令和元年度 木材製品の消費拡大対策事業のうち
CLT建築実証支援事業

CLT等木質建築部材技術開発・普及事業

成果概要集

木構造振興株式会社

目次

No	事業	実施団体	掲載頁
1	品質・性能の優れたスギ心去りログ材の開発事業	一般社団法人 木のいえ一番協会	4
2	令和元年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうちCLT建築実証支援事業のうちCLT等木質建築部材技術開発・普及事業助難燃処理木材の外構材への利用拡大を図るための屋外使用における難燃性評価試験	公益社団法人 日本木材保存協会	14
3	木造軸組工法による中大規模木造建築物の防耐火設計の手引き(案)の作成	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター	18
4	非住宅木造建築物に必要な木質建築部材等技術開発事業及び設計者育成事業	一般社団法人 中大規模木造プレカット技術協会	26
5	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	34
6	準耐火建築における新たな防火設備仕様の研究開発	特定非営利活動法人 建築技術支援協会	40
7	燃えしろ設計における製材の追加	一般社団法人 日本木造耐火建築協会	48
8	CLTの消費拡大を目的とした土木分野への活用研究	一般社団法人 日本ＣＬＴ協会	58
9	「CLT晴海プロジェクト」における広報・普及活動（継続）	一般社団法人 日本CLT協会	62
10	スギ無垢大断面製材品の乾燥及び防耐火試験	福島県木材協同組合連合会	68
11	接着重ね材の利用を中大規模木造建築物へ拡大するための実験的検証―準耐火構造性能（耐火時間75分）と品質管理曲げ試験手法の検証	一般社団法人 日本BP材協会	72
12	木製浮き基礎を日本で実用化するための設計及び実証試験	越井木材工業株式会社	80
13	柱梁鉄骨造、床CLT構造の中大規模ビル型建物向けのCLTを用いた制震壁システムの開発	山佐木材株式会社	88
14	木ダボ積層材DLTの普及に向けた性能評価と普及活動	株式会社長谷萬	92
15	非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁、接合金物及び高性能防火壁の開発検討事業	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会	102
16	地域材合板の仕上げ時における材面品質検査機械の性能調査	日本合板工業組合連合会	112
17	人工乾燥材の強度等品質を確保するための適正乾燥条件の検討	一般社団法人 全国木材組合連合会	116
18	中大規模建築物における木材利用の拡大のための、NLT実用化に向けた研究開発	一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会	124
19	床暖房対応複合フローリングの開発による国産材需要拡大事業	日本複合・防音床材工業会	132
20	中高層木造へのCLTを利用する場合の保存処理の必要性とその耐久性評価に関する調査研究	日本木材防腐工業組合	136

事業

品質・性能の優れたスギ心去りログ材の開発事業

● 実施団体 ●

一般社団法人 木のいえ一番協会

〒150-0045　東京都渋谷区神泉町 22-2　神泉風來ビル 2F

事業目的

スギを中心とするわが国人工林の高齢級化・大径材化が進む中、これに対応した新たな利用方法等の需要創出とともに、品質・性能等を確保するための技術開発を推進する必要がある。

具体的には、国産材の利用が少ないログハウス用のログ材や梁・桁等の平角としての利用を促進するため、現在供給されている心持ち平角材だけでなく心去り平角材の乾燥スケジュール等の技術開発を進める必要がある。

このため、現在心持ちログ材を供給している福島県産スギを対象に、製材工場等で一般的に普及している蒸気式乾燥による３種類の高温セット乾燥方法を実施し、乾燥方法ごとのコストや品質（外面検査・含水率・内部割れ）と強度性能（曲げ、せん断）を比較し、スギ心去りログ材（平角）に適した乾燥スケジュール等の開発事業を実施した。

※ここでのログ材は角ログ（113㎜× 180mm × 4000mm）を対象としており、平角を機械プレカットして生産される。

実施した項目

本事業のため乾燥スケジュール等検討委員会を設置し、１～３の調査・試験等を実施した。

１．心持ち及び心去り平角の生産・乾燥コスト等の調査

(1) 心持ち平角及び心去り平角（２丁取り）の製材コスト等の調査

(2) 心持ち及び心去り平角の乾燥スケジュールごとのコスト等の調査

２．心持ち及び心去り平角の品質・強度性能の調査

(1) 心持ち及び心去り平角の品質（等級区分・含水率・内部割れ）の調査

(2) 平角乾燥材の強度性能（曲げ・せん断）の調査

３．木材乾燥セミナーの実施

本事業の成果の普及・啓蒙を図るためのセミナーを開催。

実施体制

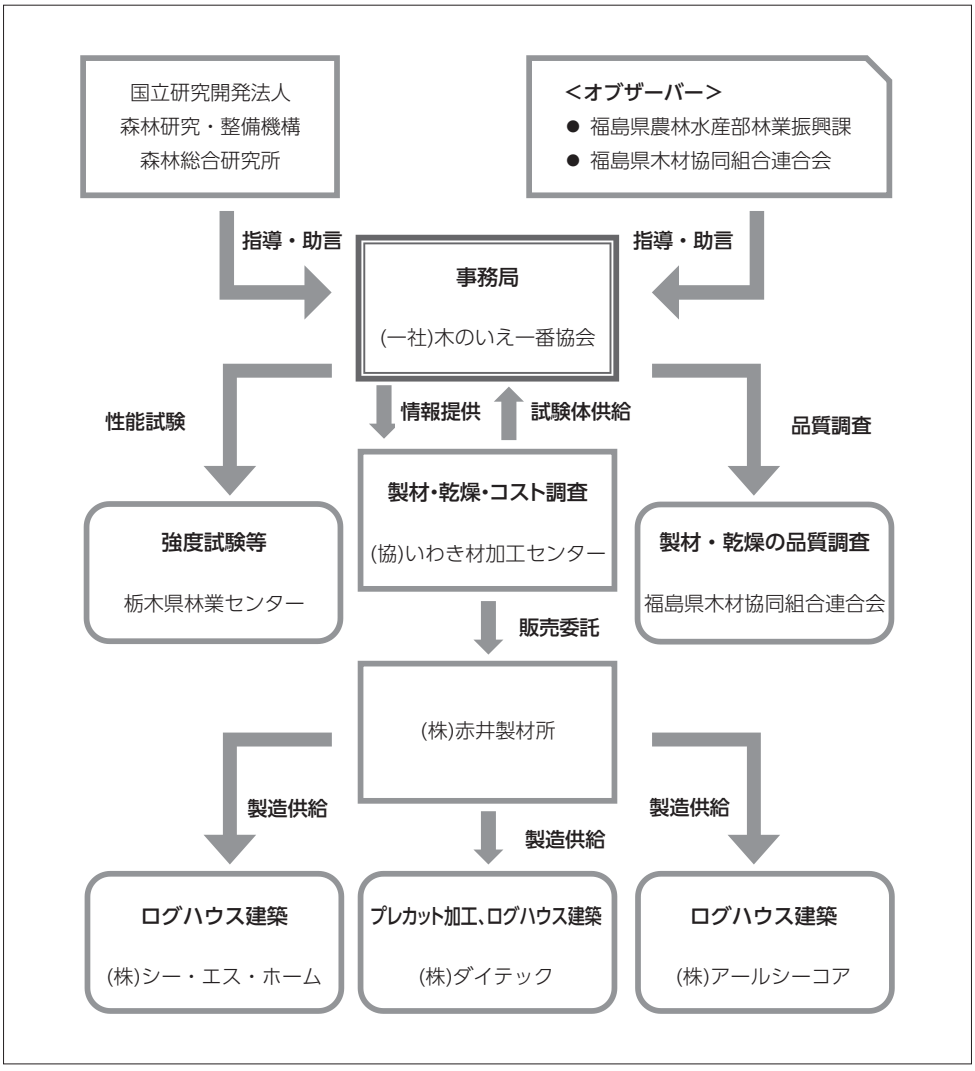
本事業の目的達成のため、研究者、関連機関等からなる木材乾燥スケジュール等検討委員会を設置し、事業を推進した。

委員長　渡辺　憲（森林総合研究所　木材乾燥研究室　主任研究員）

委　員　長尾　博文（森林総合研究所　強度性能評価担当　チーム長）
松村ゆかり（森林総合研究所　木材機械加工研究室　主任研究員）
大谷　直希（栃木県林業センター　主任）
鈴木　裕一（㈱ 赤井製材所代表取締役、福島県木材協同組合連合会　会長）
荒川　仁弥（㈱ 荒川材木店　代表取締役）
倉持　秀一（㈱ ダイテック　ログ＆ティンバー事業部長）
池田　均（(一社) 木のいえ一番協会　技術開発委員長）
井谷真由美（㈱ アールシーコア　BESS事業本部　商品開発部　技術開発　主査）

オブザーバー
前田　洋（福島県　農林水産部　林業振興課長）
佐藤　守（福島県木材協同組合連合会　専務理事）

アドバイザー
松下　勝久（㈱ フェニックスホーム　代表取締役）



実施した内容

＜委員会の開催＞

以下の事業を実施するための乾燥スケジュール等検討委員会を設置し、それぞれの立場からのご意見等をいただく委員会を２回開催した。

＜試験の手順＞

丸太の調達から製材・乾燥挽き直し・仕上げ加工・強度試験・内部割れ・含水率測定等の流れは以下の手順で行った（図１）。

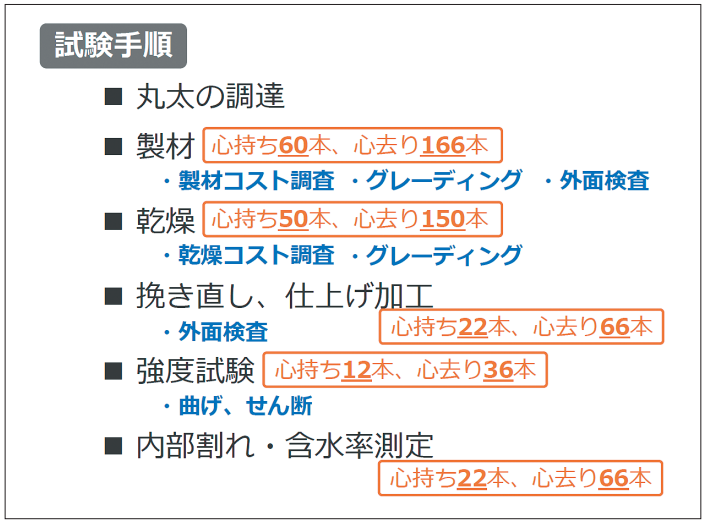


図１　試験の手順

１．心持ち及び心去り平角の生産・乾燥コスト等の調査

(1) 心持ち平角及び心去り平角（２丁取り）の製材コスト等の調査

心持ち及び心去り平角の製材コスト等の調査を比較するため、心持ち平角60本、心去り平角166本を製材し、原木の径級、木取り、歩止り、製材コスト等について製材工場での計測や聞き取り等により調査した（図２、図３、写真１、写真２）。

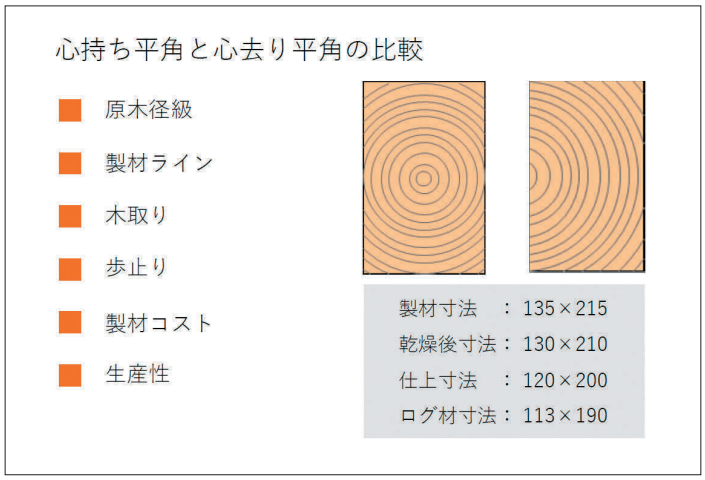


図２　心持ち平角と心去り平角の比較

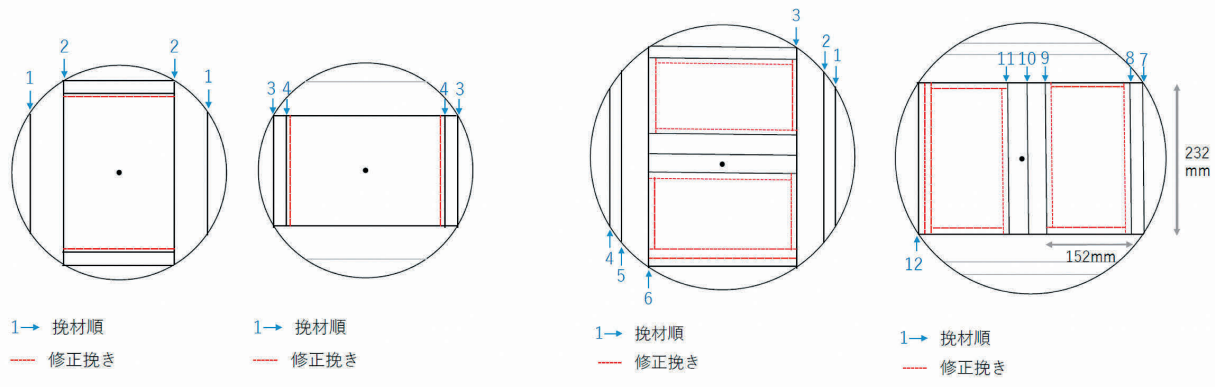


図３　心持ち及び心去り平角の木取り

写真１　ツイン帯鋸盤による心持ち平角の製材

写真２　軽便送材車付帯鋸盤による心去り平角の製材

(2) 心持ち及び心去り平角の乾燥スケジュールごとのコスト等の調査

福島県産スギ大径材を利用した心去りログ材（平角）の乾燥スケジュールの確立を図るため、一般に普及している蒸気式乾燥機を使用して、事前に蒸煮処理95℃、8hを行った後、仕上がり含水率20%以下を目標に乾燥スケジュール①～④の乾燥を実施した（図４、写真３）。

心持ち平角の乾燥スケジュール①は、同条件の乾燥スケジュール下での心去り平角②との品質・性能等の違いを調査するための比較対照として実施した。

また、心去り平角の乾燥スケジュール③④は、高温セット時間や高温セット後に天然乾燥工程を入れた場合の品質・性能等の違いを調査するために実施した。

さらに乾燥スケジュール①～④ごとの乾燥コストの直接費（エネルギー費）について調査した。

図４　心持ち及び心去り平角の乾燥スケジュール

①による心持ち平角乾燥材

②による心去り平角乾燥材

③による心去り平角乾燥材

④による心去り平角乾燥材

写真３　乾燥スケジュール①～④による平角乾燥材

２．心持ち及び心去り平角の品質・強度性能の調査

(1) 心持ち平角及び心去り平角の品質（等級区分・含水率・内部割れ）の調査

①乾燥前の製材品（心持ち60本、心去り166本）について、目視によるJAS格付けの甲種構造材Ⅱの等級付けを行うとともに、グレーディングマシーンによる重量及び曲げヤング係数等の測定を実施した。

②乾燥材（心持ち50本、心去り150本）について、グレーディングマシーンによる重量及び曲げヤング係数等の測定を行い、うち性能試験を行う88本（心持ち22本、心去り66本）についてモルダー仕上げ後に目視によるJAS格付けの甲種構造材Ⅱの等級付けを実施した。

含水率測定については、心持ち10本、心去り30本及び曲げ試験体の心持ち12本、心去り36本から切片を採取し全乾法で実施した。

内部割れ測定については、含水率測定切片採取時に各材から１切片（88切片）を採取し、画像解析ソフトImageJを使用して内部割れ総長さを測定した。

(2) 平角乾燥材の強度性能（曲げ・せん断）の調査

心持ち12本、心去り36本（乾燥スケジュールごとに各12本）について、曲げ試験は栃木県林業センター

において実施し、実大いす型試験体によるせん断試験は森林総合研究所において実施した（写真４）。

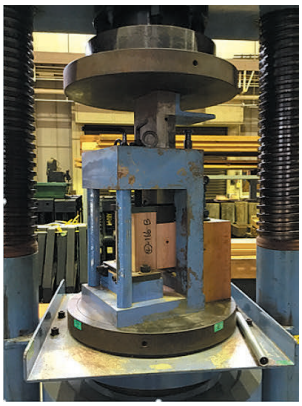


写真４　曲げ及びせん断試験

３．木材乾燥セミナーの実施

令和３年２月５日（金）、木材乾燥及び本事業の成果等について普及・啓蒙を図るため、木材関係者、工務店、建築設計者等を対象とした木材乾燥 WEB セミナーを開催した。

実施した結果

１．心持ち及び心去り平角の生産・乾燥コスト等の調査結果

(1) 心持ち平角及び心去り平角（２丁取り）の製材コスト等の調査結果

①心持ち用と心去り用丸太の歩止りでは、平角、貫、間柱等を含めた全体の歩止りに大きな差はなかった（表１）。

②心持ち平角及び心去り平角の生産性は、心持ち平角が 2.79㎥/h、心去り平角が 1.16㎥/h と両者で２倍強の差となった。

これは、台車での送材速度が遅いことや、心去り平角の４面を修正挽きするため挽材回数が多いこと等が要因であった。

③製材コストは、心持ち平角に比べ心去り平角の方が立法当たり約 20% 高くなった（図５）。

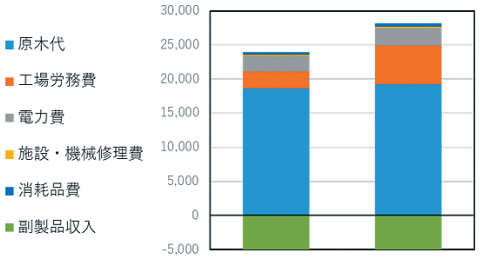
(2) 心持ち及び心去り平角の乾燥スケジュールごとのコスト等の調査結果

乾燥スケジュール①～④のそれぞれの乾燥コスト（直接費）をみると、乾燥スケジュール①②③の直接費（エネルギー費）は約 8,000 円／㎥となった（図６）。

乾燥スケジュール④の直接費は、他の乾燥スケジュールに比べ約６割となったが、乾燥スケジュール④は天然乾燥の期間が１か月あることから、この期間の保管や搬送回数等の費用について乾燥スケジュール②③を選択しなかった機会費用とみなせば、乾燥スケジュール①～④のそれぞれの乾燥コストはそれほど大きく変わらないと考えられる。

表１　心持ち平角及び心去り平角の歩止り

	心持ち平角木取り		心去り平角木取り	
	材積（㎥）	歩止り（%）	材積（㎥）	歩止り（%）
丸　　太	16.958	－	50.203	－
製品全体	10.951	64.58	31.421	62.59
平　　角	0.666	41.08	18.576	37.00



＜前提条件＞

原木消費量（m^3/年）	12,000	5,500
人員（名）	5	5
機械出力（kW）	500	250
歩止り（%）	64.6	62.6

図５　心持ち及び心去り平角の製材コスト試算結果

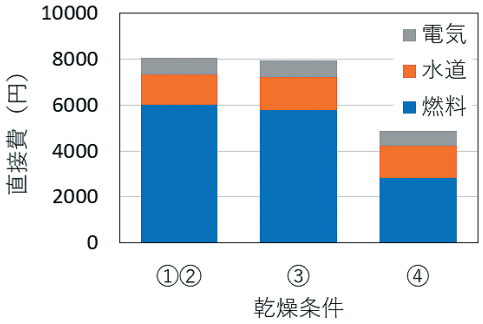


図６　乾燥コスト（直接費）の試算結果

２．心持ち及び心去り平角の品質・強度性能の調査結果

(1) 心持ち及び心去り平角の品質（等級区分・含水率・内部割れ）調査結果

①等級区分調査

・乾燥前の平角について目視等級区分（甲種構造材Ⅱ）を実施した結果、心持ち平角は100%、心去り平角は82%が２級以上であった。

・乾燥後の平角について機械等級区分を実施した結果、心持ち平角は76%、心去り平角は62%がE90以上であった。

②仕上げ（モルダー）加工後の含水率は、全体的に含水率20%以下まで乾燥したが、乾燥スケジュール②は平均で11.8%、③は13.8%と両者とも過乾燥気味であった（図７）。

③乾燥後の曲がり・反り

乾燥後の曲がりと反りについては、製材時に修正挽きを行っているため、心持ち平角と心去り平角の差はなかった。

④表面割れ・内部割れ

乾燥スケジュール②と③の表面割れは非常に少なく、高温セット処理24hと10hによる表面割れの抑制効果はほぼ同じであった。

内部割れについては乾燥スケジュール②、③の90℃の中温乾燥によって多くの試験体に割れが発生した（写真５）。内部割れの発生した試験体数は、乾燥スケジュール①に比べて②の方が２倍以上多く、心持ち平角の乾燥スケジュールを心去り平角へ適用するのは危険であることが分かった。また、乾燥スケジュール④は表面割れ・内部割れともに非常に少なく、スギ心去りログ材の乾燥方法として適切であったと考えられる（表２）。

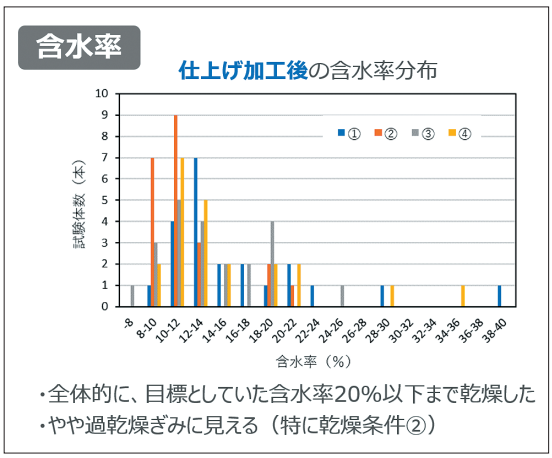


図７　乾燥スケジュールごとの仕上げ（モルダー）加工後の含水率分布

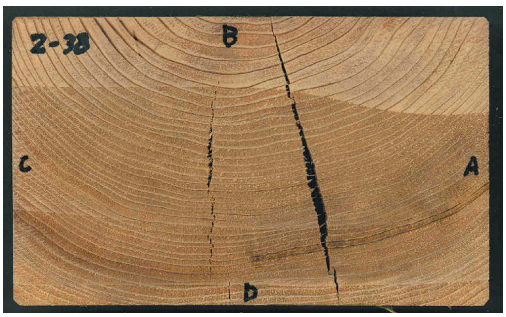


写真５　大きな内部割れが発生した試験体の例

表２　各乾燥スケジュールの表面割れ・内部割れの発生状況
（表中の数字は発生した試験体数／全試験体数）

乾燥スケジュール	表面割れ	内部割れ
①	3/22	6/22
②	1/22	14/22
③	1/22	11/22
④	1/22	2/22

(2) 平角乾燥材の強度性能（曲げ・せん断）調査結果

①曲げヤング係数と曲げ強度との関係についてみると、内部割れの多かった乾燥スケジュール②、③の心去り平角の曲げ強度は著しく低下した。また、これらの心去り平角のうち、JASの機械等級の曲げ基準強度を満足しなかった試験体のほとんどはせん断破壊を生じていた（図８）。

心去り平角の曲げ試験において、せん断破壊が生じる主たる要因は内部割れと考えられ、内部割れの総長さが長くなるにしたがって曲げ強度が低下する傾向が明確に認められた（図９）。

特に、心持ち平角と比べると、内部割れの方向がせん断破壊が発生する方向と一致するため、その傾向はより顕著であった。

②せん断強度についてみると、曲げ強度と同様、乾燥スケジュール④に比べて②、③が低くなった。

③スギ心去り平角に適した乾燥スケジュール

以上の結果から、今回実施した乾燥スケジュール②～④の中では、スギ心去り平角の乾燥に適した乾燥スケジュールは④であると判断できる。

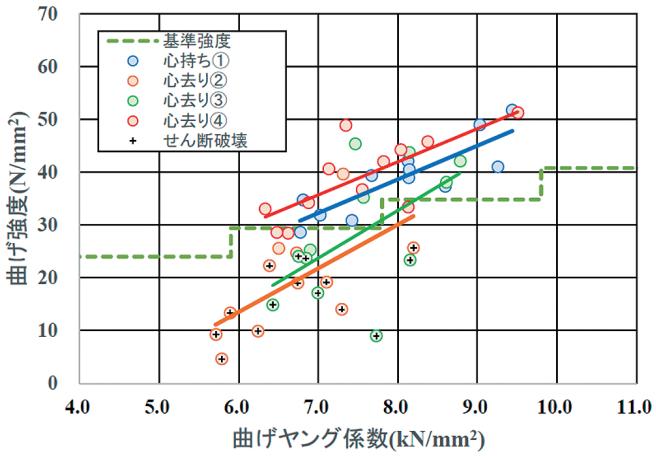


図８　スギ平角の曲げヤング係数と曲げ強度との関係

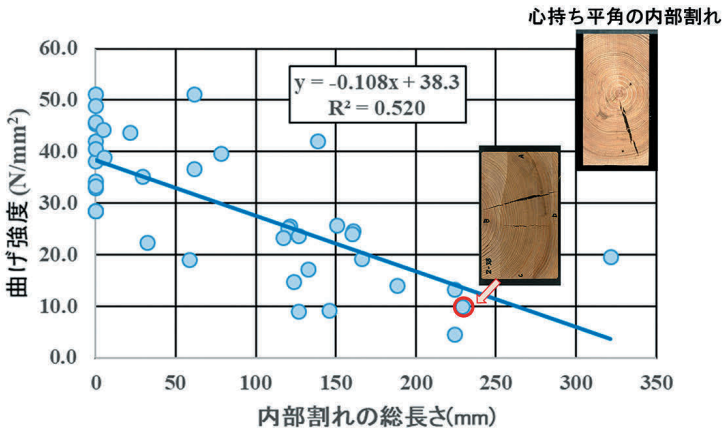


図９　内部割れの総長さと曲げ強度との関係

3．木材乾燥セミナーの実施

①**セミナー名**：「大径材化時代のスギ乾燥平角材の新たな可能性について」
～福島県スギを活かす心去り平角の乾燥技術等の開発～

②**日　　時**：令和３年２月５日（金）　13:00～15:30

③**場　　所**：YOUTUBE

④**プログラム**：

開会挨拶	木のいえ一番協会 専務理事	河野 元信 氏
基調講演	木造建築の変遷からみる木材乾燥　東京大学名誉教授	有馬 孝禮 氏
試験結果報告	• 試験の概要及び心去り平角の乾燥について 森林総合研究所 木材乾燥研究室 主任研究員	渡辺　憲 氏
	• スギ心去り平角の製材について 森林総合研究所 木材機械加工研究室 主任研究員	松村 ゆかり 氏
	• スギ心去り平角の強度について 森林総合研究所 構造利用研究領域 チーム長（強度性能評価担当）	長尾 博文 氏

⑤**参　加　者**：165名

今後の課題・展開等

1．スギ心去り平角の乾燥スケジュール等の技術の確立に向けて

今回の事業により、品質･性能面からみたスギ心去り平角に適した乾燥スケジュールが確認できたが、スギ心去り平角材に対する多くの課題もまた明らかになった。

(1) 心去り材に対応した製材システムの構築

現在の製材機械及びシステムは、心持ち材を中心としたシステムで構築されており、心去り材の台車挽きは心持ち材に比べ約２割のコスト増となっている。

そのため、大径材から心去り平角材を効率的に生産するための製材機械や生産システムの研究が必要である。

(2) 効率的な心去り平角の乾燥スケジュールの確立

スギ心持ち平角の乾燥スケジュールを心去り平角に適用すると、内部割れが発生し曲げ強度が低下することが明らかとなった。平角の断面寸法が同じであっても心持ちと心去りとでは乾燥スケジュールを大きく変える必要があるということを、製材工場等に周知・普及する取り組みが求められる。

今回実施した試験の範囲においては、高温セット処理後に天然乾燥と２次乾燥を組み合わせた乾燥方法（いわゆる大分方式）が唯一有力であった。ただし、高温セット処理の有無、その後の乾燥条件などスギの心去り平角の乾燥スケジュールには改良の余地が多分に残されている。

2．スギ心去りログ材の実用化に向けて

心去り材は心持ち材に比べ節が少ないなど材面品質が優れており、材面が外部にも接する耐力壁として使用するログ工法（丸太組構法）にとって、雨水の侵入防止や意匠性等の面で優れている。

しかしながら、ログ工法は耐力壁相互の交さ部において耐力壁の最上部から土台等までを貫く通しボルトで連結することから､雨水が侵入した場合に内部割れを伝わって腐れが進行するなどの恐れがある。

そのため、心去り平角をログ材として使用するためには以下のことが必要である。

(1) 心去り平角の生産コストが心持ち平角と同程度であること。

(2) 乾燥スケジュール期間がより短く、表面割れ・内部割れの少ない平角であること。

写真６　スギ心持ち角ログを使用したログハウス（住宅）の事例

事業

令和元年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち CLT建築実証支援事業のうちCLT等木質建築部材技術開発・普及事業助難燃処理木材の外構材への利用拡大を図るための屋外使用における難燃性評価試験

● 実施団体 ●

公益社団法人 日本木材保存協会

〒105-0001　東京都港区虎ノ門4-2-5　第３松坂ビル８階

事業目的

木質材料の需要拡大には、非住宅建築物、及び外構材への利用拡大を図ることが必須であり、現状では難燃処理木材の利用は室内に限られているが、屋外での利用を拡大していく必要がある。この為、屋外における難燃性能を把握する必要があり、本事業では屋外での難燃性能を正確に示し、その性能を基に外構材としての利用推進を図ることを目的とする。

実施した項目

１．難燃処理した木質外構部材の野外環境下での外装用処理薬剤の性能確認

①屋外暴露試験地にて３年間設置し劣化させた木材

②実験室で促進劣化（JIS A 1326：2019）を行なう木材試験体の燃ひろがり試験により難燃性能を確認する。

２．委員会開催等のスケジュール

7月7日	第一回委員会開催
12月	燃ひろがり試験の実施
1月27日	第二回委員会開催
2月	第三回委員会開催と報告会開催
3月	報告書のとりまとめ

３．外装用難燃薬剤処理木材の効力の確認

委員会などにおいて、促進劣化試験とJIS燃えひろがり試験の結果を解析し、実際に屋外で用いられる難燃処理木材の難燃性能を推測する。本作業を経て、外装用難燃薬剤処理木材の屋外での難燃効力を明確に示す。

実施体制

公益社団法人日本木材保存協会に事務局を置き、当協会参事今村祐嗣氏を委員長とし下記委員により委員会を構築して事業を推進する。

委員長：　今村祐嗣（京都大学名誉教授）

委　員：　鮫島正浩（信州大学特任教授）
野口貴文（東京大学）
兼松学、西尾悠平（東京理科大学）
木口実、毛利喜一（日本大学）
原田寿郎、上川大輔（森林総合研究所）
吉岡英樹（建築研究所）
杉山和正（㈱プラセラム）
山口秋生（越井木材工業㈱）

事務局：　鈴木昭、山本幸一、小林理恵

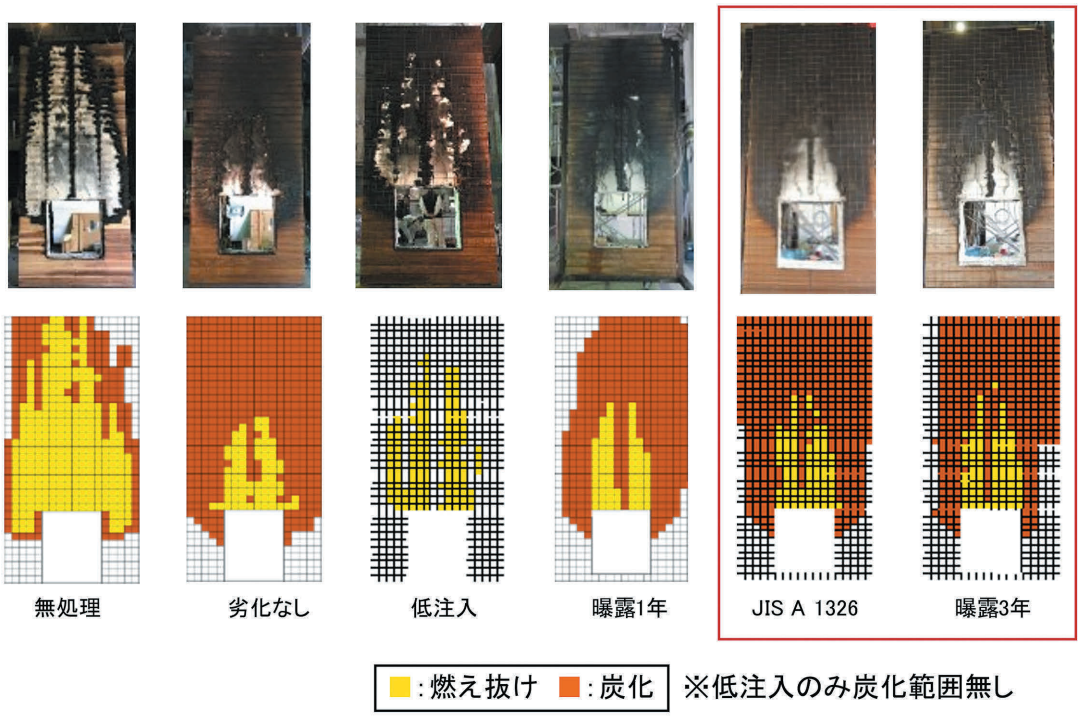
実施した内容

1） 第１回委員会（７月７日、対面会議とZoomによるWEB会議の併設）
事業目的を確認するとともに、担当の割り振り、進め方等を決定した。
2） 日本大学分木材劣化促進試験架台の設置
3） 劣化促進用パネルの制作依頼
4） 東京理科大学用の木材劣化促進架台の設置
5） 既劣化促進試験木材中の注入量測定
6） 日本大学用木材劣化促進試験用木材試験片の納入（９月７日）
7） 促進劣化用パネル製作（薬剤吸収量測定）と試験材料の配置決定
8） 日本大学木材劣化促進試験開始（10月７日）
9） 促進劣化試験立会い（建材試験センター）（10月９日）
10） 12）東京理科大学劣化試験開始
11） 分科会開催（対面及びWEB）（11月12日）
事業の終盤を迎え、進捗状況を確認するとともに、未実施事項の実施確認
12） 試験材料の燃広がり試験実施に伴う契約締結（国研建築研究所）
13） 劣化促進させた試験材料（天然暴露３年間、人工暴露）の燃広がり試験実施（12月21日）
14） 第２回委員会（１月27日Zoomによる WEB会議）
実施状況を確認、計画通り進行していることを確認した。また、成果報告会の模擬講演を行った。
15） 成果報告会の開催（２／８、エッサム神田１号館）

実施した結果

JIS A 1310 建築ファサードの燃えひろがり試験

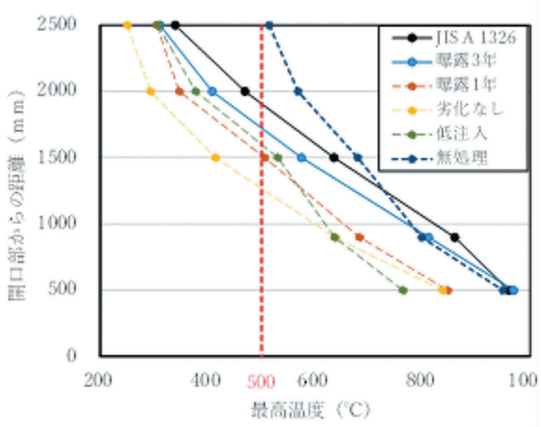
■ 実験結果（ファサード試験後の損傷状況と燃焼面積）



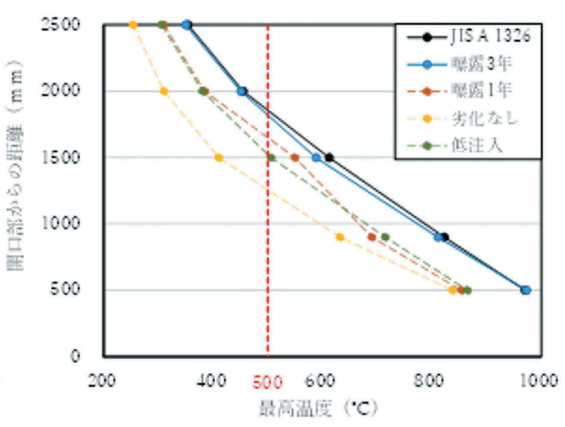
JIS A 1310 建築ファサードの燃えひろがり試験

■ 実験結果（最高温度）

外装表面温度



外装から50mm外側温度

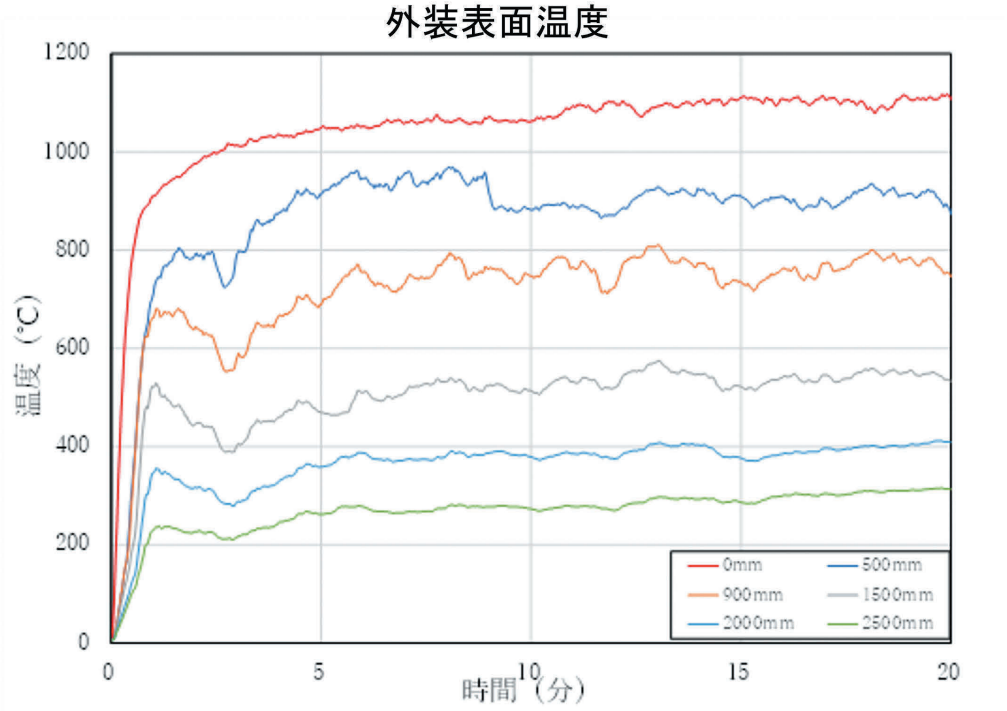


- 全体的に過年度に実施した暴露1年・低注入よりも温度が高くなる傾向
  → 長期的な曝露および促進劣化により、防火性能は低下傾向
- JIS A 1326、暴露3年ともに開口上端より2000mm 以上の高さで500℃以下
  → 燃え拡がり抑制においては十分な性能を発揮

JIS A 1310 建築ファサードの燃えひろがり試験

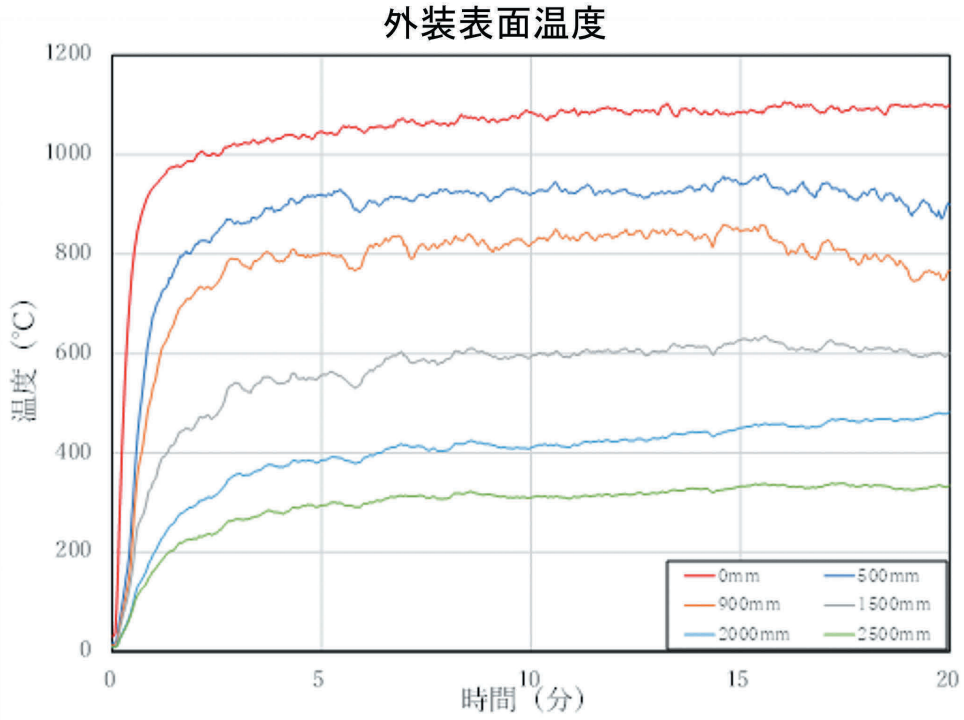
■ 実験結果(暴露3年)

外装表面温度



JIS A 1310 建築ファサードの燃えひろがり試験

■ 実験結果(JIS A 1326)



今後の課題・展開等

建造物において、東西南北のそれぞれに位置に施工された部材の劣化状況は異なることは、承知されているが、試験的に同一カ所でそれらの劣化部材を得た例は無く、これらの方位による劣化状況に違いが、防腐・防蟻および、難燃性能にどのように影響を与えるかを確認し、塗料を含めた保存処理について検討していく必要がある。また、防腐・防蟻・難燃処理を同時に施した木材の保存性能についても実施例は無く、明らかにしていくことが、今後の木材需要の拡大につながるものと考える。

事業

木造軸組工法による中大規模木造建築物の防耐火設計の手引き（案）の作成

● 実施団体 ●

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター

〒136-0075　東京都江東区新砂3-4-2

事業目的

令和元年度に施行された改正建築基準法により、従来の準耐火建築物（45分、60分準耐火）の性能を上回る高性能の準耐火建築物（75分、90分準耐火）により、耐火建築物でなければ建築することができなかった一般地域における4階以上の中層建築物や、防火地域、準防火地域における3階建て店舗等の特殊建築物や事務所等を木造で建築することが可能となった。

本事業は、これらの高性能の準耐火建築物について、外壁や開口部、内部の構造や区画等に関する具体の防耐火仕様や納まり詳細を図解として示す防耐火設計の手引き（案）の検討を行った。

実施した項目

本事業では、学識経験者、関係団体等により構成される検討委員会を設置し、下記の1、2について検討、実施した。

1．高性能の準耐火建築物について、外壁や開口部、内部の構造や区画等に関する具体の防耐火仕様や納まり詳細を図解として示す検討をした。
2．75分準耐火構造の壁や床の貫通部について、防耐火試験による性能検証を実施した。

実施体制

■木造軸組工法における中大規模木造建築物の防耐火設計の手引き検討委員会　（順不同、敬称略）

委員長	成瀬友宏	国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部　防火基準研究室長
委　員	安井　昇	桜設計集団一級建築士事務所　代表／早稲田大学理工学研究所招聘研究員
委　員	野秋政希	（国研）建築研究所防火研究グループ　主任研究員
委　員	鈴木淳一	国土交通省国土技術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	宮林正幸	（有）ティー・イー・コンサルティング　取締役所長
委　員	山田　誠	（一社）建築性能基準推進協会
委　員	高橋雅司	（一社）日本木造住宅産業協会
委　員	青木哲也	（一社）JBN・全国工務店協会
委　員	向井昭義	（公財）日本住宅・木材技術センター　参与兼試験研究所長
協力委員	竹本央記	林野庁林政部木材産業課　課長補佐
協力委員	渡邉峰樹	国土交通省住宅局建築指導課建築物防災対策室　企画専門官（令和2年7月まで）
協力委員	原口　統	国土交通省住宅局建築指導課建築物防災対策室　課長補佐（令和2年8月より）
協力委員	石橋隆史	国土交通省住宅局住宅生産課木造住宅振興室　企画専門官

■木造軸組工法における中大規模木造建築物の防耐火設計の手引き検討委員会WG　（順不同、敬称略）

主　査	安井　昇	桜設計集団一級建築士事務所　代表／早稲田大学理工学研究所招聘研究員
委　員	野秋政希	（国研）建築研究所　防火研究グループ　主任研究員
委　員	宮林正幸	（有）ティー・イー・コンサルティング　取締役所長
委　員	山田　誠	（一社）建築性能基準推進協会
委　員	佐藤　章	（公財）日本住宅・木材技術センター　防耐火試験室長

■コンサルタント

加來千紘　桜設計集団一級建築士事務所

飯村紀子　（株）ホームプランニング　代表取締役社長

■事務局

金子　弘　（公財）日本住宅・木材技術センター　専務理事兼研究技術部長

辻祐　司　（公財）日本住宅・木材技術センター　首席研究員

山口修由　（公財）日本住宅・木材技術センター　認証部・研究技術部　特別研究員

畠谷忠史　（公財）日本住宅・木材技術センター　研究技術部　研究主幹

実施した内容

1．高性能の準耐火建築物の防耐火仕様の検討

具体の防耐火仕様や納まり詳細を図解にして、ワーキンググループで議論し、検討委員会で確認、検討を行った。

2．75分準耐火構造の壁や床の貫通部について、防耐火試験による性能検証

①75分準耐火構造の壁・床の貫通部等の防火上の考え方の整理

75分準耐火構造の壁や床の被覆材の仕様については、令和元年国土交通省告示第193号に例示されている。さらに、既往の検討の成果に基づき、大臣認定取得のための性能評価試験が実施されている。

実設計では、これら75分準耐火構造の壁や床に対して、設備配管やコンセント、窓、シャッターボックス等が取り付き、被覆材の一部が切り欠かれたり、設備配管等が貫通する（図1）。その際の防火的な措置については、防火区画の壁･床に対しては、区画貫通措置が令和元年国土交通省告示第193号に例示されているので、本事業では、防火区画以外の壁・床を対象に、防火上弱点とならない、設備配管の貫通方法や被覆材の切り欠き方法を検討した。

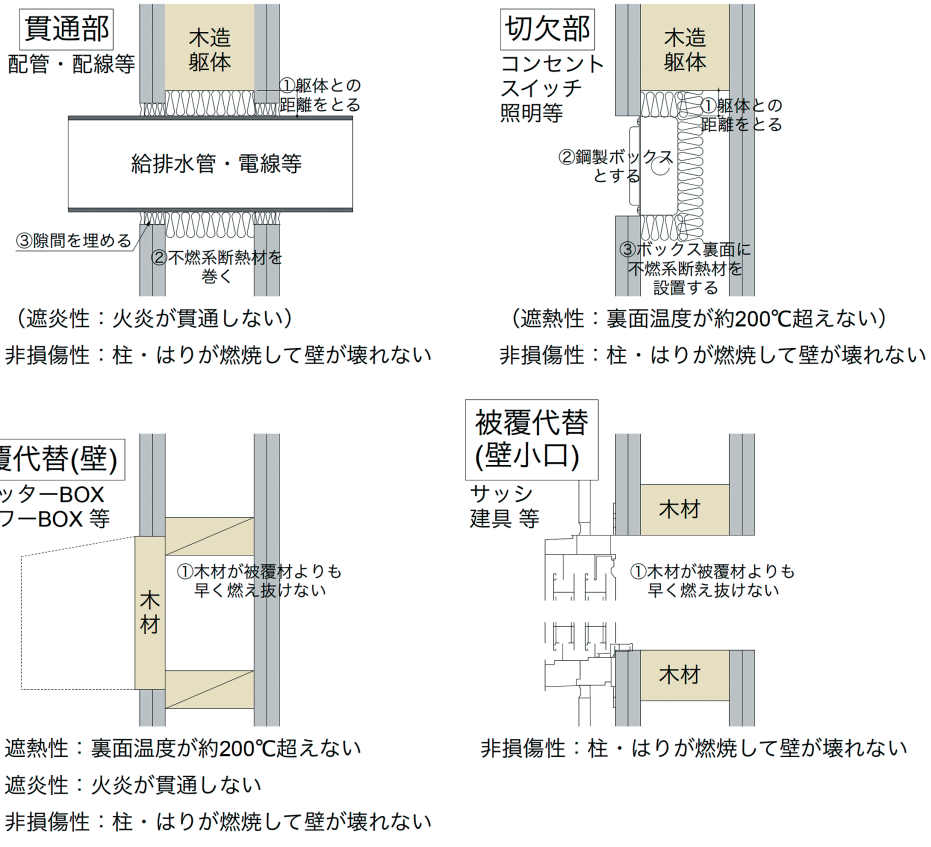


図1　被覆材の貫通部等に求められる性能とその対策の一例

②75分準耐火構造の壁・床の貫通部等の防火上の措置に関する実験

試験体は壁２体（於：日本住宅・木材技術センター）、床１体（於：電線総合技術センター）とし、加熱時間は、75分準耐火構造に要求される90分（75分×1.2倍）を目標とした。それぞれの試験体の仕様を表１に、外観を写真１～３に示す。

③実験結果に基づく手引き案の作成

実験結果に基づいて、75分準耐火構造の壁･床について、防火上弱点とならない納まり案を検討した。

表１　試験体仕様の一覧

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">試験体</th><th colspan="2" rowspan="2">部位</th><th colspan="2" rowspan="2">仕様</th><th colspan="2">対策</th></tr>
<tr><th>共通</th><th>個別</th></tr>
<tr><td rowspan="11">壁</td><td rowspan="6">試験体1</td><td rowspan="4">貫通部</td><td rowspan="2">給排水管</td><td>VP管（塩ビ）</td><td>VP100、VP50</td><td rowspan="4">被覆材との隙間：
AESバッカー25mm厚＋ポリウレタン樹脂シール5mm厚</td><td rowspan="4">・木材との距離30mm
・グラスウール充填</td></tr>
<tr><td>鋼管（SGP）</td><td>100A、50A</td></tr>
<tr><td>換気風道</td><td>鋼製ダクト</td><td>Φ150</td></tr>
<tr><td>配線</td><td>Fケーブル</td><td>5本束ね</td></tr>
<tr><td rowspan="3">切欠部</td><td rowspan="3">コンセント・スイッチボックス</td><td rowspan="3">鋼製</td><td>1連</td><td rowspan="3">鋼製ボックスの裏面にグラスウール30mm厚張り</td><td rowspan="3">・木材との距離30mm
・木材との間にせっこうボード12.5厚を挟む</td></tr>
<tr><td>2連</td></tr>
<tr><td>3連</td></tr>
<tr><td rowspan="2">被覆代替（壁）</td><td colspan="3" rowspan="2">シャッターボックス等</td><td colspan="2">木材（スギ集成材）45mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">木材（スギ集成材）60mm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">被覆代替（壁小口）</td><td colspan="3" rowspan="2">開口部</td><td colspan="2">木材（スギ集成材）45mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">木材（スギ集成材）60mm</td></tr>
<tr><td rowspan="5">試験体2</td><td rowspan="3">貫通部</td><td rowspan="2">給排水管</td><td>VP管（塩ビ）</td><td>VP100</td><td rowspan="3">被覆材との隙間：
AESバッカー25mm厚＋アクリル樹脂シール5mm厚</td><td rowspan="2">・木材との間にせっこうボード12.5厚を挟む
・木材との間にスギ30厚を挟む</td></tr>
<tr><td>鋼管（SGP）</td><td>100A</td></tr>
<tr><td>換気風道</td><td>鋼製ダクト</td><td>Φ150</td><td>グラスウール24K25厚巻き</td></tr>
<tr><td rowspan="2">切欠部</td><td rowspan="2">コンセント・スイッチボックス</td><td rowspan="2">鋼製</td><td>1連</td><td rowspan="2">鋼製ボックスの裏面にグラスウール30mm厚張り</td><td rowspan="2">・木材との間に強化せっこうボード21厚を挟む
・木材との間にスギ30厚を挟む</td></tr>
<tr><td>2連</td></tr>
<tr><td rowspan="3">床</td><td rowspan="3">試験体3</td><td rowspan="2">貫通部</td><td rowspan="2">給排水管</td><td>VP管（塩ビ）</td><td>VP100</td><td rowspan="2">被覆材との隙間：
AESバッカー25mm厚＋ポリウレタン樹脂シール5mm厚</td><td rowspan="2">・木材との距離100mm＋木材に強化せっこうボード21mm厚張り</td></tr>
<tr><td>鋼管（SGP）</td><td>100A</td></tr>
<tr><td rowspan="2">切欠部</td><td>ダウンライト</td><td colspan="2">Φ100、Φ150（開口のみ）</td><td colspan="2">グラスウール10K100厚充填</td></tr>
<tr><td>スプリンクラー</td><td colspan="2">Φ34（開口のみ）</td><td colspan="2">ー</td></tr>
</table>

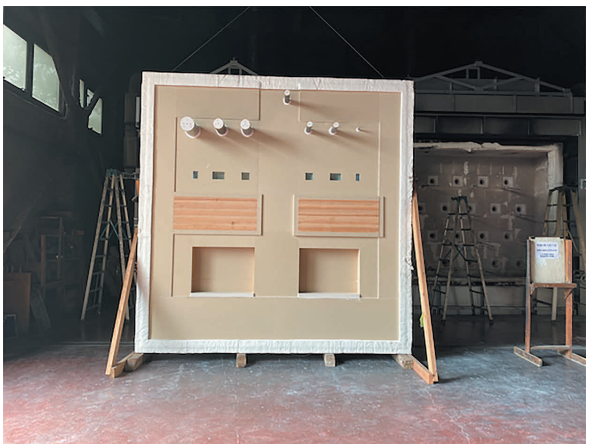


写真１　試験体１の壁試験体の加熱面の様子
（上から、貫通部、切欠部、被覆代替（壁）、被覆代替（壁小口）

試験体２の壁試験体の加熱面の様子（上から貫通部、切欠部）

試験体３の床試験体の加熱面の様子（手前が貫通部、奥が切欠部）

実施した結果

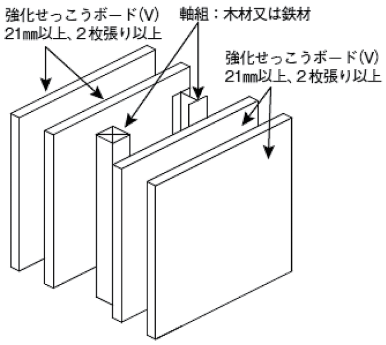
１．高性能の準耐火建築物の防耐火仕様の検討

■75分間準耐火構造主要構造部概要一覧表

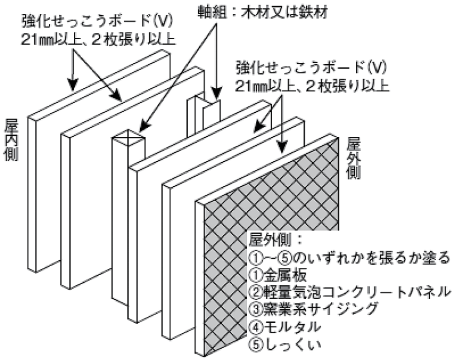
部位	使用（令元国交告第193号第１第８項第一～第六号）		
耐力壁	使用環境Ａ※1	65㎜の燃えしろ設計を行った構造用集成材及び構造用単板積層材又は直交集成板	
	使用環境Ｂ※2	85㎜の燃えしろ設計を行った構造用集成材及び構造用単板積層材又は直交集成板	
	燃えしろ寸法を除いた残存断面の長期応力度が短期許容応力度を超えないことを確認し、残存断面が200㎜以上		
	間仕切壁	間柱及び下地を木材又は鉄材	両側に強化せっこうボード※3を２枚以上で厚さの合計が42㎜以上
	外壁	間柱及び下地を木材又は鉄材	間仕切壁仕様の屋外側に金属板、軽量気泡コンクリートパネル又は窯業系サイディング張り
非耐力壁	使用環境Ａ※1	95㎜の燃えしろ設計を行った構造用集成材及び構造用単板積層材又は直交集成板※4	
	使用環境Ｂ※2	115㎜の燃えしろ設計を行った構造用集成材及び構造用単板積層材又は直交集成板※5	
	間仕切壁	間柱及び下地を木材又は鉄材	両側に強化せっこうボード※3を2枚以上で厚さの合計が42㎜以上
	外壁	間柱及び下地を木材又は鉄材	間仕切壁仕様の屋外側に金属板、軽量気泡コンクリートパネル又は窯業系サイディング張り
柱	構造用集成材又は構造用単板積層材（耐力壁と同様に、燃えしろ寸法：65㎜又は85㎜、残存断面200㎜以上）		
	周囲を強化せっこうボード※3を２枚以上張ったもので、厚さの合計が46㎜以上		
床	耐力壁と同様に、燃えしろ寸法：65㎜又は85㎜、残存断面200㎜以上）、床の上面に強化せっこうボード※3を２枚以上張ったもので、厚さの合計が46㎜以上（構造用集成材、構造用単板積層材、直交集成板）		
	根太及び下地を木材、鉄材又は鋼材で、表側（床の上面）に強化せっこうボード※3を２枚以上張ったもので、厚さの合計が42㎜以上、かつ、裏側（天井面）又は直下の天井に強化せっこうボードを２枚以上で、厚さの合計が46㎜以上		
はり	耐力壁と同様に、燃えしろ寸法：65㎜又は85㎜、残存断面200㎜以上）（構造用集成材、構造用単板積層材）		
	周囲を強化せっこうボード※3を２枚以上張ったもので、厚さの合計が46㎜以上		
軒裏	非耐力壁と同様に、燃えしろ寸法：95㎜又は115㎜（構造用集成材、構造用単板積層材、直交集成板※4、※5）		
	平成27年国土交通省告示第250号第２第一号イ(1)～(3)、(5)のいずれか		
	周囲を強化せっこうボード※3を２枚以上張ったもので、厚さの合計が46㎜以上		

※1：フェノール樹脂等接着剤を用いた場合で、ラミナ厚さが12㎜以上（構造用集成材、直交集成板）
※2：フェノール樹脂等以外の接着剤を用いた場合で、ラミナ厚さが21㎜以上（構造用集成材、直交集成板）
※3：強化せっこうボード（V）は、せっこう含有率95%、ガラス繊維含有率0.4%、ひる石含有率2.5%のもの
※4：直交集成板は、加熱面から65㎜除いた後に平行層と直交層が存在すること
※5：直交集成板は、加熱面から85㎜除いた後に平行層と直交層が存在すること

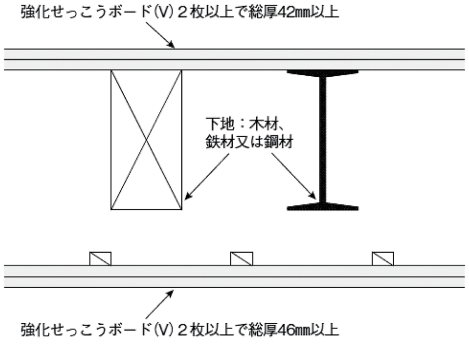
■具体的な図解例



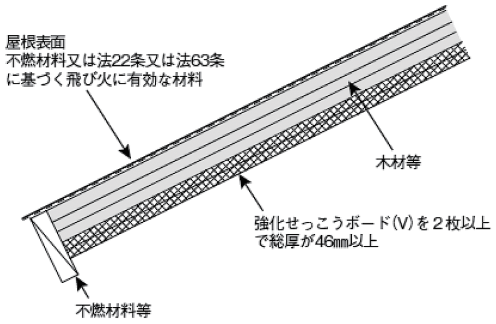
75 分間耐力間仕切壁概要図



75 分間耐力外壁構造概要図



75 分間準耐火床構造仕様例



木造 75 分間軒裏例

２．75分準耐火構造の壁や床の貫通部について、防耐火試験による性能検証

■実験結果について

75分準耐火構造を想定した90分以上の加熱を実施した3体の試験体の主な実験結果を表2に、試験体1の加熱時の様子を写真4～5に示す。

いずれの仕様も、遮熱性、遮炎性上の問題は生じなかった。一方で、非損傷性に影響を与える木造躯体の燃焼開始時間は、被覆材に貫通や切欠がない仕様と比較して早いものがあった。これらの仕様については、

①さらに対策を講じて貫通や切欠がない仕様と同等の燃焼開始時間になるように補強する。

②今回の実験仕様で載荷加熱実験を実施して非損傷性を検証する

のいずれかが考えられる。

■実験結果に基づく手引き案の検討

実験結果から、75分準耐火構造の壁･床の貫通部、切欠部、被覆代替について、防耐火上弱点とならない仕様として図２のような納まりが挙げられる。

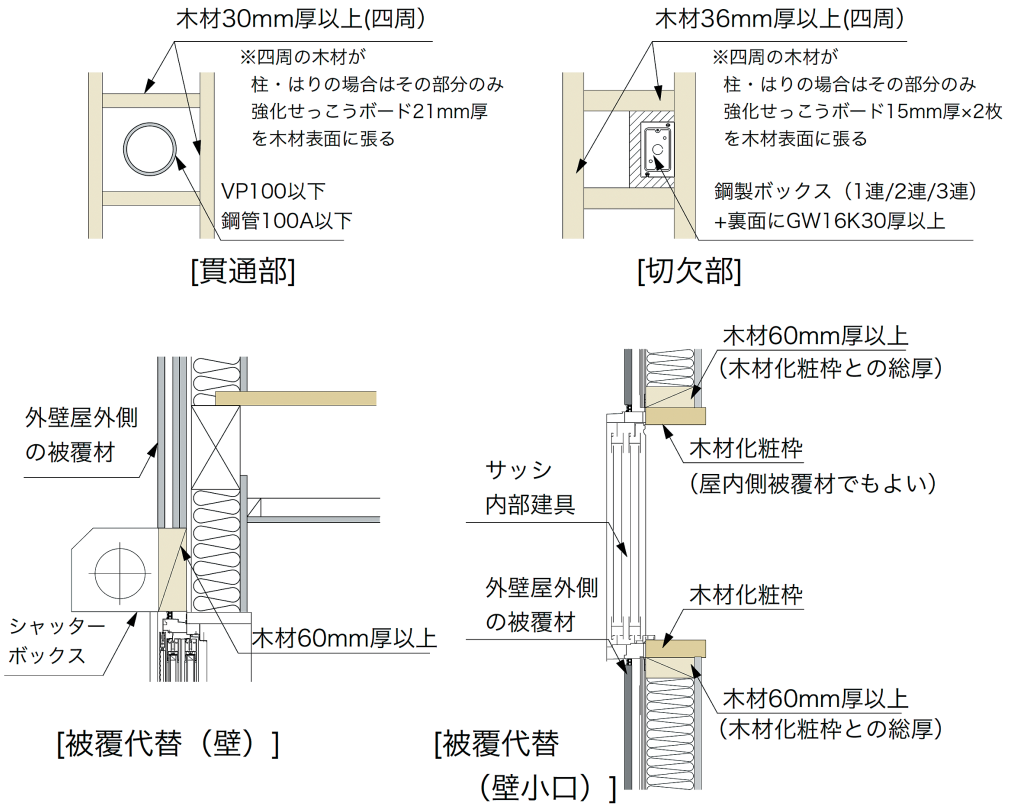


図２　75分準耐火構造の被覆材を貫通・切欠場合の防火的な措置の一例

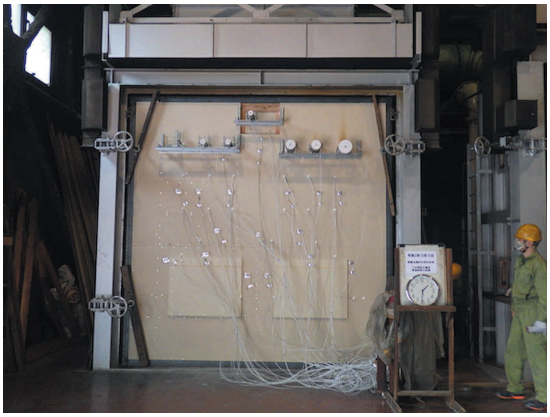


写真４　試験体１の加熱90分時の非加熱面の様子
（すべての仕様で火炎貫通は無い）

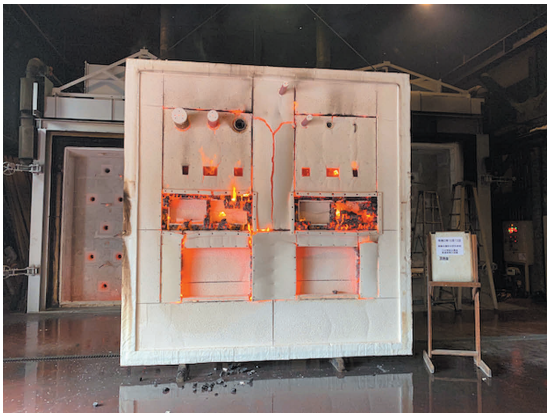


写真５　試験体１ の110分加熱終了後の加熱面の様子

表２　主な実験結果の一覧

試験体		部位		仕様		加熱90分時の防耐火性能 遮熱性 裏面温度	遮炎性 裏面への火炎貫通の有無	非損傷性 躯体の木材が260℃を超える時間
壁	試験体1 110分加熱	貫通・切欠なし				73℃	無し	**84分**
		貫通部	給排水管	VP管（塩ビ）	VP100	–	無し	69分
					VP50	–	無し	**87.5分**
				鋼管（SGP）	100A	–	無し	62分
					50A	–	無し	61.5分
			換気風道	鋼製スパイラルダクト	Φ150	–	無し	44分
			配線	Fケーブル	5本束ね	–	無し	**89分**
		切欠部	コンセント・スイッチボックス	鋼製（木材までの距離30mm）	1連	70℃	無し	41.5分
					2連	77℃	無し	35分
					3連	79℃	無し	29分
			コンセント・スイッチボックス	鋼製（せっこうボード12.5mmを挟む）	1連	73℃	無し	49.5分
					2連	73℃	無し	40.5分
					3連	76℃	無し	40分
		被覆代替（壁）	シャッターボックス等	木材（スギ集成材）45mm		75℃	無し	62.5分
				木材（スギ集成材）60mm		64℃	無し	**超えず(245℃)**
		被覆代替（壁小口）	開口部	木材（スギ集成材）45mm		–	無し	63分
				木材（スギ集成材）60mm		–	無し	**86分**
	試験体2 90分加熱	貫通・切欠なし				74℃	無し	**71分**
		貫通部	給排水管	VP管（塩ビ）	VP100（せっこうボード12.5mmを挟む）	–	無し	**80分**
					VP100（木材30mmを挟む）	–	無し	**87分**
				鋼管（SGP）	100A（せっこうボード12.5mmを挟む）	–	無し	49.5分
					100A（木材30mmを挟む）	–	無し	**78.5分**
			換気風道	鋼製スパイラルダクト	Φ150+GW25厚巻	–	無し	31分
		切欠部	コンセント・スイッチボックス	鋼製（強化せっこうボード21mmを挟む）	2連	75℃	無し	67分
					3連	77℃	無し	60.5分
				鋼製（木材30mmを挟む）	2連	75℃	無し	66分
					3連	76℃	無し	67.5分
床	試験体3 110分加熱	貫通・切欠なし				21℃	無し	**超えず(94℃)**
		貫通部	給排水管	VP管（塩ビ）	VP100（強化せっこうボード21mmを挟む）	–	無し	**超えず(96℃)**
				鋼管（SGP）	100A（強化せっこうボード21mmを挟む）	–	無し	**超えず(103℃)**
		切欠部	ダウンライト	Φ100（開口のみ）GW充填		35℃	無し	**超えず(113℃)**
				Φ150（開口のみ）GW充填		58℃	無し	**超えず(203℃)**
			スプリンクラー	Φ34（開口のみ）		24℃	無し	**超えず(95℃)**

※試験体1及び2（壁）
加熱側の被覆材：強化せっこうボードGB-F(V)15厚×2枚張り
非加熱側の被覆材：強化せっこうボードGB-F(V)21厚×2枚張り

※試験体3（床）
加熱側の被覆材：強化せっこうボードGB-F(V)21厚の上に25厚張り
非加熱側の被覆材：構造用合板24厚の上に、
強化せっこうボードGB-F(V)21厚×2枚張り

今後の課題・展開等

本事業では、75分準耐火構造の壁・床（防火区画以外の部分）を設備配管やコンセント、窓、シャッターボックス等が取り付き、被覆材の一部が切り欠かれたり、設備配管等が貫通する場合の防火的な措置を実験的に検討し、提案した。

貫通部、切欠部、被覆代替について仕様を提案することができたが、仕様が限定的であるため、設計の実状に応じたバリエーションを今後増やしていくことが重要であろう。また、さらに高度な90分準耐火構造についても、今回と同様に検討していく必要があるだろう。

今後は、本事業で得られた成果を防耐火設計手引きに落し込み、設計者、施工者に対して、普及啓蒙をはかっていきたい。

事業

非住宅木造建築物に必要な木質建築部材等技術開発事業及び設計者育成事業

● 実施団体 ●

一般社団法人 中大規模木造プレカット技術協会

〒417-0801　静岡県富士市大渕2410-1

事業目的

低層系非住宅建築物の木造化はまだ十分でない。今後の国産材の需要喚起も念頭に、汎用性が高く中大規模木造において採用しやすい、木質トラスや高倍率耐力壁等の、木質構造の諸要素技術の開発や技術資料の拡充に取り組む。具体的には、今年度は、低層の中大規模木造でスパンの大きい空間を実現するための、スギを活用した構造材による、下弦材に鋼材を用いた張弦トラス（以下、鋼材タイプ張弦トラス）と、引張力を負担する束材に丸鋼を用いた平行弦トラス（以下、ハウトラス型平行弦トラス）の２種の木造標準トラスの開発を行う。また、これまで取り組んできた研究成果を基に、低層の非住宅木造建築物で、より開放的な空間を実現するための、高倍率耐力壁や集成材・ＣＬＴ等を用いた木造薄肉ラーメン構造の標準図を作成する。

また、中大規模建築を木造で計画する際、計画初期段階で木造を採用した場合の概算工事費把握は、難しい状況となっている。そこで、中大規模建築を一般的に使われる木造の架構形式、材料、接合などに基づき、建物の用途、建設地の積雪条件、屋根の架構形式を設定した、簡易に木造躯体工事の材工工事費を算出できる、中大規模木造建築向け概算積算システムを作成し、計画の初期段階の概算の把握として、広く使用して頂くことを目的とする。

また、中大規模木造建築物に取り組む設計者育成の各種テキストを作成して、その普及のための講習会を開催する。

以上の事業実施により低層系非住宅建築物の一層の木造化を図る。

実施した項目

ア．各種検討委員会とサブワーキング等を開催し、以下の事業を行った。

イ．木質建築部材等技術開発事業

イ.1　国産スギによる構造材を用いた張弦トラス及び平行弦トラスの開発：スギを活用した構造材（製材及び集成材）による、鋼材タイプ張弦トラスと、ハウトラス型平行弦トラスの２種の木造標準トラスの開発研究を行った。

イ.2　基本計画段階での木造工事概算見積システムを開発。

中大規模木造建築用の計画の初期段階において、木造構造躯体の概算を算出するために、概算積算システムとしてエクセルシートを作成した。概算積算システムの概要を以下に示す。

① 概算積算範囲

構造木工事費（土台，柱，梁，間柱，タルキ，筋交い，床・壁・屋根合板）

＝構造材料費＋接合金物費＋プレカット加工費＋輸送費＋建方費

② 適用範囲

階数	：3階建て以下
耐火制限	：燃え代設計等の耐火規制のない、純木造
積雪	：150cm以下
屋根スパン	：14,560mm以下
床スパン	：8,190mm以下
階高	：5,200mm以下

① 建物を屋根、床、壁のいずれかのアイテムに分類する。
② アイテムごとに設定した条件、グリッドごとに試設計を行い、必要な部材断面、接合部を算定する。
③ 試設計を行った材料、接合を基に、材料単価、加工単価、輸送単価、施工単価を掛け合わせ、各条件、グリッドごとの積算を行う。
④ 算出された積算をグリッドのm^2で割った基準m^2単価を出し、積算のデータベースとしてエクセルシートを作成する。
⑤ 計画の初期段階の基本設計を、屋根、床、壁のアイテムに分類し、積算データベースの条件に合ったm^2数を計算し、積算データシートにm^2数を入力し、アイテムごとに概算を算出する。
⑥ アイテムごとに算出された概算を合計し、建物の概算とする。
概算見積＝屋根アイテム概算＋床アイテム概算＋壁アイテム概算

イ.3 国産製材活用の高倍率筋かい耐力壁と、集成材・ＣＬＴ等による薄肉ラーメンの標準図の作成。

ウ. 設計者育成事業

ウ.1 設計者向けテキストの作成等
a.「中大規模木造設計セミナーテキスト」防耐火設計部分改訂
b.「木の架構と空間のデザインセミナーテキスト」作成
c.「中大規模木造建築物等の詳細設計テキスト１外壁開口部」作成

ウ.2 講習会開催：中大規模木造設計セミナー・木の架構と空間のデザインセミナー・トラスマニュアル講習会・中大規模木造普及セミナー

実施体制

実施事業		担当ワーキング	ワーキング責任者
イ 木質建築部材等技術開発事業	ｲ.1 張弦トラス及び平行弦トラスの開発	構造ワーキング	稲山正弘（東京大学教授）
	ｲ.2 中大規模木造概算見積ｼｽﾃﾑの開発	積算ワーキング	内野吉信(ｼﾞｬﾊﾟﾝ建材)
	ｲ.3 構造設計標準図追加作成 高倍率筋かい耐力壁及び薄肉ラーメン	標準図ワーキング	田尾玄秀(縦建築事務所)
ウ 設計者育成事業	ｳ.1設計者向けテキストの作成等	マニュアルワーキング	藤田譲(藤田木造構法計画)
		ディテールワーキング	下山順(ポラテック)
	ｳ.2講習会等開催	講習会ワーキング	南部智隆(マルオカ)
		普及ワーキング	梅村繁夫(村上木材)

構造委員会委員長：川原重明((株)木質環境建築)
教育普及委員会委員長：藤田　譲（藤田木造構法計画）

実施した内容

イ.1　国産スギによる構造材を用いた張弦トラス及び平行弦トラスの開発：

国産材の需要喚起を念頭に、低層中大規模木造でスパンの大きい空間を実現するための、スギを活用した構造材による、11ｍスパンの鋼材タイプ張弦トラスと、12ｍスパンのハウトラス型平行弦トラスの２種の木造標準トラスの開発を行った。いずれも市場流通材を用い、かつ汎用性の高い機械プレカットによる加工を前提としたもので、鋼材を効果的に用いることで、材積や加工組立時の手間の低減とコストを抑えることを意図した。開発担当者によるサブワーキング委員会を開催し、それぞれの木造標準トラスの仕様や接合部の標準詳細の検討を重ね、要素実験により接合部等の加力時の挙動や破壊性状を確認した後、最終的に、実大試験体による静的載荷実験（各３体ずつ、全６体）を実施して、２種の木造標準トラスの力学的性能を検証した。

イ.2　中大規模木造概算見積システムの開発：

木造工事概算見積システムはエクセルで作成マニュアルも作成した。

イ.3 木造軸組接合部標準図の拡充として、筋交いを斜め格子状に配置した高倍率耐力壁と、集成材やＣＬＴを用いた薄肉ラーメン構造の接合部標準図を作成した。

ウ.1　a.「中大規模木造設計セミナーテキスト」の防耐火設計部分を令和元年度法規改正に合わせて改訂した。

b.「木の架構と空間のデザインセミナーテキスト」は架構ブロックにもとづく柱の設計・伏図設計・実例・演習など作成した。

c.「中大規模木造建築物等の詳細設計テキスト１外壁開口部」はアルミサッシの納まりについて作成した。

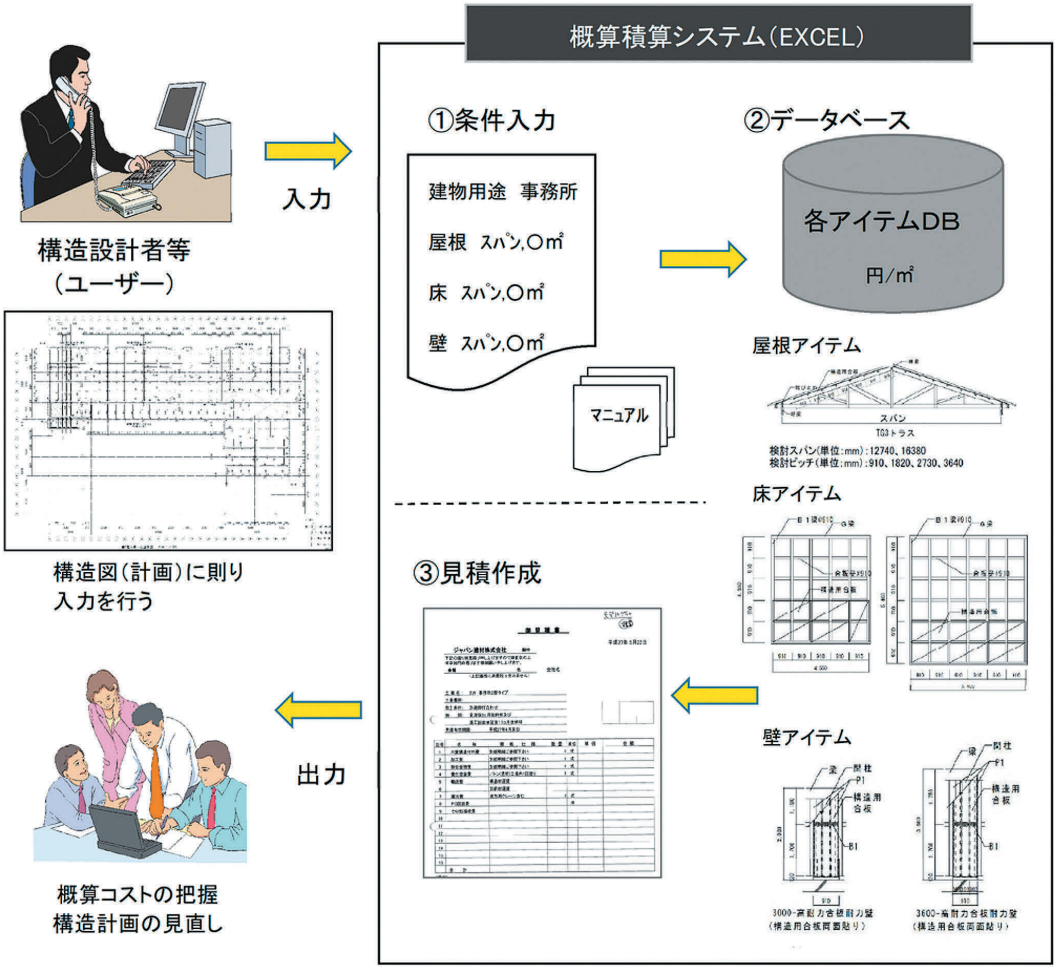
ウ.2　中大規模木造設計セミナーは、２種類の講習（セミナーテキスト解説版とPWA各WG成果の解説版）をＰＷＡ主催事業としてＷＥＢＤＶＤ講習を行い、あわせて建築士会連合会と共催事業として感染予防対策を行ったＤＶＤ講習を開催した。「木の架構と空間のつくりかたセミナー」は、ＷＥＢ講習会で演習も行った。JISトラスマニュアル・平行弦トラスマニュアル及び張弦トラスマニュアル講習会は、トラス組立実習のかわりに組立映像を作成してＷＥＢＤＶＤ講習を行った。中大規模木造普及セミナーは、３件の実物件について説明を行った。

▲平行弦トラス実大試験
上弦材にスギ製材を用いた鋼材タイプ張弦トラスの静的載荷実験：加力時の様子

▲張弦トラス実大試験
上下弦材にスギ集成材を用いたハウトラス型平行弦トラスの静的載荷実験：加力時の様子

概算積算システム概要

概算精算システムでは、構造設計者等が行った構造計画・構造計算に則り、諸条件を入力することで、躯体工事の概算コスト（材工一式）を把握することができる。システムは、①条件入力部、②データベース、③見積作成部の３つで構成され、入力された条件に応じて、データベース（円/㎡）を元にコストを算出し、見積書を作成する。システムは、EXCEL ベースで、ユーザビリティが高い仕様としている。



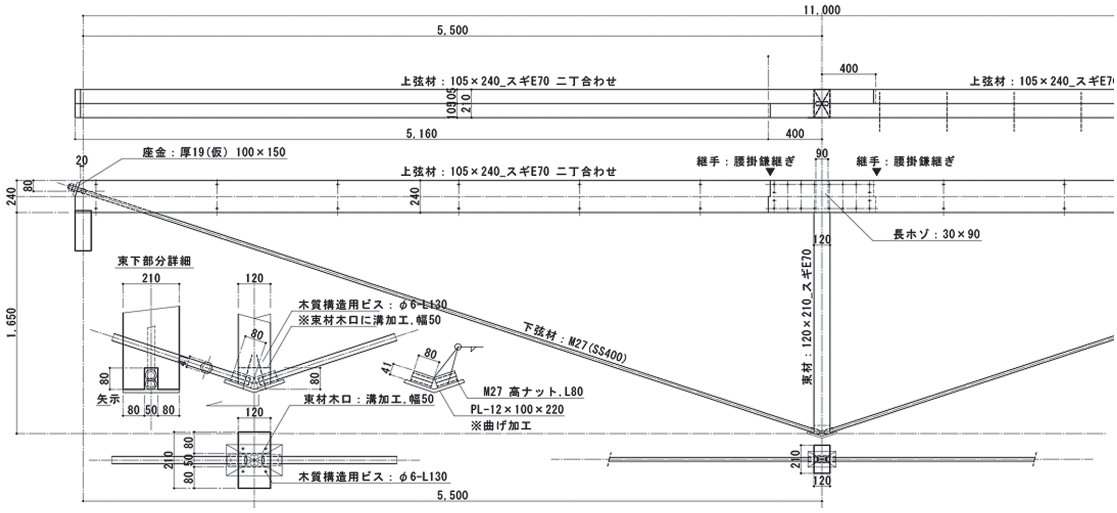
オンラインによる「木の架構と空間のつくりかたセミナー」演習

実施した結果

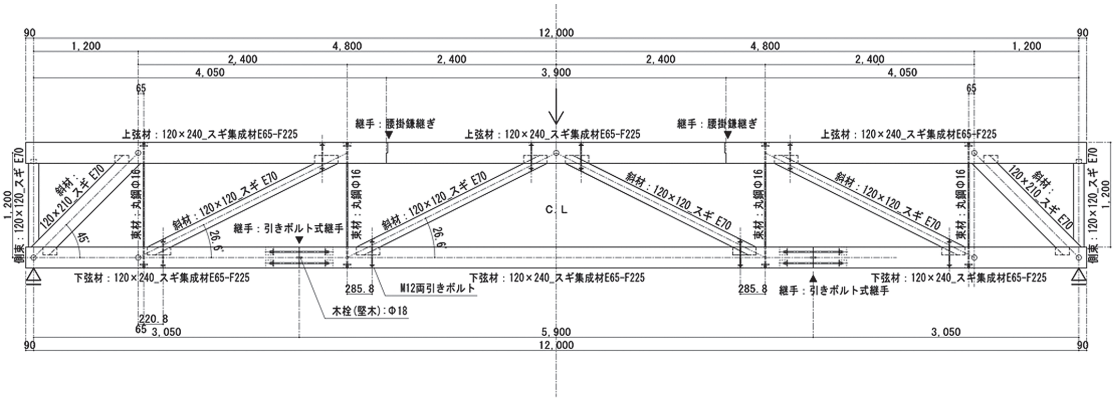
イ．1　国産スギによる構造材を用いた張弦トラス及び平行弦トラスの開発：

●鋼材タイプ張弦トラス：

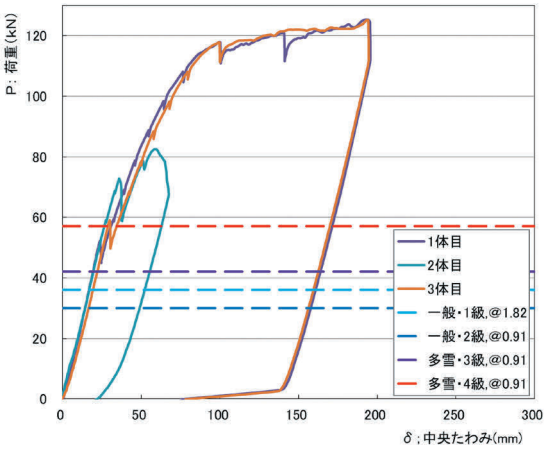
載荷重が約80kNを超えた段階で束が面外に大きく傾斜して試験を終了した１体を除き、約110kN付近で明確に剛性が低下した後、約120kNを超えて試験機のストロークの限界に達して試験を終了した。各接合部の主な破壊状況は、束材の上部の木口を突き付けた部位の上弦材のめり込みや、束材の下部の接合具の鋼板の変形、下弦材に用いた丸鋼の降伏後の伸び等である。想定した約半間(0.91m)または約１間（1.82ｍ）の間隔でトラスを配置した際の荷重に対して、十分な耐力を有することを確認した。



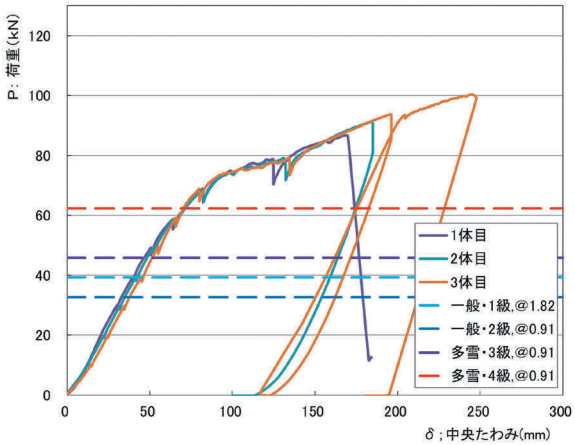
▲上弦材にスギ製材を用いた鋼材タイプ張弦トラスの仕様：
上弦材には長さ約６ｍの120×240ｍｍの平角スギ製材を２丁合わせで用い、
真束の上部で互いに横方向に重ね合わせて構造用ビスと腰掛鎌継ぎで接合。



▲上下弦材にスギ集成材を用いたハウトラス型平行弦トラスの仕様
束材に丸鋼を用いることで接合部の加工を比較的簡素な形状とし、かつ斜材の角度を、
荷重の負担の大小に応じて変化させた。



▲上弦材にスギ製材を用いた鋼材タイプ張弦トラスの静的載荷実験：
実験結果　荷重―中央たわみ関係曲線及び想定荷重との比較



▲上下弦材にスギ集成材を用いたハウトラス型平行弦トラスの静的載荷実験：
実験結果　荷重―中央たわみ関係曲線及び想定荷重との比較

●ハウトラス型平行弦トラス：

実施した３つの試験体は、いずれの試験体も載荷重が70kN前後で明確に剛性が低下した後、下弦材の引きボルト式継手に用いた丸鋼が降伏して延び続け、最大荷重が約87～100kNで試験機のストロークの限界への到達や試験体の面外への倒れによって加力を終了する時点まで、鉛直荷重負担性能を維持し、接合部等における木部の脆性的な破壊が生じることはなかった。４級の積雪等級（垂直積雪深150㎝,多雪区域）を除いて、約半間(0.91m)または約１間（1.82ｍ）の間隔でトラスを配置した際の荷重に対して、十分な耐力を有することを確認した。

イ．2　木造工事概算見積システム

実物件３件に対して概算積算システムを検証し、有効性を確認した。

イ．3　木造軸組接合部標準図の拡充として高倍率筋かい耐力壁及び集成材・ＣＬＴ等を用いた薄肉ラーメン構造の追加作成を行った。

ウ．1　ａ．「中大規模木造設計セミナーテキスト」の防耐火設計部分を令和元年度法規改正に合わせて改訂したことで複雑な木造防耐火規制が理解しやすくなった。

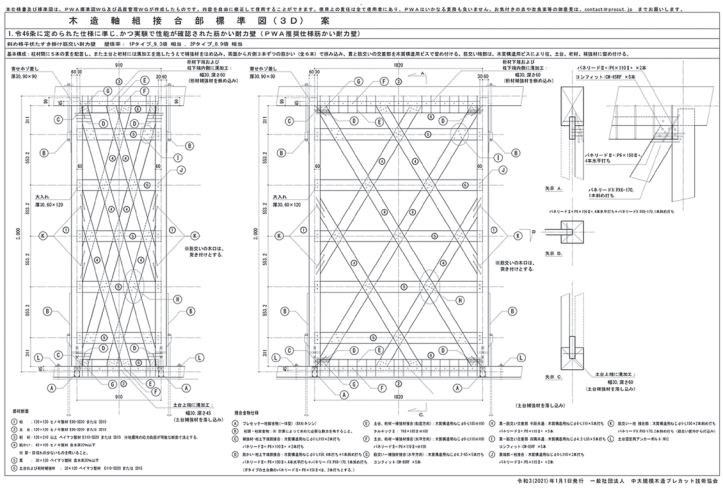
ｂ．「木の架構と空間のデザインセミナーテキスト」は架構ブロックにもとづく柱の設計・伏図設計・実例・演習など作成したことで木造の基本設計が習得しやすくなった。「中大規模木造建築物等の詳細設計テキスト１外壁開口部アルミサッシ」作成により実施設計の手間軽減が期待できる。

ウ．2　講習会開催

中大規模木造設計セミナー（２種類の講習会）のＰＷＡ主催ＷＥＢＤＶＤ講習参加者は、30人、建築士会連合会と共催事業の感染予防対策を行ったＤＶＤ講習参加者300人。

木の架構と空間のデザインセミナー（参加者 50人）
JISトラスマニュアル講習会（参加予定者 10　人）
平行弦トラスマニュアル講習会（参加予定者 5人）
張弦トラスマニュアル講習会（参加予定者 15人）
中大規模木造普及セミナー（参加者　129人）

▲筋交いを斜め格子状に配置した高倍率の耐力壁の実験の様子



▲木造軸組接合部標準図の拡充の例：筋交いを斜め格子状に配置した耐力壁の試験成績書を基に、高倍率筋交い耐力壁の標準図を作成

今後の課題・展開等

今年度において開発に取り組んだ、スギを活用した構造材による、鋼材タイプ張弦トラスと、ハウトラス型平行弦トラスの２種の木造標準トラスは、若干の接合部のディテールの改良を行った後、次年度以降に、ＨＰ上での公開を前提とした、接合部標準図の整備を行う予定である。また実際に設計や施工を行う際の手順や組立･建方要領、注意点等の詳細を解説したマニュアルを作成し、技術資料の拡充と、一層の普及を図る。また、高倍率耐力壁等についても、必要に応じて、作成した標準図に基づいて普及を図るためマニュアルの作成に取り組む。

概算積算システムは講習会を今後開催し、実物件でのさらなるシステム検証も行ってゆく。

設計者向けテキストでは、木の架構と空間のデザインセミナーテキストは講習会参加者などからの要望も踏まえ内容を拡充・改訂を行いディテール設計テキストも内容の拡充を行ってゆく。

設計者向けテキストが中大規模木造入門、基本設計、実施設計、工事監理、概算と各フェーズに対応したテキストが揃ってきたので、今後は体系的に講習会を受講してもらう仕組みを構築することで木造に取り組む設計者増加が期待できる。

事業

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）を製造できる工場が限られており、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

１．プレストレスを用いたラーメン接合工法に関する開発の方向性検討

目標とする接合の納まりに関する方向性や、本接合工法が適していると思われる建物の規模・構造計画などについて関係者で検討を行った。

２．プレストレスを用いたラーメン接合の接合試験実施および結果の評価

接合試験では、接合部（パネルゾーン）の金物形状を３種類、接合金物毎に接合方法を２通り、合計６仕様各１体の試験を実施し、それぞれの試験結果について構造特性の評価を行った。

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
接合部の設計、実験の実施：高知大学、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

本事業において、昨年度は上記『事業目的』に記載の課題のうち、１について実施し、施工が容易で高物性な『継手』が実現できる可能性が示唆された。この結果を受け、今年度は課題の２に着目し、施工が容易で高物性な『接合』の実現を目標とした。具体的には、既存の集成材を用いた柱 - 梁のラーメン接合工法を開発対象とした。

１．プレストレスを用いたラーメン接合工法に関する開発の方向性検討

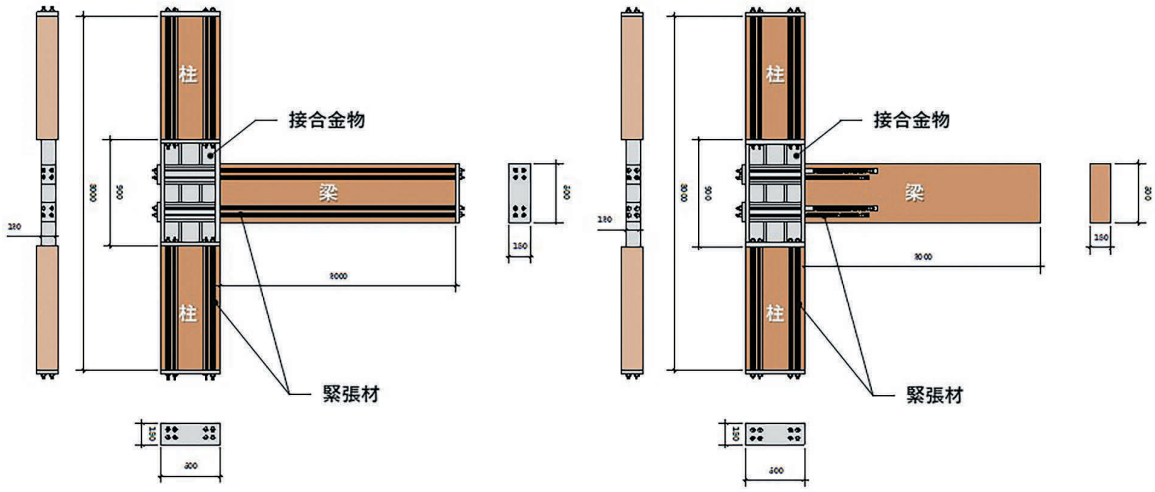
本事業を実施するにあたり、まずは関係者にて分科会を開き、それぞれの立場、職種からの意見をいただき、目標とする接合の納まりに関する方向性や、本接合工法が適していると思われる建物の規模・構造計画などについて以下の点を念頭において議論を実施した。

- パネルゾーンは、変形や耐力低下が無視できるよう、『半剛接』ではなく完全な『剛接合』となる接合部であること。
- 工法の普及を念頭に、既存のラーメン接合技術と施工性・コストで遜色の無いものであること。

２．プレストレスを用いたラーメン接合部の曲げ試験実施および結果の評価

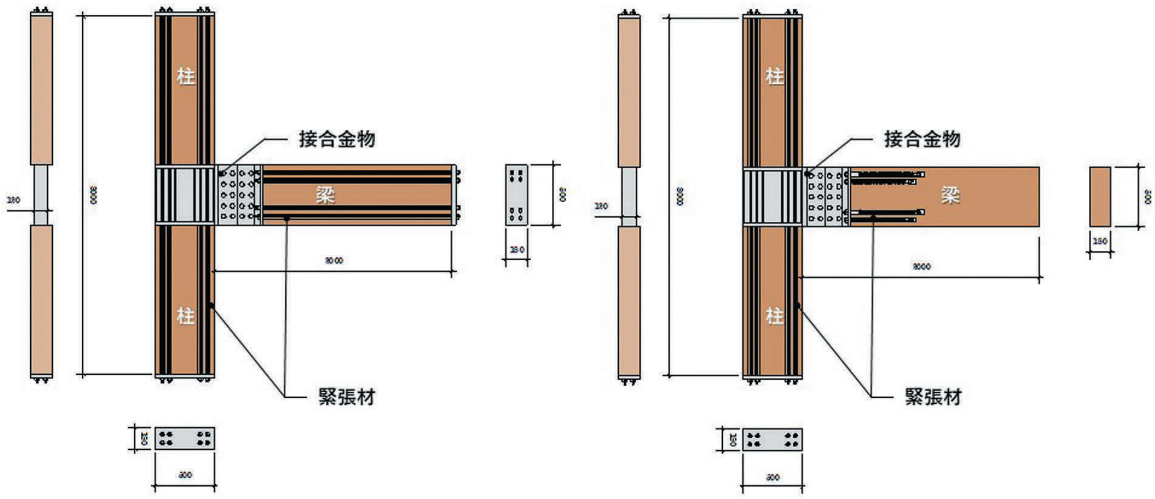
１で議論した内容をベースに、集成材断面および金物形状、接合方法を設定し、正負交番載荷による接合部の曲げ試験を実施した。

接合金物（パネルゾーン）については、柱頭柱脚で接合金物が突出している形状のType a、接合金物を２部材に分離したType b、ボックス形状の接合金物内で全ての緊張材が交差するType cの３種類設定した。また、Type a～Type cそれぞれの接合金物ごとに、梁内における緊張材の納まりを変えた２種類の接合方法を設定した。以上の合計６仕様、各１体について試験を実施し、結果についての評価・分析を行った。試験体形状と実際の試験状況に関して図１～４に示す。



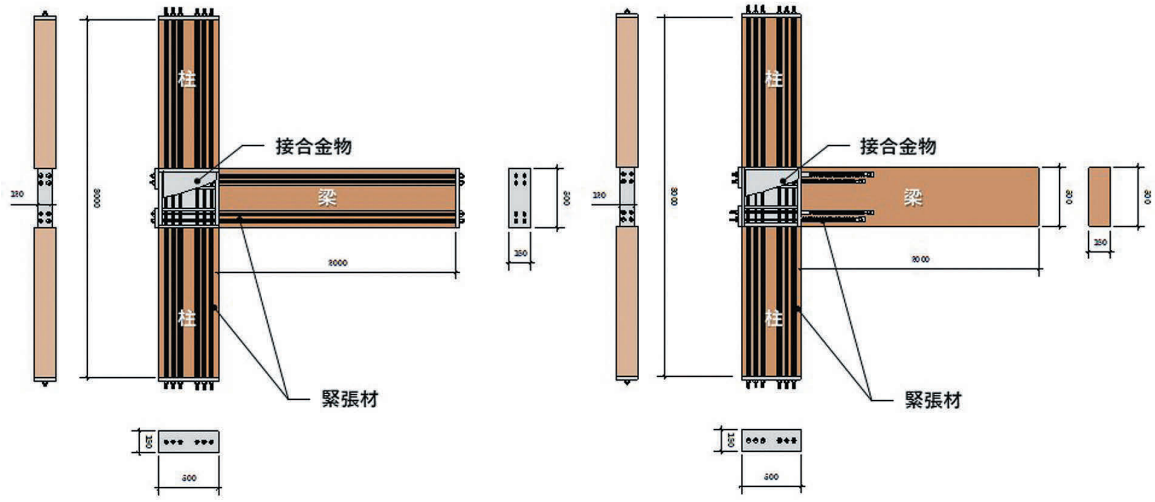
<鋼管-PS接合>　　<LSB-PS接合>

図１．試験体形状（Type a）



<鋼管-PS接合>　　<LSB-PS接合>

図2．試験体形状（Type b）



<鋼管-PS接合>　　<LSB-PS接合>

図3．試験体形状（Type c）

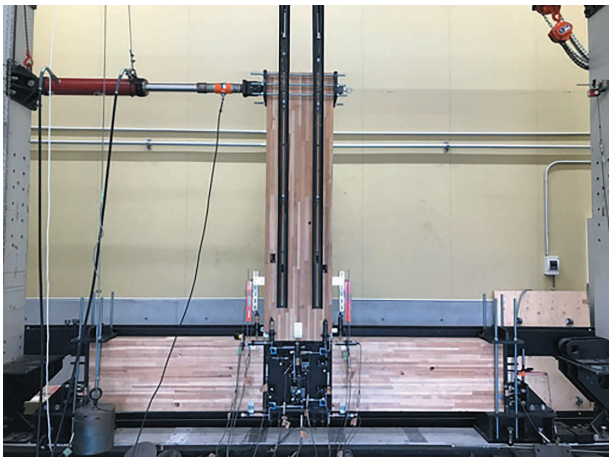


図4．試験体セットアップ

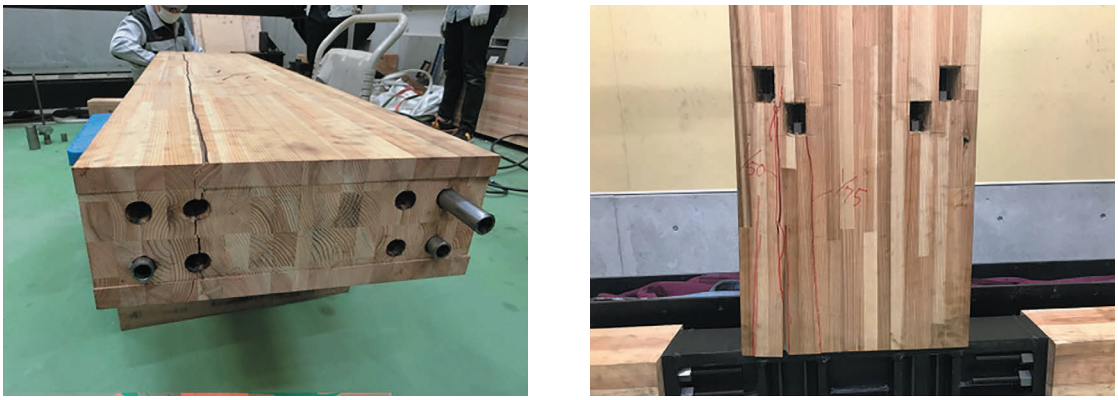
実施した結果

(1) 柱-梁接合部の構造性能評価

- 破壊性状として、鋼管-PS接合、LSB-PS接合ともに梁材での緊張材周りに木部の割裂が確認された。(図５参照)
- 図６と表１のそれぞれに示す包絡曲線と構造特性値より、鋼管-PS接合は、耐力･変形性能ともにLSB-PS接合と比べ優れていると言える。また、鋼管-PS接合はいずれの試験体も母材自体の終局曲げ耐力を超えていること、パネルゾーン部のM-θ関係が弾性であり、梁材端部にヒンジが形成されていることから剛接合と考えられる。

(2) パネルゾーン部鋼材形状、接合方法の施工性評価

- 現場でのPC鋼棒の緊張作業が省略（工場で予めプレストレスをかけた状態で現場に搬入）可能な点や、鉄骨造の継手工法に似た形式で柱梁を簡易に接合できる点、木部への欠き込みを設けることなく製作可能な点といった優位性が挙げられるため、今回実験した試験体の中では、プレストレスを用いたラーメン接合の施工には、鋼管-PS接合かつType bの形状が適していると考えられる。



(a) 鋼管 -PS 接合での割裂状況　　(b) LSB-PS 接合での割裂状況

図５．試験体の損傷状況

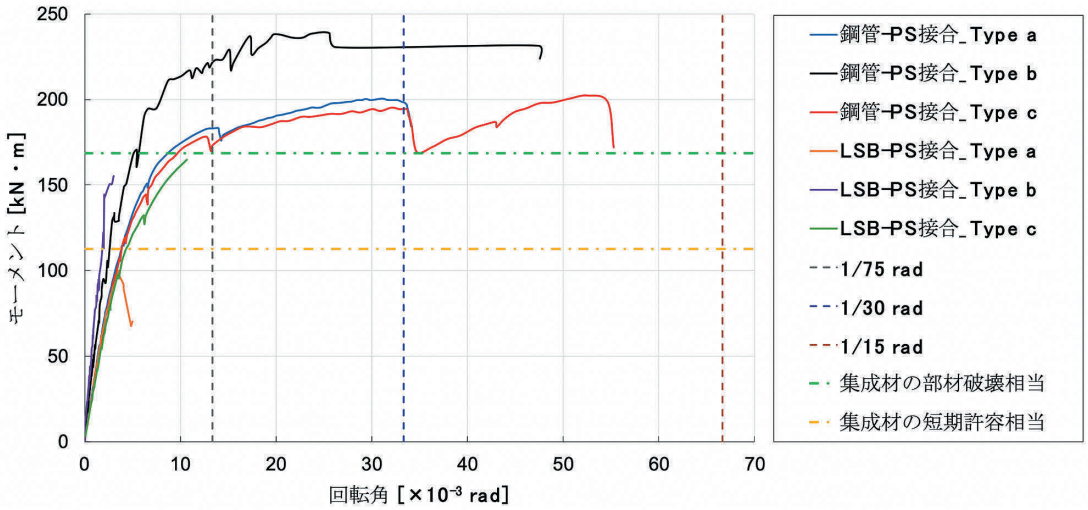


図６．包絡曲線比較

表１．試験体毎の構造特性一覧

No.	項目	Type a		Type b		Type c	
		鋼管	LSB	鋼管	LSB	鋼管	LSB
1	最大モーメント M_{max} [kN・m]	200.6	100.0	238.7	155.2	202.5	164.7
2	初期剛性 K [kN・m/rad.]	28,240	35,539	34,401	70,879	26,254	28,073
3	降伏点回転角 θ_y [$\times 10^{-3}$rad]	6.7	2.5	6.7	1.9	7.1	5.2
4	終局モーメント M_u [kN・m]	188.0	90.0	229.0	137.4	186.4	144.9
5	終局回転角 θ_u [$\times 10^{-3}$rad]	34	4	48	3	55	11
6	塑性率 μ	5.1	1.6	7.2	1.6	7.8	2.1
7	構造特性係数 D_s	0.33	0.67	0.27	0.69	0.26	0.56

今後の課題・展開等

- 本試験では、高剛性・高耐力な接合工法を提案することができたが、全ての試験体で緊張材周りに割裂が生じ、試験体によっては急激な耐力低下が生じるものもあった。また、回転角も1/30～1/20程度で終局状態に至ることから、さらなる靭性の確保が課題として挙げられる。この課題を解決することで、より高い靭性を有した接合工法が提案できる可能性がある。

- また、施工性やコストについて既存のラーメン接合工法対比の優位性を具体的に数値化するまでには至っておらず、『普及』という観点からもこの点を明らかにしていく必要がある。

- 昨年度、今年度と実施してきたプレストレスを用いた継手および接合工法について、今後は集成材のみならず我々が開発してきた高機能繊維強化集成材（AFRW）への技術展開も進め、都市部において需要が増えつつある木造中高層建築物を実現しやすい木造躯体を提供することで、社会への一助となることを目指している。

事業

準耐火建築における新たな防火設備仕様の研究開発

● 実施団体 ●

特定非営利活動法人 建築技術支援協会

〒113-0033　東京都文京区本郷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で、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。

本事業では昨年度実施した木造軸組工法・枠組壁工法による準耐火構造の＜60分＋α＞の外壁及び間仕切壁の仕様の性能確認と、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性能確認の内、木製開口部の45分防火性能仕様を開発検証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．防火設備（木製サッシ開口部）

令和元年度の、「木質建築における新たな防耐火仕様の研究開発」事業で行った、成果の内「防火設備（木製開口部）」の成果を基により性能を向上させた木製片引きサッシュによる45分以上の遮炎性能の確保を目標として、性能確認試験を行った。

実施体制

1．「木造準耐火木製サッシュ開口部仕様開発委員会」設置

本事業を適切に運営するため「木造準耐火木製サッシュ開口部仕様開発委員会」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）	
	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）
	関　芳和	（日本電気硝子（株））
	高橋　雅司	（(一社) 日本木造住宅産業協会）
	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

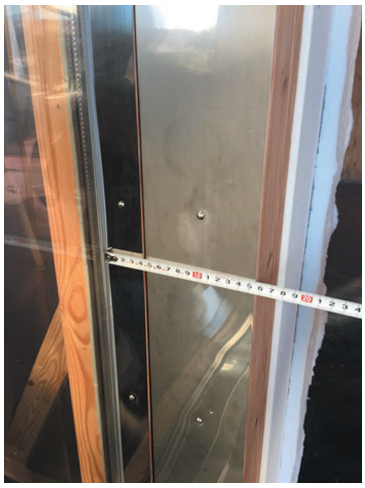
3．委員会の内部にサブワーキンググループを設置し、試験の実施計画・開口部仕様等につき具体的な検討を行った。

実施した内容

○防火設備（木製サッシュ開口部）

今年度の事業は、令和元年度の事業成果を踏まえ、元年度に実施出来なかった、大型の腰窓片引きサッシュと掃出し窓サッシュについて実施した。

①第一回の試験は木製腰窓片引きサッシュを組み込んだ試験体で表裏２体の加熱試験を行った。
②第二回目の試験は掃出し窓片引きサッシュの性能確認を行った。
③第三回目の試験は、第二回目の試験において目標の45分加熱性能に達しなかったことから、木製サッシュの屋外側木製枠に、ステンレス板を被覆して、一回目の試験結果と比較し性能確認を行った。
④第四回目の試験は、三回目試験で目標性能に達しなかった掃出し窓に三回目試験で性能を確認した、屋外側木枠へのステンレス板被覆を行い試験を行った。
※屋外側木枠三方（左右・上部）へのステンレス板0.3㎜被覆

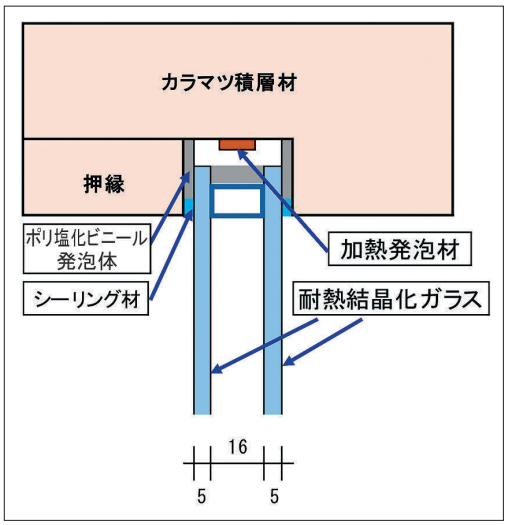


○試験体構成

試験体は、屋外側加熱と屋内側加熱を同時に一つの試験体で実施出来る様に、同一加熱面に木製サッシュを二台、それぞれ裏表に配置した。

○硝子仕様

窓硝子仕様は、令和元年度の事業で性能が確認された、右図の仕様とした。



〇木製サッシュ仕様の検討

木製サッシュの形態は、より実用性の高い「片引きサッシュ」としサッシュの形状は、昨年度のフィックス窓等での実績を踏まえた断面を前提に、20分防火設備の大臣認定の実績のある仕様を参照して検討した。　検討の為20分防火設備のモックアップサンプルを使用して引戸金物の機構の確認、内動型引戸(屋内側の戸が可動)、外動型引戸(屋外側の戸が可動)の検討等を行った。

※検討に使用したモックアップサンプル

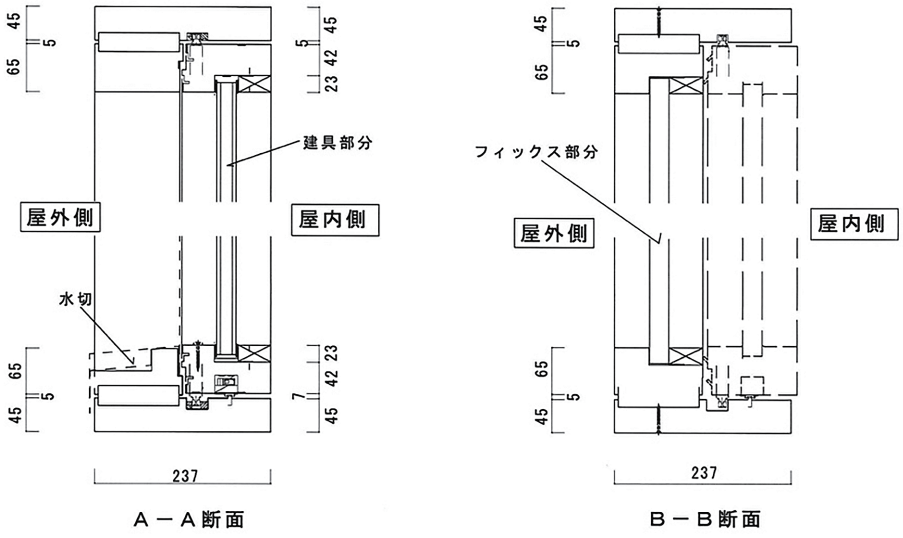
検討の結果今回の加熱試験の「片引き戸」の仕様は

- 建具金物　　エコスライド方式(戸車＋引寄せ金物)を使用する
- 片引き戸の形式　　内動型引戸(屋内側の戸が可動)を採用
- 建具のサイズ　　腰窓　　窓高さ　1,400㎜　　硝子巾　800㎜
  掃出し窓　窓高さ　2,400㎜　　硝子巾　800㎜

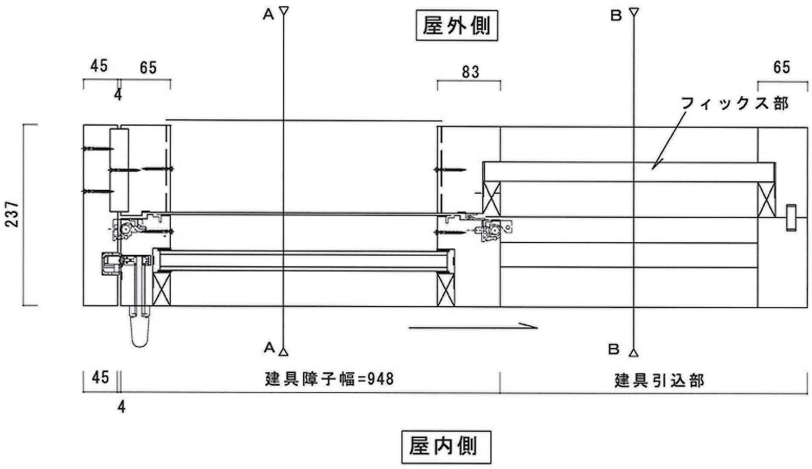
・試験体数　　試験体は、腰窓、掃出し窓夫々二体作成し、二回づつ加熱試験を行い、一回目の試験結果により二回目の試験体は、仕様改善を行い最終的に45分～1時間の遮炎性の確保を目指すことにした。
試験体には、腰窓・掃出し窓共　同一仕様のサッシュを表・裏二セット設置し、屋外加熱、屋内加熱を同時に行う。
(試験体図参照)

〇木製サッシュ・木枠断面（木部は試験体1～4で共通）

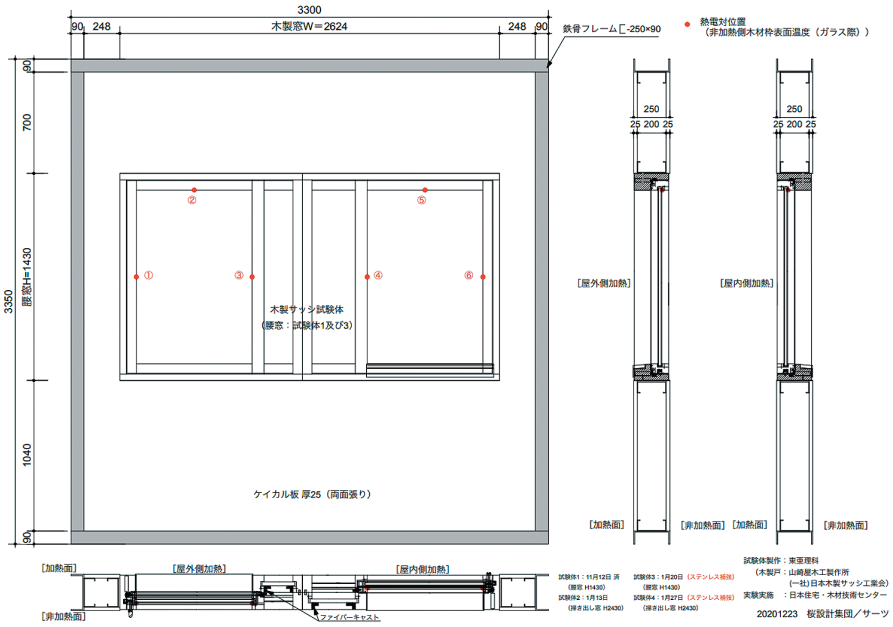
縦断面図



横断面図

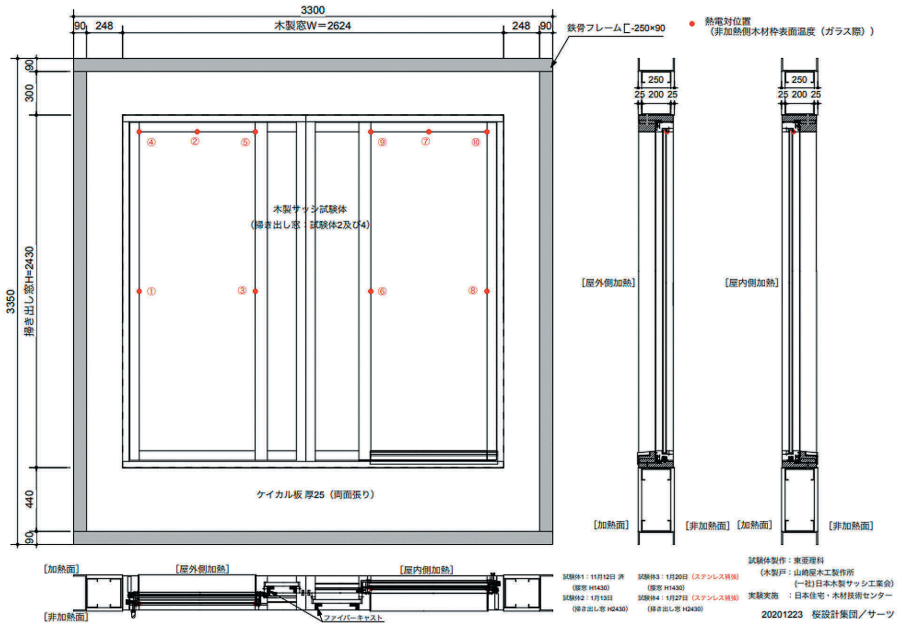


試験体図－1　木製腰窓片引きサッシュ（試験体１・３の場合）



写真－1　腰窓試験体写真（試験体１の場合）

試験体図－２　木製掃出し窓サッシュ（試験体２・４の場合）



写真－２　掃出し窓試験体写真（試験体３）

実施した結果

1．防火設備（開口部）

結果については以下の通り。

試験体		加熱面	加熱時間	加熱終了時の状態	木枠被覆	硝子仕様
第一試験体	木製片引腰窓サッシュ R 2,11,12	屋外側 非Low-E側	56分 27秒	火炎貫通無し	木枠の被覆無	耐熱結晶化複層硝子(5.0mm) 片面Low-E加工構成(5-16-5)mm (空隙16mm) ※Low-E加工は屋内側ガラスに施した。
		屋内側 Low-E側	56分 27秒	硝子超しの輻射熱で着火		
第二回試験体	木製片引掃出し窓サッシュ R 3,1,13	屋外側 非Low-E側	39分 55秒	局所的な火炎貫通		
		屋内側 Low-E側	48分 06秒	全体に渡る火炎貫通		
第三回試験体	木製片引腰窓サッシュ R 3,1,20	屋外側 非Low-E側	59分 17秒	全体に渡る火炎貫通	屋外側木枠へステンレス0.3㎜板被覆	
		屋内側 Low-E側	59分 25分	全体に渡る火炎貫通		
第四回試験体	木製片引掃出し窓サッシュ R 3,2,4	屋外側 非Low-E側	62分 40秒	全体に渡る火炎貫通		
		屋内側 Low-E側	56分 59秒	局所的な火炎貫通		

2．試験結果の考察

本事業では、カラマツ集成材と耐熱結晶化ガラスで構成した木製片引きガラス戸について、45分間の遮炎性の確保を目標として実験を実施した。

実験において達成した性能を、法令に当てはめると、下記のようになる。

片引き窓区分	仕様要素	加熱面	加熱試験性能確認	備　考
腰窓 H=1400㎜	外部木枠 被覆無し	屋外側加熱	45分 防火設備	
		屋内側加熱		
	外部木枠 ステンレス板被覆	屋外側加熱	45分 防火設備	
		屋内側加熱		
掃出し窓 H=2400㎜	外部木枠 被覆無し	屋外側加熱	30分 防火設備	屋内側加熱条件で45分性能確認
		屋内側加熱		
	外部木枠 ステンレス板被覆	屋外側加熱	45分 防火設備	屋外側加熱条件で1時間性能確認
		屋内側加熱		

窓サイズが大きな掃き出し窓の屋外側加熱試験体(第二回目試験)において、ガラスと木材框の取合い部から約40分で火炎貫通した。

木製ガラス戸において、火炎貫通が生じる主な原因は以下と考えられる。

①ガラスが割れる場合

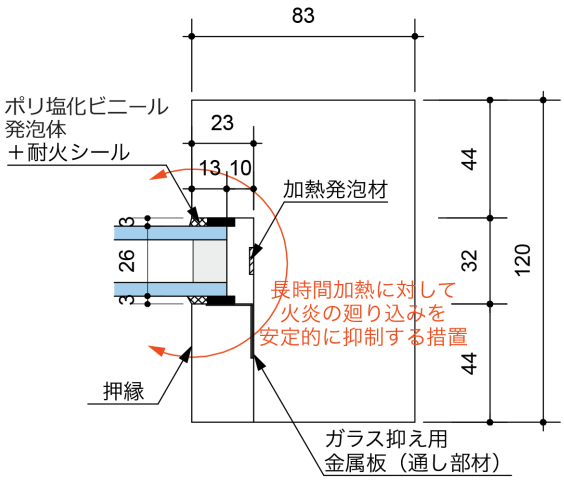
②ガラス温度が上昇し輻射熱を出して非加熱側木材に着火する場合

③ガラスと木材框の取合い部から燃え抜ける場合

④木材框と木材枠の取合い部から燃え抜ける場合

本事業では、①に対して耐熱結晶化ガラスの使用により割れないようにしており、②～④が火炎貫通の要因と考えられる。

実験時の目視観察によると、掃き出し窓の火炎貫通は、局所的な火炎貫通後に試験体の非加熱面全体の着火に至らなかったことから、②の輻射熱による着火というよりは、③のガラスと木材框の取合い部の局所からの火炎貫通と予想された。遮炎性の改良策としては下図のように、火炎の廻り込みを抑制する　措置が必要と考えられる。



［複層耐熱結晶化ガラスと框の取合い部］

写真－3　第三回加熱試験状況写真

加熱開始時

加熱終了時（59分20秒頃）

写真－4　第二回加熱試験状況写真

加熱開始

屋外側加熱火炎貫通時（40分頃）

今後の課題・展開等

本事業では、カラマツ集成材と耐熱結晶化ガラスで構成した木製片引きガラス戸について、45分間の遮炎性を確保できる仕様を明確にした。長時間加熱に対して確実に遮炎性を確保できるよう、施工の要点等をマニュアル化していくことが必要と考えられる。

さらに上位の1時間の遮炎性を確保するためには、①非加熱側木材への着火の遅延、②ガラス端部からの火炎の廻り込みの抑制、③ガラス脱落防止、④可動部框と枠の木材同士の取合い部の隙間の抑制等の措置を実施することが有効であろう。たとえば、以下の手法が考えられる。

(1) 輻射熱で高温になる部分への密度の高い木材の使用（①）
(2) 輻射熱で高温になる部分の金属板によるカバーの使用
（本事業でも一部採用済み、①）
(3) 框のガラス溝部の加熱発泡剤の追加（②）
(4) ガラス抑え金属板の両側（屋内側・屋外側）への設置（③）
(5) 可動部框と枠の木材の接続長さの確保と木材断面の拡大（④）

一方、今回、本事業で性能確保した30分・45分防火設備について、以下の技術開発が望まれる。

- 樹種の拡大（カラマツ→スギ、トドマツ等）
- 耐熱結晶化ガラス厚のスリム化（5mm厚→4mm厚）
- 框断面のスリム化
- 開閉機構の追加（引き違い戸、大開口引戸、カーテンウォール等）

事業

燃えしろ設計における製材の追加

● 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

60分を超える準耐火構造において、燃えしろ設計による製材の利活用を推進するため、スギ大断面製材の試験体について加熱試験を実施し、適切な炭化速度の設定に関する知見の蓄積を図る。

実施した項目

スギ大断面製材の試験体について、次の加熱試験を実施した。

1．小規模試験体の非載荷加熱試験（大断面製材の炭化速度を把握するための試験）

柱とはりの小規模試験体をISO834の標準加熱温度曲線に沿って加熱し、 加熱時間(60分、90分、120分、150分)後の残存断面と炭化深さを測定し、炭化速度に関するデータを得る。

2．実大試験体の載荷加熱試験（実際の性能確認試験）

小規模試験体の非載荷加熱試験の結果より、炭化速度を仮定し、加熱時間(75分、90分、120分)経過後の炭化部分を差し引いた残存仮定断面の短期許容耐力を算定する。短期許容耐力時の応力状態にて柱とはりの実大試験体を加熱し、加熱時間ごとの性能確認を行う。

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	(国土技術政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室　主任研究官)
委　員	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チーム長)
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)
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)
オブザーバー	平原章雄	(木構造振興株式会社 常務取締役)
オブザーバー	明神光幸	(株式会社ヤスジマ 営業部部長)
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　一般財団法人 日本建築総合試験所

実施した内容

（1）試験体

- 樹種　スギ　人工乾燥処理製材
- 背割り　人工乾燥前に材芯まで背割りを入れることで、木材の大きな割れを防ぎ、また木材の内部まで乾燥しやすくなった。
- 乾燥方法　中温蒸気乾燥後に、高周波減圧乾燥を実施

  中温蒸気乾燥　26日間

  （試験体№7、10、14、15、18、19、20の7本は、7日間追加乾燥実施）

  高周波減圧乾燥　9日間

  （試験体№4、6、7、9、15、18、19、20の8本は、3日間追加乾燥実施）

  乾燥工程ごとに全乾法による含水率の測定を3回実施して、含水率を10%以下に調整することができた。
- 仕上寸法

  人工乾燥によるスギ製材の収縮、変形を修正挽きするため、表1の試験体リストの仕上寸法とした。
- 背割り部分からの燃えこみを防止するため、背割り部分にAESブランケットを充填した。

  実大はり試験体については、背割り面上部はALCパネルにより隠ぺいされるため、AESブランケットは充填しない。
- 含水率

  試験に使用するスギ製材の端部よりサンプルを採取し、105℃の絶乾状態に設定した恒温器内で10～12日間かけて完全に乾燥させた後、減少重量から含水率を算定した。含水率の計算式を以下に示す。

  含水率(%)＝｛(絶乾前の重量－絶乾後の重量)／絶乾後の重量｝×100

表1　試験体リスト

NO.	種別	加熱時間(分)	目視等級区分	仕上寸法(mm)			背割り開き(mm)				含水率(%)
				幅	高さ	材長	木口元	中央	木口末	深さ	サンプル
6	小規模柱	60	スギ乙種1級	380	380	1,785	29	34	33	186	4.95
9	小規模柱	90	スギ乙種1級	380	380	1,800	27	27	30	189	4.22
10	小規模柱	120	スギ乙種1級	380	380	1,800	26	20	23	192	6.66
7	小規模柱	150	スギ乙種1級	380	380	1,800	28	26	29	182	5.52
17	小規模はり	60	スギ甲種Ⅱ1級	380	480	1,700	32	34	29	235	9.13
18	小規模はり	90	スギ甲種Ⅱ1級	380	480	1,700	27	38	36	240	4.20
20	小規模はり	120	スギ甲種Ⅱ1級	380	480	1,700	28	28	19	238	4.05
19	小規模はり	150	スギ甲種Ⅱ1級	380	480	1,700	7	9	7	241	3.94
3	実大柱	75	スギ乙種2級	380	380	3,420	30	25	28	185	7.40
1	実大柱	90	スギ乙種2級	380	380	3,420	22	14	16	193	9.67
4	実大柱	120	スギ乙種2級	380	380	3,420	20	25	24	187	3.70
15	実大はり	75	スギ甲種Ⅱ1級	360	465	5,800	28	18	21	230	3.85
14	実大はり	90	スギ甲種Ⅱ1級	360	470	5,920	13	11	15	240	7.19
13	実大はり	120	スギ甲種Ⅱ1級	380	480	5,880	42	39	35	260	9.69

（2）試験方法

1．小規模試験体の非載荷加熱試験

- 試験回数　柱１本とはり１本を同じ試験炉で同時に加熱し、加熱時間ごとに４回実施する。
- 加熱時間　ISO834 標準加熱温度曲線に沿って、それぞれ60分、90分、120分、150分加熱後に消火し、残存断面を測定する。

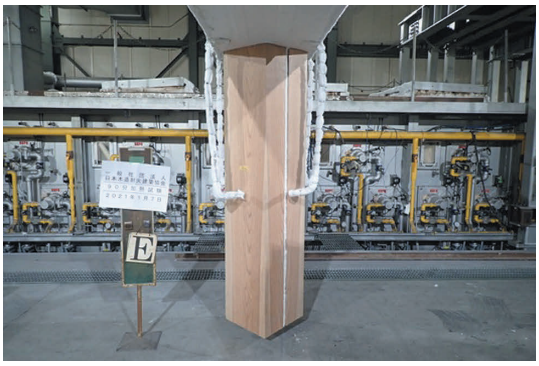


写真１　小規模柱　加熱前

写真２　小規模はり　加熱前

写真３　小規模柱　90分加熱後

写真４　小規模はり　90分加熱後

2. 実大試験体の載荷加熱試験

- 試験回数　柱またははりそれぞれ１本に、小規模試験から得られた想定加熱時間後の残存断面の短期許容耐力相当の荷重を加えた載荷加熱試験を各３回実施する。
- 加熱時間　ISO834 標準加熱温度曲線に沿って、所定の荷重を保持できなくなるまで、加熱を継続する。
- 載荷荷重　小規模試験体の非載荷加熱試験の結果より、炭化速度を仮定し、加熱時間経過後の残存断面を仮定する。残存断面の短期許容耐力分を載荷する。

写真５　実大柱　加熱前

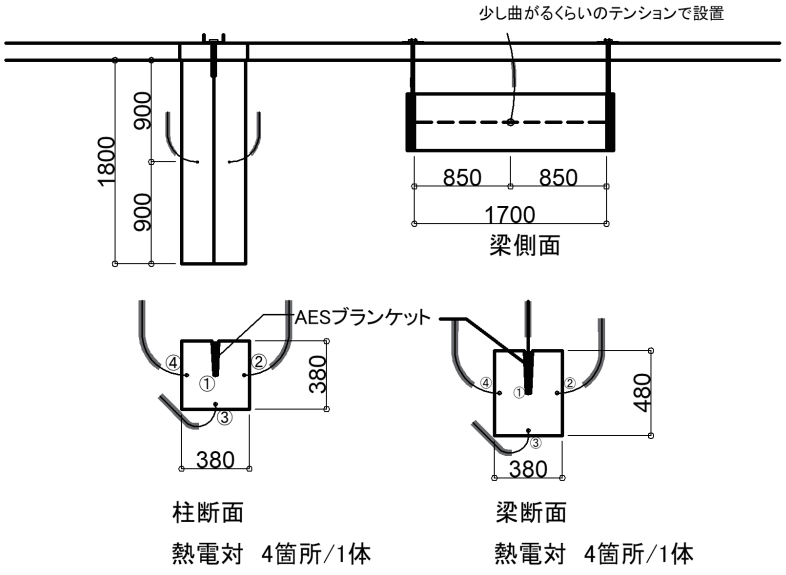
写真６　実大はり　加熱前

写真７　実大柱 75 分準耐火試験後

写真８　実大はり 75 分準耐火試験後

（３）測定項目

- 加熱温度　　ISO834 標準加熱温度曲線に準拠
- 試験体内部温度　　小規模試験体（柱・はりともに４点 / 体）
  実大試験体（柱１点 / 体、はり４点 / 体）
  計測位置は、図１・２試験体図参照
  シース熱電対 φ 3.2mm 使用
- 実大試験体 (載荷試験) の変形量
- 消火開始時間の記録
- 炭化状況
  試験終了後、全長の 1/2、1/4 位置の３ヶ所を切断し、残存断面と炭化深さを寸法測定し、炭化速度を求める。
  変形や燃え込みが発生した箇所は、断面を切断し観察する。
  １断面につき、９～11 ヶ所の残存断面と炭化深さを測定する。



熱電対は目標面から3cm以外はAES等で保護
熱電対の先端は、表面から加熱時間に応じて
30mm(60分),45mm(90分),60mm(120分),75mm(150分)埋め込む

図１　小規模試験体図

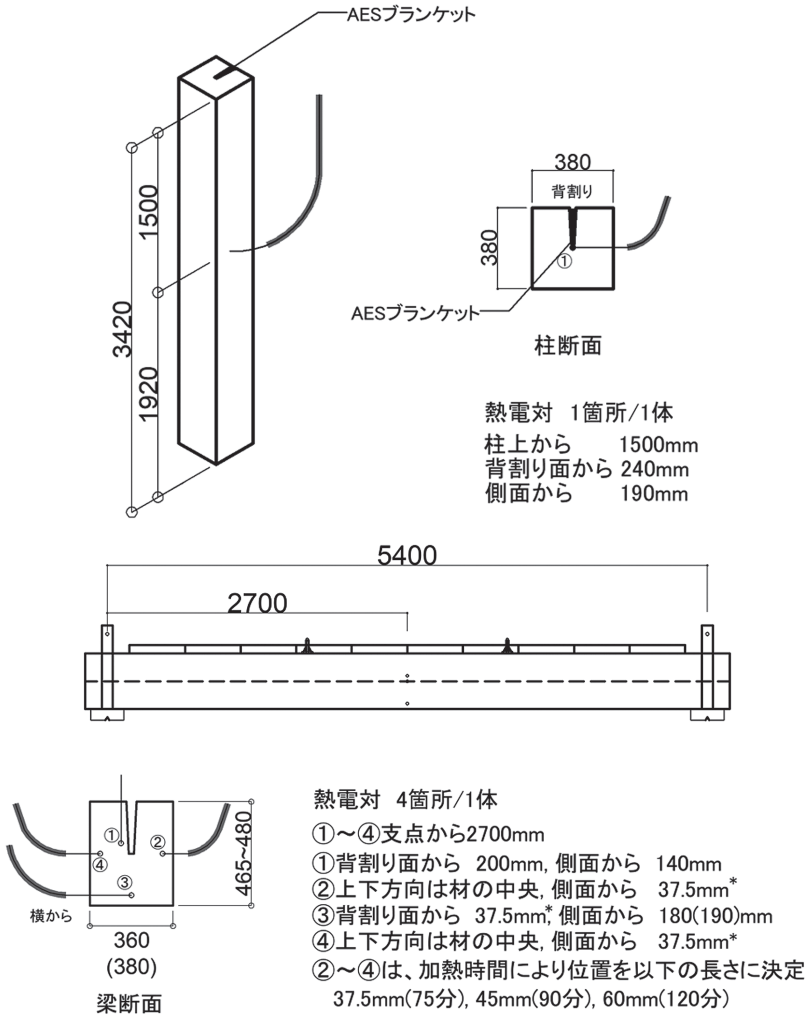


図２　実大試験体図

実施した結果

１．小規模試験体の非載荷加熱試験

表２のとおり、小規模柱60分加熱試験を除き、0.7～0.8mm/min程度の炭化速度が観察された。小規模柱試験の平均炭化速度0.78mm/min、小規模はり試験の平均炭化速度0.76mm/minとなった。

小規模柱・はり120分加熱の試験体においては、残存断面に部分的に特異な燃え残りが見られた。断面の状態より、含水率の高い部分と判断し、残存断面のサンプルより部分的に除外した。

表２　小規模柱・はり非載荷加熱試験の炭化速度

NO.	種別	加熱時間	炭化速度(mm/min)				含水率(%)
		(分)	平均値	上段	中段	下段	サンプル
6	小規模柱	60	0.90	0.90	0.90	0.88	4.95
9	小規模柱	90	0.77	0.77	0.74	0.81	4.22
10	小規模柱	120	0.71	0.69	0.71	0.74	6.66
7	小規模柱	150	0.75	0.74	0.76	0.75	5.52

NO.	種別	加熱時間（分）	炭化速度(mm/min)				含水率（%）
			平均値	東側	中央	西側	サンプル
17	小規模はり	60	0.70	0.72	0.70	0.68	9.13
18	小規模はり	90	0.77	0.78	0.76	0.77	4.20
20	小規模はり	120	0.76	0.74	0.76	0.79	4.05
19	小規模はり	150	0.80	0.82	0.79	0.80	3.94

写真９　小規模柱　90分加熱後　断面

写真10　小規模はり　90分加熱後　断面

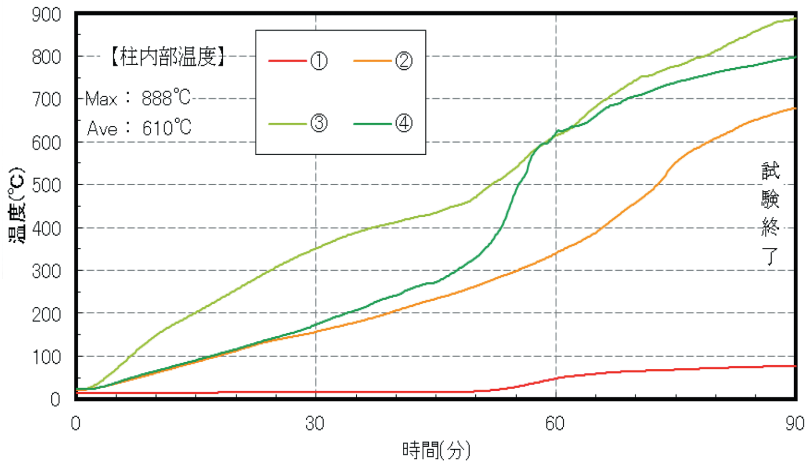


図３　小規模柱90分加熱試験の柱内部温度

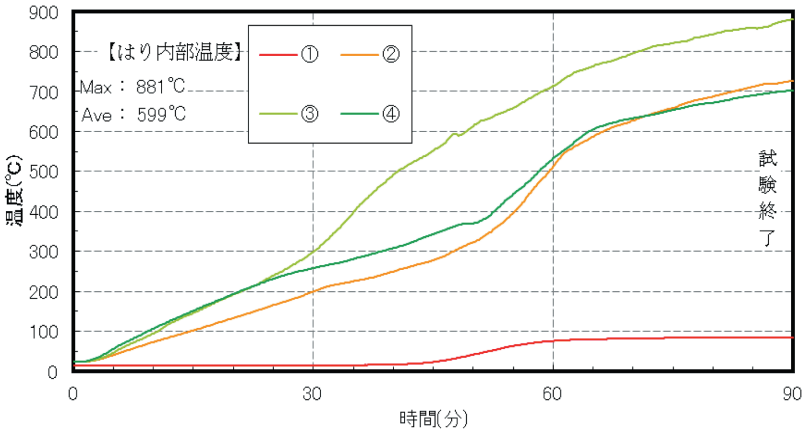


図４　小規模はり90分加熱試験のはり内部温度

※内部温度測定位置は、図１小規模試験体図を参照

2. 実大試験体の載荷加熱試験

小規模試験体の非載荷加熱試験の炭化速度データより、炭化速度0.80mm/minと仮定し、加熱時間経過後の残存断面の短期許容耐力に相当する荷重を載荷し、所定の荷重を保持できなくなるまで加熱を継続した。

表3より、実大柱試験体においては、いずれも想定の準耐火時間の経過時に、仮定炭化速度0.80mm/min分を引いた断面の短期許容耐力相当の荷重を支持することが確認できた。試験終了後の解体断面より、実大柱75分、90分準耐火仕様試験体において、仮定炭化速度0.80mm/minよりも断面が多く残る結果となった。実大柱120分準耐火仕様試験体では、亀裂による部分的な燃え込みがあり、炭化の進行が見られた。加熱前の試験体の表面には割れや節などが見られなかったため、人工乾燥や載荷加熱試験の過程で亀裂が発生して、燃え込んだ可能性が考えられる。他の部分は75分、90分と同様に、仮定炭化速度よりも多く断面が残っていた。

実大はり90分、120分準耐火仕様試験体においては、想定の準耐火時間を経過しても、仮定炭化速度0.80mm/min分を引いた断面の短期許容耐力相当の荷重を支持することが確認できた。試験終了後の解体断面より、仮定炭化速度0.80mm/minよりも断面が多く残る結果となった。ただし、実大はり75分準耐火仕様試験体においては、想定の準耐火時間75分より短い71分で所定の荷重を保持できなくなり、試験終了となった。試験体には載荷点付近に亀裂が発生しており、破壊箇所付近の断面を観察したところ、対角線上に大きな亀裂が確認できた。加熱直前の載荷時には表面に割れは確認できなかったため、亀裂がもともと内部に存在していたか、燃え進む過程で生じた可能性が考えられる。

表3　実大柱・はり載荷加熱試験の炭化速度

実大柱載荷加熱試験（目視等級区分：スギ乙種2級）

NO.	準耐火時間（分）	崩壊時間（分）	載荷荷重（kN）	炭化速度(mm/min)				含水率（%）
				平均値	上段	中段	下段	サンプル
3	75	120.5	767.5	0.70	0.70	0.72	0.68	7.40
1	90	141.3	596.5	0.64	0.64	0.65	0.64	9.67
4	120	137.5	315.6	0.85	0.96	0.75	0.85	3.70

実大はり載荷加熱試験（目視等級区分：スギ甲種Ⅱ1級）

NO.	準耐火時間（分）	崩壊時間（分）	載荷荷重（kN）	炭化速度(mm/min)				含水率（%）
				平均値	北側	中央	南側	サンプル
15	75	71.0	64.5	0.83	0.84	0.84	0.81	3.85
14	90	139.2	56.0	0.63	0.68	0.60	0.59	7.19
13	120	157.7	45.3	0.66	0.64	0.66	0.68	9.69

写真11　実大柱75分
準耐火仕様　試験後断面

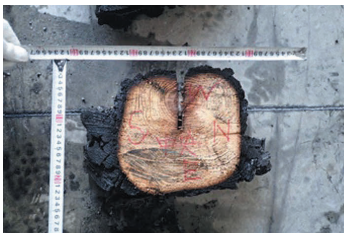


写真12　実大柱90分
準耐火仕様　試験後断面

写真13　実大柱120分
準耐火仕様　試験後断面

写真14　実大はり75分
準耐火仕様　試験後断面

写真15　実大はり90分
準耐火仕様　試験後断面

写真16　実大はり120分
準耐火仕様　試験後断面

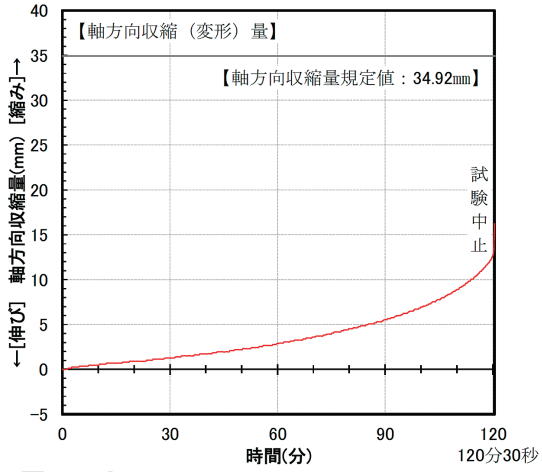


図5　実大柱75分準耐火仕様
軸方向収縮量

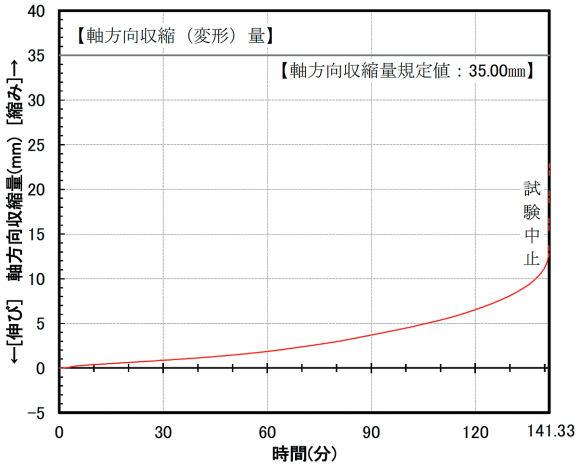


図6　実大柱90分準耐火仕様
軸方向収縮量

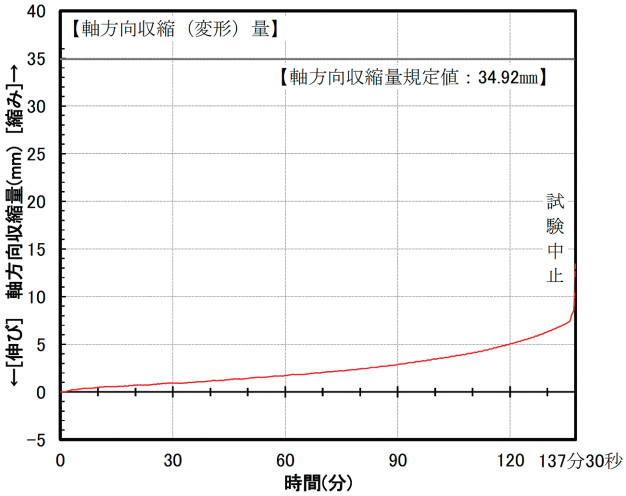


図7　実大柱120分準耐火仕様
軸方向収縮量

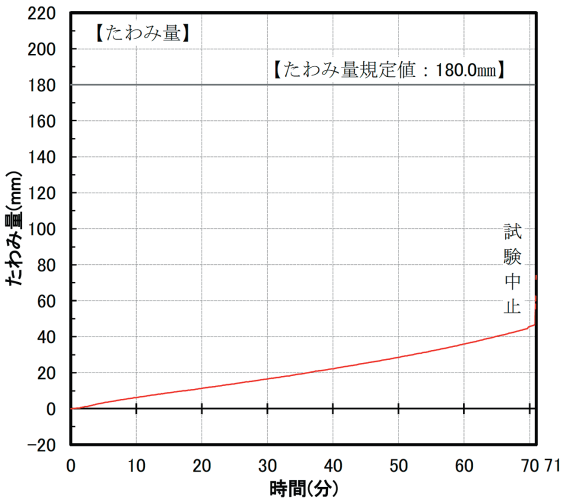


図８　実大はり 75 分準耐火仕様
たわみ量測定曲線

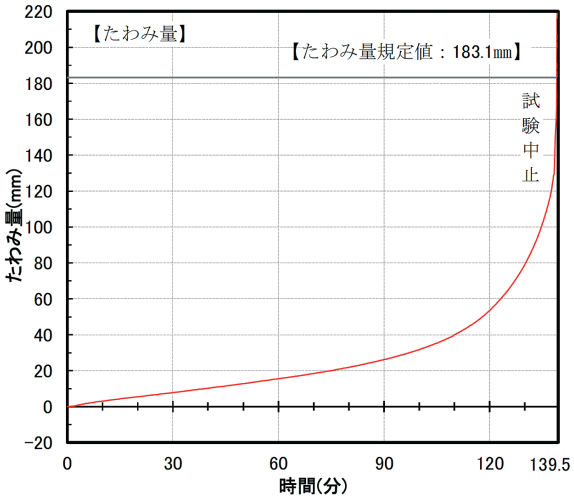


図９　実大はり 90 分準耐火仕様
たわみ量測定曲線

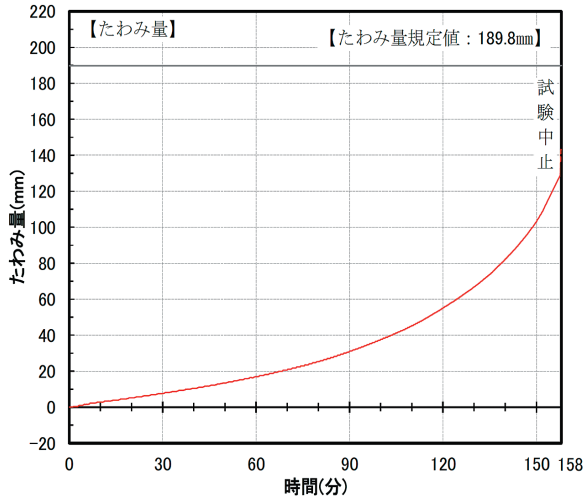


図 10　実大はり 120 分準耐火仕様
たわみ量測定曲線

今後の課題・展開等

- 本試験結果に基づき、60 分以上の準耐火の燃えしろ設計を行う上では、今回設けた背割りや、節などの欠点についての耐火処置の手法、適用条件を明確にする必要がある。
- 燃えしろ設計における炭化速度 0.8㎜ /min 仮定は大断面でも適用可能と考えられるが、具体的な適用範囲策定の必要がある。
- JAS 規格の大断面製材の製造、利用にあっては、含水率 20%、15%にする必要があるが、目標値に乾燥するためには背割り、乾燥スケジュールなど仕上げまでに留意すべき点が多い。
- 大断面の製材では、内部の割れなどの欠点を含む可能性があり、外観からは確認できない場合もあるため、欠点の改善方法や非破壊での確認方法などが確立できることで、安心して大断面の製材の燃えしろ設計が可能になる。

事業

CLTの消費拡大を目的とした土木分野への活用研究

● 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

2019年CLTの年間製造量はおよそ15,000㎥となった。製造開始からこの間、建築分野での利用を推進してきたが、今後さらに消費拡大を目指すためには他の分野への活用研究が必須である。ついては、海外での利用実績のある土木分野について、国内で行われている試験研究などの取組を調査・整理して考察する。

実施した項目

①既往の物件調査
②既往の研究整理と技術開発の確認
③利用方法の検討

実施体制

■CLTの消費拡大を目的とした土木分野への活用研究委員会

委員長	佐々木貴信（北海道大学大学院）
委員	林　　知行（秋田県立大学）
	渡辺　　浩（福岡大学）
	平沢　秀之（函館工業高等専門学校）
	宮武　　敦（国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所）
	大橋　義徳（地方独立行政法人北海道立総合研究機構林産試験場）
	荒木　昇吾（服部エンジニア株式会社）
	佐々木幸久（山佐木材株式会社）
	孕石　剛志（銘建工業株式会社）
オブザーバー	南　　博晴（真庭市）
	築山　林士（真庭市）
	金子　尚公（高知県）
	福本　和睦（高知県）
	宮内　輝久（地方独立行政法人北海道立総合研究機構林産試験場）
	笹原　利文（山佐木材株式会社）
行政	石塚　洋介（林野庁）
	武井　量宏（林野庁）
	藤本　達之（内閣官房）
	福島　純（内閣官房）※2020年10月～
事務局	平原　章雄（木構造振興株式会社）
	原田　浩司（木構造振興株式会社）
	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）
	天沼千亜希（一般社団法人 日本CLT協会）

実施した内容

本事業の検討委員会を設置し、以下の項目を実施した。

①既往の物件調査

CLT床板を用いた林道橋や農道橋の、腐朽度合いや傷み等の調査を行った。秋田県にて施工された、仕様の異なる４橋（施工後、２～３年が経過）を対象とした。

また、真庭市と高知県を対象に、土木分野における木材利用についてのヒアリング調査を行った。

②既往の研究整理と技術開発の確認

技術・研究成果を持つ、検討委員会の各委員より情報を収集し整理した。

③利用方法の検討

上記の結果に基づき土木分野におけるCLTの利用について調査・整理・検討した。

CLT床版橋調査の様子(1)

CLT床版橋調査の様子(2)

実施した結果

①既往の物件調査

CLT床板を用いた林道橋や農道橋の調査では、対象の４橋の腐朽度合いや傷み等を確認し、部材単位および橋全体の健全度をそれぞれ４区分で評価した。結果は、いずれも「Ⅰ：健全」または「Ⅱ：予防保全段階」と判定され、早期または緊急に措置を講ずべき状態の橋はなかった。変状が見られた部分については、課題の抽出を行った。

土木分野における木材利用についてのヒアリング調査では、真庭市と高知県より、治山ダム、木柵、残存型枠、橋梁の事例について、費用や木材処理、現在の損傷状況等の情報を収集した。

②既往の研究整理と技術開発の確認

下記の情報を収集・整理した。

- CLT床版橋の研究（ラッピング技術、床版・防護柵の設計、床版と主桁の接合技術、CLTの強度、CLTの運搬・施工　等）
- 耐久性（評価方法、木材保存剤を用いた保存処理　等）
- 秋田県のCLTの取組み（普及啓発、強度データの収集･分析、新たなCLT製品製造の技術開発　等）
- 土木利用事例（CLTによる敷鉄板代替え、CLT防音壁、防災対策と災害対応における木材利用　等）

③利用方法の検討

土木分野でのCLT活用については、現時点でも、CLTの特徴（鉄やアスファルトに比べ軽い、等）がメリットとなる場合は、CLT採用の可能性がある。しかし、そういった用途だけではCLT消費量は

限定される。炭素貯蔵効果により気候変動緩和に貢献できる等、他の観点からのアプローチも必要である。

また、一般的に利用されるためには、他の素材とのコスト比較も欠かせないが、情報が不十分である。保存処理費や設置後の維持管理費等を含めたトータルコストが出せるよう情報収集をする。同時に、CLTのコストを下げる検討も進める。

別紙2　点検表記録様式　（その1）

(1)橋梁名・所在地・管理者等　作成日：2020/10/25

橋梁名		路線名		所在地			位置情報	
CLT1号橋				秋田県仙北市田沢湖			39° 42'31.0"N 140° 41'26.7"E	
構造形式	使用区分	橋長	全幅員	竣工年	供用年数	路下条件	代替路線	占用物件
桁橋	林道橋	9.0m	3.86m	2017.3	3	河川		
管理者	補足事項	点検者		点検責任者		点検実施年月日		次回予定
秋田県仙北地域振興局 農林部		(公財)秋田県木材加工推進機構		浜野 達朗		2020.10.5		

(2)維持管理の履歴

実施(年・月)	対策の概要(部材の交換，再塗装，補強材の設置等)	工費(千円)	請負
2019年10月	ウレタンコーティング地覆の補修		

(3)部材単位の診断結果(部材の最悪値を記入)

点検時							措置後	
部材 / 部位		使用材料(樹種及び防腐仕様)※	判定区分	損傷の種類	点検方法	損傷写真	再判定区分	実施年月日
上部構造	主桁・主構	H形鋼	I		目視			
	横桁	H形鋼	I		目視			
	床版・床組	スギ、4種類での処理、資料あり	II	われ	目視・触診	PIC.1～2		
下部構造	橋台	RC	I		目視			
支承部								
その他	地覆	スギ、4種類での処理、資料あり	II	獣害・われ	目視	PIC.3～9		

※建設時の資料がある場合は「資料あり」，資料がなく現地状況からの推定である場合は「推定」，判断がつかない場合は空欄とする．

(4)橋ごとの健全性の診断(判定区分Ⅰ～Ⅳ)

点検時		措置後	
判定区分	所見等	再判定区分	実施年月日
I	ウレタンコーティングされた床版の木口面に微少なわれが4箇所あり、雨水がしみこむ恐れがある。		

※判定区分　Ⅰ：健全，　Ⅱ：予防保全段階，　Ⅲ：早期措置段階，　Ⅳ：緊急措置段階

CLT橋調査の記録の例（CLT1号橋）

防腐対策についての情報収集の例（CLTのラッピング）

今後の課題・展開等

土木分野にて広くCLTが選択されるよう、他素材とのコスト比較や、土木用CLTの開発によるCLTの低コスト化の検討を行う。また、炭素貯蔵効果等による気候変動緩和への貢献の学術的な評価や、木材利用サイクルの中に土木利用を組込む検討等に取組み、CLTの消費拡大につなげる。

事業

「CLT晴海プロジェクト」における広報・普及活動（継続）

● 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

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」が始動。この建物は2019年12月から2020年9月までの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展示物件であり、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。

「CLT PARK HARUMI」外観

実施した項目

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

①国産材を用いたCLTを現しに表現した「CROSSING FOREST」（昨年度設営した屋内展示場）を更に魅力的にCLTアート作品と火災に対する安全性などを啓蒙した性能編動画を演出。

②新型コロナ感染症対策の一環で首長連合イベントとしてWEB動画イベントを開催し、よりCLTの認知度・好感度を高める活動を行う。

＜木のオブジェ＞

＜お客様来場風景＞

＜広告写真（電車、駅貼り、郵便局等）＞

地下鉄車内広告

地下鉄車内広告

駅貼り広告（地下鉄構内）

郵便局内広告

実施体制

●事業主体（企画・監修）

一般社団法人　日本CLT協会：CROSSING FOREST「展示ブース」
三菱地所株式会社：CLT PARK HARUMI
NPO法人team timberize
CLTで地方創生を実現する首長連合

●制作・運営

（有）エヴリマンジャック
（株）建報社

●行政

林野庁、国土交通省、環境省、内閣官房

●事務局

一般社団法人　日本CLT協会

以上の委員構成で実行委員会とした。

実施した内容

実行委員会でそれぞれの立場から意見を頂き、製作･展示を行いつつ新たなCLTの性能編動画も放映し、展示館のブース名「CROSSING FOREST」にふさわしい家族で遊んだり、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

昨年来、国産材でのブース「CROSSING FOREST」を活用し、現しにより木材の柔らかさ、安らぎ感などCLTの魅力を発信すると同時に、加えてCLTアートや木のおもちゃを展示し、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

新型コロナウイルス感染症対策の徹底を図り、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にした。

③集客方法

1）インターネット広告として「CROSSING FOREST」を家族でお出かけサイト「いこーよ」に掲載し集客を図った。
2）東西線・大江戸線（地下鉄）のまど上ポスターを掲載した。
3）大江戸線「勝どき駅」の駅貼りポスターを掲載した。
4）半径３キロ圏内の郵便局にB2サイズポスターを掲載した。
5）「CLTで地方創生を実現する首長連合」WEBイベントとして建築家原田真宏様とみどりの女神（ミス日本）対談や工作教室、CLT基礎学習、全国のCLT建築探訪などのイベントを開催。
6）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ーグッズを配布して回収率を高めた。
7）「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。

＜コロナ対策＞

コンシェルジュはマスク・フェイスシールド着用

1時間に1度施設内の除菌を実施

マスク・検温・消毒の徹底

実施した結果

1．CROSSING FOREST　実績（2020年6月6日～2020年9月30日）

①来場人数

組数	1,983組
大人	2,854名
子供	2,360名

合計5,214名

累計（2019年12月14日～2020年9月30日）

組数	7,200組
大人	9,961名
子供	7,846名

合計17,807名

②アンケート回収枚数（2020年6月6日～2020年9月30日）

117件

集計結果

1．CLTを知っていましたか
　はい　35.0%　　いいえ　65.0%
2．街に木造建築が増えるといいと思いますか。
　はい　94.87%　　いいえ　5.13%
（はいと答えた方のキーワード）
＊暖かい・温もり：27件
＊匂い・香り：7件
＊自然：8件

トータル（2019年12月14日～2020年9月30日）

745件

集計結果

1．CLTを知っていましたか
　はい　35.3%　　いいえ　64.7%
2．街に木造建築が増えるといいと思いますか。
　はい　93.8%　　いいえ　6.2%
（はいと答えた方のキーワード）
＊暖かい・温もり：138件
＊匂い・香り：70件
＊自然：70件

『WEB広告 お出かけサイト「いこーよ」』

施設ページ　アクセス数
　2020年4月1日～2020年9月20日　60,978回
トータル施設ページ　アクセス数
　2019年12月23日～2020年9月20日　118,783回

バナー広告　クリック数
　2020年　7月1日～2020年9月20日実施分　43,878回
　2019年12月24日～2020年3月27日実施分　38,698回
トータルバナー広告　クリック数　82,576回

<いこーよ施設紹介ページ>

<建築家原田真宏様とみどりの女神インタビューを放映>

特設WEBサイト 「CLTから見える未来 ～その誕生から現在をWebで体験!!」

CLTで地方創生を実現する首長連合を中心に、CLTを広く知ってもらうため、令和2年11月1日特設WEBサイト「CLTから見える未来～その誕生から現在をWEBで体験」をオープンした。

CLT 建築を多く手がける建築家
原田真宏氏インタビュー
（CROSSING FORESTにて撮影）

＜野上農林水産大臣とみどりの女神インタビューを放映＞

野上浩太郎農林水産大臣に2020ミス日本みどりの女神がCLTについてお伺いした

もり・まち・ひとの交差点
シー・エル・ティー
Cross Laminated Timber

今後の課題・展開等

アンケート調査「街に木造建築が増えるといいと思いますか。」のうち約６％の方が「火災に対する懸念」が見られたため、「CLTの性能編」動画を作成し、火に対する安心感を得るために流した結果、「火災に対する懸念」は約半減した。しかし、ゼロにはならず、CLTに限った課題ではないにせよ、今後も継続して火災に対する意識付けが必要だと感じた。

新型コロナ感染症拡大するなか、多くの方にご覧いただけた事、又、WEB告知「いこーよ」閲覧の多さ等、時代を象徴する媒体にお客様のニーズが多かった事などから、首長連合集客イベントを当初、現地で開催する事を中止し、WEBイベントに変更した点は正解であったと思う。

更なる、WEB告知の必要性を感じ、今後の展開に役立てたい。

事業

スギ無垢大断面製材品の乾燥及び防耐火試験

● 実施団体 ●

福島県木材協同組合連合会

〒960-8254　福島県福島市中町5-18 福島県林業会館

事業目的

戦後造林されたスギ・ヒノキなどの造林木が50年以上を経過しても未だ利用されず徐々に大径化してきており、無垢構造用製材としての利活用が求められてきている。
一方、非住宅分野に使われている木材は、品質が明確で施工性に優れている集成材等のエンジニアリングウッドに目が向けられ、無垢大径材にはまだ課題が多く利用が進んでいない状況にある。
今回、無垢大断面製材品利活用における最大の課題である人工乾燥の試験に取り組み、さらに3・4階建非住宅木造施設の構造材として使用するには、防耐火性能の検討も必要なことからこれら項目について試験に取り組んだ。

実施した項目

本事業の検討委員会を設置し、委員の意向を取り入れながら無垢大断面製材品の乾燥及び防耐火試験を実施した。

①試験材
　福島県産スギ製材品36㎝正角、長さ4m
②人工乾燥試験
　蒸気乾燥と高周波減圧乾燥を組み合わせて実施
③防耐火試験
　「準耐火性能試験・評価方法」に基づく75分準耐火性能試験

実施体制

■事業主体
　総括・経理　福島県木材協同組合連合会
■製材・人工乾燥
　(協)いわき材加工センター、(株)荒川材木店（いわき市）
■防耐火試験材の調整
　(株)ダイテック（いわき市）
■ 防耐火試験
　(一財）日本建築総合試験所 試験研究センター（大阪府池田市）

実施した内容

供試した試験材は福島県いわき市産材スギ丸太12本を長さ4.1m　断面39㎝の正角に製材し、人工乾燥を行い、その中から防耐火試験には2本を選定・供試した。(写真①参照)

①人工乾燥試験
　材の表面割れを抑制するため、蒸気式高温（120℃）セット乾燥で40時間とその後中温乾燥（90～70℃）で14日間乾燥。
　材内部の水分を引き出すため高周波減圧乾燥を6日間実施。(写真②参照)

②防耐火試験

含水率15%以下の試験材２本を（一財）日本建築総合試験所試験研究センター（大阪府池田市）に搬入し、「準耐火性能試験・評価方法」に基づく75分準耐火性能試験を実施（写真③参照）

①防耐火用試験材（２本）

②高周波減圧乾燥（奥の乾燥釜）

③防耐火試験（燃焼前）

実施した結果

①人工乾燥試験

蒸気式高温セット乾燥により材の表面割れは抑制された。

人工乾燥実施後の平均含水率は約19%であり、目標の含水率15%に達しなかったことから、高周波減圧乾燥でさらに６日間再乾燥を行った。

②防耐火試験材の選定

乾燥を終了した含水率測定試験材以外の１１本の試験材についてFTTアナイザー（木口面打撃）と実大強度試験機により曲げヤング係数を測定し、Ｅ７０となった２本の試験材を選定した。（No.１及びNo.11）（写真①②参照）

①FTTアナライザーによるヤング係数の測定

②実大強度試験機によるヤング係数の測定

表：試験材１１本の寸法及びヤング係数

NO	材厚(mm)	材幅(mm)	長さ(mm)	V	W(kg)	密度	FTTアナライザー		実大強度試験機	
							Hz	ヤング係数	ヤング係数	E
1	370.0	370.0	4118.0	563754	208.80	0.37	600	9.04	7.00	E70
2	370.0	370.0	4094.0	560469	178.70	0.32	570	6.95	5.46	E50
3	370.0	370.0	4125.0	564713	188.80	0.33	500	5.69	5.60	E50
4	370.0	370.0	4079.0	558415	202.30	0.36	600	8.68	5.88	E50
5	370.0	370.0	4101.0	561427	170.10	0.30	540	5.94	5.02	E50
6	370.0	370.0	4115.0	563344	203.40	0.36	500	6.11	5.64	E50
7				0		#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	—	
8	370.0	370.0	3767.0	515702	160.80	0.31	590	6.16	5.35	E50
9	370.0	370.0	4189.0	573474	197.40	0.34	500	6.04	5.57	E50
10	370.0	370.0	4193.0	574022	184.60	0.32	600	8.14	5.78	E50
11	370.0	370.0	4158.0	569230	221.40	0.39	600	9.68	6.73	E70
12	370.0	370.0	3814.0	522137	209.10	0.40	600	8.39	6.27	E70
AVG	370	370	4068.5	510557	193.22	#DIV/0!		#DIV/0!		
STD			142.59	161858	18.39	#DIV/0!		#DIV/0!		
CV			3.50	31.70	9.52	#DIV/0!		#DIV/0!		

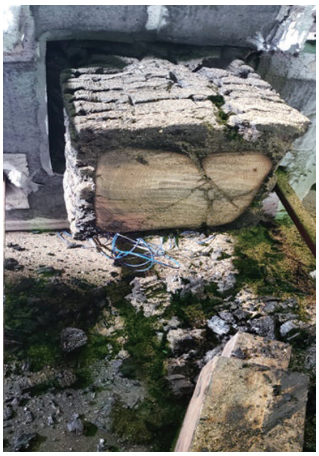
③防耐火試験

選定した２本の試験材の寸法を長さ3,428mm　一辺360mmに調整した。

含水率はそれぞれ　9.83%、10.58%であった。

試験体Ａ：933.8KNの荷重をかけ燃焼したところ、73分50秒で加重支持力が急激に低下し、座屈が発生したので載荷加熱を停止した。

試験体Ｂ：603.1KNの荷重をかけ燃焼したところ、座屈等の変化は生じなかったことから96分間載荷加熱を継続した。（写真③④⑤参照）



③④⑤防耐火試験（燃焼後）

今後の課題・展開等

今回防耐火試験を実施した２本の試験体のうち１本が途中で座屈し、試験を停止したことから再試験を行うこととした。

今年度の結果を受けて開催した第２回検討委員会では次の様な意見が出された。

○ 防耐火試験には材の表面割れより内部割れが大きく影響する。

○ 含水率が低いと燃える速度が速くなる。過乾燥にならないよう含水率15%程度にとどめることが必要。

再試験に向けて

①乾燥方法

材内部の割れが防耐火試験への影響が大きいことから 内部割れの発生が起きる蒸気式高温乾燥によるセット乾燥は行わないで次の方法で行う。

○ 内部割れの発生が起きる蒸気式高温乾燥によるセット乾燥は行わない。

○ 高周波減圧乾燥のみで実施

○ 初期に高周波減圧乾燥を行い、蒸気式中温乾燥と組み合わせる。

②防耐火試験

前回同様の方法で行うこととしているが荷重については検討中。

事業

接着重ね材の利用を中大規模木造建築物へ拡大するための実験的検証

―準耐火構造性能（耐火時間75分）と品質管理曲げ試験手法の検証

● 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

令和元年に防耐火関連告示が改正されたことにより、より多くの木造建築物で燃えしろ設計を行えば主要構造部でも現し仕上げとすることが可能となった。新たな木質材料であり比較的容易に大断面部材の供給が可能な「接着重ね材」は、燃えしろ設計により75分の準耐火構造を要求される規模の建築物でも採用できるようになれば、より一層利用の促進が見込まれる。そこで、接着重ね材を対象とした準耐火性能試験を行い、告示に示された燃えしろ寸法と残存断面寸法が接着重ね材に適用することが可能かを検証する。

また、接着重ね材の日本農林規格では、品質管理項目として実大曲げ試験が要求されており、５段重ねなど断面によっては実大試験で10mを超える材長が必要となるため、代替試験として実大と同じ構成としたモデル抽出による曲げ試験方法の妥当性を検証するための試験を行う。

実施した項目

①75分準耐火構造性能検証試験

下記試験体の75分準耐火構造性能検証試験の実施及びその検証を行った。

柱試験体：1体，梁試験体：1体

②製品のモデル化試験の検証

品質管理試験のうち製品曲げ試験のモデル検証試験として下記を行った。

- 樹種： スギ ，心持ち・心去り，種別：非対称異等級構成接着重ね材
- 樹種：カラマツ，心持ち・心去り，種別：非対称異等級構成接着重ね材

製品試験：計24体，モデル試験：計24体，モデルラミナ試験：計48体

実施体制

■R2年度接着重ね材JAS検討委員会

委員長　大橋　好光　（東京都市大学　名誉教授）
委　員　小野　　泰　（ものつくり大学　技能工芸学部建設学科　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）
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）

■R2年度接着重ね材JAS検討WG

委員長　大橋　好光　（東京都市大学　名誉教授）
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、佐々木　滋樹、橋田　登、花井　勉、山根　光

実施した内容

①75分準耐火構造性能検証試験

接着重ね材の75分準耐火構造検証試験として、有効断面に長期相当の荷重を柱は鉛直面に1点載荷とし、梁は3等分点2点載荷とした防耐火試験を行った。試験は（一財）建材試験センターの「防耐火性能試験・評価業務方法書」に準じて行い、加熱時間は75分×1.2=90分とした。試験体を下記、図1及び写真1に示す。なお、燃えしろ層の寸法は接着剤（エポキシ樹脂接着剤，フェノール樹脂以外）を考慮し75分準耐火構造の85mmを想定した。

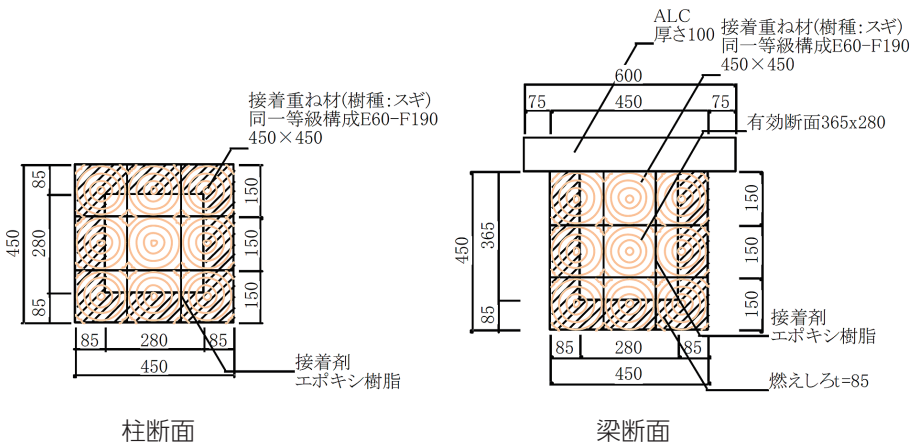
梁：同一等級構成接着重ね材E60-F190　スギ　450×450×5100
柱：同一等級構成接着重ね材E60-F190　スギ　450×450×3300

②製品のモデル化試験の検証

接着重ね材の品質管理試験として要求されているモデル試験として、以下に示す曲げ破壊試験を実施し比較することでモデル化の妥当性を検証した。

曲げ破壊試験の試験体は、製材を積層接着した2段重ねの非対称異等級構成接着重ね材を基準とし、同等の性能となるよう製品用製材とモデル試験体用の製材をヤング係数でマッチングする。モデル試験体用製材は半分に分割してそれぞれをモデル試験体用ラミナ（以降「モデルラミナ」という）と性能確認用ラミナとし、製品、モデル試験体、及びモデルラミナの各々を曲げ試験体とした。抽出方法を図2に、試験体数を以下に示す。

- 樹種：　スギ　，種別：非対称異等級構成接着重ね材，
  心持ち材・心去り材
  製品試験体：各6体，モデル試験体：各6体，モデルラミナ試験：各12体
- 樹種：カラマツ，種別：非対称異等級構成接着重ね材，
  心持ち材・心去り材
  製品試験体：各6体，モデル試験体：各6体，モデルラミナ試験：各12体



柱断面　　梁断面

図1. 75分準耐火構造性能検証試験の試験体概要

柱断面

梁断面

写真 1.75 分準耐火構造性能検証試験実施写真

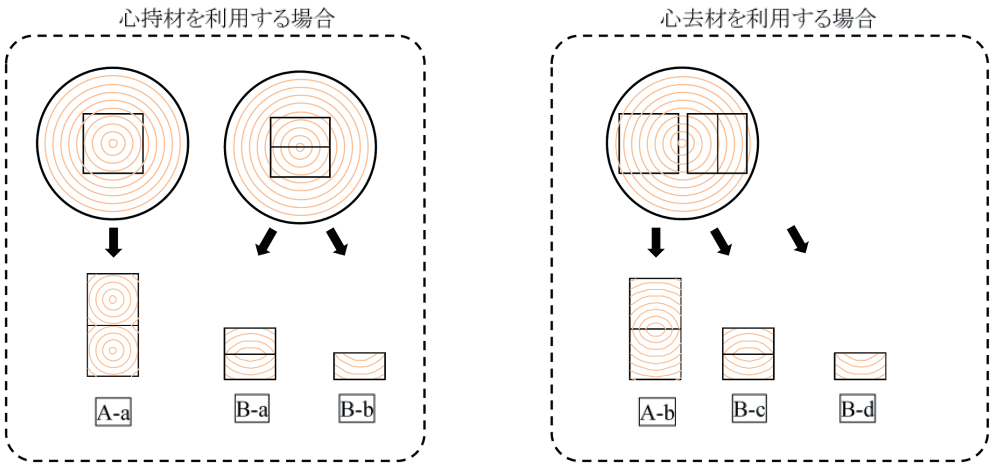


図 2. モデル化試験体の抽出方法

実施した結果

①75 分準耐火構造性能検証試験

判定は柱・梁それぞれで (一財) 建材試験センターの「防耐火性能試験・評価業務方法書」に準じて行った。併せて、燃えしろ寸法について妥当な寸法の確認を行った。

■性能検証の判定

□柱試験体の試験結果 (90 分加熱終了時)　写真 2

最大軸方向収縮量　　1.4mm ＜ h/100=33mm…ok

最大軸方向収縮速度　　0.1mm/min 未満＜ 3h/1000=9.9mm/min…ok

□梁試験体の試験結果 (90 分加熱終了時)　写真 3

最大たわみ量　　9.2mm ＜ L2/400d=178.2mm　…ok

最大たわみ速度※たわみ量が L/30=170mm を超えていないため判定しない

※ h= 柱試験材長 ,L= 梁試験支点間距離 ,d= 有効梁せい

→柱、梁共に規定変形量以内であったことから、75 分準耐火構造として設計が可能であると判断できた。

■残存寸法の確認

□柱試験体の試験結果(消火終了時(加熱開始より100分経過後))　写真2

最大燃えしろ寸法　　(450-303)/2=73.5mm

燃えしろ設計寸法　　85mm →柱の燃えしろ寸法は十分余裕がある。

□梁試験体の試験結果(消火終了時(加熱開始より100分経過後))　写真3

最大燃えしろ寸法(幅)　　(450-305)/2=72.5mm

(せい)　　450-378=72mm

燃えしろ設計寸法　　85mm →梁の燃えしろ寸法も十分余裕がある。

→梁、柱共に必要燃えしろ寸法以内の炭化寸法であった。

⇒以上より、告示における集成材のフェノール樹脂以外の接着剤利用時と同等の必要燃えしろ寸法として設計が可能であると判断できた。

写真2.柱試験

写真3.梁試験

②製品のモデル化試験の検証

■プレ検討

心去り材・心持ち材を用いた場合の同一等級区分構成E70-F200、対称異等級構成E75-F210、及び非対称異等級構成接着重ね材E80-F240において検証を行った。検証は、「ラミナを任意配置した場合の力学的特性」(木質構造基礎理論P.77参照)による計算(終局時の中立軸の変動がないものと仮定)を用い、製材のヤング係数は縦振動法による測定値を用いることから製材内のヤング係数分布も考慮したモデルも合わせて、製品(実断面)とモデル(材せい300に縮小)の比較を行った(図.3)。

表1の結果より、エレメントに一律のヤング係数を想定した場合で、ヤング係数及び曲げ破壊係数は変化なく、エレメントのヤング係数分布を考慮して分割した場合のヤング係数は製品とモデルで概ね変化は生じなかったが、強度性能は製品の方が大きく低下する傾向にあることが確認できた。

■試験結果

製品試験体とマッチングしたモデル試験体で、プレ検討と同様の傾向になるか、試験結果を比較した。スギ試験体におけるヤング係数及び曲げ強度の製品 / モデルの比率を図４に示す。計算結果の比と試験結果の比は近くなったことから、試験結果に対する計算値は概ね正しく評価できたと考えられる。しかし、プレ検討における理想的な製品 / モデルの比率よりも実際の試験の比率の方が高く出る傾向にあった。ばらつきが大きいことから試験体数を増やして、モデル試験体に対して何らかの補正係数を考慮して評価するのが妥当だと思われる。図５にはカラマツ試験体での比率を示すが、スギと同様の傾向がみられた。

以上より、図６に示す方法をモデル試験体の品質管理方法として運用したい。今後、品質管理手法、補正係数の設定のためにさらなる追加検討を行っていく予定である。

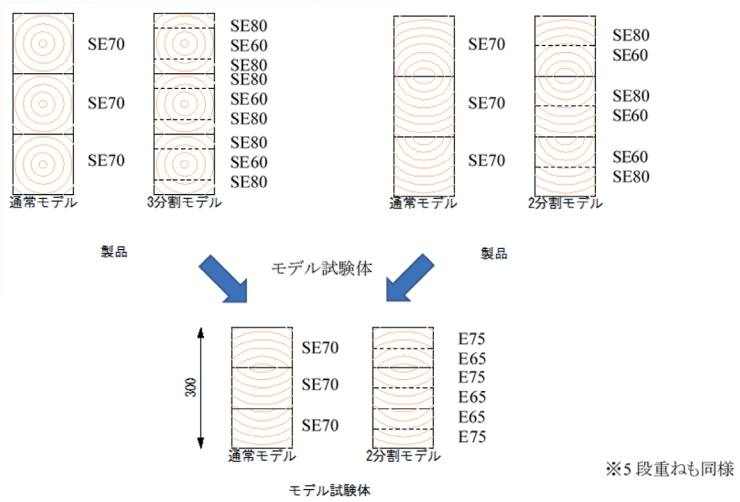


図 3. 検証モデル (同一等級構成) の例

表 1. 製品とモデルの性能比検証結果

同一等級構成 (計算結果)

		分割数	150x450 (150角3段) E70-F200		150x750 (150角5段) E70-F200	
			E kN/mm²	F N/mm²	E kN/mm²	F N/mm²
製品	心持ち	1	6.65	20.14	6.65	18.95
		3	6.73	17.48	6.68	17.11
	心去り	1	6.65	20.14	6.65	18.95
		2	7.09	19.25	6.94	18.08
モデル		1	6.65	20.14	6.65	18.95
		2	6.87	18.95	6.79	18.09
補正係数	心持ち3/モデル2		0.98	0.98	0.98	0.98
	心去り2/モデル2		1.03	1.03	1.03	1.03

対称異等級構成 (計算結果)

		分割数	150x450 (150角3段) E75-F210		150x750 (150角5段) E75-F210	
			E kN/mm²	F N/mm²	E kN/mm²	F N/mm²
製品	心持ち	1	8.53	19.89	8.18	17.56
		3	8.61	17.19	8.21	15.08
	心去り	1	8.53	19.89	8.18	17.56
		2	8.95	21.02	8.46	17.48
モデル		1	8.53	19.89	8.18	17.56
		2	8.73	20.63	8.31	17.37
補正係数	心持ち3/モデル2		0.99	0.83	0.99	0.87
	心去り2/モデル2		1.03	1.02	1.02	1.01

非対称異等級構成(計算結果)

		分割数	150x450(150角3段) E80-F240		150x750(150角5段) E80-F240	
			E kN/mm^2	F N/mm^2	E kN/mm^2	F N/mm^2
製品	心持ち	1	7.51	18.13	7.53	17.14
		3	7.59	11.16	7.56	10.14
	心去り	1	7.51	18.13	7.53	17.14
		2	7.96	15.76	7.82	12.65
モデル		1	7.51	18.13	7.53	17.14
		2	7.73	15.51	7.67	12.32
補正係数	心持ち3/モデル2		0.98	0.72	0.99	0.82
	心去り2/モデル2		1.03	1.02	1.02	1.03

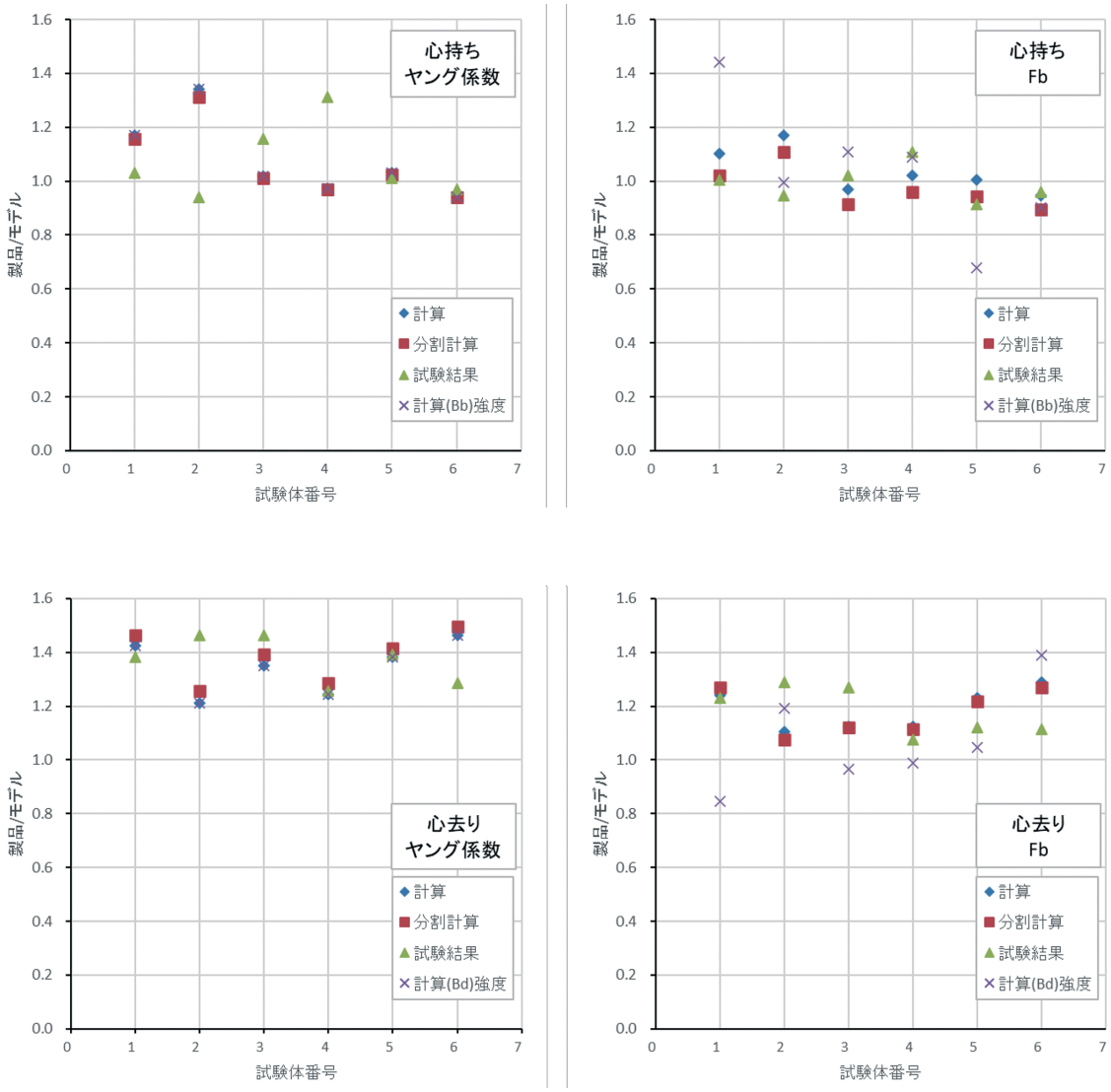


図4.スギ試験結果と計算結果の製品/モデル比の比較

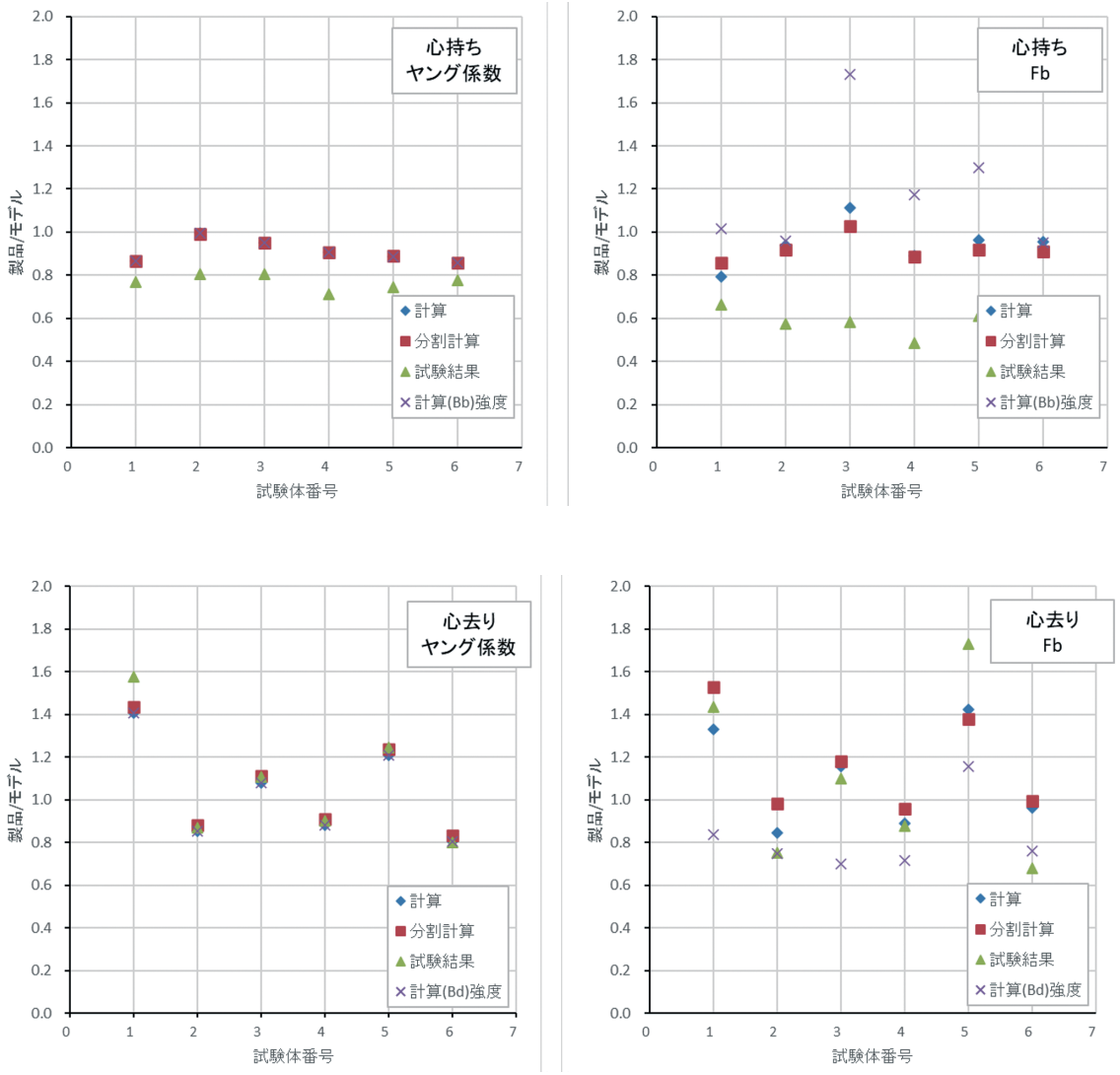


図5. カラマツ試験結果と計算結果の製品 / モデル比の比較

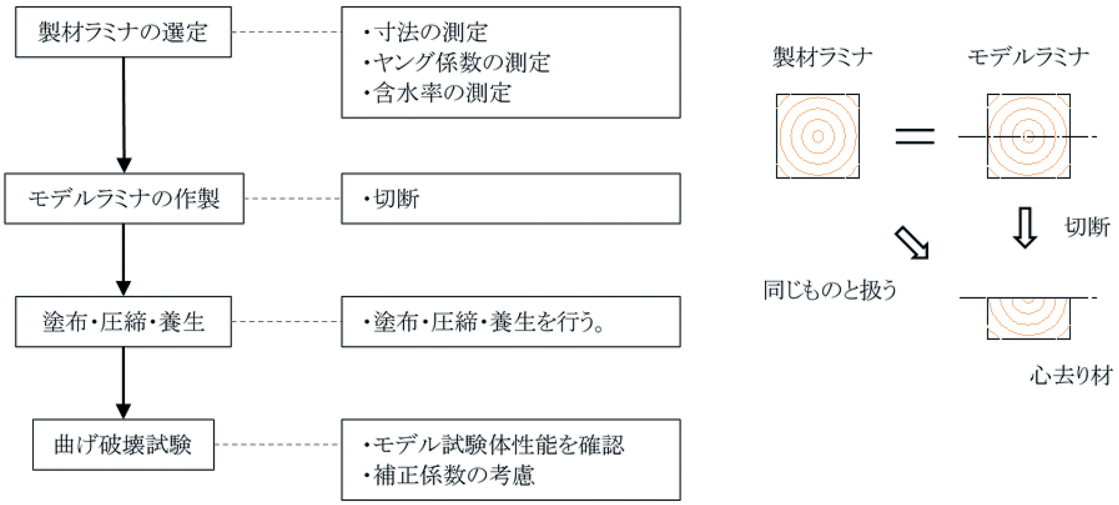


図6. モデル試験の管理方法案

今後の課題・展開等

〔JAS実運用に向けた取り組み〕

①品質管理手法とその検定値の確立

実大断面試験の実施の可能性について２～３段の小断面において検証してきたが、実際に対象となる大きな断面での実施検証がなされていない。それぞれの方法において確認の試験を行う必要がある。

②検査方法の適正製造基準の作成

昨年度作成した製造マニュアルはあくまで製造工場のための製造方法としている。今後は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「接着重ね材の適正製造基準」の作成及び整備が急がれる。

〔建築基準法告示改正に向けた取り組み〕

③基準強度の告示化に関する追加検証

基準強度の告示化に向けて、強度性能検証試験や追加検証を行う必要がある。

④中大規模木造に向けた防耐火技術の開発

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しろ設計が可能と考えられる。今年度行った75分準耐火構造の燃えしろ性能検証試験に加え、さらに接着重ね材の防耐火認定の取得や告示化に向けた基礎的データの取得を進める。また、設計手法の整備も必須事項となる。

〔JAS告示改正に向けた取り組み〕

⑤幅方向接着の性能検証

燃えしろ断面を確保するには、2次接着による幅方向断面の拡張を検討する必要がある。今後のJAS化のためにその性能の確認及び管理方法の確立を目指す。

事業

木製浮き基礎を日本で実用化するための設計及び実証試験

● 実施団体 ●

越井木材工業株式会社

〒559-0026　大阪府大阪市住之江区平林北１丁目２番158号

事業目的

建築現場は少子高齢化、熟練工の不足および人手不足による省力化、工期短縮、解体・廃棄費用の減少が求められている。ニュージーランドにおいて、一般的に使用されている木製浮き基礎工法は組立工法のため、施工・解体が容易かつ安価である。さらに、軟弱地盤上に建築する場合でも、木材は軽量であることから従来の杭基礎を必要としない。そのため、木製浮き基礎工法は使用者の要望に対応し、既存工法に対してコスト競争力があると考える。また、炭素固定能力のある木材を再利用可能な形で利用していく事は、限りある資源の有効利用および循環利用を実現し、人および生物（森林）を救うことが可能である。また炭素を固定した木材は再生産でき、再利用およびカスケード型の利用も可能である。
本事業は国産材の新しい用途として、日本で木製浮き基礎工法を普及させることを目的とした。

実施した項目

1　日本の建築基準法に合った設計方法の検討
- 1.1　本基礎を用いた小規模店舗の試設計
- 1.2　小規模試験棟での試施工
- 1.3　丸太基礎の要素試験

2　仮設建築物における実大実証試験
- 2.1　大阪市夢洲での地盤調査および造成
- 2.2　造成地盤の丸太載荷試験
- 2.3　実大材試験棟の設計、施工

実施体制

本事業の目的達成のため学識経験者、関連機関、から構成する委員会を発足させ事業を推進した。

■都市土木木材利用促進研究会

役　職	氏　名	所　属
委員長	東畑　郁生	関東学院大学　特任教授
委　員	今村　祐嗣	京都大学　名誉教授
委　員	五十田　博	京都大学生存圏研究所　教授
委　員	岩崎　好規	一般財団法人 地域地盤環境研究所
委　員	諏訪　靖二	諏訪技術士事務所
委　員	笹村　欽也	株式会社東畑建築事務所
委　員	大倉　靖彦	株式会社アルセッド建築研究所
委　員	藤井　俊逸	株式会社藤井基礎設計事務所
委　員	松尾　浩樹	大成建設株式会社
委　員	梅森　　浩	大成建設株式会社
委　員	木村　礼夫	株式会社ジェイアール総研エンジニアリング
委　員	彦坂　　勉	株式会社大林組
委　員	三宅　英隆	一般社団法人 大阪府木材連合会

委　員	神谷　直秀	株式会社コシイプレザービング
委　員	越井　　潤	越井木材工業株式会社
委　員	松本　義勝	越井木材工業株式会社
委　員	山本　　宏	越井木材工業株式会社

＊オブザーバーとして下記の方々にもご参加、ご助言をいただきました。

久世　直哉（(一財）ベターリビング）

佐藤　健太（長野森林組合）

江上　貴司（(株）セブン＆アイ・ホールディングス）

平原　章雄（木構造振興（株））

実施した内容

1. 日本の建築基準法に合った設計方法の検討

1.1　本基礎を用いた小規模店舗の試設計

これまで、日本において、木材を筏組したものを建築の直接基礎として使用された事例はない。そこで、小規模店舗への適用を想定し、ユニバーサルデザイン対応の小規模店舗の試設計を実施し、構造上問題点について検討を行った。

1.2　小規模試験棟での試施工

ユニバーサルデザイン対応の小規模店舗は、地表面からフロアまでの高低差を大きくできないため、床下空間を十分に確保することは難しい。そこで、止水性、配管、床・柱レベルなどの調整方法等を確認するため、実際に小規模試験棟を作成し、これらの設計・施工方法を検討した（図 1, 図 2, 図 3, 図 4, 図 5)。

図 1　丸太配置

図 2　防水シート施工

図 3　大引、根太掛けによる床下構造

図 4　立ち上がり

図 5　外壁

1.3　丸太基礎の要素試験

上梁丸太と下梁丸太との接合部は木材同士を連結ボルトで固定する構造　となっているため、上からの力の伝達は木材が受け、浮き上がる荷重に対しては連結ボルト、座金および木材部が受ける構造になっている(図 6)。

そこで、本工法の要素試験として荷重増加に伴う基礎梁接合部の状況を確認した。上からの荷重に対する変位量（めり込み量）を確認するため接合部での木材のみの圧縮試験を行い、浮き上がる荷重に対して、連結ボルトを含めた引張試験を実施した(図 7,図 8)。

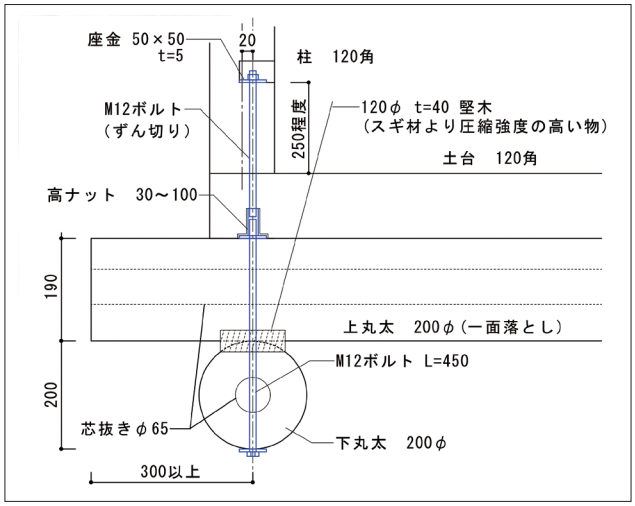


図 6　丸太、土台、柱の接合部

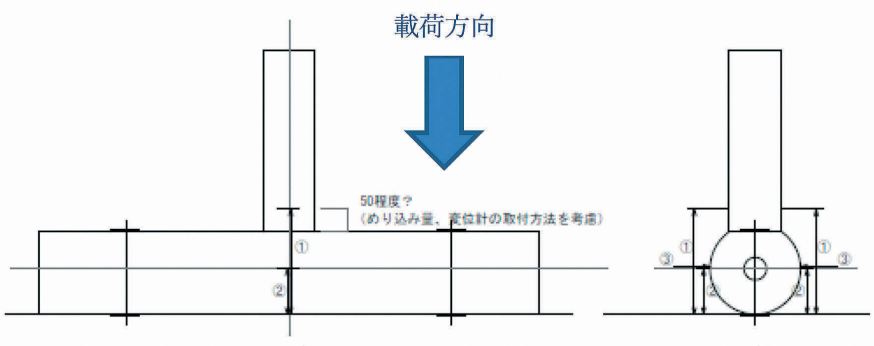


図 7　圧縮試験セットアップ

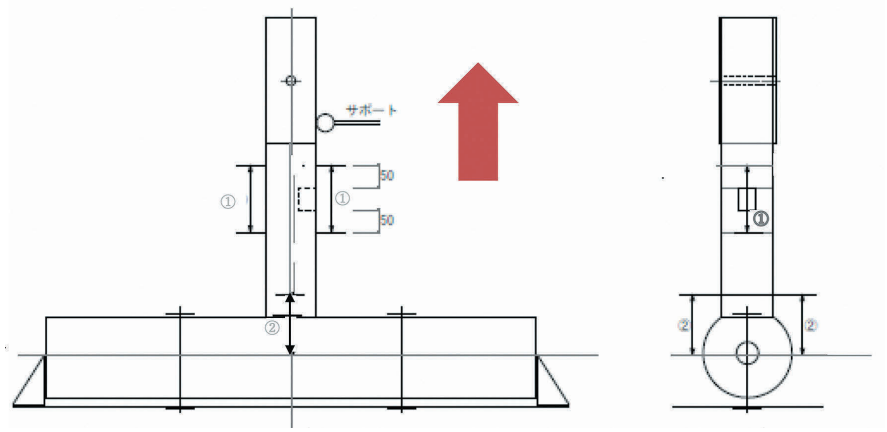


図 8　引張試験セットアップ

2. 仮設建築物における実大実証試験

2.1　大阪市夢洲での地盤調査および造成

本基礎構造は、木材で構成されている為、コンクリート基礎（べた・布基礎）と比較して軽量である。そのため、2025 年大阪・関西万国博覧会会場の埋立地のような軟弱と想定される地盤において、沈下量が少ない等の優位な点があると考えられる。そこで、大阪市の夢洲にて土地を借用し、試験棟を建築した。

借用した土地で地盤調査を行った結果、想定以上に強固かつばらつきが大きかったため、表層から層厚約 800㎜の現地盤を真砂土に置換し、人工的に軟弱地盤を造成した（図 9）。

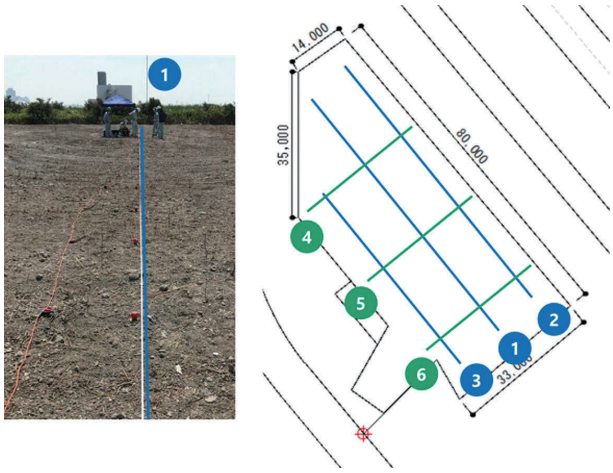


図 9　表面波探査試験

2.2　造成地盤の丸太載荷試験

造成した地盤において平板・丸太載荷試験を実施し、丸太基礎における載荷圧力-沈下量関係を確認した。

本工法は基礎底面が曲面であるため、一般的な平板を用いた載荷試験とは性状が異なると考えられる。そこで、本試験では実構造で使用する丸太を用いて試験を行った（図 10）。

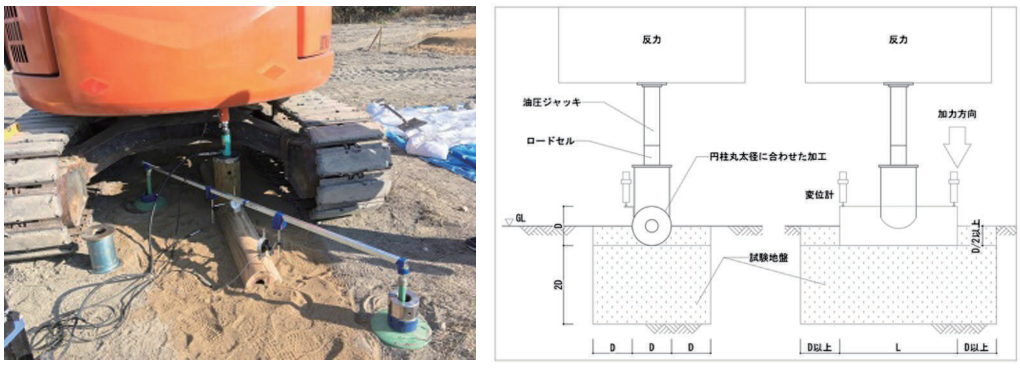


図 10　丸太の載荷試験

2.3　実大材試験棟の設計、施工

造成した地盤において、基礎＋建物(木造小規模店舗を想定)を建築した。また、建物の沈下、変位、ひずみ量の長期計測 を開始した(図 11,図 12,図 13)。

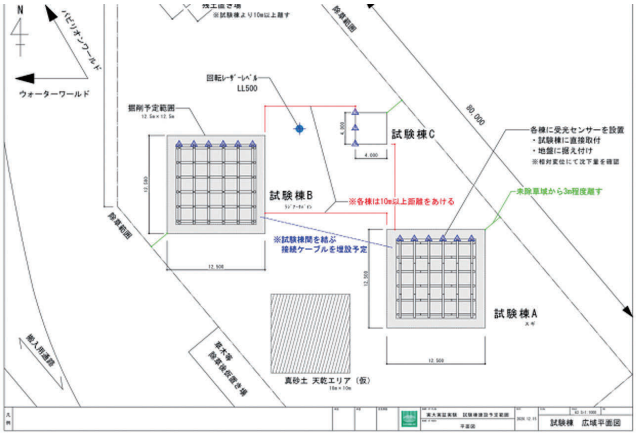


図 11　試験棟広域平面

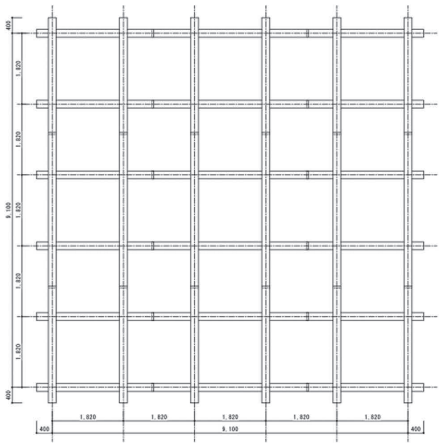


図 12　丸太基礎伏せ図案

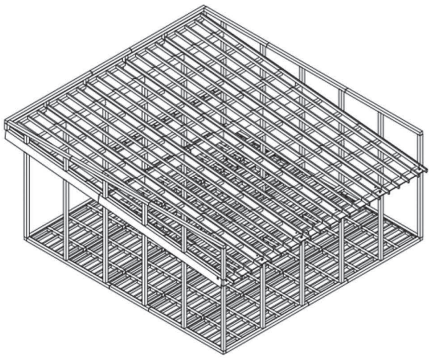


図 13　建物立体図案(小規模店舗を想定)

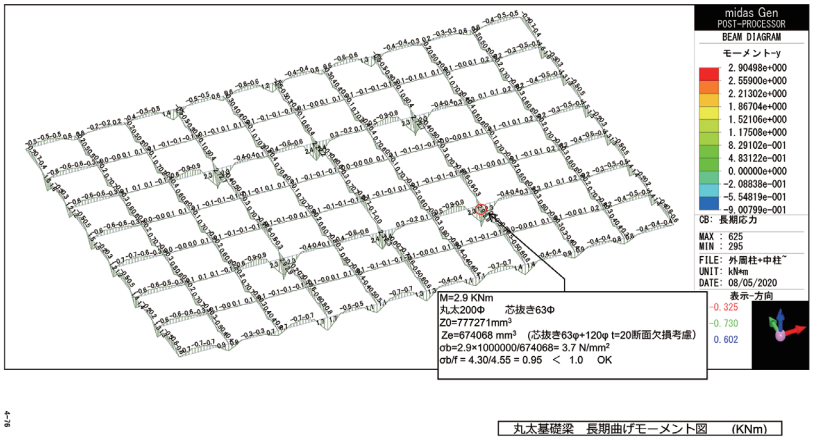
実施した結果

1．日本の建築基準法に合った設計方法の検討

1.1　本基礎を用いた小規模店舗の試設計

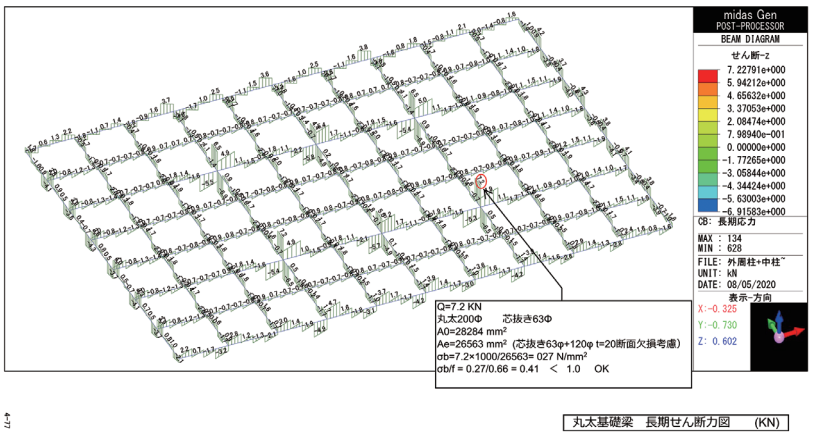
下記の材料・建物条件において、丸太基礎の曲げ、せん断許容応力が最大曲げ、せん断応力より高い(図 14,図 15)、長期許容地耐圧が接地圧より高い(図 16)、等の照査の結果から、構造上問題ないことを確認できた。

樹種	スギ
丸太直径	Φ 200㎜
ピッチ	1800、2000㎜
長さ	3000～4000㎜
地耐圧	30kN/㎡
建物面積	216㎡
建物	小規模店舗(木造軸組工法)



丸太基礎梁　長期曲げモーメント図　(KNm)

図 14　丸太基礎梁長期曲げモーメント



丸太基礎梁　長期せん断力図　(KN)

図 15　丸太基礎梁長期せん断力

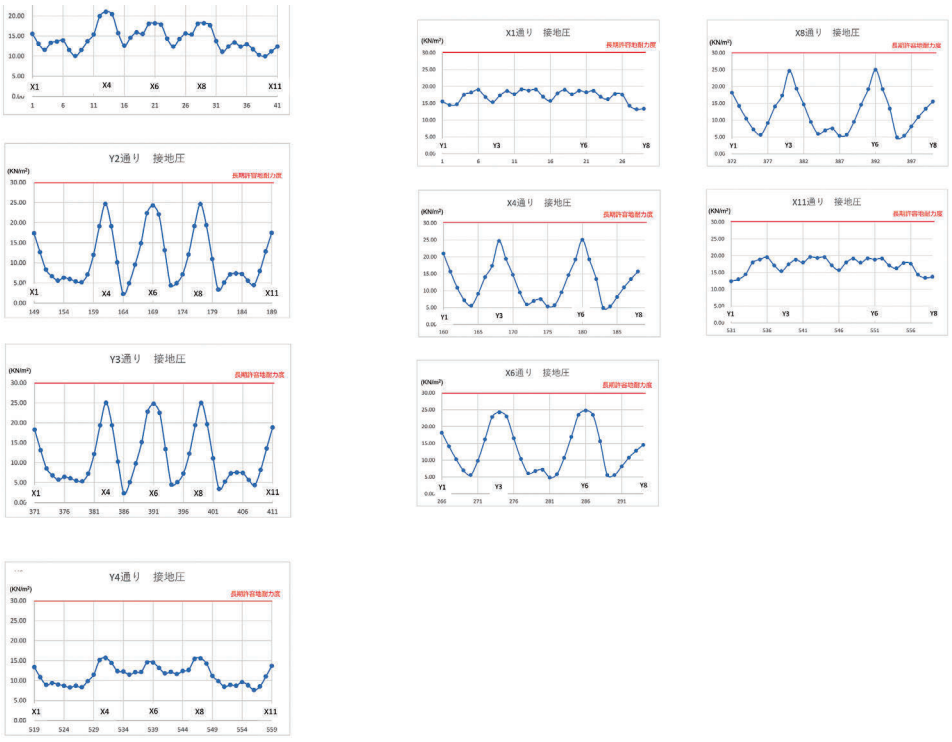


図 16　丸太基礎長期基礎地耐力

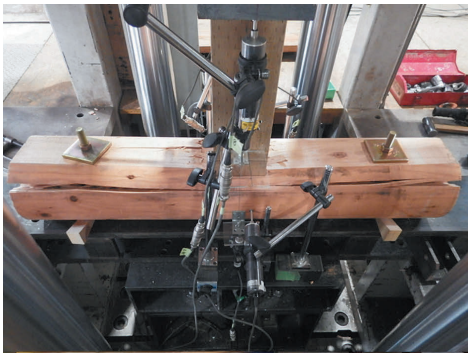
1.2　小規模試験棟での試施工

止水方法、配管方法、柱・床のレベルの調整方法を検討できた(図 17)。

図 17　配管を地中に設置

1.3　丸太基礎の要素試験

丸太基礎の接合部における挙動が、圧縮試験(図 18)、引張試験(図 19)により確認できた。



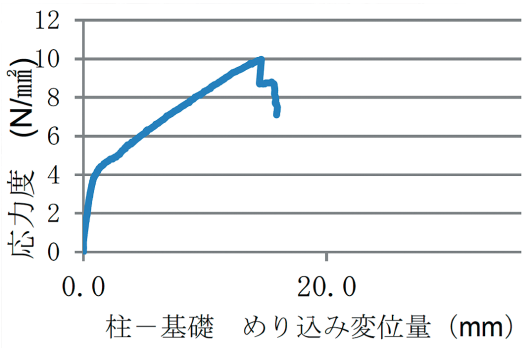
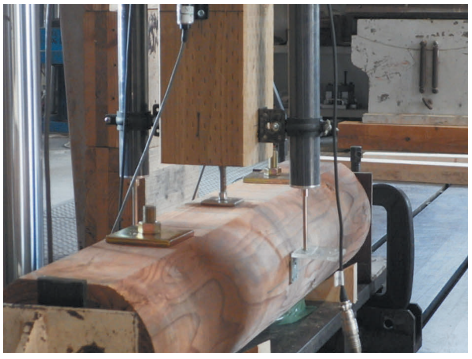


図 18　圧縮試験結果



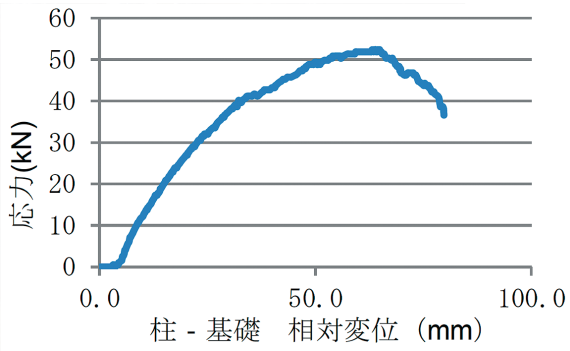


図 19　引張試験結果

2　仮設建築物における実大実証試験

2.1　大阪市夢洲での地盤調査および造成

表面波探査試験において、地盤の硬さ、ばらつきが確認できた(図 20)。

その結果、軟弱地盤に造成する必要性を判断できた。

2.2　造成地盤の丸太載荷試験

真砂土で造成した地盤における丸太基礎の載荷圧力-変位量の関係を確認できた(図 21)。

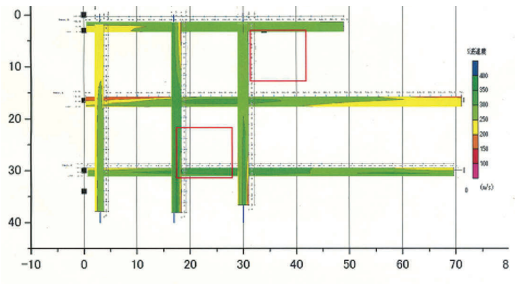


図 20　夢洲借用候補地全体における表面波探査試験結果

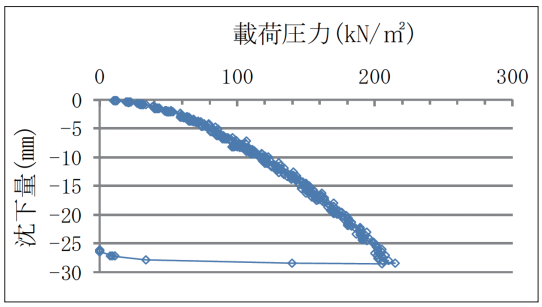


図 21　丸太(Φ 200 × L 200㎜)における載荷圧力―沈下量曲線

2.3　実大材試験棟の設計、施工

木製基礎＋小規模店舗(木造軸組工法)を施工することで、施工管理方法を確認でき、かつ、建物の沈下、変位、ひずみ量を経時的な測定することで、設計値と比較検証することが可能となる(図 22)。(2021 年 10/31 まで継続する予定)

図 22　基礎施工

今後の課題・展開等

1. 日本の建築基準法に合った設計方法の検討

● **技術審査証明の取得の検討**

木材を筏組した工法において、設計、施工マニュアルを策定し、技術審査証明を取得する。

● **軟弱地盤での仕様化の検討**

木材を基礎とした場合、コンクリート基礎(べた・布基礎)と比較し軽量となるため、軟弱地盤地での設計に優利とニュージーランドにおいて考えられている。しかし、日本では建築基準法上、地盤の長期に生ずる力に対する許容応力度が 20 k N/㎡未満の場合にあっては杭基礎を用いた構造にしなければならないとある。

そこで、今後の課題として、軟弱地盤でも設計・施工が可能であることを証明する。

具体的には、

①軟弱地盤での丸太基礎の載荷圧力-沈下量の挙動の確認とモデル化

②沈下した際のジャッキアップ等による対処方法の検討

2. 仮設建築物における実大実証試験

今回実施した載荷試験などから、課題の一部を確認することができたが、長期的な挙動を確認するデータを得られていない。そこで、軟弱地盤地上で実大実証試験を継続して実施し、可能な限り長期にわたる計測を行うことで精度向上に努める。また、沈下した際の効率的な調整方法(ジャッキアップ等)を検討するため、調整機構を盛り込んだ工法の基礎および建物(枠組壁工法)の施工も検討している。さらに、べた基礎も施工し、沈下量の比較を行い、本工法のさらなる可能性を確認する(2021/4 月施工予定)。

事業

柱梁鉄骨造、床CLT構造の中大規模ビル型建物向けのCLTを用いた制震壁システムの開発

● 実施団体 ●

山佐木材株式会社

〒893-1206　鹿児島県肝属郡肝付町前田2090

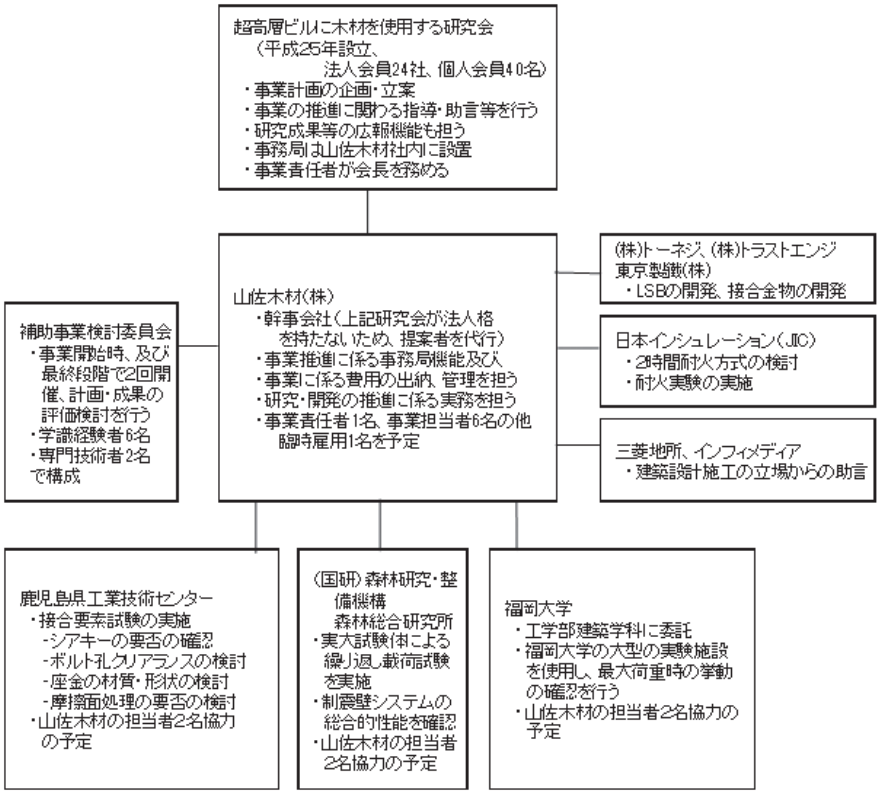
事業目的

本事業では、鋼木混合構造の５階建て以上のビル型建物を主なターゲットとし、CLTを用いた制震壁システムを開発する。鋼構造建物に精通した設計者にとって、なじみ易いシステムとするため、鋼構造の設計ルート３（保有耐力計算）で構造設計を行うことを想定した制震壁システムとする。
５階建て以上の中高層建物を対象とすることから、壁から鉄骨を介して床に伝達する熱橋の問題に着目して、２時間の耐火性能の要求に適合した耐火被覆仕様の開発を行う。

実施した項目

本制震壁システムを構成する要素は以下である。
(1) ＣＬＴ壁：150㎜厚(５層５プライ)、または210㎜厚(７層７プライ)
(2) 接合金物：角形鋼管をスライスしたもの
　　接 合 具：雌ねじ加工を施したLSBと高力ボルト
　　実施した項目は以下の２点である
　　① 制震壁システムの構造性能の把握と設計法の開発・提案
　　要素試験（鹿児島県工業技術センター）
　　実大載荷実験（森林総合研究所）、性能確認実験（福岡大学）
　　② ２時間耐火試験（日本インシュレーション）

実施体制



実施した内容

（1）本制震壁システムの設計法
- 利便性確保のため制震システムの剛性・強度の計算プログラムを開発。

（2）要素試験の実施（鹿児島県工業技術センター）
- 剛性・強度の理論値と実験値の整合を確認するため水平載荷試験を実施

（3）実大載荷試験の実施（森林総合研究所）
- 現実のCLT壁の固定条件に整合した載荷装置を用い載荷試験を実施

（4）最大性能の確認（福岡大学）
- 大規模な加力装置を用い、最大荷重を想定した載荷試験を実施
- 以上より（1）の剛性・強度の計算方法の妥当性を確認

（5）設計データの整備
- 試験データを分析評価し、実用的なCLT壁システムの製品仕様を整備

（6）試設計の実施
- 開発されたCLT壁システムを用いて試設計を実施

（7）CLT現しの条件での２時間の耐火仕様を実現

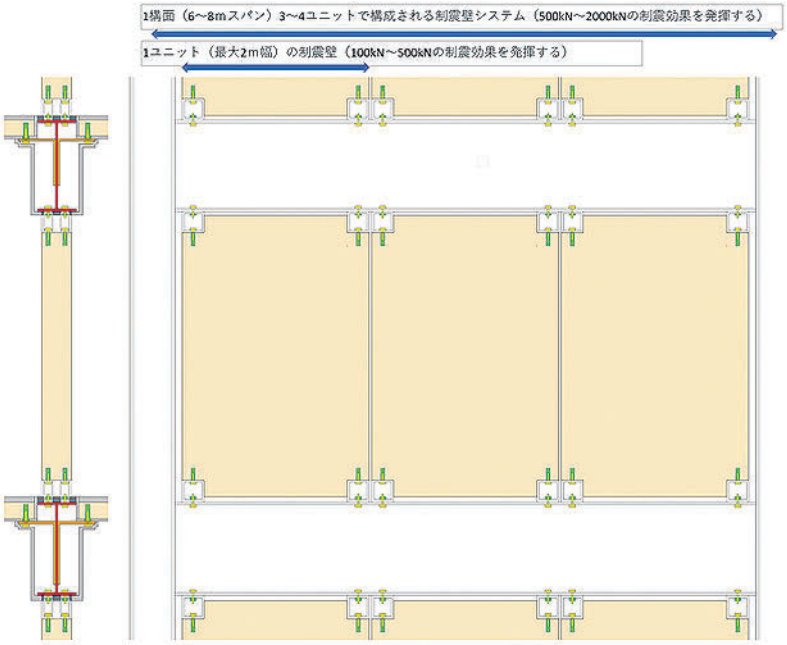


図-1）開発する制震システムのイメージ

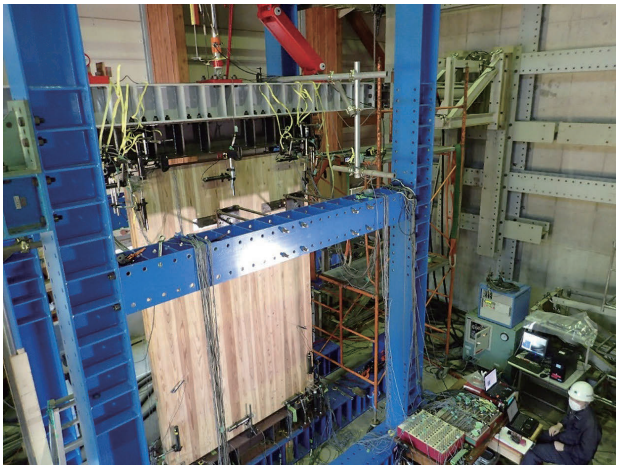


図-2）森林総合研究所における実験風景

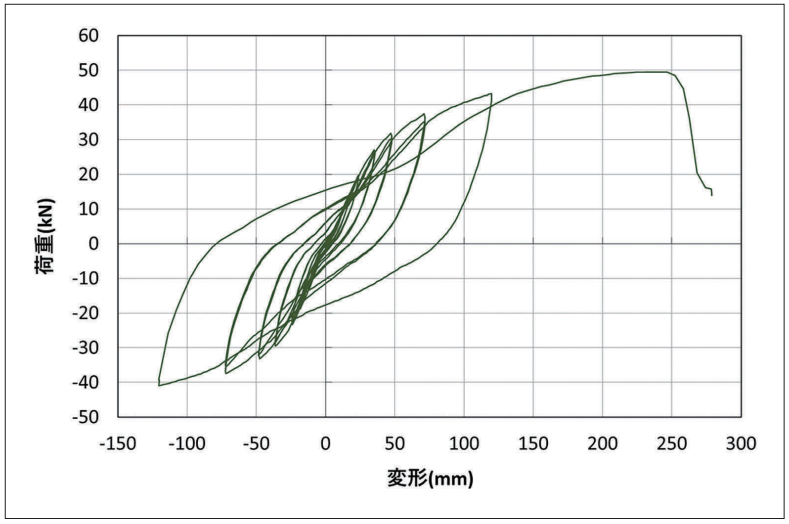


図-3）制震システムの荷重変形関係

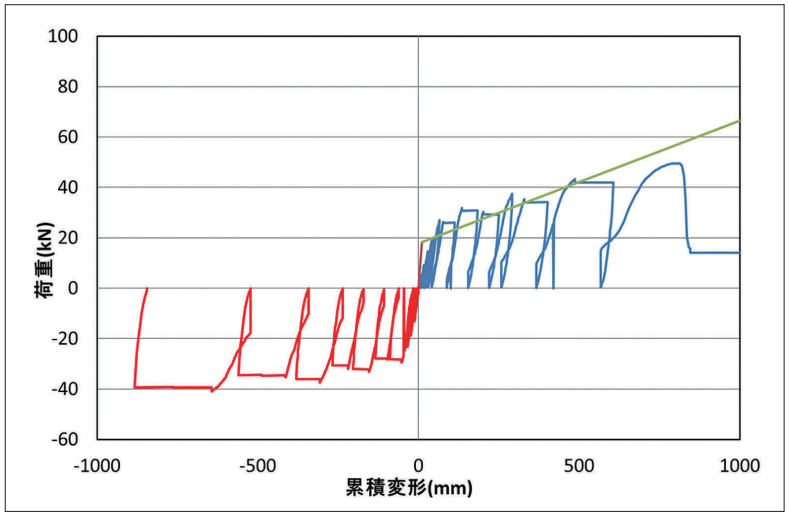
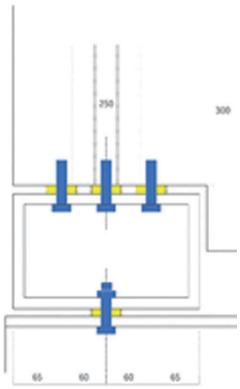


図-4）制震システムの荷重・累積変形関係

図-5）実験終了後の接合金物の損傷状況

実施した結果

- 角形鋼管を用いたローコストな接合金物と、設計ルート３（保有耐力計算）を前提とした構造設計を可能とするCLT制震壁を開発した。中大規模の鋼木混合構造建物の設計を試みようとする構造設計者に対し、大きな利便性を提供することができた。
- CLT壁を現しで用いる場合でも、熱橋により壁の燃焼の熱が鉄骨を介してCLT床に伝わらない、二時間ｎの耐火システムを開発した。



CLT壁板サイズ(mm)			鋼管金物サイズ(mm)			
H	B	T	h	b	t	d
3000	1000	150	150	250	25	120
LSB						
寸法(mm)		本数			強度(kN)	
径	長さ	列	本数	合計	せん断	引っ張り
25	150	2	3	6	25	32
高力ボルト						
寸法(mm)		本数			強度(kN)	
径	強度	列	本数	合計	せん断	引っ張り
16	F10T	2	1	2	30.2	62.3
各部許容応力						
Q	σ-CLT	Q-LSB	Q-ボルト	P	P-LSB	P-ボルト
57.2	0.381	4.766667	14.3	85.8	14.3	42.9

図-6）開発した制震システムの製品仕様

今後の課題・展開等

- 建設業界では木材活用に対する大きな機運の盛り上がりが見られるが、今後本システムの開発により、鋼木混合建物の普及が進み、建設分野における我が国の木材活用に大きく貢献できるものと思われる。
- 角形鋼管とLSBを用いたローコスト型の接合方式を、壁以外の部位に対しても適用することにより、CLTのさらなる普及に貢献できると考えている。

事業

木ダボ積層材DLTの普及に向けた性能評価と普及活動

● 実施団体 ●

株式会社長谷萬

〒135-0047　東京都江東区富岡2-11-6

事業目的

本事業の目的は令和元年度に実施した木ダボ積層材DLT（DLT；Dowel Laminated Timber）の性能評価事業にて確認された下記の課題を踏まえ、DLTのより詳細な特性を把握することである。それにより、小規模建築の住宅や非住宅用途での床版や壁材としてDLTの利用促進ならびに、設計の自由度を高めるためのロングスパン化への対応、さらにS造やRC造へのDLTの活用に資する性能評価を通じて木材利用の拡大を図る。

1）より詳しい複数枚接合によるせん断耐力、木ダボせん断耐力の確認。
2）DLT パネル同士の木ダボ接合、耐力壁の耐力性能の向上の検討。変形性能を許容する接合具の確認。
3）ロングスパン対応のため、材せいの大きいひき板での梁強度の確認、耐火性能や遮音性能向上のためのRC との複合化。
4）DLT の断面形状による音響特性の確認。

写真1 DLT参考写真

実施した項目

本事業では、令和元年度に実施したDLT性能評価事業の成果を踏まえ以下の取り組みを行った。

① 板材を複数枚木ダボ接合したせん断耐力の確認
② 降伏接合型の接合具のせん断試験
③ DLT－コンクリート複合梁のせん断キーのせん断試験
④ 木ダボ位置の違いによるDLT梁の強度性能確認
⑤ 木ダボ間隔の違いによるDLT梁の強度性能確認
⑥ DLT－コンクリート複合梁の強度性能の確認
⑦ DLT－コンクリート複合梁の長期性能の確認（クリープ試験）
⑧ DLT耐力壁の面内せん断試験
⑨ DLTパネルの音響性能確認

実施体制

本事業の実施に当たり、製材業者、大学・研究機関と連携し、以下の体制による検討委員会で検討を進めた。（敬称を省略）

委員長	宮田雄二郎	（法政大学デザイン工学部建築学科　専任講師）
委　員	網野　禎昭	（法政大学デザイン工学部建築学科　学部長）
	花井　厚周	（株式会社竹中工務店　木造・木質建築推進本部　副部長）
	小井土義治	（小井土製材株式会社　取締役社長）
	大貫　　肇	（物林株式会社　新事業推進部　部長）
	群　馬　県	（群馬県森林環境部、群馬県林業試験場）
	長谷川泰治	（株式会社長谷萬　代表取締役副社長）
オブザーバー	竹本　央記	（林野庁林政部木材産業課）
	松本　陽子	（林野庁林政部木材産業課）
	平原　章雄	（木構造振興株式会社）
事務局	株式会社長谷萬：鈴木康史、小林辰美、岡田剛士	

実施した内容

本事業では下記の（1）～（9）について試験を実施した。

（1）板材を複数枚木ダボ接合したせん断耐力の確認

木ダボの詳細なせん断性能を把握するため、木ダボ接合の複数枚せん断試験を行い、剛性と耐力を確認した。

（2）DLT－コンクリート複合材のせん断キーのせん断試験

DLTとコンクリートの複合材に用いる、曲げ応力伝達のせん断キーとして使用したビスタイプの接合具の剛性、強度を確認した。

（3）降伏接合型の接合具のせん断試験

DLT耐力壁と軸組みとの接合で使用した降伏型接合具の耐力、構造特性を確認した。

（4）木ダボ位置の違いによるDLT梁の強度性能確認

DLTで使用するひき板の材せいが大きくなる場合は、木ダボ位置を材中央1列、または2段、もしくは千鳥打ちが可能であることから、それら木ダボ位置の違いによる強度性能の差異を確認した。

（5）木ダボ間隔の違いによるDLT梁の強度性能確認

個々のヤング係数（縦弾性係数）を計測したひき板を使用して、木ダボ間隔を@300mm、@600mm、@900mmで積層したDLTの曲げ試験を行い、ダボ間隔の違いによる強度性能の差異を確認した。

（6）DLT－コンクリート複合梁の強度性能の確認

DLTの水平剛性の向上と、共同住宅等の床版用途における重量衝撃音の軽減策として、DLTの上にコンクリートを打設した、DLT - コンクリート複合材の曲げ強度性能を確認した。

（7）DLT－コンクリート複合梁の長期性能の確認（クリープ試験）

DLTの上にコンクリートを打設した、DLT - コンクリート複合梁に荷重載荷して長期クリープ性能を確認する。

（8）DLT耐力壁の面内せん断試験

DLTを軸組工法の耐力壁として用いることを想定し、軸組みとDLTとの接合に特殊鋼製金具を使用したタイプと、木ダボで軸組みと一体化した2タイプで面内せん断試験を行った。

（9）DLTパネルの音響性能確認

ひき板の表面を断面加工したDLTと、吸音材を挿入したDLTの吸音性能を確認した。

実施した結果

（1）板材を複数枚木ダボ接合したせん断耐力の確認

- せん断試験の結果より木ダボ接合のせん断耐力が確認された。
- 木ダボ接合の破壊モードは、使用する木ダボのせん断破壊より、主材・側材のめり込みによるものが多い。

写真2　木ダボせん断試験（繊維方向）

写真3　木ダボせん断試験（繊維直行方向）

（2）DLT－コンクリート複合材のせん断キーのせん断試験

- DLT-コンクリート複合材で、フランジ材とウェブ材との曲げ応力伝達のせん断キーとして使用したビスタイプの接合具の剛性、強度が確認された。

（3）降伏接合型の接合具のせん断試験

- DLT耐力壁の面内せん断試験にて、軸組みとの接合で使用した降伏型の鋼製接合具について、主材と側材のせん断面で断面を絞り、曲げ降伏するように設定しせん断試験を行った。
- せん断面で断面を絞った結果、せん断変形により鋼製接合部の主材・側材にめり込みよる耐力が計測された。

（4）木ダボ位置の違いによるDLT梁の強度性能確認

- ロングスパン用途として材せいの大きな製材を使用のうえDLT梁の強度性能を確認し、木ダボ位置（材中央1列、2段、千鳥打ち）の違いにより曲げ性能に顕著な差異が無いことを確認した。
- 千鳥打ちは集中荷重によるたわみが大きいことが確認された。せいが大きい場合は材中央または2段打ちが望ましい。

写真４　１点集中荷重　加力試験（加力前）

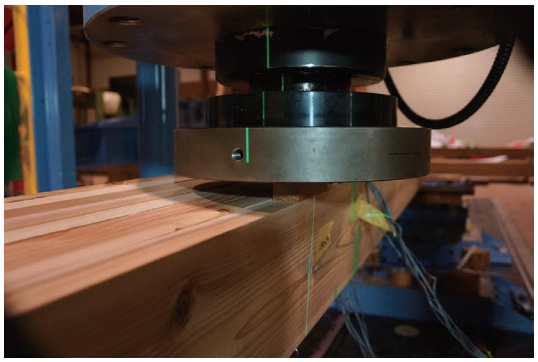


写真５ １点集中荷重　加力試験（加力状況）

写真６　DLT曲げ破壊試験（加力前）

写真７　DLT曲げ破壊試験（加力後）　破壊状況

（５）木ダボ間隔の違いによるDLT梁の強度性能確認

- 木ダボ間隔（@300㎜、@600㎜、@900㎜）の違いによるDLT梁の強度性能を確認し、@300㎜より@600㎜、900㎜の強度性能が高いことを確認した。

写真８　DLT曲げ破壊試験（加力後）

写真９　曲げ破壊の状況　拡大

（6）DLT－コンクリート複合梁の強度性能の確認

- 集成材とコンクリートの複合材で予備試験、およびDLTとコンクリート複合材の強度試験を通じ、木とコンクリートとの複合による合成効果で、高い剛性が得られることを確認した。

写真10　TCC180　曲げ破壊試験（加力前）全景

写真11　TCC180　曲げ破壊試し験（加力後）

写真12　DLT-CC　曲げ破壊試験（加力前）全景

写真13　DLT-CC　曲げ破壊試し験（加力後）

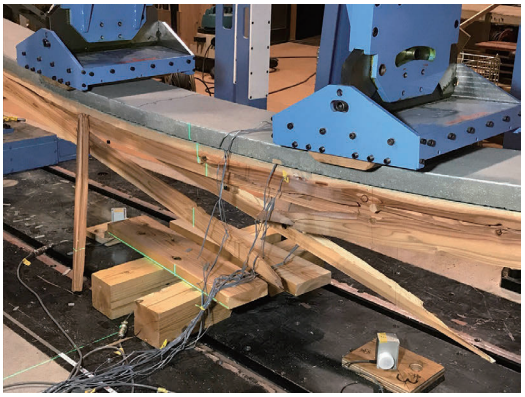


写真14　DLT-CC　曲げ破壊試し験（拡大）

（7）DLT－コンクリート複合梁の長期性能の確認（クリープ試験）

- DLTのみ、DLT-CC、TCC　3体でそれぞれ６ｋＮを載荷してたわみ量、ひずみの計測を継続中である。

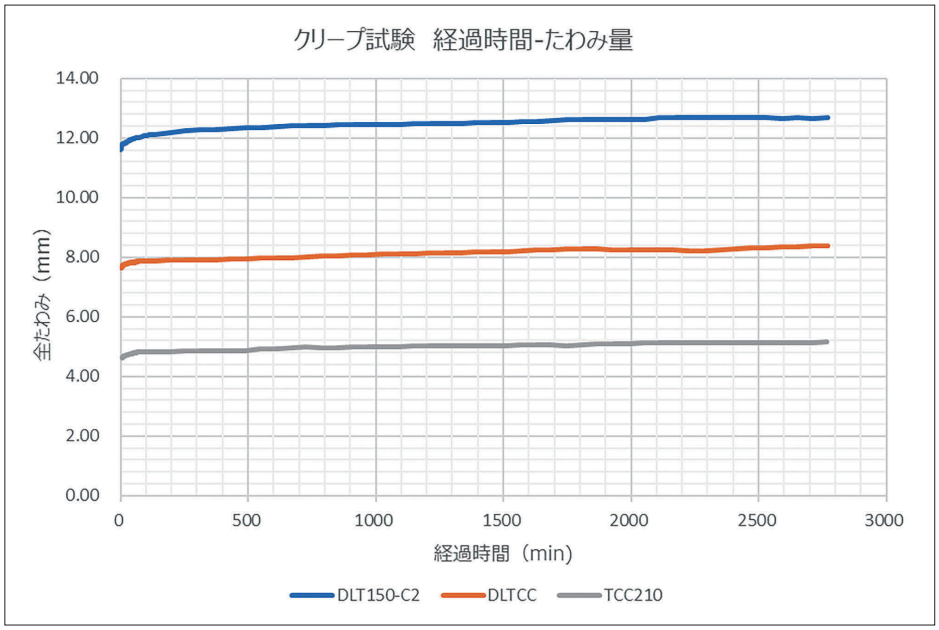


図１　経過時間 - たわみ量

写真 15　クリープ試験　試験体の設置状況

写真 16　クリープ試験体　計測器設置状況

（8）DLT耐力壁の面内せん断試験

- 軸組工法の耐力壁として、軸組材との接合を木ダボで接合し一体化した耐力壁で、壁倍率換算で5.7倍程度の耐力が得られることが確認された。

表１　終局加力側の一定変形角時荷重

試験体記号	決定因子	γ=1/120 P（kN）	2/3Pmax P（kN）	2/3Pmax δ（×10^{-3}rad）	Pmax P（kN）
DLT2020-2	0.2PU√（2μ-1）	10.60	18.08	24.20	27.12

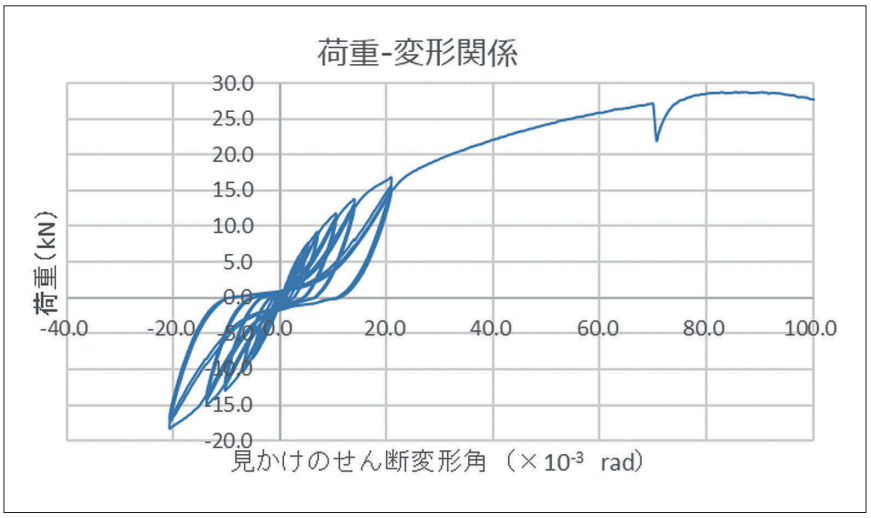


図２　荷重 - せん断変形角

本事業では軸組材との接合部に降伏する特殊鋼製ダボを使用したもの（DLT2020 -1 ）と、軸組材を木ダボで接合する（DLT2020 -2 ）の２つのタイプで面内せん断試験を実施した。結果は下表の通り。

表 2　試験特性値、基準せん断耐力、換算壁倍率

試験体	試験特性値(kN)				基準せん断耐力	換算壁倍率
	Py	0.2Pu√2μ-1	(2/3)Pmax	P(120)	Po(kN)	
DLT2020-1	13.01	5.99	8.67	3.88	3.88	2.18
DLT2020-2	13.9	10.25	18.08	10.6	10.25	5.75

写真 17　面内せん断試験　加力前

写真 18　面内せん断試験　加力後（1/15 rad）

（9）DLTパネルの音響性能確認

- 積層前に断面加工を施し、吸音材と組み合わせることで、DLTに高い吸音効果を付与できることが確認された。

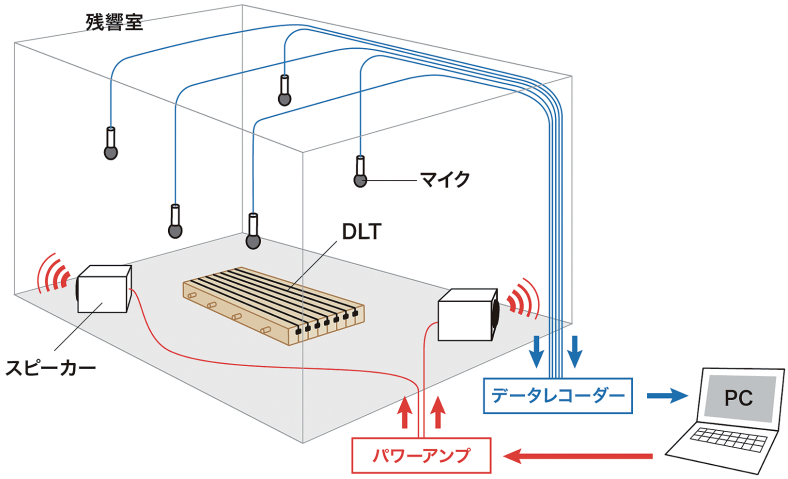


図３　吸音試験のイメージ図

表３　DLT吸音性能と他の吸音材との比較

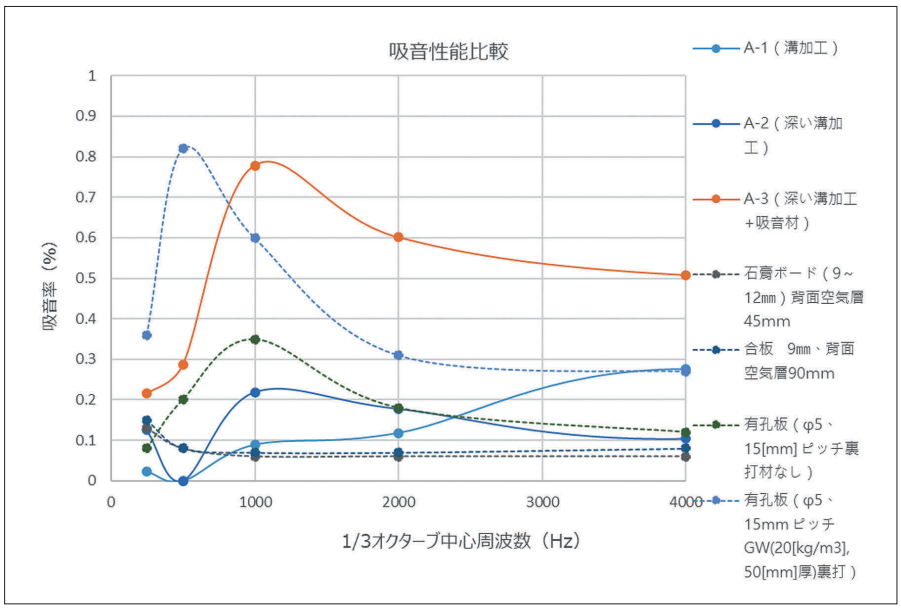


写真19　吸音試験体A3

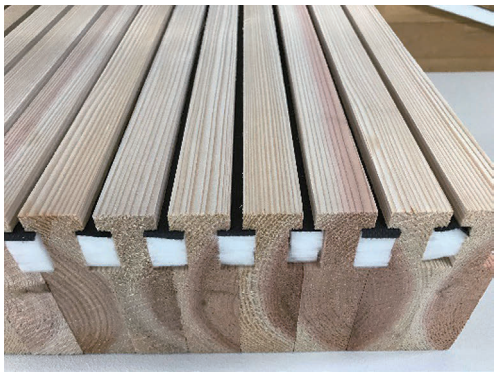


写真20　吸音試験体A3断面

今後の課題・展開等

（1）DLTの活用手法について

1）床パネルや屋根パネルとしての利用

- DLTは木ダボだけで接合しているため、強度特性は構成するひき板の木材強度に由来する。構造用途で使用する場合では、素材の強度と品質が明確なJAS材の利用が望ましい。

- DLTではJASで許容する丸みや入り皮つき材を、積層により有効に利用できる。丸み付や入り皮つきの比較的低質な素材を、他の素材と組み合わせることでさらに意匠性を高めることも可能で、木材利用の拡大だけなく製材歩留まりの向上に寄与できる。

- DLTはひき板を積層前にあらかじめ表面加工することで、天井面に多様な意匠性を付与するこが可能である。ひき板表面に吸音材を挟み込むことで吸音性能の向上が可能であり、機能性の現わし床パネル、屋根パネルとすることが可能である。また、構造材兼仕上げ材となることから、施工コストの低減にも有効である。

2）耐力壁としての利用

- 木ダボによる貫通せずに短い木ダボによる接合のDLT耐力壁であっても壁倍率5.7倍相当程度の壁耐力を有することが確認され耐力壁として活用できる。

- 壁倍率の認定を取得していないため告示仕様による壁量計算には対応できないが、これら試験結果より得られた特性値をもとに、許容応力度計算行えば耐力壁として使用できる。

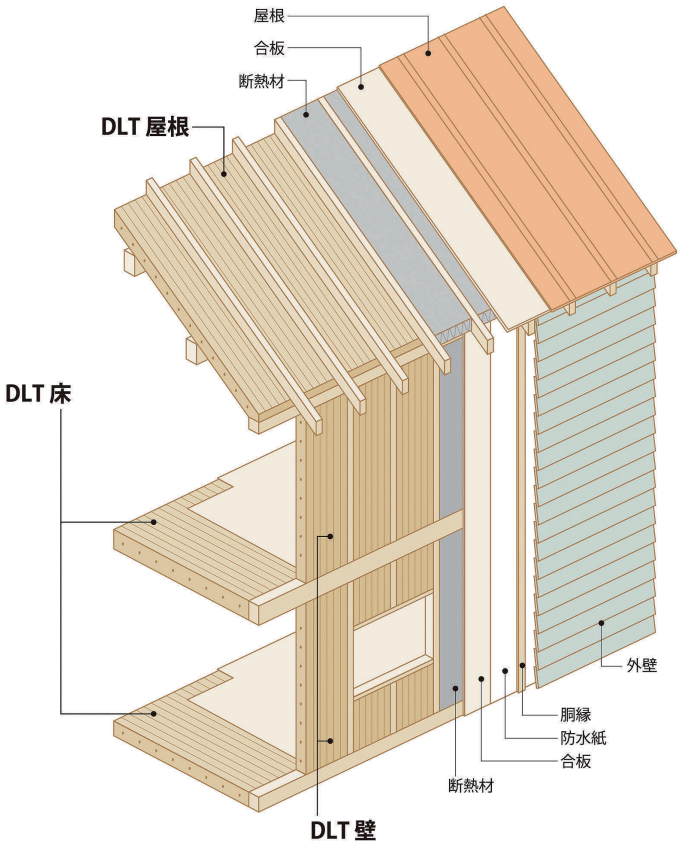


図4　DLT活用モデル案

3）コンクリートとの複合化（DLT-Concrete Composite）による活用

- DLTとコンクリートを複合化（DLT-Concrete Composite ;DLT-CC）で、重量衝撃音の軽減が見込まれるとともに、コンクリートの捨て型枠として、鋼板のデッキプレートの代替材となる天井現わしのDLT- コンクリートの合成床版としての利用となる可能性が確認できた。

- DLT-CCはコンクリートによる水平剛性の確保が可能となる。DLTの利用用途は、木造の床パネルとしての利用に限らず、DLT-CCによりS造やRC造での利用拡大の可能性がある。

（2）DLTの利用範囲の拡大に向けた課題

公共建築物や都市部におけるDLTの利用拡大を図る上での解決すべき課題を挙げる。

1）DLT耐力壁の最適設計の検証

- 木ダボを用いて軸材と一体化したDLT耐力壁で、壁倍率　約5.7倍相当の耐力を確認できた。DLT構成材料幅の組合せにより耐力壁の剛性に増減が生じる。これらを踏まえた検証により、構成材料の組合せや軸組との接合方法など使用方法に応じた最適設計を提案できる。

2）DLT水平構面の検証

- DLTは床や屋根パネルにも活用できる。床や屋根で求められる水平構面についての耐力の確認と、横架材との接合方法について検証により、DLTの用途を限定しない利用ができる。

3）DLT - コンクリート複合床版の検討

- DLTとコンクリートの複合により曲げ剛性の向上が図れることが確認された。今後は、より詳細な強度性能の確認が必要である。特にDLT（木）とコンクリートとのせん断力の伝達に必要なせん断キーが重要な構成要素である。せん断キーの要素試験を通じ、最適なせん断キーの評価・選定が必要である。

4）DLTの耐火性能の検証

- DLTの利用拡大を図るためには、非住宅用途の大規模木造建築や、木造以外のS造やRC構造にDLTを適用するため耐火性能の検証と確保が必要となる。

- DLTは木ダボにより接合・積層していることから、積層部分の隙間の影響の検証が必要となる。加熱による隙間からの燃えひろがり、木ダボへの熱の伝わりや、木ダボの燃焼の確認など加熱による基礎的な影響確認から検証が必要である。

事業

非住宅・中大規模木造建築用の高倍率、高階高耐力壁、接合金物及び高性能防火壁の開発検討事業

● 実施団体 ●

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

〒107-0052　東京都港区赤坂2-2-19 アドレスビル5F

事業目的

非住宅・中大規模木造建築物を建てるに当たっては、構造的には高倍率でかつ高階高の壁とそれに応じた耐力の接合金物が、防耐火的には耐火建築物又は耐火建築物相当として60分間を超える準耐火構造などが必要となる。今年度は、汎用性のある高倍率、高階高耐力壁及びホールダウン金物を開発、検討及び検証を行うとともに、高耐力壁の解析モデルの構築、柱の横架材へのめり込み防止金物の検討や、高耐力壁の仕様を組み込んだ、耐火建築物相当を想定した1時間を超える準耐火性能を有する壁（高性能防火壁）の、仕様の検討、検証などを行った。

実施した項目

（1）高倍率、高階高耐力壁〔＝高耐力壁〕

- 新たな高耐力壁の仕様の検討、面内せん断試験及び要素試験の実施
- 高耐力壁と接合金物を組み合わせた解析モデルの構築と解析の実施

（2）接合金物

- 高耐力壁に対応できるホールダウン金物の開発、引張試験の実施
- 多層構造を想定した新たな接合金物の調査・検討

（3）高性能防火壁

- 高い準耐火性能を有する仕様の検討、載荷加熱試験の実施

実施体制

この事業を実施するに当たり、学識経験者、関連業界等による下記委員会を設置し、事業計画、成果の検討などを行うとともに、委員会の傘下として実務に携わるWGを設けた。

■開発検討委員会（※敬称略・順不同）

委員長	大橋好光（東京都市大学　名誉教授）
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	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	逢坂達男（(一社) 日本木造住宅産業協会　技術開発委員長）
委　員	坂口晴一（(一社) 日本ツーバイフォー建築協会　技術部長）
委　員	青木哲也（(一社) 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（(一社) 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）

■開発検討WG（※敬称略・順不同）

主　査	大橋好光（前述）
委　員	稲山正弘（前述）
委　員	高橋雅司（(一社) 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）
委　員　　川原重明（(一社）中大規模木造プレカット技術協会　理事）
委　員　　佐藤一成（(一社）JBN・全国工務店協会　中大規模木造委員会委員）

■オブザーバー、行政
（公財）日本住宅・木材技術センター、林野庁木材産業課、木構造振興株式会社

■コンサルタント
（株）えびす建築研究所〔高倍率、高階高耐力壁、接合金物など〕
桜設計集団一級建築士事務所〔高性能防火壁など〕

■事務局
（一社）木を活かす建築推進協議会

実施した内容

（1）高倍率、高階高耐力壁

1）耐力壁試験（タイロッド式）

設計上の目標耐力として、層数1～3の最下階では30kN/m（壁倍率で約15倍相当程度)、層数4～5の最下階では50kN/m（壁倍率で約25倍相当程度）を設定した。耐力壁試験（タイロッド式）は、前期試験と後期試験とも面内せん断試験により実施した。前期試験は、後期試験に向けて仕様を確定するため、昨年度に選定した仕様を勘案して決定した。後期試験は、前期試験でのNo.14,16の結果から、安定性が見込める両面張りの仕様（No.21,22）を選定した。共通事項としては、壁長さ910mm×壁高さ3800mmの試験体寸法、床仕様は床勝ち、桁は断面が120mm×360mmのベイマツ集成材、土台は断面が150mm×120mmのヒノキ集成材、柱は断面が120mm×120mmのヒノキ集成材とした（後述する3)耐力壁試験（柱脚固定式）も同様)。試験体仕様の一覧を表-1に示す。

試験方法は、(公財）日本住宅･木材技術センターが定める「木造の耐力壁及びその倍率性能評価業務方法書」に準じ、真のせん断変形角(γ0)制御で1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30radで、同一ステップ3回（1/30radのみ1回）の正負交番載荷とした。なお試験体は試験装置の都合で寝かせた状態での加力としたため、試験体下部にたわみ防止措置を施した。試験体の設置状況を写真-1に示す。

表-1　試験体仕様の一覧（耐力壁試験（タイロッド式））

パラメータ＼試験体No.		前期試験（6仕様各1体）						後期試験（2仕様各3体）	
		No.13	No.14	No.15	No.16	No.17	No.18	No.21	No.22
試験体の目標耐力		40kN/m(真)	40kN/m(真)	20kN/m(真)	40kN/m(真)	40kN/m(真)	40kN/m(真)	40kN/m(真)	40kN/m(真)
壁仕様		大壁	真壁	真壁	真壁	真壁	真壁	真壁	真壁
柱頭仕様		めり込み補強金物(ほぞパイプ仕様)						同左	
柱脚仕様		めり込み補強金物						同左	
壁面材	面材種類	構造用MDF	構造用MDF	構造用合板	構造用合板	構造用合板	構造用パーティクルボード	構造用MDF	構造用合板
	厚さ	9mm	9mm	12mm※2	12mm※2	24mm※3	9mm	9mm	15mm
	詳細	30N/mm²タイプ※1	30N/mm²タイプ※1	特類2級	特類2級	特類2級	18N/mm²タイプ※1	30N/mm²タイプ※1	特類1級※4
	両or片面	片面	片面	片面	両面	片面	片面	両面	両面
	接合具	CNZ65@100×2列千鳥	CNZ65@100×2列千鳥	CNZ65@100×2列千鳥	CNZ65@100×2列千鳥	CNZ75@50×2列千鳥	CNZ65@100×2列千鳥	CNZ65@120×2列千鳥	CNZ65@100×2列千鳥
受け材	断面	120mm×90mm	111mm×90mm	108mm×90mm	96mm×90mm	96mm×90mm	111mm×90mm	102mm×60mm	90mm×60mm
	樹種	ヒノキ集成材						ヒノキ製材	
壁面材と床面材の隙間		12mm	12mm	0mm	0mm	0mm	12mm	30mm	
壁面材と柱の隙間		20mm						10mm	

※1 曲げ強度　※2 表層ロシアエゾマツ、その他スギ　※3 表層国産カラマツ、その他スギ　※4 全層ベイマツ(特類1級相当)
〔表-3も同様〕

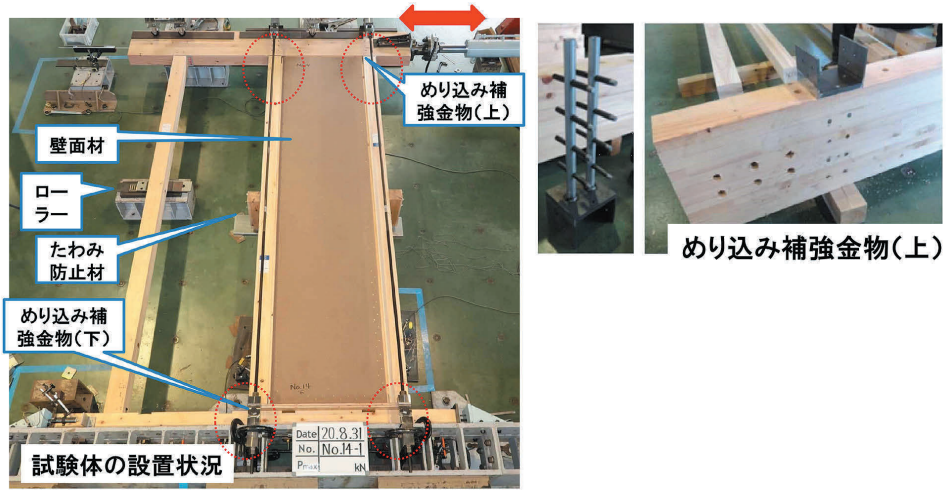


写真 -1　試験体の設置状況（耐力壁試験（タイロッド式））

2）耐力壁の要素試験

4) の設計モデルに結果を反映するため、耐力壁内の柱と側材（受材、面材）とのくぎ・ねじ留め要素について、一面せん断試験（単調加力）を行った。試験体仕様の一覧を表 -2、試験体の設置状況を写真 -2 に示す。

3）耐力壁試験（柱脚固定式）

耐力壁試験（柱脚固定式）は、耐力壁構面を構成する面材や接合などの各要素をモデル化した層数１～３の解析モデルを提案し、その妥当性を確かめるために、昨年度開発した２仕様の耐力壁及び層数１～３の目標耐力 110kN を満足する柱脚金物を供して、タイロッド無しの面内せん断試験（各１体）を実施した。試験体仕様の一覧を表 -3、柱脚金物図を図 -1 に示す。

試験方法は、1) で記載する業務方法書に準じ、見かけのせん断変形角 (γ) 制御で 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad で、同一ステップ３回の正負交番載荷とした。試験体の設置状況を写真 -3 に示す。

4）高耐力壁と接合金物を組み合わせた解析モデルの構築と解析の実施

本事業における解析モデルの構築、各要素と試験の相関（一例）を図 -2 に示す。各要素の特性は、要素試験、金物接合部試験、材料の規格値などから設定した。

表 -2　試験体仕様の一覧（要素試験）

試験体No.	柱	側材（受け材、面材）	接合具	
1	ﾋﾉｷ集成材/120×120mm	間柱/ﾋﾉｷ集成材/90×120mm	ねじ	STS6.5･F180mm
2		間柱/ﾋﾉｷ集成材/60×120mm		STS6.5･F135mm
3		構造用合板/特類１級/全層ベイマツ/t15mm/表層平行	くぎ	CNZ65
4		構造用合板/特類２級/t24mm/表層平行		CNZ75
5		構造用合板/特類２級/t12mm/表層平行		CNZ65
6		構造用 MDF/強度区分 30/t9mm		CNZ65
7		構造用ﾊﾟｰﾃｨｸﾙﾎﾞｰﾄﾞ/t9mm		CNZ65
8		構造用合板/特類１級/全層ﾍﾞｲﾏﾂ/t15mm/表層直交		CNZ65
9		構造用合板/特類２級/t24mm/表層直交		CNZ75
10		構造用合板/特類２級/t12mm/表層直交		CNZ65

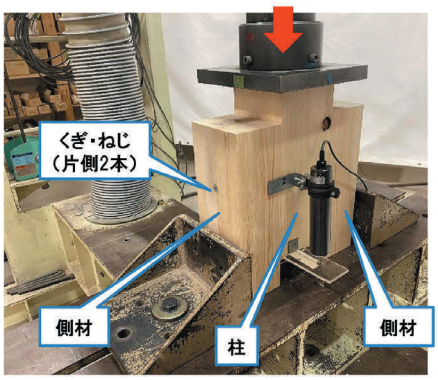


写真 -2　試験体の設置状況（要素試験）

表 -3　試験体仕様の一覧（耐力壁試験（柱脚固定式））

パラメータ＼試験体 No.		No. １９	No. ２０
試験体の目標耐力		30kN/m（見かけ）	
壁仕様		大壁	真壁
柱頭仕様		めり込み補強金物（ほぞパイプ仕様）+HD 金物	
柱脚仕様		柱脚金物（HD-D9）	
壁面材	面材種	構造用 MDF	構造用合板
	厚さ	9mm	24mm※3
	詳細	30N/mm²ﾀｲﾌﾟ※1	特類２級
	両 or 片面	片面	片面
	接合具	CNZ65@100 ×2 列千鳥	CNZ75@75 ×2 列千鳥
受け材	断面	120mm×90mm	96mm×90mm
	樹種	ヒノキ集成材	
壁面材と床面材の隙間		0mm	
壁面材と柱の隙間		20mm	
アンカーボルト	呼び径	M20	
	鋼種	SCM435	

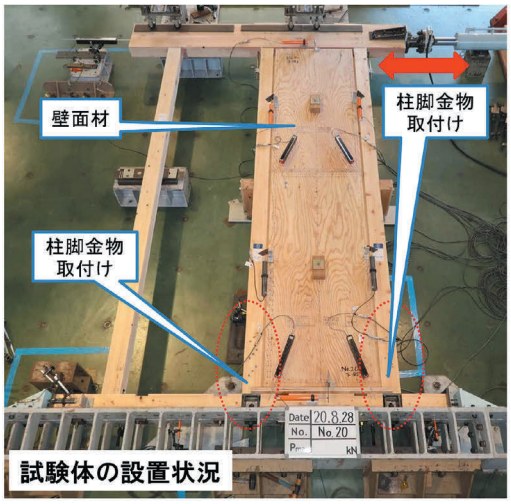


写真 -3　試験体の設置状況（耐力壁試験（柱脚固定式））

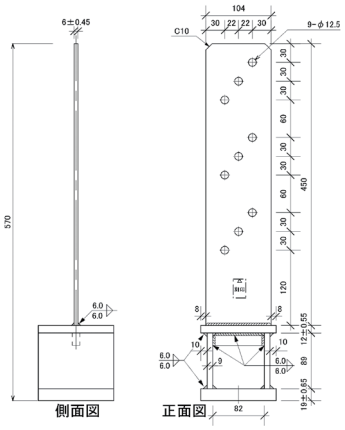


図 -1　柱脚金物図
（耐力壁試験（柱脚固定式））

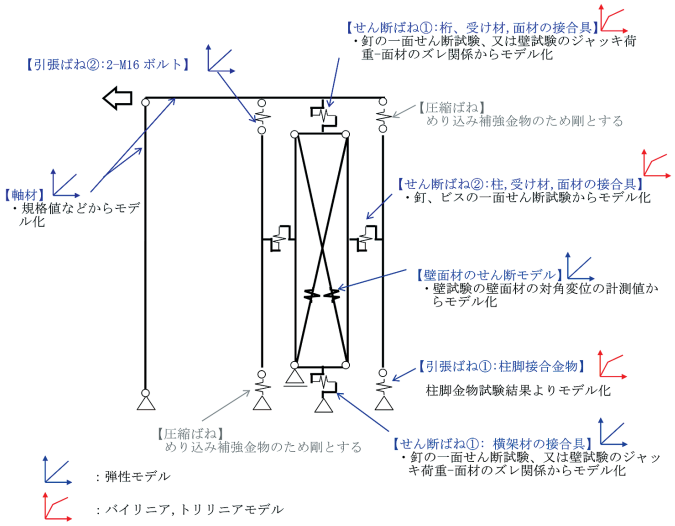


図 -2　解析モデルの構築、各要素と試験の相関（設計モデルの一例）

（2）接合金物

1）中間階用のホールダウン（HD）金物の開発・試験

設計上の目標耐力として、層数１～３の 1-2 階間では 50～60kN 、層数４～５の 1-2 階間では 250～300kN を設定した。うち今年度の事業では、層数１～３用の HD 金物の開発を行うため２仕様を選定した。金物を柱に固定し、両ねじボルト M20 を取り付けた試験体（各６体）を、試験装置にナット等で固定して設置した。金物図及び試験体図を図 -3 に示す。

載荷方法は、事前の単調載荷試験より降伏変位 δｙを得た後、δｙの 1/2、1、2、4、6、8…倍の順に一方向繰り返し加力とした。試験体の設置状況を写真 -4 に示す。

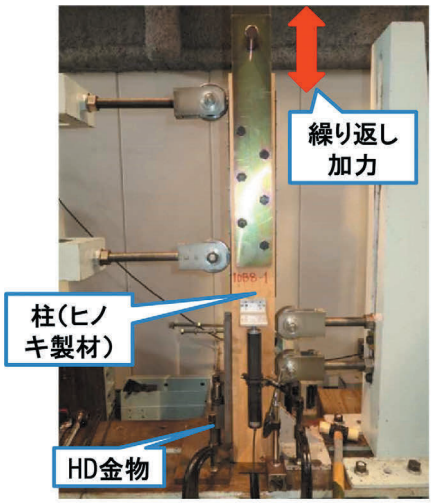


写真 -4　試験体の設置状況（金物試験）

2）多層でかつ高耐力壁とするための新たな接合金物の調査・検討

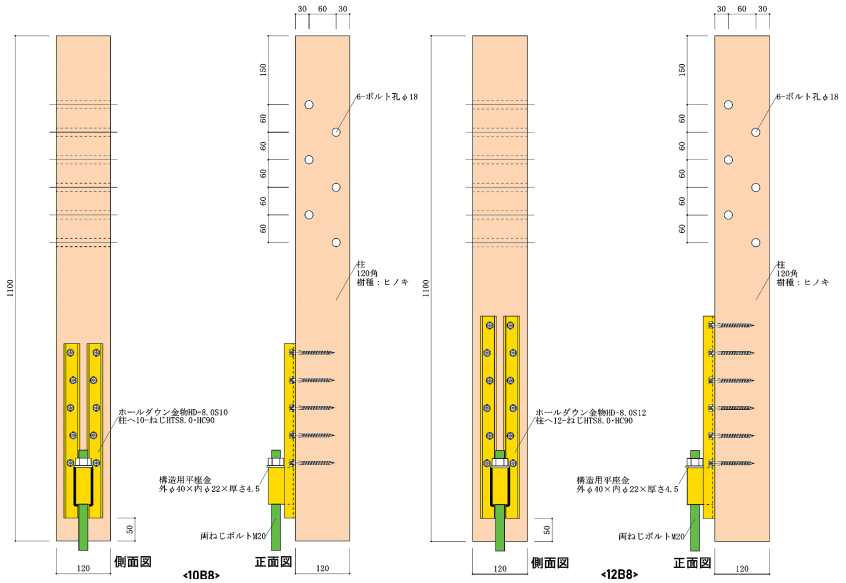


図 -3　金物図及び試験体図（金物試験）（単位：mm）

（3）高性能防火壁

実用性の観点から、75 分間準耐火性能を目標として試験体を 3 仕様（各 1 体）選定した。なお、75 分間性能を得るためには、加熱時間（なお燃え抜け、壁の座屈等が加熱終了までに発生した場合は、発生した時間を加熱時間と読み替える）は性能時間の 1.2 倍となる 90 分間加熱に耐える必要がある。

加熱側の被覆は、外壁では汎用性のある材料として、軽量セメントモルタル及び窯業系サイディングを用いた仕様、間仕切壁では厚物の構造用合板と強化せっこうボードを組み合わせ、真壁納まりで柱両隣に受け材を取付けた仕様とした。一方、非加熱側の被覆は、既往の報告で 75 分間準耐火性能を得た、強化せっこうボート 15mm の 2 枚重ね張りとした。躯体は軸組工法とし、樹種はスギを選定した。また壁内の構造用合板は、高耐力壁で使用される木質系面材のうち、防耐火性能上不利となる密度が最も低い面材として選定した。試験体仕様の概要を表 -4 に示す。

試験方法は、（公財）日本住宅・木材技術センターが定める、「防耐火性能試験・評価業務方法書」の準耐火等性能試験方法に準じて、柱 1 本に対して載荷を継続しながら加熱を実施した。試験体の設置状況を写真 -5 に示す。

表 -4 試験体仕様の概要（防耐火試験）（単位：mm）

外壁		間仕切壁
強化せっこうボード15厚×2枚張り ［屋内］ 断熱材GW16K105厚 スギ製材 ［屋外］ スギ集成材（E65-F255） 105×105 構造用合板9厚 強化せっこうボード15（防水防カビ） 防水紙 胴縁 防水紙 軽量セメントモルタル15厚	強化せっこうボード15厚×2枚張り ［屋内］ 断熱材GW16K105厚 スギ製材 ［屋外］ スギ集成材（E65-F255） 105×105 構造用合板9厚 強化せっこうボード12.5（防水防カビ） 透湿防水シート 胴縁 窯業系サイディング15厚	強化せっこうボード15厚×2枚張り スギ集成材（E65-F255）120×120 スギ製材 受け材・縦（スギ製材）45×96 ・横（スギ製材）45×45 （構造用合板の目地裏） 構造用合板24厚 強化せっこうボード21厚
試験体 E-1 （軽量セメントモルタル仕上げ）	試験体 E-2 （窯業系サイディング仕上げ）	試験体 P-1

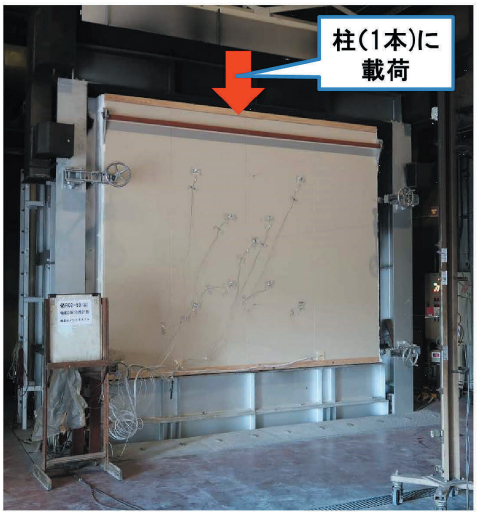


写真 -5　試験体の設置状況（防耐火試験）

実施した結果

（1）高倍率、高階高耐力壁

1）耐力壁試験（タイロッド式）

前期試験ではNo.17、後期試験ではNo.22が目標性能に達した。しかしながら、後期試験のいずれの試験体も、1/30radの変形前に荷重低下が見られたため、材料の品質管理も勘案して、さらなる仕様の検討が必要である。試験結果の一覧を表-5、各試験体の荷重変形関係（包絡線）を図-4,5に示す。

表 -5　試験結果の一覧（耐力壁試験（タイロッド式））

試験評価＼試験体 No.		前期試験（6 仕様各 1 体）						後期試験（2 仕様各 3 体）			
		No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	No. 17	No. 18	No. 21		No. 22	
Pmax(kN)		37. 0	35. 6	41. 5	71. 2	91. 6	42. 6	平均 64. 8		平均 76. 7	
①	降伏耐力 *Py*(kN)	21. 4	20. 6	21. 0	37. 3	52. 7	23. 6	平均 37. 5	(② 0. 981)	平均 44. 6	(② 0. 933)
	終局耐力 0. 2*Pu*√(2μ−1) (=*Ds*) (kN)	**18. 9**	**19. 3**	**16. 2**	**31. 2**	40. 9	**22. 5**	**平均 31. 5**	**(② 0. 988)**	**平均 40. 2**	**(② 0. 923)**
	最大耐力の 2/3*Pmax*(kN)	24. 7	23. 7	27. 7	47. 5	61. 1	28. 4	平均 43. 1	(② 0. 979)	平均 51. 1	(② 0. 868)
	真の変形角 1/150rad 時の耐力 P_{150}(kN)	28. 3	23. 9	20. 2	35. 7	**38. 0**	30. 1	平均 43. 4	(② 0. 976)	平均 40. 1	(② 0. 986)
③（=min(①×②)）50%下限値(kN)		—	—	—	—	—	—	31. 1		37. 1	
④壁長 1m あたりの短期基準せん断耐力 P_0（=min①/0. 91 又は③/0. 91）(kN/m)※		**20. 8**	**21. 2**	**17. 8**	**34. 3**	**41. 8**	**24. 7**	**34. 2**		**40. 8**	
壁倍率（=④/1. 96）※		10. 6	10. 8	9. 0	17. 5	21. 3	12. 6	17. 4		20. 8	

表中、②はばらつき係数、※“0. 91”は柱芯間隔、なお、いずれの試験体も低減係数は乗じていない

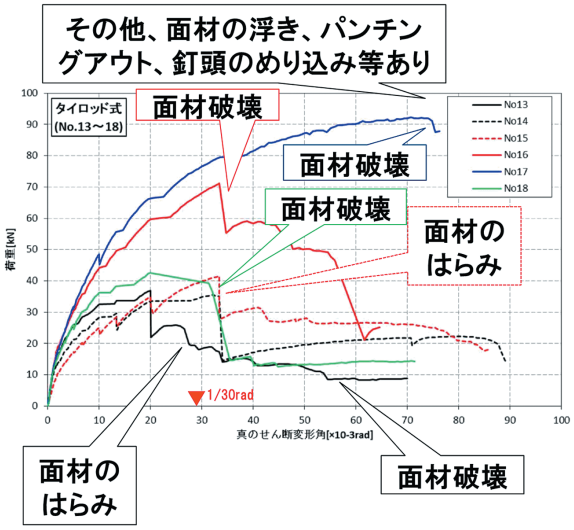


図 -4　荷重変形関係（包絡線）〔前期試験〕

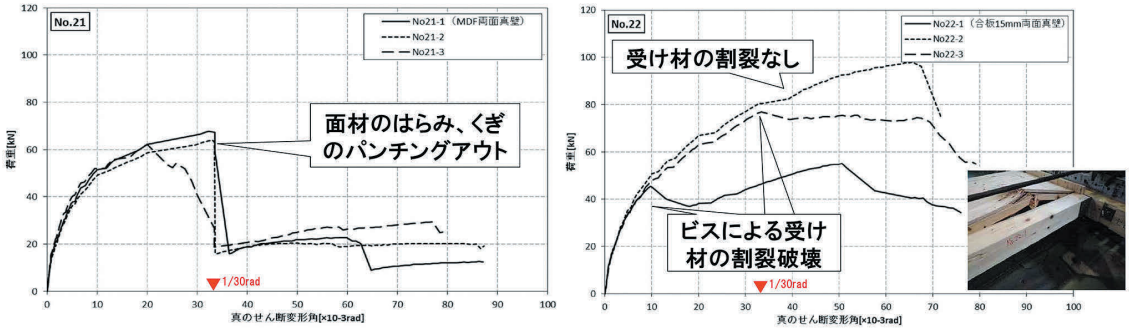


図 -5　荷重変形関係（包絡線）〔後期試験〕

2）耐力壁の要素試験

各面材の仕様の荷重･変位では、No.3,4,8,9 は終局までの変位量が No.6,7 より大きく、No.6,7 は厚さのわりに No.5,10 より強いが、早期にくぎ頭のめり込みやくぎの変形が発生した。面材ごとの荷重・変位（6 体の平均）を図 -6 に示す。

3）耐力壁試験（柱脚固定式）

試験は、いずれも柱脚金物に大きな損傷なく終了に至った。うち No.20 は No.12 と同様、目標耐力の 30kN/m を達成したが、低減係数を考慮すると、もう少し高い値が必要である。試験結果の一覧を表 -6、各試験体の荷重変形関係（包絡線）を図 -7 に示す。

表 -6　試験結果の一覧（耐力壁試験（柱脚固定式））

試験評価＼試験体 No.		No. 19	No.11*		No. 20	No.12*	
		見かけ	真	見かけ	見かけ	真	見かけ
Pmax(kN)		41. 7	40. 4	40. 4	68. 6	68. 9	68. 9
①	降伏耐力 *Py*(kN)	24. 6	24. 5	24. 1	37. 6	37. 3	34. 9
	終局耐力　$0.2Pu\sqrt{(2\mu-1)}$ (=*Ds*) (kN)	**17. 8**	**20. 3**	**14. 2**	**28. 2**	**31. 6**	**24. 6**
	最大耐力の 2/3*Pmax*(kN)	27. 8	26. 7	26. 7	45. 8	45. 6	44. 2
	真の変形角 1/150rad 時の耐力 P_{150}(kN)	—	31. 7	—	—	29. 7	—
	見かけの変形角 1/120rad 時の耐力 P_{120}(kN)	27. 0	—	26. 4	28. 6	—	24. 0
②壁長 1m あたりの短期基準せん断耐力 P_0 (=min①/0. 91) (kN/m)※		**19. 6**	**22. 3**	**15. 6**	**31. 0**	**32. 7**	**26. 4**
壁倍率 (=②/1. 96) ※		10	11. 4	8. 0	15. 8	16. 7	13. 5

※"0. 91"は柱芯間隔、なおすべての試験体の①には低減係数、うち No. 19, 20 にはばらつき係数は乗じていない
*50%下限値〔No. 11, 12 は昨年度 3 体試験分（タイロッド式）〕

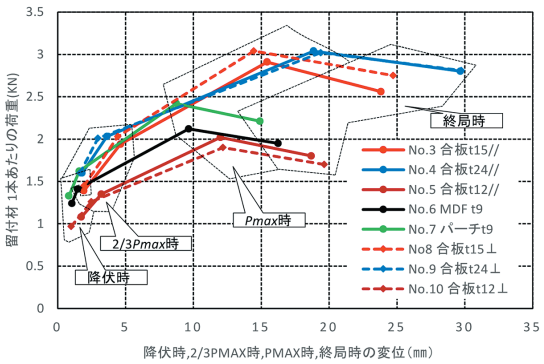


図 -6　各面材の仕様の荷重・変位
（6 体の平均）（要素試験）

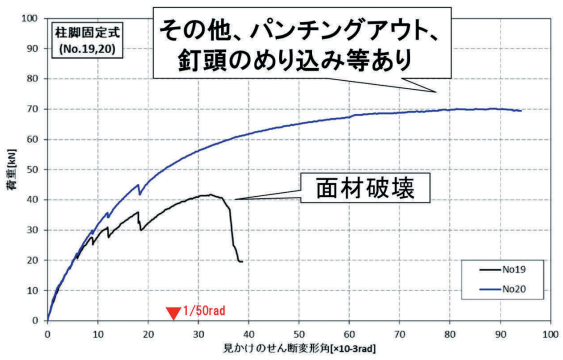
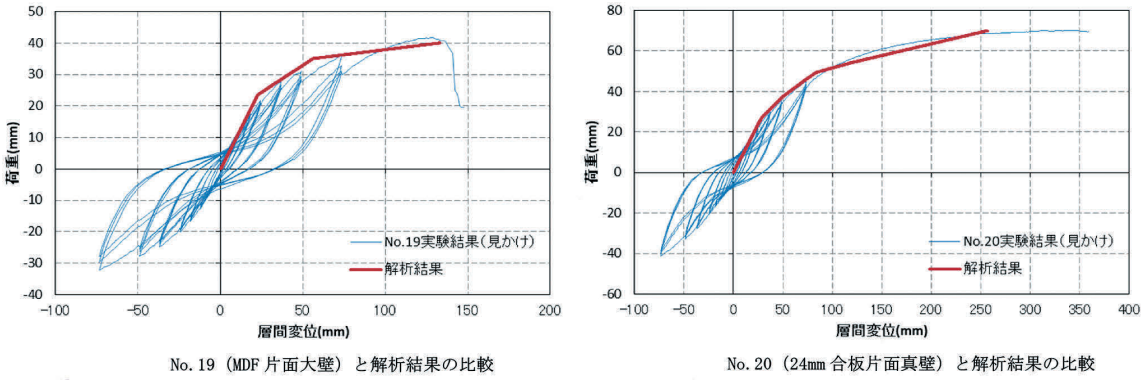


図 -7　荷重変形関係（包絡線）
（耐力壁試験（柱脚固定式））

4）高耐力壁と接合金物を組み合わせた設計モデルの構築、解析

3) で試験を実施したNo.19,20 を解析した結果、図-8 に示すように、概ね整合することが確認された。



No. 19（MDF 片面大壁）と解析結果の比較　　No. 20（24mm 合板片面真壁）と解析結果の比較

図-8　実測値と解析結果の比較（解析モデル）

（2）接合金物

1）中間階用のホールダウン(HD)金物の開発・試験

10B8 の終局は、すべてねじ列に沿った柱の割れ破壊であった。一方、12B8 の終局は、12B8-3,5 ではHD 溶接部での金物の破断であったが、それ以外は、ねじ列に沿った柱の割れ破壊であった。なお短期基準耐力は、いずれのHD 金物も目標耐力の50～60kN を満足した。試験結果の一覧を表-7、各試験体の荷重-変位曲線を図-9 に示す。

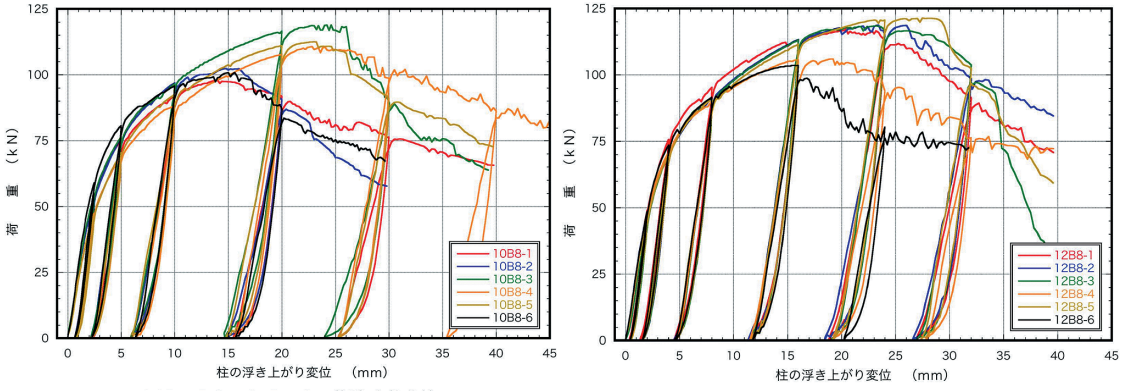
2）多層構造を想定した新たな接合金物の調査・検討

タイダウンシステムの調査、めり込み補強金物の開発検討（高耐力試験体への採用など）を行った。

表-7　試験結果の一覧（金物試験）

表-7　試験結果の一覧（金物試験）

試験体記号＼試験評価	短期基準耐力(kN) (=min（①～③）)	①降伏耐力 Py の 5%下限値 (kN)	②2/3Pmax の 5%下限値 (kN)	③終局耐力 Pu の 5%下限値 (kN)
10B8	**51.8**	51.8	58.7	80.2
12B8	**59.0**	59.0	64.6	88.3



１０Ｂ８-１～６　荷重-変位曲線　　１２Ｂ８-１～６　荷重-変位曲線

図-9　各試験体の荷重 - 変位曲線（金物試験）

（3）高性能防火壁

外壁E-1は、加熱開始80分以降アクシデントにより適切な載荷ができなかったが、90分間の加熱後の柱の炭化状況を勘案して、75分準耐火性能が見込めるものと判断した。外壁E-2、間仕切壁P-1は、いずれも75分準耐火性能を有する結果を得た。試験結果の概要の一覧を表-8、試験終了、脱炉後の加熱面の状況を写真-6に示す。

表-8　試験結果の一覧（防耐火試験）

試験体記号	加熱時間	性能時間	加熱終了時の状況
外壁 E-1	90 分間	**75 分間（見込）**	加熱開始 80 分以降は、耐火炉と試験体取り合い部に不具合が生じたため、試験荷重の約 8 割の荷重をかけた状態にて加熱を継続、加熱中は裏面側への燃え抜け等なし、柱の隅角部に 10 ㎜程度の炭化
外壁 E-2	110 分間	**91 分間**	75 分間の目標性能を確保することが充分に確認できたため
間仕切壁 P-1	104 分間	**84 分間**	101 分、壁の座屈（加熱終了時も強化せっこうボード面の落下なし）

外壁（試験体 E-1）　外壁（試験体 E-2）　間仕切壁（試験体 P-1）

写真-6　試験終了、脱炉後の加熱面の状況（防耐火試験）

今後の課題・展開等

（1）高倍率、高階高耐力壁

今年度の事業では、ヒノキを使って高耐力壁となる仕様の選定などの調査や、設計モデルの構築などを行ってきた。その中で挙がった高耐力壁ゆえの課題を、以下に示す。

- 柱頭・柱脚部などのめり込み対策の確立（接合金物と共通）
- 脆性的な破壊をしない受け材の選定や、高耐力が期待できるMDF、パーティクルボードを使った脆性的な破壊をしない仕様の検討
- 柱脚固定式耐力壁の仕様の、改良案の検討
- 要素試験（くぎ・ねじ一面せん断試験）のデータの有用性の検討
- 施工性に関する課題（部材や接合具の数が増すことによる、先穴加工手間や取付け手間など）
- 市場流通品の確保と普及など、材料の選定に関する課題
- 実設計に向けて課題（耐力壁の開口についてなど）

(2) 接合金物

今年度の事業では、HD金物の開発、検討などを行ってきた。それ以外にも、高耐力壁を目指すための課題を、以下に示す。

- 層数５の建物の最下階に要求される、軸組用のタイダウンシステムの調査（緩み止め機構、構造特性の検討）
- 複数の応力を同時に受ける場合の接合金物部の性状確認
- めり込み防止金物の改良

(3) 高性能防火壁

今年度の事業では、いずれの仕様も75分間準耐火性能が見込める結果を得た。今後の検討課題を、以下に示す。

- 構造性能に寄与する、接合部などの細部の納まりと防耐火性能との整合性
- 防火被覆のスリム化

事業

地域材合板の仕上げ時における材面品質検査機械の性能調査

● 実施団体 ●

日本合板工業組合連合会

〒101-0061　東京都千代田区神田三崎町2-21-2

事業目的

現行の「合板についての取扱業者の認証の技術的基準」（農林水産省告示第687号）の第一「製造業者」の三「品質管理を担当する者の資格及び人数」の３「製品の材面の品質検査担当者」においては、「品質検査担当者として、２名以上置かれていること」とされており、合板の材面品質検査について、必要な経験を有し研修を了したものを配置し、未仕上げ合板の目視等の調査によってＪＡＳ規格に適合しているかの判断をしている。

合板製造は厳しいコスト競争の中で高い性能基準を求められており、製造工程・検査工程の効率化が急務となっている。

このため、現在は２名の品質検査担当者が主に目視で行っている最終仕上げ検査について、最新の３Ｄカメラを活用した機械によって、適切な検査を行うことが可能かを検証し、機械の性能が検査担当者の目視と同等以上の性能を持っていることを確認することにより、合板業界における人手不足に対応するとともに、国際競争にさらされている合板業界のコスト削減と地域材合板の性能の向上を図る。

実施した項目

現在、新たに開発されている合板の材面の品質検査機械を合板メーカーの協力を得て工場に配置し供試合板に対する品質検査を行い、同検査機械の性能を確認するとともに、必要な性能を担保するための選別条件等を検討した。

品質検査の試行は、JAS規格に準じた材面検査により不合格と判定された合板を選別し、

1.　表裏面　スギ　　10㎜×945㎜×1840㎜
2.　表裏面　ラーチ　　12㎜×900㎜×1800㎜
3.　表裏面　ラーチ　　24㎜×910㎜×1820㎜
4.　表裏面　エゾマツ　12㎜×910㎜×1820㎜
5.　表裏面　ラーチ　　12㎜×910㎜×1820㎜
6.　表裏面　ラーチ　　24㎜×910㎜×1820㎜

の６仕様について材面の品質検査を実施した。

１～４については、投入方向は幅方向として、向きを変えて同じ合板を２回検査し、５、６については、投入方向は長さ方向として１つの向きについて検査を行った。

実施体制

事業上の実施のため、有識者等をメンバーとする検討委員会を設置した。構成員は下記の通りである。

日本合板工業組合連合会技術開発委員会

Ⅰ　委員

（委 員 長）　渋沢龍也　国立研究開発法人　森林研究・整備機構
（副委員長）　青木謙治　東京大学大学院　農学生命科学研究科
（委　　員）　槌本敬大　国立研究開発法人　建築研究所
　　杉本健一　国立研究開発法人　森林研究・整備機構
　　宮本康太　国立研究開発法人　森林研究・整備機構

岡崎泰男　秋田県立大学　木材高度加工研究所
谷川信江　東京大学大学院　農学生命科学研究科
平野　茂　株式会社 一条工務店
戸田淳二　株式会社 中央設計

Ⅱ　合板メーカー委員

平松　正樹	丸玉木材株式会社
小松　秀之	秋田プライウッド株式会社
大畑　泰廣	ホクヨープライウッド株式会社
相澤　秀郎	西北プライウッド株式会社
畑中　　薫	セイホク株式会社
阿部　勝浩	石巻合板工業株式会社
李　　元羽	株式会社キーテック
菊地　啓善	新潟合板振興株式会社
薮谷　充浩	株式会社ノダ
酒井　　徹	林ベニヤ産業株式会社
黄　　箭波	湖北ベニヤ株式会社
荒木　裕二	島根合板株式会社
河野　誠一	株式会社日新
堀　浩太郎	新栄合板工業株式会社

Ⅲ　オブザーバー

三重野　信	農林水産省 食料産業局 食品製造課 基準認証室
石川　智廣	農林水産省 食料産業局 食品製造課 基準認証室
鈴木　竜也	林野庁 木材産業課 木材製品技術室
田ノ上真司	林野庁 木材産業課
山内　一浩	独立行政法人 農林水産消費安全技術センター
田村　尭大	独立行政法人 農林水産消費安全技術センター
尾方　伸次	公益財団法人 日本合板検査会

Ⅳ　事務局

上田　浩史	日本合板工業組合連合会
宮本　友子	日本合板工業組合連合会
佐々木祐子	東京・東北合板工業組合
宇佐見　孝	中日本合板工業組合
吉岡　延夫	西日本合板工業組合

実施した内容

合板の材面の品質検査機械は、材面を計測するカメラ部と計測画像の解析部からなる。計測画像は２次元の画素に分解されて解析される。判定すべき欠点については、その大きさのしきい値をx、yそれぞれの方向の画素数および面積に相当する画素数として指定し、しきい値より大きいと解析されるものがあれば、不合格と判定されるものである。

測定結果の一例を示す（図1）。各検査結果の画像は、右下が光学画像であり、他の３枚が検査機械による計測画像である。

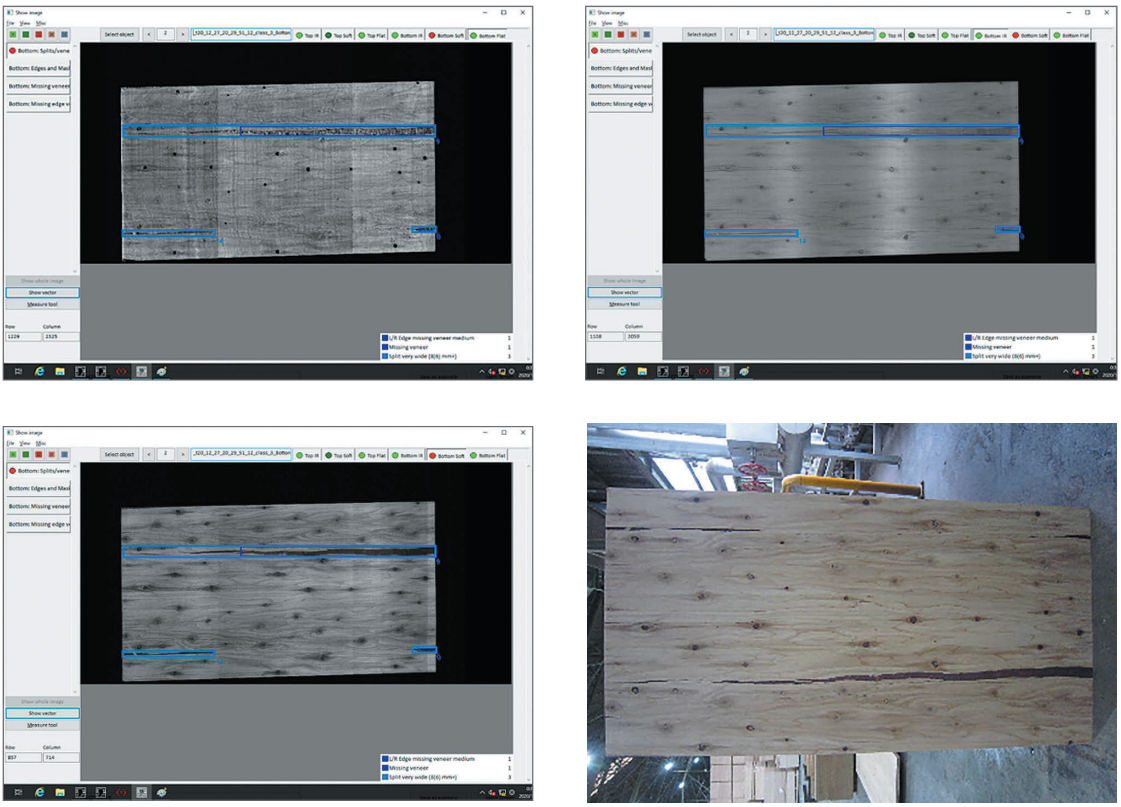


図１　割れの検出
（スギ10㎜×945㎜×1840㎜）

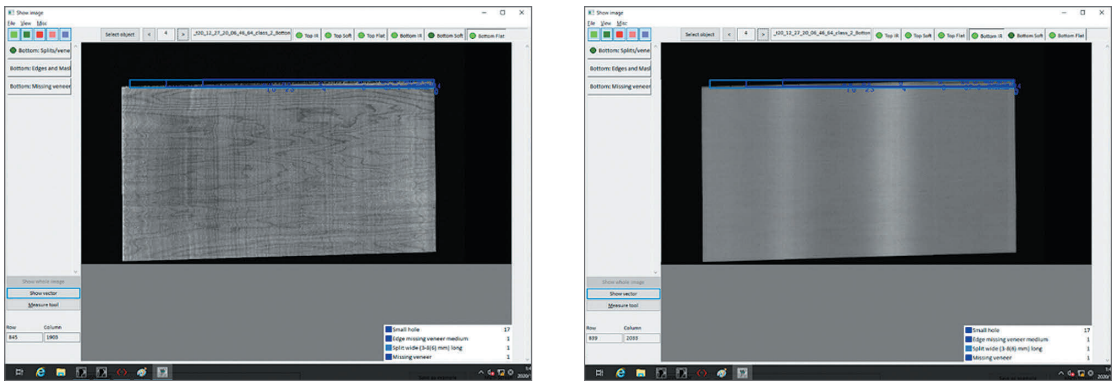
実施した結果

目視による検査結果と品質検査機械の検査結果は全ての試料合板で一致していた。また、合板りょう線の単板不足の場合、接着層が露出することで背景と同化してしまい、目視では判定し難いが、検査装置は単板不足として正しく認識している（図2）。

さらに、材面計測の際には、光源や照射角度の異なるライトで照らすことで、材面垂直方向の凹凸も検知できるため、目視では判別し難いプレスマークについても容易に判定できた（図3）。

以上のことより、供試した材面の品質検査において高い検査精度を有することがわかる。

また、品質検査機械の最大処理速度は200m/分とされており（カタログ値）、処理能力も高いことから、合板の製造工程における品質管理に十分使用可能であると判断される。



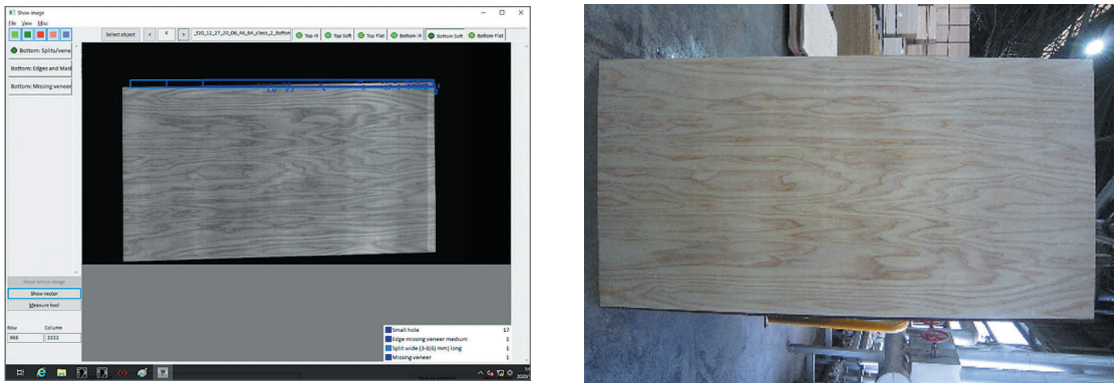


図２　合板りょう線の単板不足の検出
（スギ（フロアサイズ）10㎜×945㎜×1840㎜）

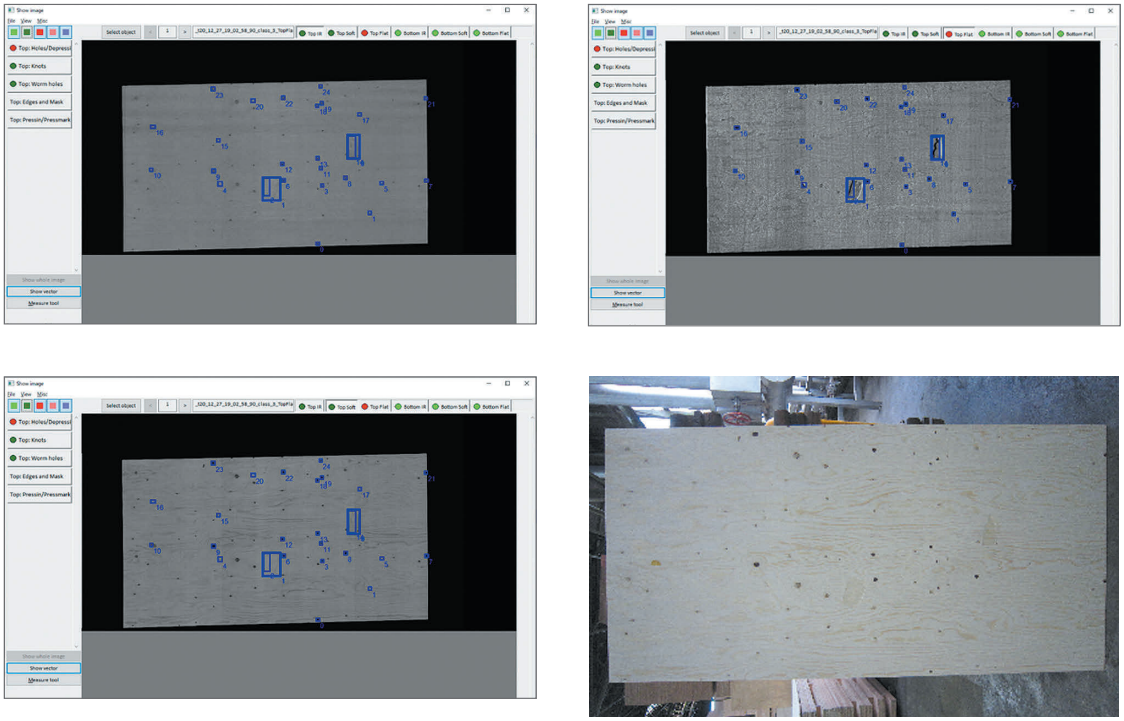


図３　プレスマークの検出
（エゾマツ　12㎜×910㎜×1820㎜）

今後の課題・展開等

本事業により、現在開発されている合板の材面の品質検査機械が目視検査と同等の検査精度を有するものと判断されることが分かった。この検討結果を元に、農林水産省告示第687号の「合板についての取扱業者の認証の技術的基準」の第一「製造業者」の三「品質管理を担当する者の資格及び人数」の３「製品の材面の品質検査担当者」の項を、「２名以上の品質検査担当者又は、必要な性能を有する機械が置かれていること」の意となるよう改訂いただくよう原案作成委員会に提案したい。

これにより、合板の性能を犠牲にせずに製造工程を省力化することが可能と考えられ、従事者の負担軽減に繋がることから、合板製造業のワークライフバランスの向上にも寄与できる。

事業

人工乾燥材の強度等品質を確保するための適正乾燥条件の検討

● 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

心持ち正角の人工乾燥では、100℃超の高温・低湿度条件の乾燥前処理（以下、高温セット処理）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、建築関係者から一般に流通している人工乾燥材について乾燥条件と強度性能と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。昨年度の事業において、一般に流通している人工乾燥材（心持ち正角）について乾燥条件と強度性能との関係を調査した結果、強度が低下していると考えられる事例が一部で見られたが、両者の間に明確な関係は認められなかった。そこで、本事業においては、現場で採用されている乾燥スケジュールで乾燥した製材と、強度・品質の面から推奨されている乾燥スケジュールで乾燥した製材との強度性能を比較することにより、乾燥条件が強度性能に及ぼす影響を検討する。

実施した項目

①乾燥試験

国内の各地域において人工乾燥材（心持ち正角）を生産している工場の協力を得て、工場が採用している乾燥スケジュール（以下、工場スケジュール）で乾燥する。また、公設林試等において、同種の材料を強度・品質の面から推奨条件とされている乾燥スケジュール（以下、研究機関スケジュール）によって乾燥し、両者について含水率および内部割れを測定する。

②乾燥材の強度試験

上記①の乾燥材について強度試験（曲げ、せん断）を実施し、国土交通省告示に定められる基準強度等との比較を行うとともに、工場スケジュールによる乾燥材の強度性能と研究機関スケジュールによるそれとを比較することにより、乾燥条件の強度性能に与える影響を検討する。

③内部割れ測定基準の検討

上記①および既存のデータ（例、前事業での内部割れ測定用試験体画像）から得られる内部割れの情報を整理し、特に強度との関連において影響を及ぼす因子について検討する。また、高温乾燥によって発生する内部割れの測定基準を検討する。

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乾燥試験

スギ、ヒノキについては、断面寸法120×120mm、長さ3mの心持ち正角100本について密度と縦振動ヤング係数の平均値とばらつきが均等になるように50本ずつ2つのグループに分けた。そのうち1つのグループは各地域において人工乾燥材（心持ち正角）を生産している9工場の協力を得て工場スケジュールで乾燥し、もう片方のグループについては、公設林試等において高温セット処理を活用した研究機関スケジュールによって人工乾燥した。いずれの条件とも目標含水率をSD15とした。乾燥材は断面寸法を105×105mmに仕上げ加工したのちに含水率および内部割れを測定した。カラマツについては、断面寸法145×145mm、長さ3mの心持ち正角240本（北海道産120本、長野県産120本）を用いて、適正な乾燥スケジュールを見出すことを目的に6種類の乾燥スケジュールによって人工乾燥し、断面寸法を120×120mmに仕上げ加工したのちに含水率および内部割れを測定した。なお、乾燥材の仕上がり含水率は図1の含水率(1)試験体から全乾法で求めた。

②乾燥材の強度試験

スギ、ヒノキについては、工場スケジュールによって人工乾燥された心持ち正角（仕上げ断面寸法：105mm×105mm）50本、および研究機関スケジュールによって人工乾燥された心持ち正角50本、合計100本について、所定の長さに加工(図1)した後、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(実大いす型方式)を実施した(写真1、2)。カラマツについては、適正な乾燥スケジュールを見いだすことを目的に、6種類の乾燥スケジュールによって人工乾燥された心持ち正角（仕上げ断面寸法：120mm×120mm）各40本、合計240本について同様の強度試験を実施した。

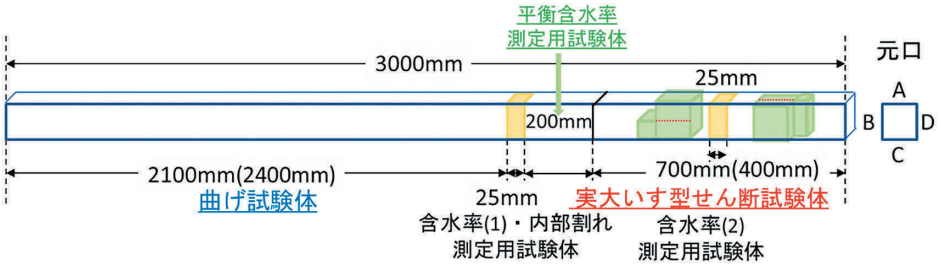


図1　各試験体の採取方法

③内部割れ測定基準の検討

昨年度の事業（人工乾燥条件及び強度性能の関係に係る実態調査事業）の中で実施した内部割れ測定において、内部割れとしてカウントするか判断が難しかった事例を整理し、本事業の委員および委員が所属する機関の研究員を対象に、内部割れの測定基準に関するアンケート調査を実施した。また、画像解析ソフトImageJを用いた内部割れの測定手順について検討した。更に実大いす型せん断試験

体の底面の画像をスキャナで読み取り、せん断面にかかる内部割れ、節割れ、材面割れをすべて測定し、割れとせん断強度との関係を検討した。

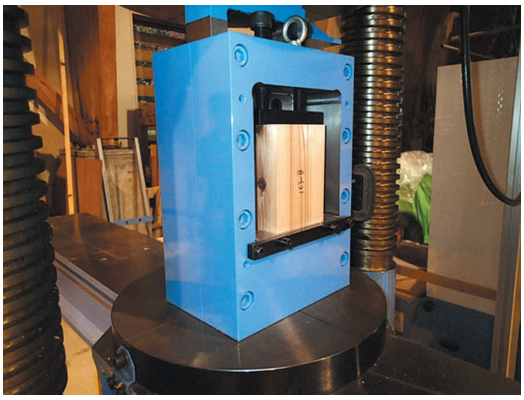


写真１ 実大曲げ試験の様子

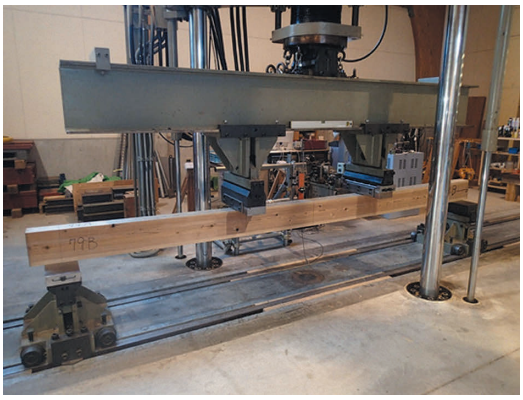


写真２ 実大いす型せん断試験の様子

実施した結果

①乾燥試験結果

乾燥試験の協力工場はスギ５社、ヒノキ４社であった。乾燥スケジュールは、ヒノキを取り扱う１社（乾燥スケジュール不明）を除いていずれの工場も高温セット処理を採用していた。また、冷却を除いた乾燥日数はスギで5.6～9.1日、ヒノキで2.0～7.5日であった。スギは乾燥前の材の密度や含水率の影響を受けるため仕上がり含水率のばらつきが大きいが、ヒノキは３社でSD15、１社でSD20を満足した（図２）。

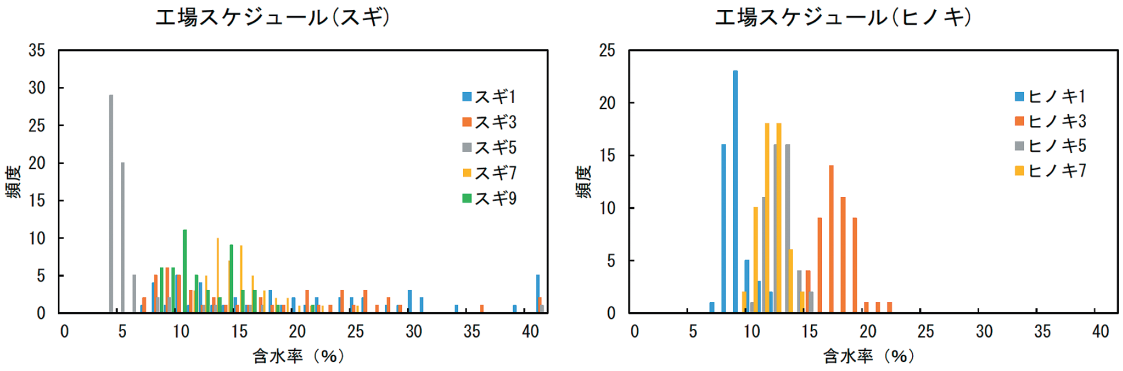


図２ 工場スケジュールで乾燥した供試材の含水率の分布

研究機関スケジュールは、スギでは高温セット処理条件を乾球温度120℃、処理時間24時間、ヒノキでは乾球温度120℃、処理時間18時間を基本とし、高温セット処理後の乾燥条件は乾球温度90℃でSD15を目標に時間を調整した（表１）。人工乾燥の結果、SD15を満足したのはスギで２機関、ヒノキで１機関であった。ヒノキは残りの３機関においてSD20を満足した一方、スギは残りの４機関のうち１機関でSD20を満たす割合が高かったが、３機関においてはばらつきが大きく、乾燥不十分な材が多い結果となった（図３）。

カラマツは、高温セット処理を行う乾燥３条件に加え、高温セット処理を行わずに温度の異なる中温乾燥３条件の合計６条件について、いずれもSD15を目標に乾燥を行った（表２）。その結果、ほぼすべての乾燥条件で含水率20%以下に乾燥した（図４）。

乾燥前の供試材のみかけの密度の変動係数が10%未満の試験グループにおいては、仕上がり含水率のばらつきが少なく、目標とする含水率に乾燥できる可能性が高い傾向が認められた（図５）。

内部割れの発生量（総長さ）は３樹種の中でスギが最も多く、カラマツで最も少なかった（図６）。スギとヒノキについては、乾燥途中に蒸煮処理を行ったために材面割れの発生がみられたスギ７と乾燥

スケジュールが不明のヒノキ５を除くと、研究機関スケジュールに比べて工場スケジュールの方が総長さの値が大きく、研究機関スケジュールの方が内部割れを抑制できていた。また、スギは内部割れ総長さのばらつきが大きく、仕上がり含水率が低いほど内部割れ総長さが増加する傾向がみられた（図7）。

表１　研究機関スケジュール（スギ、ヒノキ）

スケジュール番号	乾燥日数	蒸煮		高温セット		セット後の乾燥		備考
	(日)※	温度(℃)	時間(h)	温度(℃)	時間(h)	温度(℃)	時間(h)	
スギ2	8.3	95	7	120	24	90	167	
スギ4	9.1	95	9	120	24	90	185	
スギ6	7.2	95	8	120	24	90	140	
スギ8	2.0	95	12	120	24	90～110	13*	*110℃と100℃で1時間ずつのステップを含む
スギ10	9.3	95	8	120	20	90	196	
ヒノキ2	4.8	90～95	9	120	18	90	88	
ヒノキ4	4.2	95	6.7	120	18	90～110	75*	*110℃と100℃で1時間ずつのステップを含む
ヒノキ6	5.6	95	8	120	18	90	108	
ヒノキ8	1.4	90～95	9	120	18	90	6	

※ 乾燥日数に冷却時間は含まれていない

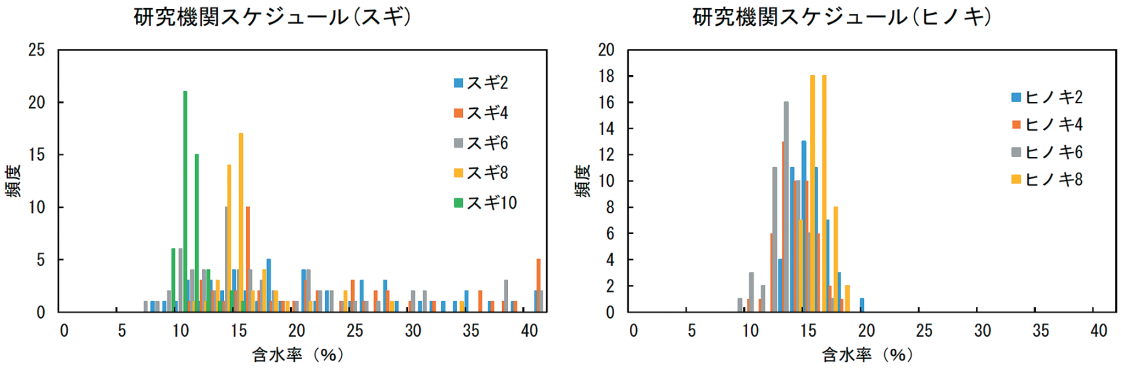


図３ 研究機関スケジュールで乾燥した供試材の含水率の分布

表２　研究機関スケジュール（カラマツ）

スケジュール番号	乾燥日数	蒸煮		高温セット		セット後の乾燥		備考
	(日)※	温度(℃)	時間(h)	温度(℃)	時間(h)	温度(℃)	時間(h)	
カラマツ1	19.9	70	10	100	18	90～70	450	*90℃と80℃で2時間ずつのステップを含む
カラマツ2	18.7	70	2			70	447	
カラマツ3	80.0*	95	10	110	18	70	331	*高温セット後、太陽熱乾燥を65日実施
カラマツ4	48.7	50	2			50	1167	
カラマツ5	22.9	70	2			70	547	背割りあり
カラマツ6	12.7	95	10	115	18	105～90	276*	*105℃と100℃で2時間ずつのステップを含む

※ 乾燥日数に冷却時間は含まれていない

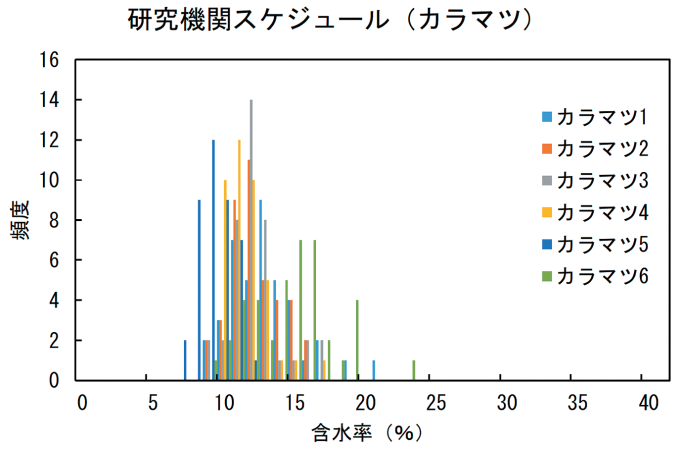


図４ 研究機関スケジュールで乾燥したカラマツ供試材の含水率の分布

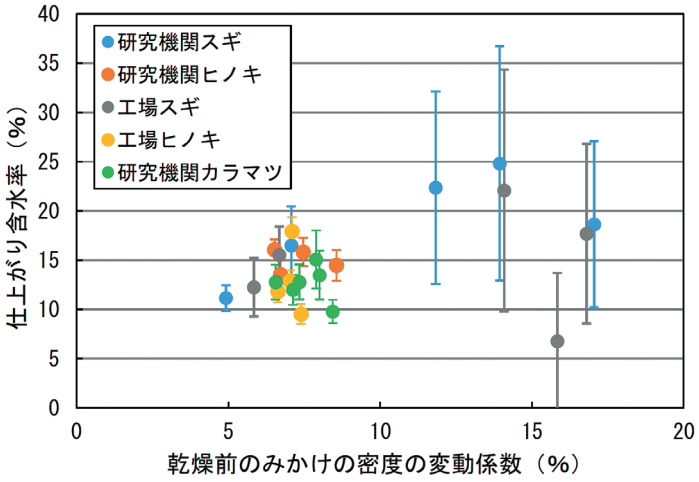


図５ 乾燥前のみかけの密度と仕上がり含水率との関係　　注）エラーバーは標準偏差

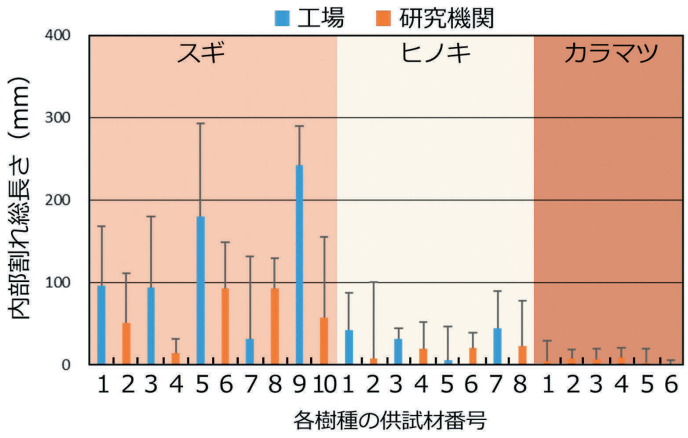


図６　工場および研究機関で乾燥した供試材の内部割れ総長さ
（スギおよびヒノキの隣り合う供試材番号（1と2、3と4、…）は同一地域のもの）

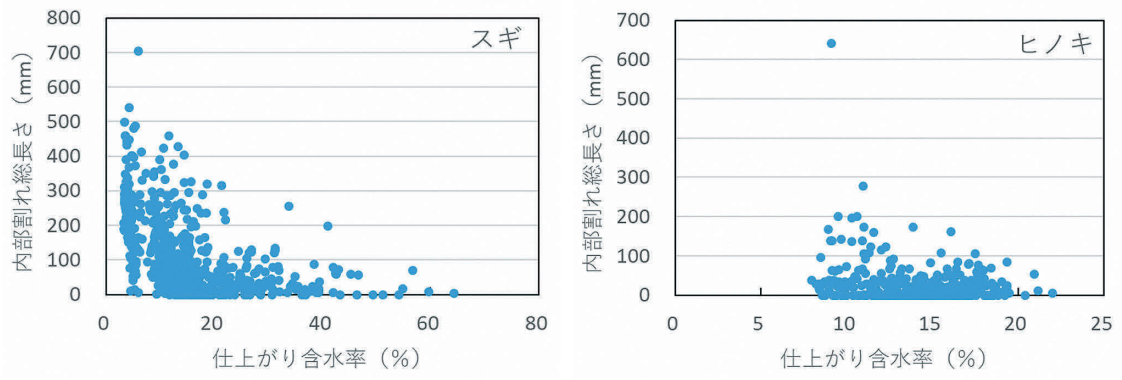


図７　仕上がり含水率と内部割れ総長さとの関係（左：スギ、右：ヒノキ）

②乾燥材の強度試験

スギおよびヒノキについて、工場スケジュールが研究機関スケジュールと同等であった場合はそれぞれの曲げ強度の間で有意差は認められなかったが、研究機関スケジュールより長い高温セット処理・乾燥時間や高い乾燥温度で人工乾燥された場合には有意差が認められた。曲げ強度に有意差が認められたスギ及びヒノキの一例として、工場および研究機関スケジュールで人工乾燥されたそれぞれの心持ち正角の曲げ強度の累積頻度を図８に示した。これらの工場スケジュールはいずれも研究機関スケジュールに比べて乾燥温度が高いあるいは乾燥時間が長いために曲げ強度が低下したと考えられた。また、曲げヤング係数と曲げ強度との関係を図９に示した。研究機関スケジュールの曲げ強度が製材JASの機械等級区分構造用製材の基準強度をほぼ満足しているのに対して、工場スケジュールの曲げ強度は基準強度を下回っているものが認められ、特にヒノキについてみると、曲げヤング係数に対して曲げ強度が低いものの多くはせん断破壊が生じていた。

カラマツについては、６種類の乾燥条件のうち、高温セットを実施せず、かつ乾燥温度70℃以下の乾燥スケジュールで人工乾燥された心持ち正角の曲げ強度は機械等級区分構造用製材の基準強度をおおよそ満足していた（図10）が、100℃以上の高温セット処理されたものはこれらに比べて低下していた。

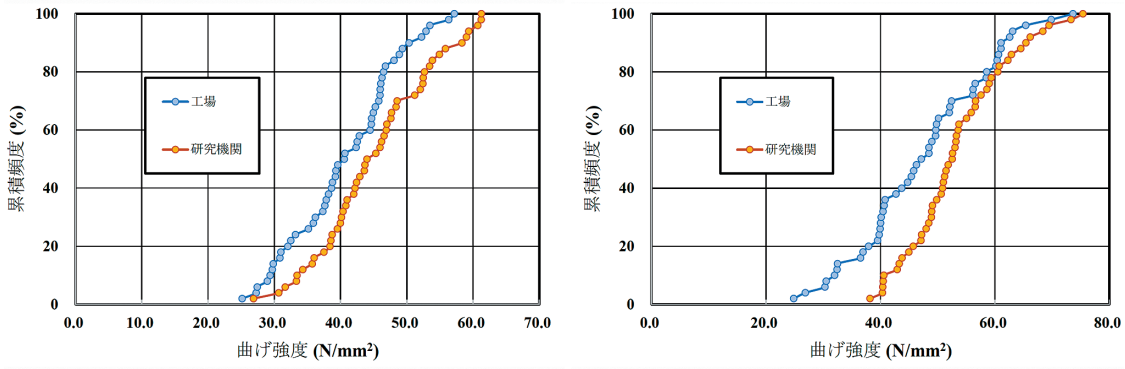


図８ 工場及び研究機関で乾燥された供試材の曲げ強度の累積分布の一例
（左：スギ、右：ヒノキ）

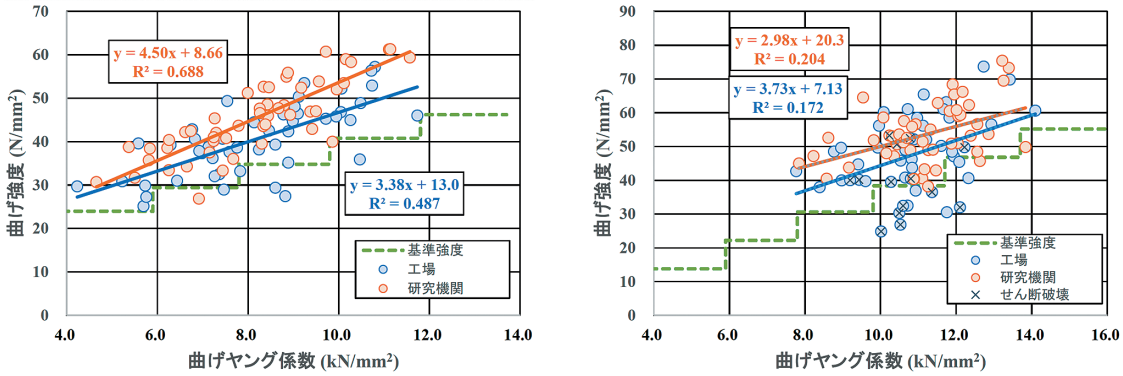


図９ 曲げヤング係数と曲げ強度との関係の一例
（左：スギ、右：ヒノキ）

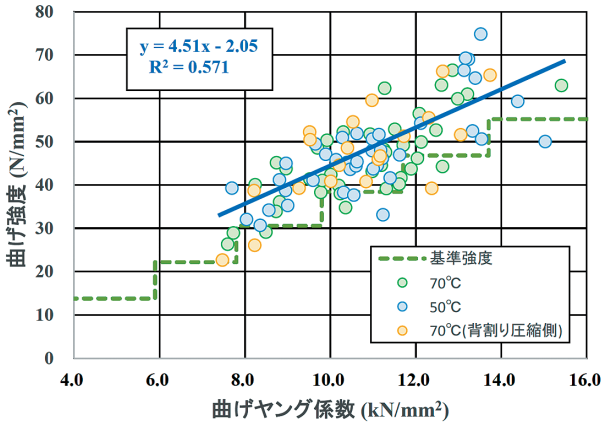


図 10 カラマツの曲げヤング係数と曲げ強度との関係（乾燥温度 70℃以下）

③内部割れ測定基準の検討

内部割れは外観から見えない内部の割れであり、材面に現れる材面割れと一般に区別されている。ただし、乾燥中に内部割れが発生・進展して材面に到達するケースや、乾燥後の仕上げ加工によって内部割れが材面に現れるケースなどは内部割れと材面割れの区別が難しく、測定者によって判断基準が異なることがわかった。また、髄割れについては内部割れとみなす意見とみなさない意見が半々で、内部割れと髄割れの区別についても判断が分かれた。

ImageJの分析ツール（Analyze_Tools_ROI Manager）を用いて、測定した内部割れの位置や長さ等の情報を保存する方法を提案し、測定の再現性が向上した。上記方法によりスギおよびヒノキの一部について、2体の実大いす型せん断試験体の底面の画像についてせん断面にかかる割れ（内部割れ以外も含む）の長さを測定し、せん断強度との関係を検討したところ、割れ長さの合計量（割れ総長さ）が一定以上になるとせん断強度が低下する傾向を示す場合があることが分かった（図 11）。

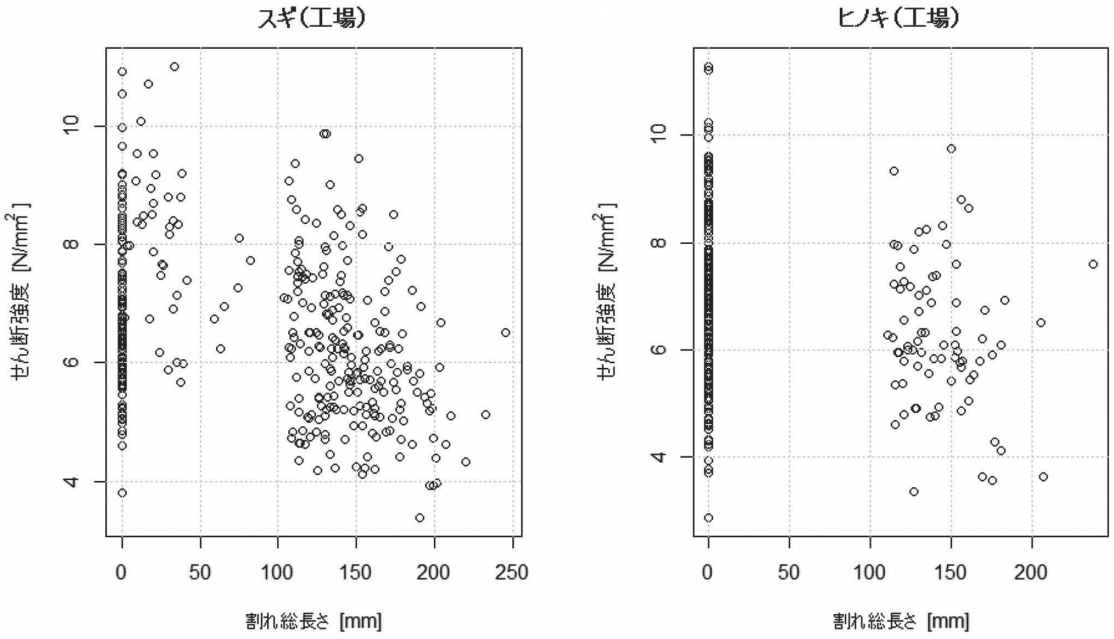


図 11 割れ総長さとせん断強度との関係（スギおよびヒノキ・工場の例）

今後の課題・展開等

①乾燥試験の結果、乾燥前の供試材のみかけの密度は、高温セット処理を用いる人工乾燥において、乾燥前の選別方法として有効な指標となりうることが示唆された。みかけの密度の変動係数を抑えることによって、仕上がり含水率のばらつきを小さくするとともに目標とする含水率に乾燥できる可能性が高い。変動係数に加え平均値も重要な要素となるため、変動係数は同じ場合でも密度の高低が仕上がり含水率に及ぼす影響について検討する必要がある。

②スギ、ヒノキの人工乾燥について強度試験を実施した結果、研究機関スケジュールに比べて、高温セット処理時間や乾燥時間が長いあるいは乾燥温度が高い乾燥スケジュールであった場合において、曲げ強度やせん断強度が低下することが明らかになった。今回の事業成果を製材工場や乾燥機メーカ等に対して周知・普及していくことによって、今後、適正な乾燥スケジュールによる強度等の品質が確保された乾燥材の生産に期待する。

③内部割れの判断基準は測定者によって異なり、中でも材面割れと内部割れの区別は難しいことがわかった。今後も内部割れの測定基準について議論を重ねる必要があると考えられる。一方で、AI を活用した内部割れの自動計測技術の開発が進められており、測定者の負担や測定誤差の低減が期待される。

事業

中大規模建築物における木材利用の拡大のための、NLT実用化に向けた研究開発

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会

〒105-0001　東京都港区虎ノ門 1-16-17 虎の門センタービル８階

事業目的

海外ではNLTを活かした建築物の実績があるが、国内においては実績がない。当協会では平成29年度よりNLTの研究開発を始め、防耐火、構造、遮音性能の研究に取り組んできた。しかし実運用までに課題が多く残っている。本事業では、設計基準および製造技術を確立し実用化の為に追加実験、試作検証を行い、NLTの実運用・普及を目的に設計施工技術をマニュアル化し、設計者、製造者、施工者へ向けて発信する。

実施した項目

本事業の検討委員会を設置し、NLT設計施工技術マニュアル作成の為の補足試験及び、NLTの試作を実施した。

1）NLT壁・床、壁・屋根等の接合部の防火性能確認実験
2）NLTパネル製造・試作、製造コスト、パネル精度検証
3）試作棟（屋根、床にNLTを使用した２階建て）設計、生産、施工の検証
4）設計・施工技術のマニュアル作成

実施体制

本事業を適切に運用する為に本委員会およびワーキンググループを設置し以下の体制で構成した。取り纏めに本委員会、ワーキンググループは構造、防耐火を設置、主たる役割は試験仕様の検討・決定、試験結果の確認、実運用の仕様決定である。

■本委員会　（敬称役職等略）

委員長	稲山　正弘	東京大学
主　査	原田　寿郎	（国研）森林総合研究所
委　員	小見　康夫	東京都市大学
	小見山陽介	京都大学
	林　　吉彦	（国研）建築研究所
	成瀬　友宏	国土技術政策総合研究所
	鈴木　淳一	国土技術政策総合研究所
	麓　　英彦	カナダ林産業審議会
	大橋　　修	三井ホームコンポーネント㈱
	山本　　剛	三井ホームコンポーネント㈱
	津田　綾子	（一社）日本ツーバイフォー建築協会関西支部／津田産業㈱
	泉　　潤一	（一社）日本ツーバイフォー建築協会技術開発委員長／三井ホーム㈱
コンサルタント	宮林　正幸	㈲ティー・イー・コンサルティング
	川原　重明	㈱木質環境建築

■ワーキンググループ（構造）

委員長	稲山　正弘	東京大学
委　員	槌本　敬大	（国研）建築研究所
	麓　　英彦	カナダ林産業審議会
	大橋　　修	三井ホームコンポーネント㈱
	泉　　潤一	（一社）日本ツーバイフォー建築協会技術開発委員長／三井ホーム㈱
	神谷　文夫	（一社）日本ツーバイフォー建築協会部資材委員長／セイホク㈱）
	落合　　陽	東京大学
コンサルタント	川原　重明	㈱木質環境建築）

■ワーキンググループ（防耐火）

主　査	原田　寿郎	（国研）森林総合研究所
委　員	林　　吉彦	（国研）建築研究所
	成瀬　友宏	国土技術政策総合研究所
	鈴木　淳一	国土技術政策総合研究所
	泉　　潤一	（一社）日本ツーバイフォー建築協会技術開発委員長／三井ホーム㈱
コンサルタント	宮林　正幸	㈲ティー・イー・コンサルティング

行　政	増田　莉菜	林野庁林政部木材産業課
オブザーバー	平原　章雄	木構造振興株式会社
協力会社	佐藤　　勇	㈲ホームリサーチワン（マニュアル作成）
事務局	日本ツーバイフォー建築協会	
	清野　明、坂口 晴一、近藤 浩一、鈴木 涼太、橋本 由樹	

実施した内容

NLT壁・床、壁・屋根等の接合部の防火性能確認実験

1時間準耐火構造の認定を取得したNLT床版を現し天井として用いたNLT床版と枠組壁との接合部（取り合い部）と認定仕様であるクリアランス4㎜以下の床版相互目地部の防火措置とNLT床版と壁防火被覆材の取り合い部について加熱時間1時間の遮熱性・遮炎性を確認した。

NLT床・壁接合部加熱試験体は図-1に示す4種類の床版・壁接合部仕様によるスギ206NLT床版（800㎜×1,148㎜）を製作した。

NLT床・壁接合部の防火措置仕様は、大臣認定条件である床版相互目地（クリアランス4㎜以下）の中央部に打設するシリコーン系シーリング材（打設量30g/m）に加え、床版相互目地垂直方向のシール処理の有無、および床版と壁枠組材接合部（隅角部）のシール処理の有無について遮熱遮炎効果を確認した。使用したシール材は、有機系シール材として認定条件と同じシリコーン系シーリング材、無機系シール材としてジプタイト（吉野石膏製）の2種類とした。表-1にNLT床版・壁接合部試験体の防火措置一覧を示す。

NLTパネル製造・試作、製造コスト、パネル精度検証

コンポーネント会社5社へ、SPF、国産杉材を使用した206、208、210のNLTパネル（5.5m×約2mランバー52枚）の試作を依頼し、下記事項の検証・試算を行った。（写真-1～4）

1）製品精度の検討事項
2）生産方法の検討事項
3）生産コストの試算

試作棟　設計、生産、施工の検証

2階建て延床面積19.9㎡（3.6m×2.7m）軒高5.6mの建築物に屋根と床にNLTを使用し建設した。

(図-2、写真-5)

壁はSPF-206の枠組、2階床SPF-210 NLT床パネル2枚、2階屋根（天井）杉208＋206を組み合わせ凹凸形状のNLT屋根パネル2枚を現場で製作した。

設計・施工技術のマニュアル作成

主な項目

1）構造設計のマニュアル

2）NLT防火・耐火設計のマニュアル

3）NLT版の製造、施工マニュアル

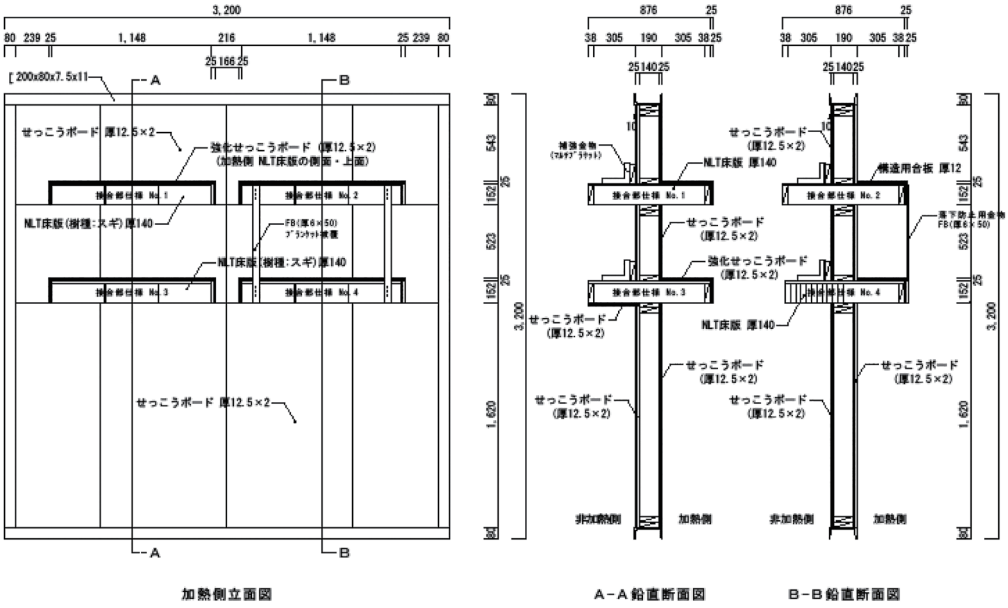


図-1

表-1

	目地位置	床版相互目地（クリアランス4㎜）のシール処理		床版・壁取り合い部のシール処理
		床版の水平方向	床版の厚さ(垂直)方向	
接合部仕様 No.1	目地A	シリコーン系シーリング材 打設位置：中央部 打設量：30g/m以上	なし	なし
	目地B	同上	シリコーン系シーリング材 打設位置：壁支持部中央 打設量：30g/m以上	シリコーン系シーリング材 打設位置：両面 打設量：30g/m以上
接合部仕様 No.2	目地A	シリコーン系シーリング材 打設位置：中央部 打設量：30g/m以上	シリコーン系シーリング材 打設位置：壁支持部中央 打設量：30g/m以上	ジプタイト（耐火シール材） 打設位置：両面 打設量：30ml/m以上
	目地B	同上	ジプタイト（耐火シール材） 打設位置：壁支持部中央 打設量：30ml/m以上	ジプタイト（耐火シール材） 打設位置：両面 打設量：30ml/m以上
接合部仕様 No.3 非加熱側NLT天井被覆	目地A	シリコーン系シーリング材 打設位置：中央部 打設量：30g/m以上	なし	シリコーン系シーリング材 打設位置：加熱側のみ 打設量：30g/m以上
	目地B	同上	シリコーン系シーリング材 打設位置：壁支持部中央 打設量：30g/m以上	なし
接合部仕様 No.4 壁上部NLT直交目地	目地A	シリコーン系シーリング材 打設位置：中央部 打設量：30g/m以上	なし	シリコーン系シーリング材 打設位置：両面 打設量：30g/m以上
	目地B	同上	なし	なし
備考		大臣認定仕様	－	－

写真-1

写真-2

写真-3

写真-4

写真-5

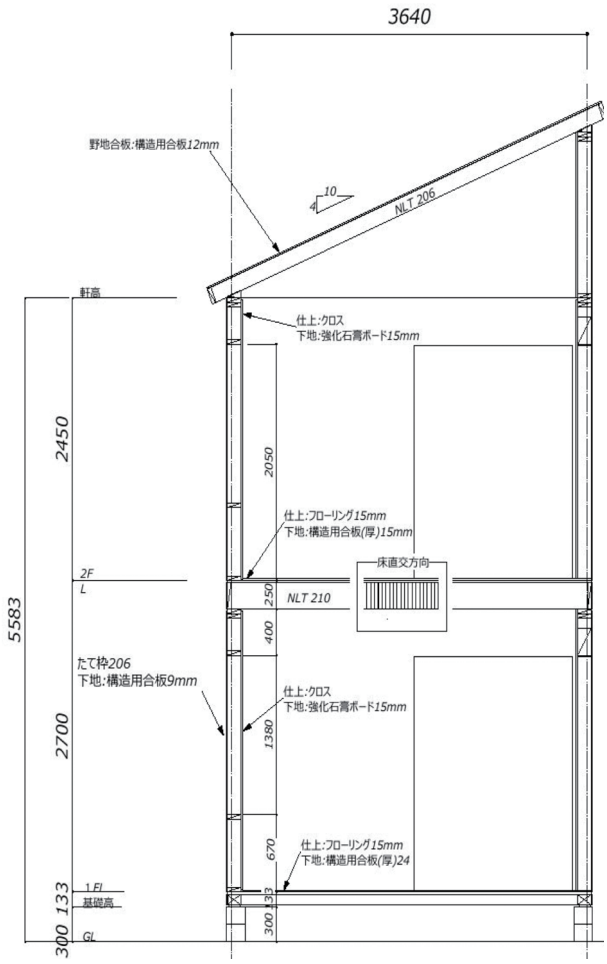


図-2

実施した結果

NLT壁・床、壁・屋根等の接合部の防火性能確認実験

（1）クリアランス4㎜NLT床版相互目地側面の防火措置（別表-1）

①壁芯位置で垂直方向にシール処理を行わない場合、クリアランス4㎜のNLT床版相互目地部分は、1時間加熱に対する遮熱性と遮炎性を満足することは出来なかった。

②遮熱性と遮炎性に対して、壁芯の位置で床版側面の垂直方向にシール処理を行うことにより、遮熱性と遮炎性に対する効果は確認できたが、シリコーン系シーリング材に比べ、無機系シール材（ジプタイト）の効果は劣っていた。

③非加熱側の床・壁隅角部温度、壁芯から35㎜非加熱側の内部温度測定結果と非加熱側の目地部分から火炎の噴出や発煙が観察されなかった試験結果より、壁芯の位置で垂直方向にシリコーン系シーリング材を打設(30g/ｍ)する防火措置を行えば、NLT床版と壁接合部は、1時間加熱に対する遮炎性を満たしていることが確認できた。又、サーモカメラの画像から、非加熱側の目地部分と床版・壁取合い周囲部の遮熱性も満たしていることが確認できた。

別表-1　NLT床版相互目地の下面側目地内部温度（クリアランス4㎜）

試験体記号	壁芯垂直方向のシール処理	温度測定位置	壁芯より35㎜加熱側			壁芯より35㎜非加熱側			非加熱側NLT床版・壁隅角部		
			測定位置No.	最高温度	計測時間	測定位置No.	最高温度	計測時間	測定位置No.	最高温度	計測時間
接合部仕様No.1	なし	目地A下面側	1	735.9℃	49.0分	2	703.7℃	59.5分	53	499.1℃	47.0分
	シリコーン系シーリング材	目地B下面側	7	487.5℃	49.0分	8	336.9℃	60.0分	54	80.0℃	10.0分
接合部仕様No.2	シリコーン系シーリング材	目地A下面側	13	419.7℃	54.5分	14	221.8℃	59.0分	55	86.9℃	53.0分
	ジプタイト	目地B下面側	19	616.4℃	60.0分	20	519.0℃	60.0分	56	115.4℃	60.0分
接合部仕様No.3	なし	目地A下面側	25	342.1℃	10.0分	26	231.9℃	10.0分	—	—	—
	シリコーン系シーリング材	目地B下面側	31	444.9℃	60.0分	32	264.9℃	60.0分	—	—	—
接合部仕様No.4	なし	目地A下面側	37	397.3℃	10.0分	38	40.9℃	60.0分	—	—	—
	なし	目地B下面側	43	114.5℃	60.0分	44	70.1℃	10.0分	—	—	—

（2）NLT床版・壁枠組材隅角部の防火措置（別表-2）

①床版と壁隅角部のシール処理を行っていない接合部仕様No.1目地A側の壁芯より35㎜加熱側に於ける最高温度は267.3℃(加熱1時間に計測)であったが、壁芯より非加熱側35㎜の内部温度は98.3℃が最高温度であった。

②シリコーン系シーリング材、もしくは無機系シール材（ジプタイト）を使用し、NLT床版と壁枠組隅角部をシール処理した全ての接合部仕様の内部温度は、壁芯より加熱側35㎜の最高温度は、接合部仕様No.1目地B側の144℃であったが、非加熱側35㎜の最高温度は全ての仕様で100℃を下回る試験結果であった。又、サーモカメラの画像からも、床版と壁取合い周囲部の遮熱性も満たしていることが確認でき、シール処理を行わないNLT床版と壁枠組隅角部でも、加熱1時間に対する遮炎性と遮熱性は確認できた。

別表-2　NLT床版を構成する枠組材間の下面側内部温度

試験体記号	床版･壁隅角部のシール処理	温度測定位置	壁芯より35㎜加熱側			壁芯より35㎜非加熱側		
			測定位置No.	最高温度	計測時間	測定位置No.	最高温度	計測時間
接合部仕様No.1	なし	目地A側下面側	3	183.0℃	60.0分	4	95.1℃	49.5分
			5	267.3℃	60.0分	6	98.3℃	59.5分
	シリコーン系シーリング材	目地B下面側	9	98.6℃	60.0分	10	52.5℃	60.0分
			11	144.0℃	60.0分	12	91.3℃	60.0分
接合部仕様No.2	ジプタイト	目地A側下面側	15	98.6℃	59.5分	16	86.4℃	19.0分
			17	117.4℃	60.0分	18	87.1℃	60.0分
	ジプタイト	目地B下面側	21	111.5℃	60.0分	22	89.0℃	60.0分
			23	102.5℃	60.0分	24	83.5℃	60.0分
接合部仕様No.3（加熱側のみ）	シリコーン系シーリング材	目地A側下面側	27	124.7℃	60.0分	28	91.1℃	59.5分
			29	98.6℃	59.5分	30	67.9℃	60.0分
	なし	目地B下面側	33	104.1℃	60.0分	34	90.0℃	32.5分
			35	121.8℃	10.0分	36	91.8℃	60.0分
接合部仕様No.4	シリコーン系シーリング材	目地A側下面側	39	97.6℃	41.0分	40	35.2℃	60.0分
			41	97.4℃	52.0分	42	36.6℃	60.0分
	なし	目地B下面側	45	97.4℃	49.0分	46	48.1℃	10.5分
			47	115.2℃	10.5分	48	62.1℃	10.5分

NLTパネル製造・試作、製造コスト、パネル精度検証

NLTの製造は特殊な設備を必要としない単純作業であるが、バットジョイントを用いる場合、部材の種類が多く、積層順、釘打が複雑である。材のプレカット、製作台を利用した釘打ち、釘位置の墨出し治具を利用する事で生産効率が上がった。

ネイラーによる通常の釘打ち作業でもランバー材間の隙間が２mm以下になる事が確認できたが、積層されたパネルの精度（平行方向）は、製材の精度（許容誤差）の影響を受ける為、最大幅と最小幅は０～７mmであった。生産コストに影響する製作作業時間については、NLT版１枚（組立）２名で４～８時間であった。依頼先のコンポーネント各社は初めてNLTを製作した事もあり製作作業時間に大きなばらつきが生じた。作業手順が確立すれば２名４時間以下となる事が推測される。

試作棟　設計、生産、施工の検証（写真-6～7）

写真-6

写真-7

NLT版の注文指示は、設計図書にNLTを使用する範囲と構造上必要なランバー数を指定した。製材規格寸法×ランバー数で指示しても要求幅にする事が難しい。

現場施工時の問題点として考えられる搬入時の揚重作業では、NLTパネルを特殊金物４点吊りとし、パネルの小口に変形止めの添木材を取り付けた結果、パネルに変形は見られなかった。また、今回の試作棟で使用した最大パネル重量は２トンあり、作業性・作業の安全性を考慮した仮設計画が重要となった。雨天時の養生については、NLTパネルに雨養生シート（ツーバイガード）をタッカーで取り付けたが問題は生じなかった。

２階床をNLT床パネル２枚、２階屋根（天井）をNLT屋根パネル２枚、各パネルを接合した時の施工精度は、横幅（ランバー平行方向）最大と最小の差が12ｍｍとなった。そのため、パネル設置時に引き寄せビスでパネル間を４ｍｍ以下に修正することとなった。現場でのNLTパネル接合の作業性はパネルの精度に影響され、精度が悪いと設置調整に時間がかかる。
また接合部の加熱試験結果により決定されたパネル間のシーリングはパネル設置毎に行う必要があり生産性が悪く今後の課題である。

206壁とNLT床パネルの接合は、下から140ｍｍと上から320ｍｍの全ねじビスで固定を試した。先穴なしでも問題なく打ち込めることが確認された。またNLTパネルと壁との固定は、全て上から固定する事は可能であるが、全て下からビス固定することはできない。階高、マグサ位置によりマグサ上から上枠への隙間に道具が入らない場合がある。その場合、部分的に上からの作業となると現場作業のミスによる固定不良が生じる事が考えられる。

設計・施工技術のマニュアル作成

床や屋根にNLTを利用する上で必要な設計基準、防火・耐火設計および構造設計、生産の技術を解説するマニュアルを作成した。

目次（大項目）

1）NLTの概要
2）NLTの製品規格
3）NLTの防火耐火規定
4）NLT版の構造設計
5）NLT床版の音響に関する事項
6）耐久性
7）生産（体制、管理）
8）施工（体制、管理、設備）
9）品質管理

今後の課題・展開等

平成29年度より3年間に亘り林野庁補助事業としてNLTの研究開発に取り組んだ成果をもとに、講習会やセミナー等を開催し今後の普及に努めて参りたい。

NLTの実施設計、防火性能の今後の展開

基本的な検証が終わり、取得した大臣認定を使用し準耐火建築物にNLTをあらわしで使用可能となったが、設計内容により新たな大臣認定の取得、確認試験が必要な事も考えられ今後それらのサポートをする。

NLTパネル製造・試作、パネル精度、製造コストについての課題

パネルの精度は製材の精度に影響される為、矩形の立体にならないが、現場での調整が不要となるパネル精度が理想である。コストを考慮した現場での作業負荷とパネル精度について検討する必要がある。

以上、コスト低減、合理的な製作方法、各部詳細の検討など、普及・展開していく過程において検討を継続する。

事業

床暖房対応複合フローリングの開発による国産材需要拡大事業

● 実施団体 ●

日本複合・防音床材工業会

〒112-0004　東京都文京区後楽1-7-12 林友ビル6階

事業目的

日本複合･防音床材工業会は、林野庁の国産材率50％の政策目標を達成するため、複合フローリングの年間生産量6,700万㎡の８割を占める床暖房対応複合フローリングを対象にしたスギを主体とした国産材使用台板の技術開発に取組んできた。

令和元年度においては、スギ・カラマツ台板の開発に成功したものの、スギ・ヒノキ、オールスギの台板開発では工業会規格に不適合といずれも大変厳しい結果となった。

このため、令和２年度においては、スギ・ヒノキ、オールスギ台板の技術開発を引き続き実施し、複合フローリングに占める国産材台板の使用割合を50％とする目標に向けた取組を推進することを目的として本事業を実施した。

実施した項目

①検討委員会の開催

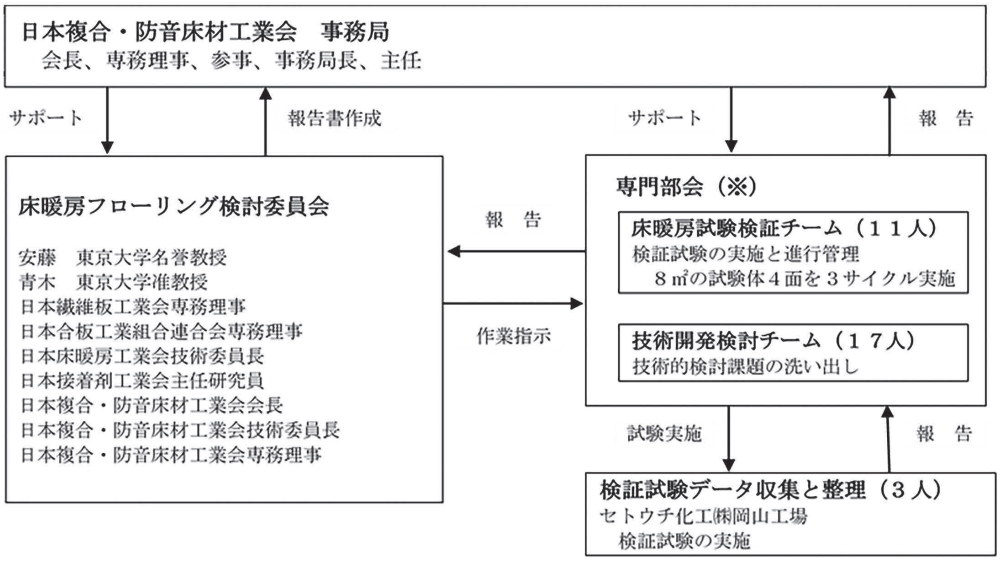
- 床暖房フローリング検討委員会を開催
  学識経験者、関連する業界を構成員とする床暖房フローリング検討委員会を設置し、検証試験の実施と検証試験結果の検証・分析を行った。
- 専門部会を開催
  床暖房フローリング検討委員会の下に、複合フローリングメーカー技術者で構成する「床暖房試験検証チーム」､複合フローリング台板メーカーと複合フローリングメーカー専門家で構成する「技術開発検討チーム」を設置し、検証試験の実施、結果分析等を行った。

②検証試験（熱耐久試験）の実施

国産材台板を基材とする床暖房対応複合フローリングを使用した検証試験（熱耐久試験）をセトウチ化工㈱岡山工場にて行った。

実施体制

事業は次の体制図により実施した。



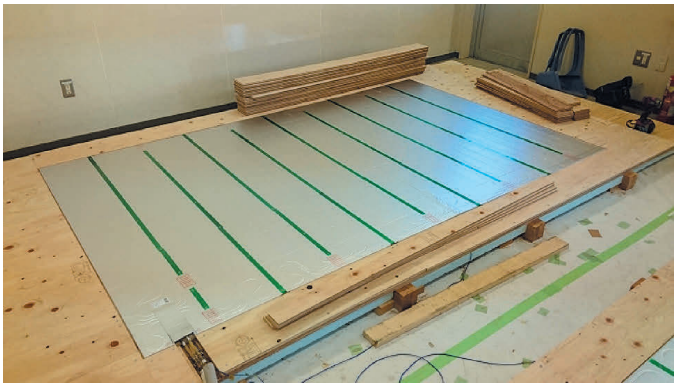
実施した内容

①検討委員会の開催

- 床暖房フローリング検討委員会を事業開始直後と検証試験終了後の２回開催し、スギ･ヒノキ、オールスギの新規開発国産材台板を基材とする床暖房対応複合フローリングを使用した検証試験の実施と技術開発課題ごとの効果検証及び分析を実施した。
- 専門部会については、床暖房試験検証チームは５回開催し、検証試験の実施と進行管理さらには分析を行い、技術開発検討チーム）は４回開催し、検証試験の実施と進行管理さらには分析を行い、両チームの分析等は第２回床暖房フローリング検討委員会に報告した。

②検証試験（熱耐久試験）の実施

スギ･ヒノキ台板、オールスギ台板（１×６尺サイズ）、オールスギ台板（0.5×６尺サイズ）の３種類の台板を使用した技術開発を行い、３サイクル12試験体による検証試験（熱耐久試験）を実施した。



温水パネル等を施工した状態

試験体フローリングを施工した状態

〔試験方法のポイント〕

◎床暖房の放熱部と共にフローリングを施工し、フローリング単体の耐久性評価では確認できない施工時の挙動を評価

◎高温温水の連続通湯（約１．５か月）を行うことで、実生活での長期に渡る耐久性を確認

◎実際の使用時に問題となるフローリングの反り、目隙（長辺、短辺）、段差（長辺、短辺）、外観変化、床鳴りを測定

実施した結果

検証試験（熱耐久試験）の結果は次のとおりとなった。

①第１回検証試験（スギ・ヒノキ台板）

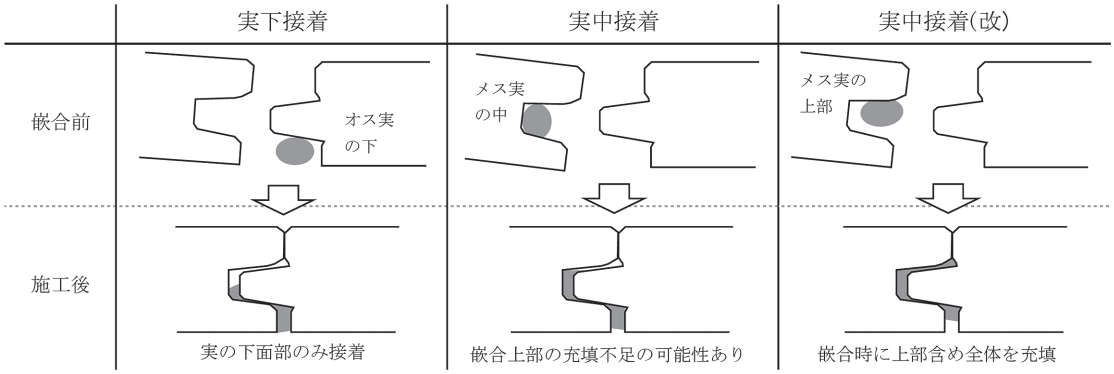
突板化粧２試験体（実下接着、実中接着）、シート化粧２試験体（実下接着、実中接着）の４試験体を実施した。結果、４試験体とも工業会規格を満たすことができなかった。

②第２回検証試験（オールスギ台板：１×６尺）

突板化粧２試験体（裏貼厚単板、裏貼薄単板、両方実中接着）、シート化粧２試験体（実下接着、実中接着）の４試験体を実施した。実中施着については、第１回検証試験の結果分析を踏まえ、メス実上部に塗付する方法に改め実施した（図「接着剤の塗布方法の違いによる嵌合部の拘束状況」を参照。下記表中では「実中（改）」と表記）。結果、シート化粧・実中接着（改）の試験体は工業会規格を満たすことができた。

③第３回検証試験（オールスギ台板：0.5×６尺、スギ・ヒノキ台板）

オールスギ台板：0.5×６尺は、突板化粧１試験体（実中接着）、シート化粧１試験体（実下接着）、スギ･ヒノキ台板は、突板化粧１試験体（裏貼厚単板、実中接着）、シート化粧１試験体（実中接着）の４試験体を実施した。結果、スギ・ヒノキ台板のシート化粧試験体、オールスギ台板：0.5×６尺のシート化粧試験体は、工業会規格を満たすことができた。



接着剤の塗布方法の違いによる嵌合部の拘束状況

熱耐久試験の内容

第１回熱耐久試験

台板構成（スギ・ヒノキ）		ヒノキ/スギ/ヒノキ/スギ/ヒノキ 1.1/2.8/1.4/2.8/1.1	
試験体・接着方法	サイズ	１×６尺	
		裏貼	接着方法
	突板化粧	薄単板	実下
	突板化粧	薄単板	実中
	シート化粧	なし	実下
	シート化粧	なし	実中

第２回熱耐久試験

台板構成（オールスギ）		スギ/スギ/スギ/スギ/スギ 1.5/2.2/1.7/2.2/1.5	
試験体・接着方法	サイズ	１×６尺	
		裏貼	接着方法
	突板化粧	薄単板	実中(改)
	突板化粧	厚単板	実中(改)
	シート化粧	なし	実下
	シート化粧	なし	実中(改)

第３回熱耐久試験

台板構成（オールスギ）		スギ/スギ/スギ/スギ/スギ 1.5/2.2/1.7/2.2/1.5	
試験体等	サイズ	0.5×６尺	
		裏貼	接着方法
	突板化粧	なし	実中(改)
	シート化粧	なし	実下
台板構成（スギ・ヒノキ）		ヒノキ/スギ/ヒノキ/スギ/ヒノキ 1.1/2.8/1.4/2.8/1.1	
試験体等	サイズ	１×６尺	
		裏貼	接着方法
	突板化粧	厚単板	実中(改)
	シート化粧	なし	実中(改)

は工業会規格を満たした試験体

今後の課題・展開等

昨年度開発に成功したスギ・カラマツ台板に加え、本事業により、スギ・ヒノキ台板（シート化粧）、オールスギ台板（シート化粧）の開発を成功することができた。

今後は、床暖房対応複合フローリングの開発による国産材需要拡大事業で得られた成果を参考にして会員各社が製品化に向けて努力していくこととなり、日本複合・防音床材工業会としては、今まで当事業で得られた知見を会員企業に積極的に周知するとともに、試験規格運用規程の早期策定を行うことに努め、複合フローリングに使用する国産材台板の割合５０％の目標に向けた取り組みを進めていく。

事業

中高層木造へのCLTを利用する場合の保存処理の必要性とその耐久性評価に関する調査研究

● 実施団体 ●

日本木材防腐工業組合

〒107-0052　東京都港区赤坂1-9-13　三会堂ビル9階

事業目的

現在の建築物におけるCLT利用に関しては、全国的に徐々に建築量を増大させており、中規模の公共建築物のみならず、民間の建築物でも事務所、集合住宅、介護施設、医療施設、ホテル・旅館などへの利用の他、鉄骨造における床下として部分的に利用する事も試みられている。CLT建築の利用に関しては各方面で構造性能、防耐火性能の検証が進み、一定の設計法が確立されつつある。しかし、耐久性については必ずしもその重要性に対する認識は高まっておらず、納まりさえしっかりしていれば、特に保存対策は必要ないのではないかとの声も聞かれる。今年度の事業において中高層木造へCLTを利用する場合には、構法的な雨仕舞・防水措置を施すほかにCLTそのものの保存処理が不可欠となるため、様々な劣化環境下における各種保存処理CLT耐久性を明らかにすること、及びCLT壁体層間へ水が浸入するような最悪の状況を想定した曝露試験により、層間浸水による劣化リスクと保存処理の有効性の検討を主体に行い、CLTを保存処理した中高層建築の構造材料として適切に利用するための基礎資料を併せて整備することを目的としている。

実施した項目

本事業では下記の（1）～（3）について調査及び製作・試験を行った

事業実施内容

（1）中高層木造へCLTを利用する場合の保存処理の必要性に関する検討
（2）各種劣化環境下での保存処理CLTの耐久性評価に関する検討
（3）縦向きトリプルレイヤー法によるCLTの耐久性評価方法の検討

実施体制

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

委員長	中島　正夫（関東学院大学 建築・環境学部 教授）
委　員	桃原　郁夫（(国研）森林研究・整備機構森林総合研究所　関西支所長）
委　員	石川　敦子（(国研）森林研究・整備機構森林総合研究所　木材改質研究領域長）
委　員	小野　　泰（ものつくり大学　建設学科　教授）
委　員	河合　　誠（(一社）CLT協会　顧問）
委　員	栗崎　　宏（富山県農林水産総合技術センター木材研究所長）
委　員	酒井　温子（奈良県森林技術センター　木材利用課長）
委　員	日本木材防腐工業組合（組合員　9名）
オブザーバ	石塚　洋介（林野庁木材産業課 木材製品企画室課長補佐）
オブザーバ	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併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. 中高層木造へのCLTを利用する場合の保存処理の必要性に関する検討
……中島委員委員長、組合委員

グループB. 各種劣化環境下での保存処理CLTの耐久性評価に関する検討
……石川委員、小野委員、桃原委員、組合委員

グループC. 縦向きトリプルレイヤー法によるCLTの耐久性評価方法の検討
……栗崎委員、酒井委員、桃原委員、石川委員、組合委員

＊中島委員長は全てのグループの指導を行う。

協力会社

＊山佐木材株式会社
＊地方独立法人 北海道立総合研究機構 林産試験場
＊国立研究開発法人 森林研究・整備機構 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
＊ものつくり大学
＊組合員会社（ザイエンス、越井木材工業、兼松サステック、大日本木材防腐、九州木材工業）

実施した内容

(1) 中高層木造へのCLTを利用する場合の保存処理の必要性に関する検討

目的：中高層木造へCLTを利用する場合保存処理の必要性を、フェイルセーフを原則とする耐久設計の観点から明らかにする。

方法：木造建築物の外皮（屋根、外壁、床下回り）の雨水浸入・結露発生の実態調査やリスク評価法などに関する既往文献を収集・分析し、木造建築物では長期の使用期間の中で、様々な理由から構造体木部に何らかの水分が作用する可能性が高くなることを明らかにする。
また、それを防ぐためのメンテナンスについても、実態は必ずしも十分に行われている状況にはないことを既往の調査資料などを収集・分析することで明らかにする。

収集・分析対象とする既往文献をあげれば、以下のとおりである。

1）国土交通省国土技術政策総合研究所、木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する研究、2017
2）長村ほか、外壁通気構法における雨水浸入・外壁吸水時の水分挙動に関する研究・日本建築学会環境系論文集、第85巻、第767号、2020.1
3）国土交通省官庁営繕部、木造公共施設の維持保全状況調査、2015

(2) 各種劣化環境下での保存処理CLTの耐久性評価に関する検討

目的：様々な劣化環境下における各種保存処理CLTの耐久性を明らかにする。

方法：建築物の構造部材に生ずる劣化環境としては、日射や各種水分の有無などがあり、それらの作用程度は部材が水平材か垂直材かなどによって変わる。ここでは、それらの要因によって決まる様々な劣化環境のもとに、各種の保存処理（基本的にはAAC, ACQ, CUAZ, AZNA, AZN, LPHの6種類）を施した厚み90㎜×290㎜のスギCLTブロックを曝露した。保存剤は、CLTブロックへ注入（以下「製品処理」と呼ぶ）又はラミナへ注入（以下「ラミナ処理」と呼ぶ）することとした。無処理のもの、塗装のみを施したもの、保存処理＋塗装のものなどを比較することで、それぞれの耐久性上の特性を明らかにする。

劣化環境は、屋外に垂直・水平曝露試験台を設けることで、日射、雨水などが異なる条件を設定した。評価項目は、変形、ひび割れ特性（幅、深さ、本数など）、カビ・変形状況（カビ菌種の特定分析）、色差、重量などとし、2週間ごとに試験体外観および気象条件とともに記録している。

図１に曝露試験台の製作図を示す。試験台は木製とし、材料はヒノキを用いた。垂直架台では、上下の試験体が同条件となるよう前後にずらし、水平・垂直試験体とも、地盤面から70㎝ほど距離を取り、雨水の跳ね返りの影響を防いだ。

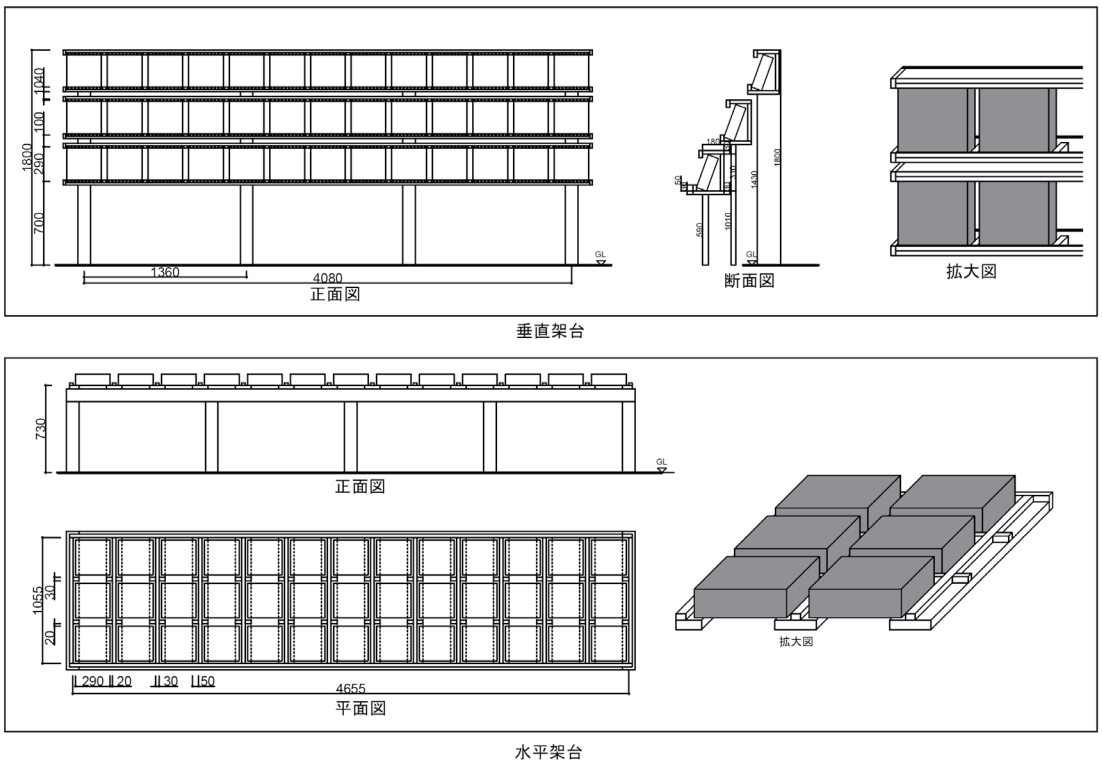


図１．垂直・水平曝露試験台製作図

写真1,2に、垂直・水平曝露試験台およびCLT試験体の設置の様子を示す。
曝露試験台は、ものつくり大学の屋外実習場(埼玉県行田市前谷333)に設置した。設置にあたっては、CLT垂直試験体が正しく南向きとなるように方位を定めた。また、地盤に接する試験台の柱には、木材保護塗料(防腐・防虫ステイン(ナフタデコール)ロックペイント)を4,5回重ね塗りした。さらに木材保護塗料の成分が曝露試験に影響しないよう、木板にてCLT試験体との縁を切った。

写真１．垂直・水平曝露試験台およびCLT試験体の設置の様子

写真 2. CLT試験体の設置状況（奥：垂直、手前：水平、右：垂直裏面）

(3) 縦向きトリプルレイヤー（TL）法によるCLTの耐久性評価方法の検討

目的：CLT壁体が最悪の劣化環境、すなわち層間浸水を許してしまった場合の劣化リスクを推定し、さらに層間浸水時の保存処理の有効性を検討する。

方法：**①層間浸水を許したCLT壁体の劣化リスクの推定**

CLT壁体のモデルとして、30×30×300㎜の無処理スギ辺材試験体を10本ずつ、縦横交互に3層直交させたトリプルレイヤーユニット（以下　TLユニット）を作製する。層間浸水を再現するため、試験体同士は接着せずにアルミ枠とボルトで緊結し、屋外に曝露し、試験体の含水率を指標として劣化リスクを推定する。

層間浸水の再現に適したユニット設置条件は不明である。そこで、TLユニットを5体作製し、設置条件を変えて富山木研内に設置する。比較のため、上記同寸の試験体を1列に並べた単層ユニットや水平に2段重ねるダブルレイヤーユニットも設置する（後出　表1）。併設した雨量計により、1mm/h以上の降水量を記録する。曝露は7月中旬から開始し、およそ2週間ごとに解体して各試験体を秤量し、曝露開始時の気乾質量をもとに含水率を推定する。

②層間浸水時の保存処理の有効性の検討

上記と同寸のスギ辺材に6種類の保存処理（後出　表2）を施した試験材を用いて理TLユニットを作製し、①の結果に基づく設置条件で屋外曝露試験を開始する。試験地は、つくば、奈良、富山の3地点とする。

具体的施策：無処理材TLユニット曝露試験の内容を表1と写真3に、保存処理TLユニット曝露試験の様子を写真4に示す。

表1　ユニットの種類・曝露条件とイメージ図

ユニットNo	置き方	芯層	外皮	記号
①	縦	垂直	なし	HVH
②	縦	垂直	あり	HVH_C
③	縦	水平	なし	VHV
④	縦	水平	あり	VHV_C
⑤　比較	水平	－	なし	H
⑥　比較	垂直単層		なし	Vi
⑦　比較	水平単層		なし	Hi
⑧　比較	ダブルレイヤー		なし	DLT

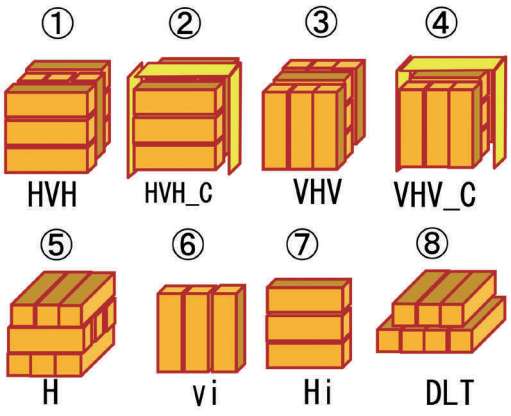


写真３　無処理 TL ユニット曝露試験

写真４　保存処理ユニット設置作業

実施した結果

(1) 中高層木造への CLT を利用する場合の保存処理の必要性に関する検討

1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する研究、2017 において得られている知見

本文献においては、水分に起因する木造の劣化リスク分析を行っており、その種類として外皮の設計・施工に起因するリスク、使い方、維持管理に起因するリスク、そしてそれら相互の間の情報伝達に関するリスクがあるとし、具体的な事例として、モルタル塗り構法、外皮層構成と躯体内部あるいはバルコニー笠木下の長期湿潤化リスクなどを分析し、それぞれに対する対処法を示している。

2) 長村ほか、外壁通気構法における雨水浸入・外壁吸水時の水分挙動に関する研究・日本建築学会環境系論文集、第 85 巻、第 767 号、2020.1 において得られている知見

本文献では、サイディング仕上げによる外壁通気構造を対象として、通気層内への雨水浸入や経年劣化によるサイディング基材吸水の影響による通気層内の温湿度、含水率の変動を実験的に検討している。その結果、サイディング目地部やサイディング自体の吸水が壁体木部の湿潤状態に影響を与えることを明らかにしている。

3) 国土交通省官庁営繕部、木造公共施設の維持保全状況調査、2015 において得られている知見

本文献では、全国の 87 棟の公共木造施設の維持保全状況の実態調査しており、その結果、機械・電気設備類は除いて、壁や床・小屋などの木部構造部についての定期点検や保守管理が半数ほどの施設でしか実施されていないことなどが明らかにされている（図 2）。

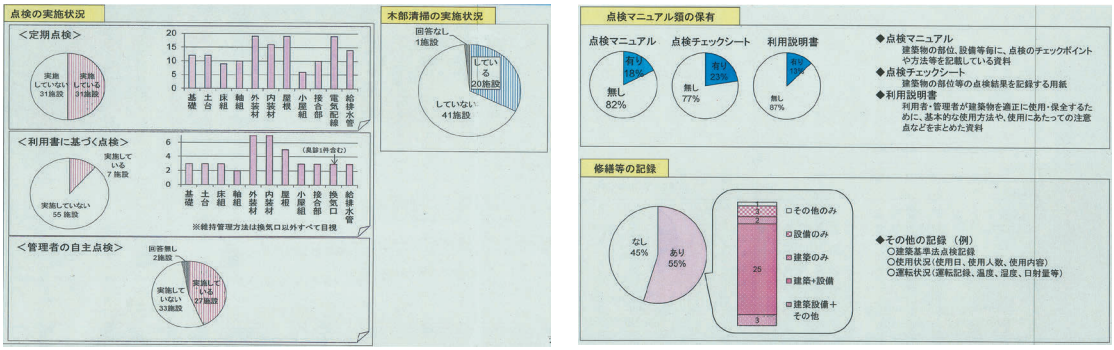


図２　公共木造施設における維持保全の実態調査結果

以上の３文献の分析から、現時点での低層を中心とした木造建築物においては、外皮での水分による劣化リスクはさまざまな要因により発生し、そのリスクにより壁体などの構造耐力上重要な部位における木部腐朽などの危険性が高いものの、その点検、維持管理などは必ずしも十分行われていない

のが実態として見えてくる。耐久設計の基本は１つの耐久性確保策が突破されてもそれをバックアップする仕組みが組み込まれていることであり、劣化外力がより厳しくなる中高層建築物においては、構造体としてCLTを使用する場合は保存処理を施しておくことが、構法的な水分処理策に加えて重要な対策となる。

(2) 各種劣化環境下での保存処理CLTの耐久性評価に関する検討

図３に、製品処理及びラミナ処理試験体の垂直又は水平曝露における色差の変化を示した（色差の値が大きいほど変色が大きいことを示す）。いずれの条件でも、保存処理後に塗装した試験体が最も色差が小さく、保存処理に塗装を組み合わせることで変色抑制効果が高まることが示された。

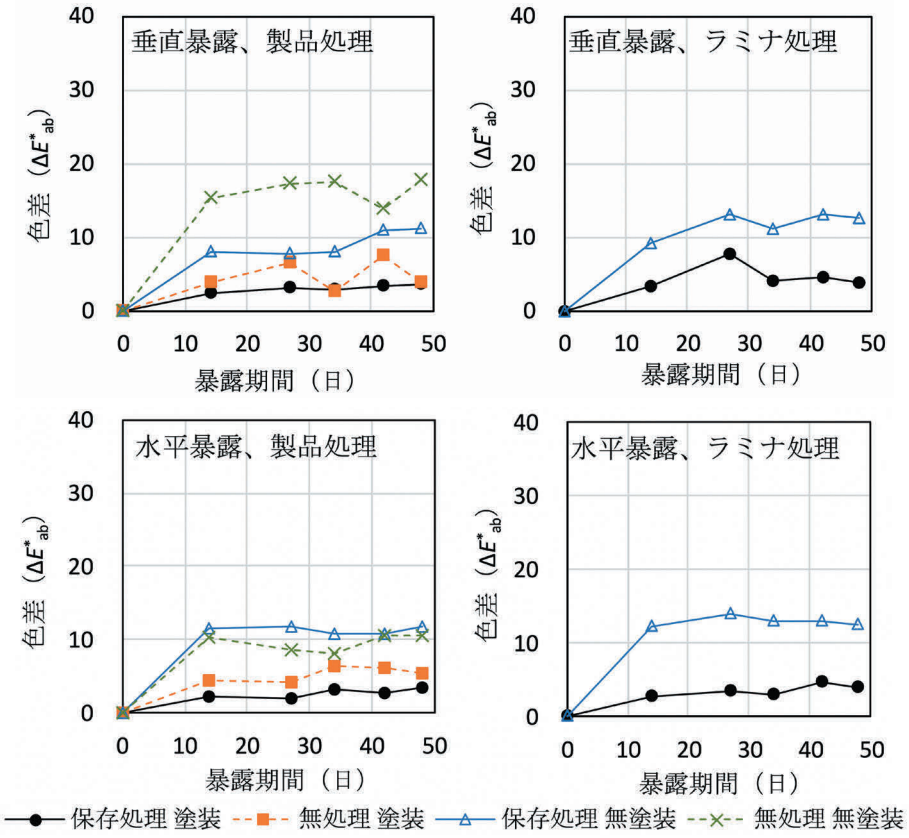


図３　設置条件と注入方法の異なるCLTの色差の変化の比較

(3) 縦向きトリプルレイヤー(TL)法によるCLTの耐久性評価方法の検討

①層間浸水を許したCLT壁体の劣化リスクの推定

CLT壁体をモデル化したTLユニットの含水率は、測定前３週間の雨量と連動して推移し、ユニット層間に雨水が滞留することが示唆された（図４、5）。

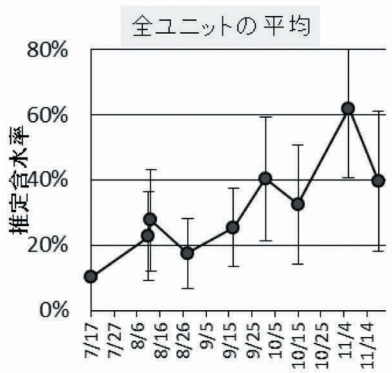


図４　全試験材の含水率

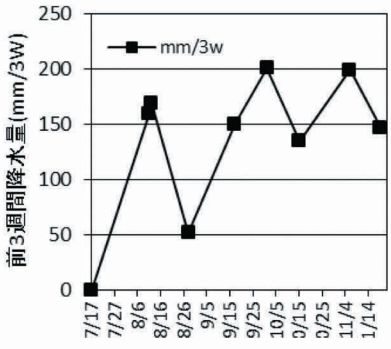


図５　測定前３週間の降水量

各ユニットの含水率を比較すると（図6）、設置向きによる差異は見られなかったが、好天が続くと(8/28)単層ユニット（Hi、Vi）で乾燥が進み含水率が低下した。TLユニットは、層間の雨水が乾燥しにくいため、好天時でも含水率が高いものと推察された。

写真5、6は、11/17解体時のTLユニットHVH_Cの芯層試験体である。全体的にかび汚染が蔓延しており、短期間の曝露にも関わらず部分的な腐朽や子実体の形成など明らかな劣化の徴候が認められた。CLT壁体は、層間浸水を許してしまうと極めて劣化リスクが高いと考えられ、保存処理の必要性が示唆された。

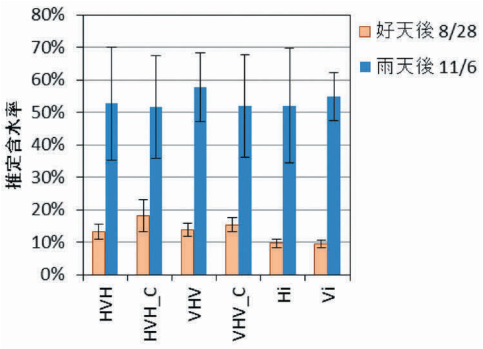


図6　ユニットごとの含水率
8/28、11/6の降水量は図5参照

写真5　無処理TLユニットのかび汚染

写真6　無処理TLユニットの部分的な腐朽
（爪が容易にめり込む）

②層間浸水時の保存処理の有効性の検討

保存処理TLユニットの曝露試験を11月に開始した。条件は、①の結果、ならびにCLTの使用事例などから、外皮なし、芯層水平向きとした（写真6）。試験材の保存処理は表2のとおりで、ほぼ飽和状態に注入されていた。

写真7　曝露試験（つくば）

表2　保存処理TLユニット試験材の注入量

	AZNA	CUAZ	AAC	AZN	ACQ	LPH
平均 (Kg/m^3)	751	784	837	1038	849	692
標準偏差 (Kg/m^3)	24	23	26	19	17	14
変動係数	3.1%	2.9%	3.1%	1.8%	2.0%	2.1%

今後の課題・展開等

(1) 中高層木造へCLTを利用する場合の保存処理の必要性に関する検討

低層建築物におけるCLTの利用については、実績が積まれつつあり、それらの劣化実態調査を行うと思いがけない不具合がCLTに発生していることが観察されている。中高層建築においては劣化外力としての紫外線あるいは雨水浸入や結露がどう発生するか必ずしも十分把握されているわけではない状況下で、構造体にCLTを使用する場合には適切な保存処理が不可欠なことが文献などの分析から明らかになったが、今後は諸外国の事例などを検討し保存処理のあり方やメンテナンスに対する考え方など、中高層建築ならではの木材保存の方法について引き続き検討することが望まれる。

(2) 各種劣化環境下での保存処理CLTの耐久性評価に関する検討

様々な劣化環境下における保存処理CLTの耐久性を明らかにすることを目的に各種の保存処理（AAC, ACQ, CUAZ, AZNA, AZN, LPHの６種類の薬剤による加圧注入処理）を施した厚み90㎜×290㎜のスギCLTブロックを屋外曝露した。

特に、日射や各種水分の作用程度、あるいは水平か垂直かなどによる劣化の違いを検討した。50日間の観察の結果、水平の場合も垂直の場合も保存処理後に塗装を施した試験体が最も色差が小さく、保存処理に塗装を組み合わせることで変色抑制効果が高まることが示された。今後、暴露期間が長くなるにつれて、水平設置と垂直設置の差あるいは保存処理と塗装の有無などによる色差以外の変形やカビ・腐朽の発生状況の違いについても継続して観察していくことが重要となる。

(3) 縦向きトリプルレイヤー法によるCLTの耐久性評価方法の検討

本試験はCLTのラミナ層間に雨水浸入があった場合のCLTの耐久性の評価方法を検討したユニークな試験である。縦向きにラミナを３層構成にした試験体を数か月屋外暴露した結果から、CLT壁体はラミナ層間に浸水を許してしまうと乾燥しにくいこともあって極めて劣化リスクが高くなることが分かり、保存処理の必要性が示唆された。今後、より長期間にわたり各種保存処理試験体を観察することにより、構法的な雨水浸入策が突破された場合の保存処理CLTの優位性を確認していく予定である。

令和元年度 木材製品の消費拡大対策事業のうち
CLT建築実証支援事業

CLT 等木質建築部材
技術開発・普及事業
―成果概要集―

令和 3 年 3 月発行
編集　木構造振興株式会社