

平成30年度 合板・製材・集成材国際競争力強化対策のうち
木材製品の消費拡大対策のうちCLT建築実証支援事業

木質建築部材・工法の普及・定着に向けた 技術開発等支援事業

成果概要集

平成30年度 合板・製材・集成材国際競争力強化対策のうち
木材製品の消費拡大対策のうちCLT建築実証支援事業

木質建築部材・工法の普及・定着に向けた 技術開発等支援事業

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 の屋外使用における耐久性・不燃性措置 及び基準の検討	一般社団法人 日本 CLT 協会	4
人工乾燥条件及び強度性能の係る 実態調査事業	一般社団法人 全国木材組合連合会	8
易施工が可能な木質ラーメン接合工法の開発と普及	帝人株式会社／前田建設工業株式会社	12
木塀の耐久性確保のための各種試験 及び保存処理木材の調査	日本木材防腐工業組合	16
大径 A 材丸太の新需要創出に向けた技術開発・実証 —国産材 208、210 の社会実装に向けた実用化—	信州木材認証製品センター	22
アカマツ材の高品質な建築構造材の開発、 及び立木レーザ計測による建築構造材の 賦存量推定の確立と歩留まり向上との関連確認	一般社団法人 山梨県木造住宅協会	36
木造準耐火仕様開発	特定非営利活動法人 建築技術支援協会	42
接着重ね材の告示化のためのデータ取得と JAS のための製造マニュアル(案)と 管理記録シートの作成	一般社団法人 日本 BP 材協会	50
地域材の単板積層材を用いた長尺梁開発	一般社団法人 全国 LVL 協会	60
「CLT 晴海プロジェクト」における広報・普及活動	一般社団法人 日本 CLT 協会	64
「燃えしろ設計における製材の追加」 「区画内部に木質材料が利用された場合の盛期火災性状」	一般社団法人 日本木造耐火建築協会	68
非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、 高階高耐力壁及び接合金物の開発検討事業	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会	76
CLT パネル工法の構造計算方法の拡充事業	株式会社日本システム設計	86
CLT・集成材等による薄肉ラーメン構造の開発	一般社団法人 中大規模木造プレカット技術協会	94
ラミナに強度性能の高い等級を用いた CLT に使用する接合金物の合理化	一般社団法人 日本 CLT 協会	96

CLTの屋外使用における耐久性・不燃性措置 及び基準の検討

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本CLT協会

〒103-0004 東京都中央区東日本橋 2-15-5VOR東日本橋 2階

事業 目的

CLTを屋外で使用することを目的に、各事業体・研究機関において耐久性評価試験が行われているが、技術・研究成果の全体像は把握されていないため、これらの情報を収集し整理する。さらに、既存物件の耐久性調査を行い、既往の耐久性措置とその効果を確認する。

これらから得られた情報および実験結果から、CLTを屋外で使用する場合の耐久性及び不燃性措置を検討しその基準を検討する。検討結果をガイドラインとして編纂し、CLTを屋外で使用することを検討している設計者へ向けて発信する。

実施した 項目

- 1) CLTの屋外使用における耐久性・不燃性措置に関する既往の研究整理等
- 2) 実物件の耐久性調査
- 3) 使用環境の整理
- 4) 性能の確認
- 5) 補修・交換方法の検討

実施 体制

CLT屋外使用における耐久性・不燃性措置及び基準の検討委員会

委員長	東京大学名誉教授	有馬 孝禮
委員	秋田県立大学木材高度加工研究所	林 知行
	宇都宮大学	中島 史郎
	関東学院大学	中島 正夫
	森林研究・整備機構 森林総合研究所	大村和香子
	森林研究・整備機構 森林総合研究所	上川 大輔
	(有)ティー・イー・コンサルティング	宮林 正幸
	日本大学	木口 実
	北海道大学大学院	佐々木貴信
協力委員	(一社)木のいえ一番協会	池田 均
	(一社)木のいえ一番協会	松下 勝久
	越井木材工業(株)	山口 秋生
	(株)ザイエンス	須貝与志明
	日本木材防腐工業組合	関澤外喜夫
	三井ホーム(株)	木本 勢也

CLT屋外使用における耐久性・不燃性措置及び基準の検討ワーキンググループ

主査	宇都宮大学	中島 史郎
委員	(株)オーシカ	池田 尊子
	(一社)木のいえ一番協会	池田 均
	(一社)木のいえ一番協会	松下 勝久

実施した内容

越井木材工業(株)	山口 秋生
越井木材工業(株)	内藤 俊介
(株)サイエンス	須貝与志明
日本木材防腐工業組合	関澤外喜夫
ミサワホーム(株)	杉田 敏之
三井ホーム(株)	木本 勢也
(株)モクラボ	関根 純一
(株)モクラボ	阿部 健一

本事業の検討委員会およびワーキングを設置し、以下の項目を実施した。

- 1) CLTの屋外使用における耐久性・不燃性措置に関する既往の研究整理等、既往の研究成果を調べ、設計の指標となるものを抽出した。

2) 実物件の耐久性調査

CLT現わしの物件を主な調査対象とし、作成した評価項目について調査した※1。

また、北海道、宮城、茨城、群馬、大阪に設置してから最長4年経過した同形状の暴露試験体が存在し、材料割れの観点から測定を行った。



※1 耐久性調査物件
(バス停 ブロック状のCLTを使用)

3) 使用環境の整理

既往の研究結果および実物件の耐久性調査を元に各部位における使用環境の整理を行った。

また、不燃性措置については、屋外使用の例としてバス停を挙げ、設計例および代表的な都道府県や市町村において関連性のある条例を調査し、屋外使用の可能性を検討した。

4) 性能の確認

塀等の組積造での利用を想定し、コンクリートブロックサイズのCLTへ保存処理を行い、日本農林規格や優良木質建材等認証で規定される接着性能試験および薬剤浸潤度測定、暴露試験※2を行った。

さらに、設計者への提案として、保存処理または難燃・準不燃処理を行った外装木材による被覆仕様を検討し、それらの暴露試験を実施した。



※2 暴露試験体

5) 補修・交換方法の検討

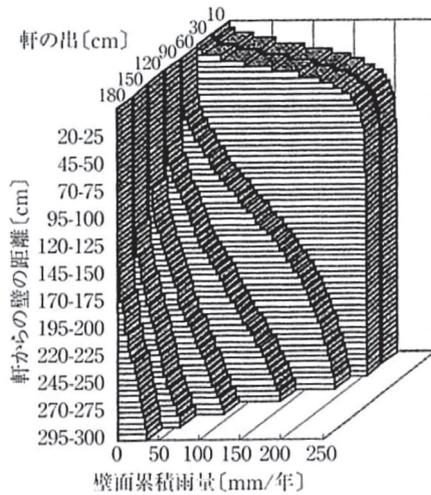
外壁のCLTが劣化した場合の補修・交換方法が確立されていないため、実験を行い※3、補修・交換方法を検討した。



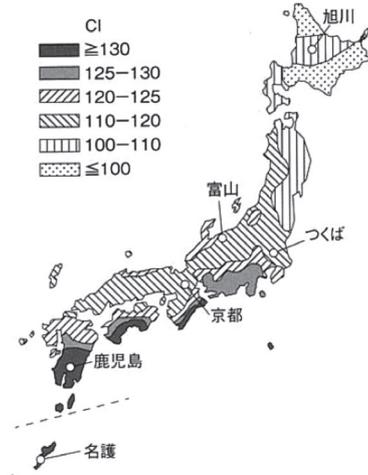
※3 補修・交換方法の実験の様子

1) CLTの屋外使用における耐久性・不燃性措置に関する既往の研究整理

既往の研究成果から、軒の出を考慮した壁面における高さ別雨量の検討^{※4}や跳ね返り雨水による壁面足元の濡れ、気象劣化マップ^{※5}などの設計の指標となるものを抽出した。



※4 軒の出を考慮した壁面における高さ別雨量の検討



※5 気象劣化マップ

2) 実物件の耐久性調査

CLT現わしの物件を主な調査対象とし、作成した統一の調査票の評価項目を元に調査を行い、各物件での耐久性への配慮とその効果を確認した。また、全国5か所に設置した屋外暴露試験体については、設置から最長で4年経過した試験体の腐朽及び割れの測定を行った。保存処理をした試験体については腐朽等確認されなかったが、無処理のものは子実体の発生が確認された。割れに関しては水平面が多く、北面の垂直方向は少ない傾向だったが、日照時間や気温との関係性は明確ではなかった。

3) 使用環境の整理

実物件の耐久性調査を元に部位ごとの推奨仕様として使用環境の整理を行った。不燃性措置においては、屋外使用の例としてバス停^{※6}を挙げ、設計例および代表的な都道府県や市町村において関連性のある条例を調査し、屋外使用の可能性を検討した。



※6 バス停の設計例

4) 性能の確認

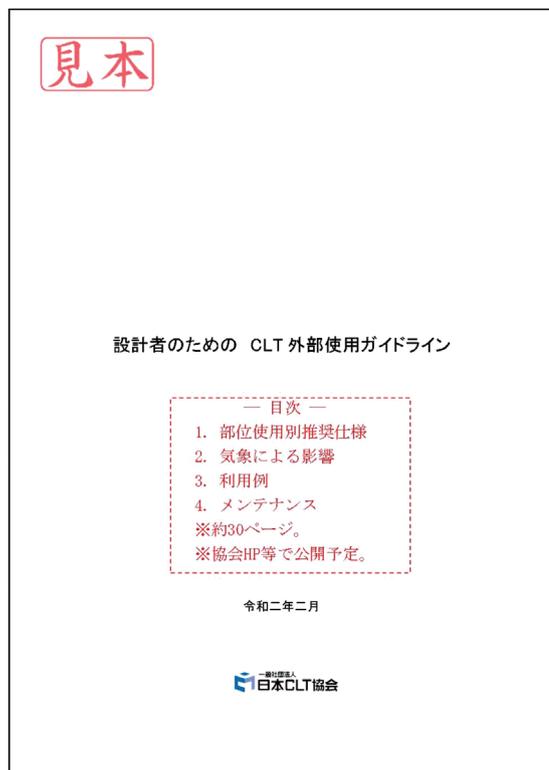
CLTのブロックを湿式にて保存処理したところ、木の膨潤による寸法変化に追従できず、木部での割れや接着面の剥離が数箇所であった。そこで、乾式にて保存処理を行ったところ、寸法変化が小さく、割れや剥離はほとんど確認されなかった。処理したブロックは種々の接着耐久性試験、せん断試験、暴露試験を実施した。

外装木材の暴露試験については、(一財)日本建築総合試験所の敷地内にて建設した遮音実験棟に設置し経過観察を行う。

5) 補修・交換方法の検討

本事業外にて進行していた外壁の補修・交換方法においては、スギの製材および接着剤を使用した実験を行っており、本事業では施工方法を考慮した補修・交換方法にて実験を行った。これらの結果により、今後の外壁の腐朽に対する補修・交換方法の検討へ寄与することができた。

以上の結果より、CLTの屋外利用を検討する設計者を対象とした、「設計者のためのCLT外部使用ガイドライン」※7を製作した。



※7 設計者のための CLT 外部使用ガイドライン

今後の 課題・展開 等

本外装木材およびCLTブロックの暴露試験体の経過観察を行うとともに、製作した「設計者のためのCLT外部使用ガイドライン」を利用してCLT利用の普及を図る。さらに、今後もCLTの屋外利用を追究し、「設計者のためのCLT外部使用ガイドライン」の改訂・追加等を行っていく。

人工乾燥条件及び強度性能の関係に係る 実態調査事業

● 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

事業 目的

心持ち柱材の人工乾燥時には、100℃超の高温・低湿度条件の乾燥前処理を採用する工場が多い。しかし、処理条件やその後の乾燥条件によっては、乾燥後の製材の強度性能が低下する可能性が示唆されており、一般に流通している人工乾燥材について建築関係者から乾燥条件と強度性能の関係について明確化する資料の提供を求められている。そこで、一般に流通している人工乾燥材の乾燥条件と強度性能の関係について実態調査を実施し、必要に応じて対応策を検討する。

実施した 項目

本事業の検討委員会を設置し、国内の乾燥材生産工場の中から調査に協力していただける工場を選定し、以下の調査・試験を実施した。

- ①乾燥スケジュールを中心とした品質管理に関する聞き取り調査
以下は、①の工場から購入した乾燥材について調査・試験を実施した。
- ②乾燥材の強度試験（曲げ、実大いす型せん断、曲げせん断）
- ③乾燥材の接合部試験（ホールダウン金物、山形プレート）
- ④乾燥材の品質調査（含水率、内部割れ）

実施 体制

■有識者

九州大学
秋田県立大学 木材高度加工研究所
国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

■地方公設試

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 林産試験場
栃木県林業センター
長野県林業総合センター
静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター
石川県農林総合研究センター 林業試験場
兵庫県立農林水産技術総合センター 森林林業技術センター
岡山県農林水産総合センター 森林研究所
愛媛県農林水産研究所林業研究センター
大分県農林水産研究指導センター 林業研究部
熊本県林業研究・研修センター
宮崎県木材利用技術センター

以上の委員構成で検討委員会とした。

実施した 内容

①本事業の検討委員会で作成した調査シートを基に、乾燥スケジュール（特に高温セット条件）を中心とした品質管理に関する聞き取り調査を実施した。調査対象は日本各地（1道11県）の製材工場22か所とし、樹種はスギ、ヒノキおよびカラマツ、材種は心持ち正角（一部平角を含む）とした（写真1）。

②各工場から心持ち正角（断面寸法：105mm×105mmあるいは120mm×120mm、1工場のみ105mm×150mm）を40本購入し、所定の長さ加工したのち、実大曲げ試験（スパンを材せいの18倍とした3等分点4点荷重方式）およびせん断試験（実大いす型せん断方式）を実施した（写真2）。

③心持ち正角を6本購入し、所定の長さ加工したのち、曲げせん断試験（スパンは材せいの5倍とした中央集中荷重方式）、ホールダウン金物および山形プレートを用いた柱・土台接合部試験を実施した（写真3）。

④②及び③の強度試験体加工時に採取した切片を用いて、含水率及び内部割れを測定した。

上記③については、接合部試験可能な機関においてのみ実施した。



写真1 聞き取り調査の様子



写真2 スギ正角の曲げ試験



写真3 ホールダウン金物による接合部試験
(スギの例)

実施した結果

- ①聞き取り調査を行ったすべての工場において表面割れ防止を目的とした高温セット処理を行っていた。処理条件（温度と時間）については表面割れの発生程度に応じて調整しているケースが多いのに対して、一部の工場では乾燥機メーカーのデフォルト設定をそのまま使用していた。高温乾燥で問題となる内部割れに関して、「発生するが、昔に比べて発生量は減った」「非破壊的に内部割れを確認する方法が無く、特段の区別はしていない」との回答が多かった。
- ②心持ち直角の曲げおよびせん断試験を実施した結果、高温セット時間が長いあるいはセット後の乾燥温度が高い試験材は、内部割れ総長さが大きいあるいはせん断強度が低下していると考えられる事例が一部みられた（図1）。

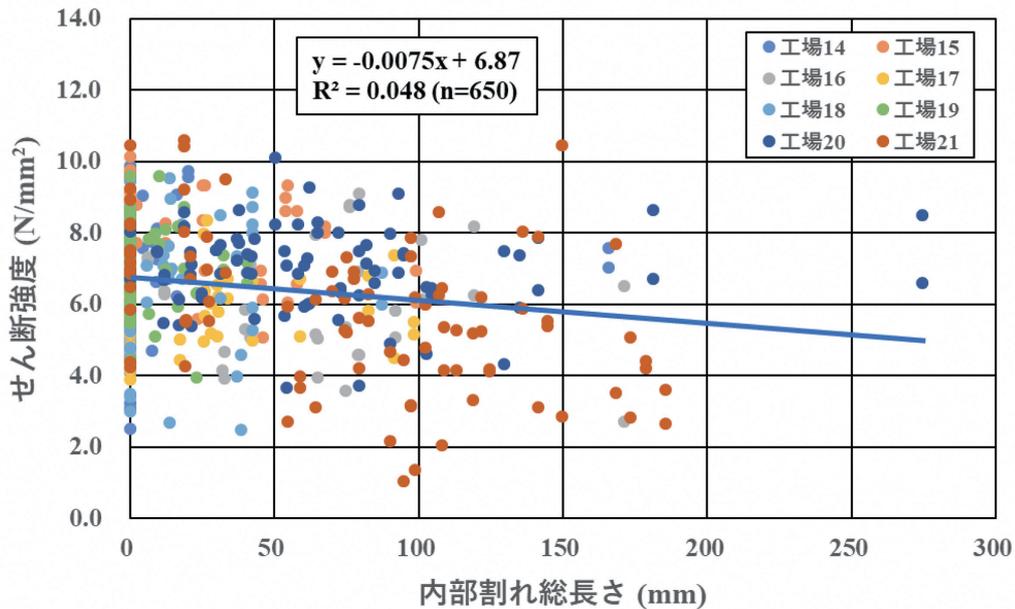


図1 内部割れ総長さとせん断強度との関係
(ヒノキ、実大いす型せん断の例)

- ③山形プレートおよびホールダウン金物を用いた柱・土台接合部の強度（最大荷重、降伏荷重）と高温セット温度・時間との間に明確な傾向は認められなかった（図2）。

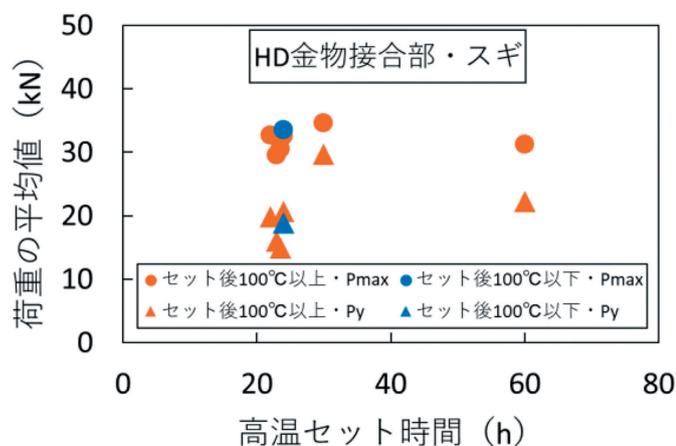


図2 高温セット時間と柱・土台接合部の強度との関係
(スギ、ホールダウン金物の例)

注) Pmax：最大荷重、Py：降伏荷重（いずれも工場ごとの平均値）

④内部割れの発生量は工場間で大きく異なり、工場と樹種が同一であっても内部割れの発生量は個体によってバラツキがあった。一部の工場ではプレカット時のほぞの欠損につながる大きな内部割れが多数の試験体にみられた。スギに関しては、高温セット処理の時間が長くなるにつれて内部割れ総長さが増加する傾向が認められた（図3）。

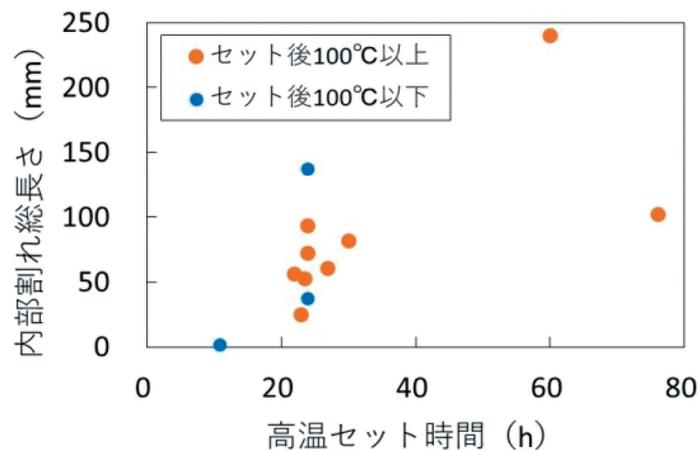


図3 高温セット時間と内部割れ総長さとの関係
(スギの例)

今後の 課題・展開 等

- ①不適切な高温セット処理時間や乾燥条件（温度＋時間）により製材の品質が低下することがあることを乾燥機および製材メーカーに対して周知するとともに、適正な乾燥スケジュールを普及させていくことが急務である。
- ②高温乾燥材で懸念される内部割れについては、現状では非破壊で簡易に検出する方法が見いだされていない。強度・接合性能に影響を及ぼす内部割れの評価方法の開発が期待される。

易施工が可能な木質ラーメン接合工法の開発と普及

● 実施団体 ●

帝人株式会社

〒791-8536 愛媛県松山市西垣生町2345

前田建設工業株式会社

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋3-11-18 飯田橋MKビル

事業目的

近年、国産木材の活用が望まれており、これまで木材利用が低位であった非住宅や中高層建築物などの分野で木造化が推進されることが期待されている。しかしながら、非住宅や中高層建築物中でも、特に大空間を必要とする建築物において、木材は鉄骨材に比べて軽量であるメリットがある一方で、以下のような技術的課題が存在している。

1. 6mを超えるロングスパンの部材（集成材）を製造できる工場に限られており、かつ、建設現場で容易に梁同士を継ぐことが困難。
2. 梁・柱の接合において、鉄骨造対比、容易にラーメン構造を形成することが難しく、耐力壁などの耐震要素を必要とする。

そこで、我々は、物性の高い木質ラーメン構造を、建設現場で容易に実現できることを目的とした部材ならびに工法の開発に着手した。

実施した項目

本事業においては、まず、上記課題の1に着目し、施工が容易な高物性継手の実現を目標とした。具体的には、既存の集成材を用いた梁-梁の継手工法を開発対象とした。

本事業を実施するにあたり、検討委員会を設置し、それぞれの職種、立場からの意見をいただき、工法案を議論した。議論においては、以下の前提条件を念頭に置いた工法案を選定し、その工法の実現可否について検証実験を実施した。

- (1) 建設現場で容易に施工できることを念頭におき、接着剤や多くのボルト接合を必要としないこと。
- (2) 工法の普及を念頭に、地場での材料調達や部材製造を可能とすべく、特殊な材料や製造設備を必要としないこと。

実施体制

■事業主体

総括/経理：帝人株式会社

部材の設計/製作、実験の実施：帝人株式会社

継手部の設計、実験の実施：前田建設工業株式会社

■実験監修

国立大学法人 高知大学

■事業協力

木質部材の製作：清水木材株式会社

金物部材の製作：株式会社ストローグ

実施した内容

検討委員会の議論を通じ、RC造などで用いられるプレストレス技術を応用した継手工法を選定し、以下の検証実験を実施した。

①プレストレスの加力に耐え得る木質部材の検証

通常の集成材では、めり込み耐力が不足するため、高いプレストレスをかけることが困難である。そこで、プレストレスに抵抗する補強材を集成材内に内包する形状を検討した。

②プレストレスによる継手工法の実現可能性の検証

プレストレスによって得られた継手部の曲げ特性（曲げモーメント-回転角関係）について実測評価を行った。評価は繰り返し曲げ試験を実施し、試験体の断面寸法については3水準で実施した。

③継手部の設計計算式の検証

上記②の試験結果を踏まえ、仮の設計計算式を作成し、実測評価の結果と計算値を比較し、設計計算式の妥当性を確認した。



部材の作製



プレストレス加力時

実施した結果

検証実験の結果を以下に示す。

①プレストレスの加力に耐え得る木質部材の検証

鉄パイプを内包した集成材を作成し、その両端に中空のLSB（ラグスクリューボルト）をねじ込むことで、中空補強材が接続した集成材を得ることができた。この集成材は十分なプレストレスを加える事ができた。

②プレストレスによる継手工法の実現可能性の検証

プレストレスによって2体の集成材を連結し、繰り返し曲げ試験を実施した結果、通常の集成材（継いでいない一体のもの）よりも高い曲げ特性を発揮できることが判明した。また、試験体の断面が大きくなった場合であっても、プレストレスを加力する箇所を増やすことで同様の結果を得ることができた。

③ 継手部の設計計算式の検証

設計計算式による計算値と実測値を比較し、計算と実測の結果に相関があることが判明し、設計計算式が妥当であることを確認した。

曲げ特性の試験



120mm×240mm断面



120mm×390mm断面

今後の 課題・展開 等

本事業の結果より、梁-梁の継手部については、プレストレスにより簡易で高物性な継手可以实现できる可能性が示唆された。今後の展開としては、梁-柱の接合部において、同技術を応用可能か検証する必要がある。また、同時に、リラクゼーションなど長期的な物性についても検証する必要がある。

一方、今後、非住宅や中高層建築物の分野で、大空間を必要とする建築物を木造化するにあたっては、木材そのものが低物性であるがため、木質部材の断面が大きくなりすぎる課題も出てくると考えられる。この課題に対して、我々は炭素繊維強化プラスチック（CFRP）を用いて集成材そのものを補強する技術開発（高機能繊維強化集成材：AFRW）を行っている。今後、このAFRWと本事業で検討を行った工法を組み合わせることで、さらに簡易でより高い物性を有した木構造躯体を実現することを目指している。



高機能繊維強化集成材（AFRW）

木塀の耐久性確保のための各種試験及び 保存処理木材の調査

● 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、これまでに加圧注入処理材による長寿命化住宅の仕様化、太陽光発電用木製架台の開発、CLT部材の保存処理の検証など耐久性を主体に、その時々から要請される課題に木材利用促進の立場から積極的に取り組んできた。平成30年6月の大阪北部地震において、ブロック塀の倒壊による死亡事故が発生し、安全・安心な塀が社会的に広く要請されるようになった。そこで、組合では長年蓄積された木材防腐技術を基盤にして、軽くて衝撃の少ない防腐木材を利用した「木塀（もくべい）手引き」を作成した。

当組合では、本事業において各種防腐剤によって耐久性を付与し塗装によって耐候性を付与したモデル木塀を製作・展示して、木塀の需要拡大に資することとした。また、長期耐用の証拠となるデータ整備のため、促進耐候性試験・垂直暴露試験、光反射率測定を実施することとした。さらに当組合が長年行ってきた保存処理木材の耐久性調査について、8年目調査を本事業で実施して防腐性能の検証を行うこととした。そして、本事業を適切かつ円滑に遂行するため、学識経験者、関連機関、組合員による「安心・安全な木塀検討委員会」を設置して具体的な内容・方法を詰めるとともに事業の進捗状況をチェックすることとした。

実施した 項目

本事業では下記の(1)～(4)について、製作・試験及び調査を行った。

- (1) 高耐候性・高耐久性を付与したモデル木塀の製作と展示。
 - ・各種防腐剤を加圧注入し、各種塗料で塗装した木塀（5社・6製品）。
 - ・各社（5社）にて図面作成、部材加工、加圧注入、塗装、施工を実施。
 - ・耐風性能（36m/s）は、図面に基づく構造計算により確認。
- (2) 木塀用保存処理塗装木材の耐候性試験。
 - ・促進耐候性試験を行い、撥水性、欠陥、色、光沢などを測定。
 - ・これとは別に森林総合研究所にて屋外垂直暴露試験を開始。今後観察。
- (3) 保存処理木材の耐久性調査：試験地3か所（つくば・森林総合研究所、富山県農林水産総合技術センター、奈良県森林技術センター）に木杭、ダブルレイヤー試験材、小ダブルレイヤー試験材を設置。垂直暴露試験材を森林総合研究所及び当組合員の事務所に各々設置。6種類の防腐薬剤及び無処理材について8年目の調査を実施。
- (4) 木塀用保存処理木材の反射率測定：保存処理木材の紫外線反射率、赤外線放射率及び赤外線放射温度計による表面温度測定を実施。

本事業の目的達成のため学識経験者、関連機関、日本木材防腐工業組合員から構成する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	矢田 茂樹	横浜国立大学名誉教授
委員	信田 聡	元東京大学教授
委員	大村和香子	森林総合研究所 木材改質領域長
委員	石川 敦子	森林総合研究所 木材改質領域
委員	加藤 英雄	森林総合研究所 構造利用研究領域
委員	大木 博成	玄々化学工業株式会社
委員	栗崎 宏	富山県農林水産総合技術センター
委員	酒井 温子	奈良県森林技術センター
委員	3名	株式会社ザイエンス
委員	3名	兼松サステック株式会社
委員	2名	越井木材工業株式会社
委員	1名	大日本木材防腐株式会社
委員	1名	九州木材工業株式会社
オブザー	鈴木 竜也	林野庁 林政部 木材産業課 木材製品技術室
オブザー	平原 章雄	木構造振興株式会社
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ワーキンググループを設けて事業を推進した。

グループA、木塀の製作 矢田委員長他、組合委員

グループB、保存処理木材の調査 大村委員他、組合委員・各社

グループC、耐候性試験の調査 石川委員他、組合委員

グループD、保存処理木材の反射率 信田委員、石川委員

協力会社

* 木塀の構造計算、箱石構造設計事務所

(1) 高耐候性・高耐久性を付与したモデル木塀の製作と展示

①使用樹種：国産のスギ。

②使用薬剤：ACQ、CUAZ、AAC、AZN、AZNA、低分子フェノール樹脂の6種。

③処理方法：保存処理レベルはK 4とし、耐候性の高い含浸形塗料または半造膜形塗料を塗布。

④塀の寸法・形状等：高さ；1600～2000mm、スパン；850～1200mm、壁板厚さ；15～28mm、壁板の配置；縦列（隙間あり）、笠木；あり。

支柱選択、支柱寸法は各社（5社）に一任。意匠性も一任。

⑤木塀の製作図面：各社がそれぞれの仕様に基づき作成。

⑥木塀の耐風性能：各社の図面に基づき構造設計事務所に依頼して計算した。条件として、風速36 m/sを耐風圧の最低基準とした。

(2) 木塀用保存処理塗装木材の耐候性試験

- ①試験体：スギ心材板目材に6種類の防腐薬剤を注入後（性能レベルはK3,K4）、試験材の下半分に濃色、淡色に分けて各社仕様の塗装を施した。比較用に無処理材を加えたので、試験体は合計7種類である。
- ②試験方法はキセノンランプ法、紫外線蛍光ランプ法で薬剤ごとに1000時間の測定を行い、撥水度、欠陥、色、光沢の変化について測定した。
- ③上記とは別に、①と同じ試験体を用意して森林総合研究所の暴露試験地に垂直暴露試験用として設置した（垂直暴露試験はつくばと大阪）。今後、経過観察を行う。

(3) 保存処理木材の耐久性調査

当組合が従来から実施しているダブルレイヤー・木杭・垂直暴露試験について、つくば（茨城県）、富山県、奈良県の3か所において8年目の調査を実施した。

(4) 木塀用保存処理木材の反射率について

- ①木塀とブロック塀の赤外線放射温度計による表面温度測定を実施した。
- ②木塀に利用される保存処理木材の紫外線反射率及び赤外線放射率の測定を実施した。



耐候性試験機



試験前

1000h 試験後

色差試験



木塀 (バスケットウェーブ型)



板塀の汚染と腐朽（スギ無垢材）



杭試験（野外防腐性能試験）

実施した結果

(1) 日本木材防腐工業組合が提案する木塀の製作と展示

- ① 「木は汚れる」「木は腐る」の懸念を払拭して、少なくとも耐用年数 20 年以上を目途にモデル木塀を設置した。留意点は次の通りである。
 - 塗装改良による美観の維持。
 - プレカット材の加圧注入による高耐久性の付与。
 - 耐久設計の推進（雨仕舞、風通し等）と施工管理の徹底。
- ② 製作したモデル木塀は各社の敷地内及び指定地に設置した。
- ③ 木塀設置後、各社にて部材の幅反り、干割れの初期値を測定した（初期値に変状なし）。今後、塗装剥離を含めて定期的に計測する。

(2) 木塀用保存処理塗装木材の耐候性試験

- ① 促進耐候性試験の結果、塗装によって変色と撥水度の低下が大幅に抑制された。また、濃色塗装の方が淡色塗装よりも変色が抑制された。

②屋外暴露試験でも、変色や撥水度の低下は塗装、とくに濃色塗装により大幅に抑制された。今後、屋外暴露の観察を継続していく。

(3) 保存処理木材の耐久性調査（8年目）

- ①木塀支柱の接地部を想定した木杭調査の結果、一部薬剤のK 3処理材（接地部）において、劣化度が閾値（2.5）を越えていた。K 4レベルの処理木材では、全薬剤とも劣化度が2.5未満であった。
- ②塀の壁板を想定した非接地垂直暴露材を調べた結果、変色や干割れは認められたものの腐朽は発生していなかった。

(4) 木塀用保存処理木材の反射率について

- ①木材（保存処理木材含む）は人体にとって有害な紫外線反射が少ない。
すなわち、反射による紫外線被曝がないので健康的である。
- ②木材（保存処理木材含む）は金属材料より赤外線放射率が大きいいため、木材からの赤外線放射を人が受ける場合、冬は温かく感じる。
注）夏は暑く感じることになるが、日照を避けて行動するので支障がない。

(5) 本事業の成果報告会

- ①報告会名「木塀の耐久性確保のための各種試験及び保存処理木材の耐久性調査の研究・開発報告会」
- ②日時：令和2年1月23日（木） 場所：新木場センタービル2階
- ③プログラム
 - 開会の挨拶 日本木材防腐工業組合 理事長 高崎 實
 - 来賓挨拶 林野庁 木材製品技術室 課長補佐 鈴木 竜也 氏
 - 本事業の背景・目的と検討事項について
横浜国立大学名誉教授 矢田 茂樹 氏
 - 木塀の施工について
(株) ザイエンス 営業本部景観エクステリア部
取締役部長 杉本 吉正 氏
 - 木塀用保存処理塗装木材の耐候性試験について
国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
木材改質研究領域 機能化研究室長 石川 敦子 氏
 - 保存処理木材の耐久性調査について
国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所
木材改質研究領域 領域長 大村 和香子氏
 - 木塀用保存処理木材の反射率について
元東京大学教授 信田 聡 氏
 - 閉会の挨拶 日本木材防腐工業組合 理事 荒井 浩
- ④来場者数 ： 105名



木塀 スギ集成材・ブロック複合



Wレイヤー試験（水平暴露試験）



保存処理塗装木材の垂直暴露試験



木塀完成写真

今後の
課題・展開
等

- (1) 国内5カ所のモデル木塀は、ユーザーへの実地の啓発活動に活用するとともに、定期的に幅反り・干割れ・塗装剥離調査を行う。
- (2) 含浸形及び半造膜形の塗料で促進耐候性試験を行った結果、淡色より濃色塗装で優れた耐候性が得られた。今後、ユーザー向けに適切な維持管理手法（塗替えタイミング、塗料選択、塗装方法等）の提示が必要である。
- (3) 保存処理木材の耐久性調査（8年目）の結果、杭試験においてK3レベルの防腐処理木材の一部で接地部の劣化度が閾値（2.5）を越えた。K4レベルの保存処理材は閾値を越えていないので、今後も調査を継続する。
- (4) 光反射に関して木材は紫外線反射が著しく小さかった。これは外装・外構用木材の利点なので、今後、木塀の普及促進活動に生かす。

大径A材丸太の新需要創出に向けた技術開発・実証

— 国産材208、210の社会実装に向けた実用化 —

● 実施団体 ●

信州木材認証製品センター

〒380-8567 長野県長野市大字中御所字岡田30番地16

事業目的

平成30年度、林野庁補助事業「A材丸太を原料とする構造材等の製品・技術開発」の採択を受け実施した、カラマツ・スギ大径A材丸太から得られた梁桁材及び208材・210材の乾燥・強度試験結果から、十分に市場で通用する性能を持っていることが明らかになった。

また、信州カラマツは、曲げ強度がSPFと同等以上あるので、横使いの208材・210材の国産材利用ではとても現実性が高いとの見解もいただいている。

一方、ツーバイフォー工法においては、枠組部材のほとんどで外材が使われている。204材・206材等については、国産材の供給が一部で図られているが、208材・210材などの幅広、長尺材においては、国産材の供給は見られない。

そこで、前年度の結果を踏まえ、本年度は210材の社会実装に向けた一層の実用化のための長野県産210材の性能・品質評価の検討並びに実証等を実施する。

実施した項目

本事業の検討委員会を設置し、以下の実用化のための技術開発・実証等を行った。

1 床パネルの作製と評価

コンポーネント事業者等による、実用化に向けた床パネル実証検証を行った。

2 県産210材の性能評価

長野県産カラマツ及び県南スギの大径A材丸太の評価を実施し、県内製材工場で210材を作製した。また、16f材に対応するため4m材からフィンガージョイント（以下FJと表記する）によりたて継ぎ材を作製し性能評価試験を行った。

実施体制

■大径A材丸太の新需要創出に向けた技術開発・実証検討委員会

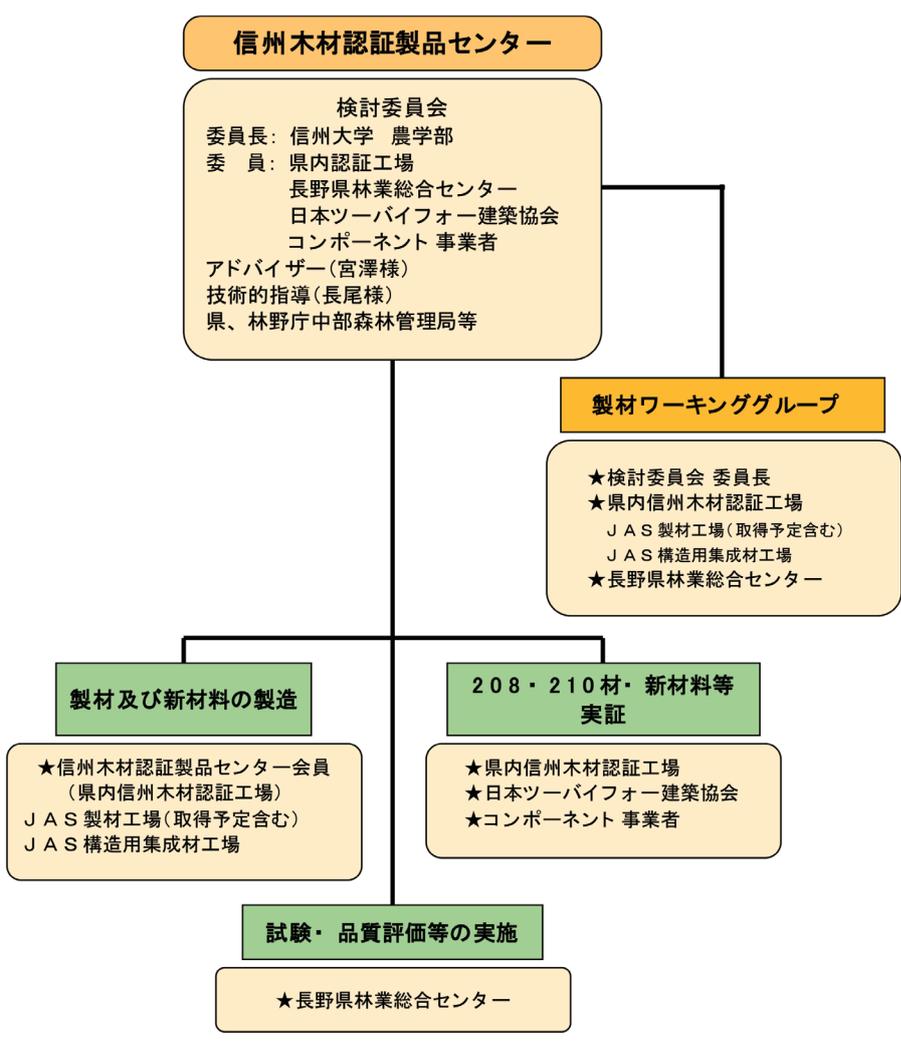
委員長	武田孝志（信州大学農学部 教授）
委員	春日嘉広（長野県林業総合センター 所長）
委員	小林保経（小林木材（株）専務取締役）
委員	齋藤 健（齋藤木材工業（株）代表取締役社長）
委員	鈴木吉明（根羽村森林組合 専務理事）
委員	勝野智明（（株）勝野木材 代表取締役社長）
委員	清野 明（（一社）日本ツーバイフォー建築協会 技術部会長）
委員	高田理彦（三井ホームコンポーネント（株）木構造研究所所長）
委員	橋本 宰（ウイング（株）取締役東北支店長）
アドバイザー	宮澤俊輔（独立行政法人 農林漁業信用基金 総括理事）
技術的指導	長尾博文（国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 構造利用研究領域 チーム長）
関係省庁	林野庁林政部 木材産業課

事務局 木構造振興(株)
 林野庁中部森林管理局 森林整備部 資源活用課
 長野県林務部 信州の木活用課 県産材利用推進室
 信州木材認証製品センター
 長野県林業総合センター 木材部

■大径A材丸太の新需要創出に向けた技術開発・実証検討

製材ワーキンググループ

- 委員長 武田孝志 (信州大学農学部 教授)
- 委員 春日嘉広 (長野県林業総合センター 所長)
- 委員 小林保経 (小林木材(株) 専務取締役)
- 委員 齋藤 健 (齋藤木材工業(株) 代表取締役社長)
- 委員 鈴木吉明 (根羽村森林組合 専務理事)
- 委員 勝野智明 ((株)勝野木材 代表取締役社長)
- 委員 青木俊治 ((株)青木屋 代表取締役社長)
- 委員 竹腰博毅 (林友ハウス工業(株) 常務取締役)



本事業の検討委員会を設置し、それぞれの立場から意見をいただき検討委員会を3回行い、実用化のための技術開発・実証等を行った。

1 床パネルの作製と評価

①カラマツ5m材 ②カラマツたて継ぎ16f (4,880mm)材 ③スギ4m材 ④SPF5m材を利用した床パネル(寸法:幅1,820×長さ4,550mm 合板厚15ミリ(但しスギは、1,820×3,640mm))を、各4種類各2体作製し、施工時(作成時)の釘のめり込みや、圧力の変化などの評価、及び施工後の形状変化(「対角」「全長」「材の高さ」など)を評価した。

2 県産210材の性能評価

長野県産カラマツ及び県南スギの大径A材丸太の評価を実施し、県内製材工場で210材を作製した。また、16f材に対応するため4m材からFJによりたて継ぎ材を作製し、以下の項目を実施した。

- (1) 供試した大径材の諸元
- (2) JAS目視等級区分及びMSR等級区分
- (3) カラマツたて継ぎ材の性能評価試験
 - ア) 製材とFJ材の曲げ強度試験
 - イ) FJ材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度試験
 - ウ) FJ接着性能試験
 - エ) 長期曲げ性能試験
- (4) 県南スギ4m210材の曲げ強度試験
- (5) 高強度集成材用ラミナのMSR等級区分

1 床パネルの作製と評価

県産210材は「2 県産210材の性能評価」で作製したものを使用。

SPF材は市販品を使用。

作製した床パネルは、図1と図2に示す。

■カラマツ材、カラマツたて継ぎ(FJ)材、SPF材 パネル 各2体×2社(図1)

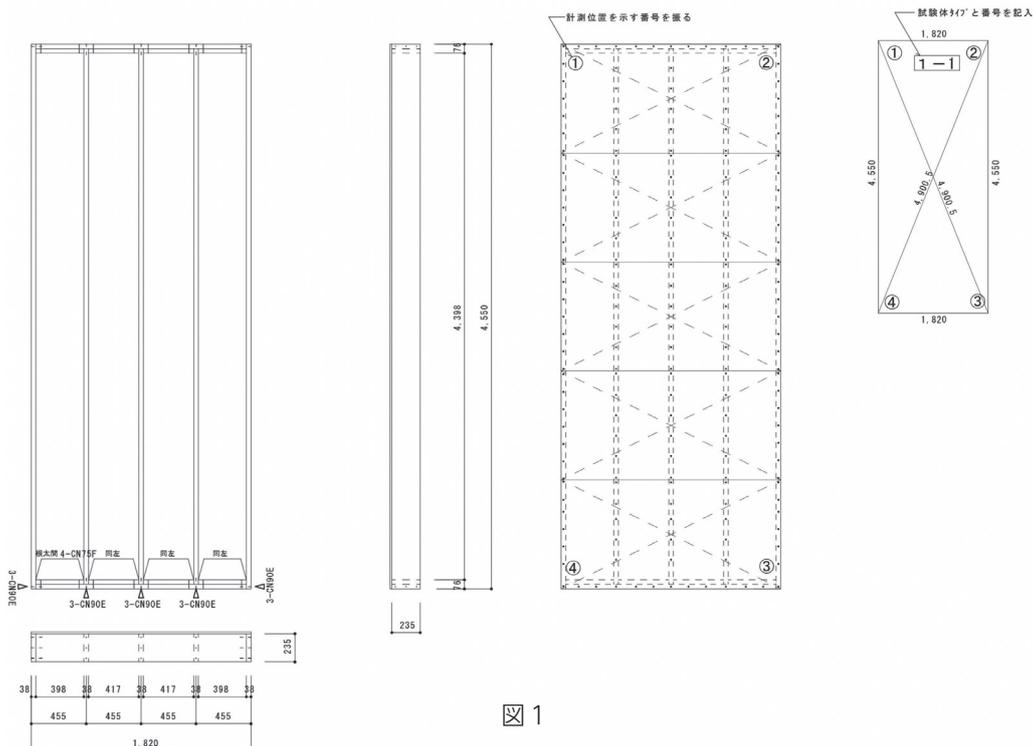


図1

■スギ材 パネル 2体×2社 (図2)

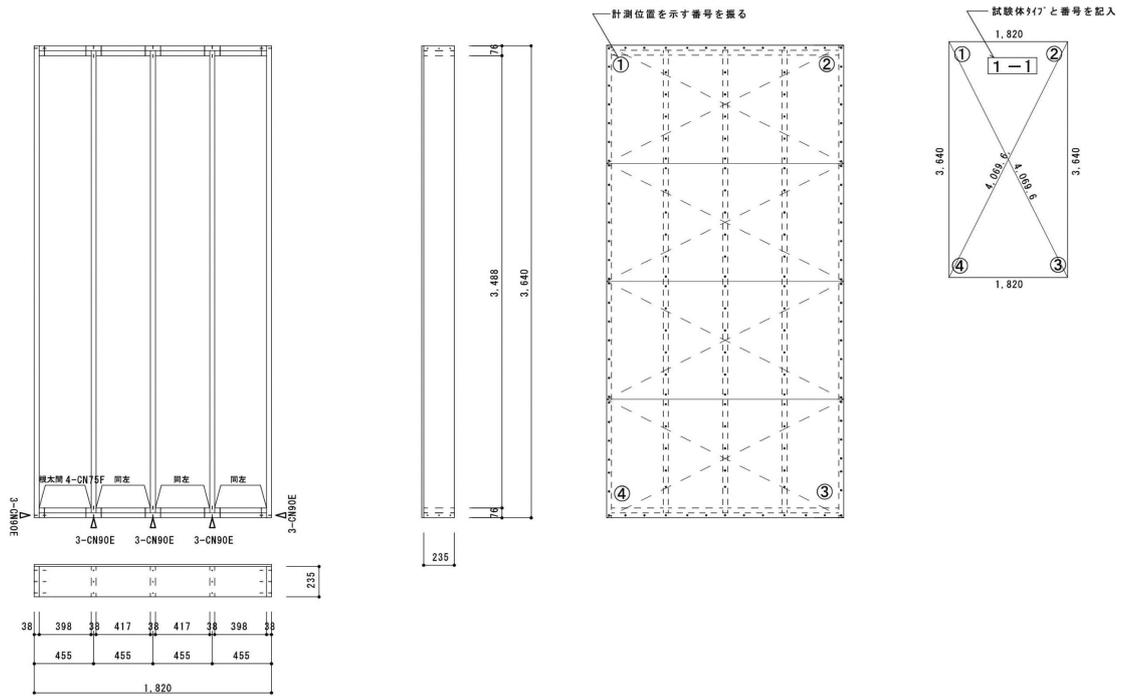


図2

2 県産210材の性能評価

■カラマツ5m及びスギ4m 210材の作製

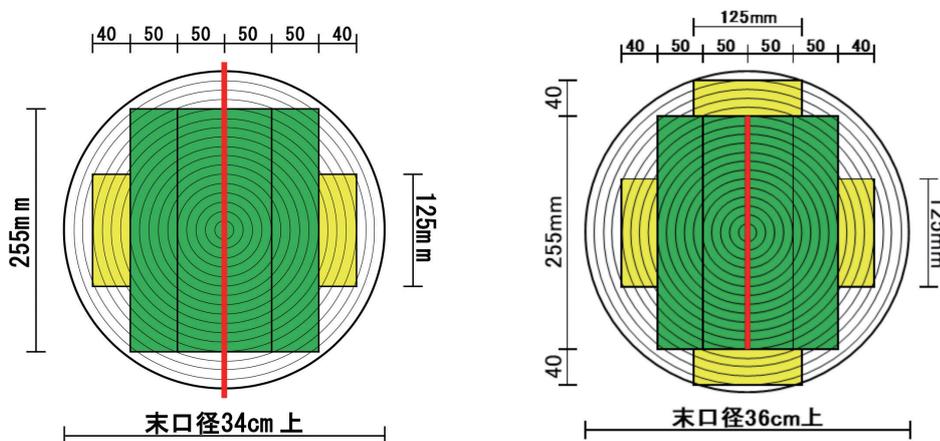


図3

図4

図3：カラマツ長さ5m、末口短径34cm丸太から製材し、製材寸法50×255×5,000mmとし、その外周部より高強度集成材用ラミナ等（寸法40×124×5,000mm）を製材する。人工乾燥後、モルダー仕上げ。

図4：スギ長さ4m、末口短径36cm丸太から製材し、製材寸法50×255×4,000mmとし、その外周部より高強度集成材用ラミナ等（寸法40×124×4,000mm）を製材する。人工乾燥後、モルダー仕上げ。

■カラマツたて継ぎ 16f 210材の作製

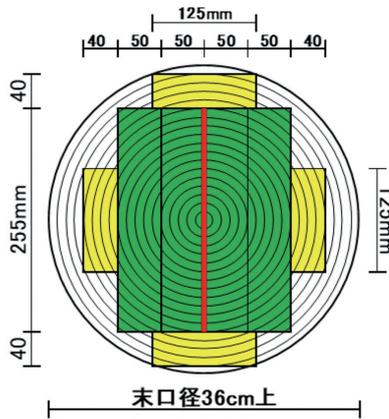


図5

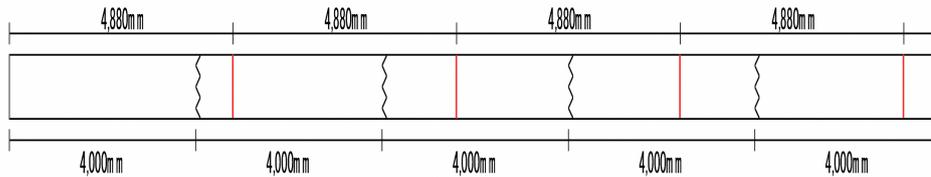


図6

図5：カラマツ長さ4m、末口短径36cm丸太から製材し、製材寸法50×255×4,000mmとし、その外周部より高強度集成材用ラミナを製材寸法40×124×4,000mmで製材する。

図6：人工乾燥終了後、210材はモルダーにて寸法41×245×4,000mmに整形後、16フィート材(4880mm)たて継ぎ材を作製する。たて継ぎ後に寸法38×235×4,880mmに仕上げる。

実施した結果

1 床パネルの作製と評価

(1) 納品時における長野県産210材の等級評価

県産210材は三井ホームコンポーネント(株)とウイング(株)に納品し、両社にて210材としての評価を受けた。2社の結果をまとめて表1に示す。

県産210材は、大半が「特級」と評価された。

「1級」以下と評価された材についてもそれらの「欠点因子」を見ると、青地で表示した「貫通割れ」や赤字で表示した「寸法(幅)」が多かった。

今回の県産210材はすべてが過乾燥気味であったので、「貫通割れ」が拡大した可能性が高い。

また、これらの材は全般的に規格寸法の幅235mmを若干オーバーしたものが多かった。過乾燥の状態では規格寸法にモルダー仕上げをしたため、その後の吸湿で膨潤し、一部が規格外になったものと考えられる。

よって、県産210材に適した、過乾燥を避ける乾燥スケジュールを確立し、十分に養生した後にモルダー仕上げをする工程を遵守すれば、「特級」の確率はさらに高まる事が期待される。

表1 納品時における長野県産210材の諸データ

カラマツ (平均含水率：9.0%)

等級	本	欠点因子
特級	24	
1級	0	
2級	6	あな(腐れ節, 抜け節含)1, 貫通割れ(木口)1, 同(材面)4
3級	1	貫通割れ(木口)1
格外	3	寸法(幅)3
計	34	

カラマツFJ (平均含水率：6.3%)

等級	本	欠点因子
特級	30	
1級	1	材縁節1
2級	4	あな(腐れ節, 抜け節含)3, 貫通割れ(材面)1
3級	0	
格外	1	寸法(幅)1
計	36	

スギ (平均含水率：5.3%)

等級	本	欠点因子
特級	26	
1級	0	
2級	6	腐れ1, 貫通割れ(木口)5
3級	0	
格外	4	貫通割れ(木口)1, 寸法(幅)3
計	36	

(2) 床パネル作製時における長野県産210材の評価

SPFと同一条件で釘を打つと、カラマツ材では釘が2～3mm残ることがあった。逆に、スギでは1～2mm程度めり込んだ。ただし、これらは空気圧の調整等で対応可能な範囲であり、問題はなかった。また、カラマツ材では釘打ち時の木口割れが懸念されたが、実際に釘を打ってみると、問題はなかった。以上より、三井ホームコンポーネント(株)とウイング(株)の両社とも「パネル作製時における長野県産210材の問題はない」との判断であった。

パネル作製時の様子を写真1に、その後の経過観察の様子を写真2に示す。



写真1 床パネルの作製



写真2 パネルの経過観察

(3) 長野県産210材パネルの経過観察による評価

パネル作製後、三井ホームコンポーネント(株)とウイング(株)において、それぞれ3か月余の経過観察を行った。結果を表2と表3に示す。

カラマツ、カラマツFJ、スギ、SPFとも根太の形状変化はほとんどなく、JAS特級レベルであり、パネル製品への影響は特になかった。特に、カラマツFJにおいては、曲がり・反り等が極めて軽微であった。

以上より、両社とも「長野県産210材はカラマツ・スギとも製品上特に問題はなく、2×4構造材・床材として十分に使用できる」との判断であった。

表2 三井ホームコンポーネント(株)における経過観察の結果

カラマツ-1										
測定日	対角①	対角②	対角差	幅1	幅2	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月17日	4985mm	4984mm	1mm	1819mm	1820mm	250.00mm	251.00mm	250.00mm	251.20mm	5.0%
10月29日	4985mm	4984mm	1mm	1820mm	1819mm	250.89mm	251.40mm	251.18mm	251.27mm	4.0%
11月22日	4985mm	4984mm	1mm	1819mm	1819mm	251.32mm	251.01mm	251.32mm	251.36mm	6.0%
11月28日	4985mm	4984mm	1mm	1819mm	1819mm	251.01mm	250.79mm	251.32mm	251.36mm	8.0%
12月19日	4985mm	4984mm	1mm	1819mm	1819mm	251.01mm	250.79mm	251.32mm	251.36mm	8.0%
12月25日	4985mm	4984mm	1mm	1820mm	1819mm	250.89mm	250.99mm	251.01mm	251.49mm	5.0%
1月16日	4985mm	4984mm	1mm	1820mm	1819mm	250.80mm	250.20mm	250.99mm	251.40mm	5.0%
1月24日	4985mm	4984mm	1mm	1819mm	1820mm	250.34mm	250.93mm	250.88mm	250.78mm	6.0%

カラマツ-2										
測定日	対角①	対角②	対角差	幅1	幅2	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月17日	4983mm	4982mm	1mm	1819mm	1820mm	250.00mm	251.00mm	251.00mm	250.00mm	6.0%
10月29日	4983mm	4982mm	1mm	1819mm	1820mm	251.82mm	252.62mm	251.68mm	251.18mm	6.0%
11月22日	4983mm	4982mm	1mm	1819mm	1820mm	250.52mm	251.77mm	251.39mm	251.12mm	6.0%
11月28日	4983mm	4982mm	1mm	1819mm	1820mm	250.49mm	251.67mm	251.39mm	251.06mm	8.0%
12月19日	4983mm	4982mm	1mm	1819mm	1820mm	250.49mm	251.67mm	251.39mm	251.06mm	5.0%
12月25日	4983mm	4982mm	1mm	1820mm	1820mm	250.49mm	251.20mm	251.10mm	251.66mm	4.0%
1月16日	4983mm	4982mm	1mm	1820mm	1820mm	250.40mm	251.00mm	251.20mm	251.68mm	4.0%
1月24日	4983mm	4982mm	1mm	1818mm	1818mm	251.00mm	251.00mm	251.80mm	251.02mm	5.0%

カラマツJ-1

測定日	対角①	対角②	対角差	幅 1	幅 2	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4	含水率
10月17日	4982mm	4985mm	-3mm	1819mm	1821mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	252.00mm	9.0%
10月29日	4982mm	4985mm	-3mm	1819mm	1821mm	251.39mm	250.77mm	251.10mm	250.92mm	9.0%
11月22日	4982mm	4985mm	-3mm	1820mm	1821mm	251.99mm	251.36mm	251.35mm	251.21mm	6.0%
11月28日	4981mm	4985mm	-4mm	1820mm	1822mm	252.30mm	251.15mm	251.30mm	251.01mm	6.0%
12月19日	4982mm	4985mm	-3mm	1820mm	1822mm	252.30mm	251.15mm	251.30mm	251.01mm	5.0%
12月25日	4982mm	4985mm	-3mm	1820mm	1823mm	251.74mm	250.74mm	251.67mm	250.90mm	4.0%
1月16日	4982mm	4985mm	-3mm	1820mm	1823mm	251.20mm	250.50mm	251.66mm	250.89mm	4.0%
1月24日	4982mm	4985mm	-3mm	1820mm	1821mm	250.34mm	250.69mm	250.83mm	250.94mm	6.0%

カラマツJ-2

測定日	対角①	対角②	対角差	幅 1	幅 2	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4	含水率
10月17日	4983mm	4983mm	0mm	1819mm	1819mm	251.00mm	250.00mm	250.50mm	253.00mm	4.0%
10月29日	4983mm	4983mm	0mm	1819mm	1819mm	251.77mm	251.20mm	251.21mm	251.06mm	4.0%
11月22日	4983mm	4983mm	0mm	1820mm	1820mm	251.36mm	251.12mm	251.21mm	250.40mm	7.0%
11月28日	4983mm	4983mm	0mm	1820mm	1820mm	251.32mm	250.96mm	251.16mm	250.27mm	7.0%
12月19日	4983mm	4983mm	0mm	1820mm	1820mm	251.32mm	250.96mm	251.16mm	250.27mm	6.0%
12月25日	4983mm	4983mm	0mm	1819mm	1819mm	251.05mm	250.23mm	251.90mm	250.68mm	5.0%
1月16日	4983mm	4983mm	0mm	1819mm	1819mm	251.02mm	250.20mm	251.90mm	250.66mm	5.0%
1月24日	4983mm	4983mm	0mm	1819mm	1819mm	250.04mm	250.41mm	251.34mm	251.14mm	7.0%

スギ-1

測定日	対角①	対角②	対角差	幅 1	幅 2	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4	含水率
10月17日	4150mm	4152mm	-2mm	1820mm	1820mm	251.50mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	9.0%
10月29日	4150mm	4152mm	-2mm	1820mm	1820mm	251.65mm	251.33mm	251.68mm	251.50mm	9.0%
11月22日	4150mm	4152mm	-2mm	1820mm	1819mm	252.00mm	251.29mm	251.42mm	251.29mm	8.0%
11月28日	4150mm	4152mm	-2mm	1820mm	1819mm	251.99mm	251.20mm	251.38mm	251.20mm	8.0%
12月19日	4150mm	4152mm	-2mm	1820mm	1819mm	251.00mm	251.20mm	251.38mm	251.20mm	7.0%
12月25日	4150mm	4152mm	-2mm	1819mm	1819mm	250.67mm	250.57mm	251.70mm	250.99mm	6.0%
1月16日	4150mm	4152mm	-2mm	1819mm	1819mm	250.40mm	250.60mm	251.74mm	250.98mm	6.0%
1月24日	4150mm	4152mm	-2mm	1819mm	1819mm	250.87mm	250.87mm	251.02mm	250.88mm	6.0%

スギ-2

測定日	対角①	対角②	対角差	幅 1	幅 2	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4	含水率
10月17日	4150mm	4153mm	-3mm	1820mm	1820mm	251.50mm	251.00mm	251.00mm	252.00mm	5.0%
10月29日	4150mm	4153mm	-3mm	1820mm	1820mm	252.30mm	251.45mm	251.17mm	251.17mm	5.0%
11月22日	4150mm	4153mm	-3mm	1819mm	1820mm	251.80mm	251.56mm	251.58mm	251.22mm	6.0%
11月28日	4150mm	4153mm	-3mm	1819mm	1820mm	251.77mm	251.44mm	251.60mm	251.13mm	6.0%
12月19日	4150mm	4153mm	-3mm	1819mm	1820mm	251.60mm	251.44mm	251.60mm	251.13mm	6.0%
12月25日	4150mm	4153mm	-3mm	1820mm	1820mm	251.08mm	251.06mm	251.10mm	250.78mm	4.0%
1月16日	4150mm	4153mm	-3mm	1820mm	1820mm	251.10mm	251.10mm	251.10mm	250.74mm	4.0%
1月24日	4150mm	4153mm	-3mm	1819mm	1820mm	250.91mm	250.85mm	250.82mm	251.10mm	7.0%

SPF-1

測定日	対角①	対角②	対角差	幅 1	幅 2	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4	含水率
10月17日	4985mm	4984mm	1mm	1820mm	1818mm	249.00mm	250.00mm	250.50mm	249.00mm	13.0%
10月29日	4985mm	4984mm	1mm	1820mm	1818mm	250.23mm	250.95mm	251.44mm	251.72mm	13.0%
11月22日	4985mm	4984mm	1mm	1818mm	1818mm	249.97mm	251.52mm	250.39mm	248.23mm	10.0%
11月28日	4985mm	4984mm	1mm	1818mm	1818mm	249.99mm	250.41mm	250.38mm	248.23mm	10.0%
12月19日	4985mm	4984mm	1mm	1818mm	1818mm	250.00mm	250.41mm	250.38mm	248.23mm	11.0%
12月25日	4985mm	4984mm	1mm	1818mm	1818mm	249.50mm	250.01mm	250.38mm	251.01mm	9.0%
1月16日	4985mm	4984mm	1mm	1818mm	1818mm	249.50mm	249.50mm	249.90mm	250.60mm	10.0%
1月24日	4985mm	4984mm	1mm	1819mm	1820mm	249.50mm	249.01mm	247.90mm	246.00mm	7.0%

SPF-2

測定日	対角①	対角②	対角差	幅 1	幅 2	高さ 1	高さ 2	高さ 3	高さ 4	含水率
10月17日	4985mm	4985mm	0mm	1819mm	1819mm	250.00mm	249.00mm	249.00mm	249.00mm	15.0%
10月29日	4985mm	4985mm	0mm	1819mm	1819mm	250.48mm	249.54mm	250.96mm	249.39mm	15.0%
11月22日	4985mm	4985mm	0mm	1818mm	1818mm	250.09mm	250.90mm	250.46mm	248.36mm	12.0%
11月28日	4985mm	4985mm	0mm	1818mm	1818mm	250.01mm	250.39mm	250.34mm	248.36mm	12.0%
12月19日	4985mm	4985mm	0mm	1818mm	1818mm	250.01mm	250.39mm	250.34mm	248.36mm	12.0%
12月25日	4985mm	4985mm	0mm	1818mm	1819mm	250.01mm	250.39mm	250.01mm	248.11mm	10.0%
1月16日	4985mm	4984mm	1mm	1818mm	1819mm	249.80mm	250.20mm	250.03mm	248.90mm	10.0%
1月24日	4985mm	4985mm	0mm	1819mm	1820mm	249.50mm	247.90mm	249.20mm	247.90mm	7.0%

表3 ウイング(株)における経過観察の結果

カラマツ-1

測定日	対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月26日	4,900.0mm	4,901.0mm	-1.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	250.00mm	21.5%
11月7日	4,900.5mm	4,901.0mm	-0.50mm	251.00mm	251.50mm	251.00mm	250.00mm	12.5%
11月21日	4,900.5mm	4,900.5mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	250.00mm	17.0%
12月19日	4,901.5mm	4,902.0mm	-0.50mm	251.50mm	251.50mm	251.50mm	250.00mm	19.5%
1月22日	4,900.0mm	4,901.0mm	-1.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	250.00mm	15.5%

カラマツ-2

測定日	対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月26日	4,900.0mm	4,901.0mm	-1.00mm	253.00mm	252.00mm	252.00mm	251.50mm	13.0%
11月7日	4,901.0mm	4,901.5mm	-0.50mm	252.00mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	10.0%
11月21日	4,900.5mm	4,901.0mm	-0.50mm	251.50mm	250.00mm	251.50mm	251.00mm	16.0%
12月19日	4,901.5mm	4,902.0mm	-0.50mm	252.00mm	251.50mm	252.00mm	251.50mm	20.0%
1月22日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	252.00mm	251.00mm	252.00mm	251.50mm	14.5%

カラマツJ-1

測定日	対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月26日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	19.5%
11月7日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	9.5%
11月21日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	13.5%
12月19日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	252.00mm	252.00mm	252.00mm	252.00mm	17.5%
1月22日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	17.0%

カラマツJ-2

測定日	対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月26日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	13.0%
11月7日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	250.50mm	251.00mm	8.0%
11月21日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	250.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	10.0%
12月19日	4,901.5mm	4,901.5mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.50mm	251.00mm	15.0%
1月22日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	15.5%

スギ-1

測定日	対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月26日	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	252.00mm	8.0%
11月7日	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	251.00mm	8.0%
11月21日	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	9.5%
12月19日	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.50mm	252.00mm	251.50mm	251.00mm	13.0%
1月22日	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	250.50mm	251.00mm	12.0%

スギ-2

測定日	対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月26日	4,070.0mm	4,070.5mm	-0.50mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	251.00mm	8.5%
11月7日	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.50mm	251.00mm	9.0%
11月21日	4,070.0mm	4,070.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.00mm	251.00mm	11.0%
12月19日	4,071.0mm	4,071.0mm	0.00mm	251.00mm	252.50mm	252.00mm	252.00mm	16.0%
1月22日	4,071.0mm	4,071.0mm	0.00mm	251.00mm	252.00mm	251.50mm	251.00mm	13.5%

SPF-1

測定日	対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月26日	4,900.5mm	4,900.5mm	0.00mm	250.00mm	250.00mm	250.00mm	250.00mm	19.5%
11月7日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	248.00mm	250.00mm	249.00mm	249.00mm	12.0%
11月21日	4,900.0mm	4,900.0mm	0.00mm	248.00mm	249.00mm	248.00mm	249.00mm	15.5%
12月19日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	248.00mm	248.00mm	249.00mm	21.5%
1月22日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	248.00mm	249.00mm	248.00mm	250.00mm	18.5%

SPF-2

測定日	対角①	対角②	対角差	高さ1	高さ2	高さ3	高さ4	含水率
10月26日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	251.00mm	13.5%
11月7日	4,901.0mm	4,901.0mm	0.00mm	250.00mm	250.00mm	250.00mm	250.00mm	10.0%
11月21日	4,900.5mm	4,900.0mm	0.50mm	250.00mm	249.00mm	250.00mm	249.00mm	13.5%
12月19日	4,901.5mm	4,901.0mm	0.50mm	252.00mm	250.00mm	251.50mm	250.00mm	20.0%
1月22日	4,901.0mm	4,901.5mm	-0.50mm	251.00mm	249.00mm	250.00mm	249.00mm	20.5%

2 県産210材の性能評価

(1) 供試した大径材の諸元

210材を作製したカラマツ5m 20本、カラマツ4m 30本、スギ4m 20本の丸太について、末口短径、末口年輪数、末口平均年輪幅及び縦振動ヤング係数区分の度数分布を図7～10に示した。

末口短径は、平均値でカラマツ5m丸太396mm、カラマツ4m丸太385mm、スギ4m丸太387mmであった。末口年輪数は、平均値でカラマツ5m丸太68年、カラマツ4m丸太64年、スギ4m丸太55年であった。末口平均年輪幅は、平均値でカラマツ5m丸太3.0mm、カラマツ4m丸太3.2mm、スギ4m丸太3.6mmであった。縦振動ヤング係数(Efr-log)は、平均値でカラマツ5m丸太11.4kN/mm²、カラマツ4m丸太11.4kN/mm²、スギ4m丸太7.1kN/mm²であった。

「1.210材床パネルの作製と評価」と「2.210材の性能評価」の各試験を行うため、カラマツ5m及び4m丸太、スギ4mの各丸太を、得られた縦振動ヤング係数の平均値と、変動係数がほぼ等しくなるように2分割して各試験体を作成した。



写真3 丸太供試体と測定状況

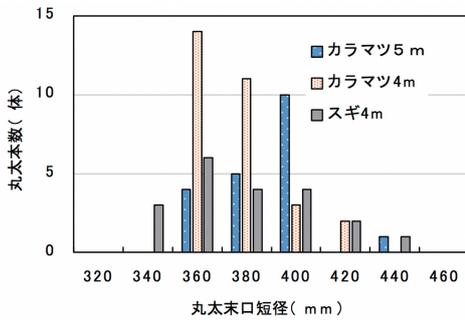


図7 丸太末口短径の度数分布

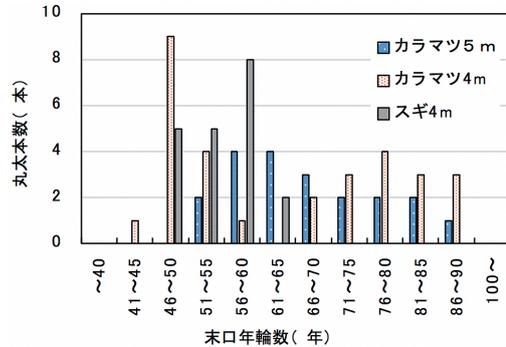


図8 末口年輪数の度数分布

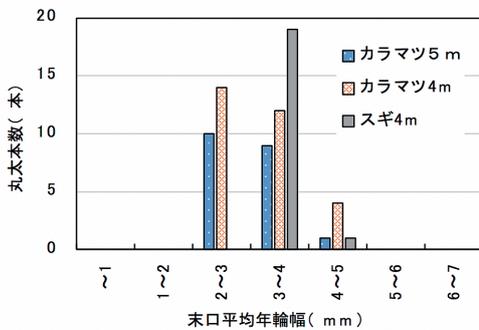


図9 末口平均年輪幅の度数分布

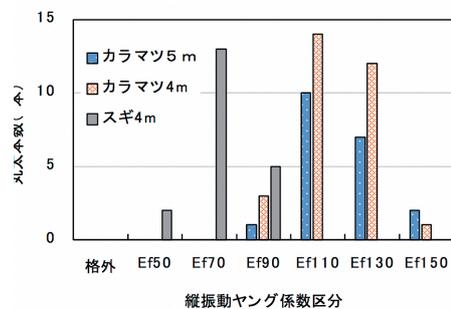


図10 縦振動ヤング係数区分の度数分布

(2) JAS目視等級区分及びMSR等級区分

製材した210材について、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」の「甲種枠組材」及び「甲種たて継ぎ材」としての評価を実施した。

各210材の目視等級区分と特級以外に格付けされた材の欠点因子を図11～13に示す。

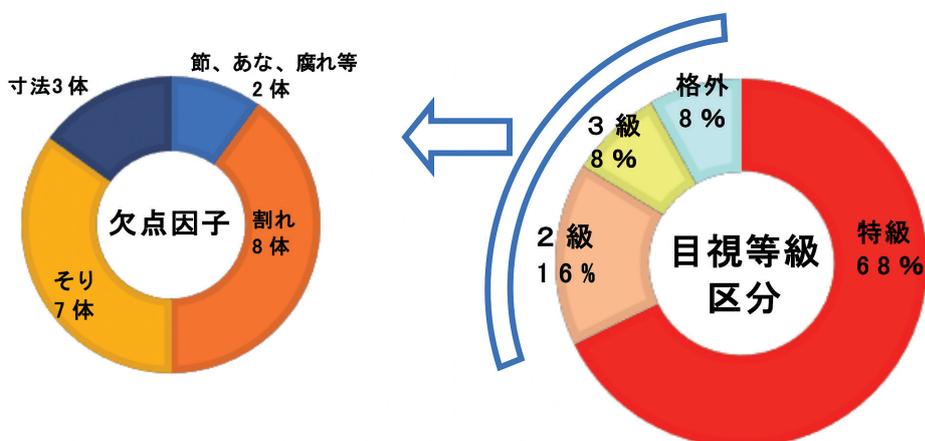


図11 カラマツ5m材(62体)の目視等級区分と特級以外に格付けされた欠点因子

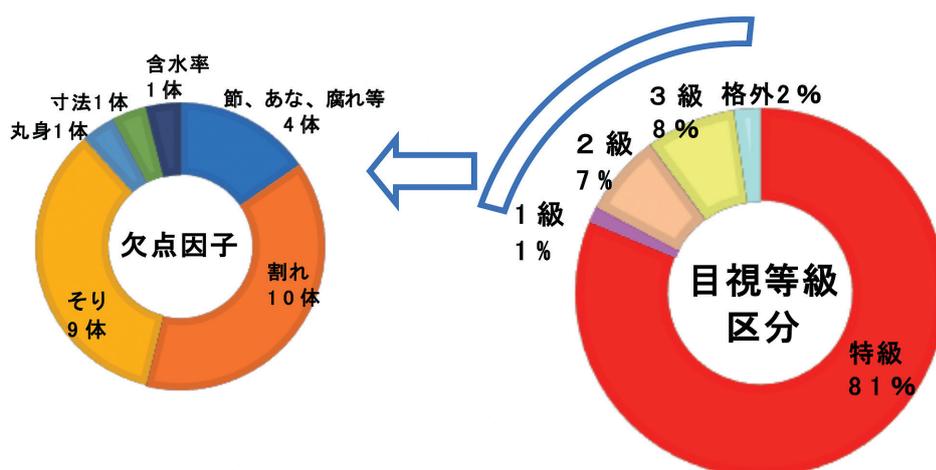


図12 カラマツFJ材(139体)の目視等級区分と特級以外に格付けされた欠点因子

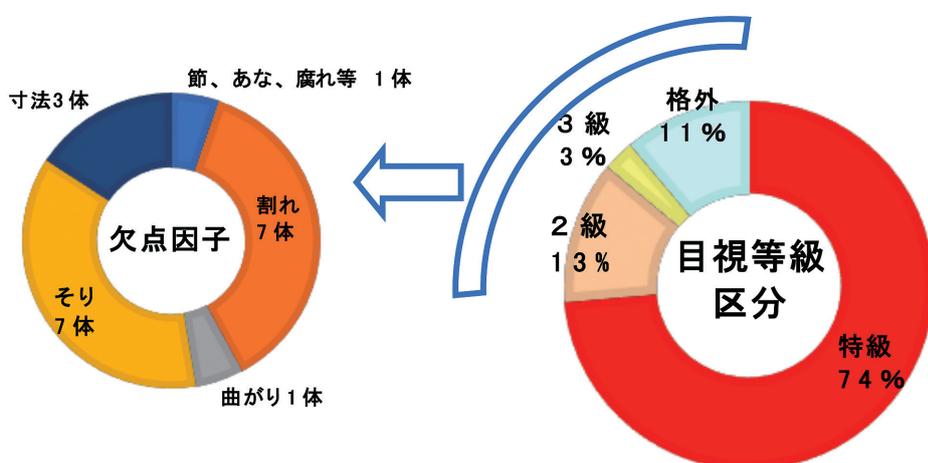


図13 スギ4m材(72体)の目視等級区分と特級以外に格付けされた欠点因子

次に、カラマツ5m210材、カラマツFJ用4m210材とスギ4m210材について、集成材ラミナ用の機械等級区分機により、曲げヤング係数を測定した。

測定結果を表4に示し、ヤング係数区分による度数分布を図14に示す。

MSRによるヤング係数の平均値は、カラマツ5m210材13.10kN/mm²、カラマツ4m210材13.00kN/mm²、スギ4m210材7.22kN/mm²であった。

表4 MSR測定結果

樹種	カラマツ		スギ
材種	5 m材 (16 f 用)	4 m材 (FJ用)	4 m材
平均	13.10	13.00	7.22
標準偏差	1.89	1.57	1.13
変動係数(%)	14.44	12.10	15.61
最小	8.40	9.10	4.80
最大	17.20	16.20	10.00
データ数	95	124	72

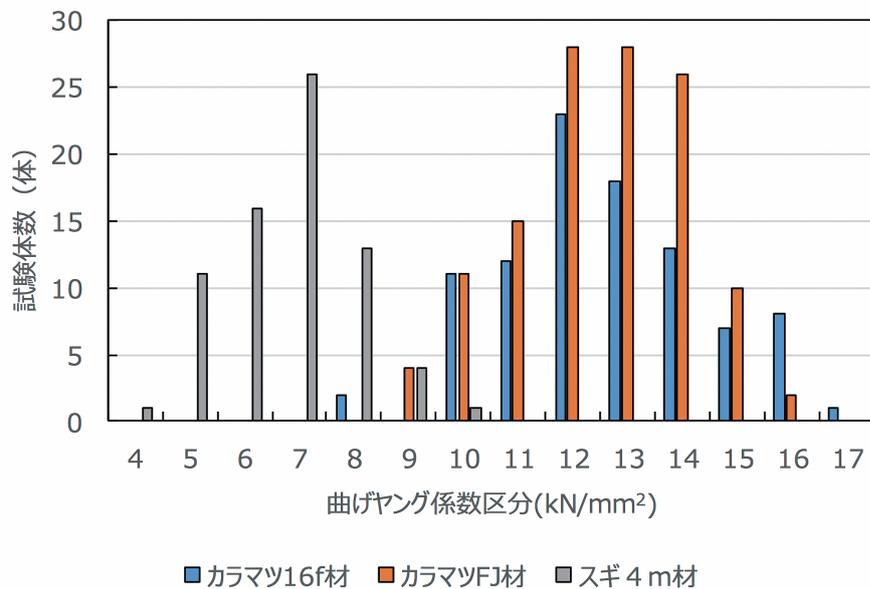


図14 MSR測定結果の度数分布

(3) カラマツたて継ぎ材の性能評価試験

(ア) 製材とFJ材の曲げ強度試験

同一丸太から左右2分割し、製材曲げ試験体用とたて継ぎ曲げ試験体用を作製(図15)し、支点間距離4,230mm(スパン梁せい比18倍)の3等分点4点荷重で曲げ強度試験を実施した。

その結果、特級以外を含めた全ての製材及びたて継ぎ材について、枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材のJASのJSⅢ(カラマツ)甲種特級210材の告示第1452号の曲げ基準強度15.3N/mm²(22.5×0.68)を上回った(図16)。

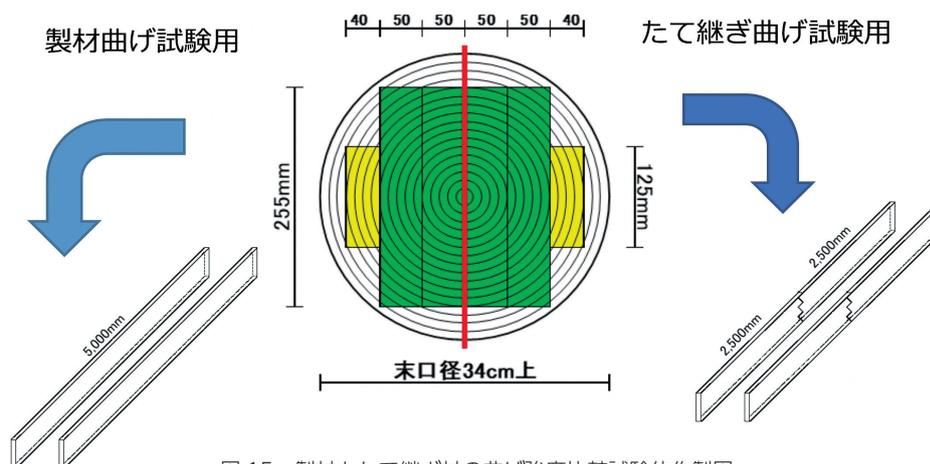


図 15 製材とたて継ぎ材の曲げ強度比較試験体作製図

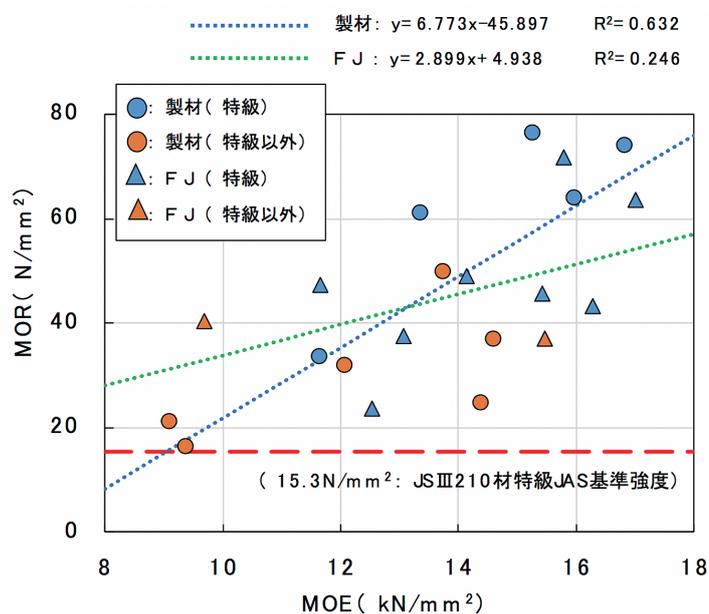


図 16 製材とたて継ぎ材の曲げ強度試験結果

(イ) FJ材のエッジワイズとフラットワイズによる曲げ強度試験

次に、4,000mm材を長さ2,500mmと1,500mmに切断し、2,500mm2体、1,500mm2体をそれぞれたて継ぎ加工し、エッジ曲げ試験体長さ5,000mm、フラット曲げ試験体長さ1,500mmを作製する。この時エッジ及びフラット曲げ試験体は、同一の4m210m材を組み合わせ、たて継ぎ材を作製した(図17)。

曲げ試験は、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格」に基づいて行い、エッジワイズ曲げ試験は、支点間距離4,360mm、荷重点間距離130mm、フラットワイズ曲げ試験は、支点間距離814mm、荷重点間距離130mmで行った(写真4)。

同一の210材を組み合わせ、たて継ぎ材のエッジワイズとフラットワイズの曲げ強さを図18に示す。

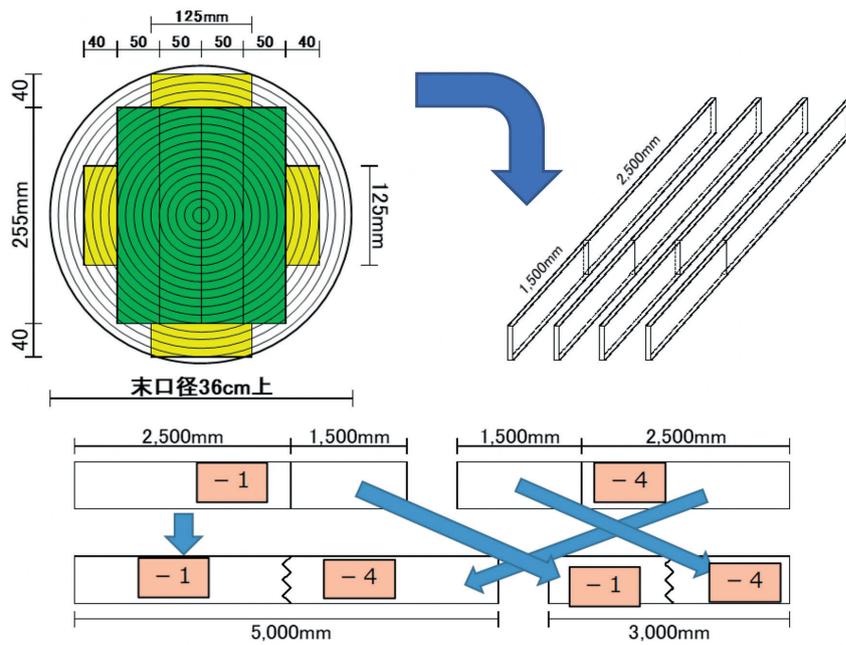
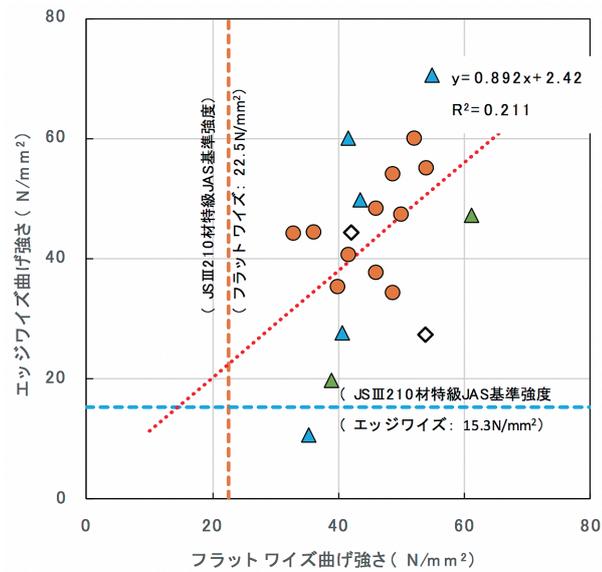


図 17 FJのエッジ及びフラットワイズ曲げ強度比較試験体の作製



写真 4 FJのエッジ及びフラットワイズ曲げ強度試験の実施状況



- フラット (特級) - エッジ (特級)
- ▲ フラット (以外) - エッジ (特級)
- ▲ フラット (特級) - エッジ (以外)
- ◇ フラット (以外) - エッジ (以外)

図 18 FJのフラット及びエッジワイズ曲げ強度試験結果

1 低コスト化に向けた検討・検証

長野県産のカラマツ大径材及びスギ大径材から得られる210部材については、無垢材、縦継ぎ材ともに、部材レベル及びパネルレベルでの品質・性能に問題はないことが確認された。このため、今後の主要課題は、売り手と買い手の双方が納得しうるコストでの製造が課題となる。このため、引き続き以下の課題についてさらなる取組を進めることが必要である。

(1) 乾燥の低コスト化

今回の試験体の含水率は大半が5～10%であり、かなり過乾燥となった。

そこで、JAS規格改正も踏まえた15%の仕上がりを目標とし、より低コストの乾燥方法・乾燥条件の構築に向けたさらなる実証が必要である。

(2) 生産・加工・流通の低コスト化

原木生産、製材、仕上げ（縦継ぎ含む）、品等格付け、流通の各段階において、低コスト化の余地がないか検討を行い、標準コストの試算を行うことが必要である。

さらに、上記試算の実証に向けて、210実業化の意識の高い供給者（製材側）及び需要者（コンポーネント、建築側）を対象として、どの程度の品質・ロット・価格をお互いの妥協点として見いだせるか、また、お試し取引をどのように行うか等情報交換を進めることが必要である。

※(1)(2)の検討に当たっては、県内工場の現状の製造ラインを対象にして、製造コストを試算するとともに、新たな製造機器・製造ラインの導入適否の参考となるような試算も行う。

2 県産210材の実証建築

パネル試作から一歩進めて、実際に現場で使用する実証建築を行い、建築現場職人の意見や施工後の経年変化等について把握をすることが必要である。また、実証建築に当たっては、これまでの枠組み壁工法の使用方法に加えて、NLTとしての使用も試行することが効果的である。

3 販路の確保及び新需要開発

長野県産大径材から得られる210の良さを、設計、建築業界に適切に浸透させることを目的として、床及び屋根のスパン表を作成することが必要である。

また、210市場の多様化を図るとともに、JAS製品はもとより、JAS不適合品の販路も確保して価値歩留まりの向上・安定化を図るため、210材の販路についてDIY業界、家具・建具業界等建築以外の需要者とも意見交換を行い、販路を検討することが必要である。

一方、新製品開発の取組として、NLTへの展開や、2x12について、試作等を行い実現可能性の検討に取り組む必要がある。

4 国、県、関係団体における取組（提案・要望）

(1) 地域材の大径材から得られる210の実用化・普及拡大に向けて、検討や実証に対する支援措置の充実が必要である。

(2) 210の低コストでの製造やJASの取得・維持等に必要な経費について、支援措置の充実が必要である。

(3) JAS規格に関し、機械等級区分による等級確認、合理的な機械等級区分の判定方法、地域内の工場や事業者間での連携が容易なJAS製品製造・管理の考え方の構築等について、中央段階でさらなる検討が必要である。

アカマツ材の高品質な建築構造材の開発、 及び立木レーザー計測による建築構造材の 賦存量推定の確立と歩留まり向上との関連確認

● 実施団体 ●

一般社団法人 山梨県木造住宅協会

〒400-0115 甲斐市篠原 2935-4

事業目的

山梨県の県土面積の78%が森林で、森林面積の44%が人工林である。人工林の樹種別蓄積量の割合が、スギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツの4樹種で20%前後とほぼ等分であるのが特徴である。スギ・ヒノキは製材品として、カラマツは集成材や合板としての需要が高いが、アカマツは大径材があるにもかかわらず、その多くが土木資材やチップ・パルプに利用されている。

全国を見ると、偏りはあるがアカマツなどのマツ類は多くの都道府県に存在している一方で、プレカット工法の普及に伴ってアカマツだけが素材生産量のうち製材用の占める割合が年々減ってきている。プレカット工法が一般的となったいま、アカマツのA材としての利用を拡大するためには、表面割れ・内部割れ・ねじれ・反りなどの発生が少ない製品の開発は急務である。

また、松くい虫被害量は昭和50年代をピークに減少傾向ではあるが、近年の気候変動も影響して高緯度・高標高地に被害が拡大している。山梨県においても全ての地域での予防は難しく、松くい虫被害を受けてから伐倒燻蒸などの駆除を行っており、被害を受ける前にアカマツ材を利活用するという守りから攻めへの発想の転換も考えられる。

そこで、効率的な森林調査によるアカマツ林の資源量の把握とアカマツの有効活用に資する構造材等の製品の開発の検討を行った。

実施した項目

以下に示す5つのテーマで計測と試験を行い、課題に取り組んだ。

1. 地上レーザースカナを用いた幹の形質計測の可能性に関する検討
2. アカマツ心持ち柱材の実用型乾燥スケジュールに関する検討
3. 蒸煮減圧処理による材の寸法安定性に関する検討
4. はりとしての構造性能（曲げ強度とヤング係数）に関する検討
5. 実用型乾燥スケジュールによる県内施設での木材乾燥等に関する検討

実施体制

委員会およびワーキンググループを設置して、以下の体制で構成した。

委員長	藤本登留	九州大学大学院農学研究院
委員	溝上展也	九州大学大学院農学研究院
	池田元吉	熊本県林業研究・研修センター
	五十田博	京大大学生存圏研究所
	名取政明	N設計アトリエ
	前田政貴	株式会社マエダ製材所
	樋口 稔	有限会社ヤマナカ産業

協力委員	三枝 茂	山梨県森林総合研究所
事務局	(一般社団法人山梨県木造住宅協会)	
	深沢成彦	株式会社深澤工務所
	上島裕之	株式会社匠家
	山中直樹	有限会社ヤマナカ産業
	山中正樹	一般社団法人山梨県木造住宅協会
	中村明子	一般社団法人山梨県木造住宅協会

実施した 内容

1. 地上レーザースキャナ (3DWalker) を用いて幹の形質に関わる項目 (上部直径、最大矢高、生枝高・枯枝高) の計測を試みた (図1・2)。
2. 現場対応型の割れ抑制乾燥技術の可能性調査のために、心持ち正角材の高温乾燥試験を行い、横断面内含水率分布、乾燥中の含水率変化、表面割れ幅の変化、材幅収縮率を調べた (図3)。
3. 蒸煮減圧処理が、材のねじれ、材色、辺材変色菌 (カビ) に及ぼす影響について調査した (図4)。
4. 心持ちの正角材と平角材の実大強度試験を行い、曲げ強さおよび曲げヤング係数を求め、基準強度と比較した (図5)。
5. 昨年度試験材による高温セット処理後の促進乾燥の経過観察並びに丸太の形質計測と実用型乾燥スケジュールによる県内施設での乾燥の実施及び表面割れと内部割れや含水率などの測定を行った (図6)。



図1 アカマツ林での計測事例

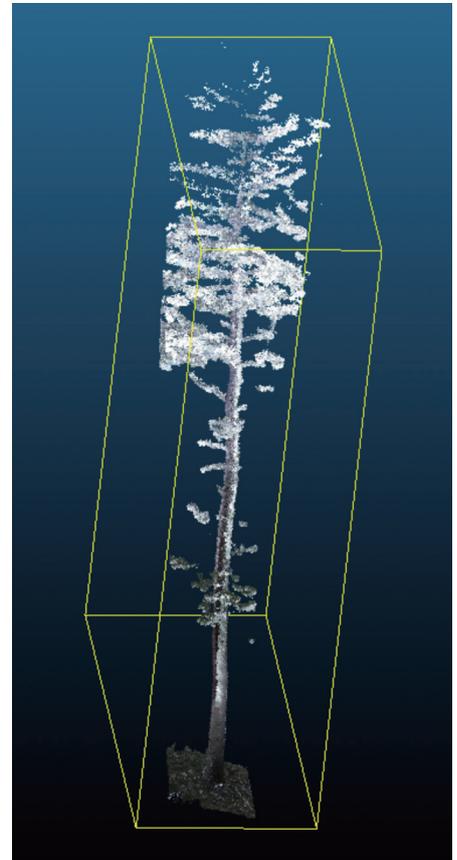


図2 地上レーザースキャナで取得された点群データ



図3 木材乾燥試験に用いた恒温恒湿器



図4 蒸煮減圧に用いた圧力容器装置



図5 強度試験機と変位計の設置状況

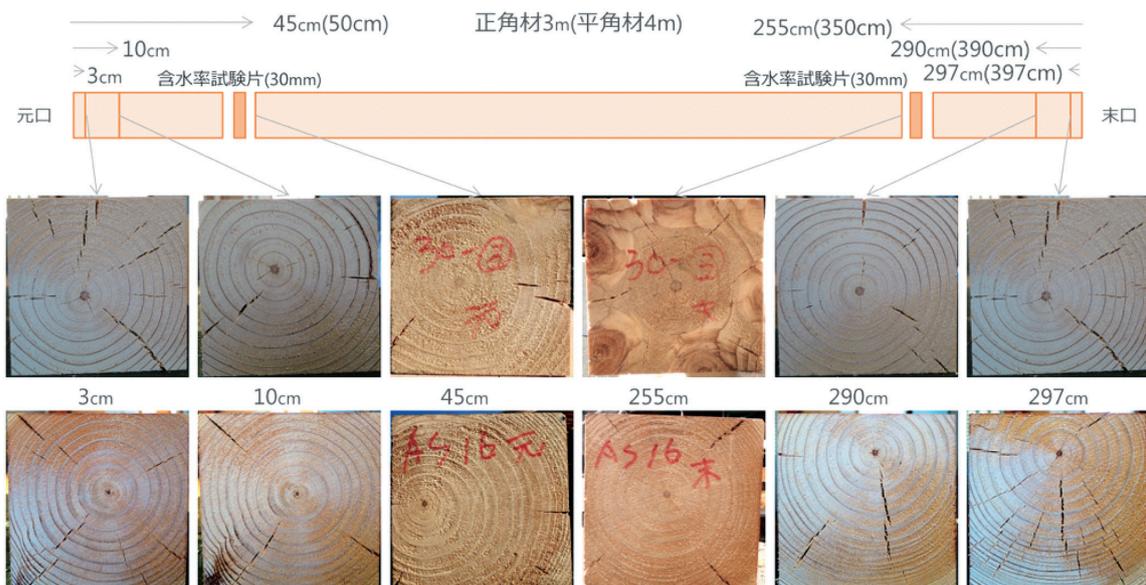


図6 内部割れの計測状況

1. 林内を20m四方の区画に分け、それを3ブロックL型に配置した計測地を、計測機を背負い、歩いて計測した。歩くルートがS字と8の字で、歩く間隔をそれぞれ5mと10mと変えて計測したが、計測精度に大きな差はみられなかった。

過去に使用した設置型測定機器の方が今回使用した背負子型より精度がよい結果は出ているが、理由については不明である。

計測機器メーカーのデフォルトであるオート計測のプログラムだと実測値との誤差が大きかった。

そのため、PCモニター上の点群データを手動にて計測した結果、樹高および生枝高・枯枝高については現地での実測と比較して偏りなく計測できたが、最大矢高については過大推定の傾向がみられた（図7）。

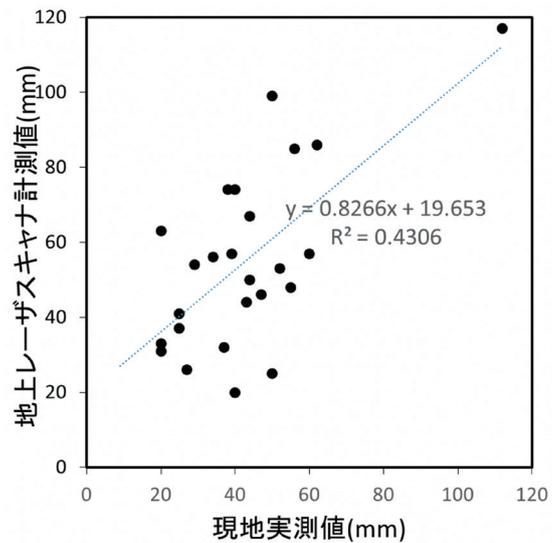


図7 最大矢高の計測（手動）

2. 昨年度の研究で、乾燥温度130℃での高温セット法短時間処理による割れの抑制の有効性が確認できたので、今年度は乾燥機の耐久性などを考慮した現場対応型の120℃で12時間、18時間、24時間の3条件で高温セット法の適応性を調査した。

横断面含水率分布は、乾燥前は辺材で非常に高い値を示していたが、乾燥後は外周部で低く、内層部で高い含水率分布を示した。特に高温セット24時間で外周部の含水率が非常に低い値であった。いずれも乾燥後の時間経過とともに内層部の含水率が下がることが推察され、このことは発生した表面割れが閉じていく可能性が高いことを示している。

含水率変化をみると、今回の供試材はいずれも乾燥前30%から40%程度の含水率であったため、高温セット処理終了段階で含水率15%まで乾いたものもあった。高温セット処理24時間の場合はすべて含水率が15%を下回っていたので、その後の中温乾燥は行わなかった。

表面割れは高温セット処理24時間で少ない傾向が見られた。ただ、高温セット処理18時間も12時間も、高温セット処理で発生した表面割れは中温乾燥段階で含水率の低下とともに小さくなる傾向が見られた。高温セット処理18時間、24時間で乾燥後の最大割れ幅はすべて2mm以下であった。

内部割れは高温セット処理18時間、24時間で見られたが、顕著な内部割れではなかった（図8）。



図8 高温セット処理24時間 + 中温乾燥後の内部割れ発生状況 (135 × 135 × 0.4m)

3. 熱処理した後の材の横断面方向の含水率分布は、スギのようにM型とはならず、短い時間で収縮率を収束させるためには、処理条件の設定に工夫が必要である。

熱処理したほうが材面の最大割れ幅が小さかった。

熱処理時に材の含水率が高い方が、後のねじれを抑制する効果としては大きい（図9）。

熱処理後の材色は、処理温度が高いほど濃い色（暗い色）になった。140℃では中の方まで色が濃く（暗い）、120℃までは余り色が落ちていない（明るい）

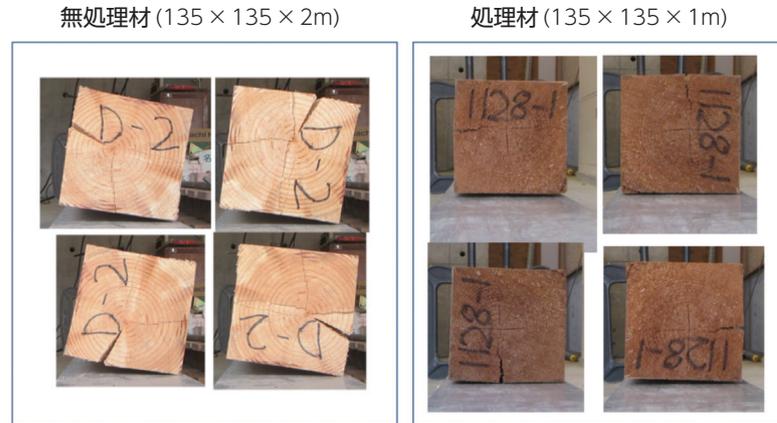


図9 蒸煮減圧処理が材のねじれに及ぼす影響

4. 正角材3m：90×90、105×105、120×120の27本と平角材4m：90～120×150～270の19本、合計46本の試験体による強度試験を行った。

曲げ強度の平均は、34.54N/mm² 標準偏差は、11.71 変動係数は、33.9 5%下限値は、13.1N/mm²であった。基準強度の曲げ強度28.2N/mm²と比べると、統計的下限値は半分以下であった（図10）。

他県の実大曲げ強度試験も同様の例があったので、曲げ強度が低いことが山梨県特有のこととは限らない。

曲げ強度と曲げヤング係数の相関性を見ると、決定係数R²の値から得られる相関係数Rは0.48で、ばらつきが大きい（図11）。

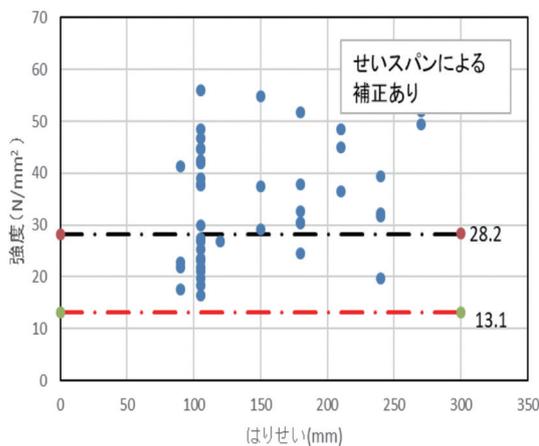


図10 はりせいと強度の関係

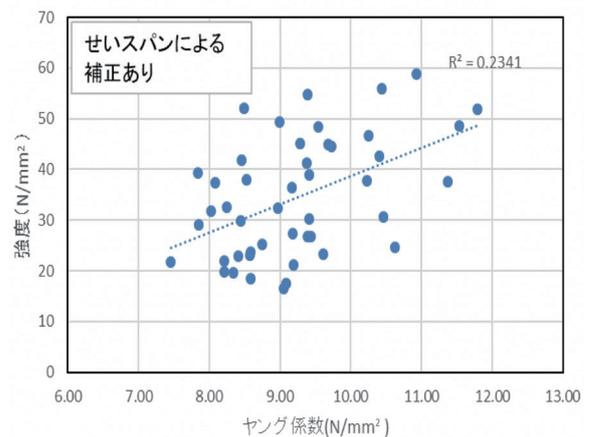


図11 ヤング係数と強度の関係

5. 高温セット処理終了時に表面割れがあったとしても、高温セットがしっかり掛かっているならば、その後の促進乾燥（平成30年度：太陽熱・低温）で閉じる傾向であることが分かった（図12・13）。

乾燥後のねじれを防ぐためには、高温セット処理時とその後の促進乾燥時の両方で载荷しておくことが有効であることが推測される。

乾燥機内の積みの量が少ないと乾燥庫内の温度変化にムラが起こりやすく、目標とする高温セット処理温度よりも上下し、表面割れや内部割れが多くなる原因となることが推測される。

材のねじれを修正するために材の表面を削り込むと、閉じていた表面割れや隠れていた内部割れが現れ、結果として表面割れが増えることがある。

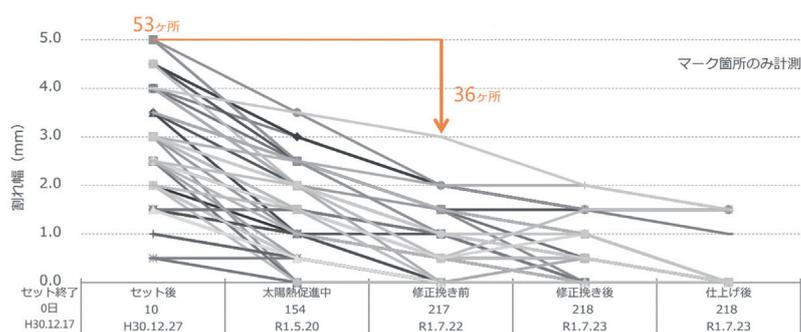


図12 平成30年度 太陽熱促進乾燥による割れ幅の経過 (135×135×3m - 10本)

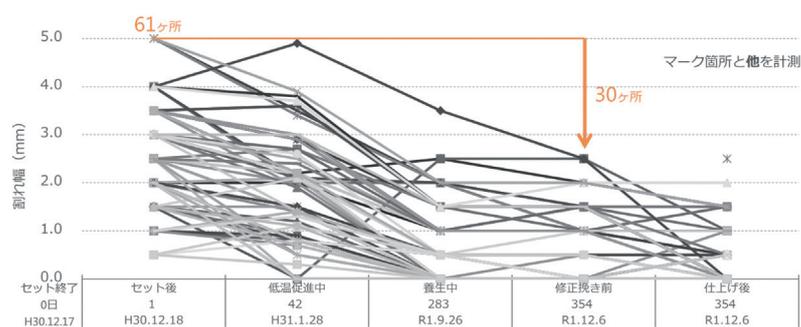


図13 平成30年度 低温促進乾燥による割れ幅の経過 (135×135×3m - 10本)

今後の 課題・展開 等

1. 今回は手動での計測であったが、今後は自動計測システムを開発し、十分なデータをもって精度検証をしていく必要がある。
2. 最終的にスギやヒノキの心持ち正角材の乾燥で一般に行われている120℃での24時間の高温セット処理により、アカマツでも表面割れが抑制できることが分かった。
また、乾燥後に見られた割れも、含水率低下あるいは時間経過とともに閉じていく傾向がみられた。
すなわち、乾燥後の養生期間を取ることで表面割れはさらに小さくなることが推察される。
3. 蒸煮減圧処理（湿熱処理）によるねじれ抑制効果が期待できる。
材色変化の程度は蒸煮減圧処理の主に処理温度に依存していると思われる。
蒸煮減圧処理による辺材変色（青変菌の発生）の抑制が期待できる。
4. 極端に強度が低い材または極端に高い材を選別・除外し、大体同じような強度の材を揃えることができれば、曲げ強度の平均値は高いので、良材として使える可能性はある。
今後は試験体数を増やし、曲げ強度と曲げヤング係数が他の要素と関連性があるか検証をしていく必要がある。
5. 乾燥後のねじれを防ぐためには、高温セット処理時とその後の促進乾燥時の両方で荷重して検証する必要がある。
実験室での乾燥スケジュールの成果を活かすために、実大乾燥機での温度ムラを少なくするなどの工夫が必要である。
曲げ強度と曲げヤング係数並びに表面割れと内部割れやねじれの関連性を丸太の段階で選別できる方法があるか検討する。

木造準耐火仕様開発

● 実施団体 ●

特定非営利活動法人 建築技術支援協会

〒113-0033 文京区本郷3-43-16 コア本郷ビル7F

事業目的

2019年6月に施行された、改正建築基準法の重要要素の1つが、耐火建築物を準耐火構造+消防活動支援措置・延焼抑制措置等で設計可能とする改正と考える。その活用が中大規模木造建築の普及拡大に繋がり、さらには我が国の森林資源の有効活用・健全化にも寄与すると考えられている。

本事業では木造軸組工法・枠組壁工法による準耐火構造において<60分+ α >の性能確保を目指し外壁及び間仕切壁の仕様を検討し性能確認する。加えて、木製サッシをベースとした<20分+ β >の防火性能を確保する開口部仕様を検討し性能確認を実施し、中層大規模建築における木造準耐火構造普及の足掛かりを築くことを目的とした。

実施した項目

1. 間仕切壁

間仕切壁（界壁を含む）で75分準耐火構造が要求される場合、ならびに外壁の内部側仕様を決めるため間仕切壁の試験を行った。併せて、従来から性能差が完全には明確になっていない

①断熱材の有無の差 ②枠組と軸組の差についても知見を得るため次の共通の面材構成で4仕様の性能確認試験を行った。

2. 外壁

準耐火仕様の開発が、木造中層・大規模建築の拡大につながるという考えから、今後、採用が拡大すると考えられる外壁材で、75分準耐火もしくは90分準耐火が確保できると考えられるものを選び6仕様の性能確認試験（外部側加熱試験のみ）を行った。前記、間仕切試験の結果を参考とし内部側仕様はいずれも強化せつこうボード厚15mmを2枚張りとした。

3. 防火設備（木製サッシ開口部）

国土交通省による建築基準整備促進事業（基整促）の成果を参考にして、耐熱結晶化ガラス5mmによるペアガラス（片側Low-e加工）を採用し、加熱発泡剤の設置などの仕様も参考として木製サッシによる30分以上の遮炎性能確保を目標として性能確認試験を行った。FIX窓については大・中・小3サイズの確認、送り出し窓については、縦送り出しと横送り出しで確認した。

また、ガラス厚さの合理化の可能性を検討するために、耐熱結晶化ガラス4mmペアガラスによるFIX窓の試験も行った。

実施体制

1. 「木造準耐火仕様開発委員会」設置

本事業を適切に運営するため「木造準耐火仕様開発委員会」を設置した。

主たる役割は、試験仕様の検討・決定、試験方法の確認、試験結果の確認、ならびに今後の課題提案である。メンバーは以下の通り。

委員長

松山 賢 （東京理科大学）

委員（50音順、敬称役職等略）

逢坂達男 ((一社) 日本木造住宅産業協会)
 坂口晴一 ((一社) 日本ツーバイフォー建築協会)
 佐藤 章 ((公財) 日本住宅・木材技術センター)
 鈴木淳一 (国土交通省国土技術政策総合研究所)
 高橋光雄 ((一社) 日本木製サッシ工業会)
 高橋 済 (アイエヌジー株式会社)
 民谷浩二 ((一社) 日本木製サッシ工業会)
 成瀬友宏 (国土交通省国土技術政策総合研究所)
 安井 昇 (早稲田大学・桜設計集団)
 山崎慎一郎 ((一社) 日本木製サッシ工業会)
 山田 誠 ((一社) 建築性能基準推進協会)
 山本忠洋 ((一社) 日本木製サッシ工業会)

オブザーバー

国土交通省建築指導課・林野庁木材産業課・木構造振興（株）

2. 協力者として以下の3団体に事業協力を依頼した。仕様の提案や実務者から観た意見の集約をお願いした。

(一社) 日本木製サッシ工業会
 (一社) 日本木造住宅産業協会
 (一社) 日本ツーバイフォー建築協会

3. 委員会の内部にサブワーキンググループを設置し、開口部、壁につき具体的な検討を行った。

実施した
内容

1. 間仕切壁

間仕切壁については以下の4仕様につき試験を行った。

間仕切ー1 写真-1	枠組	加熱面：強化せっこうボード厚15mm 2枚張 断熱材：あり 非加熱面：強化せっこうボード厚15mm 2枚張
間仕切ー2	枠組	加熱面：強化せっこうボード厚15mm 2枚張 断熱材：なし 非加熱面：強化せっこうボード厚15mm 2枚張
間仕切ー3	軸組	加熱面：強化せっこうボード厚15mm 2枚張り 断熱材：あり 非加熱面：強化せっこうボード厚15mm 2枚張
間仕切ー4	軸組	加熱面：強化せっこうボード厚15mm 2枚張り 断熱材：なし 非加熱面：強化せっこうボード厚15mm 2枚張

2. 外壁

外壁については、今後、木造中層建築物等で採用されるケースが多いと思われる外装材を選定し6体の性能確認試験を行った。

試験は屋外側のみとした。また、屋内側（非加熱側）の使用面材は、前記の間仕切試験の結果を参考

とし、いずれの試験体も強化せっこうボード厚 15mm 2 枚張りとした。断熱材についてはグラスウール 16K、枠組は 89mm、軸組は 105mm を装着した。

	構造	加熱側層構成
外壁-1 写真-2	枠組	ALC50mm + 胴縁 15mm + 防水紙 + 構造用合板 9mm
外壁-2	軸組	ALC50mm + 胴縁 15mm + 防水紙 + 構造用合板 9mm
外壁-3	枠組	ALC37mm + 胴縁 15mm + 防水紙 + 構造用合板 9mm
外壁-4	枠組	窯業系サイディング 18mm + 胴縁 15mm + 防水紙 + 強化せっこうボード 15mm + 構造用合板 9mm
外壁-5	枠組	木製サイディング 15mm + 胴縁 15mm + 防水紙 + 強化せっこうボード 21mm + 構造用合板 9mm
外壁-6	枠組	金属板 0.35mm + 胴縁 15mm + 防水紙 + 強化せっこうボード 25mm + 構造用合板 9mm

3. 防火設備（開口部）

開口部については最も重要な部材と考えるガラスを基整促の見解に耐熱結晶化ガラス 5mm によるペアガラス（片側 Low-e 加工）とし、[図-1](#)のごとくガラス周辺の押縁・補強金物・加熱発泡材などの納まりを検討した。ガラス以外の木製サッシの使用材料は枠材：唐松積層材（含水率 15% 以下）、接着剤：ウレタン系。

①第 1 の試験は、大（1200 × 2400）・中（700 × 700）・小（200 × 200）3 窓を組み込んだ試験体で表裏 2 体の加熱試験を行った。[写真-1](#)

結果は、押縁側（Low-e 側）が 44 分、非押縁側（非 Low-e 側）が 64 分の加熱時間となり、当初目標の 30 分を大幅に越した。

→ [写真-3](#)

②第 2 の試験は、迂り出し窓の性能確認を行った。

前記、FIX 窓の試験結果が目標値を上回ったことから、サッシの材料ならびに部分的な仕様については FIX 窓に準じた。

700 × 700 の横迂り出しと、W600—H1500 の縦迂り出しの 2 体の表裏の試験を行った。

→ [写真-4](#)

③第 3 の試験は、第 1、第 2 の試験においていずれも目標を達成したことから、ガラス厚さの合理化の可能性を検討するために、ガラス厚さを変えた FIX 窓の試験を行った。

第 1、第 2 ともペアガラスの構成は

5mm+16mm の空隙 +5mm (Low-e 加工)

であったが、これを 4mm+12mm+4mm (Low-e 加工) とした。押縁と Low-e の組み合わせの異なる 700 × 700 FIX 窓を 2 体ずつ作成し、試験体に表裏異なる面をセットし 1 体の試験で異なる組み合わせの加熱を行った。

→ [写真-5](#)

写真-1 間仕切—1



写真-2 外壁—1



図-1 FIX窓 ガラス廻り納まり

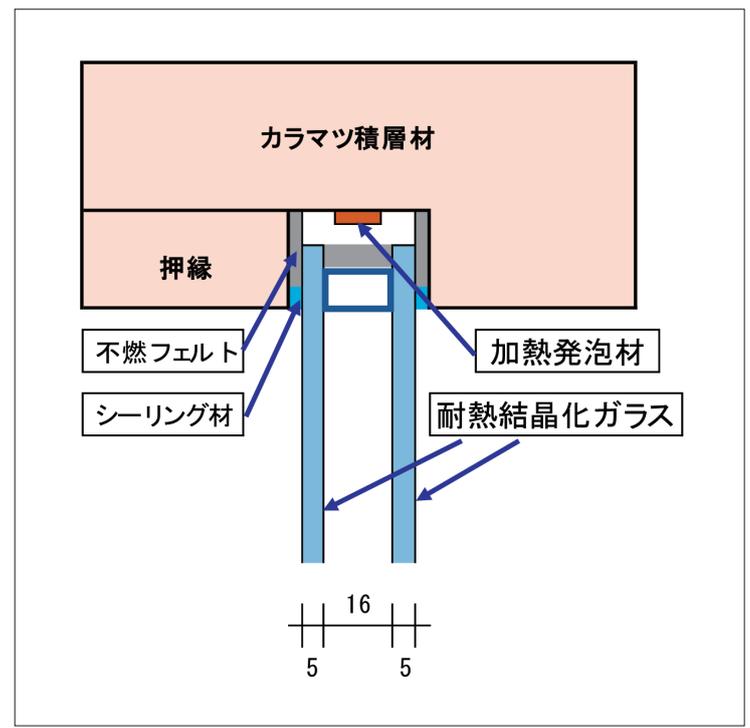


写真-3 FIX窓 (大・中・小)

加熱面



脱炉後



写真-4 迂り出し窓

加熱面



脱炉後

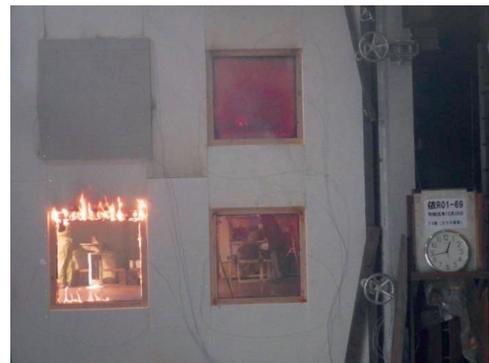


写真-5 FIX窓4窓 (ガラス変更)

加熱面



脱炉後



1. 間仕切壁

結果については以下の通り。

間仕切-1	枠組	加熱面：強化せっこうボード15mm 2枚張 断熱材：あり 非加熱面：強化せっこうボード15mm 2枚張	防耐火時間 89分
間仕切-2	枠組	加熱面：強化せっこうボード15mm 2枚張 断熱材：なし 非加熱面：強化せっこうボード15mm 2枚張	89分
間仕切-3	軸組	加熱面：強化せっこうボード15mm 2枚張り 断熱材：あり 非加熱面：強化せっこうボード15mm 2枚張	99分
間仕切-4	軸組	加熱面：強化せっこうボード15mm 2枚張り 断熱材：なし 非加熱面：強化せっこうボード15mm 2枚張	100分

改正建築基準法において、60分を超える準耐火構造は、防耐火性能を確保した時間を1.2で除した時間を、準耐火性能を有する時間と定義することとなっている。そのため、75分準耐火構造は90分、90分準耐火構造は108分の加熱に耐える必要がある。

実験結果は間仕切-3及び4については75分準耐火の性能が確認されたが、間仕切-1, 2については、約1分及ばなかった。枠組と軸組の差は、概ね想定の範囲内であった。

また、断熱材あり・なしについては、殆んど差が現れなかった。

2. 外壁

結果については以下の通り。

	構造	加熱側層構成	防耐火時間
外壁-1	枠組	ALC50mm + 胴縁15mm + 防水紙 + 構造用合板9mm	120分
外壁-2	軸組	ALC50mm + 胴縁15mm + 防水紙 + 構造用合板9mm	120分
外壁-3	枠組	ALC37mm + 胴縁15mm + 防水紙 + 構造用合板9mm	100分
外壁-4	枠組	窯業系サイディング18mm + 胴縁15mm + 防水紙 + 強化せっこうボード15mm + 構造用合板9mm	110分
外壁-5	枠組	木製サイディング15mm + 胴縁15mm + 防水紙 + 強化せっこうボード21mm + 構造用合板9mm	110分
外壁-6	枠組	金属板0.35mm + 胴縁15mm + 防水紙 + 強化せっこうボード25mm + 構造用合板9mm	100分

既存の1時間耐火仕様などを参考に仕様を決定したが、いずれも75分準耐火構造の性能を有し、外壁-1, 2, 4, 5は90分準耐火構造の基準をクリアした。

3. 防火設備（開口部）

結果については以下の通り。

	木製サッシ	加熱面	ガラス	加熱時間
開口部-1	FIX窓 (大・中・小)	押縁側 Low-E側	耐熱結晶化 ペアガラス(5mm)	45分
開口部-2	同上	非押縁側 非Low-E側		65分
開口部-3	迂り出し窓 (縦・横迂り) + Fix中窓	迂り出し窓: 屋外側(非押縁側)・Low-Eガラス側	片面Low-E加工 構成(5-16-5)mm (空隙16mm)	55分
開口部-4	同上	迂り出し窓: 屋内側(押縁側)・非Low-Eガラス側		54分
開口部-5	FIX窓 (中型4窓)	押縁とLow-E の4種組み合わせ	ガラス構成変更 構成(4-12-4)mm (空隙12mm)	44分

①押縁側（Low-E側）が44分、非押縁側（非Low-E側）が64分の加熱時間となり、当初目標の30分を大幅に越した。

②押縁側・非Low-E側の加熱時間が55分

非押縁側・Low-E側の加熱時間が54分で、目標クリア。

③4-12-4ペアガラスのFIX窓4体も加熱時間は44分であった。

今後の 課題・展開 等

(1) 間仕切壁について

- 軸組工法では、準耐火構造75分の性能を有する仕様が明確になったが、枠組壁工法では、約1分、性能が足りなかった。対策としては、①せっこうボードの厚さを増す、②構造用合板を下地に張る、③枠材の最低断面を大きくするなどの方法が考えられる。
- 本実験では、上張りせっこうボードの施工方法は、接着剤+ステープルとしたが、仮にビスや釘でとめつける場合は、防耐火時間が短くなる可能性があるため、別途検討が必要であると考えられる。

(2) 外壁について

- すべての仕様で、75分準耐火構造の性能を満足した。さらに、90分準耐火構造の仕様についても見通しを付けた。
- 75分準耐火構造の要求時間に対して、10分～30分の余力がある仕様については、強化せっこうボードの厚さを5～15mm軽減できる可能性がある。
- モルタル仕上等、今回、確認できなかった仕様の追加確認が必要と思われる。

(3) 外壁開口部について

- 木製FIX窓、木製開き窓について、30分を超える遮炎性を有する仕様が明確にした。
- 本実験では、唐松を使用した方が、より密度の小さい、ヒノキやスギを使用する場合は、防耐火時間が短くなる可能性があるため、別途検討が必要であると考えられる。その他、汎用性の高い樹種についても確認の必要がある。

(1)～(3)ともに、今後、業界団体や主力資材メーカーを中心に性能評価試験を実施し、国土交通大臣認定を取得することにより、耐火建築物同等性能の建築物に適用可能とすることが実需を早めることになると思われる。

接着重ね材の告示化のためのデータ取得とJASのための製造マニュアル(案)と管理記録シートの作成

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本BP材協会

〒105-0012 東京都港区芝大門一丁目3番2号

事業目的

接着重ね材の日本農林規格が林野庁、農林水産省、委員の先生方、をはじめ様々な方のご協力を頂き平成31年1月31日に制定された。しかし、現在、実運用までの課題が多く残っている。

例)

- 告示化に向けて：「強度性能検証」、「関連告示」
- JAS 認証・JAS 製品の製造に向けて：
 - 「製造・流通」…製材・製品入手方法の確立、製造方法(マニュアル)の確立、品質管理試験の実施と検証、製造拠点の整備
 - 「運用方法」……設計手法の整備、接合部性能の評価、利用実績の取りまとめ
- 規格更新に向けて：規格の改善、性能安定性のための検証、性能向上のための構成検討
そこで本プロジェクトでは、「製造・流通」に関する内容として、優先度の高い「製造マニュアル(案)の作成」及び「品質管理試験の実施」について行う。

実施した項目

- ①製造マニュアル(案)の作成
- ②品質管理シートの雛形の作成
- ③製品の品質管理試験とその検証

品質管理試験として、曲げ試験、接着試験を行った。

- 樹種：スギ， 種別：対称異等級構成接着重ね材， 試験体：計15体
- 樹種：ヒノキ， 種別：対称異等級構成接着重ね材， 試験体：計15体
- 樹種：カラマツ， 種別：非対称異等級構成接着重ね材， 試験体：計12体

実施体制

■接着重ね材製造マニュアル作成委員会

- 委員長 大橋 好光 (東京都市大学工学部建築学科 教授)
- 委員 小野 泰 (ものづくり大学工学部建築学科 教授)
- 委員 中島 史郎 (宇都宮大学 地域デザイン科学部建築都市デザイン学科 教授)
- 委員 尾方 伸次 (公益社団法人日本合板検査会 専務理事 認定業務部長)
- 委員 田上 誠 (株式会社織本構造設計 主任)
- 委員 中村 勝博 (株式会社JWBP 代表取締役)
- 委員 片嶺 隆 (株式会社工芸社・ハヤタ BP・TKS 事業部長)
- 委員 今井 信 (長野県林業総合センター 木材部長)

■接着重ね材製造マニュアル作成WG

- 委員長 大橋 好光 (東京都市大学工学部建築学科 教授)
- 委員 田上 誠 (株式会社織本構造設計 主任)
- 委員 中村 勝博 (株式会社JWBP 代表取締役)

■オブザーバー

松本 寿弘 (信州木材認証製品センター 事務局長)

吉田 孝久 (長野県林業総合センター 研究員)

谷口晋二郎 (アルファ工業株式会社 技術主任)

■事務局

一般社団法人日本BP材協会 事務局

畠山 雄一、橋田 登、藤田 将人、花井 勉、山根 光

実施した内容

本プロジェクトは、製造マニュアル(案)と品質管理シートの雛形を作成し、その内容(接着重ね材の日本農林規格に準ずる)に則って作成した製品について品質管理試験を行うことで、運用可能な規格であるかを確認した(図1)。

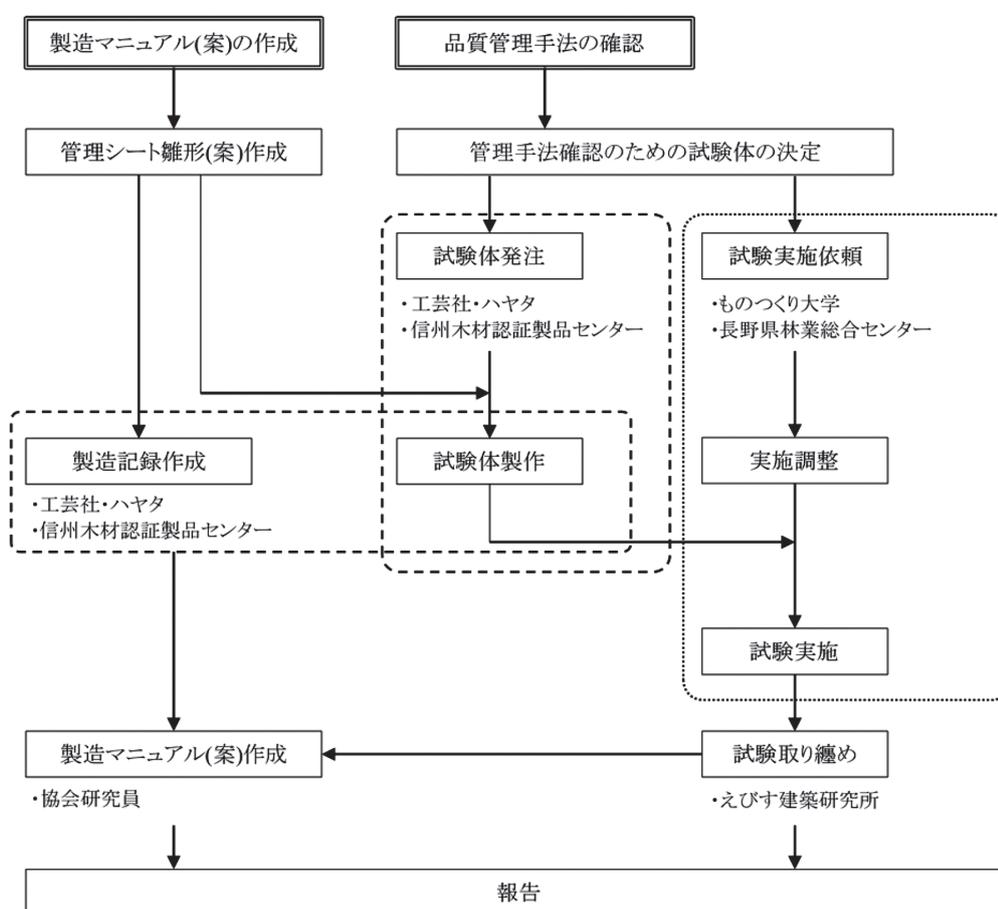


図1. プロジェクト検証フロー

接着重ね材の製造記録シート			一般社団法人日本BP材協会		
番号	工程名称	作業内容・方法(具体的に)	工程の注意点	不適合品の処理	記録シート雛形の改善点
0)	受入前の工程	製材等			
1)	未乾燥製材ラミナの受入	受入検査 保管方法の確認	・納品書の確認 ・資材置場に保管し水掛りを避ける。	不良(割れ、面落ち、腐朽)が確認された場合メーカーに確認し、製材ラミナに使用しないか、返品する。	
2)	製材ラミナの乾燥	乾燥スケジュールの確認 養生時間 養生方法のチェック 寸法・含水率の検査	メーカーに確認し、チェックリストの提出を求め、部材との照合をする。	不良(割れ、面落ち、腐朽)が確認された場合メーカーに確認し、製材ラミナに使用しないか、返品する。	
3)	乾燥済製材ラミナの受入	受入検査 保管方法の確認	・納品書の確認 ・乾燥材であることの証明書を受領する。 ・資材置場に保管し水掛りを避ける。	不良(割れ、面落ち、腐朽)が確認された場合メーカーに確認し、製材ラミナに使用しないか、返品する。	
4)	接着剤の受入	受入検査 保管方法の確認	納品書、製品名、性能成績書、製造日(使用期限)を確認し、ロット毎に屋内で保管する。	メーカーに確認し、返品する。	
5)	製材ラミナの切削	接着のための切削 寸法の確認	接着面の平滑度合いを目視確認し、ノギスや差し金、曲尺等で寸法、矩手を確認する。	寸法調整が可能なかを判断し、可能であれば調整し、NGであれば製材ラミナに使用しない。	
6)	製材ラミナの長さ決め	長さ寸法の確認	コンベックス、又は、巻尺で寸法を確認する。	品質基準に満たない材料は使用せず、不適合品置場に置き、用途変更又は破棄する。	
7)	製材ラミナの仕分け	グレーディング(または縦振動法)	品質基準に満たない材料は小口に	品質基準に満たない材料は使用せず、不適合品置場に置き、用途変更	

図 2. 製造方法一覧表

製材ラミナ受入れ検査記録						⑧BTsheet-002-1)				
工場名称			検査日時			検査員		工場長		
ロットNo.										
抜き取り検査										
検査項目	適合基準			測定箇所	抜取番号					
	項目	受入寸法	許容差		1	2	3	4	5	
寸法	厚さ		数値を 入れる	数値を 入れる	A					
					B					
					A					
幅		数値を 入れる	数値を 入れる	B						
				A						
長さ		数値を 入れる	数値を 入れる	A						
				B						
材面品質	-	製造基準に準拠			全面					
曲がり	-	0.2%以下			-					
含水率	-	15%	8%	18%	A					
					B					
判定					ave.					

合否判定 合格・不合格

図 3. 品質管理シートと製造時の指摘

①製造マニュアル(案)の作成

本製造マニュアル(案)は、接着重ね材の日本農林規格に準ずる「接着重ね材」を製造するための手順の一例として作成した。建築基準法第37条認定工場に各工程の検査項目、検査基準、注意点、不適合の際の処理方法等をヒアリングし、管理方法を取りまとめた(図2)。

②品質管理シートの作成

建築基準法第37条認定にて運用している品質管理シートを参考に、本製品作成のための品質管理シートの雛形を作成し、実際の製造によるチェックバックを行うことでシートとしての精度を高めた(図3)。

③製品の品質管理試験とその検証

製造に関する記録と各品質管理試験を行った。試験体の樹種と構成は、スギ・ヒノキは対称異等級構成の120×360とし、カラマツは非対称異等級構成の120×240とした(表1,2)。実施試験項目は、製品の曲げ試験、ブロックせん断試験、促進劣化剥離試験、含水率試験とし、製品の曲げ試験は、品質管理方法で材せいを切断した場合も可能となっていることから、同方法による試験の評価を考慮し、「実断面のもの(S1,H1,K1,K2)」と「材せいを切断したもの(S2,S3,H2,S3,K3)」とした。

表 1. スギ・ヒノキ試験体

No	樹種	構成	断面	段数	寸法(mm)			試験体数(体)	
					b 幅	h せい	L 材長	製品曲げ試験	その他 品質管理試験
S1	スギ	対称 異等 級	120	3	120	360	5940	6	0
S2				3	120	360	6000	6	6
S3				3	120	360	4240	3(T,B)	3
H1	ヒノキ	対称 異等 級	120	3	120	360	5940	6	0
H2				3	120	360	6000	6	6
H3				3	120	360	4240	3(T,B)	3

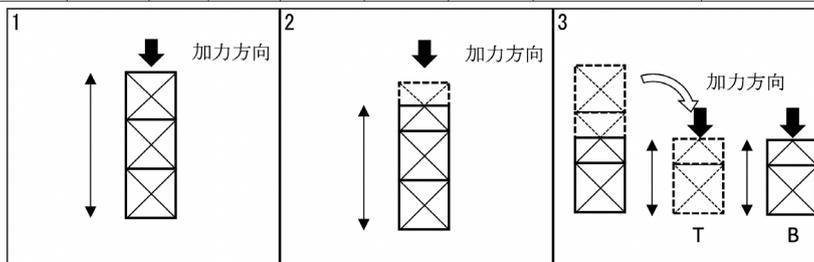
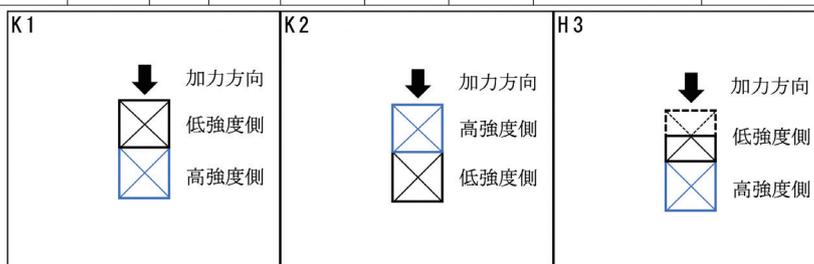


表 2. カラマツ試験体

試験 No	樹種	構成	断面	段数	寸法(mm)			試験体数(体)	
					b 幅	h せい	L 材長	製品曲げ試験	その他 品質管理試験
K1	カラ マツ	非対 称異 等級	120	2	120	240	4000	高強度:5	0
K2				2	120	240	4000	低強度:4	0
K3				2	120	180	3880	切断:3	3



①製造マニュアル(案)の作成

図4に示すような製造マニュアルを作成した。製造マニュアルは4章の製造工程の詳細にて、図4に示したフローに準じて工程ごとに製造の内容、注意点等を説明している。フローは、受入れる製材として、「未乾燥製材」、「乾燥済み製材(KD材)」、「JAS機械等級区分製材」、「JAS目視等級区分製材」の4種類に分けた。なお、受入れる製材によって、事前の確認項目が異なることから、日常管理の検査項目や抜き取り数量に差をつけた。

今後、接着重ね材の製造を適宜行い、改善していく予定である。また、本マニュアルは協会ホームページ等から閲覧することを可能とする予定である。

目次(大項目)

1. 製造マニュアル(案)の位置づけ
2. 「接着重ね材」と用語の定義
3. 製造工程(管理一覧表)
4. 製造工程の詳細(図5)
5. 接着重ね材の工場認証のための初期試験
6. 接着重ね材の製造に関するシートの雛形

②製造記録シートの作成(図6)

製造時の記入が難しくないか、検査項目と比べ記入欄が不足しないか等、実際の製造にて検証し作成した。

③製品の品質管理試験とその検証

曲げ試験のスギ試験体およびカラマツ試験体の試験結果について確認を行った(表3,4,図7,9)。破壊性状は概ねすべて曲げ破壊であり、材せいの変化による破壊性状への影響や接着面の影響もほぼなかった(図8)。

曲げ強さおよび曲げヤング係数については、規格で示された品質を保っていれば概ね基準値を満足することが分かった。

しかし、切断した試験体は、圧縮縁が心材になり平均ヤング係数より低い値となることで、曲げ強さとしては低い値をとる傾向がみられた。また、ひずみの分布を測定したところ、0.1~0.4Pmaxの弾性域であれば平面が一様に変形したひずみ分布が示された(図10)。0.7Pmaxを超える塑性域では必ずしも一様に分布しておらず、切断することによって性能評価に影響が生じることがうかがえた。

⇒これらの結果より、本製造マニュアルに基づいて製造した接着重ね材では、概ね管理が可能であることが確認できた。



図4. 製造マニュアル例

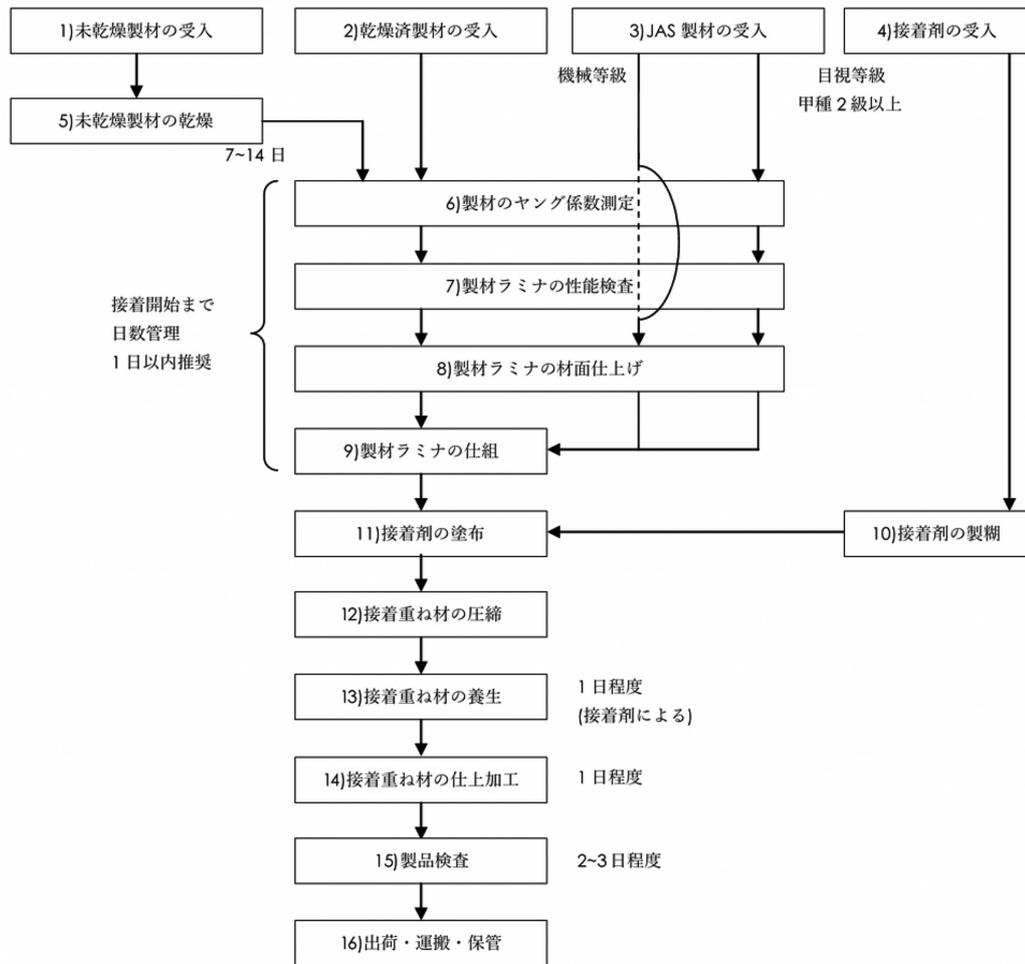


図 5. 製造工程フロー

ロット No.	受入日付		受入種別		寸法(mm)		受入		検査		検査結果		検査員 サイン
	種別	受入日	種別	受入日	材種	材厚	材長	材幅	含水率	含水率	含水率	含水率	
(90)	2019/12/24	JAS製材	E10	20(14以下)	スギ	152	152	6000	100	✓	-	-	BP太郎
1	2019/12/24	未乾燥製材	-	-	スギ	155	155	6000	100	✓	5	5	BP太郎
2	2019/12/24	乾燥済製材	-	-	スギ	152	152	6000	100	✓	5	5	BP太郎
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													

検査項目	適合基準			測定 箇所	採取番号					平均	判定						
	項目	基準	許容差		1	2	3	4	5								
含水率	-	15%	8%	A B ave.													
			18%														
判定 合格・不合格																	
検査項目	適合基準			測定 箇所	採取番号										平均	判定	
	項目	基準	許容差		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
含水率	-	15%	8%	A B ave.													
			18%														
判定 合格・不合格																	

図 6. 製造記録シート例

表 3. スギ試験体の製品の構成と等級区分

試験体 No.	S1				S2				S3			
	最外層 (圧縮)	内層	最外層 (引張)	等級区分	最外層 (圧縮)	内層	最外層 (引張)	等級区分	最外層 (圧縮)	内層	最外層 (引張)	等級区分
1	SE60	SE40	SE60	E55-F170	SE60	SE40	SE60	E55-F170	SE60	SE40	SE60	E55-F170
2	SE60	SE40	SE60	E55-F170	SE60	SE50	SE60	E55-F170	SE70	SE50	SE60	E65-F190
3	SE70	SE50	SE70	E65-F190	SE70	SE50	SE70	E65-F190	SE80	SE50	SE80	E65-F190
4	SE70	SE50	SE70	E65-F190	SE70	SE50	SE70	E65-F190	-	-	-	-
5	SE80	SE50	SE80	E65-F190	SE80	SE50	SE80	E65-F190	-	-	-	-
6	SE100	SE50	SE90	E65-F190	SE90	SE50	SE90	E65-F190	-	-	-	-

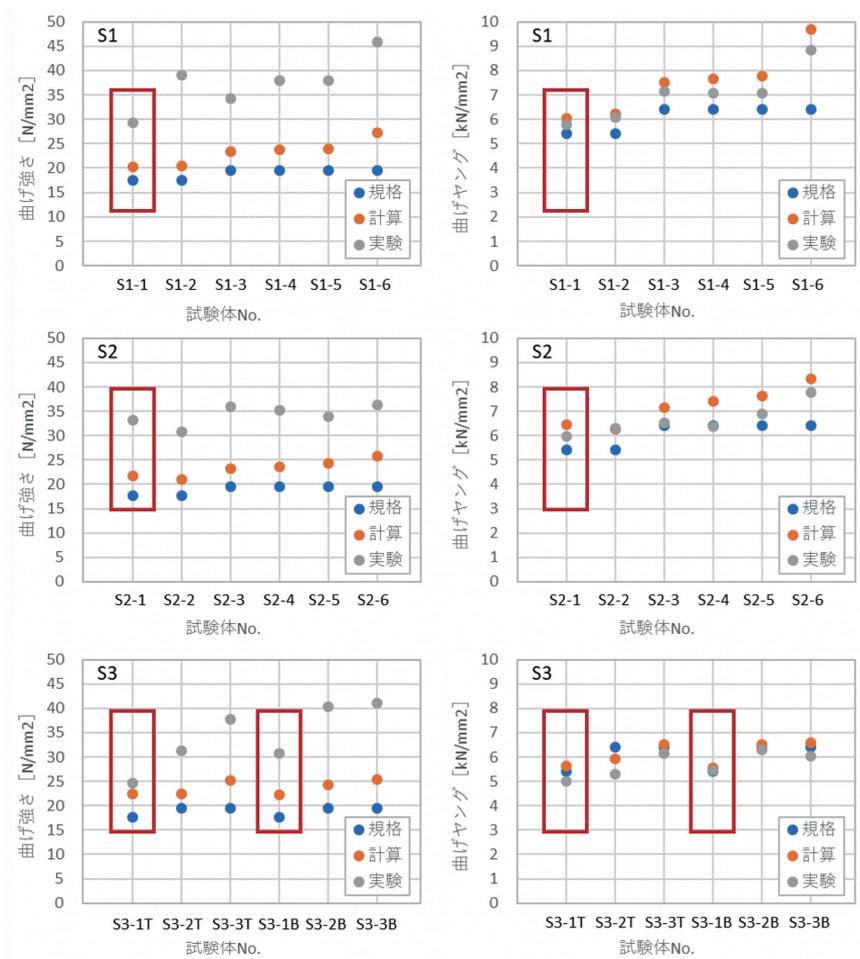


図 7. スギ試験体の曲げ性能比較



図 8. スギ試験体の破壊例

表 4. カラマツ試験体の製品の構成と等級区分 (規格欄)

試験体 No.	K1			K2			K3		
	最外層 (低強)	最外層 (高強)	等級区分	最外層 (圧縮)	最外層 (引張)	等級区分	最外層 (圧縮)	最外層 (引張)	等級区分
1	SE110	SE130	E110-F300	SE130	SE110	E110-F300	SE100	SE120	E100-F280
2	SE100	SE130	E100-F280	SE130	SE100	E100-F280	SE100	SE120	E100-F280
3	SE100	SE120	E100-F280	SE120	SE100	E100-F280	SE90	SE120	E90-F250
4	SE90	SE120	E90-F250	SE120	SE90	E90-F250	-	-	-
5	SE90	SE110	E90-F250	-	-	-	-	-	-

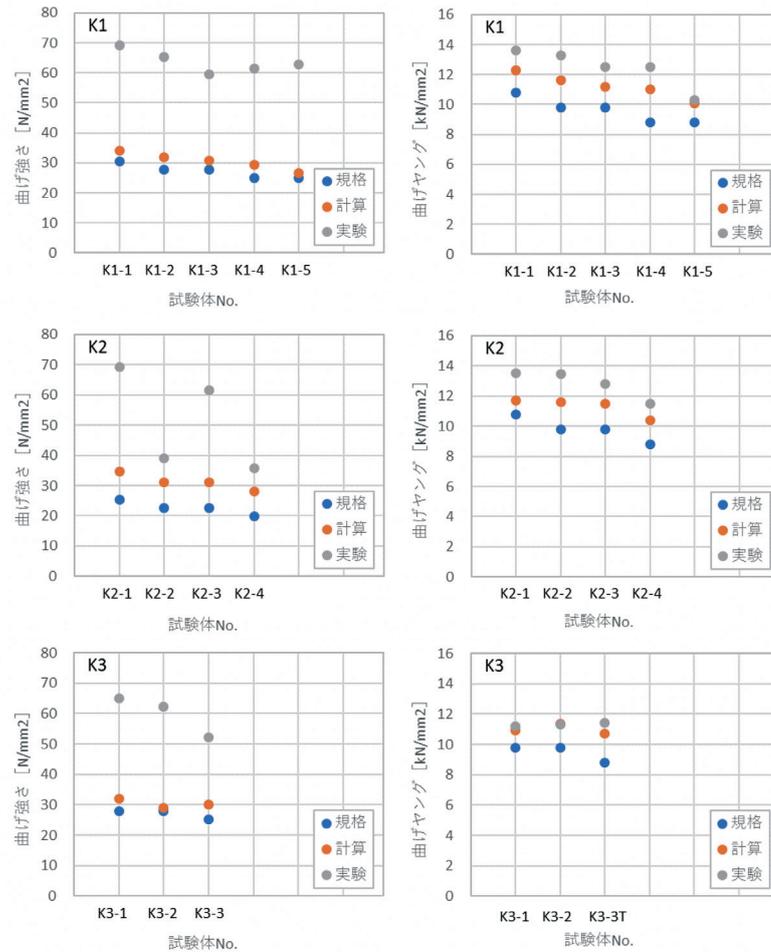


図 9. カラマツ試験体の曲げ性能比較

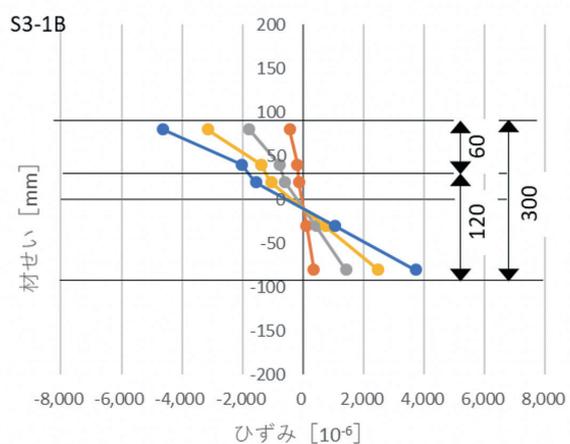
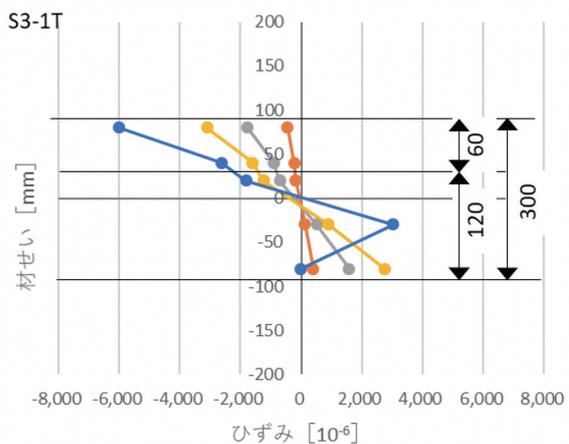
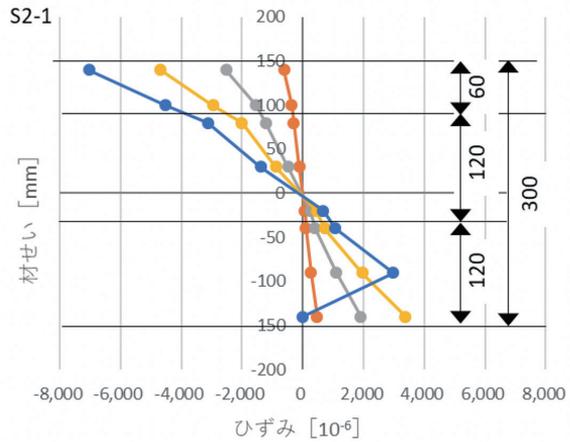
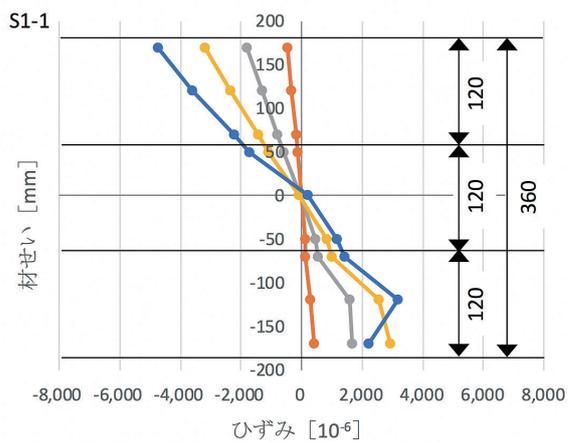


図 10. スギひずみ測定結果

〔製造に関する事項〕

①品質管理手法とその検定値の確立

曲げ実大試験では材せいに応じた材長にて試験が必要となることから、本試験では試験方法のうち一つである切断した場合の試験を行った。心持材が切断面となる場合は曲げ性能が低下し、計算値が多少高く出る傾向があり、性能を正しく評価するための補正式を検討する必要がある。また、このほかにも縮小試験体の方法の妥当性についても検証が必要である。

②検査方法の適正製造基準の作成

本マニュアルはあくまで製造工場のための製造例として作成している。今後、JAS工場の認証のための審査や検査を行う上で必要となる「適正製造基準」の作成及び整備が急がれる。

③製造拠点の拡充

接着重ね材を製造できる拠点は、2地域にしかなく、接着重ね材の普及の・一般化のためにはより多くの製造拠点を設置する必要がある。また、JAS工場認証取得および運用のモデルとしても拠点の新設は急務である。

〔設計〕

④設計パンフレット等の作成

製造方法はマニュアルによって整備が進んだが、設計者が利用するためのルールや注意事項等についてはまとまっていない。そこで、運用のための一環の整備を行う必要がある。

⑤中大規模木造に向けた防耐火に関する認定等の取得

接着重ね材は、中大規模木造に利用されることが多い。特徴は製材を積層接着した材料であり、接着性能が担保されていれば、製材の燃え代設計が可能と考えられるが、その認定については整備がされていない。そこで、接着重ね材の防耐火認定の取得や設計手法の整備も必須事項となる。

地域材の単板積層材を用いた長尺梁開発

● 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

地域材のLVLを用いた、12Mから21M程度まで飛ばせる屋根梁を開発する。平屋から3階建てまでの延床500m²～1000m²程度の建築物の躯体は、鉄骨部材の納期が厳しくなり住宅部材を応用した木造躯体が選択されることが増えてきた。店舗空間等の12Mから21M程度の大きな空間を構成する長尺部材について、現場での組立手間を減らし、配送の簡便さを両立した単板積層材（LVL）の長尺梁を開発した。

実施した項目

昨年度までに当協会の技術部会で検討した接合部仕様を基本とし、これらの知見を利用して開発を行った。薄くて強度の高いLVLを使用したボックスビームは、断面設計された軽量の梁を実現できる。工場で製造したボックスビームのフランジ同士を現場で機械的に接合することで、さらに長い梁を設計製造できることを検証した。

- LVL長尺梁の梁-梁接合部の検証

現場に搬入された後につなぐ部位の接合部性能の検証を行った。LVLの樹種は主に強度の高い国産カラマツとした。

- LVL長尺梁の実大曲げ性能検証

上記で接合部を採用した長さ12Mの長尺梁を製造、曲げ試験により強度性状を明らかにした。

実施体制

当協会技術部会において10年前から構造利用委員会を設置、研究・開発活動を続けてきた。地域材LVLを用い、効率的な断面設計をしたI形梁、BOX形梁、ストレススキンパネルを開発、様々な非住宅物件に適用されている。

委員長：稲山教授（東京大学大学院農学生命科学研究科）

委員：縦建築設計事務所、東京大学稲山研究室、島根県産業技術センター、オノツカ、全国LVL協会の会員会社（LVL製造メーカー、金物メーカー、住宅メーカー等）

実施した内容

図1に示すようなLVLで構成するボックスビームを目標とし、図2の継ぎ手の検証を主に行った。

- 長尺梁のフランジ同士の接合部の検証

現場で接着ビス接合することを前提としたLVLのフランジ同士をつなぐフィンガージョイントを製作し（写真1）、200mm長のビスで両側から緊結（写真2、写真3）、接着無と接着有の両仕様で引張性能を検証した。LVLの樹種は国産のカラマツを主とし、比較のために他樹種も検討した。

- 長尺梁のウェブフランジ接合部の検証

事前に工場で製作する梁部材のうち、38mm厚LVLウェブとLVLフランジの接着ビス接合を検証し

た。製作時に採用するピッチ等を正確に再現し、接着剤は1液型現場用ウレタン接着剤とした。

• 長尺梁の実大曲げ性能検証

上2つの項目で施工手間、コストと性能のバランスがよい仕様を選び、12M長の長尺梁を製作（写真4）、曲げ試験に供した。接合部性能を検証するため、フランジ同士の接合部は中間点の1か所のみ設けた。梁の断面寸法は、製造可能な最大断面、幅450mm×梁せい1200mmとした。（写真5）設計で想定する接着無仕様を3体、実際に採用する接着有仕様を1体行った。

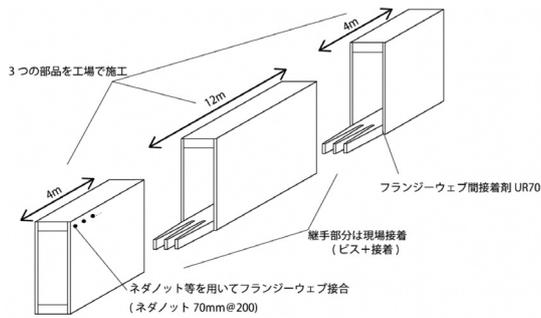


図1 開発する長尺梁

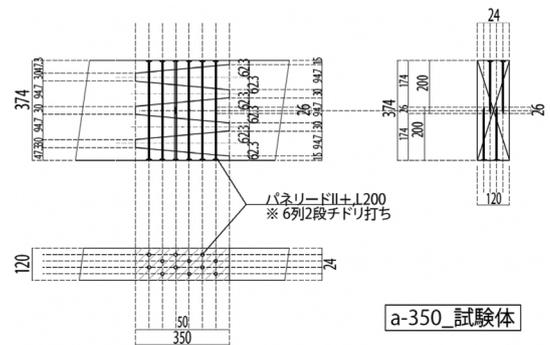


図2 L長尺梁の接合部案



写真1 LVLのフランジ接合部



写真2 接合部への長ビス打ち込み



写真3 接合部ビスの配置



写真4 曲げ試験体



写真5 12M 梁製作

実施した 結果

接合部試験

- フランジ同士の接合部試験（写真6）

カラマツLVLを使用した接合部の引張性能は曲げ試験体に採用したビス仕様で最大409kN（接着無）であった。接着無仕様の設計で2.1Mスパンを飛ばせる接合部を設計できることを明らかにした。

- ウェブフランジ接合部試験

ウレタン接着剤の圧縮にスクリューネイルとビスを併用し、施工性と強度性状を明らかにした。

- 実大曲げ試験（写真7）

最大耐力は300kN（接着無3体）、500kN（接着有1体）（試験機の最大容量）であった。接着無仕様の実験値は長尺梁の設計が安全側であることを確認できた。

本事業の開発のターゲットである延床1000m²程度の平屋・2階建ての建築のうち、屋根梁として採用できる可能性が示された。



写真6 接合部試験



写真7 実大曲げ試験

- 両端部金物の検証と提案

梁本体の設計ができることが分かったが、構造体として提案するには金物メーカーの協力を経て梁両端部の接合方法と性能を明確にする必要がある。

- 施工検証

試験体として12M梁を製作したが、15Mから21Mの梁を現場で製作する際の接着ビス接合に関して問題点を洗い出す必要がある。

- 木造平屋の設計資料および設計者への提案

長尺梁を設計に必要な接合部性能仕様、設計式等の設計資料を作成し、大空間を設計する意匠・構造設計者へLVLの長尺梁を提案していきたい。

「CLT晴海プロジェクト」における広報・普及活動

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本CLT協会

〒103-0004 東京都東京都中央区東日本橋 2-15-5 VORT 東日本橋 2階

事業目的

三菱地所株式会社が事業主となり、東京都中央区晴海に隈研吾建築都市設計事務所によるデザイン監修のもと、CLT材を活用した施設を建築する「CLT晴海プロジェクト」が発足する。この建物は2019年秋から2020年秋までの1年間運用を予定している。また、晴海での運用後は、岡山県真庭市の国立公園蒜山に移設される計画である。この建物は首都圏初のCLT物件であり、実際に来場者が見て触れる建物として存在意義が大きい。当協会としては、CLTの広報・普及に大きな効果を生み出すまたとない機会と捉えており、本プロジェクトに参画する。

実施した項目

本事業の検討委員会を設置し、「CLT晴海プロジェクト」における実施内容の検討を行った。

- ①国産材を用いたCLTを展示する「CLT晴海プロジェクト」において、敷地内に建設される屋内展示場にCLTブースを設営し、CLTの魅力、あるいは性能について体験していただく。
- ②晴海近郊に建設された（及び建設中）のCLT建築物の現場見学会を実施することにより、よりCLTの認知度・好感度を高める活動を行う。

実施体制

- 事業主体（企画・監修）
NPO法人 team timberize、三菱地所株式会社、CLTで地方創生を実現する首長連合。
- 製作・運営
(有)エブリマンジャック
- 行政
林野庁、国土交通省、環境省、内閣官房
- 事務局
日本CLT協会
以上の委員構成で検討委員会とした。

実施した内容

検討委員会でそれぞれの立場から意見を頂き、時系列のスケジュールをまとめ製作・展示を行った。また、展示館に設置するブース名を「CROSSING FOREST」とし、家族で遊んだり、ゆっくり休憩しながら森林や木造建築について知っていただく場とした。

- 展示ブースの運営
 - ①展示物・コーナーしつらえ
国産材でのブースを建築し、現しにする事により木材の柔らかさ、安らぎ感などCLTの魅力を発信し

来場者の好感度を高めた。また、実際にCLTに触れていただくことによって木材の肌触りを直に感じていただいた。

②説明スタッフ

女性スタッフを常時配置し、展示場来場者のお客様に対し質問や相談にも対応出来るよう教育した。

③集客方法

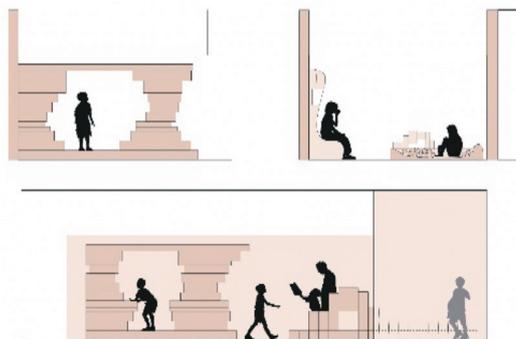
- 1) 「CROSSING FOREST」のオープン記事を雑誌「日経アーキテクチャー」に掲載し集客を図った。
- 2) ミス日本みどりの女神に場内接客を依頼し、来場者にCLTの魅力伝えていただいた。
- 3) 来場者にアンケートを実施し、回答者に対してノベルティグッズを配布して回収率を高めた
- 4) 「CLTで地方創生を実現する首長連合」に所属する各行政から木製のおもちゃを提供していただき、主にお子様を中心に木材に親しんでいただいた。

●CLT建築物見学会の実施

晴海会場および近郊に建設された（もしくは建設中）の3建築物、「CLT PARK HARUMI」、「新豊洲 Brillia ランニングスタジアム」、「ROOFLAG（ルーフラッグ）」を見学し、一部施設は設計者の建設コンセプトを交えての説明のもと、CLTを間近で触れていただき、認知度・好感度を高めた。



「CLTPARK HARUMI」外観パース



「CROSSING FOREST」イメージ

実施した結果

1. CROSSING FOREST 実績 (2019/12/14～2020/2/2)

①来場人数 (名)

組数	大人	子供	合計
2,910	4,062	3,306	7,368

②アンケート回収枚数 (木製ノベルティ出庫数)

376件

集計結果

1. CLTを知っていましたか。
はい33% いいえ67%
2. 街に木造建築が増えるといいと思いますか。
はい94% いいえ6%
(はいと答えた方のキーワード)

*暖かい・温もり75件 *匂い・香り38件 *自然37件

2. CLT首都圏ツアー申込者数 (2020/2/10現在)

201名



* CROSSING FOREST



* CROSSING FOREST IN みどりの女神

今後の
課題・展開
等

アンケートの「街に木造建築が増えるといいと思いますか」のうち、いいえはわずかに6%であったが、内容として火災に対する懸念が見られた。木材については燃えしろなど、火に対する意識付けが更に必要と感じる。CROSSING FOREST は、最大入場者（日）344名、平均（日）242名と連日多くのお客様で賑わっており、CLTの広報・普及に大きく寄与している。

「燃えしろ設計における製材の追加」

「区画内部に木質材料が利用された場合の盛期火災性状」

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本木造耐火建築協会

〒108-0014 東京都港区芝5-13-15 芝三田森ビル

事業目的

「燃えしろ設計における製材の追加」

60分を超える準耐火構造において、製材についても、燃えしろ設計における利活用を推進するため、適切な炭化速度の設定に関する知見の蓄積を図る。

「区画内部に木質材料が利用された場合の盛期火災性状」

区画模型を用いた燃焼実験を行って、内装に木質材料が利用された場合の区画火災性状の変化を明らかにすることを目的とする。また、耐火性能検証法の計算式（発熱速度 \dot{q}_B や火災継続時間 t_F ）において、内装用建築材料・構造躯体の可燃物表面積 $A_{fuel,f}$ を計算する際に利用される酸素消費係数 ϕ の値が、計算結果にどのような影響を及ぼしているのか、実験結果に基づいて分析する。

実施した項目

「燃えしろ設計における製材の追加」

スギ製材（目視1級）の試験体について耐火試験を行い、一般的な炭化速度に関するデータを得る。

1. 小規模試験体の非載荷耐火試験（大断面製材の炭化速度を把握するための試験）
2. 実大試験体の載荷耐火試験（実際の性能確認試験）

「区画内部に木質材料が利用された場合の盛期火災性状」

小規模区画と中規模区画の2種類の区画模型を利用し、開口条件・収納可燃物条件・内装条件（内装LVL板の厚み、部位）を変えて、計27条件（小規模区画18条件、中規模区画9条件）の燃焼実験を行う。

2種類の区画模型を使用する理由は、区画寸法に対する壁材の厚みのスケール比を調べるためである。

小規模区画 高さ0.6m×幅0.6m×奥行1.0m 18条件

中規模区画 高さ1.0m×幅1.0m×奥行1.5m 9条件

実施体制

■検討委員会 ※敬称略

委員長	成瀬友宏	（国土技術政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室室長）
委員	松山 賢	（東京理科大学 理工学研究科 国際火災科学専攻教授）
委員	鈴木淳一	（国土総合政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室主任研究官）
委員	樋本圭佑	（国土総合政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室主任研究官）
委員	野秋政希	（国立研究開発法人 建築研究所 防火研究グループ研究員）
委員	豊田康二	（一般財団法人 日本建築総合試験所 建築確認評定センター 建築確認評定部 性能評定課 課長代理）
委員	長尾博文	（国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 構造利用研究領域 チーム長）
委員	上川大輔	（国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材改質研究領域 木材保存研究室）

オブザーバー 松田英樹 (株式会社東亜理科 代表取締役社長)
 行政 国土交通省 住宅局 建築指導課 建築物防災対策室
 行政 林野庁 林政部 木材産業課 木材製品技術室

■試験体の製作

株式会社 東亜理科

■性能確認試験

国立研究開発法人 建築研究所

一般財団法人 日本建築総合試験所

東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 火災科学研究所

実施した 内容

「燃えしろ設計における製材の追加」

1. 小規模試験体の非荷重耐火試験

(大断面製材の炭化速度を把握するための試験)

- 試験体 柱 スギ製材 400mm × 400mm × 1500mm N=6 背割り
 はり スギ製材 400mm × 500mm × 1200mm N=6 背割り
- 試験回数 柱 1体+はり 1体 × 6条件
- 試験条件 標準加熱 60分、90分、120分、150分
 強加熱 60分、90分



写真1 小規模試験体：柱 加熱前

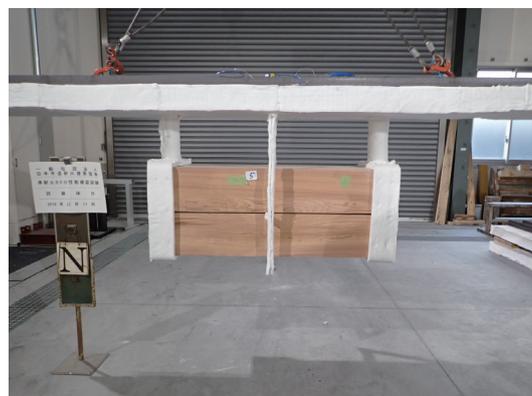


写真2 小規模試験体：はり 加熱前



写真3 小規模試験体：柱 90分加熱後



写真4 小規模試験体：はり 90分加熱後

2. 実大試験体の载荷耐火試験（実際の性能確認試験）

- 試験体 柱 スギ製材 400mm × 400mm × 3428mm N=3 背割り
はり スギ製材 400mm × 500mm × 5800mm N=3 背割り
- 試験回数 柱 1体 × 3条件、梁 1体 × 3条件
- 試験条件 標準加熱 60分、90分、120分
载荷荷重 小規模試験結果より炭化速度を仮定し、加熱時間経過後の残存断面積の短期許容耐力を载荷。



写真5 実大試験体：柱 加熱前



写真6 実大試験体：はり 加熱前



写真7 実大試験体：柱 90分加熱後



写真8 実大試験体：はり 90分加熱後

「区画内部に木質材料が利用された場合の盛期火災性状」

1. 実験条件

本実験では、側壁1面に開口部が設けられた直方体状の区画模型の内部に、収納可燃物を模擬した木材クリブを設置し、この下に設置した奥行450mm × 幅325mm × 深さ31mmの容器内のエタノール200mlに点火して火災を発生させた。（写真9、10）

実験条件は表1に示す計27条件であり、開口条件、収納可燃物条件、内装条件（木板の厚み、部位）を変えて、それらが火災性状に及ぼす影響を調べた。



写真9 小規模模型 (A7)



写真10 中規模模型 (B2)

表1 実験条件

実験番号	区画模型	開口形状 (幅×高さ)	収納可燃物 (クリブ数)	木質内装 (LVL板)
A1	小区画 (幅0.6m×高さ0.6m×奥行1.0m)	0.25m×0.25m	1	なし
A2				全面 (10mm)
A3				全面 (18mm)
A4				天井 (18mm)
A5				側壁 (18mm)
A6				床 (18mm)
A7		なし		
A8		全面 (10mm)		
A9		全面 (18mm)		
A10		天井 (18mm)		
A11		側壁 (18mm)		
A12		床 (18mm)		
A13		なし		
A14		全面 (10mm)		
A15		全面 (18mm)		
A16		天井 (18mm)		
A17		側壁 (18mm)		
A18		床 (18mm)		
B1	中区画 (幅1.0m×高さ1.0m×奥行1.5m)	0.575m×0.575m	なし	
B2			全面 (18mm)	
B3			天井 (18mm)	
B4		なし		
B5		全面 (18mm)		
B6		天井 (18mm)		
B7		なし		
B8		全面 (18mm)		
B9		天井 (18mm)		

※条件 B8 については、実験途中で側壁の一部が破損し脱落したため、以降のデータ分析では除外する。

2. 区画模型

区画模型は、厚さ50mmのケイ酸カルシウム板を、図1に示す通りに組み合わせたものを、1条件ごとに作成した。このため、同じ区画を繰り返し使用した場合に比べて、壁体内の含水率の変化の影響は小さいものと考えられる。

開口形状は、小規模区画については、幅0.25m×高さ0.25m、幅0.375m×高さ0.375m、幅0.5m×高さ0.5mの3条件、中規模区画については、幅0.575m×高さ0.575m、幅0.8m×高さ0.8m、幅0.8m×高さ0.575mの3条件とした。

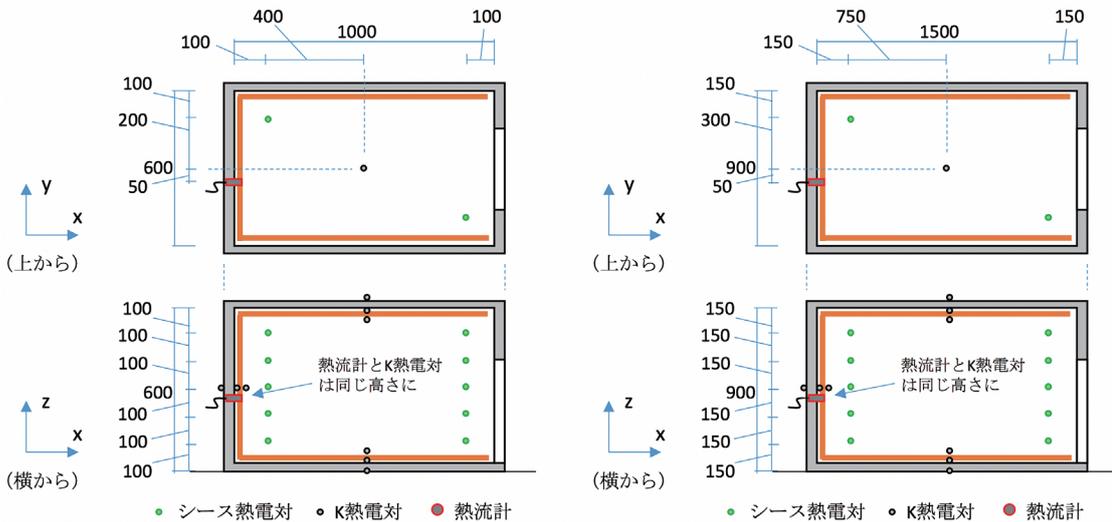


図1 区画模型と計測装置の設置位置 (左：小規模区画、右：中規模区画)

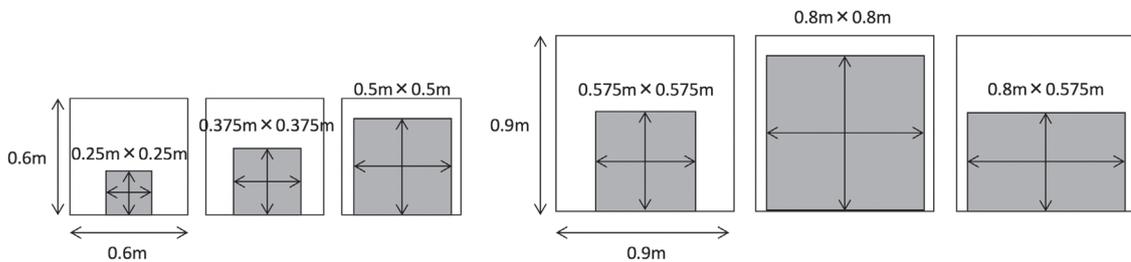


図2 開口形状 (左：小規模区画3条件、右：中規模区画3条件)

3. 可燃物

可燃物には、収納可燃物を想定した木材クリブと、内装材料を想定して区画周壁内側に張り付けたLVL板の2種類(18mm厚、10mm厚)を用意し、それぞれが燃焼した場合の区画火災性状への影響を分析することとした。

4. 計測項目

本実験では、区画内および周壁の温度、区画周壁への入射熱流束、可燃物を含む区画模型全体の重量、燃焼による発熱速度について、点火から全ての可燃物が概ね燃え尽きるまでの時間変化を、データロガーにより1秒間隔で記録した。

「燃えしろ設計における製材の追加」

1. 小規模試験体の非載荷耐火試験

- 炭化速度 (mm/min)

含水率は全乾法で測定。試験体の含水率が高く、炭化速度が遅い結果となっている。

種別	加熱時間	含水率	平均炭化速度 (mm/min)
柱	標準加熱 60分	33%	0.60
柱	標準加熱 90分	39%	0.54
柱	標準加熱 120分	35%	0.53
柱	標準加熱 150分	35%	0.54
柱	強加熱 60分	44%	1.28
柱	強加熱 90分	17%	1.46
はり	標準加熱 60分	41%	0.56
はり	標準加熱 90分	41%	0.43
はり	標準加熱 120分	71%	0.49
はり	標準加熱 150分	71%	0.54
はり	強加熱 60分	25%	1.25
はり	強加熱 90分	25%	1.26

- 炭化深さの測定

断面位置 3ヶ所×測定部 12ヶ所の 36ヶ所を計測。



写真 11 小規模柱 90分加熱後 断面

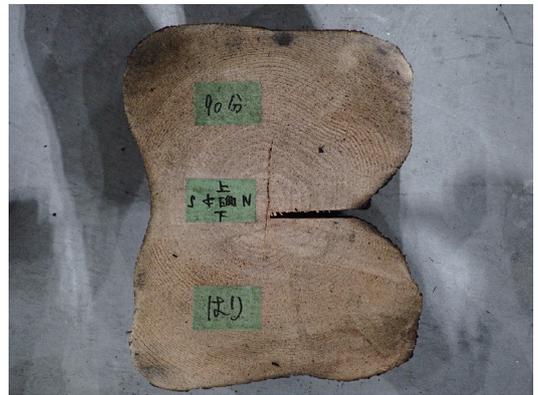


写真 12 小規模はり 90分加熱後 断面

2. 実大試験体の載荷耐火試験

- 炭化速度 (mm/min)

含水率が高い試験体では炭化速度が遅く (0.55～0.67mm/min)、含水率が低い試験体では炭化速度が速い (0.74～0.83mm/min) 結果が得られた。

種別	加熱時間	実際の加熱時間	含水率	平均炭化速度 (mm/min)
柱	標準加熱 60分	69.5分	12.6%	0.74
柱	標準加熱 90分	106.5分	46.3%	0.67
柱	標準加熱 120分	124.1分	16.0%	0.83
はり	標準加熱 60分	82.5分	33.5%	0.57
はり	標準加熱 90分	135分	49.8%	0.55
はり	標準加熱 120分	172.7分	21.4%	0.59

- 炭化の進み方について、角部分でなく辺の中央部分が燃えこんでいる試験体が多く、均等には炭化せず単純な伝熱の影響では説明できない結果となった。
- 背割りの影響について、比較的炭化は進むが、内部温度の測定値は上がっていない。
- 載荷荷重は、炭化速度 1mm/min と仮定し、加熱時間経過後の残存断面積の短期許容耐力を載荷。(柱 60 分試験のみ、炭化速度 0.5mm/min で算定。)

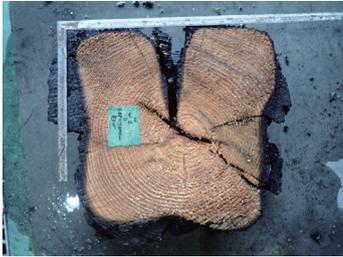


写真 13
実大柱 60 分加熱後 断面



写真 14
実大柱 90 分加熱後 断面



写真 15
実大柱 120 分加熱後 断面

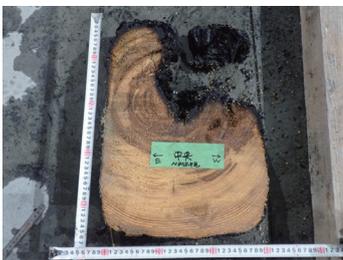


写真 16 実大はり
60 分加熱後 断面



写真 17 実大はり
90 分加熱後 断面



写真 18 実大はり
120 分加熱後 断面

「区画内部に木質材料が利用された場合の盛期火災性状」

耐火性能検証法の告示式について、本研究により得られた知見は以下の通りである。

1. 告示式では、火災室の継続時間 t_F を、概ね良好に評価することができる。その反面、火災室の単位可燃物表面積あたりの発熱速度 \dot{q}_B/A_{fuel} 、および温度 T_F を過大に評価する場合がある。 \dot{q}_B/A_{fuel} や T_F の過大評価は、設計上、安全側の評価につながるものの、必要以上に設計の自由度を狭めている可能性もある。
2. 火災室の継続時間 t_F 、単位可燃物表面積あたりの発熱速度 \dot{q}_B/A_{fuel} 、および温度 T_F について、酸素消費係数 ϕ をパラメータとする感度分析を行ったところ、酸素消費係数 ϕ の値が検証結果に及ぼす影響は比較的軽微であった。これは、建築部材の損傷を評価する上で重要となる火災盛期において、内装材の表面積の大きさが火災室全体の燃焼性状に及ぼす影響は大きくないことを示している。
3. 火災の加害性指標である入射熱流束の時間累計値については、実験結果と告示式による計算結果の間で一貫した傾向が得られなかった。これは、告示式において、燃料支配型火災（例えば、開口部が大きく、可燃物量が少ない区画で発生する火災）の加害性が、相対的に小さく評価されていることを示している。

また、木質空間特有の盛期火災性状について、以下のような知見が得られた。

1. 区画内に多くの木材が可燃物として存在する条件では、開口部からの火災の噴出が終了した後も木材の赤熱燃焼が継続して、区画内の高温状態が維持される場合がある。
2. 同じ区画条件（区画寸法および開口形状）であっても、内部に収納される木材の量により、開口部から噴出する火災の規模が大きくなる場合がある。

「燃えしる設計における製材の追加」

- 含水率の低い製材による、炭化速度データの蓄積。
- 部位ごとの含水率のバラつきや、芯のひび割れ等が生じない乾燥方法を検討し、試験体の条件をそろえた性能確認。
- 含水率を低くする、木材の伐採時期や乾燥期間の検討。
- 含水率が安定している JAS 認定材の活用。
- 他の樹種での炭化速度データの蓄積。

「区画内部に木質材料が利用された場合の盛期火災性状」

木質空間特有の火災性状については、十分に明らかになっていない点が残されており、今後も継続した検討が必要である。具体的な検討課題は、以下の通りである。

- 木材の赤熱燃焼による高温状態の長期化が、建築部材の健全性に及ぼす影響の分析
- 開口噴出火災の大規模化に代表されるような、火災外力の増大に関する分析

非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討事業

● 実施団体 ●

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

〒107-0052 港区赤坂2-2-19 アドレスビル5F

事業目的

これまで木造化が進まなかった非住宅の中大規模建築物について、木造化の推進のためには、長スパン、高い階高を確保する必要があり、非住宅用の高倍率、高階高の耐力壁（面材、ブレース）（以下、「高耐力壁」）及び接合金物の開発、実用化が必要である。

このため、木造軸組構法及び枠組壁工法に用いる高耐力の面材（構造用合板、LVL、CLT等）を用いた高耐力壁、大断面製材・大断面集成材を用いたブレース及びそれらの接合金物について構造試験を行い、性能を検証するとともに、汎用性の高い高性能の耐力壁と接合金物の標準化に向けた技術開発を行ったものである。

実施した項目

- (1) 高倍率耐力壁及び接合金物の必要耐力の検討
- (2) 高倍率耐力壁の構造試験の実施及び結果の評価
パイロット試験では10仕様各1体、本試験では2仕様各3体の耐力壁の構造試験を実施し構造特性の評価を行った。
- (3) 接合金物の構造試験の実施及び結果の評価
パイロット試験では6仕様各1体、本試験では4仕様各6体の接合金物の構造試験を実施し構造特性の評価を行った。

実施体制

■高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討委員会

- 委員長 大橋好光（東京都市大学工学部建築学科 教授）
- 委員 稲山正弘（東京大学大学院農学生命科学研究科 教授）
- 委員 逢坂達男（一般社団法人 日本木造住宅産業協会 技術開発委員長）
- 委員 坂口晴一（一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会 開発部長）
- 委員 青木哲也（一般社団法人 JBN・全国工務店協会 中大規模木造委員会委員長）
- 委員 功刀友輔（一般社団法人 中大規模木造プレカット技術協会 理事）
- 委員 金井邦夫（木造住宅接合金物協会 会長）

■高倍率、高階高耐力壁及び接合金物の開発検討WG

- 主査 大橋好光（前述）
- 委員 高橋雅司（一般社団法人 日本木造住宅産業協会 技術開発部長）
- 委員 潮康文（木造住宅接合金物協会）

■オブザーバー

- （公財）日本住宅・木造技術センター
金子弘、飯島敏夫、後藤隆洋、山田知明

■コンサルタント

(株)えびす建築研究所

花井勉、飯田秀年、山根光、中村亮太、高岡繭子

■事務局

(一社)木を活かす建築推進協議会

沼田良平、飯野貴、櫻井一也

実施した 内容

(1) 高倍率耐力壁及び接合金物の必要耐力の検討

建物の層数と想定した建築物の用途に応じて、必要とされる耐力壁のせん断耐力を検討した。層数(階数)は1~3階建てと4、5階建てに分類している。建物重量は用途に応じたスパン割や層数、階高に大きく影響されると考え、建物用途ごとに設定したグリッド寸法及び層数、階高を基準に検討を行った。

(2) 高倍率耐力壁の構造試験の実施及び結果の評価

①パイロット試験

パイロット試験では、幅910mmの面材張耐力壁(構造用合板24mm厚片面又はMDF9mm厚両面)10仕様各1体の試験を実施した。10体のうち8体は非住宅中大規模木造建築物を想定して高さ3.8mとし、残り2体は工場・倉庫建築を想定して高さ5mとした。柱材の断面は高さ3.8mの試験体では120mm×120mmとし、5mの試験体では120mm×150mmとした。

試験体は幅1820mmの鉛直構面内に耐力壁、開口及びピン柱を配置した構面試験体とした。(図-1)

②本試験

パイロット試験の結果を踏まえ、本試験で実施する試験体2仕様(構造用合板張り及びMDF張り、いずれも高さ3.8m)を定めた。

MDFを面材とする試験体No.11は、試験体No.7をベースとした床勝ち大壁仕様で、パイロット試験では十分なせん断耐力が確認できていたため(目標29.4kN/m(15倍相当)に対し、真の変形角評価で50.0kN/m)、施工性やコストなどの観点から両面張りを片面張りに変更して、目標耐力を29.4kN/mではなく24.0kN/m(約12倍相当)程度を想定した試験体である。(図-2)

構造用合板を面材とする試験体No.12は、試験体No.9をベースとした真壁仕様で、パイロット試験では十分なせん断耐力が確認できていたため、接合金物の留付けピッチを広くした(CNZ75@50x2列千鳥→CNZ75@75x2列千鳥)ものである。なお、いずれの試験体も耐力壁の柱頭部及び柱脚部には、新たに設計しためり込み補強金物を配置した(図-3)。

(3) 接合金物の構造試験の実施及び結果の評価

①パイロット試験

本試験(4仕様、各6体)の仕様を決定する目的でパイロット試験を実施した。パイロット試験では金物と柱をビスで留付ける仕様を3仕様、ドリフトピンで留付ける仕様を3仕様の接合金物の試験を実施した(各1体)。柱材にはヒノキ集成材を用いた。またアンカーボルトは④、⑥、⑧はSNR490B、その他の試験体はSCM435を用いた。(表-3)

②本試験

本試験(接合金物)では、パイロット試験(接合金物)の結果を踏まえ、4仕様(各6体)の接合金物について試験を実施した。アンカーボルトはSCM435を用いた。(表-4)

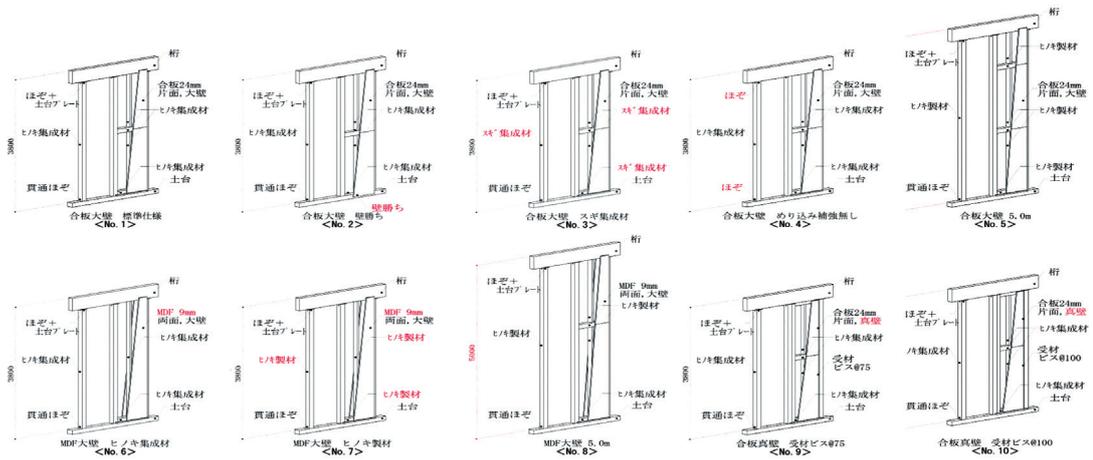


図-1 耐力壁パイロット試験仕様一覧

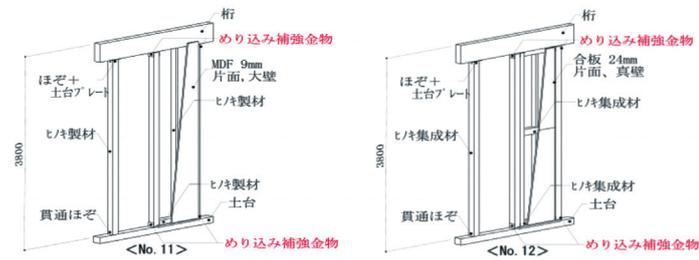


図-2 耐力壁本試験仕様一覧

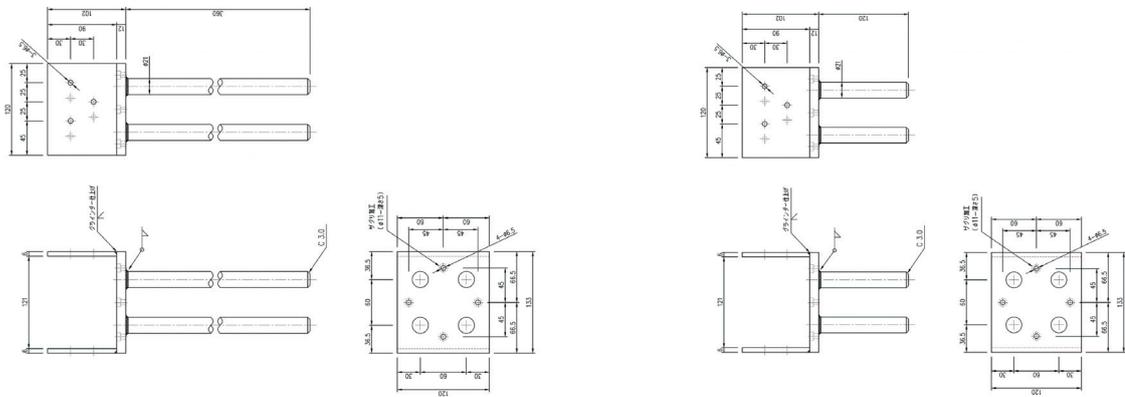


図-3 耐力壁本試験柱頭及び柱脚のめり込み補強金物

(1) 高倍率耐力壁及び接合金物の必要耐力の検討

① 耐力壁の必要耐力

想定した非住宅中大規模木造建築物の用途・層数に着目し、各建築物に求められる耐力壁のせん断耐力を下記の通り推定した。

層数1～3：必要な耐力は40.0kN/m（約20倍相当）以下であった。また大半は30.0kN/m（約15倍相当）以下で成立すると推定された

層数4、5：用途によっては最大80.0kN/m（約40倍相当）を超える相当壁倍率が必要だが、大半の用途では40.0kN/m～60.0kN/m（約20倍～30倍相当）で成立すると推定された。

② 接合金物（1階）の必要耐力

層数1～3：110kN程度と推定された。

層数4、5：370kN程度と推定された。

(2) 高倍率耐力壁の構造試験の実施及び結果の評価

①パイロット試験

- 破壊性状は全ての試験体で柱の浮き上がり、柱頭のめり込みが確認された。特徴的な破壊としてNo2は圧縮側柱の割裂、No9、10は壁面材の面内せん断破壊が見られた。（図-5）
- 柱の浮き上がり、柱頭のめり込みの影響で、真の変形角と見かけの変形角評価に差が生じたと考えられる。（図-4）
- 真の変形角評価での短期基準せん断耐力は概ね30.0kN/m（15倍相当）を達成した。見かけの変形角評価では30.0kN/mに到達していない。（表-1）

②本試験

- No11の破壊性状は面材のパンチングアウト、釘の破断、面材の割れが確認された。No12の破壊性状は釘頭のめり込みなどが見られた。（図-7）
- パイロット試験で課題であった柱の浮き上がり、柱頭のめり込みはほぼ生じなかった。見かけの変形角と真の変形角の履歴はほぼ同じとなった。（図-6）
- No11のばらつき、低減係数 $\alpha = 0.95$ を考慮した短期基準せん断耐力は、真の変形角評価で22.2kN/m（11.3倍相当）であった。No12のばらつき、低減係数 $\alpha = 0.95$ を考慮した短期基準せん断耐力は32.7kN/m（16.6倍相当）であった。いずれの仕様も概ね想定通りとなった。（表-2）

(3) 接合金物の構造試験の実施及び結果の評価

①パイロット試験

ばらつき係数0.85を仮定した場合、②と⑦の耐力が層数1～3の建物用接合金物の目標耐力（110kN）を上回る結果となったが、層数4、5の建物用については目標要求性能が高く（370kN）、柱脚金物以外の引張力伝達方法の提案が必要と考えられる。

②本試験

アンカーボルトではなく木部で決まるよう試験体仕様を設定したため、本試験結果は試験体によるばらつきが大きく、ばらつき係数を考慮した短期基準耐力E-03で97.2kN、HD-D9では113.2kNと、層数1～3の建物用接合金物の目標耐力（110kN）をほぼ満足する結果を得た。（表-4）

前述のとおり、本試験では、アンカーボルトで耐力が決定しないよう、高強度のアンカーボルト（SCM435）を用いたため、実際の設計では今回の試験結果と実際に用いるアンカーボルトの性能から決まる引張耐力のうち小さい値の方を、接合金物の許容耐力とする必要がある。

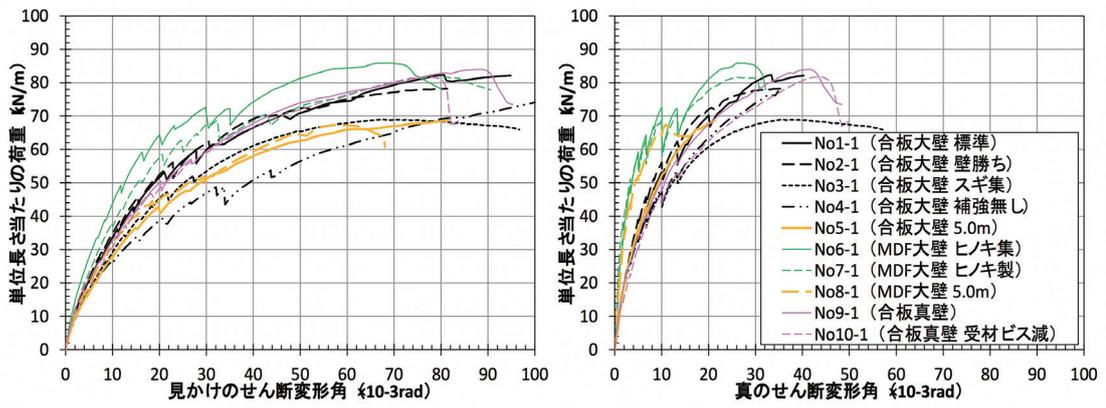


図-4 耐力壁パイロット試験 包絡線比較



図-5 耐力壁パイロット試験 破壊性状写真

表-1 耐力壁パイロット試験 結果一覧

評価方法	記号	合板大壁 標準		合板大壁 壁勝ち		合板大壁 スギ集		合板大壁 補強無し		合板大壁 5.0m	
		No.1-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)	No.2-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)	No.3-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)	No.4-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)	No.5-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)
真 γ0	降伏耐力Py (kN)	40.7		39.7		34.1		37.9		32.3	
	Pu-0.2√2μ-1 (kN)	32.2		31.9		36.9		26.7		22.4	
	2/3Pmax (kN)	50.0	35.4	47.4	35.1	41.8	37.5	47.0	29.3	41.6	24.6
	P1/150 (kN)	38.9		41.6		35.6		35.8		38.9	
	パイリニア剛性 (10³kN/rad)	5.6		6.5		5.6		5.1		6.7	
終局変位 (10⁻³rad)	40.3		35.3		57.1		34.8		21.3		
見かけ γ	降伏耐力Py (kN)	41.3		39.0		34.9		30.9		33.0	
	Pu-0.2√2μ-1 (kN)	26.6		28.0		24.0		20.9		23.0	
	2/3Pmax (kN)	47.4	29.2	46.5	30.8	41.8	25.9	38.7	23.0	40.3	24.6
	P1/120 (kN)	27.0		28.1		23.6		22.0		22.4	
	パイリニア剛性 (10³kN/rad)	2.6		2.8		2.3		2.0		2.3	
終局変位 (10⁻³rad)	66.7		66.7		66.7		66.7		66.7		

評価方法	記号	MDF大壁 ヒノキ集		MDF大壁 ヒノキ製		MDF大壁 5.0m		合板真壁		合板真壁 受材ビス減	
		No.6-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)	No.7-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)	No.8-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)	No.9-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)	No.10-1	短期基準せん断耐力 (kN/m)
真 γ0	降伏耐力Py (kN)	48.5		45.5		34.2		41.0		40.0	
	Pu-0.2√2μ-1 (kN)	44.9		47.1		30.5		33.9		31.7	
	2/3Pmax (kN)	52.1	49.3	49.5	50.0	40.9	33.5	51.0	37.3	49.6	34.8
	P1/150 (kN)	58.5		57.1		52.4		36.9		33.9	
	パイリニア剛性 (10³kN/rad)	12.1		14.3		14.1		5.1		4.5	
終局変位 (10⁻³rad)	32.2		31.0		16.7		48.4		50.0		
見かけ γ	降伏耐力Py (kN)	49.2		45.5		34.0		38.7		40.4	
	Pu-0.2√2μ-1 (kN)	33.7		29.4		25.5		26.6		25.6	
	2/3Pmax (kN)	52.1	37.0	47.9	32.3	40.9	28.0	47.8	29.0	48.0	27.1
	P1/120 (kN)	35.3		30.7		25.9		26.4		24.7	
	パイリニア剛性 (10³kN/rad)	3.5		3.0		2.7		2.6		2.4	
終局変位 (10⁻³rad)	66.7		66.7		66.7		66.7		66.7		

※表中の短期基準せん断耐力 (kN)はn=1のため、ばらつき及び低減係数は考慮していない。

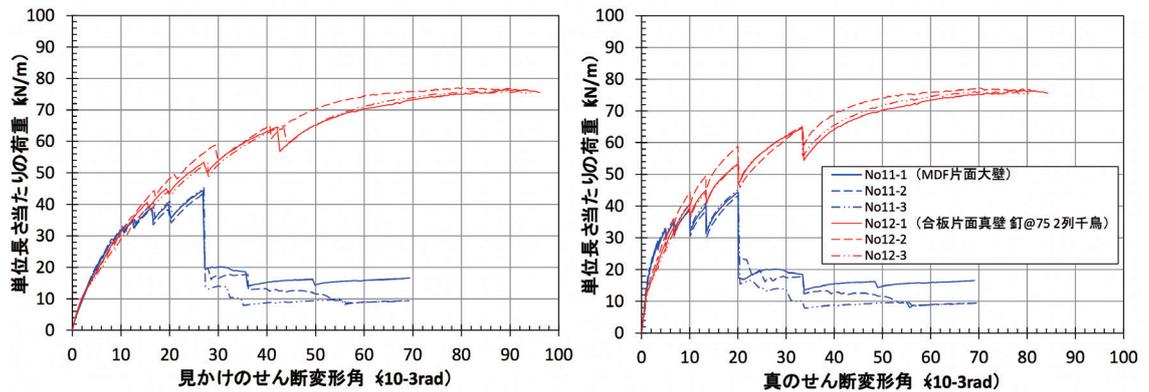


図-6 耐力壁本試験 包絡線比較

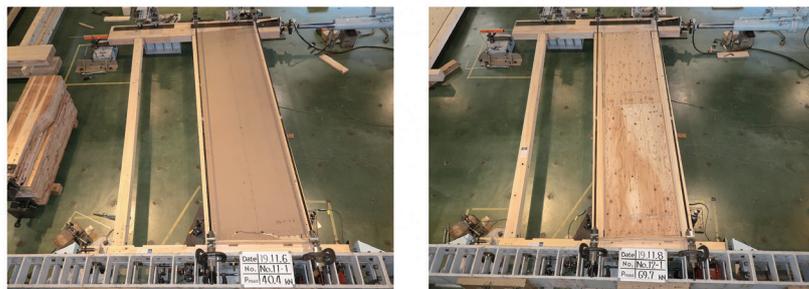


図-7 耐力壁本試験 破壊性状写真 (例)

表-2 耐力壁本試験 結果一覧

評価方法	記号	No.11 MDF片面大壁)			平均値	ばらつき係数	50%下限値	短期基準せん断耐力 (kN/m) ばらつき考慮	低減係数 α (仮定)	
		1	2	3					0.95	0.9
真 γ 0	降伏耐力 P_y (kN)	24.6	25.4	24.3	24.8	0.989	24.5	22.3	21.1	18.9
	$P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu-1}$ (kN)	20.1	20.3	21.0	20.5	0.989	20.3			
	2/3 P_{max} (kN)	26.9	26.4	27.4	26.9	0.991	26.7			
	$P_{1/150}$ (kN)	31.7	31.6	32.6	32.0	0.992	31.7			
	バイリニア剛性 (10^3 kN/rad)	7.9	8.1	8.4	8.2	0.984	8.0			
	終局変位 (10^{-3} rad)	20.1	20.1	20.1	20.1	1.000	20.1			
見かけ γ	降伏耐力 P_y (kN)	24.8	25.1	23.5	24.5	0.984	24.1	15.6	14.8	13.3
	$P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu-1}$ (kN)	14.1	14.3	14.8	14.4	0.988	14.2			
	2/3 P_{max} (kN)	26.9	26.4	27.4	26.9	0.991	26.7			
	$P_{1/120}$ (kN)	26.1	26.8	26.8	26.6	0.993	26.4			
	バイリニア剛性 (10^3 kN/rad)	3.2	3.4	3.4	3.3	0.986	3.3			
	終局変位 (10^{-3} rad)	26.8	26.9	27.1	26.9	0.998	26.9			

評価方法	記号	No.12 合板真壁 釘@75 2列千鳥)			平均値	ばらつき係数	50%下限値	短期基準せん断耐力 (kN/m) ばらつき考慮	低減係数 α (仮定)	
		1	2	3					0.95	0.9
真 γ 0	降伏耐力 P_y (kN)	37.0	41.1	37.2	38.4	0.972	37.3	32.7	31.0	27.9
	$P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu-1}$ (kN)	32.1	33.9	30.9	32.3	0.978	31.6			
	2/3 P_{max} (kN)	45.4	46.5	45.9	45.9	0.994	45.6			
	$P_{1/150}$ (kN)	30.4	32.8	28.8	30.7	0.969	29.7			
	バイリニア剛性 (10^3 kN/rad)	3.7	3.9	3.4	3.7	0.966	3.5			
	終局変位 (10^{-3} rad)	66.7	66.7	66.7	66.7	1.000	66.7			
見かけ γ	降伏耐力 P_y (kN)	34.2	38.9	35.3	36.1	0.968	34.9	26.4	25.0	22.5
	$P_u \cdot 0.2 \cdot \sqrt{2\mu-1}$ (kN)	25.4	25.6	24.1	25.0	0.985	24.6			
	2/3 P_{max} (kN)	43.8	45.8	44.5	44.7	0.989	44.2			
	$P_{1/120}$ (kN)	25.3	25.0	23.3	24.5	0.979	24.0			
	バイリニア剛性 (10^3 kN/rad)	2.5	2.5	2.3	2.4	0.978	2.4			
	終局変位 (10^{-3} rad)	66.7	66.7	66.7	66.7	1.000	66.7			

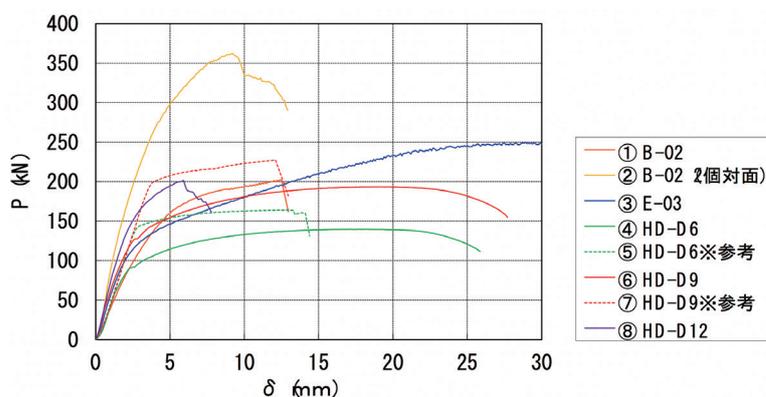


図-8 接合金物パイロット試験 包絡線比較

表-3 接合金物パイロット試験 結果一覧

No	試験体名	試験結果 (kN) (6体平均)				短期基準引張耐力 (kN)			目標耐力 (kN)
		P_{max}	P_u	P_y	2/3 P_{max}	m_n $P_{y, 2/3P_{max}}$	ばらつき係数 (仮定)	ばらつきを考慮した短期基準耐力	
①	B-02	202.5	185.7	120.1	135.0	120.1	0.85	102.1	△
②	B-02 (2個対面)	362.7	326.7	201.5	241.8	201.5	0.85	171.3	○
③	E-03	249.9	213.9	127.2	166.6	127.2	0.85	108.1	△
④	HD-D6	139.8	130.3	83.8	93.2	83.8	0.85	71.2	×
⑤	HD-D6※参考	164.3	157.7	132.3	109.5	109.5	0.85	93.1	×
⑥	HD-D9	193.5	180.7	119.1	129.0	119.1	0.85	101.2	△
⑦	HD-D9※参考	227.4	213.5	186.0	151.6	151.6	0.85	128.9	○
⑧	HD-D12	201.7	181.4	118.1	134.5	118.1	0.85	100.4	△

○ :ばらつき考慮して目標耐力以上
 △ :実験値が目標耐力以上
 × :実験値が目標耐力未満

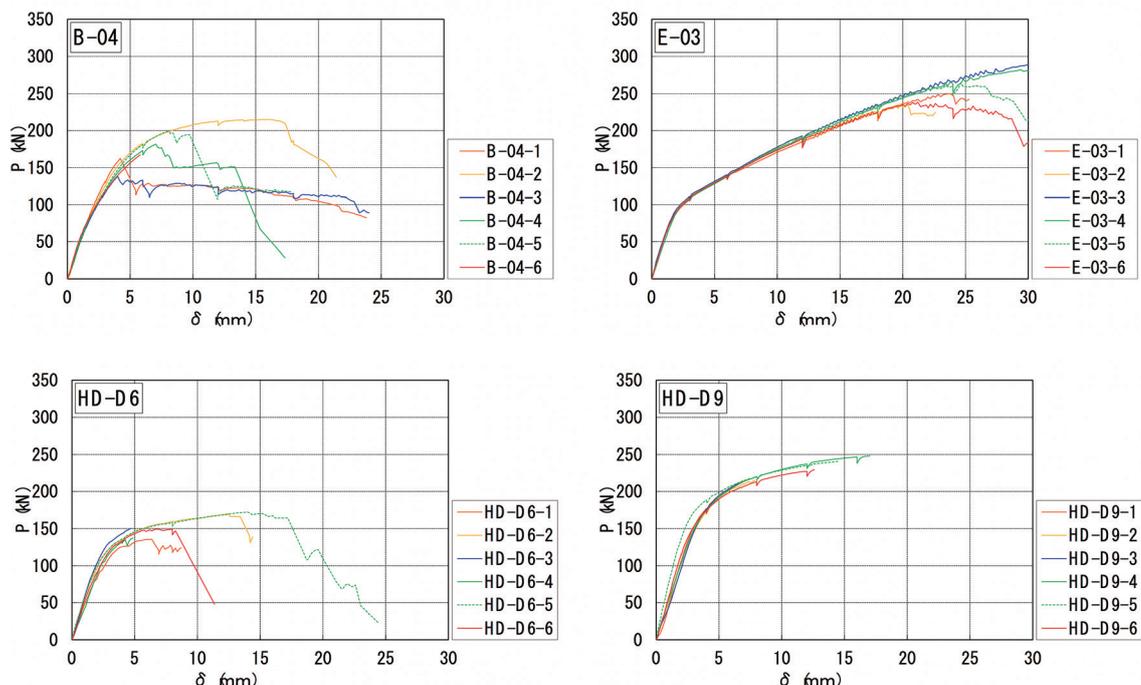


図-8 接合金物パイロット試験 包絡線比較

表-4 接合金物本試験 結果一覧

試験体名	試験結果 (kN)						ばらつきを考慮した短期基準耐力 (kN)	目標耐力 (kN) 層数1~3 110kN
	Pmax	Pu	Py	ばらつき係数	2/3Pmax	ばらつき係数		
B-04	177.3	158.4	93.6	0.502	118.2	0.640	46.9	×
E-03	260.1	216.9	119.3	0.815	173.4	0.801	97.2	△
HD-D6	152.5	140.2	92.1	0.692	101.7	0.757	63.7	×
HD-D9	226.4	205.5	142.0	0.797	150.9	0.841	113.1	○

今後の課題・展開等

(1) めり込み対策の確立

本実験（耐力壁）では、新たにめり込み補強金物を提案し、良い結果が得られたが、実際の建物にそのまま適用することが難しいディテールとなっている。今後、実用的な対策の確立が望まれる。

(2) 複数の応力を同時に受ける接合金物の性状確認

要求耐力が高ければ、ホールダウン金物を柱に留付けるためのビスの本数が増える為、金物自体の高さも高くする必要があるが、それに伴い接合金物に生じる曲げモーメント・せん断力も大きくなる。また、柱にとっても大きな曲げモーメント・せん断力を負担した状態で、多数のビスが繊維方向にめり込むことになるので、複合応力を受けた場合の接合金物部の性状を確認しておく必要がある。

(3) より高い引抜耐力を有する構造要素（タイダウン等）の一般化

柱断面が120mm×120mmでホールダウン金物タイプの場合、今回実施した範囲を超える耐力（短期基準耐力110kN）の金物の実用化は簡単ではないと考えられる。しかし、想定している4層以上の建築物では370kN以上の引抜耐力が必要となるので、タイダウン金物等、より高い引抜耐力を有する構造要素の開発・一般化が必要である。

(4) 施工性に関する課題

小規模建築物に比べ、階高が高く面材の単位重量も大きくなるため、実際の施工に関して検証が必要である。

(5) 材料の調達及びプレカットに関する課題

一般的に流通している材料（木質材料の品質、断面寸法、鋼材の品質）で構成が出来るかについては、調査を継続してゆくべきである。

(6) 耐力壁の開口について

耐力壁試験では無開口状態の性能を確認した。高倍率耐力壁に開口を設けた際の耐力及び剛性、破壊性状等への影響は未知のため、今後の検討課題である。

(7) 実設計に向けての課題

本事業での接合金物は最下階引張側の壁脚部を想定したものであり、実際の建物においては、圧縮側脚部や中間層における（上下階耐力壁相互の）接合部などについての検討、構造試験の実施などが今後必要である。関連して上下2連層を想定した耐力壁試験の実施も望まれる。

(8) 耐力壁の面材仕様について

合板、MDF以外の面材（OSB、パーティクルボードなど）についても耐力壁としての性能把握は必要である。また今回合板仕様には2級構造用合板を用いたが、パイロット試験では面内せん断破壊した仕様もあり、今後は高倍率耐力壁の仕様検討に当たっては面内せん断強度の規定のある1級構造用合板を前提とした方が良い。

(9) 高倍率耐力壁の試験方法の確立について

中大規模建築物では小規模建築物に比べ階高（耐力壁の高さ）が高くなるため、既存の試験施設では試験が行えない場合も考えられる。今回は試験体を横に寝かせることで対応した。寝かせた状態では試験体が面外にたわむ場合があったので、試験体中央部も支えるような形式としたい。

CLTパネル工法の構造計算方法の拡充事業

● 実施団体 ●

株式会社日本システム設計

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-9-5

事業目的

CLTパネル工法の構造計算方法の合理化・効率化による同工法の普及・定着推進への寄与を目的とし、本事業では「Ⅰ 構造特性係数等の合理化」、「Ⅱ CLTパネルの終局面内耐力評価方法」、「Ⅲ 仕様規定ルートの設定」の3課題を検討の対象とする。

Ⅰ 構造特性係数等の合理化

CLTパネル工法に関して、構造計算ルート2における応力割増し係数 R_f 、ルート3における構造特性係数 D_s が規定されているが、既往の振動台実験及び解析検討等によって確認された耐震性能に比べて現行規定による必要性能は過大と思われる場合がある。本事業では、中高層建築物への対応力向上に向け、 R_f 、 D_s について緩和の方向で見直しを行う。

Ⅱ CLTパネルの終局面内耐力評価方法

中高層建築物ではCLT壁パネルの負担重量の増大、接合部の高耐力化により母材（CLTパネル）の先行破壊が生じる可能性がある。本事業では、軸力を加えた無開口CLT壁パネルの水平加力実験等を通じて、母材破壊を含むCLTパネルの終局面内耐力評価方法について検討する。

Ⅲ 仕様書の規定の素案作成

階数が2以下の木造住宅のほとんどは仕様規定（壁量計算）ルートにより、構造計算をせずに建築されているが、CLTパネル工法では規模、階数にかかわらず構造計算を行うことが必要となっている。そこで、CLTパネル工法における仕様書の規定の構築を目標とした検討を実施する。

実施した項目

Ⅰ 構造特性係数等の合理化

- R_f 、 D_s の評価方法の検討
- 実態に即した構造モデルの検討
- 解析による R_f 、 D_s の評価

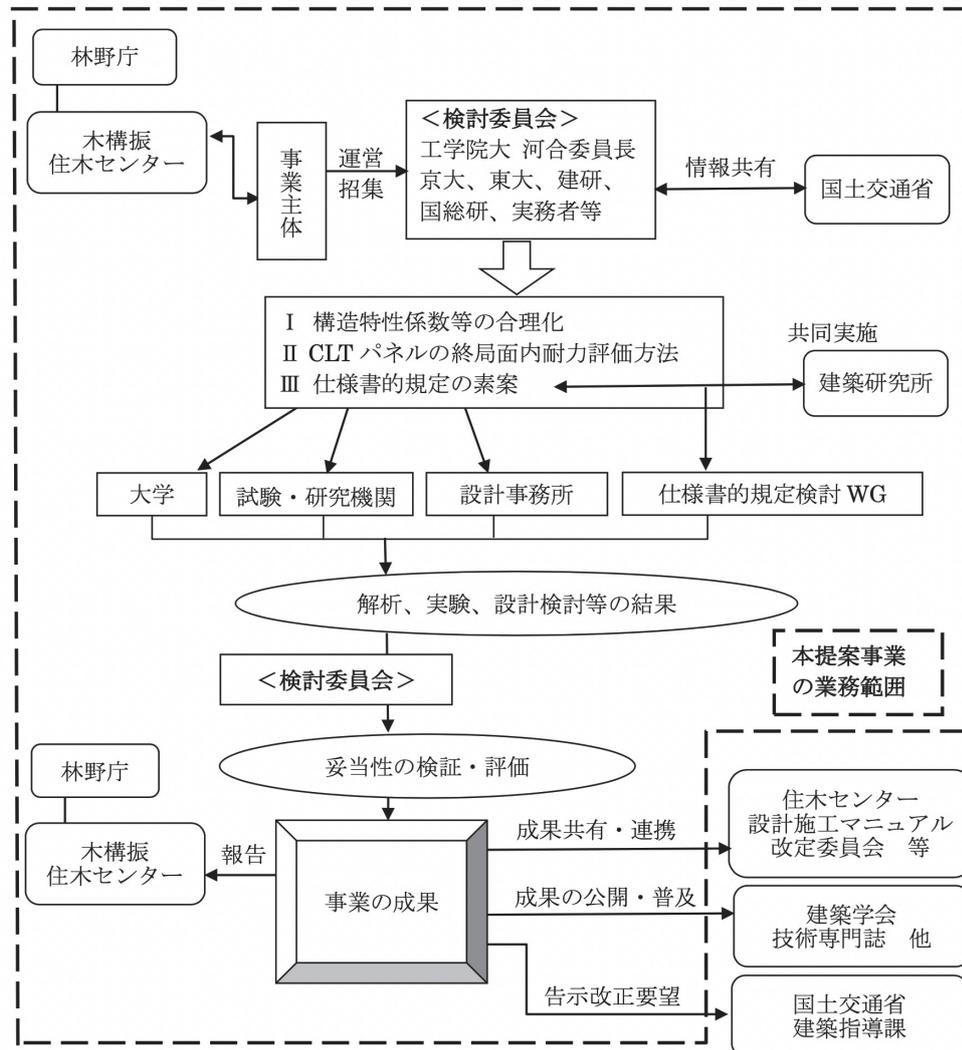
Ⅱ CLTパネルの終局面内耐力評価法

- 母材の先行破壊等による水平耐力低下が生じる条件の推定
- 接合部仕様の設定
- 実験による構造性能の確認
- 実験結果の分析
- CLTパネルの終局面内耐力評価法の検討

Ⅲ 仕様書の規定の素案作成

- 耐力壁の許容水平耐力に関する追加検討
- 仕様書の規定の素案作成に必要な技術資料の収集

下図中の破線が本事業の実施体制の範囲である。本事業成果のマニュアル（日本住宅・木材技術センター：2016年版 CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル）・告示への反映を視野に入れて住木センター、国交省と連携する。



I 構造特性係数等の合理化

■ Rf、Ds の評価方法の検討

増分解析による各層の層せん断力-層間変位関係に基づく Rf、Ds の算出方法を定式化する。

■ 実態に即した構造モデルの検討

✓ 構造モデルの構成方法

増分解析に用いる構造モデルは、マニュアルにおいて標準的モデルとされる「従来モデル」に対して、構成がより簡素であり、かつ実態性能の予測が可能と考えられる MS モデル【図 1】とする。本モデルを構成するバネ要素等の構造性能は既往の知見ならびに本事業で実施する実験の結果に基づいて設定する。

✓ 構造モデルの妥当性検証

既往の実験結果及び本事業で実施する実験の結果に対する解析結果の適合性を確認することで構造モデルの妥当性を検証する。

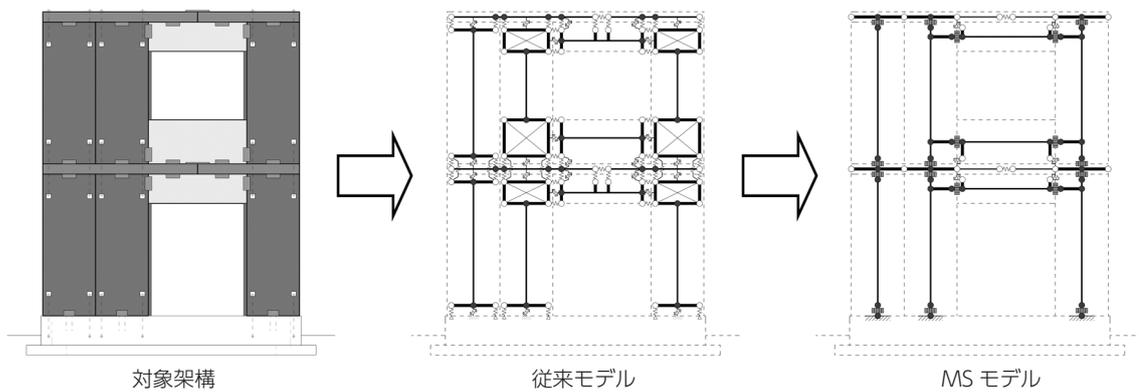


図1 構造モデルのイメージ

■構造実験

下記2種類の実験を実施する。

- 大版パネル架構②構面水平加力実験【図2】
- 梁勝ち架構接合部要素実験【図3】



図2 大版パネル架構②構面水平加力実験



引張実験



圧縮実験

図3 梁勝ち架構接合部要素実験

■解析によるRf、Dsの評価

小幅パネル架構、鉄骨梁勝ち架構については3～5階建て、大版パネル架構②については3階建てを対象とし、各架構形式について二次元モデルによる増分解析パラメトリックスタディのほか、1,2例の三次元モデルを用いた増分解析ケーススタディを行う。これらの解析結果に基づきRf、Dsを評価する。

II CLTパネルの終局面内耐力評価法

■母材の先行破壊等による水平耐力低下が生じる条件の推定

CLT壁パネルの母材破断を先行させるためには引張接合部の耐力を大きくする必要がある。一方で、多くの場合、引張接合部領域には母材の断面欠損があること、および接合部領域で母材応力度が最大となることにより、母材の破断は引張接合部領域で生じると予想される。この場合、接合部破断と母材破断を判別するのは困難であり、母材破断を伴う引張接合部破断ととらえざるを得ない。このような推論に基づき、本事業では、引張接合部要素実験によって評価される引張接合部の構造性能と、同じ引張接合部を有する壁パネルの水平加力実験による壁パネルの構造性能の適合性を直接の検討課題とする。そのほか、引張接合部の圧縮抵抗の影響の確認、CLT母材断面の面内曲げに対する終局耐力の確認および壁パネル対角方向の圧縮ストラットに関する基礎資料収集を検討範囲に含める。

■接合部仕様の設定、設計法の想定

CLT壁パネルの引張接合部として高耐力化が比較的容易な鋼板挿入ドリフトピン接合を採用する。また、構造設計実務ではCLTパネルの終局面内耐力はMSモデルによって評価されるものと想定する。MSモデルを用いた検討に基づき、CLT母材の面内応力度を極力大きくすることを目的として実現可能な高耐力仕様の引張接合部を設定する。

■構造実験

下記3種類の実験を実施する。

- 壁パネルの定軸力下水平加力実験【図4】
- 壁端引張接合部の引張・圧縮実験【図5】
- 壁パネルの定軸力下面内曲げ実験【図6】
- ラミナ斜め方向の面内圧縮実験



図4 壁パネル定軸力下水平加力実験



引張実験



圧縮実験

図5 壁端引張接合部の引張・圧縮実験



図6 壁パネル定軸力下面内曲げ実験

■実験結果の分析

「壁パネルの定軸力下水平加力実験」の試験体に対応するMSモデルを用いた変位増分解析等により壁パネル下面の回転角とモーメントの関係、定軸力と曲げ耐力の関係を求め、実験結果に対する適合性を検討する。MSモデルに設定する接合部の性能は「壁端引張接合部の引張・圧縮実験」の結果に基づいて設定する。「壁パネルの定軸力下面内曲げ実験」についても同様にMSモデルを設定し、解析結果と実験結果の適合性ならびに壁パネルの終局面内性能予測に関するMSモデルの適用性を検討する。「ラミナ斜め方向の面内圧縮実験」については壁パネル対角方向の圧縮ストラットの構造性能に関する基礎資料としてまとめる。

■CLTパネルの終局面内耐力評価法の検討

以上の結果に基づき、母材の先行破壊等による水平耐力の低下の有無を含めてCLTパネルの終局面内耐力評価法を検討する。

Ⅲ仕様書の規定の素案作成

■耐力壁の許容水平耐力に関する追加検討

壁量計算に準じた水平耐力検定を前提として、耐力壁の許容水平耐力及びそれを保証するための条件に関する検討を行う。

■仕様書の規定の素案作成

上記の検討結果を、壁量計算に準じた水平耐力検定を中心とした仕様書の規定の素案に反映する。

実施した結果

I 構造特性係数等の合理化

MSモデルを用いた増分解析パラメトリックスタディにより R_f 、 D_s は次のように評価された。

- 3～5階建ての小幅パネル架構と鉄骨梁勝ち架構について、塑性化部材の R_f は現行規定(1.3～1.8)より小さく、ほとんど割増し不要($R_f=1.0$)である。弾性部材の R_f は現行規定(2.5)が概ね妥当である。
- 3階建ての大版パネル架構②について、塑性化部材の R_f は1.0～1.7程度である。弾性部材の R_f は現行規定を上回る場合がある。
- 3～5階建ての小幅パネル架構と鉄骨梁勝ち架構の D_s について、現行規定(0.40～0.55)は概ね妥当である。
- 3階建ての大版パネル架構②の D_s は小幅パネル架構の D_s と同等以下である。

II CLT パネルの終局面内耐力評価法

■ 「壁パネルの定軸力下水平加力実験」に対する適合性

壁パネルの定軸力下水平加力実験の試験体に対応するMSモデルを用いた解析結果は実験結果にほぼ適合し【図7】、接合部要素実験の結果を壁パネルの水平耐力性能予測に適用可能であることが確認された。

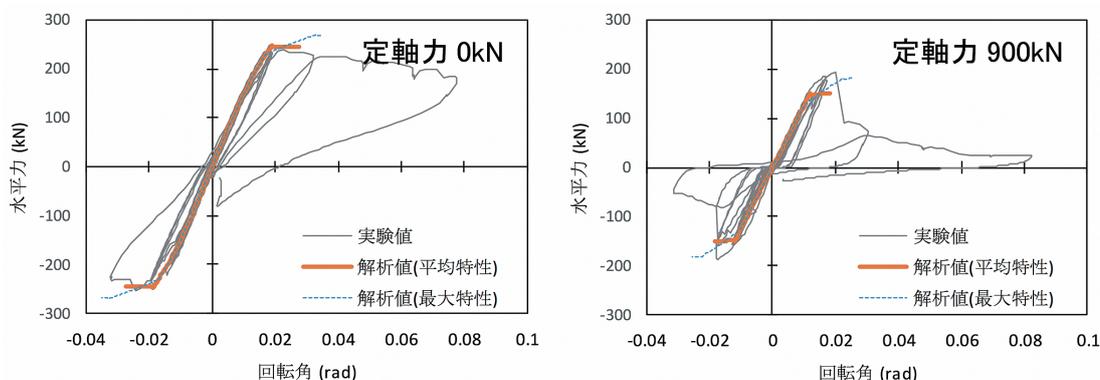


図7 壁パネルの定軸力下水平加力実験結果と解析結果の比較

■ 「壁パネルの定軸力下面内曲げ実験」に対する適合性

定軸力0の試験体は一旦予想破壊荷重まで加力（正加力）したのちに試験体を上下反転して加力（負加力）を行った。負加力ではラミナのフィンガージョイント部に引張破断が生じた。定軸力600kNの試験体は一方向に加力を行った結果、ラミナ母材部に引張破断が生じた。

これらの試験体に対応するMSモデルを設定し、CLTパネルの強度を本事業で併せて実施した実験に基づく値とする場合（実態強度）と告示による基準強度とする場合（公称強度）について解析を行った。定軸力0・正加力と定軸力600kNについては実態強度とした解析値は実験結果にほぼ適合した。定軸力0・負加力については公称強度とした解析値が実験結果に近い結果となった。【図8】

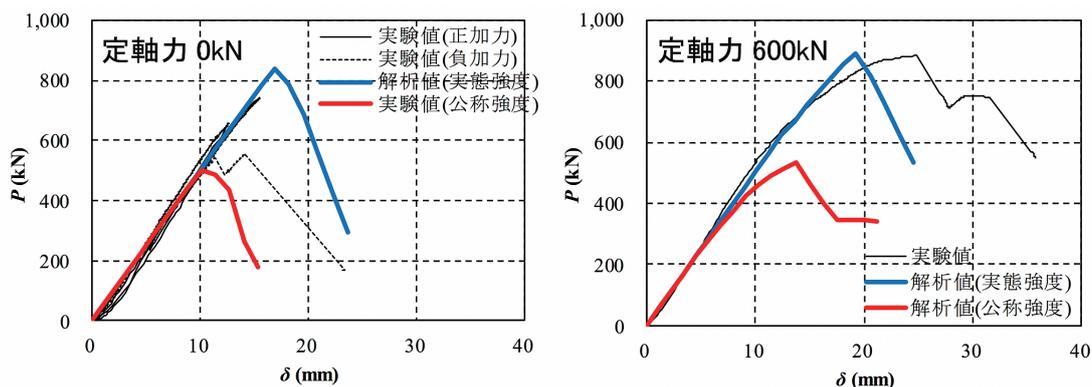


図8 壁パネルの定軸力下面内曲げ実験結果と解析結果の比較

■ ラミナ斜め方向の面内圧縮性能

ラミナ斜め方向の圧縮力に対する耐力と剛性について、ハンキンソン式を準用した定式化の可能性が示唆された。

■設計における CLT 壁パネルの終局面内耐力評価法に向けて

以上の結果により、ここで対象とした程度の高耐力引張接合部については終局面内耐力評価法に関して下記の知見が得られた。

- 引張接合部の要素実験から得られた構造性能に基づいて壁パネルの水平耐力を評価できる。
- 壁パネル端接合部および壁パネル母材の終局面内耐力を含めた面内構造性能は MS モデルによって予測できる。
- ラミナ斜め方向の面内圧縮性能の定式化により、壁パネルを面としてモデル化することに関する基本情報が得られる。

Ⅲ仕様書の規定の素案作成

■ 耐力壁の許容水平耐力に関する追加検討

壁量計算を準用した水平耐力検定に用いる耐力壁の許容水平耐力について、耐力壁単体、連層壁を対象として、鉛直荷重による耐力向上効果、直交壁による耐力向上効果等を考慮した値が設定された。

■ 仕様書の規定の素案作成

上記の検討により、仕様書の規定のうち、水平耐力検定に関する部分の素案作成に必要な技術資料を得た。

今後の 課題・展開 等

I 構造特性係数等の合理化

- 増分解析パラメトリックスタディのバリエーション追加による評価結果の信頼性向上。
- 見直された R_f 、 D_s の告示への反映。

II CLT パネルの終局面内耐力評価法

- CLT パネルのラミナ構成及び引張接合部の仕様・耐力が異なる場合への適用性を考慮した知見の一般化。
- 得られた知見のマニュアルへの反映。

Ⅲ仕様書の規定の素案作成

- 告示への反映。

CLT・集成材等による薄肉ラーメン構造の開発

● 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

〒 417-8580 静岡県富士市大淵 2410-1

事業目的

狭小間口の敷地において、店舗やガレージ等の用途で開放的なファサードが必要とされる建物の構造を計画する場合、木造では張間方向に設けた耐震壁や、既往の木質ラーメン構造の比較の見付け幅の広い(390～450mm程度)集成材の平角柱が両脇に立つことにより、有効間口が狭まるという難点がある。しかし、一般的な木質ラーメン構造と異なり、加力方向に対して弱軸に用いて、見付け幅を小さくした平角柱に対し、強軸または弱軸に用いた横架材を半剛接合としたモーメント抵抗接合部によって成立する木質ラーメン構造であれば、有効間口を広く確保することが可能となり、狭小な間口の敷地に建つ建物においても、より開放的なファサードの木造の建物の計画が可能となる。

本事業は、弱軸に用いたCLTまたは平角集成材の柱と、強軸または弱軸に用いたCLTまたは平角集成材の梁で構成する、CLT・集成材等による薄肉ラーメン構造を開発し、その性能を検証することを目的とする。

実施した項目

CLTおよび平角集成材を用いた薄肉ラーメン構造の張間方向の架構案を検討し、横架材の使い方(順梁及び、平使い梁の2種)とフレーム形状(ボックス型フレーム及び、門型フレームの2種)の組み合わせによる、4種の仕様の薄肉ラーメン架構を考案した。また、薄肉ラーメン架構を桁梁方向に並べた際の耐震要素として、平角柱を連続配置して構造用合板スプライン接合で緊結する平角柱連結耐震壁を考案した。それぞれの架構で用いる、柱梁L型接合部や柱脚接合部の仕様を決定し、各種の要素試験と、実大フレームによる面内せん断試験等を実施し、考案したCLT・集成材等による薄肉ラーメン構造の力学的性状を把握した。

実施体制

■事業主体

(一社) 中大規模木造プレカット技術協会構造委員会 開発ワーキンググループ (WG) 及び 標準図WG, CLT・集成材等による薄肉ラーメン構造開発サブWG (性能検証実験担当)

■木質薄肉ラーメン柱梁L型接合部 面内曲げ試験、木質薄肉ラーメン柱脚接合部 面内曲げ試験、木質薄肉ラーメン架構 実大フレーム面内せん断試験、平角柱連結耐力壁 面内せん断試験担当：
 東京大学大学院農学生命科学研究科・木質材料学研究室、
 株式会社ストローク

■試験体供給

株式会社篠原商店、株式会社中東、株式会社マルレーヴ、銘建工業株式会社 他

■接合具等供給

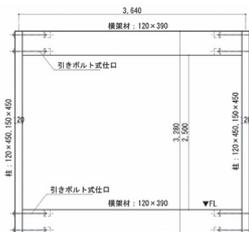
シネジック株式会社、株式会社ストローク、株式会社タナカ 他

CLT・集成材等による薄肉ラーメン構造として、梁の用い方によって、主に4タイプの仕様を考案した。

●順梁（強軸使い横架材）タイプ：

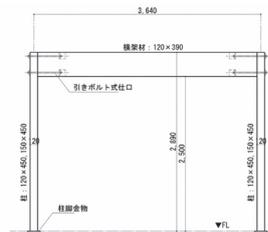
●平使い梁（弱軸使い横架材）タイプ：

①ボックス型フレーム



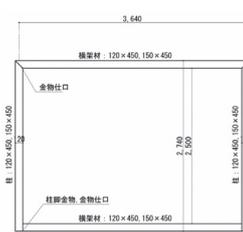
① 強軸梁ボックスタイプ

②門型フレーム



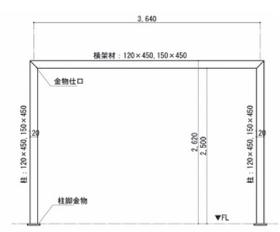
② 強軸梁門型タイプ

③ボックス型フレーム



③ 平使い梁ボックスタイプ

④門型フレーム



④ 平使い梁門型タイプ

図1. CLT・集成材等による薄肉ラーメン構造 架構案

また、それぞれの仕様の力学的性能を把握するため、主に以下の性能検証試験を実施した。

- 1) 木質薄肉ラーメン柱梁 L 型接合部 面内曲げ試験
- 2) 木質薄肉ラーメン柱脚接合部 面内曲げ試験
- 3) 木質薄肉ラーメン架構 実大フレーム面内せん断試験
- 4) 平角柱連結耐力壁 面内せん断試験

各種の試験結果から、平角柱を弱軸に用いた柱梁モーメント抵抗接合部、柱脚接合部、実大フレームの力学的性能を把握し、考案したCLT・集成材等による薄肉ラーメン構造の、実物件への適用可能性を確認した。

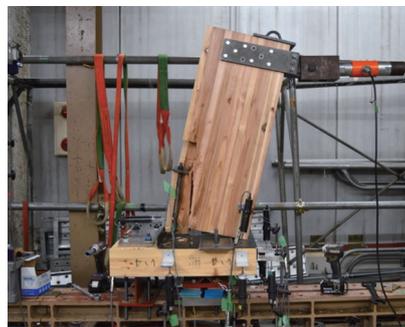


図2. 柱梁L型接合部 面内曲げ試験：試験実施状況



図3. 平角柱連結耐震壁 面内せん断試験：試験実施状況

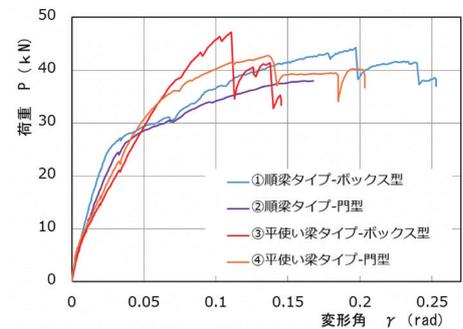


図4. 実大フレーム 面内せん断試験：各仕様の荷重・変形角曲線の比較（一部）

①順梁-ボックス型



②順梁-門型



③平使い梁-ボックス型



④平使い梁-門型



図3. 実大フレーム 面内せん断試験：試験実施状況

開発した各接合部等の仕様に加えて、屋根水平構面の取り合いや外装材の納まり等、構法的な詳細部を整理して具体化し、実用化に向けての設計情報の整備・充実を図る。

また、今回開発した木造薄肉ラーメン構造を、更に上階に重ねることで2階建ての建物に展開し、例えば、1階にビルトインガレージ付きの狭小間口の住宅等にも適用可能な仕様を検討する。

ラミナに強度性能の高い等級を用いたCLTに 使用する接合金物の合理化

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本CLT協会

〒103-0004 東京都中央区東日本橋 2-15-5 VORT 東日本橋 2階

事業 目的

現行のクロスマーク表示金物は、スギのラミナ M60 を用いた強度等級 S60、Mx60 用として規格・制定されている。しかし、平成 31 年 3 月に改正告示 1024 号が施行されたことにより、密度・剛性の高いカラマツ、ヒノキによるラミナ M90、M120 を用いた CLT の強度等級 S90、Mx90、S120、Mx120 の採用が可能となった。

S90 などを用いて構成された CLT パネル工法建築物とした場合には、クロスマーク表示金物が S60、Mx60 用の耐力で規格されているため、現在設定されている接合ビス本数では、耐力が過剰となることが想定される。そこでラミナ M90、M120 を用いて構成される CLT に対して、適正な接合ビス本数を設定することで、ビス本数の低減、金物のダウンサイジング、金物施工手間コストダウン、ビス作業時間短縮を行うことで、CLT パネル工法建築物の普及促進を図ることを目的とする。

実施した 項目

本事業の検討委員会を設置し、以下の CLT と接合金物による加力試験を行い、適正な接合ビス本数を設定した。試験体用の CLT は、樹種をカラマツ及びヒノキとし、構成等は、S90-3-3、S120-3-3、Mx90-5-5、Mx120-5-5 とした。

- ① 樹種ごとの各構成等級についてビス接合の要素試験を実施し、耐力を確認した。表裏 2 本接合タイプ、表裏 4 本接合タイプの耐力確認を行った。
- ② 樹種、CLT 構成等級ごとに測定されたビス耐力をもとに、現行の樹種スギとしたクロス金物ごとの接合ビス本数をどれだけ減らせるかの検討を行い、試験用クロス金物ビス仕様を設定した。
- ③ 接合ビス本数を減らしたクロス金物の加力試験を行った。

加力試験は、引張り用の金物は、一方向の繰り返し加力とし、せん断用の金物は、正負交番加力とした。試験に用いた各樹種の CLT に関しては、S-90-3-3、S120-3-3 について基準強度、ヤング係数を圧縮試験にて測定し、告示第 1024 号に規定された数値と比較した。

実施 体制

■ CLT 接合金物合理化委員会

- | | | |
|------|---|----------------------------|
| 委員長 | ： | 神谷 文夫／セイホク株式会社 |
| 委員 | ： | 植松 武是／北海学園大学 教授 |
| | | 小林 研治／国立大学法人 静岡大学 准教授 |
| | | 神戸 渡／関東学院大学 准教授 |
| | | 荒木 康弘／国土交通省 国土技術政策総合研究所 |
| | | 飯島 敏夫／公益財団法人 日本住宅木材・技術センター |
| 協力委員 | ： | 梅森 浩／大成建設株式会社 |
| | | 大橋 修／三井ホームコンポーネント株式会社 |
| | | 渡邊須美樹／株式会社木構研 |
| | | 鳥羽 展彰／銘建工業株式会社 |

- コンサル : 中越 隆道/中越建築設計事務所
 行政 : 猪島 明久/林野庁
 オブザーバー : 平原 章雄/木構造振興株式会社
 事業主体 : 坂部 芳平/一般社団法人日本CLT協会
 河合 誠/一般社団法人日本CLT協会
 伴 勝彦/一般社団法人日本CLT協会
 谷口 翼/一般社団法人日本CLT協会

■試験機関

- 今井 良/地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 林産試験場
 富高 亮介/地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 林産試験場
 藤田 誠/愛媛県林業研究センター

実施した 内容

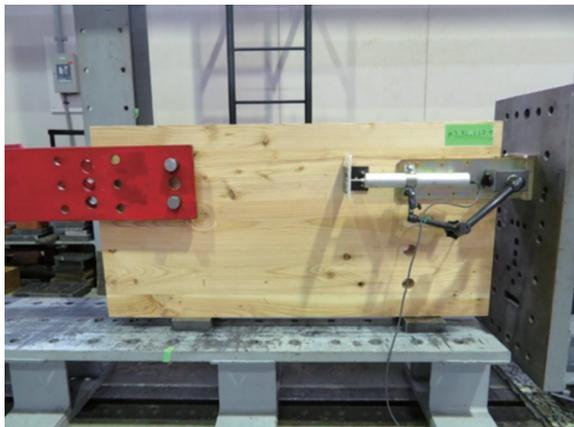
現行制定されているクロスマーク表示金物を用いてラミナ M90、M120 で構成されている強度等級 S90、Mx90、S120、Mx120 におけるビス接合要素試験を実施した。試験データから S90 などのビス 1 本当たりの耐力がどの程度か知ること、S60、Mx60 で設定されているビス接合本数に対して、金物種類ごとにどれだけ本数が減らせるか検討し接合本数を設定した。その後、減じたビス本数で接合している金物の加力試験を実施し、その妥当性を検証した。

試験において目標としている告示第 611 号で規定されている耐力に対し、加力試験で不足していた接合方法については、その試験におけるビス 1 本当たりの耐力を参考に告示耐力を担保できる接合本数を再設定した。また、試験において告示第 611 号の規定する耐力に対し余裕のあった接合本数は、試験におけるビス 1 本当たりの耐力を参考に減らした接合本数を再設定した。

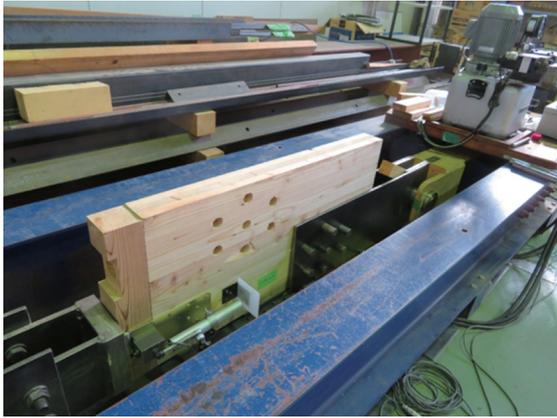
当初設定した接合本数と再設定した接合本数を整理し、強度等級 S90、Mx90、S120、Mx120 用のクロスマーク表示金物の仕様を作成した。

試験方法は(財)日本住宅・木材技術センター発行の「2016年版CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」を参考に、繰返し加力方式とした。加力は繰返し荷重試験機を用いて行った。荷重は容量 200kN のロードセル、変位量は容量 100mm のひずみゲージ式変位計を用いて計測した。変位の計測は、表裏面 2箇所 で試験体と金物の相対変位を測定し、それらの平均値を接合部変位とした。

繰返し履歴は単調加力による予備試験によって得た降伏点変位 δy の 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16 倍を目標変位と設定し、一方向の繰返し加力によって最大荷重に達したのち、最大荷重の 80% に低下するまで加力した。各目標変位における繰返し数は 1 回とし、加力速度は 5mm/min とした。



ビス要素試験実施状況



接合金物加力試験実施状況

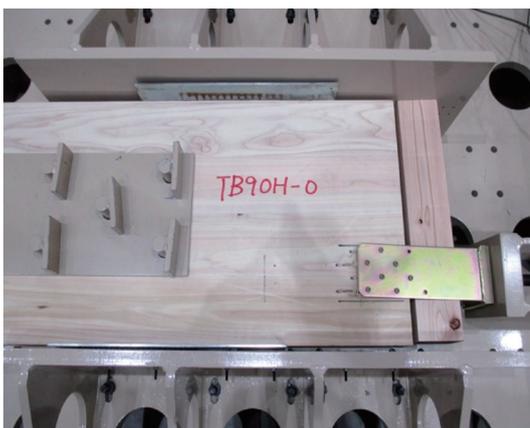
実施した結果

ビス (STS・C65 首径 ϕ 5.5mm) 要素試験では、加力を開始すると金物は加力方向に全体的に移動し、クロス金物PLのビス穴 (ϕ 6.5mm) の端に最初に接触したビスに力が加わりこのビスの荷重負担が始まる。荷重が増加し変位が進行する中で他のビスに力が伝わり荷重がシェアされる前に、最初に金物プレートに接触したビス頭部が先行して破断することを確認した。傾向としては、ラミナの等級がM90AよりM120Aに多く発生が確認された。

ビス要素試験の結果からクロス金物ごとにビス本数を設定し、金物の加力試験を行った。

試験においては、ビス要素試験と同様にPmaxに至る前にビスの頭部の破断が生じ、正常なデータ測定にならない試験体が多く発生した。このことから構成等級ごとに設定したクロス金物のビス仕様は、安全側となる様に本数を設定することになった。

今回の成果は、樹種にカラマツ、ヒノキを使用したCLTの構成等級及びクロス金物ごとで、スギで設定されていたビス本数を低減することが可能と確認できたことにある。





試験終了後の状態

今後の 課題・展開 等

今回の試験に用いたクロスマーク表示金物のビスは、STS・C65であるが、樹種がスギであれば加力に伴う繊維のめり込みに変形とビス耐力がバランスしてPmaxへ至るが、カラマツ、ヒノキの場合は、繊維へのめり込み抵抗が生じ、変形が進む前にビスに荷重が加わり、ビスの頭部が破断して飛ぶことが発生していた。

このことから、カラマツ、ヒノキに対するより合理性の高いビス本数の接合仕様を設定したい場合は、ビスの耐力と変形のバランスを保つ接合とするために、ビス自体の耐力を保持するためにビットで欠損している断面を少なくして連続する有効断面を増すか、ビスの首径 ϕ 5.5mmを太くしてビス自身の耐力を上げ安定した接合部とするかのいずれかが考えられる。

現状では、STS・C65のクロスマーク表示金物のビスの形状変更対応はできないことから、新たに首径の太いビスをクロスマーク金物として規格することが課題となる。

ビス径を太いものに変更できた場合は、金物接合に用いるビス本数は、今回の試験で定めた本数に対してビスの破断が先行することがなくなり、ビスが木材にめり込む際の反力とバランスが保たれることで、大幅に少なくできると想定される。

平成30年度 合板・製材・集成材国際競争力強化対策のうち
木材製品の消費拡大対策のうちCLT建築実証支援事業

木質建築部材・工法の普及・定着に向けた
技術開発等支援事業
—成果概要集—

令和2年3月発行
編集 木構造振興株式会社

