平成27年度 林野庁補助事業 地域材利用拡大緊急対策事業

地域の特性に応じた
木質部材・工法の
開発・普及等支援事業

成果概要集

木構造振興株式会社

平成27年度 林野庁補助事業 地域材利用拡大緊急対策事業

地域の特性に応じた
木質部材・工法の
開発・普及等支援事業

成果概要集

木構造振興株式会社

目次

事 業	実施団体	掲載頁
CLTを床版に用いた橋梁補修の実用化に向けた実証試験と耐久性付与技術の開発	公立大学法人 秋田県立大学 木材高度加工研究所	P4
地域杉材仕様の高断熱防火木製サッシの開発。併せて規格化、量産化による普及促進。	アルス株式会社	P8
CLTを活用した集合住宅の木製間仕切りシステム素案の開発 ―オリンピック・パラリンピック宿泊施設の計画を題材として―	株式会社 アルセッド建築研究所	P10
大径JAS製材によるラーメン構法の開発	協同組合 いわき材加工センター	P18
建築物における木材の現わし使用の手引きの作成	一般社団法人 木のいえ一番振興協会	P20
木材・木造建築の物性的特質検討	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会	P22
地域材活用による枠組壁工法建築物の普及促進事業	国産材製材協会	P36
屋外競技施設の木質化	国産材を活用したヒートアイランド対策協議会	P40
地域木材「信州カラマツ」による準耐火構造壁開発事業	〈代表者〉小林木材株式会社 〈共　同〉上田第三木材合資会社・有限会社和建築設計事務所	P44
スギ等の木材を仕上げ材に使った準耐火構造外壁および間仕切壁の開発	一般社団法人 JBN	P50
CLT・LVB 等の面材を用いた水平力負担部材の開発―CLTを用いた耐力要素の開発	株式会社 シェルター	P54
CLT等の高耐力耐震要素を用いた中高層木質ハイブリッド架構の開発	清水建設株式会社	P56
広域避難所向け（備蓄型）木質間仕切り壁パネル（シェルター）の開発	清水港木材産業協同組合	P60
平割材接着積層材の開発及び信州型接着重ね梁の普及啓発	信州木材認証製品センター	P64
地域材の準不燃LVLを用いた被覆型耐火工法開発	一般社団法人 全国ＬＶＬ協会	P70
インテリアに適した国産早生広葉樹の発掘	全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会	P72
製材を使ったオフィス向け床製品及び施工方法の開発	一般社団法人 全国木材組合連合会	P76
地域材製材需要創出のための、断面の大きなフィンガージョイント部材の開発	中国木材株式会社	P80
地域材を活用した低層系中大規模木造建築のための技術開発	一般社団法人 中大規模木造プレカット技術協会	P84
地域産材に高靱性型ロッドを組合せたGIR接合システムの開発	藤寿産業株式会社	P90
軽柔なスギ製材品の特性を最大限引き出す3Dプリンター等の3次元造形物による技術を用いたハイブリッド部材づくり	株式会社 二幸技研	P96
新たな木質部材・工法の普及支援のための施策 ～低層非住宅、中高層の有望分野の需要創出を後押しする調査・研究・発信～	株式会社 日経ビーピー	P98
厚板集成版に係る部材工法開発	一般社団法人 日本WOOD. ALC協会	P102
大規模イベント関連施設への木材利用・再利用の提案	公益社団法人 日本建築士会連合会	P106
CLT関連告示等解説書の作成及び設計施工マニュアルに必要なデータ収集	〈代表者〉一般社団法人 日本CLT協会 〈共　同〉公益財団法人 日本住宅・木材技術センター	P108
木質系複合材料の長期構造性能の検討	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター	P110
①幼稚園・保育園等に設置する木の次世代茶室の企画および実施。 ②教職員向け三育教本の制作と普及促進。 ③建築専門家や一般消費者向けの優れた木質化事例集の書籍化。 ④備蓄可変型木造応急仮設施設「ウッドトランスフォーム」のシステム開発と普及促進。	日本木材青壮年団体連合会	P112
保存処理木材の耐久性のための各種試験および防腐・防蟻処理した木材（CLT含む）と金物との相性に関する実験的研究	日本木材防腐工業組合	P118
大規模木造建築物における木質外構部材の耐候性向上・維持管理技術の確立	公益財団法人 日本木材保存協会	P124
木造軸組工法による高耐力な耐力壁、高耐力な接合金物の開発	一般社団法人 日本木造住宅産業協会	P126
スギラミネートログ材の材料認定・仕様区分と大径材蓄熱特性（床、壁等マッシブ・ホルツとしてのシミュレーション）について	一般社団法人 日本ログハウス協会	P130
北海道産針葉樹材を活用した新規木質部材開発	株式会社 ハルキ	P134
多層構成による道産カラマツCLTの長期性能評価	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場	P138
地域の文化や気候風土に調和した「健康・省エネ型リーズナブル（性能と価格に納得）な小規模住宅」の設計及び施工法の開発	一般社団法人 宮城県建築士事務所協会	P140
地域産材利用促進の為、拡張樹脂アンカー工法の設計施工技術の確立	木構造システム株式会社	P144
集成材と鉄骨コンクリートによる木質ハイブリッド耐火部材および構造システムの開発	〈代表者〉矢作建設工業株式会社 〈共　同〉国立大学法人 大阪大学	P148
山口県内に多く自生する大径木広葉樹のブランド化事業	やまぐち広葉樹ブランド化協議会（株式会社 シンラテック）	P152
木製遮炎ドアの技術開発	〈代表者〉株式会社 山崎屋木工製作所 〈共　同〉有限会社 和建築設計事務所	P154
鉄骨造に限りなく近い日本初完全ラーメン木造建築への挑戦 ～「囲柱（いちゅう）ラーメン木構造」木造ビル構想～	有限会社 ライン工業	P160

事 業

CLT を床版に用いた橋梁補修の実用化に向けた実証試験と耐久性付与技術の開発

実施団体

公立大学法人 秋田県立大学
〒010-0195 秋田県秋田市下新城中野字街道端西241-438

事業目的

戦後、日本全国で施工された膨大な数のRC橋梁の老朽化が進行しており、補修や補強が必要となっている。

しかしながら、その費用は橋梁を管理する自治体が負担しなければならないため、財源不足に苦しむ自治体では、なかなか補修が進まない。このため、経済性に優れた補修工法の開発が喫緊の課題となっている。

上記を踏まえ、本事業では「軽く、強く、施工性に優れる」CLTを橋梁の床版材料に用いるための技術開発を行う。

一般的なコンクリート製や鋼製の床版と比較してCLT床版は軽量であり、運搬や架設に有利である。しかし、繰り返し荷重に対する耐疲労性能は明らかになっておらず、また大きな劣化外力下での使用環境となるため、これまで以上に耐久性能を高めておかなければならない。

本事業では、実大のCLT床版を対象に自動車荷重を想定した輪荷重走行試験を行い、疲労耐久性を評価するとともに、屋外使用条件下における耐久性付与技術の開発を行う。

実施した項目

①CLT床版の疲労耐久性評価
⇒自動車荷重(140kN, 250kN)を想定したCLT床版の輪荷重走行試験。

②CLT床版を用いた橋梁の設計
⇒橋長7m、幅員3.8mの2等林道橋(設計荷重140kN)を設計。

③ラッピングによる耐久性付与技術の開発
⇒ポリマーセメントの塗布やFRPの被覆などによるラッピング加工によるCLTの防水加工を検討。

④実橋を対象としたCLT床版の製作
⇒CLT床版を用いた橋梁の試験施工(秋田県事業で実施)に供するCLT床版の製作およびラッピング加工。

実施体制

・事業実施主体(企画・開発)
秋田県立大学木材高度加工研究所

・CLT床版の疲労耐久性評価
秋田県立大学木材高度加工研究所,リテックエンジニアリング(株),
山口大学工学部

・CLT床版を用いた橋梁の設計
秋田県立大学木材高度加工研究所,服部エンジニア(株),日本機械工業(株)

・ラッピングによる耐久性付与技術の開発
秋田県立大学木材高度加工研究所

・実橋を対象としたCLT床版の製作
秋田県立大学木材高度加工研究所,秋田県農林水産部林業木材産業課

実施した内容

①長さ4000mm,幅2000mm,厚さ240mmの7層8プライのスギCLT床版(写真1)に100kNの輪荷重(現行の設計荷重である250kNの1後輪荷重)を10万回往復走行させ、CLT床版の変位やひずみの挙動を観測した。床版の接合の有無など異なる3ケースともに、疲労が起因となるCLTの損傷は認められず、CLT床版の十分な疲労耐久性が示された。また、輪荷重走行試験後に行った静的載荷試験(写真2)では破壊荷重は接合無しで620kN,接合有りで450kNと十分な安全性を有することが確認された。

②複数のラッピング材料を検討し、作業性やコスト、耐水性等から紫外線硬化型FRPシート(写真3)、ウレタン塗料、ポリマーセメントの3種類を選定した。

③試験施工に供するCLT床版の防水加工を行った。上記の3種類と比較用に塗布型の油性木材防腐剤の計4種類の防水工を4枚のCLT床版に施工した(写真4)。

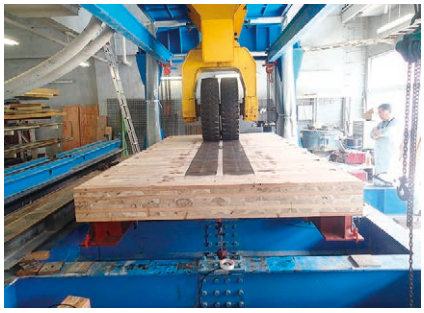


写真1　輪荷重走行試験

写真2　静的載荷試験

写真3　FRPシートによるラッピング

写真4　実橋のCLT床版

実施した結果

橋梁の床版材料としてのCLTの性能が確認されたことから、県事業による秋田県内の民有林道内への林道橋の試験施工が実現した(図1)。

工事は下部工(橋台)が完成した状態で、平成29年3月中の架設および舗装工事の計画である。発注者やマスコミの本事業への関心は高く、工事に際しては記者発表を行い見学会を実施する予定である。

CLT床版はその使用環境から防腐対策は不可欠であるが、大規模なCLTを従来の加圧注入処理で防腐処理することは現実的ではなく、ラッピング工法による耐久性付与技術の有用性は高いと考えられる。

今回、複数のラッピング材料の効果を実際の橋梁で検証することでCLTの耐久性付与技術に関する多大な成果が期待できる

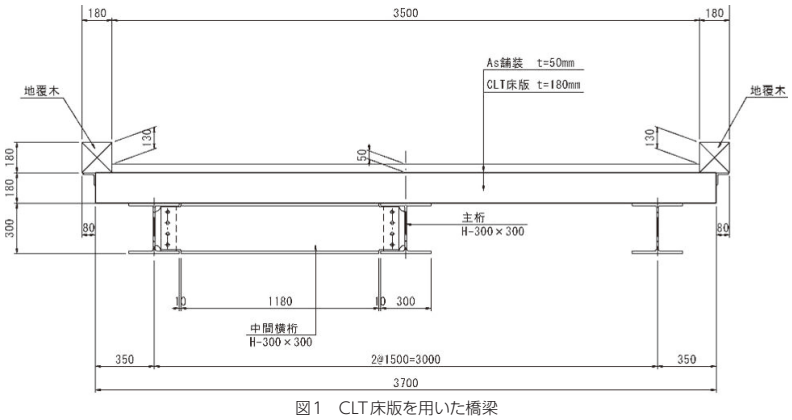


図1　CLT床版を用いた橋梁

今後の課題・展開等

現在進めている実証試験は、新設の橋梁を対象としているが、本事業の目的にも示したように、老朽化したコンクリート床版を有する既設橋梁の補修工法としてCLT床版を活用することが本事業の最終目標である。

国土交通省によれば、国内の橋長2m以上の橋梁総数は約70万橋とされている。このうち、長寿命化対策の必要性の判断の目安となる架橋後50年以上が経過している橋梁は、図2に示すように、2014年の時点で全体の18%であるが、10年後には43%、20年後には67%に達することが試算されている。

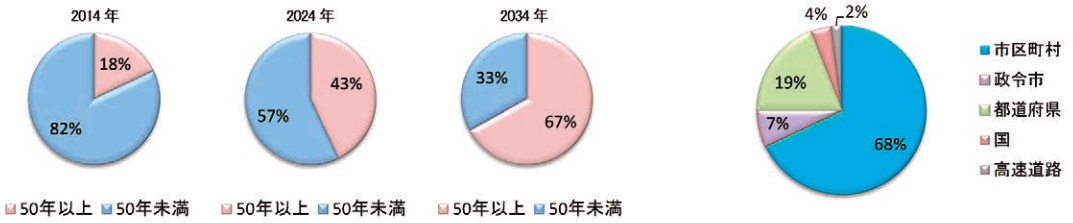


図2　架橋後50年が経過した橋梁の割合

CLTを用いた床版取替えは、短支間(橋長15m未満)の鋼橋を対象とすると、全国70万橋の約80%が橋長15m未満の短支間橋梁であり、このうち、約40%が鋼橋である。さらに、その約60%が床版損傷の危険性が高いといわれている。対象橋梁の全幅の平均を6m(1.5車線相当)、橋長の平均を7m、設計活荷重をA活荷重とすれば、必要厚が180mmとなることから、1橋あたりのCLTの平均使用量は、6m×7m×0.18m=7.6㎥となる。これより、20年後のCLT床版のポテンシャルは68万㎥と算出できる。

CLTを建築構造以外への用途を拡大するうえでも、橋梁床版への適用は、橋梁の長寿命化のみではなく、地域木材の有効利用や林業の復興にも寄与する可能性が高いと期待されるため、技術の普及のための取り組みが課題である。

参考資料
老朽化対策の取り組み:国土交通省,
http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf

事 業

地域杉材仕様の高断熱防火木製サッシの開発。併せて規格化、量産化による普及促進。

実施団体

アルス株式会社

〒992-1443 山形県米沢市大字笹野1513-4

事業目的

木材の優れた材質を活かした木製サッシは、断熱性・気密性・防露性などの特性はもちろん、自然素材で環境に配慮した高いインテリア性が認知され、年々需要が高まっているが、まだ90％以上が安価な外国産材木製サッシが占めている。
日本の風土・環境に適した地域杉材仕様の開発を進め、各所強度補強を施し、比重が軽いことから、更に断熱性能を高めた木製サッシを製造出来るようになり、杉材仕様で日本初の防火窓認定を取得できた。
本事業は断熱性能の高いLOW-Eガラス仕様で防火設備認定を取得し、外部サッシとして、防火設備を有し、なおかつ窓の熱貫流率Uw=1.1～1.3W/(㎡·K)程度の日本トップクラスの断熱性能を兼ね備えた窓を開発する。
併せて、規格化量産化計画を進め、まずは防火並びに準防火地域での普及を図る。

実施した項目

本事業の検討委員会を設置し、以下の防火について性能評価試験を行った。
①南面冬の日射取得を優先するFIX付き大型引き戸(エコスライド)での20分間の防火の性能評価(遮炎試験)
②東西面冬の日射取得も備えた中型窓、或いは北面の断熱性に特化した小型窓として、横型FIX窓付内開き内倒し窓の20分間の防火の性能評価(遮炎試験)
③内部にネオマフォームを組込み、両面面材を杉材とした袖FIX付きの断熱玄関片開き扉の20分間の防火の性能評価(遮炎試験)

実施体制

■事業主体(開発・試験窓製作)
総括　髙橋光雄
設計　髙橋風人
製作　井上英信
製作　本道太一
製作　田中竜斗
経理　髙橋千夏
■試験窓監修
住宅・建築設計　鈴木アトリエ　鈴木信弘
■杉供給・建材販売・住宅建設
株式会社　山大　宍戸広光
■ガラス供給・ガラス性能指導
IGウィンドウ株式会社　飯塚秀二
■杉材劣化対策指導
山形県工業技術センター　素材技術部　江部憲一
■森林行政
山形県置賜総合支庁産業経済部森林整備課　山嵜優

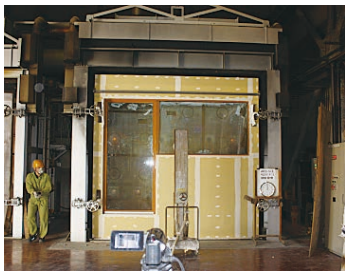
以上の委員構成で検討委員会とした。

実施した内容

本事業の検討委員会を設置し、それぞれの立場から意見と頂き、窓の選定やガラス仕様について議論した。又、規格や量産化についてもご意見を伺った。
検討委員会の意見をまとめ、住宅1棟として使用出来る窓、又、ガラス仕様については、断熱性能が高く、防火性能については安定性が高いガラスとし、以下3種の窓として防火の性能評価を実施した。

①南面大開口窓として使用する、FIX付き片引寄せエコスライドを3体製作し、それぞれ1体を屋外側加熱用、屋内側加熱用とした。
もう1体は試験体サンプル用とし解体した。(写真①参照)
②東西面の中型窓及び北面の小型窓用としての横型FIX窓と内開き内倒し窓を3体製作し、それぞれ1体を屋外側加熱用、屋内側加熱用とした。(写真②参照)
残り1体は試験体サンプル用として解体した。
③玄関として、FIX付杉面材片開きドアを3体製作し、それぞれ1体を屋外加熱用、屋内加熱用とした。
残り1体は試験体サンプル用として解体した。(写真③参照)

①FIX付き片引き寄せエコスライド
屋外側加熱開始



②横型FIX付内開き内倒し窓　屋内側加熱開始

③FIX付面材杉材玄関片開きドア
屋外側加熱前

実施した結果

以下、性能評価試験の結果である。
①南面大開口用のFIX付き片引き寄せエコスライド窓については、屋外側、屋内側とも20分間の遮炎試験を合格し、性能評価及び性能評価書を整備し、国土交通省への防火設備認定に向け、資料作成を行っている。
(写真①参照)
②東西面中型及び北面小型窓としての、横型FIX窓付内開き内倒し窓も屋外側、屋内側とも20分間の遮絵炎試験を合格。性能評価及び性能評価書を整備し、国土交通省への防火設備認定に向け、資料作成を開始した。
(写真②参照)
③玄関用のFIX付き面材杉材片開きドアについては、屋外側加熱で20分間の遮炎試験合格も屋内側加熱で17分50秒、FIX窓の下框部から発火。不合格となる。(写真3参照)

①FIX付き片引寄せエコスライド窓
屋内側加熱20分終了後

②横型FIX付内開き内開き窓
屋内側加熱20分終了後

③FIX付き面材杉材片開き玄関ドア
屋内側加熱　17分50秒発火

今後の課題・展開等

屋内側加熱で不合格となったFIX付き面材杉材片開き玄関ドアについては、試験後性能評価機関と協議し、再度ガラス回りの補強のみ変更で、補助事業期間内に再試験とすることとした。
再試験の玄関片開きドアについても、防火設備個別防火認定取得となることで、防火地域及び準防火地域での住宅や低層階建築物に使用出来る防火設備を有し、尚且つ、断熱性能の高い地域杉材を使用した意匠性の高い木製サッシを使用出来ることになる。
今後は新設する木製サッシ工場で、製作工程等の改善を行い、規格化・量産化体制を整え、普及促進を図る。

事 業

CLTを活用した集合住宅の木製間仕切りシステム素案の開発
―オリンピック・パラリンピック宿泊施設の計画を題材として―

実施団体 株式会社アルセッド建築研究所
〒150-0002 東京都渋谷区渋谷1-20-1

事業目的

①国産材による日本らしさを世界にアピールし、経済的で環境にやさしい国産材によるCLT利用を促進、森林利用・森林保全につなげる
・オリンピック・パラリンピック選手宿舎を日本の木で造られたCLT間仕切り壁で木質化し、「日本らしい安らぎの空間」を提供するとともに、日本の木及び木造文化を世界にアピールする。
・選手宿舎から集合住宅への模様替えに際して、CLT間仕切りシステムは壁の再配置・再利用が可能な経済的かつ環境にやさしい構法を提供する。
・CLT間仕切りシステムを一般集合住宅に展開し、木造になじみの少ない集合住宅居住者にも日本の木の良さを伝えるとともに、再生可能資源である木材利用による省資源、省エネへの理解を広め、森林利用を促進して環境負荷の低減及び森林環境の保全につなげる。
②汎用性の高い集合住宅の木質間仕切りシステムを開発する
・選手宿舎から集合住宅への模様替えにおいて多様な平面の実現を可能としつつ経済性の向上や環境負荷の低減を可能とするCLT間仕切りシステムは、住戸内での壁の移動や増設などを簡単な工事で可能とするシステムである。ライフスタイルやライフステージの変化に合わせた模様替えを容易なものとし、常に新たな価値をまとって住み続け、住み継がれていく集合住宅を支える汎用性の高い木質間仕切りシステムを開発する。

実施した項目

①基本条件の把握
1 オリンピック選手村の設計条件
2 CLT間仕切りシステムの設計条件の検討
②CLT間仕切りシステム素案の開発
1 モデル住戸の設定……選手宿舎からレガシー住宅への模様替え試設計
2 間仕切りシステムの設計
3 試作体の設計
③CLT間仕切りシステムの実現方策の検討・提案
1 オリンピック選手村へのCLT間仕切り供給計画
2 事業主体への提案
④CLT間仕切りシステムの試作・試験
1 間仕切りシステムの試作・施工試験・移設試験・配線試験
2 遮音試験
⑤普及方策・リユース方策の検討・提案
1 リユース先の調査・リユース方法の検討
2 広報・普及の取り組み

実施体制

事業主体(総括)
㈱アルセッド建築研究所
① 基本条件の整理
㈱アルセッド建築研究所
② CLT間仕切りシステムの素案の開発
㈱アルセッド建築研究所
③ CLT間仕切りシステムの実現方策の検討・提案
レンドリース・ジャパン㈱

④ CLT 間仕切りシステムの試作・試験
（一社）日本 CLT 協会
⑤ 普及方策・リユース方策の検討・提案
㈱アルセッド建築研究所
（一社）日本 CLT 協会
レンドリース・ジャパン㈱

実施した内容

①基本条件の整理

1 オリンピック選手村の設計条件

オリンピックでは約17,000ベッド、パラリンピックでは約8,000ベッドを選手村に用意する計画。寝室の面積はシングルルーム9.2㎡以上、ツインルーム12.0㎡以上で、パラリンピックではすべての室をシングルルームとして利用する。住戸規模は4人用～8人用が想定され、すべての住戸には上記の寝室と浴室のほかにリビングルームを備えることとされている。

2 CLT 間仕切りシステム素案の設計条件の検討

レガシー住宅、オーバーレイ選手宿舎とも計画の詳細は公表されないため、モデル住戸を仮定して CLT 間仕切り壁システムの適用を検討した。

施設整備は2段階のステップを踏む。

i. オリンピック選手村（オーバーレイ施設）
ii. 集合住宅（レガシー施設）……分譲及び賃貸

それぞれのステップにおける基本条件と相互の関係を整理してモデル住戸を設計した。

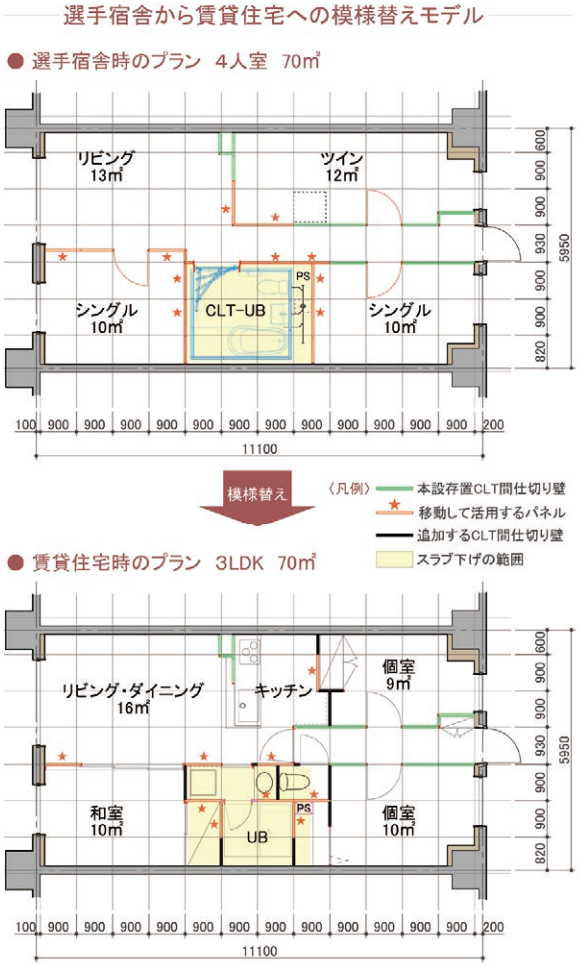


図3-2-1 賃貸モデル住戸

レガシー住宅には分譲住宅と賃貸住宅とがある。分譲住宅では選手村で使用した内装仕上げや住宅設備はすべて撤去して新規に内装工事を施して販売されるが、賃貸住宅では選手村で使用した内装を一部再利用する可能性がある。レガシー住宅の間取りを活かすように選手宿舎のレイアウトを検討して、CLT 間仕切り壁を当初の位置のまま利用したり、移動して再利用したりすることを可能にするシステムを提案した。

②CLT 間仕切りシステム素案の開発

1 モデル住戸の設定……選手宿舎からレガシー住宅への模様替え試設計

モデル住戸として RC ラーメン構造3LDK、70㎡の住戸を設定し、選手宿舎からレガシー住宅への模様替えの試設計を行った。

選手宿舎の当初使用 CLT パネルは 30 枚（55.8㎡）である。これをレガシー住宅へ模様替えする場合、存置パネル 12 枚（22.5㎡）、移動パネル 10 枚（22.8㎡）、撤去パネル 8 枚（10.5㎡）となり、存置パネルと移動パネルを合せると当初に使用した CLT パネルの 80%（45.3㎡）をレガシー住戸内で再活用することができる。

2 間仕切りシステム素案の設計

間仕切りシステムは上部ランナーと下部ランナーを設置して固定する可動間仕切り壁方式である。外壁や住戸境などの固定壁側から建て込み、両端が固定壁となる場合はドアユニット部分等で融通性をとって施工する。

CLT 壁パネルは厚さ60㎜ 3層3プライの国産スギ CLT である。

階高3,000㎜の場合の標準パネルサイズは w＝900㎜、h＝2,600㎜となる。スギの気乾比重を0.4とすると重量は60kgほどで、2人で持ち運びや組立てが可能な大きさとし施工性を考慮した。w＝600

㎜とすれば重量は40kgと軽くなるが、部品点数が増して製造・運搬・施工・ともにコストアップとなることからw＝900㎜を選択している。

配線パネルはCLTパネルの3層構成を利用して、中間層をパネル小口から深さ70㎜～180㎜ほど削り取って配線溝とし、パネル表面に開口を設けてスイッチ・コンセントを取付ける良好な仕上レベルのディテールを考案した。

ドアパネルは、上下枠なし竪枠のみで取付ける既成の住宅用ドアシステムを採用しCLT間仕切り壁との取合いを設計した。このドアシステムは、床から天井までの間仕切りパネルを雇い実を用いてジョイントしていく本システムと技術的にもデザイン的にも相性がよい。

3 試作体の設計

モデル住戸でジョイントの種類と施工順序を検討し、必要なジョイントを再現するように試作体の設計を行った。

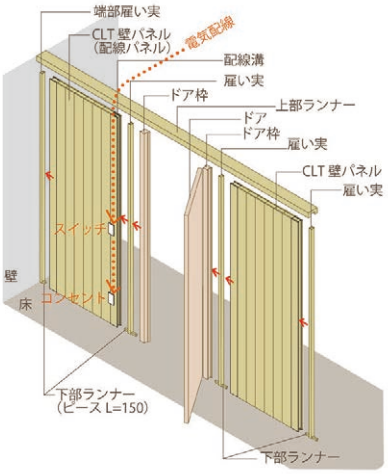


図3-2-2 間仕切りシステム概要図

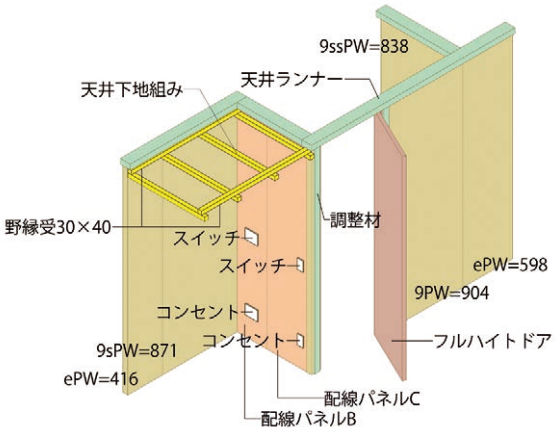


図3-2-3 試作体概要図

③CLT間仕切りシステムの実現方策の検討・提案

1 オリンピック選手村へのCLT間仕切り供給計画

オリンピック・パラリンピック選手宿舎へのCLT間仕切り壁適用を実現するために必要なCLT間仕切り壁の供給量を概算し、宿舎の建設スケジュールに合致するようCLT間仕切り壁の供給体勢を検討した。

i）供給量の把握……本事業で行った選手宿舎モデル住戸の試設計、ならびに公に発行された資料により、宿舎住宅戸数、間仕切り壁概数を把握し、分譲2,600戸、賃貸1,209戸の合計3,809戸で、ツイン14,556室、シングル2,450室を合わせて17,000室を確保する想定をした。

分譲住宅ではCLT間仕切り壁はオリンピック・パラリンピック時の仮設とし大会終了後には全て撤去、賃貸住宅ではCLT間仕切り壁を大会終了後もできるだけ再利用する方針で検討を行った。

これより、分譲住宅では11,000㎡(81,000ピース)を投入し大会終了後に全撤去。賃貸住宅では6,700㎡(49,300ピース)を投入し、大会終了後2,500㎡(18,400ピース)を撤去するが4,200㎡(30,900ピース)は残置・再利用が可能との結果を得た。

パネル材積 (m3)		分譲	賃貸				合計
		仮設	本設	仮設	再使用	追加	
投入数	内訳	11,000	1,300	3,400	900	2,000	-
	合計	11,000	6,700				17,700
撤去	内訳	11,000	-	3,400	900	-	-
	合計	11,000	2,500				13,500

パネルピース		分譲	賃貸				合計
		仮設	本設	仮設	再使用	追加	
投入数	内訳	81,000	9,600	25,000	6,600	14,700	-
	合計	81,000	49,300				130,300
撤去	内訳	81,000	-	25,000	6,600	-	-
	合計	81,000	18,400				99,400

図3-3-1-1 供給量の試算

ⅱ）供給システムの検討……大会終了後もCLT間仕切りパネルを残置・活用が見込まれる賃貸住宅棟について供給システムの検討を行った。CLT製造メーカーに製作工程とコストをヒアリング、再開発事業での賃貸住宅新築工事工程を想定してCLT間仕切り壁の製作と工事の工程を検討。製作・工事のボリュームからCLT間仕切り壁の生産・供給コストを試算し、本構法のメリットと課題を抽出した。

CLT間仕切り壁は工事開始時までに現場に搬入可能な生産計画を策定する必要がある。一方で、賃貸住宅4棟はCLT使用量も工事開始時期も異なり、また必要量のCLT間仕切り壁を生産可能な工場とその生産能力には限りがある。そこで、月産100～150㎥のCLT間仕切り壁を製造可能な3工場を確保し1ヶ月の製作可能材積を合計400㎥程度と想定して生産・工事計画をシミュレーションした。これにより17ヶ月の製造期間が必要であり、現場に先立って製作する必要から18ヶ月間は製品をストックする倉庫が必要であることを確認した。倉庫には製品を住戸タイプ毎にパッケージする作業スペースも必要である。

	CLT 間仕切り壁 t60 h2420（素地仕上、天井ランナー、雇い実、巾木共）	プラスターボード・クロス仕上げ壁（LGSW50 型、素地こしらえ、廻り縁、巾木共）
歩掛（人 /m2）	0.179	0.255

図3-3-1-2　工事歩掛の試算

ⅲ）CLT間仕切り工事のメリット……CLT間仕切り壁の試験施工より想定される工事歩掛は0.179人/㎡であり、これをLGS・ボード・クロス仕上の工事歩掛0.255人/㎡と比較すると70％の労務数となる。同じ工期であれば労務数が30％低減し、同じ労務数を投入すれば工期が30％短縮する。

この他、単一材料、単一工種であることから労務調達や工事管理の負荷を低減する効果が期待できること、工場で加工して現場に搬入されることから現場での残材処理や廃棄物がほとんど発生しないことなどがメリットとしてあげられる。

項目	備考	壁面積（m2）あたり価格指数
直接仮設工事費	養生・墨出し・清掃・仮設器具・場内運搬	9
CLT 間仕切り壁設置	雇い実・ランナーを含む／搬送・倉庫共	114
仮設 CLT 壁撤去	再使用する間仕切り壁は大会終了後取り外して再利用	1
共通仮設費・諸経費	国交省「公共建築工事共通費積算基準」（新営建築工事）で試算	22
工事価格	撤去する仮設壁や工事期間中の端材の処分費・設計費を除く。また、撤去した仮設 CLT 壁の再利用は考慮しない。	146

（※プラスターボード・クロス仕上げ壁の価格指数を 100 とする）

図3-3-1-3　価格指数の試算

ⅳ）CLT間仕切り壁の課題……生産・工程計画の検討からCLT間仕切り壁設置工事のコスト指標を試算した。LGS・ボード・クロス仕上を100とするとCLT間仕切り壁工事の工事コスト指数は146となる。CLT間仕切り壁工事の課題はコストであり、今後更に設計・製造を含めた技術的な合理化によりコスト競争力を向上させることが必要である。部材や素材レベルで再利用が可能なCLTの特性を活かし、再利用してつくる製品の開発やその販路の開拓によるコスト競争力の向上が期待される。生産コスト、再利用によるコスト縮減、廃棄コスト等を含むライフサイクルコストの観点から、より詳細な検討が望まれる。

2 事業主体への提案（2017.9）

オリンピック選手村として一時的に利用する再開発事業の特定建築者グループにCLT間仕切りシステムの特徴と選手村への以下のような採用のメリットを提案した。

●オリンピック選手村として、スギCLT間仕切り壁が選手のコンディションを整える安らぎの空間を提供する。

●選手村としての建設と集合住宅への改修にあたって工事も移設も容易で省資源・省エネルギー・環境負荷低減が可能な構法であることに加え、後期短縮・労務量低減効果のある間仕切りシステムである。

●国産スギ材を利用して日本の林業を活性化し、環境保全効果も高く環境先進国“日本”をアピールするものとなる。

図3-3-2　CLT間仕切・内装システムの3つの意義

④CLT間仕切りシステムの試作・試験

1　間仕切りシステムの試作、施工試験、移設試験、配線試験

ⅰ）パネルの施工試験（2017.7）

……必要なジョイント詳細を持つ雇行した試作体を実際に建て込んで、ランナーを用いた建て方の作業性・仕上がり精度と、ジョイントの作業性・隙間の有無等を検証した。

……部品の実測値はCLTパネル厚61㎜（＝設計値＋1㎜）天井ランナー溝幅59.5㎜（設計値-2㎜）と施工クリアランスがない状態で工夫の余地を残したが、後に追加製作した配線パネルでは1～1.5㎜の施工クリアランスを確保して改善することができた。CLT間仕切りパネルには上下方向に若干の反りがある。ジョイント部の雇い溝加工は直線で加工されているため雇い溝の両側の残り代が部位によって左右均等ではなく、パネルをジョイントすると左右のパネルに出入り方向の凹凸が生じた。しかし、パネルの角をR面取りとした効果によりこの凹凸はほとんど目立たずに済むことがわかった。パネル角の3㎜R面取りとパネルジョイントの6㎜目透かしは、間仕切り壁の仕上がりの見映えを高めることが確認された。小口加工の精度は習熟に従い良くなると想定される。

図3-4-1-1　施工試験

ⅱ）パネルの移設試験（2017.7）

……雇行したパネルを遮音試験に合わせて直線状に模様替えし、現場でのパネル移動の施工性を検証した。

……両端部が固定壁の直線間仕切りを納めるために2分割した柱状の部材を考案した。天井ランナーに継手が発生し突きつけジョイントとしたが、削ぎ継ぎや欠き合わせなど位置の決まる継手へ更なる検討をすることとした。天井ランナー内ゴムパッキンのジョイントは隙間ができないようにオーバーラップさせるため、ゴムパッキンの断面を再検討することとした。

図3-4-1-2 移設試験

ⅲ) ドアパネルと配線パネルの設置(2017.11)

……ドアパネル1ヶ所と、配線パネル2枚を組み込みながら、全体を雁行配置に復旧。配線パネルに天井からの配線試験を行うため、仮設の天井下地組を設置した。

……ドアパネルは上枠がないため幅の調整に習熟が必要。配線パネルの建て込みでは小口に納める凸形の雇い実が入りにくい事がわかった(溝と雇いは共に20㎜でクリアランスがない上溝幅が狭くなるようにパネル小口が変形していたため)。雇い実を工場で先付けして、運搬中の養生も兼ねるように検討することとした。

部品の実測値は、配線パネル厚59.5～60㎜、天井ランナー溝幅61㎜で、1～1.5㎜のクリアランスが確保されており順調に建て込むことができた。

図3-4-1-3 ドアパネル・配線パネルの施工試験

ⅳ) 配線試験(2017.11)

……実際の配線材料、配線器具を用意して天井下地内からの配線試験を行い、作業性と仕上がり具合を検証した。

……天井下地組の中から配線パネルへの配線作業に支障はなく、スイッチ部、コンセント部への配線取出しも問題く行う事ができた。スイッチ・コンセントの取付けでは既成の挟み込みプレートを使って化粧プレートまできれいに施工が可能であることを確認した。1連よりも2連・3連の大きなプレートの方が作業がやりやすい。

図3-4-1-4 配線試験

2 遮音試験(2017.8)

……試験の結果は室間音圧レベル差D=15dB程度。重量の軽い木質系パネル単体だけで遮音性能を高めるのは難しく、厚150㎜のCLT壁パネルでもD=30dBほどである。本件は住戸内の間仕切り壁としての利用を想定しており戸境壁のような遮音性能が必要となることはないが、寝室と水回りの境などでは、LGS+石膏ボードの壁を併設するなどの工夫が必要と思われる。

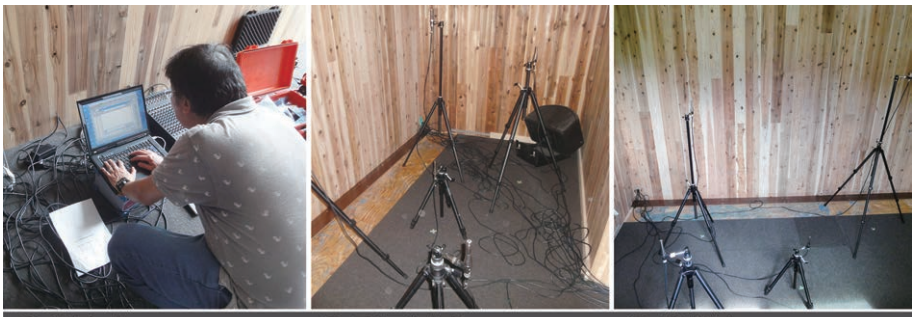


図3-4-2　遮音試験

⑤普及方策・リユース方策の検討・提案

1 リユース先の調査・リユース方法の検討

選手村から分譲住宅への改修にあたって不要となり、場外に搬出されるCLT壁を再利用して環境に負荷をかけないリユースを検討。

木造住宅メーカーの戸建て住宅用内装材としての活用等を検討した。

2 広報・普及の取り組み

日本CLT協会のホームページに成果を公表するとともに、日本CLT協会が開催する講習やセミナーなどでパンフレットを紹介して普及に努める。

実施した結果

①CLT間仕切りシステム素案の開発

オリンピック選手宿舎として建設し、オリンピック・パラリンピック会期後に集合住宅に改修する間仕切システムを3LDK(70㎡)の住戸タイプをモデルとして検討し、これをベースとした試作体を製作して現場に見立てた建物内にて実際に建て方試験、移設試験、配線試験を行い、t60㎜×w900㎜を標準パネルとするCLT間仕切りシステム素案を構築した。

ドアシステム、配線システムを備え、上下にランナーを持つ移動や再利用が容易な国産スギCLTよる間仕切りシステム素案である。

図4-1　間仕切りシステム試作体

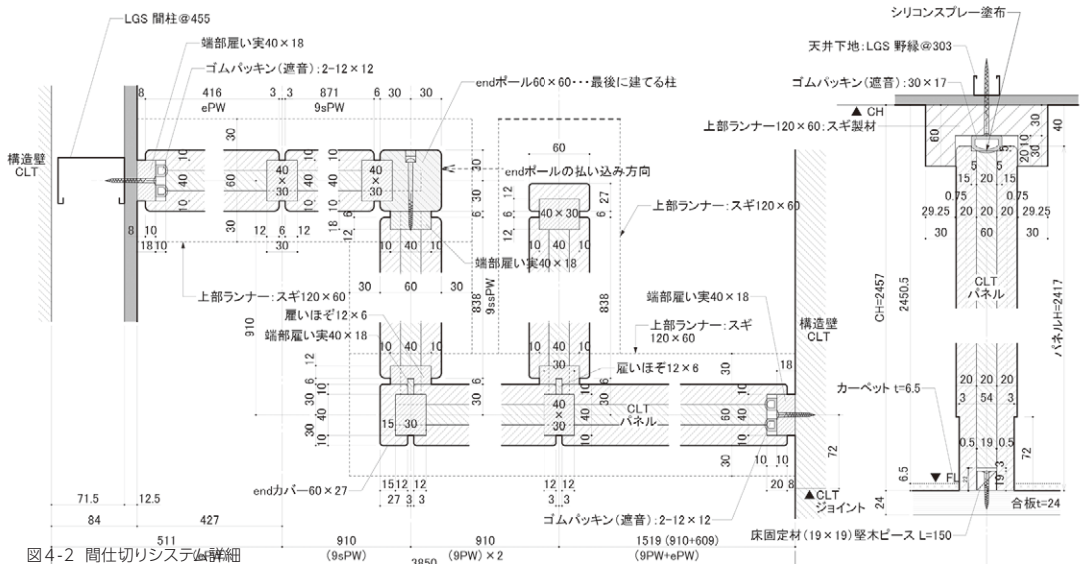


図4-2 間仕切りシステム詳細

今後の課題・展開等

①オリンピックレガシー住宅の一部への提案

選手宿舎として利用されない高層階(12階以上) 住戸や住棟共用部などへ、引き続きCLT間仕切りパネルを提案する。

②施工体制の確立に向けた取り組み

汎用性の高い集合住宅の間仕切りシステムとして展開するため施工協力者と施工体制を整備する。

(a) 施工体制の構築……施工体制を備えたグループとの連携を検討

……CLT独自の調達、現場搬入、施工のプロセスを組み立てる

(b) CLTパネルのリユースを含め、住宅メーカー等との連携を検討

③供給先の検討

……新築案件の供給先を開拓する。

(a) 大手デベロッパーへ木質内装システムとして提案

……リニューアル案件を供給先として開拓する。

(b) UR賃貸のリフォームへの提案

(c) 民間マンションリフォームへの提案

……非住宅分野を供給先として開拓する。

(d) ホテルやオフィスなどの木質内装システムとして提案

④付加価値のアピールとコスト競争力の向上

普及のために付加価値をアピールし、コスト競争力の向上を図る。

(a) 現場で廃棄物を出さず、単一材料・単一工種で工程管理が容易なシステムのメリットを特性としてアピール

(b) 再利用可能な自然素材等の付加価値を建材店など流通システムを通してエンドユーザーへ訴求し販促活動を展開

(c) 再利用のルートや再利用して作る物の販路を開拓

(d) 工場生産による現場工程、現場労務の最小限化によるコストメリットをアピール

⑤デザインの進化……新築に対応した納り

オリンピック選手宿舎からレガシー住宅への改修を視野に入れた当初提案をベースに、新築時に合わせた意匠を展開する。

(a) 上部ランナーの改良(小型化や隠蔽化など)

(b) 表面仕上げの充実(表層ラミナの工夫や、染色、張り物など)

事 業

大径 JAS 製材によるラーメン構法の開発

実施団体

協同組合いわき材加工センター

〒979-0141 福島県いわき市勿来町窪田道作33番地

事業目的

戦後植林された木材伐採期を迎え立木が増えてきているが、大径材は用途が少ないことから有効的な利用が進んでいない。

また、福島の木材は原発事故による風評被害によって、県外への販売は大きなハンディキャップとなっている。

福島の復興、林業の振興のためにも、他にない付加価値を付けて、良質な福島県産材を県外へ売り込むことが何より必要となっている。

その中で昨今、店舗や事務所等の非住宅木造建築物の建設が進み、その使用目的から大きな空間が求められることが多い。

そこで大径 JAS 製材を使用した大空間を実現できるように、合せ柱による木質ラーメン構法の開発及び合せ梁の開発を行う。

実施した項目

①大径 JAS 製材の半剛接ラーメンフレーム耐力試験
⇒試験体の概要：スパン 2.73ｍ×高さ 2.80ｍとスパン 4.55ｍ×高さ 2.80ｍの 2 タイプの大きさで、それぞれスギ材とヒノキ材で 3 体作成する。

②大径 JAS 製材を用いた重ね梁耐力試験
⇒試験体の概要：スパン 5.60ｍの単純梁で使用材料をスギ材、ヒノキ材とし、その材料を 2 本重ねて重ね方法を 2 種類とし、それぞれ 3 体作成する。

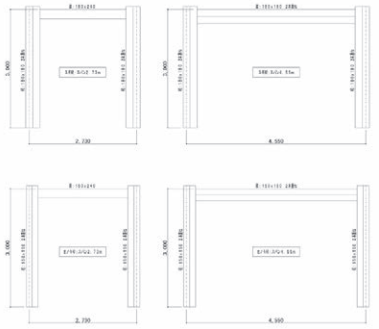
実施体制

試験の計画・解析・報告書作成 ― 株式会社 木構堂
試験体の加工・製作 ― 協同組合 いわき材加工センター
試験場 ― 岐阜県立 森林文化アカデミー
試験実施 ― 特定非営利活動法人 WOOD AC

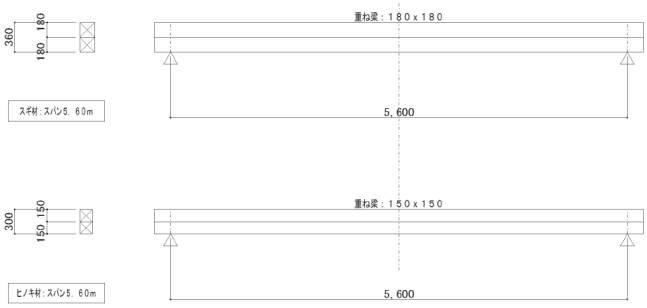
実施した内容

①大径 JAS 製材の半剛接ラーメンフレーム耐力試験
⇒試験体の概要：柱に使用する材料はスギ材 18 cm × 18 cm、ヒノキ材 15 cm × 15 cm とし、その材料を 2 本重ねてロングビスで拘束する。梁に使用する材料はスギ材 18 cm × 18 cm、ヒノキ材 15 cm × 15 cm とし、その材料を 2 本重ねてロングビスで拘束する。スパン 4.55ｍは長期荷重を想定して梁に積載荷重を載荷して試験を行う。

②大径 JAS 製材を用いた重ね梁耐力試験
⇒試験体の概要：単純梁で使用材料をスギ材 18 cm × 18 cm、ヒノキ材 15 cm × 15 cm とし、その材料を 2 本重ねて重ね方法を①ロングビスで拘束する②レゾルシノール接着剤で接着する。それぞれ 3 体作成する。



①大径JAS製材の半剛接ラーメンフレーム耐力試験については下記概要図の実大フレームを各3体実験した。



②大径JAS製材を用いた重ね梁耐力試験は下記概要図の単純梁をパラメーター毎に3体、合計12体を実験した。

実施した結果

①大径JAS製材の半剛接ラーメンフレーム耐力試験からは建築基準法施行令第46条の壁倍率相当の強度が下記のように得られた。

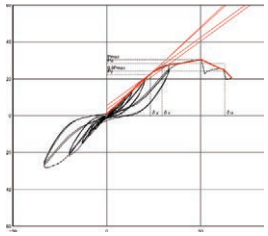
1-A試験体(ヒノキ材　スパン2.73m)壁倍率換算＝2.18倍
1-B試験体(スギ材　　スパン2.73m)壁倍率換算＝2.65倍
2-A試験体(ヒノキ材　スパン4.55m)壁倍率換算＝4.24倍
2-B試験体(スギ材　　スパン4.55m)壁倍率換算＝6.49倍
※ただし1-B試験体は3体中2体に加工不良が見られたので、1体の試験結果によるもの。

②大径JAS製材を用いた重ね梁耐力試験からは重ね梁と同断面との強度非が下記のように得られた。

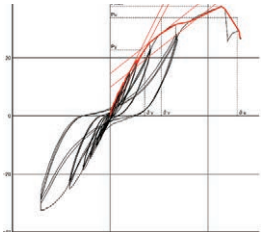
1-A試験体(ヒノキ材　接着重ね梁)強度非平均＝1.53倍
1-B試験体(スギ材　　接着重ね梁)強度非平均＝1.49倍
2-A試験体(ヒノキ材　ロングビス重ね梁)強度非平均＝0.88倍
2-B試験体(スギ材　　ロングビス重ね梁)強度非平均＝0.98倍

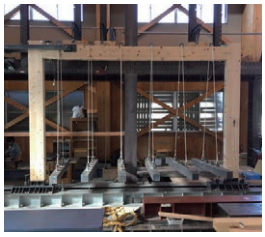
①大径JAS製材の半剛接ラーメンフレーム耐力試験

1-A試験体姿図

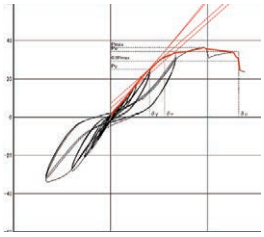


1-B試験体姿図

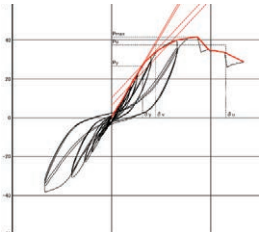




2-A試験体姿図



2-B試験体



今後の課題・展開等

今後は①半剛接ラーメンフレームに関しては換算壁倍率の数値を使って実物件として店舗や事務所建築あるいは住宅の広い開口部分に配置をおこない平面プランの自由度のある建物を実現していく。②重ね梁は今後構造用集成材に変わる長スパン梁として無垢材の有効利用がはかれるものと考える。
ただし、今回使用した大径JAS製材は市場に流通しておらずコスト面及び調達時間が課題である。今回の試験を期に大径JAS製材の可能性を広め使用数量を多くしコストや調達時間を消費者のニーズに合わせるられるようにしていく。

事 業

建築物における木材の現わし使用の手引きの作成

実施団体

一般社団法人 木のいえ一番振興協会

〒150-0045 東京都渋谷区神泉町22-2

事業目的

・内外装に使用される木材の経年変化や劣化対策など設計上の留意点、維持管理等に関する参考資料が身近にない。
・平成27年度取り組みを踏まえ、木質仕上げ材の経年変化(美粧及び劣化)の実態、それらに影響を与える因子、コントロール方策に関して資料を整理するための現地調査や検討委員会を開催する。
・現地調査で収集したデータをもとに、木材(構造材の現し使用を含む)の経年変化についての優良事例の整理と経年美化の実現に向けた対策を整理し、設計者向けのテキスト「建築物における木材の現わし使用率の手引き第2版」を作成する。
・また第2版の要点をコンパクトに整理した要約版を作成する。さらに現わし使用の建築物の維持修繕コストの考え方を検討し付属資料として整理する。

実施した項目

① 設計者・工務店向けの「「木材の現わし利用の手引き」(第2版)」を作成した。

② ①の内容を広めるため、写真、イラスト等を多用した整理を行い、設計者等が施主に説明する際に使用できる「要約版」を作成した。

実施体制

・事業主体(調査企画、委員会開催、現地調査の企画)
一般社団法人木のいえ一番振興協会

・委員会
木材の経年変化調査委員会(大橋好光　東京都市大学教授ほか)

実施した項目

①内外装にたっぷりと木材を使用することの意義、現わし使用した木材の経年美化を実現するための設計・施工・維持修繕の留意点を整理した、設計者・工務店向けの「建築物における木材の現わし使用の手引き」(第2版)」を作成した。

②設計者や工務店が施主に対し、木材の現わし使用のメリットや経年変化を楽しむためのノウハウ、木材の特性などを説明する際に使用できる要約版(木材現しハンドブック)を作成した。

③現わし使用の建築物の普及のため、現わし使用で建てられた建築物の維持修繕コスト等の検討を行い、その結果を取りまとめた別冊「現わし使用の維持修繕の考え方」を作成した。

軒を深くし、降雨が縁側等に当たらないよう配慮することで16年経過しても美観を維持。

施主自らが、塗装を行うことで、外壁の美観を維持。

実施した結果

①第1版では、個人住宅の事例が極めて少なかったが、第2版では個人住宅のほか、木質内装の事例収集を行った。

②内装に使用した木材の経年変化の事例を収集することにより、時間経過に伴い、建築直後に比べ、内装材の明度・彩度ともにやや低下して落ち着いた佇まいになることが確認された。

③敷地が狭いなどの理由等により、軒を設けず、外壁を木材の現わしで使用する事例を収集し、その場合でも日照・降雨の当たり方を均一にすることにより、壁がムラなく風化し経年による緩やかな色彩変化を楽しむ事例を収集した。(外皮としての板壁は25～30年毎に交換)

④現わし使用で施工した外壁の維持修繕コストは、それほど高くなく、施主自らが維持修繕を行うことを通じて、木造住宅の暮らしを楽しむ考え方などを整理した。

築後3年を経過して、色度、彩度が低下し落ち着いた佇まいになった。

一般にスギは材料密度が小さいため摩耗しやすくキズもつきやすい。しかし8年経過後して見事な浮造り(うづくり)になる。こうした変化も経年美化と呼ぶことができる。

今後の課題・展開等

①国産材の利用は、バイオマス発電用などの量的拡大が進む一方で、材質を重視した木材利用は、和室の減少等に伴い化粧材としての用途が著しく減少している。さらに最近の木造住宅は、内外装ともに大壁造りが主流となりその結果、材質を重視した木使いの減少が、結果的に木材の流通価格の低下をもたらし林業の採算性低下の大きな要因にもなっている。林業の成長産業化を進めるには、今後増加する中目材の付加価値を高めながら利用拡大することが必須となる。

②最近では建築様式の変化や木材の経年変化に対する誤解・偏見、防火・断熱等の性能面の制約等により代替材の使用が優先されている。こうした中で、木材を外装や内装にふんだんに使用した木造住宅の増加を図り、木材利用拡大を目指すためには、今一度、木材の現わし使用の良さ、経年美化を実現するためのノウハウ、現わし使用が経費的にも決して高くないことを広めることが不可欠である。

③今回作成した手引き、要約版等を使用して、大いに会員及びその他の設計者・工務店に現わし使用を広めるための講習会の開催、川下視点でのPR活動が課題となる。

事 業

木材・木造建築の物性的特質検討

実施団体

一般社団法人　木を活かす建築推進協議会
〒107-0052 東京都港区赤坂2-2-19 アドレスビル5F

事業目的

・近年、全国において、学校、幼稚園・保育園、福祉施設そしてまた市町村庁舎等においても木造による建築が増加してきているが、住宅以外の建築物については、木造建築はまだまだ少ないのが現状である。
・原因の一つとして、中大規模木造建築物が長年建設されてこなかったことから、木造建築は構造的また防火面等においても劣っているのではとの誤解がある。合わせて、2000年の性能規程化を受けて技術的にも着実に進化しているが、その現状について設計者、施工者等に充分には理解されていないことが考えられる。
・従って、今後の木造建築の普及に当たっては、木造建築の構造、防火、耐久性また施工性や工事費等の特性や木材の活用が地球環境面への貢献や地域経済の振興に大きく寄与することを、設計者、施工者そして事業主等に広く理解して頂くことが重要である。
・上記を踏まえ、木材、木造建築が、鉄骨造や鉄筋コンクリート造に比べて物性的に優れている点等を調査し、その結果を発信する事により木材利用・木造建築建設の促進に役立てる。

実施した項目

下記⑦項目について、文献からの情報収集・分析やモデル設計や調査による資料収集・分析を行い、テーマシートとしてまとめた。また、そのバックデータである、論文シート、論文集、その他を補足資料として整理した。
《物性的検討項目》
①木材・木造建築と地球環境（地球温暖化防止に貢献できる）
②木造建築の寿命（寿命は短くない）
③木造建築の防耐火性（火災に弱くない）
④木造建築の耐震性（地震に弱くない）
⑤木造建築の工事費（工事費が安い）
⑥木造建築の施工性（施工が早い）
⑦解体費が安い

実施体制

■木材・木造建築の物性的特質検討委員会
委員長　大橋好光　（東京都市大学 工学部建築学科 教授）
委　員　有馬孝禮　（東京大学 名誉教授）
委　員　小松幸夫　（早稲田大学 創造理工学部 建築学科 教授）
委　員　中島史郎　（宇都宮大学 建築都市デザイン学科 教授）
委　員　萩原一郎　（国立研究開発法人 建築研究所 防火研究グループ長）
委　員　吉田倬郎　（工学院大学 建築学部 名誉教授）

■木材・木造建築の物性的特質検討ワーキンググループ（検討WG）
主　査　大橋好光　（東京都市大学 工学部建築学科 教授）
委　員　五十嵐賢博（株式会社 綜建築研究所）
委　員　大嶽陽徳　（宇都宮大学 地域デザイン科学部 建築都市デザイン学科 助教）
委　員　河原　大　（東京大学大学院 農学生命科学研究科 木質材料学研究室 特任研究員）
委　員　塚崎英世　（職業能力開発大学校 能力開発院　助教）
委　員　緒形多江子（緒形建築設計室）
委　員　白石　梢　（株式会社 アービア設計事務所）
委　員　宮越喜彦　（一級建築士事務所 木住研）

■コンサルタント
NPO法人　木の建築フォラム　理事　神田雅子(アーキキャラバン建築設計事務所)

■事務局
(一社)木を活かす建築推進協議会
永田顕聖　松留菜津子　櫻井一也

実施した内容

・学識者等による委員会及びWGを設けて調査項目を選定し、以下の①から⑦を検討対象とすることとした。調査項目毎にその分野について見識が高い研究者を当て、文献からの情報収集・分析や調査による資料収集・分析を行った。(3回の委員会及び6回のWG、2回のSWG。)
・文献からの情報収集・分析と物性的検討(下記①から④の項目)
調査対象の文献としては、平成25年度、26年度に木を活かす建築推進協議会にて収集した文献とともに、新たに近年の調査、研究文献等を中心に収集を図った。
・調査による資料収集・分析と物性的検討(下記⑤から⑦の項目)
⑤については、モデル設計による資料収集・分析。⑥は事例収集による分析。⑦はインタビュー実施等による資料収集・分析を行った。
・項目ごとに収集・分析を行った結果を、簡潔にテーマシートとしてまとめ、そのバックデータである、論文シート、論文集、その他資料を補足資料として添付した。

《物性的検討項目》
①木材・木造建築と地球環境(地球温暖化防止に貢献できる)
②木造建築の寿命(寿命は短くない)
③木造建築の防耐火性(火災に弱くない)
④木造建築の耐震性(地震に弱くない)
⑤木造建築の工事費(構造別工事費の比較)
⑥木造建築の施工性(施工が早い)
⑦解体工事費

実施した結果

☆注意☆
この結果は、参考にした文献や資料に記載された条件を基にして、その中で言えることです。ここに記載された部分のみを取り出して利用なさらないようにしてください。

・テーマ①:木材・木造建築と地球環境(地球温暖化防止に貢献できる)
a)森林の公益的機能と木材利用
b)建築分野での地球環境にやさしい社会への貢献
① 建設・製造時のCO_2 排出量が少ない
② 炭素を固定できる
③ 持続的な森林管理につながる
④ 化石燃料の代替エネルギーとして機能する
⑤ 再生可能な資源である

① 建設・製造時のCO_2 排出量が少ない
・木製の建築資材は他素材製のものよりも製造工程におけるCO_2 排出量が少ないといえる。
・建設に際して、木造建築は、鉄骨造あるいは鉄筋コンクリート造の建築と比較して、CO_2 排出量が少ない構造形式であるといえる。
・国産の原木を使用した場合は、輸送にかかるCO_2 の排出量が、海外輸入(ロシア)の原木を使用した場合の35%程度に抑えられることが分かる。さらに、地域産材の原木を使用した場合は、国産の原木を使用した場合の60%程度に抑えられることも分かる。

② 炭素を固定できる
・樹林して50 年後の1ha のスギ造林地の幹材に固定されている炭素量が約140ton であり、それを伐採、製材して住宅などの部材として使用したとしても、その57%程度の約80ton は固定されたままで排出されないことが分かる。
・「1ha の造林地にスギを植林 → 50 年後に伐採、製材して、住宅などの部材として使用 →33 年後に住宅を解体して、一部はパーティクルボードとして再加工、家具製造に使用 → 17年後に家具を破棄」このストーリーのなかで50 年ごとに植林し続ければ、恒久的に炭素を固定することができることが分かる。

③持続的な森林管理につながる
・樹木が吸収できるCO2 は、7～9 齢級で最大値をとり、その後は減少していくことが分かる。こうしたことから、樹木は計画的に伐採して、木材として利用していくべきである。
・現在、計画的に樹木を伐採して利用する時期にあるといえるが、近年の林業の衰退から、伐採した森林に植林するという森林管理が十分に行われているとは言い難い。
・木造建築の建設や木材の使用を促進させて、林業を活性化し、持続的な森林管理につなげる必要性がある。

④化石燃料の代替エネルギーとして機能する
・木質系残廃材の焼却と化石燃料の焼却といった二重のCO2 放出をみている状況にあるが、建築物における残廃材をエネルギー利用すれば、化石燃料の使用量を削減することができ、CO2 排出量を抑えることができる。
・近年（2005 年、2010 年）、再資源化による代替量が放出量を上回る傾向があることがわかる。このことは、代替した化石燃料が排出する予定だったCO2 の方が、建材として加工する際に排出するCO2 よりも多いことを示している。このことからも、木質系残廃材は地球環境への負荷が少ないエネルギー源として注目すべきであるといえる

⑤再生可能な資源である
・木質資源（木材、材木）は、伐採して使用しても、その後に新しい苗木を植えておけば、30～50 年で、また材料やエネルギー源などの資源として使えるように成長してくれる。使用する木材の量が成長する樹木の量を超えない限り、すなわち、一度伐採した樹木について、リサイクルを繰り返し、樹木の成長期間利用することができれば、木材は、永久に持続可能な資源として利用出来る

文献
1）環境省；パリ協定の概要（仮訳），環境省ホームページ
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop21_paris/paris_conv-a.pdf

2）環境省；気候変動に関する政府間パネル 第2 次評価報告書，環境省ホームページ
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ipccinfo/ipccgaiyo/report/ipcc_hyoukahoukokusho2.html

3）有馬考禮；木材の住科学，東京大学出版，2003．2

4）服部浩治，笹井香菜子；京都議定書第二約束期間に導入された木材製品に蓄積されている炭素の変化量を評価するルールについて《後編》，森林技術 No.842，2012．5

5）井上雅文；地球環境と木材利用，京都大学リサーチインフォメーションリポジトリ，1990．7

■テーマ②：木造建築の寿命（寿命は短くない）
1．「木造建築の寿命」テーマシートの作成
①統計的視点と分析
木造建物の耐久性は本当に劣るのか、他構造、他用途建物の実際の寿命と、取り壊しに至る要因について明らかにした。
・建物除却のデータ分析

②設計上の工夫
建物を長く使うために設計時に心がけておくこと、現存する古建築から学べること、構法の歴史的経緯などの分析、木の劣化要因に対する備えなどについて整理した。
・伝統的な構法による腐朽対策
・木に水がかからないよう乾いた環境にする
・雨仕舞を行い、雨水の侵入を防ぐようにする

③維持管理・修繕
適切・適時の管理・修繕の重要性、修繕・取り換えのしやすい構法、修繕に関わる職人との関係性の維持（システム）の必要性などについて整理した。
・点検・メンテナンスを行い、耐久性を維持する
・伝統的な構法による腐朽対策
・木が劣化したら交換しやすいようにする
④建築材料の物性と劣化・腐朽のしくみ
材料に関する知識、劣化・腐朽に関するメカニズムを明らかにしながら耐久性向上の技術を収集・整理した。

⑤土地・建物の制度の影響
建物等をとりまく法制度の寿命への影響を考察

2.先の調査の成果を基に以下の視点から知見を収集しストーリーを補強
・設計上の工夫
・維持管理・修繕
・法定耐用年数
・制度インフラの弊害(短命化を助長)
・現存する木造建築

3.テーマシートの構成
・2-1 はじめに
・2-2 寿命と耐用年数の違いについて
・2-3 法定耐用年数
・2-4 寿命を延ばすための設計上の工夫
・2-5 木に水がかからない乾いた環境にする
・2-6 寿命を延ばすための設計上の工夫
・2-7 維持管理・修繕
・2-8 耐用年数の推計
・2-9 建物の平均寿命を調査
・2-10 構造、用途による寿命に違いはない
・2-11 短命な日本の住宅
・2-12 建物の寿命は所有者の都合によって決定される

4.追加論文シート
建物の法定耐用年数に関する整理
1)減価償却制度の沿革
2)建物の法定耐用年数の推移
3)耐用年数の算定方式

5.建物の法定耐用年数に関する整理
1)減価償却制度の沿革
2)建物の法定耐用年数の推移
3)耐用年数の算定方式

6.現存する木造建築(住宅)の事例
1)三澤千代治氏の調査
2)ハーフティンバー様式
3)京町家

文献

1)武田昌輔 DHC コンメンタール 法人税法 第一法規 、1979-5、pp.6843-6857
2)木造建築物の耐久性　神山幸弘
3)橋本 清勇、東樋口 護、宗田 好史　京都市都心部における伝統的木造建物の維持管理システムの衰退 日本建築学会計画系論文報告集 554、2002、pp.259-265
4)福井秀夫「200年住宅とは何か」社団法人都市住宅学会 公開市民フォーラム、2008-5-27
5)三上 純 ドイツにおけるハーフティンバーの特性について 北海道東海大学紀要. 芸術工学部 27, pp.9-18, 2007
6)加藤裕久、小松幸夫「木造専用住宅の寿命に関する調査研究：累積ハザード法による寿命推定」日本建築学会計画系論文報告集、363、1986、pp.20-26
7)小松幸夫「1997年と2005年における家屋の寿命推計」日本建築学会計画系論文報告集73(632)、2008、pp.2197-2205
8)小松幸夫「住宅の寿命について」都市住宅学、54、2008、pp.480-487
9) Glesson, M. E., Estimating housing mortality from loss records, Environment and Planning A 1985, vol.17, pp.647-659
10)小松幸夫 住宅寿命について 住宅問題研究 Vol.16 No.2、2000-6
11)久米良昭 住宅の平均寿命「短命化」とその要因に関する分析 (特集2『ストック重視』型住宅対策を探る) 都市住宅学 (30), pp.43-48, 2000-06

■テーマ③：木造建築の防耐火性（火災に弱くない）

3-1　はじめに

本テーマでは、以下のような観点から、現行法令を満足する中大規模木造建築物が「火災に弱くない」といえることを説明することを目的とする。

・火に対する木材の性質
　－加熱に対して木材の燃焼速度は遅く、急激に耐力低下を起こさない
・建築火災の成長過程とその対策
　－火災の成長を遅らせる対策は構造種別毎に相違ない
・防耐火構造制限から見る中大規模木造
　－現代の建築基準法が求める防耐火性能は構造種別毎にも同一である
・防耐火に対する木造建築物の経緯と法規の変遷
　－防耐火性能は実大実験等によって確かめられている
・中規模木造建築の実火災の例
　－燃えしろ設計された部材が実際の火災で壊れなかった
・木質耐火構造部材の例
　－必要な防耐火性能を有する木質耐火構造部材（柱・梁）は実現している

3-2　火に対する木材の性質

・「燃えている」と表現される状態となることは、有機質材料では同様に生じる現象であり、自身が熱源となって周囲へ燃焼が拡大する性質は、無機質材料（構造材料で言えば鋼材・コンクリート）との差異である。
・しかし、外的な加熱を要因とする、構造部材としての木材の強度低下に関しては、鋼材に負けてはいない。鋼材については350度程度で弾性限界荷重が約半分になることが知られており、高温に弱い材料であると言われている。ある程度の断面を有する木質構造部材が火災による加熱をうけたとしても、同部材が強度低下によって損傷するような状況には繋がりにくい。

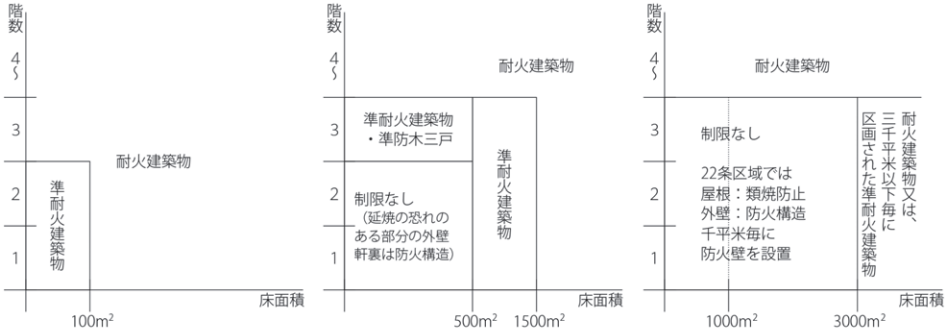
3-3　建築火災の成長過程とその対策

・火災の成長における延焼の過程をまとめると次のようになる。

1. 出火室内での延焼拡大　2. 他室への延焼拡大　3. 建物全体への延焼拡大　4. 類焼（他の建物への延焼拡大）
　・火災に対する建築物への要求性能の根底は、人命の保護にある。その要求を満たすためには、上記した各段階で火災の成長を緩慢にさせて避難行動に支障を来さないこと、またその間に建物を倒壊させないことが重要となる。
　・基本的には以下のようなことが個の建築物の防耐火性能を向上させる対策となる。
　・内装の不燃化：出火室での火災成長の遅延、出火室から他室への延焼の抑制
　・防火区画の設定：他室・他階等、隣の区画への延焼の抑制
　・部材への耐火性能の付与：燃え抜けの防止、加熱による構造性能低下（倒壊）の防止
　・建築基準法での要求性能も構造種別毎に差異は無く、必要な性能を担保した木造建築物は他種の構造と同等の防耐火性能を有していることになる。

3-4　防耐火構造制限から見る中大規模木造

・主要構造部に必要な防耐火性能は、建築地の防火地域による規制（各地域における階数・規模と規制の関係を図に示す）、建物用途による規制、建物高さによる規制で決定される。



準耐火構造建築物・耐火構造建築物は、いずれも火災による火熱にさらされても、一定の時間内は建物が崩壊せずに立ち続けることが求められる構造であり、主要構造部の耐火時間が規定されている。

3-5　防耐火に対する木造建築物の経緯と法規の変遷

・近年、中大規模木造建築物にとっての最も大きな法規の改正は2000年の性能規定化である。性能基準を満たせば構成材料を問わず、木材でも耐火構造部材の大臣認定を取得できることとなり、必要な防耐火性能を有した木造の耐火建築物が建築可能となった。

・これまでの大火が全て木造建築物であったが故の被害と関連づけられる訳ではないが、当時の我が国の建築物が木造主体であったことは周知の事実である。木造建築物、特に木造住宅は多く焼失しており、当時の木造建築物が防耐火性の点で脆弱であったのは間違いないと考えられる。このこともあり、1959年の改正等によって、(上記の図に示すような)規模や用途の木造建築物は実質的に建築出来ないこととなった。

・その後1970年代後半より、消費者ニーズや地域振興および日米林産物協議等の理由から木造に関する防火規制の見直しが行われ、基準法の改正と共に、中規模以上の木造が建築出来る環境が整えられ始めた。

・1987年には、「燃えしろ設計」の考え方を適用した大断面集成材を用いた木造建築物、木造3階建戸建住宅の技術的基準が定められた。

・1990年には、準耐火建築物の概念が創設され、防火・準防火地域を除く地域で木造3階建共同住宅が建築可能となるような法令が整備された。

・建築基準法の性能規定化に対する大改正が2000年に行われ、木質系の不燃材料や耐火構造部材が開発される契機となった。その後も木造3階建学校など、特定の用途・規模の建築物に対する技術的基準も整備されてきている。

・過去の法規は一定規模以上の木造建築物を規制していたが、種々の研究的な検討から基準の見直しが行われ、現在では基本的に性能を規定するものと変更されてきた。今日では要求性能を満たす仕様をもってすれば、中大規模木造建築物が建築可能である。

3-6　中規模木造建築の実火災の例

・燃えしろ設計による準耐火建築物(45分準耐火構造)の体育館火災の調査報告10)がある。当該建築物は、屋根架構を木造アーチの現しとした体育館である。全焼といえる火災被害となったものの、消防による消火後も構造体は自立しており、炭化部を除いた構造材は健常材と同等の機械性質を有していたとされている。

・火災発生後20分で消防活動が開始され、消防活動に支障を来す構造体の変形が無かったと報告されていることから、燃えしろ設計をされた構造部材は要求性能を満たすものであったといえる。

・比較的短期間での燃焼拡大について、その要因は出火室における可燃収納物の過収納および、出火室と運動場空間の界壁の常時解放開口のためであったとされ、どちらの要因も木造特有のものでない。

3-7　木質耐火構造部材の例

・木造の防耐火性能を他の構造種別に対して説明する場合、構造躯体の防耐火性能の違いが主な差異となる。柱・梁等の軸組は直接的に鉛直荷重を支持するため、特に重要である。

・現在までに木質耐火構造部材として開発されているものは、大きく以下の3つに分類出来る。

1. 一般被覆型　　「メンブレン型」
2. 鉄骨内蔵型　　「木質ハイブリッド型」
3. 燃えしろ被覆型　「燃え止まり型」

3-8　まとめ

・建築物としての火災安全性を考える場合、火災が発生したことを前提に、部材に必要な防耐火性能を付与することが必要である。火災の影響がおよぶ範囲をできるだけ局限化し、延焼を抑えて倒壊を防止し、避難活動や消防活動に支障を来さないことが重要である。このような木造建築が実現可能であることはこれまでに述べた。一方、防耐火性能が考慮されていない建築物は、構造種別に関係なく全焼・倒壊する危険性をはらんでいる。一般的に火災に弱いというイメージが持たれている木造建築物でも、他の構造種別と同様の火災安全性を確保することが可能である。

・社会背景から望まれている木材の利用促進にあたっては、「火災に弱くない」木造建築物を作ることができるということが正しく認識されるべきであると考えられる。

参考文献

1) 建築学大系編集委員会：建築学大系21 建築防火論, pp.79-208, 彰国社, 1970.
2) 中村賢一, 山田誠：木造建築の防火設計, 産調出版, pp.41-55, 1998.
3) 財団法人日本住宅・木材技術センター：木と日本の住まい, p122, 1984.
4) 日本火災学会編：火災と建築, 共立出版株式会社, pp.31-42, 2002.
5) 山田誠：防火の考え方と防火の性能評価, 木材保存29(3), pp.189-196, 2003.5.
6) 原田寿郎：日本における木質耐火構造開発のあゆみ, 木材学会誌55(1), pp.19, 2009.1.
7) 栗山寛, 小泉勝永：防火木材の研究(第1報), 建築學會論文集(21), pp.166-168, 1941.
8) 山田誠：木造建築物の防火研究の経緯と防火法規の変遷, 住宅と木材39(460), pp.18-29, 2016.4.
9) 中村賢一, 宮林正幸：大断面木材の耐火性能, 木材工業40(12), pp.563-567, 1985.12.

10) 鍵屋浩司，北後明彦，宮武敦:大規模集成木造体育館の火災調査，日本建築学会技術報告集17, pp.209-212，2003.6.
11) H26年度物性的特質検討委員会成果資料，p11
12) 岡日出夫，大橋宏和，山口純一，堀長生:モルタルを内蔵したスギ集成材の燃え止まりに関する研究，日本火災学会論文集58(1)，pp.13-20，2008.2.13)　上川大輔，原田寿郎，宮林正幸，抱憲誓，西村光太，宮本圭一 ,大内富夫，安藤恵介，服部順昭:難燃処理ラミナを用いた耐火集成材の開発-スギ集成材柱の1時間および2時間耐火性能-,日本建築学会環境系論文集75(657)，pp.929-935，2011.2.
13) 上川大輔，原田寿郎，宮林正幸，抱憲誓，西村光太，宮本圭一 ,大内富夫，安藤恵介，服部順昭:難燃処理ラミナを用いた耐火集成材の開発-スギ集成材柱の1時間および2時間耐火性能-,日本建築学会環境系論文集75(657) pp.929-935，2011.2.

■テーマ④:木造建築の耐震性(木造建築は地震に弱くない)

4.はじめに

・本テーマでは、木造建築の耐震性について、建築基準法の構造関係規定及び大震災時における被害率調査の結果、並びに振動台実験の結果や耐力壁の実験結果から説明することを目的とした。

4.1 建築基準法で要求される構造性能は構造の種類によらず同じである

・建築基準法施行令第36条の3には「構造設計の原則」が表1のように定められている。この原則は構造の種類、規模の大小や構造計算の有無によらず、すべての建築物について適用される。
・木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造などの構造種別によらず、高さが60m以下の建築物については建築基準法施行令第83条第1項に、荷重及び外力に対する構造計算における要求事項が規定されている。

4.2　大震災時における木造建築の全壊率は大きくない

・木造建築の被害率と経年の関係では、神戸市灘区における調査結果から概ね築年が古い建築物ほど全壊率が高いことが言える。築年の新しい建築物の全壊率が小さいのは部材が経年劣化していないことのほか、改正毎に構造関係規定が強化されている建築基準法に従っていることによると推察される。
・建築基準法の改正年と建築物の被害率の関係を構造別にみると、建築物新耐震基準制定後(1981年、S56年以降)の木造建築ほど全壊率は小さく、大震災発生時における最新の耐震基準(1981年新耐震基準)を満たした木造建築の全壊率は、他構造のそれに比べて顕著に劣っていないと言える。これらのことは、2016年(平成28年)熊本地震の被害率と建築年代の関係を見ても同様の傾向を捉えることができる。

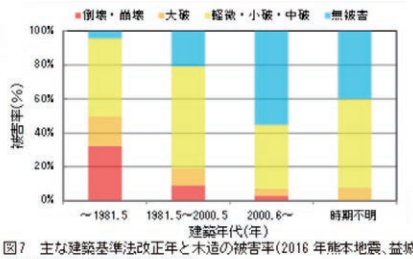


図7　主な建築基準法改正年と木造の被害率(2016年熊本地震、益城町)
(文献5中の集計表を基に作成)

4.3　木造住宅は建築基準法の大地震では倒壊しない

■テーマ⑤:木造建築の工事費（構造別工事費の比較）

1・1 はじめに

本検証は、平成28 年に建設された木造保育園をモデルとし、同一建物を鉄骨造、鉄筋コンクリート造に置き換えて設計、見積りを行い、主に工事費の面から、様々な要素の違いを確認するものである。
建築の仕上げ、付帯設備等の条件は同一とし、構造形式による違いを、比較出来る項目は全て、木造を1.0 とした場合の対木造比として表した。

○ 構造計算を行う条件

屋根・床・壁は、矩計図による仕様とした。
1階床は、各構造共直接基礎で対応できる重量とするため、耐圧版の上に木造床とした。
鉄骨造及び鉄筋コンクリート造の間仕切壁は、軽量鉄骨仕様とした。(但し、積算においては、木軸とLGS の差は、ほぼ同等となるため、木軸の価格を採用した。)
今回の比較検討は、三種構造共、直接基礎で設計可能な地盤を想定している。
条件に合わない場合、地盤改良や杭基礎の提案も必要となるが、工事費増となる要素である為、今回の検討を覆すような結果とはならないと判断している。

○ 準耐火仕様の条件

○ 積算の条件

積算は木造モデル保育園(H28 年10 月竣工、横浜市内某保育園)の積算数量・単価を用い、担当した積算事務所にヒアリングを行いながら、各構造別建物に置き換え、鉄骨造・鉄筋コンクリート造の数量拾い(主に基礎躯体工事、上部躯体工事等)を行った。又、鉄骨工事、鋼製建具工事、ALC 板工事については鉄骨工事会社、メーカー見積もりの金額を採用した。

其の他、モデル建物に無い新たな建材については、建設物価積算資料を用いた。

積算結果

□躯体工事費に占める基礎工事費比率は、W1.0<S1.515<RC1.924となり、木造の優位性が分かる。

□基礎工事費に占める土工事費比率は、W48.7%、S43.8%、RC41.3%と、何れの工法に於いても高い比率を占める。更に土工事費の内、残土の運搬と処分費が70%~80%を占めている。

□躯体工事費に占める上部躯体工事費比率は、W1.000<S1.167<RC1.155 となり、木造の優位性が分かる。

□断熱工事費の対木造比は、W1.000<S1.655<RC1.702 となった。熱貫流率は、木造の値を目標に、各工法の断熱材の選定を行ったが、木造に用いた繊維系断熱材グラスウールと石油系断熱材フェノールフォームでは、価格差が1:2 と大きな違いがあった。

□鋼製建具工事の内住宅用アルミサッシは、910 モジュールで計画されれば、ビル用サッシに比べ価格が抑えられるので有利になる。但し敷地の条件により、開口部が延焼ラインに掛かる場合の防火戸仕様は、現在の商品構成では、サイズが限定され、価格高になる、などの制約があり、ビル用サッシの使用となる。

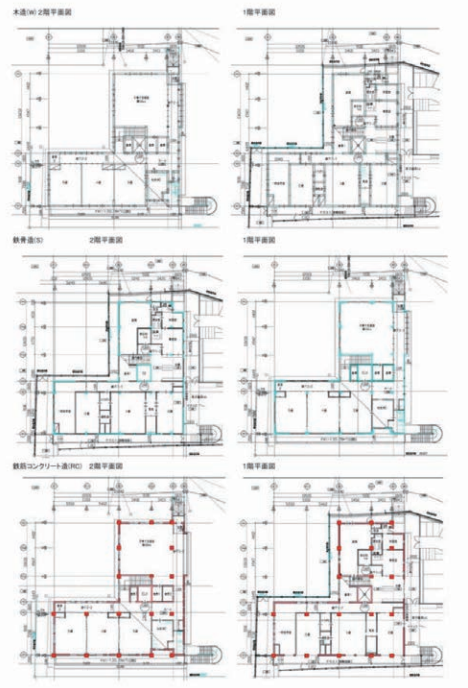
2

1.2 モデル保育園設計概要

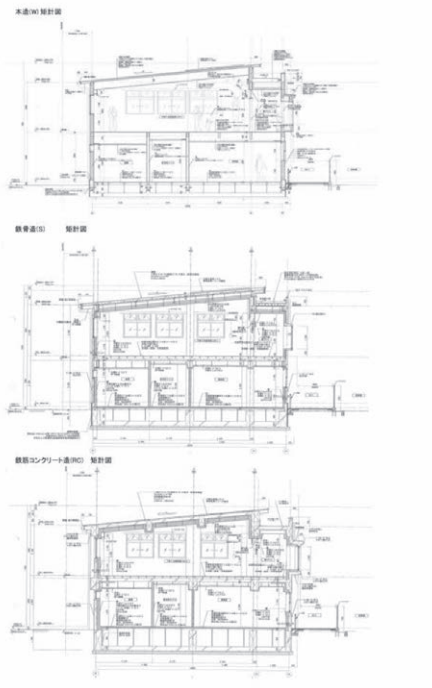
構造設計概要		神奈川県横浜市					
用途		保育園			対木造比		
構造種別		W(木構造)	RC(鉄筋コンクリート造)	S(鉄骨造)	W/W	RC/W	S/W
規模	延べ床面積(㎡)	692.28					
	建築面積(㎡)	420.36					
	階数	地上2階建て					
	最高高さ(m)	7.35m					
	軒高(m)	6.2m					
	直接基礎(ベタ基礎)基礎深さ(m)	0.7	1.2	0.95	1.00	1.71	1.36
構造上の特徴							
構造計算ルート		許容応力度計算	ルート2-1(X,Y方向)	ルート3(X,Y方向)			
仮定荷重	屋根(N/㎡)	1115	5520	3215	1.00	4.95	2.88
	2階床(N/㎡)	1310	5120	3415	1.00	3.91	2.61
	1階床(N/㎡)	580	580	580	1.00	1.00	1.00
	外壁(N/㎡)	790	4400	1100	1.00	5.57	1.39
	内壁(間仕切り)(N/㎡)	550	300	300	1.00	0.55	0.55
地震力	2階 w(kN)	518.2	4248	1726	1.00	8.20	3.33
	1階 w(kN)	1046.5	5414	2432	1.00	5.17	2.32
	ΣW (kN)	1565.0	9662	4158	1.00	6.17	2.66
	分布係数Ai(2F)	1.354	1.205	1.288	1.00	0.89	0.95
風圧	地表面粗度区分	Ⅲ					
	基準風速	34					
積雪	積雪深さ(cm)	30					
	単位重量(N/㎡)	20					
接地圧	最大接地圧(kN/㎡)	27.4	53.7	29.5	1.00	1.96	1.08
	平均接地圧(kN/㎡)	20.1	46.9	28.2	1.00	2.33	1.40
柱支配面積	柱総本数 n本	225	37	37	1.00	0.16	0.16
	断面積 A(㎡)	0.0144	0.36	0.09	1.00	25.00	6.25
	総面積Axn(㎡)	3.24	13.32	3.33	1.00	4.11	1.03
躯体重量比	基礎重量(kN)	3157.8	5011.4	4236.6	1.00	1.59	1.34
	上部構造重量(kN)	353.1	3481.5	725.7	1.00	9.86	2.06

1.2 モデル保育園設計概要

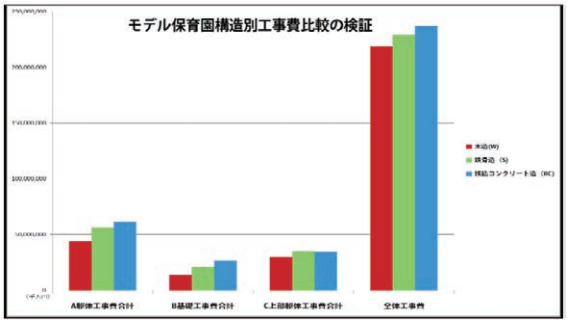
3



4



・基礎・上部躯体工事費・躯体工事費合計・全体工事費合計の対木造比グラフは右記のとおり、全ての比較で、W 造<S 造<RC 造という結果となった。



■テーマ⑥：木造建築の施工性（施工が早い）（1）はじめに

木造建築は他の構造の建築物に比べ「施工が早い」と言われる。施工期間が短いということは、工事全体の経費削減などのメリットがある可能性があり、建築物を計画する際の構造方法を選択する理由の一つとなりうる。「施工が早い」というのは、根拠のあることなのかどうか、雑誌などの文献調査と、国の統計調査資料を利用する調査の2本立てで検証し考察する。

（2）調査方法

建築関係の雑誌、書籍に掲載の事例より収集されたデータによる検討と、統計法に基づき国立行政法人統計センターに、統計調査資料「建築着工統計調査」（国土交通省）のオーダーメード集計を依頼し、得た成果物のデータにより検討を行った。

（3）文献調査

文献調査は、過去10年程度まで遡り、雑誌、書籍に掲載された事例の作品データより得た数値を元に構造の違いにより、施工期間と延べ床面積にどのような関係性が見られるかを検証した。

・サンプル抽出の対象としたのは、地下の無い地上階のみの、平屋から3階建てまでの、延べ床面積が100㎡以上5,000㎡以下の事例で、混構造でない、木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造とした。

（3）-1　調査内容

	木造	鉄骨	RC	合計
1階建	92	42	10	144
2階建	86	53	50	189
3階建	13	17	55	85
合計	191	112	115	418

(3) -1-1　全データによる検討

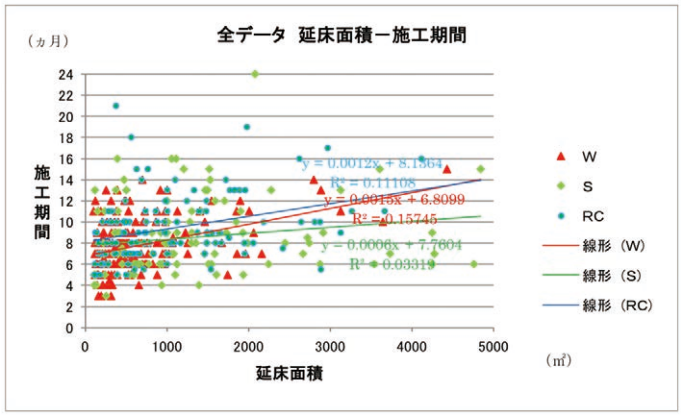


図1：収集データ全数(418)によるグラフ

○ 1階建

1階建データ数	
構造	データ数
木造	92
鉄骨造	42
RC 造	10
合計	144

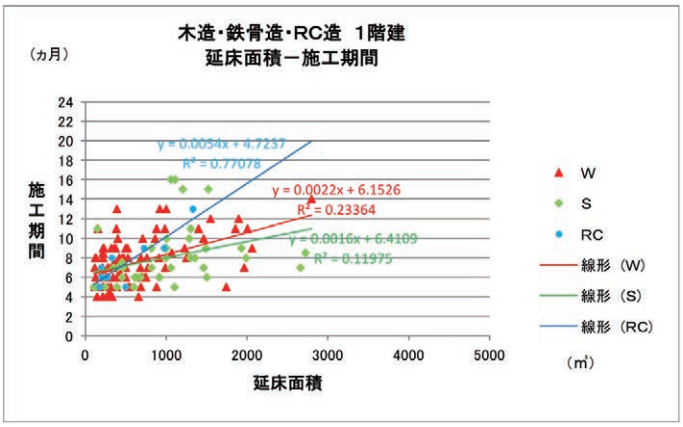


図2：1階建のデータによるグラフ

(3) -1-2　用途別データによる検討

イ) 保育園・幼稚園

事例数　73

	W	S	RC	計
1F	25	10	0	35
2F	20	4	9	33
3F	0	2	3	5
計	45	16	12	73

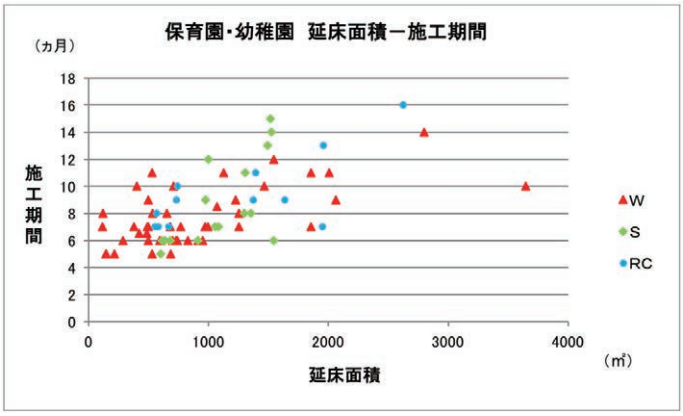


図4：用途別　保育園・幼稚園　によるグラフ

(3) －2　文献調査による考察

・データ全体の散布図(図1)、1階データ(図2)、2階データ(図3)の散布図による比較では、鉄骨造、木造、鉄筋コンクリート造の順に施工期間が短い。

・文献調査から得られたデータでは、ばらつきが大きい。

・事例を収集した資料が建築の雑誌などのため、雑誌に取り上げられるような特徴のある事例が多いのがばらつきの要因と考えられる。

・児童・身障者福祉施設、高齢者福祉施設は、小規模なものは木造、規模の大きなものは鉄筋コンクリート造が多い傾向がある。(図5,6) 保育園・幼稚園は、高齢者福祉施設などより面積規模の大きな木造の事例が多数ある。(図4)

・公共建築物などでは、年度内で工事を完了させるため、3月竣工の事例が多い傾向がみられた。

・木造は、延べ床面積が小さい範囲に集中しているが、同程度の延床面積でも施工期間が3か月程度から、1年以上かかるものまである。これは時間をかけて、こだわりを持って造る場合もあり、また、早く造ろうと思えば早く造ることも可能ということである。施工期間を短くする必要がある場合には、木造を選択することが有利な可能性がある。

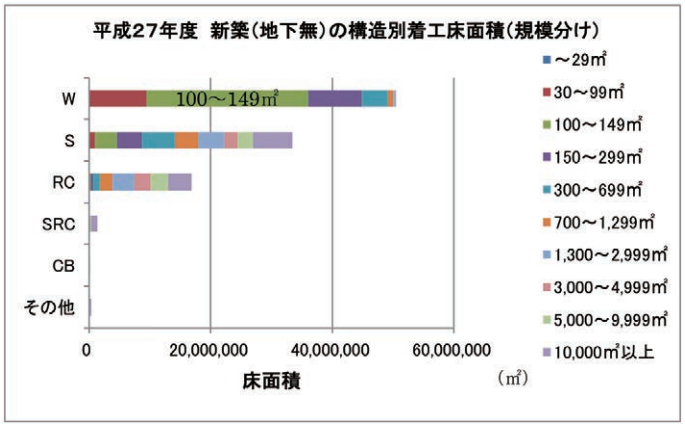
(4) 統計調査資料による調査

統計局の建築着工統計調査のうち、「第20表　構造別、工事期間別、規模別／建築物の数、床面積」を元に、オーダーメード集計により得た、新築建築物のみ、地下のある建築物を除く、階数情報、用途情報を付加した平成25年度から平成27年度までの3年度分のデータを用い分析を行った。

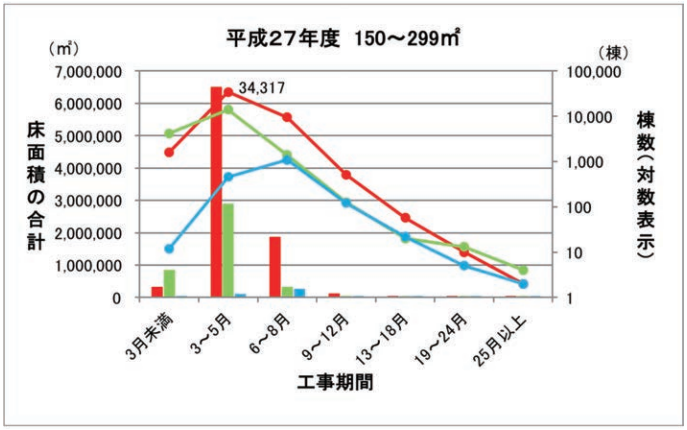
(4)－1　統計調査資料による検討

(※：統計法に基づいて、独立行政法人統計センターから「建築着工統計調査」(国土交通省)のオーダーメード集計により提供を受けた統計成果物を基にしており、国土交通省が作成・公表している統計等とは異なります。)

(4)－1-1　1年間の傾向

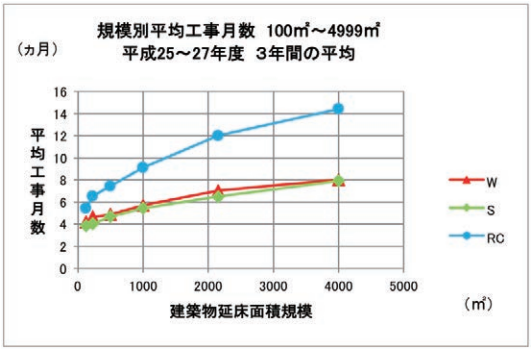


平成27年度のデータによる、建築物の面積規模別(6段階)に工事期間ごとの木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造の面積と棟数をグラフにしたものを示す。



(イ) 年度ごとの比較

○平成25～27年度3年間平均



ロ) 建築物の階数別の比較

○1階建て

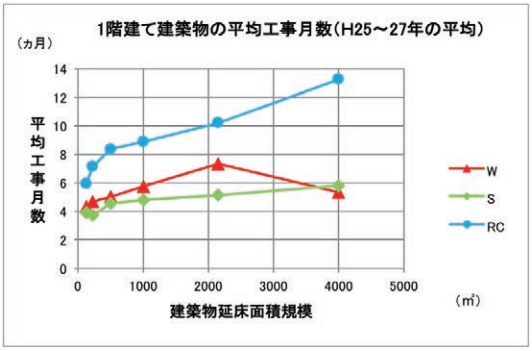


表4：平均工事月数算出の計算表

(4)－2　統計調査資料による考察

・平成27年度を例に年間の着工面積の傾向を概観すると、新築(地下階無し)の年間の着工面積は木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造の順で、木造で一番着工面積の多い延床面積規模は100～149㎡である。(図10)
・同じく平成27年度の新築(地下階無し)の結果では、2階建ての着工が一番多くその半分以上を木造が占めている。(図11)居住用、非居住用の比較では、居住用は非居住用の約2倍の着工面積で、居住用のうち、木造は半数以上を占めている。(図12)
・「年度ごと」と「階数別」(1階建・2階建)のグラフ(図15～図20)では、木造と鉄骨造は鉄筋コンクリート造より工事期間が短いと言える。
・図19、20で、木造と鉄骨造との比較では、2階建ては同程度の工事期間であるが、1階建の平均工事月数は鉄骨造が木造を下回り、鉄骨造の方が工事期間が短いという結果となっている。
・居住、非居住(図21、22)の比較(100㎡～4,999㎡の範囲で比較)でも、居住用、非居住用にかかわらず木造と鉄骨造は鉄筋コンクリート造より工事期間が短いと言える。
・用途別非住居の内訳より、3項目(図23～25)について比較すると、宿泊業・飲食サービス業は、木造の平均工事期間が鉄骨造を下回っているなど、建築物の用途により工事期間が早い遅いなどの違いがありそうである。

(5)まとめ

・文献調査と、統計調査資料による調査を行った結果、鉄筋コンクリート造が施工期間が一番長く、木造と鉄骨造は同等かやや鉄骨造が施工期間が短い傾向にある。
・文献調査で木造は延床面積の小さい範囲に集中しており、同程度の床面積でも施工期間が3ヵ月程度と短い事例や、1年以上かかる事例もある。これは、早く施工することが可能であるということで、施工期間を短くする必要がある場合には、木造を選択することが有利な可能性がある。

■テーマ⑦:解体工事費

○内容

木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造の構造形式によって解体工事費にどの程度の価格差があるのかを探り、木造の解体工事における費用メリットがあるのかを確認した。

「躯体(建屋＋基礎)」と「基礎」に関する解体工事費用を延べ面積あるいは建築面積あたりの費用(円/㎡)として算出した。

①民間で実施された解体物件(サンプル数:木造4件、鉄骨造6件、鉄筋コンクリート造8件)の見積書を元に工事費用(円/㎡)を算出した。

②木造2階建てで実施された保育園を基本モデルとして、その基本性能を同等に設定した鉄骨造、鉄筋コンクリート造のモデルをサンプルとし、3構造の解体工事費を概算算出した。それを元に、構造形式別に費用(円/㎡)を算出した。

○結果

①および②ともに、W造＜S造＜RC造の価格差となっており、解体工事において木造のコストメリットは確認できた。

①においては、構造別のサンプル数の違い、規模、階数および地階の有無などバラつきは大きい。このことを前提として躯体解体、基礎解体の費用(円/㎡)を算出した。

構造形式	躯体解体関連費用(円/㎡) ※延べ面積当たり	基礎解体関連費用(円/㎡) ※建築面積当たり
木造	8,500～12,000	3,700 内外(地下無)
S造	16,000～26,000	13,000 内外(地下無)
RC造	20,000～31,000	20,000 内外(地下無) 60,000 内外(地下有)

②においては、モデル設計からの概算見積ということから各工事費用に関して
は目安程度とすることが望ましい。このことを前提として躯体解体、基礎解体の費用(円/㎡)を算出した。

工事項目	W	S	RC
基礎解体	2,889	5,185	5,657
建屋解体	10,079	17,289	20,610
合　計	12,968	22,474	26,267
木造との比較	1.000	1.733	2.025

3構造の延べ面積当たりの躯体工費比較（円/㎡）

工事項目	W	S	RC
基礎解体	5,778	10,370	11,314
木造との比較	1.000	1.794	1.958

3構造の建築面積当たりの基礎工費比較（円/㎡）

○評価

解体工事費用の構造別(木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造)の価格の違いの比較になる。㎡価格は個別の具体事例における金額であるため、目安程度と捉えることが望ましい。

1.構造別解体工事費の比較

1-1.木造解体工事(サンプル数:4)

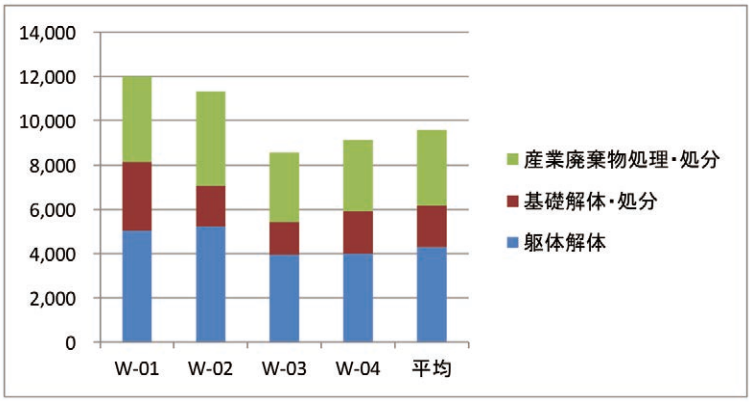


図3　木造:躯体工事に関わる解体工事費比率(%)

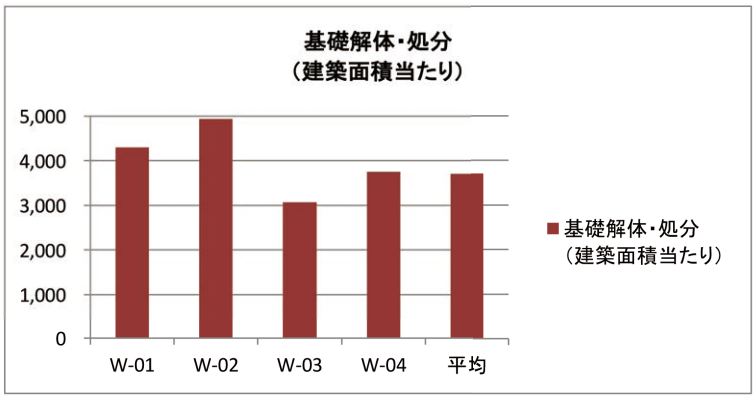


図4　木造:建築面積当たりの基礎解体工事費(円/㎡)

1-2.鉄骨造解体工事(サンプル数:6)

1-3.鉄筋コンクリート造解体工事(サンプル数:8)

1-4.構造別躯体解体工事費の比較

個別物件による解体工事であるために、構造形式が同じであっても用途による内外装仕様や立地条件、地下階の有無などによって解体工事単価や処分単価に違いが生じるため、躯体に関連する解体工事(基礎含む)に伴う延べ面積(㎡)当たりの費用は下表のように幅を持っておくことが望ましい。

一般に、木造は鉄骨造や鉄筋コンクリート造に比べ軽量となるため、解体工事にあっても木造躯体に関わる部分、特に基礎部分にあっては他構造よりも建築面積当たりの解体費用は低くなることが分かる。中規模木造となった場合には、その架構形式によっては基礎形状や規模が鉄骨造に類似していくことが考えられるため、基礎解体関連の工事費は鉄骨造に近づいていく傾向は予想される。

構造形式	躯体解体関連費用 (円/㎡) ※延べ面積当たり	基礎解体関連費用 (円/㎡) ※建築面積当たり
木造	8,500~12,000	3,700 内外 (地下無)
S造	16,000~26,000	13,000 内外 (地下無)
RC造	20,000~31,000	20,000 内外 (地下無) 60,000 内外 (地下有)

2.同一条件による解体工事費比較

用途、規模が同一であった場合に、構造形式の違いによって、解体工事費にどの程度の差が出るのかを検討した。

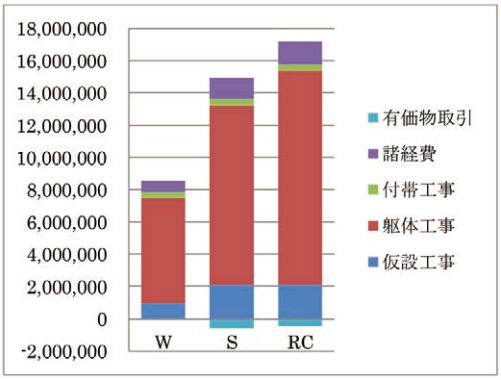


図1　3構造の総工費比較(円)

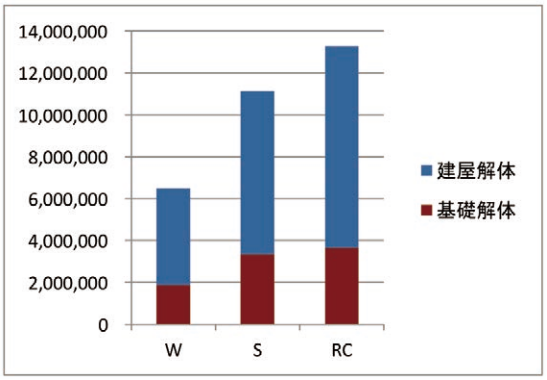


図2　3構造の躯体工費比較(円)

サンプルは建築工事費比較で用いた保育園の木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造の設計図書を元に(株)小林商店に見積算定の協力を得た。あくまでも概算見積の範囲である。解体工事の前提として延べ床面積644㎡、総2階建てと見立て、建築面積は322㎡を積算根拠として比較を試みている。
解体工事の積算上、躯体工事に占める割合は全体工事費の8割以上となっている。躯体工事費の差はそのまま工事総額に影響する。表2からは、木造を基準にした場合に、鉄骨造で約7割増し、鉄筋コンクリート造で約2倍となっている。工事総額でも概ねその比率に近い差額となっている。

工事項目	W	S	RC
建屋解体	4,630,200	7,794,700	9,629,700
基礎解体	1,861,000	3,339,500	3,643,500
合　計	6,491,200	11,134,200	13,273,200
木造との比較	1.000	1.715	2.044

表2　3構造の躯体工費比較(円)

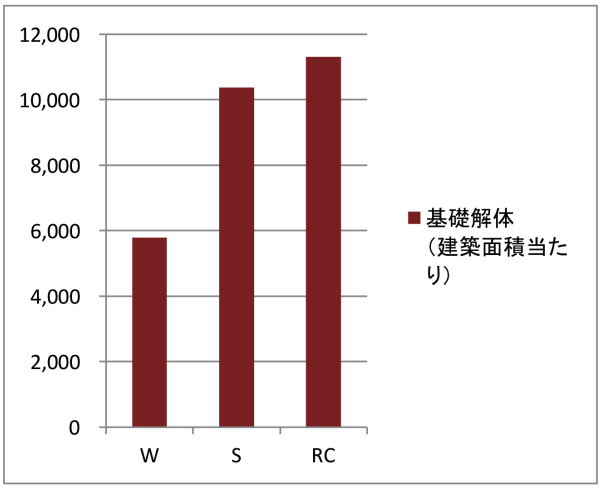


図4　3構造の建築面積当たりの基礎工費比較(円/㎡)

前章で解体実施した見積から算出した金額との比較では、このサンプルとした保育園では木造の場合に基礎は高めに、鐵骨造、鉄筋コンクリート造では安めな結果となっている。木造の場合、構造計算も行われ、根入れも深く、立ち上がりもダブル配筋の布基礎など基礎形状が大きなものとなっていることによるものと考えられる。木造以外では2階建てということもあり、前章の物件より基礎のボリュームが少ない傾向にはあるためと考えられる。

事 業

地域材活用による枠組壁工法建築物の普及促進事業

実施団体

国産材製材協会
〒107-0052 東京都港区赤坂2-2-19 アドレスビル5F　木構造振興㈱内

事業目的

これまでの国庫事業の成果により、枠組壁工法における国産材（スギ、ヒノキ、カラマツ）は日本農林規格（以降、JAS）の一部改正を終え、また新たな構造計算指針等の策定に向け準備が進んでおり、これまでの事業成果や建築実務上の課題をまとめ広く一般へ周知を行うことにより、国産材利用への理解は大きく前進しつつある。

本事業においては、講習会開催等による需要家、設計者への情報提供による需要喚起のみならず、供給体制構築へも寄与することを期待する。講習会等開催により需要家の声を受け止め、製材業界として国産枠組壁工法構造用製材の競争力確立を目指し、供給目標の策定、価格、品質の安定策を策定することにより、国産材のさらなる普及を図ることを目的とした。

実施した項目

(1) 新たな規格、仕様材料の検討

国内工場による、自由度の高い製材寸法規格による競争力を構築するため、MSR等級の追加を検討した。

平成27年度に行われた下位等級の追加に続き、上位等級見直しを検討すべく基礎数値の取得実験を実施し、成果精査を行い、来期以降の方針を検討した。

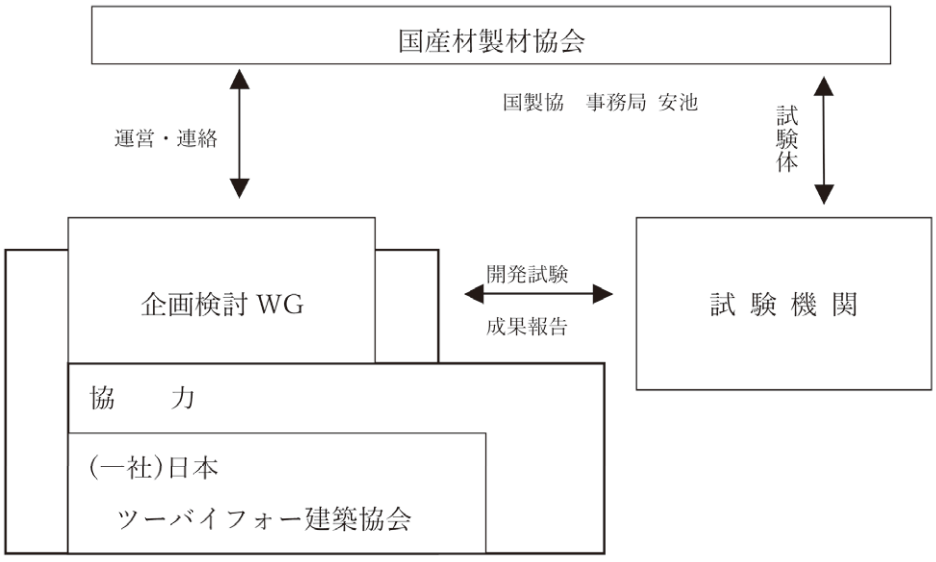
(2) 枠組壁工法における横架材対応

国産材において2x8～2x12等、床構成材料の供給に課題が残る。

そのことから、容易に供給可能な材料規格を用いた床組み開発を検討するための基礎実験の検討・実施を行う。

また、製材JAS、枠組壁工法用製材JASと互換性を検証するための試験結果等の提供を実施した。

実施体制



実施した内容

(1) 新たな規格、仕様材料の検討

①実勢調査

国産枠組壁工法構造用製材の競争力確立を目指し、供給目標の策定
価格、品質の安定策を策定すべく、実勢確認を実施した。

・実勢調査;実販売の障害と成り得る事象の確認
短期・中長期の課題洗い出し
マーケット状況確認　　グリーン化事業※1団体
供給元状況確認　　JAS工場状況確認
※1 国交省 地域型住宅グリーン化事業を指す

②講習会等開催

需要家、設計者への情報提供による需要喚起を狙い講習会等実施した。

・供給工場見学会・意見交換会実施
・普及促進セミナー実施
工法に関わる紹介、設計法、国産材の不安払拭を狙い実施。
国産材については、地域材の供給状況含めて発信することにより、
各地での案件創出も視野に。各行政担当者との意見交換も実施。

③設計基準の確立、実務書の整備

実使用上の問題点払拭に向け、各種実務書の改訂作業に参加。
「 枠組壁工法建築物設計の手引 」
「 枠組壁工法建築物 構造計算指針 」
既存流通材料との差異、同等使用についても、明示をねらう。

④新たな規格、仕様材料の検討について

JAS改正要望検討
供給元拡大を狙い、現有JASに対する改正要望のまとめを実施。
製材JAS含め検討することにより製材JAS工場
からの2x4材出荷を検討。

・製材JAS⇔枠組壁工法の互換性確立
・国産材に関してMSR上位等級の見直し(H28年改正内容の拡大)

(2) 枠組壁工法のおける横架材対応

JAS改正を視野に試験実施。
需要家サイドから強度に関する要望、要請が多く、改正要望案を作成しており、これにあたる初期試験を実施した。

※課題となる強度規定について、ヤング測定、破壊試験(写真1)を実施し、実情を把握した。

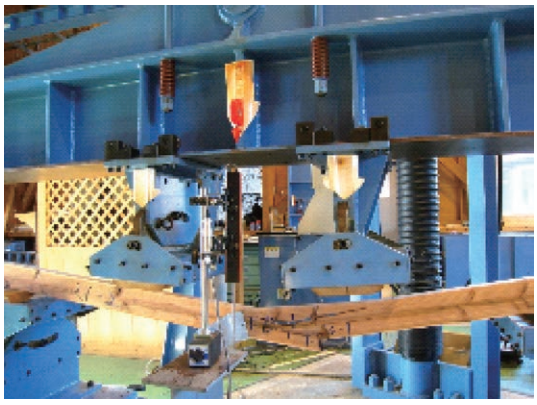


写真1;破壊試験

実施した結果

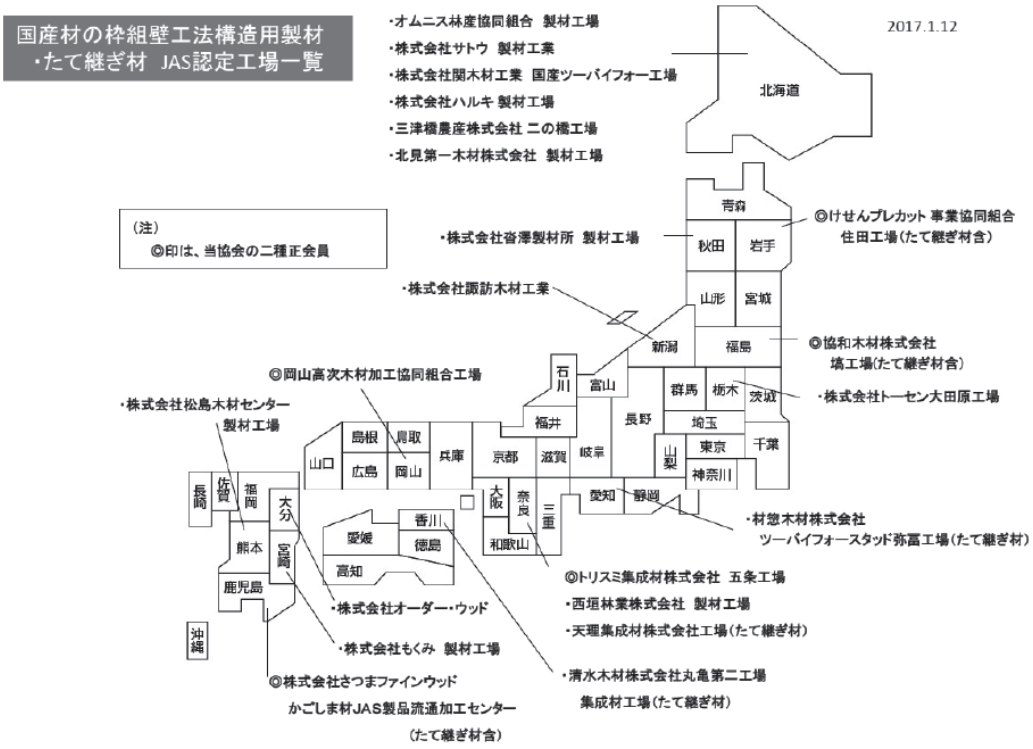
1.工場見学・意見交換会　20名参加し実施
常時生産工場数の少なさ、生産品目、長尺材対応等需要家意見あり。
国産材に関する強度不安、供給不安も指摘あり。

2.セミナー実施　宮城・仙台　40名×2会場

3.供給工場拡大に向け各都道府県担当者との意見交換、
民需含め需要創出の起点となった。

4.設計実務書の整備
内容精査を終え、H29年6月出版に目途。
初夏より設計セミナー実施を予定。

5.実需創出
5エリア×15m3×20棟/年 1500 非住宅
5エリア×8m3×30棟/年 1200 住　宅 2,700m3/年
新たに1工場、JAS取得済み3工場にて定期生産へ常時生産工場含め、
H29年度において全国8工場にて原木消費130,000m3/年が見込まれます。



今後の課題・展開等

1. 設計セミナー実施
設計実務書H29年 6月、10月出版を控え、
7月より全国にて設計セミナーを実施予定。
主催:日本2x4建築協会を予定。

これにより、大手住宅メーカーへの国産材利用など、
新たな需要創出に向け、大きな起点となる。
※非住宅・高強度案件などこれまで国産材で対応が叶わなかった
案件についても、一定の使用が可能となります。

2. 供給元拡大に向け、JAS改正要望の提出
関係各所調整を依頼するとともに、要望を補完する諸情報の整備
(各種試験を含む)

3. 販売情報の共有
需要創出期である現状において、販売クレーム等情報共有が
望まれる。価格面での努力はもちろん、信頼を勝ち得る上で、
国産材品質の確立が必須。SPFにおけるJ-GRADE。

事 業

屋外競技施設の木質化

実施団体

国産材を活用したヒートアイランド対策協議会

〒559-0026 大阪府大阪市住之江区平林北1丁目2番158号　越井木材工業㈱技術開発室内 事務局

事業目的

国産材を活用したヒートアイランド対策協議会は、これまで都市部における建築物の外装に木材を被覆することで、ヒートアイランド現象の抑制に有効な方法であるデータを集積してきた。

近年、一般建築物では、公共建築物木材利用推進法の施行により構造の木造化・外内装の木質化が進んできている。しかし、屋外競技施設では、大スパンを必要とする躯体の為、木造化がほとんど進んでいないのが現状である。そこで、躯体部ではなく、取り組みやすい観客席・その周辺部・外装等の木質化を提案することで、木材利用拡大を促進できる。

屋外競技施設の観客席を木質化すると、夏季は、コンクリート席やプラスチック席と比べ日射による蓄熱量を減少させることができる。その為、夜間の試合で観客に対する暑熱感の緩和に繋がる。さらに、冬季では、コンクリート席やプラスチック席に比べ表面温度を伝えにくい木材になることで、着座時の冷たさを抑えることができる。また、観客席を木質化することで、視覚的に観客が安らぎを感じ、親近感を持ってもらえる効果が期待できる。

本事業は、屋外競技場の観客席の木質化のモデルを施工するとともに、木質化の熱環境測定・接触温冷感など人体に対する影響調査も行い、新しい木材利用用途及び需要開拓を示す。

実施した項目

1.観客席の木質化

大阪府大阪市にある、屋外競技施設キンチョウスタジアムの観客席の一部に木質化モデルを施工した。木材の良さをアピールするため、デザイン性を持たせた特別感のある観客席とした。
キンチョウスタジアムの使用において、一般社団法人セレッソ大阪スポーツクラブにご協力いただいた。

2.環境測定

従来のプラスチック席と、木質化した場合を想定したモデル席を作成し、日陰、日向での熱環境測定を実施した。併せて、木質化されたモデル席に着座した際の人への影響について、生理的側面ならびに感覚的側面から、被験者実験により調査を実施した。

実施体制

団体名
国産材を活用したヒートアイランド対策協議会…事務局・環境測定
一般社団法人セレッソ大阪スポーツクラブ…屋外競技施設の木質化　場所提供
大阪府木材連合会…地域産材の供給　情報協力
越井木材工業株式会社…製品製作

実施した内容

1.観客席の木質化

キンチョウスタジアム内観客席の、コンクリート席部分に木質モデル施工を行った。場所は、東側スタンド南側でサッカーのホーム・アウェイ両者が使用出来る為、他府県から観戦に来られる観客にも木質化席を利用していただけ広く周知される期待がある。さらに、グラウンドからの距離がある為、敬遠される場所を木質化することで、試合が見やすい他のプラスチック席等ではなく「木」を選んで座席購入いただいたことが、表れやすい場所にした。
使用木材は、国産材の普及活動として、国産材を使用した。床面には、固さのあるヒノキ材を利用し、手すり部には、意匠面で大部分を占める為、日本に一番多くあるスギ材を採用した。

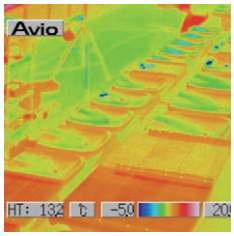
（実施前）

2.環境測定

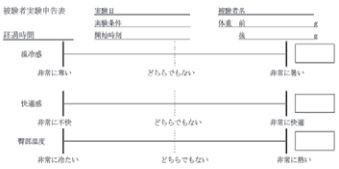
プラスチック製および木製ベンチの屋外における熱的性能評価のため、観客席の熱環境(風向・風速・気温・相対湿度・黒球温度・日射・赤外放射)を定点観測しつつ、それぞれの表面温度分布、表面熱流の変化を計測した。

さらに、これらのベンチに着座した際の人への生理的・心理的影響について、臀部温度・熱流束・皮膚温・耳内温度(深部温度)・心拍数・血流・脳波・主観申告(全身温冷感・快適感・局所(臀部)温冷感)を測定する被験者実験により評価した。

観客席熱環境の定点観測



座席の熱的性能評価

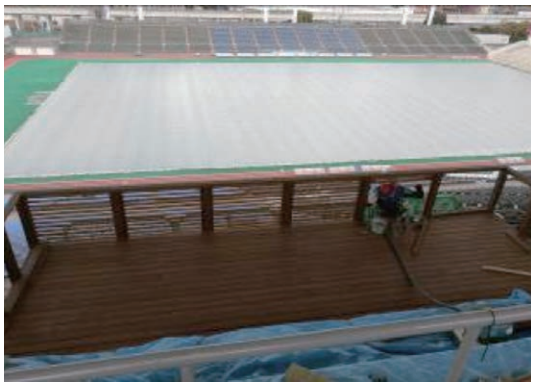


被験者実験の様子および申告票

実施した結果

1.観客席の木質化

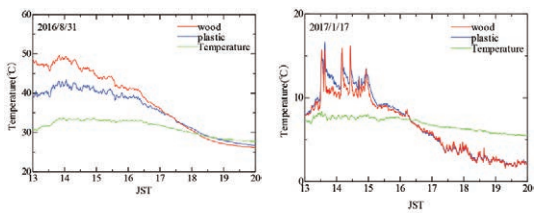
木質化の現状として、平面構成のデッキのみが多かった事例を覆し、本事業では立体的な木質化デザインを提案しモデル施工した。また、国産材の利用を推進する為に、木材の劣化・腐朽・メンテナンスの心配に関しては、スギ・ヒノキの熱処理木材を採用することで、長期的な木質観客席の維持を行える工夫を行った。
結果、事業当初の施工範囲を超え、事業外での木質化観客席の面積の増加を実施して頂けた。



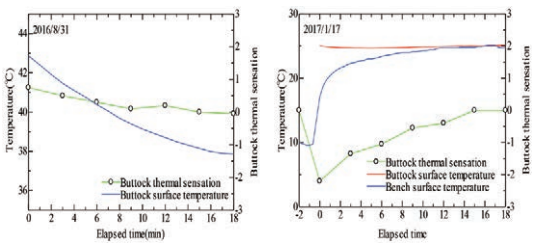
2.環境測定

プラスチック製および木製ベンチの屋外における熱的性能評価のため、観客席の熱環境(風向・風速・気温・相対湿度・黒球温度・日射・赤外放射)を定点観測しつつ、それぞれの表面温度分布、表面熱流の変化を計測した。

さらに、これらのベンチに着座した際の人への生理的・心理的影響について、臀部温度・熱流束・皮膚温・耳内温度(深部温度)・心拍数・血流・脳波・主観申告(全身温冷感・快適感・局所(臀部)温冷感)を測定する被験者実験により評価した。



夏季・冬季の座面表面温度の時間推移



木製ベンチ着座後の臀部温度,ベンチ表面温度および局所温冷感推移

今後の課題・展開等

1.観客席の木質化

本事業で行った立体的な木質化観客席の提案で、屋外競技施設内の木質化の可能性を周知できるモデル施工となった。

今後、本事業で行った木質化席の利用者数や環境データを取り、本事業成果を他の競技場の木質化促進へ繋げ、木材利用拡大に貢献していく。

今後の課題として、消防法による「椅子の固定」条件がある。本事業で行ったデッキ形状のまま使用する「桟敷席」及び、今回事業外で行った「固定ベンチ席」は許可が下りたが、自由度の高い固定しない椅子は避難上妨害となる可能性があり許可が下りなかった。一般的に固定椅子とする場合、樹脂製や金属製の椅子を用いる傾向がある為、床部分に木製デッキのみを施す場合は、椅子を固定する方法を考慮し、提案していく必要がある。

2.環境測定

ベンチの材質の違いが接触時の温度変化および温冷感(臀部温冷感)に及ぼす影響を評価したが、被験者毎で大きな差がみられた。これは、屋外環境の非定常的な変化に対し,生理的・心理的応答速度に個人差があるためと考えられる。

今後は被験者の周囲環境の変化が、血流、心拍、脳波などの生理的要素に及ぼす影響、さらにその変化が温冷感・快適感の変化にどのように結びつくのかについて、より詳細に評価する必要がある。そのためには、人工気象室等の制御された環境下において定常ならびに非定常の実験を別途行い、系統的な評価を行うことが重要であると考える。

事 業

地域木材「信州カラマツ」による準耐火構造壁開発事業

実施団体 〈代表者〉小林木材株式会社／〈共同〉上田第三木材合資会社・有限会社和建築設計事務所
〒386-0701 長野県長和町和田4336-1

事業目的

本事業では、「信州カラマツ」材製品のより付加価値を高めるため、2020年の建築物断熱義務化に対応すべく、開発済みの防火構造の見直しを図り、大都市圏での需要が見込まれる木造軸組み工法及びCLT工法の準耐火構造壁開発を行い、開発技術の普及活動を実施するものである。本事業により新規販路開拓を行い地域木材「信州カラマツ」の需要拡大を図る。

実施した項目

1.「信州カラマツ」外装材による防耐火壁の開発
- 1.1 「信州カラマツ」外装材の仕様検討
- 1.2 「「信州カラマツ」外装材による防耐火壁仕様検討
- 1.3 「信州カラマツ」外装材による防耐火壁断熱性能検証

2.耐火性能試験の実施
- 2.1 「信州カラマツ」外装材による耐火時間30分の耐火性能試験実施
- 2.2 「信州カラマツ」外装材による耐火時間45分の耐火性能試験実施
- 2.3 「信州カラマツ」外装材による耐火時間1時間の耐火性能試験実施

実施体制

1.事業責任者：小林木材株式会社取締役小林保経
2.事業技術責任者：有限会社和建築設計事務所　代表取締役青木和壽
3.事業担当技術者：小林木材株式会社３名、上田第三木材合資会社２名、
有限会社和建築設計事務所２名（２級建築士）
4.試験実施機関
耐火性能試験は一般財団法人日本住宅・木材技術センター

実施した内容

1.「信州カラマツ」外装材による防耐火壁の開発

1.1 「信州カラマツ」外装材の仕様検討

1.1.1 品質

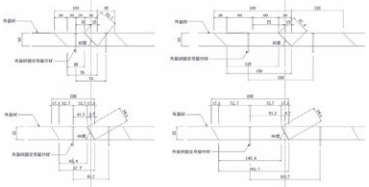
「信州カラマツ」外装材の密度は、0.49～0.65g/cm2、含水率15％以下とした。外装材表面の死節・欠節、やにつぼは隙間ないよう補修する仕様とした。
構造製材の辺材利用した「信州カラマツ」の外装材寸法は、厚み30㎜以上、働き幅100～180㎜とした。

「信州カラマツ」外装材の試作を行い、比重0.57g/cm2、含水率11％を確認した。

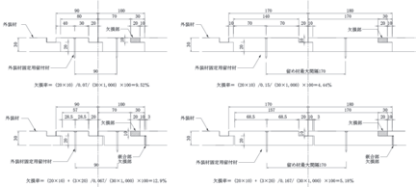
1.1.2 目地形状

「信州カラマツ」の外装材の形状について、遮炎性能が劣る形状を断面欠損率計算で検討した。計算の結果、働き巾が最小の目地形状「あいじゃくり」が断面欠損率最大であった。遮炎性能試験における面材の目地形状を「あいじゃくり」とした。仕上げ面は木裏とした。

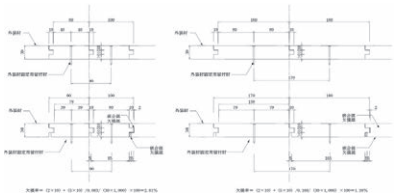
外装材の張り方向は、縦張り、横張り、斜め張り等が対応できるものとした。



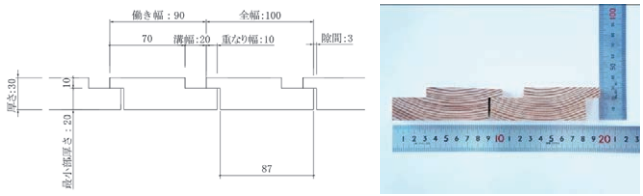
目地形状「スカーフジョイント」



目地形状「あいじゃくり」　断面欠損率



目地形状「本実」　断面欠損率



耐火試験用の目地形状「あいじゃくり」

1.2　「「信州カラマツ」外装材による防耐火壁仕様検討

1.2.1　外断熱工法＋通気層対応の検討

今後需要の見込まれる外断熱工法と、壁内湿気の排出する外壁側通気層に対応した仕様とした。

1.2.2　耐火時間による防耐火壁仕様の検討

耐火時間は、30分、45分、1時間とし、耐火時間30分と45分の構造体は需要の多い木造軸組み、耐火時間1時間は今後需要が見込まれる直交集成板造とした。

1.2.2.1　耐火時間30分の仕様

外断熱材及び充てん断熱材はグラスウール又はロックウールとした。壁下張り材、内装材は、平成12年建設省告示第1359号第1第1号ロ(1)に示す木質系ボード又はせっこうボードとした。

1.2.2.2　耐火時間45分の仕様

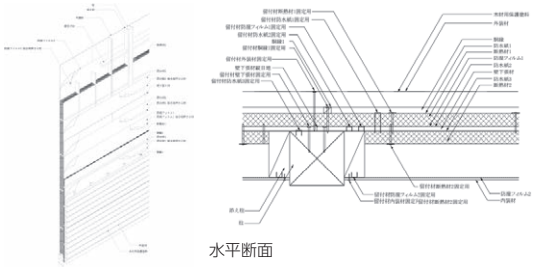
外断熱材及び充てん断熱材はグラスウール又はロックウールとした。内装材は平成12年建設省告示第1358号第1第1号ロに示すせっこうボード12㎜と9㎜の2枚張りとした。

1.2.2.3　耐火時間1時間の仕様

構造体である直交集成板のラミナ材樹種はスギとし、ラミナ寸法は厚み30㎜、幅150㎜、強度等級E65-F225とした。形状は3層3プライとし、直交集成板の厚みは90㎜とした。接着剤は使用環境Cの水性高分子イソシアネートとした。幅はぎの接着は無しとした。

外断熱材及び充てん断熱材はグラスウール又はロックウールとした。内装材は平成27年国土交通省告示第253号第1第3号に示すせっこうボード12㎜の2枚張りとした。

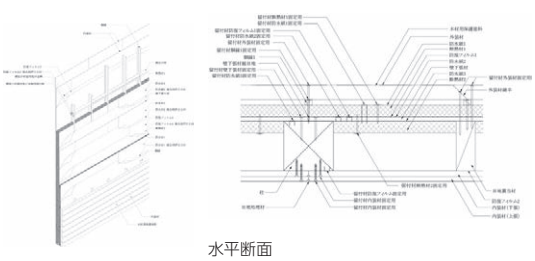
1.2.2.1　耐火時間30分の仕様



水平断面

壁構成

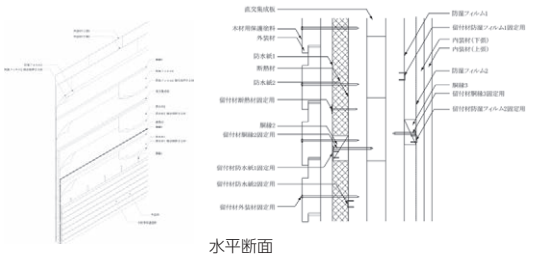
1.2.2.2　耐火時間45分の仕様



水平断面

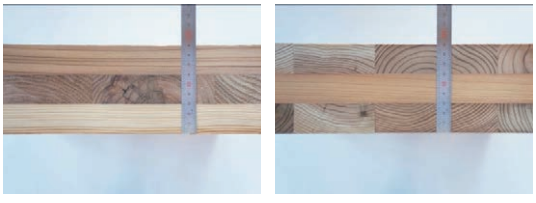
壁構成

1.2.2.3　耐火時間1時間の仕様



水平断面

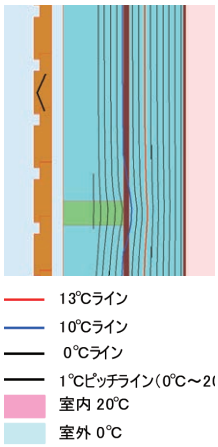
壁構成



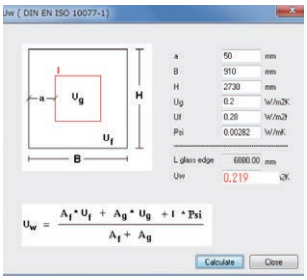
直交集成板断面

1.3 「信州カラマツ」外装材による防耐火壁断熱性能検証

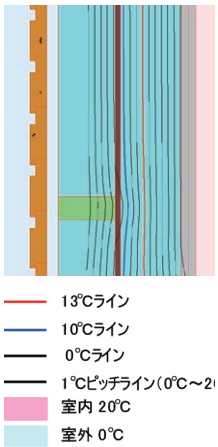
1.2で設定した防耐火壁仕様(壁厚最大寸法)の断熱性能検証を、ISO 10077-1 (Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance Part 1: General)によるWIN ISO 2D Professional Ver7.96にて実施した。この計算は窓の熱貫流率計算方法であるが、窓パネル部分を仕様壁に置きかえる設定により、壁の断熱性能が計算で求めれる。計算した結果、耐火時間30分仕様壁の最小熱貫流率は0．219W/㎡・K、耐火時間45分仕様壁の最小熱貫流率は0.160W/㎡・K、耐火時間60分仕様壁の最小熱貫流率は0.246W/㎡・Kを確認した。2020年の建築物断熱義務化に対応できる断熱性能値を確保した。



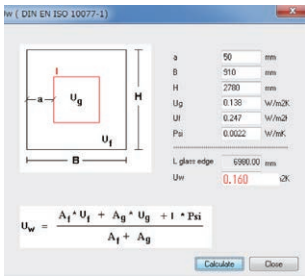
壁熱還流率(U)＝0.219W/㎡・K



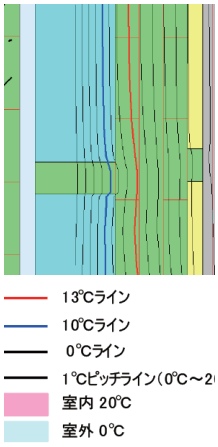
耐火時間30分仕様断熱性能



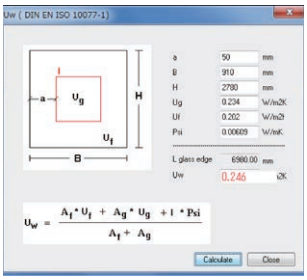
壁熱還流率(U)＝0.160W/㎡・K



耐火時間45分仕様断熱性能



壁熱還流率(U)＝0.246W/㎡・K



耐火時間1時間仕様断熱性能

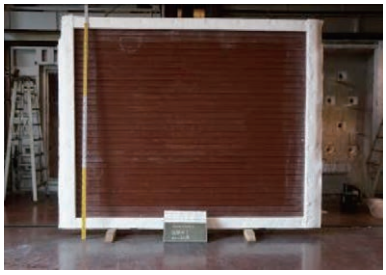
2.耐火性能試験の実施

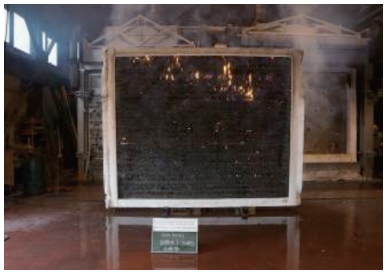
遮炎性能試験は、建築基準法で定められた防耐火性能試験とした。外装材の仕様は同じとした。外装材の張り方向は横張りとした。

2.1 「信州カラマツ」外装材による耐火時間30分の耐火性能試験実施

建築基準法第2条第八号　外壁の耐力壁防火構造の認定に係る耐火性能試験(耐火時間30分)とした。加熱面は外壁のみとし、試験は2回実施した。

試験体仕様は、耐火性能が最も劣る外断熱材及び充てん断熱材無し、外壁通気層無しとした。





左:試験前加熱面　中央:試験終了後非加熱面　右:試験終了後加熱面

2.2 「信州カラマツ」外装材による耐火時間45分の耐火性能試験実施

建築基準法第2条第七号の二　外壁の耐力壁準耐火構造の認定に係る耐火性能試験(耐火時間45分)とした。加熱面は外壁のみとし、試験は2回実施した。

試験体仕様は、耐火性能が最も劣る外断熱材及び充てん断熱材無し、外壁通気層無しとした。

左:試験前加熱面　中央:試験終了後非加熱面　右:試験終了後加熱面

2.3 「信州カラマツ」外装材による耐火時間1時間の耐火性能試験実施

建築基準法施行令第115条の2の2の第1項第一号外壁の耐力壁の認定に係る準耐火性能試験(耐火時間1時間)とした。加熱面は外壁のみとし、試験は2回実施した。

試験体仕様は、2.2の耐火性能試験結果から、外断熱有り、外壁通気層無しとした。

左:試験前加熱面　中央:試験終了後非加熱面　右:試験終了後加熱面

実施した結果

1 耐火性能試験の結果

1.1 「信州カラマツ」外装材による耐火時間30分の耐火性能試験

壁の断熱性能　熱還流率(U)＝0.21W/㎡・Kと耐火性能　耐火時間30分壁の開発ができた。

1.2 「信州カラマツ」外装材による耐火時間45分の耐火性能試験

壁の断熱性能　熱還流率(U)＝0.16W/㎡・Kと耐火性能　耐火時間45分壁の開発ができた。

1.3 「信州カラマツ」外装材による耐火時間1時間の耐火性能試験

壁の断熱性能　熱還流率(U)＝0.24W/㎡・Kと耐火性能　耐火時間1時間壁の開発ができた。

1.1 「信州カラマツ」外装材による耐火時間30分の耐火性能試験

「信州カラマツ」外装材
上:試験前　下:試験後

「信州カラマツ」外装材継ぎ手部分　左:表面　右:断面

1.3 「信州カラマツ」外装材による耐火時間1時間の耐火性能試験

直交集成板造　試験後燃え込み

今後の課題・展開等

1. 課題

1.1　木造軸組み以外構造体（枠組み壁工法、鉄骨造等）の防耐火壁開発

本事業の成果を基に「信州カラマツ」外装材の需要が見込める木造枠組み壁工法や鉄骨造に対応した防耐火壁開発が必要である。

1.2　建築物の構造非耐力壁（間仕切り壁）等の開発

本事業の成果を基に、住宅系以外の施設での需要が見込める「信州カラマツ」材を仕上げ材とした耐火間仕切り壁の開発が必要である。

2. 展開

2.1　開発した「信州カラマツ」外装材の商品化

「あいじゃくり」、「本実」、「スカーフジョイント」目地による「信州カラマツ」外装材の商品化を施工要領書の整備と合わせ早急に図る。

2.2　開発した「信州カラマツ」外装材の販路開拓

開発した「信州カラマツ」外装材は、都市部（建築基準法第22条指定地域、準防火地域、防火地域）での需要が大いに見込まれるため、都市部での既存販売ルート以外の新規販路開拓展開をする。

2.3　開発した「信州カラマツ」外装材の生産体制と素材供給体制整備

開発した「信州カラマツ」外装材の生産体制強化を図り、開発した外装材に使用する「信州カラマツ」の素材供給について、地域内の素材生産との連携強化をする。

事 業

スギ等の木材を仕上げ材に使った準耐火構造外壁および間仕切壁の開発

実施団体

一般社団法人 JBN

〒104-0032 東京都中央区八丁堀三丁目4-10　京橋北見ビル東館6階

事業目的

本事業では、スギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツ、広葉樹など全国どこででも手に入る木材を壁の仕上げ材に使った45分準耐火構造及び1時間準耐火構造の外壁・間仕切壁を開発・実用化（これまで、不燃系の仕上げ材でつくってきた、準防火地域等の3階建て以下の住宅や、法22条区域等の3階建て以下の中大規模木造建築物（学校、博物館、美術館、図書館、共同住宅、寮など）の外壁・間仕切壁を木材仕上げとすることができ、全国の製材所や工務店・設計事務所等にとって板材の利活用の幅が拡がり、設計・施工できる建物が増加するなど）を目的とする。

また、仕上げに使用する木材は、丸太からはり等の構造材を曳いた側板材を想定し、これにより、中心部を柱・はり等の構造体に、側部を外壁や間仕切壁の仕上げ材に使うことにより、丸太そのものの有効活用に貢献できる（写真1～2）。

写真1　丸太の建築材への活用例

写真2 厚さ15㎜スギ仕上げの外壁

実施した項目

①木材仕上げの準耐火構造外壁及び間仕切壁の性能評価試験の実施
- 45分準耐火構造外壁　2仕様
- 45分準耐火構造間仕切壁　2仕様
- 1時間準耐火構造外壁　1仕様
- 1時間準耐火構造間仕切壁　2仕様

について性能評価試験を実施した。

②木材仕上げの準耐火構造部材の設計・施工マニュアル案の作成

実施体制

①事業実施主体
JBN防耐火委員会
②防耐火性能検証のための仕様の設計
桜設計集団一級建築士事務所
③性能評価試験
公益財団法人 日本住宅・木材技術センター
④性能評価試験体の製作
株式会社東亜理科
⑤準耐火構造部材の設計・施工マニュアル案の作成
JBN防耐火委員会及び桜設計集団

実施した内容

①準耐火構造壁の性能評価試験の試験体仕様の選定と試験体の製作
・表1の[1]～[7]仕様を試験体として決定
・試験体図・性能評価書の作成
・仕上げ木材の製品検査及び試験体の製作管理(写真3～4)
②性能評価試験の実施(於:(公財)日本住宅・木材技術センター)
・平成28年10月18日(火)～1月6日(金)のうち16日間に、表1の[1]～[7]の仕様の性能評価試験を16回実施した。
③準耐火構造大臣認定取得見込仕様の設計・施工マニュアル案作成

外壁

記号	[1] 45外-片	[2] 45外一両	[3] 60外-片
認定性能	45分準耐火構造	45分準耐火構造	1時間準耐火構造
仕様	スギ板15厚(横張) 縦胴縁15×45 透湿防水シート 構造用合板12厚 105角 せっこうボード12.5厚 せっこうボード9厚(告示)	スギ板15厚(横張) 縦胴縁15×45 透湿防水シート 構造用合板12厚 105角 せっこうボード12.5厚 スギ板11厚	スギ板18厚(横張) 縦胴縁15×45 透湿防水シート 構造用合板24厚 120角 せっこうボード12.5厚 ×2枚張り(告示)
	屋外側:木材一屋内側:告示	屋外側:木材一屋内側:木材	屋外側:木材一屋内側:告示
試験回数	屋外側加熱×2回 (屋内側は告示のため加熱省略)	屋外・屋内側加熱×2回=4回	屋外側加熱×2回 (屋内側は告示仕様のため加熱省略)
	計8回		

間仕切壁

記号	[4] 45内一片	[5] 45内一両	[6] 60内一片	[7] 60内一両
認定性能	45分準耐火構造	45分準耐火構造	1時間準耐火構造	1時間耐火構造
仕様	スギ板11厚 せっこうボード12.5厚 105角 断熱材(有・無) せっこうボード12.5厚 せっこうボード9厚(告示)	スギ板11厚 せっこうボード12.5厚 105角 断熱材(有・無) せっこうボード12.5厚 スギ板11厚	スギ板11厚 せっこうボード15厚 105角 断熱材(有・無) せっこうボード12.5厚 ×2枚張り(告示)	スギ板11厚 せっこうボード15厚 105角 断熱材(有・無) せっこうボード15厚 スギ板11厚 [不合格]
	片側:木材一片側:告示	両側:木材	片側:木材一片側:告示	両側:木材
試験回数	片面加熱×2回 (片面は告示仕様のため加熱省略)	片面加熱×2回 (両面同じ仕様のため片側の加熱省略)	片面加熱×2回 (片面は告示仕様のため加熱省略)	片面加熱×2回 (両面同じ仕様のため片側の加熱省略)
	計8回			

表1　試験体仕様一覧(上段:外壁、下段:間仕切壁)

写真3 木材(スギ)仕上げの施工の様子

写真4 木材表面を塗装して完成

実施した結果

①木材仕上げ準耐火構造壁の性能評価試験の結果(写真５～8)

・表１の[1] ～[6]の仕様について、性能評価試験に合格した。

・平成28年12月12日及び平成29年２月１日の(公財) 日本住宅・木材技術センター性能評価委員会において、[1] ～[6]の仕様の性能評価内容が承認された。

・平成29年２月に、45分準耐火構造外壁２仕様、45分準耐火構造間仕切壁２仕様、１時間準耐火構造外壁１仕様、１時間準耐火構造間仕切壁１仕様、計６仕様の国土交通大臣認定取得のための申請を行った。

・[7]の仕様は、１体目の加熱試験時に加熱開始58分(目標加熱時間１時間)に柱が座屈し非損傷性の問題で加熱を終了した。２体目については柱内部温度など測定点を追加し、63分の防耐火性能を確認した。

②準耐火構造大臣認定取得見込仕様の設計・施工マニュアル案作成

・準耐火建築物の設計手法、認定取得内容、その他防火上配慮する点を記載したマニュアル案を作成した。

写真５ 加熱終了後の加熱面の様子

写真６ 加熱終了後の非加熱面の様子

写真７ 加熱中の試験体表面

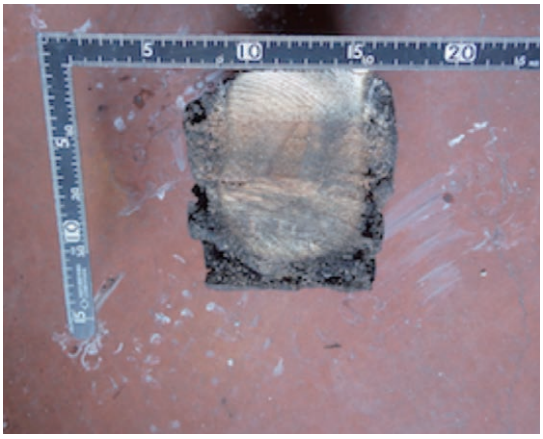


写真８ 燃え残った柱断面を調査

今後の課題・展開等

①[課題] 仕上げ木材の品質管理基準の策定

本事業では厚さ11㎜、15㎜、18㎜の木材(スギをはじめとして樹種の限定はない)を防火被覆に使用しているため、製品寸法、形状、含水率の管理など、加熱時に弱点とならないための品質管理基準を策定する。

②[課題] 性能が足りなかった[7]仕様の改良

1時間準耐火構造の間仕切壁(両面木材仕上げ)において、木材厚さ・下地厚さなどを検討し、1時間準耐火構造の要求性能を、余裕をもって満足する仕様を明確にする。

③[展開] 準耐火建築物の壁仕上げの設計自由度の向上へ

準防火地域等の3階建て以下の住宅や、法22条区域等の3階建て以下の中大規模木造建築物(学校、博物館、美術館、図書館、共同住宅、寮など)の外壁・間仕切壁を木材仕上げとすることができ、全国の製材所や工務店・設計事務所等にとって板材の利活用の幅が拡がり、設計・施工できる建物が増加する。

④[展開] 大臣認定取得仕様の普及啓蒙

本事業で作成したマニュアル案をもとに、講習会を実施し、木材仕上げ外壁及び間仕切壁の普及啓蒙に努める。

⑤[展開] 屋内側真壁仕様の追加検証

本事業では、屋外側・屋内側ともに大壁納まりで性能検証をした。屋内側は柱を見せた真壁納まりが求められることもあるため、今後、加熱試験による検証を検討したい。

⑥[展開] 木材仕上げの準耐火構造床の開発

はり、床版を木材現しとした準耐火構造床の実用化例は多くない。そこで、構造用合板や薄物CLTを床版に使った木製準耐火構造床の加熱実験を実施し、準耐火性能を有する仕様を明確にしたい。

事 業

CLT・LVB 等の面材を用いた水平力負担部材の開発 —CLT を用いた耐力要素の開発

実施団体 株式会社シェルター
〒990-2473 山形県山形市松栄1-5-13

事業目的

今後、木造の中高層化が進む中で、耐火構造での重量の増加により、一般的な壁合板等を用いた耐力壁のみで水平力を負担させることは困難となることが想定される。そこでCLT・LVBを壁パネルとして用いて水平力を負担する高耐力の耐力要素を開発する。これまでLVBを用いた耐力要素の開発のため試験を行ってきたが、本事業では特に国産スギ材を使用したCLTを用いた開発を進める。

また、従来の接合金物では柱脚部に作用する引張力に対して耐力が不足することが考えられるため、同時に高耐力の引張抵抗金物（タイダウン金物）とその接合部（キュープコネクター）を開発する。

実施した項目

■壁パネル上下接合金物の検討
…壁パネルと上下横架材を金物で接合する仕様としているが、水平力により壁パネルにせん断力が作用した際に接合部でせん断力が作用するため、接合部のせん断試験を行い、性能を確認した。
■壁パネルと引張抵抗金物（タイダウン金物）間の接合部の検討
…壁パネルとタイダウン金物は複数本のドリフトピンで接合する仕様としており、必要本数等の検討のため、接合部の引張試験を行った。
■開発する耐力要素の耐力確認
…実大の試験体を作成し、水平加力試験を行って耐力を確認した。

実施体制

■事業実施主体
㈱シェルター

■部材製作・加工
㈱シェルター

■性能評価試験
（公財）日本住宅・木材技術センター
（一財）日本建築総合試験所

実施した内容

■壁パネル上下接合金物の検討
…壁パネルと上下横架材を接合する金物を２種類（CLTとの接合がドリフトピンによる接合、または木口に鋼管を挿入し接合）用意し、それぞれせん断試験を行い、性能を確認した（図１）。

■壁パネルと引張抵抗金物（タイダウン金物）間の接合部の検討
…CLTと鋼板を１本のドリフトピンで接合した試験体を作成し、引張試験を
行って耐力を確認した（図２）。

図1

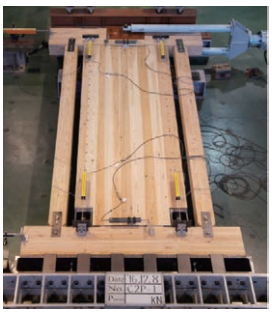
図2

■開発する耐力要素の耐力確認

…CLTパネルと柱梁の軸組を金物で接合した実大の試験体を作成し、水平加力試験を行った。試験ではタイダウン金物とCLTパネルをドリフトピンにより接合した試験体と接合しない試験体の両方を用意した。また1階の鉛直構面および2階以上の鉛直構面としての使用を想定して、それぞれの想定に応じた構成の試験体を用意した。試験体は全4種類とした(図3)。試験結果から短期基準せん断耐力を算出した。

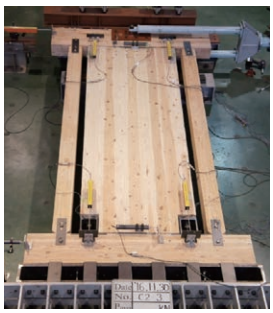
図3

TYPE 1(ドリフトピン有・1階想定)



TYPE 2(ドリフトピン有・2階想定)

TYPE 3(ドリフトピン無・1階想定)



TYPE 4(ドリフトピン無・2階想定)

実施した結果

■壁パネル上下接合金物の検討

…2種類の金物それぞれにおいて、せん断耐力・剛性等の特性値を確認した。CLTとドリフトピンで接合する試験体の方が優れた性状を示したため、開発する耐力要素に用いる金物はこれを採用することとした。

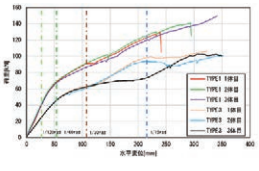
■壁パネルと引張抵抗金物(タイダウン金物)間の接合部の検討

…試験によりドリフトピン1本あたりの接合部の引張耐力が確認できた。

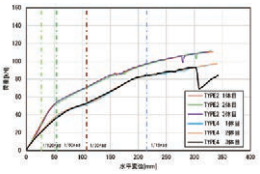
■開発する耐力要素の耐力確認

…試験により荷重-変形関係が得られ(図4)、これを用いて各試験体の短期基準せん断耐力を算出した。最大で壁倍率約20倍相当の耐力であった。試験体の崩壊形は壁パネル下端部のめり込みの進行が先行して発生した後、柱脚部の金物が降伏し、その後主だった大きな損傷はなく終局に至った(図5、6)。

図4



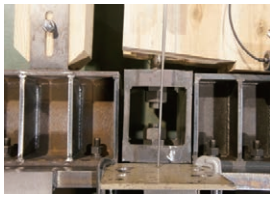
TYPE 1・3



TYPE 2・4

図5

壁パネル下端部のめり込みの進行



柱脚部金物変形

図6　試験終了時の試験体

TYPE 1(ドリフトピン有・1階想定

TYPE 2(ドリフトピン有・2階想定)

TYPE 3(ドリフトピン無・1階想定)

TYPE 4(ドリフトピン無・2階想定)

今後の課題・展開等

本事業で開発する耐力要素は中高層の建築物への適用を目的としており、壁倍率40倍程度の耐力が要求される。しかし、実施した試験では、最大で壁倍率20倍程度の結果となった。今後、より高耐力を発揮するよう仕様を改善し、引き続き次年度も試験による評価を行っていく。試験結果に基づき仕様と設計手法を確定させ、実際の中高層建築物への適用を目指す。

事 業

CLT 等の高耐力耐震要素を用いた中高層木質ハイブリッド架構の開発

実施団体 清水建設株式会社
〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16番1号

事業目的

・木材利用促進の動きが活発化する中、木質中高層建築への社会的なニーズも高まりつつある。

・ 木質中高層建築を普及させていくためには、幅広い用途に適用可能な架構を提供する必要があるが、木質構造のみの架構では長スパン化の難しさなど、制約が多い。

・上記を踏まえ、用途やニーズに応じて木質構造・鉄骨構造・RC 構造を自由に組み合わせることが可能な、5～8層程度の建物を想定した新たな木質ハイブリッド架構を提案し、その実現のために必要となる、高耐力木質耐震壁、2時間耐火木質部材を開発する。

実施した項目

①CLT(Cross Laminated Timber)を利用した高耐力耐震壁の開発
→ CLTと鋼板を組み合わせた、高耐力の耐震壁の詳細仕様を検討。
鋼板とCLTのドリフトピン接合部の要素実験を実施し、ピンの適切な配置寸法を確認。
実大試験体による構造実験を実施し、耐力壁の構造性能を確認。

②2時間耐火木質柱の開発
→ 耐火シートと石膏ボードを組み合わせた、耐火木質柱の詳細仕様を検討。
実大試験体による耐火試験を実施し、耐火木質柱の耐火性能を確認。

③接合部の耐火性能の確認
→ CLT耐震壁-鉄骨梁接合部、耐火木質柱-鉄骨梁接合部の耐火仕様を検討。
実大試験体による耐火試験を実施し、これらの接合部の耐火性能を確認。

実施体制

・構造設計、試設計、耐震壁・耐火部材の仕様検討
→ 設計本部
・構造実験、耐火実験の実施、耐震壁・耐火部材の仕様検討
→ 技術研究所
・施工計画の検討
→ 生産技術本部
・各部材の製作、品質管理に関する検討
→ 東京木工場
・技術指導
→ 構造関係：静岡大学(小林准教授)
耐火関係(耐火木質柱)：東京理科大学(大宮教授、池田教授)

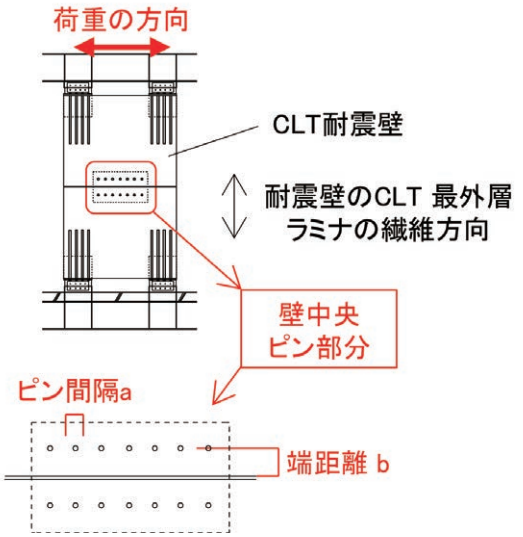
実施した内容

①CLT(Cross Laminated Timber)を利用した高耐力耐震壁の開発

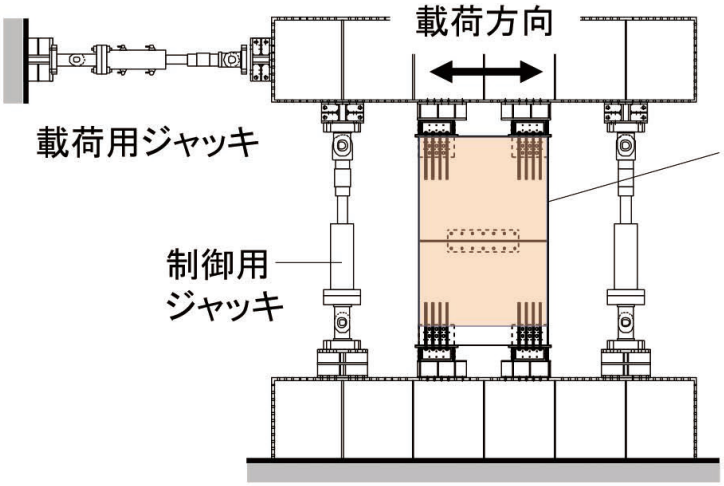
・鋼板とCLTのドリフトピン接合部の要素実験により、耐震壁中央部のピン間隔ａ≧3d，端距離ｂ≧4d(d:ピン径)を確保することで変形性能に優れた接合となることを確認。実大試験体もこれをもとに設計。

・実大試験体による構造実験を実施し、耐力壁全体の構造性能を確認。

・提案した耐震壁を組み込んだハイブリッド架構の試設計により架構が構造的に成り立つことを確認。



要素実験の例

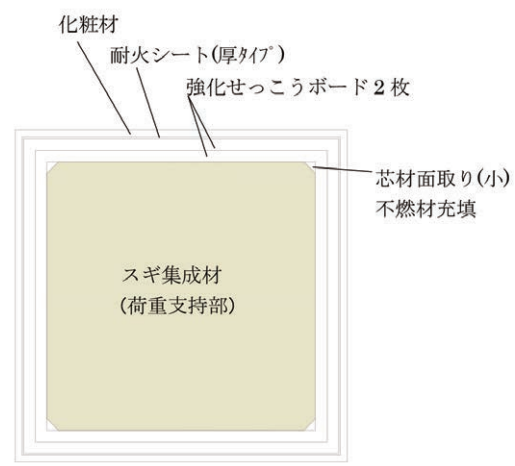


実大試験体による
構造実験

②2時間耐火木質柱の開発

・2時間耐火木質柱に関して、2仕様を考案し、各々の仕様に対して実験によって耐火性能を確認。

仕様1試験体



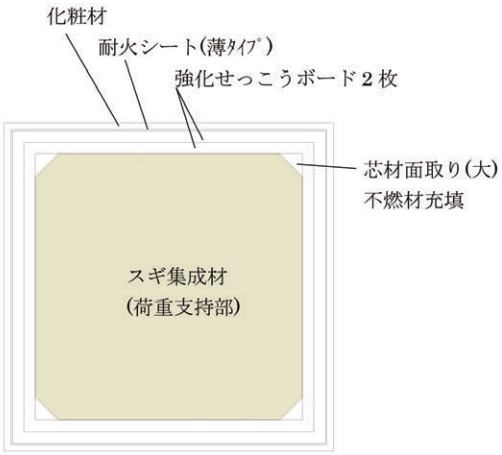
試験体断面図

試験体高さ3m

加熱前(化粧材含む)

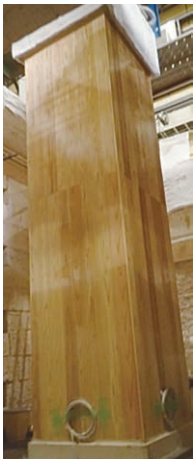
加熱後(芯材)

仕様２試験体

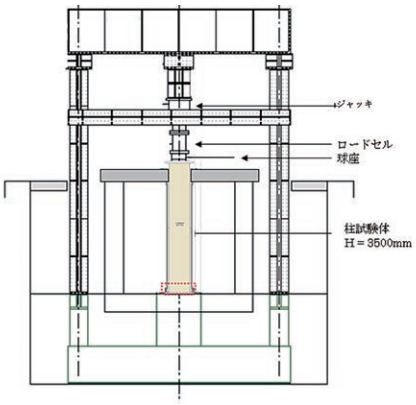


試験体断面図

試験体高さ３m


加熱前(化粧材含む)

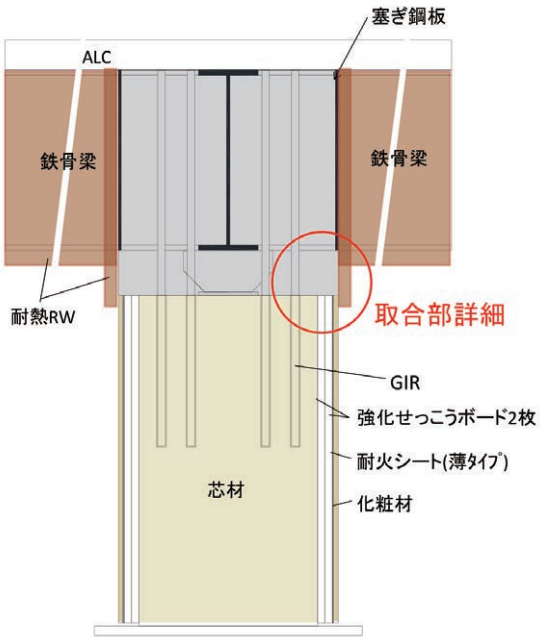
加熱後(芯材)

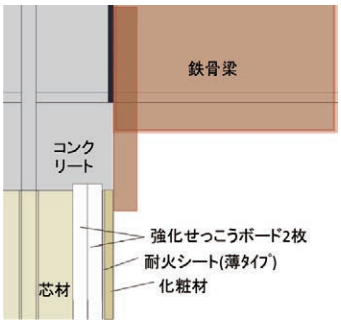


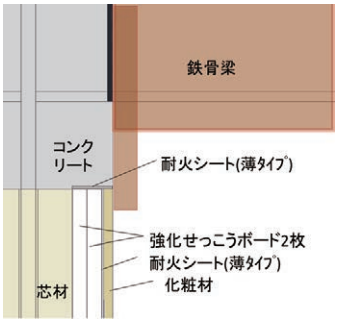
③接合部の耐火性能の確認

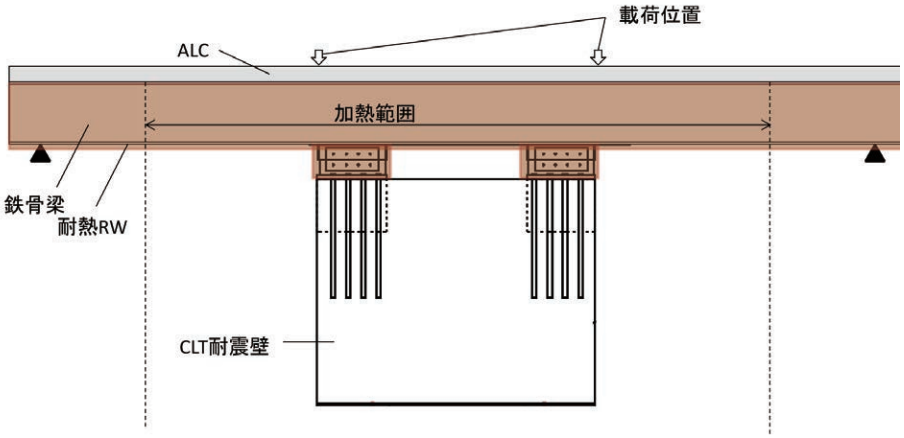
・耐火木質柱 - 鉄骨梁接合部の２時間耐火仕様を考案し、実験によって耐火性能を確認。

・CLT耐震壁 - 鉄骨梁接合部の耐火仕様を考案し、実験によって耐火性能を確認。









実施した結果

5~8層程度の建物を想定した2時間耐火木質ハイブリッド架構を実現するために必要な以下の項目について、技術的な知見を得た。

・高耐力耐震壁の構造性能を確認し、これを組み込んだハイブリッド架構の試設計も行った。これにより、提案する2時間耐火木質ハイブリッド架構が構造的に実現可能であることを示した。

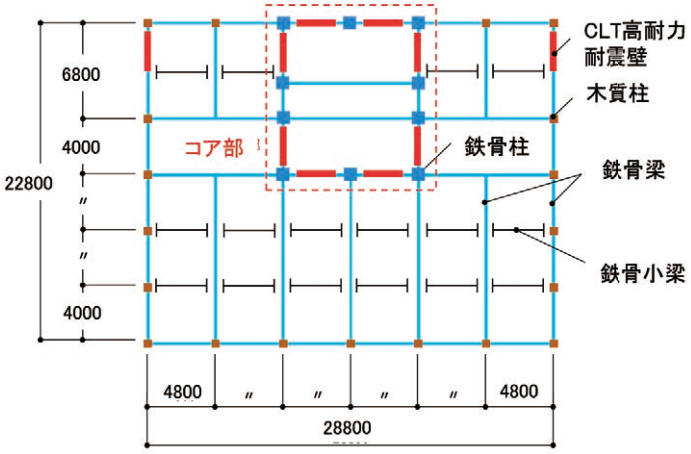
・この耐震壁組み込んだハイブリッド架構の試設計を実施し、稀に発生する地震動に対し、CLT 高耐力耐震壁が耐震要素として有効に機能すること、8階建て程度の中高層建物の構造柱として2時間耐火木質柱が十分な鉛直支持能力を有することを確認した。極めて稀に発生する地震動に対しては、鉄骨部ラーメン部分とその他の耐震要素における剛性、耐力及び靱性を適切に設定する必要がある。

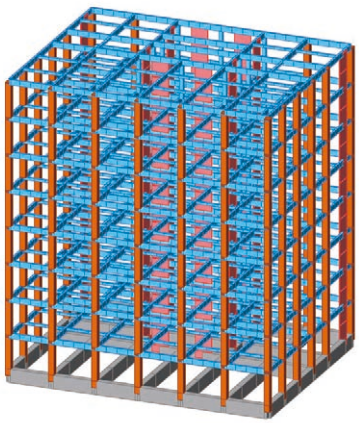
・2時間耐火木質柱の耐火性能確認実験を行い、仕様1と仕様2の双方が2時間耐火性能を有することを確認した。これにより、今後、2時間耐火構造の認定を取得すれば、2時間耐火木質ハイブリッド架構が耐火的にも実現可能になる。

・2時間耐火木質柱-鉄骨梁接合部の2時間耐火性能を確認した。これにより、2時間耐火木質ハイブリッド架構が耐火的に実現可能であることを示した。

・耐震壁を実際の架構に組み込んだ場合を想定した、耐震壁-鉄骨梁接合部の耐火性能を確認した。これにより、耐火木質ハイブリッド架構が耐火的に実現可能に向けた知見を得た。

提案架構（CLT耐震壁をコア部に配置し、梁とコア柱を鉄骨造、外周柱を木質造）





今後の課題・展開等

・開発した耐震壁、耐火木質柱を含むハイブリッド架構の設計法整備。
・木質2時間耐火柱の大臣認定取得。
・木質耐火部材のコスト削減

事 業

広域避難所向け(備蓄型) 木質間仕切り壁パネル(シェルター)の開発

実施団体 清水港木材産業協同組合
〒424-0941 静岡県静岡市清水区富士見町8番15号

事業目的

・震災発生時に一次避難場所において被災者自らが素早く、簡単に組み立てることが出来、木材の持つ断熱性、湿度調節機能、リラックス効果、軽量であることなどの特性を生かした間仕切り壁の開発

・既にダンボール等紙資材で開発された間仕切りパネルが存在するため、木材で制作する事で可能になる用途の拡大に重点を置いて開発を行う

実施した項目

①パネル制作にあたり使用部材の樹種、規格サイズの検討
⇒地元製材業、建材取扱店、金物取扱店による部材のリストアップ

②保管場所、保管状態により発生が予想されるカビへの対策の検討
⇒防災倉庫内保管を想定し、複数回利用に伴う水濡れ等を要因とするカビ発生の検証

③パネルの組合せ方による使用例の作成
⇒組合加工事業部担当者による打合せ、定例会の開催、イベントでのアンケート調査

④アンケート調査
⇒静岡産業フェア(2016.11.26-27)、モクコレ2017(2017.1.19-20) 等イベント参加(他2017.1.29静岡市主催オクシズ森林の市)

実施体制

・事業実施主体(企画・開発)
テクノウッド事業部:内地材部門、研究開発部門
・部材制作、検証
プレカット事業部
テクノウッド事業部:大断面加工部門、内地材部門、研究開発部門
・性能評価試験
静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター

実施した内容

①パネル制作にあたり使用部材の樹種、規格サイズの検討
⇒国内どこの地域においても製作可能であること、特殊な製作金物を用いたジョイントにしないこと、安価で提供できること、軽量であること、特殊工具を使用せずに組立可能であること、繰返しの利用が可能であること、規格サイズを少なくし省スペース(写真1-1、1-2) 保管を可能とすることを念頭に置き、3つの加工事業部の担当者と定例会を行い、また開発会議を必要に応じて行った。

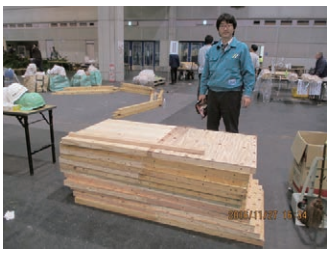


写真1-1 (収納姿)

写真1-2 (5.76㎡+ベッド収納姿)

②保管場所、保管状態により発生が予想されるカビ対策の検討
⇒保管場所を防災コンテナと想定。
⇒複数回の利用を想定し、工場内に休憩所として組立て設置し利用を行った。また雨水で濡れてしまう可能性も想定し、実際に雨水で濡らしたパネルを当組合所有の防災コンテナ内に1週間保管し、カビの発生を確認した。(2016年9月)
カビ発生への対策として、静岡県内に本社を構える和信化学工業株式会社と塗料の共同開発を行い、効果の確認を行った。
③パネルの組合せ方による使用例の作成
⇒避難所設置を想定した部屋仕様、机、ベッド、収納、荷台等の使用例をイベントにて展示
④アンケート調査
⇒来場者に避難所を想定した部屋、ベッド、机等の使い方を体験していただき、使用感についてのご意見をいただいた。アンケートの取り方は、紙面、口頭を合わせ行った。
【アンケート内容】
・区画の広さについて:パネル22枚を使用した2,400㎜×2,400㎜ (5.76㎡)
・壁面の高さ:800㎜×800㎜ 2段重ねの高さ1,600㎜
・プライバシーの確保
・区画内の居心地
・パネルが木質である点について
・改善点、改良点についてのご意見

実施した結果

①パネル制作にあたり使用部材の樹種、サイズの検討
・樹種について
骨材を地元製材品の杉40mm角材、面材を9mmの針葉樹合板とした。
これにより、一般流通材の使用と軽量化を実現することができた。
・サイズについて
パネル規格は、実物大展示による来場者アンケート結果からプライバシーの確保に必要な目隠しの高さ、居住性を考えた場合の1区画に必要な最低限の広さ、また使用例として挙げるベッド、椅子、机等に使用した場合のサイズを考え800mm×800mm、800mm×420mmの2種類とした。
パネルの規格を2種類と限定することで容易な組立て、収納、運搬が可能となった。
部屋タイプ:パネル22枚(5.76㎡)＋ベッドの組立て、大人2名で40分程度、慣れてくれば30分程度で可能
【収納サイズ】
・部屋タイプ：①800㎜×800㎜を24枚(5.76㎡)、②800㎜×420㎜ 7枚
(ベッド付き) ①1,600㎜×800㎜×588㎜ (12段積み)
②800㎜×420㎜×343㎜ (7段積み) (写真1-1、1-2)

・ジョイント金物の選定
六角ボルト(亜鉛メッキ)径は6㎜、長さ100㎜の1種類
金物は、組立て時迷うことのないように1種類とした。また、ホームセンターにて容易に入手可能な物を選択

②保管場所、保管状態により発生が予想されるカビ対策の検討
カビの発生を防ぐことができた。また、塗料を塗布することで水、汚れの侵入を抑制し、パネルの長期保管、複数回の使用を期待できる。

③パネルの組合せ方による使用例の作成
多用途に対応できる事が、来場者に評価された。

④イベント出店によるアンケート調査(2016.11.26-27静岡産業フェアにて)

回答者性別

性別	人数	割合
男性	16	52%
女性	15	48%
	31	100%

プライバシーの確保

程度	人数	割合
丁度いい	25	81%
守られていない	5	16%
無回答	1	3%
	31	100%

回答者年齢

年齢	人数	割合
10代	1	3%
20代	1	3%
30代	2	6%
40代	10	32%
50代	5	16%
60代以上	12	39%
	31	100%

区画内の居心地に関する意見

程度	人数	割合
リラックスできる	28	90%
落ち着かない	2	7%
不快である	0	0%
無回答	1	3%
	31	100%

区画広さに関する意見

広さ	人数	割合
丁度いい	24	77%
広い	3	10%
狭い	4	13%
	31	100%

パネルが木製であることについて

	人数	割合
良い	28	90%
不快	0	0%
材質はなんでも良い	0	0%
無回答	3	10%
	31	100%

パネル高さに関する意見

高さ	人数	割合
丁度いい	26	84%
高い	0	0%
低い	5	16%
	31	100%

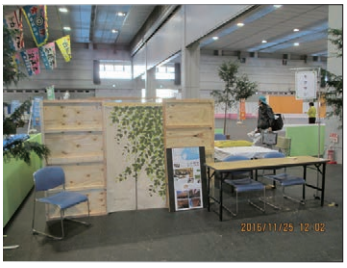
【その他成果】

ダンボール等紙資材の間仕切りとの違いとして、壁面の利用(写真2-3)が可能であるため、床上に散乱する荷物を減らすことが可能となった。結果800㎜×800㎜パネル22枚を使用した部屋仕様の2,400㎜×2,400㎜の5.76㎡内(写真2-1、2-2)の区画内(中にベッド仕様を配置)に、大人2人子供1~2人程度であれば何とか利用できそうだとの回答を得られた。また避難所での生活が長期化した場合に発生する洗濯物を干すスペースも、パネルに空いている使用していないボルト穴にひも等を通す(写真2-3)ことで、その問題も解消することが出来る。今回は、間仕切りスペース内にプロジェクターを設置し、白塗りのパネルに映像を投影しテレビを見ることが出来るようにした。被災時でも普段の生活に近い環境を作ることで、狭さ等によるストレスを緩和することが出来ると感じられた。

2-1区画内写真

2-2区画内写真

2-3区画内写真



2-4区画外観写真

2-5区画外観写真

今後の課題・展開等	・保管スペースの問題を解消するうえで、普段使いができる使用方法の検討が必要。 ・避難所として利用される地元自治体、公共施設への普及に尽力し、まとまった数量を受注することでコスト削減を図るとともに、多くの加工工場と製造可能な体制を作り、地域の活性化につなげていく。 ・イベント、防災訓練等への参加による一般の方への周知を図り、更なる改善、改良に努力する。

事 業

平割材接着積層材の開発及び信州型接着重ね梁の普及啓発

実施団体

信州木材認証製品センター
〒380-8567 長野県長野市岡田町30-16

事業目的

木造住宅における県産材利用を拡大するためには、特に輸入材の利用率の高い梁桁材を県産材に転換することが重要であるが、現在、梁桁材の国産材使用割合は１割に満たない状況である。

しかし、無垢材で利用するためには、大径材の丸太が必要で大径材のストックがないと工務店等からの注文に対して迅速に納品できないことから無垢材での生産が厳しい現状である。

また、各方面のニーズからは、以下のような声もある。

○消費者からのニーズ

・地域材を用いた住宅を建てたい
・梁桁をあらわしで使いたい
・寸法や含水率などの品質が安定した材料を使いたい

○県内製材業者からのニーズ

断面の大きな無垢材は乾燥に時間・コストがかかるうえ、技術と経験が重要で難しいため、小断面の部材を張り合わせることで無垢材や集成材のような製品がつくりたい。

上記を踏まえ、県内の各方面のニーズ等をくみ取り、複数の部材を接着することで寸法を確保し、強度・質感ともに無垢材に近い平割材接着積層材の開発及び信州型接着重ね梁の普及啓発を行う。

実施した項目

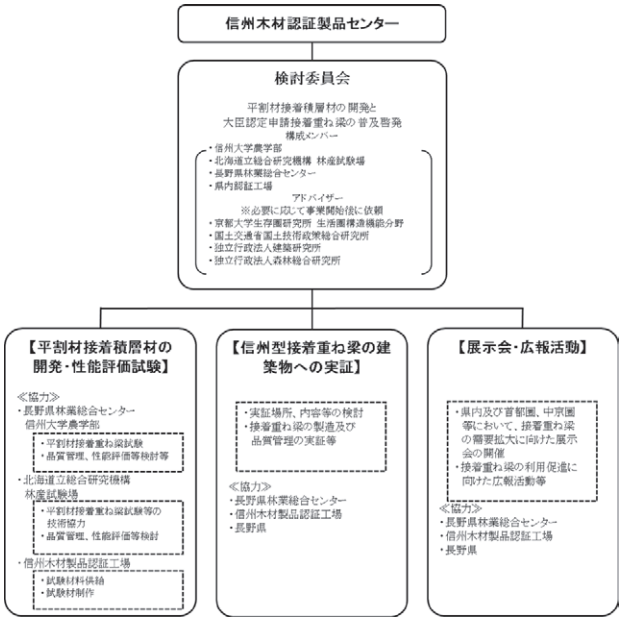
(1) 平割材接着積層材の開発

・建築基準法第37条の大臣認定申請を見据えた各種性能試験の実施。

(2) 信州型接着重ね梁の普及

・首都圏等を中心とした各種建材関係イベントへ出展しPR活動の展開や信州型接着重ね梁の提供による実証展示等を実施。

実施体制



実施した内容

(1) 平割接着積層材の開発

①検討委員会の設置・開催

検討委員会を３回実施し、性能試験実施項目、評価試験方法、試験体数等について決定し、試験結果についての検証を行った。

②建築基準法第37条の大臣認定申請を見据えた各種性能試験の実施

1) 試験体の作製

長野県東信産カラマツ丸太から平割材(以下エレメントと表記する)を製材し、高温スケジュール及び、中温スケジュールで乾燥し、曲げ試験体梁せい360mm及び450mm各10体合計20体、せん断試験体梁せい300mm10体、事故的水掛調整係数試験体梁せい300mm10体、接着性能試験体梁せい200mm20体を作製した。　接着剤はレゾルシノール・フェノール樹脂、塗布量325g/㎡、圧締圧量10kg/㎠で行った。なお、圧締は、上下からの1回のみとして、中心エレメントの接着は、はみ出し防止の側圧のみとした。

2) 試験方法

2.1　曲げ試験

告示では、最大曲げモーメント及び曲げ剛性の測定は、統計的に合理性を有する方法で計算し、その数値を測定で確かめる方法と、試験により測定する方法が示されている。ここでは、告示に示された方法で試験を行い、数値を測定した。

2.2　せん断試験

せん断強さは、告示に示された方法で測定した。せん断弾性係数はT.G.H法により、せん断試験体及び曲げ試験体において、それぞれ試験実施前に測定した。

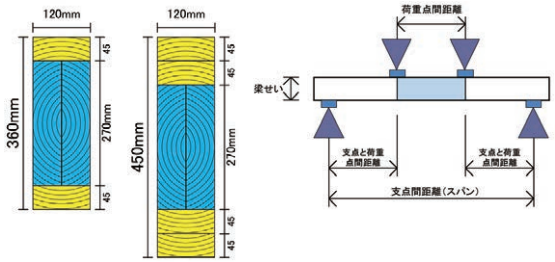
2.3　事故的水掛の調整係数

処理用試験体は、72時間浸せき処理を行った後、自然乾燥により当該試験体の質量が処理前の質量を下回るまで乾燥した後せん断試験を行った。

2.4　接着性能試験

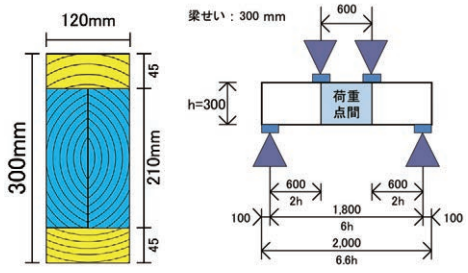
接着耐久性に関する強さの残存率は、煮沸法を行った調整係数用本試験体を用いて得られた数値、及び減圧加圧法を行った調整係数用本試験体を用いて得られた数値により求めた。

①曲げ試験体断面及び試験条件

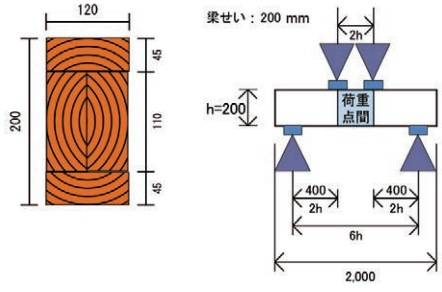


試験体のタイプ	幅(mm)	梁せい(h)(mm)	支点間距離(mm)		荷重点間距離(mm)		支点と荷重点間距離(mm)	
360mm	120	360	5,760	16h	1,800	5h	1,980	5.5h
450mm	120	450	5,850	13h	900	2h	2,475	5.5h

②せん断試験体の断面及び試験条件 及び 事故的水掛りの調整係数試験体の断面及び試験条件



③接着性能試験体の断面及び試験条件



実施した結果

(1) 平割接着積層材の開発

①曲げ試験結果

曲げ試験から得られたMOE・MOR等を下表に示した。

梁せい360mm

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
縦振動ヤング係数 (kN/mm^2)	15.68	14.74	14.05	14.07	14.03	13.75	13.55	13.25	13.53	13.70
含水率計含水率 (%)	18.5	23.2	12.8	27.8	18.8	19.3	18.8	19.2	25.3	15.5
全乾法含水率 (%)	13.2	14.6	11.5	15.0	13.3	15.2	13.1	12.7	16.0	13.7
曲げ強さ (N/mm^2)	49.8	55.1	53.1	52.7	52.6	40.5	40.6	63.3	44.3	42.8
見かけのヤング係数 (kN/mm^2)	14.96	14.09	13.96	13.73	13.81	13.34	13.76	13.33	13.16	12.97
真のヤング係数 (kN/mm^2)	15.92	15.54	14.96	14.54	15.10	14.65	14.97	14.55	13.84	13.84

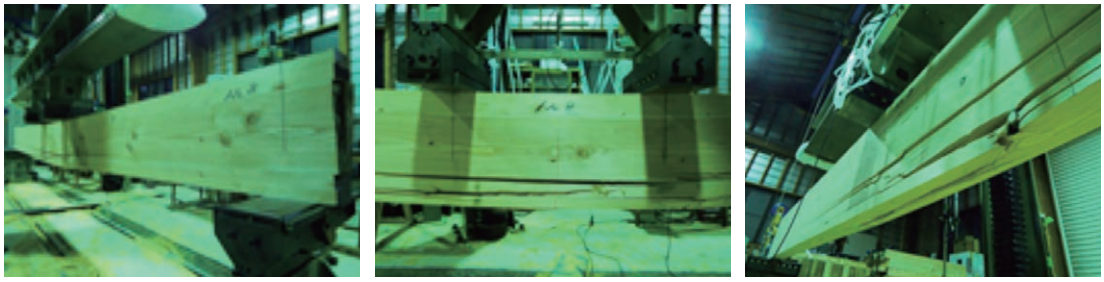
梁せい450mm

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
縦振動ヤング係数 (kN/mm^2)	14.02	13.70	13.44	13.80	13.61	13.39	13.64	12.70	12.20	12.61
含水率計含水率 (%)	16.5	16.5	20.3	19.3	14.0	16.5	15.0	16.0	18.5	16.8
全乾法含水率 (%)	13.1	10.8	13.1	12.9	11.5	12.5	12.2	11.5	12.3	11.5
曲げ強さ (N/mm^2)	64.0	61.3	64.1	57.2	52.1	50.7	47.6	43.3	43.8	45.3
見かけのヤング係数 (kN/mm^2)	13.92	13.78	13.52	13.47	13.29	12.86	12.71	12.59	12.75	12.12
真のヤング係数 (kN/mm^2)	14.36	14.97	12.93	13.53	13.26	13.42	13.20	12.90	12.96	12.55

①曲げ試験の実施状況

梁せい360mm曲げ試験の実施状況

梁せい450mm曲げ試験の実施状況

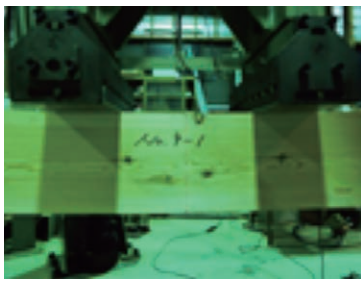


②せん断試験結果

せん断試験から得られたせん断強さ等を下表に示した。

試験体No.		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	平均値	最小	最大	標準偏差	変動係数
含水率計含水率(%)		12.0	13.0	16.0	15.0	10.0	8.5	21.0	14.5	9.0	10.5	13.0	8.5	21.0	3.63	28.0
Efr(kN/mm^2)		14.78	14.77	15.68	15.63	15.85	16.17	16.60	17.16	17.34	18.09	16.2	14.8	18.1	1.04	6.4
せん断強さ (N/mm^2)	接着あり	5.5	5.8	6.0	5.7	5.8	5.5	5.7	4.8	5.0	4.4	5.4	4.4	6.0	0.51	9.3
	接着なし	5.8	5.3	4.9	5.0	5.3	5.4	5.2	5.2	4.4	4.8	5.1	4.4	5.8	0.37	7.1
見かけのヤング係数 (kN/mm^2)	接着あり	10.05	9.83	10.61	9.80	10.51	10.70	9.89	10.84	10.42	10.65	10.3	9.8	10.8	0.38	3.6
	接着なし	10.90	9.52	9.73	10.16	10.49	10.18	9.88	11.10	10.63	10.19	10.3	9.5	11.1	0.48	4.7
破壊形態 せん断破壊 ○	接着あり	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
	接着なし	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○					

②せん断試験の実施状況



③事故的水掛の調整係数

建設省告示第1446号では、「事故的な水掛りを考慮した調整係数が定められていること」としており、促進劣化処理方法として試験体の片面に均一に散水できる装置により72時間散水する方法が示されている。しかし、要件を満たすには特殊な散水装置が必要となるため、ここでは、より厳しい処理条件となると考えられる72時間浸せき処理により力学特性の低下率を求めた。

③事故的水掛りの調整係数

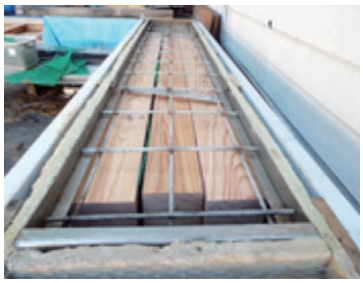
72時間浸せき状況

せん断試験の実施状況

④接着性能試験

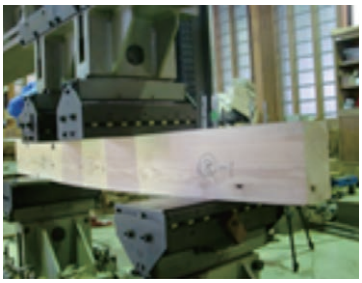
使用環境は「乾燥環境」を想定しているため、劣化処理としては、建設省告示第1446号のとおり煮沸法(沸騰水中に4時間以上浸せき⇒常温水中に1時間以上浸せき⇒70℃±3℃に設定した木材乾燥機中で処理前の質量を下回るまで乾燥)および減圧加圧法(635mmHgに減圧した常温水中に5分間以上浸せき⇒51±2.9N/㎠に加圧した常温水中に1時間以上浸せき⇒70℃±3℃に設定した木材乾燥機中で処理前の質量を下回るまで乾燥)をそれぞれ1回行い。劣化処理試験体のせん断強さの残存率を求めた。

④接着性能試験



促進劣化処理状況(煮沸処理)

促進劣化処理状況(減圧加圧処理)



せん断試験の実施状況

(2)信州型接着重ね梁の普及

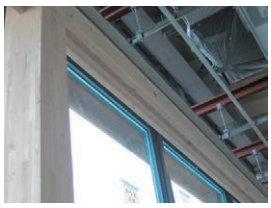
①信州型接着重ね梁の建築物への実証

信州型接着重ね梁を実際に建築物へ使っていただき、無垢材と変わらない意匠性で反響が良かった。

・件数:3件(民間公共建物　2件、住宅　1件)

・数量:23本　3.1607㎥

姨捨駅展望ラウンジ新築工事への実証



新築住宅への実証

②展示会・広報活動等

首都圏において展示会を開催し、特に「信州型接着重ね梁」の普及啓発に努め需要拡大に向けた広報活動に取り組み、建築士・工務店等に広くPRできた。

ア)展示会

区　分	会　期	場　所	来場者数
ジャパンホームショー	平成28年10月26日(水) ～28日(金)3日間	東京ビッグサイト (東京都江東区有明3-11-1)	36,770名
木と住まいの大博覧会 2017東京	平成29年2月3日(金) ～5日(日)3日間	東京ビッグサイト (東京都江東区有明3-11-1)	66,336名

イ) 広報活動

県内、県外に向け、「信州型接着重ね梁」の消費拡大をマスメディアや関係誌を使って普及啓発実施した。

区分	回数	内容
ビジネスヒットチャート	1回	9月　1/2ページ
ヒットの予感	1回	1月　1ページ
経済新聞	2回	甲信越版（9/25）　1ページ 東海・北陸版（9/27）　1ページ

今後の課題・展開等

(1) 平割接着積層材の開発

○より短期間で強度劣化の少ない平割材の乾燥スケジュールの検討。

○カラマツ大径材から製材される、高強度・高品質な平割材を活かした、平割積層材の検討。

○今回の試験データ等をもとに、建築基準法第37条に基づく大臣認定の申請をしたい。

○大臣認定を受けることができれば、JIS・JAS製品と同様の指定建築材料となり、全国への幅広い普及による国産材の利用促進が期待される。

(2) 信州型接着重ね梁の普及

○現状では、少量生産では製造コストがかかるため、原木の調達から納品までを含めた総合的な安定供給体制の整備

○設計士や工務店はもとより、今まで情報が届きにくかった消費者にも情報が届くように、情報発信性の高いソーシャル・ネットワーキング・サービス(SNS)等を活用し製品のPRを行う。

事 業

地域材の準不燃LVLを用いた被覆型耐火工法開発

実施団体

一般社団法人全国LVL協会

〒136-0082 東京都江東区新木場1-7-22新木場タワー8F

事業目的

木造において耐火構造は主に、石こうボードによる被覆型として発展してきた。枠組壁工法と軸組工法による耐火建築物は平成28年現在約4000棟で、今後も伸びていくと思われる。特に、壁構造に関しては告示仕様で耐火構造が建築できることもあり、益々期待感は高まっている。当協会では林野庁事業を中心に、準不燃単板積層材(以下、LVL)を用いた耐火部材を開発しており、6年以上にわたり様々な挑戦を続けてきた。本事業においては、準不燃処理LVLを石こうボードのような耐火被覆材として耐火構造に適用した。

本耐火構造の特徴として、約4000棟の実績を持つ石こうボードを主な耐火被覆材料として使っている耐火工法との併用が可能なこと、燃え止まり型として火災を受けたあとも復旧ができることが挙げられる。開発した準不燃処理LVL耐火被覆部材を提供し、全国の設計者や建築業者・工務店などの関係者が一定の教育や説明を受けることによって、自由に使えることを目指している。

実施した項目

・木柱の1時間耐火性能評価試験

平成26年度　林野庁CLT等新製品・新技術利用促進事業では準不燃LVLが燃え止まり部材として十分な耐火性能を有することを確認した。本事業においては耐火柱の性能評価試験を行った。

・木製柱の樹種・種類による耐火性能確認試験

木製の耐火構造に関して、認定取得の際に試験に使われた樹種や種類に運用が限定されている。地域材利用拡大の観点からも、スギ・ヒノキ・カラマツなどの樹種や製材・LVL・集成材などの材料が全て認めてもらえないことからも、木材の燃え止まり型や被覆型において普及が進まない原因の一つとして指摘される。試験機関との協議の上で確認試験を進めることで、このような問題点を解決に導く。

・準不燃処理LVLの強度特性確認

被覆材に使われる準不燃処理LVLは構造用LVLでも製作が可能である。現状では被覆部材を構造計算に入れて建築基準法を満足させることは出来ないが、剛性のアップや振動特性の改善に繋がることは明らかである。この部材の物理的な強度特性を明らかにすることで、中層大規模木構造の設計にて重要になる剛性確保などに使える強度特性を明らかにする。

実施体制

平成22年から防耐火WGを設置して研究・開発活動を続けてきており、現在まで、準不燃材料の開発・耐火認定、壁の準耐火構造開発・耐火認定、I形ジョイスト・合わせ梁・ストレストスキンパネルを使う床や屋根の構造開発・耐火認定を取得してきた。

実施した内容

・1時間耐火木柱の仕様決定の予備試験と性能評価試験

耐火柱の仕様を決定するために、りん・窒素系薬剤で処理したスギLVLを被覆材とした柱を主たる仕様として、予備試験を行った。さらに荷重を加えた実際の試験を想定した柱の耐火試験を行った。最終的に、被覆材厚みを60mmとした仕様で大臣認定試験に臨んだ。(下記図面、写真)

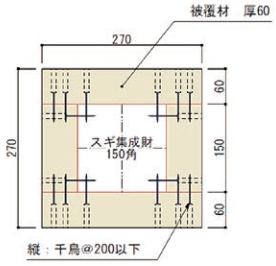
・木製柱の樹種・種類による耐火性能確認試験

集成材、LVL、製材等様々な木質材料、様々な樹種の、初期の炭化性状を小型炉により検証した。

・準不燃処理LVLの強度特性確認

不燃薬剤で処理したスギLVLと無処理のスギLVLの曲げ・せん断、引張、圧縮などの強度性状を検討し、比較した。

1時間耐火木柱(150角スギ集成材仕様)



実施した結果

・1時間耐火木柱の耐火柱

予備試験を行い、被覆材の厚み・留付方法・目地の仕様を決定した。性能評価試験では被覆材として使った単板積層材の温度は加熱後放置中に最高205℃まで達したが、順調に下がり、内部温度の低下及び変形速度の安定を確認して、375分で試験を終了した。(下記グラフ) 試験後に解体したところ荷重支持部材の炭化は見られず、1時間耐火性能を確認した。(下記写真)

・木製柱の樹種・種類による耐火性能確認試験

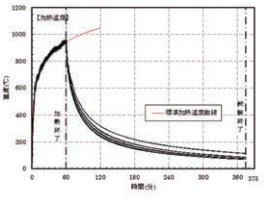
小型の試験体を作成し(次頁写真)、集成材、LVL、製材や、樹種違いの試験体の初期の炭化性状のデータを得た。(次頁グラフ)

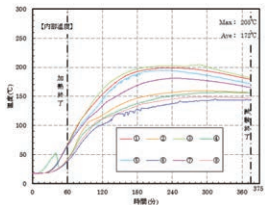
・準不燃処理LVLの強度特性確認

薬剤処理したスギLVLの曲げヤング係数、曲げ強度、圧縮強度、引張強度等の性能値を得た。処理したLVLは無処理と比べて脆性的な破壊を示す傾向にあった。(次頁写真)

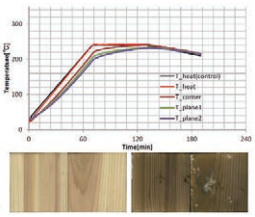
試験体脱炉後の様子(150角)

脱炉後の被覆材と木柱断面


加熱温度測定結果


内部温度曲線の一例

炭化性状試験体(スギ集成材)


温度計測結果と試験体表面の一例

準不燃LVLの曲げ試験

破壊後の試験体の一例

今後の課題・展開等

・150角の木柱に関しては、今後認定番号を取得して運用する。本構造を踏襲した仕様で大断面(600角)での性能評価試験を行い、本事業で取得した小断面の認定と合わせて設計での柔軟な運用を可能とする。合わせて設計者・ゼネコン・工務店等への普及活動を行い、耐火構造での本仕様の採用を働きかける。

・本耐火構造を踏襲し、梁部材での耐火構造認定取得を目指す。また実際の柱接合部・梁柱接合部を想定した耐火試験を行い、本耐火構造での安全性を検証する。

・被覆材の上に化粧材を貼った仕様で耐火性能を検証し、設計者の様々なニーズに対応できるようにする。

・今回用いた被覆材は、鉄骨柱の耐火被覆としても使える可能性がある。鉄骨造のマーケットを見据えて、鉄骨柱での耐火構造を検討する。

事 業

インテリアに適した国産早生広葉樹の発掘

実施団体

全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会
〒112-0004 東京都文京区後楽一丁目7番12号

事業目的

・自給率50％の目標，地方創生の観点から，地域材需要の拡大に資する商品開発や技術開発は極めて重要。

・スギ、ヒノキ等の国産針葉樹には需要拡大に向け，施策が講じられているが，国産広葉樹の活用には目が向けられていない。

・上記を踏まえ，成長が早い国産早生広葉樹に着目し，インテリア製品（複合フローリング，壁材，家具）を試作する。これらの製品をインテリアの国際見本市（IFFT）へ出展し，アンケート調査により様々な意見を収集する。また，製品の性能評価を行い，商品化の可否を検討する。

実施した項目

①国産早生広葉樹インテリア製品の試作
⇒以下の製品を試作した。
・家具：
1.サイドテーブル：ハンノキ
2.ダイニングテーブル：コナラ
3.チェア：チャンチン
4.扉キャビネット：センダン
5.センターテーブル：センダン
6.あぐらソファー：ユリノキ
7.テレビボード：センダン
・複合フローリング：
8.ハンノキ　9.チャンチン 10.コナラ（早生ではない）
・壁材：
11.センダン　12.ユリノキ

⇒上記の製品を2016年11月7～9日開催のIFFTへ出展し，アンケート調査を行った。
アンケート項目
問1　あなたは「早生広葉樹」と言う言葉をご存じでしたか？
1　知っていた　　2　知らなかった
問2　5樹種の早生広葉樹を選びましたが、あなたはどの樹種が魅力的だと思いますか？魅力的だと思う樹種をお選びください。（複数可）
1 ハンノキ　　2 コナラ　　3 チャンチン　4 センダン
5 ユリノキ
問3　上の5樹種でインテリア製品（上記1から12）を試作しましたがどの製品が魅力的だと思いますか？
魅力的だと思う製品をお選びください。（複数可）
問4　国産早生樹に対するご意見・ご要望をお聞かせください。

②国産早生広葉樹インテリア製品の性能評価
寸法安定性の評価
・複合フローリング
ハンノキ，コナラ，チャンチン，(バーチ)

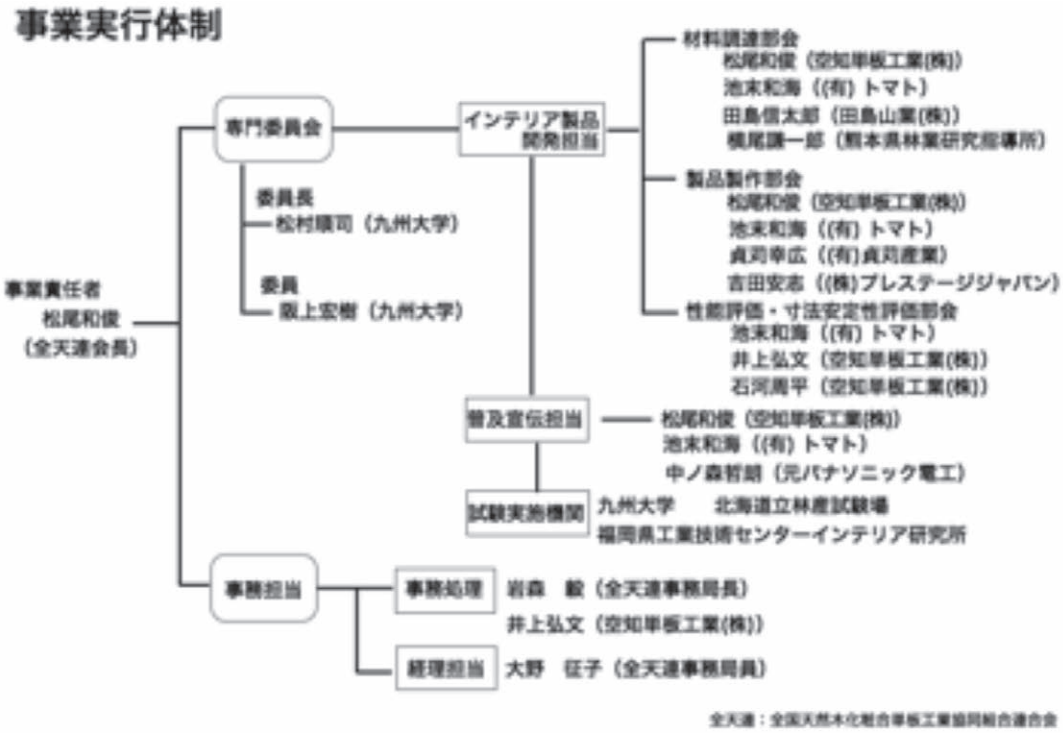
・壁材
　センダン,ユリノキ,(ホワイトオーク)

浸せき剥離試験
　センダン,ユリノキ,ハンノキ,チャンチン,コナラ

ブリネル硬さ試験
　センダン,ユリノキ,ハンノキ,チャンチン,コナラ,(バーチ)

③インテリア製品に供した樹種の基本的性質
　センダン,ユリノキ,ハンノキ,チャンチン,コナラを対象に,密度,曲げ弾性率,曲げ強度,収縮率を測定。個体内の性質変動を検討。

実施体制



実施した内容

①国産早生広葉樹インテリア製品の試作
　インテリア製品として12点を試作した。来場者アンケート(30歳未満27%,30歳代20%,40歳代22%,50歳代15%,60歳代12%、70歳以上4%)を実施した結果,77%が早生広葉樹を知らないと回答した。
　魅力的なインテリア製品として1位に挙げられたのは「チェア:チャンチン」,2位は「あぐらソファー:ユリノキ」であった。それぞれ16%の方が支持した。写真を右に掲載する。

チャンチンのイス

ユリノキのあぐらソファーI

②インテリア製品の性能評価
・フローリングの寸法変化
試験片:ハンノキ,コナラ,チャンチン,バーチ(コントロール)の複合
　フローリング(基材カラマツ合板)　各樹種3個
　幅80×長さ320×厚さ15.5,mm
試験方法:調湿(40℃・75%R.H.)→吸湿(40℃・90%R.H.)→放湿(60℃)→全乾(60℃)→吸水の工程により,全収縮率,含水率1%あたりの平均収縮率,全膨張率,含水率1%あたりの平均膨張率を長さ方向,幅方向,厚さ方向で算出した。

実施機関：北海道立林産試験場

・壁材の寸法変化

試験片：センダン，ユリノキ，ホワイトオーク（コントロール）の壁材
（基材ラワン合板）　各樹種３個
幅80×長さ320×厚さ5.5，mm
幅320×長さ80×厚さ5.5，mm

試験方法：フローリングの寸法変化測定と同じ工程

実施機関：北海道立林産試験場

・浸せき剥離

試験片：化粧合板　各樹種８個
幅75×長さ75×厚さ5.2，mm（センダン，ユリノキ）
幅75×長さ75×厚さ5.2，mm（ハンノキ，チャンチン，コナラ）

試験方法：合板の農林規格　２類浸せきはく離試験に準拠
試験片を70±3℃の温水中に２時間浸せきした後，60±3℃で３時間乾燥する。試験終了後，各試験片の同一接着層におけるはく離しない部分の長さがそれぞれの側面において50mm以上であるかどうかを確認

実施機関：福岡県工業技術センター　インテリア研究所

③インテリア製品に供した樹種の基本的性質

センダン，ユリノキ，ハンノキ，チャンチン，コナラを対象に，密度，曲げ弾性率，曲げ強度，収縮率を測定。個体内の変動を検討。

実施機関：九州大学大学院農学研究院　木質資源理学研究室

実施した結果

①国産早生広葉樹インテリア製品の試作

上記以外に出展した作品を次ページに示す。また，回答総数272名のアンケートの結果，魅力ランキングの順位は以下の通りである。

1.「チェア：チャンチン」16％
2.「あぐらソファー：ユリノキ」16％
3.「ダイニングテーブル：コナラ」10％
4.「テレビボード：センダン」10％
5.「センターテーブル：センダン」10％
6.「扉キャビネット：センダン」９％
7.「複合フローリング：チャンチン」８％
8.「複合フローリング：コナラ」７％
9.「サイドテーブル：ハンノキ」６％
10.「複合フローリング：ハンノキ」５％
11.「壁材：センダン」２％
12.「壁材：ユリノキ」２％

他のアンケート結果を示す。

1.「早生広葉樹を知っていたか？」⇒「知らない」77％
2.「魅力的な樹種は？」
(1) センダン28％　(2) チャンチン23％
(3) コナラ，20％　(4) ユリノキ，15％
(5) ハンノキ，14％

②インテリア製品の性能評価

・フローリングの寸法変化

フローリング材として利用されるバーチの全収縮率・全膨潤率をハンノキ，チャンチン，コナラと比較したところ，長さ方向，幅方向，厚さ方向ともに大差はなかった。

・壁材の寸法変化

ホワイトオークの全膨潤率をセンダン，ユリノキと比較したところ，ユリノキの厚さ膨張率が若干高いものの，他は大差なかった。

・浸せきはく離

センダン，ユリノキ，ハンノキ，コナラ，チャンチンでは，すべての側面において接着層のはく離はなかった。

③インテリア製品に供した樹種の基本的性質(表を参照)

・密度:試作に使われた自生センダンは,芽かきセンダンで得られている値(0.54 g/cm 2)より小さく,0.45であった。ハンノキ,チャンチンも小さく,ユリノキは大きかった。

・曲げ弾性率:これまでに得られている値より,試作に使われた自生センダン,チャンチンは低く,ハンノキは高く,ユリノキは同等であった。

・曲げ強度:これまでに得られている値より,試作に使われた自生センダン,ハンノキは高く,チャンチン,ユリノキは同等であった。

・収縮率:ハンノキが小さい値を示したが,他はこれまで得られた値と同等であった。

コナラのダイニングテーブル

センダンのテレビボード

センダンのセンターテーブル

ハンノキのサイドテーブル

国産早生広葉樹材の基本的性質

	密度 (g/cm³)	曲げ弾性率 (GPa)	曲げ強度 (MPa)	収縮率 放射方向 (%)	収縮率 接線方向 (%)
センダン	0.45 (0.05)	6.4 (0.6)	61.4 (7.09)	4.4 (1.5)	8.0 (1.6)
ユリノキ	0.52 (0.05)	7.4 (1.6)	62.9 (17.1)	4.6 (0.7)	7.9 (1.6)
ハンノキ	0.42 (0.03)	6.6 (1.1)	56.3 (9.55)	3.2 (0.6)	6.9 (0.8)
チャンチン	0.61 (0.06)	8.5 (1.2)	86.3 (17.4)	3.6 (0.6)	6.6 (0.6)
コナラ	0.80 (0.06)	10.3 (1.3)	102.1 (11.7)	4.7 (1.0)	10.1 (1.0)

(　):標準偏差

今後の課題・展開等

1. 国産早生広葉樹のPR

アンケート結果から明らかなように「国産早生広葉樹」を知らない方が大変多い。しかし,丁寧に説明するとほとんどの方が国産早生広葉樹の活用に賛同する。したがって,より一層PRし,知ってもらうことが何よりも重要である。

2. 国産早生広葉樹製品の開発

本事業で採用した5樹種(センダン,チャンチン,ユリノキ,ハンノキ,コナラ)のどれが魅力的か?との質問に対して,特定の樹種に集中せず,それぞれの樹種の支持率は14%から28%の範囲内にあった。したがって,多様な樹種のラインナップを揃え,それにあった商品開発が重要である。

3.「その樹種はどこにあってどのように買える?」という疑問

この問いに応えられるよう広葉樹資源量の調査,簡素な流通経路の確立が今後の課題である。

4. 国産早生広葉樹の育成法の確立

用材として利用するための広葉樹の育成法は確立しておらず,育種研究も少ない。森林所有者が国産早生広葉樹林業を始めようとしてもノウハウがなく,負担が大きい。したがって,国策として取り組めるよう全国規模の組織を作り情報共有できる体制を構築しなければならない。

事 業

製材を使ったオフィス向け床製品及び施工方法の開発

実施団体

一般社団法人　全国木材組合連合会

〒100-0014　東京都千代田区永田町2-4-3　永田町ビル6F

事業目的

我が国の木質構造建築物の新築着工面積は、総着工面積の約35％を占めるが、その多くは低層の戸建住宅であり、今日の少子化の状況などを考えると、今後戸建て住宅の需要が増加することは見込めない。この先の国産材の利用促進を図っていく打開策として、今まで木材を積極的に利用してこなかった非住宅(特に中高層オフィスビル)での構造体に木材の使用を進めていく必要がある。

そこで、一般に流通している製材品を使ったオフィス向けの床製品(木製スラブ)の開発、安全でかつ効率的な施工技法の開発に取り組むこととした。開発に当たっては、①地域にある既存の製材工場などが取り組めるようにするため、大きな設備投資なしで製造ができること、②同じく、一般の製材工場が容易に取り組めるようにする主旨から接着剤を使用しないこと、③生産量が多く、一般に流通している材料を利用できること、④加工手間の削減などにより単価を抑えることを目指し、これにより山元への適切な利益の還元を可能にすることをポイントとした。

実施した項目

製材床の基本仕様の検討

①面材の基本設計仕様の検討

製材を合板でサンドし、合板に釘留とする。

②材料の検討(曲げヤング率、樹種、サイズ)

E50以上、杉材、サイズは端部105×210、120×210、その他は105×105、120×120とする。

③面外性能の検証

・曲げ耐力試験

・隣接製材床パネル間変形特性試験

・複数床パネルの2方向剛性効果に関する試験

④面内性能の検証

・面内せん断剛性の試験

・釘接合の一面せん断試験

・スタッドボルトを介した製材床とH型梁の一面せん断試験

実施体制

ワーキンググループ構成

メンバー

建築専門家　4名

・大学教授3名(建築学科)、大手ゼネコン1名。事業計画の策定の他、専門的観点から床材の性能調査、CLTとの比較助言、実際現場での留意点に関する助言などを行った。

木材専門家　2名

・製材業者1名、流通業者1名。木材の特性等の助言、試験体作成を行った。

アドバイザー

木材専門家　2名

・流通状況、森林資源の状況の助言を行った。

事務局

全木連　3名

・議事録の作成などを行った。

実施した内容

1.面外性能の検証

①曲げ耐力試験

木床パネルの基本特性としての曲げ変形特性を確認する目的で、図1.1に示す2点載荷方式で静的に終局状態になるまでの載荷試験を実施した。パネルは厚さ105mmの製材品(幅:630mm(=210+105+105+210)、長さ3200mm)の上下面に各24mm厚の合板を釘にて接合したものとした(写真1.1)。合板は規格品を用い、長手方向の配置方法を変えた2種類の方式に対し試験体を各2体とし、計4体についての試験を行った。

得られた載荷荷重-パネル中央部の変形関係を図1.2に示す。いずれも通常の建物の床荷重程度の荷重作用時はもちろんのこと、内部の角材の破壊による最終状態に至るまで、パネルは全体として一体的な挙動を示した。

合板の切れている場所をスパン中央とした試験体1-1の2体と、スパン中央を外した位置に合板の切れ目がある試験体1-2とで、剛性や破壊メカニズムの傾向に顕著な差はなかったが、最大耐力は、各試験体間で差が生じた。いずれも破壊は内部の角材部分のスパン中央部付近で生じたが、合板は破壊しておらず、除荷後は合板の作用により大きく変形が戻った。合板と角材との間にはせん断ずれが生じているが、角材破壊時以降のずれの拡大は認められなかった。また、各試験体の初期剛性の大小は要素角材の平均剛性の大小関係とほぼ一致した。

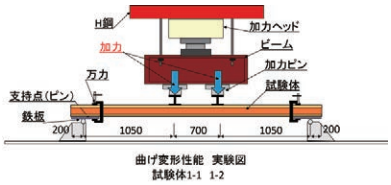


図1.1 曲げ耐力試験加力図

写真1.1 試験体

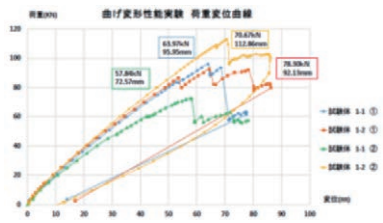


図1.2 荷重—パネル中央部変位図

②隣接製材床パネル間変形特性試験

隣接する製材床パネル間の接合法として、一般パネル部と同じ合板を幅200mmとしたもので釘接合した方式、およびパネル端部の合板を100mm延ばした状態で100mm短いものとした隣接パネル端部の角材とを釘接合した方式の、2種類について、隣接パネル間の変形特性を検討した。

載荷は、短期荷重時と長期荷重時の2ケースについて、パネル間の面外方向のせん断力伝達特性を調べた。

短期荷重時については、隣接する幅840mmのパネル3枚を上記の方法で接合したものについて、長さ400mm分を取り出して図1.3に示すようにセットした。次に中央部の支持台を実験時にはずして、まず自重分を作用させた後、順次荷重を加えて(水入りポリタンク、鋼材による重りを載せる)、パネル間変形差を計測した。実験結果として得られた荷重-変形関係の例を図1.4に示す。接合部周辺の隣接パネル間の摩擦効果や、材料特性の差違の影響もあり、ばらつきは大きいが、シミュレーション解析による設計検討等に展開できる基礎的剛性情報を把握できた。

長期載荷時については、1方向版のスラブの変形に対応するレベルの剛性(効果を大きくするために少し剛性を低めに設定した)を有する金属性皿ばねで各パネル部を支持し、中央部のパネルのみに荷重を加え(約180kgの鋼材を載荷:床面積当たり750kg/㎡相当)1週間放置したが(、ほとんど変形は増大しなかった。次に金属製皿ばねを撤去し、短期荷重時と同様な支持方式で中央部パネルに上記と同じ荷重を加えて2週間放置したが、明確な変形増加はみられなかった。

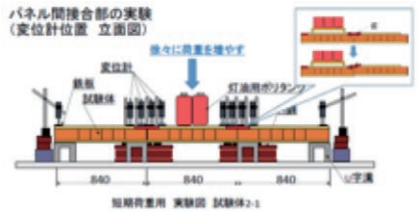


図1.3 パネル間接合部変形試験

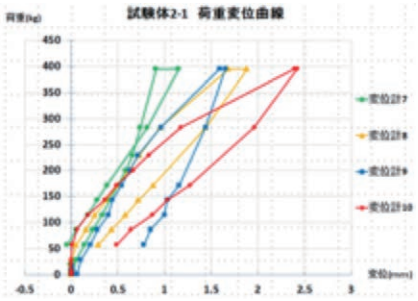


図1.4 パネル接合部荷重-変位関係図の例

③複数床パネルの2方向剛性効果に関する試験

3枚の床パネルを用いて、実大に近い床面を構築し、隣接する製材床パネル間の接合による床面剛性への影響を、歩行試験および静的載荷試験(鋼製の錘を床上に載荷する)により評価した(図1.5参照)。

歩行試験については、パネル間接合の有無で歩行時振動を計測し、接合による2方向剛性への影響を評価した。得られた歩行時振動波形の例を図1.6に示すが、隣接パネル間を合板の釘接合により一体化する

ことで、歩行時の振動が低減しており、2方向剛性効果が得られていることが確認できた。この結果を、解析モデルにフィードバックすることで、歩行時振動の評価が可能になる。なお、ここでの床パネルの固有振動数は30Hz程度以上になり、居住性能上、直接的には問題とならない(支持する鉄骨梁の振動が支配的になる)と考えられる。

静的載荷試験では、3枚のパネルの内の中央部のパネルの中央部に、局部的に重量物を載せた時のスラブ各部の変形を計測し、パネル間接合の全体挙動への影響を検討した。この結果、中央部60cm×60cmのエリアに、最大約550kg(床積載荷重1500kg/m2相当)の重量物を載せるまで、(顕著な)パネル間の目違い等は生じなかった。

写真1.2 歩行実験の状況

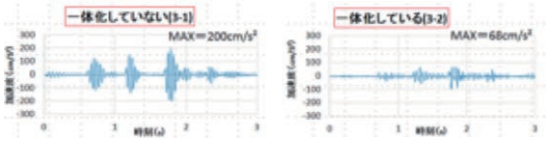


図1.6 歩行時振動試験結果の例
(体重76kgの男性歩行時のパネル中央部の加速度波形)

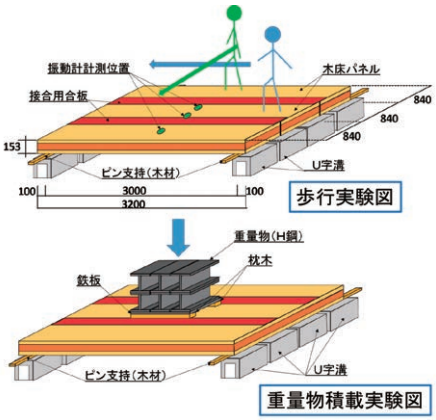


図1.5 試験実施状況図

2.面内性能の検証

①概要

面内性能の検証については、製材床板を床板とする場合の鋼構造の床構面の水平剛性を評価するための一連の実験を行った(一部の試験については現在継続中)。各実験の位置づけは以下の通りとなる。

1) 釘接合部の一面せん断試験
複数の製材(105mm×105mm、又は、105mm×210mm)を重ねたものの両面に合板(厚さ24mm)を張り、釘(CN65)にて接合して一体化した床板(以下、「合板両面張り床板」と呼ぶ)の面内せん断剛性を計算する際に必要となる釘接合部の一面せん断に係る各特性値を求める。

2) 合板両面張り床板の面内せん断試験
合板両面張り床板の面内せん断剛性を実験により確認し、釘接合部の一面せん断試験データより、合板両面張り床板の面内せん断剛性を求める計算方法の妥当性を検証する。

3) 合板-スタッドボルト接合の一面せん断試験
24mm厚の合板を母材とするスタッドボルト接合部の一面せん断試験を行い、同接合部の一面せん断に係る各特性値を求める。

4) 製材床板を床板とする鋼構造床構面の水平せん断試験
製材床板を床板とし、H形鋼をフレームとする床構面の水平せん断試験を行い、同床構面の面内剛性を明らかにするとともに、簡易モデルにより求めた面内剛性との比較において、同モデルの妥当性について検証する。

② 釘接合部の一面せん断試験

図2-1に釘接合部の一面せん断試験に用いた試験体の寸法と形状を示す。また、図2-2に繊維方向に単調加力を行った試験体の荷重変位曲線を示す。釘接合部の一面せん断耐力は試験体を構成する製材の比重が高いほど耐力は高くなる傾向にあり、また、接合部の剛性も試験体を構成する製材の比重が高いほど高くなる傾向にあった。

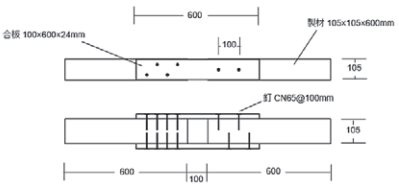


図2-1 釘接合部試験体

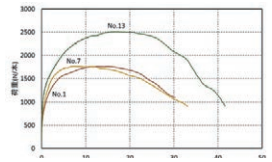


図2-2 荷重変異曲線(想定値)

③合板両面張り床板の面内せん断試験

図2-3及び図2-4に合板両面張り床板の面内せん断試験用の試験体の寸法と形状を示す。図2-3は合板に継ぎ目がない仕様であり、図2-4は合板に継ぎ目がある仕様である。図2-5に合板両面張り製材パネル(床版)の面内せん断に係る荷重変位曲線を釘接合部の一面せん断試験の結果より、計算により求めた結果を示す。

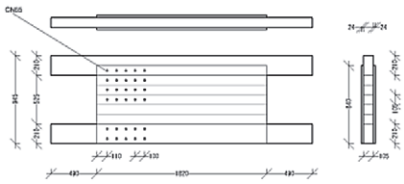


図2-3　合板両面張り床板試験体(合板継ぎ目なし)

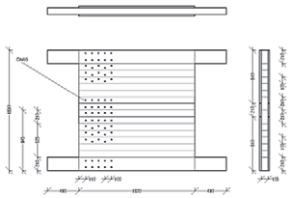


図2-4　合板両面張り床板試験体(合板継ぎ目あり)

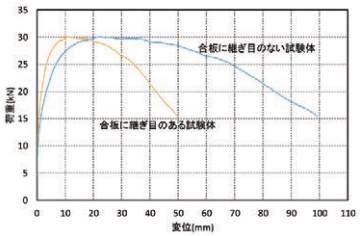


図2-5　合板両面張り製材パネル(床版)の荷重変位曲線の計算結果

④合板-スタッドボルト接合の一面せん断試験

図2-6に合板-スタッドボルト接合の一面せん断試験用の試験体の寸法と形状を示す。同試験体5体について一面せん断試験を実施中である。

スタッドボルト接合部の試験結果より、スタッドボルト接合の降伏耐力の実務的な算定方法として以下の方法を提案した。

A) 挿入型ドリフトピン接合に対して与えられている計算式を用いる。

B) 主材厚は製材床板の2倍とする。

C) 主材の支圧強度は充填剤を充填する先孔径に主材厚を乗じた値とする。

D) 上記の方法により得られた値を2で除した値をスタッドボルト接合の降伏耐力とする。

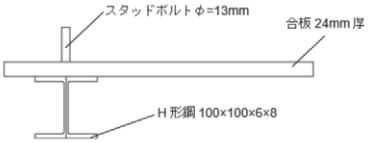


図2-6　合板-スタッドボルト接合の一面せん断試験用試験体

⑤製材床板を床板とする鋼製床組に水平せん断試験

図2-7に製材床板を床板とする鋼製床組試験体の寸法と形状を示す。同試験体について一面せん断試験を行った。図2-8に同試験体の荷重変位曲線と試験体の破壊形状を示す。床板相互を接合するスプライン接合部における変形が卓越し、同接合において試験体は破壊に至った。鋼構造床板に製材床板を用い、さらに同床板に構面の面内剛性を期待する場合にあっては、床板相互の接合方法についての検討が必要であることが確認された。

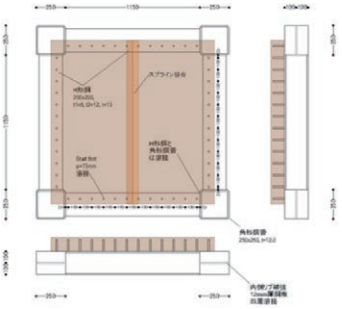


図2-7　製材床板を床板とする鋼製床組試験体

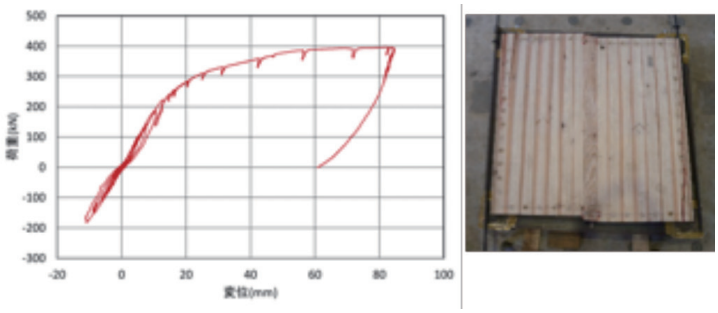


図2-8　荷重-変位曲線(試験体頂部の水平変位)と破壊形状

今後の課題・展開等

昨年度の技術開発に続き、本事業でオフィス向け床製品(木製スラブ)としての構造上の基本的なデータは得られたが、今後、スラブ材として製品化し普及させていくためには、①建築構造上で不足しているデータの取得、②耐火認定の取得、③施工マニュアルの作成などが必要となる。

いずれも大掛かりな試験装置、試験体の整備などが必要となり、現在のワーキンググループでは不十分と見込まれることから、協力業者および研究機関等を新たに見出す必要がある。

具体的には、建築構造上の課題では、必須となる面外の曲げヤング係数、面外の曲げ強度、スプライン処理による床材同士の接合方法、ブレース等を利用した剛床などのデータの取得の他、付随的なウッドアンカーなどによる吊り材強度、耐火被覆材の振動影響、床開口の補強方法の検討などが必要となる。

また、一番の課題である耐火認定については、床材の大臣認定の取得のため、耐火性能をどのレベルまで求めるかの検討及び燃焼試験の実施が必要となるほか、木口、木端面、開口部の耐火被覆をどうするか、外壁面との層間塞ぎの方法等の検討も必要となる。

そして、実際の施工にあたってのマニュアルを作成するため、施工実験や試設計などについても行う必要がある。

本事業では比較的簡易な装置での実験が主体であったが、今後は燃焼施設や振動装置など専用の設備が必要となるほか、実際の施工実験など大掛かりな試験も必要となる。

したがって、現状のワーキンググループのメンバーでは対応が難しくなるため、国産材振興、森林・林業の復活の理念に賛同していただけるパートナーの存在が必要不可欠と考えている。

事 業

地域材製材需要創出のための、断面の大きなフィンガージョイント部材の開発

実施団体
中国木材株式会社
〒737-0134 広島県呉市広多賀谷3-1-1

事業目的

・在来木造軸組工法の柱、枠組み壁工法（以下2x4）の部材には地域材があまり使われていないのが実情である。性能、供給の問題等色々な要素はあるが、製造コスト面で考えた場合、部材の長さが実情に適合していないことが大きな要因であると思われる。長さについて、地域材は、3m、4mの長さで流通している。その理由は、小割材及び大割材がその長さで流通していることに起因している。

しかし、柱の必要長さは、2.65m、2.75m、2.85m、3mであり、地域材はこの長さに対応していない。なぜなら、小割材がこの長さでは売れない。また原木カットで、この長さに対応すると製材ラインで種類が多くなり、仕分けコストが高くなるからである。

また、2x4部材は、長さが2.336mである。これに対して、ヨーロッパ材は、この長さに対応している。従って、地域材もこれらの長さに対応できないと地域材の利用促進に繋がらない。これらの長さに対応し、製造コスト削減を考えると断面の大きなフィンガージョイント部材の開発が不可欠となる。また、FJの強度確保の為の加工の研究も必要になる。

・ヨーロッパ材にコスト面で対抗するため、断面の大きな材の適正なフィンガージョイントの条件を明らかにし、様々な長さに対応した柱のたて継ぎ、2x4たて継ぎを開発し、地域材の利用促進を計る。

実施した項目

①実施内容

断面の大きなフィンガージョイント材を作成し、2×4JAS、製材縦継ぎ材のJASに繋げるための強度試験を行う。

樹種：スギ

断面寸法：204、304、404、105角

実施体制

中国木材：事業の取りまとめ、フィンガージョイント材の作成、試験、評価。

委託研究先：森林総合研究所：フィンガージョイン材の作成、フィンガージョイントの加工の研究、試験、評価。

実施した内容

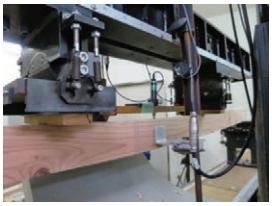
①スギ105角材について、フィンガー加工時の1刃当たりの送り量（以下、送り量）を0.52mm、0.78mmとしてフィンガージョイント（FJ）材を作製し、垂直FJとなるフラットワイズ方向、水平FJとなるエッジワイズ方向での曲げ試験を実施した。送り量が小さく、垂直FJとなる場合に、最も高い曲げ強さが得られた。

②スギ2x4材について、204材、304材、404材を2種類のフィンガーカッターを用いて、送り量が0.25mm、0.50mm、0.75mm、1.0mm、1.25mmの条件で加工し、フィンガーの形状に関する各要素（先端厚さ、底部幅、ピッチ、長さ）の測定およびフィンガー先端部の粗さ測定を実施した。送り量が大きくなると先端厚さが大きく、長さが小さくなる傾向があり、先端部の粗さも大きくなった。

③スギ2x4材について、204材、304材、404材を2種類のフィンガーカッターを用いて、送り量を0.50mm、1.0mmとしてFJ材を作製し、垂直FJとなるフラットワイズ方向、水平FJとなるエッジワイズ方向での曲げ試験を実施した。204材、304材、404材それぞれのフラットワイズ方向、エッジワイズ方向の曲げ強さについて、今回の条件では、フィンガーカッター、送り量による差はほぼ見られず、枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法用構造用たて継ぎ材についての日本農林規格（以下、JAS規格）の甲種たて継ぎ材の規格における樹種群JSⅡの等級2級の曲げ強さの基準を満たした。

①スギ105角材の曲げ試験

②スギ2x4材の形状測定



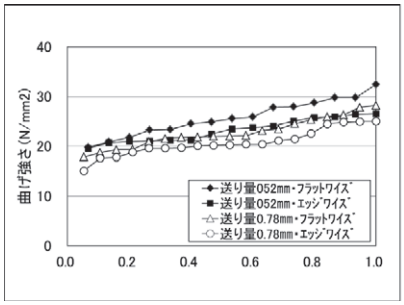
③スギ2x4材の曲げ試験
(加力点間にFJ、左:フラットワイズ方向、右:エッジワイズ方向)

実施した結果

①スギ105角のFJ材の曲げ強さは、送り量が小さく、垂直FJとなる場合に、最も高い曲げ強さが得られた。

②スギ2x4材のフィンガー加工条件と形状の関係については、どちらのフィンガーカッターにおいても、ピッチ、フィンガー底部幅は送り量の影響を受けなかったが、フィンガー先端厚さは送り量が大きくなると厚く、フィンガーの長さは送り量が大きくなると短くなる傾向があった。また、フィンガー先端部の粗さは送り量とともに大きくなった。このことは、送り量が大きくなったことによってフィンガー先端部の欠けの発生が増えるためと考えられる。

③スギ204材、304材、404材それぞれのフラットワイズ方向、エッジワイズ方向の曲げ強さについて、フィンガーカッター、送り量による差はほぼ見られなかった。JAS規格の甲種たて継ぎ材の規格における樹種群JSⅡの等級2級の曲げ強さの基準を満たした。



①スギ105角材の曲げ試験結果

304材

送り量	先端幅	底部幅	ピッチ	フィンガー長
0.25	0.74	0.55	3.76	16.78
0.50	0.78	0.54	3.77	16.74
0.75	0.78	0.53	3.78	16.72
1.00	0.80	0.54	3.65	16.67
1.25	0.83	0.55	3.78	16.62

404材　(単位:mm)

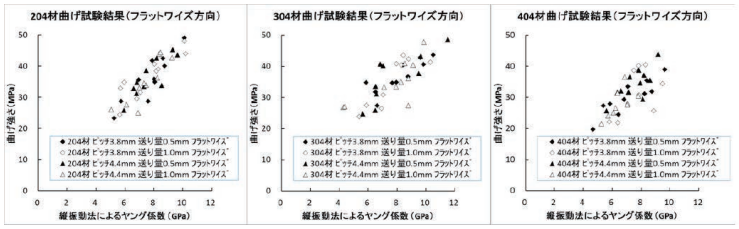
送り量	先端幅	底部幅	ピッチ	フィンガー長
0.25	0.78	0.55	3.77	16.76
0.50	0.74	0.55	3.79	16.75
0.75	0.78	0.54	3.77	16.73
1.00	0.79	0.54	3.77	16.70
1.25	0.80	0.55	3.77	16.65

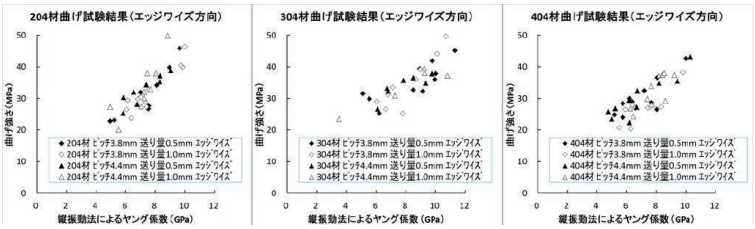
②スギ304材、404材のフィンガー形状

(単位:μm)

送り量(mm)	204材	304材	404材
0.25	5.62	5.44	3.91
0.50	12.80	11.83	5.25
0.75	36.46	14.06	6.60
1.00	36.02	23.54	14.65
1.25	31.71	19.13	12.36

②スギフィンガー先端部の算術平均粗さ(Ra)





③スギ204材、304材、404材の曲げ試験結果
(上:フラットワイズ方向、下:エッジワイズ方向)

今後の課題・展開等

①スギ105角材のFJ材の曲げ強さは、スギ製材の基準強度に比べて低かったことから、曲げ強さの向上を図るために、フィンガージョイントの形状、加工条件等をさらに検討していく必要があると考えられる。

②スギ204材、304材、404材におけるフィンガー加工条件と形状の関係については、送り量が大きくなるとフィンガーの長さが小さくなることがわかった。送り量を大きくすると生産性は向上するが、フィンガーの長さが短くなりすぎると強度が低下する可能性がある。生産性と強度のバランスを考慮した加工条件を検討する必要がある。

③スギ204材、304材、404材それぞれのフラットワイズ、エッジワイズ方向の曲げ強さについては、JAS規格の甲種たて継ぎ材の規格における樹種群JSⅡの等級2級の曲げ強さの基準を満たした。加工条件や強度試験データを充実させることで、現行のJAS規格で認められていない304材、404材のFJ材の規格化に資する資料となると考えられる。

事 業

地域材を活用した低層系中大規模木造建築のための技術開発

実施団体

一般社団法人　中大規模木造プレカット技術協会

〒417-0801 静岡県静岡県富士市大渕2410-1

事業目的

中大規模木造建築に関する技術は、現在までに段々と成熟しつつあるものの、広く簡便に扱えるまでには普及していない。各地域の木材利用を推し進める・公共建築物等木材利用促進法の制定などの社会的需要の中で、中大規模木造の普及とそれによる適切な木材利用を図るためには、それに関する技術を一般化する必要がある。

本事業では実大載荷実験を通して、提案した構造の性能を確認し、中大規模木造建築の構造設計における標準仕様を提示し、上記のようなニーズに対応出来る環境整備を行うことを目的とする。プレカットによる加工を前提として比較的安価、且つ簡便な接合部となることを提案の前提としており、需要の大きいと考えられる構造を実験対象としている。

実施した項目

本事業にて提案し、実大実験の対象とした構造は以下の４つである。

1. 張弦梁構造を用いた木造トラス(以下、張弦トラス)

8～10ｍ程度のスパンを想定した、陸屋根に利用できるトラスであり、最高高さを抑える場合に用いやすいものである。圧縮部材である上弦材・束材、引張り材である下弦材からトラスが構成されている。接合部は、上弦材-下弦材がほぞ差し＋ボルト締めであり、下弦材-束材が引きボルトによるものである。試験体は以下の２タイプである。1.引張り材に集成材を用いた８ｍスパンのもの、2.引張り材に鋼材を用いた10ｍスパンのもの

2. ラフター同士を水平つなぎ梁によって繋いだ木造トラス(以下、ラフタートラス)

10ｍ程度のスパンを想定した切妻屋根に利用できるトラスであり、陸梁の代わりに水平繋ぎ梁を用いてトラスを閉じているため、軒高に対して天井高さをより上に設定することができるものである。水平繋ぎ梁端部に臍を設け、登り梁の胴部に存在する同サイズの切り欠きに対して組み合わせることで、引っかかり部を介して、登り梁のスラスト力を水平繋ぎ梁の引張り抵抗として伝達している。試験体は、登り梁２本で水平繋ぎ梁を挟み込む形式のもの１種類である。

3. 方杖を抵抗要素とする木造ラーメン(以下、方杖ラーメン)

開放的な空間のための構法としてはラーメン構造があるが、木造の接合部は半剛接合であるため、純粋なラーメン構造は作りにくい。方杖の圧縮、引張り力をラーメン構造に付与することで、目標とする性能が得られやすくなる。実験対象は、3P(1P＝910)幅の１層門型ラーメンフレームである。いずれの接合部もプレカット可能な引きボルト接合部である。試験体パラメータは材料であり、製材によるもの、集成材によるものの２種類である。

4. 開口を有する木造鉛直構面耐力壁(以下、有開口耐力壁)

通常の耐力壁は無開口であるため内壁として配することができないが、開口を有する耐力壁が開発出来れば、自由度の高いプランニングが可能となる。さらに、耐力発現機構に与する材料に端柄材のようなものを用いることができれば価格・流通の面でも有利である。上記のメリットを有しながら必要性能を確保出来る壁を実験対象としている。試験体種類は仕様であり、３種類の壁(以下、面材壁・格子壁・木塊壁)について実験検討を行った。

実施体制

・仕様検討・開発担当
東京大学大学院農学生命科学研究科生物材料科学専攻木質材料学研究室
（代表：稲山正弘）

・実験実施担当者・試験実施場所
1．張弦トラス
木質材料学研究室（篠宮雄大）
栃木県林業センター
2．ラフタートラス
木質材料学研究室（杉野貴彦）、広島県林業センター（藤田和彦）
株式会社河本組
3．方杖ラーメン
木質材料学研究室（安元崇路）
栃木県林業センター
4．有開口耐力壁
木質材料学研究室（瀬口　翼）

実施した内容

1．張弦トラス
種類毎の試験体全体を図1，2に、接合部詳細を図3，4に、各部材の仕様を表1に示す。実験は束材が一本の集成材タイプについては3点曲げ試験の形式で、束材が二本の鋼材タイプについては4点曲げの形式で、いずれも束材位置で上弦材に対して加力している。加力は鉛直下向きに単調載荷である。
試験期間は2016年、12月6日～1月13日である。

2．ラフタートラス
試験体全体を図5に、接合部詳細を図6に示す。実験は3点曲げ試験の形式であり、加力は試験体頂部に鉛直下向きに単調載荷で行った。試験結果は後述するが、想定を下回る荷重時に、水平つなぎ梁-登り梁の接合部が腮部分から破壊したため、同部を金物で補強したものについても実験を実施した。試験期間は2016年、7月27日～8月2日である。

3．方杖ラーメン
試験体全体を図7に、接合部詳細を図8に、各部材の仕様を表2に示す。実験は、柱脚金物を反力フレームに留め付け、梁材に対して一軸方向正負交番繰り返し加力で行った。変形制御として、荷重が著しく低下するか1/10rad程度に達するかまで加力を行っている。
試験期間は2016年12月1日～7日である。

4．有開口耐力壁
各試験体図を図9に示す。実験は土台を反力フレームに留め付け、ホールダウン金物によって、柱と反力フレームを繋いだ状態で、梁材に対して一軸方向正負交番繰り返し加力で行った。変形制御として、荷重が著しく低下するか1/10rad程度に達するかまで加力を行っている。
試験期間は2016年8月30日～12月22日の間の数回である。

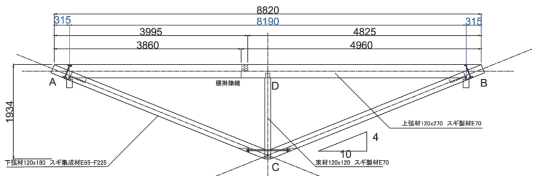


図1　張弦トラス集成材タイプ試験体全体図

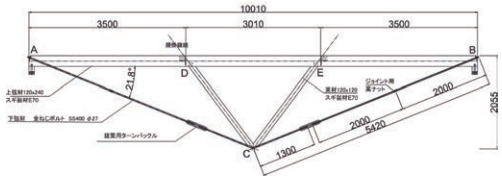


図2　張弦トラス鋼材タイプ試験体全体図

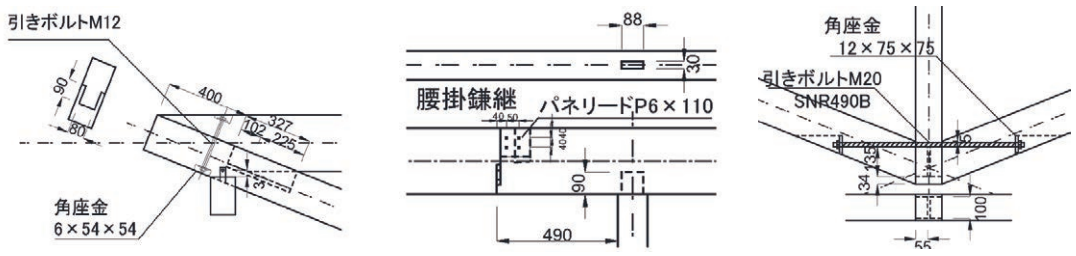


図3　集成材タイプ接合部詳細図（左：接合部A、中：接合部D、右：接合部C）

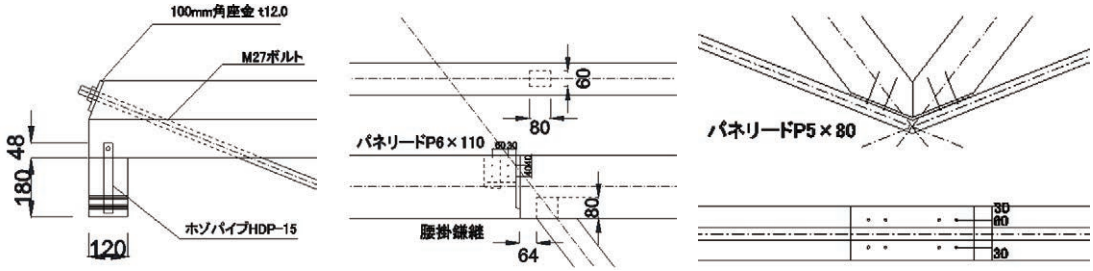


図4　鋼材タイプ接合部詳細図(左:接合部A、中:接合部D、右:接合部C)

	幅(mm)	せい (mm)	樹種・強度等級		断面寸法 (mm)	使用材料・強度等級
上弦材	120	270	スギ製材E70	上弦材	120×210	スギ製材E70
下弦材	120	180	スギ集成材E65-F240	束材	120×120	スギ製材E70
束材	120	120	スギ製材E70	下弦材	Φ=27	SS400全ねじボルト

表1　張弦トラス部材表(左:集成材タイプ、右:鋼材タイプ)

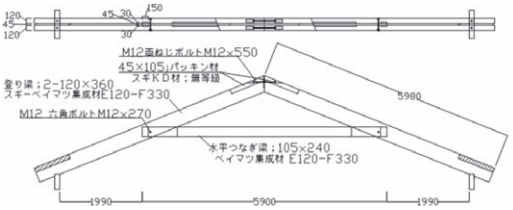


図5　ラフタートラス全体図

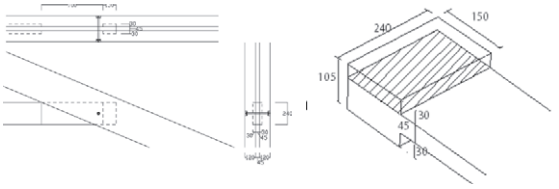


図6　登り梁-水平繋ぎ梁接合部詳細図

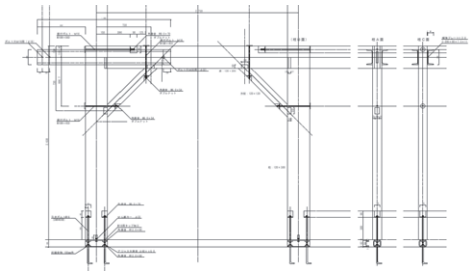


図7　方杖ラーメン試験体全体図

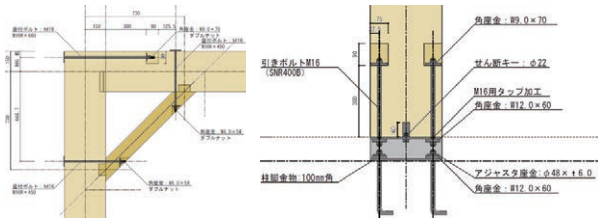


図8　接合部詳細図(左:方杖接合部、右:柱脚接合部)

		type1	type2
柱/梁	材料	杉集成材	杉製材
	断面	120×300	120×300
	区分	E65-F225	無等級材
		対称異等級構成	
方杖	材料	杉集成材	杉製材
	断面	120×120	120×120
	区分	E65-F255	E70
		同一等級構成	機械等級
柱脚ボルト	材質	JIS G 3138 建築構造用圧延棒鋼	
	断面	φ16	
	記号	SNR400B	
柱脚金物	材質	JIS G 3466 一般構造用角形鋼管	
	断面	t:9.0mm	
	記号	STKR400	
	サイズ	100mm角	
試験体数		3	3

表2　方杖ラーメン試験体仕様一覧

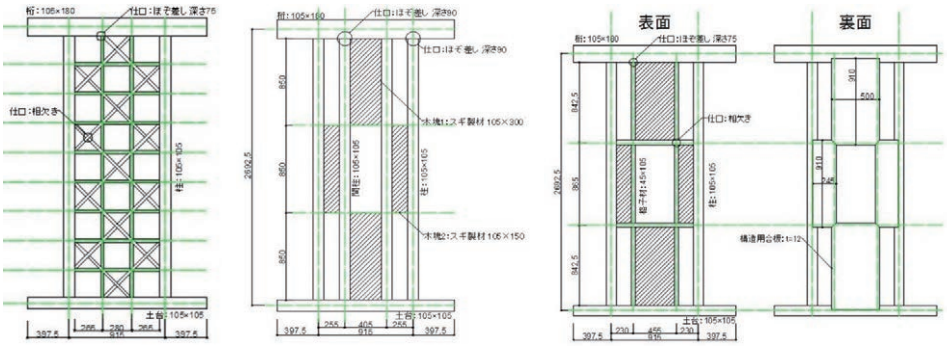


図9　有開口耐力壁試験体図(上左:格子壁、上右:木塊壁、下:面材壁)

実施した結果

1. 張弦トラス

図10に加力点の荷重と中央たわみの関係、図11に終局時の全体の様子、図12に終局に至らしめる要因となった部分の破壊の写真を示す。特に集成材タイプでは引きボルト接合部における木部のせん断破壊がその性能を左右していたため、実験結果のばらつきは大きくなった。しかし、双方のタイプともに想定鉛直荷重を考慮した時の必要性能は満たしており、且つ応力伝達の予測と各部の強度計算によって導き出された全体の性能評価値と実験結果は良く一致していた。したがって、提案した張弦トラスの形状と性能予測式を設計標準として示せば、一般的に同架構を用いることが出来る。

2. ラフタートラス

図13に加力点の荷重と中央たわみの関係を、図14に登り梁-水平繋ぎ梁接合部における補強の様子を、図15に補強前と補強後それぞれにおいて、全体を終局に至らしめる要因となった部分の破壊の写真を示す。提案したラフタートラスの仕様では、水平繋ぎ梁端部の腮部(図6参照)におけるせん断破壊が全体限界性能を決定づける要因となった。補強前では想定鉛直荷重を考慮した時の必要性能を満たしておらず、ホールダウン金物による補強を施した試験体では必要性能は満たしているものの、予測された破壊モードおよび荷重とは一致しなかった。現状では設計標準となる段階までは至っておらず、接合部の腮部分のせん断性能について更なる検討を行った上で改良を施す必要があることがわかった。

3. 方杖ラーメン

図16に頂部荷重-変形角の関係を、図17に集成材タイプの終局時の様子を、図18に終局時の圧縮側・引張り側の方杖端部の破壊性状を示す。集成材タイプの方が靱性能は高い結果となったが、製材タイプとも同様に方杖端部での破壊が性能を決定づける要因となった。方杖の存在位置に壁倍率4倍の袖壁が2枚存在するような構面と同等の性能を目標としており、提案した方杖ラーメンの実験結果からはおよそ目標の性能を有していることが確認された。また、応力伝達の予測とそれに伴う各部の強度計算による導き出された全体の性能評価値と実験結果は良く一致していた。したがって、袖壁のような耐力壁を配置せずとも、今回のような形式のラーメンフレームを用いて、必要性能を確保できることが明らかとなり、その標準的仕様を開発出来たと言える。

4. 有開口耐力壁

図19に頂部荷重-変形角の関係およびそれに基づいて算出した壁倍率を、図20に全体を終局に至らしめる要因となった部分の破壊写真を示す。いずれの試験体についても予備試験結果を受けて改良したものの実験結果である。当初目標としていた性能は、有開口でありながら3倍程度の壁倍率を発揮できるものであり、今回提案した三仕様の耐力壁は目標性能を上回ることが明らかとなった。ただし、図20に示した変形・破壊性状はどれも改善の余地がある部分であり、同部の改良によって更なる性能を期待できる。今後は改良した試験体の性能検証実験を行い、大臣認定等による一般化、性能予測式の提案・検証による壁高さや幅による適用範囲の拡大を行い、更なる標準化を目指す。

その他

張弦トラス、方杖ラーメンの実大実験では一般公開の見学会を開催した。当協会の関係者だけでなく、広く一般の構造設計者などの技術者の方々、総勢30名(定員限度)ご参加頂く見学会となった。

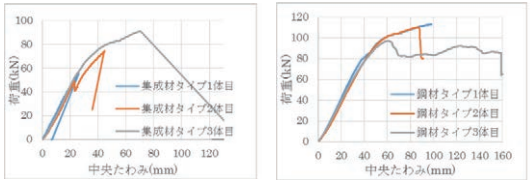


図10　張弦トラス実験結果(加力部荷重-加力部直下部鉛直変位関係)

図11　終局時の様子(左:集成材タイプ、右:鋼材タイプ)

図12　顕著な破壊(左:集成材タイプ[弦材端部の引張り破壊]、右:鋼材タイプ[上弦材端部めり込み部分の圧壊])

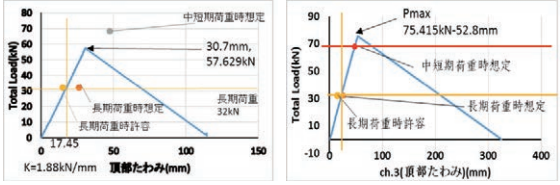


図13　ラフタートラス実験結果(左:補強前、右:補強後)

図14　ホールダウン金物による登り梁-水平繋ぎ梁の補強

図15　顕著な破壊（左：補強前の腰部でのせん断破壊、右：ホールダウン金物ビス打ち部分からの割裂破壊）

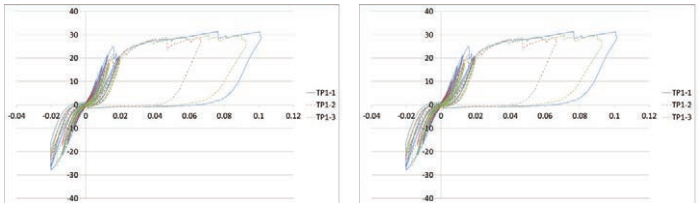
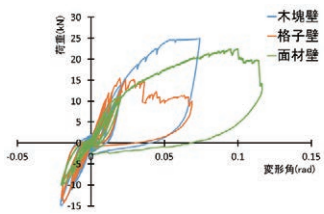


図16　方杖ラーメン実験結果（左：集成材タイプ、右：製材タイプ）

図17　終局時の様子

図18　顕著な破壊（左：圧縮側方杖端部、右：引張り側方杖端部）



	面材壁	格子壁	木塊壁
2/3Pmax	12.90	10.35	16.65
Py	11.27	11.00	12.83
1/120時P	6.70	8.31	6.01
Pu*(0.2/Ds)	9.37	5.80	8.76
P0	6.70	5.80	6.01
壁倍率	3.76	3.25	3.37

図19　実験結果の頂部荷重-変形角関係とそれに基づいた壁倍率算出表

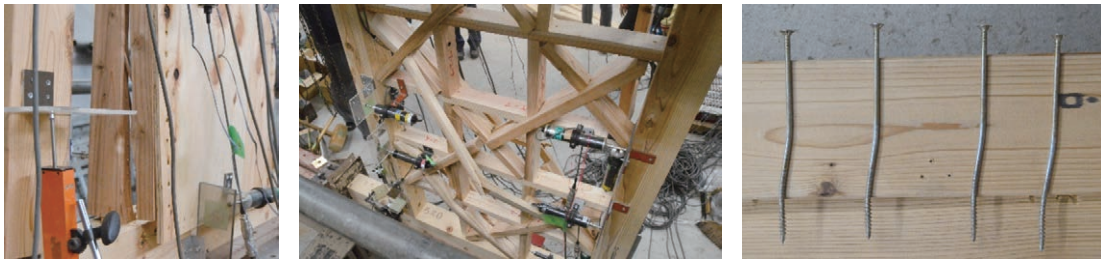


図20　終局時の様子（左：格子材の割裂［面材壁］、中：斜め格子の座屈［格子壁］、右：木塊-柱留め付けビスの曲げ変形［木塊壁］）

今後の課題・展開等

今後は標準化を目指して提案された構造について、その一般化に向けて更なる環境整備を行う予定である。具体的には、目標性能が確保されていることが確認された構造について、性能予測式や適用範囲を検討してまとめる作業である。まとめられた成果物については、当協会ホームページに既設されている標準図等に追記することとし、一般の構造設計者が使用可能な形式として公開する。

また、本年度課題として残った部分についても改良を行う。特に有開口耐力壁については、改良検討、更なる形状の提案を行い、その上で試験成績証明を取得し、さらに一般に使いやすい環境を整備していく。また、腮の引っかかりによる引張り材端部の接合の改良(ラフタートラス実験によって明らかとなった課題)については、引き続き実験検討を行い、性能予測の手法を確立することを目指す。

その他の架構についても、来年度以降も引き続き同様の観点で実験検討を行い、さらに中大規模木質構造建築物が広く一般に普及するため、誰しもが簡便に扱える環境を整えるに尽力する予定である。

事 業

地域産材に高靱性型ロッドを組合せたGIR接合システムの開発

実施団体

藤寿産業株式会社

〒963-0725 福島県郡山市田村町金屋字上川原286-12

事業目的

福島県産木材（地域産材）の普及拡大を目指す上では、『鉄筋コンクリート造・鉄骨造が当然のように選択される中大規模建築市場において、対等な安全性・コスト競争力を持つ木造建築システムを構築すること』が重要な課題となる。

上記を踏まえ、本事業では、木造の市場規模を拡大し得る新たな木造の成立を目指し、わが国で20年以上の実績をもつ「グルード・イン・ロッド（GIR）接合」において、『より接合効率が高く（※1）、実用性のある高靱性型（※2）の新たな木造接合システム』を開発することを目的としている。

長期的視点では、本事業の成果を、「木造建築のさらなる普及」、「震災復興にも寄与するための地域産材の需要拡大」につなげることが重要であると捉えている。
そのため、建築市場で期待されている「耐火建築物」や「CLTを使用した耐力面材」にも対応できる構造システムとして発展させることを事業開発の視野に入れている。

※1：ロッドの節形状や鋼材の材質等に着目し、最適なロッドを研究
※2：GIR 接合の大きな弱点とされてきた接合部の脆性破壊（木部破壊）解消のため、ロッドを確実に期待値で降伏させ、塑性域に移行させるシステムの研究

実施した項目

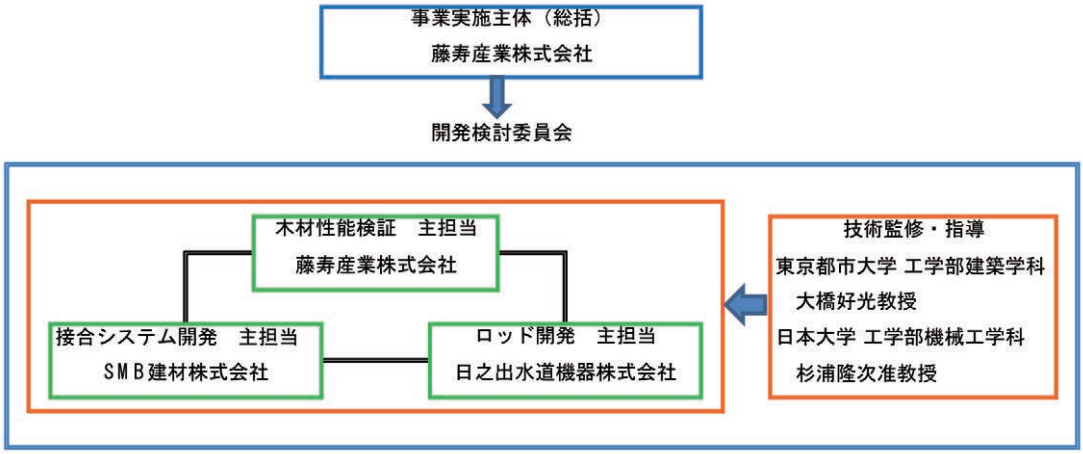
①ロッド設計
・ロッドの降伏期待値の設定
・確実に期待値にて降伏させるための鋼材の検証
②ロッド製造検証
・鍛造による形状実現方法の検証
③基礎要素試験（ロッドの機械的性質ならびに形状確認試験）
・鋼材の機械的性質確認
・鍛造（ロッド形状成型）後の機械的性質確認
・鍛造（ロッド形状成型）後の形状確認（寸法誤差等の確認）
④基礎試験（GIR試験体 引張試験）
・ロッド定着部の単軸引張試験
・複数条件設定によるパラメータ比較検証
⑤プレ実大実験
・実用化を想定し得る小断面による実大接合部の載荷実験
（正負交番繰り返し加力、単調加力による曲げ実験）
・荷重変位曲線、破壊性状の検証
・基礎試験を踏まえての接合部性能（耐力・剛性）の評価
・実大接合部におけるロッド性能の検証・評価

⑥実大実験(※)
・実用化断面による実大接合部の載荷実験
(正負交番繰り返し加力による曲げ実験)
・荷重変位曲線、破壊性状の検証
・接合部性能(耐力・剛性)のデータ取得
・木造接合システムの設計・施工方法の確立
※平成29年2月実施のため、報告時点(1月)においては未実施

実施体制

事業実施主体を中心に、下記の構成による「開発検討委員会」を設立した。
その後、委員会を定期開催し、学識経験者の指導・監修の下、各主担当を中心とした3社共同開発体制にて、開発業務を遂行した。

◆事業実施主体(総括)　藤寿産業株式会社
◆木材性能検証 主担当　藤寿産業株式会社
◆接合システム開発 主担当　SMB建材株式会社
◆ロッド開発 主担当　日之出水道機器株式会社
◆学識機関(技術監修・指導)　東京都市大学工学部建築学科
日本大学工学部機械工学科



【実施体制のポイント】
・福島県の企業が主体となって取組む事業であり、地域産材の利活用を推進することにより震災復興につなげていくことを目指す体制となっていること
・従来、独自のGIR接合工法を展開してきた2企業の共同体制により、GIR接合工法を幅広い視点で発展させていくことを目指していること
・技術指導ならびに共同開発者に金属(鉄)の専門家が参画していることにより、ロッドそのものの技術開発から取り組む体制を構築していること

実施した内容

①ロッド設計

接合部の脆性破壊(木部破壊) 解消のため、「ロッドの降伏期待値」をはじめとする「ロッドにのぞまれる機械的性質」を検証した。

検証結果に基づき、「伸び」、「降伏点」、「引張強さ」の要求水準を設定した。

形状については、前年度の基礎研究にて得られた知見を基に、節形状・軸径・縮径部を検証し、ロッドの設計を行った。

②ロッド製造検証

従来の製造技術では実現の難しい形状を実現すること、そして要求される機械的性質を確実に充足させることを目指し、鍛造による製造技術開発を進めた。

③基礎要素試験(ロッドの機械的性質ならびに形状確認試験)の計画、実施、検証、考察

ロッドの材質(鋼材の品質)に着目して、降伏点・引張強さ・伸びの3項目を最重点としてJIS試験片ならびに鍛造後の実体引張試験を行なった。

さらに鍛造後の各部の寸法等を詳細に確認し、形状の実現性を検証した。

④基礎試験(GIR試験体 引張試験)の計画、製作、実施、検証、考察

ロッド定着部分(木部材とロッドのエポキシ樹脂を介した付着部分)の引張に対する破壊性状・耐力・剛性・ばらつきの程度について検証するため、①ロッドの木への定着長さ、②孔径、③ロッド材質(強度)、④集成材積層方向、⑤樹種、⑥メッキの有無、⑦異なるロッド形状、をパラメータとして、降伏機構(縮径部)を伴わないロッド定着部の基礎的な引張試験を行った。

破壊性状の観察から開発ロッド形状の有効性の検証を行い、またロッドの降伏耐力と引張耐力、付着耐力との関係の検証から最適な定着長さを検討した。その他パラメータについても比較検証し、実際の仕様への検討を行った。

⑤プレ実大実験の計画、実施、検証、考察

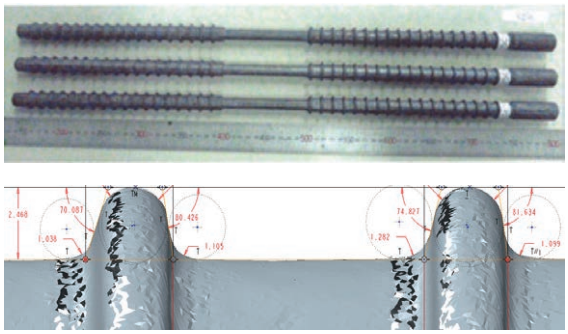
実大実験での接合部性能検証をより確実なものとするために、実際の仕様を見据えた実大実験に先立ち、実用で想定し得る中で、可能な限り小さい断面によるプレ実大実験を行った(スギ・カラマツ、各2試験体、ト型)。

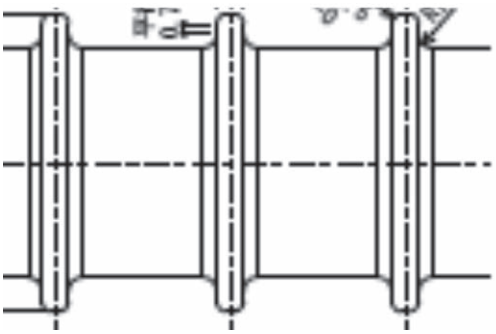
正負交番繰り返し載荷と単調載荷による曲げ試験を行い、破壊性状・耐力・剛性について把握し、縮径部の性能の確認、曲げ負担時の割裂の有無の確認、基礎試験(引張試験)において得られた耐力や剛性との関係の検証を行った。

⑥実大実験の計画、製作、実施、検証、考察

実大実験では実際の建築仕様を見据え、柱脚型(柱脚部)・ト型(フレーム端部の柱梁仕口部)・十字型(フレーム中央部の柱梁仕口部)・T字型(柱頭部)の4種類について、強度の低い樹種(スギ)を主とした正負交番繰り返し載荷による曲げ試験を行い、破壊性状・耐力・剛性・ばらつきの程度についてデータを取得する。

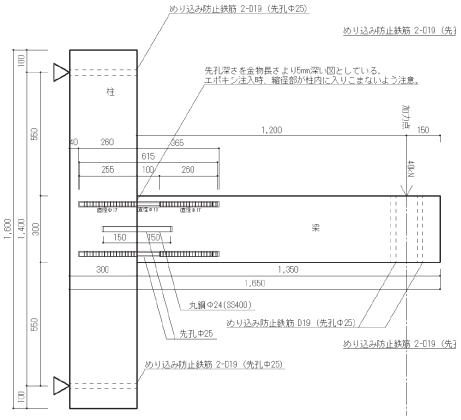
1月末時点では、実大試験体製作の途中であり、2月に随時試験を行う。この結果を受けて実際の建築仕様を決定し、接合部の設計方法を確立する。



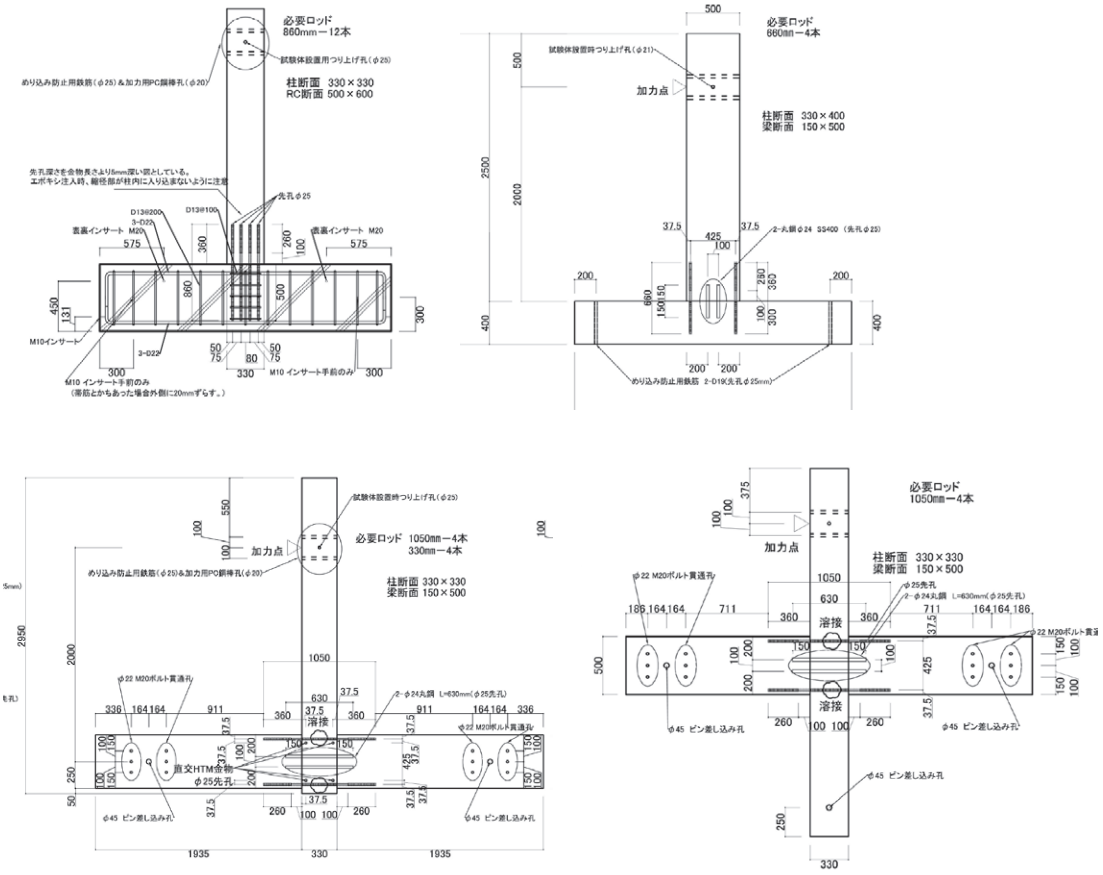


①基礎要素試験(ロッドの機械的性質ならびに形状確認試験)

②基礎試験(GIR試験体 引張試験)



③プレ実大実験　計画図
スギ:柱250×300、梁150×300
カラマツ:柱210×300、梁120×300



④実大実験　計画図/スギ:柱330×330、梁150×500、カラマツ:柱300×300、梁120×500

実施した結果

①GIR接合用ロッド(開発部品)

設計上の期待値で確実に降伏させることの出来る降伏機構(縮径部)を有する高靱性型のGIR接合用ロッドを開発(補足資料にて写真を添付)

②基礎試験(GIR試験体 引張試験)により得られた検証事項

異形鉄筋(D19)をロッドとして用いると、ロッド引き抜け時に木側に割裂が生じるのに対し、開発ロッドでは木側に全く割裂が生じず、開発した形状が木部の脆性的な破壊による耐力低下を避けるために有効であることを確認した。

耐力・破壊性状は共にばらつきが少ないことも同時に確認し、安定性のある接合部として実現できる可能性をつかんだ。

実際の梁接合部の仕様に繋がる、「孔径25φ・材質S45C・定着長さ255mm・メッキあり」の開発ロッドをカラマツ集成材積層方向に挿入したものと、「孔径25φ・材質S25C・定着長さ360mm・メッキなし」の開発ロッドをカラマツ集成材積層方向に挿入したもの、それぞれの試験結果を補足資料として添付する。

S45Cの結果から付着耐力が確認できた。また、S25Cの結果から付着耐力よりもロッド降伏耐力が小さい場合にロッド引き抜きについて靱性があり急激な耐力低下を起こさないことが確認できた。
樹種による耐力や剛性の違いはほぼ無いことも確認した。

以上の結果を踏まえ、開発ロッドを用いた実際の仕様として、「孔径25φ、材質S25C、メッキあり、梁側定着長さは100mmの縮径部を介して260mm、柱側定着長さ180mm以上、柱内ロッドは溶接にて1本として貫通させる」などの設計仕様を決定した。

③プレ実大実験により得られた検証事項

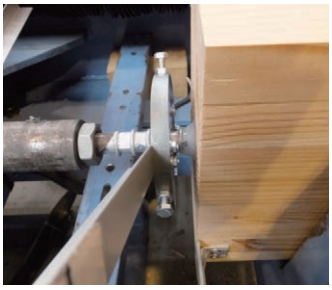
カラマツ集成材、スギ集成材のいずれも縮径部が確実に伸び、大きな靱性を持つ接合部となることが確認できた。木部の曲げ変形を考慮し、鉄筋間距離による補正を施すと2樹種とも同等の剛性・耐力を示すことも確認できた。

木部の脆性的な破壊は観察されず、縮径部の降伏と破断が直接接合部の曲げ性能につながることも明らかとなり、破壊性状・耐力・剛性について、ばらつきが少なく性能を把握できる接合部となることが確認できた。

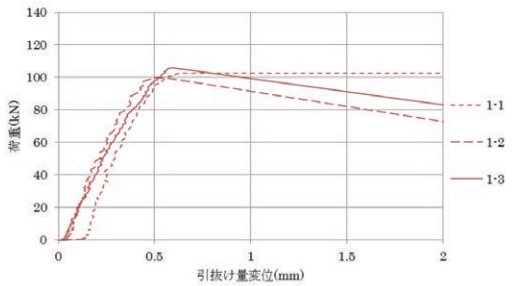
①GIR接合用ロッド(開発部品)

②基礎試験(GIR試験体 引張試験)

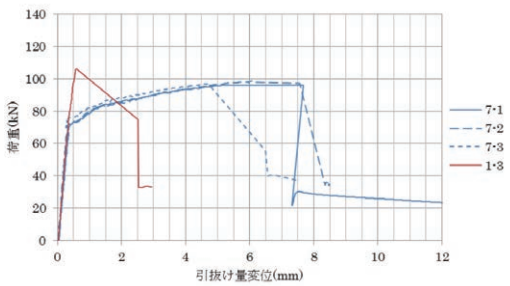
D19



開発した形状のロッド

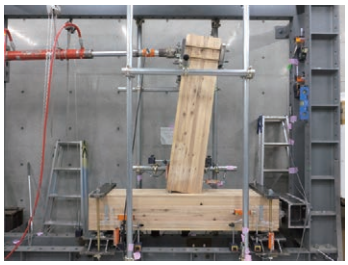


引張試験 荷重変位曲線
(①255mm、②25φ、③S45C、④積層方向、⑤カラマツ、⑥メッキあり、⑦開発ロッド)

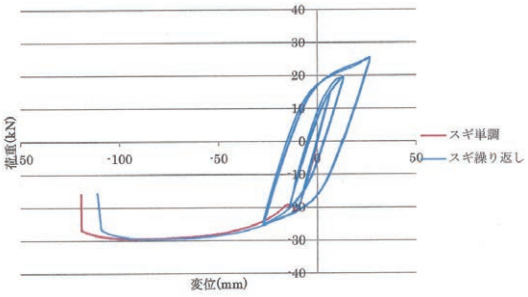


引張試験 荷重変位曲線(1-3は上記試験結果における1-3を示す。)
(①360mm、②25φ、③S25C、④積層方向、⑤カラマツ、⑥メッキなし、⑦開発ロッド)

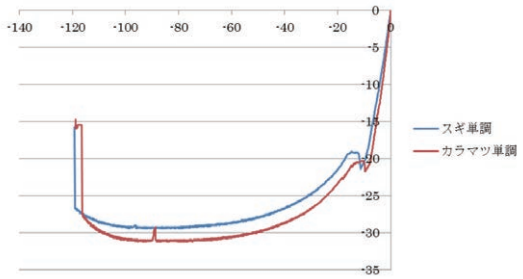
③プレ実大実験



スギ(正負交番繰り返し載荷)



スギ　荷重変位曲線



荷重変位曲線の比較

今後の課題・展開等

【今後の研究開発の課題】

①新たな木造システムの価格競争力の実証

・開発ロッドでは従来システムより、ロッド外径をサイズダウンし、埋め込み長さを短くすることが実現できているため、材料費・施工手間などの面でのコストメリットが期待される。
また従来の高性能ロッド(※)との比較では、より低コストでの製造を実現している。
※ロッドの降伏を先行させ、塑性域に移行させる高靱性型ロッドを目的として切削加工等を施した既成の高性能ロッド

・汎用的な異形鉄筋を用いる場合との比較では、ロッドの材料費はコスト高となるが、接合部性能の安定化等により、建物全体としての建築コストは従来システムと比較して下がるということを、モデル設計により実証する。

・さらに、同建物におけるRC造やS造などの他の構造とのコスト比較を実施し、本システムの価格競争力の数値データでの裏付けを行う。

②開発ロッドのさらなる改良

・接合効率の改良、さらなるコストダウンを目指し、ロッドの改良形・進化形の開発を継続する。

③第三者認証の取得

・木構造システムとして日本建築センター評定等の公的評価を取得し、より市場で導入されやすいシステムとしての成立を目指す。

④設計・施工・施工管理(品質保証)マニュアルの整備

・責任ある体制のもとに、設計・施工・施工管理(品質保証)マニュアルを整備し、安全・安心な生産体制を構築した上での市場への普及をはかる

【期待される展開】

①中大規模建築市場においてコスト競争力を有する「GIR接合による木造建築システム」の普及

(コスト競争力を裏付ける要素)

・異形鉄筋の節形状の改良(節角度の見直し→より直角に近づける)による引抜耐力の向上
・ロッドの品質・強度性能の一層の安定化と伸びの確保
・接合部耐力の安定化による部材の最適設計の実現
・木材を破壊させないことによるバラツキの少ない接合部の実現
・確かな品質保証に基づく一貫した設計施工体系の構築

(普及を裏付ける要素)

・設計・施工・施工管理(品質保証)に至るマニュアル整備
(一定以上の品質を確保する設計・施工を実現できる体制の構築)

②本システム確立の波及効果

・福島県をはじめ、日本全国での地域材の利活用のさらなる推進による「建築工事における有意義な地産地消」あるいは「都市木造の推進」の実現
・木造の課題である「耐火建築物」や「CLTを使用した耐力面材」への応用による木造推進の幅広い手助け

事 業

軽柔なスギ製材品の特性を最大限引き出す３Ｄプリンター等の３次元造形物による技術を用いたハイブリッド部材づくり

実施団体 株式会社 二幸技研
〒212-0032 神奈川県川崎市幸区新川崎7-7　新川崎創造のもり地区KBIC 113

事業目的

テーパーねじが３Ｄプリンターによって作成できたことにより、用途が一気に広がることが期待できる。
　スギはねじが効かないため、樹脂ねじによって改善できることが目的である。

実施した項目

①テーパーねじの設計及び３Ｄプリンターによる出力（製造）。
②スギ木粉を樹脂に混入して、樹脂プレートを作成。
③スギ材を活用する部材・工法の市場調査。

実施体制

添付資料参照

実施した内容

①スギ木粉と樹脂を用いたハイブリッド部材作り
　ポリアミド原料中にスギ木粉を分散させ、スギ木粉の分散や状態変化を観察し、スギ木粉のポリアミドナイロン用特性改良として検討する。
〔実　験〕
　約110℃の加熱炉で30分間乾燥させたスギ木粉1ｇ（40ﾒｯｼｭ）を約100℃の溶液状態のポリアミドナイロンの原料100ｇに加え、ホットスタイラーを用い、約５分間撹拌し、スギ木粉を分散させた。
この分散液を試験管に入れ、静置状態で分散性、状態変化を観察した。
　ポリアミド原料はＢ液及びＣ液を用いた。
　比較サンプルとして、水100ｇにスギ木粉1ｇ（40ﾒｯｼｭ）を加え、常温で約５分間撹拌し、分散水溶液を試験管に移し、静置状態で観察した。
*Ｂ液：触媒を含むポリアミド原料（強アルカリ性、融点　約70℃）
　Ｃ液：主成分はポリアミド原料（弱アルカリ性、融点　約70℃）
　※スギ木粉は飯村先生御提供サンプル

①スギ木粉と樹脂を用いたハイブリッド部材作り

②テーパーねじ（鈴日モデル）の企画・設計、初めての３Ｄプリンター出力、シリコン型で製造。

②テーパーねじ（鈴日モデル）

③市場調査
　消費地の横浜市にあるコンビニ店オーナー様が会議に参加。
　金属性エクステリアを使用する装飾・看板を製造・販売している㈱看板市場社長が会議に参加。

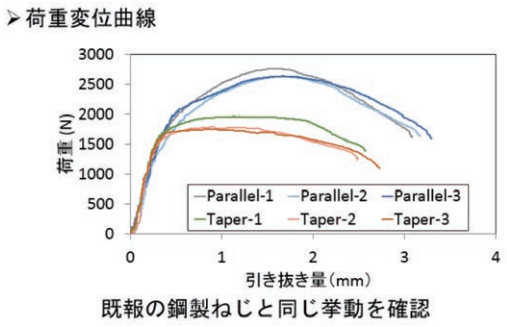
実施した結果

①東京大学大学院農学生命科学研究科にて、樹脂製テーパーねじの打ち込み・引き抜き試験を実施。
今回の実験では供試材にふれている部分の最大山径が平行ねじよりテーパーねじの方が短かったが、両者でほぼ同じ初期剛性を示した。テーパーねじでは平行ねじで見られる降伏後の耐力向上が確認できなかった。この傾向は先行研究でもテーパー比が大きいねじで同様に確認された傾向であり、この点については樹脂製のテーパーねじと先行研究の鋼製のテーパーねじは同様の傾向を示した。

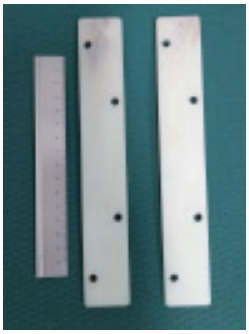
②スギ木粉と樹脂を用いたハイブリッド部材作り
ポリアミド原料に分散した場合、分散後、直ちにB液・C液共に、黒く変化し、アルカリ度の高いB液がより黒くなった。
スギ木粉が変化していることは、ポリアミド原料も変化していることを示唆している。

③市場ユーザーニーズの調査の結果、コンビニ店オーナー様から洗面・トイレ等水周りからの臭気問題が未解決であったのを、スギ・自然素材を使って香りなどを楽しめる物を開発して欲しいと、強く要望されていました。
さらに、装飾・看板を製造・販売している㈱看板市場社長からは、錆びない看板設置用の接合部材を開発して欲しいと要望があった。

①東大打ち込み試験



①東大引き抜き試験グラフ

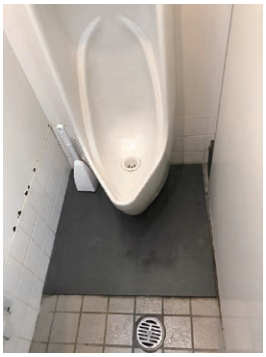


②スギ木粉と樹脂を用いたハイブリッド部材作り

③-1市場ユーザーニーズ調査
〔コンビニトイレ等水周り〕

③-2

③-3



③-4

③-5:実施体制図・最終版(添付資料)
③-6:樹脂とスギ粉を混入した商製品の企画・販売(添付資料)

今後の課題・展開等

①スギ木粉と樹脂を用いたハイブリッド部材作り
〔課題〕
スギ木粉はポリアミド原料液中で黒く変化し、又、ポリアミド原料の反応性に影響すると推定される。従って、スギ木粉はポリアミドナイロンの特性改良材として不適であるという課題が残った。

②今までの実験結果を踏まえて、テーパーねじの形状を東大と㈱二幸技研で再検討する。

事 業

新たな木質部材・工法の普及支援のための施策 ～低層非住宅、中高層の有望分野の需要創出を後押しする調査・研究・発信～

実施団体

株式会社 日経ビーピー

〒108-8646 東京都港区白金1-17-3

事業目的

建築物における、低層非住宅分野や中高層分野という有望ターゲットの木造化・木質化を推進するための実態調査を平成 28 年 4 月に着手し、引き続き実地研究会・シンポジウムを素早く、かつ多角的・効果的に実施することにより、新たな木質部材・工法の開発と普及を支援する。
平成 27 年に実施した調査・研究会の結果を元 v に、木質部材・工法普及のネックになっている点を深掘りし、その解決策を探るとともに、実物件の事例も踏まえて、設計者と発注者への啓発を図る。

実施した項目

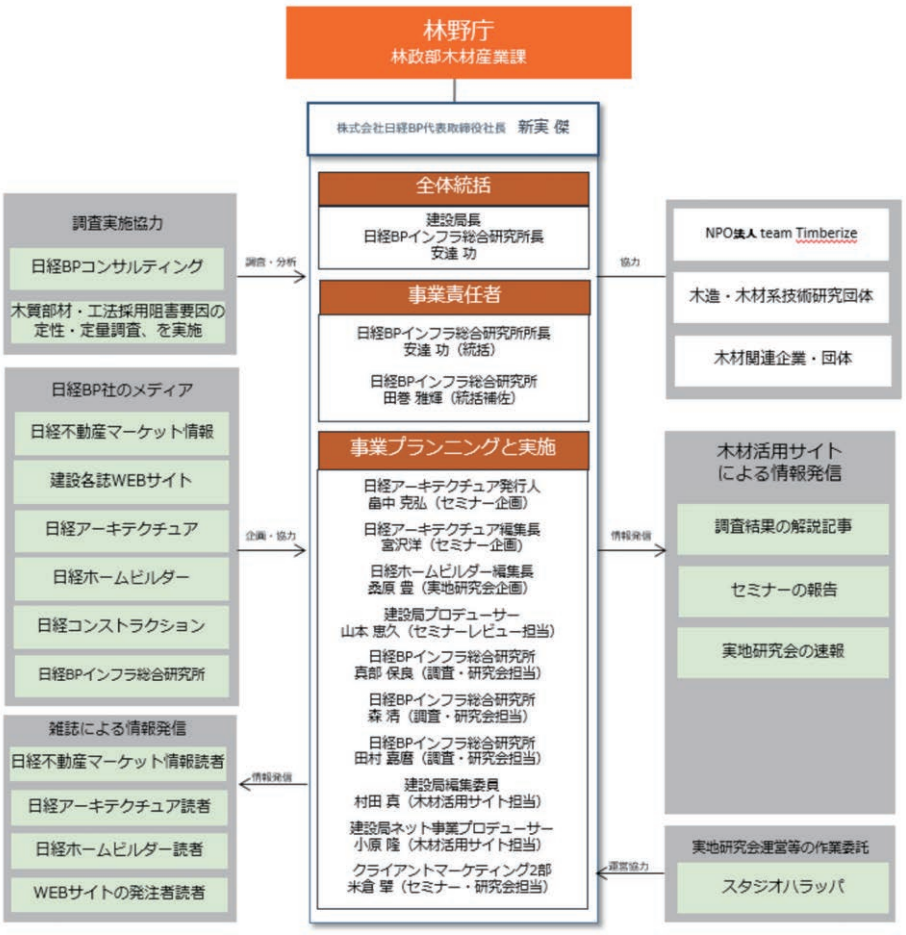
【調査】木質部材・工法採用の阻害要因を調査

【研究】木質部材・工法を採用した物件の実地研究会

【発信 1(セミナー＆雑誌)】調査や実地研究会をベースにした、普及・広報活動

【発信 2(WEB 特設サイト)】

実施体制

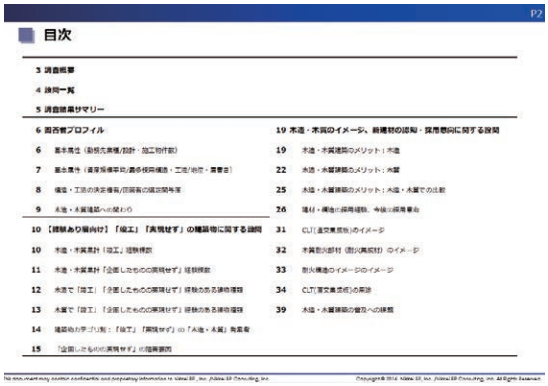


実施した内容

【調査】日経BP社のウエブサイトに登録している建設実務者26万人のうち、設計事務所、住宅メーカー・工務店、ゼネコン・サブコン、デベロッパーを対象に「実際に木質部材・工法を提案したが最終的に採用に至らなかった事例」を収集。上記サンプルと建築家に個別のヒアリングを実施して阻害要因を深掘りした。

【研究】実際に木質部材・工法を採用した物件（地方3物件、東京2物件）に、デベロッパー/設計者/金融関係者と訪問し、計画・設計・施工・運用の実態をヒアリングして、木質部材・工法のメリットを探った。技術的な情報だけでなく、背景にあるファイナンスの仕組みなどを当事者にヒアリング、木造建築物の担保価値に関する情報、事業融資などについての情報を整理した。

【発信】5/20開催「日経アーキテクチュア創刊40周年記念シンポジウム（木材活用トラック）」内において、上記【調査】の結果を、11/11開催「木材活用シンポジウム」において、上記【研究】から明らかになった木質部材・工法の可能性を発表。またその内容は、「日経アーキテクチュア」や「日経不動産マーケット情報」「日経ホームビルダー」にも掲載し、広く普及活動を実施した。
また、上記のコンテンツを特設サイト「木材活用最前線」に掲載。調査、実地研究会、シンポジウムのコンテンツを一堂に集めて、木質部材・工法の最新動向が分かるサイトを開設。その他コンテンツも収容し、木質部材・工法の「お助けサイト」構築を目指した。



【調査】調査報告書

【研究】実地研究会

【発信】セミナー

【発信】雑誌レビュー

http://kenplatz.nikkeibp.co.jp/NA/mokuzai/
【発信】特設サイト「木材活用最前線」

実施した結果

・本事業では、ファイナンス面での課題克服手法を中心に先駆事例の実地研究を行い、実践者である発注者や金融機関などに詳しく話を聞いた。シンポジウムでは研究会の活動報告と共に、研究成果として課題の解決策を提示した。以下、主な解決策。
・一般流通材と住宅用プレカットを活用することで、低コストと工期短縮を実現する
・防耐火関連規定の緩和措置を活用する
・できるだけ木を使いたいというニーズを再創出する
・木造・木質化を進める設計者、施工者、発注者を評価する
・木造・木質構造にする事業メリットを明確にする
・一定の木材の使用によって出資できる新たなファンドをつくる
・優遇した融資を受けるため、木材に特化した指標をつくる
・木造の事業収支への障害を最も払拭できる賃貸住宅から着手する
・スケジュールが合えば補助金を活用する

実地研究の様子

研究会の様子

今後の課題・展開等

・本事業で組織した「中高層建築への木材利用促進の可能性について検討する研究会」では、木造建築の技術や法制度、魅力付け、ファイナンスなどの課題をあぶりだした。金融機関、デベロッパー、住宅メーカー、シンクタンク、建築設計事務所らで構成する研究会メンバーが、シンポジウムで研究会の活動を報告すると共に、研究成果としてあぶりだした課題の解決策を提示した。

・ただ現段階では、課題を解決した先駆事例は、残念ながら特殊解が少なくない。一般的な建築主が普通に木造建築を発注し、一般的な設計者が一般流通材を使って中大規模木造を設計する形にはなっていない。つまり、「一般解」がまだ少ないのが実情と言える。

・今後の課題として、一般解と言える国内事例や海外事例を研究してプレイヤーに広く情報を発信し、一般解を普及拡大していく必要がある。

事 業

厚板集成版に係る部材工法開発

実施団体

一般社団法人日本WOOD.ALC協会

〒135-0016 東京都江東区東陽5-30-13東京原木会館(協和木材株式会社内)

事業目的

我々は、国産材における利用促進に向け木材の新しい利用方法ができないか開発を進めてきた。厚板集成版WOOD.ALCがその一つである。これまで取組んできた認定品は、建築主事や設計判断を必要とする部分が含まれる。内外表しでの1時間準耐火認定の取得したカーテンウォール(帳壁)としての利用方法が拡販への道が開けている。しかしながら、WOOD.ALC非耐力壁の利用方法において断熱材との組合せした場合の検証がされておらず、需要家に的確な回答が出せない状況となっている。本事業でこれらを明らかにする事、木構造で耐力壁・非耐力壁に使用する上での考え方を整理、開発をすすめると共に更なる利用方法の汎用性と需要拡大を目的としている。

①鋼板・断熱材とWOOD.ALCを組合せた防耐火試験
断熱施工の検証し性能評価実験を目的とする。以降大臣認定取得
断熱基準の高度化に向け、的確な設計判断できる資材として明確化した情報発信を行いあわせて採用しやすい環境を整える。

②木構造での厚板集成版利用方法の実験・開発
規格性を持たせた厚板集成版の接合方法と耐力実験・取付け方法を検討する。

実施した項目

本事業内では以下の内容を実施した。
発泡系断熱材とWOOD.ALC(厚板集成版)に鋼板仕上げによる防耐火性能評価試験を行い、性能を明らかにする試験を行った。厚板集成版はノンJAS材で行う。品質は、JAS集成材同等の製造品質とした。

1. 鋼板・断熱材とWOOD.ALCを組合せた防耐火試験

1-1.予備実験(燃焼試験は最終的に90分行った。)
平成28年10月7日　日本住宅・木材技術センター

1-2.性能評価試験
平成28年11月　7日　性能評価試験　屋外側1
平成28年11月　8日　性能評価試験　屋内側2
平成28年11月21日　性能評価試験　屋外側1
平成28年11月22日　性能評価試験　屋内側2

断熱施工の検証し性能評価実験を行った。以降、大臣認定取得に進む予定である。

1-3.WOOD.ALC(厚板集成版)を使用した住宅性能表示の基礎調査
厚板集成材の性能表示上どのような数値の運用可能か明確化に向け調査を行う。
調査報告:アーキテクツコンサルティング株式会社

1-4.マニュアル整備
開発の経緯、認定の解説、参考おさまり、事例の紹介等を盛り込んだマニュアルを製作中である。

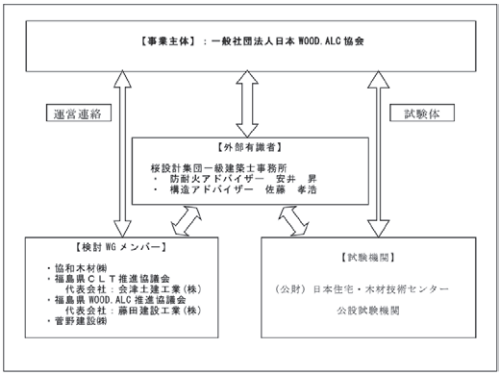
2.木構造での厚板集成版利用方法の実験・開発
規格性を持たせた厚板集成版の接合方法と耐力実験・取付け方法を検討する。今回は、木構造での利用検討は、マニュアル内での設計検討とし、予算の都合上により今後の継続研究事業とする。

実施体制

・事業実施主体(企画、開発)
一般社団法人日本WOOD.ALC協会
・部材製作
協和木材株式会社
株式会社東亜理科

・防耐火性能検証
桜設計集団　安井　昇

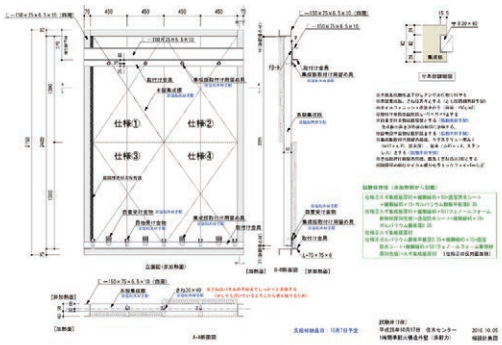
・性能評価試験
公益財団法人日本住宅・木材技術センター



実施した内容

【試験体の検討・予備試験】
断熱材の仕様を検討する。仕様①グラスウール・ロックウール系の仕様は不燃系であるので仕様を最低のゼロ想定とする。仕様②、④［仕様②の反対面加熱］は高性能断熱材フェノールフォームとする。仕様③は90mm厚素地とする。試験結果により性能評価試験を受ける一仕様を選定とする。
予備試験
日時:10月　7日　　場所:公益財団法人日本住宅・木材技術センター
試験内容:厚板集成版(接着剤:水性イソシアネート系)＋断熱材＋鋼板
(ラミナ30mm、厚フィンガージョイント、版厚90mm)
仕様①　スギ集成版厚90＋縦胴縁45×50＋透湿防水シート＋縦胴縁45＋15＋ガルバリュウム鋼板平板厚0.35
仕様②　スギ集成版厚90＋縦胴縁45×50(フェノールフォーム断熱材厚50充填)＋透湿防水シート＋縦胴縁45＋15＋ガルバリュウム鋼板平板厚0.35
仕様③　スギ集成版90
仕様④　ガルバリュウム鋼板平板厚0.35＋縦胴縁45×15＋透湿防水シート＋縦胴縁45×50(フェノールフォーム断熱材厚50充填)＋スギ集成版厚90[仕様②の反対面加熱]

試験体図(図表―1)



予備試験
断熱材の組み合わせを想定し、1試験体を4分割した試験体構成により耐火試験を行った。燃焼時間は所定の60分で終了せずに火炎等の事象がでる段階まで行い最終的には、90分で終了とする。

耐火炉内側(写真 - 1)

耐火炉外側(写真 - 2)

試験終了脱着(写真 - 3)

炭化層残存検証(写真 - 4)

性能評価試験

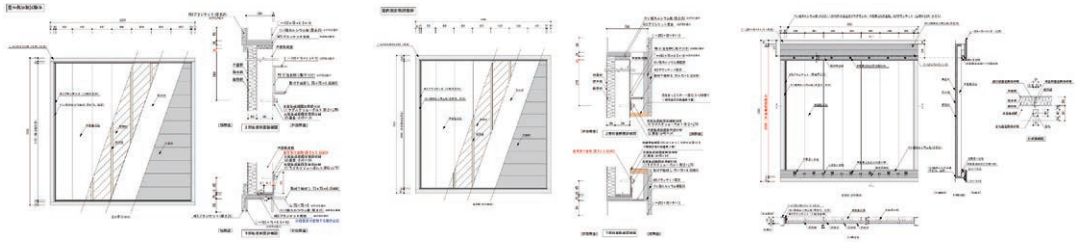
性能評価を受ける構造仕様は、予備実験結果を参考に検討がなされ最終的に断熱性能の高いフェノールフォーム系の断熱材で性能評価試験を行った。選定理由は、壁厚はできるだけ薄く抑えたい。断熱性能の高度化に向け性能を重視とする。国内の主要エリアで最も多い断熱性能基準４地域想定での仕様とした。

日時：11月　7日　屋内側加熱 - 1
　　11月　8日　屋外側加熱 - 2
　　11月20日　屋内側加熱 - 1
　　11月21日　屋外側加熱 - 2

場所：公益財団法人日本住宅・木材技術センター

試験内容：屋内・屋外加熱試験　各２体（合計４体）
構造名：鋼板・フェノールフォーム板表／木製集成版下地外壁
厚板集成版（90 mm）＋断熱材＋鋼板

性能評価試験体図（図表 - 2）



室内側（写真 - 5）

外壁側（写真 - 6）

断熱材留付け（写真 - 7）

透湿防水シート（写真 - 8）

仕上げ鋼板（写真 - 9）

性能評価燃焼試験終了（写真 - 10）

実施した結果

厚板集成版（90 mm）の外断熱材仕様による１時間準耐火性能評価試験を行った。結果は断熱材を組み合わせて利用する際でも準耐火性能を十分に満足する結果を得ることができた。性能評価審査委員会へ提出となる。性能評価書受理後は、実用化に向け大臣認定申請へ進める予定である。

1. 構造名
　鋼板・フェノールフォーム板表張／木製集成版下地外壁

2. 場所：公益財団法人日本住宅・木材技術センター

3. 試験方法
　加熱面：屋内面、屋外面
　試験体数：各２体（合計４体）
　加熱時間：60分間

試験は、性能評価試験体図に示した試験体について、方法書「4.2 準耐火性能試験・評価方法」に基づき1時間準耐火性能試験を実施した。

4.試験の結果

〔準耐火性能試験〕（加熱1時間）

(1)試験体の裏面温度上昇が平均で140K以下、最高で180K以下であった。

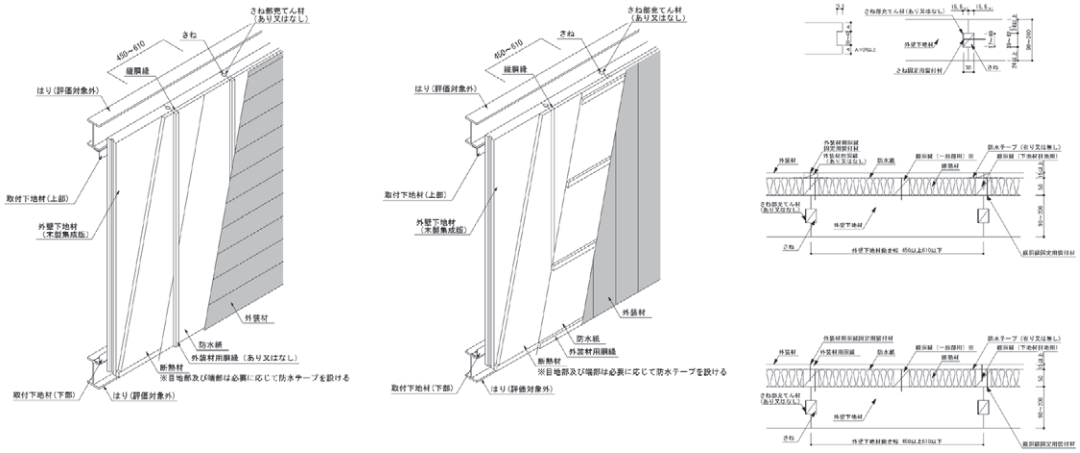
(2)非加熱側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がなかった。

(3)非加熱面で10秒を超えて継続する発炎がなかった。

(4)火炎が通る亀裂等の損傷がなかった。

建築基準法施行令第129 条の2の3 第1項第一号ロ[外壁(非耐力)1時間準耐火性能]に要求される技術的基準に適合しているものとし性能評価委員会へ申請に進んでいる。

今回の改良開発では、厚板集成版の厚みを薄くすることによるコストダウン、幅の範囲を拡大し既製のALCサッシ等との汎用性を高めたものとなる。これまでの認定は、120～200mm厚・幅450mmであった。新仕様は、厚さ:90～200mm ・幅:450±1～610±1の集成版に断熱材＋鋼板を組み合わせた認定となる。補足資料として基本的な構成イメージを別添資料 - 1が参考資料である。鋼板の張り方の仕様はタテ張り、ヨコ張りそれぞれの利用方法ができるものとした。また、本事業内で厚板集成版の断熱性能について熱伝導率の考え方、現在の整備されている現行法における運用上の数値の捉え方、評価法の調査を行った。木構造での厚板集成版での利用方法については、基本的な考え方をマニュアルにとりまとめした。



今後の課題・展開等

これまで木材の新しい利用方法として、厚板集成版WOOD.ALCの構造方法の研究開発を進めてきた。その中で我々は、いくつかの項目をクローズアップして木材需要拡大に向け取組んでいる。複雑な木構造での設計者不足、熟練度の高い大工技能者の高齢化、建築業界全般に言える技能者の担い手不足、何れも即効性をもって人材が急激に増えるわけではなく高齢化社会同様に業界も同じ状況である。一定の人材が育つまでには、担い手として増やしていく取組みと育成期間を要す。既存の技能工をシェアできたならば、即効性ある仕組みも構築できるのである。現在、WOOD.ALCの施工現場では大工技能者とALC(軽量気泡発砲コンクリート)の施工業者が意見を交わし、上手に施工の範囲を分担し工事が行われている。構造が木造でなくとも鉄骨造で大量に木質化を図れる工法として認知されてきている。福島県復興公営住宅では、提案公募買取り型の集合住宅に応募し採用となった。主要構造部材として利用せずとも約3000m2の鉄骨造集合住宅で木材使用量が230m3相当となる地域材の使用可能とした。木質化建築の一つのモデルが提案採択となり施工実績が増えている。また、木構造の苦手意識から見向きもしなかった建設会社や設計者に対し、はじめの一歩として取組みやすい新しい木材の利用方法として普及が進む。しかしながら、木構造による組合せ利用方法の問い合わせも多い。これらを進める際には、木構造に明るい設計従事者の協力が必要である。今後の課題は、要望が高まる木構造での利用方法、RC造での利用方法、適材適所で使い分けしCLT構造との組合せなども検証を行い設計作法の整備が継続課題である。今回は、断熱材の仕様を最終的に限定された発泡系1仕様の評価試験であり今後、他の断熱材との組合せ仕様ならびに厚みの範囲拡大が継続課題である。もう一つの課題は、これらの新ジャンルの木材、厚みを持たせて使うエンジニアードウッド(厚板集成版)に類する材料の「断熱性能基準が定められていないのが実情である」という調査結果であった。断熱性能の明確な数値を調査し、適正な基準整備を進めることにより断熱材の厚みも抑えられトータルコストダウンが図れる。省庁を超え業界全体で優先順位を上げて基準整備のご支援をお願い申し上げます。

おわりに・・・WOOD.ALC《低炭素社会を達成させる木材の略称です。》

事 業

大規模イベント関連施設への木材利用・再利用の提案

実施団体

公益社団法人 日本建築士会連合会
〒108-0014 東京都港区芝5-26-20　建築会館5階

事業目的

地域材の利用促進と中大規模等の木造建築物の普及のため、大規模イベント（2020年東京オリンピック・パラリンピック大会を想定）に関連する仮設施設の木造化と同イベント終了後に当該施設を移築あるいは解体し、各地域の道の駅、学校、被災時の応急仮設住宅等としての再利用を見据え、且つ低コストで実現可能とさせることを踏まえた試設計を行い、木造仮設建築物の実現化の検証を踏まえて提案する。

実施した項目

2020年東京オリンピック・パラリンピック大会の選手村（ビレッジプラザ）の木造化と大会終了後の再利用についてA案、B案の二案を作成。
その他の仮設施設（売店、食堂、観光案内、都道府県PRブース等）の木造化と大会終了後の再利用についてC案を作成。

実施体制

本会にA案、B案、C案の各々を検討するための3つのWGを設置。
①オリンピック・パラリンピック施設の木造仮設提案検討A案WG
②オリンピック・パラリンピック施設の木造仮設提案検討B案WG
③オリンピック・パラリンピック施設の木造仮設提案検討C案WG

実施した内容

①A案：「ビレッジプラザ」の木造仮設提案①（図1参照）
集成材の柱・梁とCLT耐力壁を組み合わせた9m×9mスパンのラーメン架構に、CLTの2階床とCLT折板の大屋根を架け渡す。円形劇場はCLT折板によるドームとする。イベント終了後の再利用は、転用先の用途に合わせた移築、部材活用等が可能となるようにする。（例：小学校、商業施設、道の駅、オリンピックレガシー住宅等）

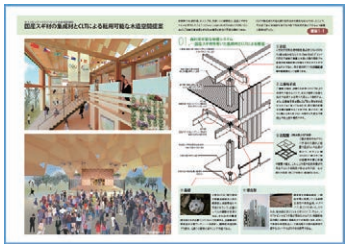


図1　A案

②B案：「ビレッジプラザ」の木造仮設提案②（図2参照）
製材の柱・梁とCLT耐力壁を組み合わせた3.6m×2.4m×高さ3mの“木ボックス”を並べて構造コアとし、CLTの2階床と軽やかなテント屋根をかけて結ぶ。再利用は、道の駅、売店、トイレ等に再加工して公園等に設置

図2　B案

③C案：オリンピック・パラリンピック施設の木造仮設提案③（図3参照）
47都道府県から地域木材でつくった木造応急仮設住宅ユニットの提供を受け、大会をサポートする様々な小型の仮設建築として活用する。再利用は、都道府県で災害時の木造応急仮設住宅として利用。

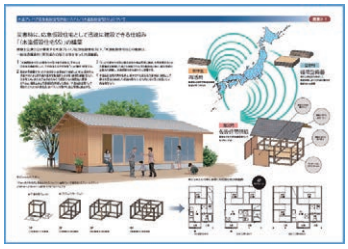


図3　C案

実施した結果

東京オリンピック・パラリンピック担当大臣及びオリンピック・パラリンピック組織委員会へ概案をもってオリンピック・パラリンピック「ビレッジプラザ及びその他施設」の木造化の提言。（図４参照）

図4　提言概要

【提言】
2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会で計画されているビレッジプラザをはじめとする仮設建築物を可能な限り木造化することにより、新国立競技場ほか他の競技施設の木材利用重視デザインと相俟って、木造・地球環境重視の運営を国内外にアピールするとともに、わが国が進める低層公共建築物の木造化推進に寄与します。
提言する木造仮設建築は、いずれもオリンピック・パラリンピック終了後は解体・移設の上、当該建築またはその部材を再利用することによりオリンピック・パラリンピックレガシーの全国普及とその仮設建築の費用の低減を目指します。

【仮設建築の木造化の３つの意義】
1.日本らしいおもてなしの空間…開催国として日本の“和”を伝える木造建築
①ビレッジプラザ
　ビレッジプラザを訪れる選手やファミリー、各国メディア関係者に木造建築を通じて日本文化を感じもらう。
②協議会場と周辺
　競技会場を訪れる世界各地からの観覧者に、木の国である日本の文化を感じてもらう。

2.再利用者参加型…喜びを分かち合い、ローコスト化
①建設リース型：建物の全体を移築
　学校や幼稚園・保育園、庁舎・事務所、道の駅等商業施設などにコンバージョン
②ユニット提供型：ユニットに分割して移築
　単体で休憩所やバス停に…ユニットを組み合わせて集会所や住宅に
③部材提供型：部材に分解し再利用
　柱・梁・CLT板材など部材に分解して再利用

3.汎用性と先進性…国が進める低層公共建築物の木造化推進に寄与
①汎用性
　住宅構造材として流通する国産スギ等の製材・中断面集成材・CLTを主に用い、住宅用構造金物を接合に用いた汎用性の高い木造架構
②先進性
　CLT折板構造や、CLTボックスコアによる中規模木造架構などの斬新な木造架構
③伝統を踏襲した技術
　新築だけでなく、解体・移築に柔軟に対応することができる日本の伝統な木造架構技法を踏襲した現代の木造架構技術

上記の提言が、同組織委員会の「ビレッジプラザ」発注要項において、施設の構造を「木造」とされたことに大きく寄与したものと推測する。
また、今後の公共施設に木造が採用されることの契機になるのではと期待をする。

今後の課題・展開等

今後のその他の仮設施設の木造化の実現とその際の木材の提供及び大会終了後の再利用のための自治体との連携体制の確立。

事 業

CLT関連告示等解説書の作成及び設計施工マニュアルに必要なデータ収集

実施団体 〈代表者〉一般社団法人 日本CLT協会／〈共同〉公益財団法人 日本住宅・木材技術センター
〒103-0004 東京都中央区東日本橋2-15-5　VORT東日本橋

事業目的

平成28年3月31日及び4月1日に公布・施行されたCLTを用いた一般的な設計法等に関する建築基準法に基づく告示（以下「CLT関連告示」という。）により、CLTを用いた一般的な建物が建設可能となる道筋ができる一方で、一般の設計者に広く利用を促すためには、CLT関連告示の解説書等の作成および講習会などの普及活動が不可欠となる。
このような状況から、CLT関連告示に基づき、CLTパネル工法による建築物の設計、施工の普及促進を図るため、上記解説書の作成および講習会を実施すると共に、現時点ではデータの整備が不十分な住環境性能等についてデータを収集する。

実施した項目

①CLT関連告示等解説書の作成
②住環境性能等のデータ収集
③CLT関連告示等解説書講習会の開催
④事業成果報告書の作成

実施体制

①編　集：CLT関連告示等解説書編集委員会
（工法技術基準WG作業部会、以下同じ）、材料品質WG、許容応力度・材料強度WG、防耐火設計WG）
発　行：（公財）日本住宅・木材技術センター

②W　G：歩行振動WG、遮音WG
事務局：（一社）日本CLT協会

③講　師：「CLT関連告示等解説書編集委員会」または下部組織のWGの委員（「低層CLT構造システム」については日本CLT協会担当者）
主　催：（一社）日本CLT協会・（公財）日本住宅・木材技術センター

④事務局：（一社）日本CLT協会

実施した内容

①学識経験者、建築確認審査機関関係者、木造建築の設計・施工の実務者からなる「CLT関連告示等解説書編集委員会」を設置し、CLT関連告示を逐条で分かりやすく解説するとともに、CLTの部分使用の考え方や構造計算例をまとめた図書「2016年公布・施行 CLT関連告示等解説書」等を作成した。

②遮音WGでは、（一財）日本建築総合試験所にてに制振マット＋乾式二重床＋CLT床板210㎜＋独立天井（CLT90㎜）の仕様で床衝撃音試験を実施した。歩行振動WGでは、CLT床板を用いた物件に於いて、減衰定数や固有振動数を測定し、官能検査を実施すると共に、既往の実測値に基づきCLT床板の歩行振動性能を解析した。

③CLT関連告示等解説書等をテキストとした講習会を6月～7月にかけて東京、大阪、名古屋で開催した。参加希望者からの要望を受けて、9月に東京にて追加講習会を開催した。

④上記②、③について事業の成果を取りまとめた報告書を作成した。

写真1　CLT関連告示等講習会の様子

写真2　歩行振動測定の様子

写真3　重量床衝撃音試験の様子

実施した結果

①作成した「2016年公布・施行 CLT関連告示等解説書」は、(公財) 日本住宅・木材技術センターより発行し、広く一般に向けて販売している。

②遮音WGでは重量床衝撃音で目標としていた、分譲住宅で使用できる遮音性能値であるLH-55の仕様を示すことができた。歩行振動WGでは、官能評価レベルに合わせたCLT床のスパン表を作成した。

③「CLT関連告示等解説書講習会」の4会場の参加者は延べ650名であった。会場では参加者へアンケートを配布し、参加者の傾向やCLTへの着目点等を集計し、傾向をまとめることができた。

④成果報告書は後にHP等へ掲載し、広く一般に公開する予定である。

今後の課題・展開等

CLTの一般化に向けた次の段階として、音環境や振動問題、温熱環境などの環境面での整備が必要である。本事業の②で得られたようなデータを整理し、設計・施工の実務者向けの解説書などとしてまとめることと、講習会等によりそのノウハウを広く普及させることが重要である。

また、告示に従った設計法等の内容に関する実務支援の定期的かつ継続的な実施、および設計支援者ツール等の開発によって、CLTに携わる設計者や施工者を育成することが今後の課題である。

事 業

木質系複合材料の長期構造性能の検討

実施団体

公益財団法人日本住宅・木材技術センター
〒136-0075 東京都江東区新砂3-4-2

事業目的

・木質材料の長所を活かし短所を補うため、木質材料に異素材を複合化した材料の開発が進められている。

・このような木質系複合材料を普及させるためには建築基準法上の基準強度を得ることが望ましく、そのためには木質材料と異素材を組み合わせた材料について技術的な資料を整える必要がある。

・中でも荷重継続時間調整係数を求める試験は多大な費用と時間を要することから材料開発の障害の一つになっている。

・本事業では、鉄筋入り集成材及び炭素繊維シート入り集成材の荷重継続時間調整係数について技術的知見を収集するとともに、上記課題の解決に向けた検討を行った。

実施した項目

①複合材料のモデル試験体による長期曲げ試験

②複合材料の構成要素等の長期性能データの収集

③複合材料のクリープ性能に関する試験

④解析的手法による複合材料の長期性能の予測に関する検討

⑤今後の普及方策の検討

実施体制

・事業実施主体
公益財団法人日本住宅・木材技術センター

・部材製作
帝人株式会社
山佐木材株式会社

・試験
公立大学法人秋田県立大学
国立大学法人宇都宮大学
国立大学法人鹿児島大学
一般財団法人建材試験センター
公益財団法人日本住宅・木材技術センター

実施した内容

① 短期構造性能がほぼ等しい複合材料による梁と集成材による梁について実際想定されるよりも断面積を小さくしたモデル試験体を作製し、長期曲げ試験を行った。

(1) 鉄筋入り集成材　　(2) 炭素繊維シート入り集成材

図 複合材料試験体断面

② 木材と異素材の接着等複合材料の構成要素について荷重継続時間調整係数を求める試験を行った。

③ 鉄筋入り集成材の鉄筋量を増やした場合の鉄筋の長期曲げクリープの抑制量を測定した。

④ 文献等を調査し、複合材料の長期性能を予測する解析的手法について検討した。

⑤ ①～④を踏まえ、複合材料の今後の普及方策を検討した。

実施した結果

鉄筋入り集成材及び炭素繊維シート入り集成材のモデル試験体について長期曲げ試験を行った結果、複合材料が破壊に至るまでの時間は集成材とおおむね同等以上であることが確認された。したがって、複合材料に集成材と同じ荷重継続時間影響係数を使用することに問題がないことが分かった。

今後の課題・展開等

・本事業を通じで得られた複合材料の長期性能に関する資料は、別途確認される短期性能と合わせることで、建築物に本複合材料を使用することに問題がないことが示されるであろう。

・本事業で行った技術的検討に加え、製造基準の作製等品質管理体制の確立が必須である。

事 業

①幼稚園・保育園等に設置する木の次世代茶室の企画および実施。
②教職員向け三育教本の制作と普及促進。
③建築専門家や一般消費者向けの優れた木質化事例集の書籍化。
④備蓄可変型木造応急仮設施設「ウッドトランスフォーム」のシステム開発と普及促進。

実施団体 日本木材青壮年団体連合会
〒135-0041 東京都江東区冬木6-14 飯沼ビル102

事業目的

①木の次世代茶室デザインコンペで入賞した２作品を実際の幼稚園・保育園に設置し、これをモデルとして日本木材青壮年団体連合会（以下略称、日本木青連）のホームページや、全国会員大会で告知、専門誌への掲載依頼など内外に広くPRし、さらに幼稚園・保育園への木の次世代茶室設置のための補助金制度の創出の提言などを通じて、全国への普及促進を図る枠組みづくりを図り、結果として付加価値の高い木材需要の創出につなげる。

②幼稚園・保育園等の教育現場の先生方が手軽に利用できる三育（木育・食育・茶育）教本の制作と普及を通じて、日本の文化である「木」の文化を促進させ、新たな木材需要の創出につなげる。

③日本木青連が20回実施している「木材活用コンクール」において、過去５年間に農林水産大臣賞や林野庁長官賞を受賞した優れた木造・木質の建築物および工作物等を一冊の書籍にまとめて、建築に携わる専門家や一般消費者がいつでも好事例を参照できるとともに、木の次世代茶室をはじめとする新しい木材需要のヒントも掲載することで更なる木材利用促進につなげる。

④備蓄可変型木造応急仮設施設「ウッドトランスフォーム」の改良された普及型モデルを東北地区に設置し、その部材・工法の標準化およびデータ化・システム化を図り、全国の木青連各会団、各会員が地元の行政、関係諸団体へPRすることによって、全国の公園、学校など数千箇所に設置されることで、地元だけでなく他地域が被災したときの応援体制も構築でき、設置後も定期的にメンテナンスすることで一定期間の耐用年数は確保しながら、劣化した部材の交換を継続していくことで間伐材等の有効利用につなげる。

実施した項目

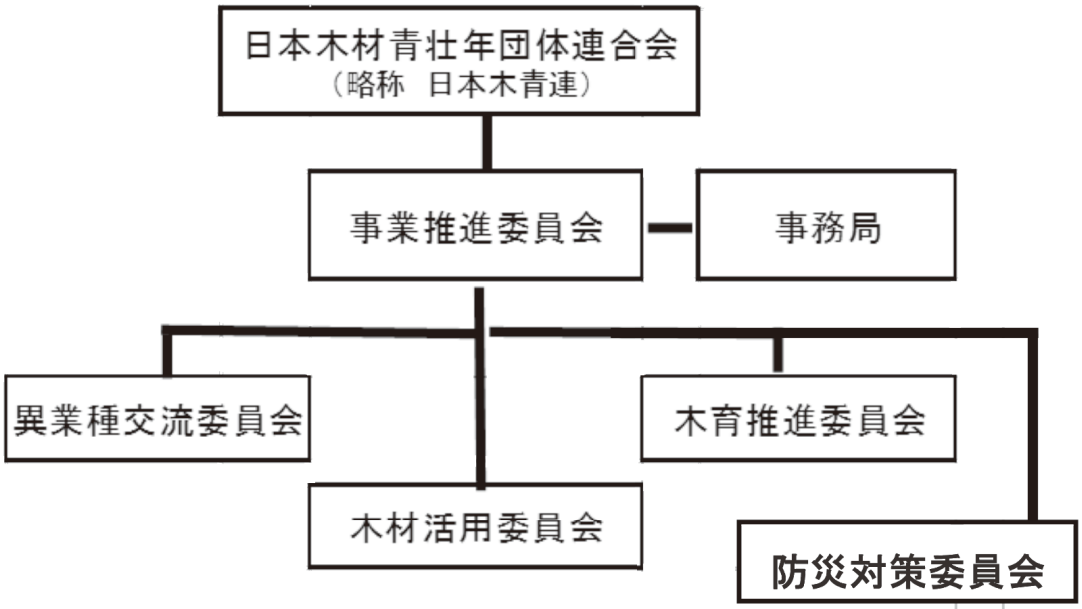
①「木の次世代茶室コンペ入賞作品のモデル設置」事業として、HPを開設し、デザインコンペを10月31日締切りに向けて募集、最終エントリー数は73で、有効作品は38点の応募作品が集まり、11月19日大阪木材仲買会館にて審査会を開催して38点の作品の中から最優秀1作品・優秀1作品、入賞10作品を選定した。1月15日に表彰式を東京都江東区新木場の梶本銘木店で開催した。上位優秀2作品が実際に建設できるか否かの検証委員会を６回にわたりに大阪芸術大学建築学科の山形教授を交えて開催し、建設するにあたり安全面や施工性・学習性・使い易さなど施主意向と詳細使用・モジュールに関して協議し、最終施工図面にて内諾を得た保育園１箇所（大阪府吹田市の保育園）と幼稚園１箇所（兵庫県神戸市）に建設した。

②「三育教本の印刷製本」事業として、第４～10回の三育研修会を実施（講師：赤尾 竹中大工館長、茶人 梅原宗直 氏など※1～3回は自己負担）し、三育教本の骨子案について課題を抽出し、選定業者と打合せし、教本の基本骨子案作成依頼をし、「木育・食育・茶育」のそれぞれ教本監修者を検討に入り。三育教本の第1案～3案の検証を行い、1月下旬までに最終案を取り纏め、1月下旬までに正式発注を終え、2月中旬に3000部発行し、2月下旬に学校関係者などに配布した。

③「クールウッドジャパン」作成事業は、骨子を検討し、前半後半に区分して前半は消費者、設計士が使いやすいようにテーマ別・部位別にまとめ、掲載候補作品一覧として、過去５年程度分の応募作品を再調査し、全748作品から480作品を抽出した。更に480作品からテーマ別に227作品を抽出し、後半は入賞作品について審査委員長の講評を基にまとめた。12月中旬から正式な紙面構成作業や許諾依頼・元データ写真の収集を行い、2月末までに正式発注を終え、3月下旬に1000部発行した。

④「ウッドトランスフォームの改良型モデルの設置」事業として、福島にて改良型の試作し、改良型の組立実演を10月22・23日の両日、福島県（郡山市）林業祭にて実施。福島県庁の担当者や民間の方多数の前で披露した。重量40％軽量化とパネルのモジュールの単一化に成功し、組立易さ、スピードとも改良でき、６名で24分の組立時間となった。熊本県西原村のプロトタイプは、障害者施設にて現在も活用中。これにより8月25日に農林水産大臣から、11月16日に熊本県知事から感謝状を授与頂いた。図面、仕様表、予算書などを整理し、2月中旬にその最終版を完成させた。

実施体制



実施した内容

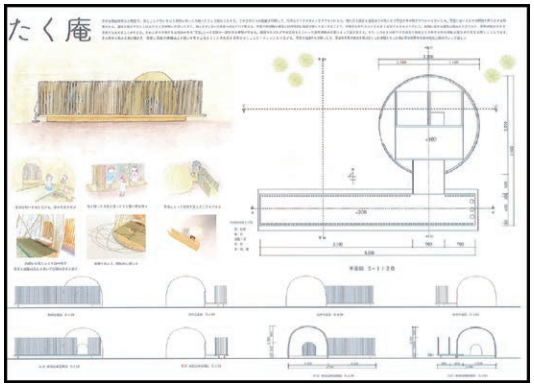
①「木の次世代茶室コンペ入賞作品のモデル設置」事業として、HPを開設し、デザインコンペを10月31日締切りに向けて募集、最終エントリー数は73点で、有効作品は38点の応募作品が集まり、11月19日大阪木材仲買会館にて審査会を開催して38点の作品の中から最優秀1作品・優秀1作品、入賞10作品を選定した。1月15日に表彰式を東京都江東区新木場の梶本銘木店で開催し、上位優秀2作品の生徒たちが表彰された。またその上位優秀2作品が実際に建設できるか否かの検証委員会を11月22日以降6回にわたりに大阪芸術大学建築学科の山形教授・杉本准教授を交えて開催し、建設するにあたり安全面や施工性・学習性・使い易さなど施主意向と詳細使用・モジュールに関して協議し、平成29年1月13日に最終施工図面にて内諾を得た保育園1箇所（大阪府吹田市の保育園）と幼稚園1箇所（兵庫県神戸市）に建設すべく、施工業者に見積提出を依頼し、2月末に正式発注し、3月中旬に建設した。

①「木の次世代茶室コンペ入賞作品のモデル設置」事業

11月19日　木の次世代茶室コンペ審査会@大阪木材仲買会館

第1～3回 検証委員会

1月15日 上記コンペ表彰式@梶本銘木店



最優秀賞：たく庵／大阪工業大学工学部（左）
優秀賞：こんにちは、今日庵／明石工業高等専門学校建築学科（右）

②「三育教本の印刷製本」事業として、7月15日に神戸市の竹中道具館で第４回目の三育研修会を実施（講師：赤尾館長、※1～3回は自己負担）し、また8月5日に大阪府吹田市の保育園にて第５回目を実施（講師：梅原宗直氏）し、茶道に関して拝聴した。9月28日に第６回目を和歌山県伊太祁曽神社にて開催し、三育教本の骨子案について課題を抽出した。製本に関しては、相見積の上で受注者を決定。10月13日に友野印刷㈱と打合せし、教本の基本骨子案作成依頼をし、「木育・食育・茶育」のそれぞれ教本監修者を検討に入った。10月24日に第７回目を大阪市都市型産業振興センターにて実施し、三育教本の第１案の検証を行った。11月19日茶室デザインコンペ審査会後に第８回目の三育研修会を開催し、三育教本の第１案の修正案を提示し、更に検証を行い、第２案を協議した。「三育教本の印刷製本」事業として、第９回三育研修会を12月15日に岡山県のTKP岡山会議室にて開催し、三育教本の内容として第2案の修正案を提示・協議し、第3案へのブラッシュアップをはかり、第10回三育研修会を1月15日に東京都内にて開催予し、三育教本の内容として最終案を協議して1月下旬までに最終案を取り纏め、1月下旬までに正式発注を終え、2月中旬に3000部発行し、2月下旬に学校関係者などに配布した。

②「三育教本の印刷製本」事業

7月15日　第4回三育研修会@神戸市の竹中道具館

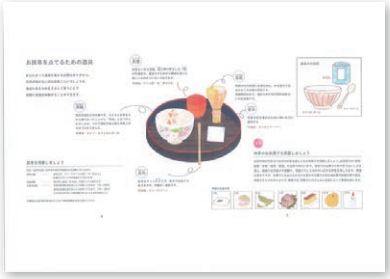
8月5日　第5回三育研修会@
大阪府吹田市くすのき保育園

9月28日　第6回三育研修会@和歌山県伊太祁曽神社

10月24日　第7回三育研修会
@大阪市都市型産業振興センター

11月19日　第8回三育研修会
@大阪木材会館

12月15日 第9回三育研修会@TKP岡山会議室
1月15日 第10回三育研修会@東京都 木材・合板博物館



三育教本 第3案(抜粋

③「クールウッドジャパン」作成事業は、印刷時の見積に関して予算時よりも高額だったため、修正見積を上程するよう協議し、出版業者と内容やページ数および金額交渉した。9月14日に関係者が集まり骨子を検討した。骨子内容として前半後半に区分して前半は消費者、設計士が使いやすいようにテーマ別・部位別にまとめ、掲載候補作品一覧として、過去5年程度分の応募作品を再調査し、全748作品から480作品を抽出した。更に480作品からテーマ別に227作品を抽出し、後半は入賞作品について審査委員長の講評を基にまとめる方向となった。また「一般消費者への活用事例の水平展開」という目的からより良い出版社を求め、10月下旬に㈱リーフパブリケーションに打診をはかり、事業の目的等を説明し協力を依頼した。11月2日に㈱同社と打ち合わせをし、事業の目的等を再度説明して協力を依頼し、11月15日出版社として決定し、11月22日の1回目の打合せを同社にて開催し、デザイナー同席にて書籍のコンセプト等について確認をはかり、以降に仮の紙面構成作業に入った。11月29日に同社から見積書が提出され、現在その内容を検討中。また同社よりイメージサンプルが提出された。12月17日の合同会議にて協議し、正式な紙面構成作業や許諾依頼・元データ写真の収集を行い、1月14日に打合せを開催し、正式名称を1月末までに決定し、2月4日の合同会議にて最終確認して、2月末までに正式発注を終え、3月下旬に1000部発行した。

③「クールウッドジャパン」作成事業

11月29日　イメージサンプル(抜粋)

④「ウッドトランスフォームの改良型モデルの設置」事業として、相見積の上で受注者を決定。福島にて改良型の試作し、この改良型の組立実演を10月22・23日の両日、福島県林業祭にて実施。福島県庁の担当者や民間の方多数の前で披露した。重量40％軽量化とパネルのモジュールの単一化に成功し、組立易さ、スピードとも改良でき、6名で24分の組立時間となった。熊本県西原村のプロトタイプは、障害者施設にて現在も活用中。これにより8月25日に農林水産大臣から、11月16日に熊本県知事から感謝状を授与頂いた。11月以降に引き続き改良型モデルを設置・展示する場所を選定すると共に、図面、仕様表、予算書などを整理し、12月17日の合同会議にて引き続き改良型を設置・展示する場所を決めると共に、図面の検証・材料の見直し・カタログの構成案・取扱説明書などなどの整理をはかった。1月14日に会議を開催し、整理した図面・仕様表・予算書などを協議し、2月4日の合同会議で再協議し、2月中旬に最終版を完成させた。

④「ウッドトランスフォームの改良型モデルの設置」事業

10月22・23日　改良型の組立実演@福島県(郡山市)林業祭

8月25日に農林水産大臣・11月16日に熊本県知事から感謝状を授与

実施した結果

①幼稚園・保育園等に設置する木の次世代茶室の企画および実施

初年度はデザインコンペで入賞した２作品を実際の幼稚園・保育園に設置し、これをモデルとして、日本木青連の広報媒体であるホームページや、全国会員大会での告知、専門誌への掲載依頼など内外に広くＰＲし、幼稚園・保育園への木の次世代茶室設置のための補助金制度の創出の提言などを通じて、全国への普及促進を図る枠組みづくりをはかった。結果として付加価値の高い木材需要の創出につなげることが出来た。

②幼稚園・保育園等の教職員向け三育教本の制作と普及促進

教育現場の先生方が手軽に利用できる三育教本を製本化することで、この活動の主旨を広く理解いただき、また日本木青連の会員が地元において先生方を対象に教本の指導説明会を実施することで、三育活動の拡大と定着はかった。

三育活動の定着は、新たな木材需要の創出につなげることが出来た。

③新たなクールウッドジャパンの制作

過去に大臣賞や長官賞を受賞した優れた木造・木質の建築物および工作物等を一冊の書籍にまとめて、建築に携わる専門家や一般消費者がいつでも好事例を参照できるとともに、木の次世代茶室をはじめとする新しい木材需要のヒントも掲載することで更なる木材利用促進につなげる事が出来た。

④備蓄可変型木造応急仮設施設「ウッドトランスフォーム」のシステム開発と普及促進

東北地区において、改良された普及型モデルを設置し、その部材・工法の標準化およびデータ化をはかり、全国の木青連各会団、各会員が地元の行政、関係諸団体へＰＲすることによって当システムの拡大がはかられるべく行動した。今後全国の公園、学校など数千箇所に設置されることで、地元だけでなく他地域が被災したときの応援体制も構築でき、設置後も定期的にメンテナンスすることで一定期間の耐用年数は確保しながら、劣化した部材の交換を継続していくことで間伐材等の有効利用につなげ、森林資源の循環型活用モデルを完成させる事が出来た。

今後の課題・展開等

①幼稚園・保育園等に設置する木の次世代茶室の企画および実施

②幼稚園・保育園等の教職員向け三育教本の制作と普及促進

日本木青連の各会団や各会員が三育教本と次世代茶室のデザイン集を活用して、地元の幼稚園補遺君に三育の提案を行います。

「茶室」の提案ではなく、幼児教育の提案を通じて園の関係者と同じ目線で提案します。

会員や園の関係者に対して、必要に応じて、今回デザインコンペティションの優秀作品数例を実物化した実物と、先生たちが園児を教育している現場の見学を企画し、三育の意義と効果をさらに理解してもらいます。

三育の普及を通じて園児たちに和の心、木の文化にふれてもらうことで健全な日本人を育成すると同時に、保護者や地域住民をお茶会に招待して親子のきずな、地域のつながりを深め昨今の課題である子育て支援や地域交流にも貢献します。

③新たなクールウッドジャパンの制作

日本木青連の各会団や各会員が今回作成したクールウッドジャパンを活用して地元の消費者や設計士に木の文化を提案します。

日本木青連が主催する木材活用コンクールの過去５年間の優れた作品のなかから用途や部位別にデザインや特徴をわかりやすく表現しているため消費者が家を建てたり改装するときにイメージしやすく、優れたデザインの木の使い方を促進できます。

本当の木の文化とは日常生活に木がとけこんで、そこに住む人、利用する人が元気になり、人と人のつながりが深くなるものです。

クールウッドジャパンはその目標を達成する一つのツールとして活用され、我が国に木の文化が普及して国民の生活が豊かになります。

④備蓄可変型木造応急仮設施設「ウッドトランスフォーム」のシステム開発と普及促進

日本木青連の各会団や各会員が今回作成したＰＲツールを活用して地元の自治体と関係団体へウッドトランスフォームの設置を促進します。

必要に応じて実物モデルの見学や組み立て実演も企画します。

設置後は地域防災の一つとして地域住民の定期的な防災訓練、また設置物の定期点検とメンテナンスを実施してもらい、最終的には全国に３,０００か所の設置を目指します。

将来災害が発生したときに近隣地域からウッドトランスフォームの搬入と組立による被災地支援ができる体制を構築していきます。

ウッドトランスフォームプロジェクトを通じて、被災者へ木のぬくもりを早くとどけること、日頃の地域防災訓練に組み込んで地域のきずなを深めること、そして森林資源を有効活用して森林の持続的な循環を確立することを目指します。

事 業

保存処理木材の耐久性のための各種試験および防腐・防蟻処理した木材（CLT 含む）と金物との相性に関する実験的研究

実施団体

日本木材防腐工業組合
〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13　三会堂ビル9階

事業目的

日本木材防腐工業組合では平成 27 年度林野庁委託事業において「CLT 等新たな製品・技術開発・普及事業に取り組んできた。
現在の CLT に関する情勢は、工場の建設計画に呼応し実物件の建設や需要拡大などの推進役を担い、CLT の普及に進んでいる状況である。また具体的建物については全国的に徐々に建設されており、中大規模の公共建築物のみならず、民間の建築物でも集合住宅、介護施設、ホテル・旅館などへの利用の他、鉄骨造における床板として部分的に利用することも考えられている。

しかし、いずれも未だ試験的な段階であり建設方法が確立された状況ではなく、各方面では CLT に関する構造的な検証実験が繰り返され、又防耐火・防耐震等の性能検証が行われているものの、耐久性に関しては、わが国の国産材を用いた CLT に関する技術的な知見は現段階において殆ど蓄積されていないのが実情である。建築の耐久性は、建てられた数十年経過した後にその重要性が顕著化してくる可能性がある。構造躯体内部に発生する結露や雨水の漏洩は、木材の腐朽を生じさせ、建物の耐久性を著しく低下させることが知られている。持続可能な社会を構築するにあたって、建物・インフラの長寿命化が重要な要素であることが一般的にも理解され始めている現代、構造、防耐火、防耐震と共に耐久性については今まで以上に知見を蓄積し、それを設計・維持管理に応用していくことは CLT の利用上、喫緊の課題と言って過言ではない。
また、2020 年に開催されるオリンピック・パラリンピックにおいて新国立競技場始め各施設に多くの国産材を使用する事となった。これ等の木材に対しては、耐久性を確保する事から保存処理木材が一端を担う事になっている。

平成 27 年度の委託事業においては、木材の耐久性の観点から、平成 27 年度に行った数々の観察（データ収集）を実施する。また保存処理に使用した薬剤と接合部等に使用される金物との相性について試験を行うこととしている。当組合で毎年行っている耐久性調査（森林総合研究所、奈良県森林技術センター、富山県農林水産総合技術センター）として本事業に組み入れ試験を行う。以上により、CLT 等の適切な保存処理による劣化対策技術を開発することを目的としている。

実施した項目

事業の実施内容

本事業は事業実施内容として次の（1）から（6）につき検討を行う。

（1）試験データの継続確認・収集

平成 26 年度に森林総合研究所（ファンガスセラー）ならびに中部大学に設置した試験体（屋外暴露）を平成 27 年度に引き続き解体し、使用部材の劣化状況を目視で確認すると共に含水率を測定する。

（2）劣化外力の地域差の検討

平成 27 年度に設置した、加圧注入処理ラミナで構成された CLT 部材並びに塗布処理（吹き付け処理）された CLT 部材で作製した壁モデル屋外暴露試験（北海道旭川市、鹿児島県日置市）において CLT 部材の土台、開口部等の生物劣化状況を把握すると共に地域によって異なる劣化生物相、積雪、凍結、結露等の影響を明らかにする。
これ等のデータ収集を平成 28 年度事業にて行いたい。

（3）防腐処理 CLT 熱湿気特性試験

CLT による建築物の適切な防露設計を可能とすべく、昨年度は防露設計に必要な最低限の物性データを収集した。今年度は、雨水の浸入などを考慮した精緻な防露計画に必要となる物性値を整備すべく、これまでに製作した CLT について測定を行いデータ収集する。また、壁体モデルについて防露計算を行い CLT の違いによる防露性の比較検討を行う。

(4) 保存処理CLTの長期的な強度性能評価

a) 屋外暴露したCLTの強度特性変化の把握

b) 保存処理CLTのクリープ特性の把握

加圧注入処理及び無処理のものと保存処理CLT曲げクリープ性能をスパン1.8m、3等分4点荷重方式の曲げ試験で比較評価する。

(5) 保存処理木材(CLT等)と金物との相性試験

保存処理したCLT部材(製品処理、ラミナ処理)の組み立てにおいては、様々な防錆処理をした接合金物を使用する事が一般である。しかし、保存処理用の防腐・防蟻薬剤と使用金物の防錆処理との間には相性があり、間違った取り合わせすると金物側の防錆層に早期に錆が発生する事が想定される。CLT構造の場合、CLTという材料自体の特異性のみならず金物形態・防錆処理の特異性もある為、従来加圧処理された集成材や製材と金物との相性とはまた違った問題が発生する可能性がある。そこで平成28年度はそれらの点に着目した保存処理CLTと2020年のオリンピック・パラリンピックの新国立競技場を始めとする施設に使用される国産材(スギ、カラマツ等)と金物との相性試験を行う。

(6) 保存処理木材の耐久性調査

平成23年度の林野庁の補助事業で「保存処理木材の耐久性調査」を行った。

この事業において試験地3箇所(つくば・森林総合研究所、富山県農林水産技術センター、奈良県森林技術センター)に木杭、ダブルレイヤー試験材を設置し、垂直暴露試験材を森林総合研究所、本組合員の事務所屋上に各々設置した。

また、使用薬剤は6種類にて実施し調査・試験(強度試験を含む)をしてきた。平成28年度は5年目になり、10年間調査・試験の中間年にあたり今後の劣化状況が保存処理木材の耐久性には非常に重要になると想定するので平成28年度事業(本事業)で調査・試験を行う。

事業の実証性

(1) 平成26年度に森林総合研究所ならびに中部大学に設置した試験体(屋外暴露、ファンガスセラー試験)を平成27年度に引き続き平成28年度でも解体し,使用部材の劣化状況を目視で確認すると共に含水率を測定する。

(2) 劣化外力の地域差の検討

CLT部材を使った壁モデルの屋外暴露試験地(北海道旭川市、鹿児島県日置市)においてCLT部材の土台、開口部等の生物劣化ならびに防露・防水対策を行う。具体的には「水」の浸入・滞留による部材の劣化状況を把握すると共に、地域によって異なる劣化生物相、積雪、凍結、結露等の影響を明らかにする。

①加圧注入処理試験体による実験

使用樹種　：スギ
接着剤　　：水性高分子イソシアネート系樹脂
試験材　　：AAC,AZN、無処理
インサイジング処理　：　あり、なし

②塗布処理(吹きつけ処理)試験体による実験

使用樹種　：　スギ
接着剤　　：　水性高分子イソシアネート系樹脂
塗布薬剤　：　水溶性、油溶性

(3) 防露処理CLTの熱湿気特性試験

CLT内部の液体成分移動に関する物性値として、以下の測定を行い、物性データを収集する。

CLT試験体:①ラミナ注入AAC(H26)、②製品注入(H27)　(AZN)③無処理(H27)

試験項目:①空隙率、②平衡含水率(相対湿度97%)、③自然飽和含水率、④最大含水率
⑤片面浸漬吸水係数

CLT壁体モデルの一次元非定常結露計算

収集した物性データを用いてCLT壁体モデルの一次元非定結露計算を行い、CLTの違いによる防露性の比較検討を行う。

(4) 曲げクリープ試験

平成27年度事業に引き続き、CLTの無処理材のものと保存処理材の曲げクリ ープデータを収集する。スパン1.8m、3等分点4点荷重方式の曲げ方式で比較検討する。

使用樹種　：　スギ
接着剤　　：　水性高分子イソシアネート系木材接着剤
インサイジング処理　：　あり

試験体　：　厚さ135mm×幅105mm×長さ2,000mm
幅はぎ接着：あり/なし

(5) 5) -1.保存処理木材(国産材・製品・CLT等)と金物との相性試験
平成28年度は、以下の条件で保存処理CLTと金物との相性試験を行う。
*CLT試験材
使用樹種：スギ、カラマツ
接着剤　：直交集成材JASに定める接着剤より選択
試験材　：薬剤処理試験数(AAC,AZN.ACQ,無処理・・スギ
無処理・カラマツの5種類、n数3として15本)
試験体　：厚さ135mm×幅100mm×1000mmのCLT角材
数　量　：n数3
＊金物
接合部種類及び金物種類:CLT協会の提案により選択
各金物の防錆処理:同上
相性試験は、以上のCLTに金物を緊結した試験体を、乾燥状態と湿潤状態の2環境に3ヶ月、6ヶ月、1年、2年の期間暴露し、金物側の腐食状況を観察するとともに、CLT側の劣化状況についても評価する。試験地は温暖地2箇所(沿岸部・関東学院大学、内陸部・中部大学)とする。

5) -2.保存処理木材(国産材・製品・CLT等)と金物との相性試験
平行層処理(あるいは直交層処理) CLTにおける、マクロセル腐食の危険性の有無を実験的に確認する。
*CLT試験体については昨年度製作したものの余りを使用する。
各層を貫通する木ネジあるいはボルトを設置し、高湿環境下に一定の期間静置後取り出して発錆状況を確認する。処理なし、あるいは全層処理の場合と比較し、平行層処理(あるいは直交層処理) CLTにおける発さび状況の特徴を確認する。

(6) 保存処理木材の耐久性調査
使用樹種　：　スギ、カラマツ、ヒノキ(既に試験中)
加圧注入薬剤:AAC,ACQ,AZN,AZNA,CUAZ,LPH,無処理の7種類
試験地　：　森林総合研究所　第二樹木園(茨城県つくば市)
富山県農林水産総合技術センター(富山県射水市)
奈良県森林技術センター(奈良県明日香村)
試験方法(暴露試験)
①設地暴露—30×30×600mmの杭の下半分を地面に埋めて行う、JISK1571に記載された方法で行う。
②水平暴露—40×80×1000mmの板材を水平に並べ、その上にさらに同じ板材をずらしながら重ねて暴露する試験。
③垂直暴露—30×50×500mmの板材を垂直の架台に繊維方向が地面と垂直になるようにセットして行う。

実施体制

本事業の目的達成のため、専門知識を有する学識経験者、CLT協会、耐久性調査に携わった関係機関、日本木材防腐工業組合から構成する下記の委員会を発足させ、事業を推進した。

主な委員

役　職	氏　名	所　属
委員長	中島　正夫	関東学院大学　教授
委員	宮武　敦	(研) 森林総合研究所
委員	大村和香子	(研) 森林総合研究所
委員	石山　央樹	中部大学　講師
委員	佐伯　智寛	(一財) 建材試験センター
委員	大橋　義徳	(地独) 北海道立総合研究機構　林産試験場
委員	宮内　輝久	(地独) 北海道立総合研究機構　林産試験場
委員	河合　誠	(一社) CLT協会専務理事
委員		組合の技術委員を中心に選定
事業主体	関澤外喜夫	日本木材防腐工業組合

本事業の進捗状況に合わせて委員会に以下の４つの分科会（ワーキンググループ）を設けて具体的に事業を推進した。

Aグループ事業内容　(1)（2）(6)　森林総合研究所　主査：大村委員
Bグループ事業内容　(5)　中部大学　主査：石山委員
Cグループ事業内容　(3)　建材試験センター　主査：佐伯委員
Dグループ事業内容　(4)　(研) 森林総合研究所　主査：宮武委員
(地独) 林産試験場　主査：大橋委員

上記(1) から(6) は具体的には、以下の検討項目を指す。
(1) 試験データの継続確認・収集
(2) 劣化外力の地域差の検討
(3) 防腐処理の熱湿気特性試験
(4) 保存処理CLTの長期的な強度性能評価
①屋外暴露したCLTの強度特性変化の把握
②保存処理CLTのクリープ特性の把握
(5) 保存処理木材（CLT等）と金物との相性試験
(6) 保存処理木材の耐久性調査

実施した内容

(1) 試験データの継続・収集

暴露済の各種試験体の調査・部分解体等を行い、使用部材の劣化状況を目視で確認すると共に含水率を測定した。

(2) 劣化外力の地域差の検討

加圧注入処理ラミナで構成されたCLT部材並びに塗布処理されたCLT部材で作製した壁モデル屋外暴露試験地（鹿児島日置市、北海道旭川市）においてCLT部材の土台、開口部等の生物劣化、使用金物の錆び等並びに防露・防水対策の検討を行った。

(3) 防腐処理CLTの熱湿気特性試験

CLTによる建築物の適切な防露設計を可能とすべく、これまでに製作したCLTを用いて雨水の侵入などを考慮した精緻な防露計画に必要となる物性値の測定を行いデータ収集した。試験体は、①ラミナ注入AAC、②AZN製品処理、無処理の３種類を用い、①空隙率、②平衡含水率（相対湿度97％）、③自然飽和含水率、④最大含水率、⑤片面浸漬吸放水係数の測定を行った。
また、壁モデルについて一次元非定常露計算を行い、CLTの違いによる防露性の比較検討を行った。

(4) 保存処理CLTの長期的な強度性能試験
①保存処理CLTの長期的な強度性能評価
①a) 屋外暴露したCLTの強度特性変化の把握
AAC及びAZNで保存処理したラミナを用いて製造したCLTを屋外暴露し、２年経過した時点でたわみ振動法により曲げヤング係数及びせん断弾性係数を測定した。
①b) 保存処理CLTのクリープ特性の把握

スギCLTのクリープ試験（スパン1.8m、３等分点４点荷重方式、載荷荷重6kN）を温湿度変動環境下の林産試験場試験棟内（旭川市）で行った。試験体は５層５プライ（幅100mm×厚さ135mm）の保存処理されたCLTと無処理のCLTとした。保存処理CLTはインサイジングおよびAAC加圧注入処理されたラミナを積層してCLTを製作した。試験体は温度20度相対湿度65％の恒温恒湿室で十分に養生後にクリープ試験に供試し、載荷初期の含水率は約13％と推定された。また、クリープ試験後の短期破壊試験により荷重レベルは18～30％と推定された。
①保存処理CLTの長期的な強度性能評価

①a) 屋外暴露したCLTの強度特性変化の把握

①b) 保存処理CLTのクリープ特性の把握

図. 曲げクリープ試験

図. クリープ後の短期破壊試験

(5) 保存処理木材と金物との相性確認試験

５種類の保存処理木材（AAC,AZN,ACQ,無処理、カラマツ製材）に９種類の表面処理鋼板（電気亜鉛めっき、溶融亜鉛めっきHDZ—A、溶融亜鉛めっき鋼板Ｚ27,溶融亜鉛めっきHDZ35、複合処理、合金めっき、Ｚ27+カチオン電着
SUS304、SUS430）を取り付けて屋外および湿潤環境に暴露し一定の期間経過後の鋼板の腐食状況を確認する。10月中旬に暴露を開始し12月現在暴露継続中である。

無処理、2、４層処理、1,3、５層処理、全層処理のCLTのL45、L60、L90
ねじを打ち込んで高湿環境下に暴露し、一定期間経過後にねじの腐食状況を確認する。

(6) 保存処理木材の耐久性調査

全国３箇所（つくば,富山、奈良）に設置済の、ダブルレイヤー（重ね置き）試験材、垂直暴露試験材の経過観察を実施した。

実施した結果

(1) 試験データの継続確認・収集

森林総研構内に設置したCLT屋外暴露試験体に関しては、色差の変化が進むとともに入り隅への汚れの沈着、含水率のわずかな増加が認められた。ファンガスセラー試験において、試験体接地土壌への過度な水分供給をコントロールすることにより、CLTの劣化に著しい進行が認められた。
（図1.参照）

図1.ファンガスセラー試験

(2) 劣化外力の地域差の検討

鹿児島県日置市吹上浜試験地に設置した壁モデルを部分解体して内部を確認したところ、CLT及び他の木質部材には劣化が認められなかった。しかし銅系薬剤で処理した胴縁の留め金具には顕著な錆びの発生が認められた。（図２.参照）

図2.鹿児島壁モデル試験

(3) 防腐処理CLTの熱湿気特性試験

①ラミナ注入AAC、②AZN製品処理、③無処理の３種類を用い、①空隙率、②平衡含水率（相対湿度97％）、③自然飽和含水率、④最大含水率、⑤片面浸漬吸放水係数の測定を行い、物性値を収集した。（図3-1、3-2参照）
また、壁体モデルについて一次元非常結露計算を行い、CLTの違いによる防露性の比較を行った。

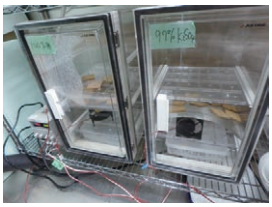


図3-1. 平衡含水率測定状況

図3-2. 最大含水率・空隙率測定状況

(4) 曲げクリープ試験

①保存処理CLTの長期的な強度性能評価

①a) 屋外暴露したCLTの強度特性変化の把握

たわみ振動法により求めた曲げヤング係数及びせん断弾性係数は暴露前の初期値と比較して低下していたが、1年目との比較においては低下率や傾向に顕著な差はなかった。

①b) 保存処理CLTのクリープ特性の把握

27年度事業で冬季（1～2月、温度０～15度・相対湿度20～40％で変動）に実施したクリープ試験では、全層に保存処理ラミナを用いたCLTでは無処理CLTに比べてクリープたわみが増大し、50年後の推定クリープ係数も２を超えたが、28年度事業で夏季（6～9月、温度20～30度・相対湿度50～70％で変動）に実施したクリープ試験では、保存処理CLTと無処理CLTの間に顕著な差は見られず、同様なクリープ特性を示した。保存処理CLTでは、インサイジング処理によって吸放湿しやすく、冬季クリープ試験の載荷初期に試験体の含水率が急激に低下し、メカノソープティブ変形が大きく生じたが、初期含水率と試験環境の平衡含水率の差が小さい条件では、保存処理CLTと無処理CLTのクリープ特性に差はほとんどないと考えられる。
（図4、図５および表１参照）

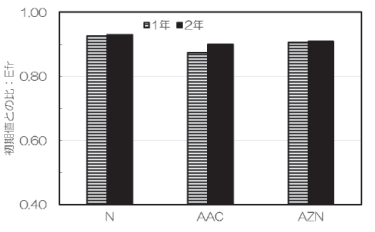


図4　屋外暴露したCLTの強度特性変化

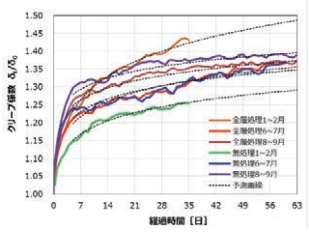


図5　クリープ係数の推移と予測曲線

試験仕様（試験時期）	初期たわみ δ_0（mm）	50年後たわみ $\delta_{50年}$（mm）	推定クリープ係数 $\delta_{50年}/\delta_0$
全層処理（1~2月）	6.1	13.8	2.27
全層処理（6~7月）	6.6	11.8	1.79
全層処理（8~9月）	5.4	9.2	1.70
無処理（1~2月）	5.0	8.3	1.67
無処理（6~7月）	5.0	8.5	1.70
無処理（8~9月）	5.6	9.6	1.70

表1　50年後の予測たわみと推定クリープ係数

(5) 保存処理木材と金物との相性確認試験

試験については、中部大学および関東学院大学にて実施している(図6.参照)。12月中旬現在(暴露後2か月)、一部の保存処理CLTと金物の組み合わせで赤錆が生じ始めている。特に亜鉛メッキのみの金物では銅イオンを含む薬剤との相性が悪いことが観察されている。

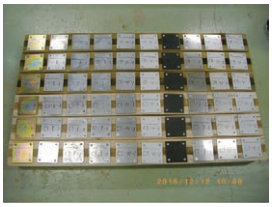


図6. 保存処理木材と金物との相性確認試験の様子

(6) 保存処理木材の耐久性調査

つくばや富山ではカラマツ基材の試験体が物理的な割れが多く発生し、この影響で薬剤処理材の劣化が発生した。一方、奈良ではこのような割れの発生は少なく、暴露環境の違いにより劣化進行に違いが認められた。(図7.参照)

図7.ダブルレイヤー試験

今後の課題・展開等

(1) から(3) における課題・展開等については、建物の使用部位別の劣化リスク評価方法、実大材サイズのCLT等について促進劣化試験方法等を確立する必要がある。(6) については、ダブルレイヤー試験では樹種と薬剤の2要因で長期暴露データを取得中である。しかし、特にカラマツにおいて試験体の木取りにより割れの生じやすさが異なり、生物劣化の進行も異なった。試験体の木取りについて統一した材料での試験も検討すべきと考える。

(4) のうち、屋外暴露したCLTの強度特性変化の把握に関しては、冬期に含水率が高くなる傾向があることがわかったので、夏期にも同様の測定を行ってこれまで測定された数値の低下が含水率増によるものでないか確認する必要がある。また、保存処理CLTのクリープ特性の把握に関しては、試験体数や試験期間が限られており、さらなるデータ収集が望ましく、また、荷重条件や載荷時期、初期含水率などの試験条件などの影響も検証する必要がある。

(5) に関しては、実験開始からまだ2か月しか経過していないが、一部の保存処理CLTと金物の組み合わせで赤錆が生じ始めている。特に亜鉛メッキのみの金物では銅イオンを含む薬剤との相性が悪い。長期間にわたって金物の防錆を期待するのであれば何らかの絶縁処理が望まれるが、最終的な結論を得るには少なくとも1年程度の時間を要する。今後も継続的な経過観察を続けることが必要である。

事 業

大規模木造建築物における木質外構部材の耐候性向上・維持管理技術の確立

実施団体

公益社団法人 日本木材保存協会
〒105-0001 東京都港区虎ノ門4丁目2番5号

事業目的

大規模木造建築物は、「公共建築物木材利用促進法」を背景に、東京オリンピック新国立競技場での大規模な木材利用や木材保存・難燃化技術の大きな進展等と相まって、更なる普及が見込まれている。

木材利用拡大の社会的要請に対しては、地域材の利用をより一層進める必要があり、特にこれまで数々の理由から利用が遅れていた外構的利用を拡大することが必須である。そのためには、地域に応じた木材利用の技術開発・普及が重要となる。外構的に使われる木質部材は、日射、風雨、腐朽菌・カビ等により、経年的に色調が大きく変化し、当初の美観が損なわれる事、すなわち耐候劣化が予想される。従来、地域材に対する耐候劣化に関しての対策は十分ではない。

そのため、本事業では耐候劣化への対策を示すことを目的とした。具体的な事業工程は、木質外構部材(大規模木造建築物における「現し」部材を含む)の経年的な耐候劣化の程度を適確に評価する劣化診断技術を開発し、それを耐候劣化の将来予測につなげ、更に将来予測結果を木材保護塗料の塗替え基準などの維持管理技術と組み合わせた統合的な技術開発を進めることである。

実施した項目

①木質外構部材の屋外環境中での耐候劣化評価技術の開発(課題1)

処理方法(無処理・塗装(含浸と造膜)処理・保存処理)の異なる木材試料を、地域性(北海道・山形・茨城・東京・広島・熊本の6か所)、方位(南面45度傾斜が基本、茨城のみ東西南北の4方位)、軒の出(茨城のみ:0~50cm)を要因として暴露試験を行った。試験体の色調は、2週~4週間毎に、各試験地間で統一したスキャナーに取り込み、アメダス気象データ(日平均気温・降水の日合計・日合計全天日射量)と共に東京電機大学に格納した。

②耐候劣化データの解析と将来予測技術の提案(課題2)

課題1で収集された気象データからの各地の暴露木材の経年的色調変化を予測し可視化できる重回帰式を提案した。色調変化の将来予測などから、耐候性向上技術や新しい維持管理技術を提案した。

③メンテナンス手引きの作成(課題3)

課題2で得られた成果を基に、新しい「メンテナンスの手引き」作成の枠組みと方向性を示した。

実施体制

①地域性を要因とした屋外暴露試験

北海道(旭川:道総研林産試験場)、東北(山形:山形県工業技術センター)、関東(茨城:森林総合研究所)、東京(東京都産業技術研究センター)、中国(広島:広島県工業技術センター)、九州(熊本:熊本県林業研究指導所)の6か所で行い、データを東京電機大学に集約した。暴露試験体は、大阪ガスケミカル(株)、越井木材工業(株)で作成した。

②耐候劣化データの解析と将来予測技術の提案

東京電機大学と森林総合研究所が共同して、色調の経年変化シミュレーションを実施し、色調変化の将来予測につなげた。

③メンテナンス手引きの作成

全参画機関と連携し、森林総合研究所が中心と成って進めた。

委員会:今村祐嗣(京都大学名誉教授)を委員長とし、全参画機関が参集して3回開催し、課題ごとのワーキングを3回開催した。

実施した内容

①屋外暴露試験体は、1無処理(辺材)、2無処理(心材)、3含浸型(心材) 淡色、4含浸型(心材) 中間色、5含浸型(心材) 濃色、6造膜型(心材) 淡色、7造膜型(心材) 中間色、8造膜型(心材) 濃色、9熱処理のみ(辺材)、10熱処理(辺材) + 含浸型中間色、11(辺材) + ACQ加圧処理(K3) + 含浸型中間色を作成(図1)。暴露試験架台2基を新規製作し、広島と熊本に設置した。暴露試験は、北海道・山形・茨城・東京・広島・熊本の6か所で行ない、スキャン画像と気象データをインターネット通じて東京電機大学にアップロードした(図2)。

②屋外暴露試験体のスキャン画像の各画素値を目的変数とし、累積日平均気温、累積降水量、累積日全天日射量を説明変数として回帰分析し回帰式を得た。回帰式から、暴露試験体の色調変化の将来予測を行った。試験体の種類・暴露地域・暴露経過年数をについて、実測画像・予測画像を一覧する画像ビューワーを作成した。

③既存の手引きを基に、本成果を導入した手引きの方向を示した。

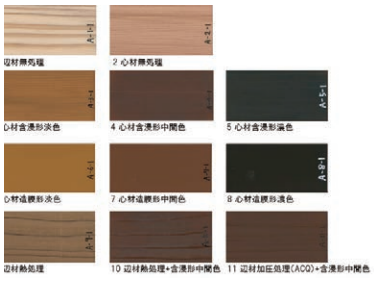


図1　作成した暴露試験体

図2　屋外暴露試験の様子(左)と試験体のスキャン画像取り込み(右)

実施した結果

①11種類の表面処理を施した木材を、全国6ヵ所で屋外暴露し、木材表面の色調変化に関するデータを統一キャリブレーションしたスキャナで取り込み、データをインターネットで1ヵ所に集約するシステムを構築した。

②暴露試験体のスキャン画像の各画素値(L*値:明度、a*値:明度 赤/緑、b*値:明度 黄/青)を目的変数とし、暴露箇所直近のアメダスデータ(累積日平均気温、累積降水量、累積日全天日射量)を説明変数として回帰分析し、地域毎の回帰式を得た(図3)。

③得られた回帰式を用いて、暴露開始後の経年による木材表面の色調変化を予測することができた(図4)。

④暴露試験体の処理方法・暴露地域・暴露経過年数をそれぞれ選択し、その実測画像、及び経年後の色調変化の予測画像を一覧することが出来る画像ビューワーを作成した(図5)。

⑤本色調変化予測システムを基本として、屋外の「現し」での木質外構材の経年変化を事前に予測し、それを維持管理計画を取り入れるメンテナンス手引きの方向性を示した。

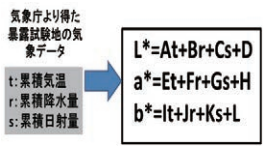


図3　予測システムの概要

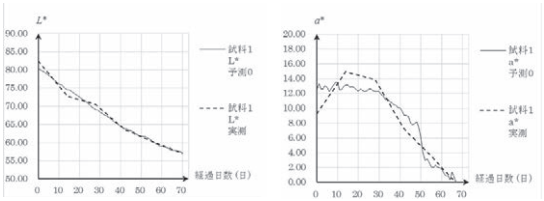


図4　回帰式によるL値(左) a*値(右)の予測値(実線)と実測値(破線)例

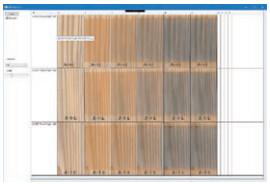


図5　開発されたスキャン画像ビューワー

今後の課題・展開等

①本事業終了時には、屋外暴露の開始から7か月が経過している。7か月間の短い暴露期間でも、無処理の試験体(辺材と心材)では、色調変化が顕著であることから、本事業ではこれらの分析・考察を主に行った。一方、7か月の暴露期間では、塗装木材の全てにおいて、色調変化は見られなかったため、分析を行うことが出来なかった。

　今後とも暴露試験体のスキャン画像を取り込みを継続し、塗装木材についても本事業に相当する成果を得ることが必須である。塗装木材の色調変化予測関する情報は、東京オリンピックで注目される大規模木造建築物にとって極めて重要な意義を持つからである。

②本事業では、6地域での屋外暴露の気象条件の違いが、木材表面の色調変化に及ぼす影響を回帰式で数値化することは出来た。しかし、その考察に踏み込むためのデータは十分では無かった。

　更にデータを補強する事で、地域的な色調変化を示すマップを作成することも可能であると考えられる。得られる色調変化マップは、地域材を木質外構施設に用いる際の重要な情報となる。

事 業

木造軸組工法による高耐力な耐力壁、高耐力な接合金物の開発

実施団体

一般社団法人　日本木造住宅産業協会

〒106-0032 東京都港区六本木1-7-27　全特六本木ビルWEST棟2F

事業目的

・木造による中大規模建築物への関心が高まっている。
・木造軸組工法による新たな市場拡大に向けて、木造住宅・木質材料関係者による中大規模木造建築物分野への参入を促進するために、技術開発等の支援が必要となる。
・昨年度までに協会独自の技術検討事業として、５階建て高齢者向け賃貸住宅や１階を店舗、事務所等とし、２階～４階を高齢者向け住宅(「サ高住」等)とした木造の４階建てや５階建ての事務所建築等の試設計を行ったところ、これら中大規模建築物の構造計画にあっては、水平力に対する耐力要素(耐力壁)として単位長さあたり40kN(壁倍率として20倍)相当、柱脚柱頭部の接合金物は200kN相当が必要であることが確認された。
・上記を踏まえ、木造軸組工法による建築物に用いる高耐力な耐力壁、高耐力な接合金物の開発を行う。

実施した項目

1)開発対象とする耐力壁の仕様の検討
学術会議資料、各種報告書等の文献および委員からの情報提供により、既往の技術についての情報収集を行ない、目標耐力を考慮して仕様を整理し、本事業で開発対象とする耐力壁の選定を行なった。あわせて、接合金物についても検討した。

2)耐力壁の面内せん断試験
上記1)により選定した耐力壁について、構成を決めて設計を行ない、面内せん断試験を実施した。

3)耐力壁の耐力の評価
上記2)の試験結果に基づき、耐力壁の許容せん断耐力を設定した。また、建物への適用における考え方を取りまとめた。

4)高耐力な接合金物の検討
上記の高耐力な耐力壁の使用に伴い、接合金物も高耐力な耐力が求められるが、目標の耐力と仕様を検討し、整理を行なった。

実施体制

・事業実施主体
一般社団法人　日本木造住宅産業協会
・検討委員会
「木造軸組工法による高耐力な耐力壁、高耐力な接合金物の開発」
検討委員会
委員長：工学院大学　河合直人　教授
委員：学識者、建築研究所、試験機関、木住協会員住宅関連企業
・コンサルタント(開発に関する課題整理、実験等の企画)
株式会社日本システム設計
・試験実施
一般財団法人ベターリビング　つくば建築試験研究センター
国立研究開発法人　建築研究所　構造複合実験棟

実施した内容

1) 開発対象とする耐力壁の仕様の検討

本事業に採用する高耐力な耐力壁として、各種面材張り耐力壁（接合具の1面せん断及び2面せん断）及びブレース型耐力壁等のなかから、構造用合板を用いた床勝ち大壁耐力壁及び枠組壁工法に用いられるMid Ply Wall System(以下「MPW」）を軸組に組み込んだ耐力壁の大きく2つの方式を選定した。

2) 耐力壁の面内せん断試験

高耐力な耐力壁について、①床勝ち合板張り大壁耐力壁、②MPWを軸組に組み込んだ耐力壁、及び③合板張り大壁＋MPWを組み込んだ複合耐力壁の3つの耐力壁について、下表に示すパラメータで面内せん断試験を実施した。

構成①：床勝ち合板張り大壁耐力壁

幅＼高さ	4.2m	3.6m	3.0m
1.5m	—	—	—
2.0m	3(+1)	1	1
2.5m	—	—	—

*表中()内数はめり込み補強なしの試験体数を示す。

構成②：MPWを軸組に組み込んだ耐力壁

幅＼高さ	4.2m	3.6m	3.0m
1.5m	1	—	—
2.0m	3(+1)<+2>	—	1
2.5m	1	—	—

表中()内数はめり込み補強なしの試験体数を示す。
*表中<>内数はMPWと軸組材に間隙を有する試験体数を示す。

構成③：合板張り大壁＋MPWを軸組に組み込んだ複合耐力壁

幅＼高さ	4.2m	3.6m	3.0m
1.5m	—	—	—
2.0m	3(+1)	—	—
2.5m	—	—	—

*表中()内数はめり込み補強なしの試験体数を示す。

3) 耐力壁の耐力の評価

面内せん断試験の結果に基づき、耐力壁の許容せん断耐力を設定した。

4) 高耐力な接合金物の検討

本事業に採用する高耐力な接合金物として、アンカータイダウンシステムを選定し、その他の方式を調査することとした。

【試験状況写真（破壊状況）】

構成①：床勝ち合板張り大壁耐力壁
高さ4.2m　幅2.0m

構成②：MPWを軸組に組み込んだ耐力壁
高さ4.2m　幅2.0m

構成③：合板張り大壁
＋MPWを軸組に組み込んだ耐力壁
高さ4.2m　幅2.0m

実施した結果

面内せん断試験を実施し、各仕様で下記の試験結果が得られた。

①床勝ち合板張り大壁耐力壁

・床面材として一般的に入手が容易な24mm構造用合板、及び国産の木材資源の多くを占めるスギを同一等級構成集成材とした柱の構成とすることによって、比較的容易に材料が入手可能で構築も簡便な耐力壁として、告示に規定する耐力壁の3～4倍程度の耐力を有することが確認できた。
・間仕切壁に配置することを考慮して床勝ち仕様としたが、既往の同様の実験結果との大きな差異は見られず、柱の樹種をより基準強度の高い樹種を選定すること等によって、より高耐力とできる可能性があることが確認できた。

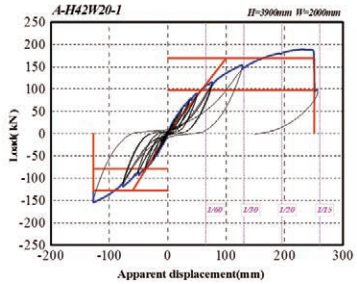
②MPWを軸組に組み込んだ耐力壁

・枠組壁工法に用いられる耐力壁をそのまま軸組に組み込んだ耐力壁の耐力が、枠組壁工法に用いる場合と同程度の耐力を有することが確認できた。
・想定する階高が高いことに対応した試験体の面材端部の縦枠（柱に接合しない場合）が早期に座屈しているが、その座屈耐力は既往の知見と同様に、平成13年国土交通省告示1024号によって求めた耐力を大きく上回り、より実況に近い計算条件を想定することができた。面材端部の縦枠の座屈は、当該部分の座屈耐力を上げることにより抑制できるため、その場合には標準試験体と同様の挙動を示すと考えられる。

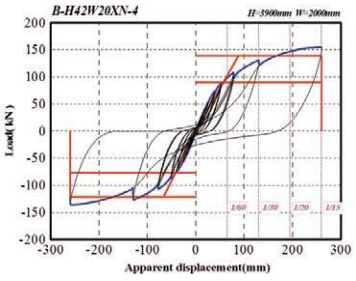
③合板張り大壁＋MPWを組み込んだ複合耐力壁
・②の耐力を上回ること結果を得たことから、2つの仕様における耐力の単純な加算は成立しないものの、今後の詳細な検討によって、より高耐力な　耐力壁を開発できる可能性が確認できた。

これらの性能を持つ耐力壁について、試験に基づく性能データ及び建物への適用における考え方をとりまとめ、設計者に向けて開示することとした。

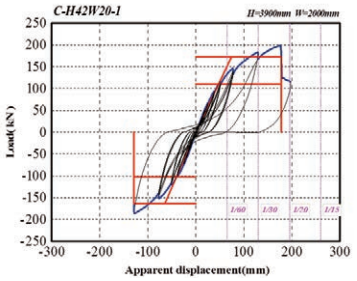
荷重－変位曲線（見掛けの変形）】



構成①：床勝ち合板張り大壁耐力壁
高さ4.2m　幅2.0m



構成②：MPWを軸組に組み込んだ耐力壁
高さ4.2m　幅2.0m



構成③：合板張り大壁＋MPWを軸組に組み込んだ耐力壁
高さ4.2m　幅2.0m

【せん断耐力表】

構成	耐力（kN/m）
①(合板張り床勝ち大壁)	31.4
②(MPW 組込み)	24.2
③(①＋②複合)	28.5

今後の課題・展開等

各仕様の耐力壁について、下記の課題、改善すべき点が考察されるとともに、今後の可能性が確認できた。

①床勝ち合板張り大壁耐力壁
柱をより基準強度の高い樹種に限定すること等によって、より高耐力とできる可能性がある。

②MPWを軸組に組み込んだ耐力壁
想定する階高が高いことに対応した試験体の試験では面材端部の縦枠の座屈が見られたので、当該部分の座屈耐力を上げることにより抑制し、その場合標準試験体と同様の挙動を示すことが期待される。
より高耐力の耐力壁とするために、軸組及び枠組に生じるより大きな力に対応した上で、面材の性能を使い切る方向での仕様について今後の実験的開発が望まれる。

③合板張り大壁＋MPWを組み込んだ複合耐力壁
この組み合わせにより、より高耐力の耐力壁を開発できる可能性が確認できたので、今後詳細な検討を行うことで仕様と耐力の関係を導出するとともに、より高い性能を狙いたい。

2017年度以降、これらの試験結果及び考察に基づき更に高耐力な耐力壁を確立し、設計例や金物についての提案を含めたマニュアルとして整備することで、設計者が木造軸組工法による中大規模建築物の設計に取り組み易くするための一助としたい。

事 業

スギラミネートログ材の材料認定・仕様区分と大径材蓄熱特性（床、壁等マッシブ・ホルツとしてのシミュレーション）について

実施団体

一般社団法人 日本ログハウス協会
〒107-0052 東京都港区赤坂2-2-19 アドレスビル1階

事業目的

スギ、ヒノキ等国産材ログハウスは、無垢材ログ部材が生産・加工され、ラミネートログ部材に関わる生産工場は未だなく、かつJAS、AQ等品質性能の規格化は取り組まれてこなかった。

これまでの調査研究により2層継手なし条件下（無欠点材）においてのみ認定取得可能となる。継手有りを含めた条件下（欠点材）では2～3層ラミネートログ曲げ試験多数のデータ蓄積図られつつあるが、データのバラツキ極めて強く、ラミネートログ部材の強度特性活かしたものにならない。

従前の曲げ試験等を調査整理・分析するとともに、径級、節、年輪等欠点を注視した必要な曲げ試験等を行い、梁桁等一定の強度性能を担保したもの、ログ積層材用途で活用させるものの仕様を明らかにする。

併せて、2020年住宅省エネ基準をクリアーする一つとしてログ部材の大径化が想定される。

大径材ラミネートログ材の蓄熱性能、床、縦壁（パネルログ壁）天井へ多用などシミュレーション手法を活用した多種な省エネモデル明らかにする。

加えて温熱実験棟（3～4ｍ　1棟）を設置して、蓄熱性能を測定・把握して、シミュレーション手法に反映させることとする。

実施した項目

○ラミナートログ部材の既往実験の蓄積とその分析等について

平成25年度以降の技術開発成果・データの分析等

○ヒノキラミナ部材に関わる曲げデータの蓄積について

・熊本県林業研究指導所における試験体曲げ試験の実施等について

ヒノキはデータが不足、また特有油脂により接着性能劣るとの知見有り。

製材、挽板加工　→　株式会社佐藤林業

接着加工　→　株式会社工芸社・ハヤタ

①ヒノキ挽板　曲げヤング係数測定試験

集成材より厚板い場合の打撃法と加力法の相関関係の定量的な評価

当協会が提供した試験体（60×155×3200mm）120本について縦振動法により曲げヤング係数測定試験を実施した。

②上記試験体により選別製作した、ヒノキラミネートログ試験体（113 ×150× 3200mm）30本について実大曲げ試験を実施した。

③スギラミネートログ重ね梁及びスギ柱材重ね梁の曲げ試験を行った。

ラミネートログを構造ビス等により束ねた重ね梁の需要に対処する。

○足利工業大学キャンパスに設置した大径材温熱実験棟測定データを活用したシミュレーションモデル検討について

実験棟の設計・監理　→㈱綜建築研究所

実験棟部材の加工、組み立て→　有限会社　八潮及び株式会社芳賀沼製作

実験棟の管理・指導　→足利工業大学　准教授齋藤宏昭

シミュレーションの実施　→LEAD Labo 武政　孝治

①足利工業大学キャンパスに設置したログハウス温熱実験棟を活用して、　温熱測定（冬期）を行いラミネートログ材の蓄熱性能を把握した。かつシミュレーションモデルに活用として、大径材ログハウスの性能を明らかにした。

②ラミネートログの径は124mmとした。なお引き続き夏期期間のデータ把握を行い、モデル検討に活用する。

実施体制

○ラミネートログ検討委員会(委員長東京都市大学教授大橋好光先生)
○ヒノキラミネートログ曲げ試験関連
熊本県林業研究指導所での曲げ試験等の実施
・事業実施主体
一般社団法人日本ログハウス協会(研究員花井、髙岡を含む)
・試験体の製作
㈱佐藤林業　及び接着・㈱工芸社・ハヤタ

・ヒノキラミネートログの曲げ試験の実施　その試験分析
熊本県林業研究指導所　林産加工部
一般社団法人日本ログハウス協会
・グレーディング法の検証
熊本県林業研究指導所　林産加工部
一般社団法人日本ログハウス協会
・スギ重ね梁曲げ試験の実施　その試験分析
熊本県林業研究指導所　林産加工部
一般社団法人日本ログハウス協会

○スギ大径材を活用したログハウスの蓄熱性能の調査研究について
・実験棟の設計・監理→㈱綜建築研究所及び一般社団法人日本ログハウス協会ほか　実験棟の仕様の決定した
・実験棟部材の加工、組み立て→ 有限会社 八潮及び株式会社芳賀沼製作
・実験棟の管理・測定指導→ 足利工業大学 准教授齋藤宏昭先生
一般財団法人 建材試験センター
一般社団法人 日本ログハウス協会
・現地シミュレーションの実施→ LEAD Labo 武政　孝治先生
・シミュレーションモデルの連絡調整→㈱綜建築研究所

実施した内容

○曲げ試験蓄積データの分析を通じて、
・接着合わせ材が、構成する挽板の等級相当の曲げ耐力が出ない原因
・継手の影響　　等について検討進める。
○ヒノキラミネートログの曲げ試験
曲げ強度、曲げ剛性、破壊性状(接着性能)を確認する。製材時には、同一原木からラミネートログの挽板と製材を製作し、其々実験することで元の挽板の性能を確認する。接着性能は、プレーナ後から接着までの時間を3週間以上経過後と管理することで確認する。
○グレーディング法の検証
上記試験体製作において、打撃法、加力法を実施する。
○スギラミネートログによる重ね梁の実大実験
構造性能を確認し、クリープ性能と併せて実設計に使用できる仕様検討する。
○温熱実験棟の大径材使用による温熱環境のデータを把握して、温熱シミュレーションに活用して、省エネ型ログハウスのモデルを明らかにする。
ログハウス2020年目標とした大径材活用した省エネ型ログハウスの提案を進める。

実験棟　センサー配置図

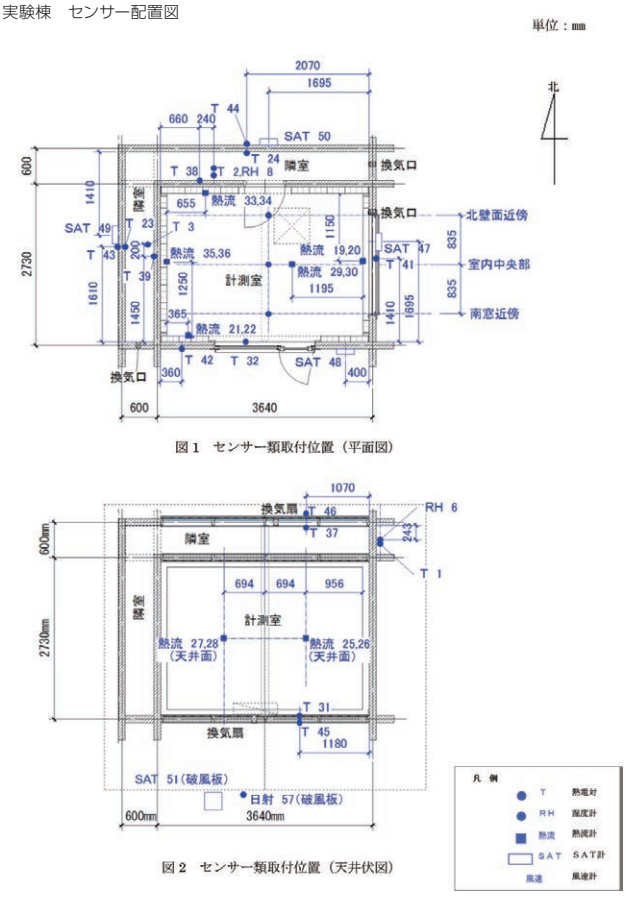


図1　センサー類取付位置（平面図）

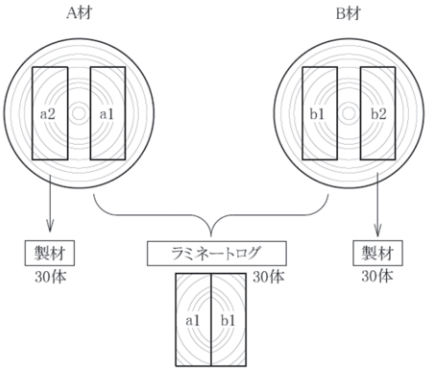
図2　センサー類取付位置（天井伏図）

実施した結果

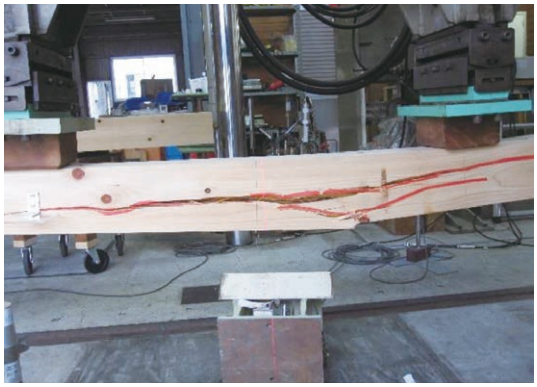
○ヒノキラミネートログ部材の曲げ強度試験によるデータを算出した。
　ヒノキラミネートログの曲げ強さの実験値は、構成する挽板の設計基準値(JAS製材の告示値)の0.55～0.70程度と下回った。その理由として、次の点が考えられる
①平均値が低く これは同一原木からの製材の曲げ強さの実験値が設計基準値より低かったことから、挽板自体の性能が確保できていないことによる。
②バラツキについて、スギラミネートログが 0.6～ 0.7に対して、ヒノキラミネートログは約0.6と大きく、破壊性状に起因する節が影響していると分析される。

○打撃法による縦振動ヤング係数は、加力法による曲げヤング係数とは、一
　次の関係にあり、縦振動ヤング係数の方が、曲げヤング係数より高い傾向にあるが、相関係数は約0.8と高い相関関係を示した。

○省エネ実験棟の測定結果と蓄熱性能データ
省エネ性能について、冬期調査、夏期調査と引き続いて測定進める。



木取り　概念図


破壊写真　(引張側の節からの破壊)

今後の課題・展開等

・曲げ強さについて、ラミネートログ材は構成する製材の設計基準値(JAS製材の告示値)を大きく下回ったため、製材としての性能を検証する必要がある。
・品質管理や適用条件に応じて、数種類の設計用基準値を設けるなどの対応考えられる。
・併せて軸材として注視されている重ね材やラミネートログ部材に関わる国交大臣37条認定の活用と併せてJAS規格化することについて、技術開発検討、条文整理・制作手続き等　いわゆる民間提案JAS方式での規格整備に繋げていくこととが重要となっている。
・関係者の協力を得て、重ね材・ラミネートログJAS検討委員会を設置して検討を進めることとしている。

・併せて、足利工業大学　校内に設置した温熱実験棟(スギ等大径材)の冬期、夏期の一連測定データを活用したシミュレーションを進め、寒冷地域でのモデルを示すことになる。なお、3月以降については当協会技術開発として対応・運用していくことになる。
・その検討結果は2020年の省エネ型ログハウスの具体的な提案に繋げることになる。

事 業

北海道産針葉樹材を活用した新規木質部材開発

実施団体

株式会社ハルキ

〒049-2306 北海道茅部郡森町字姫川11番13

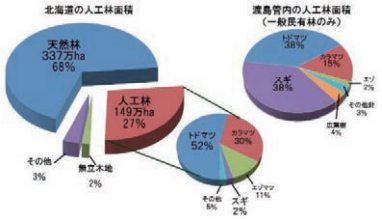
事業目的

■はじめに

農林水産省が打ち出した「森林・林業再生プラン」において木材自給率を今後10年で現在の24％から50％まで引き上げる目標を掲げたことや、「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」（平成22年法律第36号）が成立したことにより地域材への機運が高まっています。しかし、公共建築物である病院では、ニーズはあるもののウィルスや細菌、アルコール消毒に対する木材への影響が明らかになっていない、前例がないなどの理由により病院の木造化・木質化が遅れています。本プロジェクトでは前例のない「病院に活用可能な製品であること」をコンセプトにした木質部材工法の開発・試作・実証を行いました。

■北海道内人工資源の現状

北海道の森林面積は約554万ヘクタールあり、そのうち天然林が337万ヘクタールで、人工林は149万ヘクタールです。天然林については現状生育期にあり、ほとんど伐採はしていません。戦後から植林されている人工林は伐採時期を迎えています。北海道における人工林の内訳はトドマツが一番多く52％、次にカラマツ30％、エゾマツ11％、道南スギ2％です。当社がある渡島管内（一般民有林のみ）に限ってはトドマツ38％、道南スギ38％と同じ割合で、次いでカラマツ15％、エゾマツ2％となっています。

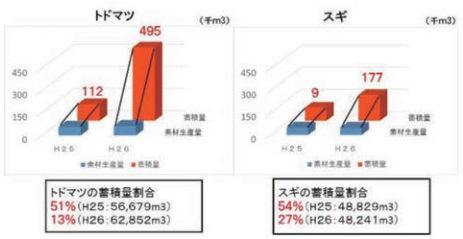


北海道内の人工林資源
（平成26年度北海道林業統計より）

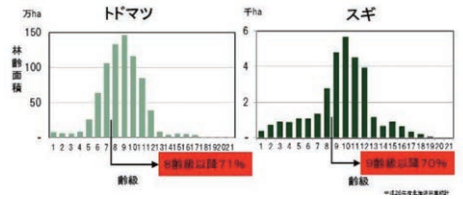
■渡島管内の森林蓄積量と素材生産量の比較

渡島管内におけるトドマツ・道南スギの成長量は平成26年でトドマツ495千立方メートル、道南スギ117千立方メートルです。生産量についてはトドマツで成長量の約13％の62千立方メートルで、道南スギは27％の48千立方メートルです。このとおり、毎年蓄積量は増え続けています。

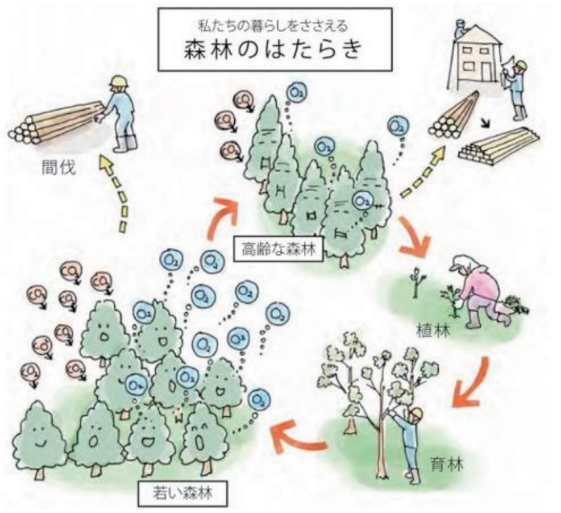
次に齢級別面積ですが、1齢級で5年を表しています。トドマツで8齢級（40年生）以上が71％、道南スギで9齢級（45年生）以上が70％を締めています。このトドマツ・道南スギは伐期が50年とされています。それ以上放置すると、木の中が腐ったりして材の質が低下するほか、二酸化炭素の吸収量が悪くなります。トドマツが10年後、道南スギが5年度に伐期を迎えます。しかし、現状の生産量だと、適齢期を超えた材が増えてしまうことになります。



渡島管内の森林蓄積量と素材生産量（平成26年度北海道林業統計より



渡島管内の齢級別面積（平成26年度北海道林業統計より）



「木を使うことは、悪いこと？良いこと？」（北海道木材利用推進協議会より）

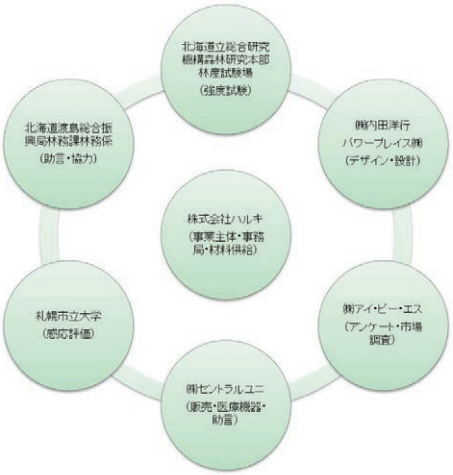
■病院木質化プロジェクトの立上げ

前項で述べたとおり、伐期を迎えた材を有効に利用するために利用増・生産増はかかせませんが、人口減少が続いているため、住宅市場の需要増は望めないことから、新たな需要拡大を目指し、新規分野である病院分野に着目しプロジェクトを立ち上げ北海道産針葉樹材を活用した新規木質部材の開発を開始しました。

実施した項目

①検討会	④ウィルス試験	⑦感応評価・ニーズ調査
②先進地視察	⑤試験体設計・加工	⑧成果発表会
③パンフレット作成	⑥実証試験	⑨報告書作成

実施体制



実施した内容

検討会

6月24日に第一回検討会を開催し、昨年の取組みと今年度取組む内容について話し合いを行いました。

実証試験

道内の病院へ実証試験に協力できなかアンケート調査を行いました。その結果２つの病院（函館中央病院・市立稚内病院）から興味ありと連絡があり、その２つの病院へ出向き、事業内容や実証ユニットの説明を行いました。

ウィルス試験・感応評価試験

ウィルス試験を行うため、林産試験場と受託研究契約を交わし、また、感応評価感応評価試験を行うため、札幌市立大学と受託研究契約を交わし、実験を行いました。

先進地視察

10月５日から８日、熊本・福岡・栃木へ木質化された施設等の視察へ行きました。

展示会出展

11月30日、SCU産学官研究交流会にて病院木質化についての説明及びパネル展示を行いました。

実証試験

12月28日に函館中央病院の内科病棟の１室へ試験体ユニットを設置し実証試験を開始しました。

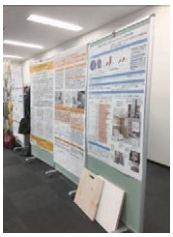
成果発表会

1月28日に札幌市立大学の大講堂にて成果発表会を行い、研究成果を発表しました。

6月24日検討会

10月5日～8日先進地視察

11月30日、SCU産学官研究交流会



実施した結果

展示会出展

11月30日、SCU産学官研究交流会では約90名の来場者があり、事業内容をPRができました。

ウッドデザイン優秀賞（林野庁長官賞）受賞

今回の事業で取り組んでいる病院木質化事業が、12月8日の東京ビックサイトで行われたウッドデザイン賞の授賞式にて優秀賞（林野庁長官賞）を受賞しました。

実証試験

12月28日に函館中央病院の内科病棟の1室へ試験体ユニットを設置し実証試験を開始しました。

成果発表会

1月28日に札幌市立大学にて成果発表会を行い、約100名の参加があり事業内容をPRができました。

ウィルス試験・感応評価試験・実証試験のアンケートなどの調査は2月に結果が出る予定です。

ウッドデザイン賞優秀賞（林野庁長官賞）

函館中央病院の病室に試験導入

病院木質化プロジェクト
成果発表会
2017年1月28日(土)
14:00～16:30(受付13:30～)
プログラム
ごあいさつ　株式会社ハルキ
●基調講演
「障害児支援施設に木のぬくもりを～
木質空間を活用したNEXTEPの活動について」
講師／島津智之 氏
●病院木質化プロジェクト成果発表会
ファシリテーター／松浦和代 氏
三橋静代 氏
若杉浩一 氏
八田裕二 氏
佐藤　司 氏
川等恒治 氏
鈴木正樹 氏
会場／札幌市立大学桑園キャンパス　大学院棟１階大講義室
トドマツ、道産スギなど北海道産針葉樹材を活用した、
病院内装用ユニット部材
「WOOD INFILL病室ユニット」とは
WOOD INFILL
病室ユニット
参加申込み書（株)ハルキ　FAX.01374-2-2397
●必要事項をご記入の上、FAX(メール、電話、郵送も可)でお申込みください　●定員200名(先着順)
お名前
所　属
ご住所　〒
電話
FAX
E-mail

ウッドデザイン賞2016 優秀賞～林野庁長官賞 受賞を記念して
病院木質化プロジェクト成果発表会を開催します。
日時/2017年1月28日(土)14:00～16:30(受付13:30～)　場所/札幌市立大学桑園キャンパス 大学院棟１階大講義室
主催/株式会社ハルキ
詳細、参加申込方法はチラシ、HPをご参照ください
プログラム　参加費／無料（参加いただいたみなさまに、道産スギの記念ピンバッチプレゼント）
●ごあいさつ/主催　株式会社ハルキ
●基調講演
「障害児支援施設に木のぬくもりを
～木質空間を活用したNEXTEPの活動について」
島津智之 氏
●病院木質化プロジェクト成果発表会
ファシリテーター
松浦和代 氏
パネリスト
三橋静代 氏
若杉浩一 氏
八田裕二 氏
佐藤　司 氏
川等恒治 氏
鈴木正樹
http://www.mori-haruki.co.jp/

今後の課題・展開等

今後は製品化を目指し、コスト試算・生産体制の確立を行っていきたい。また、産婦人科や精神科、外科など別バージョンのユニットを開発するだけでなく、病室以外の診療室やＩＣＵ、パブリックスペースへの展開も検討して行きたいです。

事 業

多層構成による道産カラマツCLTの長期性能評価

実施団体

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 林産試験場

〒071-0198 北海道旭川市西神楽1線10号

事業目的

◆CLT(クロス・ラミネイティド・ティンバー)は中高層建築物の木造化を可能にする新しい木質材料・木造工法として期待されており、国内でも実用化が急速に進められている。平成28年4月には構造設計法と材料強度の告示が制定され、工法としてオープン化されたが、現状では材料性能データ収集が先行しているスギがベースになっており、一部の強度等級・断面種類に限定されている。

◆カラマツではスギよりも高い強度等級のCLTを製造可能であり、床組や屋根組のように高い面外曲げ性能が求められる部位には多層構成のカラマツCLTが有用であるが、材料強度が追加されるためには、短期強度データのみならず長期強度性能のデータ整備が不可欠である。

実施した項目

①多層カラマツCLTの試験体製作と長期荷重の設定
②多層カラマツCLTのクリープ破壊試験と解析
③多層カラマツCLTのクリープ変形試験と解析

実施体制

・事業実施主体・性能評価:北海道立総合研究機構　林産試験場
・試験体製作:(協)オホーツクウッドピア、物林(株)、銘建工業(株)

実施した内容

①多層カラマツCLTの試験体製作と長期荷重の設定

◆カラマツCLT試験体(Mx120・7層7プライ・厚さ210mm×幅300mm×長さ4830mm)の試作、恒温恒湿室(温度20度相対湿度65%)において長期荷重装置12台の設置、変位測定システムの構築などを行った。

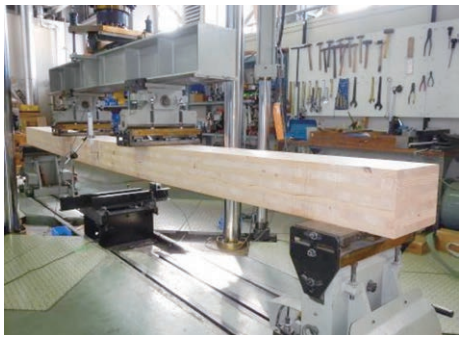
◆マッチング試験体11体を対象に短期破壊試験(3等分点2点荷重方式・試験スパン4410mm＝厚さの21倍)を行い、長期荷重を設定した。

②多層カラマツCLTのクリープ破壊試験と解析

◆荷重レベルは平均破壊荷重に対して90%・80%・70%の3段階とし、各レベル11体ずつ長期荷重試験を実施し、破壊までの荷重継続時間を測定した。

③多層カラマツCLTのクリープ変形試験と解析

◆荷重レベルは平均破壊荷重に対して37% (=1.1/3)とし、9体の長期クリープ試験を実施し、全スパンのたわみを計測した。



短期破壊試験

長期荷重試験

実施した結果

①多層カラマツCLTの試験体製作と長期荷重の設定

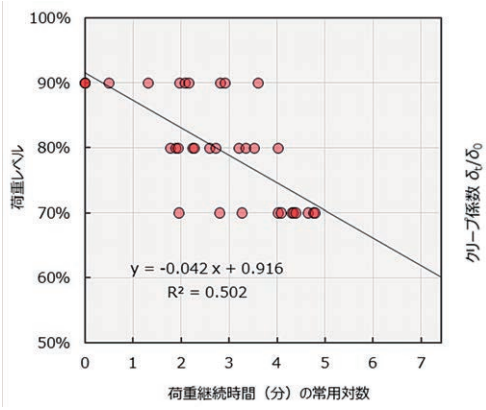
◆マッチング試験体11体の平均破壊荷重76.4kN(平均曲げ強さ25.0N/mm2、平均曲げヤング係数8.5kN/mm2)をベースとして、クリープ破壊荷重およびクリープ変形荷重を設定した。

②多層カラマツCLTのクリープ破壊試験と解析

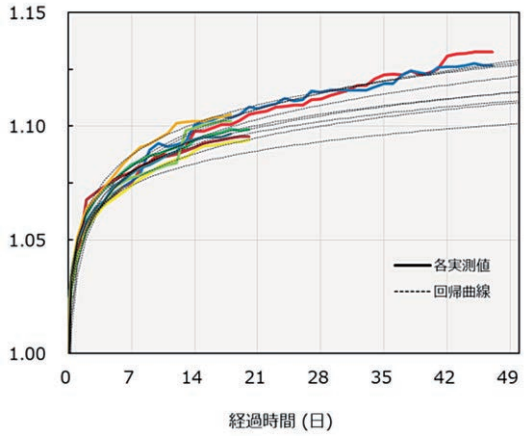
◆荷重レベル3段階各11体のクリープ破壊試験結果から、５０年後の荷重継続時間(ＤＯＬ)の調整係数を導出した。５０年後のＤＯＬ係数は60％と算出され、これまでのカラマツ5層5プライの結果と同程度の値となるものと推察された。カラマツCLTの長期強度設計法を検討する上で十分なデータが得られた。

③多層カラマツCLTのクリープ変形試験と解析

◆実施中のクリープ変形試験９体のうち、現時点で載荷期間が５週間を超えた試験体２体について解析を行った。全たわみのクリープ係数δｔ/δ0(初期たわみδ0に対する荷重継続後のクリープたわみδｔの比)から５０年後のクリープ係数を導出した結果、現時点では1.28および1.29と算出され、現行設計値(2.0)より小さくなる可能性が示された。



荷重レベルと荷重継続時間の常用対数の関係



クリープ係数の実測値と回帰曲線

今後の課題・展開等

◆強度等級Mx120で7層7プライのカラマツCLTの長期曲げ性能が明らかとなり、別途実施している短期強度試験結果とともに長期許容応力度の設定方法を検討し、カラマツCLTの材料強度追加に向けて関係省庁へ働きかけを行う予定である。

◆スギよりも高い強度等級のカラマツCLTの材料強度と長期設計値が追加されれば、高い剛性を要する屋根版や床版パネルとしての利用可能性が高まり、国産CLTの普及促進につながるものと期待される。

事 業

地域の文化や気候風土に調和した「健康・省エネ型リーズナブル（性能と価格に納得）な小規模住宅」の設計及び施工法の開発

実施団体

（一社）宮城県建築士事務所協会
〒980-0011 宮城県仙台市青葉区上杉2-2-40

事業目的

・東日本大震災における被災者からの住宅再建相談を行っているうち、「将来、増築を視野に入れているが、小さくても自立再建で家を建てたい」、「子育てが終わり、新たに二人暮らしを始めたい」、「小さくても親子2世帯で住みたい」などの相談が増えていることがわかった。

・加齢に伴い、多くの機能が低下して発症する神経疾患、呼吸器疾患、血管系疾患などは、生活の質とともに住環境の質が大きく影響するといわれており、予後の穏やかな暮らしを維持する為には、健康を加味した住宅の開発が課題となっている。

上記を踏まえ、健康・省エネに寄与し、よりリーズナブルな小規模住宅の設計法と施工法の開発を行った。

実施した項目

①健康・省エネ型リーズナブル小規模住宅の設計法の開発及びマニュアルの製作
⇒木材協同組合、仙台木材市場等との検討会議を開催し、意見交換を行いながら、組織内の企画委員により、設計・施工法の開発及びマニュアルの執筆を行った。

②木材供給体制の構築
⇒宮城県木材協同組合との協力で、宮城県内の木材流通事情の把握と資材供給体制の構築を行った。

③健康・省エネ型リーズナブル小規模住宅の説明会及び住宅フェアでの普及活動
⇒住宅フェアでの普及活動及び製作したマニュアルを元に建築関係者向けの説明会を開催し、普及に努める。

実施体制

・事業実施主体
一般社団法人宮城県建築士事務所協会

①健康・省エネ型リーズナブル小規模住宅の設計法の開発及びマニュアルの製作
一般社団法人宮城県建築士事務所協会　住宅部会

②木材供給体制の構築
宮城県木材協同組合

③普及活動
一般社団法人宮城県建築士事務所協会　事務局
一般社団法人宮城県建築士事務所協会　住宅部会
宮城県地域型復興住宅推進協議会

実施した内容

①「健康・省エネ型リーズナブル住宅の設計法」
環境計画
a.人に優しい住宅
温度差の少ない室内環境、自然素材である地域材を多用、段差の少ないバリアフリー対応
b.地域環境に対応した省エネ住宅
外皮性能基準UA値0.75を上回る性能で、住宅設備機器においても一次エネルギー消費量基準はBEI≦

1.0(エネルギー消費性能基準)とする。

コスト低減の手法検討

a.モジュールの見直しと使用材料の単純化

施工部位ごとにモジュールの見直しを行い、必要最小限の寸法を選択。また部材は市場に流通しているものを選び、コスト低減を図る。

b.全体的作業工数の削減

構造躯体、断熱、仕上げの各種工事をユニット化しコスト低減を図る。

c.工期短縮

工事金額は工期に比例していると考えられることから、工種を少なくすることで作業量の削減を図り、工期を短縮できれば、低コスト化に結びつく。

d.小屋裏の利用

生活空間での収納スペース確保は、建物を大きくし、建設コストの上昇に繋がるため、小屋裏を利用した収納スペースを提案するとともに、自然風の流れを作り、パッシブ的に「省エネ化」を図る。

「床・壁・天井一体化構造」の開発

a.1階床構造

1階床組は従来の工法で土台及び大引きを組み、断熱材を入れる。

b.軸組構造

軸組は在来工法と同様に柱を建込み、外周部の壁は構造用合板と事前に工場で加工した間柱・断熱材・防湿フィルムを入れ、釘止めする。軒桁は同一寸法の材料を使用するため、壁ユニットは耐力壁一般部、開口上部、開口下部等数種類のパネル構成となる。

c.1階小屋組み及び小屋裏床組

1階の天井仕上げ・断熱材・床合板を事前に加工し、搬入したものを梁間に落し込み釘止めする。床合板は24mmを使用し火打ち梁の施工は省略する。

d.界壁及び間仕切り壁

界壁はその基準が告示で定められている為在来工法による施工とする。その他の間仕切りは、リフォーム等の可能性を考慮し、床から天井間に施工する厚板落し込み工法を採用し、仕上げとする。

e.内壁仕上げ

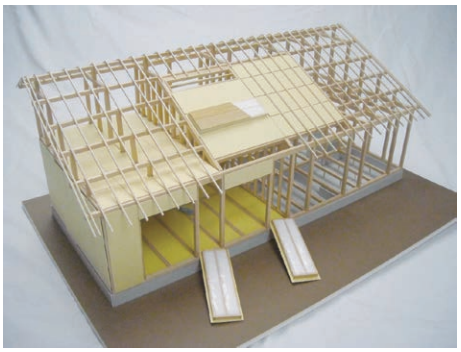
法22条地域において、延焼ラインにかかる外壁にサイディングを使用した場合、防火性能を担保する必要性から、内部被覆として石膏ボードの施工を行う。今回は石膏ボード下地の上に地域産ムク材の羽目板張り仕上げを採用した。

d.外部仕上げ

屋根材は後から太陽光発電パネルを設置しやすいよう、取り付けの際、損傷が少ない金属板葺を採用している。外壁材は地域の法的制約等を考慮し、窯業系サイディングを採用している。

外観模型(北東)

外観模型(内部)

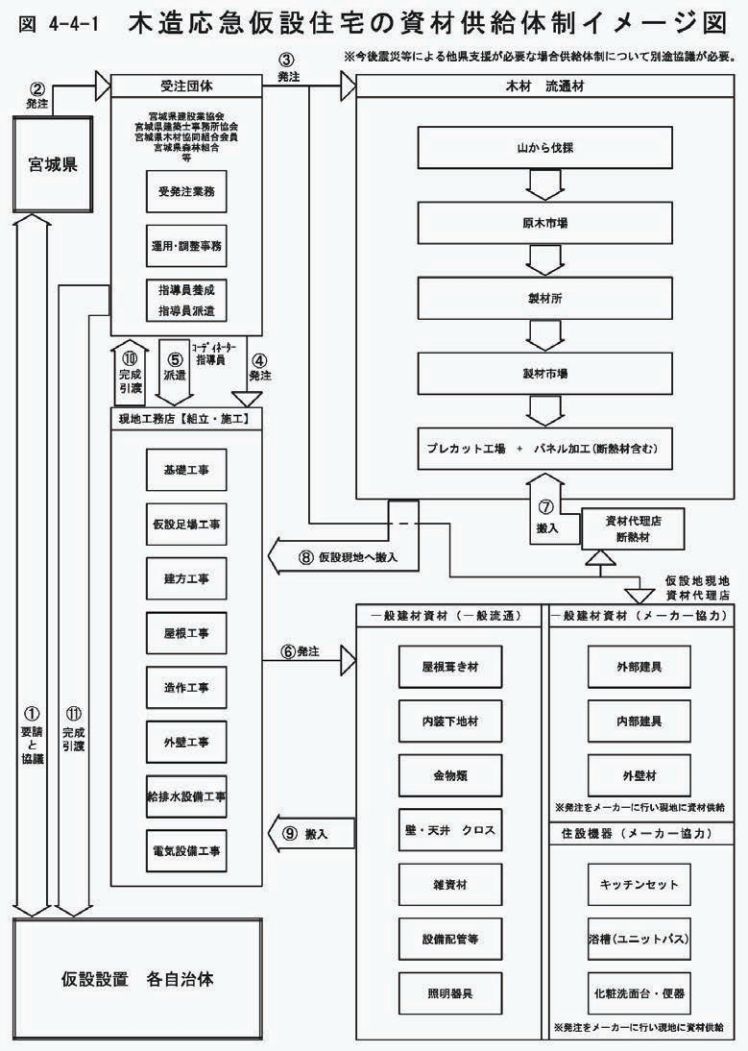


軸組模型(全体)

軸組模型(パネル構成:天井・落し込み壁)

②木材供給体制の構築

県内木材関係業者との連携を図り、緊急時に対応できるよう資材供給からプレカット加工まで一体となった木材供給体制の構築を行った。



木材供給体制の構築

③普及活動

住宅フェアにて健康省エネ型リーズナブル住宅の軸組模型・展示模型の設置やパンフレット等を配布して、普及広報を行った。また、別途建築関係者向けに説明会を開催した。

住宅フェアの様子①

住宅フェアの様子②

実施した結果

1月21日、22日に開催された住宅フェアは、約16，000人の来場者があり、住宅模型の展示やパンフレット2,000部を配布し、健康・省エネ型リーズナブル住宅の普及広報を行った。
1月27日に開催した建築関係者・木材事業者向けの講習会では、51名の参加者が集まり、「床・壁・天井一体化構造」の紹介を行った。
作製したマニュアルとリーフレット各1，000部は地域住宅生産者グループ（78グループ）及び県、市町村に配布した。
施工実例の紹介は仙台港近辺の建築現場を借用して行った。参加者は11名であった。

今後の課題・展開等

開発した「床・壁・天井一体化構造」の工法は、製材所などの木材事業者に付加価値を生み、工期短縮化は、住宅のリーズナブル化を実現した。これによって、高齢者夫妻や高齢単身世帯、増築等のニーズに応えられることができ、さらには木造応急仮設住宅にも即応できる。木造の応急仮設住宅については、本マニュアルに基づいた、木材事業者等の非常時における木材供給体制の連携強化、建築体制の連携強化を図るとともに宮城県との協定の締結を予定している。
今後は、これと併用して、CLTの活用が考えられるが、現基準法上面材利用に制限があることから、面材利用の為の技術開発が求められる。
木材供給体制においては、何時起こるかわからない大規模災害に備え、定期的に情報交換を行い、連携体制を維持していく必要がある。

事 業

地域産材利用促進の為、拡張樹脂アンカー工法の設計施工技術の確立

実施団体

〈代表者〉木構造システム株式会社
〒877-1371 大分県日田市東有田1178-13

事業目的

拡張樹脂アンカー工法とは、エポキシ樹脂とボルトを用いて木材に節付きアンカーを成す接合部技術である。この工法により、様々な樹種の製材および集成材にて、従来のGIR工法よりも定着長を短くしつつ、安定して高耐力の接合部を自由な形状かつ安価に構成できるようになる。また、この工法は設計および施工に際して特別な技術、機材を必要とせず、大工の手加工でも可能な工法である。
これにより、大規模木造や複雑な形状の木造を安全に適正な価格で建築可能となれば、地域産材利用の普及に貢献できる。

しかし、新工法である為、確認申請時の煩雑さや、設計方法および施工方法の周知の問題がある。

・上記の問題を改善する為に『公的機関による評価資料』『設計マニュアル』『施工マニュアル』の整備を行う。

実施した項目

1.接合部試験
⇒拡張樹脂アンカーを用いた接合部の引張・せん断についての強度試験を行った。
2.耐力壁試験
⇒拡張樹脂アンカーを用いた耐力壁の試験を行った。
3.性能評価書の取得
⇒建材試験センターより接合部および耐力壁の『品質性能試験報告書』を取得した。
4.評定申請
⇒日本建築センターに『評定書』の申請を行った。
5.設計マニュアル
⇒設計マニュアルを作成した。
6.施工マニュアル
⇒施工マニュアルを作成した。

実施体制

・事業実施主体(企画、開発、設計、製作、連絡および取りまとめ)
木構造システム株式会社

・接合部および耐力壁試験
大分県農林水産研究指導センター林業研究部
宮崎県木材利用技術センター工法開発部
建材試験センター西日本試験所

・評定申請
有限会社 江尻建築構造設計事務所

・アドバイザー
大橋好光 教授

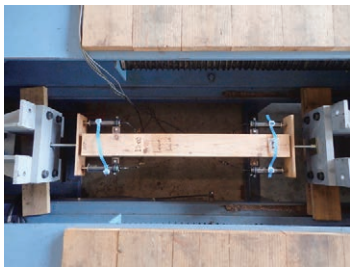
実施した内容

1. 接合部試験

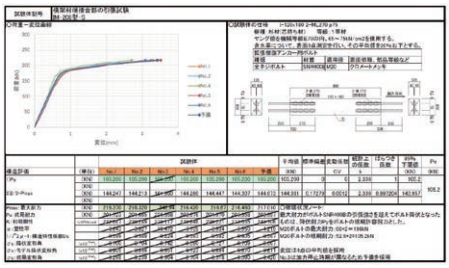
M16・M20・M22のボルトを用いた接合部パターンに応じて、引張3種、せん断2種に分けて接合部試験を行った。母材は杉製材を主として、一部ベイマツ+杉の異等級集成材を用いた。

主目的として、ボルトが木材より先行降伏する挿入長の確認である。規定の挿入長による端空き、縁空き、間隔、繊維と挿入方向の角度を確認した。

その他に、最小挿入長による一般的な引張力・せん断力の試験を行い、接合部としての性能評価を行った。



I型引張試験(宮崎にて)



接合部の評価(例:M20のボルト、2本並列、繊維方向引張)

M16 ボルト破断 挿入長150mm
にて確認!

2. 耐力壁試験

木造用の耐力壁の開発を行った。現在、壁倍率換算で10倍を超えるような高耐力の耐力壁は複数実現されている。今回は高靭性の耐力壁を目指した。

様々は筋交い接合端部で予備試験を行い、性状を把握した後、本試験では『靭性型木筋交い』と『鉄筋ブレース』の2種類にまとめた。『靭性型木筋交い』は圧縮筋交いモデル、『鉄筋ブレース』は引張筋交いモデルとした。

最終的に建材試験センターより、この2タイプの性能評価を受けた。

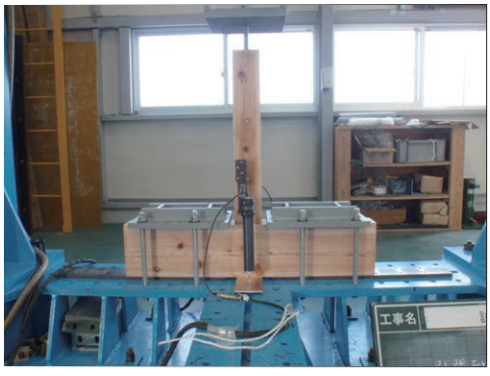
靭性型筋交い試験

建材試験センターによる面内せん断試
験報告書

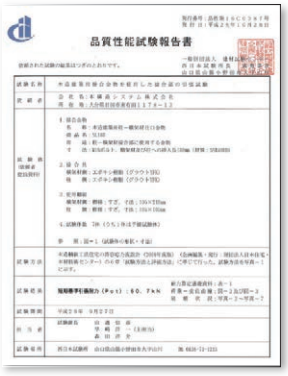
3.性能評価書の取得

拡張樹脂アンカーを簡単に用いられるよう、一般的なホールダウン金物等と同様に建材試験センターより『品質性能試験証明書』を受けた。

M16、M20の2種類の径を柱頭柱脚および梁の接合部に用いられるようにした。



建材試験センターにて、接合部試験



M16、挿入180mmの引張試験報告書

4. 評定申請

拡張樹脂アンカー工法を用いて『許容応力度等計算(ルート2) +46条2項』による3階以下、3,000㎡以下の中大規模木造を汎用的に設計、計算できる内容で申請した。設計者および施工者は樹脂および拡張ドリルの使用法などの講習を受けることで使用可能とした。

評定申込書

5. 設計マニュアル

今回取得した試験書や評定書の使い方、計算方法、コストや意匠の考え方、地域産材を用いる方法などについてまとめた

6. 施工マニュアル

拡張樹脂アンカー工法を用いて施工する上での加工手順、養生や建て方、注意事項などについてまとめた

実施した結果

1. 接合部試験

⇒M16、M20、M22のボルト破断耐力を発揮する為の有効挿入長が得られた。ボルトが破断するという事は、金属の全強継手であり、鋼規準による既往の判断が使用でき、応用を考えた場合の先見性が高い。

2. 耐力壁試験

⇒最低耐力仕様において、許容層せん断応力が9.2～13.1kN/m(壁倍率換算:4.7～6.7倍)の筋交いのデータが得られた。特筆すべき点として、木筋交いでありながらDs値0.4(従来は0.6程度)という高い靭性を発揮している。

3. 性能評価書の取得

⇒建材試験センターより『品質性能試験報告書』を取得した。品質性能試験報告書は建築金物メーカーが告示ホールダウン金物の代替商品等で性能を証明する為に用いられている評価書の一種であり、確認申請の効率化に貢献する。

4. 評定申請

⇒各試験結果をより総合的に取りまとめ確認申請および構造計算を効率化する為に、評定書を申請した。評定申請業務は長期間を要する為、現在も評定審査中であるが、規模や計算手法は内定されている。本評定を取得することで立体フレーム解析を行う様な大規模な建築物や複雑な形状の建築物であっても、確認申請時の説明がし易くなる。また、第三者の設計者においても参考書として理解の手助けとなる。

5. 設計マニュアル

⇒設計マニュアルにより、設計者が木造への理解を深め、木造化への提案の一助となる。

6. 施工マニュアル

⇒施工マニュアルにより、施工者が木造への理解を深め、木造建築受注の一助となる。

今後の課題・展開等

1. 靭性型高耐力壁の開発

今回の耐力壁の仕様は最小値である。つまり、材を大きくし、接合部をより高強度の仕様にすれば、容易に耐力を上げうる。また、木筋交いでありながら高い靭性も有しており、木造の高層化(保有水平耐力計算)に適うものである。これは金属降伏を実現しているからである。

2. ラーメン接合部と工法の開発

今回、予備試験的に試作モデルを製作して試験を行った。現在、研究開発中のアンボンドスリーブ工法およびウッドファスナー工法を活用することで、接合部の回転剛性および靭性を制御できるようになる。木造純ラーメン造を現実的な物と出来る。

3. CLT接合部と工法の開発

今回、予備試験的に試作モデルを製作して試験を行った。現在、研究開発中のアンボンドスリーブ工法およびウッドファスナー工法を活用することで、回転剛性および靭性を制御できるようになる。現行のCLTは解析にバネ剛性を多用し、接合部も圧縮時引張時の評価やロッキング作用の検討など煩雑である。拡張樹脂アンカーを用いれば、これを簡易化できる。

4. 公的な評価資料およびマニュアルの拡充

上記3項目を開発後、実際に運用するには公的な評価資料およびマニュアルが必要になる。これらを整備することで多くの人、多くの地域で、実務レベルで使用してもらえるようになる。

5. 日本ブランドの都市木造

現在、都市木造は欧米諸国の追従である。耐火の問題は別として、構造としての問題は拡張樹脂アンカー工法・ウッドファスナー工法(別工法)・アンボンドスリーブ工法(別工法)を活用することで解決できる。一つに横架材へのめり込みの問題があるが、拡張樹脂アンカーは節杭と同様でめり込みを生じない。

都市の木造化、非木造の木造化は新しい市場を創造できる。

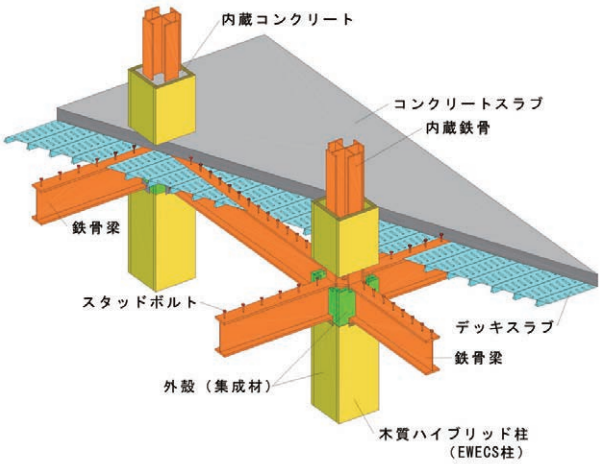
事 業

集成材と鉄骨コンクリートによる木質ハイブリッド耐火部材および構造システムの開発

実施団体 〈代表者〉矢作建設工業株式会社／〈共同〉国立大学法人大阪大学
〒461-0004 愛知県名古屋市東区葵三丁目19番7号

事業目的

本事業は，図に示すような国産スギ集成材と鉄骨コンクリートで構成される新しい木質ハイブリッドによる耐火部材（柱）《以下、EWECS（Engineering Wood Encased Concrete-Steel）部材》およびこのEWECS部材を用いた構造システムを開発することである。本構造システムは，外殻に国産スギ集成材を使用することから木質独自の景観性・触感性が良好であるとともに，集成材をコンクリートの型枠として兼用できることから，施工性・経済性が良い。



提案する木質ハイブリッド構造システム

①②EWECS柱と鉄骨梁の柱梁接合部の構造性能に関しては確認等が行われておらず，EWECS柱の構造性能に関しても更なる検討が必要である。そこで，EWECS柱-鉄骨梁接合部およびEWECS柱の構造性能を実験的に確認する。

③EWECS柱は鉄骨コンクリート造の外側に集成材が存在しているが，その耐火性能に関する詳細なデータを有していない。そこで，実物大の柱試験体について載荷状態での耐火実験を実施し，その耐火性能の検討を行なう。

④提案する構造システムにおいて，実際に設計や施工が可能な収まりなどを提案するとともに，上記試験体製作時に施工性の検討を行なう。

実施した項目

①EWECS柱－鉄骨梁接合部の構造実験の実施
・破壊形式や直交梁の有無などをパラメータとした実験の実施。
・実験結果から得られたデータの分析と検討。
②EWECS柱の構造実験の実施
・破壊形式や集成材の有無・材種などをパラメータとした実験の実施。
③EWECS柱について載荷状態での耐火実験の実施
・集成材の厚さをパラメータとした実験の実施。
・集成材やコンクリートが薄くなる柱継ぎ手を対象とした実験の実施。
・実験結果から得られたデータの分析と検討。
④提案する構造システムに対する設計や施工に関する検討
・実現可能な施工性を考慮した，部材断面，柱梁接合部の収まりを提案。
・これまで行なわれた実験等と比較し，検討が不足している内容を把握。

実施体制

・代表提案者：矢作建設（統括）
・設計，施工に関する開発業務
　・構造システム全体の施工性確認
　・構造システム全体の設計法の検討
・耐火性能を有するEWECS柱に関する開発業務
　・集成材の施工方法の検討
・構造システムの構造に関する開発業務
　・柱梁接合部の構造性能の確認実験の実施
　・EWECS柱部材の構造性能の確認実験の実施
　・EWECS柱部材，柱梁接合部の設計に関する検討

委託

・耐火性能を有するEWECS柱に関する開発業務
　・2時間の耐火性能を付与するための断面の最適化設計
　・2時間の耐火性能に必要な国産スギの最適な材料特性値に関するデータ取得
　・EWECS柱部材の耐火性能の確認試験の実施

矢作建設工業株式会社　地震工学技術研究所　神谷隆, 田口孝, 芳賀裕司
国立大学法人　大阪大学　工学研究科地球総合工学専攻　鈴木卓

（委託先）
国立研究開発法人　森林総合研究所　新藤健太, 上川大輔
愛媛県農林水産部　林業研究センター　小川俊治, 玉置教司, 横田由香, 中川美幸

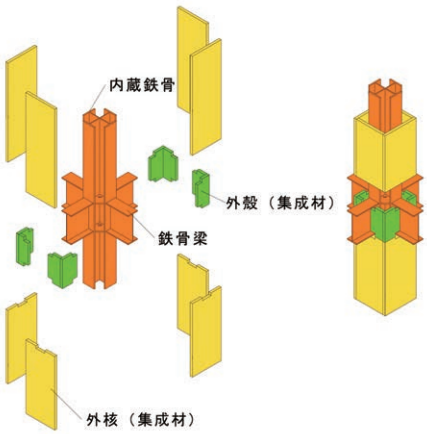
実施した内容

①EWECS柱－鉄骨梁接合部の構造実験の実施
・4体の柱梁接合部試験体に関して構造実験を実施し，様々なデータを収集した。
・得られたデータの分析と検討を進め，耐力の算定方法などに関して取りまとめた。
②EWECS柱の構造実験の実施
・8体の柱試験体に関して構造実験を実施し，様々なデータを収集した。
③EWECS柱について載荷状態での耐火実験の実施
・建材試験センターにて，2体の実大柱試験体に関して耐火実験を実施し，その耐火状況を確認するとともに，温度変化などのデータを収集した。
・得られたデータの分析と検討を行なった。
④提案する構造システムにおいて，設計や施工に関する検討
・施工性に加え，耐火性能に関する検討を加えた，部材断面，柱梁接合部の収まりを提案し，実用化に向けた検討を行なった。

①EWECS柱－鉄骨梁接合部試験体

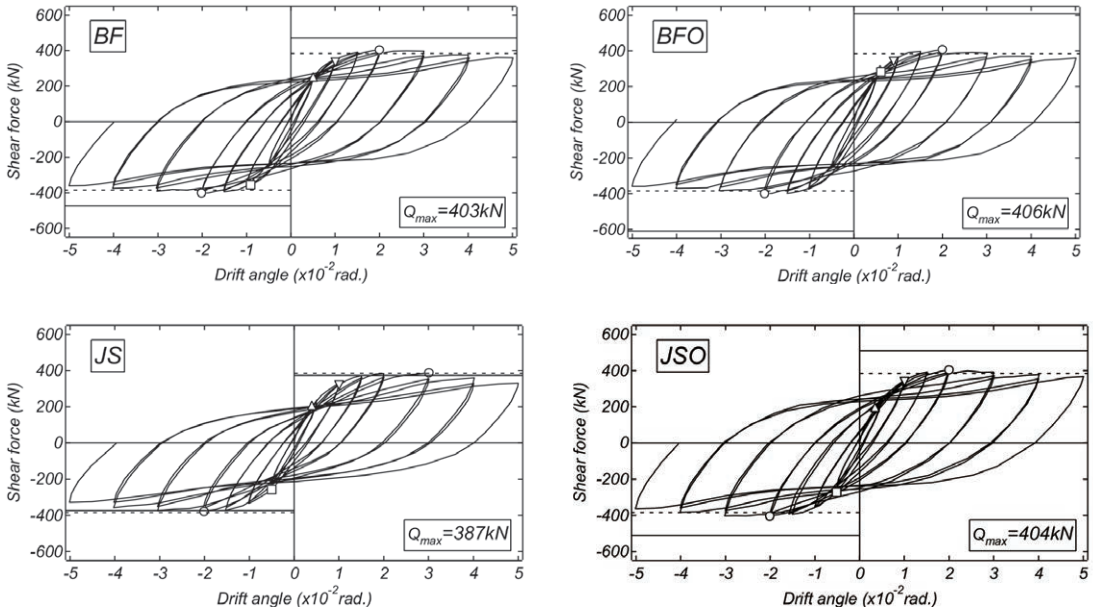
②EWECS柱試験体

③耐火実験試験体



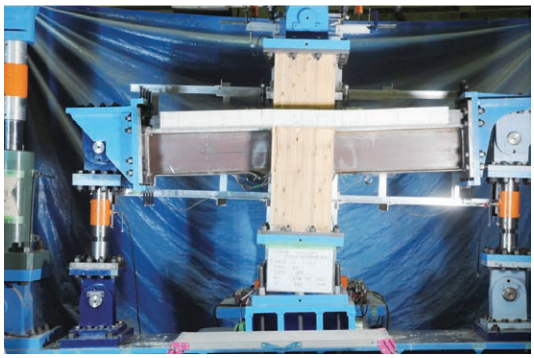
④集成材の収まり検討

上記内容の内，成果の一例として，①EWECS柱－鉄骨梁接合部の構造実験の結果を以下に示す。

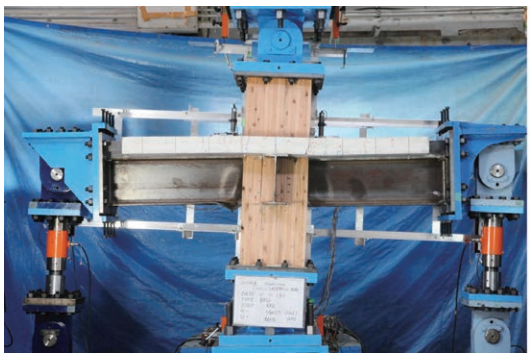


①EWECS柱－鉄骨梁接合部の実験結果

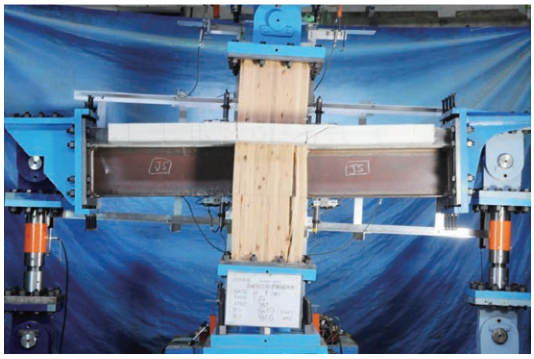
前ページ試験の最大変形時の試験体状況を以下に示す



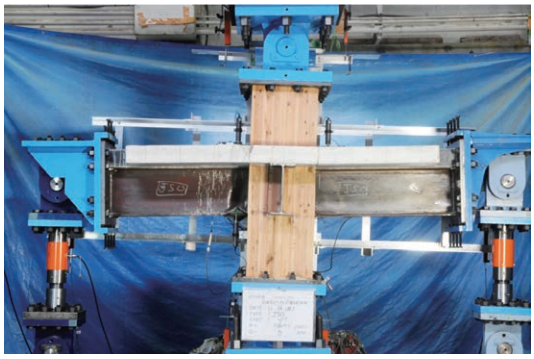
試験体BF



試験体BFO



試験体JS



試験体JSO

①EWECS柱－鉄骨梁接合部の実験結果

今後の課題・展開等

今回の事業によって,EWECS柱と鉄骨梁の柱梁接合部の構造性能,EWECS柱の構造性能を実験的に検証し,その破壊形式や耐力評価などについて検討を行なった。

さらに,集成材を構造材料の一部として用いるEWECS柱の耐火性能を確認し,現在の柱断面のディテールであれば,2時間の耐火性能を満足することを確認した。

また,施工性を考慮した,部材断面,柱梁接合部の収まりを提案し,試験体の製作を通じて確認することで,実現可能であることを確認した。

今後,得られたデータを精査し,部材の設計・施工法,システム全体の設計・施工法をまとめて確立することで,本工法の実用化を目指す。

そして,本構造システムは,その保有している優れたメリットの特徴から,中高層の事務所建築物への適用が予想でき,広く普及することが期待できる。

事 業

山口県内に多く自生する大径木広葉樹のブランド化事業

実施団体

やまぐち広葉樹ブランド化協議会
〒759-4402 山口県長門市日置中758-131

事業目的

・国内の林業界において、杉・檜以外は「雑木」と呼ばれ、基本的には単価の安い木材チップにして紙・パルプ用に利用される以外に用途がなく、伐り捨てられている(未利用)のが現状である。これは大径木の広葉樹を高付加価値製品として使う文化が本州、特に西日本ではほとんどなかったためである。

・一方、広葉樹は背が低く横に広がるため構造材に使うことは難しいが、短尺材でも使える内装材や家具材に使うのであれば、その硬さや意匠性から杉桧よりも優位である。

・この度の事業では、雑木、特に山口県に非常に多く自生するシイノキ(スダジイ・コジイ)を中心とした広葉樹(大径木含む)をブランド化し、付加価値を付け有効活用する。広葉樹木製品(内外壁、木製建具、家具等)を開発し、さらにそれらを集約した「木質空間」普及活動を行うことで、未利用県産材の需要拡大を目的とする。

実施した項目

①広葉樹製プロダクトの設計、開発、試作品作成
⇒ テーブル、椅子(4種類)、パーテーション、積層棚などの設計・開発・試作品を作成した。

②広葉樹の性能試験、成分分析、断熱性分析
⇒ 曲げ試験、圧縮試験、硬さ試験、接着性能試験、煮沸剥離試験、収縮率試験、熱伝導率試験、防蟻性試験等を行った。

③広葉樹を使った木質空間の設計
⇒ 子育て世代の母親、子供にも受け入れられる空間づくりの基本設計を行った。屋外にも広葉樹をふんだんに使っていることが特徴。

④普及活動、広報活動
⇒ 製品カタログをこれから作成し、イベント等に展示する予定。
また広葉樹製プロダクトの試作品を道の駅等に設置する予定。

実施体制

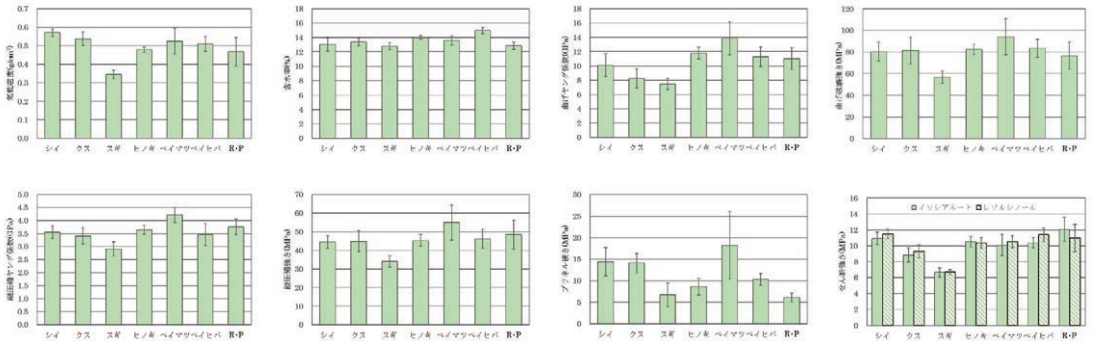
・材料供給
(株)シンラテック
・広葉樹製プロダクトの設計
伊藤立平建築設計事務所
・広葉樹製プロダクトの開発、試作品製作
(株)シンラテック
・広葉樹の性能試験、分析
九州大学農学研究院
(地独)山口県産業技術センター
・広葉樹を使った木質空間の設計
認定NPO法人グッド・トイ委員会
伊藤立平建築設計事務所
・普及活動、広報活動
(株)創舎(予定)

実施した内容

①広葉樹製プロダクトの試作品を作るにあたり、木材乾燥や加工など、一般的な杉檜という針葉樹と比べ明らかに異なる特性を見出すことができた。乾燥はシイが最も難しいが加工は容易であるため、イメージ通りのものが作成できた。木目や色調が明らかに異なるため、今後のブランド化に期待できる。

①広葉樹プロダクト作成事例

②広葉樹の特性を調べるにあたり、シイ、クスの広葉樹材と外材についての比較をした。曲げヤング係数については広葉樹材（特にクス）で若干小さくなったが、曲げ破壊強さ、縦圧縮ヤング係数、縦圧縮強さについてはほとんど同程度の結果となった。また、接着層のせん断強さの結果をみると、2種類の接着剤では大きな違いがなく、クスが若干小さいという結果となった。以上のことからクス、シイの2種の広葉樹材は、外材利用が多い木製サッシ用材などへ用いるのに充分な機械的性質をもっていることが考えられた。



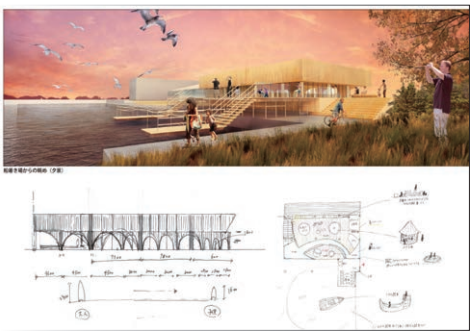
③広葉樹を使った木質空間の設計について、地元の子育て世代の方からも意見をききながら、NPO法人グッド・トイ委員会と伊藤立平建築設計事務所で会合を重ねながら成果物が出来上がった。山口県長門市にてこの設計をイメージした建築物を実現しようとする動きがある。

③木質空間パース図

実施した結果

①各木製品は自社展示場に設置し、工務店や設計事務所など、それなりの評価をいただいた。山口県長門市では、新市庁舎での使用に検討していただくなど、次の展開に繋がる可能性がある。
②試験結果は別紙レポートの通り。（最終作成は2月の予定）
③木質空間の評価は非常にたかく、実際に図の通りに作成したいという団体も現れた。

木質空間の内装



今後の課題・展開等

①広葉樹を使った木製品は、乾燥・加工技術ともに、考えていたよりはハードルは低いと思われる。ブランド化の問題もあるが、難点は集材である。雑木を切ってくれる人が少ないため、より付加価値をつけて素材生産者に還元するシステムを作らないとニーズはあっても作成はできない状況になっている。
②数値的には外材に引けを取らないことがよくわかったため、周囲に広くPRしていき、外材製品に置き換わるようにしていきたい。
③今後の展開として、山口県内での展開が期待できる。まず長門市にて1店舗実施し、今後広く展開していきたい。

事 業

木製遮炎ドアの技術開発

実施団体 〈代表者〉株式会社山崎屋木工製作所／〈共同〉有限会社和建築設計事務所
〒387-0013 長野県千曲市大字小島2817番地

事業目的

本事業では、防火地域等でも使用可能な、無薬品処理スギ材・ヒノキ材等の熱貫流率U＝0．8W/㎡・Kの木製ドアの遮炎性能技術開発を行う。

実施した項目

1.遮炎木製ドア開発
- 1.1　遮炎木製ドア面材に使うスギ材・ヒノキ材仕様検討
- 1.2　遮炎木製ドアの開閉方式と形状検討
- 1.3　遮炎木製ドアと枠の断面形状の検討
- 1.4　遮炎木製ドアの断熱性能検証

2. 遮炎性能試験の実施
- 1.1　固定框ドア(複層ガラス)
- 1.2　外開きドア
- 1.3　内開きドア

実施体制

1.事業責任者:\株式会社山崎屋木工製作所 代表取締役 山崎慎一郎
2.技術責任者:有限会社和建築設計事務所　代表取締役　青木和壽
3.技術担当者:有限会社和建築設計事務所2名(遮炎ドア開発技術管理)、
株式会社山崎屋木工製作所4名(遮炎ドア製作・管理)
4.遮炎ドア性能試験機関:一般財団法人建材試験センター

実施した内容

1.遮炎木製ドア開発

1.1　遮炎木製ドア面材に使うスギ材・ヒノキ材仕様検討

1.1.1　ドア面材仕様

構造製材の辺材利用したドア面材の形状について、遮炎性能が劣る形状を断面欠損率計算で検討した。計算の結果、働き巾が最小の目地形状「あいじゃくり」が断面欠損率最大であった。遮炎性能試験における面材の目地形状を「あいじゃくり」とした。

1.1.2　ドア面材とドア枠材仕様

ドア面材の樹種について、国産木材の供給可能な樹種スギ、ヒノキ、トドマツ、カラマツ、エゾマツ、アカマツ、ミズメ、シイノキ、ブナ、ミズナラ、クスノキ、タブノキ、ケヤキのうち、遮炎性能が劣る比重が最も低いスギ材とした。

ドアの枠材については、開発するドアの荷重に耐え、遮炎性能が確保できる樹種とするため、固定框ドアの遮炎性能試験による枠材の耐遮炎性能のある樹種とした。

1.2　遮炎木製ドアの開閉方式と形状検討

開発する遮炎木製ドアの開閉方式については、主に住宅で使用される「外開き」、共同住宅や宿泊施設で使用される「内開き」、開閉するドアと併設が多い固定框ドア(複層ガラス)とした。

開閉ドアの最大有効幅寸法は、車いす利用者に対応する1,140mm、最大有効高さは2,934mmとした。

1.3　遮炎木製ドアと枠の断面形状の検討

1.3.1　固定框ドア(複層ガラス)

固定框ドアの4方枠材の断面形状を同一化した。複層ガラスはドア全体の熱熱貫流率を確保するため、3層ガラスとした。複層ガラスの構成は、室外面に低放射ガラス(Low-E)、中間に結晶化ガラス、室内面に耐熱強化ガラスとした。中空層のガラススペーサーは樹脂製の断熱スペーサーとし

た。中空層の厚みは15㎜以上、中空層には、乾燥空気又はアルゴンガス、クリプトンガスの封入とし、枠の断熱性能を確保するため、枠の見込みを95㎜以上とした。

1.3.2　外開きドア

枠と扉のクリアランス部分には多層の気密材を設置し、断熱性・遮音性・遮炎性能向上させた。扉が枠に被る仕様とした。

ドアの断面構成部材は、ドア面材の下張り材は厚み9㎜合板、力骨はアルミニウム製角材、断熱材はロックウール、框材はヒノキ材とした。

開閉時金物は、多点でロックするマルチポイントロックシステムとし、電気錠の対応も可能とした。

1.3.3　内開きドア

枠と扉の構成は外開きドアと同じ仕様とした。下枠と扉の取り合いにより、床仕上げ面との段差をバリアフリーで許容される20㎜とした。

1.4　遮炎木製ドアの断熱性能検証

1.3で設定した遮炎木製ドアの断熱性能検証を、ISO 10077-1（Thermal performance of windows, doors and shutters -- Calculation of thermal transmittance Part 1: General）によるWIN ISO 2D Professional Ver7.96にて実施した。断熱性能値である熱貫流率Uw(W/㎡・K)はドアパネル熱貫流率(Ug)、枠熱貫流率(Uf)、線熱貫流率(Ψ)から計算し、目標であるドア全体の熱貫流率U＝0.8W/㎡・Kを確認した。

1.4.1　固定框ドア(複層ガラス)

スギ材による固定框ドア(複層ガラス)のドア全体の熱貫流率Uは、0.864W/㎡・Kであった。ドアパネル熱貫流率(Ug)は0.771W/㎡・K、枠熱貫流率(Uf)は0.781W/㎡・K、線熱貫流率(Ψ)は0.04759W/m・Kであった。

ヒノキ材による固定框ドア(複層ガラス)のドア全体の熱貫流率Uは、0.898W/㎡・Kであった。ドアパネル熱貫流率(Ug)は0.771W/㎡・K、枠熱貫流率(Uf)は1.069W/㎡・K、線熱貫流率(Ψ)は0.04W/m・Kであった。

1.4.2　外開きドア

ヒノキ材による外開きドアのドア全体の熱貫流率Uは、0.791W/㎡・Kであった。ドアパネル熱貫流率(Ug)は0.682W/㎡・K、枠熱貫流率(Uf)は1.066W/㎡・K、線熱貫流率(Ψ)は0.00641W/m・Kであった。

1.4.3　内開きドア

ヒノキ材による内開きドアのドア全体の熱貫流率Uは、0.798W/㎡・Kであった。ドアパネル熱貫流率(Ug)は0.682W/㎡・K、枠熱貫流率(Uf)は1.094W/㎡・K、線熱貫流率(Ψ)は0.00658W/m・Kであった。

2. 遮炎性能試験の実施

遮炎性能試験は、建築基準法第2条第9号の二のロの認定に係る防火設備の遮炎性能試験(耐火時間20分)とした。

2.1　固定框ドア(複層ガラス)

遮炎性能試験体の枠外寸法は、幅1172㎜×高さ2372㎜、複層ガラスの総厚さ44㎜とした。複層ガラスの構成は、室外面に低放射ガラス(Low-E低放射率:0.025) 厚さ4㎜、中間に結晶化ガラス厚さ5㎜、室内面に耐熱強化ガラス厚さ5㎜、中空層厚さ15㎜とした。中空層は乾燥空気とした。

2.1.1　スギ材

枠の見込み新法は97㎜とした。枠材に使用したスギの密度は0.33g/cm3、含水率は12.7%であった。複層ガラスの室内面使用した耐熱強化ガラス厚さ5㎜の面内許容応力は88N/㎟とした。

2.1.1.1　屋外面加熱

加熱試験開始14分12秒に非加熱面の耐熱強化ガラスが破損、複層ガラスの中空層に空気が流入し、非加熱上枠複層ガラスのガラススペーサーから発炎を生じた。最大受熱量は1.9W/cm2であった。複層ガラス中間の結晶化ガラスは破損しなかった。

2.1.1.2　屋内面加熱

加熱試験開始14分50秒に非加熱面の低放射ガラス(Low-E))が破損、複層ガラスの中空層に空気が流入し、非加熱縦枠複層ガラスのガラススペーサーから発炎を生じた。最大受熱量は1.2W/cm2であった。複層ガラス中間の結晶化ガラスは破損しなかった。

2.1.2　ヒノキ材

枠の見込み新法は95㎜とした。枠材に使用したヒノキの密度は0.38g/cm3、含水率は11.6%であった。複層ガラスの室内面使用した耐熱強化ガラス厚さ5㎜の面内許容応力は190N/㎟とした。

2.1.2.1　屋外面加熱

加熱20分間に発炎等を起さなかった。最大受熱量は1.4W/cm2であった。複層ガラス中間の結晶化ガラスと、室内面に耐熱強化ガラスは破損しなかった。

2.1.2.2　屋内面加熱

加熱試験開始13分25秒に非加熱面の耐熱強化ガラスが破損、複層ガラスの中空層に空気が流入し、非加熱上枠複層ガラスのガラススペーサーから発炎を生じた。最大受熱量は1.3W/cm２であった。複層ガラス中間の結晶化ガラスは破損しなかった。

2.2　外開きドア

スギ材とヒノキ材の固定框ドア（複層ガラス）遮炎性能試験の結果、燃えこみの遅いヒノキ材を外開きドアの枠材とした。

遮炎性能試験体の枠外寸法は、幅1140㎜×高さ2934㎜、枠の見込み新法は90㎜、ドア厚さは90㎜とした。

ドア面材に使用したスギの密度は0.30g/cm３、含水率は12.6％であった。枠材材のヒノキの密度は0.40g/cm３、含水率は14.1％であった。

2.2.1　屋外面加熱

加熱20分間に発炎等を起さなかった。最大受熱量は0.1W/cm２未満であった。

2.2.2　屋内面加熱

加熱20分間に発炎等を起さなかった。最大受熱量は0.1W/cm２未満であった。

2.3　内開きドア

遮炎性能試験体の枠外寸法は、幅1140㎜×高さ2934㎜、枠の見込み新法は90㎜、ドア厚さは90㎜とした。

ドア面材に使用したスギの密度は0.31g/cm３、含水率は13.0％であった。枠材材のヒノキの密度は0.38g/cm３、含水率は14.1％であった。

2.3.1　屋外面加熱

加熱20分間に発炎等を起さなかった。最大受熱量は0.0W/cm２であった。

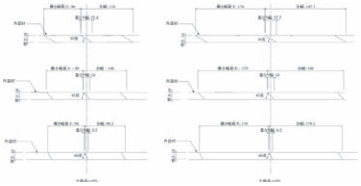
2.3.2　屋内面加熱

加熱20分間に発炎等を起さなかった。最大受熱量は0.0W/cm２であった。

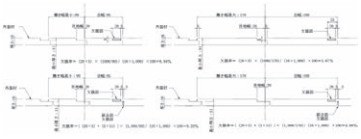
1.遮炎木製ドア開発

1.1　遮炎木製ドア面材に使うスギ材・ヒノキ材仕様検討

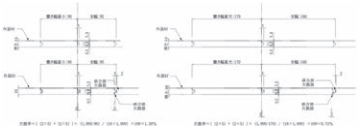
1.1.1　ドア面材仕様



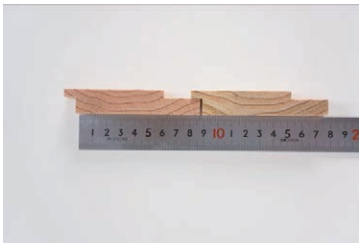
目地形状「スカーフジョイント」　断面欠損率



目地形状「あいじゃくり」　断面欠損率



目地形状「本実」　断面欠損率

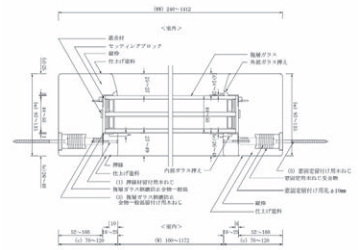


ドア面材断面

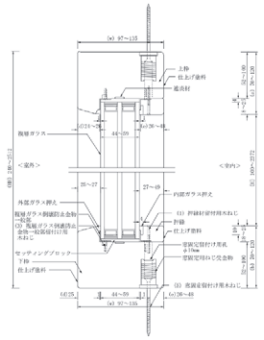
ドア面材

1.3　遮炎木製ドアと枠の断面形状の検討

1.3.1　固定框ドア（複層ガラス）



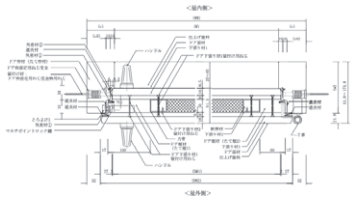
水平断面



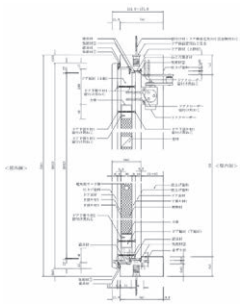
鉛直断面

枠断面（スギ材）

1.3.2　外開きドア

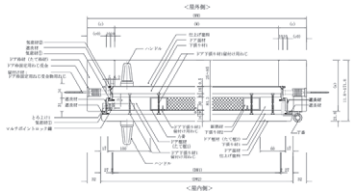


水平断面

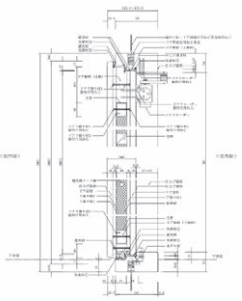


鉛直断面

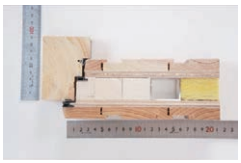
1.3.3　内開きドア



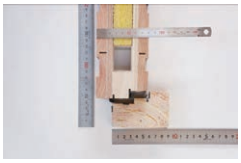
水平断面



鉛直断面



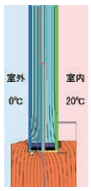
外開きドア
断面(たて枠)

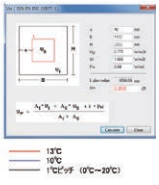


内開きドア
断面(下枠)

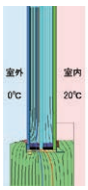
1.4遮炎木製ドアの断熱性能検証

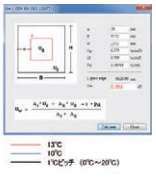
1.4.1　固定框ドア(複層ガラス)





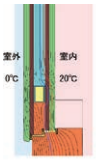
ヒノキ材固定框ドア(複層ガラス)の
断熱性能



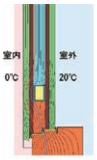


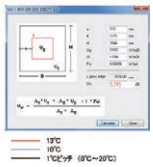
スギ材固定框ドア(複層ガラス)の
断熱性能

1.4.2　外開きドア



外開きドアの断熱性能





内開きドアの断熱性能

2. 遮炎性能試験の実施
2.1　固定框ドア(複層ガラス)

2.1.1　固定框ドア(複層ガラス)スギ材　外部加熱試験

左:加熱面試験前　中央:出火状況　右:加熱後試験後

2.1.2　固定框ドア(複層ガラス)スギ材　内部加熱試験

左:加熱面試験前　中央:出火状況　右:加熱後試験後

2.1.3　固定框ドア(複層ガラス)ヒノキ材　外部加熱試験

左:加熱面試験前　中央:出火状況　右:加熱後試験後

2.1.4　固定框ドア(複層ガラス)ヒノキ材　内部加熱試験

左:加熱面試験前　中央:出火状況　右:加熱後試験後

上枠材の燃焼比較　上:ヒノキ材　下スギ材

2.2　外開きドア

2.2.1　外開きドア　外部加熱試験

左:加熱面試験前　中央:試験終了　右:加熱後試験後

2.2.1　外開きドア　内部加熱試験

左:加熱面試験前　中央:試験終了　右:加熱後試験後

2.3　内開きドア

2.3.1　内開きドア　外部加熱試験

左：加熱面試験前　中央：試験終了　右：加熱後試験後

2.3.2　内開きドア　外部加熱試験

左：加熱面試験前　中央：試験終了　右：加熱後試験後

実施した結果

1.1　固定枠ドア（複層ガラス）の開発

ドア全体の断熱性能、0.8W/㎡・Kの開発は出来た。遮炎性能（耐火時間20分）については、複層ガラス3枚全部の破損は起さないが、室内外のガラス破損によるガラススペーサーの発炎が確認できた。

1.2　外開きドア、内開きドアの開発

無垢木材面材と枠材によるドア全体の断熱性能、0.8W/㎡・Kと、遮炎性能（耐火時間20分）を確保した遮炎木製ドア（外開き、内開き）の開発が出来た。

1.2　外開きドア、内開きドアの開

遮炎性能試験後のドア断面（内開きドア）

遮炎性能試験後の枠断面（内開きドア）

今後の課題・展開等

1.今後の課題

1.1　固定枠ドア（複層ガラス）の複層ガラス技術開発

固定枠ドアの複層ガラス構成部材のうち、品質安定した耐熱強化ガラス開発が大きな課題となった。また、線熱還流率を低減し耐熱性あるガラススペーサーの開発も課題となった。

1.2　遮炎木製ドア

本事業で開発した片開き以外の開閉方式、両開きや引戸の開発が課題となる。

2.今後の展開

2.1　開発した遮炎木製ドアの商品化

新築住宅のモデュールに合わせた遮炎木製ドアの商品化を進める。

2.2　開発した遮炎木製ドアの販路開拓

開発した遮炎木製ドアは、都市部（建築基準法第22条指定地域、準防火地域、防火地域）での需要が大いに見込まれるため、都市部での販路開拓展開をする。

2.3　開発した遮炎木製ドアの木材供給体制整備

開発した遮炎木製ドアに使用する木材の供給について、地域内の素材生産及び製材会社との連携構築をする。

事 業

鉄骨造に限りなく近い日本初完全ラーメン木造建築への挑戦 ～「囲柱(いちゅう)ラーメン木構造」木造ビル構想～

実施団体
有限会社ライン工業
〒509-0238 岐阜県可児市大森1501-273

事業目的

1．事業目的

当社の新技術『囲柱ラーメン木構造』の開発プロジェクトでは、構法の開発・実験をしつつ、環境技術としての完成度を高め、構法の実用化・普及を進める活動を実施していきます。その目指す姿は、中層・中大規模木造建築物の新たな可能性を模索すると共に、国産材の需要創出及び高付加価値化です。
当事業の成果により、当技術が実用化・普及できる体制が整えば、当事業の実施に関わる岐阜県を中心とした当社と連携している団体等から積極的な情報発信がなされ、徐々に岐阜県のみならず様々な木造建築サプライチェーンにとってのビジネスチャンスとして波及することが見込まれます。
ゆえに木造建築業界のサプライチェーン、研究機関、公的機関、専門家等とのネットワークの構築や活動も活性化され、木材需要の促進に貢献できるものであると考えます。
具体的には、当事業を実施し、『囲柱ラーメン木構造』を実現・普及させることにより、下記のような効果が得られると考えております。
(1)中層・中大規模木造建築物の実現による公共建築物の木造化
(2)木造へのニーズや経済的な優位性による鉄骨造からの代替
(3)使用材料の汎用性の高さによる木材供給体制への追従
(4)地域の材料供給者の問題や課題の解決

2．『囲柱ラーメン木構造』の開発事業が活かされる現在の社会環境

(1)中層・中大規模木造建築物の実現による公共建築物の木造化
国、地方公共団体等の建築物は、平成22年10月1日に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」(以下「木材利用促進法」)によって、可能な部分は原則としてすべて木造化が課せられています。ただし、国や都道府県の公共建築物の木造化は、十分に進んでいない状況でした。(図1参照)
2015年の建築基準法改正によって、国の庁舎、公務員宿舎等の一部の公共建築物については、3階建てまでの耐火基準は、準耐火または準耐火以下となりました。これにより、当事業にて耐火性能が十分に担保された構造材を使用することで、国・都道府県による木造化が加速化し、公共建築物全体で一層の国産材使用量の増加が見込まれるものと考えます。

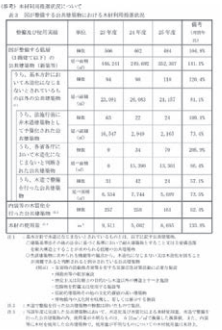


図1・国が整備する公共建築物における木材利用推進状況
出典：国土交通省・農林水産省同時発表資料

(2)木造へのニーズや経済的な優位性による鉄骨造からの代替
①木造建築物へのニーズについて
公共建築物においては、木材利用が望ましいものとして、学校や幼稚園という子供に向けた施設や、病院・福祉施設という老人向け施設がそれぞれ50%を超える支持を受けています。よって民間での需要もまずは、介護業及び教育業向けの事業所として、国産材を用いた建物のニーズが増えるものと考えられます。(図2参照)
また、「木のある景観」を好ましく感じるニーズは、図2のグラフ以上に潜在しているものと考えられ、木造で自由な空間設計が可能になれば、ショールームやサービス業の事業者による施工ニーズも高まるものと考えられます。

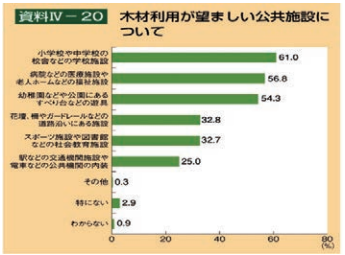


図2・木材利用が望ましいとされる公共施設について出典：農林水産省「平成26年度森林及び林業の動向」(ホームページ)

②木造の経済的な優位性

住宅では減価償却年数がRC造で47年、S造では34年であるのに対して、木造では22年と短く、これにより1年あたりの償却額が他構法より大きく、節税効果を訴求できる中層建築物を提案することができます。　それによって、民間企業による工場や自社ビルといった現在までS造やRC造で建築されてきたものの代替を促す効果が考えられます。

③鉄骨造と木造の比率の変化

囲柱ラーメン木構造の普及により、木材需要が増加することで、鉄骨造と木造の比率は以下の図3の通りに変化すると予測します。

・平成20年度の実績に対して、80％を鉄骨造、木造それぞれの建築着工件数とみなします。
・公民両側で、合計鉄骨造の30%が木造へシフトするものとしました。

理由は、「木材利用促進法」は、公共建築物は2.5万棟、約1500万㎡（木造率7.5%）のうち、3分の1に当たる500万㎡をターゲットにして施行に至っていることから、公民合わせて、30％の木造化は見込めるものと考えられるからです。

（「木材利用促進法」説明キャラバンより）（図3）

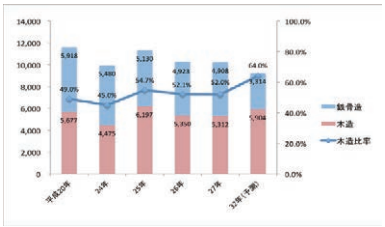


図3・鉄骨造・木造建設床面積比率（単位：万㎡、％）
国土交通省「建設着工統計（年次）」ホームページより
注・単位以下四捨五入

（3）使用材料の汎用性の高さによる木材供給体制への追従

木材供給体制に対する汎用性

『囲柱ラーメン木構造』は、柱材に集成材（B材）のみならず大径化したものを含む無垢材（A材）のいずれも使用することができるため、材料の制限が少なく汎用性の高い構法となっています。これにより、地域ごとの林齢や材料供給体制に柔軟に対応でき、供給量と価格が安定しやすい特徴があります。

（4）地域の材料供給者の問題や課題の解決

当社の取引先へのヒアリングにより得た材料供給者の問題や課題は以下に示す通りであり、囲柱ラーメン木構造は、サプライチェーンのボトルネックを解消し、全体の生産性向上に貢献できるものと言えます。

各業者の抱える問題・課題	『囲柱ラーメン木構造』が解決できること
地域材の利用は、単価・規格が不明で設計や発注に至る業務が長期化するため困る。 （発注者の問題）	A材、B材ともに最大限に規格化された木材の組合せであるため、作業の標準化がしやすくなり、業務の煩雑化を回避できます。
地域材はリードタイムが長く、施工管理が困難である。 （施工業者の問題）	木材の規格化とともに、川上の生産地と連携することで、基準在庫と補充量のバランスを保った安定供給が可能となります。
施工後のクレーム回避のため、品質に不安のある業者による木材の使用は敬遠する。 （施工業者の問題）	上二つに上げた点から、品質管理された工場での組立によって、安定した品質の木材を供給できます。
差別化できる設計をしたいが、特注木材は単価が高いため使いにくい。 （設計の問題）	意匠上、平面計画上、自由に設計できるので、設計者の意図する差別化できるデザイン・設計が可能となります。
一度に大量の注文がくると、他の製材業者から木材を調達するので、単価が上昇する（製材業者の問題）	設計段階から山側の体制を加味して建築プロジェクトを進める事が出来るため、製材側が計画を持って生産できます。

3. 国産材需要創出への寄与

①木材自給率の目標

	国内産木材利用量			総需要量		
	（実績）H21	（目標）H27	（目標）H32	（実績）H21	（目標）H27	（目標）H32
製材用材	11	14	19	26	27	30
合板用材	2	4	5	8	8	9
パルプ・チップ用材	5	9	15	29	36	37
その他	1	1	1	2	2	2
合計	18	28.	39	65	72	78

図5・木材の用途別利用量の目標と総需要の見通し（単位：百万㎥）
注・用途別の利用量は百万㎥単位で四捨五入している。
「その他」とは、しいたけ原木、薪炭用材等である。
出典：「森林・林業基本計画」（ホームページより）

農林水産省は平成21年12月25日に発表した「森林・林業再生プラン」で「目指すべき姿」として、10年後（平成32年）には木材自給率50%以上の国内産木材を供給するという目標を打ち出しています。

②木材自給率目標達成へ、『囲柱ラーメン木構造』の貢献

当構造体は中大規模の中層建築物にまで活用できるため、1件当たりの材料の使用量が大きく、またスラブ材にCLTを用いることでさらに大幅な製材用材と合板用材の使用量拡大が見込まれます。これにより、結果として農林水産省の掲げる目標達成に向けて、当事業は大きく貢献できるといえるでしょう。（図5参照）

③木材自給率の現状

農林水産省「平成26年度森林・林業白書」で発表されている平成26年度の国内材の供給量は、21万㎥で、総供給量は74万㎥です。「木材自給率」の実績値は28.6%と回復はしているものの、当年の目標である25万㎥には届かない結果となっています。（図6参照）

④木材使用量の加速化

平成27年の自給率目標は38.9%です。当事業では、従来使用できなかった国産のA材・B材を、1件当たりの材料の使用量が大きい中層建築物向けの構造体の用材として使える技術の普及を企図しています。従って目標達成に向けての実績を大きく加速化するための成果に貢献できるといえます。

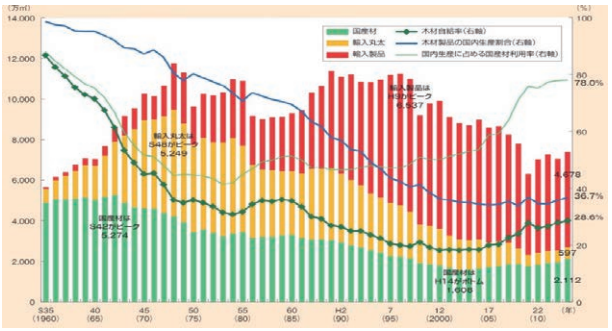
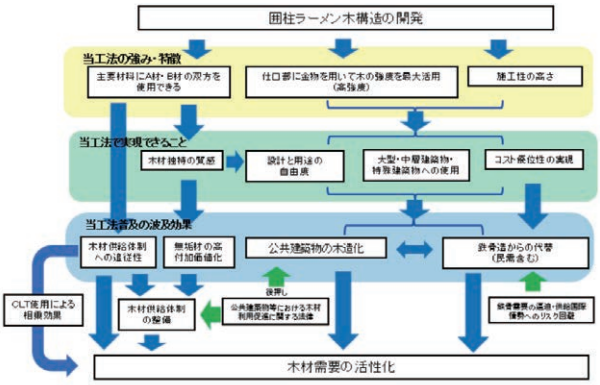


図6・農林水産省「平成26年度森林・林業白書」（ホームページ）「木材需要の推移」

4．その他に想定される効果

波及効果	その根拠
森林再生にともなう林業の永続化・高機能化	長伐期施業が進み、大径化する木材の消費も進むことで、新たに樹木の苗を植えこむことが出来、今後の 50 年に向けた森林の開発の地歩を固められる機会を得る。 林道の整備や、土砂等の流出を防ぐなど、効率化や様々な需要に対応できる樹種・サイズ面での整備も進み、林業全体の生産性向上も期待できる。
林業・製材・建築分野からのマクロ経済効果	林業・製材・建築分野で、製材の安定的な売上が確保され、日本の GDP 増加、また中長期的な経営の目途が立てば、業界内での設備投資の拡大から、内部留保の拠出や資金需要の高まり、雇用の増加、待遇の改善そして、地域の活性化や限界消費性向の向上等、さまざまなマクロ経済への効果が期待できる。
林業・製材・建設分野における次世代の担い手育成	上述の通り、安定的な売上・粗利益を中長期的に見込めることになれば、サプライチェーン全体で課題となっている次世代の担い手となる若者の雇用と育成に着手することができる業者も現れる可能性がある。 事業永続化はもとより、技術革新の好機となる可能性も開けてくることが期待できる。
当構法輸出による外貨の獲得	当構法を海外に輸出することで国内関連産業の発展に寄与するのと共に、外貨を獲得することで貿易収支の改善を図ることができる。

5．当構法の開発の事業効果 まとめ
当構法の開発によりもたらされる事業効果は、下記のフローチャートのようになります。



実施した項目

(1) 検討委員会の実施

(2) 地域の特性に応じた木質部材・構法の開発試験および分析
STEP 1：囲柱ラーメン木構造を構成する木材の材種・サイズの違いから強度検証を実施
STEP 2：最適な材種・サイズを特定し、構造体を評価するための本試験へ向けての金物改良を目的とした試験を実施
STEP 3：実際建築を想定した6ｍスパンにおける無載荷本試験の実施
STEP 4：ミニマムスパンを3ｍと仮設定した試験を実施
STEP 5：　3ｍスパンでの試験結果より、改良をすることとなった金物の仕様を6ｍスパンへ反映し、確認試験を実施
STEP 6：金物の仕様をSTEP 3の仕様に戻すことで決定し、ミニマムスパンを追及する試験を実施
STEP 7：ミニマムスパン決定後、無載荷本試験の実施
STEP 8：STEP 3と同仕様の試験体で載荷式本試験の実施
STEP 9：実際建築を想定した6ｍスパンにおける2方向ラーメン組みの姿で斜め方向に加力する三次元参考試験の実施

(3) 構法・技術の普及活動

実施体制

(1)検討委員会実施体制

	役職	氏名	所属会社
1	総責任者	瀧本　実	㈲ラインエ業
2	推進責任者・広報	植野　牧子	㈲ラインエ業
3	行程・運営管理	幸田茶百良	MAST コンサルティング㈱
4	会計・広報	瀧本　典子	㈲ラインエ業
5	開発責任者	奥村　大亮	㈲ラインエ業
6	試験監修	小原　勝彦	岐阜県立森林文化アカデミー
7	試験協力	河本　和義	NPO 法人 WOOD　AC
8	試験協力	福本　満夫	NPO 法人 WOOD　AC
9	試験協力	照井　清貴	㈱ポラス暮し科学研究所
10	オブザーバー		随時

(2)開発試験および分析実施体制
〈STEP 1～STEP 8〉ラーメン1構面試験
試験会場:岐阜県立森林文化アカデミーオープンラボ　岐阜県美濃市曽代 88
試験協力者:①岐阜県立森林文化アカデミー
　　木造建築スタジオ　准教授　小原勝彦氏
　②NPO 法人WOOD AC　代表　河本和義氏　ならびに福本満夫氏
〈STEP 9〉2方向ラーメン組み斜め加力試験
試験会場:株式会社ポラス暮し科学研究所　埼玉県越谷市東町 2-266-1
試験協力者:①岐阜県立森林文化アカデミー
　　木造建築スタジオ　准教授　小原勝彦氏
　②NPO 法人WOOD AC　代表　河本和義氏　ならびに福本満夫氏
　③ポラス暮し科学研究所　構造グループ長　照井清貴氏
〈社内体制〉
総責任者:代表取締役　瀧本実
プロジェクトマネージャー・広報:植野牧子
開発責任者:リーダー　奥村大亮
会計・広報:瀧本典子

(3)普及活動実施体制
総責任者:代表取締役　瀧本実
プロジェクトマネージャー・広報:植野牧子
会計・広報:瀧本典子

実施した内容

(1)検討委員会
・2016年5月6日～2017年1月26日まで全23回実施

(2)地域の特性に応じた木質部材・構法の開発試験および分析
STEP 1:2016年6月13日～16日

オウシュウアカマツと岐阜県産ひのきとの強度差を解析するための実験	6mスパン実験(オウシュウアカマツ集成材) 6mスパン実験(岐阜県産ひのき集成材) 6mスパン実験(岐阜県産ひのきA材)
岐阜県産ひのきの強度低減をカバーするための改良を施した実験　＜公開試験＞	6mスパン実験(岐阜県産ひのきA材 150mm 角材)

STEP 2:2016年7月15日～20日

最終形へと改良を施した試験体が期待値に到達していることを実証する実験	6mスパン実験(岐阜県産ひのきA材)　柱脚部の靭性を確保するための金物形状変更により、思惑と一致し強度の向上にも繋がった

STEP 3:2016年9月5日～8日

6mスパン無載荷本試験	6mスパン実験(岐阜県産ひのきA材)

STEP4：2016年9月9日～10月19日

6mスパンでの実験を踏まえて、短スパンでの影響を確認する実験	3mスパン実験（岐阜県産ひのきA材）
短スパン試験体の実験値から強度の差と改良の効果を議論し、最終形を目指す	3mスパン実験（岐阜県産ひのきA材） 継ぎ手ビス長さを部分的に変更 65mm⇒90mm
短スパン試験体の実験値から強度の差と改良の効果を議論し、最終形を目指す	3mスパン実験（岐阜県産ひのきA材） 継ぎ手ビス長さを更に変更 65mm⇒120mm

STEP5：2016年 10月20日

短スパン試験体の実験値から強度の差と改良の効果を議論し、6mスパン最終形を目指す	6mスパン実験（岐阜県産ひのきA材） 継ぎ手ビス長さを3m試験体に合せて試験 65mm⇒120mm

STEP6：2017年1月30日～2月6日

ミニマム設定変更4mスパン無載荷予備試験	3mスパン実験（岐阜県産ひのきA材）における破壊モードが思わしくない結果に終わり、ミニマムスパンを設定し直して実験再実施。それでも未達成。
ミニマムスパン決定要因参考試験（1体は本試験扱い）	ミニマムスパン試験においてファスナーでの改良をしない条件化、構造体の仕様を決定付ける試験。10月、11月における試験で3m、4mともにNGであり、4．5Mスパンと、5．0Mスパンで実施。

STEP7：2017年1月30日～2月6日（予定）

ミニマムスパン無載荷本試験	4．5mにてミニマムスパン決定したのちの本試験。破壊モードのバラツキの有無確認を含めて実施。3体ともに理想の破壊モードを見せて本年度試験を終了。

STEP8：2017年1月17日～20日

6mスパン載荷本試験	6mスパン実験（岐阜県産ひのきA材）

STEP9：2017年1月18日～27日

日本初！2方向ラーメン試験準備から片付	搬入、鉄骨治具組立、試験体組立、載荷おもり設置、アクチュエーター連結、会場設営、計測器設置
日本初！2方向ラーメン試験実施 ＜公開試験＞	6m×6mスパン斜め加力公開実験 （岐阜県産ひのきA材）

（3）広報活動

2016年5月6日～8月11日

・普及活動を5回実施（埼玉県・岐阜県）

2016年8月20日～31日

・世界木材会議（WCTE 2016）

プレゼンテーション実施（オーストリア・ウィーン）

各国から主導する工法や情報が集結する中でのアピールと情報収集	ヨーロッパにおける木造への考え方、木造の使われ方、木材の締結の仕方、これまでの経緯、これまでの実績、実際建築調査、日本との比較、日本の課題など

2016年9月2日～15日
・普及活動を2回実施(岐阜県・愛知県)
　2016年10月12日～16日
・建築総合展2016NAGOYAへ出展

展示用構造体の搬入・据付、掲示物等準備	搬入車両2台、ユニッククレーン使用、テーブル型高所作業車2台を使って、2方向2層の構造体の建て方、周囲品準備
完全2方向ラーメンの実物大を展示し、来場者や周囲関連企業へのアピールと情報収集	6mスパン2方向2層(岐阜県産ひのきA材)
愛知建築士会「建築士デー」へ出席	展示会主催者である愛知建築士会へ向けて発進、開発の経緯、『囲柱』のつかいかた

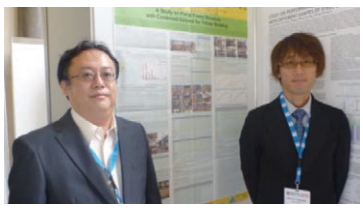
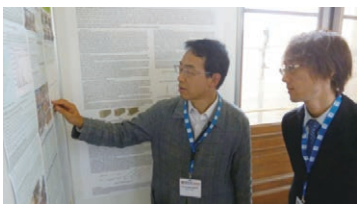
2016年10月24日～2017年1月19日
・普及活動を11回実施(岐阜県・東京都・愛知県・埼玉県)

(1)検討委員会

(2)実施試験

(3)広報
●建築総合展2017NAGOYA

●世界木材会議(WCTE2016)

実施した結果

(1) 検討委員会

2016年5月6日～6月15日

・検討委員会を2回実施(埼玉県・岐阜県)

2016年6月16日

・公開試験に伴う検討委員会を実施(参加者：試験12名/委員会12名)

実験値から材種による強度の差と改良の効果を議論し、最終形を目指す	強度充分より普及への道を議論 試験場設備のスペックも考慮し、岐阜県産ひのきA材 120mm 角柱材での一貫した取り組みと決定

2016年6月17日～8月4日

・検討委員会を5回実施(岐阜県・東京都・神奈川県・埼玉県)

2016年9月7日

・公開試験に伴う検討委員会を実施(参加者：試験44名/委員会17名)

実験結果・これまでの取組内容・学会発表内容等をプレゼンし、今後の「囲柱」の展開や詳細納まりを議論する委員会	普及させるために必要な、意匠上の留意点・実績作り・防火耐火の対応策について議論

2016年9月12日～1月10日

・検討委員会を12回実施(岐阜県・東京都・埼玉県)

2017年1月18日

・公開試験に伴う検討委員会を実施(参加者：試験42名/委員会13名)

「囲柱ラーメン木構造」開発の今とこれからについて、問題提議と解決策を議題	構造体の現状の技術と、市場の本当のニーズを確認し、意匠上の問題点・防火対策上の問題点・多様ユニット化への問題点について解決策を踏まえて議論。

2017年1月26日

・公開試験に伴う検討委員会を実施

実験結果・これまでの取組内容・学会発表内容等をプレゼンし、今後の「囲柱」に必要となる事項や可能性、実際の建築を実現するための委員会開催意義を議論する委員会	実験結果より、通常の「耐力壁置換法ルート」の実験内容から想定される結果と大きく相違無いことが判明。その中でも、検討が必要とされる項目を挙げ、議論の題材とした。完全なる純粋2方向ラーメンを現実のものとするためには何をどうしたらよいのか。。有識者を交えた議論の中、第1号物件、第2号物件の在り方も議論した。

(2) 開発試験

① H28年度 平面試験の概要(試験体一覧)

試験日		試験体記号	スパン/載荷有無	柱材	金物	金物改良の概要 金物改良の目的	基準耐力 kN	破壊モード
2016	6月13日	m-7-6m-120-1	6m/無載荷	柱:120角(RW集成材)	金物ver.2015		24.81	継手曲げ破壊、柱脚クラック
年	6月14日	m-8-6m-120-1		柱:120角(ヒノキ集成材)			27.17	継手曲げ破壊、柱脚クラック
	6月15日	m-9-6m-120-1		柱:120角(ヒノキ製材)			26.13	継手曲げ破壊、柱脚クラック
	6月16日	m-9-6m-150-1		柱:150角(ヒノキ製材)			35.85	継手曲げ破壊、柱脚クラック ※荷重頭打ち、治具変形
	7月19日	m-10-6m-120-1		柱:120角(ヒノキ製材)	金物改良ver.1	柱脚PLの形状変更 柱脚クラックの緩和	28.15	継手曲げ破壊、柱脚クラック
	9月5日	m-10-6m-120-2					27.14	継手曲げ破壊、柱脚クラック
	9月7日	m-10-6m-120-3					25.51	継手曲げ破壊、柱脚クラック
	9月8日	m-10-6m-120-4					27.07	継手曲げ破壊、柱脚クラック
	9月9日	m-10-3m-120-1	3m/無載荷				27.2	継手せん断破壊、柱脚クラック
	10月18日	m-11-3m-120-1			金物改良ver.2	継手ビス長さ変更 継手せん断破壊の抑制	31.03	継手せん断破壊、柱脚クラック
	10月19日	m-12-3m-120-1			金物改良ver.3	継手ビス長さ変更 継手せん断破壊の抑制	30.8	継手せん断破壊、柱脚クラック
	10月20日	m-12-6m-120-1	6m/無載荷				29.3	継手曲げ破壊、柱脚クラック 柱頭付近柱曲げ破壊
	11月29日	m-10-4m-120-1	4m/無載荷		金物改良ver.1		30.8	継手せん断破壊、柱脚クラック
2017	1月18日	s-10-6m-120-1	6m/載荷				29.14	継手曲げ破壊、柱脚クラック
年	1月19日	s-10-6m-120-2					31.15	継手曲げ破壊、柱脚クラック
	1月20日	s-10-6m-120-3					30.87	継手曲げ破壊、柱脚クラック
	1月30日	m-10-4.5m-120-1	4.5m/無載荷					
	1月31日	m-10-5m-120-1	5m/無載荷					
	2月3日	m-10-○m-120-2	○m/無載荷					
	2月6日	m-10-○m-120-3						

試験体記号の定義: 載荷の有無—試験体仕様(金物、木材)—スパン—柱サイズ—index
※網掛けは、同仕様3体試験(下限値算定)
※赤字の試験体は、詳細資料を添付している

※標準試験体の特性値は別添参照

(3) 広報活動

当構法の概要や試験の状況を新聞やテレビ等マスコミに対してプレスリリース等を通じて情報発信を行い、掲載や放映されることで当構法の情報を広く発信しています。

(1) 現在までの新聞・雑誌掲載実績

- ・2015年8月4日　中部経済新聞に試験状況を掲載
- ・2015年10月2日　中部経済新聞に建築総合展への展示状況を掲載
- ・2016年8月24日　岐阜新聞に開発を掲載
- ・2016年9月8日　岐阜新聞に試験を掲載
- ・2016年10月6日　中部経済新聞に展示会情報を掲載
- ・2016年10月26日　中日新聞に開発状況を掲載
- ・2016年11月10日　WoodMic(雑誌)に建築総合展の展示状況を掲載
- ・2016年11月28日　日本経済新聞に開発を掲載
- ・2016年11月30日　日刊木材新聞に開発を掲載
- ・2017年1月20日　日刊木材新聞に試験を掲載
- ・2017年1月25日　日本経済新聞社に建設予定情報を掲載
- ・2017年1月26日　林経新聞に試験を掲載
- ・2017年2月8日　建通新聞に建設予定情報を掲載

(2) WEBを活用した情報発信

当構法のホームページの作成やfacebook等のSNS、イプロス等の建設業専門のプラットフォームの活用により、当構法の特徴や開発における進捗状況について情報発信を行います。

(3) 雑誌を活用した啓蒙活動

当構法の実験成果や学会発表での成果を、日経アーキテクチャー、新建築などの建築業界誌へ掲載することで、関連業界に当構法の特徴や効果等の啓蒙活動をします。

- ・2017年2月7日　日経アーキテクチュア電子版に試験を掲載

木材と鋼材 組み合わせ
新工法で鉄骨並み強度
ライン工業

木材＋鋼材の「囲柱ラーメン」木構造 開発
高強度・大空間を実現
ライン工業

抗菌性高い人工骨開発
実用化目指す

上：2016/11/30 日刊木材新聞
右：2016/11/28 日本経済新聞→

今後の課題・展開等

今後の課題

当構法の形式認定取得への開発及び民間の一般建築物への当構法の普及が必要である。
新工法が型式適合認定するためには、まずは個別認定を複数件取得し建築した実績を積み上げることが必要となります。さらにそのためには個別認定による物件を数棟受注するための営業活動と、強度試験による安全性の担保が必要となります。

①強度試験

当構法が木造建築物の工法として複層建築物や大型建築物にも耐えうる強度を有することを、強度試験を行うことで検証します。
現在国交省では木造の２方向ラーメンの認定までの評価方法が確立されておらず、当構法の認定については、確認検査機関との協議と指示により必要となる試験項目、内容、回数が決定するため、認定までの期間とコストは不透明であるといえます。
これからの試験予定（～２０１９年）としては、連梁強度試験・複層強度試験・特殊形状試験・各種要素試験を行っていきます。

②個別認定取得（物件の受注）

当構法の強度試験により安全が確認できることを検証し、物件ごとに個別に認定を取得し建物を建築します。
個別認定を取得するにあたり、まずは当構法を使用した建築物を受注する必要があります。

③型式適合認定取得

形式適合認定とは、標準的な仕様書により複数建築される住宅等の建築物について、構造、防火、設備等が建築基準法に適合しているかを予め審査し、認定を行うものです。建築確認申請において形式適合認定書を添付することにより、申請図書が軽減され、審査が簡略化され構法の普及が促進されるので、今回の囲柱プロジェクト事業計画の2019年までの前半ではこの形式適合認定取得を最終目的としています。

平成27年度 林野庁補助事業 地域材利用拡大緊急対策事業

地域の特性に応じた
木質部材・工法の開発・普及等支援事業

― 成果概要集 ―

平成29年3月発行
編集　木構造振興株式会社