平成 26 年度林野庁補助事業
地域材利活用倍増戦略プロジェクト事業

CLT 等新たな製品・技術活用建築物実証事業

報告書

平成２７年３月

公益財団法人日本住宅・木材技術センター

はじめに

戦後造成した人工林が本格的な利用期を迎える中、林野庁「森林・林業基本計画」に基づいて国産材の利用拡大を図るためには、耐火性能等の問題から鉄筋コンクリート造・鉄骨造が主流となっている中高層建築物等の木造化を促進することが重要課題となっている。近年、中高層建築物等の木造化に有効なCLT（直交集成板）を普及させるために建築関係基準の整備に必要なデータの収集が行われているところであるが、現状ではCLTを構造体として使用する場合には時刻歴応答解析を行い、国土交通大臣の個別認定を取得して建設する必要がある。これには費用や技術の面でまだ高いハードルがあり、解決のためには建築実績を積み重ね、できる限り情報を共有することが有効である。この観点から、当センターではCLT等を活用した建築物の建築実績の蓄積および実証により普及のための課題点やその解決方法を明らかにすることを目的として、平成26年度林野庁補助事業「CLT等新たな製品・技術活用建築物実証事業」を実施した。実証を行う事業は公募に依ることとし、様々な可能性を確認するためCLTを構造体として使用する場合に限らず、部位での使用、既存の工法と組み合わせる仕様、またCLT以外の新たな製品・技術を用いたものについても広く募集した。その結果10件の応募があり、このうち4件の事業を採択し、実証事業を実施したので報告する。これらの事業の成果は、他の事業者がCLT等を用いて建築物を建設する際に有効な資料となるはずである。

実施事業者の方々には短い期間の中で事業に取り組んでいただき、事業の進行にご尽力いただいた。また、当センターに設けたCLT等を活用した建築物実証事業検討委員会の委員の方々には、事業の進め方、事業採択、事業の取りまとめ方法についてご指導いただいた。関係各位に厚くお礼申しあげます。

平成２７年３月

公益財団法人日本住宅・木材技術センター

理事長　　岸　純夫

平成 26 年度　CLT 等を活用した建築物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：有馬　孝禮　東京大学名誉教授
河合　直人　工学院大学建築学部建築学科　教授
河合　誠　（一社）日本 CLT 協会　専務理事
成瀬　友宏　（独）建築研究所防火研究グループ 上席研究員
桃原　郁夫　（独）森林総合研究所木材改質研究領域 領域長
山辺　豊彦　（有）山辺構造設計事務所　代表取締役
行　政：加藤　裕二　林野庁木材産業課木材技術班　係長
事務局：松川　隆行　（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
山田　誠　（公財）日本住宅・木材技術センター　特別研究員
大澤　朋子　（公財）日本住宅・木材技術センター　技術主任

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、壁倍率、時刻歴応答解析、床剛性、面内せん断試験

平成26年度　CLT等新たな製品・技術活用建築物実証事業報告書　目次

ページ

1　事業の概要

1.1　事業の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
1.2　公募の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
1.3　各実証事業の概要と事業の実施 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
1.3.1　各実証事業の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
1.3.2　現地調査 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
1.3.3　各実証事業の講評とまとめ ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
1.4　成果報告の構成について ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11

2　成果報告

2.1　（株）長谷萬 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
2.1.1　建築物の仕様一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15
2.1.2　実証事業の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16
2.1.3　成果物 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
・設計図抜粋 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
・面内せん断試験報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23
・施工レポート ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 33
2.1.4　工事費等の内訳 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38
2.2　法政大学　網野禎昭 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
2.2.1　建築物の仕様一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39
2.2.2　実証事業の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
2.2.3　成果物 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
・施工記録 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 44
・面内せん断試験結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 61
2.2.4　工事費等の内訳 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 66
2.3　ナイス（株） ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 67
2.3.1　建築物の仕様一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 67
2.3.2　実証事業の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 68
2.3.3　成果物 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72
・成果報告詳細 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72
2.3.4　工事費等の内訳 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 93
2.4　鍋野友哉アトリエ ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 95
2.4.1　建築物の仕様一覧 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 95
2.4.2　実証事業の概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 96
2.4.3　成果物 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 100
・成果報告詳細 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 100
・CLT要素試験結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 106
2.4.4　工事費等の内訳 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 116

１．　事業の概要

１．１　事業の概要

CLT 等新たな製品・技術活用建築物実証事業においては、建築材料として CLT 等を活用した建築物の建築実績の蓄積および実証により、普及のための課題点やその解決方法を明らかにすることを目的としている。当センターは、このような CLT 等新たな製品・技術を活用した建築物の設計･建築等の事業を公募し､実証性の高い優れた提案に対し、その事業経費の 1/2 を上限に助成を行った。事業の進行に当たっては、当センターに有識者により構成された「CLT 等を活用した建築物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、当センターホームページを通じて募集を行った結果 10 件の応募があった。検討委員会において審査を行い、4 件の実施者を採択することとした。公募の内容は以下のとおり。

（１）公募する事業内容

CLT 等新たな製品・技術を活用した建築物の設計・建築等を対象とする。また、提案される事業は、次の全ての要件に該当するものとする。

１）CLT 等の新たな製品・技術を活用した建築物を建築もしくは設計するものであること。なお、次の項目についても該当範囲内とする。

ｱ.　CLT 以外の新たな製品・技術を活用したものや、CLT を部分的に利用するもの。

ｲ.　工作物等を建築するもの。

ｳ.　建築予定のものであって、建築場所や資金計画等が明確になっているもの。

２）実証する項目が明確であるもの。

３）提案した事業内容が、平成２７年２月末までに完了できるもの。

（２）応募資格者

応募者は、建築主を基本とする。実証する事業内容が建築物の建築に至らない提案は、提案内容を主体的に実施する者であって事業経費を負担する者とする。

（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、本事業で実証する内容を明確にし、その該当部分についてのみを助成対象とする。

１）建築物の建築実証

例）CLT を利用した建築物を建築することにより、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

例）CLT を構造体として使用する建築物を設計するために、時刻歴応答解析および

性能評価等を実施するもの。

３）部材の性能実証等

例）CLT を利用した建築物を設計するために必要な防耐火、遮音、断熱等の性能試験を行うもの。

（４）事業規模

本事業規模は助成額（国庫補助金額）として全体で 32,000,000 円を予定。採択事業数の目安は１～４件程度。

（５）提案事業公募期間

平成 26 年 5 月 15 日（木）～6 月 10 日（火）（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

公募により採択した 4 件の実証事業の概要は表 1.3.1 のとおり。CLT を使用するものが 3 件、CLT 以外の新たな製品・技術を使用するものが 1 件であり、また今年度建設するものが 3 件、今年度は設計までとし次年度以降建設を行うものが 1 件となっている。建築工法で言えば､既存の木造軸組工法の範疇で CLT 等を床･壁に組み込むものが 3 件、CLT 工法として木造軸組工法には該当せず､時刻歴応答解析を行ったものが 1 件である。既存の木造軸組工法に組み込む手法は迅速性が期待され、時刻歴応答解析を行う手法は現在 CLT を構造体に用いて大・中規模建築物を建設する場合に求められる方法であり、検討過程が他の事業体の参考となると思われる。

事業の実施に当たっては、当センターで規定し林野庁の承認を受けた「CLT 等新たな製品・技術活用建築物実証事業　助成金交付規程」に沿って行った。各事業は助成金交付申請書を当センターが承認した日から実施し、平成 27 年 2 月末日までに終了した。

また、実施事業の成果は平成 27 年 3 月 12 日に行った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。

開催日：平成 27 年 3 月 12 日（木）13:30～15:05（15:20 からの第二部では CLT 普及のためのシンポジウムを実施）

会　場：木材会館　7 階大ホール

参加者：195 人

表1.3.1　CLT等新たな製品・技術活用建築物実証事業　実施一覧

番号	応募者名 （代表者）	応募事業名	実証の種類	使用材料の種類	材料の主な使用方法	実証内容	建設地	建築物概要	協力体制	本実証により得られた成果（概要）	担当者連絡先
1	株式会社長谷萬 代表取締役　長谷川　健治	CLTの耐力実験とCLT工事の構造体建築実証	建築、部材性能	CLT	構造体	時刻歴応答解析によらずにCLTを早急に普及させる方策の一つとして、在来軸組み工法にCLTを耐力壁として組み込み構造計算の簡略化、一般住宅用接合金物を採用してCLTの加工工程の省略、並びに一般工務店が手持ちする工具での施工を実証した。	群馬県館林市	※本件は既存鉄骨造工場建屋内に施工しており、建築基準法上は間仕切り壁扱い。 用途：既存工場建屋内の事務室 構造：木造軸組工法 階数：平屋建て 延べ面積：51.84㎡ 竣工年月：平成27年2月	CLT供給：銘建工業（株） 軸組構造材供給：（株）長谷川萬治商店 試験実施：東京大学生産技術研究所 設計：ビルディングランドスケープ一級建築士事務所 技術指導：東京大学　腰原幹雄	・軸組にCLTを組み込んだ壁の耐力試験により、壁倍率3.4倍相当の耐力を確認。 ・一般工務店が手持ちする工具での施工を確認。 ・CLT施工時のパネルの伸びやその吸収方法を確認。 ・今回の建築実証を今後の設計及び施工に活かすことによりCLTの普及が期待できる。	（株）長谷萬　カスタムホームズ事業本部 柳下　好弘 TEL：03-3643-1439
2	（個人）	低市場価値製材を活用したマッシヴホルツ構法の建築実証	建築、設計、部材性能	ブレットシュタッペル他	構造体、仕上・断熱を兼ねた構造体	・低市場価値な国産スギ製材品（間柱B材・芯持ち平角）を簡易な接合方法（ビス・釘・ダボ等）で整列積層してつくる構造用面材の製造方法を確認し、施工実証を行った。 ・今回検討した耐力壁の面内せん断実験で得られたデータを用いて構造計算を行い、耐力壁の有効性を確認した。	静岡県富士宮市	用途：専用住宅 構造：木造軸組工法 階数：2階建て 延べ面積：139.59㎡ 竣工年月：平成27年3月	木材供給：二宮木材（株） 設計：網野禎昭、（株）平成建設 構造設計：（株）宮田構造設計事務所 試験実施：カネシン開発試験センター 室内熱環境ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ：金子尚志 施工：（株）平成建設	・厚手面材に対する面内せん断試験の結果、壁倍率4.2、2.8相当の性能を確認した。 ・一部材料木材供給・加工体制に起因する歩留まりの低下が見られ、製材所でのパネル化等により更なる生産効率の向上を見込む。 ・本実証は小規模事業者向けの技術開発であり、多品種少量生産による幅広い応用域を持ち、中小規模建築向けの面構法として有効であることが明らかとなった。	法政大学　デザイン工学部建築学科 網野　禎昭 TEL：03-5228-1403
3	ナイス株式会社 代表取締役社長 平田　恒一郎	ナイス多賀城物流倉庫・事務所棟施設新築工事のための設計実証、部材の性能実証等	設計、部材性能	CLT	構造体	設計に当たって各種の部材仕様を検討し、これらの性能値を求めるために部材の接合部試験を行った。得られた値を基に部材の仕様を決定し、モデル化をし、時刻歴応答解析を行った。ベターリビングに性能評価申請を行い現在審議継続中である。	宮城県多賀城市	用途：事務所 構造：木造（CLT構法）一部RC造 階数：2階建て 延べ面積：356.70㎡ 竣工年月（予定）：平成28年3月 ※未着工	CLT等供給：銘建工業（株） 構造設計：木構造建築センター（株） 設計：（株）創建設計 ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞｰ：NPO　team Timberize 接合ビス・接合プレート：東日本PF、カナイ 実験：東日本PF、ベターリビング 評定：ベターリビング	・設定した接合方法とその性能値は、他物件にてCLTを使用する際に有用となる。表層の繊維方向による性能の違いやラグスクリュー接合の性能値など明らかになった点は多い。 ・時刻歴応答解析によるモデルの妥当性や検証方法について今後の有用な指針となりうる。 ・他の事業者がCLTを用いた住宅や非住宅木造建築物を建築する際の参考となることが期待できる。	ナイス（株）事業開発本部 小田　祐二 TEL：045-505-5714
4	（個人）	併用住宅（くりばやし整骨院）新築工事におけるCLT床構面の有効性の実証	建築、設計、部材性能	CLT	構造体（床構面）	狭小地における都市型住宅において、在来軸組構法にCLTを床構面に用いた建築を実証した。そこで得られるメリットやデメリットおよびその克服方法についても検証した。またCLT-軸組部について接合方法の要素実験を行い、その特性を明らかにして設計に反映し、施工方法についても実証した。	神奈川県藤沢市	用途：併用住宅 構造：木造軸組工法 階数：2階建て＋塔屋 延べ面積：107.50㎡ 竣工年月（予定）：平成27年4月	CLT等供給：銘建工業（株） 設計：鍋野友哉アトリエ 構造設計：福山弘構造デザイン 実験：東日本パワーファスニング（株） 施工：寛建設（株）	・CLTを水平構面に取り入れたプラットフォーム軸組工法での設計時の工夫や試験データ等は、主に床にCLTを用いて大スパン+床跳ね出し形式等を採用した建築物の設計で参考モデルとなる。 ・プラットフォーム軸組構法を用いる事により、日本における既存の技術や流通環境を活かして施工できることが分かった。	鍋野友哉アトリエ／TMYA 鍋野　友哉 TEL：03-3328-7511

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。調査概要を表 1.3.2～1.3.5 に示す。

１．３．３　各実証事業の講評とまとめ

本年度実施した 4 件について、平成 27 年 3 月 23 日に行った第 3 回検討委員会で講評を行ったのでその概要を示す。

（１）CLT の耐力実験と CLT 工事の構造体建築実証（(株) 長谷萬）

・耐力壁の仕様は土台・梁への留めつけだけで、柱への固定はないのか。柱にも留めつければもう少し耐力が出るように思う。
・壁倍率の性能評価を行う場合、今回の試験体仕様では横架材が先に破壊しており、軸組工法としてふさわしくないと見られる可能性もあるのでその点は注意が必要である。
・柱材をあまり一般的でない 90 角としているのはなぜか。見た目では、壁の CLT 厚さ 90mm、ラミナ幅 90mm のため柱と全て同一寸法となり、意匠性がよかったと思う。
・CLT の寸法安定性がよく、施工精度もよかったと思う。

【実施者からの追加情報】

・CLT 壁と柱との取り合いは、敢えてビス留め等をせずにフリーの状態としている。理由は将来、壁の CLT の幅を広げた時に柱からビス留めをしていなければ、今回実施した 3 体の試験結果を使っての計算がし易いためである。なお、CLT や軸材に溝加工はせず、可能な限り単純形状として検討した。
・柱材を 90 角としたのは既成柱の最小サイズでどのくらいの耐力が出るかを確認するためである。柱の径を 90 ㎜角とし、CLT も最小厚みの 90 ㎜とした。今回検討した壁仕様で耐力壁の大臣認定取得を検討しているが、90mm 角柱とするか 105mm 角柱とするか再度検討中である。

（２）低市場価値製材を活用したマッシヴホルツ構法の建築実証（法政大学　網野禎昭）

・イメージとしては縦ログとしたログハウスに近いが、丸太組構法の告示の適用範囲ではない。
・平角マッシヴホルツ、ブレットシュタッペルの施工の詳細が不明であり、解説が欲しい。
・面内せん断試験で使用している土台のプレート金物は現場でも使用しているという認識でよいか。
・各接合部のディテールについても示してもらえれば参考となるのではないか。

・低市場価値の材料を少しの加工賃増で付加価値の上昇に繋げる提案であるが、施工手間がどの程度の増加であったのかについても説明してもらうとよい。

【実施者からの追加情報】
・建て方は、基準となる軸組をいくつか建て、その間を埋めるように平角材を１本１本ビスでつないでいくという手法。当初はパネル化を検討していたが、施工者からの要望により現場での手刻み、1 本ごとの施工となった。壁と土台もしくは梁をつなぐハの字型のプレート金物については平角材 4 本毎に設置(ピッチ 960 ㎜前後)している。なお、面内せん断試験は壁の仕様 2 種類（平角面材、ブレットシュタッペル）について接合具ピッチを変えて 2 種類行っており、各 3 体試験した。接合具は、平角面材ではビス、ブレットシュタッペルでは釘としている。
・平角面材、ブレットシュタッペルの加工・施工手間については、今回の住宅の大工手間 6.5 人工/坪（刻み、建て方含む）に対し、一般的にプレカット済み木造住宅で 3 人工/坪程度、手刻み木造住宅で 4.5～6.5 人工/坪と考えると、プレカット済み木造住宅の簡便さには及ばないものの、施工法の改善により手刻み木造住宅程度の手間による実現は可能。

（３）ナイス多賀城物流倉庫・事務所棟施設新築工事のための設計実証、部材の性能実証等（ナイス（株））
・当初は全て CLT 造で計画していたのだと思うが、最終的に CLT と RC の併用となった理由についても記載してほしい。
・設計過程における検討内容の資料があれば今後の参考となるのではないか。
・集成材の梁を併用している理由についても記載してほしい。
・長スパンを飛ばす場合には、２階床の振動が大きくなると予想されるがどのように考えるか。

【実施者からの追加情報】
・CLT と RC を併用とした理由は、RC 部に地震力を負担させて CLT 接合部の負担を低減させるためもあるが、将来高層化も踏まえて避難経路となる階段や EV シャフトを RC にする必要がでてくると考えたためである。
・集成材の梁を併用した理由は、CLT の材料である杉は曲げヤング係数が小さいため、事務所のような広い空間を確保するには、床を支える梁が必要になったためである。またその梁には強度や剛性が安定したものが良く、集成材の梁を採用した。
・長スパン飛ばす場合に 2 階床の振動が大きくなることについては、建築基準法の中で使用上支障のない規定として、梁成はスパンの 1/12 以上、または長期たわみを 1/250 以内とあり、その規定を満足している。

（４）併用住宅（くりばやし整骨院）新築工事における CLT 床構面の有効性の実

証（鍋野友哉アトリエ）
・２階の CLT 床を二方向に片持ち状に出すことで、意匠性だけでなく施工の逃げができて合理的であった。
・外部に CLT 床が現わしになる部分の防水処理はどのようにしているのか。
・CLT の運搬､建てこみについて工夫が必要であることが分かったのは興味深い。
・建設地の状況により CLT パネルの大きさの検討が必要となる。日本では小さな CLT を用いる場合が多いが、搬入計画としては小パネルを何度も運ぶには時間がかかるため､ある程度大きなパネル化して運ぶことができれば規模によってコストダウンに繋がる可能性がある。
・CLT パネルに外装材まで工場で加工して現場搬入できれば施工コストの削減に繋がる可能性がある。

【実施者からの追加情報】
・CLT 床の雨仕舞いについては基本的に下屋と同等の水への配慮を行った。防水シートを CLT 木口および上面に敷設し､その上に曲げ加工したガルバリウム鋼板を水勾配を設けて施工した。また一体として壁側に 120㎜ 以上の立ち上げを設け、CLT からの板金の下がりは-20㎜ とした。キャンティ側と道路側の端部ディテールは基本的に同じだが、道路側については壁との取り合い部分から水が浸入しないように、CLT に 28㎜ 幅の溝を切って曲げ加工を行った水切り板金を設置した。

（５）全体について
・防火的な観点から言えば、今回の事例の中では特に解決困難なものはないと思う。規模的にはナイスの案件では防火の規制がかかるが、事務所用途であるので法規制はそれほど厳しく設定されていない。
・結果的に、全て CLT 造という提案がなかったことは、CLT を普及させる上である意味興味深い。
・CLT 混構造的なものが今後増えてもよいのではないか。
・CLT 造特有の問題である、遮音、配線・配管の解決法については今回実施事業の重点課題とはなっていなかったため、今後の実証に期待したい。
・今回実施事業では構造的な観点からの視点が多かったが、意匠設計的な観点からの提案があれば CLT の新たな使い方が模索できるのではないか。
・CLT の利点は面材でありかつ柱材でもあるということにあると思う。
・業界団体で CLT 設計コンペを実施するのも面白いと思う。

表1.3.2　現地調査概要（（株）長谷萬）

事業名	CLTの耐力実験とCLT工事の構造体建築実証		
調査日	平成27年1月15日（木）	**調査場所**	建設現場（館林）
内容	CLT建て方時		
委員	**1）実施状況に対する所見・指導事項**	**2）本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見**	**3）その他**
	・防火区画とする必要から準耐火構造の仕様を採用したことも含め、軸組にCLTを組み込んだ構法に関する取り組み全体の内容を、今後に資する成果物としてとりまとめていただきたい。 ・施工自体は特に問題はなく習熟度が上がれば施工の合理化につながると考えられる。 ・事前に行われた面内せん断試験では、3．5倍という数値でもの足りなさは残るが最大耐力が土台の割裂で決まるようで接合方法の工夫で倍率は上がると思われる。 ・一部独立柱で床をささえる部分があるがめり込みの対策が必要ではあるがデザイン的に今後採用される可能性を感じた。 ・現しについては、柱の見つけ巾とラミナの巾が違うことと柱にはフィンガージョイントがないことにより柱とCLT壁の一体感が欲しいところである。CLTの3層壁パネルはわずかにそりが生じており柱との段差が中央部で発生していた。現しの場合ここは問題視されるところでこの3層構造のそりが生じるメカニズムを解明し対策を立てる必要があると感じられた。	・軸組にCLTを組み込んだ構法は、建築確認上、壁量計算ルートでの建設が可能となることが考えられ、実現すれば国産材スギCLTの普及に資するところが大きい。本事業で行われた耐力壁の実験結果は、その可能性を示すものであり、成果物として有益なものである。 ・今回の耐力壁実験の結果は、場合によってはその破壊性状から、施行令第46条第4項の倍率の認定にそぐわないと判断される恐れもある。しかしながら、そうした検討材料を提供したという意味で貴重であり、改良案の検討や、施行令第46条第2項による許容応力度計算ルートの検討など、今後に繋がる有意義な成果であると考えられる。 ・今回の実証テーマである軸組構造+CLTの施工性・納まり・デザイン性について十分に実証の効果があり今後のCLT利用拡大に大いに役立つ事業と考えられる。特に一般工務店が供給する戸建て住宅にあっては手持ちの工具で施工が出来る構法はCLTの普及に大いに役立つと考えられる。	・軸組の柱、はり等を介しているとは言え、耐力壁における長ビス接合の利用とその実験データおよび施工経験は、CLTのみによる構造にも役立つものである。また、床や屋根も含めて、各部のディテールや施工方法、施工精度等の検討結果は、これらもまた、CLT構法の普及に向けた資料として価値のあるものと考えられる。 ・2階屋根を利用して床振動（歩行振動）と遮音（重量床衝撃音）を計画されているがCLTと他補助事業でも性能確認が行われつつあり情報の共有化を図る必要を感じた。
事務局	**1）事業の進捗状況について等**	**2）指摘事項と指導内容について**	**3）その他留意事項**
	・軸組壁の中に組み込んだCLT壁体のせん断試験を(一財)建材試験センターで実施し、壁倍率3.5相当の性能があったことが説明された。破壊は土台や桁部分で発生し、土台や桁との取り合いを考慮すればもっと性能が上がると考えている。 ・実証建物は、既に実施しており、本日の確認のために壁の一部と床の一部を残しているので、これらの取付を確認してもらう。	・特に大きな指摘事項はなかったが、建築実証立会に際し、壁板や床板を取り付ける長ビスの施工方法を考慮することも検討できないかとの意見があった。 ・先穴を空ければもう少し楽になるのではないかとの意見があった。 ・CLT壁板2枚で－1mmとなるように加工し、加工精度も良く今回の施工ではうまく施工できた。	特になし。

表1.3.3　現地調査概要（法政大学　網野禎昭）

事業名	低市場価値製材を活用したマッシヴホルツ構法の建築実証		
調査日	平成26年11月13日（木）	**調査場所**	建設現場（富士宮）
内容	ブレットシュタッペル等建て方時		
委員	**1）実施状況に対する所見・指導事項**	**2）本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見**	**3）その他**
	・梁、柱が壁になるといえるが、剛性の評価が重要と考えられる。 ・横臥材のスリットにはめ込む工夫は位置決めに重要な意味をもっている。突きつけ、接合金物も考えられるが、それなりに施工には工夫が必要と思われる。 ・乾燥材である低市場価値製材とはいえ、そり、狂いのレベルをどのように抑えるかが重要であろう。 ・収縮、膨張に対してどのような対処がなされるべきか整理が必要。 ・湿度、温熱環境のデータの蓄積を期待したい。	・小ロットの展開を想定していると思われるので、施工上の工夫は自由度があると思われる。 ・ログハウスの横積みと異なる基本的な耐力確保と居住環境としての評価がどのようになるか明らかにされることを期待したい。 ・今回の実証事業では、価格の安い低質材を市場を通さず入手し、それを加工して使うことで木材価格の縮減を図っているが、その一方で低質材の入手や低質材の積層加工に要する手間、さらには建築現場での寸法調整に要する手間が発生するため、工業で生産されたプレカット材料と比べてトタールの建築価格をどれだけ抑えられるか疑問が残る。	・床下空間を設けていないタイプの建物であった。厚手面材を壁に使用しているため、雨水や水蒸気の浸入があったとしても、直ちに壁が腐朽や蟻害によって使用不能になることは考えにくいものの、面材の隙間や土台の水が抜けにくい構造であることは疑いないため、水に関わるトラブルを早期に発見できるよう対策しておくことが望ましい。
事務局	**1）事業の進捗状況について等**	**2）指摘事項と指導内容について**	**3）その他留意事項**
	・8月に面材の耐力壁面内せん断試験を終了し、壁倍率で言えば4.5倍程度の性能を確認した。 ・建設地では10月に着工し、11月より木工事開始、調査時は建て方作業の1/3弱が終了した所であった。 ・当日は他の参加者も含め、60名程度が建て方を見学した。 ・当該事業に係わる木工事部分は1月末に終了し、建物としては2月末に完成予定。	1.計画と実施で異なった点、想定外であった点 ・建て方は、構造用木質面材をパネル化し、行う計画としていたが、作業する大工が通常の軸組の建て方に慣れているため、1本1本現場で溝加工や刻みを行い、施工する方式に変更した。 ・材料の木材については選別せずにロット買いしたため、貫通割れがあるなど使えない材も含まれており、結果的に歩留まりは落ちた。 2.平角面材と挽板面材の使い分けについて ・平角面材の方が強度が出、意匠性もよいため外周耐力壁に使用している。挽板面材は内壁の一部に使用する。内壁はどちらも面材現わしで用いる。パネル化する施工性については挽板面材の方がよく材料費も安いため、応用範囲としてはこちらの方があるように思う。実際海外の先行事例では挽板面材は既にあるが平角面材はない。 3.配管・配線について ・面材現わしとするため配管スペースが問題となるが、基本的には基礎コンクリートからさや管ヘッダーを立ち上げて確保、照明のスイッチ類はコードレスリモコンを使用することで解決した。	特になし。

表1.3.4　現地調査概要（ナイス（株））

事業名	ナイス多賀城物流倉庫・事務所棟施設新築工事のための設計実証、部材の性能実証等		
調査日	平成27年2月13日（金）	**調査場所**	接合部試験（BLつくば建築試験研究センター）
内容	部材試験		
委員	**1）実施状況に対する所見・指導事項**	**2）本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見**	**3）その他**
	現地調査同行委員なし。	現地調査同行委員なし。	現地調査同行委員なし。
事務局	**1）事業の進捗状況について等**	**2）指摘事項と指導内容について**	**3）その他留意事項**
	・2月より（一財）ベターリビングで接合部（1階・2階柱柱脚）の金物の圧縮、せん断、引張試験を各仕様6体実施しており、この結果を再度設計に反映させる。設計修正後ベターリビングに評定申請（2月下旬）。変更箇所としては、木質構造設計指針に基づき設計したものよりも今回試験による結果の方が耐力が出ており、アンカーボルトの耐力を大きくする必要があるとのこと。CLTの仕様、接合金物の仕様は変更しない予定。得られた耐力から見れば金物を留めつけるラグスクリューの径や本数は減らすことも可能と思われ、今後の検討課題とのこと。現地調査時は1階柱脚接合部の引張試験を実施していた。 ・今回の試験の他、11月にビスを用いた接合部（床−床、床−壁、等）のせん断、引張試験を東日本パワーファスニング（株）で実施している。	特になし。	・今回の事業で検討した柱脚接合部金物は、短冊金物のようなプレートにM12ラグスクリューを必要本数留めつけるタイプである（片側より留め付け）。先穴とのずれを考慮する必要がなく施工性がよい。引張試験6体中5体が金物で破壊し、1体のみCLTのフィンガージョイントから破壊した。

表1.3.5　現地調査概要（鍋野友哉アトリエ）

事業名	併用住宅（くりばやし整骨院）新築工事におけるCLT床構面の有効性の実証		
調査日	平成26年11月19日（水）	調査場所	建設現場（藤沢）
内容	施工時（上棟後）		
委員	1）実施状況に対する所見・指導事項	2）本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見	3）その他
	・床を軸組やツーバイフォーで構成しこれに合板を張る場合には、隣り合う合板同士に多少の隙間ができても特段の問題はないので、この部分で精度の調整ができる。しかし、CLTの場合、これらを相互に密着させる必要があり、CLTを製作する際の寸法精度や軸組の建て方の施工精度をより高める必要がある。 ・軸組との取り合いには工夫がなされているが、今後振動状況など調査、留意のこと ・CLT床の木口面が屋外にむく層があるのでそこからの薄い結露など各種水の侵入がないように水切りなどに十分配慮すべきである。 ・屋根勾配が緩いこともあり、防水処理は十分留意のこと。	・施工状況を見る限り、このようなキャンティレバーがある場合、床としてCLTを使うメリットはあると感じられた。 ・この建物では、床にだけCLTを使っているが、設計、CLTの製作・搬送、施工の各局面で、CLT特有の課題を十分に検討する必要があると思われる。 ・CLTとしての特性である引っ張り圧縮への反力と曲げに対する片持ちを生かしている物件であり、結果を期待したい。とくに床や天井などへのCLTが単独の材料として展開するのに参考になると思われる。 ・通常の木造建築用の部材と比べると非常に重量のあるCLTを通常の木造軸組建築物に組込むことには、施工上様々な困難が発生したという説明があった。これらの点を詳細に報告書に記載してもらうことにより、成果物の有用性がより増すと考える。	・外部に接するCLT側面の雨仕舞については十分な注意が必要である。その点については、申請者も十分認識していると思われるが、念のため指摘する。
事務局	1）事業の進捗状況について等	2）指摘事項と指導内容について	3）その他留意事項
	・4号建築物となるため、床構面の性能を明らかにすることを求められてはいないが、CLTの軸材への留めつけ、CLT同士の接合部の面内せん断耐力、面外せん断耐力について確認試験を行い、ビス種類、ビス打ち間隔等の仕様を決定している。 ・CLT床の遮音性能試験は当初簡単なものを行う予定だったが、その後CLT協会にて測定することで話がまとまった。当事業では場所のみ提供し、CLT協会が竣工後に測定を行う（4月頃の見込み）。	・2m以上のはね出し（キャンティレバー）床にCLTを利用することについては、委員より、CLTの特徴を活かしたよい使用方法であるとの意見が出ていた。 ・今回用いたCLTのサイズはCLT製造上の制限から2m×6mであり（厚さは150mm）、長手方向は千鳥に継ぐこととなった。このサイズの面材を扱うことは住宅レベルでは珍しく、施工にはクレーン車を用いたが、取り回しのための空間が必要で、広い道路に面した敷地であったため可能だったとのことであった。CLT施工には敷地の条件が制限となる可能性がある。 ・CLT同士は面剛性を高めるために突き付けにしてビスで固定するが、ある程度の逃げを設定する必要がある。今回は建物の四周のうち二辺をCLT設置基準ラインとし、反対の二辺はCLTの木口を飛び出させる仕様としている（うち片方は2m超のキャンティレバー）。これは意匠上の意図もあったが施工の上で非常に役立ったという。CLTの施工サイズが大きくなると、さらに高い寸法精度が要求される可能性がある。	温熱環境について、CLT施工時の現場作業者の感想や、竣工後に施主に住み心地をヒアリングすることが参考になるとの意見があった。

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（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。	任意様式
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
4	工事費等の内訳	建築工事費、設計費等について記載したもの（参考）。	指定（標準）様式あり（表 1.4.3）

表1.4.2

1．建築物の仕様一覧

事業名			
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			
建築物の概要	用途		
	建設地（〇〇市程度まで記載）		
	構造・工法		
	階数		
	高さ（m）		
	軒高（m）		
	敷地面積（m^2）		
	建築面積（m^2）		
	延べ面積（m^2）		
	階別面積（m^2）	1階	
		2階	
		〇階（適宜追加）	
CLTの仕様	CLT採用部位		
	CLT使用量（m^3）		
	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	
CLT以外の新たな製品・技術の仕様	採用部位		
	使用量（m^3）		
	〇〇 CLTの仕様の書き方を参考に適宜記載	寸法	
		構成	
		樹種	
		〇〇	
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	防耐火上の地域区分		
	耐火建築物等の要件		
	問題点・課題とその解決策		
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		
	建て方にける課題と解決策		
	劣化対策		
工程	設計期間		
	施工期間		
		CLT等躯体施工期間	
	竣工（予定）年月		
体制	発注者		
	設計者		
	構造設計者		
	施工者		
	CLT等新たな製品・技術供給者		

表1.4.3

4．工事費等内訳

事業名		
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）		
共通仮設費		
建築工事	直接仮設工事	
	土工事	
	コンクリート工事	
	型枠工事	
	鉄筋工事	
	鉄骨工事	
	組積工事	
	防水工事	
	タイル工事	
	木工事	
	屋根及び樋工事	
	金属工事	
	左官工事	
	金属製建具工事	
	木製建具工事	
	ガラス工事	
	塗装工事	
	内外装工事	
	雑工事	
電気設備工事		
機械設備工事		
小計①		0
別途工事費	外構工事	
	解体撤去工事	
設計費	ボーリング	
	設計	
	大臣認定	
	確認申請	
その他（内容を記載・必要ならセルの追加）		
小計②		0
合計（①＋②）		0

2　成果報告

2.1 （株）長谷萬

2.1.1 建築物の仕様一覧

事業名			CLTの耐力実験とCLT工事の構造体建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			株式会社　長谷萬
建築物の概要	用途		既存工場建屋内の事務室
	建設地		群馬県館林市大島町6007　㈱長谷萬　館林事業所工場内（工場面積：9,747㎡）
	構造・工法		木造軸組工法
	階数		平屋建て
	高さ（m）		3．39m
	軒高（m）		3．090m
	敷地面積（m^2）		
	建築面積（m^2）		
	延べ面積（m^2）		51．84㎡
	階別面積（m^2）	1階	51．84㎡
		2階	
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床、屋根
	CLT使用量（m^3）		30㎥
	壁パネル	寸法	t＝90mm、幅：1，110mm、長さ：2，700mm以下
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60-3-3
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	t＝210mm、幅：1，290mm、長さ：4，890mm以下
		ラミナ構成	7層7プライ
		強度区分	Mx60-7-7
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	t＝210mm、幅：1，890～2，145mm、長さ：5，400mm以下
		ラミナ構成	5層7プライ
		強度区分	Mx60-5-7
		樹種	スギ
仕上	主な外部仕上	屋根	強化石膏ボード（9.5mm+12.5mmの外側に12.5mm+9.5mm素地仕上げ）
		外壁	強化石膏ボード（9.5mm+12.5mmの外側に12.5mm+9.5mm素地仕上げ）
		開口部	特定防火シャッター
	主な内部仕上	界壁	
		間仕切壁	
		床	CLT/210mm　素地仕上げ
		天井	CLT/210mm　素地仕上げ
構造	構造計算ルート		
	接合方法		構造用接合ビス・ホールダウン金物
	最大スパン		3，600mm
	問題点・課題とその解決策		・必要な引抜き耐力を満たす90角柱用ホゾパイプが無く、一般流通品のホールダウン金物を外側に設置して対応。
防耐火	防耐火上の地域区分		
	耐火建築物等の要件		無
	問題点・課題とその解決策		既存工場部分との面積区画の為、準耐火構造（1時間）の区画をCLT棟外部に形成
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		
	建て方における課題と解決策		・CLTパネル固定後に総長さを確認した結果、パネル1枚当たりで1mm程度の伸びが確認できたので、今後のパネル作製に反映したい。
	劣化対策		
工程	設計期間		4ヵ月
	施工期間		2ヵ月
		CLT等躯体施工期間	2日
	竣工（予定）年月		平成27年2月20日
体制	発注者		株式会社　長谷萬
	設計者		有限会社ビルディングランドスケープ一級建築士事務所
	構造設計者		東京大学生産技術研究所　教授　腰原　幹雄
	施工者		株式会社　長谷萬
	CLT等新たな製品・技術供給者		銘建工業株式会社

2.1.2　実証事業の概要

2、実証事業の概要

1）事業名と実施者

【事業名】 CLTの耐力実験とCLT工事の構造体建築実証

【実施者】　住　　所:東京都江東区富岡二丁目11番6号

会 社 名:株式会社 長谷萬

代表者名:代表取締役　長谷川 健治

電話番号:03-3643-1439

FAX番号:03-3643-1571

2）建築物の概要

①建　　設　　地:群馬県館林市大島町 6007　株式会社長谷萬 館林事業所工場内

②延　べ 面　積:51.84 ㎡

③構　造　種　別:木造軸組工法平屋建て(間仕切り扱い)

④用　　途:事務所(工場従業員の使用)

⑤建 て 方 期 間:2日間

⑥CLT使用部位:床・壁・屋根

床CLT:杉　基本寸法 W:1,290 ㎜×L:4,890 ㎜×厚:210 ㎜　7 層 7 ﾌﾟﾗｲ

壁CLT:杉　全　壁 W:1,110 ㎜×H:2,700 ㎜×厚:90 ㎜　3 層 3 ﾌﾟﾗｲ

屋根CLT:杉　基本寸法 W:1,800 ㎜×L:5,400 ㎜×厚:210 ㎜　5 層 7 ﾌﾟﾗｲ

⑦竣　工　時　期:平成27年2月20日

3）本事業で実証する内容

CLTは鉄骨造・RC造に代わる木造の構造材として注目されておりながら、現実はCLTを構造材として採用するには、物件ごとに時刻歴応答解析を行い、建築の性能評価を受け大臣認定を取得することが必要である。

この方法によらずにCLTを早急に普及させる方策の一つとして、弊社は在来軸組み工法にCLTを耐力壁として組み込み構造計算の簡略化、一般住宅用接合金物を採用してCLTの加工工程の省略、並びに一般工務店が手持ちする工具での施工を実証した。

4）実施事業体制

Ｃ Ｌ Ｔ 供　給:銘建工業株式会社

軸組構造材供給:株式会社長谷川萬治商店

実　　験:東京大学生産技術研究所

基本設計・実施設計:有限会社ビルディングランドスケープ一級建築士事務所

技　術　指　導:東京大学生産技術研究所　教授　腰原 幹雄

5）実証方法と実施工程

①CLT材(幅:1,110㎜×高さ:2,700㎜)及びJAS規格の軸組材(土台・柱・梁)を4体分用意し、在来軸組工法にCLTを組込んだ試験体にて平成26年12月18日、19日、平成27年1月28日にCLTの耐力実験を実施した。

【試験体の概要】

・モジュール:柱芯間 L=1,200 ㎜

・土台:ヒノキ集成材 JAS認定材　90×90(E95-F315)

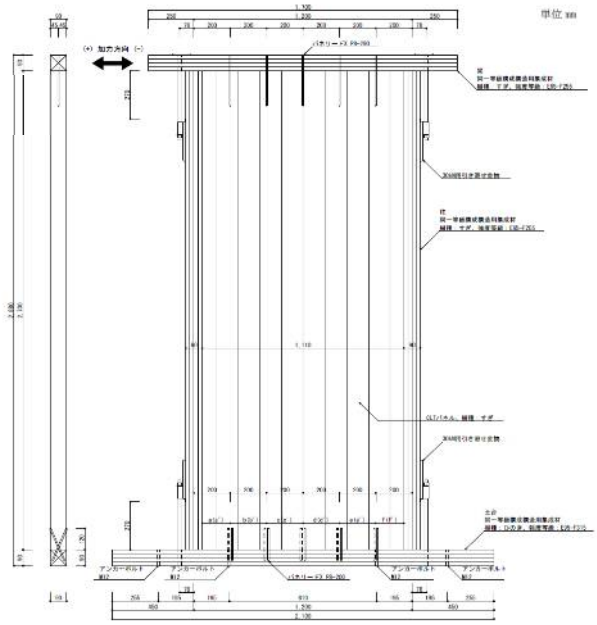
・柱　:杉集成材　　JAS認定材　90×90(E65-F255)

・梁　:杉集成材　　JAS認定材　90×90(E65-F255)

・壁CLT:杉　JAS認定材　W:1,110 ㎜×H:2,700 ㎜×厚:90 ㎜

・構造金物:フレックスホールダウン 34.7kN,パネリード PX8－200、290

試験体図



②在来軸組工法にCLTを組込んだ建築実証を工場内で下記の通り実施した。実施にあたり、確認申請不要の間仕切り扱いと計画し安全性確保の為、工場部分とCLTとの間に準耐火構造の防火区画を形成した。防火区画は強化石膏ボード両面二重張りとし、工場側開口部は特定防火設備を設置した。また、無窓居室を回避するため、当該居室を工場の外壁に面し、採光窓、排煙窓、避難口を設置した。

【実施工程】 平成26年9月～12月　基本設計・実施設計

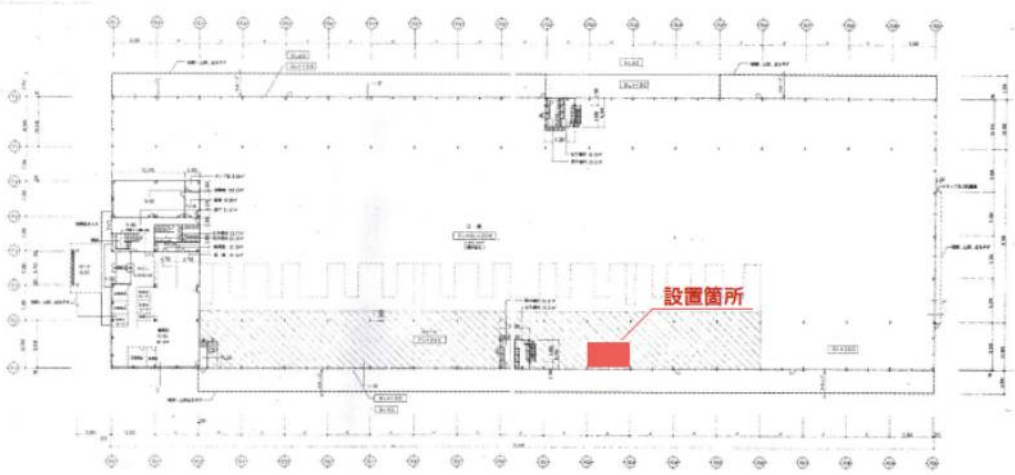
平成26年12月　CLTの加工

平成27年1月　工事着手

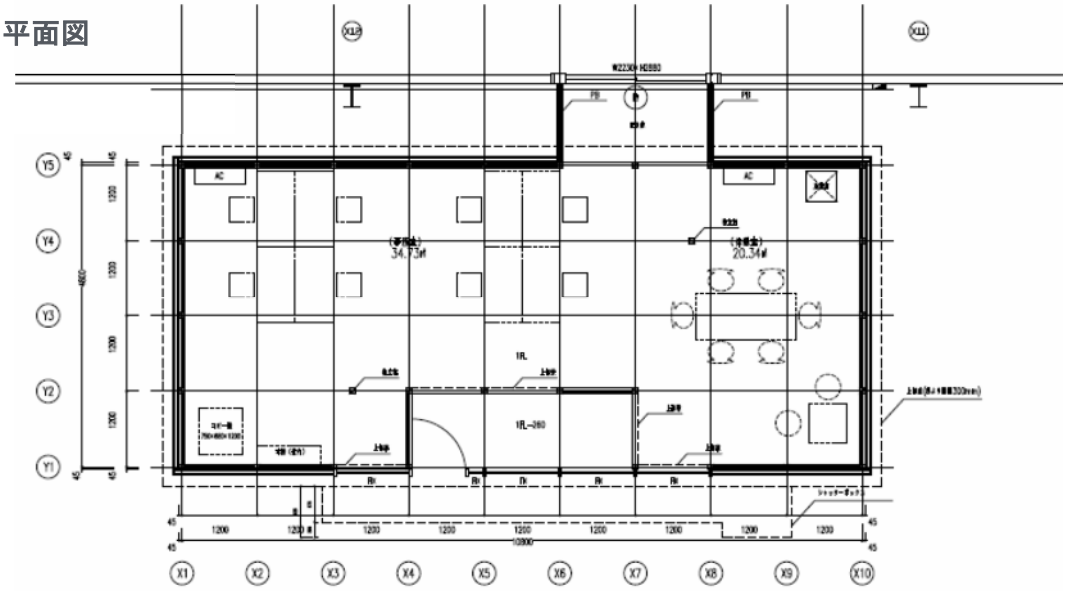
平成27年1月14日～15日　建て方

平成27年2月　工事完成

工場内配置図



平面図



外観パース

6)本事業の成果

①壁の耐力実験の結果、壁倍率3.4倍相当を確認すると共に、耐力壁の破壊モードを確認する。また、その結果を利用して構造計算の簡略化が可能となる。

②一般住宅用接合金物の採用により、金物の設計の省略、CLTの加工工程の省略(特殊ボルトの穴あけなど)、並びに、一般工務店が手持ちする工具での施工可能を実証。

③今回の工事では制約条件の多い工場内でありながら、CLTの建て方を二日間で完了した。CLTの固定は上記実験と同様に、構造用接合ビスで梁と土台への2方向のみとし、結果、現場施工の省力化につながった。

④屋根にCLTのフラットスラブ(厚み210㎜)を採用することで、梁無しで独立柱が自由に設置でき、木造での新しい空間の実現が可能となった。また、フラットスラブのたわみを少なくするために、CLTは7層7プライでなく、5層7プライを採用し、柱をスパン4メートル以内に設置。

⑤将来の都市木造建築を視野に入れ、柱のモジュールを1,200㎜とした。
その結果、CLTの歩留まりが高くなった。(CLTパネル作製は最大2,700㎜×6,000㎜である)

⑥CLTの屋根パネルの伸びは総長で想定の3㎜を超え、6㎜の伸びが確認されたが、屋根パネル勝ちにしていたので目立たずに伸びを吸収できた。

上記、建築実証を今後の設計及び施工に活かすことにより、CLTの普及が期待できる。

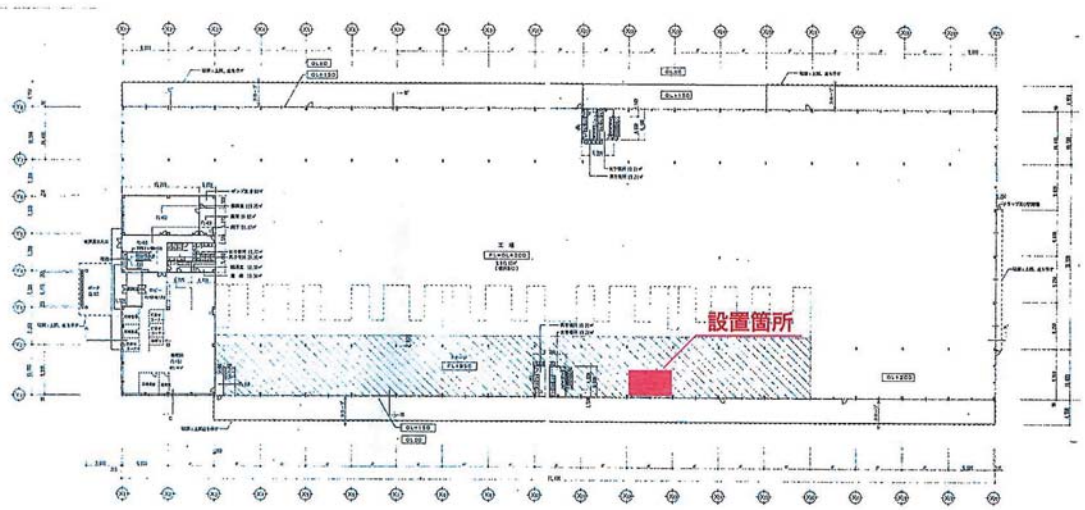
2.1.3　成果物

3、成果物　（別紙添付）

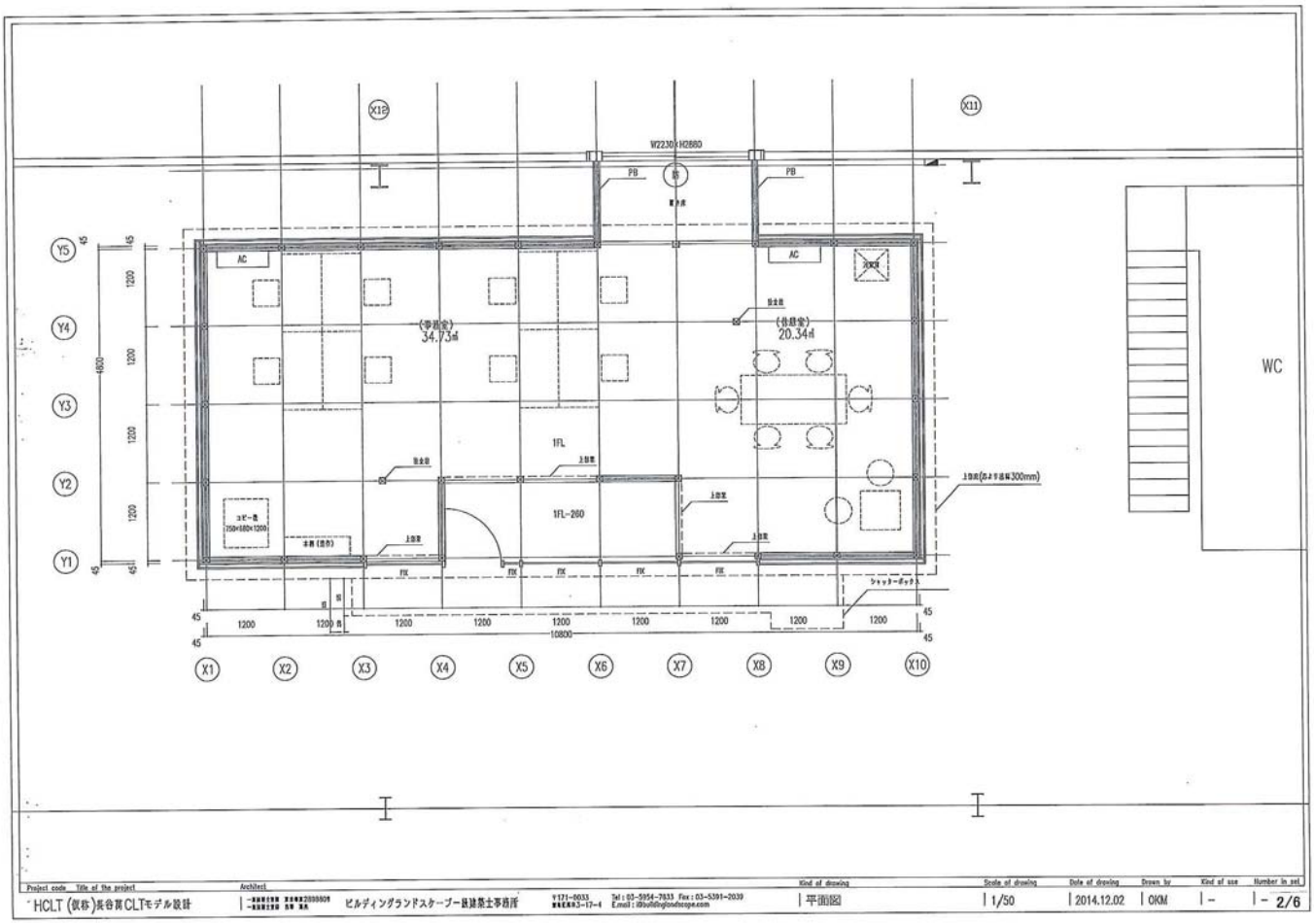
①設計図書一式（配置図、平面図、断面詳細図、外観パース・内観パース）

②報告書（CLTパネルを使用した木造軸組壁の面内せん断試験）

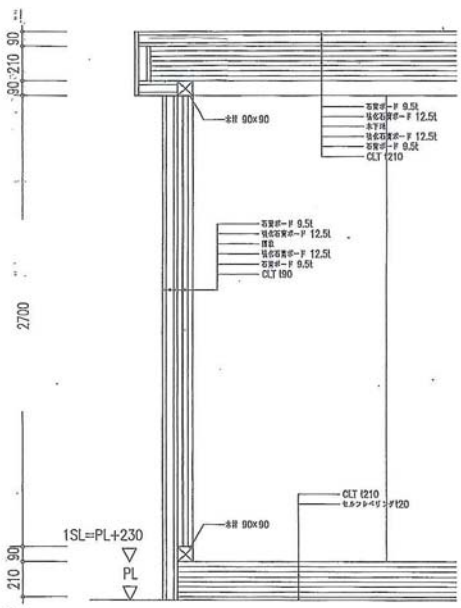
③施工レポート（工事進捗写真添付）



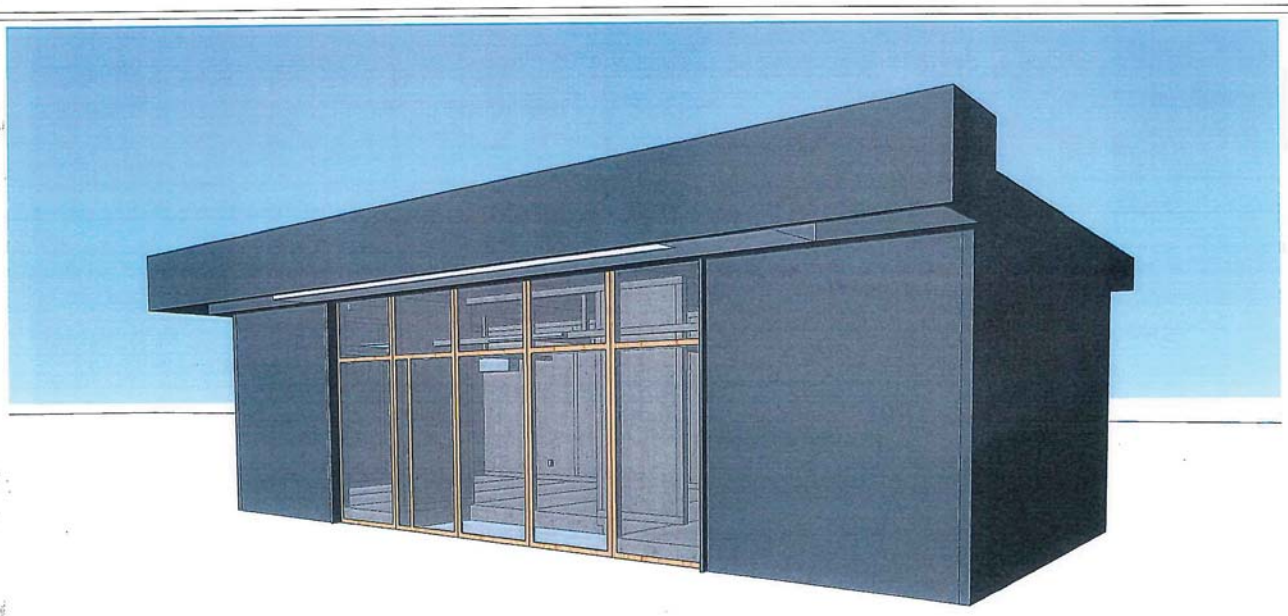
Project code	Title of the project	Architect		Kind of drawing	Scale of drawing	Date of drawing	Drawn by	Kind of use	Number in set
	HCLT (仮称)長谷寅CLTモデル設計	ビルディングランドスケープ一級建築士事務所	〒171-0033 東京都豊島区高田3-17-4 Tel：03-5954-7633 Fax：03-5391-2039 E-mail：i@buildinglandscape.com	配置図	1/-	2014.12.02	OKM	-	- 1/6



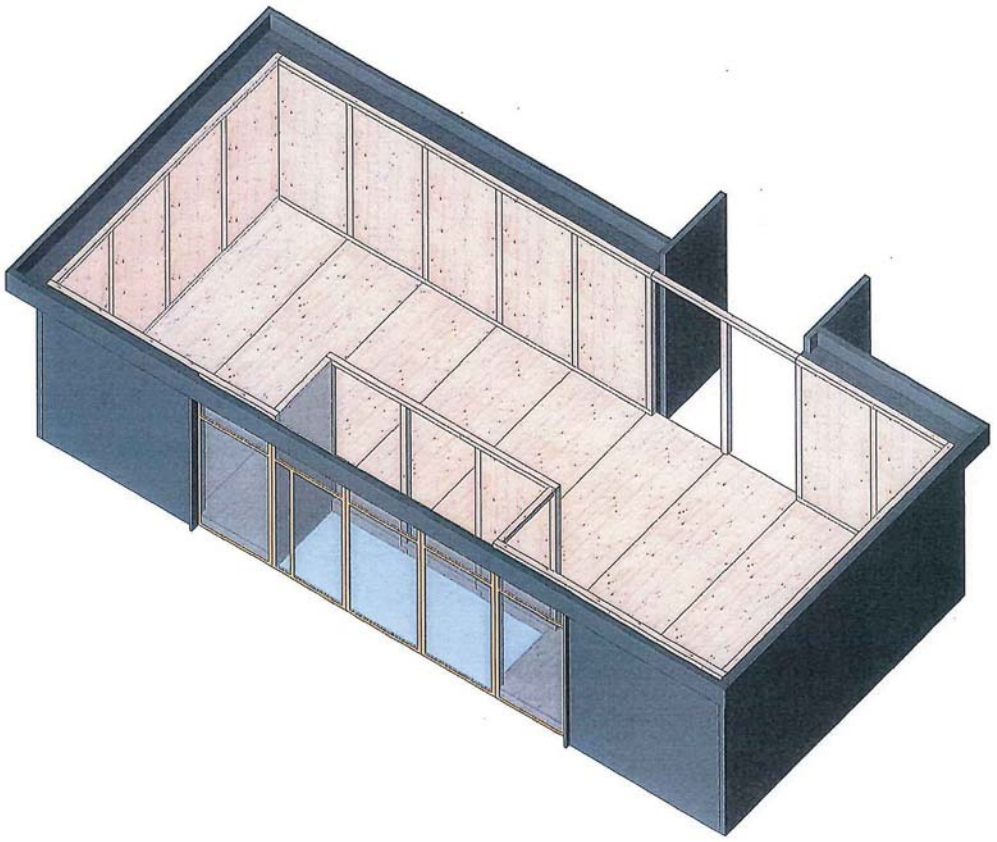
Project code	Title of the project	Architect		Kind of drawing	Scale of drawing	Date of drawing	Drawn by	Kind of use	Number in set
	HCLT (仮称)長谷寅CLTモデル設計	ビルディングランドスケープ一級建築士事務所	〒171-0033 東京都豊島区高田3-17-4 Tel：03-5954-7633 Fax：03-5391-2039 E-mail：i@buildinglandscape.com	平面図	1/50	2014.12.02	OKM	-	- 2/6



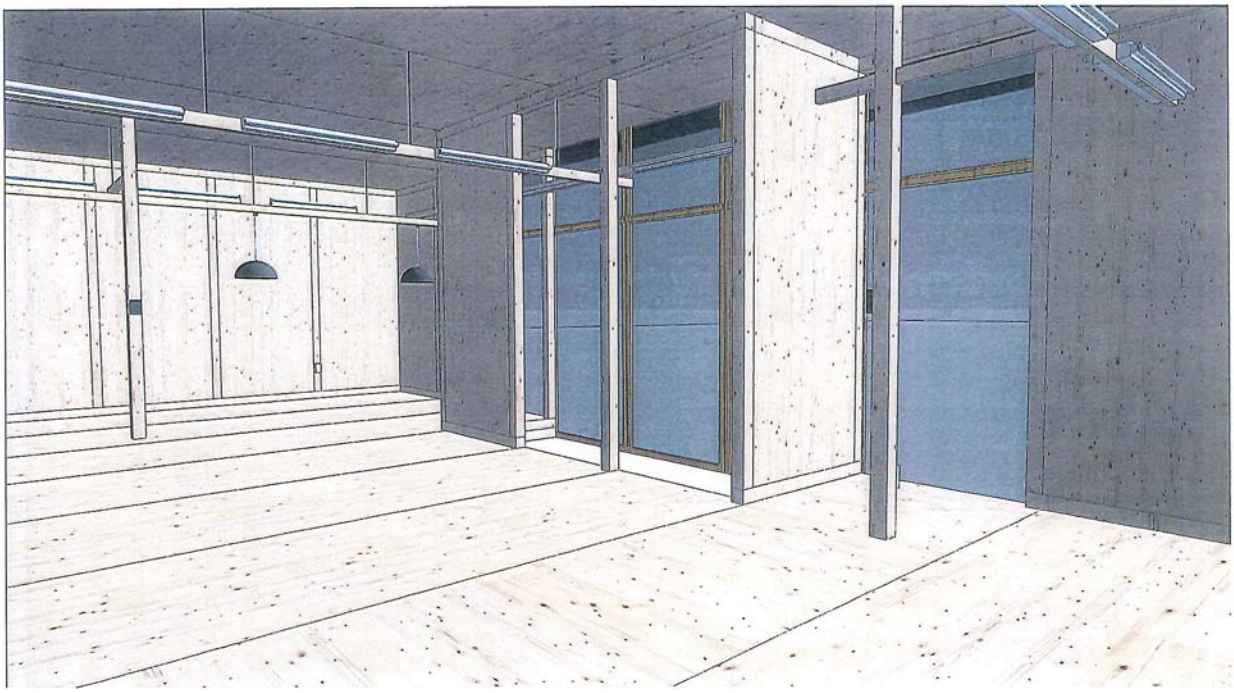
Project code	Title of the project	Architect			Kind of drawing	Scale of drawing	Date of drawing	Drawn by	Kind of use	Number in set
HCLT (仮称)長谷茜CLTモデル設計		ビルディングランドスケープー鳥建築士事務所	〒171-0033 東京都豊島区3-17-4	Tel : 03-5954-7633 Fax : 03-5391-2039 E.mail : i@buildinglandscape.com	屋根詳細図2	1/20	2014.12.16	OKM	-	- 3/6



Project code	Title of the project	Architect			Kind of drawing	Scale of drawing	Date of drawing	Drawn by	Kind of use	Number in set
HCLT (仮称)長谷茜CLTモデル設計		ビルディングランドスケープー鳥建築士事務所	〒171-0033 東京都豊島区3-17-4	Tel : 03-5954-7633 Fax : 03-5391-2039 E.mail : i@buildinglandscape.com	外観パース	1/50	2014.12.02	OKM	-	- 4/6



Project code	Title of the project	Architect				Kind of drawing	Scale of drawing	Date of drawing	Drawn by	Kind of sow	Number in set
	HCLT (仮称)長谷萱CLTモデル設計	ビルディングランドスケープ一級建築士事務所	〒171-0033 東京都豊島区高田3-17-4	Tel:03-5954-7633 Fax:03-5391-2039 E.mail:i@buildinglandscape.com		アクソメ	1/50	2014.12.02	OKM	-	- 5/6



Project code	Title of the project	Architect				Kind of drawing	Scale of drawing	Date of drawing	Drawn by	Kind of sow	Number in set
	HCLT (仮称)長谷萱CLTモデル設計	ビルディングランドスケープ一級建築士事務所	〒171-0033 東京都豊島区高田3-17-4	Tel:03-5954-7633 Fax:03-5391-2039 E.mail:i@buildinglandscape.com		内観パース1	1/50	2014.12.02	OKM	-	- 6/6

発行番号：第１４Ａ３２７４号

〔試 験 名 称〕　　CLTパネルを使用した木造軸組壁の面内せん断試験

1．　試験の内容

東京大学生産技術研究所　腰原研究室から提出された2種類4体のCLTパネルを使用した木造軸組壁について，面内せん断試験を行った。

2．　試 験 体

試験体は，梁，土台，柱及びCLTパネルで構成された幅1200mm，横架材間の内法高さ2610mmの木造軸組壁である。試験体の一覧を表－1に，使用部材の含水率及び密度を表－2に，試験体の詳細を図－1に示す。

表－1　　試験体の一覧

試験体		軸組		CLTパネル		接合方法	数量
記号	番号	種類・寸法等	土台の加工	寸法等	パネルの加工		
CLT90	1	・種類 同一等級構成構造用集成材 ・断面寸法 90×90mm ・樹種 梁及び柱：すぎ 土台：ひのき ・強度等級 梁及び柱：E65-F255 土台：E95-F315	壁体内のアンカーボルト位置でφ60×20mmの座彫り	・寸法 幅：1110mm 高さ：2610mm 厚さ：90mm ・樹種 すぎ	なし	・梁とCLTパネル 梁側からパネリードX P8-290を5本平打ち，間隔200mm ・土台とCLTパネル パネル側からパネリードX P8-200を1ヵ所あたり2本斜め打ち（合計10本），間隔200mm ・アンカーボルト M12	1体
	2～4		なし		アンカーボルト位置でφ50×20mmの座彫り		3体

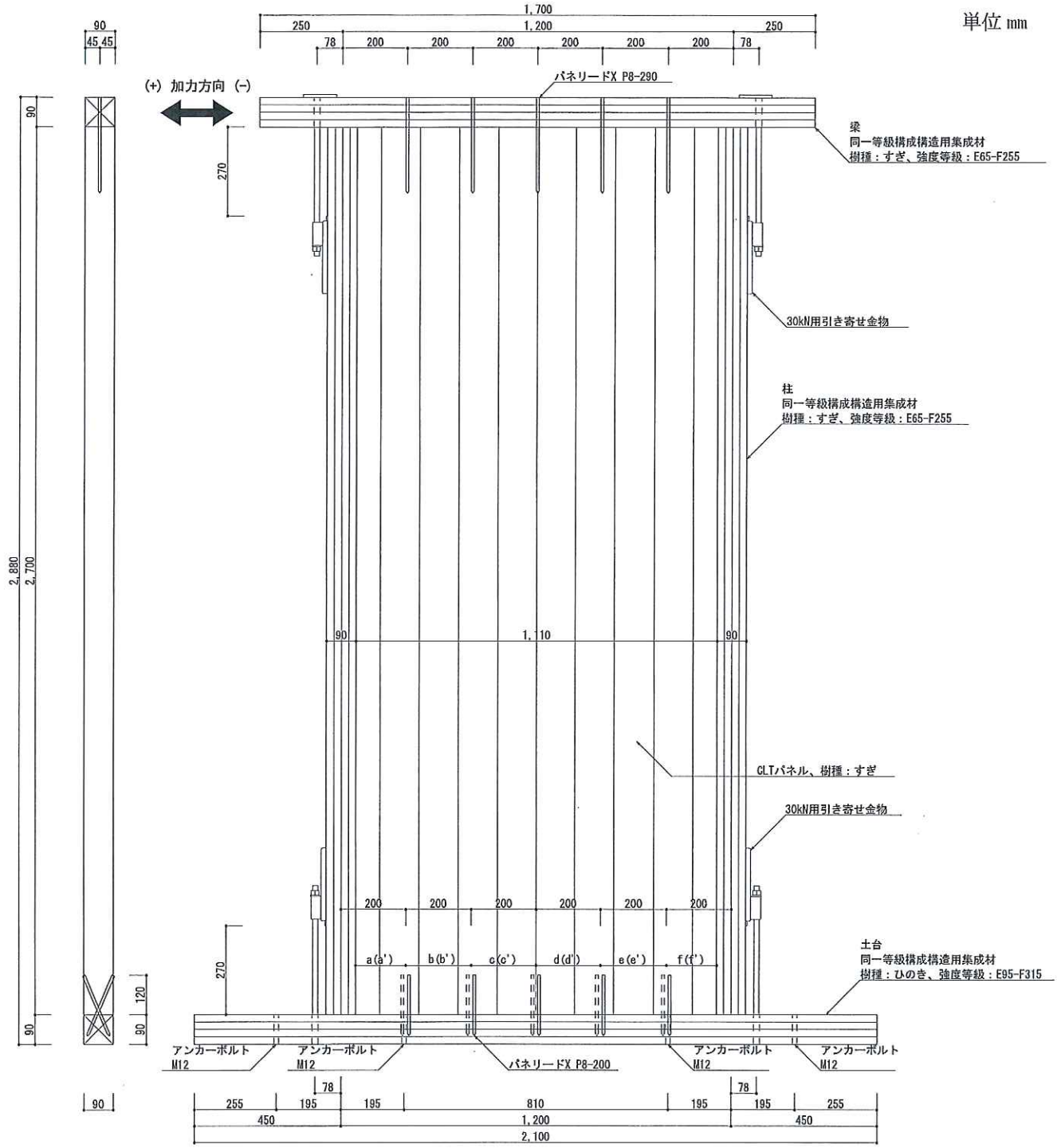
（注）表中の内容は依頼者提出資料による。

表－2　　使用部材の含水率及び密度

試験体		梁		土台		柱（加力機側）		柱（反加力機側）		CLTパネル	
記号	番号	含水率 %	密度 g/cm³	含水率 %	密度 g/cm³	含水率 %	密度 g/cm³	含水率 %	密度 g/cm³	含水率 %	密度 g/cm³
CLT90	1	8.0	0.42	12.8	0.50	8.0	0.44	8.3	0.44	14.2	0.42
	2	9.6	0.41	13.4	0.49	9.6	0.44	10.1	0.42	13.5	0.42
	3	8.2	0.42	15.5	0.51	8.6	0.45	8.9	0.44	14.2	0.43
	4	11.5	0.41	12.5	0.46	11.1	0.40	11.6	0.37	15.2	0.41

（注）含水率及び密度は試験時に測定した値である。なお，含水率の測定は木材水分計（測定範囲：7.0～80%）を用いて行い，測定データ（CLTパネルは9点，その他は3点）の平均値を示した。

単位 mm



（注）パネル脚部におけるねじの留め付け間隔の実測値は次の通りであった。

試験体		表						裏					
記号	番号	a	b	c	d	e	f	a'	b'	c'	d'	e'	f'
CLT90	1	190	120	230	200	250	120	130	260	170	200	250	100
	2	200	160	190	200	260	100	70	290	190	200	180	180
	3	100	250	200	200	160	200	80	270	190	200	270	100
	4	110	240	200	200	250	110	190	160	200	160	200	200

［依頼者提出資料］

試験体記号：CLT90

図－１　　試験体

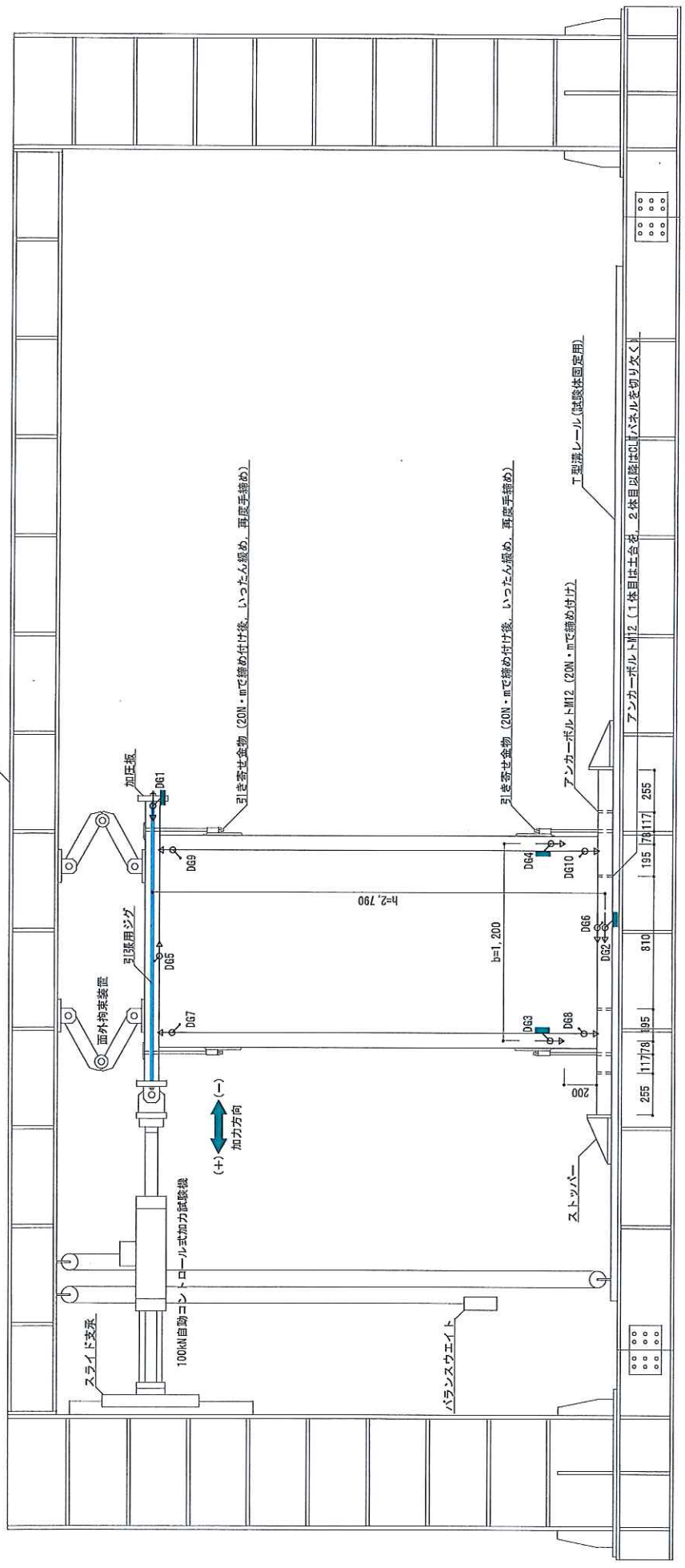
３．　試験方法

試験は，当財団が定めた「木造耐力壁及びその倍率の試験・評価業務方法書」（加力条件：無載荷式）に準じて行った。試験方法の詳細及び短期基準せん断耐力の算出方法を表－３に，試験方法を図－２に示す。

表－３　　試験方法の詳細及び短期基準せん断耐力の算出方法

試験方法の詳細	１．加力方法 加力は，100kN 自動コントロール式加力試験機を使用して，次の順序で行った。 (1)　正負交番繰返し加力を行った。繰返しは，見掛けのせん断変形角が 1/450, 1/300, 1/200, 1/150rad, 1/100, 1/75, 1/50rad の正負変形時に各 3 回行った。 (2)　最大荷重に達し，最大荷重の 80％の荷重に低下するまで又は見掛けのせん断変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力した。 (3)　最大荷重は破壊荷重時の見掛けのせん断変形角が 1/15rad 以下の場合にはこれを最大荷重として扱い，1/15rad を超える場合には 1/15rad 以内の最高荷重を最大荷重とした。 ２．変位測定 変位の測定は，図－２に示すとおり，梁及び土台の水平方向変位，柱脚部の上下方向変位，CLT パネルと軸組の相対変位について，電気式変位計(容量:300mm，感度:33.33×10^{-6}/mm，非直線性:0.3%RO，容量:100mm，感度:100×10^{-6}/mm，非直線性:0.1%RO 及び容量:50mm，感度:200×10^{-6}/mm，非直線性:0.1%RO)を使用して行った。
短期基準せん断耐力の算出方法	短期基準せん断耐力 Po は，(a)降伏耐力 Py，(b)(0.2/Ds)×Pu，(c)最大荷重の 2/3，(d) γ=1/120rad 時の荷重の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち最も小さい値とした。なお，ばらつき係数は，母集団の分布形を正規分布とみなし，統計的処理に基づく信頼水準 75%の 50%下側許容限界値をもとに次式より求めた。 ばらつき係数＝１－CV・k　　ここに，CV：変動係数，k：0.471（n=3） また，降伏耐力 Py，初期剛性 K，終局耐力 Pu 及び構造特性係数 Ds は，荷重－見掛けのせん断変形角曲線の包絡線より，次の手順に従って求めた。 (1)　包絡線上の 0.1Pmax と 0.4Pmax を結ぶ直線（第Ⅰ直線）を引く。 (2)　包絡線上の 0.4Pmax と 0.9Pmax を結ぶ直線（第Ⅱ直線）を引く。 (3)　包絡線に接するまで第Ⅱ直線を平行移動し，これを第Ⅲ直線とする。 (4)　第Ⅰ直線と第Ⅲ直線との交点の荷重を降伏耐力 Py とし，この点から X 軸に平行に直線（第Ⅳ直線）を引く。 (5)　第Ⅳ直線と包絡線との交点の変形角を降伏変形角 γy とする。 (6)　原点と（γy，Py）を結ぶ直線（第Ⅴ直線）を初期剛性 K と定める。 (7)　最大荷重後の 0.8Pmax 荷重低下域の包絡線上の変形角又は 1/15rad のいずれか小さい変形角を終局変形角 γu と定める。 (8)　包絡線と X 軸及び γu で囲まれる面積を S とする。 (9)　第Ⅴ直線と γu と X 軸及び X 軸に平行な直線で囲まれる台形の面積が S と等しくなるように X 軸に平行な直線（第Ⅵ直線）を引く。 (10)　第Ⅴ直線と第Ⅵ直線との交点の荷重を完全弾塑性モデルの降伏耐力と定め，これを終局耐力 Pu と読み替える。そのときの変形角を完全弾塑性モデルの降伏点変形角 γv とする。 (11)　（γu／γv）を塑性率 μ とする。 (12)　塑性率 μ を用いて，Ds＝1/√(2μ－1)とする。

単位mm



DG1：梁の水平方向変位
DG2：土台の水平方向変位
DG3, DG4：柱脚部の上下方向変位
DG5, DG6：CLTパネルと接合材の相対水平方向変位
DG7, DG9：CLTパネルと梁の相対上下方向変位
DG8, DG10：CLTパネルと土台の相対上下方向変位

変位の符号は下記による。
DG1, DG2：（＋）加力方向への変位を＋とする。
DG3, DG4：沈下を＋とする。
DG5～DG10：矢印方向への変位を＋とする。

見掛けのせん断変形角 γ
$\gamma = (DG1-DG2)/h$　ここで、h=2790mm
脚部の回転角 θ
$\theta = (DG3-DG4)/b$　ここで、b=1200mm
真のせん断変形角 γ_0
$\gamma_0 = \gamma - \theta$

図－２　試験方法（面内せん断試験方法：柱脚固定式）　試験体記号：CLT90

４．　試験結果

（１）特定変形時の荷重，最大荷重，破壊状況等を表－４に，降伏耐力，終局耐力，構造特性係数等を表－５に，短期基準せん断耐力を表－６に示す。

（２）荷重－せん断変形角曲線，包絡線及び完全弾塑性モデルを図－３及び図－４に，各曲線の比較を図－５に，荷重－変位曲線を図－６～図－９に示す。

（３）破壊状況を写真－１～写真－１６に示す。

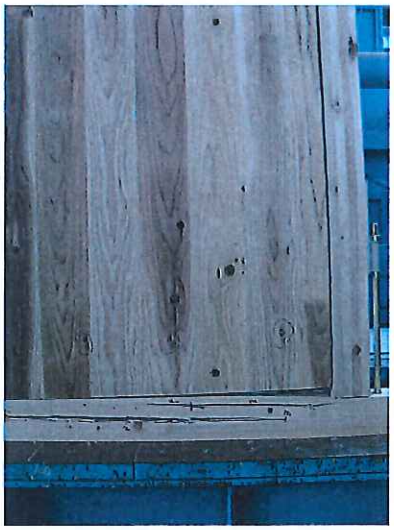
試験体記号：CLT90

写真－１　破壊状況
番号：1
最大荷重:18.8kN

全景

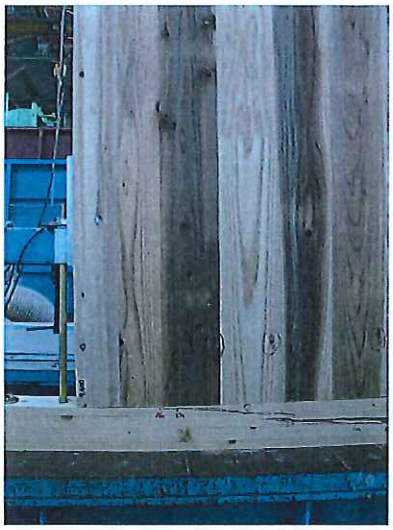
写真－２　破壊状況
番号：1
最大荷重:18.8kN

梁の曲げ破壊



写真－３　破壊状況
番号：1
最大荷重:18.8kN

土台の割裂，ねじの抜けによるパネルの浮き上がり



写真－４　破壊状況
番号：1
最大荷重:18.8kN

パネルの土台へのめり込み

写真－５　破壊状況
番号：2
最大荷重:21.0kN

全景

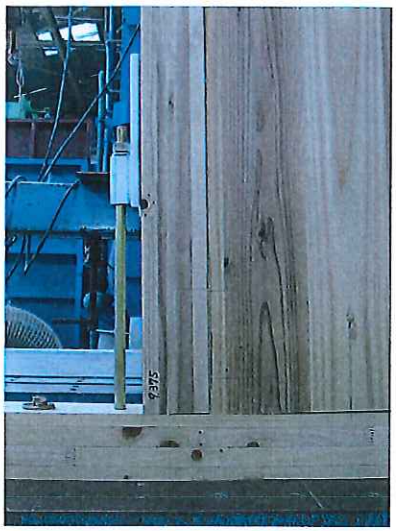
写真－６　破壊状況
番号：2
最大荷重:21.0kN

梁の曲げ破壊

試験体記号：CLT90

写真－７　破壊状況
番号：2
最大荷重:21.0kN

・ねじの抜けによるパネルの浮き上がり
・座金の土台へのめり込み



写真－８　破壊状況
番号：2
最大荷重:21.0kN

パネルの土台へのめり込み

写真－９　破壊状況
番号：3
最大荷重:20.7kN

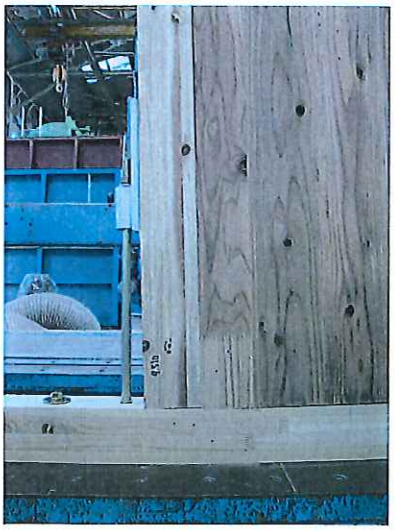
全景

写真－１０　破壊状況
番号：3
最大荷重:20.7kN

梁の曲げ破壊

写真－１１　破壊状況
番号：3
最大荷重:20.7kN

・ねじの抜けによるパネルの浮き上がり
・座金の土台へのめり込み



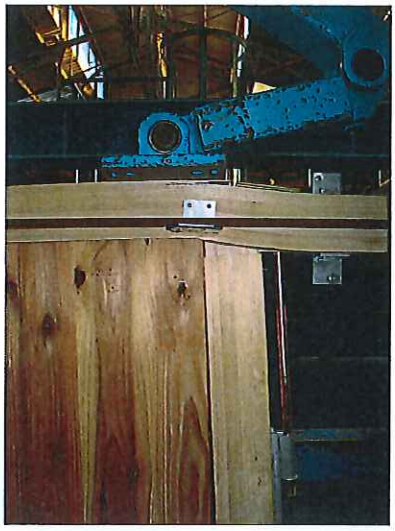
写真－１２　破壊状況
番号：3
最大荷重:20.7kN

パネルの土台へのめり込み

試験体記号：CLT90

写真－１３　破壊状況
番号：4
最大荷重:17.8kN

全景

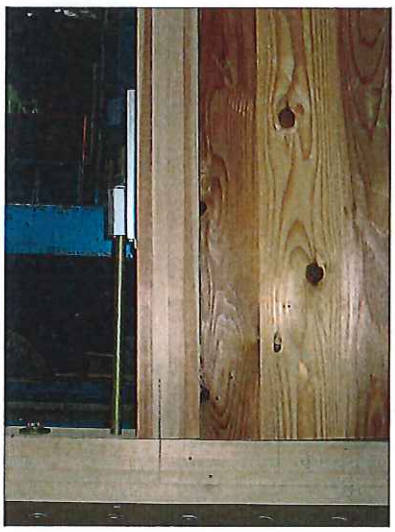


写真－１４　破壊状況
番号：4
最大荷重:17.8kN

梁の曲げ破壊

写真－１５　破壊状況
番号：4
最大荷重:17.8kN

・ねじの抜けによるパネルの浮き上がり
・座金の土台へのめり込み



写真－１６　破壊状況
番号：4
最大荷重:17.8kN

パネルの土台へのめり込み

５．　試験の期間，担当者及び場所

期　間　　平成２６年１２月１８日から
　　平成２７年　１月２８日まで

担当者　　構造グループ
　　統括リーダー　川上　修
　　統括リーダー代理　室星啓和（主担当）
　　特別参与　高橋　仁
　　高橋慶太

場　所　　中央試験所

以下余白

東京大学生産技術研究所

考察

（1）性能

木造軸組工法の耐力壁として、壁倍率評価と同様の試験法を用いて性能を確認した。

仕様の異なる試験体 1 を除いた 3 体から算出した特性値を表 1 に、荷重変形関係曲線を図 1、図 2 に示す。

表 1　特性値一覧

試験体記号	(a) 降伏耐力 Py (kN)	(b) (0.2/Ds)·Pu (kN)	(c) 2/3·P_{max} (kN)	(d) γ =1/120rad.時 (kN)
CLT90-2	11.7	8.0	14.0	16.2
CLT90-3	10.7	9.0	13.8	17.1
CLT90-4	9.6	8.0	11.9	14.3
平均	10.7	8.3	13.2	15.9
標準偏差	1.05	0.58	1.16	1.43
変動係数	0.098	0.070	0.088	0.090
ばらつき係数	0.954	0.967	0.959	0.958
短期基準せん断耐力（Po）(kN)	10.2	8.0	12.7	15.2

この実験結果から壁倍率を算定すると α=0.95 とした場合、

$$\text{壁倍率} = 8.0\ (\text{kN}) / 1.96 / 1.2(\text{m}) = 3.40$$

相当とみることができる。

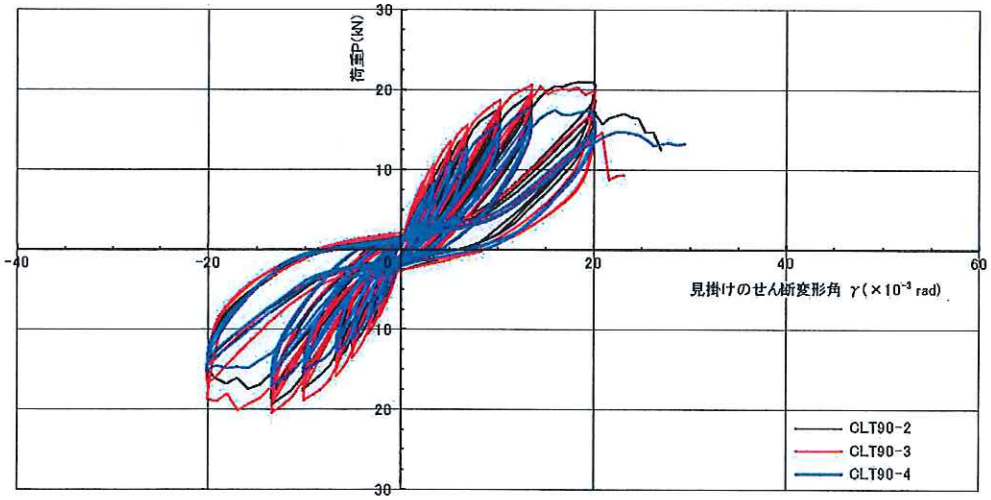


図 1　荷重－変形関係図

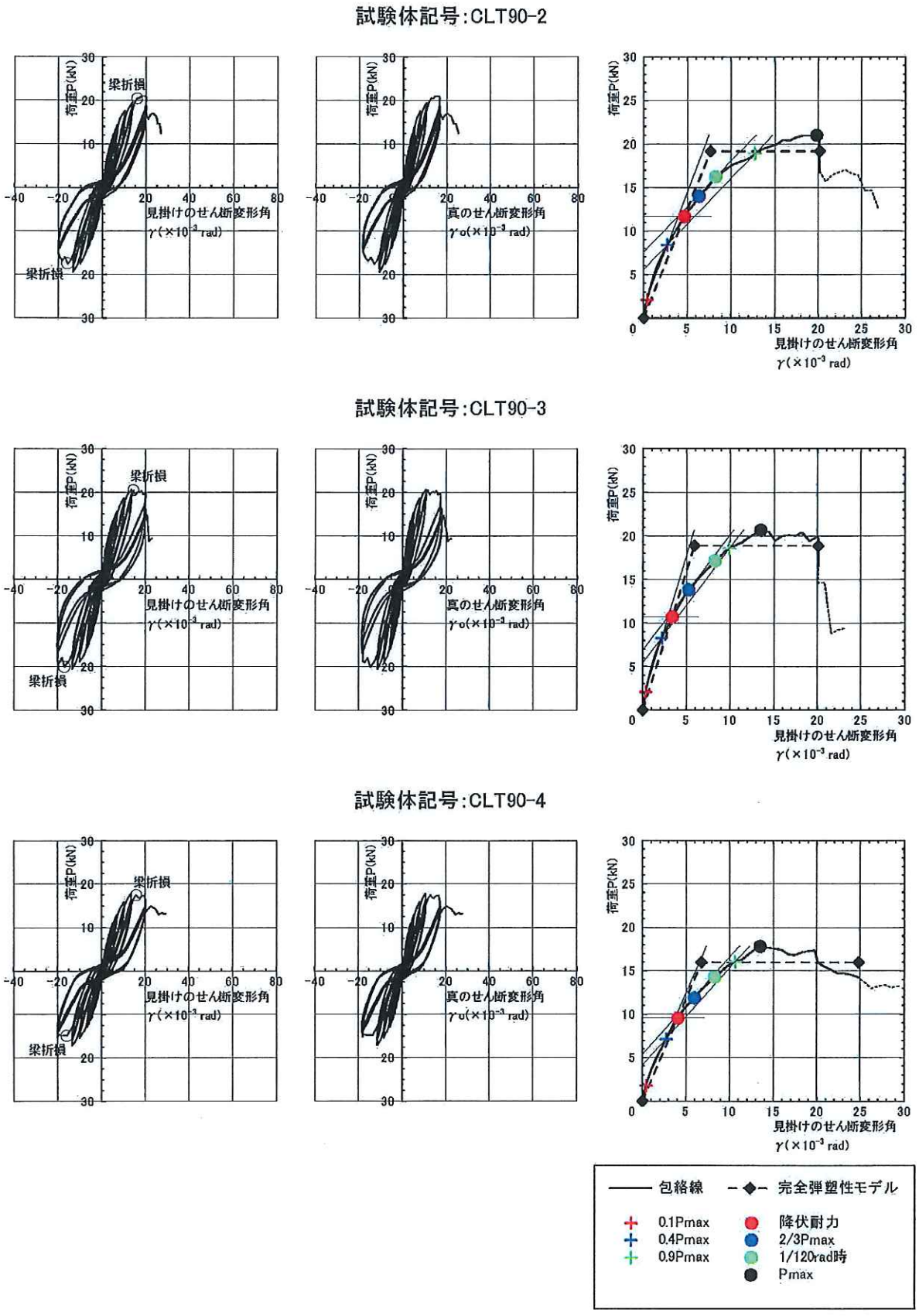


図２　荷重－変形関係曲線、包絡線及び完全弾塑性モデル

施工レポート

資料③

【実施事業名】　CLTの耐力実験とCLT工事の構造体建築実証　【実施者】株式会社　長谷萬

【実施工程】　平成27年1月6日　工事着手

平成27年1月14日～15日　建て方工事（土台敷き～屋根パネル固定・金物固定）

平成27年1月19日～防火区画工事（石膏ボード貼り・防火シャッター）

内装工事・ガラス工事

電気・空調・防災設備工事

平成27年2月　工事完成

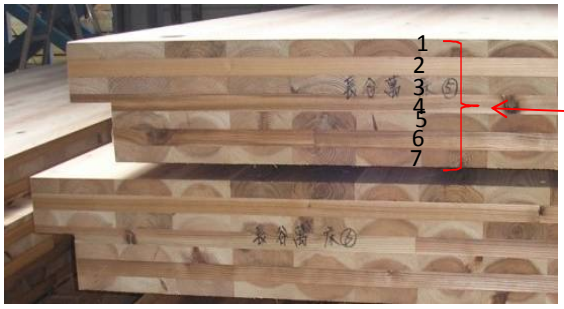
1、資材

1）

・壁CLTパネル　21枚
材種：杉
寸法：W1,110mm×H2,700mm×厚90mm
3層3プライ　各ラミナが直行

実証のポイント
壁CLTはすべて同寸法の長方形
（加工工程の省略と現場施工の簡略化）
将来、CLTをリユースすることを想定し単純な形状にした。

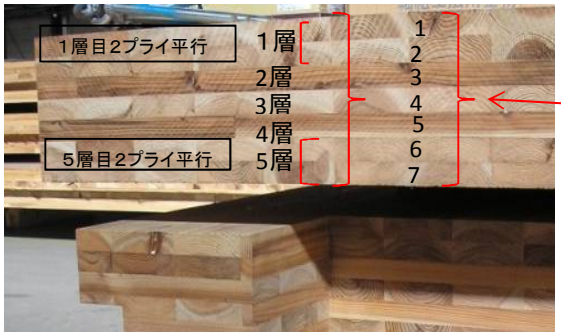
2）



・床CLTパネル　9枚
材種：杉
基本寸法：W1,290mm×L4,890mm×厚210mm
7層7プライ　各ラミナが直行

工夫のポイント
床及び土台のレベルの高低差を1mmにするため
厚み210mmを採用接合加工はアイジャクリとした。
（ハーフストラップドジョイント）
全体の伸びを考慮し奇数番号は幅を1mm狭くした。

3）



・屋根CLTパネル　6枚
材種：杉
基本寸法：W1,800mm×L5,400mm×厚210mm
5層7プライ　長編方向の上下2枚が平行

実証のポイント
フラットスラブを計画しスパン4mに対応する
ため5層7プライを採用した。
接合加工はアイジャクリとした。
（ハーフストラップドジョイント）
全体の伸びを考慮し奇数番号は幅を1mm狭くした。

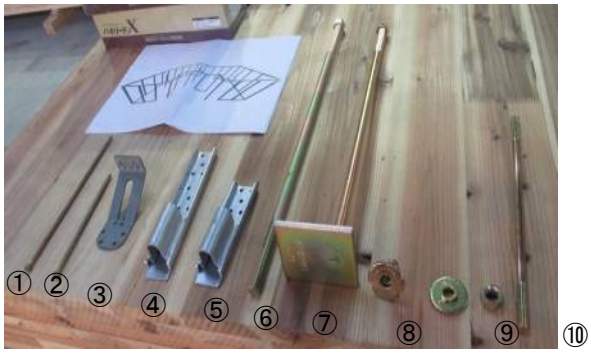
4）

・軸組材
材種：土台　ヒノキ　90角
柱　杉　90角
梁　杉　90角
一般柱の仕口はホゾ加工

後付け金物

実証のポイント
フラットスラブ対応の独立柱は、後付け金物
を採用したのでスリット加工となっている。

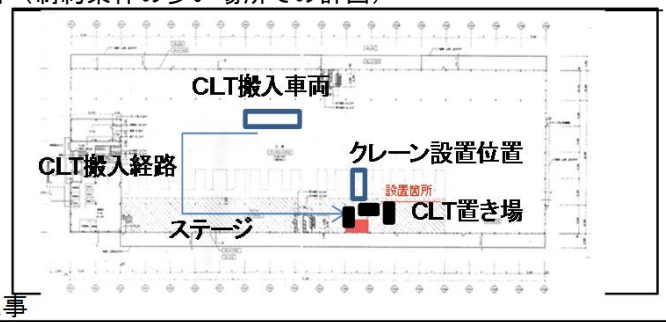
5）



実証のポイント
一般木造住宅用で使用する接合金物を採用
①構造用接合ビス　パネリードX　PX8-290
②構造用接合ビス　パネリードX　PX8-200
③オメガコーナー20kN
④フレックスホールダウンFFH-S34
⑤フレックスホールダウンFFH-L20
⑥ホールダウン用ボルトM16
⑦ホールダウン用座付ボルトM16
⑧土台用スクリューワッシャー
⑨床CLT固定用座金・ナット
⑩土台・床CLT固定用両ねじボルトM12
全ての金物を一般工務店の手持ちの工具で施工する。

2、仮設計画（制約条件の多い場所での計画）

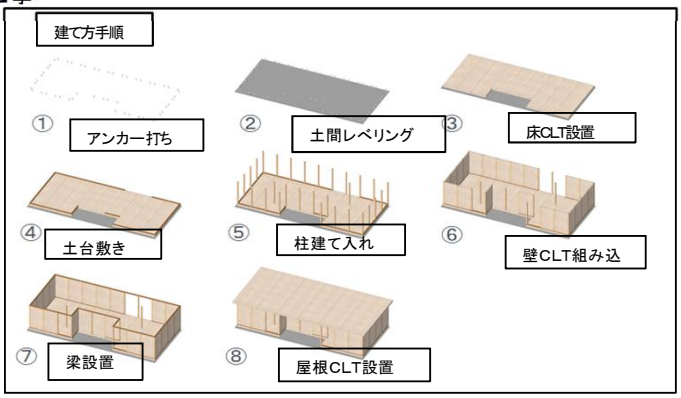
1）



・仮設計画のポイント
CLTの搬入と置き方が施工に大きく影響
早朝工場稼働前にCLT搬入車両が進入、
CLTの荷卸し及び小運搬はフォークリフト
を使用して実施した。クレーン作業よりも
効率が良い。
CLTパネルに番付けして設置順になるように
重ねておく。

3、建て方工事

1）



・CLT施工上重要なポイント
壁のCLT施工精度を上げるためには
土台のレベルの精度が重要となる。
床CLT及び土台のレベルは±1㎜にするために
床CLTは厚み210
㎜を採用した
→レベリングの目標精度±3㎜
→床CLT（210㎜）での目標精度±1㎜

壁の倒れに注意する

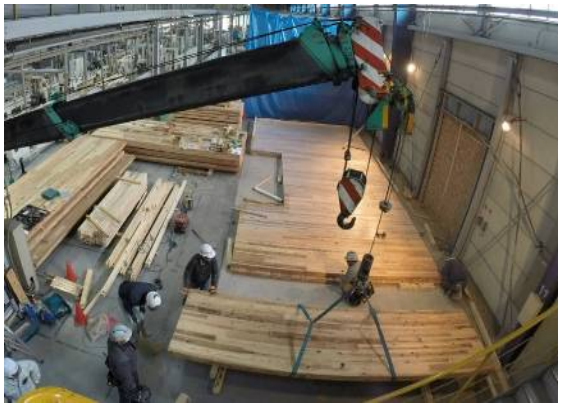
土台レベルの精度を上げる

2）

①アンカー打ち
M12用グリップアンカー打ち込み
M16用グリップアンカー打ち込み
②レベリング
既存土間コンクリートにカチオン系下地処理

施工ポイント
レベラー施工目標精度±3㎜

3）



③床CLTパネル設置　9枚
基本寸法W1,290㎜×L4,890㎜×厚210㎜
CLTパネルをアンカーボルトの穴に上から落とし込み。
今回はスリングベルト使用して吊り込み作業実施

施工のポイント
床CLT設置後レベルが1㎜になったことを確認した。
接合部を締め付けて隙間と全体の伸びを確認
CLTの接合ビス　PX8-200@240で止め付け

4）

④土台敷き　90角　11本

施工のポイント
土台設置後レベルが1㎜になったことを確認した。
CLT上に土台の墨出し
アンカーボルトが土台の上に出ないようにする。

スクリューワッシャーで締め付け

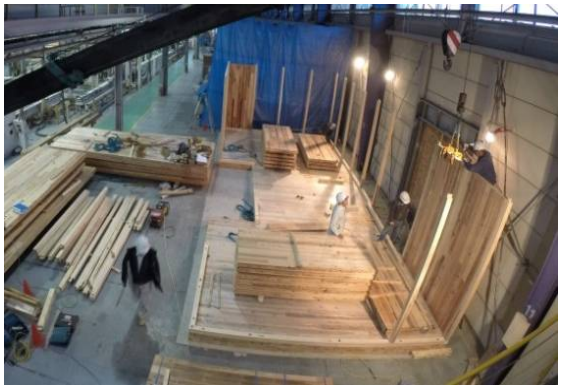
5）

⑤柱建て入れ　90角　28本
柱間グリッド芯々1200㎜
短ホゾ差し込み

施工のポイント

周りが狭いため柱を全部建てると屋根CLTパネルが
クレーンで上げることができないので、手前の柱は
屋根パネルをすべて上げた後に施工する。

6）



⑥壁CLTパネル組み込み　21枚
W1,110㎜×H2,700㎜×厚90㎜
柱芯々1,200㎜の間に落とし込み

施工のポイント

倒れ防止のため柱に仮固定する。（外部防火区画側）
垂直を確認しながら施工。
上部から落とし込む方法で設置。

7）

壁CLTパネルの下部ビス固定

実証のポイント

今回は屋根施工後にビス打ち実施した。
ビスはパネリードX　PX8-200　@200両面斜め打ち。
このビスは斜め打ちが困難なので深さ1cmの下穴
を空けてから施工した。
角度が重要のため現場で治具を作成して
インパクトレンチでビス留めを実施した。
将来CLTをリユースすることを想定して丁寧な
ビス打ちをした。
一般住宅用接合金物を一般工務店が手持する
工具で施工した。

8）

⑦梁を設置　90角　12本
施工で工夫したポイント

壁CLT組み込みながら順次梁をかけて
壁の伸びを修正しながら施工する。

梁から壁CLTパネルへビス留め
パネリードX　PX8-290@200

9）

⑧屋根CLTパネル設置　6枚
W1,800㎜×L5,400㎜×厚210㎜

屋根CLTから壁へのビス留め
パネリードX　PX8-290　@200
屋根CLT同士の接合
パネリードX　PX8-200　@200

実証のポイント

接合部の締め付け後、伸びの確認
全幅で計画より3㎜伸びを確認した。

結果：床、屋根ともCLT1枚当たり1㎜程度の伸びを確認

10）

・建て方終了
外観

課題

壁CLTに若干の反りがあり、柱との段差がある
ので、反りの対策をメーカーと検討する。

11）

・建て方終了
内観
実証のポイント

フラットスラブの採用
壁間4,800㎜の空間にスパン4,000㎜以内に梁無しで
独立柱を設置できるフラットスラブを採用し、木造で
新しい空間を提案する。

今後の課題

屋根CLTパネル設置後に後付け金物を採用して
独立柱を取り付けした。
今後の課題として、柱のめり込みの検討が必要。

12）

実証のポイント

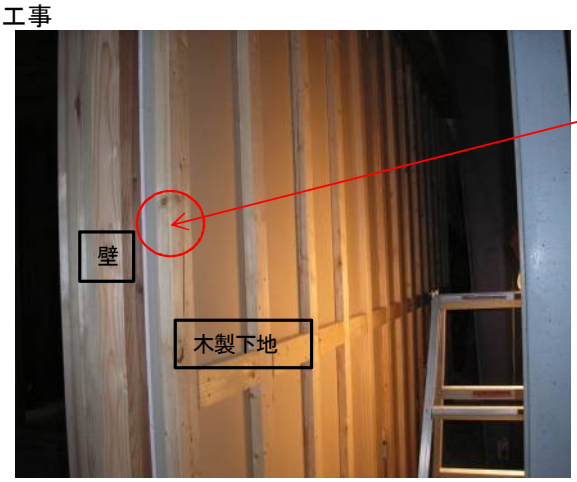
ホールダウン金物取り付け
間仕切り部分の両側の柱には
　フレックスホールダウンFFH-L20
建物隅部の耐力壁の両側の柱には
　フレックスホールダウンFFH-S34
ホールダウン金物を柱の外側に設置して施工を簡略化した。

金物納まりのポイント

ホールダウン金物を柱の外側に設置して、防火区画内に
納める。将来は外断熱の中に納められる。

4、仕上げ工事

1）



施工中の防火区画の断面

片側：強化石膏ボード9.5㎜+12.5㎜
木製下地
この後、外側に強化石膏ボード12.5㎜+9.5㎜

防火区画内にホールダウン金物を納めた。

2）

特定防火設備（防火シャッター）取り付け下地鉄骨

・特定防火シャッターの納まり
鉄骨下地及びシャッターBOXともに鉄板の厚み
を1.6㎜以上とし防火区画を形成している。

3）

防火区画完了

・ポイント
防火シャッターは火災警報装置連動とした。
シャッターBOXを囲い意匠上工夫した。

4）

前面ガラス施工完了

・ポイント
特定防火シャッターを採用して前面の開口を大きくとることで
開放感をもたせた。

2.1.4　工事費等の内訳

4. 工事費等内訳

（税込み）

事業名			CLTの耐力実験とCLT工事の構造体建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			
共通仮設費			
建築工事	直接仮設工事		
	土工事		
	コンクリート工事		
	型枠工事		
	鉄筋工事		
	鉄骨工事		
	組積工事		
	防水工事		
	タイル工事		
	木工事		7,577,857
	屋根及び樋工事		
	金属工事		
	左官工事		183,600
	金属製建具工事		1,134,000
	木製建具工事		53,676
	ガラス工事		199,800
	塗装工事		
	内外装工事		
	雑工事		
電気設備工事			518,400
機械設備工事（火災報知器等）			594,000
小計①			10,261,333
別途工事費		外構工事	
		解体撤去工事	
設計費		ボーリング	
		設計	1,620,000
		大臣認定	
		確認申請	
その他（実験関連の試験費用・試験体資材及び組立て手間）			1,708,724
小計②			3,328,724
合計（①＋②）			13,590,057

（税込み金額/円）

助成金申請時の工事費用　　¥12,477,657

自社負担の電気工事費用	¥518,400
自社負担の防災工事費用	¥594,000
合計	¥1,112,400

2.2 法政大学　網野禎昭

2.2.1 建築物の仕様一覧

事業名			低市場価値製材を活用したマッシヴホルツ構法の建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			網野禎昭
建築物の概要	用途		専用住宅
	建設地		静岡県富士宮市
	構造・工法		木造軸組
	階数		2
	高さ（m）		6
	軒高（m）		5.45
	敷地面積（m^2）		969.71
	建築面積（m^2）		125.46
	延べ面積（m^2）		139.59
	階別面積（m^2）	1階	107.19
		2階	32.4
CLT以外の新たな製品・技術の仕様	採用部位		壁、2階床スラブ、屋根スラブ
	使用量（m^3）		約45m^3
	壁	寸法	平角材による壁：t120/h2320-2460-4900 間柱材による壁：t105/h2460-4900
		構成	平角材による壁：平並べした平角材（t120、乱尺幅）を構造用ビスにより相互接合した構造面 間柱材による壁：小端立て並べた間柱材（30/105）を釘により相互接合した構造面
		樹種	杉
	床	寸法	t120/l_{max}4920
		構成	平置きした平角材（t120、乱尺幅）を構造用ビスにより相互接合した構造面
		樹種	杉
	屋根	寸法	t120/l_{max}5430
		構成	平置きした平角材（t120、乱尺幅）を構造用ビスにより相互接合した構造面
		樹種	杉
仕上	主な外部仕上	屋根	FRP防水
		外壁	杉板t45縦張り
		開口部	アルゴンガス封入複層ガラス入り木製高断熱サッシ
	主な内部仕上		上記構造体のまま
構造	構造計算ルート		4号建築物（壁量計算＋許容応力度計算による自主検証）
	接合方法		ホールダウン金物、構造用ビス、釘の併用
	最大スパン		5.4
	問題点・課題とその解決策		■得られた成果　厚手面材に対する面内せん断試験の結果、耐震壁として有用な壁倍率（タイプA壁倍率4.2、タイプB壁倍率2.8）が評価された。 ■問題点・課題　本工法における耐力壁 は壁倍率の大臣認定を取得していないため、壁量計算に考慮できない。よって本建物は法的には外壁等に設置した構造用合板による耐力壁のみで壁量計算を満足するように設計。今後の課題は、本工法の耐力壁の耐力を法的にも考慮した設計を可能にすることである。 ■解決策①　本工法の耐力壁の壁倍率について大臣認定を取得し壁量計算に考慮できるようにする。単一物件の実証のためにはコストがかかりすぎるため本事業では大臣認定取得は行っていない。 ■解決策②　構造材に集成材またはJAS製材を使用する。本建物では無等級材を使用しており、法46条2項の許容応力度計算を満足でていない。構造材に集成材またはJAS製材を使用することで、法46条2項の許容応力度計算を選択できる。
火耐防	防耐火上の地域区分		法22、23条指定区域
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		なし
	建て方における課題と解決策		建築実証の結果、木材の供給・加工体制に起因する歩留まりの低下が認められた。木材の発注数量が多いため、製品に対する選別を行わずに現場直接搬入としたことで、パネル化が困難となり施工手間が増す結果となった（ただし意匠性は際立って向上）。また残材発生も増加。改善方法として、一般に仮組ヤードを所有しない施工者に替え、製材所がパネル化を請け負うことで、生産効率の向上が可能と考えられる。
	劣化対策		防蟻処理など一般的な措置に加え、土台には耐朽性の優れている桧を使用し、接地階床をコンクリート造とした。構造材が現しになっているため、雨水の侵入等早期発見が可能。また外周部の乾燥状態を保つため、基礎立上り周辺部（幅1m深さ60cm）を割栗砕石により置換した。
工程	設計期間		
	施工期間		5カ月
		CLT等躯体施工期間	5週間
	竣工（予定）年月		2015, 3
体制	発注者		個人
	設計者		網野禎昭、株式会社平成建設
	構造設計者		株式会社宮田構造設計事務所
	施工者		株式会社平成建設
	CLT等新たな製品・技術供給者		網野禎昭、株式会社平成建設、株式会社宮田構造設計事務所、二宮木材株式会社

2.2.2 実証事業の概要

平成 26 年度 CLT 等新たな製品・技術活用建築物実証事業 概要

事業名　等低市場価値製材を活用したマッシヴホルツ構法の建築実証
実施者　網野禎昭

■建築物の概要

用途	専用住宅
建設地	静岡県富士宮市
構造・工法	2 階建て木造軸組
建築面積	125.46 m²
延べ面積	139.59 m²（1 階 107.19 m²／2 階 32.4 m²）
竣工予定	2015 年 3 月末

■本事業で実証した内容

【建築物の建築実証】

- 低市場価値な国産スギ製材品（本提案では間柱 B 材・芯持ち平角）を簡易な接合方法（構造用ビス・釘）で機械的に集成してつくる構造用面材の製造方法を実証。
- 一般住宅の壁・床・屋根の全面に上記構造用面材を応用した施工実証を行い、施工方法および経済性を検証。

【建築物の設計実証】

- 接合要素の要素試験データをもとに、耐力壁の解析モデルを作成し応力解析を行った。応力解析結果から耐力壁の詳細設計を行い、目標性能を特定。
- 耐力壁の詳細設計で得られたデータを用いて、構造設計を行い耐力壁の有効性を確認。
- 木材の大量活用による厚手面材の効果を、構造性能に限らず居住性からも評価するため室内熱環境シミュレーションを実施。

【部材の性能実証】

- 壁や床など、せん断構面としての利用を想定し、面内せん断実験により壁倍率を得て目標性能を確認。

■事業実施体制

建築設計	網野禎昭、㈱平成建設
構造設計	㈱宮田構造設計事務所
熱環境シミュレーション	金子尚志（株式会社エステック計画研究所）
構造実験	㈱宮田構造設計事務所、法政大学デザイン工学部建築構法研究室 カネシン開発試験センター
施工	㈱平成建設
木材供給	二宮木材㈱

■実証方法と実施工程

本提案においては、芯持ち平角（120/300 ㎜程度）を構造用ビスにより集成させた厚手面材タイプ A と、間柱（30/105 ㎜）を釘により集成させた厚手面材タイプ B の応用について、以下の手順で諸性能を実証した。

- 使用対象製材特定と厚板モデルの立案（網野禎昭+㈱平成建設＋二宮木材㈱）
  平成 25 年度～平成 26 年 6 月
- 建築物の基本設計（網野禎昭+㈱平成建設）
  平成 25 年度～平成 26 年 6 月
- 建築物の実施設計（㈱平成建設＋法政大学デザイン工学部建築構法研究室）
  平成 26 年 5 月～8 月
- 構造計算（㈱宮田構造設計事務所）
  平成 26 年 5 月～8 月
- 室内熱環境シミュレーション（金子尚志）
  平成 26 年 9 月
- 要素試験、耐力壁の面内せん断試験（㈱宮田構造設計事務所他）※本事業に係る計画
  平成 26 年 8 月 8 日、25 日、26 日
- 厚手面材の製造および建築物の施工（㈱平成建設）※本事業に係る計画
  平成 26 年 10 月 14 日：　基礎着工
  平成 26 年 11 月初旬：　木工事開始
  平成 26 年 11 月 13 日：　建方時見学会（公開）
  平成 27 年 2 月末：　木工事（事業該当部分）完了
- 竣工関連日程
  平成 27 年 3 月末：　完了検査実施／竣工時見学会（公開）
- 室内熱環境の計測（金子尚志＋法政大学デザイン工学部建築学科）
  平成 27 年 4 月～1 年間継続

■本実証により得られた成果

【構造性能】　厚手面材に対する面内せん断試験の結果、耐震壁として有用な壁倍率（タイプ A 壁倍率 4.2、タイプ B 壁倍率 2.8）が評価された。今後の課題は、本工法の耐力壁の耐力を法的にも考慮した設計を可能にすることである。

【環境性能】　シミュレーションの結果、厚手面材（120 ㎜厚）と外断熱材（90 ㎜ XPS）の組み合せにより、蓄熱性と断熱性の相乗効果が確認され、軸組木造とは異なり、外温変動の影響を受けにくい安定した室内環境が実現可能とされた。竣工後実測により、温湿度変化の他、木材の乾燥収縮についてもデータ蓄積を行う。

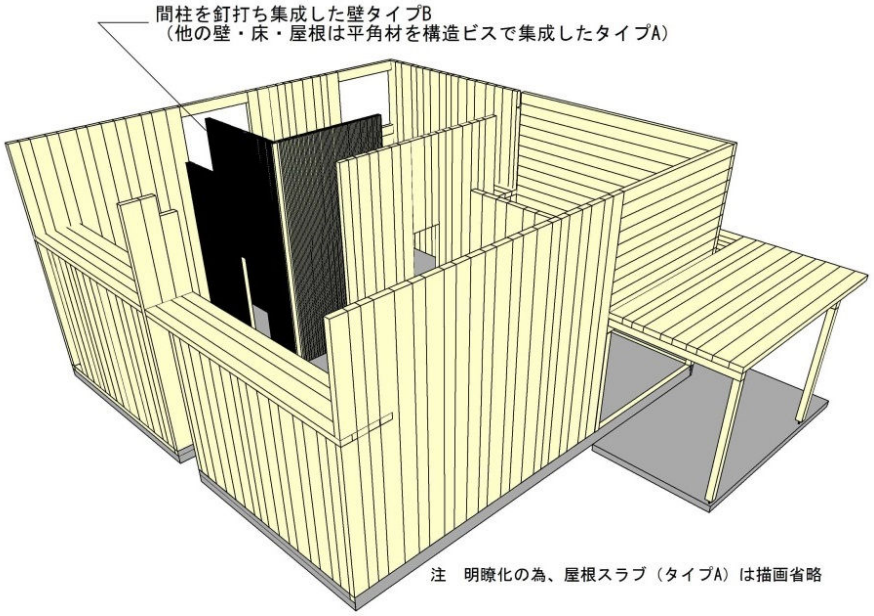
【経済性・施工性】　建築実証の結果、木材の供給・加工体制に起因する歩留まりの低下も認められた。木材の発注数量が多いため、製品に対する選別を行わずに現場直接搬入としたことで、パネル化が困難となり施工手間が増す結果となった（ただし意匠性は向上）。また残材発生も多くなった。改善方法として、一般に仮組ヤードを所有しない施工者に替え、製材所がパネル化を請け負うことで、生産効率の向上が可能と考えられる。

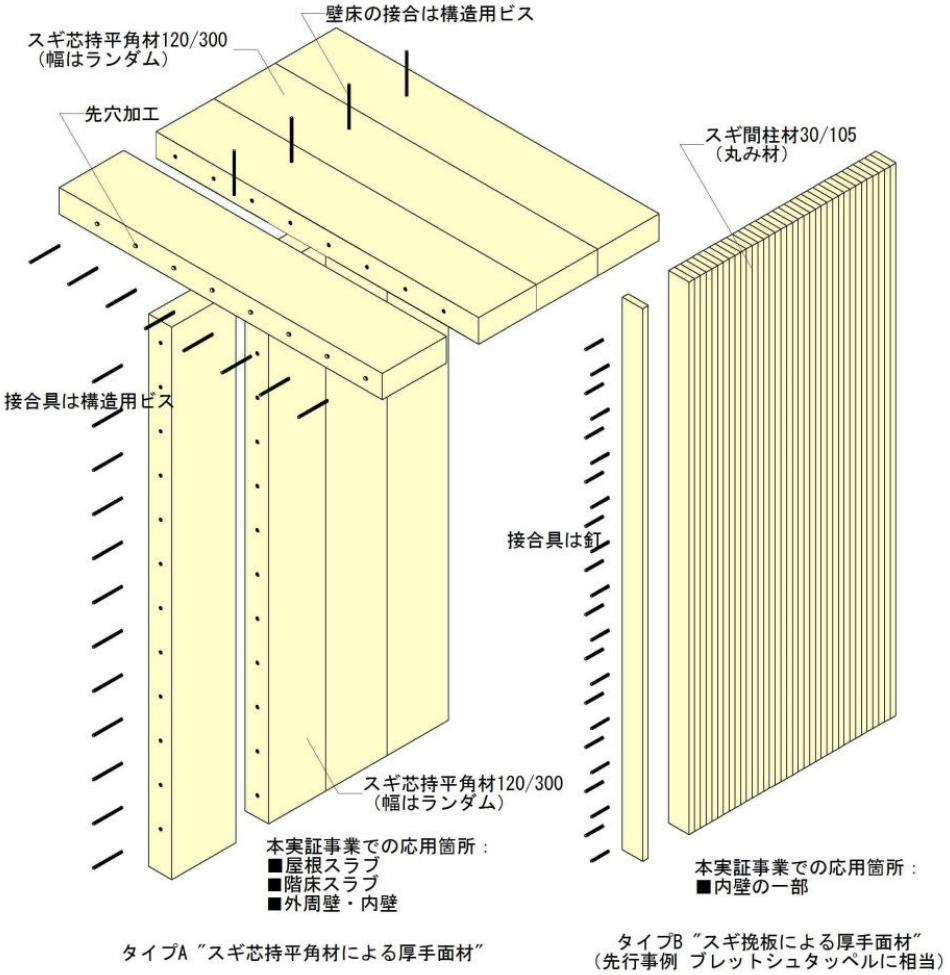
■本構法の普及により期待できる効果

【小規模事業者向けの技術開発】　国内林業・木材産業の活性化のため、『低質材や残材の構造用面材としての有効活用』を狙う点では、本提案も CLT と軌を一にするが、大規模な設備投資が必要な CLT 製造に対し、スクリュー・釘・ダボなどによる”ローテク”とも言える手工業的製造にこだわった構法であるため、『多様な小規模事業者の参入』に道を開くものである。

【多品種少量生産による幅広い応用域】　中間流通を省き、製材業者が自らのデッドストックを活用し、これを高価な機械設備を用いない方法で積層して付加価値の高い面材とするものが本技術である。積層時の接合方法は、スクリューや釘あるいはダボ打ちのいずれかであるが、単一の接合方法であっても、挽板の配列・種類を変えるだけで多様な断面構成が可能となるため、吸音性能や通気・配線スペースなどを備えた多機能性の壁・床面材や、大小様々なスパンに対応する木質スラブなど、『多様な品種を同一の製造ラインを用いて製造できるメリット』が生まれる。

【中小規模建築向けの面構法】本技術は、CLT と対比して上記のメリット（低設備投資／多品種少量生産）が得られる一方で、挽板の交差接着積層による CLT のように大型で高せん断耐力を有する面材製造には不向きである。本技術は、多層階建築等の高負荷型の構造を得意とする大量生産型 CLT と棲み分け、意匠・居住性が求められる中小規模建築を対象とした厚手面材としての普及が期待される。





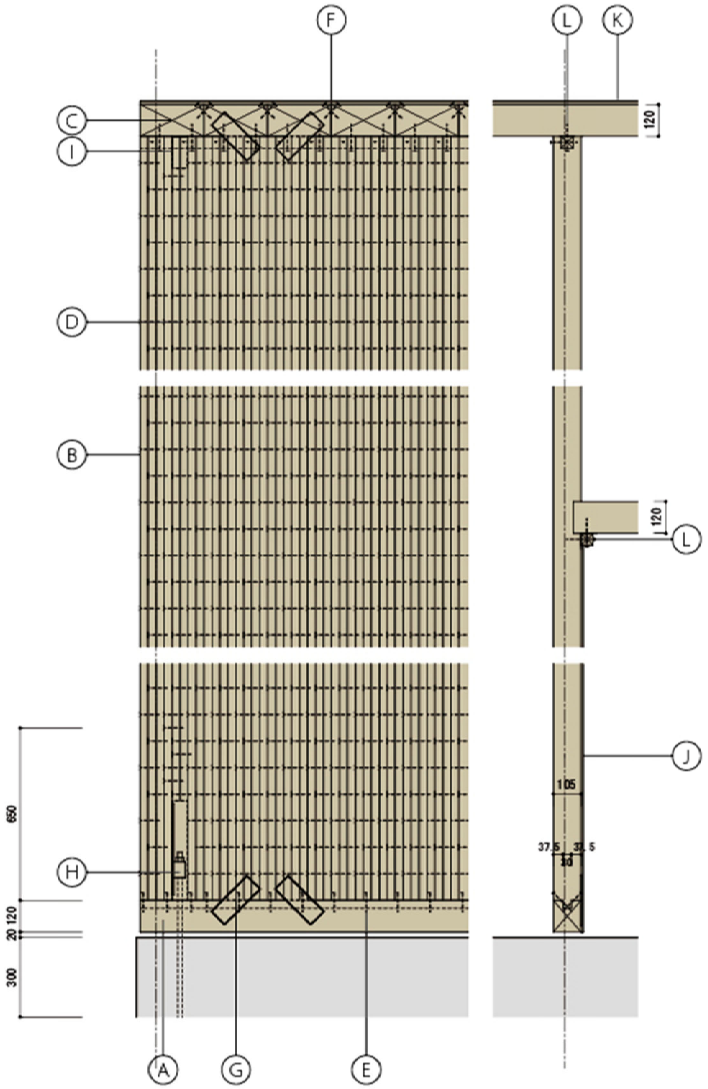
上図　建築物の部位構成

左図　厚手面材の構成

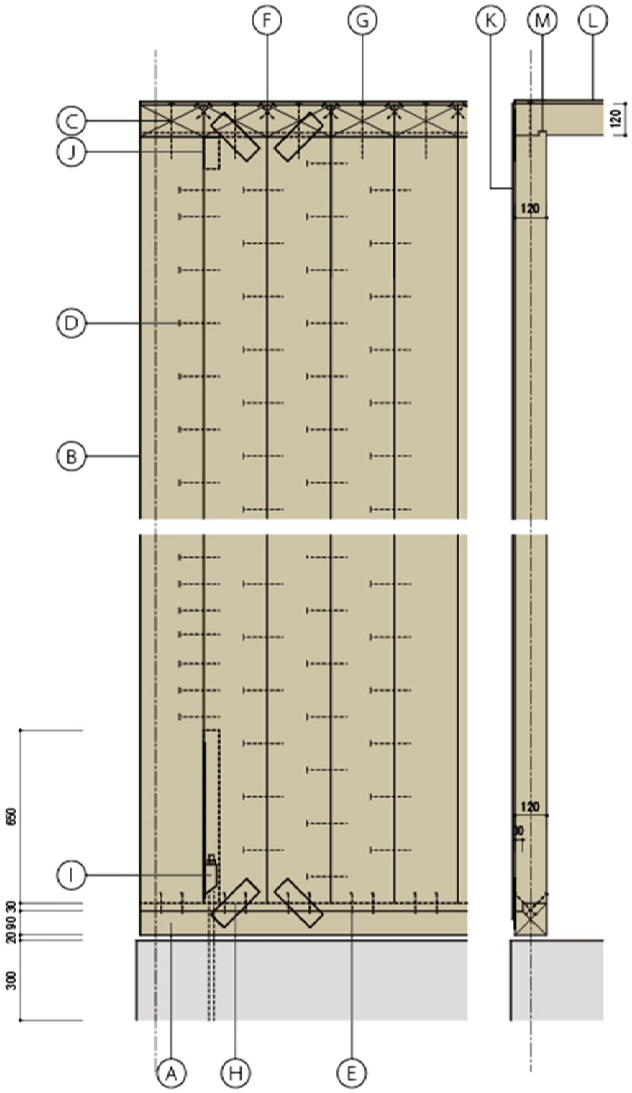
次ページ

左図　耐力壁タイプ B 詳細図

右図　耐力壁タイプ A 詳細図



A / 土台：120 × 120 無等級（ヒノキ）
B / 柱：厚 105mm 無等級（スギ）
C / 屋根材：せい 120mm 無等級（スギ）
D / N75 @200
E / N90 @ 120 斜め打ち
F / CN75 @200 斜め打ち
G / フィックステンプレート×２ ハの字張り@ 960
H / ピス留めホールダウン U35kN 用
I / 端部柱頭：コーナー金物 短期許容せん断耐力 10kN 同等以上品
J / 構造用合板 t=9 CN50@100
K / 構造用合板 t=12 N50@150 四周打ち
L / 屋根材受け材 45x45(ベイマツ) パネリード P6-L=100@120 で留め付け



A / 土台：120 × 120 無等級（ヒノキ）
B / 柱：厚 120mm 無等級（スギ）
C / 屋根材：せい 120mm 無等級（スギ）
D / パネリード II ＋P 6 L=200 @200
E / パネリード II ＋P 6 L=100 裏表から斜め打ち
F / CN75 @200 斜め打ち
G / パネリード X　PX8 L=200 @240
H / フィックステンプレート×２ ハの字張り@ 960
I / 高耐力フレックスホールダウン 60
J / 端部柱頭：コーナー金物 短期許容せん断耐力 10kN 同等以上品
K / 構造用合板 t=9mm CN50 @ 100
L / 構造用合板 t=12mm CN50 @ 150 四周打ち
M / せん断止めアゴ

2.2.3　成果物

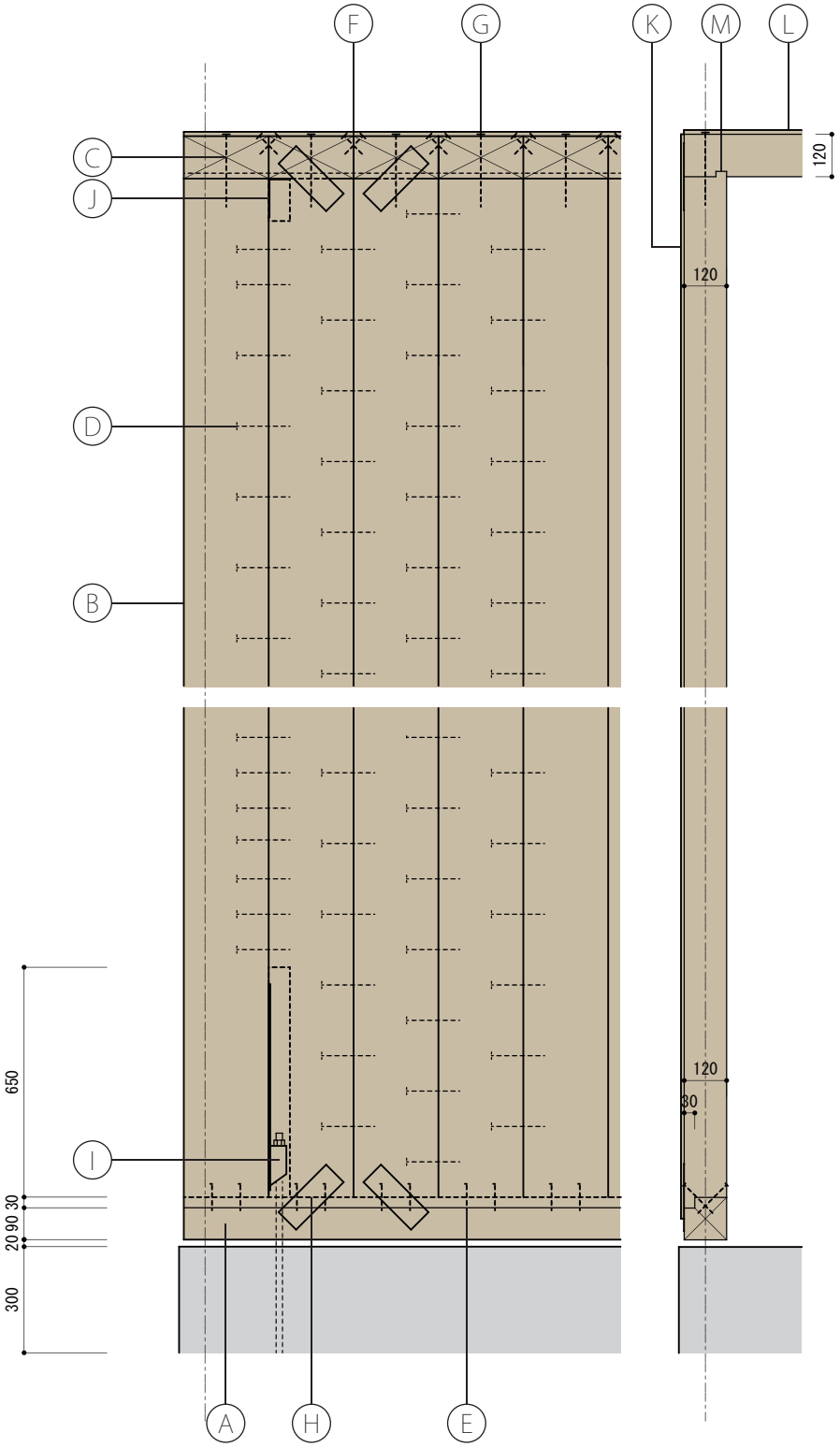
製材所のデットストック、割れの入った平角材

低市場価値材の活用

生活基盤のすべてを木材に頼っていた頃、私たちは森の恵みを余すことなく活かしていた。しかし、様々な材料に溢れ、これらが取捨選択可能な現代では、売りやすい物に市場価値の偏りが見られ、売りにくい物はデッドストックと見なされる。そのため、節が多く、丸みやひび割れのある木材は欠点材と呼ばれ、製材所の片隅に行き場を失い大量に放置され、廃棄の時を待っている。仮にそれが軽微な欠点であったとしてもである。日本林業の衰退はとどまるところを知らない。山から木が出て来ない、国産材は高価である、といった消費者の声が聞こえるが、その責任の一端は消費者自らの選り好みにあることも明らかである。低市場価値材も無駄なく活用することができれば、製材所の歩留まりは上がり、山に戻る利益も増えることだろう。山の恵みを無駄なく使い、山に暮す人々が喜んで木を出してくれるような社会を目指すことも、木造建築の大切な視点であるように思う。

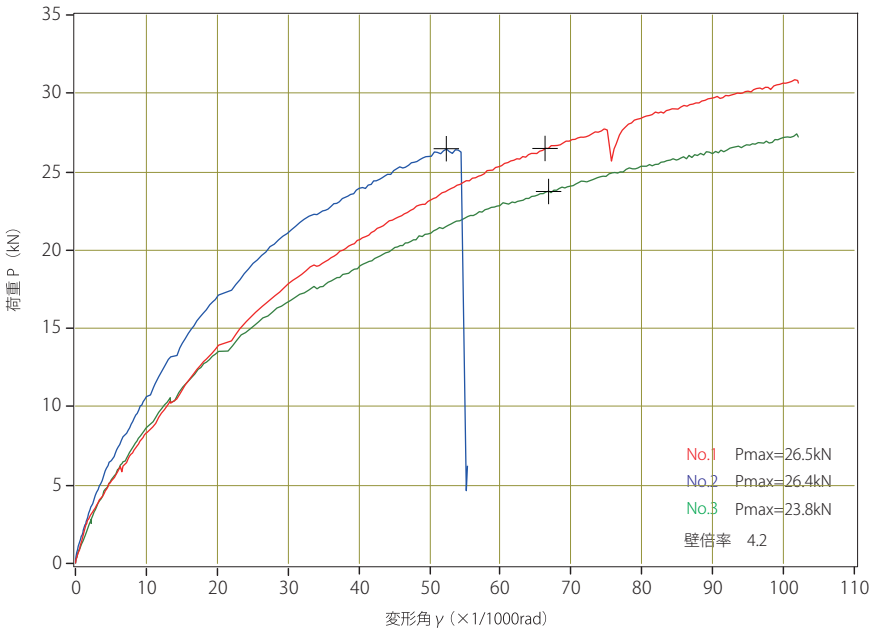
平角マッシブホルツ

厚さ 12cm、乱尺幅、長さ 3 ～ 6m のスギ芯持ち平角材（KD）を平並べし、相互に構造用ビスで留めあわせることで壁や床、屋根を構成した。芯持ち製材であることからすべて端部に乾燥割れを起こしたデッドストック材の活用である。組立て後の面厚は 12cm となり、構造躯体（壁倍率 4.2 相当）としてだけではなく、断熱・蓄熱・蓄湿体としての機能が期待できる。
かつて日本国内には、長大丸太を台車製材により梁桁用の平角材を挽き割る製材所が各所に見られたが、近年では、寸法が多様な梁桁材を敬遠し、規格柱材のみを製材することで経営リスクの軽減を図る製材所がほとんどである。
その中、二宮木材株式会社（那須塩原市）は長大丸太からの木取りを続ける数少ない製材所の一つであり、木造建築文化にとって欠かせない企業である。平角マッシブホルツは、同社のストックヤードから搬入した平角材を現場にて組立てた。



A / 土台：120 × 120 無等級（ヒノキ）
B / 柱：厚 120mm 無等級（スギ）
C / 屋根材：せい 120mm 無等級（スギ）
D / パネリート II $^{+}$P 6 L=200 @200
E / パネリード II $^{+}$P 6 L=100 裏表から斜め打ち
F / CN75 @200 斜め打ち
G / パネリード X　PX8 L=200 @240
H / フィックステンプレート × 2　ハの字張り @ 960
I / 高耐力フレックスホールダウン 60
J / 端部柱頭 : コーナー金物 短期許容せん断耐力 10kN 同等以上品
K / 構造用合板 t=9mm CN50 @ 100
L / 構造用合板 t=12mm CN50 @ 150 四周打ち
M / せん断止めアゴ

面内せん断試験（水平加力試験）



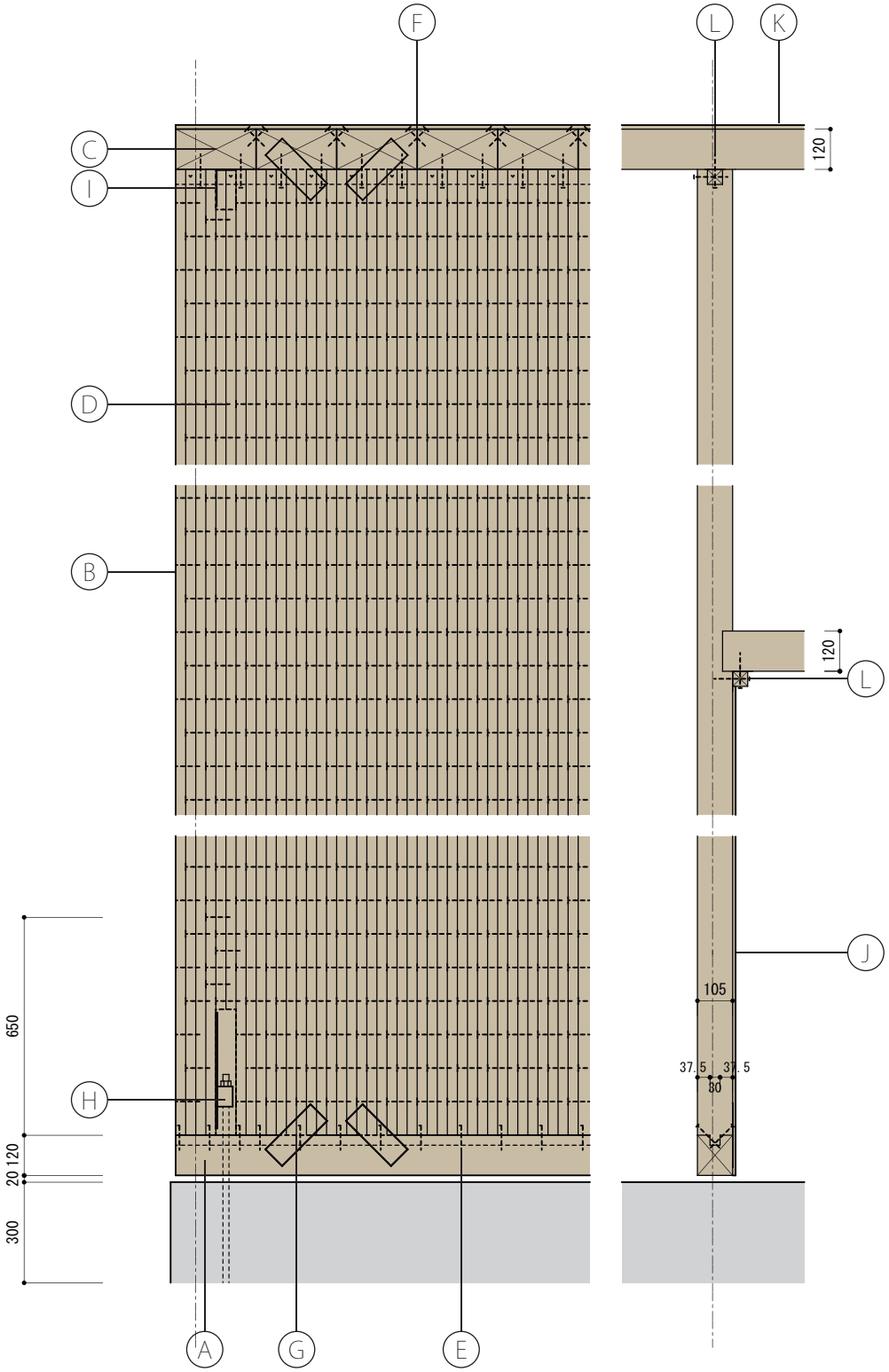
試験体形状　W=910mm　L=3000mm　D=120mm
使用部材　栃木県産スギ（小口割れ、当て材、虫材込の KD を四面プレーナー加工）
接合方法　パネリート II ⁺P6　L=200　@150mm

1．2．3／平角マッシブホルツの施工。クレーンにより一本ずつ落とし込み、長尺ビスによって固定する。4／垂直を出しながら正確に土台に乗せる。5／壁の上部と梁を固定する。6／耐震壁の試験体。

1	2
3	4
5	6

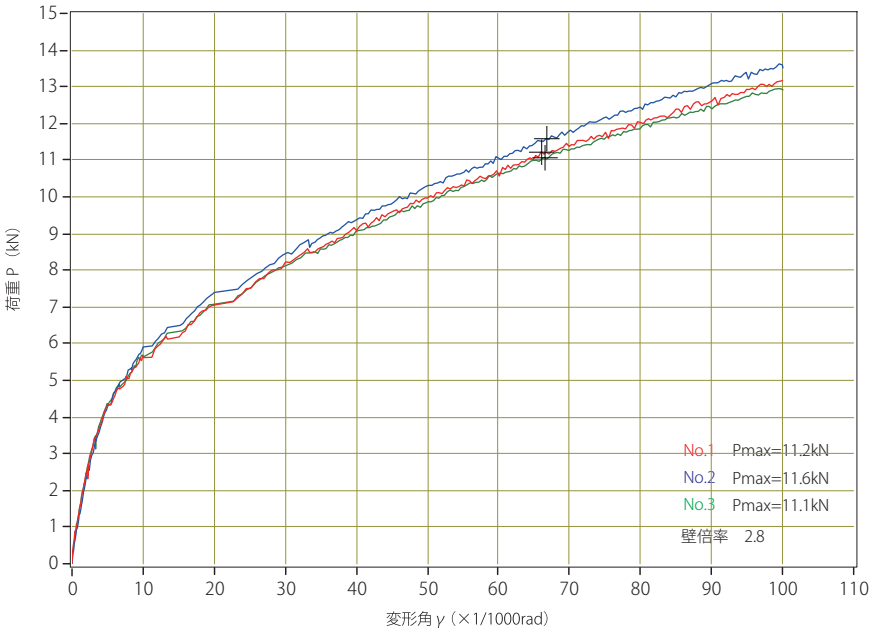
ブレットシュタッペル

ドイツ語で Brettstapel（Brett 板、Stapel 積層）と呼ばれる厚板は、小端立てた状態で並べた挽板を、相互に釘やダボによって接合した面材である。1970 年代に、低質木材を活用し、手作業でも生産可能な木質厚板としてユリウス・ナッテラーにより開発された。この住宅の内部壁にもブレットシュタッペルが応用されている。角に丸みが入っているために市場に流通することのないスギ間柱材（30/105）を素材とし、これを釘の千鳥打ちによって積層させている。低市場価値材を手作業で組み立てたローテク部材ではあるが、耐震壁としての性能（壁倍率 2.8 相当）も確認された。



A / 土台：120 × 120 無等級（ヒノキ）
B / 柱：厚 105mm 無等級（スギ）
C / 屋根材：せい 120mm 無等級（スギ）
D / N75 @200
E / N90 @ 120 斜め打ち
F / CN75 @200 斜め打ち
G / フィックステンプレート×２ ハの字張り@ 960
H / ビス留めホールダウン U35kN 用
I / 端部柱頭 : コーナー金物 短期許容せん断耐力 10kN 同等以上品
J / 構造用合板 t=9 CN50@100
K / 構造用合板 t=12 N50@150 四周打ち
L / 屋根材受け材 45x45(ベイマツ) パネリード P6-L=100@120 で留め付け

面内せん断試験（水平加力試験）



試験体形状　W=910mm　L=3000mm　D=120mm
使用部材　栃木県産スギ（丸みの強い 2 等材で KD を四面プレーナー加工）
接合方法　CN50、CN75　@ 100

1．2／ブレッドシュタッペルに用いられる間柱丸み材。低市場価値の材料の活用を試みる。 3／寝室の壁。 4／施工の様子。本計画はプロトタイプのためプレファブ化ではせず一枚一枚ビスで張り合わせる。 5．6／材の端部はホゾを設け、土台や天井と固定する。

1	2
3	4
5	6

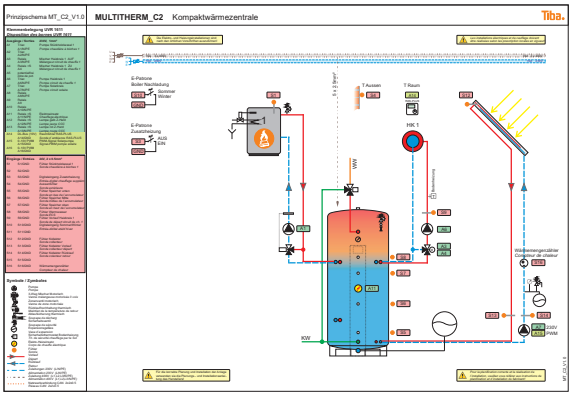
木の良さの相互性

木材は、軽さ、加工性、強度、断熱性、蓄熱性、調湿性、美しさなど、様々な特徴をバランスよく備えた素材である。その木材をカタマリとして利用することで、これらの特徴の相乗効果を期待することができる。温熱性能に関しても木材の断熱性は、いわゆる断熱材と比べれば劣るが、カタマリの持つ蓄熱性も評価することでコンクリート造などの重量構造物のように熱的に鈍感な内部環境、つまり外気温の変動を受けにくい安定した空間が可能になる。この住宅では、平角マッシブホルツの外部にスタイロフォームを付加して、内部環境の更なる改善を施した。

薪の熱をカスケード利用する

この家には薪を燃やした熱をカスケード利用する仕組みが取り入れられた。キッチンに据えたクッキングストーブで薪を燃やす。この熱で調理をし、温水をつくる。その温水は家の中央にある 1 トンの蓄熱タンクに蓄えられる。そして床暖房と給湯熱源として使われる。夏場は、薪に替わって太陽熱で蓄熱タンクを温める。

システム：TIBA 社セントラルヒーティング・クッキングストーブ＋太陽熱集熱器＋蓄熱タンク



温熱環境シミュレーション

1 建築のモデル化

建物全体を１室としてモデル化した。

2 モデルの設定

断熱の効果、木材の蓄熱効果、開口部性能を検証するため下記モデルを設定した。夏期の換気は外気温が 22-27℃の時に、10 回／ｈ換気を行うものとした。
冷房設定温度：27℃、暖房設定温度：20℃

換気回数（回 /h）

冬　　0.5：法定換気分
夏　　0.5：法定換気分
夏（換気あり）　10.5：外気温が下がった状態の時（22℃ -27℃）に十分な換気を行う

発生熱

４人居住を想定：その他生活スケジュールは建築学会の標準モデルを適応

気象データ

静岡県三島

建築性能とモデル

モデル	屋根	壁	床	開口部	換気
MODEL 1 ： 壁の断熱無し（基準モデル）	杉 t=120 ／合板 t=9 スタイロ t=115	合板 t=12	モルタル t=60 XPS t=60 ／ RC t=150	ペアガラス空気層 t=6	冬：0.5 夏：0.5
MODEL 2 ： 次世代基準相当	杉 t=120 ／合板 t=9 スタイロ t=115	合板 t=12 スタイロ t=50	モルタル t=60 XPS t=60 ／ RC t=150	ペアガラス空気層 t=12	冬：0.5 夏：0.5
MODEL 3 ： 木材の蓄熱効果	杉 t=120 ／合板 t=9 スタイロ t=115	杉 t=120 ／合板 t=12 スタイロ t=50	モルタル t=60 XPS t=60 ／ RC t=150	ペアガラス空気層 t=12	冬：0.5 夏：0.5
MODEL 4 ： 夜間換気を考慮	杉 t=120 ／合板 t=9 スタイロ t=115	杉 t=120 ／合板 t=12 スタイロ t=50	モルタル t=60 XPS t=60 ／ RC t=150	ペアガラス空気層 t=12	冬：0.5 夏：10.0
MODEL 5 ： 断熱・開口部強化	杉 t=120 ／合板 t=9 スタイロ t=150	杉 t=120 ／合板 t=12 スタイロ t=100	モルタル t=60 XPS t=60 ／ RC t=150	Low-e ペアガラス Ar t=16	冬：0.5 夏：10.0

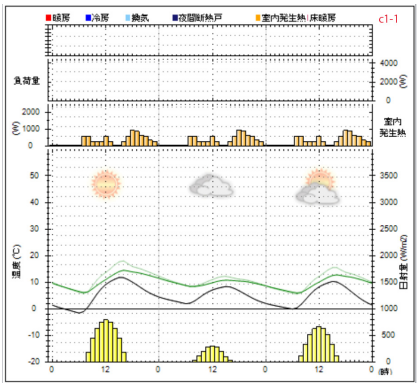
※青字部分は前モデルに対する変更点

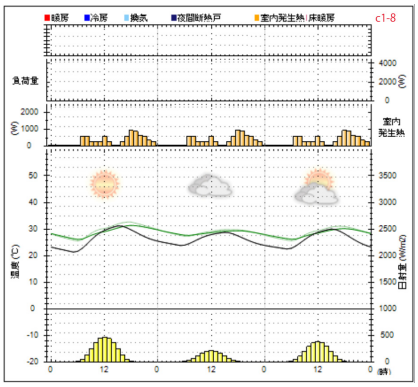
3 室温変動予測の比較

自然室温（エアコンなどを使用しない）の変化。
外気温が最も低くなる１月、外気温が最も高くなる８月の代表的な３日の連続変化とした。

CASE 1　断熱の効果

MODEL 1 × MODEL 2
太線：MODEL 1（基準モデル）
細線：MODEL 2（次世代基準相当）
黒線：外気温





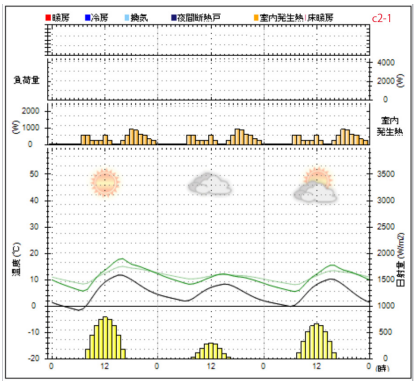
冬の断熱効果がより顕著にみられる。
（断熱は必要であることがわかる）

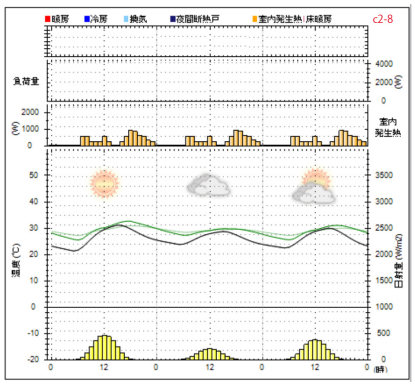
1月の自然室温変動
MODEL 1　最高 :14.55　最低 :6.05　平均 :9.98
MODEL 2　最高 :18.08　最低 :5.59　平均 :10.97

8月の自然室温変動
MODEL 1　最高 :31.39　最低 :26.12　平均 :28.64
MODEL 2　最高 :32.66　最低 :25.25　平均 :28.96

CASE 2　木材の蓄熱効果

MODEL 2 × MODEL 3
太線：MODEL 2（次世代基準相当）
細線：MODEL 3（木材の熱容量を見込む）
黒線：外気温





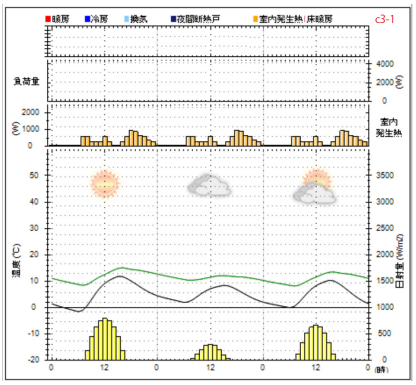
木材でも一定の蓄熱効果が見られる。
冬は蓄熱の効果で室温が安定するが、夏は蓄熱が逆効果となり平均室温が高くなってしまう。
夏は換気が必要であることがわかる。（CASE3、および MODEL4 で夜間換気の効果をみる）

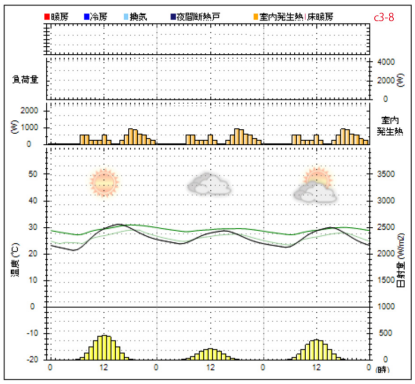
1月の自然室温変動
MODEL 2　最高 :18.08　最低 :5.59　平均 :10.97
MODEL 3　最高 :15.15　最低 :8.21　平均 :11.45

8月の自然室温変動
MODEL 2　最高 :32.66　最低 :25.25　平均 :28.96
MODEL 3　最高 :31.00　最低 :27.22　平均 :29.09

CASE 3　住まい方の効果

MODEL 3 × MODEL 4
太線：MODEL 3（木材の熱容量を見込む）
細線：MODEL 4（夜間換気を考慮）
黒線：外気温





夏の夜間換気の効果が顕著にみられる。
日中でも外気温を下回ることもあり、夜間換気（窓開け）の効果が大きい。冬は変化なし。

1月の自然室温変動
MODEL 3　最高 :15.15　最低 :8.21　平均 :11.45
MODEL 4　最高 :15.15　最低 :8.21　平均 :11.45

8月の自然室温変動
MODEL 3　最高 :31.00　最低 :27.22　平均 :29.09
MODEL 4　最高 :29.03　最低 :23.45　平均 :26.18

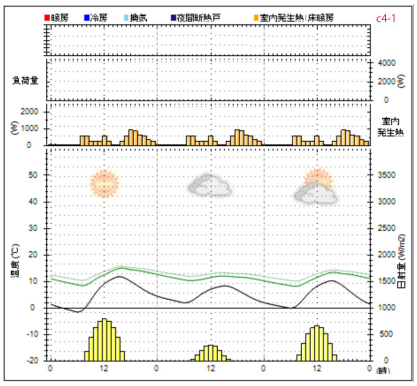
CASE 4　断熱・開口部の強化

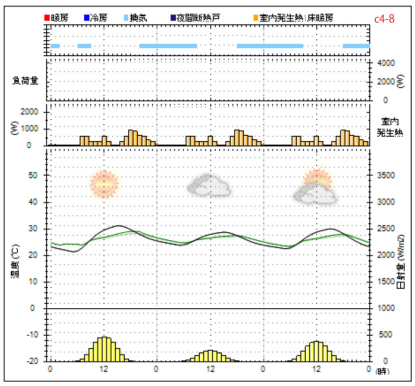
MODEL 4 × MODEL 5

太線：MODEL 4（夜間換気を行う）

細線：MODEL 5（断熱・開口部を強化）

黒線：外気温





夏、冬とも断熱・開口部強化の効果がみられる。夏は最高気温が抑えられ、冬は最低気温が２度高くなっている。

１月の自然室温変動

MODEL 4　最高 :15.15　最低 :8.21　平均 :11.45

MODEL 5　最高 :15.81　最低 :10.21　平均 :12.85

８月の自然室温変動

MODEL 4　最高 :29.03　最低 :23.45　平均 :26.18

MODEL 5　最高 :28.27　最低 :23.45　平均 :25.93

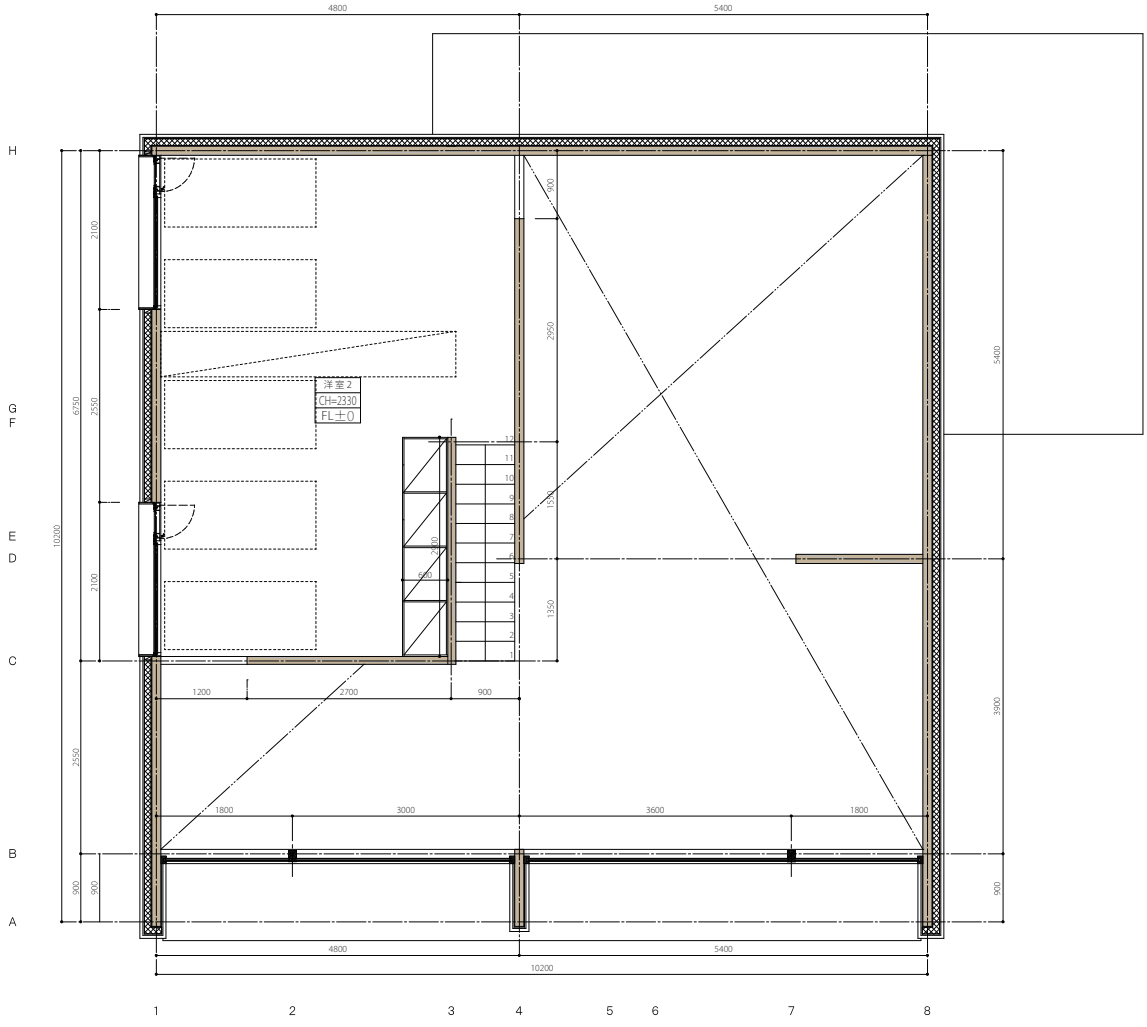
年間冷暖房負荷

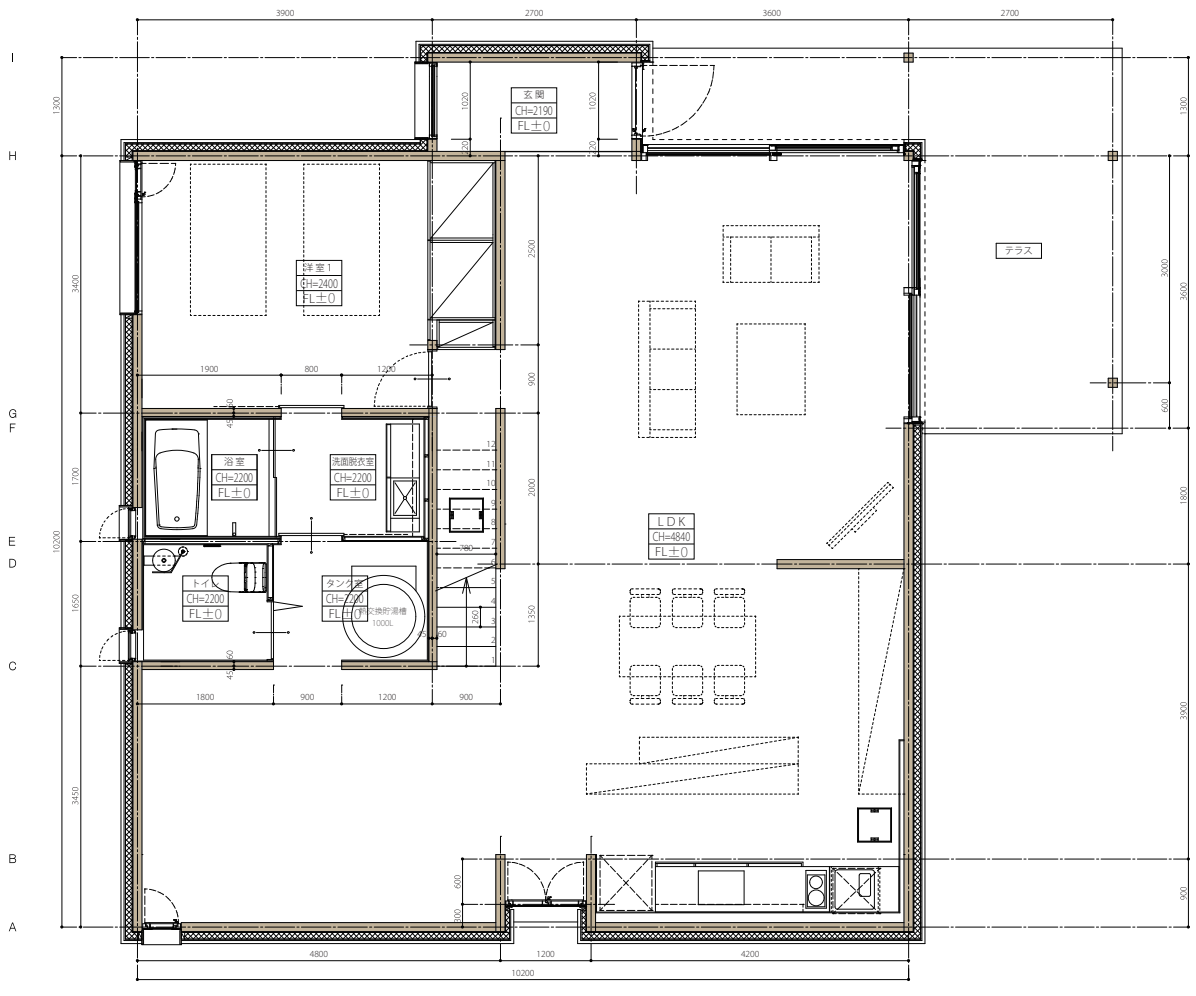
床面積　138.96 ㎡

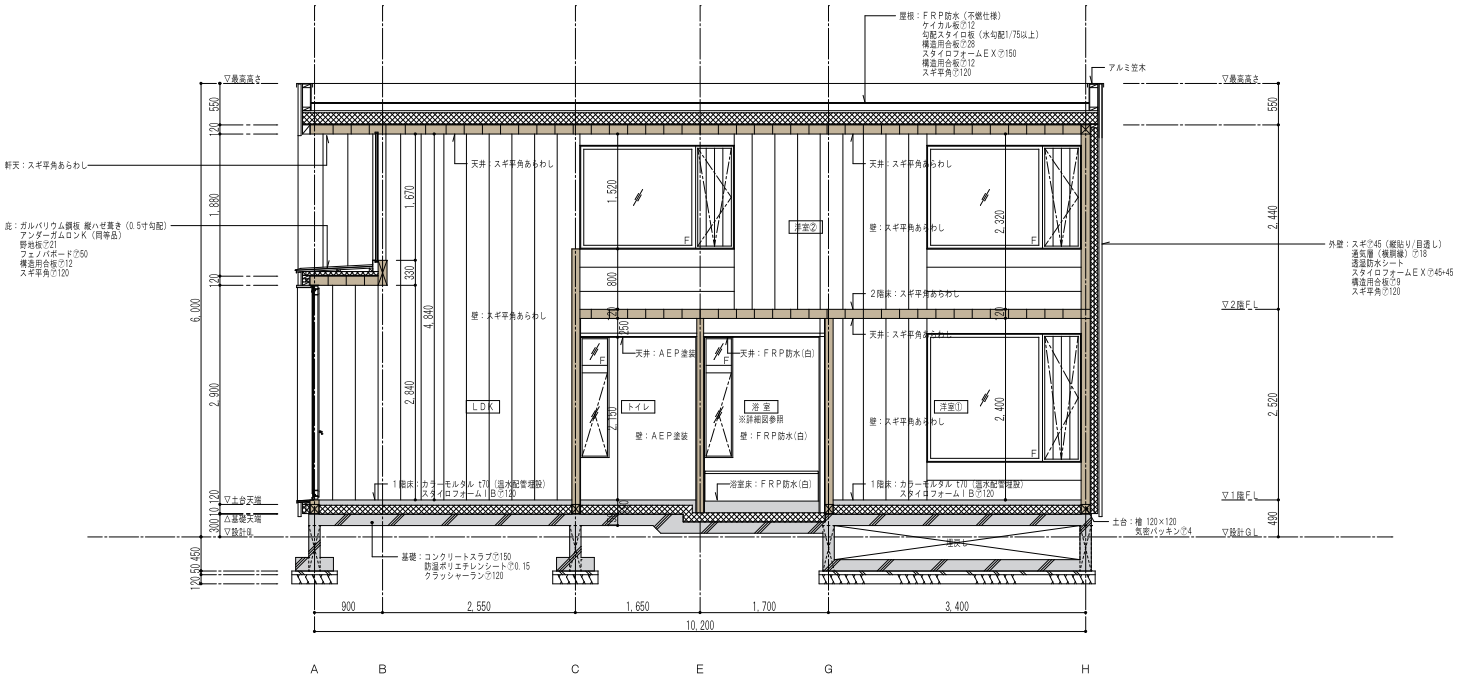
	MODEL1		MODEL2		MODEL3		MODEL4		MODEL5	
月	暖房負荷	冷房負荷	暖房負荷	冷房負荷	暖房負荷	冷房負荷	暖房負荷	冷房負荷	暖房負荷	冷房負荷
1	7,782	0	5,578	0	5,184	0	5,184	0	3,294	0
2	7,112	0	5,156	0	4,912	0	4,912	0	3,137	0
3	6,086	0	4,440	0	4,274	0	4,274	0	2,732	0
4	2,355	0	1,588	0	1,494	0	1,494	0	838	0
5	132	0	72	0	0	0	0	0	0	0
6	0	15	0	175	0	0	0	0	0	0
7	0	911	0	1,083	0	842	0	165	0	76
8	0	1,857	0	1,891	0	1,619	0	608	0	281
9	0	282	0	503	0	258	0	42	0	10
10	341	0	242	134	44	0	65	0	0	0
11	2,776	0	1,917	0	1,523	0	1,523	0	723	0
12	6,161	0	4,283	0	3,956	0	3,956	0	2,343	0
合計	32,746	3,065	23,277	3,785	21,387	2,718	21,407	814	13,067	367
	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ
	235.65	22.06	167.51	27.24	153.91	19.56	154.05	5.86	94.03	2.64
	MJ／㎡年	MJ／㎡年	MJ／㎡年	MJ／㎡年	MJ／㎡年	MJ／㎡年	MJ／㎡年	MJ／㎡年	MJ／㎡年	MJ／㎡年
	65.46	6.13	46.53	7.57	42.75	5.43	42.79	1.63	26.12	0.73
	kWh／㎡年	kWh／㎡年	kWh／㎡年	kWh／㎡年	kWh／㎡年	kWh／㎡年	kWh／㎡年	kWh／㎡年	kWh／㎡年	kWh／㎡年

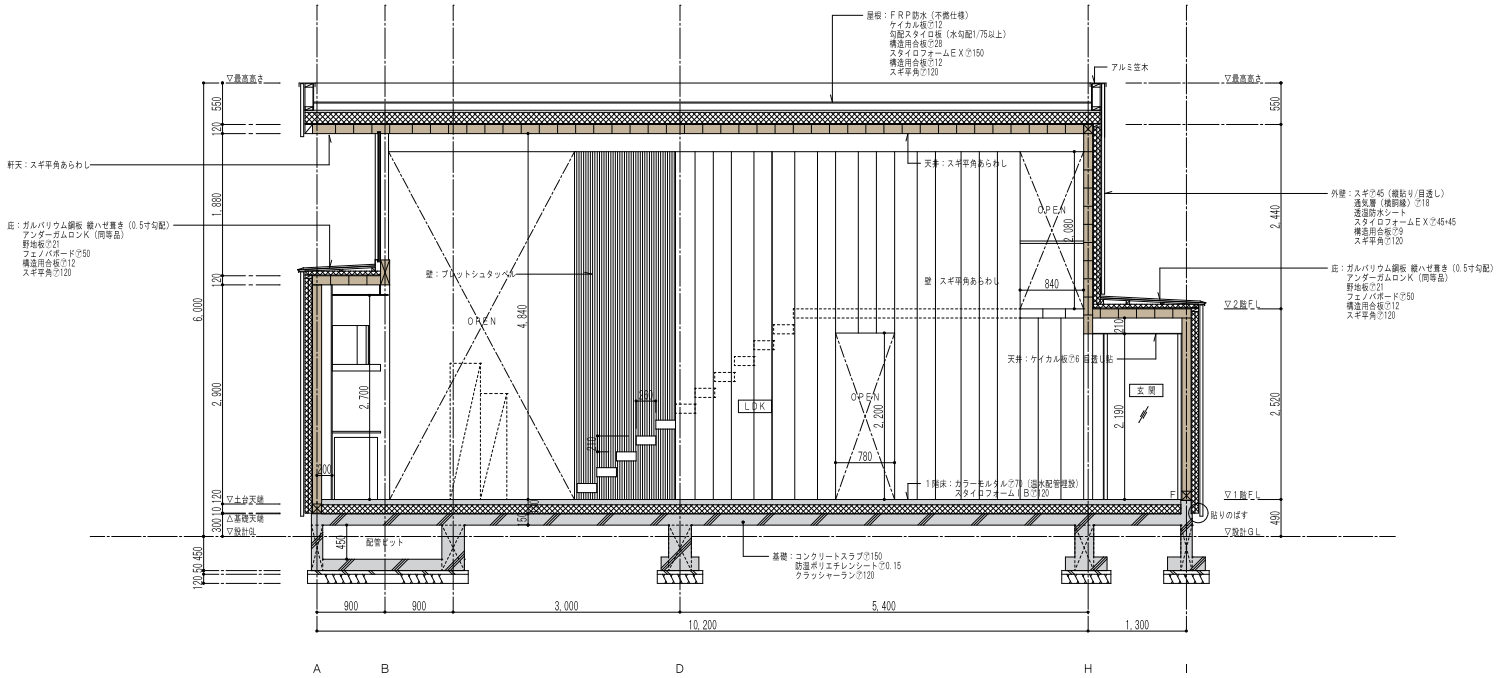
※ MODEL5 ではQ＝ 1.87
（次世代基準相当はQ＝ 2.27（Ⅳ地域）
※シミュレーションには SolarDesigner ver.6 を使用

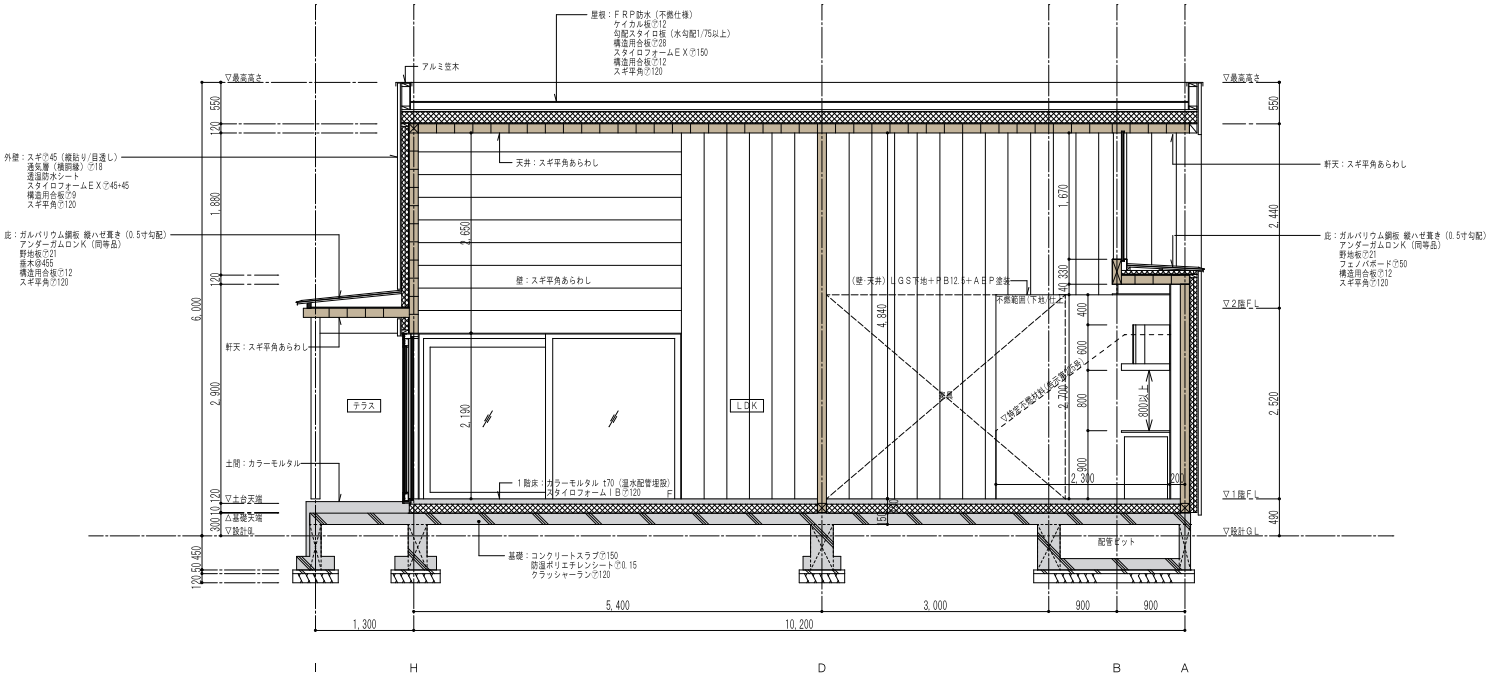
寝室の開口は FIX 窓とドレーキップ板戸の組み合わせ。夜間の換気に貢献する。


洋室 2
CH=2330
FL±0

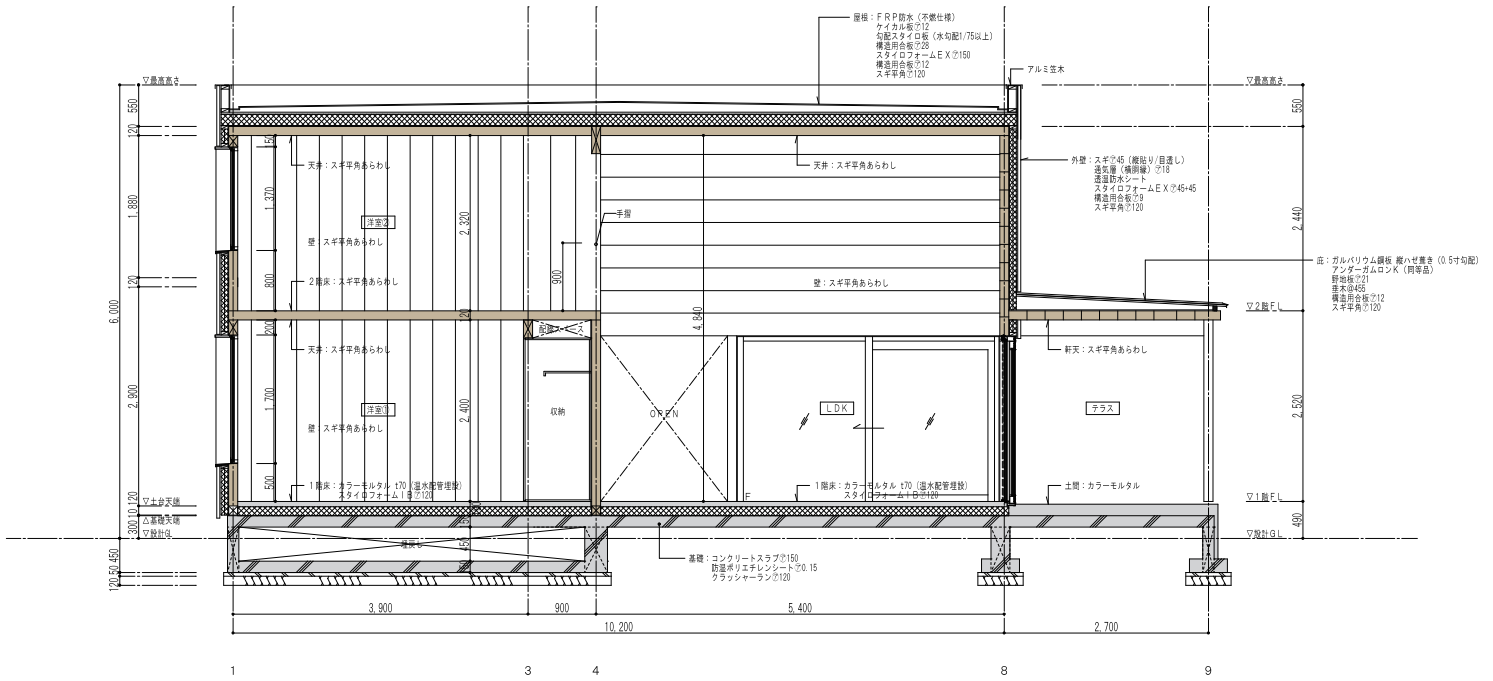

玄関
CH=2190
FL±0
洋室 1
CH=2400
FL±0
浴室
CH=2200
FL±0
洗面脱衣室
CH=2200
FL±0
トイレ
CH=2200
FL±0
タンク室
CH=2200
FL±0
貯湯槽
1000L
LDK
CH=4840
FL±0
テラス


屋根：ＦＲＰ防水（不燃仕様）
ケイカル板▽12
勾配スタイロ板（水勾配1/75以上）
構造用合板▽28
スタイロフォームＥＸ▽150
構造用合板▽12
スギ平角▽120
アルミ笠木
▽最高高さ
軒天：スギ平角あらわし
庇：ガルバリウム鋼板 縦ハゼ葺き（0.5寸勾配）
アンダーガムロンＫ（同等品）
野地板▽21
フェノバボード▽50
構造用合板▽12
スギ平角▽120
天井：スギ平角あらわし
壁：スギ平角あらわし
洋室②
洋室①
2階床：スギ平角あらわし
外壁：スギ▽45（縦貼り/目透し）
通気層（横胴縁）▽18
透湿防水シート
スタイロフォームＥＸ▽45+45
構造用合板▽9
スギ平角▽120
▽2階FL
▽1階FL
▽設計GL
▽土台天端
△基礎天端
天井：ＡＥＰ塗装
天井：ＦＲＰ防水(白)
ＬＤＫ
トイレ
浴室
※詳細図参照
壁：ＡＥＰ塗装
壁：ＦＲＰ防水(白)
浴室床：ＦＲＰ防水(白)
1階床：カラーモルタル t70（温水配管埋設）
スタイロフォーム｜Ｂ▽120
土台：檜 120×120
気密パッキン▽4
基礎：コンクリートスラブ▽150
防湿ポリエチレンシート▽0.15
クラッシャーラン▽120
900
2,550
1,650
1,700
3,400
10,200
A
B
C
E
G
H


屋根：ＦＲＰ防水（不燃仕様）
ケイカル板▽12
勾配スタイロ板（水勾配1/75以上）
構造用合板▽28
スタイロフォームＥＸ▽150
構造用合板▽12
スギ平角▽120
アルミ笠木
▽最高高さ
軒天：スギ平角あらわし
庇：ガルバリウム鋼板 縦ハゼ葺き（0.5寸勾配）
アンダーガムロンＫ（同等品）
野地板▽21
フェノバボード▽50
構造用合板▽12
スギ平角▽120
天井：スギ平角あらわし
外壁：スギ▽45（縦貼り/目透し）
通気層（横胴縁）▽18
透湿防水シート
スタイロフォームＥＸ▽45+45
構造用合板▽9
スギ平角▽120
OPEN
壁：フレットシュタッペル
壁：スギ平角あらわし
840
庇：ガルバリウム鋼板 縦ハゼ葺き（0.5寸勾配）
アンダーガムロンＫ（同等品）
野地板▽21
フェノバボード▽50
構造用合板▽12
スギ平角▽120
▽2階FL
OPEN
天井：ケイカル板▽6 目透し貼
玄関
ＬＤＫ
OPEN
780
1階床：カラーモルタル▽70（温水配管埋設）
スタイロフォーム｜Ｂ▽120
▽1階FL
▽設計GL
▽土台天端
△基礎天端
貼りのばす
配管ずり
基礎：コンクリートスラブ▽150
防湿ポリエチレンシート▽0.15
クラッシャーラン▽120
900
900
3,000
5,400
10,200
1,300
A
B
D
H
I

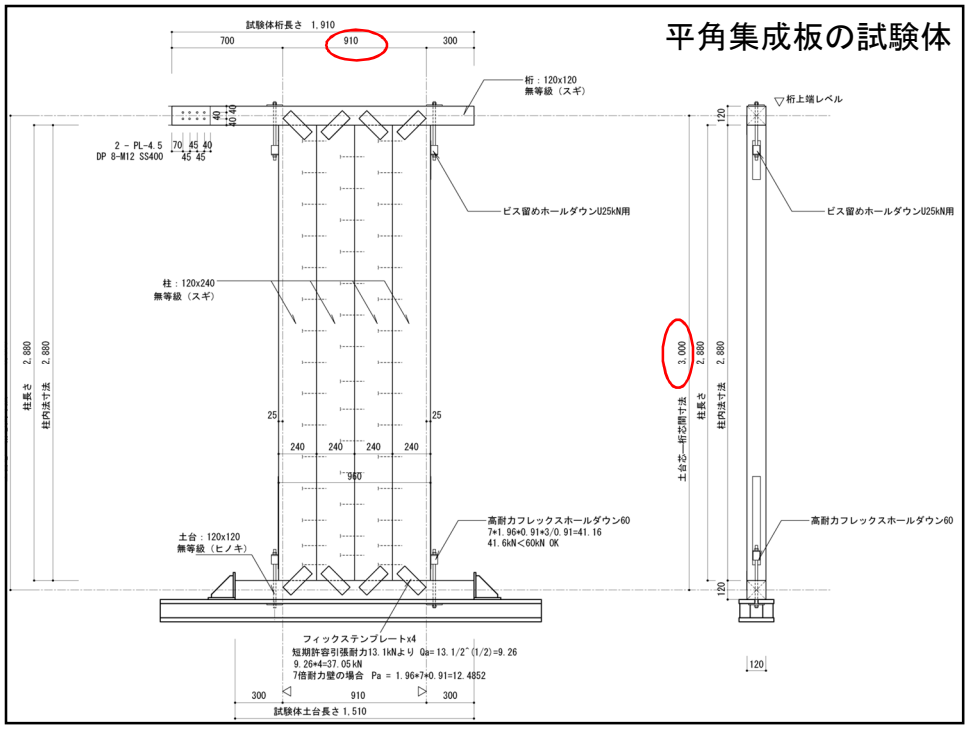


屋根：ＦＲＰ防水（不燃仕様）
ケイカル板㋐12
勾配スタイロ板（水勾配1/75以上）
構造用合板㋐28
スタイロフォームＥＸ㋐150
構造用合板㋐12
スギ平角㋐120
アルミ笠木
▽最高高さ
外壁：スギ㋐45（縦貼り/目透し）
通気層（横胴縁）㋐18
透湿防水シート
スタイロフォームＥＸ㋐45+45
構造用合板㋐9
スギ平角㋐120
庇：ガルバリウム鋼板 縦ハゼ葺き（0.5寸勾配）
アンダーガムロンＫ（同等品）
野地板㋐21
垂木@455
構造用合板㋐12
スギ平角㋐120
天井：スギ平角あらわし
壁：スギ平角あらわし
軒天：スギ平角あらわし
テラス
ＬＤＫ
土間：カラーモルタル
1階床：カラーモルタル t70（温水配管埋設）
スタイロフォームＩＢ㋐120
▽土台天端
△基礎天端
▽設計GL
基礎：コンクリートスラブ㋐150
防湿ポリエチレンシート㋐0.15
クラッシャーラン㋐120
配管ピット
▽2階ＦＬ
▽1階ＦＬ
▽設計ＧＬ
5,400
3,000
900
900
1,300
10,200
I
H
D
B
A

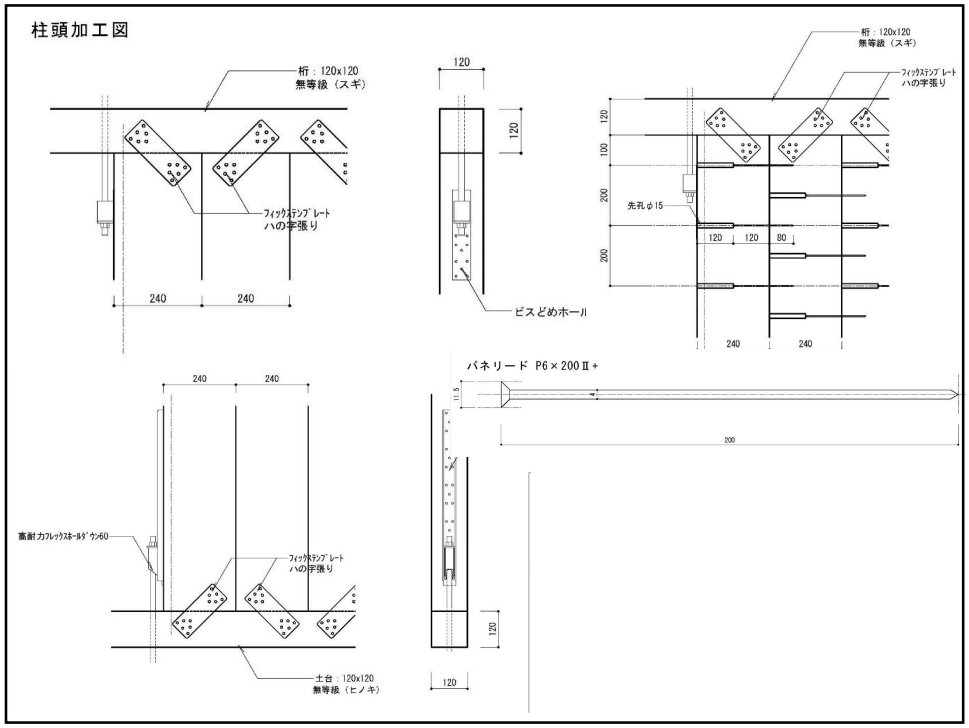


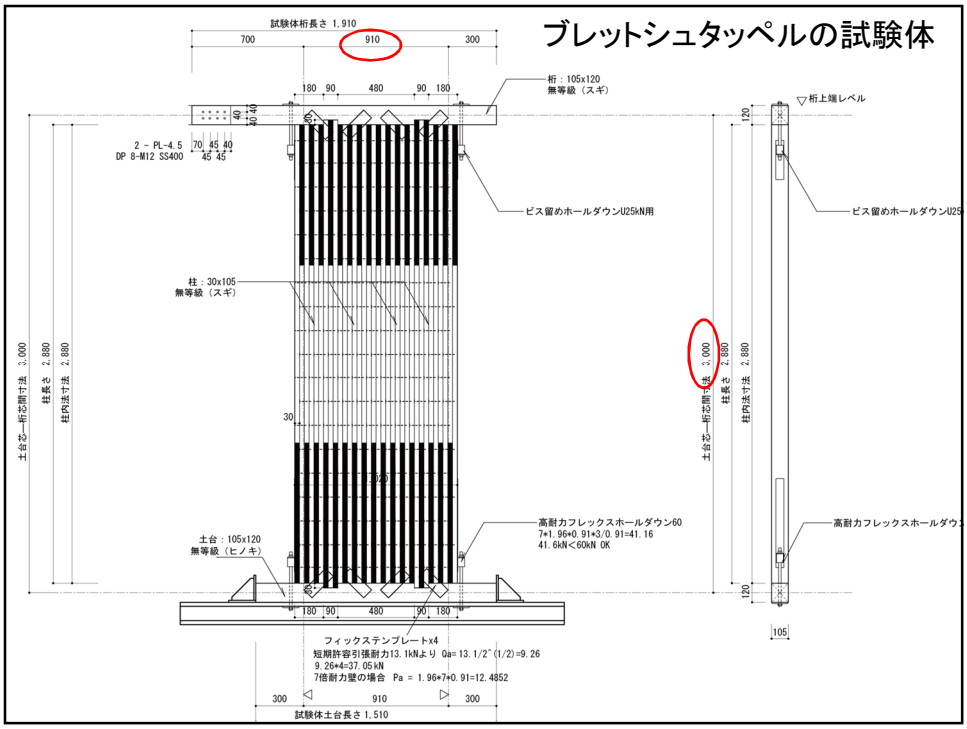
屋根：ＦＲＰ防水（不燃仕様）
ケイカル板㋐12
勾配スタイロ板（水勾配1/75以上）
構造用合板㋐28
スタイロフォームＥＸ㋐150
構造用合板㋐12
スギ平角㋐120
アルミ笠木
▽最高高さ
天井：スギ平角あらわし
外壁：スギ㋐45（縦貼り/目透し）
通気層（横胴縁）㋐18
透湿防水シート
スタイロフォームＥＸ㋐45+45
構造用合板㋐9
スギ平角㋐120
洋室②
洋室①
壁：スギ平角あらわし
2階床：スギ平角あらわし
手摺
収納
OPEN
ＬＤＫ
テラス
庇：ガルバリウム鋼板 縦ハゼ葺き（0.5寸勾配）
アンダーガムロンＫ（同等品）
野地板㋐21
垂木@455
構造用合板㋐12
スギ平角㋐120
軒天：スギ平角あらわし
1階床：カラーモルタル t70（温水配管埋設）
スタイロフォームＩＢ㋐120
土間：カラーモルタル
▽土台天端
△基礎天端
▽設計GL
基礎：コンクリートスラブ㋐150
防湿ポリエチレンシート㋐0.15
クラッシャーラン㋐120
▽2階ＦＬ
▽1階ＦＬ
▽設計ＧＬ
3,900
900
5,400
10,200
2,700
1
3
4
8
9

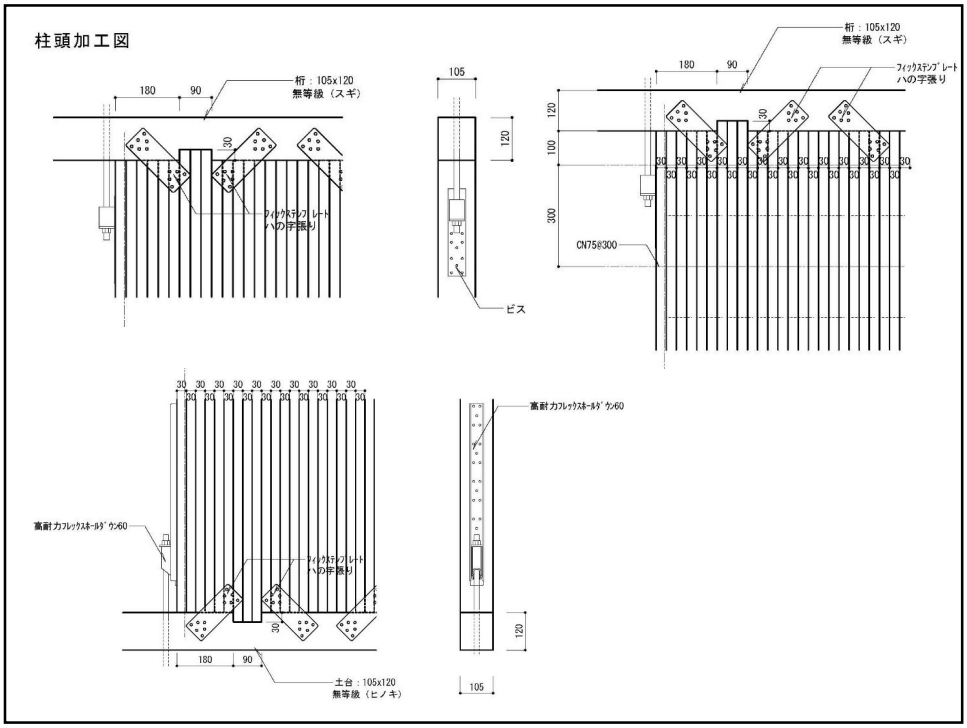
平角集成板の試験体



柱頭加工図




ブレットシュタッペルの試験体
試験体桁長さ 1,910
700
910
300
桁：105x120
無等級（スギ）
180 90 480 90 180
2 - PL-4.5
DP 8-M12 SS400
70 45 40
45 45
ビス留めホールダウンU25kN用
柱：30x105
無等級（スギ）
土台：105x120
無等級（ヒノキ）
高耐力フレックスホールダウン60
7*1.96*0.91*3/0.91=41.16
41.6kN＜60kN OK
フィックステンプレートx4
短期許容引張耐力13.1kNより Qa=13.1/2^(1/2)=9.26
9.26*4=37.05kN
7倍耐力壁の場合 Pa = 1.96*7*0.91=12.4852
試験体土台長さ 1,510
▽桁上端レベル
土台芯—桁芯間寸法 3,000
柱長さ 2,880
柱内法寸法 2,880


柱頭加工図
桁：105x120
無等級（スギ）
フィックステンプレート
ハの字張り
ビス
CN75@300
高耐力フレックスホールダウン60
土台：105x120
無等級（ヒノキ）

実験

概要

日時	2014/8/25.26
場所	(株)カネシン本社
協力者	(株)平成建設 (株)宮田構造設計事務所
試験体製作地	(株)平成建設本社
載荷方法	面内せん断試験 無載荷式
試験体数	3体
試験体種類	平角材
	ブレットシュタッペル

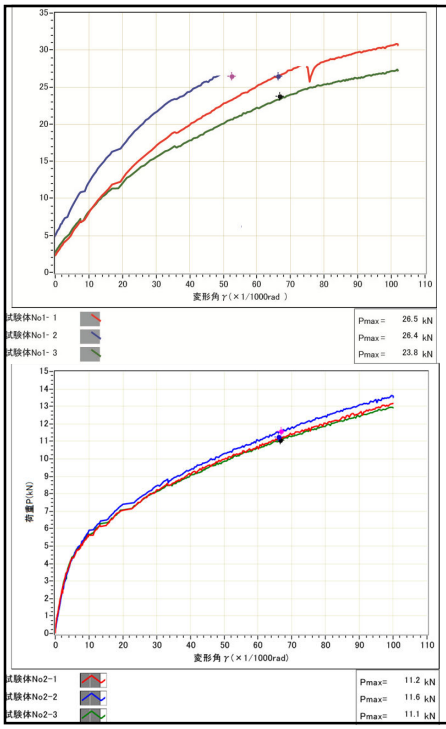
平角集成板

ブレットシュタッペル

平角材のホールダウン金物との接合部

破壊性状

ブレットシュタッペルの突き付け部



平角材

ビス間隔	壁倍率
150mm	4.2倍
200mm	4.06倍

ブレットシュタッペル

釘間隔	壁倍率
100mm	2.8倍
150mm	1.9倍

2.2.4　工事費等の内訳

4. 工事費等内訳					
事業名			低市場価値製材を活用したマッシヴホルツ構法の建築実証		
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			網野禎昭		
			実際の費用内訳（施主要望による仕様増や想定外支出を含む）	標準的な仕様とした場合に予想される費用内訳（施主要望による仕様増や想定外支出を除外）	備考
共通仮設費			455,000	455,000	
建築工事	直接仮設工事		1,237,000	1,237,000	
	基礎工事		3,222,000	1,922,000	一部地盤軟弱のため基礎変更1300千円を除外
	防水工事		2,017,000	1,617,000	FRP防水による仕様増400千円を除外
	木工事		11,430,200	10,828,000	木材ロスを20%から10%へ補正
	屋根及び樋工事		690,000	690,000	
	金属工事		824,000	824,000	
	左官工事		902,000	566,000	床暖房用メッシュ施工費を除外
	金属製建具工事		157,000	157,000	
	木製建具工事		3,600,000	3,600,000	
	ガラス工事		1,170,000	1,170,000	
	塗装工事		300,000	300,000	
	内外装工事		2,571,000	2,571,000	
	雑工事		899,000	203,300	煙突施工費、ソーラー架台設置費を除外
	電気設備工事		1,158,958	1,158,958	※照明別途
	住宅設備機器工事		1,157,300	1,157,300	
	空調給排水衛生設備工事		1,627,000	949,000	温水床暖房配管費678千円を除外
小計①			33,417,458	29,405,558	
別途工事費		外構工事			
		解体撤去工事			
設計費		ボーリング			
		設計			
		大臣認定			
		確認申請			
その他	薪セントラルヒーティングシステム（輸入） セントラルヒーティング兼調理用ストーブ 太陽熱集熱器 熱交換型貯湯槽1000L		0	0	為替変動があるため除外
小計②			0	0	
合計（①＋②）			33,417,458	29,405,558	

2.3. ナイス（株）

2.3.1 建築物の仕様一覧

事業名			ナイス多賀城物流倉庫・事務所棟施設新築工事のための設計実証、部材の性能実証等
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			ナイス株式会社
建築物の概要	用途		事務所
	建設地		宮城県多賀城市宮内一丁目106
	構造・工法		木造（一部鉄筋コンクリート造）
	階数		地上2階
	高さ（m）		8.04
	軒高（m）		7.89
	敷地面積（m^2）		33,090.57
	建築面積（m^2）		187.65
	延べ面積（m^2）		356.70
	階別面積（m^2）	1階	178.35
		2階	178.35
CLTの仕様	CLT採用部位		壁、床、屋根
	CLT使用量（m^3）		約120㎥（予定）
	壁パネル	寸法	t150×w1300×h3340
		ラミナ構成	5層5ﾌﾟﾗｲ
		強度区分	Mx60A
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	t210×2000×3000、t210×1500×3000
		ラミナ構成	7層7ﾌﾟﾗｲ
		強度区分	Mx60A
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	t210×2000×3000、t210×1500×3000
		ラミナ構成	5層5ﾌﾟﾗｲ
		強度区分	Mx60A
		樹種	スギ
仕上	主な外部仕上	屋根	金属屋根
		外壁	吹付仕上
		開口部	樹脂サッシ+複層ガラス
	主な内部仕上	界壁	CLT素地仕上、RC打放仕上、クロス仕上
		間仕切壁	同上
		床	タイル貼、タイルカーペット仕上、長尺シート仕上
		天井	CLT素地仕上、クロス仕上
構造	構造計算ルート		時刻歴応答解析→性能評定→大臣認定
	接合方法		プレートーLSB接合、ビス接合
	最大スパン		CLT最大ｽﾊﾟﾝ3m、集成梁最大ｽﾊﾟﾝ7m
	問題点・課題とその解決策		RCとCLTの混構造の外力の設定→時刻歴応答解析により算定 CLTの接合部設計→実験と木質構造設計規準による実験値と計算値による検証
防耐火	防耐火上の地域区分		指定なし
	耐火建築物等の要件		なし
	問題点・課題とその解決策		防耐火上の地域区分への融通性がないため、今後、CLTによる準耐火仕様、耐火仕様が必要となる。
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		今回は社内用の事務所のため試行的要素が強いが、高剛性化の構成配慮の検討が必要
	建て方における課題と解決策		まだ実施していないが、効率性（建てこみやすさ）と精度と、その検討が必要
	劣化対策		基礎立上り1000mmを確保
工程	設計期間		約6ヶ月
	施工期間		約4ヶ月
		CLT等躯体施工期間	1週間程度
	竣工（予定）年月		H28.3.（予定）
体制	発注者		すてきナイスグループ株式会社
	設計者		ナイス株式会社一級建築士事務所
	構造設計者		木構造建築センター株式会社一級建築士事務所
	施工者		未定
	CLT等新たな製品・技術供給者		ー

2.3.2　実証事業の概要

ナイス多賀城物流倉庫・事務所棟施設新築工事のための設計実証，部材の性能実証等

１．建築物の概要

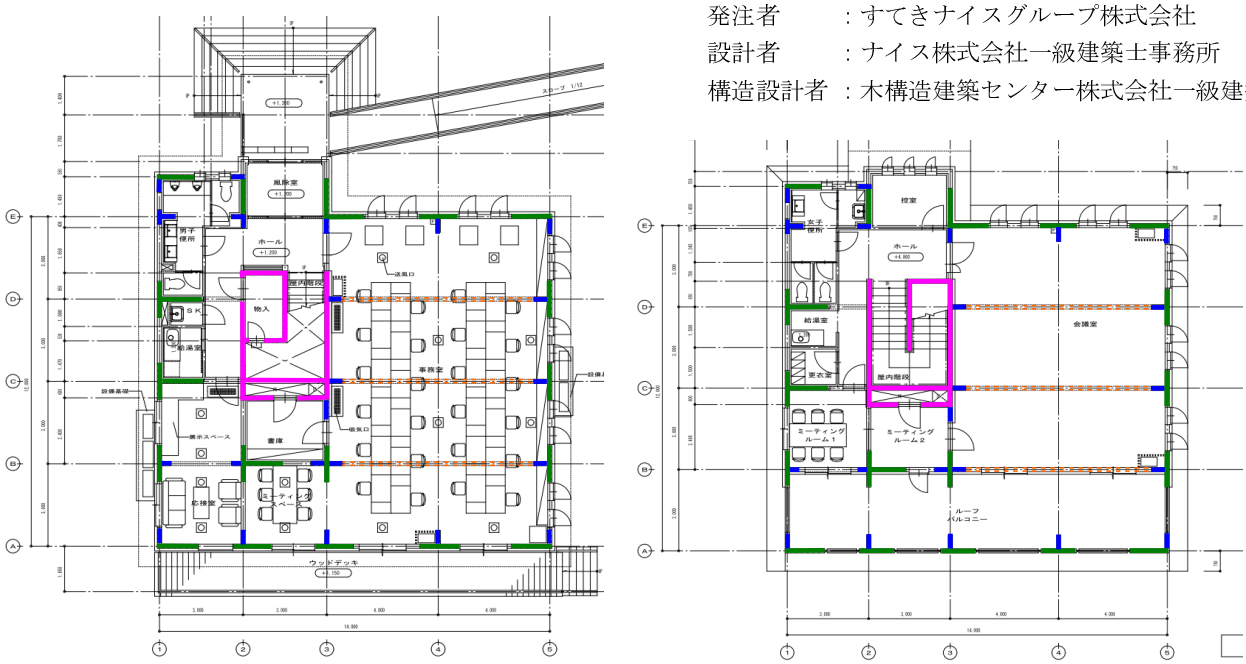
本建物は、木造２階建てで１階は事務室、2 階に会議室を配置した事務所建築物とする。建物の平面形は、X 方向が 14m、Y 方向が 12m の長方形の整形な形状で、立面形状は、北側から南側への片流れ屋根形状であり、建物高さは 8.04m である。主体構造は、床・壁とも直交集成板（以降、CLT と呼ぶ）の木造パネルによる壁式構造だが、階段室を RC 造とした混合構造とする。事務室、会議室の 8m×12m の大空間は、中央に集成材の梁を配置することで、3m スパンの CLT 床板を配置して構成している。基礎形式は、設計 GL-0.6m を支持地盤とする鉄筋コンクリート造の直接基礎（布基礎）とした。基本となる CLT 壁は L=1300 とし、各階に X 方向に 12 枚，Y 方向の 10 枚配置した。

表 1.　使用材料

部位	構造種別	形状等	強度区分等
屋根	CLT 造	t=150	Mx60A-5-5（スギ）
2F 床	CLT 造	t=210	Mx60A-7-7（スギ）
梁	集成材	150× 240～660	E105-F300 （欧州赤松）
壁	CLT 造	t=150	Mx60A-5-5（スギ）
	RC 造	t=150	Fc21
1F 床	RC 造	t=150	Fc21
基礎梁	RC 造	150×1100	Fc21

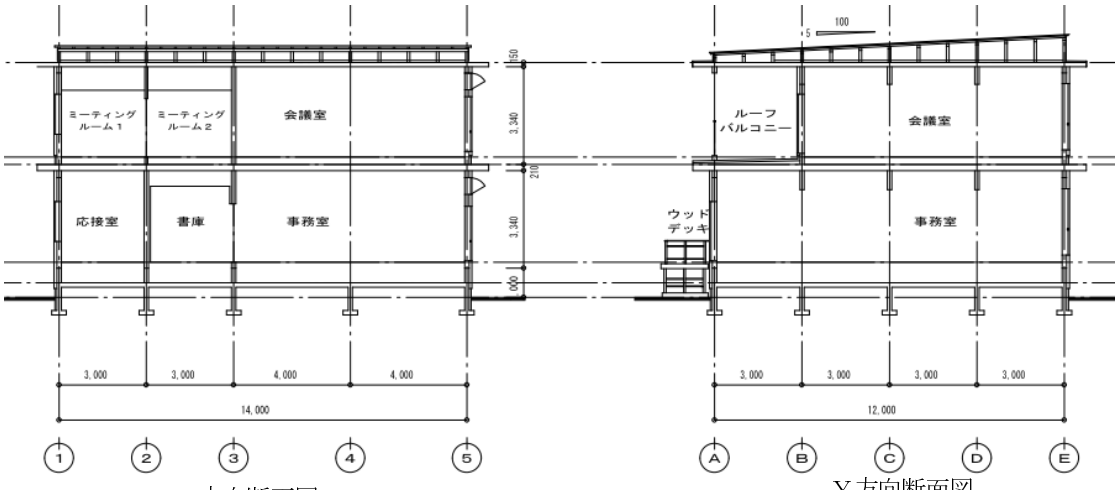
２．実施体制

発注者　　：すてきナイスグループ株式会社
設計者　　：ナイス株式会社一級建築士事務所
構造設計者：木構造建築センター株式会社一級建築士事務所



１階平面図　　２階平面図

図 1.　平面図

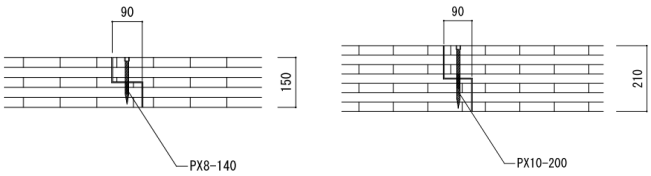


X 方向断面図　　Y 方向断面図

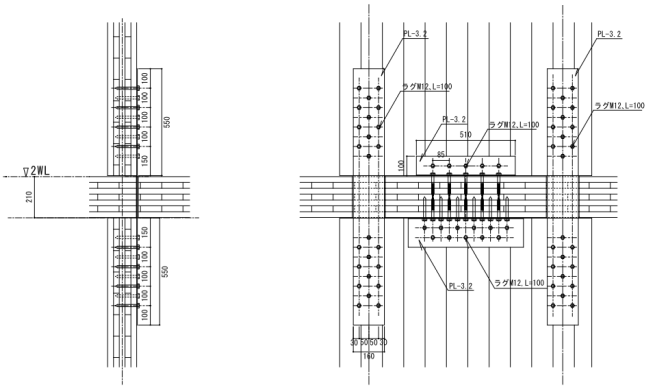
図 2.　断面図

表 2.　CLT 接合方法

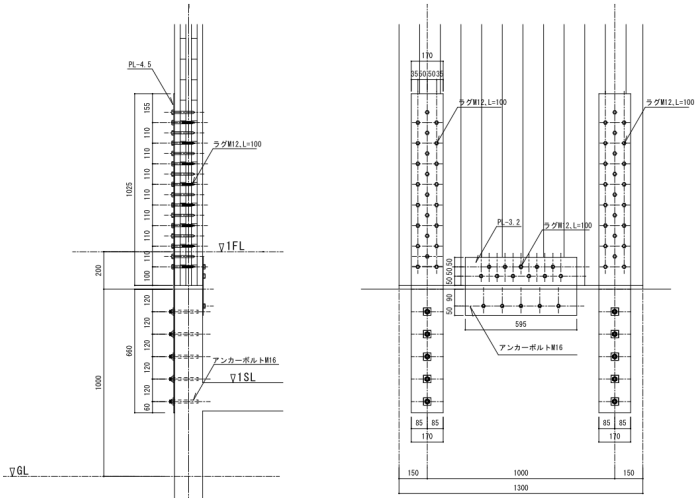
部　位	接合方法
屋根-屋根	長ビス接合（パネリード X）
屋根-壁	鋼板＋ラグスクリュー
床-床	長ビス接合（パネリード X）
壁-床	鋼板＋ラグスクリュー
RC 壁-屋根	インサートボルト＋鋼板＋ラグスクリュー
RC 壁-床	インサートボルト＋鋼板＋ラグスクリュー
RC 基礎-壁	インサートボルト＋鋼板＋ラグスクリュー



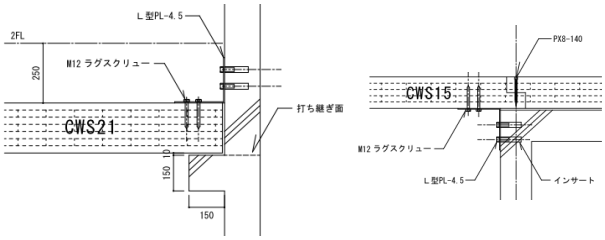
(a)屋根－屋根　　(b)床－床



(c)2 階上下 CLT 壁接合



(d)1 階 CLT 壁脚接合



(e)CLT 床-RC 壁接合　　(f)CLT 屋根-RC 壁接合

図 3.　各接合部図

3．実施方法

本建物の試設計として、ベースシア係数 Co=1.0 とした Ai 分布を想定した外力を設定した。RC 造と木造の混合構造となるため、RC 造壁と CLT 壁のせん断剛性の比率より、CLT 壁の設計用せん断力を求める。「木質構造設計規準・同解説」日本建築学会（以降「木質規準」と呼ぶ）の 6 章接合部の設計を参照して、接合方法を決定する。決定した接合部の性能を実験を行って確認する。実験より求めた接合部のバネ定数及び耐力を解析モデルに反映させて、時刻歴応答解析を行い応答値を算定する。各地震動の応答値を包絡する層せん断力分布で静的解析を行って各設計クライテリアを満足していることを確認する。

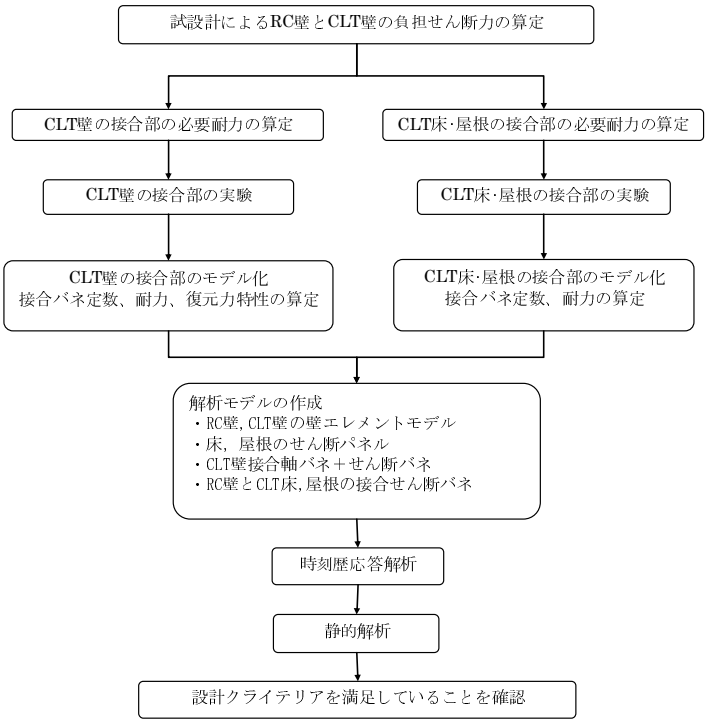
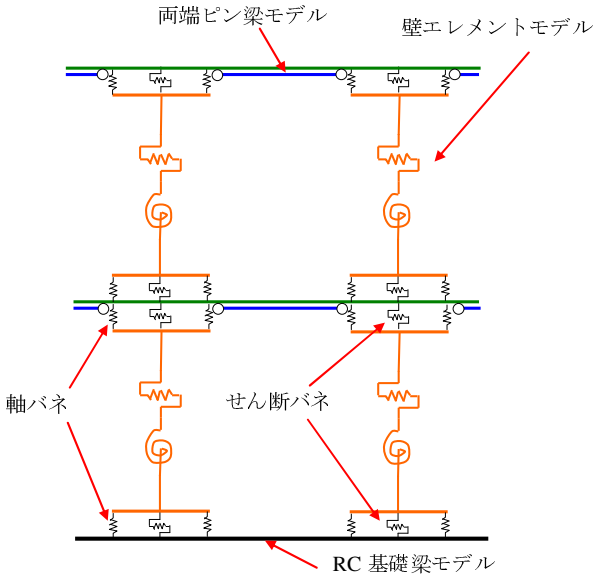


図 4.　設計のフロー

表 3. 部材のモデル化

部位	モデル方法	線形/非線形
CLT 屋根	せん断パネル	線形
CLT 床	せん断パネル	線形
CLT 壁	壁エレメント	線形
RC 壁	壁エレメント	非線形
梁	両端ピンの梁モデル	線形
基礎梁	梁モデル	非線形
RC 壁-CLT 屋根	せん断バネ	線形
RC 壁-CLT 床	せん断バネ	線形
CLT 屋根-CLT 壁	軸バネ＋せん断バネ	非線形
CLT 床-CLT 壁	軸バネ＋せん断バネ	非線形
RC 基礎-CLT 壁	軸バネ＋せん断バネ	非線形



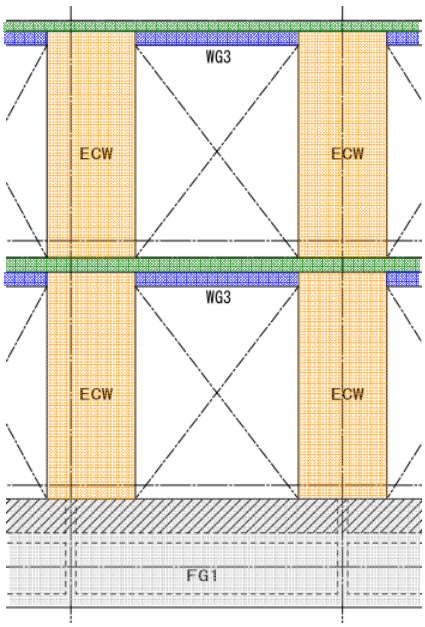


図 5.　CLT 壁モデル化

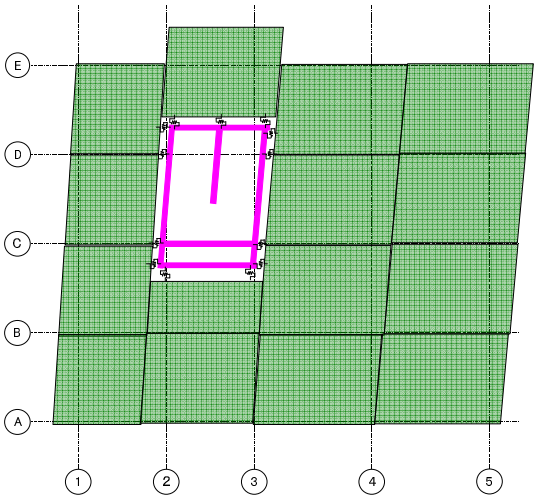


図 6.　床の面内せん断剛性と RC 部接合バネ

表 4. 部材の設計クライテリア

部位	レベル 1	レベル 2
CLT 屋根	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 床	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 壁	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁	短期許容耐力以下	終局耐力以下
基礎梁	短期許容耐力以下	終局耐力以下
RC 壁-CLT 屋根接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁-CLT 床接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 屋根-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	終局耐力以下
CLT 床-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	終局耐力以下
RC 基礎-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	終局耐力以下

4．実施結果

(1)長ビス接合

屋根－屋根，床－床接合部を長ビス接合のビス 1 本当たりの短期許容せん断力を木質規準の接合部設計に則り算定した計算値と実験より求めた 5%下限値での短期許容せん断力（実験値）を表 5 に示す。なお、CLT は繊維方向と繊維直交方向が板厚の間に両方存在するが、厚さ方向すべてに対して繊維方向の基準支圧強度を採用して単位接合部として算定した。

表 5　長ビス接合の短期許容せん断力（kN）

部位	計算値	実験値	
		繊維方向	繊維直交方向
屋根－屋根	2.00	3.24 (1.62)	3.07 (1.54)
床－床	3.12	4.81 (1.54)	4.89 (1.57)

（　）内の数値は、実験値／計算値

(2)鋼板＋ラグスクリュー接合

実験がラグスクリューの損傷または木部のめり込みで終わった 2 階せん断プレート実験と 1 階壁頭せん断プレート実験における 5%下限値での短期許容せん断力（実験値）および終局せん断耐力（実験値）と木質規準の接合部設計に則って算定した短期許容せん断力（計算値）および終局せん断耐力（計算値）を表 6 および表 7 に示す。なお、CLT は繊維方向と繊維直交方向が板厚の間に両方存在するが、厚さ方向すべてに対して繊維方向の基準支圧強度を採用して全体接合部として算定した。

表 6　ラグスクリュー接合の短期許容せん断力(kN)

部位	計算値	実験値	
		繊維方向	繊維直交方向
2 階せん断プレート	25.2	41.2 (1.63)	39.9 (1.58)
1 階壁頭せん断プレート	58.8	90.6 (1.54)	91.6 (1.56)

（　）内の数値は、実験値／計算値

表 7　ラグスクリュー接合の終局せん断耐力(kN)

部位	計算値	実験値	
		繊維方向	繊維直交方向
2 階せん断プレート	42.9	60.1 (1.40)	61.8 (1.44)
1 階壁頭せん断プレート	89.1	143.8 (1.61)	142.6 (1.60)

（　）内の数値は、実験値／計算値

次に鋼板側の破壊で実験が終了した 1 階壁脚引張りプレート実験と 2 階床上下引張りプレート実験における 5%下限値での短期許容引張り耐力（実験値）および終局引張り耐力（実験値）と鋼板の短期許容引張り耐力（計算値）および終局引張り耐力（計算値）を表 8 に示す。

表 8　鋼板引張り接合の引張り強度(kN)

部位	短期許容耐力		終局耐力	
	計算値	実験値	計算値	実験値
2 階床上下引張りプレート	93.25	107.44 (1.15)	158.72	161.65 (1.02)
1 階壁脚引張りプレート	141.71	158.86 (1.12)	241.20	251.97 (1.04)

（　）内の数値は、実験値／計算値

(3)時刻歴応答解析

表 9　レベル 1 最大応答値

	地震動	加速度 (gal)	層間変形角 (rad)	ベースシア係数
X	Elcentro	522	1/2347	0.661
	Taft	478	1/2326	0.636
	Hachinohe	280	1/3534	0.433
Y	Elcentro	445	1/683	0.627
	Taft	324	1/705	0.542
	Hachinohe	206	1/1292	0.336

表 10　レベル 2 最大応答値

	地震動	加速度 (gal)	層間変形角 (rad)	ベースシア係数
X	Elcentro	1044	1/1148	1.346
	Taft	957	1/1189	1.277
	Hachinohe	558	1/1799	0.874
	告示-K	623	1/1585	1.027
	告示-H	582	1/1499	0.981
	告示-R	543	1/1992	0.808
Y	Elcentro	895	1/344	1.259
	Taft	647	1/351	1.085
	Hachinohe	409	1/655	0.673
	告示-K	412	1/618	0.761
	告示-H	480	1/511	0.854
	告示-R	343	1/737	0.598

(4)静的解析

時刻歴応答解析に求まった応答せん断力を包絡する外力分布により、各部材の設計クライテリアを確認した結果を表 11 に示す。レベル 2 でも短期許容耐力以下となっている。

表 11.部材の設計クライテリア

部位	レベル 1	レベル 2
CLT 屋根	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 床	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 壁	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
基礎梁	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁-CLT 屋根接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁-CLT 床接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 屋根-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 床-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 基礎-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下

まとめ

- CLT の接合設計では、繊維に平行や直交の方向により差はあまりない。
- 接合部設計では木部で耐力が決まる場合、木質規準による計算式より実験では約 1.5 倍。
- 平面的に RC 造と木造の混合構造では、床は面内せん断変形を考慮した。長ビスでの接合でせん断力を RC 壁に伝達できた。
- RC 造と木造の水平剛性の違いより、解析上は層せん断力のほとんどは RC 部（95%）が負担するので、CLT 壁は支えている荷重の 30%の水平力は負担できるものとした。

「CLT 等新たな製品・技術活用建築物実証事業」成果報告書

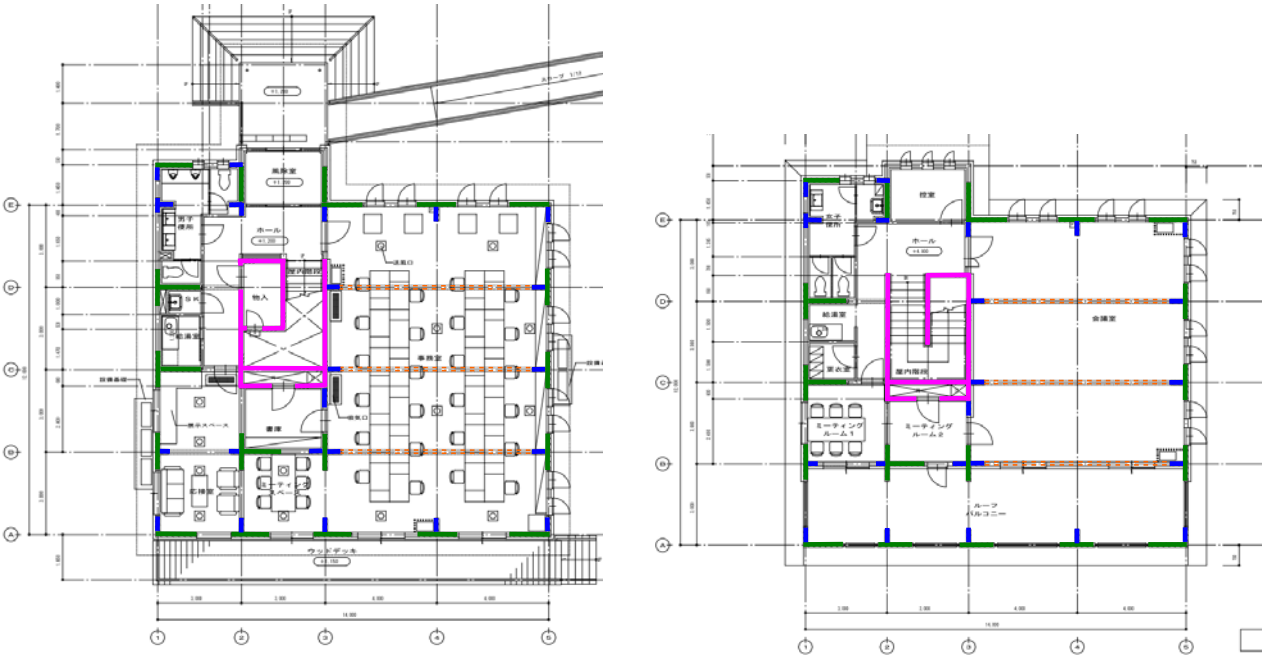
ナイス多賀城物流倉庫・事務所棟施設新築工事のための設計実証，部材の性能実証等

平成 27 年 2 月 27 日

ナイス株式会社

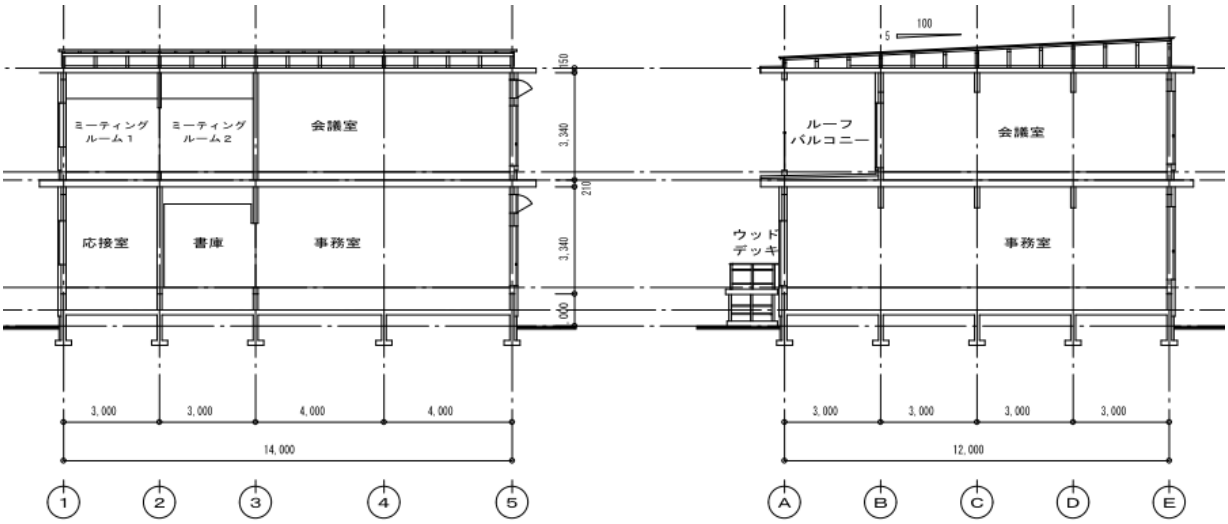
１．　建物概要

本建物は、木造２階建てで１階は事務室、2 階に会議室を配置した事務所建築物とする。建物の平面形は、X 方向が 14m、Y 方向が 12m の長方形の整形な形状で、立面形状は、北側から南側への片流れ屋根形状であり、建物高さは 8.04m である。主体構造は、床・壁とも直交集成板（以降、CLT と呼ぶ）の木造パネルによる壁式構造だが、階段室を RC 造とした混合構造とする。事務室、会議室の 8m×12m の大空間は、中央に集成材の梁を配置することで、3m スパンの CLT 床板を配置して構成している。基礎形式は、設計 GL-0.6m を支持地盤とする鉄筋コンクリート造の直接基礎（布基礎）とした。基本となる CLT 壁は L=1300 とし、各階に X 方向に 12 枚，Y 方向の 10 枚配置した。



１階平面図　　２階平面図

図 1.平面図



X 方向断面図　　Y 方向断面図

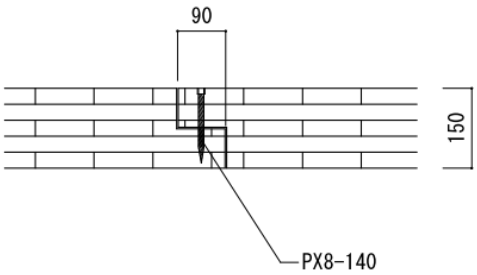
図 2.断面図

表 1.　使用材料

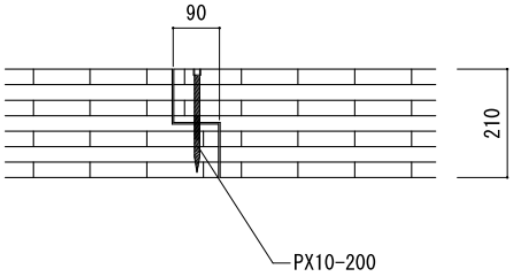
部位	構造種別	形状等	強度区分等
屋根	CLT 造	t=150	Mx60A-5-5（スギ）
2F 床	CLT 造	t=210	Mx60A-7-7（スギ）
梁	集成材	150×240～660	E105-F300（欧州赤松）
壁	CLT 造	t=150	Mx60A-5-5（スギ）
	RC 造	t=150	Fc21
1F 床	RC 造	t=150	Fc21
基礎梁	RC 造	150×1100	Fc21

表 2.　CLT 接合方法

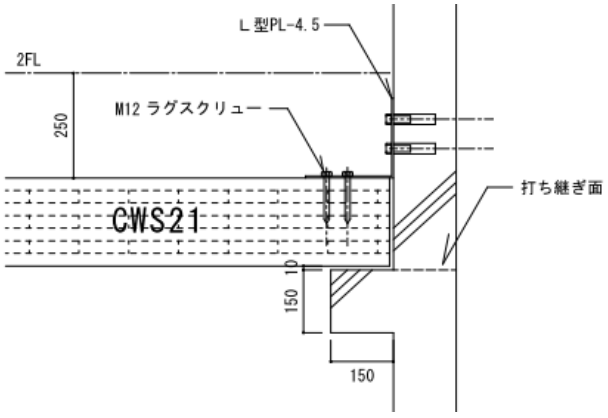
部　位	接合方法
屋根-屋根	長ビス接合（パネリードX）
屋根-壁	鋼板＋ラグスクリュー
床-床	長ビス接合（パネリードX）
壁-床	鋼板＋ラグスクリュー
RC 壁-屋根	インサートボルト＋鋼板＋ラグスクリュー
RC 壁-床	インサートボルト＋鋼板＋ラグスクリュー
RC 基礎-壁	インサートボルト＋鋼板＋ラグスクリュー



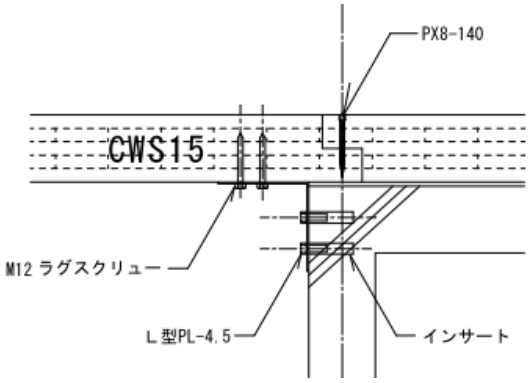
（a）ＣＬＴ屋根－屋根



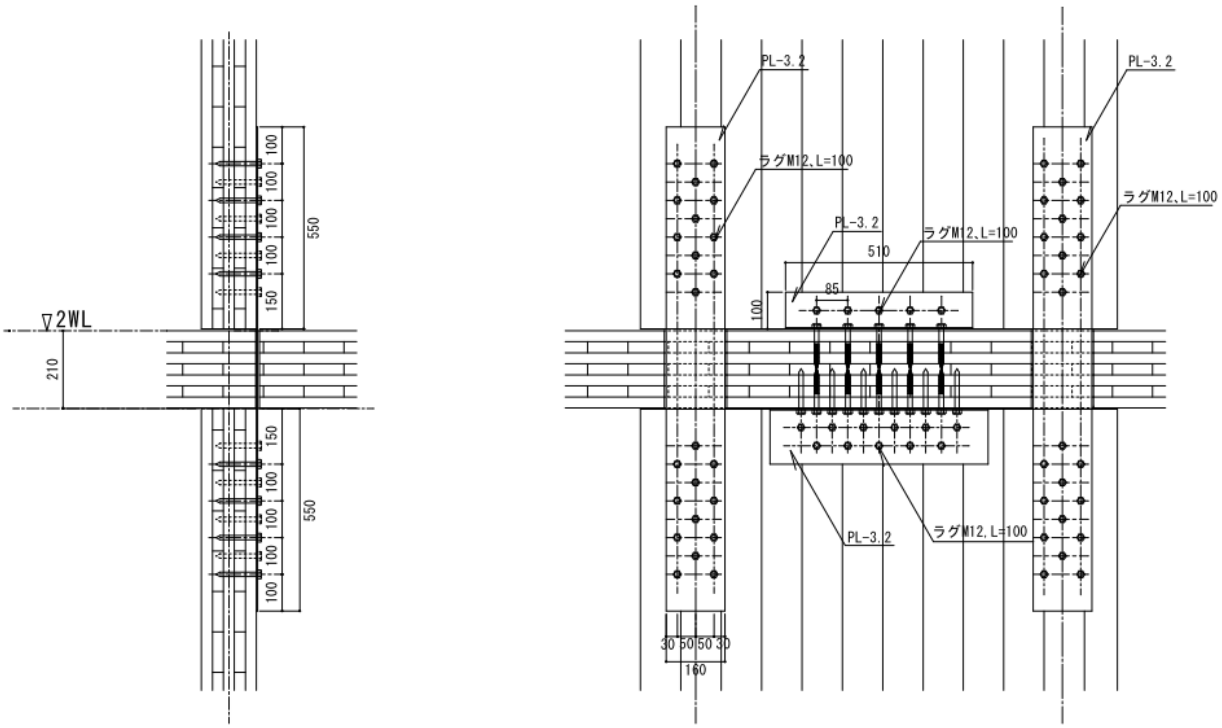
（b）ＣＬＴ床－床



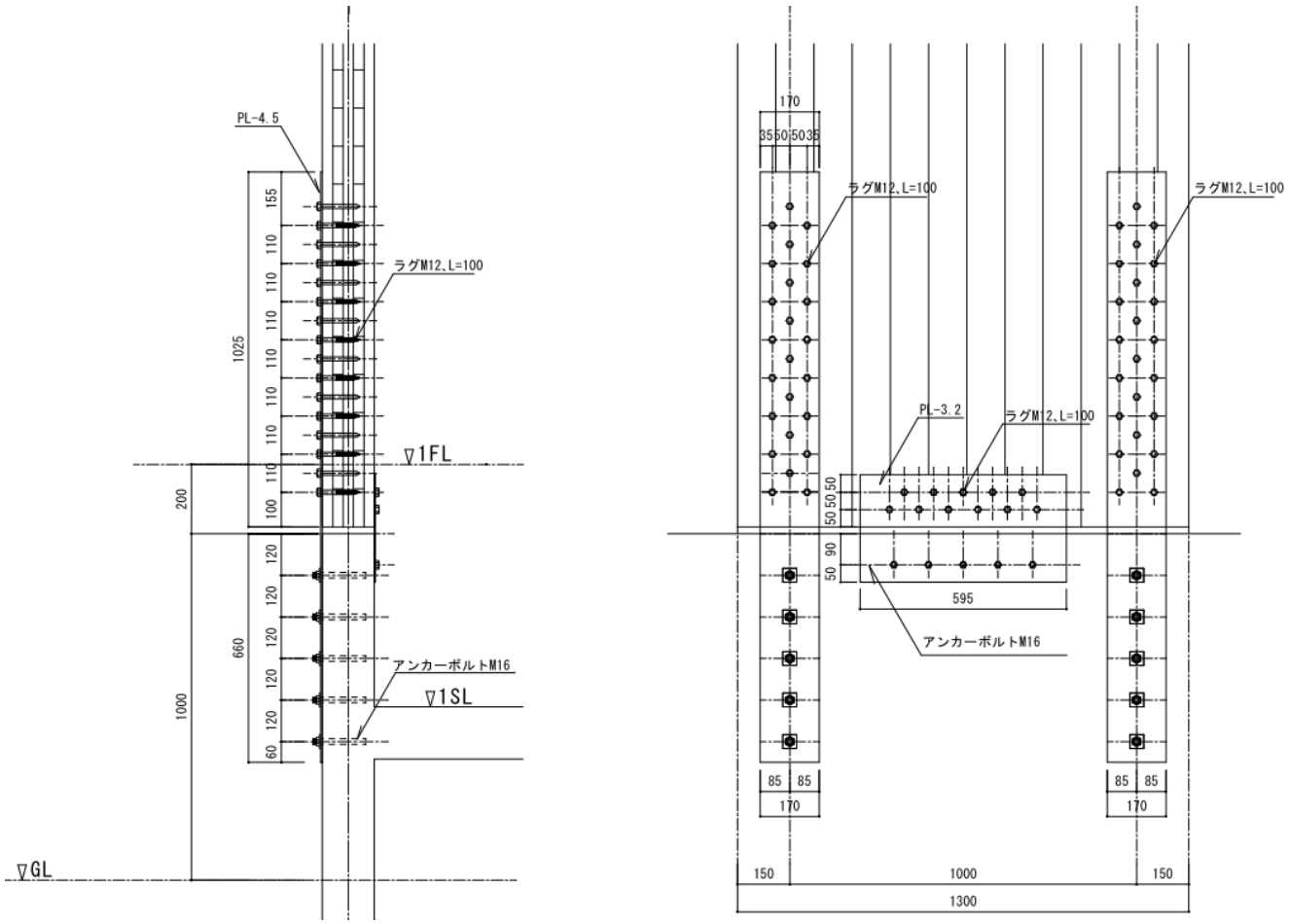
（c）ＣＬＴ床－ＲＣ壁



（d）ＣＬＴ屋根－ＲＣ壁



（ｅ）２階床上下ＣＬＴ壁



（ｆ）１階ＣＬＴ壁脚

図 3.接合部図

２．　実施体制

発注者　　：すてきナイスグループ株式会社
設計者　　：ナイス株式会社一級建築士事務所
構造設計者　：木構造建築センター株式会社一級建築士事務所
材料供給　　：ＣＬＴ　銘建工業株式会社
　　長ビス　東日本ファスニング株式会社

３．　設計実施への課題と解決方法

課題

（１）　ＲＣ造と木造の混構造であり、設計外力をどのように定めるか。
（２）　ＣＬＴの強度や剛性等の基準が定められていない。どのような値を用いるべきか。
（３）　一般に剛床仮定とすると、ＲＣ部に水平力が集中してしまうので、床の変形を考慮した解析が必要となる。
（４）　接合部をどのように設計するか。（接合部に生じる力の算定）

解決方法

（１）　床のせん断変形や各接合部の変形を考慮した解析モデルで、時刻歴応答解析を行ってその応答せん断力を設計用地震力とする。
（２）　既往の研究および報告書から必要な情報を採用する。
（３）　床－床接合部の実験から接合部の剛性と耐力を算出して、床の等価なせん断剛性に置換して解析モデルに反映させる。
（４）　各接合部の実験結果より接合部の剛性と耐力を算出して解析モデルに反映させて時刻歴解析を行い、接合部に生じる力に対して検討する。

４．　実施方法

本建物の試設計として、ベースシア係数 Co=1.0 とした Ai 分布を想定した外力を設定した。RC 造と木造の混合構造となるため、RC 造壁と CLT 壁のせん断剛性の比率より、CLT 壁の設計用せん断力を求める。「木質構造設計規準・同解説」日本建築学会（以降「木質規準」と呼ぶ）の 6 章接合部の設計を参照して、接合方法を決定する。決定した接合部の性能を実験で確認する。実験より求めた接合部のバネ定数及び耐力を解析モデルに反映させて、時刻歴応答解析を行い、応答値を算定する。各地震動の応答値を包絡する層せん断力分布で静的解析を行って各設計クライテリアを満足していることを確認する。

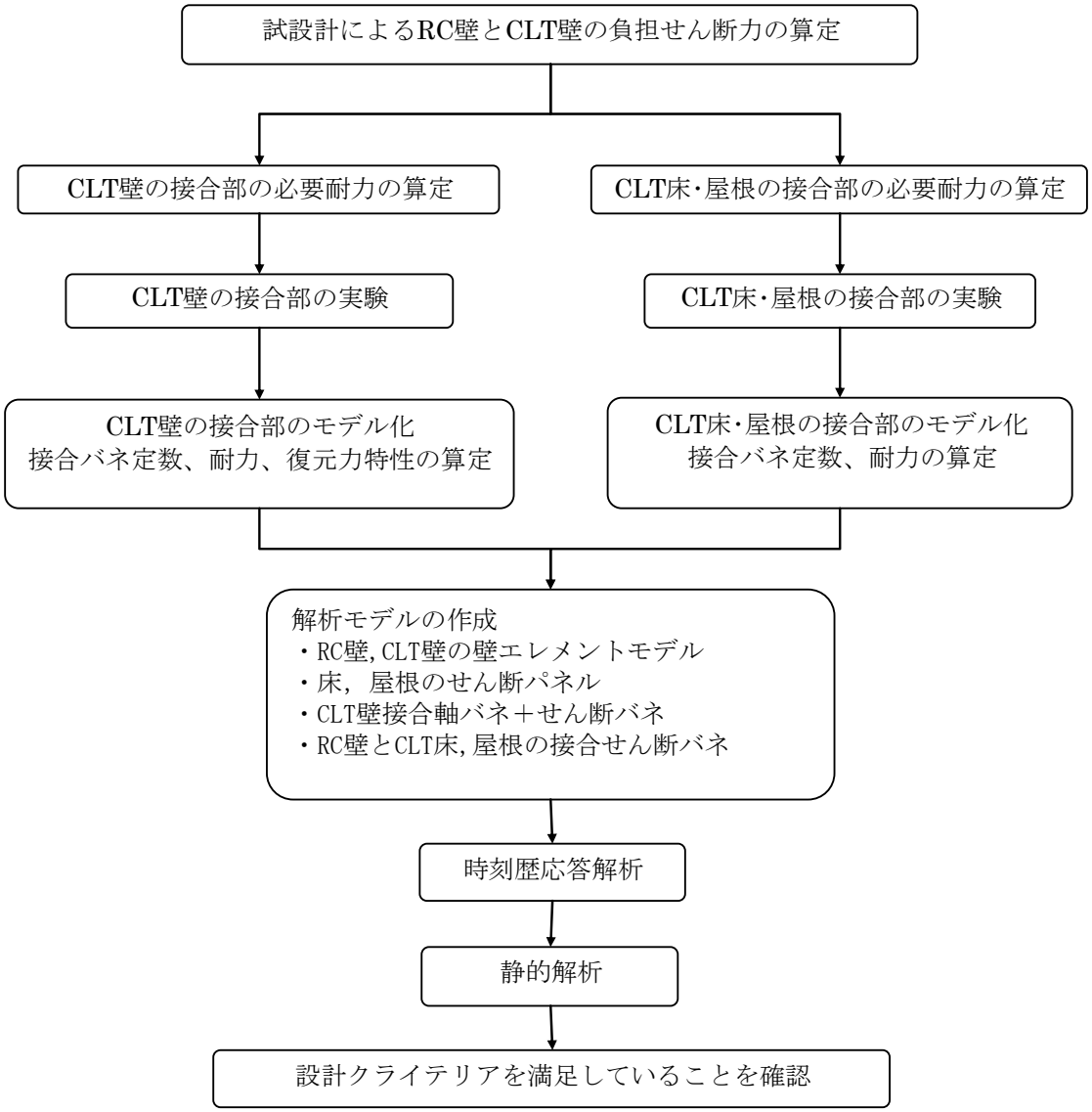


図 4.　設計のフロー

表 3.部材のモデル化

部位	モデル方法	線形/非線形
CLT 屋根	せん断パネル	線形
CLT 床	せん断パネル	線形
CLT 壁	壁エレメント	線形
RC 壁	壁エレメント	非線形
梁	両端ピンの梁モデル	線形
基礎梁	梁モデル	非線形
RC 壁-CLT 屋根	せん断バネ	線形
RC 壁-CLT 床	せん断バネ	線形
CLT 屋根-CLT 壁	軸バネ＋せん断バネ	非線形
CLT 床-CLT 壁	軸バネ＋せん断バネ	非線形
RC 基礎-CLT 壁	軸バネ＋せん断バネ	非線形

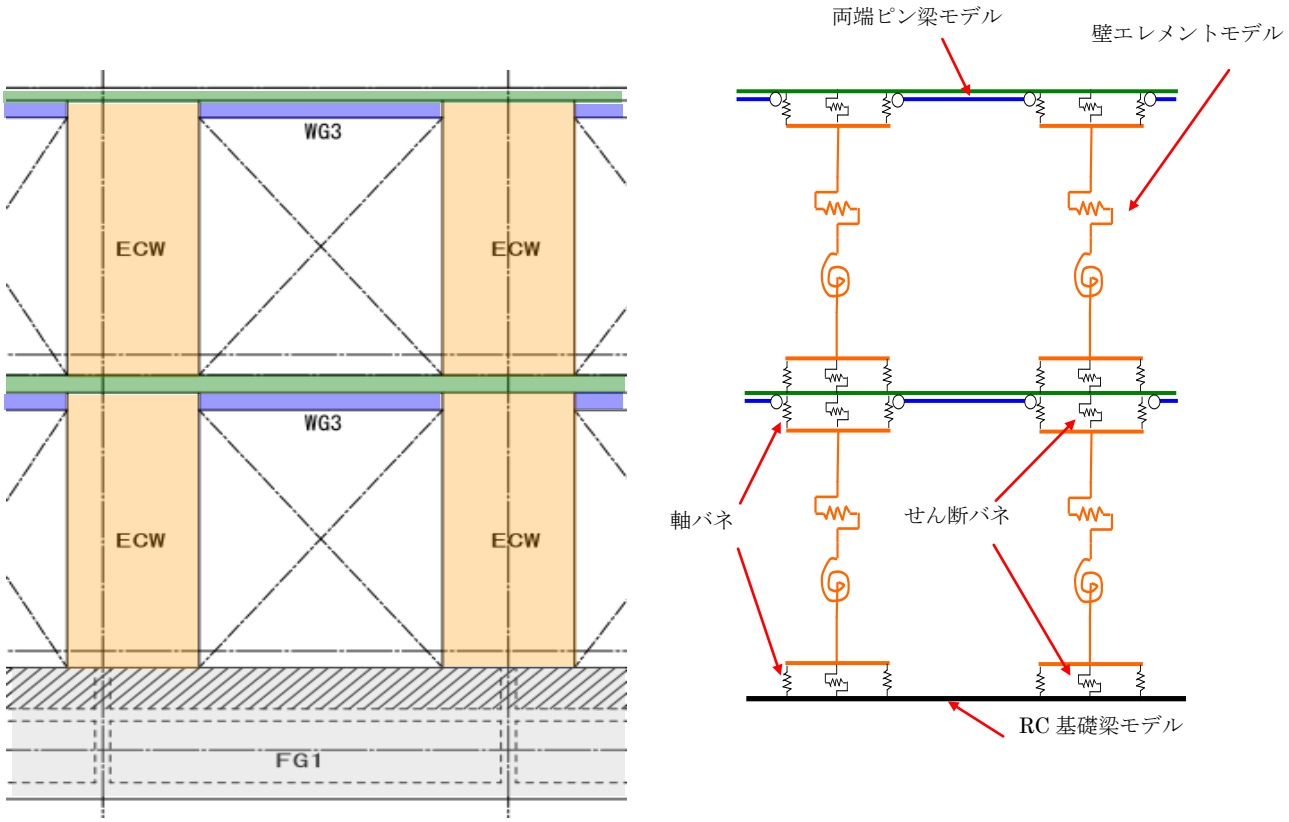


図 5.ＣＬＴ壁のモデル化

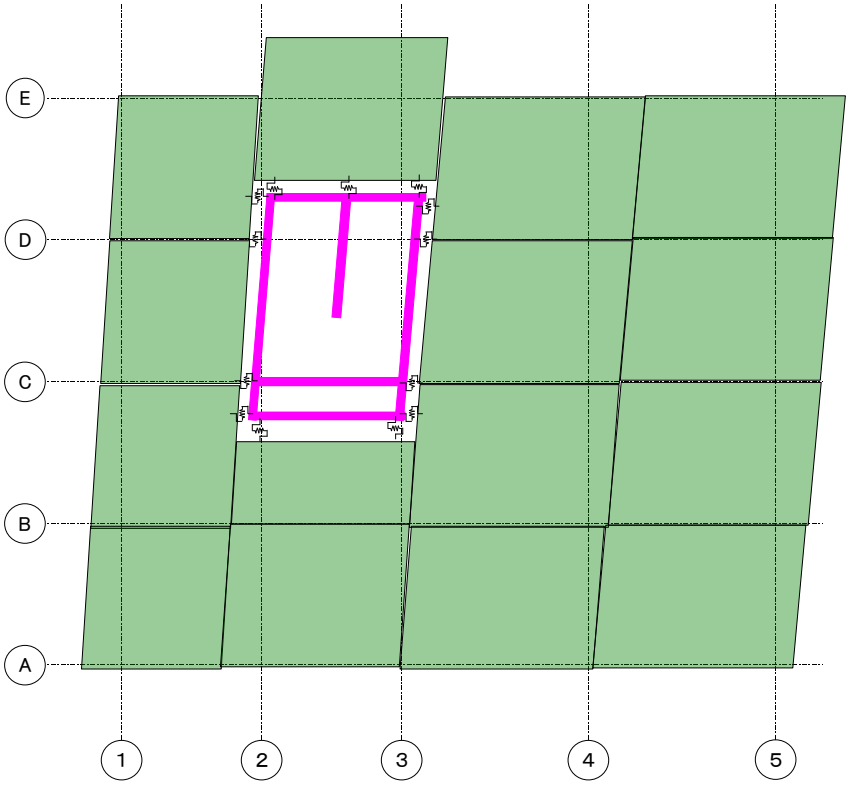


図 6.　床の面内せん断剛性と RC 部接合バネ

表 4.部材の設計クライテリア

部位	レベル1	レベル2
CLT 屋根	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 床	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 壁	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁	短期許容耐力以下	終局耐力以下
基礎梁	短期許容耐力以下	終局耐力以下
RC 壁-CLT 屋根接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁-CLT 床接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 屋根-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	終局耐力以下
CLT 床-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	終局耐力以下
RC 基礎-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	終局耐力以下

５．　実施結果

５－１　ＣＬＴの強度および剛性

直交集成板（以降「CLT」と呼ぶ）は、平成 25 年 12 月 20 日に JAS が制定された。本建築物で使用する CLT は、異等級構成の Mx60A-5-5 と Mx60A-7-7 の 2 種類を採用した。JAS では CLT としての曲げ性能が示されており、今回使用される材料の曲げ性能を表 5、また構成に使用されているラミナの強度性能の基準を表 6 に示す。

表 5　CLT の曲げ性能

強度等級	構成の区分	曲げヤング係数(kN/mm²)		曲げ強さ (N/mm²)
		平均値	下限値	
Mx60-5-5	5 層 5 ﾌﾟﾗｲ	4.2	3.4	9.8
Mx60-7-7	7 層 7 ﾌﾟﾗｲ	3.6	3.0	8.2

表 6　ラミナの強度性能の基準

区　分	曲げヤング係数 (kN/mm²)		曲げ強さ (N/mm²)		引張り強さ (N/mm²)	
	平均値	下限値	平均値	下限値	平均値	下限値
M30A	3.0	2.5	19.5	14.5	11.5	8.5
M60A	6.0	5.0	27.0	20.0	16.0	12.0

上記、JAS で定められている特性値だけでは、本建築物を構造設計するには情報が不足しているので、下記に示す既往の研究報告書より設計に必要な値を定める。

文献１　:「国産材（杉）直交積層材（クロスラミナ）の製作および性能実験の報告」
2011 年 3 月　銘建工業株式会社

文献２　:「CLT（Cross Laminated Timber）の木材利用技術整備成果報告書」
2013 年 3 月　日本 CLT 協会

文献３　:「CLT の普及のための総合的データの収集・蓄積および検討成果報告書」
2014 年 3 月　日本 CLT 協会

（１）曲げヤング係数

CLT の曲げヤング係数は、面内，面外の他、強軸，弱軸方向の合計 4 種類存在する。
文献 3 では、2.2 面外曲げの項で面外の強軸方向は曲げ試験により算出している。また、2.4 面内曲げの項では非破壊試験により、面内・面外，強軸・弱軸の 4 つの曲げヤング係数を算出している。
本設計では、床や屋根の曲げ強度および撓みの計算には、2.2 面外曲げによる見かけのヤング係数を用いるものとする。
文献３　表 2.2-2 より

【屋根・床 CLT の曲げ強度、撓み検討用】

Mx60A-5-5　強軸　　E=5.21kN/mm²

Mx60A-7-7　強軸　　E=4.99kN/mm²

また、面内曲げヤング係数は、解析プログラムの機能上、ポアソン比が 1.0 以上となると不具合が生じるので、せん断弾性係数よりポアソン比を 0.9 として求めた値をする。

（2） せん断弾性係数

CLT のせん断弾性係数はヤング係数同様、面内，面外の他、強軸，弱軸方向の合計４種類存在する。

文献 3 では、2.2 面外曲げの項で面外の強軸方向は曲げ試験により算出している。また、2.4 面内曲げの項では非破壊試験により、面内・面外，強軸・弱軸の 4 つのせん断弾性係数を算出している。

本設計では、床，屋根及び壁の面内せん断を考慮する必要があり、2.4 面内曲げによる面内せん断弾性係数を用いるものとする。

文献 3　表 2.4-1 及び表 2.4.-2 より

【屋根・床及び壁 CLT のせん断剛性算定用】

壁用　　G=0.884kN/mm²（面内強軸方向）

屋根・床用　　G=0.923kN/mm²（面内、強軸弱軸方向の平均値）

（3） 圧縮強度

CLT の圧縮強度は、文献 3 の 2.7 圧縮性能の項の表 2.7.1-2 より

試験体数　　5　→　K=2.464

平均強度　　22.0N/mm²

標準偏差　　1.49

Fc=22.0－2.464×1.5=18.3N/mm²　とする。

（4） 曲げ強度

CLT の曲げ強度は、文献 3 の 2.2 面外曲げの項の図 2.2-3 より

MX60A-5-5　Fb=15.1N/mm²　とする。

MX60A-7-7　試験体数　　6　→　K=2.336

平均値　　17.78N/mm²

標準偏差　　1.92

Fb=17.78－2.336×1.92=13.3N/mm²

（5） 引張り強度

CLT の引張り強度は、文献 3 の 2.8 引張りの項の表 8-3 より

試験体数　　6　→　K=2.336

平均強度　　10.8N/mm²

標準偏差　　0.92

Ft=10.8－2.336×0.92=8.65N/mm²　とする。

（６） せん断強度

水平せん断強度

CLT の水平せん断強度は、文献 3 の 2.5 水平せん断の項の図 2.5-3 より

Mx60A-5-5　　Fs=2.2N/mm²

Mx60A-7-7　　Fs=1.7N/mm²

（７） めり込み強度

CLT のめり込み強度は、文献 3 の 2.6 めり込みの項の表 2.6-2 の平使い弱軸側より

Mx60A-5-5

試験体数　　3　→　K=3.152

平均強度　　6.10N/mm²

標準偏差　　0.84

Ft=6.10－3.152×0.84=3.45N/mm²　とする。

Mx60A-7-7

試験体数　　3　→　K=3.152

平均強度　　7.63N/mm²

標準偏差　　0.83

Ft=7.63－3.152×0.83=5.01N/mm²　とする。

（８）床，屋根の等価面内せん断剛性

CLT 造の床及び屋根は 2.25m×3.00m を基本モジュールとして、敷きしめていく。板と板との接合は、東日本パワーファスニングのパネリード X（長ネジ）で接合する。次項目の長ビス接合部のせん断実験より、等価な面内せん断剛性を算定した。

表 7　長ビス 1 本当たりのせん断剛性　　（単位：kN/mm）

方　向	部　　位	せん断剛性
X 方向	屋根－屋根	0.90
	床－床	1.41
Y 方向	屋根―屋根	1.00
	床－床	1.17

① X 方向屋根のせん断剛性

X 方向のせん断変形に対しては３ｍピッチ毎に屋根－屋根の接合があるので、等価なせん断剛性は、3m での屋根パネルとしてのせん断変形と接合部長ビスの変形の足し合せより算定できる。

屋根パネルのせん断剛性（1m 幅当たり）

$$ {}_sK_{CLT} = \frac{G_{CLT} \cdot {}_sA_{CLT}}{h} $$

ここで、 ${}_sK_{CLT}$：屋根パネルのせん断剛性（kN/mm）

G_{CLT}：CLT のせん断弾性係数（kN/mm²）

${}_sA_{CLT}$：CLT のせん断断面積（mm²）

h ：CLT パネルのピッチ（mm）

$$ {}_sK_{CLT} = \frac{0.923 \times 150 \times 1000}{3000} = 46.15 $$

接合部長ビスのせん断剛性（1m 幅当たり）

$$ {}_sK_{bis} = 0.90 \times \frac{1000}{200} = 4.50 $$

ここで、 ${}_sK_{bis}$：ピッチ 200mm でのビスの剛性（kN/mm）

X 方向屋根のせん断剛性（１m 幅当たり）

$$ {}_rK_{sx} = \frac{1}{\frac{1}{{}_sK_{CLT}} + \frac{1}{{}_sK_{bis}}} = 4.10 \quad \text{（kN/mm）} $$

等価なせん断弾性係数

$$ {}_eG_{CLT} = \frac{{}_rK_{sx} \cdot h}{{}_sA_{CLT}} = \frac{4.10 \times 3000}{150 \times 1000} = 0.082 \quad \text{（kN/mm²）} $$

同様に、Y 方向屋根、床のせん断剛性を求めた。次表に一覧を示す。

表８　等価面内せん断剛性

	等価せん断剛性(kN/mm)	等価せん断弾性係数（kN/mm²）
X方向屋根	4.10	0.0820
Y方向屋根	4.62	0.0693
X方向床	6.36	0.0909
Y方向床	5.48	0.0587

５－２　長ビス接合部実験報告書

長ビスによる CLT 接合箇所を表 9 に示す。また、使用する長ビスは東日本パワーファスニング株式会社のパネリードを使用する。

表 9　接合箇所一覧

接合箇所	構成	長ビス	剛性 (kN/mm/本)	短期許容耐力(kN) 5%下限値
屋根－屋根－内壁 （繊維直交方向）	屋根　Mx60A-5-5 内壁　Mx60A-5-5	PX10-290	0.99	4.44
屋根－屋根－内壁 （繊維方向）	屋根　Mx60A-5-5 内壁　Mx60A-5-5	PX10-290	1.11	4.03
床－床－内壁 （繊維直交方向）	床　Mx60A-7-7 内壁　Mx60A-5-5	PX10-320	1.01	3.48
床－床－内壁 （繊維方向）	屋根　Mx60A-7-7 内壁　Mx60A-5-5	PX10-320	1.43	3.35
屋根－外壁 （繊維直交方向）	屋根　Mx60A-5-5 外壁　Mx60A-5-5	PX10-290	0.92	3.51
屋根－外壁 （繊維方向）	屋根　Mx60A-5-5 外壁　Mx60A-5-5	PX10-290	1.11	4.24
床－外壁 （繊維直交方向）	床　Mx60A-7-7 外壁　Mx60A-5-5	PX10-320	1.53	3.87
床－外壁 （繊維方向）	床　Mx60A-7-7 外壁　Mx60A-5-5	PX10-320	1.16	3.67
屋根－集成材	屋根　Mx60A-5-5 集成材　E105-F300	PX8-260	0.95	5.37
屋根－屋根 （繊維方向）	屋根　Mx60A-5-5	PX8-140	1.00	3.24
屋根－屋根 （繊維直交方向）	屋根　Mx60A-5-5	PX8-140	0.90	3.07
床－集成材	床　Mx60A-7-7 集成材　E105-F300	PX8-320	1.22	4.58
床－床（繊維方向）	床　Mx60A-7-7	PX10-200	1.17	4.81
床－床 （繊維直交方向）	床　Mx60A-7-7	PX10-200	1.41	4.89
屋根－外壁	屋根　Mx60A-5-5 外壁　Mx60A-5-5	PX10-290	24.89	4.87　*1

＊１　は引張り耐力を示す。

木質構造設計規準の接合部設計に準じた計算

屋根―屋根

単位接合部

設計用許容せん断耐力(Pa)

$Pa = \frac{1}{3} \cdot {}_jK_d \cdot {}_jK_m \cdot \gamma_u \cdot P_y$

Pa＝ 2.00 kN

荷重継続期間影響係数(${}_jK_d$)

荷重継続期間 4 ${}_jK_d$= 2.00

含水率影響係数(${}_jK_m$)

使用環境 3 ${}_jK_m$= 1.00

終局強度比(γ_u) γ_u= 1.2

降伏せん断耐力(P_y)

$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

＝ 2.49 kN

樹脂グループ J3 スプルース・すぎ等

接合金具の径 d＝ 8 mm

接合金具の強度 F＝ 235 N/mm^2

主材厚 l＝ 65 mm

側材厚 l'＝ 75 mm

l'／l α＝ 1.2

長さl＝ 65 mm ←繊維方向のラミナ厚さの合計

主材支圧強度(F_e) F_e＝ 19.4 N/mm^2 ←木質構造設計規準表6.2より

側材支圧強度(F'_e) F'_e＝ 19.4 N/mm^2 ←木質構造設計規準表6.2より

F'e／Fe β＝ 1.0

F／Fe γ＝ 12.1

接合形式係数C Ⅳ C＝ 0.247

モードⅠa : $\alpha\beta$ ＝ 1.15

モードⅠb : 1.0

モードⅡ : $\frac{\sqrt{\beta + 2\beta^2(1+\alpha+\alpha^2) + \alpha^2\beta^3} - \beta(1+\alpha)}{1+\beta}$ ＝ 0.448

モードⅢa : $\sqrt{\frac{2\beta(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{2\beta\gamma\left(\frac{d}{\ell}\right)^2}{3(2+\beta)}} - \frac{\beta}{2+\beta}$ ＝ 0.363

モードⅢb : $\sqrt{\frac{2\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{2\beta\gamma\left(\frac{d}{\ell}\right)^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{\alpha\beta}{2\beta+1}$ ＝ 0.411

モードⅣ : $\frac{d}{\ell}\sqrt{\frac{2\beta\gamma}{3(1+\beta)}}$ ＝ 0.247

単位接合部の終局せん断耐力

$P_{uo} = \gamma_u \cdot P_y$

＝ 2.99 kN

床－床

単位接合部

設計用許容せん断耐力（Pa）

$Pa = \frac{1}{3} \cdot {}_jK_d \cdot {}_jK_m \cdot \gamma_u \cdot P_y$

Pa＝　2.86　kN

荷重継続期間影響係数（${}_jK_d$）

荷重継続期間　4　${}_jK_d$＝　2.00

含水率影響係数（${}_jK_m$）

使用環境　3　${}_jK_m$＝　1.00

終局強度比（γ_u）　γ_u＝　1.1

降伏せん断耐力（P_y）

$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

＝　3.90　kN

樹脂グループ　J3　スプルース・すぎ等

接合金具の径　d＝　10　mm

接合金具の強度　F＝　235　N/mm^2

主材厚　l＝　105　mm

側材厚　l'＝　105　mm

l'／l　α＝　1.0

長さl＝　105　mm　←繊維方向のラミナ厚さの合計

主材支圧強度（F_e）　F_e＝　19.4　N/mm^2　←木質構造設計規準表6.2より

側材支圧強度（F'_e）　F'_e＝　19.4　N/mm^2　←木質構造設計規準表6.2より

F'e／Fe　β＝　1.0

F／Fe　γ＝　12.1

接合形式係数C　Ⅱ　C＝　0.191

モードⅠa　：　$\alpha\beta$　＝　1.00

モードⅠb　：　1.0

モードⅡ　：　$\frac{\sqrt{\beta + 2\beta^2(1+\alpha+\alpha^2) + \alpha^2\beta^3} - \beta(1+\alpha)}{1+\beta}$ ＝　0.414

モードⅢa　：　$\sqrt{\frac{2\beta(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{2\beta\gamma\left(\frac{d}{\ell}\right)^2}{3(2+\beta)}} - \frac{\beta}{2+\beta}$ ＝　0.351

モードⅢb　：　$\sqrt{\frac{2\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{2\beta\gamma\left(\frac{d}{\ell}\right)^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{\alpha\beta}{2\beta+1}$ ＝　0.351

モードⅣ　：　$\frac{d}{\ell}\sqrt{\frac{2\beta\gamma}{3(1+\beta)}}$ ＝　0.191

単位接合部の終局せん断耐力

$P_{uo} = \gamma_u \cdot P_y$

＝　4.29　kN

屋根－屋根,床－床接合部を長ビス接合のビス１本当たりの短期許容せん断力を木質規準の接合部設計に則り算定した計算値と実験より求めた5%下限値での短期許容せん断力(実験値)を表10に示す。なお、CLTは繊維方向と繊維直交方向が板厚の間に両方存在するが、厚さ方向すべてに対して繊維方向の基準支圧強度を採用して単位接合部として算定した。

表10　長ビス接合の短期許容せん断力（kN）

部位	計算値	実験値	
		繊維方向	繊維直交方向
屋根－屋根	2.00	3.24 (1.62)	3.07 (1.54)
床－床	2.89	4.81 (1.66)	4.89 (1.69)

（　）内の数値は、実験値／計算値

５－３　鋼板－ラグスクリュー接合

CLT壁を接合する鋼板とラグスクリューを使用した接合部実験の結果を下表に示す。

表11　CLT壁引張り接合

部位	仕様	剛性 (kN/mm)	短期許容耐力(kN) 5%下限値
1階CLT壁脚	PL-4.5×170×1025 ラグスクリューM12-24本	4601.9	158.86
2階床上下 CLT壁	PL-3.2×160×550 ラグスクリューM12-12本	671.9	107.44

表12　CLT壁せん断接合

部位	仕様	剛性 (kN/mm)	短期許容耐力(kN) 5%下限値
1階CLT壁脚	PL-3.2×150×595 ラグスクリューM12-11本	－	78.2
1階CLT壁頭 (繊維方向)	PL-3.2×150×595 ラグスクリューM12-11本	1680.0	90.6
1階CLT壁頭 (繊維直交方向)	PL-3.2×150×595 ラグスクリューM12-11本	1762.0	91.6
2階CLT壁 (繊維方向)	PL-3.2×100×510 ラグスクリューM12-5本	983.0	41.2
2階CLT壁 (繊維直交方向)	PL-3.2×100×510 ラグスクリューM12-5本	843.0	39.9

鋼板とラグスクリューの接合に関しても木質構造設計規準に準じて算定した結果を示す。

単位接合部

設計用許容せん断耐力(Pa)

$Pa = \frac{1}{3} \cdot {}_jK_d \cdot {}_jK_m \cdot \gamma_u \cdot P_y$

Pa＝ 6.35 kN

荷重継続期間影響係数(${}_jK_d$)

荷重継続期間 4 ${}_jK_d$= 2.00

含水率影響係数(${}_jK_m$)

使用環境 3 ${}_jK_m$= 1.00

終局強度比(γ_u) γ_u= 1.2

降伏せん断耐力(P_y)

$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

＝ 7.94 kN

樹脂グループ J3 スプルース・すぎ等

ボルト 径d＝ 12 mm

長さl＝ 95 mm ←繊維方向のラミナ厚さの合計

支圧強度(F_e) F_e＝ 19.4 N/mm^2 ←木質構造設計規準表6.2より

接合形式係数C Ⅳ C＝ 0.36 モードⅢ 0.46 モードⅣ 0.36

単位接合部の終局せん断耐力

$P_{uo} = \gamma_u \cdot P_y$

＝ 9.53 kN

接合部【全体】

設計用許容せん断耐力(Pa)

$Pa = \frac{1}{3} \cdot {}_jK_r \cdot {}_jK_d \cdot {}_jK_m \cdot P_{uo}$

Pa＝ 45.27 kN ＞ 12.25 kN 判定 -OK

靭性係数(${}_jK_r$)

接合部種別 JB ${}_jK_r$= 0.90

荷重継続期間影響係数(${}_jK_d$)

荷重継続期間 4 ${}_jK_d$= 2.00

含水率影響係数(${}_jK_m$)

使用環境 2 ${}_jK_m$= 0.80

基準終局せん断耐力(Puo)

Puo＝min(Puj, Puw)

Puo＝ 94.31 kN ＞ 24.49 kN 判定 -OK

割裂やせん断、引張り破壊しない場合の終局せん断耐力(Puj)

$Puj = {}_jK_n \cdot n \cdot \gamma_u \cdot P_y$

Puj＝ 94.31 kN

単位接合部の降伏せん断耐力 P_y＝ 7.94 kN

終局強度比 γ_u＝ 1.2

i列のボルト本数 ni＝ 5 本

列数 m＝ 2 本

1列のボルト本数に基づく耐力の低減係数 jKn＝ 0.9 ←木質構造設計規準P263図602.14より

木材の繊維と直角の力を受ける集合型せん断破壊の終局せん断耐力(Puw)

$Puw = \max \begin{cases} Aet \cdot Ft = 51.98 \text{ kN} \\ Aes \cdot Fs = 200.41 \text{ kN} \end{cases}$

引張りの有効面積

$Aet = t_e \cdot \Sigma r_i$ ＝ 3610 mm^2

繊維方向のラミナの総厚 te＝ 95 mm

引張り破壊線総長さ Σri＝ 38 mm

せん断の有効面積

$Aes = t_e \cdot \Sigma s_i$ ＝ 111340 mm^2

せん断破壊線総長さ Σsi＝ 1172 mm

引張り基準強度 Ft＝ 14.4 N/mm^2 ←グレー本P633 すぎ機械等級E50より

せん断基準強度 Fs＝ 1.8 N/mm^2 ←グレー本P633 すぎ機械等級E50より

単位接合部

設計用許容せん断耐力(Pa)

$Pa = \frac{1}{3} \cdot {}_jK_d \cdot {}_jK_m \cdot \gamma_u \cdot P_y$

Pa＝ 6.35 kN

荷重継続期間影響係数(${}_jK_d$)

荷重継続期間 4 ${}_jK_d$= 2.00

含水率影響係数(${}_jK_m$)

使用環境 3 ${}_jK_m$= 1.00

終局強度比(γ_u) γ_u= 1.2

降伏せん断耐力(P_y)

$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l$

＝ 7.94 kN

樹脂グループ J3 スプルース・すぎ等

ボルト 径d＝ 12 mm

長さl＝ 95 mm ←繊維方向のラミナ厚さの合計

支圧強度(F_e) F_e＝ 19.4 N/mm^2 ←木質構造設計規準表6.2より

接合形式係数C Ⅳ C＝ 0.36 モードⅢ 0.46 モードⅣ 0.36

単位接合部の終局せん断耐力

$P_{uo} = \gamma_u \cdot P_y$

＝ 9.53 kN

接合部【全体】

設計用許容せん断耐力(Pa)

$Pa = \frac{1}{3} \cdot {}_jK_r \cdot {}_jK_d \cdot {}_jK_m \cdot P_{uo}$

Pa＝ 25.15 kN ＞ 12.25 kN 判定 -OK

靭性係数(${}_jK_r$)

接合部種別 JA ${}_jK_r$= 1.10

荷重継続期間影響係数(${}_jK_d$)

荷重継続期間 4 ${}_jK_d$= 2.00

含水率影響係数(${}_jK_m$)

使用環境 2 ${}_jK_m$= 0.80

基準終局せん断耐力(Puo)

Puo＝min(Puj, Puw)

Puo＝ 42.87 kN ＞ 24.49 kN 判定 -OK

割裂やせん断、引張り破壊しない場合の終局せん断耐力(Puj)

$Puj = {}_jK_n \cdot n \cdot \gamma_u \cdot P_y$

Puj＝ 42.87 kN

単位接合部の降伏せん断耐力 P_y＝ 7.94 kN

終局強度比 γ_u＝ 1.2

i列のボルト本数 ni＝ 5 本

列数 m＝ 1 本

1列のボルト本数に基づく耐力の低減係数 jKn＝ 0.9 ←木質構造設計規準P263図602.14より

木材の繊維と直角の力を受ける集合型せん断破壊の終局せん断耐力(Puw)

$Puw = \max \begin{cases} Aet \cdot Ft = 0.00 \text{ kN} \\ Aes \cdot Fs = 200.41 \text{ kN} \end{cases}$

引張りの有効面積

$Aet = t_e \cdot \Sigma r_i$ ＝ 0 mm^2

繊維方向のラミナの総厚 te＝ 95 mm

引張り破壊線総長さ Σri＝ 0 mm

せん断の有効面積

$Aes = t_e \cdot \Sigma s_i$ ＝ 111340 mm^2

せん断破壊線総長さ Σsi＝ 1172 mm

引張り基準強度 Ft＝ 14.4 N/mm^2 ←グレー本P633 すぎ機械等級E50より

せん断基準強度 Fs＝ 1.8 N/mm^2 ←グレー本P633 すぎ機械等級E50より

実験がラグスクリューの損傷または木部のめり込みで終わった 2 階せん断プレート実験と 1 階壁頭せん断プレート実験における 5%下限値での短期許容せん断力（実験値）および終局せん断耐力（実験値）と木質規準の接合部設計に則って算定した短期許容せん断力（計算値）および終局せん断耐力（計算値）を表 13 および表 14 に示す。なお、CLT は繊維方向と繊維直交方向が板厚の間に両方存在するが、厚さ方向すべてに対して繊維方向の基準支圧強度を採用して全体接合部として算定した。

表 13 ラグスクリュー接合の短期許容せん断力(kN)

部位	計算値	実験値	
		繊維方向	繊維直交方向
2 階せん断プレート	25.2	41.2 (1.63)	39.9 (1.58)
1 階壁頭せん断プレート	58.8	90.6 (1.54)	91.6 (1.56)

( )内の数値は、実験値／計算値

表 14 ラグスクリュー接合の終局せん断耐力(kN)

部位	計算値	実験値	
		繊維方向	繊維直交方向
2 階せん断プレート	42.9	60.1 (1.40)	61.8 (1.44)
1 階壁頭せん断プレート	89.1	143.8 (1.61)	142.6 (1.60)

( )内の数値は、実験値／計算値

次に鋼板側の破壊で実験が終了した 1 階壁脚引張りプレート実験と 2 階床上下引張りプレート実験における 5%下限値での短期許容引張り耐力（実験値）および終局引張り耐力（実験値）と鋼板の短期許容引張り耐力（計算値）および終局引張り耐力（計算値）を表 15 に示す。

表 15 鋼板引張り接合の引張り強度(kN)

部位	短期許容耐力		終局耐力	
	計算値	実験値	計算値	実験値
2 階床上下引張りプレート	93.25	107.44 (1.15)	158.72	161.65 (1.02)
1 階壁脚引張り プレート	141.71	158.86 (1.12)	241.20	251.97 (1.04)

( )内の数値は、実験値／計算値

５－４　時刻歴応答解析結果

レベル1の応答結果を表 16、レベル2の応答結果を表 17 に示す。

表 16　レベル1最大応答値

	地震動	加速度(gal)	層間変形角(rad)	ベースシア係数
X	Elcentro	522	1/2347	0.661
	Taft	478	1/2326	0.636
	Hachinohe	280	1/3534	0.433
Y	Elcentro	445	1/683	0.627
	Taft	324	1/705	0.542
	Hachinohe	206	1/1292	0.336

表 17　レベル2最大応答値

	地震動	加速度(gal)	層間変形角(rad)	ベースシア係数
X	Elcentro	1044	1/1148	1.346
	Taft	957	1/1189	1.277
	Hachinohe	558	1/1799	0.874
	告示-K	623	1/1585	1.027
	告示-H	582	1/1499	0.981
	告示-R	543	1/1992	0.808
Y	Elcentro	895	1/344	1.259
	Taft	647	1/351	1.085
	Hachinohe	409	1/655	0.673
	告示-K	412	1/618	0.761
	告示-H	480	1/511	0.854
	告示-R	343	1/737	0.598

5－5 静的解析結果

時刻歴応答解析に求まった応答せん断力を包絡する外力分布により、各部材の設計クライテリアを確認した結果を表 18 に示す。レベル2でも短期許容耐力以下となっている。

表 18. 部材の設計クライテリア

部位	レベル1	レベル2
CLT 屋根	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 床	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 壁	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
基礎梁	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁-CLT 屋根接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 壁-CLT 床接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 屋根-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
CLT 床-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下
RC 基礎-CLT 壁接合部	短期許容耐力以下	短期許容耐力以下

6. まとめ

・CLT の接合設計では、繊維に平行や直交の方向により差はあまりない。
・接合部設計では木部で耐力が決まる場合、木質規準による計算式より実験では約 1.5 倍。
・平面的に RC 造と木造の混合構造では、床は面内せん断変形を考慮した。長ビスでの接合でせん断力を RC 壁に伝達できた。
・RC 造と木造の水平剛性の違いより、解析上は層せん断力のほとんどは RC 部（95%）が負担するので、CLT 壁は支えている荷重の 30%の水平力は負担できるものとした。

2.3.4　工事費等の内訳

4. 工事費等内訳

事業名			ナイス多賀城物流倉庫・事務所棟施設新築工事のための設計実証、部材の性能実証等
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			ナイス株式会社
共通仮設費			800,000
建築工事	直接仮設工事		1,360,000
	土工事		3,000,000
	コンクリート工事		3,000,000
	型枠工事		4,000,000
	鉄筋工事		3,000,000
	防水工事		500,000
	タイル工事		250,000
	木工事		900,000
	屋根及び樋工事		2,500,000
	金属工事		3,500,000
	左官工事		1,000,000
	金属製建具工事		3,500,000
	木製建具工事		800,000
	ガラス工事		1,500,000
	塗装工事		150,000
	内外装工事		8,000,000
	CLT工事一式		40,000,000
	雑工事		500,000
電気設備工事			7,500,000
機械設備工事			8,000,000
小計①			93,760,000
別途工事費		外構工事	5,000,000
		解体撤去工事	4,000,000
設計費		ボーリング	2,800,000
		設計	8,000,000
		大臣認定	20,000
		確認申請	120,000
その他（諸経費）			4,300,000
小計②			24,240,000
合計（①＋②）			118,000,000

注：平成26年度は設計費のみを支出。未着工のため工事費については概算。

2.4. 鍋野友哉アトリエ

2.4.1 建築物の仕様一覧

事業名			併用住宅(くりばやし整骨院)新築工事におけるCLT床構面の有効性の実証
実施者もしくは担当者(実施者が個人の場合)			鍋野友哉アトリエ　鍋野友哉
建築物の概要	用途		併用住宅
	建設地		神奈川県藤沢市
	構造・工法		木造軸組工法
	階数		2
	高さ(m)		6.35
	軒高(m)		6.15
	敷地面積(m2)		100.25
	建築面積(m2)		62.03
	延べ面積(m2)		107.50
	階別面積	1階	43.65
		2階	57.18
		塔屋階	6.67
CLTの仕様	CLT採用部位		2階床(プラットフォーム)
	CLT使用量		7.7679㎥
	壁パネル	寸法	ー
		ラミナ構成	ー
		強度区分	ー
		樹種	ー
	床パネル	寸法	t=150、幅:2,000㎜、1,780㎜　長さ:5,900㎜、950㎜
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	MX-60A
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	ー
		ラミナ構成	ー
		強度区分	ー
		樹種	ー
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板(t=0.3)竪平葺き
		外壁	FMXコテ仕上げ(t=3) ラスモルタル(t=31.5) ブジライトしごきの上EP塗装　ラスモルタル(t=31.5)
		開口部	アルミサッシ(複層ガラス)、スチールサッシ(FIX)、ステンレスドア(整骨院入り口)
	主な内部仕上	界壁	ー
		間仕切り壁	ー
		床	パインフローリング(T=15)仕上げ 構造用合板(T=24)下地 、 CLTパネルの上に大引き(90×90@910)、根太(45×45@303)断熱材GW(t=100)
		天井	CLT現しの上木材保護塗料
構造	構造計算ルート		4号建築物(壁量計算＋許容応力度計算による自主検証)
	接合方法		CLTパネル間:ネジ(8×200)45度クロス打ち、添え板(構造用合板t=12、幅150)ネジ留め
	最大スパン		はね出し単純ばり(スパン4.43m、はね出し2.15m)
	問題点・課題とその解決策		CLTパネルの製品長さが5,900㎜のため、交互にパネルの継手を設けた(5,900㎜+950㎜)
防耐火	防耐火上の地域区分		準防火地域
	耐火建築物等の要件		防火構造(延焼の恐れのある部分)
	問題点・課題とその解決策		延焼のおそれのある軒天部分は告示(建告第1358号)による防火構造
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		CLT床パネル上に、大引+根太+厚物合板+パインフローリングの二重床構造
	建て方における課題と解決策		パネル施工時、長さ方向の継手部分は仮留め材を取り付けて施工
	劣化対策		木材保護塗料
工程	設計期間		H26.3～H26.8
	施工期間		H26.9～H27.3
		CLT躯体施工期	建て方工程:2日
	竣工(予定)年月		H27.4
体制	発注者		個人
	設計者		鍋野友哉アトリエ　鍋野友哉
	構造設計者		福山弘構造デザイン　福山弘
	施工者		寛建設(株)
	CLT供給者		銘建工業(株)

2.4.2　実証事業の概要

平成26年度 CLT等新たな製品・技術活用建築物実証事業

併用住宅（くりばやし整骨院）新築工事におけるCLT床構面の有効性の実証　成果報告書

建築概要

建設地　：神奈川県藤沢市藤沢
用途地域：近隣商業地域
　　許容建ぺい率　80% ＋10%(角地緩和)
　　許容容積率　　200%
敷地面積：100.25㎡
建築面積：62.03㎡
延床面積：107.50㎡
（1F：43.65㎡　2F：57.18㎡　PHF：6.67㎡）

道路幅員：西側　4.000m
　　南側　17.000m
主要用途：併用住宅（整骨院）

構　　造：木　　造
規　　模：地上２階
建物高さ： 6.35m
軒　　高： 6.15m

実施体制

意匠･総括　鍋野友哉アトリエ　鍋野友哉
構造　福山弘構造デザイン　福山弘
設備　環境エンジニアリング　田中敬介　成田賛久

施工　寛建設株式会社　溝部公寛 岡晋輔
CLT製作　銘建工業株式会社
要素実験協力　東日本パワーファスニング

CLTの仕様

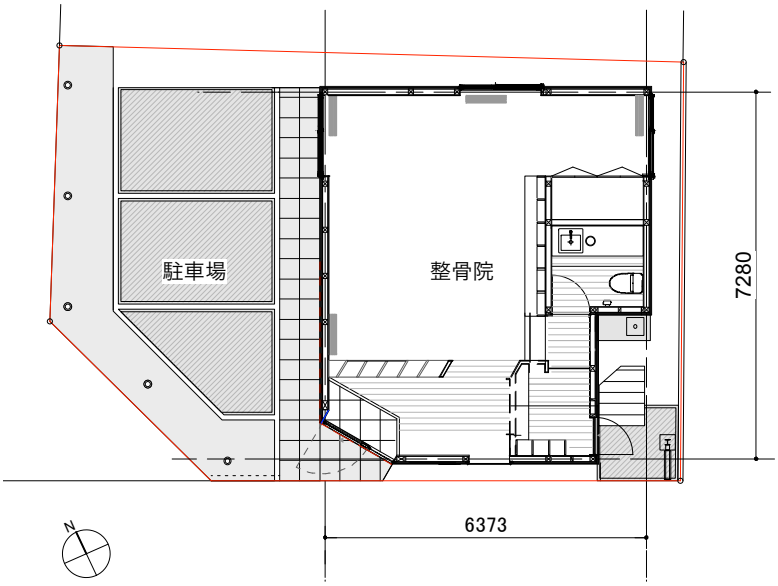
寸　　法：幅2,000mm、1,780mm
　　長さ：5,900mm、950mm
使用数量：7.77㎥　（合計８枚）

ラミナ構成：30mm×5プライ　（150mm）
強度区分　：MX-60A
樹種　　：スギ

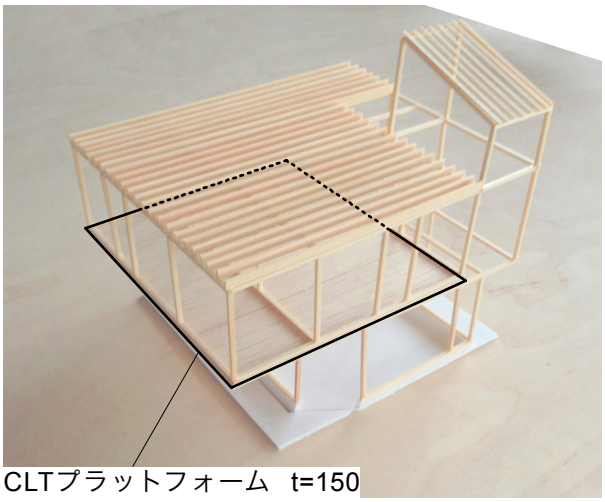
設計コンセプト

本建築は１階部分店舗（整骨院）と2階部分住宅の都市型併用住宅である。1階の整骨院スペースの無柱空間＋外部駐車スペースを確保しつつ２階部分の床面積を広げる事を目的として床跳ね出し形式として計画された。

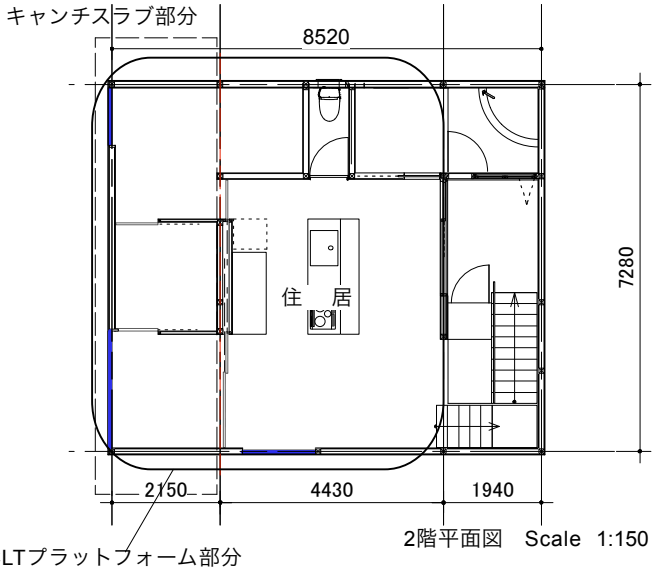
大きなキャンチスラブを構成できる面外性能と水平構面の高いせん断性能並びに適切な遮音性や断熱性を持つ床構面が求められたため、2階の界床面に異方性の少ないCLTを採用した。なお上下階の用途が異なるため、２階住居からの遮音性能が必要であったが、配管スペースを兼ねた二重床として解決している。



1階平面図　Scale　1:150



CLTプラットフォーム　t=150



2階平面図　Scale　1:150

CLT施工計画

本敷地には一時的にCLTを荷受けする為のスペースの確保が難しいため、搬入されるトラックの車上において継手のビス施工を行い、工場加工した穴にアイボルトを通し、ラフターでCLT設置基準ラインに沿って、北側から①～④の順番に建て込むという施工計画とした。

凡例

- アイボルト穿孔位置
- A接合部（CLT-下部軸組接合）
- B接合部（上部軸組-CLT接合）
- C接合部（CLT間接合）
- D接合部（CLT間接合）

１日目

１階部分軸組を組み上げ、精度確認。仮筋交い等で固定。

２日目

A．CLT設置工程

1．車上にてCLT01-02間の継ぎ手方向のD接合を行う
2．１のCLTを▼設置基準ラインを基準にしてCLTをセット
3．CLT設置精度の確認後、CLT-軸組にA接合

B．CLT間接合

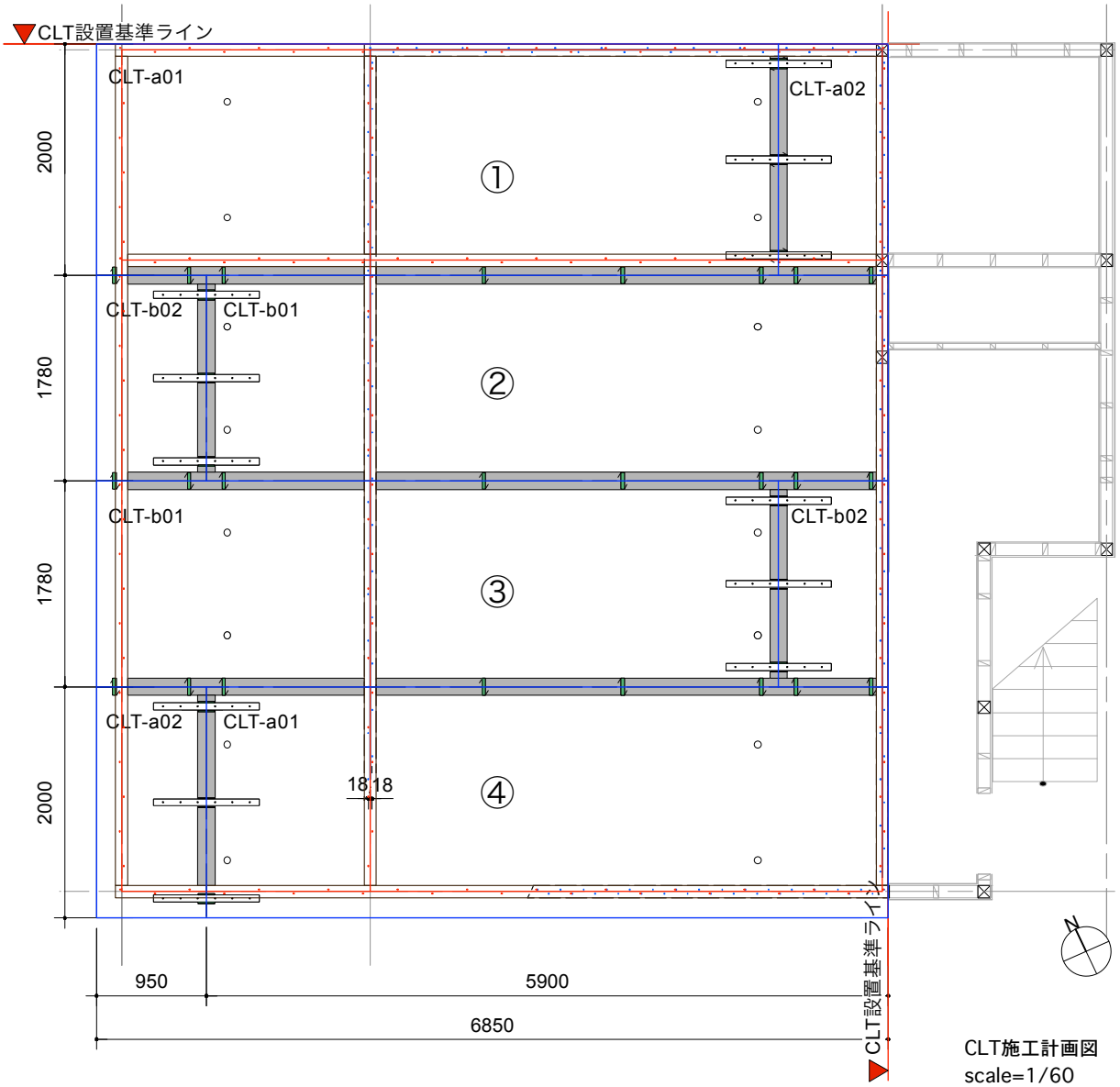
1. CLT幅矧ぎ方向間にD接合を行う
2. 輸送・保護用仮留部材取外し

C．地伏梁（敷土台）設置

1. CLT上に敷土台設置
2. 敷土台−CLTをB接合
3. CLT間C接合（面内補剛用）

ＣＬＴプラットフォーム施工工程

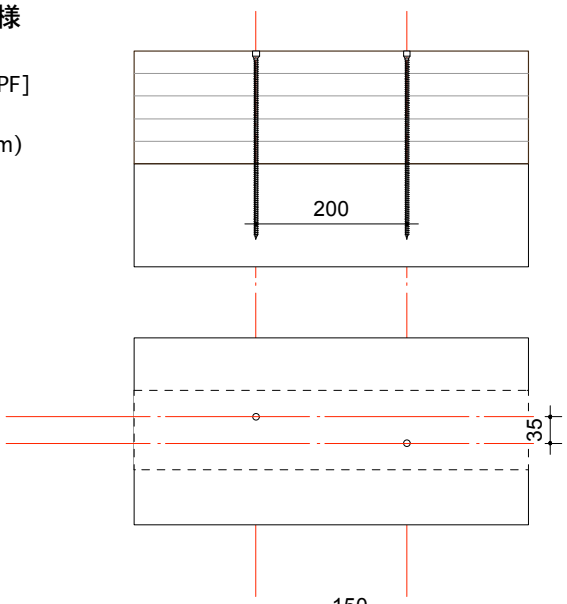
二階、PH階の軸組施工、屋根野地板施工



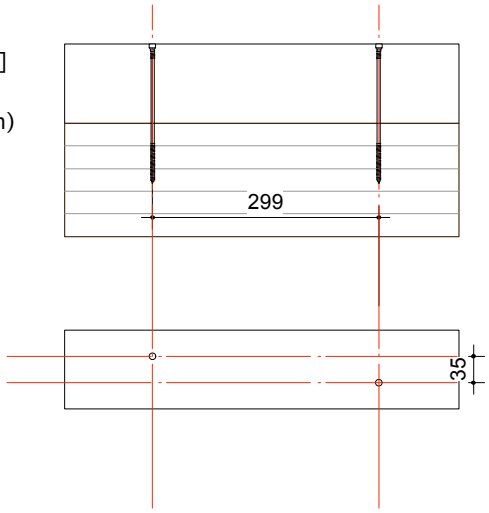
CLT施工計画図
scale=1/60

CLT接合部仕様

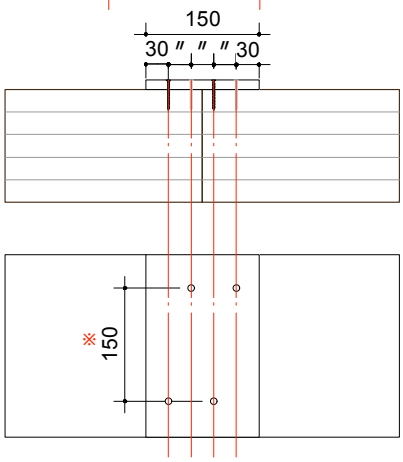
A接合
DP7-250 [EJPF]
@200チドリ
（チドリ幅35mm）



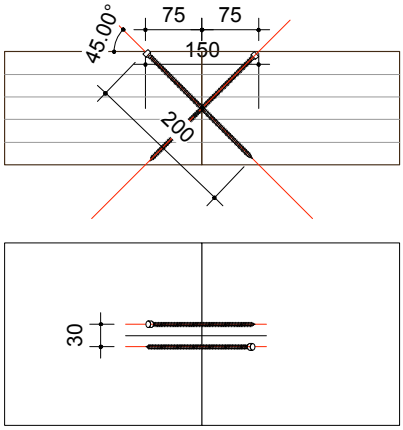
B接合
P6-185 [EJPF]
@300チドリ
（チドリ幅35mm）



C接合
CW-51RF [EJPF]
@150チドリ(チドリ幅30mm)



D接合
2-PX8-200 [EJPF]
@1200以下
斜めクロス打ち



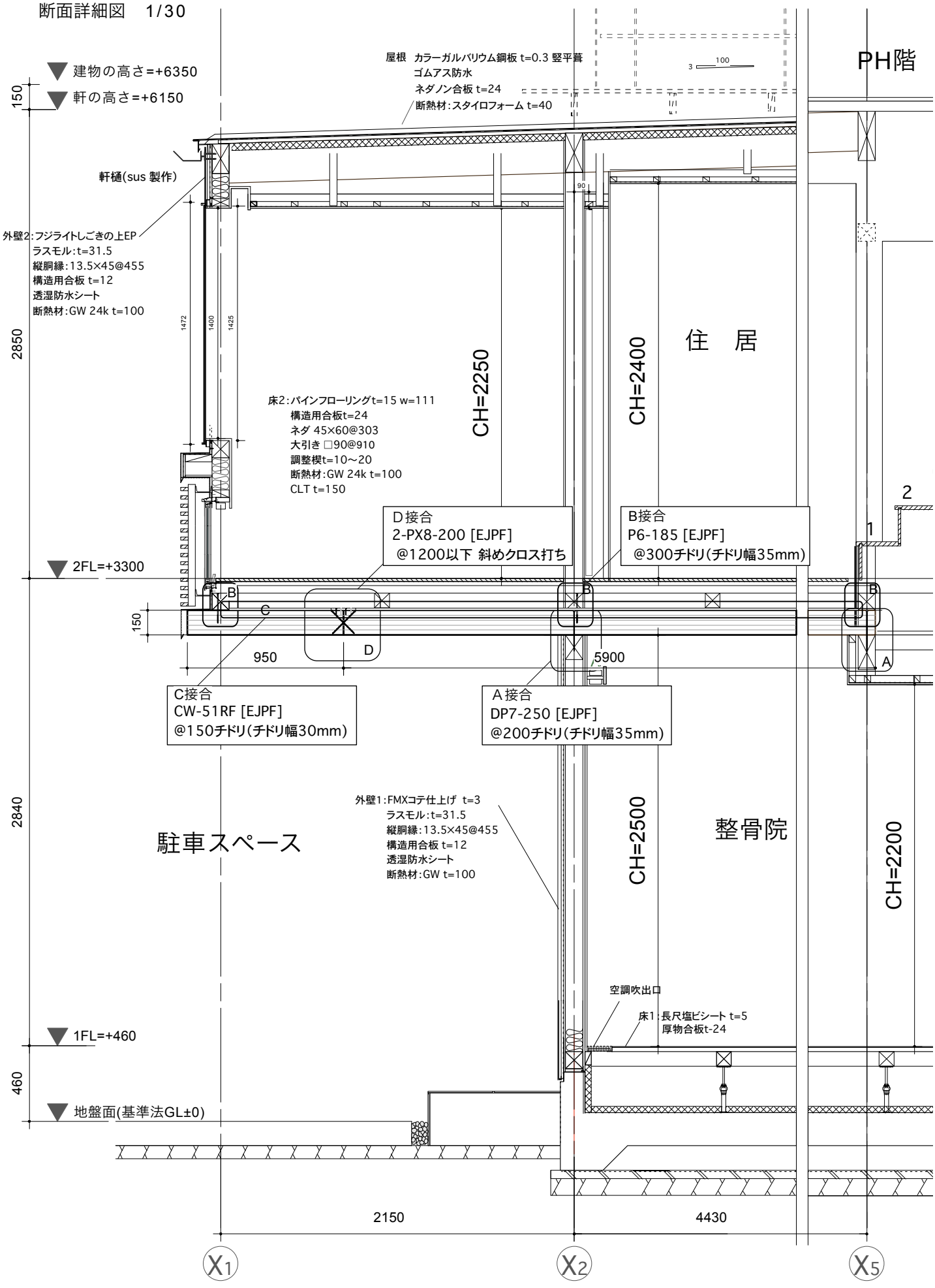
施工作業風景

fig1：CLT搬入

fig2：車上にてCLT01-02ななめビス接合

fig3：レッカーにてCLT吊り込み

fig3：軸組にビス接合


断面詳細図　1/30
建物の高さ=+6350
軒の高さ=+6150
150
2850
2840
460
屋根　カラーガルバリウム鋼板 t=0.3 竪平葺
ゴムアス防水
ネダノン合板 t=24
断熱材:スタイロフォーム t=40
PH階
軒樋(sus 製作)
外壁2:フジライトしごきの上EP
ラスモル:t=31.5
縦胴縁:13.5×45@455
構造用合板 t=12
透湿防水シート
断熱材:GW 24k t=100
1472
1400
1425
CH=2250
CH=2400
住　居
床2:パインフローリングt=15 w=111
構造用合板t=24
ネダ 45×60@303
大引き □90@910
調整楔t=10～20
断熱材:GW 24k t=100
CLT t=150
D接合
2-PX8-200 [EJPF]
@1200以下 斜めクロス打ち
B接合
P6-185 [EJPF]
@300チドリ(チドリ幅35mm)
2FL=+3300
150
950
5900
C接合
CW-51RF [EJPF]
@150チドリ(チドリ幅30mm)
A接合
DP7-250 [EJPF]
@200チドリ(チドリ幅35mm)
外壁1:FMXコテ仕上げ t=3
ラスモル:t=31.5
縦胴縁:13.5×45@455
構造用合板 t=12
透湿防水シート
断熱材:GW t=100
駐車スペース
CH=2500
整骨院
CH=2200
空調吹出口
床1:長尺塩ビシート t=5
厚物合板t-24
1FL=+460
地盤面(基準法GL±0)
2150
4430
X1
X2
X5

2.4.3　成果物

平成２６年度　CLT 等新たな製品・技術活用建築物実証事業

併用住宅（くりばやし整骨院）新築工事における CLT 床構面の有効性の実証

成果報告書

１　はじめに

本建築は１階部分店舗（整骨院）と2階部分住宅の都市型併用住宅である。1階の整骨院スペースの無柱空間–外部駐車スペースを確保しつつ２階部分の床面積を広げる事を目的として床跳ね出し形式とし、そこでCLTを二階床構面とする構法で設計した。そこで、CLTを用いた際に生じる設計段階および施工段階でのプロセスおよび問題点・課題点とその解決方法を以下に報告する。

２　設計時における課題と解決策

現場は神奈川県藤沢市の藤沢橋から大通りに面した場所にあり、ここに新たに新築を行う計画である。敷地は南側に 16m道路（片側二車線歩道付）が接道し、西側には 4m 道路が接しているという場所である。(fig.1)

Fig.1 敷地写真(二項道路拡幅前)

ここで求められた建築プログラムは、１階に整骨院、２階に住居部分、外部になるべく来店用の駐車場を確保する事である。また、１階の整骨院はなるべく無柱の一室空間で天井高もある程度確保するということであった。

本敷地が準防火地域内ということと建築コスト上の制約から規模・構造は木質構造２階建て（＋屋階）の方向で進めることとなった。また、建築の形状は建設敷地が 100 ㎡程度であること、および駐車場台数を確保しつつ２階の住居面積を確保する事から床跳ね出し形式とする案にまとまった。

この床跳ね出し形式を意匠･構造的にもどのように成立させるかという検討は、プランや断面検討と同時進行的に行ったが、大別すると二つの構法的な方針があった。ひとつは集成材の梁又はツーバイ材等を架けてつくる軸組構法とする。もう一つは CLT や厚物合板、または集成材等を敷き並べてマッシブホル

ツ床スラブとする構法である。

軸組のみで構成するメリットは、既存技術で対応可能であることが最も大きかったが、今回の要求スパンを満たそうとすると、通常流通している材のサイズを超え、また梁のせいも大きくなってしまう。従って天井高を確保しつつスパンを支持するとなると階高が上がってしまい、無理のある設計となってしまう。

一方、床スラブをマッシブホルツで構成する場合、構法的には非常に明快となる。床をシンプルに構成しつつ階高を抑えることが可能となり、かつその材料特性上、大スパンや床持ち出しが可能となる。そこで大スパン＋床持ち出し形式とする本件に非常に適した構法であるため、今回CLTを用いた床スラブによる構法とした。

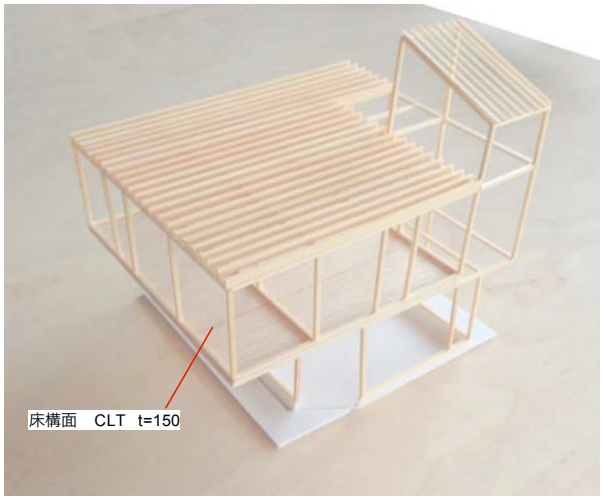


Fig.2　軸組スタディ模型

その構成は、１階柱頭部の頭つなぎ梁の上にCLTが乗り、そのCLTプラットフォームの上に２階の土台（地伏梁）が乗って次の層が構成されるという形式を取っている(fig.2)。これは純粋な軸組工法にCLTを合板の代わりとして納めるという形式とは異なり、層構成の考え方においては枠組壁工法に代表されるプラットフォーム構法やいわゆるCLT構法として一般的に想定されるものに近い。つまり上階からの力を一旦全てCLTプラットフォームで処理し、それが１階の梁に改めて流れるというものである。

また、今回のCLTプラットフォームは30㎜５プライの150㎜厚のCLTで長さ5900および950㎜巾2,000㎜がそれぞれ２枚、長さ5900および950㎜巾1,780㎜がそれぞれ２枚の合計８枚のCLT間の木口に、面外接合用に大型の全ねじスクリューを斜め打ちした幅方向のチドリ継とした。日本においては長さ６ｍが現在製作可能限界であるが、特に非住宅系の構造要素として用いるにはスパン方向にやや不十分である。しかし、このスクリューによって継いでいく構法を用いると比較的簡易に大スパンが構成でき、原理的には無梁のまま床板を無限に延長可能である。

この長さの延長性のあるCLTプラットフォーム構法という発想は余裕のない敷地での併用住宅、そこから導かれるオーバーハングした床の必要性と界床としての性能の要求に対してシンプルな構法であるが、本報告以前の既往研究や公開されているものではこのような構造方法を実現するためのデータとして不足していた。このため全16種98体分の試験を行い、それをもとに安全性を確認するための方法を整理した。行った試験結果は巻末に添付する。

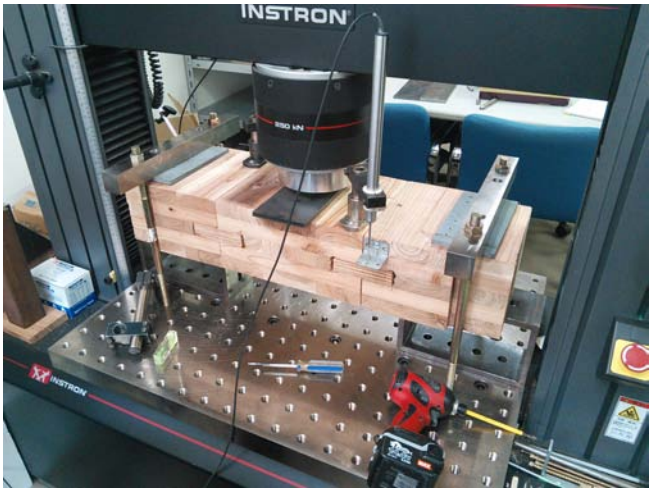


Fig.３ CLT 間接合部試験

また、このプラットフォーム周辺では

２階壁および床
↓
＜地伏梁 → CLTプラットフォーム → １階頭つなぎ＞
↓
１階壁

という力の流れが想定されるが、のうち＜　＞で囲まれた部分の力の流れが通常の軸組構法では２階床組という一つの要素に納まっていると考えればよいと考える。例えば２階耐力壁の負担せん断力より＜地伏梁 - CLT＞の耐力が小さかったりすると地伏梁のレベルでCLTの上で層としてのねじりおよびせん断を起こす量が大きくなる。これは＜CLT - １階頭つなぎ＞の接合についても同じことがいえる。この部分の変形量が大きくなってしまうと層ごとの層せん断変形を耐力壁の壁の変形性能で推定できなくなり、より複雑な挙動を解析する必要がある。逆に＜地伏梁 - CLT＞、＜CLT - １階頭つなぎ＞の部分の変形が十分に小さければ壁量設計で十分安全である。

そこでCLTpfと各階つなぎ梁のせん断接合降伏耐力が各階壁の終局までに顕れる最大せん断耐力と想定される最大せん断耐力を超えないとする条件をクラ

イテリアとして設けた。つまり建物全体の終局までこれらの接合部分のせん断接合部は降伏耐力以下の弾性域に留めるということである。

もう一つの本構法の特徴である千鳥型面外接合されたプラットフォームの面外性能確認であるが、これについても一般的に想定される、単純に分布荷重をかけるという確認を行うだけでは十分とは言えないだろう。つまり、このような接合法法であると局部的な集中荷重がかなり不利な条件となる。したがって今回は2kN（約200kg）の集中荷重をかけても面外接合が長期の許容耐力以下になるという条件を追加的にもうけてその性能を確認した。

一方、CLTプラットフォームの建て方時に材料上や施工上の寸法誤差によって、施工精度への影響が出ることが懸念されたが、これは西および南の２方向に跳ね出す設計とし、意匠的、構造的にもなるべくCLTへの溝掘りや穴開け等の加工は極力避けることで、現場において工法的に逃げが効くデザインとした。意匠的には軒裏および１階天井はCLTを表しとすることで、CLT板の持つ荒々しくも力強い表情を活用して表現することを目指した。

また特に本事例では１階と２階の用途が店舗と住居と異なるため、特に上下階間遮音性能が求められた。CLT を床スラブとして使用する際のデメリットとしてその音響特性がある。その原因は CLT で大スパンの床を構成する場合、特に振動を起こしやすい事にあると考えられる。そこで今回はその対策として、２階床を設備配管スペースを兼ねた乾式二重床とすることで、CLT 版に対する加振点位置を分散することで振動を抑え、この問題の解決を図った。なお、本施工における遮音性能については現地にて今後音響性能の測定を行ってもらう予定である。

３　施工時における課題と解決策

実際の施工現場においては未知な部分が多かったため、綿密に施工計画およびCLT搬入計画についての検討を行った。
その結果、建て方の手順は
【工程１】１階部分の軸組を行い、垂直水平の精度出しを行う（１日目）
【工程２】CLTスラブのプラットフォームを敷設し、その上に地伏梁を並べて２階および屋根の建て方を行う（２日目）
という２日間の工程で行う計画とした。

都市型の小規模建築現場では当てはまる場合が多いと思われるが、本敷地には一時的にCLTを荷受けする為のスペースの確保が難しかった。そこで、【工程２】においては

(a)搬入されるトラックの車上に於いて継手のビス施工を行う(fig.4)
(b)工場にて加工した穴にアイボルトを通しラフターで建て込む
(c)CLTと工程１で組んだ軸組をビス接合を行う(fig.5)

という施工計画とした。

fig.４工程２(a)-(b)車上での作業風景

fig.５工程２(c)軸組への接合作業

この施工手順ではCLTの搬入と施工が同時となってしまい、時間的に余裕がない。そこで搬入計画やその経路についてもいつも以上の検討が必要であった。

具体的にはCLTの製作現場から建設現場までの輸送についてであるが、長距離輸送となると短くてもほぼ一週間前に搬送日程を決

fig.６地伏梁敷設作業

定しなければならない。現地への仮置きが不可能な状況であることを考えると、天候に左右される現場作業として、一週間前に決定するのはリスクが大きく現実的でない。もし無理に仮置きを行う計画としてもラフターを二度借りる必要があり、非効率的である。そこで、今回はナイス(株)に CLT 搬送について協力を仰ぎ、いったん相模原市場に長距離便で運び込んだ後、そこから現地へ中型トレーラで搬入するという搬入計画を立ててこの問題の解決を図った。

４まとめ

CLT は都市部での住宅工事においては比較的大きな部材である為、取り回しが難しい事や、温熱環境性能などのデメリットが考えられるが、今回の設計および施工を通じて、CLT プラットフォーム軸組工法はこれらをカバーしながら日本においても十分にその素材が持つメリットを活かす方法の一つを示す事ができた。また、今回得られた知見･経験に基づけば、都市型の専用・併用住宅、小～中規模オフィス等においても CLT を用いたさらなる展開の可能性があるだろう。

なお、今後の普及にあたっては敷地の問題や工程および材料の流通といった諸問題等について、利用・流通環境の整備が必要だと思われる。

CLT 要素試験結果

日付　平成 26 年 8 月 30 日
場所　東日本パワーファスニング株式会社 本社
　　〒981-3341　宮城県黒川郡富谷町成田 9-1-19

試験概要

行った試験の概要は以下である

試験体番号１～４
　想定接合箇所：CLT-下部軸組接合
　試験方法　　：１面せん断試験
　試験体数　　：合計２６体

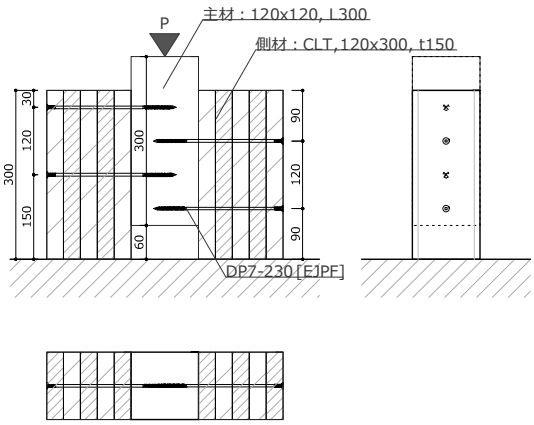
試験体番号５～６
　想定接合箇所：上部軸組-CLT
　試験方法　　：１面せん断試験
　試験体数　　：合計１２体

試験体番号７～１０
　想定接合箇所：CLT 間面内せん断
　試験方法　　：１面せん断試験
　試験体数　　：合計２３体

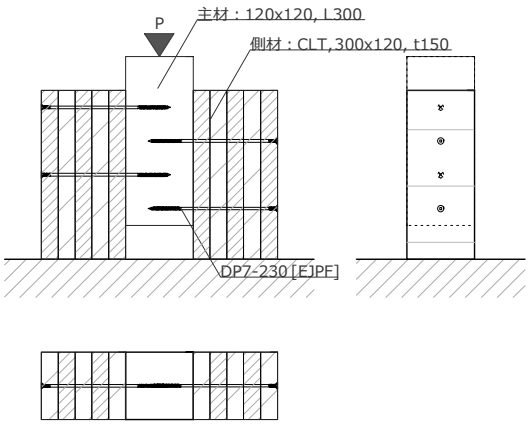
試験体番号１１～１４
　想定接合箇所：CLT 間面外せん断
　試験方法　　：三点曲げ試験
　試験体数　　：合計２３体

試験体図

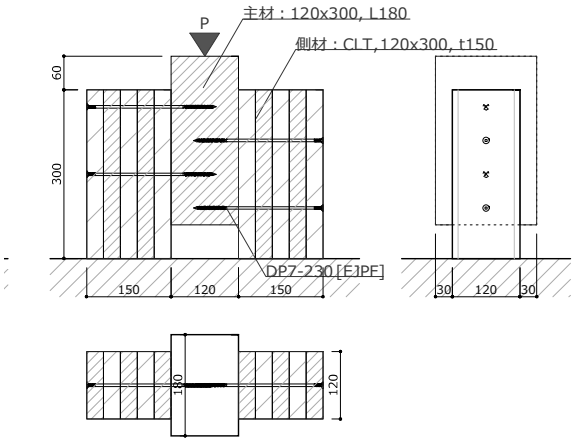
1. CLT側材接合部①



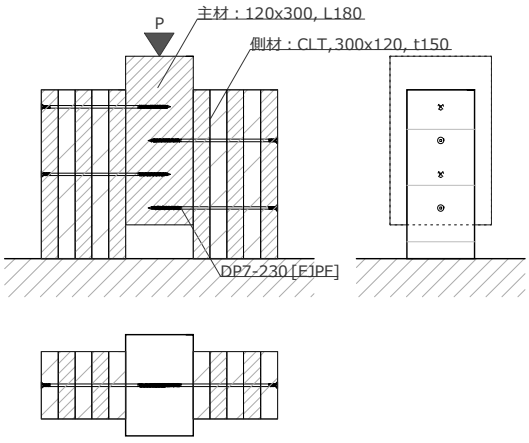
2. CLT側材接合部②



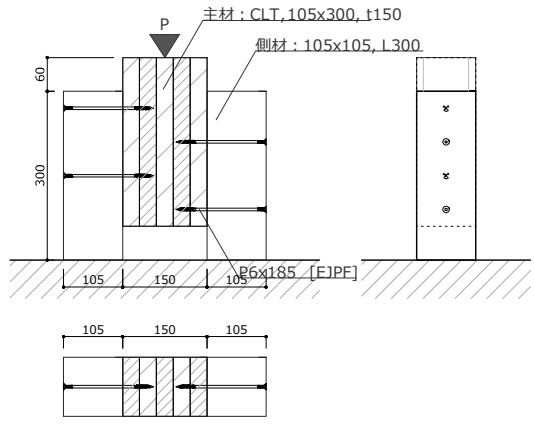
3. CLT側材接合部③



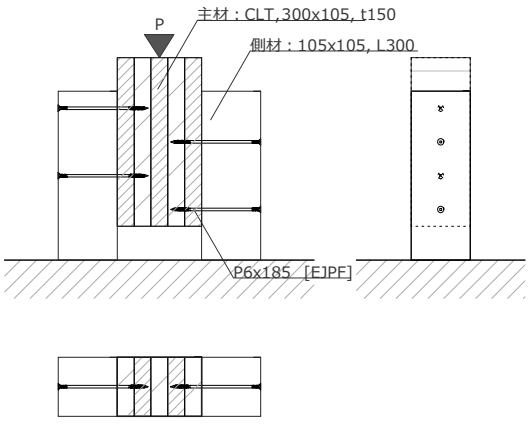
4. CLT側材接合部④



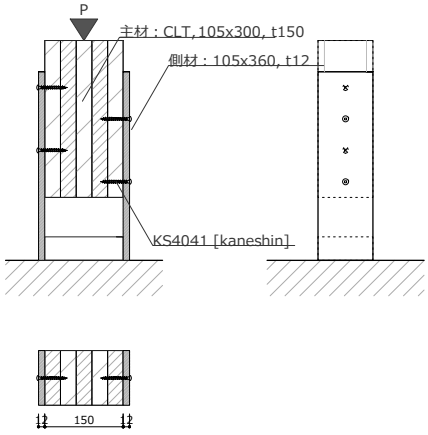
5. 軸組側材接合部①



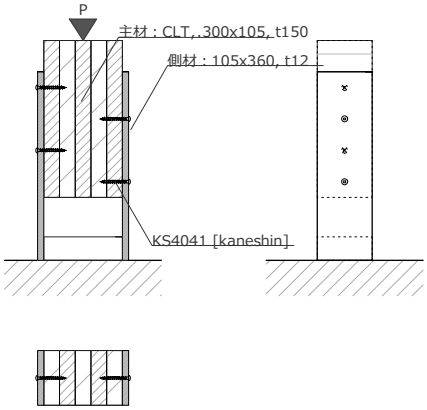
6. CLT側材軸組接合部②



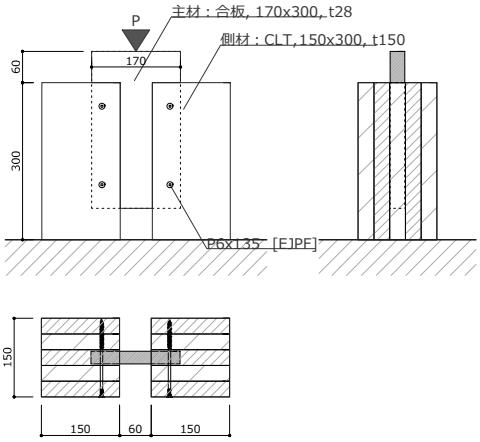
7. 合板側材接合部①



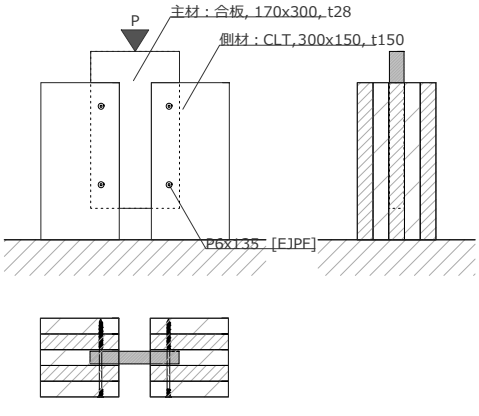
8. 合板側材接合部②



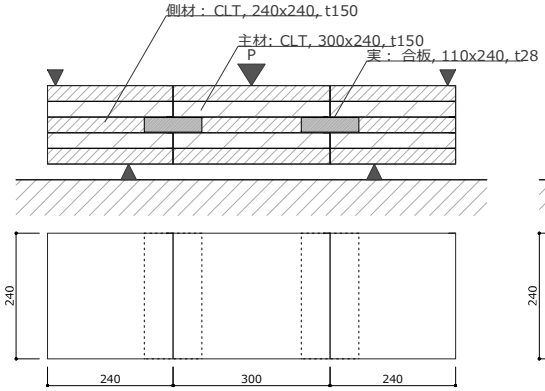
9. 合板中実接合部①



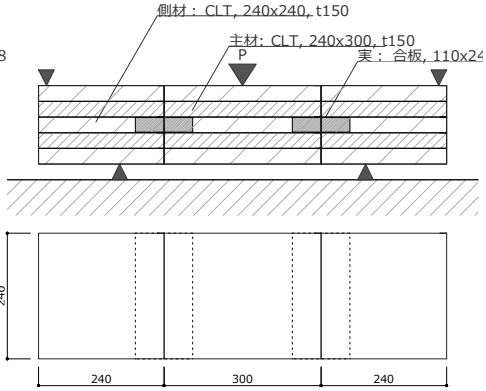
10. 合板中実接合部②



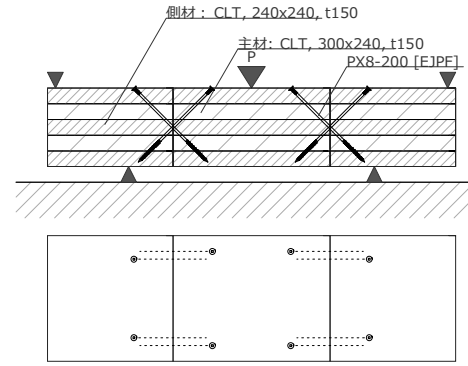
11. 合板中実面外接合部①



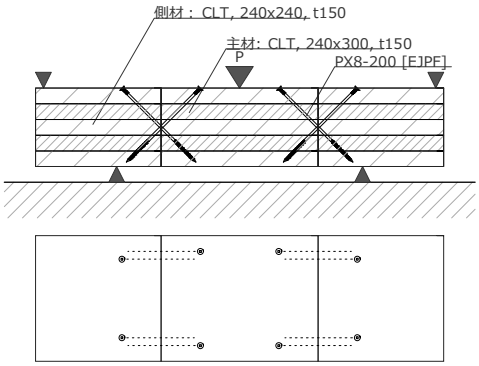
12. 合板中実面外接合部②



13. フルスレッドビス面外接合部①



14. フルスレッドビス面外接合部②



試験結果

試験結果を以下に示す。

番号	仕様名	想定接合箇所（抵抗形式）		主材		側材		接合仕様	試験体数	備考
1	DP7-00	CLT-下部軸組	すべりせん断 1面	スギ製材	//	CLT	//	DP7-250	6 (+1)	DP7-230での参考1体
2	DP7-0x						⊥		6 (+1)	DP7-230での参考1体
3	DP7-x0				⊥		//		6	
4	DP7-xx						⊥		6	
5	P6-00	上部軸組-CLT	すべりせん断 1面	CLT	//	スギ製材	//	P6-185	6	
6	P6-0x						⊥		6	
7	CW-00	CLT間面内せん断	すべりせん断 合板側材、1面	CLT	//	構造用合板 t12	//	CW-41RF	6	
8	CW-x0				⊥				6	
9A	TG28_P6-00		すべりせん断 合板中実[TG] 2面	構造用合板t28	//	CLT	//	P6-150	3	
9B	TG15_P6-00			構造用合板t15					2	
10A	TG28_P6-0x			構造用合板t28			⊥		3	
10B	TG15_P6-0x			構造用合板t15					3	
11A	OP-TG28-0	CLT間面外せん断 [OP]	嵌合 合板中実[TG]	CLT	//	CLT	//	構造用合板t28	3	
11B	OP-TG15-0							構造用合板t15	2	
12A	OP-TG28-x				⊥		⊥	構造用合板t28	3	
12B	OP-TG15-x							構造用合板t15	3	
13	OP-PX8-0		全ネジスクリュー クロス打ち	CLT	//	CLT	//	PX8-200	6	
14	OP-PX8-x				⊥		⊥		6	

※　スギ製材はE70、CLTはMX60A、構造用合板２級

番号	仕様名	N	P_y			P_{max}			P_u			K			μ		
			ave.	CV	95% LB	ave.	CV	95% LB	ave.	CV	95% LB	ave.	CV	50% LB	ave.	CV	50% LB
			[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[kN]	[-]	[kN]	[kN/mm]	[-]	[kN/mm]	[-]	[-]	[-]
1	DP7-00	6	3.6	0.09	2.8	5.6	0.11	4.1	5.0	0.08	4.0	0.79	0.11	0.76	4.7	0.12	4.6
2	DP7-0x	6	3.3	0.12	2.4	5.5	0.12	4.0	5.0	0.12	3.5	0.69	0.23	0.64	3.5	0.23	3.3
3	DP7-x0	6	3.3	0.21	1.7	5.9	0.20	3.1	5.2	0.17	3.1	0.77	0.14	0.74	3.3	0.29	3.0
4	DP7-xx	6	4.0	0.13	2.8	7.4	0.18	4.3	6.3	0.15	4.1	0.69	0.10	0.67	3.0	0.10	2.9
5	P6-00	6	2.3	0.07	1.9	4.2	0.04	3.8	3.9	0.04	3.5	0.87	0.08	0.85	4.9	0.34	4.4
6	P6-0x	6	2.3	0.09	1.8	4.3	0.09	3.5	4.0	0.08	3.3	0.69	0.19	0.66	4.7	0.21	4.4
7	CW-00	6	1.0	0.09	0.8	1.9	0.09	1.5	1.7	0.09	1.3	0.62	0.29	0.56	5.8	0.26	5.4
8	CW-x0	6	0.9	0.08	0.7	1.8	0.08	1.5	1.5	0.09	1.2	0.52	0.32	0.47	5.3	0.23	5.0
13	OP-PX8-0	6	9.2	0.10	7.1	16.5	0.06	14.1	14.7	0.06	12.6	4.0	0.12	3.8	1.7	0.05	1.7
14	OP-PX8-x	6	10.6	0.13	7.4	16.6	0.03	15.6	14.4	0.03	13.3	3.7	0.17	3.5	1.6	0.04	1.5

※　耐力指標（Py, Pmax, Pu)については、実験より得られる信頼水準75%の95%下限値、剛性および塑性率（K, m）については信頼水準75%の50%下限値をそれぞれ示した

※　OP-PX（クロス打ち）は２本組みあたりでの表値およびグラフ。OP-TG（合板嵌合、面外）は長さ100mmあたり荷重でのグラフ

試験結果　荷重変位曲線

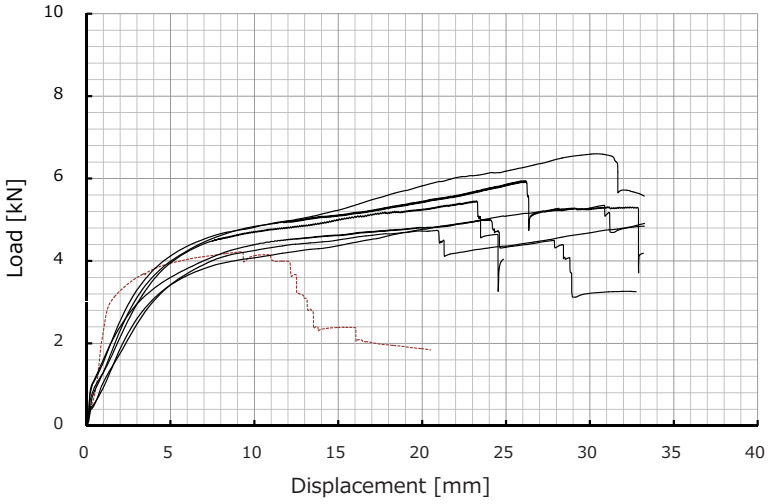


Fig.1 1- DP7-00

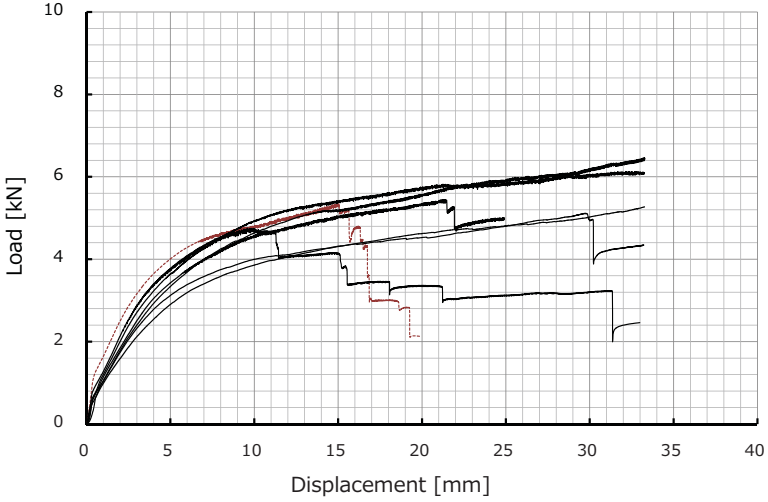


Fig.2 2-DP7-0x

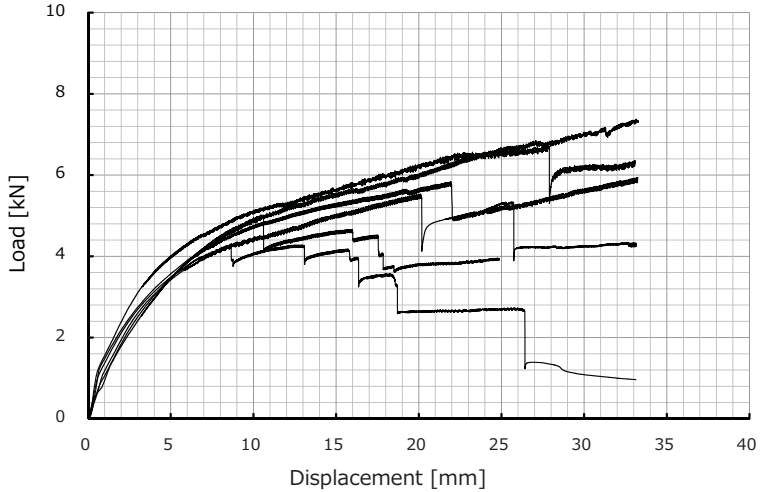


Fig.3 3-DP7-x0

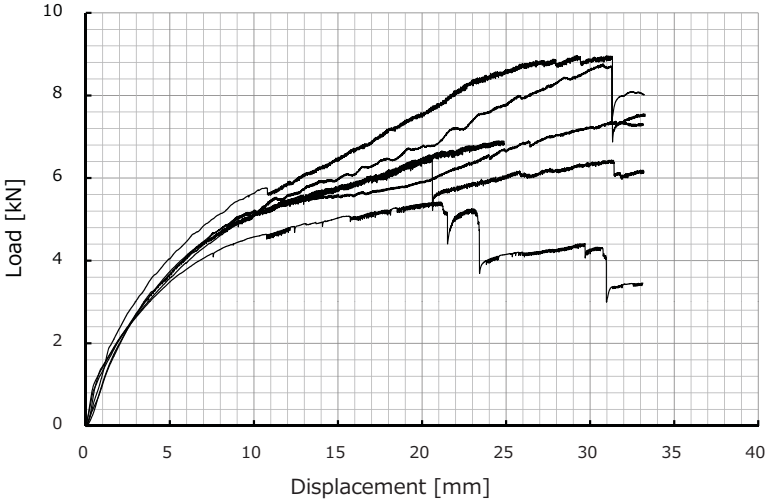


Fig.4 4-DP7-xx

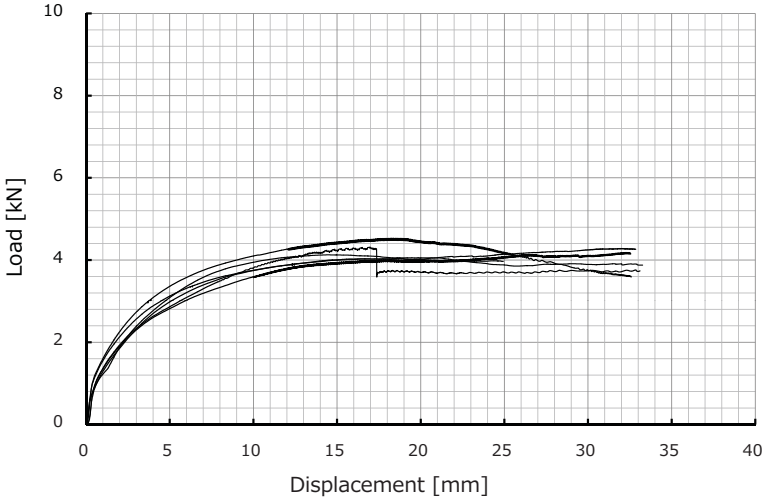


Fig.5 5-P6-00

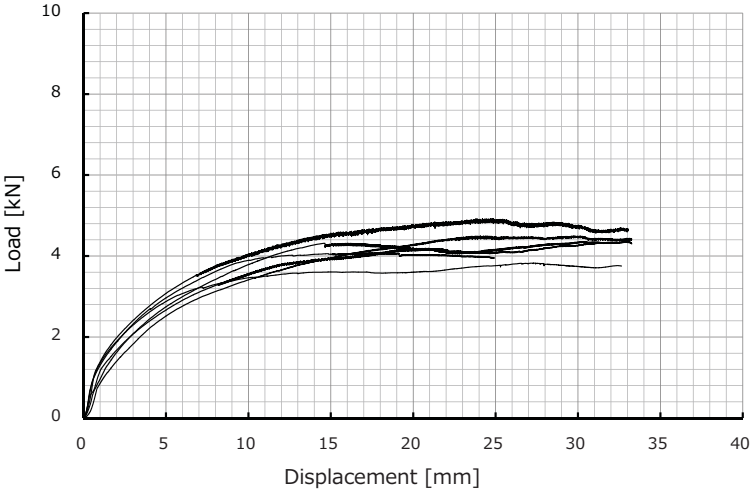


Fig.6 6-P6-0x

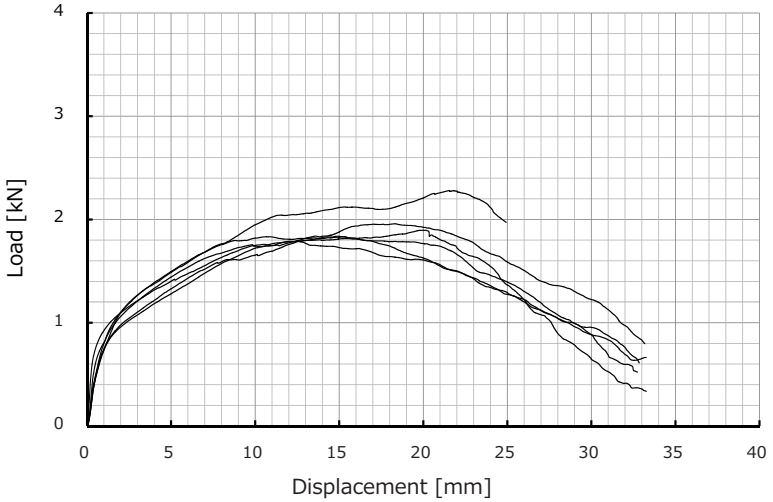


Fig.7 7-CW-00

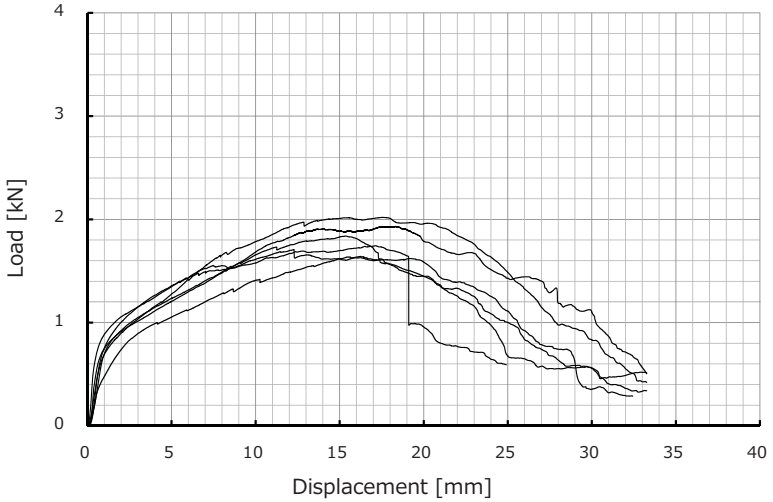


Fig.8 8-CW-0x

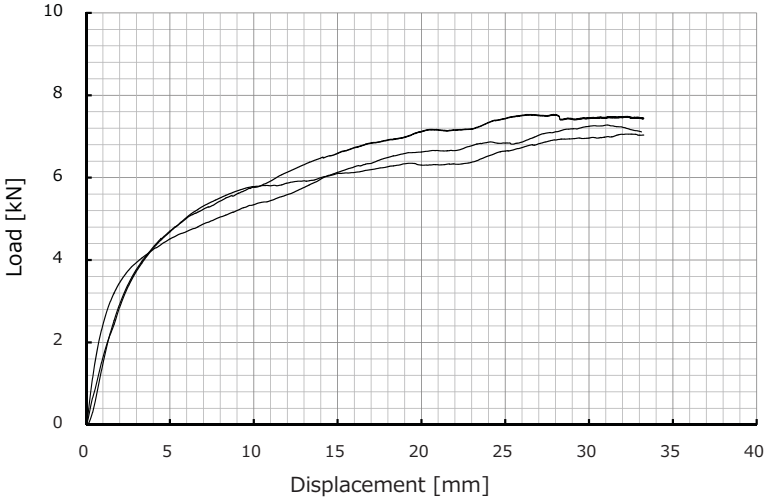


Fig.9 9A-TG28_P6-00

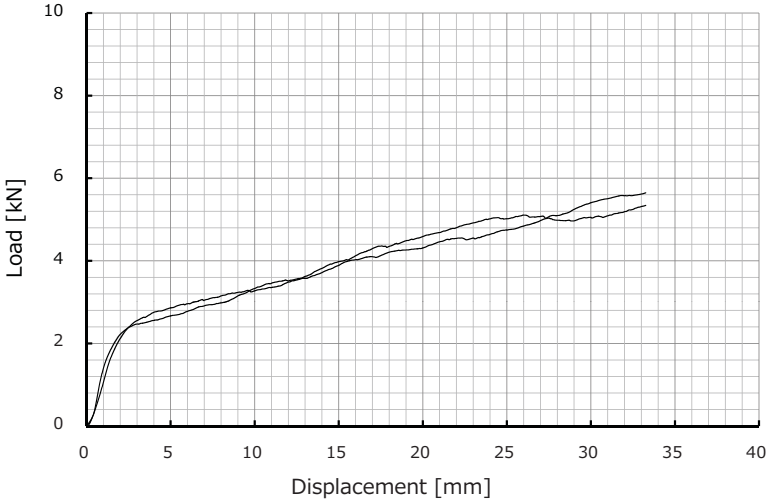


Fig.10 9B-TG15_P6-00

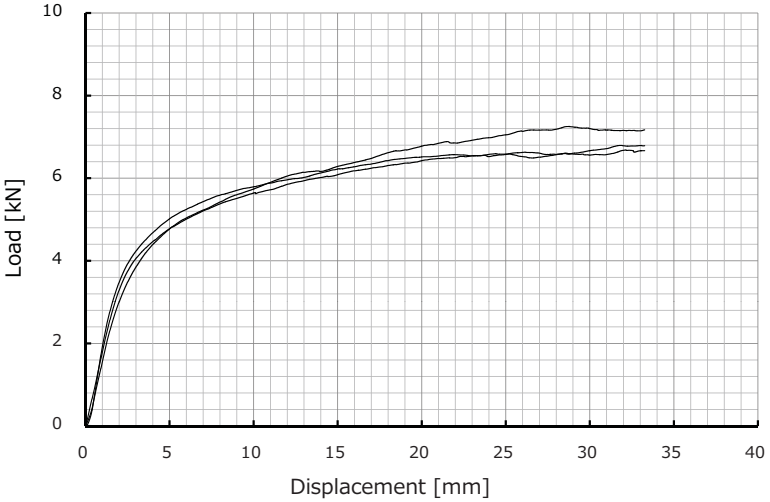


Fig.11 10A-TG28_P6-0x

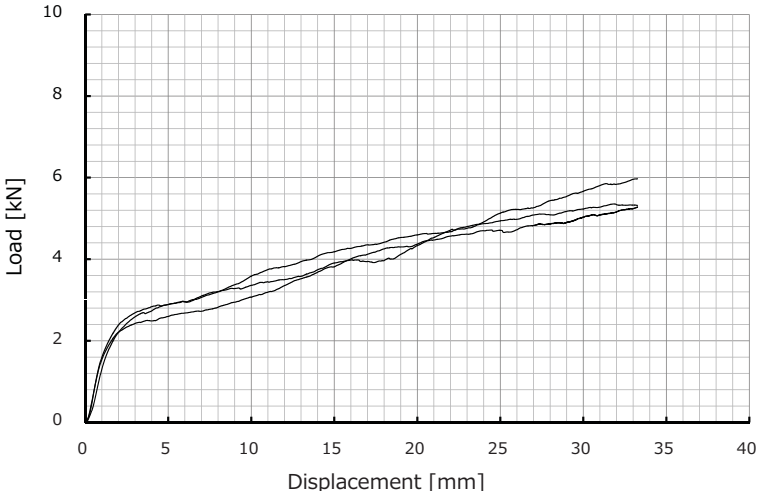


Fig.12 10B-TG15_P6-0x

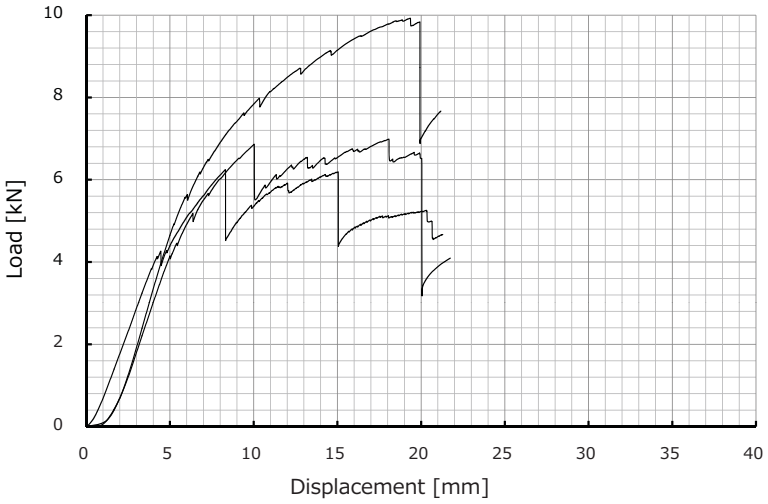


Fig.13 11A-OP-TG28-0

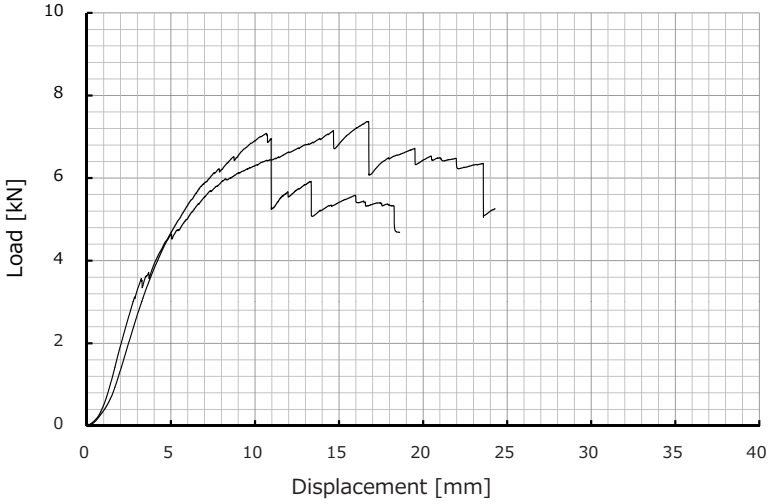


Fig.14 11B-OP-TG15-0

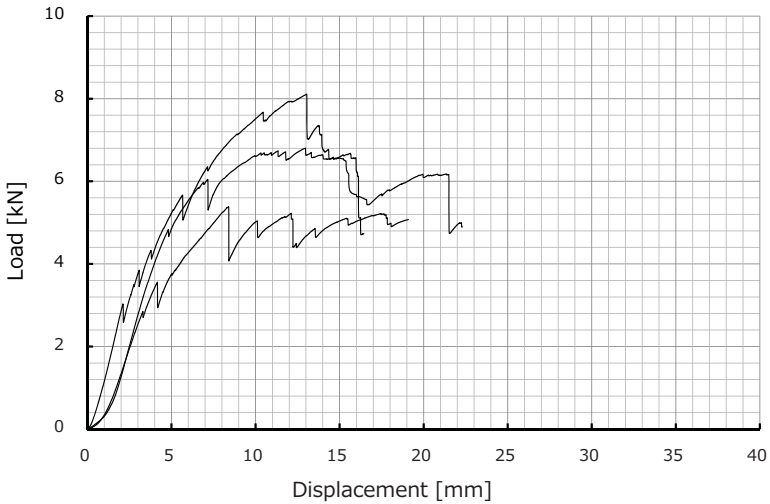


Fig.15 12A-OP-TG28-x

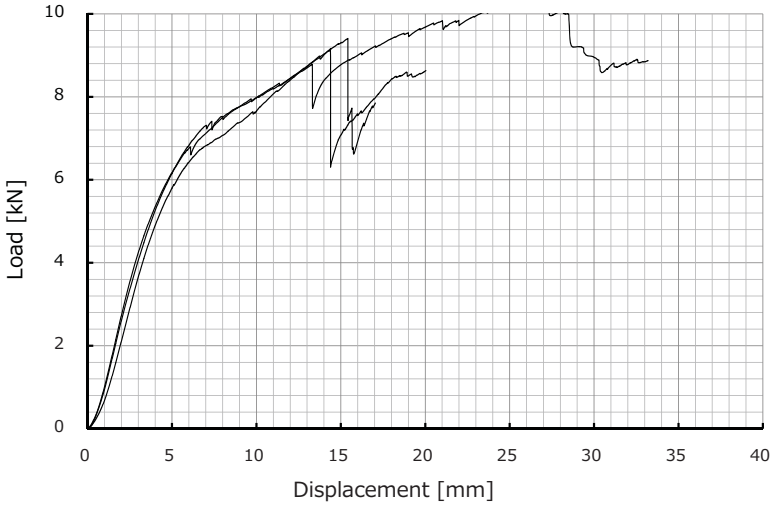


Fig.16 12B-OP-TG15-x

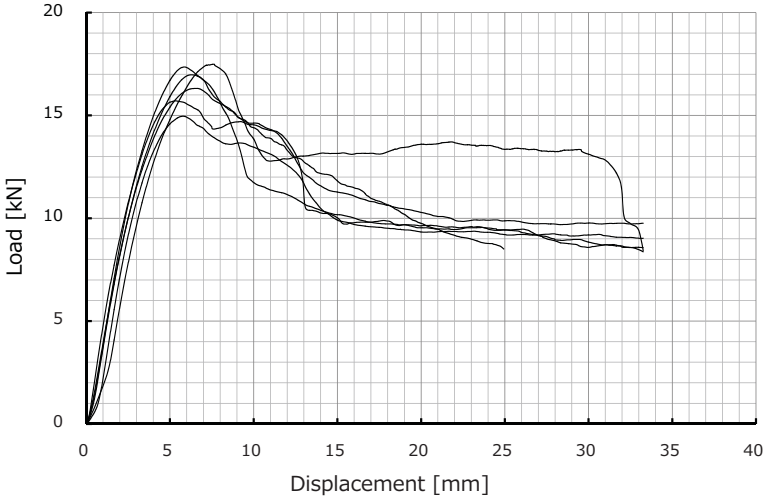


Fig.17 13-OP-PX-0

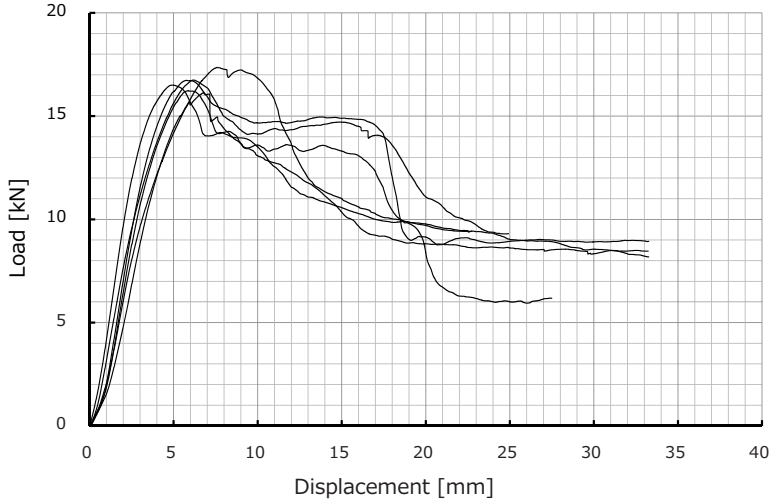


Fig.18 14-OP-PX-x

2.4.4　工事費等の内訳

4．工事費等内訳

事業名			併用住宅（くりばやし整骨院）新築工事におけるCLT床構面の有効性の実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			鍋野友哉アトリエ　鍋野友哉
共通仮設費			
建築工事	直接仮設工事		490,000
	土工事		
	コンクリート工事		1,128,540
	型枠工事		
	鉄筋工事		
	鉄骨工事		
	組積工事		
	防水工事		164,040
	タイル工事		761,000
	木工事		11,616,600
	屋根及び樋工事		870,225
	金属工事		1,480,000
	左官工事		1,464,920
	金属製建具工事		1,818,500
	木製建具工事		1,077,300
	ガラス工事		50,500
	塗装工事		597,010
	内外装工事		604,060
	雑工事		119,600
電気設備工事			1,040,000
機械設備工事			1,020,000
小計①			24,302,295
別途工事費		外構工事	500,000
		解体撤去工事	－
設計費		地盤調査	37,800
		設計	3,000,000
		大臣認定	－
		確認申請	51,000
その他	諸経費		3,200,000
	機器等		2,449,888
	道路占有許可		50,000
小計②			9,288,688
合計（①＋②）			33,590,983