平成 27 年度林野庁補助事業
新たな木材需要創出総合プロジェクト事業

CLT 建築等新たな製品・技術を活用した建築物の
実証事業　報告書

平成２８年３月

木構造振興株式会社
公益財団法人日本住宅・木材技術センター

平成 27 年度　CLT を活用した建築物等実証事業検討委員会

（敬称略、五十音順）

委員長：坂本　功　東京大学名誉教授
委　員：有馬　孝禮　東京大学名誉教授
大村 和香子　国立研究開発法人森林総合研究所
木材改質研究領域 領域長
河合　直人　工学院大学建築学部建築学科　教授
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
山辺　豊彦　（有）山辺構造設計事務所　代表取締役
行　政：　坂　賢　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（平成 27 年 11 月 30 日まで）
金子　弘　（公財）日本住宅・木材技術センター
専務理事兼研究技術部長（平成 27 年 12 月 1 日から）
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
平原　章雄　木構造振興株式会社　業務部長

キーワード

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

CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業　報告書

目　次

１　事業の概要　　ページ

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　・・・・・・・・・・　5
1.3.3　各実証事業の講評とまとめ　・・・・・・・・・・　11
1.4　成果報告の構成について　・・・・・・・・・・　12

２　成果報告

2.1　山佐木材（株）　・・・・・・・・・・　17
2.1.1　建築物の仕様一覧　・・・・・・・・・・　17
2.1.2　実証事業の概要　・・・・・・・・・・　18
2.1.3　成果物物等　・・・・・・・・・・　20
・建物概要、GIR要素試験　・・・・・・・・・・　20
・構造設計　・・・・・・・・・・　26
・確認試験　・・・・・・・・・・　34
2.1.4　工事費等の内訳　・・・・・・・・・・　39

2.2　大本静岡分苑（福山弘構造デザイン）　・・・・・・・・・・　40
2.2.1　建築物の仕様一覧　・・・・・・・・・・　40
2.2.2　実証事業の概要　・・・・・・・・・・　41
2.2.3　成果物物等　・・・・・・・・・・　43
・建築物図面等　・・・・・・・・・・　43
・施工状況等　・・・・・・・・・・　46
・CLT落とし込み板壁の性能実証　・・・・・・・・・・　50
2.2.4　工事費等の内訳　・・・・・・・・・・　59

2.3　三井ホームコンポーネント（株）　・・・・・・・・・・　60
2.3.1　建築物の仕様一覧　・・・・・・・・・・　60
2.3.2　実証事業の概要　・・・・・・・・・・　61
・まとめ　・・・・・・・・・・　71
2.3.3　成果物物等　・・・・・・・・・・　72
・建築物図面等　・・・・・・・・・・　72
・内外装用CLTの実用性（塗装）　・・・・・・・・・・　73
・外装CLTの断熱性能比較　・・・・・・・・・・　74
・床衝撃音性能　・・・・・・・・・・　78

2.3.4　工事費等の内訳　・・・・・・・・・・　83

2.4　（有）エヌツー（KUS一級建築士事務所）　・・・・・・・・・・　84
2.4.1　建築物の仕様一覧　・・・・・・・・・・　84
2.4.2　実証事業の概要　・・・・・・・・・・　85
2.4.3　成果物物等　・・・・・・・・・・
・建築物図面等　・・・・・・・・・・　87
・CLT床継手実験　・・・・・・・・・・　93
・施工レポート　・・・・・・・・・・　99
・仕上材の検討（屋根、デッキ、塗装）　・・・・・・・・・・　107
2.4.4　工事費等の内訳　・・・・・・・・・・　109

2.5　（株）ウッドワン　・・・・・・・・・・　110
2.5.1　建築物の仕様一覧　・・・・・・・・・・　110
2.5.2　実証事業の概要　・・・・・・・・・・　111
2.5.3　成果物等　・・・・・・・・・・　113
・概要　・・・・・・・・・・　114
・耐力壁試験　・・・・・・・・・・　116
・せん断キーせん断試験　・・・・・・・・・・　121
・CLT床水平構面試験　・・・・・・・・・・　123
・ビスせん断試験　・・・・・・・・・・　125
・立体解析　・・・・・・・・・・　129
・全体考察　・・・・・・・・・・　132
2.5.4　工事費等の内訳　・・・・・・・・・・　133

１．　事業の概要

１．１　事業の概要

我が国において新たにCLTを建築材料として利用するため、その建築基準の整備が進められているところであるが、それに加えて、建築基準法の大臣個別認定等により建築実績を重ねることにより、実証を重ね、性能の確かな建築物の実現と普及のための課題を抽出し、その解決のための方向性をまとめることが本事業の目的である。木構造振興株式会社（以下、木構振という。）と公益財団法人日本住宅・木材技術センター（以下、住木センターという。）は、このようなCLT建築等新たな製品・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を採択して実施した。事業経費については、木構振がその経費の1/2を上限に助成を行った。事業の進行に当たっては、有識者により構成された「CLTを活用した建築物等実証事業検討委員会（以下、検討委員会という。）」を設置し、事業の進行方法、応募された実証事業の審査、現地調査、事業取りまとめ等に関して意見を得た。

１．２　公募の概要

公募に当たっては、都道府県木材関係部局、住宅関係部局、木材試験研究機関、木材・木造住宅関係団体等を通じて募集案内を行うとともに、住木センターホームページ等を通じて募集を行った結果10件の応募があった。検討委員会において審査を行い、6件の実施者を採択することとし、最終的に5件の事業が実施された。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２８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、耐久性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 39,500,000 円を予定。採択事業数の目安は１～5 件程度。

（５）提案事業公募期間

平成 27 年 5 月 13 日（水）～平成 27 年 6 月 12 日（金）17 時（書類必着）

１．３　各実証事業の概要と事業の実施

１．３．１　各実証事業の概要

実施した 5 件の実証事業の概要は表 1.3.1 のとおり。部分利用を含めてすべての事業で CLT を使用したものであった。今年度建築したものが 3 件、設計等までを対象としたものが 2 件であった。CLT の使い方を建築工法的にみると、壁式 CLT 造を用いた計画は今年度は実施がなく、木造軸組工法に水平面もしくは垂直面の耐力要素として取り込むもの、非耐力要素として断熱や仕上げ・下地を兼ねて施工したもの、の二種類が主であった。壁式 CLT 造とすると、CLT の基準強度や設計法が法令上定められていない現在においては時刻歴応答解析することとなり、高度な構造計算が要求される。既存の建築工法で読める範囲で CLT を効果的に使用するという考えは、現在においては合理的と言えるかもしれない。今後、CLT の基準強度や設計法が告示化されることにより、より CLT が使いやすくなり、設計の自由度が増すと期待できる。

各実証事業での CLT 等の使い方と、実証により得られた成果を抜粋すると次のようになる。

山佐木材株式会社は、鉄筋挿入集成材による高剛性フレームのラーメン構造と CLT の耐震壁を組み合わせ、最大スパン 25m の大空間（工場用途）を確保した。本年度設計までを行い、時刻歴応答解析を実施した。平成 28 年 3 月に性能評価申請を行ったとのことである。

大本静岡分苑（担当：福山弘構造デザイン）は、落とし込み板壁の板壁ユニットの置換として CLT を採用した。落とし込み板壁に比べて剛性確保、寸法安定性向上、施工手間の軽減等の効果が得られた。

三井ホームコンポーネント株式会社は、既存の枠組壁工法に CLT を取り入れるため、構造要素ではなく下地・断熱・仕上を兼ねた材料として CLT を用いた。施工後に温熱環境や CLT 床の遮音性能について測定し、一定の効果があることが分かった。

有限会社エヌツー（担当：株式会社KUS一級建築士事務所）は、木造軸組工法においてCLTの意匠性を活かし、屋根構面（屋上デッキ使用のため床構面を兼ねる）にCLTを使用した。短尺CLTを繋ぐ金物はシンプルな構造で検討し、解体・再利用にも対応できる仕様を目指した。

株式会社ウッドワンは、木造軸組工法の中で床構面にCLT、壁柱にB種LVLを用いてショールームに使用できる大空間設計を検討した。B種LVLは、平成25年にJASに規定された直交層を含むLVLであり、CLTと同様に構成材料が直交積層されているため、異方性が少なく面剛性も高い。本年度、接合部の性能確認、構造解析実証を経て、次年度実施設計と着工に移る。

事業の実施に当たっては、別途規定した「CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業 助成金交付規程」「 CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業 実施手続き」に沿って行った。各事業は助成金交付申請書の承認日から実施し、平成28年2月末日までに終了した。

また、実施事業の成果は平成28年3月9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28年3月9日（水）13:15～16:30
会　場：豊洲シビックセンターホール（江東区豊洲2-2-18　5F）
第一部：成果報告会
第二部：パネルディスカッション「CLTの可能性　－普及への課題と展望－」
参加者：269人

表1.3.1　平成27年度　CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業　実施者一覧

番号 （受付順）	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	実施概要	建設地	建築物概要 （予定を含む）	協力体制	本実証により得られた成果（概要）	担当者氏名
1	山佐木材株式会社 代表取締役 佐々木　幸久	山佐木材株式会社 CLT工場増築工事の設計実証	設計、部材性能	CLT、鉄筋挿入集成材	構造体	自社のCLT製造施設をCLTを使用して建設するために、CLT耐震壁としての構造特性値を実験により求め、この値を用いて設計した建築物において時刻歴応答解析を行った。梁間方向は1方向ラーメン構造、桁方向をCLTの耐震壁構造とした。CLTのせん断耐力の高さを他工法と併用することで、大空間物件にもCLTの利用が可能であることを示し、これらを他の設計者の参考となるよう設計のプロセスとしてまとめた。	鹿児島県 鹿屋市	用途：工場 構造：木造ラーメン工法+CLT耐震壁 ※梁間方向は鉄筋挿入集成材 階数：平屋建て 延べ面積：988.25㎡ 工事種別：新築 竣工予定：H29.1（未着工）	（意匠設計）（有）建築支援ファイル （構造設計）鹿児島大学　塩屋晋一、黒木構造デザイン事務所 （要素試験）鹿児島県工業技術センター （面内せん断試験）（一財）建材試験センター西日本試験所	・CLTの利用方法として中高層ビル系の建物が多く紹介されているが、耐震壁としての利用によって大スパン建築物（工場・体育館等）への利用実例となった。 ・接合部については引きボルトやビス以外の接合方法を検討し、GIR（異形鉄筋-エポキシ樹脂）のデータを取得した。	山佐木材（株）下住工場 技術本部　塩崎　征男 TEL：0994-31-4141
2	宗教法人大本静岡分苑 静岡分苑長 宮嶋　政幸	落とし込みCLT板壁の性能実証および大本静岡分苑新築工事での建築実証	建築、設計、部材性能	CLT	部位・部品（壁のせん断要素（仕上げ・断熱を兼ねる））	内外顕しの落とし込み板壁ユニットをCLTに置き換える場合に必要となるディテールの整理を行い、それに基づいた実大壁試験によって構造特性値を求めた。これらを実際の建築に利用して設計の安全性を確かめるとともに実際の施工時の問題点なども併せて整理した。結果とプロセスは他の設計者の参考となるようにまとめた。	静岡県富士市	用途：集会施設 構造：木造軸組+CLT落とし込み壁 階数：平屋建て 延べ面積：329.80㎡ 工事種別：新築 竣工予定：H28.3	（意匠設計）LLPテイクス （構造設計等）福山弘構造デザイン （施工）菊池建設株式会社 （試験）（株）ストローグ	・板壁ユニットのCLT置き換えに必要となるディテールとして、構造性能のほか雨仕舞いやクリアランス、エアタイトの取り方を整理し、それに基づいた実大壁試験によって構造特性値を求めた。 ・施工時の問題点（反りなど）についても検討した。	福山弘構造デザイン 代表　福山　弘 TEL：090-4703-9743
3	三井ホームコンポーネント株式会社 代表取締役社長 渡部　一廣	埼玉工場事務所棟の建築実証	建築、部材性能	CLT	部位・部品（断熱材兼仕上げ材・下地材）	自社の工場内事務所棟を枠組壁工法にCLTを取り入れ、4号建築物として設計する手法を検討した。これらは他の設計者の参考となるよう設計のプロセスとしてまとめた。 床に関しては断熱材兼仕上げ材・下地材、また床衝撃音対策として、外壁と天井に関しては断熱材兼仕上げ材・下地材として活用した。	埼玉県加須市	用途：事務所 構造：枠組壁工法+CLT下地兼仕上（床、天井、外壁） 階数：2階建て 延べ面積：251.88㎡ 工事種別：新築 竣工：H28.3	（意匠設計）（株）三井ホームデザイン研究所 （施工）三井ホームコンポーネント（株） （温熱環境測定）関東学院大学　山口温研究室 （床衝撃音測定）（一財）建材試験センター	・CLTを外断熱材として利用した場合、従来の壁内断熱と同等の熱的性能を持つことが実証された。 ・CLTを無垢の仕上材として使用するための恒久的仕上技術を検討した。10年間のメンテナンスフリーを目標に、高耐久塗料や液体ガラス塗料を導入した。 ・CLT床パネルを非構造で用いる場合、重たい床仕上げとして扱い、吊り天井を併用することで遮音性能が改善できることが分かった。	三井ホームコンポーネント株式会社　開発営業本部 施設開発部　山本　剛 TEL：03-3242-3134
4	有限会社エヌツー 代表取締役 中田　義成	（仮称）café CLT新築工事の建築実証	建築、部材性能	CLT	構造体	柱梁を集成材等の軸組で、屋根（床）をCLTで作る建物を許容応力度計算を用いて設計、床版の継ぎ手を開発・施工した。また臨海部でのCLT等の屋外使用時の耐久性仕様についても検討した。耐久性についてはメンテナンスを通して継続的に検証していく。	兵庫県神戸市	用途：飲食店 構造：木造軸組工法+CLT屋根（床） 階数：平屋建て 延べ面積：41.60㎡ 工事種別：新築 竣工予定：H28.3	（意匠設計）（株）KUS一級建築士事務所 （構造設計）kplus+東京大学生産技術研究所腰原研究室 （施工）（株）中田工務店	・スパンに満たないCLTパネルの接合に、ホームコネクター（金物）を検討し、施工仕様を作成した。 ・臨海地区での耐久性仕様として、屋根材、デッキ材、木部塗装を検討し、選定工程を示した。メンテナンスを通して経過を観察する。	株式会社KUS一級建築士事務所 内海　彩 TEL：03-5244-5444
5	株式会社　ウッドワン 代表取締役社長 中本　祐昌	ウッドワンショールームのマッシヴホルツの設計実証（解析実証）	設計、部材性能	CLT、B種LVL	構造体	自社物件を軸組工法とマッシヴホルツを融合した構造体として設計するために必要な試験（接合部、高倍率耐力壁、CLT床）を行い、ブレース置換し建物の立体解析を行った。これらは他の設計者が活用できるようにまとめた。	石川県 野々市市	用途：事務所 構造：木造軸組工法+B種LVL壁柱+LVL梁+CLT床 階数：2階建て 延べ面積：459.32㎡ 工事種別：新築 竣工予定：H29.3（未着工）	（構造設計）桜設計集団一級建築士事務所、（株）ウッドワン一級建築士事務所 （試験等）（一財）建材試験センター、工学院大学、（株）ストローグ	・たわみ性能が低いCLTを床梁で補うことで、水平構面剛性を確保し、平面的に大空間の建築物を計画することができた。 ・床にCLT、耐力壁にB種LVL、梁にA種LVLを使用する計画で、接合部には主にラグスクリューボルトを用いた。各接合部は要素試験を行い、性能値を得た。 ・耐力壁はABRを先行降伏させる設計とし、壁試験を行って性能値を得た。	株式会社ウッドワン 住宅システム営業部 岡本　肇、疋田　慎二 TEL：0829-32-3335

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 の No.1～5 に示す。

表1.3.2　平成27年度CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業　現地調査委員所見

番号 （受付順）	1
実施者	山佐木材（株）
事業名	山佐木材株式会社　CLT工場増築工事の設計実証
実証の種類	設計、部材性能
建設地	鹿児島県鹿屋市
現地調査	
時期	H27.2.22（月）午前
内容	耐力壁面内せん断試験
場所	建材試験センター西日本試験所（山口県山陽小野田市）
調査担当委員	坂本、有馬
委員所見	
実施状況に対する所見・指導事項	・この実証事業の対象となっている建物は、鉄筋挿入集成材を軸組に用いた構造によるものであり、梁間方向はその集成材による山形ラーメンであるが、桁行方向にCLTを耐力壁として組み込むものであり、新しい構造方法として興味深い。 ・実験は、鉄筋挿入集成材の軸組の中にCLTを組み込んだものに対する水平加力実験である。CLTの壁脚部両端に生じる引抜力は、RC造の基礎とCLTとを直接異形鉄筋のアンカーボルトで結んでおり、設計上は想定通り、このアンカーボルトが降伏したとみられる。 ・立ち会い実験では、変形が1/300までであったが、それより大きな変形性状も確認しておいてほしい。 ・今回の実験により、構造性能については一応のメドがついたが、鉄筋挿入集成材の軸組や、CLTの壁の施工に関しては、今後の課題であると思われる。 ・鉄筋のつまみ部分に相当するラミナの方向性と付着面積（長さ）設計仕様上明確にする必要がある。 ・靭性、最大耐力、破壊形態が明らかでないので実験の補足または設計上どのように取り扱うのか検討されたい。とくに鉄筋の靭性、破断と壁耐力の評価をどのように扱うか検討されたい。
本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見	・このCLT耐力壁を組み込んだ鉄筋挿入集成材による構造は、やや特殊なため、これを普及するためには、設計マニュアル的なものがぜひ必要であると思われる。 ・当壁耐力要素に極めて高い耐力を期待する設計が考えられるが、当要素に確実に力が伝達する接合あるいはおさまりを十分検討されたい。 ・鉄筋が外部から見えないだけに竣工後の維持管理や補修時に相応の留意が必要とは思われる。特に解体時の留意点をどのように残しておくか、事故につながらない配慮を検討されたい。
その他	

表1.3.2　平成27年度CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業　現地調査委員所見

番号 （受付順）	2
実施者	宗教法人大本静岡分苑 （担当：福山構造デザイン）
事業名	落とし込みCLT板壁の性能実証および大本静岡分苑新築工事での建築実証
実証の種類	建築、設計、部材性能
建設地	静岡県富士市
現地調査	
時期	H28.1.14（木）午前
内容	構造見学
場所	建設地（静岡県富士市）
調査担当委員	坂本、有馬、成瀬
委員所見	
実施状況に対する所見・指導事項	・軸組工法の耐力壁を落とし込み板壁とすることは、すでに確立された工法であるが、その板壁をCLTで置き換える試みであり、普及の可能性が高い。 ・近年の技術の向上により、軸組材のプレカットの精度や、CLTの製作精度が高まっており、現場での立て込みも無理なく行われたとのことであった。 ・CLTの幅を1Pと2Pの2種類に限るとか、耐力壁も非耐力壁も同一の形状寸法・性能のものを使うなど、設計・施工上の配慮がなされている。 ・現場ではすべて無開口のCLTを立て込み、開口はその後で切り抜くとのことであり、施工上は問題がないとのことであるが、一般化を考えると、そこで出る廃材の処理をどうするかが問題である。 ・CLTと軸組材との接合を、上下の横架材とだけにして（つまり、柱とは接合しないで）、完成時のみかけをきれいにすると同時に、現場での手間を省いているが、そのことに対する構造（耐震）上の検討も十二分に行われている。 ・厚板の落とし込みをCLTに置き換えたものであるが耐力要素として考えると接合使用によっては各段に耐力効果は期待できるが、どのように考えたかを示してほしい。 ・柱、横臥材の収縮特性などとの関連を考慮すると繊維方向に関しては収縮率がほぼ一致するだけに問題は少ないと思われる。 ・CLTの開口部くり抜き加工については方法、手順など整理されたい。 ・内部仕上げとの施工上の配慮すべき点は整理されたい。 ・外部の水仕舞および耐久性上の配慮は入念にされたい。特にCLTはラミナの木口面が出るので開口部周辺を含めて水分の停滞が生じないように配慮されたい。 ・もともと落とし込み板壁工法による内外顕しの耐力壁をCLTに置き換えることで、剛性を低下させる要因となる不要なめり込みと板間のせん断ずれを著しく低減することができる。落とし込み板壁のコストは一般に高いものとなるがCLTに置き換えることで、コストが圧縮できるという提案で新規性・先進性が認められる。 ・一般的な工法として汎用性が認められ有るため有効である。
本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見	・この建物のような日本の伝統的な建築様式のものにCLTが使われることは、 なかなか興味深いことである。 ・剪断試験を実施するなど、具体に数値として示されており、今後の参考となる。また、コスト、壁の断熱の効果等実証により得られた結果は、CLT等の一般的な普及に向けた資料となり得る。 ・CLTパネルは柱に掘った9mmの溝に6mmの重ねと3mmのクリアランスとしているが（当初計画は15mmの溝に12mmの重ねと3mmのクリアランス）、柱際板なしで、どの程度気密性が確保できるか、今後データの蓄積が望まれる。
その他	

表1.3.2　平成27年度CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業　現地調査委員所見

番号 （受付順）	3
実施者	三井ホームコンポーネント（株）
事業名	埼玉工場事務所棟の建築実証
実証の種類	建築
建設地	埼玉県加須市
現地調査	
時期	H27.12.25（金）午前
内容	構造見学
場所	建設地（埼玉県加須市）
調査担当委員	坂本、有馬、河合誠
委員所見	
実施状況に対する所見・指導事項	・本事業は、「構造耐力上主要な部分」以外、つまり、床と外壁材などの仕上げ材として使うことに徹した試みであり、そのように割り切ってCLTを使うことは、ひとつの方向であると思われる。 ・外壁材等などとして使う場合には、CLTの断熱や遮音の性能が要求されるが、性能試験結果をもとに、標準的なおさまり（ディーテイル）が示されることが期待される ・この建物は、自社工場内で建設されており、敷地周辺の条件がよいが、街中や一般的な住宅地で起こる諸問題（たとえば、CLTの搬入や仮置き場など）にどう対処するかを検討しておく必要がある。 ・床に関しては２１０床躯体の上にCLTを載せたもので、遮音、歩行感、温湿度環境、使用時における居住環境の評価などをまとめられたい。可能ならば既存の枠組壁工法の評価との違いがあるとよい。特に隣接した既存の事務所棟があるだけに比較した評価を期待したい。 ・非耐力壁に関しては温湿度、居住環境の評価とともに使い勝手など、施工上の課題を示してほしい。 ・耐震補強的な二重壁の意義がどのように活用されるか試みとして考慮してほしい ・２×４の１階壁及び2階床工事に続き　遮音用のCLT床がセットされた状況を確認した。CLTは弾性発泡ゴムを介して床上に置かれ壁との間には隙間を設け床振動が壁に直接伝わらないように施工されていた。重量床衝撃音の試験は竣工直前になるが残響時間の計測も行って欲しい。床の性能に関しては別の委員会でもデータの収集が行われており　今後比較検討することにより仕様性能の整理ができることを期待している。 ・外壁の仕上げにシッケンズの木材外部用の塗料が使われるが、経年変換が分かるような長期にわたる観察をお願いしたい。
本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見	・ツーバイフォーは、もともとプラットフォーム工法であり、一枚板であるCLTを用いることは、工法的になじみがよく、普及する可能性が高い。 ・２×４工法は告示１５４０号　１５４１号で技術基準が細部にわたって決められており、CLTを部分的に使用する場合は、CLTの基準強度と合わせ２×４告示にCLTが明記されないと実質的に利用できない。今回は非構造部材としての使用で、告示改正の前にCLTについて実地にスタディーできたよい機会であった。 ・２×４の場合１社のみの限定された技術はなじみにくく、今回のCLT利用方法および構造的に利用できる状況になれば２×４工法の業界全体に波及しCLT普及が促進されることが期待できる。竣工時の見学会を積極的に実施してもらい。
その他	

表1.3.2　平成27年度CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業　現地調査委員所見

番号 （受付順）	4
実施者	（有）エヌツー （担当：KUS）
事業名	（仮称）café CLT新築工事の建築実証
実証の種類	建築、部材性能
建設地	兵庫県神戸市
現地調査	
時期	H28.2.1（月）午後
内容	構造見学
場所	建設地（兵庫県神戸市垂水区）
調査担当委員	有馬、大村
委員所見	
実施状況に対する所見・指導事項	・階段桁にLVL、階段板にCLTを用い、LVL、CLTの力学特性を有効に生かし加工、施工上無理のない構成となっている。 ・海岸地域、気象条件を考えるとかなり厳しい環境と想定されるが、木材にとって留意すべきは漏水、結露などによる水の侵入、停滞であるので、外装材の選択、水仕舞に留意、とくに使用時の扱いと維持管理に留意されたい。 ・使用する人々が多岐にわたり、多彩であろうと思われるので水にかかわる扱いには相応の留意が必要とは思われる。しかしながら、部材が大きいので状況観察を入念にしたうえで補修対策を考慮することが好ましいと思われる。 ・国道に面し駅から近いことから、住民等に対して広告効果の高い現場である。 ・建物は瀬戸内海に面しており、日当りも良好で、非常に厳しい劣化環境下で建設されている。 ・地域に長く愛される建物であるためにも、CLTの木口部分が風雨に晒される部分には、早急に木材保存剤の使用を勧めるとともに、定期的なメンテナンスの実施を行っていただきたい。
本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見	・CLTの普及は、先駆的に使用されている建物等が、建設当時の状態を保ったまま使われ続けることで、材料としての信頼性を徐々に得て達成されて行くものと思う。 このためには、特に‘あらわし’で使用する箇所については、美観を損ねないよう木材保護塗料を使用して、定期的な塗り替えを実施していくとともに、特に木口面には塗料を塗布する前に、油性の木材保存剤による処理を実施するなど、耐朽性への配慮が必要である。
その他	・今回の現場では、瀬戸内海に面しており、使用された接合部の金物類の腐食が気がかりである。施工後には見えにくい箇所ではあるが、何らかのインスペクションを実施していただきたい。

表1.3.2　平成27年度CLT建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業　現地調査委員所見

番号 （受付順）	5
実施者	（株）ウッドワン
事業名	ウッドワンショールームのマッシヴホルツの設計実証（解析実証）
実証の種類	設計、部材性能
建設地	石川県野々市市
現地調査	
時期	H28.2.12（金）午後
内容	壁試験
場所	工学院大学（東京都八王子市）
調査担当委員	坂本
委員所見	
実施状況に対する所見・指導事項	・この実証事業は、実際に建てる建物の設計にあたって、その耐力壁（JVB）の性能を実験的に確認しようとするものであり、実験そのものは順調に行われたが、その破壊モード（破壊形式、壊れ方）が設計で意図しているものと違ってしまったため、その結果を設計に反映させる必要がある。 ・この実証事業の直接の対象は、LVBの耐力壁であるが、それが使われる建物は、床がCLTであり、また、梁にはLVLが使われており、それぞれの木質構造材料の特長を生かして使い分けした構造として、意味のあるものである。 ・このLVBの耐力壁は、個々の壁の両側には柱を持たないため、水平力を受けたとき壁の脚部両端に生じる引抜力を、その部分のアンカーで負担しなければならない。そのため鋼製の土台を介して、RC造の基礎へはアンカーボルト、LVBにはラグスクリューボルトで接合されている。そして、設計上はアンカーボルト側で降伏させるはずだったが、実験ではラグスクリューボルト側が引き抜ける破壊モードとなってしまった。やはり、新しい試みには、実験的な検証が必要であることを示したといえる。 ・しかし、実験結果が設計の意図と違ったとはいえ、今後の改良の方向性を示したものであり、その理由を十分検討して、この種の接合方法の実用化を目指していただきたい。
本事業で採用したCLT等の普及に向けた総合的な所見	・この耐力壁は、LVBであるが、CLTはもちろん、いわゆるマッシヴホルツを耐力壁として利用しようとする設計者は多いと思われる。そのためには、CLTやLVBの材料特性を十分に考慮した設計法の確立が望まれる。
その他	

１．３．３　各実証事業の講評とまとめ

本年度実施した5件について、平成28年3月24日に行った第2回検討委員会で講評を行った。委員から出された意見等を以下に記す。

（１）山佐木材（株）「山佐木材株式会社　CLT工場増築工事の設計実証」

・鉄筋挿入集成材の柱とCLTの壁を組み合わせた、高剛性で、かなり特殊な構造である。

・壁試験は、１回目の試験では使用するアクチュエーターの限界のため破壊まで行うことができなかったが、破壊時の性状を確認した方がよいので、ぜひ追加試験をしてほしい。

　→追加試験は3月に実施しているため、報告書に追記する。

・試験体としては高剛性の面材として耐力が出るのは分かるが、実際は床を施工するため、床との接合により耐力がどのように変わるか興味深い。

（２）宗教法人大本静岡分苑「落とし込みCLT板壁の性能実証および大本静岡分苑新築工事での建築実証」（担当：福山弘構造デザイン）

・軸組工法の中にCLTの壁を収める考え方は、注意が必要である。この建物の場合はCLTが比較的薄いので問題ないが、CLTが厚くなった場合に柱頭・柱脚が先に壊れる破壊性状となり、これは軸組工法の壊れ方としては好ましくない。これを防ごうとすると壁を弱くせざるを得ず、CLTの高い面内せん断性能を活かしきれない。

・通常の落とし込み板壁と比べると、CLTには木材の収縮が抑えられる分、性能が高いと言えるのでは。

（３）三井ホームコンポーネント（株）「埼玉工場事務所棟の建築実証」

・現状の枠組工法に取り入れるため、非構造部に特化した使い方はある意味合理的である。

・重量床衝撃音試験はやや残念な結果だったが、軽量床衝撃音では、従来の枠組壁工法床よりも性能が出たのはよかった。

・CLTを床に用いた場合、コンクリート床とも在来工法床とも歩行感が違うはず。新しい評価方法が欲しい。

（４）（有）エヌツー「(仮称) café CLT新築工事の建築実証」（担当：KUS一級建築士事務所）

・CLTの使い方として普及性が高いわけではないが、CLTの楽しげな使い方として評価できる。

（５）（株）ウッドワン「ウッドワンショールームのマッシヴホルツの設計実証（解析実証）」

・LVB（B種LVL）の壁試験において、ABR（鋼材伸び率が担保されているアンカーボルト)を降伏させる構造計画だったが､予想と異なる結果が得られた。鋼材のバラツキが大きいため設計が難しい。試験で確認できたことはよかった。

・CLTのラグスクリューボルト接合について、直交層接合がよいのか平行層接合がよいのかは未確認。

（６）全体について

・今年度の事業は、バラエティーが豊富だった。構造、意匠、耐久性等、様々な視点からの取り組みがあってよかった。
・CLT の基準強度や設計法の告示が施行されることで、従来の軸組工法のような壁倍率的な考え方とは違う､本来の CLT 造が発展していけるのではないか。
・2 年間この事業をやってきて、実証事業として行った建築物も蓄積されてきた。使う方もどのように使えばよいのか分かってきたのではないか。
・CLT の特徴は木の塊であること。構造的な面はだいぶ整理されてきたが、居住空間での影響等、検討されてもよいのではないか。

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 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		
	ラミナ等供給者		

表1.4.3　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	
	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 山佐木材（株）

1. 建築物の仕様一覧

事業名			山佐木材株式会社　CLT工場増築工事の設計実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			山佐木材株式会社　代表取締役　佐々木幸久
建築物の概要	用途		工場
	建設地		鹿児島県鹿屋市串良町上小原栄田150-4外
	構造・工法		木造　1方向木造ラーメン （他方向は　耐力壁）
	階数		1階
	高さ（m）		8.7
	軒高（m）		5.2
	敷地面積（m^2）		4992.29
	建築面積（m^2）		988.25
	延べ面積（m^2）		988.25
	階別面積（m^2）	1階	988.25
CLTの仕様	CLT採用部位		桁方向　耐震壁
	CLT使用量（m^3）		12.05 （建築物使用量）
	壁パネル	寸法	150×1,950×3,300　及び　150×1,955×3,790 の2種類
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60B　幅はぎ未評価
		樹種	杉
CLT以外の新たな製品・技術の仕様	採用部位		フレーム
	使用量（m^3）		約 50
	鉄筋挿入集成材	寸法	柱・梁共　断面　210×600
		構成	鉄筋挿入　杉集成材
		樹種	杉
		強度区分	強度指定無　の為　時刻歴応答解析にてセンター評定を予定
仕上	主な外部仕上	屋根	折板葺き（ガルバリウム鋼板）
		外壁	透湿防水シート下地　防火サイディング貼
		開口部	アルミサッシ
	主な内部仕上	界壁	無
		間仕切壁	無
		床	土間コンクリート（金コテ押さえ）
		天井	断熱材（折板ウラ貼）
構造	構造計算ルート		時刻歴応答解析 （評定）
	接合方法		GIR (Glued In Rod) 異形鉄筋－エポキシ樹脂
	最大スパン		25 m
	問題点・課題とその解決策		鉄筋挿入集成材の基準強度　早期取得　⇒実証物件、評定等での認可
防耐火	防耐火上の地域区分		無指定
	耐火建築物等の要件		適用外
	問題点・課題とその解決策		特に無し
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		自社敷地内　工場でもあり　特に無し
	建て方にける課題と解決策		施行順序の確認、エポキシ注入の施工性向上
	劣化対策		保護塗料程度
工程	設計期間		H27年9月～H28年2月
	施工期間		H28年　8月頃着工予定 （評定期間次第） H29年1月頃竣工予定
		CLT等躯体施工期間	
	竣工（予定）年月		
体制	発注者		山佐木材株式会社　代表取締役　佐々木幸久
	設計者		山佐木材(株)1級建築士事務所
	構造設計者		黒木構造デザイン事務所+塩屋晋一
	施工者		未定
	CLT等新たな製品・技術供給者		自社製造
	ラミナ等供給者		自社製材

2. 実証事業の概要

2-1. 事業名と実施者

【事業名】　山佐木材株式会社　CLT 工場増築工事の設計実証

【実施者】　住　　所：鹿児島県肝属郡肝付町前田 972 番地

会 社 名 ：山佐木材株式会社

代表者名：代表取締役　佐々木幸久

電話番号：0994-31-4141

FAX 番号 ：0994-31-4142

2-2. 建築物の概要

①建設地：鹿児島県鹿屋市串良町上小原栄田 150-4 外

②延べ面積：988.25 m2

③構造種別：木造ラーメン工法　平屋建

④用途　　：工場

⑤CLT 使用部位：桁方向耐震壁　5 層 5 プライ　Mx60B　t150×W3,300×L1895

t150×W1,955×L3,790

2-3. 事業概要と目的

山佐木材株式会社では、大きく分類して 2 つの開発検討を進めている。

① CLT の利用拡大　その一環として、超高層木造研究会における鋼構造床の木質化及び耐震・制振壁への利用

② 鉄筋挿入集成材(以下 SAMURAI で表記)の商品化。建築物での利用が可能とする為の検討・試験と実証物件の建設である。

来年度、自社 CLT 製造規模拡大に向けて、CLT 専用工場の増設を検討していたため上記①、②を最大限有効に利用することを考えた。

また、CLT の利用方法として中高層のビル系の建物が多く紹介されているが、耐震壁としての利用によって大スパン建築物（工場・体育館等）への利用実例とし、引きボルトやビス以外の接合方法(GIR)の採用も事例検討のひとつとした。

2-4. 実施体制

【申請者】山佐木材(株)：申請事務取りまとめ、進行管理　担当：塩﨑征男

【協力者】意匠設計：(有)建築支援ファイル

構造設計：鹿児島大学工学部　塩屋晋一

黒木構造デザイン事務所　黒木康博

接合要素試験：鹿児島県工業技術センター

面内せん断試験：（一財）建材試験センター西日本試験所

2-5. 事業の進め方

本事業で建築予定の山佐木材(株)ＣＬＴ工場は、構造体として SAMURAI 及び CLT を使用するため、時刻歴応答解析を行い建築物の性能評価および大臣認定が必要である。本事業では、次のステップにて進めることとした。

① CLT の材料強度（日本 CLT 協会実験棟採用値）及び鹿児島大学塩屋研究室での既往の試験結果に基づき構造計画を行う。

② 接合に関する構造特性値を求める要素試験は、鹿児島県工業技術センターにおいて実施。これらの数値に基づいて構造設計を進めた。

③ CLT 耐力壁耐力と設計値の確認を設計図書同仕様（スケール 60%)において面内せん断試験を（一財）建材試験センター西日本試験所において行った。

④ 4 月に日本建築センター　木構造委員会に評定申請。終了次第、着工　H28 年中の竣工を目指す。ただし、CLT 基準強度告示のパブリックコメントが 2 月 8 日～3 月 8 日に募集されており 4 月頃強度告示が出るとのこと。告示施行後、再度　計算値を告示数値にて再計算を行い委員会にて審査をうける予定とする。

3. 成果物

3-1. 建物概要

立面図、平面図及び CLT 耐震壁詳細図を 3-2 項の後頁に記載する。

3-2. GIR(Glued in Rod)要素試験

既往の実験等により一般的な GIR 接合においての破壊形状は、脆性的な破壊となることは知られている。今回の設計においては、塑性域に入らない弾性応答解析までとしている為、接合強度が高いと考えられる当接合を採用することとした。

GIR の代表的な接合具である異形鉄筋は、構造躯体に採用する SAMURAI も異形鉄筋を採用していることより CLT 耐震壁にも異形鉄筋を採用することとした。

試験概要と結果を以下に示す。

① 試験体

・CLT

JAS Mx60B 5 層 5 プライ 150mm 厚

幅はぎ有（JAS では未評価）

・異形鉄筋　D22 SD345

・接着剤　　エポキシ樹脂

アイカ製　ジョリシール

異形鉄筋は、各定着長を 500mm とし繊維 90°方向に定着させて J 試験体と繊維 0°方向に定着させた K 試験体各 6 体とした。

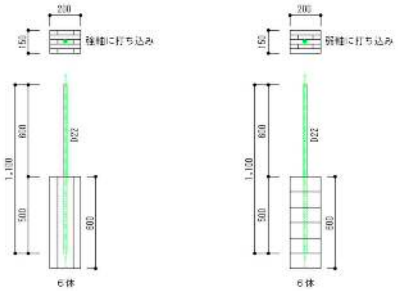


図 3-2-1 試験体図

② 試験方法

試験は、定着させた異形鉄筋をアムスラー試験機にて引き抜くことで変位と耐力を測定した。既往の試験等において当引抜試験では材料のめり込み等の影響があることも示されているが、試験場の所有する試験機を利用することのため、当方法を採用したが、めりこみ等を考慮し、試験片断面と同サイズの鋼板を試験機との間に配置、異形鉄筋を通す孔は塩屋氏の指導※によりφ50㎜とした。

写真 3-2-1 試験方法

※ 塩屋研究室の既往の SAMURAI 基礎試験（鉄筋引張）において、孔が小さいと強度が上がること。適正な径は 50mm 程度との確認をしている。

③ 試験結果

写真　3-2-2 J 試験体結果

写真　3-2-2 K 試験体結果

結果は、J 試験体は全て鉄筋破断、K 試験体は全て木破、又は鉄筋の抜け出しとなった。以前、筆者が実施した集成材での異形鉄筋の GIR 引抜試験では、いずれの方向（繊維方向）においても破断の前に木破が発生していたが、今回の試験では繊維 90°方向に定着させた試験体では木破は起こらなかった。理由は、もう少し実験をしてみる予定であるが CLT はラミナ層が直交し当試験体は幅方向も接着していることも理由かと考えられる。試験結果の耐力を下表に示す。

異形鉄筋挿入CLT 鉄筋引き抜き試験

試験体	Py (kN)	Pmax (kN)	Pmax (kN)×2/3	試験体	Py (kN)	Pmax (kN)	Pmax (kN)×2/3
J1	142.5	218.0	145.3	K1	141.3	174.5	116.3
J2	142.5	212.5	141.7	K2	142.5	190.7	127.1
J3	140.0	216.0	144.0	K3	141.3	195.5	130.3
J4	140.0	212.2	141.5	K4	140.0	206.0	137.3
J5	142.5	213.7	142.5	K5	140.0	205.7	137.1
J6	141.3	214.0	142.7	K6	142.5	182.0	121.3
平均	141.5	－	143.0	平均	141.3	－	128.2
標準偏差	1.12	－	1.33	標準偏差	1.02	－	7.71
変動係数(CV)	0.01	－	0.01	変動係数(CV)	0.01	－	0.06
ばらつき係数 (1-CV×k)	0.98	－	0.98	ばらつき係数 (1-CV×k)	0.98	－	0.86
短期基準耐力	138.84	－	139.85	短期基準耐力	138.87	－	110.22

表 3-2-1 異形鉄筋引抜試験耐力

鉄筋の降伏はどちらも同じ程度でバラツキは少ないが、Pmax 値については、J 試験体は、全て鉄筋破断のためバラツキは小さく、K 試験体は全て木破のだったためバラツキが生じている。

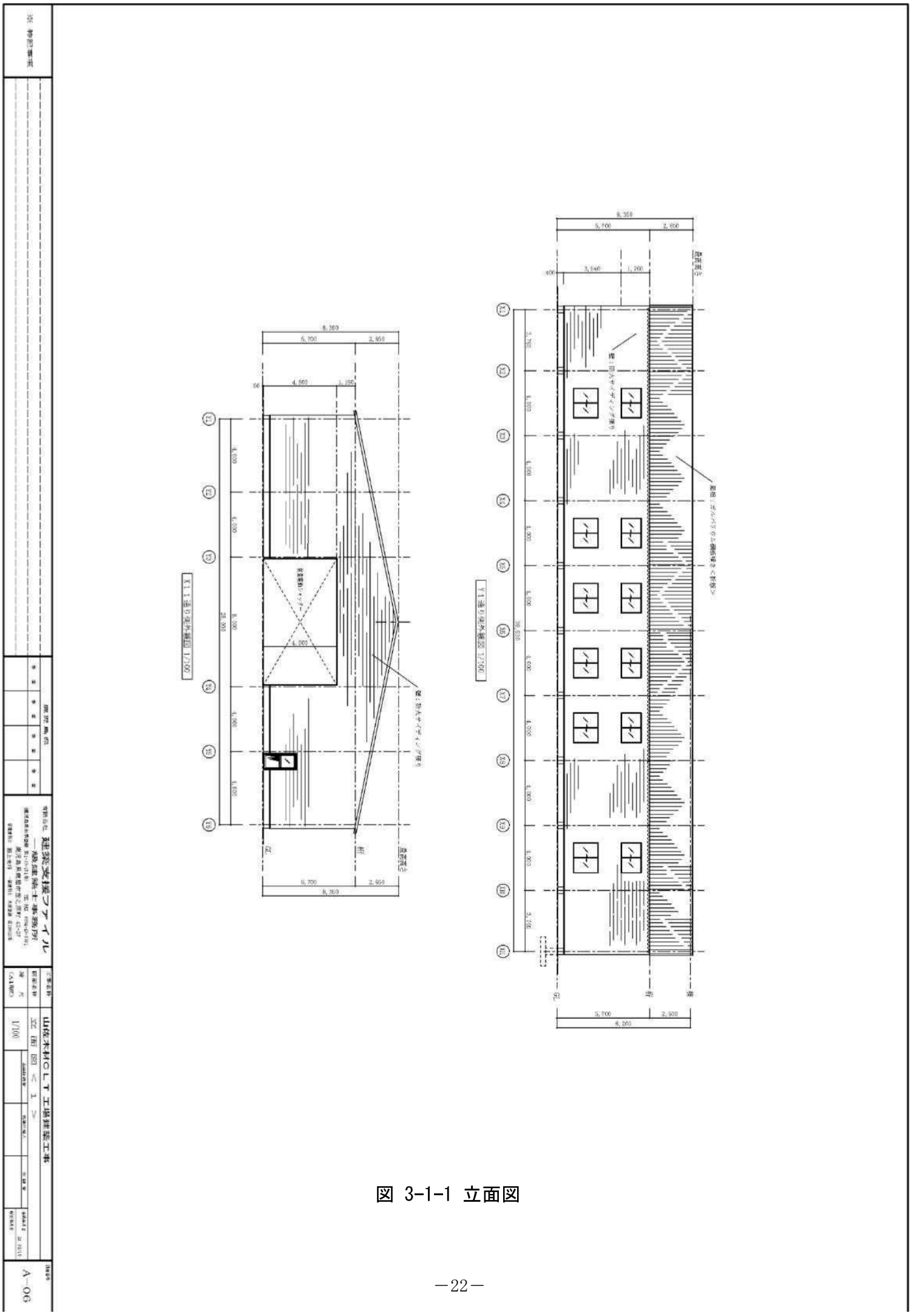


図 3-1-1 立面図

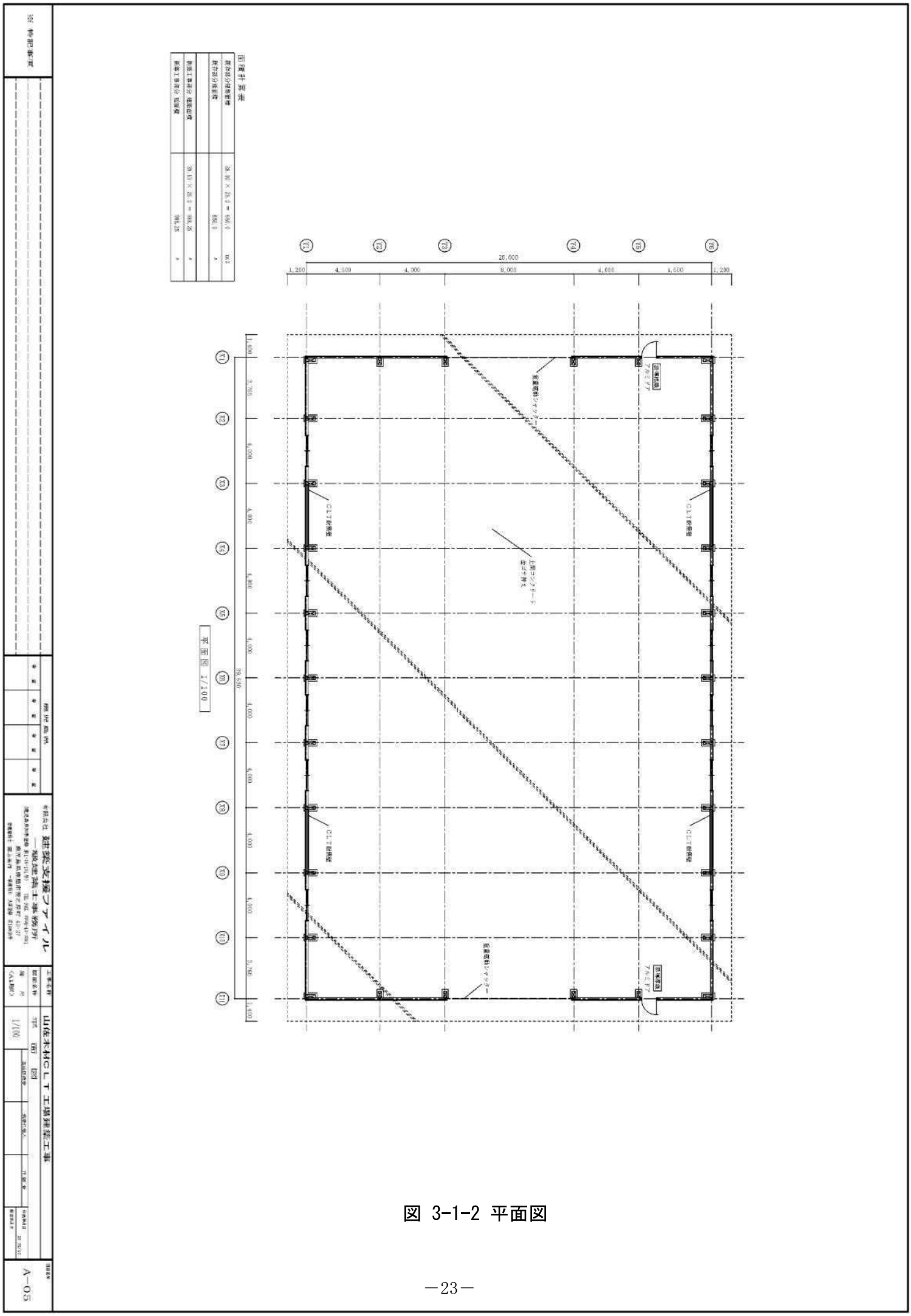


図 3-1-2 平面図

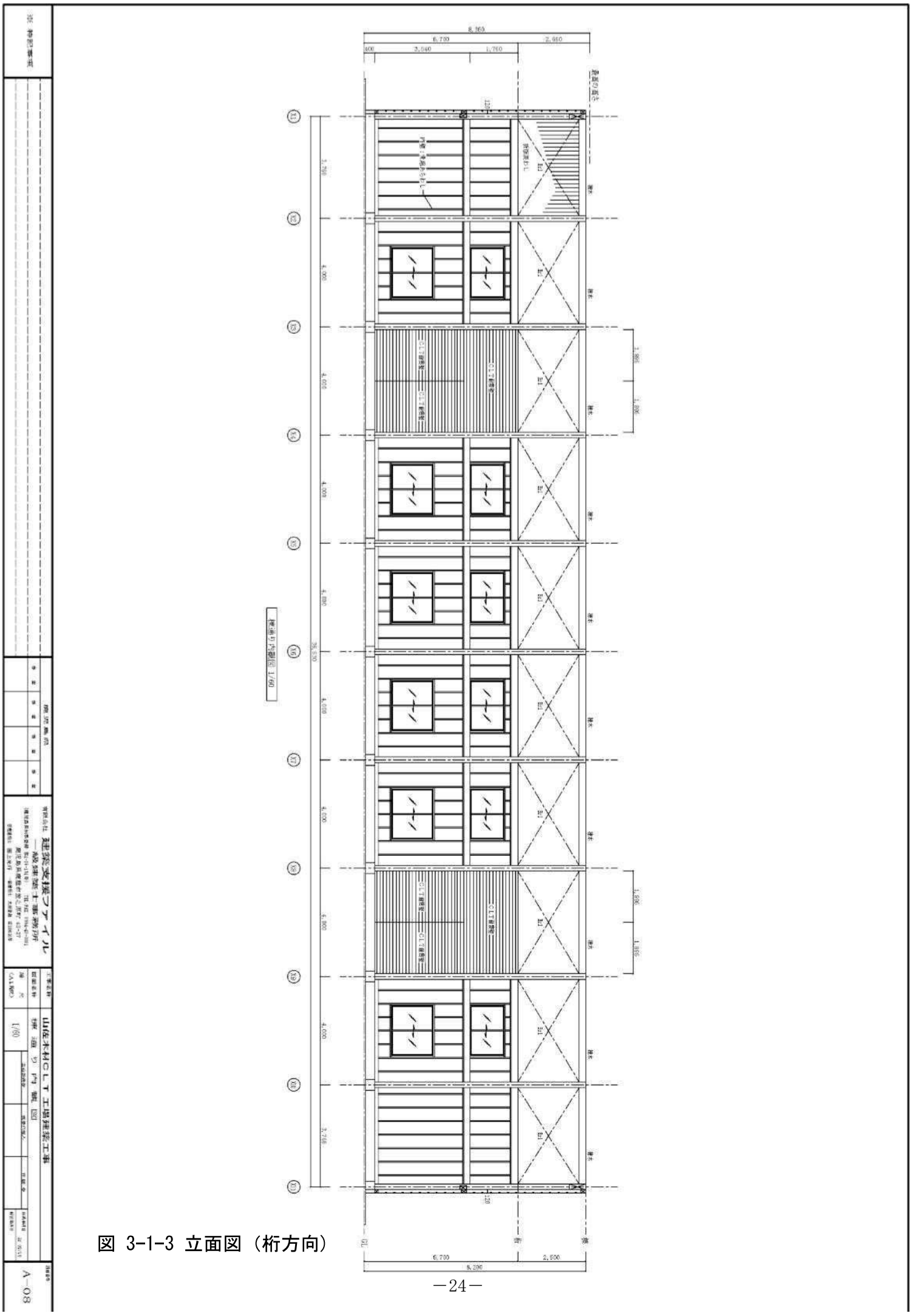


図 3-1-3 立面図（桁方向）

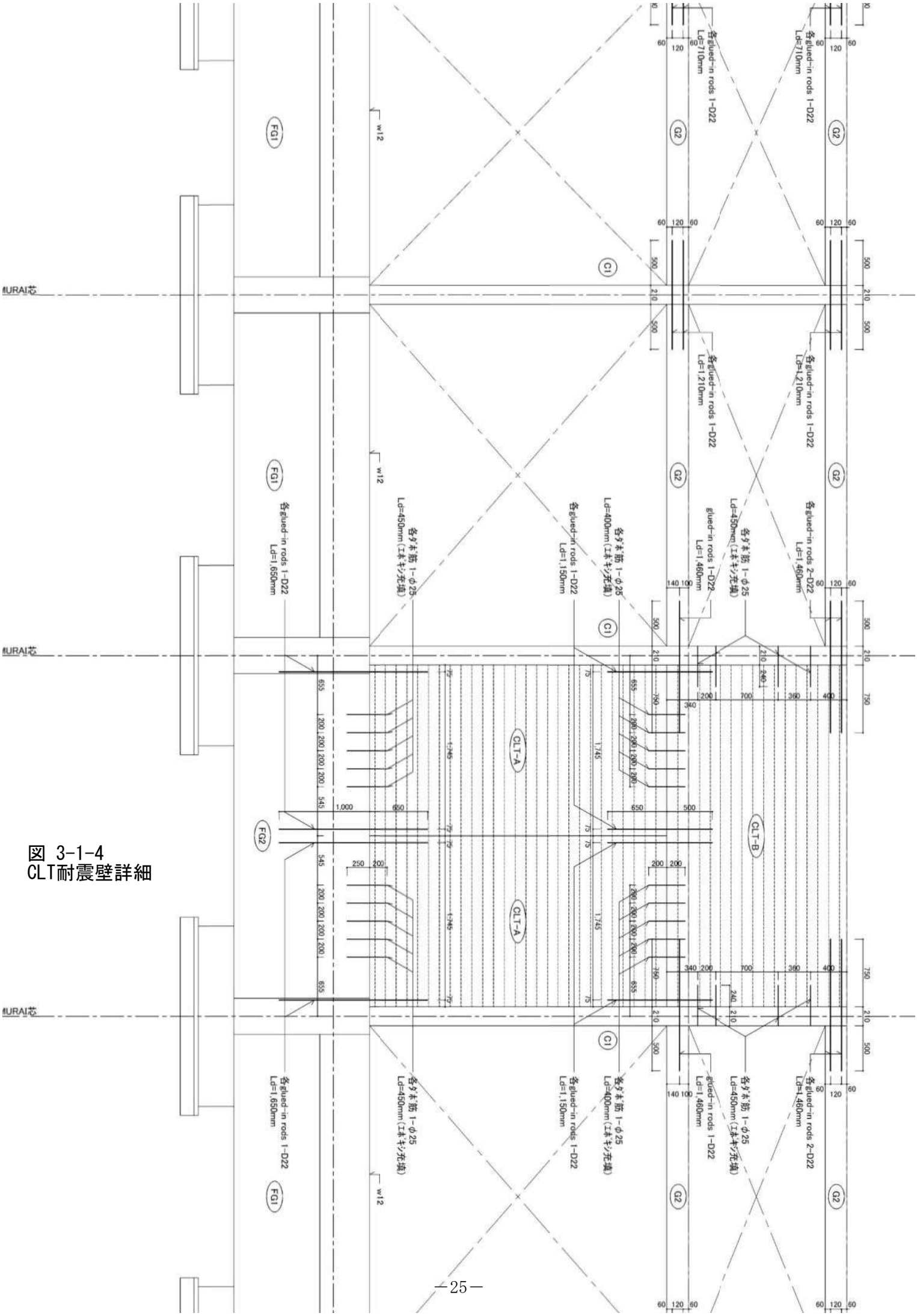


図 3-1-4
CLT耐震壁詳細

3-3. 構造設計

3-3-1　構造計画概要書

3-3-1-1　主体構造及び架構形式

主体構造は異形鉄筋で曲げ補強した鉄筋スギ集成材とスギ CLT パネルを用いる構造である。

1)梁間は鉄筋スギ集成材を用いる山形ラーメン架構形式である。

山形の頂部の鉄筋集成材梁の相互の接合、および柱脚と RC 基礎柱の接合は、既成の鉄筋による接合工法(glued-in-rod.)を用いる。軒高さ位置の柱と梁の接合では、部材内に挿入され接着される接合筋の先端を、集成材内に内蔵されて接着されている曲げ補強筋と接合する構法である。その接合鉄筋と曲げ補強筋は炭素繊維スリーブで接合する。炭素繊維スリーブも集成材内に工場製作で内蔵する。柱と梁を接合する接合鉄筋に対する接着剤の充填作業は既往の鉄筋による接合工法と同じ作業工程にする。炭素繊維スリーブは、その作業工程により接合鉄筋と曲げ補強筋が接合されるようにラミナ材に内蔵する。

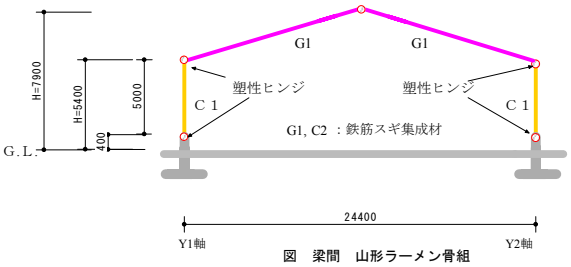


図　梁間　山形ラーメン骨組

2)桁行きは、CLT パネルを 1 スパンに門形に組み込むだ耐震壁(以後、CLT 耐震壁)を４箇所、配置して、水平抵抗させて、長期荷重は柱の弱軸で抵抗させる。CLT 耐震壁は図 2.1 に示すように CLT パネルを鉄筋接合で曲げモーメントを伝達させて、だぼ筋でせん断力を伝達させる。

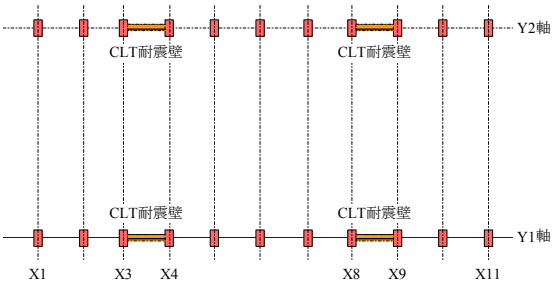


図　桁行き　CLT耐震壁の配置

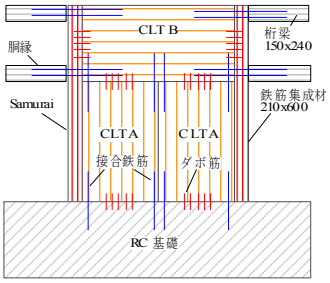


図　CLT耐震壁の模式図

3)基礎は鉄筋コンクリート造の独立基礎する。また回転拘束度を増加させるために、土間スラブを補強した補強スラブを構造体の一部とする。

4)構造計画の概略は以下の通りである。

梁間に山形骨組の平屋である。最高 8.2m、軒高 5.7m、建物の平均高さ 6.95m である。桁行方向(X 方向)にほぼ均等長さの 10 スパンで、梁間方向(Y 方向)に 1 スパンである。梁間方向は 1 スパン 24.61m の山形ラーメン架構である。登り梁の勾配は 2/10 である。梁間方向には 4 列の門形ラーメンを並列配置している。屋根ふき材は折板で、

梁間のスパン中央を頂点にして両側に流れる切り妻(勾配 2/10)である。

基本モジュールは 4m x 25m で、両妻面のスパンは 3.6m x 25m である。

梁間方向は、１１の山形ラーメン骨組で水平抵抗させる形式で、桁行き方向は４つの CLT 耐震壁で抵抗させる形式としている。水平剛性は各方向でほぼ同程度としている。

屋根小屋組には鋼製の水平ブレースを設置し、屋根小屋組の面剛性を確保した。

集成材は集成材工場で異形鉄筋(D22 または D25)を挿入して接着して整形されるスギ集成材である。建設現場で柱と梁を組み立て、柱と梁の接合面に加工されている孔に異形鉄筋(接合鉄筋)を挿入し、エポキシ接着剤を充填して柱と梁を接合する。

接合鉄筋と集成材内の異形鉄筋(曲げ補強筋)は、集成材の成形時に内蔵される炭素繊維スリーブの内に挿入される状態になり、そのスリーブ内にエポキシ接着剤が充填される工夫がなされている。その接着剤の硬化により接合される形式になっている。

梁間は梁勝ちのラーメンとしている。スパン中央は接合鉄筋の定着長さが等しくなるように片側の梁を勝たせる形状で接合している。接合鉄筋の接着による鉄筋接合としている。

桁行の桁梁は屋根荷重をほとんど負担しないので、150x240mm の桁梁としている。CLT 耐震壁では門型の上梁に相当する CLT-B を繋ぎ梁とし、耐震壁の左右の桁梁と鉄筋接合により連結する。

桁方向の水平荷重は桁梁の軸力により CLT 耐震壁へ伝達させる。

RC 基礎柱は G.L.より 0.4m 立ち上げ、その高さ位置で集成材の柱を接合する。柱の柱脚は曲げ鉄筋の定着区間を延長するタイプを採用する。RC 基礎柱内に縦のボイド設けておき、そこに柱脚の延長鉄筋の定着区間を挿入して、無収縮グラウトを充填して接合する。基礎柱に対する接合鉄筋の定着長さは十分な長さ(40d)を確保する。

基礎は独立基礎とする。桁行きは基礎梁で連結した。梁間方向は、スパンが 24.61m と長く、基礎梁の曲げ剛度が確保できないので、基礎梁を設けなかった。柱の柱脚を G.L.高さで固定端とするため、基礎底盤の根入れて深さを G.L.より 1.5m 深さとし、土間スラブを 200mm 厚にして、この補強土間スラブと RC 基礎柱を梁間方向に 3-D32 で連結した。これにより基礎の回転拘束と水平拘束を増大させた。

3-3-1-2.　耐震・耐風設計方針

1)常時荷重に対する設計

建築基準法施行令第 82 条二号の常時荷重に対して、建築物の構造耐力上主要な部分に損傷を生じないこと、変形や振動等による建築物の使用上の支障が生じないことを確認する。

2)耐震設計

長期荷重及び短期荷重について安全性を確認する。短期荷重については、極めて稀に発生する地震動に対し構造耐力上主要な部分が損傷しないことを確認することを

目的とし、短期許容応力度設計を行う。

採用する構法は、柱せいを 600mm を基本としている。本建物でもラーメン骨組を構成する梁間方向は柱と梁のせいは 600mm とする。本建物は平屋で、屋根仕上げが折板で固定荷重も比較的小さく、積載荷重も見込まないため、地震力がかなり小さく、極めて希な地震動でも、殆どが弾性範囲におさまり、発生する応力が短期の許容応力度以内におさまることを確認した。

極めて希な地震動で対象にする各地震波の応答の内、最大の層せん断力 1007kN（C=1.27）に対して 1125kN（C=1.4）を、各方向の設計用層せん断力として短期の許容応力度設計を行った。

表　耐震設計の検討項目とそのクライテリア

		稀な地震	極めて稀な地震	備考
層間変形角		1/200以下	1/120以下	M_L :長期荷重時曲げモーメント M_{E2}:極めて稀な地震時曲げ モーメント M_A :短期許容曲げモーメント Q_D :極めて稀な地震時設計用 せん断力 Q_A :短期許容せん断力
部材応力	基本方針	―	短期許容応力度以下	
	曲げ	―	$M_L+M_{E2}<M_A$	
	せん断	―	$Q_D<Q_A$	

3）耐風設計

屋根ふき材に対する荷重は再現期間 100 年の風圧力により設定し、屋根ふき材の安全性を確認した。また、構造骨組用風荷重は、令第 87 条第 2 項の規定による風圧力に従い設定した。極めて稀に発生する暴風による風荷重を再現期間 500 年で評価し設計用風荷重とした。

基準法施行令第 82 条の風荷重に対しては、建築物の構造耐力上主要な部分に損傷を生じないことを確認した。

・稀に発生する風荷重は、建築基準法施行令第 87 条および平 12 建告第 1454 号に基づき風圧力を算定した。基準風速 Vo=38m/s 地表面粗度区分＝Ⅲ

・極めて稀に発生する風荷重は、稀に発生する風荷重の 1.56（1.25 の 2 乗）倍の風荷重とした。

3-3-1-3. 積雪荷重に対する設計方針

建設予定地は、積雪荷重に対する安全性の検討は短期荷重時だけを検討することになっている。当該地域の積雪荷重 600N/㎡が、一次設計風圧力の鉛直下方方向の荷重成分より小さいことを確認することにより、損傷が生じないことを確かめた。

一次設計の積雪荷重の 1.4 倍の積雪荷重が、二次設計の風圧力の鉛直下方方向の荷重成分より小さいことを確認することにより、倒壊・崩壊が生じないことを確かめた。

3-3-1-4. 耐震・耐風性能目標一覧（動的・静的）

1)耐震性能目標

・下記の表の通りとする。

2)耐風性能目標

・下記の表の通りとする。

表　設計用応力の組み合わせと目標性能

	設計用応力の組合わ せ	目標性能
長期	G＋P	各部材は長期許容応力度以内
暴風時(短期)	G＋P＋W1 *1)	・建築物の構造耐力上主要な部分に損傷が生じない。 ・外装材は破損、有害な残留変形が起 こらず ・ 補修無しに継続使用に耐えるものとする。 ・各部材は短期許容応力度以内
	G＋P＋W2 *2)	・建築物が倒壊・崩壊しない。 ・外装材は脱落しないものとする。 ・各部材は短期許容応力度以内
積雪時(短期)	G＋P＋S	各部材は短期許容応力度以内

*1) 稀に発生する暴風時
（W1:建築基準法施行令第 87 条および平 12 建告第 1454 号よる風荷重）
*2) 極めて稀に発生する暴風時
（W2:稀に発生する風荷の 1.25 の2乗倍の風荷重）

3-3-1-5. 地盤及び建物支持条件

地盤状況は建設地より 100m 離れた肝属側の堤防工事の際に行われた調査結果に基づいて判断する。次ページに柱状図の例を示す。表層部分に軟弱な粘土質層が８m 程度あり、砂礫層を挟んでその下部に約 30m のシラス層と軽石混り砂層が続いている。このシラス層と軽石混り砂層は南九州特有の火山性土壌で、摩擦力が非常に高い特徴を有する。

本建物の基礎は、鉄筋コンクリート構造の独立基礎また複合独立基礎である。基礎底板の支持深さは G.L.より-1.5m である。本建物の工場敷地内で、本建物と隣接する建物の建設時(平成 11 年)の際に G.L.より-0.6m で平板載荷試験が行われている。この調査報告書では、長期の許容支持力を 5.5tf/m2 と明記されている。本建物では下記の通りとする。

長期の許容支持力：54kN/m2 ,短期の許容支持力：108kN/m2

終局の許容支持力：112kN/m2

3-3-2. 桁方向　耐力の検討

上記構造計画に基づき、構造設計を実施した。構造計算書・構造図は別紙成果物として提出。本項では、構造計算書より桁方向耐力の検討頁のみ以下に抜粋を掲載する。

3-3-2　桁方向　耐力の検討

3-3-2-1　方針

1)一階高中央より上方の屋根重量の 1.5 倍の水平力が作用しても短期許容応力度以下に納まるようにする。応答解析の応答は弾性範囲は収まるようにする。

2)極希地震でもベースシャー係数が 1.4 になるようにするためには、桁行き方向の固有周期を 0.24 秒程度以下する必要がある。

3)一階高中央より上方の屋根重量は 806kN とする。別紙で計算。この場合、建物の全体の桁行きの水平剛性を 806/200x4x3536=57.0x10^3kN/m(=x10^3kg･m/s^2)とする。この場合の固有種期は下記となる。　M=806x10^3 (kg･m/s^2)/9.8(m/s^2)=82.2 x10^3 kg

T=2π√(M/K)=2x3.14x(82.2x10^3 /57.0x10^6)^(1/2)=0.238 秒

4)桁行きに配置する耐震要素の箇所数は 4～8 カ所とする。桁行きは２構面ある。１構面あたり、２カ所配置する計画とする。１カ所当負担すへぎ水平耐力と水平剛性は以下となる。

i)耐震要素が 4 箇所の場合：一カ所あたり

水平剛性：57.0x10^3/4=14.25 x10^3 (kN/m)　　水平耐力：1.5 x 806 /4 =302.3 kN

ii)耐震要素が 6 箇所の場合：一カ所あたり

水平剛性：57.0x10^3/6= 9.5 x10^3 (kN/m)　　水平耐力：1.5 x 806 /6 =201.5 kN

3-3-2-2 耐震壁要素の構成

1)図 1 に示すように CLT パネル(A,B)を 1 スパンに組み込む。

2)CLT パネル A と RC 基礎梁は鉄筋接合で接合する。

3)CLT パネル A は建て方前に接合鉄筋をエポキシ接着剤で定着する。

4)RC 基礎梁には、コンクリート打設時に接合鉄筋を定着させる。

5)CLT パネル A に挿入孔を加工しておき、定着された接合鉄筋を挿入し、その部分にエポキシ接着剤を充填する。

6)CLT パネル A とパネル B の接合も鉄筋接合で接合する。

7)接合面のせん断力はダボで伝達させる。このダボにも接着剤を充填する。

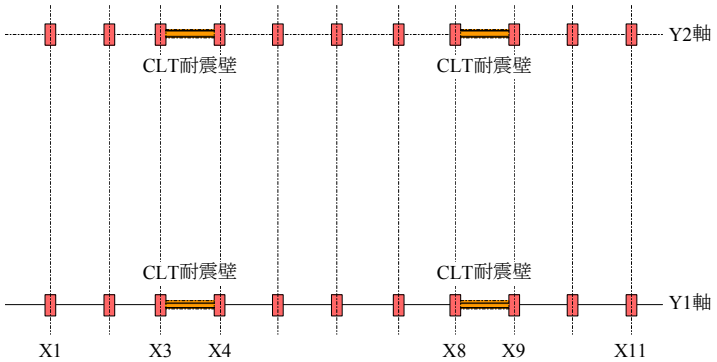


図　桁行き　CLT耐震壁の配置

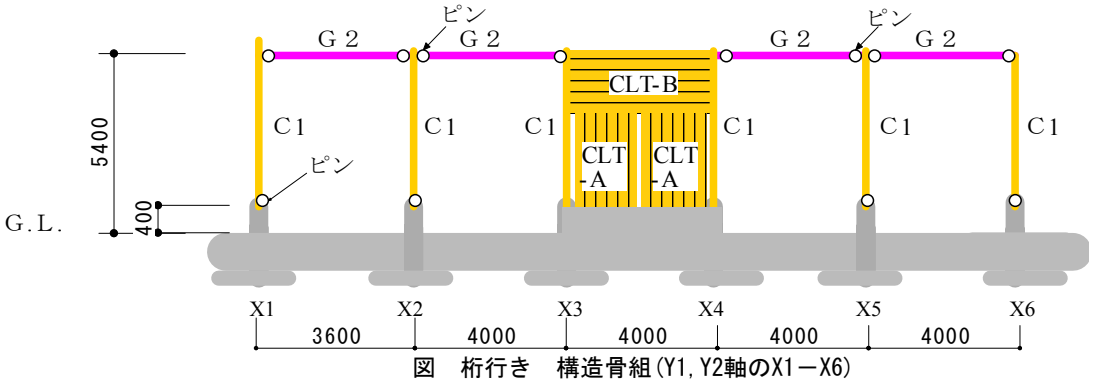
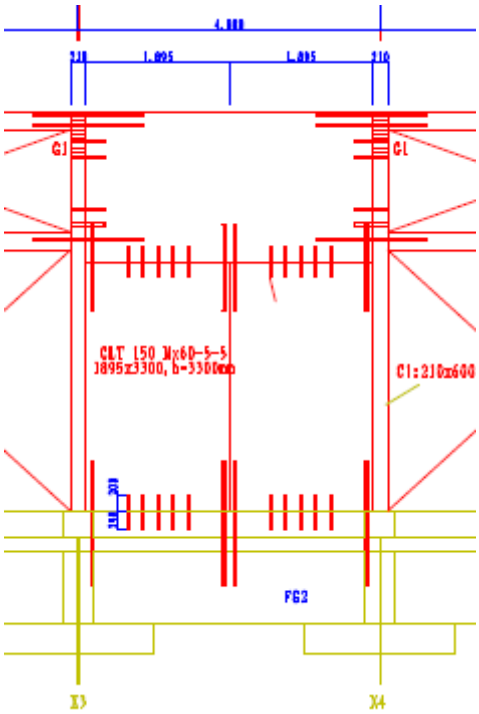


図　桁行き　構造骨組(Y1, Y2軸のX1－X6)

3-3-2-3 耐震要素の水平剛性と水平耐力

3-3-2-3-1　計算仮定



1) CLT パネルはスギ Mx60-5-5 とする。厚さは 150mm とする。パネルの寸法は 2mx4m とする。4m の方向を強軸とする。4m 方向のヤング係数 E は 300N/mm^2 とする。せん断弾性係数 G は 500N/mm^2 とする。
2) 接合鉄筋は径を D22 として材質 SD345 とする。降伏応力度 380N/mm^2 とする。引張強度を 630N/mm^2 とする。
3) 接合鉄筋が破断強度に達しても、接合鉄筋は CLT から抜け出さないように定着長さを確保するものとする。

3-3-2-3-2 水平剛性の略算

まず、パネル一枚の水平剛性を算定する。

1) 柱脚が完全固定とする場合で片持ち柱で抵抗するものとする。
2) 1940mm をせい D として、150mm を幅 B とする。柱高さを 3300(=5700−2000−400) mm とする。
3) 曲げ変形 δb とせん断変形 δs を考慮する
4) せん断変形の形状係数 κ を 1.3 とする。

I=b x D^3 /12=150x 1940^3/12=9.13x10^10mm^4

E=3000 N/mm^2,　G=500 N/mm^2

h=3300mm,　A=bxD=150x1940=291x10^3

δb=P x h^3/ 3EI ,　　δs= κ・P・h/(GA) より

K=P/(δb+δs)=1/{h^3/ 3EI+ κ・h/(GA)}

= 1/{3300^3/ (3x3000x9.13x10^10)+1.3 x 3300/(500x291000)}

=1/{4.37 x 10^(-5)+2.95x 10^(-5))}=1/7.32x^(-5)=13.7x10^3 N/mm=13.7x10^3kN/m

この剛性は柱脚固定で鉄筋の抜け出しがない場合である。柱脚位置で鉄筋たげの曲げ剛性は、鉄筋のヤング係数を考慮して木に換算すると次のヤング係数になる。

ヤング係数比：n=Es/E=2.05x10^5 / 3000=68.3

n・Is=68.3 x { 1 x 387 x(1940-2x100)^2)=8.0 x 10^10 mm^4

これは CLT パネル A の I の 0.88 となる。仮に接合鉄筋だけの曲げ剛性で抵抗するとすると、曲げ変形成分を 1/0.88 倍して減少させればよい。この場合の水平剛性 K を計算すると以下となる。

=1/{4.37 x 10^(-5) x(1/0.88)+2.95x 10^(-5))}

=1/(7.92x10^-5)=12.6x10^3N/mm(=kN/m)

CLT−A の水平剛性はパネル一枚分で２枚、負担するので、27.4x10^3kN/m の水平剛性は負担する。また柱頭側のパネル B との接合でも、モーメント負担するので、柱頭も同様の剛性であれば、２～４倍は増加する。少なくとも２倍としても 54.8x10^3kN/m となる。

仮に弾性係数が 1/2 に低下しても、27.4x10^3kN/m の水平剛性は確保でき、耐震要素が 4 箇所

の場合に目標とする水平剛性は確保できる。

3-3-2-3-3 水平耐力の略算

まず、パネル一枚の水平剛性を算定する。

1)柱脚が完全固定とする場合で片持ち柱で抵抗するものとする。
2)パネル A の柱頭または柱脚の水平接合の曲げ降伏で水平耐力が決定するようにする。
3)接合鉄筋は降伏した以降、接着剤の拘束により、降伏区間が限定されて、荷重－変関係上では降伏後、直ちに鉄筋のひずみ効果に伴う二次剛性が生じて、1/50rad. 程度、鉄筋引張強度近づく。曲げ終局せん断力は、その状態で評価する。
4)CLT パネルのせん断強度を 1.5N/mm^2 とする。

3-3-2-3-3-1. 曲げ耐力

ho を 3.3m とした場合

柱脚の接合面の曲げ降伏時の水平耐力

My=at・σy ・j = 387 x 380 x（1940-200）=250.0　kN・m

Qy=My/ho = 250.0 / 3.3 = 75.7 kN

柱脚の接合面の曲げ終局時の水平耐力

Mu=at・σu ・j = 387 x 630 x（1940−200）=424.2　kN・m

Qu=Mu/h = 424.2 / 3.3 = 128.5 kN

これは、柱脚固定で 3.3m 高さの片持ち柱の耐力である。２枚で負担するので降伏荷重は 151.4kN となる。または柱頭も抵抗するので、柱脚の降伏時に、柱頭は降伏モーメント 0.9 負担していると仮定すれば 1.9 倍となり、降伏時の耐力は 287.7kN となる。建物全体には耐震壁を 4 箇所、配置するので、層水平耐力は 1151kN となり、極稀地震時の水平荷重 1125kN を上回る耐力を確保できる。

3-3-2-3-3-2 せん断耐力

(1) パネル１枚のせん断耐力

Qsu= τu・b・j =1.5 x 150 x（1940-200）= 391.5 kN

Qsa=2/3 x Qsu= 2/3 x391.5 =261 kN

曲げ降伏時に CLT-A 柱では 287.7kN で、せん断耐力はこれを十分、上回るため、せん断破壊しない。

(2)架構の水平剛性

予想される水平剛性は下記のとおりである。

弾性時の水平剛性　　：　34205kN/m（片持ち柱の 2 倍の剛性、階高 5.6m）
降伏後の二次水平剛性：　 5444kN/m（片持ち柱の 2 倍の剛性、階高 5.6m）
二次剛性比　　：　0.16

(3)一次設計の層間変形角の検定

架構の負担重量　　：W=804/4= 201kN（クレーン二台の重量を含む）
一次設計の地震力　：111kN（=443/4）TAFT 1952 EW
水平変形　：111/34205=3.2 mm
平均階高　：G.L.から構造階高　5.4m
層間変形角：0.0032/5.4=1/168.7rad.　1/200rad.より小さく問題ない。

(4) 降伏水平耐力　　：　Py=cQwy=374kN

これは柱頭・柱脚が同じ降伏の場合である。

長期荷重と梁の剛性の影響を受けて、風下側の柱脚の降伏が先行して、降伏荷重は 112kN となる。

ベースシャー係数　：　Cy=Py/W=374/201=3.36

(5) 終局耐力　　：　Pu=cQwu=555kN

ベースシャー係数　：　Cu=Pu/W=555/201=2.76

(6) 骨格曲線　　：トリリニア

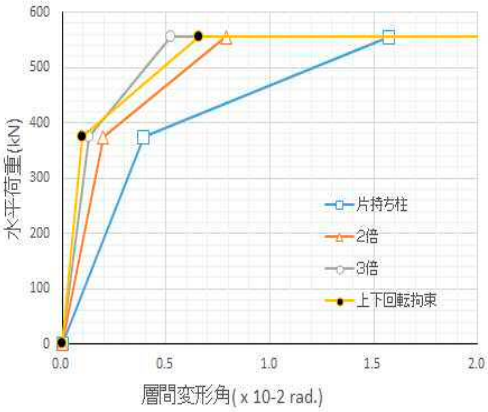


図　CLT耐震壁　層せん断力－
層間変形角関係(h=5.17m)

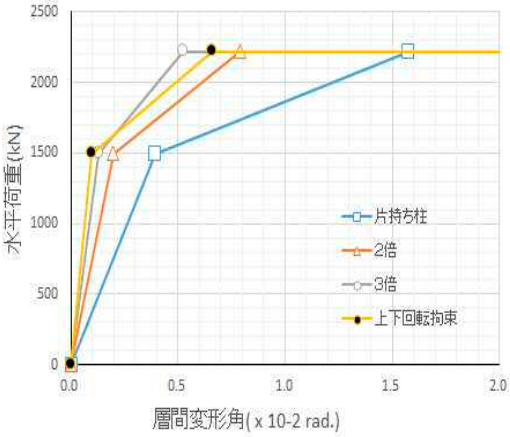


図　建物の桁行き　層せん断力－
層間変形角関係(h=5.17m)

3-4. 確認試験

接合試験結果と想定 CLT 強度に基づき構造設計がなされた CLT 耐震壁の耐力について確認試験を下記の要領で実施した。

3-4-1. 試験概要

面内せん断試験機のサイズに合わせ、実大耐震壁の 60%にスケールダウンをした　試験体を作成し加力試験を行った。

試験体

CLT　JAS　Mx60B 杉

5 層 5 プライ　厚 90mm

幅ハギ有（未評価）

異形鉄筋　　D13 SD345

ｴﾎﾟｷｼ樹脂　　アイカ製

ｼﾞｮﾘｼｰﾙ

試験機関

（一財）建材試験センター

西日本試験所

加力は、200Kn のｱｸﾁｭｴｰﾀｰを使用

壁倍率の評価業務方法書に準じた

試験は、平成 28 年 2 月 22 日（月）

「CLT を活用した建築物等実証事業検討委員会」坂本委員長、委員の有馬先生事務局の山田氏と大澤氏立ち合いにて実施した。

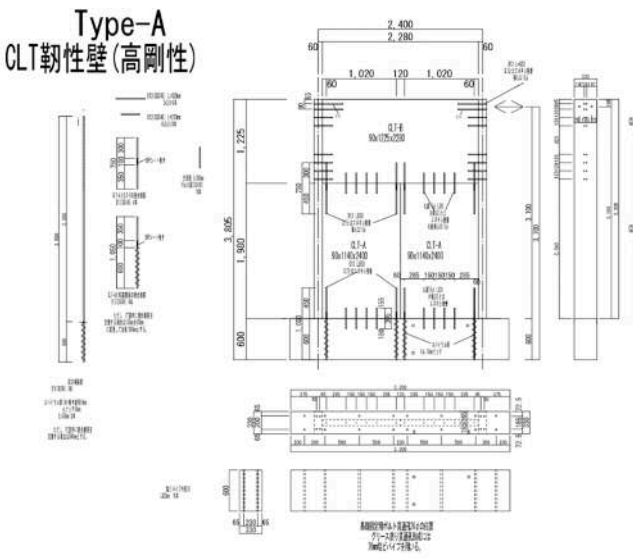


図 3-4-1 試験体図

写真 3-4-1 試験体

3-4-2. 推定耐力

構造設計を担当した、塩屋晋一により試験体の推定耐力を事前に求めた結果を示す。

樹種	構成	強度等級	荷重条件		基準強度 (N/mm²)					弾性係数 (N/mm²)		
					圧縮	引張	曲げ	せん断	めり込み	圧縮，引張	曲げ	せん断
					F_c	F_t	F_b	F_s	F_{cv}	E_c, E_t	E_b	G
スギ	3層-3ply	S60A	強軸	面内	10.50	8.00	13.50	1.50		4000	4000	500
				面外			10.00	1.50	6.00		5778	250
			弱軸	面内	5.25	4.00	6.75	1.50		2000	2000	500
				面外			1.15	1.50	6.00		222	250
スギ	5層-5ply	Mx60A	強軸	面内	7.88	6.00	10.13	1.50		3000	3000	500
				面外			8.18	1.50	6.00		4728	250
			弱軸	面内	3.15	2.40	4.05	1.50		1200	1200	500
				面外			1.30	1.50	6.00		624	250

表 3-4-1 使用した CLT の基準耐力

途中計算は省略、結果のみを示す CLT 耐力壁の下側のみ固定とした場合の片持ち柱を 1 倍とすると柱頭も同様の剛性であれば、２～４倍は増加するものとして結果を求めた。

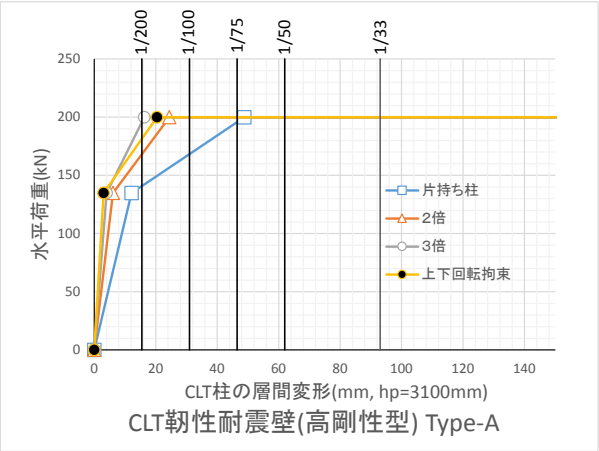


図 3-4-2　荷重-変形

			層間変形 (mm)			
		荷重(kN)	片持ち柱	2倍	3倍	上下固定
Type-A		0	0	0	0	0
	降伏	134.8	12.1	6.06	4.04	3.03
	最大	199.8	48.8	24.42	16.24	20.43
	限界	199.8	200	200	200	200

表 3-4-2 推定結果

3-4-3 試験結果

想定の弾性剛性と降伏荷重を確認した。(比例限界変形　135kN 変位 5.9mm)

この破壊前において確認したデーターにおいて（設計は弾性域としているため）

実大寸法に換算した剛性値と降伏耐力値を以下に示す。水平剛性は設計で設定した値の 1.12 倍で、降伏変形は設定値と同じであり、設計の設定値が問題ないことが確認された。しかし、今回の実験では、破壊まで至っていないため靭性、最大耐力、破壊形態が確認出来ていない。そのため塑性域での計算に向けての追加実験を実施し、それらを確認することとした。

比例限界変形とのδy=5.9mm　　Qy=135kN　Qu≧200 kN

$ke=135/5.9x10^{-3}$　$= 22.9 \times 10^3$　kN/m

実大スケール

δy=5.9/0.6 =9.83　mm　　Qy=135/0.6^2 =375 kN　Qu≧2000/0.6^2 =555.5 kN kN

ke=22.9 x 10^3 /0.6= 38.2 x 10^3　kN/m

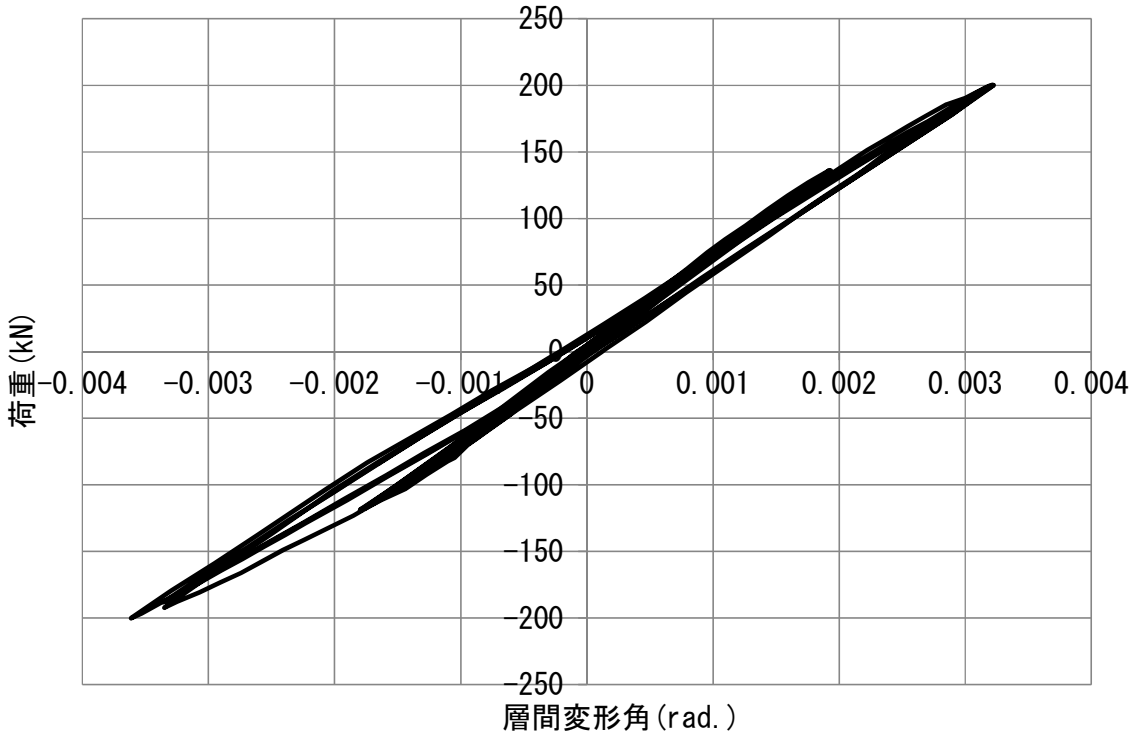
実大建物

δy=5.9/0.6 =9.83　mm　　Qy=4x375=1500kN　Qu≧　4x555.5= 2222kN kN

ke= 4x 38.2 x 10^3 kN/m =152.8 x 10^3　kN/m

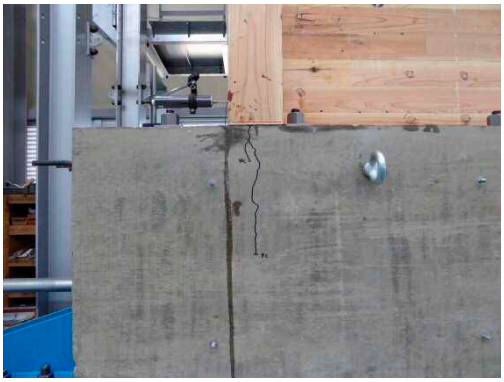
T=2π√(M/K)=2x3.14x(82.2x10^3 /152.8 x10^6)^(1/2)=0.146　秒

TypeA



荷重－変形角曲線

写真　＋200kN 時の全景



RC 基礎のひび割れ

日を改め、加力を 500kN の加力機に変更し破壊までの試験を実施し、短期基準耐力の想定を行った。その結果を以下に記す。前述 TYPE.A は、今回の設計に用いる「高剛性」タイプであるが、比較の為同時に試験を実施していたので TYPE.B「靭性型」との比較も含めることとする。

TYPE.B は、TYPE.A における 2 分割された CLT-A を 3 分割したものである。この 3 分割しロッキング変形が起こり易くすることで、変位を増大させようと考えたものである。

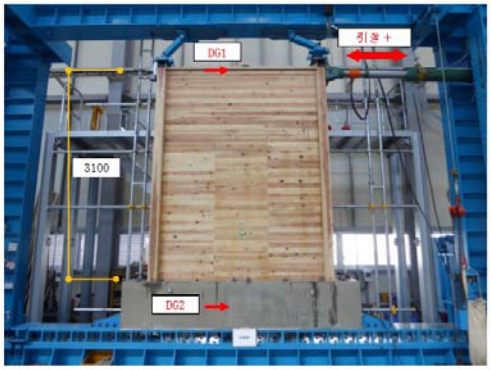


写真 3-4-3-1 試験体 B

次表に短期基準せん断耐力の算出方法に従い、各数値を求めた。

特定変形角時の荷重，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。

※表は報告書抜粋の為、表番号は報告書内番号となる。

破壊に至らなかった前試験での数値（降伏耐力:比例限界、初期剛性）と比較すると剛性は高く、降伏耐力は低い計算結果となっている。

表－4　特定変形角時の荷重，最大荷重，破壊状況等

試験体記号	γ = 1/120 rad 時の荷重 (P) kN	2/3Pmax 時		Pmax 時		破壊状況
		荷重 (P) kN	変形角 (γ) $\times10^{-3}$rad	荷重 (P) kN	変形角 (γ) $\times10^{-3}$rad	
TypeA*	－	-176.3	-2.97	-264.4	-5.05	・柱のせん断割れ及び CLT 壁パネル-RC 基礎接合用鉄筋の抜け
TypeB	230.0	161.9	3.27	242.9	9.65	・柱のせん断割れ及び CLT 壁パネル接合用鉄筋の変形を伴う抜け

（注）１．*試験体記号：TypeA は，負側で破壊し 0.8Pmax を迎えたため，負側の値を示す。
２．試験室の温度及び湿度：15.1～15.7℃，38～42%RH

表－5　降伏耐力，終局耐力，構造特性係数等

試験体記号	元モデル			完全弾塑性モデル				構造特性係数
	降伏耐力 (Py) kN	降伏変形角 (γy) $\times10^{-3}$rad	初期剛性 (K) $\times10^{3}$kN/rad	終局変形角 (γu) $\times10^{-3}$rad	降伏点変形角 (γv) $\times10^{-3}$rad	終局耐力 (Pu) kN	塑性率 (μ)	(Ds)
TypeA*	-118.6	-1.80	-65.89	-6.47	-3.51	-231.4	1.84	0.61
TypeB	153.3	3.05	50.26	19.39	4.40	220.9	4.41	0.36

（注）*試験体記号：TypeA は，負側で破壊し 0.8Pmax を迎えたため，負側の値を示す。

表－6　短期基準せん断耐力

試験体記　号	(a) 降伏耐力Py kN	(b) (0.2/Ds)・Pu kN	(c) 2/3・Pmax kN	(d) γ＝1/120 rad 時 kN
TypeA*	118.6	75.9	176.3	－
TypeB	153.3	122.7	161.9	230.0

（注）*試験体記号：TypeA は，負側で破壊し 0.8Pmax を迎えたため，負側の値の絶対値を示す。

次に破壊性状を示す

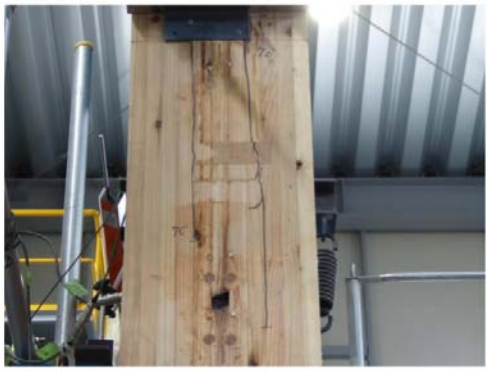


写真　3-4-3-2 TYPE.A 破壊状況

写真　3-4-3-3 TYPE.B 破壊状況

破壊は､いずれも CLT-A のロッキング変形により CLT-B を押し上げたために発生した柱のせん断割れによる。その際、ロッキング変形が増加したため、CLT-A と CLT-B を接合していた鉄筋の抜けが生じていた。

右図　荷重－変形角曲線より
試験体 TYPE.A と B の耐力壁
としての特徴が確認できる。

今回の設計においては弾性域での応答解析でもあり、結果としては TYPE.A の採用で剛性を確保する方針とする。

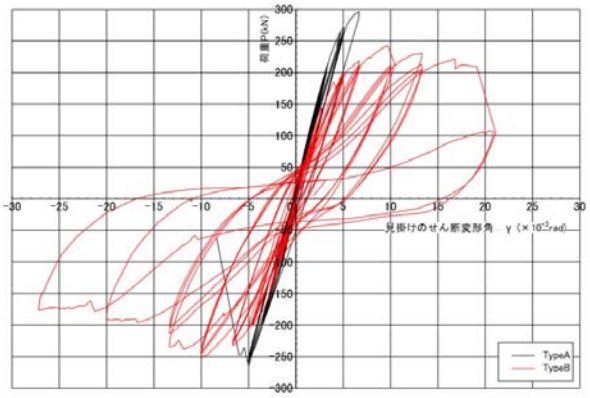


図　3-4-3-1 荷重－変形角曲線

試験を通じて、
CLT の設計値（面内せん断）よりも
実際の材料の強度は高く、柱側の破壊に至った。今後剛性を高めるか、靭性を高めるかの選択方法としては、本試験体 CLT-A の分割数により決定されると考えるが、その性能を発揮するには、柱側-CLT－B の接合強度を更に高める必要があると思われる。

4. 工事費等内訳

事業名		山佐木材株式会社　CLT工場増築工事の設計実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）		山佐木材株式会社　代表取締役　佐々木幸久
共通仮設費		2,520,000
建築工事	直接仮設工事	2,500,000
	土工事	2,350,000
	コンクリート工事	7,000,000
	型枠工事	3,300,000
	鉄筋工事	3,800,000
	鉄骨工事	0
	組積工事	0
	防水工事	650,000
	タイル工事	0
	木工事	35,000,000
	屋根及び樋工事	6,500,000
	金属工事	0
	左官工事	650,000
	金属製建具工事	3,000,000
	木製建具工事	0
	ガラス工事	650,000
	塗装工事	0
	内外装工事	3,000,000
	雑工事	1,000,000
電気設備工事		1,500,000
機械設備工事		0
小計①		73,420,000
別途工事費	外構工事	500,000
	解体撤去工事	0
	ボーリング	
	設計	0
	大臣認定	1,500,000
	確認申請	100,000
その他（内容を記載・必要ならセルの追加）		
小計②		2,100,000
合計（①＋②）		75,520,000

注：平成27年度は部材性能試験費、設計費のみを支出。未着工のため工事費は概算。

2.2 大本静岡分苑（福山弘構造デザイン）

1. 建築物の仕様一覧

事業名			落とし込みCLT板壁の性能実証および大本静岡分苑新築工事での建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			宗教法人大本静岡分苑
建築物の概要	用途		集会施設
	建設地		静岡県富士市
	構造・工法		木造軸組工法／落とし込み板壁耐力壁
	階数		平屋
	高さ（m）		7.521
	軒高（m）		5.55
	敷地面積（m^2）		1726.16
	建築面積（m^2）		318.32
	延べ面積（m^2）		329.80
	階別面積（m^2）	1階	329.80
		2階	
CLTの仕様	CLT採用部位		壁（軸組内）
	CLT使用量（m^3）		22.86（うち実験：3.06、加工前ベース）、開口現場加工での残材：3.96（物置に転換）
	壁パネル	寸法	t60
		ラミナ構成	3-3
		強度区分	MX60A（相当）
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
	屋根パネル	寸法	
		ラミナ構成	
		強度区分	
		樹種	
仕上	主な外部仕上	屋根	金属板葺き（ガリバリウム）
		外壁	CLTパネル顕わし、一部ﾀﾞｲﾗｲﾄ張り
		開口部	アルミサッシ
	主な内部仕上	界壁	CLTパネル顕わし／ヒノキ合板／漆喰塗
		間仕切壁	**CLTパネル顕わし／ヒノキ合板／漆喰塗**
		床	無垢スギ板／無垢ヒノキ板／畳
		天井	ヒノキ合板／ヒノキ練付合板
構造	構造計算ルート		4号／46条2項に基づく
	接合方法		軸組工法落とし込みCLT
	最大スパン		5.46m
	問題点・課題とその解決策		意匠性と施工性、構造性能の両立を、試験で仕様確認しながらまとめる
防耐火	防耐火上の地域区分		指定なし、法22条地域
	耐火建築物等の要件		指定なし
	問題点・課題とその解決策		延焼線内、躯体外火山性ガラス質複層板を利用
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		特に無し
	建て方にける課題と解決策		反りを発生しているものがある。クリアランスを大きめに設定して対応
	劣化対策		壁下部の水抜き等／壁量の冗長性（劣化をクリティカルにしない）／軸組の一部解体でCLT板交換可能
工程	設計期間		2015.3-9
	施工期間		2015.11-2016.3
		CLT等躯体施工期間	2015.11-2016.1
	竣工（予定）年月		2016.3
体制	発注者		宗教法人大本静岡分苑
	設計者		LLPテイクス
	構造設計者		福山弘構造デザイン
	施工者		菊池建設
	CLT等新たな製品・技術供給者		山佐木材
	ラミナ等供給者		曽於地区森林組合（鹿児島県産材）

1.　本事業で実証した内容

本事業の建築実証にあたる内容は、もともと落とし込み板壁工法による内外顕しの耐力壁を想定して計画していたものに対して、板壁ユニット部分の単純な置換を試みようとしたものである。
板壁ユニットの CLT 置換は構造合理的であるとともに施工合理的でもあり、コスト上も通常の落とし込み板壁より安価となることが確認された。板壁ユニットの置き換えに必要となるディテールとして、構造性能のほか雨仕舞やクリアランス、エアタイトの取り方を整理し、それに基づいた実大壁試験によって構造特性値を求めた。壁試験および建築実証で用いた仕様は結果が広く利用できるような汎用性の高い仕様ものとし、高低２種類のスペックを想定して、予備試験で意匠性・施工性を踏まえて仕様調整しながら最終形を決めた。これらを実際の建築に利用して、実施工時の問題点などを整理した。

Fig.　エントランス北東側からの外観（上棟時）

2.　建築物の概要

- 用途　集会施設
- 建設地　静岡県富士市
- 構造・工法　木造軸組工法／落とし込みCLT板壁耐力壁
- 階数　平屋
- 高さ　7.52 m
- 軒高　5.55 m
- 敷地面積　1726.16 m^2
- 建築面積　318.32 m^2
- 延べ面積　329.80 m^2
- 竣工予定　2016.3月中

3.　事業実施体制

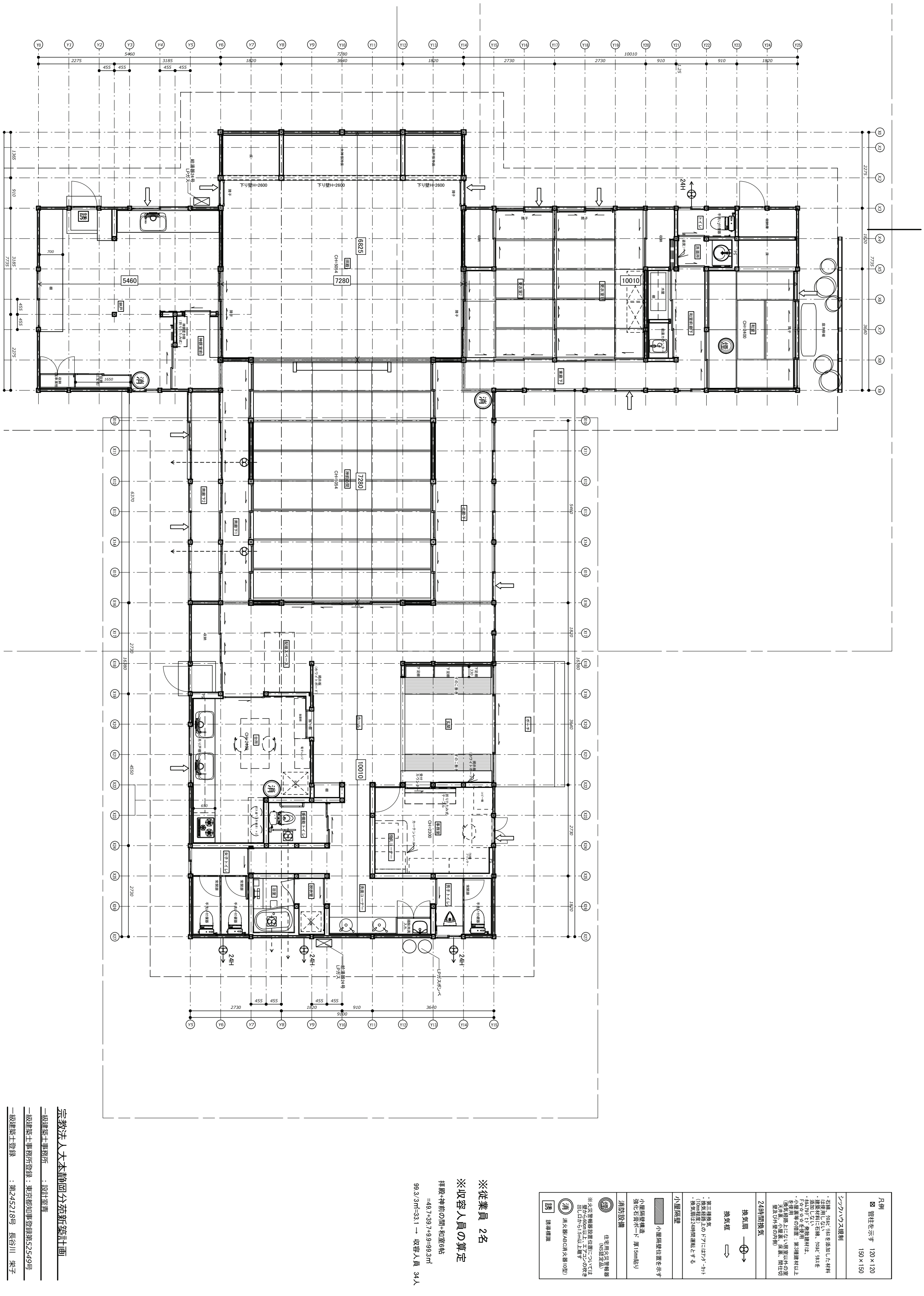
意匠設計・設計統括：LLP テイクス（長谷川えいこ、武山肇）　／　試験計画・構造計画：福山弘構造デザイン　／　施工：菊池建設　／　CLT 等部材供給：山佐木材　／　試験実施・試験計画補助：stroog

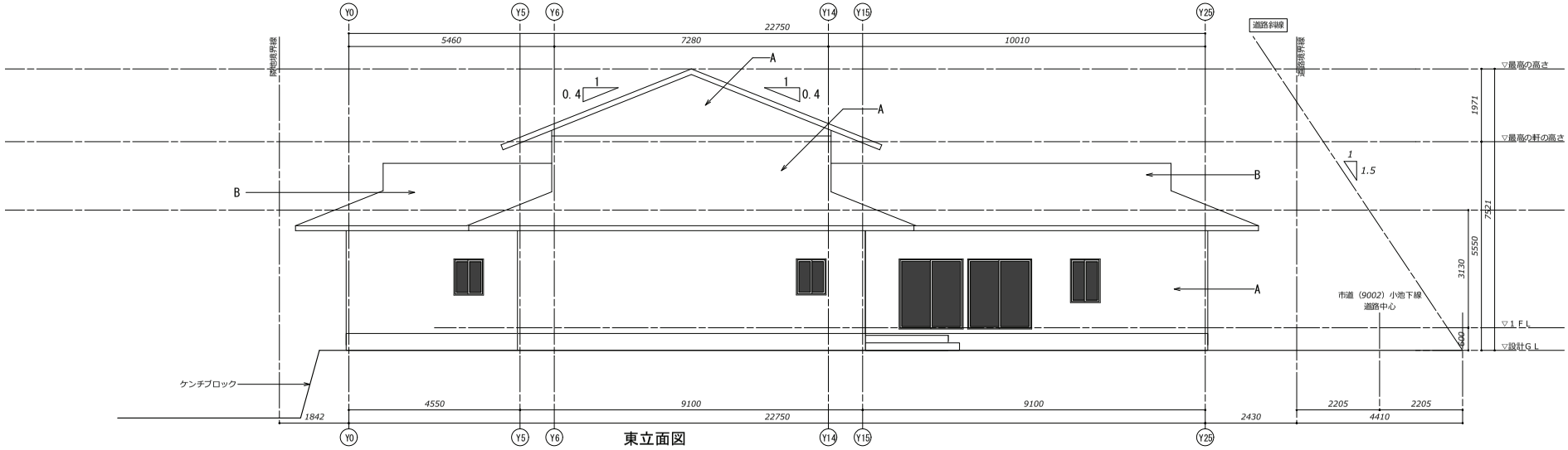
4.　実証方法と実施工程

４号物件としての扱いであり、軸材に JAS を用いた 46 条２項ルートでの構造計算としたため、必ずしも告示等に定められる形で壁倍率の認められたものとする必要はないものした。法的には提出義務はないものの、許容応力度計算を設計者責任で行う形となり、実質的にはそれを補完する形での試験結果を利用した設計を行った。また平屋であることから、基本的に壁量の冗長性は極めて大きいものとできることを利用し、試験結果で壁長さを変更する必然性が無いように計画した。
性能実証については、実施設計期間と重なる形で実大壁試験を行うスケジュールとした。また計画段階で CLT 落とし込みの方が通常の落とし込み板壁よりもコストが落ちることがわかったため、補助事業化しない場合でも CLT を発注する段取りとして作業を進めることで、ある程度余裕のあるスケジュールで実証事業を進めた。
＜建築物の設計＞
建築物の実施設計期間：　７月上旬～９月末、確認申請提出：１０月上旬
建築物着工：１１月初旬、CLT 部分の施工完了：1 月中旬、建築物竣工：3 月下旬ごろ予定
＜実大壁試験＞
試験体発注：８月中旬、予備試験（５種５体）：９月上旬、本試験（４種９体）：１０月上旬

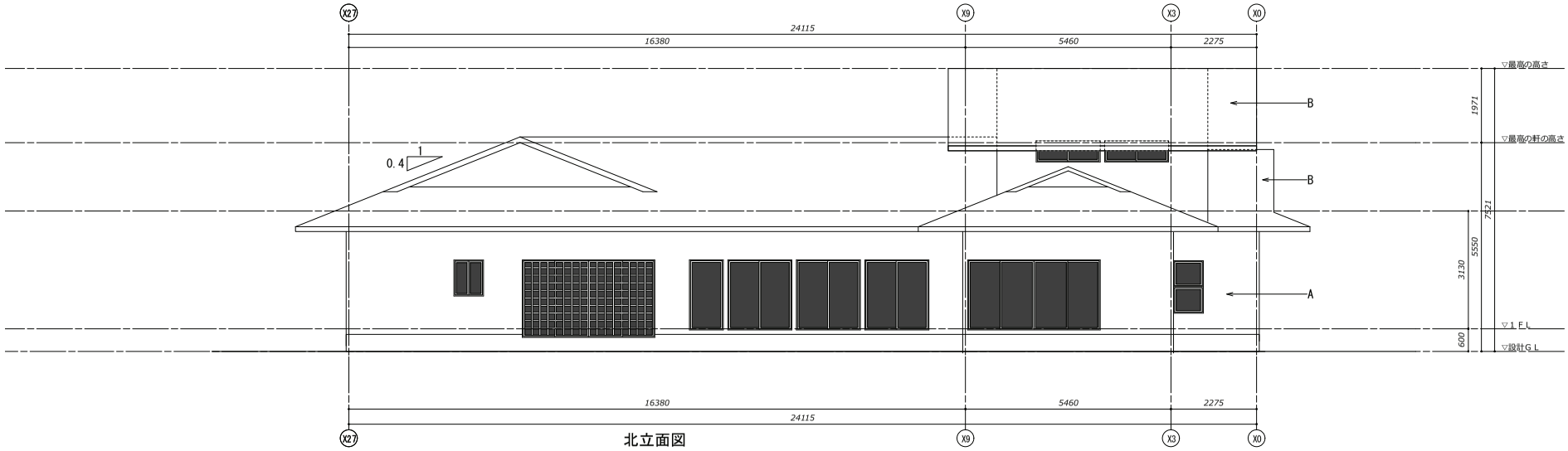
5.　大本静岡分苑建築実証の成果

5. 1　図面など





東立面図



北立面図

記号	部位	仕上げ
A	外壁	ＣＬＴパネル
B	屋根	ガルバリウム鋼板（塗装／亜鉛メッキ鋼板　NM-8697）
C	外壁開口部	アルミサッシ
D	軒裏	合板　t=12

宗教法人大本静岡分苑新築計画

一級建築士事務所　：設計室青

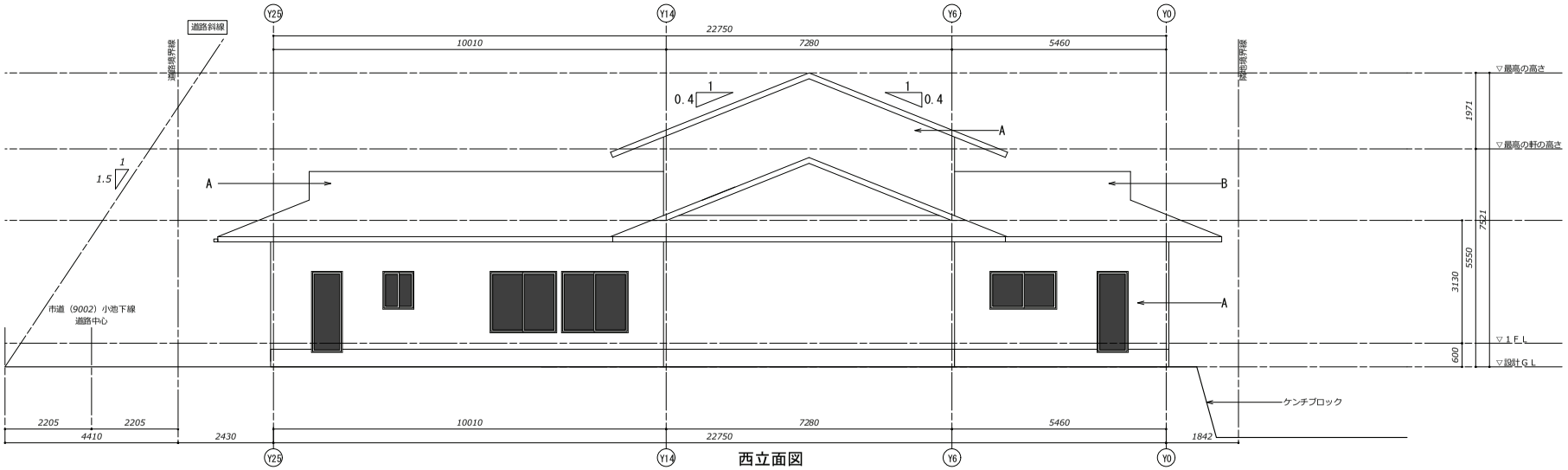
一級建築士事務所登録：東京都知事登録第52549号

一級建築士登録　：第245218号　長谷川　栄子

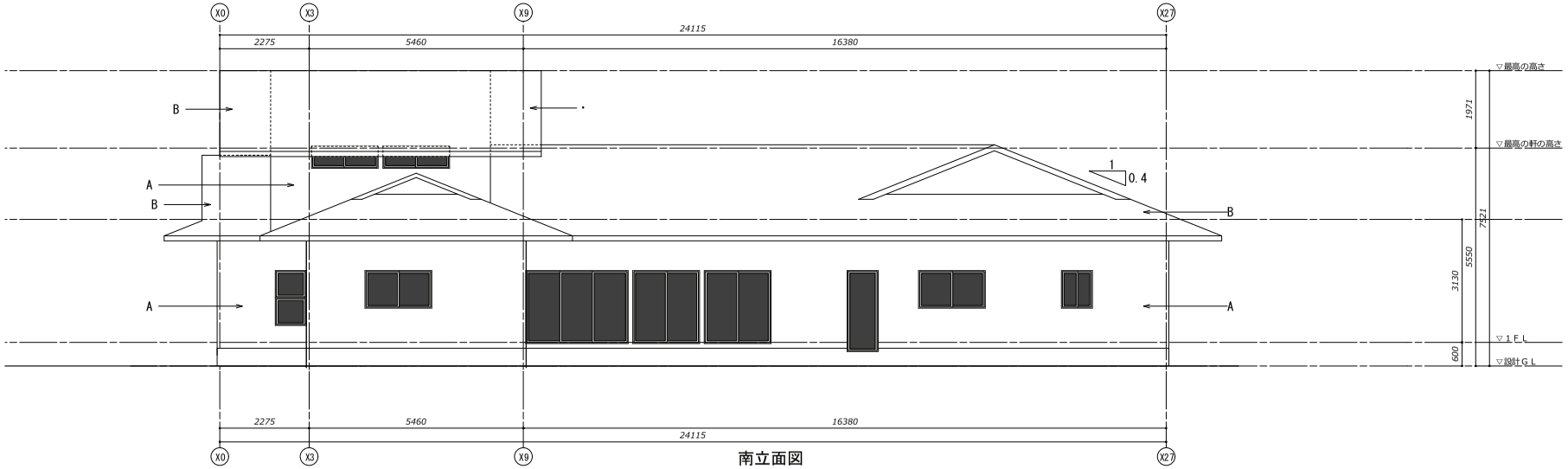
立面図 1

Scale:1/100　Number:AK-09

日付：15.9.29
ファイル名：SOB_AK09_立面図0929



西立面図



南立面図

記号	部位	仕上げ
A	外壁	ＣＬＴパネル
B	屋根	ガルバリウム鋼板（塗装／亜鉛メッキ鋼板　NM-8697）
C	外壁開口部	アルミサッシ
D	軒裏	合板　t=12

宗教法人大本静岡分苑新築計画

一級建築士事務所　：設計室青

一級建築士事務所登録：東京都知事登録第52549号

一級建築士登録　：第245218号　長谷川　栄子

立面図2

Scale:1/100　Number:AK-10

日付 15.9.29
ファイル名：SON_AK10_立面図0929

5. 2　施工状況とコメント

Fig. 荷卸し時

３層３プライの t60 はかなり歪み・反りがある。特に平積み時に荷重のかからない上側で反りが大きい。

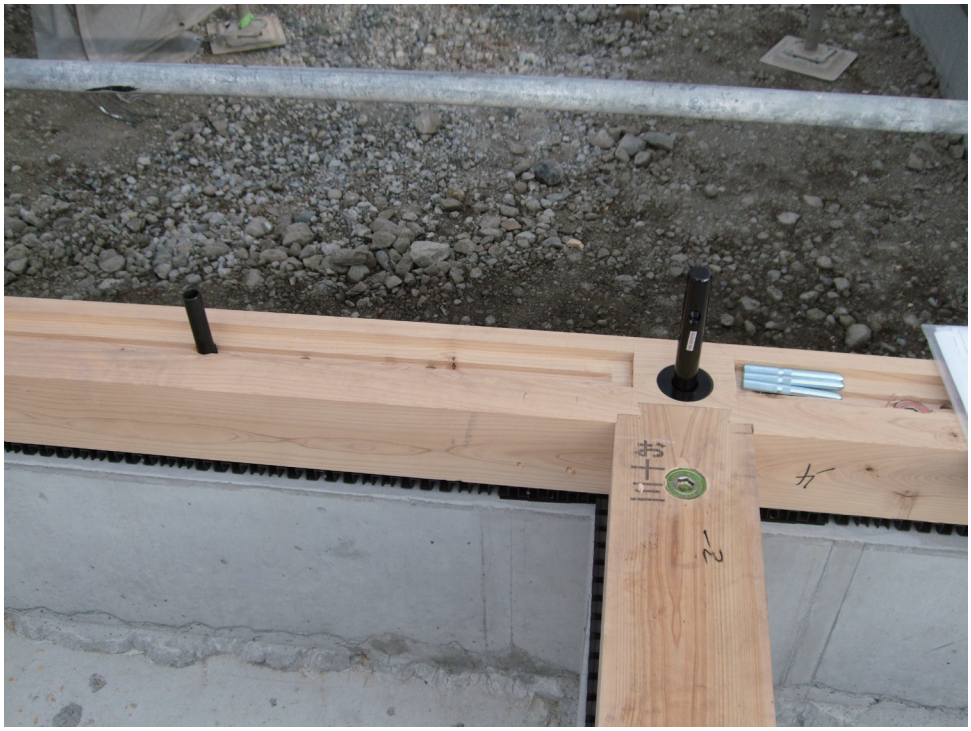


Fig. 端部金物（右）と壁脚中央のピン（左）

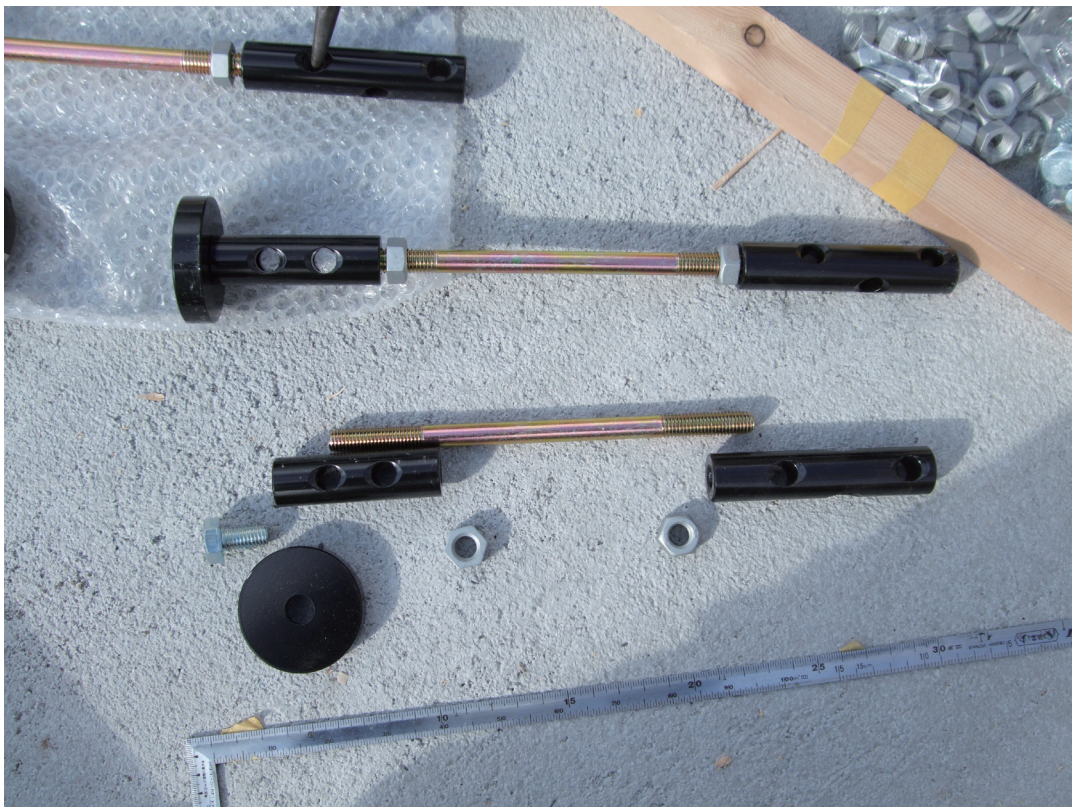
端部金物は基礎直結で土台に先行して取り付ける。壁脚中央のピンは CLT 下側落とし込み時のガイド

Fig. パネルのつり込み

本工法の場合壁パネルの重量は、 1 間仕様のもので 100 ～ 150kg 程度。
通常の梁ものを吊るためのフックで引き上げることができる。

Fig. パネルの建て入れ

建て入れ時には、現場施工者が位置合わせを行う。溝に落ちてくるので、引っかかる場合の対応と底部孔とガイドピンの合わせ程度。



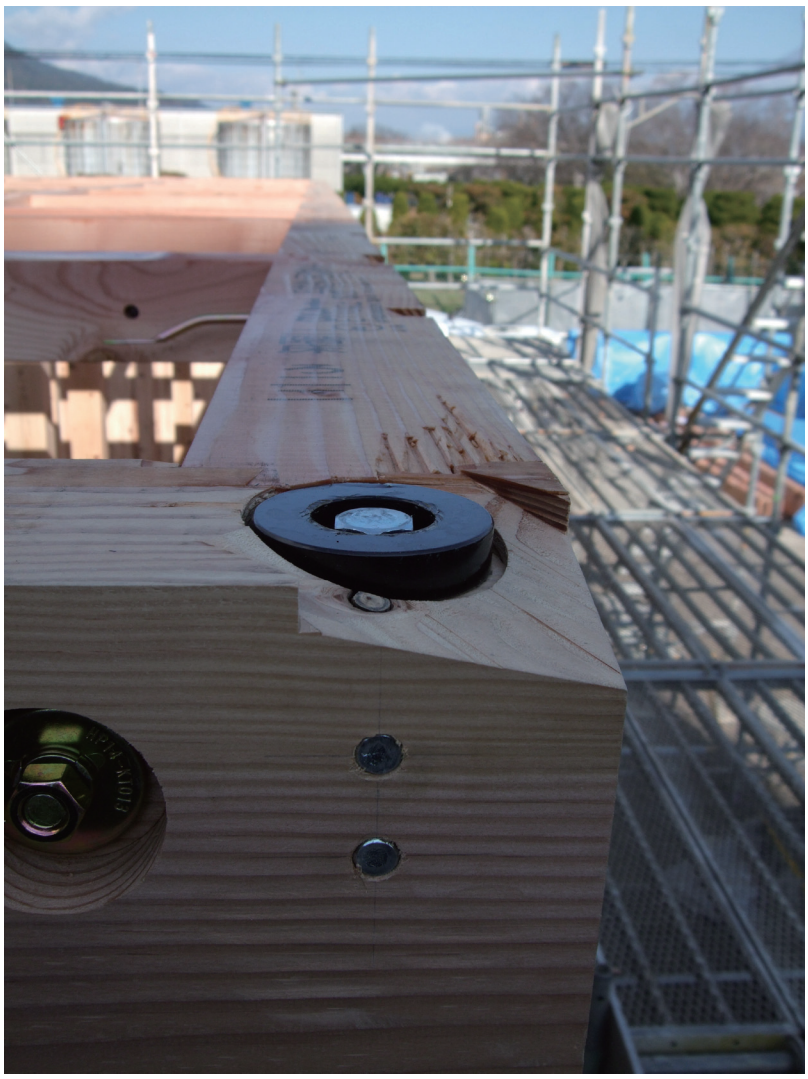


Fig. コーナー周りに用いる金物式の
柱頭接合部（stroog による）

埋込型の座金と延伸部を持つ M14 ボルトの組み合わせにより、高剛性・高靭性の柱頭柱脚接合とした。仕様は試験時よりも延伸部が長く改良している。
施工後はほとんど露出しない

10 / 20

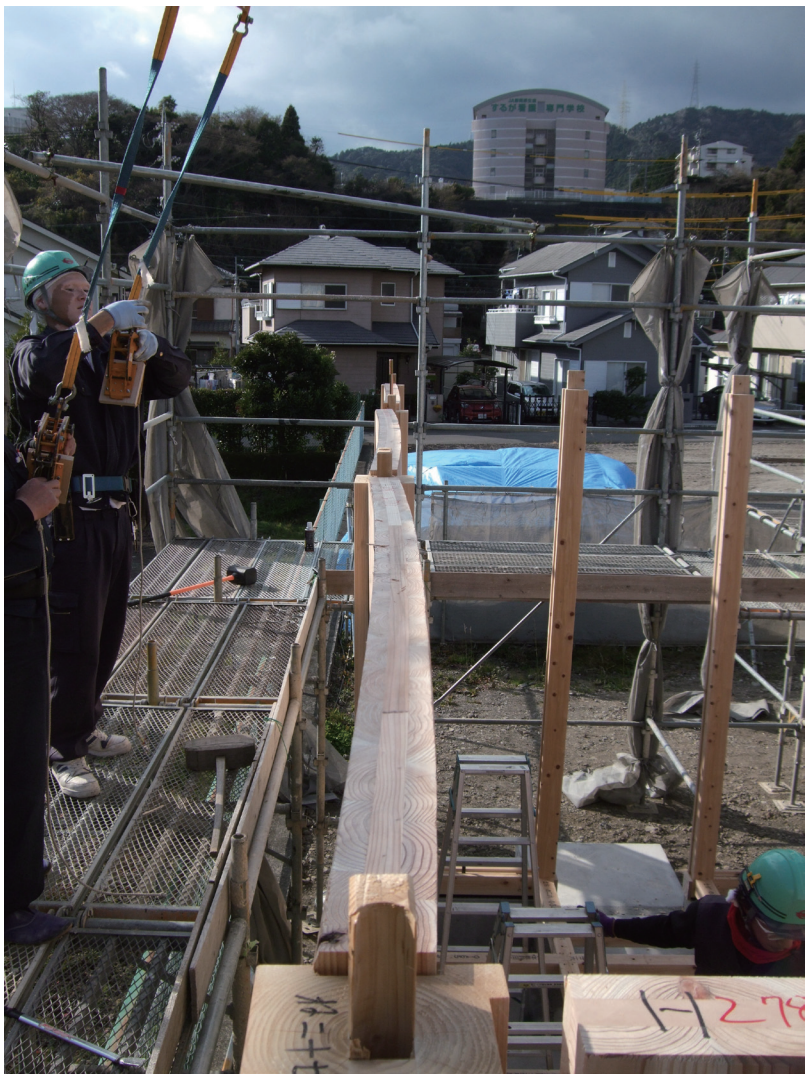


Fig. パネル建て込み後の壁頭

パネルの反りが大きいことがわかる。ただし厚さが薄く、当該反り方向（壁幅方向）には有効厚さ（中層）20mmしかないため、梁を落としながら矯正することは比較的容易。

Fig. 壁の内観

通常の板壁とほぼ変わらない。
板の表面グレードを選んだり入れる位置を選べばクオリティは上げられる

6.　CLT 落とし込み板壁の性能実証の成果

6. 1　概要とポイント

構想段階から企図していたことであるが、CLT 落とし込み板壁の場合、CLT 板壁部分自体は破壊しないため、CLT の圧縮筋交い効果は保ち続けたまま、柱頭柱脚の構造性能で壁全体の性能が決まる。一般に接合金物は先行破壊させないことを条件として、降伏耐力と最大耐力の 2/3（P_y, $2/3P_{max}$）だけでしか性能を評価していないため、このような条件を想定する場合には一般に数値化して公表されていない塑性変形能力が問題になる。従って、接合部試験などの荷重変形関係からある程度想定しながら、実大壁試験を数体行って基本仕様を定める形をとった。

壁基本仕様を考える際にポイントとしたのは以下の点である。

-1.　柱頭脚接合が意匠を邪魔しないものとする。

-2.　接合点数を極力減らす。接合点数を増やせば（例えば落とし込んだCLTと外周枠を多数の斜め打ちスクリューで接合すれば）性能が上がるのは当然だが、施工性・意匠性を犠牲にする。ここでは如何に簡単に必要十分な性能を確保するかをテーマとしてバランスを定めることとした。

-3.　外部露出に耐える雨仕舞とする。具体的には土台に対して壁の底付溝にさらに侵入した水を落とすためのドブ溝を通しておき、長さ300mmに1カ所程度、土台を上下に貫通する孔を底付き溝に設けることで、万が一侵入した水が残り続けるリスクを排除した。

-4.　施工性を考慮してクリアランスを適宜設けた。具体的には、最終仕様で前後方向各1.5mm（計3mm）左右方向各3mm（計6mm）上下方向上のみ3mmとした。クリアランスを補完するものとして上下からのみ若干のスクリュー打ちを行い、また下部には位置決めを兼ねて中央にシアピン（鋼管切放し）を設けた。

-5.　横架材天端間はやや高めの3130mmとした。柱頭脚性能が壁性能に直結するので階高は高いほうが厳しくさらに厳しい条件も考えられるが、ここでは3m材で作られるCLTを納める最大限界の横架材間距離として定めた。

上記に列挙した項目は、基本的に構造性能を低下させるものである。しかしながら単純なチャンピオンデータの取得を主眼としない本プロジェクトにおいては、これらを壁要素試験の与条件として組み込んで試験をすることに意味がある。

本プロジェクトでは、耐力壁試験前の段階で施工者（施工性）、プレカット業者（加工精度、加工能力）、意匠設計者（意匠性）が構造設計者（構造性能、構法の整理）と一緒に協議しながらある程度の条件まで定めたうえで、さらに施工者の立会いのもと構造予備試験を行って多少の修正を加え、最終仕様を定めた。

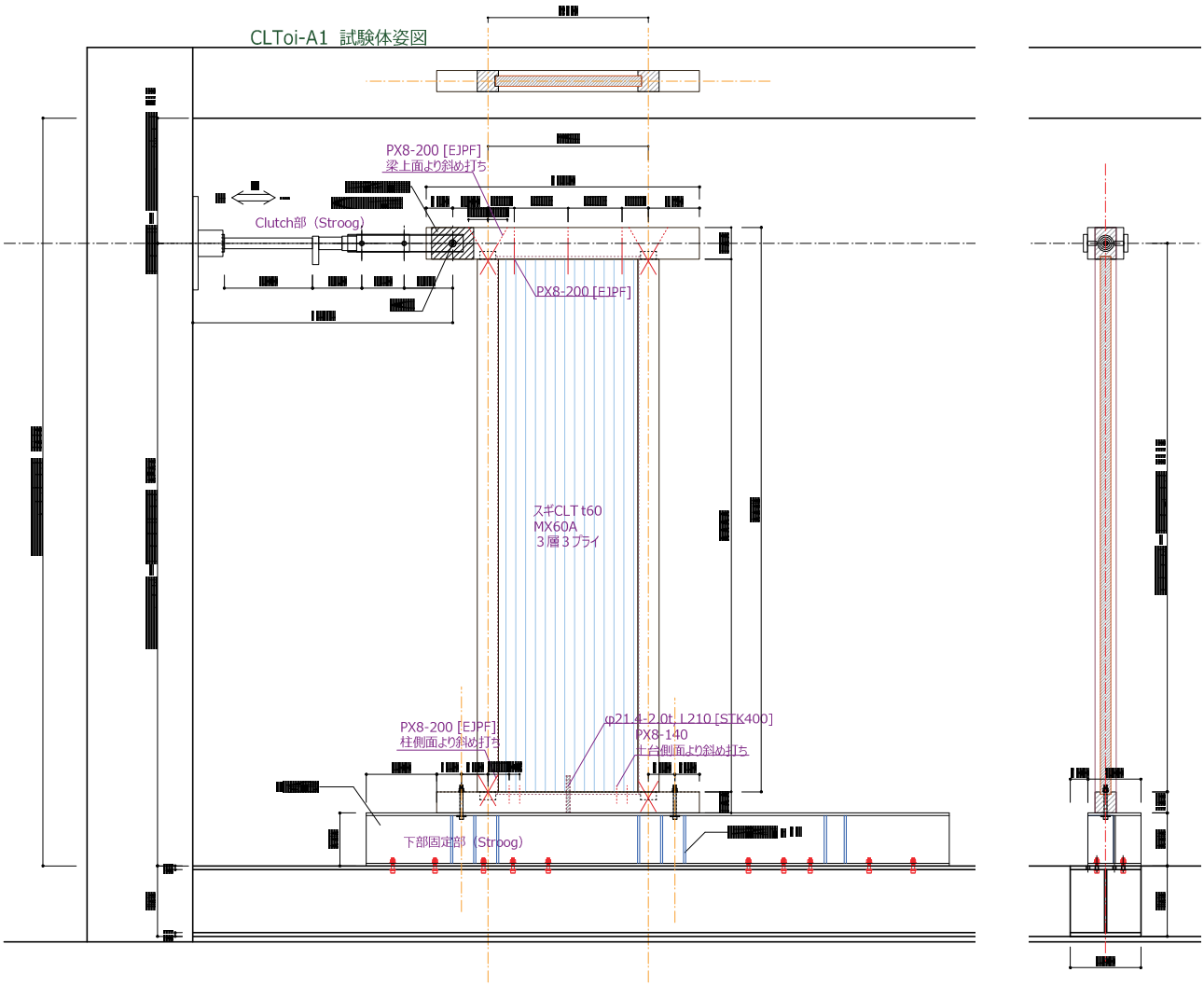
6．2　仕様および結果一覧

実大試験Summary

試験体名称	仕様形式	壁長	接合部				試験体数 予備試験＋本試験	壁倍率	Ds指標を除いた壁倍率（参考）	備考
			柱脚	柱頭	壁脚	壁頭				
CLToi-kms_1P	kms	910mm (1P)	長ホゾ：w102 t36, h120 + 2-φ15, [シラカシ]	長ホゾ：w102 t36, h120 + 2-φ15, [シラカシ]	1-φ21.7-2.0t, L210 [STK400] + 4(2x2)-PX8-140 [EJPF]	3-PX8-200 [EJPF]	1+2	1.3	2.2	**W1（採用仕様）込み栓仕様、一般部全て**
CLToi-HSB-1P	HSB	910mm (1P)	HSB-30 [stroog]	HSP-30型,M14 [SNR400B] [stroog]	1-φ21.7-2.0t, L210 [STK400] + 6(3x2)-PX8-140 [EJPF]	5-PX8-200 [EJPF]	0+3	2.5	3.6	**W2（採用仕様）パイプ型金物仕様、コーナー部、１P** **※１体のみボルト破断による早期破壊で評価低。実仕様ではボルト部分を延長して早期破壊を防止**
CLToi-HSB-2P	HSB	1820mm (2P)	HSB-30 [stroog]	HSP-30型,M14 [SNR400B] [stroog]	1-φ21.7-2.0t, L210 [STK400] + 6(3x2)-PX8-140 [EJPF]	5-PX8-200 [EJPF]	0+2	3.7	5.8	**W2（採用仕様）パイプ型金物仕様、コーナー部、２P**
CLToi-HD-1P	HD	910mm (1P)	短ホゾ, t30 + ホールダウンEX-M [TANAKA]	短ホゾ, t30 + ホールダウンEX-M [TANAKA]	1-φ21.7-2.0t, L210 [STK400] + 4(2x2)-PX8-140 [EJPF]	3-PX8-200 [EJPF]	0+2	3.5	3.6	参考。荷重変位関係のコントロールとしての試験。実際には納まらない
CLToi-HSB1R	HSB	910mm (1P)	HSB-30 [stroog]	HSP-30型,M16 [SNR400A] [stroog]	1-φ21.7-2.0t, L210 [STK400] + 6(3x2)-PX8-140 [EJPF]	5-PX8-200 [EJPF]	1+0	1.9		塑性率低すぎ、破壊が脆性的
CLToi-HSB2R	HSB	1820mm (2P)	HSB-30 [stroog]	HSP-30型,M16 [SNR400A] [stroog]	1-φ21.7-2.0t, L210 [STK400] + 6(3x2)-PX8-140 [EJPF]	5-PX8-200 [EJPF]	1+0	6.9		梁の割裂と柱頭の抜けを拘束してしまう形式の失敗試験。 結果的にCLTの圧縮筋交い効果のみ出る場合の性能を示す。
CLToi-kms1R	kms	910mm (1P)	長ホゾ：w102 t36, h120 + 2-φ15, [シラカシ]	長ホゾ：w102 t36, h120 + 2-φ15, [シラカシ]	1-φ21.7-2.0t, L210 [STK400] + 2-PX8-320 [EJPF] 面内斜めスクリュー	2-PX8-320 [EJPF] 面内斜めスクリュー	1+0	0.8		塑性率低すぎ、破壊が脆性的
CLToi-PX1R	PX	910mm (1P)	短ホゾ, t30 + 2-PX8-200 [EJPF]	短ホゾ, t30 + 2-PX8-200 [EJPF]	1-φ21.7-2.0t, L210 [STK400] + 4(2x2)-PX8-140 [EJPF]	3-PX8-200 [EJPF]	1+0	0.3		塑性率低すぎ、破壊が脆性的

※　パラメータ：柱頭柱脚仕様、クリアランス、上下せん断キーのみ、クリアランスは予備試験結果から判断
※　軸部材：スギE70（もしくはE70相当程度であることを打撃試験にて確認）
※　CLT：MX60A-3-3, t60
※　横架材天端間距離はH=3130mmでFIXとする。

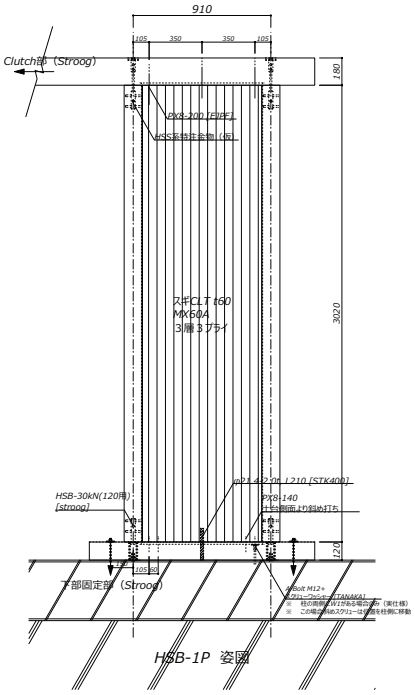
6. 3　試験方法

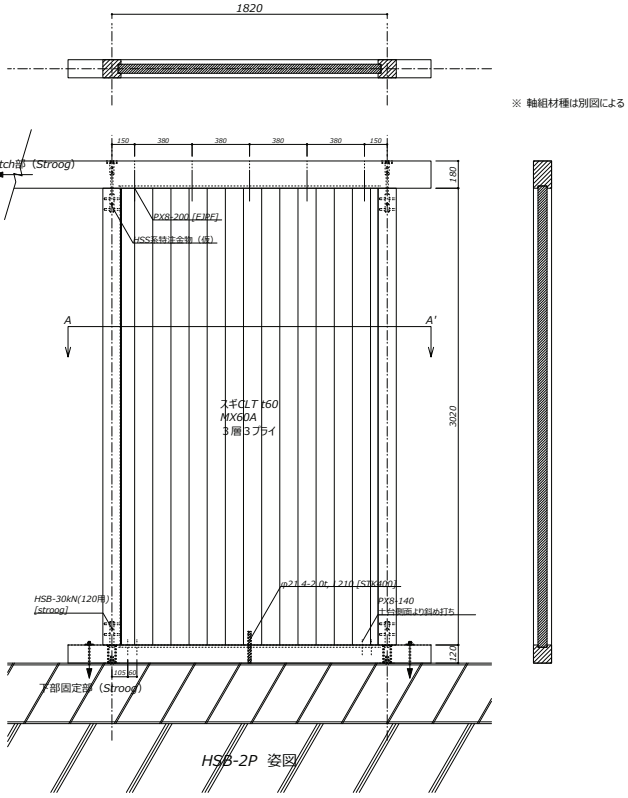


壁試験は上図の形式で無載荷の柱脚固定式で行った。
正負交番 3 回繰り返し試験を変位制御にて行った。履歴は 1/450,1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75 とした。1/50 は行わず破壊させた

通常は柱脚固定式であれば当然無載荷であるが、本試験は固定している柱頭脚を壊すので、「軸組工法住宅の許容応力度設計（2008）」などに規定される方法とは考え方が異なり、載荷荷重によって引き抜けの抑え込みが起こることで見かけの耐力を増加させる。無載荷は最も厳しい条件での試験となる。

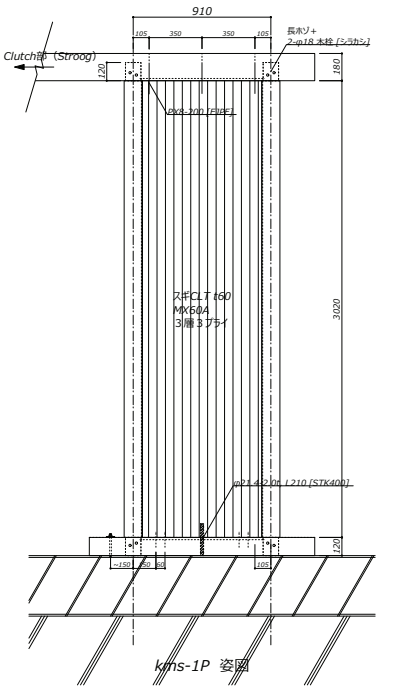
6. 4　試験体図

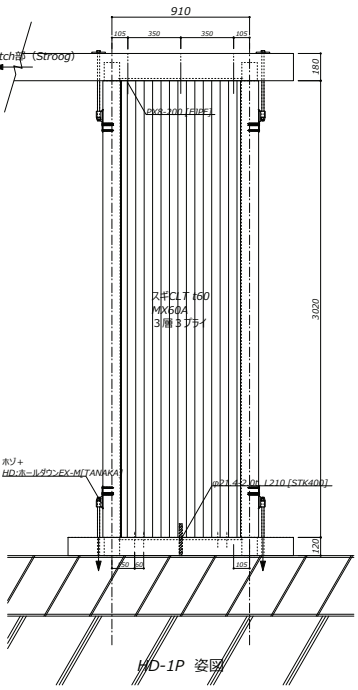




1/7	16/3/7 CLToi_ShearWall_160307testsum.vwx

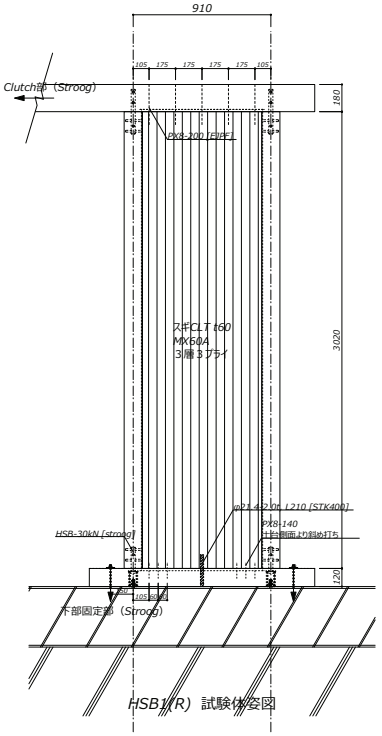
静岡分苑　耐力壁標準図　*drawing:Hf*



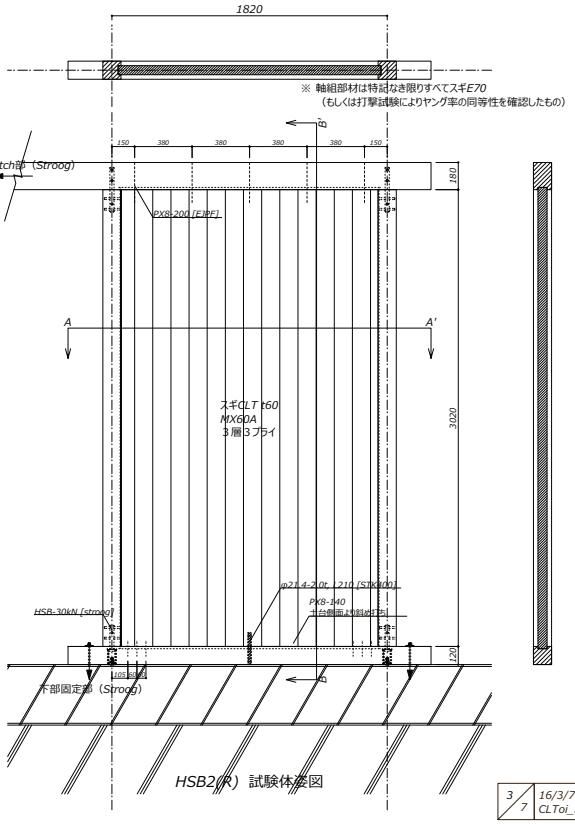


2/7	16/3/7 CLToi_ShearWall_160307testsum.vwx

静岡分苑　耐力壁標準図　*drawing:Hf*



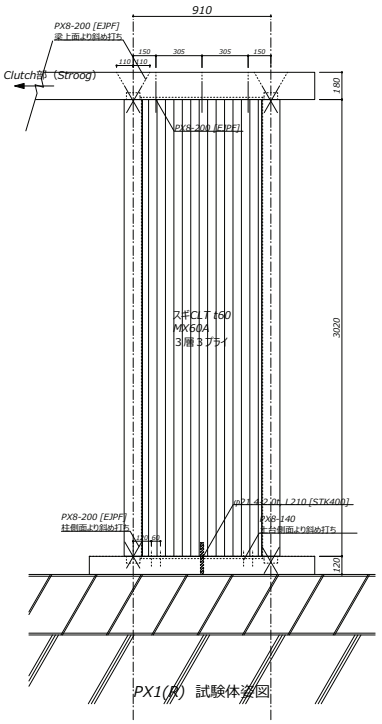
HSB1(R) 試験体姿図



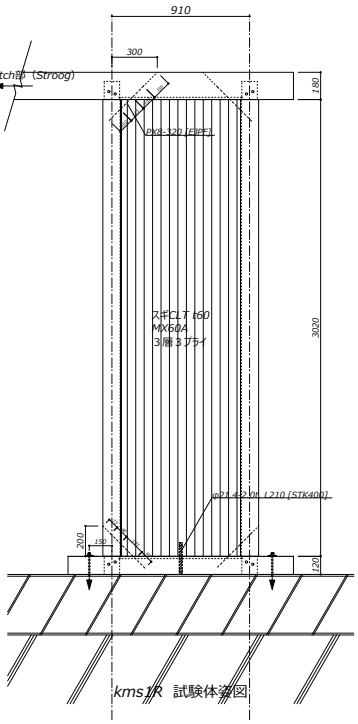
HSB2(R) 試験体姿図

3/7	16/3/7 CLToi_ShearWall_160307testsum.vwx

静岡分苑 耐力壁標準図 drawing:Hf



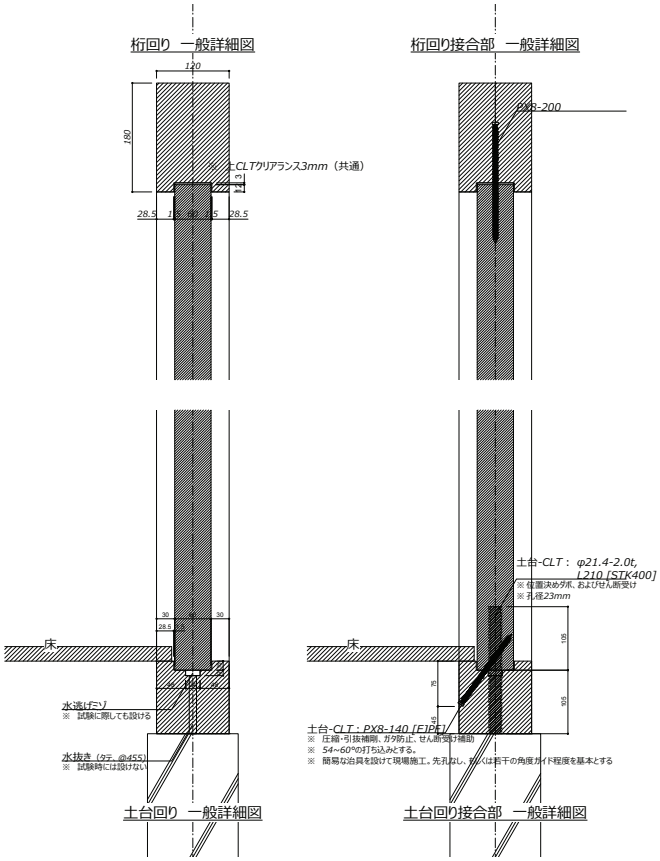
PX1(R) 試験体姿図



kms1R 試験体姿図

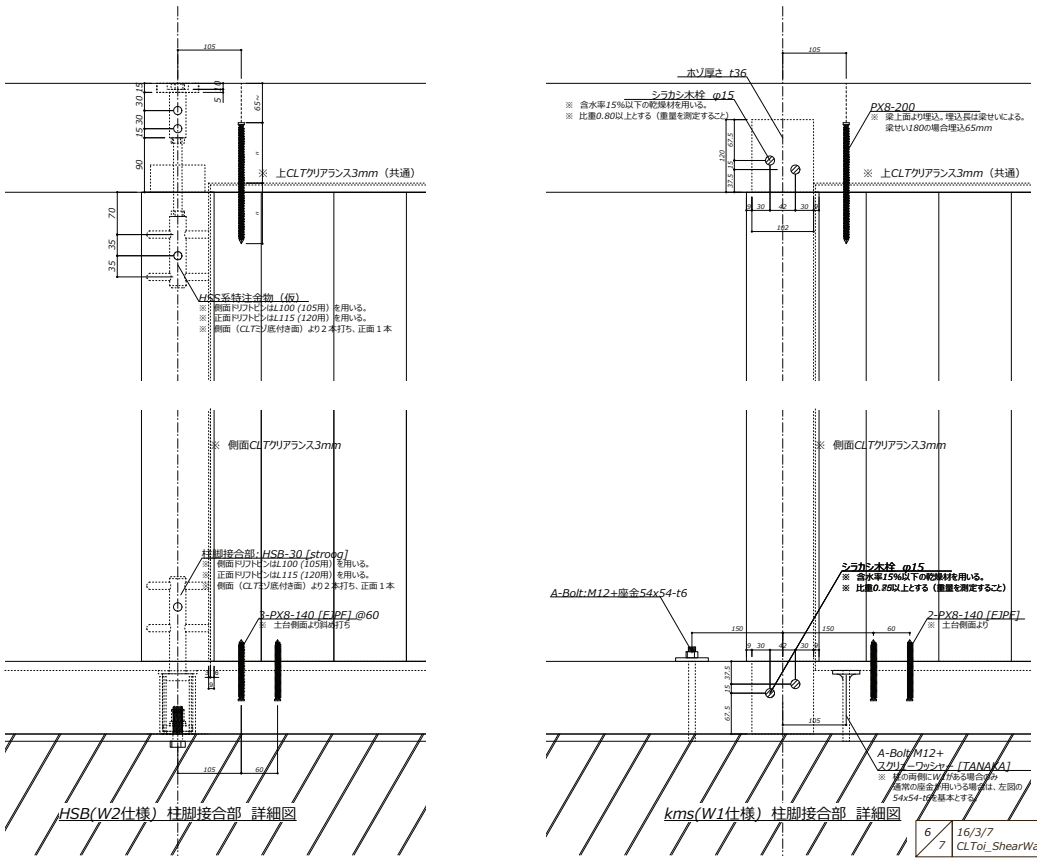
4/7	16/3/7 CLToi_ShearWall_160307testsum.vwx

静岡分苑 耐力壁標準図 drawing:Hf



5/7 16/3/7 CLToi_ShearWall_160307testsum.vwx

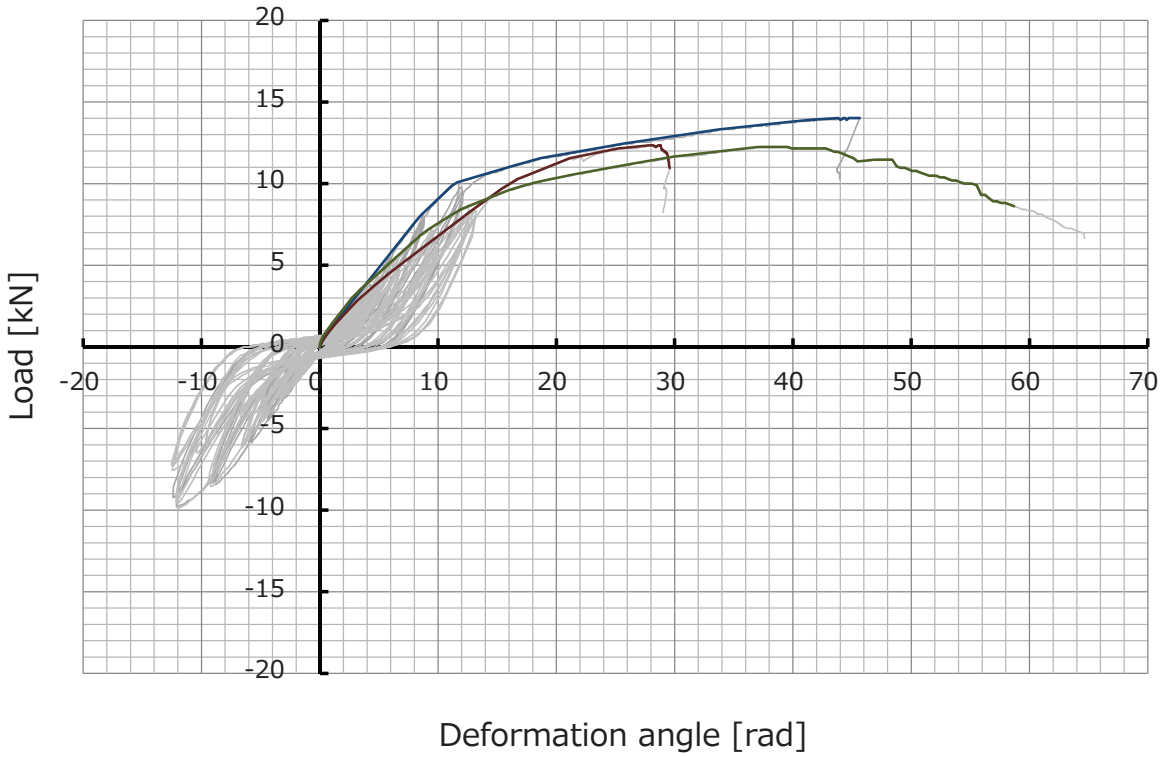
静岡分苑 耐力壁標準図 drawing:Hf



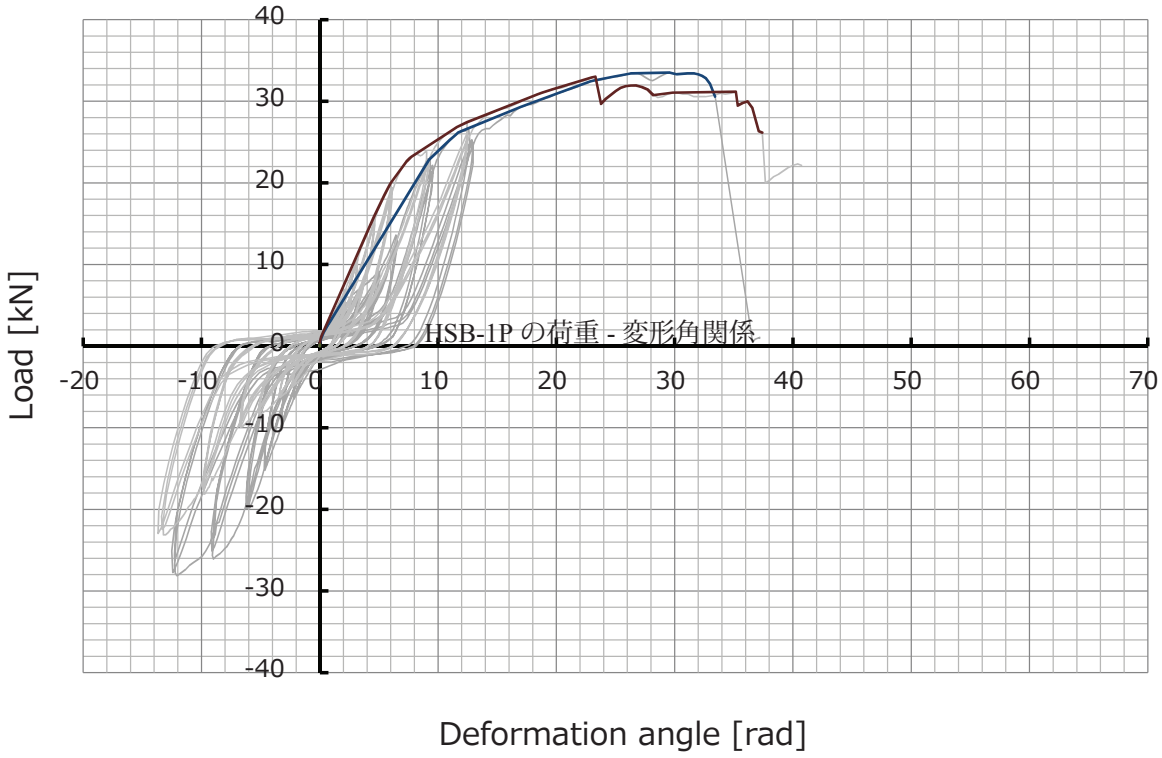
6/7 16/3/7 CLToi_ShearWall_160307testsum.vwx

静岡分苑 耐力壁標準図 drawing:Hf

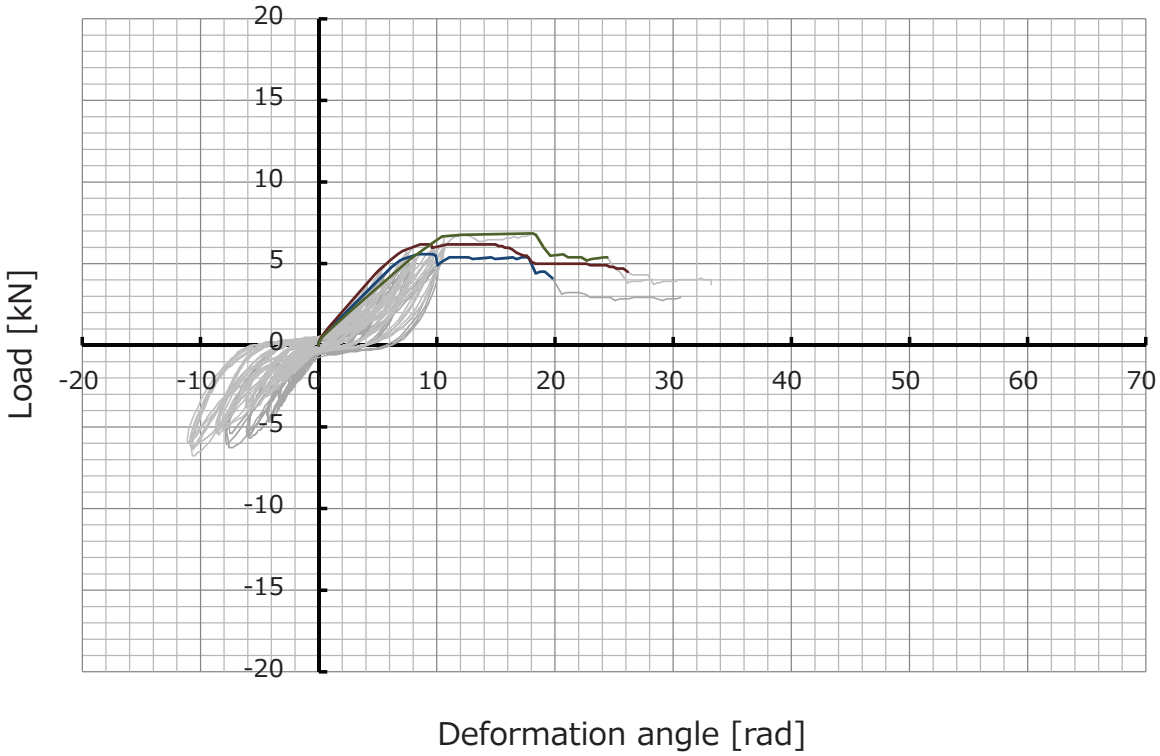
6. 5　試験結果



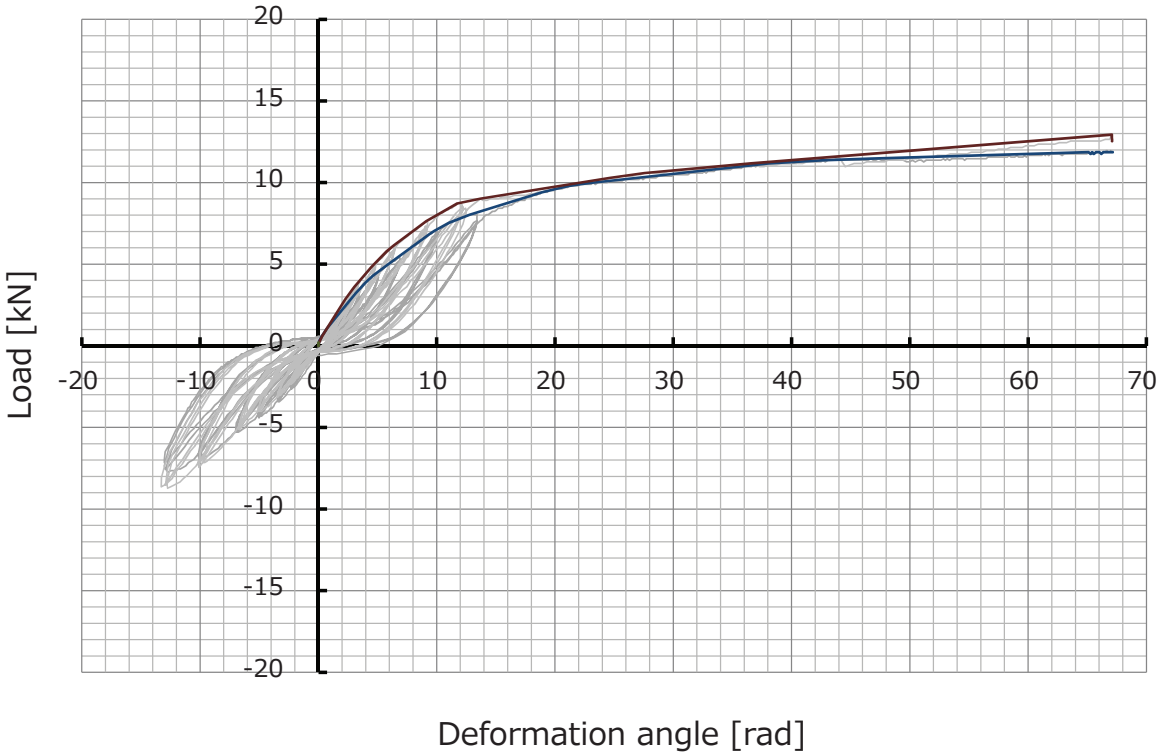
HSB-1P の荷重 - 変形角関係



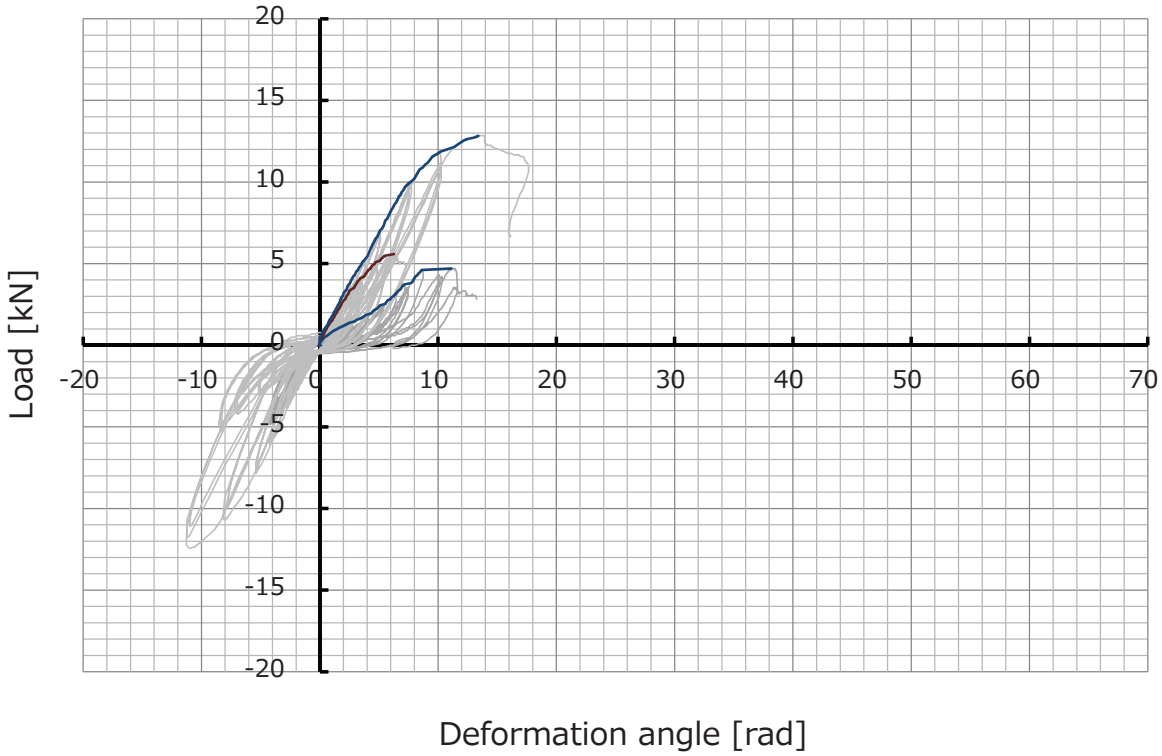
HSB-2P の荷重 - 変形角関係



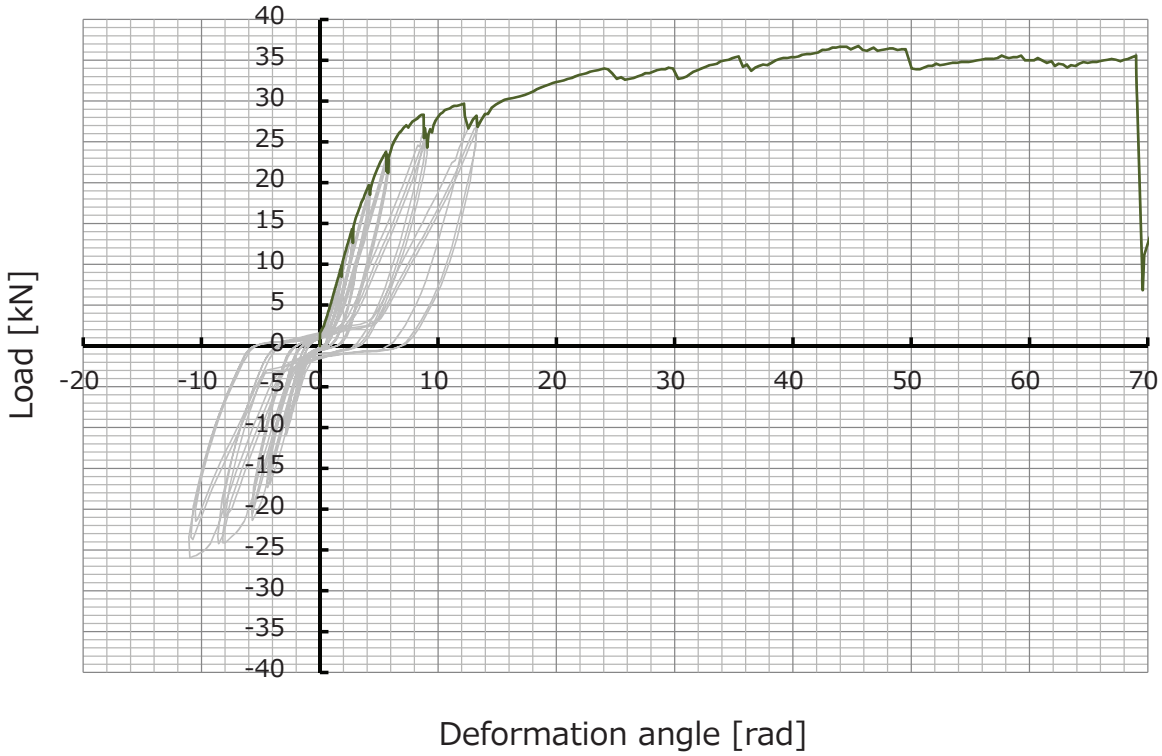
kms-1P の荷重 - 変形角関係



HD-1P の荷重 - 変形角関係



予備試験のみとした仕様（最大荷重までの割線剛性上から順に HSB1R, PX1R, kms1R）
の荷重 - 変形角関係



予備試験のみとした仕様（HSB2R、柱頭脚破壊させない）の荷重 - 変形角関係

4. 工事費等内訳

事業名		落とし込みCLT板壁の性能実証および大本静岡分苑新築工事での建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）		宗教法人大本静岡分苑
共通仮設費		1,747,332
建築工事	直接仮設工事	629,532
	土工事	683,856
	コンクリート工事	2,673,748
	型枠工事	1,396,764
	鉄筋工事	1,073,578
	鉄骨工事	
	組積工事	
	防水工事	
	タイル工事	
	木工事	16,750,124
	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	119,448
電気設備工事		
機械設備工事		
その他（諸経費）		2,484,000
小計①		27,558,382
別途工事費	外構工事	
	解体撤去工事	
	ボーリング	
	設計	2,300,000
	大臣認定	
	確認申請	
小計②		2,300,000
合計（①＋②）		29,858,382

注：平成27年度事業に計上した費用のみを記載

2.3 三井ホームコンポーネント（株）

1．建築物の仕様一覧

事業名			埼玉工場事務所棟の建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			三井ホームコンポーネント株式会社
建築物の概要	用途		工場の事務所
	建設地		埼玉県加須市新利根1-6-1、2、3
	構造・工法		木造　枠組壁工法
	階数		2
	高さ（m）		7.71
	軒高（m）		5.76
	敷地面積（m^2）		45428.97
	建築面積（m^2）		148.16
	延べ面積（m^2）		251.88
	階別面積（m^2）	1階	119.55
		2階	132.33
CLTの仕様	CLT採用部位		床仕上、外壁仕上の一部、2階天井
	CLT使用量（m^3）		34.0856 （加工前製品量） 33.3934 （加工後建築物使用量）
	壁パネル	寸法	幅1817mm、長さ5289mm、厚90mm　他
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A
		樹種	スギ
	床パネル	寸法	幅1809mm、長さ5367mm、厚90mm
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	幅1776mm、長さ4129mm、厚90mm　他
		ラミナ構成	3層3プライ
		強度区分	Mx60A
		樹種	スギ
仕上	主な外部仕上	屋根	ガルバリウム鋼板 竪平嵌合工法厚0.4（不燃NM-8967）
		外壁	CLT部分：CLTパネル厚90 表面あらわし／縦胴縁厚18／通気胴縁（ｲｰﾌﾞｽﾍﾟﾝﾂ）厚18／防水紙（ﾀｲﾍﾞｯｸ） CLT以外：スーパーファインクリート厚20 ジョリパットJQ-620　キララアンティークストーン仕上／防水紙（VFﾌｪﾙﾄ）／構造用合板厚9
		開口部	アルミサッシ
	主な内部仕上	界壁	せっこうボード厚12.5 クロス仕上／ロックウール厚55
		間仕切壁	—
		床	1階：CLT厚90 表面あらわし 2階：CLT厚90 表面あらわし／制振パッド厚15／構造用合板厚15
		天井	1階：PB 厚9.5×2 クロス仕上／制振バー厚21／ロックウール厚55 2階：CLT厚90 トラスに挟み込み 表面あらわし
構造	構造計算ルート		4号建築物
	接合方法		rothoblass HBS 180mm
	最大スパン		2730mm
	問題点・課題とその解決策		現状、枠組壁工法において、同工法技術基準告示で指定された材料以外の、指定のない構造部材としてCLTを使用するには、限界耐力計算や時刻歴応答解析等の高級な構造計算が要求される。そこで本建築では、現段階で枠組壁工法の技術基準告示等の制約に囚われずにCLTを広範に使用する可能性を目的とし、新規需要開拓を目指したものである。 床・外壁・天井の各部位に厚90mm共通のCLTパネル（スギMx60A-3-3)を使用し、現行法の下、構造計算不要な建築基準法第20条四号イ建築物（所謂、「四号建築物」）の内外装材として確認許可を得た。
防耐火	防耐火上の地域区分		法22条地域
	耐火建築物等の要件		無
	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		従来の床仕様に比べ重量衝撃（タイヤ）は劣る結果、それ以外はほぼ同等と考える。重量衝撃（タイヤ）の結果の原因は当初の考え方（重量則対策）から急遽（2重床型）に方針を転換したため、サウンドブリッジはなかったものの、二重バネ構造の減少が起き、構造床の固有振動数付近で最大振動加速度レベルがでるようになり、それに引きずられて63Hzレンジで急激に衝撃音レベルが増加してしまったと考えている。そこで、直後に社内測定で両端の2階居室にて1階天井を吊天井仕様に変更していたが、ここでの測定の結果（床衝撃音測定B、C）から5～10dbの低減が可能であることが実証できた。以上から、CLT床パネルを非構造で用いる場合、重たい床仕上げとして扱い重量則を使用する方が支障がないと考えられる。また、吊り天井を併用することが望ましいことを実証した。
	建て方にける課題と解決策		今回の内外装用CLT施工での改善点を幾つか拾うと、以下の様である。 1）CLTパネル吊り込み穴の補修方法が必ず必要、集成材のボルト等穴補修と同じでも良いが、むしろ表面側の穴あけを避ける考え方でもよくないか（小口面で吊り込む方法） 2）CLTパネル吊り具は、パネル表面に穴加工を施し、裏面にナット付座金をビス留めとし吊ボルトを貫通してネジ留めしている。しかし、必ず裏面から外す必要があり、今回の様な1階床等作業的に事前に外すなど危険な場合がある。必ず上面からリリースできる吊り具の開発が必要。 3）外装CLTパネルの場合、小口吊りとなったため、小口にLSB打込みしメガネボルトネジ留め吊り具で施工とした。施工に問題はないが、施工後の処理が困難でLSBは抜き取らず、パテ処理の上、表面カバーを取り付けた。パネル施工用仮設資材の取扱方法を決めておく必要がある。
	劣化対策		外壁CLTはスギ無垢材の現し仕上としている。今回施主側要求は10年間の塗替えなしメンテフリーにしたいとのことであった。そのため、外壁CLTには、まず一次処理として防腐耐久塗装をシッケンズのセトールHLSe 3回塗りとし、さらに今回その上に紫外線劣化や遜色性防止、耐候性の大幅向上を期して新たな塗装技術（液体ガラス塗料）テリオスウッド（ニッコー製）で塗膜処理することにした。
工程	設計期間		平成27年7月～11月末
	施工期間		平成27年12月1日～平成28年2月29日
		CLT等躯体施工期間	平成27年12月21日～平成28年1月7日
	竣工（予定）年月		平成28年2月29日
体制	発注者		三井ホームコンポーネント株式会社
	設計者		株式会社三井ホームデザイン研究所
	構造設計者		—
	施工者		三井ホームコンポーネント株式会社
	CLT等新たな製品・技術供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ等供給者		株式会社くまもと製材

2. 実証事業の概要

平成 27 年度ＣＬＴ等新たな製品・技術活用建築物実証事業

■事業名　<u>埼玉工場事務所棟の建築実証</u>

■建物物概要

建設地　　埼玉県加須市新利根１－６－１，２，３

用途地域　都市計画区域内　市街化区域

防火地域　法 22 条地域，加須・大利根団地地区計画

主要用途　工場（事務所）

構　造　　木造（枠組壁工法）

規　模　　地上２階

建物高さ　7.710m

軒　高　　5.760m

建築面積　148.16 ㎡

延べ面積　251.88 ㎡

（1 階　119.55 ㎡　，2 階　132.33 ㎡）

工事期間　H27 年 12 月 1 日～H28 年 2 月 29 日

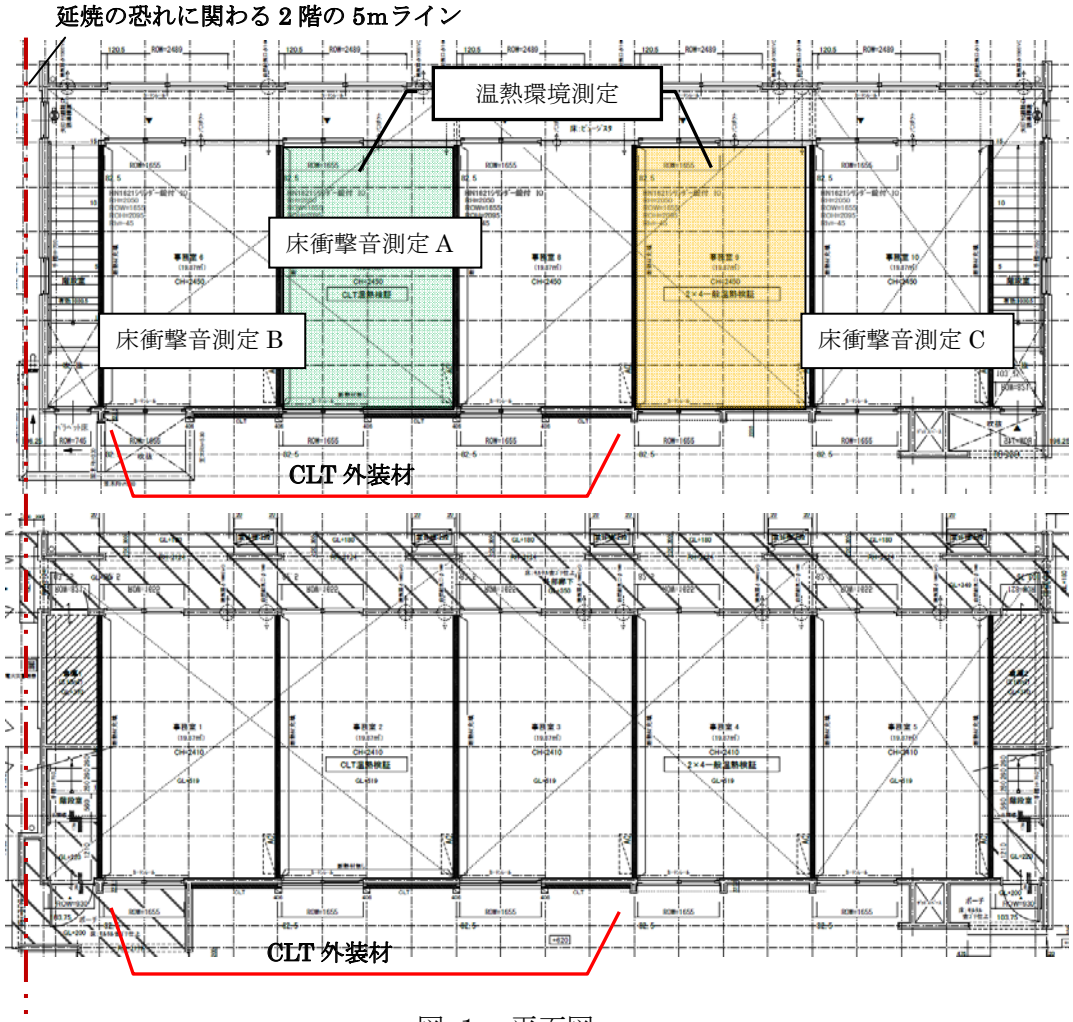


図-1　平面図

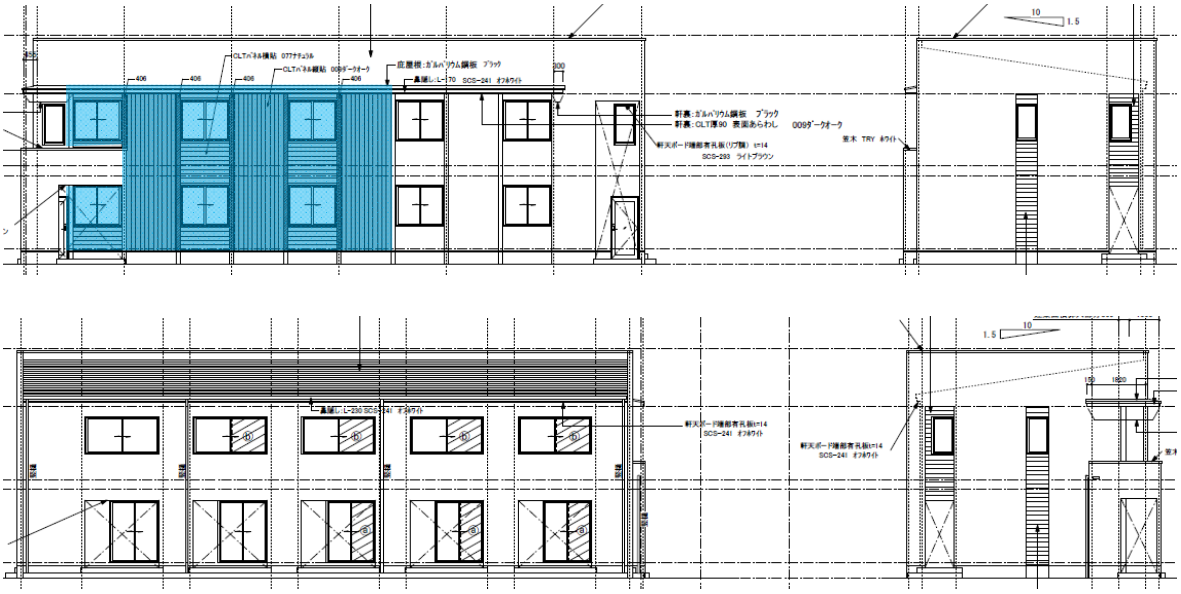
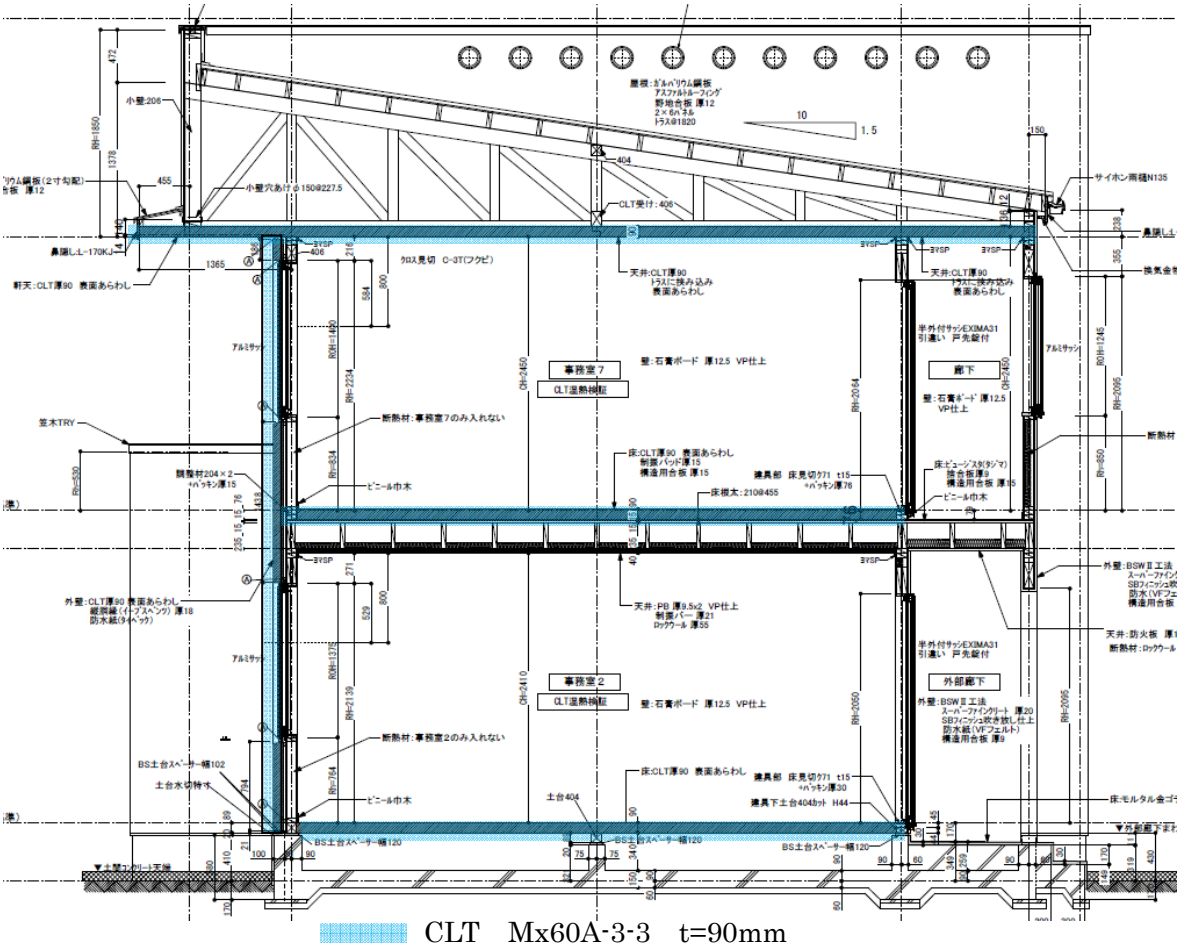


図-2　立面図



CLT　Mx60A-3-3　t=90mm

図-3　矩形図

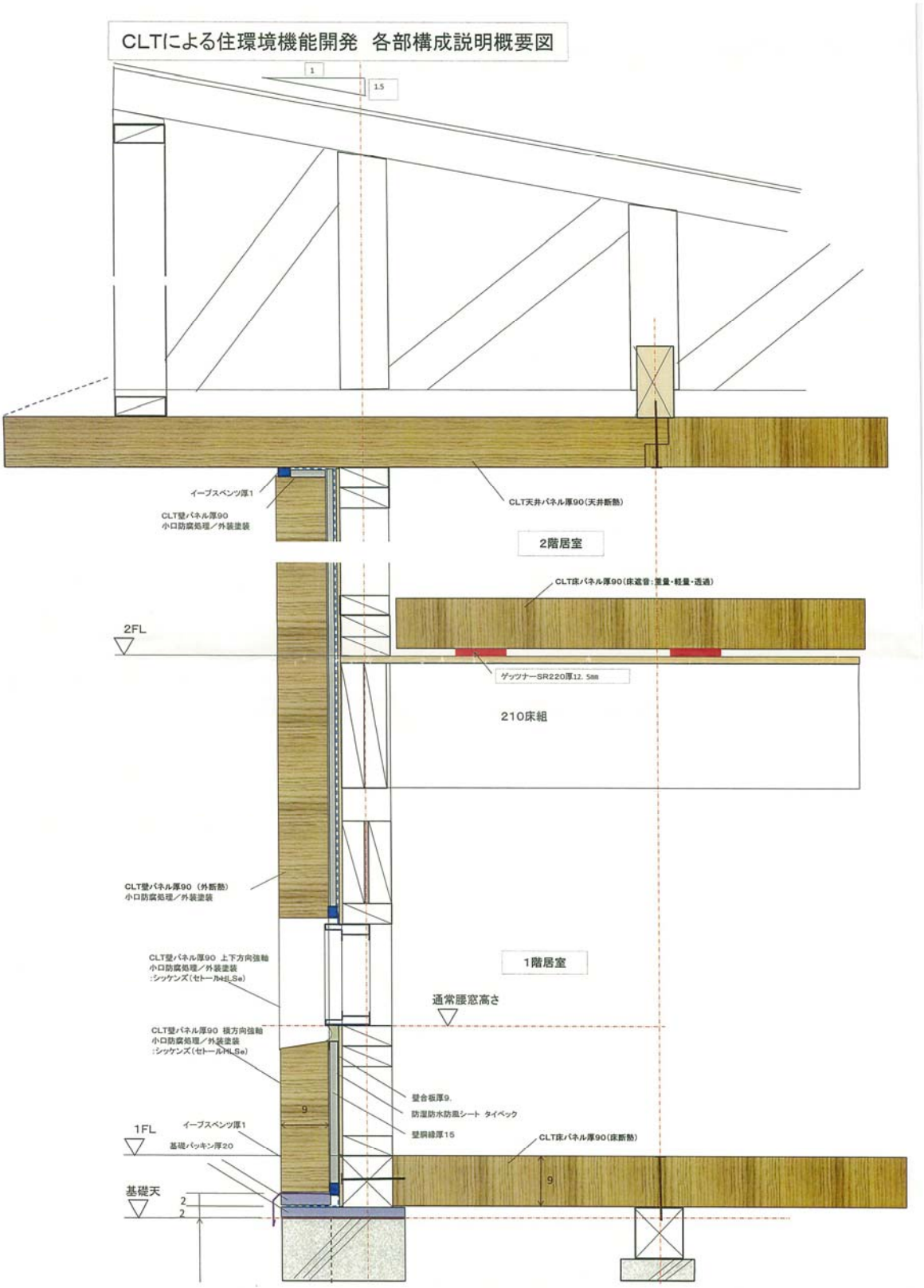
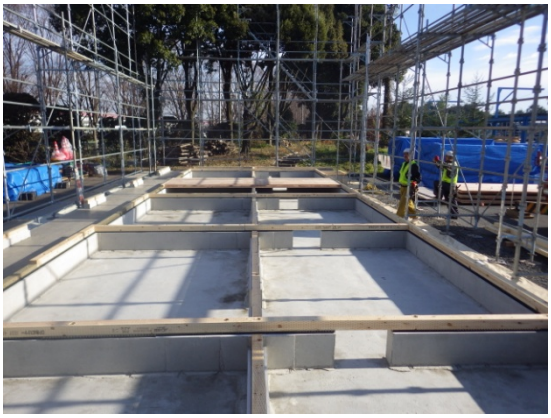
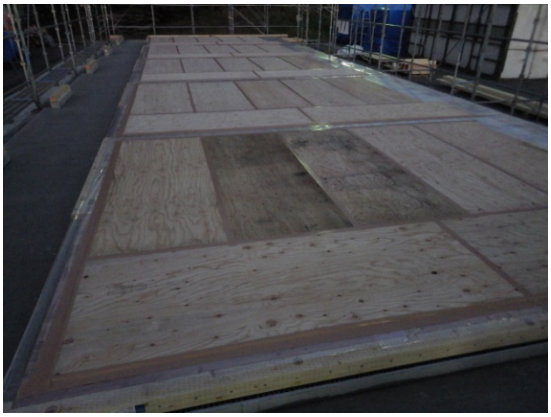

CLTによる住環境機能開発　各部構成説明概要図
1
1.5
イーブスベンツ厚1
CLT壁パネル厚90
小口防腐処理／外装塗装
CLT天井パネル厚90（天井断熱）
2階居室
CLT床パネル厚90（床遮音：重量・軽量・透過）
2FL
ゲッツナーSR220厚12.5m
210床組
CLT壁パネル厚90（外断熱）
小口防腐処理／外装塗装
CLT壁パネル厚90 上下方向強軸
小口防腐処理／外装塗装
:シッケンズ（セトールHLSe）
1階居室
通常腰窓高さ
CLT壁パネル厚90 横方向強軸
小口防腐処理／外装塗装
:シッケンズ（セトールHLSe）
壁合板厚9.
防湿防水防風シート タイベック
壁胴縁厚15
9
1FL
イーブスベンツ厚1
基礎パッキン厚20
CLT床パネル厚90（床断熱）
9
基礎天
2
2

図 - 4　各部構成の説明図

建設手順





2016/01/08 11:20

2016/01/08 12:09

2016/01/08 12:19

2016/01/08 11:11

2016/01/28 14:44

■実施体制

総括	三井ホームコンポーネント㈱	松尾・山本
意匠設計	㈱三井ホームデザイン研究所	大芝
施工	三井ホームコンポーネント㈱	西谷
CLT 供給	銘建工業㈱	
温熱環境測定	関東学院大学　建築・環境学科	山口　温研究室
床衝撃音測定	（一財）建材試験センター	

■実証内容

・現状，枠組壁工法において，同工法技術基準告示で指定された材料以外の，指定のない構造部材として CLT を使用するには，限界耐力計算や時刻歴応答解析等の高級な構造計算が要求される。そこで本建築では，現段階で枠組壁工法の技術基準告示等の制約に囚われずに CLT を広範に使用する可能性を目的とした以下のような実証建物である。

（全体概要）

１）床・外壁・天井の各部分に厚 90mm 共通の CLT パネル（スギ Mx60A-3-3）を使用し，現行法の下，構造計算不要な建築基準法第 20 条四号イ建築物（所謂，「四号建築物」）の内外装材として確認許可を得て使用する事を実証する。

２）１階床 CLT に関して，床パネルとしての施工性と，断熱と現し仕上材を兼ね備えた素材としての効果を検証する。2 階床 CLT に関しては，構造床組上に二重床的に設置した床衝撃音性能を実証し，施工性並びに現し仕上材としての効果を検証する。

３）天井に関して，天井パネルとしての施工性と，断熱兼用の現し仕上材としての CLT 効果を検証する。

４）外壁に関して，構造壁の外側に外断熱兼用の現し仕上材として活用し，従来工法との温熱環境性能比較により実証する，また現し仕上げ効果も検証する。

■実証方法

１）確認許可

当該建築物は，既存工場内施設（協力業者用事務所）として建設した。法 22 条指定区域内で延焼の恐れの有る部分に抵触しない範囲で，現状で CLT 外装壁は設置可能である。前述抵触範囲外に性能実証のための南面外壁 60%を CLT とし，残りを従来のモルタル仕様として確認申請した。（図-1，2 参照）

２）床 CLT の設計・施工

1 階床 CLT は厚板と見做し，二重床仕様と同様の設計とした。土間上に鋼製束支持では自身の重量で施工性が悪いため，たわみ対策として外周基礎間に内部支持基礎を設けてスパン調整し，掛け渡しパネルとした（写真-1）。外周基礎間の基礎パッキング上に 1.74mx5.37m パネルを設置，隣接土台側面からスクリューネイルで留付した（写真-2）。

写真-1

写真-2

2 階床は，210 床根太@455 ㎜と厚 15 ㎜構造用合板で組立てた構造床パネル上に，当初無垢材床仕上げ様の「重量のある置床」として設計し，衝撃対策として防振ゴムを挿入する考えで臨んだ。しかし，サウンドブリッジの懸念が指摘されたため，その後「二重床」遮音の考え方で設計変更し，衝撃音対策効果を期待した。即ち，構造床と CLT 間に厚 12.5 ㎜ x100㎜ 角のウレタン防振ゴムパッド（sylomer-SR220：日本ゲッツナー製）を解析値から製品決定し約 1.24 ㎡毎にグリッド上に配置（写真-3），また内外壁からの接触影響を避けるべく各 12 ㎜程度の隙間を設けて設置した（写真-4）。設計性能意図を変更したものの，無垢材木床仕上げ様の高級感を保ちながら，歩行振動と床衝撃音の低減を同時に期待する事にした。結果については後述する。

写真-3

写真-4

2 階床パネル（1.74mx5.37m）施工に関し課題は，後述するように施工中の吊り具であり，施工後は吊り具の穴補修が必須である点である。今回施工に当たり構造床との間の隙間寸法が 12 ㎜程と小さく，一旦吊り具をパネルから取り外し再施工が必要となった。また施工後の吊り穴も後日穴補修材を準備し後処理した。吊り具は根本的な改善が必要であろう。（写真-5）

なお，1 階 2 階とも床 CLT 表面は当然スギ無垢材現しであるが，建物用途として室内を土足歩行とするため，ササクレや汚れ発生，耐朽性劣化等への対策＝従来からの現し構法の維持管理上の課題がある。そこでこれら課題の防止と木目を継続的に活かしたいため，古建築の保存や外構木造工作物で実績のある液体ガラス（コロイドガラス）の類で浸透型無機複合系塗料の一種（テリオスウッド：ニッコー製）を内装床と外装壁 CLT のトップコートとして用いることとした（写真-6）。これによりメンテナンスフリーの期間を 3 年から 10 年に延長できれば，維持管理コストの節約にもなるため，継続検証することとした。

写真-7

写真-5

写真-6

３）天井 CLT（軒天 CLT）の設計・施工

天井 CLT は，壁上に 1820 ㎜ピッチで設置したトラス梁と 206 屋根パネルの間に，長さを二分割した 1.74mx7.96m の天井パネルを吊り込み施工とした。総長 6m超えるためトラス間に小屋梁を設けるが，垂れ壁を見せたくないため逆梁として室内からスクリュー留めとした。（写真－8,9）

天井 CLT は断熱兼用天井仕上として使用している。意匠性を考慮し南面に本体より 1138 ㎜パネル伸張し軒兼用とした。このため室内から軒裏まで CLT を現しで見えるようにした。また雨水が外壁 CLT に当たらず耐久性を高める効果も期待している。軒天の塗装が外壁 CLT と同じとした。この用途での施工性の評判は極めて高い，作業床としての安定感に伴う施工作業性向上により，従来のパネル工法に比べても施工時間が半分程度で納まるだろうと担当者の弁である。

なお，外部に突き出した軒天部分の外部処理は外壁 CLT と同様としている。

写真-8

写真-9

４）外壁 CLT の設計・施工

外壁 CLT の設計は，外装材として構造外壁に直接鉛直荷重負担を掛けないようにし，基礎上で自重で自立するようにし，外壁に通気層を介して離れないようにスクリュー留めしているが，接触するのみである。そのため基礎立上り幅を幅広にしている。地震時水平力については，モルタル外壁 360N/㎡に対し CLT 厚 90㎜ も 360 N/㎡と同じ単位重量であるため，地震時作用する水平力は同一となる，そのため壁量割増を行う必要はない。

なお基礎上には床下並びに外壁通気のための基礎パッキンを設け，特に CLT 外壁裏面の通気（通気層厚 18㎜）確保のため，基礎通気口（吸気）部は基礎パッキンを２段として外壁通気量に偏りが起きないように土台通気と系統を分岐した。また通気層の入口出口にはイーブスベンツを設置し害虫の侵入防止を図った。

外壁 CLT パネルは外装材としたため，平均 1.74mx5.29m の壁を縦方向に吊り込み施工した。施工担当の意見として，外装パネルであれば躯体完了後に開口部防水処理を行ってから組立を行った方が，品質確認上望ましいが，今回天井パネルが軒側へ飛び出す設計の特殊性のため，止む無く外装パネルを先行した，このため開口部水回りは躯体に一次防水迄でサッシュ取付け施工したため，躯体上棟後にサッシュ開口周辺部の防水処理に隙間が多く手間が掛かったと担当者から苦言が有った（写真-10）。

なおここでも吊りボルトの課題が生じている。外装材 CLT 小口に吊り具用 LSB が打込まれメガネボルトをネジこみ吊り込むが，その後 LSB はそのまま装着となる。外装に使用する場合，取り外すか，カバーするかを決めておかなければならない。今回は板金でカバーをし、小口（LSB）が見えないように処理した（写真-11）。

外壁 CLT はスギ無垢材の現し仕上げとしている。設計は南面に取付けのため紫外線による劣化や風雨による風化・腐朽性能など，確実に耐朽性が損なわれる環境に陥る。この環境で一般的な外部木材現し用の外部塗装を行ってもほぼ３年程度が塗り替えの限界とされ，基材の木質材の劣化損傷が更に短命に拍車をかけてしまうのが実情である。

今回施主側要求は１０年間の塗り替えなしメンテフリーにしたいとの事であった。そのため，外装 CLT には，まず一次処理として防腐耐久塗装をシッケンズのセトール HLSe ３回塗りとし，更に今回その上に紫外線劣化や褪色性防止，耐候性の大幅向上（メンテナンス期間１０年長期化）を期して新たな塗装技術（液体ガラス塗料）テリオスウッド（ニッコー製）で塗膜処理することにした（写真-12，13）。同様に紫外線の影響を受ける内装床 CLT についても，前述通り素地上に同様の処理を行っている。

写真-10

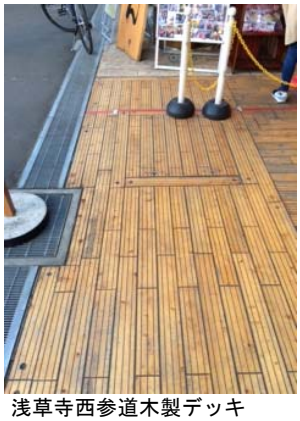
写真-11

写真-12

写真-13

写真-14　塗装参考現場

横浜大桟橋木製デッキ改修



浅草寺西参道木製デッキ

■まとめ

今回，床 CLT や外装 CLT で用いた，古木造や外構木造工作物の保存技術を新築段階から導入することにより，木造長寿命化の成果が所定に得られれば，本当の意味で乾燥割れや褪色劣化の影響を受けにくい木造の現し技術が実現できることを期待している。

また近い将来の CLT 防火構造認定，燃え代準耐火認定などの取得に伴い，一気に用途が拡大するものと期待できる。

なお今回使用した CLT 版厚 90mm の枠組壁工法躯体への接合具は，全て同じスクリューを用いている（Rothoblass L=180）。これは施工作業性を向上させ現場の混乱を防ぐ意味で重要な要素の一つと考える。

1 階 2 階床とも作業床としての機能が元より備わっているので，各作業性が極めて高く効率的で工期短縮できると施工担当者は評価している。

今回の内外装用 CLT 施工での改善点を幾つか拾うと，以下の様である。

１）CLT パネル吊り込み穴の補修方法が必ず必要，集成材のボルト等穴補修と同じでも良いが,むしろ表面側の穴あけを避ける考え方でも良くないか(小口面で吊り込む方法)

２）CLT パネル吊り具は，パネル表面に穴加工を施し，裏面にナット付座金をビス留めとし吊りボルトを貫通してネジ留めとしている。しかし，必ず裏面から外す必要があり，今回の様な１階床等作業的に事前に外すなど危険な場合がある。必ず上面からリリースできる吊り具の開発が必要。

３）外装 CLT パネルの場合，小口吊りとなったため，小口に LSB 打込みしメガネボルトネジ留め吊り具で施工とした，施工に問題は無いが，施工後の処理が困難で LSB は抜き取らず，パテ処理の上，表面カバーを取り付けた。パネル施工用仮設資材の取扱方法を決めておく必要がある。

3. 成果物

平成 27 年度ＣＬＴ等新たな製品・技術活用建築物実証事業

成果１．内外装仕上げに CLT を用いた枠組壁工法による事務所建築を実証

内外装に CLT を用いた枠組壁工法による事務所棟の建設は，平成 27 年度段階で基準法上支障なく建築する事が出来る事を実証した（基準法 22 条地域内，かつ法 20 条四号建築として）。

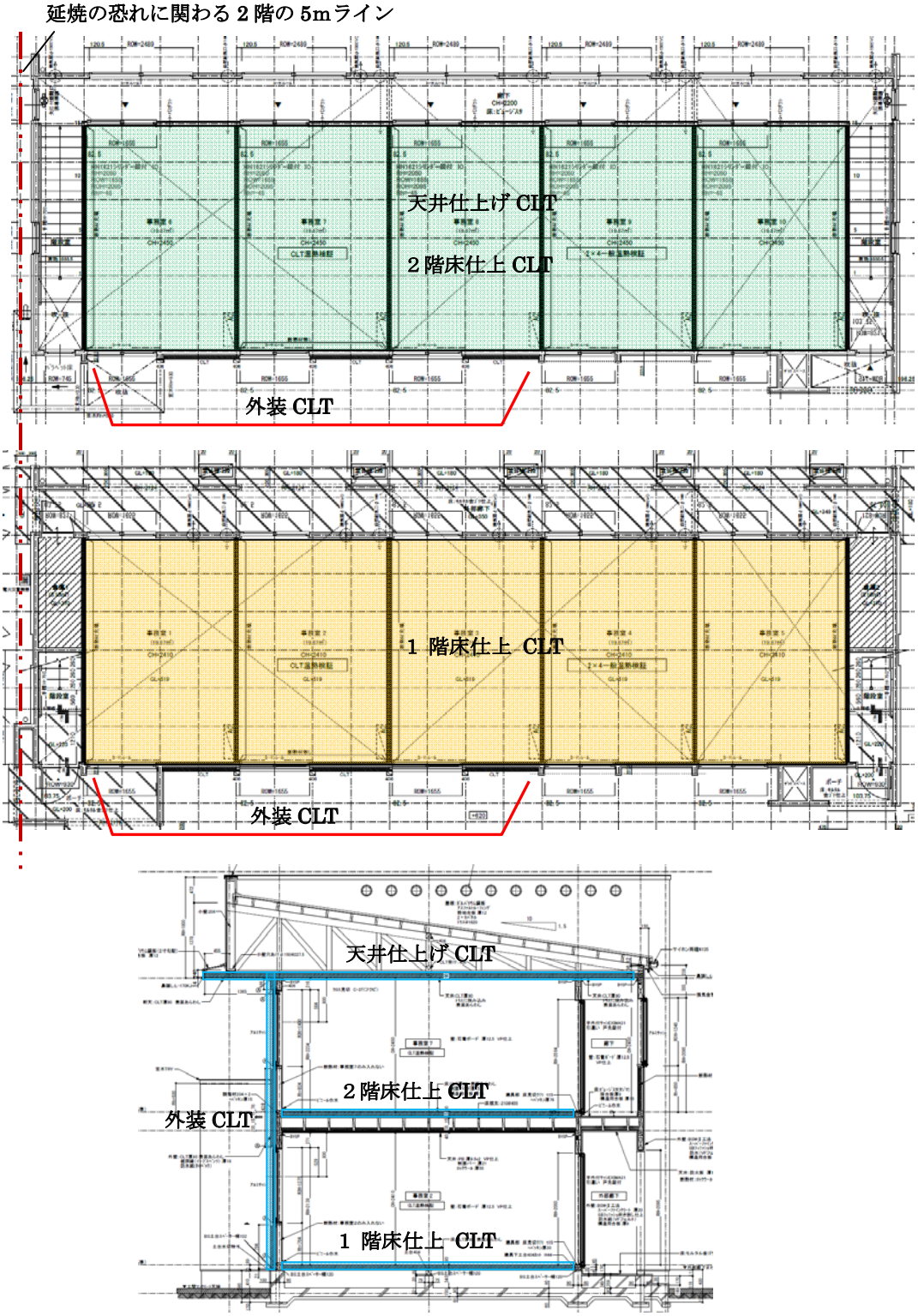
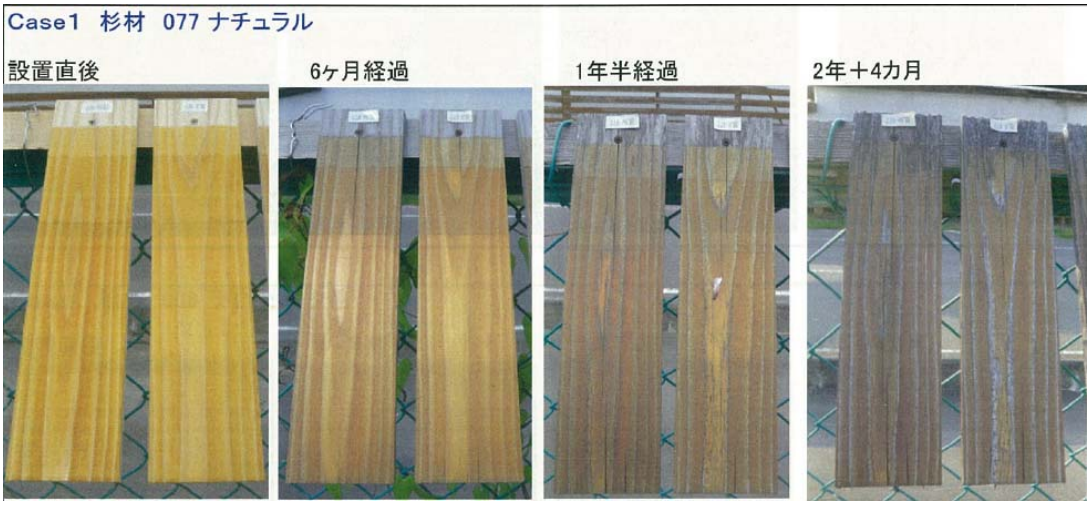


図 - 5　CLT 利用箇所

成果 2．内外装用 CLT の実用性

そもそも無垢木材仕上げの材質感を活かすという日本的感性で CLT を内外装用に積極的に活用するために，長期メンテナンスフリーという，これまでの仕上げ木材の常識と矛盾する価値創造を画して，液体ガラス塗装を仕上げ技法に加えることとした。

これまでの一般的木材塗装では屋外暴露すると，以下の様に 3 年程度で激しい褪色を呈する。



今回，外装は保護膜型液体ガラス塗装を　　内装は浸透型液体ガラス塗装を直に施工。

写真－15

今後の無垢木材による加工品である CLT について

① 大型木質加工材の木目を積極的に見せる化技術として，

② 今後法制化されるであろう木材燃え代防耐火設計の保護技術として，

③ 耐候性・耐朽性劣化防止のための保護技術として，

活用が期待できるインフラ技術の一つとして「液体ガラス塗装」を継続検証する。

伝統建築保護塗装の例

屋外工作物保護塗装の例

写真－16

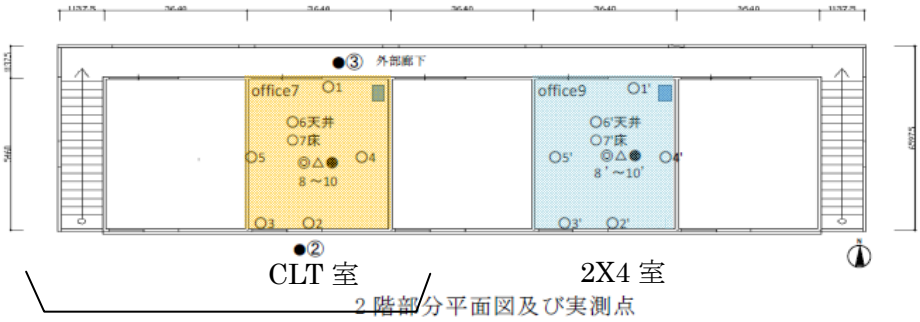
成果 3．外装 CLT の断熱性能比較実証

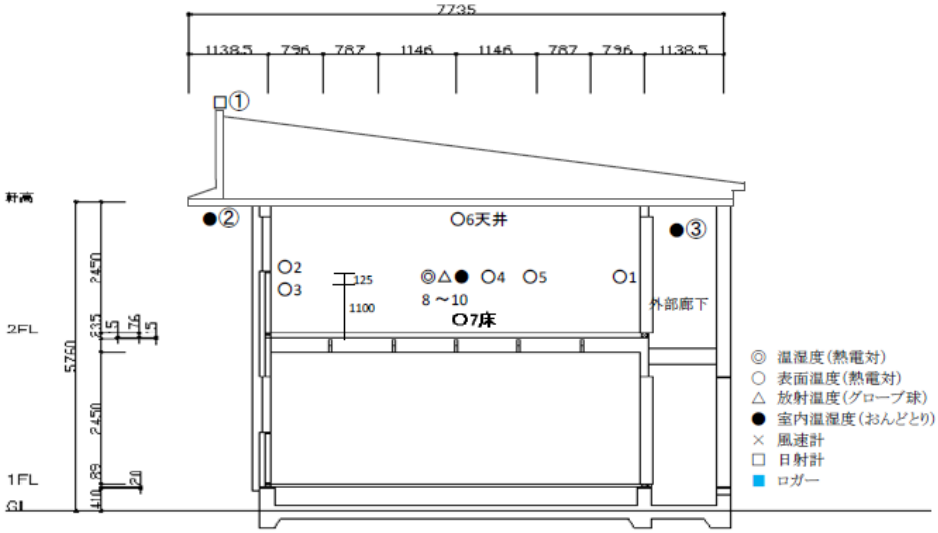
スケルトン外壁の外面に断熱兼用で装着した CLT 室と，標準的なモルタル仕様で壁内断熱とした枠組外壁の 2X4 室を，本建物 2 階に離隔して設け，冬期熱的性能の比較実証を行った。シミュレーション上は，CLT 外装の居室がやや暖房負荷が大きいが大きな差は無いと予想された。しかし，自然状態では両者（CLT 外断熱と 2X4 壁内断熱）に大きな差は無い事を実証したが，計画空調運転状態では注目すべき点を確認した。以下に示す。

１）自然室温状態は，CLT 室と 2X4 室では夜間最大 0.4℃の温度差（CLT 室の方が高い）が継続的に続いた，また日中は 0.1～0.2℃差で差は無かった。（図 - 8）

２）計画空調運転状態のとき，空調運転開始から設定温度までの到達時間に大きな差が生じた。CLT 室の到達時間は 2X4 室より 50 分も早く到達する事が確認され，その後の温度差も優位に推移しているため，効率的運転が出来ている事を伺わせた。なお運転終了後は両者ほぼ同じ状態に回帰した。これは連日のデータでも確認された。そのため，今後その要因を継続実証する事とした。（図 - 9・10）

３）快適性評価に関し，自然室温～空調運転～という繰り返しモードにおける快適指標 PMV の優位も CLT 室が上回り，運転終了後の夜間 PMV 低下も緩やかで，計画運転により翌日朝の立ち上り負荷を下げられる可能性を示している。（図 - 11）

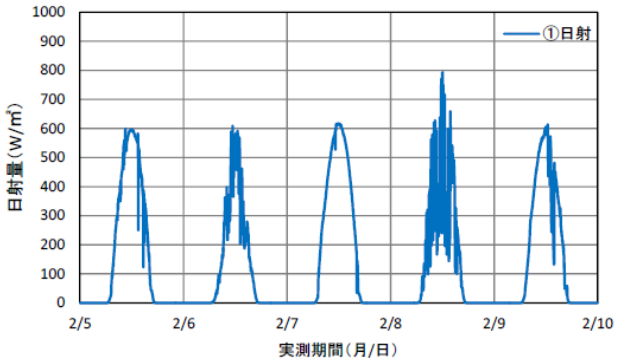




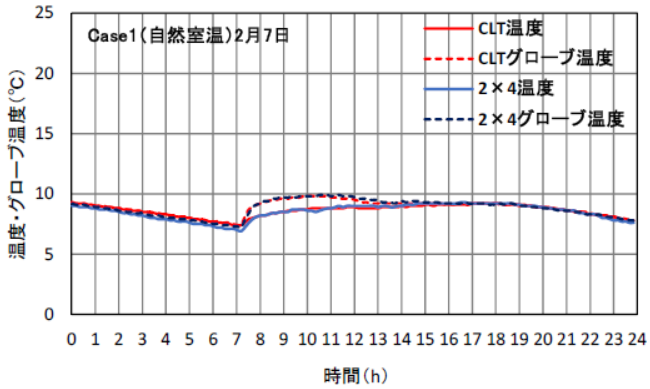
断面図及び実測点

図－6　室内環境測定計画

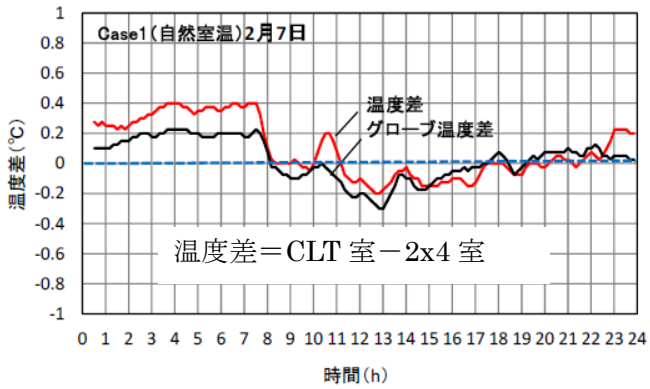
図－7　測定期間中の日射量



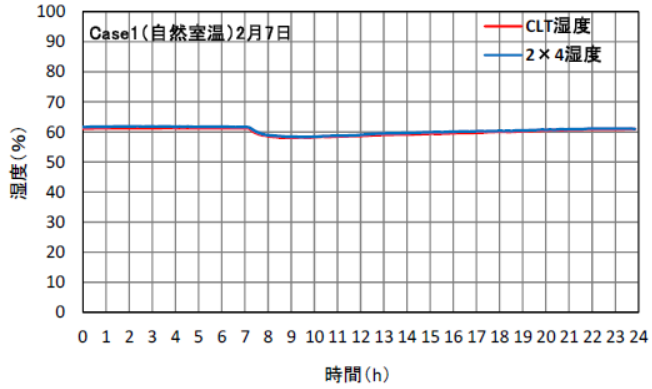
図－8　自然室温状態



各室温度及びグローブ温度_Case1(自然室温)

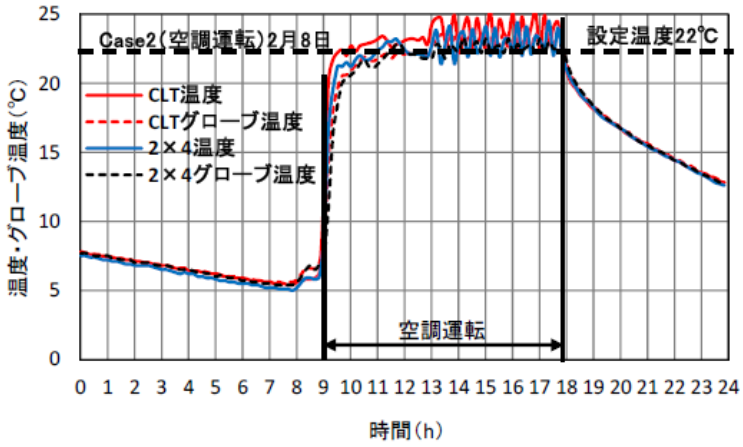


CLT 室と 2×4 室の温度及びグローブ温度差_Case1(自然室温)

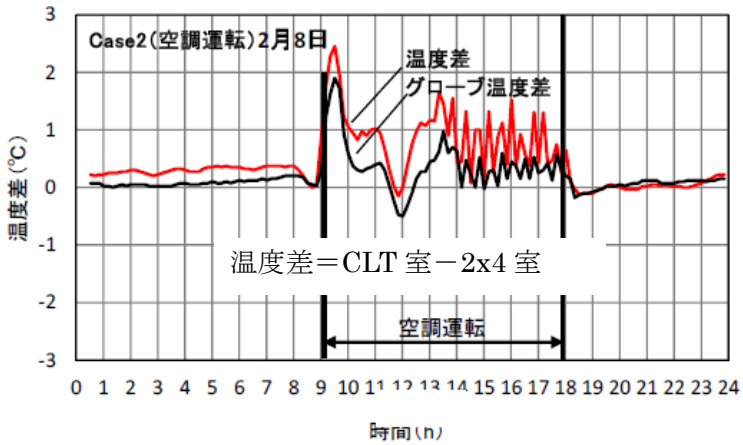


各室湿度_Case1(自然室温)

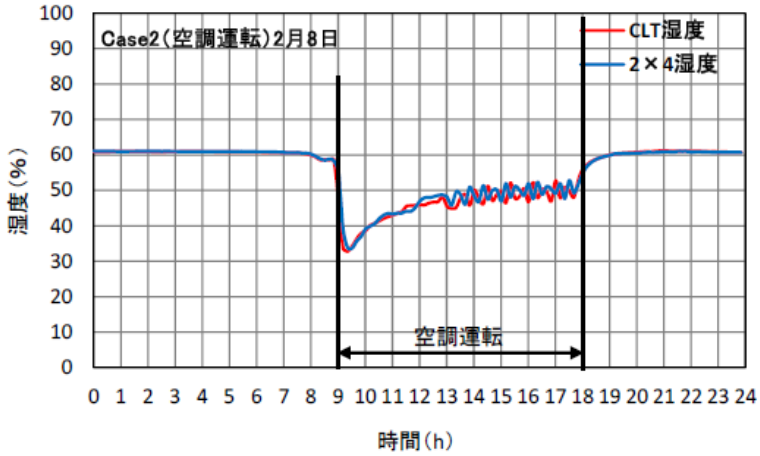
図－9　計画空調運転状態



各室温度及びグローブ温度_Case2(空調運転)

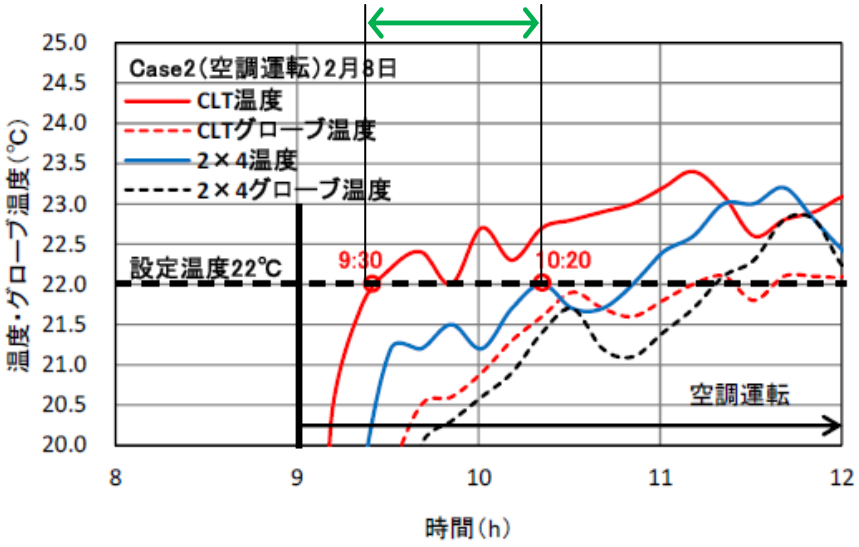


CLT 室と 2×4 室の温度及びグローブ温度差_ Case2(空調運転)



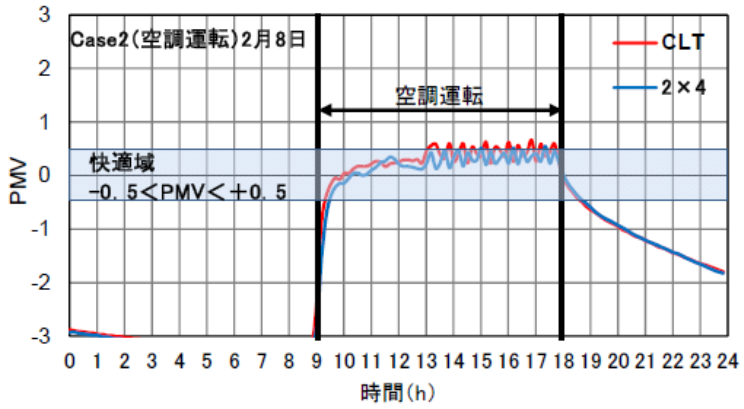
各室湿度_ Case2(空調運転)

図－10　空調運転立ち上り状態比較

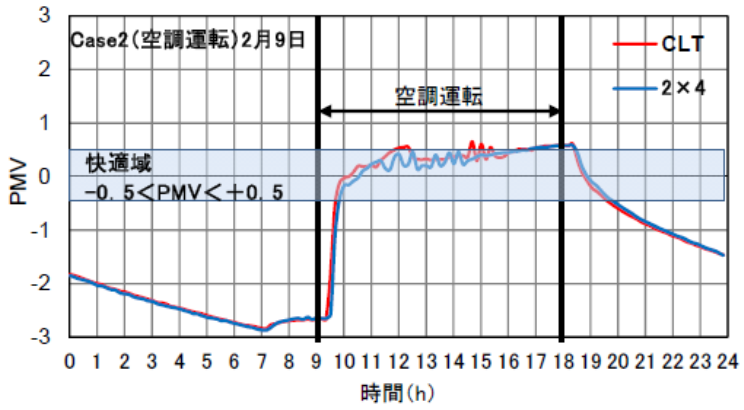


空調運転立ち上がり時の温度及びグローブ温度_Case2(空調運転)

図－11　快適性指標ＰＭＶの変化（連日の計画空調運転時）



PMV （代表日 2/8）



PMV （参考日 2/9）

成果 4. 床衝撃音性能

床衝撃音性能に関しては，（床衝撃音測定 A）による。

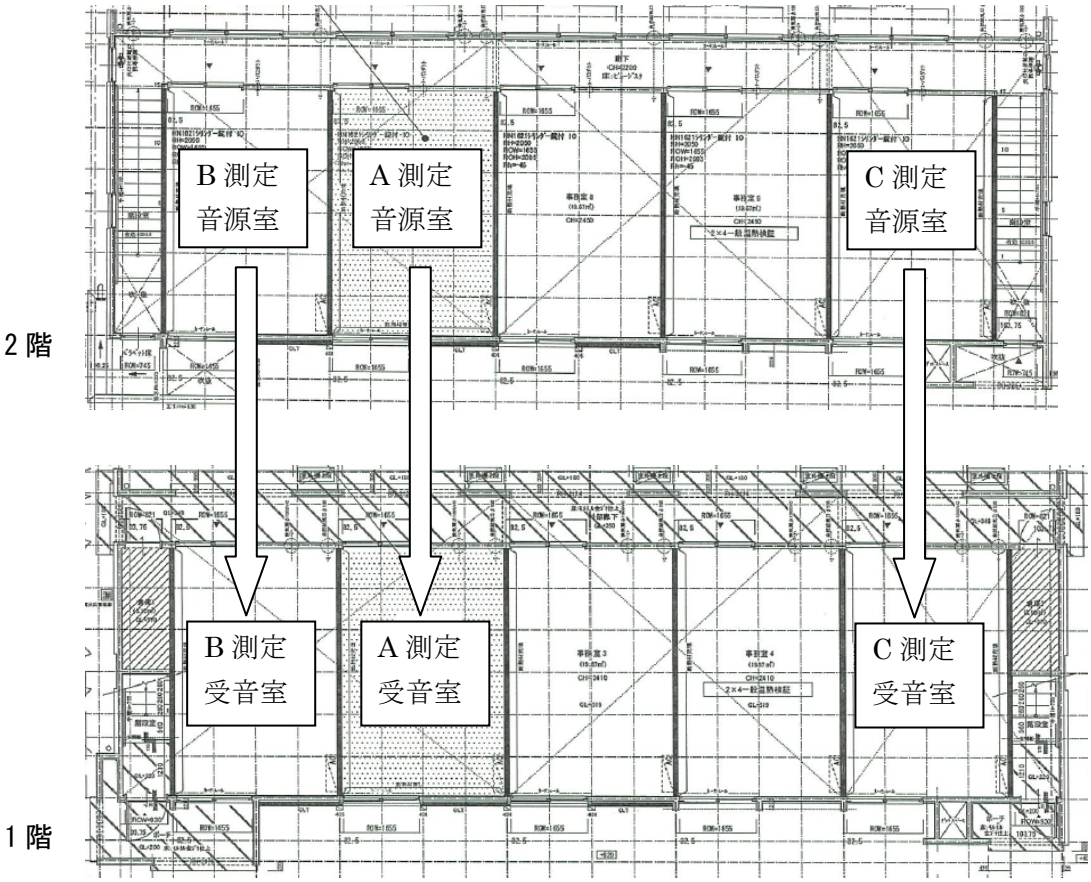
重量衝撃音（タイヤ）LH-80・・・一般的な吊り天井仕様と比べ劣る結果

重量衝撃音（ゴムボール）LH-65　・・・一般的な吊り天井仕様と比べ同等（実用で問題無い）

軽量衝撃音（タッピングマシン）LH-70 ・・・一般的な吊り天井仕様と比べ同等，となった。これは従来の床仕様に比べ，ほぼ同等と考える。重量衝撃（タイヤ）の結果の原因は，当初の考え方「重量則対策」から急遽「二重床方式」に方針を転換したため，サウンドブリッジは起きなかったものの，構造床の固有振動数付近（15-25Hz）で最大振動加速度レベルがでるようになり（ポータブルレベル計で目視確認。図-15，17 の赤囲みを参照），それに引き摺られるように測定限界の 63hz レンジが急激に衝撃音レベルが増加してしまったと考えている。

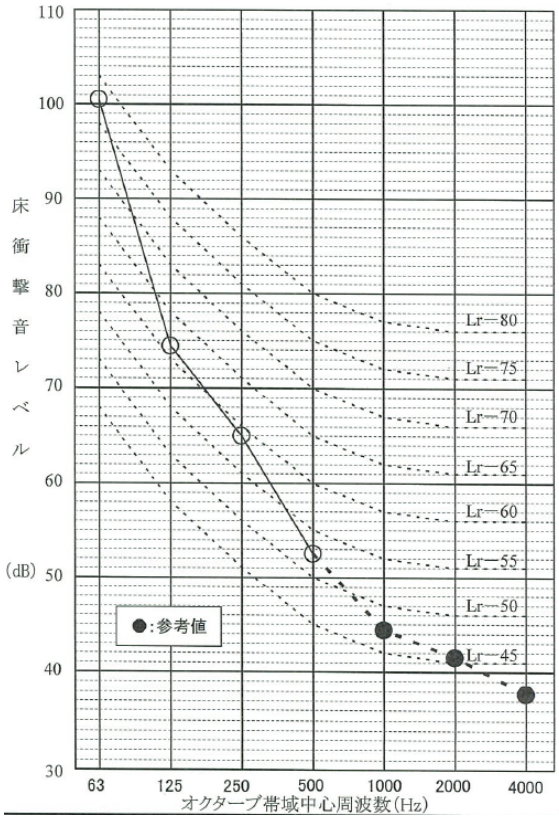
そこで,直後に社内測定で両端の二階居室にて一階天井を吊り天井仕様に変更していたが，ここでの社内測定の結果（床衝撃音測定 B,C）から，5～10db の低減が可能である事が実証できた。以上から，CLT 床パネルを非構造で用いる場合，重い床仕上げとして扱い重量則を適用する方が支障ないと考えられる，また吊り天井を併用する事が望ましい事を実証した。

図－12　床衝撃音測定対象室関係

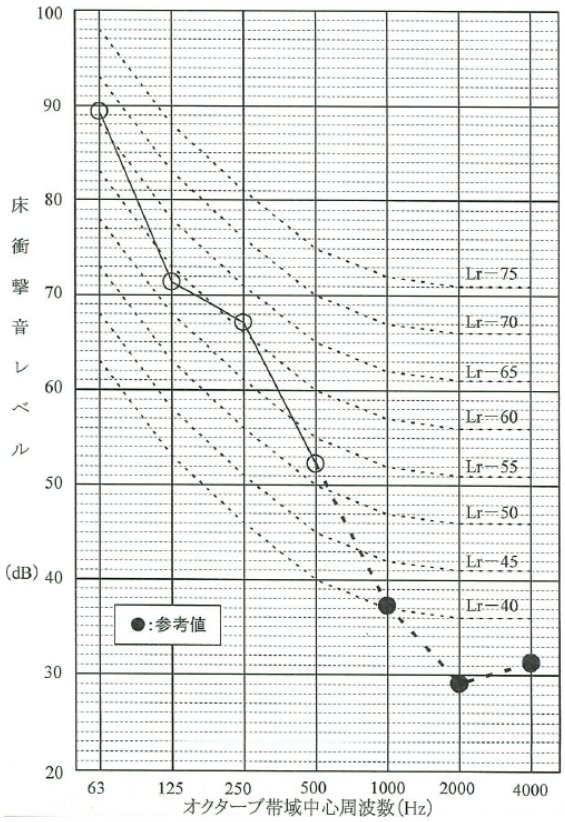


※測定 A は公的機関での試験（建材試験センター），B・C は社内試験

図－13　重量床衝撃音測定結果(A 測定)

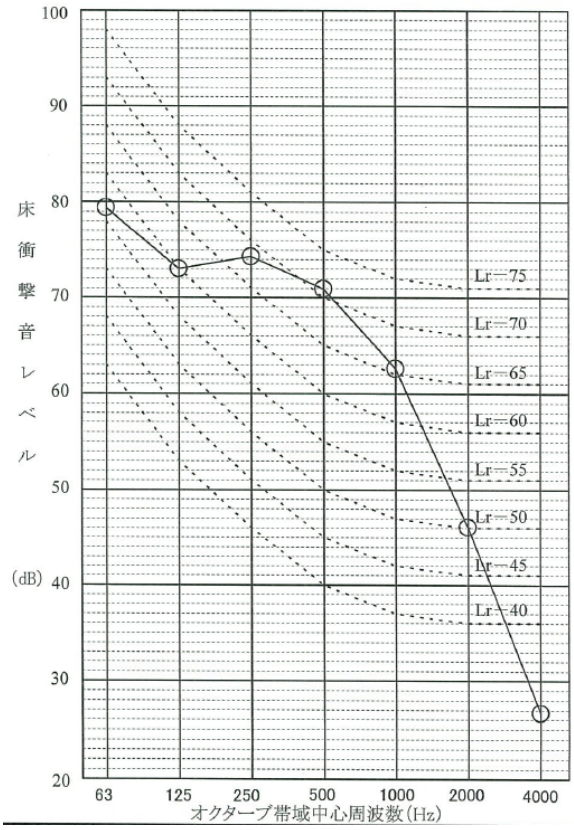


ＬＨ-８０（タイヤ加振）



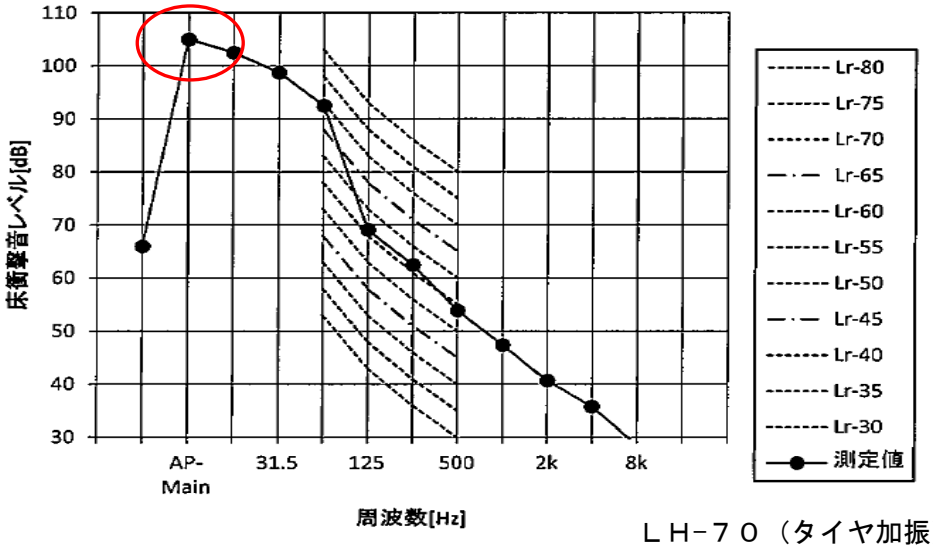
ＬＨＢ-６５（ゴムボール加振）

図－14　軽量床衝撃音測定結果(A 測定)

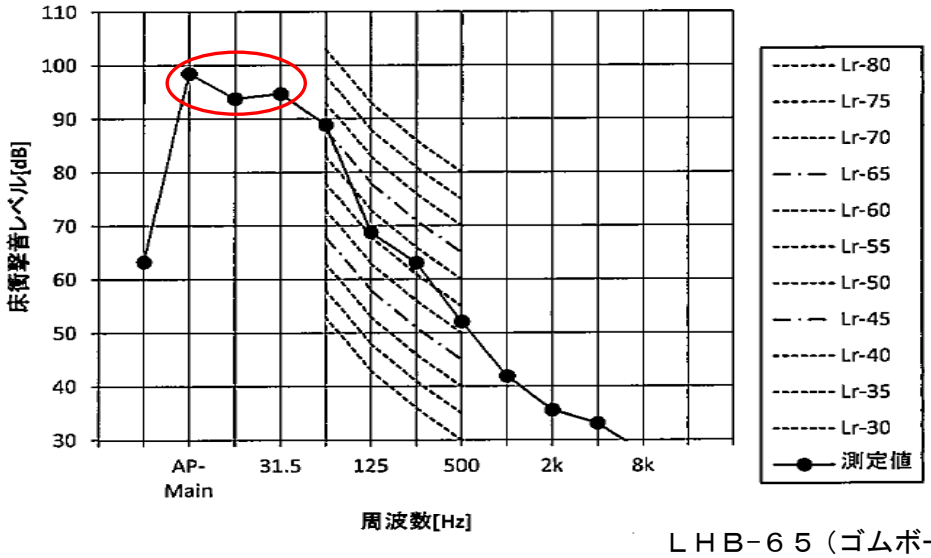


ＬＬ-７０（タッピングマシン）

図－15　重量床衝撃音測定結果(B 測定)

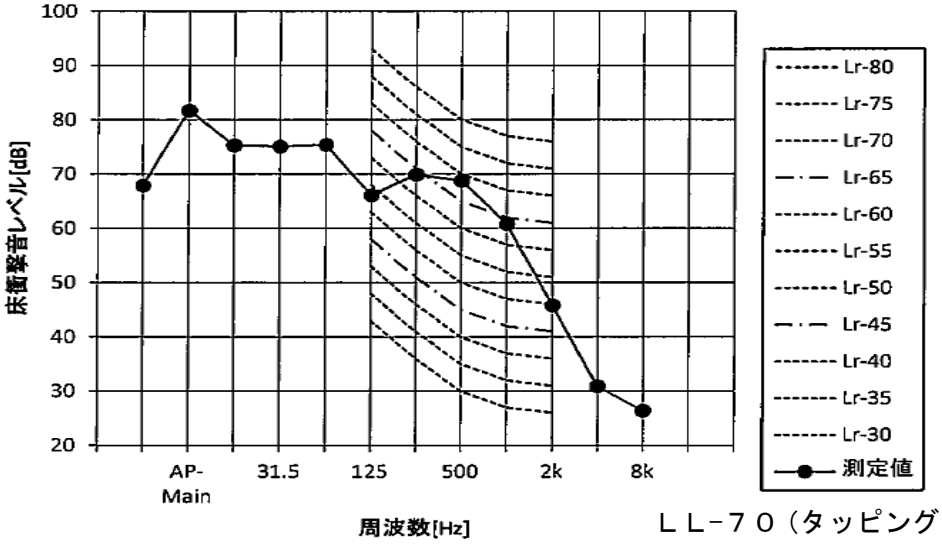


ＬＨ−７０（タイヤ加振）



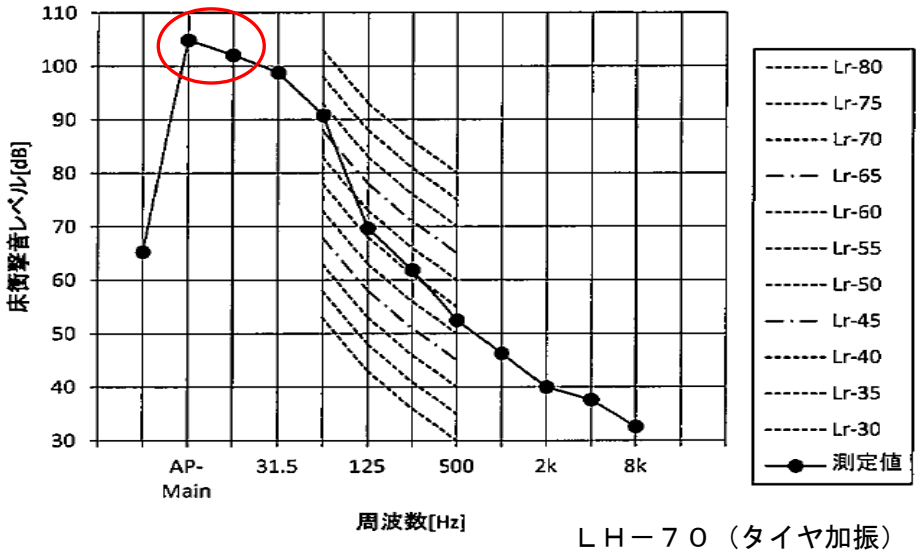
ＬＨＢ−６５（ゴムボール加振）

図－16　軽量床衝撃音測定結果(B 測定)

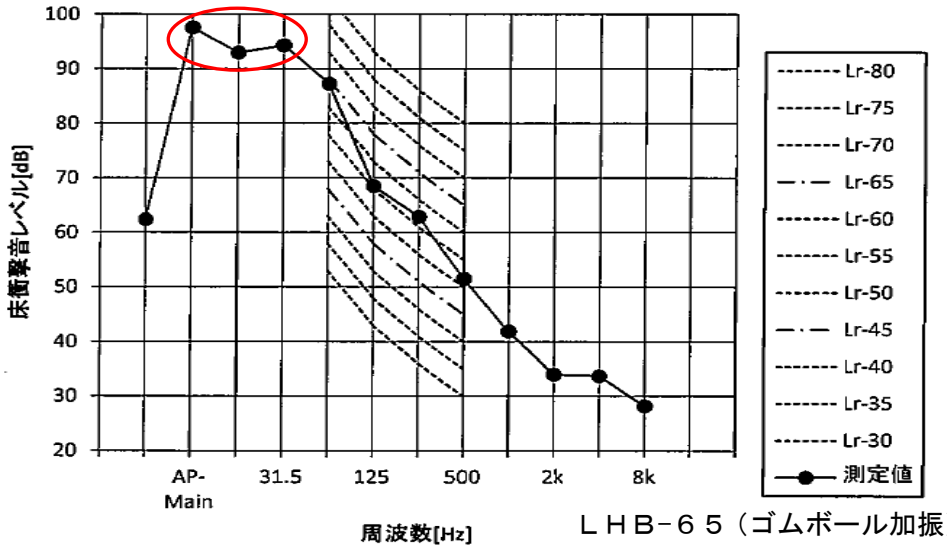


ＬＬ−７０（タッピングマシン）

図－17　重量床衝撃音測定結果(C 測定)

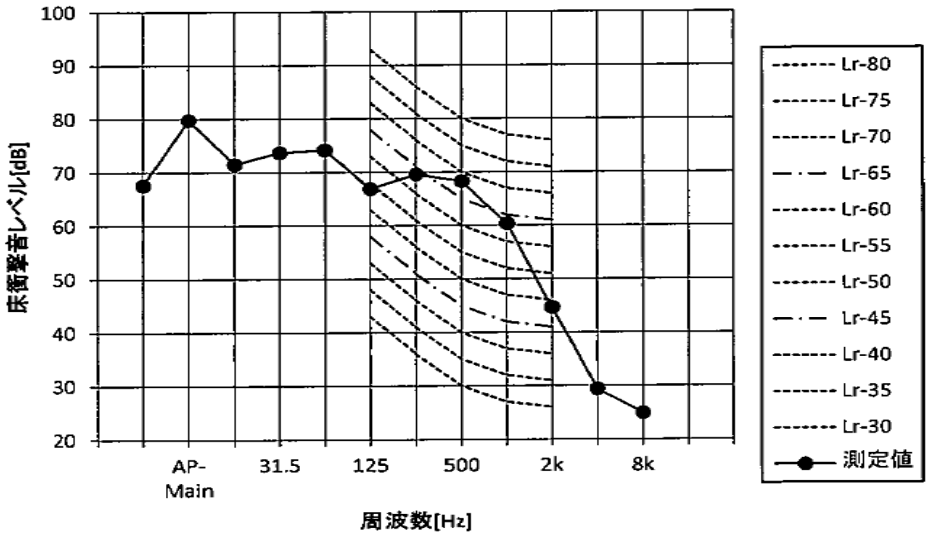


ＬＨ－７０（タイヤ加振）



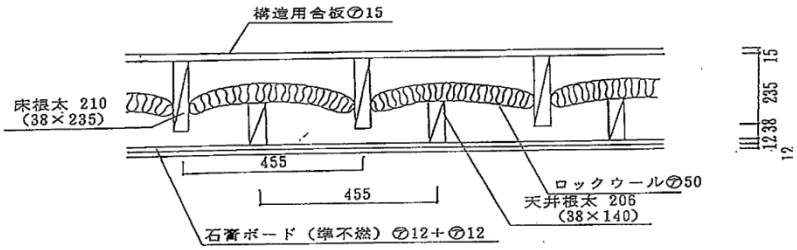
ＬＨＢ-６５（ゴムボール加振）

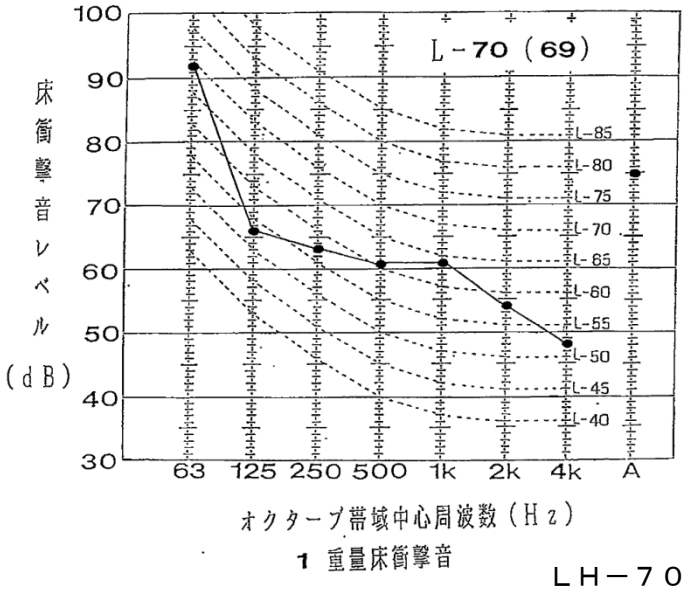
図－18　軽量床衝撃音測定結果(C 測定)



ＬＬ-７０（タッピングマシン）

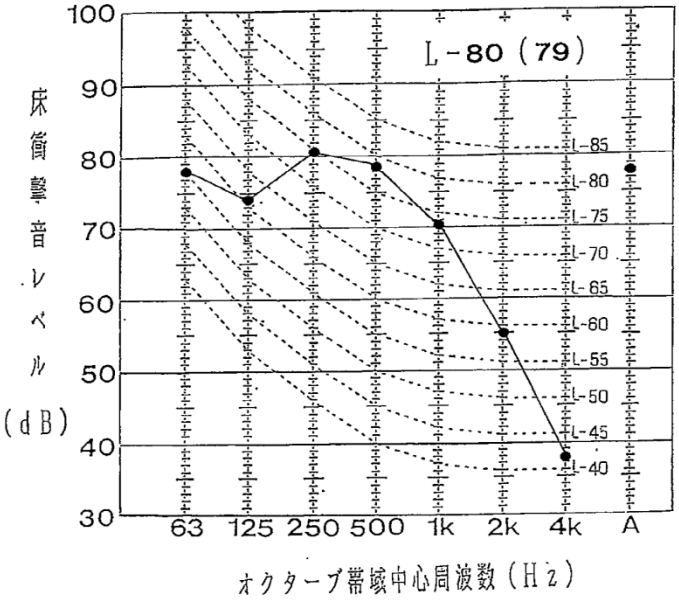
図－19　参考比較：重量床衝撃音測定結果(2×4 協会@1992)





ＬＨ－７０（タイヤ加振）

図－20　参考比較：軽量床衝撃音測定結果(2×4 協会@1992)



ＬＬ-８０（タッピングマシン）

4. 工事費等内訳

事業名		埼玉工場事務所棟の建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）		三井ホームコンポーネント株式会社
共通仮設費		
建築工事	直接仮設工事	1,039,000
	土工事	
	コンクリート工事	1,700,000
	型枠工事	
	鉄筋工事	
	鉄骨工事	
	組積工事	
	防水工事	133,660
	タイル工事	
	木工事	13,087,961
	屋根及び樋工事	1,440,000
	金属工事	330,000
	左官工事	1,900,000
	金属製建具工事	2,392,540
	木製建具工事	
	ガラス工事	
	塗装工事	2,108,060
	内外装工事	3,568,400
	雑工事	
電気設備工事		6,178,000
機械設備工事		
小計①		33,877,621
別途工事費	外構工事	1,880,000
	解体撤去工事	
	地盤調査費	60,000
	設計	1,105,772
	大臣認定	
	確認申請	
その他	床遮音測定	284,000
	温熱環境測定	462,500
小計②		3,792,272
合計（①＋②）		37,669,893

2.4 （有）エヌツー（KUS 一級建築士事務所）

1. 建築物の仕様一覧

事業名			（仮称）CaféCLT 新築工事の建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			KUS一級建築士事務所　内海彩（担当者）
建築物の概要	用途		飲食店
	建設地		兵庫県神戸市
	構造・工法		木造軸組工法
	階数		1
	高さ（m）		3.9
	軒高（m）		3.85
	敷地面積（m^2）		74.19
	建築面積（m^2）		43.1
	延べ面積（m^2）		41.6
	階別面積（m^2）	1階	41.6
CLTの仕様	CLT採用部位		屋根
	CLT使用量（m^3）		22.49（建築物使用量）
	屋根パネル	寸法	幅700、1200,1500×長さ2690×厚さ150、幅2000×長さ3430×厚さ150
		ラミナ構成	5層5プライ
		強度区分	Mx60-5-5
		樹種	スギ
CLT以外の新たな製品・技術の仕様	採用部位		梁
	使用量（m^3）		1.90（建築物使用量）
	レイカービーム（LVLから伐り出し）	寸法	幅1200×長さ6000×厚さ150より伐り出し
		構成	単板3.5㎜×12プライ→37.5㎜厚×4プライ→150厚
		樹種	カラマツ
		強度区分	120E-350F
仕上	主な外部仕上	屋根	塩ビ圧着鋼板、水性塗膜防水
		外壁	モルタル＋塗装
		開口部	アルミサッシ、アルミ＋スチールCW＋網入ガラス、木製建具
	主な内部仕上	界壁	なし
		間仕切壁	木下地＋プラスターボードAEP
		床	木下地＋CLT＋木材保護塗料、一部木下地＋長尺塩ビシート
		天井	CLTあらわし、一部CLTの上に木下地＋プラスターボードAEP
構造	構造計算ルート		法20条4号に該当
	接合方法		ホームコネクター、パネリード
	最大スパン		2.7m
	問題点・課題とその解決策		スパンに満たない床パネルを組み合わせて架け渡す際に、ホームコネクターでの接合を検討、実施した
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		その他建築物
	問題点・課題とその解決策		外壁は防火構造、屋根は不燃材仕上げか飛び火認定工法、軒裏はCLTあらわし、外部建具は必要に応じて防火設備を用いた
施工	遮音性確保に関する課題と解決策		特になし
	建て方にける課題と解決策		CLT版同士の引き寄せ用工具の使用
	劣化対策		無機系木材保護塗料の塗布、仕上材としてCLTを取り付け、劣化した場合には交換可能な箇所を設けた
工程	設計期間		平成27年7月～10月
	施工期間		平成27年11月～
		CLT等躯体施工期間	平成28年1月、2月
	竣工（予定）年月		平成28年3月末（予定）
体制	発注者		有限会社エヌツー　中田義成
	設計者		KUS一級建築士事務所　内海彩
	構造設計者		kplus（小川美穂）+東京大学生産技術研究所腰原研究室
	施工者		株式会社　中田工務店
	CLT等新たな製品・技術供給者		銘建工業株式会社
	ラミナ等供給者		熊本、高知、岡山県産材

実証事業の概要

◆事業名　（仮称）Café　CLT 新築工事の建築実証
◆実施者　有限会社　エヌツー　代表取締役　中田義成

◆建築物の概要
用途　　飲食店
建設地　　兵庫県神戸市垂水区
構造・工法　木造平屋　軸組工法
建築面積　43.26
延べ面積　41.60 ㎡
CLT 等の使用部位　屋根　基本寸法 2690×700　厚 150
竣工予定　平成 28 年 3 月

◆本事業で実証した内容

＜建築物の設計実証＞
・国道と海岸・堤防に挟まれた建設地において、海に面するスタジアムの観客席のような構造体を計画した。
・スギ 120×120 の柱に支持された階段状のレイカービーム（カラマツ LVL 360×150）を 2700 ピッチに配し、CLT 版（5 プライ 150 厚）の屋根を載せている。
・幅 1 m程度の CLT 版を活用することが前提であったため、CLT 材の寸法から、構造的に安全で、かつ、歩留まりのよいモジュールを割りだし、設計に落としこんでいった。
・階段状の屋根の下は、壁・サッシで内部化し、飲食店のキッチンと客席スペースとなる。また、国道側から店内を経由して海側に出られる計画としている。
・階段状の屋根はカフェのテラス席に使われることも想定されるので、床としての構造性能を持たせ、許容応力度計算で確認している。
・CLT 版の継ぎ手の実験を実施し、性能を確認した。
・準防火地域の建築物であり、屋根は不燃材または飛び火認定工法による仕上げ、外壁は防火構造としている。

＜建築物の建築実証＞
・CLT や LVL 等大型部材の施工性の検証。
・ホームコネクターを用いた床（屋根）版継手の施工性の検証
・臨海部で強い直射日光にさらされ続ける厳しい環境の中での木材の屋外使用となるため、各部位で耐久性を高める工夫を行ない、メンテナンスを通して耐朽性を継続的に検証していく。

◆事業実施体制
建築設計　KUS 一級建築士事務所　内海　彩
構造設計　kplus 一級建築士事務所　小川美穂
床継手実験　東京大学生産技術研究所　腰原研究室修士 2 年加藤信一
技術指導　東京大学生産技術研究所　腰原幹雄
施工　中田工務店
CLT 供給　銘建工業

◆実証方法と実施工程

構想立案	2015 年 4～5 月
基本設計	2015 年 6～7 月
実施設計	2015 年 8～10 月
建築確認	2015 年 10～11 月
床継手実験	2015 年 12 月
工事	着工 2015 年 11 月 木構造建方工事 2015 年 1 月 （2016 年 3 月末竣工予定）

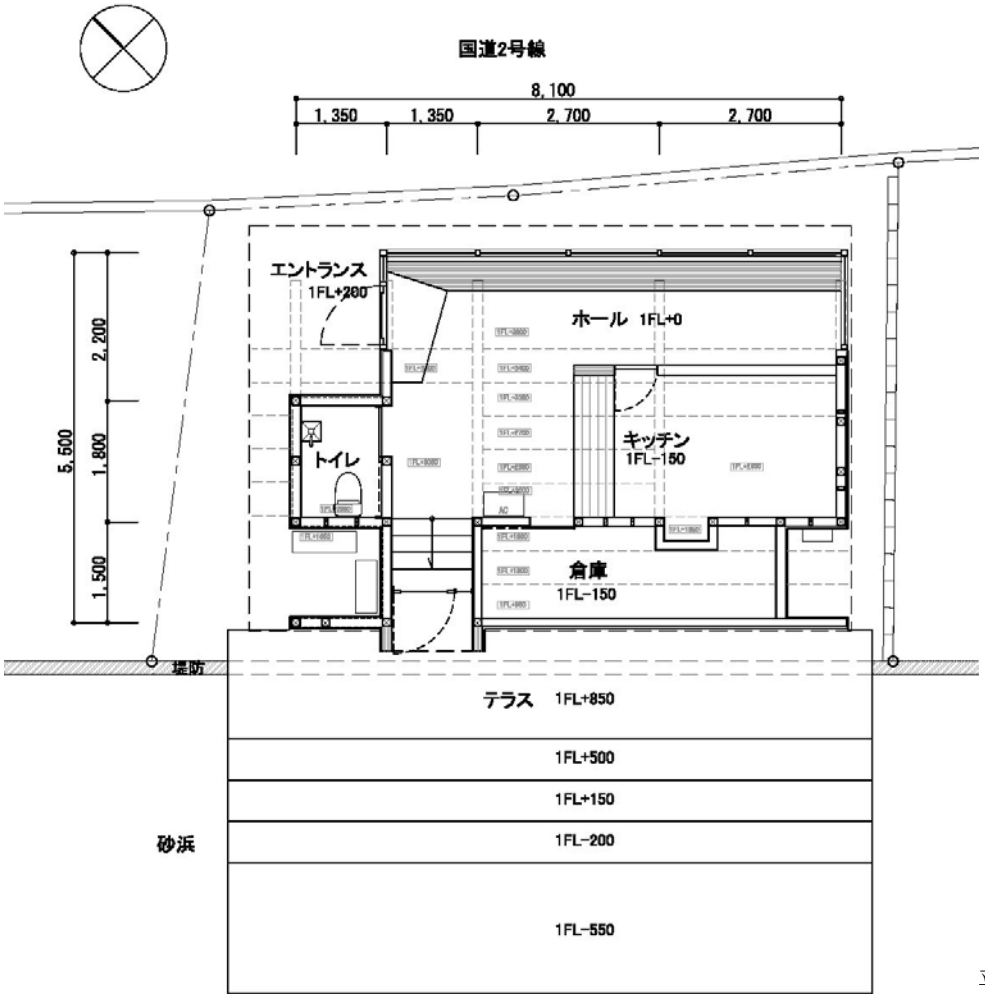
◆本事業の成果

・CLT 版の利用にあたって、シンプルな接合部であれば解体しやすく、また、実際の建設を通して、ストック→再利用も十分可能な材料であることが確認できた。CLT のように、断面が大きく、製造コストもかかる木質再構成材料は、再利用によって使用期間を延ばしていくことも可能であり、材料を長く持たせる工夫と同時に、再利用のための仕組みも形成されていくと一層の普及につながるのではないか。

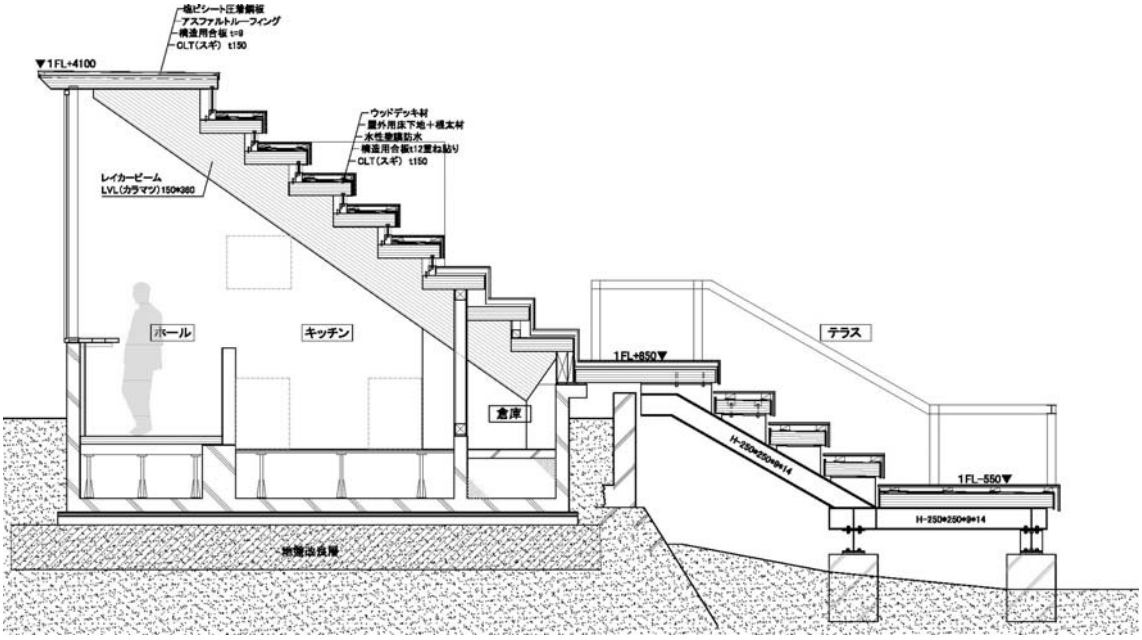
・本敷地は準防火地域で、屋根・外壁・開口部に規制がかかる。今回は限られた時間の中で建設するために、法規で読める範囲で CLT や LVL を現しにしているが、一方、認定工法とするために CLT の上に木下地/構造用合板を重ねている箇所もある。CLT の厚さによる防耐火性能や断熱性能を活かしてより簡単な構成で屋根・外壁を作れれば、CLT を使うメリットにもなる。

・実験を通して、CLT 床（屋根）版継手の性能、破壊性状が確認できた。CLT の活用が予想される非住宅中大規模木造では、CLT を小さいパーツで搬入し、大きなスパンを飛ばしたいケースも想定され、床（屋根）版の継手に関する情報の整理・共有は今後も必要となっていくと思われる。

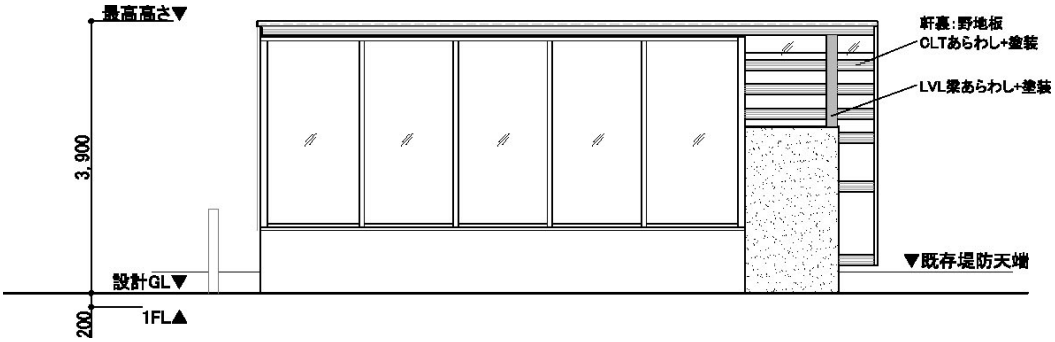
・今回の工事では、狭小な敷地ながら隣地駐車場をヤードとして利用できたため、建方工事はスムーズに進んだ。また、屋根版での利用だったので水平吊りのみだったが、壁に利用する場合には吊り方にも工夫が必要となるだろう。人力のみでは手に余る重さ・大きさの材料なので、壁や床の CLT 版同士を引き寄せるのに用いる工具などにも開発・改良の余地がある。


国道2号線
8,100
1,350
1,350
2,700
2,700
5,500
2,200
1,800
1,500
エントランス
1FL+200
ホール 1FL+0
トイレ
キッチン
1FL-150
倉庫
1FL-150
堤防
テラス 1FL+850
1FL+500
1FL+150
砂浜
1FL-200
1FL-550

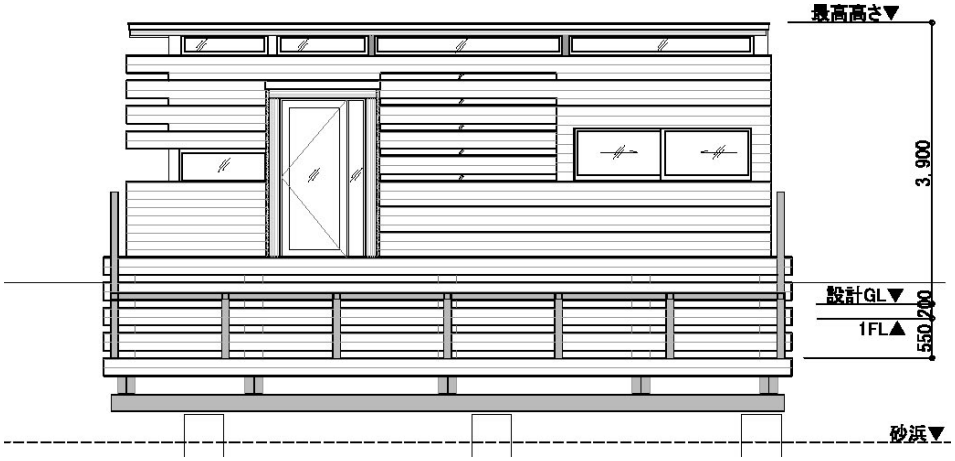
平面図


塩ビシート圧着鋼板
アスファルトルーフィング
構造用合板 t=9
CLT(スギ) t150
▼1FL+4100
ウッドデッキ材
屋外用床下地+根太材
水性塗膜防水
構造用合板t12重ね貼り
CLT(スギ) t150
レイカービーム
LVL(カラマツ)150*360
ホール
キッチン
倉庫
テラス
1FL+850▼
H-250*250*9*14
1FL-550▼
H-250*250*9*14
地盤改良層

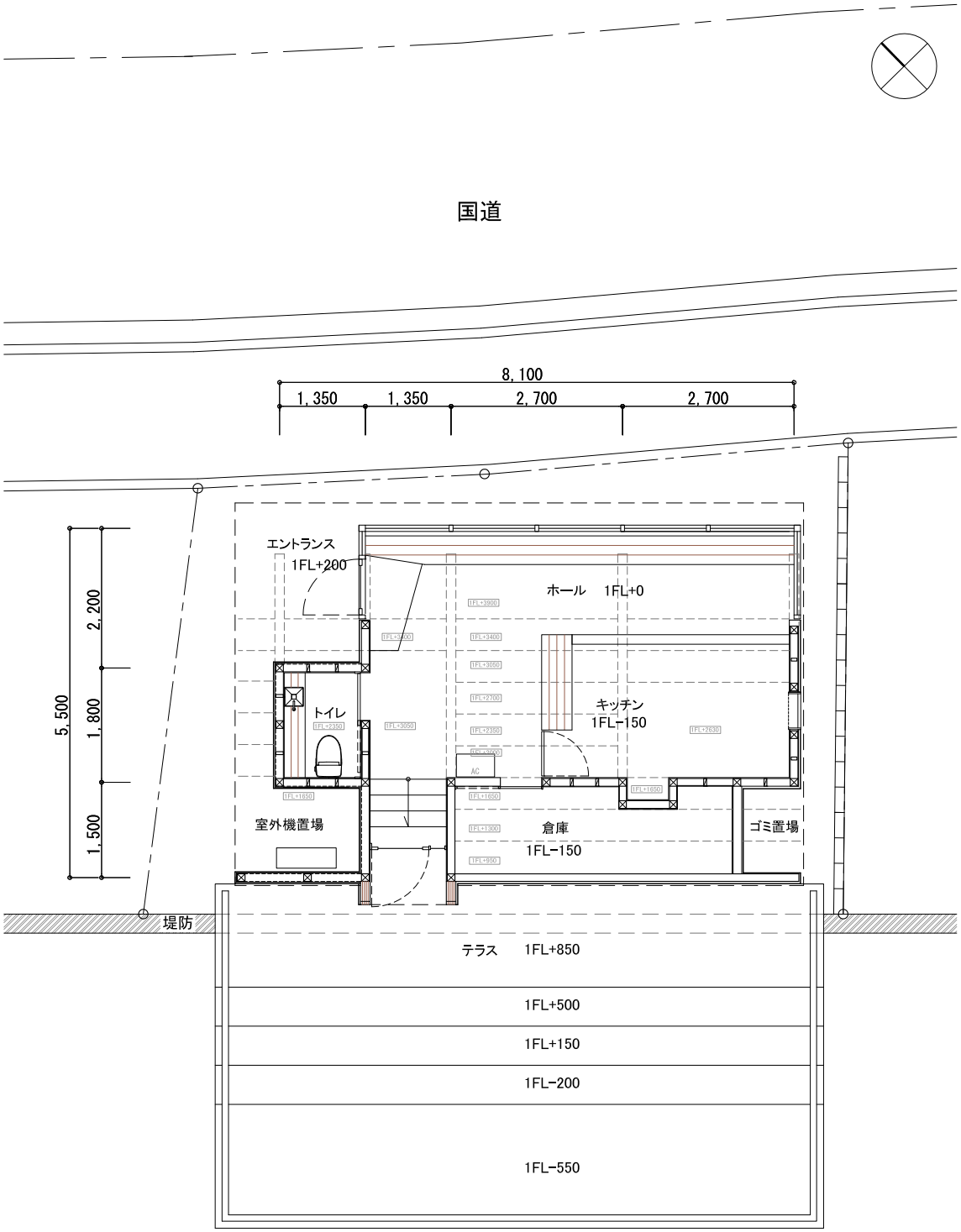
断面図



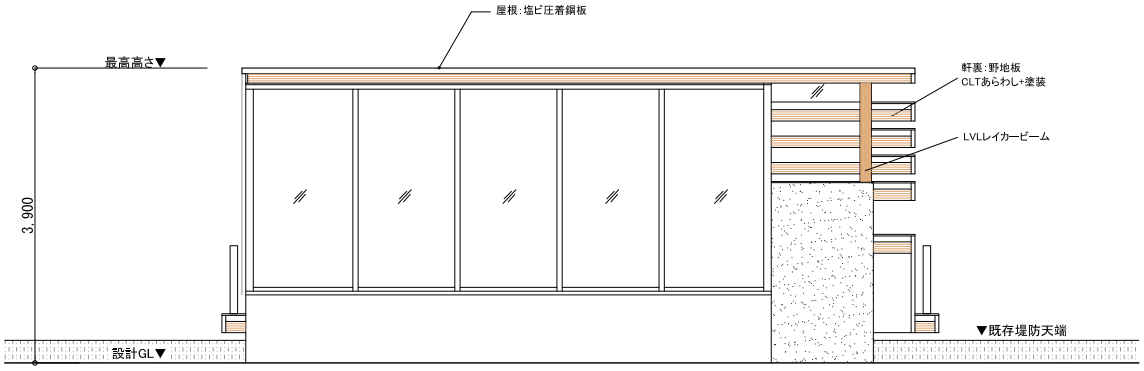
建方時の様子（国道側）



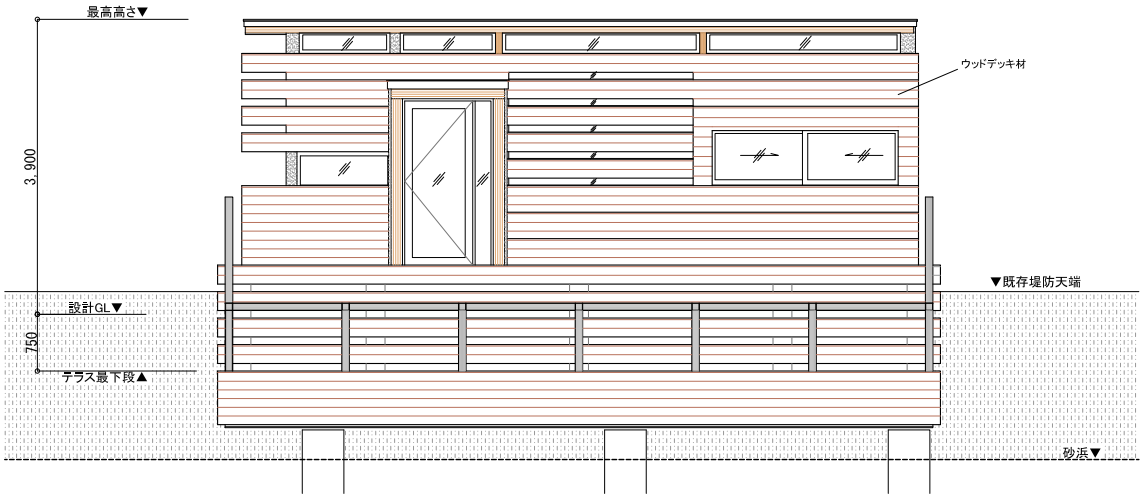
建方時の様子（砂浜側）


国道
8,100
1,350
1,350
2,700
2,700
5,500
2,200
1,800
1,500
エントランス
1FL+200
ホール 1FL+0
トイレ
キッチン
1FL−150
室外機置場
倉庫
1FL−150
ゴミ置場
堤防
テラス 1FL+850
1FL+500
1FL+150
1FL−200
1FL−550
砂浜

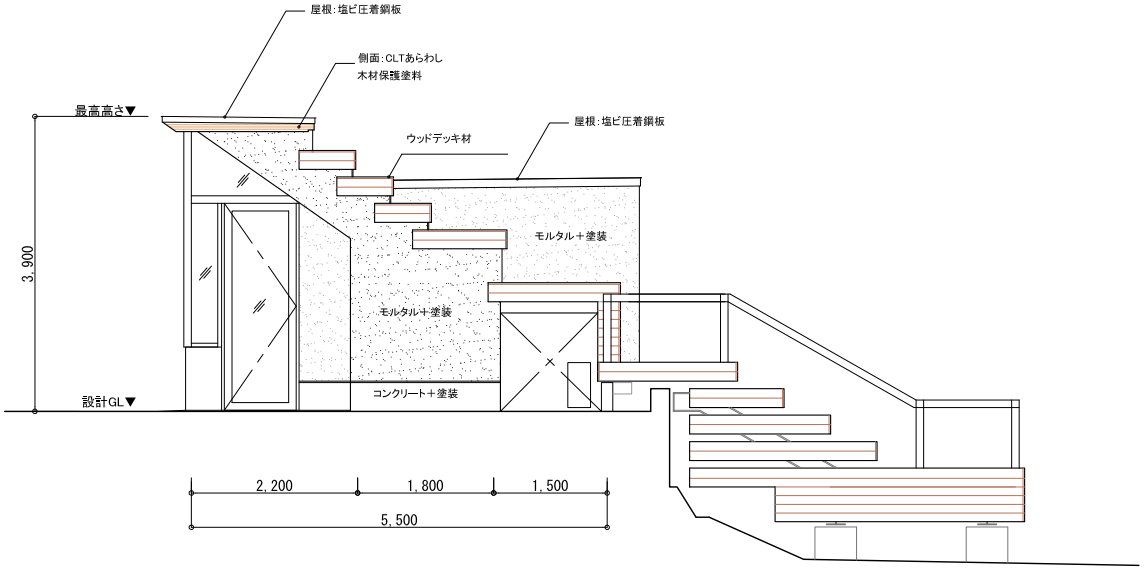
平面図 1:100



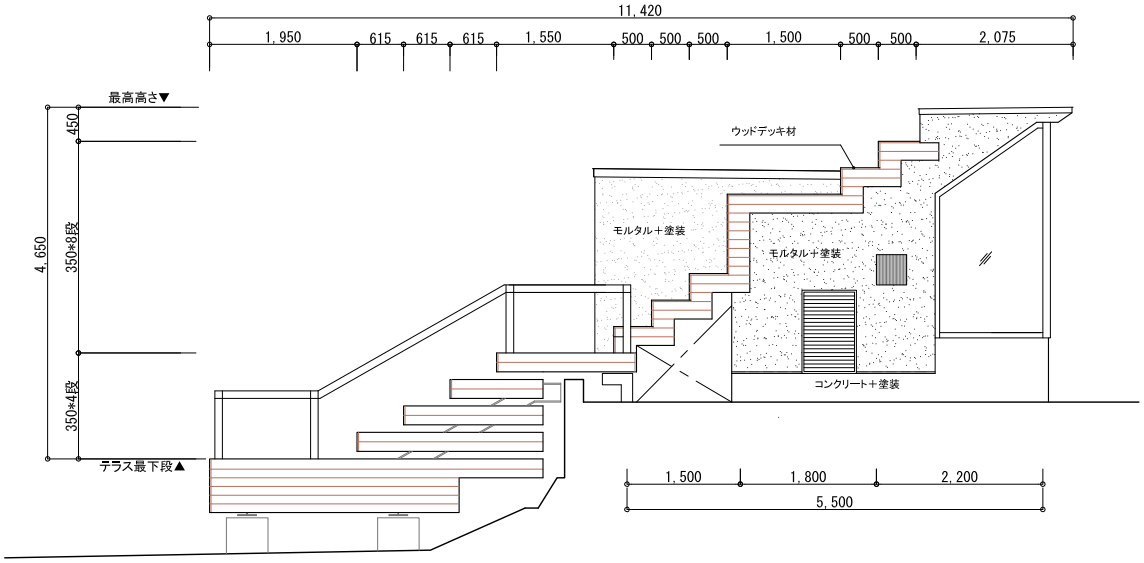
北立面図 1:100



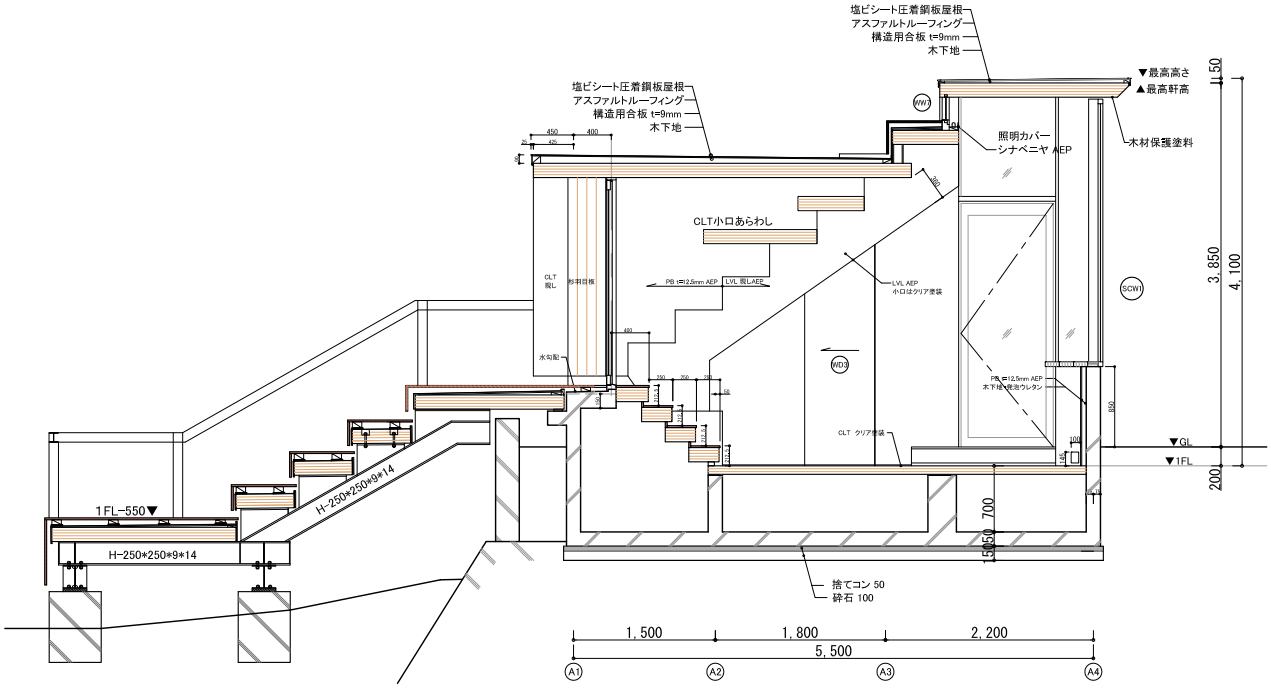
南立面図 1:100



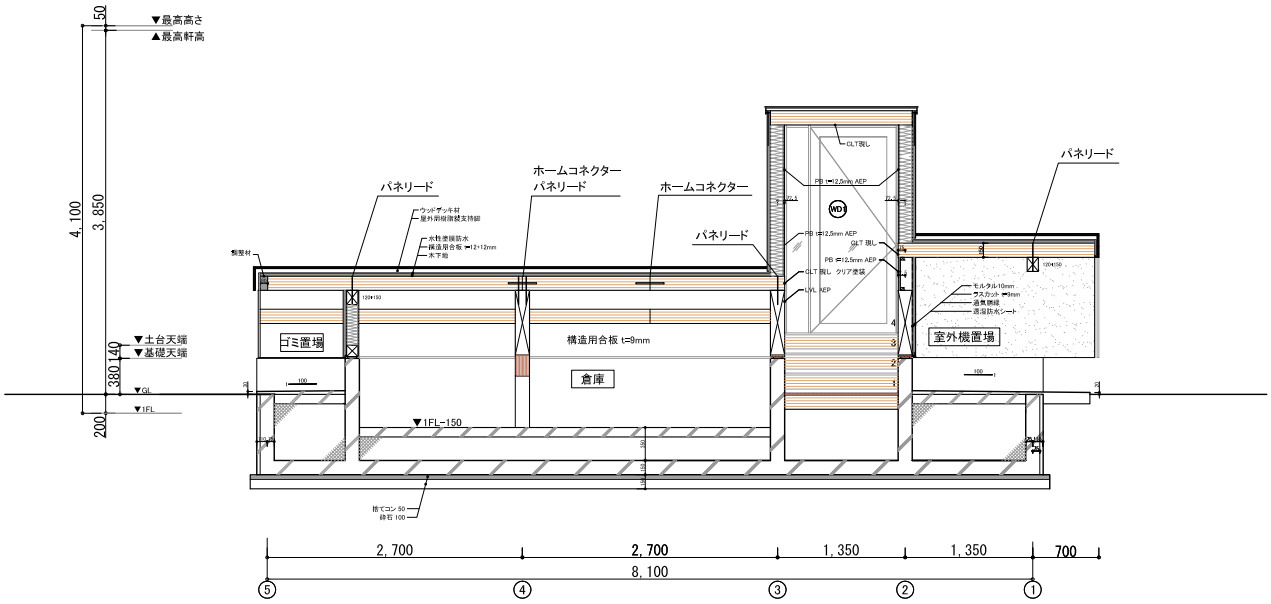
西立面図 1:100



東立面図 1:100



断面図1　1:80



断面図2　1:80

CLT 床継手実験

1. 実験概要

1.1 試験体

試験体には幅 120 mm，長さ 3000 mm の CLT を用いた．接着剤はエポキシ系樹脂とした．CLT を長さ 1500 mm となるように切断し，接合金物の直系より 3 mm 大きい接合金物挿入用の穴と枝管用の穴をドリルを用いて開け，図 1 のタイプの金物を挿入した．養生の際は小口面の付着を防ぐため，ウレタンシートを挟み込んだ．その後，ガンを用いて接着剤を注入した（図 2 左上，右上）．枝管用の穴からの返流を目視で確認するまで接着剤を注入し，最後に枝管を外して養生した（図 2 左下）．養生期間は 2 週間とした．

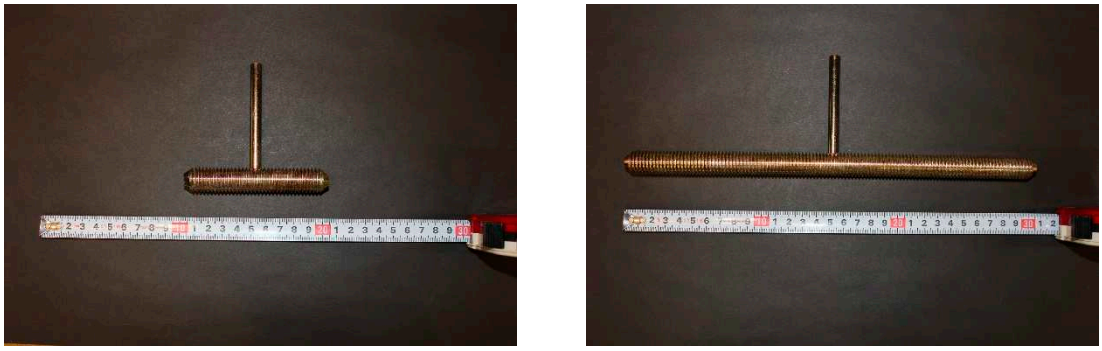


図 1　接合金物

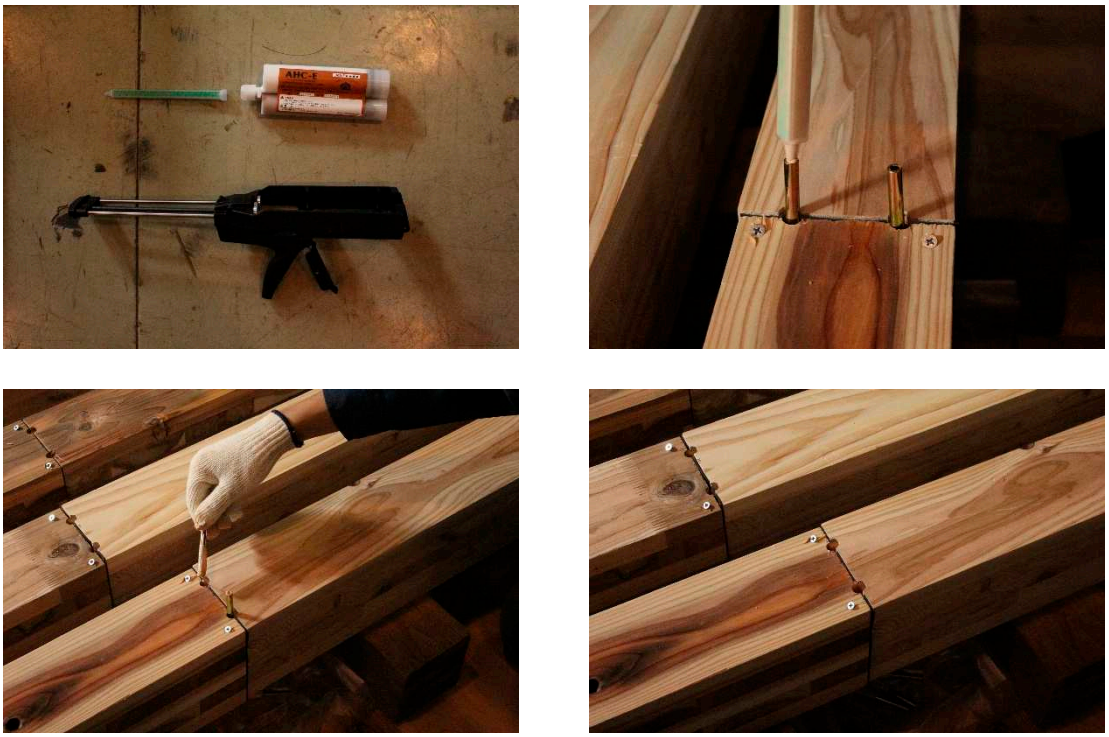


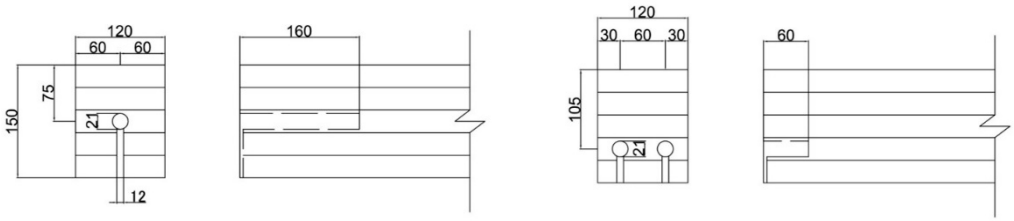
図 2　試験体施工の様子

1.2　試験体

パラメータは接合金物の本数，長さおよび挿入位置とした．試験体概要と試験体リストをそれぞれ図 3 および表 1 に示す．それぞれの試験体数は 3 体とした．試験体名に関して，最初の数字（1 もしくは 2）は接合具の本数を，真ん中の数字（100 もしくは 300）は接合具の長さを，そして最後の文字（M もしくは B）は接合具を挿入する位置を示している．例えば 2-300-M であれば 300 mm の接合具 2 本を中央の層に挿入した試験体となる．

表 1　試験体一覧

試験体名	試験体数	接合金物			凡例
		本数（本）	長さ（mm）	挿入位置（mm）	
1-100-M	3	1	100	75	本数　接合具の長さ　位置 1-100-M
2-100-M		2	100	75	
1-100-B		1	100	45	
2-100-B		2	100	45	
1-300-M		1	300	75	
2-300-M		2	300	75	2-300-B
1-300-B		1	300	45	300mmの長さの接合具を4層目に2本挿入
2-300-B		2	300	45	



1-300-M　　2-100-B

図 3　試験体例

1.3　試験方法

加力は 3 等分点 2 点載荷方式により，単調載荷試験を行った．試験体の寸法・スパンは（公財）日本住宅・木材センターの構造用木材の強度試験マニュアルに基づいて設定した．計測はスパン中央，加力点，そして接合面の開きを変位計により計測した．試験概要図を図 4 に示す．

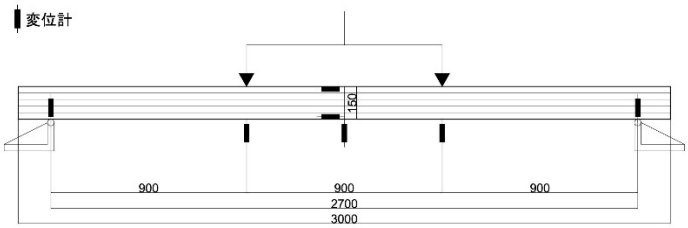


図 4　試験概要図

2. 実験結果

2.1 最大曲げモーメントと破壊性状

図 5 に主な破壊性状を示す．接合具位置が 3 層目にあるもの(M シリーズ)では接合具の引抜（図 5(a)）による破壊が多く見られた．ただし金物長さが 300 mm のものでは接合具の破断（図 5(b)）や割裂（図 5(c)）が起き，引抜が起こらないものもあった．接合具位置が 4 層目にあるもの(B シリーズ)では全ての試験体において層のせん断破壊が起こった(図 5(d))．これは 4 層目が繊維直交層であるため，せん断強度が繊維平行層である 3 層目より低いことが原因と考えられる．

図 6 にそれぞれの試験体の最大曲げモーメントと破壊モードをプロットしたものを示す．

(a)木破（引抜）

(b)接合具破断

(c)割裂

(d)せん断破壊

図 5　破壊性状

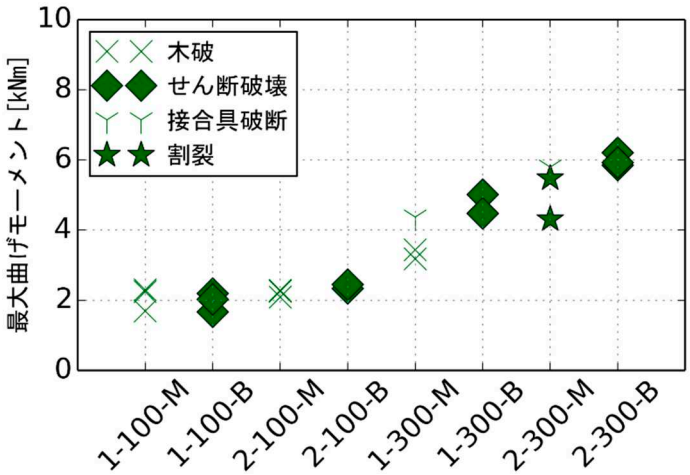


図 6　最大曲げモーメントと破壊性状

2.2　基準引張耐力

図 7 にばらつき係数を考慮した基準引張耐力を示す．図 7 中には実際に本接合を用いる場合の短期・長期それぞれの基準引張耐力を横線で示している．ほとんどの試験体で現行の基準耐力を上回っているが，接合具 2 本を下の層に挿入する試験体はそれと同程度かもしくは下回っていることが分かる．その他の試験体のような接合条件の場合は現行の基準値で設計が可能であると考えられる．

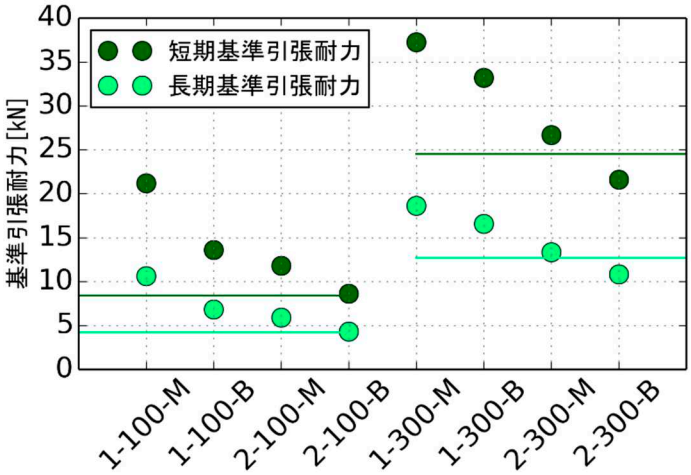


図 7　基準引張耐力

2.3　回転剛性

回転剛性の推定にあたり図 8 のような変形を仮定すると，接合部の回転角θと回転剛性Kは以下の式で求めることができる．

$$\theta = \tan^{-1}\frac{s}{h-\lambda} \qquad (1)$$

$$K = \frac{M}{\theta} \qquad (2)$$

接合部の回転角は継手に設けた変位計の変位から圧縮側の変位と引張側の変位が直線的に変化すると仮定して中立軸を決定した．接合具の引抜量も同様に計算し，回転剛性を求めた．以上のようにして求めたそれぞれの回転剛性の比較を表したものを図 9 に示す．図 9 より回転剛性は金物本数や長さに依存せず，金物挿入位置の影響が大きいことがわかる．

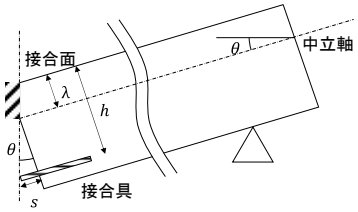


図 8　変形の仮定

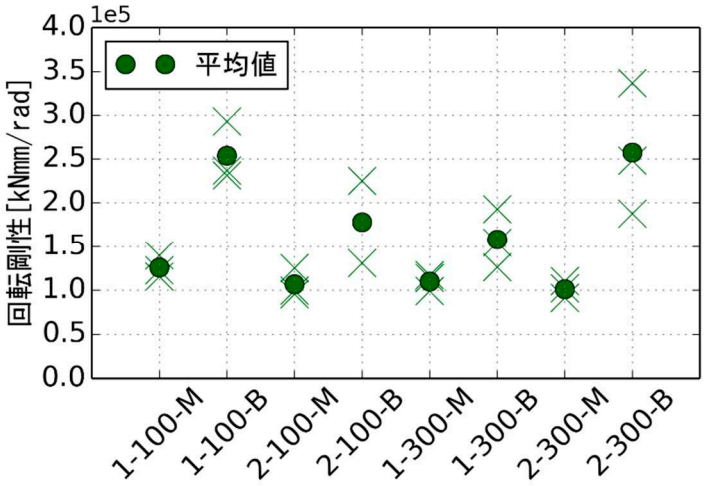


図 9　回転剛性の比較

3.　実験結果を用いた床の検定

実験結果を用いて本建物の床版の検定を行う．検討概要図を図 10 に示す．今回は中央ラミナに接合具を挿入しているため，1-300-M の試験体の回転剛性の平均値(110000kNmm/rad)用いて解析を行った．応力検討用の荷重は 4kN/m^2 とし，変形検討用は 2.4kN/m^2 で変形増大係数は 2 とした．

結果を図 11 および図 12 に示す．図 11 での接合部における最大曲げモーメントは約 1800 kNmm となり，そこから算出した引抜力は 27.4 kN であり，接合具の長期許容引抜耐力は 12.7 kN なので 4 本で OK となる．図 12 において最大たわみは 2.57 mm となり，変形増大係数を考慮すると $l/\delta = 1/540$となる．

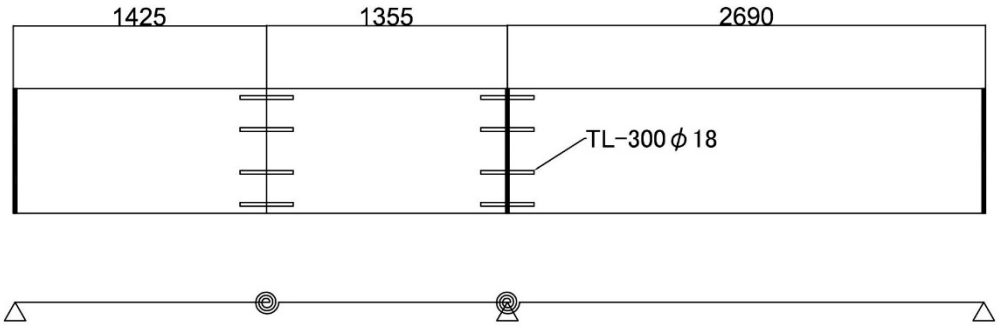


図 10　検討モデル概要図

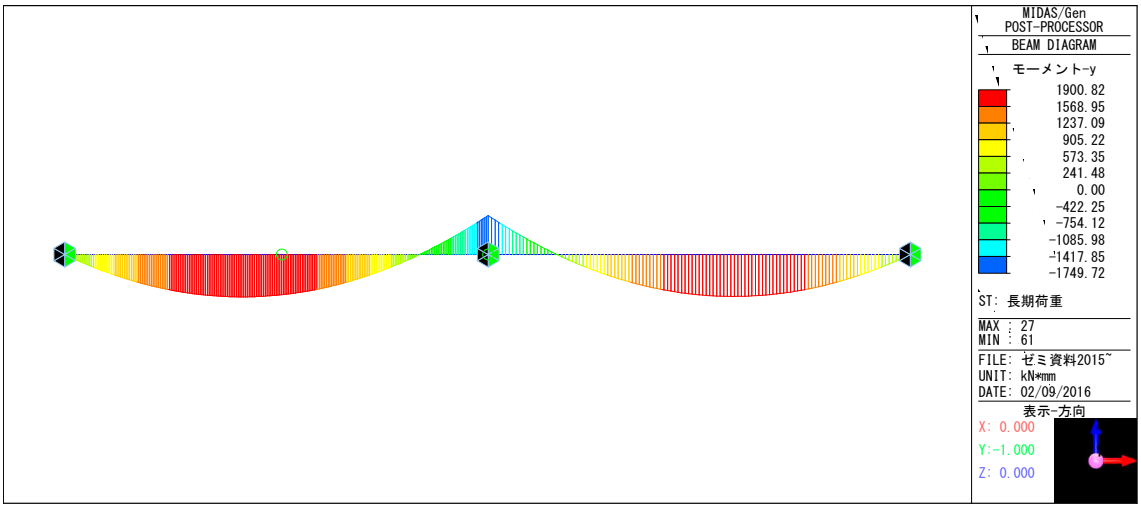


図 11　曲げモーメント図

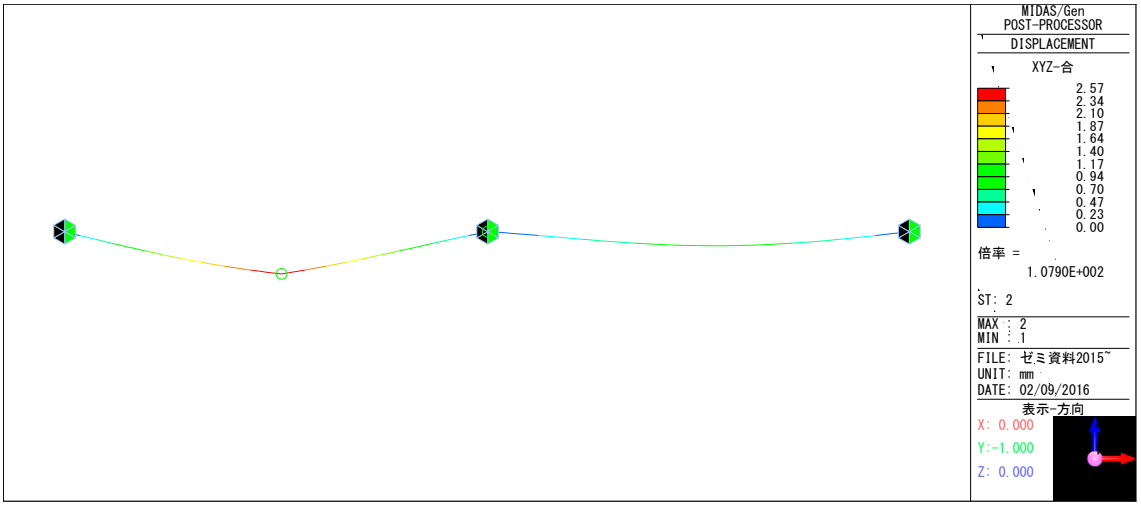


図 12　変形図

施工レポート①

掘削

配筋　耐圧版打設

基礎打設

基礎完了

土台・柱

11/20 より掘削を開始。12 月末に基礎工事を終え、年明け 1/12 に土台と柱を設置。

施工レポート②

LVL 搬入

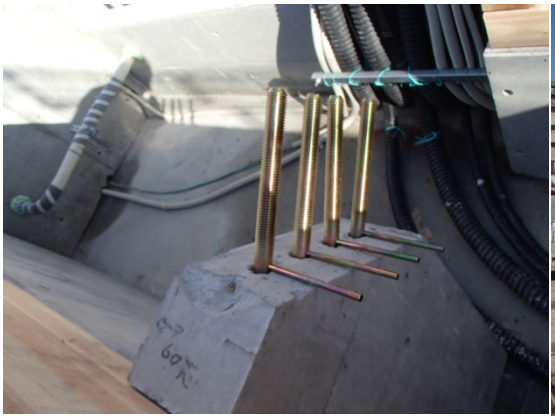
LVL 現場加工

LVL 建方⑤通り

1/15
レイカービームが搬入され、ほぞ穴の欠き込み等の加工を現場で行い、
ストックスペースから一番遠い 5 通りから建て方をスタート。
5 通りは柱で支えられているため、普通の登り梁のように設置できた。

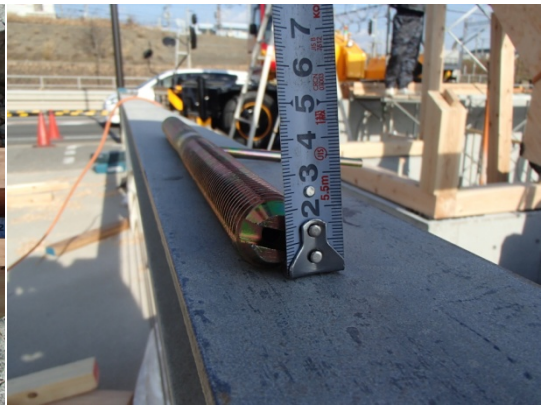
施工レポート③

LVL 建方　④通り　ホームコネクターでのコンクリート基礎との接合部の施工状況



④通りのレイカービームは根元部分でホームコネクターを使い、コンクリート基礎に直接設置する。基礎とレイカービームに穴をあけホームコネクターを挿入し、横穴から薬剤を注入するが、柱にも乗るので、ほぞに差し込みつつホームコネクターに挿入していくのに少し手間取った様子。

LVL のレイカービーム根元に使用しているホームコネクター



施工レポート④

LVL 建方　③通り　-コンクリート基礎とのホームコネクター接合

段板を載せる三角形部分や基礎からの立ち上がりの壁（赤丸で囲んだあたり）も、大判 LVL（幅 1200×長さ 6000）の製造可能サイズ内に納まったため、梁と一体で伐り出した。

１日で５本のレイカービームの設置が完了した。

レイカービームの養生

施工レポート⑤

CLT の加工

在庫 CLT は、保管場所にて、使用サイズへの切り出し、仮並べ、ホームコネクターの孔加工などを事前に行なった。

CLT の搬入　1/20

今回は隣地駐車スペースをヤードとして使えたため、建て方 1 日分の CLT を前日に搬入

施工レポート⑥

CLT の設置　1/21

CLT 継手部分のホームコネクターの施工

梁上の継手（左上）スパン中央での継手（右上）　パネルを引き寄せ（左下）接着剤注入（左下）
LVL に比べるとパネルサイズが小さくスムーズに進んだ

階段のスリット窓は、上に乗る CLT のラミナ１層分の溝にガラスを差し込む納まりとしているため、CLT を梁に載せる前に溝を彫り込んでいる。

施工レポート⑦

CLT、LVL の接合部に使われたホームコネクターとパネリード

最上段の施工

最上段のパネルは梁上でパネル同士の重ねしろを設ける継手とし、パネリードで梁に固定。

1/24　上棟

施工レポート⑧

塗膜防水、塩ビシート圧着鋼板の施工

テラス（鉄骨組＋CLT の工作物）の施工

砂浜部分のテラスは、コンクリート基礎に、鉄骨の土台と登り梁を載せ、CLT 受梁としている。鉄部はすべて溶融亜鉛めっき。テラス CLT も塗膜防水を施した上にウッドデッキを載せる。

現在の様子

国道側はサッシ方立設置。内部床も一部 CLT 材を利用している

仕上材の検討

＜屋根＞

準防火地域に建つ建物の屋根には、法規上、
１）不燃材料で造るか、ふく
２）準耐火構造（屋外面を準不燃材料）
３）耐火構造＋（屋外面）断熱材と防水材
４）個別認定工法（飛び火認定）
という選択肢がある。本建物の屋根仕上げは２種類で
　A)最上段の屋根と通路部分の屋根・・・不燃材料でふく
　B)階段状の客席となる部分・・・個別認定工法による防水施工の上に、ウッドデッキを設置
としている。

A)の屋根材には、木構造に大きな負担をかけないよう、軽量かつ緩勾配が可能な金属系材料から選定することとし、海浜地区での耐食性とコストを比較した。

海浜地区での耐食性
チタン、銅板　＞　ステンレス鋼板　＞　アルミ　＞　ガルバリウム鋼板　＞　カラー鉄板
コスト（ガルバリウム鋼板を１とした比較）

チタン	6～
銅板	2.3～
ステンレス鋼板	1.9～2.1
アルミ	1.7
ガルバリウム鋼板	1

金属の種類による耐食性の違いはあるが、近隣の建物には、耐食性の高いステンレスにも”もらい錆”も見られ、費用に見合う効果を得られない可能性も高いと考えられた。そこで金属の種類を変えていくのではなく、防水材として使われるフィルムやシート等で被覆した鋼板による屋根葺きを検討し、その中で、不燃材料として認定を受けている塩ビシート圧着鋼板（0.4㎜厚カラーガルバリウム鋼板に1.2㎜厚塩ビ防水シートを圧着したもの）を採用した。

B）の個別認定工法の防水は、木下地での飛び火認定を取得している水性塗膜防水、FRP 防水、シート防水を、耐候性・耐久性・弾性・施工性・メンテナンス性の観点で比較検討した。
このうち、水性塗膜防水材に関しては、
・木・コンクリート・鉄など、様々な下地材に対して１種類のプライマーで施工できる。また、いずれの下地に対しても高い接着力があり、耐候性・耐久性・弾性の高い膜が形成される。
・粘性が高く階段形状の垂直面にも厚みを持たせて塗り上げることができる。開口部まわりなどの複雑な形状の下地にも施工しやすい。
・何度も塗り重ねられ、メンテナンスしやすい。
などの特徴があり、本建物の条件に対して最も適していると考えられたため、採用した。

＜ウッドデッキ＞
階段状の屋根部と砂浜側のテラスは、塗膜防水の上に屋外デッキ用支持脚を置き、ウッドデッキ材を設置する。ウッドデッキ材は下記を検討した。

・南洋材　(セランガンバツ、イペ、ジャラ等)
・アセチル化木材　(ラジアータパイン)
・モックル処理材　(スギ、ヒノキ)
・フルフリルアルコール加圧注入材 (ラジアータパイン、イエローパイン、メイプル)
・低分子フェノール系保存処理材　(スギ、ヒノキ)
・高熱乾燥木材　(ラジアータパイン)
・特殊樹脂含浸処理積層材

「モックル処理材」「低分子フェノール系保存処理材」は階段部のスリット窓まわりの納まり寸法の関係で採用が難しく、他の材料は納まり寸法としては可能性があるが、イニシャルコストや納期の面から、今回は南洋材を採用する予定である。

＜木部の塗装＞
本建物の、屋外の木あらわし部は以下のように整理される。

A) 国道側の軒下の CLT、LVL あらわし部分
・・・深い軒下で、直接雨がかかることほとんどない。
B) 海側出入り口のまわり　袖壁 CLT 小口あらわし
・・・国道側より過酷な状況が予想されるので、５センチほどカットし内側で柱とボルト接合し、
その上からカットした CLT をビス止めする。傷みがひどい場合には交換。
C)ウッドデッキ
D)木製外部建具

屋外木部の塗装には
・油性木材保護塗料・・・キシラデコール等
・水性木材保護塗料・・・バドンプラス、ガードラックアクア、ハッスル撥水君等
・水性木材保護塗料（シリコン系）・・・　ウッドエイド
・無機系木材保護塗料（液体ガラス系）・・・ウッドレスキュー
・防炎材（液体ガラス系）　・・・ファイアーカット　（木製枠の防火設備）
等を検討しており、施工前に最終的に部位ごとに仕様を整理し、経過観察を行なっていくこととする。
（躯体の地盤面＋1000 の範囲については、これとは別に防腐防蟻材を塗布済）

4. 工事費等内訳

事業名			（仮称）Café　CLT　新築工事の建築実証
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			KUS一級建築士事務所　内海　彩（担当者）
共通仮設費			521,640
建築工事	直接仮設工事		162,000
	土工事		1,090,716
	コンクリート工事		1,140,415
	型枠工事		706,606
	鉄筋工事		562,680
	鉄骨工事		2,985,857
	組積工事		32,400
	防水工事		970,148
	タイル工事		
	木工事		8,824,086
	屋根及び樋工事		1,419,628
	金属工事		
	左官工事		32,400
	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			18,448,575
別途工事費		外構工事	
		解体撤去工事	
		ボーリング	
		設計	2,100,000
		大臣認定	
		確認申請	
その他			4,070,217
小計②			6,170,217
合計（①＋②）			24,618,792

注：平成27年度事業に計上した費用のみを記載

2.5 （株）ウッドワン

1. 建築物の仕様一覧

事業名			ウッドワンショールームのマッシヴホルツの設計実証 （解析実証）
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）			株式会社　ウッドワン
建築物の概要	用途		事務所（ショールーム）
	建設地		石川県野々市市
	構造・工法		木造軸組工法
	階数		2階
	高さ（m）		1階　3140mm　2階　3060mm
	軒高（m）		6.5m
	敷地面積（m^2）		1070.23㎡
	建築面積（m^2）		343.39㎡
	延べ面積（m^2）		459.32㎡
	階別面積（m^2）	1階	343.39㎡
		2階	115.93㎡
CLTの仕様	CLT採用部位		床
	CLT使用量（m^3）		96.45m^3 加工後建築物使用量
	床パネル	寸法	t=210mm　1500mm×6000mm
		ラミナ構成	7層7プライ
		強度区分	Mx60
		樹種	スギ
	屋根パネル	寸法	t=210mm　1500mm×6000mm
		ラミナ構成	7層7プライ
		強度区分	Mx60
		樹種	スギ
CLT以外の新たな製品・技術の仕様	採用部位		耐力壁　B種LVL　ラグスクリューボルト
	使用量（m^3）		50m^3 加工後建築物使用量
	CLTの仕様の書き方を参考に適宜記載	寸法	t=150mm　1200mm×3000mm
		樹種	スギ
構造	構造計算ルート		建築基準法施工令46条の壁量計算の規定を外れるため、令46条2項を適用させ、昭62年建告1899号に定める許容応力度計算、層間変形角の確認、偏心率等の確認を行う。
	接合方法		耐力壁柱脚にはLSBを用い、LSBとABRを接合させる。CLT水平構面には長尺ビスを用いせん断力を負担させる。
	最大スパン		6m
	問題点・課題とその解決策		耐力壁の接合部に用いるLSBは、剛性が高いが脆性破壊が生じるため、耐力壁の靭性を確保する必要がある。靭性確保にはABRをもちいるが、ABRの降伏耐力の確認だけではなく、ABRの引張強さ上限値よりもLSBの最大耐力が上回っていることを確認しなければならない。
工程	設計期間		6か月
	施工期間		6か月
		CLT等躯体施工期間	1週間
	竣工（予定）年月		平成29年3月（予定）
体制	発注者		株式会社　ウッドワン
	構造設計者		株式会社　ウッドワン一級建築士事務所
	CLT等新たな製品・技術供給者		銘建工業株式会社、株式会社キーテック、株式会社ストローグ、WURTH社（東日本パワーファスニング株式会社）
	ラミナ等供給者		銘建工業　株式会社

1. 事業名と実施者

【実施名】　ウッドワンショールームのマッシヴホルツの設計実証　（解析実証）

【実施者】〒738-8502　広島県廿日市市木材港南 1-1

株式会社　ウッドワン

代表取締役社長　　中本　祐昌

電話番号 0829-32-3333

FAX 番号 0829-32-6237

2. 建築物の概要

１）建設地：石川県野々市市（多雪区域 1m ）

２）規模

木造軸組工法 2 階建て

軒高　6.5m

1 階床面積　343.39 ㎡（X 方向 24.2m　Y 方向 14.19m）

2 階床面積　115.93 ㎡（X 方向 9.1m　Y 方向 12.74m）

延べ床面積　459.32 ㎡

３）用途：事務所（ショールーム）

４）構造体

水平構面	小屋面	CLT Mx60 t=210 スギ
	2 階床面	CLT Mx60 t=210 スギ
壁		B 種 LVL スギ
耐力壁接合	軸力負担	LSB 山径 35 ㎜
	せん断負担	鋼棒φ27　せん断キー
柱		A 種 LVL
梁		A 種 LVL
		※水平構面試験時の梁は LVL　60E スギ

3. 本事業で実証した内容

建築予定のショールームは主要構造部として床に CLT、耐力壁に B 種 LVL、梁に A 種 LVL を使用する。構造計算は建築基準法施行令 46 条第 2 項ルートによる設計を計画するため、各接合部の構造特性値の把握が必要である。高倍率耐力壁（1 層、2 層）の接合部試験、CLT を床に用いた水平構面せん断試験及び接合具せん断試験にて構造特性値を求める。これら試験より水平構面及び鉛直構面をブレースモデル置換し立体解析を行う。

4. 事業実施体制

【申請者】

(株)ウッドワン：申請事務取りまとめ、進行管理　担当：岡本　肇

【協力者】

桜設計集団一級建築士事務所：構造設計

銘建工業（株）：CLT 部材供給

（株）キーテック：A 種 LVL、B 種 LVL 部材供給

建材試験センター：CLT 床水平構面せん断試験

工学院大学：1 階耐力壁試験、接合部せん断試験

㈱ストローグ：1 階 2 階耐力壁接合部試験

5. 実証方法と実施工程

接合部の試験により構造特性値をもとめ、立体解析を行う。

＜建築物の構造基本設計＞

・7 月～11 月：目標構造特性値の設定、接合部の設計

・11 月～1 月：試験体部材製造

＜試験＞

・ 1 月　　：CLT 床の水平構面試験

・1 月～2 月　　：高倍率耐力壁（1 層、2 層）の試験

・ 2 月　　：接合部せん断試験

＜解析＞

・ 2 月　　：CLT 床水平構面試験結果よりブレースモデル作成

・ 2 月　　：耐力壁の試験結果よりブレースモデル作成

・1 月～2 月　　：ウッドワンショールームの構造立体解析

＜その他＞

・平成 28 年度　　：本年度の実証に基づきウッドワンショールーム着工予定

平成２７年度　CLT 建築等新たな製品・技術を活用した建築物の実証事業

ウッドワンショールームの
マッシヴホルツの設計実証
（解析実証）

平成 28 年年 3 月 3 日

株式会社　ウッドワン

1.　事業概要

一般的な木造軸組工法では鉛直構面及び水平構面の性能上、大空間の設計が困難である。これを解決させるためには耐力・剛性の高い部材の開発が必要である。本実証事業では、CLT を床として使用することで、水平構面剛性を確保し、また、たわみ性能が低い CLT を床梁で補う事で平面的に大空間の建築物を計画する。大空間の建築物として、店舗やショールーム、学校等の建築物が考えられる。

大空間の建築物には少ない壁配置が求められるため、高耐力の耐力壁として、B 種 LVL にラグスクリューボルト（以下 LSB）接合させた耐力壁の検証を行った。

建築予定のショールームは主要構造部として床に CLT、耐力壁に B 種 LVL、梁に A 種 LVL を使用する。構造計算は建築基準法施行令 46 条第 2 項ルートによる設計を計画するため、各接合部の構造特性値の把握が必要である。高耐力の耐力壁試験、CLT を床に用いた水平構面せん断試験、及び接合具せん断試験にて構造特性値を求める。これらの試験結果より水平構面及び鉛直構面をブレースモデル置換し立体解析を行う。

2.　構造概要

2.1　建物概要

建物概要及び構造仕様を表 2-1 及び 2-2 に示す。

表 2-1. 建物概要

建設地	石川県野々市市 (多雪 1 m地域)
規模	木造軸組工法　2 階建　軒高 6.5m
面積	延べ床面積 459.32 ㎡　1 階床面積　343.39 ㎡　2 階床面積　115.93 ㎡

表 2-2. 構造仕様

水平構面	小屋面	CLT Mx60 7-7 t=210
	2 階床面	CLT Mx60 7-7 t=210
耐力壁		B 種 LVL
耐力壁接合	軸力負担	LSB　山径 35 ㎜
	せん断負担	鋼棒 φ27　せん断キー
柱		A 種 LVL
梁		A 種 LVL

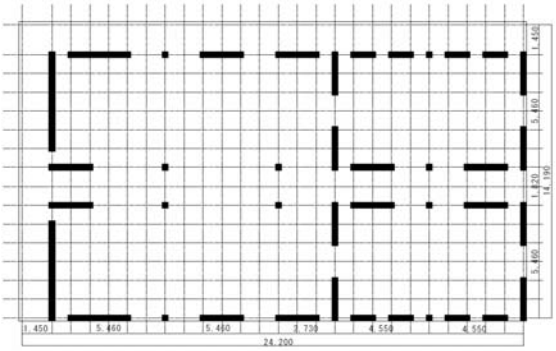


図 2-1.　１階壁配置図

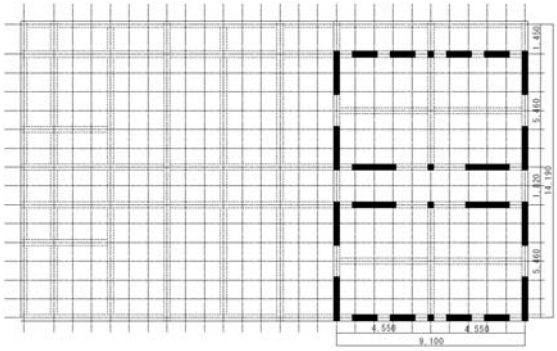


図 2-2.　２階壁配置図

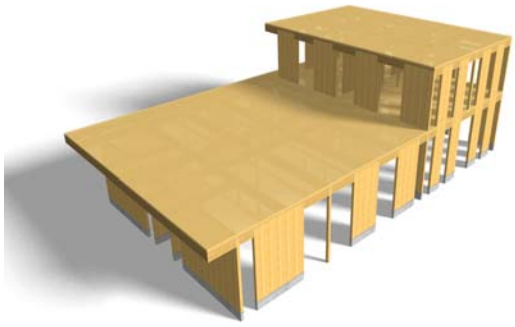


図 2-3. 構造パース

図 2-4. 内観パース

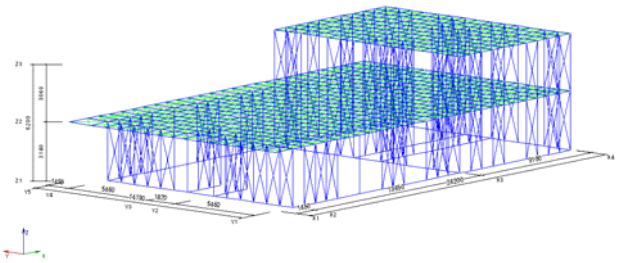


図 2-5. 解析パース

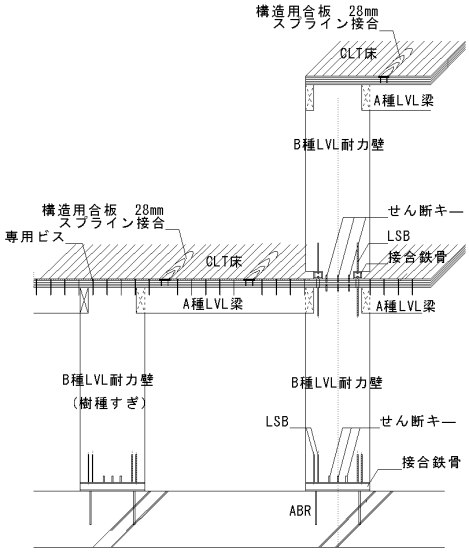


図 2-5. 構造用概要図

2.2 試験概要

本実証事業で行う試験は表 2-3 に示す。

表 2-3. 試験概要

試験項目	試験目的	
耐力壁試験	1，2 階耐力壁構造特性値の確認	・・・3 章
せん断キー試験	せん断キーの構造特性値の確認	・・・4 章
CLT 水平構面試験	CLT 水平構面構造特性値の確認	・・・5 章
ビスせん断試験	ビスの構造特性値の確認	・・・6 章

3　耐力壁試験

3.1 耐力壁試験計画

3.1.1 耐力壁の設計方針

LSB 接合による厚板耐力壁は脆性破壊するため靭性を持たせる必要がある。靭性確保のため耐力壁と基礎の接合に ABR を用いる。2 階耐力壁直下には 1 階耐力壁を配置させ、1-2 階の接合は CLT 床中に鋼管を入れ、鋼管部で圧縮、ABR で引張を伝達する接合方法とする。

3.1.2　2 階耐力壁(1－2 階接合部)の設計

2 階耐力壁脚部に使用する LSB の引張耐力はカラマツで、最大耐力(95%下限値)168.89kN である。今回使用するスギでの LSB の軸力はカラマツの結果に対して 0.8 を乗じた 135kN と想定した。LSB 破断前に ABR が降伏する事を狙い、降伏点上限での引抜耐力が 85.4kN の ABR490B M18 を 1 本用いる。余裕度は 135kN ÷85.4kN=1.58 倍である。

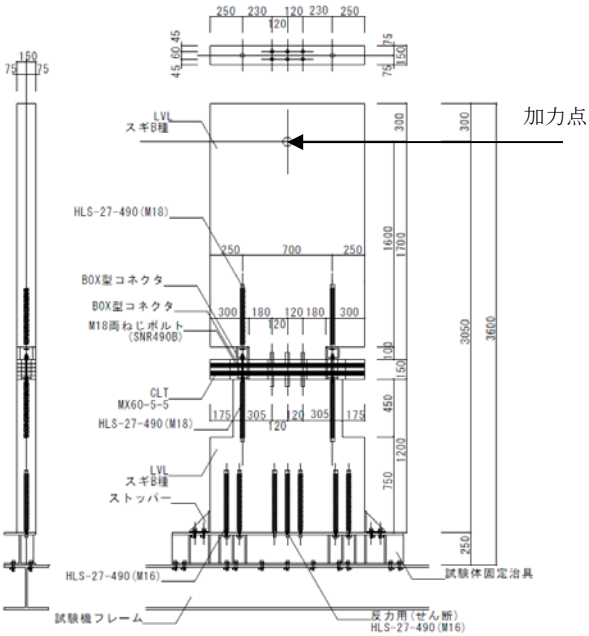


図 3-1.　2 階耐力壁試験体図

写真 3-1.　試験機及び試験体

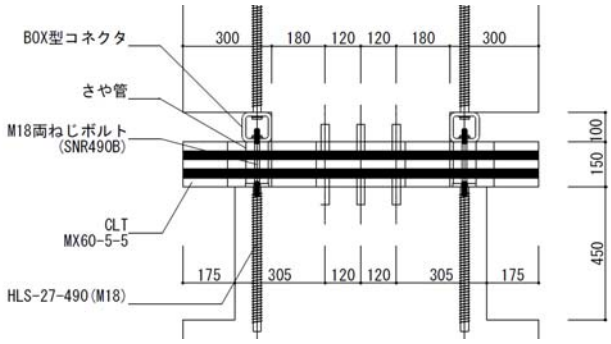


図 3-2.　1-2 階接合部詳細図

写真 3-2.　1-2 階接合部

表 3-1. 2 階耐力壁接合具仕様

	軸断面積	降伏点		引張強さ	
ABR490 B M18 1 本	192mm2	325N/mm^2 以上	445N/mm^2 以下	490N/mm^2 以上	610N/mm^2 以下
		62.4kN 以上	85.4kN 以下	94.1kN 以上	117.1kN 以下
LSB（HLS-27-490）	Pmax(95%下限値)				
	168.89kN	(※樹種カラマツ) LVL 協会資料より	⇒スギでの 想定耐力 ×0.8	135.1kN	

3.1.3　1 階耐力壁（1 階脚部接合部）の設計

1 階耐力壁脚部に使用する LSB の引張耐力はカラマツで、最大耐力(95%下限値)384.55kN である。スギの耐力は 0.8 を乗じた 307.64kN と想定した。ABR 先行降伏のため降伏点上限での引抜耐力が 236.6kN の ABR400B M24 を 2 本用いた。

余裕度は 307.64kN÷236.6kN=1.30 倍である。

表 3-2. 1 階耐力壁脚部接合具仕様

	軸断面積	降伏点		引張強さ	
ABR400 B　M24 1 本	353mm^2	235N/mm^2 以上	335N/mm^2 以下	400N/mm^2 以上	510N/mm^2 以下
		83.0kN 以上	118.3kN 以下	141.2kN 以上	180.1kN 以下
ABR400 B　M24 2 本	軸断面積	降伏点		引張強さ	
	706mm^2	235N/mm^2 以上	335N/mm^2 以下	400N/mm^2 以上	510N/mm^2 以下
		166.0kN 以上	236.6kN 以下	282.4kN 以上	360.0kN 以下
LSB（HLS-27-490） 2 本	Pmax(95%下限値)				
	384.55kN	(※樹種カラマツ) LVL 協会資料	⇒スギでの 想定耐力 ×0.8	307.64kN	

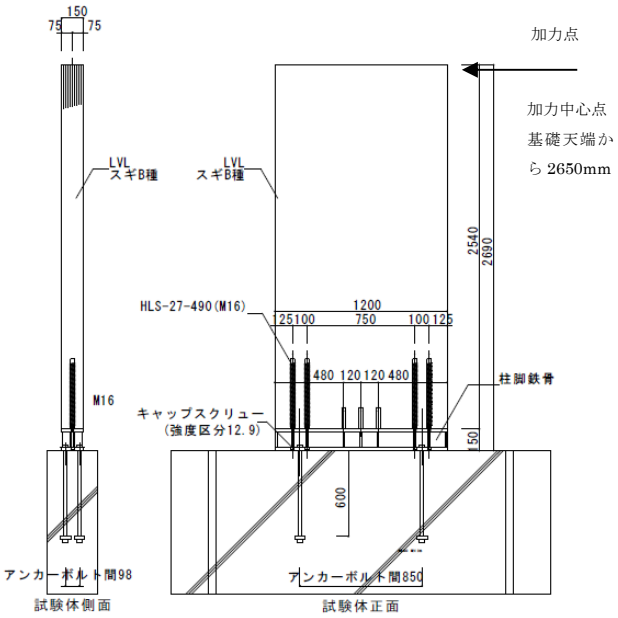


図 3-3. 1 階耐力壁試験体図

写真 3-3. 1 階耐力壁試験体

3.2　耐力壁試験方法

（１）正負交番繰り返し加力する。繰返しは見かけのせん断変形角が 1/450,1/300,1/200, 1/150,1/100,1/75,1/50rad 及び 1/30rad の正負変形角とする。

（２）繰返し加力は同一変形角で各 3 回とする。

（３）最大荷重に達した後、最大荷重の 80％の荷重に低下するまで又は見掛けのせん断変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力する。なお、見掛けのせん断変形角が 1/15rad を超えても荷重が低下しない場合には、見掛けのせん断変形角 1/15rad を終局変形角とし、1/15rad 以内の最高荷重を最大荷重（Pmax）とする。

木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008 年版）　（財）日本住宅・木材技術センター記載の完全弾塑性モデルに則り、降伏耐力 Py，初期剛性 K，終局耐力 Pu 及び構造特性係数 Ds を求める。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る

ばらつき係数＝1-CV・k　　ここに，CV：変動係数、k：0.471（n=3）

3.3　試験結果及び考察

3.3.1　2 階耐力壁（1-2 階接合部試験）

壁単位長さあたりの基準耐力は 20.02kN/m であった。想定通り ABR の降伏が先行し靭性的な荷重変形曲線を描き Ds の平均は 0.24 となった。基準耐力は Py で決定しており、数値は ABR の降伏点から導き出される数値と概ね一致した。

計算値：ABR490B 降伏点 62.4kN（下限値）×ABR 間隔 700 ㎜÷試験体高さ 1750 ㎜=24.96kN

実験値：試験体の降伏耐力平均値 24.35kN

表 3-3-1. 2 階耐力壁試験結果一覧①

	Pmax	Pu	Ds	K	2/3Pmax	Pu×0.2 /Ds	Py	P120	Po	Po/m
	kN	k N		$\times 10^3$ kN/rad	kN	kN	kN	kN	kN	kN/m
No 1	47.10	42.69	0.24	8.39	31.40	36.09	24.92	33.57		
No2	47.25	42.05	0.22	10.03	31.50	38.88	23.58	32.09		
No3	47.20	43.33	0.27	6.62	31.47	31.76	24.54	33.32		
平均	47.19	42.69	0.24	8.35	31.46	35.58	24.35	32.99		
標準偏差	0.08	0.64		1.71	0.05	3.58	0.69	0.79		
変動係数	0.00	0.01		0.20	0.00	0.10	0.03	0.02		
係数	0.47	0.47		0.47	0.47	0.47	0.47	0.47		
ばらつき係数	1.00	0.99		0.90	1.00	0.95	0.99	0.99		
基準耐力	47.15	42.39		7.54	31.43	33.89	24.02	32.62	24.02	20.02

表内：Pmax :最大耐力　Pu：終局耐力 Ds：構造特性係数　K：初期剛性　Py：降伏耐力 P120：1/120rad 時耐力
Po：基準耐力　Po/m　：単位長さあたりの基準耐力

表 3-3-2. 2 階耐力壁結果一覧②

	γy	γv	γu	μ
	$\times10^{-3}$ kN/rad	$\times10^{-3}$ kN/rad	$\times10^{-3}$ kN/rad	
No1	2.97	5.09	47.98	9.43
No2	2.35	4.19	46.90	11.18
No3	3.71	6.55	47.28	7.22
平均	3.01	5.28	47.38	9.28

表内　γy：:降伏変形角　γv：:降伏点変形角
γu：:終局変形角 μ:：塑性率

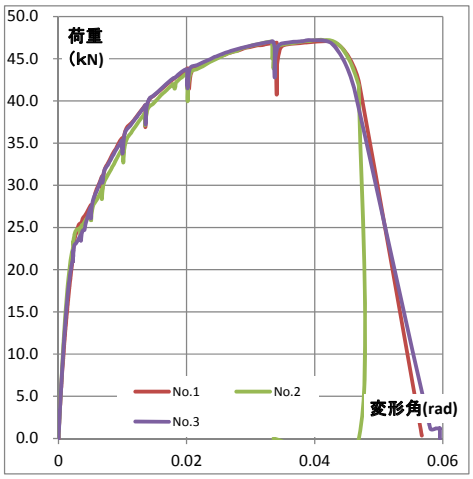


図 3-4. 2 階耐力壁荷重変形曲線

3.3.2 1 階耐力壁（1 階接合部試験）

試験体は 3 体用意したが、1 体目は試験中に基礎コンクリートの水平移動により試験途中で終了した。

2 体目は押し側 1/50rad のサイクルへ向かう途中で LSB の抜けが発生した。引き側では 1/35rad で LSB の抜けが発生した。120rad 時の荷重は 100kN と高い剛性であった。ABR が伸びきらずに脆性破壊を起こしてしまった原因は、①LSB の耐力が不足していた、②ミルシートより ABR の降伏点が上限値の付近であった、③回転中心距離の違いにより ABR よりも LSB の引張応力が大きい事が考えられる。

表 3-4-1. 1 階耐力壁試験結果一覧①(No2 試験体)

	Pmax	Pu	Ds	K	2/3Pmax	Pu×0.2/Ds	Py	P120	Po	Po/m
	kN	k N		$\times10^{3}$ kN/rad	kN	kN	kN	kN	kN	kN/m
No2　押し	97.36	96.55	0.61	11.83	64.91	31.74	76.10	94.33	31.74	26.45
No2　引き	116.76	107.04	0.38	14.69	77.84	56.80	76.50	100.19	56.80	47.34

表内：Pmax :最大耐力　Pu：終局耐力 Ds：構造特性係数　K：初期剛性　Py：降伏耐力 P120：1/120rad 時耐力
Po：基準耐力　Po/m　：単位長さあたりの基準耐力

表 3-4-2. 1 階耐力壁試験結果一覧②(No2 試験体)

	γy	γv	γu	μ
	$\times10^{-3}$ kN/rad	$\times10^{-3}$ kN/rad	$\times10^{-3}$ kN/rad	
No2　押し	6.43	8.16	15.11	1.85
No2　引き	5.21	7.29	29.29	4.02

表内　γy：:降伏変形角　γv：:降伏点変形角 γu：:終局変形角 μ:：塑性率

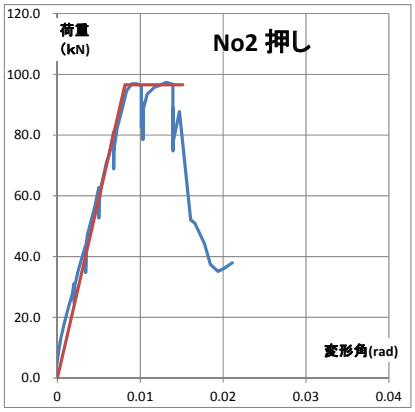


図 3-5.　1 階耐力壁 荷重変形曲線
(No2 押し)

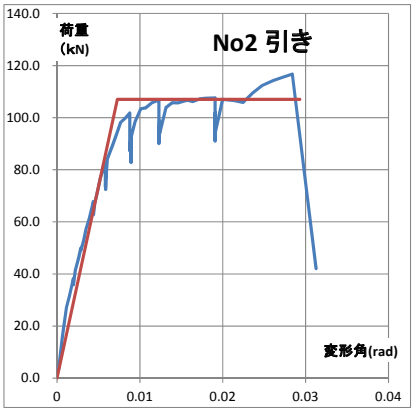


図 3-6.　1 階耐力壁 荷重変形曲線
(No2 引き)

2 体目の結果で ABR の先行破壊がみられなかったため、3 体目は ABR が先行破壊する参考データの取得として、片側 2 本配置した ABR のうち 1 本のナットを外し、ABR1 本のみ有効な状態で試験を行った。

ABR が伸びて 1/15rad を迎え荷重変位曲線は靭性的な履歴を示しているが完全弾塑性モデルのよる評価であると、降伏変形角が大きく Ds 値が 0.46 と靭性的と言えない。

表 3-5-1.　1 階耐力壁試験結果①(No3 試験体)

	Pmax	Pu	Ds	K	2/3Pmax	Pu×0.2/Ds	Py	P120	Po	Po/m
	kN	k N		$\times 10^3$ kN/rad	kN	kN	kN	kN	kN	kN/m
No3　引き	90.24	74.63	0.46	3.22	60.16	32.57	55.06	33.04	32.57	27.14

表内：Pmax :最大耐力　Pu：終局耐力 Ds：構造特性係数　K：初期剛性　Py：降伏耐力 P120：1/120rad 時耐力
Po：基準耐力　Po/m　：単位長さあたりの基準耐力

表 3-5-2.　1 階耐力壁試験結果②(No3 試験体)

	γy	γv	γu	μ
	$\times 10^{-3}$ kN/rad	$\times 10^{-3}$ kN/rad	$\times 10^{-3}$ kN/rad	
No3　引き	17.07	23.14	66.67	2.88

表内　γy：:降伏変形角　γv：:降伏点変形角
γu：:終局変形角 μ:：塑性率

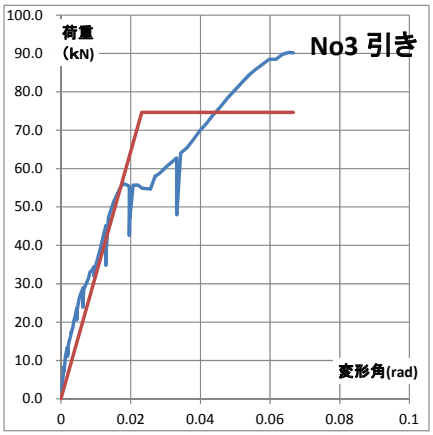


図 3-7.　1 階耐力壁 荷重変形曲線
(No3 引き)

3.4　今後の課題

計画段階では ABR400B の降伏耐力上限値 335N/mm² と LSB の最大耐力の比較により接合部の選定を行ったが、ABR を伸ばして設計する場合、ABR400B 引張強さ上限値 510N/mm² と LSB の最大耐力の比較により接合部の選定を行う必要がある。B 種 LVL スギでの LSB 接合耐力が想定していたよりも低く、LSB の先行破壊を起こしていたため、LSB 接合の耐力の向上が必要と考えられる。

4 せん断キーせん断試験

4.1 せん断キーせん断試験目的

1階耐力壁及び2階耐力壁で発生したせん断力を下部構造へ伝達させる手法としてせん断キーを設けるため、試験によりせん断性能を確認する。

4.2 せん断キーせん断試験方法

加力は一方向静加力とし、降伏耐力は 0.1Pmax と 0.4Pmax を結んだ直線と、0.4Pmax と 0.9Pmax を結んだ勾配で荷重変形曲線に接する直線の交点とする。変位は主材と側材の相対変位 25 ㎜までの評価とし、降伏耐力、最大耐力、終局耐力は信頼性水準 75%の 95%下限許容限界値、剛性は信頼性水準 75%の 50%下限許容限界値、変位は平均値を求める。試験は 6 体行ったが、主材が鉄骨の試験体は評価を 3 体とした。

表 4-1. 試験体各部の仕様

主材	側材	せん断キー	接合箇所
CLT　Mx60　5－5　t=150	B 種 LVL スギ t=150	φ27　L=120　片側 6 本	耐力壁-CLT 床
鉄骨	B 種 LVL スギ t=150	φ27　L=150　片側 6 本	1 階耐力壁-鉄骨

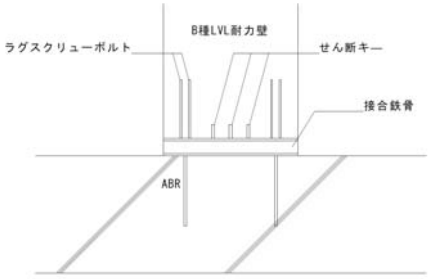


図 4-1. 1 階耐力壁脚部せん断キー

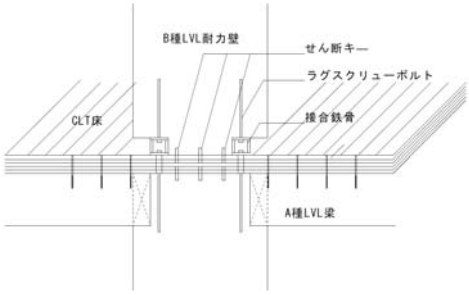


図 4-2. 1－2 階接合部せん断キー

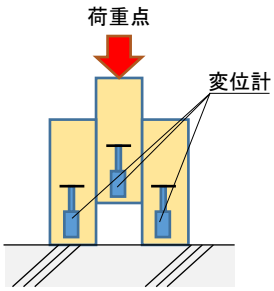


図 4-3. 試験概略図

写真 4-1. 試験機及び試験体

4.3 試験結果と考察

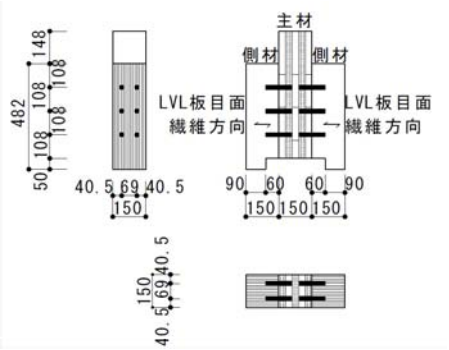
①1-2 階耐力壁のせん断キーの試験結果は降伏耐力 33.8kN 、最大耐力 56.64kN であった。

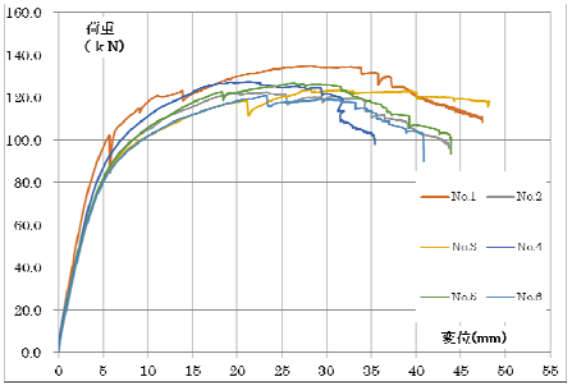
②鉄骨と耐力壁のせん断キー試験は降伏耐力 42kN 最大耐力 89.93kN であった。

③せん断キーとしての必要性能は満足したが施工性、経済性の面からせん断キーは再考が必要であった。

試験結果の表に示す記号はそれぞれ P_{max} :最大耐力　δ_{pmax} ：最大荷重時変位　K：初期剛性　Py：降伏耐力　Pu：終局耐力　δu：終局変位

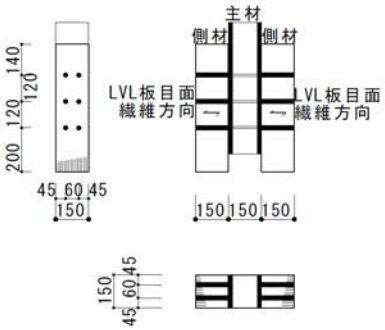
4.3.1 主材 CLT 側材 B 種 LVL 試験結果

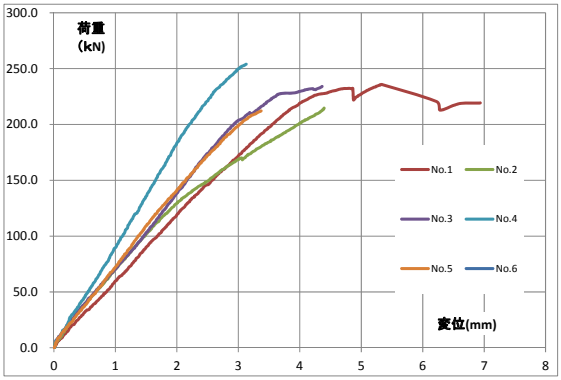




	P_{max}	δ_{pmax}	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	125.07	23.75	18.18	77.59	3.76	115.51	24.97
標準偏差	5.04		1.67	4.26		4.95	
変動係数	0.04		0.09	0.05		0.04	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.91		0.97	0.87		0.90	
短期基準耐力	113.28		17.68	67.64		103.94	
片側 6 本当たり	56.64		4.42	33.82		51.97	

4.3.2 主材鉄骨 側材 B 種 LVL 試験結果





	P_{max}	δ_{pmax}	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	220.87	4.37	64.72	139.25	2.12	210.83	4.90
標準偏差	13.01		5.21	17.43		20.61	
変動係数	0.06		0.08	0.13		0.10	
係数	3.152		0.471	3.152		3.152	
ばらつき係数	0.81		0.96	0.61		0.69	
短期基準耐力	179.85		62.26	84.32		145.86	
片側 6 本当たり	89.93		15.57	42.16		72.93	

5.　CLT 床水平構面試験

5.1　CLT 床水平構面試験内容

CLT を水平構面の許容せん断力を把握するため、幅 3m、高さ 3m の梁組上に CLT を長尺ビスにより打ち込み試験を行った。

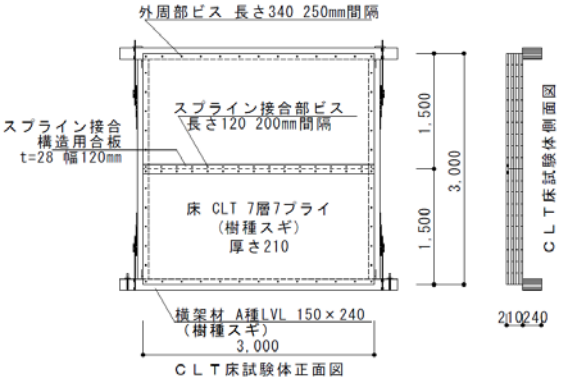


図 5-1.　試験概略図

表 5-１．試験体各部の仕様

床	Mx60　7-7(異等級構成直交集成板 7 層 7 プライ)厚さ=210mm（樹種スギ）
梁	JAS　A 種単板積層材特級 60E-225F 150mm×240mm(樹種スギ)
外周部ビス	WRUTH 社 ASSY3　長さ 340mm　山径 8mm　250mm 間隔
スプライン接合部	針葉樹構造用合板特類 2 級　t=28 幅 120mm
スプライン接合ビス	WRUTH 社 ASSY3　長さ 120 山径 8mm　200mm 間隔

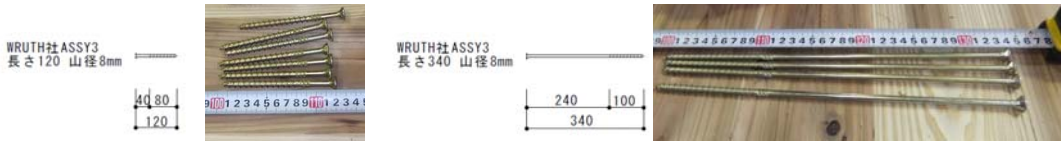


写真 5-1.　長尺ビス

5.2 CLT 床水平構面試験方法

（（１）正負交番繰り返し加力とする。繰返しは見かけのせん断変形角が 1/450,1/300,1/200 , 1/150,1/100,1/75,1/50rad 及び 1/30rad の正負変形角とする。

（２）繰返し加力は同一変形角で各 3 回とする。

（３）最大荷重に達した後，最大荷重の 80%の荷重に低下するまで又は見掛けのせん断変形角が 1/15rad 以上に達するまで加力とする。なお，見掛けのせん断変形角が 1/15rad を超えても荷重が低下しない場合には，見掛けのせん断変形角 1/15rad を終局変形角とし，1/15rad 以内の最高荷重を最大荷重（Pmax）とする。

写真 5-2.　試験機及び試験体

木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008 年版）　（財）日本住宅・木材技術センター記載の完全弾塑性モデルに則り、降伏耐力 Py，初期剛性 K，終局耐力 Pu 及び構造特性係数Ｄｓを求める。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）

5.3 CLT 床水平構面試験結果

長尺ビスの曲げ性能が高く、高い靭性性能を示した結果となった。基準耐力は長さあたり 15.78kN（床倍率換算 8 倍程度）となった。

表 5-2-1. CLT 床水平構面試験結果一覧①

	Pmax	Pu	Ds	K	2/3Pmax	Pu*0.2/Ds	Py	P120	Po	Po/m
	kN	kN		$\times 10^3$ kN/rad	kN	kN	kN	kN	kN	kN/m
No1	110.25	95.00	0.40	5.25	73.50	47.50	61.10	51.70		
No2	118.65	100.80	0.40	5.37	79.10	50.40	63.50	53.50		
No3	118.05	100.70	0.43	4.85	78.70	46.80	63.80	49.90		
平均	115.65	98.83	0.41	5.16	77.10	48.23	62.80	51.70		
標準偏差	4.69	3.32		0.27	3.12	1.91	1.48	1.80		
変動係数	0.04	0.03		0.05	0.04	0.04	0.02	0.03		
係数	3.15	3.15		0.47	0.47	0.47	0.47	0.47		
ばらつき係数	0.87	0.89		0.98	0.98	0.98	0.99	0.98		
基準耐力	100.88	88.37		5.03	75.63	47.33	62.10	50.85	47.33	15.78

表内：Pmax :最大耐力　Pu：終局耐力 Ds：構造特性係数　K：初期剛性　Py：降伏耐力 P120：1/120rad 時耐力
Po：基準耐力　Po/m　：単位長さあたりの基準耐力

表 5-2-2. CLT 床水平構面試験結果一覧②

	γy	γv	γu	μ
	$\times 10^{-3}$ kN/rad	$\times 10^{-3}$ kN/rad	$\times 10^{-3}$ kN/rad	
No1	11.64	18.12	66.67	3.68
No2	11.83	18.78	66.67	3.55
No3	13.16	20.78	66.67	3.21
平均	12.21	19.23	66.67	3.48

表内　γy：:降伏変形角　γv：:降伏点変形角
γu：:終局変形角 μ:：塑性率

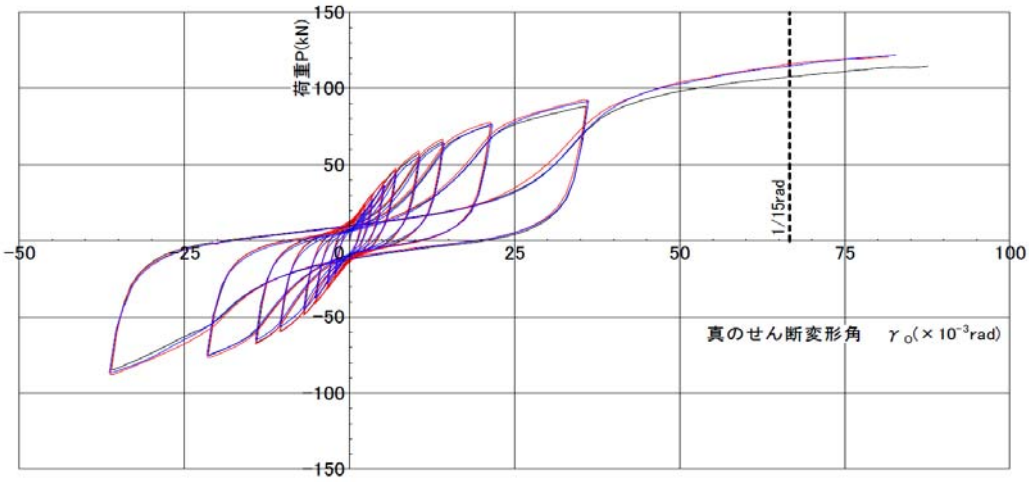


図 5-2. CLT 床水平構面試験 荷重変形曲線

6 ビスせん断試験

6.1 ビスせん断試験目的

ビスせん断試験により、①CLT 厚さが 150 ㎜と 210 ㎜で主材に打ち込まれる深さが同一時の耐力、②LVL 耐力壁上に打たれるビスのせん断耐力、③スプライン接合の耐力を把握し、CLT 水平構面耐力算定のデータとする。

6.2 ビスせん断試験

加力は一方向静加力とし、降伏耐力は 0.1Pmax と 0.4Pmax を結んだ直線と、0.4Pmax と 0.9Pmax を結んだ勾配で荷重変形曲線に接する直線との交点とする。変位は主材と側材の相対変位 25 ㎜までの評価とし、降伏耐力、最大耐力、終局耐力は信頼性水準 75%の 95%下限許容限界値(k=2.336)を、剛性は信頼性水 75%の 50%下限許容限界値(k=0.297)を、変位は平均値を求める。

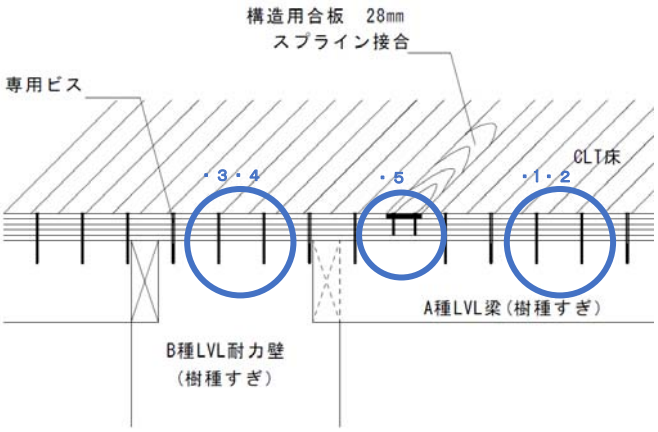


図 6-1. せん断試験の位置

※図の№は表 6-1 の№を示す

表 6-1　ビスせん断試験使用部材一覧

№	主材	側材	ビス	接合箇所
1	A 種 LVL スギ t=150	CLTMx60　5－5　t=150	山径 8mm-長さ 280mm	LVL 梁-CLT 床
2	A 種 LVL スギ t=150	CLTMx60　7－7　t=210	山径 8mm-長さ 340mm	LVL 梁-CLT 床
3	B 種 LVL スギ t=150	CLTMx60　5－5　t=150	山径 8mm-長さ 280mm	LVL 耐力壁-CLT 床
4	B 種 LVL スギ t=150	CLTMx60　7－7　t=210	山径 8mm-長さ 340mm	LVL 耐力壁-CLT 床
5	CLTMx60　5－5　t=150	構造用合板 28mm	山径 8mm-長さ 120mm	CLT 床スプライン接合

※側材が CLT においては主材に打ち込まれる深さが同一となるビスの選定を行った。

6.3 試験結果及び考察

①主材 B 種 LVL に比べ A 種 LVL が高い数値を示した。

②主材へ打ち込まれるビスの長さが同じ場合、強度の違いは見られなかったため、CLT 水平構面の性能は同等であることが確認できた。

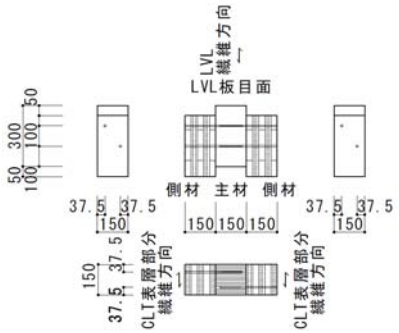
試験結果の表に示す記号はそれぞれ P_{max}：最大耐力　δ_{pmax}：最大荷重時変位　K：初期剛性　Py：降伏耐力　Pu：終局耐力　δu：終局変位

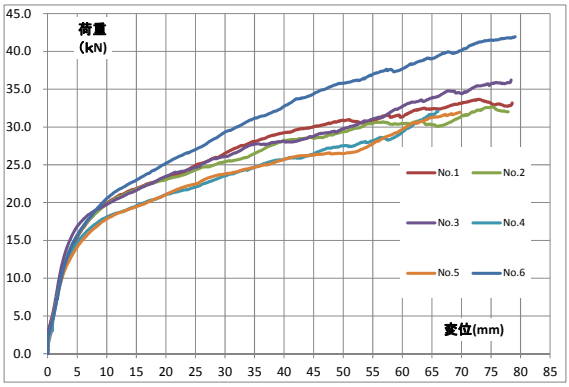
表 6-2　ビスせん断試験結果一覧

主材	側材	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
		kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
A 種 LVL スギ t=150	CLTMx60 5－5 t=150	5.01	24.95	0.82	3.05	3.41	4.50	24.95
A 種 LVL スギ t=150	CLTMx60 7－7 t=210	5.17	24.88	0.77	2.99	3.32	4.59	24.88
B 種 LVL スギ t=150	CLTMx60 5－5 t=150	4.65	24.93	0.77	2.39	3.21	3.99	24.95
B 種 LVL スギ t=150	CLTMx60 7－7 t=210	4.47	24.94	0.64	2.27	3.50	3.85	24.94
CLTMx60 7－7 t=150	構造用合板 28 ㎜	5.06	24.95	0.82	2.76	3.17	4.16	24.99

6.4 試験データ

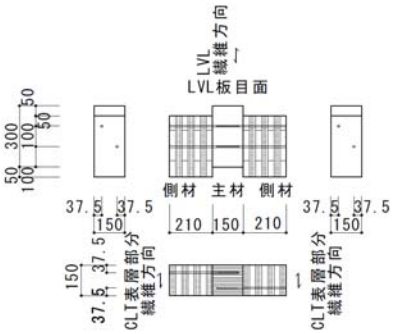
6.4.1 主材 A 種 LVL 側材 CLT t＝150 試験結果

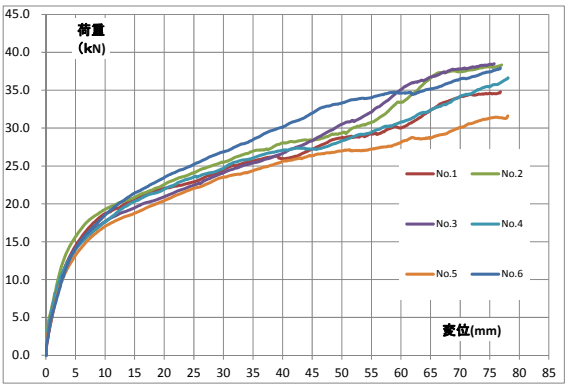




	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	24.22	24.95	3.38	14.45	3.41	21.41	24.95
標準偏差	1.79		0.27	0.95		1.47	
変動係数	0.07		0.08	0.07		0.07	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.83		0.98	0.85		0.84	
基準耐力	20.03		3.30	12.22		17.98	
1 本当たり	5.01		0.82	3.05		4.50	

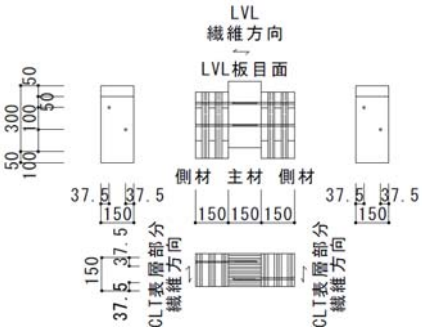
6.4.2 主材 A 種 LVL 側材 CLT　t＝210　試験結果

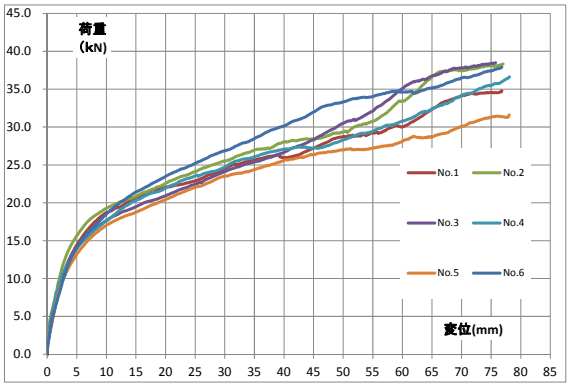




	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	23.39	24.88	3.15	13.48	3.32	20.46	24.88
標準偏差	1.16		0.27	0.64		0.89	
変動係数	0.05		0.09	0.05		0.04	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.88		0.97	0.89		0.90	
基準耐力	20.67		3.07	11.97		18.37	
1 本当たり	5.17		0.77	2.99		4.59	

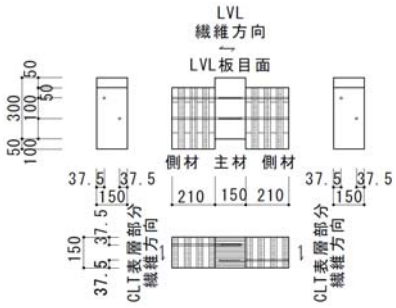
6.4.3　主材 B 種 LVL 側材 CLT　t＝150　試験結果

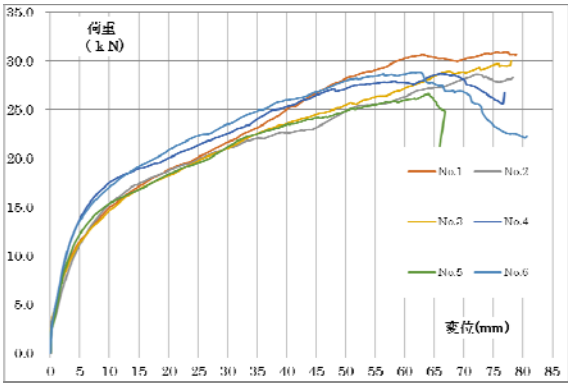




	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	23.18	24.93	3.29	13.69	3.21	20.33	24.95
標準偏差	1.95		0.66	1.76		1.88	
変動係数	0.08		0.20	0.13		0.09	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.80		0.94	0.70		0.78	
基準耐力	18.62		3.10	9.58		15.94	
1 本当たり	4.65		0.77	2.39		3.99	

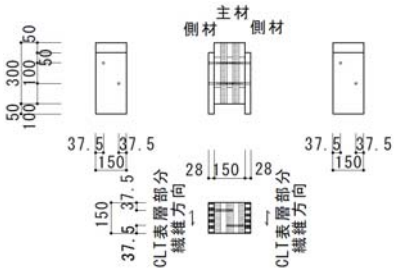
6.4.4　主材 B 種 LVL 側材 CLT　t＝210　試験結果

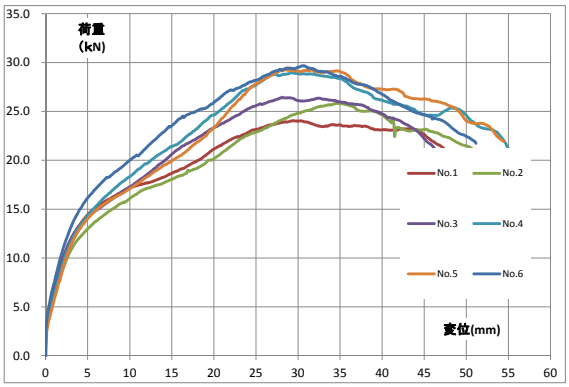




	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	20.47	24.94	2.65	11.66	3.50	17.93	24.94
標準偏差	1.11		0.29	1.10		1.08	
変動係数	0.05		0.11	0.09		0.06	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.87		0.97	0.78		0.86	
基準耐力	17.89		2.57	9.09		15.41	
1 本当たり	4.47		0.64	2.27		3.85	

6.4.5　主材 CLT t=150 側材構造用合板　試験結果





	Pmax	δpmax	K	Py	δy	Pu	δu
	kN	mm	kN/mm	kN	mm	kN	mm
平均	25.89	24.95	3.36	13.19	3.17	20.89	24.99
標準偏差	2.41		0.30	0.92		1.81	
変動係数	0.09		0.09	0.07		0.09	
係数	2.336		0.297	2.336		2.336	
ばらつき係数	0.78		0.97	0.84		0.80	
基準耐力	20.26		3.27	11.05		16.66	
1 本当たり	5.06		0.82	2.76		4.16	

7 立体解析

7.1 立体解析概要

7.1.1 立体解析モデル作成

立体解析するために、耐力壁試験結果と要素試験結果からの要素モデルとを確認したうえで、ブレース置換する必要がある。

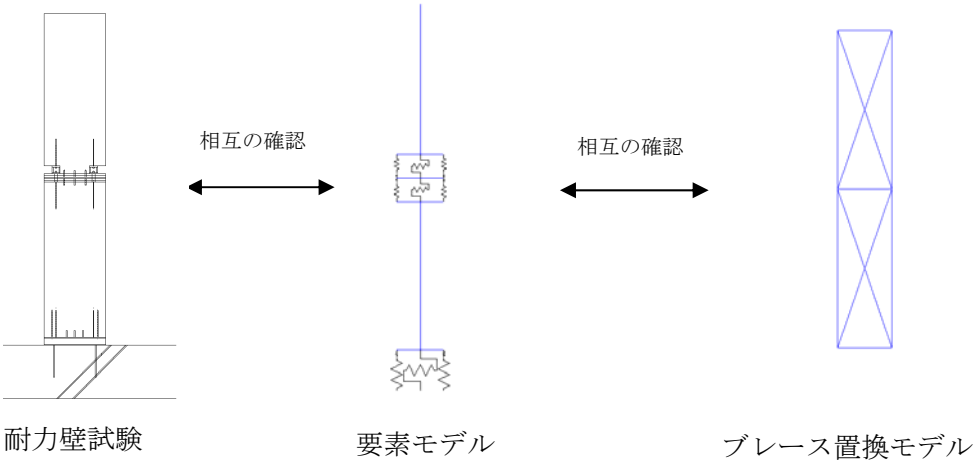


図 7-1　解析モデルの確認手法

しかし、耐力壁試験で計測した変位計測結果と設計式より算出した変形に大きな差が生じたため、壁要素モデルと耐力壁試験の整合がとれず、耐力壁試験結果及び設計式の更なる分析が必要となった。具体的には ABR の降伏変位、1 階耐力壁の鉄骨と基礎の回転中心距離、B 種 LVL と鉄骨の回転中心距離の分析が必要である。今回は耐力壁試験、CLT 水平構面せん断試験で得られた完全弾塑性モデルからブレース置換し、耐力壁配置及び空間構成の確認のため立体解析を行った。1 階耐力壁のブレース置換は脆性的に破壊した No2 押しのデータを用いた。壁モデルを作成する上で耐力壁試験と解析上の壁モデルと高さ、幅が異なるため、耐力壁試験結果から高さ比、幅比で耐力を低減させモデル化した。

表 7-1　耐力壁の寸法及び低減率

	試験体寸法			解析モデル		高さ比低減	幅比低減	解析に用いた低減
	高さ	幅		高さ	幅			
2 階耐力壁	1850mm	1200mm	⇒	3060mm	910mm	0.60	0.76	0.46
1 階耐力壁	2650mm	1200mm	⇒	3140mm	910mm	0.84	0.76	0.64

表 7-2　解析壁モデルの許容せん断耐力

許容せん断力の低減	試験結果		壁モデル
2 階耐力壁	24.02kN	⇒	11.01
1 階耐力壁	31.74kN	⇒	20.31

7.1.2 建物モデル

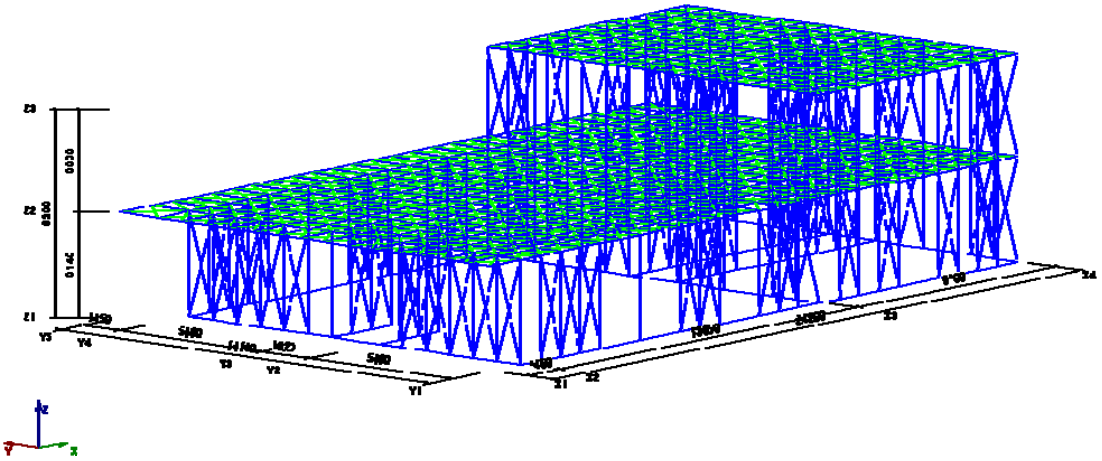


図 7-2　立体解析モデル

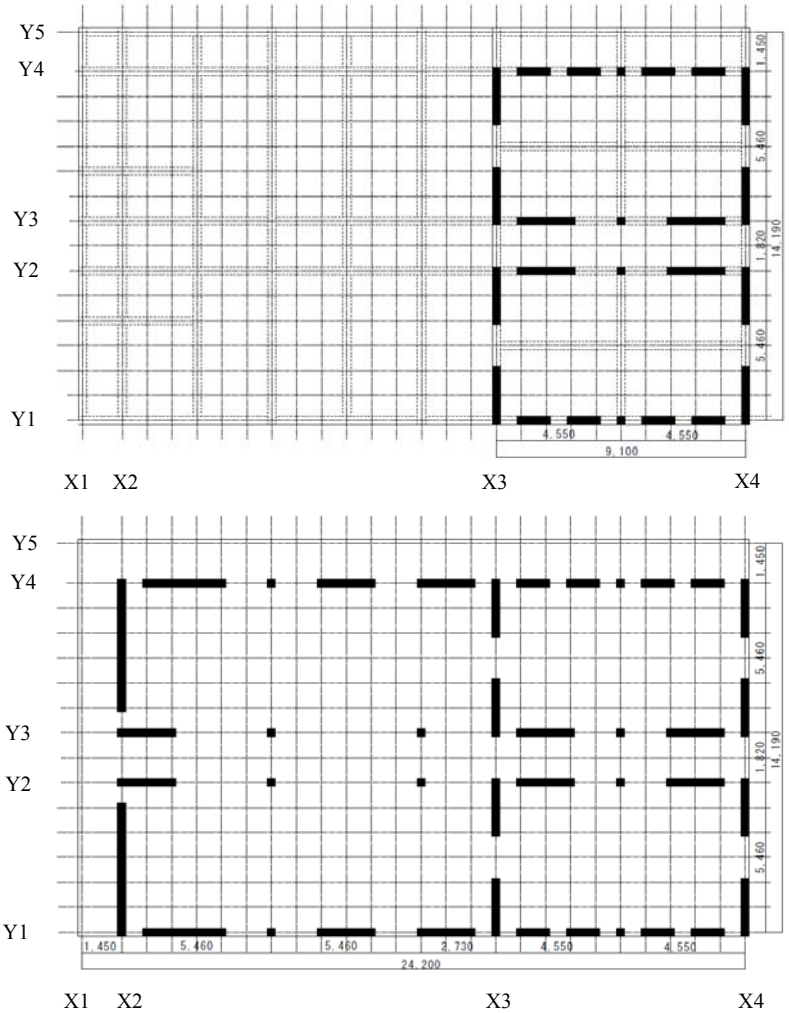


図 7-3　解析モデルの壁配置図

（上：2 階　下：1 階）

7.1.3 入力せん断力の設定

モデル建物は低層マッシヴホルツの為、地震力が卓越するので入力せん断力として建築基準法施行令 88 条に則り地震力を算定する。なお、多雪 1.0m 地域のため、地震力算定時には積雪による荷重を加算する。

$Pi = Qi - Q_{(i+1)}$

$Qi = Ci \times \Sigma Wi$

Pi :i 層の入力せん断力

Qi :i 層地震力

Ci :地震層せん断力係数

ΣWi :最上部から当該階までの全重量

$Ci = Z \cdot Rt \cdot Ai \cdot Co$

Z :地域係数　　Z = 1.0

Rt :振動特性係数　　Rt= 1.0

Ai :地震層せん断力係数の分布係数

$Ai = 1 + (1/\sqrt{\alpha i} - \alpha i) \times 2T/(1+3T)$

$T = h \times 0.030$　$h = (6.50+7.50)/2 = 7.0\ (m)$　　$T = 0.210\ (sec)$

αi＝最上部から当該階までの重量の和／地上部の全重量

Co :標準せん断力係数　Co = 0.20

表 7-3　入力せん断力の算出

階	Wi (kN)	ΣWi (kN)	αi	Ai	Ci	Qi (kN)	***Pi (kN)***
2	435.14	435.14	0.286	1.407	0.28	122.53	***122.53***
1	1085.12	1520.26	1.000	1.000	0.20	304.06	***181.53***

7.2 立体解析結果及び考察

表 7-3 により求めたせん断力(Pi)を 910mm グリットに振り分けた節点に等分割して加力し、表 7-4 及び 7-5 の解析結果が得られた。層間変形角の最大は 1 階で 1/403rad. 2 階で 1/408rad. であった。　3 章で示した耐力壁試験の許容せん断耐力時の変形角は小さいため、建物全体の解析を行ったとき変形角は小さくなった。多雪 1m 地域においても図 7-3 程度の壁配置で空間が構成できた。

表 7-4　解析結果

	1 階					2 階				
	層間変形 mm	層間変形角	最大応力 kN	許容耐力 kN	応力検定比	層間変形 mm	層間変形角	最大応力 kN	許容耐力 kN	応力検定比
X2 通	2.9	1/ 1083	12.56	36.64	0.34					
X3 通	7.8	1/ 403	33.7		0.92	7	1/ 437	15.41	19.47	0.79
X4 通	6.4	1/ 491	27.91		0.76	7.5	1/ 408	16.42		0.84
Y1 通	3.7	1/ 849	16.07	36.64	0.44	3.9	1/ 785	16.97	19.47	0.87
Y2 通	5.1	1/ 616	22.28		0.61	3.6	1/ 850	15.85		0.81
Y3 通	5.1	1/ 616	22.28		0.61	3.6	1/ 850	15.85		0.81
Y4 通	3.7	1/ 849	16.07		0.44	3.9	1/ 785	16.97		0.87

8 全体考察

試験考察、解析考察を下記に示す。

① 1 階耐力壁の接合部は LSB の耐力が想定していたよりも低く、ABR が伸びきる前に LSB の破壊が生じた。ABR を接合して靭性を持たせる耐力壁にする場合、降伏耐力の確認だけではなく、LSB の最大耐力が、ABR の引張強さ上限値を上回る事の確認が必要である。

② 2 階耐力壁は想定通り ABR 先行降伏して靭性に富んだ耐力壁となった。

③ 耐力壁のせん断耐力が大きくなるとせん断伝達の方法が大きな課題となる。今回の耐力へ試験においてはせん断キーの端距離・縁距離が規定を満たさないため試験を行った。しかし、多数のせん断キーは加工精度が要求されるため、せん断伝達の方法も再検討する必要がある。

④ CLT に長尺ビスを用いる事で水平構面にて十分な耐力を有していることが明確になった。今回は床梁の間隔が 3m であったが、今後床梁間隔が 6m での水平構面試験が行われ、十分な水平耐力を有している事が明確になれば、CLT を床として使用する事の価値が向上すると考えられる。

⑤ 立体解析と耐力壁試験の分析に課題が残っているが、耐力壁試験と解析結果より B 種 LVL 耐力壁と CLT 水平構面で平面的に大空間の建築物が計画可能であることが確認でき、木造の新たな可能性が見いだせた。

4. 工事費等内訳

事業名		ウッドワンショールームのマッシヴホルツの設計実証 （解析実証）
実施者もしくは担当者（実施者が個人の場合）		株式会社　ウッドワン
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	
	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）		
基礎工事		8,000,000
構造材費用		40,000,000
小計②		48,000,000
合計（①＋②）		48,000,000

注：平成27年度は主に部材性能試験費のみ支出。実施設計未完成のため工事費の概算記載不可。