平成 28 年度補正林野庁補助事業
CLT 建築物等普及促進事業

CLT 建築物等普及促進事業のうち
協議会が取り組む実証的建築支援事業　報告書

平成３０年３月

木構造振興株式会社
公益財団法人日本住宅・木材技術センター

平成 29 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：坂本　功　東京大学名誉教授
委　員：赤嶺　嘉彦　国土交通省 国土技術政策総合研究所　住宅研究部
建築環境研究室 主任研究官
有馬　孝禮　東京大学名誉教授
大村 和香子　国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所　木材改質研究領域 領域長
河合　直人　工学院大学建築学部建築学科　教授
成瀬　友宏　国立研究開発法人建築研究所防火研究グループ
上席研究員
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　専務理事
行　政：井口　真輝　林野庁木材産業課木材製品技術室　室長
藤澤　将志　林野庁木材産業課木材技術班 課長補佐
藤本　達之　林野庁木材産業課木材技術班 住宅資材技術専門官
斉藤　方彦　林野庁木材産業課木材技術班 木材技術担当専門職
事務局：金子　弘　（公財）日本住宅・木材技術センター
専務理事兼研究技術部長
辻　祐司　（公財）日本住宅・木材技術センター　首席研究員
山田　誠　（公財）日本住宅・木材技術センター　特別研究員
鈴木　圭　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
大澤　朋子　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
浅見　忠明　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任
平原　章雄　木構造振興（株）常務取締役

キーワード

CLT（直交集成板）、設計マニュアル、施工マニュアル、部材開発、高剛性材料、耐久性、耐候性、温熱環境測定、遮音

CLT建築物等普及促進事業のうち協議会が取り組む実証的建築支援事業　報告書

目　次

ページ

1　事業の概要

1.1　事業の概要　・・・・　1
1.2　公募の概要　・・・・　1
1.3　各実証事業の概要と事業の実施　・・・・　3
1.3.1　各実証事業の概要　・・・・　3
1.3.2　現地調査　・・・・　9
1.3.3　専門家派遣　・・・・　18
1.3.4　各実証事業の講評とまとめ　・・・・　20
1.4　成果報告の構成について　・・・・　23

2　成果報告

2.1　（株）三菱地所設計／（株）竹中工務店　東北支店　・・・・　26
2.1.1　建築物の仕様一覧　・・・・　26
2.1.2　実証事業の概要　・・・・　27
2.1.3　成果物等　・・・・　31
・CLTスラブの耐火性能
・CLT床の振動性能
・構造実験
・構造設計

2.2　（株）平吹設計事務所　・・・・　51
2.2.1　建築物の仕様一覧　・・・・　51
2.2.2　実証事業の概要　・・・・　52
2.2.3　成果物等　・・・・　56
・設計図面
・接合金物性能実証

2.3　医療法人社団　三成会／藤寿産業（株）　・・・・　69
2.3.1　建築物の仕様一覧　・・・・　69
2.3.2　実証事業の概要　・・・・　70
2.3.3　成果物等　・・・・　74
・背景等
・CLT床遮音性能
・CLTパネル施工性等検証
・柱脚金物の検証

2.4　エーユーエム構造設計（株）／（株）まちもり　・・・・　99
2.4.1　建築物の仕様一覧　・・・・　99
2.4.2　実証事業の概要　・・・・　100
2.4.3　成果物等　・・・・　104
・鉄骨造に用いるリブ付CLTパネルの開発
・CLTパネル水平構面面内せん断試験性能
・設計図面

2.5　（株）匠パートナーズ／弁護士法人匠総合法律事務所　・・・・　128
2.5.1　建築物の仕様一覧　・・・・　128
2.5.2　実証事業の概要　・・・・　129
2.5.3　成果物等　・・・・　133
・設計計画の経緯
・施工実証
・常時微動測定

2.6　（有）シンタニ／平井政俊建築設計事務所　・・・・　146
2.6.1　建築物の仕様一覧　・・・・　146
2.6.2　実証事業の概要　・・・・　147
2.6.3　成果物等　・・・・　151
・図面・部材リスト
・構造解析
・施工レポート

2.7　（株）中東／（株）SALHAUS　・・・・　161
2.7.1　建築物の仕様一覧　・・・・　161
2.7.2　実証事業の概要　・・・・　162
2.7.3　成果物等　・・・・　166
・設計概要
・施工性等レポート
・部材性能試験
・図面・写真
・部材ディテール

2.8　松栄建設（株）／（一社）YUCACOシステム研究会　・・・・　185
2.8.1　建築物の仕様一覧　・・・・　185
2.8.2　実証事業の概要　・・・・　186
2.8.3　成果物等　・・・・　190
・長尺スクリュー接合部検討

・施工性評価
・断熱・気密性能の測定
・全館空調システム

2.9　なかむら建設（株）／松阪木材（株）　・・・・　206
2.9.1　建築物の仕様一覧　・・・・　206
2.9.2　実証事業の概要　・・・・　207
2.9.3　成果物等　・・・・　211
・図面
・パネル・金物の検討
・壁倍率性能評価
・パネル割付図
・施工写真等
・コスト比較
・耐火被覆としての検討

2.10　兵庫県森林組合連合会／（株）地域計画建築研究所　大阪事務所　・・・・　228
2.10.1　建築物の仕様一覧　・・・・　228
2.10.2　実証事業の概要　・・・・　229
2.10.3　成果物等　・・・・　233
・課題・解決策の方向性
・構造検討概要
・CLT床二時間耐火性能評価
・各工法のコスト、地域貢献性

2.11　ライフデザイン・カバヤ（株）　・・・・　253
2.11.1　建築物の仕様一覧　・・・・　253
2.11.2　実証事業の概要　・・・・　254
2.11.3　成果物等　・・・・　258
・概要
・意匠設計
・構造計画
・施工
・まとめ

2.12　社会福祉法人　光志福祉会／島田治男建築設計事務所　・・・・　272
2.12.1　建築物の仕様一覧　・・・・　272
2.12.2　実証事業の概要　・・・・　273
2.12.3　成果物等　・・・・　277

・設計時における課題と解決策
・構造設計方針
・施工時における課題と解決策
・県産木材利用の課題と展望

2.13　社会福祉法人　代医会／（株）太宏設計事務所　・・・・　292
2.13.1　建築物の仕様一覧　・・・・　292
2.13.2　実証事業の概要　・・・・　293
2.13.3　成果物等　・・・・　297
・設計とコスト検証
・施工写真

2.14　（個人）／(株）吉高綜合設計　・・・・　316
2.14.1　建築物の仕様一覧　・・・・　316
2.14.2　実証事業の概要　・・・・　317
2.14.3　成果物等　・・・・　321
・計画の背景
・図面等
・遮音性能について
・コスト比較
・まとめ

2.15　三菱地所（株）／（株）日建設計　・・・・　339
2.15.1　建築物の仕様一覧　・・・・　339
2.15.2　実証事業の概要　・・・・　340
2.15.3　成果物等　・・・・　344
・実証実験に向けて
・要素試験
・CLTフラットスラブの設計
・実証実験のまとめ
・意匠設計の考え方
・コスト縮減、工期短縮

１．　事業の概要

１．１　事業の概要

CLT 建築物等普及促進事業は、CLT（直交集成板）等を活用した建築物の普及の課題や解決策を見い出し、さらにはそのような事例を全国的に波及させることにより、CLT の加速的普及を図ることを目的としている。

このため、本事業は、コストや耐震・居住性能、施工性に優れた CLT の多様な活用事例を全国各地に創出する観点から、CLT を活用した普及性や先駆性が高い建築物等の設計・建築等の実証についての提案を募り、その過程により、新たな発想等を引き出すとともに、普及のための課題点やその解決方法を明らかにし、具体的な需要につなげることを目的としている。

木構造振興（株）（以下、「木構振」という。）と（公財）日本住宅・木材技術センター（以下、「住木センター」という。）は、募集要領に基づき共同で CLT を活用した建築物の設計・建築等の事業を募集し、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、木構振が別に定める助成金交付規程によりその事業経費の 3/10 または 1/2 を上限に助成を行った。事業の進行に当たっては、有識者により構成された「CLT を活用した建築物等実証事業検討委員会（以下、検討委員会という。)」を設置し、事業の進行方法、応募された実証事業の審査、現地調査、事業取りまとめ等に関して意見を得た。

１．２　公募の概要

公募に当たっては、都道府県木材関係部局、住宅関係部局、木材試験研究機関、木材・木造住宅関係団体等を通じて募集案内を行うとともに、住木センターホームページ等を通じて募集を行った。公募によって 28 件の応募があり、その中から 15 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 等を活用した建築物の設計・建築等を対象とする。また、提案する事業は、次の全ての要件に該当するものであることが必要である。

１）CLT 等を活用した先駆的な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 等を部分的に利用するもの。

ｲ.　工作物等を建築するもの。

２）実証する内容が明確であるもの。

３）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。

４）提案した実証事業を、原則として平成 29 年 3 月末までに完了できるもの。

ただし、本事業は財政法第14条の３の規定により、翌年度に繰り越して使用することが可能な経費に計上されており、財務大臣の承認があった場合、最長で平成30年2月末まで提案した実証事業を実施することができる。

５）提案した実証内容、平成29年3月末までに着手できるもの。

６）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。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。

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。

（３）公募する事業の種類

公募する実証事業の種類は次のいずれか（組み合わせても可）とする。ただし、実証しようとする内容のみを助成対象とする。

１）建築物の建築実証（助成率3/10）

例）CLT等を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の課題等を検討・確認するもの。

２）建築物の設計実証（助成率3/10）

例）CLTを構造体として使用する建築物を設計するために、CLT関連告示による仕様を実践、確認するもの。

３）部材の性能実証等（助成率1/2）

例）CLT等を利用した建築物を設計・施工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

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（概ね延べ面積300㎡以上）である場合。ただし、CLT等を構造部材として使用または他の構造部材と併用するものに限る。

ｲ. 熊本県内に建築する場合。

（５）事業規模

助成額（国庫補助金額）として835,000,000円 。採択事業数の目安は14件程度。

（６）提案事業公募期間

平成28年11月9日（水）～平成28年12月6日（火）13時 （書類必着）

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 15 件の実証事業の概要は表 1.3.1 のとおり。平成 29 年度までに建築したものが 9 件、設計等までを対象としたものが 6 件と建築実証が多かった。CLT 建築物においては平成 28 年 4 月の CLT 関連告示の施行以降、設計のハードルは下がってきており、施工の実績も増えている。本事業の特徴は協議会運営を必須とし、CLT の普及を各地元でのタテ展開に期待することとしている。実証事業実施者は複数の立場の協力者から成る協議会を形成し、検討する内容を明確にし、複数回の会議が重ねられた。本事業において検討した内容が、同じ協議会メンバーの別事業や、また別のメンバーを含めた事業へと発展していくことが期待される。地域での情報共有やノウハウ蓄積にも役立つものと考えられる。

各実証事業での CLT の使い方と、実証により得られた成果の抜粋を以下に記す。

（１）株式会社三菱地所設計／株式会社竹中工務店

鉄骨造の 10 階建て共同住宅の床および耐震壁に CLT を使用する計画である。部分利用とは言え、これまで実証事業で行ってきた建築物の中でも特に大きな部類である。高層であるため 2 時間耐火構造が要求され、その仕様検討や、床の遮音性能確保、鉄骨梁と CLT 床の接合部検討などを実施した。

（２）株式会社平吹設計事務所

CLT パネル工法の 2 階建て長屋の計画である。CLT 現しの意匠性の観点から、既存のドリフトピン接合金物を CLT パネル工法に適用する計画とし、接合部試験を実施して設計に活かした。

（３）医療法人社団三成会／藤寿産業株式会社

3 階建て介護老人保健施設を木造ラーメン工法により建築し、CLT を壁、床に活用している。2 階と 3 階で CLT 床の仕様を変え、遮音性能測定によって検証した。新たな鋳鉄金物や大版 CLT パネルの施工性についても検証した。

（４）エーユーエム構造設計株式会社／株式会社まちもり

鉄骨造の 3 階建て事務所に CLT 床を組み込む計画である。当初は耐震壁としての CLT 利用も検討していたが、現時点では二次壁としての利用としている。集成材リブ付 CLT 床パネルの性能を実験により確認し、鉄骨造で用いられる 6m スパンにも対応可能な床版の開発を行った。

（５）株式会社匠パートナーズ／弁護士法人匠総合法律事務所

CLT パネル工法による平屋建ての倉庫である。当初、標準的な CLT パネル工法による構造を計画していたが、予想以上に建築費がかさみ、CLT 使用部分を構造耐力上必要な部分のみに限定して非耐力部分を軸組構造併用として設計し直した結果、大幅なコストダウンに繋がった。

（６）有限会社シンタニ／一級建築士事務所　平井政俊建築設計事務所

都市部の不整形・狭小地に建築された 3 階建ての CLT パネル工法による店舗付住宅である。傾斜地を考慮した傾斜床パネルやステップフロアなど、大胆な設計となっている。不整

形地を最大限活用するため通常矩形利用のCLTパネルを不整形パネルとして利用しているため、各接合部への負担が大きく接合金物費が増大するという課題も見られた。

（７）株式会社中東／株式会社SALHAUS一級建築士事務所

集成材による柱・梁構造にCLTを耐力壁として組み込んだ工場の建築である。CLTは耐風梁としても採用している。同規模の集成材軸組構造（筋かい耐力壁）の工場を建設済みのため、施工性、コスト等の比較についても行った。コスト比較は鉄骨造についても行い、一定の評価を得た。

（８）松栄建設株式会社／一般社団法人YUCACOシステム研究会

CLTパネル工法による2階建て事務所の建築である。通常の告示金物使用棟、新規の長尺ビス金物使用棟を在来構法棟でつなぎ、それぞれの施工性を検証した。また、CLT建築ではほとんど行われていない温熱環境測定について詳細に行った。

（９）なかむら建設株式会社／松阪木材株式会社

木造軸組構法の平屋建て事務所に耐力壁としてCLTを組み込んだものの建築である。3層3プライ、60mmの比較的薄いCLTパネルを用いているのが特徴で、取り回しが非常によいとのこと。検討した壁仕様での壁倍率試験を行い今回は許容応力度計算により設計したが、今後大臣認定を取得して汎用化を目指している。

（１０）兵庫県森林組合連合会／株式会社地域計画建築研究所

5階建て事務所の計画である。事務所ビルのような壁が少なく大空間とする条件でCLTパネル工法および集成材柱・梁やRC造との併用も含めて複数案検討を行い、CLTパネル工法において柱・梁を集成材とする基本設計案を確立した。その後の実施設計プロポーザル（実証事業外）において鉄骨造＋CLTのハイブリット案が出され、改めて比較検討した結果、単に木材使用量を増やすことにこだわらず総合的な森林資源活用の観点から鉄骨とのハイブリッド案が採択されたとのことである。

（１１）ライフデザイン・カバヤ株式会社

3階建て事務所のCLTパネル工法による建築である。ショールームとしての利用もあることから意匠性を考慮して大きくキャンチレバーさせた大胆な設計である。当初すべてをCLTパネル工法で計画していたが、CLTパネルの厚さや垂れ壁が増大することから鉄骨梁との併用に方向転換し、設計の自由度が大幅に増した。施工方法についても複数検討し、詳細なレポートにまとめた。

（１２）社会福祉法人光志福祉会／島田治男建築設計事務所

2階建ての福祉施設の建築である。1階をRC造、2階をCLTパネル工法としている。作業空間を含み広いスペースが必要な1階はRC造、居室を多く配置する2階はCLTパネル工法とした。協議会において山側とも連携し、地域材ラミナの供給ルートを確保した。

（１３）社会福祉法人代医会／株式会社太宏設計事務所

CLTパネル工法による平屋建ての介護老人施設の建築である。大版パネル工法を採用し、CLT製造コスト、施工コストについて小幅パネル工法と比較した。本実証では敷地に余裕のある現場であったことから大版パネルの利点を有効に生かしコストダウンに繋がった。

（１４）株式会社吉高綜合設計

枠組壁工法の3階建て共同住宅の床にCLTを構造利用する計画である。平成29年9月に施行された枠組壁工法告示へのCLTの追加を踏まえたものである。共同住宅としての利用では床の遮音性能は重要であり、枠組壁工法＋CLT床のディテールについて海外事例も参考に検討を行った。

（１５）三菱地所株式会社／株式会社日建設計

沖縄の離島の空港旅客取扱施設へのCLT屋根の採用計画である。製造、運搬上の制約からCLTサイズを2×4mとしたため、これをGIR接合によって長さ方向に伸長し、さらに厚さ方向に直交して重ねてCLTフラットスラブとしている。このような利用方法は前例がなく、入念な試験実施により性能を確認し、設計に落とし込んだ。

事業の実施に当たっては、別途規定した「CLT建築物等普及促進事業のうち協議会が取り組む実証的建築支援事業　助成金交付規程」「CLT建築物等普及促進事業のうち協議会が取り組む実証的建築支援事業　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、平成30年2月末日までに終了した。

また、実施事業の成果は東京会場または大阪会場での成果報告会で報告した。成果報告会の開催概要は以下のとおり。成果報告会においては、本事業成果の普及を目的に「CLT建築事例集」「CLT接合部強度データ集」を作成・配布すると共に、事例紹介のパネル、建築模型についても作製・展示した。

【東京会場】
開催日：平成30年3月8日（金）　11:00～16:30
会　場：すまい・るホール（東京都文京区後楽1-4-10）
参加者：277人

【大阪会場】
開催日：平成30年3月12日（月）　13:00～17:20
会　場：グランキューブ大阪　会議室1202（大阪府大阪市北区中之島5-3-51）
参加者：177人

表1.3.1　平成28年度補正　CLT建築物等普及促進　協議会が取り組む実証的建築支援事業　実施者一覧

番号 （都道府県順）	応募者名 （建築主等）	応募者名 （協議会運営者）	応募事業名	実証の種類	使用材料	CLT等の主な使用方法	実証した内容	建設地	建築物概要 （予定を含む）	得られた成果等	担当者氏名
1	株式会社三菱地所設計 取締役社長　林 総一郎	株式会社竹中工務店 東北支店 支店長　野村 篤	（仮称）仙台市泉区高森2丁目プロジェクト（高層集合住宅）の設計・性能実証	設計、性能	CLT	構造体	高層集合住宅の構造床として設計する場合の重量床衝撃音性能を改善する防振仕様および梁－CLT接合方法等について構造・耐火実験や解析を通じて検討を行った。また、CLT耐震壁としての利用では作業所での施工性を考慮した接合方法を考案し、その構造性能を確認した。併せてCLT部分利用の設計・施工手法の汎用化・合理化の検討を行った。	宮城県仙台市	用途：共同住宅 構造：S造＋CLT床（ﾙｰﾄ3） 階数：10階建て 延べ面積：3604.79㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H31.2（予定）	・CLT 床（2時間耐火構造）の耐火被覆仕様を検討した。 ・重量床衝撃音性能値に応じた防振仕様を検討した。 ・鉄骨造梁等とCLTの床および耐震壁を一体化する接合部方法を検討した。	株式会社竹中工務店木造・木質建築推進本部 小林 道和 TEL：03-6810-5690
2	株式会社　平吹設計事務所 代表取締役　齋藤 勉	株式会社　平吹設計事務所 代表取締役　齋藤 勉	板垣商店三日町アパート新築工事の設計・性能実証	設計、性能	CLT	構造体	共同住宅施設をCLT告示仕様で設計するが、現状では接合部データが不足しており、実験により構造特性値を確認した。協議会において、接合部の最適納まり等を議論し、汎用性、低コスト性、内部現しでのCLTの使用を検討した。	山形県山形市	用途：長屋 構造：CLTﾊﾟﾈﾙ工法（ﾙｰﾄ1） 階数：2階建て 延べ面積：414.46㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.9（予定）	・CLTパネル工法のルート1の接合金物で、隠蔽に対応できる金物を開発し、各金物の性能及び構造特性を確認した。 ・CLT パネル現しに対応できる金物の普及に向けて、製品開発の参考資料となった。	株式会社平吹設計事務所 門間 峰昭 TEL：023-666-7111
3	医療法人社団　三成会 理事長　渡邉 一夫	藤寿産業株式会社 代表取締役　蔭山 寿一	（仮称）南東北春日デイサービス新築工事の建築実証及び設計実証	建築、設計	CLT、鋳鉄を用いた柱脚金物	構造体、部位・部品（階段）	集成材ラーメン構造の3階建てでCLT床パネル及び壁パネルを使用した。協議会では、水平構面の剛性を持たせたCLT床パネルの施工性、コスト、遮音性、接合方法を議論し2タイプの床仕様を決定し、性能比較を行った。また、柱脚金物において鋳鉄素材を用いて、柱巾に拘らず1種類の規格のみで納めることの出来る新規の金物を使用した。	福島県須賀川市	用途：病院（介護老人保健施設） 構造：木造ﾗｰﾒﾝ工法＋CLT壁・床（ﾙｰﾄ1） 階数：3階建て 延べ面積：1309.45㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.2	・木造3階建て建築物でCLTパネルを床に用いた場合の遮音性能測定データを得た。 ・大判のCLT床パネルで施工する納まりや施工手法を検討した。 ・柱脚金物の施工状況を検討した。	藤寿産業株式会社 渡邉 宏 TEL：024-944-7550
4	エーユーエム構造設計株式会社 代表取締役　濱尾 博文	株式会社まちもり 代表取締役　濱尾 博文	AUM社屋増築工事の設計及び部材性能実証	設計、性能	CLT	構造体	本計画案は、鉄骨フレームにCLT壁パネル・床版を組み合わせた複合構造とした。鉄骨造の弱点である地震時や暴風時の揺れをCLT壁パネルにより改善し、軽量なCLT床版の採用による建物軽量化と合わせて、優れた耐震居住性の実現と経済設計を両立させた構造システムを検討した。	福島県郡山市	用途：事務所 構造：S造＋CLT床（・2次壁）（ﾙｰﾄ1） 階数：3階建て 延べ面積：310.77㎡ 工事種別：増築 竣工年月：H30.12（予定）	・CLT 床パネルと鋼構造水平構面の各接合部の強度データの収集および設計式の妥当性を確認した。 ・リブ付きCLT床パネル工法は、鉄骨造建築では標準的に用いられる6m 以上のスパンにも対応できるため、床パネル工法として高い汎用性が期待される。	株式会社まちもり 佐川 和佳子 TEL：024-933-6566
5	株式会社匠パートナーズ 代表取締役　秋野 理恵	弁護士法人匠総合法律事務所 代表社員　秋野 卓生	「南房総千倉CLT収納庫」プロジェクト	建築、設計	CLT	構造体	CLT建築の低コスト化を協議会にて検討した。接合部金物の種類やCLTパネルの使用方法を検討し、コストダウンを図った。CLTパネル工法の建築物であるが、CLTの使用箇所を構造上必要最小限に留め、外周部は在来軸組とすることで大幅なコストダウンに繋がった。	千葉県南房総市	用途：倉庫 構造：CLTﾊﾟﾈﾙ工法（ﾙｰﾄ1） 階数：平屋建て 延べ面積：149.06㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H29.12	・構造耐力上最小限のCLTパネルの使用と非耐力部分の在来軸組併用により省コスト化を実証した。 ・CLTの施工精度の確保のための治具使用の工夫などにより工期短縮と省コスト化を実証した。	弁護士法人匠総合法律事務所 秋野 卓生 TEL：03-5212-3931

表1.3.1　平成28年度補正　CLT建築物等普及促進　協議会が取り組む実証的建築支援事業　実施者一覧

番号 （都道府県順）	応募者名 （建築主等）	応募者名 （協議会運営者）	応募事業名	実証の種類	使用材料	CLT等の主な使用方法	実証した内容	建設地	建築物概要 （予定を含む）	得られた成果等	担当者氏名
6	有限会社　シンタニ 代表取締役　新谷 修	一級建築士事務所　平井政俊建築設計事務所 代表　平井 政俊	(仮称)代官山猿楽町プロジェクト新築工事の建築実証・設計実証	建築、設計	CLT	構造体	現在都市部にある狭小地や不整形な敷地に対応したようなCLT建築は存在していない。都市部に存在する多くの狭小地・不整形地におけるCLT建築物の先導的役割や都市型木造建築の新たな可能性を目指し、CLT関連告示を用いた1時間準耐火構造の3階建て店舗付住宅を設計・建築実証した。	東京都渋谷区	用途：店舗＋事務所＋住宅 構造：CLTﾊﾟﾈﾙ工法+RC地下（ﾙｰﾄ2） 階数：地上3階、地下1階 延べ面積：179.58㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.6（予定）	・矩形パネル形状の事例が多いCLT建築物の中で、不整形な敷地形状に合わせた台形パネルの使用が十分可能であることを示した。 ・傾斜床パネルやステップフロアなどCLTの使用方法としてこれまでにない新たな事例となった。	一級建築士事務所 平井政俊建築設計事務所 北村 一真 TEL：03-5708-5806
7	株式会社中東 代表取締役社長 小坂 勇治	株式会社SALHAUS一級建築士事務所 代表取締役 日野 雅司・栃澤 麻利・安原 幹	(株)中東　構造用集成材製造工場新築工事の建築実証	建築、設計、性能	CLT	構造体	工場など大空間建築へのCLTの利用を促進するため、約4mと高さの高いCLT耐力壁パネルの部材性能実験実証、設計実証、施工実証を行った。構造設計上、採用しやすい架構として柱梁方式とした。既存の工場とほぼ同じ形状、構造形式の新工場をCLT耐力壁を用いて新築することで、既存工場との施工性やコストの比較を行い、今後は室内居住性比較も行う。	石川県能美市	用途：工場 構造：集成材等建築物＋CLT耐力壁（ﾙｰﾄ1） 階数：平屋建て 延べ面積：1993.82㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.3	・大規模施設への大きなCLT壁パネルについて実験データ、ディテールリストを今後参照可能な情報としてまとめた。 ・本事業と既存工場（集成材軸組＋筋交い）、鉄骨造を想定した建築とのコスト比較を行った。	株式会社SALHAUS一級建築士事務所 日野 雅司 TEL：03-3498-4222
8	松栄建設株式会社 代表取締役　松村 一志	一般社団法人 YUCACOシステム研究会 代表理事　坂本 雄三	松栄建設本社・高性能CLTオフィス建築の実証事業	建築、設計、性能	CLT	構造体	松栄建設本社の社屋をCLT告示仕様で設計し、建設した。接合金物として、新たに長尺スクリューと簡易型接合金物を採用し、省力化とコスト縮減効果について検証した。また、CLT建築に適した断熱・気密方法と省エネ空調設備を検討・設計し、それらの性能の実測検証を行った。	福井県坂井市	用途：事務所 構造：CLTﾊﾟﾈﾙ工法（ﾙｰﾄ1） 階数：2階建て 延べ面積：408㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.1	・長尺スクリュー接合仕様の接合部データを取得した。 ・長尺スクリュー接合工法及び告示金物工法を用いて建物を建設し、施工性を比較した。 ・CLT 建築の気密性能を実測し、CLT の工法自体に大きな問題はないことを確認した。	松栄建設株式会社 由比 浩夫 TEL：0776-51-0600
9	なかむら建設株式会社 代表取締役　中村 貴司	松阪木材株式会社 代表取締役　村林 稔	なかむら建設㈱明和事務所新築工事の建築実証	建築、設計、性能	CLT	構造体	なかむら建設㈱施設計画において、60mm厚CLTを在来木造の耐力壁として設計した。壁倍率認定を取得し、一般建材として広く流通させるための、サイズやサネ形状について協議会において議論し、汎用性を高め広くCLTを普及させることを検討した。併せて、60mm厚を活かした、耐火被覆材としての可能性を検証した。	三重県多気郡明和町	用途：事務所 構造：木造軸組構法＋CLT耐力壁（ﾙｰﾄ1） 階数：平屋建て 延べ面積：240.14㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.3（予定）	・CLT のサイズ・加工によるサネ形状・金物の仕様を検討した。 ・CLTを面材使用した壁倍率試験を実施し、実験値として壁倍率5.5 相当(低減率は考慮せず)を得た。今後大臣認定取得により壁量計算にて使用可。	松阪木材株式会社 大道寺 聡 TEL：0598-20-1122
10	兵庫県森林組合連合会 代表理事会長 石堂 則本	株式会社地域計画建築研究所　大阪事務所 大阪事務所長　中塚 一	兵庫県林業会館新築工事の建築実証	設計、性能	CLT	構造体、部位・部品（間仕切壁）	CLT構造建築物とするために、国交省告示第611号の部材仕様、構造計算方法に基づく構造計算の実施およびCLTを用いた床材の耐火性能の実験による性能評価を行い、大臣認定の取得を行った。また、今後の普及につながるコスト縮減方策、環境性能や地域貢献性（森林還元率など）についても評価できるよう設計検証を行った。	兵庫県神戸市	用途：事務所 構造：S造＋CLT、1階RC造（ﾙｰﾄ3） 階数：5階建て 延べ面積：1509.94㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.12（予定）	・CLT 床の2時間耐火の検証を行った。 ・普及可能性の高いCLT の中高層建築物について、各構造形式の比較により明らかにした。	株式会社地域計画建築研究所　大阪事務所 中川 貴美子 TEL：06-6205-3600

表1.3.1　平成28年度補正　CLT建築物等普及促進　協議会が取り組む実証的建築支援事業　実施者一覧

番号 （都道府県順）	応募者名 （建築主等）	応募者名 （協議会運営者）	応募事業名	実証の種類	使用材料	CLT等の主な使用方法	実証した内容	建設地	建築物概要 （予定を含む）	得られた成果等	担当者氏名
11	ライフデザイン・カバヤ株式会社 代表取締役　野津 基弘	同左	ライフデザイン・カバヤ㈱福山支店新築工事の建築実証	建築	CLT	構造体	現在、CLTを用いた建築物で、大きくキャンチレバーをさせている国内事例が少なく設計・施工方法のデータが不足している。今回、CLT告示仕様(ルート3)を用いる事により、CLTを使用し大きくキャンチレバーをさせている意匠を用い、設計・施工方法を議論し汎用性、低コスト性を検討した。	広島県福山市	用途：事務所 構造：CLTﾊﾟﾈﾙ工法＋鉄骨梁（ﾙｰﾄ3） 階数：3階建て 延べ面積：786.91㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.4（予定）	・CLT パネル＋鉄骨梁（ルート3）の採用により、CLT の使用量とコストバランスを検討した。 ・鉄骨梁勝ち＋CLT 壁柱架構という新しい構造形式を検証し、自由なプランニングと開放的な空間が可能となった。	ライフデザイン・カバヤ株式会社 特建事業部　平田 拓也 TEL：086-246-6663
12	社会福祉法人　光志福祉会 理事長　喜井 規光	島田治男建築設計事務所 島田 治男	（仮称）CLTを用いた中規模福祉施設への提案－ネムの木グループホーム円座新築工事	建築、設計	CLT	構造体	福祉施設の木造化を推進するにあたり、1階をRC造とし2階をCLT構造による建物とすることによって、福祉施設で必要とされる室用途に合わせた空間設計の実証を行った。また、香川県産材をいかに効率よく使えるか、山側からの供給体制も含め模索し実証した。	香川県高松市	用途：グループホーム兼デイサービス 構造：RC造＋CLTﾊﾟﾈﾙ工法（ﾙｰﾄ2） 階数：2階建て 延べ面積：982.05㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H30.1	・福祉施設のような居室を多く含む建物計画において、RCとの混構造によって経済性と機能性を両立したCLT 建築を実証した。 ・香川県内の木材集材手法、年間伐採搬出集材についてまとめ、県産材利用を模索した。	島田治男建築設計事務所 島田 治男 TEL：0877-49-2201
13	社会福祉法人　代医会 理事長　保田 周一	株式会社　太宏設計事務所 代表取締役　福島 正継	介護老人保健施設八祥苑新築工事の建築実証	建築、設計	CLT	構造体	介護老人施設をCLT告示仕様（ルート1）、大版架構形式にて計画しCLT告示の設計実証を行った。大版架構形式での部材ピース数低減の実証を行いCLT製造コスト・施工コストの低コスト化を実証すると共に、大版パネル計画により増加するであろう運搬コストについても、効率的な積み荷計画、輸送計画を立案し汎用性、低コスト性を検討した。	熊本県八代郡氷川町	用途：介護老人保健施設 構造：CLTﾊﾟﾈﾙ工法（ﾙｰﾄ1） 階数：平屋建て 延べ面積：2204.98㎡ （全体延べ面積：8893.6㎡） 工事種別：新築 竣工年月：H30.2	・大版パネルと小幅パネルを比較、部材ピース数低減計画の立案とそれに伴うCLT 製造コスト・施工コストの削減について検討した。 ・大版パネルの比率が増えることによって、コストは下がる方向に向かう事が確認できた。	株式会社　太宏設計事務所 河野 豊 TEL：096-380-9111
14	（個人）	株式会社吉高綜合設計 代表取締役　吉高 久人	大分市中島東集合住宅モデルプロジェクトの設計実証	設計	CLT	構造体、部位・部品（間仕切壁、階段床）	共同住宅の新築工事（枠組壁工法、準耐火構造）においてCLTを床材全般、階段床、一部の非耐力間仕切壁に使用した設計を実証した。床CLT表し仕上による遮音性、振動の影響及びパネル割付寸法と表面塗装、輸送形態等の汎用性、低コスト化についても検討した。	大分県大分市	用途：共同住宅 構造：枠組壁工法（CLT床） 階数：3階建て 延べ面積：551.25㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H31.12（予定）	・共同住宅で要求される遮音性能について、CLT床版を構造躯体とした場合の仕様を検討した。 ・大分県産材日田杉をたて枠材やCLTラミナとして使用することを検証した。併せてCLTの経済的な割付けをスパン割りと輸送方法の両面で検討した。	株式会社吉高綜合設計東京事務所 清水 良宣 TEL：03-6278-7997
15	三菱地所株式会社 執行役社長　杉山 博孝	株式会社日建設計 代表取締役社長 亀井 忠夫	下地島空港旅客ターミナルビル新築工事の実証事業	設計、性能	CLT	構造体	屋根構造をCLTの併用構造としてルート3で設計した。CLTの接合部データ、重ね梁形式の2方向屋根のクリープ性状を実験により構造特性値を確認した。また、実施設計で汎用性、低コスト性、工期短縮を検討した。	沖縄県宮古島市	用途：航空旅客取扱施設 構造：RC造＋CLTフラットスラブ屋根＋CLT壁（ﾙｰﾄ3） 階数：平屋建て 延べ面積：11974.13㎡ 工事種別：新築 竣工年月：H31.3（予定）	・従来構造壁で使われていたCLTを屋根に利用することで、断熱、防水の仕様などの先進事例となった。 ・CLT 接合部の仕様を、汎用性を念頭に試験・検討し、その過程を取りまとめた。	株式会社日建設計　設計部門　設計部 小泉 賢信 TEL：03-5226-3030

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.1～15 に示す。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	1
実施者	株式会社三菱地所設計
協議会運営者	株式会社竹中工務店　東北支店
事業名	（仮称）仙台市泉区高森2丁目プロジェクト（高層集合住宅）の設計・性能実証
実証の種類	設計、性能
建設地	宮城県仙台市
現地調査	
時期	平成29年7月21日（金）
内容	CLTスラブ2時間耐火性能評価試験
場所	一般社団法人建材試験センター　中央試験所 （埼玉県草加市）
調査担当委員	河合　直人、成瀬　友宏
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・2時間耐火試験そのものは、先に行われた第1回の試験で合格しており、同一仕様試験体2回目の当日の試験でも、合格と思われる。 ・炉から取り出した状態は時間の関係で観察できなかったが、CLTの最高温度は180度程度であり、1回目試験の結果よりも良好であり、問題ないと考えられる。 ・1回目試験ではCLT表面の着色が見られたとのことであるが、施工時にCLT上面のSLプラスターにヘアークラックが入っており、これが影響したと推測されている。 ・SLプラスターのクラック発生を最小限に留めるため、施工時の床のたわみを抑えるような工夫が必要かと考えられる。 ・建築物の概要説明では、構造設計のための接合部実験等に基づいたディテールの検討結果が紹介された。 ・鉄骨造10階建て、2時間耐火構造の床としてCLTを使用することから、耐火被覆等の取り合いを考慮しつつ構造性能を確保するための難しい納まりについて、丁寧な検討が行なわれているという印象を持った。 ・区画貫通部等をCLT床部分には設けないなど、防耐火設計上の配慮がなされている。 ・床の耐火性能を確保するために、外周部から1mの範囲をRC造とする計画である。 ・CLT・カットT（T型梁）の天井側被覆は、RC造の一部まで被覆する。この仕様では、性能評価試験の試験体には含まれないRC部分への被覆の留め付けが、被覆の変形を防止し、CLTへの熱の侵入を防ぐ上で重要になるので、留め付けの仕様をよく検討して戴きたい。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・2時間耐火仕様の床の施工方法や、建築物の接合部設計等について、留意点と解決策を整理し、今後の設計に役立つ資料として頂きたい。 ・CLTを用いた2時間耐火構造の床について、単に国土交通大臣の認定を取得するだけでなく、実物件において使用する上で、耐火性を確保するための検討が行われている。 ・防耐火性能以外の要件から、様々な仕様が検討されており、実物件で採用されなかった仕様（考え方）について、報告書に記載して戴くことを要望する。 ・さらには、検討した仕様が採用されなかった理由についても、紹介戴けると、資料として大変価値のあるものとなり、他の設計者にとって貴重な資料となり得る。 ・また、コストの点においても、木の遮熱性を確保するために、梁にも同じ被覆とするためのコストアップ等の詳細を報告戴けることを希望する。
その他	・鉄骨造にCLT床を用いる場合の耐火設計法としては、鉄骨造側においてメンブレンによる耐火仕様が認められると、より簡単な納まりが実現できるように感じた。今後の課題であろう。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

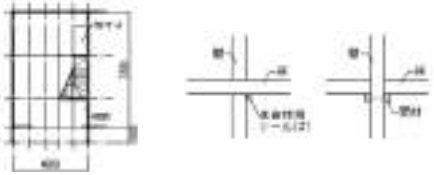
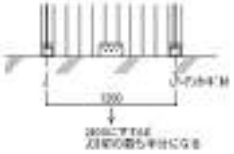
番号 （都道府県順）	2
実施者	株式会社　平吹設計事務所
協議会運営者	株式会社　平吹設計事務所
事業名	板垣商店三日町アパート新築工事の設計・性能実証
実証の種類	設計、性能
建設地	山形県山形市
現地調査	
時期	平成29年11月28日（火）
内容	協議会開催
場所	山形グランドホテル8階「アドリア」
調査担当委員	大村　和香子、山辺　豊彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	協議会に参加し建築設計と部材性能試験内容の説明を受けた。 ・山形県産材を使ったCLT製造を担う最寄りのCLT製造メーカーからの供給サイズが1.2*4mのパネルを使用することが前提となり、設計に工夫が必要であったとの話であった。CLT製造拠点が限られる中、小幅パネルを効果的に使う技術開発が求められる ・屋根の軒出の水平側にベランダが配されている点（軒出が短く、水が溜まりやすく感じた）については多雪地域ということで、屋根雪がベランダに落ちないよう配慮したとの回答であった。 2階建てメゾネット共同住宅の設計実証である（上下階は同一住戸である）。 ・遮音性に配慮された平面計画となっている。隣戸間の壁際に浴室、洗面所、収納、階段等を配置している。 ・2階建てなので界壁は床を通すのではなく壁を通し、床は受材で受ける案もあるのではないかと思われる（下記）。 
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	・JOINT金物は(株)ストローグが持っている金物を応用して使用する予定であった。 その特徴は、CLTの木材を見せるため金物を居室側に露出しない納まりとなっている。 （引張用金物ホゾパイプ+ドリフトピン等） ・CLT板の製作サイズが幅1200、材長4.0m、6.0mのため、接合金物が多くなり不合理である。 二次接着又は横つなぎJOINTによって一枚板に出来る方法はないか？ 
その他	・今後の建築実証に期待している。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	3
実施者	医療法人社団　三成会
協議会運営者	藤寿産業株式会社
事業名	（仮称）南東北春日デイサービス新築工事の建築実証及び設計実証
実証の種類	建築、設計
建設地	福島県須賀川市
現地調査	
時期	平成29年11月16日（木）
内容	建て方見学
場所	建築現場（福島県須架川市）
調査担当委員	山辺　豊彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・主な目的はCLT床板の各床仕様別の遮音性能の検証である。 ・CLT床は厚さ150mmで板幅2.3m、板長10.0mと平積みで運搬可能な材の大きさで運搬効率を向上させている。 ・CLT板の大きさ及びCLT床板厚t=150mmのため、吊り上げ吊り下し時に通常の2点吊り又は4点吊りでは板に変形やねじれが生じるので、施工にあたり何か治具等を考えた方が良いと思われる。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・CLT床パネルの長さ10mは、構造上その連続梁効果による鉛直剛性を高める点では有利だと思われる。そのことも含め仕様が異なる場合の各遮音性能を検討することは有意義だと思う。 ①CLTのみの遮音性 ②2階床CLT+ALC(t=50)+合板(t=12)の遮音性 ③3階床CLT+モルタル(t=30)+合板(t=12)の遮音性 ①～③の他に、コスト、施工性、接合詳細やCLT板長L=10mについても加筆して置いて欲しい。
その他	・この建物の軸組は集成材を使用し、一方向ラーメン造、他方向ブレース構造のデイサービスに供する3階建の建物である。 ・高齢者向け施設に木造軸組で木質系CLT床等、木部を表わした施設の竣工後の建物の使用環境、居住環境等に興味がある。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	4
実施者	エーユーエム構造設計株式会社
協議会運営者	株式会社まちもり
事業名	ENビル新築工事の建築実証
実証の種類	設計、性能
建設地	福島県郡山市
現地調査	
時期	平成30年2月21日（水）
内容	協議会参加
場所	エーユーエム構造設計株式会社（福島県郡山市）
調査担当委員	山辺　豊彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・本実証事業は床、壁（非耐力壁）にCLTを用いたS造ラーメン構造による3階建て事務所の設計実証及び部材性能実証である。部材性能実証においては、CLT床パネルの面内せん断試験、合成梁（CLT床パネルと接合し「リブ付CLTパネル」とし用いる）の曲げ試験、及び接合部の要素試験が実施されている。 ・主体構造はS造ラーメン構造で、柱、大梁のみがS造となっている。 ・2階床はリブ付CLT床パネル（CLT床パネル+集成材梁,@900）→合成梁を採用 ・3階床はCLT床パネルとなっている。 ・CLTパネル間接合は合板スプライン接合である。 ・鉄骨とCLTとの混構造のため、職種の異なる建方計画が最も重要となる。 ・現場と設計との説明及び連携を十分に行うことが必要である。 ・特に現場溶接に注意すべきである。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・要素試験結果、CLT床パネル+集成材梁の合成梁の曲げ試験、CLT床パネルと鋼構造水平構面の面内せん断試験結果の記載を希望する。 ・今後、CLT壁の接合方法による耐力要素としての活用に期待する。
その他	・この建物は、既存のRC造建物に増築されるものである。CLTパネルを使用した建物と日常における居住性等を比較検討するには良い条件となると思われる。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	5
実施者	株式会社匠パートナーズ
協議会運営者	弁護士法人匠総合法律事務所
事業名	「南房総千倉CLT収納庫」プロジェクト
実証の種類	建築、設計
建設地	千葉県南房総市
現地調査	
時期	平成29年11月20日（月）
内容	構造見学
場所	建築現場（千葉県南房総市）
調査担当委員	河合　誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・ 構造形式は、CLT耐力壁を内部に配置し、外周部は在来軸組みとしている。耐力壁の上部にはCLT天井パネルを配置し水平構面としており 偏芯もなく水平荷重に対して安全と考えられる。建築確認とは別に構造計画としての考え方を整理しておく必要がある。 ・ 施工者はCLTについて初めてとの事で　アンカーボルトの設置を組み立てアングル治具を用い位置決めしコンクリート打設時にアンカーボルトの頭部位置固定に　さらに治具を用いるなど丁寧な施工を行っている。 床スラブのレベル調整が出来ていればパネル建て込みはスムースに行った事と思われる。 ・ 外壁仕上げに東濃ヒノキ材の大和張りを行っているが仕上げに用いた塗装の経年変化を観察しておく必要を感じた。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・本物件は倉庫として建設されているので　断熱性能は期待していないと思われるが、無窓空間でもあり室内湿度の変化を記録していただきたい。 ・実証事業のほかの建物（場所はさまざま）で湿度変化を測定している物件との比較検討が出来るとCLTのボリュームとの関係がつかめる可能性がある。
その他	

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	6
実施者	有限会社　シンタニ
協議会運営者	一級建築士事務所　平井政俊建築設計事務所
事業名	(仮称)代官山猿楽町プロジェクト新築工事の建築実証・設計実証
実証の種類	建築、設計
建設地	東京都渋谷区
現地調査	
時期	平成30年1月25日（木）
内容	建て方見学
場所	建築現場
調査担当委員	有馬　孝禮、河合　直人、河合　誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・狭小、不整形な敷地に、地下1階（RC造）地上3階（CLTパネル構造）で燃えしろ設計とした意欲的な計画である。 ・床パネルを傾斜させている点に特徴があり、階高の確保、設備スペースの最小化、階段スペースの節約、外部からの視認性の高さなど、説明を聞いてその必然性を理解することができた。 ・工事中のために　意匠設計上CLTの特長（現し仕上げ）を表現した部分については確認できていないが　竣工後に視察を再度行いたい。 ・工事は床が傾斜しているなどかなり困難であった事が想像できる。 ・建て方を請負った業者が足場工事業者とのことで業種の相互乗り入れが進んでいることに驚かされた。木工事の場合、先行足場が一般化しており足場工事と建て方工事が同時平行出来る事はメリットがあると思われる。また木工事のうち　建て方工事については専門職種がない状況を認識させられた。安全性、品質確保の面から木工事建方専門職種の設立が望まれる。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・CLTパネル構造を採用した設計計画段階で、検討した他工法との比較をどのように考えたのか示してほしい。 ・ CLT床の構造計画における割り付け、斜め部分の接合及び遮音対策を考慮した具体的仕様。 ・ 天井及び界壁の準耐火仕様の考え方と、今後考慮すべき点。 ・ 都市部の特殊な事情の中での施工、運搬などとの関係で、とくに配慮した点や今後の課題。 ・ 工期との関係で部材メーカーや施工業者との設計段階での留意した事項、各者の評価、感想など。 ・三次元モデルによる解析などについて、構造計算の概略を示していただけると、今後の参考になると思われる。 ・CLT工法以外の工法で計画した場合に生じる課題、　言い換えればCLTだからこそ建設出来た理由を報告いただきたい。
その他	・使用後の月ごとの電気量や今までの住環境との違いなど、住民の評価について共同住宅での個々の生きたデータを可能な範囲で収集されたい。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	7
実施者	株式会社中東
協議会運営者	株式会社SALHAUS一級建築士事務所
事業名	(株)中東　構造用集成材製造工場新築工事の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	石川県能美市
現地調査	
時期	平成29年12月11日（月）
内容	建て方見学
場所	建築現場（石川県能美市）
調査担当委員	坂本　功、有馬　孝禮
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・調査時点で、すでに梁間方向の集成材フレームが3構面建て上げられており、その桁行方向の外壁面に、耐力壁の面材として、CLTが取り付けられていた。したがって、構法上、施工上、特段の問題はないことが確認できた。 ・CLTの内壁側を現わしとしても、工場に対する防火上の性能を確保でき、かつ、ある程度の断熱性能が期待できることが納得できた。 ・接合部は、実験で性能を確認できた接合具と仕様に限定しているため、見かけ上はやや「ごつい」感じであった。ただし、ホールダウン金物は、特注ものではなく、市販の住宅用のものを用いており、費用の面からは好ましいと思われた。 ・隣接して、ほぼ同じ集成材フレームによる既存の工場があり、それらの桁行方向は鉄骨ブレースとのことであり、この建物と今回のCLTによる建物について、建設コストの比較ができることが実感できた。 ・長手方向を幅1115mm、高さ3580mmのCLTを基本ユニットの耐力壁として集成材軸組み工法に組み込み、他方向を集成材フレームによって構成する72.24m　X　27.6m、軒高8.5m、高さ12.2m　の自社工場の準耐火建築物（45分）である。集成材,CLTとも自社製品であり、自社製品を基本としたシステムで今後いろいろな用途への展開を期待したい。 （1）構造計算の全体的な構成を示されたい。 （2）CLT耐力壁の仕様及び実験データについてはその特性を示し、接合の集成材部分とCLTに関わる部分詳細を示されたい。 （3）施工現場での建て方手順など留意した事項
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	・接合部については、やはりまだ決定版といえる接合方法が確立されておらず、試行錯誤の段階だと思われる。この建物について、実際に採用された接合部以外のもので、可能性がありそうなものを提案してもらえると、同種のほかの建物の設計の参考になるであろう。 ・CLTは合板などと比べると重いので、建て方には必然的にクレーンが必要である。その吊込み方法や、精度の確保、足場の配置などについて、今回の建て方の経験をまとめておいていただきたい。 ・自社の既存工場と性能に関わる評価について参考になる部分が多いので明確にしてほしい。 （1）CLTを用いることによって生じた施工手順，とくに既存工場と比較して大きく異なった点 （2）集成材およびCLTを製造するメーカとして、設計と工場加工、施工手順の打ち合わせで留意した点及び改良すべき点 （3）木材、木造であることから、とくにいろいろな用途の建物への提案 （4）既存の準耐火構造物と本件に関する防火対策について比較と課題
その他	・帰途に、若杉町の3階建て共同住宅（TIMBERED TERRACE、平成28年補助対象）を見学した。床と耐力壁にCLTが使われており、耐力壁の一部は現わしになっている。賃貸住宅とのことであるが、木造の高級住宅の感があり、このような程度の高い建物にCLTを使うことも、ひとつの方向性であると思った。 ・使用後の住環境の評価について、可能な範囲で収集されたい。 （1）仕事環境での変化 （2）作業者、見学者の評価

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	8
実施者	松栄建設株式会社
協議会運営者	一般社団法人　YUCACOシステム研究会
事業名	松栄建設本社・高性能CLTオフィス建築の実証事業
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	福井県坂井市
現地調査	
時期	平成29年11月21日（火）
内容	構造見学
場所	建築現場（福井県坂井市）
調査担当委員	河合　誠
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・ 本建物は施主である松栄建設の事務所新築工事であり　1棟の中で告示金物と新規開発金物を使い比較施工試験を行っている。結果の詳細は報告が別途あるが　ほぼ同程度の施工性とのこと。新規金物は室内に露出する部分が少なく床懐を大きく取る必要がない納まりとなる。 ・ 施工上の課題として告示金物は、壁CLT単体では左右対称のために表裏の違いがないと思い施工したが床CLTを載せる段階で穴位置の違いが分かり取り付け直しをした。また土台はアンカーボルトのナット部分を欠きこむ箇所が多く　断面欠損が構造上気になる。 ・壁断熱材は室内側に取り付けとしている。地域がら　雨天が多く繊維系断熱材施工は外張り断熱が出来ない。 ・地方の建設会社が実証事業を通じCLTに挑戦する姿をみて　新しい工法の魅力は経済性や合理性の検証以外に建設会社全体のモチベーションを高める役割もあることを知った。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・空調システムとしてYUCAKOシステムを施工予定であるが　ダクト配管でCLT貫通部分の施工手間を記録してほしい。
その他	・クロスマーク金物にはナットの供回り防止座金がリストアップされているが使い方の説明図が必要。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	9
実施者	なかむら建設株式会社
協議会運営者	松阪木材株式会社
事業名	なかむら建設㈱明和事務所新築工事の建築実証
実証の種類	建築、設計、性能
建設地	三重県多気郡明和町
現地調査	
時期	平成29年10月24日（火）
内容	建て方見学
場所	建築現場
調査担当委員	有馬　孝禮
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	CLTを壁材料とした金物工法との組み合わせで今後の展開、実務上参考となる点が多いと思われる。 ・ 60mm3層構造の直交集成板を耐力壁、およびヒノキを化粧表面材とした非耐力壁からなっている。その構造的な役割分担を明確にしている。とくに耐力評価、接合、施工手順を整理されたい。 ・ 耐力壁については910mm幅を1ユニットとしている。開口部周りの収まり、考え方を整理し、今後の展開に際して構造耐力評価としての設計、接合の扱いを示してほしい。 ・ 1階床（現場在来施工床）は床勝ちである。CLT壁との取り合い、床の施工、おさまり手順を明確にされたい。 ・ 排水、電気配管などの設計、施工上の今回の考え方を示してほしい。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・プレカットを前提とした金物工法と組み合わせたもので、今後の汎用性がかなり高いと思われる。実務上で、今後の展開に関わる点を記載されたい。 ・内装側にCLTを用いた木質空間での施工現場の作業に携わった人々の評価あるいは印象を示してほしい。他の作業現場との比較など。 ・事務所使用に際しての居住環境にかかわる電気量、温湿度計測、使用者の評価など比較的簡便な基礎的データを確保されたい。 ・配管、設備工事との関係で、CLTの材料及び構成部材としての検討すべき点を記してほしい。
その他	

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	10
実施者	兵庫県森林組合連合会
協議会運営者	株式会社地域計画建築研究所　大阪事務所
事業名	兵庫県林業会館改築工事の建築実証
実証の種類	設計、性能
建設地	兵庫県神戸市
現地調査	
時期	平成29年10月4日
内容	協議会参加
場所	兵庫県林業会館(兵庫県神戸市)
調査担当委員	河合　誠、成瀬　友宏
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・当物件は、神戸の市街地に建つ兵庫県林業会館の建替工事であり実証事業の内容は設計である。方法として協議会を結成しプロポーザル（実施設計＋建設工事）の応募内容を検討している。 プロポーザルに参加する企業はCLTの勉強会に参加する事によりCLTの基本内容を習得して応募することにしており兵庫県内外への普及活動としても成果が見込まれる。 ・全体に計画通りの活動が出来ており　今後の成果が期待される。 ・構造体について、コストとの関係から、不燃材料による被覆型の耐火構造の方針としている。他の構造とのメリット・デメリットを検討しているが、基本設計の内容で、それぞれのコストが算出できるのであれば比較した資料があると、事務所用途のものについて貴重な資料となる。 ・床の耐火構造の大臣認定は、銘建工業が取得した2時間耐火構造（石膏ボード3枚張り）を1時間耐火構造が要求される部分にも使用する予定である。1時間の要求性能を満たす仕様は石膏ボード二枚張りが現実的で性能も見込めるため、他の認定仕様や今後改正が見込まれる耐火構造の告示を使用する場合を想定すると、石膏ボードの施工と材料費は、コストを算出する上で、実施工の際の違いが評価できるようにデータを収集する必要がある。 ・CLTの床を支えるために梁を設けるが、その梁は柱で支える計画になっている。壁が耐火構造でCLTパネルに火災時の損傷が見込まれないのであれば、CLTパネルにより梁を支える構造にすることで、柱と被覆の省略が可能である。柱・梁と外壁（耐力壁）の取り合い部の施工も含め手間（コスト）のかかる部分である。プロポーザル提案や今後の構造的な検討で変更されることがあり得るということであるが、シンプルな構成が望まれる。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・CLTの設計手順はまだ一般化（標準化）しているわけではなく今回のように協議会形式で複数の団体・企業が参加して基本計画が練られていくことはCLTの普及には良い方法と思われる。 ・構造計画の中で耐力壁がRCに埋め込まれている部分があるが耐久性上の配慮が必要と考えられる。 ・建物の上層4階は木造とする計画であり、エレベーター周りも木造とする計画である。階段室やエレベータ周りについては、他の構造（例えばS造）との混構造とするメリットがどの程度見込まれるのか、検討されることを希望する。 ・協議会で検討している内容は、可能な範囲で、検討内容が公表されることを希望する。
その他	

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	11
実施者	ライフデザイン・カバヤ株式会社
協議会運営者	同上
事業名	ライフデザイン・カバヤ㈱福山支店新築工事の建築実証
実証の種類	建築
建設地	広島県福山市
現地調査	
時期	平成30年2月22日（木）
内容	建て方見学
場所	建築現場（広島県福山市）
調査担当委員	赤嶺　嘉彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・本事業は、CLTパネル（壁）と鉄骨梁の併用する建築実証を通し、コストの検討と併用による自由度の高い設計と施工方法の検討を行うものである。 ・調査当日は、建築現場にて、建築概要について説明を受けるとともに、建て方工事中の様子を見学した。 ・なお、建て方工事は今月中で完了予定とのことで、当日も屋根部分の施工を中心に工事が行われており、その他の外壁、床等は概ね完了していた。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・CLTと鉄骨の混構造を採用した事例は少ないこともあり、CLTのパネルの割り付けや鉄骨とCLTの接合方法などを最終的に決定するまでに、複数の案を検討されたと思われる。今後の参考とするためにも、どのような検討事項があり、どのような案が出され、最終的な案を決定した理由などを示していただきたい。 ・最終的な案を実際に施工した際に、今後の課題となるようなことが生じていれば、それにつても記述していただきたい。
その他	・鉄と木という熱膨張率の異なる材料を接合して建物を構築されているので、建築後、一定の期間（夏期・冬期）を経た後の状況（CLTパネル間の隙間等）を調査していただきたい。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	12
実施者	社会福祉法人　光志福祉会
協議会運営者	島田治男建築設計事務所
事業名	（仮称）CLTを用いた中規模福祉施設への提案 － ネムの木グループホーム円座新築工事
実証の種類	建築、設計
建設地	香川県高松市
現地調査	
時期	平成29年12月27日（水）
内容	建て方見学
場所	建築現場（香川県高松市）
調査担当委員	有馬　孝禮、大村　和香子
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・1階部分がRC造の事務所、デイサービスなどの作業場で、2階部分をCLTパネル工法による居住室としている上下混構造である。片流れ屋根組の上にCLTを屋根版としたものである。 ・今後このような介護施設は重要な位置にあるので、特殊な用途としての居住空間としての基本的な実例データを期待したい。 （1）各階の配線・配管などの構造躯体との収まりに配慮すべき点が多かったと思われるので考え方と詳細を示してほしい。 （2）介護施設としてこのような設計となった考え方を示してほしい。 ・光志福祉会は1階がRC造、2階がCLTパネル工法の建物である。1階を近隣住民のデーサービスに開放、2階が入居型のグループホームとなる。 ・ALL RC造と比較してCLTパネル工法では配管の配置が限られてしまい、2階をCLTにした方が費用がかかってしまったとのこと。但し、CLTは建て始めると3日程度で完成したとのことで、材料の確保さえ出来れば、工期もより短縮できる可能性がある。 ・外壁として石膏ボードの外側にスギ板を配しており、CLT現しとなる箇所は軒天などに限られている。香川県産スギを多用した物件のため、素材の確保、CLT製造・入手にコストがかかった模様である。このため1階のRC造とは施工コストがほぼ同程度となったとのことであった。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・2階床の張出し部分がコンクリートであるが,CLTは考えられなかったか。 ・準耐火仕様の詳細とCLT部分の施工手順と今後配慮してほしい点など記してほしい。 ・キャンテイ部分の防水上の詳細 ・一般木造、RC造と比較して作業中の評価で異なる点など ・施設設備や特殊備品などとの関係で設計と施工手順の打ち合わせで、留意した点及び改良すべき点 ・　メンテナンス計画
その他	・使用後の住環境の評価に1階と2階部分での評価を可能な範囲で収集されたい。 （1）電気量の月ごと変化 （2）居住者の行動、職員の作業など評価 （3）とくに他構造の施設と本物件のCLT施設との評価から今後期待することなど記されたい。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	13
実施者	社会福祉法人　代医会
協議会運営者	株式会社　太宏設計事務所
事業名	介護老人保健施設八祥苑新築工事の建築実証
実証の種類	建築、設計
建設地	熊本県八代郡氷川町
現地調査	
時期	平成29年12月15日（金）
内容	建て方見学
場所	建築現場（熊本県八代郡氷川町）
調査担当委員	赤嶺　嘉彦
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・この建築実証事業の目的は、介護老人保健施設の3つの棟（全て平屋）の壁に、事例の少ない「大版パネル架構」を採用し、今後、同様の架構形式で建築する際に参考となる検証データを整備することである。 ・調査は、2つの棟でCLTの建て込みが完了し、残りの棟のCLTの建て込みを実施中の状況の中で実施した。 ・ルート1によるCLT告示仕様を採用しているため、接合金物がやや目立つ印象を受けた。接合金物も含めてCLTパネルを現しとする計画となっていることから、意匠性を考慮した接合金物の納まり（見せ方や隠し方）も今後の課題と感じられた。 ・外壁に断熱材を施工しないとのことであるが、接合金物部分の断熱・気密対策が望まれる（気密対策は、土台と壁の緊結ボルトを設置するために壁に設けた穴の部分）。本施設は、療養中の高齢者が滞在するものなので、特に、結露によるカビの発生に伴う室内空気質の低下や、すきま風の対策が必要と言える。
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	・大版パネル架構の採用によるコストの検証については、大版でないパネルと比較することとし、その際にパネルの「製造」「運搬」「施工」のフェーズごとに整理した上で、建築全体に対して考察いただきたい。 ・上記の各フェーズにおいて、「コスト増となる課題」及び「その対応案」を整理していただきたい。 ・コストの検証において、熊本地震（2016年）、九州北部豪雨（2017年）などの影響を受ける事項がある場合は、その旨を明記していただきたい。 ・大版パネル架構を効率よく実施するために平面計画やパネル配置計画において工夫した点を具体的に示していただきたい。
その他	・熊本地震、九州北部豪雨の影響により、職人不足の状況にあるとのこと。一方で、本事業で使用するCLTパネルの木材の確保にあたっては、特に影響はないとのこと。

表1.3.2　平成28年度補正　CLTを活用した建築物等実証事業　現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	14
実施者	（個人）
協議会運営者	株式会社吉高綜合設計
事業名	大分市中島東集合住宅モデルプロジェクトの設計実証
実証の種類	設計
建設地	大分県大分市
現地調査	
時期	平成30年1月11日（木）
内容	協議会開催
場所	大分大学（大分県大分市）
調査担当委員	赤嶺　嘉彦、有馬　孝禮
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・枠組壁工法に新たに追加されたCLTを床として使用する共同住宅の設計である。 ・すでに3回ほど協議会を行われているので課題が明確にまとめられている。 ・これまでの協議会で議論された課題（構造、遮音）等の確認とともに、構造（主に金物）、耐火、地元スギ材のCLT等への加工・供給等に関する報告がなされた。 ・枠組壁工法には接合、耐火に関わる標準的仕様が存在するので、それと比較しての位置づけと前提条件を明確にしてほしい。
成果報告書に記載を希望する内容または今後検討を希望する内容等	・課題としている「床の遮音性能・振動の影響」、「CLT床割付け」を検討した具体的な仕様及びその考察を記載していただきたい。 ・地元スギ材の調達から、CLT等への加工・供給、及び、施工に至るまでの課題の所在を明確にするため、コスト等の情報を各段階で整理いただきたい。 ・CLT床の構造計画における割り付け、接合及び遮音対策を考慮した具体的仕様を示してほしい。 ・天井及び界壁の準耐火仕様と考え方を示して、別途今後考慮すべき点を示してほしい。 ・従来の枠組壁工法への適用について地域産材の状況変化と今後の課題を明確にしてほしい。原木丸太とラミナのCLT製造工場関連がどのようになされることが望ましいか、現況をふまえたあり方を示してほしい。
その他	・地域の共同住宅としての可能性を地域資源との関連で明らかにされたい。

表1.3.2 平成28年度補正 CLTを活用した建築物等実証事業 現地調査委員所見

番号 （都道府県順）	15
実施者	三菱地所株式会社
協議会運営者	株式会社日建設計
事業名	下地島空港旅客ターミナルビル新築工事の実証事業
実証の種類	設計、性能
建設地	沖縄県宮古島市
現地調査	
時期	平成29年7月8日（土）
内容	CLT屋根モックアップ積荷試験
場所	山佐木材（株）（鹿児島県肝属郡）
調査担当委員	大村　和香子
委員所見	
調査内容に対する所見・指導事項	・沖縄県宮古島市下地島空港における旅客ターミナルの新設において、屋根および壁の一部にCLT利用する計画である。 ・今回は屋根に使用するCLTのモデル積荷実験の立会いを目的として調査場所に出向いたが、豪雨のため、落雷の危険性も考慮して、積荷実験は中止となった。 ・CLTパネルを縦継ぎかつ2枚重合せして10m角の試験体に仕上げており、非常に多くの金物を使って作製されていた。一つ一つのボルト孔に2種類の接着剤を使いボルトに一定の‘遊び’を持たせて接合していた。完成に3人工で7日程度要したとのことで、丁寧な仕事ぶりが窺えた。特に縦継ぎ技術は、今回のような離島への輸送と現場施工を考慮した、小幅パネルの大判化に有用な技術であり、今後、施工の省力化、時短化等が望まれる。 ・また耐久性担保のため、ホウ素系薬剤の塗布後、撥水剤も塗布したとのことで、施工中の雨水の浸入や薬剤の溶脱を抑える工夫が認められた。
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	・表面処理（ホウ素系薬剤）を実施したとのことで、結露等がなければ問題ないと思うが、処理部分に使用した金物の経年変化について、点検・検査を希望する。
その他	

１．３．３　専門家派遣

協議会運営者は、実証事業の実施にあたり、技術的内容について専門家（以下「専門家委員」という。）の指導を受けることができるものとした。平成 29 年度における委嘱専門家を表 1.3.3 に、派遣実績を表 1.3.4 に示す。本事業単独の派遣実績は平成 28 年度分を含めて 23 件である。

表 1.3.3　CLT を活用した建築物等実証事業　専門家委員会

番号	氏名	所属	肩書	専門
1	小原　勝彦	岐阜県立森林文化アカデミー	准教授	木質構造
2	腰原　幹雄	東京大学生産技術研究所	教授	木質構造
3	塩崎　征男	一般社団法人　日本 CLT 協会	技術部長	CLT 材料
4	濱田　幸雄	日本大学工学部建築学科	教授	建築音響
5	安村　基	静岡大学学術院　農学領域	教授	木質材料
6	稲山　正弘	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授	木質構造
7	五十田　博	京都大学生存圏研究所	教授	木質構造
8	近本　智行	立命館大学理工学部建築都市デザイン学科	教授	建築環境
9	大橋　好光	東京都市大学工学部建築学科	教授	木質構造
10	安井　昇	桜設計集団一級建築士事務所	代表	防耐火
11	田中　圭	大分大学理工学部創生工学科　建築コース	准教授	木質構造
12	富来　礼次	大分大学理工学部創生工学科　建築コース	准教授	建築音響

表1.3.4　専門家派遣実績

開催日	実施者（協議会運営者含む）	事業年度区分	派遣場所	専門家委員		
平成29年2月23日	弁護士法人匠総合法律事務所	H28補正	愛知県名古屋市	小原　勝彦		
平成29年2月27日	藤寿産業株式会社	H28補正	福島県郡山市	腰原　幹雄	塩崎　征男	
平成29年3月14日	藤寿産業株式会社	H28補正	福島県郡山市	腰原　幹雄	濱田　幸雄	
平成29年4月6日	弁護士法人匠総合法律事務所	H28補正	岐阜県美濃市	小原　勝彦		
平成29年4月12日	株式会社日建設計	H28補正	東京都千代田区	安村　基	稲山　正弘	
平成29年5月12日	弁護士法人匠総合法律事務所	H28補正	岐阜県美濃市	小原　勝彦		
平成29年5月31日	弁護士法人匠総合法律事務所	H28補正	岐阜県岐阜市	小原　勝彦		
平成29年6月16日	株式会社地域計画建築研究所	H28補正	兵庫県神戸市	五十田　博		
平成29年7月8日	株式会社日建設計	H28補正	鹿児島県肝属郡	安村　基	稲山　正弘	
平成29年7月24日	弁護士法人匠総合法律事務所	H28補正	名古屋市中村区	小原　勝彦		
平成29年8月1日	株式会社地域計画建築研究所	H28補正	兵庫県神戸市	五十田　博	近本　智行	
平成29年8月10日	株式会社竹中工務店東北支店	H28補正	東京都江東区	五十田　博		
平成29年8月25日	株式会社竹中工務店東北支店	H28補正	千葉県印西市	五十田　博		
平成29年9月20日	株式会社竹中工務店東北支店	H28補正	東京都江東区	五十田　博		
平成29年10月28日	阿部建設株式会社	H29	愛知県名古屋市	大橋　好光		
平成29年11月15日	弁護士法人匠総合法律事務所	H28補正	岐阜県美濃市	小原　勝彦		
平成29年11月21日	一般社団法人YUCACOシステム研究会	H28補正	福井県坂井市	塩崎　征男		
平成29年11月25日	阿部建設株式会社	H29	愛知県名古屋市	安井　昇		
平成29年11月29日	藤寿産業株式会社	H28補正	福島県郡山市	腰原　幹雄	塩崎　征男	濱田　幸雄
平成29年12月6日	ライフデザイン・カバヤ株式会社	H28補正	京都府宇治市	五十田　博		
平成29年12月6日	株式会社吉高綜合設計	H28補正	大分県大分市	田中　圭	富来　礼次	
平成29年12月11日	弁護士法人匠総合法律事務所	H28補正	千葉県南房総市	小原　勝彦		
平成30年1月11日	株式会社吉高綜合設計	H28補正	大分県大分市	田中　圭		
平成30年2月15日	株式会社地域計画建築研究所	H28補正	大阪府大阪市	五十田　博	近本　智行	
平成30年2月28日	株式会社吉高綜合設計	H28補正	大分県大分市	田中　圭	富来　礼次	

１．３．４　各実証事業の講評とまとめ

本年度実施した 15 件について、平成 30 年 3 月 2 日に行った第 4 回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。

【28 補正-1】（株）三菱地所設計（（株）竹中工務店）
・検討がよくなされており、意欲的である。
・床の曲げ変形によってクラックが生じ耐火性能に影響を与えるため、構造設計と併せた慎重な検討が必要である。
・ディテールが比較的複雑であり、プロトタイプとなるにはコストの点で心配がある。
・設計を進めるに応じて試験の内容も変わってくるが、防耐火の大臣認定に時間がかかる場合、設計の制約にならないかとの懸念もある。

【28 補正-2】（株）平吹設計事務所
・接合部が多い仕様となっているので不合理とも取れる。接合部を減らす工夫をしてはどうか。

【28 補正-3】医療法人社団三成会（藤寿産業（株））
・CLT 床を部分的に採用した理由については、大判の CLT を有効活用するため、オープンなスペースで長スパンとなる箇所に CLT を使用していると思われる。

【28 補正-4】エーユーエム構造設計（株）（（株）まちもり）
・S 造ラーメン構造に CLT 床を採用するため各種要素試験、面内せん断試験を実施している。
・鉄骨と CLT との混構造となるため、職種の異なる建て方計画や現場と設計との連携を十分に行うことが重要である。

【28 補正-5】（株）匠パートナーズ（弁護士法人匠総合法律事務所）
・アンカーボルトの施工精度を向上させるための工夫として、固定治具を作製していた。このような工夫は他社でも様々なものが行われており、今後の参考のために集めていくとよい。
・金物の干渉を避けるため、内部に設けられている CLT 壁パネルはパネル間に隙間を設けているが、これにより施工誤差を吸収している。

【28 補正-6】(有)シンタニ（一級建築士事務所平井政俊建築設計事務所）
・今回のような特殊な構造を試みた住宅の場合、施主との関係、打合せが特に重要である。
・構造設計に際し 3 次元構造解析を行っており、意欲的である。
・現場では建て方を進めながら、途中で足場を何回か組み直す必要があると思うが、施工は足場業者が行っており、合理的な施工体制と言えた。

【28 補正-7】（株）中東（イエコロ、（株）SALHAUS）

・同規模の集成材による既存工場があり、これとの施工性や使用感の比較が可能である。
・防耐火上の対策、法規上の防耐火関連の扱いについての課題や解決法を報告書に記載してもらうと参考になる。

【28 補正-8】松栄建設（株）
・接合部の仕様を 2 種類検討して施工性等を比較しているなど複数の試みがなされている。
・CLT を壁に用いる場合外断熱とすることが多いが、福井県の気候条件から、この建物では内断熱としている。
・温熱環境データを詳細に取ろうというのがこの事業の特徴である。

【28 補正-9】なかむら建設（株）（松阪木材（株））
・三重県の U 邸などで CLT の使用実績のある会社の事務所である。
・3 層 3 プライ、60mm 厚の薄い CLT を在来構法の壁に採用し、壁倍率の大臣認定取得を目指しているのが特徴。
・一部の CLT には表面ラミナに県産ヒノキを使用して意匠性を上げるなどの工夫をしている。

【28 補正-10】兵庫県森林組合連合会（（株）地域計画建築研究所）
・今回の建築物の実施設計・施工のプロポーザルに参加する条件として勉強会への参加を義務付けており、CLT の普及や担い手を育てるためには、良いプロセスであると感じた。
・CLT パネル工法、CLT 部分利用と複数の方面から検討を行っており、検討過程は他者の参考になるのではないか。

【28 補正-11】ライフデザイン・カバヤ（株）
・鉄骨梁の上に CLT 床パネルの接合について、CLT 床に先孔を設け、鉄骨梁に設けたスタッドにはめ込みエポキシ樹脂を充填させる工法としているが、手間がかかったようである。採用理由や改善策などについても触れてもらえるとよい。
・熱膨張率の異なる鉄骨と木材を構造体とした建築物であるが、それに起因する事象について経年変化を報告して欲しい。

【28 補正-12】社会福祉法人光志福祉会（島田治男建築設計事務所）
・1 階 RC 部分と 2 階 CLT 部分の環境性能の違いについてデータが取れると良い。
・1 階を RC 造とし、2～3 階を CLT パネル工法とする事例は今後増えるのではないか。
・2 階床は RC としているが、CLT または在来構法による床組とすることも考えられるのではないか。

【28 補正-13】社会福祉法人代医会（（株）太宏設計事務所）
・ルート 1 で設計しているためか、接合金物が多い印象であった。金物周辺は金物自体の熱橋や引きボルトの開口による熱ロスや結露の恐れもあるので注意した方がよい。

・規模的に準耐火構造の防火壁による区画が必要となるが、耐火構造の通路によって区画し、別棟扱いとしている。

【28 補正-14】（個人）（(株）吉高綜合設計）
・この事業では共同住宅においても遜色のない遮音性能の確保について苦労したようだが、別事業において取得している遮音性能試験では、2×4 工法に比べて CLT パネル工法の方が性能が良かったというデータも出てきている。

【28 補正-15】三菱地所（株）（(株）日建設計）
・CLT 屋根として検討した縦継ぎ・二枚合わせした CLT フラットスラブは、今回のような離島への輸送と現場施工を考慮した、小幅パネルの大判化に有用な技術であり、今後の施工の省力化、短時間化が望まれる。

１．４　成果報告の構成について

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

表 1.4.1　成果報告の構成

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

表1.4.2 建築物の概要

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

２　成果報告

２．１　（株）三菱地所設計／（株）竹中工務店　東北支店

1. 建築物の仕様一覧

事業名			（仮称）仙台市泉区高森2丁目プロジェクト（高層集合住宅）の設計・性能実証
実施者（担当者）			株式会社三菱地所設計／株式会社竹中工務店東北支店
建築物の概要	用途		共同住宅
	建設地		宮城県仙台市
	構造・工法		鉄骨造+CLT床+CLT耐震壁+燃え止まり型耐火集成材柱（燃エンウッド）
	階数		10
	高さ（m）		33.695
	軒高（m）		32.575
	敷地面積（㎡）		3550.79
	建築面積（㎡）		519.6
	延べ面積（㎡）		3604.79
	階別面積	１階	464.39
		２階～１０階	348.66
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量255㎥（予定）、建築物使用量215㎥（予定）
	壁パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60A
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	Mx60A
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		燃え止まり型耐火集成材柱 化粧材：スギ集成材　被覆材：カラマツ集成材 荷重支持部材：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		17㎥（予定）
仕上	主な外部仕上	屋根	アスファルト防水絶縁断熱工法　保護塗装
		外壁	ALC　t=100　防水形複層塗材E
		開口部	アルミサッシ＋二層複層ガラス
	主な内部仕上	界壁	（PB21+9.5×2＋ＬＧＳ（GW24K50mm）＋PB21+9.5）両面
		間仕切り壁	PB12.5+ＬＧＳ+ＰＢ12.5
		床	シートフローリング12＋二重床+ＳＬプラスター60+トップコン80+ＣＬＴ
		天井	CLT+PB15×3+ケイカル板15＋ＬＧＳ天井下地＋PB9.5
構造	構造計算ルート		保有水平耐力計算（ルート3）+任意の構造性能評価
	接合方法		CLT床：CLT切欠き部への配筋とコンクリート充填、 ラグスクリュー CLT壁：せん断金物+ドリフトピン、隅角部金物+LSB、 CLTコッターのコンクリートの埋め込み
	最大スパン		7.2m
	問題点・課題とその解決策		【問題点・課題】高い施工効率・高耐力・高剛性のCLT接合方法の確立 【解決策】施工性の検証の実施及び構造実験による検証の実施
防耐火	防火上の地域区分		指定なし
	耐火建築物等の要件		耐火建築物
	本建築物の防耐火仕様		2時間耐火
	問題点・課題とその解決策		【問題点・課題】共同住宅の床として必要な性能（遮音・遮臭・界床・振動等）を満足する2時間耐火仕様の設定 【解決策】振動、遮音性能を満足できる2時間耐火仕様の設定と耐火試験による検証と大臣認定の取得
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届け出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		【課題】断熱材とCLT耐火層及び外装材との取り合い 【解決策】最上階及び外装材から1mの範囲はRCスラブとする。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	A種硬質ウレタンフォーム2種2号ｔ35
		外壁	A種1H吹付硬質ウレタンフォームt=25
		床	A種硬質ウレタンフォーム3種ｔ35
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		H29.1月～H30.2月（14カ月）
	施工期間		－
		ＣＬＴ躯体施工期間	－
	竣工（予定）年月日		（予定）H31.2月末
体制	発注者		株式会社　三菱地所設計
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		株式会社　竹中工務店　1級建築士事務所
	構造設計者		株式会社　竹中工務店　1級建築士事務所
	施工者		株式会社　竹中工務店　東北支店（予定）
	ＣＬＴ供給者		未定
	ラミナ供給者		未定

実証事業名：(仮称)仙台市泉区高森２丁目プロジェクト（高層集合住宅）の設計・性能実証
実施者／協議会運営者または担当者：(株)三菱地所設計／(株)竹中工務店

１．実証した建築物の概要

用途		共同住宅		
建設地		宮城県仙台市		
構造・工法		鉄骨造+CLT 床+CLT 耐震壁+燃え止まり型耐火集成材柱（燃エンウッド）		
階数		10 階		
高さ（m）		33.695	軒高（m）	32.575
敷地面積（㎡）		3,550.79	建築面積（㎡）	519.6
階別面積（㎡）	１階	464.39	延べ面積（㎡）	3,604.79
	２階～１０階	348.66		
	－	－		
CLT 採用部位		壁、床		
CLT 使用量（m^3）		加工前製品量　255 m^3，建築物使用量　215 m^3		
CLT を除く木材使用量（m^3）		17 m^3		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	150mm 厚，5 層 5 プライ，S60A，スギ		
	床	210mm 厚，5 層 7 プライ，Mx60A，スギ		
	屋根	－		
設計期間		H29.1 月～H30.2 月（14 カ月）		
施工期間		－		
CLT 躯体施工期間		－		
竣工（予定）年月日		（予定）H31.2 月末		

２．実証事業の目的と設定した課題

(1) 実証事業の目的

高層集合住宅において CLT を構造床として採用する際の構造や耐火、居住性能上の各種問題を解決し、今後、CLT が床部材（建材）としての普及・展開に資する性能データの取得と実証、設計手法の構築を目的に本事業を実施する。

(2) 設定した課題

①床材としての耐火性能上の課題

生産性の高い 2 時間耐火構造の CLT 床仕様・周辺技術の考案・検証と国土交通大臣認定の取得

②床材としての居住性能上の課題

従来の RC 造床と同等の居住性能（重量床衝撃音性能等）を確保するための仕様の考案・検証

③床材としての構造・施工上の課題

CLT パネルと鉄骨梁等との合成効果を期待できる合理的な接合方法の確立と架構への影響評価方法

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（竹中工務店）

東北支店　野村篤、木造・木質建築推進本部　松崎裕之、小林道和

東京本店設計部　宮地克彰、梅野圭介、麻生直木、花井厚周、飯田智裕

（三菱地所）

住宅業務企画部・新事業創造部　伊藤康敬、柳瀬拓也、三村翔

（三菱地所設計）

建築設計二部　名倉良起、構造設計部　石橋洋二、海老澤渉

（山佐木材）

技術本部　塩崎征男

４．課題解決の方法と実施工程

(1) 課題解決の方法

①耐火性能上の課題と解決方法

計画：性能を満足し高い生産性を確保する仕様を協議会等で考案した。

実施：耐火仕様にもとづき検証のための実験計画を行い建材試験センター等で性能確認試験を行った。

検証：実験結果の評価と目標性能の検証を行う。実用化に向けて国土交通大臣認定を取得した。

②居住性能上の課題と解決方法

計画：居住性能（重量床衝撃音・天井騒音等）を低減・満足する床仕様を協議会等で考案した。

実施：竹中技術研究所でそのデータ取得のための実験を行った。

検証：防振仕様・対策ごとの振動特性と FEM 解析、性能予測・評価手法を構築した。

③構造・施工上の課題と解決方法

計画：CLT 部材間や RC 造・鉄骨造部材との接合方法とその構造設計手法案を立案した。

実施：接合部要素試験等を通じて接合部変形追従能力等の力学データを取得した。

検証：設計手法の検証とそれらを反映した設計法を構築し、耐力・剛性や部材設計法を明確にした。

(2) 実施工程

○ 協議会の開催

平成 29 年

第 1 回（2 月）　基本条件の整理

第 2 回（2 月）　各種性能試験計画の内容確認

第 3 回（3 月）　基本計画決定、各種性能試験実施計画確認

第 4 回（4 月）　各種性能試験内容確認・決定

第 5 回（5 月）　基本設計方針確認・決定

第 6 回（6 月）　各種性能試験実施状況確認

第 7 回（8 月）　実施設計進捗確認 ※ 3 回実施

第 8 回（9 月）　実施設計進捗確認・実証事業の報告書作成方針の確認 ※ 2 回実施

第 9 回（11 月）　性能試験結果確認・検証 ※ 2 回実施

第 10 回（1 月）　実施設計内容の確認・実証事業の報告内容確認

平成 30 年

第 11 回（2 月）　実施設計内容の確認・実証事業の報告内容確認

○ 設計　平成 29 年

1 月～ 3 月：基本計画

4 月～ 5 月：基本設計

6 月～12 月：実施設計

12 月～ 2 月：構造評定

2 月：　建築確認申請、構造適合性判定

○ 性能確認　平成 29 年

（耐火性能検証）

① 3 月：　耐火予備試験

② 7 月：　耐火性能試験

（床重量衝撃音対策等性能検証）

① 4 月：　防振仕様ごとの複合スラブの指導特性把握・固有振動数、駆動点インピーダンス計測

② 9 月：　FEM 解析と各性能項目の性能予測・評価

③ 6 月,11 月：　天井部材の騒音低減効果確認実験

（構造性能・施工性能検証）

① 4 月：　CLT 床と RC 部材の接合部試験（曲げせん断試験）

② 7 月：　CLT 版間接合部試験（面内せん断試験・面外曲げ試験・合成効果確認試験）

③ 10 月：　CLT 耐震壁性能確認実験

④　１月：　柱接合部変形追従能力の検証試験

５．得られた実証データ等の詳細

３つの課題の検証・解決により、その過程と設計・施工方法等を成果物としてまとめた

成果物① CLT 床（2 時間耐火構造）の耐火被覆仕様とその性能検証結果等

成果物② 重量床衝撃音性能値に応じた防振仕様とその性能検証結果等

成果物③ 構造設計で採用した CLT 接合ディテールの力学特性値データと設計手順等

６．本実証により得られた成果

本事業による次の実用化技術①～③を用いた CLT 構造床を他の事業者でも設計および施工が汎用的に可能となり、CLT の普及・利用促進に寄与・貢献できるようになった。

汎用技術① 高い生産性を発揮する国土交通大臣認定取得（予定）の CLT 床（2 時間耐火構造）

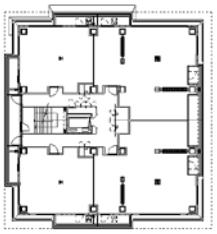
汎用技術② 各重量床衝撃音性能レベルに対しておおむね性能を満足する CLT 床の防振設計仕様

汎用技術③ 鉄骨造梁等と CLT 床を一体化する接合部の設計に必要となる特性値や設計データ

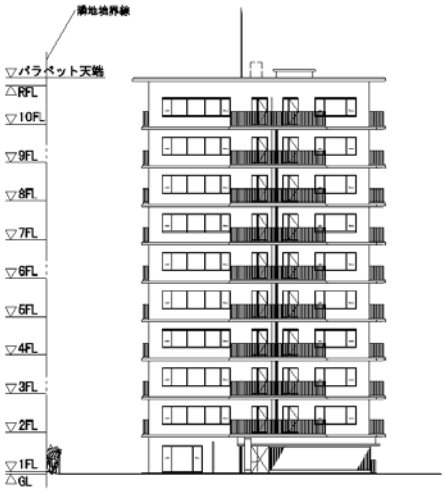
７．建築物の平面図・立面図・写真等

以下に外観パース及び基準階（2 階～5 階）の平面図、東面の立面図を示す。

外観パース



基準階（2～5 階）平面図



東面立面図

3.　成果物

3.1　せっこう系セルフレベリング材を用いた CLT スラブの耐火性能

3.1.1　試験の内容

本建物の設計において採用した CLT スラブには構造性能・耐火性能だけでなく、遮音性能、遮水や遮臭などの界床に求められる性能、良好な施工性など多くの機能を期待しており、図 3.1.1 に示すような湿式材料であるせっこう系セルフレベリング材およびトップコンクリートを用いた断面構成としている。

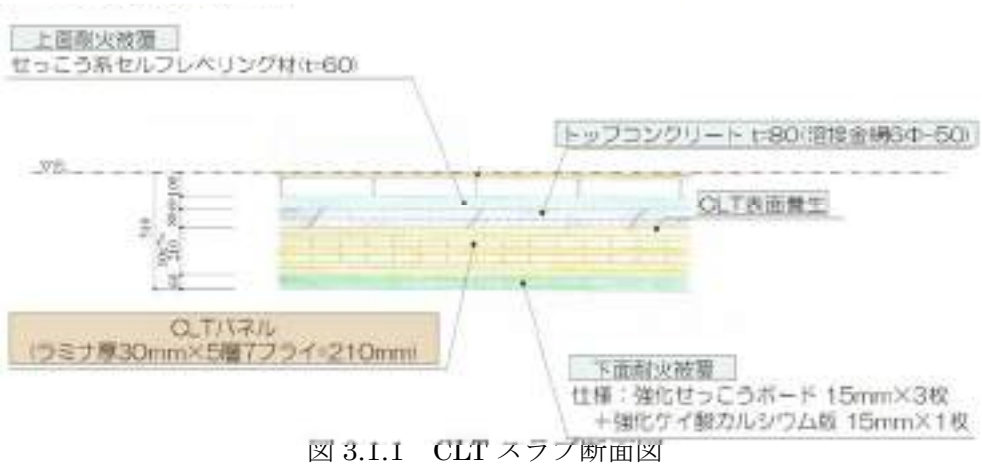


図 3.1.1　CLT スラブ断面図

本建物は 10 階建であり、6 階以下に配置される CLT スラブには 2 時間耐火性能が求められるが、今回の断面構成における耐火性能は確認されていないため、２時間耐火加熱試験を行った。

3.1.2　試験体

試験体断面図を図 3.1.2 に示す。加熱試験は、CLT スラブの上面耐火被覆としてせっこう系セルフレベリング材を 60mm の厚さで打設したものについて実施した。CLT スラブ下面の耐火被覆仕様は、せっこうボードとけい酸カルシウム版を用いた過年度の実証事業における既認定と同じとしている。

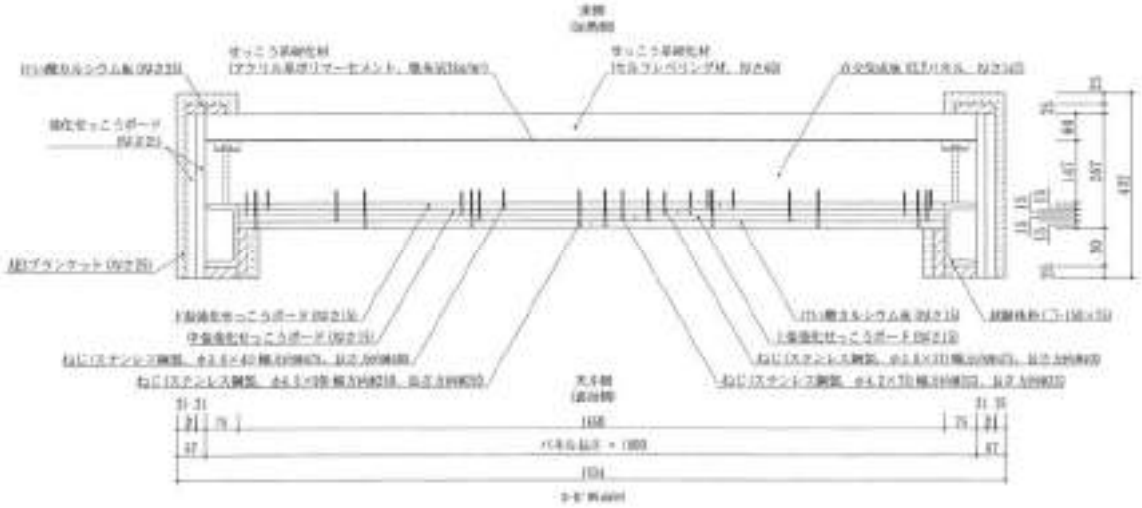


図 3.1.2　試験体断面図

3.1.3　試験方法

試験は、(一財)建材試験センターの業務方法書の耐火性能実験・評価方法に従い、図 3.1.3 に示すように 120 分の加熱を行い、加熱終了後 360 分の自然放冷を行った。その後、脱炉・試験体の解体を行い、特に加熱側の CLT 表面の変化を確認した。

なお、下面試験体については、図 3.1.4 に示すように平成 13 年国土交通省告示第 1024 号第一による座屈の許容応力から算出した長期許容応力度の相当する応力度が生じる荷重を載荷した状態で加熱を行った。このとき、材料の基準強度(曲げ)F_b=12.14N/mm$_2$(外層ラミナの曲げ強度 σ_{b_oml}=27.0N/mm$_2$)、床板の載荷方法は 3 等分 2 線荷重、支持スパンは 4,200mm とした。

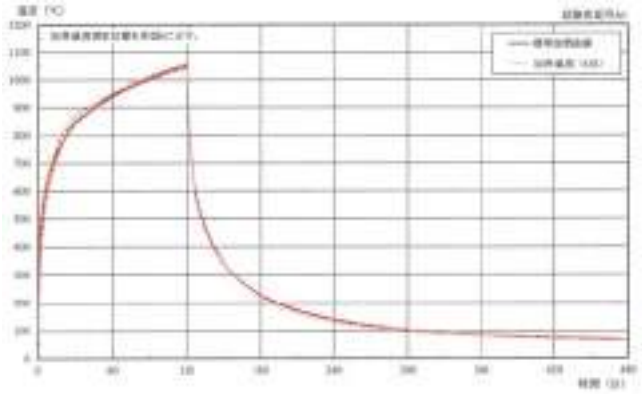


図 3.1.3　加熱曲線、炉内温度（上面加熱）

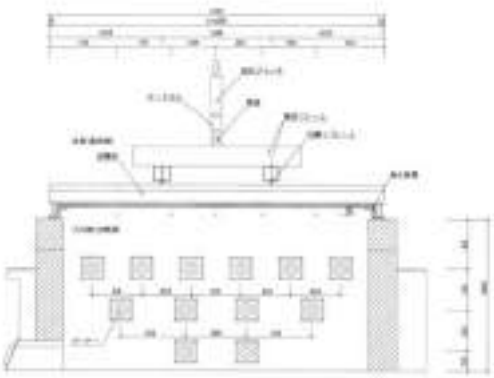


図 3.1.4　試験装置（下面加熱）

加熱開始から脱炉までの各点での温度は、図 3.1.5 に示すように、各構成要素の境界部に配置した熱電対を用いて計測した。

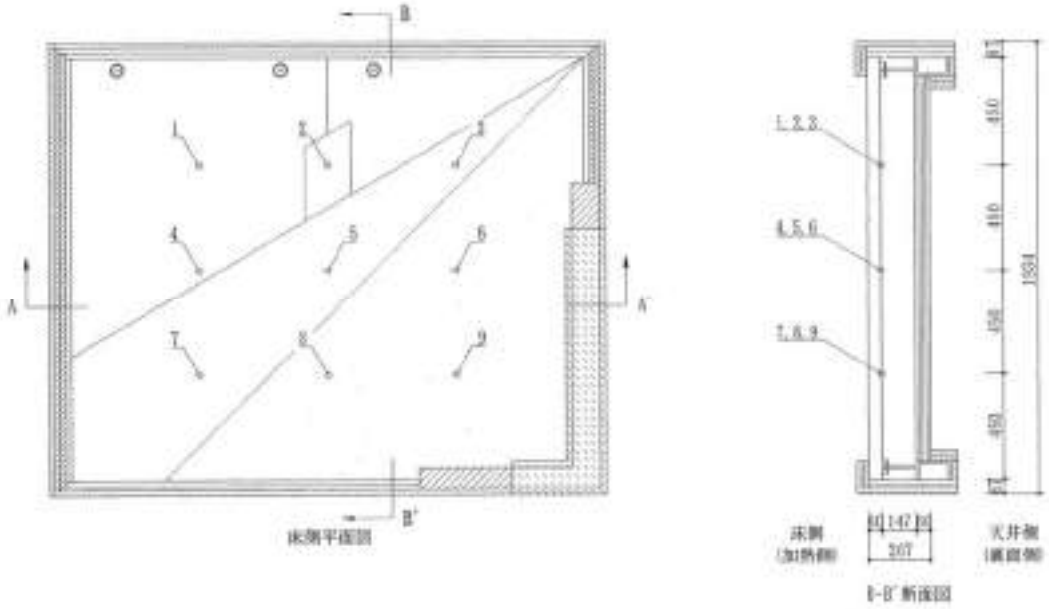


図 3.1.5　温度測定位置（上面加熱）

3.1.4　試験結果・考察

図 3.1.6、図 3.1.7 に、上面加熱および下面加熱の CLT 版の加熱側表面における内部温度の時間変化を示す。いずれの場合もピーク時点で材料の発火点である 260℃を下回っており、CLT 表面の炭化も確認されなかった。この実験結果より、本試験体の CLT スラブとしての構成は 2 時間耐火性能を有していることを確認した。

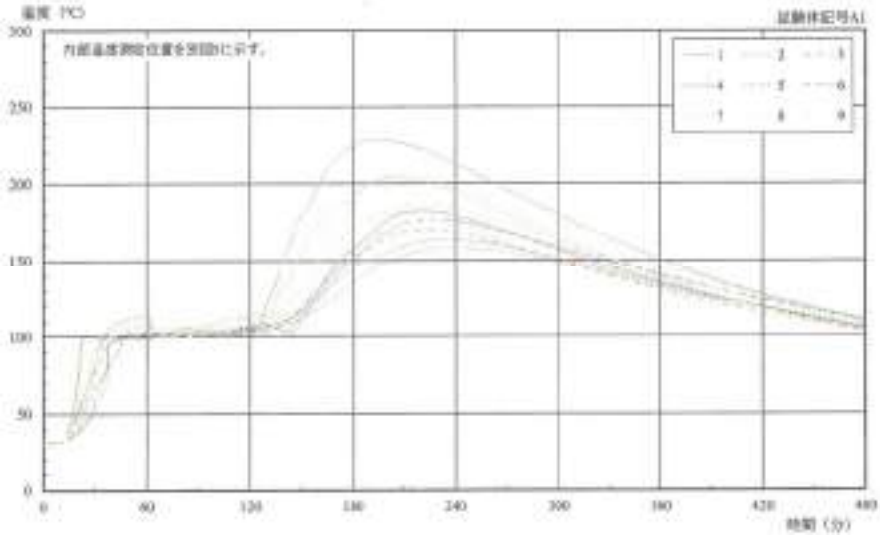


図 3.1.6　（上面加熱）せっこう系セルフレベリング材－CLT 版境界部　内部温度

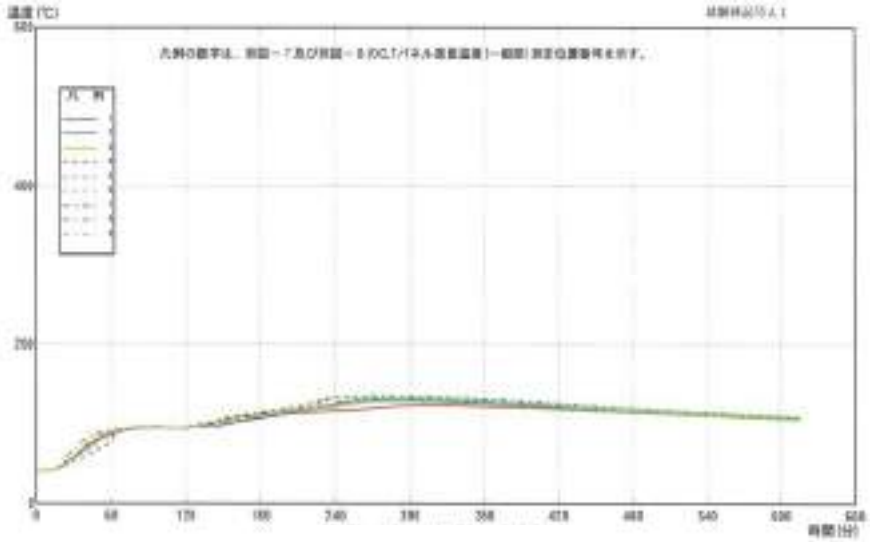


図 3.1.7　（下面加熱）せっこうボード－CLT 版境界部　内部温度

3.1.5　上面耐火被覆のバリエーションについて

前述した耐火試験では上面耐火被覆の仕様をせっこう系セルフレベリング材のみとしたが、せっこう系セルフレベリング材と CLT 版の間にトップコンクリートを打設したもの、さらにトップコンクリートと CLT 版の間に、制振材料（発砲ポリエチレンまたは普通合板 8 枚）を配置した断面構成に関して性能検証試験を別途行い、同様に 2 時間耐火性能を有することを確認した。

3.2.　CLT 床の振動性状

3.2.1　振動性状実験

CLT を用いた複合材による床版については、振動性状が明確になっていない。そこで、重量床衝撃音や歩行振動の解析モデルに反映することを目的として、平面寸法の長辺が 3,600 ㎜、短辺が 1,000mm で断面構成の異なる試験体 5 体について振動性状の確認を行った。断面構成を図 3.2.1 に、実験状況を写真 3.2.1 に示す。せん断キーの有るものを試験体①、無いものを試験体②とした。試験体③の防振材にはシロマーブロックを用いた。試験体④には後述の積層制振パネルを 4 層、試験体⑤には 8 層用いた。

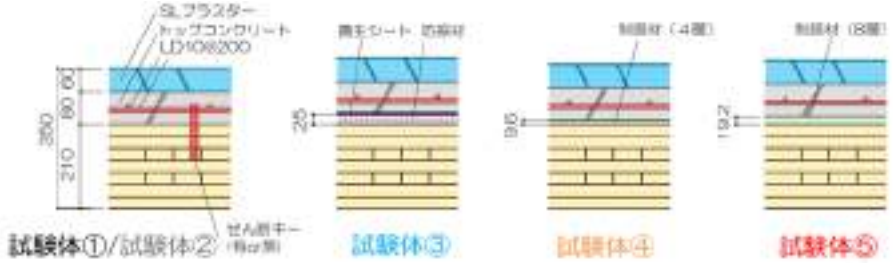


図 3.2.1　各試験体の断面構成

写真 3.2.1　実験状況

長辺の両端から 300mm ずつ中心寄りの 2 箇所で試験体を支持し、インパルスハンマーにより試験体中央に衝撃を与え、インパルスハンマーから得られる加振力と、試験体中央の床上および床下に設置した加速度センサーから得られる加速度を同時に測定した。次に、加速度応答を加振力で除算し、振動数ごとに試験体のアクセレランスを算出した。また、加速度の自由減衰波形から、減衰定数を求めた。

図 3.2.2 に、アクセレランスの測定結果を示す。試験体①と②のアクセレランスに大きな違いはなく、せん断キーの有無による顕著な影響はみられなかった。試験体③では、100Hz 以上の帯域において、アクセレランスが大きく低減される結果となり、全試験体の中で最も大きな振動低減効果が確認された。試験体④および⑤では、400Hz 以上の帯域においてアクセレランスが低減され、制振材の積層数が多いほど効果が増えることも確認できたが、重量床衝撃音で問題となりやすい 63Hz 帯域や 125Hz 帯域での効果は確認できなかった。

図 3.2.3 に、試験体中央を加振した時の自由減衰波形例（試験体②）を示す。試験体②の一次固有振動数は 40Hz であった。減衰定数は 0.7%であり、過去にコンクリート単板の試験体で測定した減衰定数と同程度の値であったことから、解析では RC スラブと同等程度の減衰定数を見込むこととした。

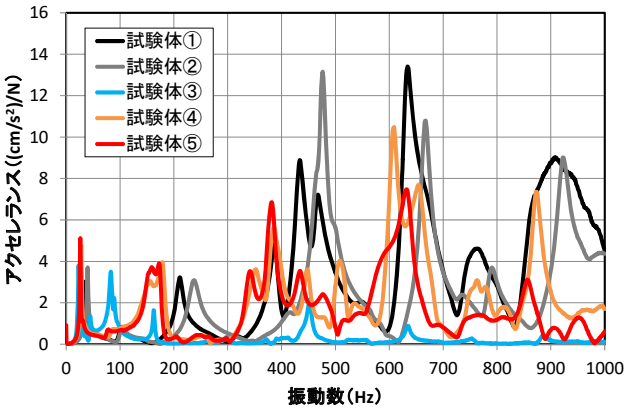


図 3.2.2　アクセレランスの測定結果

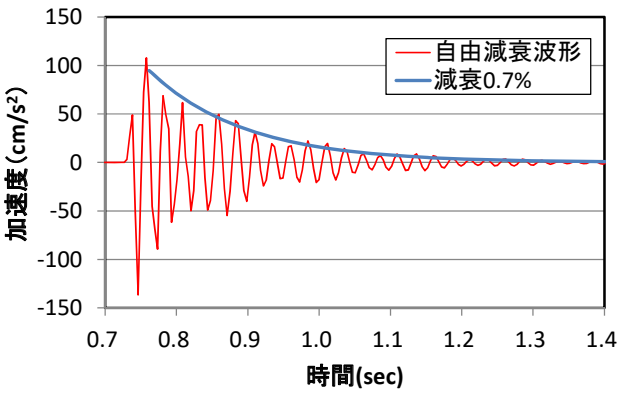


図 3.2.3　自由減衰波形例(試験体②の場合)

3.2.2　重量床衝撃音予測

過去に事例のない床構造に対して、重量床衝撃音の予測値(目安)を把握するために有限要素解析を行った。図 3.2.4 に、解析モデル図を示す。同一の断面形状で固有振動数と質量が等価となる剛性、密度を解析モデルの諸元として設定した。減衰については、RC スラブと同等程度の減衰定数を見込んだ。

図 3.2.5 に、重量床衝撃音の予測結果を示す。L 数は 48～57 の範囲であった。完全に同じ断面構成での事例はないものの、既往の CLT 床版の重量床衝撃音のデータの傾向から大きく逸脱しない結果が得られた。本結果は、目安として示すものであり性能を保証するものではない。躯体完成の段階で、床衝撃音を測定により確認する必要があると考えられる。

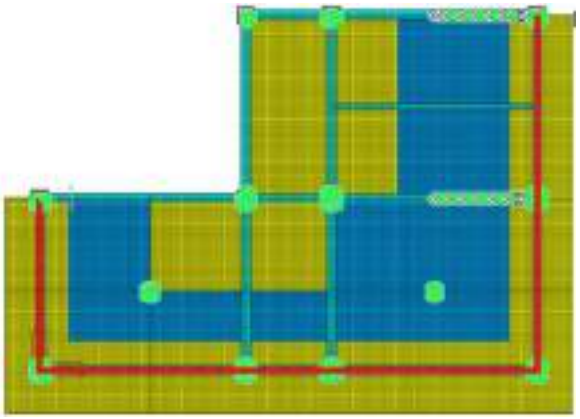


図 3.2.4　解析モデル図（MIDAS）

図 3.2.5　重要床衝撃音の予測結果

3.2.3　歩行振動予測

重量床衝撃音の予測結果で最も大きな L 数が示された図 3.2.4 および図 3.2.5 の左下の住戸について、有限要素解析による歩行振動予測を行った。図 3.2.6 に、1 次固有振動数（40Hz）のモード図を示す。モード振幅が最大値を示した点に歩行加振力を入力した際に生じる加速度を、居住性能評価指針（日本建築学会）の評価指標に照合した。図 3.2.7 に、結果を示す。人間の知覚閾を意味する V-10 を大きく下回っていることから、床躯体において歩行振動が問題となる可能性は低いと考えられる。

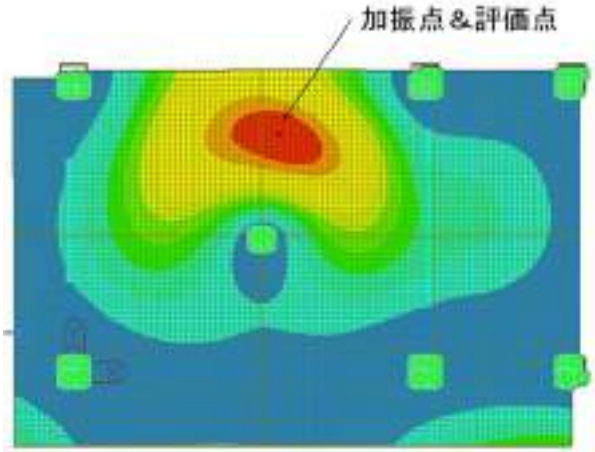


図 3.2.6　モード形状（1 次固有振動数：40Hz）

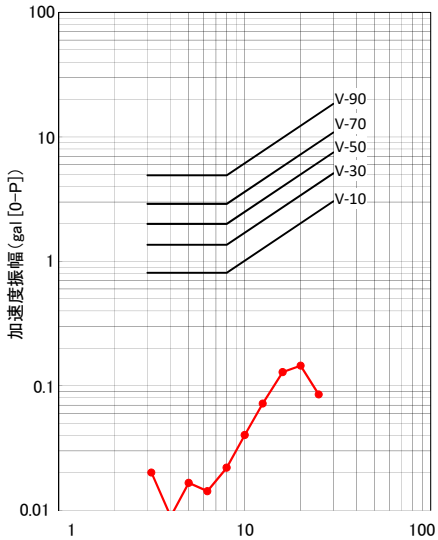


図 3.2.7　歩行振動の予測結果

3.2.4　制振天井効果確認実験

(1) 制振天井の概要

重量床衝撃音については、3.2.2 にて予測結果を示した。しかしこれは、過去に事例のない床構造に対する予測であり、建物完成時の性能に対する確証を得ることが難しかったため、天井仕上げによって床衝撃音を低減できる可能性の模索として、開発中の技術である積層制振天井の効果確認実験を行うこととした。

積層制振天井とは、従来の天井の構成における石膏ボードを、揺れにくい積層制振パネルに置き換える工法である。図 3.2.8 に、積層制振パネルの断面構成を示す。パネルは、t=4 ㎜のベニヤ板と養生シートで構成される。ベニヤ板に養生シート 3 枚を挟んだものを 1 層とカウントし、1 層、2 層、4 層、8 層と層数の異なる条件で、竹中工務店技術研究所における試験施工、効果確認を行った。その結果、一般社団法人建材試験センターで実施する本試験の断面として、下地、合板(t=8 ㎜)、積層制振(4 層)、石膏ボード(t=9.5 ㎜)を採用することとした。

図 3.2.9 に、制振鋼板の制振原理を示す。制振鋼板は、拘束材と、拘束材に挟まれた制振材で構成され、振動により生じる制振材のずり変形によるエネルギー吸収を原理に制振ものであるとしている。本技術は、3 層構造を有する養生シート 3 枚を用いることで、1 層あたり 10 箇所の境界面を持つ多重積層構造を有しており、4 層 40 箇所の各箇所で生じるずり変形によって振動を吸収させようとするものである。

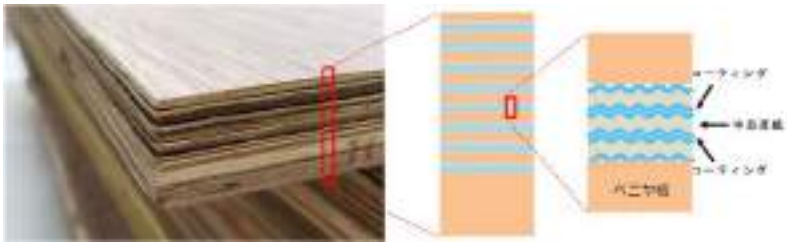


図 3.2.8　積層制振パネルの断面構成

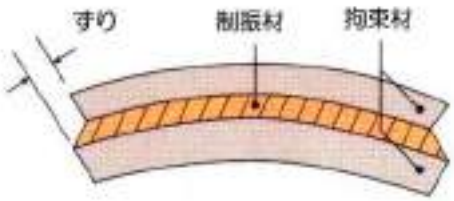


図 3.2.9　制振の原理

(2) 効果確認実験

建材試験センターの残響室(コンクリート床版 t=150 ㎜)において、重量床衝撃音の低減効果確認実験を行った。写真 3.2.2～写真 3.2.5 に試験体の施工状況を示す。衝撃源はバングマシンとゴムボールの 2 種類とし、JIS に則って重量床衝撃音を測定した。試験体は、天井仕上げ施工前“天井素面”、石膏ボード(t=9.5 ㎜)1 枚のみを下地に貼りつける“従来天井”、(1)にて述べた“制振天井”、の 3 仕様とした。

図 3.2.10 に、重量床衝撃音の測定結果を示す。図には、主に重量床衝撃音で性能決定帯域となる 63Hz と 125Hz の 2 つの帯域の A 特性重み付けオクターブバンド床衝撃音レベルを抜粋し、衝撃源ごとに分類して結果を示した。

63Hz 帯域では、どちらの衝撃源においても、天井素面に従来天井が施工されることで約 5dB、床衝撃音が大きくなった。また、従来天井に比べて制振天井の方が約 3～4dB 小さい値となった。

125Hz 帯域では、天井素面に従来天井が施工されることで微増または約 3dB の低減がみられた。また、従来天井に比べ制振天井の方が約 5～6dB 小さい値となった。

以上より、制振天井を用いることで、従来天井を施工する場合に比べて、63Hz 帯域で 3～4dB、125Hz 帯域で 5～6dB の低減効果が得られる可能性があることを示すことができたと考える。

写真 3.2.2　天井下地施工状況

写真 3.2.3　積層制振パネル施工状況

写真 3.2.4　石膏ボード施工状況

写真 3.2.5　試験体完成状況

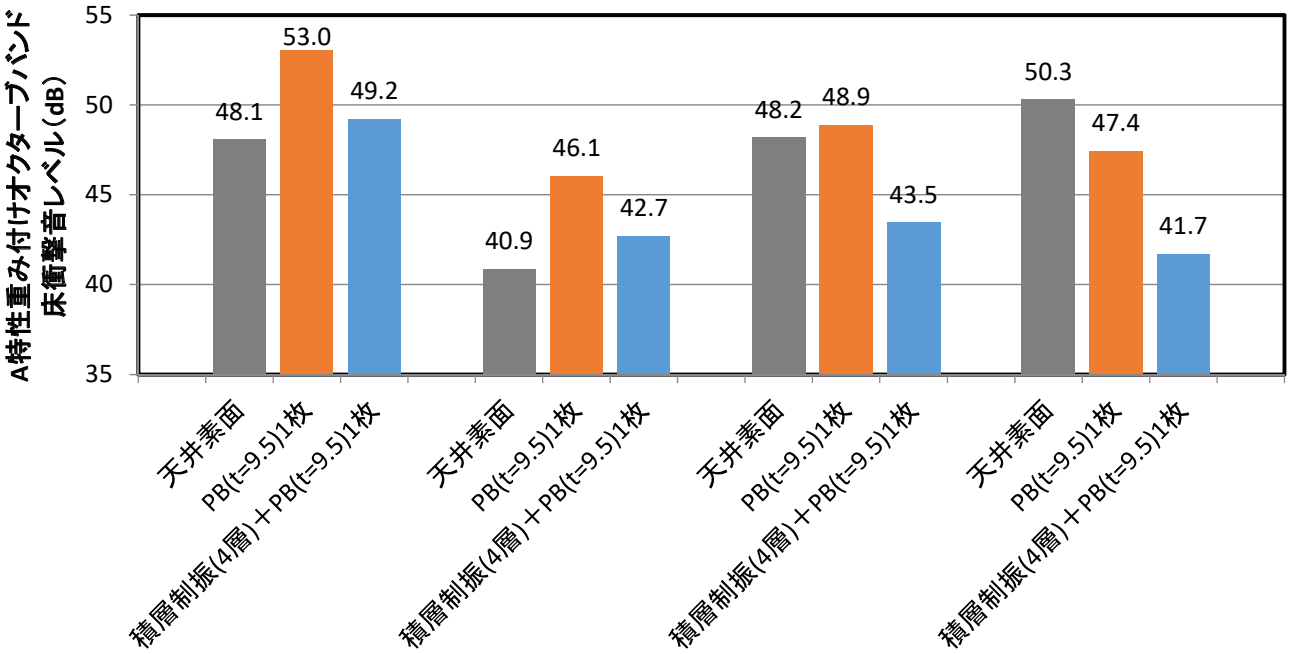


図 3.2.10　重量床衝撃音の測定結果

3.3 構造実験

当該建築物で新たに使用される CLT を利用した新しい構造技術について実験を行い，その構造性能を明らかにした。

ここでは，CLT 床板接合部実験，CLT 合成床曲げ実験，CLT 合成床を用いた合成梁実験，CLT 合成床を用いた合成梁の構造実験，CLT 耐震壁構造実験，集成材柱-CLT 合成スラブの構造実験についてまとめる。

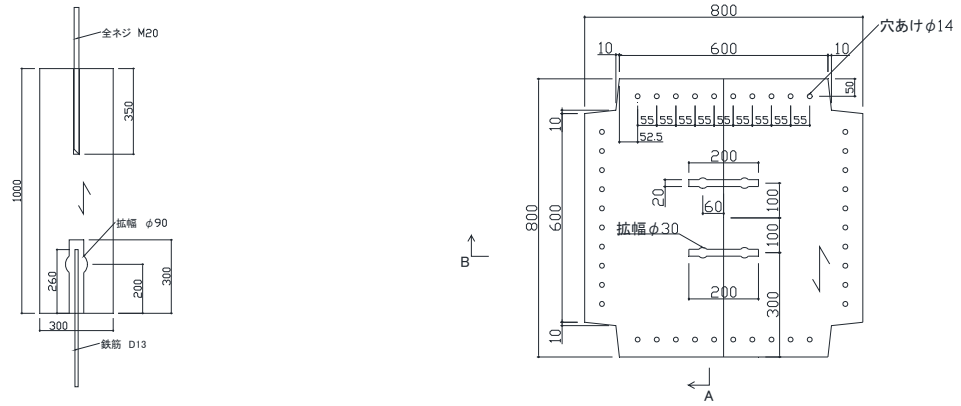
3.3.1　CLT 床板接合部実験　概要

3.3.1.1　実験の目的

CLT 床板接合部の仕様を決定し，その性能を明らかにするため CLT 床板接合部実験を行った。まず接合部の仕様を決定するため要素実験を行い，この結果をもとに決定された実際の CLT 床板接合部について，せん断実験を実施しその性能を明らかにした。

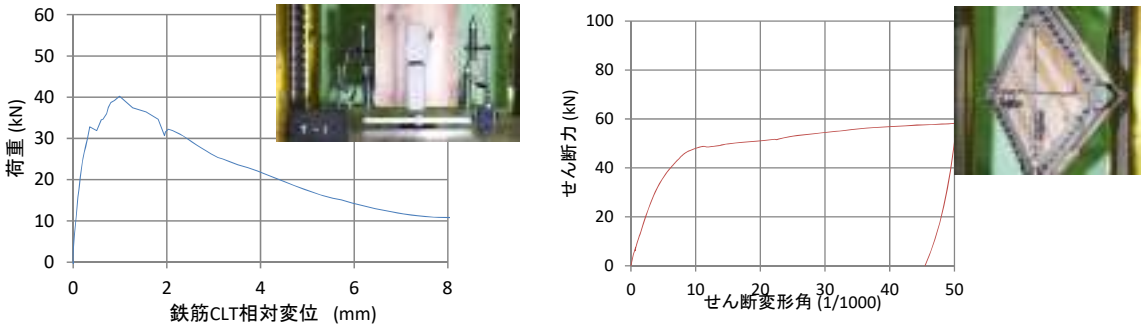
3.3.1.2　接合部要素実験

要素実験では引張要素実験とせん断要素実験を行った。ぞれぞれの代表的な試験体の形状を図 3.3.1 に，代表的な実験結果を図 3.3.2 に示す。これらの実験結果をもとに，実際の接合部形状を決定した。



a）引張要素実験試験体　　b）せん断要素実験試験体

図 3.3.1　接合部要素実験試験体



a）引張要素実験結果（T-1）　　b）せん断要素実験結果（S-1）

図 3.3.2　接合部要素実験結果

3.3.1.3　接合部せん断実験

要素実験の結果をもとに決定された接合部の形状の代表例を図 3.3.3 に示す。それぞれ H 形鋼の大梁上部で接合するタイプと CT 小梁上で接合するタイプである。この形状を模した試験体(図 3.3.4)を用いて，せん断実験を行った。

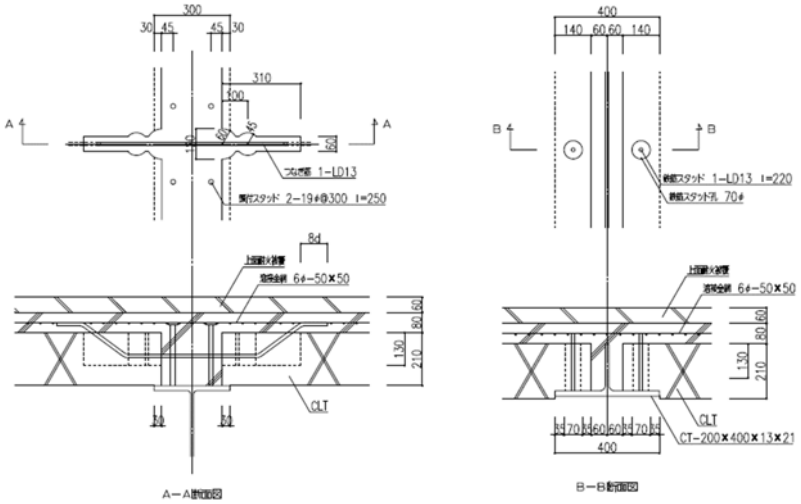
接合部せん断実験の結果を図 3.3.5 に示す。H 形鋼梁上タイプは，中央部コンクリートのひび割れによ

り接合部耐力が決定し，実験結果より終局耐力を 30kN とし，その 2/3 を短期許容耐力とした。CT 小梁上タイプは，スタッドの破断で接合部耐力が決定したため，スタッドのせん断耐力式(式 1)で接合部の終局耐力を算定することとした。

$$q_s = 0.5\,{}_{sc}a\sqrt{F_c \cdot E_c} \qquad \text{(式 1)}$$

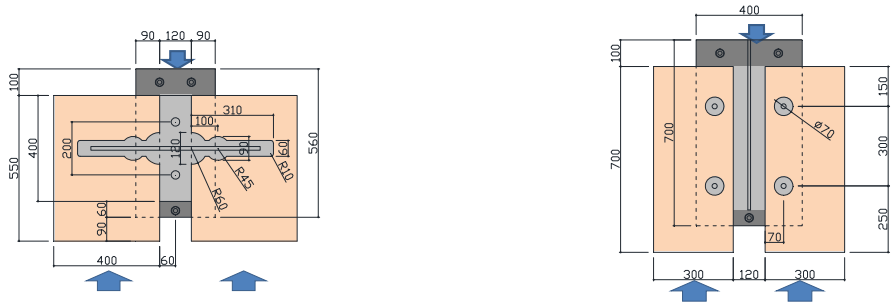
q_s：スタッドのせん断耐力　　${}_{sc}a$：スタッドの軸部断面積

F_c：コンクリートの設計基準強度　E_c：コンクリートのヤング係数



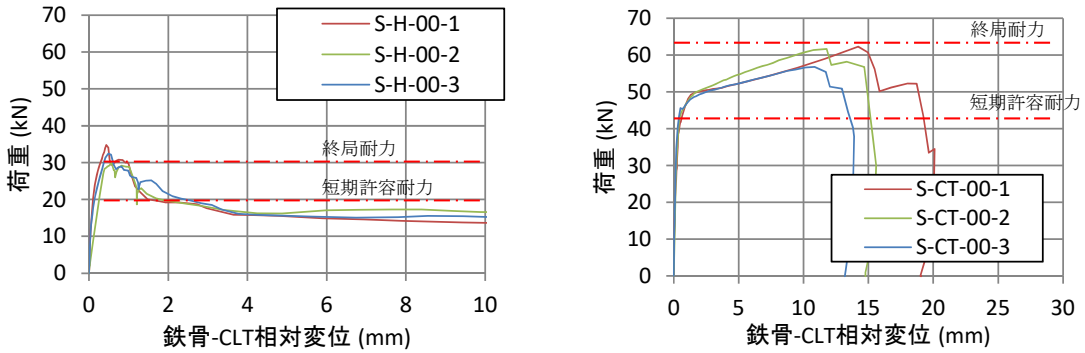
(1) H 形鋼梁上部　　(2) CT 小梁上部

図 3.3.3　実際の接合部形状の代表例



a）H 形鋼梁上タイプ　　b）CT 小梁上タイプ

図 3.3.4　接合部せん断実験試験体図



a）H 形鋼梁上タイプ（抜粋）　　b）CT 小梁上タイプ（抜粋）

図 3.3.5　接合部せん断実験結果

a）H 形鋼梁上タイプ（S-H-00-1）

b）CT 小梁上タイプ（S-CT-00-1）

図 3.3.6　接合部せん断実験　最終破壊状況

3.3.2　CLT 合成床の曲げ実験（要素試験）　概要

3.3.2.1　実験の目的と概要

CLT 合成床（図 3.3.7）のせん断キーの種類をパラメーターとして曲げ試験を行うことでそれぞれの合成効果を確認し、泉計画に採用するせん断キーを決定した。せん断キーは、ドリフトピン・ラグスクリュー・CLT 切欠きによるシアコッターとした。

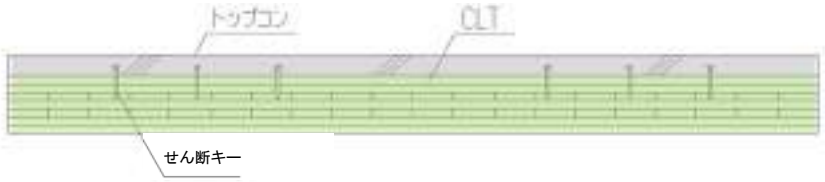


図 3.3.7　CLT 合成床の構成

3.3.2.2　実験結果

ラグスクリューを用いた場合、高い合成効果が得られるとともに安定した挙動を示した。したがって、泉計画においてはせん断キーとしてラグスクリューを採用することとした。

写真 3.3.1 試験体 3 全景（最終破壊時）

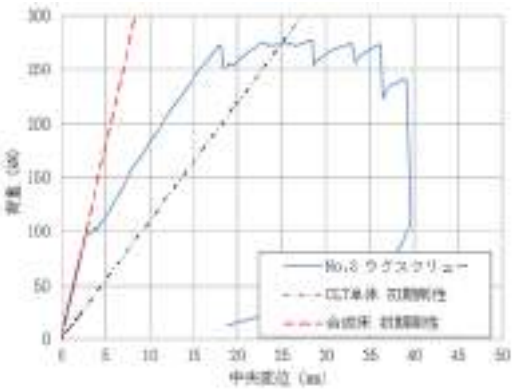


図 3.3.8 試験体 3　荷重-中央変位関係図

3.3.3　CLT 合成床の曲げ実験　概要

3.3.3.1　実験の目的と概要

本実験では、CLT 合成床のせん断キー（ラグスクリュー）のピッチや埋め込み長さをパラメーターとしてそれぞれの合成効果を確認した。CLT スラブの設計の余裕度を把握する。（泉計画においては、CLT 合成床部分は CLT のみで設計を行い、コンクリートが取りつくことによる合成効果は余力として考えることとしている）

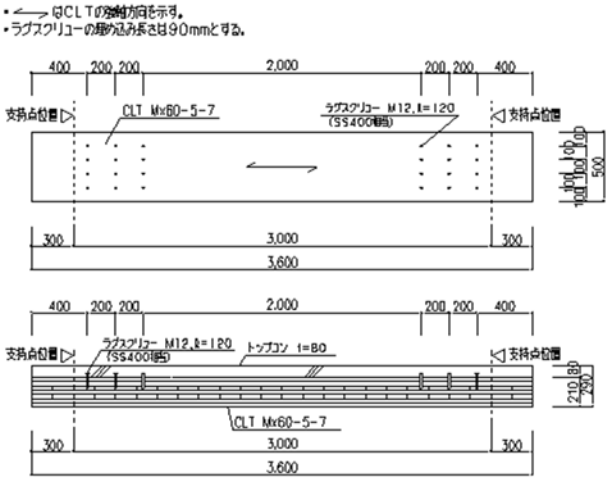


図 3.3.9　試験体 詳細図（B-01）

3.3.3.2　実験結果

試験体破壊時には合成床の合成効果が失われていると考えられるため、最大耐力はせん断キーの仕様にかかわらず、CLT 単体の耐力によって決まると考えられる。

せん断キーの列数、埋め込み長さと剛性低下開始時の荷重点には相関関係がみられるが、剛性増大率には相関がみられない。

写真 3.3.2 B-01 試験体　せん断破壊状況

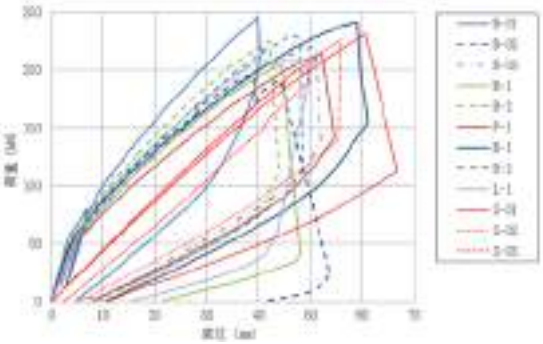


図 3.3.10 CLT 合成床　荷重-変形関係

3.3.4　CLT 合成床を用いた合成梁の構造実験

3.3.4.1　実験の概要

CLT 合成床と鉄骨梁を組み合わせた合成梁の実大試験体に対して曲げ試験を行い、合成梁に正曲げが働く場合の剛性・耐力を把握した。梁部材は H 形鋼梁および CT 形鋼梁の 2 種類とし、それぞれに対して、CLT 架設方向（強軸方向）と梁材軸方向の関係をパラメーターとした。

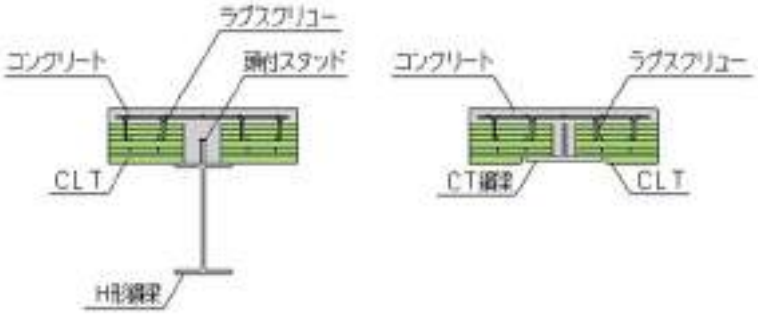


図 3.3.11　合成梁の構成（左：H 形鋼梁　右：CT 形鋼梁）

3.3.4.2　実験結果

CLT はH 形鋼梁との合成梁の構造性能にはほとんど寄与せず、CLT を無視した合成梁と同等の性能であることが確認された。CT 鋼梁との合成梁は、CLT の架設方向によって剛性、耐力が異なることが確認された。特に、梁材軸と CLT 強軸を平行とし、スパン内で CLT パネルが分割されない場合は剛性、耐力が大きく向上した。

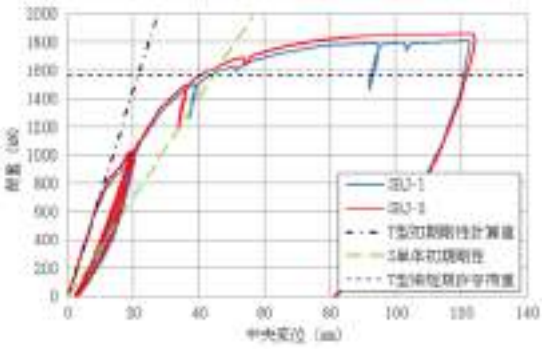


図 3.3.12 SBJ-1,2　荷重-変形関係

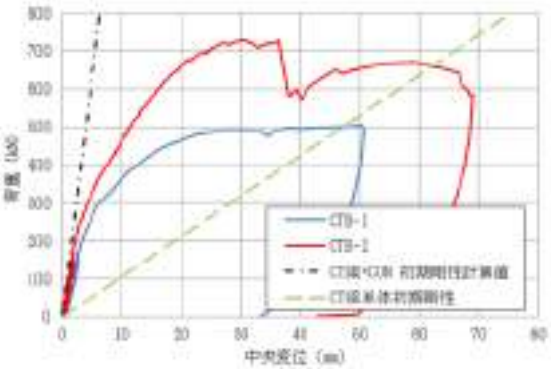


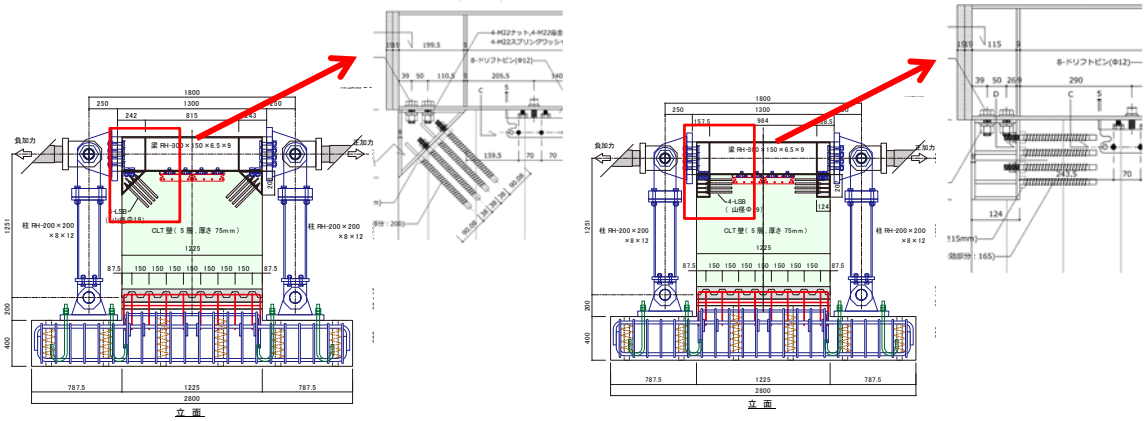
図 3.3.13 CTB-1,2　荷重-変形関係

3.3.5　CLT 耐震壁の構造実験

3.3.5.1　実験の目的と概要

鉄骨造建物に CLT 耐震壁が使用された例はこれまでにない。そこで CLT と鉄骨フレームとの接合方法を検討し，CLT 耐震壁の構造性能を検証するため 1/2 スケールの CLT 耐震壁試験体を用いての構造実験を行った。また実験結果をもとに復元力モデルを設定した。

図 3.3.14 に試験体形状を示す。試験体は 2 体で，いずれも CLT 壁と鉄骨梁の接合部は LSB とドリフトピンを用いた金物を併用し，RC との接合部は CLT を凹凸加工し直接コンクリートに打ち込む形状とした。2 体の試験体は鉄骨梁との LSB 接合の形状が異なる。



a）試験体 IW-01　　b）試験体 IW-02

図 3.3.14　試験体形状

3.3.5.2　実験結果と復元力特性の設定

実験結果より抜粋して図 3.3.15 に試験体 IW-01 の荷重変形関係を，写真 3.3.3 に試験体最終状況を示す。いずれの試験体も CLT 下部の RC との接合部が損傷したことにより耐力が低下し，最終的な破壊に至った。鉄骨梁との接合部には目立った損傷は生じなかった。

この実験結果をもとに設定した復元力特性を図 3.3.16 に示す。復元力特性はスリップ型バイリニア曲線とし，折れ点を変形角 6.0/1000rad に設定した。

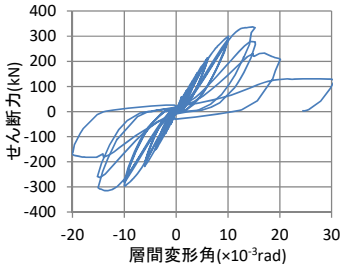


図 3.3.15　荷重変形関係
(IW-01)

写真 3.3.3　試験体最終状況

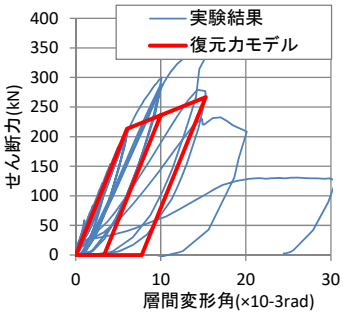


図 3.3.16　復元力特性
(IW-01)

3.3.6　集成材柱-CLT 合成スラブ接合部の構造実験

3.3.6.1　　実験の概要

CLT 合成床と CT 鋼梁および集成材柱からなる架構の縮小試験体に対して水平載荷試験を行い、水平力作用時の架構の力学性状を把握することで、集成材柱材端をピン接合として設計するという設計上の仮定の妥当性を確認した。

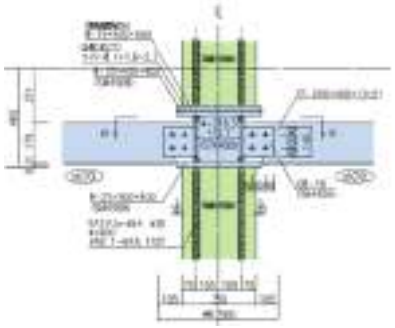


図 3.3.17 集成材柱-スラブ接合部詳細図

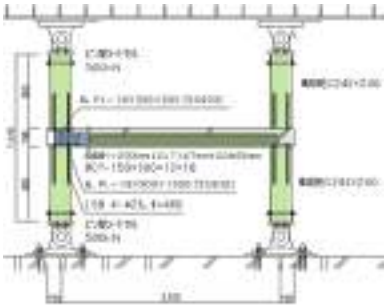


図 3.3.18　試験体図

3.3.6.2　実験結果

泉計画において集成材柱-CLT 合成床架構の周辺に配置される鉄骨架構のせん断剛性に比べて非常に小さいことが確認された。従って、集成材柱の材端をピン接合として設計しても問題ないと考えられる。また、載荷終了時点で集成材・CLT および CT 形鋼梁は弾性範囲内にあると考えられる。

写真 3.3.4　試験体最終状況

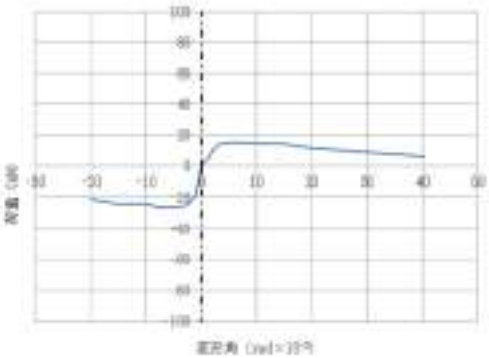


図 3.3.19 試験体スケルトンカーブ

3.4　構造設計

3.4.1　構造設計方針

3.4.1.1　建物全体の構造設計方針

本建物の基準階平面図を図 3.4.1 に、代表的な軸組図を図 3.4.2 に示す。

また、それぞれ図中に木質系部材の配置を示す。CLT スラブを 4 階～10 階に、CLT 耐震壁を 1 階～5 階に、燃エンウッドを 2 階～10 階に配置している。

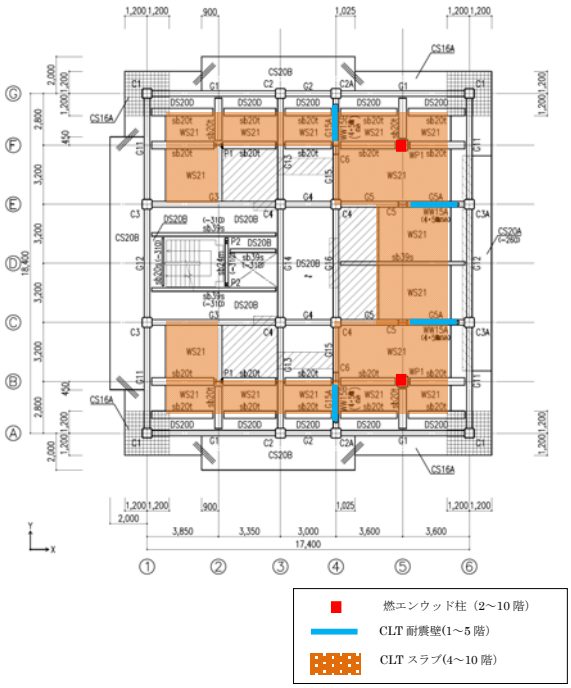


図 3.4.1　基準階平面図

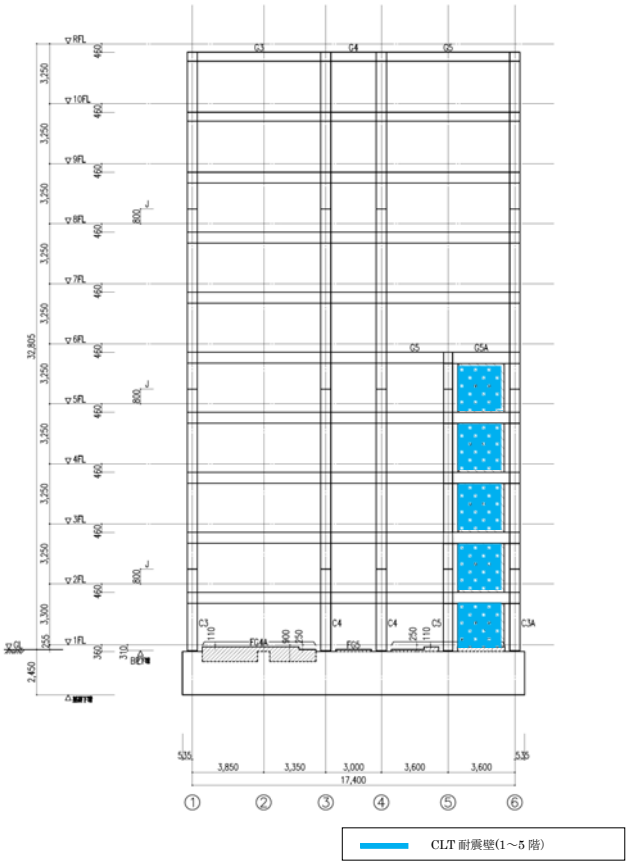
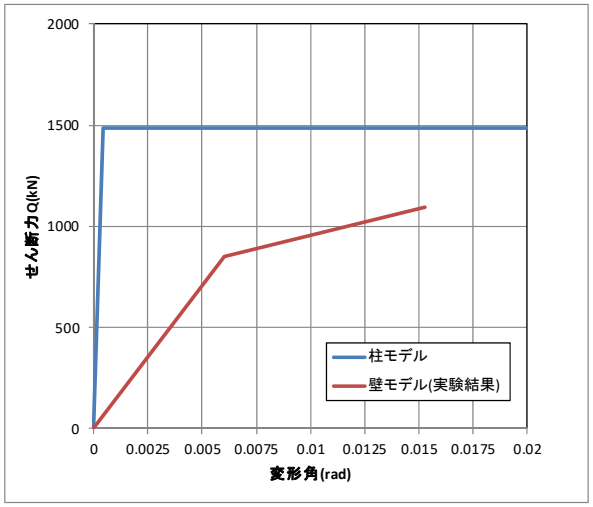


図 3.4.2　C 通軸組図

構造設計ルートはルート 3 とし、地震力の 100%を鉄骨フレームに負担させる設計としている。また、1～5 階には水平耐力を付加的に与える CLT 壁を X、Y 方向それぞれ 2 構面ずつ配置しており、これらを考慮した 1 次設計および 2 次設計を併せて行い、両ケースにおいて建物全体が構造上安全であることを確認した。

3.4.1.2　CLT 耐震壁のモデル化と Ds 値の評価について

CLT 耐震壁の周辺部材（壁の上下大梁および左右の柱）を安全側の設計とするため、CLT 耐震壁のモデル化は地震時せん断力分担率が大きくなる、すなわち周辺部材の設計用応力が大きくなる方法で行うこととした。柱として主に曲げ剛性を与えてモデル化した場合と、壁として主にせん断剛性を与えてモデル化した場合の両者の復元力特性の比較を図 3.4.3 に示す。これより、CLT 耐震壁は剛性・耐力ともに高い間柱モデルとしてモデル化を行った。



CLT耐震壁の諸元		
壁長さ	[mm]	2475
壁厚	[mm]	150
壁高さ	[mm]	2240
CLTの構成		スギ、Mx60-5-5
柱モデル		
曲げヤング係数	[N/mm2]	3600
壁の断面二次モーメント	[mm4]	1.90E+11
第一剛性	[kN/rad]	3.26E+06
最大耐力 (τ=4.0N/mm2相当)	[kN]	1485
壁モデル（実験結果）		
降伏変形角	[rad]	0.006
終局変形角	[rad]	0.0153
降伏せん断力	[kN]	852
終局せん断力	[kN]	1092
第一剛性	[kN/rad]	1.42E+05
第二剛性	[kN/rad]	2.32E+04

図 3.4.3　CLT 耐震壁のモデル方法による復元力特性の比較

CLT 耐震壁は、構造実験結果より 15×10^{-3}rad までは設定した復元力特性に対して安定した履歴ループを描いており、最終的な破壊性状は壁版の凹凸加工が曲げ変形することによる靭性的な性状であった。したがって、CLT 耐震壁を配置した架構の保有耐力計算時の Ds は鉄骨造の値を用いた。図 3.4.4 に、CLT 耐震壁を有効・無効とした場合の Qu/Qun のグラフを示す。両ケースにおいて、保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回っていることを確認した。

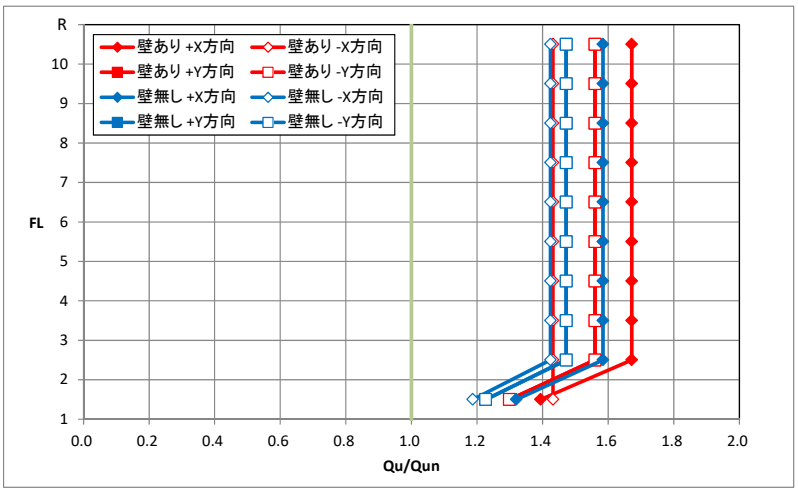


図 3.4.4　各階の保有水平耐力

3.4.1.3　CLT スラブの設計

本建物に使用する CLT スラブの概要を以下に示す。図 3.4.5 に基準階の CLT スラブの版割と接合部配置を、図 3.4.6 に CLT スラブの断面図を、表 3.4.1 に CLT スラブ周辺接合部の姿図と耐力を示す。

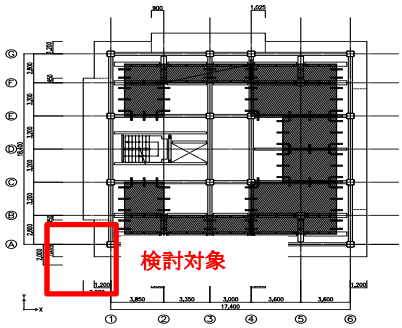


図 3.4.5　CLT スラブ版割図

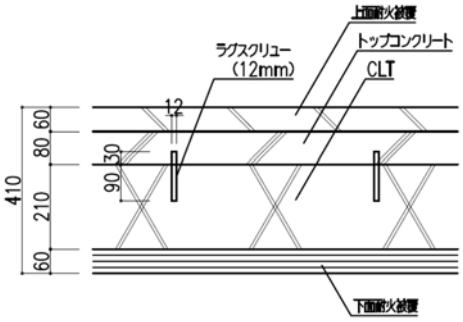
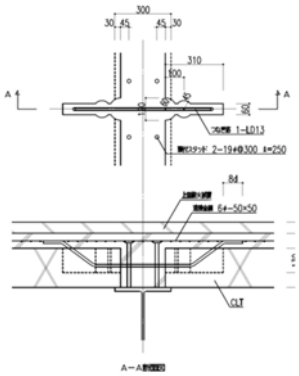
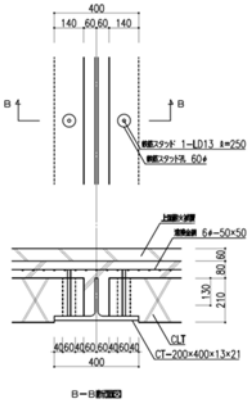


図 3.4.6　CLT スラブ断面図

表 3.4.1　CLT スラブ周辺接合部の形状と耐力

名　称	溝タイプ(□、■)	丸孔タイプ(○)
姿　図		
最大耐力	30kN/箇所	64.9kN/箇所
短期許容応力度	20kN/箇所	43.3kN/箇所

(a)　CLT スラブの面外力に対する設計

CLT スラブの面外の曲げ・せん断に対しては、実験により CLT とトップコンクリートとの一体化により、長期荷重レベルにおいて一定の合成効果が見られたが、本設計では安全側のため、CLT のみで長期許容応力度以内であることを確認する方針とした。その際、図 3.4.7 に示すように周辺接合部の切削加工が施されている部分の幅を除いた有効幅を用いて断面性能を算出した。

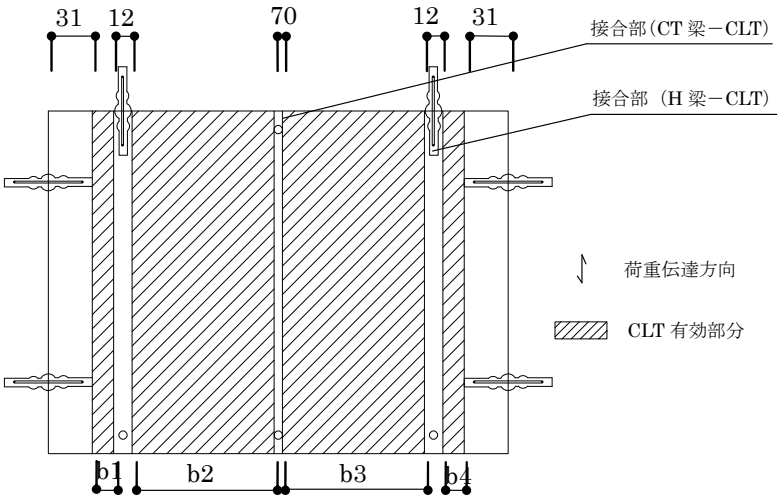


図 3.4.7　CLT スラブの有効幅の取り方

図 3.4.7 に示す CLT スラブの検討結果を代表として表 3.4.2 に示す。全ての CLT スラブについて、長期許容応力度以内であること、たわみが制限値以下であることを確認した。

表 3.4.2　CLT スラブ断面算定表

	検討箇所		①
一般	CLT構成		Mx60-5-7-210-強軸
	CLT総厚	[mm]	210
	CLT板幅	[mm]	2850
	CLT有効幅	[mm]	1870
基準強度	圧縮強度	[N/mm^2]	10.4
	引張強度	[N/mm^2]	7.7
	積層方向の曲げ強度	[N/mm^2]	12.1
	幅方向の曲げ強度	[N/mm^2]	10.4
	積層方向のせん断強度	[N/mm^2]	0.9
	幅方向のせん断強度	[N/mm^2]	2.7
弾性係数（平均）	圧縮	[N/mm^2]	3,857
	引張	[N/mm^2]	3,857
	積層方向の曲げ	[N/mm^2]	5,536
	幅方向の曲げ	[N/mm^2]	3,857
	積層方向のせん断	[N/mm^2]	41
	幅方向のせん断	[N/mm^2]	500

積層方向の曲げ	単位面積当たりの床荷重	[N/mm^2]	7.49
	想定スパン	[m]	3.20
	中央曲げモーメント（両端単純支持）	[kNm]	27.3
	断面係数(有効幅)	[mm^3]	13,744,500
	曲げ応力度 σb（単位幅当り）	[N/mm^2]	1.1
	長期許容曲げ応力度（単位幅当り）	[N/mm^2]	4.5
	検定比		0.24
	判定		OK
積層方向のせん断	パネルに作用するせん断力	[kN]	12.0
	CLTせん断応力（単位幅当り）	[N/mm^2]	0.03
	長期許容せん断応力度（単位幅当り）	[N/mm^2]	0.33
	検定比		0.09
	判定		OK
たわみ	弾性たわみ(曲げ成分)	[mm]	3.65
	弾性たわみ(せん断成分)	[mm]	2.01
	弾性たわみ(合計)	[mm]	5.66
	変形増大係数		2.0
	変形角(長期たわみ)	[rad]	1/283
	判定		OK

(b)　CLT スラブの面内力に対する設計

CLT スラブに発生する面内力は、全てトップコンクリートにより鉄骨架構に伝達させる計画とした。付加的に、「(CLT の自重+CLT から支持する仕上・設備）×1.0G」の水平力が CLT 版および、先に示した表 3.4.2 に示す周辺接合部により隣接する部材に伝達可能であることを確認した。検討対象とした CLT 版の配置を図 3.4.8 に、検討結果を表 3.4.3 に示す。

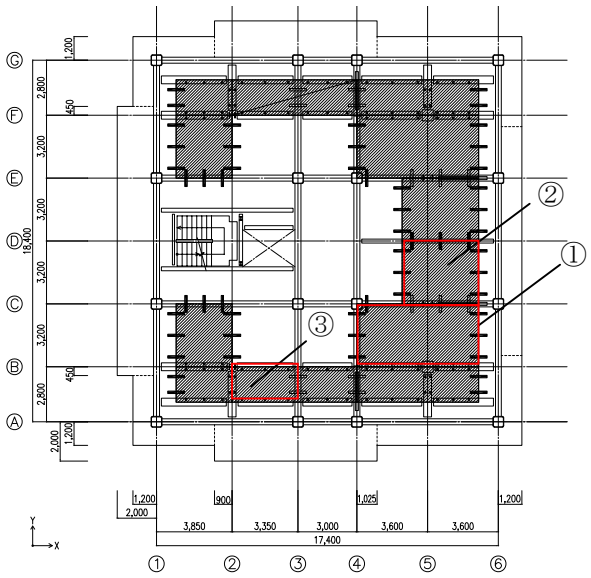


図 3.4.8 検討対象 CLT 版

表 3.4.3　検討結果

		パネル①		パネル②		パネル③	
CLT重量		115.9	kN	74.3	kN	34.1	kN
設計用水平力		115.9	kN	74.3	kN	34.1	kN
CLTに生じる面内せん断応力度	X方向	0.09	N/mm^2	0.09	N/mm^2	0.05	N/mm^2
	Y方向	0.09	N/mm^2	0.06	N/mm^2	0.05	N/mm^2
CLTパネルの許容せん断応力度		1.8	N/mm^2	1.8	N/mm^2	1.8	N/mm^2
検定比	X方向	0.05		0.05		0.03	
	Y方向	0.05		0.03		0.03	
判定	X方向	OK		OK		OK	
	Y方向	OK		OK		OK	
CLTに生じる面内せん断応力		115.9	kN	74.3	kN	34.1	kN
CLT周辺接合部の許容面内せん断力	X方向	339.2	kN	120	kN	259.2	kN
	Y方向	120	kN	120	kN	126.4	kN
検定比	X方向	0.34		0.62		0.13	
	Y方向	0.97		0.62		0.27	
判定	X方向	OK		OK		OK	
	Y方向	OK		OK		OK	

3.4.1.4　燃え止まり型耐火集成材（燃エンウッド）の設計

燃エンウッド柱は柱頭・柱脚をピン接合としており、長期軸力のみを負担する軸力支持柱として、軸方向の応力および座屈の検討を行った。　以上

２．２　（株）平吹設計事務所

1.　建築物の仕様一覧

事業名			板垣商店三日町アパート新築工事の設計・性能実証
実施者（担当者）			株式会社平吹設計事務所
建築物の概要	用途		長屋
	建設地		山形県山形市
	構造・工法		CLTパネル工法
	階数		2
	高さ（m）		6.8
	軒高（m）		6.41
	敷地面積（㎡）		843.54
	建築面積（㎡）		235.31
	延べ面積（㎡）		414.46
	階別面積	１階	207.23
		２階	207.23
		３階	－
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		128.67㎥
	壁パネル	寸法	120・150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	120mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		土台：ベイツガ、ヒノキ　梁：スギ集成材
	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		95㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.35)立てﾊｾﾞ葺き
		外壁	窯業系サイディング（厚16）
		開口部	住宅用アルミサッシ（ペアガラス）
	主な内部仕上	界壁	PB12.5×2＋木軸（GW24K50mm）＋CLT
		間仕切り壁	CLT現し、PB12.5ビニルクロス
		床	フローリング
		天井	CLT現し、PB9.5ビニルクロス
構造	構造計算ルート		ルート1
	接合方法		せん断：専用ｺﾈｸﾀ・ﾎﾞﾙﾄ・ﾄﾞﾘﾌﾄﾋﾟﾝ、引張：専用ｼｬﾌﾄ・ﾄﾞﾘﾌﾄﾋﾟﾝ
	最大スパン		2.8m
	問題点・課題とその解決策		パネル相互の接合金物を隠蔽型とする為、CLTパネル工法告示仕様ルート1で求められている耐力以上であることを接合部試験により確認した。
防耐火	防火上の地域区分		法22条地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		界壁、延焼の恐れのある部分の準防火性能
	問題点・課題とその解決策		ﾒｿﾞﾈｯﾄ型のｼﾝﾌﾟﾙな平面計画とし界壁を屋根ﾊﾟﾈﾙまで達せしめた
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）	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 2種・25mm
		外壁	グラスウール　密度32kg/㎥・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		認定工法の界壁とした
	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		外壁：防水シート及び通気胴縁
工程	設計期間		H29.1月～5月（4カ月）
	施工期間		－
		ＣＬＴ躯体施工期間	－
	竣工（予定）年月日		平成30年9月
体制	発注者		(株)平吹設計事務所
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		(株)平吹設計事務所
	構造設計者		(株)ホルツストラ
	施工者		榮大建設(株)
	ＣＬＴ供給者		西北プライウッド(株)
	ラミナ供給者		(株)山形城南木材市場

実証事業名： 板垣商店三日町アパート新築工事の設計・性能実証

実施者／協議会運営者または担当者：㈱平吹設計事務所

２.実証事業の概要

２-１．実証した建築物の概要

用途		長屋		
建設地		山形県山形市		
構造・工法		CLT パネル工法		
階数		2		
高さ（m）		6.80	軒高（m）	6.41
敷地面積（㎡）		843.54	建築面積（㎡）	235.31
階別面積（㎡）	１階	207.23	延べ面積（㎡）	414.46
	２階	207.23		
	３階	－		
CLT 採用部位		壁、床、屋根		
CLT 使用量（㎥）		128.67		
CLT を除く木材使用量（㎥）		95		
CLT の仕様	（部位）	（寸法/ラミナ集成/強度区分/樹種）		
	壁	120mm・150mm 厚/5 層 5ﾌﾟﾗｲ/Mx60 相当/スギ		
	床	120mm 厚/5 層 5ﾌﾟﾗｲ/Mx60 相当/スギ		
	屋根	120mm 厚/5 層 5ﾌﾟﾗｲ/Mx60 相当/スギ		
設計期間		H29.1 月～5 月（4 ヶ月）		
施工期間		－		
CLT 躯体施工期間		－		
竣工（予定）年月日		H30.9 月		

２－２．実証事業の目的と設定した課題

＜建築物の設計実証＞

木造２階建て長屋を CLT 告示仕様（ルート 1）で設計した。

CLT パネルを壁・２階床・屋根に使用し内部居室側を木現しとした居住空間とするため、接合金物が外部に露出しない、安全性と美観性を考慮した金物を設計した。

住戸間の界壁は CLT+片面石膏ボードの仕様を採用し、CLT 側に居室、ボード側に階段や水廻りを配置した計画としている。

＜接合金物の性能実証＞

ルート１の仕様規定を満たす接合金物の仕様選定及びその構造特性の取得。

２－３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（設計）㈱平吹設計事務所
（構造設計）㈱ホルツストラ
（施工）榮大建設㈱
（原木提供）㈱山形城南木材市場
（材料）西北プライウッド㈱
（材料加工）㈱オノツカ
（金物）㈱ストローグ
（試験）富山県農林水産総合技術センター木材研究所

２－４．課題解決の方法と実施工程

・接合部の仕様については既存の金物（引張用金物ホゾパイプ+ドリフトピン等）を応用し設計仕様、試験条件をとりまとめた。接合部の性能試験は富山県農林水産総合技術センター木材研究所に依頼した。
・性能確認については、土台-壁パネル、壁パネル-床パネル、壁パネル-壁パネルのせん断試験及び引張り試験を 6 条件 6 試験体実施した。

＜協議会の開催＞

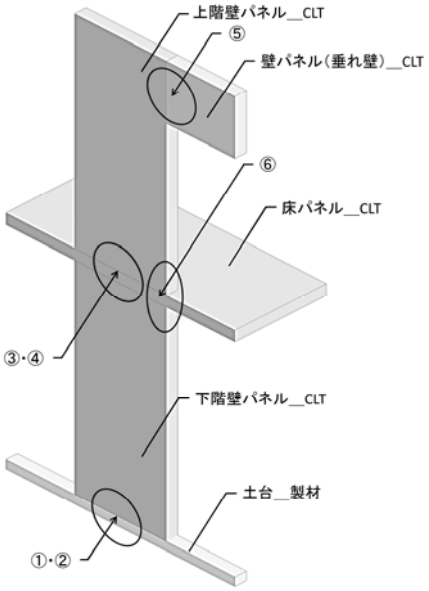
H 29. 3. 1.	第１回協議会開催
H 29.11.28.	第２回協議会開催

＜設計＞

H 29. 1 月～	実施設計
H 29. 1 月～	構造設計
H 29. 5.17.	建築確認申請

＜性能試験＞

H 29. 3 月	接合部せん断試験 引張り試験

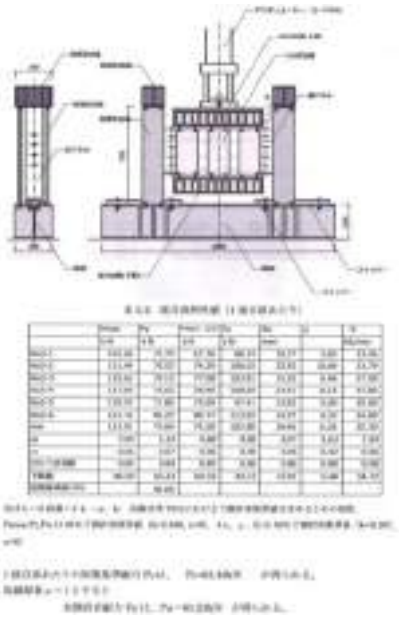


【試験箇所】
①･②せん断試験
③･④せん断試験
⑤せん断(鉛直荷重)試験
⑥引張り試験

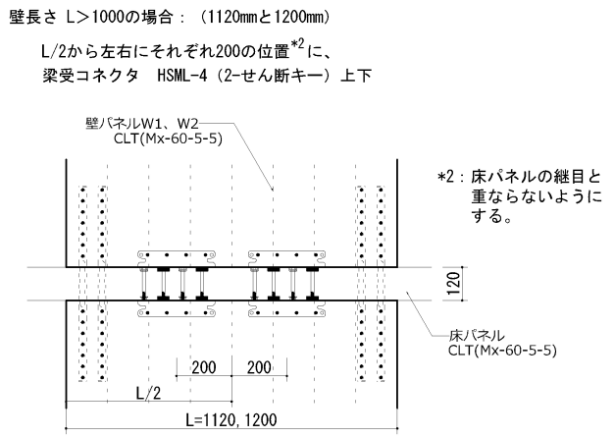
２－５．得られた実証データ等の詳細

本事業にて、設計を行うために得られたデータは下記の通りである。

（1）せん断試験データ及び採用した接合部の詳細（抜粋）



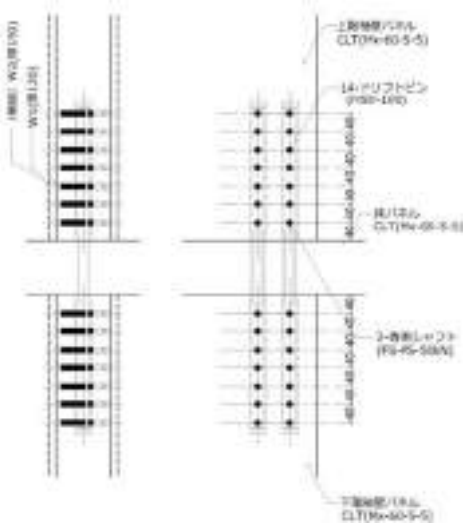
せん断試験データ



接合部詳細

（2）引張試験データ及び採用した接合部の詳細（抜粋）

引張試験データ



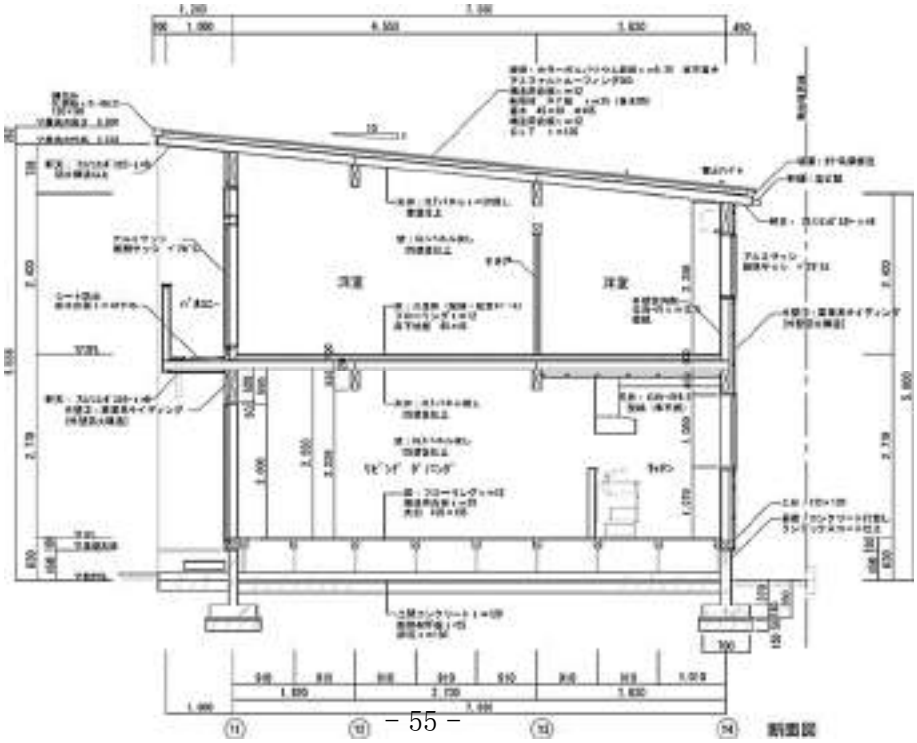
接合部詳細

２－６．本実証により得られた成果

CLT パネル工法のルート１の接合金物で、隠蔽に対応できる金物を開発し、各金物の性能・及び構造特性を確認した。既存金物工法の接合部と互換性があり、製作金物よりコストが安く、加工設備も既存のプレカット設備を使用できる。

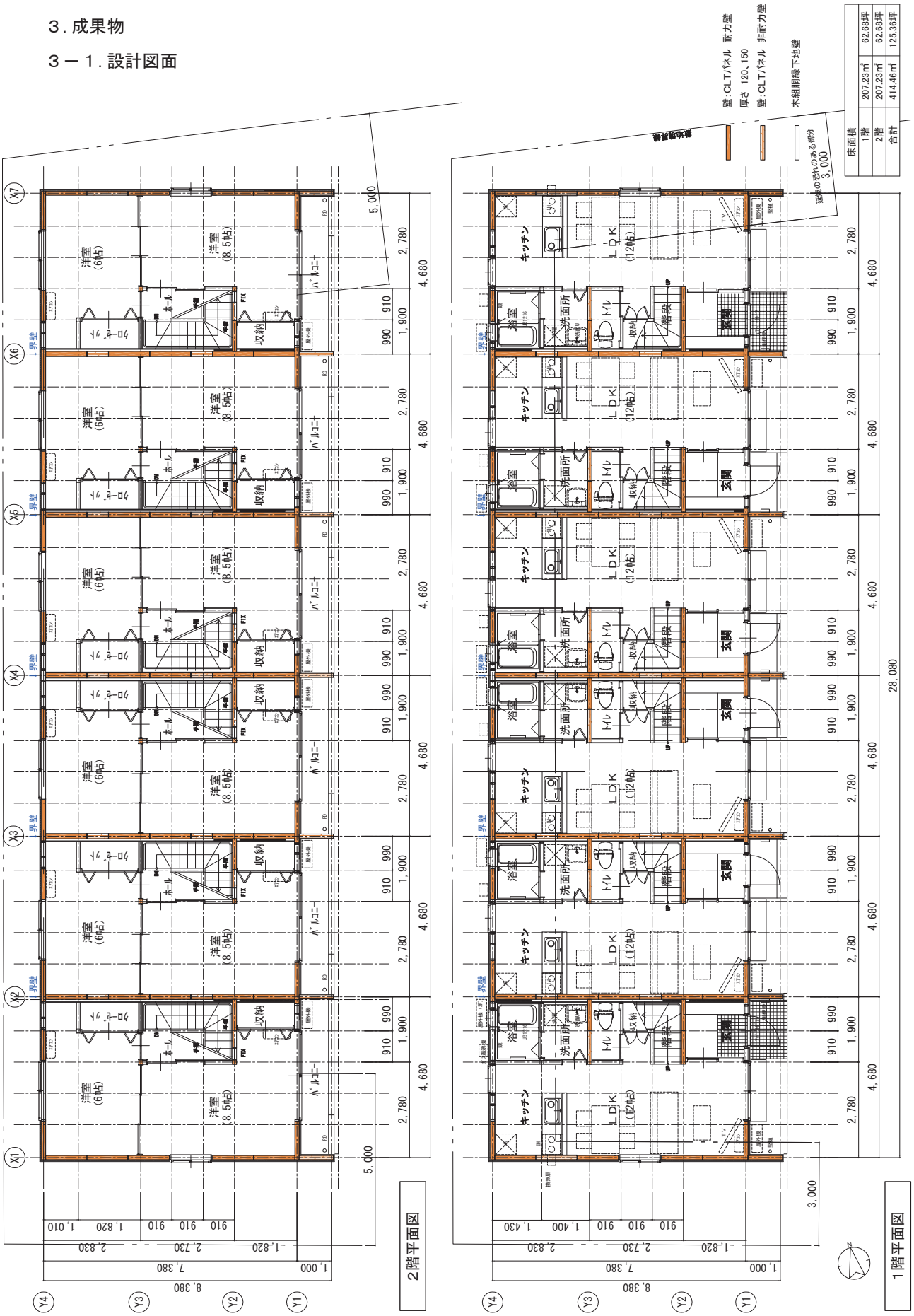
本事業の成果は、CLT パネル現しに対応できる金物の普及に向けて、製品開発の参考資料となる。

２－７．建築物の平面図・立面図・写真等

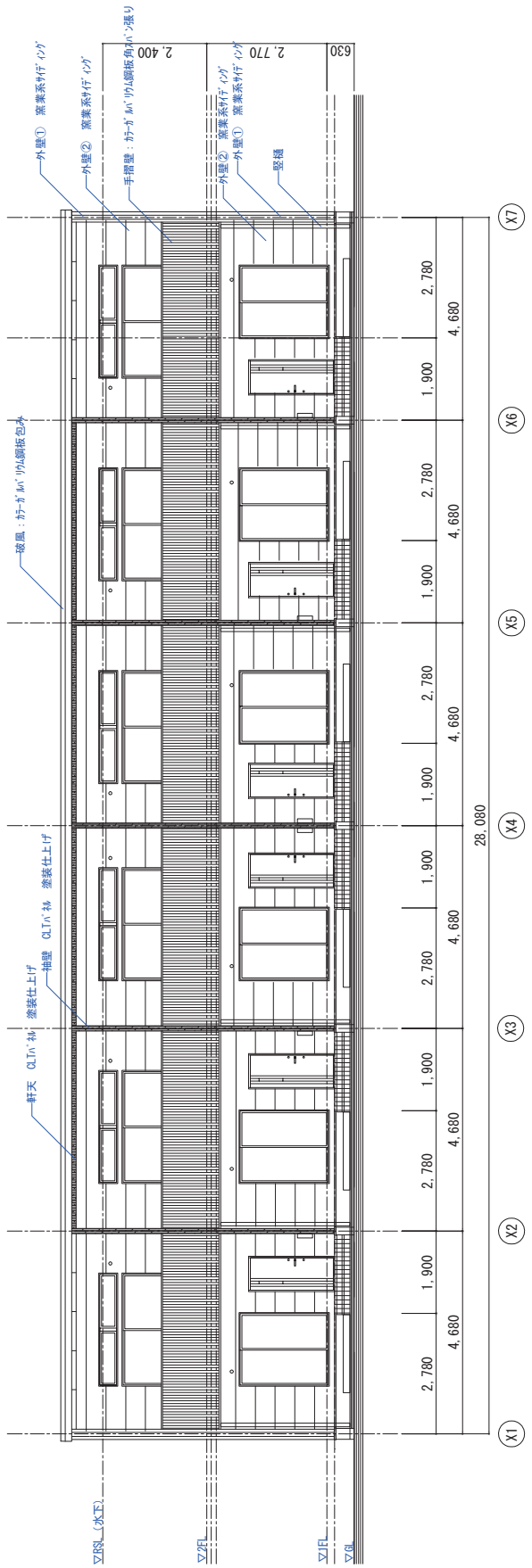


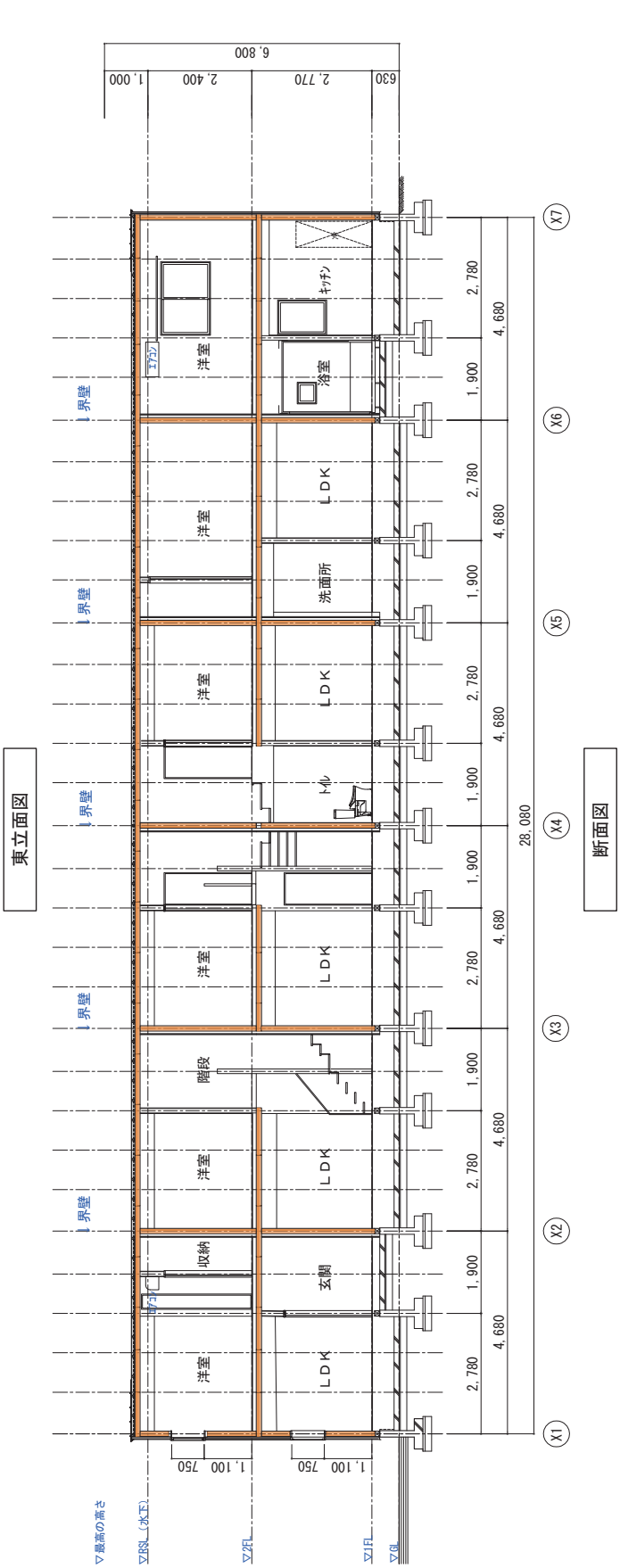
3. 成果物

3－1. 設計図面

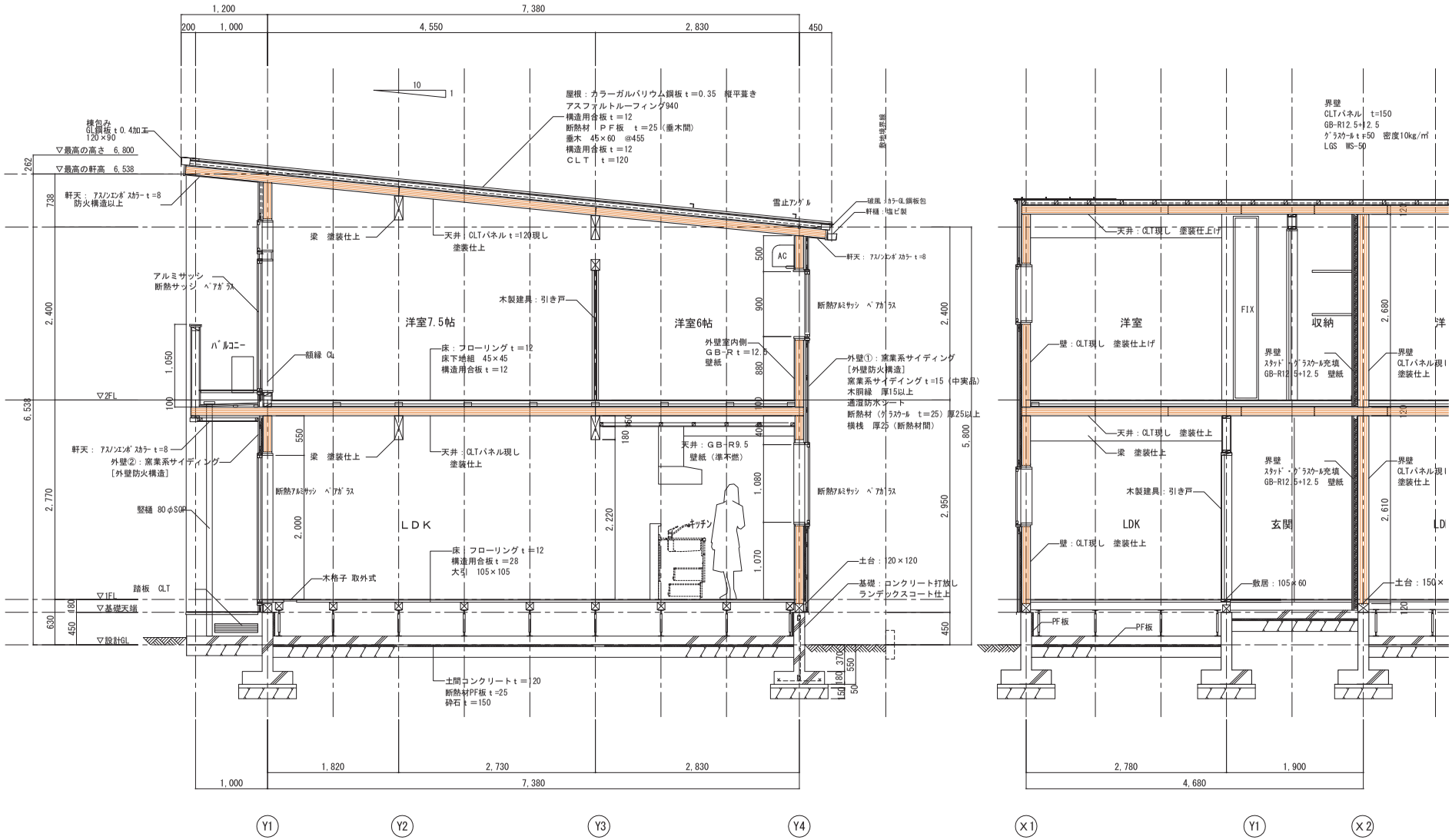


壁：CLTパネル 耐力壁
厚さ 120、150
壁：CLTパネル 非耐力壁
木組胴縁下地壁
延焼の恐れのある部分
床面積
1階 207.23㎡ 62.68坪
2階 207.23㎡ 62.68坪
合計 414.46㎡ 125.36坪
2階平面図
1階平面図
洋室
(6帖)
(8.5帖)
ホール
収納
バルコニー
界壁
キッチン
浴室
洗面所
LDK
(12帖)
階段
玄関



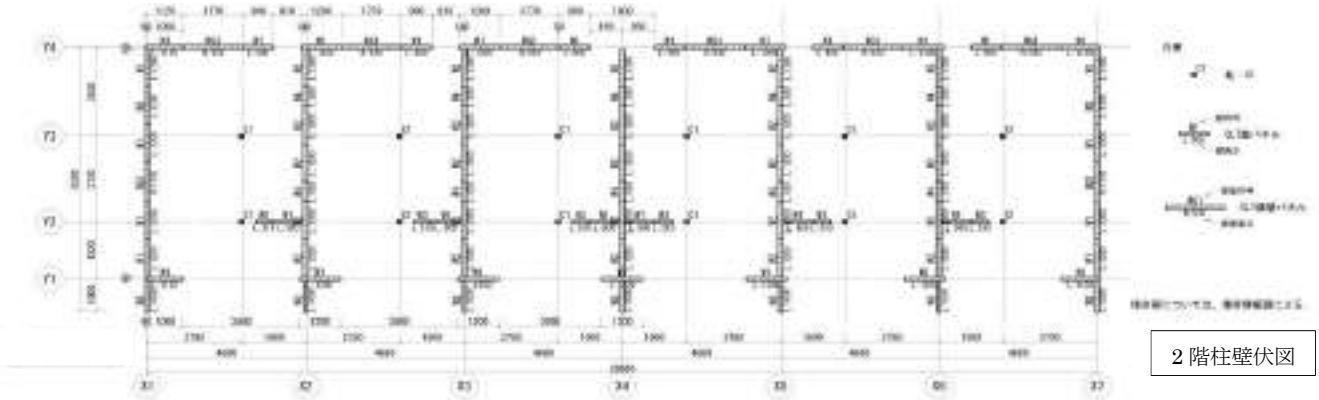


・設備配管用開口の計画：開口可能な垂壁・腰壁・胴縁組壁・CLT非耐力壁を計画的に配置した。
・界壁計画：シンプルな平面計画とし、屋根パネルに達せしめた。
　界壁CLT現し側へのコンセント埋め込みを計画したが、耐火性・遮音性を満足せず実施まで至らなかった。
・CLTパネル工法は劣化対策等級の基準に適合しない。
・使用するCLTﾊﾟﾈﾙｻｲｽﾞ寸法1.2×6.0mが前提となり、ﾊﾟﾈﾙ及び金物の数が増えｺｽﾄｱｯﾌﾟの要因となった。

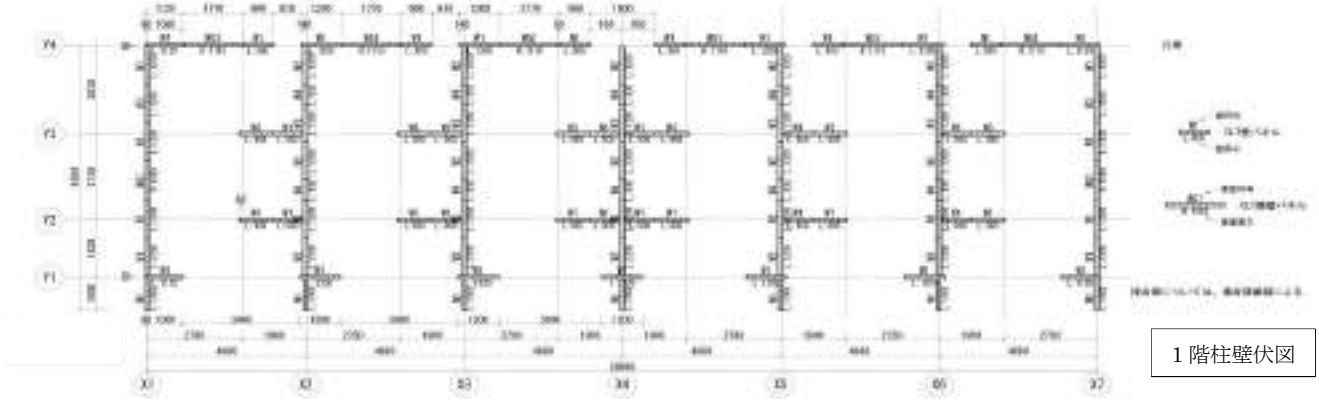

1,200
7,380
200
1,000
4,550
2,830
450
10
1
屋根：カラーガルバリウム鋼板 t＝0.35 縦平葺き
アスファルトルーフィング940
構造用合板 t＝12
断熱材 ＩＰＦ板 t＝25（垂木間）
垂木 45×60 @455
構造用合板 t＝12
ＣＬＴ t＝120
棟包み
GL鋼板 t 0.4加工
120×90
▽最高の高さ 6,800
▽最高の軒高 6,538
軒天： ｱｽﾌｧﾙﾄｼﾝｴﾝﾎﾞｽｶﾗｰ t＝8
防火構造以上
雪止ｱﾝｸﾞﾙ
破風：ｶﾗｰGL鋼板包
軒樋：塩ビ製
梁 塗装仕上
天井：CLTパネル t＝120現し
塗装仕上
軒天： ｱｽﾌｧﾙﾄｼﾝｴﾝﾎﾞｽｶﾗｰ t＝8
アルミサッシ
断熱サッシ ﾍﾟｱｶﾞﾗｽ
木製建具：引き戸
断熱ｱﾙﾐｻｯｼ ﾍﾟｱｶﾞﾗｽ
洋室7.5帖
洋室6帖
ﾊﾞﾙｺﾆｰ
額縁 GL
床：フローリング t＝12
床下地組 45×45
構造用合板 t＝12
外壁室内側
ＧＢ-Ｒ t＝12.5
壁紙
外壁①：窯業系サイディング
［外壁防火構造］
窯業系サイディング t＝15（中実品）
木胴縁 厚15以上
通湿防水シート
断熱材（ｸﾞﾗｽｳｰﾙ t＝25）厚25以上
横桟 厚25（断熱材間）
▽2FL
軒天： ｱｽﾌｧﾙﾄｼﾝｴﾝﾎﾞｽｶﾗｰ t＝8
外壁②：窯業系サイディング
［外壁防火構造］
梁 塗装仕上
天井：CLTパネル現し
塗装仕上
天井：ＧＢ-Ｒ9.5
壁紙（準不燃）
断熱ｱﾙﾐｻｯｼ ﾍﾟｱｶﾞﾗｽ
竪樋 80φSOP
ＬＤＫ
キッチン
床：フローリング t＝12
構造用合板 t＝28
大引 105×105
土台：120×120
基礎：コンクリート打放し
ランデックスコート仕上
木格子 取外式
踏板 CLT
▽1FL
▽基礎天端
▽設計GL
土間コンクリート t＝120
断熱材PF板 t＝25
砕石 t＝150
AC
1,820
2,730
2,830
1,000
7,380
Y1
Y2
Y3
Y4
界壁
CLTパネル t=150
GB-R12.5+12.5
ｸﾞﾗｽｳｰﾙ t=50 密度10kg/m³
LGS WS-50
天井：CLT現し 塗装仕上げ
洋室
FIX
収納
壁：CLT現し 塗装仕上げ
界壁
ｽﾀｯﾄﾞ・ｸﾞﾗｽｳｰﾙ充填
GB-R12.5+12.5 壁紙
界壁
CLTパネル現し
塗装仕上
天井：CLT現し 塗装仕上
梁 塗装仕上
木製建具：引き戸
LDK
玄関
壁：CLT現し 塗装仕上
敷居：105×60
土台：150×
PF板
2,780
1,900
4,680
X1
X2

矩計図

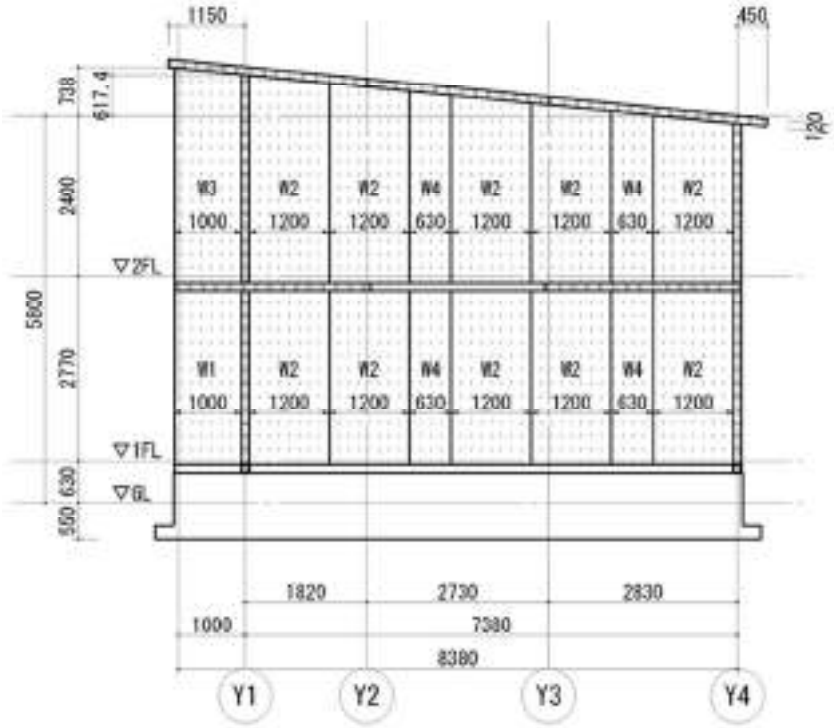
構造図



２階柱壁伏図



１階柱壁伏図



Ｘ４通り軸組図

３ - ２．性能実証の成果

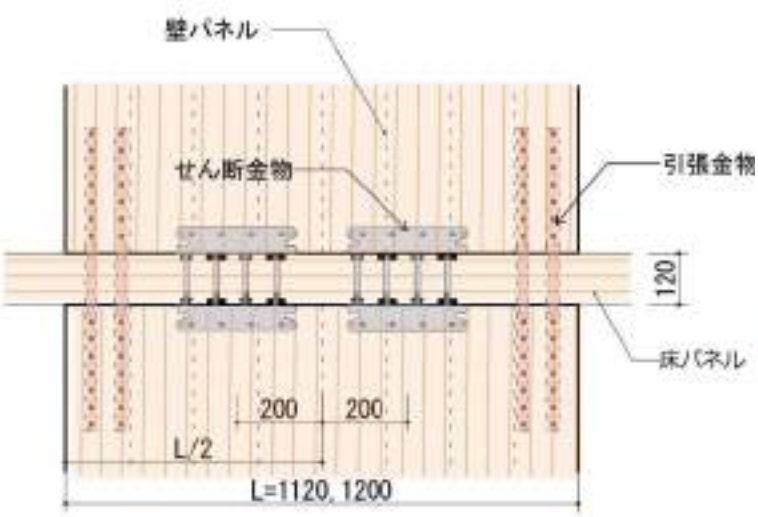
（１）　開発目的

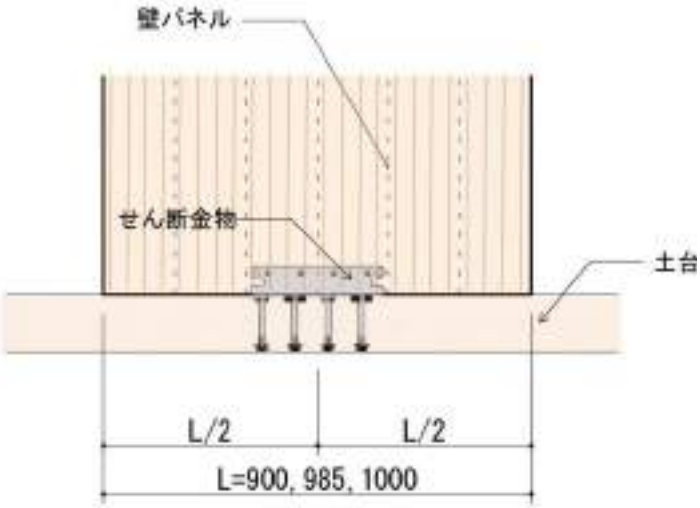
板垣商店三日町アパートの設計にあたり、CLT パネル工法を採用した。しかし、設計にあたり、現在では接合部に使用できる金物が仕様規定のもの（クロスマーク金物）か一部の実験成果物しか存在しない。クロスマーク金物も CLT パネル表面に取りつくタイプであり、本物件は設計コンセプトを CLT を現しで表現しているため採用は難しいと考えた。
以上の経緯から CLT パネル工法ルート１の各部接合金物の仕様規定に対応する金物として㈱ストローグの既製品を CLT 用に対応できる金物の開発を目的とした。

（２）　設計方針

現し仕様として、梁受けコネクタ・シャフトをドリフトピンで接合する仕様を採用した。
各金物の設計方針として、引張部金物については、柱脚専用シャフトを用いて上下階の CLT パネル相互をドリフトピンで接合するシャフト接合とした。また、せん断力については別途設計されるせん断用金物に負担させるよう個別に設計した。
せん断用金物は、床パネルに梁受けコネクタ・専用ボルトを取付け、壁パネルとの接合にはドリフトピンにて接合する。

具体的な耐力の目標値は、CLT パネル工法告示の仕様規定に基づき以下のようにした。
①土台-壁パネル間のせん断金物：短期許容耐力 47kN
②壁パネル - 床パネル間のせん断金物：短期許容耐力 54kN
③壁パネル - 垂れ壁パネルのせん断金物：短期許容耐力 52kN
④最下部以外の引張用金物：終局耐力 135kN、終局変位 20mm、伸び率 10%、
接合部全体の許容耐力 79.6kN





（３）　実験概要

金物の開発・研究は、㈱ホルツストラ・㈱ストローグが中心となりドリフトピンの本数や納まり等を考案し、実証試験は「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」に記載している第 10 章 CLT パネル工法における接合部試験・評価方法に従って行った。試験場所は富山県農林水産総合技術センター木材研究所にて行った。

○使用金物図（せん断用）

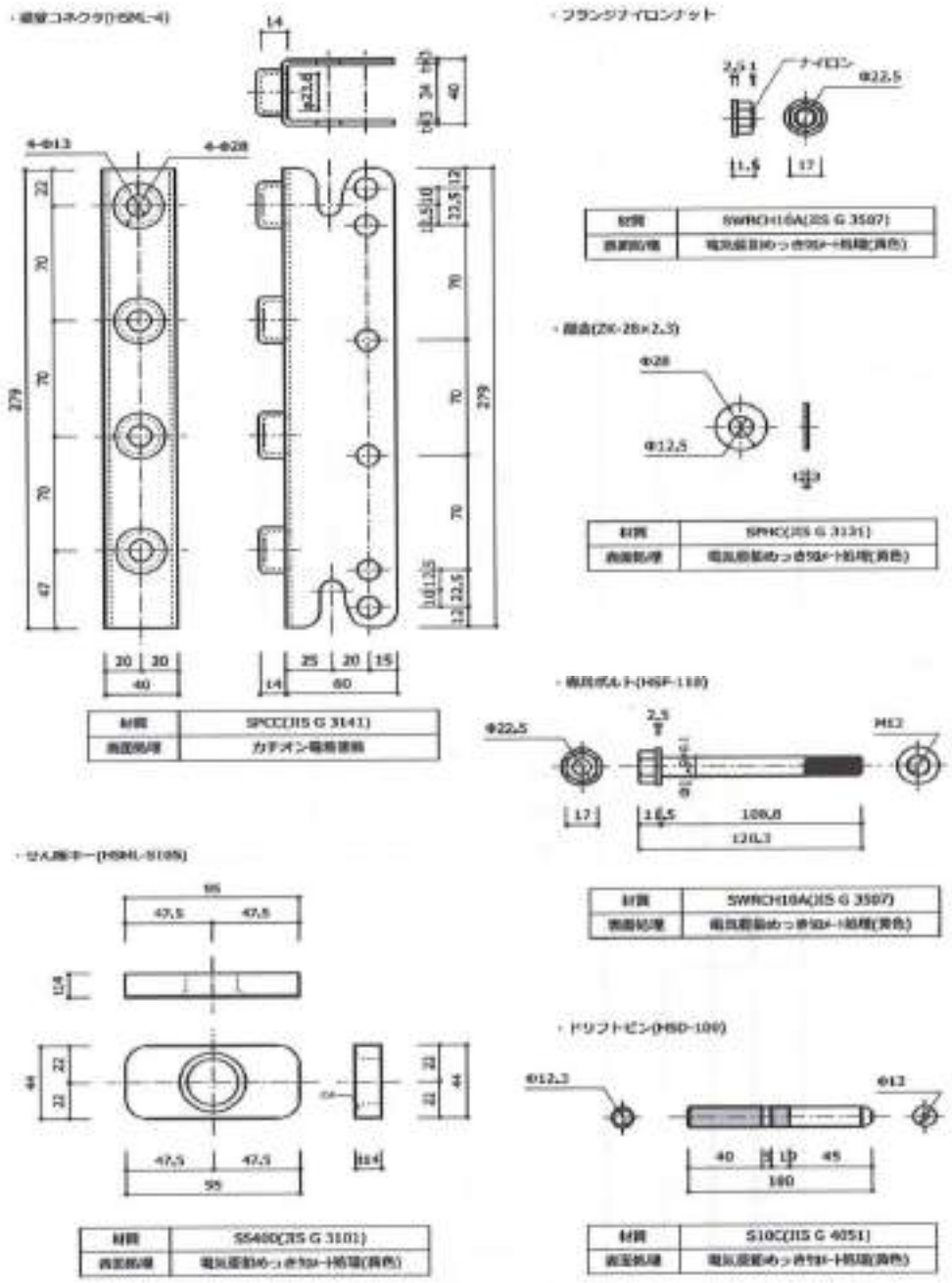


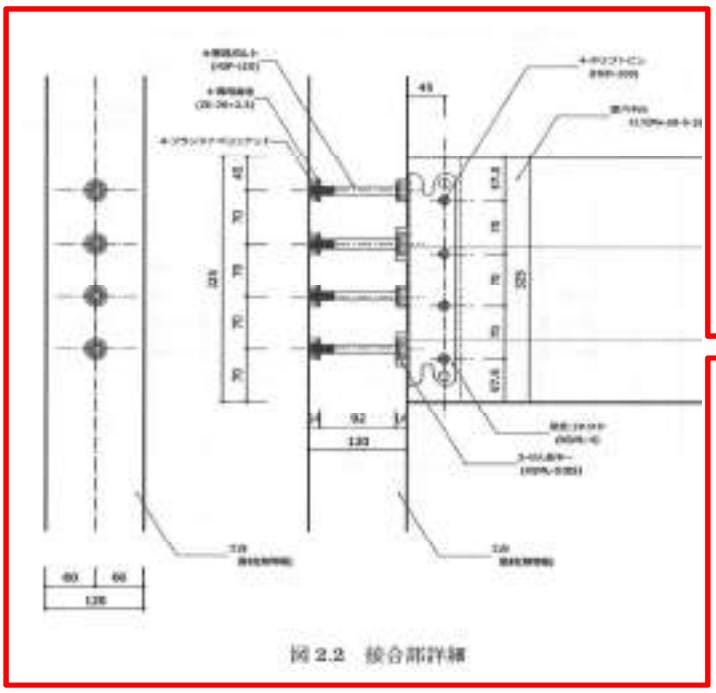
図.コネクタの詳細

○試験内容

＜せん断試験方法＞

正負の繰り返し加力試験を行い、接合金物のせん断耐力を確認します。

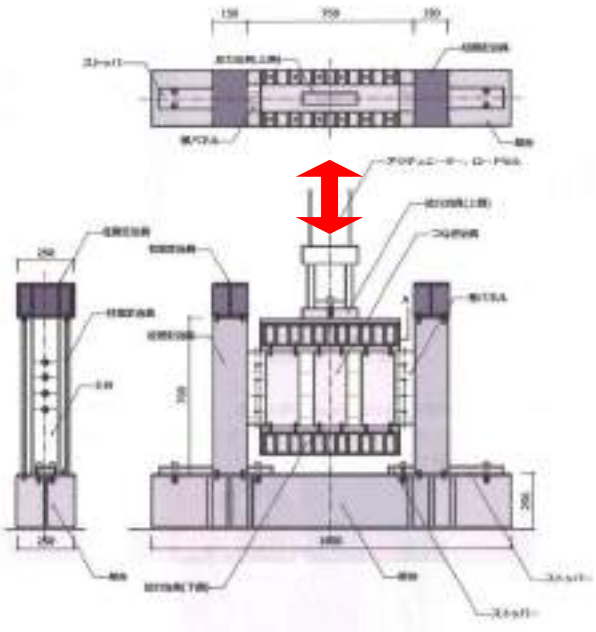
・試験体概要



図．接合部詳細

図．試験体写真

・使用試験治具



図．せん断試験治具

図．試験治具写真

○使用金物図（引張用）

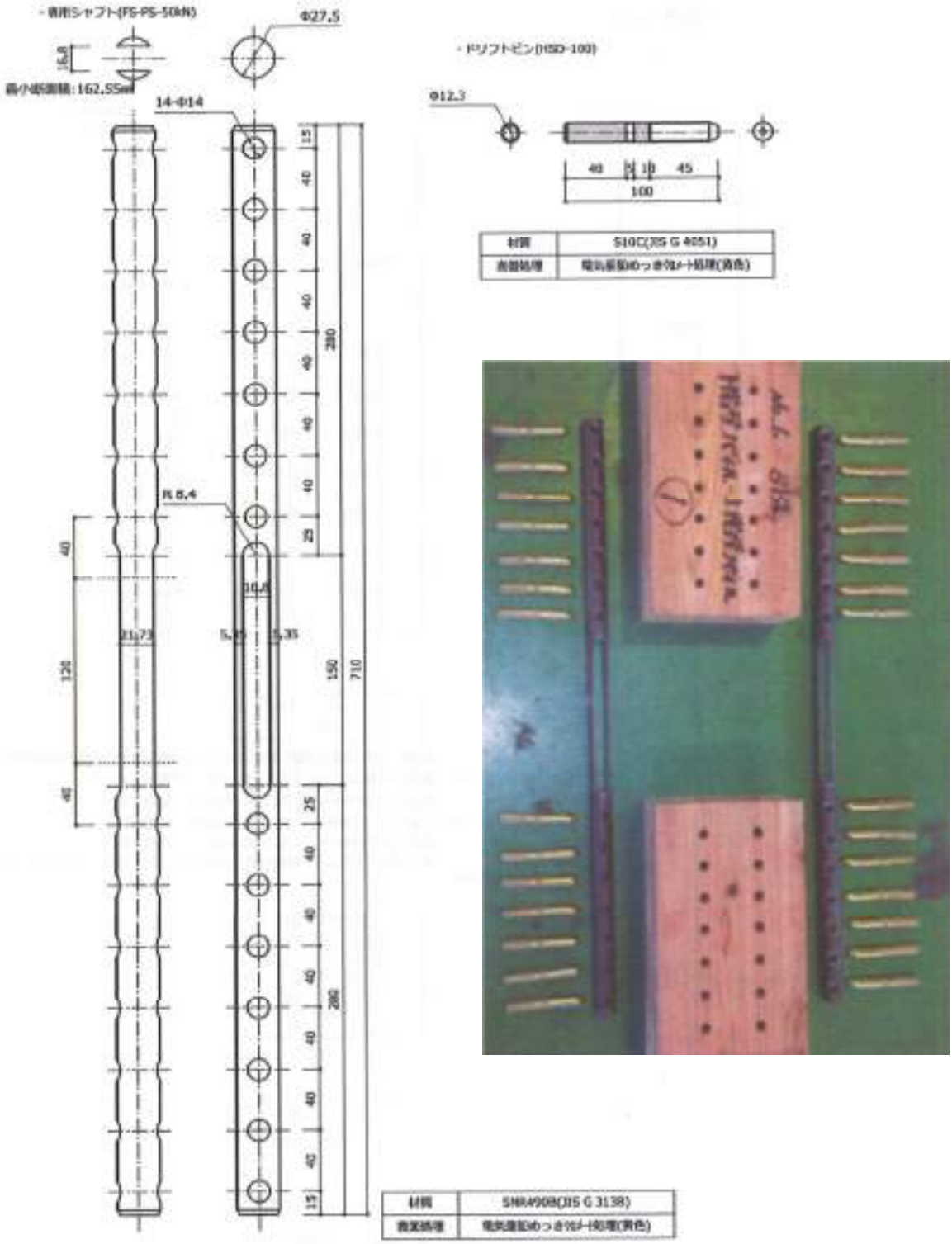
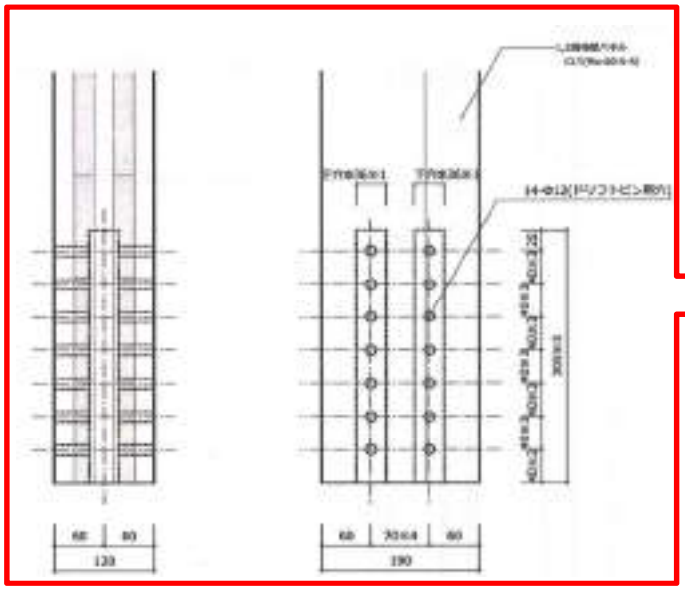


図.コネクタの詳細

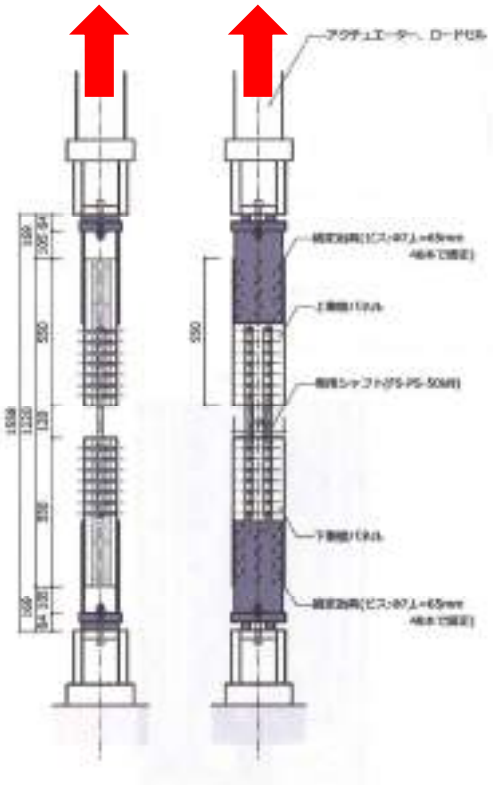
＜引張試験方法＞

CLT パネルを固定治具で固定し、正加力を繰り返し行い引張耐力を確認します。

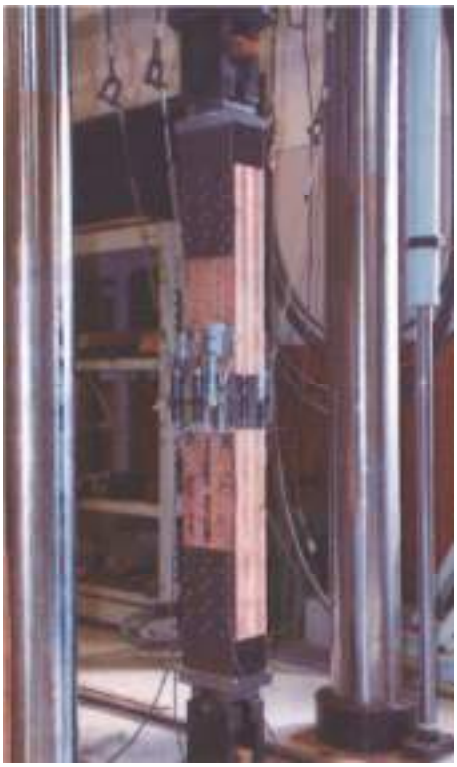


図．接合部詳細

図．試験体写真



図．引張試験治具



図．試験治具写真

（4）接合部試験

①土台 - 壁パネル（ｔ＝120 ㎜）

表 1.　CLT の仕様

樹種	スギ
等級及び構成	Mx-60-5-5　A 種構成
含水率	製造時の含水率は 10%~14%
密度	絶乾比重 0.39～0.41 程度
縦継ぎ、積層部分の接着	JIS K 6806 水性高分子-ｲｿｼｱﾈｰﾄ系木材接着剤 1 種 1 号←ﾎﾙﾑｱﾙﾃﾞﾋﾄﾞ基準
ラミナ間の幅方向の接着の有無	幅はぎ接着無し
ラミナ厚　（厚 120 ㎜ CLT）	24 ㎜

試験結果・及び試験結果の特性値（表 2.1 及び表 2.2）と荷重-変位曲線（図.1）

表 2.1　試験結果特性

	No1-1	No1-2	No1-3	No.1-4	No1-5	No1-6	ave	sd
Pmax	91.09	107.11	112.97	104.06	91.645	96.22	100.51	8.911
δ(Pmax)	8.35	8.49	5.74	8.50	8.45375	6.49	7.00	1.123
δu時の荷重	72.99	93.58	91.20	85.23	73.62	78.86	82.65	8.914
δ(0.1Pmax)	0.08	0.09	0.22	0.14	0.186907	0.09	0.13	0.063
δ(0.4Pmax1)	1.00	0.94	1.13	0.90	0.976853	0.88	0.98	0.088
δ(0.4Pmax2)	1.00	0.94	1.13	0.90	0.976853	0.88	0.98	0.088
δ(0.9Pmax)	2.86	3.67	3.88	3.93	3.71177	3.06	3.52	0.447
曲線に接する点P	68.34	99.21	74.01	71.72	73.33325	75.04	71.60	3.367
曲線に接する点δ	1.94	1.95	1.87	2.14	2.18	2.04	2.02	0.123
二直線の交点Py	76.64	56.69	75.08	60.37	68.0647	60.34	67.46	9.018
二直線の交点δ(Py)	2.36	1.31	1.95	1.49	1.93124	1.84	1.78	0.377
曲線上の点δy	2.58	1.47	2.51	1.66	1.97001	1.71	1.98	0.483
δ(0.8Pmax) δu	16.91	8.57	7.75	8.61	25.3625	12.84	13.34	6.840
終局剛性K	29.73	38.59	30.15	36.31	35.053	38.69	34.75	3.962
Energy	1313.1	730.7	662.2	697.0	1979.8	1059.1	1070.5	513.04
Pu	84.79	100.52	109.99	95.64	81.8259	89.82	93.78	10.469
δ(Pu) δv	2.85	2.60	3.85	2.63	2.33435	2.32	2.73	0.491
μ=δu/δy	5.93	3.29	2.13	3.27	10.8649	5.52	5.17	3.148
Ds=1/sqrt(2μ−1)	0.30	0.47	0.55	0.43	0.319635	0.33	0.37	0.118

※荷重Pは、1接合部あたりの耐力

Pmax：最大荷重、Py：降伏荷重、δy：降伏変位、Pu：終局耐力、δu：終局変位、μ：塑性率、

δv：モデルの降伏点変位

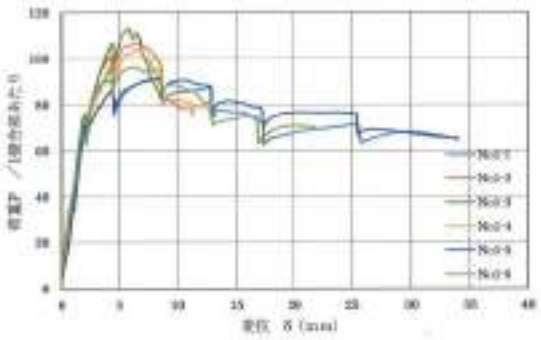


図 1.包絡曲線

表 2.2　接合部特性値

	Pmax	Py	Pmax・2/3	Pu	δu	μ	K
	kN	kN	kN	kN	mm		kN/mm
No1-1	91.09	76.64	60.73	84.79	16.91	5.93	29.73
No1-2	107.11	56.69	71.40	100.52	8.57	3.29	38.59
No1-3	112.97	75.86	75.31	109.99	7.75	2.13	30.15
No.1-4	104.06	60.37	69.37	95.64	8.61	3.27	36.31
No1-5	91.65	68.05	61.10	81.83	25.36	10.86	35.05
No1-6	96.22	66.34	64.15	89.82	12.84	5.52	38.69
Ave	100.51	67.46	67.01	93.78	13.34	5.17	34.75
sd	8.91	8.02	5.94	10.49	6.84	3.15	3.96
cv	0.09	0.12	0.09	0.11	0.51	0.61	0.11
ばらつき係数	0.79	0.72	0.79	0.74	0.85	0.82	0.97
下限値	79.70	48.73	53.13	69.28	11.31	4.23	33.57
短期基準耐力P_s		48.73					

※ばらつき係数＝1−k・cv、k：信頼水準 75%における下側許容限界値を求めるための係数、耐力は

95%下側許容限界値（k=2.334, n=40）、δu、μ、K は 50%下側許容限界値（k=0.997, n=40）

1接合部あたりの短期基準耐力 Ps は、　P_s ＝ 48.73 kN　が得られる。

低減係数α＝1 とすると

短期許容耐力 Pa は、P_a ＝ 48.73 kN　が得られる。

②壁パネル - 床パネル

表 1.　CLT の仕様

樹種	スギ
等級及び構成	Mx-60-5-5　A 種構成
含水率	製造時の含水率は 10%~14%
密度	絶乾比重 0.39～0.41 程度
縦継ぎ、積層部分の接着	JIS K 6806 水性高分子-ｲｿｼｱﾈｰﾄ系木材接着剤 1 種 1 号←ﾎﾙﾑｱﾙﾃﾞﾋﾄﾞ基準
ラミナ間の幅方向の接着の有無	幅はぎ接着無し
ラミナ厚　（厚 120 ㎜ CLT）	24 ㎜

試験結果・及び試験結果の特性値（表 2.1 及び表 2.2）と荷重-変位曲線（図.1）

表 2.1　試験結果特性

	No3-1	No3-2	No3-3	No3-4	No3-5	No3-6	Ave	sd
Pmax	101.04	111.44	115.62	117.69	110.53	121.16	112.91	7.026
δ(Pmax)	5.28	7.67	11.68	15.56	7.05	12.52	9.96	3.912
δ時の荷重	108.78	92.62	93.81	96.36	81.78	103.83	96.18	9.412
δ(0.1Pmax)	0.22	0.20	0.22	0.21	0.24	0.13	0.20	0.038
δ(0.4Pmax1)	1.14	1.17	1.13	1.19	1.20	1.18	1.17	0.026
δ(0.4Pmax2)	1.14	1.17	1.13	1.19	1.20	1.18	1.17	0.026
δ(0.9Pmax)	3.03	4.80	5.43	5.41	3.91	5.80	4.73	1.064
曲線に接する点P	69.13	83.82	88.67	76.80	72.67	96.90	81.33	10.457
曲線に接する点δ	1.98	2.58	3.14	2.03	2.03	3.14	2.48	0.553
二直線の交点Py	73.75	76.53	70.13	76.63	71.85	85.23	75.69	5.332
二直線の交点δ(Py)	2.16	2.11	1.76	2.02	1.99	2.25	2.05	0.168
曲線上のδy	2.23	2.27	1.89	2.02	2.00	2.50	2.15	0.223
δ(0.8Pmax):δu	10.27	33.55	15.32	23.41	13.82	14.37	18.46	8.572
初期剛性K	33.06	33.79	37.09	37.86	35.90	34.09	35.30	1.945
Energy	788.41	3390.97	1445.34	2391.31	1213.63	1437.16	1777.80	948.942
Pu	88.19	106.03	103.81	108.84	97.41	113.03	102.88	8.888
δ(Pu):δv	2.67	3.14	2.80	2.87	2.71	3.32	2.92	0.256
μ=δu/δv	3.85	10.69	5.48	8.14	5.09	4.33	6.26	2.633
Ds=1/sqrt(2μ-1)	0.39	0.22	0.37	0.26	0.35	0.36	0.31	0.063

※荷重Ｐは、１接合部あたりの耐力

Pmax：最大荷重、Py：降伏荷重、δy：降伏変位、Pu：終局耐力、δu：終局変位、μ：靭性率、

δv：モデルの降伏点変位

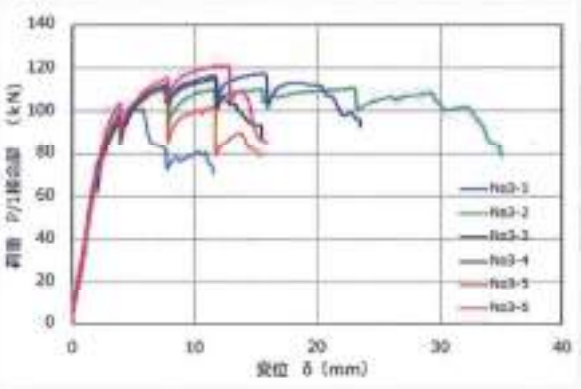


図 1.包絡曲線

表 2.2　接合部特性値

表 3.2　接合部特性値（1 接合部あたり）

	Pmax	Py	Pmax・2/3	Pu	δu	μ	K
	kN	kN	kN	kN	mm		kN/mm
No3-1	101.04	73.75	67.36	88.19	10.27	3.85	33.06
No3-2	111.44	76.53	74.29	106.03	33.55	10.69	33.79
No3-3	115.62	70.13	77.08	103.81	15.32	5.48	37.09
No3-4	117.69	76.63	78.46	108.84	23.41	8.14	37.86
No3-5	110.53	71.85	73.69	97.41	13.82	5.09	35.90
No3-6	121.16	85.23	80.77	113.03	14.37	4.33	34.09
Ave	112.91	75.69	75.28	102.88	18.46	6.26	35.30
sd	7.03	5.33	4.68	8.89	8.57	2.63	1.94
cv	0.06	0.07	0.06	0.09	0.46	0.42	0.06
ばらつき係数	0.85	0.84	0.85	0.80	0.88	0.88	0.90
下限値	96.50	63.23	64.33	82.12	15.91	5.48	34.72
短期基準耐力P0		63.23					

※ばらつき係数＝1-k・cv、k：信頼水準75%における下側許容限界値を求めるための係数、

Pmax,Py,Pu は 95%下側許容限界値（k=2.336, n=45）、δu、μ、K は 50%下側許容限界値（k=0.207, n=6）

１接合部あたりの短期基準耐力 P0 は、　P0=63.23kN　が得られる。

低減係数 α＝1 とすると

短期許容耐力 Pa は、Pa＝63.23kN　が得られる。

③壁パネル - 垂壁パネル

表 1.　CLT の仕様

樹種	スギ
等級及び構成	Mx-60-5-5　A 種構成
含水率	製造時の含水率は 10%~14%
密度	絶乾比重 0.39～0.41 程度
縦継ぎ、積層部分の接着	JIS K 6806 水性高分子-ｲｿｼｱﾈｰﾄ系木材接着剤 1 種 1 号←ﾎﾙﾑｱﾙﾃﾞﾋﾄﾞ基準
ラミナ間の幅方向の接着の有無	幅はぎ接着無し
ラミナ厚　（厚 120 ㎜ CLT）	24 ㎜

試験結果・及び試験結果の特性値（表 2.1 及び表 2.2）と荷重-変位曲線（図.1）

表 2.1　試験結果特性

	No5-1	No5-2	No5-3	No5-4	No5-5	No5-6	Ave	s d
Pmax	99.14	100.39	100.32	110.59	103.82	94.76	101.50	5.321
δ(Pmax)	9.51	16.16	16.33	18.63	18.51	10.60	14.95	3.952
δ終局の時間	88.27	76.86	79.65	92.80	74.36	76.76	81.45	7.374
δ(0.1Pmax)	0.59	0.17	0.21	0.15	0.18	0.25	0.23	0.141
δ(0.4Pmax1)	1.71	1.43	1.76	1.73	1.54	1.48	1.61	0.141
δ(0.4Pmax2)	1.71	1.43	1.76	1.73	1.54	1.48	1.61	0.141
δ(0.9Pmax)	7.00	7.64	8.43	9.74	8.09	7.12	8.00	1.013
曲線に接するδP	64.65	68.17	73.56	85.20	64.17	59.88	69.27	9.044
曲線に接するδB	3.13	3.08	4.70	5.99	2.74	2.69	3.72	1.332
二直線の交点Py	58.58	62.41	58.54	61.49	62.33	56.42	59.96	2.467
二直線の交点δ(Py)	2.49	2.36	2.70	2.55	2.51	2.28	2.48	0.147
曲線上のδy	2.88	2.63	2.89	2.83	2.58	2.43	2.67	0.169
δ(0.8Pmax):δu	18.55	18.49	24.48	30.78	18.63	18.76	21.61	5.067
終局剛性K	21.98	23.69	20.28	21.69	24.16	23.25	22.51	1.453
Energy	1451.48	1524.61	1980.26	2030.00	1582.75	1412.67	1797.10	545.806
Pu	87.66	92.17	88.86	99.37	94.95	83.26	91.05	5.703
δ(Pu):δv	3.99	3.89	4.38	4.58	3.93	3.58	4.06	0.361
μ=δu/δv	4.65	4.75	5.59	6.72	4.74	5.24	5.28	0.791
Dc=1/sqrt(2μ-1)	0.35	0.34	0.31	0.28	0.34	0.32	0.33	0.024

※荷重 P は、1 接合部あたりの耐力。Pmax：最大荷重、Py：降伏荷重、δy：降伏変位、Pu：終局耐力、δu：終局変位、μ：靭性率、　δv：モデルの降伏点変位

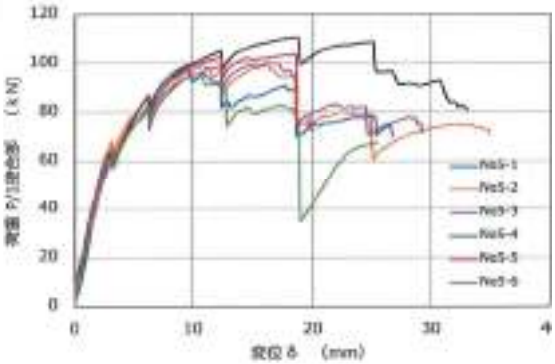


図 1.包絡曲線

	Pmax	Py	Pmax・2/3	Pu	δu	μ	K
	kN	kN	kN	kN	mm		kN/mm
No5-1	99.14	58.58	66.10	87.66	18.55	4.65	21.98
No5-2	100.39	62.41	66.93	92.17	18.49	4.75	23.69
No5-3	100.32	58.54	66.88	88.86	24.48	5.59	20.28
No5-4	110.59	61.49	73.73	99.37	30.78	6.72	21.69
No5-5	103.82	62.33	69.21	94.95	18.63	4.74	24.16
No5-6	94.76	56.42	63.17	83.26	18.76	5.24	23.25
Ave	101.50	59.96	67.67	91.05	21.61	5.28	22.51
sd	5.32	2.47	3.55	5.70	5.07	0.79	1.45
cv	0.05	0.04	0.05	0.06	0.23	0.15	0.06
ばらつき係数	0.80	0.90	0.88	0.85	0.93	0.96	0.98
下側値	80.07	54.20	59.38	77.72	20.11	5.05	22.08
短期基準耐力P0		54.20					

※ばらつき係数＝1-k・cv、k：信頼水準75%における下側許容限界値を求めるための係数。耐力は95%下側許容限界値（k=2.336, n=6）、δu、μ、K は 50%下側許容限界値（k=0.707, n=6）

1 接合部あたりの短期基準耐力 P0 は、**P0＝54.20 kN**　が得られる。

低減係数 α＝1 とすると

短期許容耐力 Pa は、**Pa ＝ 54.20 kN**　が得られる。

④CLT パネル相互　引張試験

表 1.　CLT の仕様

樹種	スギ
等級及び構成	Mx-60-5-5　A 種構成
含水率	製造時の含水率は 10%~14%
密度	絶乾比重 0.39～0.41 程度
縦継ぎ、積層部分の接着	JIS K 6806 水性高分子-ｲｿｼｱﾈｰﾄ系木材接着剤 1 種 1 号←ﾎﾙﾑｱﾙﾃﾞﾋﾄﾞ基準
ラミナ間の幅方向の接着の有無	幅はぎ接着無し
ラミナ厚　（厚 120 ㎜ CLT）	24 ㎜

試験結果・及び試験結果の特性値（表 2.1 及び表 2.2）と荷重-変位曲線（図.1）

表 2.1　試験結果特性

	No6-1	No6-2	No6-3	No6-4	No6-5	No6-6	ave	sd
Pmax	175.3	173.8	175.3	173.3	173.7	173.4	174.1	0.93
δ(Pmax)	38.31	39.36	39.20	38.31	37.77	37.86	38.46	1.38
δu時の荷重	150.8	158.6	160.4	153.4	123.3	125.8	146.8	11.39
δ(0.1Pmax)	0.38	0.37	0.38	0.39	0.33	0.38	0.37	0.020
δ(0.4Pmax)	1.14	1.13	1.14	1.16	1.08	1.17	1.14	0.027
δ(0.9Pmax)	11.76	12.43	11.81	11.65	11.69	11.54	11.81	0.316
降伏に達するδyP	109.8	113.2	111.8	111.2	109.2	111.8	109.6	1.18
降伏に達するδyδ	1.85	2.12	1.90	2.11	2.17	2.13	2.05	0.136
降伏耐力 Py	105.4	110.1	110.1	108.1	104.5	108.4	107.8	2.34
二直線の交点 δ(Py)	1.66	1.72	1.72	1.74	1.60	1.76	1.70	0.060
降伏点の変位 δy	1.81	2.01	1.86	1.86	1.84	1.91	1.88	0.074
終局変位 δu	39.04	36.78	37.24	36.10	33.72	34.28	35.70	1.898
初期剛性 K	58.3	54.7	59.2	58.1	56.9	56.6	57.3	1.61
Energy	5375.1	5631.5	5779.4	5519.1	5138.0	5236.3	5478.2	246.59
終局耐力 Pu	160.8	159.4	161.1	158.9	159.0	159.0	159.7	0.99
等価降伏変位 δv	2.76	2.92	2.72	2.74	2.79	2.81	2.79	0.071
μ=δu/δv	13.1	12.6	13.7	13.2	12.1	12.2	12.8	0.62
Ds=1/sqrt(2μ-1)	0.199	0.203	0.195	0.198	0.208	0.207	0.202	0.005
伸び率（%）	30	31	31	30	28	29	29.7	1.16

※伸び率は、上下治具間距離 120mm から、δu／120 として求めた。
コネクタ 1 本あたりの耐力性能は、上記の 1／2 として得られる。

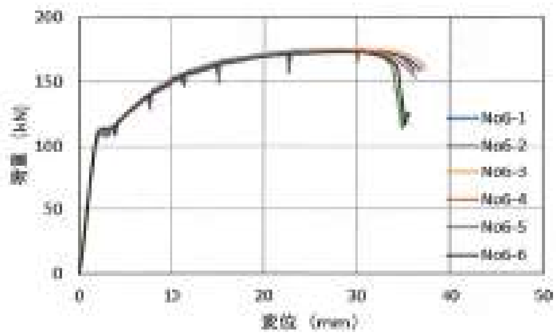


図 1.包絡曲線

表 2.2　接合部特性値

	試験体	Pmax	Py	2/3・Pmax	Pu	δu	μ	伸び率	初期剛性K
		kN	kN	kN	kN	kN		%	kN/mm
コネクタ2本	No6-1	175.3	105.4	116.9	160.8	39.04	13.1	30	58.3
	No6-2	173.8	110.1	115.9	159.4	36.78	12.6	31	54.7
	No6-3	175.3	110.1	116.9	161.1	37.24	13.7	31	59.2
	No6-4	173.3	108.1	115.5	158.9	36.10	13.2	30	58.1
	No6-5	173.7	104.5	115.8	159.0	33.72	12.1	28	56.9
	No6-6	173.4	108.4	115.6	159.0	34.28	12.2	29	56.6
	平均値 ave	174.1	107.8	116.1	159.7	35.70	12.8	29.7	57.3
	標準偏差 sd	0.93	2.34	0.62	0.99	1.40	0.62	1.16	1.61
	変動係数 cv	0.0054	0.0217	0.0054	0.0062	0.0392	0.0487	0.0391	0.0280
	ばらつき係数（1-cv・k）	0.99	0.95	0.99	0.99	0.96	0.96	0.91	0.93
	下限値	172.8	102.3	114.8	**157.4**	**35.28**	**12.6**	**27.0**	**56.8**
	短期基準耐力 P0		**102.3**						
コネクタ1本	下限値	86.38	51.16	57.32	**78.68**	**35.28**	**12.60**	**27.0**	**28.4**
	短期基準耐力 P0		**51.15**						

※ k: 信頼水準 75%における下側許容限界値を求めるための係数。Pmax、Py、Pu、伸び率は 95%下側許容限界値（k=2.336, n=6）、δu、μ、K は 50%下側許容限界値（k=0.297, n=6）

表 2.2　接合部特性値（設計用）

	コネクタ2本	コネクタ1本
短期基準耐力　P0　(kN)	102.3	51.15
終局耐力　Pu　(kN)	157.4	78.68
終局変位　δu　(mm)	35.28	35.28
塑性率　μ	12.6	12.6
伸び率（%）	27.0	27.0
初期剛性K　(kN/mm)	56.8	28.4

コネクタ 2 本の短期基準耐力は、　<u>P0 ＝102.3 kN</u>　が得られる。
低減係数 α＝1 とすると
短期許容耐力は、<u>Pa ＝102.3 kN</u>（51.15kN／コネクタ 1 本あたり）が得られる。

２．３　医療法人社団　三成会／藤寿産業（株）

1.　建築物の仕様一覧

事業名			（仮称）南東北春日デイサービス新築工事の建築実証及び設計実証
実施者（担当者）			医療法人社団三成会／藤寿産業（株）
建築物の概要	用途		病院（介護老人保健施設）
	建設地		福島県須賀川市
	構造・工法		木造ラーメン構造＋CLT（床、壁）
	階数		3
	高さ（m）		9.922
	軒高（m）		8.922
	敷地面積（㎡）		12112.50
	建築面積（㎡）		496.04
	延べ面積（㎡）		1309.45
	階別面積	１階	432.60
		２階	437.50
		３階	421.75
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		床、壁、階段
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量76.6㎥、建築物使用量67.3㎥
	壁パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	階段パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：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		190㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.8)H170、折版葺（3%勾配）
		外壁	防火サイディング(t=16)＋下地
		開口部	アルミ製サッシ（Low-E複層ガラス）
	主な内部仕上	界壁	木材又は鉄材下地、石膏ボード（t=15）両面張り、ﾋﾞﾆｰﾙｸﾛｽ
		間仕切り壁	木材又は鉄材下地、石膏ﾎﾞｰﾄﾞ(t=12.5)両面二重張り、ﾋﾞﾆｰﾙｸﾛｽ 木材又は鉄材下地、石膏ﾎﾞｰﾄﾞ(t=15)両面二重張り、ﾋﾞﾆｰﾙｸﾛｽ CLT(t=90)
		床	CLT(t=150)の上、ALC版(t=50)＋構造用合板(t=12)＋ﾋﾞﾆｰﾙ床ｼｰﾄ CLT(t=150)の上、ﾓﾙﾀﾙ(t=30)＋構造用合板(t=12)＋ﾋﾞﾆｰﾙ床ｼｰﾄ
		天井	強化石膏ﾎﾞｰﾄﾞ(t=15)＋ﾋﾞﾆｰﾙｸﾛｽ
構造	構造計算ルート		ルート１
	接合方法		GIR接合
	最大スパン		10m
	問題点・課題とその解決策		現場施工では、運搬トラックから直接CLTを吊り上げ、そのままCLT床の敷き込みを実施（現場内のストックヤード確保や仮置き手間の簡略化、建て方による運搬トラック積込み順序を確定） CLT壁を現しとするため、告示の燃え代設計手法を採用 遮音については、2階と3階の床で異なる仕上げを使用。遮音計測の実施
防耐火	防火上の地域区分		その他（法第22条区域）
	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		
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届け出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	ｸﾞﾗｽｳｰﾙ24kg/m3(t=100)、ｸﾞﾗｽｳｰﾙ24kg/m3(t=50)
		外壁	ｸﾞﾗｽｳｰﾙ24kg/m3(t=100)
		床	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		2階3階の各床で異なる仕上げを用いて、遮音計測による値で取得
	建て方における課題と解決策		CLT床パネルの割付（運搬等を考慮）、敷き込むための控え仮設の設置
	給排水・電気配線設置上の工夫		
	劣化対策		
工程	設計期間		H29年1月～H29年3月（3カ月）
	施工期間		H29年7月～H30年2月（8ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	H29年10月～H29年11月（10日間）
	竣工年月日		平成30年2月14日
体制	発注者		医療法人社団　三成会
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		荒牧建築設計事務所
	構造設計者		Tﾌﾟﾗｽ一級建築士事務所
	施工者		荒牧建設株式会社
	ＣＬＴ供給者		銘建工業（株）、山佐木材（株）
	ラミナ供給者		福島県木造技術開発協同組合

実証事業名：　（仮称）南東北春日デイサービス新築工事の建築実証及び設計実証
実施者／協議会運営者または担当者：　医療法人社団三成会　／　藤寿産業（株）

１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">病院（介護老人保健施設）</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">福島県須賀川市</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">木造ラーメン構造＋CLT</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">3</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>9.922</td><td>軒高（m）</td><td>8.922</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>12112.50</td><td>建築面積（㎡）</td><td>496.04</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積（㎡）</td><td>１階</td><td>432.60</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">1309.45</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>437.50</td></tr>
<tr><td>３階</td><td>421.75</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">床、壁、階段</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（㎥）</td><td colspan="3">70</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（㎥）</td><td colspan="3">190</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">90㎜厚／3 層 3 プライ／MX60A 相当／スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">150㎜厚／5 層 5 プライ／MX60A 相当／スギ</td></tr>
<tr><td>階段</td><td colspan="3">150㎜厚／5 層 5 プライ／MX60A 相当／スギ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">H29 年 1 月～H29 年 3 月（３ヵ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">H29 年 7 月～H30 年 2 月（８ヵ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">H29 年 10 月～H29 年 11 月（10 日間）</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工年月日</td><td colspan="3">H30 年 2 月 14 日</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

◇木造３階建て建築物でＣＬＴパネルを床に用い、２階３階の各階層で床仕上げ材等が異なる仕様にした場合、その２パターンの遮音性能の値を計測し、比較検証する。

　また、上記の同じ箇所（２階３階の階層）において、仕上げ材を含めないＣＬＴパネルのみ素材の状態で遮音性能も計測する。仕上げ材の違いによる遮音性能の向上効果を素材のみの測定値と比較しながら、評価検証

◇ＣＬＴ床・壁パネルの施工方法及びコスト縮減を考慮した最適なＣＬＴパネル割付け（寸法）を提案・検証

◇素材に鋳鉄を用いた柱脚金物の優位性（加工・施工・コスト）の検証

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（設計）　荒牧建築設計事務所　：遠藤美佐子
（構造設計）　Ｔプラス一級建築士事務所　：櫛田利美
（施工）　荒牧建設株式会社　：荒牧幸雄
（原木供給）　福島県郡山地区木材製材協同組合　：松岡泰仁
（製造）　福島県木造技術開発協同組合　：西村義一
（製造）　藤寿産業株式会社　：渡邉宏（協議会運営者）
（金物）　日之出水道機器株式会社　：溝渕木綿子

４．課題解決の方法と実施工程

◇荒牧建築設計事務所を中心に専門家の助言を取り組みながら、協議会内で２階と３階の床で異なる仕上げ等の仕様を決定し、異なる床仕上げ等の仕様により、遮音性能の違いを比較するため計測の実施することを課題とする。また、ＣＬＴパネル素材と仕上げ材等を含めたパターンで遮音性能を計測し、仕上げ材等によって遮音効果の向上を比較検討した。
◇大判のＣＬＴ床パネルの施工性について、施工状況等を検討した。
◇柱脚部の金物（鋳鉄素材）を用いることの施工性（コスト縮減、工期短縮等）を検討した。

＜協議会の開催＞

H29.2 月 27 日：全体　第 1 回開催、問題点洗い出し
H29.3 月 14 日：全体　第 2 回開催、建築確認申請提出前、着工前確認
H29.11 月 29 日：全体　第 3 回開催、CLT 設置後の確認
他、分科会の実施

＜設計＞

H29.1 月～3 月：　実施設計
H29.1 月～3 月：　構造設計
H29.3 月 31 日：　建築確認申請

＜施工＞

H29.3 月 30 日：　工事契約
H29.7 月：　着工、基礎工事
H29.10 月～11 月：　木工事
H29.11 月～H30.1 月：　内外装工事
H29.11 月～H30.1 月：　電気設備工事
H30.2 月 14 日：　完了検査済証発行

５．得られた実証データ等の詳細

◇木造３階建て建築物でＣＬＴパネルを床に用い、２階３階の各層で床上層部から音を発生させ、床下層部で遮音性能を測定したデータを取得
　（１）ＣＬＴ床パネルのみの素材で遮音性能を計測
　（２）ＣＬＴ床パネルと仕上げ材を含めた実際の施設利用下空間で遮音性能を計測
上記（１）（２）において、それらのデータの考察や解析結果
◇大判のＣＬＴ床パネルで施工する納まりや施工手法の検討資料
◇柱脚金物の施工状況の検討資料

６．本実証により得られた成果

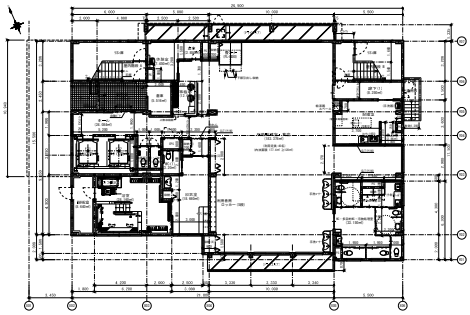
◇ＣＬＴは大判として製造可能な寸法を最大限に活用することで施工の工期短縮の成果が得られた。また、ＣＬＴは、製造工場で大判のＣＬＴを定寸サイズで切断加工を実施した。加工工場での成形カットの工程を削減することで工期短縮や加工コスト減の成果が得られた。

◇柱脚金物では、多規格の金物の種類を１パターンに絞ることで施工性やコスト縮減、工期短縮などの成果が得られた。また、構造検討の合理化（部材断面の種類削減）に繋がった。

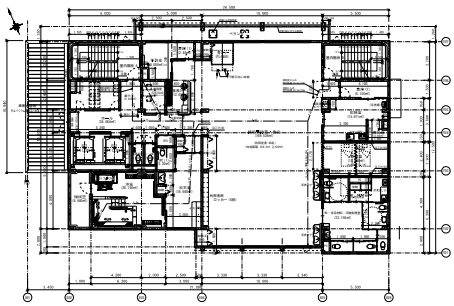
◇木造建築物にＣＬＴ床パネルが使用される施設利用下の空間で求められる遮音性能を備えた上で、施工性・コスト面を重視して検討、検証したデータは、今後増大するであるだろう医療系施設や高齢者施設のモデルとなることを期待する。また、ＣＬＴを非耐力壁や階段として使用することも同様である。

従来、医療系や高齢者向け施設は、法規上の制限も多く無機質の冷たい雰囲気の施設環境であった。しかし、患者の施設滞在時間が長く、高いアメニティが求められていたこともある。そのような中、木造で木質系パネルを多用し、木部が表しで使用出来る施設づくりは、木が安らぎと安心感をもたらすこれまでにない快適な施設環境を創出できることを期待する。

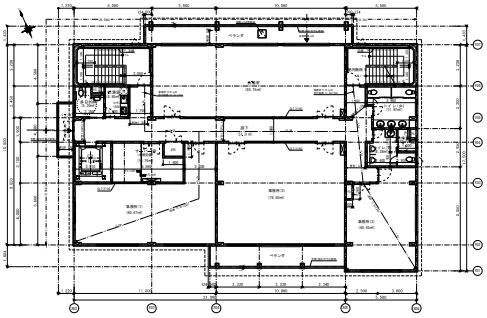
７．建築物の平面図・立面図・写真等



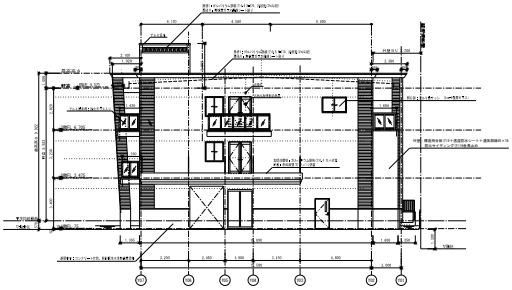
平面図（1 階）



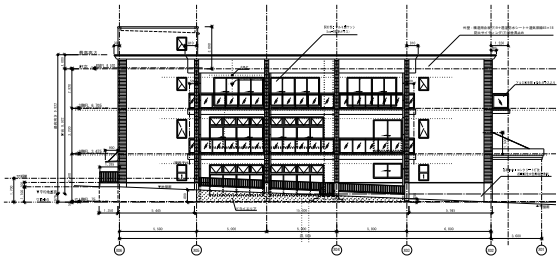
平面図（2 階）



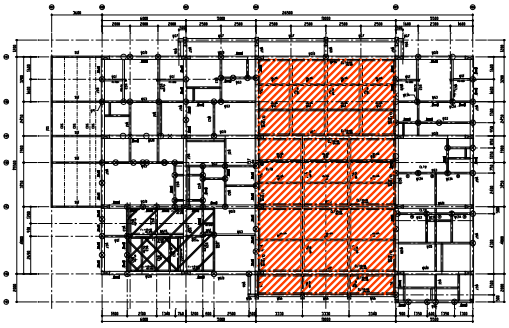
平面図（3 階）



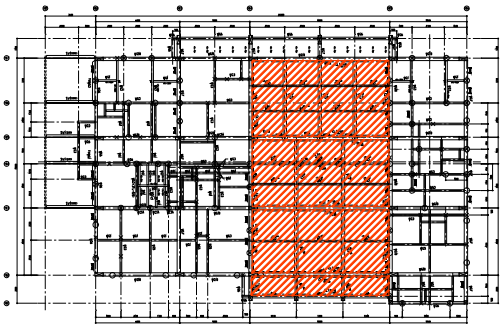
立面図（西側）



立面図（北側）

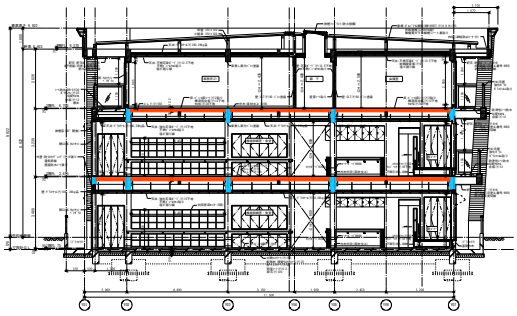


構造図（2 階床）



構造図（3 階床）

：ＣＬＴ床パネル位置



矩形図

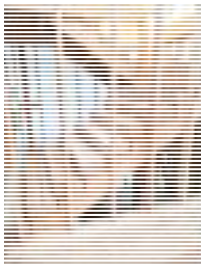
外観（北西）

内観（3 階）

内観（2 階）

内観（2 階）

内観（1 階）



ＣＬＴ使用状況（施工時）

Ⅰ．序論

Ⅰ-1 背景と目的

（１）CLT の厚板をベースとした床仕様における遮音性能（生活騒音ﾚﾍﾞﾙ）の実証的検証

公共性の高い施設における木造推進の阻害原因の一つとして、「木造の界床における床衝撃御遮音性能の劣後」を指摘されている。

対策技術の開発が進む中、この問題を「木材の利活用」を果たしつつ解決する方策として CLT の床構造の検討が進められている。

本事業では、技術研究レベルを一歩進め、実際の施設の利用下において、CLT の床構造のもたらす音響環境を利用者の視点に立って検証することを目的としている。特に音響計画を平面計画と連動させ、同一建物内で、ＣＬＴベースの床仕様の遮音性能を比較検証することをねらっている。

今回の実証的検証により、ＣＬＴベースの床仕様の遮音性能を立証し、公共施設の木造化の一層の推進をはかる。

（２）中層大断面木造における柱脚金物（※）の標準化の検証

中層大断面木造建築の推進をはかるためには、構造用大断面集成材の断面寸法の統一規格化と対応する統一規格化された柱脚金物の開発が重要な課題である。（従来の柱脚金物は、設計上求められる様々な柱寸法に合わせ、特注製作するのが常態であった。）

本事業では、柱サイズ（巾方向）の違いに関わらず、同一サイズの金物が使用できるセパレート型の柱脚金物を用い、金物の標準化を実証的に検証する。金物は、形状実現に自由度の高い「鋳造」により製造し、FEM 解析結果をもとに、必要最小限の合理的・経済的な形状を実現する。（鋳造→溶接工程無しに、工場で製造）

※本柱脚金物は、平成 26･27 年度 林野庁補助事業 「新たな木材需要創出総合プロジェクト」において、助成金を受けた 「中層大規模木造研究会」（委員長 東京大学・腰原幹雄教授）において開発された柱脚金物の実用化第一号となる。

Ⅰ-２検証（課題）項目

① 木造３階建て建築物でＣＬＴパネルを床に用い、２階３階の各階層で床仕上げ材等が異なる仕様にした場合、その２パターンの遮音性能の値を計測し、比較検証する。また、上記の同じ箇所（２階３階の階層）において、仕上げ材を含めないＣＬＴパネルのみ素材の状態で遮音性能も計測する。仕上げ材の違いによる遮音性能の向上効果等を素材のみの測定値と比較しながら、評価・検証する。

② ＣＬＴ床・壁パネルの施工方法及びコスト縮減を考慮した最適なＣＬＴパネル割付け（寸法）を提案・検証する。

③ 素材に鋳鉄を用いた柱脚金物の優位性（加工・施工・コスト）の検証する。

Ⅰ-３実施体制（協議会構成員）

（設計）	荒牧建築設計事務所 ：遠藤美佐子
（構造設計）	Ｔプラス一級建築士事務所 ：櫛田利美
（施工）	荒牧建設株式会社 ：荒牧幸雄
（原木供給）	福島県郡山地区木材製材協同組合 ：松岡泰仁
（製造）	福島県木造技術開発協同組合 ：西村義一
（製造）	藤寿産業株式会社 ：渡邉宏（協議会運営者）
（金物）	日之出水道機器株式会社 ：溝渕木綿子

Ⅰ-４建物の概要

建築主：医療法人社団三成会
設計者：荒牧建築設計事務所
施工者：荒牧建設株式会社
用途：病院（介護老人保健施設）
建築面積：496.04 ㎡
延べ面積：1309.45 ㎡
最高の高さ：9.922m
最高の軒の高さ：8.922m

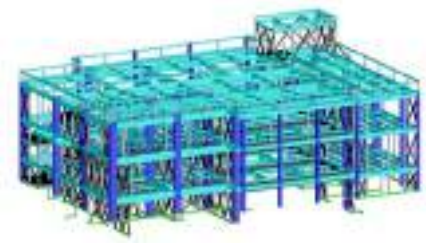
構造：木造（集成材ラーメン構造）
階数：地上 3 階
建設場所：福島県須賀川市南上町 84-1、他 27 筆
設計工期：平成 29 年 1 月～平成 29 年 3 月
建設工期：平成 29 年 7 月～平成 30 年 2 月

Ⅰ-5 使用部材リスト（構造体）

名称		樹種	等級	断面形状			数　量	単位
集成材	柱	唐松	E105-F300	120	×	120	1.0	M3
集成材	柱	唐松	E105-F300	240	×	240	33.1	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	120	×	180	3.5	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	120	×	240	10.2	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	120	×	400	3.9	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	180	×	360	13.5	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	180	×	450	0.4	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	240	×	360	16.6	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	240	×	450	3.3	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	240	×	540	6.5	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	240	×	600	42.8	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	240	×	650	3.2	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	240	×	700	3.4	M3
集成材	梁	唐松	E105-F300	120	×	180	0.7	M3
集成材	CLT受材	唐松	E105-F300	90	×	180	3.7	M3
集成材	ささら板	唐松	E105-F300	90	×	330	1.4	M3
集成材	柱、梁、根太	唐松	E105-F300	120	×	120	44.5	M3
CLT	床	杉	Mx60-5-5	150	×		48.4	M3
CLT	壁	杉	Mx60-3-3	90	×		10.2	M3
CLT	階段	杉	Mx60-5-5	150	×		10.1	M3

Ⅰ-6 事業スケジュール

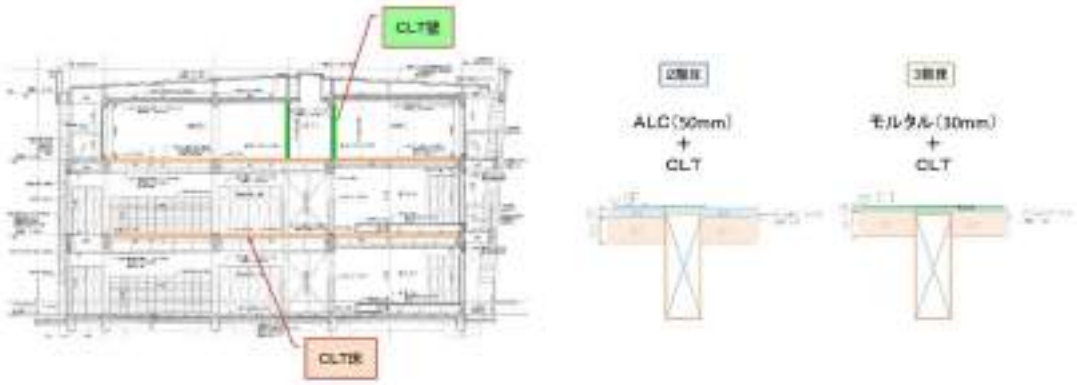
内容	2017年												2018年		
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実施設計	●	―	―	●											
構造設計	●	―	―	●											
建設工事							●	―	―	―	―	―	―	―	●
木造工事										●	―	●			
CLT製造					●	- - -	- - -	●							
内外装工事											●	―	―	●	
電気設備工事											●	―	―	●	



Ⅱ．成果報告

Ⅱ-１　CLT 床パネル　遮音性能

ｉ）ＣＬＴ床仕様の概要



ⅱ）遮音性能

（１）目標値の設定

各種建築物の遮音性能基準としては，日本建築学会編「建築物の遮音性能基準と設計指針」が現在最も広く利用されている。しかしながら，本書における建築物は集合住宅，ホテル，事務所，学校，病院が対象であり，デイサービスセンターに関する記述はない（表-1.1，表-1.2 参照）。本研究対象室であるデイサービスセンターの機能訓練室では，軽度の体操で日常生活動作を意識したトレーニング，家事の訓練，話したり聞いたりといったコミュニケーションの訓練が行なわれる。つまり軽い運動による直下室における床衝撃音の発生，指導者と利用者間の会話や指導者の指示などが主な音源となり隣室や直下室に聞こえる透過音をいかに遮断するかが当該施設に求められる遮音性能となる。これらの状況は学校施設が最も近いと考えられるため，本研究においては学校建築における界床の床衝撃音遮断性能および空気音遮断性能を設計目標値とすることとした。また「建築物の遮音性能基準と設計指針」では，これらの性能が適用等級で表されるが，遮音性能の水準により適用等級は特級，１級，２級，３級の４段階に分かれている。研究対象室の界床は機能訓練室同士，あるいは音源室が事務室，受音室が機能訓練室であることを考慮し，遮音性能の水準としては表-1.3 に示す「遮音性能上標準的である」を示す適用等級２級が適当であると判断した。

以上の検討より，デイサービスセンターの事務室→機能訓練室，機能訓練室→機能訓練室間の界床に求められる遮音性能の設計目標値を表-1.4 に示す。

表-1.1　床衝撃音レベルに関する適用等級[1)]

建築物	室用途	部位	衝撃源	適用等級			
				特級	1 級	2 級	3 級
集合住宅	居室	隣戸間 界　床	重量衝撃源	L-45	L-50	L-55	L-60, L-65※
			軽量衝撃源	L-40	L-45	L-55	L-60
ホテル	客室	客室間 界　床	重量衝撃源	L-45	L-50	L-55	L-60
			軽量衝撃源	L-40	L-45	L-50	L-55
学　校	普通教室	教室間 界　床	重量衝撃源 軽量衝撃源	L-50	L-55	L-60	L-65

※木造，軽量鉄骨造またはこれに類する構造の集合住宅に適用する。

表-1.2　室間平均音圧レベル差に関する適用等級[1)]

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

表-1.3　適用等級の意味[1)]

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

表-1.4　設計目標値

床衝撃音レベルに関する適用等級	音響透過損失に関する適用等級
L-60	Rr-35

（2）計画段階における予測値

（2）.1　類似事例の解析による予測値

CLT を主構成材とした床版の軽量床衝撃音遮断性能、重量床衝撃音遮断性能の測定データは極めて少ない。そこで本研究では，平成 25 年度林野庁補正委託事業『CLT 等新製品・新技術利用促進事業のうち CLT 実用化促進（接合部データ等の収集・分析）床版として CLT を使用する枠組壁工法建築物の開発　成果報告書』[2)]（平成 27 年 3 月）に記載されたデータを用いて，設計段階における軽量床衝撃音遮断性能，重量床衝撃音遮断性能，および空気音遮断性能の予測を行う。

床版を加振したときの床衝撃音レベルを算出する方法としては，日本建築学会編『建物の遮音設計資料』[3)]に示されるインピーダンス法がある。この方法は，床版の基本インピーダンスより，各種加振時の発生音の予測計算を行う方法である。具体的には，CLT150ｍｍ（目地処理あり）の基本形の基本インピーダンスと，本研究対象のデイサービスで用いられる 2 種類の床構造の基本インピーダンスの差を既往調査データに加算することにより，計画段階における予測値を算出することとする。

床版の基本インピーダンスの算出式を次に示す。

$$Z_b = 8\sqrt{Bm} \approx 2.31\rho^{1/2}E^{1/2}h^2 \qquad (1)$$

ただし，B　:床スラブの曲剛性(N/㎡)

m　:床スラブの面密度(kg/㎥)

ρ　:床スラブの密度（等価密度）(kg/㎥)

E　:床スラブのヤング係数（等価ヤング係数）(N/㎡)

h　:床スラブの厚さ（等価厚さ）(m)

Z_b　:床スラブの基本インピーダンス(kg/s)

なお，図-2.1 示すように単板上に増し打ちした場合の等価密度 ρ，等価ヤング係数 E，等価厚

さ h はそれぞれ次式で表される。

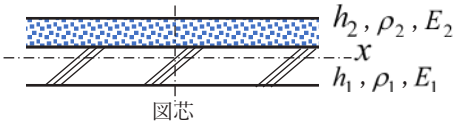


図-2.1 増し打ちスラブ

$$\rho = \rho_1 \frac{h_1}{h_1 + h_2} + \rho_2 \frac{h_1}{h_1 + h_2} \tag{2}$$

$$E = \frac{E_1 I_1 + E_2 I_2}{I_x} \tag{3}$$

$$h = h_1 + h_2 \frac{\rho_2}{\rho_1} \tag{4}$$

CLT150，研究対象のデイサービス機能訓練室床の基本インピーダンスを算出するための緒言を表-2.1 に示す。

表-2.1　構成材の緒言

	ρ (kg/m³)	E (N/m²)
CLT	400	6×10^{9}
ALC	1700	1.5×10^{10}
モルタル	2300	2.05×10^{10}

図-2.2 に床版の断面構成を示す。同図中の(b)および(c)は仕上げ材として構造用合板 12mm，ビニール床シート 2mm が施工されるが，これらは床剛性への影響は軽微であると今回は仮定し，CLT と ALC，CLT とモルタルの打ち増しスラブとして基本インピーダンスを算出する。

それぞれの基本インピーダンスの計算結果を表-2.2 に示す。文献 2)によれば，断面(1)の衝撃時間内応答インピーダンス（基本インピーダンス）レベルは 91.9dB であることから，修正基本インピーダンスレベルを分析に用いる。

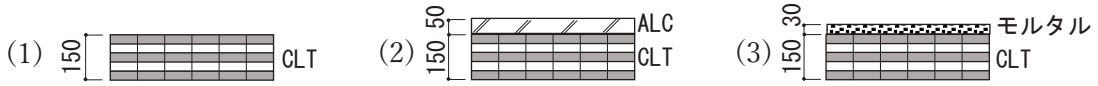


図-2.2　床版の断面構成

表-2.2　基本インピーダンスレベル

	断面(1)	断面(2)	断面(3)
基本インピーダンス Z_b (kg/s)	80519.32	814771.02	766450.82
基本インピーダンスレベル LZ_b (dB)	98.1	118.2	117.7
修正基本インピーダンスレベル LZ_b (dB)	91.9	112.0	111.5

図-2.3 に，文献 2)に記載された測定データを示す。また図-2.4 に測定対象床構造の断面図を示す。図に示した既往データにおいて，CLT150ｍｍは①②であるが，①は目地処理なしであるため，本研究では②のデータに基づき検討を進める。

① 軽量床衝撃音レベルに関する適用等級

図-2.3 より，軽量床衝撃音レベルに関する床衝撃音遮断性能の適用等級：L 数は L－97 である。表-2.2 より，断面（1）と断面(2)の基本インピーダンスの差は 20.1，また断面（1）と断面(3)の差は 19.6 であるので，断面(1)および断面(2)の L 数改善量は 20 とする。文献 2)によれば，塩ビシートを仕上げ材として用いた場合の L 数改善量は最大 5 である。検討対象床は下地に構造用合板 12mm が施工されることから，床仕上げ材による L 数の改善量を 5 とする。さらに，文献 1）より，独立天井を施工することによる L 数の改善量は 4～8 と報告されている。現仕様では，完全な独立天井とはみなせないことから改善効果を 50%として，天井による L 数の改善量は 6 とする。以上の検討結果より，本計画の床構造における軽量床衝撃音適用等級は L=97－20－5－6＝66 と推定する。

② 重量床衝撃音レベルに関する適用等級（加振源：タイヤ）

図-2.3 より，タイヤ加振時の重量床衝撃音レベルに関する床衝撃音遮断性能の適用等級：L 数は LH－69 である。軽量床衝撃音レベルと同様に，断面(2)および断面(3)の L 数改善量は 20 と

する。タイヤ加振においては床仕上げ材としての塩ビシートは改善効果がないことから，床仕上げ材のＬ数改善量は０とする。次に，文献 1)によれば独立天井のＬ数改善量は１である。以上の結果より，本計画の床構造における重量床衝撃音適用等級は L=69－20－０－１＝48 と推定する。

③　重量床衝撃音レベルに関する適用等級（加振源：ボール）

加振源がタイヤの場合と同様の手順で推定すると，本計画の床構造における重量床衝撃音適用等級は L=68－20－０－１＝47 と推定する。

図-2.3　床版の床衝撃音レベルに関する適用等級と空気音遮断性能に関する適用等級 [2)]

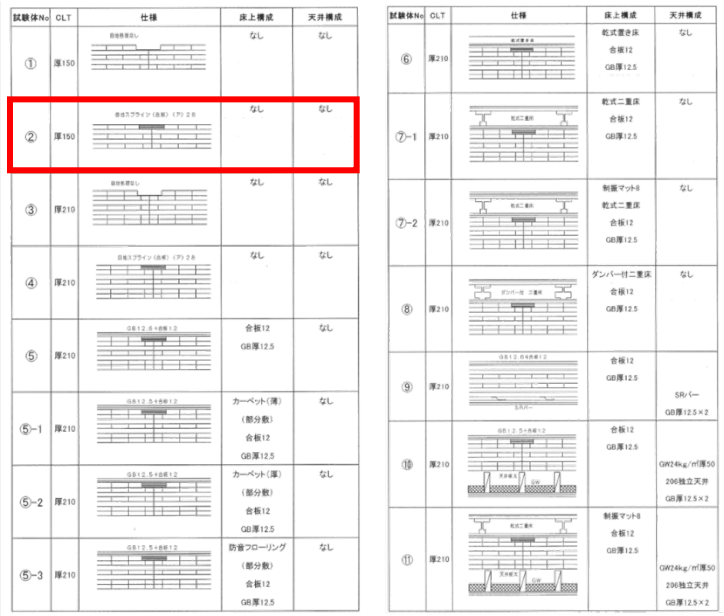


図-2.4　測定試料の断面構成 [2)]

④　重量床衝撃音レベルに関する適用等級（加振源：ボール）

加振源がタイヤの場合と同様の手順で推定すると，本計画の床構造における重量床衝撃音適用等級は L=68－20－ 0 － 1 ＝47 と推定する。

⑤ 空気音遮断性能に関する適用等級

床版の音響透過損失は，質量則に従うと仮定する。2 種類の床版のそれぞれの全体の面密度を m1,m2(m1>m2)とすると，両者の等級の差ΔL は

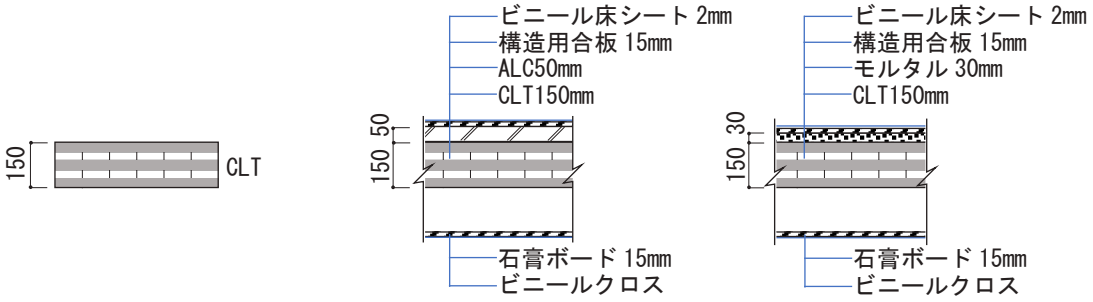
$$\Delta L = 20\log_{10}\frac{m_1}{m_2} \qquad \text{(dB)}$$

で表される。CLT150，2 階床構造，3 階床構造を図-2.5 に示す。それぞれの面密度を表-2.3 に示す。これらより，CLT150 に対する 2 階床構造，および 3 階床構造の増分はそれぞれ次式で計算される。

$$\Delta L = 20\log_{10}\frac{m_1}{m_2} = 20\log_{10}\frac{161.95}{60} = 8.62 \qquad \text{(dB)}$$

$$\Delta L = 20\log_{10}\frac{m_1}{m_2} = 20\log_{10}\frac{145.95}{60} = 7.72 \qquad \text{(dB)}$$

以上の結果より，3 階～2 階の界床，2 階～1 階の界床の音響透過損失の等級はそれぞれ Rr－38，Rr－37 となる。



(1) CLT 単体　　(2) 2 階床　　(3) 3 階床

図-2.5　床版の断面構成

表-2.3　各床版の面密度

		密度(kg/㎥)	厚さ(m)	面密度(kg/㎡)	合計(kg/㎡)
(1)CLT 単体		400	0.15	60	60.00
(2)2 階床	構造用合板	600	0.012	7.20	
	ALC	1700	0.050	85.00	
	CLT	400	0.150	60.00	
	石膏ボード	650	0.015	9.75	161.95
(3)3 階床	構造用合板	600	0.012	7.20	
	モルタル	2300	0.030	69.00	
	CLT	400	0.150	60.00	
	石膏ボード	650	0.015	9.75	145.95

ここまでの検討より，設計段階における各適用等級の予測値は表-2.4 となる

表-2.4　類似事例の分析による設計段階における性能予測値

	床衝撃音レベルに関する適用等級			音響透過損失に関する適用等級
	タッピングマシン	タイヤ	ボール（参考）	
2 階床	L-66	L-48	L-47	Rr-38
3 階床	L-66	L-48	L-47	Rr-37

（2）.2　インピーダンス法による床衝撃音の予測

この方法によれば，駆動点インピーダンスを測定することによって、式（8）から床衝撃音レベルを計算することができ、床材としての床衝撃音遮断性能を知ることができる。

ここで，無限大平板に関する基本インピーダンスの理論式

$$B = I \cdot E \qquad (5)$$

$$Z_b = 8\sqrt{B \cdot m} \qquad (6)$$

ただし、 B ：床スラブの曲げ剛性（N･m²）
m ：床スラブの面密度（kg/m²）
I ：断面二次モーメント（cm⁴）
E ：ヤング率（N/m²）
Z_b ：床スラブの基本インピーダンス（kg/s）

$$L_Z = 20\log_{10}\frac{Z_b}{Z_0} \qquad (7)$$

ただし、 L_Z ：基本インピーダンスレベル（dB）
Z_0 ：基準値（1kg/s）

オクターブバンド毎の床衝撃音算出式は

$$L_{H,f} = 10\log_{10}\left(\frac{\mathrm{F}^2{}_{rms}}{Z_b{}^2} \cdot \rho_0 c_0 \cdot \mathrm{S}_{eff} \cdot k\frac{4}{A}\right) + 120 + \Delta C \qquad (8)$$

ただし、 $L_{H,f}$ ：オクターブ毎の重量床衝撃音による床衝撃音レベル（dB）
$\rho_0 c_0$ ：空気の固有音響抵抗（kg/s･m）
S_{eff} ：スラブの有効放射面積（m²）
k ：音響放射係数
A ：受音室の吸音力（m²）
ΔC ：騒音計の動特性補正値（dB）
F_{rms} ：重量衝撃源の衝撃力実効値（N）
Z_b ：スラブの基本インピーダンス値にスラブ周辺拘束の補正を行い、さらに共振の影響を考慮した加振点のインピーダンス値（kg/s）

式（8）による床衝撃音の予測では、より正確な駆動点インピーダンスレベルの測定が重要となる。そこで躯体工事完了時に，図-3.1 に示すように，室内の平均的な 5 点，さらにインピーダンス上昇の度合い，また有効放射面積の算定の根拠とするために，駆動点インピーダンス測定 LINE－X と LINE-Y において駆動点インピーダンスを詳細に測定することとする。

（3）試験方法の概要

（3）.1　駆動点インピーダンス

試験体に振動加速度ピックアップを固定し，その近傍をインパルスハンマで加振し，加振力および振動速度を測定する。これらの信号を FFT アナライザに入力し，衝撃時間内応答インピーダンス，全時間応答インピーダンス，床の固有振動数を解析する。なお，試験は図-3.1 に示す駆動点インピーダンス測定 LINE 及び加振位置で行う。測定システムを図-3.2 に示す。

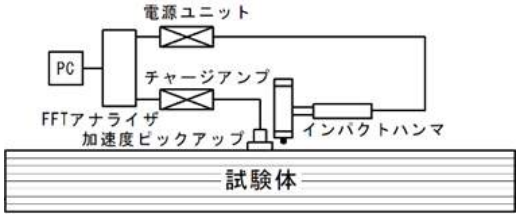


図-3.2　駆動点インピーダンスの測定系統図

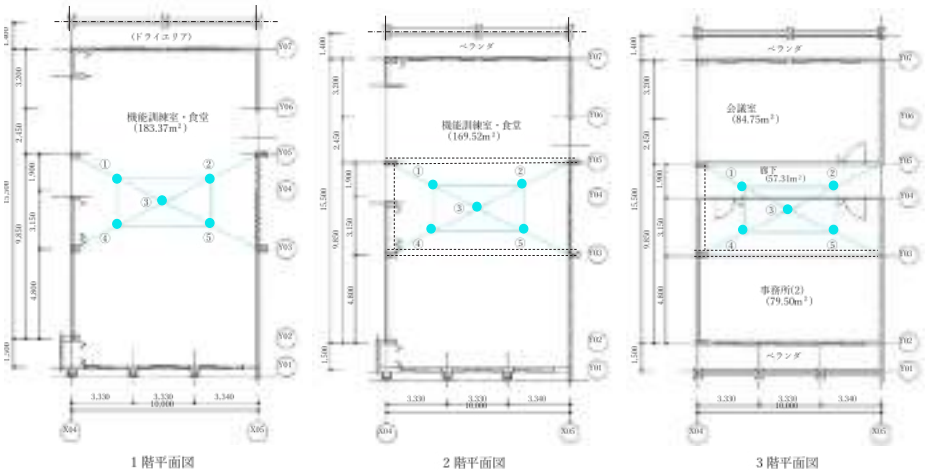


図-3.1　駆動点インピーダンスの測定位置

（３）.2　軽量床衝撃音遮断性能（タッピングマシン）

試験方法は JISA1418-1『建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法－第 1 部：標準軽量衝撃源による方法』に基づき，標準軽量衝撃源（タッピングマシン）による床衝撃音レベルの測定を行う。なお，測定は中心周波数 125Hz～2000Hz までのオクターブバンドについて行う。図-3.3 にタッピングマシンを示す。音源室側の加振点 1 点につき受音室側の受音点 5 点の床衝撃音を測定する。騒音計を用い、マイクロホンの高さは 1.2～1.5m とする。各加振点ごとに騒音計の時間重み特性 F を用いる。軽量床衝撃音では各測定周波数帯域の時間平均音圧レベルを測定する。加振点ごとに測定点 5 点で測定された値からエネルギー平均値を算出し、加振点 5 点のエネルギー平均値を算術平均する。この値を軽量及び重量床衝撃音レベルとする。

評価方法としては、日本建築学会が規定する「床衝撃音レベルに関する遮音等級の基準周波数特性」の基準曲線により決定する LL 値を用いる。測定した軽量床衝撃音レベルを基準曲線にあてはめ、その値がすべての周波数帯域においてある基準曲線を下回るとき、その最小の基準曲線の呼び方により LL 値を表す。ただし、建物の現場測定結果においては各周波数帯域の測定値に 2dB を減ずることができる。

図-3.4 に騒音計，図-3.5 にリアルタイムアナライザーを示す。

図-3.3　軽量床衝撃音発生器：
タッピングマシン FI-01(リオン社製)

図-3.4 騒音計：NL-21(リオン社製)

図 -3.5　リアルタイムアナライザー：Dual Channel Real-time Frequency Analyzer，Type2144(Brüel & Kjær 社製)

（3）.3　重量床衝撃音遮断性能（タイヤ衝撃源）

試験方法は JISA1418-2『建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法－第 2 部：標準重量衝撃源による方法』に基づき，衝撃力特性（1）をもつ標準重量衝撃源としてタイヤによる床衝撃音レベルの測定を行う。なお，測定は中心周波数 63Hz～500Hz までのオクターブバンドについて行う。

加振室及び受音室には中央付近 1 点を含む空間的に均等に分布する加振点及び受音点を 5 点それぞれ設定した。騒音計の時間重み特性 F を用い、マイクロホンの高さは 1.2m～1.5m とする。重量床衝撃音では最大音圧レベルを加振点 1 点につき受音点 5 点で測定する。加振点ごとに 5 点で測定された値からエネルギー平均値を算出し、加振点 5 点のエネルギー平均値を算術平均する。この値を重量床衝撃音レベルとする。

評価方法としては、日本建築学会が規定する「床衝撃音レベルに関する遮音等級の基準周波数特性」の基準曲線により決定する LH 値を用いる。測定した重量床衝撃音レベルを基準曲線にあてはめ、その値がすべての周波数帯域においてある基準曲線を下回るとき、その最小の基準曲線の呼び方により LH 値を表す。ただし、建物の現場測定結果においては各周波数帯域の測定値に 2dB を減ずることができる。

（3）.4　重量床衝撃音遮断性能（ゴムボール衝撃源）

試験方法は前項②と同様である。ここでは，衝撃力特性（2）をもつ標準重量衝撃源としてゴムボールによる床衝撃音レベルの測定を行う。測定周波数，重量床衝撃音レベルの算出方法，評価方法としての LH 値の算出方法も前項②と同様である。

標準重量衝撃源のゴムボール衝撃源およびタイヤ衝撃源の写真を図-3.6，図-3.7 に示す。

図-3.6　重量床衝撃音発生器：インパクトボール YI-01（リオン社製）

図-3.7　重量床衝撃音発生器：バングマシン YI-01（リオン社製）

（3）.5　空気音遮断性能（音響透過損失）

試験方法は，JIS A1441-2　『音響－音響インテンシティ法による建築物及び建築部材の空気音遮断性能の測定方法－第 2 部：現場における測定』に基づき行う。音圧レベルおよび音響インテンシティレベルの測定は中心周波数 100Hz～4000Hz について行う。低周波数の測定が必要な場合は 50Hz，63Hz，80Hz を加える。また高周波数帯域の測定が必要な場合は 4000Hz および 5000Hz を加える。

ひとつの音源室およびひとつの受音室（屋外であってもよい）で測定したひとつの部材について，ノーマル音響インテンシティレベルから計算される準音響透過損失 R'_I は次の式で与えられる。

$$R'_I = \left[Lp_I - 6 + 10\log_{10}\left(\frac{S}{S_0}\right)\right] - \left[\overline{L}_{I_n} + 10\log_{10}\left(\frac{S_M}{S}\right)\right]$$

ここで，Lp_I ：音源室における室内平均音圧レベル（dB）
S ：測定対象の建築部材の面積（㎡）
$\overline{L}_{I_n}$ ：受音室内に設定した測定面上のノーマル音響インテンシティレベの平均値
S_M ：測定面の総面積（㎡）
S_0 ：基準の面積(=1 ㎡)

測定された各周波数帯域における準音響透過損失値を日本建築学会遮音基準に定める音圧レベル差に関する遮音等級の基準周波数特性を使って評価し Rr 数を求める

本測定システムを図-3.8 に示す。

図-3.8　音響インテンシティプローブと分析システム
（Hand-held Sound Intensity System Type 2270 for measuring sound intensity）

（４）．躯体竣工時遮音性能測定結果
（４）.1　駆動点インピーダンス
加振点室内の中央に加速度ピックアップを設置し、インパクトハンマで測定点付近に衝撃を加え、加振力 F と振動速度 v を測定する。式（１）から全時間応答インピーダンスを算出した。

$Z(\omega)=(F(\omega))/(v(\omega))$　　・・・（１）

$Z(\omega)$：全時間応答インピーダンス（kg/s），$F(\omega)$：加振力（N），$v(\omega)$：振動速度（m/s）

次に、式（２）から全時間応答インピーダンスレベルを算出した。

$$L_z(\omega)=10\log_{19}\frac{|Z(\omega)|^2}{Z_0{}^2}\quad\cdots(2)$$

$L_z(\omega)$：全時間応答インピーダンスレベル（dB），Z_0：基準値（１kg/s）

次に、衝撃時間内応答インピーダンス *Zs* は、衝撃力による衝撃点付近の衝撃時間内の振動速度に対する衝撃力の比のことをいい、駆動点インピーダンスの評価に用いられる。衝撃時間内応答インピーダンス *Zs* は、式（３）より算出する。

$$Z_s=\sqrt{\int_{t_1}^{t_2}F^2(t)dt\Big/\int_{t_1}^{t_2}v^2(t)dt}\quad\cdots(3)$$

t_1～t_2：衝撃源による衝撃時間，Z_s：衝撃時間内応答インピーダンス

最後に、式（４）から衝撃時間内応答インピーダンスレベルを算出する。

$$L_{zs}=10\log_{10}\frac{|Z_s|^2}{Z_0{}^2}\quad\cdots(4)$$

L_{zs}　：衝撃時間内応答インピーダンスレベル（dB）

駆動点インピーダンスの測定結果を図-4.1，図-4.2 に示す。衝撃時間内応答インピーダンスは 89.0dB、91.2dB で他の加振位置では 86.8dB～91.3dB という結果が得られた。一次固有振動数は，22.5Hz,23.8Hz で他の加振位置では部屋中央点を除いて 22.5Hz～23.8Hz であった。

本測定では、CLT の駆動点インピーダンスの測定を行った。測定結果からすべての全時間応答インピーダンスの振動数が高くなるにつれて値が減少する傾向にあった。本来，全時間駆動点インピーダンスは衝撃時間内応答インピーダンスの値に収束するものであるため、今回の結果については検討が必要である。

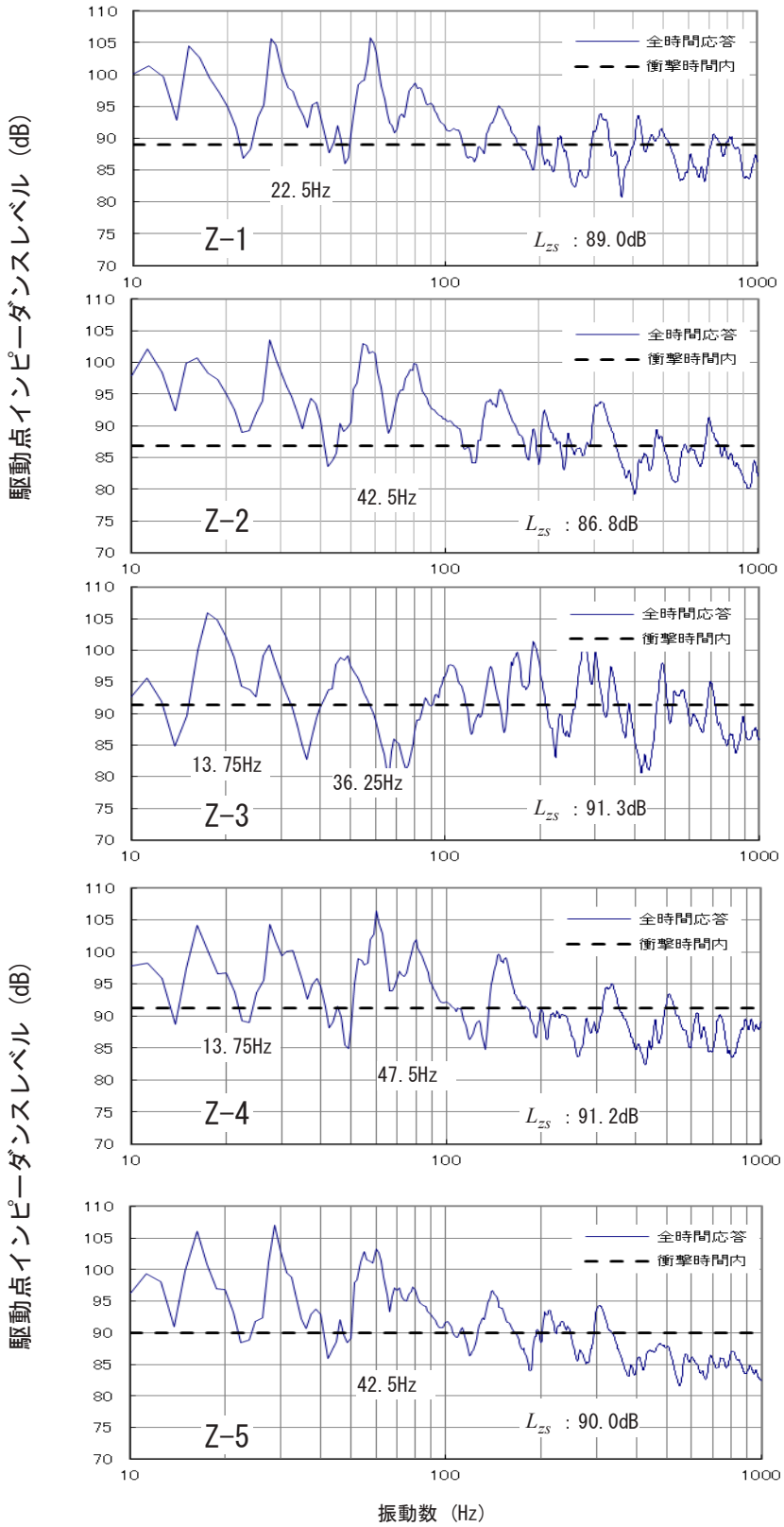


図-4.1　駆動点インピーダンスの測定結果（対象：2 階床）

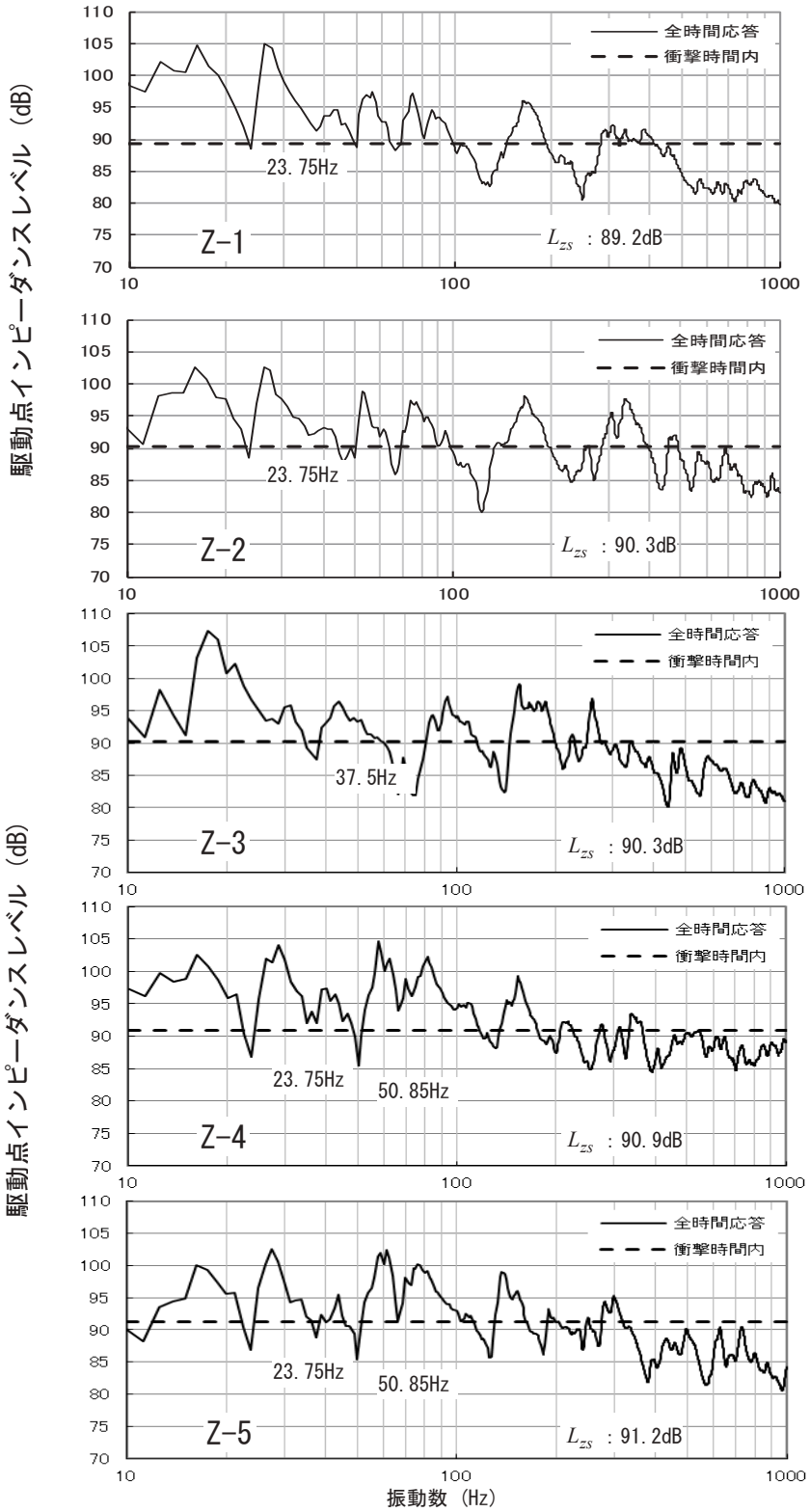


図-4.2　駆動点インピーダンスの測定結果（対象：3 階床）

（4）.2　軽量床衝撃音遮断性能（タッピングマシン）

軽量床衝撃音の測定結果を図-4.3 に示す。軽量床衝撃音については，すべての周波数において適用等級に大幅に満たない結果となった。また，2 階床と 3 階床の測定結果に若干の差が見られるのは，2 階床加振時の受音室である 1 階機能訓練室・食堂が閉空間であったのに対して，3 階床加振時の受音室である 2 階機能訓練室・食堂は壁が未施工であったため，室の吸音力が高かったためと推定される。

適用等級に大幅に満たない結果になった理由として，本研究対象施設が，まだ施工中の段階であり，床構造が CLT 単体であるためだと考えられる。しかし今後の施工による改善量はあまり大きいものではないと考える。

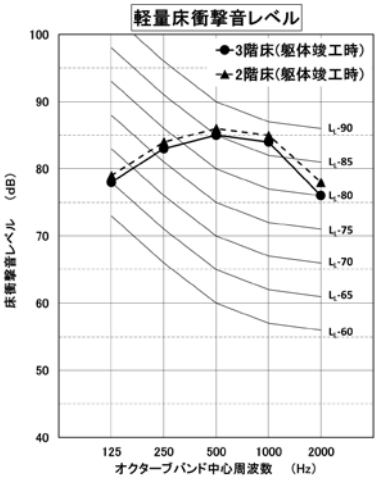


図-4.3 軽量床衝撃音レベルの測定結果（躯体竣工時）

（4）.3　重量床衝撃音遮断性能（バングマシン）

重量床衝撃音の測定結果を図-4.4 に示す。軽量床衝撃音と同様にすべての周波数において適用等級 2 に満たない結果となった。理由として，前述のとおり床構造が CLT 単体であるためだと考えられ，今後モルタル，ALC 版を敷設することにより，性能が向上するものと考える。

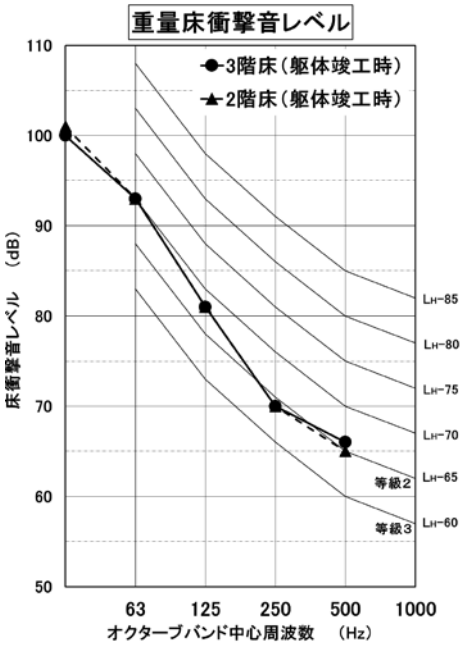
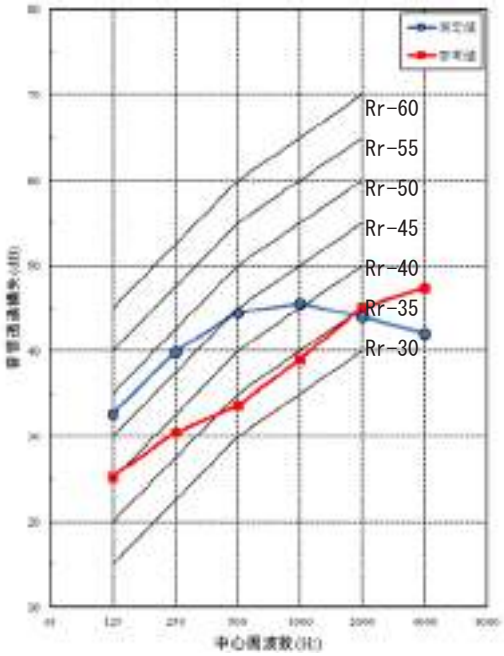


図-4.4 重量床衝撃音レベルの測定結果（躯体竣工時）

（４）.4　空気音遮断性能（音響透過損失）

測定結果を図-4.5 に示す。残響室で測定した CLT 床の音響透過損失値を参考として同図に示した。測定結果はどちらも等級 Rr-35 となったが，125Hz～1000Hz,4000Hz で差が見られた。125Hz～1000Hz での差の原因として考えられるのが，受音室が完全に密閉された空間ではなかったことが考えられる。上階の音源室で発せられた音が下の階に回り込み，音響インテンシティプローブにマイナス方向からの音として測定されてしまったためだと考えられる。今回測定を行った現場はまだ完成されていなかったためこの様な結果になった。測定した CLT 床の音響透過損失を検討するには不十分だと考えられる。



(Rr-35)

(Rr-35)

受音点/周波数Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
1	58.9	56.3	63.7	67.6	69.9	67.4	65.1
2	55.0	54.5	62.4	67.0	67.8	66.2	63.5
3	61.0	57.9	64.0	67.3	69.0	67.4	64.4
4	55.4	56.1	61.8	67.1	68.2	65.6	62.5
5	54.8	58.7	65.5	70.7	70.5	69.7	68.0
Leq(12s)	57.7	57.0	63.7	68.2	69.2	67.5	65.2
音響ｲﾝﾃﾝｼﾃｨﾚﾍﾞﾙLI	59.9	50.9	42.3	41.9	41.0	39.0	33.6
総面積S	54m^2						
音響パワーレベルLw	77.2	68.2	59.6	59.2	58.4	56.4	50.9
R=L-6-10logLw	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
音響透過損R		32.6	39.9	44.5	45.6	44.0	42.1

図-4.5　２階床の音響透過損失測定結果（躯体竣工時）

（５）竣工時遮音性能測定結果

（５）.1　駆動点インピーダンス

２階床，３階床の全時間応答インピーダンス測定結果を図-5.1 および図-5.2 に示す。同図中には衝撃時間応答インピーダンス：Lzs を合わせて示した。

図-5.1 より，２ 階床の駆動点インピーダンスは測定点の影響を大きく受けていることが分かる。これは，竣工時測定では CLT の隔壁があるため，床の剛性がその影響を受けたためと推定される。

測定点 Z-3 は隔壁が近いため衝撃時間内応答インピーダンスの値が大きく，また測定点 Z-4 は梁の直上であることで，値が大きくなっていると考えられる。測定点 Z-5 の Lzs が最も小さい理由は不明である。

図-5.2 は３階床の駆動点インピーダンスの測定結果である。Lzs の値をみると，躯体竣工時，つまり CLT 単体の時の測定結果より小さい。これは，３階床は CLT の上に 30mm のモルタル

が打設されているため，今回の加振ではモルタル部分の発生振動より駆動点インピーダンスを計算したことが要因と推定される。したがって，床全体の剛性を評価するためには，バングマシンと同程度の加振力をもって，計測を行う必要がある。このことは，加振回ごとに低域の値が異なることからも説明される。

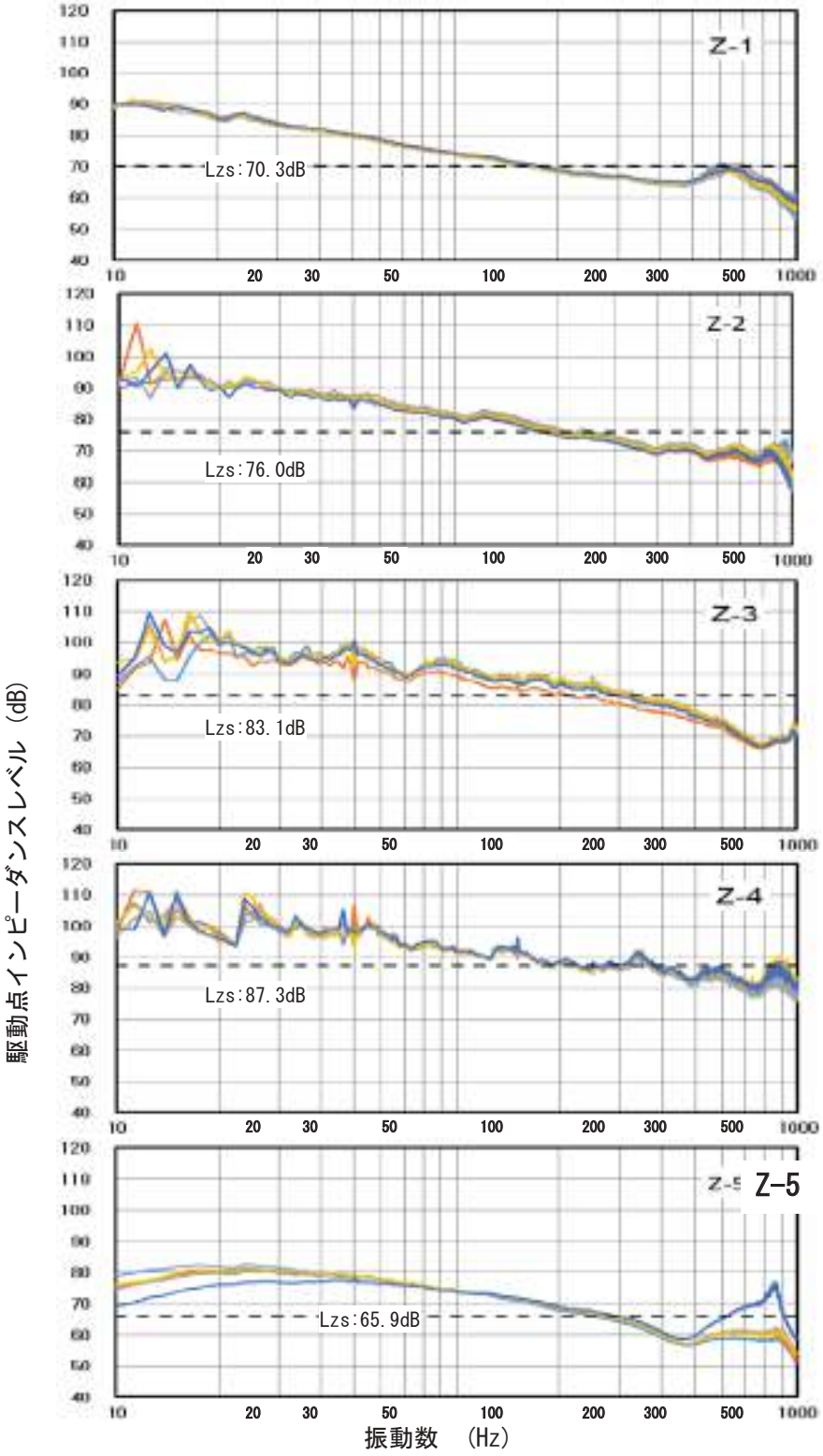


図-5.1　駆動点インピーダンスの測定結果（対象：2 階床）

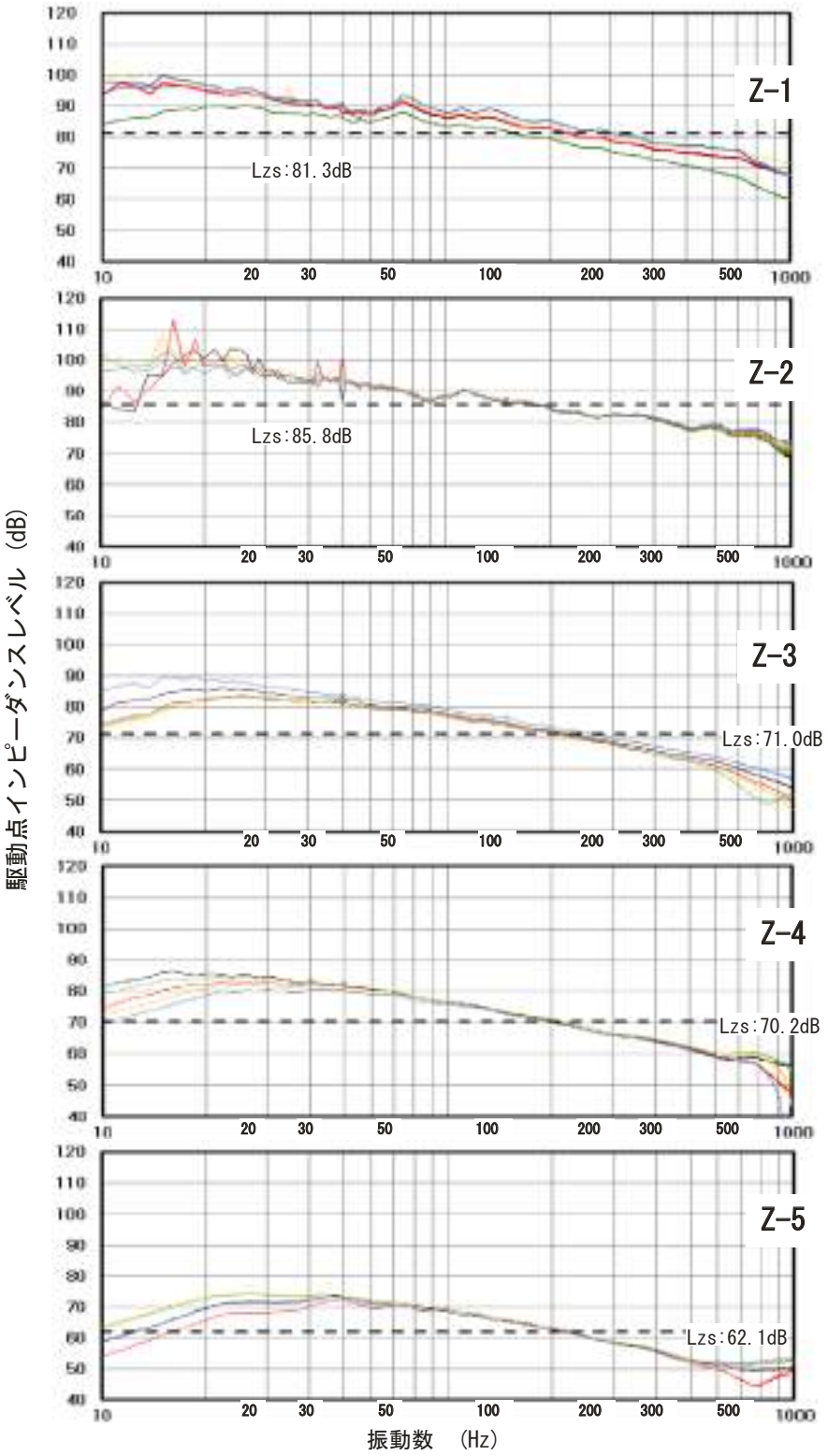


図-5.2　駆動点インピーダンスの測定結果（対象：3 階床）

（5）.2　軽量床衝撃音遮断性能（タッピングマシン）

軽量床衝撃音レベルの測定結果を図-5.3 に示す。これによると，3 階床の軽量床衝撃音遮断性能は LL-60，2 階床の遮断性能は LL-65 と評価される。両者の性能の差は，500Hz 帯域の軽量床衝撃音レベルの差である。この要因として，床構造の違いとともに，受音室の吸音力の差が考えられる。各種の什器・家具，カーテン等が設置されることにより，軽量由床衝撃音遮断性能は通常 1 ランク程度改善される場合が多いことから，設計目標値である L-60 は達成できると判断できる。

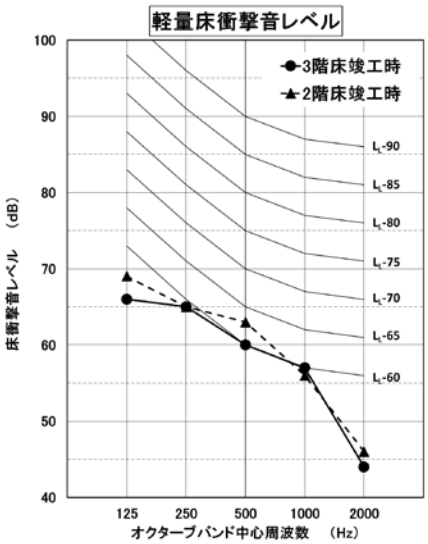


図-5.3　軽量床衝撃音レベル測定結果（竣工時）

（5）.3　重量床衝撃音遮断性能（バングマシン）

重量床衝撃音レベルの測定結果を図-5.4 に示す。これによると，3 階床の重量床衝撃音遮断性能は LH-60，2 階床の遮断性能は LH-65 と評価される。モルタルを打設した 3 階床は設計目標値を満足したが，2 階床は目標値を満足することはできなかった。3 階床と 2 階床加振時の重量床衝撃音レベルはほぼ平行移動しており，床の剛性の差が性能に表れているものと考える。また，この性能は第 2 章で検討した予測値よりかなり低い値である。ALC 版と CLT の密着度合い，ALC 版同士の結合度などについて，詳細に検討する必要があると思われる。

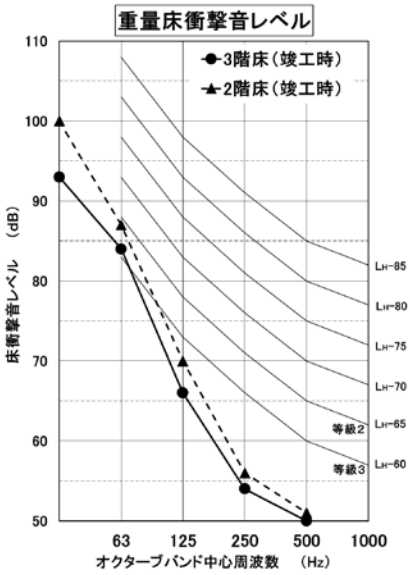
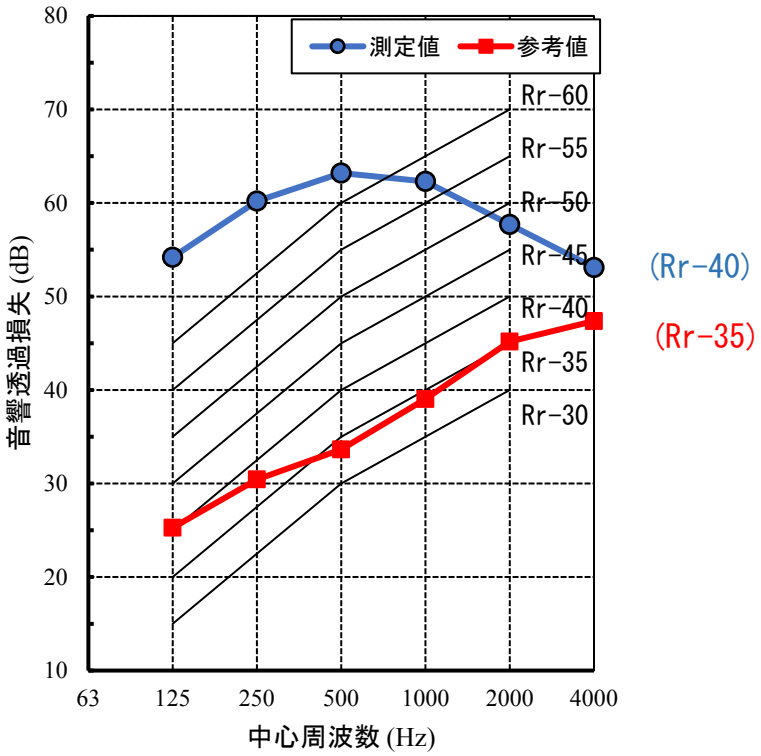


図-5.4　重量床衝撃音レベル測定結果（竣工時）

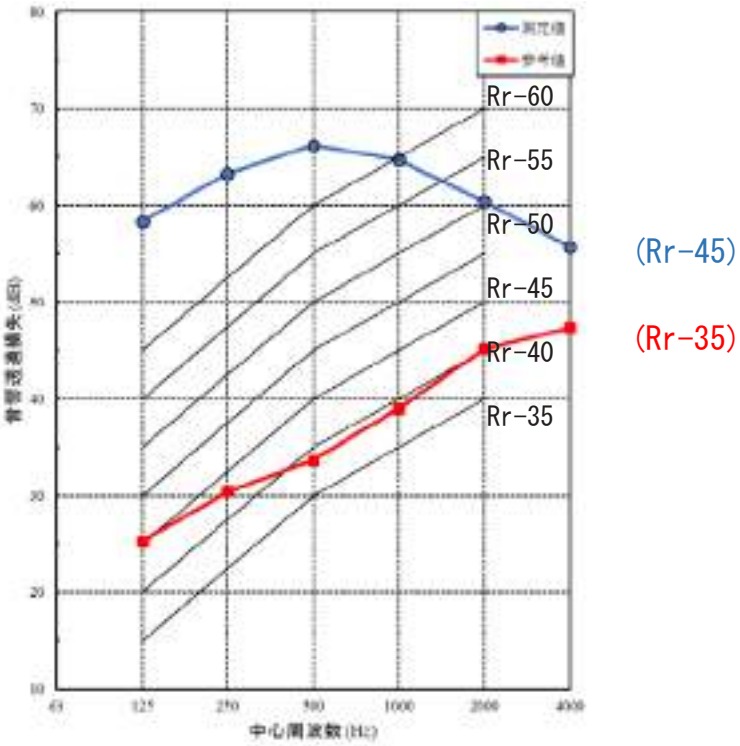
（５）.4　空気音遮断性能（音響透過損失）

図-5.5 および図-5.6 に界床の音響透過損失測定結果を示す。同図より，2 階床の遮音等級は Rr-40，3 階床は Rr-45 と評価される。2 階床，3 階床ともに，設計目標値の Rr-35 を満足する結果である。軽量床衝撃音遮断性能と同様に，什器・家具などの設置により，室内の吸音力が高まるため，さらに性能が上昇する可能性が高いと推定される。



受音点/周波数Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
1	76.1	75.5	84.4	85.7	83.4	78.2	71.3
2	73.8	76.5	81.2	85.6	84.3	78.7	72.4
3	77.3	79.7	83.7	86.6	85.5	79.0	75.3
4							
5							
平均音圧	76.0	77.6	83.3	86.0	84.5	78.7	73.4
音響ｲﾝﾃﾝｼﾃｨﾚﾍﾞﾙLI	42.3	38.0	34.6	30.6	25.1	15.1	10.3
音響パワーレベルLw	58.9	54.5	51.2	47.2	41.6	31.6	26.8
R=L-6-10logLw	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
音響透過損R		54.2	60.2	63.2	62.3	57.7	53.1
JIS Z8401丸め数値		54.2	60.2	63.2	62.3	57.7	53.1
測定面P-I指数		4.3	5.5	6.2	5.2	8.6	10.4
測定面音圧		42.3	40.2	36.9	30.3	23.7	20.7

図-5.5　2 階床の音響透過損失測定結果（竣工時）



受音点/周波数Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
1	80.0	81.5	84.1	88.5	85.9	80.6	74.7
2	79.9	81.8	84.9	87.0	86.6	80.5	74.9
3	84.3	82.3	88.8	90.5	87.8	83.0	77.6
4							
5							
平均音圧	81.9	81.8	86.4	88.9	86.8	81.5	75.9
音響ｲﾝﾃﾝｼﾃｨﾚﾍﾞﾙLI	44.4	40.0	34.7	29.8	24.0	16.0	10.1
音響パワーレベルLw	60.9	56.6	51.3	46.3	40.5	32.6	26.7
R=L-6-10logLw	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
音響透過損R		58.32	63.32	66.24	64.75	60.37	55.66
JIS Z8401丸め数値		58.3	63.3	66.2	64.7	60.4	55.7
測定面P-I指数		3.0	5.0	5.7	6.0	8.0	9.5
測定面音圧		43.0	39.8	35.4	30.0	24.0	19.6

図-5.6　3 階床の音響透過損失測定結果（竣工時）

（５）.5　躯体竣工時測定結果と竣工時測定結果の比較

躯体竣工時と竣工時の界床の遮音性能測定結果を比較する。図-5.8 は軽量床衝撃音レベルの測定結果である。躯体竣工時は 500Hz 帯域をピークとする緩やかな山型の周波数特性であったが，竣工後は周波数が高くなるほど軽量床衝撃音レベルが小さくなる周波数特性となっている。これは，床仕上げ材としてのビニール床シートの効果が表れているものと推定される。2 階床の竣工時測定結果において，500Hz 帯域の軽量床衝撃音レベルが若干上昇しているが，聴感上気になるような種類の音ではなかった。

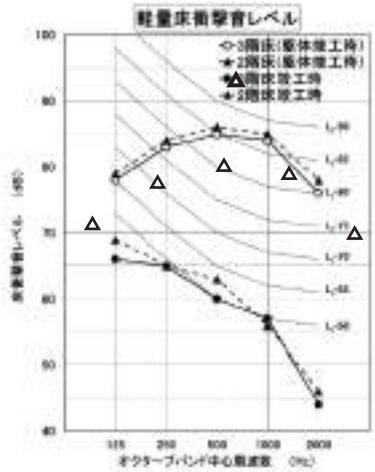


図-5.7　軽量床衝撃音レベル測定結果

（躯体竣工時と竣工時の比較）

図-5.8 に重量床衝撃音レベルの測定結果を躯体竣工時と竣工時で比較して示す。躯体竣工時に比べて，竣工時測定結果は周波数の上昇とともに改善量が大きくなっていることが分かる。これは，2 階床に敷設された ALC 版，3 階床に打設されたモルタルにより床全体の剛性が増したためである。しかしながら，前述したように予測計算ほどの性能の上昇にはなっていない。特に，3 階床竣工時の 31.5Hz の重量床衝撃音レベルが CLT 単体の値とほとんど変化がなかったことは，ALC 版同士の接合が緩やかであったため，面としての剛性が予想より上昇しなかったためと思われる。

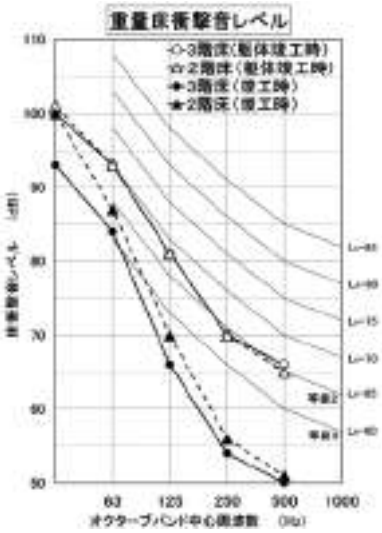
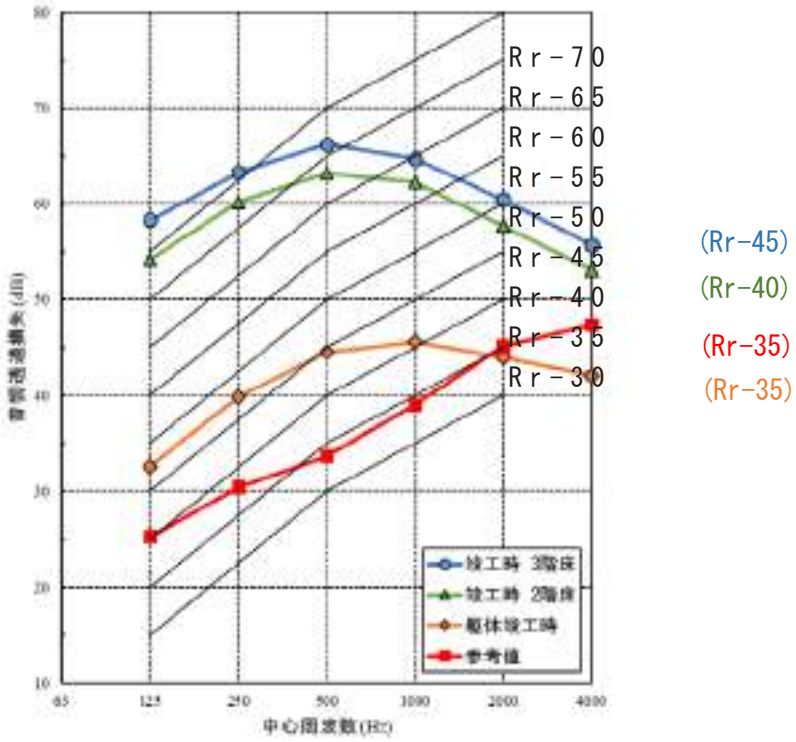


図-5.8　重量床衝撃音レベル測定結果

（躯体竣工時と竣工時の比較）

界床の音響透過損失の測定結果を躯体竣工時と竣工時で比較して図-5.9 に示す。本研究では，音響インテンシティ計測により界床の部材性能である音響透過損失を測定した。図に示されるように，竣工時の測定結果は躯体竣工時に比べて全帯域で大幅に向上している。これは外壁，隔壁などの竣工により，上階からの回り込みの音が減少したことによるものである，竣工時の測定結果において，3 階床と 2 階床の測定結果に全帯域で差が見られるのは，3 階床測定時に廊下の壁があり，計算上の透過面積と実際の透過面積に差があるためであると思われる。これより，界床の空気音遮断性能としては，Rr-40 が性能としては妥当であると考える。



周波数(Hz)		63	125	250	500	1000	2000	4000
竣工後	3階床		58.3	63.3	66.2	64.7	60.4	55.7
	2階床		54.2	60.2	63.2	62.3	57.7	53.1
躯体竣工時			32.6	39.9	44.5	45.6	44	42.1
参考値			25.3	30.4	33.6	39.0	45.2	47.4

図-5.9　音響透過損失測定結果（躯体竣工時と竣工時の比較）

表-5.1　設計目標値と測定結果

		軽量床衝撃音遮断性能	重量床衝撃音遮断性能	空気音遮断性能
設計目標値		L-60	L-60	Rr-35
躯体竣工時	2階床	L-90[NG]	L-70[NG]	Rr-35[OK]
	3階床	L-90[NG]	L-70[NG]	—
竣工時	2階床	L-65[NG]	L-65[NG]	Rr-40[OK]
	3階床	L-60[OK]	L-60[OK]	Rr-45[OK]

表-5.1 に，設計目標値と測定結果との対応を示す。軽量床衝撃音遮断性能，重量床衝撃音遮断性能のいずれにおいても，2 階床は設計目標値を満足できず，3 階床は満足する結果となった。

空気音遮断性能に関しては，躯体竣工時および竣工時のいずれの測定結果においても，設計目標値を満足する結果であった。

（6）まとめ

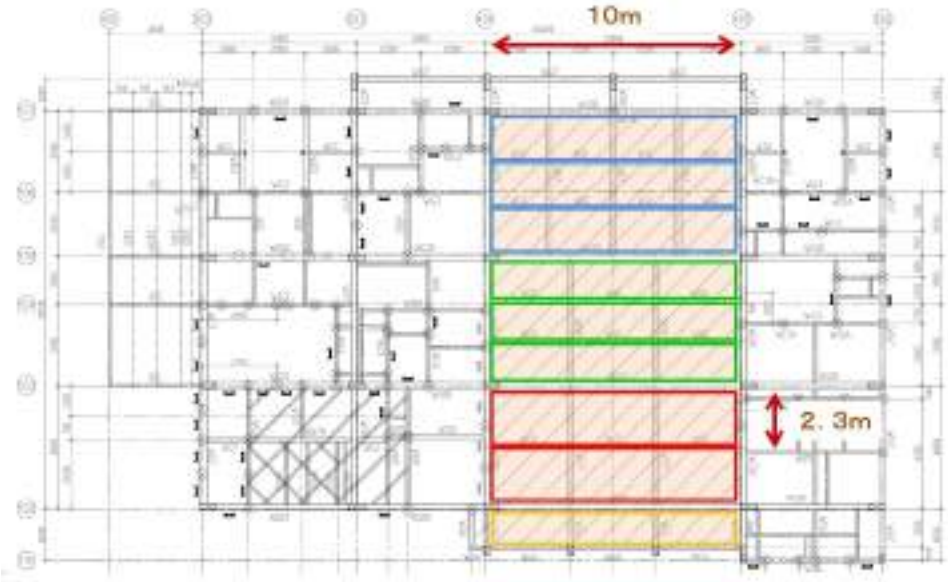
本研究を通して明らかとなった今後の課題を以下に示してまとめとする。

○CLT 版に，ALC 版や現場打設のモルタルなどで複合床版とする場合，床衝撃音を予測するためのデータである駆動点インピーダンスの測定方法を確立する必要がある。具体的には，どの程度の加振力を必要とするか，床版全体の剛性が評価できているかどうかの判定方法などが挙げられる。

○床衝撃音遮断性能を考えるとき，CLT 版と付加する面材は一体振動する方が有利なのかどうかを早急に解明する必要がある。

Ⅱ-2　CLT パネル（設計、加工、施工等）の検証

① パネル割付け



２階、３階の床に CLT を設置（大判パネルとして、最大 2.3m×10m/枚）
設計時で CLT 大判パネルの割付を決定する。構造上の検討及び CLT 大判運搬等を検証

② 運搬

建方手順に合わせ、積荷順番を設定する。
CLT１枚毎に台木で置き隙間を設けることにより、現場施工（荷卸し）時に C|LT を吊上げが出来るように作業性を考慮する。

③ 施工

運搬トラックから直接 CLT 敷き込み作業を実施する。1 フロア（計：CLT 9 枚）の敷き込みは約半日で完了する。
施工のポイント：①CLT を仮置きする仮設を設ける。②CLT と木造躯体とのクリアランスを設ける。③CLT 1 枚に 8 箇所の ϕ18 の孔を設ける（吊上げ用、敷き込み調整用）
CLT 大判パネルの場合、長手方向に反り曲がりの箇所があり、ボルト等で矯正を施す。

④ 比較検証

CLT　（床パネル 1 枚当たりの面積：2.3m×10m＝23 ㎡における比較）				
	【本事業採用】		【比較対象】	
	CLT 床パネル	優位性	構造用合板+下地材	優位性
切断加工	製造ﾒｰｶｰで実施 加工工場でのｶｯﾄ作業無し	○	規格サイズによる 工場や現場にてｶｯﾄ作業あり	×
柱脚の木部の削孔	あり （施工時、吊上げ用）	△	なし	○
二次部材	無し	○	根太などが必要	×
部材数	大判パネルにより少数 （CLT2.3m×10m/1 枚）	○	合板、根太などにより多数 (合板 0.9m×1.8m/1 枚)	△
コスト（材工）	310,000 円	△	260,000 円	○
施工日数	0.3 日	○	1.5 日	△
施工性 メリット	・床敷き込みの為、施工時間が短縮出来る ・運搬トラックから直接 CLT 床パネルを敷き込み作業が可能	○	・レッカーにてスポットに仕分ければ、人力作業にて施工が可能。	△
施工性 デメリット	・大判パネルの為、長手方向の反りねじれが生じる	○	・現場にて加工がある為、端材が発生する	△
構造検討	・構造耐力として、採用しているが、CLT 素材の耐力に十分猶予がある※1 ・梁ピッチの間隔を大きく儲けることが可能	○	・大スパンの空間での使用が困難	△

※1：床遮音性能的に CLT サイズを決定

Ⅱ-3　柱脚金物　の検証

① 柱脚金物の概要

中層大断面木造建築の推進をはかるためには、構造用大断面集成材の断面寸法の統一規格化と対応する統一規格化された柱脚金物の開発が重要な課題である。
【従来の柱脚金物は、設計上求められる様々な柱寸法に合わせ、特注製作するのが常態であった。】

本事業では、同一サイズの金物が使用できるセパレート型の柱脚金物を用い、金物の標準化を実証的に検証する。

金物は、形状実現に自由度の高い「鋳造」により製造し、必要最小限の合理的・経済的な形状を実現する。　（鋳造で製造　⇒　溶接工程無し　⇒　製品完成）

工場取付時

現場施工時

② 比較検証

柱脚金物　（柱１本に対する柱脚金物における比較）				
	【本事業採用】		【比較対象】	
	鋳鉄金物※1	優位性	製作金物 （鋼板を溶接する仕様）	優位性
柱　切断加工	あり	○	あり	○
柱　削孔	あり（孔径１種類）	○	あり（孔径多種類）	△
割込み	無し	○	あり	×
品数	１種類	○	多種類	△
コスト	104,000 円 量産体制が整うと価格圧縮可能	○	109,000 円	△
靭性型	可能	○	不可	△
施工性	・工場地組が可能で、より品質安定が可能	○	・現場にて基礎との取付施工（種類別に配りもあり）等	△
構造検討	・セパレート型タイプの為、柱サイズに問わず対応可能※2 ・実大実験データに基づくため、構造計算の使用が明確	○	・柱サイズにより、金物形状が異なり、その都度の構造計算が必要	△

※1： 平成 26･27 年度 林野庁補助事業 「新たな木材需要創出総合プロジェクト」による
※2：240×600 柱断面の実験データによる。今後柱サイズの種類を増やす

Ⅲ．終わりに

Ⅲ-１　今後の課題

木造建築物にＣＬＴ床パネルが使用される施設利用下の空間で求められる遮音性能を備えた上で、施工性・コスト面を重視して検討、検証したデータは、今後増大するであるだろう医療系施設や高齢者施設のモデルとなることを期待する。また、ＣＬＴを非耐力壁や階段として使用することも同様である。

従来、医療系や高齢者向け施設は、法規上の制限も多く無機質の冷たい雰囲気の施設環境であった。しかし、患者の施設滞在時間が長く、高いアメニティが求められていたこともある。そのような中、木造で木質系パネルを多用し、木部が表しで使用出来る施設づくりは、木が安らぎと安心感をもたらすこれまでにない快適な施設環境を創出できることを期待する。

２．４　エーユーエム構造設計（株）／（株）まちもり

1.　建築物の仕様一覧

事業名			AUM社屋増築工事の設計及び部材性能実証
実施者（担当者）			エーユーエム構造設計株式会社／株式会社まちもり
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		福島県郡山市
	構造・工法		鉄骨ラーメン構造＋CLT床（２次壁）工法
	階数		3
	高さ（m）		11.94
	軒高（m）		6.99
	敷地面積（㎡）		176.085
	建築面積（㎡）		131.188
	延べ面積（㎡）		369.242
	階別面積	１階	128.188
		２階	125.762
		３階	104.93（PH10.362）
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		２，３階床　１～３階内外壁
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量66.67㎥、建築物使用量60.61㎥
	壁パネル	寸法	180mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	－
		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）		ＣＬＴ床パネルリブ材：カラマツ集成材　E105-F300
	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		1.91㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.4)横葺き
		外壁	モルタル（厚17）＋窯業系サイディング（厚16）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12mm）
	主な内部仕上	界壁	―
		間仕切り壁	両面CLT現し（素地仕上げ）
		床	ＣＬＴパネル現し（ＯＰ仕上げ）
		天井	ＣＬＴパネル現し（ＯＰ仕上げ）
構造	構造計算ルート		ルート１－２
	接合方法		Ｈ鋼接合プレート溶接＋木質構造用ビスPK8-90
	最大スパン		5.44m
	問題点・課題とその解決策		大判パネル中心で建て方時クレーン作業要のため、鉄骨建方順番発生。ロ準耐１に係る仕様により内装制限不要、ＣＬＴ素地仕上げ可能。鉄骨大梁～ＣＬＴ床パネル接合を現場ビス留め、現場精度確保の軽減。
防耐火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		ロ準耐－１
	問題点・課題とその解決策		内装制限を免除するため準耐火建築物としている
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		外壁CLTパネルには透湿防水シート＋ケイカル板を下地とする。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　100mm
		外壁	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　100mm
		床	―
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		床パネルをリブ付きとしパネル剛性、振動特性の改善を図る。
	建て方における課題と解決策		鉄骨フレームとＣＬＴパネルを現場ビス留め採用により精度軽減
	給排水・電気配線設置上の工夫		天井空間に配線スペースを確保する
	劣化対策		ＣＬＴパネルの外部露出を避ける
工程	設計期間		H29.10月～H30.02月（4.5カ月）
	施工期間		H30.08月～H30.12月（4ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	H30.09月上旬～中旬（2週間）
	竣工（予定）年月日		平成30年12月10日
体制	発注者		エーユーエム構造設計株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		設計：柴崎恭秀／大河原憲二／アーク／エーユーエム構造設計
	構造設計者		大河原憲二／エーユーエム構造設計（株）
	施工者		未定
	ＣＬＴ供給者		銘建工業(株)　（株）オノツカ
	ラミナ供給者		郡木協かねざわ

実証事業名： ＡＵＭ社屋増築工事の設計及び部材性能実証
実施者／協議会運営者または担当者：エーユーエム構造設計(株)／(株)まちもり

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">福島県郡山市</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">鉄骨ラーメン構造＋ＣＬＴ床（２次壁）工法</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">３階</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>11.940</td><td>軒高（m）</td><td>6.99</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>176.085</td><td>建築面積（㎡）</td><td>131.188</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積（㎡）</td><td>１階</td><td>128.188</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">369.242</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>125.762</td></tr>
<tr><td>３階（ＰＨ）</td><td>104.930
(10.362)</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">２、３階床　１～３階内外壁</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（m^3）</td><td colspan="3">加工前製品量 66.67 ㎥、加工後建築物使用量 60.61 ㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用（m^3）</td><td colspan="3">1.91 ㎥</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">180mm 厚／5 層 5 プライ／Mx60／スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">150mm 厚／5 層 5 プライ／Mx60／スギ</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">H29.10 月～H30.2 月（4.5 ヶ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">H30.8 月～H30.12 月（4 ヶ月・予定）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">H30.9 月上旬～中旬（２週間・予定）</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">H30.12 月下旬</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

ＣＬＴ工法および鉄骨構造がプレファブ工法であることのメリットを活用し、市街地に計画される建築に複合工法として採用することで、工期短縮、施工性の改善、労務負担の低減などの有効性が考えられる。

ただし、鉄骨ラーメン工法の床にＣＬＴパネルを採用する際に、構造設計で設定する床材と鉄骨部材の接合方法や耐力評価に十分な資料や実験データなどがなく、法適合性を証明するには困難な状況にある。このため、今回の実証事業では以下の課題を設定した。

（１）ＣＬＴパネルを床材とする鋼構造水平構面の設計に必要となる各接合部の強度データの収集

（２）構造試験により安全性の確認およびモデル化（設計式）の妥当性の検証

（３）ＣＬＴ床壁・鉄骨ラーメン工法による事務所ビルの実施設計
（４）同工法の建て方時の施工性と安全性に配慮した接合方法の開発

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

協議会運営　株式会社まちもり
設計　柴崎恭秀／OKAWARA ARCHITECTURE DESIGN 大河原憲二
　　株式会社アーク／エーユーエム構造設計株式会社
実験計画・監修　木質環境建築
実験技術評価　日本大学工学部建築工学科　鋼構造デザイン研究室浅里教授
実験材料提供　株式会社オノツカ

４．課題解決の方法と実施工程

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、性能確認は(株)オノツカ、シネジック(株)、木質環境建築、建材試験センター、エーユーエム構造設計(株)が行った。同工法による事務所建築の基本・実施設計は、柴崎恭秀、大河原憲二、エーユーエム構造設計(株)他が担当し、施工性の検討や接合方法については全体協議会にて議論を行い、各構成員が検討資料を作成した。

＜協議会の開催＞
H29.11 月 6 日：第 1 回開催、建築計画の説明と問題点の抽出
H29.11 月 23 日：第 2 回開催、各種試験のスケジュール検討と法的規制のチェック
H29.12 月 17 日：第 3 回開催、各部納まりの検討と防耐火関連法規への対策
H30. 1 月 22 日：第 4 回開催、各部ディテールの確認と試験進行状況の確認、人的手配
H30. 2 月 21 日：第 5 回開催、実証事業の取りまとめ検討

＜設計＞
H29.10 月～H29. 12 月：基本設計
H30. 1 月～H30. 2 月：実施設計
H30.4 月：確認申請予定

＜性能確認＞
H30. 1 月～H30. 2 月：CLT パネル～鋼構造接合部せん断試験・合成梁の曲げ試験

５．得られた実証データ等の詳細

本事業にて実施された 3 件の要素試験および 2 件の構造試験から得られた強度データの内、代表的な成果として、CLT パネルを床版とする鋼構造水平構面の面内せん断性能試験実験値と設計式の比較結果を示す。

□計算と実験の比較（抜粋）

算出した耐力及び剛性の計算値(要素実験平均値より算出）と実験値の比較を図4.1、

図4.2に示す。また、実験から求めた耐力（完全弾塑性モデルから計算した耐力）と計算値との比較を表4.3に示す

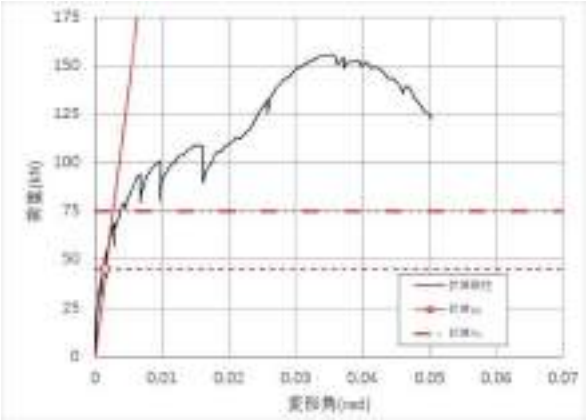


図 4.1　計算と実験の比較(TYPE A)

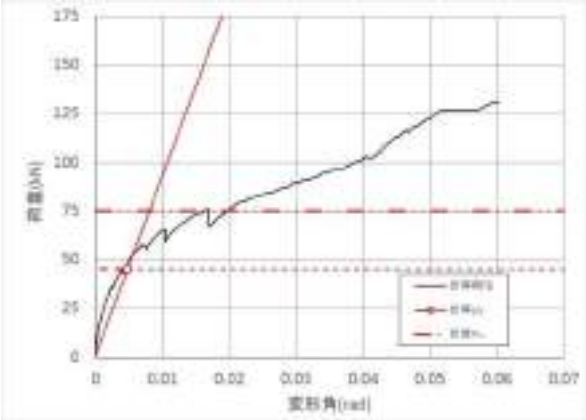


図 4.2 計算と実験の比較(TYPE B)

表 4.3　　計算値と実験値の比較

試験体	降伏耐力(kN)			終局耐力(kN)		
	実験	計算	実験/計算	実験	計算	実験/計算
TYPE-A	83.9	45	1.86	130	74.9	1.74
TYPE-B	60.6	45	1.35	101	74.9	1.35

(1) TYPE-A

剛性は良く一致している。計算降伏耐力は弾性範囲内にあり、計算終局耐力も実験から求めた降伏耐力付近にある事から、耐力はかなり安全側の評価となっている。

(2) TYPE-B

剛性は若干低い計算値となっているが、降伏耐力及び終局耐力は実験の傾向を良く示している。また、それらの実験値は計算値の 1.35 倍となっており、適度な安全率となっている。

６．本実証により得られた成果

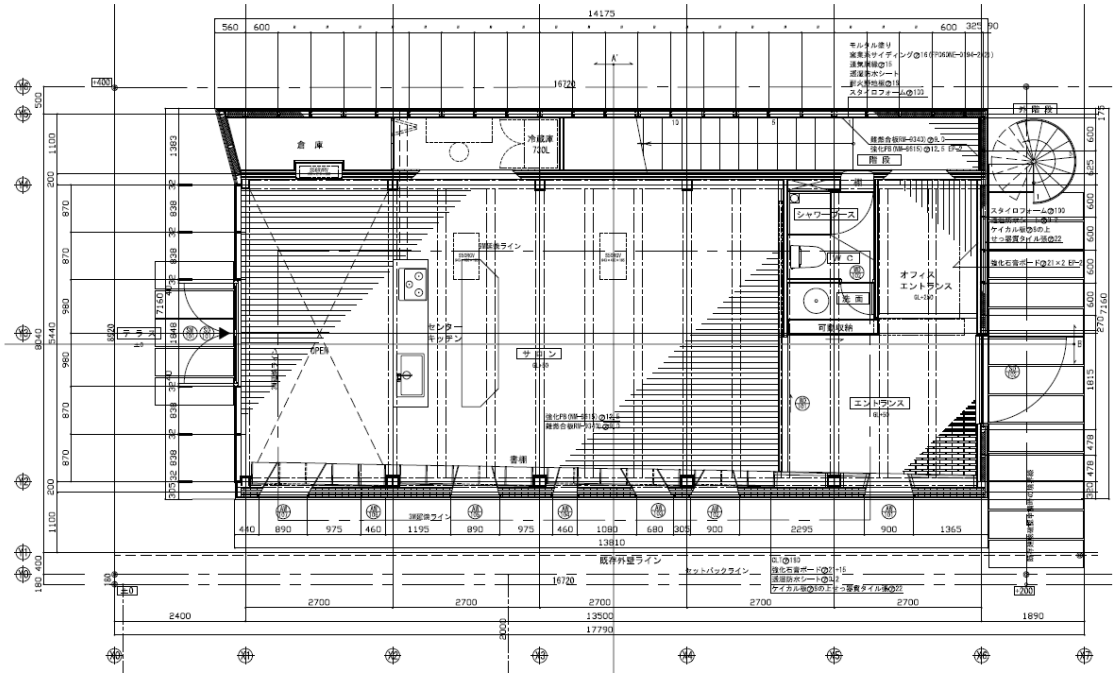
鉄骨ラーメン構造＋ＣＬＴ床（２次壁）工法の複合工法を事務所建築に採用する際に必要な、CLT 床パネルと鋼構造水平構面の各接合部の強度データの収集および安全性の確認およびモデル化（設計式）の妥当性を確認することができた。

リブ付きＣＬＴ床パネル工法は、鉄骨造建築では標準的に用いられる６m 以上のスパンにも対応できるため、床パネル工法として高い汎用性が期待される。

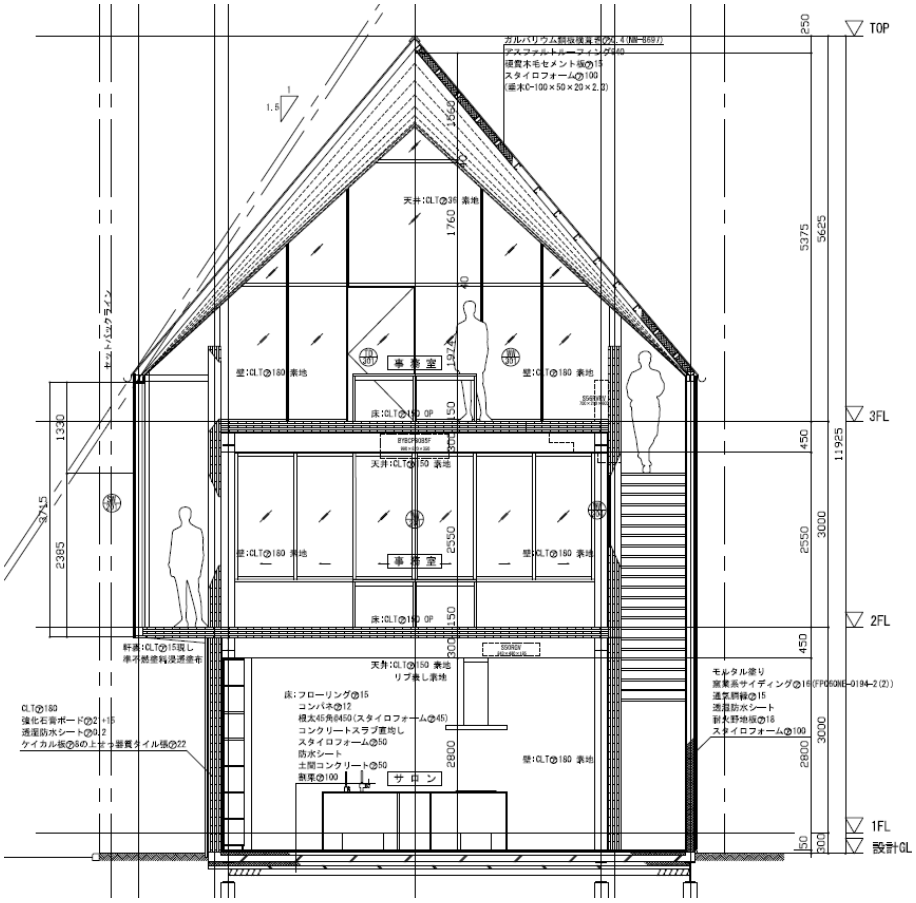
また、その成果によりＣＬＴ床壁・鉄骨ラーメン工法による建て方時の施工性と安全性に配慮した接合方法を定め、事務所ビルの実施設計にその成果を反映し、CLT パネルと鉄骨ラーメンの複合工法の合理性と、建築美匠性を両立する建築計画をまとめることができた。

7．建築物の平面図・立面図・写真等

1階平面図



断面図



鉄骨造に用いるリブ付 CLT パネルの開発

1.目的

ＣＬＴ工法および鉄骨構造がプレファブ工法であることのメリットを活用し、市街地に計画される建築に複合工法として採用することで、工期短縮、施工性の改善、労務負担の低減などの有効性が考えられる。

ただし、鉄骨ラーメン構法の大梁に置き床としてＣＬＴパネルを採用する際に、構造設計で設定する床材と鉄骨部材の接合方法や耐力評価に十分な資料や実験データなどがなく、法適合性を証明するには困難な状況にある。このため、今回の実証事業では以下の課題を設定した。

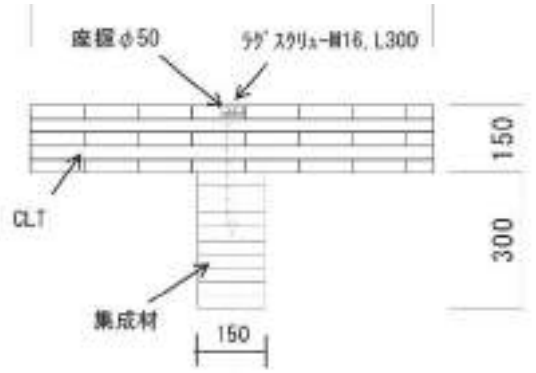
（１）ＣＬＴパネルを床材とする鋼構造水平構面の設計に必要となる各接合部の強度データの収集
（２）構造試験により安全性の確認およびモデル化（設計式）の妥当性の検証
（３）ＣＬＴ床壁・鉄骨ラーメン工法による事務所ビルの実施設計
（４）同工法の建て方時の施工性と安全性に配慮した接合方法の開発

AUM ビル(鉄骨造）に使用するリブ付 CLT 床パネルの接合方法は、鉄骨建て方時のパネル接合工事の合理性（工期短縮、施工性の改善、労務負担の低減など）を考慮し、鉄骨大梁上端フランジに溶接された耳板に、木質構造用ビスにてＣＬＴパネルと接合する方法を考案した。

以下、パネル接合に関する設計に必要な強度データを要素試験により収集する共に、構造試験により設計式の妥当性及び安全性を確認する。

2.設計仕様

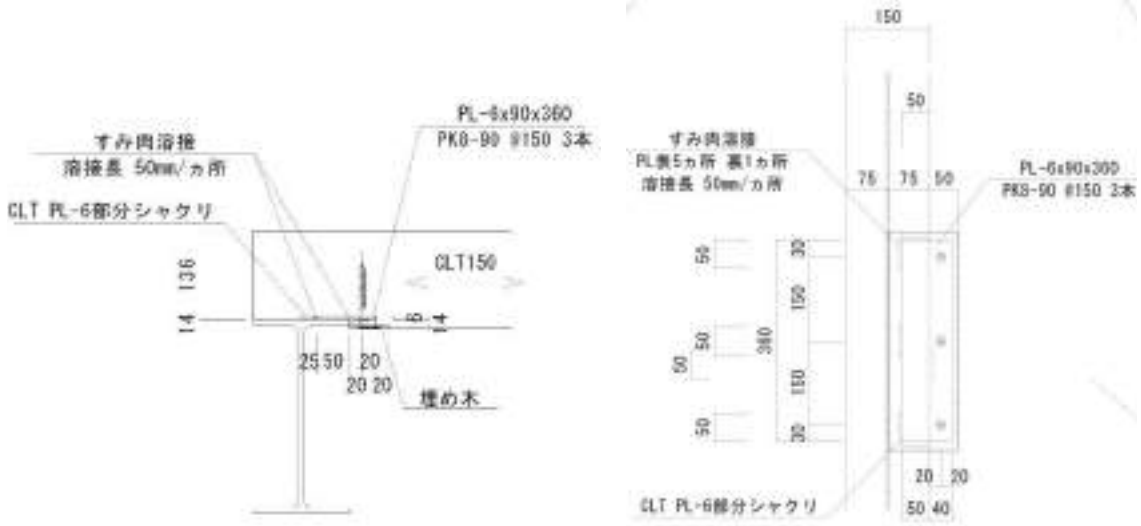
(1)リブ付 CLT 床パネル



①CLT：5 層 5PLY 150mm、スギ、Mx60、使用環境 B、水性高分子イソシアーネート樹脂接着剤
②集成材：150mm×300mm、カラマツ、E105-F300、使用環境 A、ﾚｿﾞﾙｼﾉｰﾙ・ﾌｪﾉｰﾙ樹脂接着剤
③CLT と集成材との接合：ラグスクリュー接合　M16、L300
④パネルサイズ：2700mm×6000mm
⑤集成材ピッチ@900mm（CLT パネル幅 2.7mに対して集成材リブ 2 本）

(2)CLT 床パネル水平構面

1)CLT 床パネルと外周鉄骨梁との接合：鋼板ビス留め接合



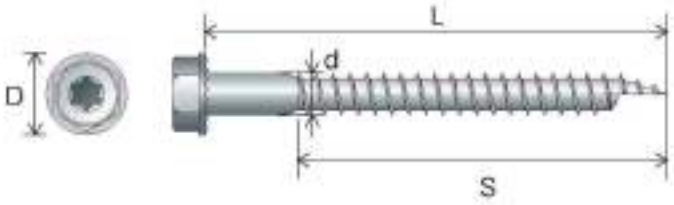
① 接合プレート（鉄骨に溶接）

・材質：SS400、厚さ：6mm、ビス孔径：8.5mm

②木質構造用ビス（鋼板ビス留め接合用）

・材質：炭素鋼（JIS G 3507-2 冷間圧造用炭素鋼線　SWCH22A 相当）

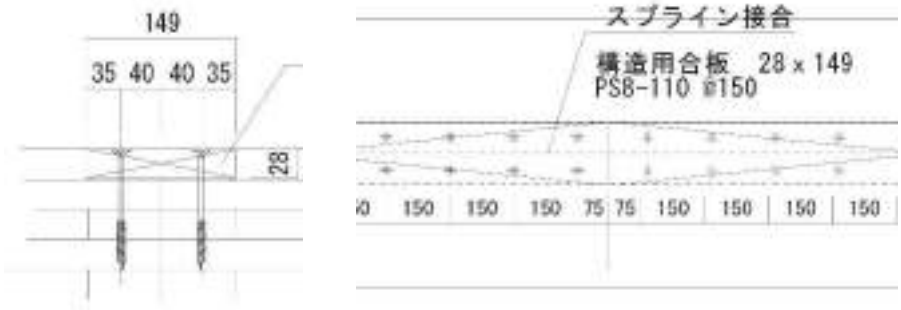
・形状：下図参照



品番	全長	ねじ長さ	胴部径	ねじ外径	ﾌﾗﾝｼﾞ外径
PK8×90	90.0	72.0	8.0	8.0	15.7

・表面処理：プロイズ処理　電気亜鉛めっき+焼付塗装

2)CLT パネル間接合：合板スプライン接合



①木質構造用ビス

・材質：炭素鋼（JIS G 3507-2 冷間圧造用炭素鋼線　SWCH22A 相当）

・形状：下図参照

品番	全長	ネジ長さ	胴径	ネジ外径	頭部径
PS8-110	110.0	50.0	5.8	8.0	18.0

・表面処理：クロメート　JIS H 8610（電気亜鉛めっき）　Ep-Fe/Zn8/CM2 相当

②構造用合板

・樹種：針葉樹、・等級：2 級、接着の程度：特類、板面の品質：C－D、厚さ：28mm

3.試験マトリックス

(1)要素試験

No	接合部位	接合	CLT	集成材/S 梁等	接合具	加力方向 (CLT)
1	CLT ﾊﾟﾈﾙ－集成材間接合部	せん断	5 層 5PLY 150mm	ｶﾗﾏﾂ集成材	ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰ M16	強軸
2	CLT ﾊﾟﾈﾙ－鉄骨梁接合部	せん断	5 層 5PLY 150mm	鉄骨梁	木質構造用ﾋﾞｽ φ8	強軸
						弱軸
3	CLT ﾊﾟﾈﾙ間ｽﾌﾟﾗｲﾝ接合部	せん断	5 層 5PLY 150mm	構造用合板	木質構造用ﾋﾞｽ φ8	強軸

(2)構造試験

No	部位	試験	CLT	集成材/S 梁	ﾊﾟﾈﾙｻｲｽﾞ等	接合具
1	合成梁	曲げ	5 層 5PLY 150mm	ｶﾗﾏﾂ集成材 E105-F300 150×300	・ｽﾊﾟﾝ：6.0m ・CLT 幅：0.9m ・ﾘﾌﾞ(集成材) 1 本	ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰ M16L300 ・@400 ・@400+端部増打ち ・@300 ・@300+端部増打ち
2	水平構面	面内せん断	5 層 5PLY 150mm	鉄骨梁枠 H-150×150 ×7×10	4m×2m	外周梁：木質構造用ﾋﾞｽφ8
					4m×2－1.0m	外周梁：木質構造用ﾋﾞｽφ8 ｽﾌﾟﾗｲﾝ接合：木質構造用ﾋﾞｽφ8

4.試験実施体制

＜全体監修＞

日本大学　工学部　浅里和茂教授

＜試験実施者等＞

試験 No.	試験名	試験場所	試験実施者	実施責任者
要素試験 No.1	CLT ﾊﾟﾈﾙ集成材間接合部のせん断試験	福島県林業研究ｾﾝﾀｰ	㈱ｵﾉﾂｶ ㈱木質環境建築	日本大学工学部 浅里和茂教授
要素試験 No.2	鋼板ビス留め接合部のせん断試験	ｼﾈｼﾞｯｸ㈱	ｼﾈｼﾞｯｸ㈱ ㈱木質環境建築	日本大学工学部 浅里和茂教授
要素試験 No.3	CLT ﾊﾟﾈﾙ―合板ｽﾌﾟﾗｲﾝ接合部のせん断試験	ｼﾈｼﾞｯｸ㈱	ｼﾈｼﾞｯｸ㈱ ㈱木質環境建築	日本大学工学部 浅里和茂教授
構造試験 No.1	合成梁の曲げ試験	福島県林業研究ｾﾝﾀｰ	㈱ｵﾉﾂｶ ｴｰﾕｰｴﾑ構造設計㈱ ㈱木質環境建築	日本大学工学部 浅里和茂教授
構造試験 No.2	CLT 床パネルを床版とする鋼構造水平構面の面内せん断試験	建材試験ｾﾝﾀｰ	建材試験ｾﾝﾀｰ	建材試験ｾﾝﾀｰ

5.試験結果概要

(1)要素試験結果

資料①参照

(2)リブ付 CLT パネルの曲げ強度性能

資料②参照

(3)CLT パネルを床版とする鋼構造水平構面の面内せん断性能

資料③参照

6.試験報告書

①CLT パネル－集成材間接合部のせん断試験

②鋼板ビス留め接合部のせん断試験

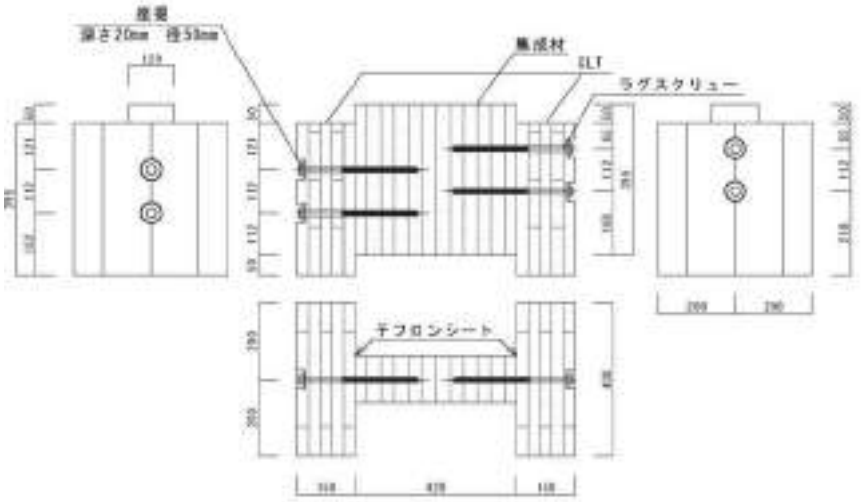
③CLT ﾊﾟﾈﾙ―合板ｽﾌﾟﾗｲﾝ接合部のせん断試験

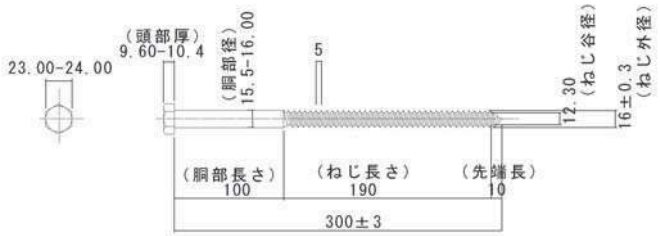
④合成梁（リブ付 CLT パネル）の曲げ試験

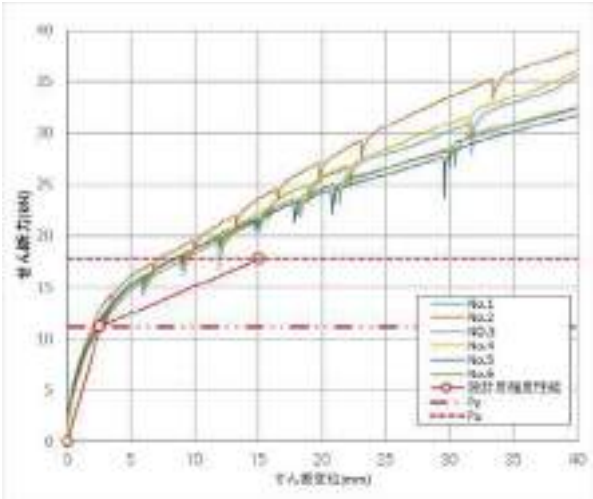
⑤CLT パネルを床版とする鋼構造水平構面の面内せん断試験：速報（資料③参照）

要素実験結果

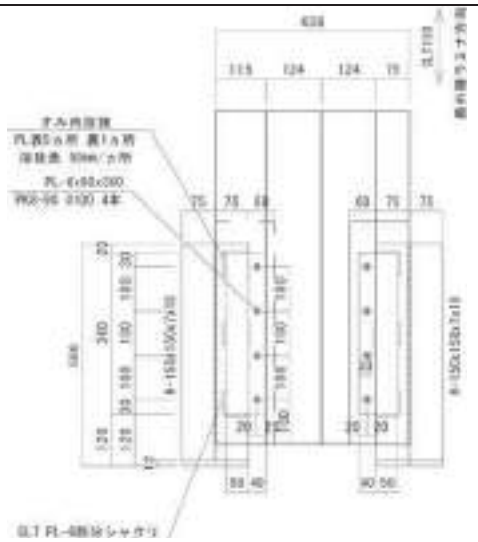
(1)リブ付 CLT 床パネル

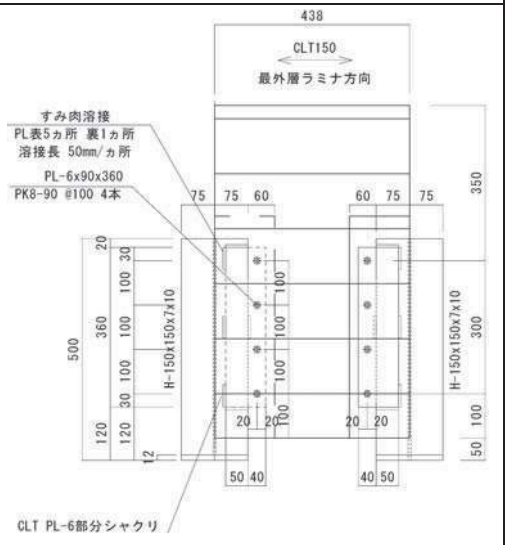
<table>
<tr><td>接合形式</td><td colspan="5">ラグスクリュー接合</td></tr>
<tr><td>接合部位</td><td colspan="5">CLT パネル-集成材間接合部</td></tr>
<tr><td rowspan="2">使用材料</td><td>CLT</td><td colspan="4">スギ、Mx60、5 層 5 ﾌﾟﾗｲ、厚 150mm（ﾗﾐﾅ厚 30mm)、幅はぎ無し</td></tr>
<tr><td>集成材</td><td colspan="4">カラマツ、E105-F300</td></tr>
<tr><td>接合金物等</td><td colspan="5">ラグスクリュー　M16、L300
・材質：SWRCH10A 相当（JISG3507）</td></tr>
<tr><td>試験体図等</td><td colspan="5"> 

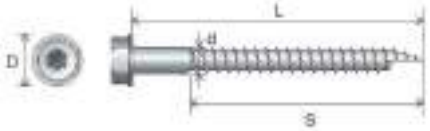


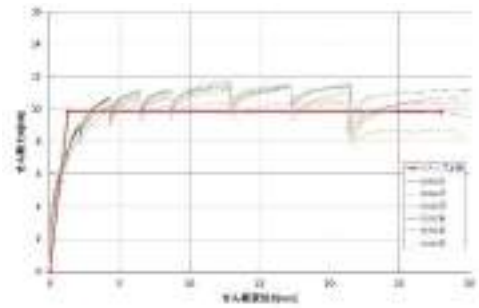
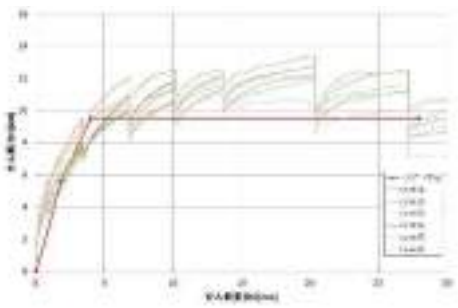
ラグスクリューM16、L300</td></tr>
<tr><td rowspan="3">設計用特性値
(ﾗｸﾞｸﾘｭｰ 1 本)</td><td>K(kN/mm)</td><td>Py(kN)</td><td>δy(mm)</td><td>Pu(kN)</td><td>δu(mm)</td></tr>
<tr><td>4.4</td><td>11.2</td><td>2.5</td><td>17.8</td><td>15.0</td></tr>
<tr><td colspan="5">  </td></tr>
</table>

(2)CLT 床パネル水平構面

<table>
<tr><td>接合形式</td><td colspan="2">鋼板ビス留め接合</td></tr>
<tr><td>接合部位</td><td colspan="2">CLT パネル-鉄骨梁接合部</td></tr>
<tr><td rowspan="2">使用材料</td><td>CLT</td><td>スギ、Mx60、5 層 5 ﾌﾟﾗｲ、厚 150mm（ﾗﾐﾅ厚 30mm)、幅はぎ無し</td></tr>
<tr><td>鉄 骨 梁</td><td>SS400、H-150×150×7×10</td></tr>
<tr><td rowspan="2">接合金物等</td><td colspan="2">接合プレート（鉄骨に溶接）
・材質：SS400、厚さ 6mm、ビス先孔径 8.5mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">木質構造用ビス：PK8-90
・材質：SWCH22A 相当(JIS G 3507-2)</td></tr>
<tr><td>試験体図等</td><td colspan="2"> 

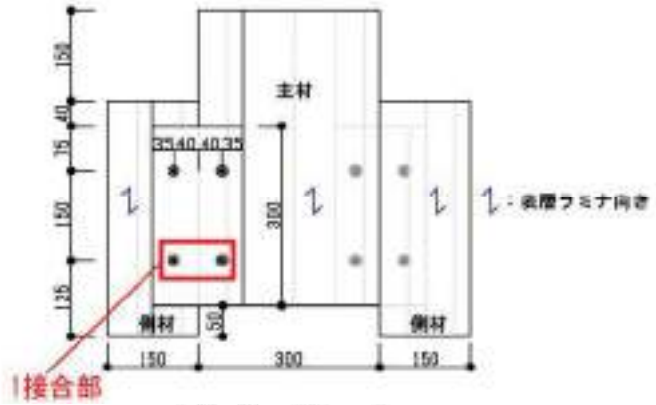
強軸方向


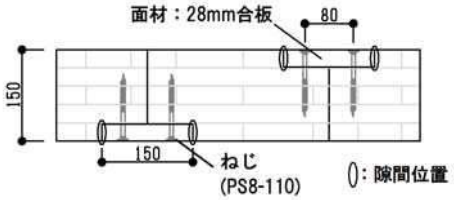
弱軸方向


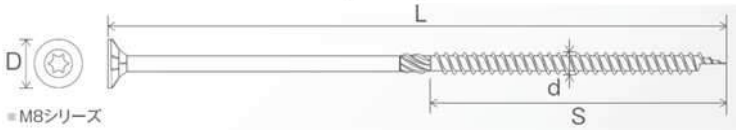
<table>
<tr><td>品番</td><td>全長</td><td>ねじ長さ</td><td>胴部径</td><td>ねじ外径</td><td>ﾌﾗﾝｼﾞ外径</td></tr>
<tr><td>PK8×90</td><td>90.0</td><td>72.0</td><td>8.0</td><td>8.0</td><td>15.7</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td rowspan="3">設計用特性値
（ビス１本）</td><td colspan="2">荷重方向</td><td>K1
(kN/mm)</td><td>Py
(kN)</td><td>K2
(kN/mm)</td><td>Pu
(kN)</td><td>δv
(mm)</td><td>δu
(mm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">強軸</td><td>7.97</td><td>5.58</td><td>7.08</td><td>9.83</td><td>1.30</td><td>27.95</td></tr>
<tr><td colspan="2">弱軸</td><td>3.00</td><td>5.62</td><td>1.83</td><td>9.52</td><td>4.00</td><td>27.21</td></tr>
<tr><td colspan="8"> 
強軸方向

弱軸方向</td></tr>
</table>

接合形式	合板スプライン接合	
接合部位	CLT パネル間接合部	
使用材料	CLT	ｽｷﾞ、Mx60、5 層 5 ﾌﾟﾗｲ、厚 150mm（ﾗﾐﾅ厚 30mm)、幅はぎ無し
	構造用合板	針葉樹合板、2 級、特類、C-D、厚さ 28mm
接合金物等	木質構造用ビス：PS8-110 ・材質：SWCH22A 相当(JIS G 3507-2)	

試験体図等





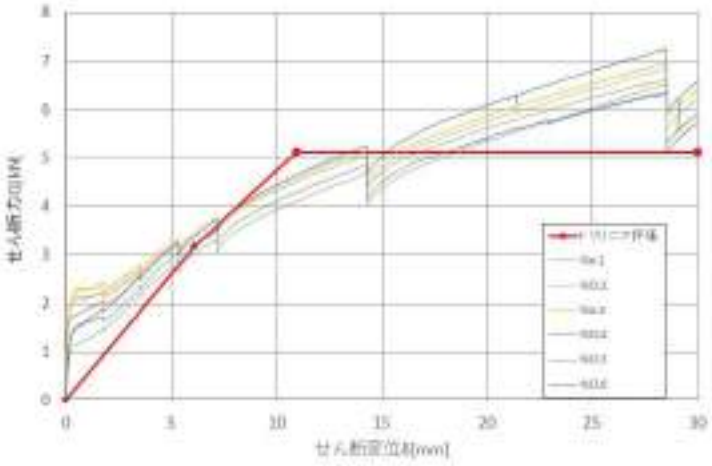


単位 mm

品番	全長	ネジ長さ	胴径	ネジ外径	頭部径
PS8-110	110.0	50.0	5.8	8.0	18.0

設計用特性値
(接合部 1 対)

K1 (kN/mm)	Py (kN)	K2 (kN/mm)	Pu (kN)	δv (mm)	δu (mm)
0.52	3.17	0.41	5.13	10.93	30.00



資料②

リブ付き CLT パネルの曲げ性能

(1)　目的

CLT の床と集成材の梁をラグスクリューで組合わせたリブ付き CLT パネルに関し曲げ試験を行い、その諸性能を確認すると共に、設計式の妥当性及び安全性を確認する。なお、リブ付き CLT パネルの設計式は、蒲池らの研究(日本建築学会構造系論文集)で提案されている組立梁の設計法を採用した。

(2)　試験装置

曲げ試験は、図 1 に示すように、スパン 6m の 3 等分 4 点曲げ形式とした。

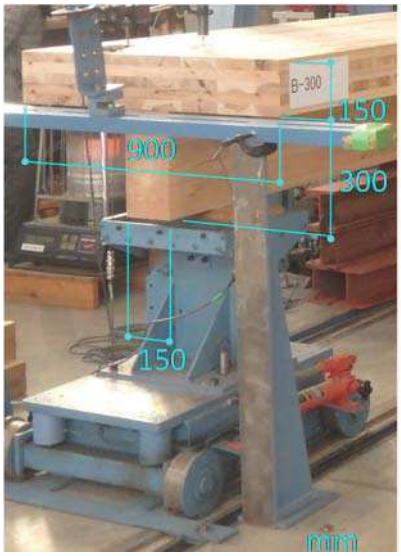


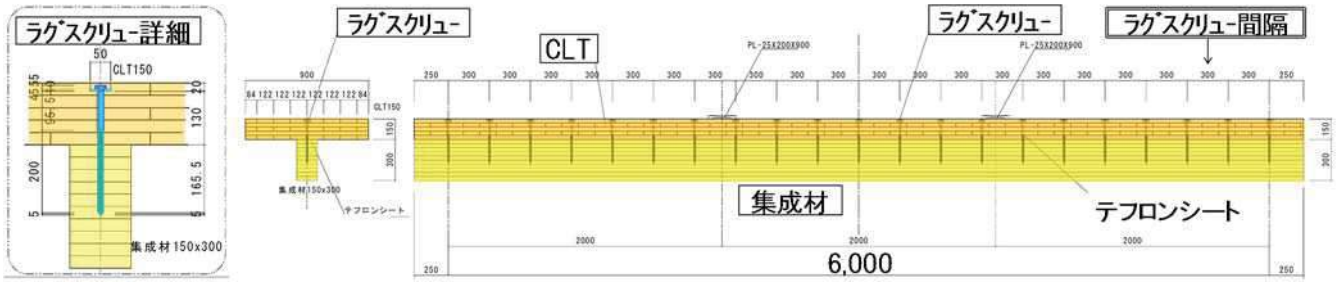
図 1　試験状況

(3)　試験体

試験体の構成を表 1 に示す。パラメーターはラグスクリューの間隔をとり、各 1 体の曲げ試験とした。

表 1　試験体

試験体名	床	梁	ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰ M16-L300 の間隔(mm)
B-300-①	CLT　Mx60A　スギ	構造用集成材 E105-F300	全長にわたり 300
B-300-150-①		スギ	中央 300 両端部 150
B-400-①	(B－t)	(b－h)	全長にわたり 400
B-400-200-①	900mm－150mm	150mm－300mm	中央 400 両端部 200



※両端部のﾗｸﾞｽｸﾘｭｰ間隔を密にした試験体は、スパンに対して 10%程度とし、B-300-150-①は 600mm の区間、B400-200-①は 800mm の区間とした。

(4)　破壊性状

代表的な破壊性状を図 2 に示す。すべての試験体は、集成材の引張側に破壊が生じ荷重低下した(図 2、③④)。接合部に関しては、端部の CLT と集成材のずれが確認できた(図 2、⑤)。又、試験終了後の解体時にﾗｸﾞｽｸﾘｭｰの若干の曲がりと接合界面である集成材の上面に、めり込み跡がみられた(図 2、②⑤)。

図 2　破壊性状

(5)　試験考察

試験結果による諸性能を表 2 に示す。表 3 に試験結果と設計式の曲げ剛性、CLT と集成材の単純和の曲げ剛性の比較を示す。表 4 に試験結果の最大耐力、設計式による基準強度に達する荷重、単純和の曲げ剛性で計算した集成材の負担する曲げ応力度が基準強度に達する荷重(以下 $P\_\sigma bmax$)の比較を示す。

表 2　試験結果一覧

試験体名	見かけの 曲げヤング係数 N/mm²	見かけの 曲げ剛性 kNmm²	見かけの 曲げ強度 N/mm²	中央たわみ 10mm (L/600)時の荷重 kN	最大耐力 kN
B-300-①	3,832	8.81_E+09	19.0	26.9	137.4
B-300-150-①	4,404	1.01_E+10	15.8	30.4	113.9
B-400-①	3,521	8.10_E+09	20.9	24.5	151.1
B-400-200-①	3,863	8.88_E+09	16.9	27.1	122.0

見かけの曲げヤング係数は、完全一体としての断面二次ﾓｰﾒﾝﾄで、0.1Pmax から 0.4Pmax 間の荷重と変位の関係より評価した値
見かけの曲げ強度は、上記の断面二次ﾓｰﾒﾝﾄの引張側断面係数と最大耐力で評価した値

表 3　試験結果と計算値の数値比較(曲げ剛性)　単位：kNmm²

試験体名	試験結果　見かけの曲げ剛性 (×10⁹)	設計式による曲げ剛性 (×10⁹)	計算による単純和の曲げ剛性 (×10⁹)
B-300-①	8.81【1.87】	6.92【1.47】	4.72
B-300-150-①	10.10【2.14】		
B-400-①	8.10【1.72】	6.46【1.37】	
B-400-200-①	8.88【1.88】		

【】内は計算による単純和の曲げ剛性を基準とした比率

表 4　試験結果と計算値の数値比較(最大荷重)　単位：kN

試験体名	試験結果　最大耐力	設計式による基準強度に達する 荷重 GLT_m	計算による $P\_\sigma bmax$
B-300-①	137.4【1.52】	87.0【0.96】	90.3
B-300-150-①	113.9【1.26】		
B-400-①	151.1【1.67】	83.6【0.93】	
B-400-200-①	122.0【1.35】		

P_obmax は単純和の曲げ剛性で計算した集成材の負担する曲げ応力度が基準強度に達する荷重で、自重を考慮した場合は 87.1kN
【】内は計算による P_obmax を基準とした比率

試験結果を比較すると以下の傾向が確認できた。
①ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰの間隔を密にすると剛性は高く、強度は低くなる。
②ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰの間隔を端部のみ密にすると一様の間隔のものより、剛性は高く、強度は低くなる。
③CLT と集成材の単純和で計算した曲げ剛性に対して、試験結果は 1.72~2.14 倍の効果があった。
④*P_σbmax* に対して、試験結果は、1.26~1.67 倍の効果があった。(自重分を考慮した場合は 1.31~1.73 倍)

(6) 試験結果と計算値との比較

計算に用いた特性値を表 5 に示し、試験結果と設計式の比較を図 3 に示す。表 5 には図 3 で用いた各部の耐力に到達する荷重の名称も併せて示す。又、図 4 は設計におけるクライテリアであるたわみ、接合部、部材の諸性能値の比較を示す。図 4 は長期荷重時の諸性能として、試験結果は 1.1/3、接合部は 1.1/2×LAG_y、部材は 1.1/3×GLT_m として比較する。尚、設計式の内容は次項で示す。

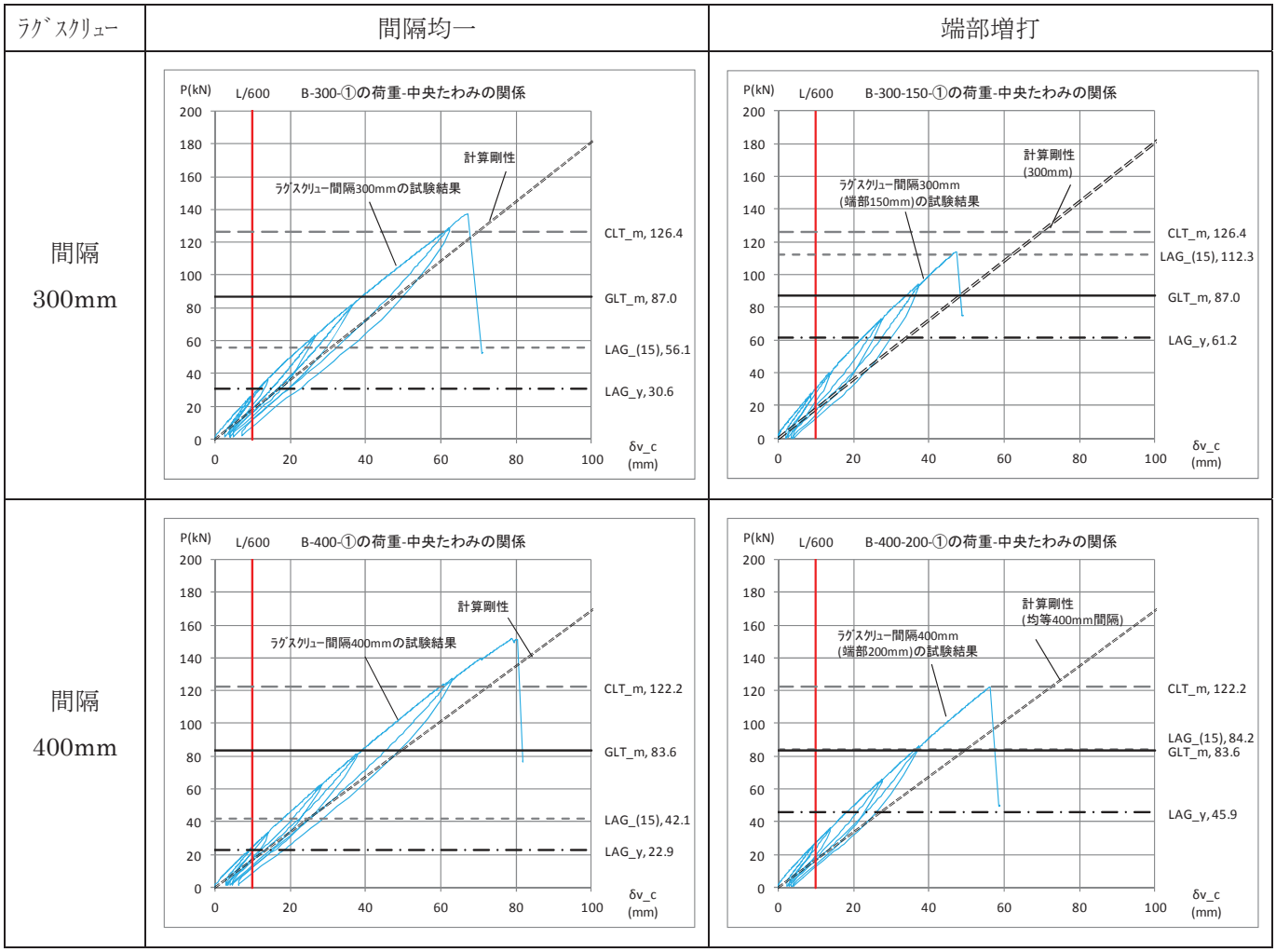


図 3　試験結果と設計式の比較

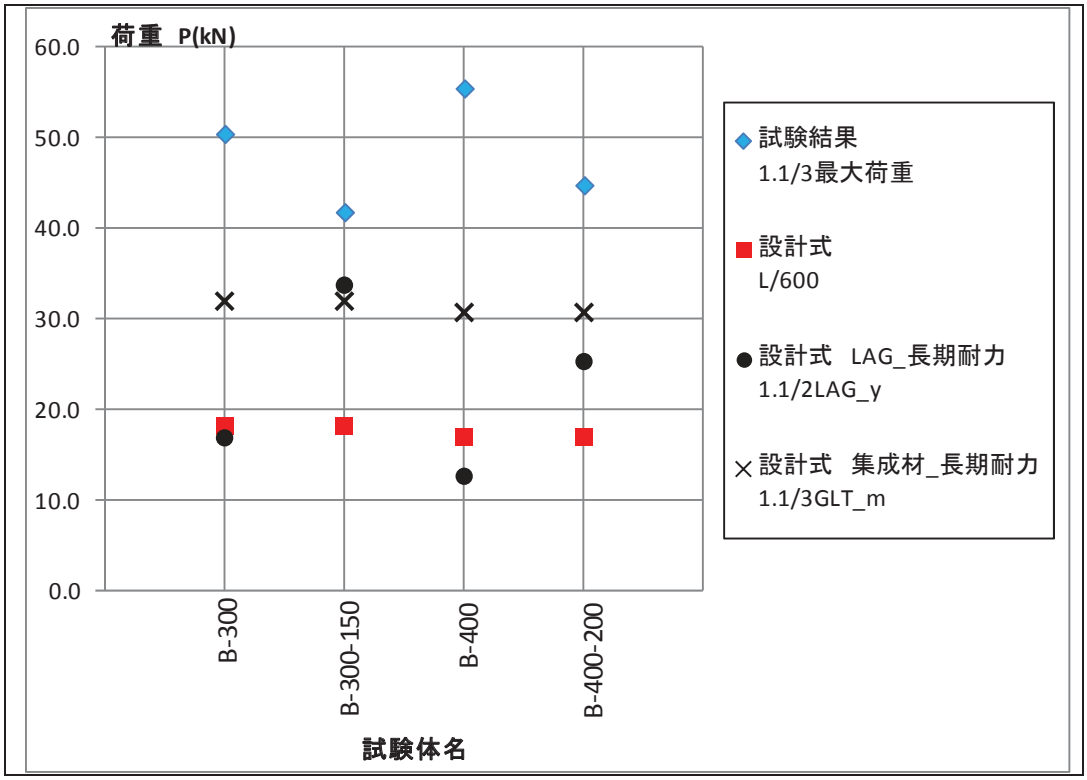


図 4　長期荷重における各荷重値の比較

試験結果、破壊性状に対して設計式を比較すると以下の傾向が確認できた。

①すべての試験体で、計算剛性は低い傾向であった。
　これは、ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰのせん断剛性を完全弾塑性ﾓﾃﾞﾙの剛性を用いていることが考えられるが、たわみに対しては安全側の評価となっている。

②試験結果と同様に計算値においてもﾗｸﾞｽｸﾘｭｰの基本間隔や端部の間隔を小さくすると合成梁の効果が上がり、剛性は高くなる。

③設計式では、ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰの負担するせん断力は大きく評価されている。具体的には図 3 で示す B-300 試験結果は、ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰが最大耐力(15mm 変位時)に到達する荷重を大きく上回っているが、解体後の界面の記録により、ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰの変形は 15mm 以下であり、設計式ほどのせん断力は生じていないと考えられる。
　これは、設計式では、ﾗｸﾞｽｸﾘｭｰが負担するせん断力は、完全一体時の負担せん断力に対して検討しているためであるが、設計としては安全側の評価となっている。

④本試験における設計のクライテリアは、図 4 に示すように、たわみ又はﾗｸﾞｽｸﾘｭｰの耐力により決定され、部材応力の余裕度は高く、設計としては問題ないと言える。
　これは、設計式における部材の検討は、一体効果を低く評価しているが、曲げ応力度が大きく評価される為、設計としては安全側の評価となっている。

⑤図 4 に示す様に、各部の検定において、ラグスリューのピッチによって、クライテリアが異なるので、設計おいては、部材及び接合部耐力の両方の確認が必要となる。

(7)まとめ

以上の結果より、本設計式(8)を用いてリブ付 CLT パネルの設計を行う事は妥当であると判断される。

CLT パネルを床版とする鋼構造水平構面の面内せん断性能

1.目的

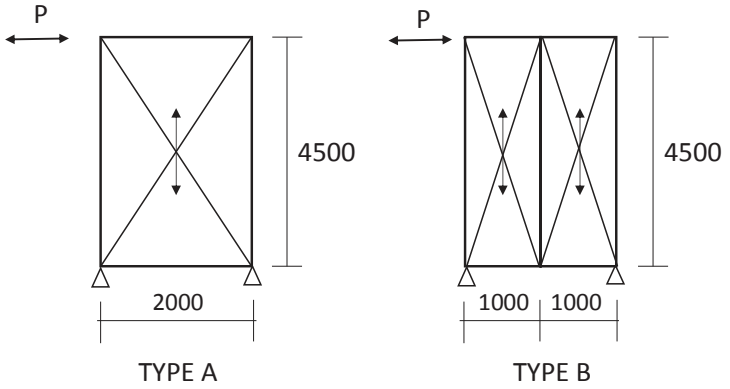
CLT パネルを床版とした鋼構造水平構面の面内せん断試験を行い、その諸性状を確認すると共に、設計式の妥当性及び安全性を確認する。

2.試験

2.1 試験体の形状

輸送の制限及び試験場のグリット（@500）から、CLT パネル幅を 2mとし、縦横比を概ね合わせた縮小モデルとした。また、運搬の問題からの分割及び製造メーカーの制限が生じた場合の問題にも配慮し、2 分割とした仕様についても確認を行った。

縦：2000/2700×6000＝4444→4500mm （約 0.74 縮小ﾓﾃﾞﾙ）



2. 2 各部仕様

(1)CLT

①樹種・等級：スギ、Mx60

②構成等：5 層 5PLY、厚さ 150mm、ラミナ厚 30mm、ラミナ幅 122mm、幅はぎ：無し

③接着剤：水性高分子イソシアネート系接着剤

(2)接合プレート（鉄骨に溶接）

①材質：SS400

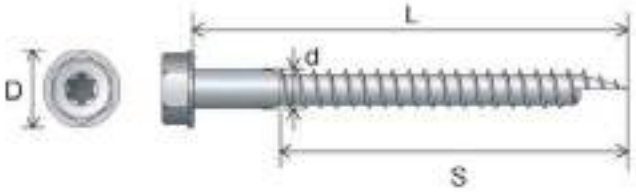
②厚さ：6mm

③ビス孔径：8.5mm

(3)木質構造用ビス（鋼板ビス留め接合用）

①材質：炭素鋼（JIS G 3507-2 冷間圧造用炭素鋼線　SWCH22A 相当）

②形状：下図参照



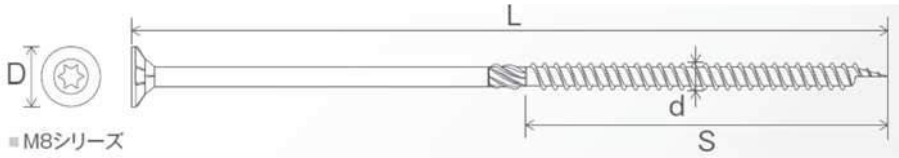
品番	全長	ねじ長さ	胴部径	ねじ外径	ﾌﾗﾝｼﾞ外径
PK8×90	90.0	72.0	8.0	8.0	15.7

③表面処理：プロイズ処理　電気亜鉛めっき+焼付塗装

(4)木質構造用ビス（合板スプライン接合用）

①材質：炭素鋼（JIS G 3507-2 冷間圧造用炭素鋼線　SWCH22A 相当）

②形状：下図参照



品番	全長	ネジ長さ	胴径	ネジ外径	頭部径
PS8-110	110.0	50.0	5.8	8.0	18.0

③表面処理：クロメート　JIS H 8610（電気亜鉛めっき）　Ep-Fe/Zn8/CM2 相当

2.3 試験体

(1)試験体の形状及び寸法：図 2.1、図 2.2 に示す。

(2)試験体数：TYPE A：1 体、TYPE B：1 体

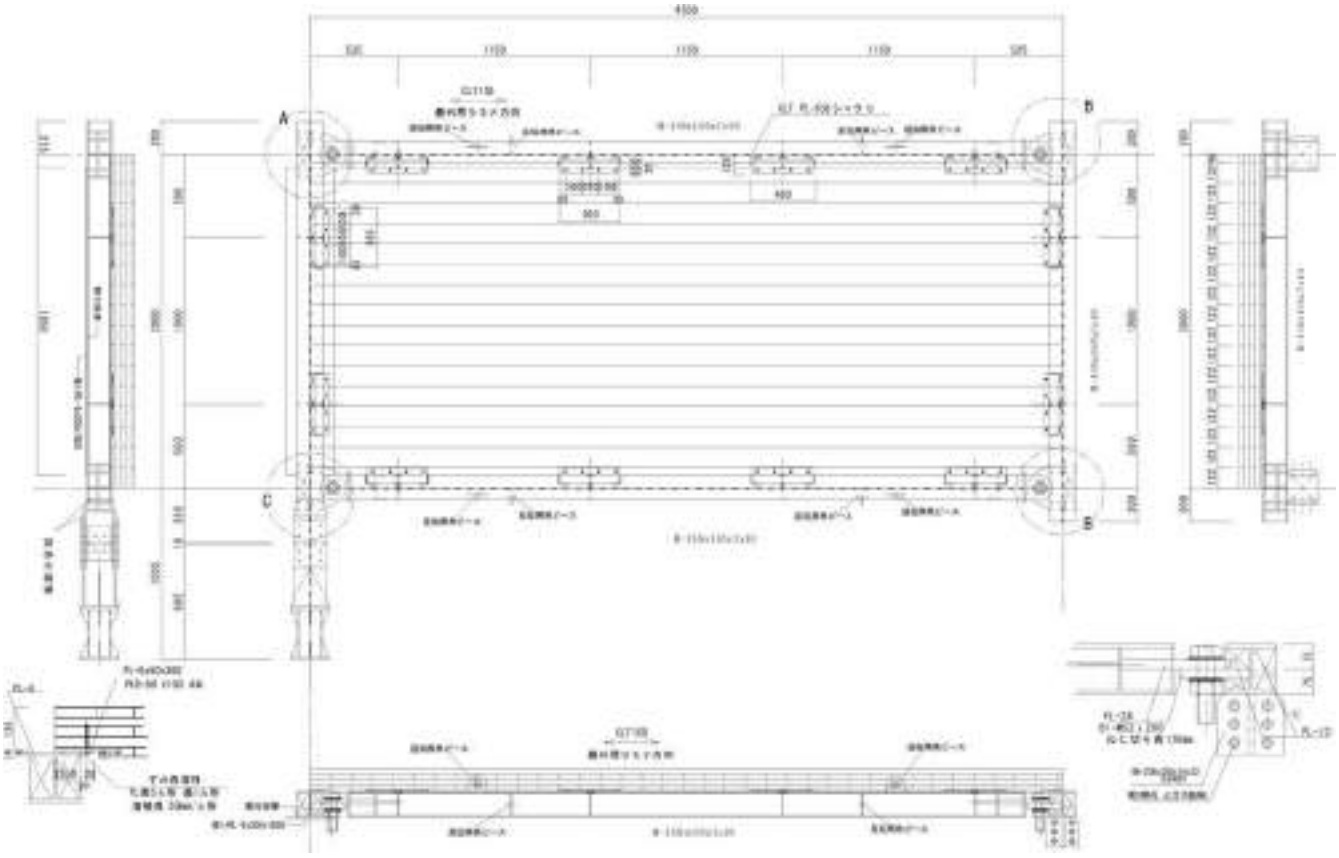


図 2.1　試験体図（TYPE A）

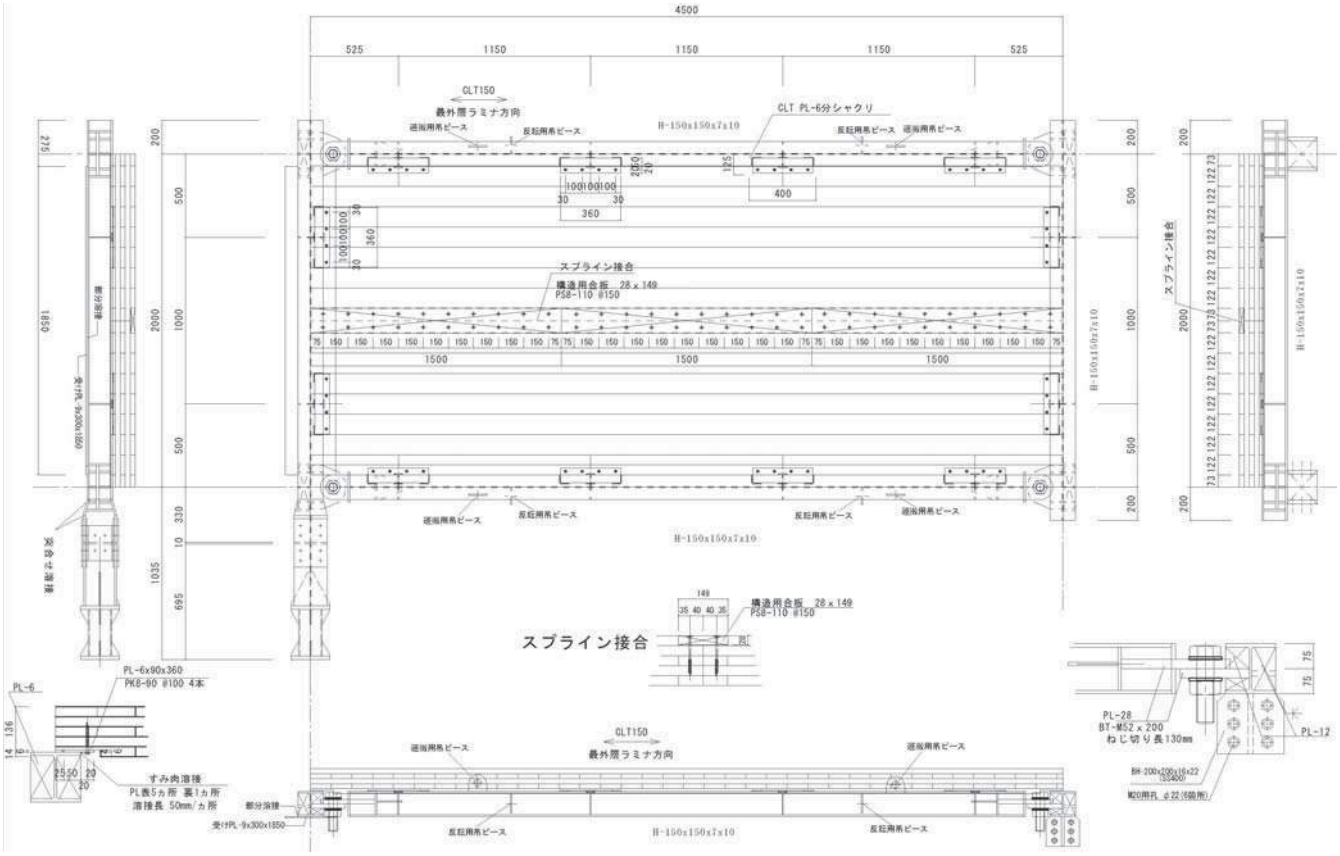


図 2.2　試験体図（TYPE B）

2.4 試験方法

「木造軸組工法住宅の許容力度設 2017 年版　計第 4 章試験方法と評価方法」に準じ、正負交番繰り返し加力とした。試験体の設置図を図 2.3 に示す。また、試験の状況を写真 2.1、2.2 に示す。

写真 2.1　試験状況（TYPE A）

写真 2.2　試験状況（TYPE B）

＜加力スケジュール＞

①±1/450（10mm）、±1/300(15mm)、±1/200(22.5mm)、±1/150(30mm)、±1/100(45mm)、±1/75(60mm)、±1/50(90mm)：1 回繰り返し

②①後、1/15（300mm）まで又は Pmax の 0.8 倍まで。

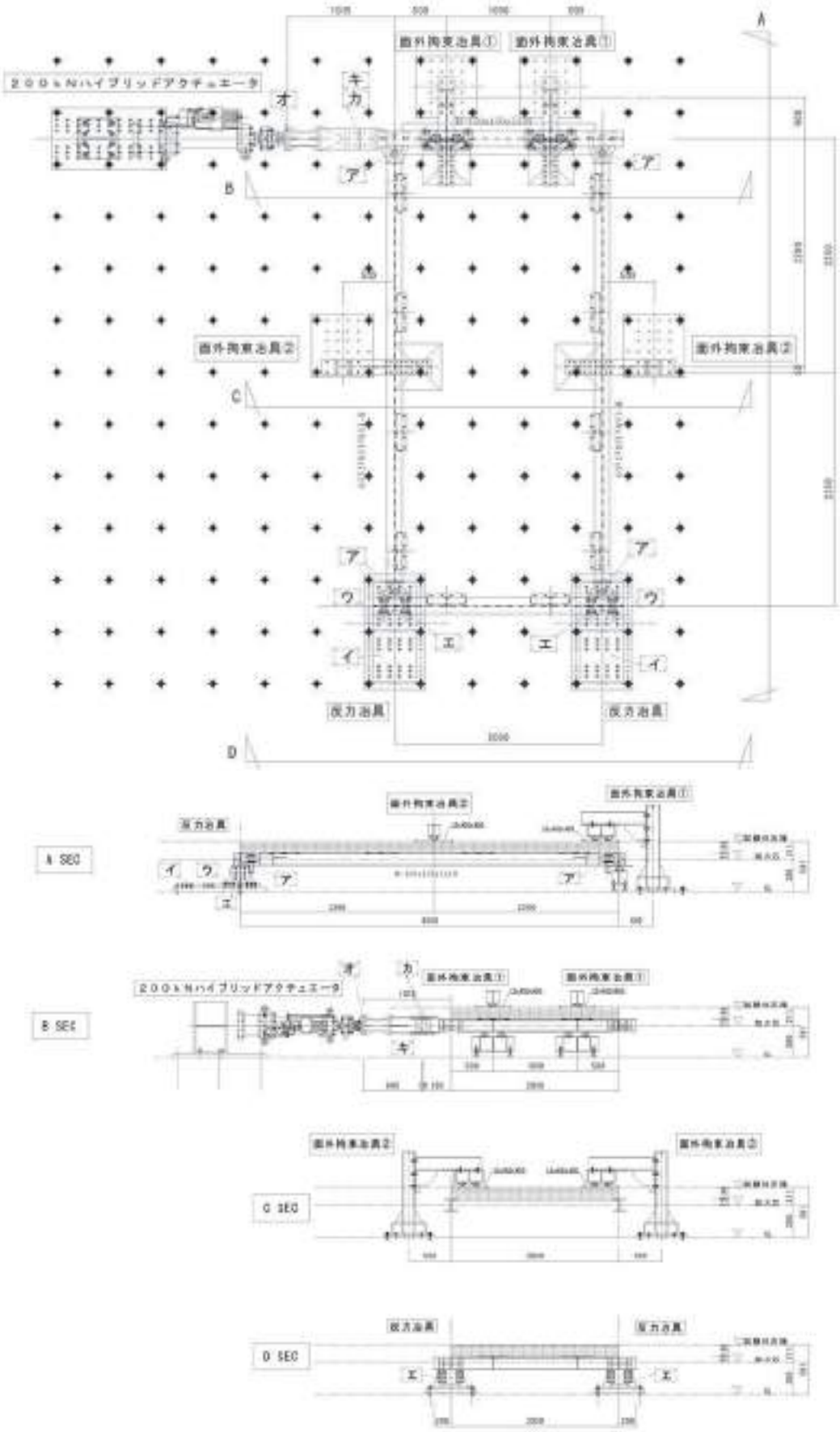

面外拘束治具①
面外拘束治具①
面外拘束治具②
面外拘束治具②
反力治具
反力治具
A SEC
B SEC
C SEC
D SEC

図 2.3　試験体設置図

3. 試験結果

3.1 荷重と変形角の関係

荷重と変形角の関係を図 3.1 に、特性値の一覧を表 3.1 に、特定要因毎のせん断耐力を表 3.2 に示す。尚、変形角は真の変形角

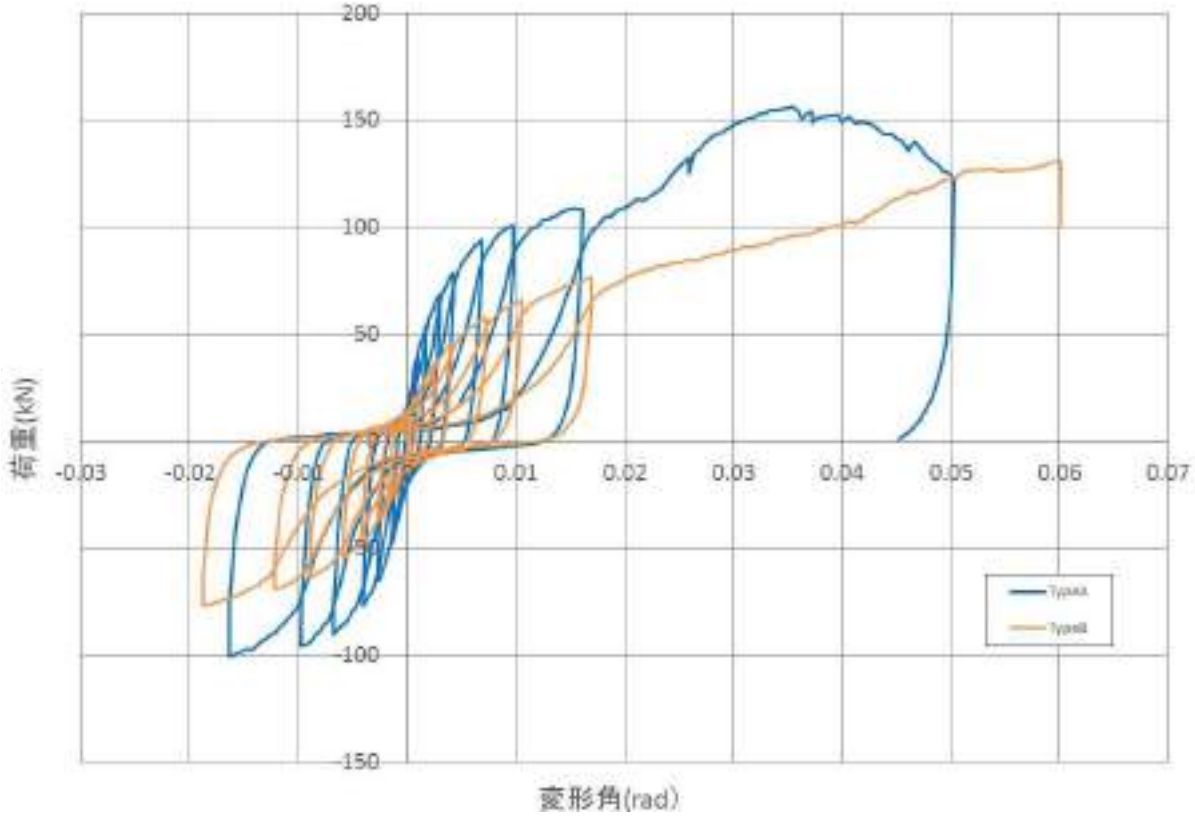


図 3.1　荷重と変形角の関係

①TYPEA,B 共に終局付近(TYPE-A：0.022rad 付近、TYPE-B：0.041rad 付近）で荷重上昇が見られるが、これはビスの曲げ及びめり込み降伏が進行した後、H 鋼に溶接されたビスを留め付けている接合プレートの端部が、CLT の欠き込み部に接触し、そのめり込抵抗が荷重を上昇させている。

表 3.1　特性値一覧

試験体 (TYPE)	降伏耐力 (Py) kN	降伏変形角 (γy) $\times 10^{-3}$rad	初期剛性 (R) kN/rad	終局耐力 (Pu) kN	終局変形角 (γu) $\times 10^{-3}$rad	塑性率 (μ)	構造特性係数 (Ds)
A	83.9	5.18	16,197	130	49.9	6.21	0.30
B	60.6	8.66	6,994	101	60.2	4.17	0.37

表 3.2　特定要因毎のせん断耐力

試験体 (TYPE)	降伏耐力 Py kN	(0.2/Ds)・Pu KN	2/3・Pmax kN	γ=1/150rad 時 kN
A	83.9	86.7	104	93.1
B	60.6	54.6	87.2	56.2

②特定要因毎のせん断耐力の最小値が、TYPE-B では、(0.2/Ds)・Pu で決定されているが、これは、ジャッキストロークの限界まで加力したが、破壊に至らなかった為、終局変位が頭打ちとなり、低い評価となっている。

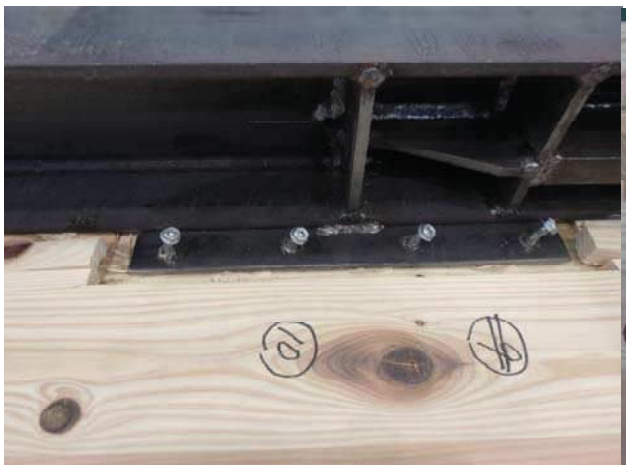
3.2 破壊状況

主な破壊状況を以下に示す。

(1) TYPE A

試験終了時の状況

試験体裏面の状態



ビスの変形及び抜け出し、ビスのめり込み、鋼板の CLT 欠き込み部へのめり込み
(⑩パネル端部付近)

(2) TYPE B

試験終了時の状況

スプライン接合部の変形

4. 計算と実験の比較

4. 1 面内せん断耐力の計算

枠組壁工法の耐力壁の設計法と同様に接合具耐力から CLT パネルの面内せん断耐力を算出した。

(1) 設計式

$$Q_0 = Q_1 \cdot \frac{L}{l_1} \tag{4.1.1}$$

ここで、Q_0 : CLT パネル全体のせん断耐力(kN)

L : CLT パネルの全長（横全長）(mm)

l_1 : CLT パネル 1 枚の横寸法（mm）　(TYPE-A は $l_1 = L$)

Q_1 : CLT パネル 1 枚のせん断耐力(kN)

$$Q_1 = min(Q_\perp \cdot Q_{/\!/} \cdot Q_s) \tag{4.1.2}$$

$$Q_\perp = n_\perp \cdot q_\perp \tag{4.1.3}$$

$Q_\perp$: CLT パネル横方向の鋼板ビス留め接合部のせん断耐力(kN)

$n_\perp$: CLT パネル横方向の鋼板ビス留め接合部のビス本数(本)

$q_\perp$: CLT パネル弱軸方向（最外層ラミナ繊維直交方向）の鋼板ビス留め接合部のビス 1 本のせん断耐力(kN)

$$Q_{/\!/} = n_{/\!/} \cdot q_{/\!/} \cdot \frac{l_1}{H} \tag{4.1.4}$$

$Q_{/\!/}$: CLT パネル縦方向の鋼板ビス留め接合部のせん断耐力(kN)

$n_{/\!/}$: CLT パネル縦方向の鋼板ビス留め接合部のビス本数(本)

$q_{/\!/}$: CLT パネル強軸方向（最外層ラミナ繊維平行方向）の鋼板ビス留め接合部のビス 1 本のせん断耐力(kN)

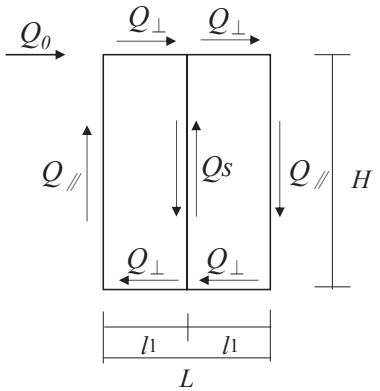
H : CLT パネルの縦寸法（mm）

$$Q_s = n_s \cdot q_s \cdot \frac{l_1}{H} \tag{4.1.5}$$

Q_S : CLT パネル合板スプライン接合部のせん断耐力(kN)

n_s : CLT パネル合板スプライン接合部のビス本数(本)

q_s : CLT パネル合板スプライン接合部のビス 1 対のせん断耐力(kN)



(2)計算結果

表 4.1 に面内せん断耐力の計算結果を示す。

表 4.1　面内せん断耐力の計算結果

試験体	TYPE-A				TYPE-B			
応力状態	降伏		終局		降伏		終局	
接合具耐力*1	下限値	平均値	下限値	平均値	下限値	平均値	下限値	平均値
H (mm)	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500
L (mm)	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
l_1 (mm)	2,000	2,000	2,000	2,000	1,000	1,000	1,000	1,000
$n_\perp$ (本)	8	8	8	8	4	4	4	4
$q_\perp$ (kN)	5.62	7.17	9.52	11.09	5.62	7.17	9.52	11.09
$Q_\perp$ (kN)	45.0	57.4	76.2	88.7	22.5	28.7	38.1	44.4
$n_{/\!/}$ (本)	16	16	16	16	16	16	16	16
$q_{/\!/}$ (kN)	5.58	6.33	9.83	10.53	5.58	6.33	9.83	10.53
$Q_{/\!/}$ (kN)	39.7	45.0	69.9	74.9	19.8	22.5	35.0	37.4
n_s (本)	−	−	−	−	30	30	30	30
q_s (kN)	−	−	−	−	3.17	3.53	5.13	5.77
Q_s (kN)	−	−	−	−	21.1	23.5	34.2	38.5
Q_{y1} (kN)	39.7	45.0	69.9	74.9	19.8	22.5	34.2	37.4
Q_0 (kN)	39.7	45.0	69.9	74.9	39.7	45.0	68.4	74.9

*1：接合具耐力

下限値：要素実験の下限値（設計値）、平均値：要素実験の平均値（面内せん断試験比較用）

4.2 面内せん断剛性の計算

枠組壁工法の床面材のすべり変形の計算方法と同様にパネル各辺の接合具のすべり変形から CLT パネルの面内せん断断剛性を算出した。

(1)設計式

＜TYPE-A>

$$R_0 = \frac{P}{\theta} \tag{4.2.1}$$

ここで、R_0：CLT パネル全体の面内せん断剛性(kN/rad)

P：せん断力(kN)

θ：CLT パネル全体のせん断変形角(rad)

$$\theta = \theta_H + \theta_V \tag{4.2.2}$$

θ_H：CLT パネル横方向接合具のすべり変形により生じる変形角(rad)

$$\theta_H = \frac{2P}{H \cdot n_\perp \cdot k_\perp} \tag{4.2.3}$$

H：CLT パネルの縦寸法（mm)

$n_\perp$：CLT パネル横方向の鋼板ビス留め接合部のビス本数(本)

$k_\perp$：CLT パネル弱軸方向（最外層ラミナ繊維直交方向）の鋼板ビス留め接合部のビス 1 本のせん断剛性(kN/mm)

θ_V：CLT パネル縦方向接合具のすべり変形により生じる変形角(rad)

$$\theta_V = \frac{2PH}{L^2 \cdot n_{//} \cdot k_{//}} \tag{4.2.4}$$

L：CLT パネルの全長（横全長）(mm)

$n_{//}$：CLT パネル縦方向の鋼板ビス留め接合部のビス本数(本)

$k_{//}$：CLT パネル強軸方向（最外層ラミナ繊維平行方向）の鋼板ビス留め接合部のビス 1 本のせん断剛性(kN/mm)

＜TYPE-B＞

$$R_0 = \frac{P}{\theta_1} \tag{4.2.5}$$

ここで、θ_1：CLT パネル 1 枚のせん断変形角(rad)

$$\theta_1 = \theta_H + \theta_V \tag{4.2.6}$$

θ_H：CLT パネル 1 枚の横方向接合具のすべり変形により生じる変形角(rad)

$$\theta_H = \frac{P}{H \cdot n_{\perp} \cdot k_{\perp}} \tag{4.2.7}$$

θ_V：CLT パネル 1 枚の縦方向接合具のすべり変形により生じる変形角(rad)

$$\theta_V = \frac{PH}{2l_1^2}\left(\frac{n_{//} \cdot k_{//} + n_S \cdot k_S}{n_{//} \cdot k_{//} \cdot n_S \cdot k}\right) \tag{4.2.8}$$

l_1：CLT パネル 1 枚の横寸法（mm)

n_s：CLT パネル合板スプライン接合部のビス本数(本)

k_s：CLT パネル合板スプライン接合部のビス 1 本当たりのせん断剛性(kN/mm)。ビス 1 対の結果を 2 倍して計算（片側の評価とする）。

その他の記号は TYPE-A と同じ。

(2) 計算結果

表 4.2 に面内せん断剛性の計算結果を示す。

表 4.2　面内せん断剛性の計算結果

試験体		TYPE-A	TYPE-B
H	(mm)	4,500	4,500
L	(mm)	2,000	−
l_1	(mm)	−	1,000
$n_{\perp}$	(本)	8	4
$k_{\perp}$	(kN)	3.01	3.01
$n_{//}$	(本)	16	16
$k_{//}$	(kN)	7.92	7.92
n_s	(本)	−	30
k_s	(kN)	−	1.04
R_0	(kN/rad)	27,615	9,231

*接合具の剛性は要素実験の平均値

4.3 計算と実験の比較

4.1、4.2 で算出した耐力及び剛性の計算値(要素実験平均値より算出）と実験値の比較を図 4.1、図 4.2 に示す。

また、実験から求めた耐力（完全弾塑性モデルから計算した耐力、表 3.1）と計算値との比較を表 4.3 に示す

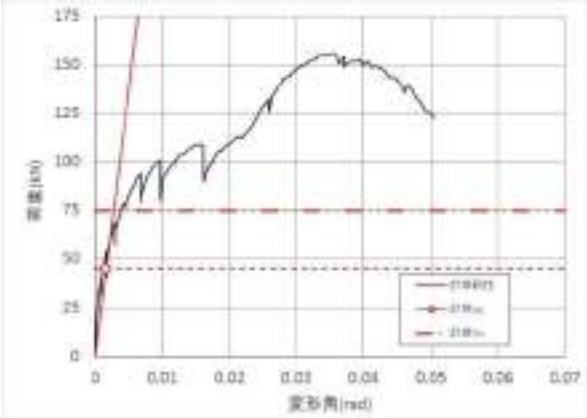


図 4.1　計算と実験の比較(TYPE A)

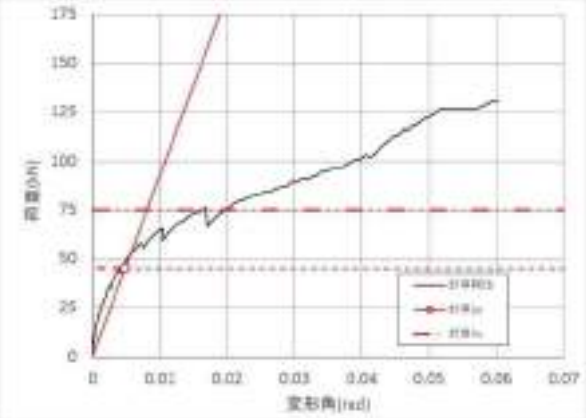


図 4.2　計算と実験の比較(TYPE B)

表 4.3　計算値と実験値の比較

試験体	降伏耐力(kN)			終局耐力(kN)		
	実験	計算	実験/計算	実験	計算	実験/計算
TYPE-A	83.9	45	1.86	130	74.9	1.74
TYPE-B	60.6	45	1.35	101	74.9	1.35

(1)TYPE-A

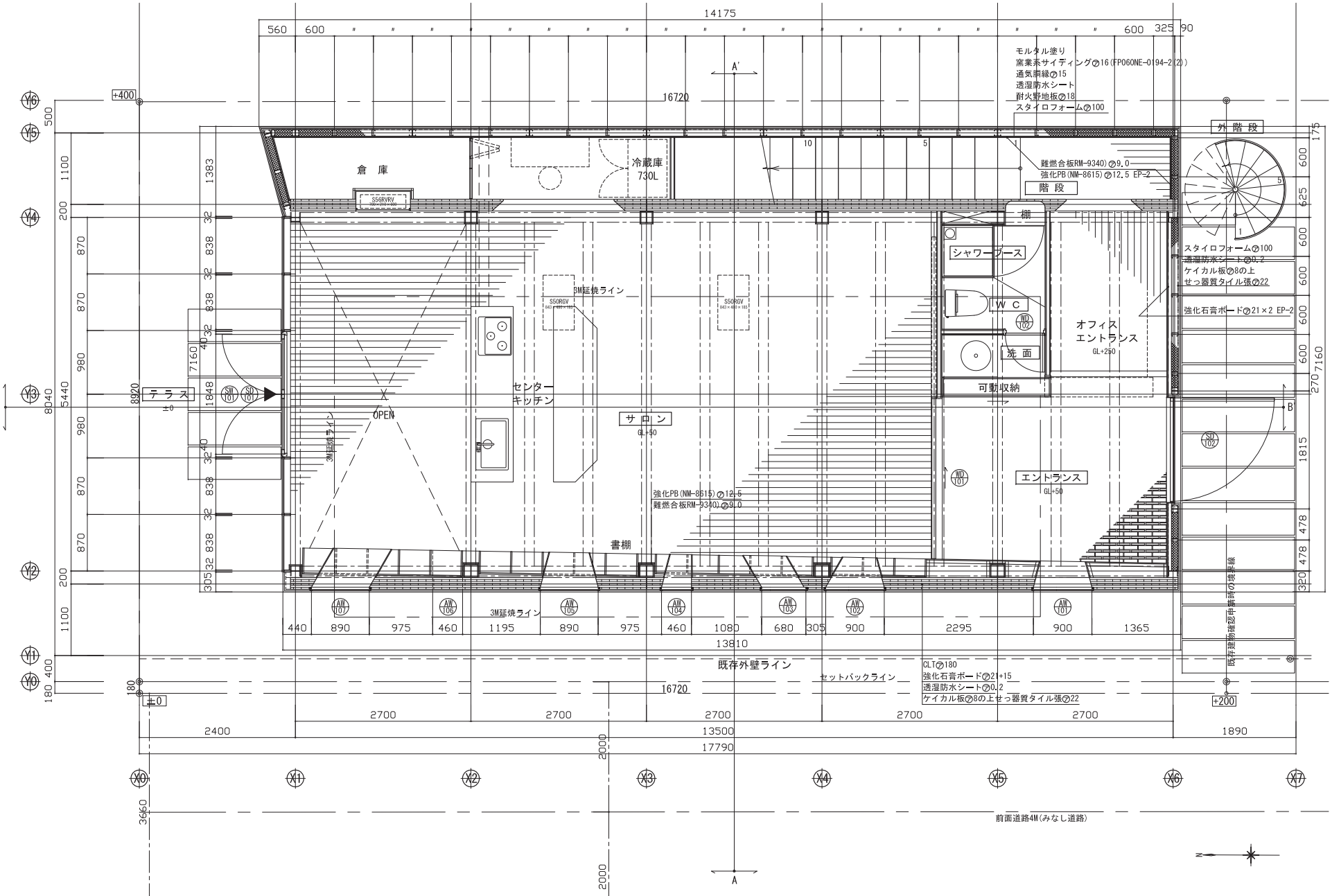
剛性は良く一致している。計算降伏耐力は弾性範囲内にあり、計算終局耐力も実験から求めた降伏耐力付近にある事から、耐力はかなり安全側の評価となっている。

(2)TYPE-B

剛性は若干低い計算値となっているが、降伏耐力及び終局耐力は実験の傾向を良く示している。また、それらの実験値は計算値の 1.35 倍となっており、適度な安全率となっている。

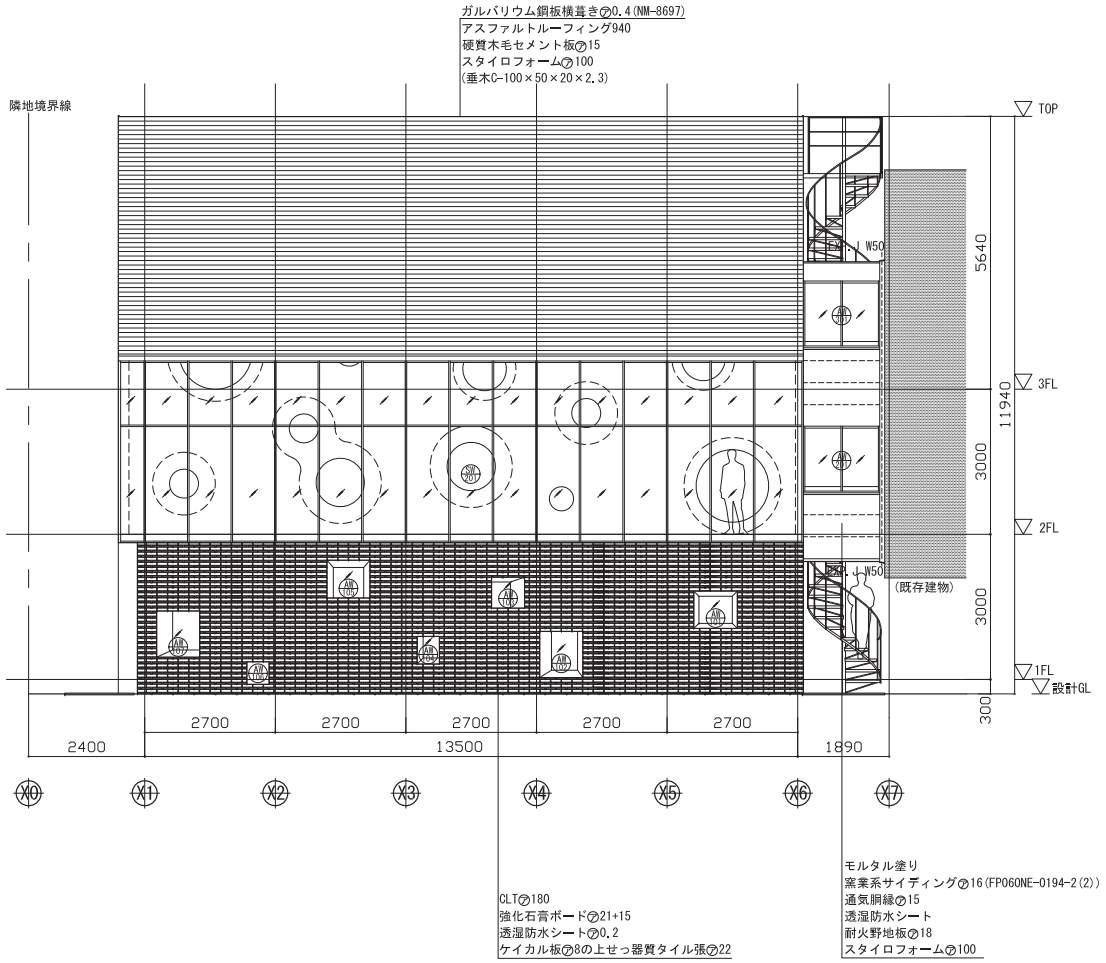
5. まとめ

以上の結果より、4.1 及び 4.2 の設計式を用いて CLT パネルを床版とする鋼構造水平構面の設計を行うことは妥当であると判断される。

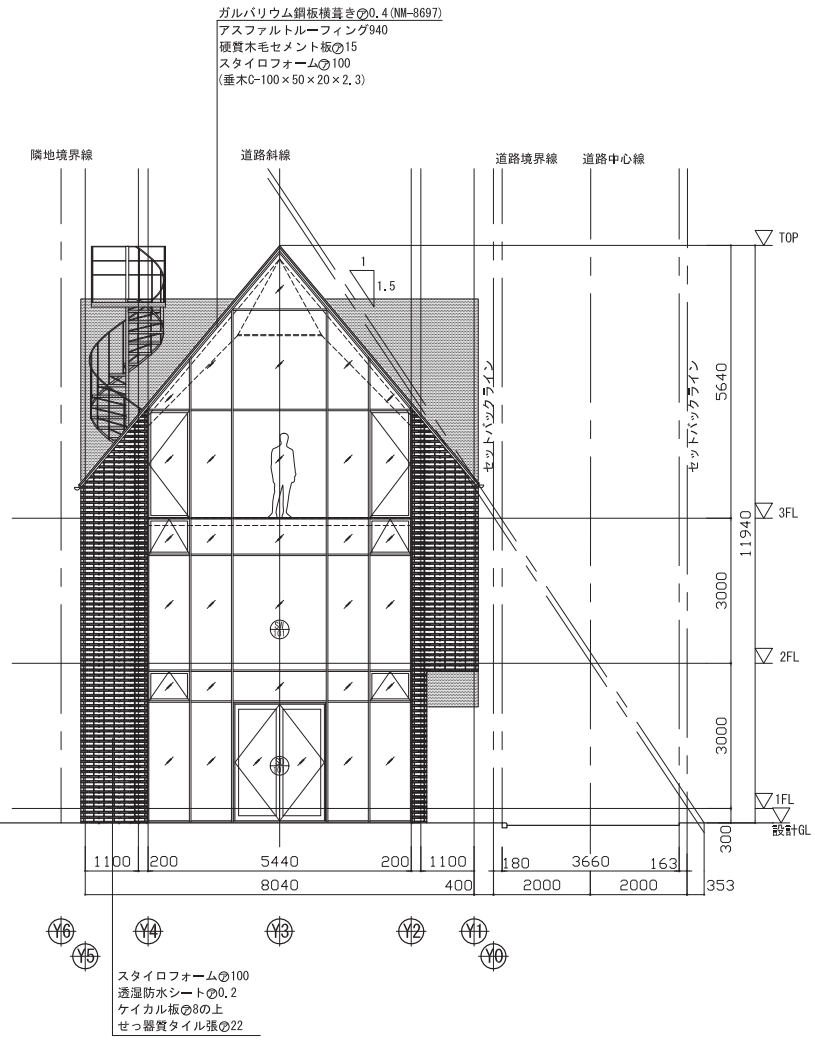


R E I M S A R C H I T E C T S	DRAWING ARCHITECT	DATE 2018・02・19	DRAWING TITLE 1階平面図	SCALE 1/50	PROJECT AUM OFFICE BLD.EXTENTION	SHEET No. A−05

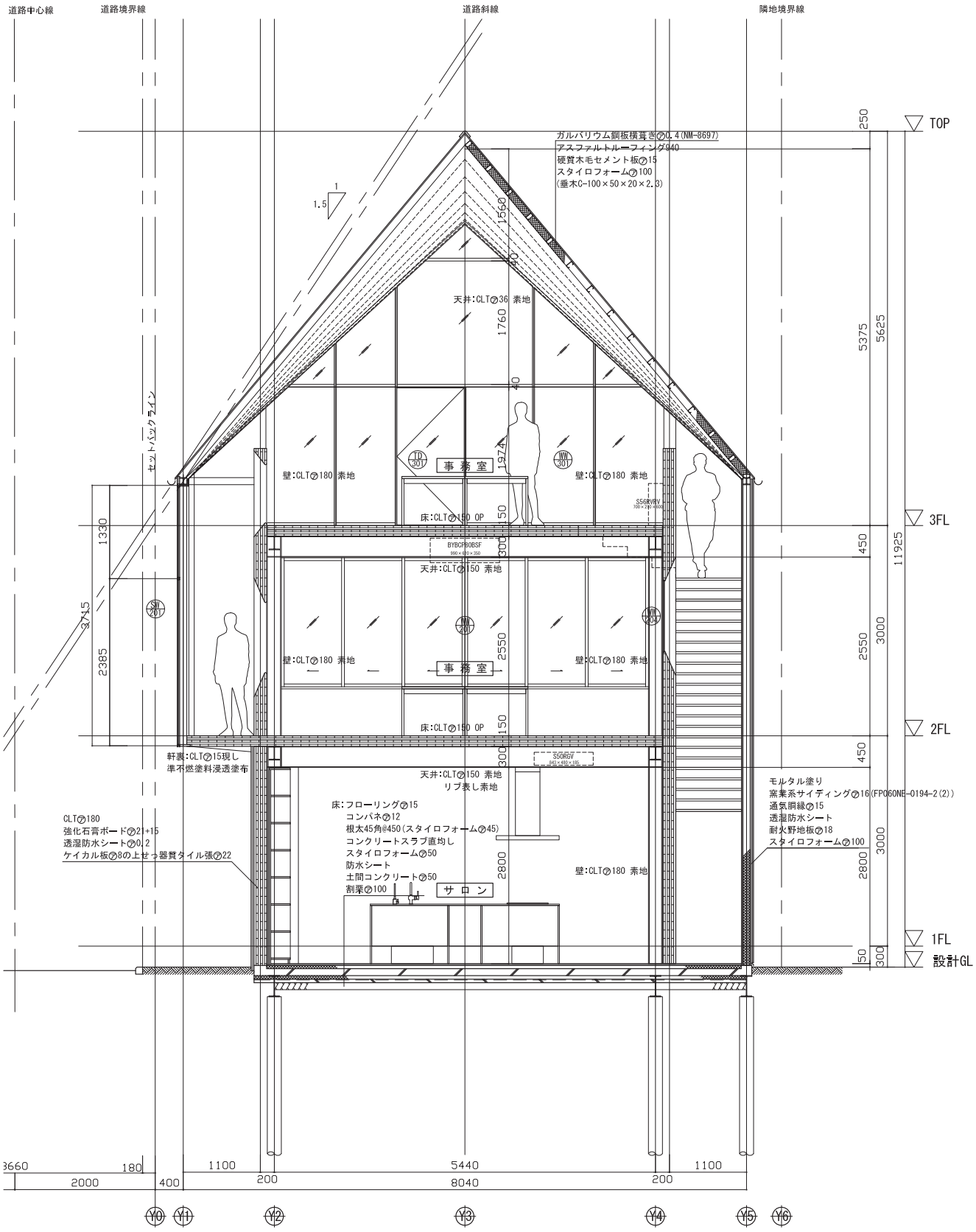
西立面図



北立面図



R E I M S A R C H I T E C T S	DRAWING ARCHITECT	DATE 2018・02・19	DRAWING TITLE 西・北立面図	SCALE 1/100	PROJECT AUM OFFICE BLD.EXTENTION	SHEET No. A—10



SHEET No. A—11
PROJECT AUM OFFICE BLD.EXTENTION
SCALE 1/50
DRAWING TITLE A-A 断面図
DATE 2018. 02. 19
DRAWING ARCHITECT
R E I M S A R C H I T E C T S

２．５　（株）匠パートナーズ／弁護士法人匠総合法律事務所

1.　建築物の仕様一覧

事業名			「南房総千倉CLT収納庫」プロジェクト
実施者（担当者）			（株）匠パートナーズ／弁護士法人匠総合法律事務所
建築物の概要	用途		倉庫
	建設地		千葉県南房総市
	構造・工法		CLTパネル工法
	階数		地上１階
	高さ（m）		5.08
	軒高（m）		3.095
	敷地面積（㎡）		1364.45
	建築面積（㎡）		151.54
	延べ面積（㎡）		149.06
	階別面積	１階	149.06
		２階	－
		３階	－
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、天井、庇
	ＣＬＴ使用量（㎥）		11.50 ㎥（加工前材積＝13.32 ㎥）
	壁パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	S60-3-3
		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	S60-3-3
		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	S60-3-3
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：ヒノキ　外壁：スギ　小屋組：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		37㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	構造用合板12mm フクビ遮熱ルーフエアテックス（JIS A 6111:2016）いぶし瓦葺き：勾配＝4/10　（不燃材：告示第1400号）
		外壁	杉板縦張り押縁　塗装仕上げ　妻付梁上部＝塗装サイディング張り（白色）
		開口部	サッシ周りコーキング
	主な内部仕上	界壁	
		間仕切り壁	CLTパネルあらわし、木下地桧合板及び羽目板仕上げ
		床	ベタ基礎コンクリート
		天井	CLTパネル、小屋裏あらわし
構造	構造計算ルート		ルート１
	接合方法		χマーク金物による
	最大スパン		3.185m
	問題点・課題とその解決策		建物の気密性を確保したいが現状のχマーク金物ではその性能が得られない。そのためCLT壁パネルを内壁側に配置し外壁は在来軸組工法とすることで性能を確保した。
防耐火	防火上の地域区分		無
	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		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	断熱材なし
		外壁	断熱材なし
		床	断熱材なし
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		無
	建て方における課題と解決策		CLT固定金具のアンカーボルトの位置精度確保が課題。アンカーを固定するフレームをアングル金物で作成し配筋前に固定する。
	給排水・電気配線設置上の工夫		給排水なし　電気のコンセント、スイッチはCLTを避けて配置
	劣化対策		外壁を塗装
工程	設計期間		平成29年1月～3月、4月～9月
	施工期間		平成29年10月～平成29年12月
		ＣＬＴ躯体施工期間	平成29年11月9日～平29年11月10日
	竣工（予定）年月日		平成29年12月25日
体制	発注者		（株）匠パートナーズ
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		（協組）東濃地域木材流通センター　KeyPoint設計室
	構造設計者		（株）木構研（(株)木構堂）
	施工者		金子建築工業（株）
	ＣＬＴ供給者		山佐木材（株）
	ラミナ供給者		

実証事業名：　「南房総千倉 CLT 収納庫」プロジェクト
実施者／協議会運営者：株式会社匠パートナーズ／弁護士法人匠総合法律事務所

１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">倉庫</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">千葉県南房総市</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">１階建て</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>5.08</td><td>軒高（m）</td><td>3.095</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>1364.45</td><td>建築面積（㎡）</td><td>151.54</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積（㎡）</td><td>１階</td><td>149.06</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">149.06</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">壁、天井、庇</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（㎥）</td><td colspan="3">11.50 ㎥（加工前材積＝13.32 ㎥）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（㎥）</td><td colspan="3">37 ㎥</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">（2695×1000／3 層 3 プライ／S60-3-3／スギ）</td></tr>
<tr><td>天井</td><td colspan="3">（3192×1000、3640×1910、1872×1910／3 層 3 プライ／S60-3-3／スギ）</td></tr>
<tr><td>庇</td><td colspan="3">（3645×1700／3 層 3 プライ／S60-3-3／スギ）</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">平成 29 年 1 月～3 月、4 月～9 月</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">平成 29 年 10 月～平成 29 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">平成 29 年 11 月 9 日～平成 29 年 11 月 10 日</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">平成 29 年 12 月 25 日</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

・CLT 構造の建物を限りなく省コストで建築し、省コスト CLT 建築の模範例とする。
・CLT を活用した省コスト化の様々な手法を協議会で検討し、実践する。

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（意匠・総括設計）協同組合東濃地域木材流通センター　KeyPoint 設計室
（構造設計）株式会社木構堂
（施工）金子建築工業株式会社
（材料）山佐木材株式会社
（専門家派遣）岐阜県立森林文化アカデミー　准教授　小原　勝彦氏

４．課題解決の方法と実施工程

・当初、CLT を外壁であらわしにすることで外壁施工のコストを減らし、メンテナンスコストを検証→剥離の危険性があることを材料供給側から指摘され、断念。
・接合部の金物を複数使用し、施工性などの省コスト化検証→認定金物が１種のみ。その他の金物を使う場合、大臣認定をとる必要があり、結果としてコスト高に。認定金物を使用。
・上記の検証ができなくなったため、総合的に省コスト化を図るための方策を検討
・また、小原准教授（専門家派遣）のご協力により、常時微動測定による建物の剛性（耐震性）を測定することができ、屋根瓦も耐震性の高い施工方法を採用した。

（設計）平成 29 年 1 月～6 月：実施設計、7 月：構造計算
（施工）平成 29 年 10 月～：着工・基礎工事、11 月：木工事、11 月～12 月：外装・内装工事、12 月：設備工事
＜協議会の開催＞
平成 29 年 2 月 23 日：第 1 回開催　設計等の課題洗い出し、専門家派遣（愛知県建設センター）
3 月 16 日：第 2、3 回開催　現場での施工計画、設計等の課題検討（現地及び東京）
4 月 6 日：第 4 回開催　設計等の課題検討、専門家派遣（森林文化アカデミー）
5 月 12 日：第 5 回開催　省コスト化及び CLT 使用量の検討、専門家派遣（森林文化アカデミー）
5 月 31 日：第 6 回開催　構造計算に向けての調整、専門家派遣（岐阜県岐阜市）
6 月 23 日：第 7 回開催　土地変更と CLT の使用箇所についての検討（愛知県名古屋市）
7 月 24 日：第 8 回開催　専門家派遣（愛知県名古屋市）
8 月 31 日：第 9、10 回開催　現地施工方法等や部材等の検討（千葉県南房総市、東京都千代田区）
11 月 15 日：第 11 回開催　本実証事業の実証結果のとりまとめ、報告書作成打合せ（森林文化アカデミー）
12 月 11 日：第 12 回開催　現地視察ととりまとめの検討。常時微動測定（現地：千葉県南房総市）

５．得られた実証データ等の詳細

（１）設計

・当初、CLT 部材は５層５プライ 150mm 厚で設定し、CLT 部材が規定サイズで使えるようにとメーターモジュールの設計で、耐力壁を従来の木造在来軸組工法の建物と同じように外周と中通りで設定し天井パネルを全面に設置した。
　→積算すると大幅なコスト高。CLT あらわしのとりやめで設計の変更を協議会で検討。
・強度上かなり余力があるので、①CLT を 3 層 3 プライ 90mm 厚にする、②「外周の耐力壁を全て無くし内壁のみにする、③天井パネルも耐力壁上のみにする、④外周を在来工法で組むため「尺モジュール」にする、以上の変更でコストを下げることにした。
・CLT の使用材積が 41.55 ㎥から 11.50 ㎥となったことで、大幅にコストが下がった。

（２）施工

・基礎工事（アンカーボルト固定フレームの設置）
　今回、CLT の施工の中で一番悩み話し合いをした部分である。アンカーボルトの立上げ位置の精度を 2mm 以内に納めるという精密施工の為、アンカーボルトを固定するフレームを作成することにした。
・脚部 CLT 固定金物設置
　CLT の建て方をスムーズに行うためには、CLT 固定金物を正確な位置に設置することが重要となる。6 個の金物を正確な位置に固定する為、T 型の治具を作成することにした。この治具は CLT パネルのサイズに合わせてあるので、6 個の金物のレベルを確認し T 字の治

具をはめて一度に位置の調整を行いスムーズに固定することができた。
・建て方
構造はあくまで CLT だが、外周部は在来軸組ということで施工手順をシミュレーションし従事者全員で共有し臨んだ。初めての CLT 工法の施工だったが、シミュレーションのおかげで順序よく施工することができた。今回の目標は 2 日間で防水シート施工までとした。

（３）常時微動測定の結果 ― 固有振動数

最近の一般２階建て木造住宅の固有振動数は 5.5～6.5Hz 程度であることから、本建築物の固有振動数は東西・南北方向ともに 9Hz 以上（表 3.1.1）で、非常に高い剛性を有する建物である。推定した壁量充足率では建築基準法の基準に対して 5.76 倍であった。２階建て軸組構法建物の実大振動実験の結果と比較する（表 3.1.2）と、固有振動数が 5.0Hz 以上の建物に対して兵庫県南部地震レベルの強い地震動を入力した場合に内外装材に多少亀裂が生じた程度であった。推定した建物の荷重－変形関係（バイリニアモデル）は、東西方向の剛性は 6290 kN/m、最大耐力は 241kN であり、構造設計時の剛性 6218 kN/m を概ね捉えることができた（図 3.1.2）。　※表と図は後掲

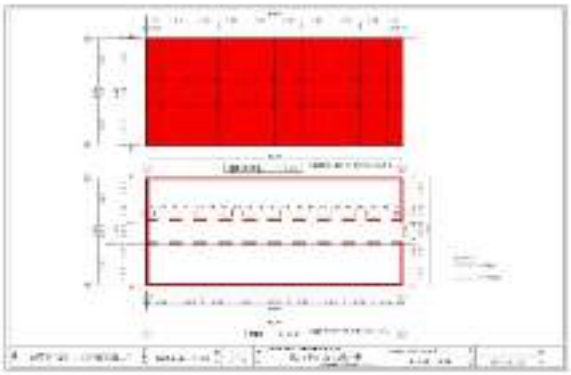
（４）屋根瓦の施工

屋根材は瓦を採用し、施工は「瓦屋根標準設計・施工ガイドライン」に準じた工法で行った。瓦を釘・ビス留め銅線で緊結するため、大地震や台風に耐えうる工法であり、前述の CLT 建築物の高い耐震性と親和性が高い。

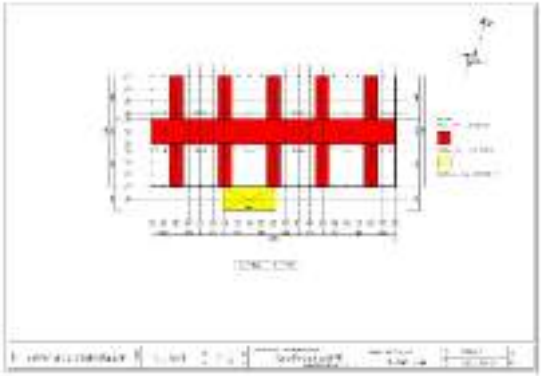
６．本実証により得られた成果

・CLT 自体を大幅に減らしても、CLT パネル工法の建築物を建築することが可能。また、それが省コストにつながる。
・CLT の施工には、施工精度の確保のために基礎段階から担当業者と綿密に打ち合わせる必要があり、専用の治具を用意するなど、現場ごとに工夫が必要となる。
→工期を短くし、結果として省コストにつながる。
・CLT は材自体が頑強なため、耐震性も高い。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



初期段階の平面図。色の付いている部分は全て CLT を使用



最終的には、内壁の一部と耐力壁上の天井のみとなった

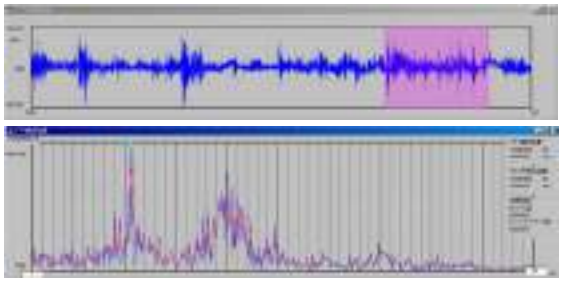


図 3.1.1　東西方向

表 3.1.1　常時微動測定の結果

各方向	固有振動数　Hz	固有周期　sec	減衰定数
東西方向	10.644	0.094	0.014
南北方向	9.179	0.109	0.013
ねじり方向	12.890	0.078	0.017
一般の木造2階建住宅	5.5～6.5程度	0.15～30.181程度	0.02～0.05程度

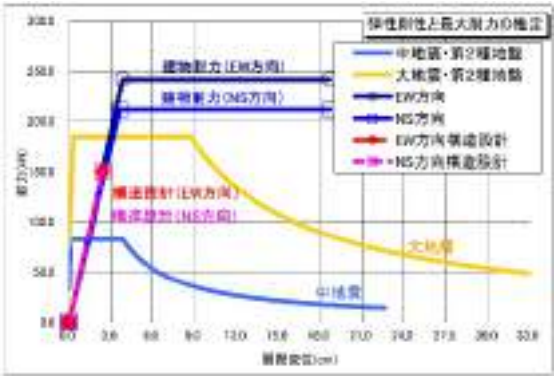


図 3.1.2　建物の荷重－変形関係（バイリニア）

表 3.1.2　実大振動実験の破壊概要との比較

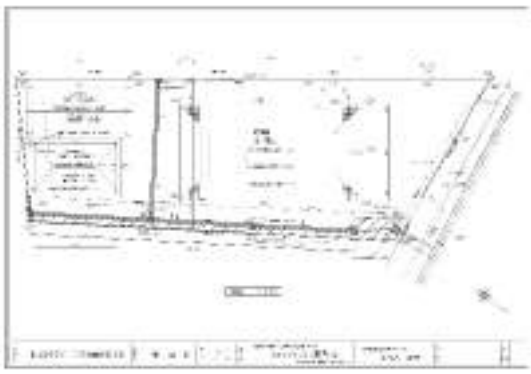
加振前の固有振動数 Hz	実大振動実験結果を総じた結果	模式図	損傷程度
6.5Hz以上 本物件	【新築木造建築を超えている値】 躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
5.5～6.5Hz	【新築木造建築の平均的な値】 躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
5.0Hz以上	躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
4.5～5.0Hz	躯体に被害有り 内外装材の亀裂進展 残留変形無し		小破
3.5～4.5Hz	筋かい座屈破壊、接合部引張破壊 土台割れ 接合金物の釘浮き 残留変形1/350程度		中破
2.5～3.5Hz	躯体被害甚大 接合部破壊、部材亀裂有 残留変形1/50程度		大破
2.5Hz以下	躯体被害甚大 逆位相確認 通し柱折損(亀裂)		大破（倒壊）

８　成果物

（１）設計について

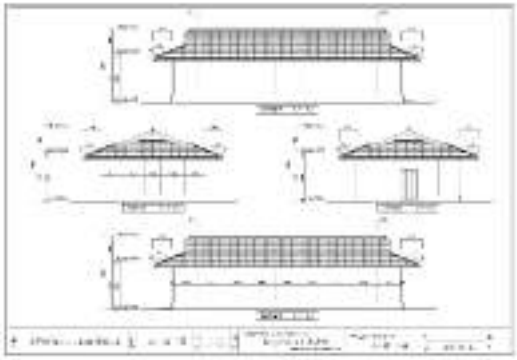
当初の建設予定地は「千葉県南房総市千倉町瀬戸字椎木原 2236 番 1、2235 番 4、2237 番 1」だった。

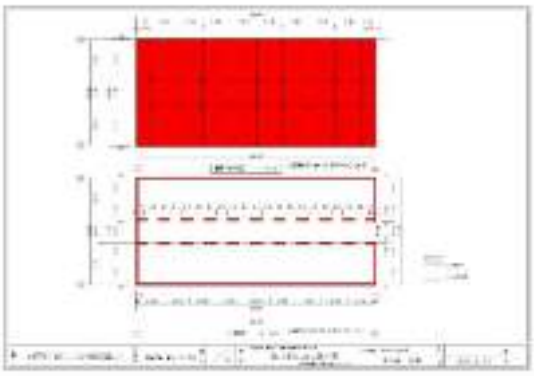
２２条区域内だったため、外壁の仕上げがどのようになっても、支障がないように、延焼ラインにかからない範囲で建物の形状を決定した。

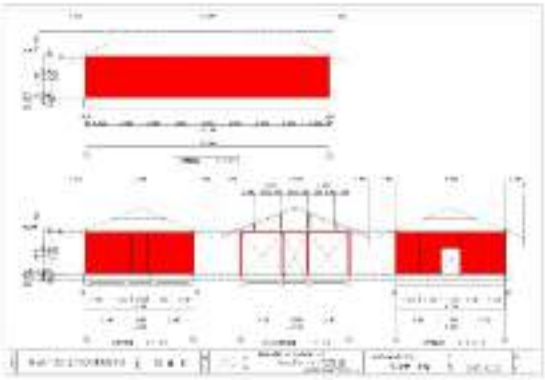


CLT 部材は５層５プライ１５０mm厚で設定し、CLT 部材が規定サイズで使えるようにとメーターモジュールの設計で耐力壁を従来の木造在来軸組工法の建物と同じように外周と中通りで設定し天井パネルを全面に設置した。

この時点で、構造設計事務所の㈱木構堂・渡邉氏に強度が足りるかどうか確認したところ「十分です。」との回答をいただいたため、設計を進めた。







上記プランで、金子建築工業㈱が積算を行った。

＊木造平屋倉庫・144.00 ㎡・屋根：和瓦たるきあらわし・外壁：CLT あらわし

CLT　材積　＝　41.55 ㎥

積算金額＝金４４,３３４,０００円

上記結果になった。

①　　予算を大幅に上回る金額になったこと。

②　　外壁の CLT あらわしについては、CLT 供給側から剥離の危険性があることを指摘され、できうればあらわしにして欲しくないとの申し出により取りやめにする。

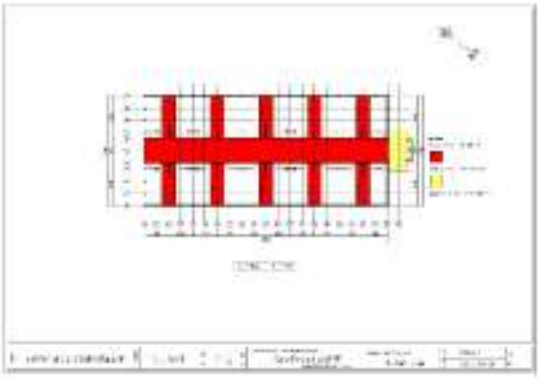
上記のことを協議会にて検討・調整することにした。

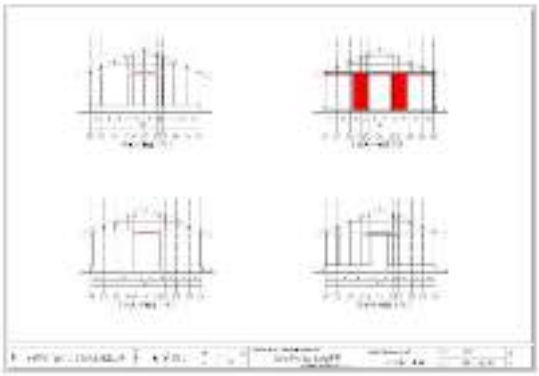
コストダウンのために、CLT 部材を、強度上問題が無いことを確認の上、３層３プライ９０mm厚に変更。

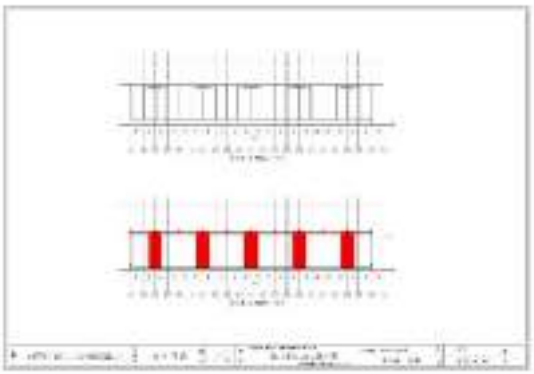
外周を在来工法で組むため、尺モジュールに変更。

強度上まだまだ余力があるということで、外周の耐力壁を全て無くし、内壁のみにすることと、天井パネルも耐力壁上のみにしてさらにコストを下げることにした。

構造計算で確認するために、設計を進めた。



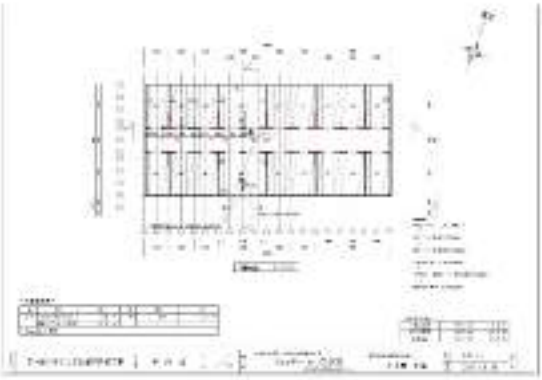


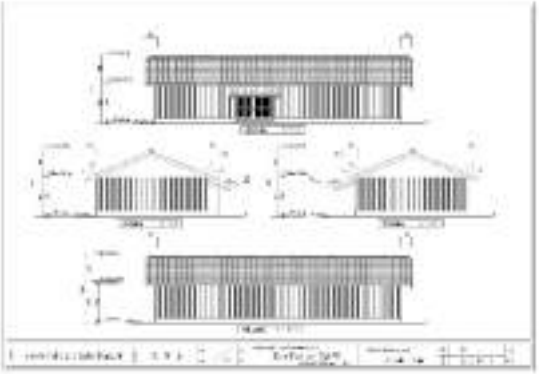


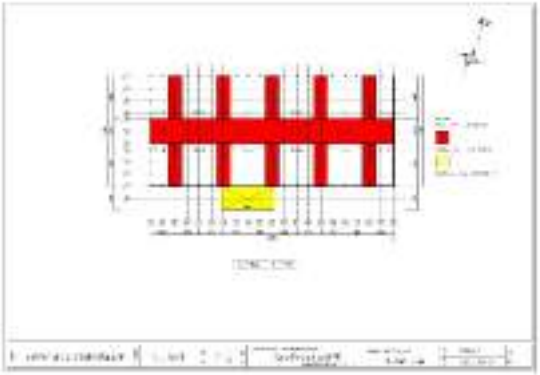
上記プランにて㈱木構堂で構造検討をして、設計を進め、構造計算を始める直前に、諸般の事情により、建設地を変更することになった。

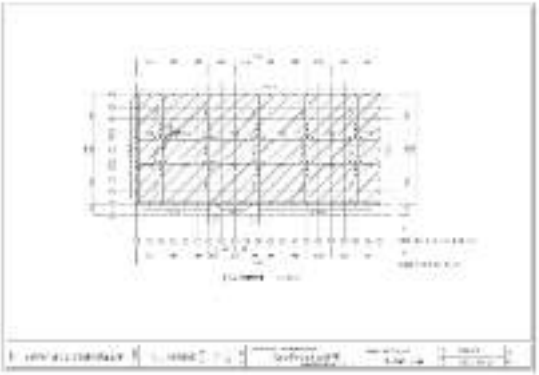
新建設地：「千葉県南房総市千倉町大貫字宮田 1439 番

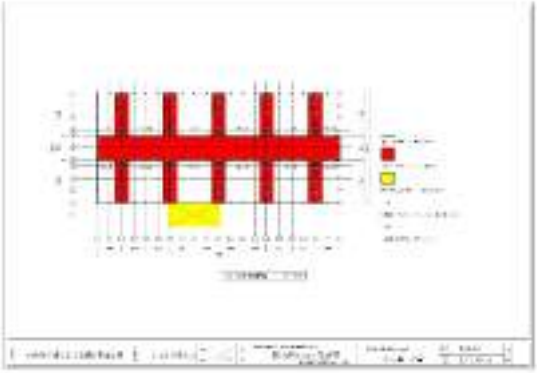
新建設地では、建物の大きさを変える必要なく配置できたが、進入路の位置により建物の入り口の位置を変更して、最終設計を行った。

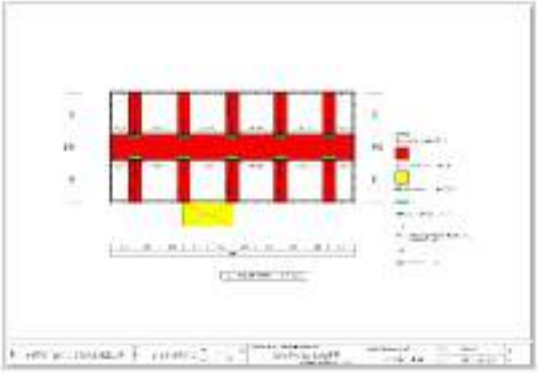


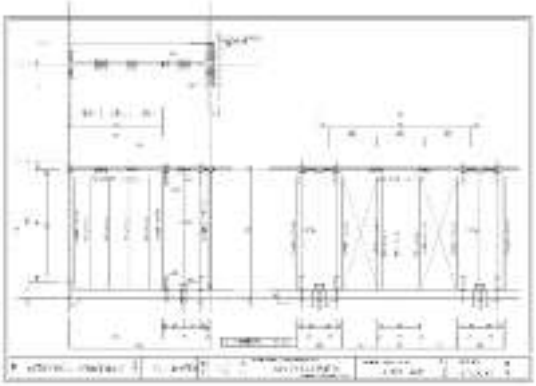


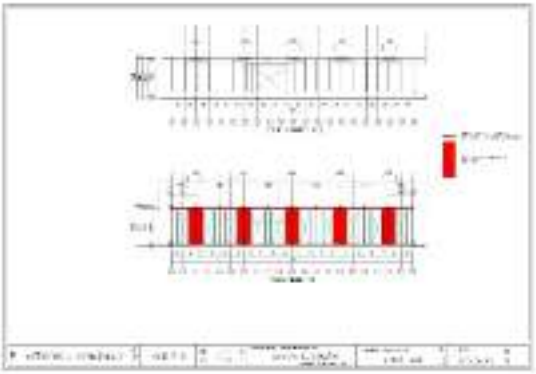


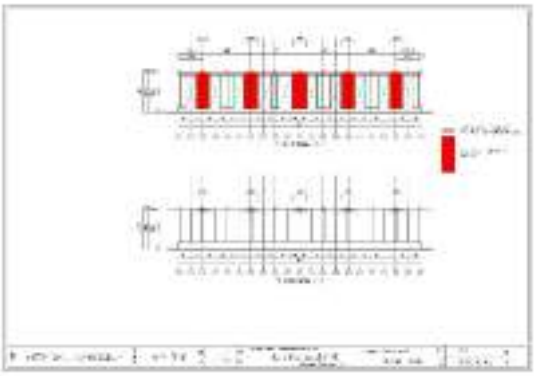


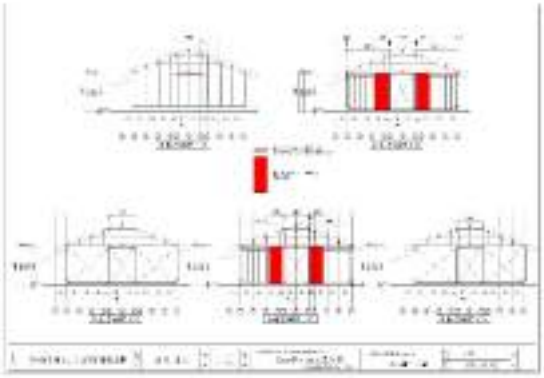












＊木造平屋倉庫・149.06 ㎡・屋根：和瓦たるきあらわし・外壁：CLT あらわし

CLT　材積　＝　12.6 ㎥

積算金額＝金３０,３３０,０００円

以上の経緯で工事費が１,４００万円減額となった。

CLT の使用材積が大幅に減少したことが一番大きな要因であった。

CLT 使用量を減らすことは、CLT の普及のために使用実績をつくるという観点からすれば、不本意ではある。しかし、現状の価格からすれば、「CLT を使うと工事費が高くなるから、やめる」と、スタートラインにも建たないことも多いかと考えられる。そこで、今回のように「CLT の強度の特性を活かして、適材適所で設計に取り入れる」という発想の転換を行うことで、CLT を普及につなげる第一歩になるのではないかと考える。

（２）施工の実証について

・基礎工事（アンカーボルト固定フレームの設置）

今回、CLT の施工の中で一番悩み話し合いをした部分である。アンカーボルトの立上げ位置の精度を 2mm 以内に納めるという精密せこうに為、携わる工務店・基礎業者・鐵工所が集まり打合せを行った。その結果アンカーボルトを固定するフレームを作成することにした。CLT 垂直パネルの数を減らしたことでアンカーボルトの本数が 80 本になったのは幸いだった。また、パネルが連続していないこともフレームの形状、設置に優位に働いた。基礎工事の配筋施工中に位置がずれてしまわないよう、厚めの捨てコンに差し筋で溶接固定を行いレベルと位置の調整を行った。今回は土間への立上げということで、アンカーボルトの長さが L=400mm と短く、フレームも H=350mm で作成し比較的スムーズに設置を行うことができた。コンクリート打設前に最終の位置確認を行ったがフレームがしっかり固定されていた為、アンカーボルトの位置がずれていなかった。

・脚部 CLT 固定金物設置

CLT の建て方をスムーズに行うためには、CLT 固定金物を正確な位置に設置することが重要になる。今回は CLT パネルの量が比較的少ないため、CLT の固定金物の量も引っ張り金物が 40 個とせん断金物が 20 個と少なく、スムーズに正確な位置に設置する方法を検討した。T 字に立てる巾 1m の CLT パネルの脚部にせん断金物が 2 個と引っ張り金物が 4 個設置することになる。今回の仕様は土台無しで CLT パネル直置きの為、横に並ぶ金物の位置が平行でなければならない。この 6 個の金物を正確な位置に固定する為、T 型の治具を作成することにした。この治具は CLT パネルのサイズに合わせてあるので、6 個の金物のレベルを確認し T 字の治具をはめて一度に位置の調整を行いスムーズに固定することができた。

・CLT 材の搬入

今回使用した CLT は 11.5 ㎥と少なく 10 t 車 1 台で運搬することができた。現場入口が狭いため、近くで 7 t ユニックに積み替え 2 往復で搬入完了した。CLT の垂直パネルは全て同じ形状で、水平パネルは 3 種類と全部で 4 種類しかなく置く場所のスペースを抑える事ができた。しかも、積み込む順番や降ろす順番をさほど考える必要がなく 2 時間も掛からず搬入を終えることができた。

・建て方

構造はあくまで CLT だが、外周部は在来軸組ということで施工手順をシミュレーションし従事者全員で共有し臨んだ。初めての CLT 工法の施工だったが、シミュレーションのおかげで順序よく施工することができた。CLT パネルの形状の種類が少ないということでパネルに番付けをする手間もなく、パネルを送る側も間違えずスムーズに作業することができた。T 字になる垂直パネルを金物の干渉を避ける為に隙間を設けたことで、各パネルの垂直を安易に調整し固定することができた。小屋組みは在来軸組みで施工した。水平面の CLT パネル上部には金物の座金やボルトが出るため、干渉部分への掘り込みが必要になる。同規模の在来軸組工法の場合、約 2 日間で屋根の防水まで施工可能である。今回も目標は 2 日間で防水シート施工までとした。

・竣工写真

（３）測定試験：常時微動測定

ア　概要

専門家委員として、本協議会に協力してくださった岐阜県立森林文化アカデミーの小原勝彦准教授に本建築物の常時微動測定を行っていただいた。

結果は、以下のとおりである。

【要約】

本建築物の固有振動数は、東西方向・南北方向ともに 9Hz 以上であり、最近の一般２階建て木造住宅の固有振動数は 5.5～6.5Hz 程度であることを考えると、非常に高い剛性を有する建物であるといえる。また、壁量充足率では建築基準法の基準に対して、5.76 倍となっている。

以上から、CLT 工法を採用した本建築物は非常に高い耐震性能を備えた建物であるといえる。

常時微動測定による建物の荷重－変形関係（バイリニアモデル）の推定では、剛性は東西方向で 6290 kN/m、最大耐力は東西方向で 241kN であった。構造設計時の剛性は、【許容耐力 150 kN】×１／（高さ【2.895 m】×【許容耐力時の変形角 1/150 rad】）＝6218 kN/m である。構造設計時の最大耐力は、【許容耐力 150kN】×３／２＝225kN と推定できる。従って、常時微動測定から推定した剛性・最大耐力は構造設計時の剛性・最大耐力を概ね捉えていることが分かった。

CLT 工法建築物の竣工時の常時微動測定の測定数を増やして、構造性能の検証を続けていくことで、CLT 工法建築物の建設後の構造性能（剛性・最大耐力など）の効果測定として、常時微動測定を利用していくことが可能になると考えられる。

イ　常時微動測定の結果

固有振動数

測定時の各方向について、測定波形および測定データを FFT 解析したものを図 3.1.1～3 に示し、読みとった固有振動数及び固有周期を表 3.1.1 に示す。

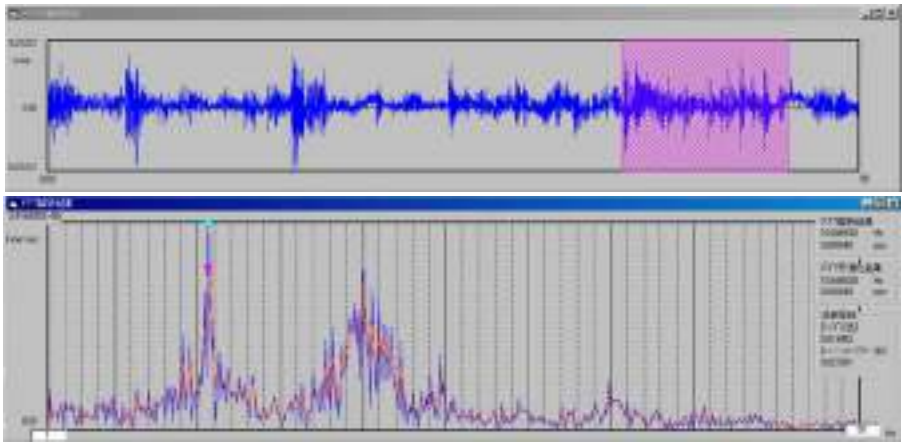


図 3.1.1　東西方向

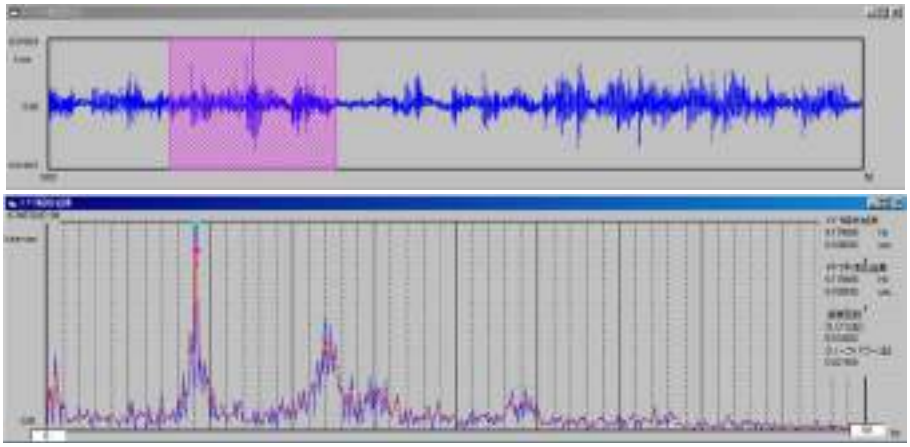


図 3.1.2　南北方向

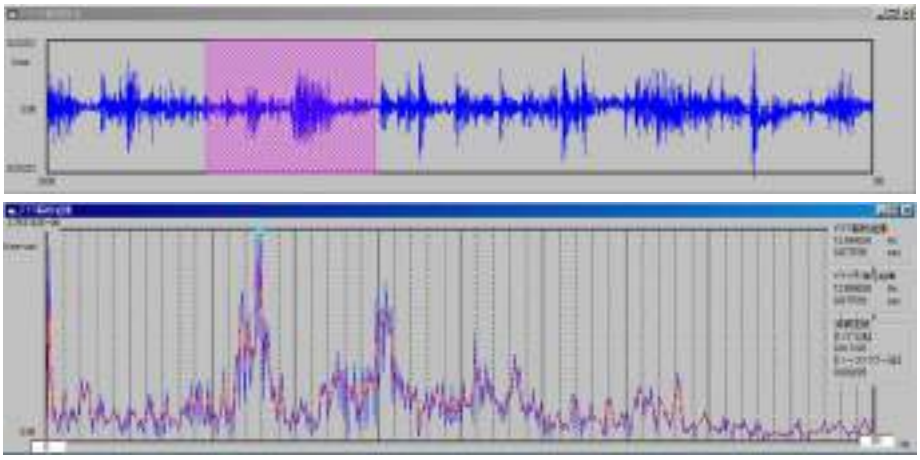


図 3.1.3　ねじれ方向

固有振動数は、東西方向で 10.6Hz 程度であり、南北方向で 9.1Hz 程度である。最近の一般２階建て住宅の固有振動数は 5.5～6.5Hz 程度であることを考えると、非常に高い剛性を有する建物である。

表 3.1.1　本物件の常時微動測定の結果(2017.12.11 測定)

各方向	固有振動数　Hz	固有周期　sec	減衰定数
東西方向	10.644	0.094	0.014
南北方向	9.179	0.109	0.013
ねじり方向	12.890	0.078	0.017
一般の木造2階建住宅	5.5～6.5程度	0.15～30.181程度	0.02～0.05程度

ウ　壁量充足率の推定

（ア）　平均値推定による比較

常時微動測定の固有振動数 fm を用いて壁量充足率 Ld/Ln を、Ld/Ln＝（fm／5.5242）$^{1/0.29}$ の式（平均値推定）により推定する。

本物件の固有振動数から推定した壁量充足率

東西方向：Ld/Ln＝（10.644／5.5242）$^{1/0.29}$＝9.598

南北方向：Ld/Ln＝（9.179／5.5242）$^{1/0.29}$＝5.760

上記より、常時微動測定の固有振動数より推定した壁量充足率は東西方向で 9.598、南北方向で 5.760 となる。これは、現在の建築基準法で必要とされている耐力壁の量を 1.0 とした時の割合を現している。

（イ）　下限値推定による比較

常時微動測定の固有振動数 fm を用いて壁量充足率 Ld/Ln を、Ld/Ln＝（fm／7.7824）$^{1/0.29}$ の式（下限値推定）により推定する。

本物件の固有振動数から推定した壁量充足率

東西方向：Ld/Ln＝（10.644／7.7824）$^{1/0.3498}$＝2.448

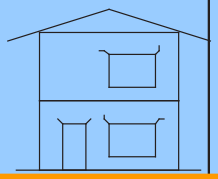
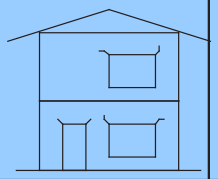
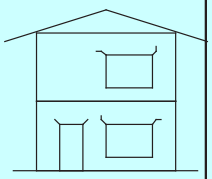
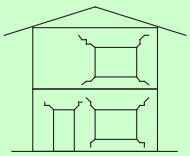
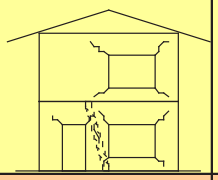
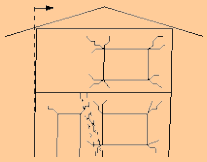
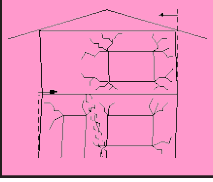
南北方向：Ld/Ln＝（9.179／7.7824）$^{1/0.3498}$＝1.603

上記より、常時微動測定の固有振動数より推定した壁量充足率は東西方向で 2.448、南北方向で 1.603 となる。これは、現在の建築基準法で必要とされている耐力壁の量を 1.0 とした時の割合を現している。

エ　実大建物の振動実験の破壊概要との比較

実大２階建て建物の振動実験では、固有振動数が 5.0Hz 以上の建物に対して、阪神大震災レベルの強い地震動を入力した場合に、内外装材に多少亀裂が生じた程度であった。

表 3.3.1　実大振動実験の破壊概要（総じたもの）との比較

	加振前の固有振動数 Hz	実大振動実験結果を総じた結果	模式図	損傷程度
本物件	6.5Hz以上	**【新築木造建築を超えている値】** 躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
	5.5～6.5Hz	**【新築木造建築の平均的な値】** 躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
	5.0Hz以上	躯体被害ほとんどなし 内外装材の開口部に亀裂 残留変形無し		軽微
	4.5～5.0Hz	躯体に被害有り 内外装材の亀裂進展 残留変形無し		小破
	3.5～4.5Hz	筋かい座屈破壊、接合部引張破壊 土台割れ 接合金物の釘浮き 残留変形1/350程度		中破
	2.5～3.5Hz	躯体被害甚大 接合部破壊、部材亀裂有 残留変形1/50程度		大破
	2.5Hz以下	躯体被害甚大 逆位相確認 通し柱折損(亀裂)		大破（倒壊）

オ　建物の弾性剛性と最大耐力の推定

常時微動測定の固有振動数 fm を用いて、建物の弾性剛性を $Ke=1658.6\times fm^{0.5436}$ の式により、建物の最大耐力を $Qmax=0.4878\times fm^2 + 10.749\times fm + 72.039$ の式により推定する。また、中地震及び大地震における応答スペクトルを略算により求め必要耐力曲線としたものと、建物の弾性剛性及び最大耐力から建物の荷重－変形関係（変形性能は 1/15rad. と仮定する）を求め、両者を比較する。

本物件の建物の構造性能を推定すると、表 3.4.1 となる。

表 3.4.1　建物の弾性剛性と最大耐力の推定値

各方向	弾性剛性 kN/m	最大耐力 kN	降伏変位 cm
東西方向	6290	241.7	3.84
南北方向	5786	211.8	3.66

これらの性能を２直線（バイリニア）の荷重－変形関係として、中地震及び大地震での必要耐力曲線とともに図 3.4.1 に示す。

建物の東西方向変形は中地震時に降伏変位（東西方向：約 3.8cm）以下であり、1.5cm 程度変形する。東西方向では、大地震時に 3.0cm 程度変形する。

建物の南北方向変形は中地震時に降伏変位（南北方向：約 3.6cm）以下であり、1.5cm 程度変形する。南北方向では、大地震時に 3.5cm 程度変形する。

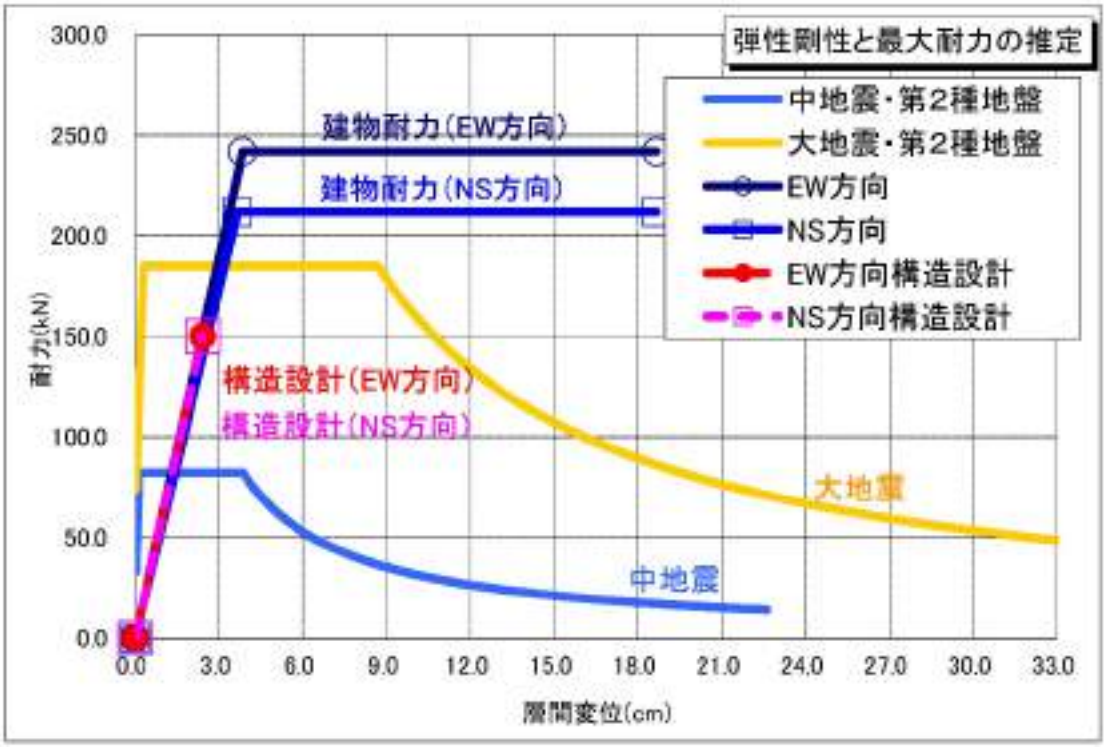


図 3.4.1　建物の荷重－変形関係（バイリニア・推定値）

２．６　（有）シンタニ／平井政俊建築設計事務所

1.　建築物の仕様一覧

事業名			(仮称)代官山猿楽町プロジェクト新築工事の建築実証･設計実証
実施者（担当者）			シンタニ／平井政俊建築設計事務所
建築物の概要	用途		店舗+事務所+住宅
	建設地		東京都渋谷区
	構造・工法		鉄筋コンクリート造+CLTパネル工法
	階数		地下1+地上3
	高さ（m）		11.26
	軒高（m）		10.699
	敷地面積（㎡）		62.5
	建築面積（㎡）		43.71
	延べ面積（㎡）		179.58
	階別面積	地下1階	45.09
		1階	41.66
		2階	43.71
		3階	43.71
		R階	5.41
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量48㎥、建築物使用量38㎥
	壁パネル	寸法	t150/180/210(W0.9～1.5mxH2.2～2.7m)
		ラミナ構成	5層5プライ/7層7プライ
		強度区分	S60
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	t210(W0.8～2.4mxH3.5～5.6m)
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	Mx90
		樹種	スギ+最外層ヒノキ
	屋根パネル	寸法	t150(W1.4～1.5mxH1.8～2.1m)
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx90
		樹種	スギ+最外層ヒノキ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱･梁：オウシュウアカマツ集成材
	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		20㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	FRP防水/耐水合板t12二重貼り
		外壁	吹付塗装/下地処理/窯業系サイディングt16
		開口部	アルミサッシ/複層ガラス(PW6.8+A6+F5)
	主な内部仕上	界壁	PBt12.5二重張り/木下地千鳥型配置@303/遮音用ﾛｯｸｳｰﾙ
		間仕切り壁	PBt12.5/LGS50型@303/吸音ｳｰﾙt50
		床	ｵｰｸﾌﾛｰﾘﾝｸﾞt14/遮音ﾏｯﾄt18/構造用合板t12/ﾊﾟｰﾃｨｸﾙﾎﾞｰﾄﾞt20
		天井	CLT現し仕上げ
構造	構造計算ルート		ルート2
	接合方法		ビス接合/ドリフトピン+ボルト接合/製作金物
	最大スパン		3.5m
	問題点・課題とその解決策		傾斜床パネルやステップフロアの採用などによる複雑な構造形式であったが、それらに配慮した3D解析モデルを作成し、構造解析を行った
防耐火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		無
	本建築物の防耐火仕様		1時間準耐火
	問題点・課題とその解決策		床パネルについて上下燃えしろを確保すると部材厚が大きくなりすぎるため、下面(天井)のみ現しとし、上面は準耐火(1時間)被覆とした。
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	フェノールフォーム断熱材1種2号CⅡ　・　60mm
		外壁	フェノールフォーム断熱材1種2号CⅡ　・　60mm
		床	
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		現しの壁･天井(床)が一体的に接合されているため上下階の壁-床-壁を伝わる衝撃音は防ぐことができないが、床仕上を二重床とし遮音マット･吸音材を併用することで歩行や物体の落下などの衝撃音を下階に伝わりにくいように計画した。
	建て方における課題と解決策		狭小地におけるCLTパネルの搬入と置き場の確保。埼玉県の倉庫から材料を作業の進度に合わせて搬入することで解決した。
	給排水・電気配線設置上の工夫		CLT床パネルを斜めにすることで床下の配管スペースを最小化し、下階の天井高さを高く確保。電気配線は雑壁内を配線、壁面照明を主とした。
	劣化対策		CLTの現し仕上げはすべて屋内とし、軒天部分は床パネルをFRP防水処理の上その他のCLT現し天井に合わせ、化粧としてヒノキの羽目板張りを採用した。
工程	設計期間		H29.1月～7月（7カ月）
	施工期間		H29.8月～H30.6月（10ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	H30.1月上旬～中旬（10日間）
	竣工（予定）年月日		2018/6/30(予定)
体制	発注者		有限会社シンタニ
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		一級建築士事務所　平井政俊建築設計事務所
	構造設計者		株式会社オーク構造設計
	施工者		株式会社和田工務店
	ＣＬＴ供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ供給者		銘建工業株式会社

実証事業名： (仮称)代官山猿楽町プロジェクト新築工事の建築実証・設計実証
実施者／協議会運営者または担当者：有限会社　シンタニ／平井政俊建築設計事務所

１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">店舗+事務所+住宅</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">東京都渋谷区</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">鉄筋コンクリート造+CLT パネル工法</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">地下 1 階+地上 3 階</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>11.260</td><td>軒高（m）</td><td>10.699</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>62.50</td><td>建築面積（㎡）</td><td>43.71</td></tr>
<tr><td rowspan="5">階別面積（㎡）</td><td>地下 1 階</td><td>45.09</td><td rowspan="5">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="5">179.58</td></tr>
<tr><td>1 階</td><td>41.66</td></tr>
<tr><td>2 階</td><td>43.71</td></tr>
<tr><td>3 階</td><td>43.71</td></tr>
<tr><td>R 階</td><td>5.41</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">耐力壁・床版・屋根版</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（m^3）</td><td colspan="3">47.58 m^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（m^3）</td><td colspan="3">20 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">t150/180/210･W0.9m～1.5m×h2.2～2.7m･5x5/7x7･S60･ｽｷﾞ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">t210･w0.8～2.4m×h3.5～5.6m･5x7･Mx90/S60･ｽｷﾞ+ﾋﾉｷ</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">t150･w1.4～1.5m×h1.8～2.1m･5x5･Mx90･ｽｷﾞ+ﾋﾉｷ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">H29.1～H29.7(7 ヶ月)申請手続き期間を含む</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">H29.8～H30.6(10 ヶ月)予定</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">H30.1(10 日間)</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">H30.6 月末</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

[実証事業の目的]

CLT 関連告示を用いた 1 時間準耐火構造の大規模木造建築の設計にあたり、現在都市部にある狭小地や不整形な敷地に対応したような CLT 建築は存在していない。本事業の実証が都市部に存在する多くの狭小地・不整形地における CLT 建築物の先導的役割となり、都市型木造建築の新たな可能性を示す役割を持つ。

[実証事業で設定した課題]

(1)CLT 建築物の不整形な敷地形状への対応

(2)CLT 建築物の都心狭小地への対応

(3) 1 時間準耐火構造(大規模木造建築物)の燃えしろ設計(告示ルート 2)

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

[意匠設計]平井政俊建築設計事務所

[構造設計]オーク構造設計

[施工]和田工務店

[材料]CLT 製造:銘建工業　プレカット:銘建工業/篠原商店/秋田グルーラム

４．課題解決の方法と実施工程

(1) 不整形な敷地形状に対応するため床パネル形状を一部台形とした。CLT 告示解説書に従い、三角形部分は開口部として扱い、有効矩形部分のみで耐力を確保した。

(2)都心狭小地における厳しい高さ制限等の法規制の中で、要求された面積を確保するため、設備スペースを最小化し、その分下階の天井高を確保するなどのために一部傾斜床パネルを採用、また階段部面積を最小化するためステップフロアを採用した。複雑な構造形式に配慮した 3D モデルを作成し、構造解析を行った。（「MIDAS Gen」使用）

(3)新たな都市型木造建築として、まちから木を感じられるファサード・面的な暖かみと開放感のある室内空間を作るために、1 時間準耐火構造の燃えしろ設計を用い、耐力壁・床版ともに現しにすることを検討した。

＜協議会の開催＞

平成 29 年 3 月:第 1 回開催、全体スケジュール確認、接合部の施工上の問題点の確認など

平成 29 年 5 月:第 2 回開催、CLT 部材の確認、使用樹種/等級などの確認

平成 29 年 6 月:第 3 回開催、CLT 接合部・架構・製造などの確認

平成 29 年 8 月:第 4 回開催、建て方スケジュール、施工手順などの確認

平成 29 年 9 月:第 5 回開催、問題のある接合部について共有、解決策の検討など

平成 29 年 9 月:第 6 回開催、RC 構造と取り合うアンカーボルトについて施工、製作の確認など

平成 29 年 10 月:第 7 回開催、施工図・加工図進歩状況確認、全体スケジュール確認

平成 29 年 11 月:第 8 回開催、施工図・加工図進歩状況確認、金物等納期確認

平成 29 年 11 月:第 9 回開催、施工図・加工図進歩状況確認、金物等納期確認

平成 30 年 1 月:第 10 回開催、実証事業とりまとめ

＜設計＞

平成 29 年 1 月～平成 29 年 7 月:実施設計

平成 29 年 1 月～平成 29 年 7 月:構造設計

平成 29 年 7 月:建築確認申請

＜施工＞

平成 29 年 3 月:工事契約

平成 29 年 8 月:着工、地盤改良工事

平成 29 年 9 月～12 月:・山留め・基礎工事・地下 RC 構造部など

平成 30 年 1 月:建て方

1 月～:木工事、サッシ工事　2 月～:外装工事　3 月～:内装工事　4 月～:設備工事

５．得られた実証データ等の詳細

(1) 不整形敷地への対応

敷地形状に合わせた台形床パネルにおいて、有効矩形部分に必要な幅から床パネルの割付を決定した。また開口部扱いとなってしまう三角形部分に設備用のパイプスペースを設けるなど、不整形なパネル形状を可能な限り有効に活用するように計画した。

(2) 都心狭小地への対応

傾斜床パネルやステップフロアの採用などによる複雑な構造形式であったが、それらに配慮した 3D 解析モデルを作成し、構造解析を行った。複雑な構造形式への CLT 活用の可能性を示した。

(3) 新たな都市型木造建築

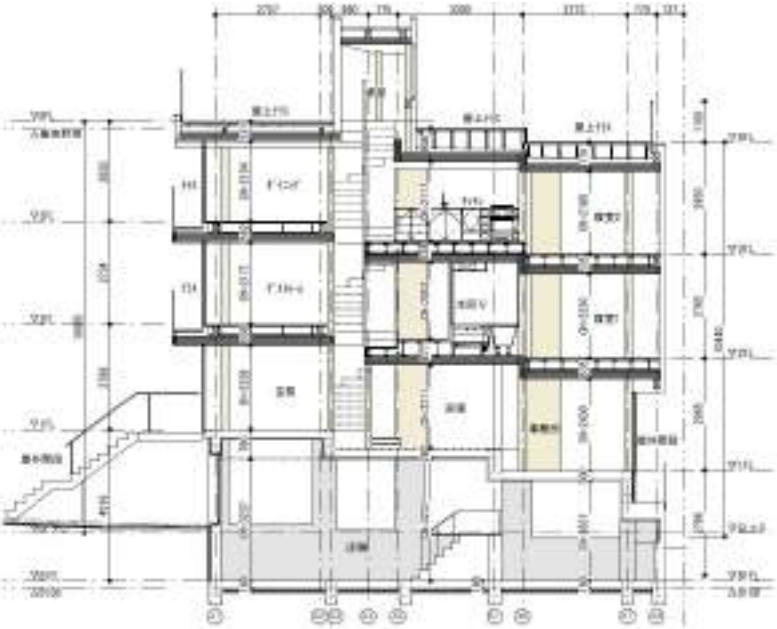
１階部分の耐力壁に厚み 210mm の CLT を用い、両面(室内外)現し仕上げとすることで、都市に対して視認性の高い木質ファサードを計画。CLT の外部露出は耐候性や断熱性の点で問題があるため、外皮(サッシ･外壁)と構造部材(CLT)を分けて考え、開口部越しに CLT を見せることとした。上階では t150mm の CLT を用い、片面(室内)のみ現しとし、暖かみのある室内空間を生み出すことができた。床スラブについては下面のみ現し仕上げとし、傾斜床パネルの構成も相まって、室内空間のみではなく外部からも天井面の CLT を見ることができ、立体感のある木質ファサードを都市に展開できた。

６．本実証により得られた成果

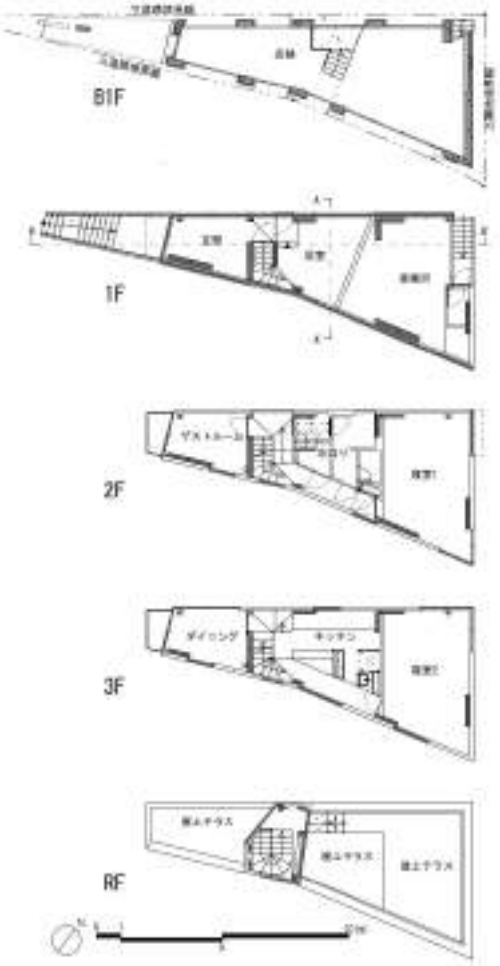
- 矩形パネル形状の事例が多い CLT 建築物のなかで、不整形な敷地形状に合わせた台形パネルの使用が十分可能であることを示した。
- 現在の告示仕様では CLT 床パネルを平行な二つの壁または梁で支持する必要があり、不整形な建物形状の場合、矩形であることを前提としているこのような告示仕様が足かせとなってしまい、部材量が増えている。今後告示仕様の再検討を期待したい。
- 傾斜床パネルやステップフロアなど CLT の使用方法としてこれまでにない新たな事例となり、CLT の建材としての可能性を示した。
- 告示ルート 2 での CLT 工法建築物としては、非常に少ない壁量で実現することができ、CLT 部材量を減らすことに成功した。一方で、各接合部への負荷が大きく接合金物費の増大、及び複数箇所での床パネルへのボルト貫通など施工難度が上がったことで、想定よりも金物詳細設計及び製作期間が延び、コスト面でも課題が残った。
- 現状の CLT 建築の事例では所在地が地方であったり、外観からでは CLT 使用箇所が判断できないものであったりと CLT 建築を見学できる機会は限られていると感じる。今回のプロジェクトにおいて外部からの視認性を意識した木質ファサードを計画したことや、建物の用途や土地の性格などから様々な人が気軽に建物を見ることができ、今後の CLT 建築の普及に大きく貢献する建築となると考えている。

7．建築物の平面図・立面図・写真等

A-A'断面図 S=1:200



B-B'断面図 S=1:200

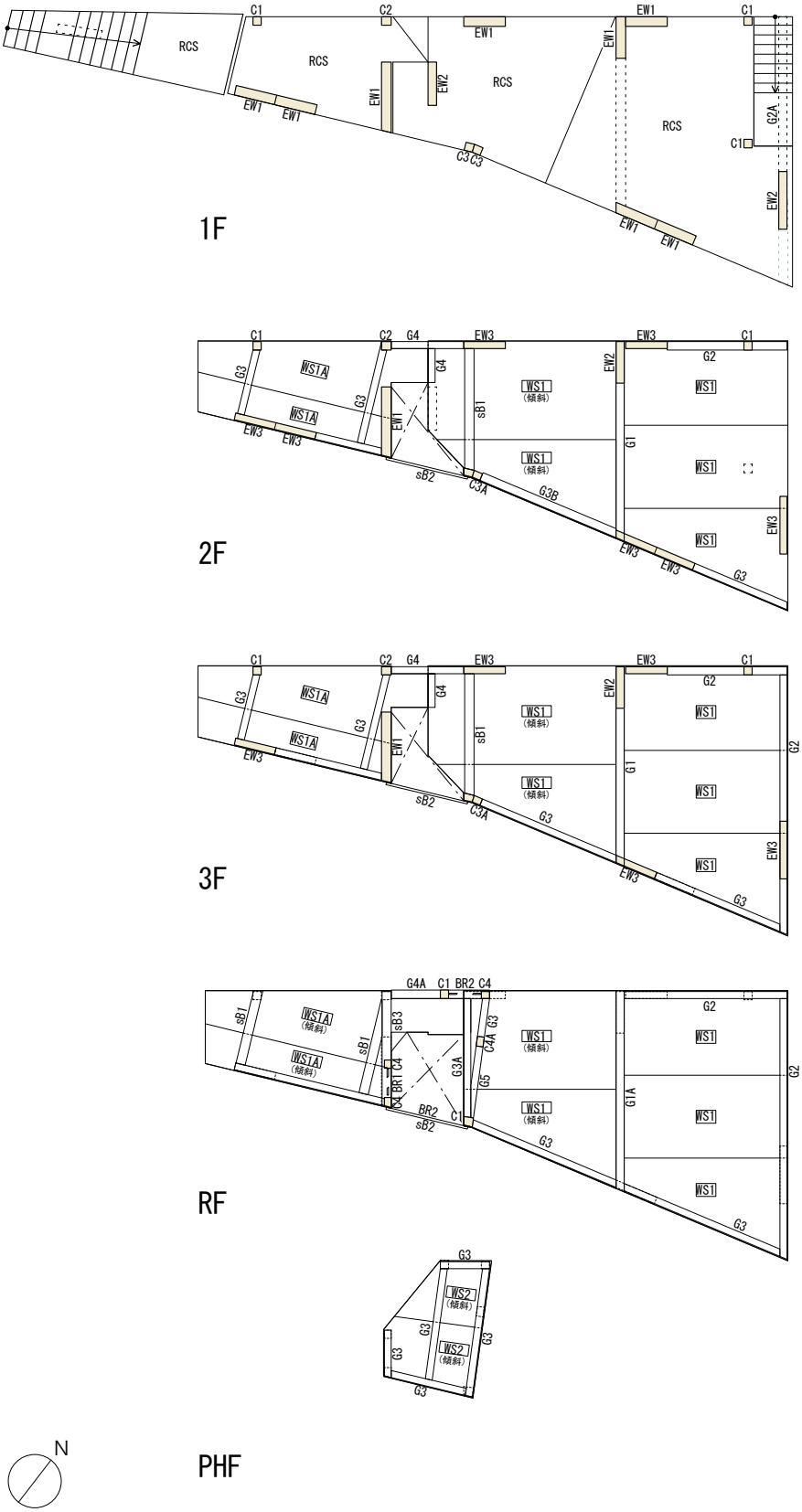


各階平面図　S=1:300

3D構造解析モデル

建方時(2階傾斜床パネル部)

□構造体平面図



各階構造体平面図(木造部)　S=1:150

□部材リスト

CLT

記号	EW1	EW2	EW3	WS1	WS1A	WS2
使用箇所	耐力壁	耐力壁	耐力壁	床版	床版	床版
樹種	スギ	スギ	スギ	スギ+最外層ヒノキ	スギ	スギ+最外層ヒノキ
パネル厚さ	210mm(両面燃えしろ)	180mm(両面燃えしろ/外部被覆+内部燃えしろ)	150mm(外部被覆+内部燃えしろ)	210mm(上面被覆+下面燃えしろ)	210mm(上面被覆+下面燃えしろ)	150mm(上面被覆+下面燃えしろ)
パネル幅	900～1479mm	900～1250mm	900～1250mm	1800～2400mm	830～1640mm	1460～1500mm
パネル長さ	2290～2740mm	2112～2356mm	2520～2628mm	3545～4075mm	4370～5670mm	1890～2120mm
強度等級	S60-7x7(外層:M60A以上、内層M60A以上)	S60-7x7(外層:M60A以上、内層M60A以上)	S60-5x5(外層:M60A以上、内層M60A以上)	Mx90-5x7(外層:M90A以上、内層M30A以上)※	S60-5x7(外層:M60A以上、内層M60A以上)	Mx90-5x5(外層:M60A以上、内層M60A以上)※
ラミナ厚さ	30mm	25.7mm	30mm	30mm	30mm	30mm
ラミナ幅	120mm±10mm	120mm±10mm	120mm±10mm	120mm±10mm	120mm±10mm	120mm±10mm
積層部接着剤	水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤	水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤	水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤	水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤	水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤	水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤
横はぎ部分接	なし	なし	なし	なし	なし	なし

集成材

記号	C1	C2	C3	C3A	C4	C4A
使用箇所	柱	柱	柱	柱	柱	柱
樹種	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ
断面寸法	□180x180(全面燃えしろ)	□210x180(全面燃えしろ)	□180x180(断面形状不整形)(全面燃えしろ)	□150x180(断面形状不整形)(室内面燃えしろ)	□150x180(室内面燃えしろ)	□150x210(全面燃えしろ)
強度等級	E95-F315	E105-F300	E95-F315	E95-F315	E95-F315	E95-F315

記号	G1	G1A	G2	G2A	G3	G3A
使用箇所	梁(逆梁)	梁(逆梁)	梁(逆梁)	梁(一部逆梁)	梁(逆梁)	梁(逆梁)
樹種	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ
断面寸法	□180x694(断面形状不整形)(全面燃えしろ)	□180x1124(断面形状不整形)(全面燃えしろ)	□150x270(全面燃えしろ)	□180x270(全面燃えしろ)	□150x240(全面燃えしろ)	□150x355(全面燃えしろ)
強度等級	E95-F315	E95-F315	E95-F315	E105-F300	E95-F315	E95-F315

記号	G3B	G4	G4A	G5
使用箇所	梁(逆梁)	梁(逆梁)	梁(逆梁)	梁
樹種	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ	オウシュウアカマツ
断面寸法	□150x240(断面形状不整形)(全面燃えしろ)	□150x534(断面形状不整形)(全面燃えしろ)	□150x575(断面形状不整形)(全面燃えしろ)	□150x360
強度等級	E95-F315	E95-F315	E95-F315	E105-F300

鉄骨部材

記号	sB1	sB2	sB3	BR1	BR2
使用箇所	梁(逆梁)	梁(逆梁)	梁(逆梁)	ブレース	ブレース
材質	SS400	SS400	SS400	SS400	SS400
断面寸法	T-100x100x5.5x8+下ﾌﾗﾝｼﾞPL-9	[-100x50x5x7.5	T-97x150x6x9+下ﾌﾗﾝｼﾞPL-9	M20 ターンバックル付	M16 ターンバックル付

※Mx90-5x7、Mx90-5x5はそれぞれMx60-5x7、Mx60-5x5の材料強度を用いて検討した。

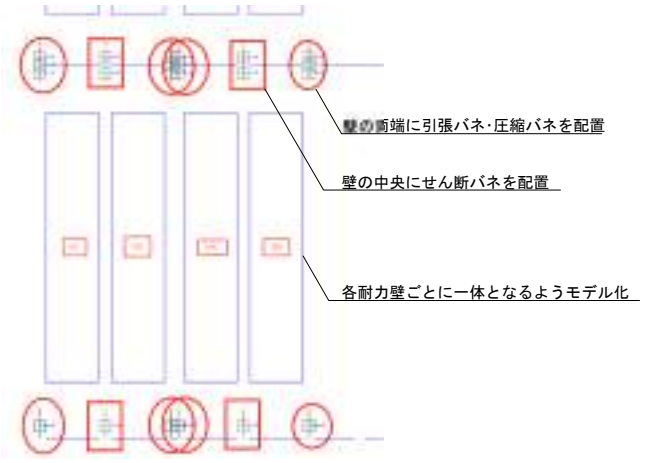
□立面図

北側立面図　S=1:150

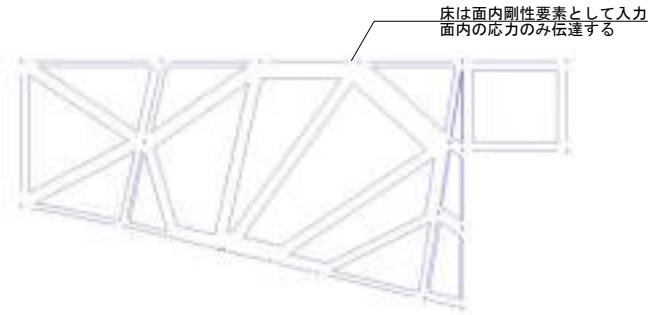
南側立面図　S=1:150

□構造解析概要

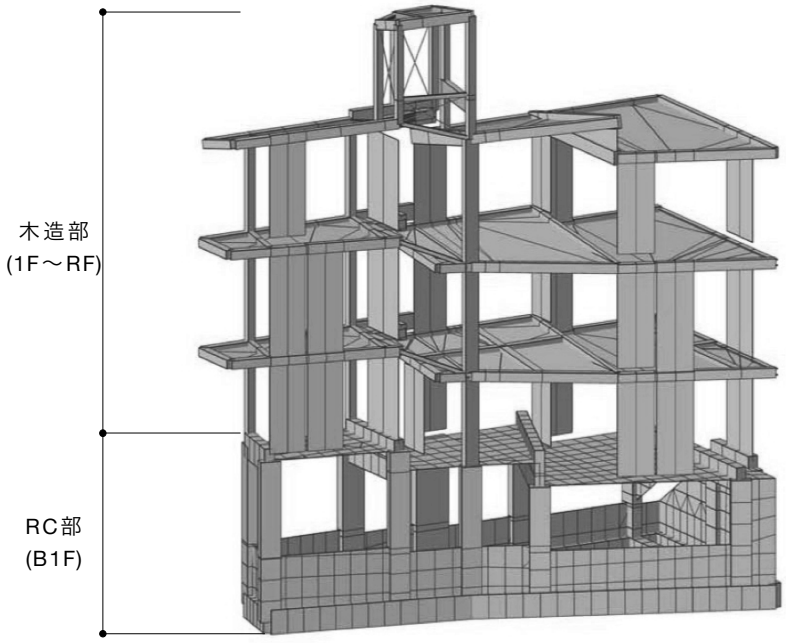
CLT工法部分の解析モデルについて、水平構面は非剛床弾性床としており、CLT床パネルを面内剛性要素として入力した。床面の傾斜、段差等の影響も考慮して設計できるよう、モデルに反映している。CLT壁パネルは頂部・脚部に接合部バネ要素を設けた板要素として入力した。接合部バネについて、軸剛性は引張と圧縮のバネをそれぞれ壁要素端部に入力し、壁中央にせん断バネを入力した。
各接合部形式について、引張接合部及びせん断接合部については、「鋼板を挿入したドリフトピン+ボルト接合部」と「鋼板添え板ビス接合部」を併用しており、部材の現し面に応じて使い分けている。接合部に使用するボルトは伸び性能をもつSNR400,490材を使用している。圧縮に対しては、CLTパネル木口の支圧耐力によって、支持している。



鉛直構面モデル概要図

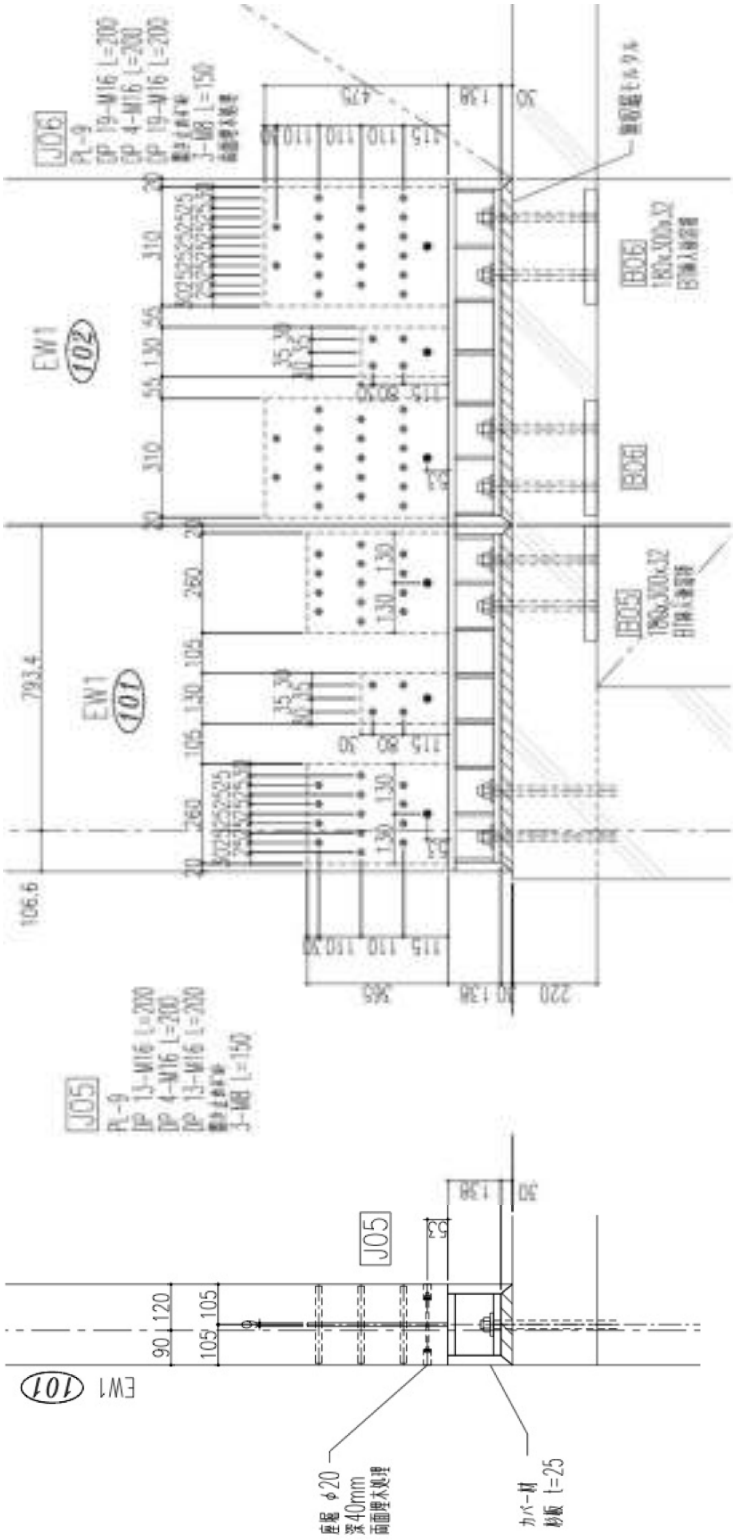


水平構面モデル概要図

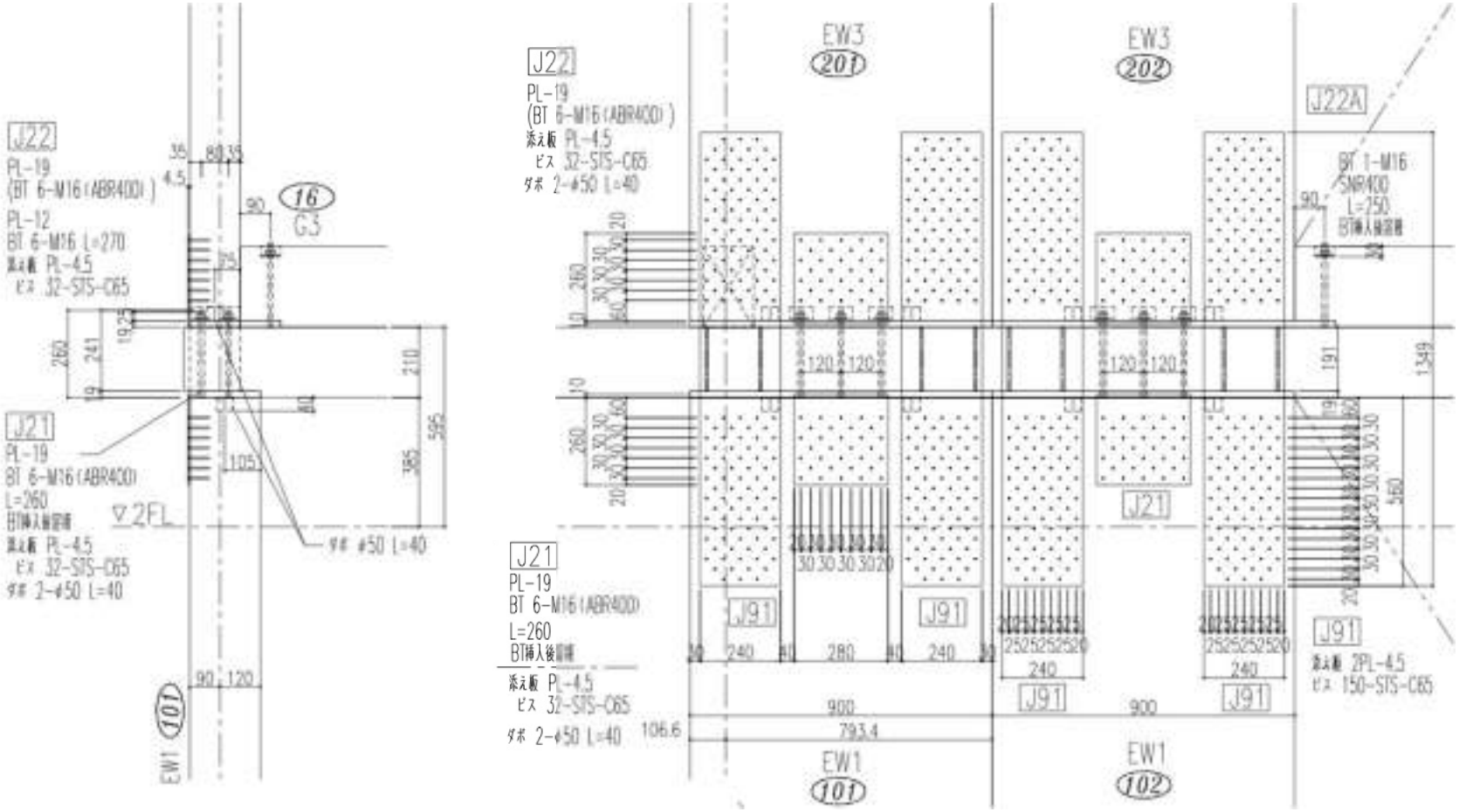


「MIDAS Gen」を使用した3D構造解析モデル

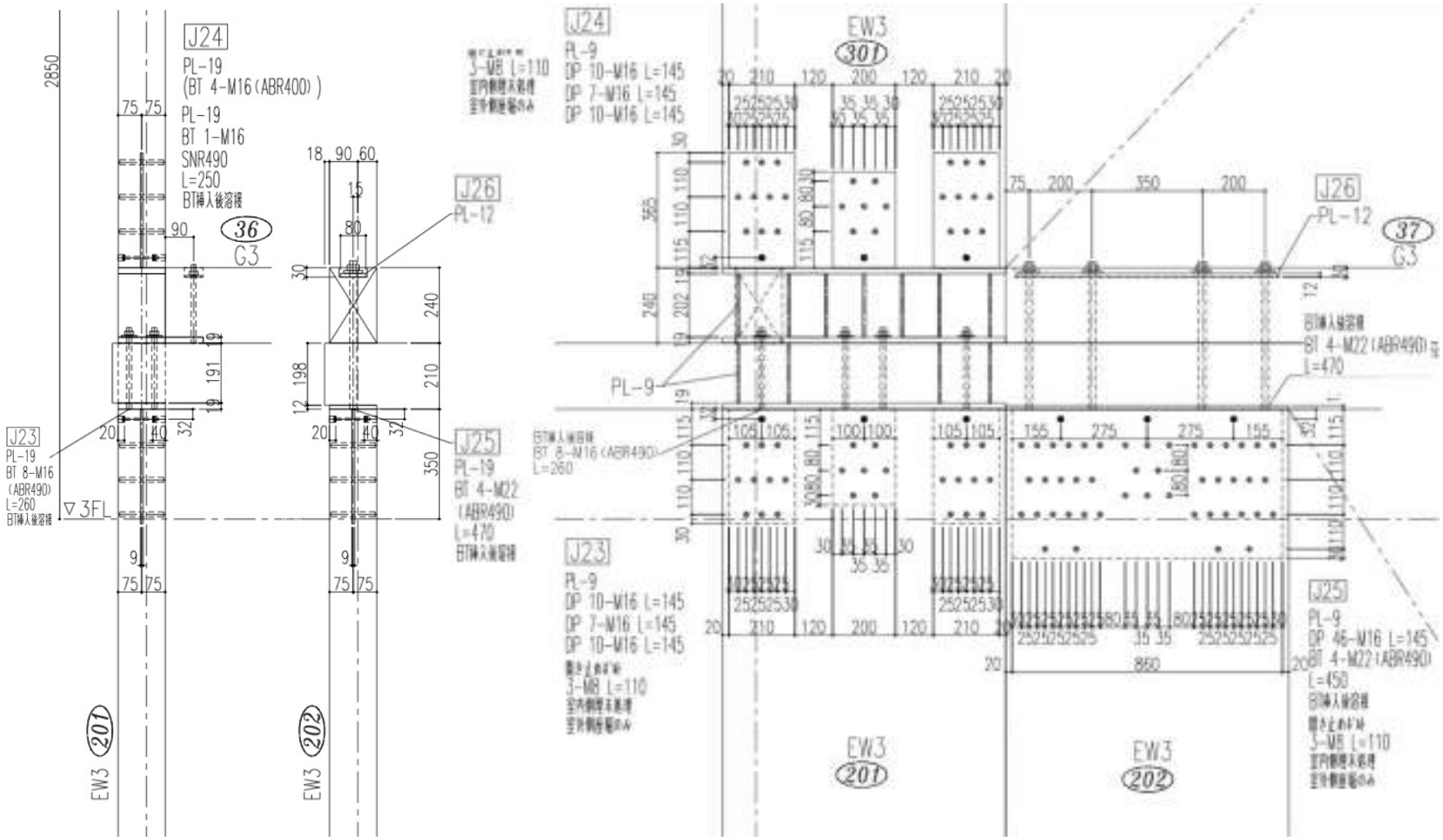
□接合部詳細図



1FRCｽﾗﾌﾞ-CLT耐力壁　標準接合部



CLT耐力壁-CLT床-CLT耐力壁　標準接合部



CLT耐力壁-CLT床-集成材逆梁　標準接合部

□施工レポート

部材搬入時

道路上部材仮置き

・部材搬入
敷地面積が小さく、敷地内に部材を仮置きするスペースが確保できないため、建て方作業の進捗に合わせ階毎に数回に分けて部材の搬入を行った。部材の輸送に手間が掛かってしまうが、加工済みの部材を埼玉県の倉庫に仮置きすることにより、現場の進捗状況に対応することで、スムーズに搬入を行うことができた。

吊り込み重心調整

設置位置調整

吊り込み状況

・CLT吊り込み
敷地形状に合わせた不整形な平面形状(台形)であることや、一部床パネルが傾斜しているため吊り込み時に部材の重心を調整することに多少手間取ったが、化粧とならない床パネル上面に吊り込み用金具をビス止めすることなどで問題なく吊り込むことができた。

1Fコンクリートスラブ-CLT耐力壁接合部金物

CLT床-CLT耐力壁接合部金物

・CLT接合部
1FコンクリートスラブとのCLT耐力壁接合部はすべてダブルプレートとし、ナットを緩めることで後からでも耐力壁の位置を微調整可能な機構とした。この機構が大きく要因し、全体の躯体精度を保つことができた。
上層階の接合部では床パネルに設けた接合ボルト用の穴と接合ボルトがうまくはまらず、現場で床パネルの穴を大きくするなどの対応を行った。躯体が組み上がった後に床パネルの穴を大きくした箇所についてはウレタン樹脂系の充填材で補強を行った。

1F仮設ステージ

2F仮設ステージ

・仮設ステージを使用した建方
天井面を綺麗に見せ、空間を広く使うという意匠的な意図から大半の箇所で逆梁を採用 したことにより、施工手順上床パネルを仮置きすることができないため、仮置き用のステージを各階に設け床パネルをステージに置いた上で調整･固定する施工方法を採用した。

傾斜床パネル施工状況

傾斜床パネル施工状況

・傾斜床パネル
一部の床を傾斜床パネルとすることで、床下設備配管スペースの最小化・下階の天井高の確保などの空間的なメリットがあった一方で、接合部金物形状が複雑になったことや、床パネルに対しての貫通ボルトが複数箇所あったことで吊り込み時に床パネルを傾斜に合わせた角度で真上から落とす必要があり、施工難易度は上がることとなった。

引き寄せ治具(1)

引き寄せ治具(2)

・引き寄せ治具
床パネル-床パネルのジョイント部や梁-床パネルのジョイント部などで使用された引き寄せ治具 。
床パネル-床パネルのジョイント部では現しとなる下面(天井面)に隙間ができないように注意して施工を行った 。
その際、仮設ステージの高さが低くなっていると下面に隙間ができやすいためステージの高さ調節も同時に行いながら施工を行った。

集成材逆梁(2F)

集成材逆梁(RF)

・逆梁の採用
天井面を綺麗に見せ、空間を広く使うという意匠的な意図から大半の箇所で逆梁を採用 。床下に梁を隠蔽できるだけの懐を設けると同時に、乾式二重床を採用し、遮音マット･一定の空気層･吸音材を併用することで床下懐を遮音性能向上のためにも利用する計画とした 。

躯体外観(3Fまで完了時)

躯体外観(建方完了時)

・躯体外観
前面道路の傾斜に沿うように、CLT床パネルは3つレベルの床がステップフロアとなっており 、1F部分の耐力壁は道路を歩く人からも木質空間が視認できるように室内外両面現し仕上げとしている 。外部に躯体を露出すると劣化のリスクがあるため、サッシ越しにCLT現し面が見えるという計画となっている 。また前面道路に向かって開いたように傾斜している床パネルの天井面も外部から視認しやすいようになっており 、立体的な木質ファサードを生み出す計画である。

1F内観

1F内観

・建方まとめ
傾斜床パネルや高い精度が要求される接合部など難易度の高い箇所が多くあったにも関わらず 、施工者による細かな調整により、高い躯体精度を保つことができた 。一方で難易度の高い施工に多大な時間が掛かってしまい 、建方に想定の約2倍以上日数が掛かった 。設計者･施工者のCLTという部材への経験の無さなどから施工難易度を下げる工夫があまりできなかったことが一つの要因であったと振り返る 。また、確認申請機関のCLT建築の経験の無さにより、安全率の高い接合部の納まりや構造計算としなければならなず 、概算見積当初よりも接合部金物などに多大なコストが掛かった。木質空間でありながら開放的な躯体が実現された一方で 、高耐力かつ施工性のよい接合部や接合金物の提案には至らなかった。

２．７　（株）中東／（株）SALHAUS

1.　建築物の仕様一覧

事業名			(株)中東　構造用集成材製造工場新築工事の建築実証
実施者（担当者）			（株）中東／（株）SALHAUS
建築物の概要	用途		工場
	建設地		石川県能美市
	構造・工法		集成材等建築物+CLT耐力壁
	階数		1
	高さ（m）		12.16
	軒高（m）		8.5
	敷地面積（㎡）		168,898.64
	建築面積（㎡）		1993.82
	延べ面積（㎡）		1993.82
	階別面積	１階	1993.82
		２階	－
		３階	－
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、梁
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量127.05㎥、建築物使用量117.55㎥
	壁パネル	寸法	90mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60
		樹種	スギ
	耐風梁	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	S60
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：ベイマツ・カラマツ集成材　梁：ベイマツ集成材　土台：ヒノキ集成材
	木材使用量（㎥）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		350㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板(t=0.6)折板葺き
		外壁	ガルバリウム鋼板(t=0.6)角波スパンドレル
		開口部	アルミサッシ＋単板ガラス
	主な内部仕上	室内壁仕上げ	CLTパネルあらわし、一部プラスターボードt15mm
		間仕切り壁	なし
		床	土間コンクリート
		天井	裏貼りペフあらわし
構造	構造計算ルート		ルート１
	接合方法		GIR接合（異形鉄筋+エポキシ系樹脂）、金物+ビス
	最大スパン		27.7m
	問題点・課題とその解決策		コスト比較によるとCLTを利用しない集成材造よりも高く、また鉄骨造よりも高いことが明らかになっている。よりコストダウンを図るための架構方法の検討が必要になる。
防耐火	防火上の地域区分		その他地域
	耐火建築物等の要件		準耐火建築物（イ準耐）
	本建築物の防耐火仕様		準耐火構造45分（壁）
	問題点・課題とその解決策		防煙区画が必要となり、垂れ壁の納まりを検討する必要がある。
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届け出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		工場のため、温熱環境対策は行っていない。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	なし
		外壁	なし
		床	なし
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		工場のため、遮音性能対策は行っていない。
	建て方における課題と解決策		ビス数が多く工期に影響するため、より本数を減らす方位を検討
	給排水・電気配線設置上の工夫		
	劣化対策		
工程	設計期間		平成29年　2月13日～平成29年　7月31日（5.5カ月）
	施工期間		平成29年　9月15日～平成30年2月28日（5.5ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	平成29年 11月 27日～平成30年2月 1日
	竣工（予定）年月日		平成30年3月末
体制	発注者		(株)中東
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		(株)SALHAUS一級建築士事務所
	構造設計者		桜設計集団
	施工者		(株)梶谷建設、(株)中東
	ＣＬＴ供給者		(株)中東
	ラミナ供給者		南加賀木材協同組合（石川県産材）

実証事業名： (株)中東　構造用集成材製造工場新築工事の建築実証
実施者／協議会運営者または担当者：（株）中東／（株）SALHAUS 一級建築士事務所

１．実証した建築物の概要

用途		工場		
建設地		石川県能美市		
構造・工法		集成材等建築物（CLT 耐力壁）		
階数		地上 1 階		
高さ（m）		12.16	軒高（m）	8.50
敷地面積（㎡）		16,8898.64	建築面積（㎡）	1993.82
階別面積（㎡）	１階	1993.82	延べ面積（㎡）	1993.82
	―	―		
CLT 採用部位		壁、梁		
CLT 使用量（㎥）		127		
CLT を除く木材使用量（㎥）		350		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	W1124mm×H3650mm×t90mm/3 層 3 プライ/Mx60/スギ		
	耐風梁	W600mm×H5780mm×t210mm/5 層 7 プライ/S60/スギ		
設計期間		平成 29 年　2 月 13 日～平成 29 年　7 月 31 日		
施工期間		平成 29 年　9 月 15 日～平成 30 年 2 月 28 日		
CLT 躯体施工期間		平成 29 年 11 月 27 日～平成 30 年 2 月 1 日		
竣工（予定）年月日		平成 30 年 3 月末		

２．実証事業の目的と設定した課題

本事業では工場や倉庫といった大規模な生産施設･流通施設への CLT の利用促進を考慮し、大きなサイズの CLT 壁パネル（柱梁方式）の部材性能実証・設計実証・施工実証を行うことを目的とする。CLT は大きなパネルの製作が可能である一方、大架構建築への採用事例が少ない。本事業では約 4m と H 寸法が大きな CLT パネルを用い、今後の大架構や大きな階高の建築でも使用可能な耐力壁を実現する。

（１）CLT 耐力壁ユニットの接合金物の仕様。
（２）今後の同種施設への利用を見据えた、CLT 耐力壁のサイズの検討。
（３）窓付きユニットの形状、寸法の検討。
（４）各部材に必要な耐火性能・準耐火性能の検討。
（５）施工性の向上による工期短縮および鉄骨造とのコスト詳細比較。

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

○設計:(株)SALHAUS　日野雅司（協議会運営者）、田中邦幸　　○構造設計：桜設計集団 佐藤孝浩、大澤弘明　○施工：株式会社 梶谷建設 専務取締役　橋爪 宏也

○CLT 製造：株式会社 中東 代表取締役社長　小坂勇治　集成材事業部建築課課長 北野正博、設計課課長 山田隆　○原材料供給：南加賀木材協同組合専務理事　中村岳敏
○取纏め：イエコロ二村真弓子

４．課題解決の方法と実施工程

（１）CLT 耐力壁の部材性能実証のための実験に先立ち、構造計算により想定される性能を検討し、実験体の接合金物の仕様を確定する。

（２）．CLT パネル製作における作業性、製作限界、および実験可能サイズ等との調整により、採用する耐力壁の寸法を検討する。

（３）．室内の居住性（採光、断熱、遮音、排煙等）の検討を行い、窓付きユニットの形状、仕様を確定する。

（４）．準耐火建築物とすることを前提に、H27 年国交省告示 253 号を元に各部材に必要な仕様を検討する。

（５）CLT を用いた場合にはそれ自体で耐火性能をもつため、内部仕上げが不要である。実際の施工における工期短縮・コストを検証する。また、壁試験によって確認した多様な接合部ディテールの施工性・コストについても検証する。

＜協議会の開催＞

・H29 年 2 月 13 日：試験に関する協議　・H29 年 3 月 16 日：試験体の詳細な協議
・H29 年 4 月 10 日：試験内容の確認　・H29 年 5 月 23 日：金物の仕様に関する協議
・H29 年 6 月 4 日：防耐火に関する協議　・H29 年 6 月 26 日：CLT 納まりの検討
・H29 年 7 月 10 日：防耐火に関する協議　・H29 年 7 月 24 日：CLT 納まりの検討
・H29 年 10 月 14 日：施工に関する協議　・H29 年 11 月 9 日：施工に関する協議
・H29 年 12 月 2 日：施工精度に関する協議・H29 年 12 月 11 日：金物に関する協議
・H30 年 1 月 20 日：実証事業とりまとめについて

＜設計＞

・H29 年 1 月～6 月：基本設計　・6 月～7 月：意匠設計
・4 月～7 月：構造設計　・7 月 31 日：建築確認申請　・9 月 14 日：確認済書の交付

＜施工＞

・H29 年 3 月：工事契約　・H29 年 3 月～10 月：集成材製作・CLT 製作
・H29 年 10 月～11 月：基礎工事・H29 年 11 月～H30 年 2 月：建て方工事
・平成 30 年 2 月：木工事、外装工事、内装工事、設備工事

＜性能確認＞

・H29 年 4 月 3 日～18 日：水平加力試験、4 条件×３体

５．得られた実証データ等の詳細

５−１．構造実験による実証【課題（１）および（２）】

90mm 厚 3-3 CLT を面材耐力壁として用いた試験体を計画した。試験体の高さは軒高 9.0m 以下の建物に対して梁を挟んで上下に連層にして使う事を想定し、約 4m とした。試験体は 7 種類の仕様を考え、要求性能を満足できる 3 種類について各 2 体の追加実験を行い、ばらつき係数を算

出、耐力壁の性能を評価している。試験体のパラメータは、柱との接続金物の数、ビスの数、柱脚の金物の違いである。高耐力が予想された事から、柱脚部のめり込みによる土台の圧壊を懸念し、圧縮力負担が可能な JIS A 3301 に規定される高耐力金物の仕様を設定している。

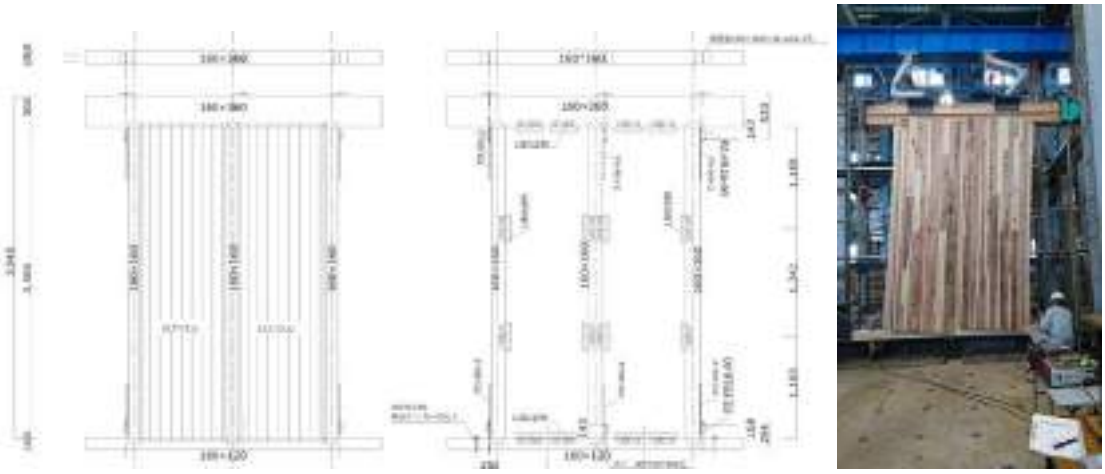


図 5.2.1　設計で使用した最終仕様（PL2-10-B-HD）

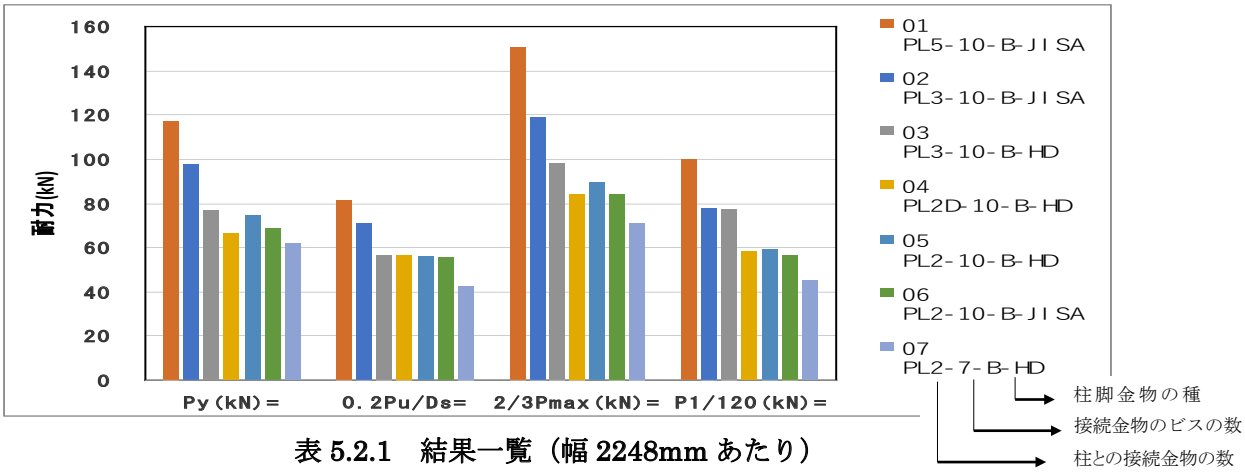


表 5.2.1　結果一覧（幅 2248mm あたり）

実験の結果、最大で許容耐力 81.49kN（36.25kN/m、壁倍率 18.5 倍相当）が得られたが、脚部の金物の施工性、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計」に準じた脚部の金物の設計において金物が過大になる事を考慮し、許容耐力 59.19kN（25kN/m、壁倍率 12.75 倍相当）の仕様（PL2-10-B-HD）を採用した。

５−２．設計による実証【課題（３）および（４）】

CLT 耐力壁の配置は、柱に対する引き抜きを小さくするために、上下段で市松模様になるように配置した。また、窓と CLT パネルの納まりを検討し、屋外から作業ができる納まりとすることで、内部足場をなくし、工期の短縮を実現している。

CLT の準耐火性能については、ディテールリストを作成した。

５−３．施工実証とコスト比較【課題（５）】

・建て方は集成材による柱を建て込み、その後フレーム状に組まれた大梁をかけ、建て入れ直しを行なった後に CLT パネルを取り付け、精度を高めた。

・CLT の建て方は外部足場のみで行い、サッシュも屋外側から取り付ける納まりとしたた

め、内部足場が不要となった。CLT 採用により内装仕上げが不要となったことも含め、約 2 週間の工期短縮が可能となった。

・本事業（下記 A）と既存工場（下記 B)、及び鉄骨造を想定した建築（下記 C）の工事コスト比較を行った。今後コスト削減の更なる検討が必要である。

(A)集成材軸組+CLT 壁を用いた場合：111,940,000 円

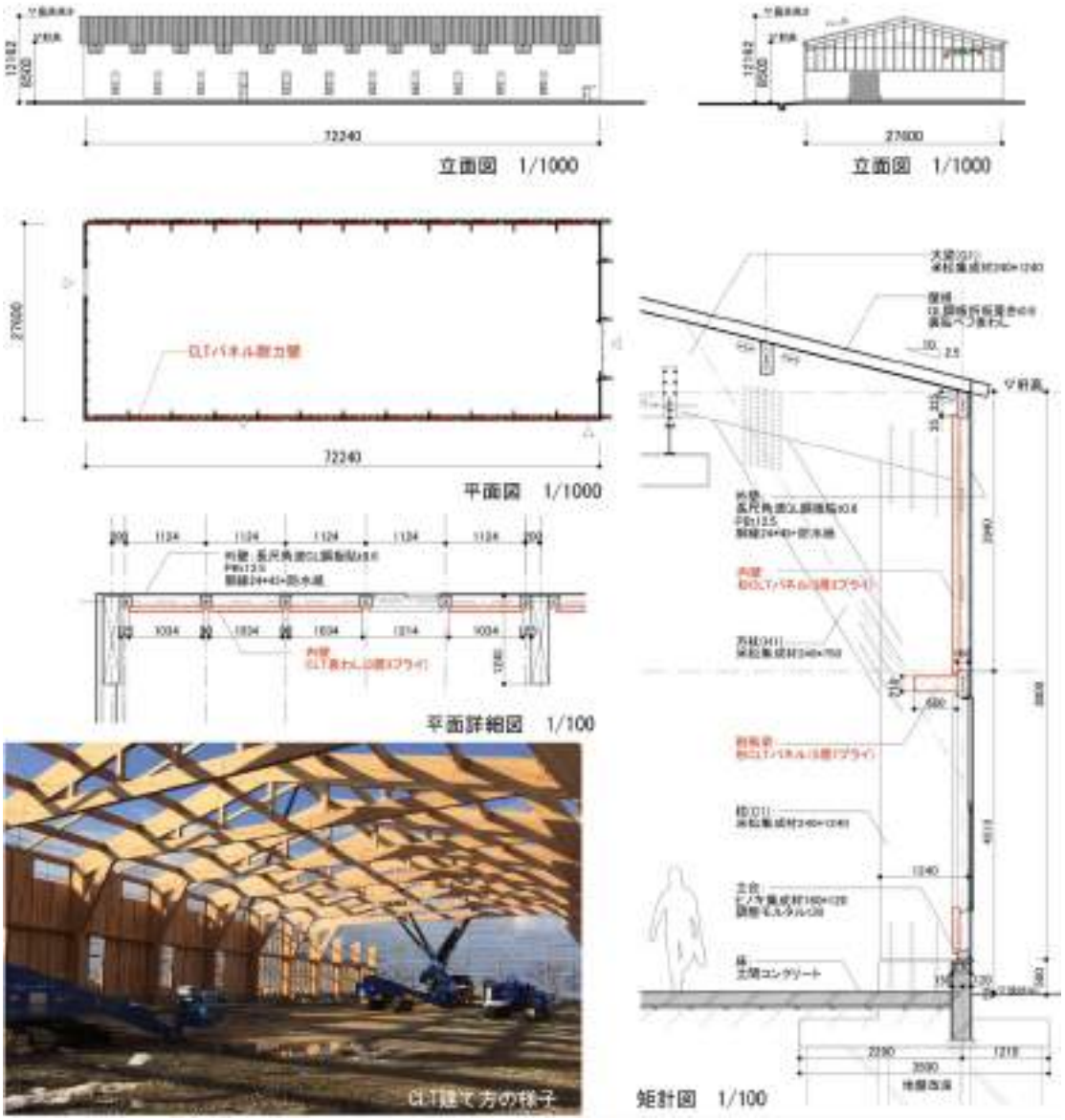
(B)集成材軸組+筋交い・間柱+内装に強化 PB を用いた場合：93,216,000 円（内部足場含）

(C)鉄骨造の場合、鉄骨＋胴縁＋PB：96,912,000 円

６．本実証により得られた成果

本実証により大規模施設への大きな CLT パネル（耐力壁）の利用・普及に関する知見が蓄積したと考えられる。実験データ、ディテールリストは今後参照可能な情報としてまとめられている。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



成果物資料

目次

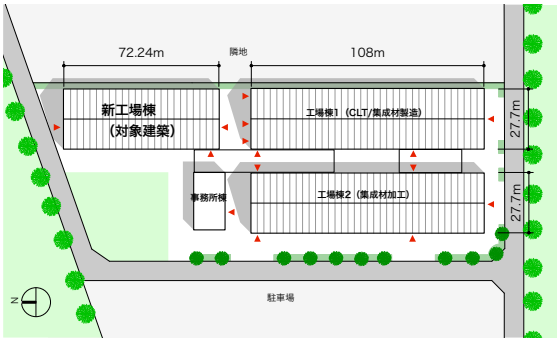
［成果物１］実証事業の設計概要
［成果物２］施工性、搬入に関するレポート
［成果物３］部材性能試験の結果レポート
［成果物４］図面および写真集
［成果物５］設計に用いた部材のディテールをまとめた構造・防耐火図集

［成果物１］実証事業の設計概要

1-1. 建築計画概要

1-1-1. 計画概要

「(株)中東構造用集成材製造工場」は石川県能美市の工業団地内に位置する、株式会社中東の集成材を製造するための工場である。延べ床面積 2000 平米弱のワンルームのシンプルな建物であり、既存の２つの集成材造の工場に加えて、ほぼ同じ断面構成をもった切妻形状の工場棟を新築する計画である。



配置図

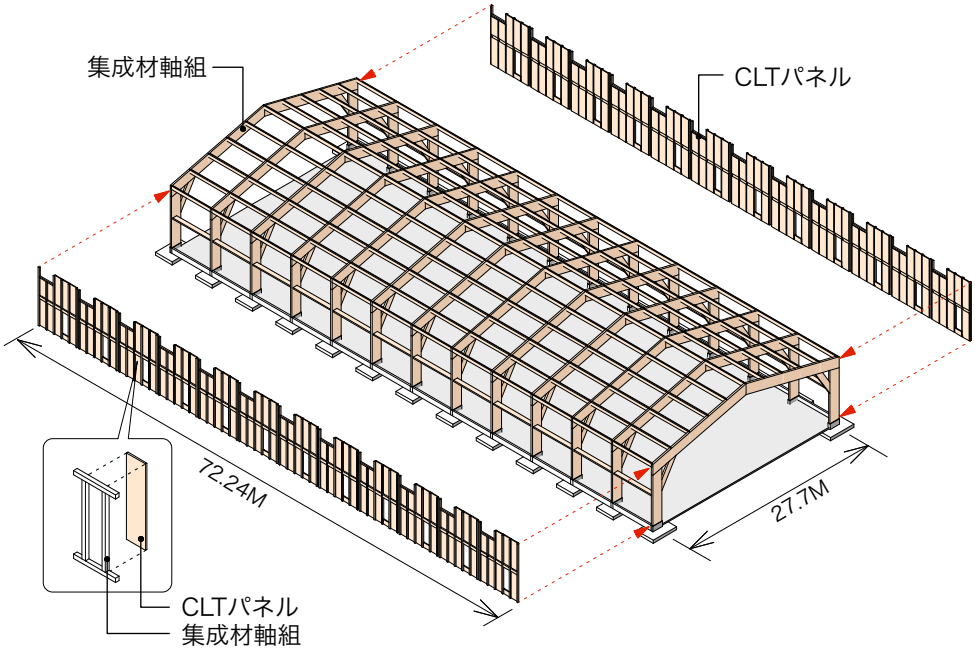
既存工場の写真

各棟は集成材による軸組工法である。既存工場では短手方向は頬杖を用いた門型フレーム、長手方向は筋交いによる耐震要素としている。本計画ではその長手方向の耐震要素として、外壁に大型の CLT パネルを用いる。施工性やコスト、建物性能を既存棟と比較することで、大規模な工場や倉庫への CLT 耐震壁の採用を検証している。

CLT パネルのサイズは、約 6m の柱スパンを元に、株式会社中東の最大製作寸法である 1.2m にできるだけ近づけ、１スパン５分割の 1124 ピッチに対応する幅とした。また、高さは軒高 9m 以下に納まることを前提とし、実験可能なサイズとするために、２分割して約 4m を目安とした。取り付けは室内側から取り付け、金物は外壁側から取り付けており、室内側に CLT パネルが露出し、あらわしとなる納まりである。

既存工場は外壁に準耐火構造 45 分を確保するため、屋外側はプラスターボード 12.5mm＋金属葺き、屋内側はプラスターボード 15mm を採用している。本計画では CLT パネルに

より準耐火性能が確保出来るため、内装工事は行わない計画とする。ただし、CLT パネルを取り付ける金物に対して被覆を行うため、外壁はプラスターボード 12.5mm＋金属葺きを採用している。
また、屋根については、重量及びコスト計画を検討した結果、CLT パネルは採用せずに既存棟と同じターンバックルブレース＋ガルバリウム鋼板折板葺きを採用した。
また、短手側外壁（北側）については、前面道路から視認しやすい配置となるため、大きなガラス面を用いた特徴あるデザインとしている。



1-1-2. 使用木材量と壁量

建物全体の木材仕様量は、スギ CLT が 127m3、軸組のベイマツ・ヒノキが 350m3 であり、床面積あたり 0.239m3/m2 である。これは 2016 年度の実証事業である「若杉ヴィレッジ新築工事」の 0.243m3/m2 と比較すると、同等の木材量となっている。一方、壁量としては、実長が 4.35cm/m2（壁倍率 10 倍程度）であり、上記「若杉ヴィレッジ」が最上階でも 10.22cm/m2（壁倍率 7 倍）であることを考えると、少ない壁量で成立していることになる。耐力壁としての強度が高いこと、バランス良く配置されていることが一つの要因であることが想定される。

1-1-3. 屋内環境

今後、室内環境測定を順次行う予定であるが、施工期間中の作業員の印象でも、既存の工場に比べて、既に断熱性、遮音性があるように感じられる。 視覚的にも温もりがあり、工場作業員の職場環境向上が図れることが予想できる。

1-2. 構造計画概要

工法：短辺方向：方杖付き山形ラーメン構造、

長辺方向：軸組工法（CLT を面材耐力壁とした軸組）

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

施行令 46 条 2 項ルートによる許容応力度計算

主な構造材：柱・・・240 x 1240（ベイマツ集成材 E135　対称異等級構成集成材）

160 x 160　（カラマツ集成材 E105　同一等級構成集成材）

梁・・・240 x 1240（ベイマツ集成材 E135　対称異等級構成集成材）

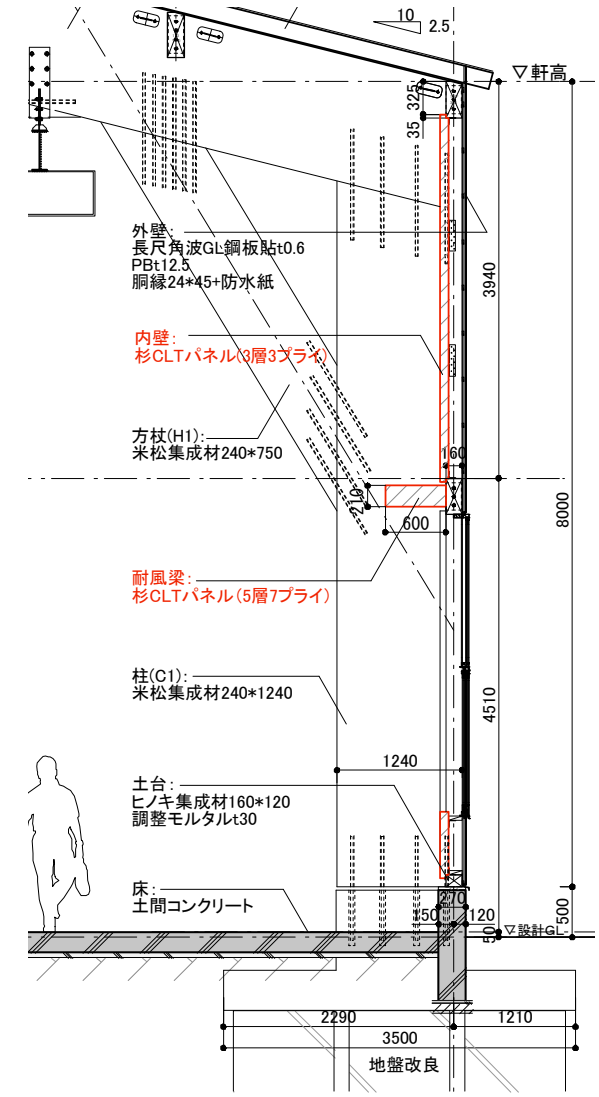
160 x 360　（ベイマツ集成材 E105　同一等級構成集成材）

方杖・・・・240 x 750（ベイマツ集成材 E135　対称異等級構成集成材）

耐力壁・・・スギ 3-3　90mm 厚 CLT（Mx60）を柱梁に L 型金物＋ビス留め

本建物は、延床面積 1993.82 ㎡ 軒高:8.5m 最高高さ:12.23m の平屋の工場で、建設地は、石川県能美市 積雪荷重 1.5m の地域である。

短辺方向は、大きなスパンを必要とする事からスパンが約 27m の方杖付き山形フレームとし、約 6m ピッチで 13 フレーム配置している。山形フレームの接合部は、異形鉄筋を木部に挿入しエポキシ系接着剤で固める GIR 接合を用いている。 長辺方向は、短辺フレームの間に、柱 160x160(カラマツ集成材)を 1124mm ピッチで配置し、90mm 厚 CLT を面材耐力壁として、L 型金物とビスで柱･梁に取り付け、水平抵抗させている。このタイプの CLT 耐力壁は、これまでいくつか事例があるが、今回は、軒高 8.5m に対応するため、横架材間距離約 4m で胴差(160x360)を入れ上下に分割し、パネル高さ約 3600mm としたため、新たに耐力壁試験を行い、設計に用いる仕様を決定している。耐力壁の許容耐力は壁倍率換算でおよそ 12 倍となっている。胴差部分には、部屋内側に 210mm 厚 5 層 7 プライ CLT を胴差とビス留めし耐風梁として横使いで配置している。胴差部分に水平構面が無いことから、この耐風梁で上下の柱の座屈止めも兼ねた計画としている。



［成果物２］施工性、搬入に関するレポート

2-1. CLT耐力壁の施工手順、精度の確保、足場の配置について

・集成材フレームの柱を建て、胴差し、壁柱を取り付けた後、集成材フレームの大梁を建て込み、その後桁、小梁を取付けた。その段階で建て入れ直しを行うことで、建て入れ精度を確保した後、CLT耐力壁を取り付けた。

・CLTの吊り込み方法は、あらかじめCLT外部側にフックを取付け、クランプにより吊り上げ、室内側に CLTを吊り込んだ。外部足場からフックを利用しCLTを引き寄せ取り付けた。この施工方法により内部足場が無くてもCLT耐力壁を取り付けることが出来た。

・CLT 耐力壁を 30mm 壁柱に入れ込む納まりとなっていたため、集成材フレームの建て入れ精度が悪いと CL が納まらない。この納まりを実現することが、精度の確保に繋がった。

2-2. 設計と工場加工・施工手順の打合せで留意した点

・工場の最大製作幅は 1,250mm まで可能であるが、運搬ロスが出ないようにトラックに平面的に 2 列並べることを考慮して、実験するパネル幅を 1,115mm とした。
・CLT の取付金物である L アングルのビス打ちの数量が非常に多く、工程に対してクリティカルな要因となった。
・建方時期が冬場ということもあり、現場作業を極力少なくするため、あらかじめ工場内で CLT に L アングルを付け出荷したところ、現場で取り付けと比較して CLT の取付時間が 2/3 に短縮できた。加えて、ビスの打ち忘れが減少した。
・外壁の準耐火性能を CLT の燃え代により確保し、内部に表しとして使用している。そのため、建方期間中の CLT の養生方法を検討した。養生シートを貼る方法では、後でシートを外す工程の際に内部足場が必要となるので、今回は撥水性のある透明の塗料を使用した。
・建方途中で多くの積雪に見舞われ、建方を一次休止する期間があったが、撥水剤塗布により CLT の表面は綺麗に保つことが出来た。

2-3. 施工面からの改良すべき点

・施工性の観点から考察する改良すべき点は以下の通り。
(1) CLT を取付けるビスの数が工程上クリティカルなため、その本数を少なくすむ納まりの開発が必要である。
(2) CLT を表しで使用する際には、養生シートを貼る方法がよいと思われる。

2-3. コスト比較

2-3-1. 本事業と既存棟、および鉄骨造の場合とのコスト比較

1）本事業：集成材軸組+CLT 壁を用いた場合

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

○施工性 :CLT 自体が内部あらわしとなるため、内装仕上げが必要なく工期短縮が可能。

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

2）既存棟：集成材軸組+筋交い・間柱+プラスターボードを用いた場合

○特徴:壁の準耐火性能を確保するために、内壁にプラスターボード t15 が必要。

○施工性:内装工事必要なため内部足場を必要とし、工期が 2 週間長くかかる。

○評価:構造にかかるコストは安価であるが、工期は長くかかる。

3）鉄骨造を想定した場合

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

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

		A本事業：集成材軸組+CLT壁				B既存棟：集成材軸組+筋交い+間柱+PB				C鉄骨造：鉄骨+側線+PB			
工種	項目	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額
木工事	集成材	350	m3	240,000	84,000,000	350	m3	240,000	84,000,000	-			
	CLT	127	m3	220,000	27,940,000	-				-			
	筋交い	-				16	m3	240,000	3,840,000	-			
	間柱	-				16	m3	120,000	1,920,000	-			
鉄骨工事	柱梁	-				-				300	t	300,000	90,000,000
	側線	-				-				1,152	m2	5,000	5,760,000
仕上げ	PB貼り	0				1,152	m2	1,500	1,728,000	1,152	m2	1,000	1,152,000
	内部設備	0				1,152	m2	1,500	1,728,000	-			
小計					111,940,000				93,216,000				96,912,000
基礎工事	鉄筋	61.5	t	114,000	7,011,000	61.5	t	114,000	7,011,000	73.8	t	114,000	8,413,200
	コンクリート	585	m3	18,230	10,664,550	585	m3	18,230	10,664,550	702	m3	18,230	12,797,460
	型枠	528	m2	5,100	2,692,800	528	m2	5,100	2,692,800	634	m2	5,100	3,233,400
地盤改良	柱状改良	1,993	m2	2,000	3,986,000	1,993	m2	2,000	3,986,000	1,993	m2	6,000	11,958,000
小計					24,354,350				24,354,350				36,402,060
合計					136,294,350				117,570,350				133,314,060
平米当（主に構造体）					225,070				194,034				221,057
特徴・評価		○内装不要のため工期短縮 ○外壁の断熱、遮音性能が高い ×コストが高い ×防火区画（500m2）が必要				○コストが安い ×外壁の断熱・遮音性能が低い ×内装のために2週間程度の工期が必要 ×防火区画（500m2）が必要				○不燃のため防火区画が不要 ×建物重量が重く、基礎、地盤がコストアップ ×延焼線にかかる場合は内装も必要 ×外壁の断熱・遮音性能が低い			

2-3-2. 柱脚金物のコスト比較

・柱脚金物は材料実験により、既製品のホールダウン金物(2-HD-60 カネシン)もしくは JISA3301 の 2 種類を試験した。前者が 3,000 円/箇所、後者が 10,000 円/箇所と価格差があり、かつ前者は施工精度が出しやすい納まりである。そのため、本事業では前者を採用した。

柱脚金物は 144 箇所であり、約 100 万円程度のコストダウンと考えられる。

［成果物３］部材性能試験の結果レポート

3-1　実験概要

試験の名称：ＣＬＴ壁パネルの面内せん断試験

試験実施場所

一般財団法人ベターリビング　つくば建築試験研究センター

国立研究開発法人建築研究所　構造複合実験棟

試験期間

平成 29 年 4 月 3 日　～　平成 29 年 4 月 20 日

建物長辺方向の耐力壁として 90mm 厚 3-3 CLT を面材として用いた耐力壁を計画した。メインフレームの建物長辺方向スパン 6.02m の内側に 160 角の柱を等スパンとなるように計画した事から、柱芯-芯で 1124mm の耐力壁としている。燃えしろ設計を考慮したため柱は 160 角となっているが、135 角で計画すると 1099mm スパンとなり 1100mm スパンでの応用も可能と考えた。　柱、梁と CLT との接合はＬ型の金物を介してビスで留める方法を取っている。実験を行った試験体の仕様は 7 種類。計画上の必要耐力から目標耐力を 20ｋN/m（壁倍率 10 倍相当）と定め、L 型の金物の配置、ビスの数を推定し試験体を計画している。各仕様 1 体実験を行い、その中から実施設計に使用する候補を 3 種類については、さらに 2 体の実験を行い、ばらつき係数を算出するため 1 仕様につき合計 3 体の実験を行っている。試験体のパラメータは、柱との接続金物の数、ビスの数、柱脚の金物の違いである。高耐力が予想された事から、柱脚部のめり込みによる土台の圧壊を懸念し、圧縮力負担が可能な JIS A 3301 に規定される高耐力金物の仕様を設定している。実験の仕様を下記に示す。

表 3.1.1　試験体の種類

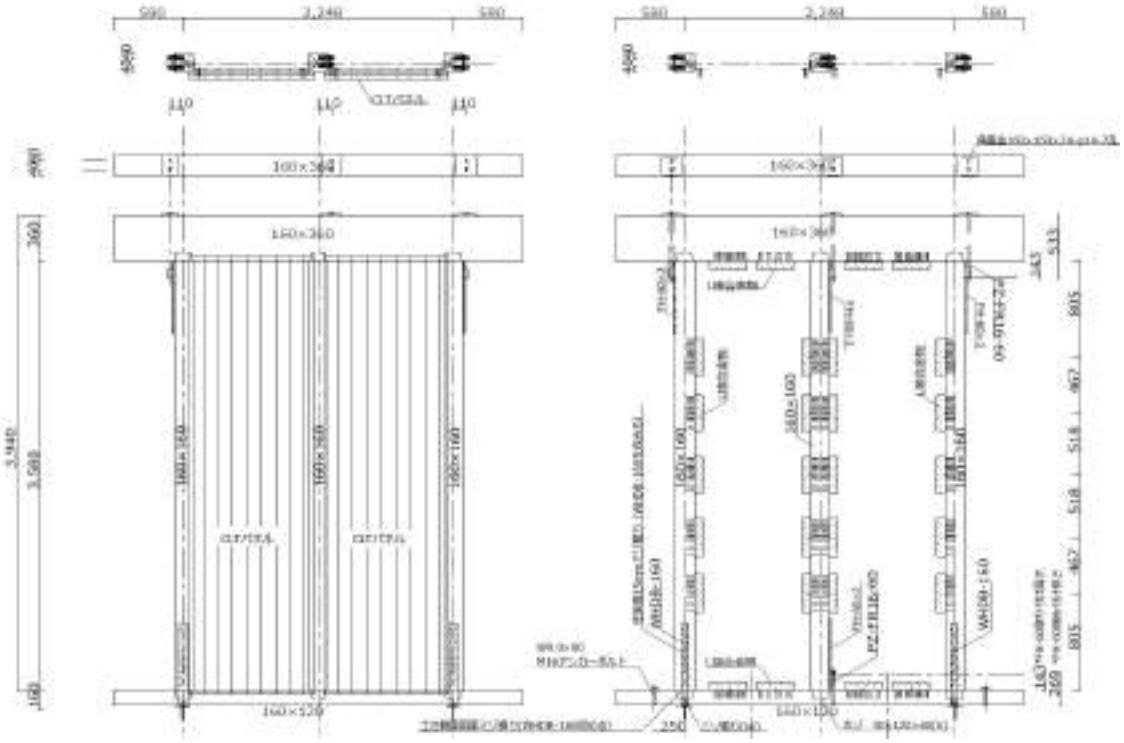
N0.	試験体記号	柱と面材の接続 L形金物個数	L型金物の ビス本数	柱脚ホールダウン金物仕様	試験体数
1	PL5-10-B-JISA	5	10	JIS A 3301 附属書準拠	1
2	PL3-10-B-JISA	3	10	JIS A 3301 附属書準拠	1
3	PL3-10-B-HD	3	10	2-FH60	1
4	PL2D-10-B-HD*	2	10	2-FH60	1
5	PL2-10-B-HD	2	10	2-FH60	3
6	PL2-10-B-JISA	2	10	JIS A 3301 附属書準拠	3
7	PL2-7-B-HD	2	7	2-FH60	3

3-2　試験体概要

①　PL5-10-B-JISA

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 5 個　/　土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個

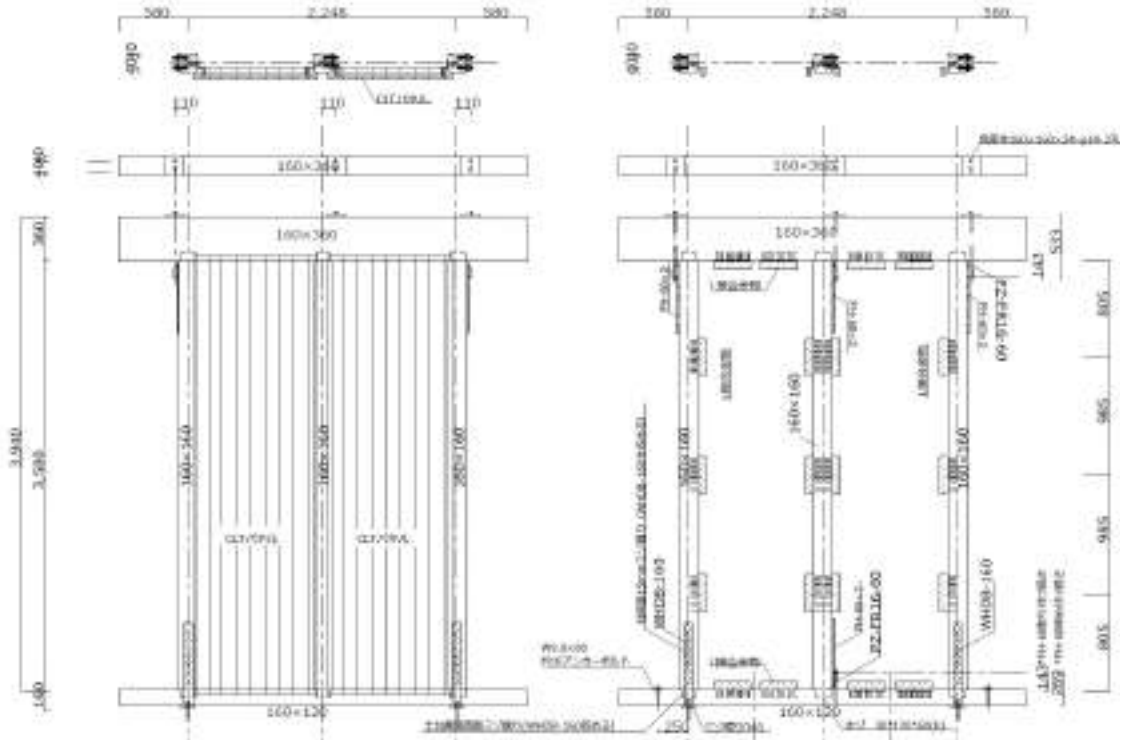
柱頭金物　2x フレックス HD-60(カネシン)　/　柱脚脚金物　JISA3301 準拠金物



②　PL3-10-B-JISA

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 3 個　/　土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個

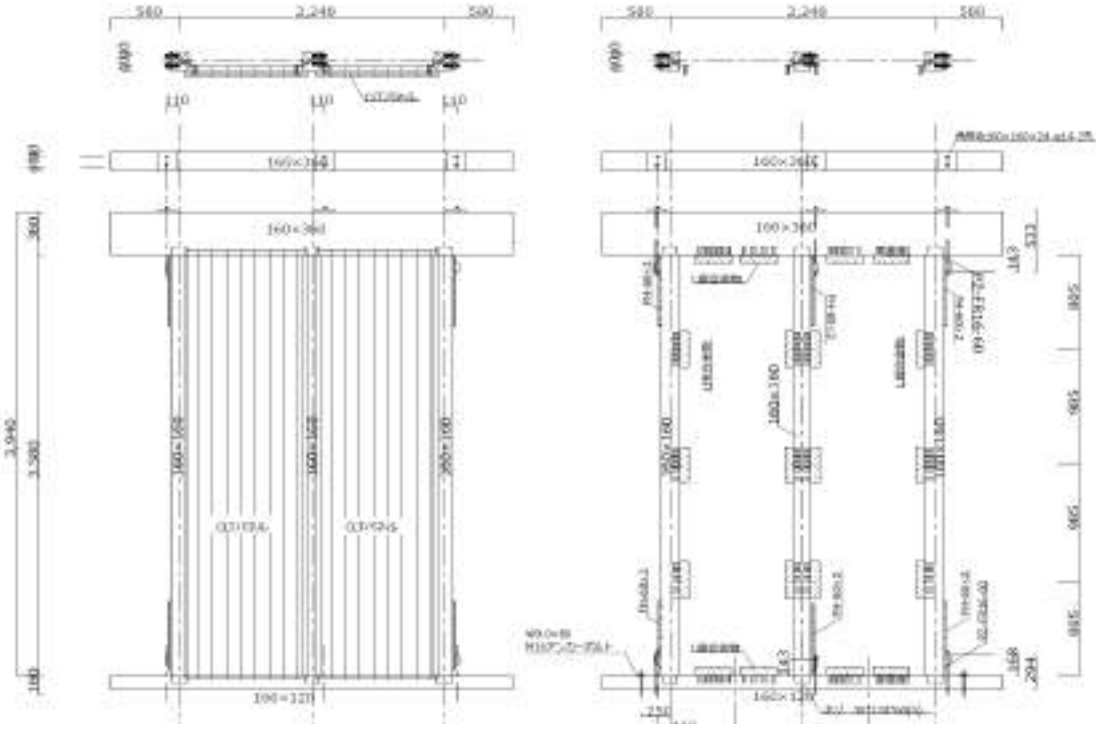
柱頭金物　2x フレックス HD-60(カネシン)　/　柱脚脚金物　JISA3301 準拠金物



③　PL3-10-B-HD

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 3 個　/　土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個

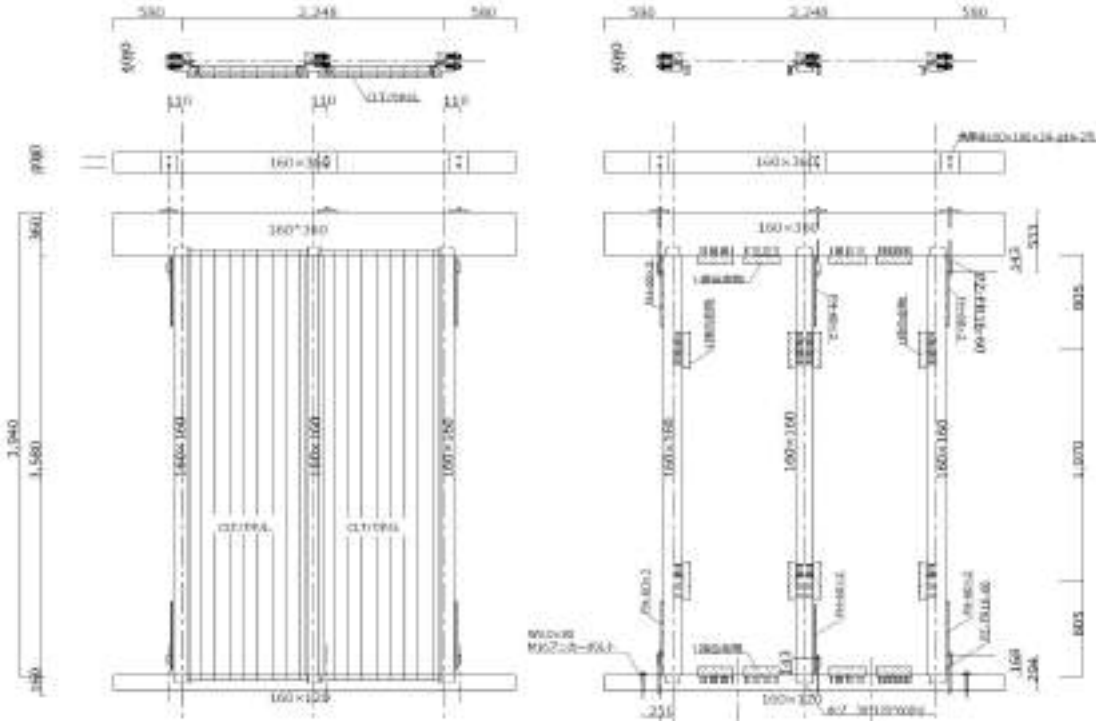
柱頭金物　2x フレックス HD-60(カネシン)　/　柱脚脚金物　2x フレックス HD-60(カネシン)



④　PL2D-10-B-HD

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個　/　土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個

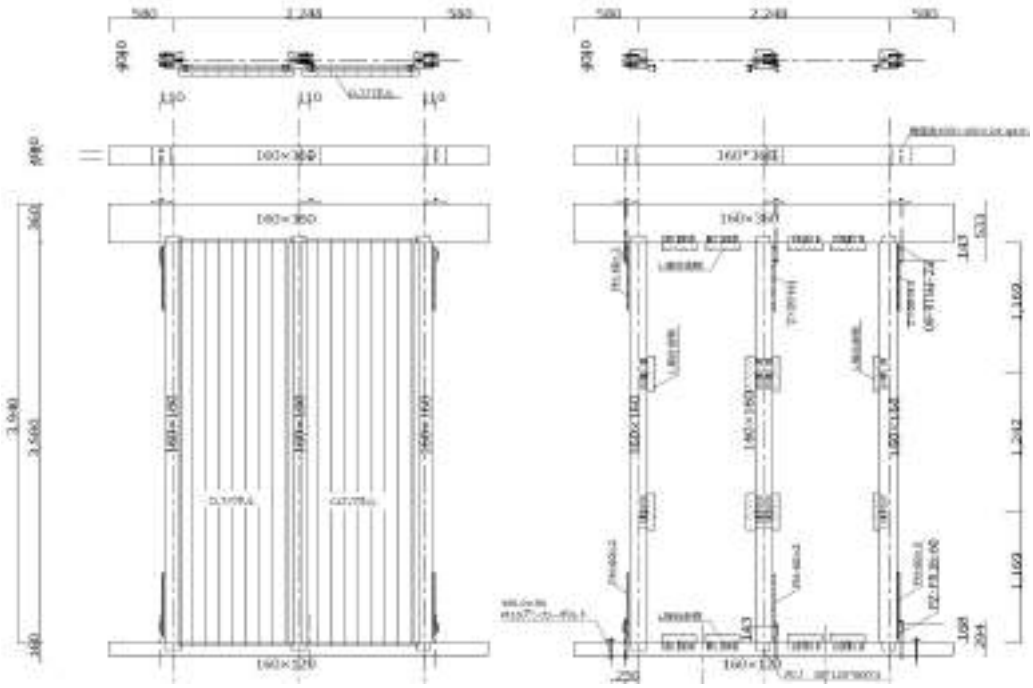
柱頭金物　2x フレックス HD-60(カネシン)　/　柱脚脚金物　2x フレックス HD-60(カネシン)



⑤ PL2-10-B-HD

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個

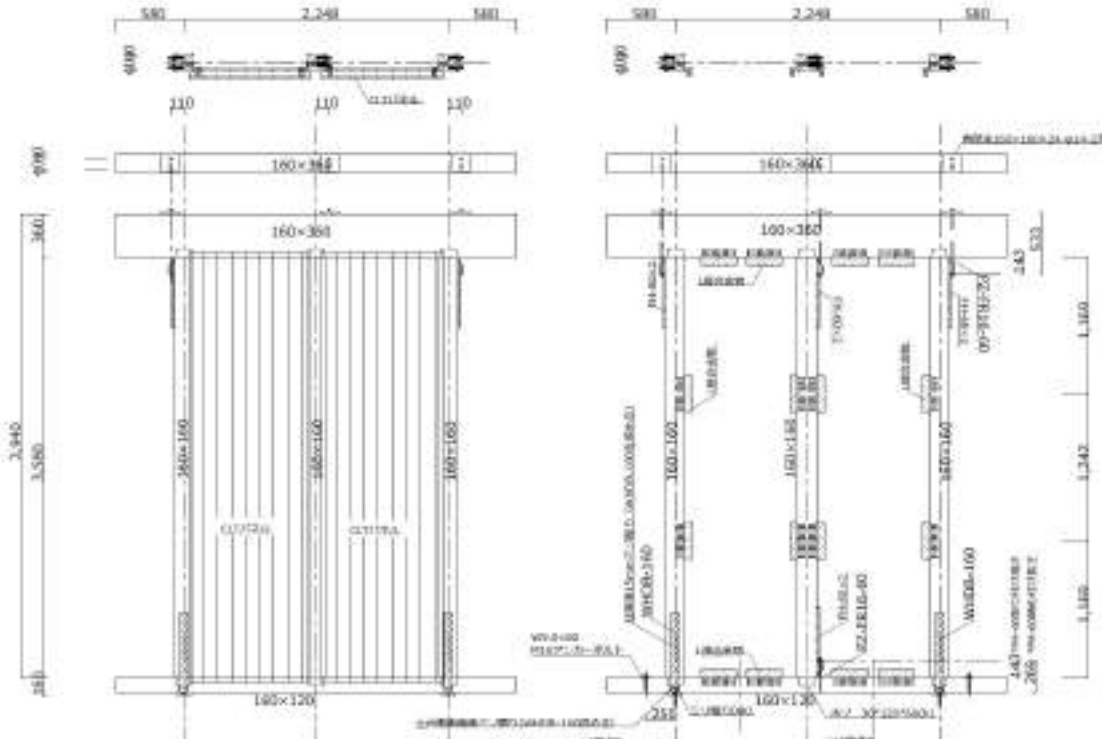
柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 2x フレックス HD-60(カネシン)



⑥ PL2-10-B-JISA

柱-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個

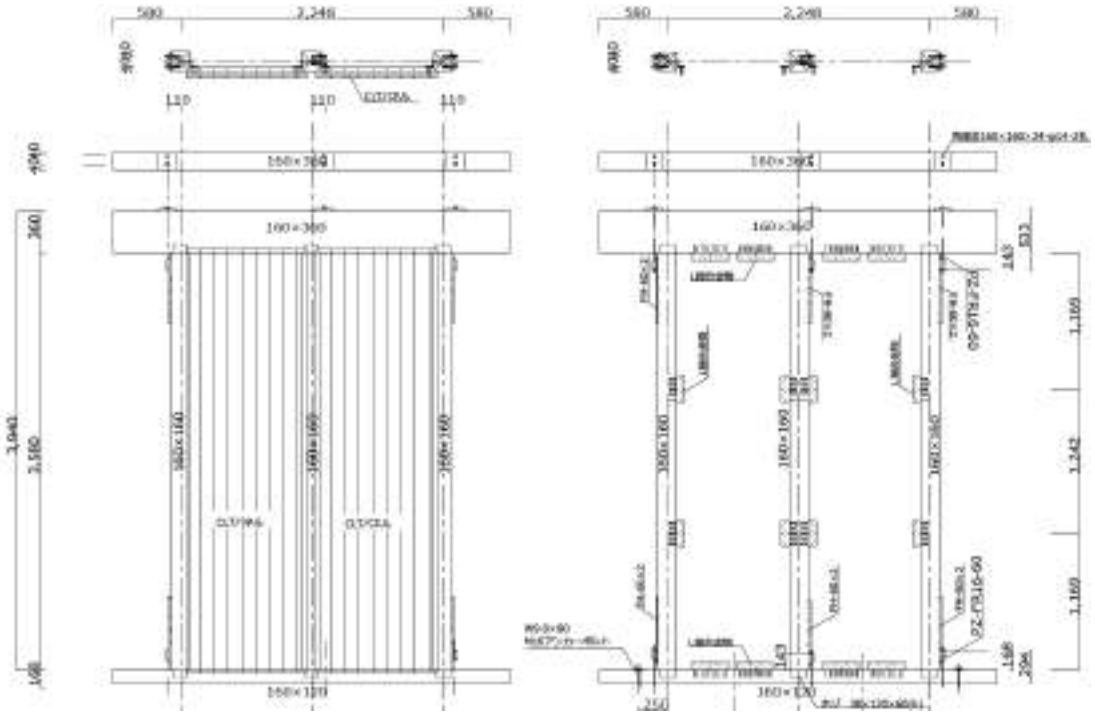
柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 JISA3301 準拠金物



⑦ PL2-7-B-HD

柱-CLT 取り付け金具:ビス 7 本タイプ 2 個 / 土台-CLT 取り付け金具:ビス 10 本タイプ 2 個

柱頭金物 2x フレックス HD-60(カネシン) / 柱脚脚金物 2x フレックス HD-60(カネシン)



(共通)JISA3301 準拠 柱脚金物

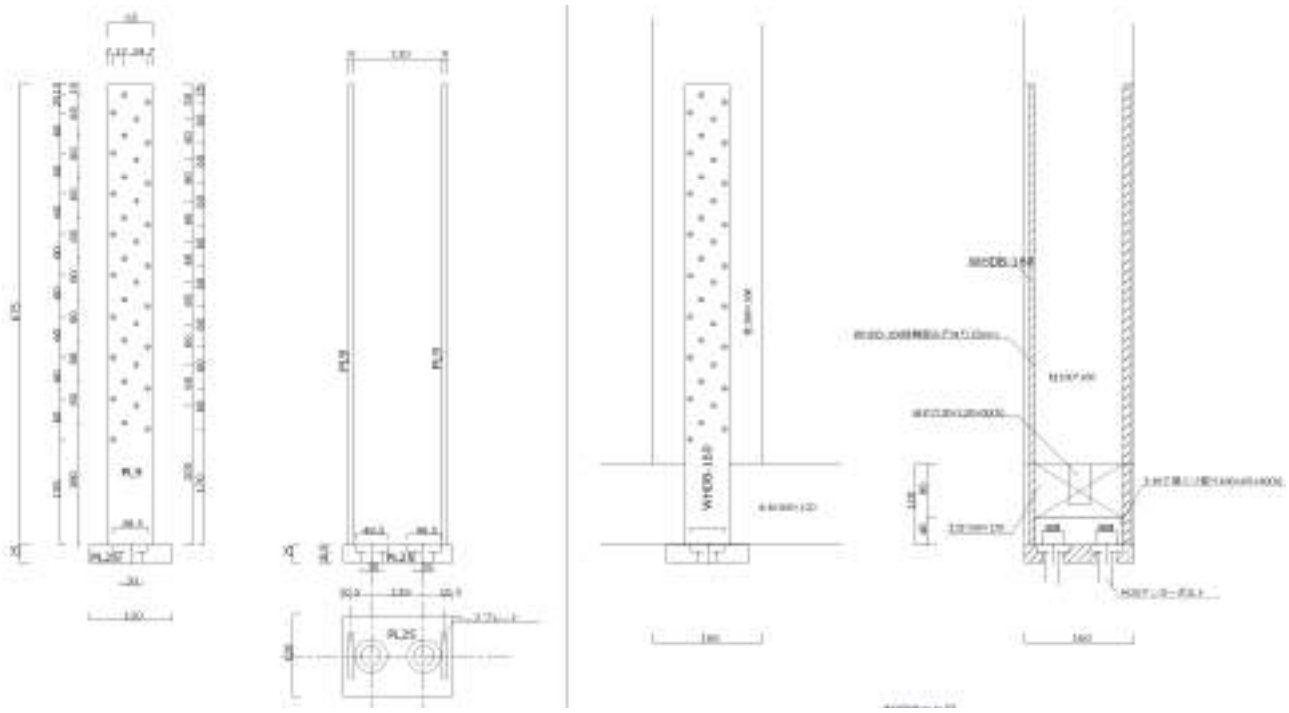


表 3.2.1　試験体の仕様（共通）

項目	試験体仕様
桁	集成材の日本農林規格に規定する構造用集成材 同一等級構成集成材：E105-F345 樹　　種：カラマツ 断面寸法：幅 160mm×高さ 360mm 積 層 面：壁高さ方向に対して積層方向が平行
柱	集成材の日本農林規格に規定する構造用集成材 同一等級構成集成材：E105-F345 樹　　種：カラマツ 断面寸法：160mm×160mm 積 層 面：壁長さ方向に対して積層方向が平行
土台	集成材の日本農林規格に規定する構造用集成材 同一等級構成集成材：E105-F345 樹　　種：ヒノキ 断面寸法：幅 160mm×高さ 120mm 積 層 面：壁高さ方向に対して積層方向が平行
面材	直交集成板の日本農林規格に規定する異等級構成直交集成板 強度等級：M60-3-3（3 層 3 プライ） 樹　種：スギ 寸　法：幅 1034mm×高さ 3650mm×厚さ 90mm ラミナ：A 種 接着剤：レゾルシノール樹脂系接着剤 製　造：株式会社中東

表 3.2.2　接合金物の仕様（ビス 10 本タイプ）

項目	試験体仕様
接合金物	形状：L 形（折り曲げ加工） 規格：JIS G 3101：一般構造用圧延鋼材 材質：SS400 寸法：断面 70mm×70mm　厚さ 3.2mm　長さ 310mm 木ねじ用孔　直径 6.5mm　軸組側 10 個　面材側 10 個 防錆処理：溶融亜鉛めっき処理

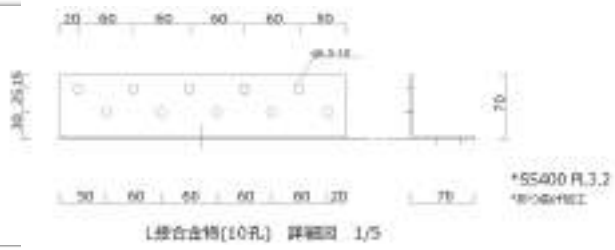
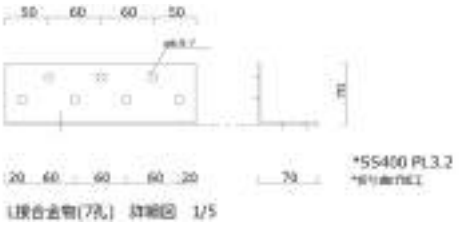


表 3.2.3　接合金物の仕様（ビス 7 本タイプ）

項目	試験体仕様
接合金物	形状：L 形（折り曲げ加工） 規格：JIS G 3101：一般構造用圧延鋼材 材質：SS400 寸法：断面 70mm×70mm　厚さ 3.2mm　長さ 220mm 木ねじ用孔　直径 6.5mm　軸組側 7 個　面材側 7 個 防錆処理：溶融亜鉛めっき処理

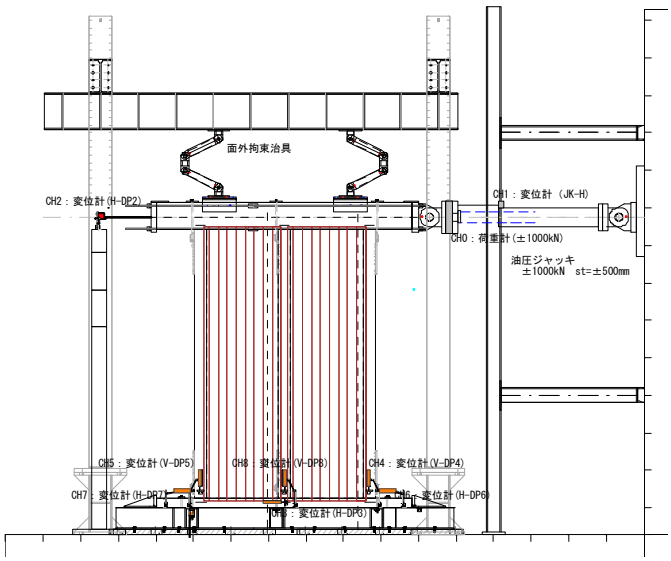


接合具	規格：2 マーク表示金物　四角穴付きタッピンネジ　STS-C65 （(公財)日本住宅・木材技術センター） 長　さ：65mm　　呼び径：6.5mm 頭部径：10.5mm　ねじ部長さ：35mm

3-3　試験方法

試験は，木造の耐力壁及びその倍率 性能試験・評価業務方法書（一般財団法人ベターリビング 平成23 年 12 月 1 日改定）に準拠した．加力スケジュールは，業務方法書に従い，壁高さの 1/450，1/300，1/200，1/150，1/100，1/75，1/50 水平変位で正負 3 回繰り返しを実施した後，1/30 で正負 1 回の繰り返しを行い，正側 1/15(rad)まで加力した．正側 1/15(rad)まで最大荷重に到達しない，もしくは最大荷重の 80%まで耐力が低下しない場合は，負側 1/15（rad）までの加力を行った．

加力方式：柱脚固定式
制御　　：見かけの変形で加力制御
評点距離：高さ H=3580mm、幅 W=2248mm
試験体数：PL5-10-B-JISA x 1 体　PL3-10-B-JISA x 1 体　PL3-10-B-HD x 1 体　PL2D-10-B-HD x 1 体
　　PL2-10-B-HD x 3 体　PL2-10-B-JISA x 3 体　PL2-7-B-HD x 3 体

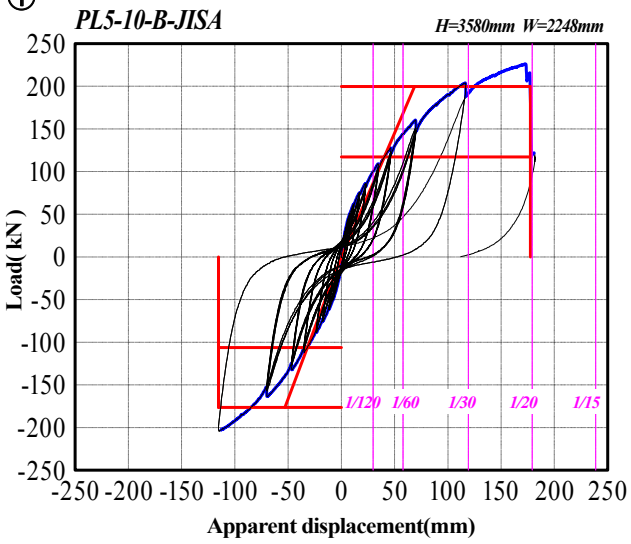


3-4　試験結果

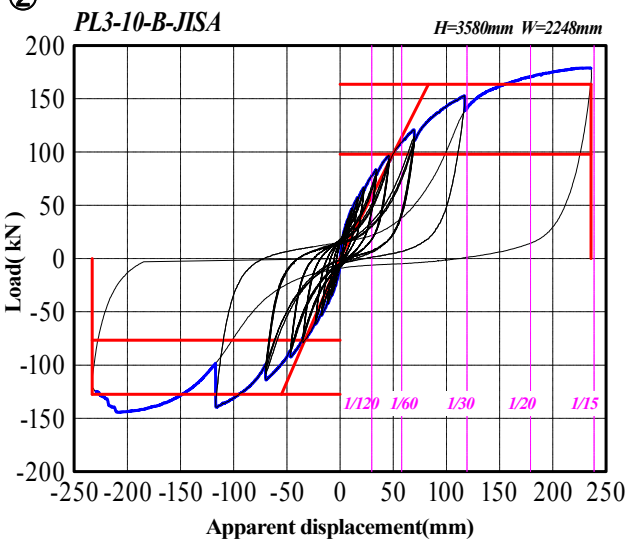
(1) 荷重-変形関係

各 3 体実験を行った⑤～⑦の試験体は、代表して 1 体目の荷重-変形関係を示す。

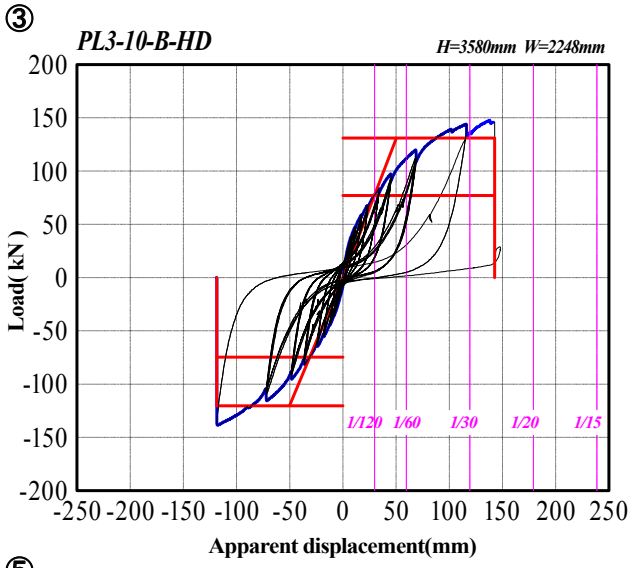
①



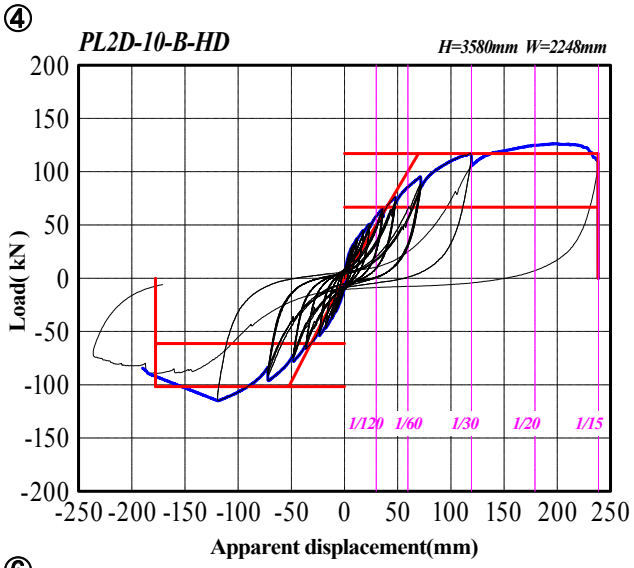
②



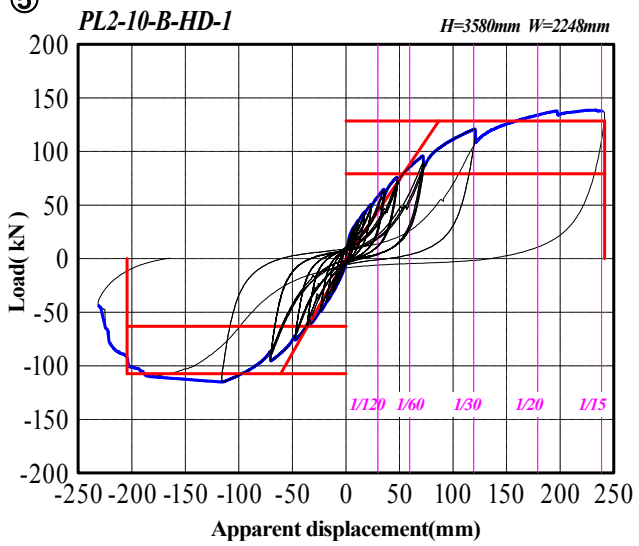
③


PL3-10-B-HD
H=3580mm W=2248mm
Load(kN)
Apparent displacement(mm)
1/120 1/60 1/30 1/20 1/15

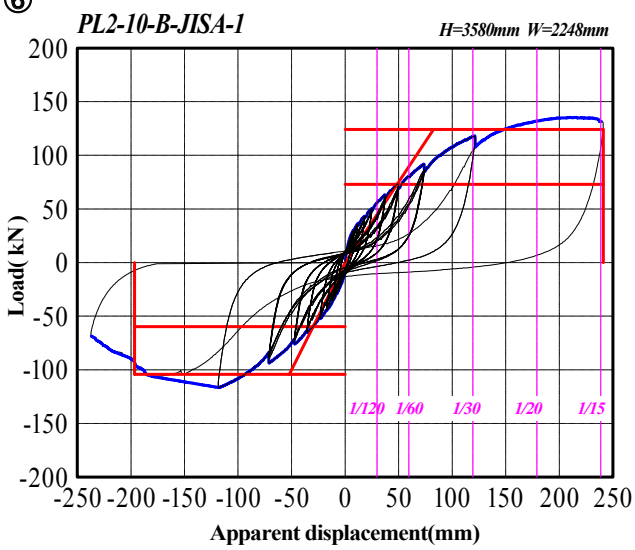
④


PL2D-10-B-HD
H=3580mm W=2248mm
Load(kN)
Apparent displacement(mm)
1/120 1/60 1/30 1/20 1/15

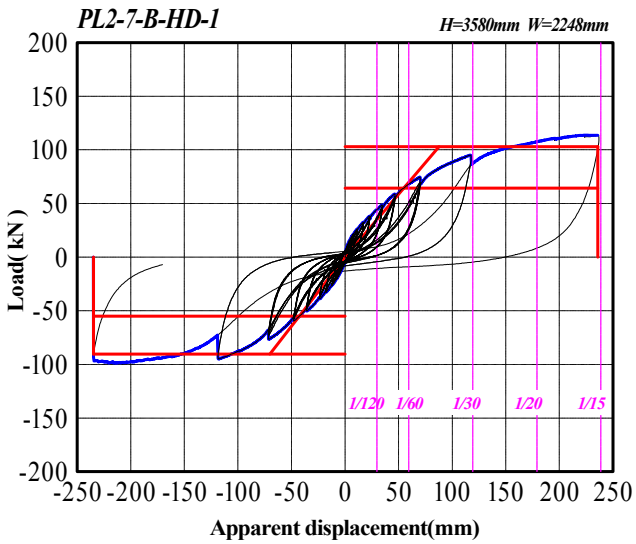
⑤


PL2-10-B-HD-1
H=3580mm W=2248mm
Load(kN)
Apparent displacement(mm)
1/120 1/60 1/30 1/20 1/15

⑥


PL2-10-B-JISA-1
H=3580mm W=2248mm
Load(kN)
Apparent displacement(mm)
1/120 1/60 1/30 1/20 1/15

⑦


PL2-7-B-HD-1
H=3580mm W=2248mm
Load(kN)
Apparent displacement(mm)
1/120 1/60 1/30 1/20 1/15

(2) 破壊状況

試験体記号	破壊状況
① PL5-10-B-JISA	・1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが，L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない． ・1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する．土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめる． ・正側 1/20rad 変形手前で非加力側柱脚部の割裂破壊により，耐力が低下した．
② PL3-10-B-JISA	・1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが，L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない． ・1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する．土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめる． ・1/15rad 変形で CLT パネル回転により，CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め，土台の割れも発生する．柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する．一部木ねじの折損が生じる．
③ PL3-10-B-HD	・1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが，L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない． ・1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する．土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめる． ・1/30rad 正負繰り返し終了後　正側 138mm で，非加力側柱脚部ホールダウン金物の引きボルト M16 及び中柱ホールダウン金物の引きボルト M16 が破断し，耐力が低下した．
④ PL2D-10-B-HD	・1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが，L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない． ・1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する．土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめる． ・1/15rad 変形で CLT パネル回転により，CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め，土台の割れも発生する．柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する．一部木ねじの折損が生じる．
⑤ PL2-10-B-HD	・1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが，L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない． ・1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する．土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめる． ・1/15rad 変形で CLT パネル回転により，CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め，土台の割れも発生する．柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する．一部木ねじの折損が生じる．
⑥ PL2-10-B-JISA	・1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが，L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない． ・1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する．土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめる． ・1/15rad 変形で CLT パネル回転により，CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め，土台の割れも発生する．柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する．一部木ねじの折損が生じる．
⑦ PL2-7-B-HD	・1/50rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と土台軸組の間に多少隙間が生じるが，L 形金物の木ねじには大きな損傷は見られない． ・1/30rad 変形時で CLT パネルの回転により，CLT パネル端部と軸組の間の隙間は増大する．土台に設置した L 形金物が CLT の回転により浮き上がり変形をはじめる． ・1/15rad 変形で CLT パネル回転により，CLT パネルの土台 L 形金物の木ねじが抜け始め，土台の割れも発生する．柱側に取り付けた L 形金物の木ねじ接合部も大きく変形する．一部木ねじの折損が生じる．

主な破壊状況写真

-1/15rad.変形時（⑤試験体）

＋1/15(rad) L 形金物の状況（**⑤試験体**）

＋1/15(rad)ホールダウン金物の状況（⑥試験体）

＋1/15(rad) CLT パネルの回転（⑥試験体）

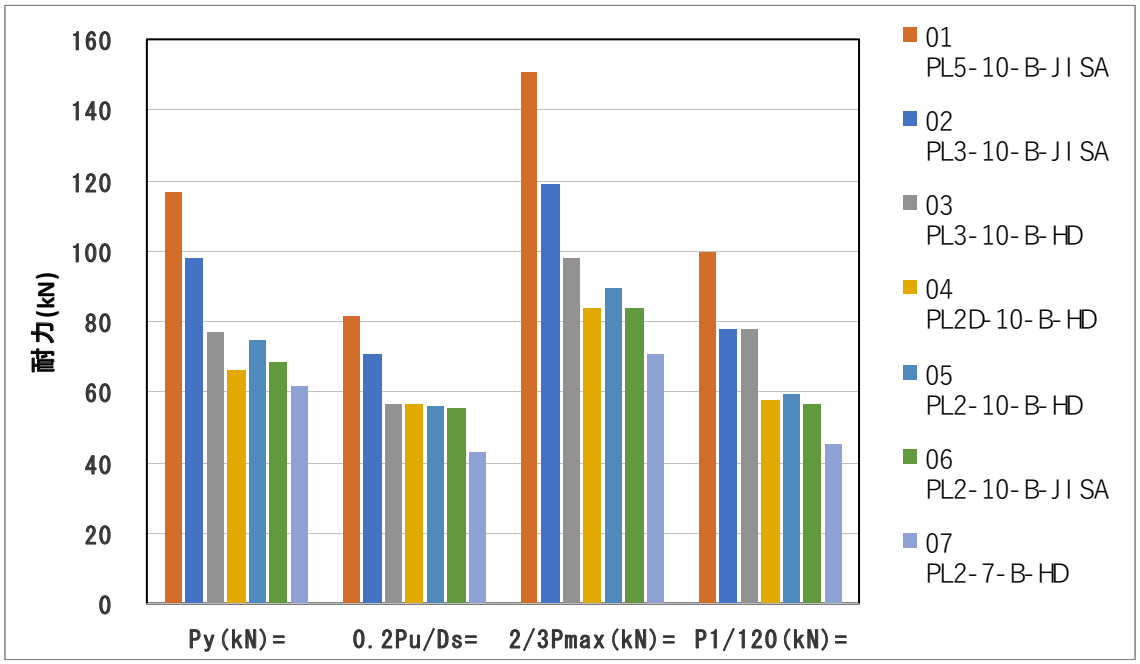
+1/15(rad) L 形金物の状況（⑦試験体）

－1/15(rad)　L 形金物の状況及び土台の亀裂（⑦試験体）

3-5　結果まとめ

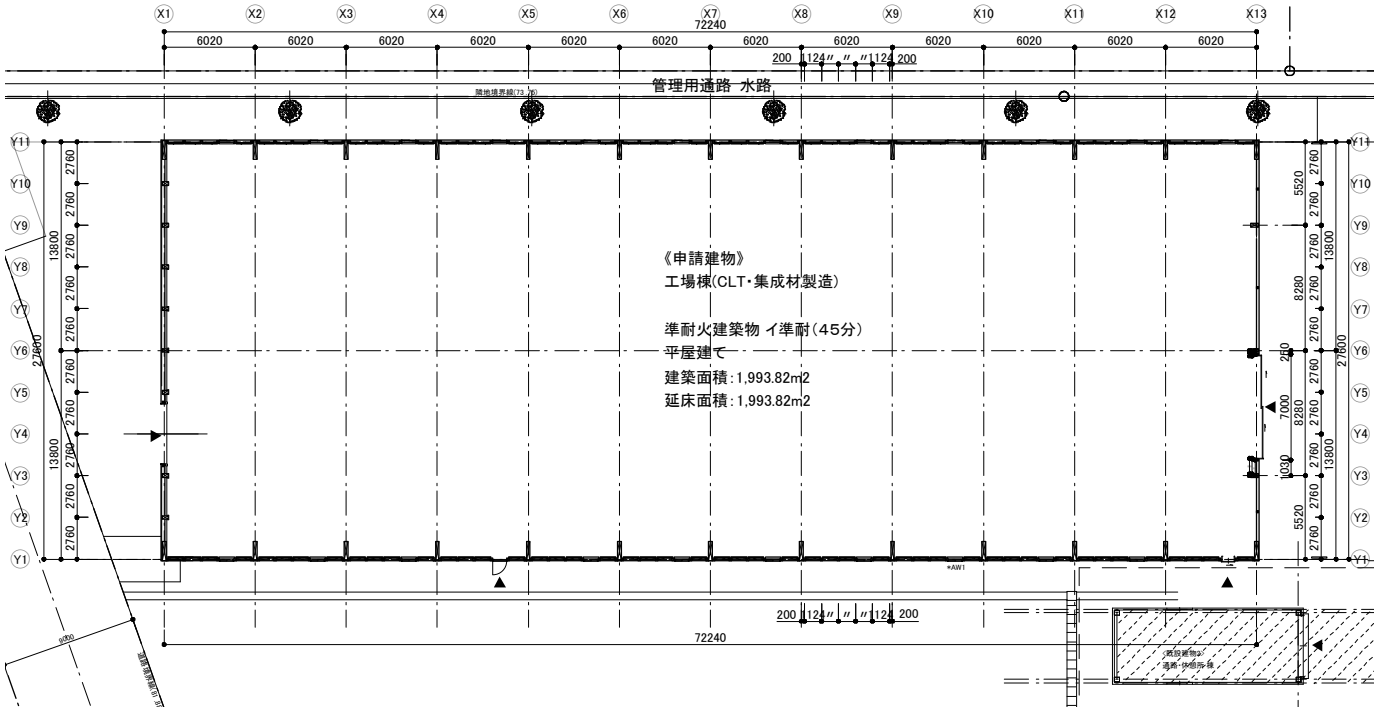
試験体No.05～07の評価耐力は、3体の試験体の結果からばらつき係数を考慮した評価値(50%下限値)。その他の数値は、3体の平均値。

	01 PL5-10-B-JISA	02 PL3-10-B-JISA	03 PL3-10-B-HD	04 PL2D-10-B-HD	05 PL2-10-B-HD	06 PL2-10-B-JISA	07 PL2-7-B-HD
Py(kN)=	117.14	97.90	77.09	66.53	74.72	68.63	61.58
Dy(mm)=	40.36	49.67	29.55	39.47	46.34	43.11	50.72
K(kN/mm)=	2.90	1.97	2.61	-1.69	1.66	1.63	1.24
Pu(kN)=	199.65	163.61	130.97	116.99	122.43	116.17	97.83
Du(mm)=	177.53	235.90	142.64	238.40	239.29	239.88	237.00
μ=	2.58	2.84	2.84	3.43	3.21	3.31	2.97
Ds=	0.490	0.462	0.462	0.413	0.43	0.43	0.45
0.2Pu/Ds=	81.49	70.83	56.70	56.65	56.19	55.33	42.92
2/3Pmax(kN)=	150.71	119.26	98.39	84.19	89.63	84.11	70.92
Pmax(kN)=	226.06	178.89	147.59	126.28	134.44	126.16	106.38
Dmax(mm)=	172.00	231.29	138.10	198.73	223.96	212.42	212.22
P1/300(kN)=	61.45	47.62	47.26	36.25	35.15	33.49	26.80
P1/200(kN)=	74.20	58.16	58.13	42.87	42.79	41.70	33.11
P1/150(kN)=	85.31	67.21	65.99	50.98	50.01	49.04	38.48
P1/120(kN)=	100.04	77.85	77.60	58.08	59.37	56.46	45.17
P1/60(kN)=	146.75	111.15	111.94	85.60	87.00	82.19	67.95
min(①②③④) (kN)=	81.49	70.83	56.70	56.65	56.19	55.33	42.92
L(m)=	2.248	2.248	2.248	2.248	2.248	2.248	2.248
P0(kN/m)=	36.25	31.5×α	25.2×α	25.2×α	25.0×α	24.6×α	19.1×α
倍率	18.4×α	16.0×α	12.8×α	12.8×α	12.7×α	12.5×α	9.7×α

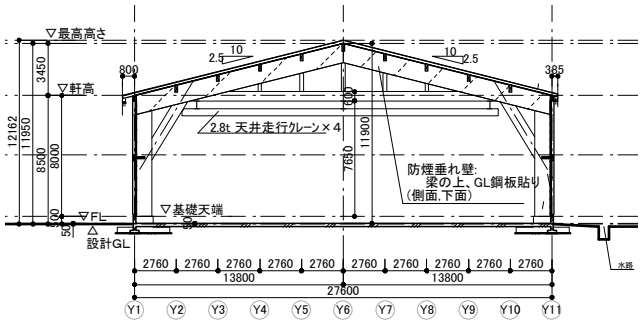


設計で用いたものは、⑤PL2-10-BHD。①試験体では、1/20rad.付近で柱脚金物部分で割裂破壊が生じ急激な耐力低下を生じたこと、②試験体では耐力が大きかったため、設計において柱脚金物が過大になりすぎる事などから除外した。

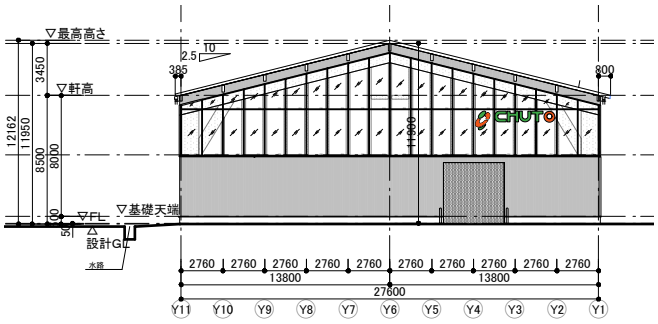
「成果物４」図面および写真集



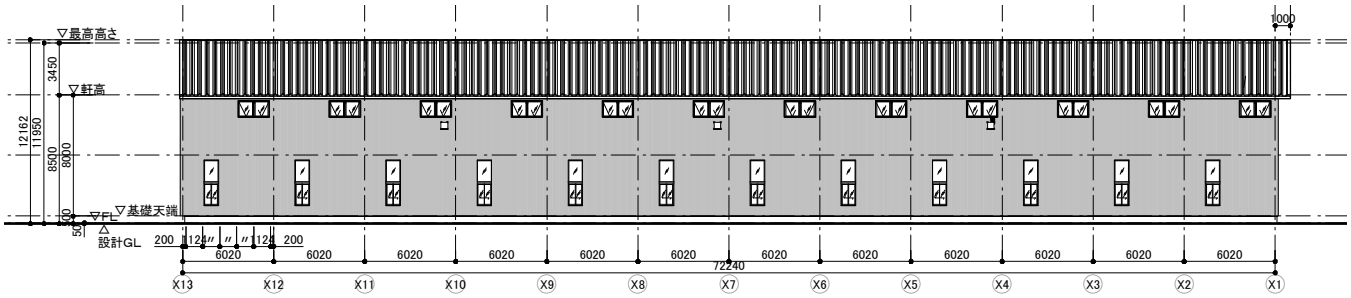
平面図　S=1/500



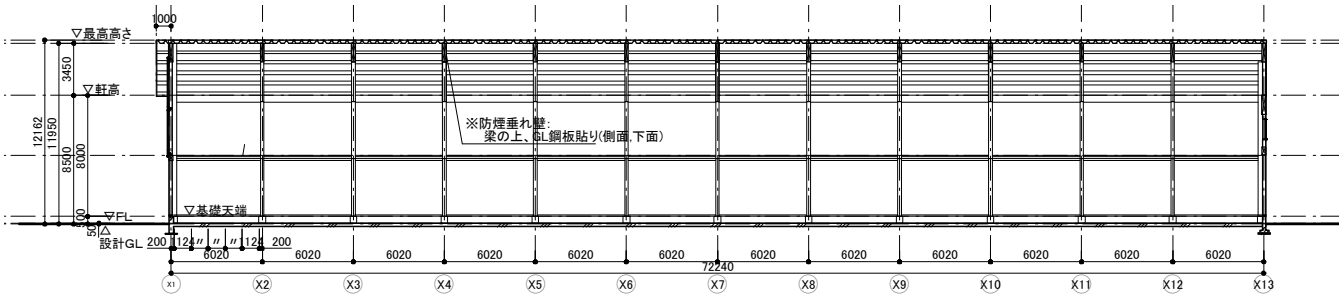
断面図　S=1/500



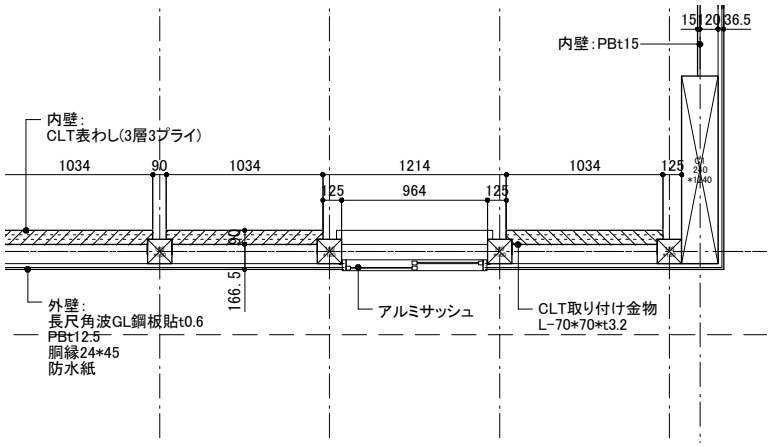
立面図　S=1/500



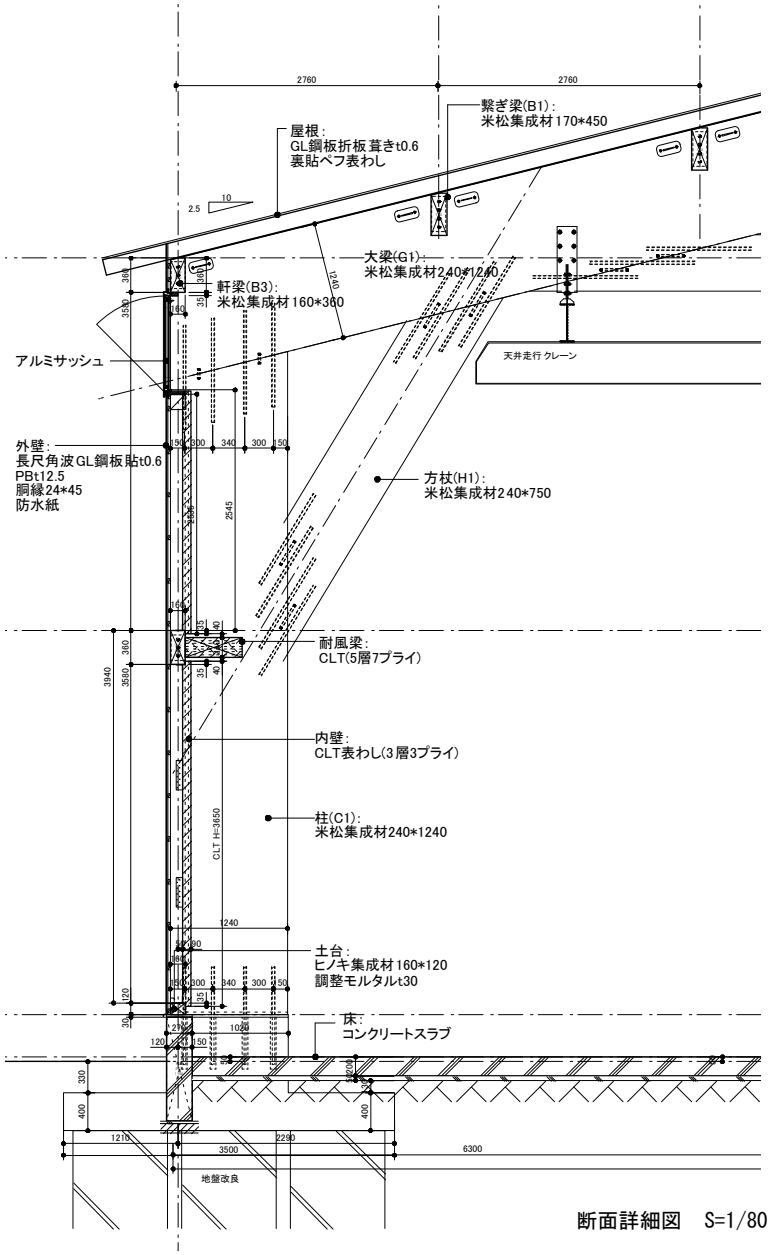
立面図　S=1/500



断面図　S=1/500



平面詳細図　S=1/50



断面詳細図　S=1/80

1．柱・梁フレームをたて込む。CLT取り付け前に精度管理を行う

2．CLTパネルを取り付ける。内部足場は用いない

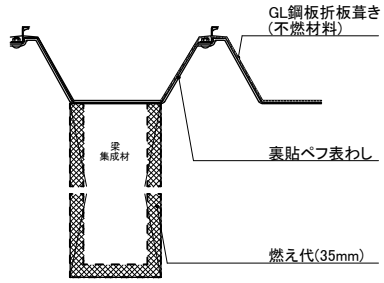
3．外壁側からCLT取り付け金物を施工する

4．内観の様子。大梁を板金で巻き、防煙取れ壁とする

［成果物５］設計に用いた部材のディテールをまとめた構造・防耐火図集

屋根：30分耐火
梁(表わし)：45分準耐火

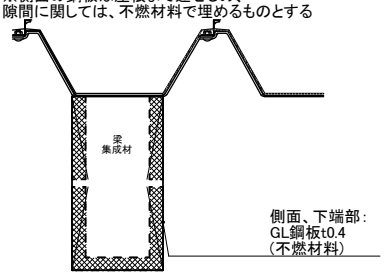
耐火構造認定 <FP030RF-0290>
燃え代 ［H12年建告第1358号第4-二-イ～ハ］



防煙壁

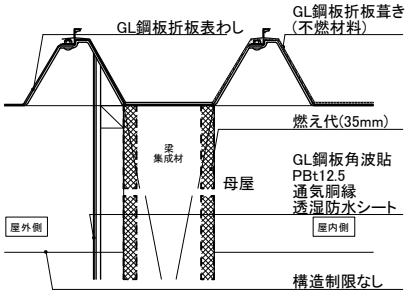
防煙壁
［令第126条の2 ・H12年建告1400号十］

※側面の鋼板は屋根まで達せしめ、
隙間に関しては、不燃材料で埋めるものとする



軒裏：構造制限なし

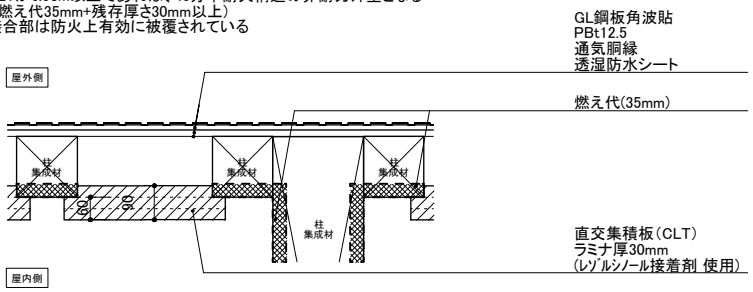
［令第110条第1-ロ］
外壁により小屋裏・天井裏と有効に遮られたものは構造制限なし



外壁(屋内側_CLT)：45分準耐火構造
柱(表わし)：45分準耐火構造

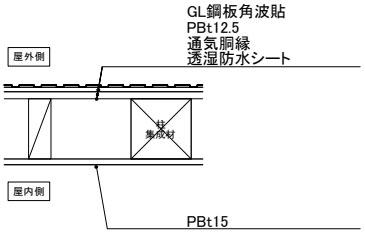
CLTの基準 ［H12年建告第1358号第1-五-ヘ、H27建告253号第1-四-ニ ※H28建告563号による改訂］
燃え代 ［H12年建告第1358号第2-三-イ～ハ］

※CLTは鉛直力を支持しないため、非耐力壁となる
※CLTが6.5cm以上であれば、45分準耐火構造の非耐力外壁となる
（燃え代35mm+残存厚さ30mm以上）
※接合部は防火上有効に被覆されている



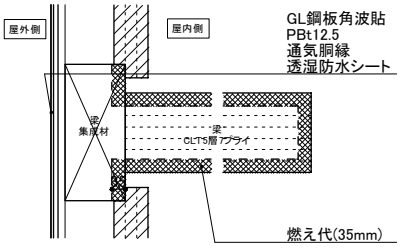
外壁(屋内側_石膏ボード)：45分準耐火構造
柱(被覆)：45分準耐火構造

防火被覆
［H12年建告1358号第1-三-ロ-(1)、
第1-一-ハ-(1)-(i)］



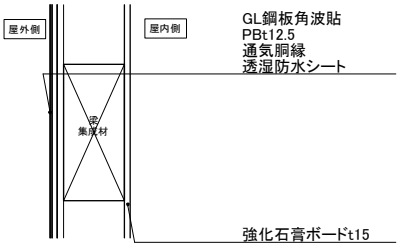
梁(表わし)：45分準耐火

燃え代
［H12年建告第1358号第4-三-イ～ニ］



梁(被覆)：45分準耐火

防火被覆
［H12年建告第1358号第4-二］



２．８　松栄建設（株）／（一社）YUCACO システム研究会

1.　建築物の仕様一覧

事業名			松栄建設本社・高性能CLTオフィス建築の実証事業
実施者（担当者）			松栄建設株式会社／（一社）YUCACOシステム研究会
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		福井県坂井市
	構造・工法		CLT工法、在来軸組工法
	階数		2
	高さ（m）		7.75
	軒高（m）		6.95
	敷地面積（㎡）		1976.08
	建築面積（㎡）		204
	延べ面積（㎡）		408
	階別面積	１階	204
		２階	204
		３階	0
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量133.00㎥、建築物使用量119.00㎥
	壁パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	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	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：WW　梁：WW
	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		23.51㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	ﾊｾﾞ式折版葺き　ｔ＝0.8　山高170　水勾配1/100
		外壁	防火サイディング(ｱ)14、ニュー角波鉄板張り
		開口部	アルミサッシ＋三層複層ガラス（Low-E、断熱ガス、日射遮蔽型、中空層幅16mm）
	主な内部仕上	界壁	
		間仕切り壁	下地45mm　PB12.5m クロス貼
		床	下地30mm＋構造用合板(ｱ)12＋タイルカーペット敷き(ｱ)6
		天井	軽天下地＋ジプトーン9.5
構造	構造計算ルート		保有水平耐力計算(ルート3)、許容応力度計算(ルート1)
	接合方法		ビス接合＋U字金物
	最大スパン		6m
	問題点・課題とその解決策		告示金物の量が多い為、建て方後のビス打ちに時間がかかる。 長尺スクリューの方が後施工が省ける為、施工性が良い
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		
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届け出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		CLTパネル同士の接合部における隙間の処理としてテープ処理を施工
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	硬質ウレタンフォームA種3(ｱ)200mm
		外壁	高性能・押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種・40mm
		床	硬質ウレタンフォームA種3(ｱ)50mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		
	建て方における課題と解決策		土台伏せ時のレベル調整
	給排水・電気配線設置上の工夫		
	劣化対策		
工程	設計期間		H29.1月～9月（9カ月）
	施工期間		H29.10月～H30.1月（3ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	H29.11月初旬～中旬（1週間）
	竣工（予定）年月日		平成30年1月22日
体制	発注者		松栄建設㈱
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		M.A.建築設計事務所
	構造設計者		㈱日本システム設計
	施工者		㈱ＳＲ
	ＣＬＴ供給者		㈱中東、山佐木材㈱
	ラミナ供給者		中西木材㈱　福井県産材

実証事業名： 松栄建設本社・高性能ＣＬＴオフィス建築の実証事業
実施者／協議会運営者または担当者：松栄建設（株）／（一社）YUCACO システム研究会

１．実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		福井県坂井市		
構造・工法		ＣＬＴ工法（一部、木造軸組工法）		
階数		２		
高さ（m）		7.75	軒高（m）	6.95
敷地面積（㎡）		1976.08	建築面積（㎡）	204.00
階別面積（㎡）	１階	204.00	延べ面積（㎡）	408.00
	２階	204.00		
	３階	－		
CLT 採用部位		外壁、間仕切壁、2 階床、屋根		
CLT 使用量（㎥）		加工前製品量 133 ㎥、加工後建築物使用量 119 ㎥		
CLT を除く木材使用量（㎥）		24 ㎥		
CLT の仕様	（部位）	（寸法／ラミナ構成／強度区分／樹種）		
	壁	150mm 厚/5 層 5 プライ/ S60/スギ		
	床	210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60/スギ		
	屋根	150mm 厚/5 層 5 プライ/S60/スギ		
設計期間		H29.1 月～9 月（9 ヵ月）		
施工期間		H29.10 月～H30.1 月（3 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		H29.11 月（7 日間）		
竣工（予定）年月日		H30 年 1 月 22 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

CLT 建築を促進するためには、CLT 建築の設計・施工において現代社会のニーズに応えられる技術向上が必須である。現代社会のニーズとは、様々な災害に対する安全性の確保、地球温暖化防止のための「省エネ性」・「創エネ性」・「木材利用」・「耐久性」などに対する取り組み、さらには、機能性・快適性の確保や合理的な施工によるコスト縮減などであり、一言でいえば「高性能化」や「高度化」と言われるものと考えられる。こうした様々な高性能化や高度化を一挙に成し遂げることは難しいが、本実証事業においては、高性能化に関わる技術開発として、構造分野では「CLT 建築における長尺スクリュー接合仕様の開発と評価」を、環境分野では「断熱・気密性能の評価と全館空調システムの性能検証」を取り上げ、CLT 建築の普及・促進に資することを目的とした。課題は、以下の４つである。
①長尺スクリュー接合仕様の試験と構造設計ルートの確立：CLT の施工は、現行の建築基準法告示においてはＵ字又はＬ字金物などが主体となっている（いわゆる「告示金物工法」）

が、ＥＵ等では改良が進み、スクリューや簡易型接合金物を用いたより簡単な施工に移行し、施工の合理化と省力化が実現している。それゆえ、本事業では、長尺スクリュー接合仕様について、建築基準法・告示に応じた接合部バネ特性を試験によって把握し、告示に従った構造設計を行って実際に建物を建設し、告示に従った構造設計ルートを確立する。
②長尺スクリュー接合工法の施工性評価：CLT 長尺スクリュー接合工法（A 棟）、及び、CLT 告示金物工法（B 棟）を用いて実際に建物を建設し、両者の施工性について比較・評価を行い、長尺スクリュー接合工法の省力性・合理性などを調べる。
③CLT 建築の断熱・気密性能の測定評価：CLT 建築は、木質のパネル工法であるので断熱・気密性能の点では有利であると考えられている。しかし、日本においてはまだ測定評価を行った事例はないので、ここで実測を行って断熱・気密を確認し、課題があれば示す。
④高性能オフィスに最適な全館空調システムの導入とその性能検証：高断熱の CLT 小規模オフィスは日本では類例がなく、その空調システムについてはどのようなものが適しているか、検討はされていない。省エネ性能が高く妥当なコストの空調システムとして、本実証事業では床チャンバー方式の全館空調システムを導入し、その性能検証を行う。

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

【設計】M．A．建築設計事務所：由比浩夫
【構造設計】㈱日本システム設計：三宅辰哉
【施工】㈱ＳＲ：小角裕一
【CLT 製造】㈱中東、山佐木材㈱　　【長尺スクリューの金物提供】若井産業㈱
【性能検証】（一社）YUCACO システム研究会、松栄建設(株)

４．課題解決の方法と実施工程

＜協議会の開催＞
H29.1.23：第 1 回開催、プラン計画、全体計画の打合せ
3.27：第 2 回開催、プラン、試験体案・加工構成の確認、全体スケジュール確認
4.25：第 3 回開催、プラン確認、試験体 C 案に決定
4.28：第 4 回開催、平面プラン決定、計算ルートの確認、 試験のスケジュール、試験体加工構成確認
6.23：第 5 回開催、全体スケジュールの確認、意匠図・構造図の照合
8.21：第 6 回開催、実施設計進捗確認、確認申請機関に事前相談
10.10：第 7 回開催、工事進捗確認
11.13：第 8 回開催、工事進捗確認
＜設計＞
H29. 1～6 月：基本設計、架構構成　　7～8 月：実施設計
8.31：適合判定事前提出　9.20：建築確認申請提出　9.29：適合判定申請書提出
＜施工＞
H29.3.30:工事契約　10 月:地盤改良・基礎工事　11～12 月:本体工事　12 月:設備工事
＜接合部試験＞

H29. 5～7 月：接合部圧縮試験、引張り試験、せん断試験、認証の取得

＜温熱関係の性能確認＞

H30.1 月～2 月：気密性能・断熱性能の測定　　H30.2 月～：全館空調システムの性能測定

５．得られた実証データ等の詳細

①長尺スクリュー接合仕様の試験は 17 ケース行い、告示ルート３の構造設計において必要となる接合部バネなどを設定した。試験結果の一例を図１に示す。

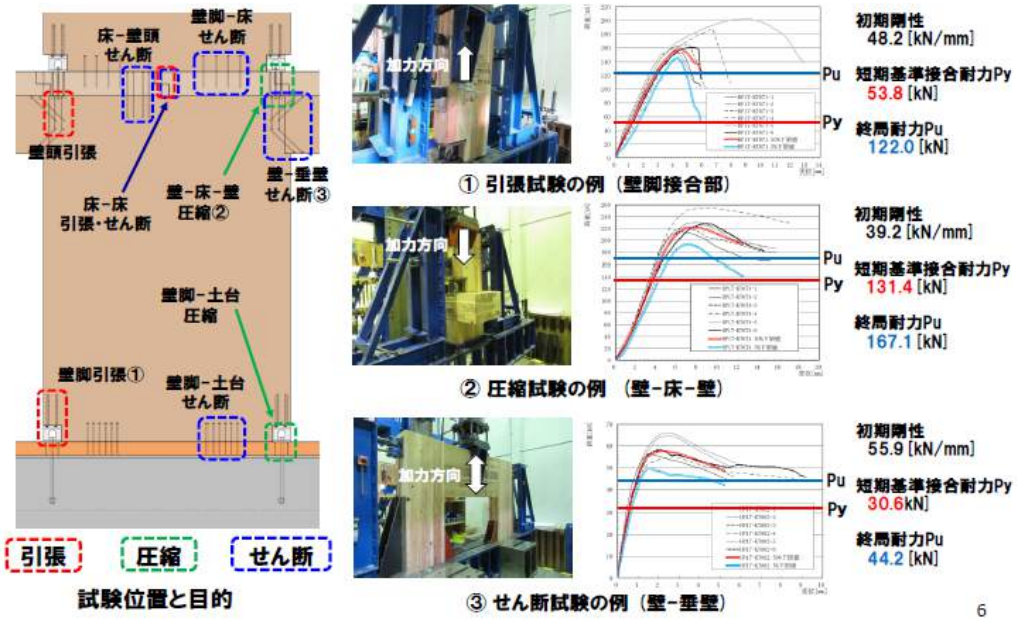


図１　長尺スクリュー接合仕様の接合部試験の一例

②本事業における CLT 建物の建設工事の経験から、長尺スクリュー接合工法（A 棟）は、告示金物工法（B 棟）と比較して、接合仕様の材料費がやや安く、且つ、CLT の建入れ時の調整が容易であり、上棟後にビス打ちが不要であるなどの利点を有していることが分かった。また、上棟のための施工時間は両者ともそれほど差がないことも確認できた。

③本実証事業で建設した高断熱の CLT 建築の全体の気密性能を実測した。実測された C 値（床面積あたりの相当隙間面積）は 2.3c ㎡/㎡であった。また、断熱性能については、U_A 値（外皮の平均熱貫流率）の設計値は 0.322W/(㎡･K)、実測値は 0.31W/(㎡･K)であった。両者の実測において取得したデータを図２と図３に示す。また、建物全体の熱画像写真を

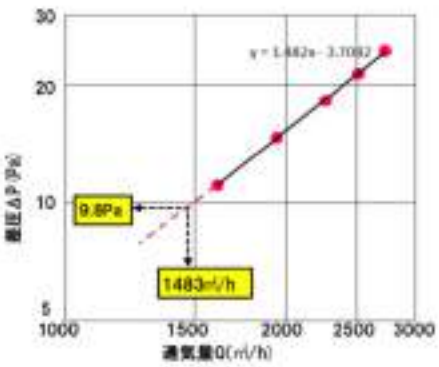


図２　気密性能の実測でのデータ

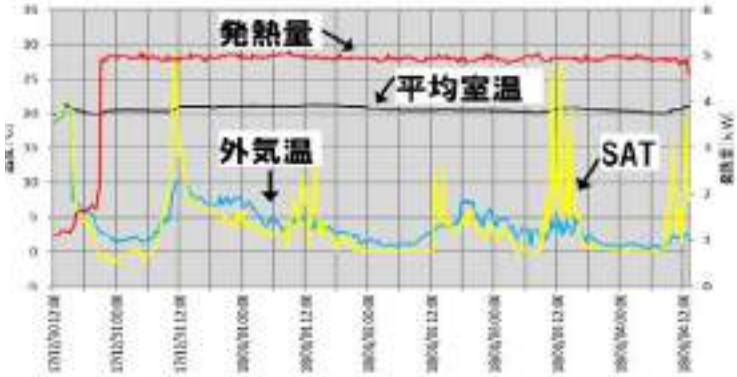


図３　断熱性能の実測でのデータ

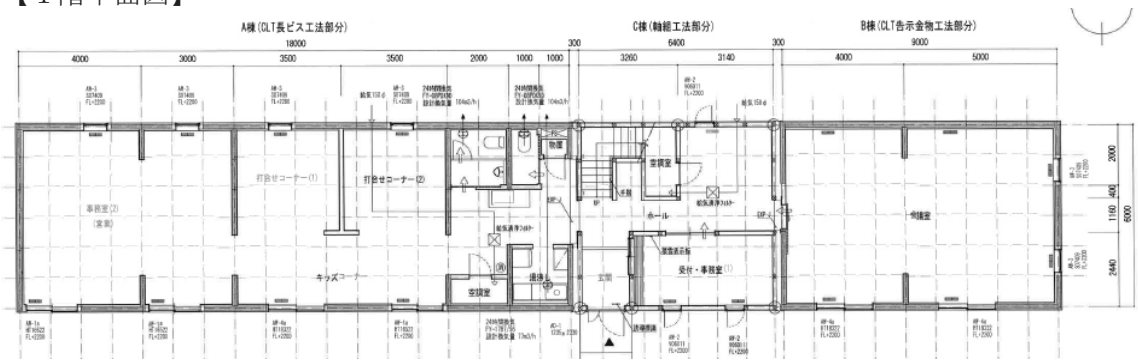
撮り、熱漏れがないか確認した。また、外皮の熱画像写真から U_A 値を実測した。
④高性能オフィスに最適な全館空調システム(YUCACO システム)の導入し、その性能検証を行うとともに、年間のエネルギー消費と室内環境の実測に着手した。

６．本実証により得られた成果

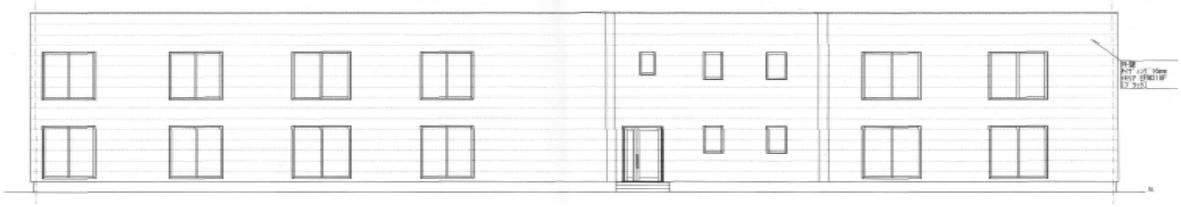
①長尺スクリュー接合仕様の接合部試験を行い、建築基準法・告示に従った構造設計計算に必要な接合部バネのデータを取得すると共に､それらを使用して３次元応力解析を行い、長尺スクリュー接合仕様に対する構造設計ルートを確立した。
②長尺スクリュー接合工法及び告示金物工法を用いて建物を建設し、長尺スクリュー接合工法の施工性は、告示金物工法よりやや優れていることを確認した。
③CLT 建築の気密性能を実測し、CLT の工法自体には大きな問題はないことを確認した。断熱性能についても Q 値の実測を行い、実測値と設計値（計算値）がほぼ一致しており、CLT 建築においても高断熱化は問題がないことが実証された。
④高性能オフィスに最適な全館空調システムの導入し、その性能検証を行い、設計通りの性能が発揮されていることを確認した。省エネルギー性能については平成 31 年 2 月まで実測を行い評価する予定である。

７．建築物の平面図・立面図・写真等

【１階平面図】

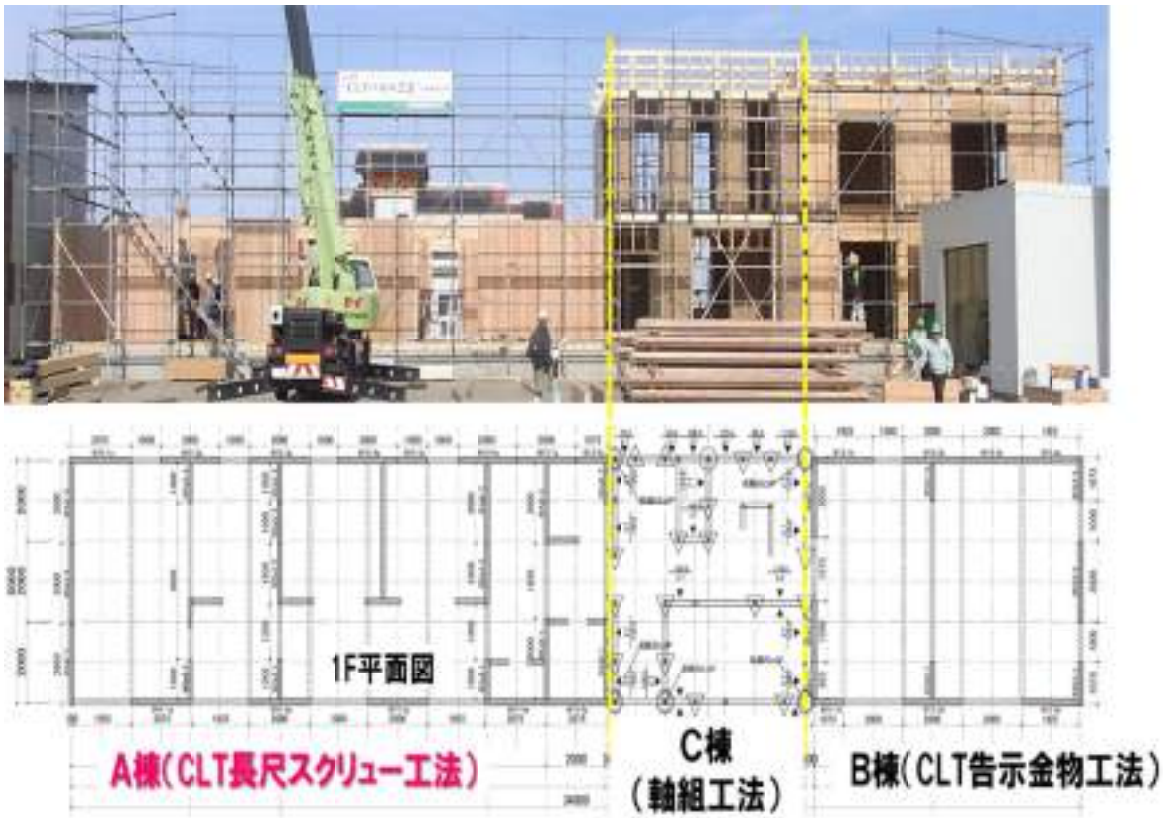


【南面の立面図】



【南面全景写真】

1：長尺スクリュー接合仕様試験、構造計算ルートの確立



・この建物は構造・工法が異なる３つの棟に分かれて建設。
　Ａ棟：CLT 長尺スクリュー工法
　Ｂ棟：CLT 告示金物工法
　Ｃ棟：在来軸組工法
　黄色の破線が各棟の境界を示す。
　各工法の堺はエキスパンションジョイント。

・設計ルート
　Ａ棟(CLT 長尺スクリュー工法)：ルート３
　Ｂ棟(CLT 告示金物工法)　　：ルート１
　Ｃ棟(在来軸組工法)　　：ルート１

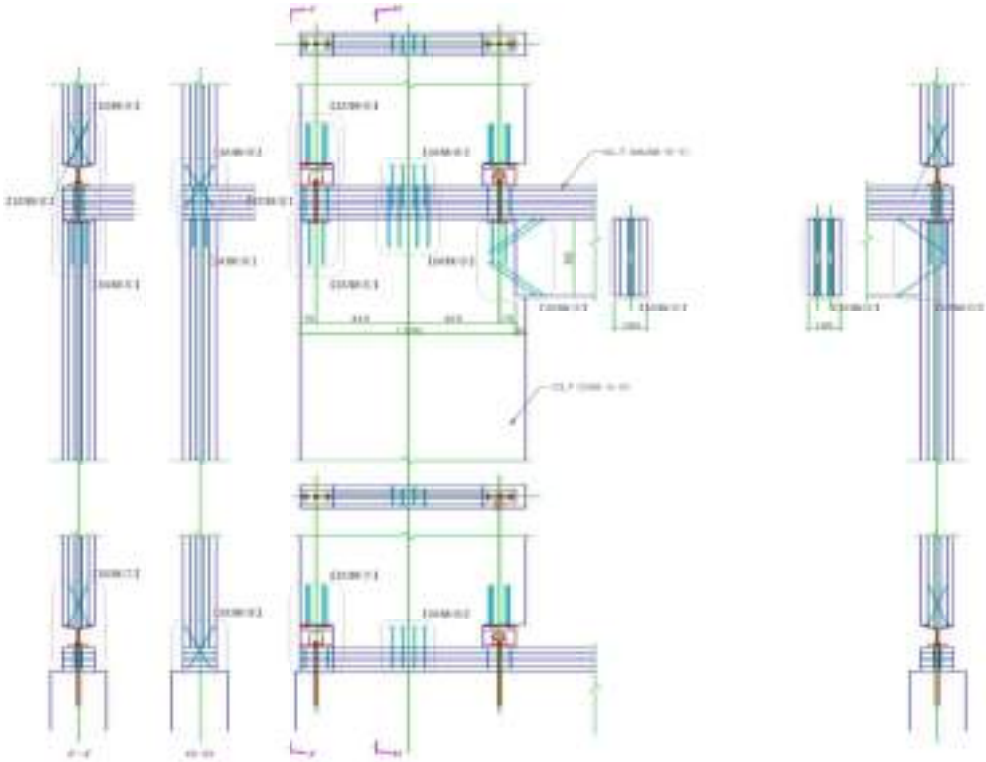
・基礎
　全て一体でルート３で設計

・C 棟は、CLT で建てた A 棟と B 棟の間の緩衝躯体として想定して建てたもので、施工中の予期せぬ事態を避ける為。

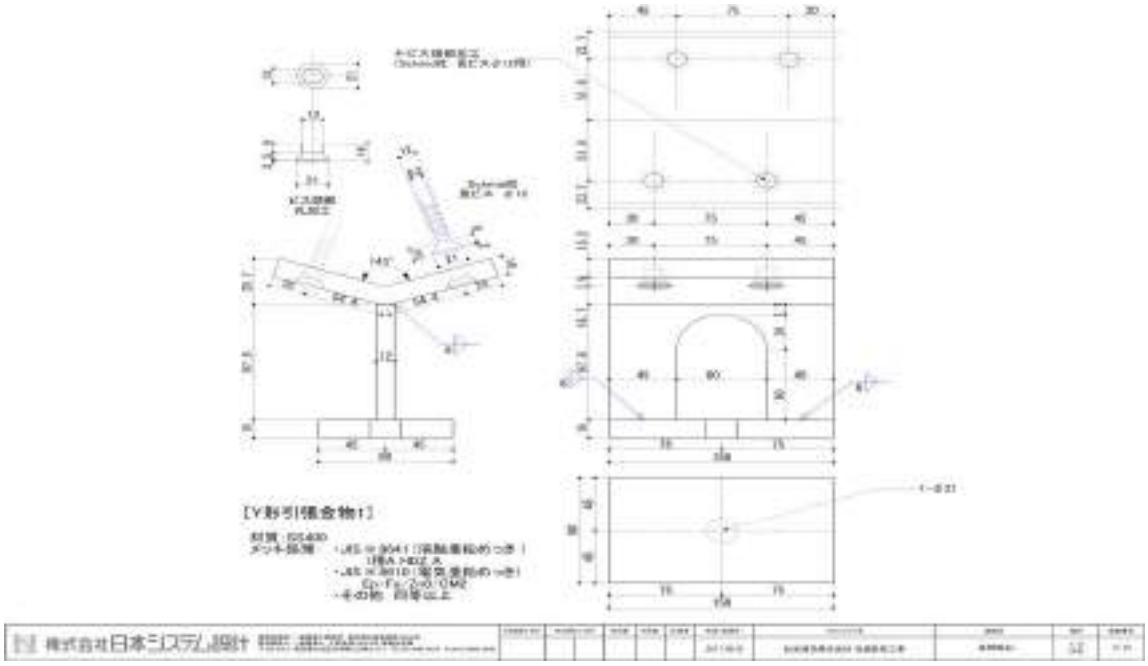
接合試験

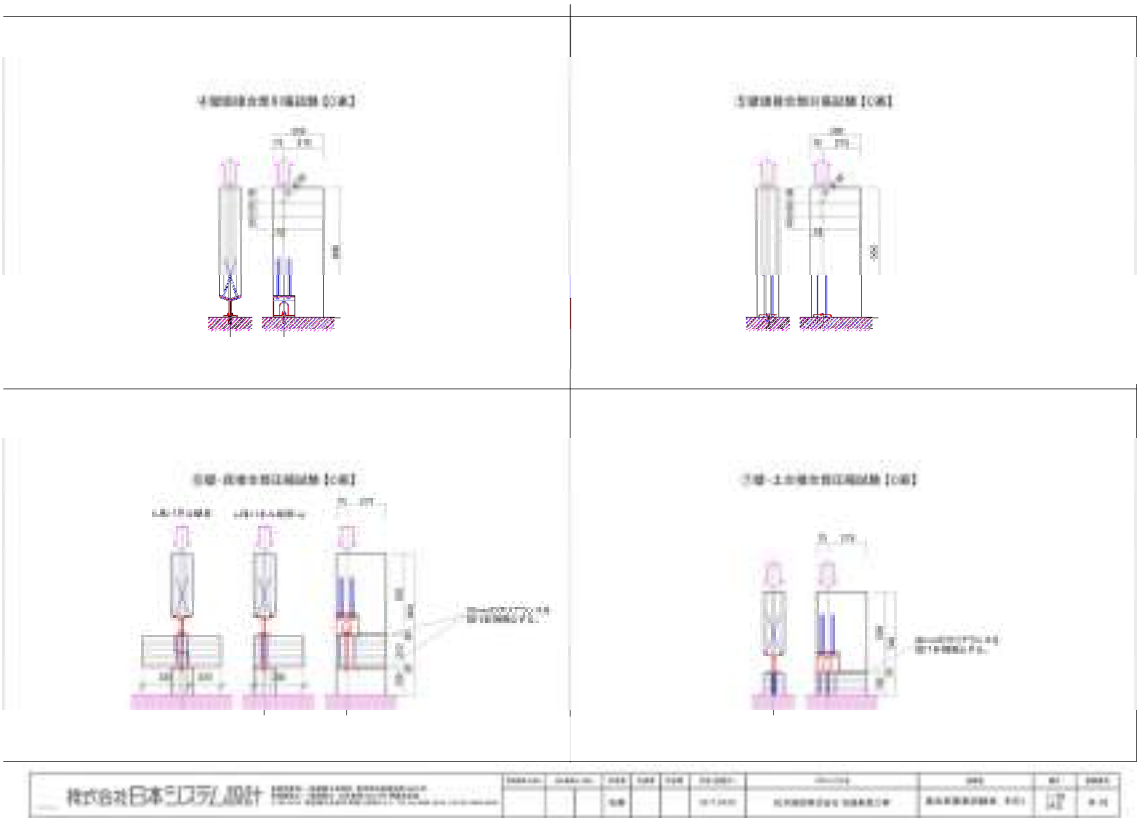
・試験場所：ハウスプラス確認検査

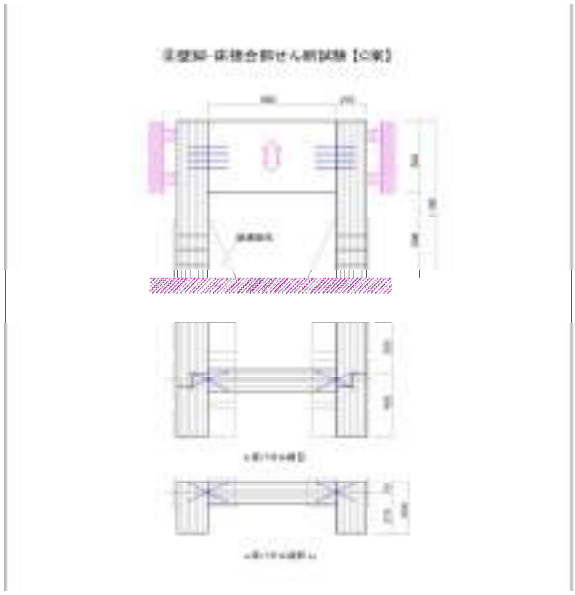
・試験期間：H29/5/22～H296/23

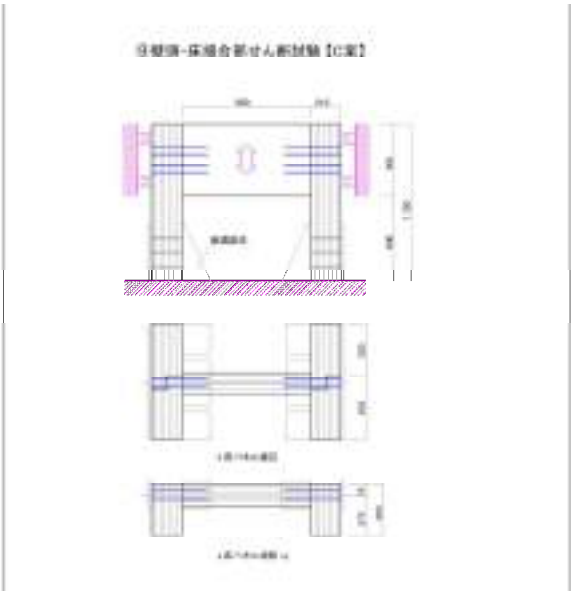


Ｙ字金物詳細図

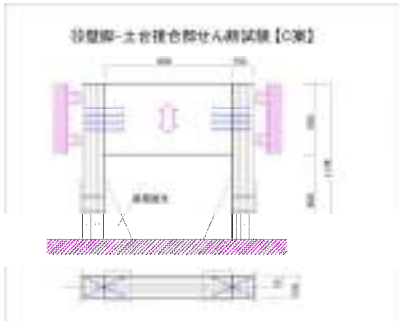


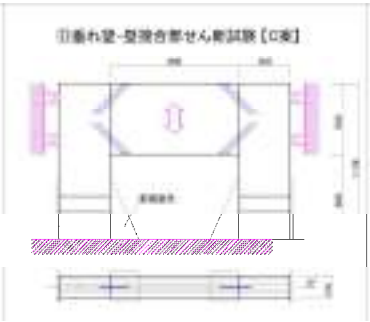


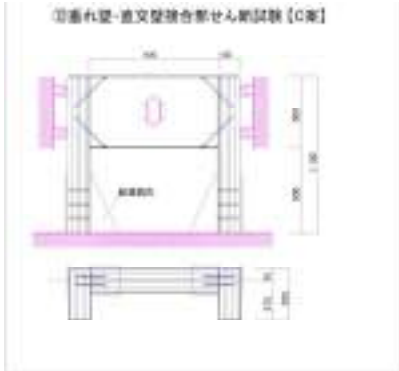


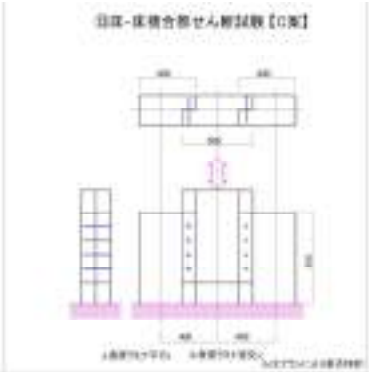


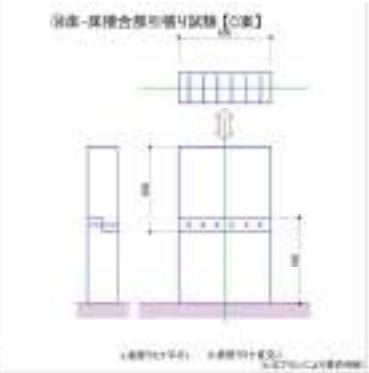
株式会社日本システム設計





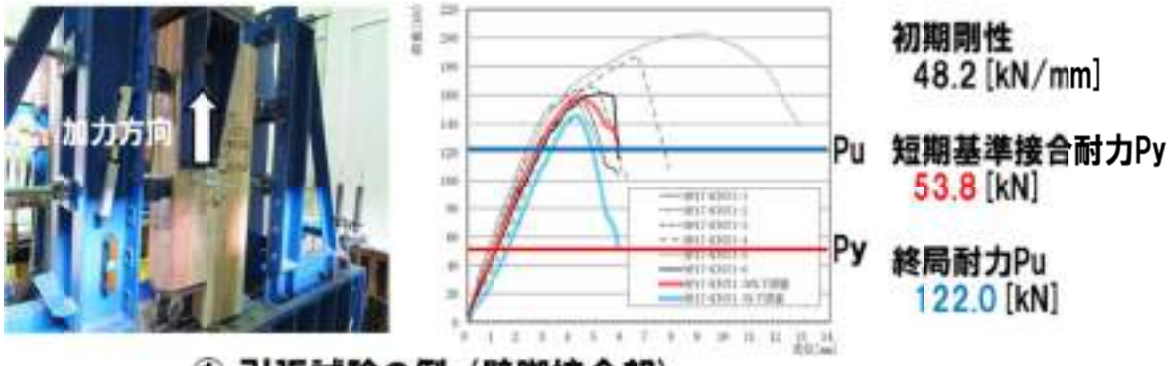




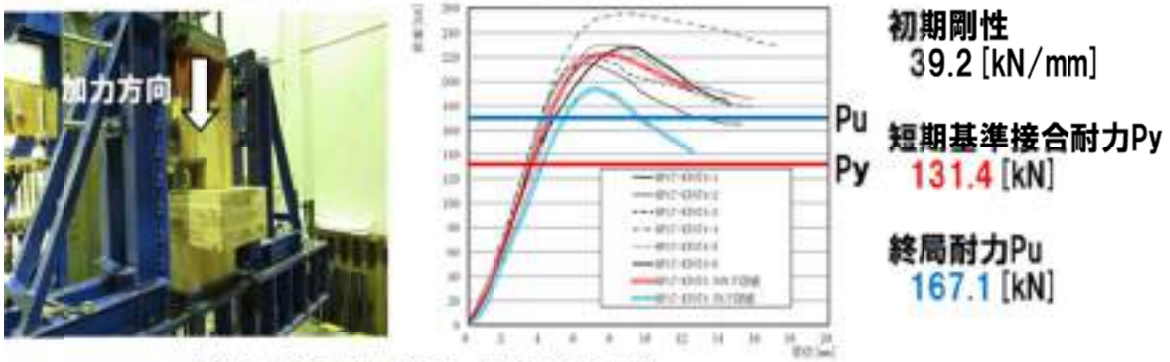


株式会社日本システム設計

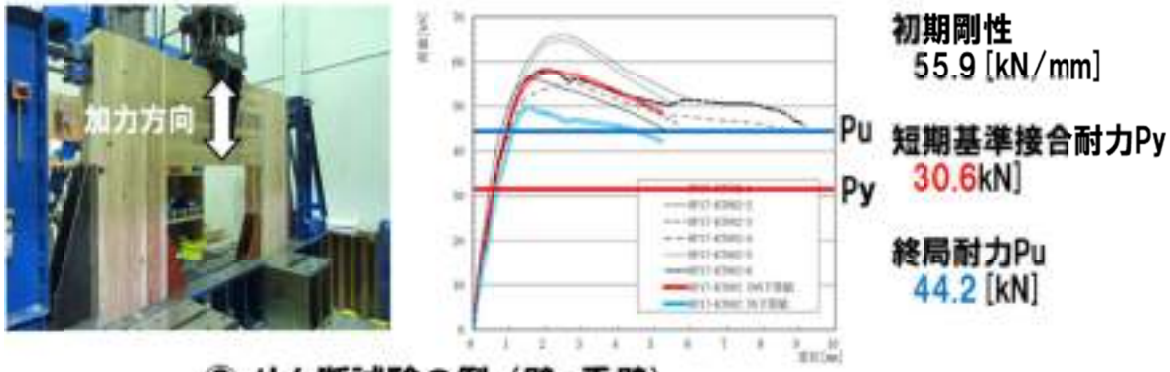
・試験風景、試験耐力



① 引張試験の例（壁脚接合部）



② 圧縮試験の例 （壁-床-壁）

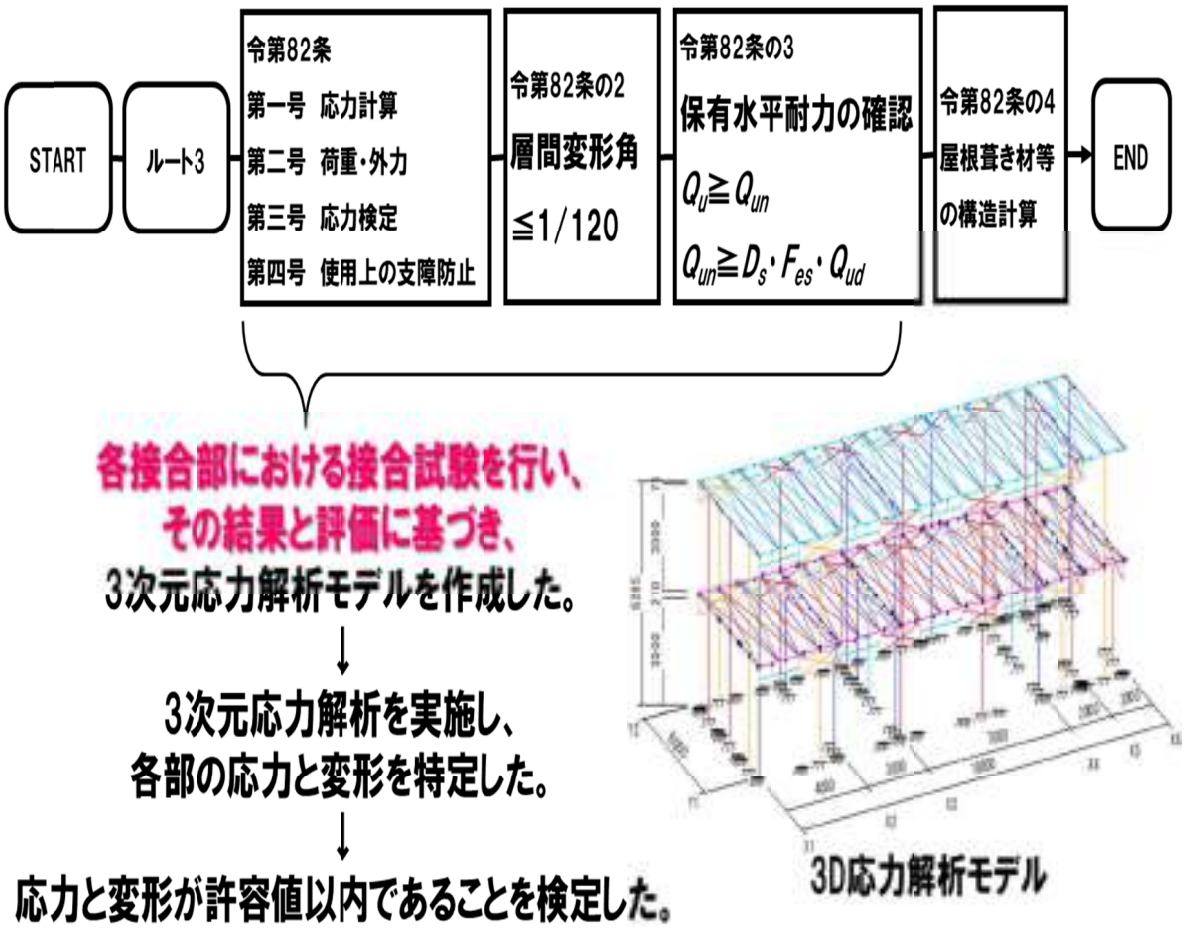


③ せん断試験の例（壁-垂壁）

・これらの試験結果に基づいて、接合部のバネ特性を設定。

・試験方法及び評価方法 2016 年度 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル　第 10 章」に準拠。

A棟（CLT長尺スクリュー工法の部分）の構造設計ルート



・A 棟はルート 3 で設計。

・令 82 条から令 82 条の 3 の検定を実施するにあたり、3 次元応力解析モデルによる解析を行って、各部の応力と変形を特定。

・3 次元応力解析モデルを作成し、解析を行うためには、長尺スクリュー接合仕様における接合部バネの特性が必要。

・本設計では、接合部試験を行い、その試験結果と評価に基づき、接合部バネを設定し、3 次元応力解析モデルによって解析。

２：長尺スクリュー接合工法の施工性評価

壁パネル建て込み

壁パネル（壁脚、壁頭金物取付）

長尺スクリュー施工状況（壁－垂壁）

2階の床パネル敷き込み

「長尺スクリュー接合仕様」の施工性評価		
	A棟(長尺スクリュー)	B棟(告示金物)
金　　額	B棟の0．87倍	A棟より1．15倍
上　棟　時	長尺スクリューの打込み完了 ＣＬＴの建入の調整が容易	告示金物のビスが仮止め状態 ＣＬＴの建入の調整が難解
上　棟　後	特になし	ビス打ちには25人工/坪が必要
上棟施工時間	差なし	差なし
仕　上　げ	金物自体がＣＬＴ内で収まっているので貼りも可能	ＣＬＴよりも金物が出てきてしまうので、下地調整が必要 (内側も外側も)
備　　考	・接合箇所によって、スクリューの長さ、角度によって調整できる。 ・現在の規格が日本ではない為、価格が高騰しているが日本で製造できれば価格も抑えられて流用されやすい。 ・現在の建築基準法ではスクリューを使う場合、各接合部の試験が必要。(コスト、日数が掛かる)	・ビスの打込み本数が多い為、上棟後のビス打ちに時間が掛かる。上棟時の建入調整が難しい。 ・１Ｆ壁脚の金物取付時、土台の裏の穴あけ等手間が掛かる。 ・壁パネルと金物の間にクリアがある為、ビスの打つ方向により壁パネルのずれが生じる。(クリアがないと逆にはいりにくい。)

・接合金物金額比較

Ａ棟、Ｂ棟の接合金物の金額に対して坪単価を算出し、金額比較したもの。

長尺スクリューの方が１５％程安価

・土台伏せ時

告示金物の場合：土台の裏にアンカーボルト、ナット分を傷めないと収まらない部分があり、時間がかかる。

土台のサイズが９０限定の金物しかなくて、土台の天端を他の工法と合わせるのが難しい。

共通：アンカーボルトの箇所(１６ｍｍ)が多く、位置についても制度が求められる。

・上棟時の施工性比較

長尺スクリューの場合

・壁パネルの建入調整がボルトの締め込み具合で調整できる。

・スクリューの本数が告示のビスに比べて少ない為、時間がかからない。

・長尺スクリューを打ち込む時、現場作業に危険が生じる。

告示金物の場合

・上棟時にビスを全て打込むのは時間がかかってしまうので、数本だけの打込み。

・壁脚金物のクリアの分でパネルのズレが生じる。

逆にクリアがないとパネルが収まらない所もでてくる。

・建入の調整が困難。

上棟時間を比較すると坪単位の時間はほぼ同じであるが、上棟後に告示金物の方は 5 人工を要する。

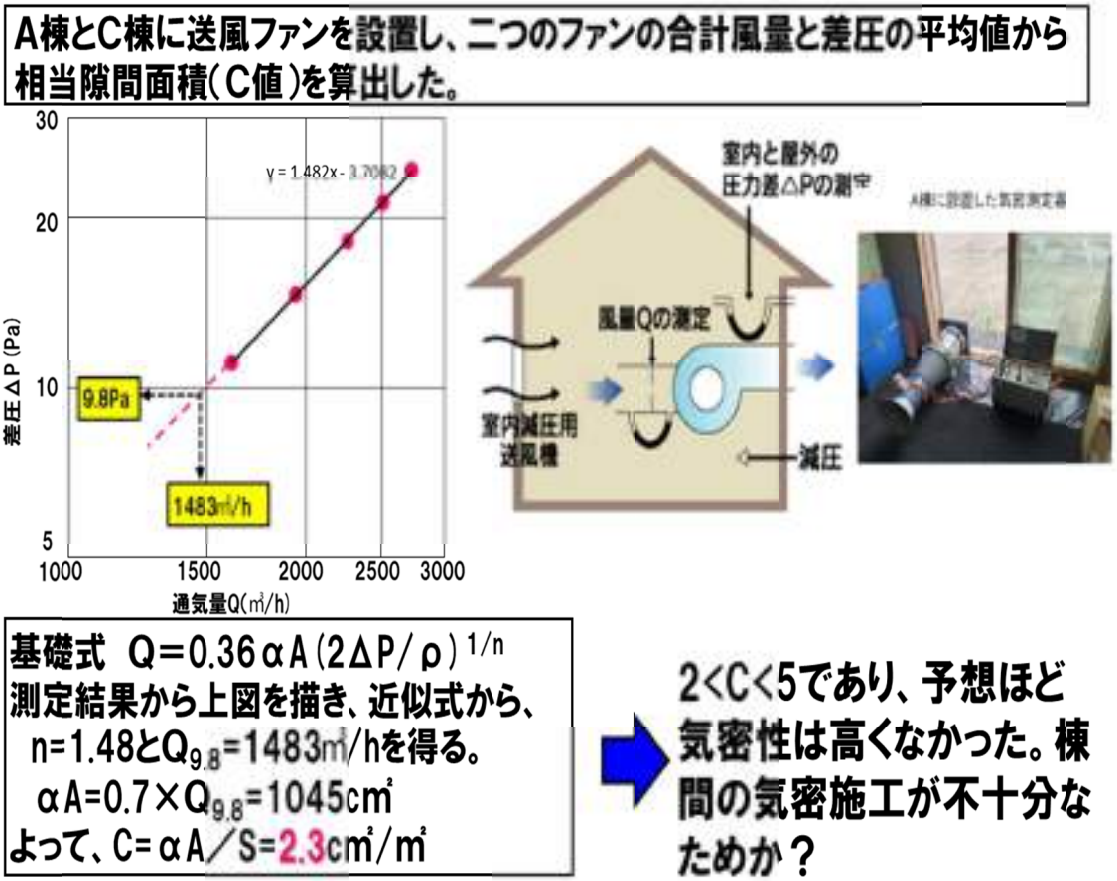
・仕上げ

告示金物はパネルの外側に金物がでてくるので、何かしらの下地が必要。(パネルの内外両方) 一方長尺スクリューの場合、パネルの面で収まるので、下地不要。

壁パネルの厚みが 150mmあり、それに下地の厚みをたすと、壁厚がおおきくなりすぎる。

3：CLT 建築の断熱、気密性能の測定評価

気密性能の実施と評価



・一般に実施されている気密性能測定(JIS A 2201)の結果は、送風ファンで建物内外に圧力差を創り出したときの、差圧と通気量を測定したグラフ。

・この測定結果から、いわゆる C 値（床面積あたりの相当隙間面積）を求めると、2.3c ㎡/㎡となる。

・以前、省エネ基準の基準となっていた、寒冷地は２以下、それ以外は５以下という基準値、及び、この建物が気密化しやすいと考えられる CLT パネル工法で建てられている事を勘案すると、やや不十分な気密性のように感じる。
・この原因は、十分に検証されているわけではないが、A 棟と C 棟、及び、B 棟と C 棟とのジョイント部分の気密施工が不十分であったことにあると想像される。

断熱仕様と UA 値(計算値)

・断熱仕様

屋根：Ａ棟、Ｂ棟Ｃ棟共通(下記の表参照)

外壁：Ａ棟、Ｂ棟　南面　木質繊維断熱材４０ｍｍ

南面以外　ウレタンＡ種１００ｍｍ

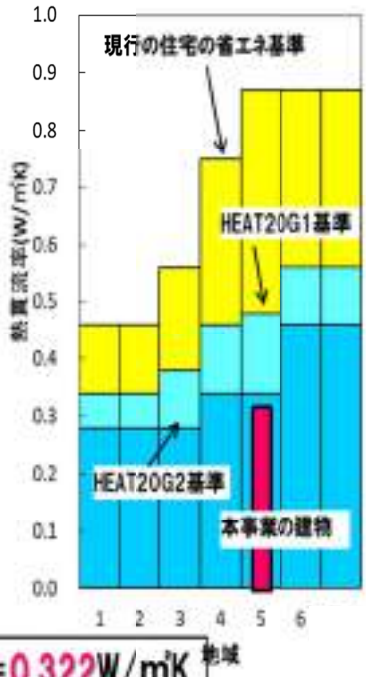
Ｃ棟　ウレタンＡ種１００ｍｍ

窓：　Ａ棟、Ｂ棟Ｃ棟共通南面　樹脂サッシ２層ガラス＋密閉空気層＋木製インナーサッシ３層ガラス

南面以外　樹脂サッシ３層ガラス

基礎：Ａ棟、Ｂ棟Ｃ棟共通(下記の表参照)

部位	主たる仕様	U値 W/m²K	面積 m²	熱損失量 W/K
屋根	鋼製折板0.8mm＋CLT150mm＋ウレタンA種200mm＋石こうボード9.5mm	0.154	204	31.6
外壁	[A棟]CLT150mm＋木質繊維断熱材40mm＋石こうボード12.5mm	0.396	459	173.1
窓など	樹脂サッシ2層ガラス＋密閉空気層＋木製インナーサッシ3層ガラス	0.940	61	62.8
基礎	コンクリート350mm＋吹付硬質ウレタンA種50mm	0.395 W/mK	80m 周長	31.4
			合計熱損失	298.9



設計U_A値＝合計熱損失÷全外皮面積＝298.9÷928＝0.322W/m²K

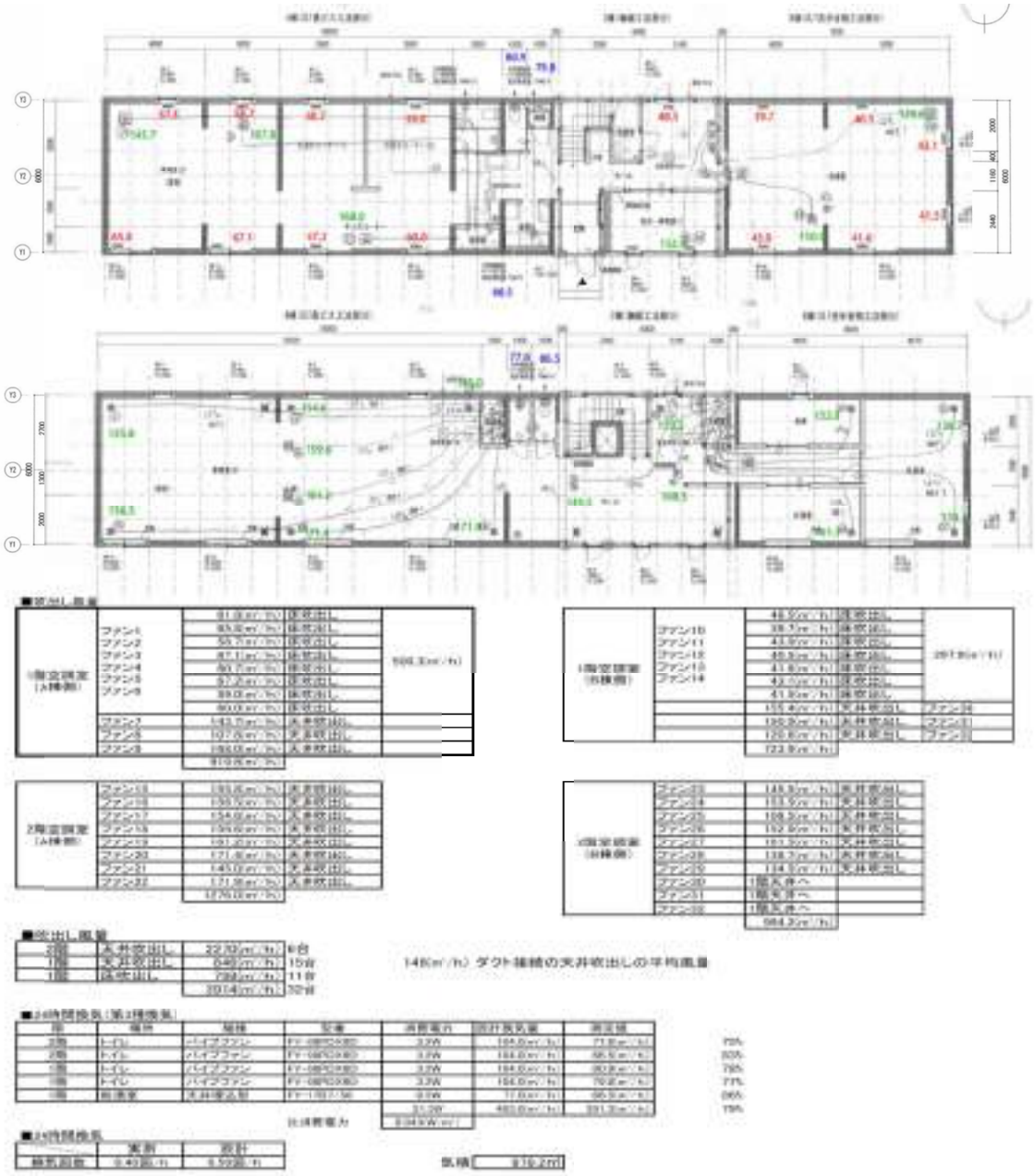
HEAT20のG2基準を満しており、住宅と想定しても断熱性は十分である。
※無断熱・複層ガラスでもCLT建築であれば、U_A値＝0.78で省エネ基準は満たす（λ＝0.12W/m・Kを使用）。

・特筆すべきは、窓の仕様で、通常の複層ガラス・樹脂サッシに 3 層ガラスの木製インナーサッシが取り付けられており、非常に断熱性が高い。

　その結果、外皮の断熱性を示す UA の計算値は 0.322W/㎡ K となって、現在の日本で最高水準の断熱基準である HEAT20 の G2 基準を満たすものとなっている。

・CLT は木材というかなり熱伝導率の小さな建材（λ=0.12W/mK）を厚いパネルとしたものなので、今回の建物では断熱材を使わなくても、UA は 0.78 と計算されていて、現行の住宅の省エネ基準を満たすことが分かった。

建物全体の断熱性能(Q 値 orUA 値)に実測



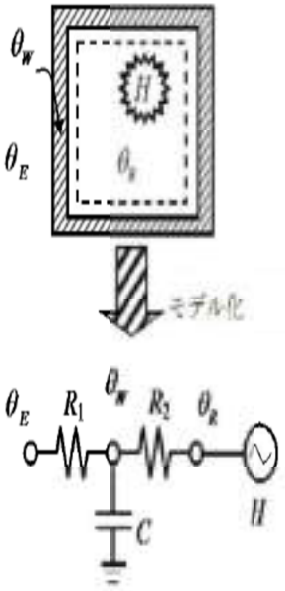
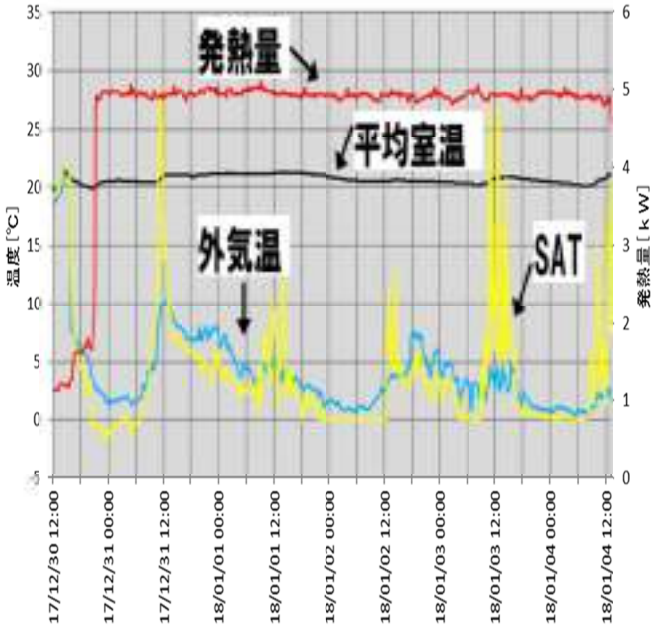
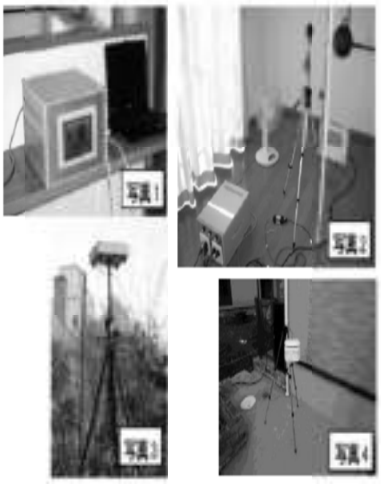
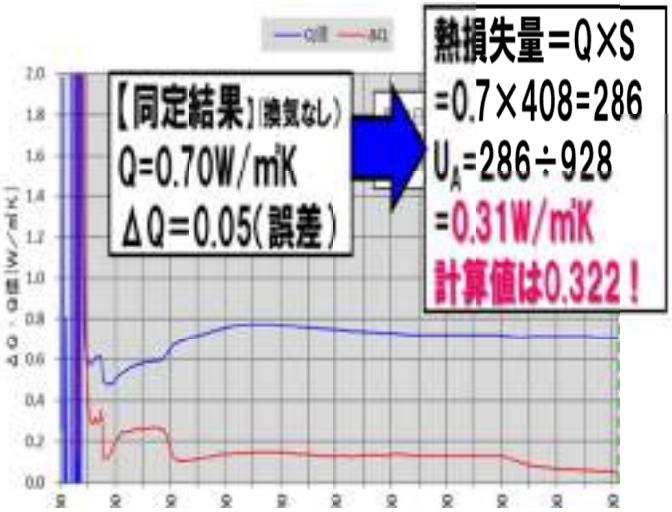


図1　Q値の同定のための熱回路モデル





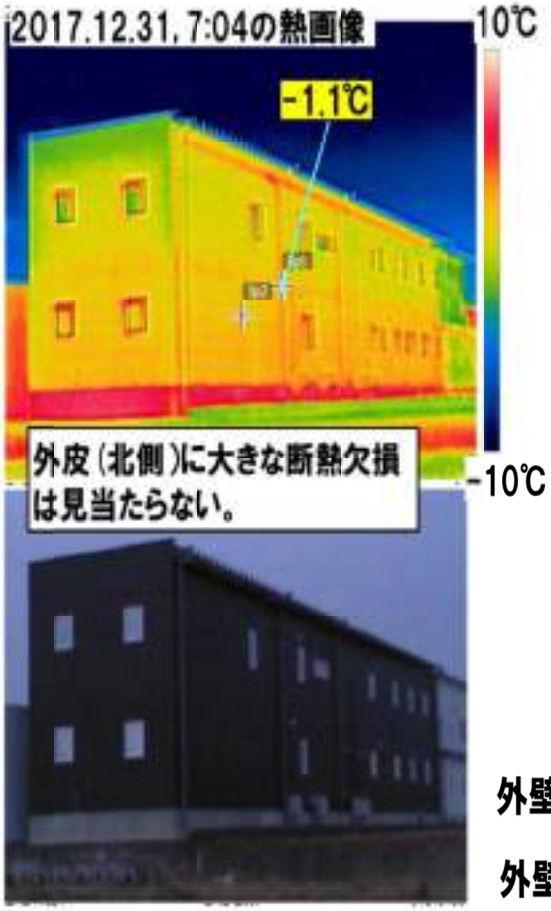


・非常にシンプルな建物伝熱モデルを使用して、建物内の発熱量と内外温度差などの測定値から、Q 値あるいは UA 値を同定する手法を用いて求めた結果。

・結果は、UA 値が 0.31 と同定され、前のスライドの計算値 0.322 と非常に近い値となった。

・UA の計算値は信頼できる数値であり、本建物の高断熱性が実証された。

外皮の熱画像と外壁 U 値の実測



記号	説明	計測数値（1時間平均）	計測機
h	総合熱伝達率	12.13W/㎡K	専用センサー
θni	室内側環境温度	18.33℃	SAT計
θno	外気側環境温度	-0.66℃	SAT計
θs	室内側表面温度	18.88℃	サーモカメラ

$$\text{外壁の実測U値} = \frac{h(\theta ni - \theta s)}{(\theta ni - \theta no)} = 0.34\,W/m^2K$$

$$\text{外壁の計算U値} = 0.396\,W/m^2K$$

近い

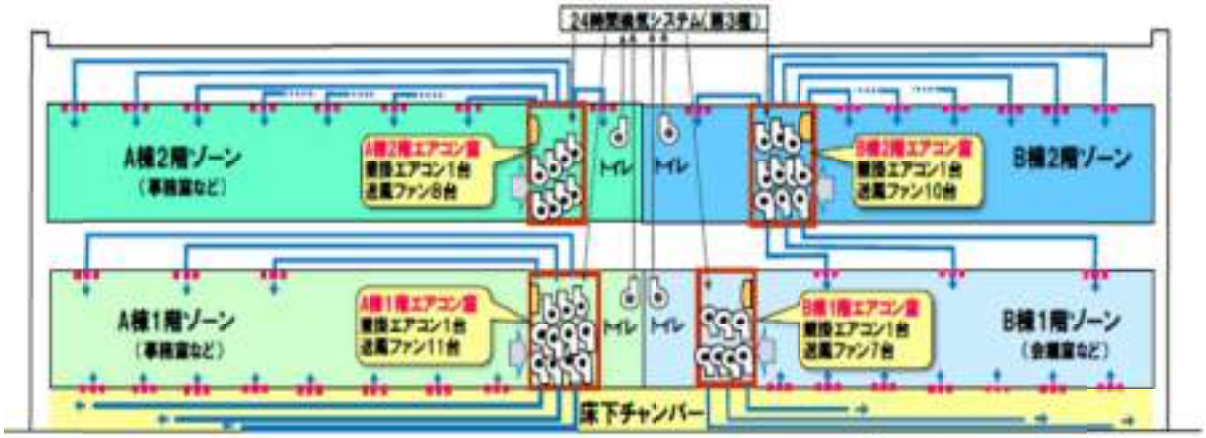
外皮の熱画像写真と外壁 U 値の実測値

・熱画像を見ると、布基礎がやや高めの温度になっている以外は、高めの温度の部分は存在せず、断熱欠損部分などはないことが分かる。

・外壁の U 値測定の結果は 0.34 であり、計算値の 0.396 より低い数値。

・結果　本建物の高断熱性を実証することになると考える。

4：全館空調システムの導入と性能実証



設計熱負荷とエアコン（三菱MSZ-KXV5618S-W）の仕様

暖/冷	設計熱負荷		定格能力	定格消費電力	APF	床面積あたり全能力
暖房	20W/㎡	根拠 U_A=0.32 η_{AC}=1.3%	6.7kW×4台	1.78kW×4台	5.0	66W/㎡
冷房	25W/㎡		5.6kW×4台	2.28kW×4台		55W/㎡

空調用送風ファン（Panasonic FY-27JD7YCC：消費電力3～17W/台）の使用台数と吹出口での実測風量（「強」運転時）

ゾーン名	A棟1階	A棟2階	B棟1階	B棟2階	合計
使用送風ファン台数	11台	8台	10台	7台	36台
吹出口の実測風量（㎥/h）	920	1,276	724	994	3,914

エアコン室の一例

●24時間換気の仕様
ファン台数：5台
全消費電力：21.3W
設計換気回数：0.5回/h
設計比消費電力：0.043W/（㎥/h）
実測風量：391㎥/h

・このシステムは、家庭用の壁掛けエアコンと、通常は換気扇として使用する直流モーターの高効率送風ファンを多数使用した「YUCACO システム」と称されるもので、高断熱の建物においてイニシャルコストもランニングコストも安価になるシステムである。
・壁掛けエアコンと送風ファンを設置するエアコン室を設けることがこのシステムの特徴。本建物では、4 つのエアコン室が設けられ、エアコンが合計 4 台、送風ファンが合計 36 台を取付。
・送風ファンの風量が実測され、本システムは適切に稼動していることを確認。
・これから 1 年間、このシステムの消費電力と室内環境などを確認し、本建物の高い環境性能と省エネルギー性能について実証する予定。

5：まとめと展望

・構造分野

・省力的なパネル接合仕様として「長尺スクリュー接合仕様」を検討し、接合部試験を行い、建築基準法・告示に則った構造設計ルートを確立。
・「長尺スクリュー接合工法」と「告示金物工法」を用いて実際に建物を建てた。両者の比較から、「長尺スクリュー接合工法」は施工性がやや高いことが分かった。
・在来軸組工法と CLT 工法の比較
　在来軸組工法部分は在来工法＋壁パネル工法を採用している為、施工的には若干の差であるが、CLT パネルの場合レッカーで吊り込みする為、時間を要する。

・環境分野

・CLT パネル工法を用いた高断熱の建物において、気密性(C 値)と断熱性(Q 値 or UA 値など)を実測し、大きな問題はないことを確認。
・建物に全館空調システム(YUCACO システム）を導入し、性能検証を行った。省エネ性能と環境性能については、これから 1 年間、実測して評価する予定。
　その結果を待って、小規模な木造建築において、本システムが安価で高性能な空調システムであることを示す予定。

２．９　なかむら建設（株）／松阪木材（株）

1.　建築物の仕様一覧

事業名			なかむら建設㈱明和事務所新築工事の建築実証
実施者（担当者）			なかむら建設㈱／松阪木材㈱
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		三重県多気郡明和町
	構造・工法		木造軸組工法＋CLT壁(耐力壁)
	階数		1
	高さ（m）		5.84
	軒高（m）		3.34
	敷地面積（㎡）		5,693.74
	建築面積（㎡）		243.46
	延べ面積（㎡）		240.14
	階別面積	１階	240.14
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量18.81m3　加工後建築物使用量15.18m3
	壁パネル	寸法	60mm厚 905×2750(定尺)
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A(スギ)、Mx60A相当もしくはMx90A(ヒノキースギーヒノキ 非構造)
		樹種	スギ　並びに　ヒノキースギーヒノキ(非構造)
	床パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
	屋根パネル	寸法	-
		ラミナ構成	-
		強度区分	-
		樹種	-
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：ホワイトウッド集成材　梁：米松・スギハイブリット集成材、レッドウッド集成材
	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		48m3
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板(t=0.4)立てハゼ葺き
		外壁	防火サイディング張り/ガルバリウム鋼板張り
		開口部	アルミ樹脂複合サッシ Low-E複層ガラス
	主な内部仕上	界壁	-
		間仕切り壁	片面CLT現し（片面PB12.5mmの上ビニルクロス張り）
		床	スギ圧密フローリング張り、長尺塩ビシート張り他
		天井	ロックウール吸音板張り、PB+ビニルクロス張り、化粧PB張り
構造	構造計算ルート		四号建築物により壁量計算(許容応力度計算にて別途構造安全性を確認)
	接合方法		金物+ビス接合
	最大スパン		4.55m
	問題点・課題とその解決策		①化粧での仕上であるが、ラミナの色むらが気になる ②金物の取付順序により、耐力に差が生じるので、注意を要する ③CLTパネルを現しにする場合、パネルに傷が付かないように、養生に配慮する必要がある
防耐火	防火上の地域区分		法22条地域
	耐火建築物等の要件		なし
	本建築物の防耐火仕様		その他建築物
	問題点・課題とその解決策		今後検討を要す
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		吹付断熱が外部からの作業になり、天候に左右される
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根	建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォームA種3　80mm
		外壁	建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォームA種3　75mm
		床	押出法ポリスチレンフォーム　1種　40mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		今回は特に検討せず
	建て方における課題と解決策		施工性は良好
	給排水・電気配線設置上の工夫		外周面は外部から配線を行い、問題なく施工できた
	劣化対策		防腐防蟻処理を実施
工程	設計期間		H29.2月～4月(3ヶ月)
	施工期間		H29.3月～H30.2月（11ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	H29.10月中旬(4日)
	竣工（予定）年月日		H30.3月下旬
体制	発注者		なかむら建設株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		一級建築士事務所　佐々木設計
	構造設計者		一級建築士事務所　佐々木設計
	施工者		分離発注
	ＣＬＴ供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ供給者		松阪木材株式会社

実証事業名： なかむら建設㈱明和事務所新築工事の建築実証
実施者／協議会運営者または担当者：なかむら建設㈱／松阪木材㈱

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">三重県多気郡明和町</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">木造軸組工法＋CLT 壁(耐力壁)</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">1</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>5.84</td><td>軒高（m）</td><td>3.34</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>5693.74</td><td>建築面積（㎡）</td><td>243.46</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積</td><td>１階</td><td>240.14</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">240.14</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">壁</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（m^3）</td><td colspan="3">加工前製品量 18.81m^3　加工後建築物使用量 15.18m^3</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（m^3）</td><td colspan="3">48 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">60㎜厚 905×2750(定尺)／3 層 3 プライ／Mx60A 相当／スギ　並びに　ヒノキースギーヒノキ(非構造)</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">H29.2 月～4 月(3 ヶ月)</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">H29.3 月～H30.2 月（11 ヵ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">H29.10 月中旬(4 日)</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">H30.3 月下旬</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

現状では、60mm 厚 CLT を筋違等と併用して、一般的壁量計算などで設計できる壁倍率の数値が無い。将来的に壁倍率の取得を視野に入れた、壁倍率性能評価を行うと共に、定型サイズの CLT を量産し、一般建材として広く流通させるための、サイズやサネ形状・意匠性・施工性について協議会において議論し、設計・施工を本物件において実証する。併せて、60mm 厚を活かした、準耐火構造の耐火被覆材としての可能性を検証する。
本実証事業では、下記の 3 点を課題として設定した。
①60mm 厚 CLT パネルの、将来的に壁倍率の取得を視野にいれた、壁倍率性能評価。
②汎用性・意匠性・施工性の高いパネルサイズとサネ形状の確認。
③60mm 厚を生かした耐火被覆(1 時間準耐火等)としての使用可能性の検証。

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

建築主等：なかむら建設株式会社

協議会運営者 並びに CLT ラミナ供給・加工：松阪木材株式会社

設計：一級建築士事務所　佐々木設計

性能試験・CLT 製造：銘建工業株式会社

（協力：島根大学・島根県産業技術センター・一般財団法人 日本建築総合試験所）

４．課題解決の方法と実施工程

・パネル仕様については本協議会において、H29.4 月～9 月頃検討を行った。意匠性を考慮して、ビス・釘頭が表面に出ない、裏面金物止めとした。また、柱面からの出が、胴縁＋石膏ボード仕様ともほぼ同じなるよう 30mm とし、60mm 厚 CLT の**半真壁**仕様とした。サイズは横架材間を 1 枚のパネルで施工でき、柱間尺モジュールにクリアランスを考慮した、905×2750mm に決定した。また、目地が揃いやすいなど、意匠上の理由により、CLT 最外層を縦縞とした。

・性能試験については、壁倍率試験用に予備実験を島根大学・島根県産業技術センターで H29.7 月～8 月に行った上で､本試験を(一財)日本建築総合試験所で H29.12 に実施した。

・施工については、レッカー並びにウィンチ等の特殊な器具を使用せずに、2～3 人のグループを組み、人力で行った。金物の取付けを含めた、CLT パネルの施工を 4 日間(延べ 20 人工)で出来たことから、施工性は良好であったと考えられる。さらに、屋根の施工後に、CLT パネルを取り付けるため、施工時の雨天の影響を、考えなくて済んだ。

・**半真壁**とし四周取り合いに切り込みを入れたことや、金物取り付け位置などから、耐火被覆材としては、改めて別仕様の大壁で検討する必要がある。

＜協議会の開催＞

H29.1 月 18 日	第 1 回開催	スケジュール確認、本事業の方向性の確認
H29.2 月 17 日	第 2 回開催	壁倍率性能評価の打合せ
H29.4 月 4 日	第 3 回開催	CLT パネルの大まかな仕様の決定
H29.6 月 7 日	第 4 回開催	加工仕様の検討、材料供給の打合せ
H29.6 月 22 日	第 5 回開催	要素試験の報告、加工形状・収まりの検討
H29.7 月 21 日	第 6 回開催	耐力壁予備試験の実施
H29.8 月 1 日	第 7 回開催	性能評価予備試験の報告、実大パネルサンプルの確認
H29.9 月 6 日	第 8 回開催	加工及び金物仕様の決定
H29.10 月 20 日	第 9 回開催	構造見学会(主催：三重県・三重県木材協同組合連合会・三重県 CLT 協会)
H29.10 月 24 日	第 10 回開催	現地調査対応
H29.12 月 19 日	第 11 回開催	性能評価本試験(せん断試験)の実施
H30.1 月 23 日	第 12 回開催	実証事業とりまとめ検討、今後の販売方法の検討

＜設計＞

H29.2 月	： 基本設計	H29.2 月～3 月	： 実施設計
H29.3 月 27 日	： 建築確認申請	H29.4 月 11 日	： 確認済

＜施工＞
H29.3 月 13 日：工事契約　　H29.3 月：着工　　H29.4 月～9 月：基礎工事
H29.10 月～12 月：木工事　(CLT の施工は 10 月中旬の 4 日間)
H29.12 月～H30.1 月：内装工事　　平成 30.1 月～2 月：設備工事
＜性能確認＞
H29.7 月 21 日他：せん断試験　予備試験
H29.12 月 18 日・19 日・20 日：せん断試験　本試験

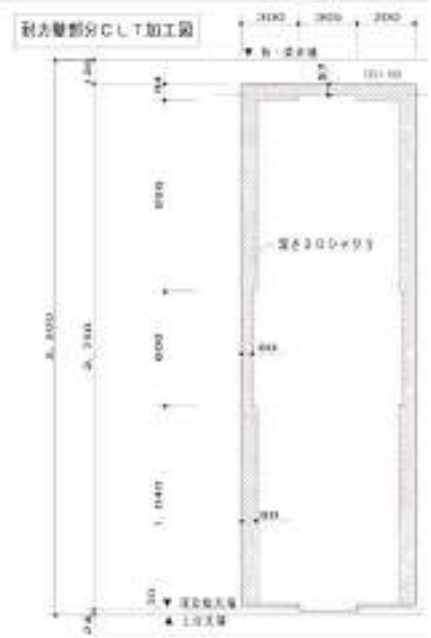
５．得られた実証データ等の詳細

本事業により下記のデータが得られた。
①60mm 厚 CLT のサネサイズ並びにサネ形状・金物に関する報告書
②壁倍率試験報告書　実験値として、壁倍率 5.5 相当(低減率は考慮せず)
・60mm 厚 CLT－スギ製材接合部に、L 型ビス留め金物を用いた際の、せん断性能に対する確認実験を実施した。ビスを用いた接合部は CLT の目地位置により剛性及び耐力に影響を及ぼすため、金物と CLT の目地位置をパラメータとしての要素実験を実施した。
・要素実験により得られた接合部の剛性及び耐力を用いて試験体の設計を行った。壁倍率取得を目標とするため、壁倍率 4～5 倍の耐力となるように金物を配置し、それらを解析モデル上で終局状態まで挙動を確認した。
・解析を実施後、実物件で使用するために、耐力壁の面内せん断性能実験を実施した。実物件仕様である試験体を 3 体実施した他にも、接合金物の数を増やした仕様や CLT を面内へ一切落とし込まない、大壁仕様などの耐力壁面内せん断試験を実施した。
③木造軸組工法+CLT60mm 厚 CLT の施工歩掛・コスト比較報告書
比較した下記仕様と比べて、延べ面積あたり工事単価は、約 1,000 円/㎡高い結果になった。今後、加工費用等のコストが下がれば、同じ程度になるのではないか。
比較した仕様　木造軸組工法　耐力壁：構造用合板(9.5mm)+片筋かい 仕上材：スギ板張り

６．本実証により得られた成果

①本物件の設計は実験数値をもとに、許容応力度計算(ルート 1)による検討を行ったが、大臣認定取得後は、壁量計算のみで設計が可能になる。これは、木造軸組工法＋CLT の強みであると考えられる。設計面でのハードルが下がることにより、CLT 建築物の普及に、つながるのではないか。
②木造軸組工法＋CLT の枠組みの中でも、本工法は CLT 現しが可能であることに加え、裏面金物止めにすることで、金物が表面に出ない、意匠上の優位性を得る事ができた。
③施工性が良好である上に、化粧材と耐力面材を兼ねており、仕上工程が不要であることから、施工費及び材料費の両面において、コストの削減を期待できると考えられる。
以上の 3 点により、中小規模の住宅・非住宅建築物への普及に期待ができる。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



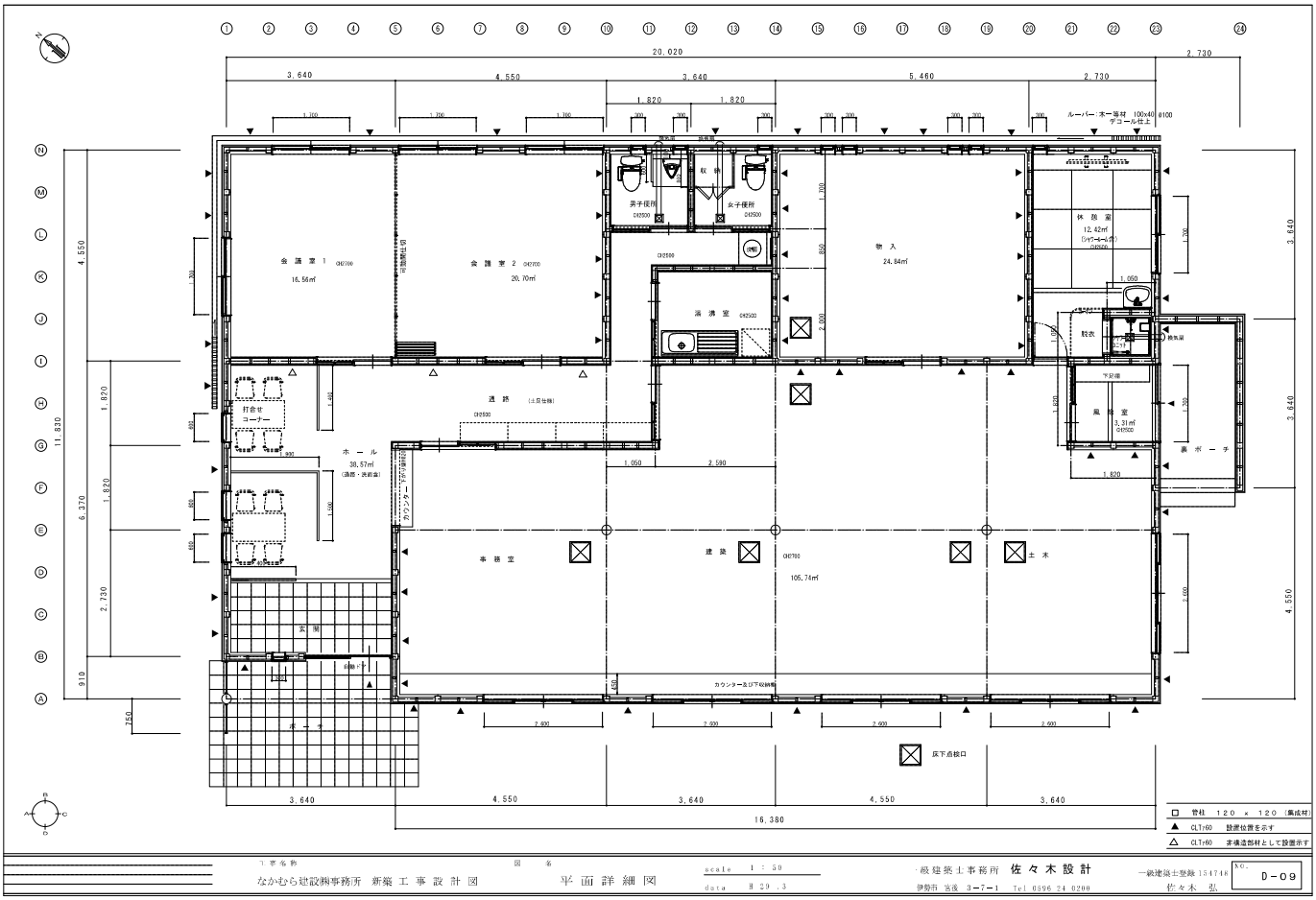
性能評価本試験(せん断試験)

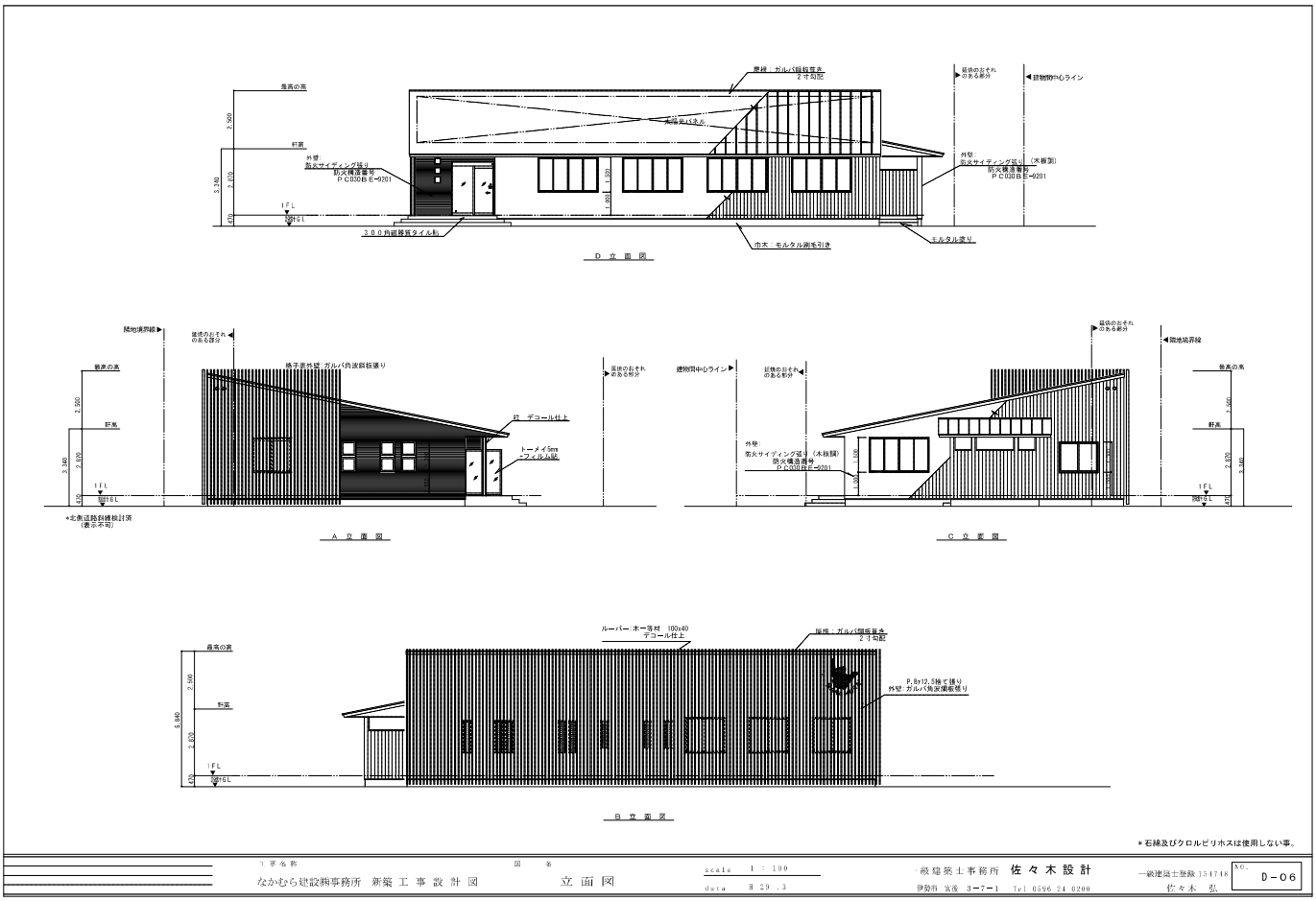
完成外観

完成内観　スギ CLT

完成内観　ヒノキ-スギ-ヒノキ CLT(非構造)

A.基本設計　平面図・立面図





B.パネルサイズ並びにサネ形状・金物に関する検討

B-1.CLT パネルサイズの検討

1)サイズ検討についての前提条件

<u>レッカー並びにウィンチ等の特殊な器具を特殊な器具を使用せずに、人力で施工可能なサイズ及び重量であること</u>

<前提条件　設定の理由>

人力による施工は、下記のメリットがあると考えたからである。

まず、レッカーによる施工と比較した場合、

(ア)屋根を施工した後で、CLT パネルの施工することが可能である。これにより、工期が天候に左右されなくなる。また、CLT パネルが雨に濡れるリスクが少なくなる。

(イ)パネル施工時のレッカーの費用が掛からない

以上が、メリットとして上げられる。

次に、ALC パネル等の吊りこみで使用される、ウィンチと比較すると、

(ウ)狭小空間でも施工がしやすい

(エ)ウィンチ取り付け場所を検討する必要が無い

といったメリットが考えられる。しかしながら、人力で施工を行う場合、レッカー・ウィンチと比較して、CLT パネルのサイズや重量に制約が生じる。そのため、施工性や安全性を考慮して、検討を実施した。

2)パネルの高さに関する検討

横架材間(土台～梁)を 1 枚のパネルで施工出来る高さであることを、念頭に置いて検討を行った。1 枚張りにすることにより、たとえば、6 尺(1820mm)の 2 枚張りの場合と異なり、胴つなぎが不要になることから、施工手間及びコストが軽減されると考えられる。加えて、パネル現し仕上げであることから、目地が少なくなり、意匠面でも優れている。一般的な梁の高さから考慮して、パネルの高さは 2750mm とした。

3)パネルの幅に関する検討

パネルの幅については、一般的な住宅等で採用されている、尺モジュールに適合する、下記の3案より検討を実施した。

（案1）　3尺　910mm　　（案2）　4.5尺　1,365mm　　（案3）　6尺　1,820mm

パネル厚60mm、パネル高さ2,750mmで、材種がスギの場合、サネ加工前のパネル重量は、

（案1）　910mm×2,750mmの場合　約　75kg

（案2）1,365mm×2,750mmの場合　約113kg

（案3）1,820mm×2,750mmの場合　約150kg

となり、これまでの施工経験から推測すると、（案2）及び（案3）は、人力での施工は困難であると考えられる。これにより、パネルの幅については、（案 1）の 910mm に、施工性及びパネルの反り考慮して、パネル間のクリアランス5mmを設けることとし、905mmとした。

4) CLTパネルサイズについてのまとめ

以上の理由により、本物件で使用するCLTパネルは、幅905mm×高さ2750mmに決定した。

B-2.CLTパネルのサネ形状・金物の検討

1)サネ形状についての前提条件

条件①　耐力面材と仕上げ材としての性能の両立

条件②　広く利用が可能な仕様であること

〈前提条件　設定の理由〉

以前の施工経験から、コストカットを図るため、CLT パネルを化粧材で使用することにより、仕上げ工程を省くことを目標とした。木造軸組工法に CLT パネルを併用する場合においては、CLT パネルを耐力面材・仕上げ材としての、両方の要素を充足させることが、コストカットのためには、必要であると考える。

また、本仕様の選定に当たっては、本物件だけではなく、今後も広く利用が可能な、仕様であることを要素として考慮した。具体的には、CLT パネルを一般住宅又は小規模非住宅建築物で施工することを念頭に置いた。

2)金物の選定

パネルのサネ形状に先立って、金物の選定を実施した。意匠性を満たすため、金物が表面に出ない、裏面金物止めにて検討を進め、70×50(70 側：CLT パネル　50 側：柱)の L 型ビス留め金物にした。ビスの本数は、29 年 6 月の島根大学において実施した、要素試験の結果から、柱・CLT パネルともに、7 本ずつ留め付けることにした。ビスは、一般普及品から、四角ビットの物を選定した。

3)パネルの納まり案

下記の案より検討を実施した。

(案 1)　欠きこみを行った半真壁仕様

└(案 1a)　床面以外の三方欠きこみ

└(案 1b)　四方欠きこみ

(案 2)　欠きこみ無しの大壁仕様

4)納まり・サネ形状についての検討

◆　(案 1)半真壁仕様と(案 2)大壁仕様の比較

CLT パネルにおいては、パネル厚み部分を、どのように納めるかが、課題となる。
特に、尺モジュールの一般住宅での使用を考慮した場合、廊下・トイレなどで、柱芯間の距離が 3 尺(910mm)の場合がよく見られる。この場合、壁からパネル厚みによる出幅を、なるべく抑えて、有効寸法を確保して、内法に支障がでない納まりにすることが望ましい。
室内側柱からの出が 30mm 程度であれば、在来木造軸組工法において一般的な、18mm 厚の胴縁に、12.5mm 厚の石膏ボードを張る仕様と同じ位であり、許容範囲であると考えられる。
よって、30mm の欠きこみを行い、柱からの出を 30mm とした、(案 1)の半真壁仕様にした。

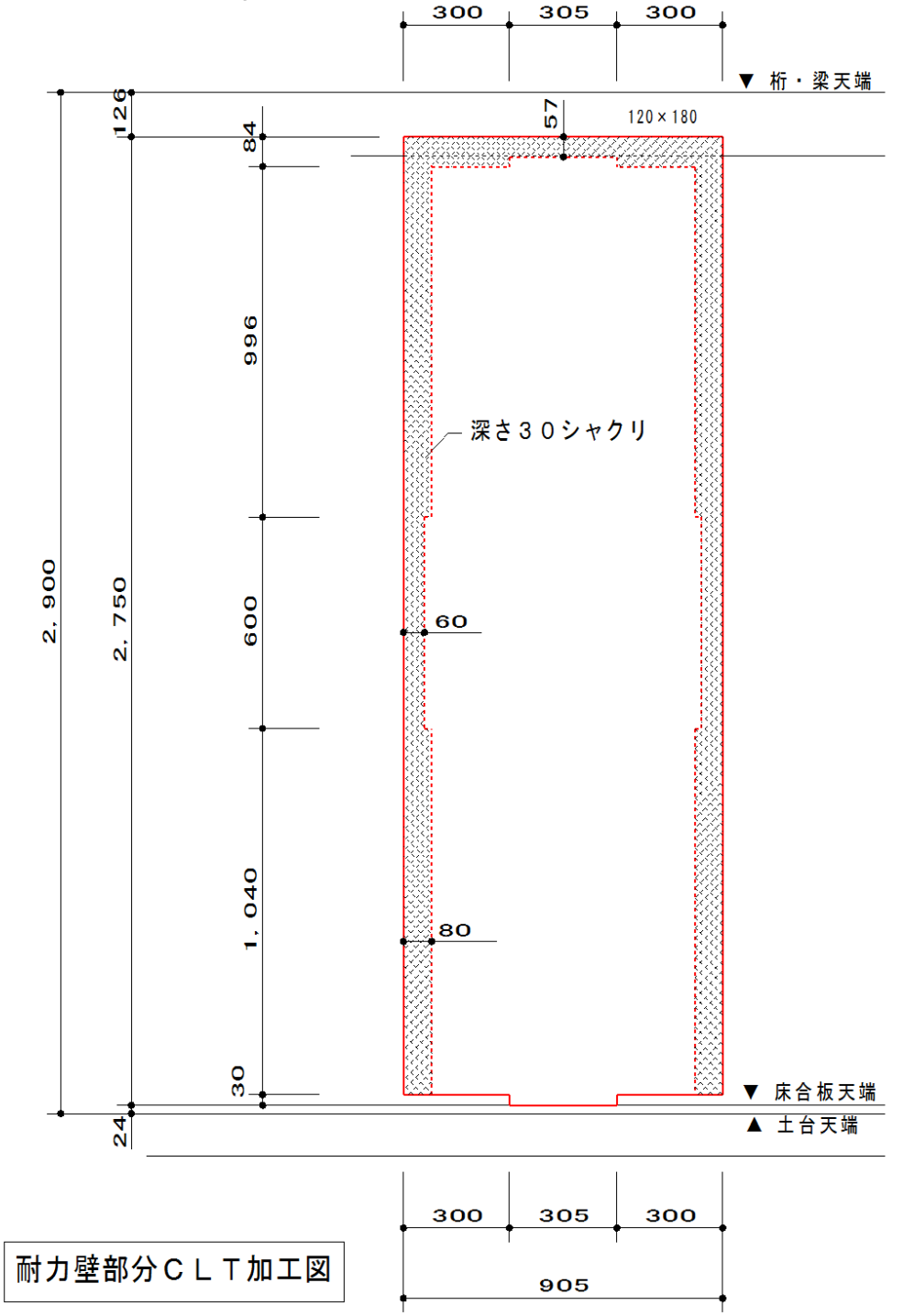
◆　(案 1a)　床面以外の三方欠きこみ　と　(案 1b)　四方欠きこみの比較

欠きこみの範囲であるが、当初は、床先行のため、(案 1a)の 3 方欠きこみ(床面以外)にする意見が、優勢であった。しかしながら、床面に欠きこみを行わない場合、地震などによってパネルが変形した時に、床面を圧迫し、構造材に悪影響を及ぼす可能性が、考えられた。このため、床面についても、金物取り付け範囲以外の部分の欠きこみを行い、(案 1b)の四方欠きこみにした。

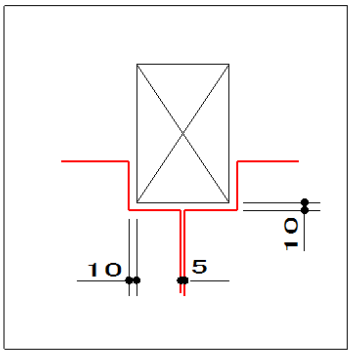
5) CLT パネルサイズについてのまとめ

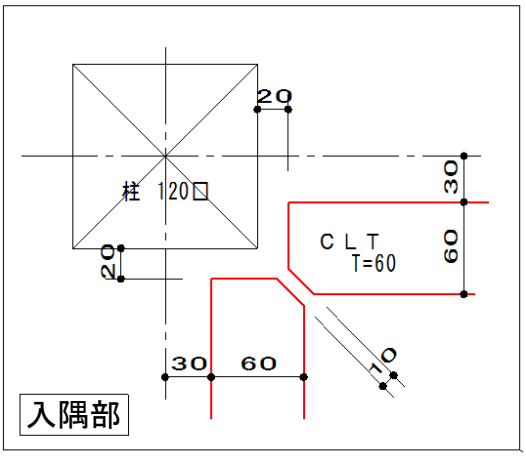
以上により、半真壁仕様の四方欠きこみに、決定した。サネ具体的な形状については、次の図(B-3)に示す。また、金物については、(C.留めつけ金物)にて記載する。

B-3. 本物件のCLTパネルの仕様・サネ形状



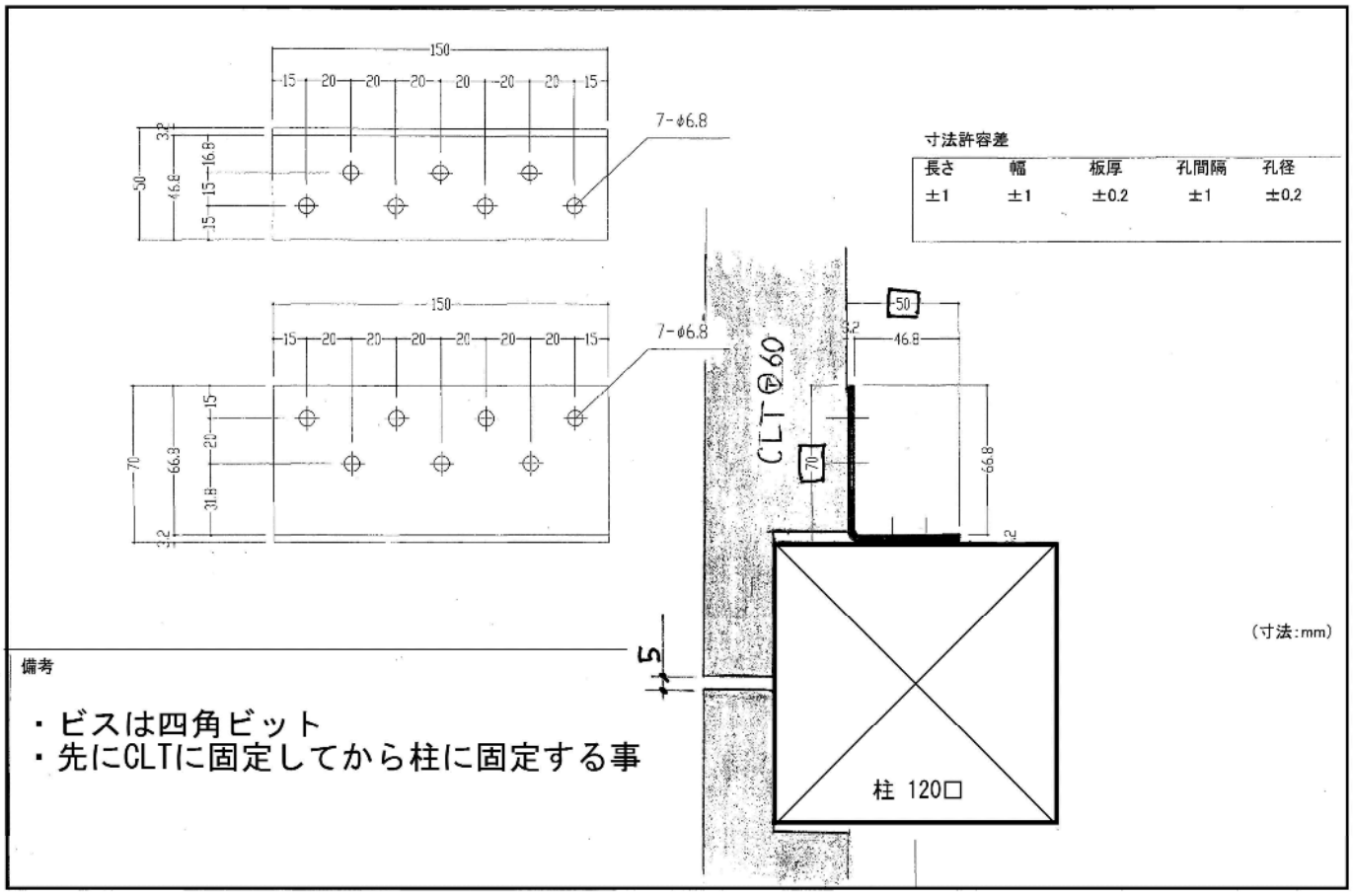
耐力壁部分ＣＬＴ加工図





C.留め付け金物について

L型金物詳細図

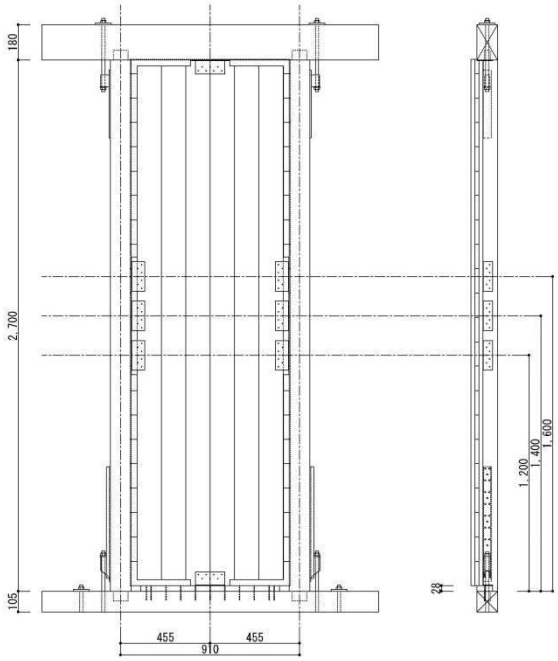


取付け前　金物

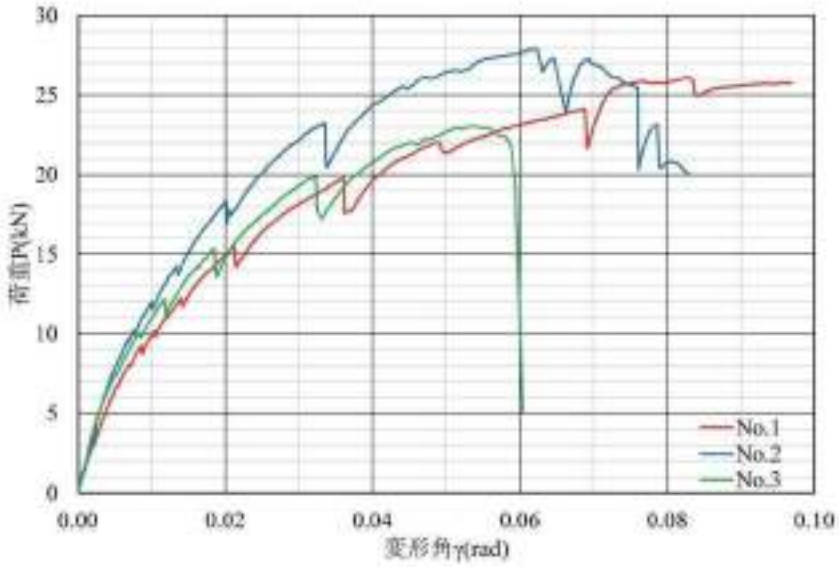
パネルに先行して留めつけた状況

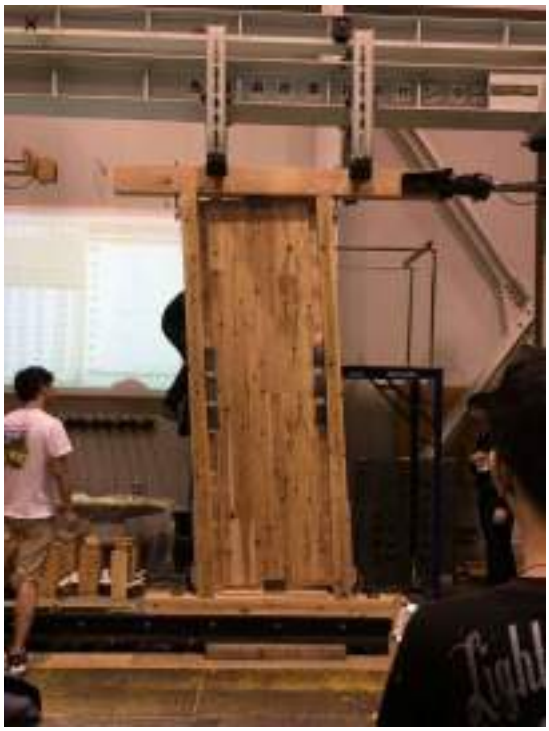
D.性能評価予備試験

日時：平成 29 年 7 月 21 日他　　場所：島根大学・島根県産業技術センター



上段　　(左)試験体図　　(右)試験状況





下段　　(左)試験結果　　(右)終局状況

〈考察〉

試験体の施工手順により、耐力値が大きく異なることが判明したため、施工手順を検討する必要がある。具体的には、柱・梁と CLT を止め付ける L 型金物の取付け順序により、耐力が異なり、CLT 側に先行して金物を留め付けたほうが高い。

E. 性能評価本試験

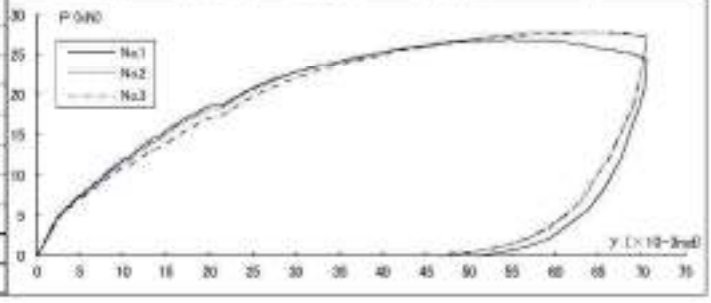
日時：平成 29 年 12 月 18 日～21 日　　場所：(一財)日本建築総合試験所

上段　(左)試験中全景　(中央)終局後全景　(右)終局後金物

下段　(左)終局後　梁-パネル　(右)終局後　パネル-土台

表-1.1　試験結果の一覧および試験体の破壊状況

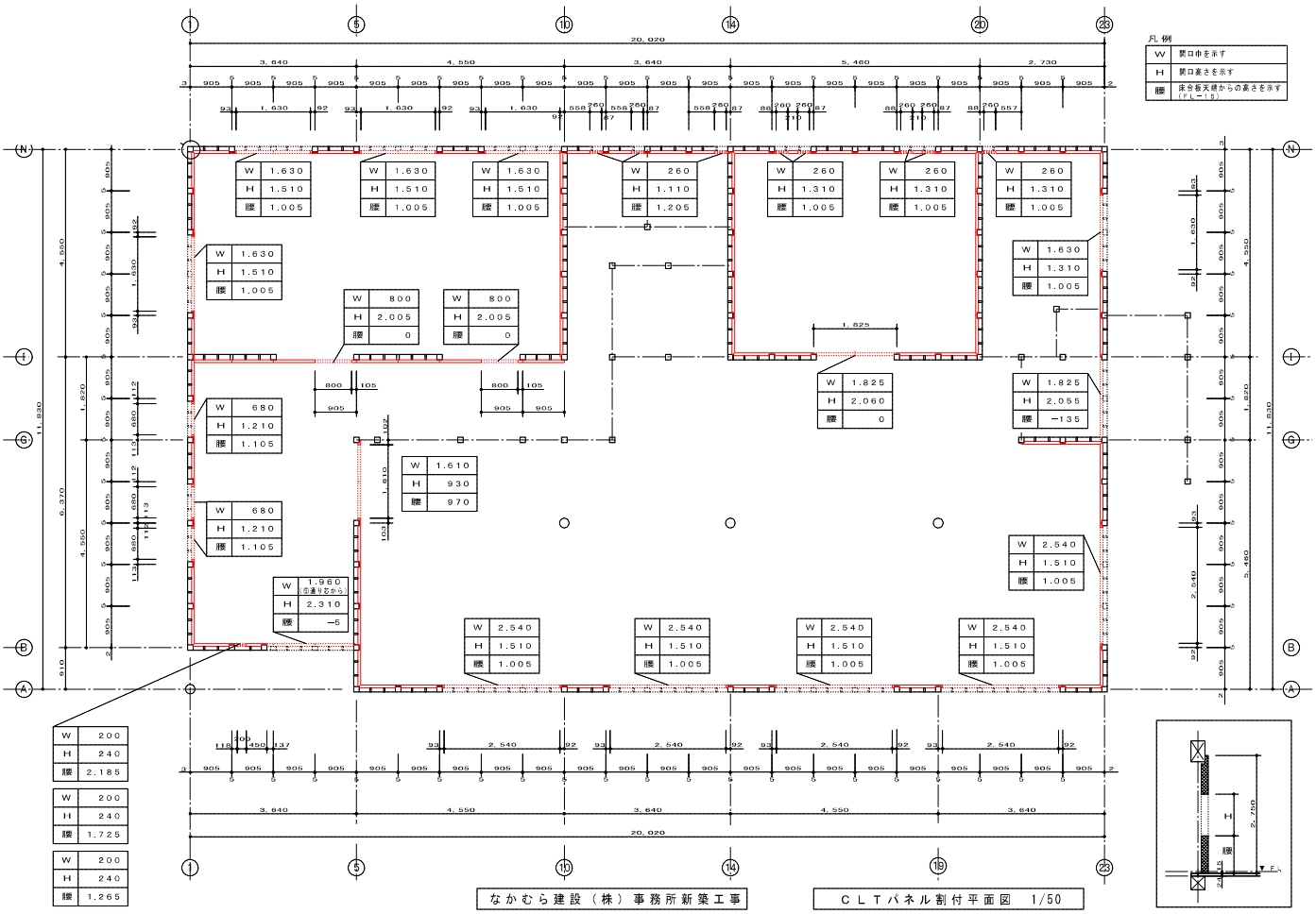
			試験体 No.1	試験体 No.2	試験体 No.3	平均値 (kN)	変動係数 CV	ばらつき係数	50%下限値 (kN)	Po (kN)	壁倍率
(1)	Py	(kN)	14.63	14.80	14.92	14.79	0.010	0.995	14.72	9.92	5.5
(2)	$0.2 \cdot Pu \cdot \sqrt{2\mu-1}$	(kN)	10.81	10.52	9.90	10.41	0.045	0.979	10.19		
(3)	$(2/3) \cdot Pmax$	(kN)	17.89	18.52	18.51	18.31	0.020	0.991	18.14		
(4)	P120	(kN)	10.46	10.15	9.70	10.10	0.038	0.982	9.92		
	Pmax	(kN)	26.83	27.78	27.76						
	Pu	(kN)	24.98	25.70	25.84						
	K	($\times 10^3$kN/rad)	1.06	1.00	0.91						
	μ	(-)	2.84	2.59	2.34						
	$1/\sqrt{2\mu-1}$	(-)	0.46	0.49	0.52						
	γy	($\times 10^{-3}$rad)	13.75	14.80	16.49						
	γv	($\times 10^{-3}$rad)	23.47	25.71	28.54						
	γu	($\times 10^{-3}$rad)	66.67	66.67	66.67						
	γpo	($\times 10^{-3}$rad)	7.78	8.07	8.63						
破壊状況											

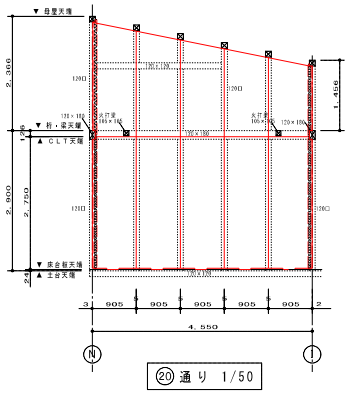


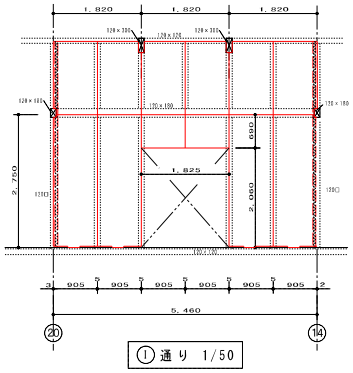
出典　一般財団法人日本建築総合試験所
※壁倍率は低減係数αを考慮しない数値である

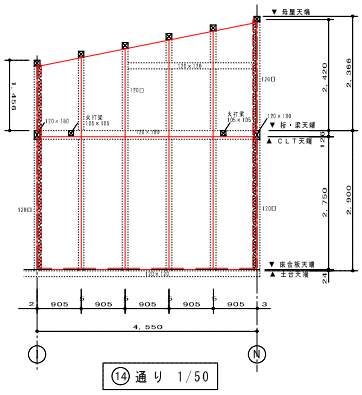
〈考察〉　安定した結果で、ほぼ想定した通りの結果であった。

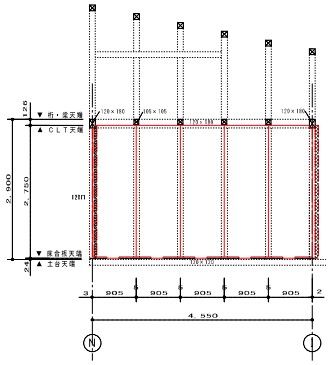
F.CLTパネル割付平面図・CLTパネル割付軸組図

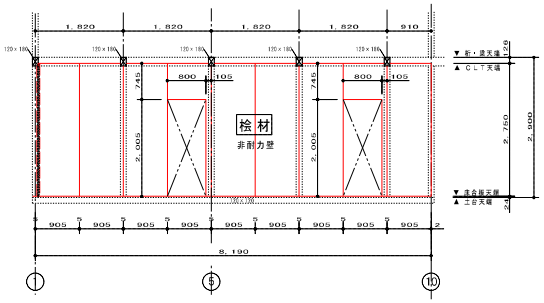


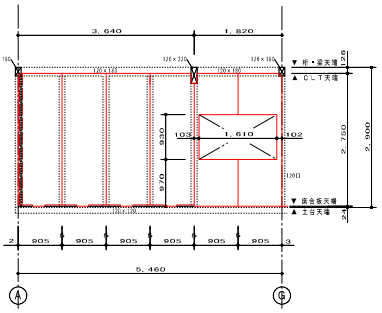




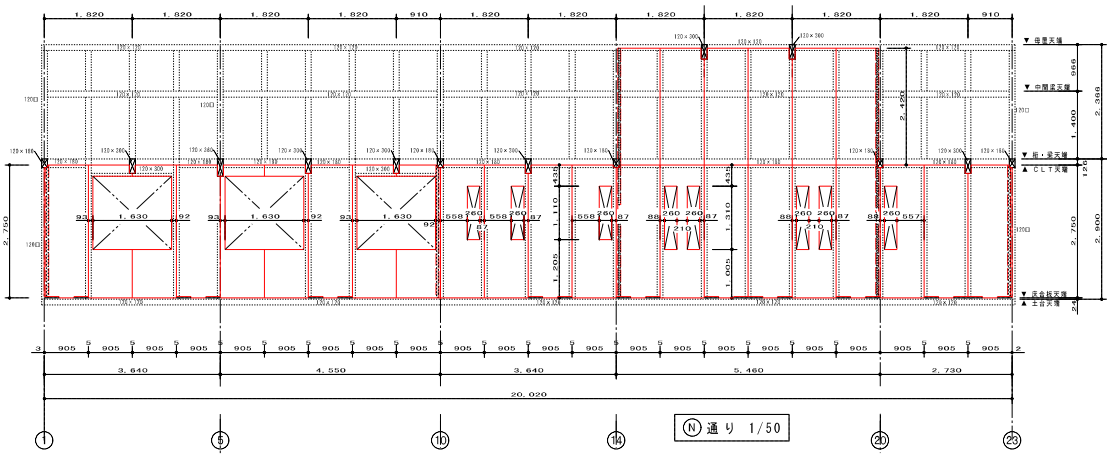


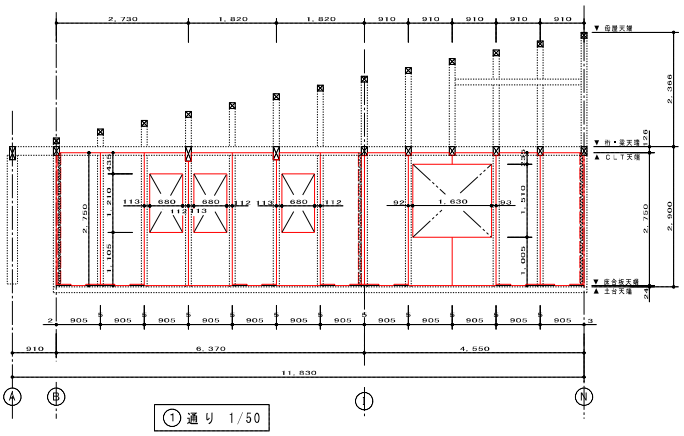




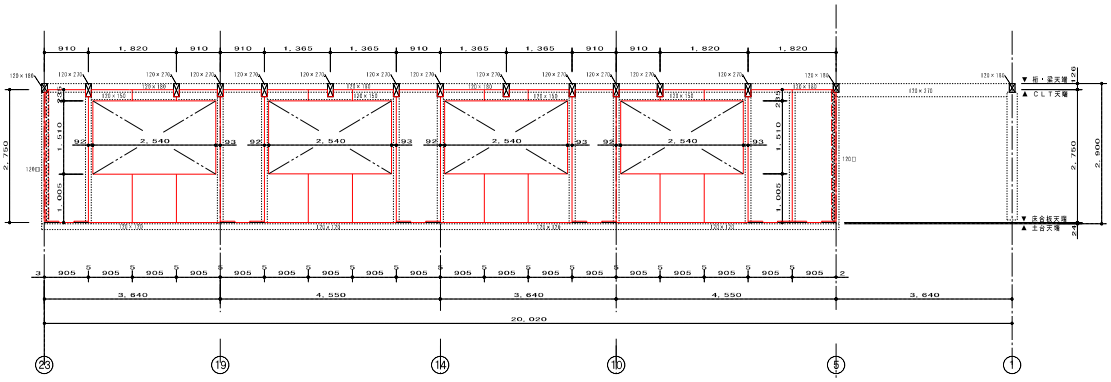


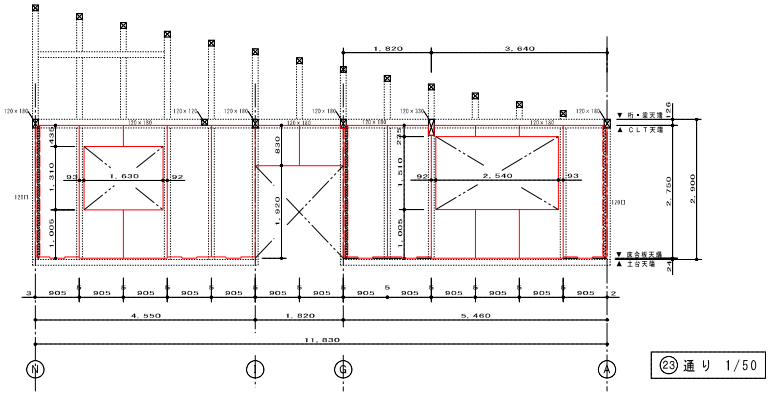
なかむら建設（株）事務所新築工事　　CLTパネル割付軸組図 1/50

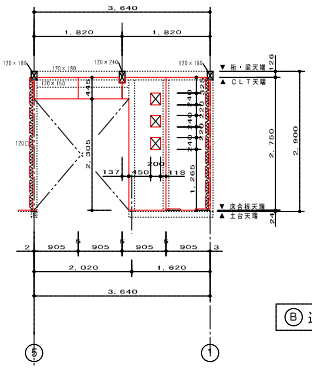




なかむら建設（株）事務所新築工事　　ＣＬＴパネル割付軸組図　1/50







なかむら建設（株）事務所新築工事　　ＣＬＴパネル割付軸組図　1/50

G.軸組建方写真

1.土台敷き

2.断熱材・剛床

3.CLTパネル・軸組材搬入

4.搬入完了

5.建方(CLTパネルは仮置き)

6.小屋組み

7.野地板葺き

8.雨養生完了

H.CLTパネル施工写真

1.パネル取付前

2.パネル取付

3.金物取付

4.CLTパネル取付完了

Ⅰ.完成写真

（玄関・ホール）
手前側：スギCLT　　奥:ヒノキ-スギ-ヒノキ-CLT(非構造)

（事務室）
外壁面・一部間仕切(奥)　スギCLT

J.60mm 厚 CLT の施工歩掛・コスト比較

A.施工の歩掛

床面積　240 ㎡(壁部位面積 306 ㎡)で　20 人工　計 400,000 円

B.コスト比較

1)検討条件

下記の 2 仕様を比較した

①本物件の仕様

　耐力壁兼仕上げ材：60mm 厚スギ CLT 現し　　※壁倍率 4.5 倍程度

②比較用の仕様

　耐力壁仕様：構造用合板(t=9.5mm)張り+片筋かい　※壁倍率 4.5 倍

　仕上げ仕様：胴縁+杉板(t=12.5　節あり)張り

本物件に近い条件にて設定した

CLT パネル(又は構造用合板+筋かい)	126 枚(箇所)
壁の部位面積	306 ㎡

3)施工費についての検討結果

　①本物件の仕様

　17,420 円/㎡　(床面積換算)

　②比較用の仕様

　16,035 円/㎡　(床面積換算)

※検討過程については【別紙】60mm 厚 CLT 現し(耐力壁兼仕上げ材)と
構造用合板・筋交併用による耐力壁+杉羽目板仕上げとのコスト比較表を参照

5)考察

　60mm 厚　CLT の現しは、比較検討した仕様より、約 1,000 円高い結果になった。
今後、加工費用等のコストが下がれば、同じ程度になるのではないか。

【別紙】60mm 厚 CLT 現し(耐力壁兼仕上げ材)と
構造用合板・筋交併用による耐力壁+杉羽目板仕上げとのコスト比較表

①-a)CLT パネルの施工費	数量	単位	単価	金額
CLT パネル現場施工費	306	㎡	1,310	400,860
①-a)　小計				400,860

①-b)CLT パネルの材料費	数量	単位	単価	金額
スギ CLT 60mm 905×2750 (工場加工及び塗装含む)	126	枚	30,000	3,780,000
①-b)　小計				3,780,000

①)合計	4,180,860
床面積(240 ㎡)換算　1 ㎡あたり	17,420

②-a)比較仕様の施工費	数量	単位	単価	金額
構造用合板張り手間	306	㎡	1,000	306,000
筋かい施工手間	126	箇所	1,200	151,200
胴縁施工費	306	㎡	500	153,000
杉板張り手間手間	306	㎡	4,000	1,224,000
オスモクリア塗装	306	㎡	1,800	550,800
②-a)　小計				2,385,000

②-b)比較仕様の材料費	数量	単位	単価	金額
構造用合板　9.5mm 910×2730	126	枚	2,700	340,200
筋かい　3000×90×45	126	丁	900	113,400
胴縁	306	㎡	300	91,800
杉板　節あり　厚み 12mm	306	㎡	3,000	918,000
②-b)　小計				1,463,400

②)合計	3,848,400
床面積(240 ㎡)換算　1 ㎡あたり	16,035

K.60mm 厚 CLT の耐火被覆材としての検討報告書

定型サイズ 60mm 厚 CLT を木造軸組工法に耐力壁かつ、化粧材として使用することから、60mm の厚さを活かした耐火被覆材としての機能を付加することで一層の普及が図れると考えました。そこで、耐火被覆材としての検討を下記の点について行いました。

① 現行法規で 60mm 厚の CLT が耐火被覆材として活用できる可能性がある部位について
② 実証事業の耐力壁仕様の 45 分、60 分準耐火の可能性について
③ 内装制限の規定がかかった場合についての避難安全検証法の活用の可能性について

① 現行法規で 60mm 厚の CLT がそのまま被覆材として活用できる可能性についての検討
木材自体が耐火被覆材として告示に規定されている部位があるので、60mm 厚の CLT がどこかの部位で読めそうか整理しました。

・防火構造（平成 28 年 3 月 30 日国土交通省告示第 541 号）
第1　外壁の構造方法
一　ロ　(1)　屋内側
(iii)厚さ 75mm 以上のグラスウール又はロックウールを充填した上に**厚さ 4mm 以上**の合板、構造用パネル、パーティクルボード又は**木材**を張ったもの

・準耐火構造
1 時間準耐火（平成 28 年 3 月 31 日　国土交通省告示第 563 号）
第 3　三　イ　床　表側
(3)**厚さが 40mm 以上の木材**
45 分準耐火（平成 29 年 3 月 21 日　国土交通省告示第 203 号）
第 3　三　イ　床　表側
(3)**厚さが 30mm 以上の木材**
第 5 二　軒裏
野地板（厚さが 30mm 以上のものに限る）
第 6　階段
三　段板及び段板を支えるけたが**木材**で造られたもので、当該**木材**の厚さが 6cm 以上のもの

防火被覆として告示で木材等の記述がある部位

防火構造外壁の屋内側	床表側 1 時間準耐火	床表側 45 分準耐火	軒裏 野地板	階段
4mm 以上	40mm 以上	30mm 以上	30mm 以上	60mm 以上

今回、整理した「木材」の部分に直接 CLT が適用できるかどうかは建築主事等の判断によると思われます。**CLT については燃え代設計で時間に対応した厚さが既に規定されているので、例えば 60mm 厚 CLT については、燃え代設計で軸組工法に柱、梁に被覆的に施工する場合には、そのまま準耐火構造として適用できるように法的整備が進むか、または通達などが出れば、各社多額の費用と時間をかけて大臣認定を取得しなくても済むので、普及につながると考えます。**

現状のところ壁材について防火構造の外壁の屋内側は建築主事等の判断、準耐火構造は大臣認定の必要がありそうだということが検討の結果分かりました。

② 実証事業で決まった耐力壁仕様の 45 分、60 分準耐火の可能性についての検討

このたびの実証事業については、60mm 壁の周囲に 30mm のシャクリを入れて半分真壁にした仕様と、60mm 壁をそのまま大壁にした仕様で検討を進めました。60mm の厚さがあれば燃え代設計の数値からしても、60 分準耐火に耐えうるだけの性能があると考えました。このたびは、できるだけ仕様を同じ施工方法としたかったので別紙報告書の接合方法で二つの耐力壁とも試験をしました。その結果、残念なことに大壁仕様の耐力壁の試験が不調に終わり、接合方法を改めて検討することとなったため、準耐火構造の大臣認定取得に向けた実験などには至りませんでした。

③ 内装制限の規定がかかった場合についての避難安全検証法の活用の可能性について

CLT を現しで使用する場合に、内装制限の規定については準耐火構造等とは別に確認しなければなりません。現在、CLT について直接難燃処理、準不燃処理などを施すことは技術的にもコスト的にもかなり厳しくなってしまいます。そこで、建築基準法施行令第 129 条の 2 の「階避難安全検証法（施行令第 129 条の 2 の 2　全館避難全然検証法は省略)」により、施行令第 129 条の内装制限の適用除外の可能性について検討しました。

「2001 年版　避難安全検証法の解説及び計算例とその解説」に基づき、同第 6 章適用事例 No.1 の貸事務所ビルの計算例において、内装材が「木材等」とした場合に、検証法で OK が出るかどうかを検討しました。その結果、適用例のプランでは事務所については有効排煙量 20m³/分以上、廊下については有効排煙量 10m³/分以上で階避難安全性能が確かめられ、内装制限の適用を除外できることが分かりました。ただし避難安全検証法については適用できない用途（病院、診療所及び児童福祉施設等、火気使用室、自動車車庫等）と部位（階段の壁及び天井の室内に面する部分）があること、居室から避難経路である廊下等に通じる出口が 2 つ以上複数個所必要なことなどプランによって結果が左右されます。避難安全検証法の活用については、計画の初期段階で検証法に有利なプランの計画と必要な有効排煙量を確保するためのコスト等について検討しておく必要があることが分かりました。

以　上

２．10　兵庫県森林組合連合会／（株）地域計画建築研究所　大阪事務所

1.　建築物の仕様一覧

事業名			兵庫県林業会館改築工事の建築実証
実施者（担当者）			兵庫県森林組合連合会／(株)地域計画建築研究所（アルパック）
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		兵庫県神戸市
	構造・工法		鉄骨＋ＣＬＴハイブリッド構造
	階数		5
	高さ（m）		25.99
	軒高（m）		22.46
	敷地面積（㎡）		355.24
	建築面積（㎡）		305.11
	延べ面積（㎡）		1509.94
	階別面積	１階	295.4
		２階	295.18
		３階	295.18
		４階	295.18
		５階	295.18
		ＰＨ階	33.84
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量240.0㎥、建築物使用量225.0㎥
	壁パネル	寸法	90,150,210mm厚
		ラミナ構成	3層3プライ,5層5プライ,5層7プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	-
		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		3.5㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	デッキコンクリート下地アスファルト防水の上押えコンクリート
		外壁	CLT+ｶｰﾃﾝｳｫｰﾙ、CLT+木毛ｾﾒﾝﾄ板＋ﾌｪﾉｰﾙﾌｫｰﾑ+角波ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ鋼板
		開口部	アルミカーテンウォール＋二層複層ガラス（耐熱強化ガラス＋フロートガラス、中空層幅12mm）
	主な内部仕上	界壁	（PB21mm+9.5mm＋LGS（GW32K50mm））片面＋CLT
		間仕切り壁	片面CLT現し（片面PB21mm＋9.5mm）
		床	CLT+構造用合板ｔ9＋PB21mm×3＋乾式二重床+タイルカーペット
		天井	CLT+木野縁＋PB21mm×3＋LGS天井下地＋PB12.5+岩綿吸音板t9
構造	構造計算ルート		ルート3
	接合方法		引きボルト及びせん断金物＋ドリフトピン
	最大スパン		10.2m
	問題点・課題とその解決策		＜課題＞CLTパネル工法での事務所ビル建築は、事務所ビルとしての大スパン確保、空間の可変性、開口率等に課題 ＜解決策＞CLTパネル工法等を含む計６案について比較検討を行い、長手方向：ＣＬＴパネル工法、短手方向：集成材等建築物の混構造（執務室内に壁を設けずに、高耐力を見込むCLT耐力壁とコア回りのブレース併用とする）として課題解決を行った。なお、実際に建築される建物では、上記視点をもとに実施設計・施工一括発注プロポーザルを行い、課題解決および普及啓発性に最も優れた鉄骨＋CLTハイブリッド構造案が選定された。
防耐火	防火上の地域区分		防火地域
	耐火建築物等の要件		耐火建築物
	本建築物の防耐火仕様		1時間耐火,2時間耐火
	問題点・課題とその解決策		CLT床の耐火認定が無かったため、2時間耐火認定を取得すべく、燃焼試験を行った。
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		床CLTﾊﾟﾈﾙ同士の隙間の処理として構造用合板による裏あてを施工
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	硬質ウレタンフォームA種1H　・　25mm
		外壁	フェノールフォーム　・　25mm、ロックウール　・　30mm
		床	硬質ウレタンフォームA種1H　・　25mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		間仕切り壁にCLTを用いる箇所では、片側に遮音措置（グラスウール充填の上PBt21＋9.5張）とする。
	建て方における課題と解決策		①CLTの遮水処理の課題：コンクリート、モルタルと接するCLT小口面に遮水処理を行うこととした。 ②CLTと鉄骨の建方の課題：CLTを鉄骨フレームに後施工で接合できる納まりを考案し、鉄骨の建方を先行する方針とした。 ③床CLTの精度確保：鉄骨梁から受材を出し木ビスで接合することで、ドリフトピンやボルトのような特別な精度管理を不要とした。
	給排水・電気配線設置上の工夫		ＰＳは上下階同じ位置に設ける。各テナント内への電気配線は二重床にて行う。
	劣化対策		外壁現しの部分は、木材保護塗料塗の上、カーテンウォールにて保護する。
工程	設計期間		H29.2月～H29.8月（6カ月）（基本設計）
	施工期間		-
		ＣＬＴ躯体施工期間	
	竣工（予定）年月日		H30.12月（予定）
体制	発注者		兵庫県森林組合連合会
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本設計：(株)地域計画建築研究所（アルパック）
	構造設計者		基本設計：(有)金箱構造設計事務所
	施工者		
	ＣＬＴ供給者		
	ラミナ供給者		

実証事業名： 兵庫県林業会館改築工事の建築実証

実施者／協議会運営者または担当者：兵庫県森林組合連合会／（株）地域計画建築研究所

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">兵庫県神戸市</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">鉄骨＋CLT ハイブリッド構造</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">５階</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>25.99</td><td>軒高（m）</td><td>22.46</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>355.24</td><td>建築面積（㎡）</td><td>305.11</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積（㎡）</td><td>１階</td><td>295.40</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">1,509.94</td></tr>
<tr><td>２～５階</td><td>295.18</td></tr>
<tr><td>ＰＨ階</td><td>33.84</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">壁、床</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（㎥）</td><td colspan="3">225.0 ㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（㎥）</td><td colspan="3">3.5 ㎥</td></tr>
<tr><td rowspan="3">CLT の仕様</td><td>（部位）</td><td colspan="3">（寸法／ラミナ構成／強度区分／樹種）</td></tr>
<tr><td>壁</td><td colspan="3">90㎜厚／3 層 3 プライ／S60A 相当／スギ
150㎜厚／5 層 5 プライ／S60A 相当／スギ
210㎜厚／5 層 7 プライ／S60A 相当／スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">150㎜厚／5 層 5 プライ／S60A 相当／スギ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">H29.2 月～8 月（6 ヶ月）＊基本設計期間</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工年月日</td><td colspan="3">H30.12 月（予定）</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

防火地域に指定された市街地において、CLT を構造体とする耐火建築物を建築する。

①国交省告示第 611 号に基づく、保有水平耐力計算（ルート３）による構造計算の実証
②床の耐火性能（2 時間）の検証、大臣認定取得
③CLT パネル工法等における環境性能、地域貢献性の検証
④コスト縮減方策の検討

３．実証事業の実施体制・協議会構成員

（基本設計・協議会運営）（株）地域計画建築研究所（アルパック）
（構造設計）（有）金箱構造設計事務所
（部材試験）銘建工業株式会社　　（部材開発）桜設計集団一級建築士事務所
（専門家派遣）京都大学生存圏研究所　教授　五十田　博氏
　　立命館大学　理工学部　教授　近本　智行氏
（建築主）兵庫県森林組合連合会ほか３者　　（助言）兵庫県

４．課題解決の方法と実施工程

協議会での協議を踏まえて、基本設計等の実証を進めた点、協議会での検討を普及啓発等も兼ねて、勉強会という形で外部に共有しながら進めた点が本事業の特色といえる。

平成 29 年
2 月～8 月　基本設計
　　4 月　部材試験

11 月～2 月　環境性能、地域貢献性等の検証
　　コスト縮減方策検討

※計 4 回協議会開催（3、6、8、2 月）

（補助対象外）

6/28　第１回勉強会

7/20　第２回勉強会　＋
　　プロポーザル第一次選考説明会

7 月～10 月　実施設計・施工一括発注
　　プロポーザル

10/19　第３回勉強会　＋
　　プロポーザル結果報告

５．得られた実証データ等の詳細

＜設計条件＞

（１）防火地域。傾斜地(1F:RC、2F 以上:CLT 等)。交差点に位置し、二面が接道。
（２）事務所ビルであり、基本設計では南側を執務スペース、北側をコアとした。執務スペースはテナントが入るため、できるだけ可変性の高い空間と構造が求められた。
（３）本建物は県産材及びＣＬＴの普及啓発も目的の一つとしており、ＣＬＴのあらわしも含めた普及啓発方法の検討が望まれた。

＜構造検討＞

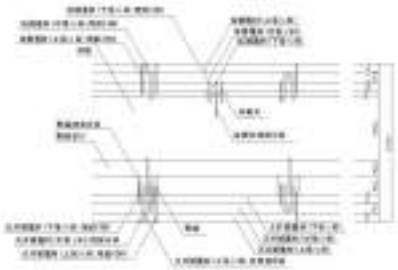
当初、２階より上部をＣＬＴパネル工法とする予定で検討を進めたが、事務所ビルとしての大スパン、空間の可変性、開口率等に課題があったため、全部で６案について比較検討を行い、検討の結果、③案（長手方向：ＣＬＴパネル工法、短手方向：集成材等建築物として解析）を最適と判断し、ルート３での構造検討を行い、基本設計をまとめた。

＜実施案＞※実施案は、竹中工務店・大和ハウス工業特定建設工事共同企業体による。

プロポーザルにて選定された鉄骨＋ＣＬＴハイブリッド構造について、比較表に加え、全７案について改めて、地域貢献性やコスト等に関する比較検討を行った。

＜床材の２時間耐火性能の実験による性能評価＞

本実証事業において、CLT 床の２時間耐火性能の検証を行った（大臣認証取得予定）。今後、中高層建築物への CLT 使用の普及につなげるべく、取得した仕様の共有を図る。



２時間耐火性能仕様の一つ

燃焼試験後の状態確認の様子

タイプ			CLT 全体利用		CLT 部分利用				
			①	②	③基本設計案	④	⑤	⑥	⑦実施案
法規上の区分			CLT パネル工法	CLT パネル工法	CLT パネル工法、集成材等建築物	集成材等建築物	RC 併用構造(CLT 付加的配置)	RC 併用構造	鉄骨＋ＣＬＴハイブリッド構造
方向	長手	工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	集成材等建築物	RC 併用構造	RC 併用構造	鉄骨+ハイブリッド構造
		鉛直構面	CLTパネル工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	集成材柱梁	RC柱梁、集成材柱梁	RC柱梁、集成材柱梁	鉄骨柱梁
		水平力負担	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	RC耐震壁,CLTパネル(付加的)	RC耐震壁,CLTパネル	CLTパネル
		床構面	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	RCスラブ,CLTパネル	RCスラブ,CLTパネル	CLTパネル
	短手	工法	CLTパネル工法	CLTパネル工法	集成材等建築物	集成材等建築物	RC 併用構造	RC 併用構造	鉄骨+ハイブリッド構造
		鉛直構面	CLTパネル工法	CLTパネル工法	集成材柱梁	集成材柱梁	RC柱梁、集成材柱梁	RC柱梁、集成材柱梁	鉄骨柱梁
		水平力負担	CLTパネル	CLTパネル(特殊ﾃﾞｨﾃｰﾙ)	CLTパネル(鉄骨を介した特殊ﾃﾞｨﾃｰﾙ),集成材	CLTパネル(鉄骨を介した特殊ﾃﾞｨﾃｰﾙ),集成材	RC耐震壁,CLTパネル(付加的)	RC耐震壁,CLTパネル	CLTパネル
		床構面	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	CLTパネル	RCスラブ,CLTパネル	RCスラブ,CLTパネル	CLTパネル
機能面	開口率		短手方向の開口は極めて少ない。×	短手方向も開口を確保できる。○	短手方向も開口を確保できる。○	短手方向も開口を確保できる。○	開口の自由度は比較的高い。○	開口の自由度は比較的高い。○	開口の自由度は高い。○
	執務室内環境		柱、梁の他、構造壁も出てくるため、 間仕切りに一定の制約がある。×	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に構造壁は不要。○	執務室内に柱、構造壁が共に不要。◎
施工	施工期間		２階から上部は全て CLT なので早い。○	２階から上部は全て木造なので早い。○	２階腰高から上部は全て CLT なの で早い。○	２階腰高から上部は全て CLT なの で早い。○	５階まで部分的に RC 造となり、 やや長くなる。△	５階まで部分的に RC 造となり、 やや長くなる。△	鉄骨建て方とＣＬＴパネル建て方を交互に行うが、乾式のため早い。○
	施工難度		特殊な工法ではない。○	2F 壁脚部接合、壁勝ちディテール など、特殊な納まりがある。△	集成材ブレース、2F 壁脚部接合な ど、特殊な納まりがある。△	集成材ブレース、2F 壁脚部接合な ど、特殊な納まりがある。△	5F まで RC 壁自立はやや難しい。△	RC,CLT のそれぞれは特殊ではな い。○	ディテールの検討により、一般的な納まりの延長とすることが可能。○
CLTのあらわし ※ 構造の鉛直負担有無の分類			×	×	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）	両方向：○ （ただし、その他の耐火規定により現し不可となる場合がある。）
コスト	概算工事費(千円)		621,000		619,000			633,000	591,000
	うち2F以上躯体		140,000		138,000			139,000	115,000
	備考		概算工事費のベースとした。		①案とほぼ同等。			他案に比べて工期を3ヶ月多く見込んだ。	これに窓増加分を加えると他案と同程度になる。
環境性能			居室外壁はCLTであり、断熱性能は高い。		①に同じ。			①に同じ。	①に同じ。
地域還元性	CLT利用量(m3)		562		505			294	225
	集成材量(m3)		60		90			66	0
	森林活用面積(ha)		11.0		10.5			6.3	4.0
	CO2固定量(t-CO2)		358.1		342.5			207.2	129.5
	事務所ビルとしての普及性 （CLTのトータルでの普及性、レスティンバーの視点より）		施工性は高いが、機能面の課題が大きく、普及性は低い。×		機能面、施工性共課題は少なく、普及性はある程度高い。○			施工性にやや課題があるため、普及性は低い。×	機能面に優れており、特に都市部での中層ビルへの将来的な普及性が高い。◎
特筆すべき課題 （および特徴）			大スパンや外部開口の確保が難しい点は、他の構造との併用による解決が現実的と考えられる。		集成材柱梁とCLTの取り合いについて、構造面、耐火面での工夫が必要。			RC、CLTパネル、集成材柱梁と3種の混構造による煩雑な施工が工期、コストに影響している。	鉄骨とCLTの取り合いについて、構造面、耐火面での検討が必要。なお、現在、耐火試験を行うなど実現に向けて課題解決中で、外部CLT現しの先駆的事例となる予定。

検証した案の比較一覧表

＜森林活用面積＞ （木材量(m³)÷0.9(仕口加工歩留り)÷0.7(ﾗﾐﾅ→CLT 歩留り)÷0.45(原木→ﾗﾐﾅ歩留り)÷400(兵庫県内の人工林の ha 当たり木材蓄積量)÷0.5(ﾗﾐﾅへの木材使用可能率))

CLT パネル工法の③案で 11ha 程度/棟、鉄骨とハイブリッドの⑦案で 4ha 程度/棟（CLT 利用以外の間接利用も含む）となる。なお、実施案は、CLT 材料の長所を活かした適材適所での活用により、単に１棟当たりの使用量を多くするのではなく、都市への普及性、トータルでの森林資源活用につながるものとして評価され、選定された。

＜CO_2固定量＞ （木材量(m³)×0.314(t/m³)×0.5×44/12(C→CO_2)）

CLT 及び集成材の CO_2 固定量は、CLT パネル工法の③案で約 340t-CO_2/棟、⑦案で約 130t-CO_2/棟となる。

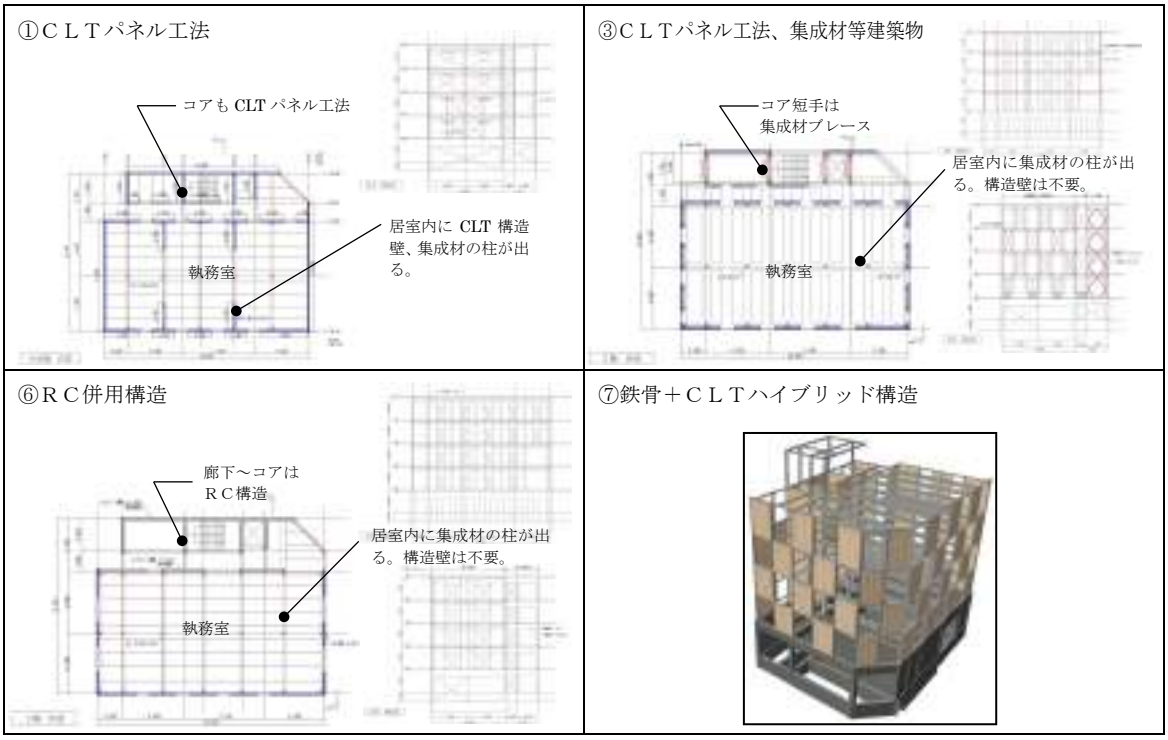
＜コスト縮減策＞

比較した７案ではコストに大きな差は無いものの、純粋な鉄骨造などとコスト面だけで比較すれば価格差があることは否めない。今後の普及に向けたコスト縮減策の一つとしては、混構造を含めた CLT 施工の普及・一般化が考えられる。一方で、CLT 建築の特徴である木質化や高断熱などはコストだけでは評価できないため、コスト以上に CLT 建築に魅力があることを、本建築の実現等により伝え普及啓発を図ることが重要と考えられる。

６．本実証により得られた成果

・壁が少なくスパンを飛ばす事務所用途では単独の CLT パネル工法だけでは成立しにくく、集成材やＲＣ、鉄骨等の別の構造材との併用により、課題を解決することができる。
・適材適所の「CLT のあらわし」については、耐火被覆が必要となる外壁及び鉛直力を受ける主要構造部とせず、H12 告示第 1439 号により内装制限をクリアすれば、可能となる。
・別の構造形式と併用しても、総工費は大きく変わらない。
・CLT 床の２時間耐火の検証を行った（今後大臣認定取得見込み※平成 30 年 2 月現在）。
・普及可能性の高い CLT の中高層建築物について、各構造形式の比較により明らかにした。

７．建築物の平面図・立面図・写真等



比較４案の概要

３．成果物

３－１　CLT パネル工法を事務所用途に用いる場合の課題・解決策の方向性

CLT パネル工法等による事務所用途の建築・設計については、以下の課題が明らかとなった。それらの課題解決および普及啓発性の高い（CLT 構造体のあらわしも含めた）CLT を用いた建築の設計のため、複数（計６案）のバリエーションについて検討を行った。

まず、CLT パネル工法単独で事務所用途を建設する場合の主な課題について示す。

(1) 課題

① 法関連

・CLT パネル工法は必要壁量が多いため、事務所用途である本計画のように内部に構造壁をできるだけ設けない場合は、窓を大きく取ることは難しい。これにより、特に３階以上で必要となる非常用進入口（代替進入口）の確保が困難となる。本計画地は角地で２面接道のため、必要数も多い。

・窓を多く設けられないことにより、自然排煙の確保も難しい。（部分的には内装不燃による告示適用（H12 告示 1436 号）も考える必要がある。）

・各種耐火性能の確保について、発展途上である。本実証の中で、３－３で示す床２時間の大臣認定を受けたが、近々に告示化される床１時間の他、屋根３０分など、広く使われるためには、法規制に対応できる仕様の整備が重要と考えられる。

② 機能性

・事務所ビルとしてテナント内は無柱空間が望ましいが、CLT パネル工法だけでは大スパンを飛ばすことができない。

・テナントへの電源供給は共用廊下からそれぞれ行うことになるが、廊下との隔壁は事務所ビルで数少ない構造壁にできる箇所と考えられる。そのため、将来のテナント入れ替えや区画変更等に対する配慮が必要で、ＥＰＳ位置、配線ルートの確保、分電盤位置等について、十分な検討が望まれる。

・同様に換気ルートの確保についても検討が必要である。

③ 快適性

・本計画では木造部は４層であったが、CLT パネル工法では、建物をより高層にすれば低層部の壁はより多く、窓もより少なくなるため、自然採光の確保は難しい。

(2) 解決策

・上記課題の解決方策として、集成材、ＲＣ、鉄骨等の別の構造材との併用が考えられる。これにより、大スパンの実現や開口部の確保が可能となる。

・なお、普及啓発の視点から言えば、耐火被覆を行うと CLT を室内にあらわしにはできないが、外壁、主要構造部（鉛直力を負担する）ではない部分かつ内装制限もクリア（H12 告示 1439 号）することで、CLT のあらわしを実現させ、CLT を見て触り感じることができる。（その他、耐火被覆不要の間仕切壁等への CLT 採用も考えられる。）

３－２　構造検討概要

(1) 各種構造案の比較検討

①構造案検討の考え方

ア 基本方針

・建築計画に適合し、安全性、経済性、施工性に配慮した構造計画とする。
・CLT パネルを用いた構造計画とし、普及・一般化に配慮し、CLT パネルの魅力を発信できる構造計画とする。

イ 準拠基準

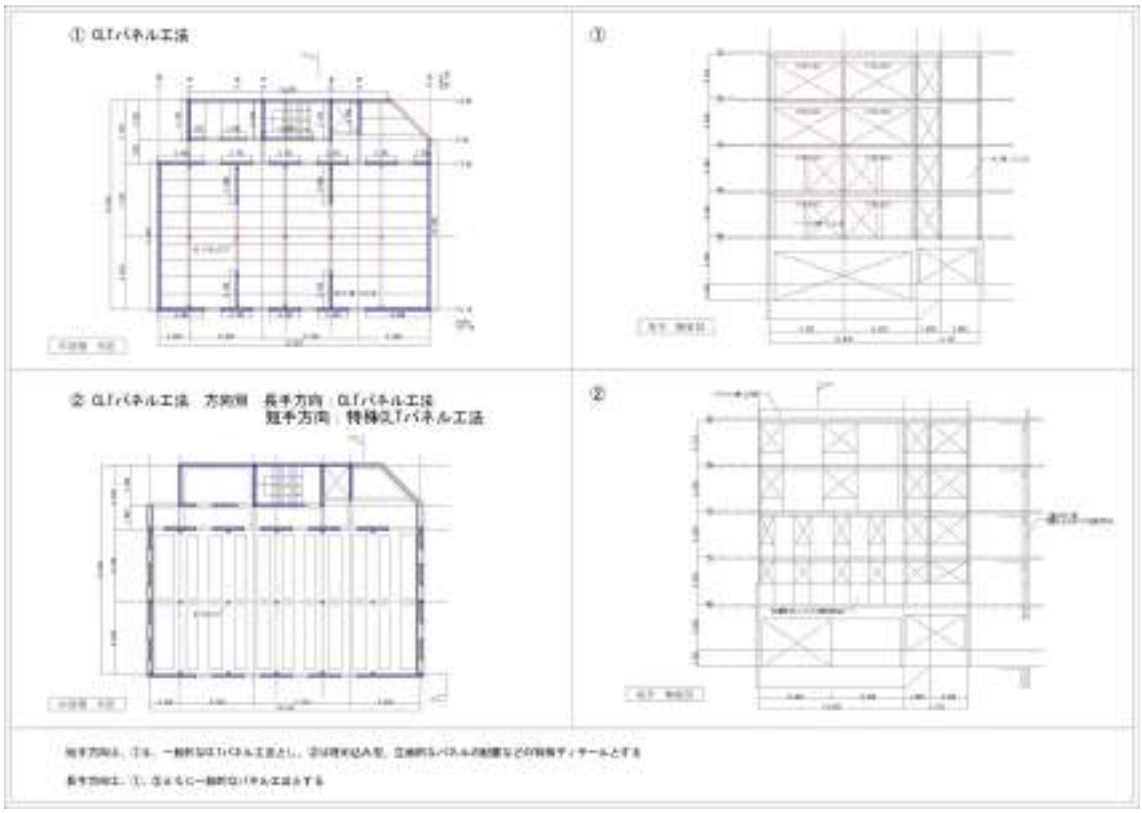
・建築基準法及び同施行令
・国土交通省告示
・日本建築学会の各種構造設計規準

②各種構造案の概要

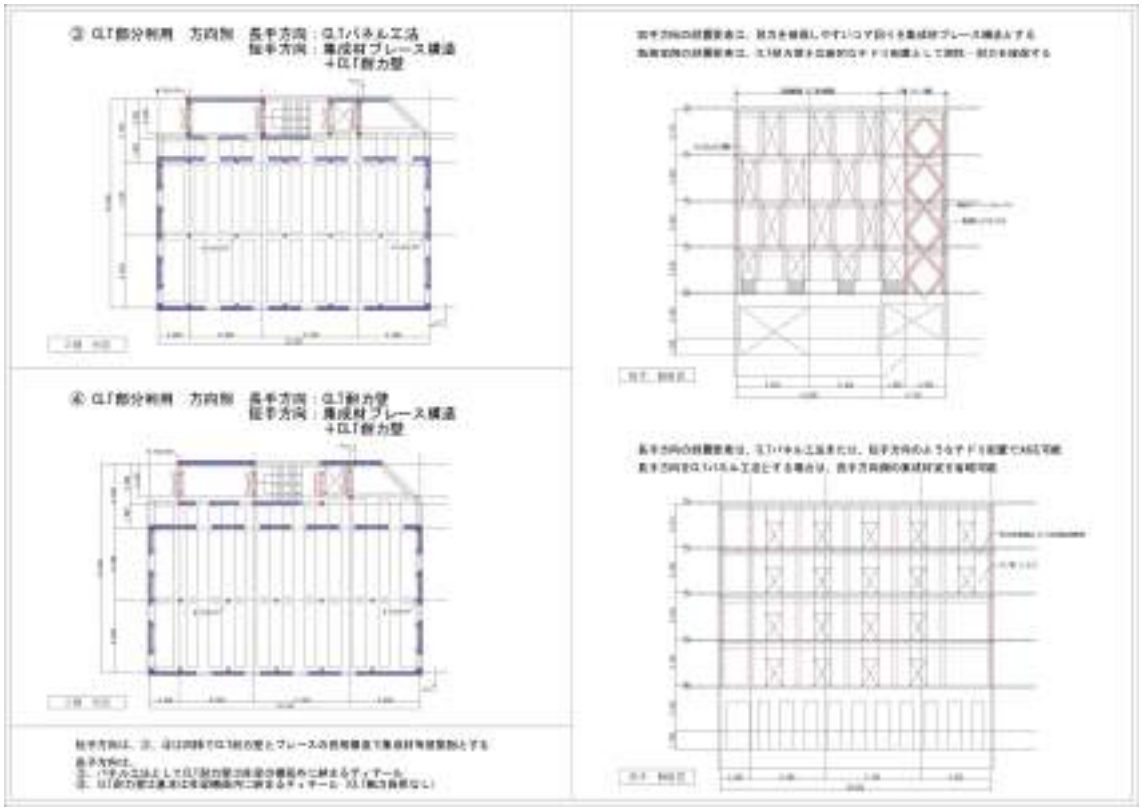
事務所用途における CLT パネル工法での構造検討を進めたところ課題が判明したため、CLT と他の構造材との併用を検討し、CLT パネル工法を含めた計６案について比較検討を行った。

①、②案
：長手、短手共に CLT パネル工法としたもの。①案の課題（短手に窓を取れない、執務室内に構造壁が生じる）を②案では特殊ディテールを採用により解消。
③、④案
：長手方向は CLT パネル工法（CLT パネルを耐力壁）とし、短手方向を集成材ブレース構造としたもの。④案は一部 CLT を軸力負担無しとし、あらわしの可能性を追求。
⑤案
：③、④案より CLT の外壁を減らして開口を多く取るための検討。コアと一部外壁を RC として全体の構造バランスを取る。
⑥案
：③、④案より CLT の外壁を減らして開口を多く取るための検討。コアと廊下部分を RC とする。

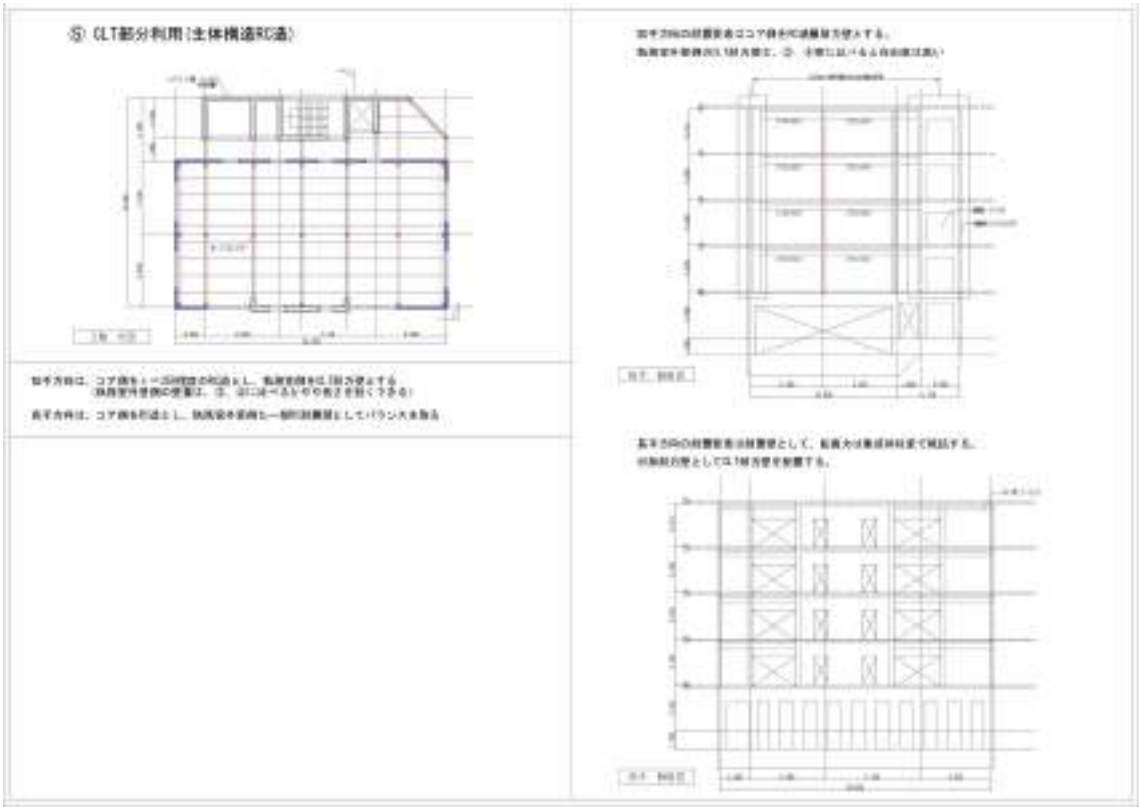
以下に、各案の概要を示す。
（各案の詳細は、２の比較表参照）



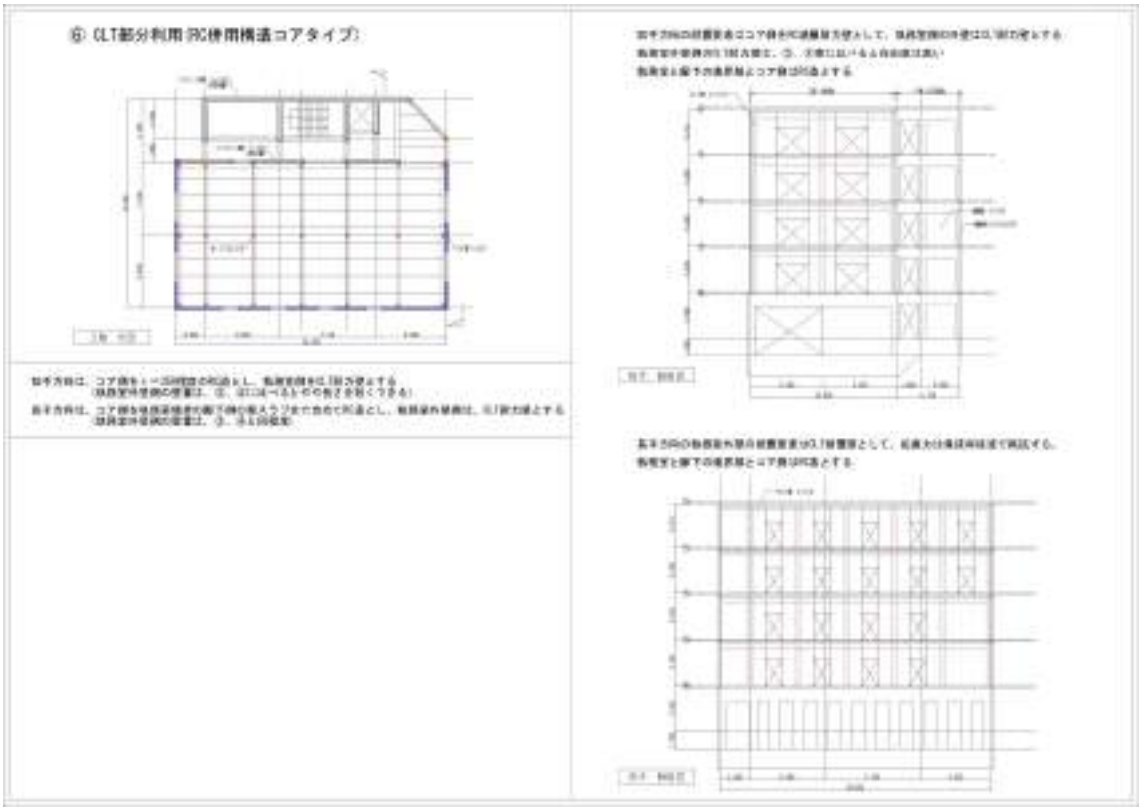
①,②案：CLT パネル工法



③,④案：CLT パネル工法（CLT パネル耐力壁）+集成材ブレース構造



⑤案：RC 併用構造(CLT 付加的配置)



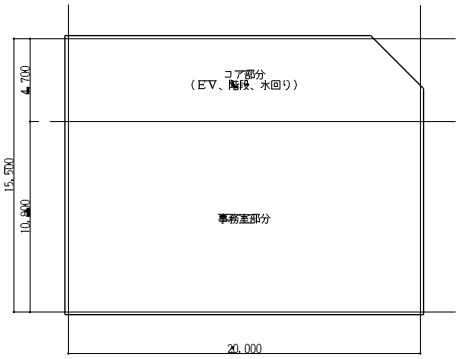
⑥案：RC 併用構造

参考：CLT パネル工法とコア部分を鉄骨造としての併用構造の可能性

先の６案の検討でコアを集成材ブレースや RC 造として検討したが、コア部分を鉄骨造として CLT パネル工法と併用する場合について、現地調査委員の方の所見を受け、検討を行った結果を以下に示す。

構造計画において平面的な併用構造を採用する理由として、最も期待できることは、剛性・強度の高い架構に地震力など水平力の大半を負担させることで開放的な建築を実現できることである。

鉄骨造と CLT パネル構造の併用構造は、RC 造との併用構造のようにコア形式をとることは下記より難しいと考えられる。



平面計画概念図

①　建物重量

CLT パネル構造で 1 時間耐火構造の場合は石膏ボードによる被覆や、CLT の 自重など通常の木造よりも重量は重くなる傾向にある。鉄骨造の場合の重量の 7 割程度となる。兵庫県林業会館の計画上、執務室とコア部分（廊下を含む）の面積比は 2：1 程度である。よって建物総重量の割合は通常の鉄骨造に比べると、8 割程度である。（RC 造との併用の場合は、6 割程度）重量メリットは、RC 造 に比べて少ない。

②　建物剛性

CLT パネル構造の剛性は通常の木造に比べて高く、1 次設計時の層間変形角としては、1/500 程度となることも十分にあり得る。鉄骨造の場合、ラーメン構造の場合は 1/200 程度、ブレース構造でも、コア部分はプロポーションが細長く、曲げ変形が大きくなるため、1/500～1/1000 程度となる。そのため、鉄骨造と CLT パネル構造の間での明確な剛性差を確保することが難しい。さらに、階段や EV 部分は荷重もあまりないため、抑え込みも少なく柱脚の設計が厳しくなることが考えられる。RC 造の壁であれば、1/2000 程度の層間変形を確保することは、十分に可能である。

③　耐震設計

各種構造の剛性差があまりないことから、併用構造としての構造設計も困難であると考える。モデル化の精度によって剛性がばらつくことが考えられるため、各種構造のせん断力の負担割合を明確にすることが難しい。また、CLT パネル工法では Ds の値が最小で 0.40～0.55（仕様規定）であり、鉄骨造の 0.25～0.50 よりも高い傾向にある。併用構造では、Ds 値の高い構造に合わせて必要保有水平耐力を算出する必要があるため、鉄骨造にとっては不利側の条件となることが考えられる。

④　結論

以上より、CLT パネル構造と鉄骨造の平面的な併用構造は構造としてのメリットは少ないと考える。

鉄骨造と CLT パネルを併用する場合には、合成デッキの変わりに、CLT パネルを用いることや、ブレースの変わりに CLT パネルを耐震壁として用いることなど、鉄骨造の一部に、CLT パネルを組み込むことが合理的な使い方と考えられる。

(2) 基本設計案の構造検討概要

６案を比較検討し、CLT パネル工法で最適とした案を基本設計案（案③）としてまとめた。次に、その架構計画を示す。

① 全体構成

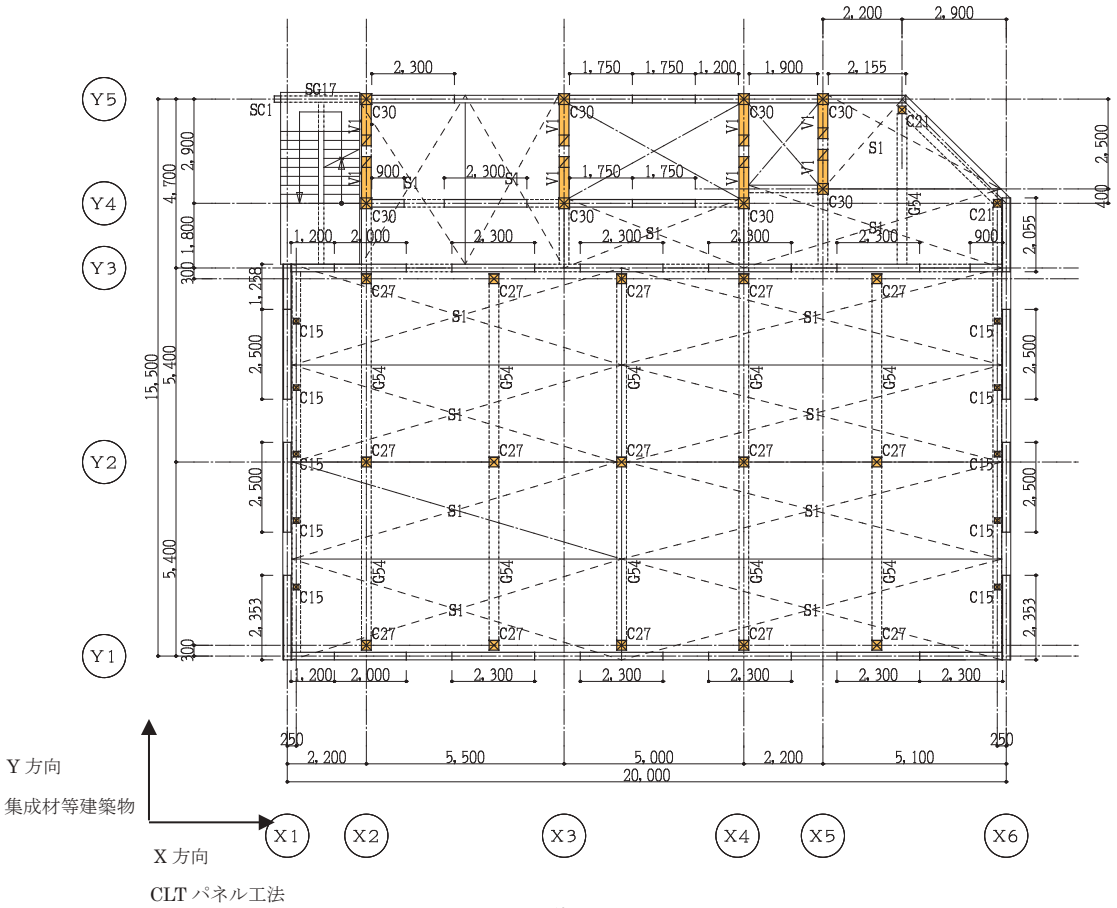
・本建物は、地上 5 階建て(搭屋 1 階)で 1 階が RC 造(駐車場部分)、2~5 階が木造(執務室部分)の立面的な混構造建物である。搭屋は木造とする。
・1 階部分は RC 造の耐震壁付ラーメン構造でルート 1 相当の壁量を確保した強度型の構造とする。
・木造階については、方向別で工法を分ける。
　X 方向：CLT パネル工法
　Y 方向：集成材の柱梁、集成材ブレース、CLT 耐力壁
　(CLT 耐力壁とは、CLT パネル工法で用いる CLT の壁とは異なり、鉛直荷重を負担しない水平力にのみ有効な耐力壁である。)
・水平構面は、CLT パネルとする。
・建物外形は、敷地出隅部分を切り欠いた形状であるが、全体形状としては整形な形状である。
・耐震要素の配置は、建物外周部および、中廊下及びコア部分に配置し執務室空間の自由度を確保する計画とする。
・屋上には、太陽光パネルを配置する計画とする。
・内部階段、外部階段は鉄骨とする。

② 下部構造(RC 造)

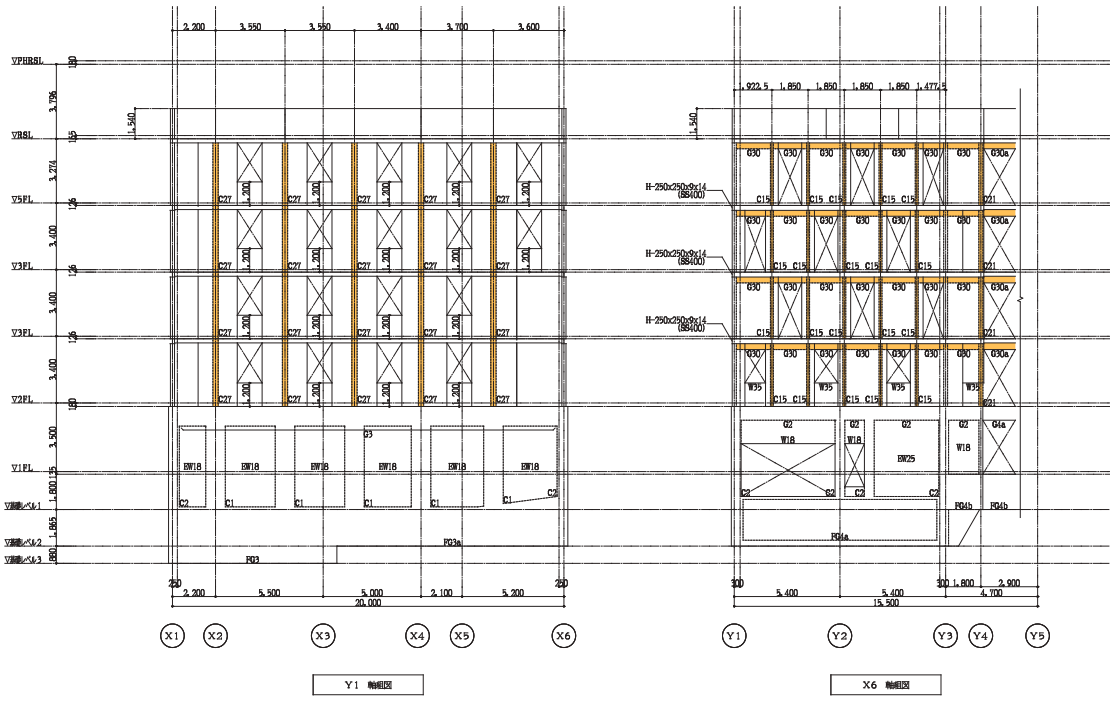
・1 階駐車場部分はスパン 10m 程度を確保するため、RC 梁を約 2m ピッチで配置する。
・駐車場部分が 2 段式であるため、一部基礎躯体を下げる構造とする。

③ 上部構造(木造)

・木造階は CLT パネルを用いた構造とする。
・X 方向は、壁量を比較的に確保しやすい平面計画であるため、CLT パネル工法とする。
　CLT パネル工法では、垂壁等による曲げ戻し効果が重要であるため、開口部分では、腰壁・垂壁を配置する。
・Y 方向は、執務室内に壁を設けない平面計画であるため壁量の確保が困難であるため、より高耐力を見込むことのできる CLT 耐力壁を考案する。
　コア回りの耐力壁は、連層壁となり引き抜き力等が大きくなることから、耐力を確保しやすいブレース構造(鋼板挿入型)とする。
　CLT 耐力壁とブレースを併用することから、CLT パネルには鉛直荷重を負担させない構造計画とし、法的な工法の区分としては、集成材等建築物とする。



3 階　伏図



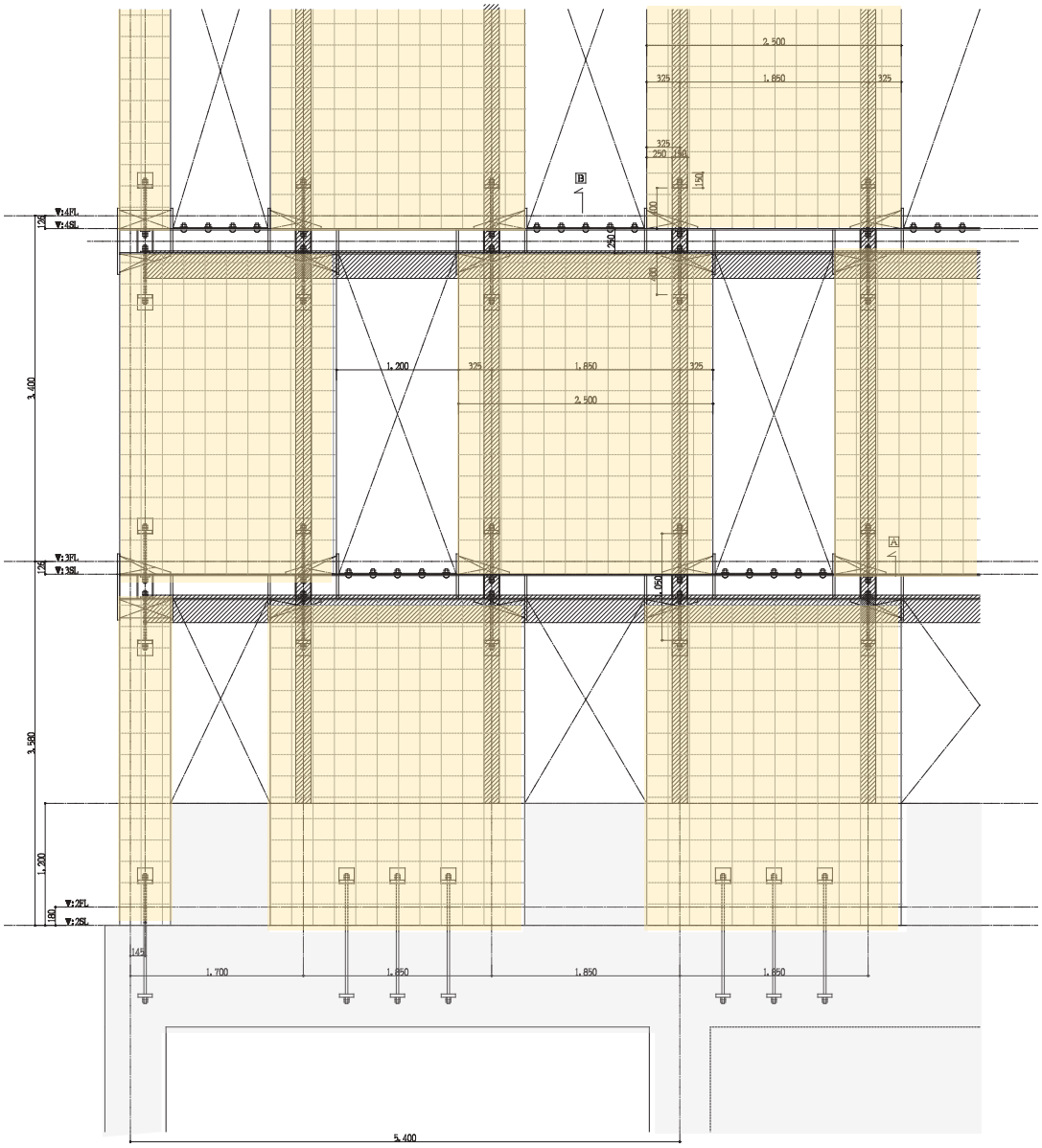
各方向　軸組図

④ CLT 耐力壁

・2 階耐力壁は、CLT パネルの小口面の弱軸圧縮の特性を生かして RC 部分から腰壁を立ち上げて、CLT 耐力壁の壁脚を RC 腰壁内に埋め込むことで、剛性・耐力を確保する。

・3 階から上部の CLT 耐力壁を立面的にチドリ配置とすることで、端部の軸力が相殺され、抑え込みの効果によって大きな曲げ戻しが期待できる。

・CLT 耐力壁間に鉄骨部材を配置することで、めり込み耐力・剛性を確保する。



Y 方向　詳細図

参考：各種設計条件

■設計荷重

1）設計方針

・設計ルート　：　ルート３　１階 RC 造　2～5 階木造

　木造階　　：　X 方向　CLT パネル工法　　Y 方向　集成材等建築物

2）地震荷重

・地震荷重　：　Ci = Z ・ Rt ・ Ai ・ Co

・地域係数　：　Z=1.00

・地盤種別　：　第２種地盤　Tc = 0.60　→　Rt = 1.00

・標準せん断力係数　：　一次設計　Co=0.2　二次設計　Co=1.0

3）積雪荷重

・垂直積雪量　：　d =30cm

・単位重量　：　20N/m^2/cm

・短期積雪荷重　：　600N/m^2

4）風荷重

・速度圧　：　q = 0.6 ・ E ・　Vo^2　N/m^2

・基準風速　：　Vo=34m/s

・地表面粗度区分　：　Ⅲ

5）積載荷重

積載荷重(N/m^2)

部屋名	床設計用	架構用	地震力用	備考
駐車場	5400	3900	2000	令 85 条
会議室、事務室	2900	1800	800	令 85 条
事務室 5-1	4900	2400	1300	令 85 条
廊下、階段	3500	3200	2100	令 85 条
屋根(通常使用無)	1000	600	400	令 85 条
設備荷重	キュービクル　35kN 空調機　27kN(27 台分) 太陽光パネル　30kN			

■使用材料

・コンクリート	設計基準強度　Fc=27	主構造躯体
・鉄筋	SD295A　D10~D16	主筋、スラブ筋、フープ、スターラップ
	SD345　D19~D25	主筋
・鉄骨	SS400	製作金物、ボルト
	SNR490B	アンカーボルト、引きボルト
・木材	E65-F225 対称異等級(スギ)	執務室部分　梁
	E65-F55 同一等級(スギ)	執務室部分　柱
	E105-F300 対称異等級(ベイマツ)	コア回り梁
	E105-F345 同一等級(ベイマツ)	コア回り柱、ブレース
	Mx60(スギ)	CLT　壁
	S60(スギ)	CLT　スラブ

３－３　CLT2 時間耐火構造床性能評価試験

(1) 試験について

目的：　本事業で建築予定の兵庫県林業会館は、防火地域に指定された市街地に位置し、耐火建築物とする必要がある。現在、CLT 工法に利用できる耐火構造の床仕様について、現在の告示範囲では適用範囲外のため、本建築物の床に CLT を利用可能にする耐火構造の床を開発する。

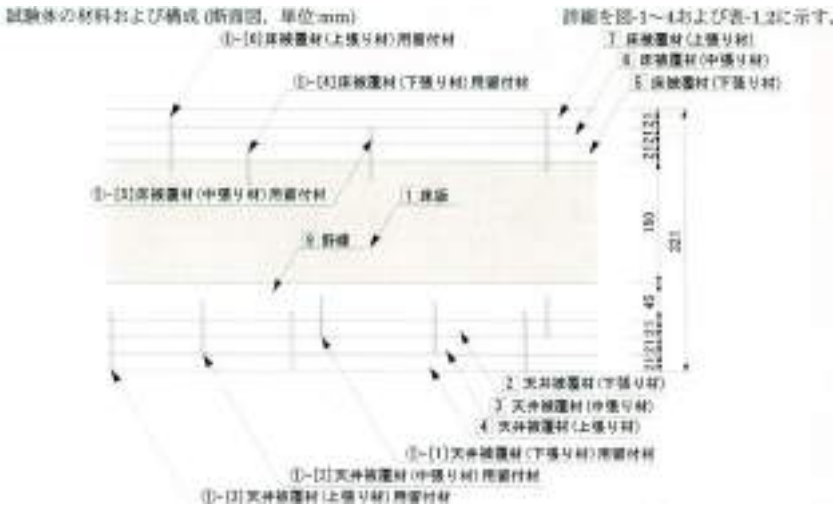
開発内容：　建築基準法第 2 条第 7 号の認定に係る CLT を用いた床 2 時間耐火性能

試験依頼場所：　一般財団法人　日本建築総合試験所

試験日：　平成 30 年 2 月 10 日、12 日

現在の状況：　性能評価試験は終了し、大臣認定の申請中

(2) 試験の概要（以下は、耐火性能試験成績書よりデータ、図版を抜粋引用）

性能評価申請者		銘建工業株式会社、兵庫県森林組合連合会	
構造名		強化せっこうボード 3 枚(21mm+21mm+21mm)重上張／強化せっこうボード 3 枚(21mm+21mm+21mm)重下張／直交集成板床	
建築物の部分		床	
耐火性能		2 時間	
試験体	材令	試験体製作日：平成 30 年 2 月 8 日	
	比重	直交集成板	0.43(気乾),0.38(105℃・11 日間乾燥)
		強化せっこうボード	0.79(気乾),0.78(40℃・10 日間乾燥)
		野縁	0.35(気乾),0.31(105℃・10 日間乾燥)
	含水率(%)	直交集成板	11.72(105℃・11 日間乾燥)
		強化せっこうボード	0.42(40℃・10 日間乾燥)
		野縁	12.77(105℃・10 日間乾燥)
	材料及び構成（断面図、単位 mm）	 鉛直断面図	

試験方法	試験規格	(一財)日本建築総合試験所制定 「防耐火性能試験・評価業務方法書」4.1 耐火性能試験方法
	関係法令	建築基準法第 2 条第七号
	加熱炉の熱源	都市ガス(46090 kj/㎥)
	加熱温度の測定	加熱面から 10cm 離れた位置の火炎温度
	温度測定位置	図-1 に示す
	試験荷重	34.0kN
	たわみ量測定位置	図-1 に示す

(3) 試験結果

試験体記号			A	B
試験年月日			平成 30 年 2 月 10 日	平成 30 年 2 月 12 日
試験体の大きさ(mm)			W2000×L4200 (支点間距離 l=4000)	W2000×L4200 (支点間距離 l=4000)
加熱面			下面	下面
試験時間			300 分	330 分
加熱時間			120 分	120 分
加熱温度測定曲線			図-6 に示す	図-9 に示す
非損傷性	たわみ量測定曲線		図-8 に示す	図-11 に示す
	試験体の構造断面の圧縮縁から引張り縁までの距離(d)		150mm	150mm
	最大たわみ量 ［規定値 266.6mm］		11.6mm	8.9mm
	最大たわみ速度 ［規定値 11.8mm/分］		0.6mm/分	0.7mm/分
遮熱性	温度測定曲線		図-7 に示す	図-10 に示す
	初期温度		10℃	8℃
	最大裏面温度上昇	最高 ［規定値 180K］	3K(289.0 分) 規定値適用範囲内では 2K(69.0 分)	4K(318.0 分) 規定値適用範囲内では 2K(60.0 分)
		平均 ［規定値 140K］	3K(289.0 分) 規定値適用範囲内では 2K(69.0 分)	4K(252.5 分) 規定値適用範囲内では 2K(60.0 分)
遮炎性	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間		なし	なし
	非加熱側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出		なし	なし
	非加熱面で 10 秒を超えて継続する発炎		なし	なし
その他			試験終了後、荷重支持部材が炭化していないことを確認した	試験終了後、荷重支持部材が炭化していないことを確認した
判定			合格	合格

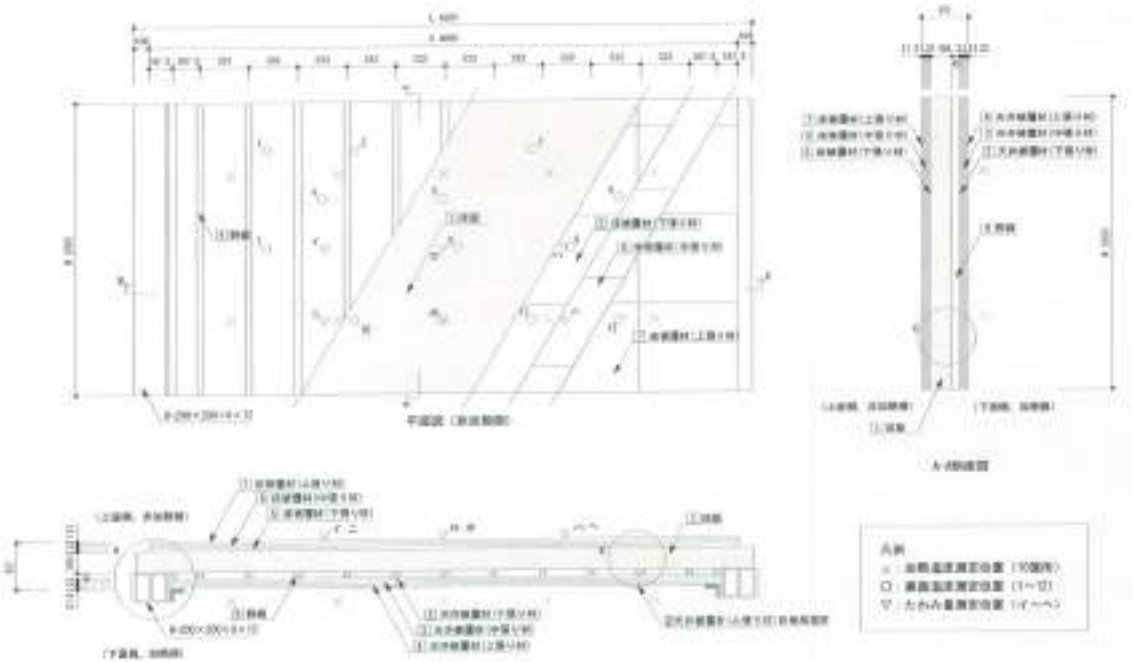


図-1　試験体の構造・寸法・温度測定位置（寸法単位:mm）

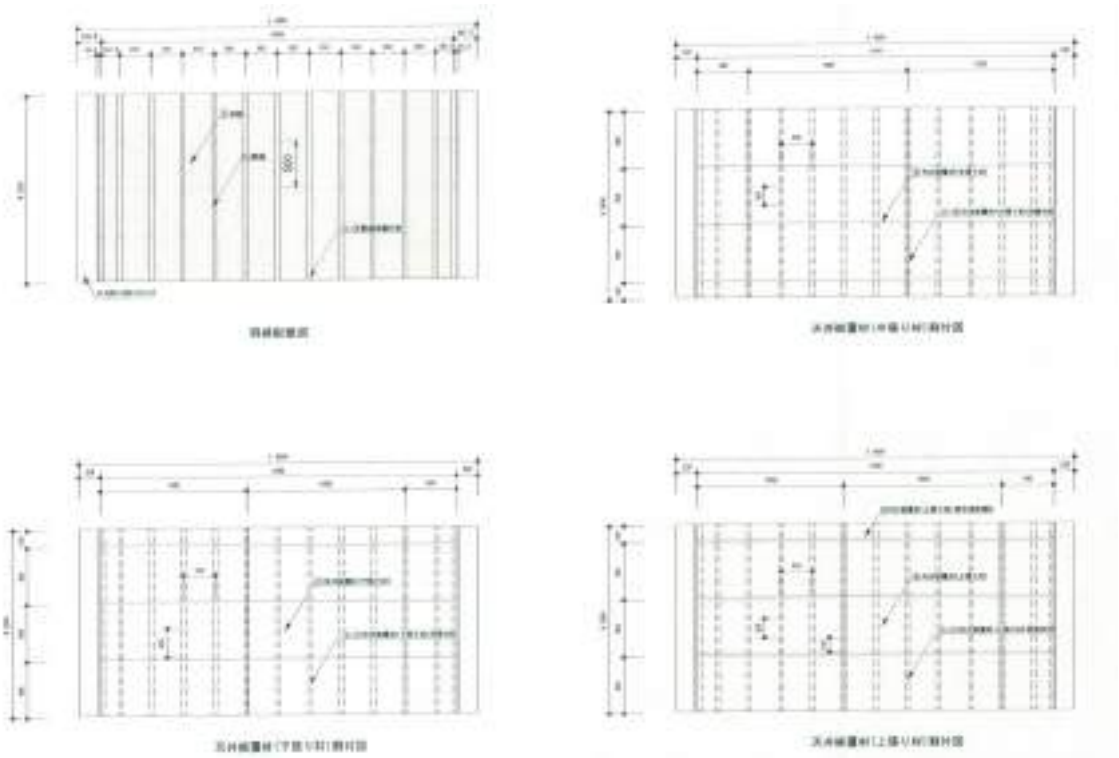


図-2　試験体の構造・寸法（寸法単位:mm）

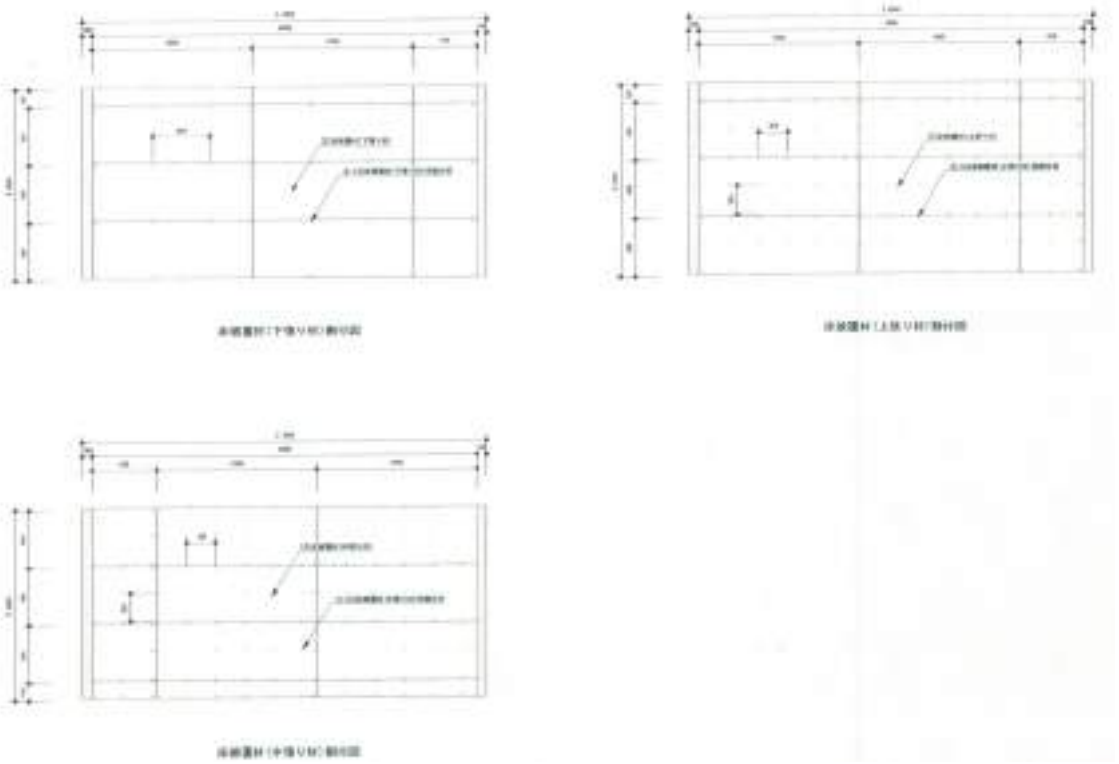


図-3　試験体の構造・寸法（寸法単位:mm）

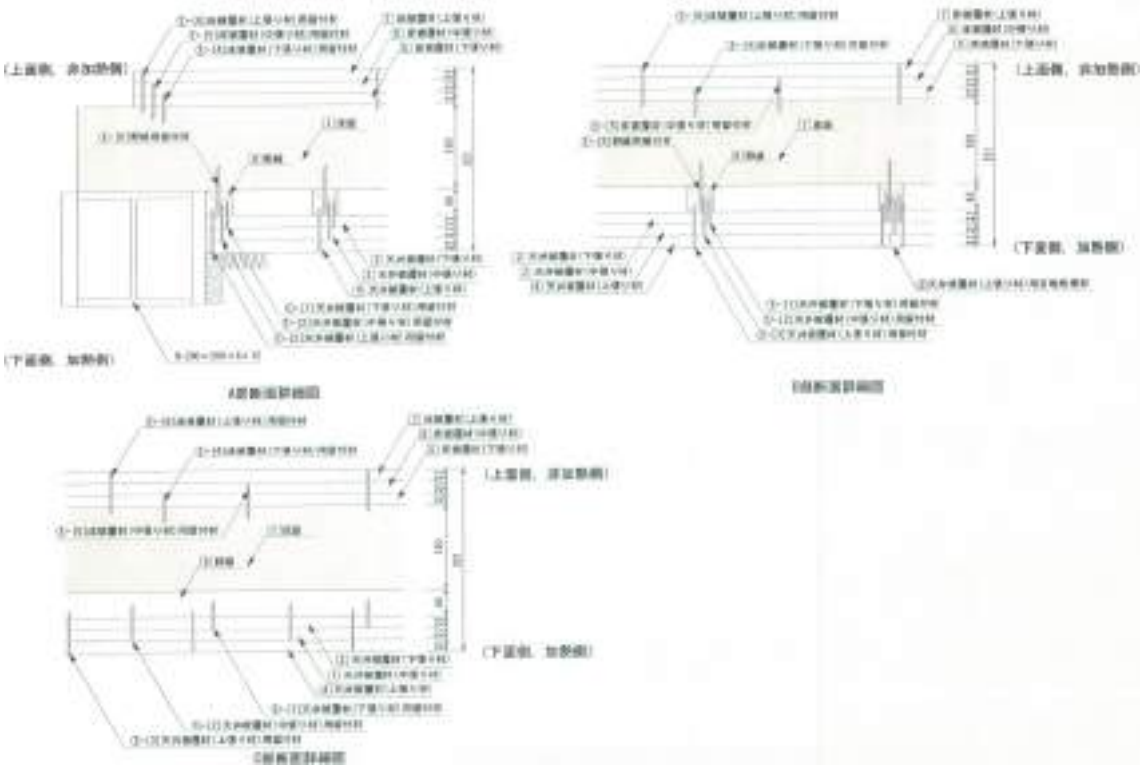


図-4　試験体の構造・寸法（寸法単位:mm）

表：試験体構成材料　　（寸法単位:mm）

項目	詳細
1 床版 （荷重支持部材）	直交集成板(JAS) 構成：5 層 5 プライ Mx60(ラミナ厚 30,M60A(外層)M30A(内層(3 層分))) 総厚さ:150　幅:2000　密度:0.43g/cm3(気乾、実測値)
2 天井被覆材 （下張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
3 天井被覆材 （中張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
4 天井被覆材 （上張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
5 床被覆材 （下張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
6 床被覆材 （中張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
7 床被覆材 （上張り材）	材質:強化石膏ボード　規格:JIS A 6901,GB-F(V)(ひる石入り) 厚さ:21　端部形状:ベベル
9 野縁	材質:平成 12 年建設省告示第 1452 号の第六号に規定する無等級材 断面寸法:45×45　取付間隔:333
①　留付材	[1] 天井被覆材（下張り材）用くぎ　寸法:φ2.45×L50.8　材質:鉄 留付間隔:300 [2] 天井被覆材（中張り材）用木ねじ 寸法:φ4.2×L65　材質:鉄 留付間隔:200 [3] 天井被覆材（上張り材）用木ねじ 寸法:φ4.2×L75　材質:鉄 留付間隔:周辺部 150 中間部 200 [4] 床被覆材（下張り材）用くぎ 寸法:φ2.45×L50.8　材質:鉄 留付間隔:600 [5] 床被覆材（中張り材）用くぎ 寸法:φ3.05×L65　材質:鉄 留付間隔:300 [6] 床被覆材（上張り材）用くぎ 寸法:φ3.40×L75　材質:鉄 留付間隔:300 [8] 野縁用くぎ 寸法:φ3.75×L90　材質:鉄 留付間隔:500
②　天井被覆材 （上張り材） 目地処理材	[1]目地処理材 材質:せっこう系　塗布量:50g/m [2]ガラス繊維テープ 寸法　厚さ:0.2　幅:50

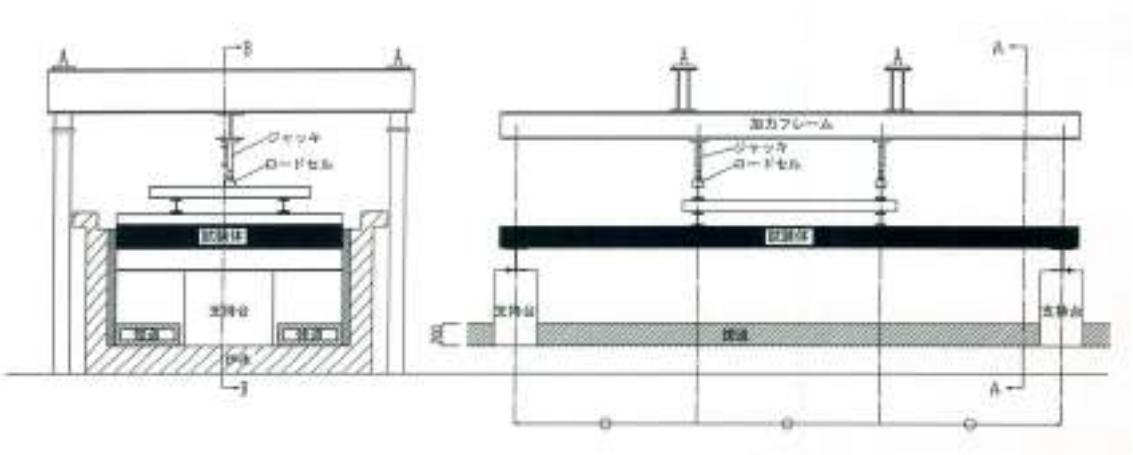


図-5　載荷装置図（寸法単位:mm）

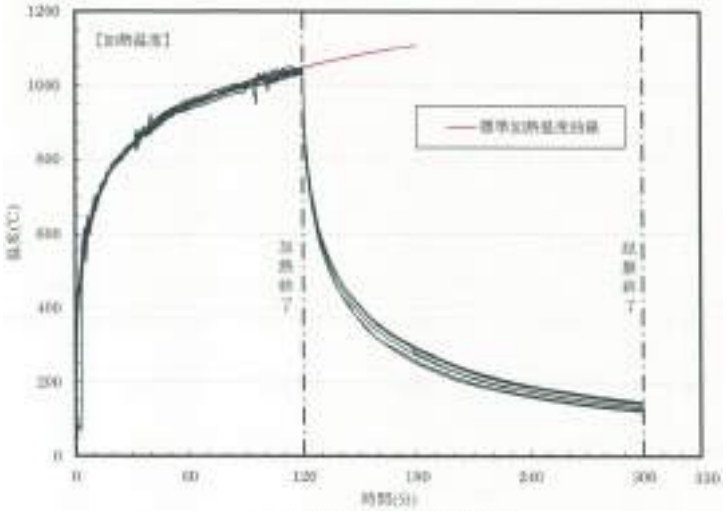


図-4　加熱温度測定曲線（試験体A）

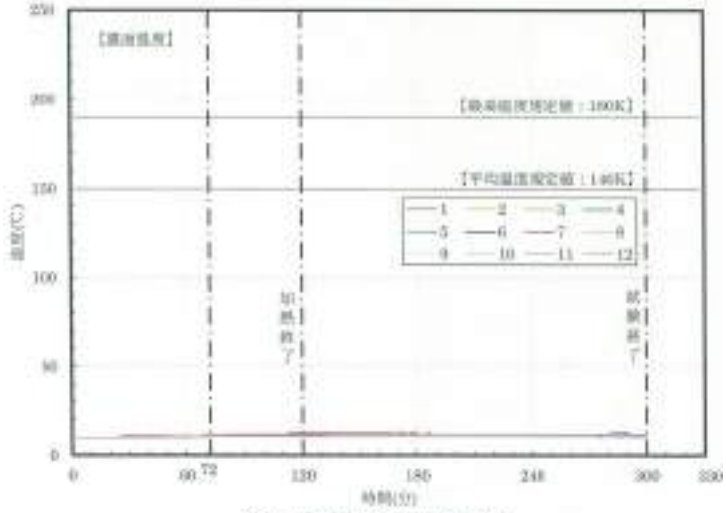


図-7　裏面温度測定曲線（試験体A）

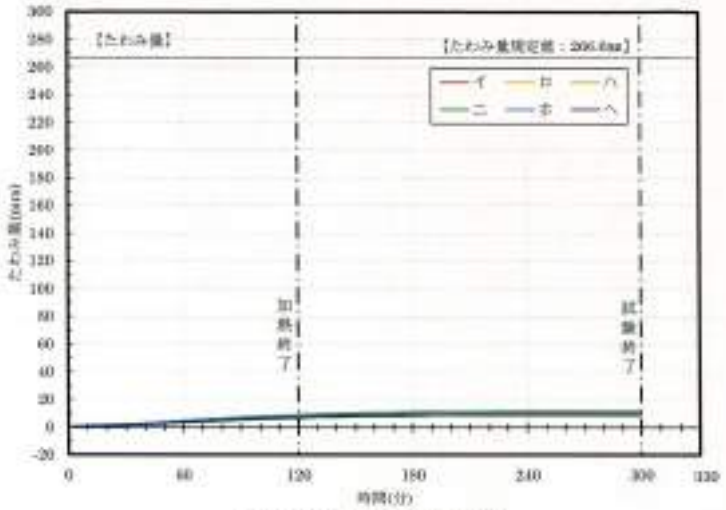


図-8　たわみ量測定曲線（試験体A）

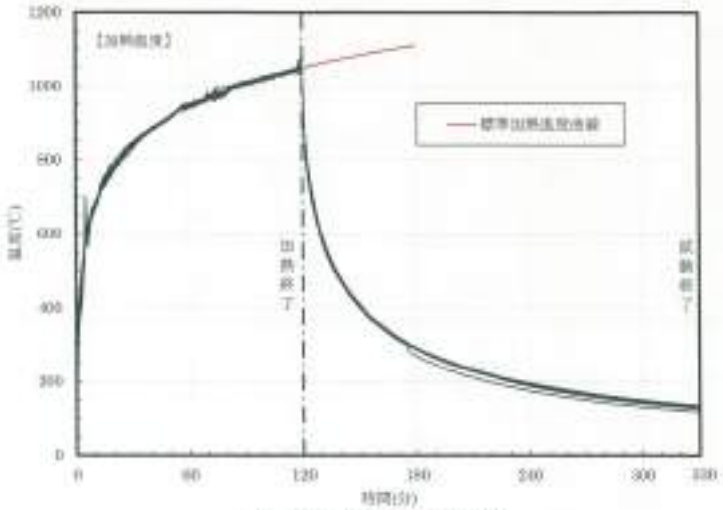


図-9　加熱温度測定曲線　（試験体B）

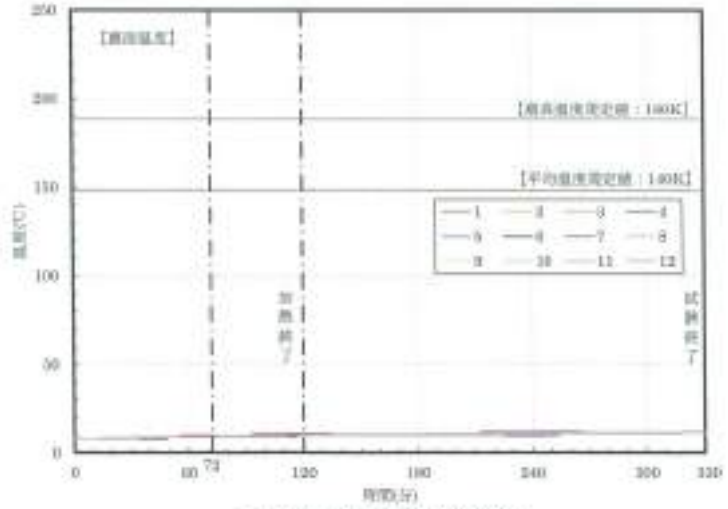


図-10　裏面温度測定曲線　（試験体B）

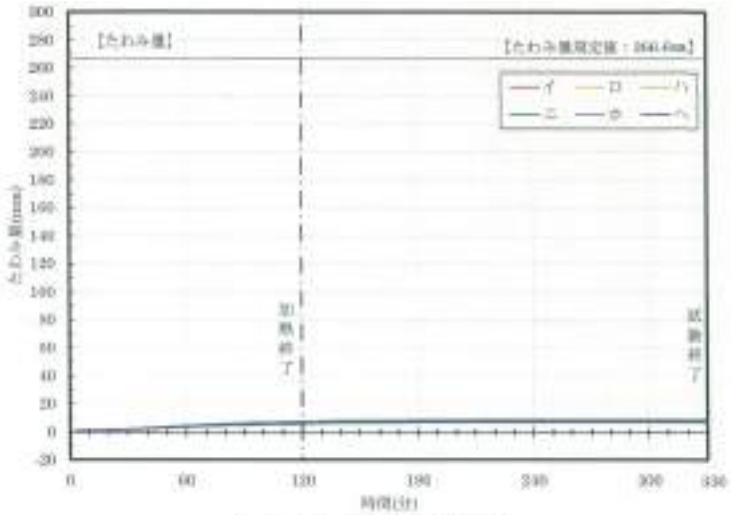


図-11　たわみ量測定曲線　（試験体B）

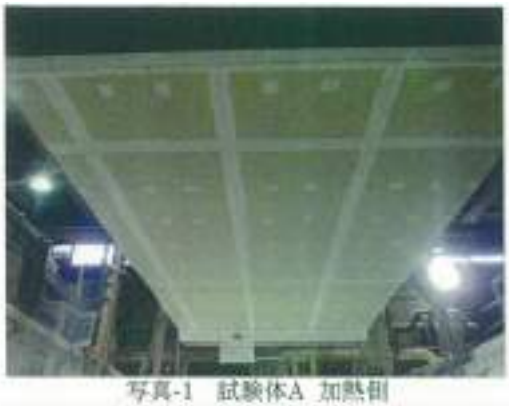


写真-1　試験体A　加熱側
（加熱前）

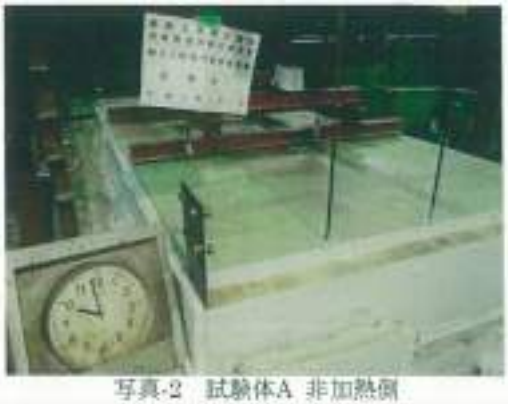


写真-2　試験体A　非加熱側
（加熱前）

写真-3　試験体A　非加熱側
（加熱開始後60分）

写真-4　試験体A　非加熱側
（加熱開始後119分）

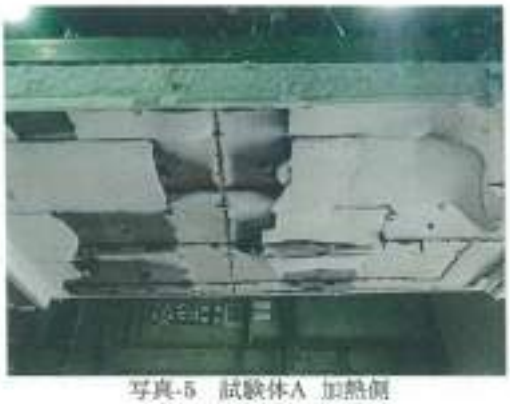


写真-5　試験体A　加熱側
（加熱後）

写真-6　試験体A　加熱側
（解体後）

写真-7　試験体B 加熱側
（加熱前）

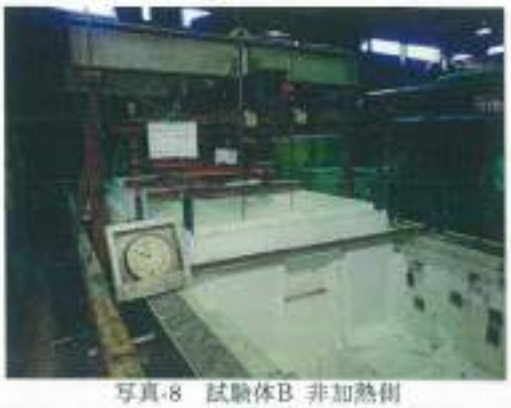


写真-8　試験体B 非加熱側
（加熱前）

写真-9　試験体B 非加熱側
（加熱開始後60分）

写真-10　試験体B 非加熱側
（加熱開始後119分）

写真-11　試験体B 加熱側
（加熱後）

写真-12　試験体B 加熱側
（解体後）

３－４　各工法のコストおよび地域貢献性の算出方法について

検討した６案のうち、③をもとに実施設計・施工プロポーザルにより選定された実施案⑦を含め、コスト、地域貢献性について比較を行った。

(1) コスト

検討した６案のうちの３案（①、③、⑥）に実施案（⑦）を加えた４案について、コスト比較を行った。比較方法としては、比較が分かりやすいよう、CLT パネル工法の①案の概算工事費をベースとして、躯体工事費のみをパラメータとして変更した。(但し⑥案のみ、工期が３ヶ月長く掛かると考え、直接仮設費を増やしている。)

		タイプ①	割合
直接工事費	1.建築工事		
	建築工事のうち、以下の躯体工事を除く分	231,098,897	37.2%
	鉄骨・CLT・2 階以上躯体工事		
	１．CLT 工事	127,000,000	20.4%
	２．鉄骨・その他工事	13,200,800	2.2%
	鉄骨・CLT・2 階以上躯体工事の計	140,200,800	22.6%
	建築工事の計	371,299,697	59.8%
	2.設備工事	143,790,000	23.1%
	3.外構工事	3,894,671	0.6%
直接工事費の計		518,984,368	83.5%
間接費		102,239,632	16.5%
工事価格		621,224,000	100%

※①案での鉄骨・その他工事は、屋内・屋外階段部分を示す。

比較のベースとした①案の概算工事費構成

上表のうち、網掛けした部分について、他３案の場合と比較したものが、２に掲げた比較一覧表となる。

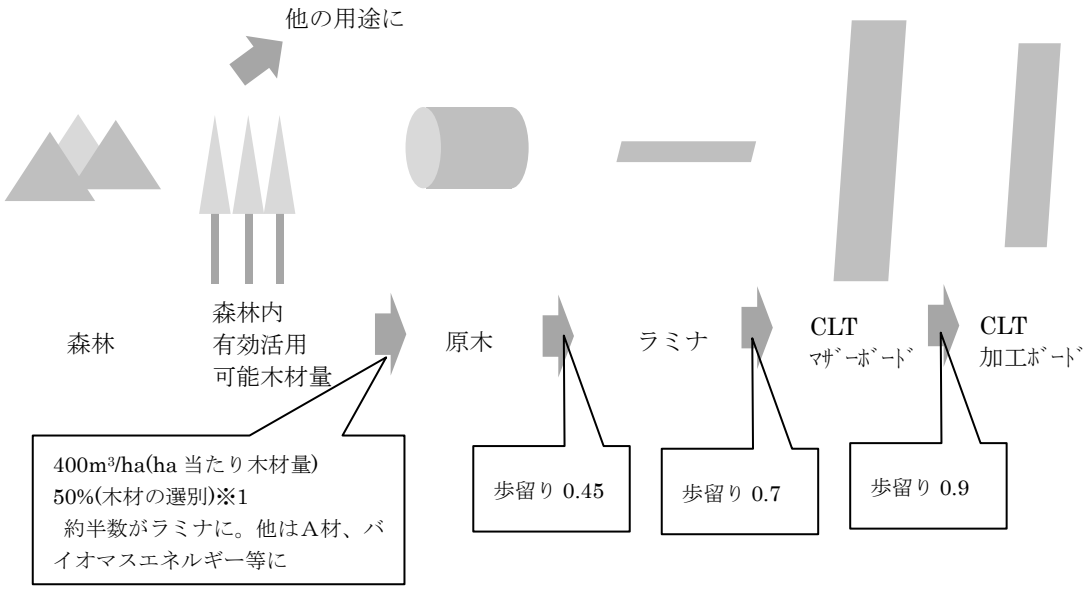
比較の特性上、他の工種の価格を変動させていないため、実施案は他案と比べると安くなっているが、実際には躯体の仕様が変わることにより、外装、内装、建具等も変わることになる。比較表に記したように、実施案では開口部は大きく、カーテンウォールを採用しているため、金属建具工事費の増加分を加えると、結果的には他案と同等程度の価格となることが考えられる。

(2) 地域貢献性（森林活用面積）

地域貢献性については、ＣＬＴを用いた建築物の森林活用面積およびCO_2固定量を算出した。以下に、森林活用面積の考え方及び算出方法について示す。

ＣＬＴの活用は森林資源の活用の一手段であり、持続可能な森林資源の活用のためには、建築物での適材適所に加え、木材の特徴とそれにあった多様な加工・使い道（柱等の建材、パルプ用材、エネルギー活用等）が検討されることが望ましい。また、ＣＬＴによる都市部での需要が増えることで、他の用途に利用できる木材の搬出にもつながり、全体の需要が増えることも期待される。

そこで、今回、森林活用面積については、森林からの搬出、選抜、原木からＣＬＴになるまでのそれぞれの歩留まりにより、ＣＬＴを活用した本建築物の間接的利用（ＣＬＴとして活用されない部分も含む）も含めた森林活用面積の算出を行った。算出の考え方およびそれぞれの歩留まりを以下に示す。



※1:兵庫県森林組合連合会ヒアリング結果

※各歩留まり：銘建工業株式会社ヒアリング結果

２．11　ライフデザイン・カバヤ（株）

1.　建築物の仕様一覧

事業名			ライフデザイン・カバヤ(株)福山支店新築工事
実施者（担当者）			ライフデザイン・カバヤ株式会社
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		広島県福山市
	構造・工法		CLTパネル工法＋鉄骨併用
	階数		3
	高さ（m）		13.8
	軒高（m）		12.675
	敷地面積（㎡）		996.57
	建築面積（㎡）		361.5
	延べ面積（㎡）		786.91
	階別面積	１階	277.5
		２階	308.5
		３階	200.91
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量333.66㎥、建築物使用量298.82㎥
	壁パネル	寸法	150mm厚、210mm厚、270mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ、7層7プライ、9層9プライ
		強度区分	S60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	－
		ラミナ構成	－
		強度区分	－
		樹種	－
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		該当なし
	木材使用量（㎥）※構造材、羽柄材、下地材、仕上材等とし、CLT以外とする		16.4㎥（羽柄材等）
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	窯業系サイディング（厚16）、ｱｾﾁﾙ化処理木材、タイル
		開口部	アルミサッシ＋二層複層ガラス（Low-E、日射遮蔽型、中空層幅12mm）
	主な内部仕上	界壁	該当なし
		間仕切り壁	片面CLT現し（片面PB15mm）、LGS＋両面PB15mm＋ｸﾛｽ
		床	ﾌﾛｱﾀｲﾙ@2.3mm＋耐水合板9＋PB12.5mm＋ﾊﾟｰﾁ20mm
		天井	LGS天井下地＋PB15＋ビニールクロス
構造	構造計算ルート		ルート3
	接合方法		H型鋼＋引きボルト、スタッド、せん断金物（ﾄﾞﾘﾌﾄﾋﾟﾝ）
	最大スパン		12m
	問題点・課題とその解決策		アンカーボルト精度確保と鉄骨併用構造の場合の水平構面用CLTの接合方法の検討が必要。
防耐火	防火上の地域区分		法22条
	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		建物高さ、軒高さの関係で1時間準耐火となった。
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届け出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		外断熱構法を採用した。
	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(16K)　t=105mm（天井）
		外壁	ロックウール(36K)　t=45mm（外断熱）
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3種 65mm
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		敷地が狭い場合、近隣にストックヤードの確保が必須
	給排水・電気配線設置上の工夫		特に無し
	劣化対策		該当なし
工程	設計期間		H28.10月～H29.10月（13カ月）
	施工期間		H29.10月～H30.4月予定（7ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	H30.1月下旬～2月27日（4週間）
	竣工（予定）年月日		平成30年4月30日予定
体制	発注者		ライフデザイン・カバヤ株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		ライフデザイン・カバヤ株式会社
	構造設計者		株式会社構造計画研究所
	施工者		銘建工業株式会社
	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（岡山県産材）

実証事業名： ライフデザイン・カバヤ(株)福山支店新築工事の建築実証
実施者／協議会運営者または担当者：ライフデザイン・カバヤ株式会社／同左

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">広島県福山市</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">CLT パネル構法＋鉄骨併用</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">3</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>13.8</td><td>軒高（m）</td><td>12.6</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>996.57</td><td>建築面積（㎡）</td><td>361.5</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積（㎡）</td><td>１階</td><td>277.50</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">786.91</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>308.50</td></tr>
<tr><td>３階</td><td>200.91</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">床、壁</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（㎥）</td><td colspan="3">加工前：333.6 ㎥、加工後：298.8 ㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（㎥）</td><td colspan="3">16.4 ㎥</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">t=150mm(5-5)、t=210mm(7-7)、t=270mm(9-9)/S60/杉</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">t=150mm(5-5)/Mx60A/杉</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">H28 年 10 月～H29 年 10 月（13 か月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">H29 年 10 月～H30 年 4 月（6.5 か月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">H30 年 1 月末～2 月末（5 週間）</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">H30 年 4 月下旬</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

事務所施設を CLT パネル＋鉄骨梁（ルート３）で設計し、大きくキャンチレバーをとった意匠設計としている。しかし、現状の CLT を床に使用した場合の持ち出しでは材料強度を考えると厚みが増しコストを考えると汎用性には乏しいと考える。そこで、CLT パネルをキャンチレバー部の垂直方向に使用することにより、建物としての設計・施工性を検証し、コスト縮減を図る事により汎用性・普及性を高める。
CLT パネル＋鉄骨梁（ルート３）の採用により、CLT の使用量とコストバランスを検討する。さらに、CLT＋鉄骨梁を併用した高剛性複合 CLT パネルによる、自由度の高い設計と施工方法を検討する。

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（設計）ライフデザイン・カバヤ㈱：友竹・平田（協議会運営者）
（構造設計）構造計画研究所：篠原・細見
（施工・材料）銘建工業㈱：田中・車田
（金物）BX カネシン㈱：中村

４．課題解決の方法と実施工程

キャンチレバー部は、構造計画研究所が中心となり設計・施工仕様のとりまとめを行った。
CLT パネル工法のコスト縮減については、銘建工業と構造計画研究所で CLT パネルの大判・小割等の割付検討・決定を行った。また、CLT 告示仕様（ルート３）を用い、鉄骨梁との併用を行うことによりコスト縮減を目指した。
CLT と鉄骨梁の接合部の納まり等については BX カネシン及び銘建工業を中心として協議会 4 社にて検討を行った。
CLT パネルと鉄骨との取り合い部分に関する不具合を回避するため、CLT/鉄骨の工事区分を検討した。

＜協議会の開催＞
H29 年 11 月 8 日：第 1 回開催、上棟前確認
H29 年 12 月 5 日：第 2 回開催、問題点協議
H30 年 2 月 19 日：第 3 回開催、実証事業の取りまとめ

＜設計＞
H29 年 6 月～10 月：実施設計
H29 年 3 月～10 月：構造設計
H29 年 8 月 11 日：建築確認申請提出　※適合性判定あり
H29 年 10 月 18 日：確認済証交付

＜施工＞
H29 年 10 月：工事契約
H29 年 10 月下旬：着工、基礎補強（杭）工事
H29 年 11 月末：基礎工事
H30 年 1 月末～平成 30 年 2 月末：CLT 工事
H30 年 1 月末～平成 30 年 2 月末：鉄骨工事
H30 年 2 月末：構造完成
H30 年 4 月末：竣工予定

５．得られた実証データ等の詳細

・鉛直構面は CLT 壁柱パネル＋鉄骨梁を用いることで、従来垂壁や床に期待していた壁の転倒を抑制する効果(曲げ戻し効果)を高剛性、高耐力な鉄骨に期待することができた。それにより CLT パネルの垂壁等に比べ梁成も抑えながらも高耐力を得られた、かつ鉄骨梁勝ち架構を採用することで斜め方向の壁配置やフレキシブルな壁線配置等、自由な空間を創出することができた。

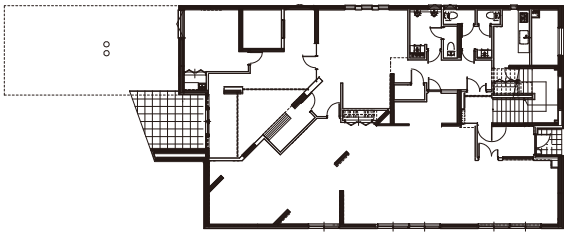
・鉄骨梁と CLT 壁柱パネルとの接合部は引張力に対しては壁パネルの上下四隅に引きボルトを用い、鉄骨梁フランジと接合させる方式とし施工性とコストを考慮した。せん断力に対しては壁パネルの上下梁に取り付けたプレートにドリフトピンを打設するドリフトピン仕様とした。本仕様により、従来のＵ型、Ｌ型金物よりも単位長さあたりにおいて高耐力が発揮されることを理論式により確認しせん断金物の個数を削減することができた。一方で壁の位置決め、ピンの打設が難しいため、中央のドリフトピン部には先孔及び先行ピンを設け、位置決めが容易にできるようにすることで施工性に配慮した。

・水平構面においても十分な耐力を確保するため CLT パネルを用いた。
CLT 床パネルと鉄骨梁との取り合い部については、CLT 床パネルに先孔を設け梁上にあらかじめ設けていたスタッドにはめ込みエポキシ樹脂を充填させることで一体化を図る形式とした。梁上への床の配置としては壁がある部分もあるため、鉄骨梁からあご受けをだし、受け PL 上にスタッドを配置した。上記仕様では床受け PL 上のスタッドは工場での取付としたため精度が高く、現場での床 CLT パネルの設置は非常にスムーズにおこなうことができた。その後のエポキシ充填の作業については、スタッドの本数が非常に多く充填に結構な手間と時間が必要で、また寒冷時期の作業になる為、エポキシ樹脂の完全硬化まで結構な日数が必要となり、その間は他の作業がある程度制限される等の問題があった。さらには建物外観の意匠実現の為やむを得ないことではあるが、鉄骨梁を追加したことによるコスト、エポキシ施工のコストが大きく工事原価に影響することとなったのは今後の課題である。

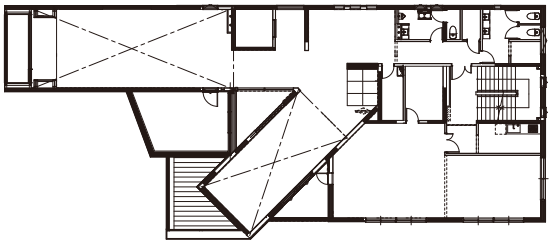
６．本実証により得られた成果

本事業では鉄骨梁勝ち＋CLT 壁柱架構という新しい構造形式を採用し、その設計法、施工性を検証した。それにより自由なプランニングと開放的な空間の創出を行うことができた。
通常の CLT パネル構法では壁 CLT の直上には床 CLT が床勝ちで施工され、床 CLT の上に上階の壁 CLT が設置されることになるが、本建物では壁 CLT の上にＨ鋼を施工し、Ｈ鋼のフランジを延長して床受けプレートとしスタッドを設けて床 CLT パネルをエポキシで固定した。
木工事の大工職と鉄骨工事の鳶職がお互いに作業区分や手順について綿密な打ち合わせを重ね、連携することでスムーズな建て方作業を進めることが可能となった。

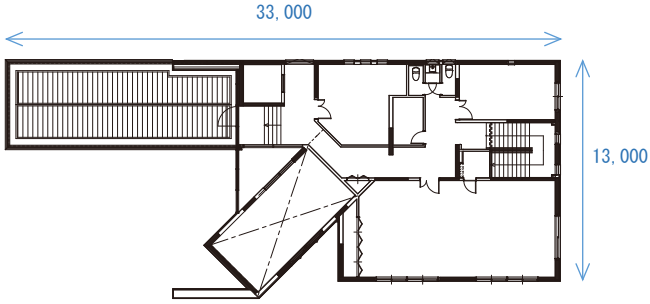
７．建築物の平面図・立面図・写真等



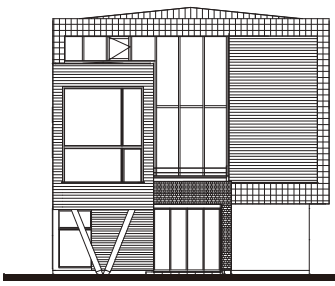
1F 平面図



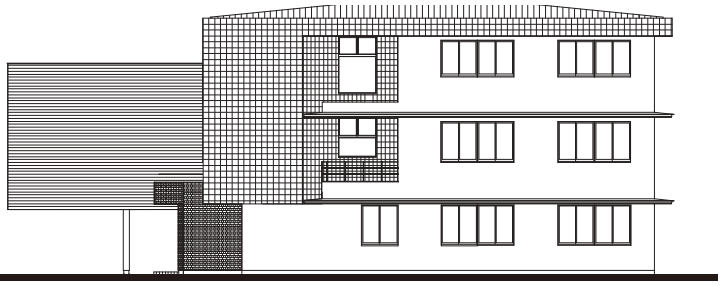
2F 平面図



3F 平面図



西面立面図



南面立面図

2 月 20 日現在

2 月 21 日現在

平成 28 年度補正　CLT 建築物等実証事業実績報告書

■実証事業の概要

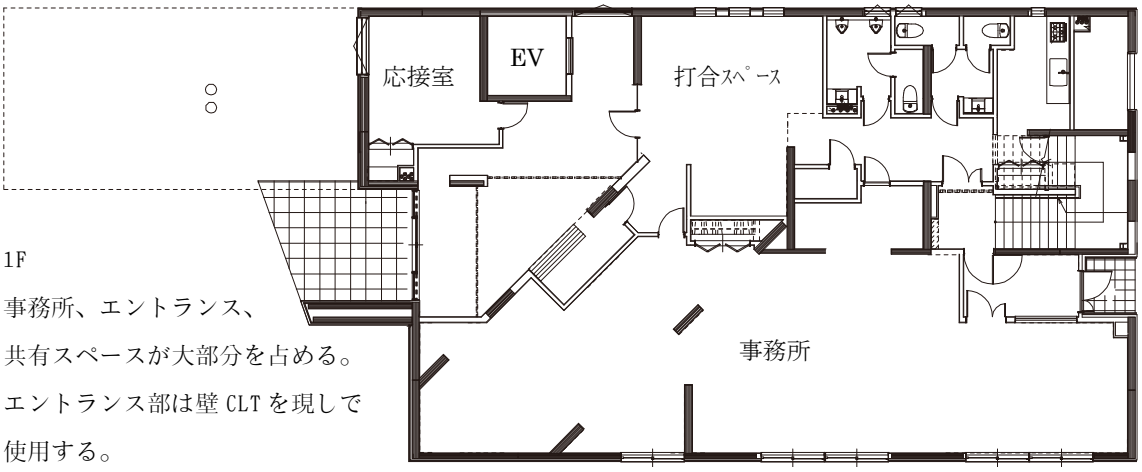
事業名：ライフデザイン・カバヤ㈱福山支店の建築実証（建て方完了まで）
実施者・協議会運営者：ライフデザイン・カバヤ株式会社
協議会構成員：材料/施工…銘建工業㈱、構造設計…㈱構造計画研究所、金物…BX カネシン㈱

■建築物の概要

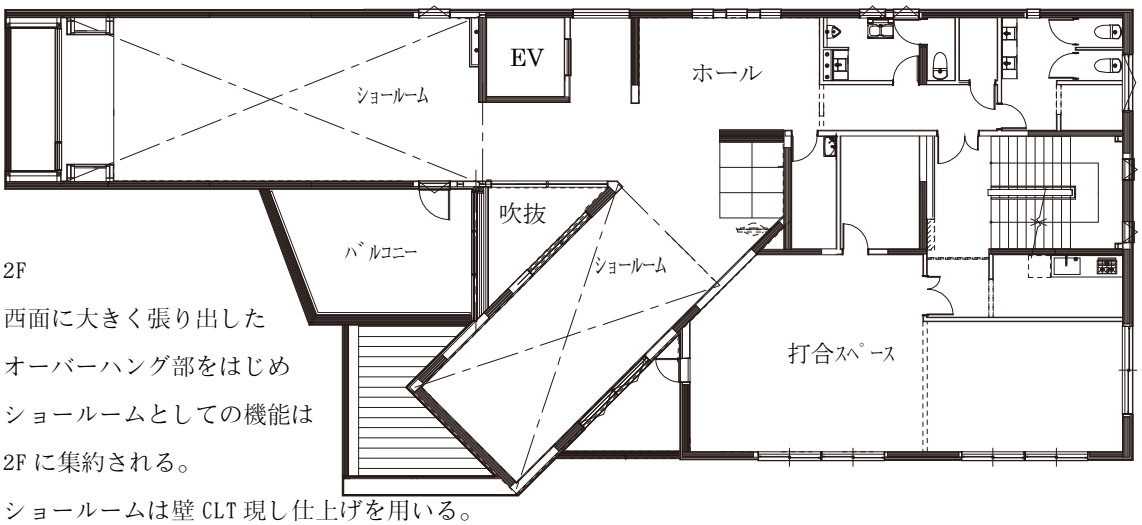
用途：事務所（ショールーム）
建築地：広島県福山市南蔵王町 6 丁目 5-1
用途地域：都市計画区域内　市街化区域　準工業地域（建蔽率 60%／容積率 200%）
防火地域：法 22 条地域
構造種別：CLT パネル構法＋鉄骨併用 3 階建
　壁 CLT：t=150mm・5 層 5 プライ・S60A・杉
　　t=210mm・7 層 7 プライ・S60A・杉
　　t=270mm・9 層 9 プライ・S60A・杉
　床 CLT：t=150mm・5 層 5 プライ・Mx60A・杉
　鉄骨：SS400・・・H-194×150
　　SN400・・・H-400×200、H-450×200、SH-450×250　*SH：外法一定 H 型鋼(JIS G3136)
　　STKN400・・・○-244.5(KT ブレース)
敷地面積：996.57 ㎡　　建築面積：361.5 ㎡
延床面積：786.91 ㎡（1F：277.5 ㎡、2F：308.5 ㎡、3F：200.91 ㎡）
建物高さ：13.8m　　軒高：12.675m
その他：軒高 9m を超える為、施行令 129 条の 2 の 3 技術基準により 60 分準耐火構造とする。
工期：設計期間・・・平成 28 年 10 月～平成 29 年 10 月
　　工事期間・・・平成 29 年 10 月～平成 30 年 4 月末予定
　　うち CLT/鉄骨躯体施工期間・・・平成 30 年 1 月 26 日～2 月 27 日

完成イメージ CG

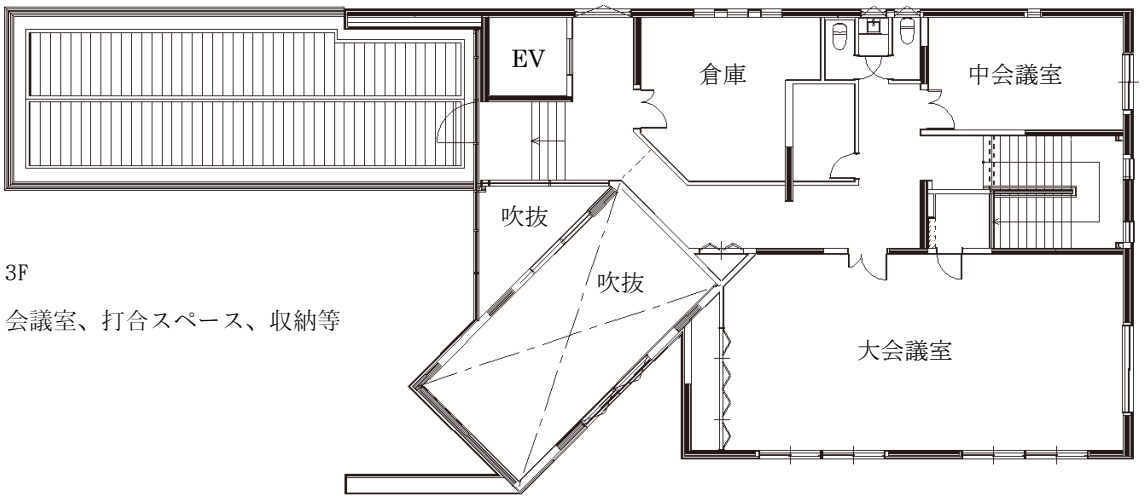
■平面図



1F
事務所、エントランス、
共有スペースが大部分を占める。
エントランス部は壁 CLT を現しで
使用する。

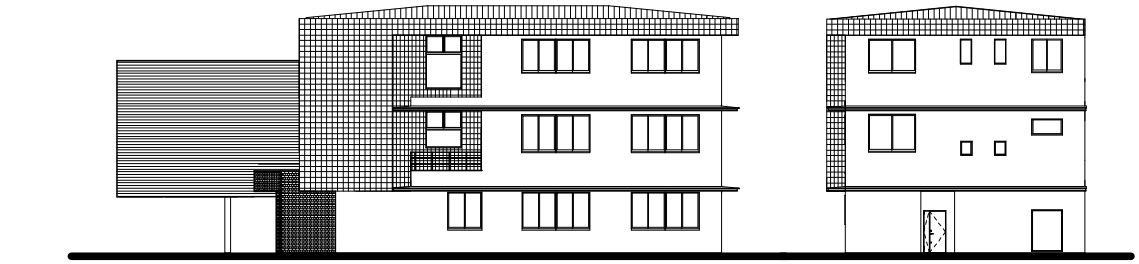


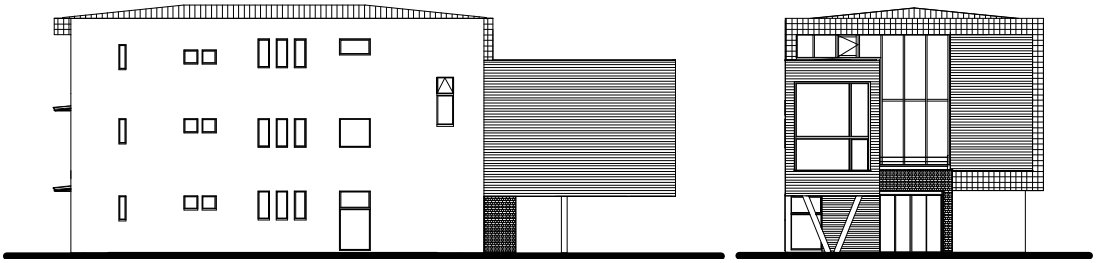
2F
西面に大きく張り出した
オーバーハング部をはじめ
ショールームとしての機能は
2F に集約される。
ショールームは壁 CLT 現し仕上げを用いる。

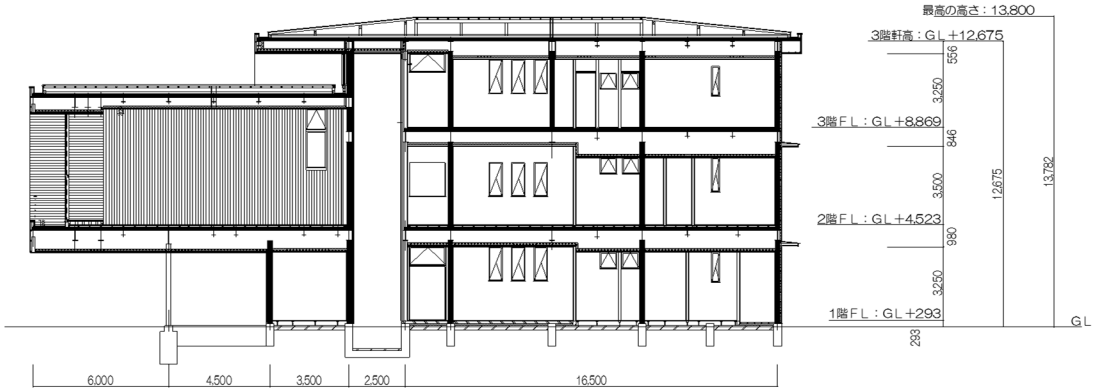


3F
会議室、打合スペース、収納等

■立面図／断面図







■意匠設計について

弊社では現在までに純粋な『CLT パネル構法』以外に『木造軸組構法＋CLT 構法』や『水平構面部分利用』などを試みており、今後の需要拡大を見据え『CLT パネル構法＋鉄骨造』をこの度採用することとした。CLT が持つ遮音性・断熱性の特性を生かしていくには集合住宅は当然需要が期待でき、立地条件等で駐車場確保のためピロティが必要となる案件なども想定できるため、鉄骨造を利用した自由度の高い建築を目指した。

概要としては、1 階：事務所＋打合せスペース、2 階：商談スペース、3 階：会議室＋倉庫の構成となり、各階天井高を 3m以上とし、また 1 階エントランスホールに 3 階までの吹抜を設けるなどゆとりを持たせた設計計画としている。

仕上げに関しては、木造 1 時間準耐火・内装制限等に適用させるがため、CLT という木質構造であるイメージを損なうことのないように、内外装に木材を可能な限り採用し、一般的な RC 造や鉄骨造とは異なる意匠が得られるよう努めた。

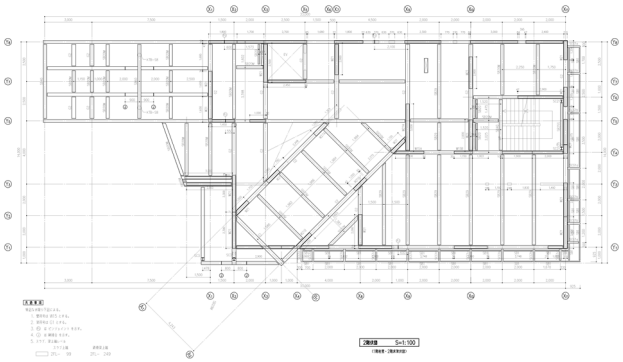
■構造計画

鉛直構面は CLT 壁柱パネル+鉄骨梁を用いることで、従来垂壁や床に期待していた壁の転倒を抑制する効果(曲げ戻し効果)を高剛性、高耐力な鉄骨に期待することができた。それにより CLT パネルの垂壁等に比べ梁成も抑えながらも高耐力を得られた、かつ鉄骨梁勝ち架構を採用することで斜め方向の壁配置やフレキシブルな壁線配置等、自由な空間を創出することができた。
本架構の検討にあたり CLT 壁柱部での床勝ち案も検討した。しかし CLT 床パネル勝ちの場合 CLT 壁柱との「めり込み」により変形が大きなってしまうため、曲げ戻し効果と併せて鉄骨梁と CLT 壁柱との「支圧」により変形を抑えられる鉄骨梁勝ち架構とした。
上記鉄骨梁の曲げ戻し効果により、壁の配置については意匠上の要望に沿うかたちでフレキシブルに配置し以下壁厚及び梁幅により調整を行った。X 方向は壁線上に壁が揃っており、主に Y1、Y4、Y8 通りの 3 構面で抵抗させる。主な壁パネルは S60-5-5(t=150mm)とし、梁は H-450×200×9×14(SN400)を用いている。一部 CLT 躯体現しとするため片面 60mm の燃え代を見込んだ燃えしろ設計を行った。

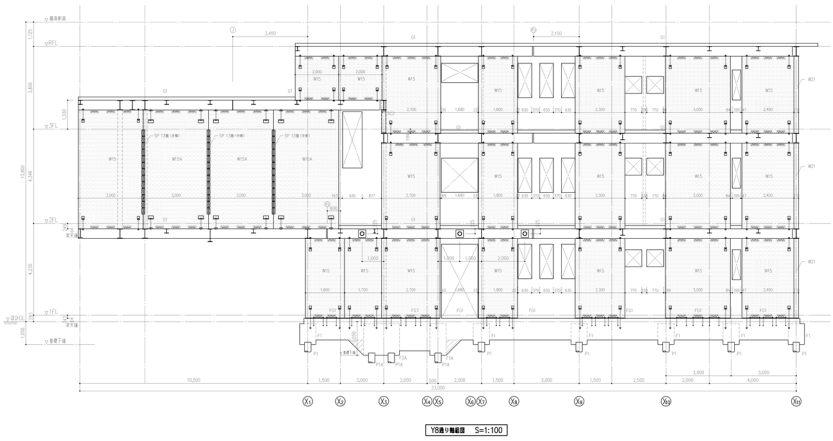
Y 方向は、プラン上、壁量が極端に少なく、壁線が揃っていないため、主な壁パネルは S60-7-7(t=210mm)とし、梁は H-450×250×9×16(SN400)を用いている。一部 CLT 躯体現しとするため片面 60mm の燃え代を見込んだ燃えしろ設計を行った。

斜め壁は幅が小さく(1〜1.2m)かつ 2-3 階部分は約 7m の吹き抜けとなっているため、Y 方向同様に主な壁パネルは S60-7-7(t=210mm)とし、一部 1〜3 階までを現しとするため、S60-9-9(t=270mm)を用いている。梁は H-450×250×9×16(SN400)を用いる。

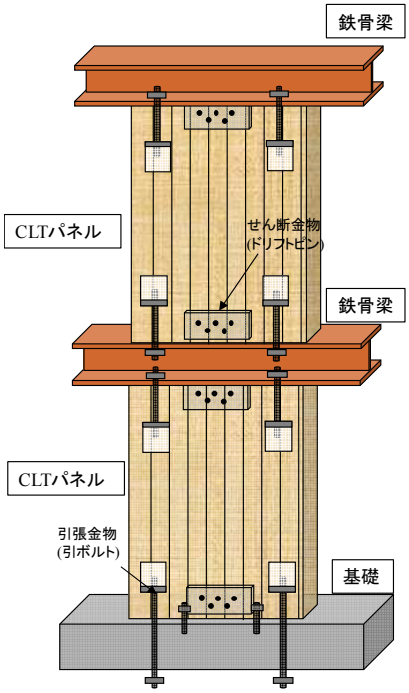
構造計算はルート 3 を採用し保有水平耐力を算出することにより、大地震時の構造安全性を確認した。終局時の降伏形としては、CLT パネルは弾性域に留め上下端部の引きボルト(ABR)の引張降伏が先行する靭性のある降伏形とした。
部材ハイブリットではあるが、CLT パネル脚部の引きボルトを伸ばすことにより靭性を確保しているため、2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書の部材ごとに構造が異なる場合を参照し、平 28 国交告第 611 号第八に照らし合わせ、CLT パネルの Ds 値を用いた。
本構造種別の場合平 28 国交告第 611 号第八第二号の仕様規定は適用できないため、Ds 値は 0.75 以上もしくは計算 Ds となる。本設計では X 方向は耐力壁が多くかつ壁線も揃っているため 0.75 を Y 方向は壁量が少なく壁線も揃っていないため、靭性による効果を考慮した計算 Ds 値とした。



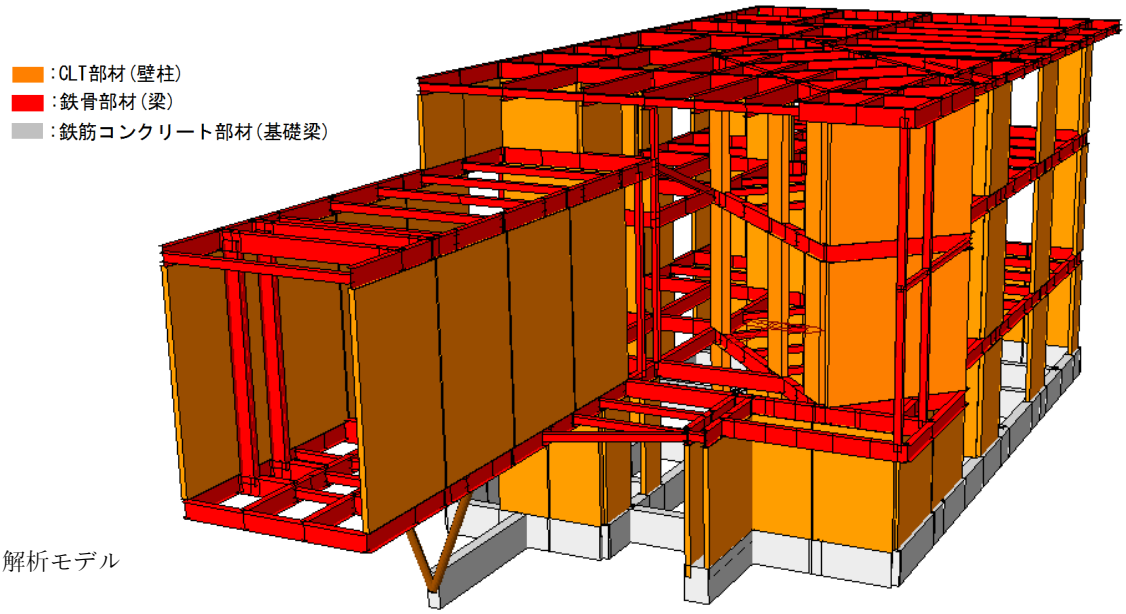
2 階伏図



Y8 通立面図



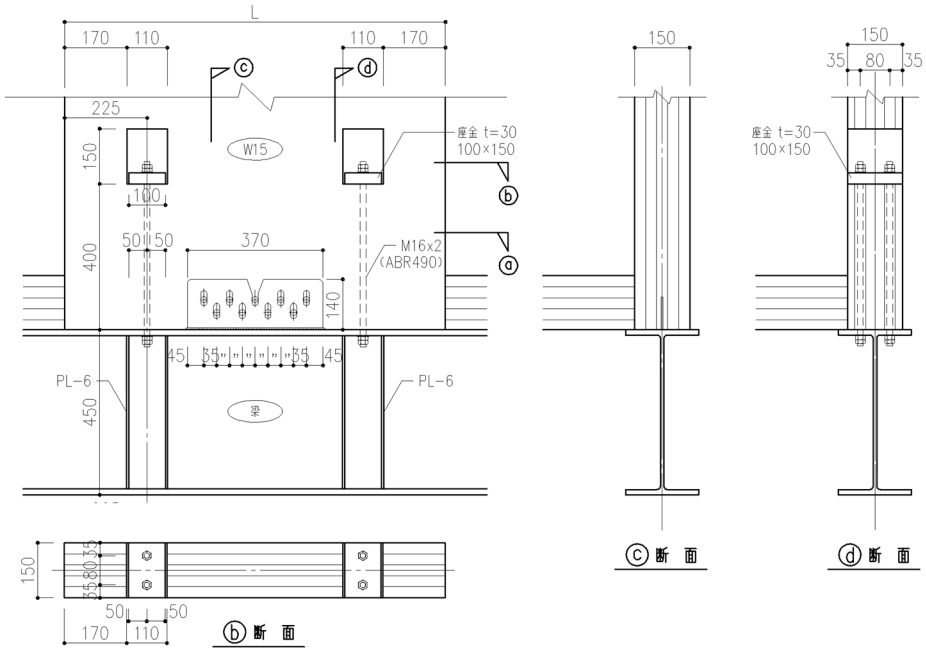
鉛直構面構成イメージ



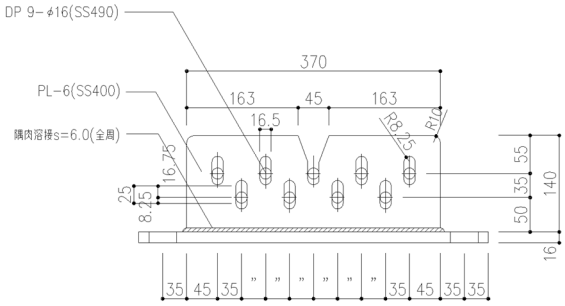
解析モデル

鉄骨梁と CLT 壁柱パネルとの接合部は引張力に対しては壁パネルの上下四隅に引きボルトを用い、鉄骨梁フランジと接合させる方式とし施工性を考慮した。せん断力に対しては壁パネルの上下梁に取り付けたプレートにドリフトピンを打設するドリフトピン仕様とした。本仕様により、従来の U 型、L 型金物よりも単位長さあたりにおいて高耐力が発揮されることを理論式により確認しせん断金物の個数を削減することができた。一方で壁の位置決め、ピンの打設が難しいため、中央のドリフトピン部には先孔、CLT パネルには先行ピンを打ち位置決めができるようにすることで施工性に配慮した。

本接合形式(引張り、せん断)は CLT パネル工法の仕様に準拠し引きボルト及びせん断金物が必要なことから鉄骨梁との納まりより本形状が決まった。検討の際には引きボルトのナット締めのため、主要な部分は引きボルトを CLT 壁柱パネルの厚さ方向に 2 本用いるなどして十分なクリアランスを設けた。また鉄骨梁フランジ部の局部応力に配慮して適切に補剛プレートを設けた。



CLT 壁柱パネル接合部詳細図



せん断金物詳細図（参考）

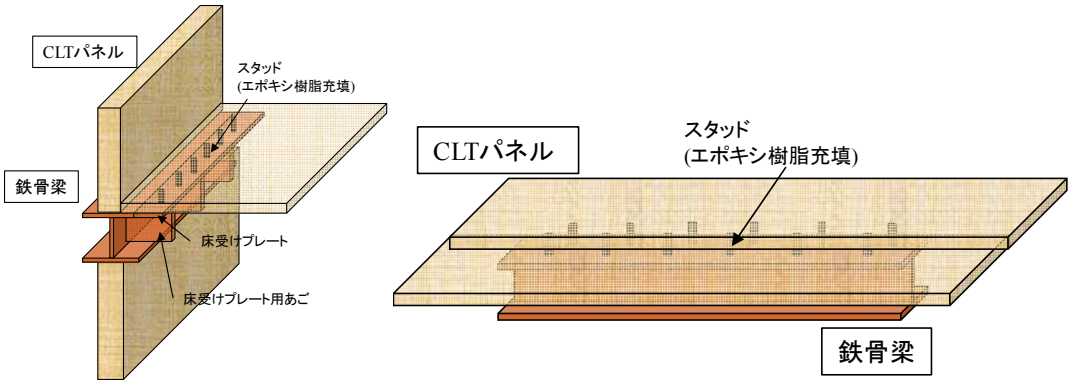
せん断金物（基礎-壁）写真

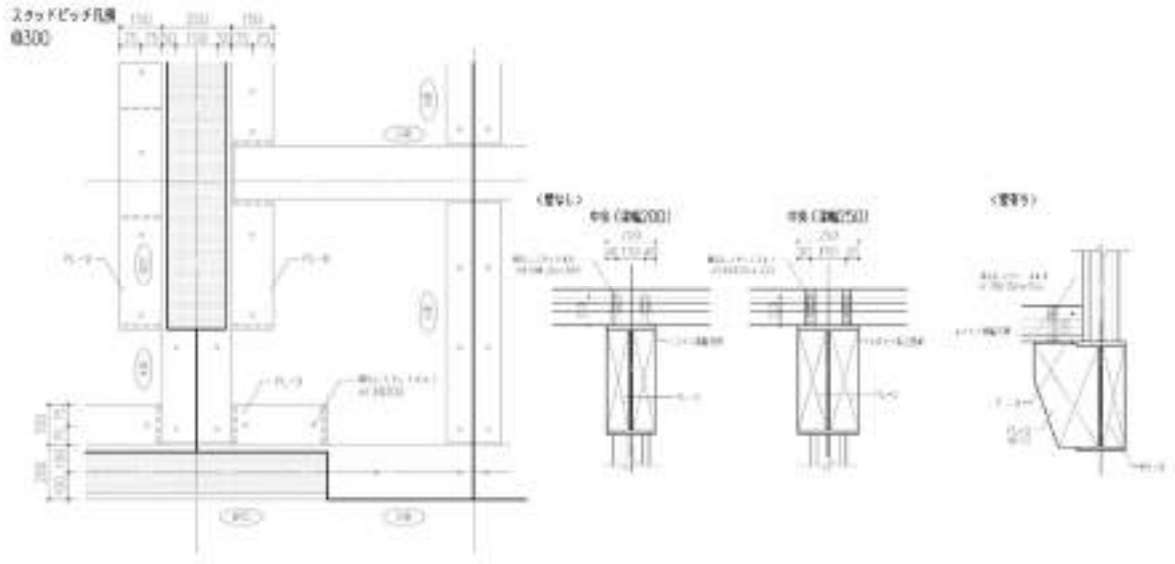
水平構面においても十分な耐力を確保するため CLT パネルを用いた。

CLT 床パネルと鉄骨梁との取り合い部については、床のレベル(下端)を鉄骨梁の天端に設定し、CLT 床パネルに先孔を設け梁上にあらかじめ設けていたスタッドにはめ込みエポキシ樹脂を充填させることで一体化を図る形式とした。梁上への床の配置としては壁がある部分もあるため、鉄骨梁からあご受けをだし、受けプレート上にスタッドを配置した。既往実験により耐力が評価されている点を踏まえ、今後の普及に向けた施工性検討に重きをおいて採用にいたった。

検討段階では CLT 床のレベル(下端)を鉄骨梁の天端に合わせる案と下端に合わせる案を考えた。後者の場合、床受けが CLT 壁柱パネルのない鉄骨梁部分、小梁部にも必要となり、部材数が多くなるため前者を採用し、主要鉄骨梁、小梁の上部にスタッドを設ける形式とした。また鉄骨梁と床の接合方法については、本形式以外にスタッドと CLT 床パネル先穴との隙間を蓋付きキャップを用いて埋めて一体化させ応力伝達する方法が提案され強度試験、施工実験が行われていた。しかし、施工上、今回採用したエポキシ樹脂充填よりもさらにスタッドと先穴とのクリアランスの精度が求められるため、本方法を採用した。

CLT 床割付図





鉄骨梁と CLT 床パネル接合部詳細

現場写真

ダイナミックなキャンチレバーの部分(長さ約 10.5m(ブレース位置から 6m)　高さ約 6m)は小幅の CLT パネルを並べパネル同士は SP 金物(X マーク)で接続し、上下の鉄骨梁と一体的に(鉄骨：フランジ　CLT パネル：ウェブ)作用させることで耐力を発揮する構造とした。はね出し端部から 6m の位置に設置した鉄骨ブレースは鉛直荷重を支えると共にキャンチレバー部の水平力を負担する役割を担っている。
また CLT パネル＋鉄骨梁から構成されるはね出し部の 2 面だけでは Y 方向加力に対する面外剛性が小さいため、先端部に鉄骨柱を設けることで面外の変形を抑えた。

今回は各鉛直構面及び鋼管ブレースで抵抗する架構としたが、今後 CLT 壁、床パネルをボックスカルバートとして立体的に効かせる架構等、更なる合理化かつ CLT を活かした設計が可能であると考える。

□構造計画に関する考察

本設計では鉄骨梁勝ち＋CLT 壁柱架構という新しい構造形式を採用し、その設計法、施工性を検証した。それにより自由なプランニングと開放的な空間の創出を行うことができた。

■施工

ここからは施工（基礎着工～構造建て方完了まで）時に生じた問題点やその解決方法、また今後の課題等について記載する。

□基礎工事

基礎補強杭工事の完了した 12 月初旬に掘方に着手し、基礎着工となった。そこから基礎工事の完了まで年末年始の休暇を含んで約 5 週間の工程であった。

何度かの CLT 構法での施工を経験してはいるものの、今回も問題となったのは『±2mm』と規定されたアンカーボルトの施工精度であった。

各種、治具等を製作し精度確保に努めたものの、一部 CLT パネル施工時にアンカーボルトの台直しが必要になるような精度の確保されていない施工の物が存在した。

この問題は従前からの課題で、アンカーボルトの埋め込み精度が確保されているのといないのでは、1F の CLT パネルの施工スピードに大きな差が生じることとなる。レッカー車で CLT パネルを吊り上げて建込を行うが、精度が確保されていない場合、建込作業を中断し、アンカー台直しをした後、再度建

込作業を行う必要がある。建物の大きさに依存するが、本物件の場合でも感覚的に数日間の工期の遅れに繋がることとなった。

今後の対策としては、大幅なコストアップになるものの、鋼材プレートで土台を作成し厳重に管理された工場（鉄工所）でアンカーをプレートに取り付けた物を現場へ搬入する等の方法が考えられる。また、アンカーボルトを現場施工する場合でも、現場での精度管理のやり易さを考慮し、アンカーボルト間寸法などの数値を「まるめる」ことも有効である。つまり、L:2,000㎜の幅にアンカーを3本設置すると仮定して、

←@367㎜→|←@633㎜→|←@633㎜→|←@367㎜→＝2,000㎜であるとしたら、

←@350㎜→|←@650㎜→|←@650㎜→|←@350㎜→＝2,000㎜にした方がチェックがし易く、間違えも起きにくくなり結果として精度も確保されるのではないかと考えるので、構造設計者と連携していきたい。

□建て方工事

基礎工事完了後、H30.1.26にCLTパネルが搬入され建て方工事に着手した。構造の金物仕舞完了がH30.2.27で、建て方工事は約1か月の工程となった。

天端レベルを無収縮モルタルで厳重に確保した基礎に直接CLTパネルを設置する為、基礎に接するCLTパネルの木口には粘着性の防水シートを貼りつけした。これにより木口からの水分の吸収を止めている。

また、レベル管理、垂直出しの観点から考慮すると、基礎パッキン敷き込みが理想ではあるが、CLTパネル構法では既製品に適当なものが存在しないのが現状である。メーカーにはぜひ対応商品の開発をお願いしたい。

CLT パネル構法では、建て方順について周到な計画をすることが建て方作業をスムーズに運ぶ鍵となる。本現場は西側が交通量の多い国道に面しており、敷地面積も大きく無い為、1km ほど離れたところに広いストックヤードを設け、必要な部材を順次現場へ搬入するという段取りとした。

1F 壁 CLT パネル搬入状況

敷地条件を勘案し構造計画研究所及び銘建工業と相談の上、小幅パネル架構（分割型）を採用した為、基礎区画内に荷下ろしが可能となった。結果的にスムーズな上棟作業につながった。

1F 壁 CLT パネル設置状況

引張力は引きボルトで、せん断力はドリフトピン納まりのオリジナル金物で負担した。基礎工事の所でも触れたが、スムーズな壁 CLT パネル建込は、アンカーボルトの設置精度に大きく左右される。

1F 壁 CLT パネル設置完了

引きボルトとオリジナルせん断金物の施工状況を示す。せん断金物はドリフトピン納めで CLT 現し仕上げにも対応できる形状となっている。

壁 CLT パネルの設置後は、本建物の最大の特徴である H 型鋼の設置となる。あらかじめ工場にて床 CLT 受け用のフランジ延長、スタッド及びせん断ﾌﾟﾚｰﾄが取り付けられた H 型鋼を壁 CLT パネル頭部へ設置していく。木工事の大工と鉄骨工事の鳶の連携を十分に確認した上で作業することでスムーズな設置作業が可能となった。本建物では建て方工事を 1 社に依頼することでこの問題を解決した。

鉄骨の設置状況

フランジに溶接されたせん断プレートは CLT 側にあらかじめ挿入されている先行ドリフトピンで位置決めがされる。この仕組みにより鉄骨梁の設置作業は非常にスムーズに進めることができた。

床 CLT パネル設置状況

H 型鋼の設置に約 3 日費やした後、床 CLT パネルの敷設作業へ移行した。H 型鋼のフランジを延長した受けプレート上にスタッドを@150mm、@300mm で溶接したものに差し込んで敷設する。

床 CLT パネルのスタッド差し込み状況

H 型鋼へのスタッド取付、CLT パネルの穿孔共に工場での加工となる為、精度が高く 2・3・R 階の床、壁共 CLT パネルの設置作業は 1F 壁 CLT パネル設置時と比較してスピーディに進行した。

床 CLT パネル（スタッド差し込み用孔）

本建物では水平構面を床 CLT パネルに負担させる設計となっている為、H 型鋼と床 CLT パネルを緊結する必要があり、今回はスタッドを差し込んだ孔にエポキシを充填することで固定する。

エポキシ充填作業状況

使用したエポキシは㈱オーシカの 2 液性「オーシカダイン TE-243L2」。

冬季の作業となる為、硬化までの時間が結構必要になり、作業効率が良くない。さらにスタッド本数が合計 4,993 本もある為、多大な労力を要した。

エポキシ充填後の状況

場所によっては、下階に漏れてしまう所があり、再充填を余儀なくされた。

結果として、今後、H 型鋼と床 CLT パネルの複合で床を構成する場合にエポキシで CLT パネルを固定する方法はお勧めできない。折角 H 型鋼があるのだから、メタルブレースで水平構面を確保し、もっと簡便な方法で床 CLT パネルを留めつけする方法のほうがお勧めである。建築コスト的な面から考えても、エポキシの価格が高価である上に、水平構面を担保させない CLT なら、構造設計者の判断にはなるが、本建物の t=150㎜よりも薄いものの採用が可能になる可能性がありコストメリットが大きい。

□施工に関する考察

基礎工事に関しては、鉄骨混構造となったことで基礎梁の成が多少大きくなり、基礎コストの増加がみられたが、現場的な問題はいつものアンカー精度のみであった。

また CLT の現場搬入から日曜日を除きのべ 27 日間で構造建て方完了となった。人工数は、のべ約 300 人工。レッカー27 台。昨年、岡山市内で弊社が請負・建築した延床約 1,000 ㎡の社員寮（CLT パネル構法）は約 3 週間で CLT 工事を完了したが、非常に広い敷地と大版架構でレッカー2 台/日という施工体制であった。そのことを考えると延床約 780 ㎡の小幅パネル架構、レッカー1 台/日、初めての CLT＋鉄骨混構造としては悪くない工程での進捗であったように思う。構造建て方完了までに生じた問題は前項までに記載をしたので、今後の CLT 建築に生かしたい。

また、CLT パネル構法は壁パネルの建込時に CLT を並列に並べ、隣同士の CLT パネルを緊結することは施工上基本的にはおこなわれない。建て方後、CLT パネル同士の並列部分に小さな隙間があること(下写真)は散見されることであり、特に問題視していなかった。夏季は CLT パネルの膨張により隙間無く密着するかもしれないが、寒冷時期に収縮して隙間が生じるのは温熱環境的に問題がある。昨今の建築物高断熱化の流れからも無視できない課題であると考える。

現場写真：壁 CLT 隙間

■まとめ

当初は鉄骨を併用せずオール CLT 構法を予定していたが、木質耐力壁と CLT 床勝ち架構による木材同士の『めり込み』と『曲げ戻し』から必要となる CLT パネルの垂れ壁の肥大化が懸念事項と上がっていた事が今回の『CLT 構法＋鉄骨造』を取り組むきっかけのひとつとなった。

鉄骨造を併用したことで当然プランの自由度は大幅に向上し、天井懐の確保も容易になり、また接合部主要箇所をボルト＋ナットやドリフトピンが使用できるなど、施工精度と工期の安定が実現できた。しかしながら、今回は非常に優れた加工技術をもった鉄骨業者と経験豊富な職人に助けられたのはまぎれもない事実であり、今後は経験による技術の向上も必要ではあるが、よりシンプルな架構や施工方法を確立し、さらなる CLT 普及への道標としなければならないと考える。

また、建築コストに関しても CLT パネル構法に鉄骨を併用することで CLT 使用量をある程度抑制し材料コストの縮減を目指した。本建物では、特徴的なオーバーハング等の意匠計画の実現の為の鉄骨併用工法を採用となった為か、結果的には「鋼材のコスト」＞「減った CLT のコスト」となり、圧倒的なコスト増加につながった。ただ、鉄骨メンバーや床 CLT の架構等の課題も見つかったので、これからもハイブリッド構法の可能性をも模索していくつもりである。

以上

２．12　社会福祉法人　光志福祉会／島田治男建築設計事務所

1.　建築物の仕様一覧

事業名			（仮称）CLTを用いた中規模福祉施設への提案 － ネムの木グループホーム円座新築工事
実施者（担当者）			島田治男建築設計事務所 島田治男
建築物の概要	用途		グループホーム兼デイサービス
	建設地		香川県高松市
	構造・工法		鉄筋コンクリート造 一部 木造
	階数		2
	高さ（m）		8.004
	軒高（m）		7.26
	敷地面積（㎡）		2147.11
	建築面積（㎡）		595.51
	延べ面積（㎡）		982.05
	階別面積	１階	446.43
		２階	535.62
		３階	－
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量209.829㎥、建築物使用量185.564㎥
	壁パネル	寸法	壁：120,180厚
		ラミナ構成	120厚：3層4プライ　180厚：3層6プライ
		強度区分	120厚：S60A　180厚：S60A
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	屋根パネル	寸法	150㎜厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：スギ　梁：欧州赤松
	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		50㎥
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	硬質木片セメント板（厚18）下地　杉板（厚15）
		開口部	アルミサッシ＋二層複層ガラス（中空層幅6㎜）
	主な内部仕上	界壁	CLTの両面PB12.5×2
		間仕切り壁	片面CLT現し（片面PB15㎜）
		床	パインフローリング15㎜
		天井	軽天下地＋強化PB12.5
構造	構造計算ルート		ルート2
	接合方法		ビス接合＋U字金物＋引抜金物
	最大スパン		2,730㎜
	問題点・課題とその解決策		引きボルト部には開口がある為、開口の隠蔽に為に床高や天井高の調整が必要であった
防耐火	防火上の地域区分		その他地域
	耐火建築物等の要件		45分準耐火建築物
	本建築物の防耐火仕様		45分準耐火
	問題点・課題とその解決策		500㎡区画となるが、階段・EV部分との区画のみとなる設計とした
温熱	建築物省エネ法の該当有無		該当なし
	温熱環境確保に関する課題と解決策		CLTパネル
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	なし
		外壁	なし
		床	なし
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		
	建て方における課題と解決策		アンカーセットにより、アンカーの精度を高めた
	給排水・電気配線設置上の工夫		CLT表しとなる壁以外の壁にスイッチやコンセントをまとめた
	劣化対策		
工程	設計期間		H29.1月～6月（6カ月）
	施工期間		H29.8月～H30.1月（6ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	H29.11月下旬～12月中旬（2週間）
	竣工（予定）年月日		平成30年1月31日
体制	発注者		社会福祉法人　光志福祉会
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		島田治男建築設計事務所
	構造設計者		(株)TTR設計
	施工者		(株)ヒカリ
	ＣＬＴ供給者		銘建工業(株)
	ラミナ供給者		(有)かがわ木材加工センター

実証事業名： （仮称）CLT を用いた中規模福祉施設への提案 - ネムの木グループホーム円座新築工事
実施者／協議会運営者または担当者：島田治男建築設計事務所 島田治男

１．実証した建築物の概要

用途		グループホーム兼デイサービス		
建設地		香川県高松市		
構造・工法		鉄筋コンクリート造 一部 木造		
階数		2		
高さ（m）		8.004	軒高（m）	7.26
敷地面積（㎡）		2147.11	建築面積（㎡）	595.51
階別面積（㎡）	１階	446.43	延べ面積（㎡）	982.05
	２階	535.62		
	３階	－		
CLT 採用部位		壁、屋根		
CLT 使用量（㎥）		加工前製品量 209.829 ㎥、建築物使用量 185.564 ㎥		
CLT を除く木材使用量（㎥）		50 ㎥		
CLT の仕様	（部位）	（寸法/ラミナ構成/強度区分/材種）		
	壁	120㎜厚/3 層 4 プライ/S60A/スギ 180㎜厚/3 層 6 プライ/S60A/スギ		
	床	－		
	屋根	150㎜厚/5 層 5 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間		H29.1 月～6 月（6 カ月）		
施工期間		H29.8 月～H30.1 月（6 ヵ月）		
CLT 躯体施工期間		H29.11 月下旬～12 月中旬（2 週間）		
竣工（予定）年月日		H30.1 月 31 日		

２．実証事業の目的と設定した課題

CLT 利用物件の第 1 号であるネムの木特別養護老人ホームのグループ施設であるグループホームの新築工事である。当時は基準強度も無く、スロープにて利用した案件で、本年 4 月に告示化を受け、高齢者福祉施設への利用を模索してきた。高齢者福祉施設は、各居室と共有エリアに分かれており、今回の構造計画としては、2 階建の 2 階のみ CLT パネル工法の RC+W 混構造で、設計は告示ベースとしルート 2 を採用する。設計計画においては、設計効率の良い間取り計画、CLT 配置計画を重視する。又、香川県産材をいかに効率よく使えるか、山側からの供給体制も含め、模索し実証する。

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（協議会運営者・設計）島田設計：島田治男
（構造設計）TTR 設計：多田羅健二
（施工）株式会社ヒカリ：林田芳幸
（原木供給）香川東部森林組合：有馬督治・有限会社かがわ木材加工センター：赤松孝明
（材料）銘建工業(株)：三嶋幸三
（行政）香川県みどり整備課

４．課題解決の方法と実施工程

香川県での採材に付いての状況を確認し、樹種及び量を決定し、更に価格面での競合等を考慮する。構造については、間取り計画、意匠設計、構造設計が十分に連携し、経済性重視の最適な CLT 配置計画・接合部仕様を採用した構造計画を行う。設備配管・配線が必要な個所については CLT パネルを使用せず、木軸組による構成を検討する。ＣＬＴパネル部分でどうしても必要な個所については、壁をふかしてスペースを確保する。また、屋根断熱パネルに CLT を採用することで従来の木造小屋組より工期短縮を行う。野地板をＣＬＴパネルとすることにより、居住性能の向上と施工性向上も見込まれる。コスト面以外の断熱効果、居住性能の向上の検討を行う。

＜協議会の開催＞
平成 29 年 2 月 24 日：第 1 回開催、課題の洗い出しと各地の集材状況確認、設計法の整理
設計側、材料側から出て来た内容を反映させる。
3 月 29 日：第 2 回開催、進捗確認
4 月 26 日：第 3 回開催、進捗確認
5 月 31 日：第 4 回開催、進捗確認
＜設計＞
平成 29 年 1 月～5 月：実施設計
1 月～6 月：構造設計
6 月：建築確認申請
＜施工＞
平成 29 年 2 月：工事契約
8 月：着工、基礎工事
10 月～1 月：木工事・内装工事・設備工事・外装工事・外構工事

５．得られた実証データ等の詳細

福祉施設に一番多い計画であることから､混構造での CLT パネル工法設計手法の提案と、経済性と機能性を両立出来る CLT 建築の提案を行う｡又､香川県内の木材集材手法の提案、年間伐採搬出集材についてまとめる。

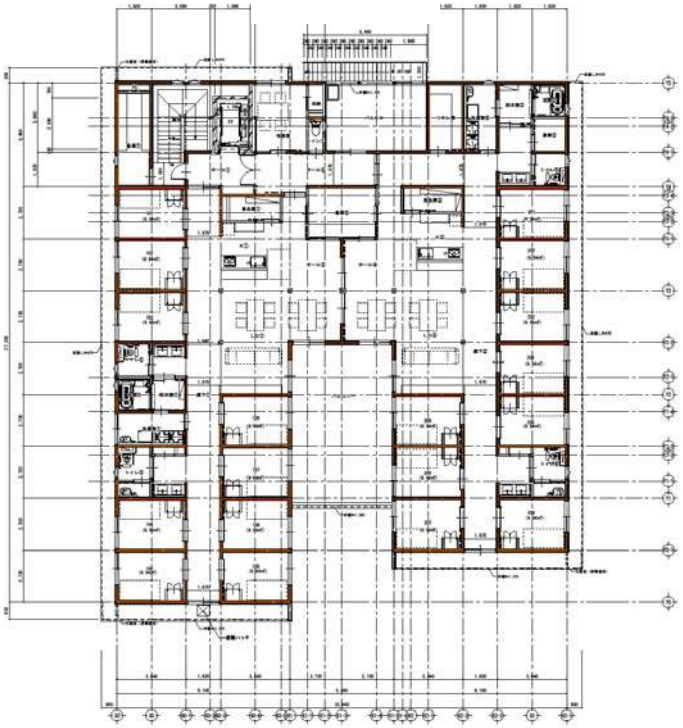
６．本実証により得られた成果

居室を多く含まれる建物で、ピロティ―を含めた同種の物件の手本となればよいと思われる

一般的には考えられるような建物の耐震要素ではあるが、構造設計としてはあまり例がなく、設計事例としての紹介および考え方の一助となる。

７．建築物の平面図・立面図・写真等

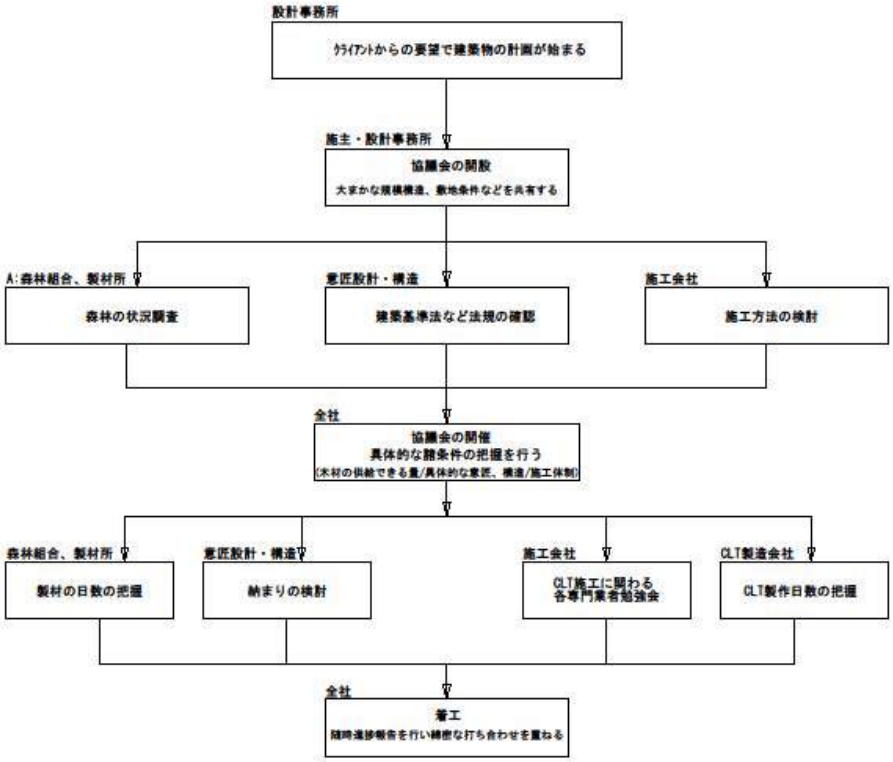
1 階平面図



2 階平面図

立面図

写真



協議会フローチャート

成果物

はじめに

本建築は法 22 条地域内に建つ 1 階鉄筋コンクリート造・2 階木造（CLT 工法）の上下階による混構造である。1 階の用途はデイサービスの為、比較的広い空間が必要であることから鉄筋コンクリート造とした。2 階の用途はグループホームの為、小さな住戸室が多く必要となることから、CLT 工法での部屋割りを行い、リビングなどの壁がなく広い空間が求められる箇所については在来軸組工法を組み合わせるなどして設計を行った。福祉施設に多い計画であり、ピロティーを含む同種の物件の参考になると考えられる。

設計時における課題と解決策

(1) 設備の配管経路やコンセント・スイッチ等の位置、消防設備や盤の位置についての検討が一般木造・RC 造と大きく異なった。CLT 壁内に配線・配管を行ったり機器を埋め込んだりしていないので、壁をふかしたり、CLT 壁以外の一般木造の壁とする箇所が必要となった。その際に構造上のバランスや廊下の有効幅員などに配慮しながらの検討となった。配線・配管を CLT に埋め込む事は可能だと思うが、よほどの設備計画が確定しない限り難しいと考えられる。

(2) CLT は 2 階居室一面のみ現しの仕様とした。その為、燃え代設計により通常の 120mm 厚にプラス 60mm とした。

(2) CLT 壁の下端レベルよりキャンティのレベルを下げて防水対策としていることから、RC の構造躯体から持ち出しとすることが最善だと考えた。

(3) 45 分準耐火建築物の為、基本的には告示仕様とし、外壁の一部に限り認定品の仕様とした。

(4) 屋根の野地板には CLT の 150 厚を屋根断熱パネルとして使用し、軒をそのまま現しとした。雨掛かりとならない為、塗装はしていないが経過を見てメンテナンスは行う予定。

(5) 見せ場となる外壁には杉板を張る仕様としたが、準耐火建築物の為、告示仕様の上に張ることにした。外壁は雨掛かりとなる為、塗装を行った。

図１　１階平面図

図２　２階平面図

図 3　南側立面図

図 4　北側立面図

図 5　矩計図

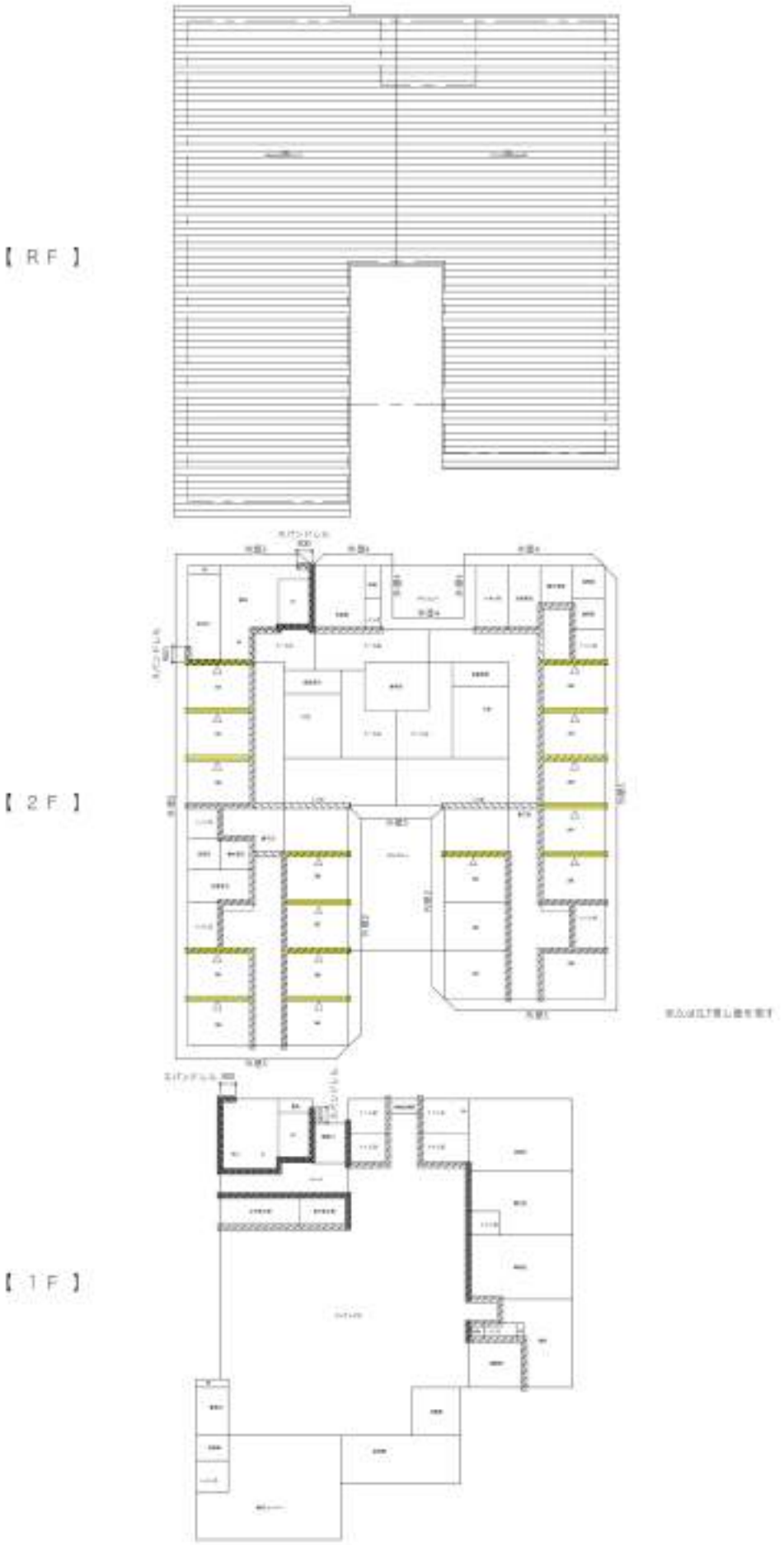


図 6　準耐火仕様位置図

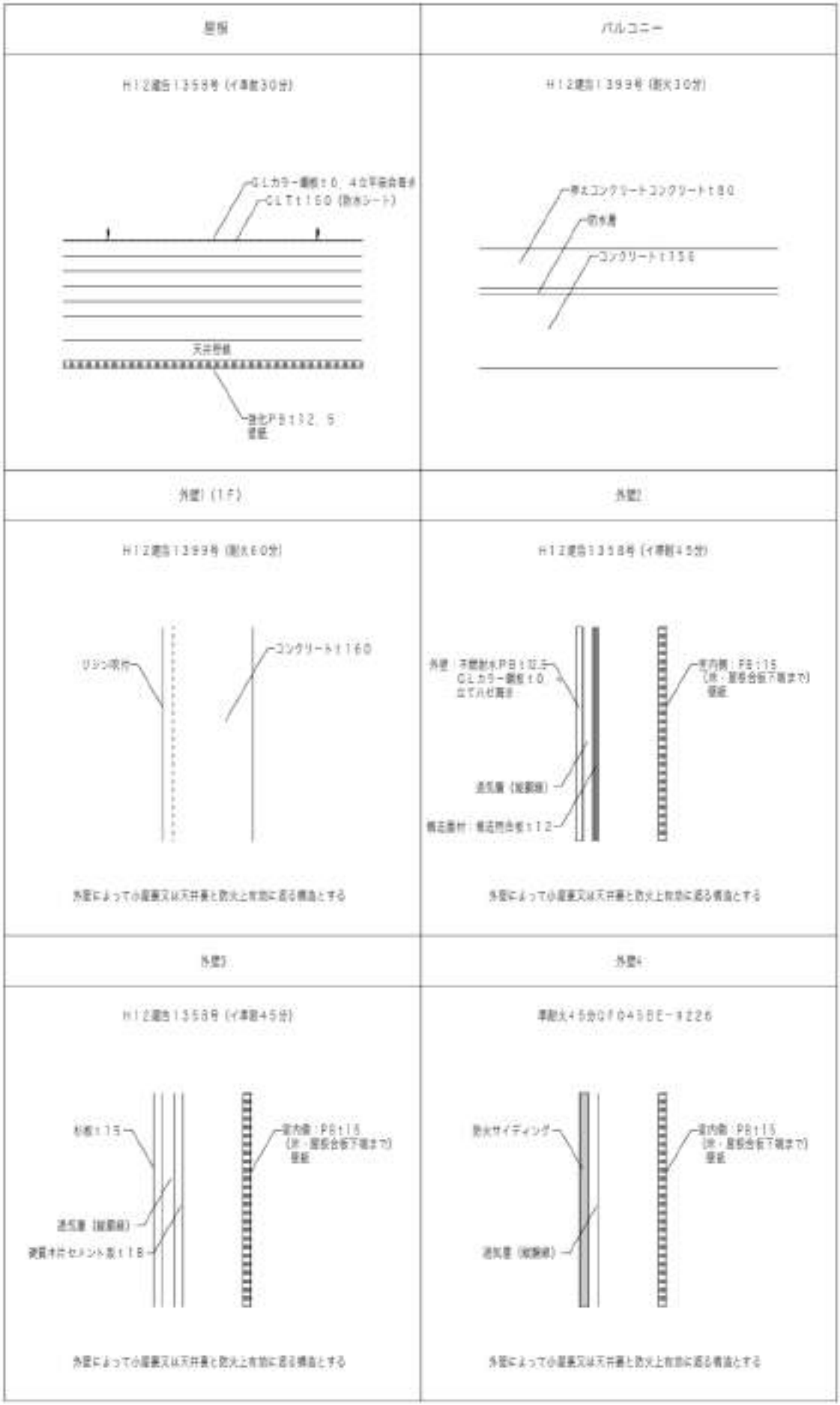
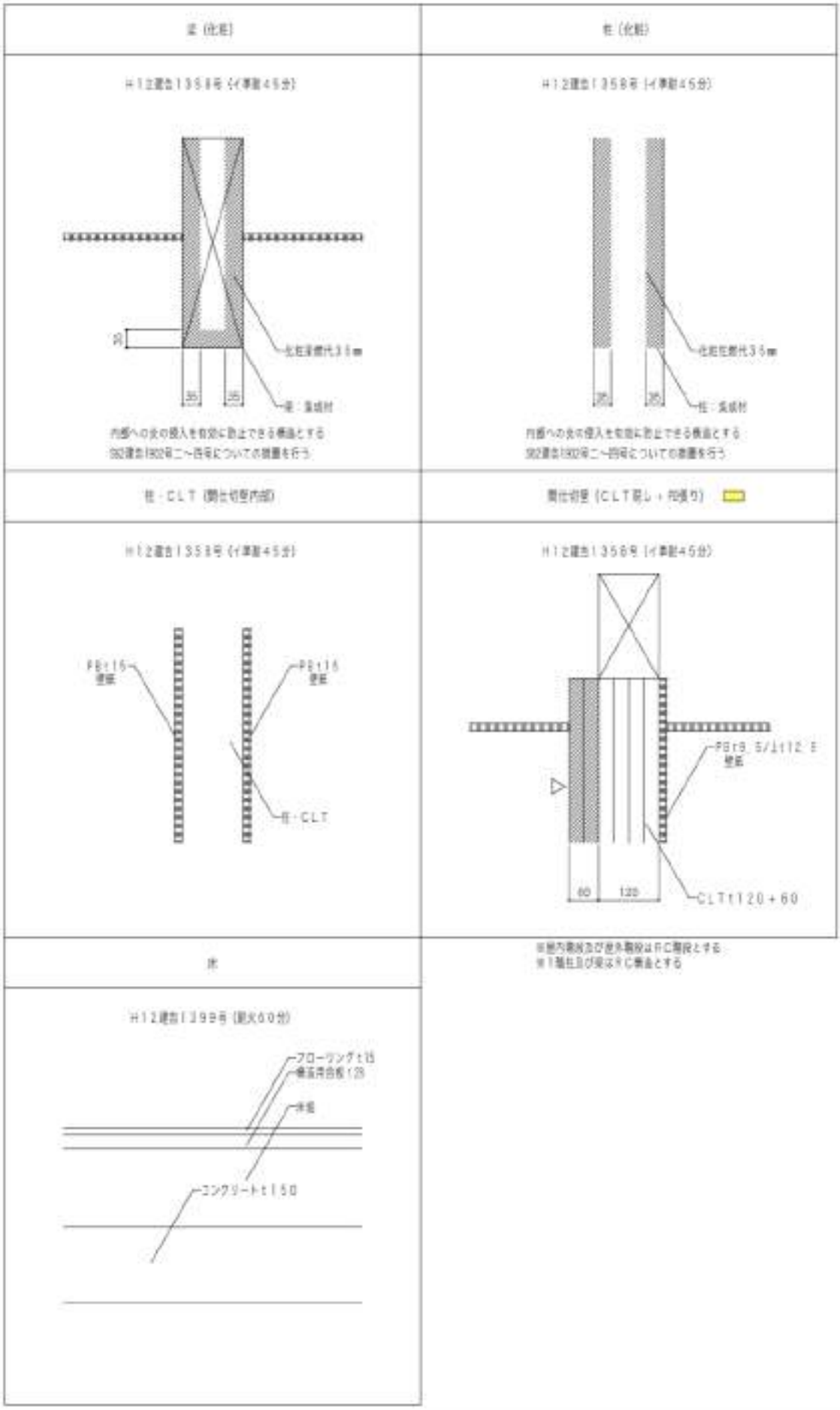

屋根
H12建告1358号（イ準耐30分）
CLカラー鋼板t0.4立平葺金属
CLTt150（防水シート）
天井野縁
強化PBt12.5
張紙
バルコニー
H12建告1399号（耐火30分）
厚さコンクリートコンクリートt80
防水層
コンクリートt150
外壁1（1F）
H12建告1399号（耐火60分）
リシン吹付
コンクリートt160
外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に区る構造とする
外壁2
H12建告1358号（イ準耐45分）
外壁：不燃耐水PBt12.5
CLカラー鋼板t0.4
立てハゼ葺き
室内側：PBt15
（床・屋根合板下端まで）
張紙
透気層（縦胴縁）
構造面材：構造用合板t12
外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に区る構造とする
外壁3
H12建告1358号（イ準耐45分）
杉板t15
室内側：PBt15
（床・屋根合板下端まで）
張紙
透気層（縦胴縁）
硬質木片セメント板t18
外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に区る構造とする
外壁4
準耐火45分QF045BE-9226
防火サイディング
室内側：PBt15
（床・屋根合板下端まで）
張紙
透気層（縦胴縁）
外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に区る構造とする

図 7　準耐火仕様表 1



柔（化粧）
柱（化粧）
H12建告1358号（イ準耐45分）
H12建告1358号（イ準耐45分）
35
35
35
35
化粧柱燃代35mm
柱：集成材
内部への火の侵入を有効に防止できる構造とする
S62建告1902号二～四号についての装置を行う
柱・CLT（開仕切壁内部）
開仕切壁（CLT現し＋内張り）
H12建告1358号（イ準耐45分）
H12建告1358号（イ準耐45分）
PBt15
壁紙
PBt15
壁紙
柱・CLT
PBt9.5/上t12.5
壁紙
60
120
CLTt120＋60
※屋内階段及び屋外階段はRC階段とする
※1階柱及び梁はRC構造とする
床
H12建告1399号（耐火60分）
フローリングt15
構造用合板t28
床板
コンクリートt150

図８　準耐火仕様表２

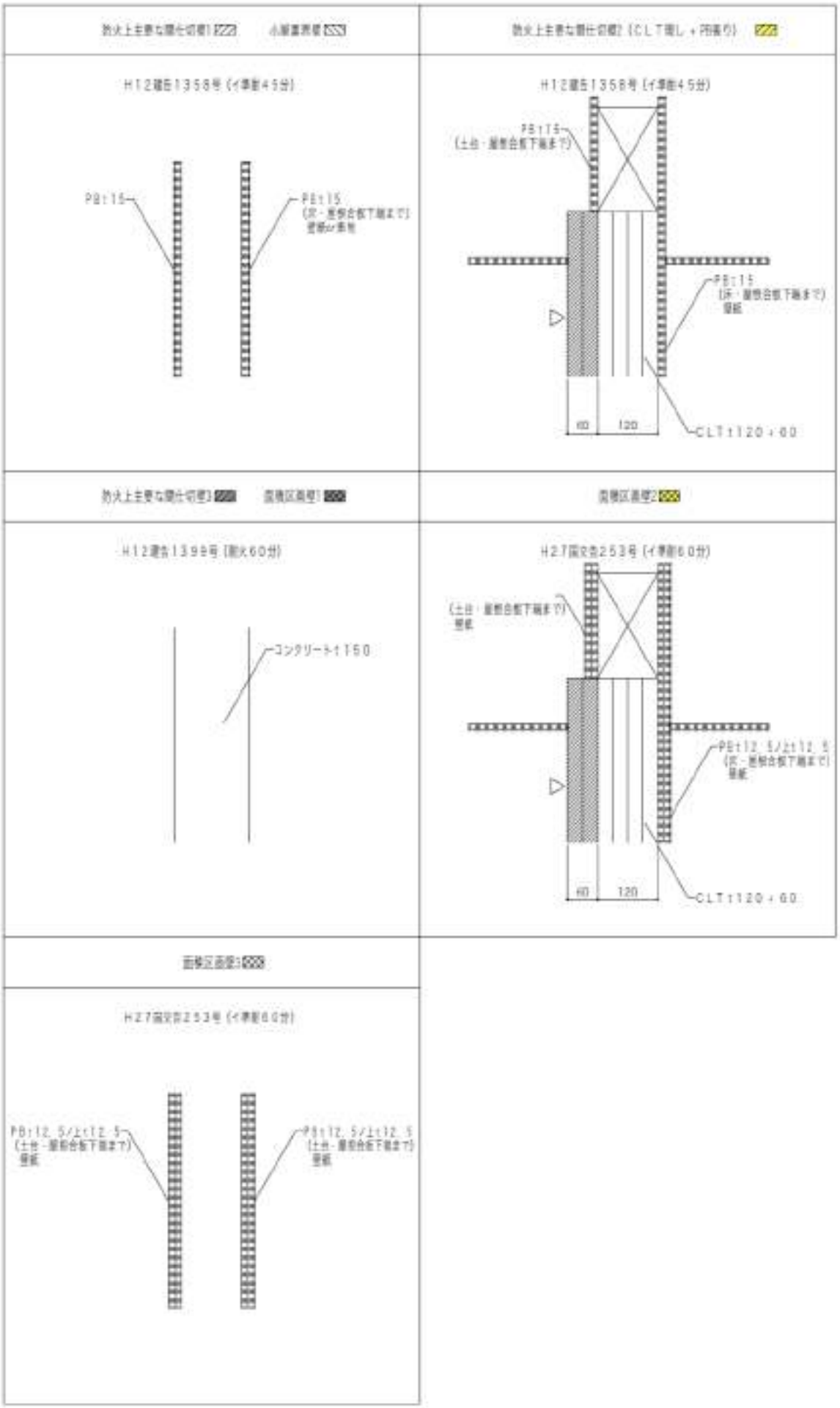

H12建告1358号（イ準耐45分）
PB:15
PB:15
（床・屋根合板下端まで）
壁紙or素地
H12建告1358号（イ準耐45分）
PB:15
（土台・屋根合板下端まで）
PB:15
（床・屋根合板下端まで）
壁紙
60
120
CLT:120+60
H12建告1399号（耐火60分）
コンクリート:150
H27国交告253号（イ準耐60分）
（土台・屋根合板下端まで）
壁紙
PB:12.5/上:12.5
（床・屋根合板下端まで）
壁紙
60
120
CLT:120+60
H27国交告253号（イ準耐60分）
PB:12.5/上:12.5
（土台・屋根合板下端まで）
壁紙
PB:12.5/上:12.5
（土台・屋根合板下端まで）
壁紙

図 9　準耐火仕様表 3

構造概要

(1) 構造は１階 RC 造、２階木造の２階建ての混構造で、木造部は CLT パネル工法＋軸組工法 (ホールの一部)となる。

(2) CLT パネル工法は小幅パネル架構とし、壁パネル上部に臥梁を廻し床水平構面は丸鋼ブレースにて構成。屋根は、束立てし母屋を架け、屋根下地パネルとして CLT パネルを非構造断熱パネルとして配置している。

(3) 腰壁・垂れ壁は CLT パネルを使用せず、木軸による在来壁を配置する。

(4) 耐力壁部分の辺に生ずるせん断力に対して基礎・小屋組とを有効に緊結する金物と、上下四隅に生ずる引張に対して基礎・小屋組みとを有効に緊結する金物は引きボルト及びクロスマーク金物を採用する。(壁脚せん断箱金物については 120 ㎜用を製作とする。

(5) 現し壁部の CLT は 3 層 4 プライ（厚 120 ㎜）に片面 2 層貼りの 5 層 6 プライ（厚 180 ㎜）構成とし、燃えしろ設計に対応する。

(6) 使用木部材の樹種は CLT は杉（可能な限り香川県産材を使用）とし、構造用集成材はコスト面を考慮し、欧州赤松の既製品を採用する。

構造設計方針

(1) CLT パネル工法の構造計算は、2016 年に施行された告示内容に沿って行う。

(2) RC 造と CLT パネル工法の混構造の計算規定(平 19 国交告第 593 号(最終改正 平 28 国交告第 791 号)関係)を採用する。

(3) 構造計算は、１階 RC 造がルート１、２階木造(CLT パネル工法)はルート２(平 28 国交告第 613 号四(10)の規定)とする。

(4) CLT パネル工法で使用する金物はクロスマーク金物を用いるが、サイズの無いものはそれに準じたものを製作する。軸組部分の金物は耐力が確認できるものを使用する。

(5) CLT パネルの断面検定、CLT パネル以外の部材の断面検定を行う。

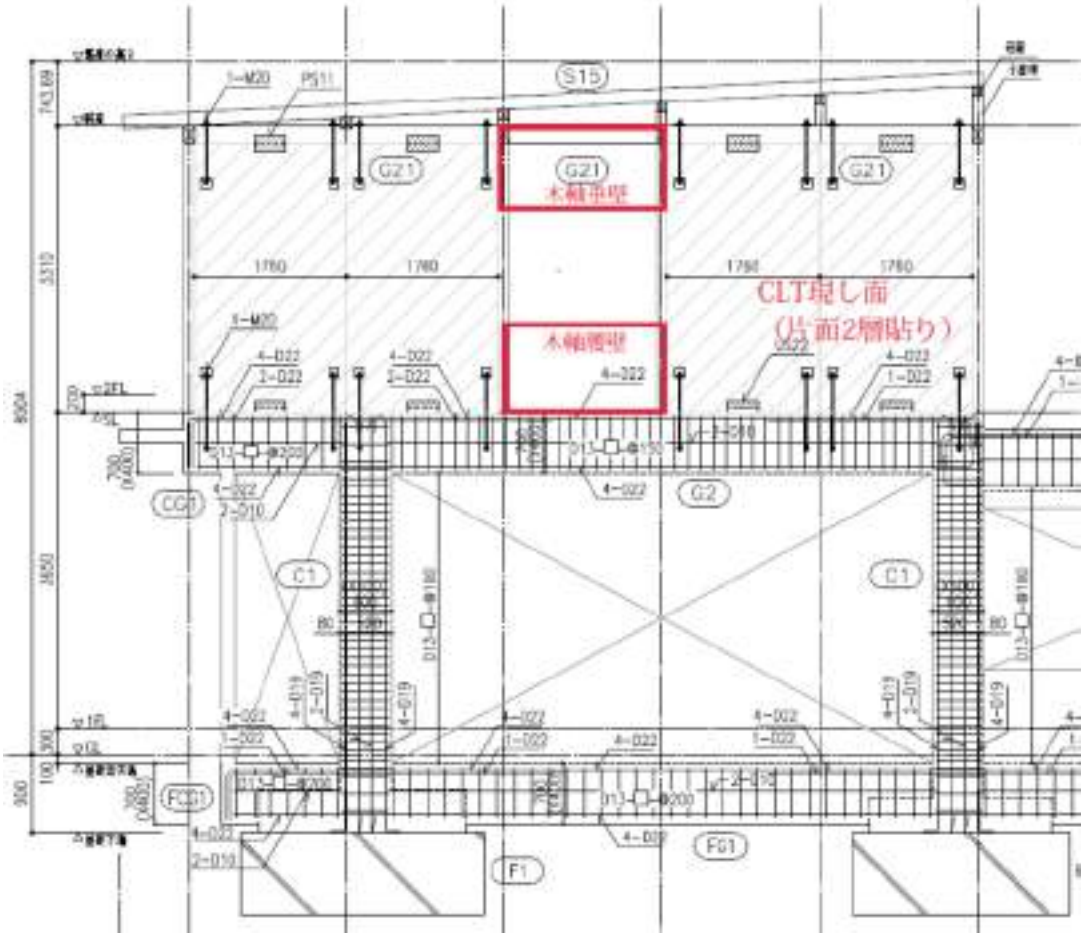


図 10　架構詳細図

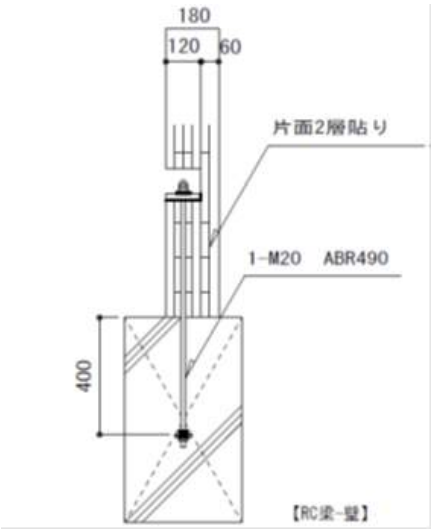


図 11　RC－壁引張接合・片面 2 層貼 CLT

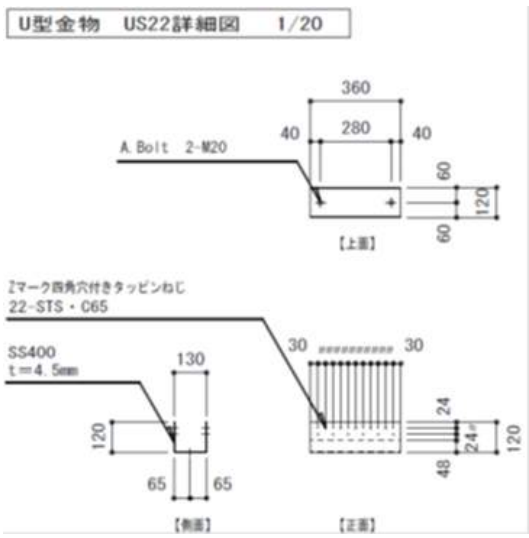


図 12　120 厚壁脚部 製作せん断金物

構造設計の実証報告

(1) CLT パネル工法の構造計算は、2016 年に施行された告示内容に沿って行い、スムーズに処理できた。

(2) CLT パネル架構とし、壁パネル上部に構造用集成材の臥梁を廻すことで、壁パネルを壁柱とみなし、軸組工法のイメージで力の流れを捉えることができた。
軸組工法との併用部分(接合部)も、臥梁を設けることで合理的に設計できた。

(3) 屋根は、束立てし母屋を架け、CLT パネルを下地材として使用した。CLT パネルは構造用合板よりも大きなサイズの製造が可能であるため、施工個所が少なくなり施工手間を省力化できた。

(4) CLT パネル工法で使用するクロスマーク金物は、厚 120 ㎜（3 層 4 プライ）用の　壁脚部の U 字せん断金物　の既製品が無いため製作金物とする必要があった。

(5) CLT パネル壁のアンカーボルトは、RC 造躯体の梁、柱の鉄筋に干渉する個所は設計段階と工事段階で確認した。施工誤差の改善に多少の関与はあったと思われるが施工手間を省力化するまでには至らなかった。

施工時における課題と解決策

(1) CLT のアンカーセットにおいては非常に精度が求められるため、今回は L 型アングルの組み合わせによるアンカーセットとして精度を高める事にした。しかし、想定していたより時間が掛かったため、工程を組むうえで配慮が必要であった。

(2) 設計通りの位置に配管等が行えるか、CLT 貫通部の位置に相違が無いかの確認に留意した。

(3) 空調の室内機から室外機への配管を、CLT の引抜金物の為の貫通部を利用すれば、CLT の欠損を最小限に抑えられたと考えられる。

写真１　アンカーセット

写真２　アンカーセット

写真３　CON 打設後

写真４　レベリング

写真５　レベリング

写真６　柱脚金物

写真７　U 型金物

写真８　U 型金物

写真 9　建方開始

写真 10　平金物

写真 11　ボルト

写真 12　壁パネル建方

写真 13　壁パネル建方

写真 14　接合部下部

写真 15　接合部上部

写真 16　平金物

写真 17　壁パネル建方

写真 18　臥梁建方

写真 19　臥梁・壁接合

写真 20　小屋組

写真 21　水平ブレース

写真 22　水平ブレース

写真 23　小屋組

写真 24　小屋組

写真 25　屋根パネル建方

写真 26　屋根パネル建方

写真 27　建方完了

写真 28　建方完了

メンテナンス計画

CLT の躯体が現しとなっている軒部分については、雨掛かりとなっていないが経過状況に応じて防腐処置等を行う予定。

内部間仕切壁の現しとなっている部分については、汚れは速やかに拭き取り経年劣化と木材の味わいを楽しみたいと考えている。

県内森林資源と県産材の供給について

（1）県内の森林資源の状況について

香川県の森林面積は全国で 45 番目の約 8 万 8 千ヘクタールであり、森林率は 47%である（全国平均は 67%）。

また、人工林面積は約 2 万 3 千ヘクタールで人口林率も全国で 44 番目の 26%となっている。

人工林の 6 割をヒノキが占めており、スギが 1 割程度、残りはマツや広葉樹である。

ヒノキの林齢構成は 7 齢級（31～35 年生）がピークとなっており、ようやく住宅の柱材に使える大きさの木材が搬出されるようになってきたものの、全国的な林齢のピークからは 15 年程度遅れており、間伐による木材生産が主であり、主伐による木材生産は少ない。

（2）県産木材の供給と利用について

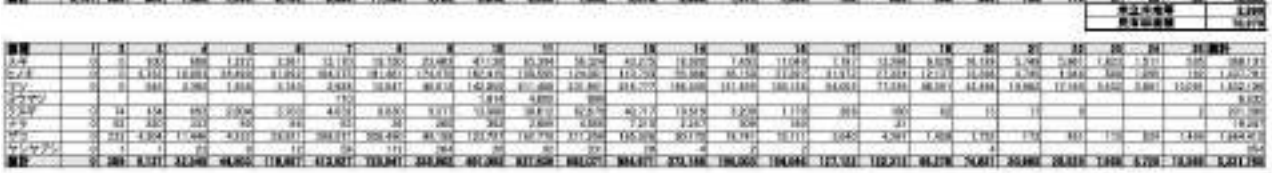
平成 16 年には 1,000 ㎥程度であった民有林からの木材の搬出量が平成 28 年度には約 4,300 ㎥となっており、この 10 年ほどで 4 倍程度に増加している。

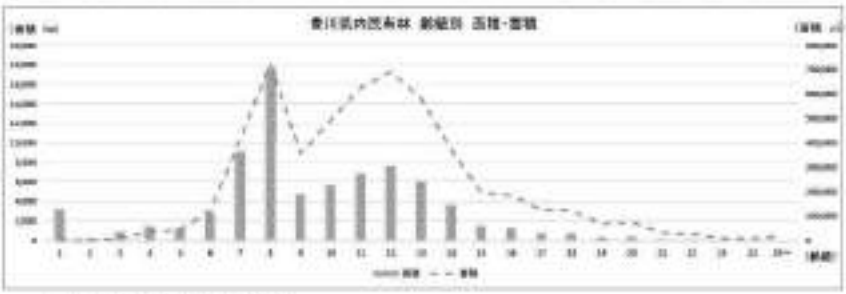
また、県内の国有林においても毎年 5,000 ㎥程度の木材が生産されており、合わせると年間 8,000～10,000 ㎥の木材が搬出されている。

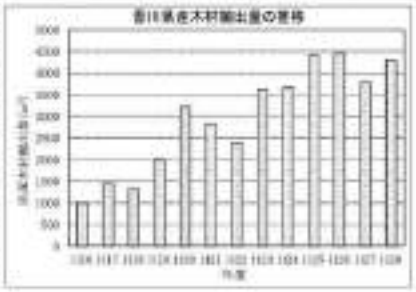
一方で、県内の製材所は外材を中心に製材する所が大部分を占めており、県産木材を主に製材する製材所は 1 箇所のみである。

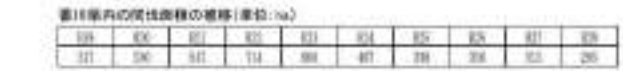
国有林からの木材は、隣接する徳島県の三好木材センターにシステム販売されることが多く、県内での流通は限定的である。

本実証建築物においては、早い段階で県内の森林組合や木材協会との情報交換を行えたため、県産材を多く使用することができた。まだまだ県産材を多く使用するためには課題があるが、本実証に限らず協議会を続けて行き、県産材の普及に取り組んで行きたい。









２．13　社会福祉法人　代医会／（株）太宏設計事務所

1.　建築物の仕様一覧

事業名			介護老人保健施設八祥苑新築工事
実施者（担当者）			社会福祉法人　代医会／株式会社　太宏設計事務所
建築物の概要	用途		介護老人福祉施設
	建設地		熊本県八代郡氷川町
	構造・工法		CLTパネル工法
	階数		1
	高さ（m）		7.5
	軒高（m）		3.45
	敷地面積（㎡）		25,257.84
	建築面積（㎡）		2,289.44　［全体建築面積 9,584.24］
	延べ面積（㎡）		2,204.98　［全体延床面積 8,893.60］
	階別面積	１階	2,204.98　［全体１階面積 8,893.60］
		２階	
		３階	
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		壁、床
	ＣＬＴ使用量（㎥）		加工前製品量597.45㎥、建築物使用量546.82㎥
	壁パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	150mm厚
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60A相当
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		柱：スギ　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		408.82
仕上	主な外部仕上	屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板(t=0.4)ヨコﾊｾﾞ葺き
		外壁	CLT（厚150）＋窯業系ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ通気工法（厚16）
		開口部	アルミサッシ＋強化ガラス（厚4）
	主な内部仕上	界壁	（PB12.5×2＋木軸（GW32K100mm）＋PB9.5×2）両面＋CLT
		間仕切り壁	片面CLT現し（片面PB12.5mm＋9.5mm）
		床	構造用合板（厚28）+長尺塩ビシート（厚2）
		天井	CLT＋木天井下地＋PB9.5+ﾋﾞﾆﾙｸﾛｽ
構造	構造計算ルート		ルート１
	接合方法		ビス接合＋U字金物
	最大スパン		4m
	問題点・課題とその解決策		小割パネル中心で地組が必要、引きボルトの為、建方順番発生 準耐火に係る仕様がCLTには無く、PBが2重に必要になる。 遮音に付いては床重量衝撃音のレベルがL70で今一つ。
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		準耐火建築物を免除するため、別棟解釈の適用（国住指第2391号）
温熱	建築物省エネ法の該当有無		規制対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		部分的に引寄金物の壁貫通処理を現場発泡ウレタンにて処理
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	ビーズ発砲ポリスチレン板 22mm（屋根材と一体型）
		外壁	無し
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　50mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		
	建て方における課題と解決策		土間下に防水ｼｰﾄ及び建物周辺に犬走りを施工し、防腐防蟻処理実施
	給排水・電気配線設置上の工夫		設計時に詳細な設備のルート、開口位置、サイズを計画した。
	劣化対策		土台を介する事でCLTが直接RCに接しない仕様とした。
工程	設計期間		H29.1月～3月（3カ月）
	施工期間		H29.7月～H30.2月（8ヵ月）
		ＣＬＴ躯体施工期間	H28.10月～12月（2ヶ月）
	竣工（予定）年月日		平成30年2月28日
体制	発注者		社会福祉法人　代医会
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		基本設計：太宏設計事務所、実施設計：太宏設計事務所
	構造設計者		太宏設計事務所
	施工者		松島建設・松下組建設工事共同事業体
	ＣＬＴ供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ供給者		株式会社くまもと製材（熊本県産材）

実証事業名：介護老人保健施設八祥苑新築工事の建築実証
実施者／協議会運営者または担当者：社会福祉法人代医会／㈱太宏設計事務所

２－１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">介護老人保健施設</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">熊本県八代郡氷川町</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>7.5</td><td>軒高（m）</td><td>3.45</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>25,257.84</td><td>建築面積（㎡）
［全体建築面積］</td><td>2,289.44
［9,584.24］</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積
（㎡）</td><td>１階</td><td>2,204.98</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）
［全体延べ面積］</td><td rowspan="3">2,204.98
［8,893.60］</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">壁、床</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（m^3）</td><td colspan="3">546.82</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（m^3）</td><td colspan="3">408.82</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、強度区部、樹種）</td></tr>
<tr><td>壁</td><td colspan="3">150 ㎜厚、5 層 5 プライ、Mx60A 相当、スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">150 ㎜厚、5 層 5 プライ、Mx60A 相当、スギ</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">平成 29 年 1 月 5 日～平成 29 年 4 月 3 日（3 ヶ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">平成 29 年 7 月 1 日～平成 30 年 9 月 30 日（15 ヶ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">平成 29 年 10 月～平成 29 年 12 月（2 ヶ月）</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">平成 30 年 2 月 28 日　　［全体］平成 30 年 9 月 30 日</td></tr>
</table>

２－２．実証事業の目的と設定した課題

介護老人保健施設八祥苑を架構形式「大版パネル架構」を採用し、CLT 告示仕様（ルート1）に従って設計実証を行うが、大版パネル架構での実例は少ないためパネル製造の歩留り、輸送コスト、ピース数の低減に伴う施工コストの低減等が建築コストに与える影響の実証が必要である。

・大版パネル架構による部材ピース数低減計画の立案とそれに伴う CLT 製造コスト・施工コストの削減。
・大版パネル架構での CLT パネル製造歩留りの向上とカット材の有効利用。
・大版パネル架構により輸送コストの増加が予想されるため、効率のよい積載計画・輸送計画の立案。

２－３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（意匠設計、構造設計）太宏設計事務所：河野・野村・山口（協議会運営者）

（設備設計）弦設備設計事務所：諸富、成松、鎌田

（施工）松島・松下建設工事共同企業体：村崎、森

（材料調達・供給）（株）ウッディーファーム：坂田

（材料）銘建工業(株)：三嶋、樋口、高木(株)くまもと製材：志賀

（金物）ヤブモト工業(株)：西村

２－４．課題解決の方法と実施工程

太宏設計が中心となり部材ピース数低減のため、効率のよいパネル配置が可能な平面計画と施工性に考慮したパネル配置計画を行う。

＜設計＞

H29 年 1 月～ 3 月：実施設計、構造計算

H29 年 4 月～ 6 月：見積り期間（全工事範囲）

＜施工＞

H29 年 7 月～ 9 月：地盤改良、基礎工事、CLT 製作

H29 年 10 月～12 月：建て方工事、外装工事

H29 年 12 月～H30 年 2 月：外装工事、内装工事、設備工事

２－５．得られた実証データ等の詳細

ルート 1 の場合、耐力壁の長さは 900～2000mm に制限されており、2m 以下毎に壁パネルが分割される傾向にある。そのため、建具や開口部まわりを大版パネル化し、耐力壁長さの規定を満足するよう計画した。また、2m を超える壁は非耐力壁とし、壁長さを長くとることで部材ピース数の削減を図った。

施工（部材ピース数低減の実証）

小幅パネル架構との比較

	CLTパネル枚数				歩留まり	製造コスト	輸送トラック台数					輸送コスト	接合金物コスト	施工コスト	CLT工事費
	大版	小幅	床	合計	（%）		10t	15t	トレーラー	幅広トレーラー	合計				
大版パネル架構	49	331	258	638	91	1.02	0	32	0	7	39	1.100	0.970	0.860	0.970
小幅りパネル架構	－	602	258	860	93	1	0	41	0	0	41	1	1	1	1

・大版パネルを採用する事によりパネルは 222 枚低減できた。

・製造歩留まりは大版パネル架構の方が 2%低くなる。

・製造コストは大版パネル架構の方が 2%高くなる。

・ﾄﾗｯｸと幅広ﾄﾚｰﾗｰ金額の差から、輸送コストは大版パネル架構の方が約 10%高くなる。

・接合金物コストはパネル枚数が大きく違う事から大版パネル架構の方が 3%安くなる。

・施工コストもパネル枚数の違いから大版パネル架構の方が 14%安くなる。

・CLT 工事全体では、大版パネル架構の方が約 3%コスト改善される。

２－６．本実証により得られた成果

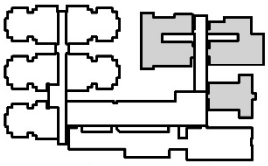
今回得られた検証データは今後の大版パネルの架構形式での計画の参考となる。

大版パネルの比率が増えることによって、コストは下がる方向に向かう事が確認できた。

但し、大版パネルの搬入、仮置きに敷地の余裕が必要である。

２－７．建築物の平面図・立面図・写真等

平面図



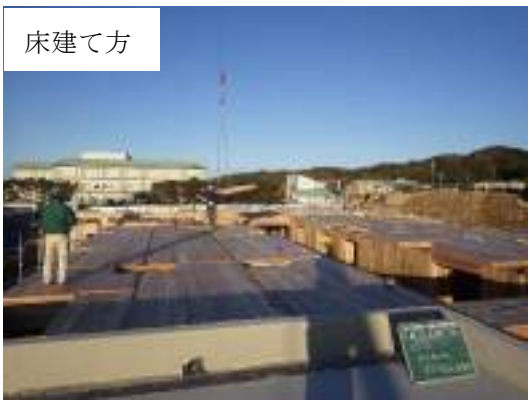
棟別キープラン

：CLT棟

北側立面図

西側立面図

施工状況写真



施設鳥瞰図

３．介護老人保健施設八祥苑新築工事の建築実証　成果報告書

３－１．構造設計

・ルート 1 では耐力壁の長さは 900～2000mm に制限され、2m 以下にパネルが分割される傾向にある。本物件では、建具や開口部まわりを大版パネル化し、耐力壁長さの規定を満足するよう計画した。又、2m を超える壁は非耐力壁とし、壁長さをなるべく長くとることによって部材ピース数を削減した。

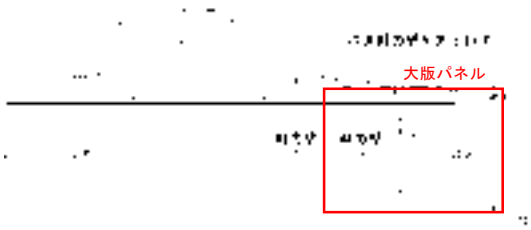


図１

ルート 1 では、耐力壁の垂れ壁・腰壁の高さが 500mm 以上必要のため、開口サイズを合わせる事が可能であれば、大版パネルの枚数を増やすことができる。

・屋根 CLT は 150 厚とし集成材の梁で支持することで、CLT 材積を抑えコスト削減を図った。ただし、梁を受けるための柱を壁内に納めた箇所は CLT 壁が分割されるため、大版パネルにできない箇所が生じた。梁と CLT 壁を直接接合できる金物の開発が必要である。本物件では非耐力壁を切欠き、梁を乗せ掛ける接合方法を一部採用した。

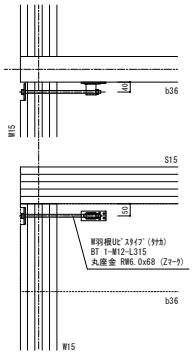


図２

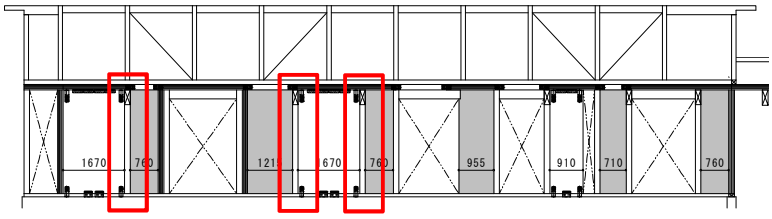


図３

・ルート 1 の場合、耐力壁に設備開口を設けることができないため、屋根 CLT に設備開口を設けて設備配管や空調設備を設置した。しかし、屋根 CLT が部分的に無くなってしまったため、壁頭のせん断金物を取りつけられず、耐力壁とできない箇所が生じた。

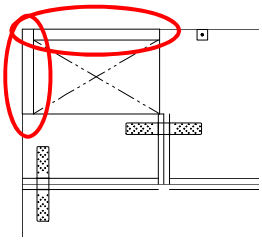
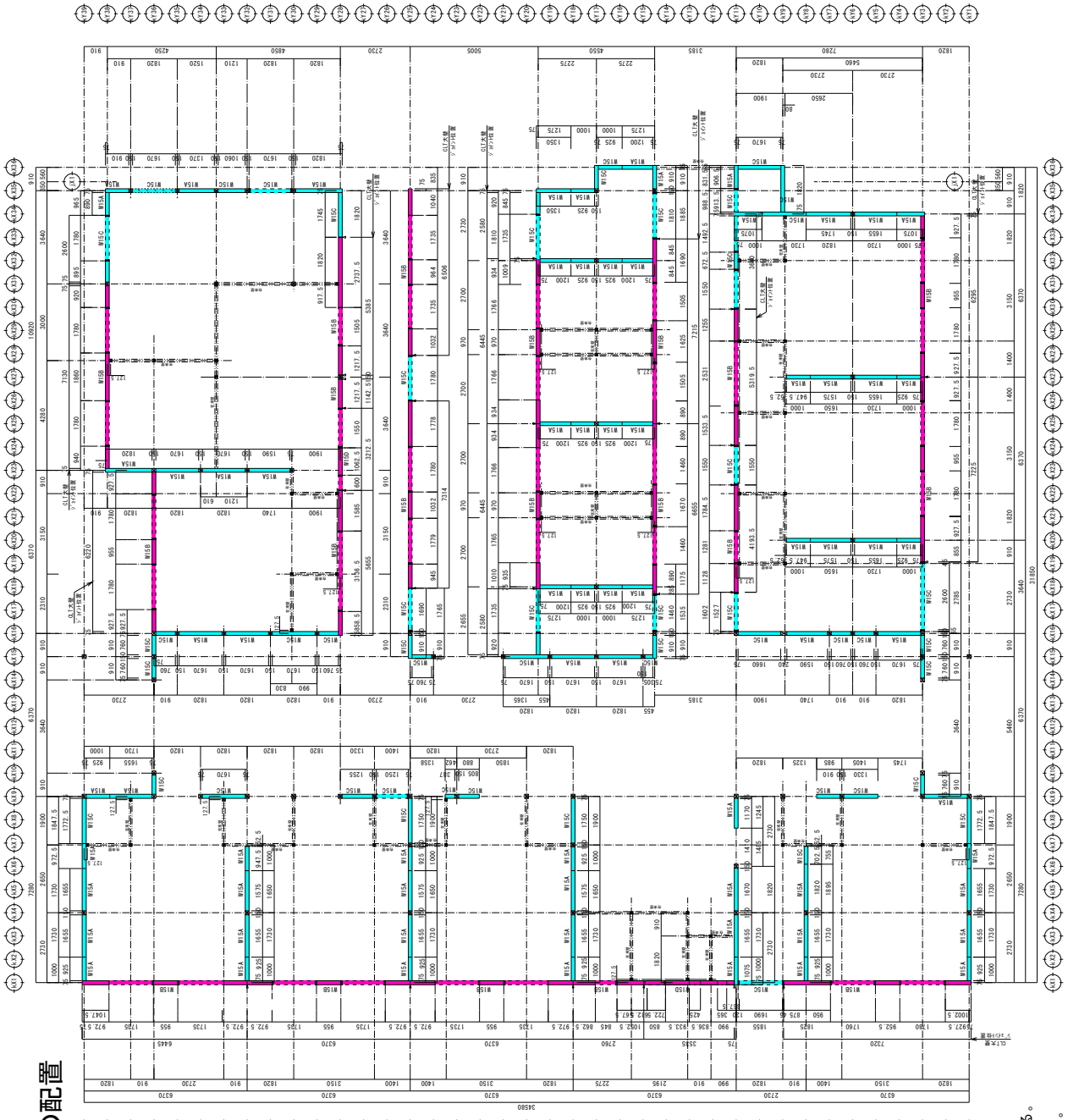


図４

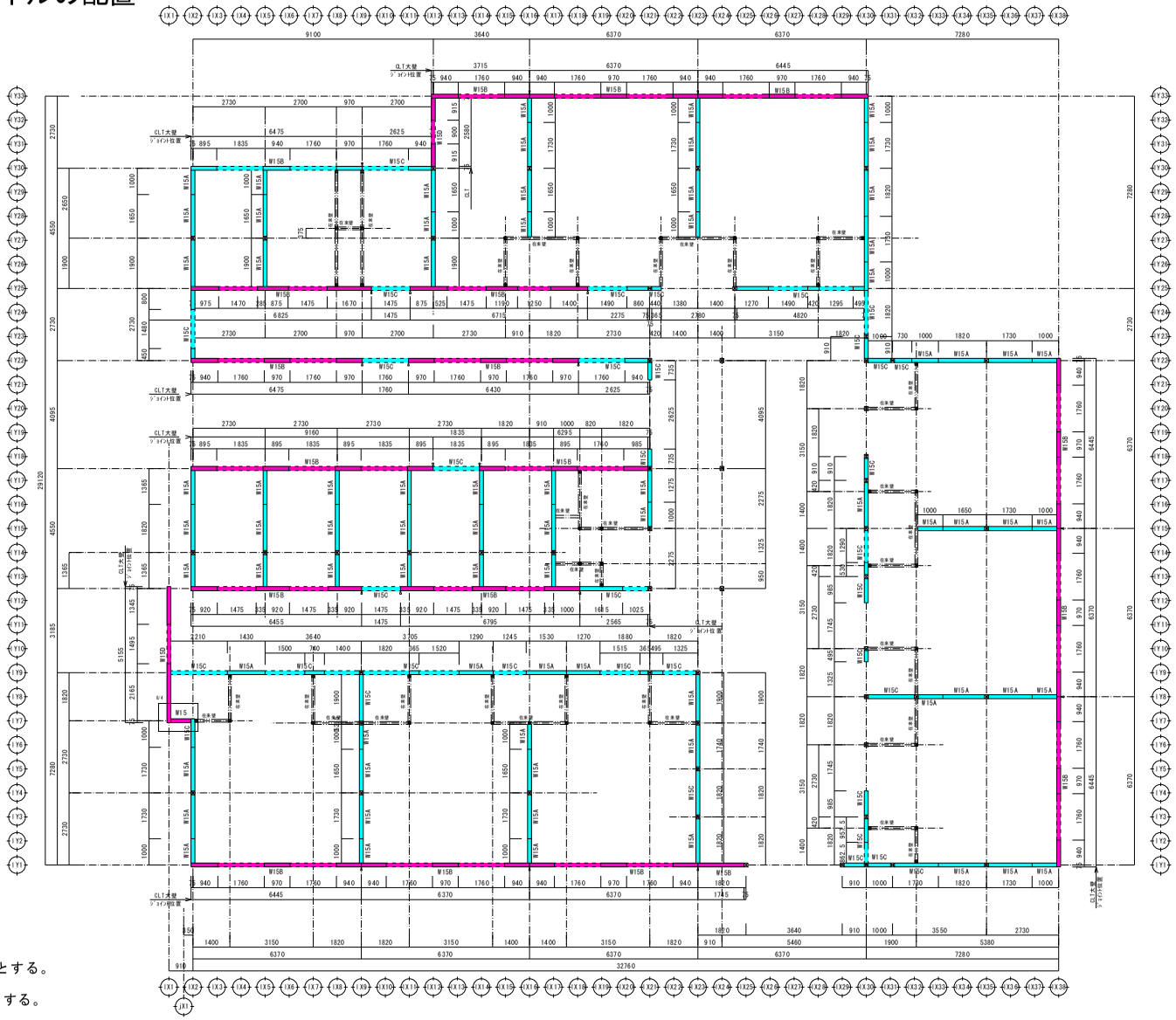
３－２．大版パネル架構採用によるコスト変化の実証

３－２－１部材ピース数低減の実証

３－２－１－１　現状の大版パネルの小幅パネルの配置



大版パネル、小幅パネルの配置
Ｌ棟

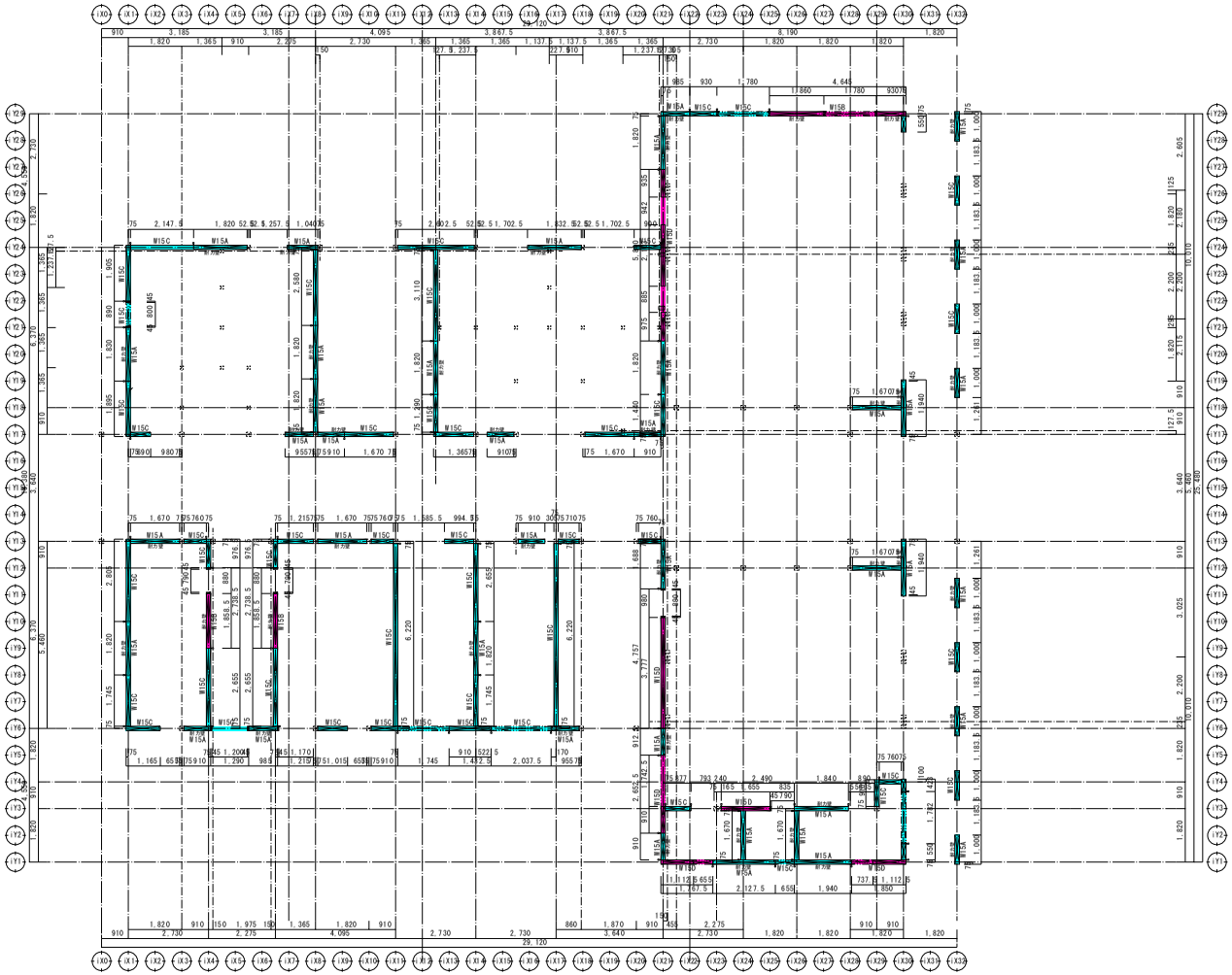


・W15A、W15Cは　CLT壁小割りとする。

・W15B、WB15Dは　CLT壁大版とする。

大版パネル、小幅パネルの配置

Ⅰ棟

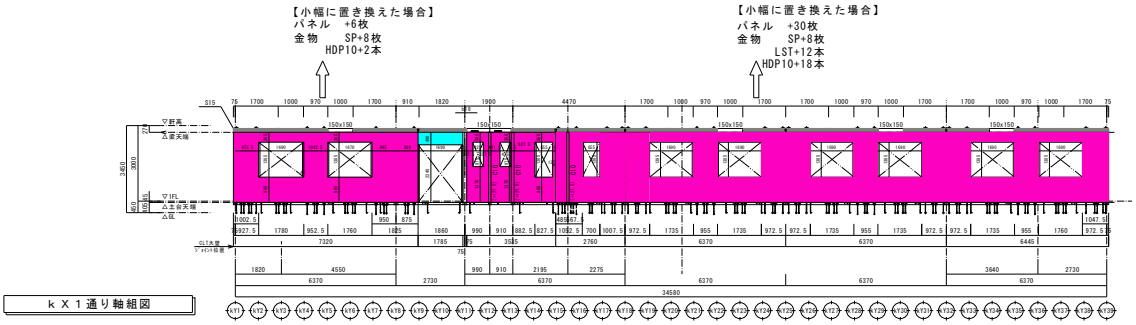


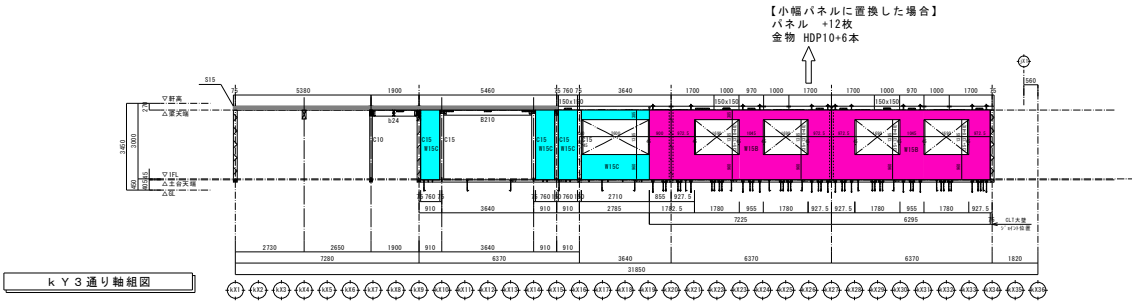
・W15A、W15Cは　CLT壁小割りとする。

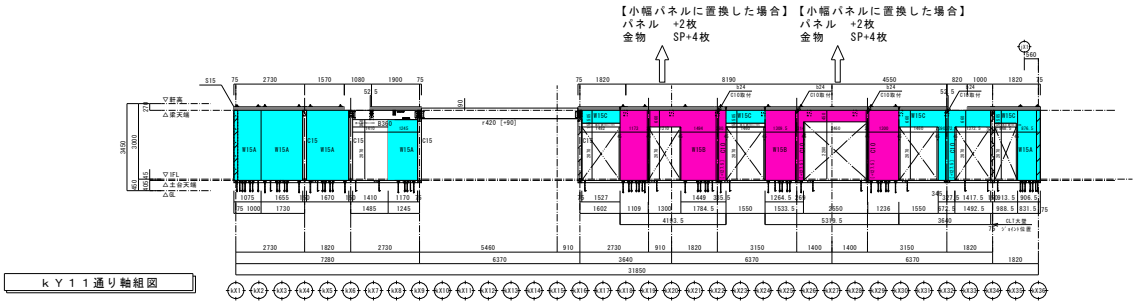
・W15B、WB15Dは　CLT壁大版とする。

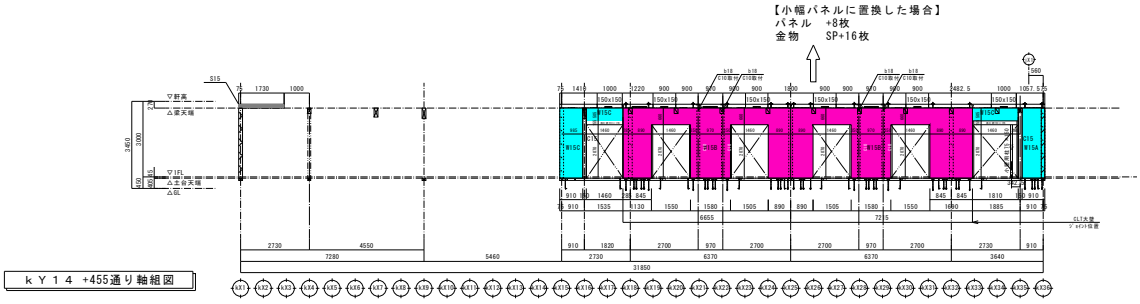
３－２－１－２　大版パネルの小幅パネルへの置換

K棟







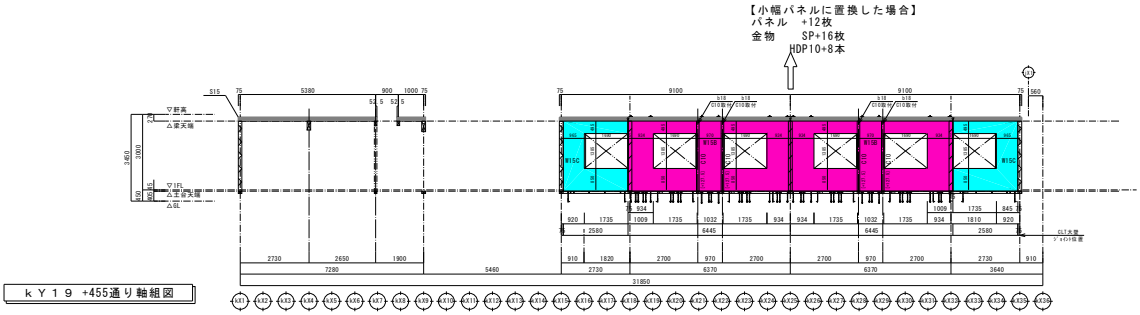


・CLT壁　大版

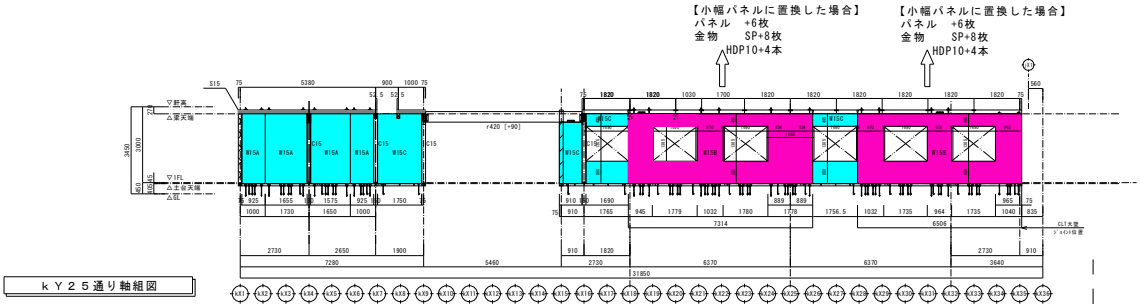
・CLT壁　小割り

大版パネルを小幅パネルに置換した場合のパネル枚数、接合金物の増分（K棟）

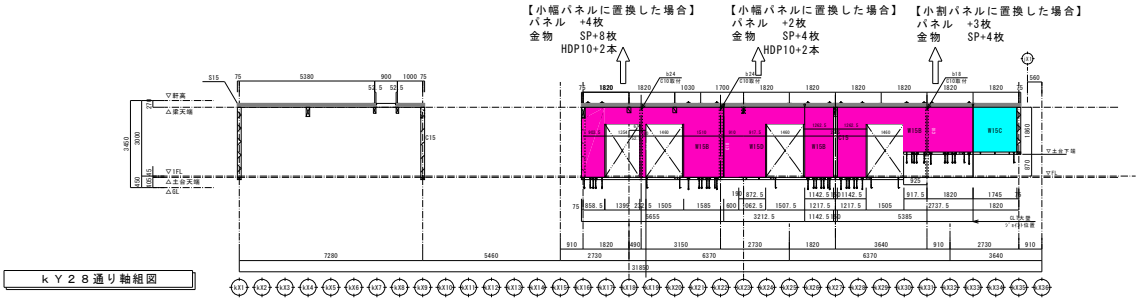
K棟



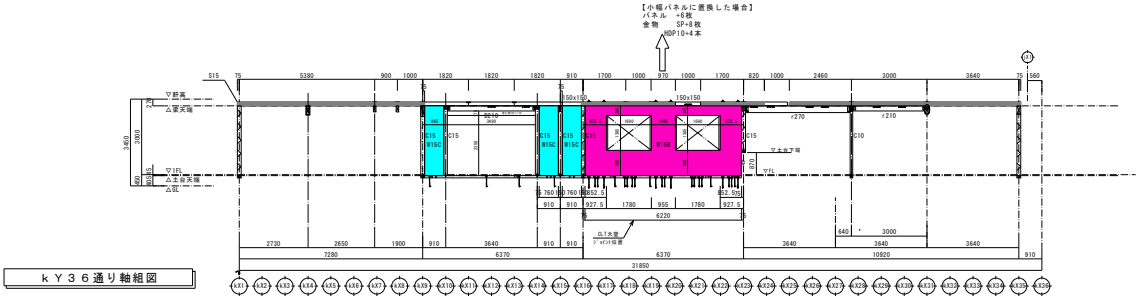
ｋＹ１９ +455通り軸組図



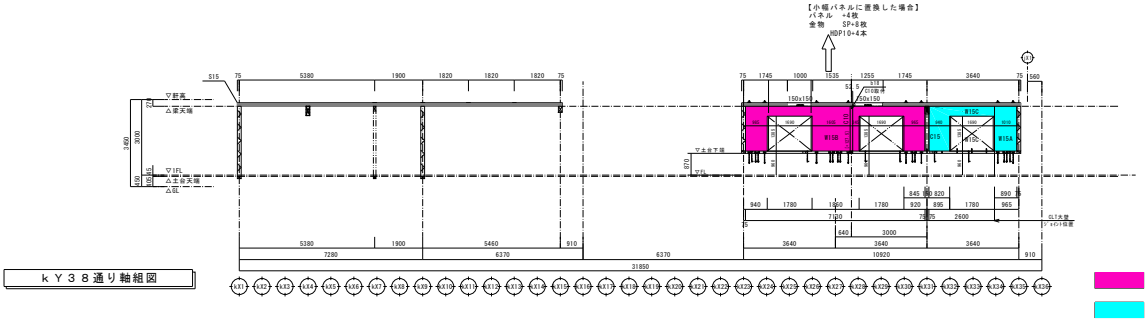
ｋＹ２５通り軸組図



ｋＹ２８通り軸組図



ｋＹ３６通り軸組図



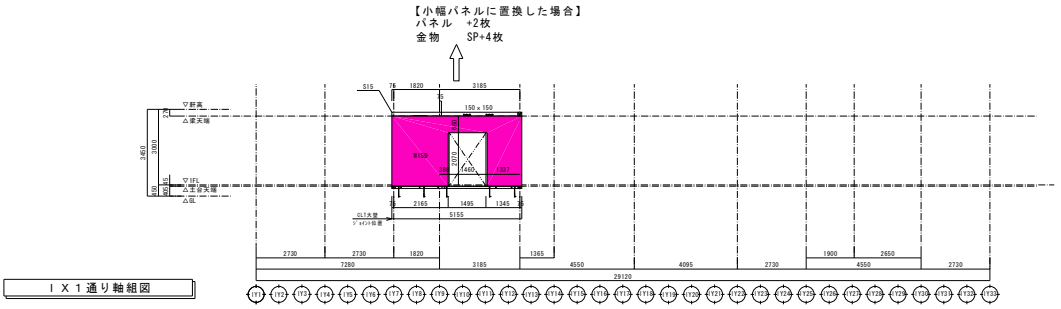
ｋＹ３８通り軸組図

・CLT壁　大版

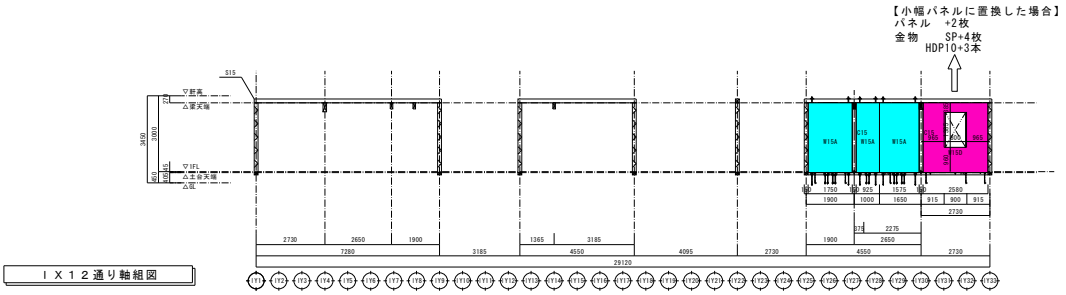
・CLT壁　小割り

大版パネルを小幅パネルに置換した場合のパネル枚数、接合金物の増分（K棟）

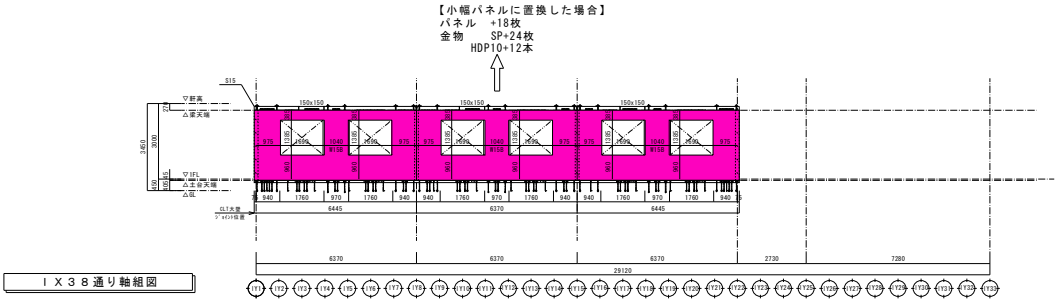
L棟



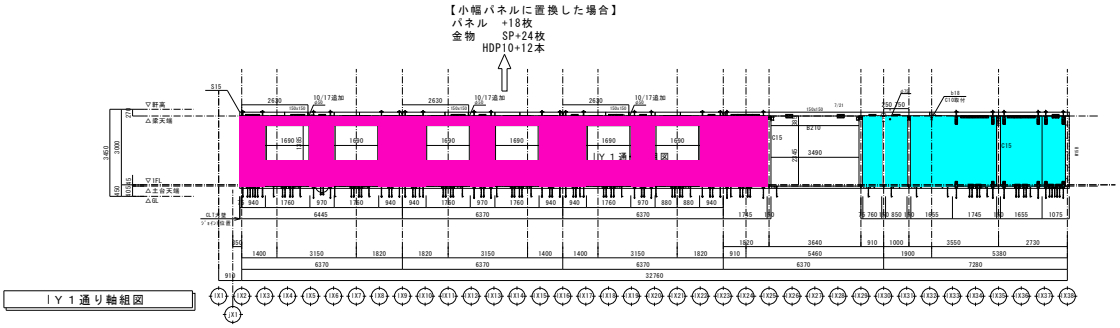
ＩＸ１通り軸組図



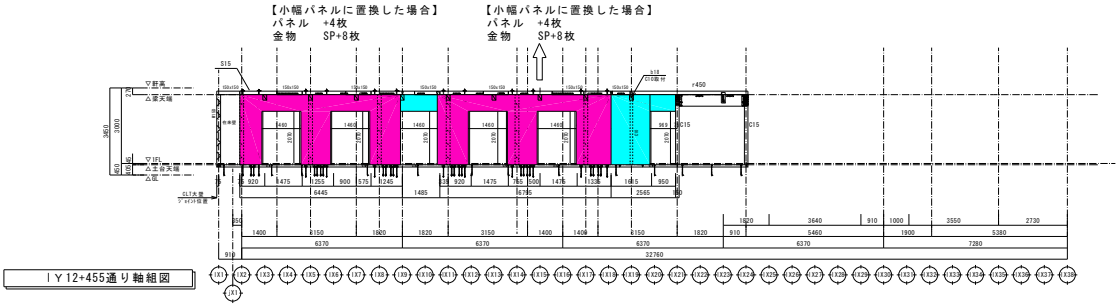
ＩＸ１２通り軸組図



ＩＸ３８通り軸組図



ＩＹ１通り軸組図



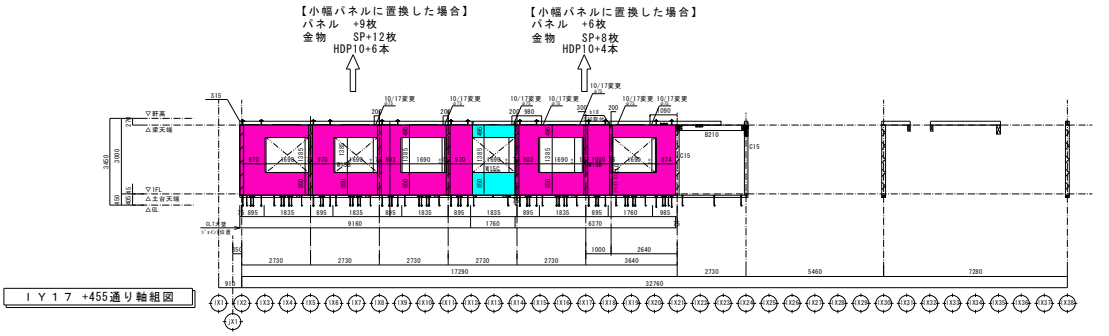
ＩＹ12+455通り軸組図

・CLT壁　大版

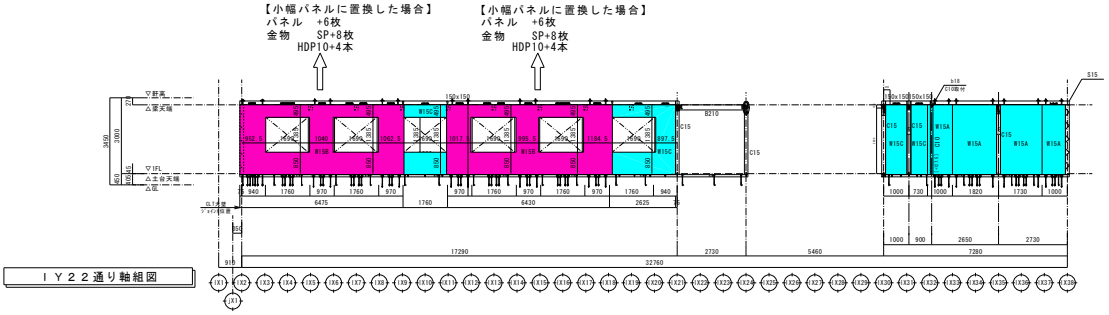
・CLT壁　小割り

大版パネルを小幅パネルに置換した場合のパネル枚数、接合金物の増分（L棟）

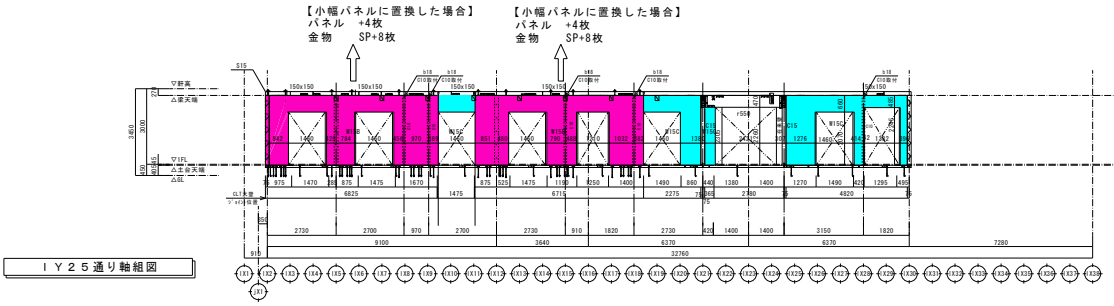
L棟



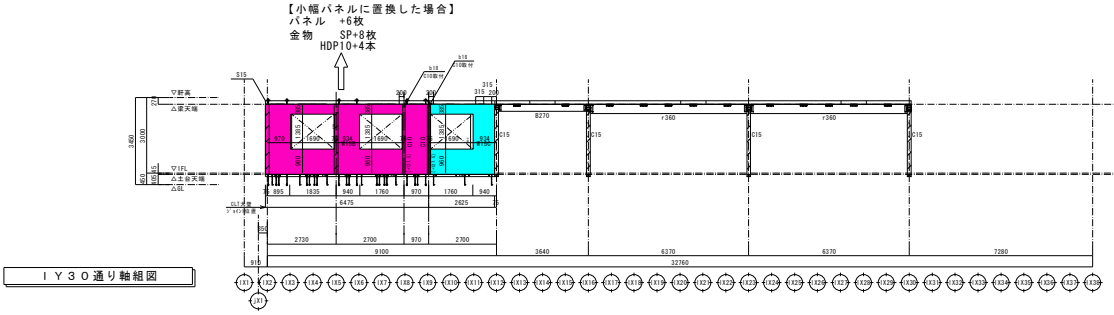
ＩＹ１７ +455通り軸組図



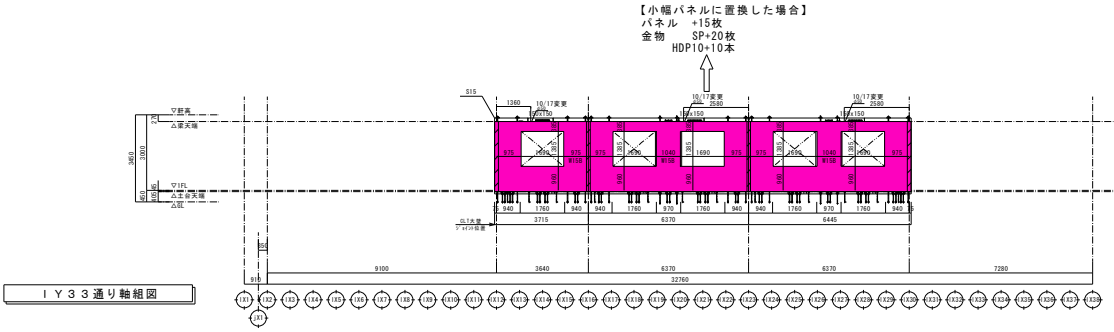
ＩＹ２２通り軸組図



ＩＹ２５通り軸組図



ＩＹ３０通り軸組図



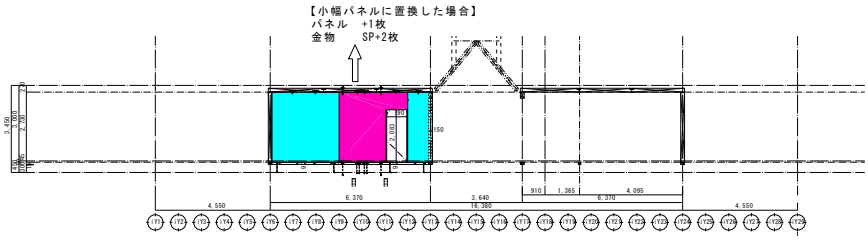
ＩＹ３３通り軸組図

・CLT壁　大版

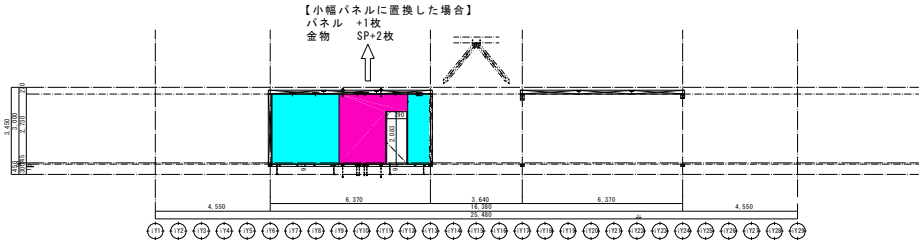
・CLT壁　小割り

大版パネルを小幅パネルに置換した場合のパネル枚数、接合金物の増分（L棟）

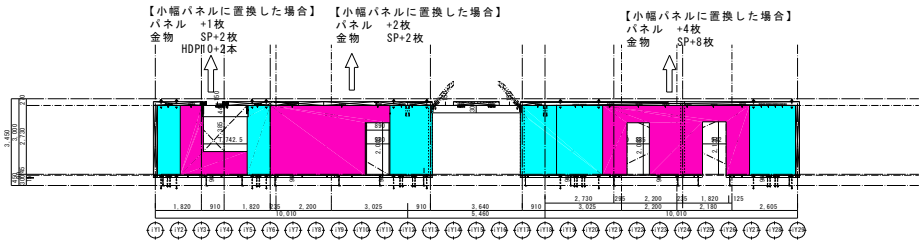
Ｉ棟



ｉＸ４通り軸組図



ｉＸ６＋４５５通り軸組図



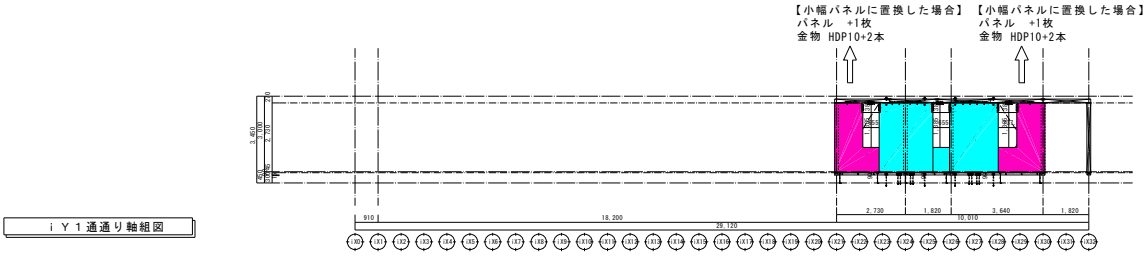
ｉＸ２１通り軸組図

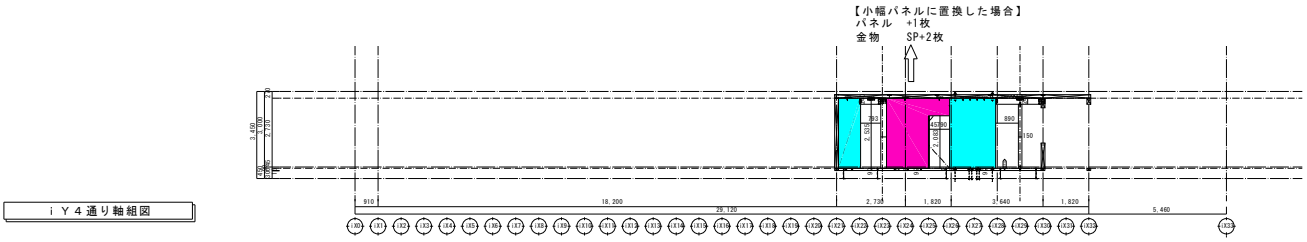
・CLT壁　大版

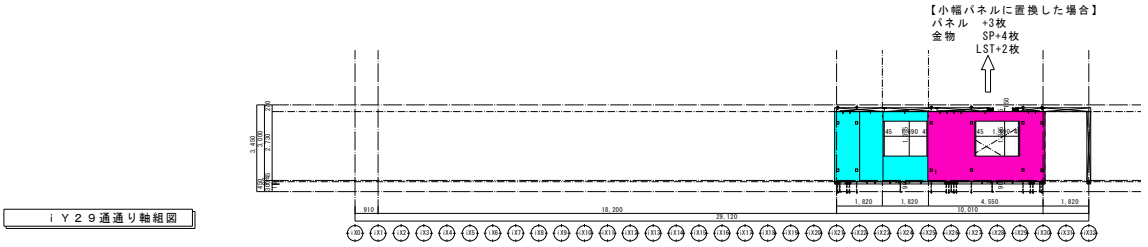
・CLT壁　小割り

大版パネルを小幅パネルに置換した場合のパネル枚数、接合金物の増分（Ｉ棟）

Ｉ棟







・CLT壁　大版

・CLT壁　小割り

大版パネルを小幅パネルに置換した場合のパネル枚数、接合金物の増分（Ｉ棟）

３－２－１－３　部材ピース数の比較

大判パネルを小幅パネルに置き換えた場合のCLTパネル枚数

	本物件のパネル枚数			小幅パネル置換			差
	壁パネル		床パネル	壁パネル		床パネル	
	大判パネル	小幅パネル		小幅パネル（置換）	小幅パネル		
K棟	20	125枚	113枚	123枚	125枚	113枚	+103枚
L棟	20	111枚	93枚	124枚	111枚	93枚	+104枚
I棟	9	95枚	52枚	23枚	95枚	52枚	+14枚
合計	49	331枚	258枚	270枚	331枚	258枚	**+221枚**

本物件パネル枚数　638枚　　小幅置換パネル枚数　859枚

CLTパネル低減率 74%
CLT壁パネル低減率 63%

３－２－２　製造費の比較

３－２－２－１　製造歩留まり

K棟　小割パネル（仮定）のみの場合と大判パネル（現状）のCLT製造時の歩留まり比較

	小割パネル（仮定）		大版パネル	
製造パネル㎥数	54 枚	204.71 ㎥	58 枚	226.76 ㎥
	比較　1.108 倍			
製品パネル㎥数		188.27 ㎥		203.97 ㎥
	比較　1.083 倍			
歩留まり（製造パネルから製品パネルに成形する段階の歩留まり）		0.920 倍		0.900 倍
	比較　0.98 倍			

L棟　小割パネル（仮定）のみの場合と大判パネル（現状）のCLT製造時の歩留まり比較

	小割パネル（仮定）		大版パネル	
マザーボード	46 枚	178.56 ㎥	54 枚	211.7 ㎥
	1.186 倍			
製品㎥数		168.18 ㎥		191.7 ㎥
	1.14 倍			
歩留まり（製造パネルから製品パネルに成形する段階の歩留まり）		0.942 倍		0.906 倍
	0.96 倍			

I棟　小割パネル（仮定）のみの場合と大判パネル（現状）のCLT製造時の歩留まり比較

	小割パネル（仮定）		大版パネル	
マザーボード	33 枚	149.84 ㎥	42 枚	160.6 ㎥
		1.072 倍		
製品㎥数		140.54 ㎥		146.5 ㎥
		1.042 倍		
歩留まり （製造パネルから製品パネルに成形する段階の歩留まり）		0.938 倍		0.912 倍
		0.97 倍		

全棟平均　小割パネル（仮定）のみの場合と大判パネル（現状）のCLT製造時の歩留まり比較

	小割パネルのみ （仮定）	大判パネル混合 （現状）	小割と大判の比較 （小割パネルのみを1とした場合の数値）
K棟	0.920	0.900	0.980
L棟	0.942	0.906	0.970
I棟	0.938	0.912	0.972
平均	0.933	0.906	0.974

３－２－２－２　接合金物コスト

【大判パネルを小幅パネルに置き換えた場合の金物数量増分】

	Xマーク金物		ビス	既製品金物	
	LST金物	SP金物	STS65	HDP-10	ドリフトピン
K棟	12個	120個	2376本	54本	108本
L棟	0個	148個	2664本	59本	118本
I棟	2個	22個	432本	6本	12本
合計	14個	290個	5472本	119本	238本

⇩

大版パネルは小幅パネルと比べ6%の金物費減となる。

３－２－３　輸送コストの変化

輸送費コスト比較

	15tトラック	幅広トレーラー	合計
輸送費係数	1.000	1.875	
本物件（大判パネルあり）輸送トラック台数	32台	7台	39台
本物件輸送費コスト	32台×1.000=32.000	7台×1.875=13.125	45.125
小幅パネル置換輸送トラック台数	41台	0台	41台
小割パネル置換輸送費コスト	41台×1.000=41.000	0	41.000

45.125÷41.000＝1.101

大版パネルは、小幅パネル置換と比べ10%の輸送費増となる。

３－２－４　建て方費の比較

【大判パネルを小幅パネルに置き換えた場合の建て方費】

【パネル1枚を架設する平均時間】

1日平均3.83人での作業

分類		大版パネル	小幅パネル	天井
平均的なサイズ	厚さ	150mm	150mm	
	高さ	2775mm	2775mm	
	長さ	6400mm	1200mm	
地組での取付金物		TC金物2個、引きボルト4本	TC金物2個	
パネル1枚の架設時間	仮置き場からの移動、地組	15分	10分	10分
	吊り金物取付	5分	5分	10分
	吊り込み、据え付け	8分	5分	15分
	建て入れ調整	10分	10分	10分
	ビス打ち　　1人あたり	18分	8分	20分
	合計	56分	38分	65分

【本物件建て方工数】

壁パネル架設	大版パネル枚数		49枚×56分×3.83人＝	10510 分		
	小幅パネル	脚部Xマーク金物	204枚×38分×3.83人＝	29690 分		
	小幅パネル	脚部ホゾパイプ金物	96枚×25分×3.83人＝	9192 分		
	小幅パネル	垂れ壁	18枚×18分×3.83人＝	1241 分		
	小幅パネル	腰壁	13枚×15分×3.83人＝	747 分		
				51380 分	→	107 人工
天井パネル架設	ビス打ち、スプライン取付込み		258枚×65分=	16770 分	→	35 人工
柱・梁架設	地組、建て方		9日			35 人工
搬入、荷おろし、荷振り						22 人工
小計1						199 人工
脚部金物、土台据え付け						33 人工
合計						**232 人工**

【大版パネルを小幅パネルに置換した場合の建て方工数】

壁パネル架設	小幅パネル置換	脚部Xマーク金物	112枚×38分×3.83人＝	16300 分		
	小幅パネル置換	脚部ホゾパイプ金物	17枚×25分×3.83人＝	1628 分		
	小幅パネル置換	垂れ壁	83枚×18分×3.83人＝	5722 分		
	小幅パネル置換	腰壁	59枚×15分×3.83人＝	3390 分		
	小幅パネル	脚部Xマーク金物	204枚×38分×3.83人＝	29690 分		
	小幅パネル	脚部ホゾパイプ金物	96枚×25分×3.83人＝	9192 分		
	小幅パネル	垂れ壁	18枚×18分×3.83人＝	1241 分		
	小幅パネル	腰壁	13枚×15分×3.83人＝	747 分		
				67910 分	→	141 人工
天井パネル架設	ビス打ち、スプライン取付込み		258枚×65分=	16770 分	→	35 人工
柱・梁架設	地組、建て方		9日			35 人工
搬入、荷おろし、荷振り						22 人工
小計1						233 人工
脚部金物、土台据え付け						33 人工
合計						**266 人工**

【建て方費の比較】

本物件建て方工数		232 人工
大版パネルを小幅パネルに置換した場合の建て方工数		266 人工
差		**34 人工**
25tラフタークレーン台数		**9 台**
労務費（建て方費に占める割合0.63）	266人/232人×0.63=0.72	
クレーン代（建て方費に占める割合0.26）	42台/33台×0.26=0.33	
その他（建て方費に占める割合0.11）	0.11*266人/232人=0.13	
合計		**1.18 倍**

⇩

大判パネルを小幅パネルに置換する事で、建て方費は1.18倍となる。
大判パネルは小幅パネルに比べ15%減となる。

３－２－５　工事費の比較

【大判パネルを小幅パネルに置き換えた場合のCLT工事費の比較】

		CLT工事費に占める割合	本工事（大版パネルあり）		小割パネル置換
基本項目	CLTパネル材料費	35.28%	0.35	0.35×歩留まり減0.98＝	0.34
	パネル加工費	15.15%	0.15	0.15×1.06(接合金物費アップ分)＝	0.16
	輸送費	4.20%	0.04	0.04*0.91＝	0.04
	建て方費	11.92%	0.12	0.12×1.18＝	0.14
その他	塗装費	4.64%	0.05	0.05×1.00＝	0.05
	接合金物費	15.31%	0.15	0.15×1.06＝	0.16
	施工図・工作図費	1.00%	0.01	0.01×1.35（CLT枚数アップ分）＝	0.01
	集成材、一般材材料費	9.18%	0.09	0.09×1.00＝	0.09
	集成材、一般材加工費	3.31%	0.04	0.04×1.00＝	0.04
合計	CLT工事費	100.00%	1.00		1.03

大判パネルは小幅パネルと比べ3%減となる。

３－２－６　考察

大版パネルを採用する事でコストは下がる事が確認できた。
又、今回実証はしなかったが、架設足場等の設置期間も短縮されるため、工事全体で考えれば更にコストダウンが見込める。

３－３．積み荷計画、輸送計画

・パネル架設に配慮し積み荷は、架設順が早いものを下に、遅いものを上に積み、現場荷おろし、仮置きをした際に架設順が早いものが上にくる様に積み込みを行った。
・本物件では幅広トレーラーの特殊車両通行許可申請の許可が下りるまでの期間が予想より掛かった為、一部期間鉄骨架台を使用した斜め積みにより大版パネルを輸送した。

（鉄骨架台による CLT 斜め積み　1）

（鉄骨架台による CLT 斜め積み　2）

・大版パネルは開口部分にスリングベルトを掛け、吊り込みを行った。

（大版パネル吊り込み状況）

３－４. 施工状況写真

1　　基礎上にXマーク金物をセット

2　　基礎上の墨を基準に位置調整を行う

3　　Xマーク金物設置状況

4　　15tトラックでCLTパネル搬入

5　　15tトラックでCLTパネル搬入
パネルは最大9段まで積んだ

6　　15tトラックでCLTパネル搬入
幅の狭いパネルは2列並べて積んだ

7　15tトラックでCLTパネル搬入
一部の大版パネルは鉄骨架台に斜め積とした

8　トレーラーで大版CLTパネル搬入
パネルは最大8段まで積んだ

9　材料仮置き場
シートを敷き、土の跳ね返り等を防止する

10　材料仮置き場
シートの上に仮置き

11　材料仮置き場
シートの上に仮置き

12　土台敷き
基礎上に打った墨に合わせ設置

13　土台敷き

14　土台の上に柱建て
柱脚にはホゾパイプを使用

15　土台の上に柱建て
柱脚にはホゾパイプを使用

16　CLT壁パネル建て込み

17　CLT壁パネル建て込み

18　CLT壁パネル建て込み

19　　CLT壁の建て入れ調整

20　　Xマーク金物ビス止め

21　　CLT間の梁架設

22　　CLT天井パネル架設

23　　スプライン取付

24　　Xマーク金物取付

25　　Xマーク金物取付

26　　Xマーク金物取付

27　　小屋組施工状況

28　　小屋組施工状況

29　　完成状況

30　　完成状況

２．14 （個人）／（株）吉高綜合設計

1.　建築物の仕様一覧

事業名			大分市中島東集合住宅モデルプロジェクトの設計実証
実施者（担当者）			（個人）／株式会社吉高綜合設計
建築物の概要	用途		共同住宅
	建設地		大分県大分市
	構造・工法		木造（枠組壁工法+ＣＬＴ床版）
	階数		3
	高さ（m）		9.19
	軒高（m）		8.68
	敷地面積（㎡）		307.58
	建築面積（㎡）		193.96
	延べ面積（㎡）		551.25
	階別面積	１階	183.75
		２階	183.75
		３階	183.75
ＣＬＴの仕様	ＣＬＴ採用部位		床版、屋根
	ＣＬＴ使用量（㎥）		建築物使用量85.87㎥
	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	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）		スタッド：スギ　根太：ＳＰＦ
	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		73.18㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	合成高分子系ﾙｰﾌｨﾝｸﾞｼｰﾄ
		外壁	窯業系ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ16＋特殊PB21×2
		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	両面強化PB21×2＋両面構造用合板9
		間仕切り壁	両面PB12.5＋9.5
		床	ｸｯｼｮﾝﾌﾛｱ3.3＋合板9＋制振マット12＋ﾊﾟｰﾃｨｸﾙﾎﾞｰﾄﾞ20＋防振ｺﾞﾑ付支持脚60+強化PB21×2
		天井	CLT+PB21+PB12.5×2＋軽鉄天井下地（ﾛｯｸｳｰﾙ50敷込）＋PB9.5
構造	構造計算ルート		許容応力度等計算（ルート2相当）
	接合方法		釘、ビス接合
	最大スパン		4.95m
	問題点・課題とその解決策		CLT同士の継手を設けるとその分だけ剛性が下がるため可能な限り大きなパネルによる計画とした。
防耐火	防火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		1時間準耐火
	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		敷地を有効活用するため1時間耐火構造としている
温熱	建築物省エネ法の該当有無		届け出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		躯体保護と断熱性能を向上させるためシート防水は高反射塗料付とした。
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	硬質ウレタンフォーム 保温板 2種　・　50mm
		外壁	ロックウール　・　厚さ140mm　密度40kg/㎥
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　30mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		CLT同士や壁との接合部に防振パッドや吸音材を配置
	建て方における課題と解決策		CLT幅を2mとし4ｔ車での運搬を可能にすることで施工性に配慮
	給排水・電気配線設置上の工夫		水廻りを一ヵ所にまとめ漏水対策や設備機器等の更新性に配慮
	劣化対策		外壁は工場塗装品のサイディングとし、メンテナンス性に配慮
工程	設計期間		H29.1月～H30.2月（13カ月）
	施工期間		―
		ＣＬＴ躯体施工期間	―
	竣工（予定）年月日		H31.12月（予定）
体制	発注者		（個人）
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		株式会社吉高綜合設計
	構造設計者		株式会社梓川設計
	施工者		―
	ＣＬＴ供給者		山佐木材株式会社
	ラミナ供給者		株式会社日田十条

実証事業名： 大分市中島東集合住宅モデルプロジェクトの設計実証
実施者／協議会運営者または担当者：（個人）／株式会社吉高綜合設計

１．実証した建築物の概要

用途		共同住宅		
建設地		大分県大分市		
構造・工法		木造（枠組壁工法+ＣＬＴ床版）		
階数		地上３階		
高さ（m）		9.19	軒高（m）	8.68
敷地面積（㎡）		307.58	建築面積（㎡）	193.96
階別面積（㎡）	１階	183.75	延べ面積（㎡）	551.25
	２階	183.75		
	３階	183.75		
CLT 採用部位		床版、屋根		
CLT 使用量（㎥）		85.87 ㎥		
CLT を除く木材使用量（㎥）		73.18 ㎥		
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	90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60A 相当/スギ		
設計期間		H29.1 月～H30.2 月（13 ヶ月）		
施工期間		―		
CLT 躯体施工期間		―		
竣工（予定）年月日		H31.12 月（予定）		

２．実証事業の目的と設定した課題

目的：木造（枠組壁工法）の共同住宅において国交省告示に沿ったＣＬＴ床版を採用し、下階への影響を調査検討し、その解決方法を導き出す。その結果、今後ＣＬＴが普及することにより区分所有法による分譲集合住宅（いわゆる分譲マンション）での木造化を実現・推進することで国産木材の普及促進を図る。

課題：床の遮音性能や振動の影響を把握・検討し、快適な居住環境を保持する仕様を選定する。ＣＬＴパネルの割り付け検討によるコスト縮減と枠組み壁工法のたて枠材との接合方法の検討・選定。

３．実証事業の実施体制

意匠設計：株式会社吉高綜合設計　吉高久人、清水良宣、中岩　学
構造設計：株式会社梓川設計　白戸幸裕
ＣＬＴ構造：日本ＣＬＴ協会　伴　勝彦　　ＣＬＴ製作：山佐木材株式会社　塩崎征男

木材供給：日田木材協同組合　瀬戸亨一郎　　たて枠施工：ウィング株式会社　北川正臣
派遣専門家：大分大学理工学部創生工学科　田中　圭准教授（木質構造学）
富来礼次准教授（建築音響学）

４．課題解決の方法と実施工程

課題解決の方法：意匠および構造設計者が中心となり、これまでの研究・実験報告の先例を参考に協議会にて検討を重ねることで課題を解決した。

実施工程：

＜協議会の開催＞

H29. 3 月 5 日：第 1 回開催、問題点の洗い出しと確認
H29. 4 月 4 日：第 2 回開催、国交省告示適用による構造計算、施工手順・方法の検討
H29.12 月 6 日：第 3 回開催、構造・耐火・遮音についての課題解決方法の検討
H30.1 月 11 日：第 4 回開催、構造・耐火の仕様・納まり確定、日田杉採用の検討
H30.2 月 28 日：第 5 回開催、課題の解決方法と実施設計内容の確認

＜基本・実施設計＞

H29.1 月～8 月　基本設計　　H29.9 月～30.2 月　実施設計・構造設計

５．得られた実証データ等の詳細

＜構造・耐火＞H29.9.26 に国交省より『枠組壁工法の床版及び屋根版に直交集成板（ＣＬＴ）を使用するための基準整備』に係る告示第 867 号が公布・施行された。これによりツーバイフォーの技術基準告示平成 13 年国交省告示 1540 号・1541 号の一部が改正され、直交集成板（ＣＬＴ）の追加及びこれに伴う諸規定の整備が行われた。
ただし、具体的な構造計算の根拠となる「枠組壁工法建築物構造計算指針（2007 年）」は未対応のため、許容応力度計算等（ルート 2 相当）により構造計算を行った。たて枠材とＣＬＴ床版（鉛直構面の耐力壁と水平構面）の接合部分は、想定される仕様規定の釘打ちにより鉛直構面の存在応力を有効に伝達する接合方式とした。

＜遮音性＞ＣＬＴ床版を構造躯体として遮音床組+制振マットの複合構成による床構造とし、下階の天井は防振機能付きの軽量鉄骨天井下地+吸音用ロックウールにて遮音性能を確保した。ＣＬＴ床版同士の突きつけ部分は緩衝材（吸音材）、たて枠との接続部分にはエーテル系防振パッドを採用した。共同住宅として更に性能を発揮し、好ましい住環境を維持するためには「住まい方」等ソフト面での工夫も必要かと思われる。

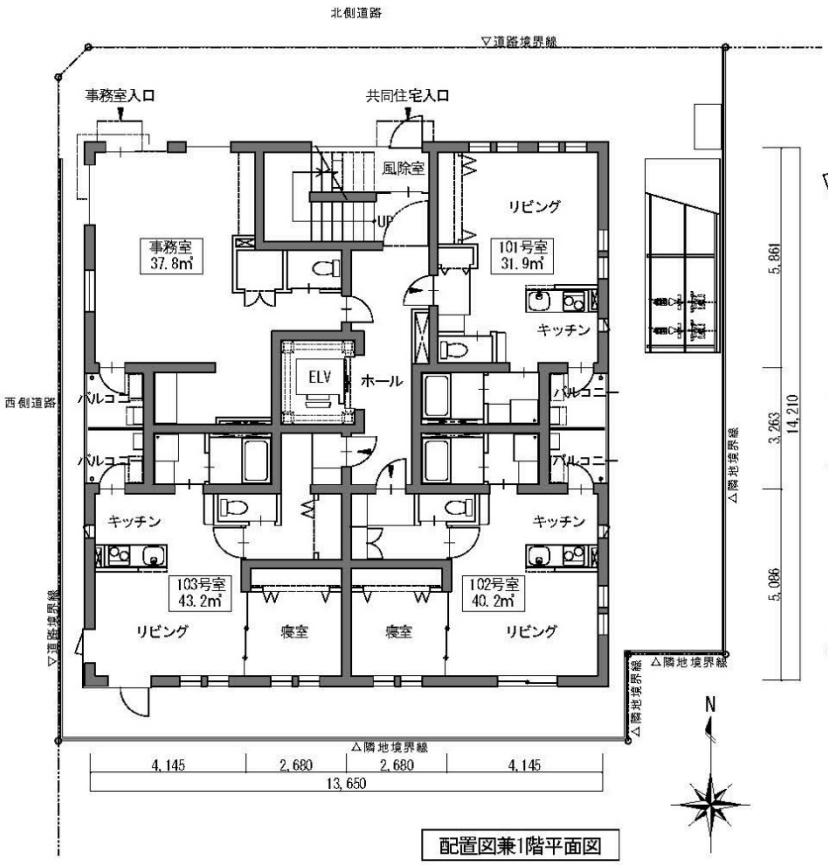
＜コスト縮減＞大分県産材日田杉を枠組壁工法のたて枠とＣＬＴ床版の原材料として供給可能であることを確認できた。ＣＬＴの経済的な割付けもスパン割りと輸送方法の両面で検討できた。

６．本実証により得られた成果

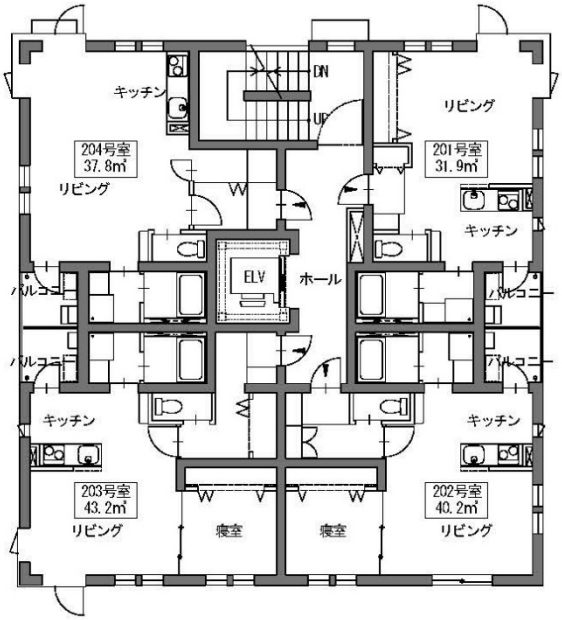
今回の設計実証により得られた知見をもとに、次段階としては確認申請及び建設工事を行うことになるが、建物が完成し、その性能を実体験で確認できれば、今後の国産木材、ＣＬＴの普及に大きく寄与できると考える。

7．建築物の平面図・立面図・写真等

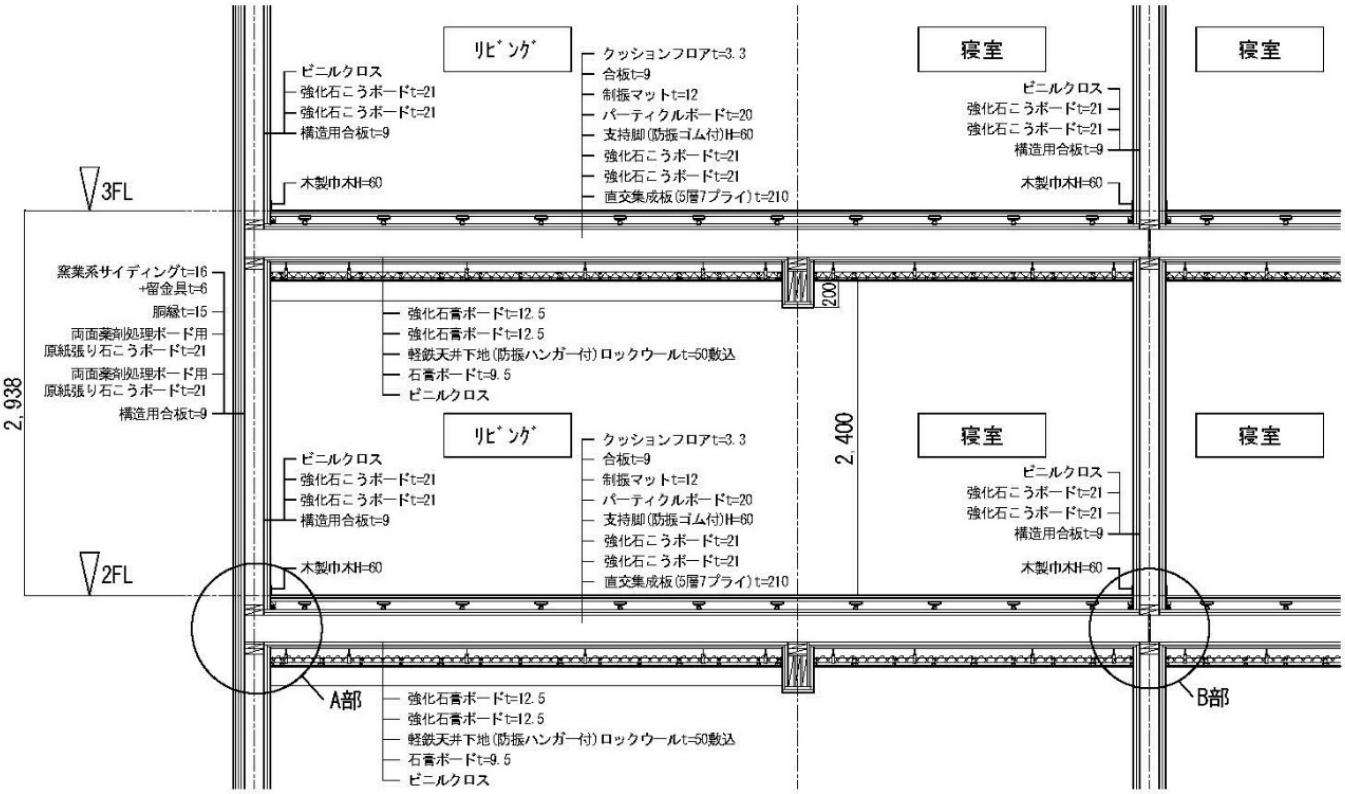
完成イメージ図



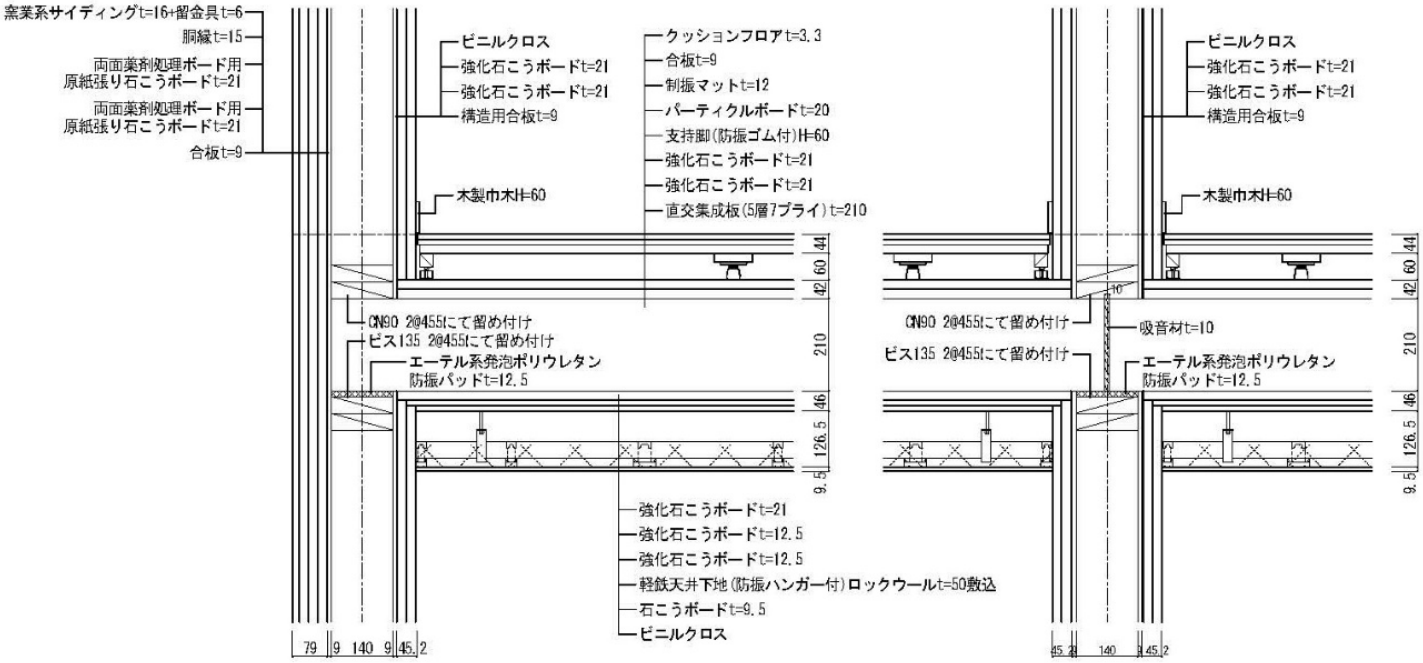
配置図兼1階平面図



2階・3階平面図



矩計図



A部詳細図　　B部詳細図

３．成果物

３－１．計画の背景

日本国内には伐採期を迎えた杉等が多く、山林の保護や環境保全、地球温暖化防止のためにこれらを有効活用するため、ＣＬＴ関連の法整備が進められている。これまでは、主にＣＬＴ工法による法整備が行われてきたが、昨年 H29.9.26 に国交省より『枠組壁工法の床版及び屋根版に直交集成板（ＣＬＴ）を使用するための基準整備』に係る告示第 867 号が公布・施行された。これに伴い枠組壁工法（ツーバイフォー工法）の技術基準告示平成 13 年国交省告示 1540 号・1541 号の一部が改正され、直交集成板（ＣＬＴ）の追加及びこれに伴う諸規定の整備が行われた。これにより、ツーバイフォー工法においてＣＬＴの床版及び屋根の使用が可能となった。

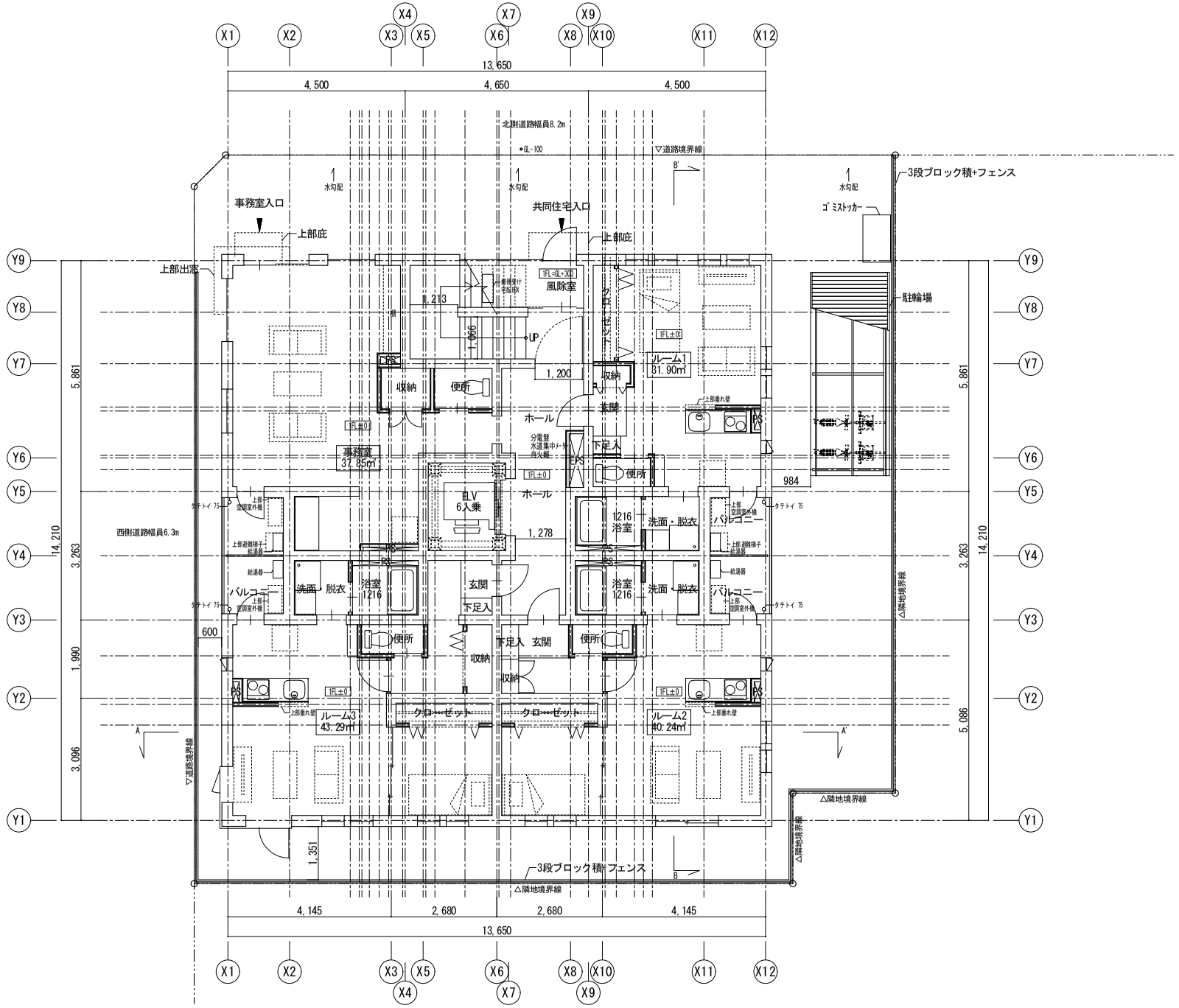
本プロジェクトは木造（枠組壁工法）の共同住宅において国交省告示に沿ったＣＬＴ床版を採用し、問題点・課題点等を調査検討し、その解決方法を導き出し、その結果今後ＣＬＴが普及することにより区分所有法による分譲集合住宅（いわゆる分譲マンション）での木造化を実現・推進することで国産木材の普及促進を図ることを目的とした。

分譲集合住宅では快適な居住環境を保持する必要がある。木造建築では壁や床の遮音性能や振動が大きな課題となるため、遮音性能についての検討も行った。また、ＣＬＴ床版とツーバイフォー工法によるのコスト比較を行い、課題と解決方法を探った。

３－２．図面等

外部仕上表			
屋根	CLT床版(3層3プライ)+転ばし根太＋野地板(ア)15+下地合板(ア)9＋合成高分子系ルーフィングシート 田島ビュートップ（塩化ビニル樹脂系シート防水）高反射率シート　VT-C920-W　（防火認定DR-1235）	竪樋	ガルバリウム製75(タニタハウジングウェア　丸たてとい同等品)
外壁	告示1399号一一五-(ハ)の上、窯業系サイディング(ア)16　金具留工法	バルコニー　床	告示1399号三-二-(ホ)の上、　ｽﾀｲﾛﾌｫｰﾑt＝50（勾配1/50）+合板t＝12重張+FRP防水+バルコニー用ビニル床シート 防水立ち上げはh＝250とする。スタイロフォームはJSP「ミラスロープ勾配1/50」同等品
巾木	モルタル刷毛引き仕上げ	バルコニー　天井	告示1399号三-二-(ホ)の上、　仕上げ材：けい酸カルシウム板t＝6以上（ＥＰ）　目透かし張り
庇	アルミ製(ABC商会FIN302N同等品)　/　アルミ、強化合わせガラス製(アルフィンAFB00L同等品)		
笠木	アルミ	その他	
手摺	アルミ製(リクシル　ベランダ手すりⅡパネルタイプ同等品)	モールディング、隔板	

防火材料一覧表	
床	平成12年建設省告示第1399号三-二-ホ　床の耐火構造仕様（1時間耐火） CLT床版(5層7プライ)/表側、強化せっこうボード(ア)21重張/裏側、強化せっこうボード(ア)21+12.5+12.5
床(UB)	FP060FL-0113　国土交通大臣認定を取得した耐火構造仕様（1時間耐火） ﾛｯｸｳｰﾙ充てん/強化石膏ﾎﾞｰﾄﾞ・強化石膏ﾎﾞｰﾄﾞ・木質系ﾎﾞｰﾄﾞ上張/強化石膏ﾎﾞｰﾄﾞ重下張/木製枠組造床
屋根	平成12年建設省告示第1399号五-六　屋根の耐火構造仕様 CLT床版(3層3プライ)/裏側(天井側)、強化せっこうボード(ア)15+12.5
階段	平成12年建設省告示第1399号六-五　階段の耐火構造仕様 CLT床版(3層3プライ)/表裏共、強化せっこうボード(ア)15+12.5
外壁	平成12年建設省告示第1399号一一五-ハ　外壁の耐火構造仕様 木製枠組壁/表裏共、強化せっこうボード(ア)21重張/屋外側　窯業系サイディング
屋内壁	平成12年建設省告示第1399号一一二-ヘ　階段の耐火構造仕様 木製枠組壁/表裏共、強化せっこうボード(ア)21重張



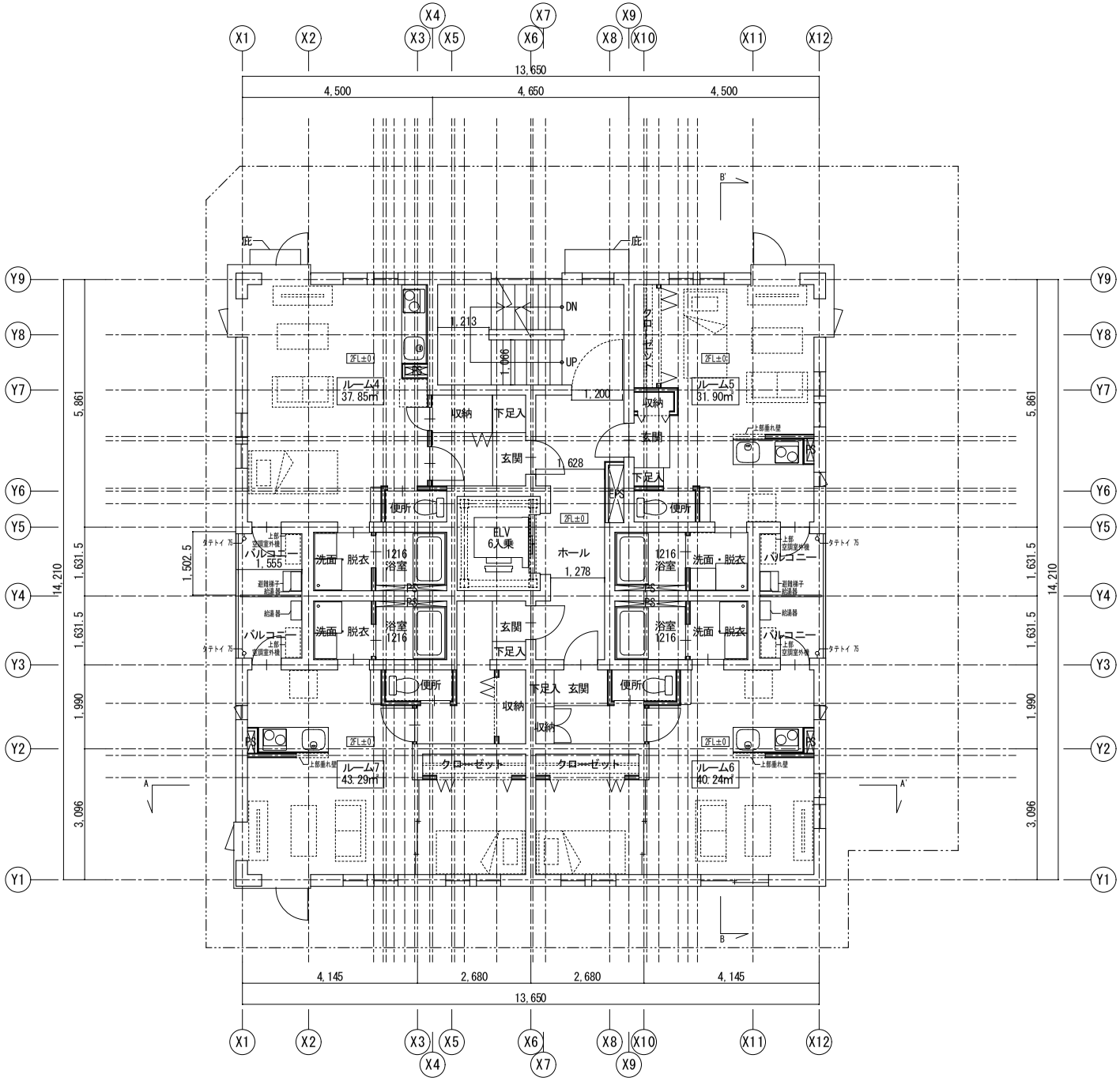
配置図兼1階平面図　1/100

YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS

株式会社 吉高綜合設計

1級建築士事務所 登録番号 16S-12440
1級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

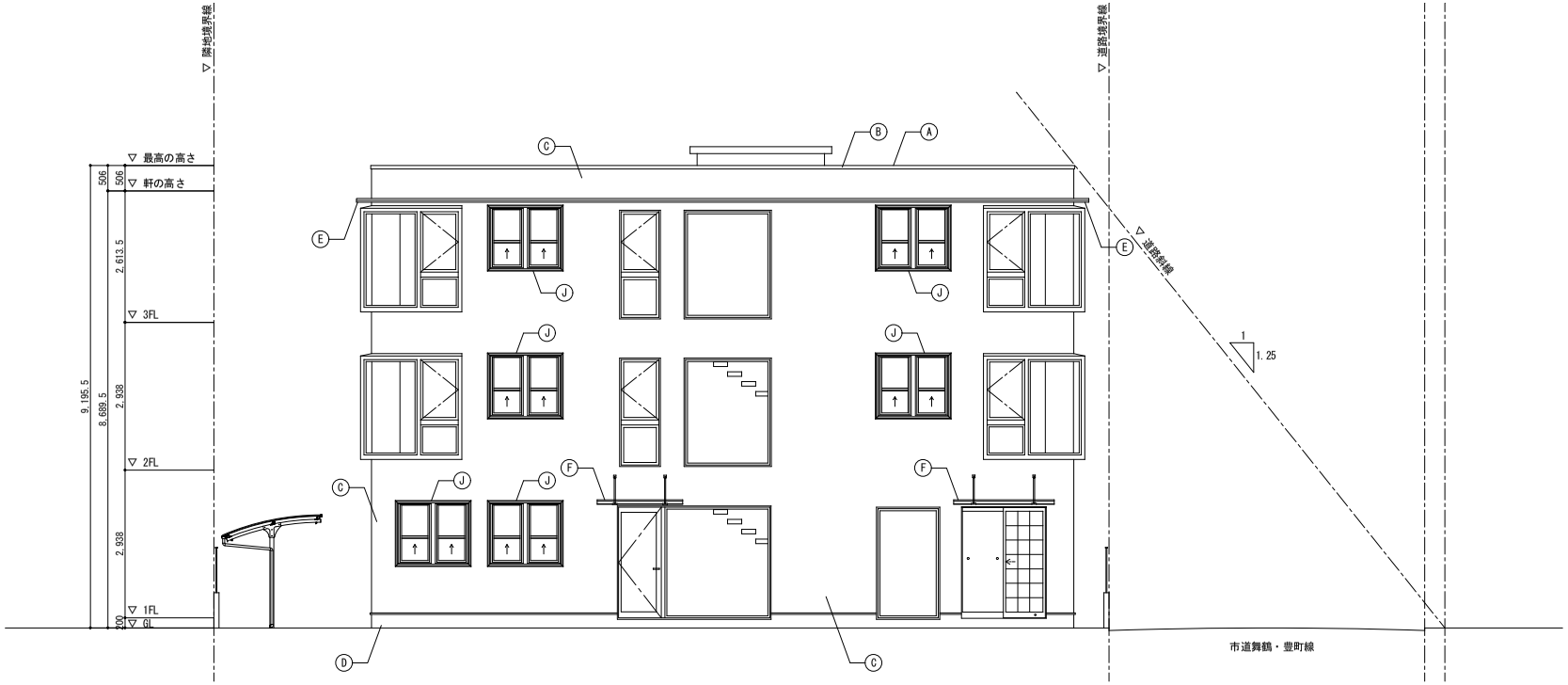
プロジェクト名	大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト
図面名	配置図兼1階平面図
担当	日付
	縮尺 A1—1/100 A3—1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**



2階3階平面図　　1/100

YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS
株式会社 吉高綜合設計
1級建築士事務所 登録番号 16S-12440
1級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

プロジェクト名	大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト
図面名	2階3階平面図
担当	日付
	縮尺 A1—1/100 A3—1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**



北側立面図　　1/100

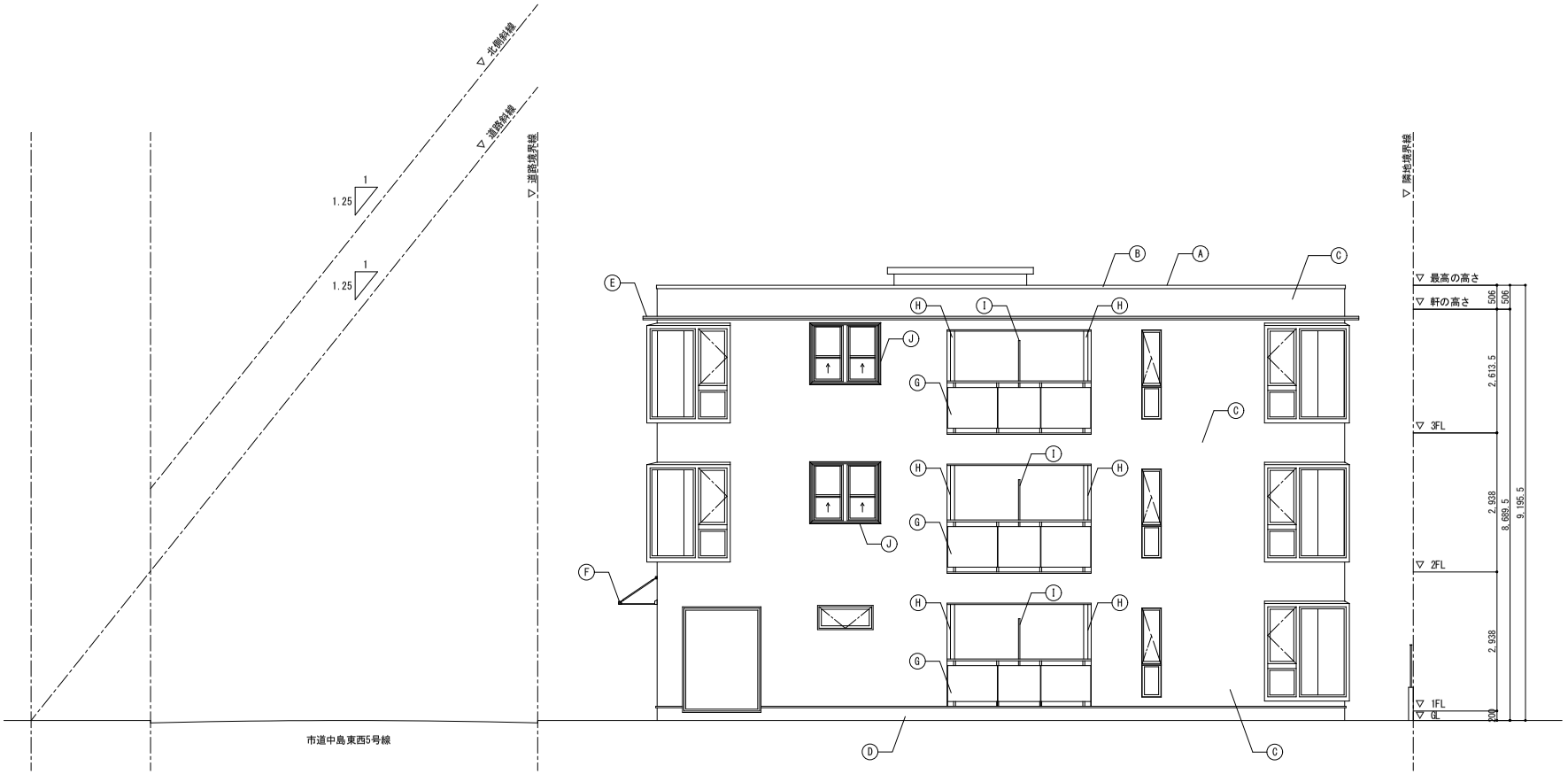
外部仕上凡例			
Ⓐ	屋根：合成高分子系ﾙｰﾌｨﾝｸﾞｼｰﾄ	Ⓖ	手摺：ｱﾙﾐ製（ﾘｸｼﾙ ﾍﾞﾗﾝﾀﾞ手すり Ⅱﾊﾟﾈﾙﾀｲﾌﾟ同等品）
Ⓑ	ｱﾙﾐ笠木	Ⓗ	竪樋：ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ製 75（ﾀﾆｶﾊｳｼﾞﾝｸﾞｳｪｱ 丸たてとい同等品）
Ⓒ	外壁：窯業系ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ（ｱ）16金具留工法	Ⓘ	隔板
Ⓓ	巾木：基礎立ち上がり モﾙﾀﾙ刷毛引き仕上げ	Ⓙ	ﾓｰﾙﾃﾞｨﾝｸﾞ
Ⓔ	庇：ｱﾙﾐ製（ABC商会 FIN302N同等品）	Ⓚ	
Ⓕ	庇：ｱﾙﾐ/強化合わせｶﾞﾗｽ製（ｱﾙﾌｨﾝAF800L同等品）	Ⓛ	

YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS

株式会社 吉高綜合設計

１級建築士事務所 登録番号 16S-12440
１級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

プロジェクト名 大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト	
図面名 北側立面図	
担当	日付 縮尺 A1—1/100 A3—1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**



西側立面図　1/100

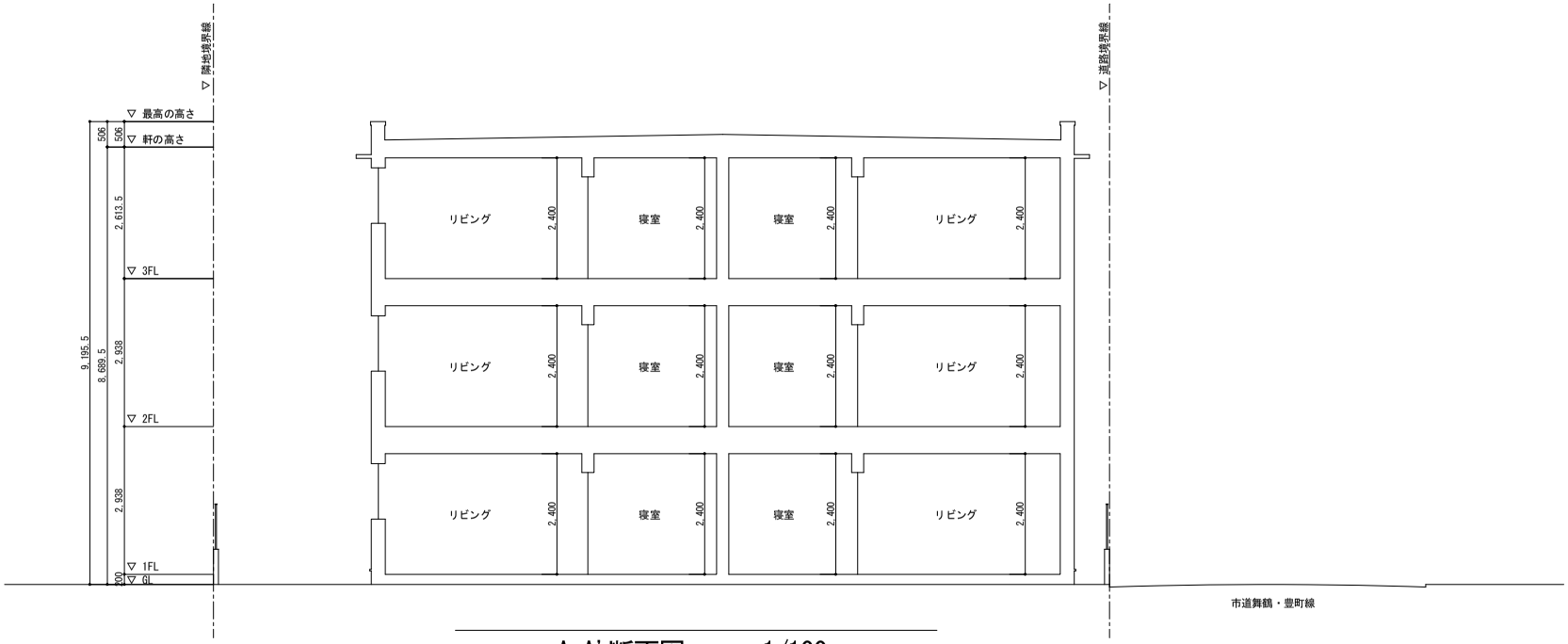
外部仕上凡例			
Ⓐ	屋根：合成高分子系ﾙｰﾌｨﾝｸﾞｼｰﾄ	Ⓖ	手摺：ｱﾙﾐ製（ﾘｸｼﾙ ﾍﾞﾗﾝﾀﾞ手すり Ⅱﾊﾟﾈﾙﾀｲﾌﾟ同等品）
Ⓑ	ｱﾙﾐ笠木	Ⓗ	竪樋：ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ製 75（ﾀﾆｶﾊｳｼﾞﾝｸﾞｳｪｱ 丸たてとい同等品）
Ⓒ	外壁：窯業系ｻｲﾃﾞｨﾝｸﾞ(ｱ)16金具留工法	Ⓘ	隔板
Ⓓ	巾木：基礎立ち上がり モルタル刷毛引き仕上げ	Ⓙ	ﾓｰﾙﾃﾞｨﾝｸﾞ
Ⓔ	庇：ｱﾙﾐ製（ABC商会 FIN302N同等品）	Ⓚ	
Ⓕ	庇：ｱﾙﾐ/強化合わせｶﾞﾗｽ製（ｱﾙﾌｨﾝAF800L同等品）	Ⓛ	

YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS

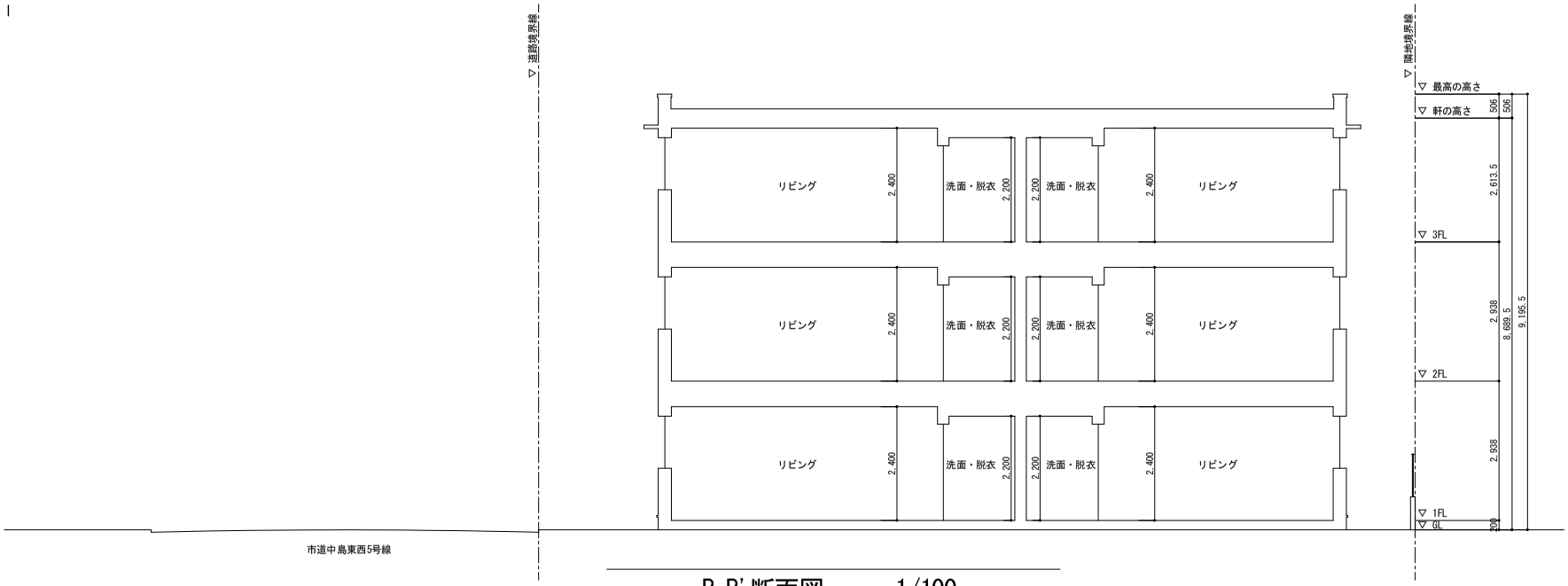
株式会社 吉高綜合設計

１級建築士事務所 登録番号 16S-12440
１級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

プロジェクト名	大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト
図面名	西側立面図
担当	日付
	縮尺 A1—1/100 A3—1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**



A-A'断面図　　1/100



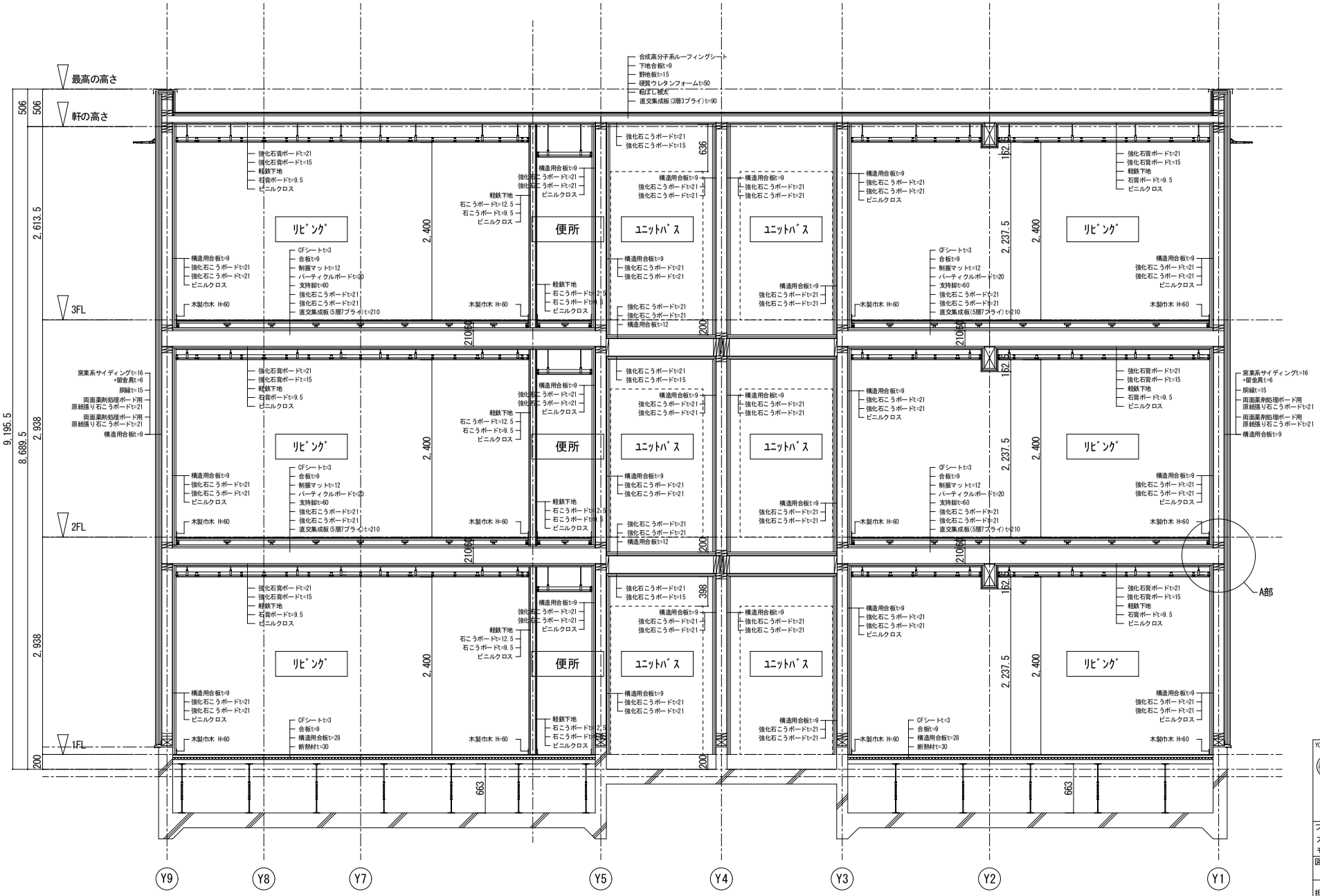
B-B'断面図　　1/100

YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS

株式会社 吉高綜合設計

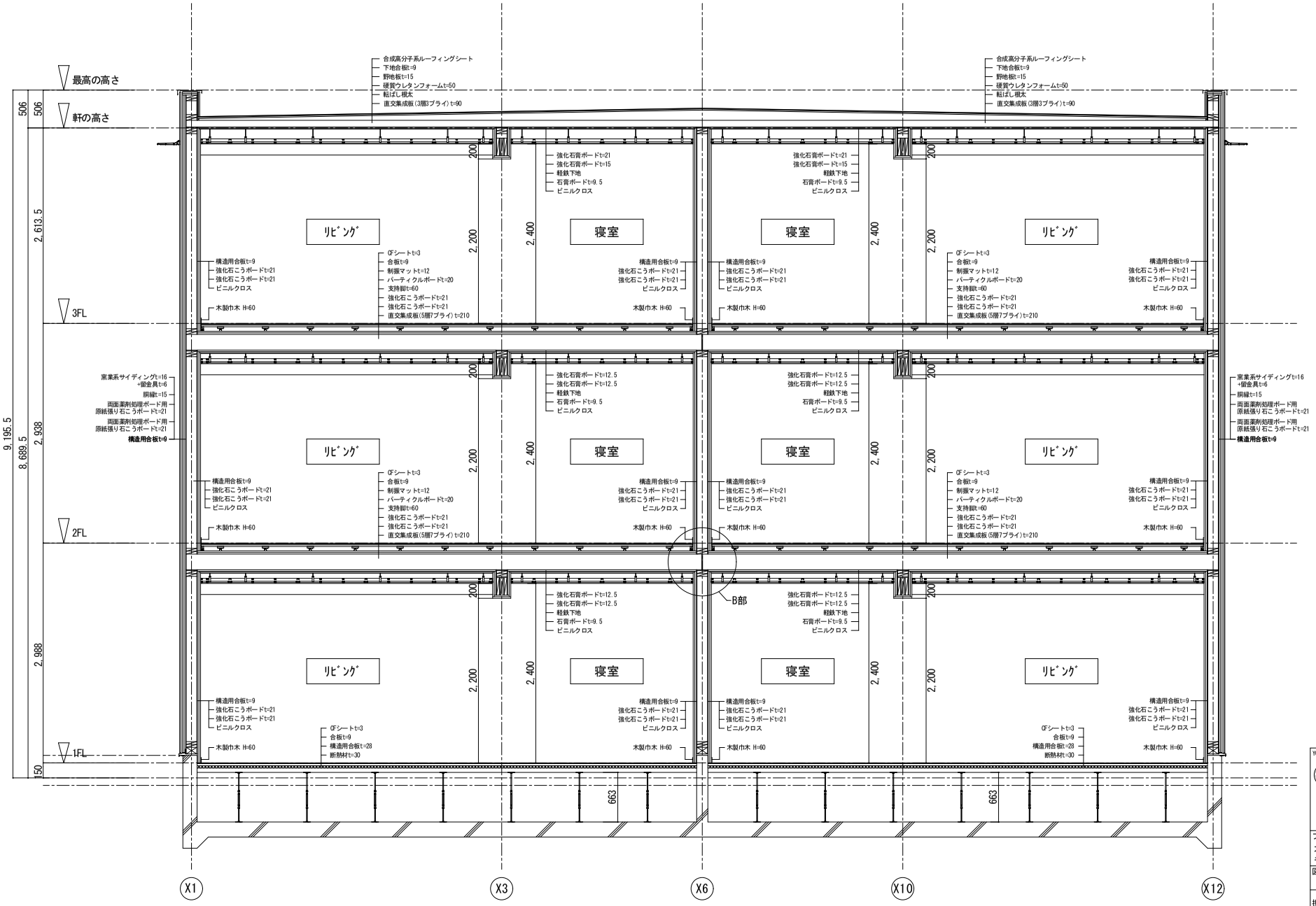
1級建築士事務所 登録番号 16S-12440
1級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

プロジェクト名	大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト
図面名	断面図
担当	日付
	縮尺 A1→1/100 A3→1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**



YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS
株式会社 吉高綜合設計
1級建築士事務所 登録番号 16S-12440
1級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

プロジェクト名	大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト
図面名	矩計図 (1)
担当	日付
	縮尺 A1—1/100 A3—1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**

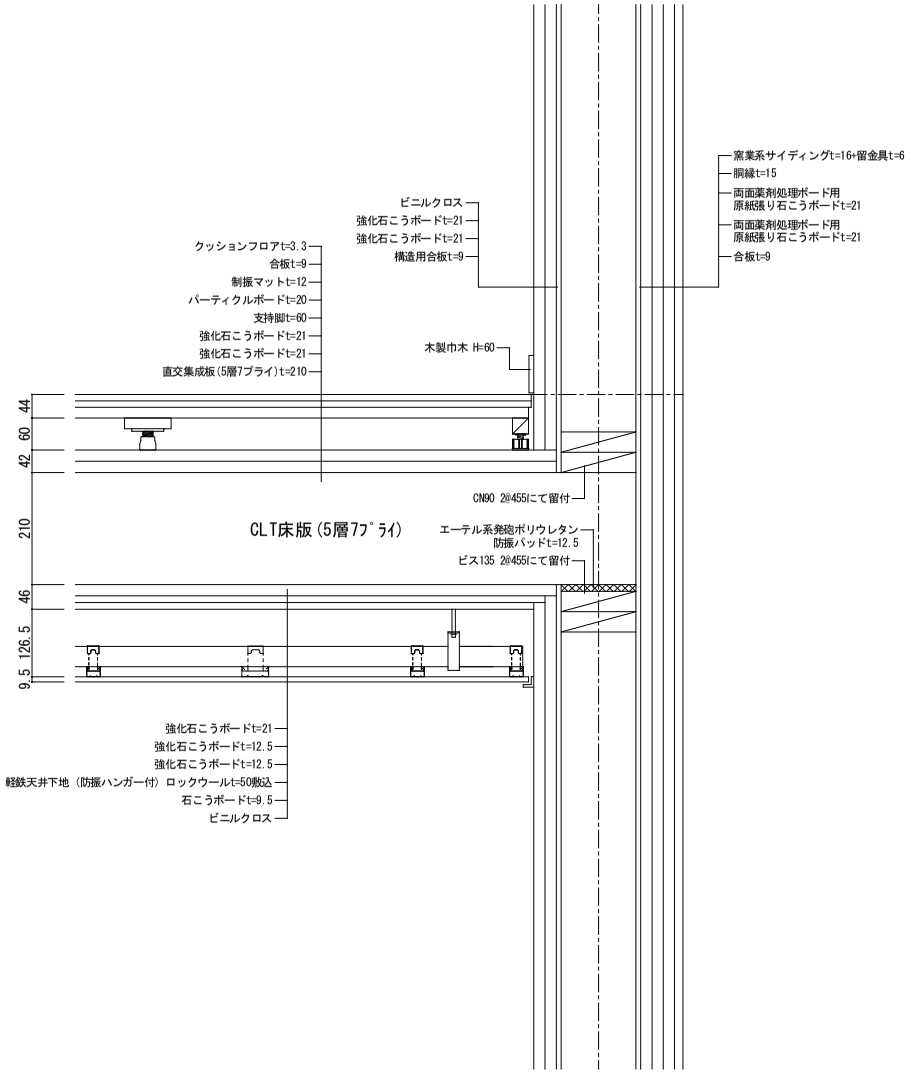


YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS

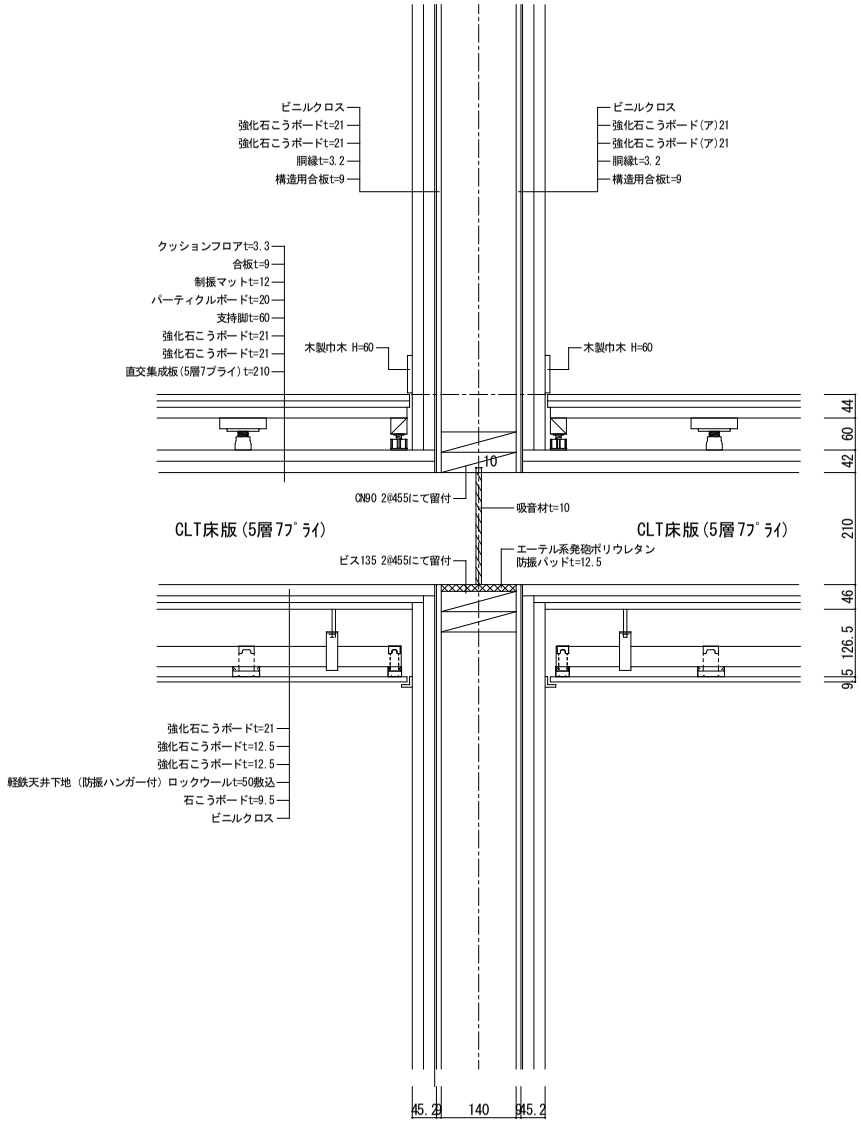
株式会社 吉高綜合設計

1級建築士事務所 登録番号 16S-12440
1級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

プロジェクト名 大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト	
図面名 矩計図(2)	
担当	日付 縮尺 A1—1/100 A3—1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**



A部詳細図　1/10



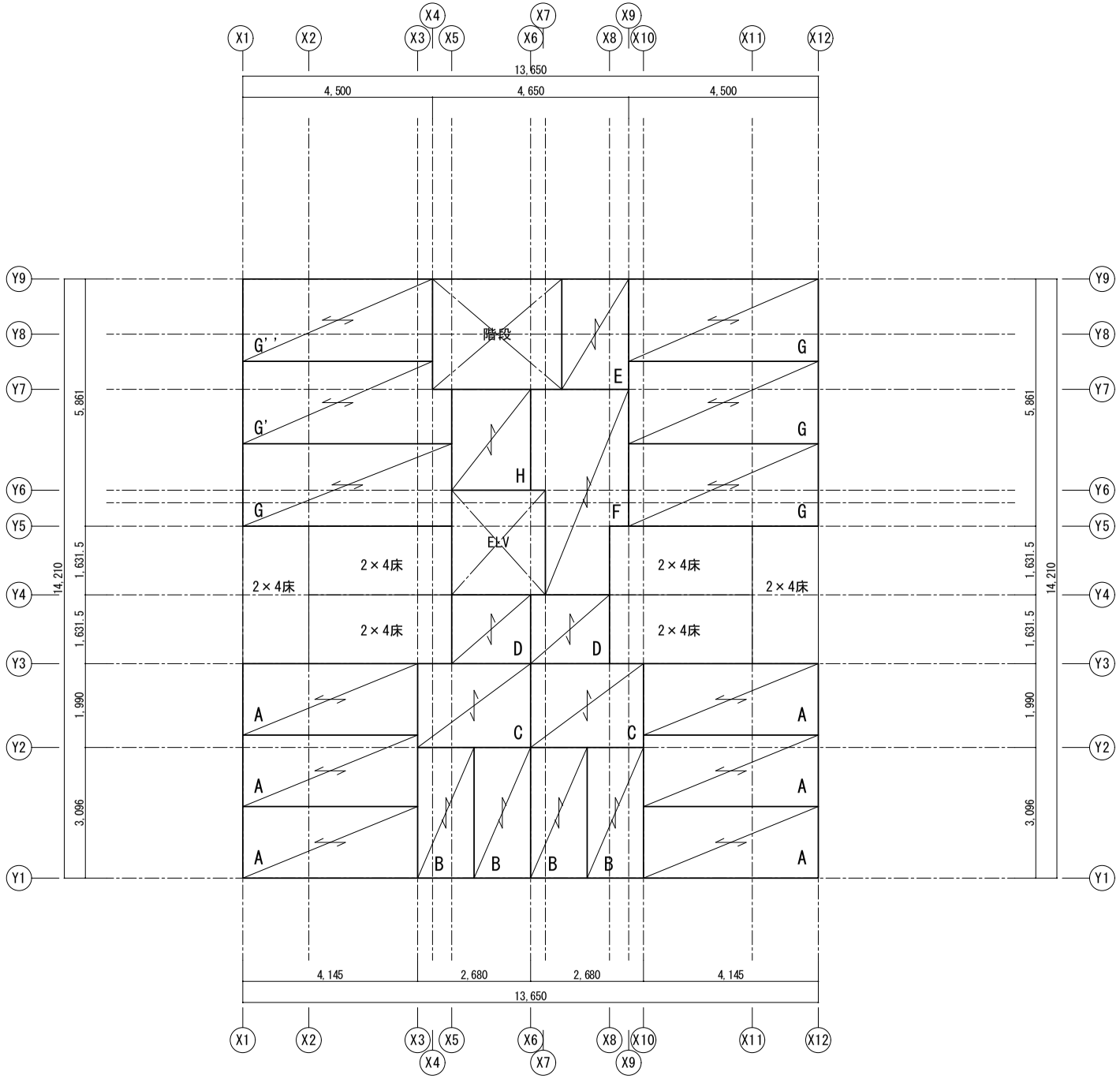
B部詳細図　1/10

YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS

株式会社 吉高綜合設計

１級建築士事務所 登録番号 16S-12440
１級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

プロジェクト名 大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト	
図面名 床・壁接合部詳細図	
担当	日付
	縮尺 A1—1/100 A3—1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**

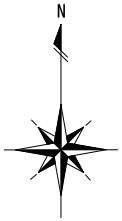


3階床パネル割付図　1/100

⟷ : 強軸方向

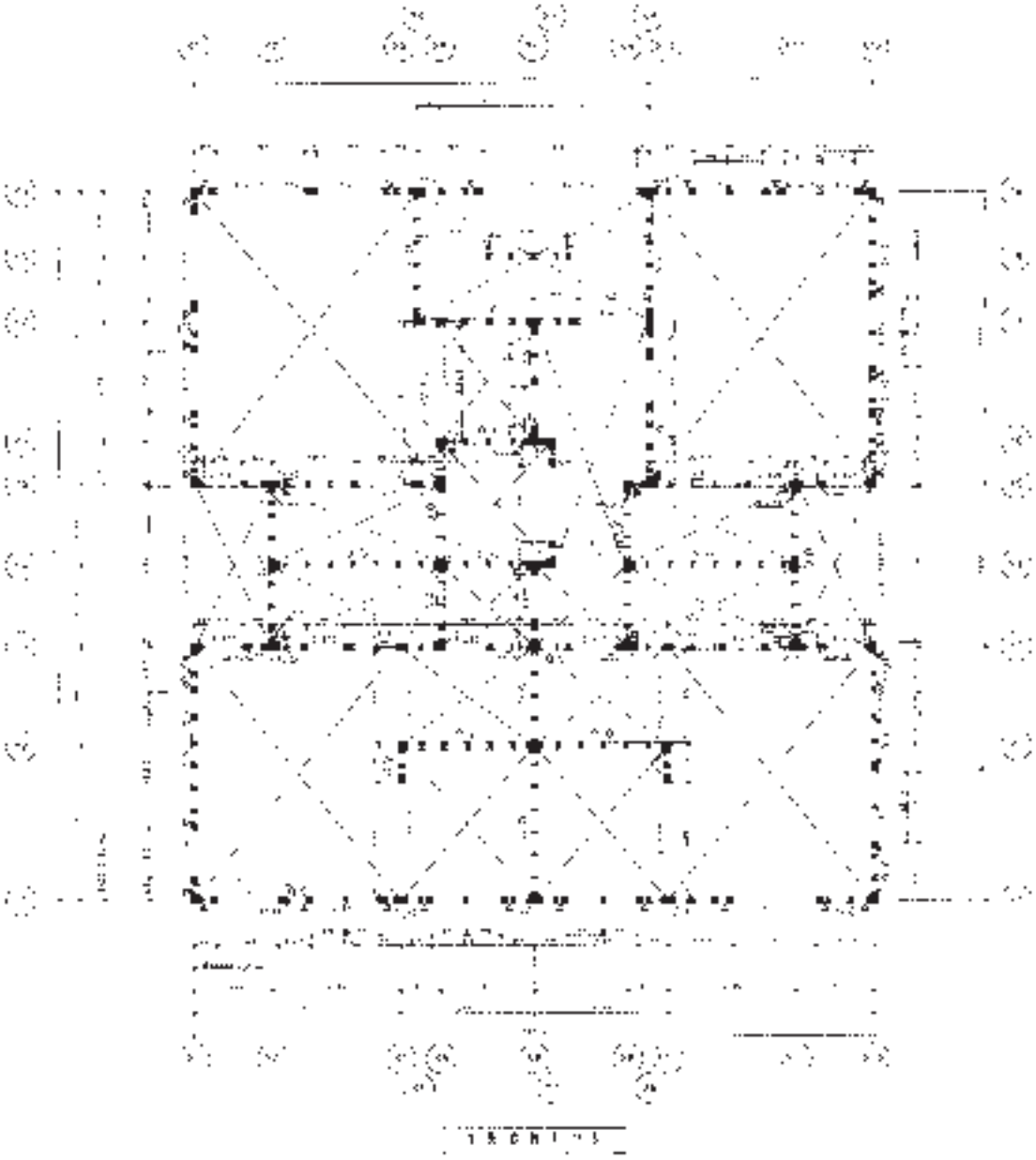
A × 6枚
B × 4枚
C × 2枚
D × 2枚
E × 1枚
F × 1枚
G × 6枚
H × 1枚

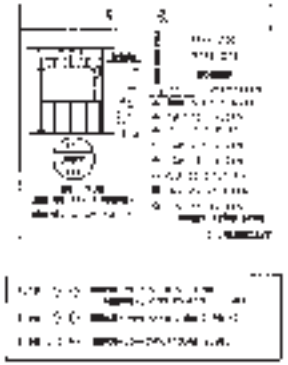
合計 : 8種類 23枚

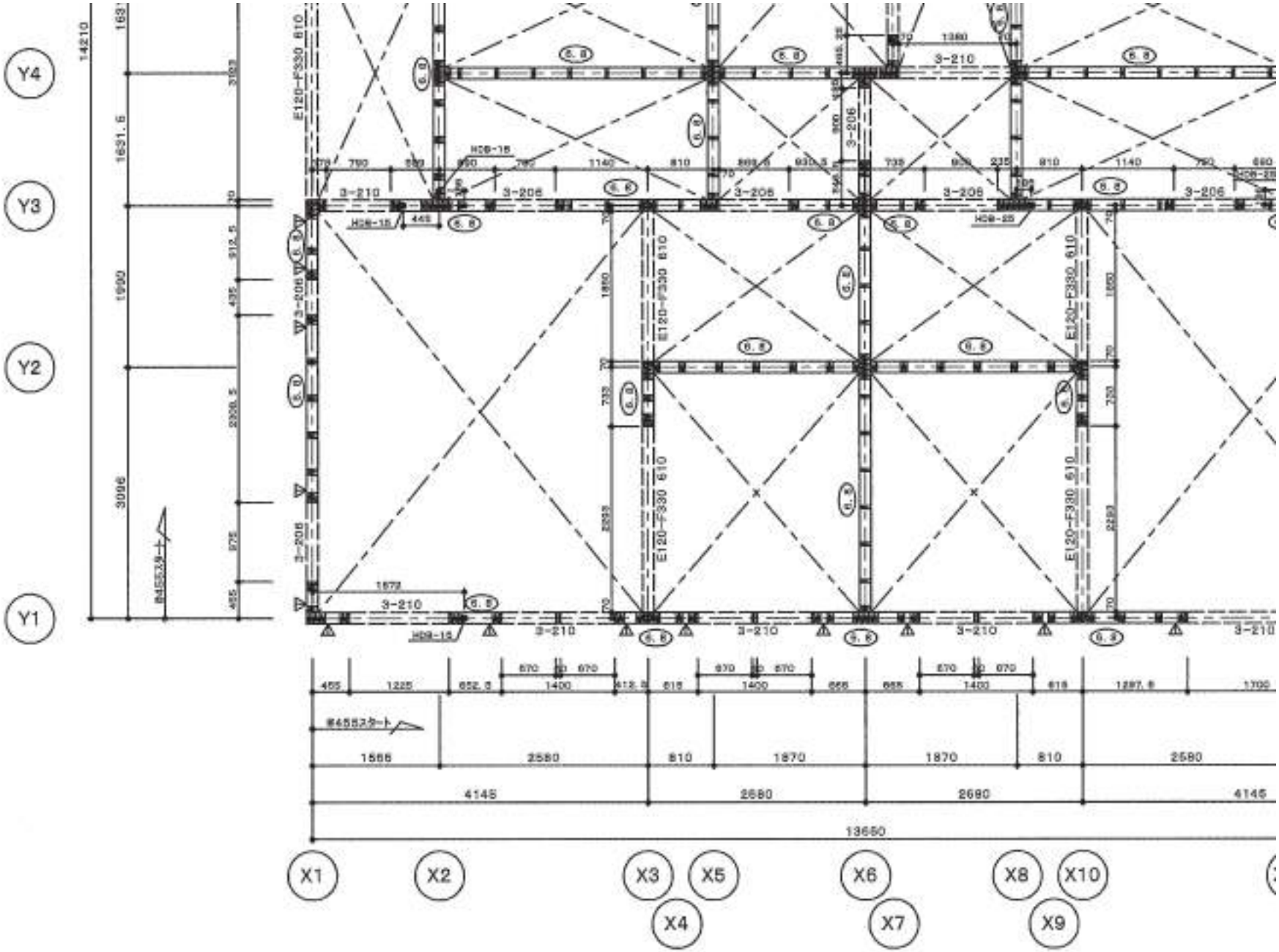


YOSHITAKA ARCHITECTS, ENGINEERS & CONSULTANTS
株式会社 吉高綜合設計
1級建築士事務所 登録番号 16S-12440
1級建築士 登録番号 第-213366-号
吉高 久人

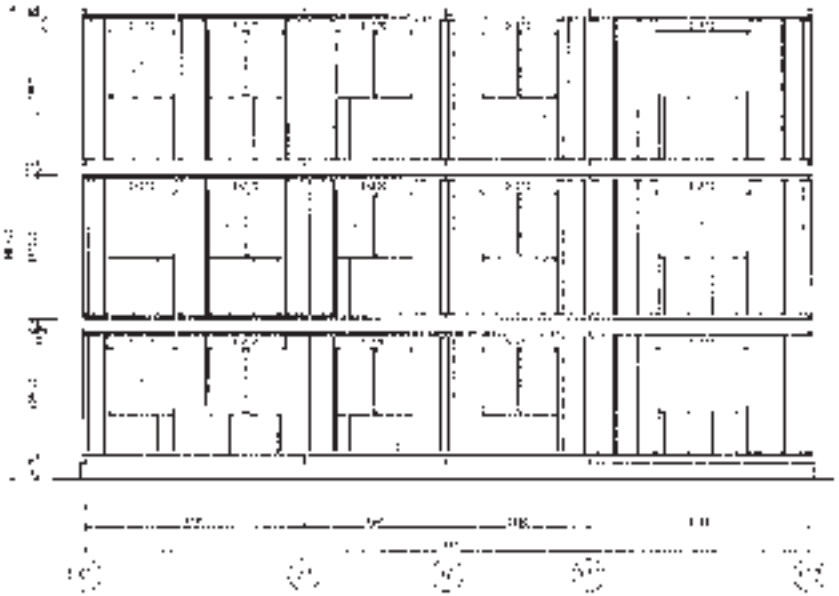
プロジェクト名	大分市中島東集合住宅 モデルプロジェクト
図面名	3階床パネル割付図
担当	日付
	縮尺 A1—1/100 A3—1/200
承認	図面出力
製図番号	A-**

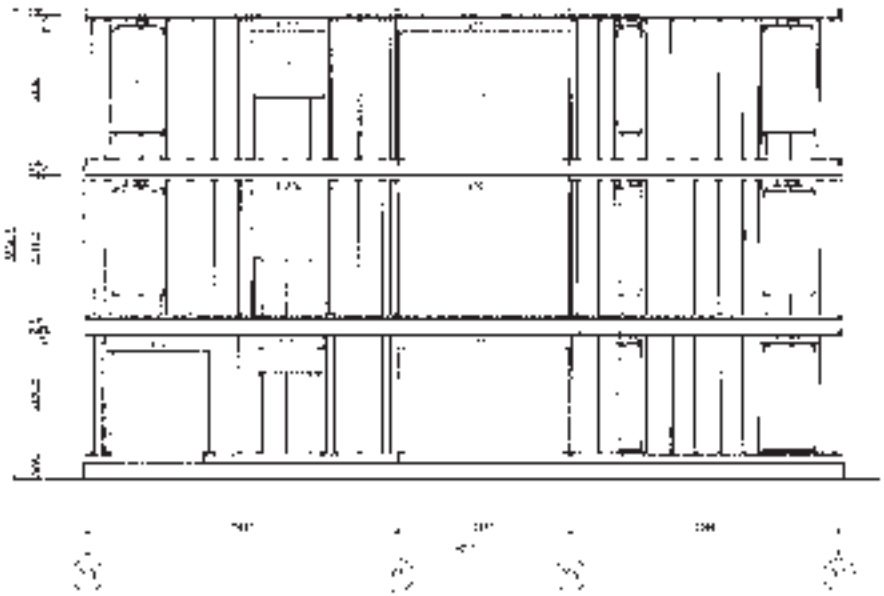






1階縦枠割付拡大図

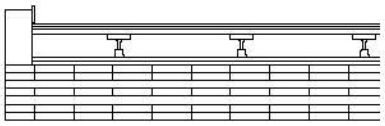
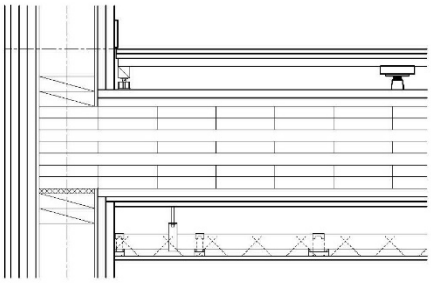




軸組図

３－３．遮音性能について

本プロジェクトは設計実証のため、工事完了後の遮音性能に関するデータを得られていない。そこで、これまで林野庁委託事業で行われた遮音性能に関する実験データの仕上げ等による床構成と比較し、本プロジェクトでどの程度の遮音性能が得られるかを考察する。比較するデータは、平成 27 年度林野庁委託事業「ＣＬＴ等新たな製品・秘術開発・普及事業（住宅等における新たな製品・技術開発事業）のうちＣＬＴ住性能向上研究開発事業報告書」（以下：報告書）における実験データのうち、本プロジェクトの仕上げに近いデータである。なお、報告書の実験データでは床上と天井の両方に遮音の対策を行ったデータがないため、床上構成のみの実験データとの比較を行った。

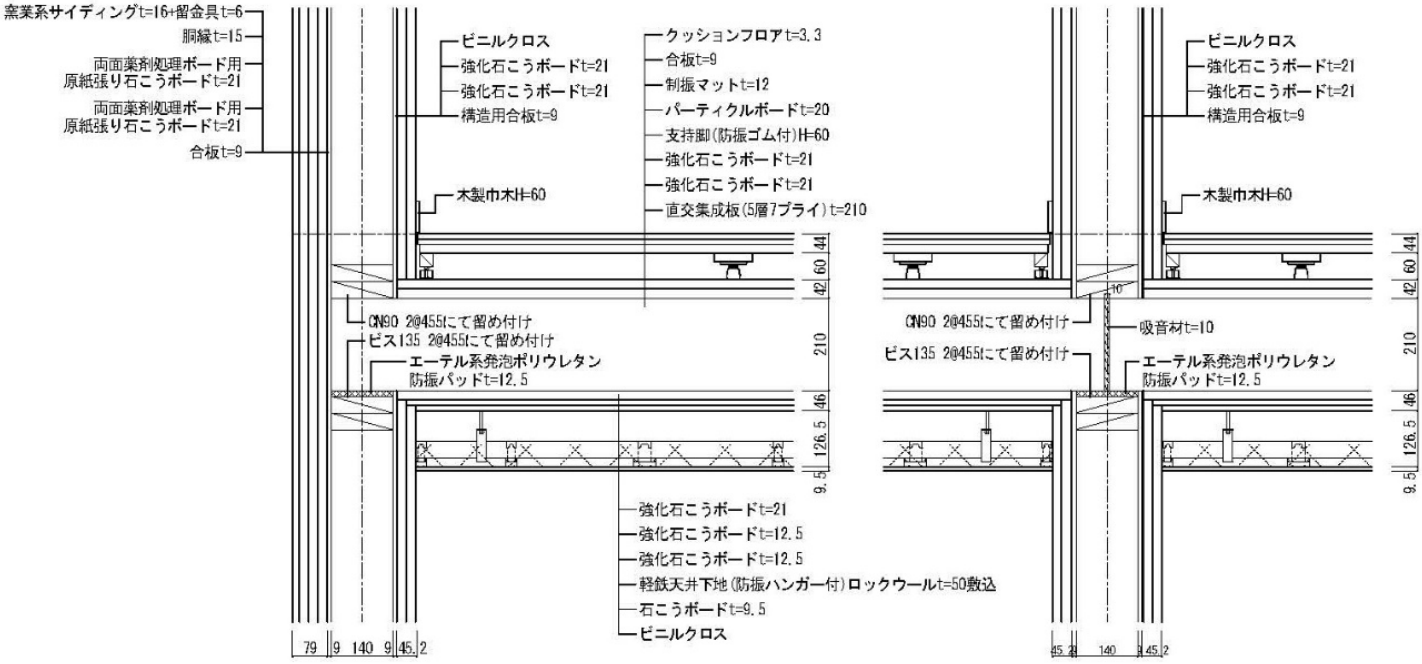
	実験データ	中島東集合住宅モデルプロジェクト
床断面図	 報告書より	
ＣＬＴ床パネル	210mm 厚	210mm 厚
床上構成	ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ 12+制振ﾏｯﾄ 8 +ﾊﾟｰﾃｨｸﾙﾎﾞｰﾄﾞ 20+支持脚 98 +合板 12+石こうﾎﾞｰﾄﾞ 12.5	ｸｯｼｮﾝﾌﾛｱ 3.3+合板 9+制振ﾏｯﾄ 12 +ﾊﾟｰﾃｨｸﾙﾎﾞｰﾄﾞ 20+支持脚 60 +強化石こうﾎﾞｰﾄﾞ 21+強化石こうﾎﾞｰﾄﾞ 21
天井構成	―	強化石こうﾎﾞｰﾄﾞ 21+強化石こうﾎﾞｰﾄﾞ 12.5 +強化石こうﾎﾞｰﾄﾞ 12.5 +軽鉄天井下地（防振ﾊﾝｶﾞｰ付） ※ﾛｯｸｳｰﾙ 50 敷込 +石こうﾎﾞｰﾄﾞ 9.5 +ﾋﾞﾆﾙｸﾛｽ
軽量衝撃音	Lr-67	―
重量衝撃音（タイヤ）	Lr-61	―
重量衝撃音（ボール）	Lr-57	―

実験データと床上構成及び天井構成を比較した場合、準耐火構造と耐火構造による石こうボード等の違いや天井構成の有無、床と壁との間の防振パッドの有無により本プロジェクトが実験データよりもさらに良い遮音性能が得られると考える。

一般的に重量衝撃音（音の伝搬）に対しては重量が重い部材が有利に働く。一般に木造より重量の重いＲＣ造の方が遮音性能が有利のはそのためである。ＣＬＴは同じ材積のＲＣ

と比べ重量がはるかに軽量であるため、ＲＣと同じ対策を行っても十分な遮音性能は得られない。そこで、床や壁との接合部で隙間や吸音材等により縁を切ることで音の伝搬を防ぎ、遮音性能を向上させようと考えた。

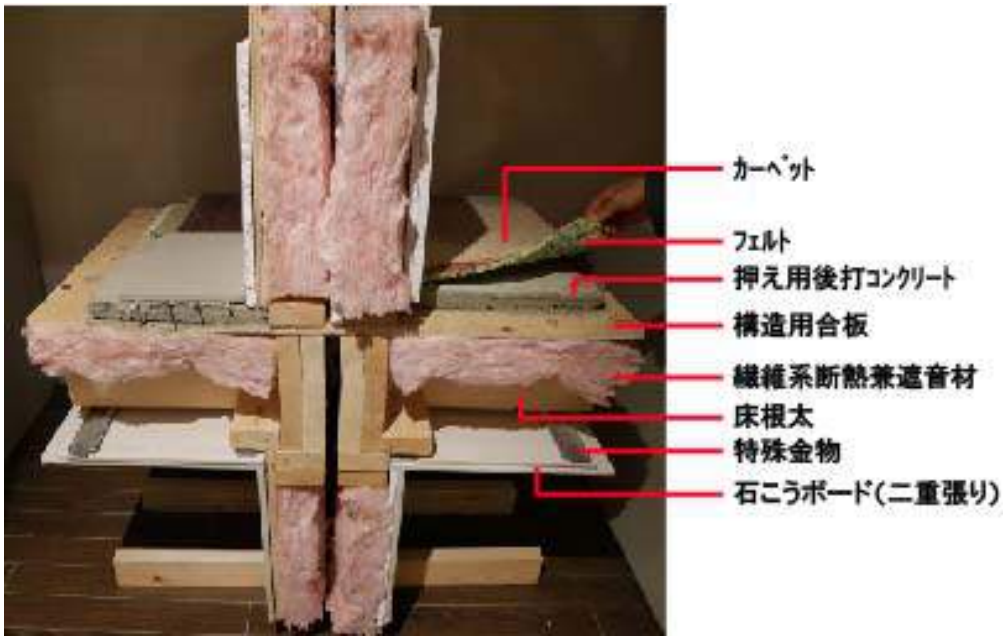
仕上げの床と壁とは隙間を設けることで、床で発生した音を壁へ伝搬しづらいようにするとともに、二重床部分が太鼓状になることを防いだ。仕上げの床と躯体（ＣＬＴ）とは物理的に縁を切ることは難しいため、制振マットと防振ゴム付の支持脚を採用した。ＣＬＴと下階の壁との間にはエーテル系発泡ポリウレタン防振パッドを敷き、床の振動が下へと伝わりづらいようにした。また、界壁部分の床については、隣戸への音の伝搬を考慮しＣＬＴ床版同士の突きつけ部分には 10mm の空間を設け、そこに吸音材を挟み縁を切る計画とした。さらにＣＬＴと下階の仕上げ天井との間に防振ハンガー付き軽鉄天井下地を設置しロックウールを敷き込む計画とし、吸音性能も持たせた。



木造の遮音性能については、ＲＣ造等と比べてまだまだデータの蓄積等が少ないため、試行錯誤の段階である。今後、実験・実証データが蓄積され、遮音性能を得やすい手法が開発されていくと考える。

ここでカナダにおける遮音対策の事例を調査したので紹介する。カナダは「木造先進国」といわれ、木造の商業施設や福祉施設だけでなく分譲マンションも建設されている。海外の先進事例を調査することで、今後国内でも活用・応用できればと考える。カナダの木造分譲マンションの構造は今のところツーバイフォー工法が多い。床の構成は次の写真のように、構造用合板の上に押え用後打コンクリートを打ち、その上にフェルトとカーペットを敷い

ている。また、天井には石こうボードを二重張りしているが、石こうボードと床根太との間に遮音効果のある特殊金物を使用している。この特殊金物が音や振動を拡散させるとの事である。



３－４．ＣＬＴとツーバイフォーのコスト比較について

本プロジェクトでは 2 階の床と 3 階の床及び屋根にＣＬＴを使用する計画である。ＣＬＴ使用量は 85.87 ㎥である。本プロジェクトでは地元の杉を使用する計画で、大分県日田市にて原木の伐採からラミナ加工までを行う。その後、県外のＣＬＴパネル製作工場へと運びＣＬＴパネルの製作及び加工を行う。加工後はまた大分県内の施工現場へと運搬することを想定している。その場合のＣＬＴの価格は材料費・加工費・運搬費・施工費合わせて約 1380 万円（16 万円/㎥）と算出した。

耐火被覆や仕上げは同等としＣＬＴをツーバイフォー（合板や 2×10 材等による床組み）に置き換えた場合、該当部分のツーバイフォーでの価格は約 460 万円となる。それぞれの価格を該当部分の施工面積（2 階の床と 3 階の床及び屋根の面積）561.46 ㎡で割ると㎡あたりの価格がＣＬＴで約 2.3 万円、ツーバイフォーで約 0.8 万円となった。参考までにＲＣ造の床及び屋根の場合、価格が約 700 万円となり、1 ㎡あたり約 1.2 万円となった。

2 階床、3 階床、屋根の使用材料によるコスト比較表

材料	ＣＬＴ	ツーバイフォー	ＲＣ
価格	1290 万円	460 万円	700 万円
ＣＬＴとの価格差	―	920 万円	680 万円
㎡あたりの価格	2.3 万円	0.8 万円	1.2 万円

このようにＣＬＴとツーバイフォーの価格が違う要因としては、ツーバイフォーは根太等の横架材はＳＰＦ（外国産材）を使用すること、及びツーバイフォー工法が一般工法としてオープン化されてから 40 年以上がたち、その間に生産・設計・施工のそれぞれの現場で合理化や価格競争が行われてきた結果である。しかし、ＣＬＴは国産材の使用を前提とし、工法に関してもまだ発展途上の段階にある。よって、今後ＣＬＴパネル製作工場が増え、合理的な設計方法・施工方法が確立されていけば価格は下がっていくものと考えられる。しかし、ＣＬＴとツーバイフォーとでは使われる木材の量に差があり、床だけを見てもツーバイフォーの約 5 倍と圧倒的にＣＬＴで使用される量が多い。この材積の違いがあるため、今後ＣＬＴの価格が下がったとしても、ツーバイフォー工法や在来工法よりも価格を低くすることは容易ではないと考える。そのため、他の工法に比べて価格が高いけれどもＣＬＴ工法を選択させる魅力等を発見・創造しなければならない。

３－５．まとめ

＜構造・耐火＞ツーバイフォーの技術基準告示平成 13 年国交省告示 1540 号・1541 号の一部が改正され、直交集成板（ＣＬＴ）の追加及びこれに伴う諸規定の整備が行われた。ただし、具体的な構造計算の根拠となる「枠組壁工法建築物構造計算指針（2007 年）」は未対応のため、許容応力度計算等（ルート 2 相当）により構造計算を行った。たて枠材とＣＬＴ床版（鉛直構面の耐力壁と水平構面）の接合部分は、想定される仕様規定の釘打ちにより鉛直構面の存在応力を有効に伝達する接合方式とした。耐火等の要件は、準防火地域・3 階建ての共同住宅で本プロジェクトの規模であれば、1 時間準耐火構造で計画ができる。しかし、1 時間準耐火構造での計画となると、隣地境界線から 3m の離隔距離の確保や開口部の制限、避難上有効なバルコニーの設置等の制約が多く、都市部の住宅地では敷地を有効活用できない。そのため、今回は 1 時間耐火構造で計画した。ただし、耐火構造にすることで燃えしろ設計がまだ認められていないため、石こうボード等により耐火被覆が必要となる。

＜遮音性能＞ＣＬＴ床版を構造躯体として遮音床組+制振マットの複合構成による床構造とし、下階の天井は防振機能付きの軽量鉄骨天井下地+吸音用ロックウールにて遮音性能を確保した。ＣＬＴ床版同士の突きつけ部分は緩衝材（吸音材）、たて枠との接続部分にはエーテル系防振パッドを採用した。共同住宅として更に性能を発揮し、好ましい住環境を維持するためには「住まい方」等ソフト面での工夫も必要かと思われる。また、3 層程度での計画であれば、「タウンハウス」のような形式の上下階を同一の世帯とすることで、上下階の騒音問題に対処できると思われる。いずれにせよ、木造の遮音性能についての研究・調査等を今後ますます行っていく必要がある。

＜コスト＞コストについては、ＣＬＴの製造や設計、施工等がまだ発展途上の段階であるため、今後それぞれの現場での合理化等が必要と思われる。また、コストを抑えるだけではなく、ＣＬＴの魅力を発見・創造することも重要なとポイントであると思われる。

＜県産材の使用＞大分県産材日田杉を枠組壁工法のたて枠とＣＬＴ床版の原材料として供給可能であることを確認できた。しかし、全国的にもＣＬＴパネル製作工場の数がまだ少なく、大分県内にはない。また、ＣＬＴのメリットでもある大きな構面のパネルを製作できる工場が数社しかなく、地域によっては輸送コストが大きくかかるのが現状である。ＣＬＴパネル製作に必要なラミナは十分な品質を確保しなければならない。そのためには、人工乾燥機等の設備も必要となる。本プロジェクトでは大分県日田市の製材所でラミナ加工までを行い、県外のＣＬＴパネル製作工場に輸送する計画である。この場合、ＣＬＴパネル製作を行う分だけの材積のラミナを輸送できる。しかし計画地によっては、人工乾燥機等がなく十分な品質のラミナが製造できない場合、原木（丸太）のままＣＬＴパネル製作工場に輸送しなければならない。原木（丸太）すべてがラミナにできるわけではないので、歩留まりが悪く輸送費がより多くかかることも。

＜総括＞本プロジェクトは、木造による分譲マンションの実現と普及を最終目標としている。今回の設計実証により得られた知見をもとに、次段階の建築工事の性能を測定・確認を行うとともにＣＬＴの強度を有効に活用した後打押えコンクリートの採用による遮音性能の確保、より優れた遮音マットや制振パッド等の製品開発、またはタウンハウス形式等住まい方の工夫など様々な技術とソフト両面から理想のシステムを構築していくべきと考える。

２．15　三菱地所（株）／（株）日建設計

1.　建築物の仕様一覧

事業名			下地島空港旅客ターミナルビル新築工事の実証事業
実施者（担当者）			三菱地所／日建設計
建築物の概要	用途		空港旅客取施設扱
	建設地		沖縄県宮古島市
	構造・工法		RC造 + CLTフラットスラブ屋根+ CLT壁
	階数		一部地下1階（BHSトレンチ）地上2階
	高さ（m）		10.8
	軒高（m）		6.55
	敷地面積（㎡）		31,581.02
	建築面積（㎡）		12,348.55
	延べ面積（㎡）		11,974.13
	階別面積	地下１階	455.52
		１階	10477.21
		２階	1041.4
CLTの仕様	ＣＬＴ採用部位		CLTフラットスラブ屋根+ CLT壁
	ＣＬＴ使用量（㎥）		1,561.14㎥ （出発ラウンジ棟：1,157.52㎥ 、チェックイン棟：403.62㎥）
	壁パネル	寸法	210mm厚
		ラミナ構成	5層７プライ
		強度区分	S60A
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	―
		ラミナ構成	―
		強度区分	―
		樹種	―
	屋根パネル	寸法	出発ラウンジ棟：420mm厚、チェックイン棟：210mm厚
		ラミナ構成	5層７プライ二方向フラットスラブ
		強度区分	S60A
		樹種	スギ
木材	主な使用部位（CLT以外の構造材）		梁：スギ集成材
	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		89.86㎥
仕上	主な外部仕上	屋根	断熱塩ビシート防水、一部塗膜防水、一部瓦ぶき
		外壁	コンクリート化粧打放し、フッ素保護塗装
		開口部	大型引き戸アルミサッシ、一部FIXアルミサッシュ、防風スクリーン
	主な内部仕上	界壁	コンクリート化粧打放し、一部LGS下地石膏ボードEP
		間仕切り壁	コンクリート化粧打放し、一部LGS下地石膏ボードEP
		床	コンクリート表面硬化剤
		天井	CLT表し、一部コンクリート打放し、一部岩綿吸音板
構造	構造計算ルート		ルート3
	接合方法		ビス接合＋U字金物
	最大スパン		８m
	問題点・課題とその解決策		CLTにおけるGIR接合部のせん断、引張り試験を要素試験で各６体（合計66体）、部分実大載荷試験で各１体（合計４体）、部分縮小クリープ検証試験で各１体（合計２体）、実大２方向CLTスラブ載荷検証試験を１体行う。要素試験結果に留意しながら最適な工法 を決定し、実施設計に反映した。
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		準耐火建築物（ロ-1）
	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		届け出対象
	温熱環境確保に関する課題と解決策		ウレタンフォーム外断熱とCLTパネルの断熱性能を合わせて外部負荷の削減
	主な断熱仕様（断熱材の種類・厚さ）	屋根（又は天井）	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　25mm
		外壁	なし
		床	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1種　・　25mm
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		CLT部分は家具のファブリックによる吸音、建具を開け放した運用
	建て方における課題と解決策		防腐防蟻処理工場塗装、建方時に防水シートを確実に施工する。
	給排水・電気配線設置上の工夫		配線モールを設置
	劣化対策		防腐防蟻処理工場塗装
工程	設計期間		平成29年1月～平成29年6月
	施工期間		―
		ＣＬＴ躯体施工期間	―
	竣工（予定）年月日		平成31年3月
体制	発注者		三菱地所株式会社
	設計者（複数の場合はそれぞれ役割を記載）		株式会社　日建設計
	構造設計者		株式会社　日建設計
	施工者		㈱國場組、㈱大米建設特定共同企業体
	ＣＬＴ供給者		(株)山佐木材
	ラミナ供給者		(株)山佐木材

実証事業名：下地島空港旅客ターミナルビル新築工事の実証事業
実施者／協議会運営者または担当者：三菱地所株式会社／株式会社日建設計

１．実証した建築物の概要

<table>
<tr><td colspan="2">用途</td><td colspan="3">航空旅客取扱施設</td></tr>
<tr><td colspan="2">建設地</td><td colspan="3">沖縄県宮古島市</td></tr>
<tr><td colspan="2">構造・工法</td><td colspan="3">RC 造 + CLT フラットスラブ屋根+ CLT 壁</td></tr>
<tr><td colspan="2">階数</td><td colspan="3">一部地下 1 階（BHS トレンチ）地上 2 階</td></tr>
<tr><td colspan="2">高さ（m）</td><td>10.8</td><td>軒高（m）</td><td>6.55</td></tr>
<tr><td colspan="2">敷地面積（㎡）</td><td>31,581.02</td><td>建築面積（㎡）</td><td>（全体）12,348.55</td></tr>
<tr><td rowspan="3">階別面積（㎡）</td><td>地下１階</td><td>455.52</td><td rowspan="3">延べ面積（㎡）</td><td rowspan="3">11,974.13</td></tr>
<tr><td>１階</td><td>10477.21</td></tr>
<tr><td>２階</td><td>1041.40</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 採用部位</td><td colspan="3">CLT フラットスラブ屋根+ CLT 壁</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 使用量（㎥）</td><td colspan="3">1,561.14 ㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT を除く木材使用量（㎥）</td><td colspan="3">89.86 ㎥</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">210mm 厚/5 層 7 プライ/S60A/スギ</td></tr>
<tr><td>床</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td>屋根</td><td colspan="3">420mm 厚/5 層 7 プライ二方向フラットスラブ
/S60A/スギ、一部 210mm 厚/5 層 7 プライ/S60A/スギ</td></tr>
<tr><td colspan="2">設計期間</td><td colspan="3">H29.1 月～6 月</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工期間</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">CLT 躯体施工期間</td><td colspan="3">－</td></tr>
<tr><td colspan="2">竣工（予定）年月日</td><td colspan="3">H31.3 月</td></tr>
</table>

２．実証事業の目的と設定した課題

＜実証事業の目的＞
空港旅客ターミナルビルは、従来鉄骨造、無機質な空間となりがちである。下島空港旅客ターミナルでは下地島の快適な気候を屋内に取り込む半外部空間、分棟形式で計画している。ただし、沖縄離島、海岸に近いターミナルであるため、鉄骨の製作、運搬による防錆、コストアップ、長工期のリスクがある。今回計画で屋根構造を防腐・防蟻処理した CLT、S 造の併用構造とし、実証実験により構造特性値を確認。また、実施設計で汎用性、低コスト性を検討することで、空港旅客ターミナルビルという公共施設に CLT を用いた木質化空間とすることで、より一層の CLT 利用の加速的普及を目指した。
＜実証事業の課題＞
・沖縄離島の厳しい環境における CLT の防腐・防蟻対策、断熱性能、防水性能
・下地島の厳しい環境と CLT との調和
・鉄筋を用いた接着の性能を持つ接合部（GIR 接合）仕様およびその構造特性値の取得
・CLT の接合部における安全性

３．実証事業の実施体制（または協議会構成員）

（建築主）三菱地所株式会社
（設計）株式会社日建設計
（実証実験、施工）山佐木材株式会社

４．課題解決の方法と実施工程

＜協議会の開催（予定）＞
平成 29 年 1 月：第 1 回開催、問題点洗い出し
平成 29 年 3 月 10 日：建材センター西日本において材料試験実施
平成 29 年 4 月 12 日：第 2 回開催　（問題点洗い出し、試験経過報告）
平成 29 年 7 月：第 3 回開催、進捗確認、施工性確認試験説明
平成 29 年 7 月：第 4 回開催、載荷試験
＜設計＞
平成 29 年 1 月～平成 29 年 6 月：実施設計
平成 29 年 1 月～平成 29 年 6 月：構造設計
＜性能確認＞
平成 29 年 1 月～平成 29 年 5 月:接合部要素試験（せん断試験、引張り試験）66 体、部分実大載荷試験４体、試験クリープ試験２体、実大２方向 CLT 載荷検証試験１体を行う
＜性能評価＞
平成 29 年 6 月：日本建築センター評定

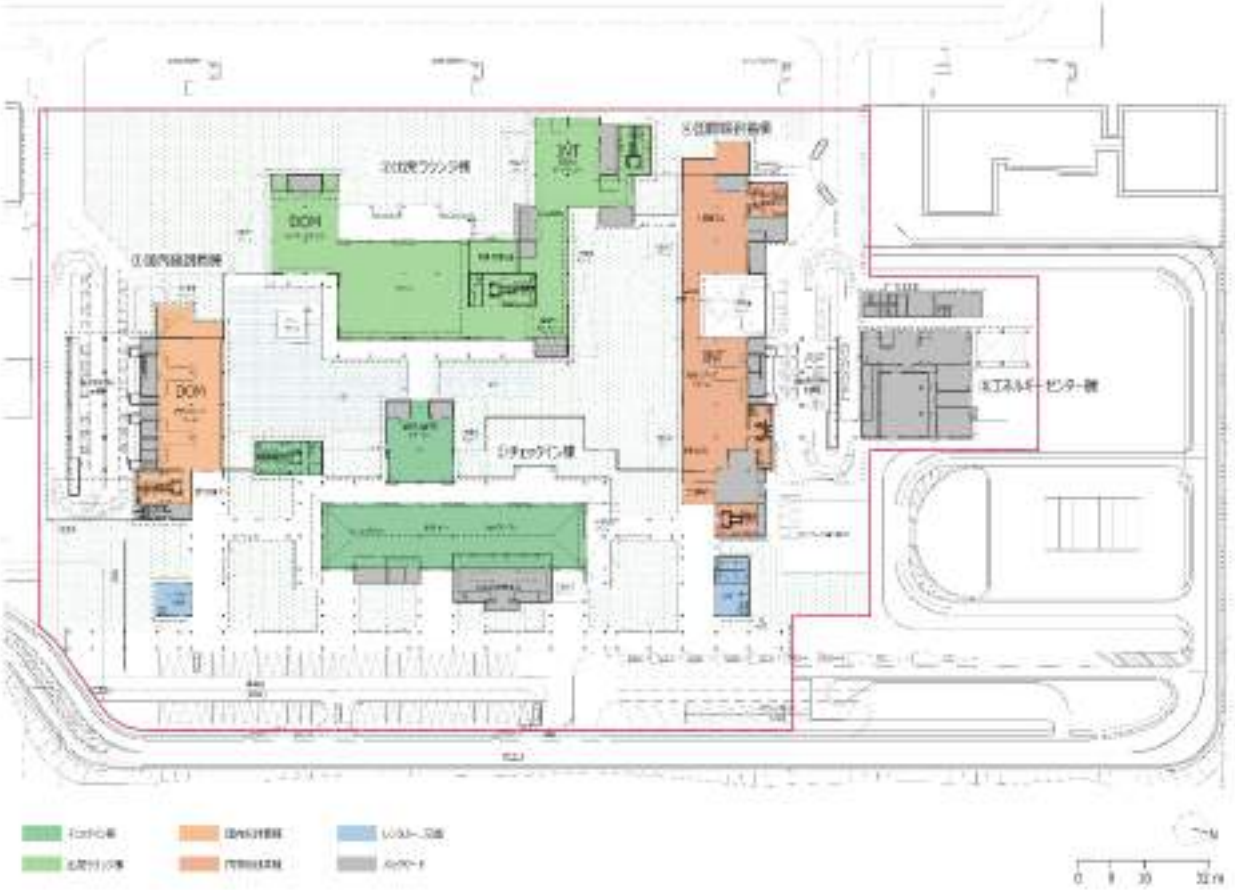
５．得られた実証データ等の詳細

・建築、構造実施設計図面
・設計に用いた部材の特性値、および CLT 接合部の最適納まりの検討過程
・スギ CLT 二方向フラットスラブと鉛直支持柱の接合部分の設計
・モックアップ試験により、現場で CLT を二方向に接合しながら二段に重ねて繋ぎ合わせてくみ上げる構造形式は、施工的にも可能であることの確認

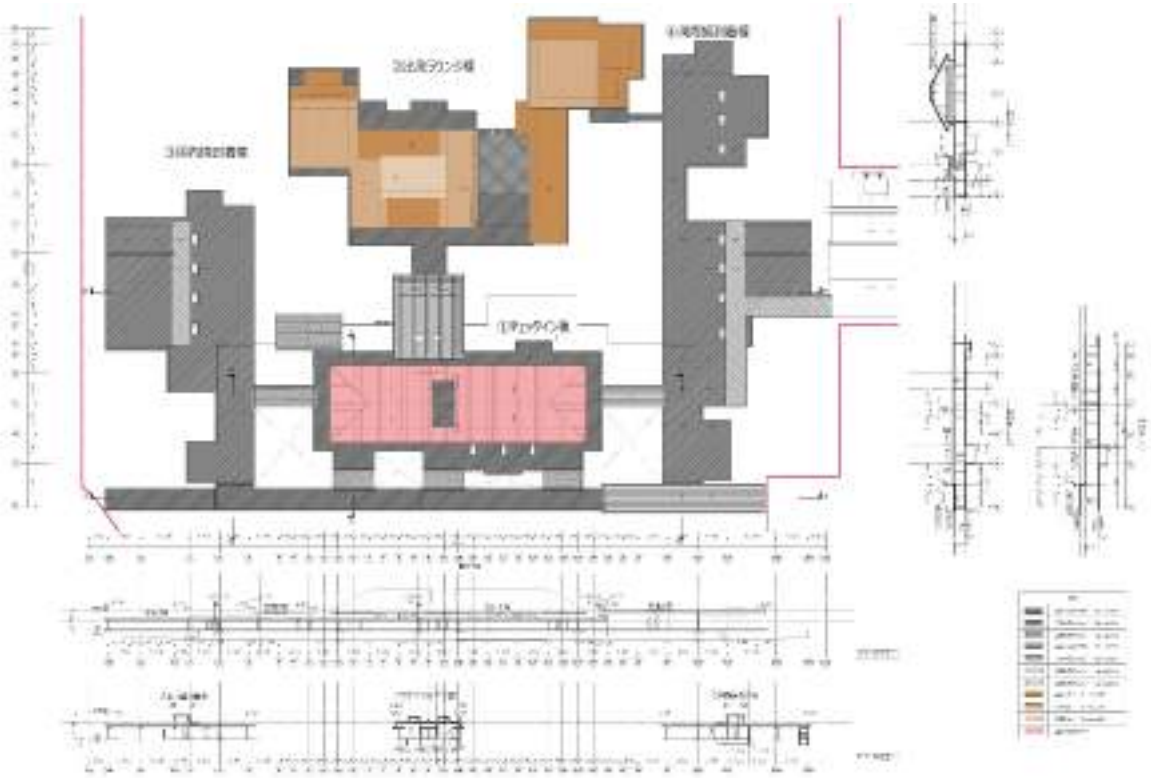
６．本実証により得られた成果

木の香り、ぬくもりを感じる印象に残る、まさに「五感に働きかける」木質空間は他の建材では実現できない心を癒す効果がある。それの空間を感じることで木材、CLT の魅力が広がり、今後の利用促進が図られる。また、CLT を屋根に利用する場合の断熱、防水の仕様など従来構造壁で使われていた CLT を屋根に利用する場合の先進事例となる。また、沖縄は厳しい自然環境、台風被害により木造建物がほとんどなくなっている。沖縄離島における防腐・防蟻対策は沖縄県における木材利、木造、CLT の需要拡大につながる。
構造的には、CLT 接合部の仕様を、汎用性を念頭に試験・検討し、その過程を取りまとめることにより、他の事業者が同様の検討を行う上で参考となる。また、同様の条件の建築物では強度データを構造設計に使用可能である。類似の建築物はないが、今後本建物と同様な構造を設計する上で本事業の接合性能およびクリープ性状データを適用でき、成果を広く普及できる。

7．建築物の平面図・立面図・写真等



１階平面図



屋根伏図、断面図

全体外観

出発ラウンジ棟内観

チェックイン棟内観

７．実証実験に向けて

直交集成板（以後 CLT と略す）は，厚さ 12mm から 36mm 程度の挽き板を幅方向に並べ，これを互いに直交して積層・接着した大型の木質パネルである。2016 年に日本でも CLT の許容応力度および基準強度が国土交通省告示（以後、告示）に追加されると共に，CLT パネル工法による構造方法・構造計算に関する技術基準が新設されて，構造設計に CLT を建築構造材料として容易に使用して設計できるようになった。しかし CLT パネル工法で想定している使われ方は，鉄筋コンクリート壁式構造のように CLT 床板の一方向に荷重を CLT 壁板に伝達させて，その CLT 壁板で鉛直荷重を支えながら水平力に抵抗するシステムを前提としたものであって，CLT 板の持つ面としての構成を最大限に生かせる建築空間表現ができるフラットスラブ構造に使用することは前提としていない。また CLT 同士の接合方法については,参考文献 1)で既製金物と引きボルトによる接合方法のみが示されているが，接合部金物等が表し状態で CLT 構造そのものの美しさを十分に活かし切れなくなるのが現状である。

CLT を用いた二方向フラットスラブ構造を用いた建物を設計して建設する事を目的として，CLT 二方向フラットスラブ構造形式とその構造の鉛直抵抗システムを開発し，その安全性と接合方法の設計法を検証するために各種の実験を行った。事項以降にその内容を報告する。

８．実証実験

構造計画では，最下部の屋根以外は屋根に構造用 CLT を用いており，陸屋根部では強軸方向を二方向に重ねるように CLT を二段に重ねて配置したフラットスラブ形状の構造形式としている。製造および運搬の制約から,CLT の最大寸法は２ｍ×４ｍであるため,CLT フラットスラブ部分での CLT の面内方向接合部には，外観上接合金物が見えないように，鉄筋を用いた接着接合（以後 GIR 接合と略す）を用いて長辺と短辺の二方向に接合する。また上下間の CLT の面外方向接合部も鉄筋を用いた GIR 接合によりシアキーを形成して一体化させる。鉛直荷重は，鉄骨支持柱（一部は鉄筋コンクリート柱上部に鉄骨支持金物を取り付ける）に取り付けた鉄板によるキャピタルを介して支持する。図１に CLT フラットスラブ構造の構成概念図を示す。

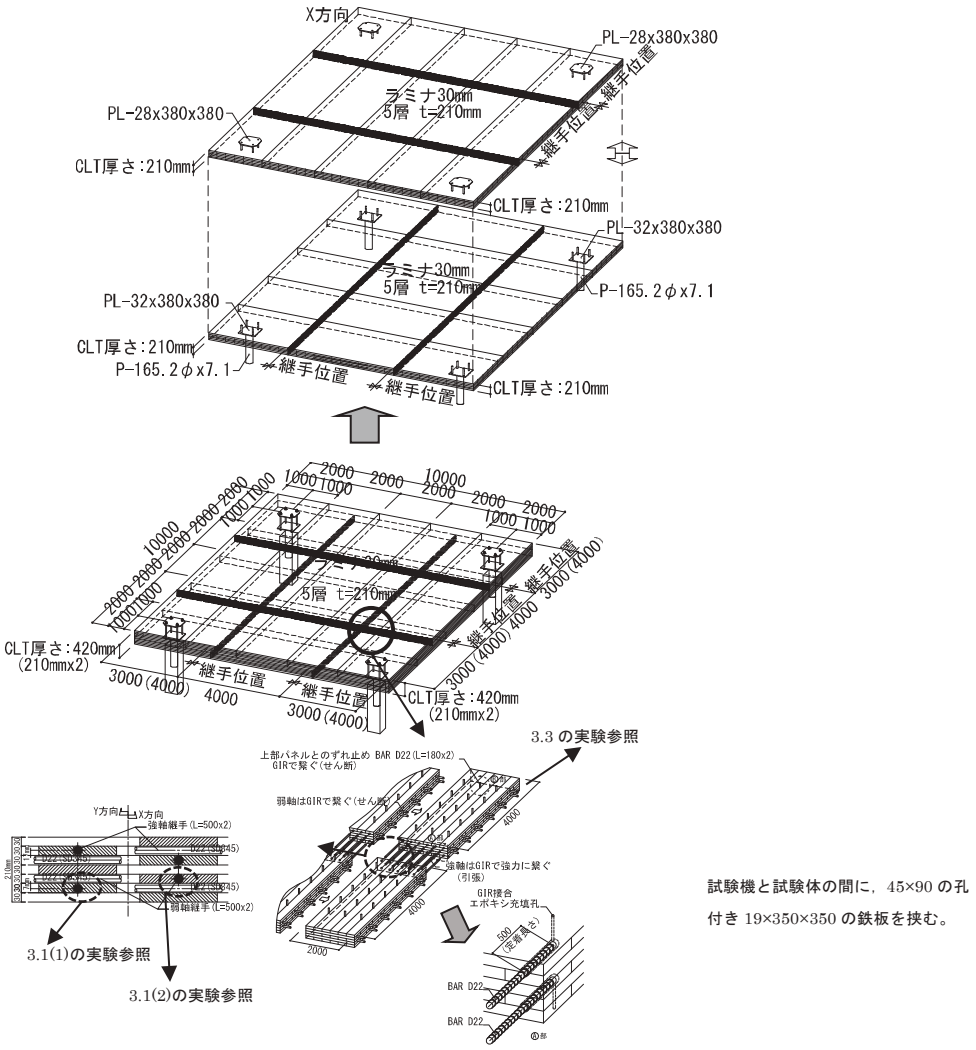


図１　CLT フラットスラブ構造の構成概念図

本建物では，８ｍ×８ｍグリッドとなる空間を，厚さ 210 ㎜の５層７プライのスギ S60A 種構成 CLT を二枚重ね合わせて二方向 CLT フラットスラブにして構成させている。

GIR 接合に着目し,CLT フラットスラブを構成する CLT 同士の接合に GIR 接合を用いて設計できるように,各種要素試験や実大試験体による載荷試験を行う事とした。

９．要素試験による CLT 接合部の設計

9.1　GIR 接合による曲げ抵抗部の設計

一般的に製材や集成材の接合部設計に用いられている鉄筋等を用いた GIR 接合では，参考文献2)～6)に示すように鉄筋コンクリート梁の設計に用いる略算式　$M=a_t \times f_t \times j$ を準用し，フラットスラブを構成する接合部位置により異なるラミナ位置と繊維方向を考慮して行われた各種引張実験から求まる耐力（$a_t \times f_t$）を用いて曲げ耐力を算定できる。すなわち，

CLT の各種面外方向設計用曲げ耐力　$M_{cal}=P_i \times j$　　(1)

M_{cal}：CLT の面外接合設計用曲げ耐力（長期・短期・終局時）

P_i　：ラミナの繊維方向と鉄筋位置を考慮した要素引張試験から求まる設計用短期基準耐力 P_y に対し，

長期 $P_i=1.1 \times P_y/2$　　(2a)

短期 $P_i=P_y$　　(2b)

設計用終局耐力 $Pi=\min(Pu,$ 鉄筋の降伏強度$)$　　(2c)

P_u　：木材で決まる設計用終局耐力＝（実験により求まる引張最大耐力 P_{max} の平均値）×ばらつき係数（$1-CV \times k$）　　(2d)

j　：応力中心間距離（$=7/8 \times d$）なお,d は部材せい

本建物のCLT同士の面内接合部では，CLTの強軸同士の部分およびCLTの弱軸同士の接合鉄筋の配置は，図2に示す断面位置に行う。そこで，以下に示す各方向の接合部の要素引張試験を行った。なお使用するCLTは，全て厚さ30mmのラミナを積層した厚さ210mmの５層７プライのスギS60A 種構成CLT，使用する鉄筋はD22（SD345）とし，各試験体は６体試験する。

（１）KE引張試験体の概要

５層７プライのCLTを引張面から見て積層の構成が強，強，弱，強，弱，強，強の配列となるように木取りしたCLT ブロックの材縁に近い2層目強軸層に，D22の鉄筋（以後D22鉄筋）を深さ500mm 挿入し，エポキシ樹脂接着剤を注入して定着させた接合試験体とした。この形式の試験体をKE引張試験体とした。Kは強軸使いを意味する。図４にKE引張試験体の概観と試験状況を示す。

鉄筋:D22(SD345)定着長さ 500
孔径 28φ 深さ 505

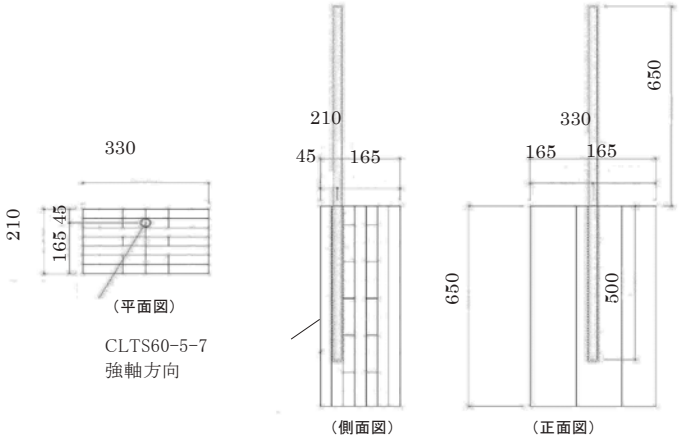


図２　KE引張試験体の概観と試験状況

（２）J75引張試験体の概要

５層７プライのCLTを引張面から見て積層の構成が弱，弱，強，弱，強，弱，弱の配列となるように木取りしたCLT ブロックの材縁から3 層目の強軸層（材縁から75mm）に，D22鉄筋を深さ500mm 挿入し，エポキシ樹脂接着剤を注入して定着させた接合試験体である。この形式の試験体をJ75 試験体とした。Jは弱軸使いを，75は縁距離が75mmであることを意味する。図3にJ75 試験体の概観を示す。

（３）シアキー引張試験体の概要

後述するシアキー部分の引張能力を確認するために，5 層7 プライのCLTに面外からD22鉄筋を深さ180mm 挿入し，エポキシ樹脂接着剤を注入して定着させた接合試験体である。この形式の試験体をシアキー引張試験体とした。図4にシアキー引張試験体の概要と試験状況を示す。

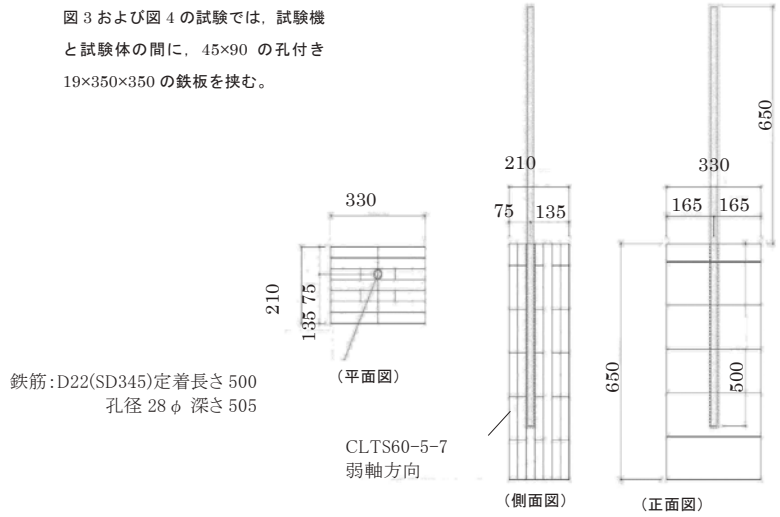


図３　J75引張試験体の概観

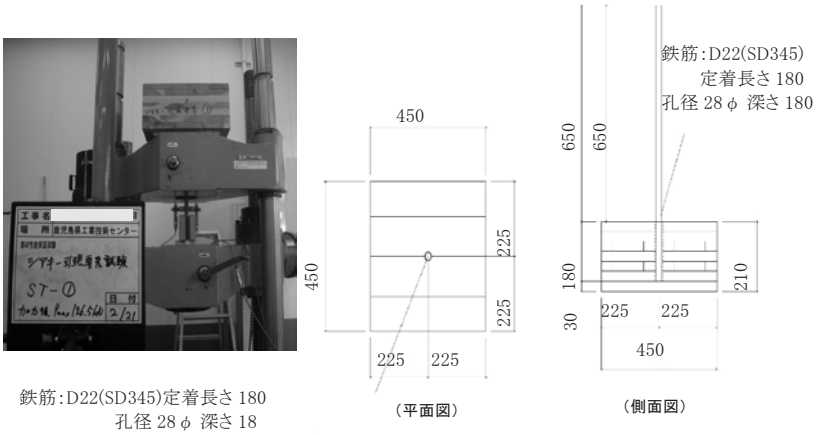


図４　シアキー引張試験体の概観と試験状況

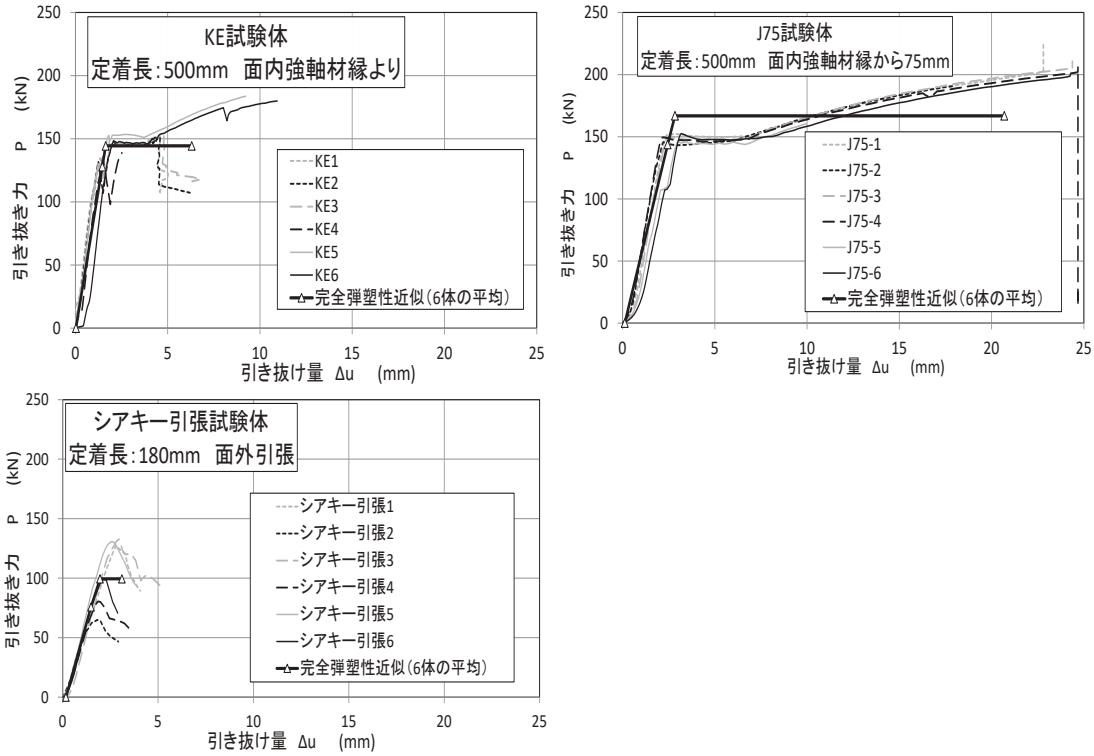


図５　各種引張試験体の荷重変形関係と完全弾塑性近似の結果

（４）各種引張試験結果

各種引張試験の６体の荷重（P）－引き抜け量(Δu)の関係と，６体の試験体で得られた完全弾塑性近似の結果の平均値のプロットを，図７に示す。なお，以降で述べる各要素試験体の剛性，降伏耐力，終局耐力等を評価は，参考文献7)で示されている完全弾塑性近似によった。なおKE試験体において，降伏時以降に挙動の異なるものであるが，長期荷重によってその応力状態にならないので，破壊モードの異なる影響は配慮していない。

各種引張試験結果から，６体の平均と標準偏差より算出されるばらつき係数を考慮して，強軸方向の接合に対する設計値は，D22鉄筋定着長さ500㎜のKE引張要素試験から，設計用短期基準耐力P_yは78 kN/本，P_uは118kN/本を採用した。弱軸方向の接合に対する設計値は，D22鉄筋定着長さ500㎜のJ75引張要素試験から，短期基準耐力P_yは96kN/本，P_uは145kN/本を採用した。ちなみに鉄筋の短期許容耐力は133.5kN/本，鉄筋の降伏強度(F×1.1)は146.9kN/本である。またシアキー接合部の引張耐力に対する設計値は，D22の鉄筋定着長さ180㎜のシアキー引張要素試験から，短期基準耐力P_yは22kN/本，P_uは38kN/本を採用した。

9.2　GIR接合によるCLT実大面外曲げ試験による検証

CLT同士のGIR接合を検証するために，１m幅で厚さ210㎜の５層７プライのスギS60A 種構成CLT で，８-D22の鉄筋でGIR接合した強軸方向の実大面外曲げ試験を行った。図８に試験体図を，写真１に試験状況と試験体の破壊状況を示す。なお(1)式による試験体の接合部の設計用曲げ耐力は，以下のようになる。

設計用長期許容曲げ耐力：
$M_a = P_i \times j = 8 \times (1.1 \times 78.0/2) \times (210-45) \times 7/8 \times 10^{-3}$
$= 49.55$ kNm/m
設計用短期許容曲げ耐力：
$M'_a = P_i \times j = 8 \times 78.0 \times (210-45) \times 7/8 \times 10^{-3}$
$= 90.09$ kNm/m
設計用終局曲げ耐力：
$M_u = P_i \times j = 8 \times 118.0 \times (210-45) \times 7/8 \times 10^{-3}$
$= 136.29$ kNm/m

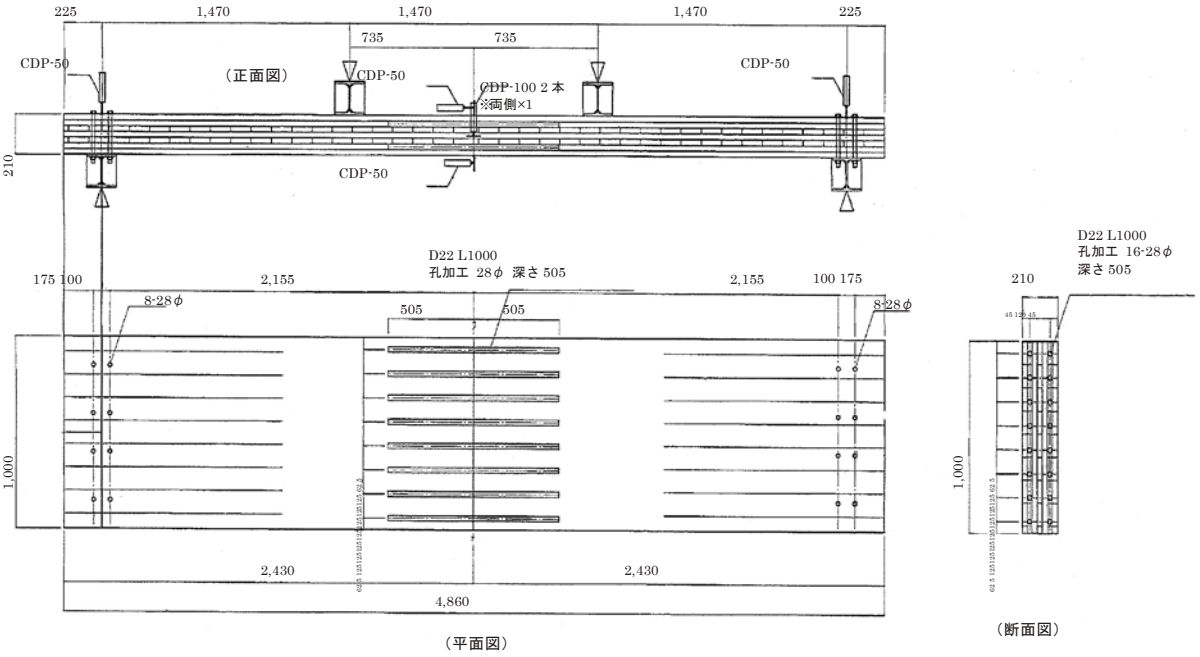


図6　CLT板の強軸実大面外曲げ実験試験体図

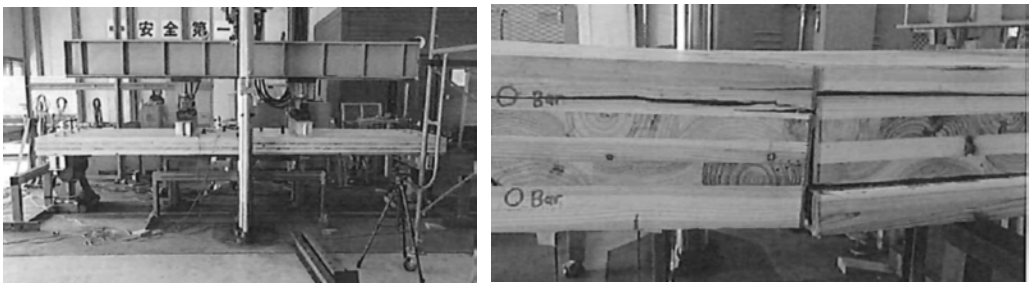
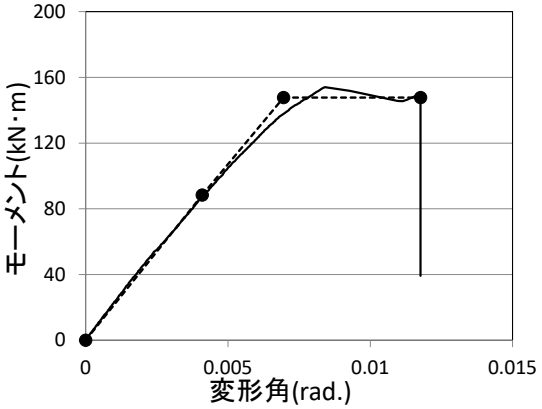


写真１　CLT板強軸実大面外曲げ実験状況および破壊状況



最大モーメント	M_{max}	kN・m	154.1
最大モーメント時変形角	θ_{Mmax}	$\times 10^3$rad	8.41
降伏モーメント	My	kN・m	88.4
降伏変形角	θ y	$\times 10^3$rad	4.09
終局モーメント	Mu	kN・m	147.7
終局変形角	θ u	$\times 10^3$rad.	11.8
剛性	K	kN・m/rad.	21244
降伏点変形角	θ v	$\times 10^3$rad.	6.95
塑性率	μ		1.69
構造特性係数	Ds		0.65

図７　CLT板強軸実大面外曲げのM－θ曲線，完全弾塑性モデル

更に図７には，CLT強軸方向の接合部位置での面外曲げモーメントと変形角の関係（以後M－θ曲線）を示す。図中には上記で計算した各種曲げ耐力も，実験したM－θ曲線上にプロットしている。これより設計で用いた各種基準値はおおむね実大実験値以下であり，CLTの強軸方向の接合に既往のGIR接合に用いられている設計式の準用は，安全側であって可能な範囲と考える。

9.3　GIR接合によるCLT重ね部のせん断抵抗部の設計

本建物のCLTフラットスラブは,CLT同士を重ね合わせて重ね梁のように用いている。CLT同士の面外接合部では，参考文献7)に示されている重ね梁の設計法を参考にして，GIR接合部内に挿入したD22鉄筋のダボ効果により，上面CLTと下面CLTのずれ止めを形成させて，重ねたスラブの剛性が，それらを一体化と仮定したスラブの面外曲げ剛性の７割以上が確保できるように，CLTの面内に約400mmピッチごとに配置している。その際にGIR接合部のせん断抵抗能力を確認するために，以下に示す接合部の要素せん断試験を行った。なお使用するCLTは，全て厚さ210mmの５層７プライのスギS60A　種構成CLT，使用する鉄筋は,D22（SD345）である。

（１）JKKJ せん断試験体

厚さ210mmの５層７プライのCLTの２枚を，内側を強軸方向（K と記す）に，外側を弱軸方向（J と記す）に配して，長さ380mm （定着長さは180mmと210mm）のD22鉄筋を貫通させてエポキシ樹脂接着剤を注入して，木材と鉄筋の間を固着させた接合試験体である。試験では二 組のJK-CLTを背中合わせにして，M16 ボルトの開き止め治具を用いて一体化してせん断試験体とした。この形式の試験体をJKKJ 試験体と称す。図8にJKKJ 試験体の寸法と鉄筋の配置を示す。試験では,摩擦を除去してD22鉄筋のダボ抵抗のみを評価するため，テフロンシートを接合面に挟んだ。

（２）シアキーせん断試験結果

シアキーせん断試験の６体の荷重（P/2）-相対せん断変位（u）の関係と，６体の試験体で得られた完全弾塑性近似の結果の平均値のプロットを図9に示す。

D22鉄筋定着長さ180mmの６体のせん断試験結果から平均と標準偏差より算出されるばらつき係数を考慮して，CLT同士を重ね合わせた場合に用いるシアキー接合部の面内せん断耐力は，接合鉄筋一か所あたり設計用短期基準耐力Q_yは29kN/本，Q_uは63kN/本を採用した。

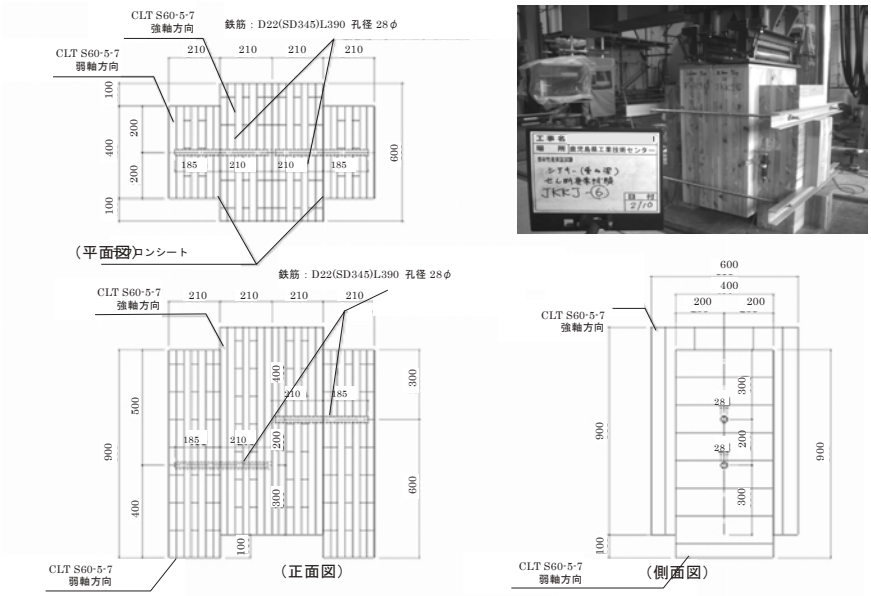


図８　JKKJせん断試験体の概観とせん断試験状況

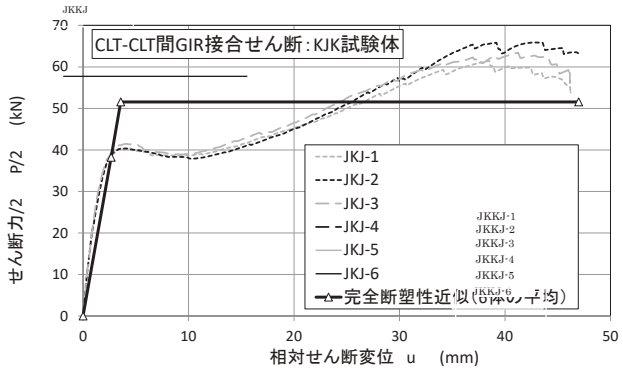


図９　せん断試験体の荷重変形関係と完全弾塑性近似の結果

１０．CLT フラットスラブの設計手法とその検証

二方向フラットスラブは，合理的に設計するにはFEM解析による手法が一般的である。しかしFEM解析を設計で扱うには煩雑であるため，日本建築学会編鉄筋コンクリート造構造計算規準・同解説に示すフラットスラブの設計の従い柱列帯と柱間帯とに便宜上に分けてスラブとして検討する方法や，柱－柱間をフラットビームの骨組構造として設計する方法がある。ここでは，図10に示すフラットスラブの検討方法として，柱－柱間をフラットビームとしてCLT重ね梁に置換した骨組構造として検討する。

10.1　CLT 重ね梁をトラス置換による設計方法

柱－柱間をCLT重ね梁として置換し，一方向に支持する上面のCLTスラブを，直交するCLT重ね梁が受けてそれを柱まで伝達させると考える設計方法[9]である。平成28年国土交通省告示第561号～564号では，全てのCLTの種類と方向に対して面外曲げ基準強度を与えていないので，CLT重ね梁の断面検討方法としては，各節点をピン接合とし，上面CLTおよび下面CLTを弦材とし，シアキー接合部特性を斜材でモデル化したトラスに置き換えて検討することで，各CLTは面外方向の曲げ基準強度を考慮しないで検討できる。しかし設計としては，変形の適合性がなく合理性に欠けている。

10.2　等価曲げ剛性と等価曲げ耐力に置換して設計する方法

平成28年国土交通省告示第561号～564号によるCLTの告示では，繊維直交方向のラミナを無視して等価剛性を求めてその値をもとにCLTフラットビームの等価曲げ耐力を算出する方法[8]が採用されている。CLT重ね梁においても図11に示すように同様の考えとして，等価曲げ耐力を(4)式の曲げ基準強度で算出して比較する方法である。

$$F_b = \sigma_{b\_oml} \times (I_A/I_0) \times 0.4875 \qquad (4)$$

ここでは，実験に用いた厚さ(h/2)を210mmとした５層７プライのスギS60A 種構成CLT の平均曲げ剛性として，強軸面外曲げ剛性を6.89ｋN/mm^2，弱軸面外曲げ剛性を0.75ｋN/mm^{2}とすると，中立軸は，弱軸側よりxが251.2mmとなる。また本試験体に用いたスギラミナの曲げ基準強度σ_{b_oml}に27N/mm^{2}と採用すると，Fbは9.58N/mm^{2}となる。

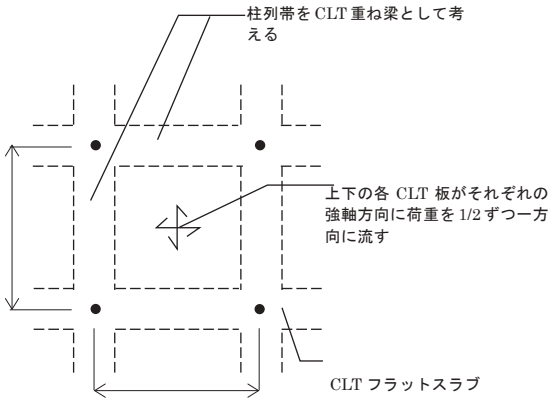


図１０　CLT スラブの荷重伝達の考え方

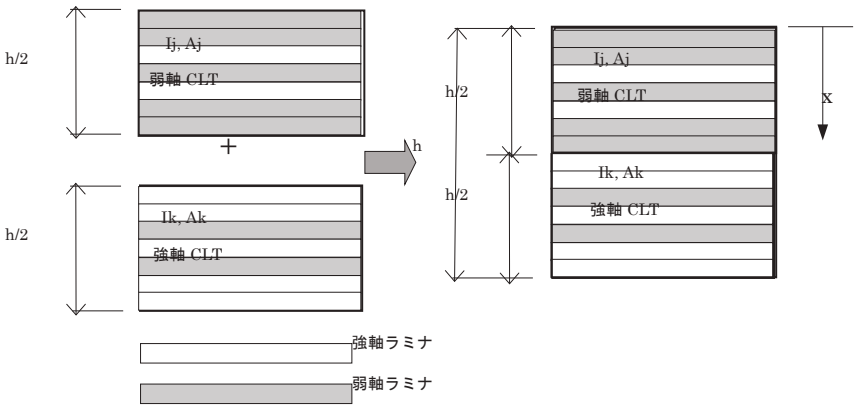


図11　CLT重ね梁の考え方の概念図

この考えから厚さ(h/2)を210mmとした５層７プライのスギS60A種構成CLTを２枚重ね合わせた梁せい420mmのCLT重ね梁を検討すると，1m当りの部材の設計用終局曲げ耐力は，M_uが281.6kNm/mとなる。

10.3　重ね梁のGIR接合部の既往の計算式による断面検討

CLTフラットスラブにおいては，柱―柱間をCLT重ね梁によるフラットビームとすると，下面がCLTの強軸側で上面がCLTの弱軸側となる重ね梁（重ね梁①とする）と，下面がCLTの弱軸側で上面がCLTの強軸側となる重ね梁（重ね梁②とする）が存在する。その時の部材の接合部分は図12に示すようなGIR接合とする。この場合の接合部耐力を(1)式による検討によって評価する。なお，耐力の計算において(1)式を採用することについては，別途行った50％縮小の試験体を用いた長期載荷試験において，同じ仕様のシアキーを用いた重ねたスラブの剛性が，一体となった試験体の剛性の70～71％であったこと，および後述する実大重ね梁試験体による曲げ試験で0.4Mmax時に一体と仮定して計算される剛性の76～92％の剛性が確保でき，最終破壊においてシアキーの破壊が確認されなかったことから，妥当な判断と考えている。

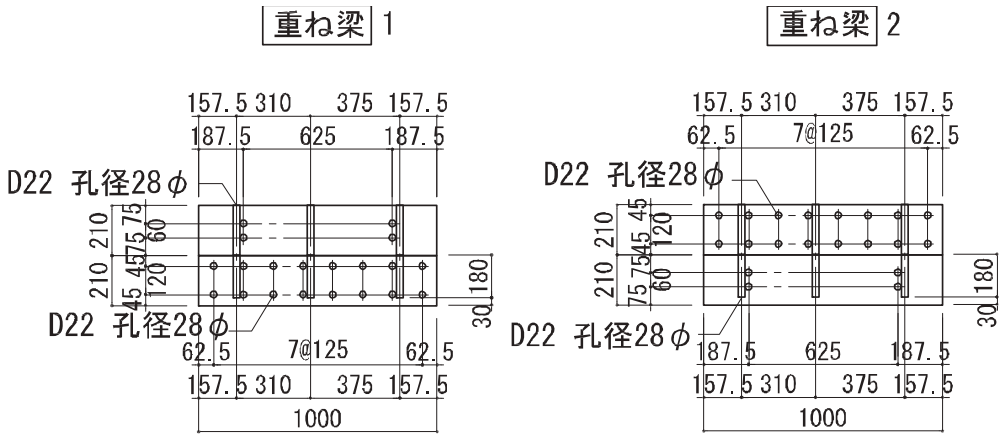


図12　CLT重ね梁における１m幅あたりの断面図

（１）S60５層７プライ CLT の２段重ね梁①（下段が強軸方向，下段強軸方向 CLT に対して各 8-D22 鉄筋を表層から２層目と６層目のラミナに配置。）

設計用長期許容曲げ耐力：

$M_a = P_i \times j = 8 \times (1.1 \times 78.0/2) \times (420-45) \times 7/8 \times 10^{-3}$

＝112.61ｋNm/m　　［(5a)図 14 中△印で示す］

設計用短期許容曲げ耐力：

$M'_a = P_i \times j = 8 \times 78.0 \times (420-45) \times 7/8 \times 10^{-3}$

＝204.75ｋNm/m　　［(5b)図 14 中◇印で示す］

設計用終局曲げ耐力：

$M_u = P_i \times j = 8 \times 118.0 \times (420-45) \times 7/8 \times 10^{-3}$

＝309.75ｋNm/m　　［(5c)図 14 中□印で示す］

なお(1)式による重ね梁①の接合部の計算式では，4.2 で示す CLT 重ね梁の母材基準強度を超えているので，設計としては母材強度で性能が決まることになる。

（２）S60５層７プライ CLT の２段重ね梁②（下段が弱軸方向，下段弱軸方向 CLT に対して各２-D22 鉄筋を表層から３層目と５層目のラミナに配置，なお設計では，これらの引張鉄筋に対して平均鉄筋重心として計算する。）

設計用長期許容曲げ耐力：

$M_a = P_i \times j = 4 \times (1.1 \times 96.0/2) \times (420-105) \times 7/8 \times 10^{-3}$

＝58.21ｋNm/m　　［(6a)図 15 中△印で示す］

設計用短期許容曲げ耐力：

$M'_a = Pi \times j = 4 \times 96.0 \times (420-105) \times 7/8 \times 10^{-3}$

＝105.84ｋNm/m　　［(6b)図 15 中◇印で示す］

設計用終局曲げ耐力：

$M_u = P_i \times j = 4 \times 145.0 \times (420-105) \times 7/8 \times 10^{-3}$

＝159.86ｋNm/m　　［(6c)図 15 中□印で示す］

１０.４　CLT 重ね梁試験による検証

CLT重ね梁は，計算式だけでは十分に安全性を検証することができない。そこで幅１ｍの実大CLT重ね梁の単調４点載荷試験により，曲げ耐力を算出して検証する。

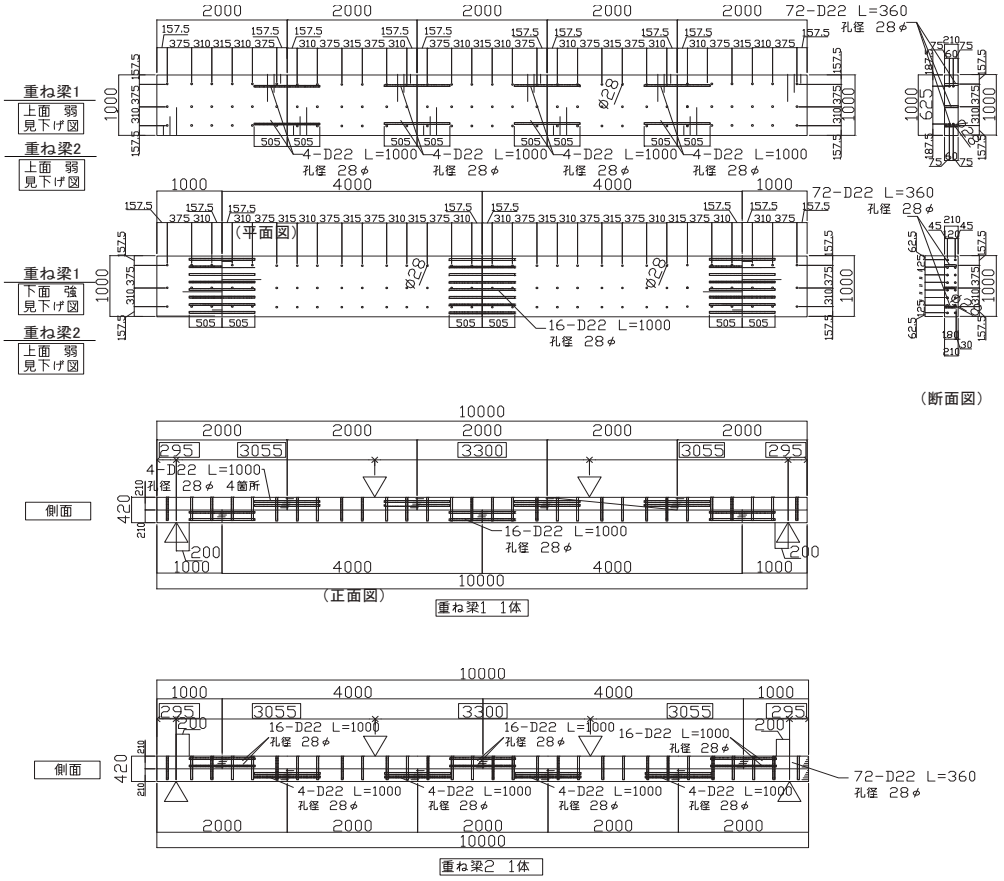


図13　CLT重ね梁試験の試験体図

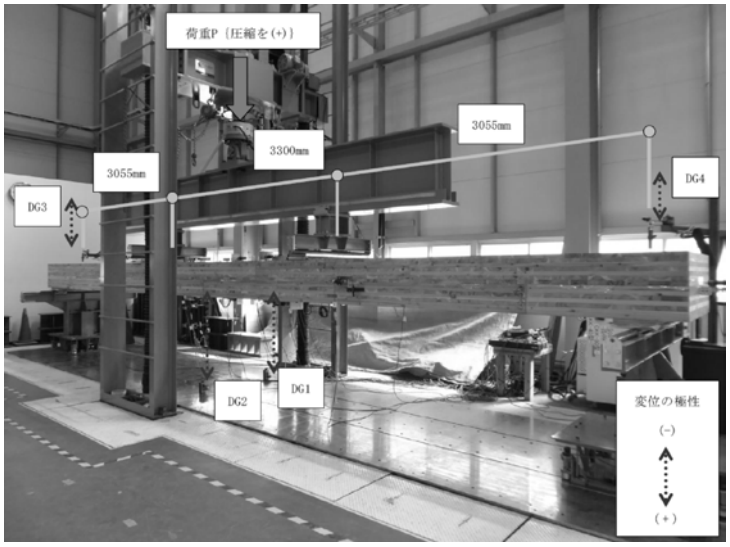
重ね梁試験体を図13に，実験状況および破壊状況を写真２に示す。なお試験体部材の中央部の変形角θは,部材中央部より左右に750mmずつ離れた1500mmの区間の上面と下面の水平方向の変形をもとに算出している。さらに図14～15には，CLT重ね梁①および②のM－θ曲線結果を示す。図中には前項でで計算した各種曲げ耐力も,実験したM－θ曲線上にプロットしている。

これによると,設計で用いた各種基準値はいずれも実大試験の値以下であり,CLT重ね梁（下段強軸方向）の接合設計レベルでは,既往のGIR接合に用いられている設計式の準用は安全側であって可能な範囲と考える。さらに詳細に破壊モードを検討すると,重ね梁①においては,下端の引張方向接合部で，接合部付近の曲げ変形に対して接合鉄筋の曲げ剛性が高く,CLTに二次応力が生じたことが原因による割裂破壊が生じている。しかし長期荷重に対する設計で考慮すべき耐力は十分確保できている。また重ね梁②では，試験結果の値が，はるかに本設計法による値を上回っているおり,設計式は安全側過ぎている。

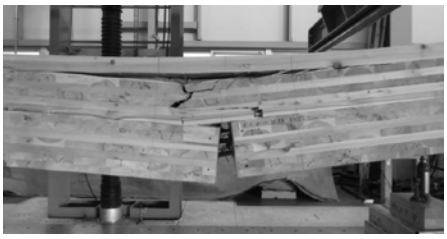
表１　CLT重ね梁試験の結果一覧

試験体記号	最大荷重時			最大モーメント		曲げ強さ	曲げヤング係数
	荷重 (kN)	変位δ (mm)	試験体の状況	M (kN・m)	θ (×10⁻³rad.)	F_b (N/mm²)	E_b (kN/mm²)
重ね梁①	248.6	215.3	スパン中央ＩのCLT材の割裂	379.7	11.5	12.9	3.5
重ね梁②	210.0	※	CLT材の割裂を伴う鉄筋の引き抜け	320.8	5.44	10.9	2.8

（注）１．表中の変位δ，モーメント(M)，変形角(θ)は以下により算出した。
δ：部材中央部の鉛直変形（mm）
M=P/2×3.055（kN・m）
θ：部材中央部の変形角（rad.）
２．表中の※は，変位計が試験中にゲージアウトし，変位δの算出が行えなかった試験体を示す。



重ね梁①（下面が強軸側）



重ね梁②（下面が弱軸側）

写真２　CLT 重ね梁試験状況および破壊状況

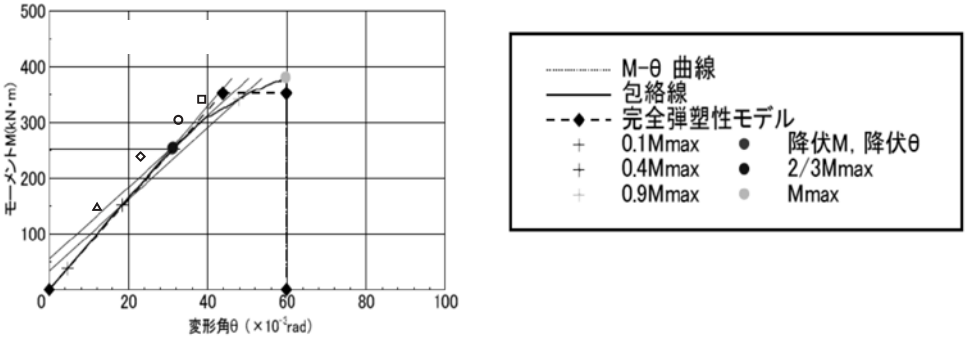


図14　CLT重ね梁①のM－θ曲線，包絡線および完全弾塑性モデル

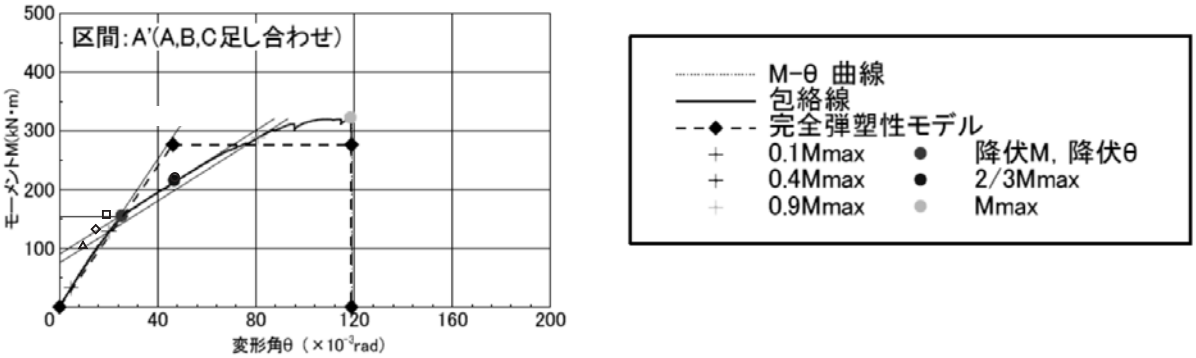


図15　CLT重ね梁②のM－θ曲線，包絡線および完全弾塑性モデル

11. 要素試験によるCLTフラットスラブと鉛直支持柱接合部の設計

二方向 CLT フラットスラブを鉄骨柱で鉛直支持する機構を考えた場合,鉄骨柱の柱頭に鉄板を付けてCLTフラットスラブを支持する形式とする。しかしその支持機構については,単純なCLTへのめり込み機構なのか鉄筋コンクリート造の独立基礎等で考えるパンチングシアー現象の考慮が必要かどうかを検討する必要がある。そこで1/2縮小試験体を作成して,柱頭にフラットプレートを取り付けた鉛直支持柱の CLT フラットスラブへの接合を想定したパンチングシアー試験を行った。試験体の概観と試験状況を図 16 に示す。なおフラットプレートの大きさは,告示で規定する CLT のめり込み強度から算出されるフラットプレートの必要面積の約 1.33 倍とし，2枚の CLT を重ねた時のずれ止め用のシアキーは,前述の配置に対して1/2縮小に相当するように配置した。図17に最終破壊状況を示す。

図 17 に,パンチングシアー試験の荷重変形曲線と最終破壊状況の一例を示す。1/2 縮小試験体によるパンチングシアー試験より， 試験の最終段階では試験体下部で割裂破壊が一部生じているものの,主な破壊性状は明らかに CLT の面外方向のめり込み強度に依存していて,鉄筋コンクリート造のようなパンチングシアーによる広がった破壊状況は発生していない。したがって設計では,(7)式を採用することが妥当と判断できる。すなわち,

$$Pu = \min(Pu1, Pu2) \qquad (7)$$

ここに，Pu：柱支持部耐力，P1：CLTの面外方向めり込み耐力

Pu2：支持鉄板面外曲げ耐力

なお,スギCLTの柱支持部のめり込み耐力は，告示で示される基準強度 F_{cv} (6.0N/mm^2)を元に算出できる。

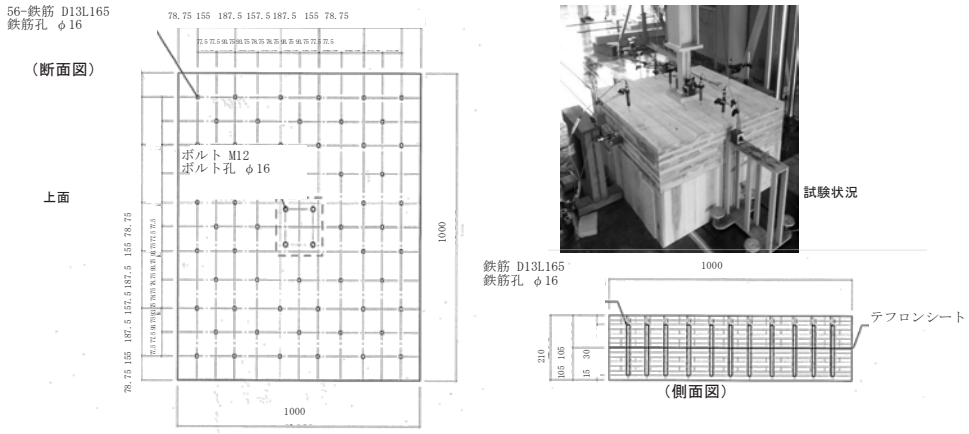
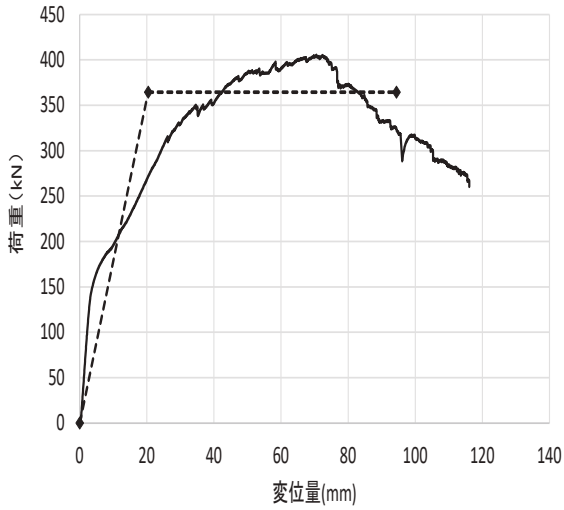


図16　パンチングシアー試験体の概観



試験終了時のめり込み状況

試験体下部の割裂状況

図17　パンチングシアー試験による荷重変形曲線と最終破壊状況

１２．まとめ

・CLT を用いた二方向フラットスラブ構造を用いた建物を設計して建設する事を目的として，CLT 二方向フラットスラブ構造システムを開発した。

・CLT 二方向フラットスラブの柱－柱間をフラットビームとして CLT 重ね梁に置換した

・骨組構造とした設計の場合,引張側の最外層のラミナが繊維方向となる強軸方向の CLT および CLT 重ね梁に対して,面外曲げに対して既往の GIR 接合時に用いられる設計式で接合部設計をすることは，安全側であって可能な範囲と考える。

・引張側の最外層のラミナが繊維直交方向となる CLT 重ね梁に対しては，単位幅の CLT 重ね梁の面外曲げ試験の実験値は、はるかに本設計法による値を上回っているおり,設計式は安全側過ぎている。したがって,今後より精度の高い設計式を確立する際には更なる検討事項と考えられる。

・スギ CLT 二方向フラットスラブと鉛直支持柱の接合部分の CLT 側の設計では,めり込み強度のみを考慮すればよいことが実験で確認された。

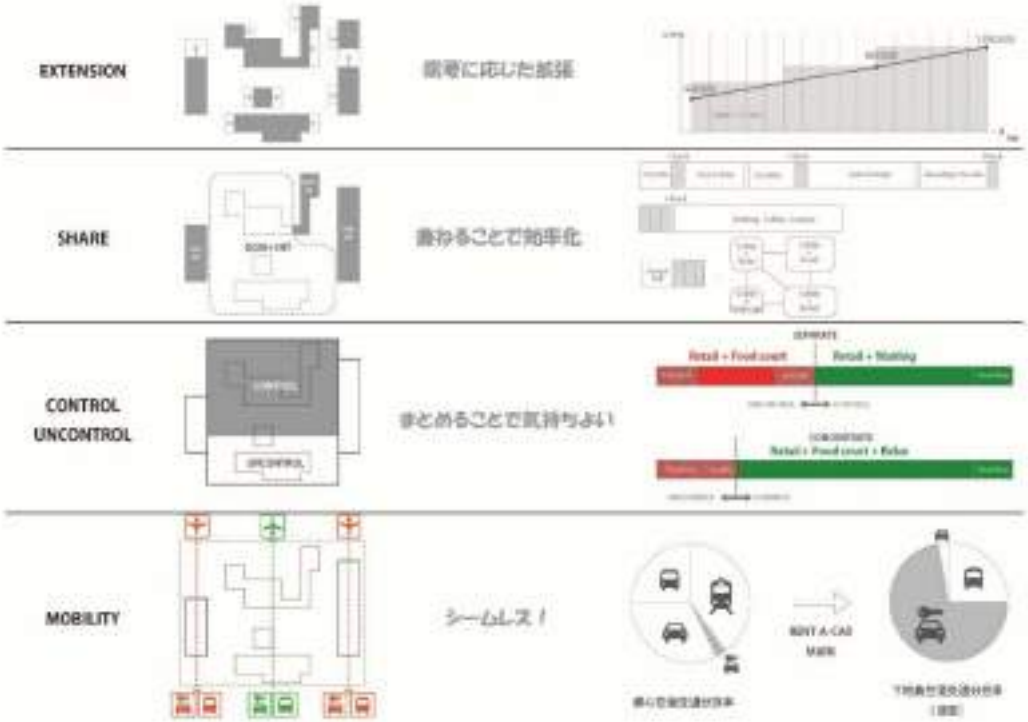
参考文献

1) (公財) 日本住宅・木材技術センター，2016 年版 CLT1 を用いた建築物の設計施工マニュアル，2016
2) 田中，井上，後藤：GIR(Glued-in Rod)接合法を用いた木質構造接合部の曲げ耐力算定法，日本建築学会九州支部研究報告　第 41 号,2002.3
3) 竹内，藤川，田中，後藤，井上：GIR(Glued-in Rod)接合法を用いた木質構造接合部の回転剛性に関する研究（その１）推定方法の検討及び継手接合部実験による検証，日本建築学会九州支部研究報告　第 44 号,2005.3
4) 石谷，竹内，田中，後藤，井上：接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構に関する研究（その１）引抜試験の概要及び実験結果，日本建築学会九州支部研究報告　第 45 号,2006.3
5) 竹内，石谷，田中，後藤，井上：接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構に関する研究（その２）引抜試験結果の考察及び検討，日本建築学会九州支部研究報告　第 45 号,2006.3
6) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2010
7) (財) 日本住宅・木材技術センター，木造軸組工法住宅の許容応力度設計(2008 年度版)，pp.586，2008
8) 日本建築学会：木質構造設計基準・同解説 2006 年版，2006
9) 日本建築学会：木質構造基礎理論，pp.107～111，2010

13. 実証実験の実現にむけて

実証実験に基づき下地島空港旅客ターミナルの設計を行った。
設計図は別途成果品に示すが、今までにない宮古島の自然を生かしたヴィラタイプの新しい空港となる。

木の板をばらまいたような形態が生み出す空港だからできること



出発ロ

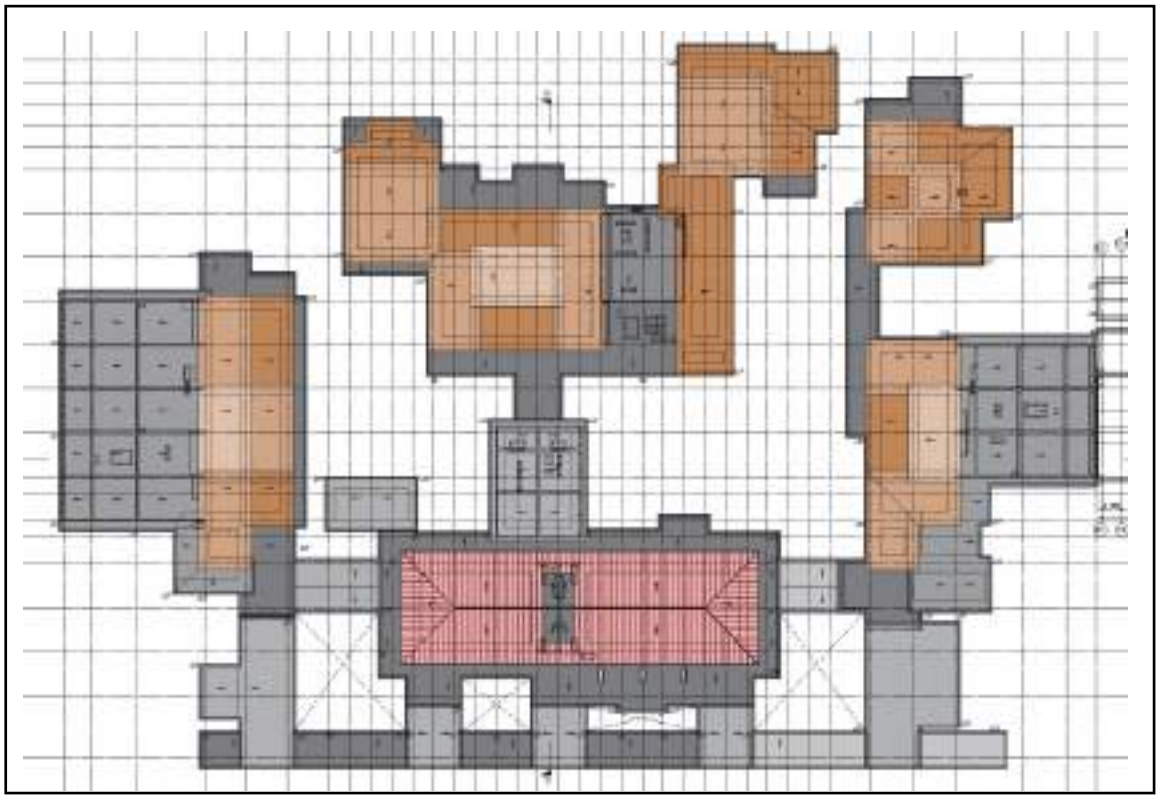
CLT コスト縮減、工期短縮について

設計開始時点では国内、国際到着棟の屋根も CLT で設計しておりました。
工期的な問題、コスト的な問題から、旅客が集まる、チェックイン棟、出発ラウンジ棟は CLT フラットスラブ構造とすることで、実証実験を建設に活かす結果となりました。

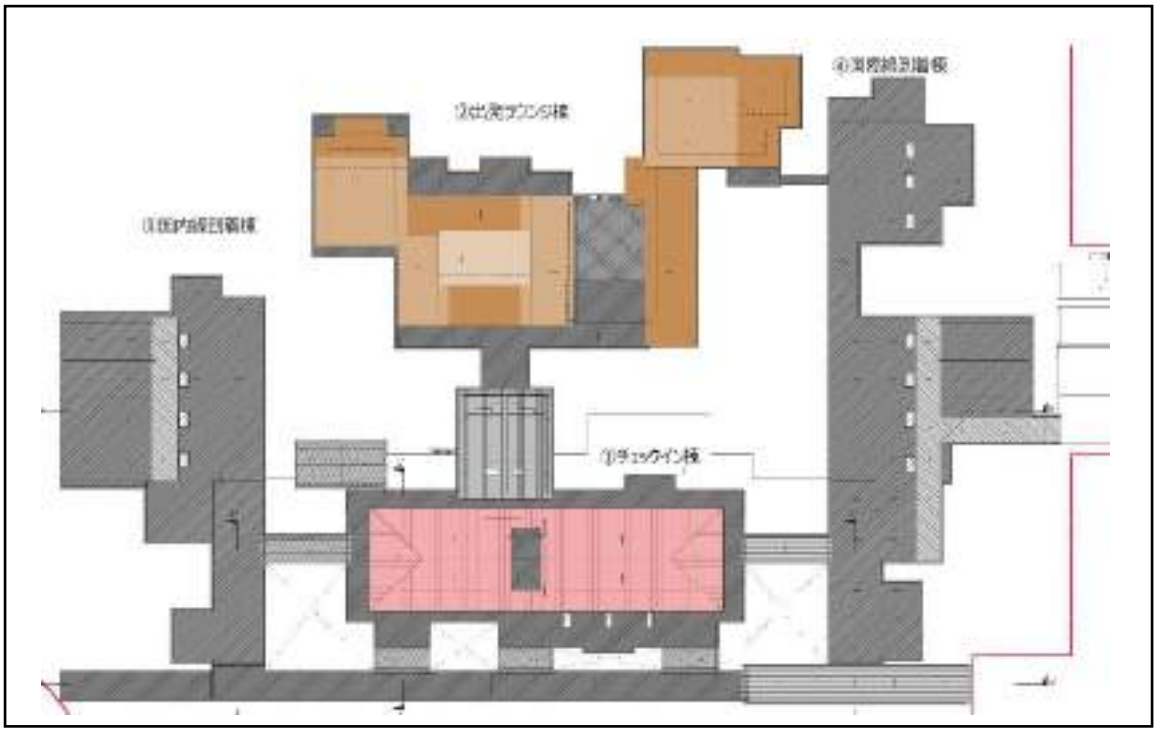
出発ラウンジではレベルを 3 段階に変えた CLT の隙間から CLT 屋根の反射光が室内にやさしく入り込む。8m x 8m の大スパン CLT 板は反射光が映り込み明るく、豊かなラウンジ空間となります。
チェックインロビーはスギ集成材張、調弦梁に支持された屋根は仕上げ材として赤瓦を張り、空港のアイコンとなる建物です。内部空間も CLT 板切妻屋根で構成された空間は、他の空港では見たことのない空間となります。
また、CLT と RC で構成された旅客ターミナルは庭や水盤を引き立て、印象に残る、五感に訴える空港になります。

今回は新たなチャレンジであったため、今後今回の実証実験の結果をさらに活かし、CLT のコスト縮減、工期短縮に取り組み、CLT の普及につなげたいと思います。

全体外観夜景



設計変更前屋根伏図



設計変更後屋根伏図