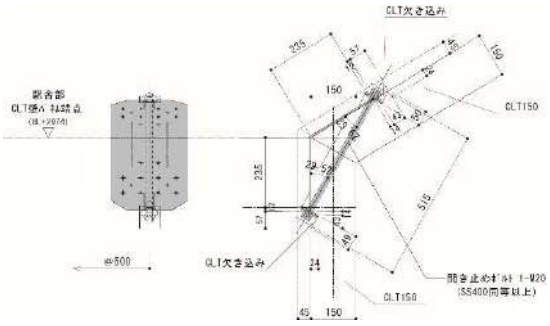


図７：壁－屋根パネル接合部金物

写真９：壁－屋根パネル接合部金物

＜電気配線＞
特に在来工法のような隠蔽配線ができない電気配線については、最終的には現場での目視が最も重要であった。設計段階では各設備機器と分電盤等との対応を記号等で示す（系統図等）が、施工図段階では、それを実際のルートに置き換えて平面図上にプロットし、見えがかりとなる個所を検証した。それをもとに、CLT 建方工事完了後に現地で再検証し、不具合個所を未然に防止した。
　本件では、CLT パネルの頂部が開放されている（屋根まで到達せず、小口が上向きに表しになっている）部位や、建具周りの鋼製枠等を利用し、配線を極力隠蔽している。（写真１３）

＜CLT パネルによるガラス枠＞
　屋内空間範囲においては、CLT パネルによる屋根と壁の構成をインテリアとして強調した。同一断面の門型フレームが連続することによって、断続的な船底天井となるが、天井がシームレスに見えるように、CLT パネル屋内表面のラミナ一層は構造強度上無視できる設計とし、ラミナの厚み（30mm）分の溝加工のみによるガラス上枠とした。（写真１４）
　下枠と縦枠は、門型フレームのスラストを抑制するタイバーとポスト柱をガラス枠と兼用したが、ここでもポスト柱と屋根パネルの仕舞に設ける上向きの BPL は、ラミナの厚み以下で処理し、埋めパネルにより仕上げた。（写真１５、図９）

＜建方時の仮留めピース＞
　本件の外装は全てガルバリウム鋼板により覆われているため、CLT 建方時には、CLT の外壁側に仮設吊りピースを設けた。（写真１６）また、各フレームの建方ステップ検討において、１枚のパネルが不安定な状態のままその日の作業が終了しない工程とし、パネル自立のためのサポートを設けない計画により、CLT パネル内装面の美観を担保した。

　これらの施工検討と、耐久性・耐水性を考慮して表層に檜を採用した CLT パネルによって、木肌の温もりを感じる大らかな内部空間が実現した。

写真１０：湾曲集成材フレーム

写真１１：集成材ﾌﾚｰﾑと接合する CLT ﾊﾟﾈﾙ

写真１２：パーゴラ部柱脚金物

写真１３：CLT 天端小口に配線した照明計画

４－５．CLT パネル工法における鉄道営業線近接工事の安全性

駅舎に限らず、鉄道営業線に近接して工事を行う際は鉄道事業者との協議を含めて、安全面に最大限の注意が必要となるが、CLT パネル工法と、駅舎建築に多い在来鉄骨造とを比較検証した。

＜建方工事＞

営業線近接工事で最も危険を伴う工程が建方工事である。本件と同規模の鉄骨平屋建物の建方では１０ｔラフター程度と想定できるが、今回製作した CLT パネルの内最大のものは約１ｔであったため、建方工事において用いる重機は、より大型の２５ｔラフターが必要となった。（写真１７）計５３枚のパネルを３日間で設置（写真１８）、前後の調整を含めて約 1 週間の建方工事であり、工事期間としては在来工法と同等以下と考えられる。現場加工が無い CLT パネルの各種接合部の施工は、鉄骨造と類似であった。

＜外壁工事＞

建方工事に次いで重要となるのが、プラットホームに面した外壁工事であり、当然ながら脱落等の防止が絶対条件である。鉄道建築の場合、簡素に短期間で堅牢な外壁面を構成することを目的に、ALC や ECP といった外壁パネルを採用することが多い。CLT パネル工法の場合、プランにもよるが、建方が完了した時点で、外壁面の大部分が形成されていることが最大の利点であると考えられ、（写真１９）本件の様にその後の外壁工事が鋼板葺き等、重機を用いない工法であれば、外壁工事に大きな懸念はないものと仮定できる。

＜施工ヤード＞

今回は駅前広場内の駐車場を施工ヤードとして広く活用できたことや、工事中継続して利用される既存駅舎から施工ヤードまで離隔距離を確保できたことなど好条件下であった。（写真２０）しかし、旅客流動に近接した工事現場や、より狭隘な作業ヤードとなる場合では、マザーボードの割付をより細かくするなど、鉄骨造などの線材による工事に比べて、設

写真１４：CLT によるガラス枠の船底天井

写真１５：CLT ガラス枠とポスト柱上部

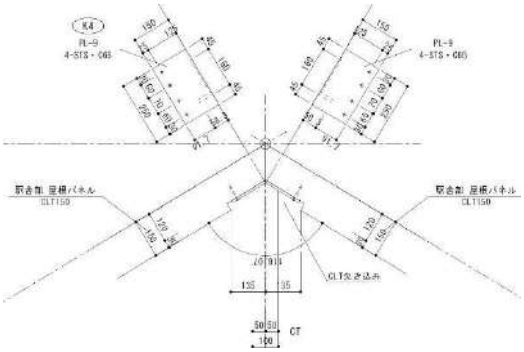


図９：ポスト柱上部 BPL 詳細

写真１６：CLT パネル仮設ピース

計段階からの検証がより重要になると考えられる。

＜周辺環境への影響＞
　現場における建材の加工が極めて少なく、騒音の低減や廃材の削減に優れており、建方工事が完了した時点で CLT パネルが隣接する旅客ホームへの防護、防音壁として機能した点は評価できる。

　以上のことから、施工ヤード等による条件整理は必要なものの、特に建方工事～外壁工事までに関しては、鉄道営業線近接工事において CLT パネル工法の採用は有益であると考えられる。

５．まとめ

　今回の建物は CLT パネルのみによる構造であり、それが純粋に意匠に表れており、CLT の採用が正解であったと実感している。実証事業により様々な課題が見えたが、その都度協議会によって問題点を整理し、打開策を講じることができた。それらの多くは設計図書に反映できる事柄であり、これらの知見を深めて次に活かし、水平に展開していく必要がある。
　我々の実証内容が、CLT パネル工法が一般的な建築工法として普及するための一助になると考えている。

写真１７：CLT パネル建方状況

写真１８：CLT 工場とのピストン輸送

写真１９：建方完了時に外壁を構成できる

写真２０：施工ヤード

竣工写真１：外観①

竣工写真２：外観②

竣工写真３：コンコース

竣工写真４：公衆トイレ

竣工写真５：待合室

竣工写真６：待合室（夜景）

竣工写真７：外観（夜景）

2.5 南予森林組合

事業名			南予森林組合事務所新築工事
実施者（担当者）			南予森林組合　（増田真人）
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		愛媛県北宇和郡鬼北町大字奈良4073-7
	構造・工法		木造軸組工法＋CLT面材利用
	階数		2
	高さ（m）		9.53
	軒高（m）		8.2
	敷地面積（㎡）		6998.54
	建築面積（㎡）		611.22
	延べ面積（㎡）		772.11
	階別面積	１階	529.88
		２階	242.23
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		屋根、壁、床(天井)、階段
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量151.06㎥、建築物使用量146.39㎥
	壁パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S90
		樹種	ヒノキ
	床パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	S90
		樹種	ヒノキ
	屋根パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S90
		樹種	ヒノキ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱:ﾋﾉｷ製材･集成材、ｽｷﾞ製材･集成材　梁桁:ﾋﾉｷ製材･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		101.59㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	塩ビ系シート防水1.5 機械的固定工法
		外壁	窯業系サイディング16
		開口部	アルミサッシ＋複層ガラス（中空層幅10mm）
	主な内部仕上	界壁	CLT現し
		間仕切り壁	CLT現し、PB12.5+ﾋﾞﾆﾙｸﾛｽ
		床	1階：RC同時鏝+ﾋﾞﾆﾙ床ﾀｲﾙ 2階：構造用合板12+ﾋﾞﾆﾙ床ﾀｲﾙ
		天井	CLT現し、木天井下地+PB9.5
構造	構造計算ルート		ルート1
	接合方法		ビス接合、パネリード接合、LSB＋箱型金物接合
	最大スパン		11m
	問題点・課題とその解決策		CLTパネルどうしの最適な接合方法を検討し、既製接合具の利用及び面外曲げ接合に対応できる接合部を考案した。 円筒シェルの開き止めとしてタイロッドを使用した。
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		その他
	問題点・課題とその解決策		―
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		土間下及び屋根･壁の外側に断熱材設置+複層ガラス
	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　・　25mm
		外壁	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種　・　25mm
		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		2階床に遮音二重床を採用
	建て方における課題と解決策		屋根CLTパネル架構時に防水シートで養生
	給排水・電気配線設置上の工夫		在来木造軸組と併用しルート確保
	劣化対策		浸透性保護塗料を塗布
工程	設計期間		2020年5月～8月（4カ月）
	施工期間		2020年9月～2021年3月（6.5ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	2020年12月中旬～2021年1月中旬（4週間）
	竣工（予定）年月日		2021年3月31日
体制	発注者		南予森林組合
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本･実施設計:新企画設計㈱(建築･設備･外構),㈱SUEP(建築)
	構造設計者		㈲金箱構造設計事務所
	施工者		㈱愛媛建設
	ＣＬＴ供給者		株式会社サイプレス・スナダヤ
	ラミナ供給者		南予森林組合（愛媛県南予産材）

実証事業名：南予森林組合事務所新築工事

建築主等／協議会運営者：南予森林組合／南予森林組合

１．実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		愛媛県北宇和郡鬼北町		
構造・工法		木造軸組工法+CLT 面材利用		
階数		2		
高さ（m）		9.53	軒高（m）	8.20
敷地面積（㎡）		6998.54	建築面積（㎡）	588.70
階別面積	１階	529.88	延べ面積（㎡）	772.11
	２階	242.23		
CLT 採用部位		屋根、壁、床(天井)、階段		
CLT 使用量（m^3）		加工前製品量 151.06 m^3、加工後建築物使用量 146.39 m^3		
CLT を除く木材使用量（m^3）		101.59 m^3 （合板含む）		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	屋根	150mm 厚/5 層 5 プライ/S90/ヒノキ		
	壁	150mm 厚/5 層 5 プライ/S90/ヒノキ		
	床(天井)	210mm 厚/5 層 7 プライ/S90/ヒノキ		
	階段	120mm 厚/3 層 4 プライ/S90/ヒノキ		
設計期間		2020 年 5 月～8 月（4 カ月）		
施工期間		2020 年 9 月～2021 年 3 月（6.5 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		2020 年 12 月中旬～2021 年 1 月中旬（4 週間）		
竣工（予定）年月日		2021 年 3 月 31 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

連続円筒シェルの屋根に CLT パネルを用いる利用方法を実証すること、及び軸組工法に CLT パネルを耐力壁や屋根・床材として利用することで新しい CLT パネルの活用法を実証する。また木材及び施工図を分離発注することにより、木材調達コストの明確化や早期発注による木材の品質確保等、今後の効率的な地域産材活用のモデルケースとして位置づける。設定した課題は以下である。

（１）連続円筒シェルの屋根に CLT パネルを用いる利用方法を実証する。このために必要となる強度・剛性を有する接合部を検討し、既存の接合金物を適用できない部分については新規の接合金物を考案し強度・剛性を実感により明らかにする。

（２）スギ・ヒノキの製材・集成材を用いた軸組工法において一方向の耐力壁に CLT パネルを、

他方向に構造用合板の耐力壁を用いる適材適所の利用によりコスト削減を図る。軸組工法に CLT パネルを組み込むディテールを考案する。

（３）木材及び施工図を分離発注することによる木材調達コストの明確化や早期発注による木材の品質確保。

３．協議会構成員

南予森林組合　代表理事組合長　兵頭　謙太郎（建築主・運営者）
愛媛県南予地方局森林林業課　課長　山岡　愛嗣
宇和島市農林課　課長　和田　恵朗
松野町農林振興課　課長　小西　亨
鬼北町農林課　課長　松本　秀治
(一社)南予森林管理推進センター　事務局長　善家　正利
新企画設計㈱　企画室長　柳原　直和（実務者）
㈱SUEP　代表取締役　末光　弘和
㈲金箱構造設計事務所　代表取締役　金箱　温春
愛媛建設株式会社　主任　伊勢田　英樹

４．課題解決の方法と実施工程

連続円筒シェルの屋根への CLT パネルの利用については、構造的な課題の解決は金箱構造設計事務所が中心となり、解析的な検討、ディテールの検討、実験計画を取りまとめた。新規に考案した曲げモーメント抵抗用の接合部は LSB（ラグスクリュー）と接合金物からなり、施工性の検討及び強度実験の試験体の製作は地元の CLT 施工業者である上弘によって、強度実験は愛媛県林業試験センターにおいて実施した。

当初に考案した金物はコンパクトで納まりに優れていたが、施工性が極めて困難なことが分かり、改良案とした別の金物を考案した。そのため施工性の検討、強度試験は 2 回実施した。
これらと並行して材料発注、施工図発注が本体工事とは別途に行われ、施工図及び CLT 加工を受注したサブコン(上弘)が施工性の検討や試験体の製作にあたることとなるメリットが生まれた。

＜協議会の開催＞
2020 年 5 月：第 1 回開催　実証事業のスケジュール、木材分離発注について
7 月：第 2 回開催　実証試験実施、内容　今後のスケジュール
10 月：第 3 回開催　工事進捗状況　今後の工程確認　建て方見学会
12 月：第 4 回開催 工事進捗状況、現地調査、建て方見学会について
2021 年 1 月：第 5 回開催　現地調査の報告について　今後の工程確認について
2 月：第 6 回開催　CLT 建築実証事業成果報告書の確認、工程確認について
＜設計＞
2020 年 5 月：基本、実施設計契約

6 月：建築確認申請

7 月：基本、実施設計変更契約

＜施工＞

2020 年 7 月：施工図・加工図契約、木材分離発注契約

8 月：入札公告

9 月：入札～建設工事契約～着工

10 月：木材分離発注確認検査、基礎工事

11 月：基礎工事完成　CLT 一部搬入

12 月：CLT 搬入、土台敷き～建方開始

2021 年 1 月：住木センター現地調査、建方見学会

＜性能確認＞

2020 年 6 月：試験体作成契約

7 月：第 1 回実証試験実施（接合部圧縮試験 2 体）

10 月：第 2 回実証試験実施（接合部圧縮試験 2 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）屋根の円筒シェルは 1.2~２ｍの幅の CLT 板を並べ、少しずつ角度を持たせて接合して円筒屋根を形成することができる。この際には、接合具としては①面内せん断力伝達用、②面外せん断力伝達用、③面外曲げモーメント伝達用の 3 種類が必要となる。①、②についてはビスやパネリードなど実験データが公表されている既存の接合具を用いることが可能である。

（２）③の接合部として、5 層 5 プライの CLT 板に外から 2 層目のラミナにラグスクリューボルトを埋め込んで軸方向の引張力に抵抗させ、CLT 板の圧縮側の抵抗とにより曲げ剛性、耐力を確保する方法が可能である。接合部は当初はブロック型のものを考案し、その後に施工性を考慮して角度を有した箱金物を考案した。

（３）上記の金物を用いて、実際に使用される屋根の一部を再現した実大の曲げ試験を行った LSB の単純引張実験のデータは既に公開されているものがある。この値を用いて解析モデルを作成し強度・剛性を評価した結果、解析によって安全側に評価できることが分かった。

（４）ヒノキの製材・集成材を用いた軸組工法において、開放性が求められる方向の耐力壁に CLT パネルを用い、比較的壁が多い方向に構造用合板の耐力壁を用いる設計を実現した。CLT の適材適所の利用によりコスト削減を図ることが実証できた。また 2 層に渡る CLT 耐力壁を通し部材とすることで接合部の金物を削減することが可能となることも実証できた。

（５）木材及び施工図を分離発注することにより工期短縮を可能とし、また特殊な接合方法の施工実験を早期に行い施工的な問題点の解決を前倒しすることができた。

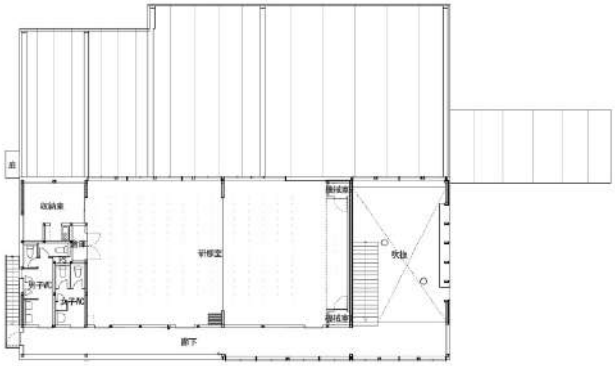
６．本実証により得られた成果

本プロジェクトで用いた面外の曲げ剛性を伝達する接合具は、LSB の引張特性と CLT の圧縮特性を基に構造計算で想定できることが分かり、同様の構造形式において適用できる。

CLT 耐力壁と構造用合板を使い分けることにより、一方向が開放された感じの建築空間を経済的に設計できることが実証でき、CLT パネルの使用法の可能性が広がり、今後の普及が期待できる。

７．建築物の平面図・立面図・写真等

（1 階平面図）



（2 階平面図）

（北西面外観）

（南東面外観）

（施工状況写真）

■目次

１．建築・設計概要
２．構造概要
３．強度実験
　３．１　実験の目的と計画
　３．２　加力後の試験体の状況
　３．３　実験結果
　３．４　予備解析と実験結果の比較と考察
４．分離発注報告
　４．１　木材調達分離発注
　４．２　施工図・加工図分離発注
５．施工状況報告
６．ＲＣ造とのコスト比較
７．総括

１．建築・設計概要

（完成予想図）

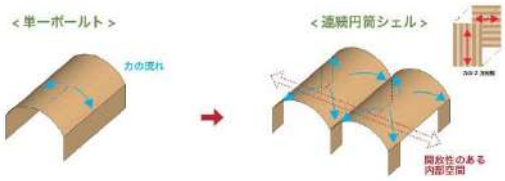
■山並みと調和する連続円筒シェルのオフィス

屋根形状は、周辺の山並み（南予アルプス）を表現し、機能を優先したシンプルな平面計画とともに、周辺の風景の一部となる大小の円筒のシェルの集合によって、地域環境と連続した開放的な空間となるように計画し、自然に直結した事業に相応しい事務所を目指し、ＣＬＴを活用した暖かく自然光にあふれ、快適な地域のシンボルとなる建築とします。

（事務所内観）

■開放的な連続円筒シェル

単一のボールト屋根では力の流れが１方向であるが、本事業の連続円筒シェル構造は、２方向に力が流れる構造であり、ＣＬＴ板の２方向性を持つという特性が良く発揮できる構造形式です。



この構造形式では、下部構造において円筒シェル境界部分に最小限の耐力壁が必要となるが、その部に高耐力のＣＬＴ耐力壁を配置することで、連続円筒シェルの下部を開放的な空間とすることができます。

２．構造概要

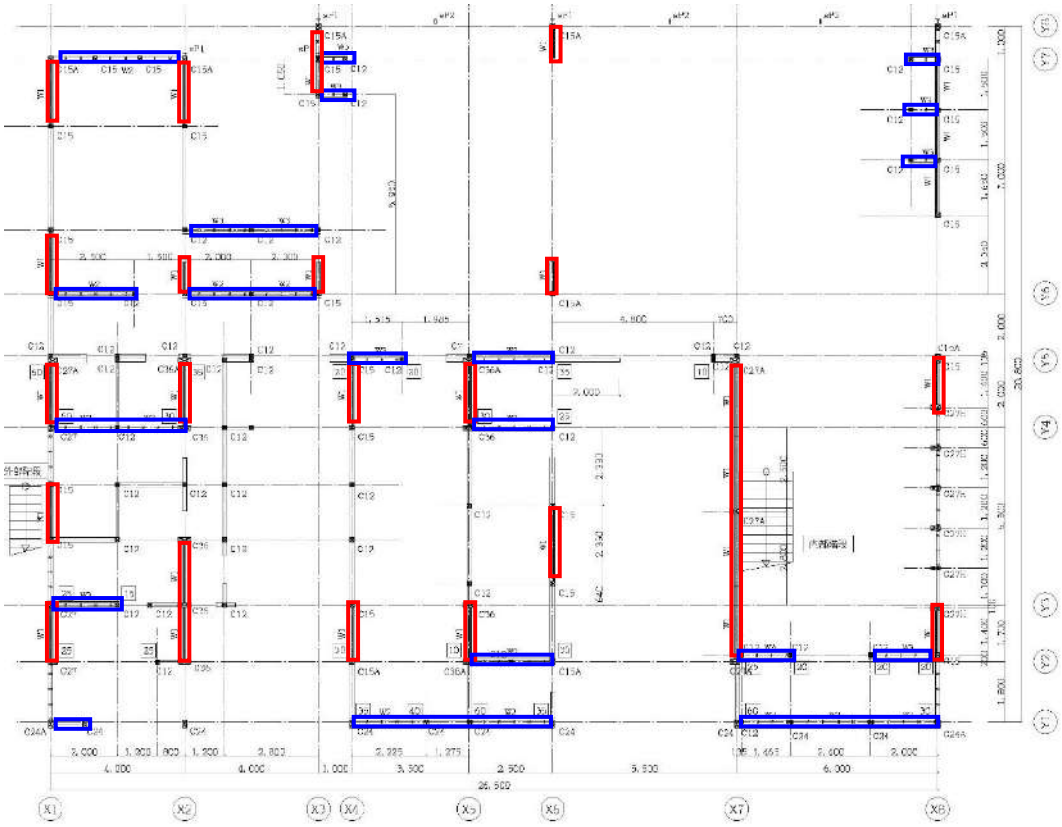
＜下部構造＞

・ ヒノキの製材・集成材を用いた軸組工法であり、短手方向の耐力壁に CLT パネルを長手方向の耐力壁に構造用合板の耐力壁を用いている。

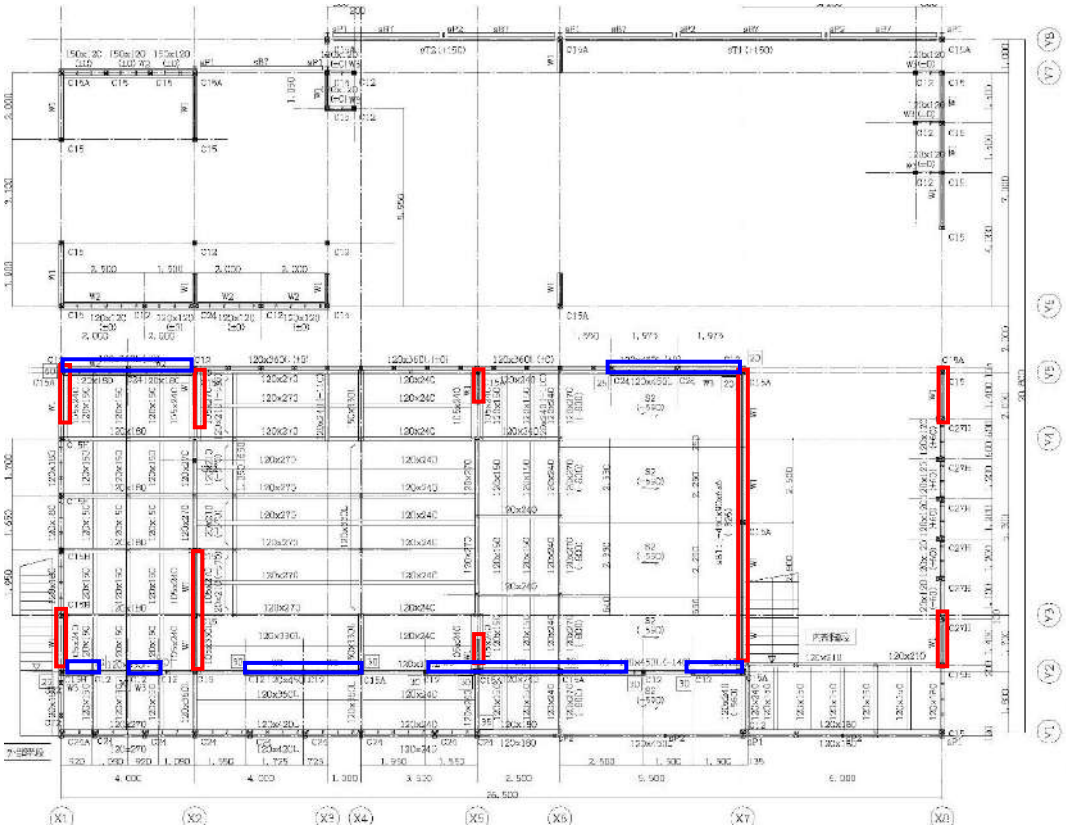
・ CLT 耐力壁は柱脚金物の降伏によって耐力が決まり、壁倍率換算で 10～12 倍となっている。1, 2 階の両方の耐力壁がある部分では 2 層分の一体の CLT パネルを用いている。

・ 床から CLT 耐力壁への荷重伝達は 2 種類を使い分けており、梁の側面に CLT パネルが配置されて、せん断ボルトで伝える方法と、CLT 屋根パネルト CLT 壁を金物を介してドリフトピンで接合する方法とした。

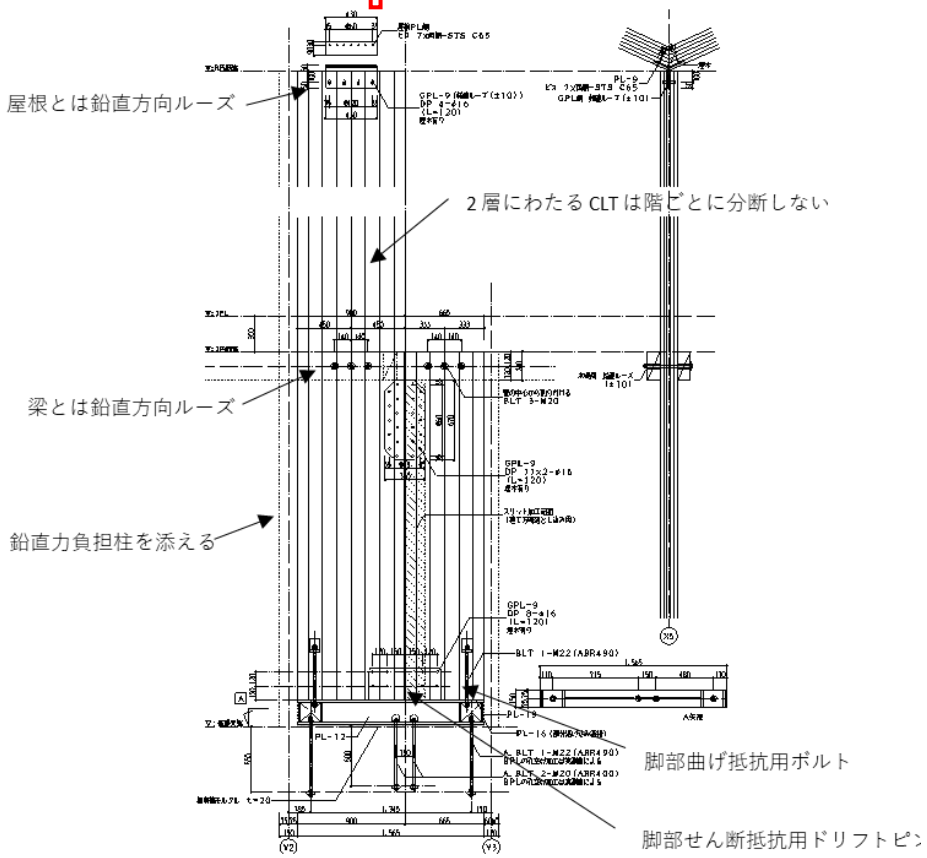
・ 長手方向の構造用合板耐力壁は両面貼りで釘ピッチを密にして、壁倍率換算で最大で 7 倍の耐力壁とした。



1 階耐力壁配置　　CLT 耐力壁　　構造用合板耐力壁



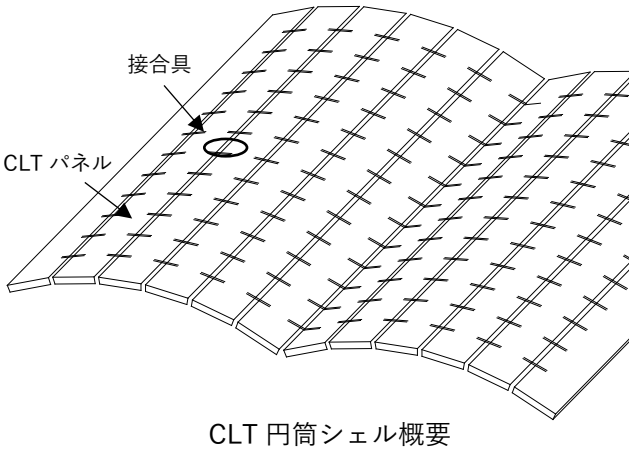
2 階耐力壁配置　　CLT 耐力壁　　構造用合板耐力壁



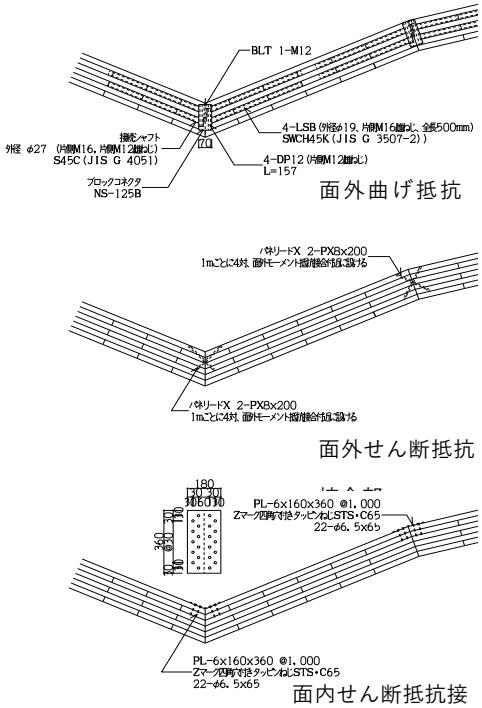
CLT 耐力壁の詳細

＜屋根構造＞

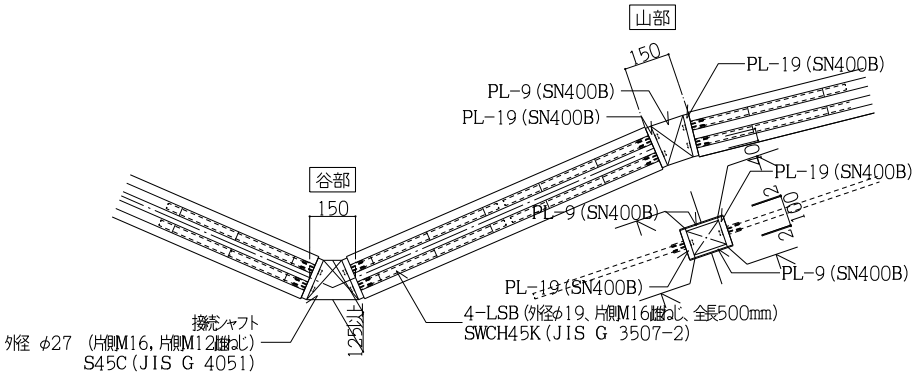
- 屋根に CLT 板の円筒シェルを用いており、1.2~２ｍの幅の CLT 板を並べ、少しずつ角度を持たせて接合して円筒屋根を形成する。
- 接合具として、面外曲げ抵抗（ラグスリューボルト）・面外せん断抵抗（パネリード）・面内せん断抵抗（ビス打ち金物）の 3 種類の接合具を用いる。
- この内、面外曲抵の接合方法は、外から 2 層目のラミナにラグスクリューボルトを埋め込んで軸方向の引張、圧縮の抵抗を行わせ、それと CLT 板の圧縮側の抵抗とにより曲げ剛性、耐力を確保する方法である



CLT 円筒シェル概要



接合具概要



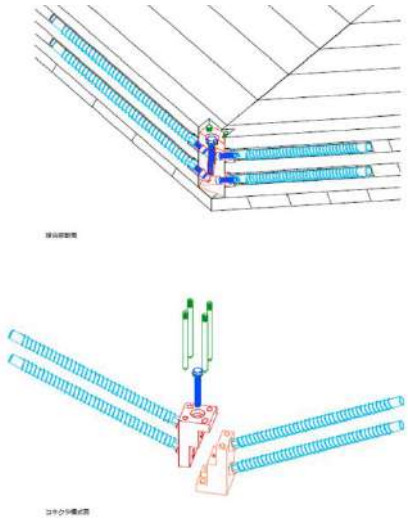
面外曲げ抵抗接合部の詳細（実施案）

＜考案した金物＞

①ブロック型接合部　（初期案）

特徴：コンパクトである

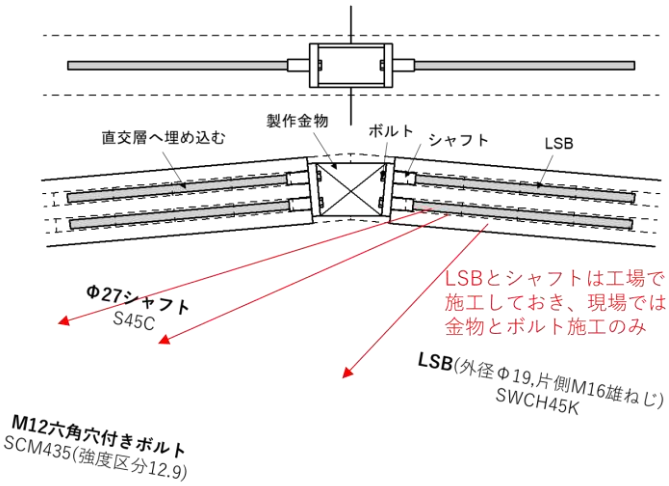
欠点：施工上の逃げが無く、施工が困難である



②箱金物型接合部（改良案）

特徴：プレートの組合せで安価である。施工がしやすい

欠点：CLT パネルに空けた穴を接合後に塞ぐ必要がある



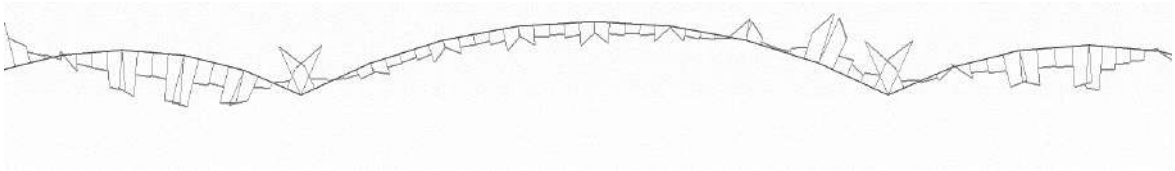
３．強度実験

3.1　実験の目的と計画

ラグスリューについては単純な引張実験のデータはあるが曲げを加えた実験はほとんどないため、ラグスクリューによって接合された CLT 板の曲げ剛性や耐力を確認するための実験を行う。

最も角度変化の大きい谷の部分を対象として実験を行う。

応力解析においては、下図に示すとおり谷の上部（凹側）が引張となるような曲げモーメントが生じるため、その状態を実験で再現する。



実験は以下に示す 2 点支持、2 点載荷の方法により山型に連結された CLT 板の接合部に曲げが生じるようにする。

＜実験実施期間＞

実験日　　2020 年 7 月 17 日及び 2020 年 10 月 14 日

実験期間　　愛媛県農林水産研究所　林業研究センター

主任研究員　藤田　誠

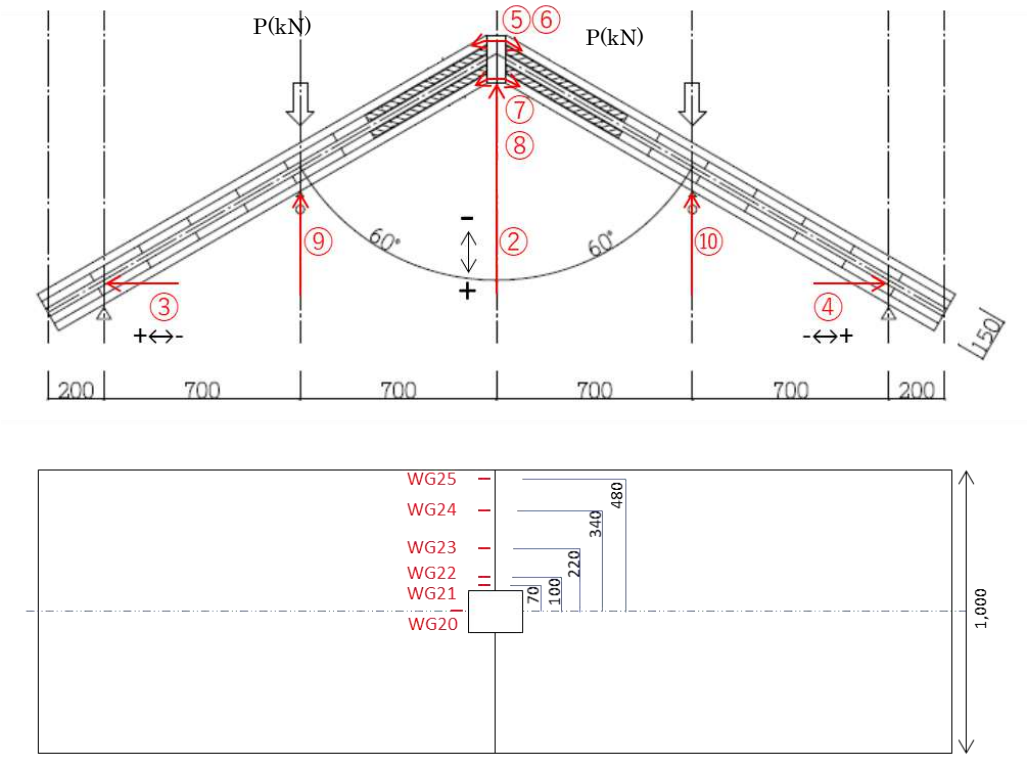
玉置　教司（主担当）

中川　美幸

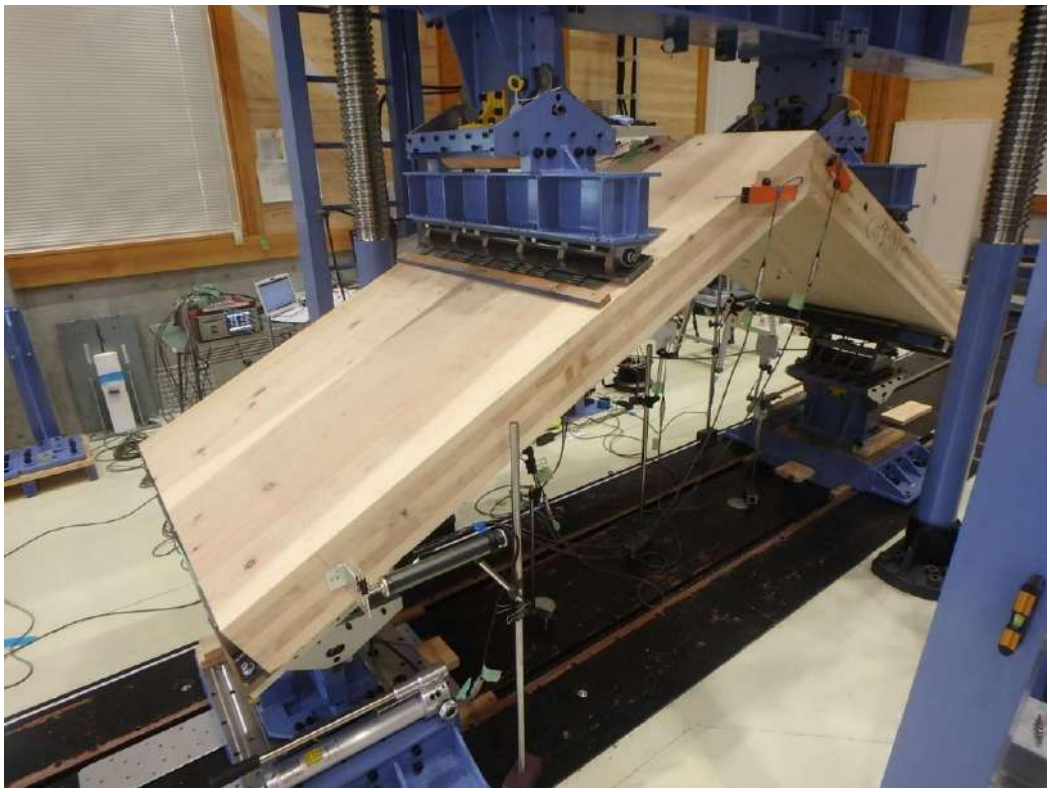
＜試験体＞

試験体名	構成材	数量(体)
CLT山形屋根 フレーム	CLTパネル(幅はぎ無し) 等級：S90-5-5、樹種：ひのき、 厚さ：150mm、幅：1,000mm 接合部 LSB：外径19mm×長さ500mm 金物：Ａタイプ（試験体No1、2） Ｂタイプ（試験体No3、4） LSB-金物 接合：M12ボルト その他：図－１参照	Aタイプ：2台 Bタイプ：2台 合計：4台

＜加力位置と変位測定位置＞

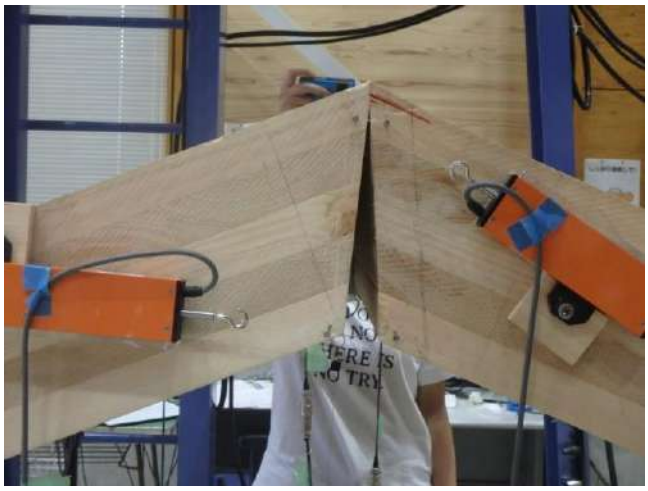


＜加力状況＞



3.2　加力後の試験体の状況

＜ブロック型接合部＞　試験体１

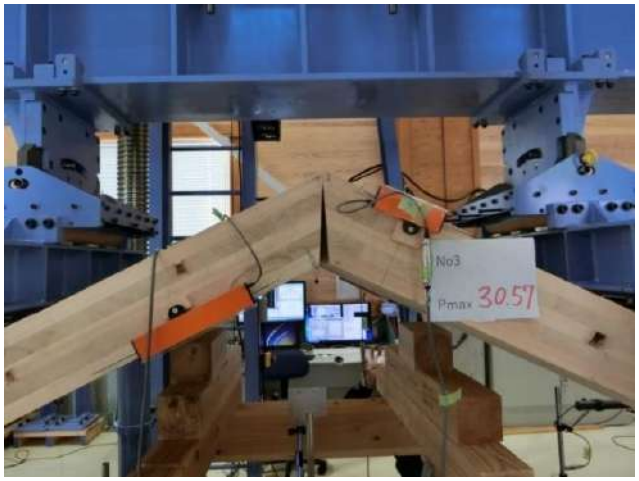


接合部の破壊状況（前側）

接合部の状況
（解体後）

実験終了後の金物薄肉部の破壊

＜箱金物接合部＞　試験体３



接合部の破壊状況（前側）

実験後のボルトの破断（解体後）

接合部の破壊状況（解体後）

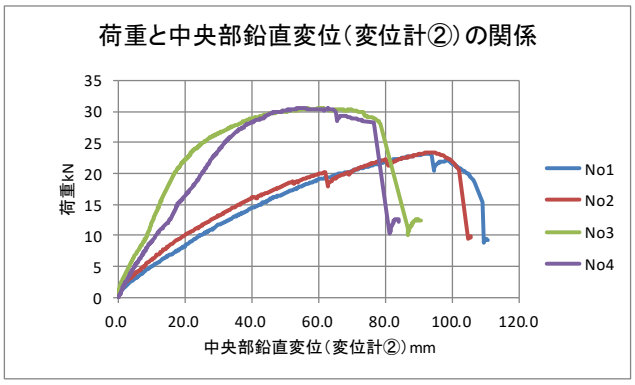
接合金物形状

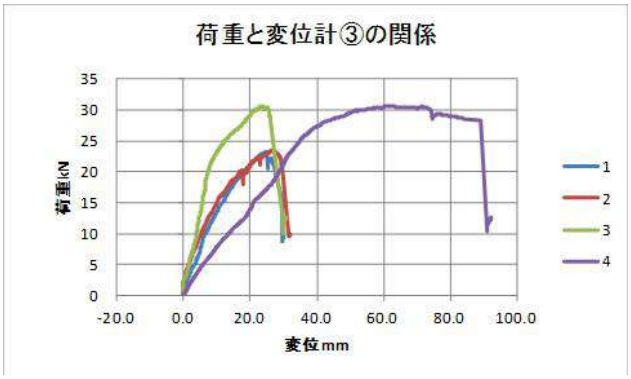
3.3　実験結果

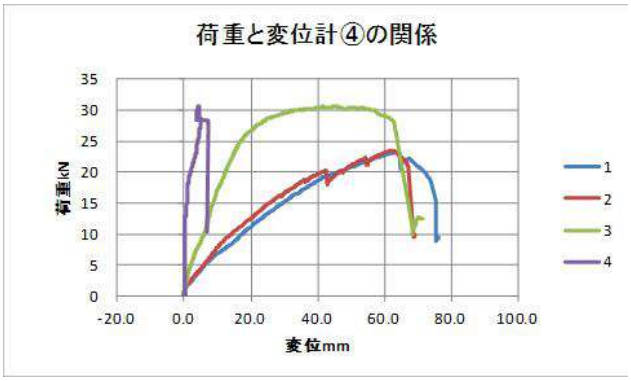
＜最大荷重と破壊性状＞

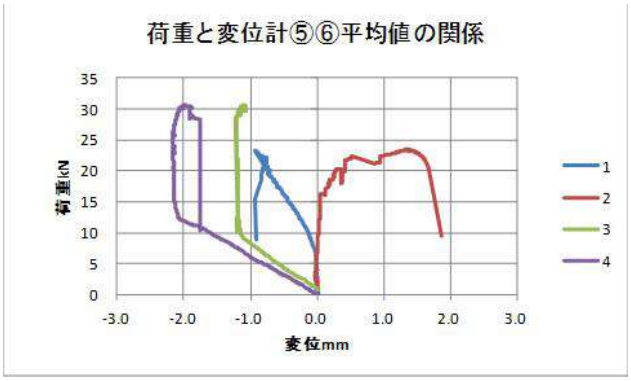
試験体NO	最大荷重時の		破壊性状	備考
	荷重 kN	中央部の 鉛直変位 変位計② mm		
1	23.29	93.8	CLTパネル突合せ圧縮部の 割裂破壊	金物A
2	23.39	93.4	CLTパネル突合せ圧縮部の 割裂破壊	金物A
3	30.56	60.2	LSBと金物を接合する ボルトの破断	金物B
4	30.64	55.7	LSBと金物を接合する ボルトの破断	金物B

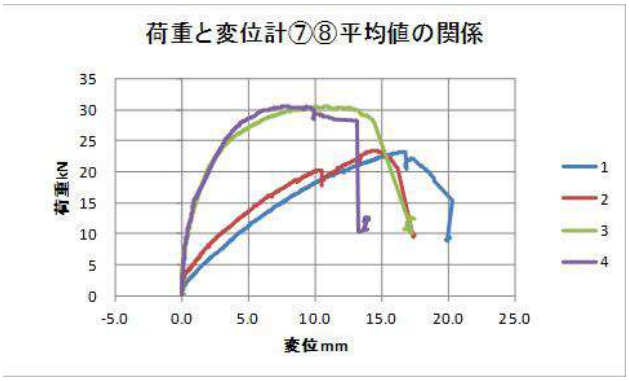
＜荷重－変位曲線＞

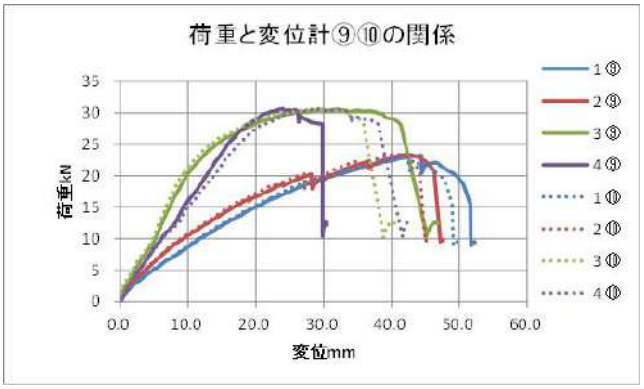












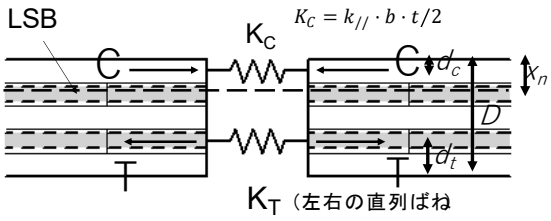
3.4　予備解析と実験結果の比較と考察

＜解析に用いる接合部の特性＞

引張実験結果から曲げ剛性・強度への置換

・算定条件

- RCスラブに準ずる
- CLTの圧縮とLSBの引張による



- CLTの繊維直交層は圧縮力を負担しない
- 最外層の圧縮ラミナ内で応力度一定
- 圧縮側LSBは無視

・剛性・耐力算定

- 力の釣合

$$T = C$$
$$K_T(D - d_t - x_n)\theta = K_C(x_n - d_c)\theta$$

- 中立軸

$$x_n = \frac{K_T(D - d_t) + K_C d_c}{K_T + K_C}$$

- 中立軸周りの釣合

$$M = T(D - d_t - x_n) + C(x_n - d_c)$$

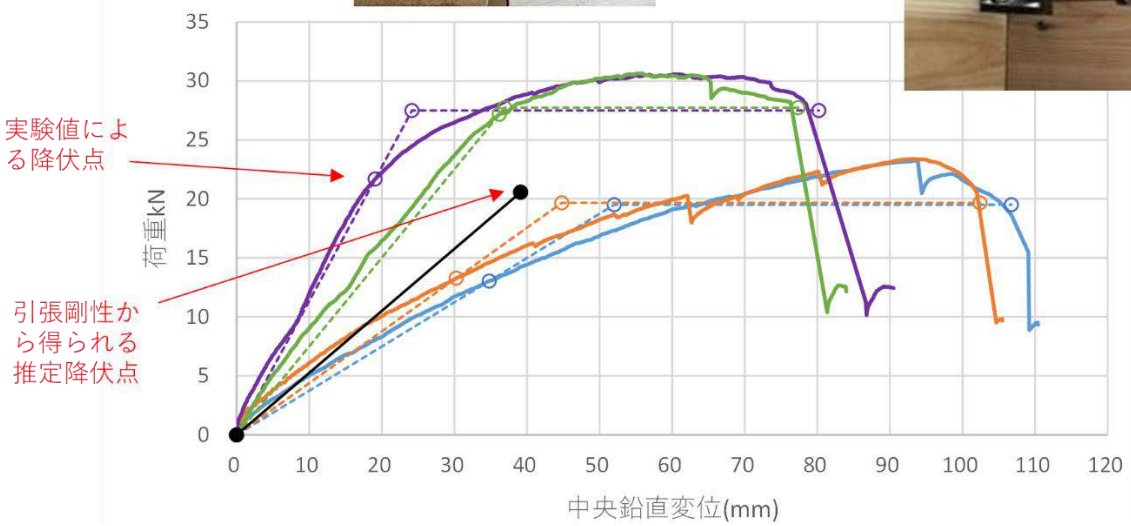
- 回転剛性

$$R_j = K_T(D - d_t - x_n)^2 + K_C(x_n - d_c)^2$$

- 降伏曲げモーメント

$$M_y = R_j \cdot \theta_y \qquad \theta_y = \min(\theta_{y,CLT}, \theta_{y,LSB})$$
$$\theta_{y,LSB} = \frac{P_{y,LSB}}{K_T \cdot (D - d_t - x_n)}$$

＜LSB の引張特性と CLT の圧縮特性を考慮した解析と実験結果の比較＞



＜考察＞

- ブロック型接合部はセッティングが困難なため、一部のボルトを緩めることで製作誤差の吸収を行わざるを得ない状況であった。
- これに対して箱金物接合は製作誤差の吸収が容易であり、LSB ボルトの締め込みも十分に行えた。
- これらの試験体製作時の状況の違いが実験結果に表れている。すなわち、箱型金物を用いた試験体の方が剛性や最大強度が大きい。
- LSB の引張実験結果と CLT の圧縮特性から計算した剛性と実験値とを比較すると、ブロック型でほぼ等しく、箱型金物では実験値が 2 倍程度大きい。曲げ剛性には圧縮側の LSB の影響や LSB そのものの曲げ剛性が影響しているため計算値の方が大きくなると考えられる。
- LSB の引張実験結果と CLT の圧縮特性から計算した降伏耐力と実験値とを比較すると、箱型金物ではほぼ等しく、ブロック金物では実験体が小さい。ブロック金物では金物の一部の破損が見られており、この影響と思われる。
- 上記の実験結果より、箱型金物が安定して剛性・強度が発揮できること、計算によってれられる曲げ剛性・曲げ強度は実情を安全側に評価できることが確認された。

４．分離発注報告

4.1　木材調達分離発注

（目的）

・木材調達コストを明確化することにより、森林管理者への利益還元

・早期発注による木材の品質確保及び工期(納期)短縮

（取組み）

・発注者、設計者、行政、木材協会及び協会会員で意見交換を行い発注仕様書及び木材調書（明細書）を作成

木材調達仕様書

1　木材適用範囲

(1)　本仕様書は、「南予森林組合事務所新築工事」(以下、「工事」と称する)において使用する木材調達の業務委託に適用する。

2　木材の定義

(1)　南予地域材とは、南予地域(宇和島市、松野町及び鬼北町)において生産された原木を製材・加工したスギ、ヒノキとする。

(2)　受託者は、別紙「木材調書」に記載された規格、数量の木材を南予地域材として納品すること。

(3)　受託者は、南予地域材の使用を証明するための書類(産地証明書等)を提出すること。

(4)　受託者は、南予地域材以外の木材を調達しようとする場合は、南予森林組合担当者(以下、「組合担当者」と称する。)と協議のうえ決定すること。

3　木材の品質、規格、数量

(1)　受託者は、別紙「木材調書」に記載された規格、数量の木材を調達・納品すること。

(2)　設計書の変更又は積算上の不備により増減した木材数量については、当初契約単価に基づき変更契約を行う。

(3)　施工上の都合により、積算基準を超えて不足した木材については、工事請負業者の負担で調達することとする。

(4)　木材の品質・規格は、次のとおりとし、受託者は発注者提供の木材調書を使用するものとする。

①　構造用製材は、主に製材JASの機械等級区分製材(SD20以下)とし、木材調書に定める品質・規格とする。機械等級区分製材以外は人工乾燥処理製材JAS(SD20以下)とし、製材のJAS規格の別記3の(4)に定める方法でヤング係数を測定し、この内、板ね1割の本数を公的研究機関においてヤング係数を測定し、それらのデータを添付すること。

②　構造用集成材は、木材調書に定める集成材JASの規格・品質とする。

③　CLT(直交集成板)は、木材調書に定めるCLTJASの規格・品質とする。

4　木材の納品

(1)　発注者が指示する場所(プレカット工場)に納品すること。

(2)　木材の納品は、発注者、工事請負業者及び工事監理業務受託者と調整のうえ決定するが、発注者が指示する場所への輸送経費は、本業務に含むこととする。

5　木材の納期

(1)　納期は、発注者、工事請負業者及び工事監理業務受託者と調整のうえ決定する。

6　木材の品質等の確認

(1)　自主検査

受注者は、自主検査として下記に定めるデータをとりまとめ、組合担当者に提出すること。

①　構造用製材
JAS製材品の生産・品質検査・格付に係るデータ及び3の(4)に定めるデータ

②　構造用集成材
JAS集成材の生産・品質検査・格付に係るデータ

③　CLT
JASCLTの生産・品質検査・格付に係るデータ

④　産地証明
南予地域材の証明について、「2　木材の定義」により確認できる書面とする。

(2)　木材の品質等の確認

①　木材の品質等の確認は、製材(製造)場所又は製材品等保管場所で行う。

②　木材の品質等の確認は、工事監理業務受託者、一般社団法人愛媛県木材協会及び工事請負業者が行う。

③　木材の品質等の確認は、それぞれのJASの検査要領に基づき、抽出して行う。

④　木材の品質等の確認において、不合格となった材料については、受託者は速やかに代替の材料を手配し再度確認を受けること。

⑤　製材(製造)場所での抜き取り検査に合格したロットの材であっても、その後の現場施工時に指定した品質に満たないことが判明した材料については、不合格品として、受託者は速やかに代替の材料を手配し再度検査を受けること。

7　瑕疵担保

(1)　本契約により、納入された材料に起因して生じた建物の瑕疵については、工事請負業者と連帯保証するものとし、工事請負業者と協議のうえ、補修に必要な木材を工事請負業者に無償で支給することとする。

（仕様書）

（課題と対応）

・瑕疵担保責任について　※仕様書参照

・当初は下地材、羽柄材も発注対象としていたが、施工方法によって積算数量と使用数量の違いがでることが明確なので、木拾いの精度の高く、施工方法による変動のない構造材のみの発注とした。

・工場及び製材所のＣＬＴ・集成材・製材供給能力を把握し、工事工程(建方時期)と必要数量を照らし合わせることで、無理なく木材調達を見込めることを確認。

（供給可能量を上回ってしまうと、木材コストが割高になる可能性がある）

（業者選定）

・指名競争入札により決定

・南予地域材を含む県産材の販路拡大を積極的に取り組む、愛媛県木材協会、愛媛県産材製品市場開拓協議会及び愛媛県 CLT 普及協議会の会員であること。

・南予森林組合事務所新築工事の建設に要する、南予地域材を使用した製材、集成材及びＣＬＴを調達、納品する能力を有すると見込まれること。

（メリット・デメリット）

・木材調達先の指定や地域産材の使用等、発注者・設計者の意向を反映しやすい。

・工事契約に先立って木材を調達することができるので工期に余裕ができる。

・木材の品質、価格が明確化できる。

・発注者、設計者(監理者)の業務が増え、木材・建築に関する高度な知識が必要となる。（含水率、ヤング係数等）

（成果）

・先行分離発注により、一括発注にみられる実行単価の切詰め防止につながった。

・早期発注により木材の品質確保及び工期短縮が図れた。

（考察）

・県産材指定で一般材を用いる場合は、数量にもよるが一括発注でも十分対応できると思うが、県産材の中でも産地指定の場合は材の確保であったり、集成材や CLT を用いる場合は、製作期間の確保に不安がある為、先行分離発注が適切であり、今回の実証で愛媛県における県産材を前提とした発注方式は、コストの明確化や工期短縮も図られることから先行分離発注でほとんど対応できるのではないかと思われる。発注仕様書も比較的簡易にまとめられているので今後の分離発注を行う際に役立つことを期待する。

（成果品）

（強度試験状況）

（材料検査状況(CLT)）

4.2　施工図・加工図分離発注

（目的）

・先行分離発注により、通常時間を要する納まりの検討が早期に行われ発注ができれば、製作時間にも余裕ができ、部材の品質確保や工期(納期)の短縮が図ることができる。

・特殊と思われがちな中大規模木造建築の木造躯体施工図を本体工事から切り離して発注することにより、元請業者の負担が少なくなることで、今後の敬遠されがちな中大規模木造建築工事のハードルを下げる。

・元請業者のサポートができる地域内業者の育成。

（取組み）

・発注者、設計者、行政、木材協会及び協会会員で意見交換を行い発注仕様書を作成

・加工図（プレカット図、鉄骨図）の作成については、プレカット、鉄骨製作は本体工事に含まれており、元請業者によって依頼する業者が異なることと、工場によって製作機械等が異なることから１業者に決めて加工図を作成してもらうことはできないことから、県内プレカット業者と意見交換を行い、施工図が先行して出来ていれば、通常の工事に比べ元請業者決定してからの作図でも十分間に合うと判断し、加工図ついては元請業者決定後、業務受注者が下請業者と調整を行い取りまとめることとした。

南予森林組合事務所新築工事　施工図・加工図作成業務仕様書

1 業務名称　南予森林組合事務所新築工事　施工図・加工図作成業務

2 業務の目的　本業務は、南予森林組合（以下「組合」という。）が計画している南予森林組合事務所新築工事の工期短縮を図るために必要となる木工事（木工事に関係する鉄骨図を含む）に関する、施工図・加工図作成の分離発注を行うことを目的とする。

3 敷地概要　所在地　北宇和郡鬼北町大字奈良4073-7
敷地面積　5,988.54㎡
区域区分　都市計画区域内（区域区分非設定）
防火地域　指定なし

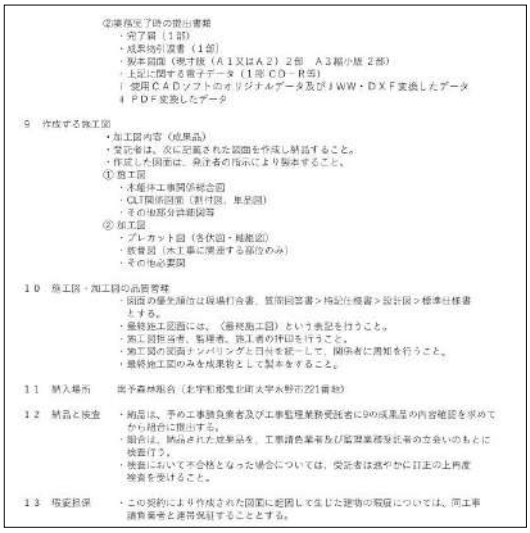
4 業務内容　木工事（木工事に関係する鉄骨図を含む）に関する施工図・加工図の作成

5 建物概要　延床面積：772.11㎡（申請面積）
構造・規模：木造軸組工法（CLT面材利用）2階建
床、壁、屋根にCLTを使用。（詳細は実施設計図書を参照）

6 業務期間　契約締結日から建方終了迄（令和2年10月末予定）

7 業務実施上の留意点
① 業務に先立ち、発注者及び工事請負業者、工事監理業務受託者と十分協議を行うこと。
② 疑義が生じた場合、または本仕様書に明記されていない事項については、発注者及び工事請負業者及び工事監理業務受託者と協議を行うこと。

8 業務一般
①業務着手時の提出書類
・業務着手届（1部）
・業務工程表（1部）
・請負業者届出書
・業務担当者及び建築士免許証の写し
・その他、発注者が指定する書類



②業務完了時の提出書類
・完了届（1部）
・成果物引渡書（1部）
・製本図面（完了版（A１又はA２）2部　A3縮小版 2部）
・上記に関する電子データ（1部 CD－R版）
ｉ 使用ＣＡＤソフトのオリジナルデータ及びＪＷＷ・ＤＸＦ変換したデータ
ⅱ ＰＤＦ変換したデータ

9　作成する施工図
・加工図内容（成果品）
・受託者は、次に記載された図面を作成し納品すること。
・作成した図面は、発注者の指示により製本すること。
① 施工図
・木躯体工事関係総合図
・CLT関係図面（割付図、単品図）
・その他部分詳細図等
② 加工図
・プレカット図（各伏図・軸組図）
・数量図（木工事に関連する部位のみ）
・その他必要図

10　施工図・加工図の品質管理
・図面の優先順位は現場打合書、質問回答書＞特記仕様書＞設計図＞標準仕様書とする。
・最終施工図面には、（最終施工図）という表記を行うこと。
・施工図担当者、監理者、施工者の押印を行うこと。
・施工図の図面ナンバリングと日付を統一して、関係者に周知を行うこと。
・最終施工図のみを成果物として製本をすること。

11　納入場所　南予森林組合（北宇和郡鬼北町大字永野市221番地）

12　納品と検査
・納品は、予めの工事請負業者及び工事監理業務受託者に9の成果品の内容確認を求めてから組合に提出する。
・組合は、納品された成果品を、工事請負業者及び監理業務受託者の立会いのもとに検査IT。
・検査において不合格となった場合については、受託者は速やかに訂正の上再度検査を受けること。

13　権利保
・この契約により作成された図面に起因して生じた建物の瑕疵については、同工事請負業者と連帯負担することとする。

（仕様書）

（業者選定）

・県内の大工工事、建築一式工事の建設業許可を受けていること。
・中大規模木造、ＣＬＴ工事の設計又は施工実績
・上記の内容により、一者を選定し鬼北町会計規則に則り随意契約を行った。

（メリット・デメリット）

・通常、木躯体施工図作成費用は木工事費と一緒に見積は提出するものの、請負金額交渉の中で、工事費に含まれたりと不透明なところがあったが、今回は役割分担とともに明確化されたので良かった（受注者）
・近年は現場スタッフの数が少なかったり、他のことに時間をとられてしまうことが多く、特に着工前後は提出する書類作成や各会議への参加など施工図チェックの時期が重なりおろそかになりがちですが、先行分離発注により各図面(工種)との整合など余裕をもった品質管理ができた。基礎躯体との整合確認の作業は必要だったので、基礎躯体も含めた構造躯体の発注ができれば尚良かったのではないかと思う。（元請）

（成果）

・今回は設計変更も伴って、多少の整合確認等の時間を要したが、当初の予定通りに事業が進行していて、施工業者が決定し着工時にはある程度施工図・加工図（木材調達も含め）ができている状態であれば元請業者にとっては有益であり、しいては現場経費の削減や敬遠されがちなＣＬＴを含めた中大規模木造工事の参加業者の増が期待できる。

（成果品）

・入札の不調による設計変更で着工の遅れがでたが、木材と併せて先行分離発注を行ったことで当初の竣工時期は遅れたものの、納まり検討や製作発注もスムーズに行われ、実質５カ月という工期を手助けした。
・今回は木躯体工事のみの分離発注としたが、ＢＩＭの普及が進めば各部位・各工種との整合確認作業が容易になるので、基礎躯体、造作工事、設備工事と発注する範囲の拡大が期待できる。

５．施工状況報告

建方は、ＣＬＴパネルの最大寸法が 1.5m×12.0m、金物込で約 2ｔあるため、25ｔラフタークレーンを使用し、建方を実施した。屋根の架構は 1 日 1 スパンで計画し、壁及び床を合せたＣＬＴパネル総数 66 枚＋木軸組・鉄骨取付の土台敷きから、屋根架構完了までを 30 日間で計画し、途中、積雪や強風で 3 日程度作業ができない日もあったが、建方を進めていくうちに作業にも慣れたこともあり、実働 27 日間で作業を終わらせることができた。

■構造見学会実施状況

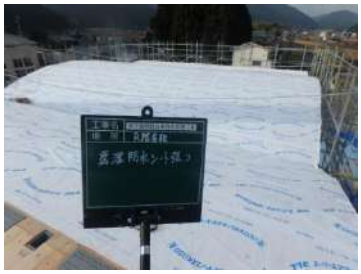
新型コロナウィルス感染拡大防止の観点から、周知範囲を限定し、人数制限を設けて時間短縮で行った。当日は、行政関係者及び県内の建築業者から約 30 人が参加した。
県内の注目度も高く、見学会以降も見学の問い合わせは続き、その都度対応を行った。
完成後は、本事業のパネル展示や接合試験を行った際の試験体の展示も検討している。

■仮置き・養生方法

ＣＬＴパネルは、表面がそのまま仕上となるため、細心の注意を払い養生を徹底した。仮置きは、中央・端部に架台を置き、パネルが反らないように対策を行った。吊治具、仮設プレート等も計画し、安全に吊込みができるように計画した。屋根パネル設置後（1 日の作業終了時）は、外装で使用されている防水シートを敷き、雨・雪対策の養生を行った。また、使用した防水シートは撤去手間や処分にコストがかかるため、そのまま残置し、その上で垂木取付や断熱材敷込みを行った。

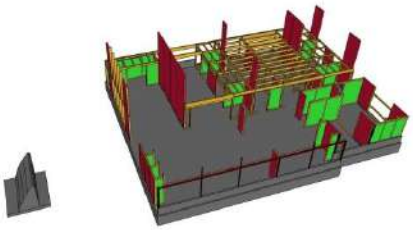
（仮置き状況）

（吊込み養生金物）


（防水シート）

■建方順序及び状況

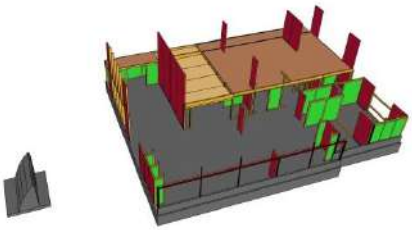
①土台敷き～１階柱・壁・梁取付（所要日数：12 日）



柱脚金物・土台敷

CLT 壁建入

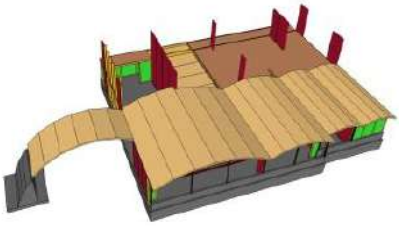
②床（天井）ＣＬＴ・合板取付（所要日数：１日）



CLT 床設置

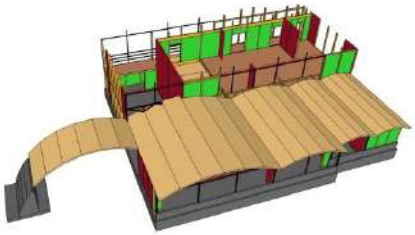
床合板張り

③１階屋根ＣＬＴ取付（所要日数：６日）

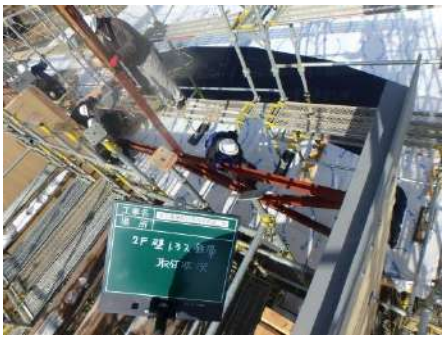


屋根 CLT 取付

④２階柱・梁・鉄骨取付（所要日数：３日）

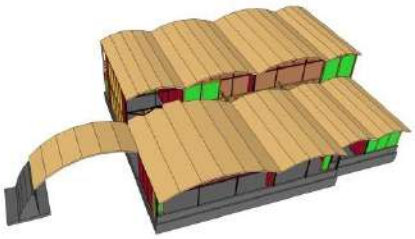


屋根 CLT 受金物取付



鉄骨トラス取付

⑤２階屋根ＣＬＴ取付（所要日数：５日）



屋根 CLT 取付

■建方における課題と解決策

・屋根 CLT を組み上げるには部材取付順番を確定し、これに基づいて金物を取付した上、支保工にて支える位置にジャッキを取り付けて、上下調整可能とした。

・屋根 CLT の吊り勾配が部材、取付場所によって様々なため、吊り勾配調整に時間がかかったが、安全のため 4 点吊りは確保し、長手方向 1 列に 2 点ずつ吊ることにより、人力で簡単に勾配調整可能とした。結果として楽に安全に早く取付可能となった。

・壁 CLT が 1F から RF まで一体物であるために、建て入れ精度を RF レベルでほぼゼロにしないと、隣接する柱、梁の建て入れ精度に直接影響し、建物全体の倒れに影響ところ、壁 CLT と隣接柱とのクリアをＣＬＴ加工時 1mm確保し、部材取付する度に倒れを確認調整し、2Ｆレベルで倒れゼロにした。結果ＲＦレベルでも倒れは無く、建物全体の建て入れ精度も良くなった。

・壁 CLT の内、ベースプレートに接していない物の下端は、無収縮モルタル充填後湿気を吸い上げる可能性があるため、壁 CLT 下端に防水シートを貼って湿気吸着防止対策をした。

■金物取付状況

・ＣＬＴパネルの加工（斜めカット・穴あけ等）及びＬＳＢの打込み（L=500㎜×900 本、L=300㎜×352 本）は工場で行い、プレート・箱金物は現場で取付を行った。

・梁桁には、既製構造金物（テックワン）を使用。設計時の聞き取り調査で、愛媛県内全てのプレカット業者が取り扱うことができ、施工性も良く、コストを抑えることもできた。

■屋根ＣＬＴパネル接合部埋木施工状況

（彫込状況）

（接着剤塗）

（板貼り）

（ﾌｨﾆｯｼｭ打）

（研磨清掃）

（完了状況）

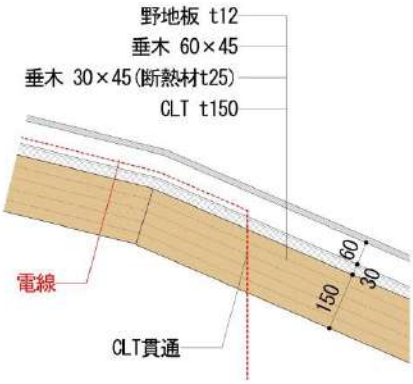
（現場設置状況）

屋根ＣＬＴパネル接合部の箱金物は空洞で、そのままだと屋根下地が見えてしまうため、上の写真のように埋木を施した。
同様に壁･柱脚金物は巾木で、屋根受金物を木プレートで隠すようにした。

※写真はモックアップにて確認状況

■設備配管状況

・空調機は壁掛型や床置型とし、天井仕上がある部屋は埋込型とした。
・屋根パネル部の電気配線は、ＣＬＴパネルを垂木を取付て断熱材と野地板の間に空間を確保した。
・一部壁を在来工法とし、設備配管の貫通ルートを確保。やむを得ない箇所は構造耐力上、支障のない開口寸法となるように分岐等を行い、配管サイズを調整した。
（開口端距離も確保）



６．ＲＣ造とのコスト比較

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	1266	1,645	△ 379	
	基礎工事	12498	28,640	△ 16,142	
				0	
				0	
基礎工事計(E)		13,764	30,285	△ 16,521	
上部躯体工事	仮設工事	4758	5,709	△ 951	RC造は支保工等の設置期間が長い
	鉄骨工事	10041	2,523	7,518	RC造は内外部階段のみ
	コンクリート工事	0	30,198	△ 30,198	鉄筋・型枠含む
	木工事	72128	2,100	70,028	RC造は一部間仕切壁工事
	防水工事	4354	4,354	0	
	屋根工事	1739	1,739	0	
	断熱工事	1429	1,429	0	
	外装工事	2866	2,866	0	
				0	
上部躯体工事計(F)		97,315	50,918	46,397	
合計(E)+(F)		111,079	81,203	29,876	
延べ面積あたり工事単価（千円/㎡）		144	105	39	

〈注〉・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、設備工事は含めない。

・諸経費は含めない。

（考察）

ＣＬＴ建築物の方がコスト高の結果となったが、基礎工事はＲＣ造の方がコスト高となった。また、ＲＣ造の場合は、地盤によっては地盤改良や杭工事が必要な可能性があり、よりコスト増となる。上部躯体ではＲＣ造の方がコスト面で優れているが、工程数が多く、上棟後も養生期間が必要であるため、工期短縮は難しい。

今回は、計画条件の中でヒノキ材を使用したことによる材料費高（スギＣＬＴに比べると40,000円/㎥高）や先駆性を求め、特殊な形状になったことによる金物製作費の他に、建方費や経費等の見えない費用もコスト高に反映されていると思われ、ＣＬＴの材種及び製作金物の個数や仕様調整を行い、施工性が上がればＲＣ造に近いところまで下がってくるのではないかと思われる。

７．総括

コスト面や法的課題の他に、ＣＬＴの施工性は通常の中大規模木造と異なり、高い精度が求められ施工が難しいと思われていることも普及に繋がらない要因になっていると思われる。ただし、一度ＣＬＴ建築を経験すればハードルは低くなると考えられ、本事業のように木材調達に加え、施工図・加工図の分離発注も普及すれば、施工者の負担も減り、工期も短縮でき、コスト減にも繋がると思われる。今後、設計・施工事例が増え、設計・施工に関する情報が共有されることで、需要拡大にも繋がると思われる。

本事業は、地域材である南予産材を用いてＣＬＴパネルを含めた、全ての木構造躯体を構成できたことや、ＣＬＴを活用した先駆的な建築物として連続円筒シェルで開放的な空間を構成できたことは、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事業となっており、コスト比較はＲＣ造と比べ高い結果となったが、コストが高くなったとしても本事業のようにＣＬＴを用いる意義を主張でき、ＣＬＴにしかできない新しい建築物をつくることができれば、ＣＬＴパネルと軸組工法を融合したこの事業が、地元施工業者の参画可能な中大規模建築物の木造化を推進し、地域材を利用したＣＬＴ建築物の今後の好例となることを期待している。

2.6 (株)采建築社／SAI GROUP HOLDINGS(株)

事業名			采建築社　二丈 CLT CELL UNIT 新築工事の建築実証
実施者（担当者）			(株)采建築社／SAI GROUP HOLDINGS(株)
建築物の概要	用途		事務所（モデルハウス）
	建設地		福岡県福岡市早良区野芥三丁目587-4の一部
	構造・工法		構造種別：木造　　構造形式：CLTパネル工法　（ユニット工法）
	階数		2
	高さ（m）		7.28
	軒高（m）		6.73
	敷地面積（㎡）		319.73
	建築面積（㎡）		84.86
	延べ面積（㎡）		167.25
	階別面積	１階	84.86
		２階	82.39
		３階	－
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量：32.06㎥（銘建工業：29.988㎥、鳥取CLT：2.070㎥） 建築物使用量：28.89㎥（銘建工業：27.402㎥、鳥取CLT：1.495㎥）
	壁パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	JAS強度等級：S60-3-3　A種構成（外層：M60A以上、内層：M60A以上）
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	JAS強度等級：S60-3-3　A種構成（外層：M60A以上、内層：M60A以上）
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	JAS強度等級：S60-3-3　A種構成（外層：M60A以上、内層：M60A以上）
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		蝶蟻、梁：欧州赤松集成材、床下地：構造用合板、床仕上げ材
	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		9.0 ㎥ （合板：3.2 ㎥、床仕上げ材：2.5 ㎥、外壁、屋根下地材：3.3 ㎥）
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	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板＋硬質木片セメント板（厚18）下地
		開口部	アルミサッシ（ビル用）＋二層複層ガラス（Low-E、断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅 10 mm）
	主な内部仕上	界壁	無
		間仕切り壁	両面CLT現しの上塗装仕上・片面CLT現しの上塗装仕上（片面PB 12.5 mm ＋ 9.5 mmの上塗装仕上）・塗装仕上（木下地 ＋ PB 12.5 mm ＋ 9.5 mm）
		床	２階床：ﾌﾞﾗｯｸｳｫｰﾙﾅｯﾄ無垢ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ 15 mm 仕上 ＋ PB 12.5 mm×2 １階床：タイル 9.0 mm ＋ 無収縮モルタル 20 mm ＋ 耐水合板 12 mm＋防水シート
		天井	塗装仕上（CLT＋木天井下地＋PB 9.5 mm）
構造	構造計算ルート		ルート3
	接合方法		架台とCLT：鋼板挿入ドリフトピン接合、CLT相互：蝶蟻接合
	最大スパン		ユニット長辺 5.49 m、ユニット間離隔 5.29 m
	問題点・課題とその解決策		接合部性能とユニット単体の構造性能把握のため、実寸大ユニットによる静的加力試験および３次元フレーム解析を行った。 ユニット１個あたりの負担可能重量から、ユニットの離隔距離と支持する床面積を把握した。
防耐火	防火上の地域区分		法第22条地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		法第61条の規定の適用を受けない
	問題点・課題とその解決策		被覆荷重の増加などにより、ユニットの高耐力化が求められる
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		課題に対する具体的な対応策については未対応（今後の検討課題）
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	高性能硬質ウレタンフォーム断熱材　・　61 mm
		外壁	高性能硬質ウレタンフォーム断熱材　・　61 mm
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板　3種 b　・　60 mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		課題に対する具体的な対応策については未対応（今後の検討課題）
	建て方における課題と解決策		基礎の精度とユニット製作精度の相違に対して、親子フィラーを架台に設置することで、組立精度誤差を含めて、吸収する。
			各ユニットの製作精度の違い　　接合部金物にガイドピンを設置
	給排水・電気配線設置上の工夫		
	劣化対策		液体ガラス塗装など各種仕上げ材を供試・検証中
工程	設計期間		2020年2月～2021年3月（14ヶ月）
	施工期間		未施工　予定工期：2021年6月～2021年7月（約2ヶ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	未施工　予定工期：2021年7月初旬（約1週間）（短工期実証の予定）
	竣工（予定）年月日		2021年8月以降の予定
体制	発注者		SAIグループホールディングス株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		SAIデザインアーキテクト株式会社
	構造設計者		株式会社日本システム設計
	施工者		株式会社采建築社
	ＣＬＴ供給者		銘建工業株式会社、株式会社鳥取ＣＬＴ
	ラミナ供給者		銘建工業(株)製：おおとよ製材(株)、池川木材工業(有) (株)鳥取ＣＬＴ製：銘建工業(株)（製材業者：(株)オーケンウッドホールディングス） ※ラミナ産地（銘建工業(株)製：高知県、(株)鳥取ＣＬＴ製：兵庫県）

実証事業名：采建築社二丈 CLT CELL UNIT 新築工事の建築実証
建築主等／協議会運営者：(株)采建築社／SAI GROUP HOLDINGS(株)

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（モデルハウス）</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">福岡県福岡市早良区野芥三丁目 587-4 の一部</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">構造種別：木造　　構造形式：CLT パネル工法</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">2</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>7.28</td><td>軒高（m）</td><td>6.73</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>319.73</td><td>建築面積（㎡）</td><td>84.86</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積</td><td>１階</td><td>84.86</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">167.25</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>82.39</td></tr>
<tr><td>３階</td><td>－</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（m^3）</td><td colspan="3">加工前製品量 138.52 m^3、加工後建築物使用量 119.55 m^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（m^3）</td><td colspan="3">9 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/JAS 強度等級 S60-3-3/スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">90mm 厚/3 層 3 プライ/JAS 強度等級 S60-3-3/スギ</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">90mm 厚/3 層 3 プライ/JAS 強度等級 S60-3-3/スギ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">2020 年 7 月～2021 年 2 月（8 ヶ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">予定工期：2021 年 6 月 ～ 7 月（約 2 ヶ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">予定工期：2021 年 7 月上旬（約 1 週間）</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">2021 年 8 月予定</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

ユニット化により、少材積量による所要構造性能確保や構造設計手間の削減によるコストメリットが得られる。(CLT ユニットを構成する CLT パネル相互の接合には、鋼板挿入ドリフトピン接合の他に、木製蝶蟻（雇さね）を用いて、金物・接合具の露出を極少化することで現し仕上げの美観が確保できる。ユニット化による施工方法単純化・工期短縮は、建設業従事者不足への対策となり得る。加えて、ユニット構成によっては、更なる高耐力化が可能であり、水平方向連続配置、多層配置など含めて、対応範囲拡充の可能性がある。本実証事業により各種検証を行い、CLT パネル工法建築物の普及に寄与することを目的とする。

本事業で実証する CLT ユニットは、木質感のある構造体を可能な限り可視化すること、また加工や組立に特殊な技術や設備を要さないことを条件として開発を進めている。協議会では、下記の１～６を課題として設定した。

1. 構造実験結果に基づく各接合部の性能の把握
2. ユニット単体の構造性能の把握
3. 2 層に重ねた 2 つのユニット群を間隔を離して配置することで空間を構成する建築物の設計
4. 工場での施工実験の実施によるユニット間の接合方法等、施工手順の検討
5. ユニット化による現場施工短期化の効果把握と他工法とのコスト比較
6. 今後の展開を視野に入れたユニット配置及びユニット構成のバリエーション検討

３．協議会構成員

【協議会運営者】SAI GROUP HOLDINGS(株)：惠美須 健也、山口 哲生、鈴木 成和
【協議会運営補助】(株)滋賀原木：熊川 三興
【建築主】(株)采建築社：野村 直樹

【設計】(株)SAI Design Architect：三池 剛士
【構造設計】(株)日本システム設計：三宅 辰哉、酒井 賢、櫻井 郁子、渡邉 拓史、田中 信司
【施工】(株)采建築社：今村 昭
【CLT 供給】銘建工業（株）：三嶋 幸三、（株）鳥取 CLT：岩坂 将
【構造実験】（一財）建材試験センター 西日本試験所：早崎 洋一
【助言指導】京都大学：五十田 博 教授
【サッシ開発協力】YKK AP（株）：安藤剛史

４．課題解決の方法と実施工程

・接合部性能及びユニット単体構造の性能把握という課題に関しては、建材試験センターで実施した実寸大ユニット静的加力試験及び３次元フレーム解析の結果により、壁幅２パターンのユニットについて、ユニット１個当たりの負担可能重量を示し、当該解析モデルを用いた構造設計により日本建築センターのプラン評定を取得した。
・ユニット群の間隔を離して離隔配置することで、空間構成する建築物の設計に関しては、ユニット性能に対して離隔距離を最大限に設定する条件で設計を行うと共に、サッシ含む外皮の構成方法やユニット内部・外部の空間利用方法について、意匠的な検討を行った。
・施工実験の実施に関しては、実寸大モックアップでの揚重実験を行い、ユニット運搬や積み上げ時に考えられる現場作業の合理化に向けて、問題点や課題の洗い出しを行った。
・CLT CELL UNIT による工法と在来木造及び RC 造とのコスト比較検討を行った。建物概要条件を設定の上で、工場でのユニット量産と各部パーツ化を想定した時の工期短縮効果が見込まれ、２階建て（CCU_01）モデルの概略コストを他工法と比較検討した。
・今後の展開を視野に入れたユニット配置及びユニット構成のバリエーション検討に関しては、現在のユニットで設計可能な階数を算定し、多層化、多用途化に向けて、今後望まれる課題抽出を行った。また、離隔配置のみに限らず、当該ユニットを利用した建築物について、複数パターンの試設計を行い実用に供した。

＜協議会の開催＞
2020 年 6 月：第 1 回開催、問題点洗い出し、基本設計、接合部検討
7 月：第 2 回開催、性能確認、評定対応検討
9 月：第 3 回開催、各部接合部検討
10 月：第 4 回開催、実施設計、評定部会審査対応
12 月：第 5 回開催、第 6 回開催、方針変更による予定地及び配置変更検討、
実施変更設計
2021 年 1 月：第 7 回開催（リモートによる現地調査）

＜設計＞
～2020 年 6 月：CLT CELL UNIT 事業企画検討
2020 年 7 月～8 月：基本設計（意匠、構造）
2020 年 9 月～10 月：実施設計（意匠、構造）その１
2020 年～10 月：プラン評定部会審査対応
2020 年 11 月初め：プラン評定受領
2020 年 11 月～2021 年 1 月：実施設計（意匠、構造）その２
2021 年 2 月：確認申請対応

＜性能確認＞
2020 年～7 月：接合部、せん断、引張、曲げ試験、及び、ユニット試験（※６種、38 試験体）

５．得られた実証データ等の詳細

設定した課題において、下記の成果が得られた。

1．構造実験結果に基づく各接合部の性能の把握

『CLT CELL UNIT』 の各部接合部に対す要素試験を通して、構造強度解析モデルの妥当性検証の上で、『蝶蟻』接合及び鉄骨架台とのドリフトピン接合部に関するバネ要素としての各耐力及び変形能を解析し構造設計可能とした。

2．ユニット単体の構造性能の把握

上記と同様に、ユニット実験の結果と構造解析により、ユニット単体の構造性能を評価把握し、他モデルへ転用可能とした。

3．2 層に重ねた 2 つのユニット群を間隔を離して配置することで空間を構成する建築物の設計

当該ユニットを４ユニット使用した離隔配置型の二階建て建築物を設計した。

4．工場での施工実験の実施によるユニット間の接合方法等、施工手順の検討

ユニットによる積層（段積み）実験や各ユニット試作を通して、ユニット内及びユニット間の接合部等に関する接合方法や施工手順など試作・検討し、実施設計へ反映した。

5．ユニット化による現場施工短期化の効果把握と他工法とのコスト比較

実際の建築実証の前に、ユニット試作及び施工実験や設計検討を通して事前検討を行い、建物の想定を前提条件として、当該『CLT CELL UNIT 工法』による建築と『RC 造』及び『従来木造』との概略コスト比較及び工期比較を行った。今回の『CLT CELL UNIT 工法』では、工場でのユニット及び各種パーツ製作を通して、現場工期短縮を可能としている。

6．今後の展開を視野に入れたユニット配置及びユニット構成のバリエーション検討

当該 CLT CELL UNIT 利用により、離隔配置、連層・連結配置、単独利用など、多分野での幅広い活用が期待できる。各ユニット配置による多様な建築物のバリエーションにつき用途や意匠性も含めた検討を実施した。

６．本実証により得られた成果

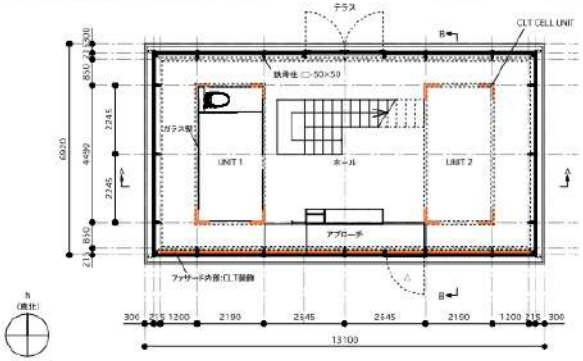
空間を持った躯体構造体としての CLT CELL UNIT の離隔配置により、最小限のユニット数で支持可能な最大床面積の確保を試み、CLT パネル工法による開放的な空間を提供可能とし、かつ、経済的な材積量での設計を可能とした。また、ユニット単体の構造性能を明確にしたことにより、連層、連結、離隔配置、単独利用など、今後の展開として、幅広い活用の提案が可能となり、CLT 活用拡大による森林資源の有効活用に繋がる地球環境規模での社会貢献が期待できる。

更に、将来的には、ユニットの移築・リユースを考えることにより、メタボリズム建築の概念から、持続可能な社会構築に資することができると共に、建設業界の業態変革と幅広い用途への普及が期待される。

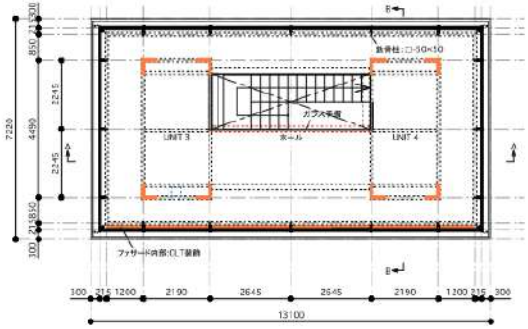
７．建築物の平面図・立面図・写真等

次頁を参照ください。

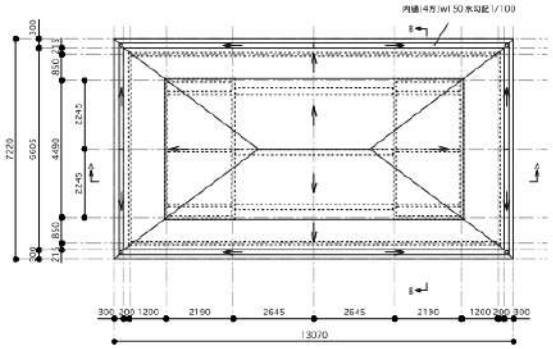
CLT CELL UNIT 二丈モデル基本構想図



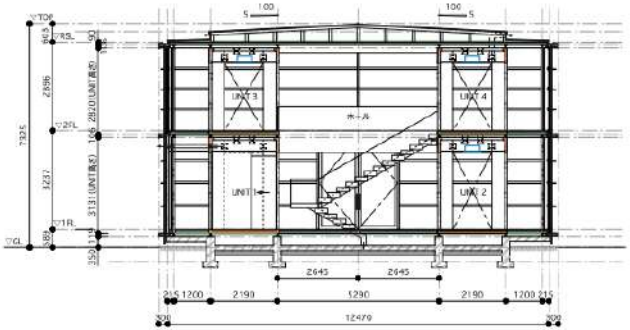
■一階平面図 S=1:150



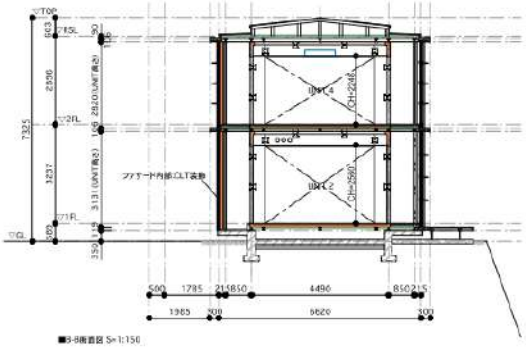
■二階平面図 S=1:150



■屋根伏図 S=1:150



■A-A断面図 S=1:150



■B-B断面図 S=1:150

■延床面積
1F:12.07×6.19+0.5×3.095×2=74.71+3.095=77.80
2F:1F床面=77.80-5.25×1.75=77.80-9.46=68.34
階段:6.89×(2.645+5.25)=7.06
合計:153.20㎡

■CLT CELL UNIT 概要(2種類)
1F:標準サイズ2(外寸):3131×2280×4580
CLT厚さ:90mm
2F:標準サイズ1(外寸):2620×2280×4580
CLT厚さ:90mm

■外部仕上表
1.屋根 ガルバリウム鋼板 縦ハゼ葺き(下地開ネオマフォーム t=40有り)
2.外壁 アルミサッシ(ペアガラス)+CLT装飾(内部)
3.基礎 布基礎形式 コンクリート 24N(防湿ポリエチレンフィルム t=0.15 基礎下ネオマフォーム t=20有り)

■特記事項
注1) アルミサッシ:YKK-ap社製 EXIMAS1 e AL枠 FK窓 42mm通幅 EXIMAS1 e AL枠36 樹脂ゴム付網戸
注2) 構造材は外壁部:H-100×100 中柱の柱部:H-200×200とする
注3) 鉄骨柱:□-50×50は構造的に検討/補足を必要とする
注4) 内部間は全てガラス壁とする(一部フロストガラス)

■屋根:ガルバリウム鋼板 縦ハゼ葺き
防水シート
下地:耐水構造用合板 t=12
木製骨組:垂木(実 50×50@455)
断熱材:ネオマフォーム t=40

■外壁仕様バリエーション
タイプA:4面サッシ
タイプB:サッシ+CLT金物
(CLT t=90 開口率50%)
タイプC:木製サイディング+CLT t=90
タイプD:木製サイディング+在来工法壁/2×4工法壁

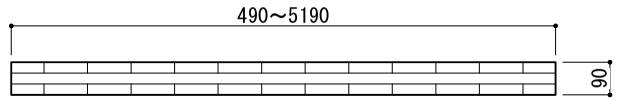
■床
真夜フローリング
構造床合板 t=12
CLT t=90
断熱材:ネオマフォーム(床下断熱) t=40

■テラス床
パン材
大引 50×50@910
ズンドリ(ルート8@910)

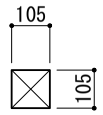
(仮称)CLT CELL UNIT　二丈モデル新築工事［構造］

SAI GROUP HOLDINGS　CLT CELL UNIT 814-0171　福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131　fax:092-874-3132	一級建築士　第347190号 三池　剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT　二丈モデル新築工事	DRAWING 表紙[構造]	SCALE —	DATE 2020.10.15	NUMBER

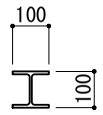
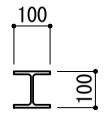
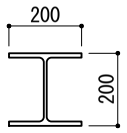
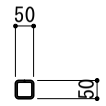
■CLTパネル

強度等級　ラミナ構成	S60-3-3(等級区分機による等級)
使用部位	壁、垂れ壁、床、屋根
厚さ[mm]	90
断面	

■木土台

符号	W1
断面	
強度等級	無等級
樹種	杉

■鉄骨

符号	UB1	B1	B2	C1
断面				
寸法	H-100×100×6×8	H-100×100×6×8	H-200×200×8×12	□-50×50×4.5
鋼種	SS400	SS400	SS400	STKR400

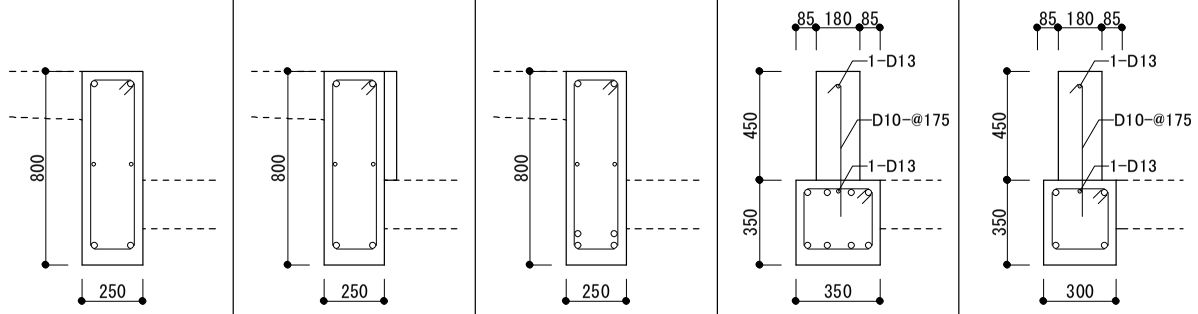
SAI GROUP HOLDINGS　CLT CELL UNIT
814-0171　福岡市早良区野芥4-45-55
tel:092-874-3131　fax:092-874-3132

一級建築士　第347190号
三池　剛士

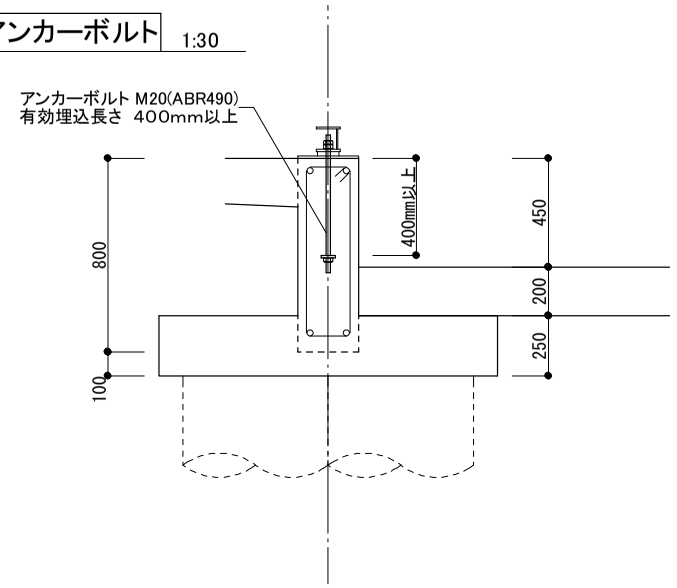
CHARGE	DRAWING	PROJECT	DRAWING	SCALE	DATE	NUMBER
	—	(仮称)CLT CELL UNIT　二丈モデル新築工事	断面リスト(1)	1/20[A3]	2020.10.15	S-06

共通事項
コンクリート　普通コンクリートFc21　設計供用期間　標準
鉄筋　D16以下SD295

基礎梁リスト 1:30

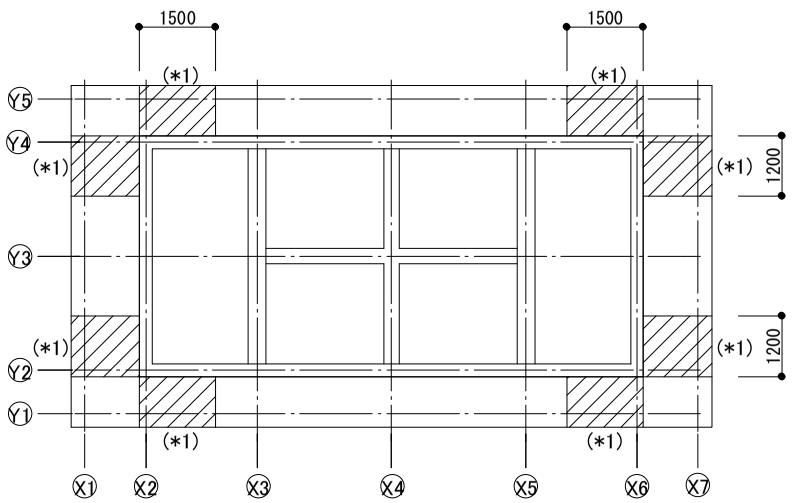
符号	FG1	FG1f	FG2	FG3	FB1
位置	全断面	全断面	全断面	全断面	全断面
断面					
B×D	250×800	250×800	250×800	350×350	300×350
上主筋	2-D16	2-D16	2-D16	4-D16	2-D16
下主筋	2-D16	2-D16	4-D16	4-D16	2-D16
スターラップ	□-D10-@250	□-D10-@250	□-D10-@250	□-D10-@175	□-D10-@175
腹筋	2-D10	2-D10	2-D10	―	―

アンカーボルト 1:30

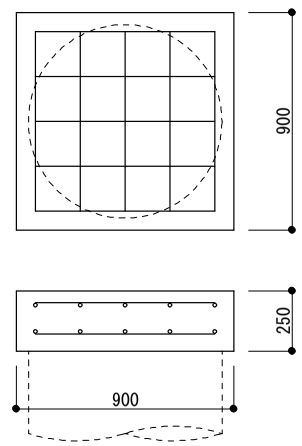


スラブリスト 1:30

符号	スラブ厚	位置	短辺方向	長辺方向	備考
S1	200	上端筋	D13-@150	D13-@150	
		下端筋	D10-@150	D10-@150	
CS1	基端:200 先端:150	上端筋	D13-@150(@75)	D13-@150	・短辺方向はキャンチの出方向に合わせる ・()内の間隔は下図(*1)に示す範囲に適用
		下端筋	D10-@150	D10-@150	



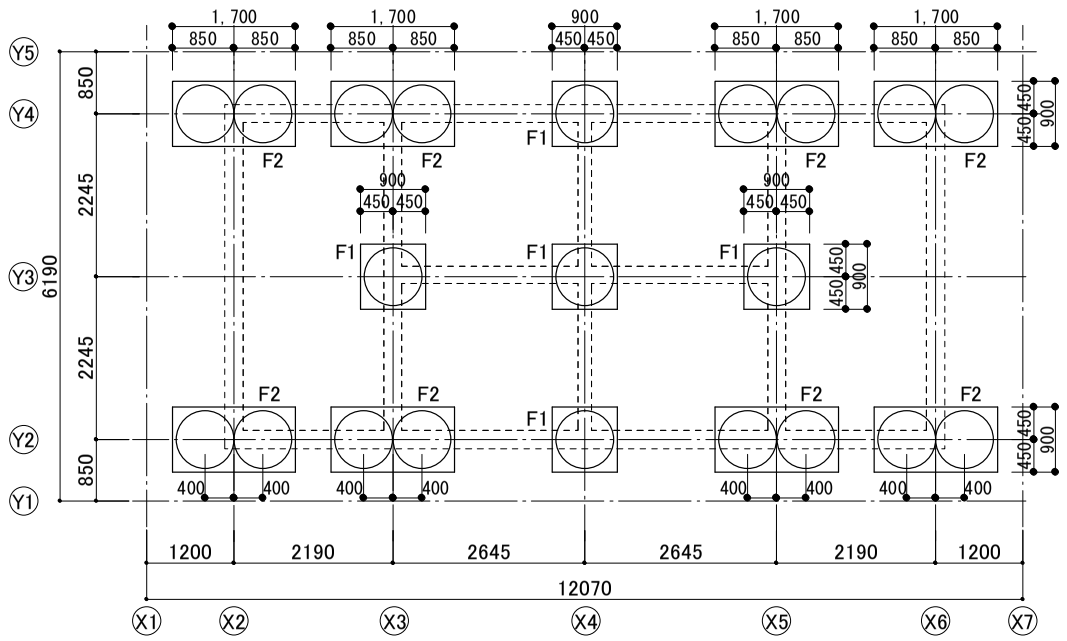
フーチングリスト 1:30

符号	F1			F2		
形状						
配筋	位置	短辺方向	長辺方向	位置	短辺方向	長辺方向
	上端筋	5-D13	5-D13	上端筋	8-D13	6-D13
	下端筋	5-D13	5-D13	下端筋	8-D13	6-D16

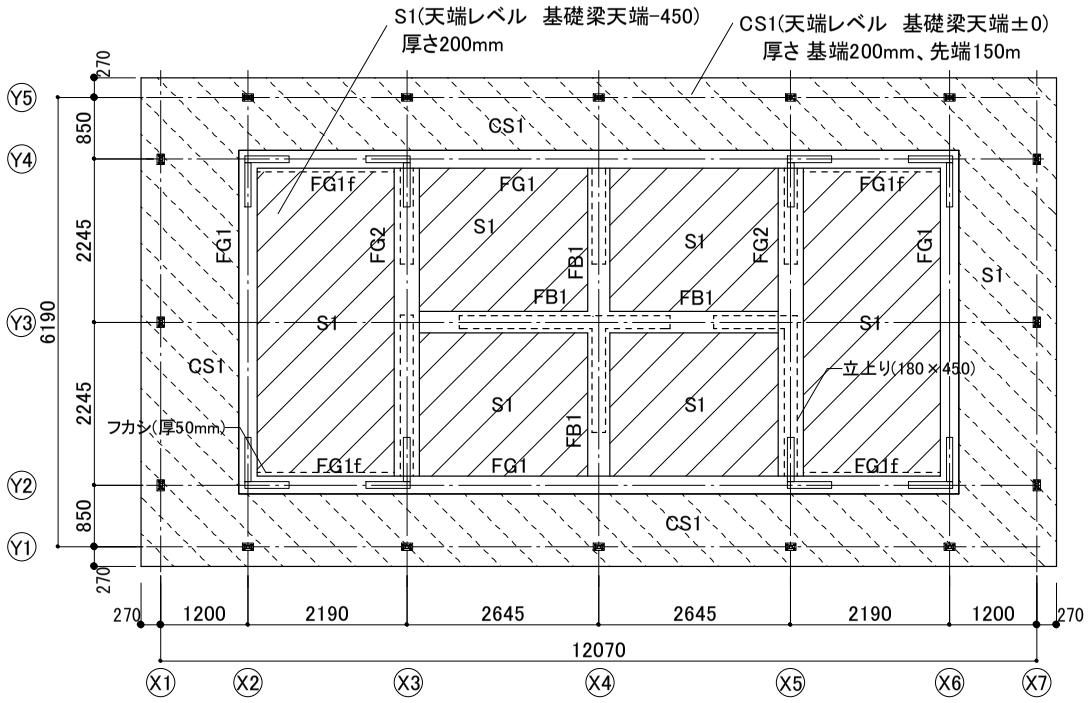
※柱状改良の仕様

・設計基準強度　Fc=900kN/m2
・改良径　φ800
・根入れ長さ　Df=0.45m
・掘削深度　L=7.30m
・支持層　GL-7m以深の砂質土

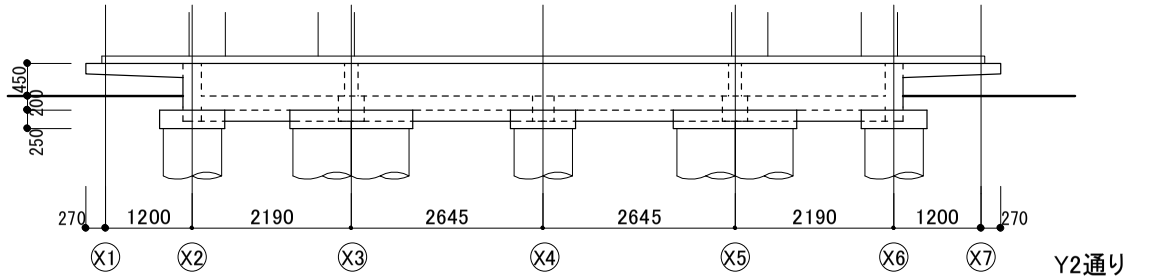
SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING ―	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 基礎梁リスト スラブリスト ほか	SCALE 1/30	DATE 2020.10.13	NUMBER S-07



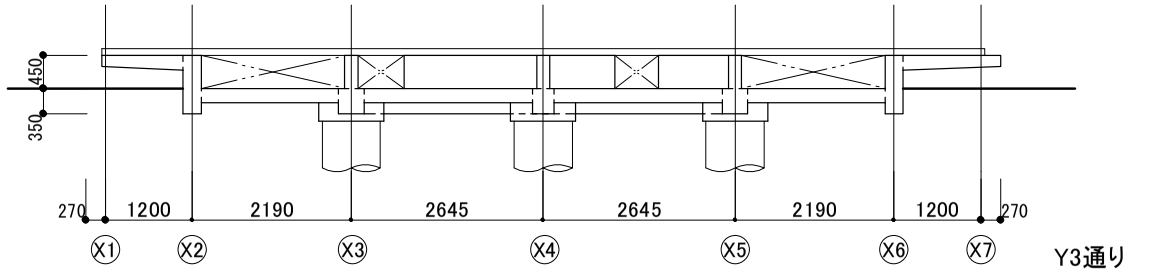
基礎伏図



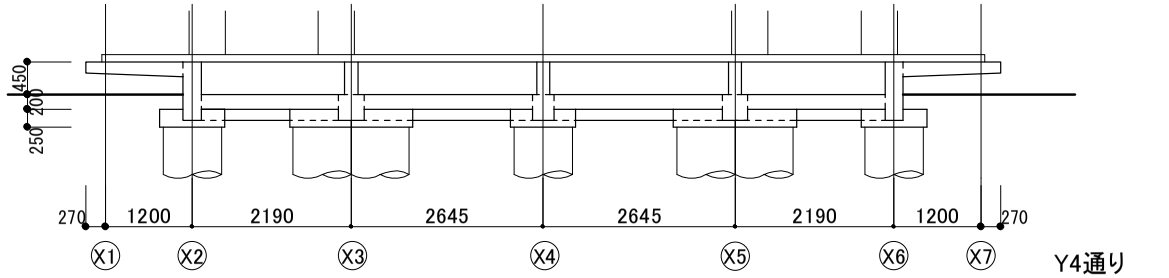
基礎梁伏図



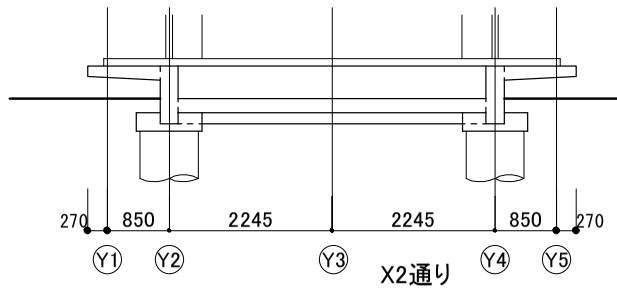
Y2通り



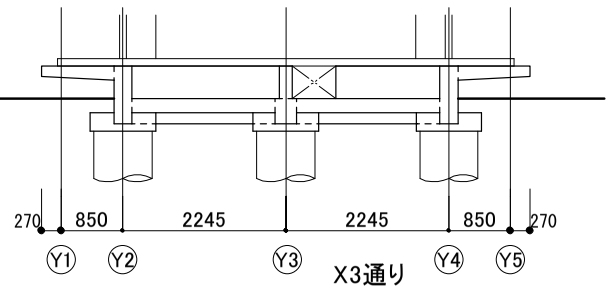
Y3通り



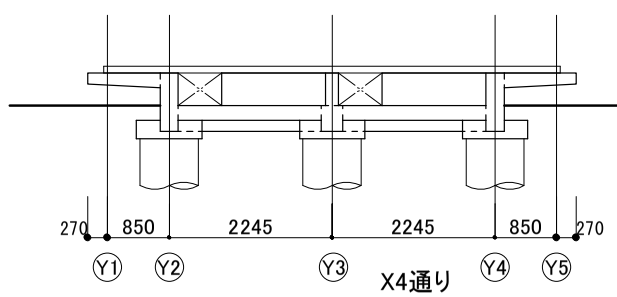
Y4通り



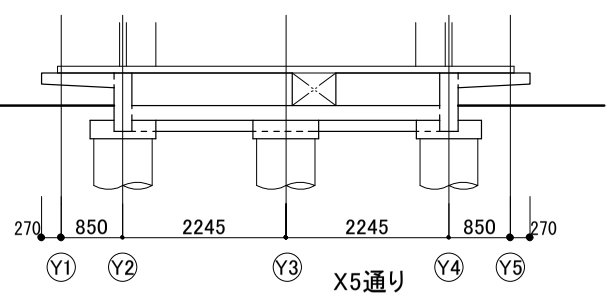
X2通り



X3通り



X4通り

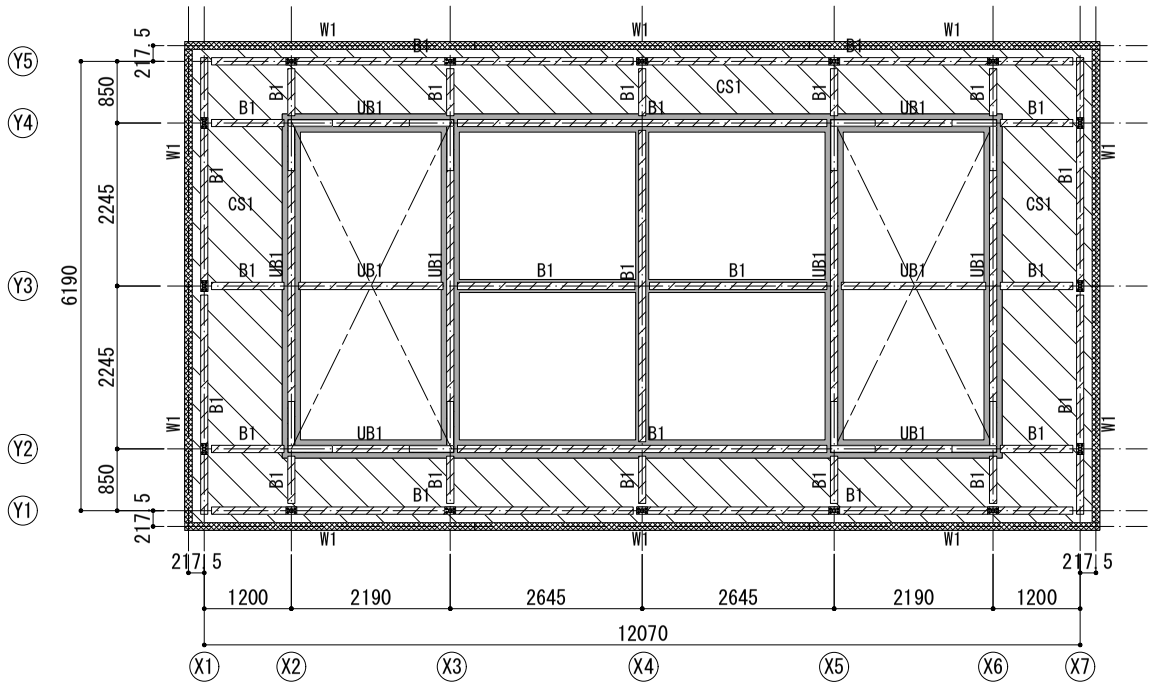


X5通り

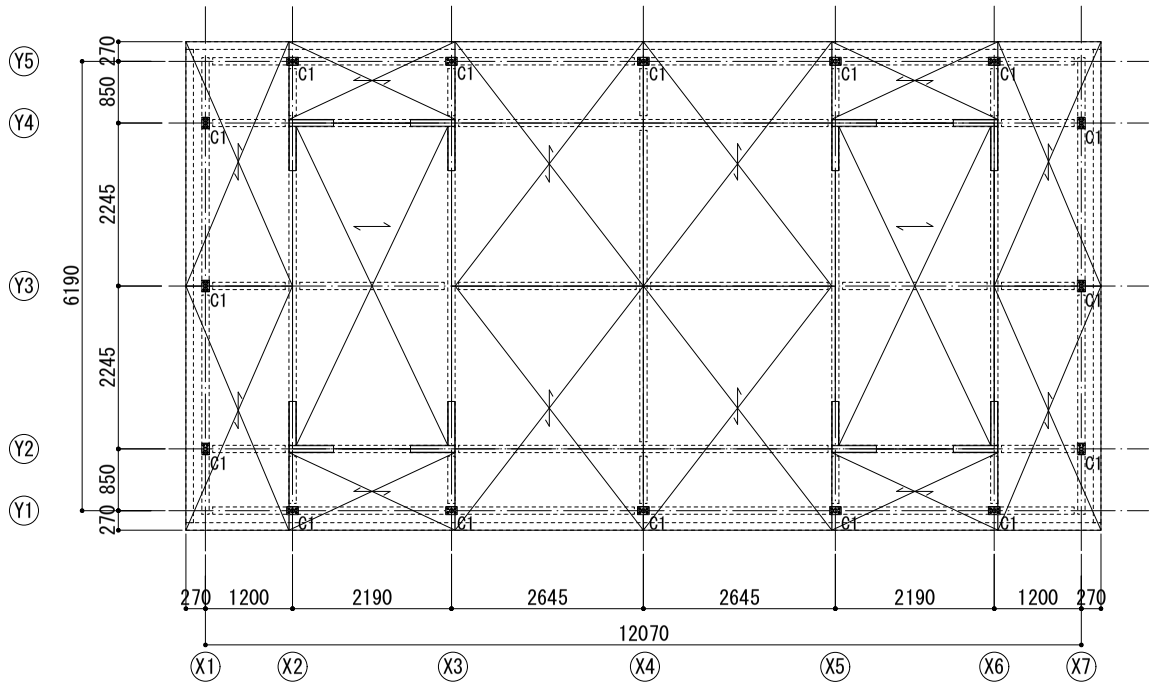
SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 基礎伏図、基礎梁伏図、断面図	SCALE 1/100	DATE 2020.10.13	NUMBER S-08

共通事項

- 壁CLT,床CLT：S60-3-3(t=90mm)
- ←→：表層ラミナ方向
- W1：105×105(杉)
- UB1：H-100×100×6×8(SS400)
- B1：H-100×100×6×8(SS400)
- C1：□-50×50×4.5(STKR400)
- CS1：厚さ　基端200mm　先端150mm



土台伏図



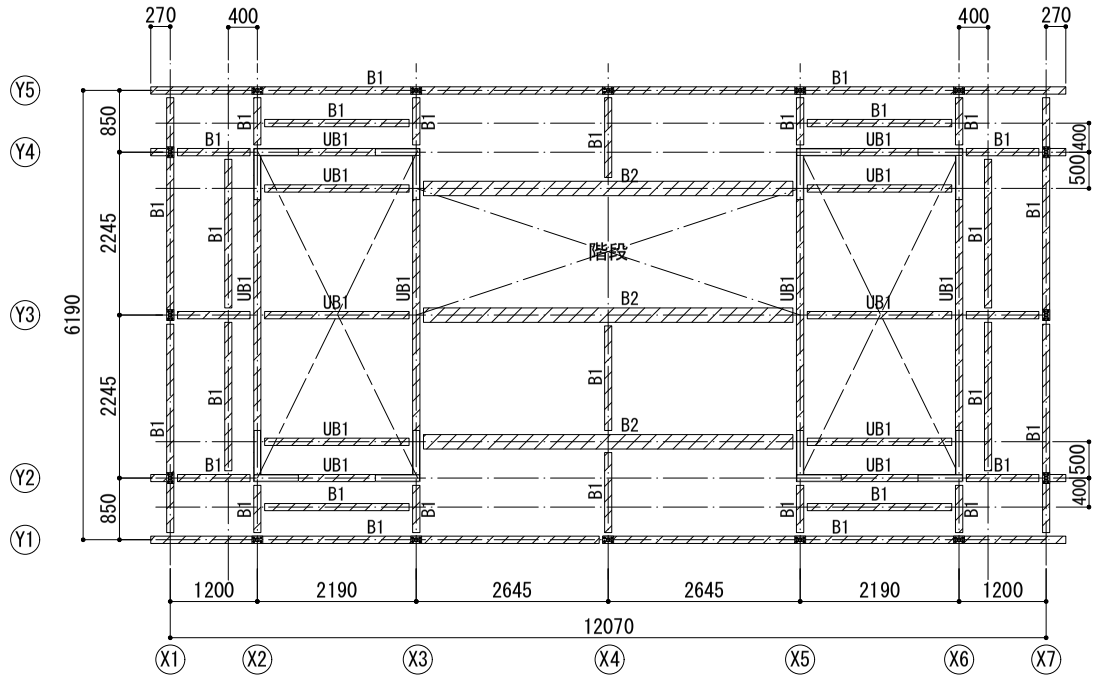
1階床・壁伏図

SAI GROUP HOLDINGS　CLT CELL UNIT 814-0171　福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131　fax:092-874-3132	一級建築士　第347190号 三池　剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT　二丈モデル新築工事	DRAWING 土台伏図 1階床・壁伏図	SCALE 1/100[A3]	DATE 2020.10.15	NUMBER S-09

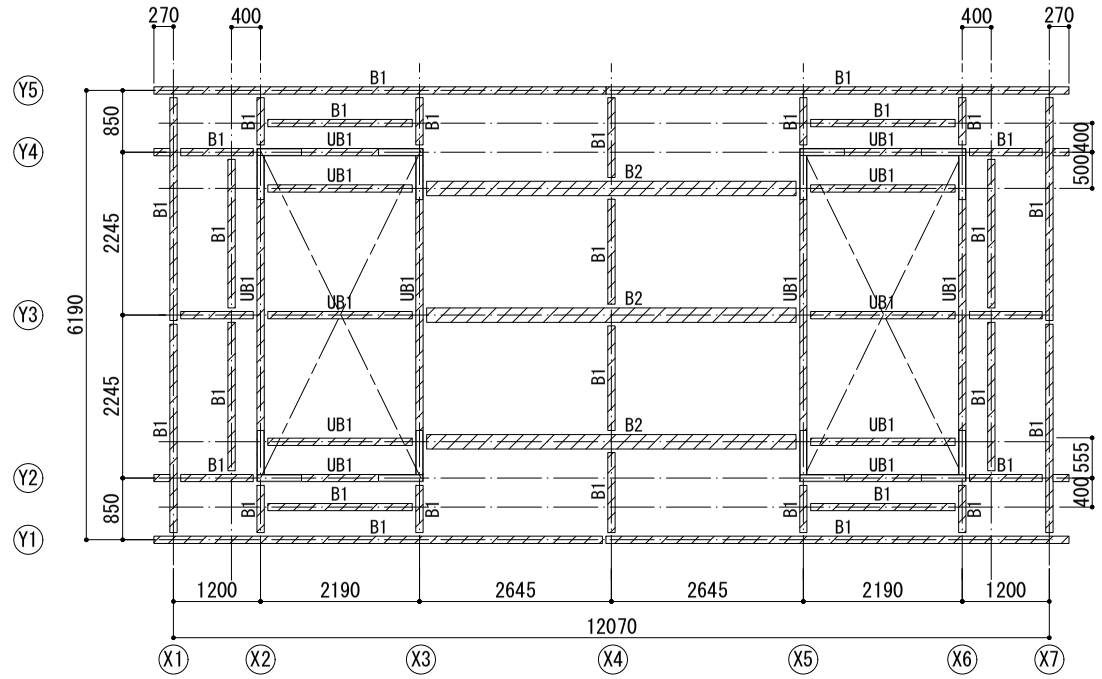
共通事項

- 壁CLT,床CLT,屋根CLT：S60-3-3(t=90mm)
- ：表層ラミナ方向
- UB1：H-100×100×6×8(SS400)
- B1：H-100×100×6×8(SS400)
- B2：H-200×200×8×12(SS400)
- C1：□-50×50×4.5(STKR400)

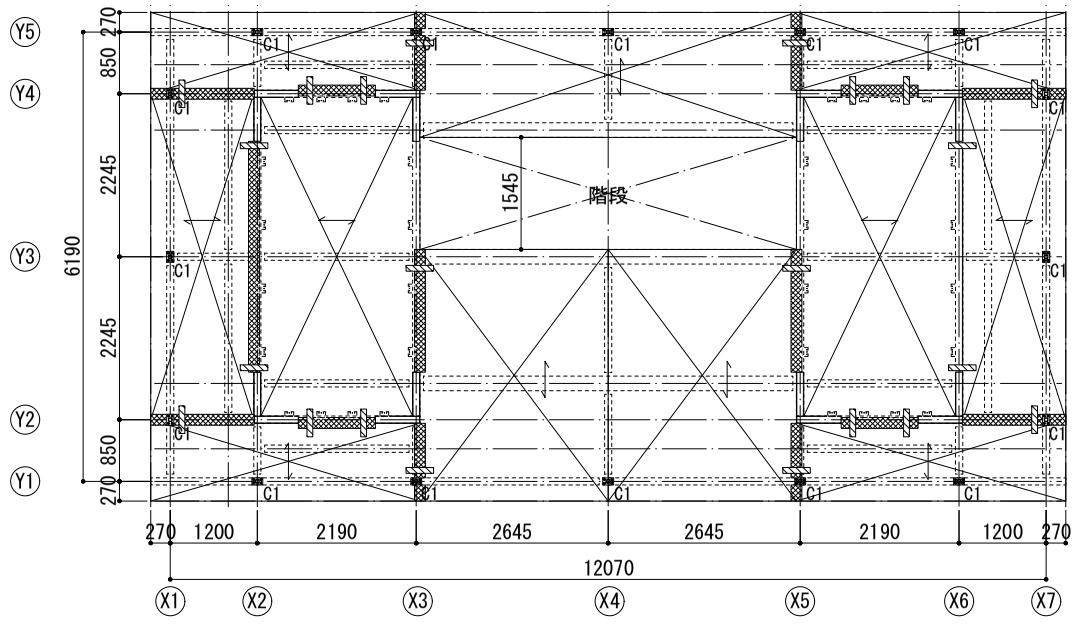
- ：床-床引張接合金物(符号:PT)
- ：床-床せん断スプライン接合(幅150mm/CN75@200以下)
- ：床-鉄骨架台せん断接合金物(1箇所当たりSTS-C65　3本)



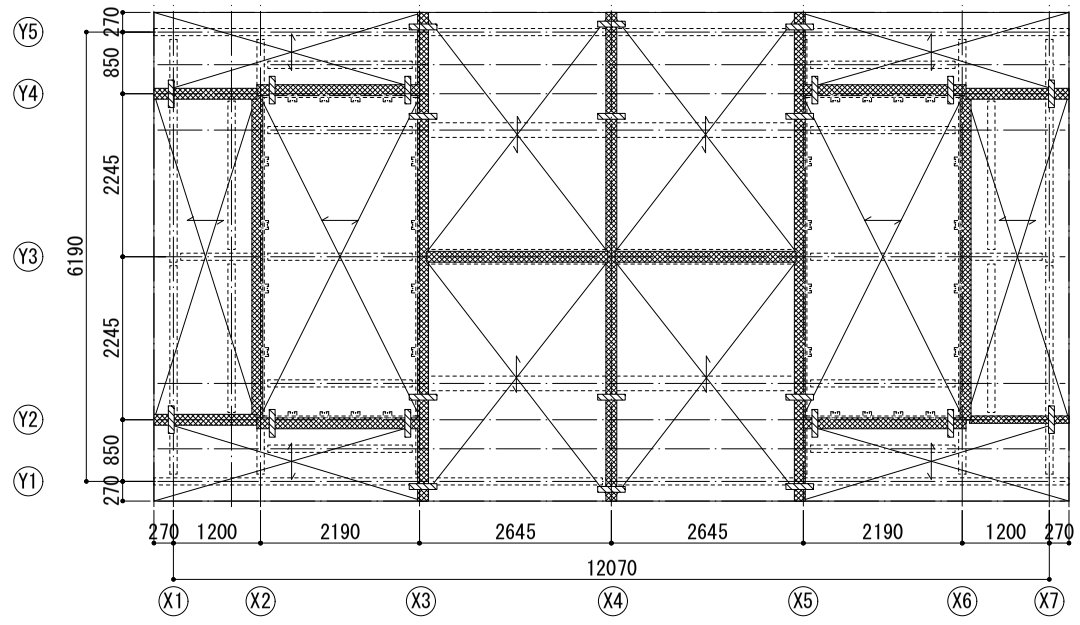
2階梁伏図



R階梁伏図



2階床伏図

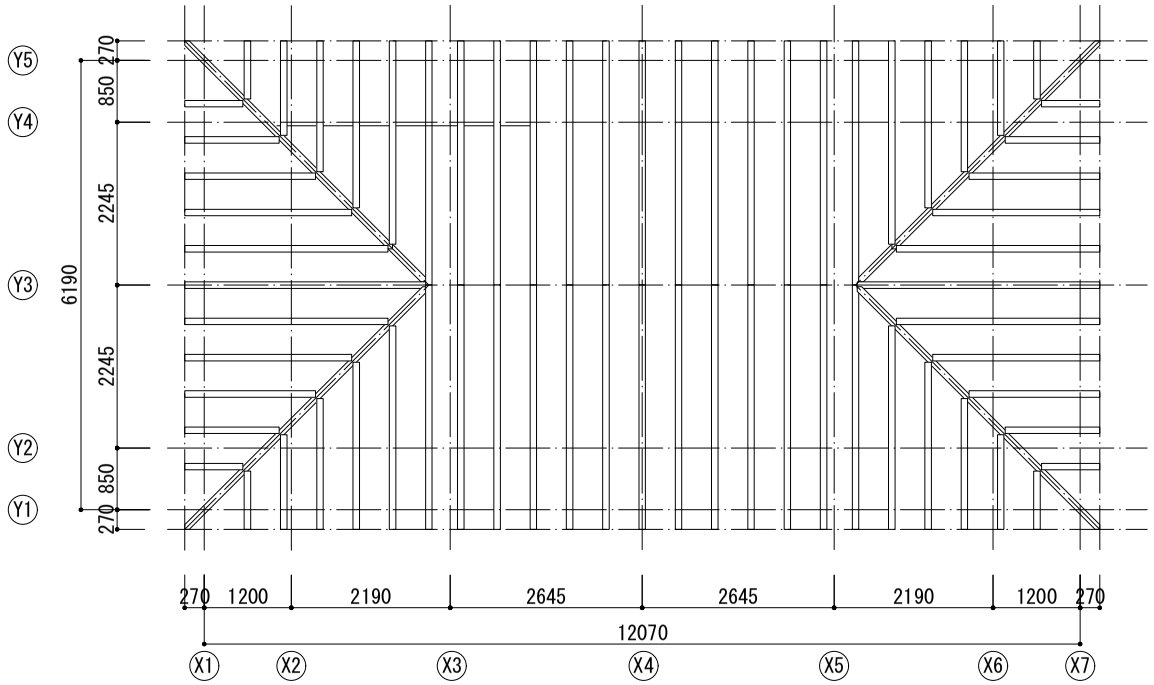


屋根伏図

SAI GROUP HOLDINGS　CLT CELL UNIT 814-0171　福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131　fax:092-874-3132	一級建築士　第347190号 三池　剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT　二丈モデル新築工事	DRAWING 2階梁伏図、2階床・壁伏図、 R階梁伏図、屋根伏図	SCALE 1/100[A3]	DATE 2020.10.15	NUMBER S-10

共通事項

- 壁CLT,床CLT,屋根CLT：S60-3-3(t=90mm)
- ←→：表層ラミナ方向
- UB1：H-100×100×6×8(SS400)
- B1：H-100×100×6×8(SS400)
- B2：H-200×200×8×12(SS400)
- C1：□-50×50×4.5(STKR400)

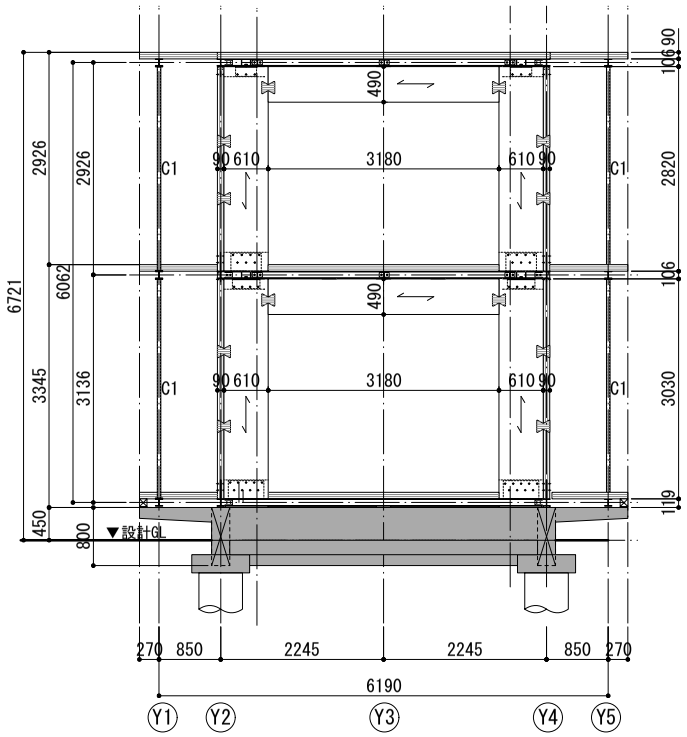


小屋伏図

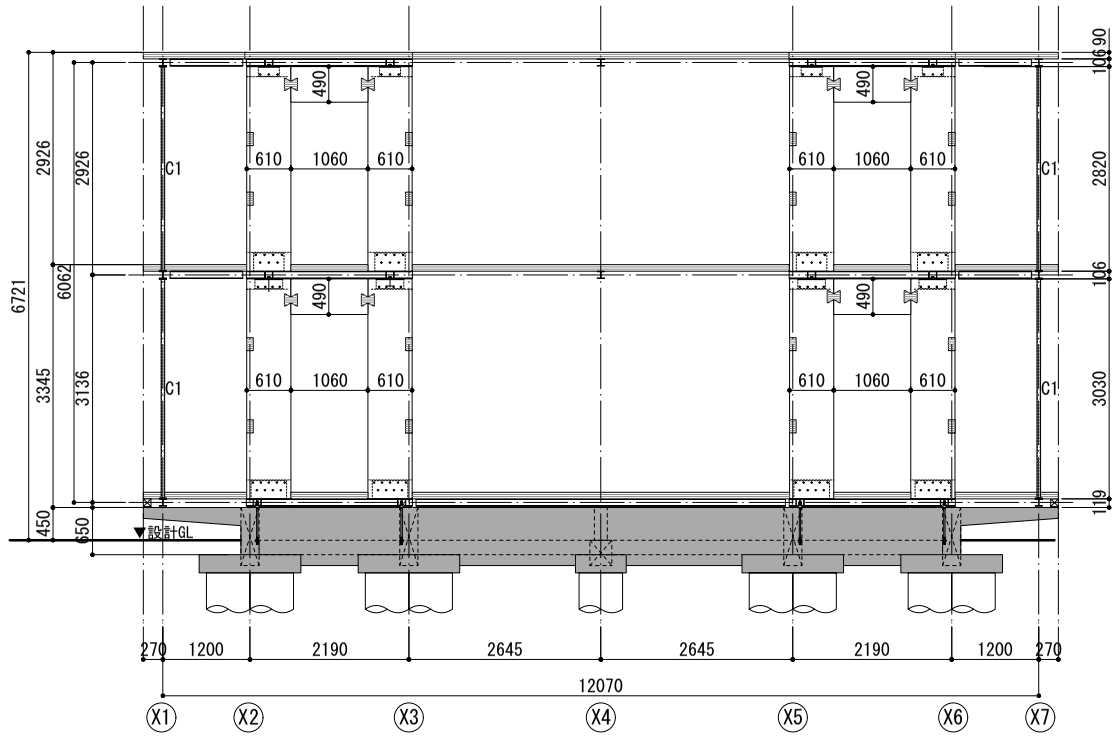
SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 小屋伏図	SCALE 1/100[A3]	DATE 2020.10.15	NUMBER S-11

共通事項

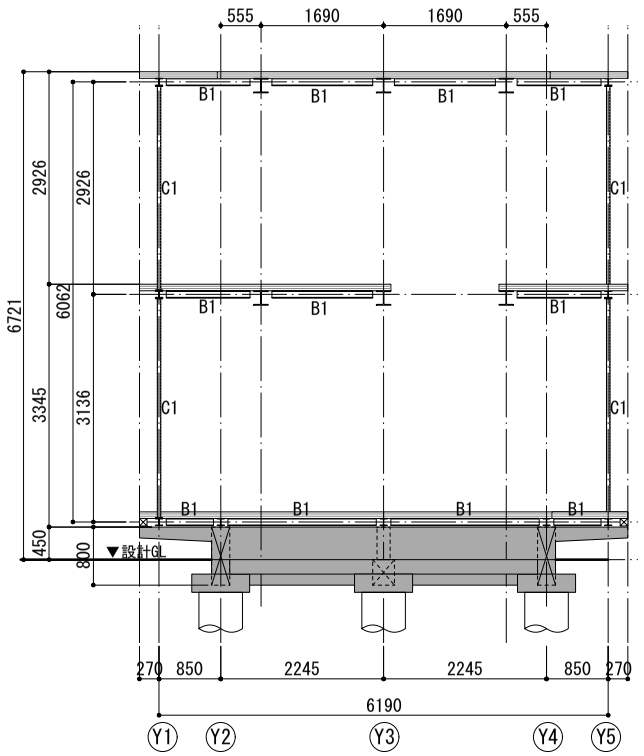
- 壁CLT,床CLT,屋根CLT：S60-3-3(t=90mm)
- ←→：表層ラミナ方向
- UB1：H-100×100×6×8(SS400)
- B1：H-100×100×6×8(SS400)
- B2：H-200×200×8×12(SS400)
- C1：□-50×50×4.5(STKR400)



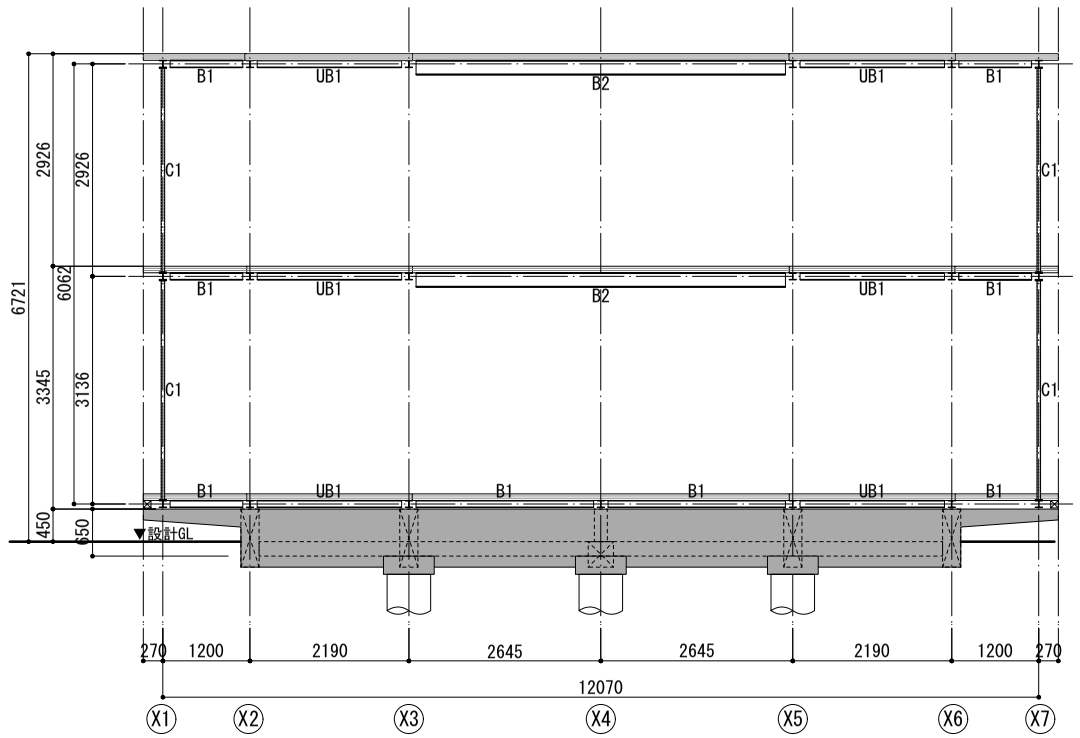
X2軸組図



Y2通り軸組図

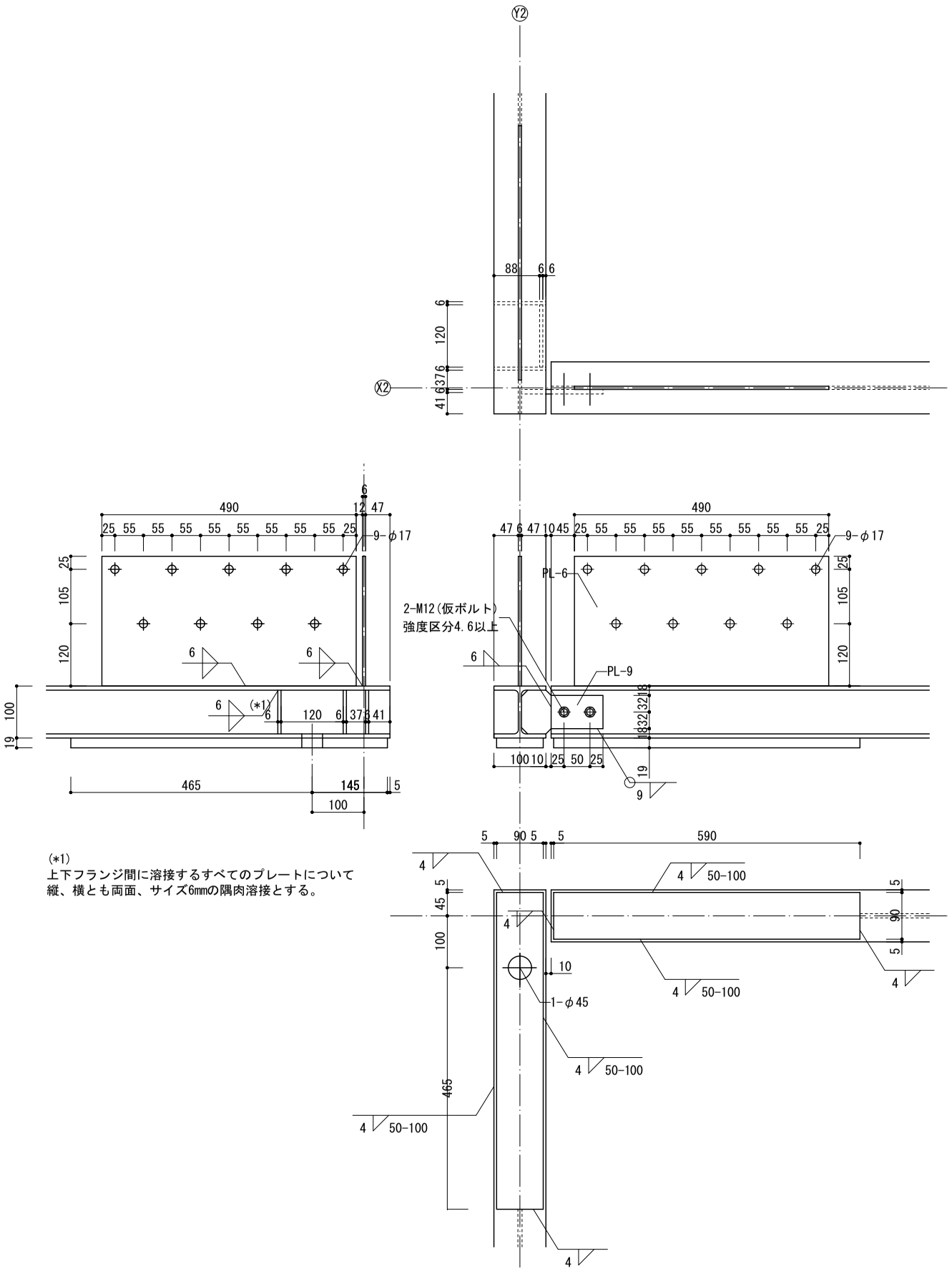


X4軸組図



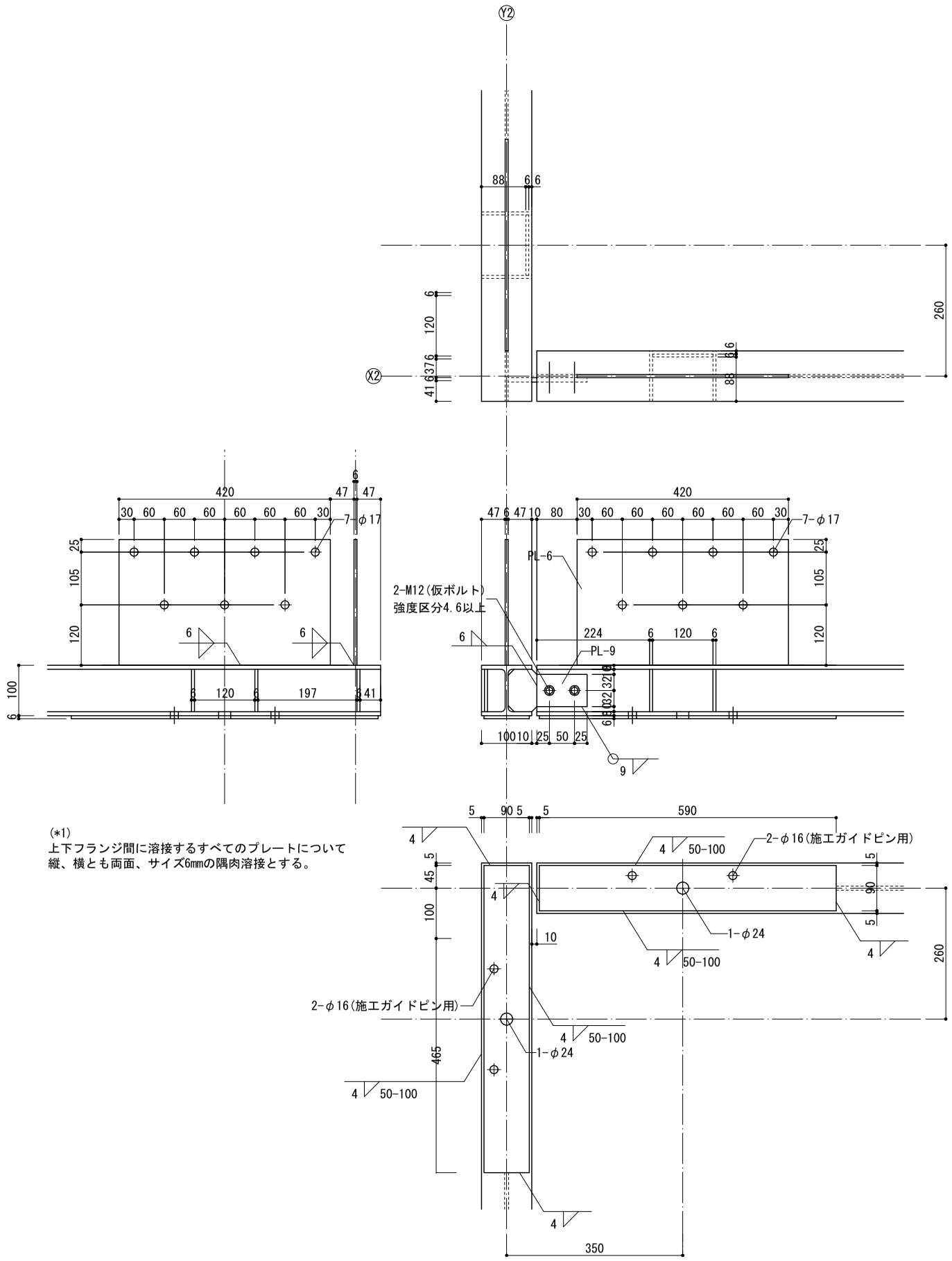
Y3通り軸組図

SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 軸組図	SCALE 1/100[A3]	DATE 2020.10.15	NUMBER S-12



(*1)
上下フランジ間に溶接するすべてのプレートについて
縦、横とも両面、サイズ6mmの隔肉溶接とする。

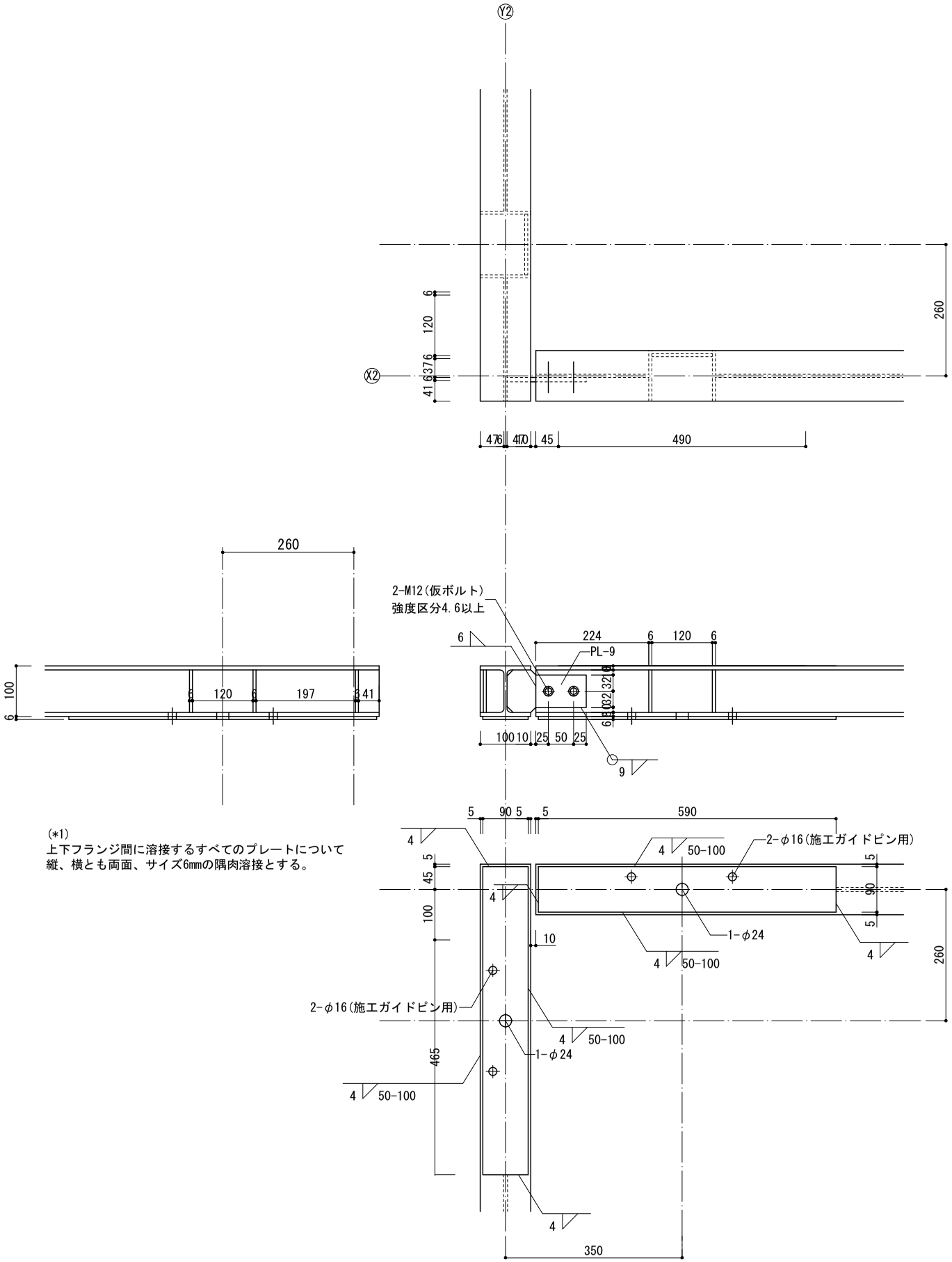
1階ユニット鉄骨架台詳細図



(*1)
上下フランジ間に溶接するすべてのプレートについて
縦、横とも両面、サイズ6mmの隔肉溶接とする。

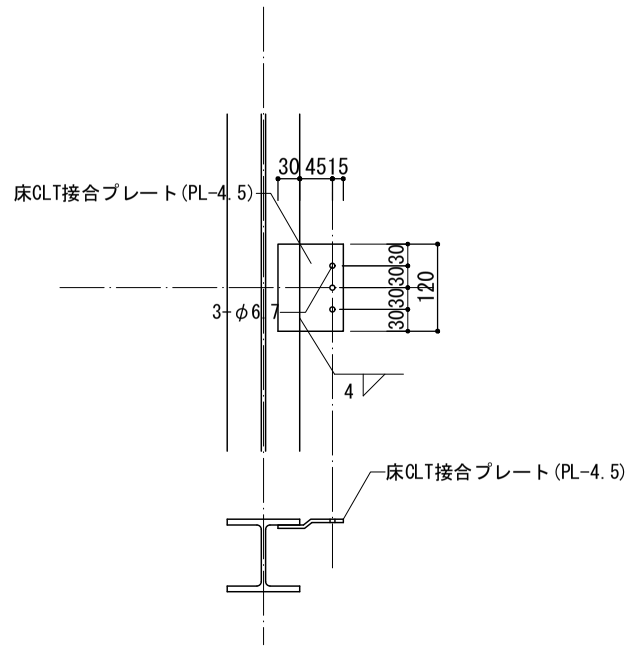
2階ユニット鉄骨架台詳細図

SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 詳細図01	SCALE 1/10[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-13



(*1)
上下フランジ間に溶接するすべてのプレートについて
縦、横とも両面、サイズ6mmの隅肉溶接とする。

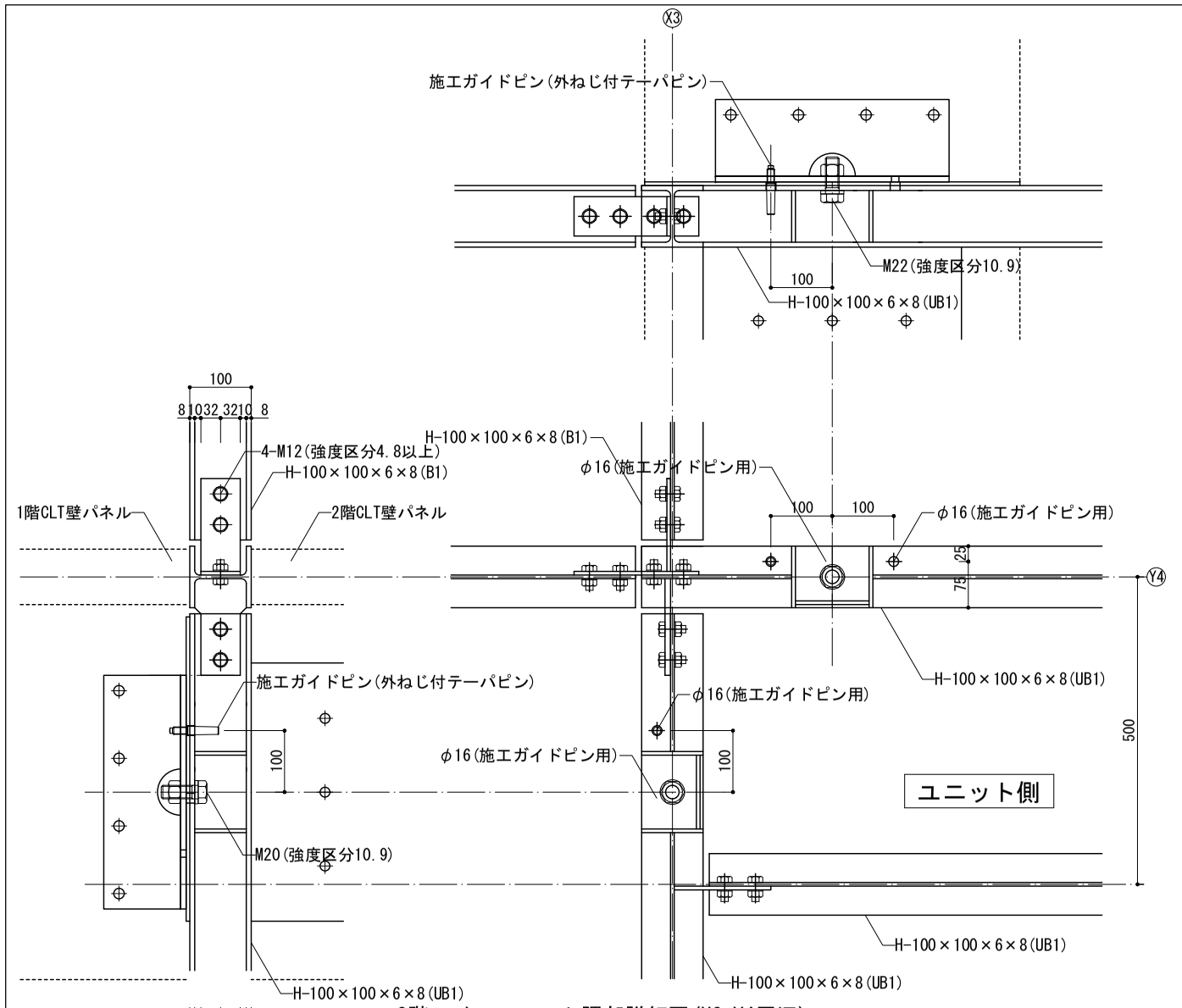
2階ユニット鉄骨架台詳細図



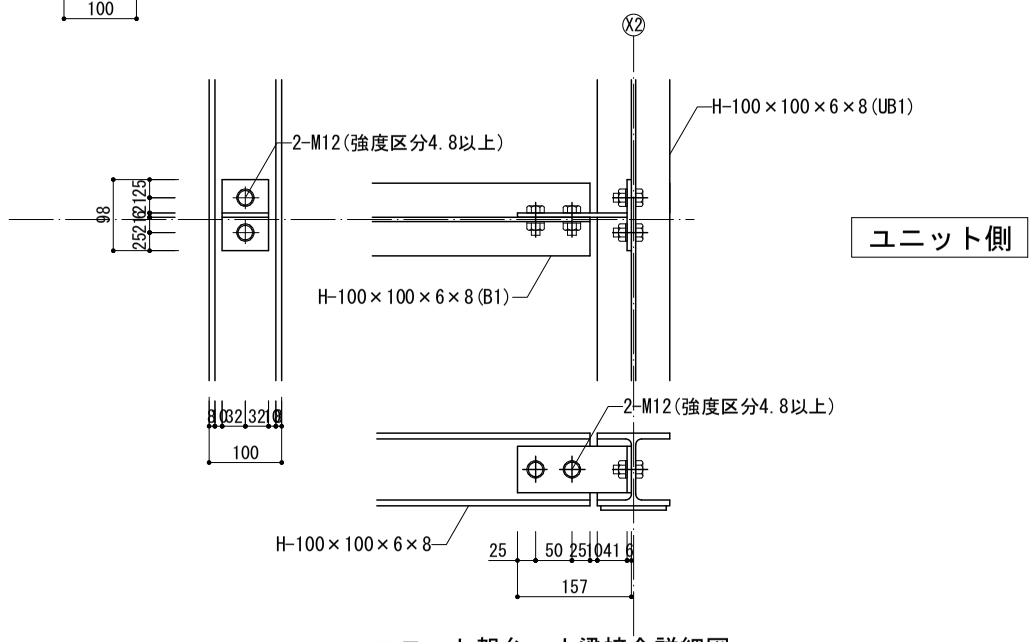
ユニット鉄骨架台ーCLT床パネル接合プレート詳細図

※接合ビスはZマーク四角穴付きタッピンねじSTS-C65(短期許容せん断耐力3kN/本)とする。

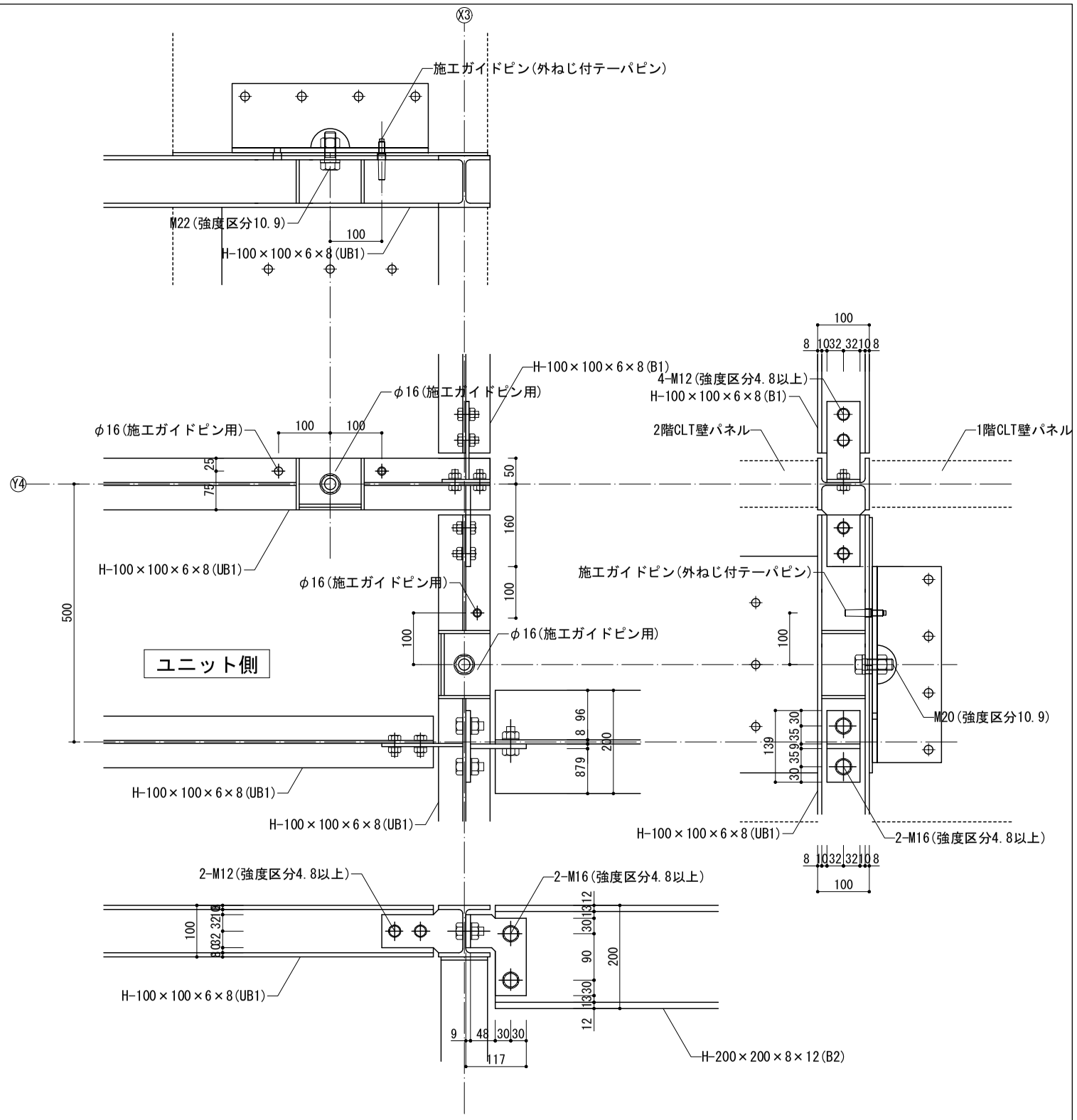
SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 詳細図02	SCALE 1/10[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-14



2階レベルユニット隅部詳細図(X2-Y4周辺)

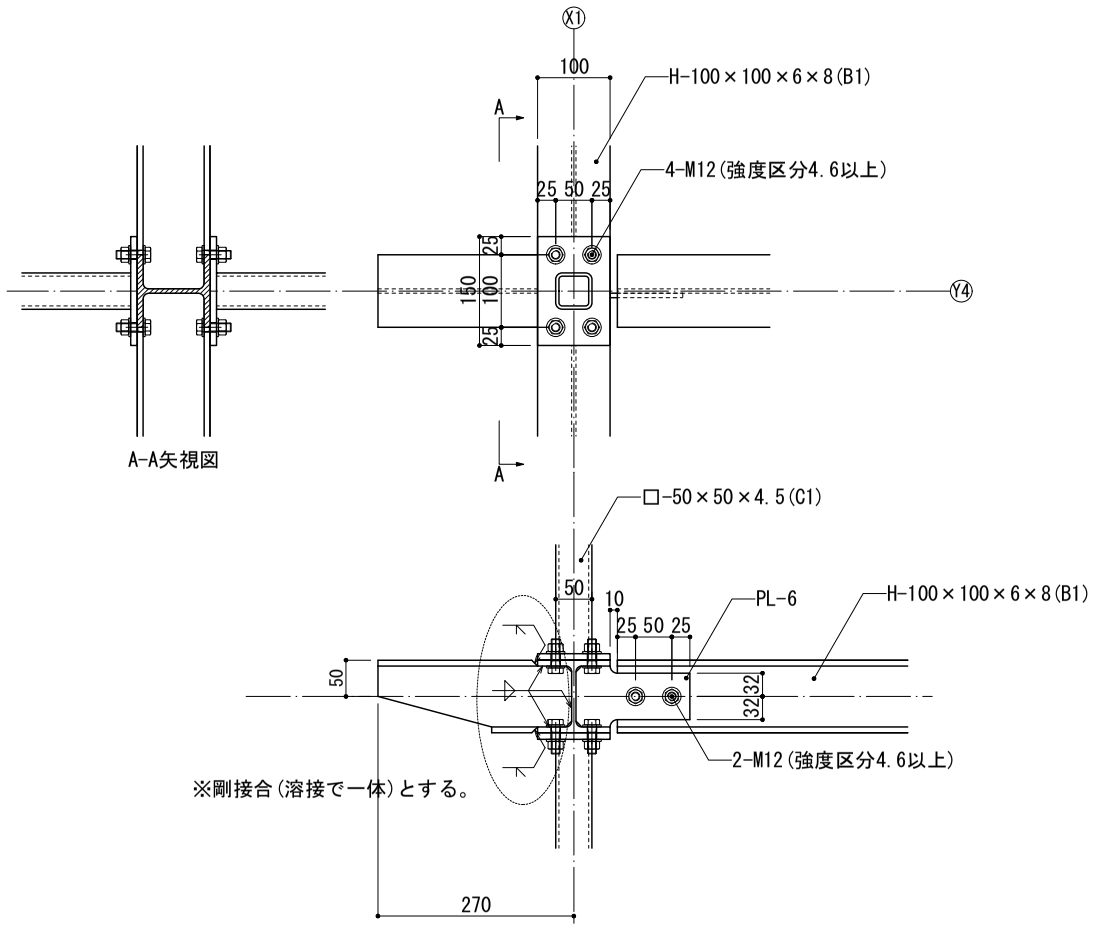


ユニット架台ー小梁接合詳細図

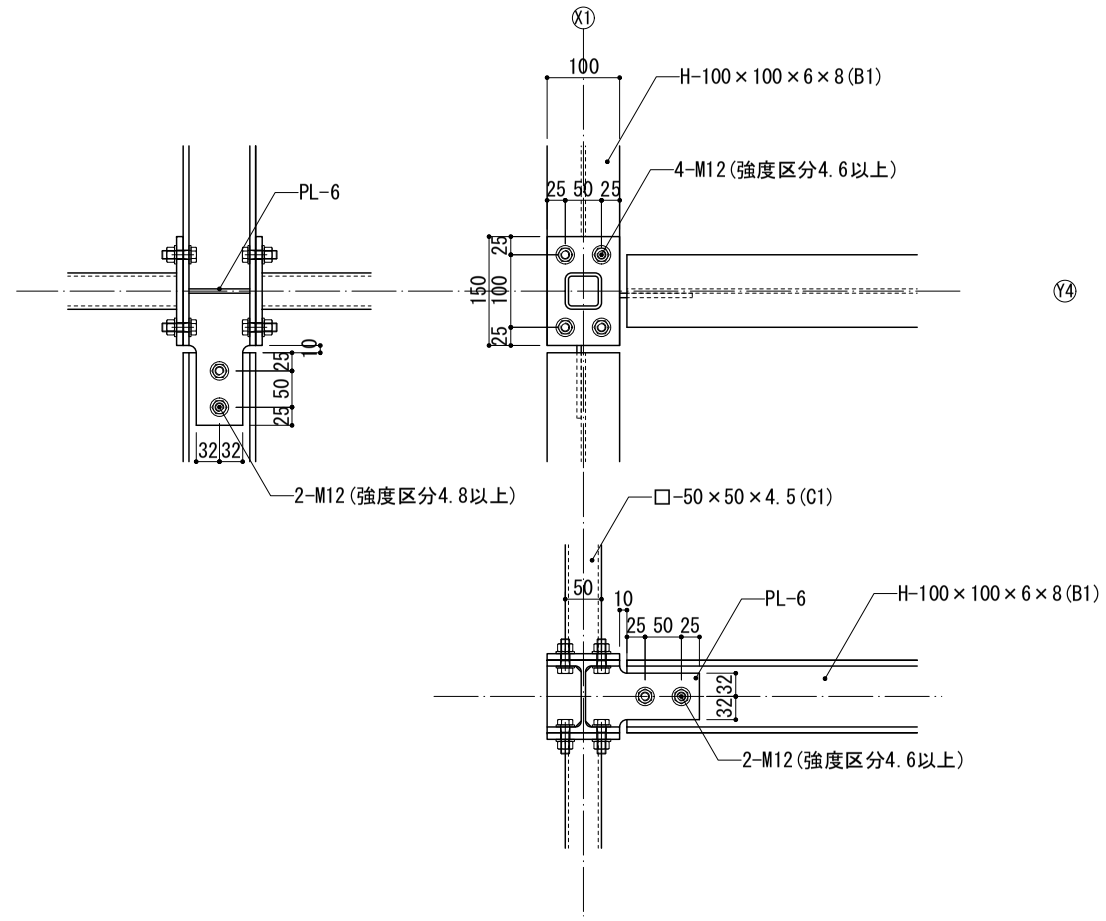


2階レベルユニット隅部詳細図(X3-Y4周辺)

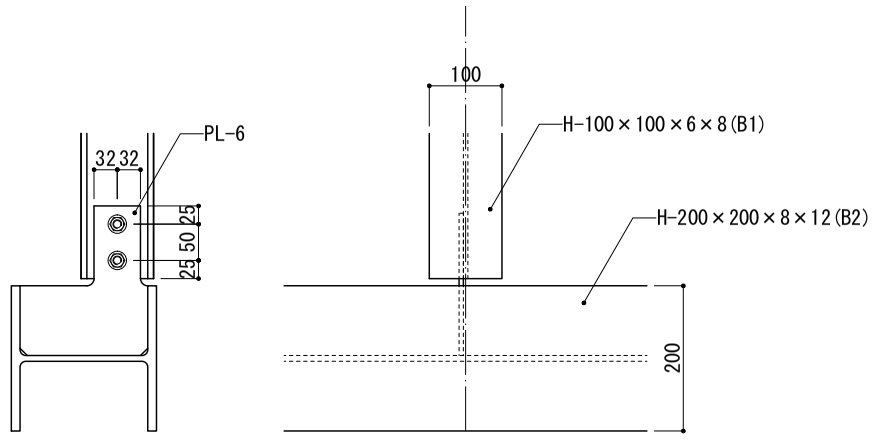
SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 詳細図03	SCALE 1/10[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-15



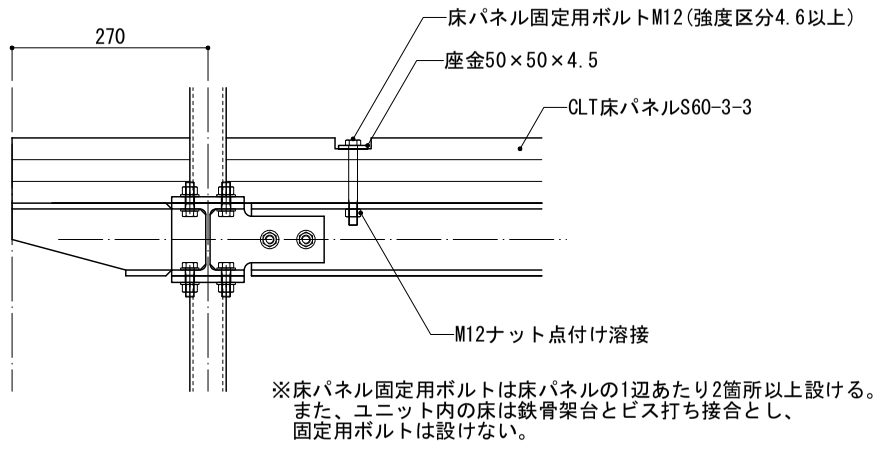
外周部小梁相互接合詳細図1



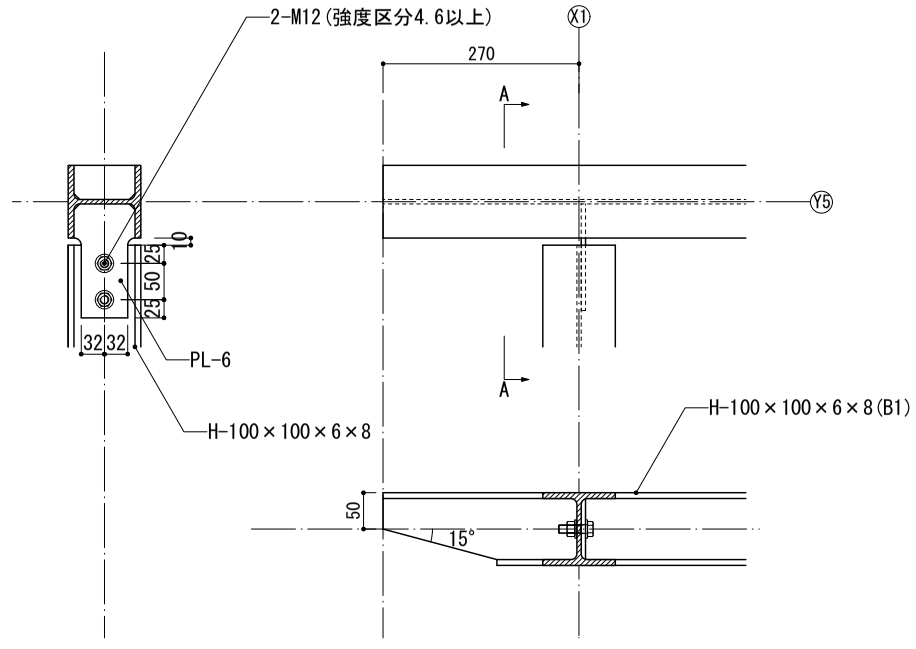
外周部小梁相互接合詳細図2



ユニット間小梁相互接合詳細図

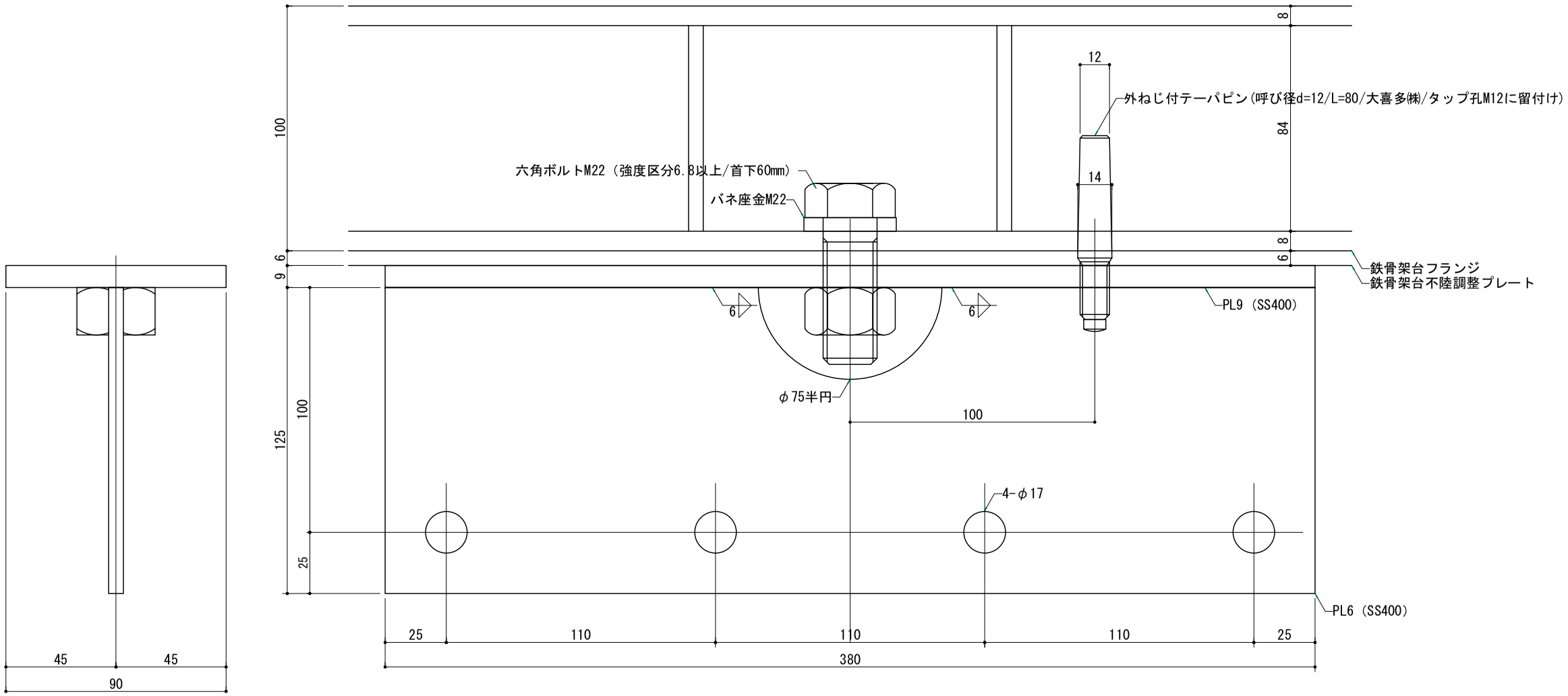


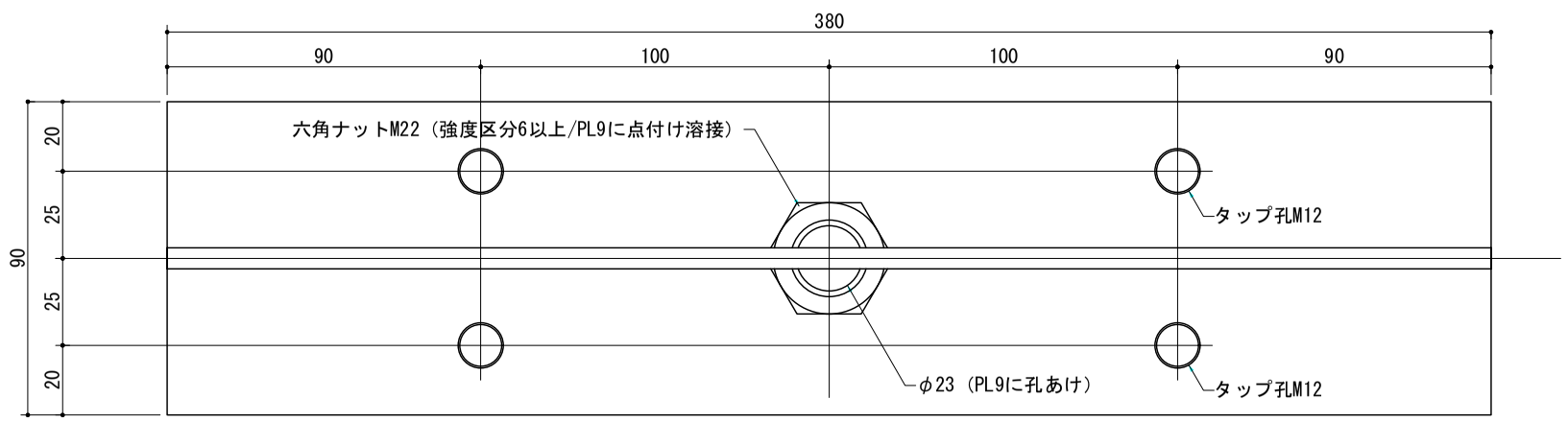
小梁ーCLT床　接合詳細図



外周部小梁相互接合詳細図3

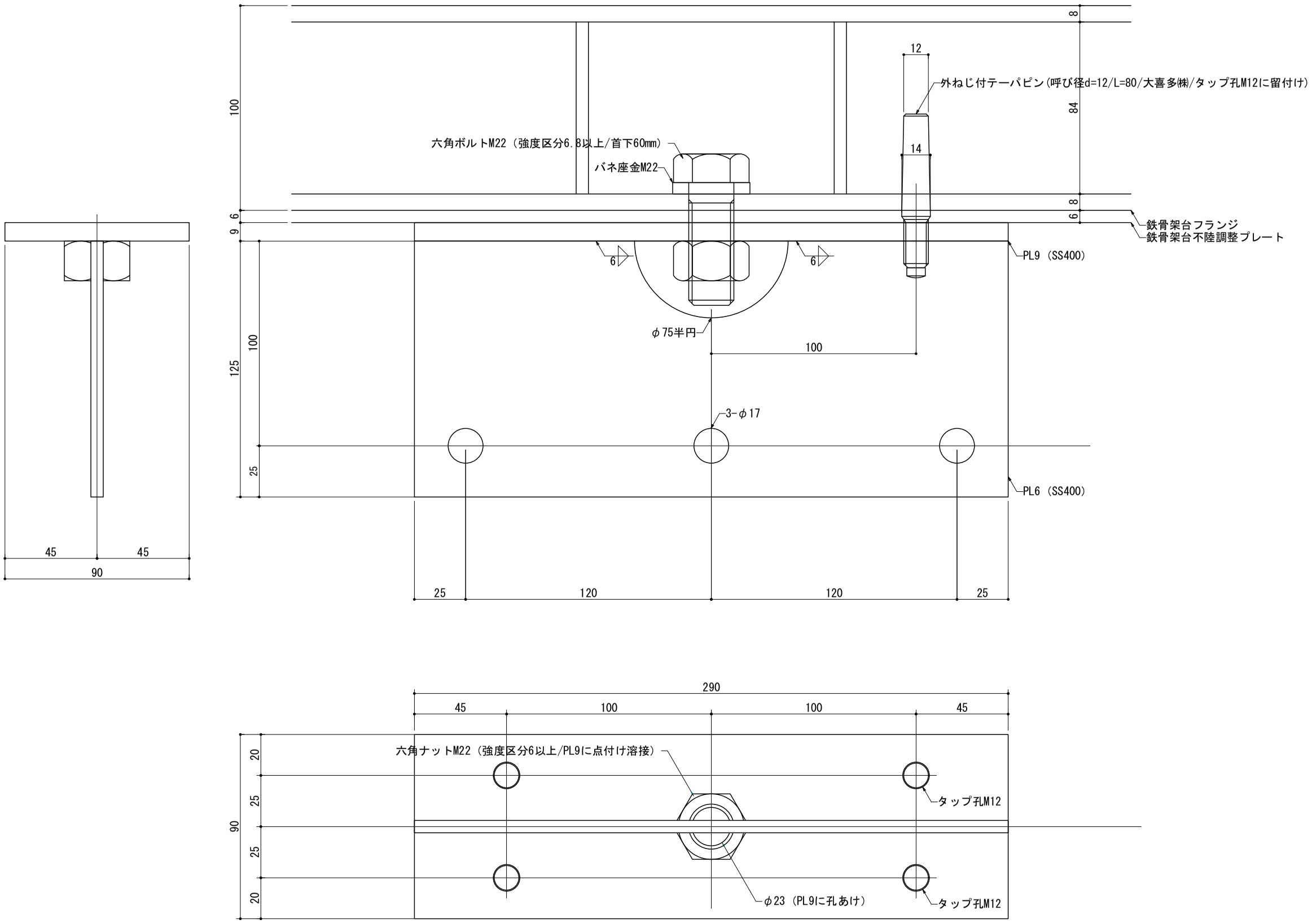
SAI GROUP HOLDINGS　CLT CELL UNIT 814-0171　福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131　fax:092-874-3132	一級建築士　第347190号 三池　剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT　二丈モデル新築工事	DRAWING 詳細図04	SCALE 1/10[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-16





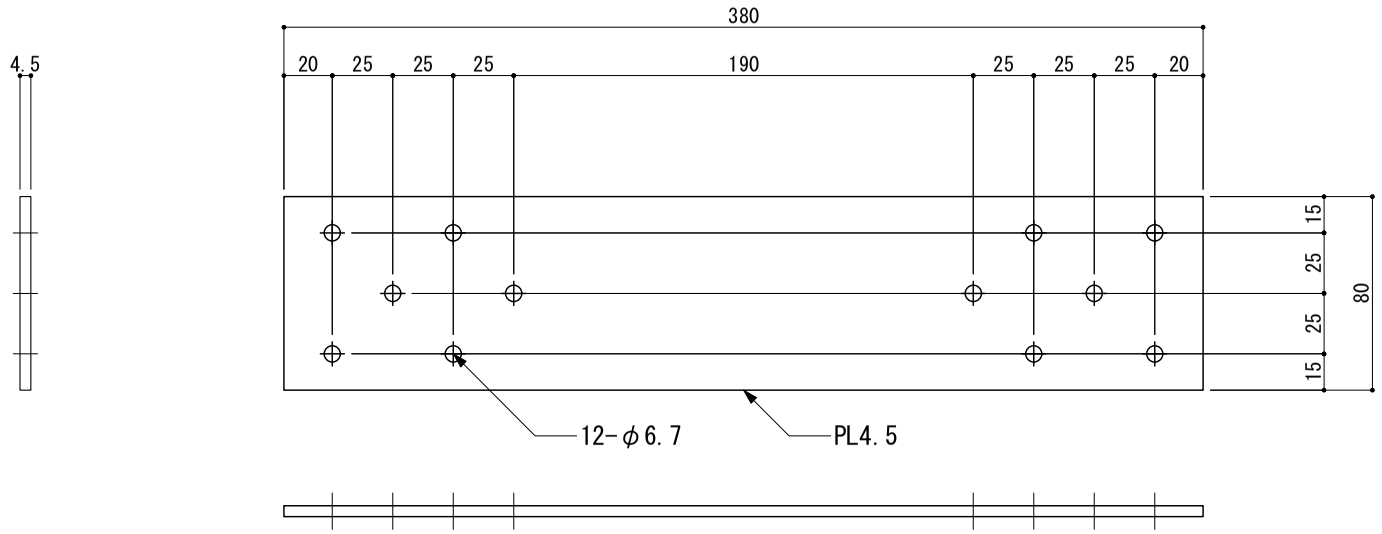
US-1

SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 部品図01	SCALE 1/2[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-17



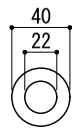
US-2

SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 部品図02	SCALE 1/2[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-18

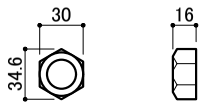


床-床引張接合金物
記号【PT】

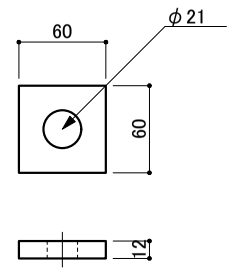
SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 部品図03	SCALE 1/3[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-19



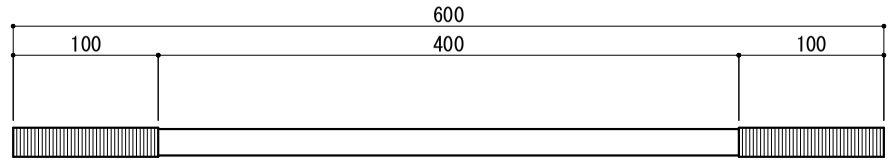
M20座金
[硬さ区分200J]



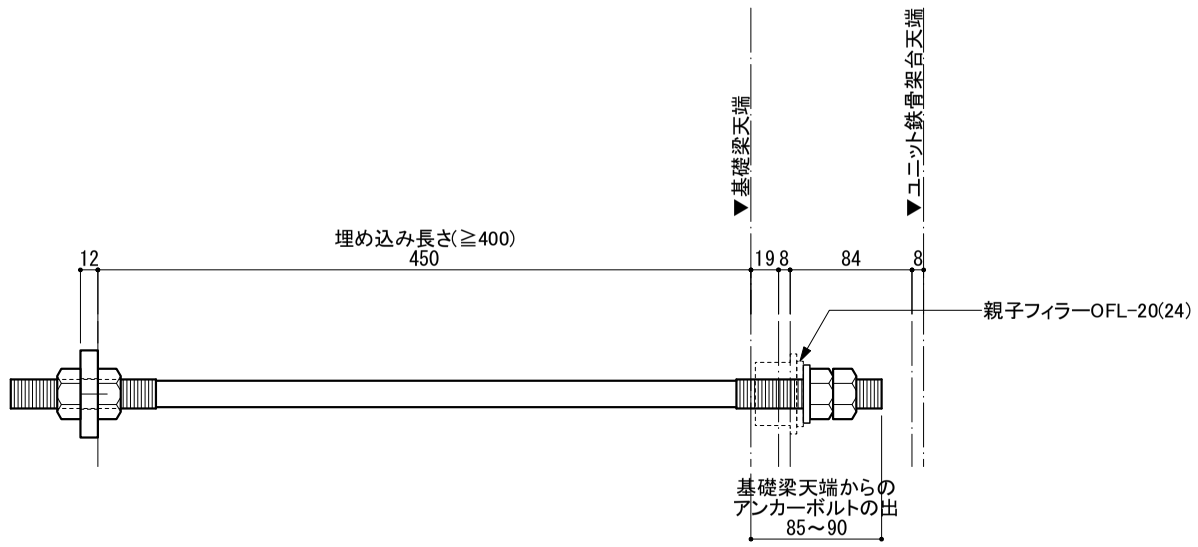
六角ナット M20 第1種
[強度区分5J]



M20 定着板
鋼種:SS400



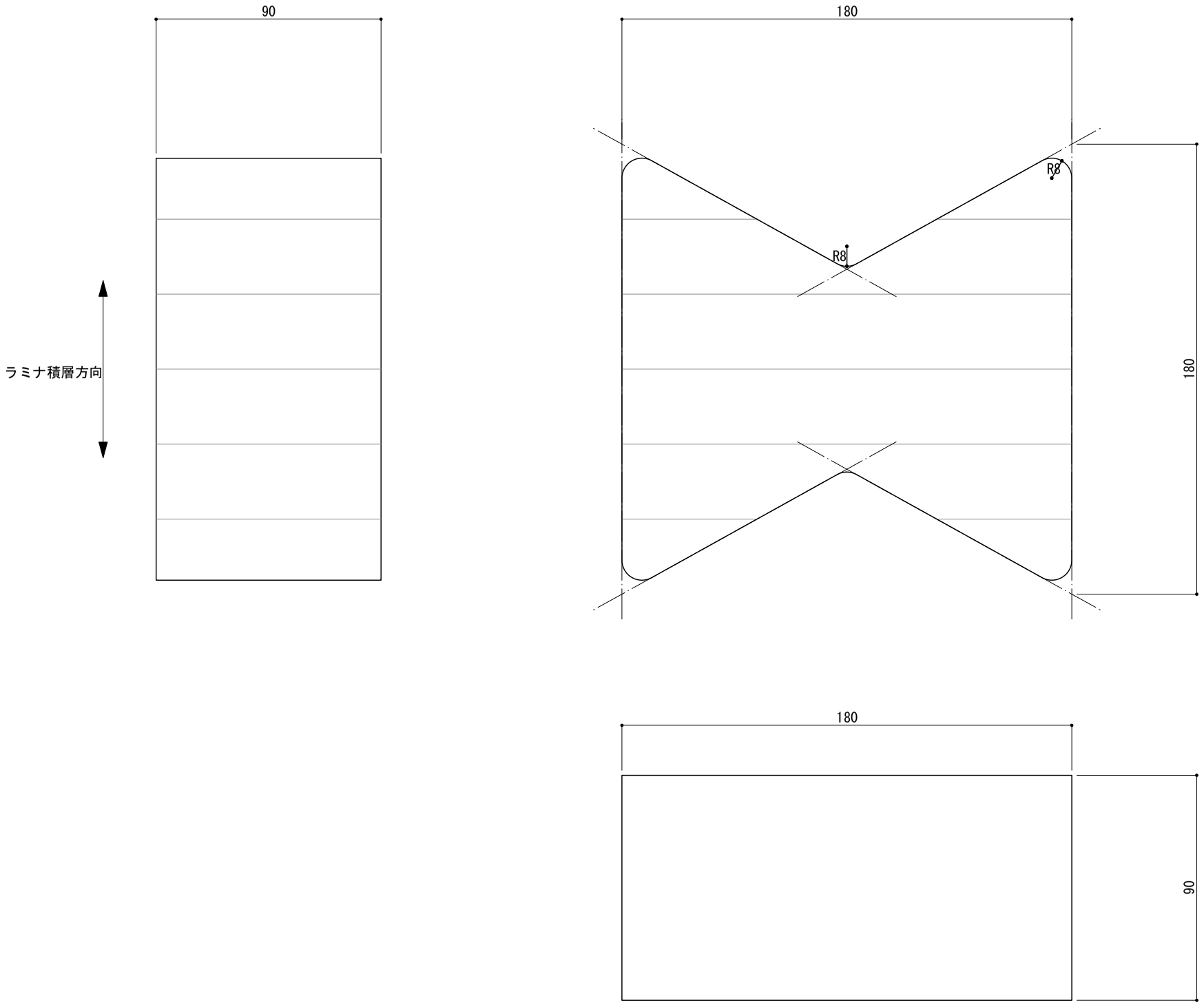
アンカーボルトM20(ABR490)



アンカーボルトM20組立図

SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 部品図04(アンカーボルト)	SCALE 1/5[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-20

共通事項
・蝶ありの樹種は対称異等級構成集成材 E105-F300(おうしゅうあかまつ)



蝶あり部品図

SAI GROUP HOLDINGS CLT CELL UNIT 814-0171 福岡市早良区野芥4-45-55 tel:092-874-3131 fax:092-874-3132	一級建築士 第347190号 三池 剛士	CHARGE	DRAWING —	PROJECT (仮称)CLT CELL UNIT 二丈モデル新築工事	DRAWING 部品図05(蝶あり)	SCALE 1/2[A3]	DATE 2020.10.02	NUMBER S-21

CLT CELL UNIT の基本構造性能

■ユニット図

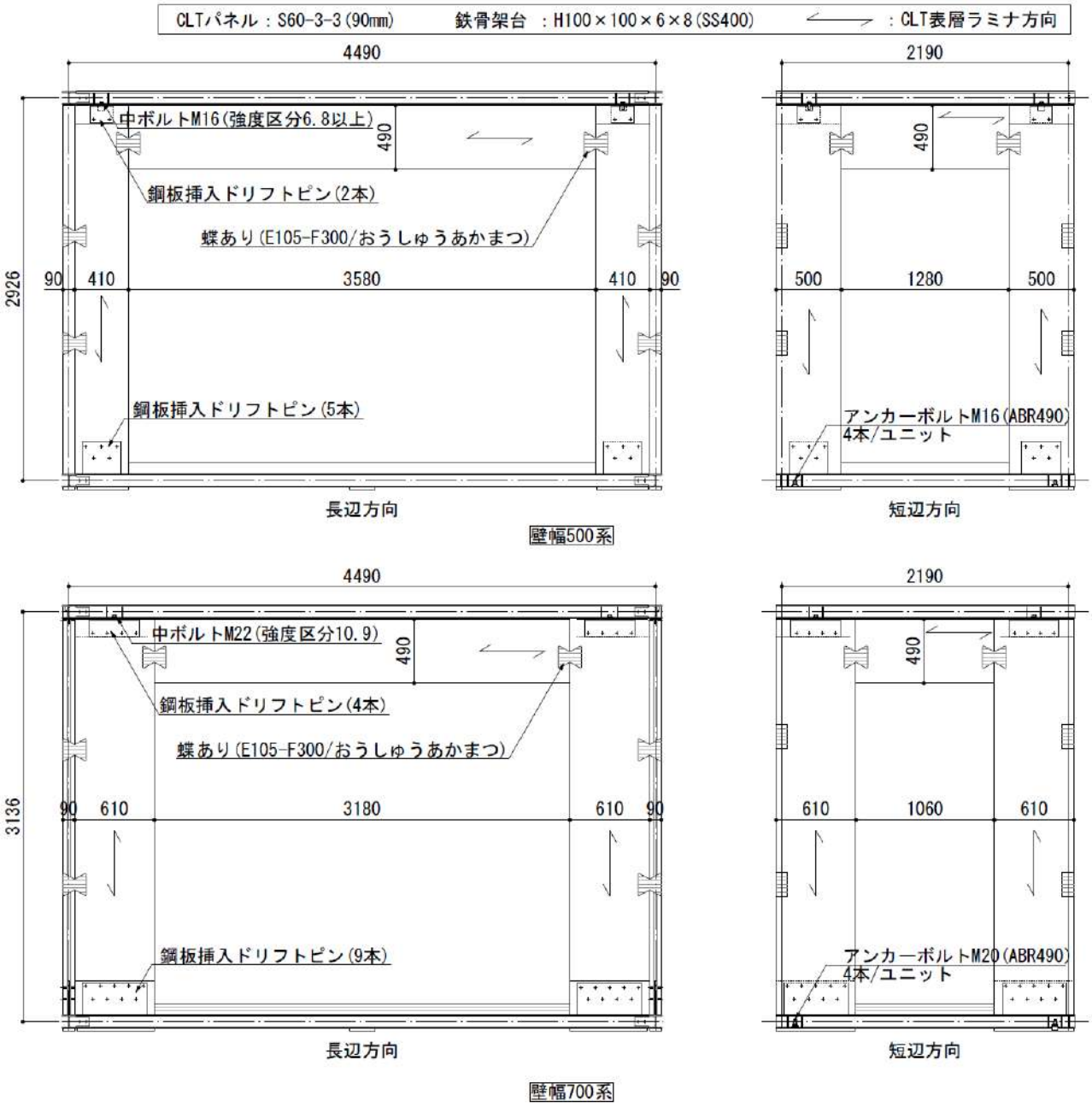


図１　ユニット軸組図

■ユニット重量

表１　ユニット重量※

壁幅 500 系

部位	面積 m^2	長さ m	単位面積重量 N/m^2	単位長さ重量 kN/m	重量 kN
CLT 壁	9.90	－	441	－	4.36
CLT 床	9.83	－	441	－	4.34
鉄骨架台	－	35.48	－	0.17	5.88
				合計	14.6

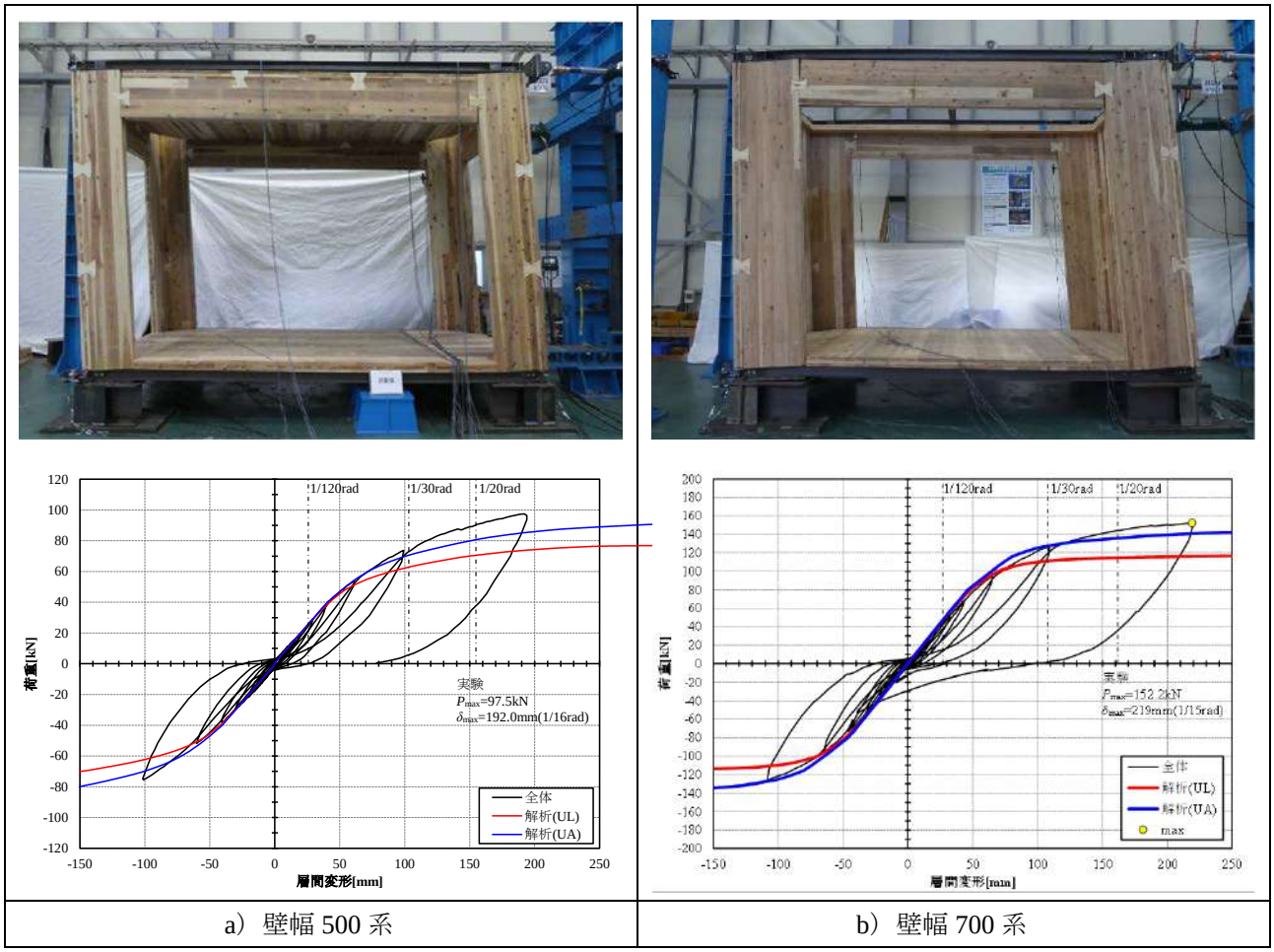
壁幅 700 系

部位	面積 m^2	長さ m	単位面積重量 N/m^2	単位長さ重量 kN/m	重量 kN
CLT 壁	11.55	－	441	－	5.09
CLT 床	9.83	－	441	－	4.34
鉄骨架台	－	35.48	－	0.17	5.88
				合計	15.3

※ユニット躯体のみの重量とし、仕上げ重量は含まない。

■ユニット実大実験　荷重－変形関係

壁幅 500 系と壁幅 700 系で実大ユニット静的加力試験を実施した。加力方向はユニット長辺方向とした。実験結果と 3 次元フレーム解析モデルの比較を行った。各接合部ばねを要素試験の平均性能を用いた場合を「解析(UA)」、下限性能を用いた場合を「解析(UL)」とした。設計では、「解析(UL)」を用いる。



a）壁幅 500 系　　b）壁幅 700 系

図 2　ユニット実大実験(最大変形時写真・荷重－変形関係)

■設計用水平剛性、許容水平耐力、保有水平耐力

図 2 の「解析(UL)」の解析モデルよりユニット長辺方向・短辺方向の設計用水平剛性、許容水平耐力、保有水平耐力を求める。

ここで、

・単体ユニットの 3 次元解析モデルで検討する。

・長期荷重(カウンターウエイト)は未考慮とする

・1 階レベル及び屋根レベルに鉄骨架台を設ける。

・水平剛性は、「許容水平耐力」／「許容水平耐力時の層間変位」とする。

・許容水平耐力は、部材が短期許容耐力に達するか、層間変形角が 1/120rad に達するときの層せん断力とする。

・保有水平耐力は、部材が基準強度または終局変形に達するか、層間変形角が 1/20rad に達するときの層せん断力。

※図 3 の層せん断力－層間変形角関係、表 2 の設計値及び表 3 のユニット負担可能重量は、長期荷重やユニット高さ等の影響により変化する。

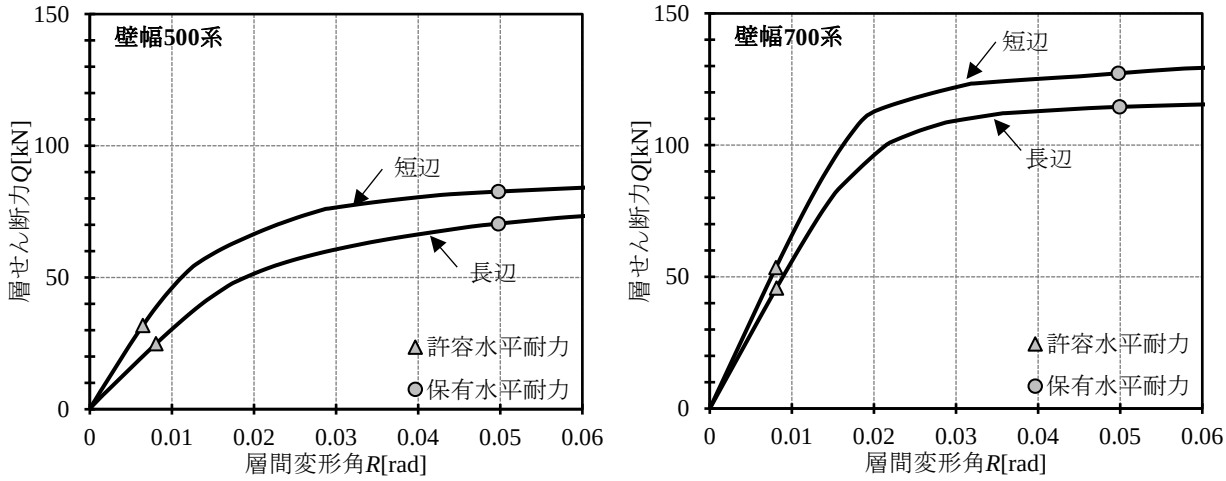


図 3　ユニット設計用モデルの層せん断力－層間変形角関係

表 2　各設計値

設計値		壁幅 500 系		壁幅 700 系	
		長辺	短辺	長辺	短辺
水平剛性 K	kN/mm	1.00	1.59	1.74	2.05
許容水平耐力 Q_a	kN	24.91	31.78	45.81	53.57
保有水平耐力 Q_u	kN	70.44	82.61	114.49	127.26

表 3　ユニット 1 個あたりの負担可能重量

ユニット種類			壁幅 500 系		壁幅 700 系	
加力方法			長辺	短辺	長辺	短辺
標準せん断力係数	C_0		0.2	0.2	0.2	0.2
許容水平耐力から決まる負担可能重量	Q_a/C_0	kN	124.5	158.9	229.1	267.9
構造特性係数(増分解析より算出)	D_s		0.51	0.43	0.49	0.48
保有水平耐力から決まる負担可能重量	Q_u/D_s	kN	138.1	192.1	233.6	265.1
負担可能重量	$\min(Q_a/C_0, Q_u/D_s)$	kN	124.5		229.1	

図 3 にユニット長辺方向荷重増分解析における許容水平耐力 Q_a時及び保有水平耐力 Q_u時の曲げ応力図を示す。

基本的な降伏順序は、まず層間変形角 1/120rad に達した後、下図の赤点線囲み部(壁パネル最外)の鋼板挿入ドリフトピンが降伏する。その後、1 階のアンカーボルト及び 1,2 階の鉄骨架台が降伏し、高い変形能力を発揮しながら終局変形角に達する。設計におけるユニットの終局変形角は 1/20rad としている。

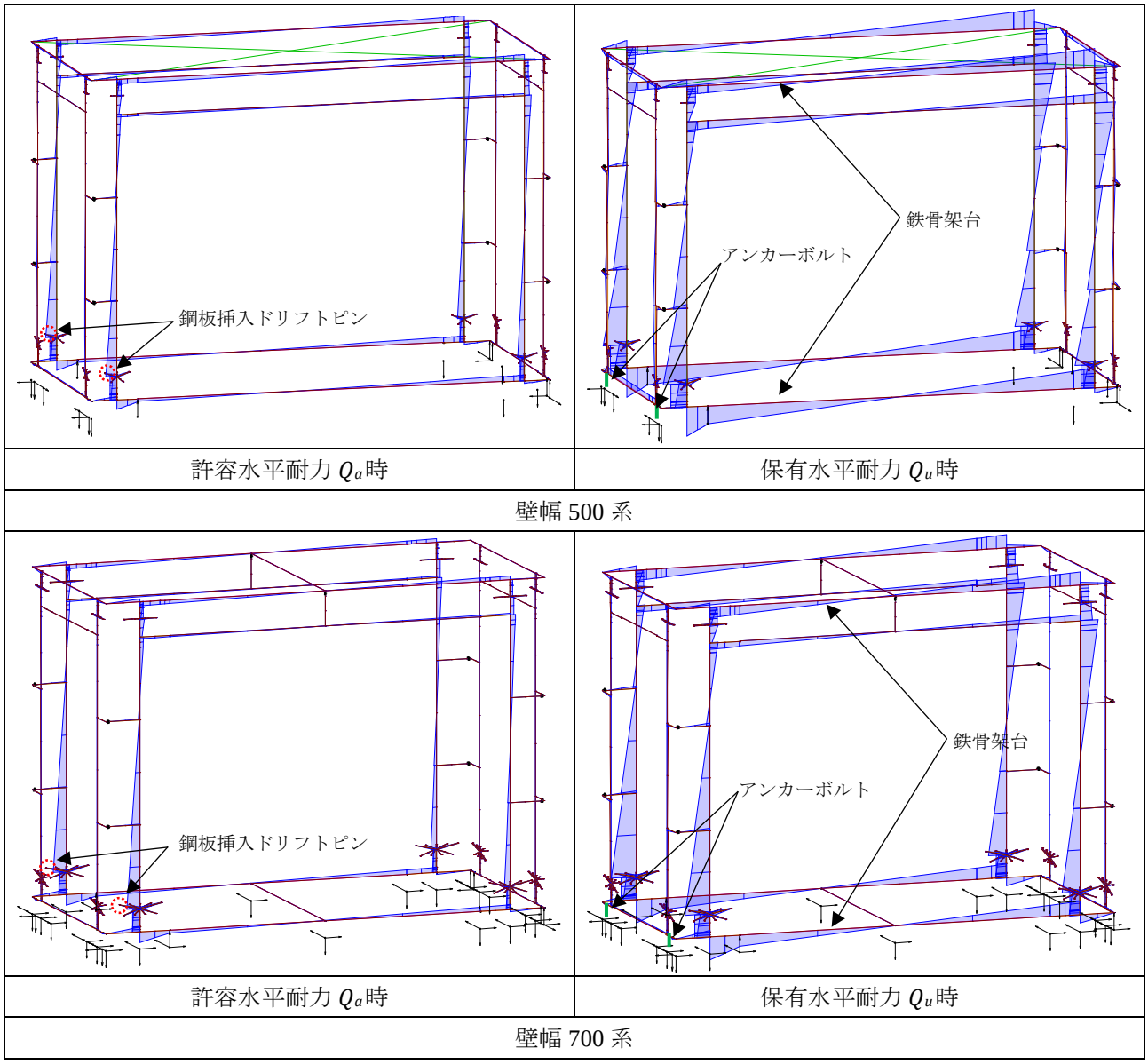


図 3　ユニット長辺方向荷重増分解析における曲げ応力図

■今後の展望

・前記の表 3 に示すように、現在のユニット 1 個当たりの負担可能重量は、壁幅 500 系で 124.5kN、壁幅 700 系で 229.1kN である。建物用途が住宅、事務所であれば、現在のユニットで平家及び 2 階建ての設計は十分可能であると考えられる。

・一方、3 階建て以上の建物や特殊建築物の場合、建物重量が大きくなり、現在のユニットでは対応が難しことが予想される。例えば、3 階建て共同住宅を想定した場合、地震用重量を 1F:2F:3F=5kN/m^2、5kN/m^2、3kN/m^2とすると、壁幅 700 系であってもユニット 1 個当たりの負担可能面積は 229.1/13=17.6m^2となる。ユニット 1 個当たりの面積が約 10m^2なので、ユニットの 1.7 倍程度の面積を負担できるが、その場合、プランニングが困難になる恐れがある。

・したがって、CLT CELL UNIT の多層化、多用途化に向けて、今後は接合部の強化、鉄骨架台断面のサイズアップ、CLT 壁の幅・厚さのサイズアップ等を行い、高耐力・高剛性のユニットを開発していくことが望ましいと考えられる。

SAI 建築社 CLT ユニット

第 2 期ユニット実験試験計画書

2020.07.02　株式会社日本システム設計

目次

1.　実験の目的と概要 1
2.　実験内容 2
　2.1　実験場所及び実験期間
　2.2　試験体概要
　　(1) 試験の概要
　　(2) 各部材の仕様
　　(3) 試験体数
　　(4) 試験体の構成
3.　加力計画 5
4.　測定計画 6
5.　事前解析 7

1. 実験の目的と概要

図 1 のような CLT パネル工法によるユニットについて、ユニット単体での水平抵抗性能を把握するとともに、本実験を模擬した立体解析結果との適合性を確認する。なお、立体解析における解析モデルは、別途実施した接合部実験結果を基に構築する。以降、本書における各パネルの名称等は下図の定義による。

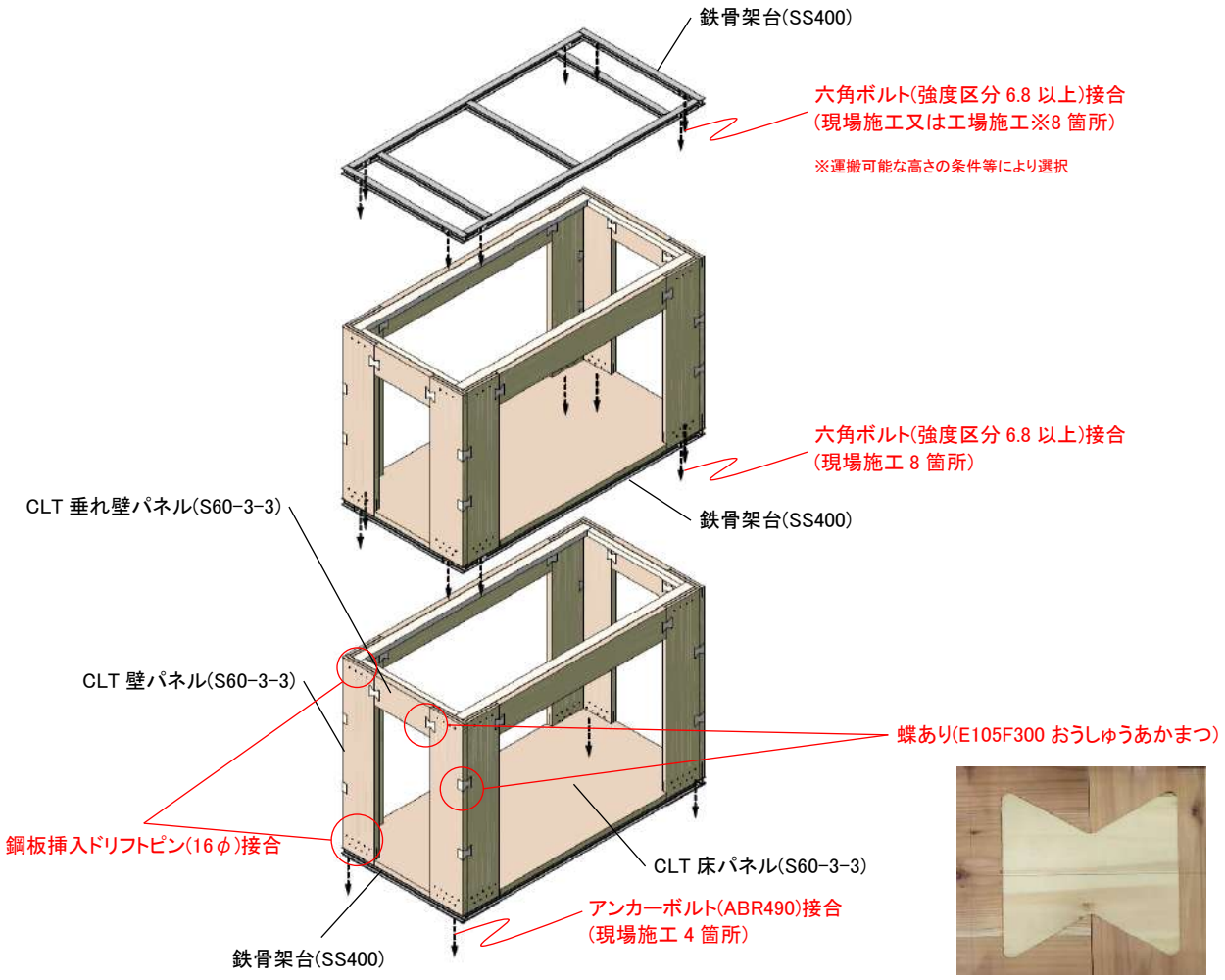


図 1　本実験の実験対象と前提となるユニットの全体構成

2. 実験内容

2.1 実験場所および実験期間

場所：一般財団法人　建材試験センター　西日本試験所　[山口県山陽小野田市山川]

期間：2020 年 7 月 26 日、7 月 20 日～22 日

表 1　実験スケジュール

日付	作業内容
7/16	治具設置、ユニット組立開始
7/20	ユニット組立、計測機器セッティング
7/21	加力
7/22	解体・撤去

2.2 試験体概要

(1) 試験の概要

下図のように、反力床に緊結したユニットの上部鉄骨架台レベルをユニット長辺方向に水平加力し、ユニット単体の水平抵抗性能を把握するとともに、本実験を模擬した立体解析結果との適合性を確認する。

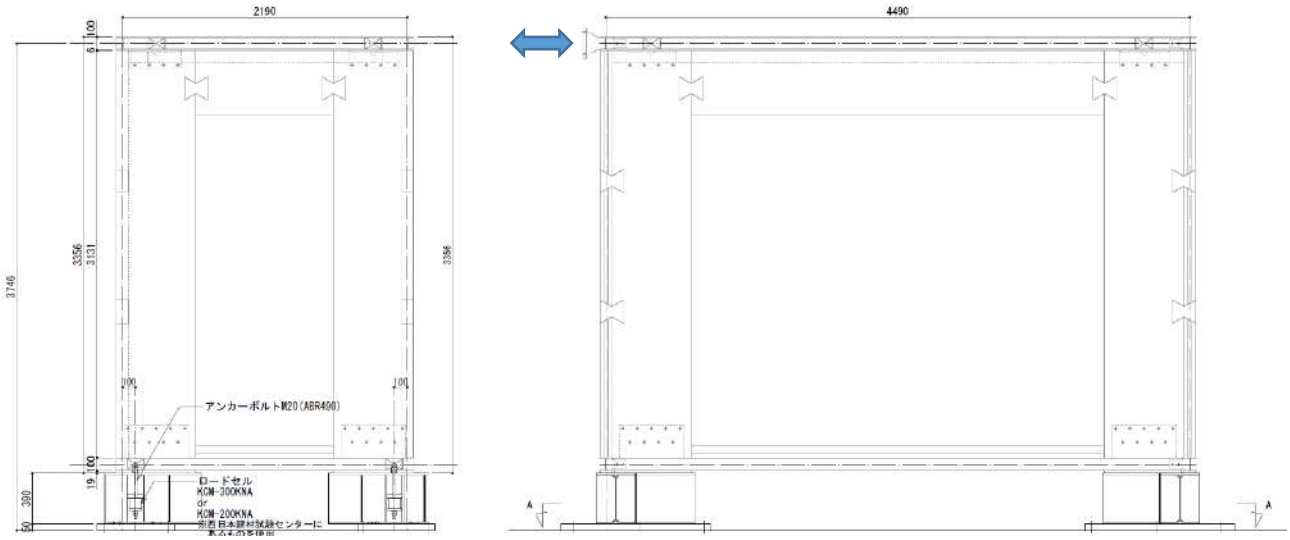


図 2　試験の概要

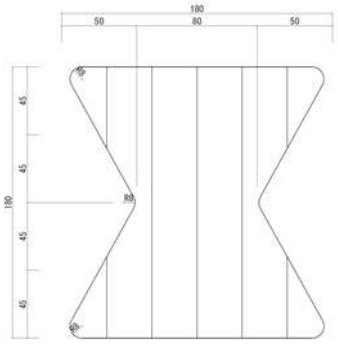
(2) 各部材の仕様

①CLT パネル

S60-3-3（すぎ）とする。材厚は 90mm とする。

②蝶あり

対象異等級構成集成材 E105-F300（おうしゅうあかまつ）とする。形状は、下図の通りとする。材厚は 90mm とし、ひとつの集成材から一体的に切り出すものとする。



③ドリフトピン

クロスマーク表示金物 DP16 とする。

④鋼材

鉄骨架台は SS400 とする。アンカーボルトは ABR490 とする。

(3) 試験体数

1 体とする。

(4) 試験体の構成

次頁に示す。

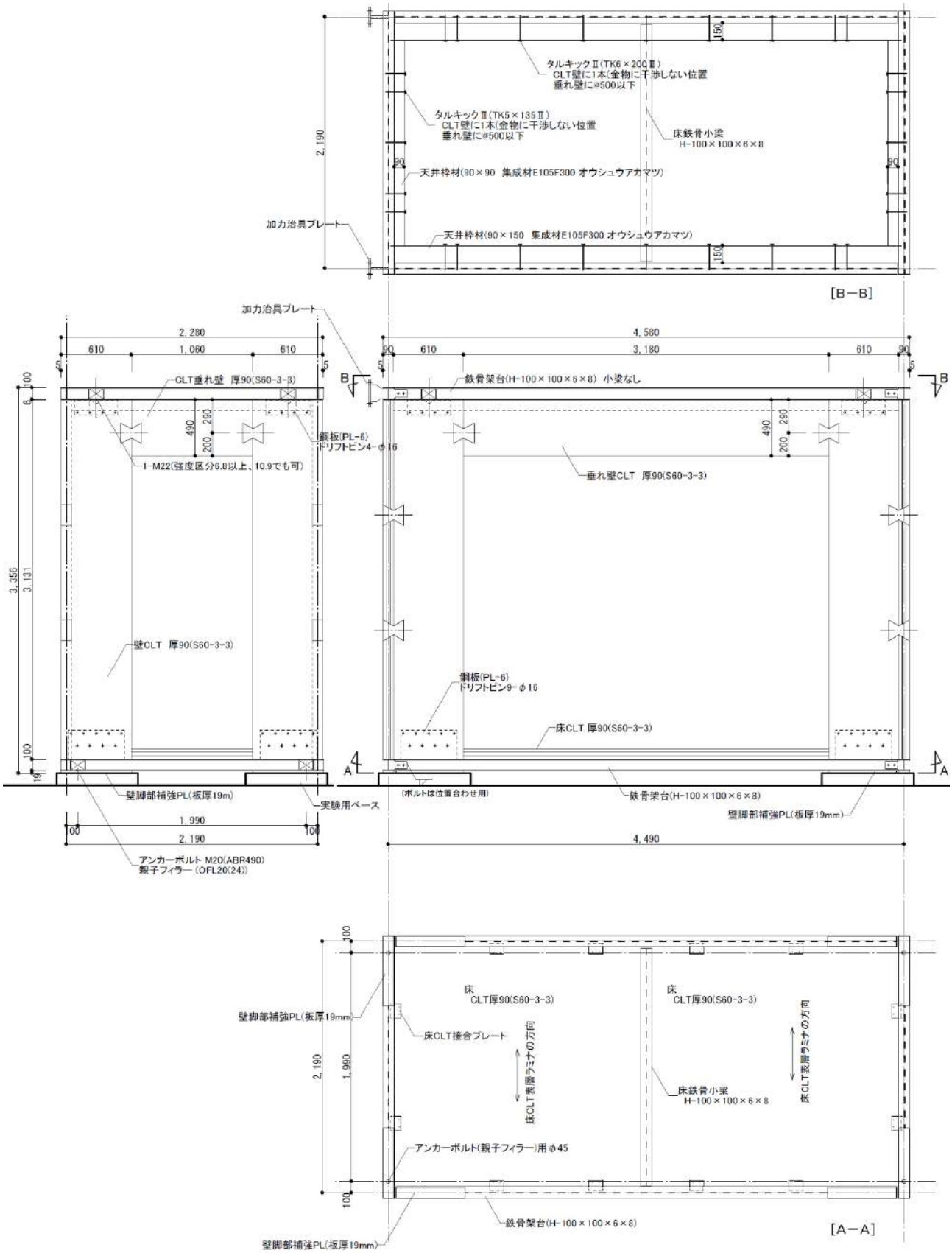

タルキックⅡ(TK6×200Ⅱ)
CLT壁に1本(金物に干渉しない位置
垂れ壁にφ500以下
タルキックⅡ(TK5×135Ⅱ)
CLT壁に1本(金物に干渉しない位置
垂れ壁にφ500以下
床鉄骨小梁
H-100×100×6×8
天井枠材(90×90 集成材E105F300 オウシュウアカマツ)
加力治具プレート
天井枠材(90×150 集成材E105F300 オウシュウアカマツ)
[B−B]
加力治具プレート
CLT垂れ壁 厚90(S60-3-3)
鉄骨架台(H-100×100×6×8) 小梁なし
鋼板(PL-6)
ドリフトピン4-φ16
1-M22(強度区分6.8以上、10.9でも可)
垂れ壁CLT 厚90(S60-3-3)
壁CLT 厚90(S60-3-3)
鋼板(PL-6)
ドリフトピン9-φ16
床CLT 厚90(S60-3-3)
(ボルトは位置合わせ用)
鉄骨架台(H-100×100×6×8)
壁脚部補強PL(板厚19mm)
壁脚部補強PL(板厚19m)
実験用ベース
アンカーボルト M20(ABR490)
親子フィラー (OFL20(24))
床
CLT厚90(S60-3-3)
床CLT接合プレート
床CLT表層ラミナの方向
床鉄骨小梁
H-100×100×6×8
アンカーボルト(親子フィラー)用φ45
鉄骨架台(H-100×100×6×8)
[A−A]

図４　試験体の構成

3. 加力計画

変位漸増正負交番繰り返し載荷とし、押し壊す。変位は層間変形角が次のようになるように漸増させる。なお、＋はジャッキが圧縮力を、－はジャッキが引張力を与えた際の変形角を指す。

$$0 \Rightarrow +\frac{1}{450} \Rightarrow -\frac{1}{450} \Rightarrow +\frac{1}{300} \Rightarrow -\frac{1}{300} \Rightarrow +\frac{1}{200} \Rightarrow -\frac{1}{200} \Rightarrow +\frac{1}{150} \Rightarrow -\frac{1}{150} \Rightarrow +\frac{1}{100} \Rightarrow -\frac{1}{100} \Rightarrow +\frac{1}{75} \Rightarrow -\frac{1}{75} \Rightarrow +\frac{1}{50} \Rightarrow -\frac{1}{50} \Rightarrow +\frac{1}{30} \Rightarrow -\frac{1}{30} \Rightarrow \text{押し壊し}$$

ここで、層間変形角は、層間変位/3096mm とする。層間変位は{(D1-D3)+(D2-D4)}/2 である（記号に対応する計測値は次節参照のこと）。制御値を層間変位で表せば、次のようになる。

$$0 \Rightarrow +7.19 \Rightarrow -7.19 \Rightarrow +10.79 \Rightarrow -10.79 \Rightarrow +16.19 \Rightarrow -16.19 \Rightarrow +21.58 \Rightarrow -21.58 \Rightarrow +32.37 \Rightarrow -32.37 \Rightarrow +43.16 \Rightarrow -43.16 \Rightarrow +64.74 \Rightarrow -64.74 \Rightarrow +107.90 \Rightarrow -107.90 \Rightarrow \text{押し壊し}$$

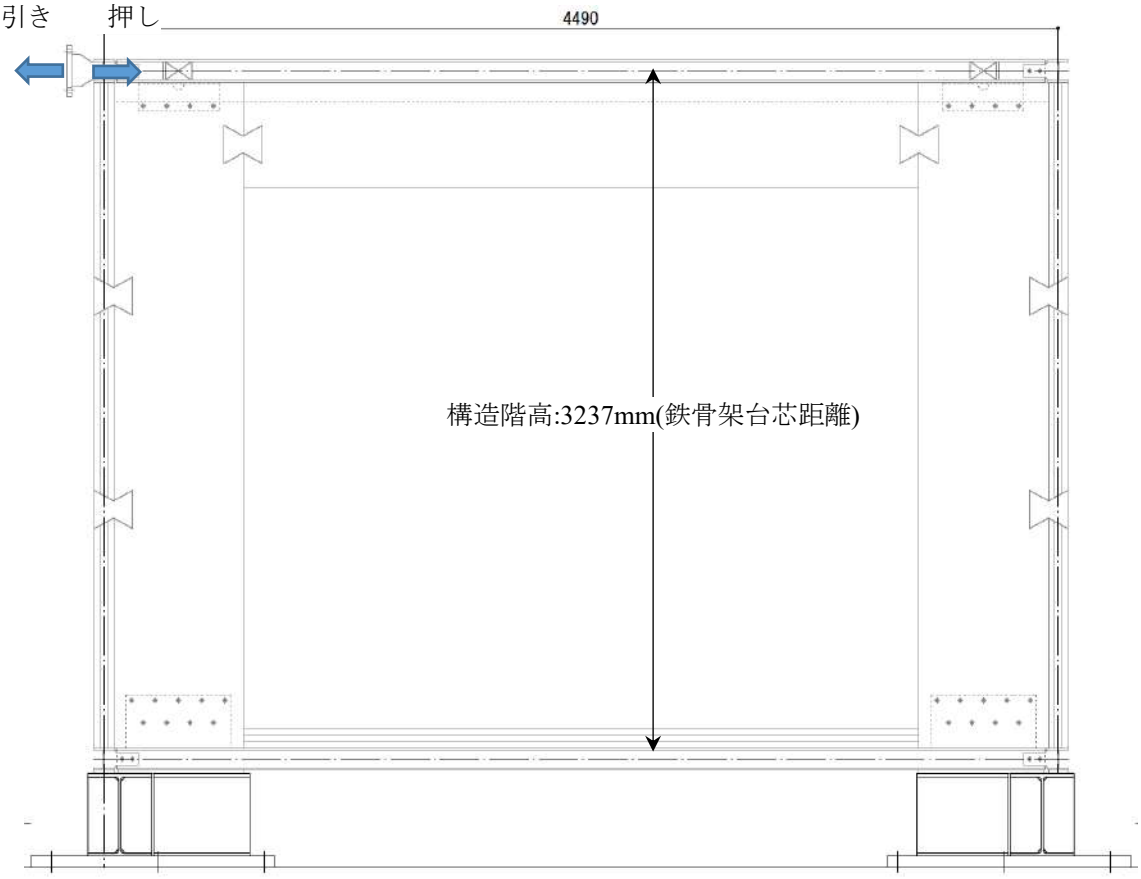


図 5　ユニット実験の加力状況

なお、押し壊しは、最大荷重の 80%まで荷重が低下するかまたは層間変形角が 1/15rad（+215.80mm）に達するまでとする。

4. 測定計画

図 6 に測定計画図を示す。

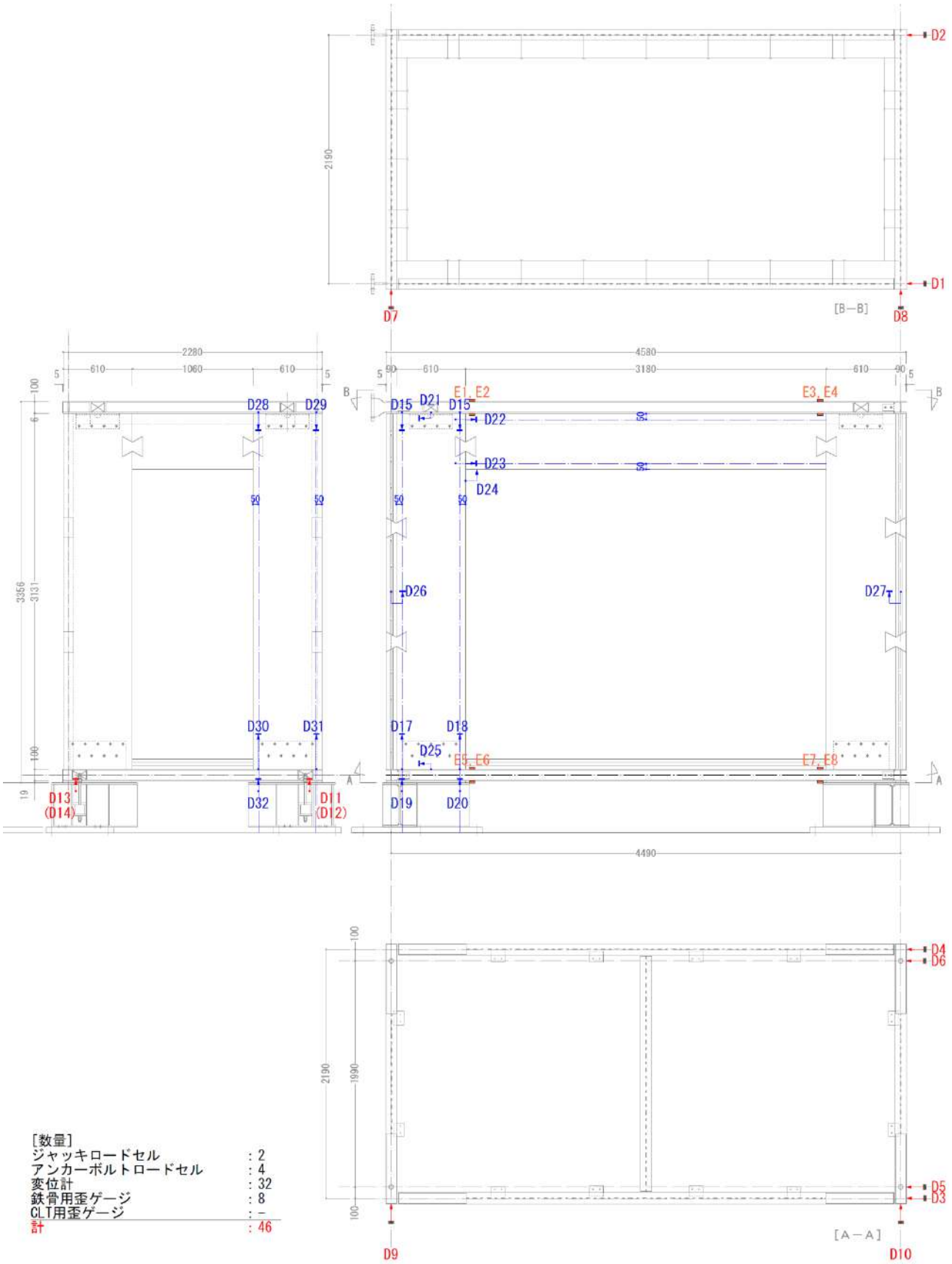


図 6　測定計画図

5. 事前解析

図 7 に事前解析結果を示す。

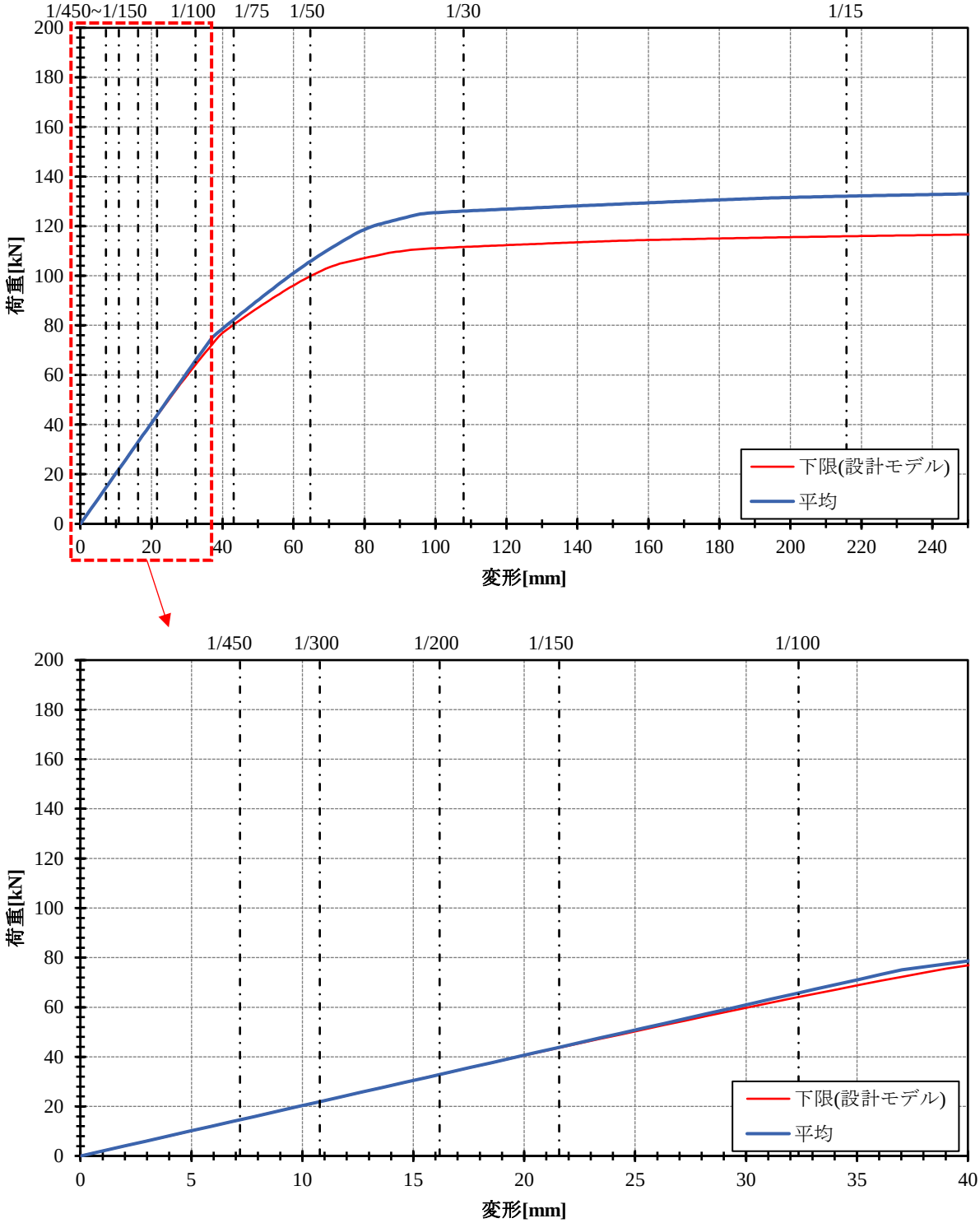
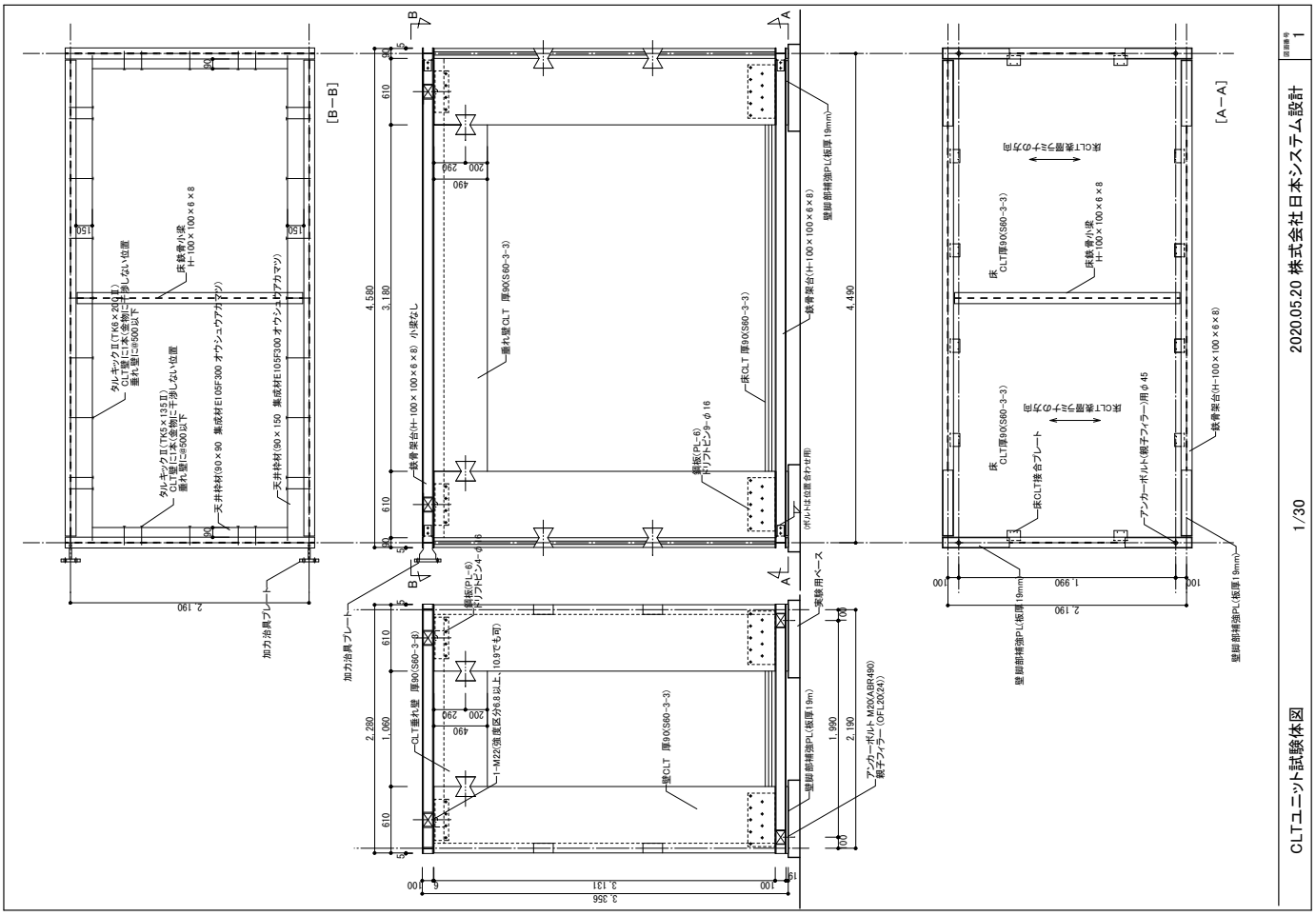


図 7　事前解析結果

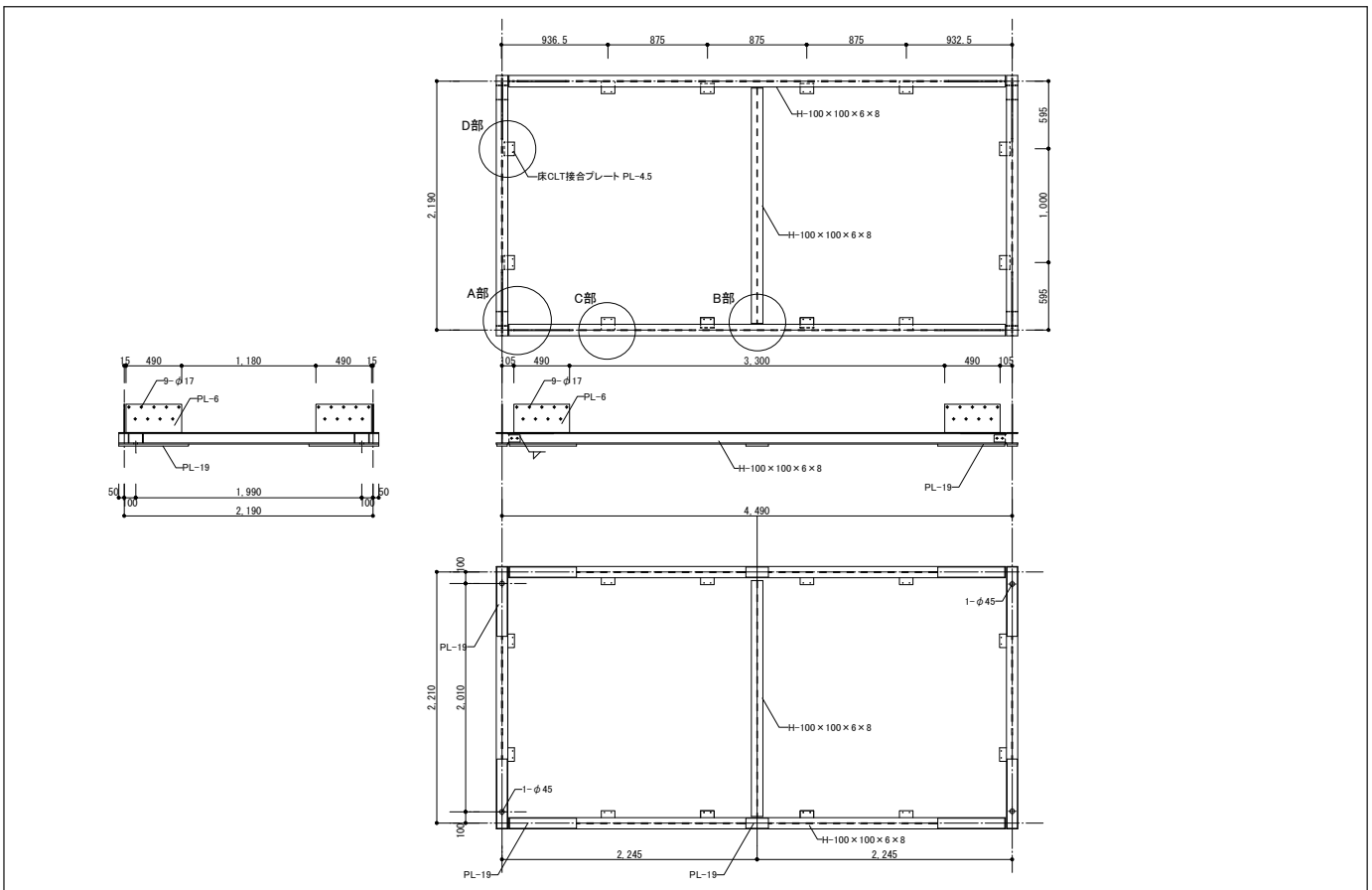


CLTユニット試験体図

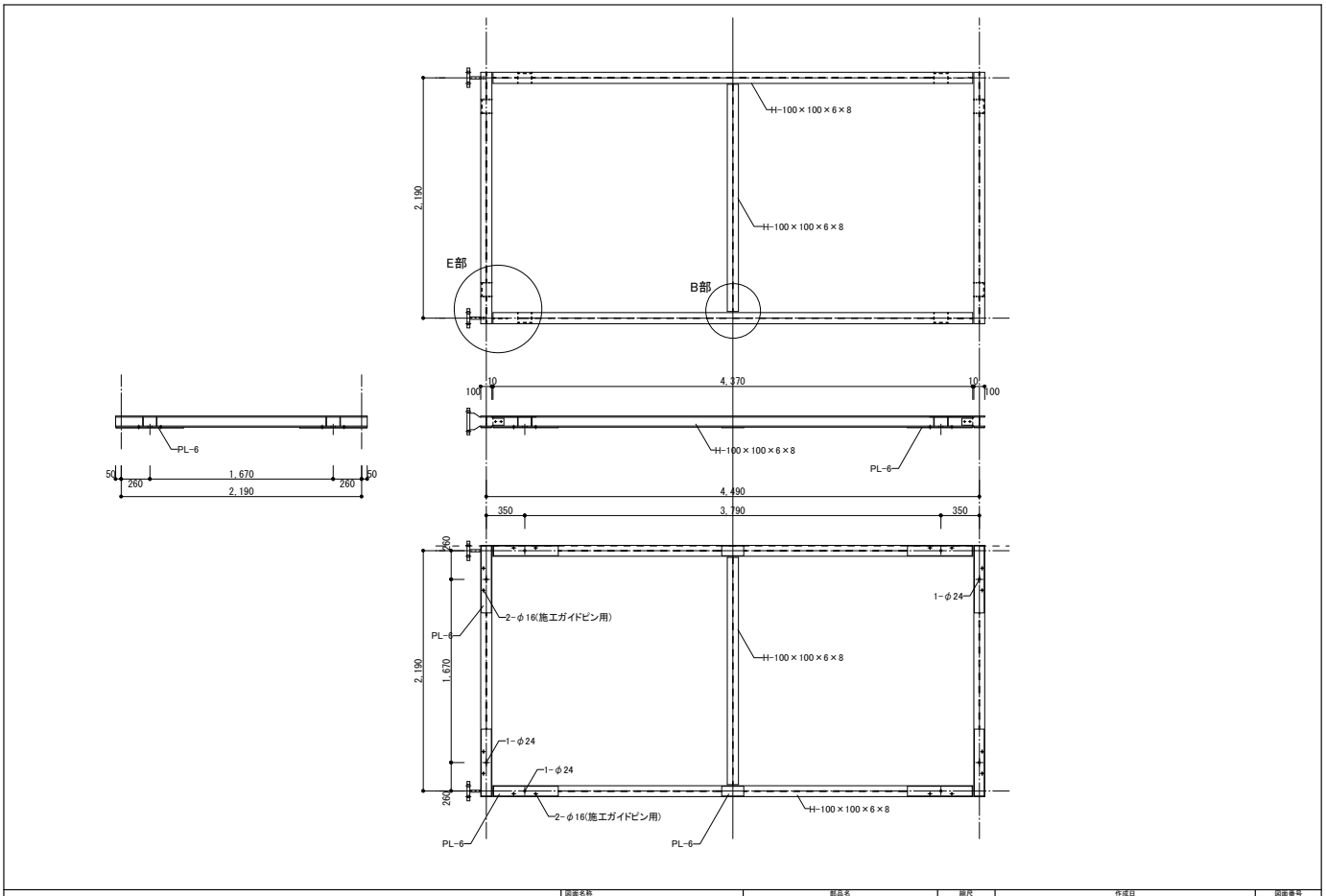
1/30

2020.05.20 株式会社日本システム設計

図面番号 1

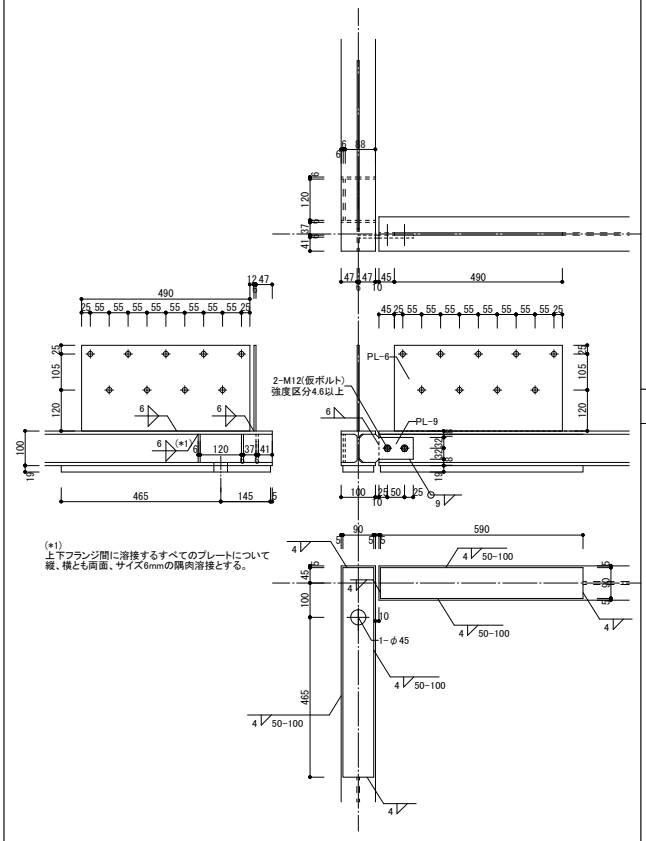


図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験 鉄骨架台（床）部品図	―	A3/1:30	2020.05.20	2

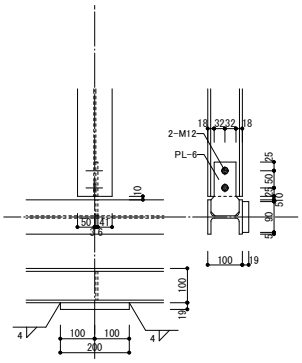


図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験 鉄骨架台（天井） 部品図	—	A3/1:30	2020.05.20	3

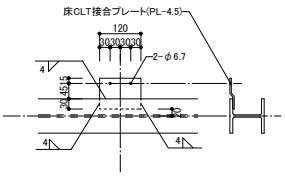
A部詳細 1/10



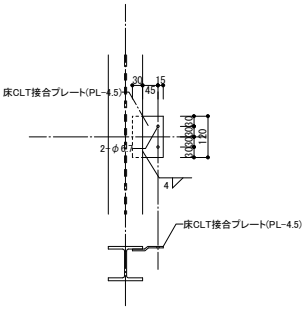
B部詳細 1/10



C部詳細 1/10

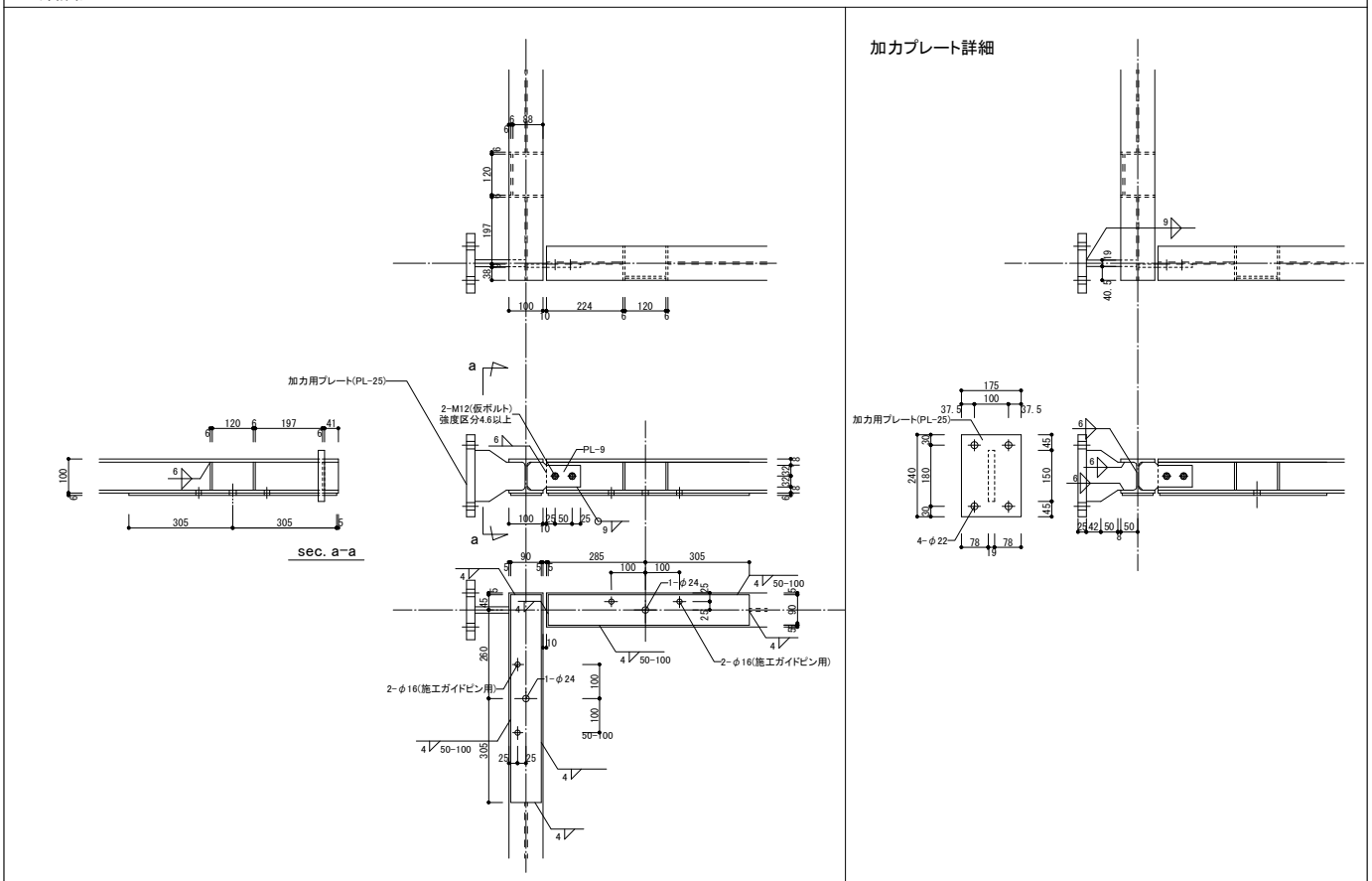


D部詳細 1/10

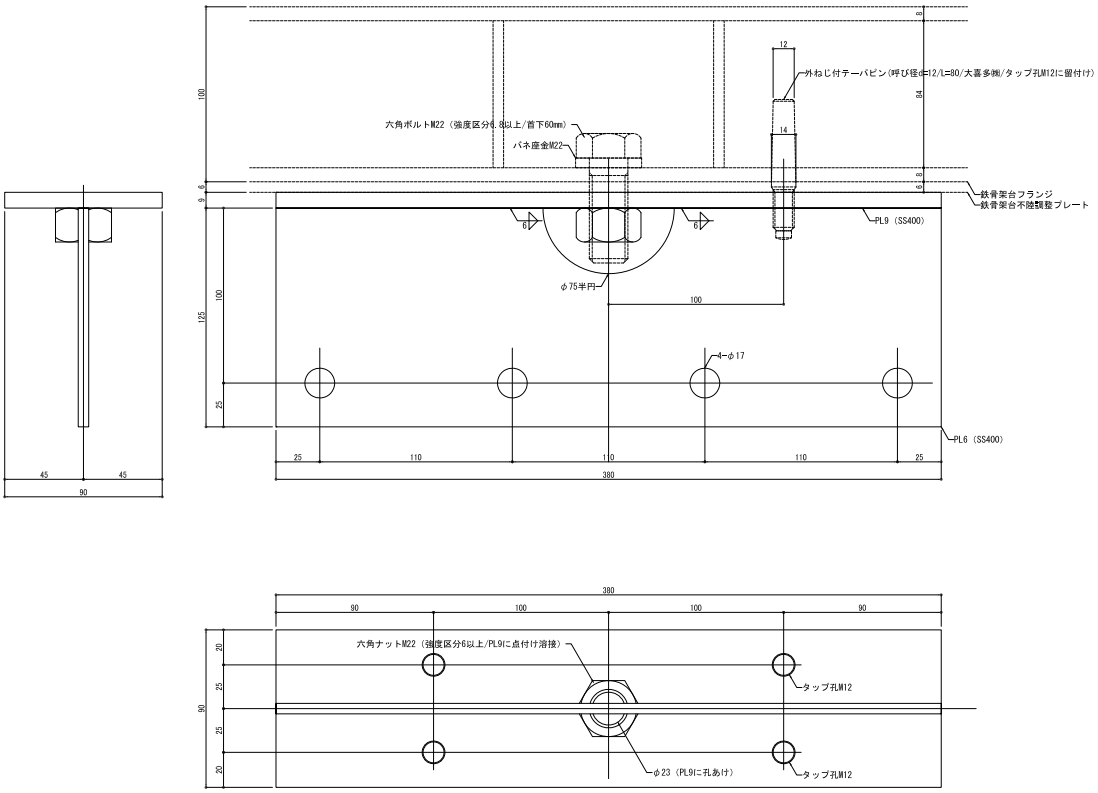


図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験 鉄骨架台 詳細図1	—	A3/1:10	2020.05.20	4

E部詳細 1/10



図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験 鉄骨架台 詳細図2	—	A3/1:10	2020.05.20	5

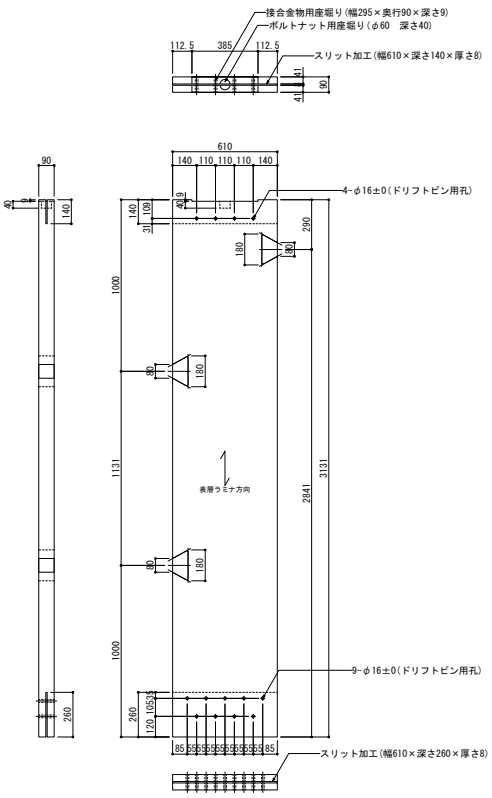


US-1

必要数：8

図面名称	部品名	縮尺		図面番号
壁パネル頭部金物詳細図	—	A3/1:2		6

共通事項
・CLTの等級はS60-3-3とする。
・ラミナ位置は問わない。

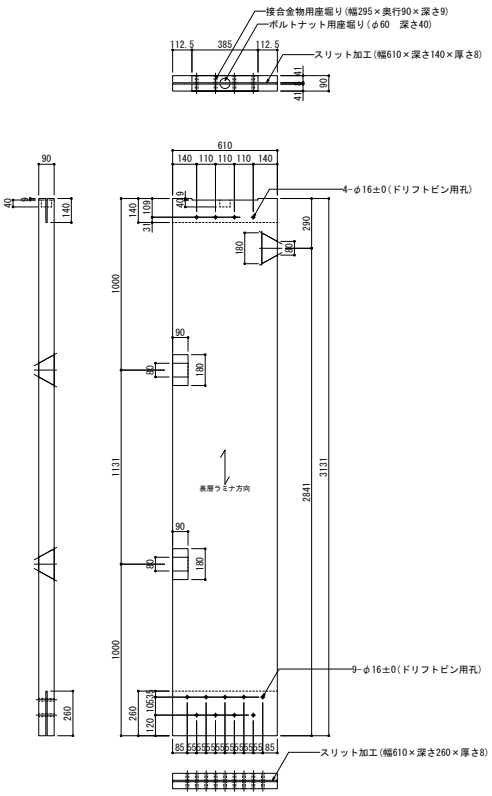


ユニット試験体用CLT
UCLT-1

必要数：4

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験部品図	UCLT-1	A3/1:20	2020.05.20	7

共通事項
・CLTの等級はS60-3-3とする。
・ラミナ位置は問わない。

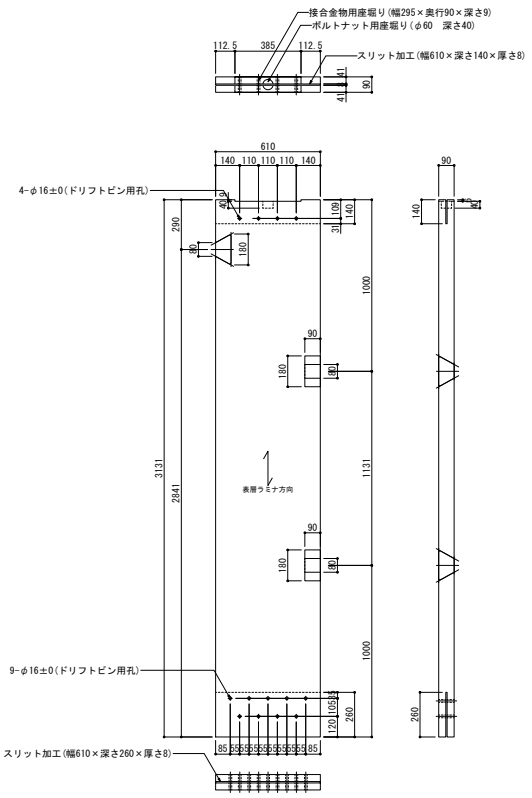


ユニット試験体用CLT
UCLT-2

必要数：2

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験部品図	UCLT-2	A3/1:20	2020.05.20	8

共通事項
・CLTの等級はS60-3-3とする。
・ラミナ位置は問わない。

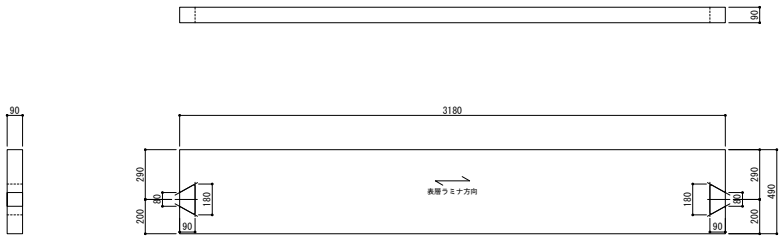


ユニット試験体用CLT
UCLT-3

必要数：2

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験部品図	UCLT-3	A3/1:20	2020.05.20	9

共通事項
・CLTの等級はS60-3-3とする。
・ラミナ位置は問わない。

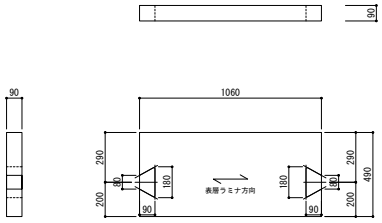


ユニット試験体用CLT
UCLT-4

必要数：2

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験部品図	UCLT-4	A3/1:20	2020.05.14	10

共通事項
・CLTの等級はS60-3-3とする。
・ラミナ位置は問わない。

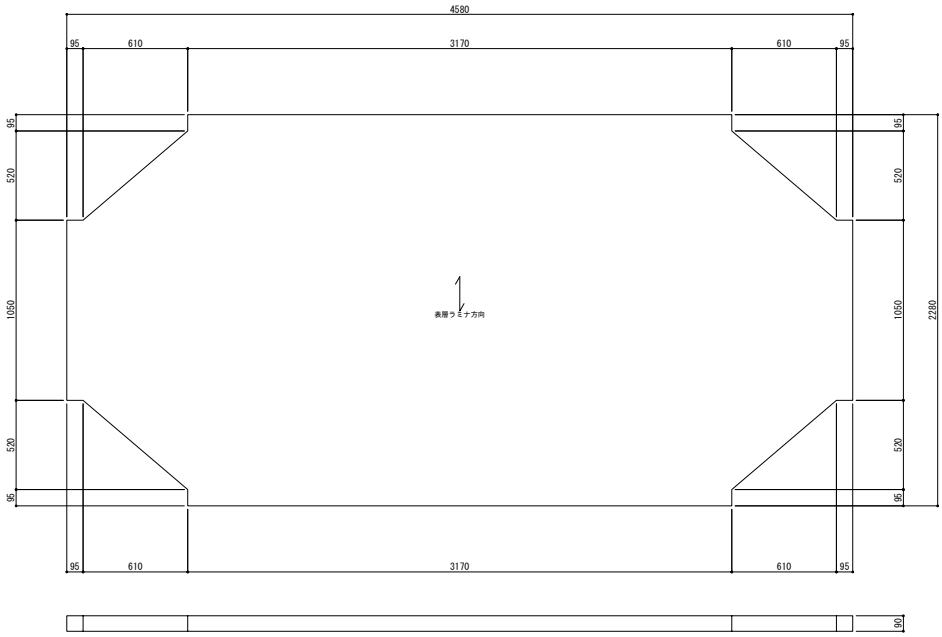


ユニット試験体用CLT
UCLT-5

必要数：2

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験部品図	UCLT-5	A3/1:20	2020.05.14	11

共通事項
・CLTの等級はS60-3-3とする。
・ラミナ位置は問わない。

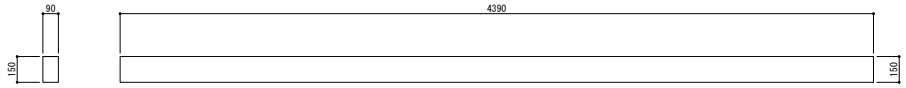


ユニット試験体用CLT
UCLT-6

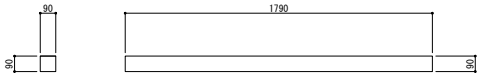
必要数：1

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験部品図	UCLT-6	A3/1:20	2020.05.14	12

共通事項



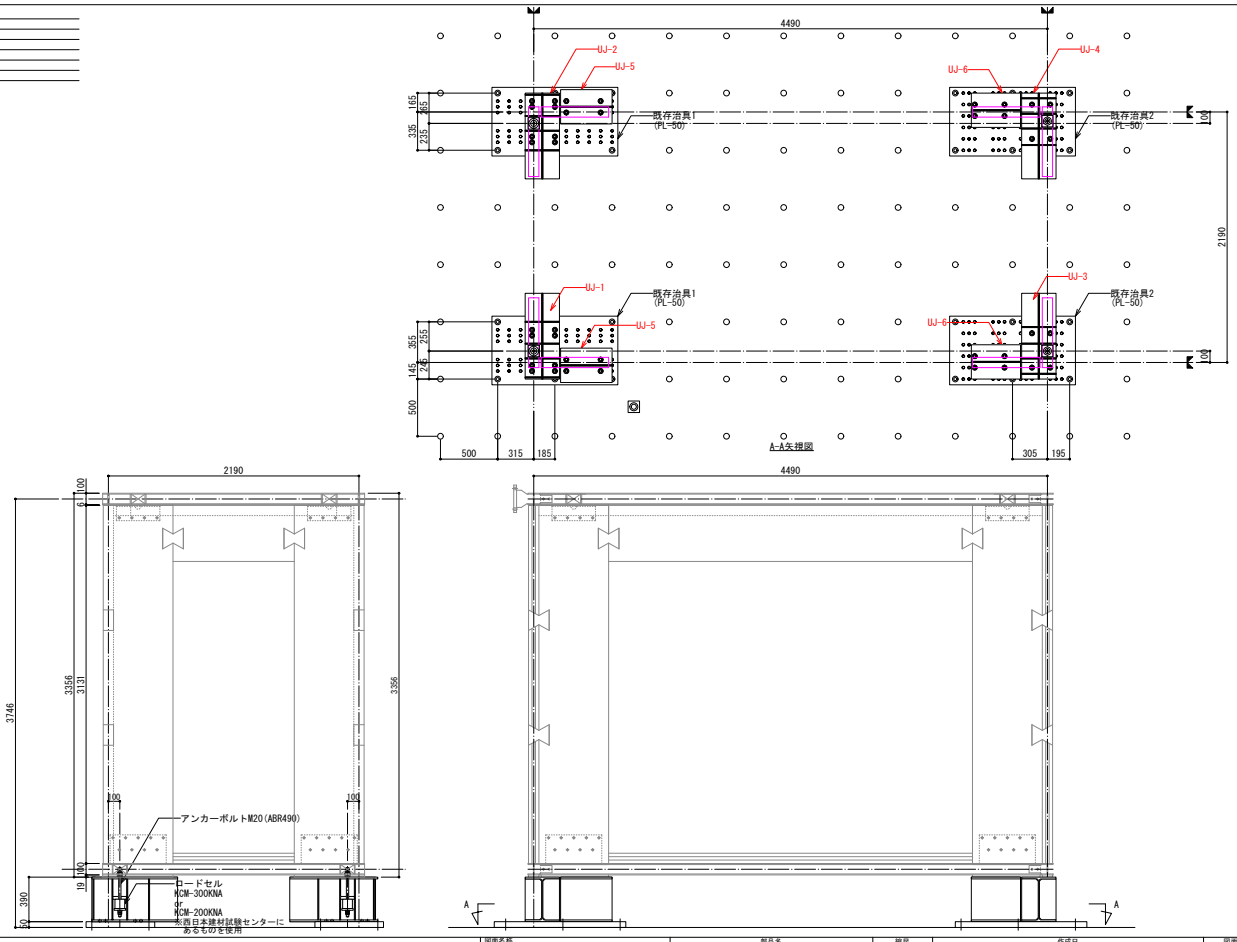
長辺集成材枠材
E105-F300　おうしゅうあかまつ　　必要数：2



短辺集成材枠材
E105-F300　おうしゅうあかまつ　　必要数：2

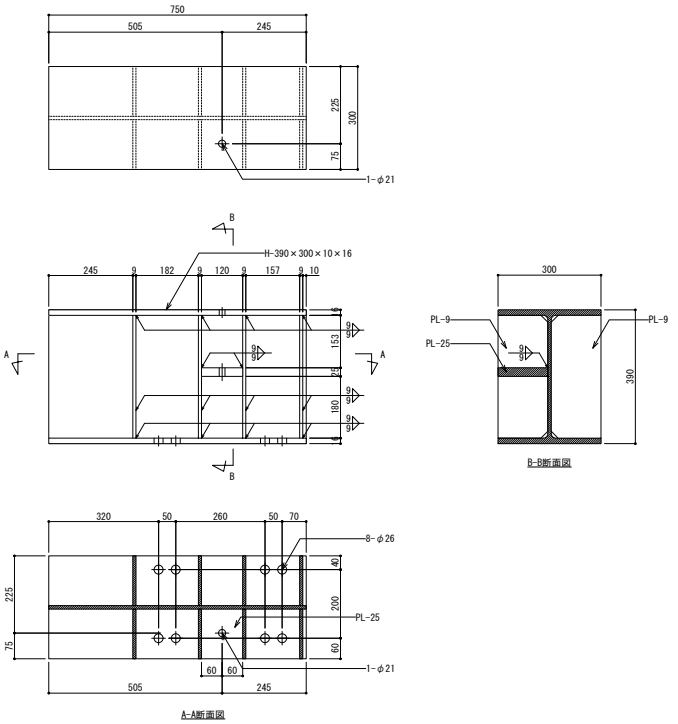
図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験部品図	集成材枠材	A3/1:20	2020.05.14	13

共通事項



図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験治具設置図	―	A3/1:30	2020.05.20	14

共通事項
・特記無き限り鋼種はSS400とする。

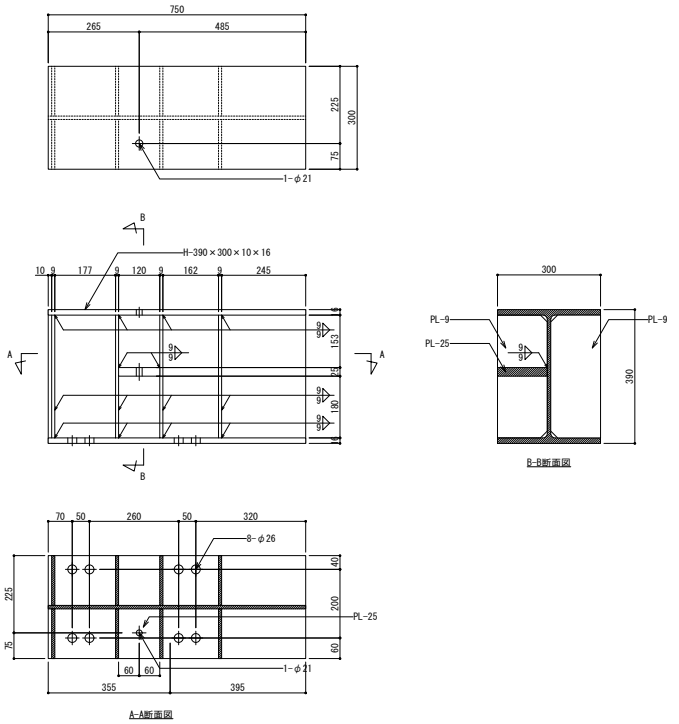


ユニット実験用治具
UJ-1

必要数：1

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験治具部品図	UJ-1	A3/1:10	2020.05.14	15

共通事項
・特記無き限り鋼種はSS400とする。

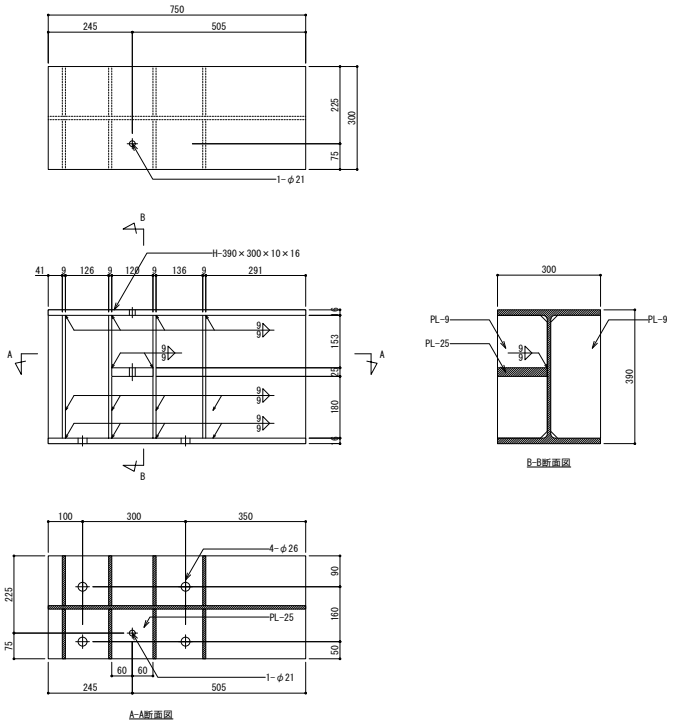


ユニット実験用治具
UJ-2

必要数：1

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験治具部品図	UJ-2	A3/1:10	2020.05.14	16

共通事項
・特記無き限り鋼種はSS400とする。

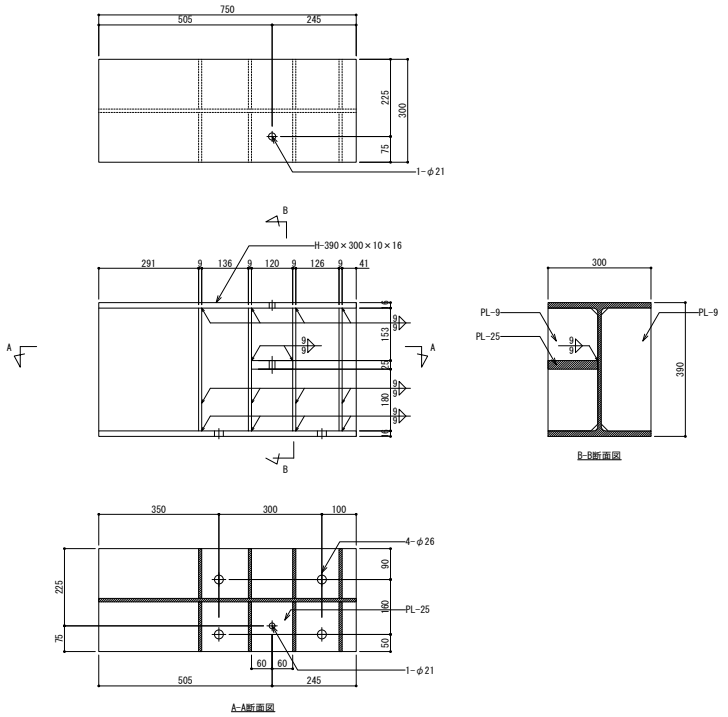


ユニット実験用治具
UJ-3

必要数：1

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験治具部品図	UJ-3	A3/1:10	2020.05.14	17

共通事項
・特記無き限り鋼種はSS400とする。

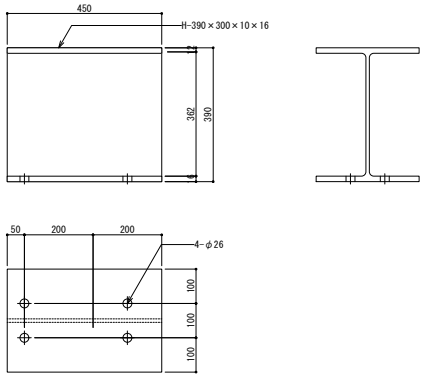


ユニット実験用治具
UJ-4

必要数：1

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験治具部品図	UJ-4	A3/1:10	2020.05.14	18

共通事項
・特記無き限り鋼種はSS400とする。

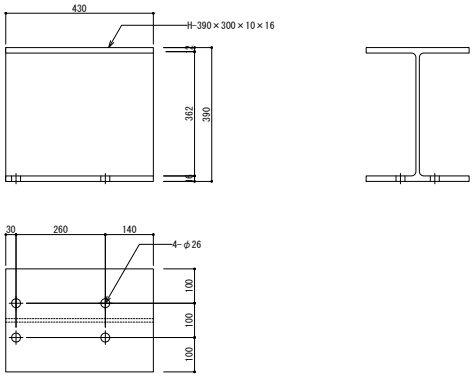


ユニット実験用治具
UJ-5

必要数：2

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験治具部品図	UJ-5	A3/1:10	2020.05.14	19

共通事項
・特記無き限り鋼種はSS400とする。

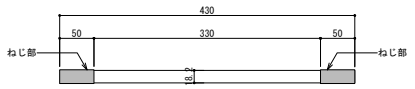


ユニット実験用治具
UJ-6

必要数：2

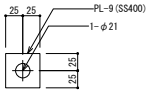
図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験治具部品図	UJ-6	A3/1:10	2020.05.14	20

共通事項



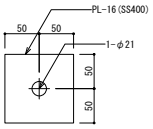
建築構造用アンカーボルトABR490　M20
必要数：4

アンカーボルト用　M20ナット（強度区分5J）
必要数：16



アンカーボルト用高さ調整用PL
必要数：4

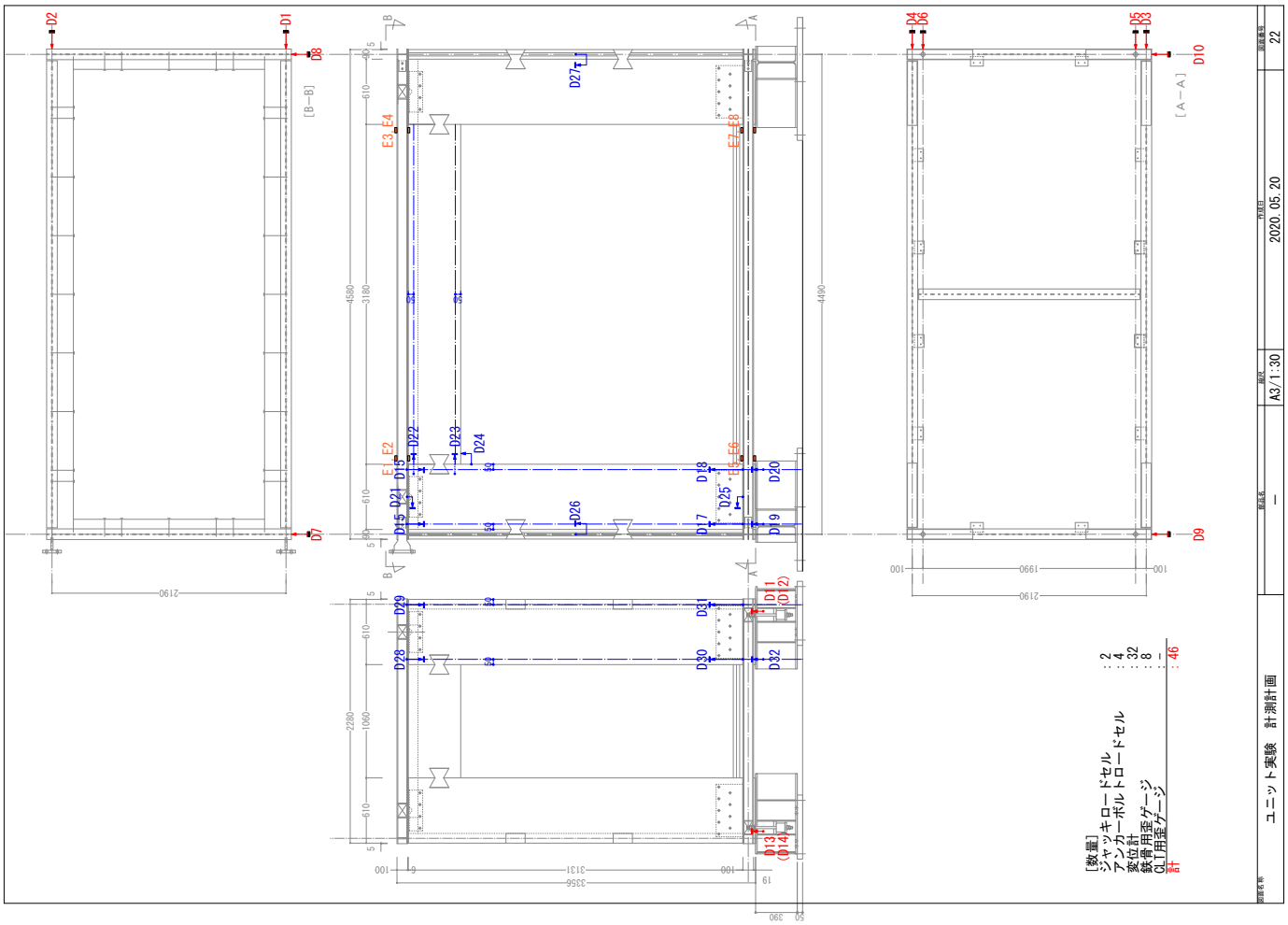
※高さ調整用PLはロードセルKCM-200KNAを使用する位置に設置する。



アンカーボルト用PL
必要数：4

アンカーボルト用　M20座金（硬さ区分200J）
必要数：8

図面名称	部品名	縮尺	作成日	図面番号
ユニット実験治具部品図	アンカーボルト関係部品図	A3/1:5	2020.05.14	21



発行番号：第２０Ｃ０１８６号
発 行 日：２０２０年　８月２７日

品質性能試験報告書

一般財団法人 建材試験センター
西日本試験所長　　真 野 孝 次
山口県山陽小野田市大字西高泊

試験名称　　CLT CELL UNITの構造強度試験

依 頼 者　　SAI GROUP HOLDINGS株式会社
福岡県福岡市早良区野芥4丁目45-55

目　　次

1．試　験　内　容---------- 2
2．試　　験　　体---------- 2
3．試　験　方　法---------- 4
4．試　験　結　果---------- 8
5．試験期間，担当者及び場所---------- 17

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

１．試験内容

SAI GROUP HOLDINGS株式会社から提出された「CLT CELL UNIT」について，ユニットの加力試験を行った。

２．試　験　体

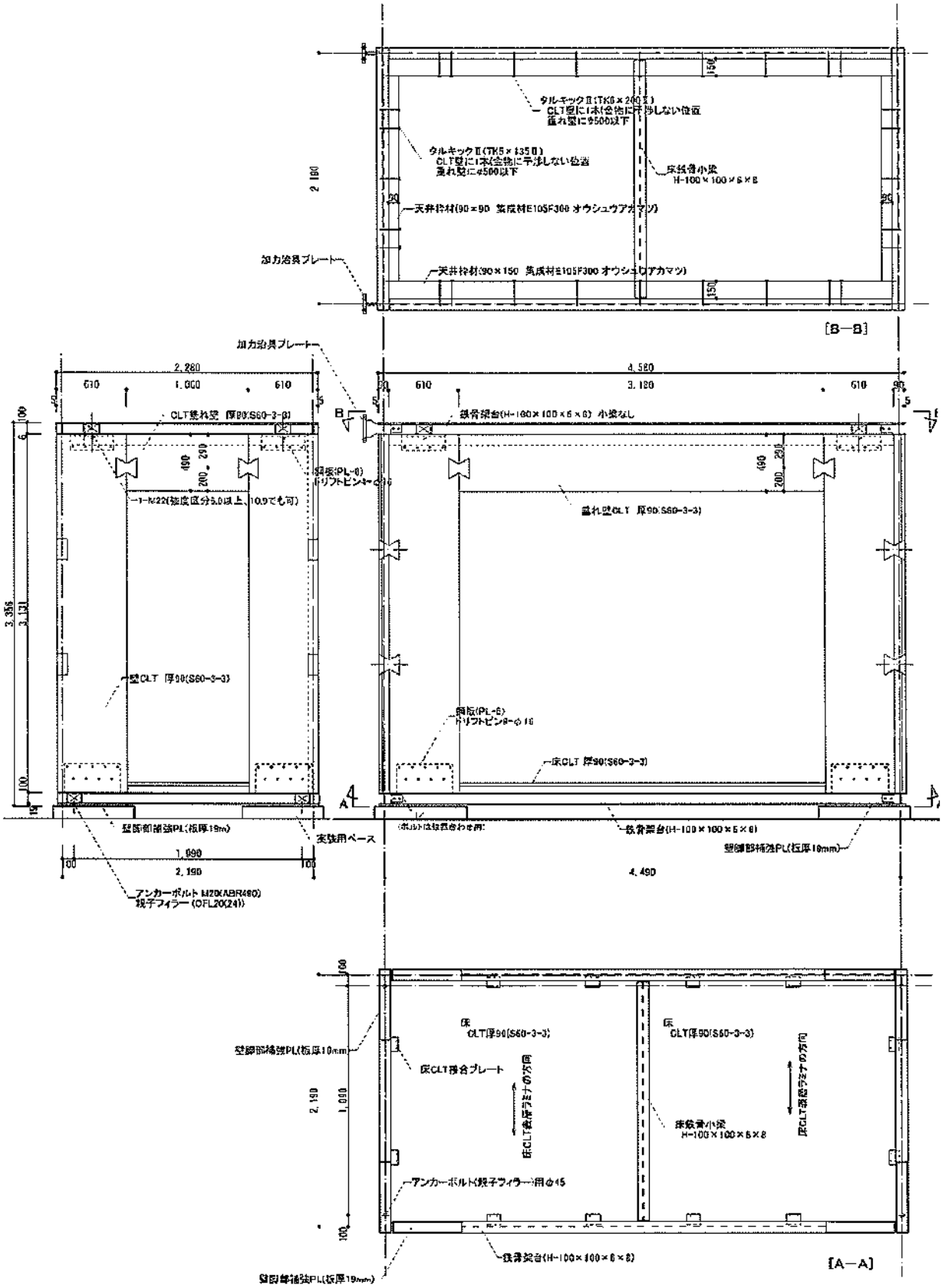
試験体概要を表1に，試験体の形状を図1に示す。試験体は，3層3プライのCLTパネルを用いて作製した「CLT CELL UNIT」試験体である。なお，試験体概要は，依頼者の提出資料による。

表1　試験体概要

試験体名	ユニット
構成材料	CLTパネル（幅はぎ無し）： 等　級；S60-3-3 含水率；10.1%～16.2% 密　度；0.39g/cm^3～0.42g/cm^3 その他の部材は，図1参照
寸法	2280mm×4580mm×3356mm
数量	1体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

単位mm



（依頼者提出資料）

図1　試験体

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

３．試験方法

試験に使用した加力装置及び測定装置を表2に，計測位置一覧を表3に，計測位置を図2に，試験実施状況を写真1に示す。

試験は，変位漸増正負交番繰返し載荷とした。繰返しの層間変形角は，1/450，1/300，1/200，1/150，1/100，1/75，1/50，1/30rad.とし，1回ずつの繰返し加力を行った。層間変形角は，層間変位/3237mm（鉄骨架台芯距離）とし，層間変位は，(D1+D2) /2- (D3+D4) /2の値とした。加力は最大荷重に達した後，最大荷重の80%に荷重が低下するか，または層間変形角が1/15rad.に達するまでとした。なお，加力は押し方向を最終方向とした。

表2　加力装置及び測定装置

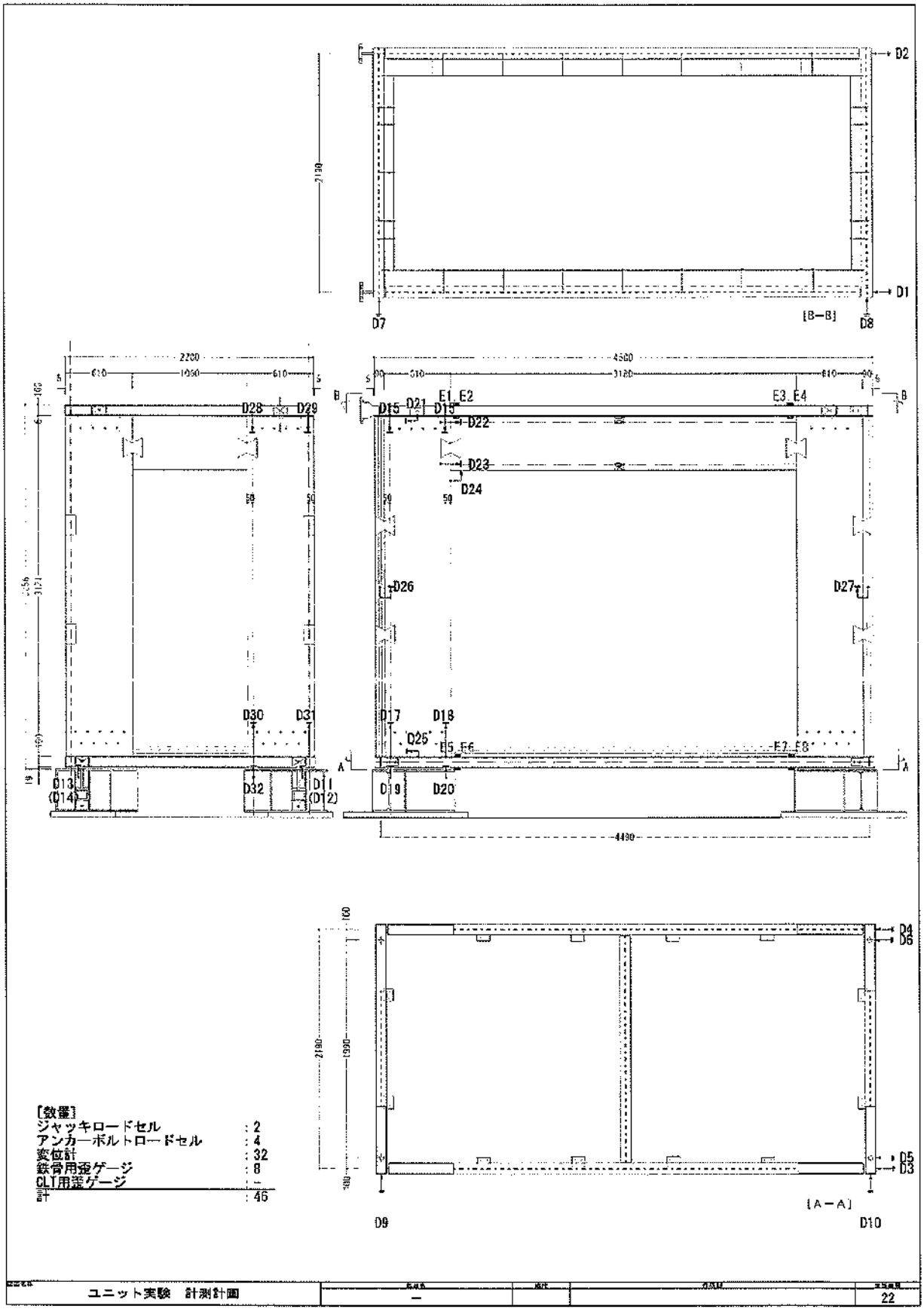
種類	名称	仕様または用途
加力装置	油圧ジャッキ	最大ストローク：500mm
	ロードセル	容量：200kN
測定装置	電気式変位計	感度：200，100，50及び20×10^{-6}/mm
	ひずみゲージ	抵抗値：120Ω
	デジタルひずみ測定装置	測定及び記録用

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

表3　計測位置一覧

ch番号	記号	測定項目	使用した装置	測定箇所	測定位置	備考
ch0	L1	荷重	TCLP20B	ジャッキ	図2参照	頂部鉄骨の高さの1/2位置
ch1	L2	荷重	TCLP20B	ジャッキ	図2参照	頂部鉄骨の高さの1/2位置
ch2	L3	荷重	TCLP200KNB	脚部鉄骨	図2参照	-
ch3	L4	荷重	TCLP200KNB	脚部鉄骨	図2参照	-
ch4	L5	荷重	TCLP200KNB	脚部鉄骨	図2参照	-
ch5	L6	荷重	TCLP200KNB	脚部鉄骨	図2参照	-
ch6	D1	変位	DP500	鉄骨架台頂部	図2参照	頂部鉄骨の高さの1/2位置
ch7	D2	変位	DP500	鉄骨架台頂部	図2参照	頂部鉄骨の高さの1/2位置
ch8	D3	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	柱脚鉄骨の高さの1/2位置
ch9	D4	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	柱脚鉄骨の高さの1/2位置
ch10	D5	変位	CDP50	アンカー位置	図2参照	鉄骨の高さ1/2位置，加力芯位置
ch11	D6	変位	CDP50	アンカー位置	図2参照	鉄骨の高さ1/2位置，加力芯位置
ch12	D7	変位	DP500	鉄骨架台頂部	図2参照	距離：1365mm
ch13	D8	変位	DP500	鉄骨架台頂部	図2参照	距離：1170mm
ch14	D9	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	鉄骨の高さ1/2位置，直交鉄骨芯位置
ch15	D10	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	鉄骨の高さ1/2位置，直交鉄骨芯位置
ch16	D11	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	脚部鉄骨と鉄骨架台間の測定：距離185mm
ch17	D12	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	脚部鉄骨と鉄骨架台間の測定：距離185mm
ch18	D13	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	脚部鉄骨と鉄骨架台間の測定：距離185mm
ch19	D14	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	脚部鉄骨と鉄骨架台間の測定：距離185mm
ch20	D15	変位	CDP100	鉄骨-CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch21	D16	変位	CDP100	鉄骨-CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch22	D17	変位	CDP100	鉄骨-CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch23	D18	変位	CDP100	鉄骨-CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch24	D19	変位	CDP50	脚部鉄骨	図2参照	脚部鉄骨と鉄骨架台間
ch25	D20	変位	CDP50	脚部鉄骨	図2参照	脚部鉄骨と鉄骨架台間
ch26	D21	変位	MT50	CLT間	図2参照	鉄骨架台とCLTの水平ずれ
ch27	D22	変位	CDP100	CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch28	D23	変位	CDP100	CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch29	D24	変位	CDP50	CLT間	図2参照	壁と梁の上下方向変位
ch30	D25	変位	CDP50	CLT間	図2参照	脚部鉄骨と壁パネルの水平方向変位
ch31	D26	変位	SDP100	CLT間	図2参照	CLT高さの1/2、CLT壁相互の接触面位置
ch32	D27	変位	SDP100	CLT間	図2参照	CLT高さの1/2、CLT壁相互の接触面位置
ch33	D28	変位	CDP100	鉄骨-CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch34	D29	変位	CDP100	鉄骨-CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch35	D30	変位	CDP100	鉄骨-CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch36	D31	変位	CDP100	鉄骨-CLT間	図2参照	CLT端から50mm位置
ch37	D32	変位	CDP50	鉄骨架台頂部	図2参照	脚部鉄骨と鉄骨架台間
ch38	E3	ひずみ	YEFLA-5	鉄骨	図2参照	弾塑性ゲージ
ch39	E4	ひずみ	YEFLA-5	鉄骨	図2参照	弾塑性ゲージ
ch40	E1	ひずみ	YEFLA-5	鉄骨	図2参照	弾塑性ゲージ
ch41	E2	ひずみ	YEFLA-5	鉄骨	図2参照	弾塑性ゲージ
ch42	E7	ひずみ	YEFLA-5	鉄骨	図2参照	弾塑性ゲージ
ch43	E8	ひずみ	YEFLA-5	鉄骨	図2参照	弾塑性ゲージ
ch44	E5	ひずみ	YEFLA-5	鉄骨	図2参照	弾塑性ゲージ
ch45	E6	ひずみ	YEFLA-5	鉄骨	図2参照	弾塑性ゲージ

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。



（依頼者提出資料）

図2　計測位置

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

【荷重及び変位】
荷　　重：L1+L2
層間変位：（D1+D2）/2-（D3+D4）/2
D1，D2；柱頭鉄骨ジグのピン位置の絶対変位
D2，D3；脚部鉄骨ジグの壁パネル芯位置の絶対変位
【備考】
ロードセル　：L1～L6
電気式変位計：D1～D32
ひずみゲージ：E1～E8
参照：表2及び図2

写真1　試験実施状況

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

４．試験結果

試験結果を表3に，試験体の荷重-変形角，荷重-変位及び荷重-ひずみ曲線を図3～図10に，試験体の状況を写真2～写真7に示す。

表3　試験結果

試験体名	最大荷重時		破壊状況
	荷重 (kN)	層間変位 (mm)	
ユニット	152.2	219.0 (1/15rad.)	蝶ありの割れ及び鉄骨架台の変形

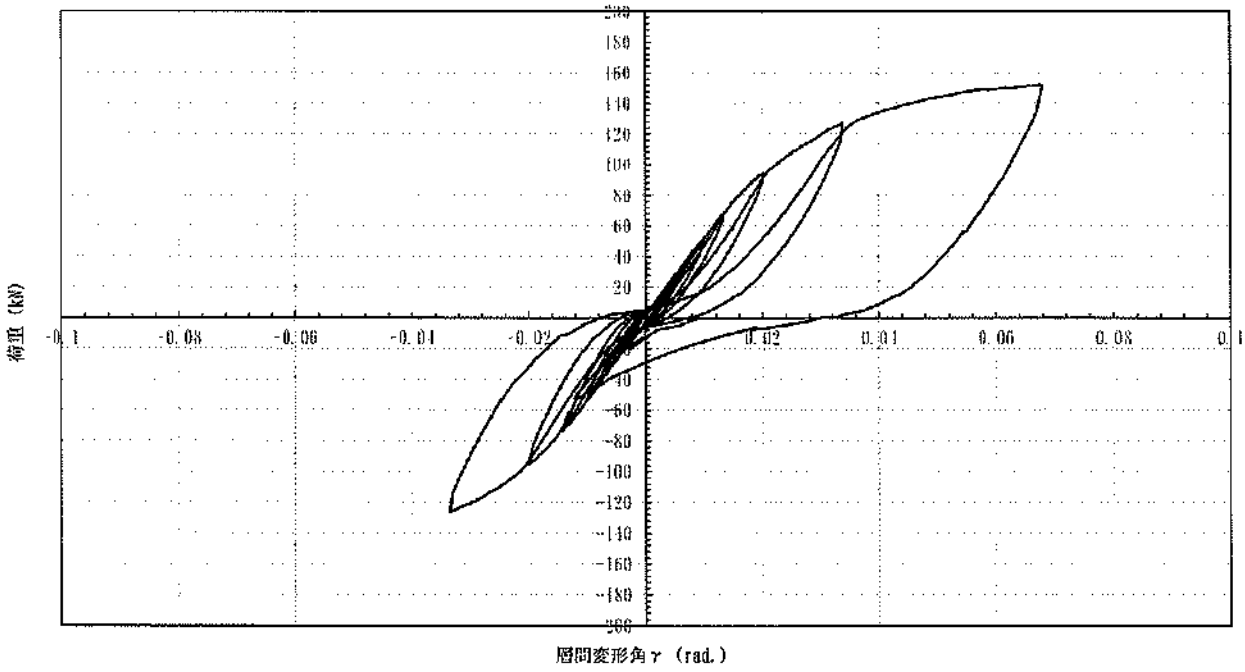


図3　荷重-変形角曲線

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

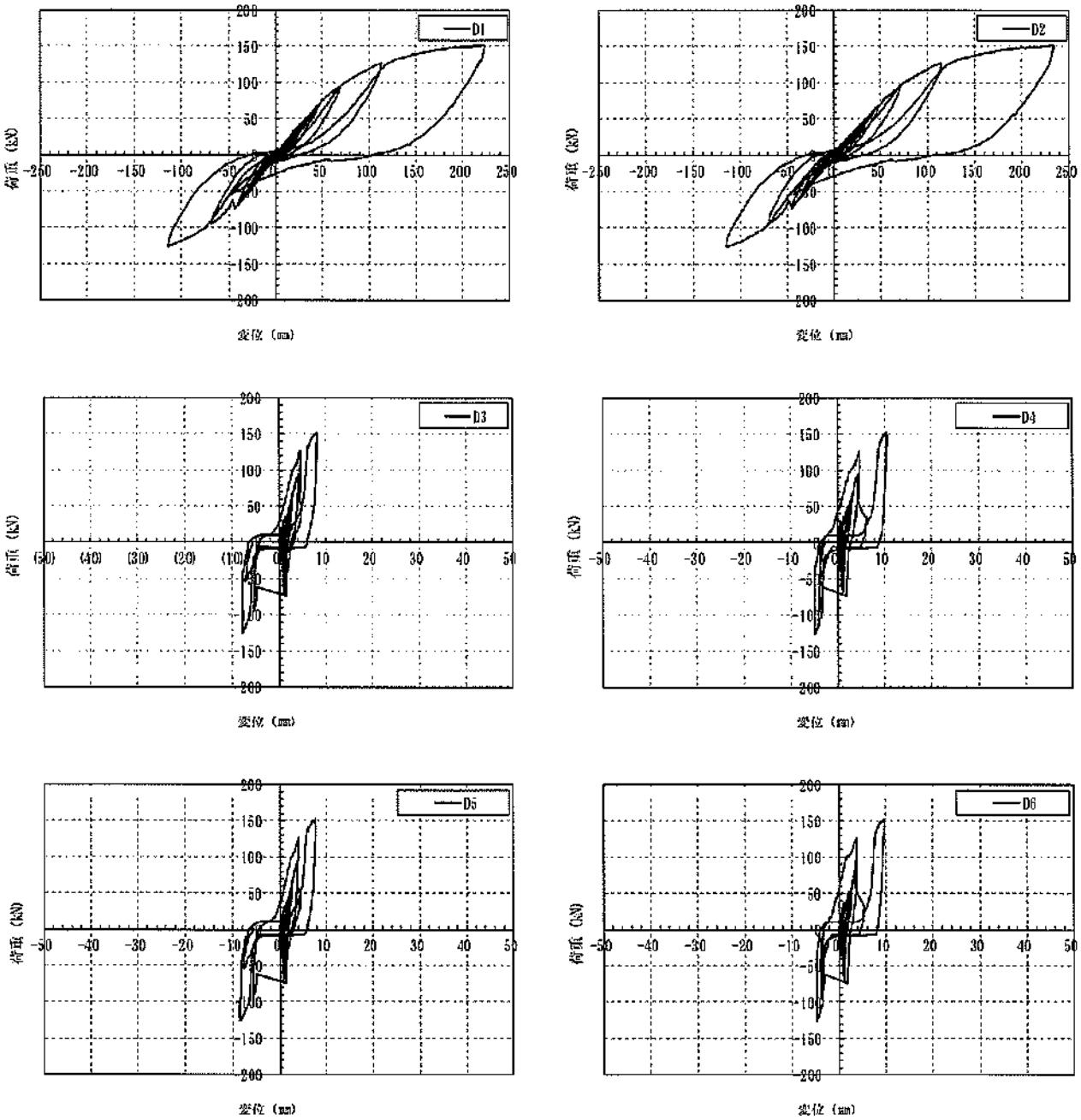


図4　荷重-変位曲線

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

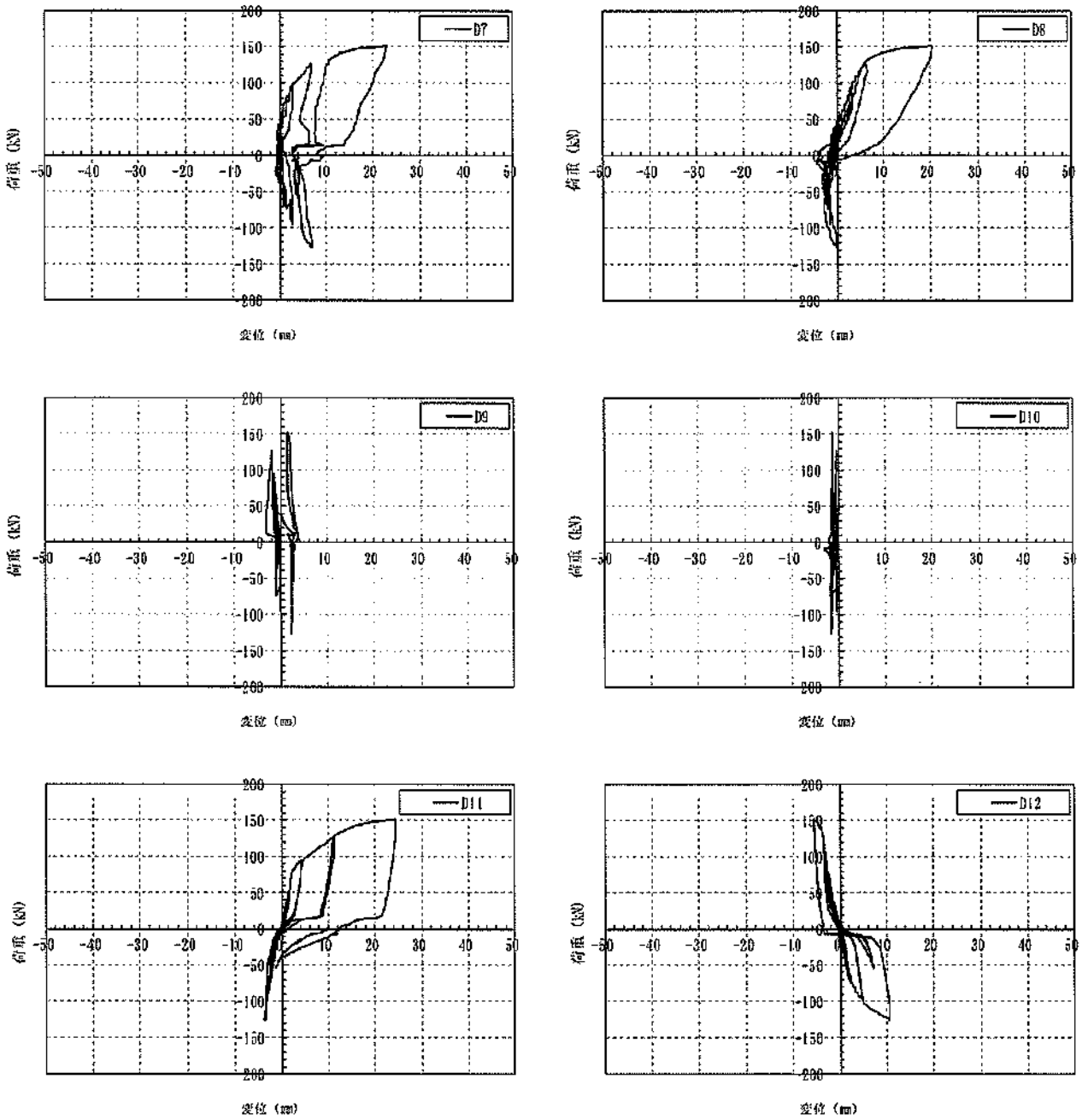


図5　荷重-変位曲線

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

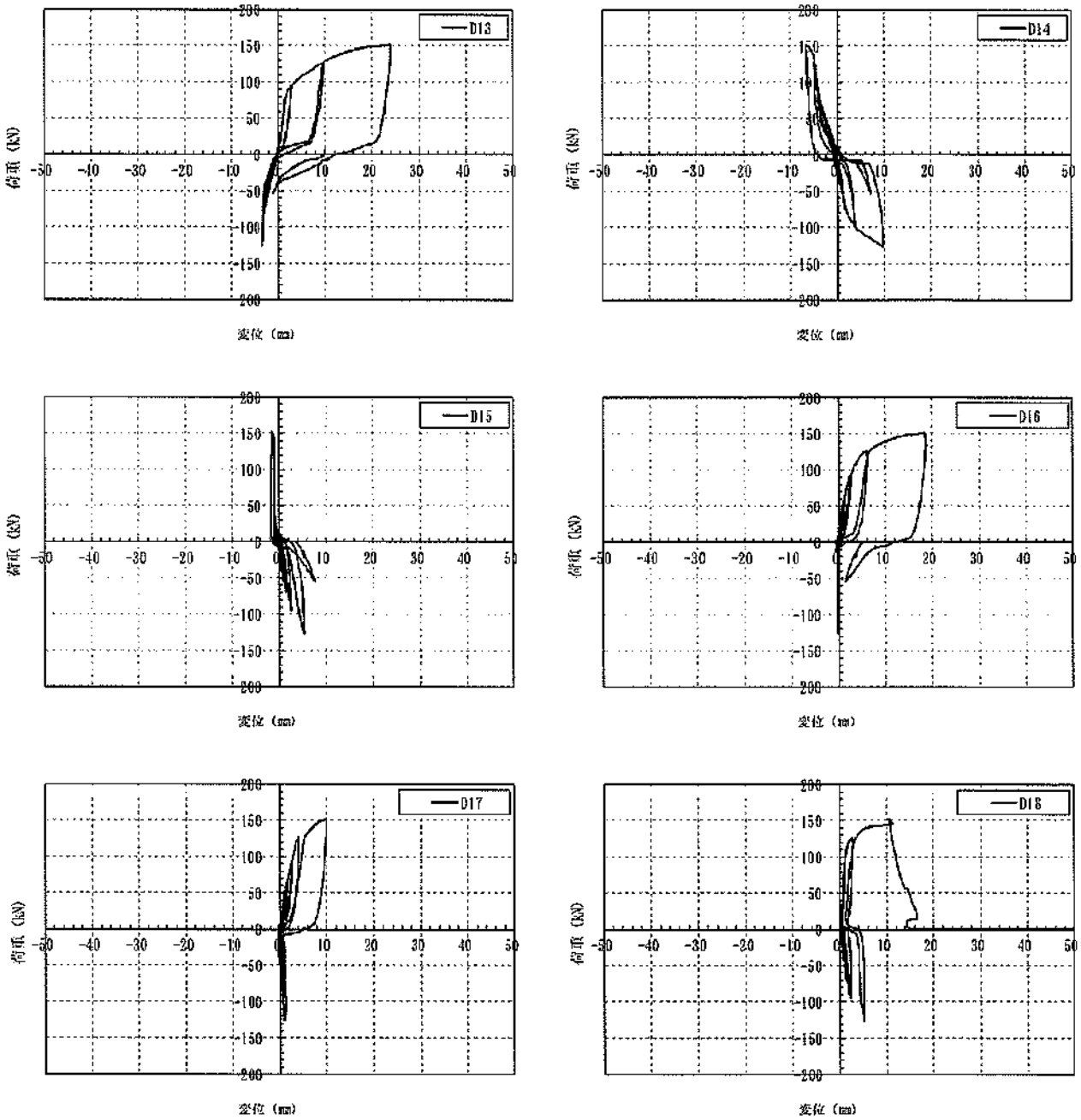


図6　荷重-変位曲線

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

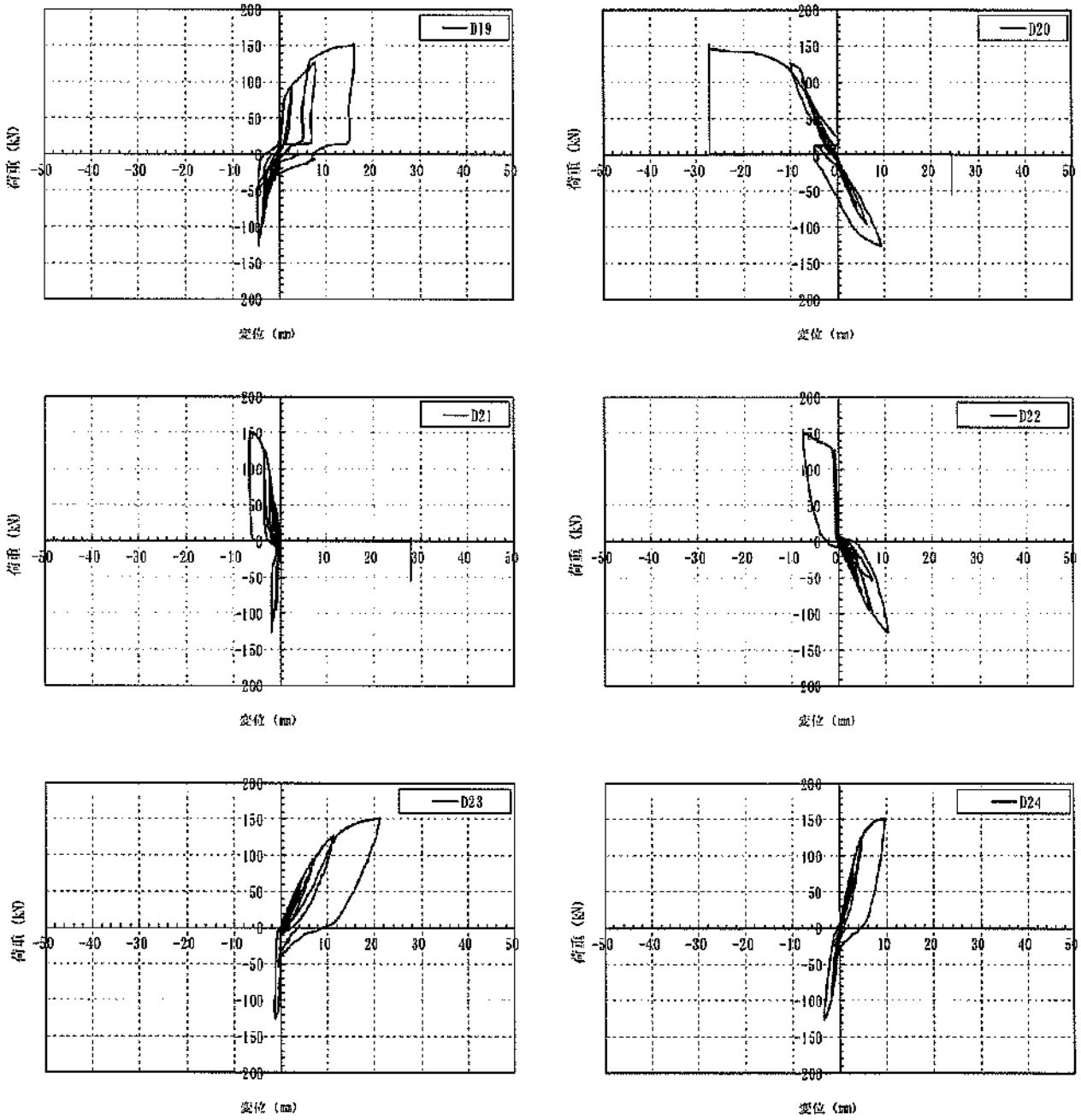


図7　荷重-変位曲線

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

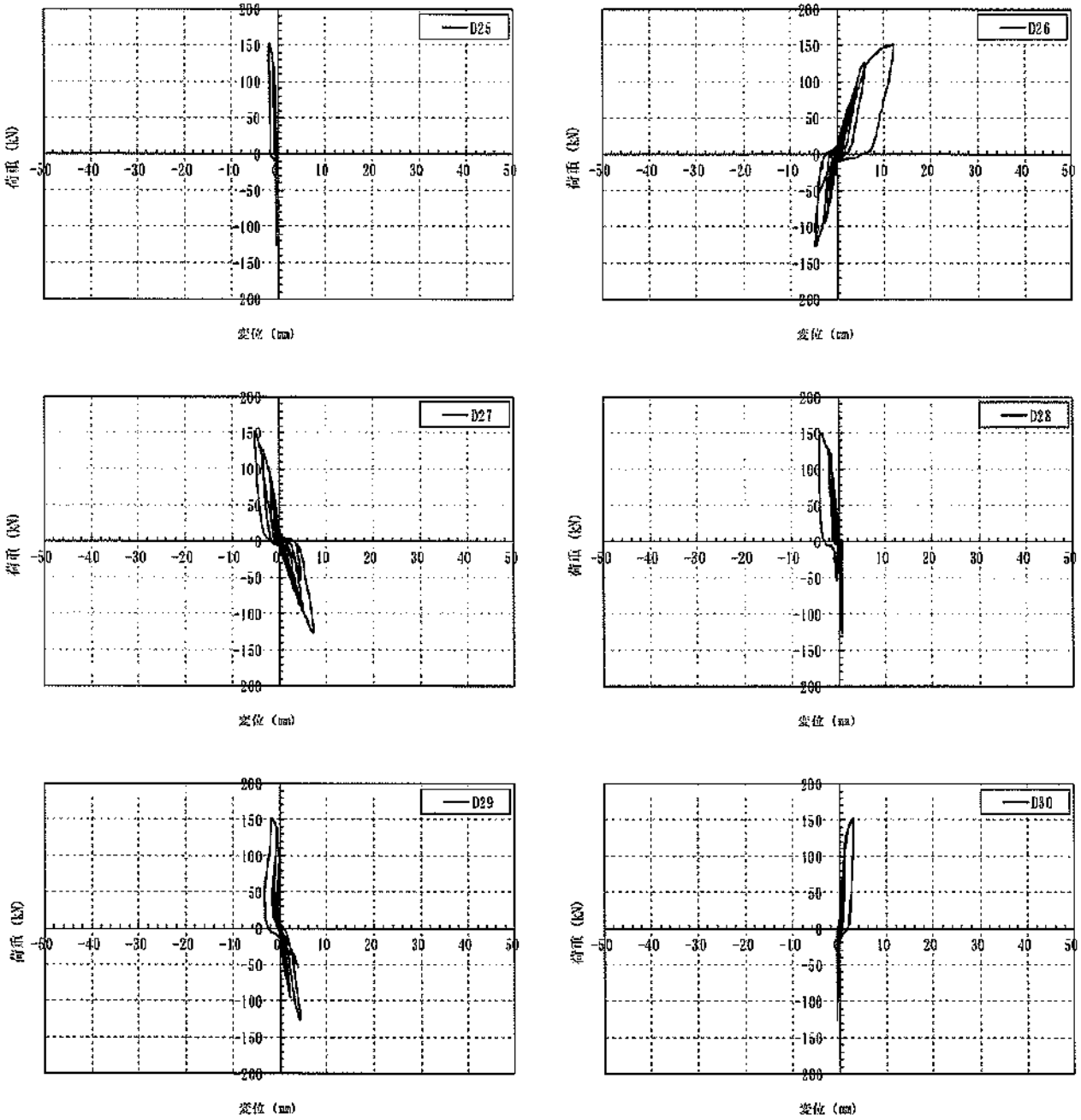


図8　荷重-変位曲線

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

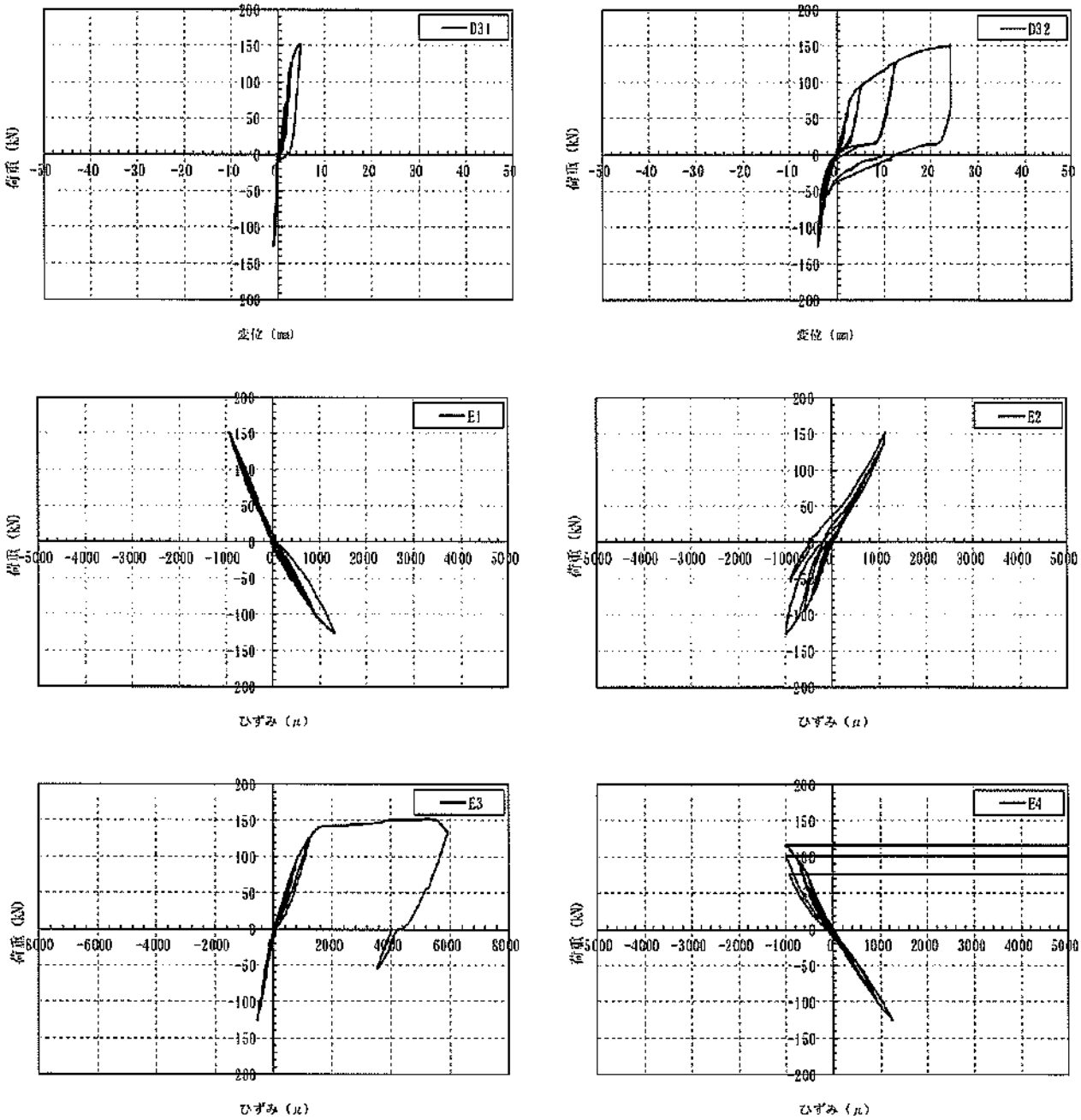


図9　荷重-変位曲線 及び 荷重-ひずみ曲線

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

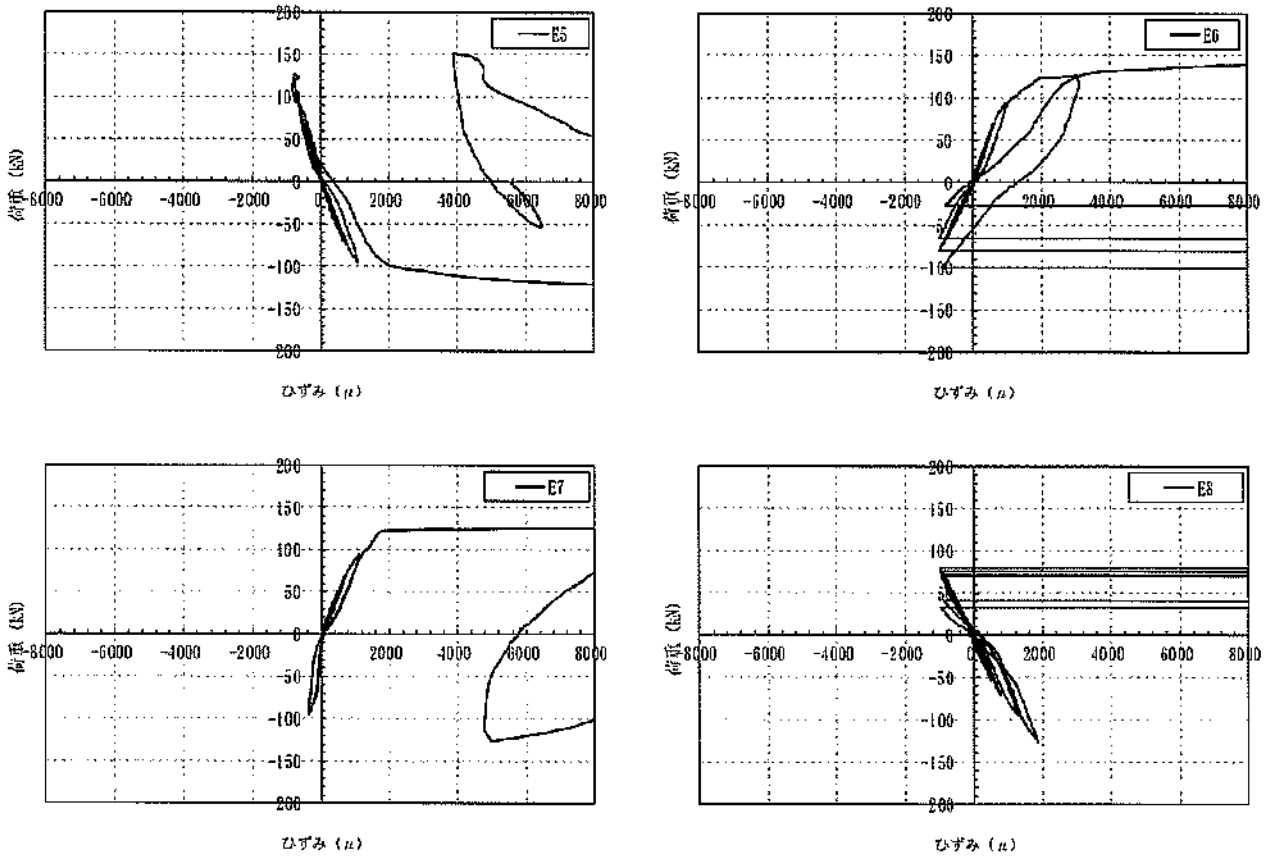


図10　荷重-ひずみ曲線

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

写真2　試験体の状況
試験体：ユニット
最大荷重時

写真3　試験体の状況
試験体：ユニット
最大荷重時

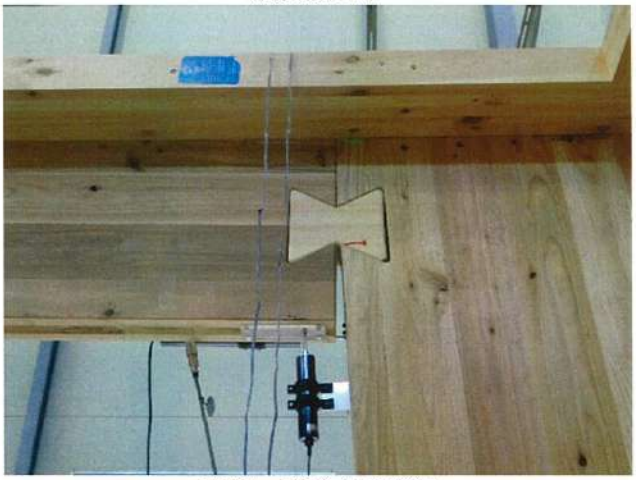


写真4　試験体の状況
試験体：ユニット
最大荷重時

写真5　試験体の状況
試験体：ユニット
最大荷重時

写真6　試験体の状況
試験体：ユニット
最大荷重時

写真7　試験体の状況
試験体：ユニット
最大荷重時

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

５．試験期間，担当者及び場所

期　　間　　２０２０年　７月１６日から
　　２０２０年　７月２２日まで

担 当 者　　試験課長　　藤村俊幸
　　早崎洋一（主担当）
　　山邊信彦
　　小森谷誠
　　品末竹彦

場　　所　　西日本試験所　（山口県山陽小野田市大字山川）

以上

試験所長の文書による承認なしでは，完全な複製を除き，一部分のみを複製してはならない。

2021年2月10日

CLT CELL UNIT 2階建てモデル 概略コスト比較表

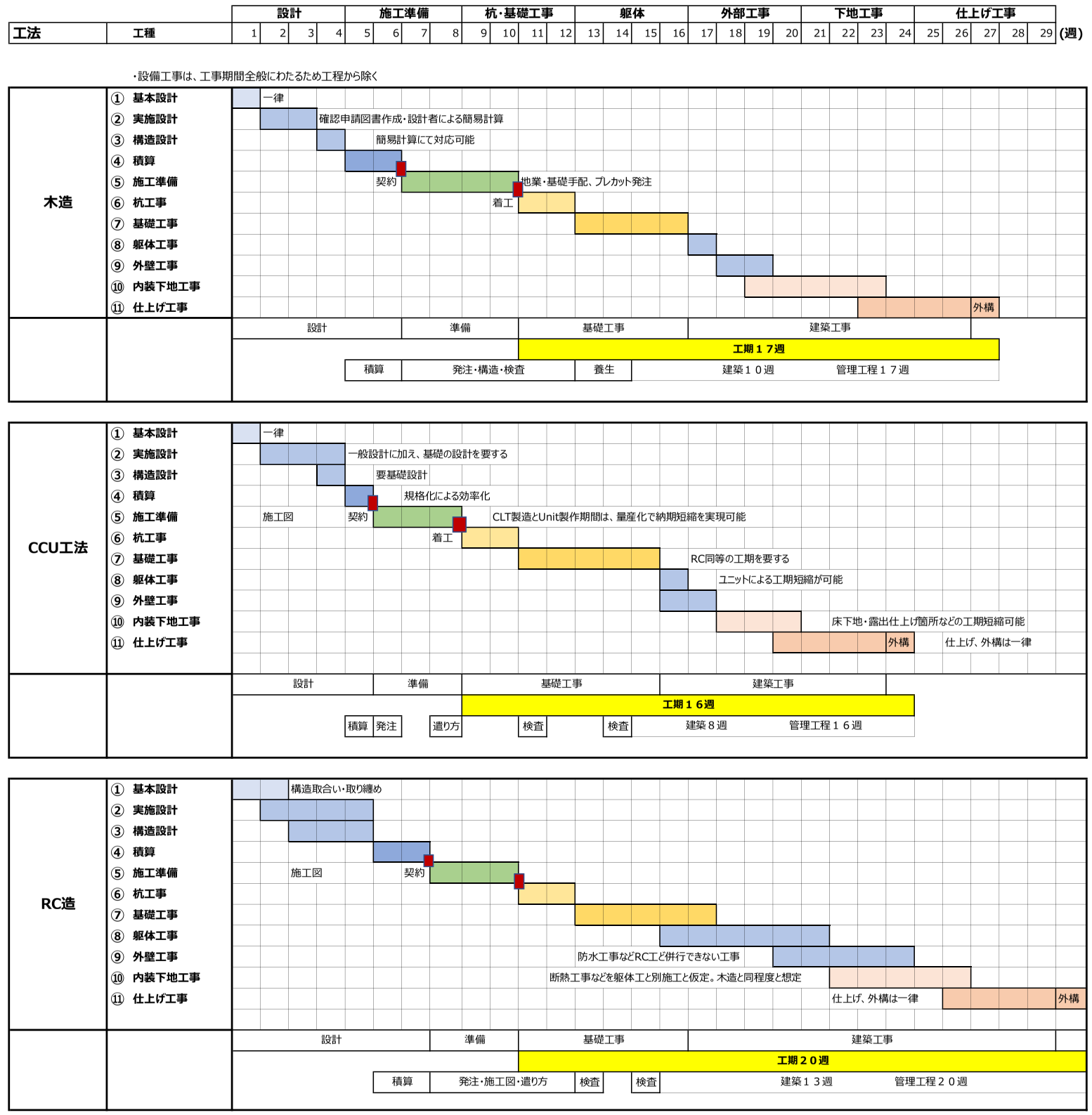
単位：千円

建物概要 【共通】 2階建て 階高３ｍ 床面積160㎡ 各階面積 共通85㎡

			木造		CCU工法		RC造	
	前提	・基本設計（意匠）の完了後を想定。意匠分は別途。一律1週間を計上。工賃は経費込みで20万/週と仮定した。 ・今回の実証建築では実施設計、構造設計の合計は70週を超えるが、評定取得後の運用上の設計期間を想定した。 ・木造建築は簡易計算とし設計者のみでの作業を前提。RCの設計は構造計算事務所による設計を前提とした。						
設計工期	設計工期	・計画工程を削除	6週	1,200	5週	1,000	7週	1,400
	構造設計	・外部発注	1週、ルート１	200	1週、評定	400	3週、適判	1,200
		小計		1,400		1,400		2,600
	前提	管理工程は倍程度の物件の同時併行を前提とし50%、直接経費を10万/週を含み工賃を20万/週と仮定した。						
管理工程	管理工期	・同時併行物件有	17週	1,700	16週	1,600	20週	2,000
	直接経費	・10万/週と仮定	17週	1,700	16週	1,600	20週	2,000
		小計		3,400		3,200		4,000
	前提	・建築面積85㎡、１・2階床面積各85㎡、施工床面積170㎡と仮定。以下すべて材工価格。 荷重比検討						
杭・基礎工事	杭工事	・85㎡、26坪	2.7万/坪	700	4.5万/坪	1,150	6万/坪	1,550
	基礎工事	・85㎡、26坪	ベタ7万/坪	1,800	布3.6万/㎡	3,100	布4.5万/㎡	3,800
		小計		2,500		4,250		5,350
	前提	木造；一般材ネダレス、CCU；125万/個、St；材10万/ｔ工8万/ｔ、CLT14万/㎡、RC； を仮定						
躯体工事	材料		3.8万/坪	2,000	強化型４コ	5,000	鉄筋	
	加工		2.9万/坪	1,500	St;11t*18万	2,000	型枠	
	副資材		面材/断熱	800	床CLT20㎡*14万	2,800	仕上げ一体	
	現場組立		14人工×2日	700	6人工×2日	300	33万/坪 52坪	17,000
		小計		5,000		10,100		17,000
	前提	・壁工事には下地、断熱、を含む ・CCU2階建てモデルは最高級仕様のガラス壁仕様。 一般面積割合に換算						
外部工事	壁工事	200㎡	1万/㎡	2,000	1.2万/㎡ 内壁共	2,400	一体工事	2,400
	開口部	40㎡ガラス込	4.5万/㎡ 木造用	1,800	4.5万/㎡ 木造用	1,800	8.5万/㎡ ビル用	3,400
	屋根工事	90㎡	1万/㎡	900	1.2万/㎡	1,100	防水1.5万/㎡	1,350
	付帯工事	共通2,000		2,000		2,000		2,000
		小計		6,700		7,300		9,150
内部下地工事	大工下地	2名組 50万/週	5週	2,500	2週	1,000	5週	2,500
	ボード類	材工2500/㎡	500㎡	1,250	250㎡	625	500㎡	1,250
	小計	90㎡		3,750		1,625		3,750
仕上げ工事	共通	600万 建具・家具込	11.5万/坪	6,000	仕上げ面積の減少	5,500	11.5万/坪	6,000
設備工事	共通	400万		4,000		4,000		4,000
		小計		10,000		9,500		10,000
施工原価合計				32,750		37,375		51,850
利益（仮定）	10%（仮定）			3,275		3,738		5,185
販売価格	10%（税込）			39,628		45,224		62,739
坪単価	52坪（税込）		762	76万円/坪	870	87万円/坪	1,207	120万円/坪
販売価格比較	対RC造比較			0.63		0.72		1
	対木造比較			1		1.14		1.58

各種工法の想定工程表

2021年2月10日

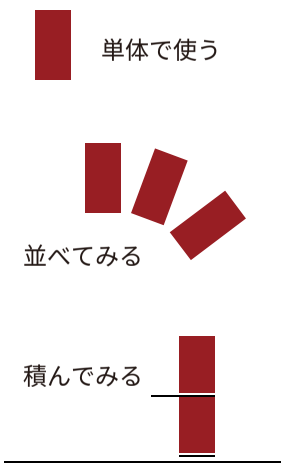


CLT CELL UNIT　使い方と組み合わせ方

使い方のいろいろ

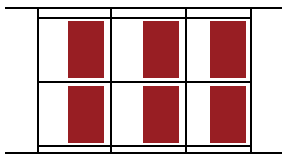
単体の Cell をそのまま使う

単体 Cell のまま利用

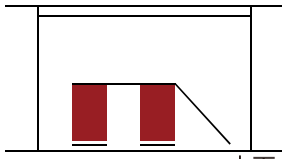


異種構造に組み込む

建物の中に据えてみる



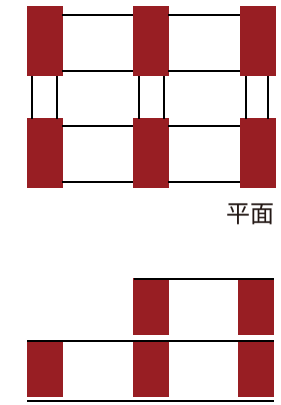
大きな建物の中に置くだけ



組合せて建築の構造体を構成する

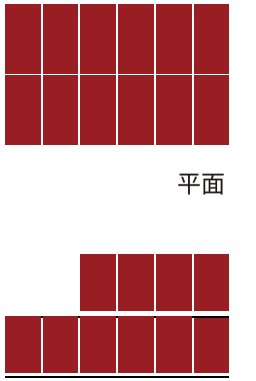
離隔配置型建築

離して置く



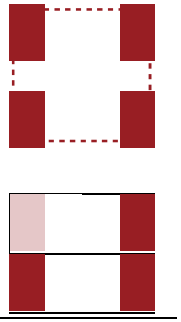
連結型建築

連結して置く



露出型建物

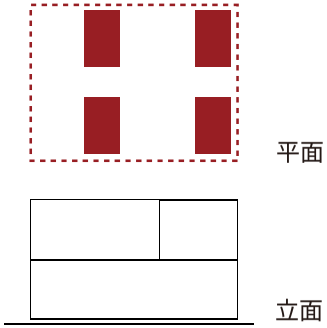
Cellが外部に露出



★工場で外壁を構成
★現場作業の削減
★作業効率を促進

内包型建物

構造から独立した外壁

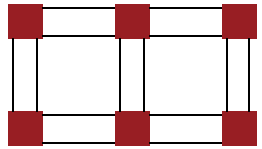


★室内にCLTを露出可能
★重厚な木質空間を演出
★効率的な床面積を実現

いろいろな形を作ってみる

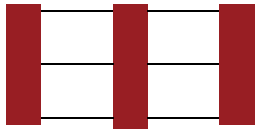
Cell の変形

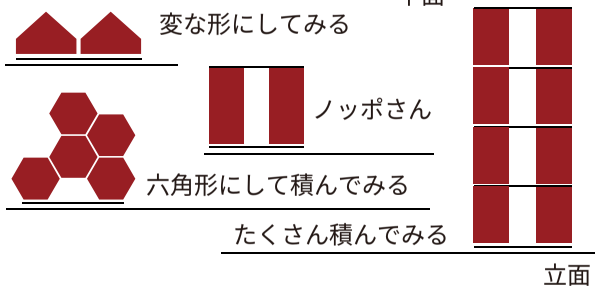
Cellを小さくしてみる



形状の変形

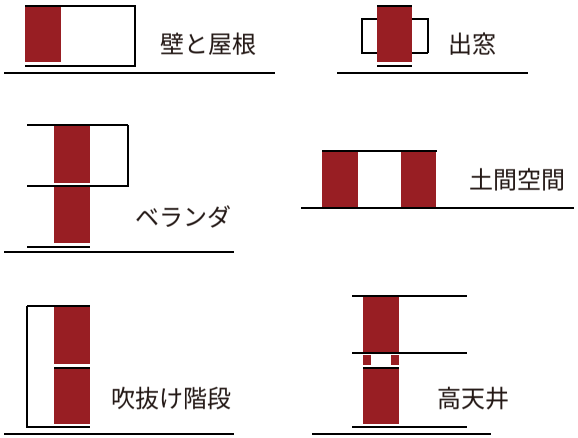
Cellを細長くしてみる





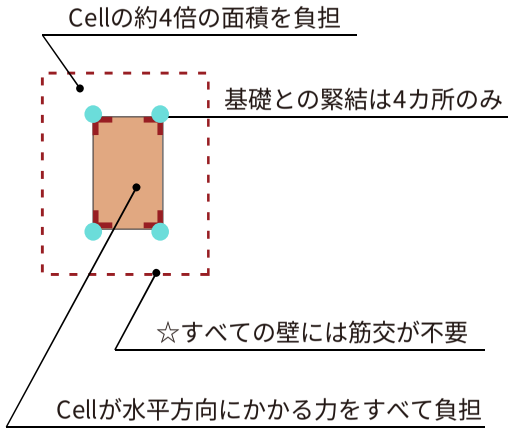
広がる空間の作り方

拡張パーツの一例



早く簡単な施工のわけ

構造の特性



離して連結し広い空間を生む

内部空間の仕上げを最大限少なくし木の構造体を見せる

4つのユニットのモデルハウス

六角形モデルハウス

CLT板を構造体とした変形型

仮設病棟&ドライブスルー検査施設

2つのユニットを離して置き屋根をつけることで、
ドライブスルーでの検査・診療が可能に 。
1日で設置。

ドライブスルー検査施設

1ユニットには張り出しの屋根と壁を取り付け、
雨天時のドライブスルー検査にも対応可能とした。

2階建てモデル

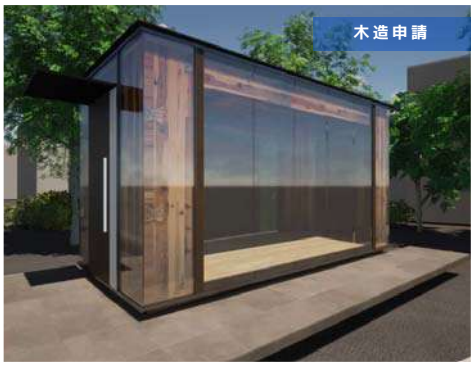
離して置き連結し自由空間を最大限つくる。
ユニットが支持できる最大限の床を張り出した。

OPEN FRAME

木で支える、4つのユニットからなる大空間を構成するスケルトンモデル。

+1Life(単cell)

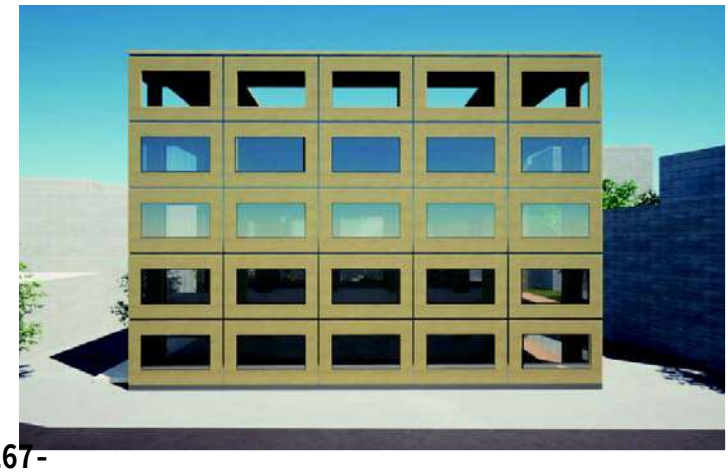
外壁材を選択可能な単cellの商品化



Hotto Motto

2つのユニットからなる施設内のお弁当屋さん。

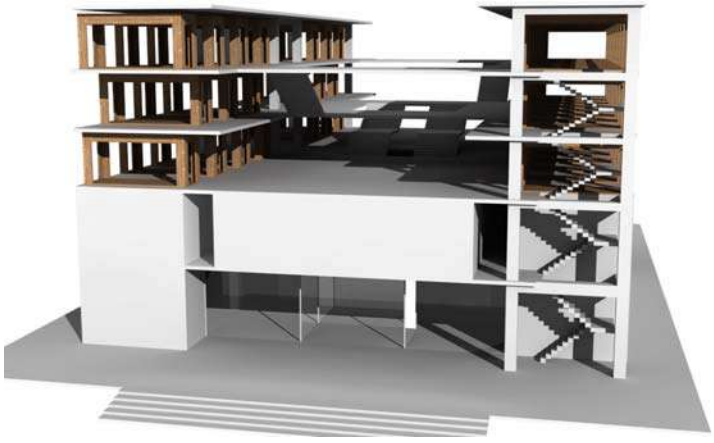
大型建築構想

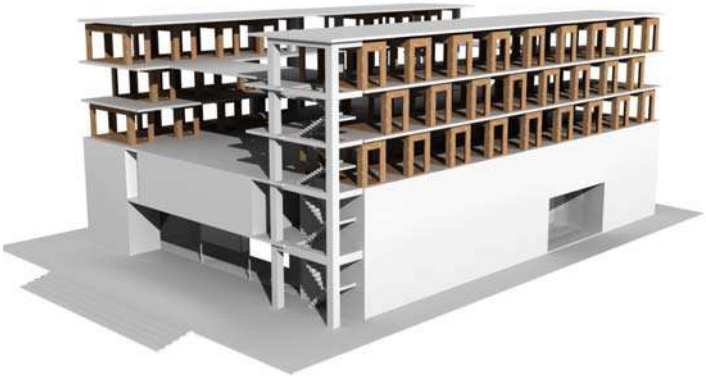


無人化システムとの融合

広い空間を活かして

他構造との混合





CLT　CELL　UNIT

HANAREGA

L-Plate

（平屋型接続型・2020 個別評定モデル）

○ CLT　CELL　UNIT と L 型のプレートとの組み合わせ
○ 平屋接続型のモデルの可能性を惹き出すプロトタイプ

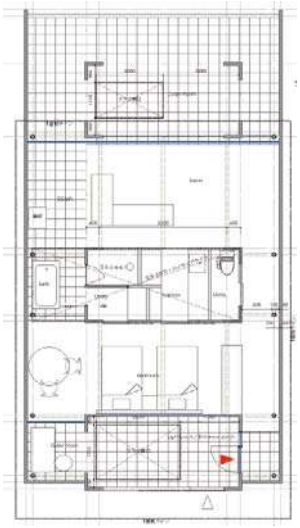
CLT　CELL　UNIT

HANAREGA

コ -Plate

（平屋型接続型・2020 個別評定モデル）

○ CLT　CELL　UNIT とコ型のプレートとの組み合わせ
○ 平屋接続型のモデルの可能性を惹き出すプロトタイプ



CLT　CELL　UNIT

平屋建て住宅

（一般評定型構想）

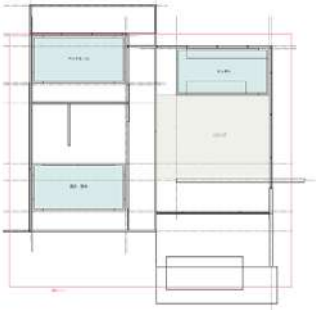
○　HANAREGA モデルの進化系
○　スラブ CLT を強化し St 梁を削除など

CLT　CELL　UNIT

平屋建て住宅

（一般評定型 UNIT の構想）

○　拡張部材の利用による空間性の拡大
○　外壁部分は水平力を伝えない自由な壁による構成

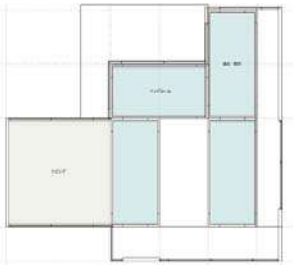


CLT　CELL　UNIT

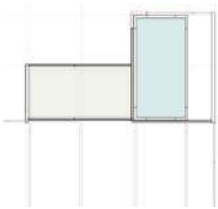
２階建て住宅

（一般評定型 UNIT の構想）

○　拡張部材の利用による空間性の拡大
○　壁 UNIT と開口部を同じサイズで展開



1F



2F

CLT　CELL　UNIT

子供 monooki

（5 ㎡型）

○　変形 CELL(2.3×2.3m 三角屋根型）の 5 ㎡のおもちゃ倉庫

CLT　CELL　UNIT

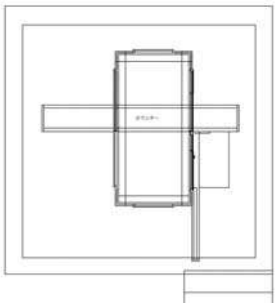
大型商業施設

○　UNIT を内部外部に使用した接続型の２層建築物

CLT　CELL　UNIT

Take out Cafe

○　単体 UNIT を２層積みした吹き抜け空間
○　10 ㎡未満のため申請状の構造確認は不要



CLT　CELL　UNIT

1 階駐車場 2 階建て商業施設

○　1 階を駐車場にした 2 階建て建築物

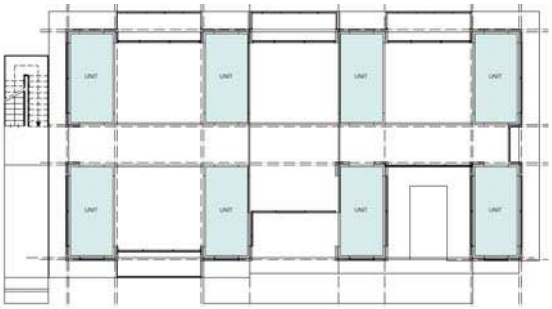
1F

2F

CLT　CELL　UNIT

3 階建て集合住宅
（CELL UNIT 構想）

○　強度増強など進化系 CLT CELL UNIT

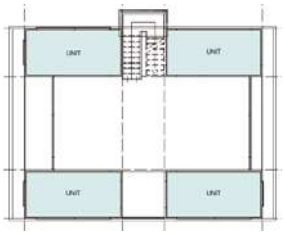


CLT　CELL　UNIT

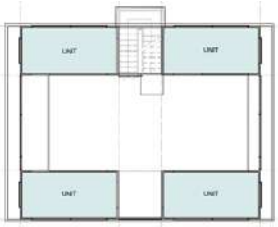
2 階建てアパート

（構造体＝外壁型）

○　構造体 (CELLUNIT) を外壁として用いた型



1F



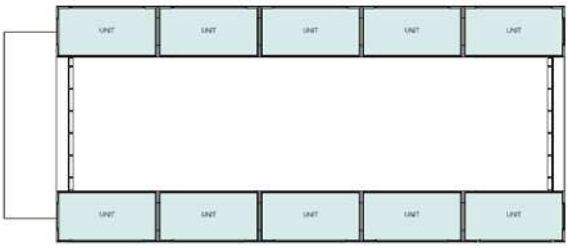
2F

CLT　CELL　UNIT

5 層 4 階建て事務所ビル

（構想）

○　接続型と連結型の併用 5 層積み

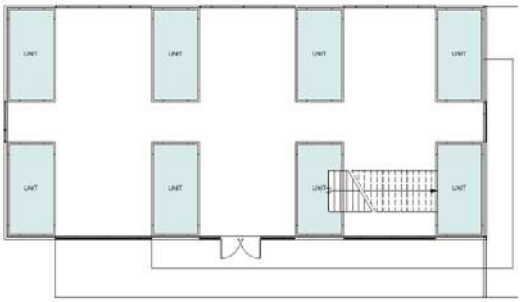


CLT　CELL　UNIT

４層３階建て事務所ビル

（構想）

○　接続型の４層積み事務所
○　UNIT 短辺は全壁として UNIT 強度を増強



CLT　CELL　UNIT

３階建て事務所ビル

（構想）

○　接続型の３層積み事務所
○　UNIT 短辺形状を意匠的に表現

CLT　CELL　UNIT

モバイル Office

（5 ㎡型）

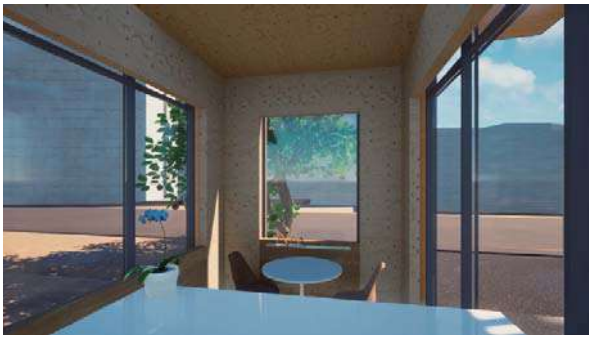
○　ハーフ UNIT(2.3×2.3m）を利用した 5 ㎡事務所

CLT　CELL　UNIT

モバイル Office

（10 ㎡型）

○　CLT CELL UNIT(2.3×4.6m）を利用した 10 ㎡事務所



CLT　CELL　UNIT

モバイル店舗

（10 ㎡型）

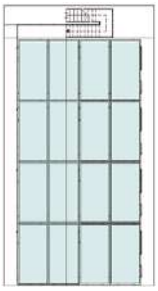
○　CLT CELL UNIT(2.3×4.6m）を利用した 10 ㎡の店舗

CLT　CELL　UNIT

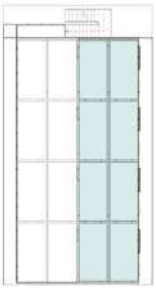
仮設住宅

（4×4 配置型）

○　UNIT を 4×4 で連結配置した 2 階建て仮設住宅



1F



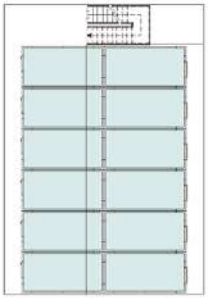
2F

CLT　CELL　UNIT

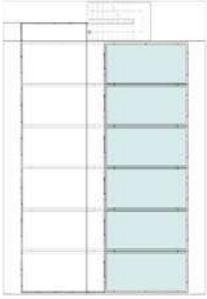
仮設住宅

（2×6 配置型）

○　UNIT を 2 × 6 で連結配置した 2 階建て仮設住宅



1F



2F

CLT　CELL　UNIT

ハイルーフ型簡易宿泊施設

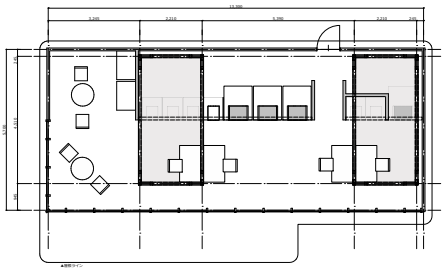
○　ハイルーフ型 UNIT の利用

CLT　CELL　UNIT

セカンドハウス

CLT　CELL　UNIT

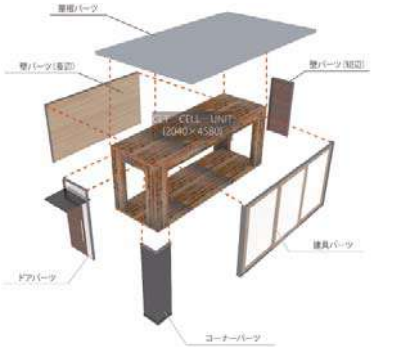
WASH ハウス店舗

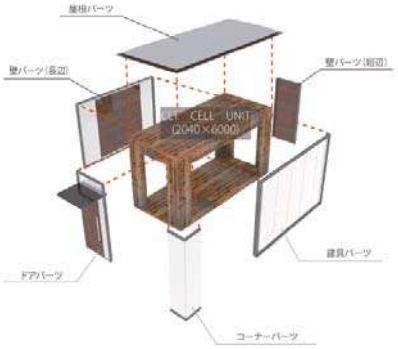


B案　平面図　1:50

CLT CELL UNIT

+1LIFE +1ROOM





CLT CELL UNIT

三角テント屋根構成案

CLT CELL UNIT

人吉マルシェ

CLT CELL UNIT

茶屋 UNIT of ゴルフ場

CLT　CELL　UNIT
野芥展示場

CLT　CELL　UNIT
野芥展示場テナント