令和6年度　木材製品の消費拡大対策のうち
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

令和6年度 木材製品の消費拡大対策のうち
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	中大規模木造建築物の防耐火設計手引きの検討	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター	4
2	中高層木造建築物における内装木質化促進及び普及事業	一般社団法人 木のいえ一番協会	12
3	国産材を原料とする木質材料を用いた鉄道用まくら木の開発事業	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構	22
4	軟弱地盤対策等としての地中利用木材の温室効果ガスインベントリ報告のための算定方法の開発（継続）	公益財団法人 国際緑化推進センター	36
5	中大規模木造建築用の木製開口部の開発検討（継続）	一般社団法人 日本木製サッシ工業会	50
6	CLTパネル工法建築物の倒壊限界を考慮した耐震設計法合理化に関する検討	株式会社日本システム設計 京都大学生存圏研究所	56
7	グラウトジョイントを用いたCLT鉄骨梁勝ち架構の設計簡便化・普及促進に関する検討	株式会社日本システム設計	64
8	中大規模建築等に適用するCLTを使用した階段の開発・検討	一般社団法人 日本ＣＬＴ協会	72
9	中大規模木造・鉄骨造・鉄筋コンクリート造等へ適用する鉄筋コンクリート+LVLの複合床の開発	一般社団法人 全国ＬＶＬ協会	90
10	中大規模木造建築のための加工・施工技術普及検討事業	日本集成材工業協同組合	100
11	木質系材料耐火構造壁（非耐力）の技術開発事業	一般社団法人日本WOOD. ＡＬＣ協会	108
12	木質系混構造建築物の耐震安全性確保にかかわる計算の方法に関する検討	一般財団法人 日本建築防災協会 京都大学生存圏研究所	122
13	中大規模木造建築物のエンボディドカーボンLCA算定評価事業	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター	130
14	工務店等支援体制の構築	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター	136
15	日本農林規格化に必要な保存処理CLTの性能評価に資するデータ収集調査事業	日本木材防腐工業組合	140
16	規格化されたCLTパネルの普及促進のための鉄骨造の架構及び施工検証事業	一般社団法人 日本ＣＬＴ協会	152
17	国産材を用いた非等厚ラミナ構成CLTの製造技術に関する検討	一般社団法人 日本ＣＬＴ協会	168
18	スギ横架材利用を促進する梁―梁仕口TAPOS（テイポス）の性能評価と技術普及	兵庫県木材業協同組合連合会	176
19	トドマツ2×4製材の新しい基準強度を踏まえた活用方法の検討	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構	188

No	事業	実施団体	掲載頁
20	木現し部分にスギを用いたCLT等を基材とする耐火木材の開発	株式会社 日本設計	194
21	省エネ基準及び中大規模建築物に対応した ログハウス建築部材の技術開発事業	一般社団法人 日本ログハウス協会	206
22	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	216
23	非住宅・中大規模木造建築用の高耐力壁及び各部要素の 活用の手引き作成	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会	232
24	製材JASの格付け率向上に資する検査方法案の検討	一般社団法人 全国木材組合連合会 国産材製材協会	242
25	国産材対応中層非住宅木造建築物等に必要なCLT等 部材技術開発事業及び普及事業	一般社団法人 中大規模木造プレカット技術協会	250
26	木材の保存処理性能の試験方法のJAS化のための 妥当性検証事業	公益社団法人 日本木材保存協会	276
27	難燃薬剤処理木材の屋外での需要拡大を図るための 促進劣化試験および燃焼試験による性能評価の検討	公益社団法人 日本木材保存協会	286
28	CLTパネルと鉄骨架構によるハイブリッド型木造構造システム の実施設計に向けた設計マニュアルの開発	株式会社 堀江建築工学研究所 国立大学法人 東北大学工学研究科	294
29	構造用木材の強度試験・評価法の改訂と実大材に基づく せん断強度の再検証事業	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会	304
30	大断面集成材を用いたラーメンフレームによる4階建て（耐火 構造による耐火建築物）中層大規模木造の標準仕様の整備と その普及事業（設計者支援情報の拡充事業）	株式会社 ドット・コーポレーション 特定非営利活動法人 team Timberize	320
31	CLTパネル工法の仕様規定建築物の構造設計手引き案の検討	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター 一般社団法人 日本ＣＬＴ協会	336
32	小規模店舗及び応急仮設・復興建物の基礎木造化 ～木製浮き基礎の技術開発および実用化～	都市土木木材利用促進研究会	344
33	ヒノキ集成材を用いた木造4階建てビルを実現するための 接合部データの取得事業	株式会社 ドット・コーポレーション 中国木材株式会社　Reegle 株式会社 大分大学理工学部理工学科 広島大学大学院先進理工系科学研究科	350
34	国産製材の環境性能評価・普及に向けた技術的検討	一般社団法人 全国木材組合連合会 国産材製材協会	366
35	準耐火構造の板倉構法の技術開発 その2	一般社団法人 日本板倉建築協会	372
36	生成AIを用いた設計支援ツールの基盤整備および持続的な 運営に向けたモデル検討	株式会社 日建設計　株式会社 日本設計 株式会社 三菱地所設計　ArchiTech 株式会社	382
37	天然乾燥材をJAS機械等級区分構造用製材の含水率基準で 選別する技術の開発	株式会社 フジイチ	388
38	CLT等の室上部における木材現し部材の 燃焼拡大抑制手法の開発	一般社団法人 日本ＣＬＴ協会／ 国立研究開発法人 建築研究所	396
39	木質部材から揮発する物質の調査、評価事業	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター	408

事業

中大規模木造建築物の防耐火設計手引きの検討

● 実施団体 ●

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター

〒136-0075　東京都江東区新砂三丁目４番２号

事業目的

令和４年公布の改正建築基準法により木材利用促進のための防耐火規制の合理化が進み、従来建築できなかった大規模建築物の木造化が可能となった。

このため本事業では、これらの合理化を活かした設計を普及させるために、用いるべき防耐火部材の性能検証・標準化を行いながら、設計手法や具体的な仕様、用いる部材等をまとめた防耐火設計の手引きの作成を行う。

実施した項目

本事業では、学識経験者、設計実務者等で構成される検討委員会を設置し、改正防耐火規定に基づくCLT建築物への適用の考え方や留意点を整理し、下記の１～３について検討・実施した。

1. 改正建築基準法（3,000㎡超の大規模建築物の木造化の促進・大規模木造建築物における部分的な木造化の促進・大規模建築物の低層部分について防火規制上の別棟扱いの適用）の防火規定の合理化に基づく考え方や留意点を整理するとともに、実験による木質部材を用いた防耐火部材の性能検証等について検討した。
2. １で検討した内容について、1.5時間耐火構造の耐火試験を行い、性能を検証した。また、準耐火構造壁を終局まで準耐火試験を実施し性能を検証した。
3. 上記の性能検証結果と令和６年４月法改正の条文を基に、木造における防耐火設計手引き（案）等の基礎資料を取りまとめた。

実施体制

中大規模木造建築物の防耐火設計手引きの検討委員会　検討委員会　　**（順不同、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
	鈴木淳一	国土技術政策総合研究所　建築研究部　防火基準研究室長
	野秋政希	（国研）建築研究所　防火研究グループ　主任研究員
	鈴木雄太	（国研）建築研究所　防火研究グループ　研究員
	宮林正幸	（有）ティー・イー・コンサルティング　取締役所長
	足立朋樹	（一社）日本木造住宅産業協会
	青木哲也	（一社）ＪＢＮ・全国工務店協会
	向井昭義	（公財）日本住宅・木材技術センター　常勤理事兼試験研究所長
	山田　誠	（公財）日本住宅・木材技術センター　非常勤首席研究員
	犬飼瑞郎	（公財）日本住宅・木材技術センター　首席研究員（12月から）
[協力委員]	石﨑宜彦	木材産業課　木材製品技術室　課長補佐
	上田萌香	木材産業課　木材製品技術室　企画調整係長
	高橋風鈴	木材産業課　木材製品技術室　建築用木材専門職

［コンサルタント］ 加來千紘　　桜設計集団一級建築士事務所
［オブザーバー］　（一社）日本CLT協会
［事 務 局］　　（公財）日本住宅・木材技術センター

中大規模木造建築物の防耐火設計手引きの検討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］　鈴木淳一　　国土技術政策総合研究所　建築研究部　防火基準研究室長
　　野秋政希　　（国研）建築研究所　防火研究グループ　主任研究員
　　鈴木雄太　　（国研）建築研究所　防火研究グループ　研究員
　　宮林正幸　　（有）ティー・イー・コンサルティング　取締役所長
　　山田　誠　　（公財）日本住宅・木材技術センター　非常勤首席研究員
　　佐藤　章　　（公財）日本住宅・木材技術センター　試験研究所次長
［アドバイザー］　成瀬友宏　　国土技術政策総合研究所　建築研究部長
［コンサルタント］　加來千紘　　桜設計集団一級建築士事務所
［事 務 局］　　（公財）日本住宅・木材技術センター

実施した内容

本事業では中大規模木造建築物で使用される「耐火構造」や「長時間準耐火構造」の設計自由度を向上させることを目的に、下記の２種類の加熱試験を実施した。

（1）CLT壁の1.5時間耐火構造の性能確認試験（2体）
　試験場所：（一財）日本建築総合試験所
　試験日時：2025年12月4日、12月18日
　加熱方法：ISO834標準加熱曲線に準じた1.5時間加熱、炉内放置
（2）軸組工法壁の２時間超準耐火構造の載荷加熱実験（1体）
　実験場所：（公財）日本住宅・木材技術センター
　実験日時：2026年1月6日
　加熱方法：ISO834標準加熱曲線に準じた２時間超加熱
　　（実際には２時間54分加熱した）

（1）CLT壁の1.5時間耐火構造の性能確認試験（2体）

2022年にH12建設省告示第1399号（耐火構造の構造方法を定める件）に、新たに５階建て以上の建築物に適用可能な90分耐火構造の仕様として、強化せっこうボード総厚63mm（厚21mmの３枚張り）が例示された。一方で、耐火被覆の合理化を目指して実施した昨年度の予備検討において、強化せっこうボード総厚46mm（厚さ21mm+25mm）で90分耐火性能を確保できる可能性が示唆された。そこで、本事業では、国土交通大臣認定所得を視野に入れた性能確認試験を、図１の間仕切壁の試験体２体を用いて実施した。

試験体No.1：　耐火被覆　強化せっこうボード厚21mmの上に25mm両面張り
　　主要構造部　CLT厚さ90mm（スギ、Mx60、３層３プライ）
　　断熱材　グラスウール32K　厚さ50mm
試験体No.2：　耐火被覆　強化せっこうボード厚25mmの上に25mm両面張り
　　主要構造部　CLT厚さ90mm（スギ、Mx60、３層３プライ）
　　断熱材　グラスウール32K　厚さ50mm

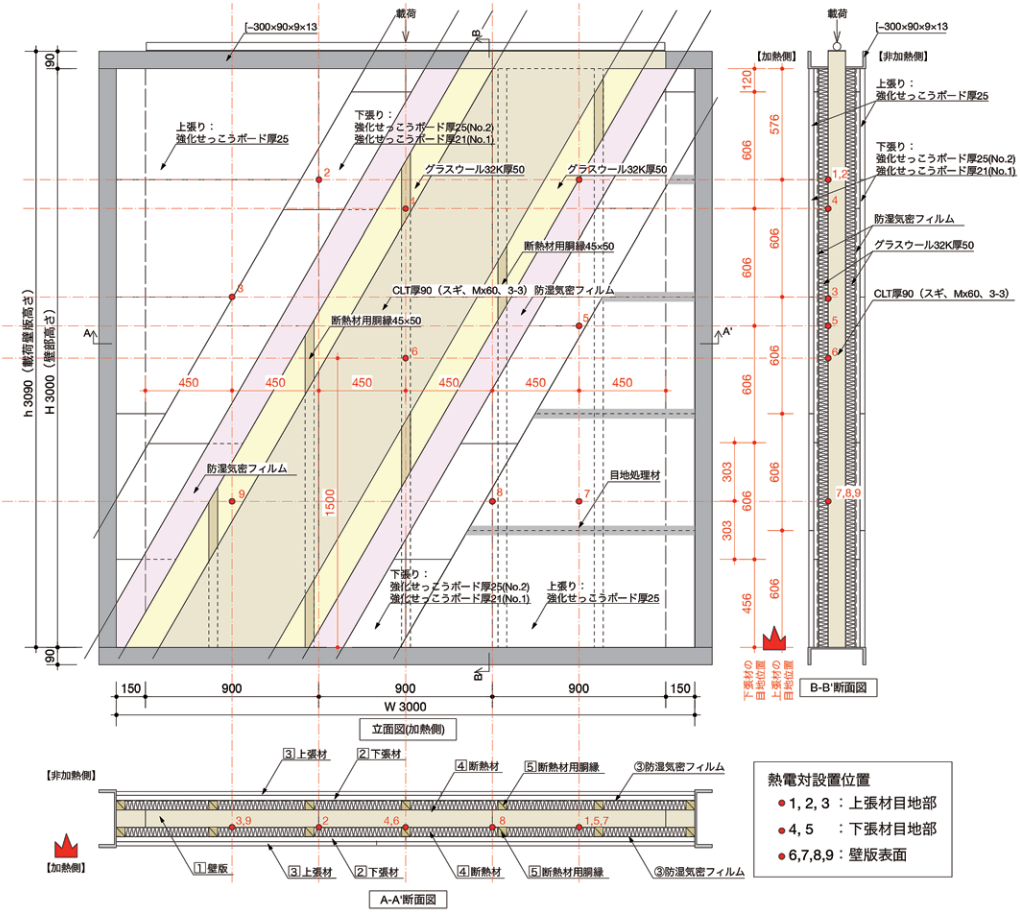


図１　90分耐火構造間仕切壁の試験体図（試験体No.1、No.2）単位:mm

試験体の設計においては、まず、昨年度の知見を活用して、耐火被覆を強化せっこうボード厚さ21mm＋25mm（総厚46mm）とした試験体No.1を設計し、加熱試験を実施した。その結果、上張り強化せっこうボードの目地部が弱点となり、耐火性能が損なわれたため、試験体No.2では、耐火被覆を強化せっこうボード厚さ25mm＋25mm（総厚50mm）と強化するとともに、目地部を補強する目的で２枚の耐火被覆同士を緊結するビスを追加した。

試験は、（一財）日本建築総合試験所池田事業所の壁炉を用いて、CLT壁に長期許容応力度が生じる荷重を加えながら、ISO834標準加熱曲線に準じた1.5時間加熱を実施して、その後、耐火炉内で放置した。耐火性能の評価は、非損傷性に影響を与える、CLT（荷重支持部）の炭化及び燃焼の有無により判断することとした。この性能が確保されれば、耐火構造に求められる非損傷性、遮熱性、遮炎性を満足することとなる。

（2）軸組工法壁の２時間超準耐火構造の載荷加熱実験（１体）

2019年に建築基準法に位置づけられた、火災時倒壊防止建築物、避難時倒壊防止建築物では、主要構造部を耐火構造によらず、準耐火構造で設計可能である。他事業等における４階建て以上の共同住宅や事務所の試設計では、必要準耐火時間が120分を超える可能性があることが示唆されている。そこで、施工合理性を考慮した強化せっこうボード２枚張りで、確保可能な準耐火時間を明確にすることを目的に、強化せっこうボードで最厚の25mmを２枚張りした図２の試験体で載荷加熱実験を実施した。

試験体No.3：　耐火被覆　強化せっこうボード厚25mmの上に25mm両面張り
　　主要構造部　同一等級構成構造用集成材（E65-F255、スギ）
　　120mm角

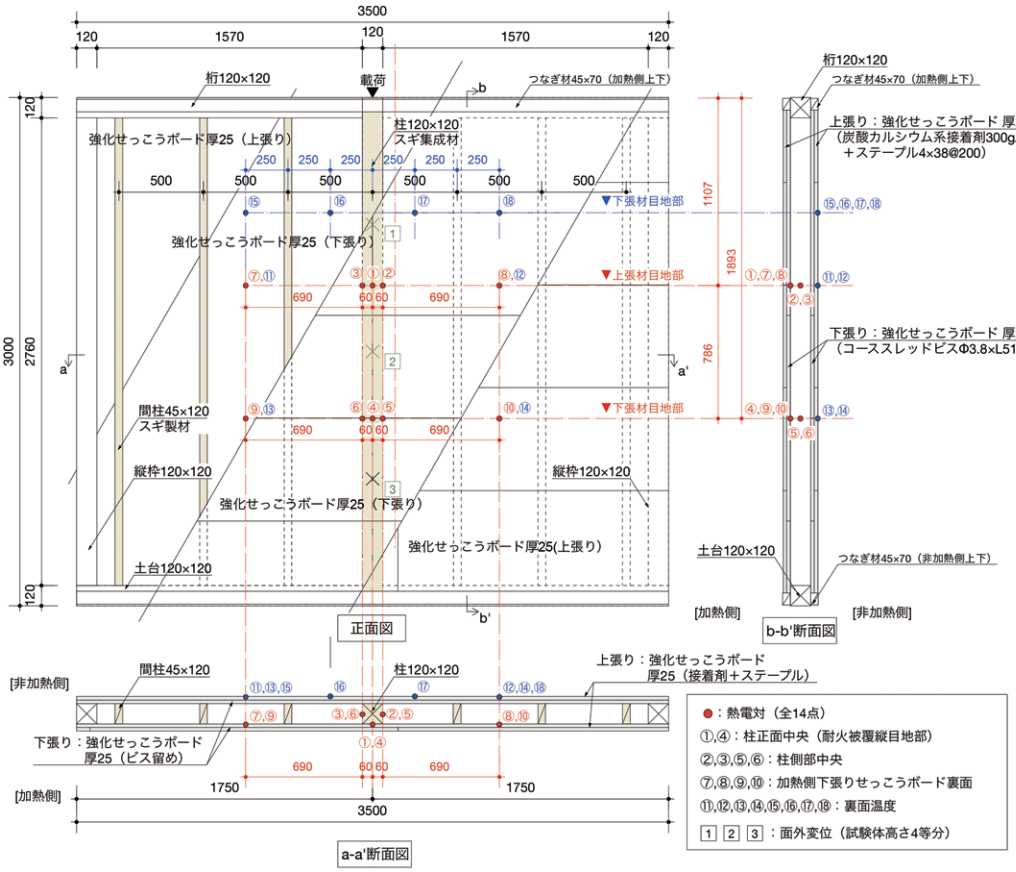


図２　120分超準耐火構造壁の試験体図（試験体No.3）　単位:mm

試験は、（公財）日本住宅･木材技術センターの壁炉を用いて、柱に長期許容応力度が生じる荷重を加えながら、ISO834標準加熱曲線に準じた加熱を可能な限り継続した。耐火性能の評価は、柱の座屈変形に由来する非損傷性、遮熱性、遮炎性とした。

試験体の試験前の全景写真



写真１　試験体No.1の加熱面全景

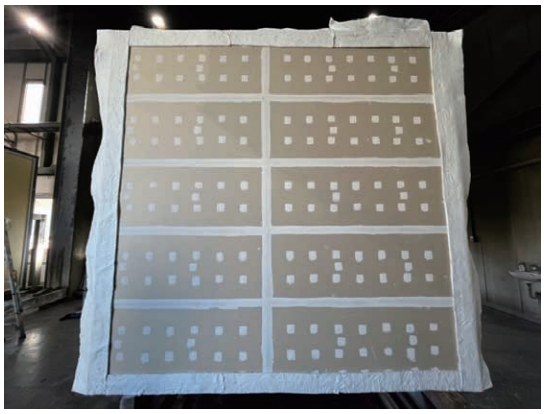


写真２　試験体No.2の加熱面全景



写真３　試験体No.３の加熱面全景

実施した結果

前述の３体の試験結果について、結果概要を記載する。

【CLT壁の1.5時間耐火構造の性能確認試験の結果】

試験体No.1（強化せっこうボード21mm＋25mm厚）は、1.5時間加熱＋３時間35分放置で試験を終了した。間仕切壁の非損傷性に影響するCLT表面の温度推移を図３に示す。これによると、実験開始３時間23分（1.5時間加熱終了後１時間53分放置時）にCLT表面が260℃を超えた。また、実験中の目視観測では、加熱開始30分頃より耐火被覆（上張材）の目地部に開きや剥離がみられ、加熱開始88分頃に試験体中央の目地部より発炎が確認され、胴縁が燃焼し始めたと考えられる。試験は、放置中の試験体内部の温度推移及び炉内の状況によりCLTが燃焼したものと判断し終了し、脱炉後の解体にてCLTが燃焼継続していることを確認した。この結果より、強化せっこうボードの目地部の開きやボードの反りを抑制することが必要となり、試験体No.2では、強化せっこうボードの総厚を46mm→50mm、上張りボードの留め具に厚さ25mmの強化せっこうボード同士を緊結するビスを追加した。

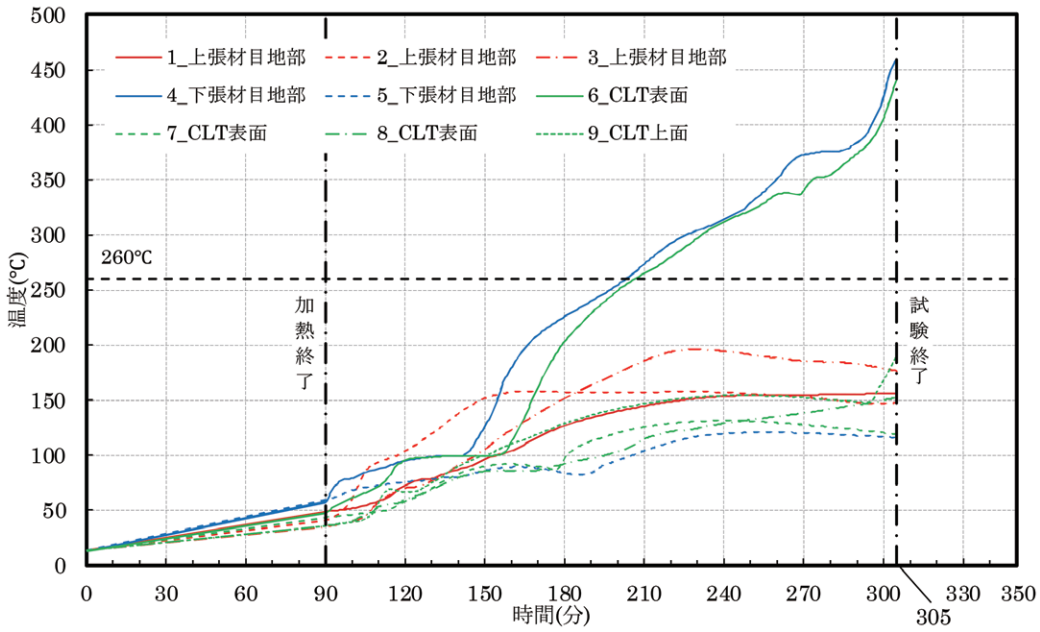


図３ 試験体No.1（強化せっこうボード21mm＋25mm厚）の内部温度推移

試験体No.2（強化せっこうボード25mm厚×２枚）は、1.5時間加熱＋４時間20分放置で試験を終了した。CLT表面の温度推移を図４に示す。試験体No.2では、CLT表面の最高温度は90℃程度に留まる結果が得られ、試験中の目視観測でも加熱および炉内放置中に耐火被覆（上張材）の剥離や脱落は見られず、脱炉後の解体においてもCLTおよび胴縁に炭化はみられなかった。これは、前述のように、試

験体No.1からNo.2では、耐火被覆の総厚を増やすとともに、目地部を補強する目的で2枚の耐火被覆同士を緊結するビスが追加され、壁内への熱量が低減されたためと考えられる。

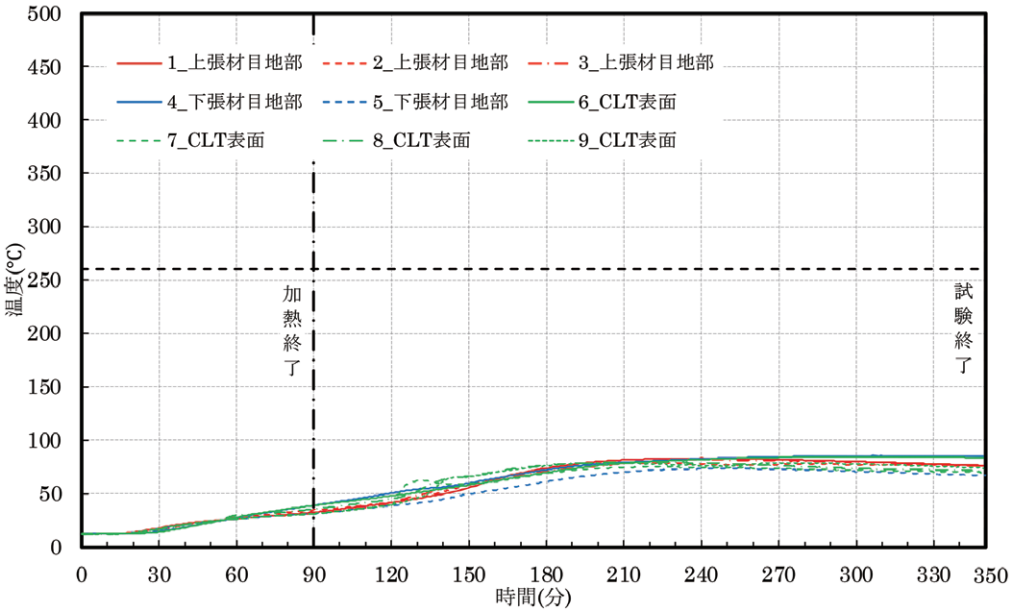


図4 試験体No.2（強化せっこうボード25mm厚×2枚）の内部温度推移

【軸組工法壁の2時間超準耐火構造の載荷加熱実験の結果】

試験体No.3は、加熱開始2時間30分頃に変位が大きくなり始め、加熱開始2時間54分に荷重支持能力が低下し、試験を終了した。試験体の軸方向収縮量の推移を図5に示す。なお、試験終了時まで加熱側の耐火被覆に脱落はみられず、遮熱性については、試験体の裏面温度は76℃程度に留まり、また火炎貫通もみられなかった。この結果、強化せっこうボード総厚50mm（厚25mm×2枚張り）で、2時間準耐火構造（174分÷1.2（1時間超の準耐火構造を算出する際の割戻し係数）＝145分）の性能を確保できることがわかった。

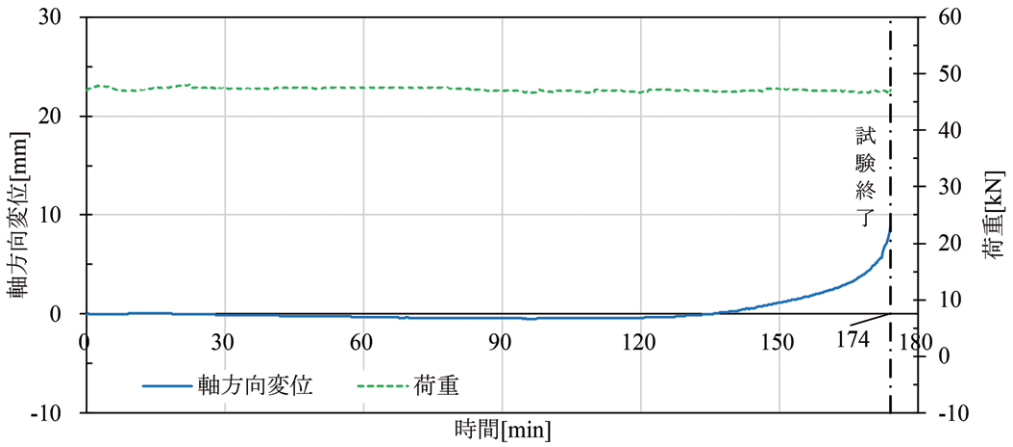


図5 試験体No.3の軸方向収縮量推移（軸方向変位の規定値：30mm）

試験終了時の試験体全景と解体後の躯体の様子

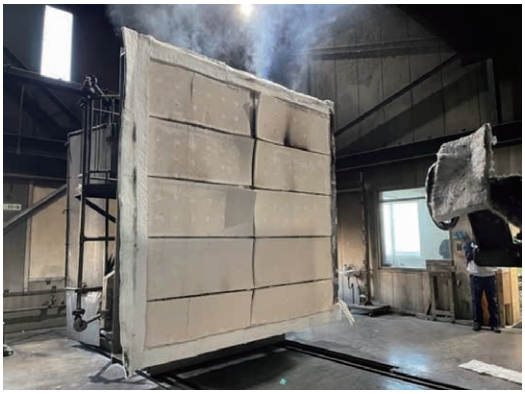


写真４　試験体No.1の加熱面全景



写真５　試験体No.1のCLT全景

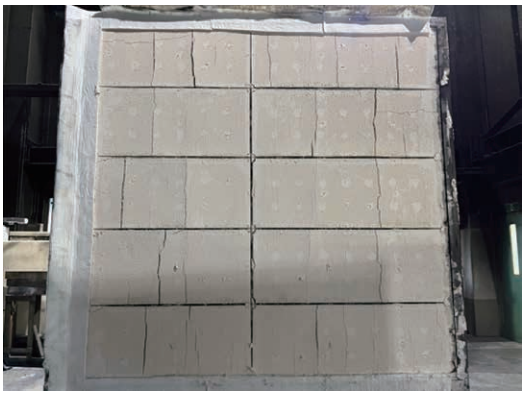


写真６　試験体No.2の加熱面全景



写真７　試験体No.2のCLT全景



写真８　試験体No.3の加熱面全景



写真９　試験体No.3の軸組内全景

今後の課題・展開等

断熱材を表面に設けたCLT壁を強化せっこうボード総厚50mm（厚さ25mmの２枚張り）で耐火被覆することにより、1.5時間耐火構造間仕切壁の耐火性能を確保できることができた。断熱材を設けた壁は、壁体内に熱ごもりが生じて、断熱材を設けない仕様よりも耐火性能の確保が難しいとされるが、本検討により断熱材を設けた仕様で耐火性能を確保できたことで、この結果を、断熱材を充填しない間仕切壁や外壁の屋内側の仕様に応用できると考えられる。今後、この成果を活用して、日本CLT協会らが性能評価試験を実施して、国土交通大臣認定取得につなげて、広く実用化していく予定である。

また、軸組工法の柱・梁を強化せっこうボード総厚50mm（厚さ25mmの２枚張り）で耐火被覆することにより、２時間準耐火構造の性能を確保できることがわかった。従来の木造建築物で採用されてきた、せっこうボード２枚張りの施工で準耐火構造とする際の限界点を概ね明確にできた。今後、実務

者が性能評価試験を実施して国土交通大臣認定を取得することにより、火災時倒壊防止建築物や避難時倒壊防止建築物において、ルートＢの検証法を用いた４階建て以上の建築物の設計自由度の向上につながるだろう。

また、手引きとしては総合的なマニュアルとして有用となる告示の図解を交えながら令和６年４月以降に施行となった新たな仕様や防耐火規制を解説し、上記の結果と併せてさらなる合理化の提案を行った。今後は中大規模建築物の設計施工についての設計例のような具体案を追加していけたらよいだろう。

事業

中高層木造建築物における内装木質化促進及び普及事業

● 実施団体 ●

一般社団法人 木のいえ一番協会

〒150-0033　東京都渋谷区猿楽町10-1 マンサード代官山6F

事業目的

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、木材利用推進のための建築基準の合理化やＣＬＴ・防耐火大断面集成材などの技術開発が進んでいる。

また、ＳＤＧｓやＥＳＧ投資、ウェルビーイング等を重視する施主の増加等を背景に都市部を中心に木造化・木質化を重視する中高層木造建築物が増加している。

中高層木造建築物では、建築基準法令等の規定により、壁、天井等に木材を使用する上で様々な制限が課され、内装制限への適用、設計の工夫等が行われており、これらの情報を収集し普及していくことは、今後の中高層木造建築物において、内装木質化の促進に資するものとなる。

また、国土交通大臣の個別認定を受けた木質防火材料も年々増加し、木材製品製造業者に加え、多様な業種の多数の事業者が認定を受けている一方で、実際の製品の流通量は少なく、建築業界が木質防火材料を調達や利用をしていく上での情報が少ない実態にある。

本事業では、令和5、6年度に実施した、中高層木造建築物において内装木質化が図られている建築物のヒアリング・実地調査及び防火・耐火性能が要求される部位に使用される木質防火材料（含浸系、塗装系）の生産、流通、利用に関する実態調査の成果をとりまとめ、これから内装木質化に取り組みたいと考える事業者（施主）及び設計者等に向けた「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」を作成し、その普及に資することとする。

実施した項目

1. 令和5、6年度調査（建築物・木質防火材料）結果の分析・とりまとめ
2. 「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」の制作
3. 「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」を活用した普及活動

実施体制

本事業を実施するに当たり、学識経験者、関連業界等の専門家による中高層木造建築物における内装木質化促進及び普及検討委員会を設置し、事業を推進した。

「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」の制作にあたり、編集･とりまとめを担当する委員による作業部会で具体的な内容の検討を行った。

委員長	大橋　好光*	（東京都市大学名誉教授・（一社）木を活かす建築推進協議会理事長）
委　員	上川　大輔	（森林総合研究所　木材改質研究領域　防耐火担当チーム長・（公社）日本木材保存協会　木質材料の難燃化等検討部会長）
	槌本　敬大	（建築研究所　材料研究グループ長）
	野秋　正希	（建築研究所　防火研究グループ　主任研究員）
	大倉　靖彦*	（（株）アルセッド建築研究所　代表取締役副所長）
	山口　克己*	（（株）アルセッド建築研究所　統括）
	片桐　芳男	（（公社）日本木材保存協会　常務理事　事務局長）

山口　秋生　（日本木材防腐工業組合　技術委員長・越井木材工業（株）　技術開発室長）
井上順一郎　（インプラスデザイン(IN+DESIGN)　主宰・(一社）日本インテリアプランナー協会　東京事務局長）
池田　　均*　（(一社)木のいえ一番協会　技術開発委員長・
（株）アールシーコアＢＥＳＳ事業本部）

オブザーバー

中村　有貴　（林野庁　木材産業課　住宅資材技術係長）
平原　章雄　（木構造振興（株）　常務取締役）

事務局　安永　正治*　（(一社）木のいえ一番協会　専務理事）

※注）氏名右肩の＊は、作業部会メンバー

実施した内容

1．令和5、6年度調査（建築物・木質防火材料）結果の分析・とりまとめ

（1）建築物調査結果の分析・とりまとめ

近年建てられた地上４階建て以上の中高層木造建築物を対象に、木材利用や内装木質化の取り組みについて、事業主や設計者に対するヒアリング・実地調査を行って得られた情報をもとに、次のような内容について分析し整理を行った。

- ●中高層木造建築物における木材利用や木質化のねらいについて
- ●内装制限を受ける中高層木造建築物における内装木質化の実現手法について
- ●建物の用途の違い（事業系建物と居住系建物）による内装木質化手法の傾向について
- ●中高層木造建築物の内装に使用している木材・木質材料について

（2）木質防火材料調査結果の分析・とりまとめ

認定品目数が多くかつ近年新たな認定を取得している木質防火材料製造企業６社と難燃薬剤製造企業１社及び木質防火材料流通企業１社のヒアリングを行い、供給実態、利用用途、技術面の課題、法規制ほかについて収集した情報をもとに、内装制限が課せられる用途や規模の建築物において、内装を木材で仕上げる上で有効な材料となる木質防火材料について、その種類や利用法を整理し、とりまとめた。

2．「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」の制作

検討委員会で策定した「手引き」の構成案に即して、作業部会の委員で原案を作成することとした。作成にあたり、ターゲットをこれから内装木質化に取り組みたいと考える事業者（施主）及び設計者等に向け、内装木質化のメリットが感じられるとともに、内装木質化を進めるための手法、すなわち、木質防火材料の選択・調達、施工、維持管理におけるポイント等をわかりやすく整理することとした。

（1）作業部会の実施内容

①第１回作業部会（8月6日）
- 手引きの構成、執筆担当、スケジュール等

②第２回作業部会（9月24日）
- １次案の審議

③第３回作業部会（10月29日）
- 修正案の確認、調査対象企業との確認事項等について

④第４回作業部会（12月４日）
- 最終案の確認等

（2）「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」の構成内容

- はじめに……内装木質化の意義、「手引き」の目的等
- 第１章……中高層木造建築物における内装木質化事例と手法
- 第２章……木質防火材料の種類と利用法
- 第３章……中高層木造建築物に係る内装制限の概要
- 第４章……中高層木造建築物の内装木質化実現のポイント
- おわりに

３．「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」を活用した普及活動

実施した結果

「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」の内容の一部紹介

１．中高層木造建築物における内装木質化事例と手法

（1）対象とした中高層木造建築物１４の事例

（事業系建物８事例、居住系建物６事例）



図１　木材利用や内装木質化に取り組んでいる中高層木造建築物の事例

（2）内装制限を受ける建築物における内装木質化手法

表１　内装制限の緩和による内装木質化手法

	手法の区分	概要
手法１	**床や1.2m以下の壁等の木質化**	床および床上1.2m以下の壁や窓枠等を木材で仕上げることができる（ただし、一部の用途の居室を除く）
手法２	**壁と天井の見付面積規定による木質化**	壁と天井の見付面積の1/10以下の範囲を木材で仕上げることができる
手法３	**木質防火材料の使用による木質化**	壁、天井を難燃または準不燃材料（不燃材料を含む）の大臣認定を取得した木材（木質防火材料※1）で仕上げることができる
手法４	**消火設備等の設置または天井の不燃化による木質化**	スプリンクラー設備と排煙設備を設置した部分の壁と天井、天井を準不燃材料とした居室の壁などを木材で仕上げることができる※2
手法５	**一定面積に区画された部分の木質化**	準耐火構造の壁および床または防火設備により100㎡以下（共同住宅の住戸では200㎡以下）に区画された部分の壁と天井を木材で仕上げることができる※2
手法６	**避難安全性を検証した部分の木質化**	避難安全検証法により安全性を検証した建築物の部分の壁と天井を木材で仕上げることができる

（3）中高層木造建築物の用途と内装木質化手法の傾向

表２　事業系建物・居住系建物に適用されている内装木質化手法

	手法の区分	事業系建物（事務所、店舗、集会所等）		居住系建物（共同住宅、寄宿舎、ホテル等）	
手法１	**床や1.2m以下の壁等の部分の木質化**	○	床の無垢フローリング敷きの例がある	○	床の無垢フローリング敷きの例がある
手法２	**壁と天井の見付面積規定による木質化**	○	執務スペースの一部を木製のルーバーを設ける例がある		
手法３	**木質防火材料の使用による木質化**	○	構造材の表面材に用いられる例がある	○	共用スペースの壁、天井の仕上げに用いられる例がある
手法４	**消火設備等の設置または天井の不燃化による木質化**	○	執務スペースや共用スペースに設置する例がある		
手法５	**一定面積に区画された部分の木質化**			○	共同住宅の住戸、寄宿舎の寮室、ホテルの客室などの例が多くある
手法６	**避難安全性を検証した部分の木質化**	○	事業主の自社のオフィスや研修所などで対応する例がある		

注　○：中高層木造建築物において適用している例があることを示す。

（4）中高層木造建築物における内装木質化の対象部分と木質材料

表３　内装木質化の対象部分と主な木質材料の種類

対象部分		主な木質材料	備考
内装	床	フローリング	左記の材料を室内現わしで使用している
	壁	木板、合板等 CLT	
	天井	木板、合板等木製ルーバー CLT 配筋付木製型枠（製材・集成材）	
構造材	柱、はり	構造用集成材 木質耐火構造部材（耐火集成材を含む） 鋼材内蔵型木質系防火部材	左記の構造部材の表面を木板で仕上げる例がある
	耐力壁・筋かい	CLT、製材、構造用集成材、合板等	室内現わしで使用する例がある

（5）内装木質化した中高層木造建築物14事例における木質化手法

表４　紹介する中高層木造建築物・内装木質化手法の一覧

		建物名称	用途	地上階数 構造	内装制限に対する木質化手法					
					手法1 床等	手法2 見付面積規定	手法3 木質防火材料	手法4 消火設備等	手法5 区画	手法6 避難安全検証
事業系建物	事例1	KITOKI	事務所・店舗（テナントビル）	10階建て 混構造 （鉄骨造＋木造）	●					
	事例2	タクマビル新館（研修センター）	研修所	6階建て 混構造 （鉄骨造＋木造）	●	●		●		
	事例3	第一生命京橋キノテラス	事務所・店舗（テナントビル）	12階建て 混構造 （鉄骨造＋木造）		●	●			
	事例4	田園都市線駒澤大学駅西口2ビル	駅舎、店舗	4階建て 混構造 （木造＋RC造）			●			
	事例5	ジューテック本社ビル	事務所（自社オフィス）	8階建て 混構造 （鉄骨造＋木造）			●	●		
	事例6	HULIC＆New GINZA8	商業施設（テナントビル）	12階建て 混構造 （鉄骨造＋木造）				●		
	事例7	Port Plus大林組横浜研修所	研修所	11階建て 木造	●					●
	事例8	TDテラス宇都宮	事務所・銀行店舗	4階建て 混構造 （木造＋RC造）						●
居住系建物	事例9	ザ ロイヤルパークキャンバス札幌大通公園	ホテル	11階建て 混構造 （RC造＋木造）	●		●		●	
	事例10	パッシブタウン第5期街区	共同住宅	7階建て 混構造 （木造＋RC造）	●		●		●	
	事例11	MOXION INAGI	共同住宅	5階建て 混構造 （木造＋RC造）			●		●	
	事例12	奥村組西川口寮	寄宿舎	8階建て 混構造 （RC造＋木造）			●		●	
	事例13	FLATS WOODS 木場	共同住宅（社員寮）	12階建て 混構造 （鉄骨造・RC造＋木造）			●	●	●	
	事例14	アネシス茶屋ヶ坂	共同住宅（社宅）	4階建て 混構造 （木造＋RC造）					●	

（凡例）●：適用されている木質化手法を示す

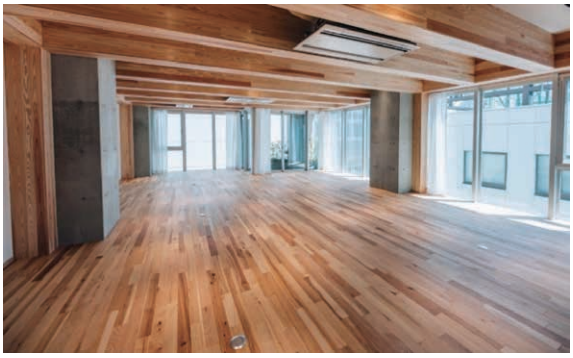
2．中高層木造建築物における木質化の実現手法と工夫点の事例

【手法１】床や壁の低い部分の木質化

■床を無垢フローリングで仕上げ

テナントオフィス・店舗の貸室の床。外国産材（広葉樹材）の無垢フローリング張りとして付加価値を高めている。

事例１



【手法２】壁と天井の見付面積規定による木質化

■天井に木製ルーバーを設置

企業の研修所内の遠隔監視・運転支援拠点スペース（「Solution Lab」）。見付面積1/10以下の規定を適用して天井に難燃薬剤処理を施していない木製のルーバーを設置し、領域性や落ち着き感を高めている。

事例２



【手法３】木質防火材料等の使用による木質化

3-①　内装仕上げ材に木質防火材料を使用

■準不燃仕様木材を用いた天井・壁

ホテルの低層階のラウンジ。天井、壁を準不燃仕様の木材で仕上げている。

事例９

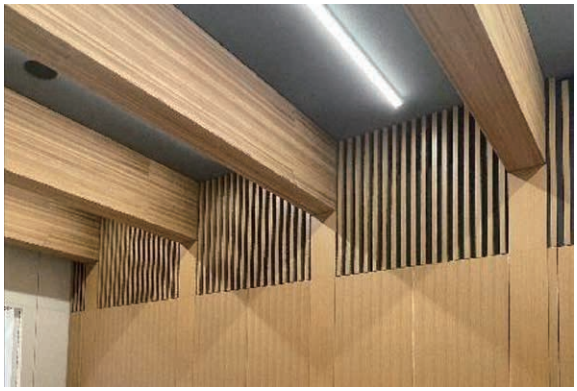


3-②　構造部材の表面材に木質防火材料等を使用

■耐火集成材のはりの表面に不燃木材を使用

自社オフィスの最上階の会議室。耐火集成材のはりの表面材を不燃仕様の木質製品（スギ集成材）で仕上げ、壁は突板＋不燃ダイライト壁で仕上げている。

事例５



【手法４】消火設備の設置等による木質化

■スプリンクラー・排煙設備の設置

自社オフィス内の共用スペース。スプリンクラー設備と排煙設備を設け、天井材、構造材（耐火集成材）の表面木材を現わしにしている。天井材の木材には、配筋付スギ型枠材と化粧木材（スギ集成材）を、階により使い分けて用いている。

事例５



【手法５】一定面積に区画された部分の木質化

■共同住宅・住戸の天井、壁の木質化

賃貸共同住宅の住戸内。天井と壁の一部を木板張りにしている。コストに配慮し外国産材（レッドシダー）を採用。

事例 11



【手法６】避難安全性を検証した部分の木質化

■避難安全検証による内装・構造材の木質化

―低層・平面混構造の事務所・店舗

大空間で構成したプランに避難安全検証法を適用。内装の木現わしの条件である天井高3.5ｍ、梁下高 2.7ｍを確保し、天井、柱･はりの木質化を実現している。

事例８



３．大臣認定による木質防火材料の種類と木質防火材料の利用法

（1）木質防火材料の種類

木質防火材料（性能の高い順に「不燃材料」、「準不燃材料」、「難燃材料」の３区分）の性能付与の方法には、含浸系、塗装系、基材系による３つの方法がある。

① 含浸系：水溶性のリン酸系やホウ酸系などの難燃薬剤を利用する方法

［内容］

- 減圧・加圧法で水溶性難燃薬剤を注入する手法が一般的である。
- 難燃薬剤の注入量は多く、準不燃材料では固形物量で 100kg/㎥を超える注入が必要になる。
- 不燃材料ではさらに多くの難燃薬剤の注入が必要なため非常に高額となる。

② 塗装系：木材に防火塗料を塗布する方法

［内容］

- 加熱により塗料が発泡し木材表面へのエネルギーの供給を阻止する。
- 性能確保に必要な塗布量を確保するために複数回の塗装を実施、塗装回数を減らすために塗料を含浸するシートを利用する場合もある。

③ 基材系：火山性ガラス質複層板などの基材の表面に天然木単板張り

［内容］

- 厚さ 0.2㎜程度の化粧用の突板を無機材料に張った材料である。
- 多くの不燃材料の認定品がある。

（2）木質防火材料の利用法

① 設計時

- 準不燃材料が求められる部位に不燃材料を使用することが多くみられるが、含浸系の不燃材料では準不燃材料に比べて薬剤の注入量が多く白華のリスクが高くなり高額にもなるので、求められる以上の性能の材料を使用することは慎重に行う。
- 含浸系の防火材料の多くは受注生産品であり、材料手配・注入加工・乾燥、全数検査で３か月程度必要である。また、防火性能、断面形状、数量、塗装品の場合の塗装色等の変更は困難である。さらに、価格も不燃材料では百万円/㎡以上と高額であるため、設計の早い段階で利用候補の材料メーカーとの打ち合わせが必要。
- 木材は品質にばらつきがあり、経年変化による変形・割れの発生が起こり得るため、部材の部分交換が容易な納まりにする。

  等

② 施工時

- 含浸系の不燃材料では湿度が高い環境での使用で白華のおそれがある。雨天時・多湿時期、密閉空間、養生カバーによる通気不足、コンクリート打設後の水分蒸発のある環境等により白華する場合がある。
- 据え付け後の不適切な加工（切削・塗装等）により本来の性能が発揮されないことが危惧される場合がある。
- 塗装系の製品は工場塗装と現場塗装に対応しているが、塗装面の擦れ、傷、切削等により湿気の影響で白華する場合がある。

  等

③ 引渡し時・維持管理

- 経年での変形、割れ・そり・表面のささくれなどの発生の説明を行う。
- どのような維持管理が必要かの説明を行う。

4．中高層木造建築物の内装木質化実現のポイント（まとめ）

（1）内装木質化の実現の計画上のポイント

中高層木造建築物における内装木質化の実現のための計画上のポイントを、各計画のフェーズとの関係と併せて示す。（【　　】は関連する主たる計画フェーズ）

①内装の木材利用が認められる条件を踏まえた、空間構成や室用途などに適した効果的な木材の現わし使用（床および床からの高さ 1.2m 以内の壁、見付け面積 1/10 以内の天井・壁における木材利用）【部位計画】

②付加価値を高める利用法に配慮し、費用対効果のある木質防火材料の適所での使用（維持管理等に留意した種類・製品の選定が望まれる）【部位計画】
③居住系建物などの小面積の区画が可能となる居住室（住戸、寮室等）における内装制限の緩和に伴う天井、壁の木材利用 【平面計画】
④中高層建築物において採用される耐火構造部材（木質耐火構造部材、耐火集成材、被覆型構造材等）の表層仕上げ面の木材利用 【構造計画】
⑤大空間の事業系建物などにおける避難安全計画（避難安全検証法の適用）による内装制限の緩和に伴う天井、壁の木材利用 【全体計画】

（2）木質防火材料の選定・利用のポイント

①防火材料の性能発揮は難燃薬剤の含浸量に依存するため、厳格に品質管理されている製品を利用する。
②ほとんどが受注生産品で納品までの期間が長いため、計画の早い段階で材料メーカーと打ち合わせる。
③白華の可能性があるため、使用環境、特に高湿度を考慮する。

5．「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」を活用した普及活動

「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」執筆担当者による解説動画を作成し、協会ホームページ及び関係団体等のポータルサイト等に掲載し、関係者の利用に供する。

今後の課題・展開等

中高層木造建築物や非住宅分野での木造建築、内装木質化はこれまでにも増して求められていくものと考えられる。これらの取組を進める上で、適切な内装木質化の計画、木質防火材料の調達、施工・維持管理等が重要である。

そのため、本事業で作成した「中高層木造建築物における内装木質化の手引き」等を活用した普及活動を継続して展開し、事業者及び設計者等に対し、中高層木造建築物等における内装木質化の手法や留意点等（法的規制のポイントとなる事項と対処方を含む）の情報提供を推進していくことが必要である。

また、木質防火材料は、年々、多くの様々な業種の企業により個別認定が行われ、多数の認定製品が存在し、その中からニーズに沿った製品を選別することが必要であり、木質防火材料に関する情報の収集、整理、提供の取組が求められる。

さらに、内装木質防火材料供給事業者と設計・施工等建築業界の情報提供・共有の促進、木質防火材料に関する知識・技術の普及、木質防火材料設置個所の維持管理上の留意点等についても広く普及していくことが重要である。

事業

国産材を原料とする木質材料を用いた鉄道用まくら木の開発事業

● 実施団体 ●

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

〒071-0198　北海道旭川市西神楽１線１０号

事業目的

本事業では，国産材の需要維持・拡大を目的として，原料調達が困難になりつつある製材まくらぎ*を補完する単板積層材（LVL）を用いた木質材料系まくらぎの開発に取り組む。開発にあたっては，国産材（スギ，ヒノキ，アカマツ，カラマツ，シラカンバ）を原料とするLVLについて，まくらぎとして必要とされる強度性能および保存処理性能を評価する。さらに，製造コストや供給体制を含めた経済性についても評価を行い，実用化に資する技術の確立を目指す。

＊まくらぎ：「まくら木」や「枕木」と表記される場合もあるが，本成果概要では日本工業規格（JIS）に倣い「まくらぎ」と表記する。

実施した項目

国産材を原料とするLVLまくらぎの開発に向けて，試作製品の強度性能および保存処理性能の評価，ならびに製造コストおよび供給体制の観点からの経済性評価を実施した。これらの検討は，以下の３項目に区分して行った。

1. まくらぎに必要な強度性能の検討
2. まくらぎに必要な保存処理性能の検討
3. まくらぎとしての経済性の検討

実施体制

本事業は，道総研林産試験場を実施主体とする。円滑な事業推進と成果最大化のため，関連分野における専門性を有する大学，公設試験場，民間企業からなる委員会を組織し，実施内容や成果について適切な検証を行う。項目１～３は，各委員がその専門性を活かして分担し，迅速な成果の創出を図る。併せて，協力機関との緊密な連携のもと，試験材料等の的確かつ迅速な調達を実現し，事業の推進力を高める。

委員会の構成

委員長	佐々木貴信	北海道大学大学院　農学研究院　教授
委　員	高梨　隆也	北海道大学大学院　農学研究院　助教
委　員	野田　　龍	秋田県立大学　木材高度加工研究所　准教授
委　員	大林　宏也	東京農業大学　地域環境科学部　教授
委　員	宮内　輝久	北海道立総合研究機構　林産試験場　主査
委　員	大橋　義徳	北海道立総合研究機構　林産試験場　研究主幹
委　員	今井　　良	北海道立総合研究機構　林産試験場　主査
委　員	松元　　浩	石川県農林総合研究センター　資源開発部長

委　員	石田　洋二	石川県農林総合研究センター　主任研究員
委　員	荒木　博章	宮崎県木材利用技術センター　副部長
委　員	中谷　　誠	宮崎県木材利用技術センター　主任研究員
委　員	木村　礼夫	ジェイアール総研エンジニアリング　営業部長
委　員	鈴木　信哉	ノースジャパン素材流通協同組合　理事長
事務局		北海道立総合研究機構　林産試験場　企業支援部

実施した内容

1. まくらぎに必要な強度性能の検討

木製まくらぎに関連したJIS規格には，強度性能や試験方法を規定しているものがない。そこで，JIS E 1203:2007「合成まくらぎ」に準拠した実大曲げ試験、繰返し疲労試験（耐疲労性試験）および犬釘引抜試験を実施した。また，JIS Z 2101:2009「木材の試験方法」に準じて，縦圧縮試験および部分圧縮試験を実施した。一部の結果については，クリやカラマツの製材まくらぎと比較した。

1.1　試験体の製造

国産樹種５種（スギ，ヒノキ，カラマツ，アカマツ，シラカンバ）用い，LVLの製造試験を行った。並まくらぎサイズ（厚140×幅200×2100㎜）を目標にしたが，製造上の都合により，長さを2000㎜に変更し製造した。まくらぎとしての材料適性を調べるため，平使い（接着層が水平方向）および縦使い（接着層が垂直方向）の２種類を試作した。製造フローを図１に，製造状況を図２に示す。縦圧縮試験（1.3）および　部分圧縮試験（1.4）に用いるものを除き，試験体に製材まくらぎに用いられているインサイジング加工を実施し（図3，4），各試験に供した。

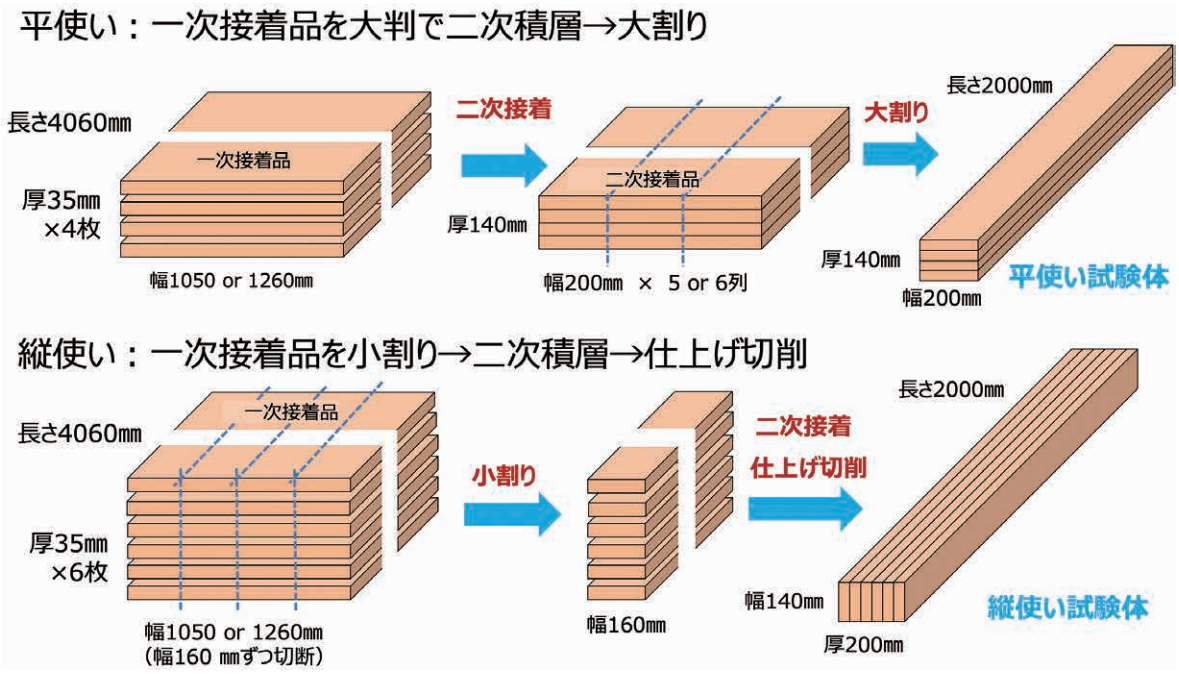


図１　平使いおよび縦使いLVLの製造フロー

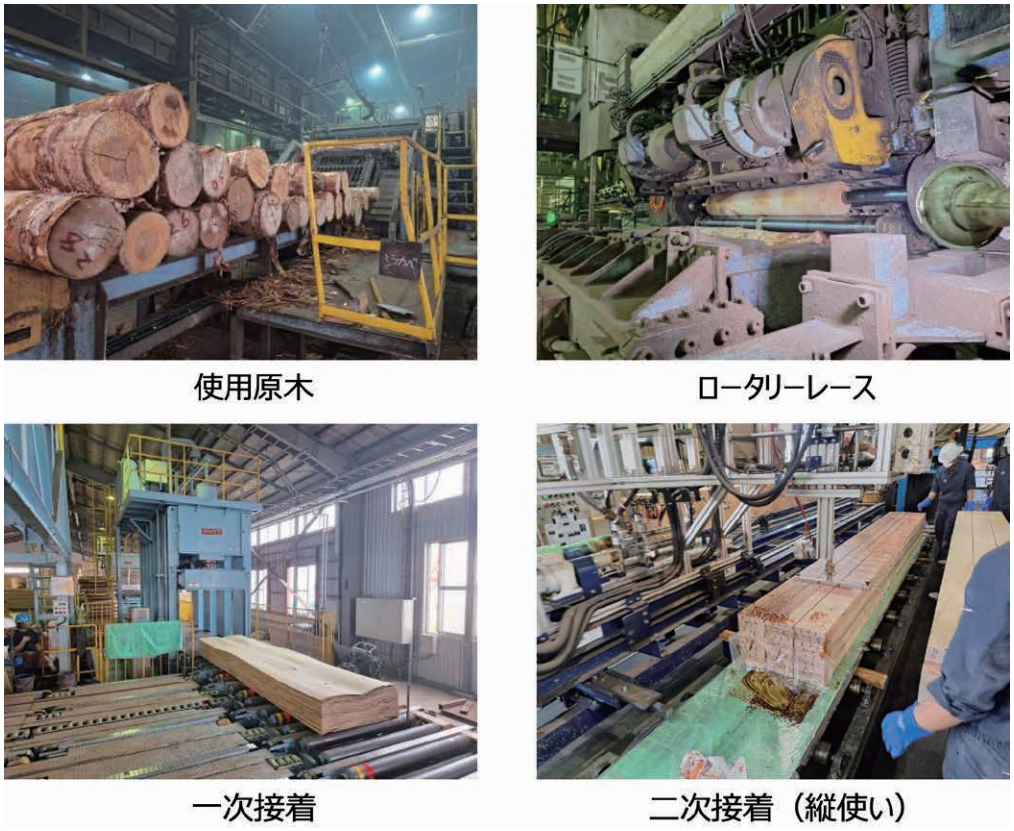


図２　LVL 試験体の製造状況

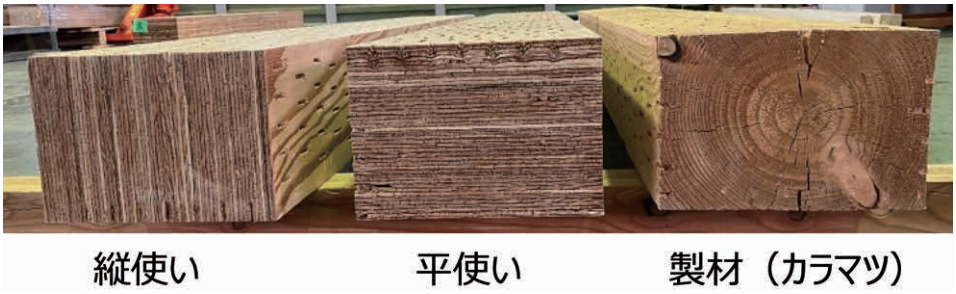


図３　LVL まくらぎの外観（木口面）

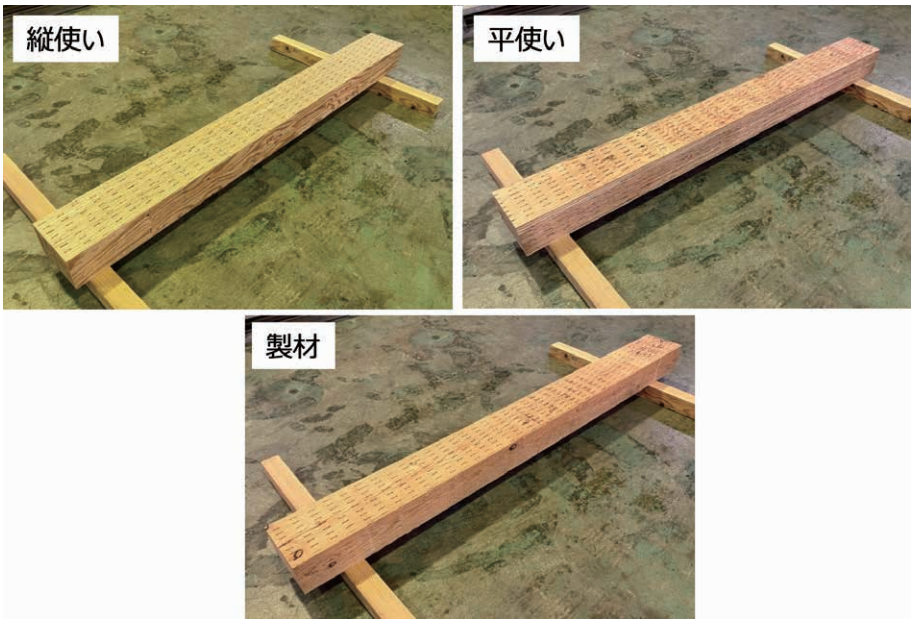


図４　LVL まくらぎの外観（全体）

1.2　実大曲げ試験

1.1 で製造した５樹種のLVL（平使い，縦使い），比較用として市販のクリとカラマツの製材まくらぎ（並まくらぎ，140 × 200 × 2100 mm）を試験に供した。試験体数は各３体とし，試験に先立ちまくらぎ用のインサイジング加工を行った。JIS E 1203:2007「合成まくらぎ」に規定された耐曲げ荷重試験に準じ，スパンを1120 mm(材せいの８倍)とした中央集中荷重方式・単調加力による曲げ試験を行った。試験は東京衡機1000 kN木材実大強度試験機を用いて行った。加力部には面取り(R=10 mm) した200 × 140 × 12 mmの鋼板，支点部には200 × 280 × 18 mmの鋼板を設けた。試験体が10分程度で破壊するよう，載荷速度は5.0 mm/分とした。荷重は圧縮型ロードセル(容量200 kN) で計測した。変位は試験体の中央部左右に１つずつ設けた変位計により計測し，その平均値を求めた。試験は荷重が最大荷重の80%に低下するまで行い，最大の荷重低下が生じた時の破壊の様子を破壊モードとして記録した。剛性および最大荷重を求め，曲げ強さおよび曲げヤング係数を算出した。試験実施状況を写真１に示す。



写真１　曲げ試験の実施状況

1.3　縦圧縮試験

JIS Z 2101:2009「木材の試験方法」の規定に準じて縦圧縮試験を行った。1.1 で製造したLVLから切り出した厚25 ×幅25 ×長さ50 mmの試験体を試験に供した。試験片は各５体とした。試験はA&Dテンシロン強度試験機を用いて行った。試験体が１～２分程度で破壊するよう，載荷速度は2.0 mm/分とした。荷重は圧縮型ロードセル(容量 100 kN) で計測し，変位はクロスヘッドの移動量により求めた。試験は荷重が最大荷重の50%に低下するまで行った。最大荷重を求め，試験体断面積で除して縦圧縮強さを評価した。試験実施状況を写真２に示す。



写真２　縦圧縮試験の実施状況

1.4　部分圧縮試験

JIS Z 2101:2009「木材の試験方法」の規定に準じて部分圧縮試験を行った。1.1で製造したLVLから切り出した厚25×幅25×長さ75 mmの試験体を試験に供した。試験は縦使いおよび平使いの2条件で行い，試験体数は各5体とした。試験はA&Dテンシロン強度試験機を用い，加圧用治具として断面25×38 mmの鋼製治具をクロスヘッドに固定して行った。試験体に1～2分程度で辺長の5%(1.25 mm)の変形が生じるよう，載荷速度は1.0 mm/分とした。荷重は圧縮型ロードセル(容量100 kN)で計測し，変位はクロスヘッドの移動量により求めた。試験は試験体の変形量が1.25 mmを超えるまで行った。辺長の5%変形時の荷重を求め，加圧部の面積で除して辺長の5%部分圧縮強さを評価した。試験実施状況を写真3に示す。

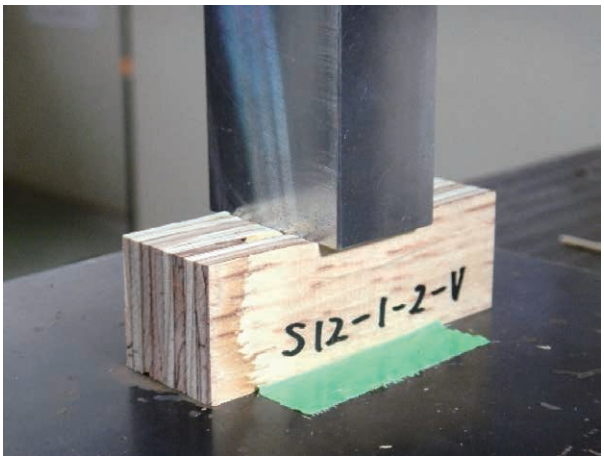


写真3　部分圧縮試験の実施状況

1.5　繰返し疲労（耐疲労性試験）試験

まくらぎの繰返し荷重に対する耐久性を評価することを目的として，繰返し疲労試験（耐疲労性試験）を実施した。試験はJIS E 1203：2007「合成まくらぎ」の耐疲労性試験を参考にし，秋田県立大学木材高度加工研究所が所有する油圧サーボ疲労試験機（(株)鷺宮製作所製）を用いて行った。

試験体は1.1で製造した5樹種のLVLと，比較用のカラマツ製材まくらぎとし（試験体数は各1体ずつ），耐疲労性能の基本データを収集した。試験体の断面寸法は幅200 mm×厚さ140 mm，長さは2 mとした。曲げ疲労試験のスパンはJIS E 1203：2007「合成まくらぎ」に従って1120 mmとし，載荷部および支点部の鋼板も設けた（図5）。なお，LVLの各試験体は接着層が水平になる平使いとした。アクチュエーターの制御は荷重制御とし，曲げ作用応力が28 N/mm^{2}になる荷重65.3 kNを2 Hz（正弦波）で10万回載荷した（図6）。荷重およびアクチュエーターの変位，試験体の中央たわみおよび試験体中央の上下面の軸方向ひずみを2000サイクル毎に計測した。計測時間は2秒間とし，サンプリングは10ミリ秒とした。

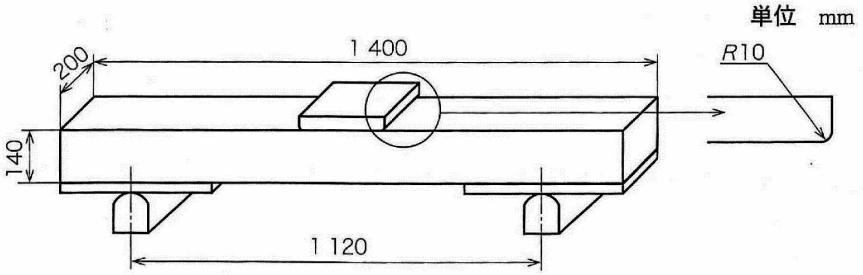


図5　耐疲労性試験方法（JIS E 1203）

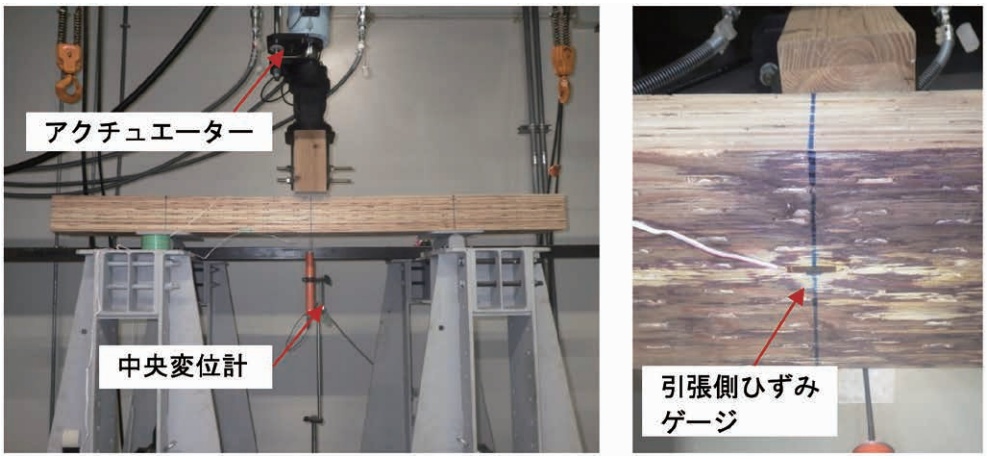


図６　耐疲労性試験（スギLVL）

1.6　犬釘引抜試験

LVLのまくらぎへの適性を評価するための基礎資料として，東京農業大学木材工学実験室において犬釘引き抜き試験を実施した。木質系のまくらぎの犬釘引抜試験に関するJISの規定がないため，JIS E 1203：2007「合成まくらぎ」を参考に，次の方法で試験を実施した。1.1で製造した５樹種のLVLおよびクリとカラマツの並まくらぎから200 × 140 × 500 mm試験体を切り出し，中央部に犬釘を首下50㎜まで打ち込んだ。この試験体を万能試験機（UH-200kNX，島津製作所製）のクロスヘッドに試験体をのせ，荷締め用のベルトを用いて固定した（写真４）。荷重速度は毎分2.5 mmで犬釘の首に引っ掛けたジグで引張荷重を加え，引抜時の最大荷重を得た（写真５）。

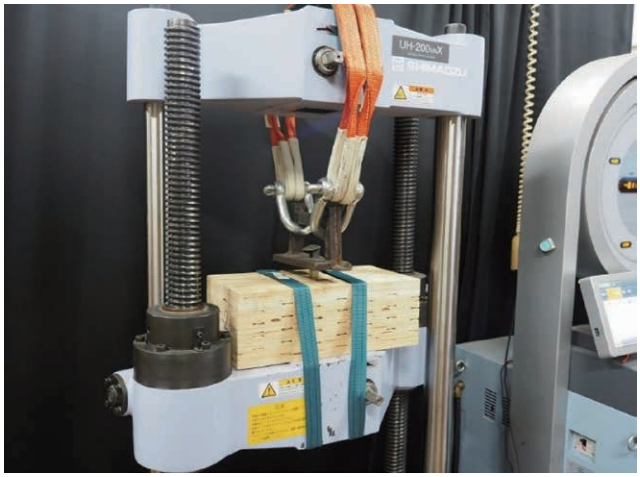


写真４　犬釘引抜試験の実施状況（アカマツLVL）

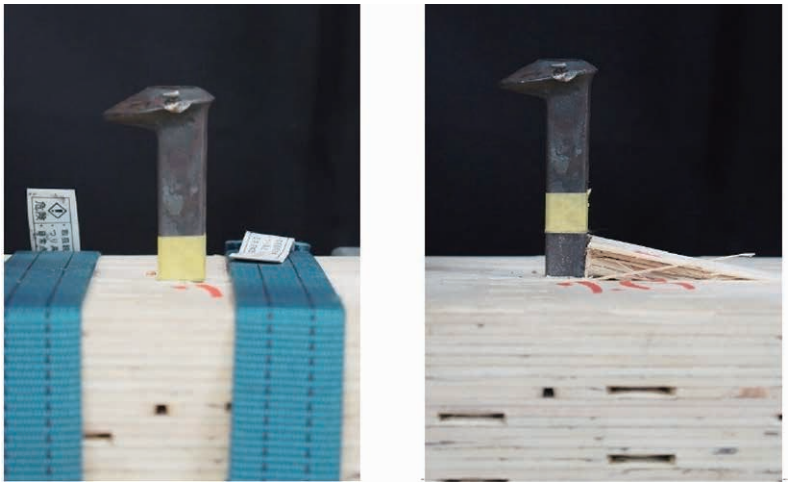


写真５　犬釘の引抜試験（左：引抜前，右：引抜後）

2. まくらぎに必要な保存処理性能の検討

保存処理性能については，JIS A9104:2012「加圧式保存処理木まくらぎ」を参考に検討を行った。また，LVLまくらぎの耐久性を評価するための屋外暴露試験の準備を行った。

2.1　加圧注入処理

LVLまくらぎに製材まくらぎと同じインサイジング加工を行い，ナフテン酸銅の加圧注入処理を行った。加圧注入処理は注入量160 kg/m^{3}を目標に，下記のスケジュールで行った。

前排気：-0.08 MPa（30分）
加　圧：1.6 MPa（4時間）
後排気：-0.08 MPa（30分）

2.2　屋外暴露試験

北海道旭川市，石川県白山市，宮崎県都城市の3か所で屋外暴露試験を実施することとした。暴露試験方法の整理と試験地の準備を行った。

3. まくらぎとしての経済性の検討

3.1　LVLまくらぎの製造コストの検討

1.1で試作した試験体のJAS等級および基礎材質を把握するとともに製造コストの試算を行った。

3.2　LVLまくらぎの市場性に関する調査

鉄道事業者および関連する施工業者に木まくらぎの使用状況，課題，購入価格などについて聞き取り調査を行った。

実施した結果

1. まくらぎに必要な強度性能の検討結果

1.1　LVL試験体の製造試験の結果

製造した5種のLVLのJAS等級を表1に示す。アカマツが100E，スギおよびヒノキは110E，シラカンバは120E，カラマツは140Eに相当する等級が得られた。また，実大サイズ（厚140×幅200×長さ2000㎜）の密度と縦振動法によるヤング係数（Efr）を測定した結果を表1に併記した。

表1　製造したLVL5種のJAS等級と物性値

樹種	JAS等級	密度（kg/m^3） Efr（kN/㎟）
スギLVL	曲げ：110E-350F_H-410F_V せん断：55V-47H	457 9.1
ヒノキLVL	曲げ：110E-410F_{HV} せん断：60V-51H	500 11.4
アカマツLVL	曲げ：100E-320F_H-375F_V せん断：60V-51H	534 12.3
カラマツLVL	曲げ：140E-525F_{HV} せん断：65V-55H	630 15.1
シラカンバLVL	曲げ：120E-450F_{HV} せん断：65V-55H	617 13.8
※密度・Efr：LVLは5体，製材は3体の平均値		

1.2　実大曲げ試験の結果

荷重変位曲線を図７に，試験結果を図８に示す。曲げ強度および曲げヤング係数を比較したところ，スギLVLは縦使い・平使いともにクリ製材と同等の値を示したが，ヒノキ，アカマツ，カラマツ，シラカンバLVLでは，縦使い・平使いともクリ製材の値を上回っていた。また縦使いと平使いで比較した場合，アカマツ，カラマツ，シラカンバLVLでは縦使いのほうが曲げ強さが高くなる傾向を示した。

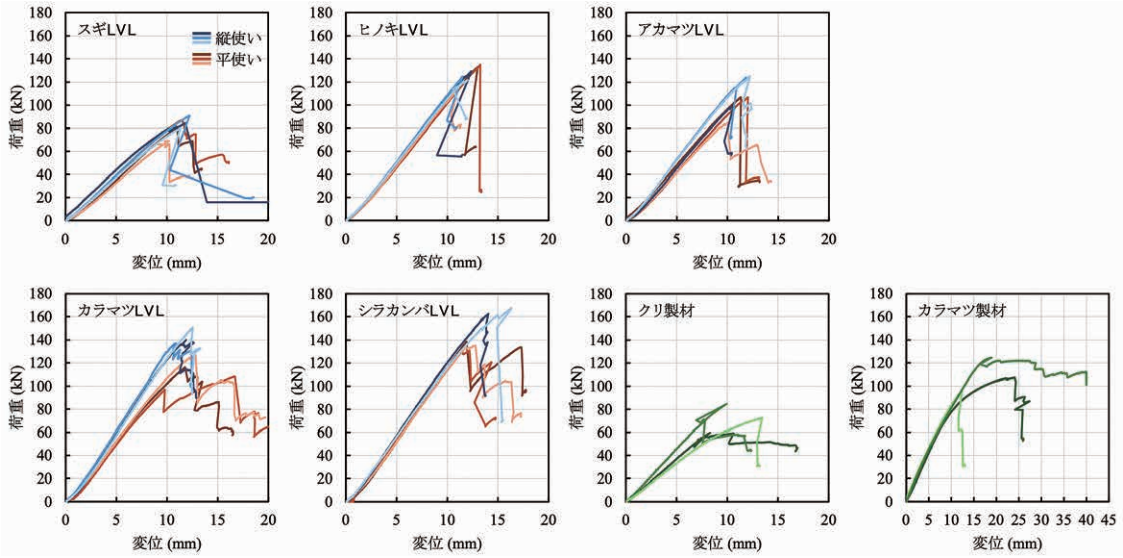


図７　実大曲げ試験における荷重変位曲線

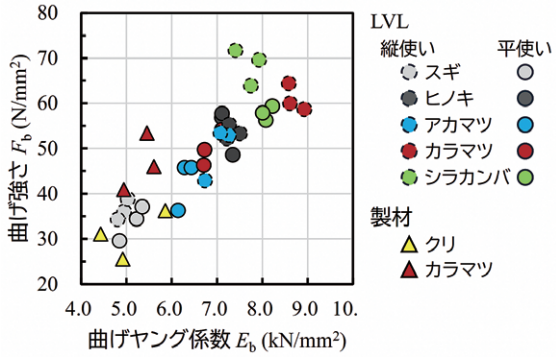


図８　曲げ強さおよび曲げヤング係数

1.3　縦圧縮試験

試験結果を図９に示す。縦圧縮強さは試験体の密度と強い正の相関を示した。カラマツLVLは他の４樹種に比べ，同じ密度に対してより高い縦圧縮強さを示す傾向があった。

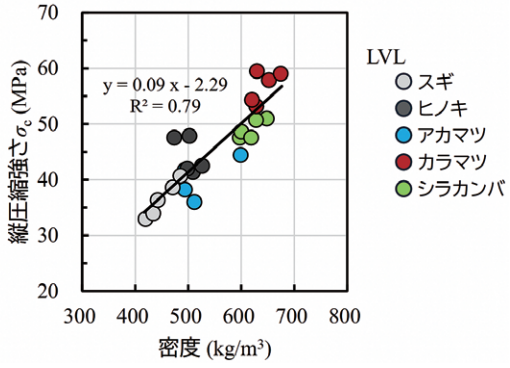


図９　縦圧縮強さおよび試験体密度

1.4　部分圧縮試験

荷重変位曲線の例を図 10 に，試験結果を図 11 に示す。平使いに対して縦使いでは比例領域が少なく，比例限度を判定できなかった。また，試験体の密度と 5% 部分圧縮強さとの間に特定の傾向は見いだされなかった。縦使いと平使いで比較すると，スギ，アカマツ，カラマツLVL では，縦使いの部分圧縮強さが 5% 高くなる傾向を示した。

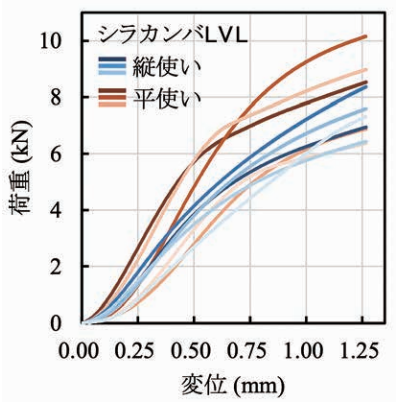


図 10　部分圧縮試験における荷重変位曲線の例 (シラカンバLVL)

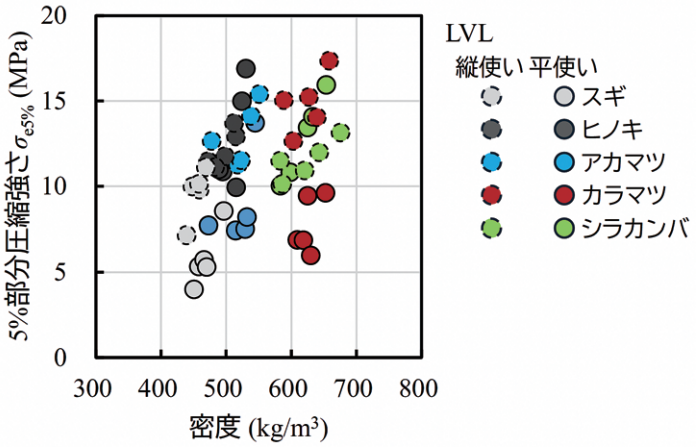


図 11　5% 部分圧縮強さおよび試験体密度

1.5　繰返し疲労試験

各試験体の繰り返し回数と中央たわみおよび引張側ひずみの関係を図 12 に示す。試験結果が不連続になっているのは，試験装置を夜間停止し断続的に動作させたためである。また，図 12 のスギLVL のひずみゲージは試験中に断線したため，16000 回までのデータしか得られなかった。10 万回の繰返し荷重に対して，シラカンバLVL およびカラマツLVL は，中央たわみや引張および引張ひずみの値が小さく，回数の増加に伴うたわみやひずみの増大も認められず，安定した性能を示した。ヒノキLVL，アカマツLVL はひずみの変化は認められなかったが，たわみが僅かに増加する傾向が見られた。それらは，カラマツ製材の性能と同程度であった。スギLVL は，繰返し回数が増加するに伴い，たわみの増大やひずみの変化が生じていることから，耐疲労性には課題が残された。これは，今回用いたスギLVL に対して，作用する応力レベルが高いことが要因の一つと考えられ，より高い強度等級を用いる必要がある。その他の針葉樹のLVL やシラカンバLVL の耐疲労性は十分であり，製品化の可能性が認められた。

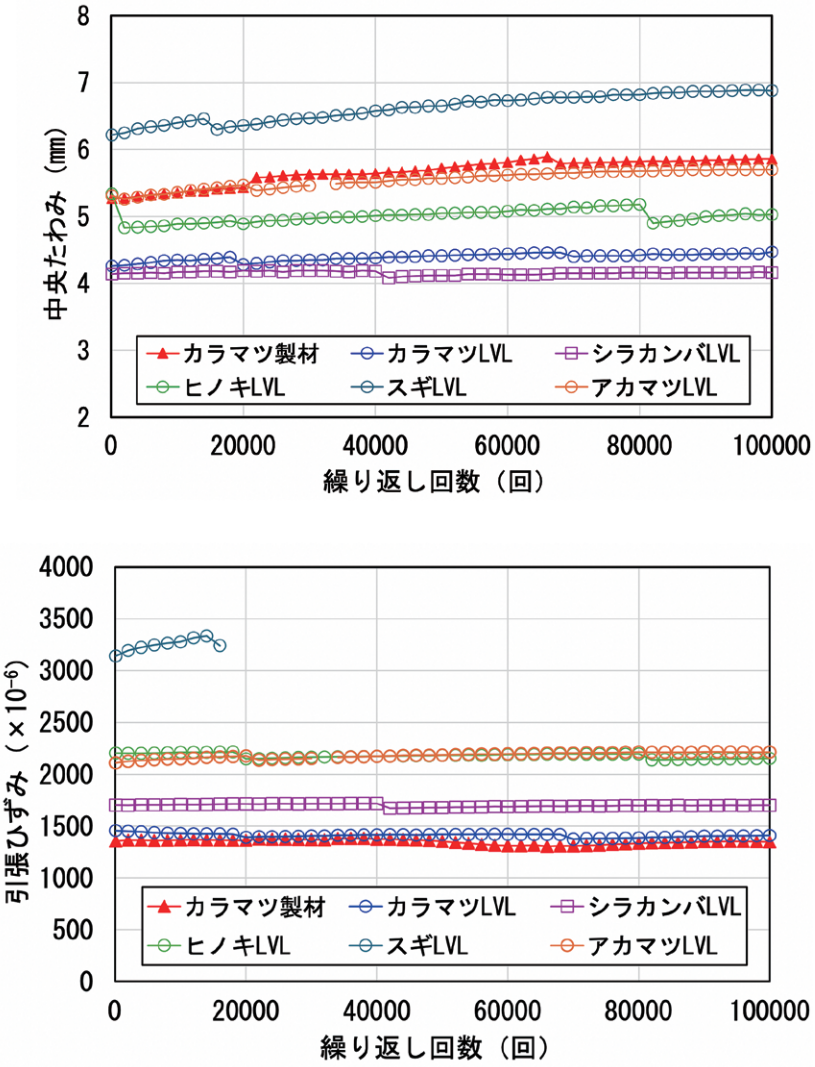


図12　繰返し回数と中央たわみ（上）と引張側ひずみ（下）の関係

1.6　犬釘引抜試験

犬釘引抜試験で得られた各試験体の最大引抜荷重の結果を図13に示す。ヒノキLVL, カラマツLVLおよびシラカンバLVLについては, 既往の文献値（新版 軌道材料, 2011）および過去の実験結果（クリ8.2 N, カバ16.2 N, カプール14.1 N）と比較しても遜色のない結果であった。

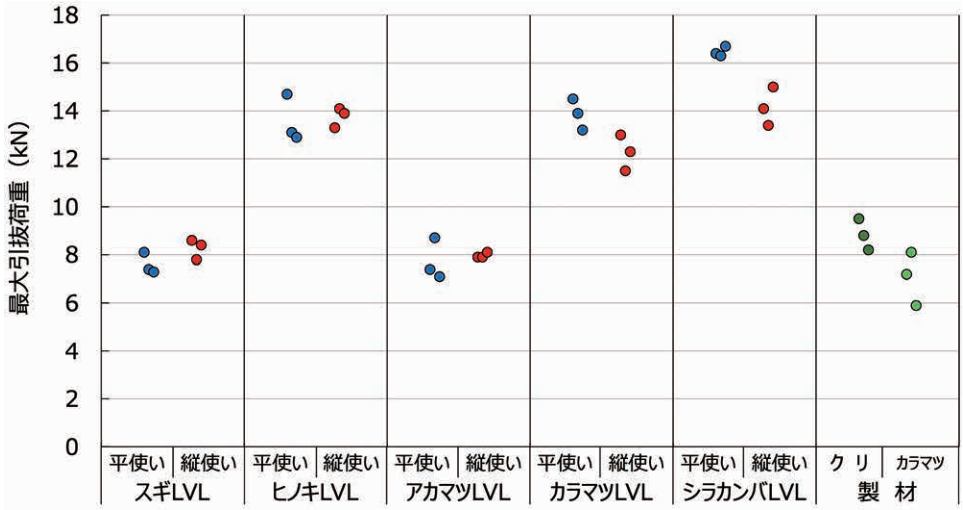


図13　犬釘引抜試験の結果（引抜最大荷重、繰返し3回の結果）

2. まくらぎに必要な保存処理性能の検討

2.1　加圧注入処理

縦使いのLVLについて，加圧注入処理前後の差重から求めた注入量を図14に示す。心材の浸透性が極めて低いカラマツLVLの注入量は他の樹種よりも低かったが，目標とした160 kg/m^{3}を上回っていた。その他の樹種では，目標値の2～3倍の注入量が得られた。

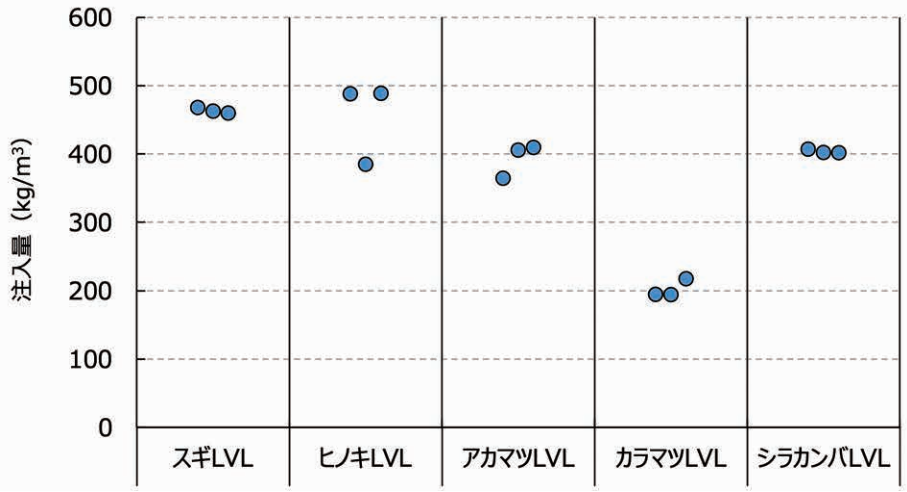


図14　加圧注入処理による注入量（平使い　各樹種3本の結果）

2.2　屋外暴露試験

試験体のまくらぎを埋設するため，書籍「新版 軌道材料，2011」を参考に，石川県白山市の暴露予定地にバラストを敷設した（写真6）。今後，暴露予定地を確保した都城市および旭川市でもバラストの敷設を進め，試験体が準備され次第，3か所で暴露試験を開始する。



写真6　バラストの敷設状況（石川県白山市）

3　まくらぎとしての経済性の検討結果

3.1　LVLまくらぎの製造コストの検討

LVLまくらぎの製造コストの試算結果を表2に示す。樹種で比べると，カラマツ，スギ，アカマツはほぼ同等であったが，ヒノキ，シラカンバの順にコスト高となった。また，縦使いは平使いよりも1.2倍ほど高くなった。今後は防腐処理の適正条件を検討したうえで，インサイジング処理や薬剤注入処理を含めたコストを検証する予定である。

表2　製造コストの比較（カラマツLVLの平使いに対する比）

樹種	平使い	縦使い
カラマツ LVL	1.00	1.24
スギ LVL	1.03	1.27
アカマツ LVL	1.06	1.30
ヒノキ LVL	1.17	1.40
シラカンバ LVL	1.59	1.83
※並まくらぎ相当（厚 140×幅 200×長さ 2100 ㎜）での試算		

3.2　LVLまくらぎの市場性に関する調査

聞き取り調査から得られた情報を内容ごとにとりまとめたものを以下に示す。

(1) 木まくらぎの使用状況について

- 都市部の本線では，木まくらぎの使用は減少傾向にある。
- 地方の鉄道の一般区間では，木まくらぎを継続して使用する傾向にある。
- 都市部でも車庫線などの側線では，今後も木まくらぎを利用する傾向にある。
- 継ぎ目まくらぎ，分岐まくらぎ，橋梁まくらぎ（図15）などでは継続して需要がある。
- 交換は20年以上を目安にしている。

(2) 木まくらぎの価格について

- 並まくらぎ（140 × 200 × 2100㎜）の価格は，￥10,000/本程度。

(3) 木まくらぎの課題

- 以前に比べ，品質が下がっているように思えるという回答があった。
- 犬釘の緩み，腐朽，落ち込み，燃焼などが懸念事項としてあげられた。
- 継ぎ目まくらぎでは，幅の広い素材（W＝300㎜程度）の入手が難しい。
- 分岐まくらぎでは，通直な素材（L＝4000 mm程度）の入手が難しい。

(4) LVLまくらぎの利用について

聞き取り調査結果から木まくらぎへの要求性能として，犬釘の保持，腐朽に対する耐久性，燃焼リスクの低下があげられる。また，木まくらぎとして利用頻度の高い継ぎ目まくらぎや分岐まくらぎでは，今後，供給できる素材の確保が困難になることが懸念される。

以上の調査結果から本事業で検討を行っているLVLまくらぎは，形状の自由度が高く均一な防腐処理が期待できるなどの特徴があることから，木まくらぎと比較して同等以上の性能を確保できれば市場性はあると考える。



並まくらぎ



継目まくらぎ



分岐まくらぎ

図 15　各種まくらぎの例

今後の課題・展開等

本年度に実施した検討の結果，国産材 LVL を用いた木質材料系まくらぎについて，まくらぎ用途を想定した強度性能および保存処理性能に関する基礎的な評価結果が得られた。各種強度性能については樹種による差異が認められるものの，概ね良好な性能を示した。一方で，データの充実を図るため，今後も継続的な試験が必要である。保存処理性能については，加圧注入処理を適用した場合に，製材まくらぎと同等あるいはそれ以上の処理性能が確保可能か，また処理の効率化が可能かといった点について，引き続き検証を行う必要がある。併せて，耐久性評価のための屋外暴露試験を本格的に開始し，長期的な性能データの蓄積を図る。さらに，本年度の成果を関連団体等に提示し，実用上必要とされる性能に関するデータを取得するとともに，製造コストや供給体制を含めた実用化に向けた技術的検討を進める。

事業

軟弱地盤対策等としての地中利用木材の温室効果ガスインベントリ報告のための算定方法の開発（継続）

● 実施団体 ●

公益財団法人　国際緑化推進センター（JIFPRO）

〒112-0004　東京都文京区後楽1-7-12 林友ビル5F

事業目的

地球温暖化防止のための炭素貯留対策として期待される軟弱地盤対策等のための地中利用木材（杭丸太）について、令和２～５年度補正事業の調査結果を踏まえ、日本国の温室効果ガスインベントリ報告のための炭素固定量算定方法を開発する。

実施した項目

次の活動を実施した。

１．東京都港区高浜橋の橋脚基礎丸太の短柱試験

本年度については、一昨年度掘り出して保管してある東京都港区高浜橋の橋脚基礎太の短柱試験を下記のとおり行った。

- 深さごとの縦圧縮強度測定
- 深さごとの容積密度測定
- 深さごと及び杭丸太全体の質量減少半減期の評価

２．杭丸太最外層での容積密度が高い事例についての分析

過去に松阪で掘り出した丸太等の最外層において容積密度が高くなっていたことの検証として、松阪丸太について、土壌有機物の浸透等の影響の検証のため化学分析の実施を行った。

３．温室効果ガスインベントリ報告のための杭丸太の算定方法の提案と炭素固定量の計算

過年度の事業結果等に基づき、温室効果ガスインベントリ報告のための杭丸太の算定方法を作成し、HWP委員会での検討等を踏まえ、環境省が主催する温室効果ガス排出量算定方法検討会に提案した。

また、対象工法について2024年度の使用量の調査を行い、2026年に報告する温室効果ガスインベントリ報告用の杭丸太の炭素固定量の計算を行った。

４．地中利用木材の各種工法の施工基準等の一覧化

地方自治体等において公共工事等で地中利用木材を使用するために作成している設計指針やマニュアル等を一覧的に整理した。

５．これまでの成果の学術誌への投稿

過年度事業において実施した杭丸太の掘り出し試験の結果について、学術誌に投稿するための原稿を作成した。

６．木材の地中利用を推進するための協会の設立

地球温暖化防止に資する木材の地中利用を推進するための協会が設立された。

7. 情報交換・情報発信

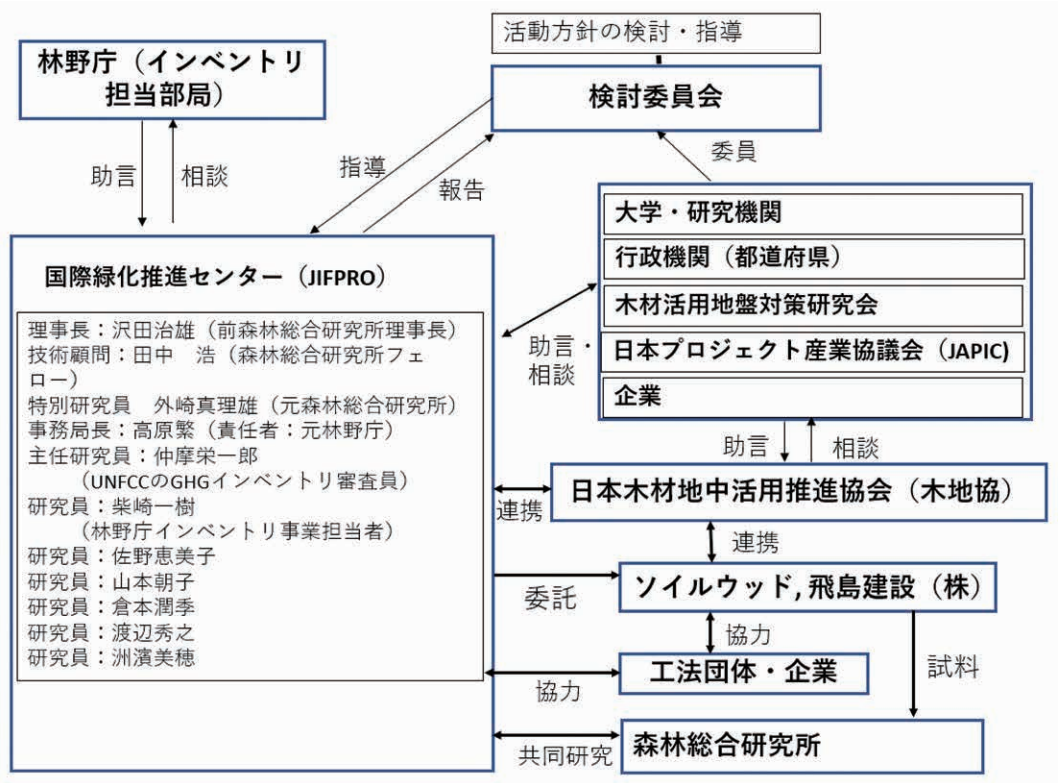
地中利用木材（杭丸太）の炭素蓄積効果及び地球温暖化防止に果たす意義、地中利用木材の工法に関する発表や議論を通じ地中利用木材の利用拡大を図るため、土木学会と連携して「第２回木材地中利用シンポジウム」を、2026年１月27日（火）に開催し、情報発信や情報交換を行った。

実施体制

■検討委員会　（敬称略、50音順）

天野	正博（座長）	早稲田大学大学院名誉教授
加用	千裕	東京農工大学農学研究院教授
服部	順昭	東京農工大学名誉教授
沼田	淳紀	高知大学客員教授

■実施体制



実施した結果

1　軟弱地盤強化のために実際に施工された杭丸太の掘り出し試験

東京都港区の高浜橋より橋脚基礎に用いられていた杭丸太を2024年6月19日に2本採取（No.79，No.81）し，縦圧縮試験，容積密度試験を実施し，質量減少の半減期を求めた．

高浜橋の概要を下記に示す．

- 打設時期：1956年3月
  （設置期間：68.3年）
- 地盤種別：埋立地
- 橋長：56 m
- 幅員：17.5 m
- 橋梁形式：単純鋼床版鈑桁橋
- 杭丸太頭部高さ：不明
- 地下水位位置：不明

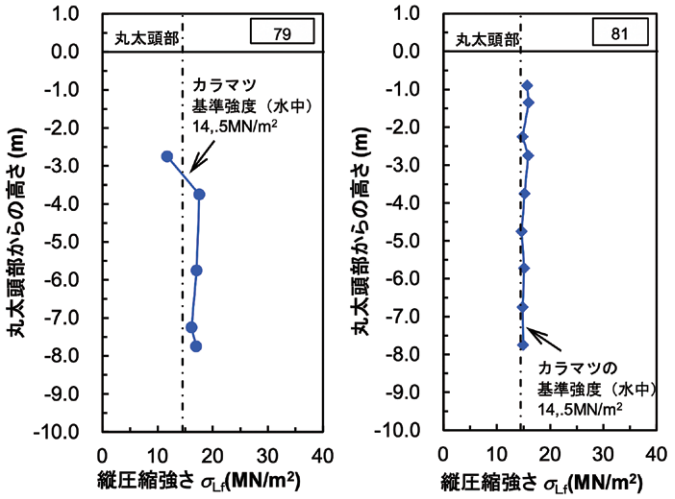


図１　縦圧縮強さ

杭丸太の頭部位置や地下水位位置などが不明であるが、橋脚基礎であったので、杭丸太は、設置期間中ほぼ完全に地下水位以深にあったものと考えられる。

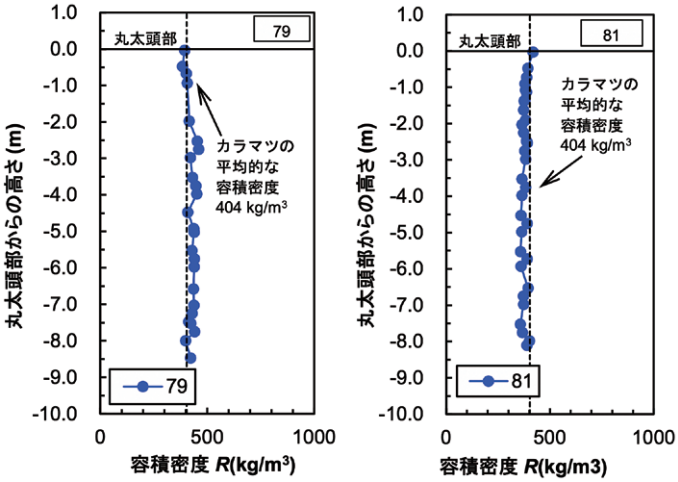


図２　容積密度

ア．縦圧縮強度試験結果

図１に、縦圧縮試強さの深度分布を示す。図中には、カラマツの基準強度に0.7を乗じた値を併記した。採取した杭丸太の縦圧縮強さは、基準強度とほぼ同じであり、劣化は少ないと言える。

イ．容積密度測定結果

図２に、容積密度の深度分布を示す。図中には、カラマツの平均的な容積密度を併記した。No.81の杭丸太は平均密度よりもやや小さかったが、No.79はほぼ同じであり、深度方向の変化はほとんど認められない。

ウ．質量減少の半減期分析

表１に、質量減少の半減期を示す。表中には、深度ごとの各試験体より得られた残存率と半減期と、これらの一本当たりの値を示した。残存率の計算に用いる初期の容積密度は、カラマツの平均的な容積密度、または、劣化が生じにくいと考えられる丸太頭部から６ｍ以深の容積密度の平均値を用いた。カラマツの平均密度を用いた場合には、深度別にみると半減期の最低値は385年で１本当たりでは∞年と772年であった。丸太頭部から６ｍ以深の容積密度の平均値より求めた場合には、深度別にみると半減期の最低値は473年で１本当たりでは両者ともに残存率が100%を超え∞となった。No.81は、全体的な容積密度がNo.79と比較してやや小さめであるが、深度方向への

変化は少なく、No.79よりも小さな値を示すのは、劣化による質量減少ではなく、個体差によるものと考えられ、採取された杭丸太の劣化による質量減少はほとんどないと考えられ、質量減少の半減期はほぼ∞であると言える。これは、杭丸太が設置期間中完全に地下水位以深にあったためだと考えられる。

表１　残存率と質量減少の半減期

			各深度		丸太1本当り換算値		各深度		丸太1本当り換算値	
丸太 No.	位置 No.	丸太頭部からの高さ	残存率（カラマツ平均値）	半減期	残存率	半減期	残存率（−6m以深平均値）	半減期	残存率	半減期
		m	*N* %	*HL* years	*N* %	*HL* years	*N* %	*HL* years	*N* %	*HL* years
79	1	−0.034	97.8	2,166	107.6	∞	92.9	642	102.1	∞
	2	−0.475	95.3	980			90.5	473		
	3	−0.670	99.7	17,981			94.7	869		
	4	−0.935	100.6	∞			95.5	1,036		
	5	−1.975	102.9	∞			97.7	2,003		
	6	−2.525	112.4	∞			106.7	∞		
	7	−2.750	113.9	∞			108.1	∞		
	8	−2.975	104.3	∞			99.0	4,758		
	9	−3.525	106.7	∞			101.3	∞		
	10	−3.750	110.7	∞			105.2	∞		
	11	−3.975	111.8	∞			106.1	∞		
	12	−4.475	101.2	∞			96.1	1,185		
	13	−4.925	108.0	∞			102.6	∞		
	14	−5.025	108.7	∞			103.2	∞		
	15	−5.525	105.9	∞			100.6	∞		
	16	−5.750	109.1	∞			103.6	∞		
	17	−5.975	108.7	∞			103.2	∞		
	18	−6.580	107.8	∞			102.4	∞		
	19	−7.025	108.5	∞			103.1	∞		
	20	−7.250	106.2	∞			100.9	∞		
	21	−7.475	102.5	∞			97.3	1,733		
	22	−7.525	104.8	∞			99.5	9,378		
	23	−7.750	109.2	∞			103.7	∞		
	24	−7.995	98.8	3,960			93.8	742		
	25	−8.475	104.6	∞			99.4	7,372		

			各深度		丸太1本当り換算値		各深度		丸太1本当り換算値	
丸太 No.	位置 No.	丸太頭部からの高さ	残存率（カラマツ平均値）	半減期	残存率	半減期	残存率（−6m以深平均値）	半減期	残存率	半減期
		m	*N* %	*HL* years	*N* %	*HL* years	*N* %	*HL* years	*N* %	*HL* years
81	1	−0.025	103.6	∞	94.1	772	110.5	∞	100.3	∞
	2	−0.475	97.4	1822			103.9	∞		
	3	−0.725	95.9	1133			102.2	∞		
	4	−0.900	93.9	749			100.1	∞		
	5	−1.075	94.4	823			100.6	∞		
	6	−1.125	95.6	1041			101.9	∞		
	7	−1.350	94.0	768			100.2	∞		
	8	−1.378	92.8	630			98.9	4,228		
	9	−1.625	92.4	597			98.5	3,084		
	10	−1.900	94.5	829			100.7	∞		
	11	−2.025	90.4	471			96.4	1,293		
	12	−2.250	92.2	586			98.3	2,817		
	13	−2.475	95.7	1079			102.0	∞		
	14	−2.525	96.8	1449			103.2	∞		
	15	−2.750	93.6	713			99.8	19,403		
	16	−2.975	94.8	880			101.0	∞		
	17	−3.525	90.4	468			96.3	1,272		
	18	−3.750	94.8	881			101.0	∞		
	19	−3.975	90.4	471			96.4	1,291		
	20	−4.525	89.1	411			95.0	926		
	21	−4.750	96.5	1320			102.8	∞		
	22	−4.975	89.9	446			95.9	1,120		
	23	−5.525	88.7	394			94.5	842		
	24	−5.725	96.6	1364			103.0	∞		
	25	−5.925	89.1	409			94.9	912		
	26	−6.525	97.7	2069			104.2	∞		
	27	−6.750	92.0	571			98.1	2,495		
	28	−6.975	92.3	594			98.4	3,014		
	29	−7.525	88.4	385			94.3	801		
	30	−7.750	90.8	491			96.8	1,458		
	31	−7.975	99.2	5836			105.7	∞		
	32	−8.100	96.1	1188			102.4	∞		

2．杭丸太最外層での容積密度が高い事例についての分析

2022年に掘出しを行い容積密度等の試験を行った丸太の割裂小試験片の試験結果において、腐朽の有無・深度にかかわらず、最外層の密度が内層より高いものがあった。昨年度の試験において、周辺の土壌成分が浸透し、容積密度を押し上げた可能性を検証するため灰分分析を行った。その結果、灰分量に地中材と対照材との有意な差はなかった。

本年度は、灰分量分析の途中経過プロセスである103℃～550℃の加熱により失われる化学成分が容積密度を押し上げている可能性を調査するため、化学成分分析を行った。分析は、地中材として最外層で高い容積密度が観察された松阪丸太（打設後８年経過、2022年に掘出したスギ丸太）の杭頭部（E2）と先端部（E1）（図３）についての分析、対照材として九州産スギ材の分析を実施した。

化学成分分析は、材を直径1mm以下に粉砕したのち、アルベン抽出を行い、ホロセルロース、α-セルロース、クラーソンリグニンの分析･定量を行った。また、逐次抽出により、ヘキサン、ベンゼン、アセトン、熱水による抽出を順次行い、各抽出物量を計測した。

その結果、杭丸太として８年間土中に埋設されていたスギ丸太は、対照材との比較において次のことが分かった。

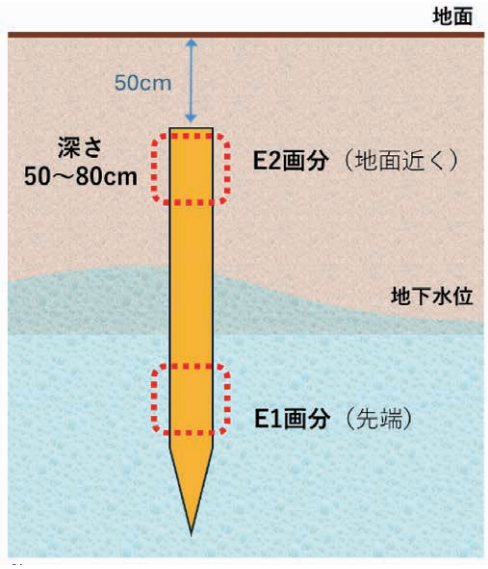


図３　松阪丸太の試料採取位置

- 木材分析ではホロセルロース量、クラーソンリグニン量ともに対照材と大きな差はなく、腐朽等による大きな成分変動は生じていない。
- 地下水位下の先端部（E1）の抽出物量は地下水位上の杭頭部（E2）の抽出物量より明らかに少なく、地面から深い部分での成分損失が大きく、地下水流などによる成分の亡失が生じたものと考えられる。
- ヘキサン抽出物のGC-MS分析の結果では、セスキテルペン類の含有量に杭の深さによる違いがみられるが、地下の浅い部分では成分が保持される。
- 地下水位上の杭頭部（E2）の抽出成分量は対照材と変わらず、質量増加は認められない。

このようなことから、松阪丸太の最外層の高密度は、周辺土壌からの成分の浸透に起因するものではなく、組織材質的な理由（高密度の晩材の比率が、松阪丸太の最外層で高い）と考えられる。

3．温室効果ガスインベントリ報告のための杭丸太の算定方法の提案と炭素固定量の計算

（1）杭丸太の算定方法の提案

温室効果ガスインベントリ報告のための杭丸太の算定方法を、HWP委員会での検討を踏まえ、環境省が主催する温室効果ガス排出量算定方法検討会に提案し、承認され、2026年温室効果ガスイン

ベントリ報告に組み込まれることとなった。

提案した算定方法案は次のとおり。

ア．算定対象工法

地中利用木材（杭丸太）のインベントリ算定対象の工法としては、建築用あるいは土木用の工法であって、①施工基準により地下水位での利用が規定されているか、防腐処理、トップコンクリートや被覆土による杭頭の保護などにより腐朽・劣化を防止することが明確になっていること、②工法団体等の協力により、活動量データ（打設量）の把握が可能であることを条件とし、表に示す４工法を当面の対象とした。

なお、将来的には、設計・施工基準が明確であり打設量の把握が可能な他の工法も算定対象に加えることが可能である。

表２　インベントリ算定対象工法取位置

工法	開始年	用途	用途詳細	樹種	施工基準と地下水位
A工法	2010年	建築用	戸建て住宅、3階建て以下の低層建築物	スギが大半、その他はカラマツ、ヒノキ	防腐処理を施すことで高耐久性を維持し、地下水位以浅でも利用可能
B工法	2013年	建築用、（土木用）	戸建て住宅、3階建て以下の低層建築物,（軟弱地盤対策（土木））	スギ、カラマツ	地下水位以下での利用を前提。杭頭は被覆土により密閉状態にすることで腐蝕を防ぐ。
C工法	2012年	建築用	戸建て住宅など小規模建築物	スギがほぼ100%	杭頭が地下水位上になる場合はトップコンクリート等を配置し、丸太頭部が地下水位以下になるよう施工
D工法	1976年	土木用	河川堤防、道路盛土、軌道盛土	スギ、カラマツ、トドマツ	基本的に地下水位以下となるよう設計。地下水位が深い場合にはコンサルと協議

イ．質量減少半減期

過年度に行った杭丸太の掘り出し試験により調査した質量減少半減期は、地下水位以下では2,100年から∞、地下水位以上では、225年～1,392年であった（図４）。

このことから、地下水位以下では算定上は永久貯留と取り扱うこととする。一方、地下水位以上では、保守的に見て、質量減少半減期を225年とする。

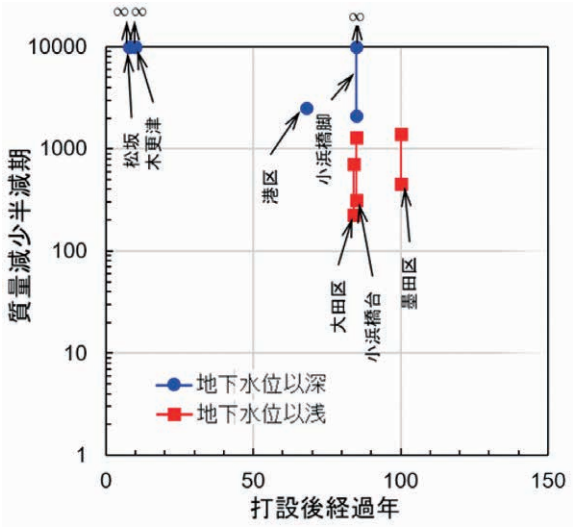


図４　杭丸太掘出し試験による質量減少半減期

ウ．建築用工法の算定方法

建築用工法（A工法、B工法、C工法）は、仕様により地下水位以下での利用が規定されているか、防腐処理、トップコンクリートや被覆土による杭頭の保護などにより腐朽・劣化を防止する工法なので、打設時において永久保留として取り扱う。

この場合、打設量をインフローとして、杭丸太の引き抜き分をアウトフロー（排出）として計算する（図5）。

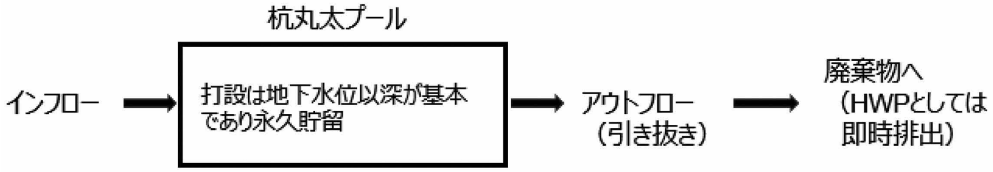


図５　建築用工法のインベントリ算定方法概念図

毎年度の建築用工法の炭素蓄積変化量の算定式は次のとおりである。

$$\Delta Pile_i = Inflow_i - Outflow_i$$

ここで、　$\Delta Pile_i$：i年の杭丸太プール炭素蓄積変化量（Cトン）
$Inflow_i$：i年の杭丸太打設量（Cトン）
$Outflow_i$：i年の杭丸太引き抜き量（Cトン）

ⅰ）インフローの計算

インフロー（打設量）は、年毎に樹種別の打設量（m^3）、樹種別の容積密度、炭素含有率から次式により計算する。

$$Inflow_i = \sum_{j=1}^{n} \{V_{ij} \times (R_j \div 1000) \times Cf\}$$

ここで、　$Inflow_i$：i年の打設量（Cトン）
V_{ij}：樹種jの杭丸太のi年の打設量（m^3）
R_j：樹種jの容積密度（kg/m^3）
日本の森林吸収源インベントリ報告の樹種別パラメータであるスギ：0.31, ヒノキ：0.41, アカマツ：0.45, カラマツ：0.40, トドマツ：0.32 (t-d.m./m^3) を使用
Cf：炭素含有率（デフォルトとして0.51を用いる）
n：用いられる樹種数

ⅱ）アウトフロー（引き抜き）の計算

引き抜きによるアウトフローは、建築物の解体がされた場合に発生する。既存杭の引き抜き実態の聞き取り調査によれば、立て替えの際の邪魔にならない限り、引き抜かずに残置するという回答が多かった。

建築物解体の際の既存杭の引き抜きは、①引き抜きのためのコスト負担、②引き抜きに伴うCO_2排出、③引き抜きに伴う現地盤の緩みによる建築物の耐震性や隣接建築物への影響が指摘されている。このようなことから、既存杭の存置に向けたガイドラインが整備されるなど、できるだけ存置する方向で検討が進められている。

今回算定の対象とする建築用の工法については、2010年以降の新たな工法のため、現時点で引き抜きの実績は確認されていない。

既存杭の引き抜きに関する調査は限られているが、以下のアンケート調査がある。

- 廃棄物処理法上の取扱いに関し協議がされた場合に、行政対応として撤去指示がされたものは5%（既存杭取扱協議事例のアンケート調査結果，2020）
- 建築物建て替えの場合の既存杭の存置・撤去に関するアンケート調査（総合土木研究所、2022）を基に、建築物建て替えの場合の既存杭の引き抜き率を推計すると54%となる（コンクリートや鋼管杭を対象とした調査）。

算定方法の検討の過程で、有識者から、より安全側にみた数値とすべきという意見があり、このことから現段階での取り扱いとして、建築物が解体された場合の引き抜き率を54%と設定する。建築物解体に伴う杭引き抜きについては、炭素貯蔵効果を含め、基本的に存置するという考え方を普及していくとともに、さらに検討を行う。

なお、建築年ごとの解体床面積について、杭丸太が使用されている建築物は戸建て住宅が主体であることから、HWPの建築物の算定で用いられている総務省の『固定資産の価格等の概要調書』の「第38表建築年次区分による家屋に関する調」による家屋の床面積（木造家屋）の統計を使用する。

以上を踏まえ、引き抜きによるアウトフローは次式により計算する。

$$Outflow_i = \sum_{t=1}^{i-1} (Remain_{t,i-t} \times K_{i-t} \times N)$$

ここで、 $Outflow_i$：算定開始からi年目の引き抜き量（Cトン）

$Remain_{t,\ i\text{-}t}$：算定開始からt年目に打設した杭丸太がi-t年目末時点で地中に残存している量（Cトン）

$K_{i\text{-}t}$：算定開始からt年目に建築された建築物の、i-t年目の解体率（HWP算定に用いる家屋の床面積＜木造家屋＞データにより解体率を算定）

N：建て替えされたもののうち杭丸太が引き抜かれる率。54%とする。

なお、上記式中 $Remain_{t,i\text{-}t}$ は、その前年のデータから次式により計算する。

$$Remain_{t,i-t} = Remain_{t,i-t-1} \ (1 - K_{i-t-1})$$

エ．土木用工法の算定方法

今回算定対象とする土木用工法（D工法）については、道路や堤防の盛土下の軟弱地盤中の地下水位以下に打設するものであり、腐朽・劣化の可能性が低いが、杭頭部40cm部分を地盤から出るように打設し、埋め戻しするため、この部分の杭頭部については保守的にみて質量減少部分とする。

なお、今後、施工条件等が明確な土木用工法について算定対象に加えることが可能である。

算定方法としては、打設量をインフローとし、杭頭部の質量減少部分の劣化による分解を排出として計算する。一方土木用工法では、上部建築物の解体による引き抜きは発生しない（図6）。

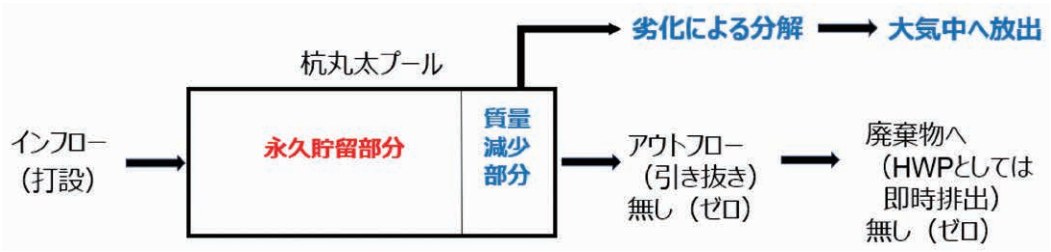


図6　土木用工法のインベントリ算定方法概念図

ⅰ）インフローの計算

インフロー（打設量）は、建築用工法と同様に年毎に樹種別の打設量（m^3）、樹種別の容積密度、炭素含有率から計算する。

ⅱ）アウトフロー（引き抜き）について

引き抜きによるアウトフローは、土木工法が建築物を対象としておらず、建築物の解体による引き抜きが発生しないことや、実態調査からも引き抜き事例は極めて限定（仮設工事の２例のみ）されており、ゼロとする。

ⅲ）質量分解部分の排出量の計算

杭頭部の質量減少部分の計算には2006IPCCガイドラインの一次減衰関数によるHWP算定の基本式を用いる。

$$Piled_i = e^{-k} \times Piled_{i-1} + [(1 - e^{-k})/k] \times Inflowtop_i$$

$$\Delta Piled_i = Piled_i - Piled_{i-1}$$

ここで、 $Piled_i$ ：i年末の質量減少部分の残存量（Cトン）

$\Delta Piled_i$ ：i年の質量減少部分の炭素蓄積変化量（Cトン）

k ：一次減衰関数の減衰定数で、k=ln(2)/半減期。半減期は225年とする。

$Inflowtop_i$ ：i年の打設量のうち質量減少部分（Cトン）

（2）杭丸太の炭素固定量

上記（1）の算定方法により2024年までの杭丸太の炭素固定量（ネット吸排出量）を算定した（図7）。

建築用工法及び土木用工法をあわせた杭丸太全体の炭素固定量（ネット吸排出量）は、2024年は約1.5万CO_2トンの吸収増であった（Cトンを44/12で換算）。

HWP全体への寄与度を2019～2023の平均でみると1.08%であった。

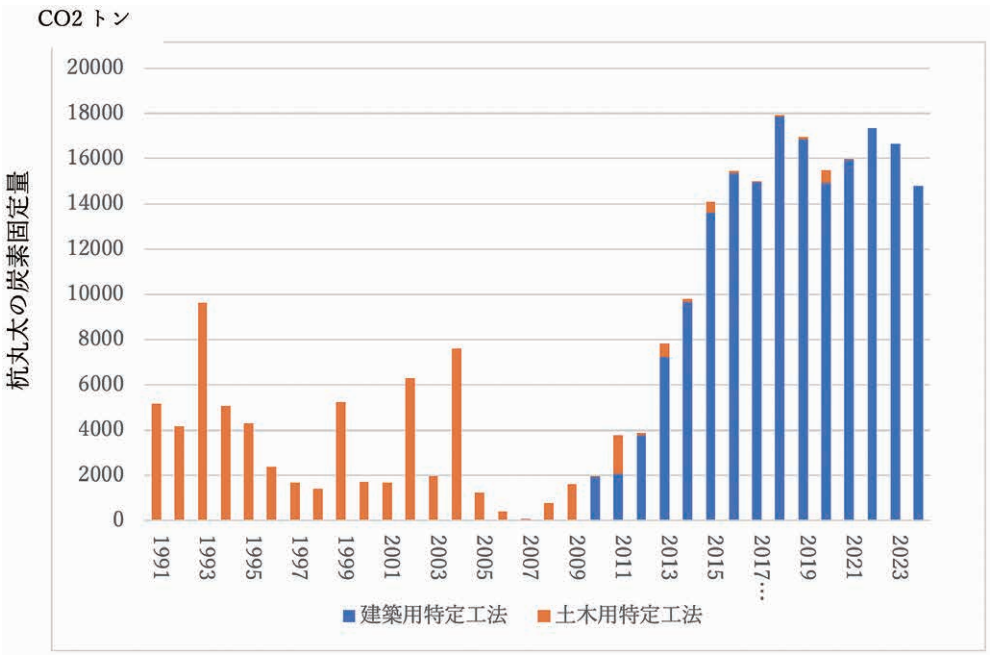


図７　杭丸太の炭素固定量の推移（1990～2024）

4．地中利用木材の各種工法の施工基準等の一覧化

現在使用されている地中利用木材（杭丸太）の土木用工法は、1975年に開発されたパイルネット工法が全国で採用されているほか、独自の設計指針／マニュアルを策定してる県として新潟県、福井県、長野県、佐賀県及び秋田県が挙げられる。

これらの工法の手引き・指針・マニュアルのうち、パイルネット工法、新潟県・長野県・佐賀県・福井県について一覧的に整理を行ったところ表３～７のとおりであった。

表３　工法の手引き・指針・マニュアルの比較（概要）

マニュアル名称	作成者	作成年月	対象構造物	対象樹種
杭網（パイルネット）工法設計･施工の手引き	財団法人鉄道総合技術研究所 開発：北海開発局が1975年頃開発 ↓ パイルネット工法協会 ↓休眠 パイルネット工法協会（昭和マテリアル）	1987年9月	軟弱地盤上の盛土の安定性の向上や沈下の軽減 液状化対策は対象外	
基礎木杭設計指針 （新潟県）	新潟県農地部	2011年5月	土木構造物（三面張水路，水槽工，農道の横断暗渠など，重要度の高い構造物を除く）	・針葉樹」（マツ，スギ等） ・県産材の利用推進につとめること
丸太基礎杭設計マニュアル （長野県）	長野県林務部 長野県木材協同組合連合会	2014年3月	小規模構造物（擁壁，水路など）	カラマツを基本とする ただしスギ等も使用可能 県産材の利用促進が目的
水路用ボックスカルバートの木杭ー底盤系基礎～設計マニュアル（令和元年度改定版）～ （佐賀県）	佐賀県県土整備部・農林水産部・地域交流部 公益財団法人　佐賀県建設技術支援機構 佐賀県土地改良事業団連合会 一般社団法人　佐賀県県土づくりコンサルタンツ協会	2020年1月 初版：2005年10月 第2版：2009年12月	・水路用ボックスカルバート（内空寸法1m×1m程度以上，3m×3m程度まで）および360°コンクリート基礎のパイプカルバート ・ボックスカルバート横の盛土高さが2～3m以下	・できるだけ県産材を使う ・スギ・ヒノキの間伐材を使用することが望ましい．
プレキャストL型擁壁（$H \leq 2$ m）の木杭ー底盤系基礎設計マニュアル～設計マニュアル（第1版）から （佐賀県）	佐賀県県土づくり本部 社団法人佐賀県県土づくりコンサルタンツ協会 財団法人佐賀県土木建築技術協会	2008年9月	・擁壁高0.6m～2.0mのプレキャストL型擁壁 ①歩道幅員2m以上の歩道に設置の壁高1.2m以下の擁壁 ②上記①以外の壁高2m以下の擁壁	・できるだけ県産材を使う ・スギ・ヒノキの間伐材を使用することが望ましい．
丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計･施工マニュアル （福井県）	福井県木材利用研究会 福井県雪対策･建設技術研究所	2013年3月	・ボックスカルバート（内寸1 m×1 m以上，3 m×3 m未満） ・擁壁（壁高2 m以下） ・道路路体（路床約1 m）	主に針葉樹（スギ･ヒノキ･マツ等）

表４　工法の手引き・指針・マニュアルの比較（設計の前提）

マニュアル名称	丸太使用	継ぎ丸太	対象地盤	地盤調査方法	荷重条件	劣化に対する条件
杭網（パイルネット）工法設計･施工の手引き	・樹皮は剥ぐ ・先付けを行う	・丸太が長くなる場合は丸太を継ぐ ・継ぎは1点までとする ・継ぎは所定の固定方法による		標準貫入試験（SPT） ダッチコーン スクリュウウエイト貫入試験（SWS） ポータブルコーン ベーン インスイータ	・支持力は鉛直荷重のみを考える ・必要に応じて円弧滑り検討を行う	・地下水位以浅では防腐剤を入念に塗布する
基礎木杭設計指針 （新潟県）	・長さ：2～6m程度 ・径（末口）：0.12～0.18m ・打ち込み式丸太 ・樹皮は剥ぐ ・生材を用いる		丸太先端部の上限N値の目安 ①砂質土：30程度以下 ②粘性土：20程度以下	ボーリング SPT SWS 動的コーン貫入試験 静的コーン貫入試験 一軸圧縮試験（UCT） 三軸圧縮試験	鉛直荷重	・丸太は常に地下水位以下にあること
丸太基礎杭設計マニュアル （長野県）	皮剥ぎ丸太			ボーリング サンプリング SPT ベーンせん断試験 動的コーン貫入試験 SWS UCT 三軸圧縮試験	・鉛直荷重のみ	・常時地下水位以下にあること ・または，腐朽に対する対策を行うこと
水路用ボックスカルバートの木杭ー底盤系基礎～設計マニュアル（令和元年度改定版）～ （佐賀県）	・長さ：2，3，4mを基本とする ・末口径：0.12～0.18mを標準とする ・設計末口径：呼び径（D<0.14m） 呼び径+0.01m（D≥0.14m） ・丸太先端は先研ぎする（先とぎ長さ：径の1.5倍程度） ・先とぎ長さも丸太長さとする ・矢高は末口径の25%以下とする ・樹皮は剥ぎ取る	・継ぎ丸太を用いる場合は，下丸太と上丸太を加算した長さで設計する ・上丸太の呼び径は，下丸太の呼び径よりも0.02m太きくする ・上下異なる長さの丸太を用いる時は，上丸太に長い丸太を用いる ・継部構造：直径22mm以上 長さ500mmの異形鉄筋+カスガイ（径13mm以上・長さ200mm以上の丸鋼，丸太への埋め込み深さ40mm以上）3箇所		以下による設計式が掲載されている ・標準貫入試験（SPT） ・一軸圧縮試験（UCT） ・ポータブルコーン ・電気式コーン（CPTU） ・オランダ式二重管コーン	鉛直荷重 水平荷重	・必要な場合を除き防腐処理は行わない ・防腐処理を行う場合は，悪影響を与えないように配慮する
プレキャストL型擁壁（$H \leq 2$ m）の木杭ー底盤系基礎設計マニュアル～設計マニュアル（第1版）から （佐賀県）	・長さ：2，3，4mを基本とする ・末口径：0.12～0.18mを標準とする ・設計末口径：呼び径（D<0.14m） 呼び径+0.01m（D≥0.14m） ・先とぎ長さも丸太長さとする ・樹皮は剥ぎ取る			以下による設計式が掲載されている ・標準貫入試験（SPT） ・一軸圧縮試験（UCT） ・ポータブルコーン ・電気式コーン（CPTU） ・オランダ式二重管コーン	鉛直荷重：V 水平荷重：H	・必要な場合を除き防腐処理は行わない ・防腐処理を行う場合は，悪影響を与えないように配慮する
丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計･施工マニュアル （福井県）	皮剥ぎ丸太 標準末口径：10～16 cm 標準長さ：2，3，4 m			ボーリング サンプリング SPT 静的コーン貫入試験 SWS UCT 三軸圧縮試験 圧密試験 平板載荷試験	鉛直荷重 水平荷重	・地下水位以深で防腐処理を行わない ・防腐処理を使用する場合は，JASの保存処理K3相当以上とする ・丸太頭部付近の地盤は，腐朽菌の侵入を防ぐために亀裂などが生じないように適切な土質を用いて十分締固めをおこなうこと

表５　工法の手引き・指針・マニュアルの比較（設計の基本）

マニュアル名称	杭間隔	構造物の安定	基礎底面の地盤支持力	丸太の許容鉛直支持力
杭網（パイルネット）工法設計・施工の手引き	$B \leq$ 土被り圧（丸太頭部から盛土天端）	式-パ2 $V \leq n_w R_{ca}$		
基礎木杭設計指針 （新潟県）	$B \geq 2.5D$	$V \leq n_w R_{ca}$		$R_{ca} \leq R_{wa}$
丸太基礎杭設計マニュアル （長野県）	・以下を推奨（群杭効果が生じない範囲） $B \geq 2.5D$	対象面積について、構造物底盤下面に作用する鉛直荷重 V が以下を満足するように丸太を配置しなければならない。？？ $V \leq n_w R_{ca}$ ？？		以下であること 式-長10 $R_{ca} \leq R_{wa}$
水路用ボックスカルバートの木杭ー底盤系基礎～設計マニュアル（令和元年度改定版）～ （佐賀県）	・1m²あたり1本程度を標準とする。 ・縦ぎ杭などで長くする場合は、次式より長くする。 $B \leq 1.5\sqrt{D\frac{L}{2}}$	底盤支持力を計算して不足支持力を丸太の周面支持力で補う $V \leq R_{ca} + n_w R_{ca}$	基礎底面の地盤の極限支持力 R_{du} は、以下の設計法により求める。 ・道路橋示方書・同解説（Ⅰ共通編，Ⅳ下部構造編） ・土地改良事業計画設計基準（設計（水路工））	$R_{ca} \leq R_{wa}$ ？
プレキャストL型擁壁（$H \leq 2$ m）の木杭ー底盤系基礎設計マニュアル～設計マニュアル（第1版）から （佐賀県）	・擁壁1個に最小3本配置する	底盤支持力を計算して不足支持力を丸太の周面支持力で補う $V \leq R_{ca} + n_w R_{ca}$	基礎底面の地盤の極限支持力 R_{du} は、以下の設計法により求める。 ・道路橋示方書（道路用擁壁） ・土地改良事業計画設計基準（農道用擁壁） ・建築基礎構造設計指針（宅地造成用擁壁）	$R_{ca} \leq R_{wa}$ ？
丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計・施工マニュアル （福井県）	・1 m²あたり1本程度を標準とする ・2.5D以上とする ・ボックスカルバート1個あたり4本以上	・ボックスカルバート、擁壁 対象面積について、構造物底盤下面に作用する鉛直荷重 V が以下を満足するように丸太を配置しなければならない。 ①丸太先端支持の場合 式-福7 $V \leq n_w R_{ca}$ ②丸太が支持層に至らない場合 式-福8 $V \leq R_{ca} + n_w R_{ca}$ ・道路路体 円弧すべり面法による安定計算が安全率 F_s が1.2以上であること 円弧すべりのすべり抵抗は以下より求める $\sigma_{sw} a_w \ell + \beta_i (c\ell + W\cos\alpha\tan\phi)(1 - a_w)$	基礎底面の地盤の極限支持力 R_{du} は、以下の設計法により求める。 ボックスカルバート・擁壁 ・道路橋示方書（道路用擁壁） ・土地改良事業計画設計基準（農道用擁壁） ・建築基礎構造設計指針（宅地造成用擁壁）	・ボックスカルバート、擁壁 ・道路路体 $R_{ca} \leq R_{wa}$

表６　工法の手引き・指針・マニュアルの比較（鉛直支持力）

マニュアル名称	丸太の許容鉛直支持力	地盤から決まる丸太の極限鉛直支持力 R_u(kN)	丸太先端の極限支持力度 q_d(kN/m²)	丸太周面の地盤極限抵抗力度 f_i(kN/m²)	地盤から決まる丸太の許容鉛直支持力 R_a(kN)	引抜き試験より求める丸太の許容鉛直支持力 P_a(kN)	地盤から決める杭の安全率 F_s
杭網（パイルネット）工法設計・施工の手引き		①無視して考えた場合 $R_{au} = q_{ca} A_{wa} + U\sum(L_i f_{si})$ ②摩擦として考えた場合 一般的には問題がない	・式-パ3 ③砂質土 $q_{ca} = 30N_c$ ④粘性土 $q_{ca} = 6.5\alpha_c = 9C_c$ または $q_{ca} = 10N_c$	・式-パ4 $f_{si} = 9.8(0.3N_i + 3) \leq 49$ ②粘性土 $f_{si} = C_i$　ただし $N_i = N_i \leq 49$ ただし、N<2(沖積粘性土)、q_u(kN/m²)の土質がその層およびそれより上に土質の異質支持力は無視する ※ネガティブフリクションは考慮しなくてもよい	$R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s}$		$F_s = 2$　(一般：1.43)
基礎木杭設計指針 （新潟県）	$R_{ca} \leq R_{wa}$	$R_{du} = q_{ca} A_{wa} + U\sum(L_i f_{si})$	$q_{ca} = 100N_c$ $N_c = \frac{N_c + N_c}{2}$	①砂質土 $f_{si} = 2N_i (\leq 100)$ ②粘性土 $f_{si} = C_i$　または $f_{si} = 10N_i (\leq 150)$ ※ただし N値が未満の場合は使用可能とする	$R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s}$		$F_s = 3$
丸太基礎杭設計マニュアル （長野県）	以下であること 式-長10 $R_{ca} \leq R_{wa}$	・式-長1 $R_{du} = q_{ca} A_{wa} + U\sum(L_i f_{si})$ ・ただし 丸太の押し込み試験から求める	・式-長2 $q_{ca} = 100N_c$ ・式-長3 $N_c = \frac{N_c + N_c}{2}$	・砂質土 式-長4 $f_{si} = 2N_i$ ・粘性土 式-長5 $f_{si} = C_i$　または　$f_{si} = 10N_i (\leq 150)$ ※施工方法により引き抜き試験（引抜、パイプひずみ）、N値が未満の場合は別途試験による	・式-長6 $R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s} R_{au}$	・式-長7 $R_{wa} = \frac{1}{F_s} R_{au}$	・常時：3 ・地震時（レベル1）：2
水路用ボックスカルバートの木杭ー底盤系基礎～設計マニュアル（令和元年度改定版）～ （佐賀県）	$R_{ca} \leq R_{wa}$ ？	$R_{du} = V - R_{fs}$ $R_{fs} = U\sum(L_i f_{si})$	考慮しない	①砂質土 $f_{si} = 2N_i$ ②粘性土 $f_{si} = C_i$ または $f_{si} = \frac{1}{10} q_u$ または $f_{si} = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{17} q_{au}$ または $f_{si} = \frac{1}{2}(0.045N_{sw} + 0.75N_{sw})$	基礎地盤 $R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s}$ 杭体 $R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s}$	考慮しない	$F_s = 3$（施工時：2） $F_s = 1.5$（施工時：1）
プレキャストL型擁壁（$H \leq 2$ m）の木杭ー底盤系基礎設計マニュアル～設計マニュアル（第1版）から （佐賀県）	$R_{ca} \leq R_{wa}$ ？	$R_{du} = V - R_{fs}$ $R_{fs} = U\sum(L_i f_{si})$	考慮しない	①砂質土 $f_{si} = 2N_i$ ②粘性土 $f_{si} = C_i$ または $f_{si} = \frac{1}{10} q_u$ または $f_{si} = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{17} q_{au}$ または $f_{si} = \frac{1}{2}(0.045N_{sw} + 0.75N_{sw})$ $f_i = 0.3\sqrt{2}$	基礎地盤 $R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s}$ 杭体 $R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s}$	考慮しない	$F_s = 3$ $F_s = 1.5$
丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計・施工マニュアル （福井県）	・ボックスカルバート、擁壁 ・道路路体 $R_{ca} \leq R_{wa}$	$R_{du} = V - R_{fs}$ ・カルバートボックス、擁壁 ①丸太先端支持の場合（地盤の支持力は考慮しない） 式-長1（道路橋示方書Ⅳ下部構造編） $R_{du} = q_{ca} A_{wa} + U\sum(L_i f_{si})$ ②丸太が支持層に至らない場合 式-福8 $R_{du} = U\sum(L_i f_{si})$ ・道路路体	①砂質土 式-福3 $q_{ca} = 130N_c (\leq 6,500)$ ②粘性土 式-福4 $q_{ca} = 90N_c (\leq 4,500)$	・カルバートボックス、擁壁 ①砂質土 $f_{si} = 2N_i$ ②粘性土 式-長5 $f_{si} = C_i$　または 式-福12 $f_{si} = \frac{1}{10} q_u$ または 式-福11 $f_{si} = 6.25N$ ・道路路体 ①砂質土 $f_{si} = 2N_i (\leq 100)$ ②粘性土 $f_{si} = C_i$ または $f_{si} = 10N_i (\leq 150)$ または 式-福13 $f_{si} = \frac{1}{2}(0.045N_{sw} + 0.75N_{sw})$	・カルバートボックス、擁壁 ①丸太先端支持の場合 式-福1 $R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s}$ ？ ②丸太が支持層に至らない場合 基礎地盤 式-福2 $R_{ca} = \frac{R_{du}}{F_s}$ 杭体： 式-福3 ・道路路体 式-福16 $R_{ca} = \frac{1}{F_{cs}} q_{ca} A_{wa} + \frac{1}{F_{cf}} U\sum(L_i f_i)$	考慮しない	・ボックスカルバート、擁壁 ①丸太先端支持の場合 $F_s = 3$（施工時：2） $F_s = 1.5$（施工時：1） ・道路路体 $F_{cs} = 3$ $F_{cf} = 2$

表７　工法の手引き・指針・マニュアルの比較（丸太自身の支持力他）

マニュアル名称	丸太自身の許容鉛直支持力 R_a(kN)	丸太自身の許容応力度 σ_{wa}(kN/m²)	丸太と底版の取り合わせ	丸太打ち止めの管理	水平抵抗
杭網（パイルネット）工法設計・施工の手引き			一般的に施工しやすさも考え サンドマットを敷設する		
基礎木杭設計指針 （新潟県）	$R_{wa} = \sigma_{wca} A_{wa}$	アカマツ、クロマツ、ベイマツ： $\sigma_{wca} = 7.350(kN/m^2)$ カラマツ、ヒバ、ヒノキ、ベイヒバ： $\sigma_{wca} = 6.860(kN/m^2)$ ツガ、ベイツガ： $\sigma_{wca} = 6.370(kN/m^2)$ モミ、エゾマツ、トドマツ、スギ、ベニマツ、ベイスギ、スプルース： $\sigma_{wca} = 5.880(kN/m^2)$	杭頭部は拘束されないこと	・動的支持力算定式 式-新4 $R_u' = \frac{e_f E}{S + \frac{C}{2}} \cdot \frac{W_H + e^2 W_V}{W_H + W_V}$ $R_u' \geq R_u$	地震時は対象としない
丸太基礎杭設計マニュアル （長野県）	・式-長8 $R_{wa} = \sigma_{wca} A_{wa}$	・式-長9 針葉樹 $\sigma_{wca} = 1000\left(7 - 0.192\frac{L}{D}\right)$ 広葉樹 $\sigma_{wca} = 1000\left(8 - 0.232\frac{L}{D}\right)$	丸太頭部は、コンクリート底板に埋め込ませないこと。		考慮しない
水路用ボックスカルバートの木杭ー底盤系基礎～設計マニュアル（令和元年度改定版）～ （佐賀県）	$R_{wa} = \sigma_{wca} A_{wa}$ ？	式-佐2 $\sigma_{wca} = \frac{1.1K_c}{3} \times 0.7$ アカマツ：$K_c = 22.200(kN/m^2)$ スギ：$K_c = 17.700(kN/m^2)$ ヒノキ：$K_c = 20.700(kN/m^2)$ 無等級製材	・ボックスカルバート プレキャスト基礎コンクリートに50 mm程度埋込むこと 場所打ちカルバートに50 mm程度以上埋め込むこと		地震時の検討は省略できる
プレキャストL型擁壁（$H \leq 2$ m）の木杭ー底盤系基礎設計マニュアル～設計マニュアル（第1版）から （佐賀県）	$R_{wa} = \sigma_{wca} A_{wa}$	①丸太の許容曲げ圧縮 $\sigma_{wca} = \frac{1.1K_c}{3} \times 0.7$ アカマツ：$K_c = 22.200(kN/m^2)$ スギ：$K_c = 17.700(kN/m^2)$ ヒノキ：$K_c = 20.700(kN/m^2)$ ②丸太の許容曲げ引張 $\sigma_{wta} = \frac{1.1K_t}{3} \times 0.7$ アカマツ：$K_t = 17.700(kN/m^2)$ スギ：$K_t = 13.500(kN/m^2)$ ヒノキ：$K_t = 16.200(kN/m^2)$ 無等級製材			・擁壁 式-水擁3　$H \leq H_{ca} + n_w H_w$ 式-福3 地盤のみでは負担しきれなかった水平力が丸太に生じる水平力だとする。 丸太に生じる最大曲げモーメント $M_{wmax} = -0.3224\frac{H_W}{\beta}$ 曲げによって丸太に生じる応力度が丸太の強度以下であることを確認する。 $\sigma_{wb} = \frac{V_{Wj}}{A_{wa}} \pm \frac{M_{max}}{Z} \leq [\sigma_{wca}]$
丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計・施工マニュアル （福井県）	・道路路体 式-福20 $R_{wa} = \frac{\sigma_{wca} A_{wa}}{F_{wc}}$ $F_{wc} = 1.2$	・道路路体 $\sigma_{wca} = 4.000kN/m^2$	・ボックスカルバート プレキャスト基礎コンクリートに100 mm埋込むこと 場所打ちカルバートに50 mm以上埋め込むこと ・擁壁 擁壁の基礎コンクリートに50 mm埋込むこと		・擁壁　式-福3 地盤のみでは負担しきれなかった水平力が丸太に生じる水平力だとする。 丸太に生じる最大曲げモーメント $M_{wmax} = -0.3224\frac{H_W}{\beta}$ 曲げによって丸太に生じる応力度が丸太の強度以下であることを確認する $\sigma_{wb} = \frac{V_{Wj}}{A_{wa}} \pm \frac{M_{max}}{Z} \leq [\sigma_{wca}]$

5．これまでの成果の学術誌への投稿準備

令和３年度及び令和４年度補正事業の結果のうち、三重県松阪市及び千葉県木更津市において軟弱地盤対策として打設された杭丸太の掘り出し試験の結果について、「土木学会論文集」（Journal of JSCE）に投稿を行うための下記タイトルの論文原稿を作成した。

「INVESTIGATION OF SOUNDNESS OF LOGS INSTALLED UNDERGROUND CONSIDERING GROUNDWATER LEVELS, A. Numata et al.」

6．木材の地中利用を推進するための協会の設立

液状化対策や軟弱粘性土地盤対策などに地中利用木材を活用することにより、持続可能な安全安心社会の構築を目指すとともに、炭素貯蔵効果により気候変動緩和にも貢献するため、「一般社団法人日本木材地中活用推進協会（木地協）－地中の森がつくる安全安心社会－」が設立され、2025年９月３日（水）に総会と設立記念会が行われた。

木地協の活動内容は次のとおりである。

① 使用した木材の貯蓄量の管理及び廃棄の管理
② 使用した木材量（固定された二酸化炭素換算値）の認定
③ 他団体との連携、関連政策の提言及び新規事業の創出
④ 木材の調達・販売
⑤ 川上における林業の活性化支援
⑥ 海外における木材地中活用と林業活性化
⑦ 木材地中活用技術に関わる調査・研究・開発及びこれらのコンサルティング
⑧ 木材地中活用に関する基準・ガイドライン・マニュアル・書籍の整備、普及・広報活動の実施
⑨ 木材地中活用の推進に資する森林、木材、環境、地盤に関する教育活動
⑩ 前各号に付帯又は関連する事項またはその他法人の目的を達成するために必要な事業

7．情報交換・情報発信

地中利用木材の炭素蓄積効果及び地球温暖化防止に果たす意義、地中利用木材の工法に関する発表や議論を通じ地中利用木材の利用拡大を図るため、土木学会と連携して「第２回木材地中利用シンポジウム」を、次のとおり開催した。

第２回木材地中利用シンポジウム
～木材を使った軟弱地盤対策の設計方法～

（1）主　　催：（公社）土木学会 木材工学委員会 地中使用木材の耐久性と利用実態の分析評価研究小委員会
（公財）国際緑化推進センター
（一社）日本木材地中活用推進協会

（2）後　　援：（一社）日本森林学会，（一社）日本木材学会，（一社）日本建築学会，
（公社）地盤工学会，（一社）地盤品質判定士会，（一社）GLOSS研究会，
（一社）地域国土強靭化研究所，土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会，
木材利用システム研究会

（3）日　　時：2026年1月27日（火）13:00～16:00

（4）場　　所：土木学会講堂（WEB併用）

（5）参加者数：70名（現地参加），500名（WEB参加）〈登録ベース〉

(6) プログラム

司会：溝渕木綿子（(一社）日本木材地中活用推進協会事務局長）

13:00～13:10　主催者挨拶　沢田治雄（(公財）国際緑化推進センター理事長）

ⅰ）木材地中利用の政策と現状

13:10～13:30　木材利用による炭素貯蔵効果の評価に係る動向
中村誠（林野庁木材産業課課長補佐）

13:30～13:50　気候変動枠組み条約の下での伐採木材製品（HWP）への杭丸太の算定方法組み入れの試案
高原繁（(公財）国際緑化推進センター　事務局長／（一社）日本木材地中活用推進協会会長）

13:50～14:20　木材を使った軟弱地盤対策の価値と利用量と設計方法の現状
沼田淳紀（(一社）日本木材地中活用推進協会代表理事／ソイルウッド代表）

14:20～14:40　休憩

ⅱ）木材を使った軟弱地盤対策の設計方法

14:40～15:15　粘性土地盤を対象とした軟弱地盤対策の設計方法－QPパイル工法を例に－
森山俊祐（(株)九州パイリング課長）

15:15～15:50　砂質地盤を対象とした液状化対策の設計方法－LP-LiC工法を例に－
村田拓海（飛島建設(株)　副主任）

ⅲ）総括と閉会挨拶

15:50～16:00　原忠（地中使用木材の耐久性と利用実態の分析評価研究小委員会委員長／高知大学教授）

今後の課題・展開等

地中利用木材（杭丸太）に関する本年度の事業において、環境省が主催する温室効果ガス排出量算定方法検討会に地中利用木材のインベントリ算定方法の提案を行い承認された。これにより2026年の温室効果ガスインベントリ報告から、杭丸太の炭素固定量が組み入れられることとなった。

これを踏まえ、今後の展開・課題として次のことが考えられる。

- 2026年以降の地中利用木材のHWPへの継続した算定のためのデータ取得と炭素固定量計算
- 地中利用木材のさらなる利用拡大を通じた地球温暖化防止への貢献
- 今回の算定方法提案に当たって、今後の課題となっている建築物解体の際の引き抜き率に関するさらなる調査と既存杭の存置に向けた普及・啓発
- 公共工事の対象となる土木工法など、今回対象とした4工法以外の工法への算定対象拡大に向けた検討

事業

中大規模木造建築用の木製開口部の開発検討（継続）

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本木製サッシ工業会

〒101-0047　東京都千代田区内神田1-4-1 大手町21ビル7階

事業目的

平成30年以降の建築基準法改正により、従来の耐火構造に加え、高性能の準耐火構造を用いて木造現し仕上げで各種の中大規模建築物を建築することが可能となった。これらに用いる建築物の木製などの外壁開口部（窓、扉）の防耐火性能の向上（20分間超防火設備の遮炎性能）の必要性、設計ニーズに合わせた開閉機能の多様化に加え、中大規模木造建築物用のビルサッシの開発検討が必要である。

過年度においては、45分間防火設備の告示仕様相当の４種の開閉形式の木製サッシ（樹種はカラマツ）について、（概ね）最大寸法を動風圧試験（目標性能は中高層ビルに設置される窓が屋外側から受ける目安となる気密性A-4、水密性W-4、耐風圧性S-5,7）に供し、うち片引き窓を除くFIX窓、横すべり出し窓、たてすべり出し窓については目標性能（ただし、たてすべり出し窓のみS-5）を得た。また新たな開閉形式として、ドレーキップ、片開き窓、ドレーキップ・FIXの連段窓を動風圧試験及び加熱試験に供し、うち遮炎性〔加熱試験〕については45分間防火設備の見通しが立った。

今年度は、樹種をスギ（気乾密度低めの樹種の代表）とした防火窓の新規開発を行うこととする。国土交通大臣認定に向けた性能評価においては、最低気乾密度の樹種を試験体に選定することで、それ以上の気乾密度の木材が評価範囲に含められる。そのため、この事業の成果に基づくスギ材をはじめ日本全国で地域材活用による防火窓の開発が期待される。

実施した項目

1）耐火建築物相当の建築物における、外壁開口部防火設備の必要性能の調査

2）気密性・耐風圧性に係る防火窓の改善仕様の提案

3）スギ材による45分間目標防火設備（窓）についての加熱試験の実施

・前期試験：FIX窓

・後期試験：ドレーキップ（内開き内倒し窓）

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中層用木製開口部開発WGを設けた。

◆中層用木製開口部開発委員会（順不同・敬称略）

委員長	小見　康夫	東京都市大学　建築都市デザイン学部長・建築学科　教授
委　員	信太　洋行	東京都市大学　都市生活学部　都市生活学科　准教授
	大橋　好光	東京都市大学　名誉教授
	山崎　慎一郎	株式会社山崎屋木工製作所　代表取締役
	髙橋　風人	アルス株式会社　代表取締役社長
	逢坂　達男	（一社）日本木造住宅産業協会　技術開発委員長
	坂口　晴一	（一社）日本ツーバイフォー建築協会　技術部長
	鈴木　晴之	（一社）JBN・全国工務店協会　理事

◆中層用木製開口部開発WG（順不同・敬称略）

主　査	小見　康夫	（前述）
委　員	信太　洋行	（前述）
	大橋　好光	（前述）
	山崎　慎一郎	（前述）
	髙橋　風人	（前述）
オブザーバー	大野　吉昭	（一財）ベターリビング　つくば建築試験研究センター　主席試験研究役
行　政	林野庁 林政部 木材産業課	
コンサルタント	（一社）木を活かす建築推進協議会	
事務局	（一社）日本木製サッシ工業会	

実施した内容

1）耐火建築物相当の建築物における、外壁開口部防火設備の必要性能の調査

昨年度に引き続き、①火災時倒壊防止建築物（建築基準法第21条第1項）、②周辺危害防止建築物（建築基準法第21条第2項）、③避難時倒壊防止建築物（建築基準法第27条第1項）、④延焼防止建築物（建築基準法第61条第1項）における外壁開口部の防火設備の必要性能を調査・把握する。

2）水密性・耐風圧性を勘案した防火設備（窓）の改善仕様の提案

過年度の加熱試験において45分間の遮炎性が見込めるものの、動風圧試験において目標性能を得られなかった仕様について、遮炎性を損ねない改善仕様を検討・提案する。

3）スギ材による45分間目標防火設備（窓）についての加熱試験の実施

試験体図を図1に、前期・後期試験の試験体仕様の一覧及び目標性能を、表1に示す。加熱試験は、試験体の状況を観察しながら目標性能の45分間（余裕度を見れば約1割増しの50分間）実施する。なお動風圧試験については、過年度のカラマツ材で得た結果より開閉形式が同じであれば諸性能が概ね把握できると考え、今年度は加熱試験を優先するために実施しなかった。

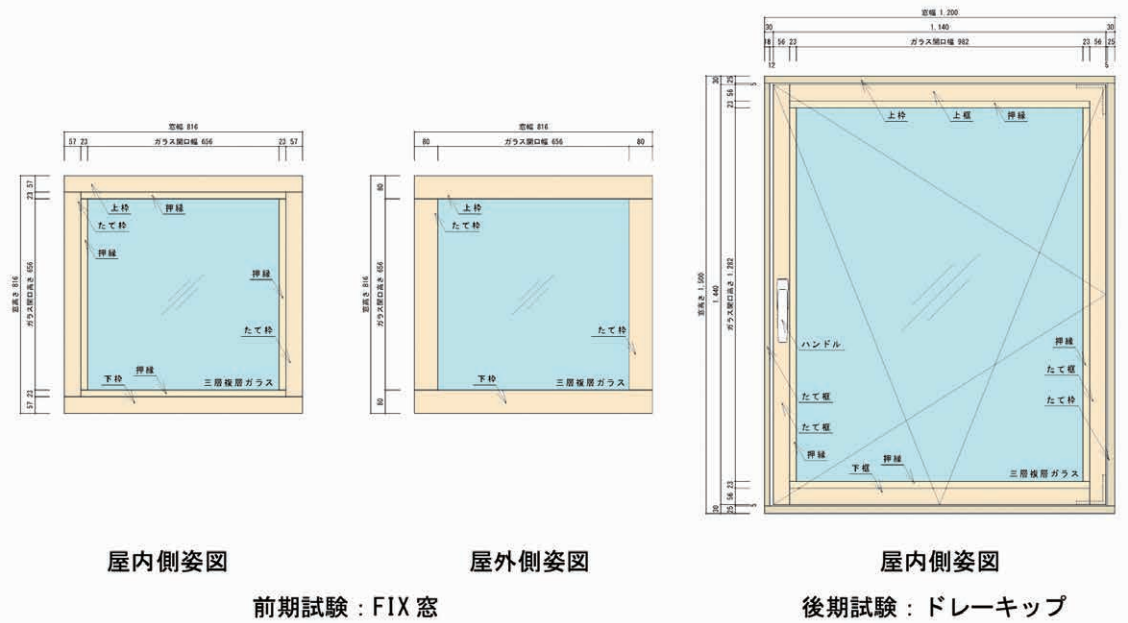


図1　試験に供した窓の加熱面姿図〔単位：mm〕

表１　試験体仕様の一覧及び目標性能〔単位：mm〕

開閉形式	窓枠外寸法	ガラス 見え掛かり寸法 ［ガラスの仕様］	動風圧試験 目標性能 （試験は未実施）			加熱試験	
			気密性	水密性	耐風圧性	加熱面	目標性能
〈前期試験〉 FIX 窓	W816×H816	W656×H656[3]	(A-4)	(W-4)	(S-5, 7)	屋外側 屋内側	いずれも 45 分間
〈後期試験〉 ドレーキップ	W1, 200×H1, 500	W982×H1, 282[3]	(A-4)	(W-4)	(S-5, 7)	屋内側	45 分間
備考 （特記の無い限り、各試験体共通）	◆枠【FIX 窓】：スギ幅はぎ材（見込み方向の中央のみ接着） ◆枠【ドレーキップ】：スギ集成材、スギ無垢材を幅はぎ接着 ◆框【ドレーキップ】：スギ集成材 ◆押縁（屋内側）：スギ無垢材 ◆ガラス仕様（上表中、［層数］の[3]は三層複層ガラス〔層構成：耐熱結晶化ガラス 5-空気層 16-フロート板ガラス 3-空気層 16-Low-E 耐熱結晶化ガラス 5、アルミスペーサー〕）…表 2, 3 も同様 ◆ガラス納まり部 ・ガラスのかかり代：上 14、下 12、左右 13 ・下部通し：けい酸カルシウム板（製品呼び厚さ 5×2 枚（設計高さ 10）） ・上・側部：幅 30 の加熱発泡材を見掛けガラス押え(ｶﾞﾗｽ奥)の両面に取付 ・押縁固定ビス：φ3.8×L51 のもの（@300）【FIX 窓】 φ3.8×L45 のもの（@300）【ドレーキップ】 ・ガラス押え：ガルバ鋼板（(ｶﾞﾗｽ奥)L-17×61×0.5、四方通し、 (押縁下)L-16.5×10.5×0.5、四方通し） ・ガラス押え固定ビス：(ｶﾞﾗｽ奥)φ3.8×L51 のもの（@180）【FIX 窓】 (ｶﾞﾗｽ奥)φ3.8×L28 のもの（@180）【ドレーキップ】 （〔共通〕押縁下）φ4×L13 のもの（@150） ・シーリング材：耐熱性を有するシリコーン系のもの ・バックアップ材：塩化ビニル系 ◆加熱発泡材（ドレーキップの枠・框の間、遮炎措置）：幅 10、4 列					

◆前期試験

スギ材で 45 分間目標の防火設備（窓）を設計するにあたり、枠の炭化進行がカラマツ材より早いことを勘案して、図２左図に示す遮炎補強措置を施したFIX窓を加熱試験（屋外側加熱試験体１体・屋内側加熱試験体１体の２体同時加熱）に供する。

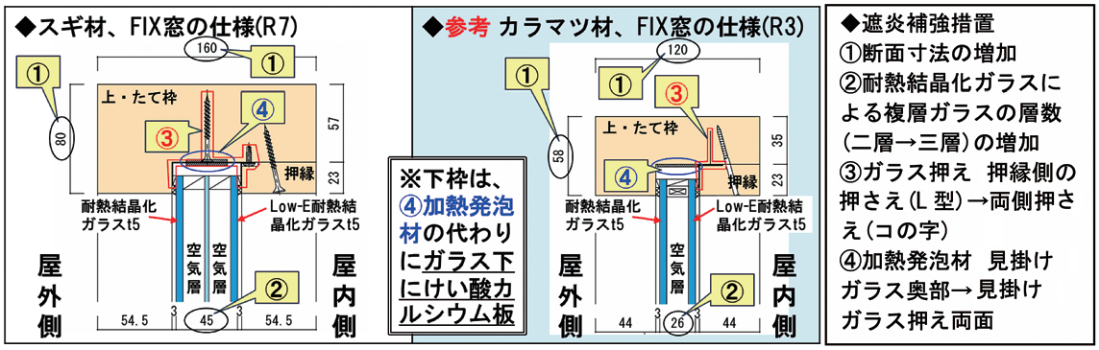


図２　ガラス納まり部、上・たて枠周辺部の仕様の比較〔単位：mm〕

◆後期試験

前期試験の結果を勘案して、以下 (1)～(3) に基づき、図３左図に示す遮炎補強措置を施した後期試験の窓仕様を決定する。

(1) カラマツ材による 45 分間防火設備（窓）の試験実績がある仕様として、(FIX 窓以外で) ドレーキップを選定（木部断面は、カラマツ材での仕様と同じ）

(2) ガラス見え掛かり寸法が、非常用進入口 (W750mm 以上×H1,200mm 以上) 又は代替進入口 (W750mm 以上×H1,200mm 以上又は直径 1m 以上の円が内接) を満たし、かつ腰窓を想定した

仕様として、枠外寸法W1,200mm×H1,500mmのものを選定
(3) 過年度の試験実績から弱い側の加熱面として、屋内(押縁)側を選定

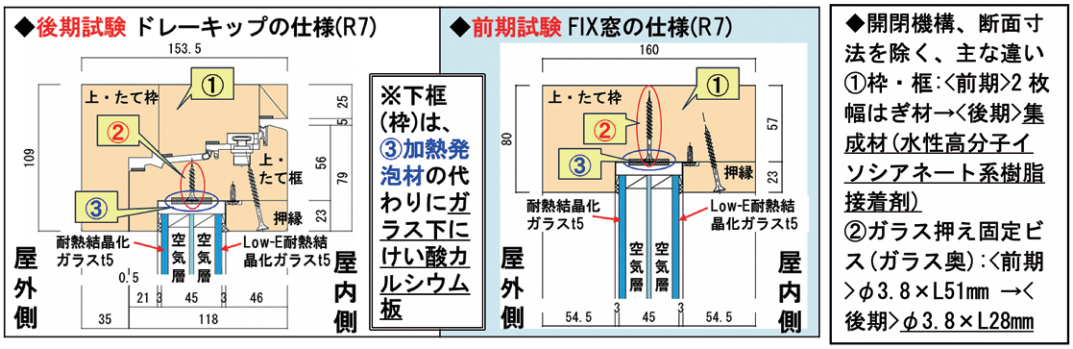


図3　ガラス納まり部、上・たて枠/框周辺部の仕様の比較〔単位：mm〕

実施した結果

1）耐火建築物相当の建築物における、外壁開口部防火設備の必要性能の調査

各建築物に設置される外壁開口部の防火設備の要求性能としては、①火災時倒壊防止建築物、③避難時倒壊防止建築物では20分間の告示仕様以外にも設計法により20分間以上の性能が要求される場合があること、②周辺危害防止建築物では主に45分間、④延焼防止建築物では20分間又は30分間の告示仕様しかなく、現時点設計法が規定されていないこと、などを確認した。

2）水密性・耐風圧性を勘案した防火設備(窓)の改善仕様の提案

うち片開き窓については、水密性の弱点である鍵穴まわりなどを、屋外側に設けないことやカバーを取り付けることで改善が望めることを検討・提案した。

3）スギ材による45分間目標防火設備(窓)についての加熱試験の実施

【前期試験】

表2に加熱試験の結果一覧を示す。いずれの加熱面においても、合格判定の45分間（余裕を考慮した50分間時点においても）火炎出現はなかったため、目標性能をクリアした。その後も安全性に配慮して、非加熱側に火炎が出現するまで加熱を継続した(写真1参照)。結果的に、屋内側加熱において加熱開始25分過ぎから押縁の脱落を生じたものの、屋外側・屋内側加熱とも71分までは遮炎性の欠如はなく、見掛け木部の炭化進行が非加熱側に達し火炎出現に至ったと考える(写真2参照)。なお、カラマツ材での試験結果と比較し、屋外側加熱と屋内側加熱の火炎出現時間の差は小さく、窓製作時に考慮した遮炎補強措置は有効に働いたと考える。

表2　加熱試験(前期試験)の結果一覧

開閉形式〔樹種〕(年度)	加熱面	窓枠外寸法	ガラス見え掛かり寸法[複層ガラスの層数]	目標性能 遮炎性	備考
FIX窓〔スギ〕(R7)	屋外(非押縁)側	W816×816	W656×H656[3]	45分間 合格	71分49秒 火炎出現
	屋内(押縁)側	W816×816	W656×H656[3]	45分間 合格	>72分 火炎出現
参考 FIX窓〔カラマツ〕(R3)	屋外(非押縁)側	W816×816	W700×H700[2]	45分間 合格	84分02秒 火炎出現
	屋内(押縁)側	W816×H816	W700×H700[2]	45分間 合格	57分49秒 火炎出現

加熱終了時に当該窓から火炎貫通等が発生しなかった場合は、火炎出現等時間は「>●分（●は加熱終了時間)」で示す（表3も同様)。

◆ガラス仕様（上表中、[層数]の[2]は二層複層ガラス〔層構成：耐熱結晶化ガラス5mm-空気層16mm-Low-E耐熱結晶化ガラス5mm、アルミスペーサー〕)



写真１　前期試験の試験中の状況（加熱開始50分後）



写真２　前期試験の試験後の状況（72分間加熱、脱炉後）

【後期試験】

表３に加熱試験の結果一覧を示す。屋内側加熱において、加熱開始21分過ぎから押縁の脱落を生じたものの、合格判定の45分間（余裕を考慮した50分間時点においても）火炎出現はなく目標性能をクリアしたため、前期試験と同様、加熱を継続した（写真３参照）。結果的に、加熱終了時までガラスの脱落は発生しなかった（写真４参照）。

なお、カラマツ材での試験結果（屋内側加熱）と比較し、スギ材の燃えやすさ、炭化進行のしやすさが火炎出現時間の差に現れたと考える。

表３　加熱試験（後期試験）の結果一覧

開閉形式 〔樹種〕（年度）	加熱面	窓枠外寸法	ガラス見え掛かり寸法 ［複層ガラスの層数］	目標性能 **遮炎性**	備考
ドレーキップ 〔スギ〕（R7）	屋内 （押縁）側	W1,200× H1,500	W982×H1,282［3］	**45分間** 合格	62分01秒 火炎出現
参考ドレーキップ 〔カラマツ〕（R5）	屋内 （押縁）側	W1,200× H2,100	W982×H1,882［3］	**45分間** 合格	72分01秒 火炎出現
参考 連段窓内のドレーキップ 〔カラマツ〕（R6）	屋外 （非押縁）側	W842.5× H1,142※	W617.5×H902［3］	**45分間** 合格	>67分 火炎出現

※：たて枠・方立・無目の外法寸法



写真３　後期試験の試験中の状況
（加熱開始50分後）

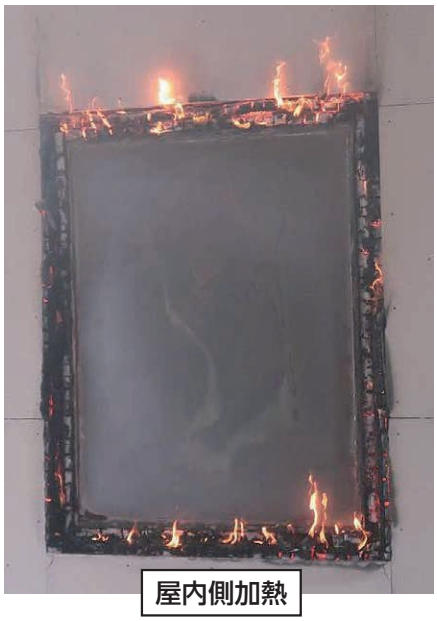


写真４　後期試験の試験後の状況
（63分間加熱、脱炉後）

今後の課題・展開等

これまでにカラマツ材で６種、スギ材で２種の開閉形式並びにカラマツ材による連段窓の加熱試験、カラマツ材で６種の開閉形式及び連段窓の動風圧試験を行い、試験結果だけでなく試験時の観察状況を通じて様々な知見を得た。次年度以降に向けた主な検討課題について、以下に示す。

- **共通：**スギ材での別の開閉形式の検討、また同じ開閉形式でも別の断面形状、窓寸法などの検討（必要に応じて、加熱試験（加熱した面の反対面からも性能確認したいところ）、動風圧試験）
- **横すべり出し窓、FIX窓：**（共通と同）
- **たてすべり出し窓、ドレーキップ、片開き窓：**（必要に応じて、）耐風圧性でS-7（最高ランク）を目指すための、窓寸法、開閉金物の組み合わせ・配置などの再検討
- **片引き窓：**水密性、耐風圧性の向上が期待される仕様変更（室内に可動部が引き込まれる内動型→外動型）に向けての検討
- **連段窓の方立、無目について：**耐風圧性の補強（S-5からの向上目標）、止水措置の検討（内押縁への変更を含めて）
- **その他：**20分間超防火設備が必要となる、建築物の要件、設置条件や必要遮炎時間などに係る情報収集（これまでの継続）、仕様検討など

事業

CLTパネル工法建築物の倒壊限界を考慮した耐震設計法合理化に関する検討

● 実施団体 ●

株式会社日本システム設計
〒103-0013　東京都中央区日本橋人形町2-9-5

京都大学生存圏研究所
〒611-0011　京都府宇治市五ケ庄

事業目的

CLTパネル工法建築物ではCLT壁パネルが高耐力・高剛性であること等により、地震力に対する倒壊限界変位が大きく、それを考慮すれば現行耐震基準を緩和できる可能性がある。本事業に先立ち、令和3～6年度に実施した倒壊限界を考慮した耐震基準案に関する検討（以下、「従前検討」）では、小幅パネル架構について以下の主要な知見が得られた。

■ 低層建築物（3階建て以下）について

- ✓ 「ルート1相当」（現行ルート1に相当する設計法）における耐力壁の許容水平耐力は、平28国交告第611号（令和7年3月改正、以下、「CLT告示」）第十一による許容水平耐力の1.8～2.0倍となる。
- ✓ 「ルート3相当」（現行ルート3に相当する設計法）では、任意の耐力壁配置を前提として、建物ごとに不倒壊判定を行うこととしたが、そのために必要な解析時間は1回当り4～6時間となり、実用的ではない。
- ✓ 従前検討における解析モデルでは、稀地震に対する層間変位が、既往の振動台実験結果等と比較して過大評価となっている可能性がある。

■ 中層建築物（4階建て以上）について

- ✓ 階数が多いほど倒壊しにくくなる傾向があり、5層架構を対象とした検討では、耐力壁の許容水平耐力を96kN/m（換算壁倍率49）としても倒壊しないと推定された。

本事業では、これらの成果と課題を踏まえ、下記の検討を実施した。

① 稀地震時の層間変位算出方法の検討
② 5層以下の連層壁架構を対象とした簡易耐震基準案の検討

実施した項目

下記の検討を実施した。

① 稀地震時の層間変位算出方法の検討

② 5層以下の連層壁架構を対象とした簡易耐震基準案の検討

②-1　接合部の構造性能確認実験
②-2　許容転倒モーメント算定式の設定
②-3　許容転倒モーメント算定式の精度検証
②-4　垂れ壁・腰壁に直交する耐力壁等の仕様規定
②-5　構造計算ルートの位置付け

実施体制

【事業主体】

日本システム設計、京都大学生存圏研究所

【検討委員会（全体統括、耐震基準案の内容検討）】

工学院大学、京都大学、東京大学、東京科学大学、建築研究所、国土技術政策総合研究所、日本CLT協会、日本建築構造技術者協会、日本住宅・木材技術センター、銘建工業、構造計画研究所、日本システム設計

【耐震基準検討・実験実施WG（実験計画・実施、解析検討）】

京都大学、工学院大学、信州大学、建築研究所、国土技術政策総合研究所、構造計画研究所、日本システム設計

【成果共有】

国土交通省、国土技術政策総合研究所、建築研究所、日本CLT協会、日本住宅・木材技術センター

実施した内容

① 稀地震時の層間変位算出方法の検討

従前検討における解析モデル（以下、従前モデル）では、稀地震に対する層間変位が、既往の振動台実験結果等と比較して過大評価となっていた。その原因として耐力壁上下端の支圧剛性・めり込み剛性に着目し、それらの実態値・適正値について検討した。その検討では、2015年度震動台実験におけるE棟を対象とし、従前モデルを次のように改変した。

✓ 実態に即するべく、直交壁間の仮どめビスの影響を考慮した。

✓ 耐力壁下端の支圧剛性は、従前モデルで用いていたCLTマニュアル掲載値である15.6N/mm³から、既往検討で確認された135N/mm³までの範囲とした。

以上のようなモデルで動的プッシュオーバーを行い、実験結果への適合性を条件として、支圧剛性の適切値について検討した。

② 5層以下の連層壁架構を対象とした簡易耐震基準案の検討

従前検討では、「ルート3相当」において建物ごとに実施するとした不倒壊判定には長時間を要し、実用性が乏しいことが確認された。そこで本検討では、小幅パネル架構を対象とし、CLT告示第九第二号イ～トの仕様規定に加え、現行ルート1と同様に耐力壁を連層配置した「連層壁架構」（図1）に架構形状を限定し、下記の検定手順による簡易耐震基準案の構築に取組んだ。

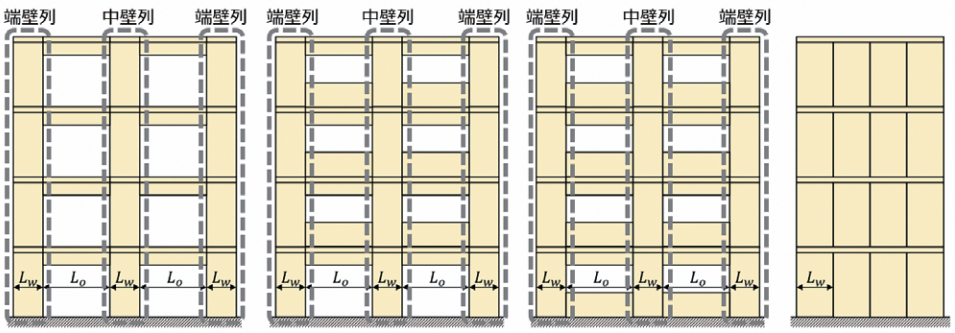


図1　簡易耐震基準案が対象とする連層壁架構の例

【検定手順】

1）仕様規定への適合確認

2）弾性解析による地震時応力算出

3) 各壁列の転倒モーメントM_T算出
➡「各階壁の負担水平力×階高」の合計
4) 各壁列の許容転倒モーメントMT_a算出
➡ あらかじめ設定する算定式を用いて算定
5) 検定 ➡ $M_T \leqq M_{Ta}$（各壁列について）

②-1　接合部の構造性能確認実験

架構構成を図２のように設定し、下記４種類の接合部実験を実施した。また、これらの実験結果を追跡可能な事後解析モデルを構築し、②-2で行うパラメトリックスタディーの解析モデルに反映した。

(a) 腰壁-壁接合部
(b) 垂れ壁-壁接合部
(c) 壁-床接合部（せん断）
(d) 壁-床接合部（圧縮）

それぞれの実験内容を以下に示す。また、一部の実験写真を図３に示す。

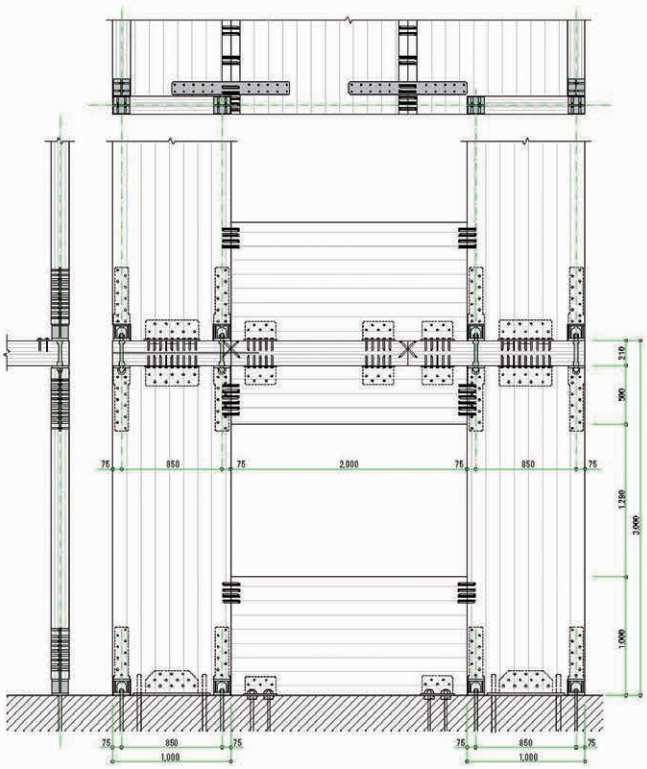


図２　設定した架構構成

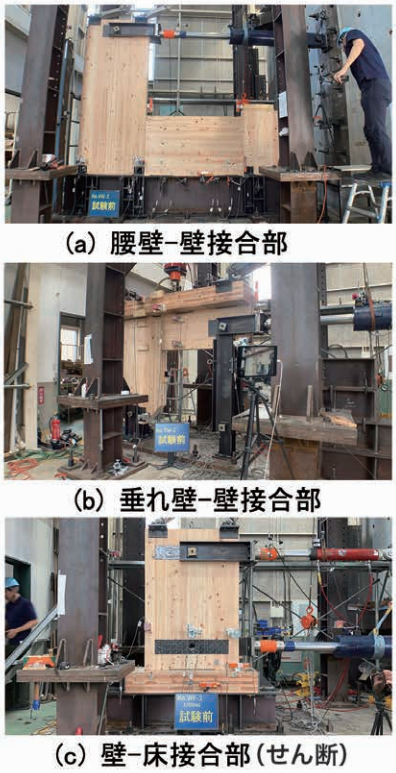


図３　接合部実験（一部）

✓ **(a) 腰壁-壁接合部　及び　(b) 垂れ壁-壁接合部**

従前検討では、腰壁・垂れ壁-壁接合部の圧縮抵抗を主とした面内曲げ性能が倒壊限界に大きく影響することが確認されている。低層建築物を対象とした従前検討では、壁パネルをS60-3-3として当該性能を実験で確認した。５層以下の中層建築物を対象とする本検討では、壁パネルをS90-5-5として、改めて接合部の面内曲げ性能を確認する実験を実施した。また、腰壁-壁接合部では、１階壁パネル脚部と基礎とのせん断接合部を含んだ試験体となっており、壁パネルの回転変位に対する同接合部の変位追従性も併せて確認した。

✓ (c) 壁-床接合部（せん断）

上述の腰壁-壁接合部実験における1 階脚部と同様に、中間階壁パネル脚部についても、一定の回転変形下でもせん断抵抗を消失しないことを確認するため、初期回転角を与えたのちせん断加力する実験を実施した。初期回転角は1/60rad及び1/30radとした。

✓ (d) 壁-床接合部（圧縮）

中層建築物では床パネルに対する壁パネルのめり込み変形により層間変形が増加し、許容水平耐力の低下要因になる可能性が高い。これを考慮して、めり込み抑制機能を有する接合部の圧縮実験を実施した。

②-2　許容転倒モーメント算定式の設定

図1に示す連層壁架構に対応する平面フレームモデルを用いた動的プッシュオーバーにより、倒壊限界に至るまでのパラメトリックスタディ（以下パラスタ）を行った。平面フレームモデルに設ける接合部バネの特性は、従前検討及び②-1で得られた接合部性能に基づいて設定した。解析結果より、不倒壊判定を満足すること及び短期時に架構の弾性限界以下であること等を条件として許容転倒モーメントM_{Ta}を定めた。また、M_{Ta}を端壁列・中壁列ごとに集計し、壁列が接する垂れ壁・腰壁枚数等をパラメータとして定式化した。なお、不倒壊判定とは、第2種地盤の極稀地震動に最大応答変位が1.5倍となる増幅率を乗じた地震動に対して不倒壊となることの判定であり、従前検討により等価線形化法に基づく判定方法が設定されている。

②-3　許容転倒モーメント算定式の精度検証

前述の検定手順の結果が「可」となる実規模架構に対する動的プッシュオーバーを行い、不倒壊判定を満足すること及び短期時に弾性限界を超えないことを確認した。

②-4　垂れ壁・腰壁に直交する耐力壁等の仕様規定

CLT告示ではルート1・2の場合に、垂れ壁・腰壁の両端に袖壁を配置する必要がある。この規定を除外できる技術的条件に関して検討し、その結果を、当該規定を除外するための追加規定案としてまとめた。

当該規定を除外する場合は、垂れ壁・腰壁の端部が直交壁に接続することになり、次のような検討を実施した。

✓ 直交壁の面外応力度が基準強度に達するときの層間変形角γ_uをFEM解析により確認した。
✓ ②-2におけるM_{Ta}設定クライテリアに「層間変形角≦γ_u」を加えた。
✓ 特にγ_uが小さくなるケースについては、仕様を制限する追加規定案を検討した。

②-5　構造計算ルートの位置付け

ここで提案する簡易耐震基準案は、技術的には下記のいずれともみなせる。なお、ルート2では多くの場合に構造計算書適合判定が不要となるので、CLTパネル工法普及の点で、より望ましい。

✓ 応力割増検定を省略したルート2
✓ 保有水平耐力検定を省略したルート3

上記のような省略を含むルートであることについて、本案の法的位置付けを整理した。

実施した結果

① 稀地震時の層間変位算出精度向上に関する検討

2015年度震動台実験におけるE棟の実験結果と解析結果を比較し、次のような知見を得た。また、その結果を②-2における解析モデルに反映した。

✓ 耐力壁のめり込み剛性をCLTマニュアル掲載値のままとし、支圧剛性を既往の実験結果に基づく135 N/mm³とすれば、実験結果に対する解析結果の適合性が向上する。

✓ 支圧剛性をCLTマニュアル掲載値15.6N/mm³から2、4、6倍と徐々に増大させるにつれ、解析結果が実験結果に漸近し、135 N/mm³でほぼ一致した（図4）。

✓ ただし少なくとも現時点では、この剛性の妥当性は、耐力壁上下端の支圧・めり込み剛性を壁両端の集約圧縮ばねに置換する場合に限られる。

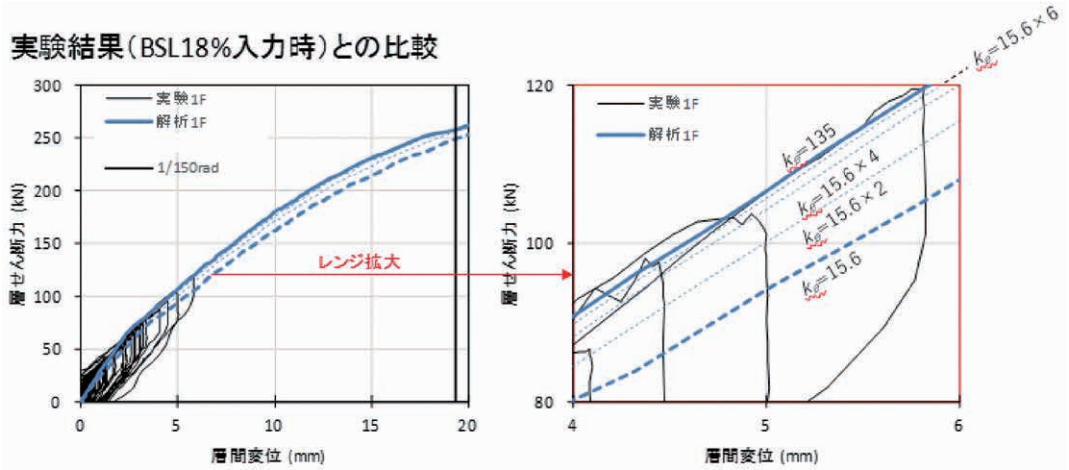


図4　2015年度震動台実験E棟の実験結果と解析結果の比較

② 5層以下の連層壁架構を対象とした簡易耐震基準案の検討

②-1　接合部の構造性能確認実験

次のような実験結果を得た。なお、下記(a)、(b)に示した『想定外破壊』を防止するため、②-2におけるM_{Ta}設定クライテリアに「層間変形角≦1/9.8rad」を加えることとした。

✓ **(a) 腰壁-壁接合部（図5(a)）**

1/7.5rad（298mm）変形時に壁パネル脚部に面内破壊（想定外破壊）が生じたが、荷重変位関係に大きな影響は見られず、耐力劣化に至るまでの壁-腰壁接触面の圧縮特性が把握された。また、実験結果を追跡可能な事後解析モデルを構築し、荷重変位関係の再現性を確認した。

✓ **(b) 垂れ壁-壁接合部（図5(b)）**

床パネル間引張接合金物と床-垂れ壁せん断金物の引張抵抗で、1/9.8rad（122mm）変形時に床版が面外にはぎとられるような破壊（想定外破壊）が生じたため、耐力劣化に至るまでの壁-垂れ壁接触面の圧縮特性は把握できなかった。よって、耐力劣化域の特性については、(a)で得た圧縮特性より類推する方針とした。また、実験結果を追跡可能な事後解析モデルを構築し、荷重変位関係の再現性を確認した。

✓ **(c) 壁-床接合部（せん断）**

壁脚に初期回転角を与えた際にラグスクリューの引張抵抗に伴う床版の面外割れを生じたが、初期回転角を1/30radとした加力でも、充分なせん断耐力が確認された。

✓ **(d) 壁-床接合部（圧縮）**

終局時に床版の回転を生じたが、めり込み抑制用に床版に打込んだ鋼棒4本分の降伏耐力を上回る、充分な圧縮耐力が確認された。

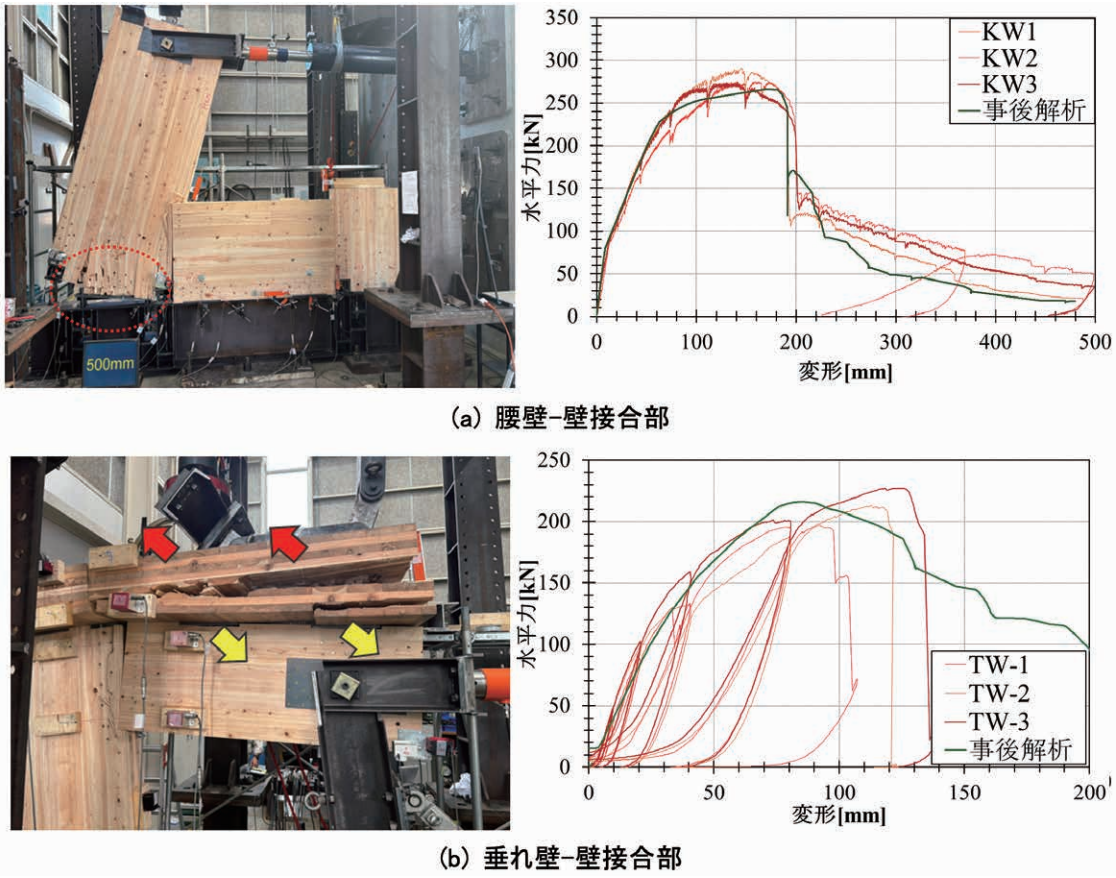


図５　接合部実験で生じた『想定外破壊』の様子と荷重変位関係

②-2　許容転倒モーメント算定式の設定

図１に示す連層壁架構に対応する平面フレームモデルを用いた動的プッシュオーバーにより、倒壊限界に至るまでのパラスタを行った。架構の層数は３層から５層とした。解析結果より、不倒壊判定を満足すること（図6）及び短期時に架構の弾性限界以下であること等を条件として許容転倒モーメントM_{Ta}を定めた。M_{Ta}の概略値は下記の通りである。

✓　M_{Ta}は、壁パネル1m当りについて、３層146kNm/m～513kNm/m、４層228kNm/m～655kNm/m、５層235kNm/m～758kNm/m程度であった。

✓　これを相当する壁倍率で表現すれば、３層12倍～40倍、４層14倍～40倍、５層12倍～37倍程度であり、平均では３層29倍、４層27倍、５層25倍であった。

また、これらの結果をもとにM_{Ta}を層数、端壁列・中壁列ごとに集計し、壁列が接する垂れ壁・腰壁枚数等をパラメータとして定式化した。

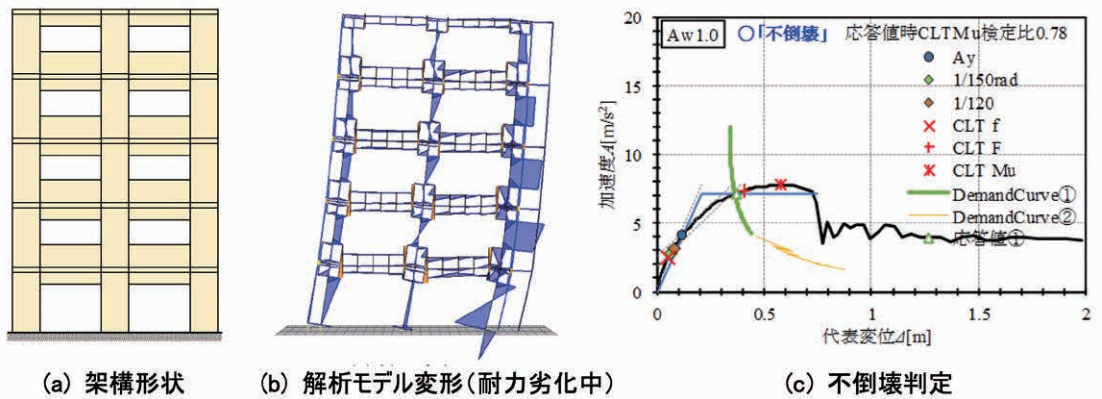


図６　パラスタにおける不倒壊判定の例

②-3　許容転倒モーメント算定式の精度検証

✓ ②に示す検定手順の結果が「可」となる実規模架構を模擬した３次元モデルを構築のうえ動的プッシュオーバーを行い、短期時に弾性限界を超えないこと及び不倒壊判定を満足することを確認した。

✓ 当該モデルに質量偏心を与えたモデルに対する解析結果において、昭55建告第1792号によるFeを用いた外力割増で、その結果を安全側に包含できることも確認した。

②-4　垂れ壁・腰壁に直交する耐力壁等の仕様規定

垂れ壁・腰壁の端部が直交壁に接続する架構を対象としたFEM解析を実施し、以下の知見を得た。

✓ 腰壁が無い場合、垂壁せいが500mmのケースでは、層間変形角1/10radまで直交壁の面外曲げ応力度は基準強度に到達しなかった。

✓ 垂壁せいが750mmの場合には、層間変形角約1/19radで基準強度に到達した。

✓ 腰壁が有る場合、腰壁せい500mmのケースにおいても、層間変形角約1/22radで直交壁の面外曲げ応力度が基準強度に到達した。

✓ 以上より、②-2におけるM_{Ta}設定クライテリアに「層間変形角≦1/10rad」を加え、かつ、当該取合い部における腰壁及びせい500mmを超える垂れ壁は、在来軸組化等することを追加規定案とした。

②-5　構造計算ルートの位置付け

簡易耐震基準案は、技術的には下記のいずれともみなせる。

✓ 応力割増検定を省略したルート２

✓ 保有水平耐力検定を省略したルート３

これに対し、次のように法的位置付けを整理・課題抽出した。

✓ ルート２では不倒壊を条件としてM_{Ta}が設定されていることによりCLT告示に規定される応力割増係数は不要となる。これを有効にするためにはCLT告示の改正が必要である。

✓ ルート３においても、本来は、同様の理由で保有水平耐力の検定が不要となるが、それを有効にするためには告示等の改正が必要である。その代替措置として、ルート３では構造特性係数Dsの設定についてCLT告示に「特別な調査または研究」のただし書きがあるので、提案する簡易耐震基準案によって水平耐力を検定する場合は、保有水平耐力検定が必ずOKとなるようにDsの値を小さくするという方法がとり得る。

今後の課題・展開等

本事業では、従前検討に対して稀地震時の層間変位算出方法を検討のうえ、それを反映した形で、５層以下の連層壁架構を対象としたルート２・３の簡易耐震基準案を検討し、想定されるありようを概観した。平均的な換算壁倍率は約25～30倍となり、５層以下の建築物において、一定のプラン成立性が得られる。提案する簡易耐震基準案により、耐震設計の簡易化（ルート３でも増分解析なし）が可能となり、設計手間が削減される効果により５層以下の中層建築物へのCLTパネル工法普及に資すると考えられる。ただし、架構形状によっては充分な耐力が発揮されていない可能性があるなど、最終的な簡易耐震基準案として提示するためには完成度を高めるための更なる検討が必要である。

また、不倒壊判定に大きく影響しなかったものの、実験で生じた『想定外破壊』は好ましいものではなく、それを防止するための接合部等の改善も課題点である。

事業

グラウトジョイントを用いたCLT鉄骨梁勝ち架構の設計簡便化・普及促進に関する検討

● 実施団体 ●

株式会社日本システム設計

〒103-0013　東京都中央区日本橋人形町 2-9-5

事業目的

本事業で提案するグラウトジョイント（以下、「GJ」）はCLT壁パネル-基礎、CLT壁パネル-梁接合に用いられ、RC造鉄筋継手用鋳造スリーブ内に丸ナット付きボルトを挿入し、空隙部に高強度モルタルを充填することで施工が完了する。GJには、高耐力・高剛性、引張接合・せん断接合兼用、CLT床パネルへのめり込み抑制、アンカーボルト等の施工誤差吸収、短工期等の長所がある。

本事業に先立ち、令和5,6年度にはGJを用いたCLT鉄骨梁勝ち架構（以下、「本工法」）（図1）を対象として、「4,5階建て程度の中層建築物に適したGJ開発に関する検討」（以下、「従前検討」）を実施した。そこでは、CLT壁パネルをS90-5-5（150mm厚）、鉄骨梁をH-300×150×6.5×9（SS400）として、各種実験により構造性能を確認するとともに、構造計算ルート3による5階建て共同住宅の試設計を行った。その結果として、高いプラン対応力・空間構成能力があること、及び試験体製作を通じて施工性に問題はないことが確認された。これらを踏まえて、本事業では、本工法の普及を目的として、構造計算ルート2適用を前提とした設計簡便化および普及促進コンテンツに関する検討を実施した。

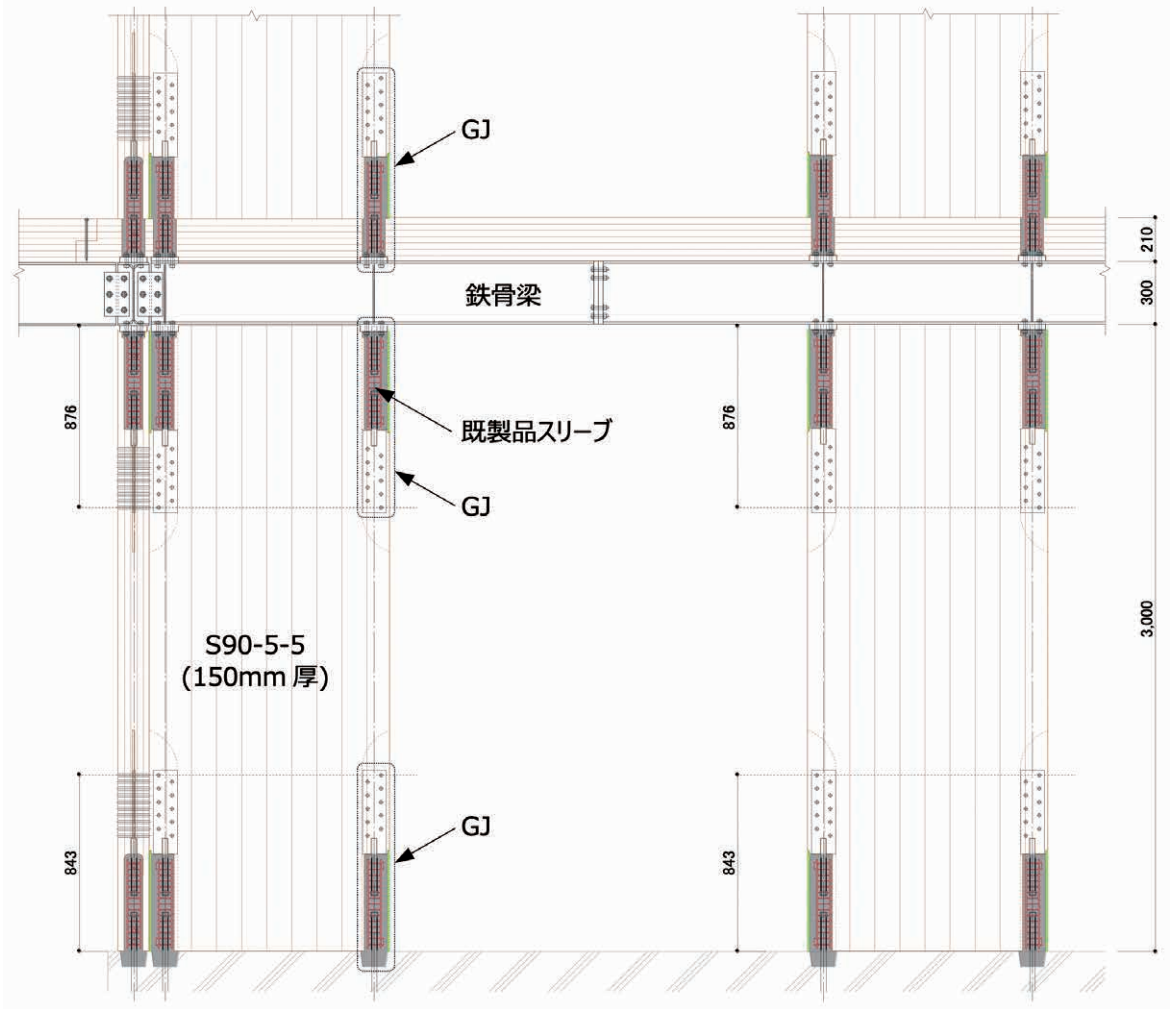


図1　検討対象架構

実施した項目

以下の項目を実施した。

① ルート２適用を前提とした架構構成と対応可能範囲の検討

①-1 各種仕様規定への適合検討
①-2 耐力壁の許容水平耐力の検討
①-3 プラン対応力の検討
①-4 ルート２関係規定の修正要望抽出

② 普及促進に資する工法説明用資料等のコンテンツ作成

実施体制

■事業主体（事業企画）

株式会社日本システム設計

■グラウトジョイント研究会（全体統括、検討計画・実施、検討結果の評価）

村上雅英（近畿大学名誉教授）、日本スプライススリーブ株式会社、銘建工業株式会社、株式会社エヌ・シー・エヌ、株式会社日本システム設計

■行政・協力

林野庁林政部　木材産業課

実施した内容

① ルート２適用を前提とした架構構成と対応可能範囲の検討

ルート２の構造計算は、下層部がRC造のような混構造を除き６階建てまで対応可能であり、実需のボリュームゾーンをカバーできる。また、増分解析が不要であるとともに、多くの場合に構造計算書適合性判定が免除されるため、構造計算と建築確認申請の手間が軽減され、対応可能な設計者の増加が期待できる。

ただし、ルート２ではいくつかの仕様規定があるほか、耐震性能評価では弾性解析に基づく地震時応力に割増係数を乗じるなど、ルート３とは異なる点がある。したがって、ルート２における架構構成と対応可能範囲もルート３と異なる可能性があるため、ルート２を適用可能な架構構成と耐力壁の許容水平耐力・プラン対応力等に関して以下の検討を実施した。

①-1 各種仕様規定への適合検討

ルート２では平28国交告第611号（令和７年３月改正、以下、「CLT告示」）第九第二号ロ～トの仕様規定への適合が必須である。そこでは、耐力壁長さの下限値、開口幅の範囲、引張接合部の靭性、耐力壁-基礎引張接合部の先行降伏確認等が規定されている。そのほか、「CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」（以下、「CLTマニュアル」）には、ルート２について、壁-梁引張接合部の先行破壊防止、CLT壁パネルの先行破壊防止が規定されている。

本検討では、本工法をこれらの規定に適合させるために必要な架構構成・接合部構成の制限あるいは修正内容と方法を確認した。なお、仕様規定の中には構造計算等による適合確認が必要なものがあり、それらについては「①-2」の検討条件として考慮することとした。

①-2 耐力壁の許容水平耐力の検討

各種仕様規定に適合する架構・接合部構成である２スパン架構・連続壁架構（図２）を対象とした増分解析パラメトリックスタディ（以下、「パラスタ」）により、階数、壁長さ、開口幅等に応じた耐力壁の許容水平耐力を求めた。このとき、「①-1」で述べたように、構造計算等による確認が

必要な仕様規定を許容水平耐力算出条件として考慮した。

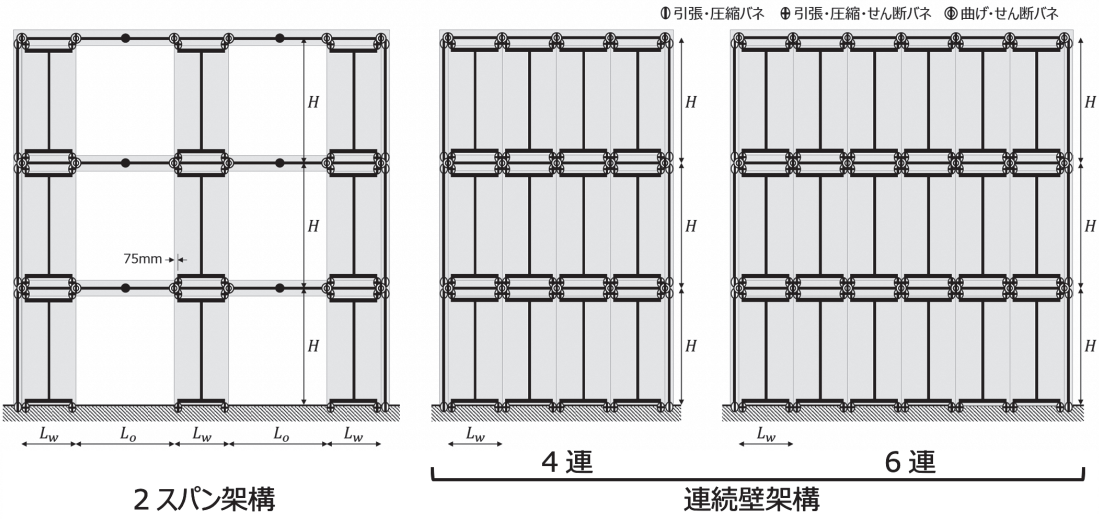


図２　解析モデル

①-3 プラン対応力の検討

①-2によって得られた許容水平耐力を従前検討による試設計建物に適用し、必要な試設計建物の修正項目を確認した。続いて、同建物を対象とした立体解析を行い、ルート２による耐震設計の成立性を検討した。

①-4 ルート２関係規定の修正要望抽出

以上の検討を通じて、CLT告示およびCLTマニュアルによるルート２関係規定のうち修正が望まれるものを抽出した。

② 普及促進に資する工法説明用資料等のコンテンツ作成

GJには前述のような長所があるが、他の接合方法と比べて工法が特殊であり、設計・施工に関する無用な不安を想起させる可能性がある。これを緩和・回避するためには、本工法の工法説明用資料や設計補助資料を整備することが有効と考えられ、さらに、それらの公開等の広報活動により本工法の普及が促進されると期待できる。本事業では、その準備として、本工法の概要、長所、適用範囲等を視覚的にわかりやすく表現した3D説明図を作成した。

実施した結果

① ルート２適用を前提とした架構構成と対応可能範囲の検討

①-1　各種仕様規定への適合検討

CLT告示・CLTマニュアルによる仕様規定への対応方法は下記とした。

●CLT告示

第九第二号ロ～トの仕様規定のうち、「ニ 引張接合部の塑性変形能力」については壁-床・梁接合ボルト（ABR490）の可撓長さが20cm以上となるように修正する。「ト 耐力壁-基礎引張接合部の先行降伏」および第十第二号による地震時応力割増係数については①-2、①-3の検討条件とする。

●CLTマニュアル

✓ 第Ⅲ部第６章6.3.2項

- 耐力壁配置：「耐力壁は連層配置 かつ 上階壁幅≦下階壁幅」とする。
- 壁-梁引張接合部の先行破壊防止：鉄骨梁断面H-300×150×6.5×9として、接合ボルト径M27からM30に変更する。
- CLT壁パネルの先行破壊防止：規定に適合するために壁幅を1.15m以上とする。

✓ 第Ⅲ部第5,7章

a. 鉄骨梁フランジのボルト孔欠損部補強、b. 鉄骨梁の横補剛、c. 鉄骨梁のせん断降伏防止が規定されている。ルート2ではこれらへの準拠は必須ではないが、a., b.については準拠する。c.については架構の許容水平耐力時に短期許容せん断応力以下であることの確認に留める。

①-2　耐力壁の許容水平耐力の検討

以下のように実施した。

●増分解析パラスタモデルの設定

図2に示す解析モデルを用いた増分解析パラスタにより耐力壁の許容水平耐力を求める。パラメータは下記のように設定する。

階数：3～6　　階高：3.0m, 3.5m
梁断面：床梁H-300×150×6.5×9、屋根梁H-194×150×6×9
壁幅L_w：1.0～2.0@0.2m　　開口幅L_o：1.0～4.0@1.0m
アンカーボルト：M24（ABR490）、M27（ABR490）

CLT壁上下端の引張接合部・圧縮接合部、鉄骨梁曲げは非線形要素とし、その応力変形関係は従前検討の結果に基づいて設定する。また、鉄骨梁せん断について連続壁架構の壁継目直上・直下の位置に非線形せん断バネを設定する（①-4,d.参照）。

●許容水平耐力の評価方法

1階の層間変形角がγ_{a0}に達するときの、耐力壁単位長さ当たりの1階耐力壁負担水平力を許容水平耐力Q_aとする。Q_a時には、部材・接合部は下記を満足する必要があり、満足しない場合はNG（適用不可）とする。

鉛直荷重時応力＋γ_{a0}時応力×割増係数 ≦ 短期許容耐力

γ_{a0}を大きくするとQ_aが増加するが、同時にNGの頻度も増加するため、パラスタ結果を概観して適切と考えられるγ_{a0}の値を設定する。また、CLT壁上下端のせん断バネは弾性とし、Q_a時応力が当該部分の短期許容水平耐力を超えないことを確認する（①-4,a.参照）。CLT告示第九第二号トの耐力壁-基礎引張接合部（アンカーボルト）の先行降伏については、それがNGとなる場合をQ_aとは別に確認する。

●許容水平耐力の評価結果

Q_a評価結果の一例を表1に示す。表中の赤枠部分はアンカーボルトの先行降伏検定がNGとなるケースである。緑枠部分は壁-梁引張接合部（応力割増係数2.0）の検定がNGとなるケースである。ただし、そのケースにおいても架構終局時（層間変形角1/30rad時）に同接合部は終局耐力に達しないことが確認されており、OKと判定しても問題は無いと言える（①-4,b.参照）。また、表最下行の$L_{w.max}$は壁上下端のせん断接合部の検定をOKとするための最大壁幅（m）である。

2スパン架構のQ_aは、端壁（構面左右端壁の平均値）と中壁（構面中央壁）ごとに集計している。開口幅L_o=2.0mの場合に端壁のQ_aは45～65kN/m程度、中壁では55～70kN/m程度である。階高3.5mの場合のQ_aは階高3.0mに対して端壁で0.9倍程度、中壁で0.85～0.9倍程度であった。

連続壁架構のQ_aは、6連、階高3.0m、アンカーボルトM27、γ_{a0}=2.25mradとし、緑枠部

分もOKとして35～60kN/m程度であり、2スパン架構よりやや小さい値となっている。階高3.5mの場合は階高3.0mに対して0.85～0.9倍程度である。また、2スパン架構を含めて層数によるQ_aの変化はほとんど確認されなかった。

表1　1階耐力壁のQ_a評価結果例（kN/m）

（a）2スパン架構 5層　階高 3.5m　アンカーM27　γ_{a0} = 3.5mrad

端壁

Lw＼Lo	1	1.2	1.5	1.8	2	3	4
1	47.8	47.2	46.5	45.9	45.5	44.4	42.9
1.2	55.2	54.2	53.0	51.9	51.2	48.8	46.9
1.4	61.2	60.0	58.4	57.0	56.1	52.7	50.3
1.6	65.9	64.5	62.6	61.0	60.0	56.1	53.4
1.8	69.7	68.0	65.8	63.9	62.7	58.7	55.9
2	NG	70.8	68.4	66.2	64.9	60.8	57.9
Lw.max	1.50	1.55	1.63	1.70	1.75	2.00	2.00

中壁

Lw＼Lo	1	1.2	1.5	1.8	2	3	4
1	55.0	54.8	54.5	54.2	54.0	53.8	53.1
1.2	63.4	62.5	61.4	60.3	59.7	56.7	55.4
1.4	69.9	68.5	66.6	65.0	64.0	59.3	57.7
1.6	74.9	72.9	70.3	68.0	66.6	61.8	60.5
1.8	78.7	76.3	73.1	70.2	68.5	63.8	62.7
2	NG	78.8	75.2	71.9	70.0	65.6	64.6
Lw.max	1.50	1.55	1.63	1.70	1.75	2.00	2.00

（b）連続壁架構 5層

4連

γ_{a0} = 2.00mrad

H	3.0		3.5	
Lw＼AB	M24	M27	M24	M27
1	24.8	29.8	21.3	25.6
1.2	30.5	36.0	26.7	31.7
1.4	35.4	41.3	31.6	37.0
1.6	39.6	45.5	36.0	41.6
1.8	43.1	48.9	39.7	45.5
2	45.9	51.3	43.0	48.4
Lw.max	1.90	1.87	2.00	2.00

γ_{a0} = 2.25mrad

H	3.0		3.5	
Lw＼AB	M24	M27	M24	M27
1	27.9	33.5	24.0	28.8
1.2	34.3	40.5	30.0	35.7
1.4	39.8	46.5	35.6	41.7
1.6	44.6	51.2	40.5	46.8
1.8	48.5	55.0	44.7	NG
2	51.6	NG	NG	NG
Lw.max	1.80	1.77	1.93	1.90

6連

γ_{a0} = 2.00mrad

H	3.0		3.5	
Lw＼AB	M24	M27	M24	M27
1	27.8	32.8	24.1	28.4
1.2	34.0	39.5	30.0	35.0
1.4	39.3	45.0	35.4	40.7
1.6	43.7	49.3	40.1	45.5
1.8	47.3	52.5	44.0	49.3
2	50.1	54.7	47.3	52.2
Lw.max	1.80	1.73	1.93	1.85

γ_{a0} = 2.25mrad

H	3.0		3.5	
Lw＼AB	M24	M27	M24	M27
1	31.3	36.9	27.1	32.0
1.2	38.3	44.4	33.8	39.4
1.4	44.3	50.6	39.8	45.8
1.6	49.2	55.4	45.1	51.1
1.8	53.2	59.1	49.5	NG
2	56.3	NG	NG	NG
Lw.max	1.71	1.64	1.84	1.76

□：アンカーボルト先行降伏 NG　□：壁-梁引張接合部 NG

①-3　プラン対応力の検討

図3に示すR6年度試設計建物を対象として以下の検討を行った。

●パラスタQ_aによる試設計建物の水平耐力検定

表1に示す$L_{w.max}$を考慮して壁幅を調整したうえで、①-2によるQ_aに基づいてルート2としての水平耐力検定を行った。γ_{a0}はX方向で3.5mrad（1/286rad）、Y方向で2.0mrad（1/500rad）とした。結果として、水平耐力充足率はX方向で1.15、Y方向で1.09となり、ルート2の構造計算としても成立することが確認された。

●立体モデル解析による試設計建物の水平耐力検定

立体モデルを用いた弾性解析を行った。結果として、C_0=0.2の地震力に対する1階の層間変形角はX方向で1/334rad、Y方向で1/521radとなった。これらは上述のγ_{a0}をやや下回っており、パラスタQ_aによる水平耐力検定を上回る水平耐力充足率が確認された。直交壁の水平耐力への寄与が主原因と推察される。また、X方向において、一部の鉄骨梁の検定比がアンカーボルトの検定比をわずかに上回り、アンカーボルトの先行降伏検定を満足しなかったが、これは許容できるものとする（①-4, c.参照）。

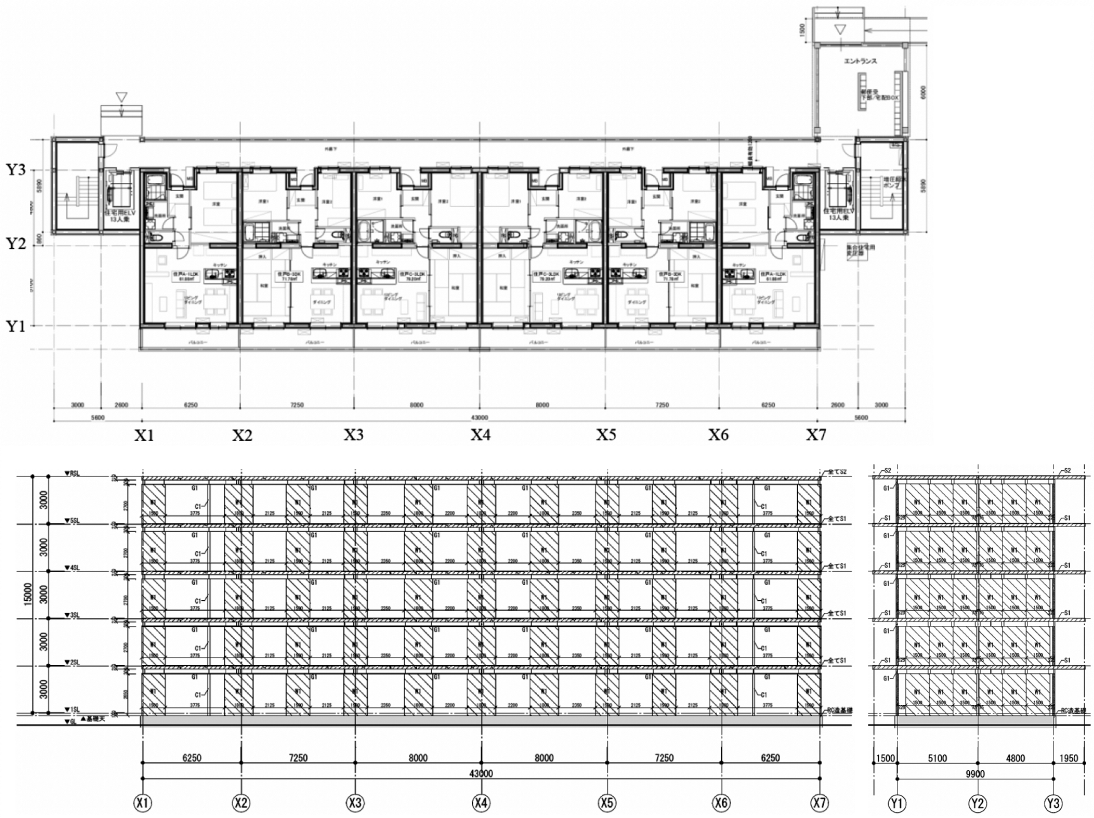


図３　R6 年度試設計建物

①-4 ルート２関係規定の修正要望抽出

a. 壁脚・壁頭のせん断接合部検定方法（ルート 2）

CLT マニュアル第Ⅲ部 3.1.2（1.7）項には壁脚・壁頭のせん断接合部の検定について、「壁パネル軸力×0.3」の摩擦力をせん断耐力に加算できる旨の規定がある。しかし、壁脚・壁頭の摩擦抵抗は壁パネル上端･下端の圧縮応力に起因するものなので､上記の「壁パネルの軸力」は「壁パネル上端・下端の圧縮応力 C とするのが適切と考えられる。

また、CLT 告示第十第二号による地震時応力割増係数 R_f について、上述の「圧縮応力」にそれを乗じることの可否が明示されていない。R_f の目的は保有水平耐力時応力を終局耐力以下に留めることであることを考慮すれば､せん断接合部検定用応力 Q_t を次のように求めることが妥当と考えられる（導出過程は省略)。

$$Q_t = (Q_e - 0.3C_e)\cdot R_f + (Q_l - 0.3C_l)\cdot \frac{f}{F}$$

ここで、Q_e と C_e は Q_a 時のせん断応力と C、Q_l と C_l は長期（鉛直荷重時）のせん断応力と C、f と F はせん断接合部の短期許容耐力と終局耐力である。①-2 による許容水平耐力の評価においてもこの検定条件を用いた。

b. 壁-梁引張接合部の検定方法（ルート 2）

CLT 告示第十第二号では壁-梁引張接合部の R_f は 2.0 とされている。また、CLT マニュアル第Ⅲ部第６章 6.3.2 項には壁-梁引張接合部の先行破壊防止条件が規定されており、本検討ではそれに準拠して接合ボルト径を従前検討 M27 から M30 に変更した。その結果として、①-2 パラスタでは $R_f = 2.0$ とした検定は NG であっても、架構終局（層間変形角 1/30rad）時に同接合部は終局耐力に達しないことが確認された。したがって、CLT マニュアルの先行破壊防止条件を満足する場合については応力割増し無し（$R_f = 1.0$）とすることが妥当と言える。

c. アンカーボルトの先行降伏確認と鉄骨梁の関係（ルート 2）

CLT 告示第九第二号トの規定では、耐力壁 - 基礎引張接合部（アンカーボルト）の降伏は鉄骨梁に対しても先んじることとされている。これは架構の靭性確保が目的と考えられるが、本検討で対象とする鉄骨梁勝ち架構においてはアンカーボルトの他に鉄骨梁の曲げ降伏を先行させることで靭性が向上する。それに対応して、CLT マニュアルによる仕様規定の多くが鉄骨梁の先行降伏を保証するためのものとなっている。これを考慮すれば、第九第二号トにおいて鉄骨梁を比較対象から除外することが妥当と言える。

d. 鉄骨梁のせん断降伏防止（ルート 3）

CLT マニュアル第Ⅲ部第５章には鉄骨梁のせん断降伏防止が規定されているが、連続壁架構の壁継目直上・直下では架構終局時に梁のせん断応力が卓越し、それを満足することが難しい。一方、従前検討による実験では、当該部分の鉄骨梁には極めて靭性の高いせん断降伏性状が確認されており、本検討によるパラスタではそれが連続壁架構の靭性向上に寄与している。したがって、このようなケースでは鉄骨梁のせん断降伏を考慮した増分解析を行うことが望ましい。

② 普及促進に資する工法説明用資料等のコンテンツ作成

将来の普及促進資料整備の準備として図 4,5 に示す工法説明図を作成した。

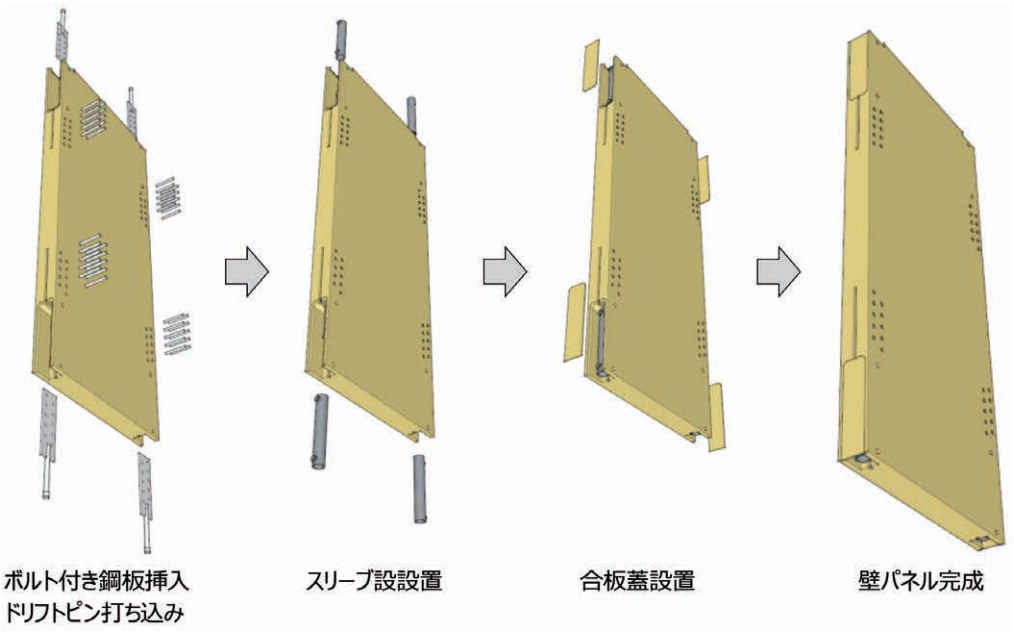


図４　GJ を有する壁パネル製作（工場製作）

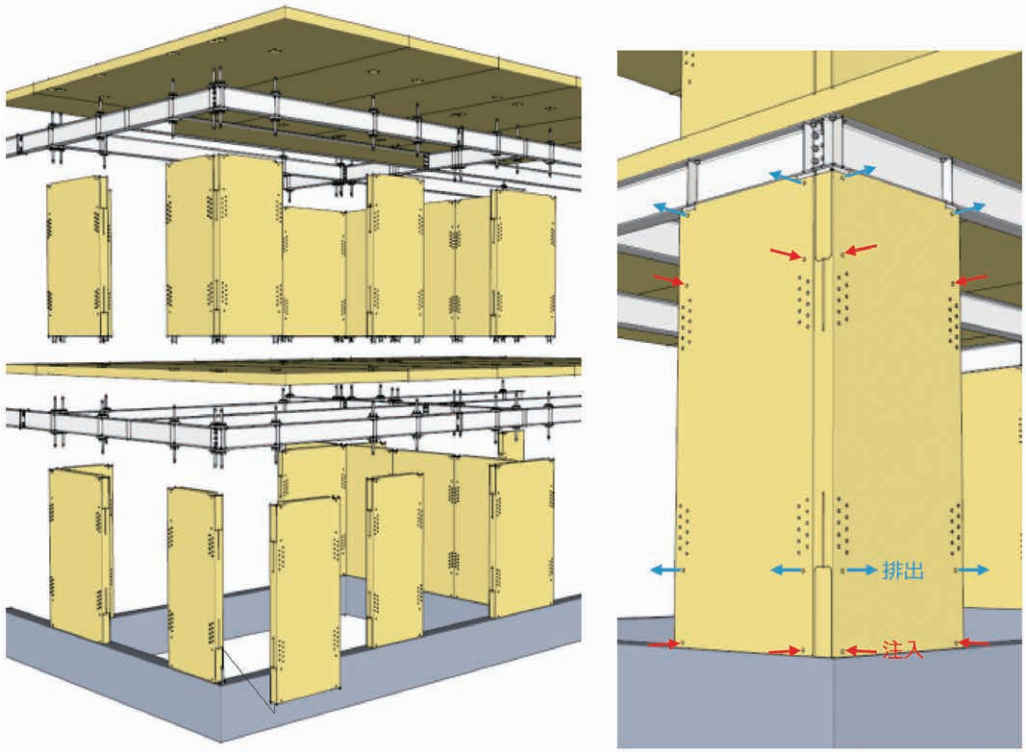


図５　架構建方、グラウト注入（現場施工）

今後の課題・展開等

本年度までの検討により、本工法の構造性能・施工性等の評価および構造計算ルート 2,3 の適用性について一応の結論が得られた。今後は実建物への適用を通して、施工計画やコストを含めた本工法の実用性を検証したい。そのほか、残された課題として下記のものが挙げられる。

● 接合部の設計用性能の確定

従前検討および本検討で実施した接合部構造性能確認実験は試験体数が少なく、設計用性能を設定する際のばらつきの把握が不十分である。特に GJ のせん断性能については、それが壁幅上限の決定要因になるが、ここまでの検討では、その終局耐力を実験値の 0.75 倍と仮定している。今後、所定の試験体数の実験によりばらつきの影響を確認して設計用性能を確定する必要がある。

● 本工法の普及促進

本工法の普及に向けて、工法説明用資料や設計補助資料の整備、およびそれらの公開等の広報活動が必要である。

● ルート２関係規定の修正

ルート２関係規定について、本検討を通して①-4 で述べたような修正要望が確認された。これに対応するためには CLT 告示改正、CLT マニュアル改訂が必要であり、今後、関係団体等への提案を進めたい。

● GJ のさらなる改良

本年度までの検討の過程で GJ のさらなる改良案が生まれており、それらを含めて検討を継続したい。

事業

中大規模建築等に適用するCLTを使用した階段の開発・検討

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本CLT協会

〒103-0025　東京都中央区日本橋茅場町3-9-10 茅場町ブロードスクエア２階

事業目的

中大規模建築をはじめとした建築物全般に適用可能な、CLTを使用した階段について、昨年度に実施した構造性能、耐火性能、コスト等に関する検証時に明らかになった課題を解決するための開発・検討を行う。検討委員会およびWGを設置して、以下の事業を実施し、設計方法および施工方法に関する標準的な手順をまとめる。

実施した項目

木構造振興株式会社および日本CLT 協会を事務局として、学識経験者、CLTパネルの製造･加工、建設、設計の各分野の委員で構成する開発・検討委員会を開催した。

第一回委員会：2025年5月9日
第二回委員会：2025年10月1日
第三回委員会：2026年2月10日

①構造性能の詳細検証と接合部合理化検討

各階の地震時層間変形に対する階段の変形追従性確認と、踊り場と躯体との緊結方法や鋼製段板と段部CLTの接合などの細部詳細検討、モックアップ施工試験を行った。

②防耐火性能の追加検証

前提条件の整理、防耐火性能の追加検証、CLTの耐火被覆等の接合方法や素材の検討、手すりや段板・踊り場の仕上げなどが耐火性能を低下させない納まりの検討、耐火予備実験を行った。

③仕上げや施工手順や養生に関する合理化検討

運搬や揚重を考慮した、組立手順の整理、施工時の雨養生、歩行養生の検討、手すりや仕上げ仕様などの合理化について検討を行った。

④事業報告書の作成および成果の普及

調査・検討・試験について報告書に取りまとめた。

【令和7年度スケジュール】

作業項目	令和7年									令和8年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
委員会		●				●				●		
WG			○		○		○	○	○	○		
構造性能の詳細検証と接合部合理化検討			地震時の変形追従性確認									
			細部詳細検討									
						最適化利用の検討		構造実験				
防耐火性能の追加検証と性能評価試験に向けての検討		踊り場と躯体との緊結方法検討		耐火被覆等の検討								
						手すりや段板などの影響検討						
									耐火試験			
仕上げや施工手順や養生に関する合理化検討						組立手順の整理						
		雨養生、歩行養生方法の立案		雨養生、歩行養生方法の別案検討			雨養生、歩行養生の合理化検討					
		手すりや仕上げ仕様などの立案			手すりや仕上げ仕様などの別案検討			手すりや仕上げ仕様などの合理化検討				
その他							コスト検討		報告書作成			

実施体制

■委員長

福本　晃治　　近畿大学 建築学部 建築学科
木質構造・構造デザイン研究室　教授

■委員

森　　拓郎　　広島大学 大学院先進理工系科学研究科建築学プログラム
建築材料学研究室 教授
野田　康信　　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（接合性能評価担当）
安井　　昇　　桜設計集団一級建築士事務所 代表
小関　真琴　　木質建材評価サービス 代表
平野　　晋　　株式会社奥村組 建築本部建築設計統括部 担当部長
中里　太亮　　株式会社熊谷組 建築事業本部 建築技術統括部
建築構造技術部　副長
田中　　良　　大成建設株式会社 設計本部 先端デザイン部 木質建築推進室
寺本　武史　　戸田建設株式会社 建築設計統轄部 構造設計部 設計室長
鳥羽　展彰　　銘建工業株式会社 木質構造事業部営業部 営業推進担当 部長
飯田　尚樹　　森田建設株式会社 生産本部生産技術部　技術開発部長

■オブザーバー

加來　千紘　　桜設計集団一級建築士事務所
小松　勇太　　戸田建設株式会社 建築設計統轄部 構造設計部

■コンサルタント

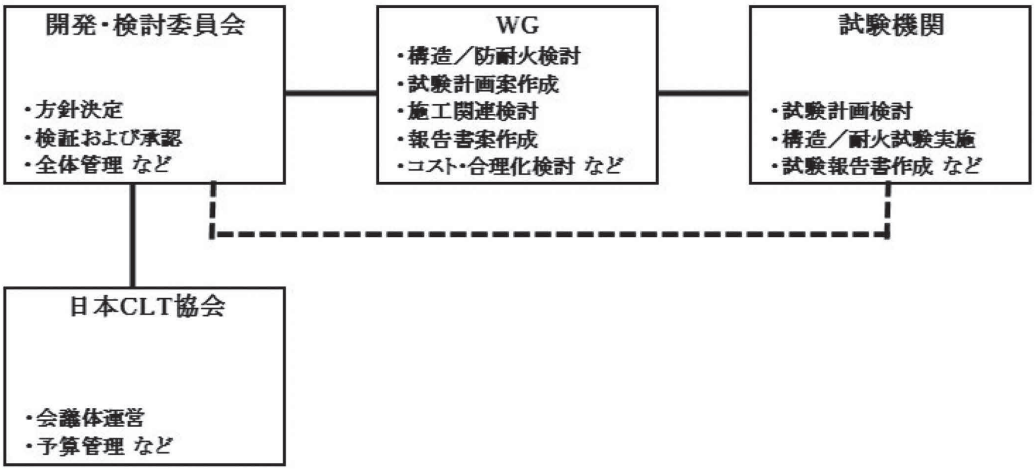
内海　　彩　　株式会社内海彩・長谷川龍友建築設計事務所 代表取締役
戸田　淳二　　株式会社中央設計 代表取締役
伊藤　一哉　　株式会社ＥＰ＆Ｂ　代表取締役

■行政

川原　　聡　　林野庁 林政部 木材産業課　木材製品技術室長
石﨑　宣彦　　林野庁 林政部 木材産業課 木材製品技術室　課長補佐
上田　萌香　　林野庁 林政部 木材産業課 木材製品技術室 企画調整係長
高橋　風鈴　　林野庁 木材産業課 木材製品技術室　建築用木材担当専門職

■事務局

木構造振興株式会社　一般社団法人日本 CLT 協会



実施した内容

①構造性能

■各階の地震時層間変形に対する階段の変形追従性確認

各階の地震時層間変形に対する階段の変形追従性について、どの程度の変形追従能力を有するかについては、十分な知見が得られていない。そこで接合部特性を仮定し、作成した解析モデルが妥当なモデルであるかを確認するため、2024 年度に実施した実験と解析結果の比較を行った。（図 1、2）そして妥当性を確認した解析モデルを用いて支点に強制変位を与え、地震時変形追従性の検討を行った。（図 3）

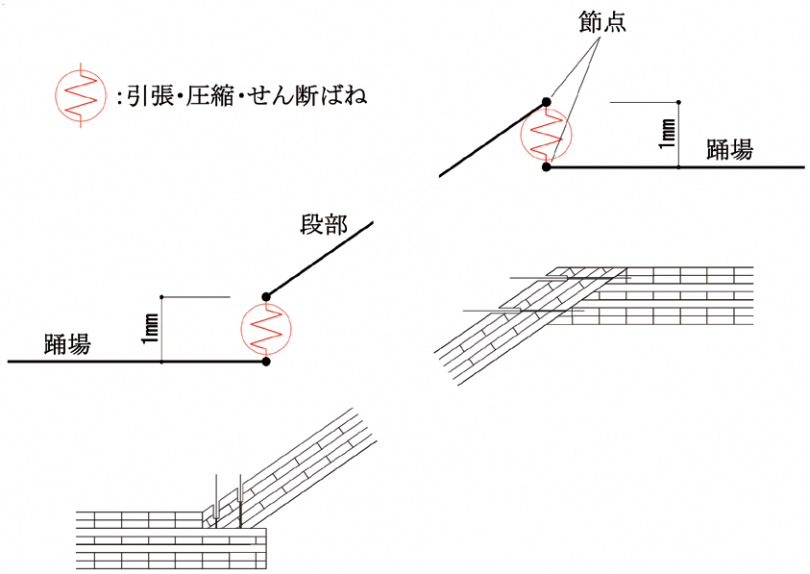


図 1　接合部モデル

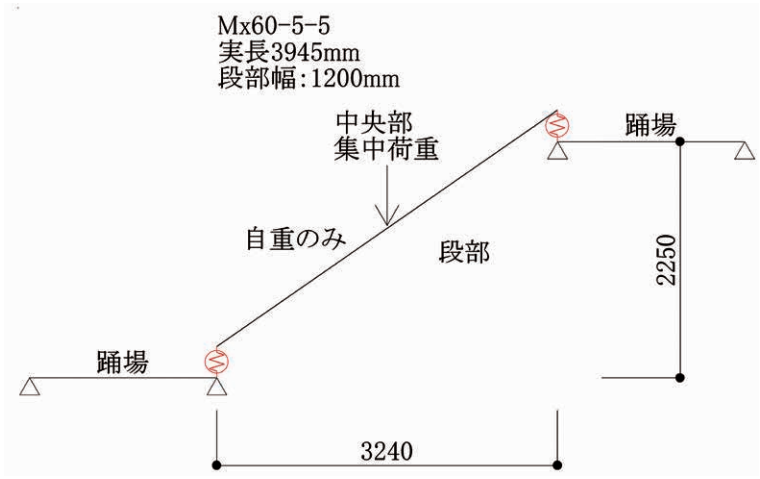


図２　解析モデル

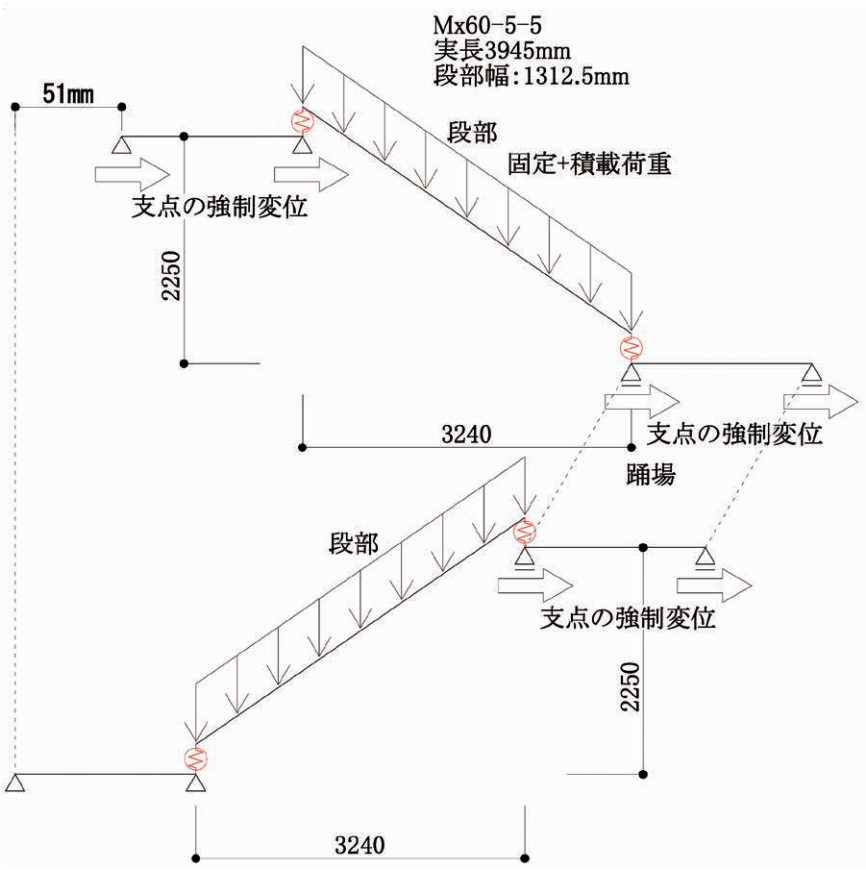


図３　強制変位解析モデル

■踊り場と躯体との緊結方法や鋼製段板と段部CLTの接合などの細部詳細検討

踊り場CLTと鉄骨躯体との接合方法は、各階床レベルでは固定、階の中間レベルでは地震時の追従性を考慮し階段方向にのみ動くような接合方法を検討した。

鋼製段板の形状及び鋼製段板と段部CLTの接合方法、手すりの接合方法の検討を行った。鋼製段板と段部CLTの接合では、製作の精度や施工性に配慮した形状の検討を行った。また、鋼製段板と手すりの接合では、段部CLTの防火性能に影響を与えない形状の接合方法の検討を行った。

■モックアップ試験施工による確認

2024年度実施した実大加力試験の試験体形状と同規模のモックアップを試験施工し、CLTや鋼製段板、手すりなどの施工性の検証、施工上の問題点の確認を行った。また歩行感、手すりの強度的感覚など体感上の確認と振動測定を行い振動性状の確認を行った。

実験日程：2025年12月15日～12月18日

実験場所：国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

試験体のCLT構成はモックアップを設置する既存鉄骨架台の構成から踊り場幅を2000mmとし、その中央に1000mm幅の段部を取り付ける構成とした。モックアップ用試験体のCLTは、段部はMx60-5-5とし、踊り場は耐火試験用試験体の残材（Mx60-5-5+耐火被覆60mmによる7層のCLT）を活用した。（図4）

鋼製段板の段数は12段とし、最下段と最上段の蹴上寸法や手すり子の間隔を変えた仕様で施工試験を行った。CLT段部幅1000mm、段板幅914mmであるが、段板はCLTの芯に合わせ取り付けを行った。（図5）

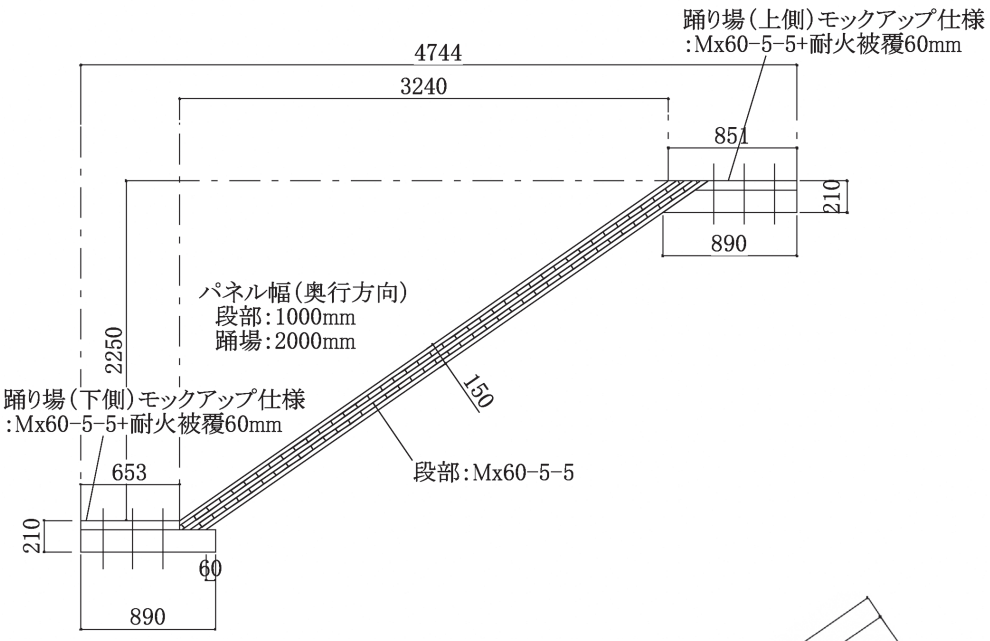


図4　CLT試験体の構成

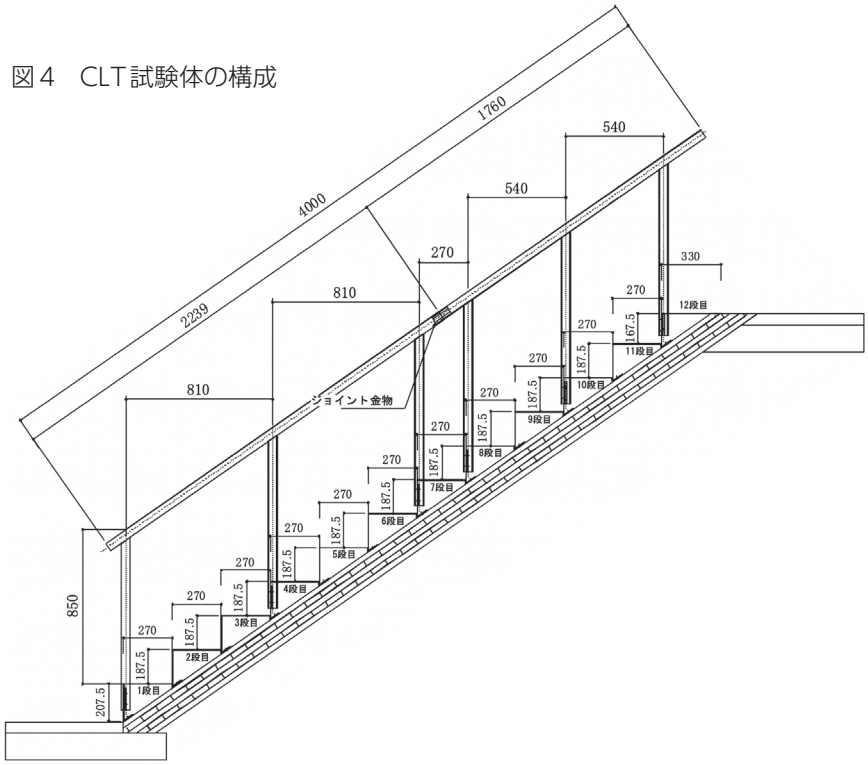


図5　段板と手すりの構成

②防耐火性能

鉄骨造・RC造等の耐火建築物において、CLTを階段の荷重支持部材として用いる場合の耐火被覆仕様、納まり等について検討を行うため、昨年度の成果を受けて、CLT階段の段部（傾斜）及び踊り場部（水平）を実物大で再現した試験体を用いた載荷加熱実験を実施した。

実験日程：2025年11月7日（金）

実験場所：（一財）ベターリビング つくば建築試験研究センター 水平炉

国土交通大臣認定取得のための性能評価試験を見据えて、性能評価機関であるベターリビングと事前協議し、試験体形状（段板5段、踊り場部）、載荷方法（65kg/段）を再現した。なお、CLTを用いた耐火構造の階段や踊り場部まで含んだ評価は前例がないため、評価方法を含め協議を行った。試験体は1体とし、試験体の左右で仕様を分けて、異なる2仕様を同時加熱とした。



写真1　水平炉への試験体の設置状況（中央に鋼製段板が見える）

[仕様1（写真1の左側）]

- 階段本体 段部（荷重支持部）：スギCLT150mm厚（Mx60-5-5）
- 階段本体 踊り場（荷重支持部）：スギCLT210mm厚（Mx60-5-7）
- 段部及び踊り場の上面耐火被覆：ヒノキ60mm厚（30mmラミナ直交2層）
- 側面耐火被覆：強化せっこうボード12.5mm厚×2枚張り
- 下面耐火被覆：強化せっこうボード25mm厚

[仕様2（写真1の右側）]

- 階段本体段部（荷重支持部）：ヒノキCLT150mm厚（Mx60-5-5）
- 階段本体 踊り場（荷重支持部）：ヒノキCLT210mm厚（Mx60-5-7）
- 段部及び踊り場の上面耐火被覆：ヒノキ60mm厚（30mmラミナ直交2層）
  ※上記2部材を一体接着し、ヒノキCLT210mm厚として製造した。
- 側面耐火被覆：なし（CLTの一部を耐火被覆と想定した）
- 下面耐火被覆：強化せっこうボード25mm厚

荷重支持部のCLTの耐火被覆として、ヒノキ60mm厚（仕様1及び2の上部、仕様2の側部）と、強化せっこうボード（仕様1の側部、仕様1及び2の下部）を用いた。ヒノキ60mm厚は昨年度の成果より、30分間の加熱に対して燃え止まりを期待できる樹種及び厚さであり、また、強化せっこうボード25mmは30分加熱に対して、荷重支持部の炭化を抑制できる可能性の高い厚さである。（図6）

加熱は、耐火構造の性能評価試験を見据えて、ISO834標準加熱曲線に準じた加熱を30分間実施し、その後、部材各部の温度が低下するまで耐火炉内で放置（1.5時間以上）とした。評価方法は、実

験終了時に主要構造部であるCLTに燃焼・炭化痕がないことにより性能（非損傷性）を評価する他、段板中央部の変形量が規定値(43mm)を超えないことを確認することとした。

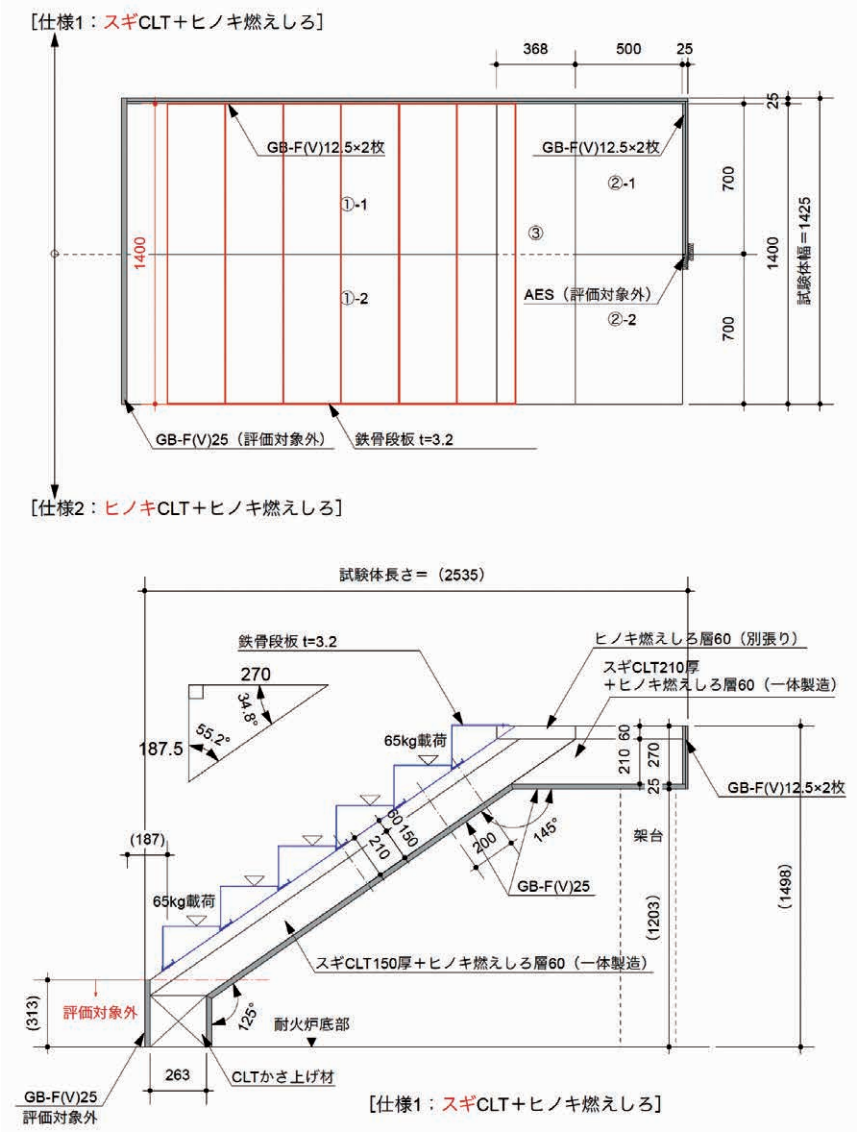


図６　加熱実験の試験体概要（断面図は仕様１を代表として例示）

③施工・養生・仕上げ

CLT階段を中大規模建築へ適用することを想定し、一例として、狭小地かつ多層階建築における施工条件を前提として、施工手順および養生方法の合理化に関する検討を行った。運搬および揚重を考慮した組立手順については、地上７階＋ペントハウス１階、鉄骨造という条件を仮定し、鉄骨建て方工程と同時施工を前提とした階段建て方計画を検討した。（図７）施工BIMを活用し、工程を4D化することで、部材搬入、揚重および建て方工程の時系列的な整理を行った。また、施工時の雨養生および歩行養生については、仮設計画との整合を図りつつ、部分養生および開閉式全天候型養生を想定した検討を行うとともに、撥水加工や養生シート等の仕上げ対応について整理した。

CLT階段段部における手すりと踊り場と階段段板における床の仕上げについて仕様検討を行った。手すりの検討は図８に示す３種類の手すり支柱間隔と手すり及び手すり支柱の形状をCLT階段のモックアップ製作施工時に安全性や施工を確認しながら検討した。また、階段段板と踊り場の床仕上げは昨年度の仕様を踏まえて、防耐火性能や施工性及びコストを考慮しながら、仕様を検討した。

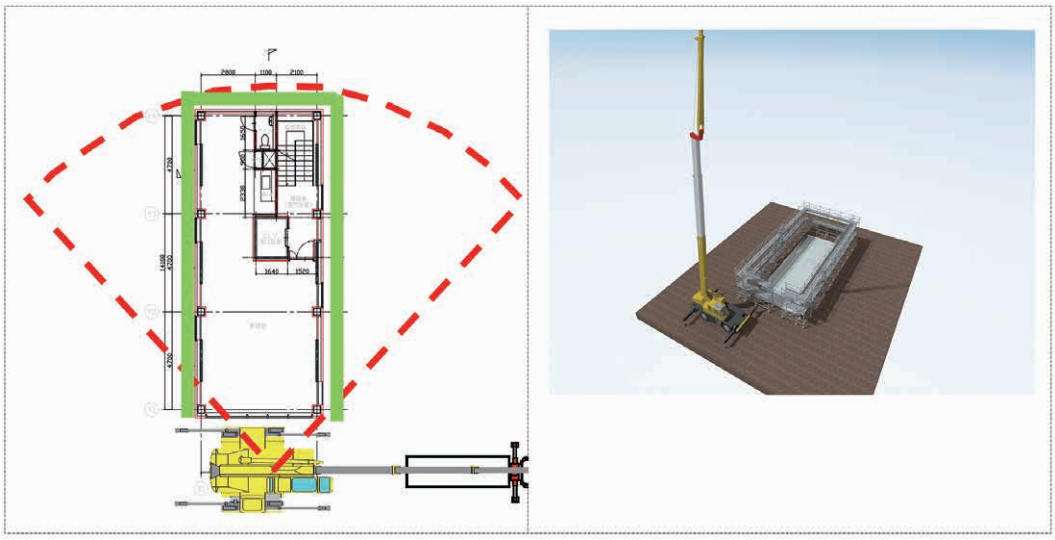


図７　鉄骨建て方時と合わせた施工計画

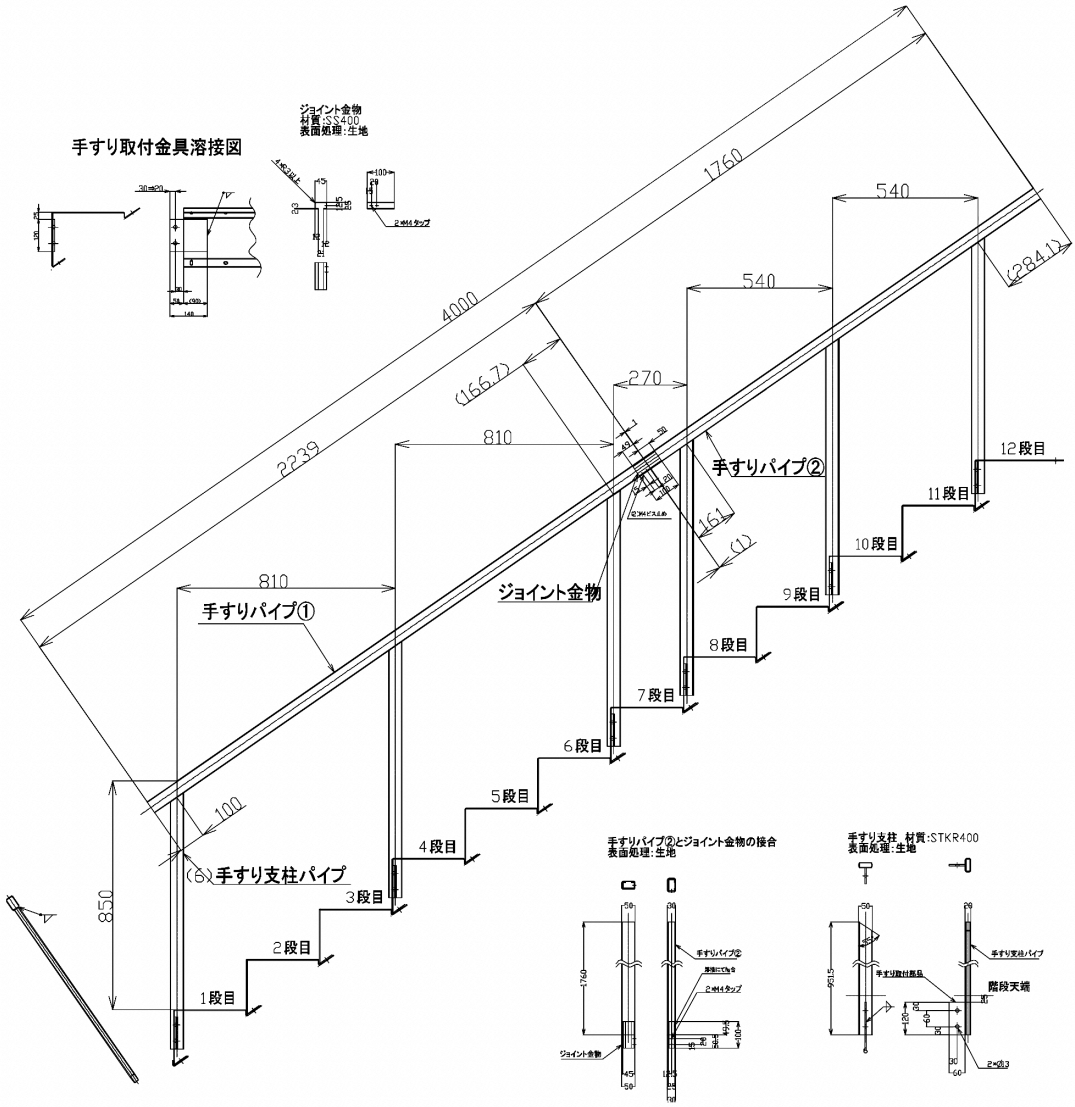


図８　階段手すりのモックアップ検討時の仕様

実施した結果

①構造性能

■各階の地震時層間変形に対する階段の変形追従性確認、FEM検証

妥当な解析モデルであるかを確認するため、2024年度に実施した実験と解析結果の比較を行った。200kNを目標荷重とし増分解析を行った結果を図９に示す。実験値と比較した解析は以下のA・B・Cの３パターンとした。なお段部のMx60-5-5強軸方向のヤング係数は「2024年版　CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル」に示された値を基準値とし用い、Cについては、「CLT等新たな製品・技術の開発・普及事業（CLT強度データ収集）成果報告書」を参考にヤング係数を仮定した。

A. 段部のヤング係数Eを基準値（4.728kN/mm^2）とした解析

B. 段部のヤング係数Eを基準値とし、接合部剛性を10倍にした解析

C. 段部のヤング係数Eを8.2kN/mm^{2}とした解析（接合部特性はAと同様）

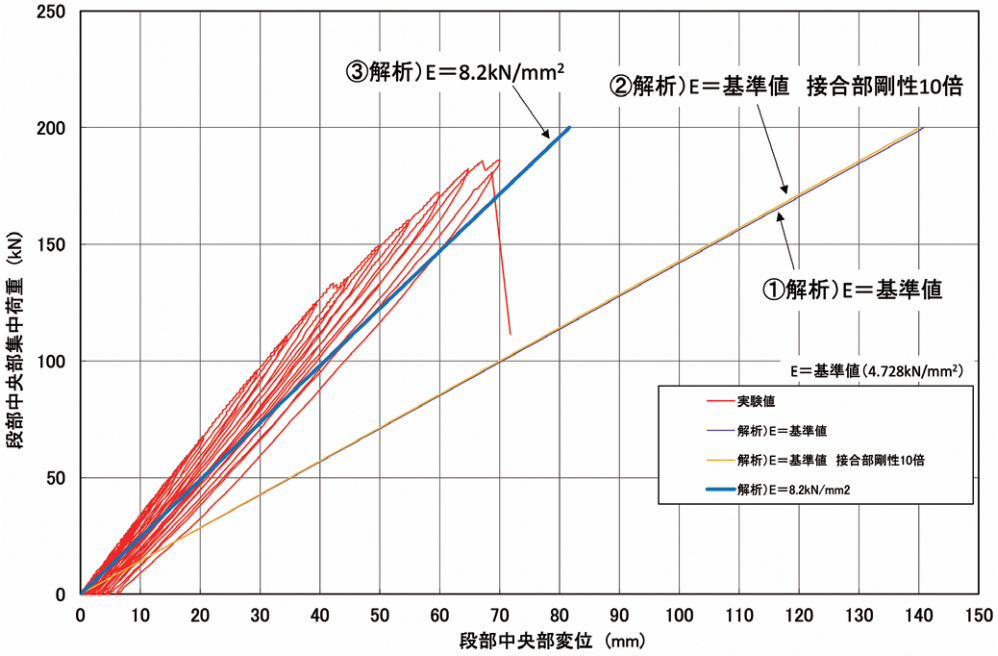


図９　実験値と解析値の比較

Aの解析を実施すると、実験値より剛性が低くなったため、接合部の剛度を上げる目的で接合部特性の剛性を10倍にしたBの解析を実施したが、結果に大きな変化は見られず、接合部特性の大小が解析結果に与える影響は少ないと推察される。試験体の段部ヤング係数が基準値より高かった可能性も考えられたためCの解析（接合部特性はAと同様）を行ったところ、実験値に近い解析結果となった。これらより実験値を捉える目的であれば、仮定した接合部特性であっても問題がないと判断した。

支点に強制変位を与え地震時変形追従性の検討を行うため、接合部を非線形ばねとした解析モデルに固定荷重と積載荷重を載荷させ、層間変形角が1/100rad（＝2250×2/100＝51mm、中間階踊場は25.5mm）に達するまで非線形変位増分解析を行った。(図10)階段部は中間階踊場に右方向へ押し込まれるように、下階段部は下階踊場から離されるように強制的に変形させられている。これは上下階の段部と踊場のせん断接合部が降伏し、終局変形を超えたためであり、仮定した接合部特性では変形追従性を考慮すると性能が不足するという結果であった。下階段部と中間階踊場の引張接合部も抵抗していたが、引張接合部とせん断接合部を比べると剛性・耐力ともに引張接合部が高い設定となっているため、今回の仮定条件の下ではせん断接合部の先行破壊になったと考

えている。

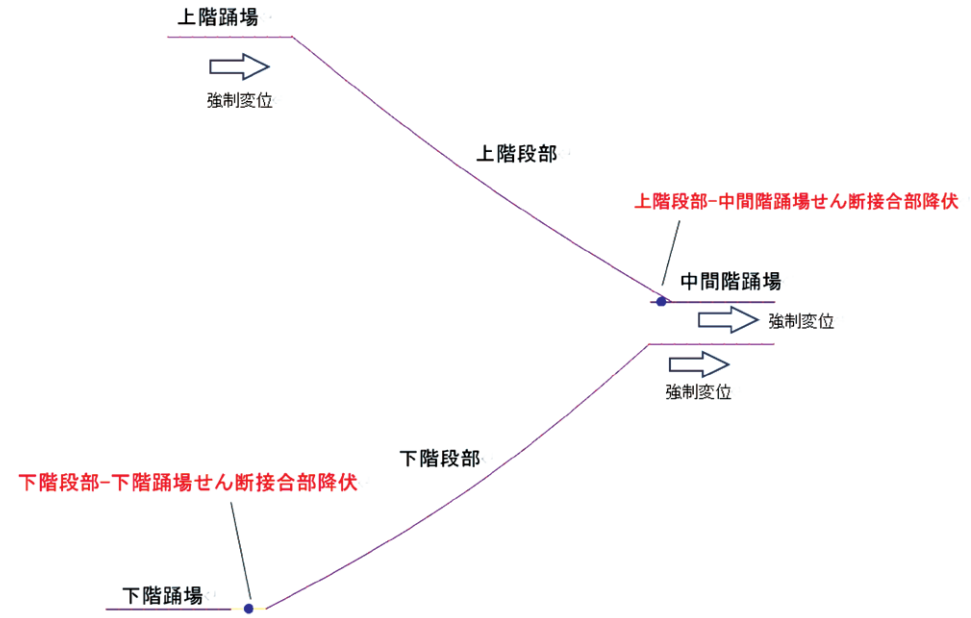


図 10　支点の強制変位解析結果

■踊り場と躯体との緊結方法や鋼製段板と段部 CLT の接合などの細部詳細検討

図 11 に構造金物留めビスによる踊場と躯体の接合方法について示す。躯体である片持ち梁の上フランジに先孔をあけておき、踊り場 CLT を設置後、下から構造用金物留めビスにより片持ち梁上フランジ、耐火被覆、踊り場 CLT を止付ける方法である。階の中間レベルの踊り場 CLT は地震時の追従性を考慮し階段方向にのみ動く接合とするため、鉄骨上フランジの先孔をルーズホールとすることで動ける機構とする。

鋼製段板の形状を図 12 に示す。鋼製段板は加工精度と施工の容易さを考慮して 1 段ごと分割した形状とする。CLT への接合には、中央部は構造用ビス・両端はボルトスクリューを採用する。板厚は、段部を線材モデルに置換し、曲げ応力度・せん断応力度・変形量の検討を行い決定する。検討に用いた荷重は大人 1 人の平均体重 70kgに衝撃荷重 1.3 倍を見込んだ 1kN を集中荷重として考慮した。その結果、板厚 3.2mm で問題ない事を確認した。

手すりの形状を図 13 に示す。CLT の構造体の耐火性能に影響を及ぼさないように、手すりは鋼製段板に溶接したガセットプレートにボルトで接合する方法とする。

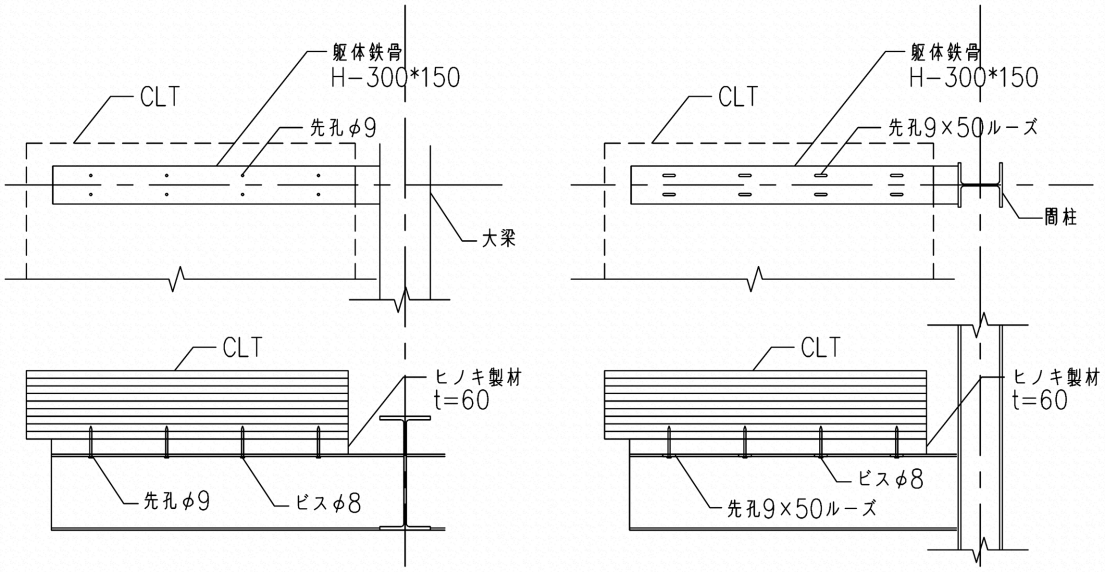


図 11　構造用金物留めビスによる接合方法

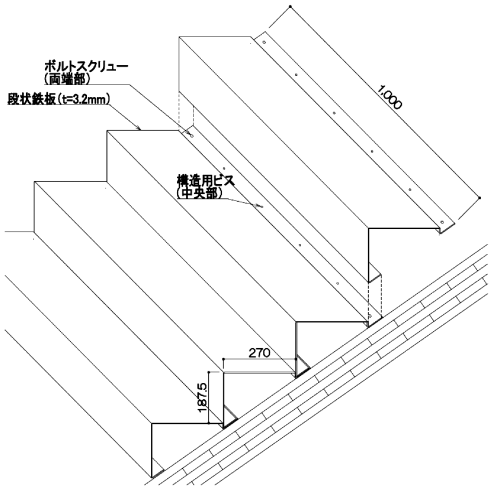


図12　鋼製段板の形状

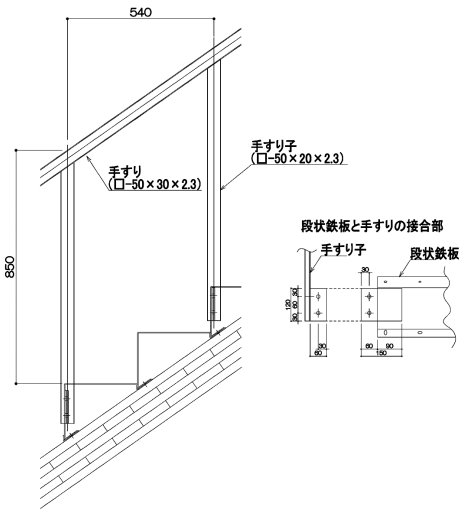


図13　手すりの形状

■モックアップ試験施工による確認

CLTの踊場を仮設置し、段部の矩寸法と同一となるように踊場の位置調整を行い、鉄骨架台に上下の踊場をボルト固定した。その後、段部をクレーンで据え置き、各部の納まり調整をして段部と踊場をビスで緊結した。CLTの加工精度が高かったこと、踊場の設置位置が正確に出ていたことから問題なく施工できた。次に鋼製段板、手すりの施工では、現場加工で納めた部分が多数あり、製作図精度と製品品質の向上のための課題が抽出できた。歩行感覚や手すりの強度的感覚の確認を行ったところ、体感上、少し振動を感じる点や昇降時に「ギシギシ」と鋼製段板の重なり部分で鋼板が擦れて音鳴りが発生していたことが確認された。昇降時の音については、段板の構成等の改良が必要である。手すりを面外方向に強めに押す、または力強く揺動を繰り返し加えたが、現状の接合方法で強度や剛性が不足していると感じることはなかった。(写真2～5)

振動測定の結果、固有振動数が17.5Hzであることが確認できた。日本鋼構造協会「これからの歩道橋 付.人にやさしい歩道橋計画設計指針」に基づき評価を行うと、歩道橋指針が対象とする振動数範囲（10Hz以下）では「歩行時：少し感じた」を概ね満足する居住性能であることが確認できた。



写真2　CLT段部の施工



写真３　鋼製段板の取り付け



写真４　手すりの取り付け



写真５　施工完了後、加速度計設置

②防耐火性能

ISO834 標準加熱曲線に準じた 30 分間加熱を実施し、その後、3 時間 30 分、耐火炉内で放置し、脱炉して各部の目視観察を行った。（写真 6 ～ 11）

仕様ごとに、CLT 上面、側面、下面の耐火被覆の効果についてまとめる。下記の部位ごとの「○」は耐火性能が確保できた部位、「△」は一部に燃え込みがあり耐火性能が一部分で確保できなかった部位、「×」はさらなる検討が必要な部位を示す。



写真 6　30 分間加熱中の炉内の様子



写真 7　加熱放置中の炉内の様子



写真 8　30 分加熱 3.5 時間放置後の試験体全景（消火注水前）

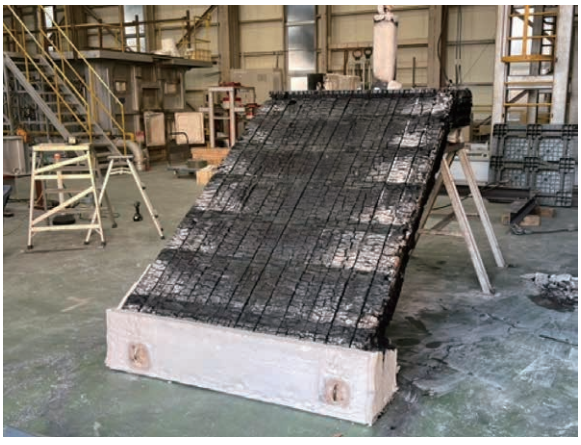




写真 9　CLT 上面の耐火被覆（ヒノキ 60mm 厚）の燃え止まりの様子



写真10　仕様1の出隅部の燃焼継続



写真11　下面端部の炭化状況

[仕様1（荷重支持部材：スギCLT）]

○**上面**（ヒノキ60mm厚）：上面から20mm程度均一に燃え込み、残存断面40mm程度を残して燃え止まった。

△**側面**（強化せっこうボード12.5mm厚2枚張り）：上面のヒノキ60mm厚の耐火被覆及び下面の強化せっこうボード25mmとの取り合い部で燃焼継続及び炭化が見られた。部材同士の取り合い部（出隅部など）からの入熱が原因と考えられるため、その部分の補強（強化せっこうボードの厚さの増加（27.5mm）、ビス本数の追加、せっこうボード用接着剤の併用など）で解決できると考えられる。

△**下面**（強化せっこうボード25mm厚）：側面と同様に、側面との取り合い部からの入熱が原因で燃焼継続及び炭化が見られたため、側面と同様の補強で解決できると考えられる。

以上をまとめると、上面、側面、下面については、平部については耐火被覆として十分な耐火性能を確保できているため、側面及び下面の出隅部について改良することで、階段としての30分間の耐火性能確保が可能と考える。

[仕様2（荷重支持部材：ヒノキCLT）]

○**上面**（ヒノキ60mm厚）：上面から20mm程度均一に燃え込み、残存断面40mm程度を残して燃え止まった。

×**側面**（なし：ヒノキCLTの一部を耐火被覆と想定）：上面のヒノキの耐火被覆付近やラミナ同士の接着面において、赤熱燃焼が継続している部分があった。加熱終了後3時間30分の放置では、全面についての燃え止まりは確認できなかった。

△**下面**（強化せっこうボード25mm厚）：側面付近（端部）においてCLTの部分的な炭化が見られた。耐火被覆端部からの入熱が原因と考えられるため、その部分の補強（強化せっこうボードの厚さの増加（27.5mm）、ビス本数の追加、せっこうボード用接着剤の併用など）で解決できると考えられる。

以上をまとめると、上部及び側部について、ヒノキCLTを耐火被覆とするには、2面加熱を受ける出隅部についてさらなる検討が必要あると考えられる。

本事業の加熱実験より、**仕様1**の強化せっこうボードの厚さと留め付け方法を改良することにより、30分耐火構造の階段に求められる耐火性能を確保できる見通しがついたと言えるだろう。

③施工・養生・仕上げ

検討の結果、狭小地かつ多層階建築という制約条件下においても、CLT階段を鉄骨建て方工程と同時に施工することが可能であり、踊り場から段床へと階ごとに施工する合理的な組立手順を整理した。（図14、15）施工BIMによる4D検討を通じて、運搬・揚重・建て方工程の干渉を事前に確認でき、施工計画の妥当性を示した。また、雨養生および歩行養生については、養生方法および仕上げ対応を組み合わせることで、施工中の雨水影響や歩行による損傷を低減し、CLT階段の品質を確保するため

の基本的な考え方を整理した。

昨年の仕様は踊り場の床仕上げ仕様をカラマツ製材 40mm またはヒノキ製材 40mm 耐火被覆の上に鉄骨下地＋縞鋼板 t4.5 とした（図 16）が、防耐火性、施工性、軽量化及び鋼製階段との納まりの検討から、ヒノキ製材 60mm の耐火被覆の上に仕上しろを 25mm とした（図 17）。合板等でレベル調節の上、塩ビシート、P タイル、フローリング等での仕上げが可能である。

階段段板（踏板＋蹴込板）は鋼板 t3.2 で構成し、縞鋼板＋塗装、または階段用塩ビシート貼りにて仕上げることとしている。

手すりの詳細は今年度の事業で新たに固定方法を含めて仕様検討を行った。手すり支柱は、蹴込板裏に工場溶接で St-PL 3.2mm を取付け、支柱側のプレートとボルト締めで現場固定する方法とした。手すり支柱パイプの間隔は図 8 に示す蹴込板の 3 段間隔（810mm 間隔、手すり 1 部材の全長長さ 2239mm）で運搬搬入と設置がしやすい部材の大きさとした。手すり部材同士はジョイント金物による接続とし、支柱パイプを□50 × 20 × t2.3、笠木パイプは□50 × 30 × t2.3 としている（図 8）。

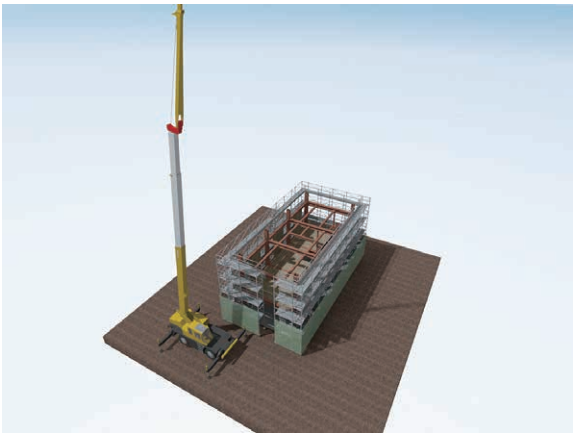


図 14　総合仮設計画の検討

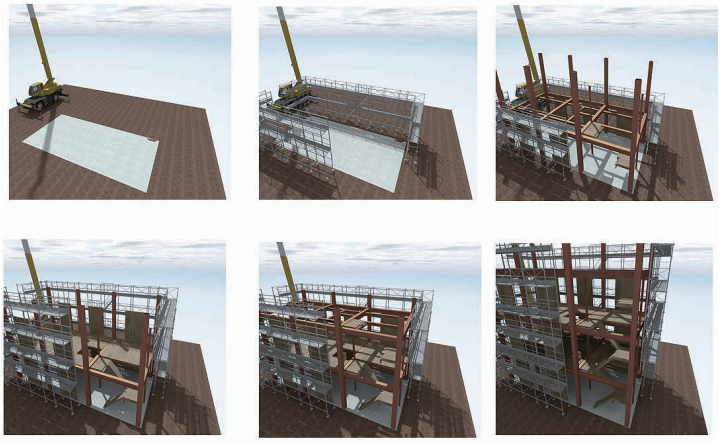


図 15 施工フローの検討

狭小地であるがための施工計画の検討

【階段建て方施工条件の整理】

① 狭小地での施工 ⇒ クレーン施工

② 階数　7 階＋ P1 ⇒ S 建て方同時施工

③ 建て方順 ⇒ 踊り場～段床 / フロアー毎

④ CLT の吊りこみ ⇒ 協会推奨品

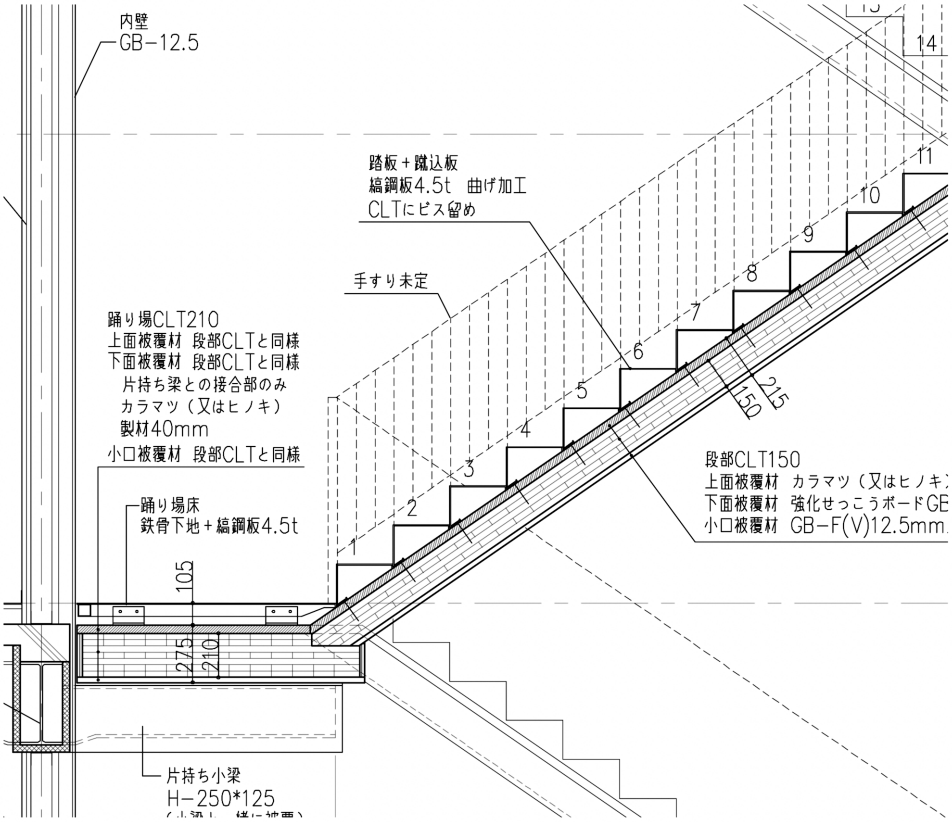


図16　2024年度検討時の仕様

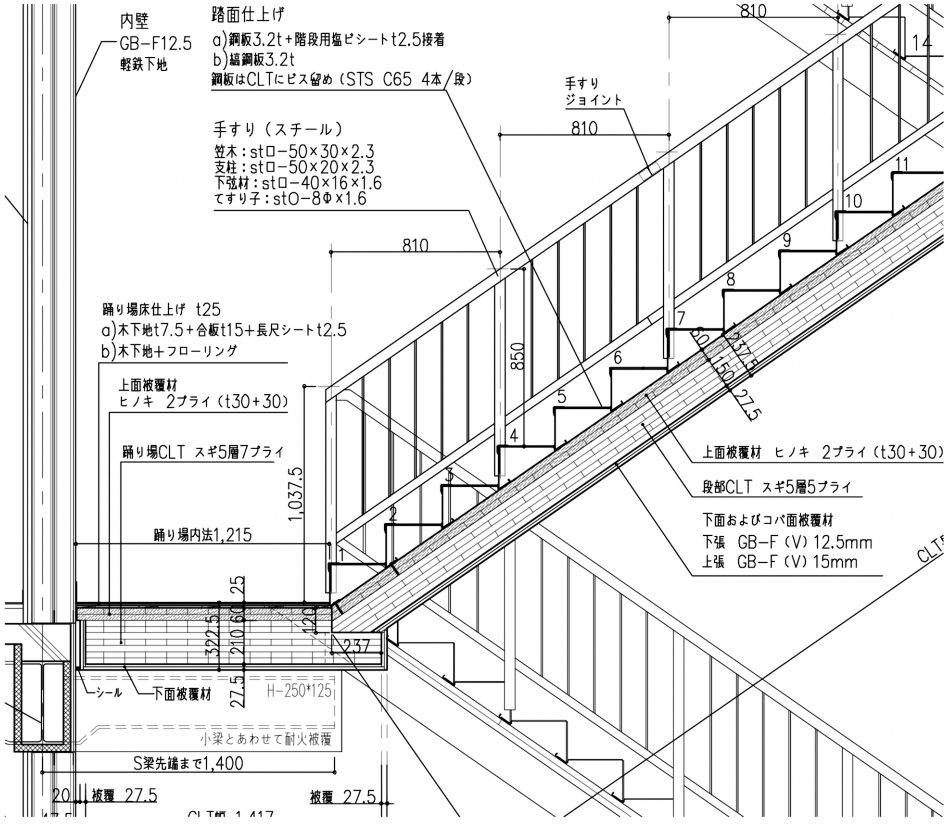


図17　2025年検討時の仕様

今後の課題・展開等

本事業では、事務所ビル等の避難階段に適用可能な「CLTパネル＋鋼板」により構成される階段の開発を行っている。

昨年度事業では、CLTパネルによる階段の構成方法を立案し、構造解析と構造実験により強度確認を行うと共に、耐火被覆の候補となる木質材料と不燃材料の耐火性能確認のための要素実験を行なった。

今年度事業では、段板や手すりの仕様・接合方法を立案し、モックアップ施工による組立上の問題点抽出と歩行振動の測定および解析を行い、防耐火に関する30分耐火性能確認実験を実施した。

今後は、今年度事業で明らかとなった①CLT階段の組立を支障なく行うために必要な材料の製作精度基準、②一定の歩行感を得るための仕様の見直し、③30分耐火性能を確保するための耐火方法の納まり検討を行っていく。

また、普及効果を高めるために、仕様やディテールの合理化に向けた検討をさらに進めコスト合理性を追求するとともに、CLTを用いた階段を計画しようとする設計者や施工者が容易に構造計算や耐火仕様設定・施工計画を行えるような、検討方法や仕様に関する指針等の情報の提供に取り組み、その実効性を確認するための実証事業を行い、指針等のブラッシュアップを図りたいと考えている。

事業

中大規模木造・鉄骨造・鉄筋コンクリート造等へ適用する鉄筋コンクリート+LVLの複合床の開発

● 実施団体 ●

一般社団法人 全国LVL協会

〒136-0082　東京都江東区新木場1-7-22　新木場タワー8F

事業目的

耐火・振動・遮音性能に優れた鉄筋コンクリート床で使用される鉄製のデッキプレートの代わりに地域材の単板積層材LVLを用いたデッキプレートを用いた複合床を開発する。脱炭素効果に加えて施工性、経済性の上昇が期待でき、中大規模木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造等の混構造において木質化の促進に貢献する。

実施した項目

■複合床の仕様と適用部位の整理

複合床としてRCスラブを受ける型枠兼表しのデッキプレートとして高い曲げ剛性を持ち、意匠性に優れるLVLの仕様を検討した。（図1）先行事例としてRC造LVLを用いたストレストスキンパネルの事例を示した。（写真1）検討が必要になる構造・耐火・遮音・内装制限等の考え方を整理した。

フランジ寸法：厚30㎜前後×幅910～1200mm×長3M～12M

ウェブ寸法　：厚50㎜前後×せい：300mm以上×長3M～12M

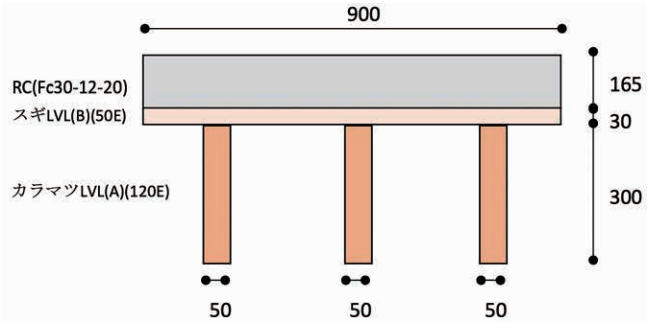


図1　RCスラブとLVLストレストスキンパネル複合床の例



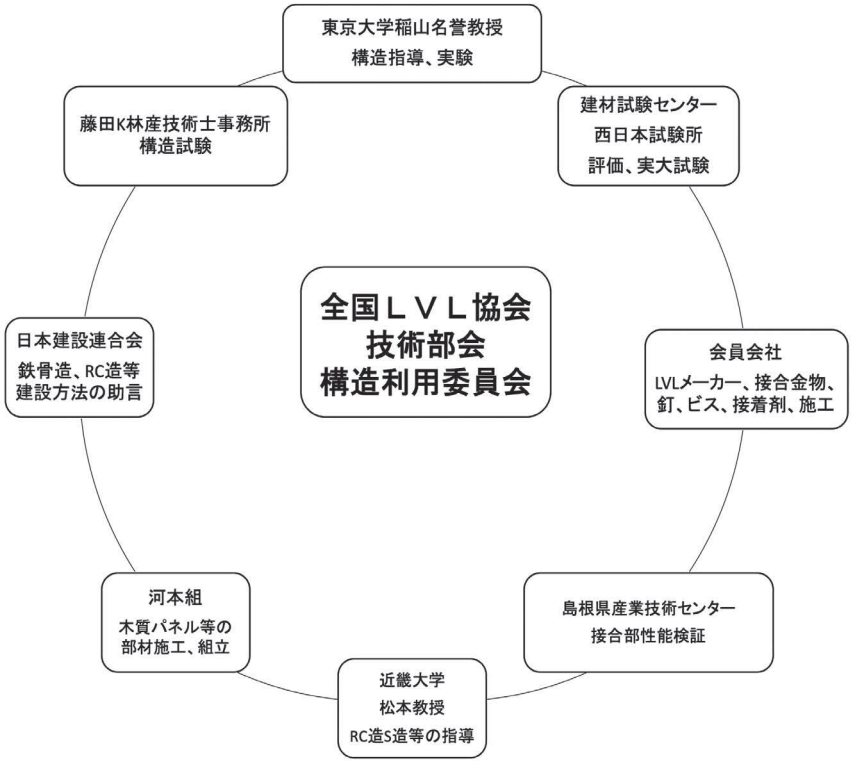
写真1　LVLストレストスキンパネルとRCスラブで構成された床の例
（福岡県嘉麻市稲築東義務教育学校）

■RCスラブとLVLのせん断力伝達方法の検討とせん断性能把握

他で実施された検討事例を参考にし、せん断性能の大小を把握するために１面せん断試験を12仕様行った。得られたせん断性能と施工性を検討し、各仕様せん断性能のばらつきを確認するために、１仕様３体のせん断試験を計19体行った。実大サイズの複合床を３体作成し、曲げ試験を行ってLVLとRCスラブの一体性を検証した。

実施体制

平成21年から技術部会に構造利用委員会を設置、研究・開発活動を続けてきた。地域材LVLを用いた効率的な断面設計をしたI形・BOX形梁やストレストスキンパネルを開発、様々な非住宅物件に適用されている。



全国LVL協会：　事業主体。構造用LVLメーカー、ビス・接合金物・接着剤製造会社や木施工会社等の木造構造躯体に関連する会員会社が本事業に必要な建築資材を提案。開発後の普及・技術提案の主体も兼ねる。

稲山先生（東京大学名誉教授）：　委員長としてLVLの構造特性を生かした複合床の仕様と設計施工の観点からアドバイスを行う。

島根県産業技術センター：　長年のLVL同士の接着ビス接合部強度特性の評価の経験からより合理的な接合方法についてアドバイスを行う。

近畿大学：　仕様についてのアドバイスおよび複合床の性能試験実施。

広島大学：　複合床の検討経験からのアドバイスを行う。

建材試験センター：　複合床の検討、試験についてのアドバイスを行う。

日本建設業連合会：　RC造、鉄骨造施工の立場からのアドバイスを行う。

日建設計：　複合床の開発設計施工経験からのアドバイスを行う。

河本組：　複合床の試験体製作、実物件の施工経験等からのアドバイス。

藤田Ｋ林産技術士事務所：　試験および評価、アドバイス。

実施した内容

■複合床の仕様と適用部位の整理

複合床としてRCスラブを受ける型枠兼表しのデッキプレートとして曲げ剛性を持つLVLの仕様を検討した。（図１）

●対象建築物と部位

S造・RC造・木造の床・屋根が想定される。本事業では「床」としての性能把握をまず優先し、接合部方法等は来年度以降検討する。

●複合床部材詳細

RCスラブ厚（スパン４M程度）では通常（住宅厚150mm以上、事務所厚150～180mm以上（フラットデッキ））ボイドスラブ（パイプ）では厚230mm程度。（ボイドスラブメーカー２社にヒアリングを行った）RCスラブ内の鉄筋は上下２列に配置。木部は断面設計による木材使用量の低減やデザインの差異をつけることを考えてLVLのストレストスキンパネルT字とする。

RCスラブと木部のせん断力伝達として、斜めビス、コーチスクリュー、接着ビス接合したLVLの塊等を検討した。

●設計項目について

【構造】想定するスパンはS造を構成する３～４M（デッキスラブ）　または　RC造・木造で７～10M程度。建築基準法上の荷重負担はRC造のみで成立させるか複合床として考えるかはまた来年度以降に検討する。本年はせん断性能を把握し、スラブ厚や木部LVLの梁せいなどにかかわらず運用できるようにする。曲げ剛性EIはスラブ厚150mm単独で7.17×10^{12} N*mm^{2}程度、LVL部分単独で2.84×10^{12} N*mm^{2}程度（梁せい300mm）で、スラブと木部を同程度の剛性にすることは可能である。

【耐火】現状は告示でのスラブ厚：70mm（１時間耐火構造）100mm（２時間耐火構造）である。（住宅、事務所共通）適用仕様がなるべく告示で読めるようにし、耐火構造大臣認定取得はやらずにすむ方向とする。

【振動・遮音】ボイドスラブの場合、現状スラブ厚210mm～250mm程度が必要

【天井木質化と内装制限】S造でのデッキスラブ＋天井面木の意匠を実現するタイプは２団体ほどが商品化・耐火構造認定を取得しており、ヒアリングを行ったところ、LVLを内装材として適用することはまだハードルが高い。木表しで塗装等で防火材料として適用できる認定品については様々な会社・団体が認定取得あるいは開発中と聞いている。本事業では検討対象とせずに個別対応とする。

【権利関係（関連特許）】例えば、特開2021-173020、特開2025-101584(P2025-101584A)などがある。本事業ではデータの無いLVLでの基礎的な開発およびデータ取得を優先する。実物件適用に関して権利関係の検討が必要になる場合は個別に対応する。

■RCスラブとLVLのせん断力伝達方法の検討とせん断性能把握

１面せん断性能を検討する予備試験として12仕様を行った。（表１、図２、写真２，３，４）斜めビス、LVLのみ、コーチスクリューのみ、および両者組合せである。一部仕様についてスラブとLVLをエポキシ接着する仕様を設定した。

- １面せん断試験２回目（ばらつき検討ための４仕様×３体＝12体　計19体）
- 実大サイズ床の曲げ性能検討：３体

予備試験を踏まえて、性能と施工性を期待できる仕様（表２）について１面せん断試験体を作成し、試験を実施して特定値を算出した。（図３、写真５，６）実大サイズ床についてはボイドスラブ仕様を加えて計３体を作成した。（表3，図４，写真７～11）

表１　試験体仕様（１面せん断予備試験）

試験体名	数量	せん断要素	RCとLVLの界面	RCスラブ	木部
No.01	1	ビス全ねじ　φ8×L320　45度斜め パネリードPX8　㈱シネジック製	防水塗装	普通コンクリート （Fc30-12-20） シングル配筋D10@200	フランジF：カラマツLVL　A種50mm厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105mm角　接着ビス接合
No.02	1	ビス全ねじ　φ8×L320　45度斜め XpointプラスZ-H8　㈱若井産業製	防水塗装		フランジF：カラマツLVL　A種50mm厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105mm角　接着ビス接合
No.03	1	ビス全ねじ　φ9×L320　45度斜め パイルパイクビスPPT9　㈱カナイ製	防水塗装		フランジF：カラマツLVL　A種50mm厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105mm角　接着ビス接合
No.04	1	ビス全ねじ　φ8×Ｌ300　45度斜め RAPID　シュミット　カウンターシャンク（皿フレキ）頭大	防水塗装		フランジF：カラマツLVL　A種50mm厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105mm角　接着ビス接合
No.05	1	ビス全ねじ　φ8×Ｌ300　45度斜め RAPID　シュミットシリンダー（筒）　頭普通	防水塗装		フランジF：カラマツLVL　A種50mm厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105mm角　接着ビス接合
No.06	1	ビス全ねじ　φ8×L320　45度斜め XpointプラスZ-H8　㈱若井産業製	エポキシ接着		フランジF：カラマツLVL　A種50mm厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105mm角　接着ビス接合
No.07	1	六角コーチスクリューφ16×180　90度打	防水塗装		カラマツLVL　A種150mm角
No.08	1	六角コーチスクリューφ16×180	エポキシ接着		カラマツLVL　A種150mm角
No.09	1	カラマツLVL　厚50×幅50　接着ビス留め	防水塗装		カラマツLVL　A種150mm角
No.10	1	カラマツLVL　厚50×幅50　接着ビス留め	エポキシ接着		カラマツLVL　A種150mm角
No.11	1	カラマツLVL　厚50×幅50　接着ビス留め ＋　六角コーチスクリューφ16ｘ180　90度打	防水塗装		カラマツLVL　A種150mm角
No.12	1	カラマツLVL　厚50×幅50　接着ビス留め ＋　六角コーチスクリューφ16ｘ180　90度打	エポキシ接着		カラマツLVL　A種150mm角

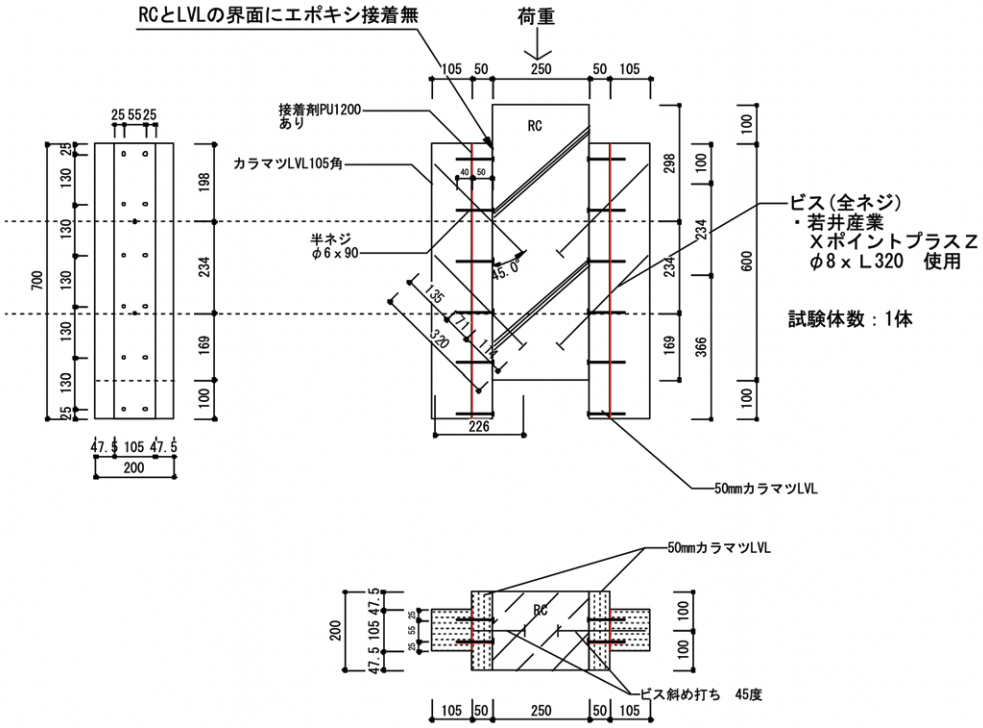


図２　１面せん断試験体（斜めビス）

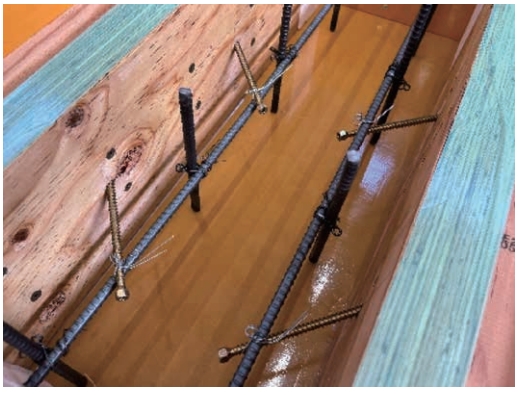


写真２　斜めビス

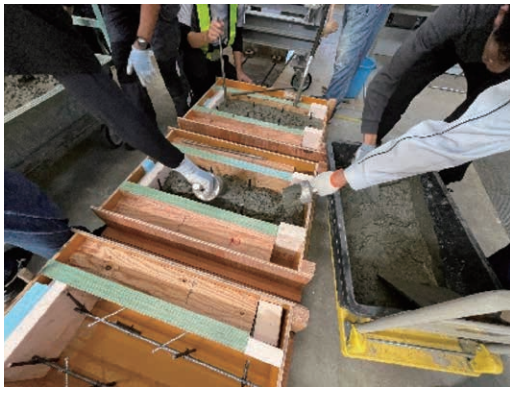


写真３　スラブ打設

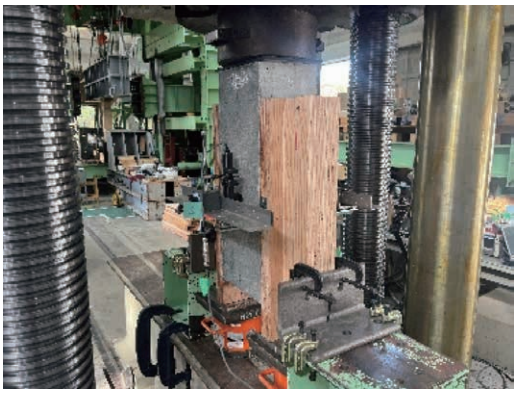


写真４　一面せん断試験

表２　試験体仕様（１面せん断試験２回目）

試験体名	数量	せん断要素	RCとLVLの界面	RCスラブ	木部
No.1	3	カラマツLVL　厚50×高65　接着ビス留め ＋六角コーチスクリューφ12ｘ150(Zマーク)　90度打	防水塗装	普通コンクリート （Fc30-12-20） シングル配筋D10@200	フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105ｍｍ角　接着ビス接合
No.2-1	3	ビス全ねじ　φ8×L230　45度斜め パネリードPX8　㈱シネジック製			フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105ｍｍ角　接着ビス接合
No.2-2	3	ビス全ねじ　φ8×L230　45度斜め パネリードPX8　㈱シネジック製			フランジF：カラマツLVL　A種50ｍｍ厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105ｍｍ角　接着ビス接合
No.2-3	3	ビス全ねじ　φ8×L230　45度斜め パネリードPX8　㈱シネジック製			フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚 ウェブW：スギ製材65E　105ｍｍ角　接着ビス接合
No.3-1	1	ビス全ねじ　φ8×L230　45度斜め XpointプラスZ-H8　㈱若井産業製			フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105ｍｍ角　接着ビス接合
No.3-2	1	ビス全ねじ　φ8×L230　45度斜め XpointプラスZ-H8　㈱若井産業製			フランジF：カラマツLVL　A種50ｍｍ厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105ｍｍ角　接着ビス接合
No.3-3	1	ビス全ねじ　φ8×L230　45度斜め XpointプラスZ-H8　㈱若井産業製			フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚 ウェブW：スギ製材65E　105ｍｍ角　接着ビス接合
No.4-1	1	ビス全ねじ　φ9×L220　45度斜め パイルパイクビスPPT9　㈱カナイ製			フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105ｍｍ角　接着ビス接合
No.4-2	1	ビス全ねじ　φ9×L220　45度斜め パイルパイクビスPPT9　㈱カナイ製			フランジF：カラマツLVL　A種50ｍｍ厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105ｍｍ角　接着ビス接合
No.4-3	1	ビス全ねじ　φ9×L220　45度斜め パイルパイクビスPPT9　㈱カナイ製			フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚 ウェブW：スギ製材65E　105ｍｍ角　接着ビス接合
No.5	1	カラマツLVL　厚50×幅50　接着ビス留め ＋六角コーチスクリューφ12ｘ150(Zマーク)　45度斜め			フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚 ウェブW：カラマツLVL　A種105ｍｍ角　接着ビス接合

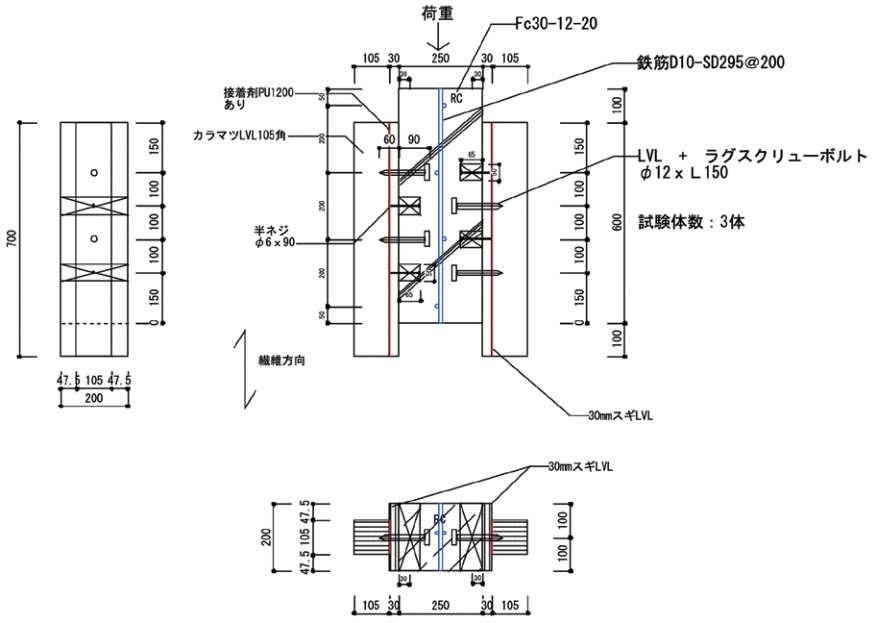


図３　１面せん断試験体（LVLとコーチスクリュー）



写真５　LVLとCスクリュー



写真６　LVLとCスクリュー（拡大）

表３　試験体仕様（実大曲げ）

番号	数	せん断要素	RCスラブ 普通コンクリート（Fc30-12-20）	木部(LVLストレストスキンパネル)
No.1	1	六角コーチスクリューφ12ｘ150ｍｍ@150（Zマーク）＋ カラマツLVL@150　厚50ｍｍ（積層面）×幅65ｍｍ（板目面）	スラブ厚165ｍｍ　D13、D10	フランジF：スギLVL　B種30ｍｍ厚　スラブ接触面に防水塗装 ウェブW：カラマツLVL　A種50ｍｍ×300ｍｍ@300 F-W接合：木質構造用半ネジ　φ6×90ｍｍ@150 ウレタン接着剤塗布
No.2	1	全ねじビス　φ8×L230ｍｍ@310　45°打ち	スラブ厚165ｍｍ　D13、D10	
No.3	1	全ねじビス　φ8×L230ｍｍ@310　45°打ち	スラブ厚230ｍｍ　D13、D10 鋼製ボイドオーバル@310　高100ｍｍ×幅200ｍｍ	

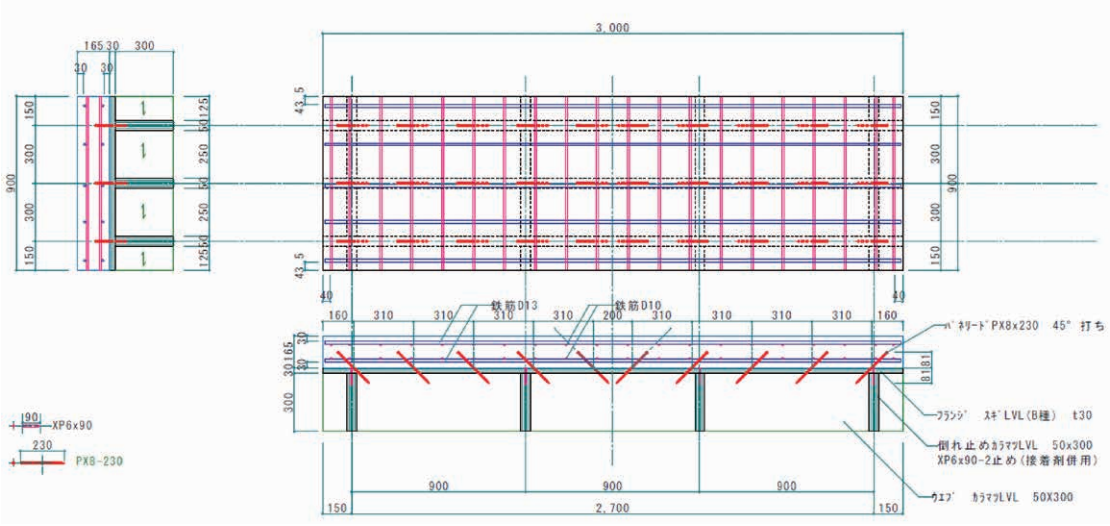


図４　実大床試験体（No.2　斜めビス）



写真７　実大床配筋



写真８　ボイドスラブと配筋



写真９　スラブ打設



写真１０　養生



写真１１　曲げ試験

実施した結果

■RCスラブとLVLのせん断力伝達方法の検討とせん断性能把握

荷重変位関係を図５に、特定値の計算例を表３に示した。試験後の写真を写真１１、１２に示した。斜めビスは製造メーカー、径により剛性と靭性に差がみられた。LVL単独とコーチスクリュー単独は他仕様に比べて靭性があり、両者の組合せが最大耐力、靭性ともに高い結果となった。エポキシ接着有は無しに比べて耐力が若干増加した。

- １面せん断試験（ばらつき検討１９体）
- 実大サイズ床の曲げ性能検討：３体

１２月末にスラブを打設、２月初旬から中旬に試験を実施した。

荷重変位関係を表４に、特定地を表４に示した。
曲げ試験の結果を図７と写真１４に示した。

表３　特定値の計算例（１面せん断１回目）

表１ No1からNo12試験結果

試験体No	最大荷重 kN	最大荷重時変位量 mm	最大荷重 ×2/3 kN	降伏耐力 Py kN	降伏変位 δy mm	初期剛性 K kN/mm	終局変位 δu mm	降伏点変位 δv mm	終局耐力 Pu kN	塑性率 μ	構造特性係数 Ds	0.8Pmax面積 S kN・mm	破壊形態
No1	35.01	2.42	23.34	18.02	0.53	34.06	2.65	0.93	31.83	2.8	0.46	70	ネジ破断
No2	38.96	4.64	25.98	21.05	0.79	26.50	4.83	1.32	35.04	3.6	0.40	146	ネジ破断
No3	44.93	2.77	29.95	24.41	0.71	34.53	3.72	1.23	42.47	3.0	0.45	132	ネジ破断
No4	35.88	2.54	23.92	18.63	0.43	43.17	2.83	0.75	32.54	3.8	0.39	80	ネジ破断
No5	35.30	1.94	23.54	18.43	0.45	41.03	2.13	0.79	32.39	2.7	0.48	56	ネジ破断
No6	41.06	4.52	27.37	21.68	0.71	30.66	4.72	1.20	36.85	3.9	0.38	152	ネジ破断
No7	29.24	10.06	19.49	15.73	0.08	191.98	10.09	0.12	22.83	84.8	0.08	229	ネジ曲げ変形
No8	29.61	10.05	19.74	17.89	0.90	19.82	10.10	1.29	25.62	7.8	0.26	242	ネジ曲げ変形
No9	19.93	1.37	13.29	11.30	0.37	30.15	1.92	0.61	18.51	3.1	0.44	30	せん断キー剥離ネジ変形
No10	20.05	1.11	13.37	10.84	0.31	35.01	2.26	0.51	17.95	4.4	0.36	36	せん断キー剥離ネジ変形
No11	39.78	10.01	26.52	29.09	0.67	43.43	10.12	0.86	37.37	11.8	0.21	362	せん断キー剥離スクリューネジ変形
No12	44.74	10.03	29.82	34.16	0.86	39.91	10.09	1.02	40.61	9.9	0.23	389	せん断キー剥離スクリューネジ変形

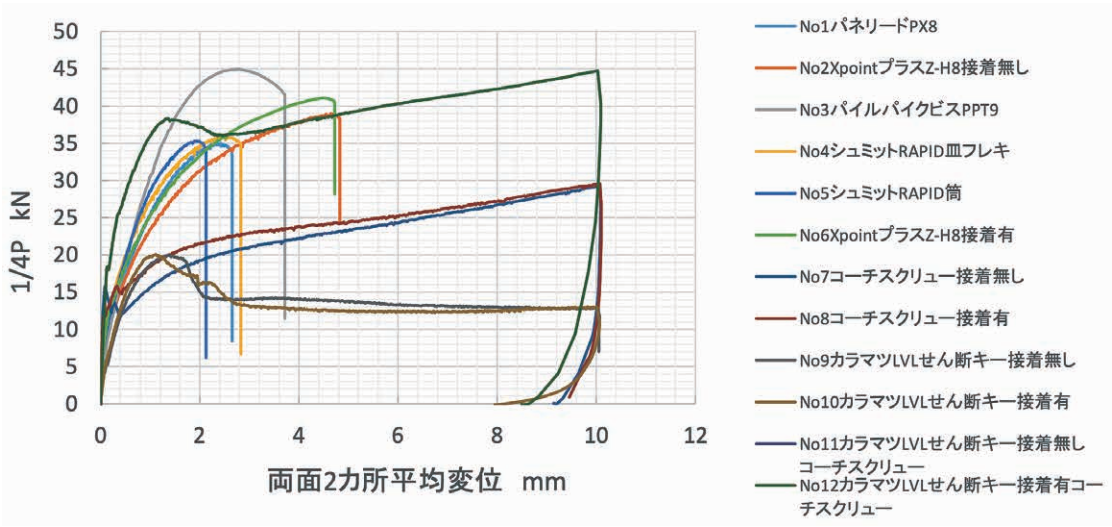


図５　荷重変形関係（１面せん断１回目）

表４　特定値の計算例（１面せん断２回目）

No.	試験体	Pmax(kN)	Py(kN)	δy(mm)	K(kN/mm)	塑性率	初期剛性K_0 (kN/mm)	(a)Py (kN)	(b)Pu×(0.2/Ds) (kN)	(c)Pmax×2/3 (kN)	min(a,b,c,d) (kN)	平均 (kN)	変動係数	ばらつき係数	基準耐力(kN)	ビス１本あたりの基準耐力(kN)
01	No.1_1	148.2	78.05	0.26	297.7	7.20	309	78.05	98.26	98.83	78.05					
02	No.1_2	141.1	80.1	0.21	380.2	49.96	385	80.13	228.2	94.06	80.13	79.27	0.0112	0.995	77.64	19.41
03	No.1_3	147.8	79.6	0.24	329.9	42.78	305	79.64	213.8	98.50	79.64					
04	No.2-1_1	123.3	72.30	0.18	395.7	13.69	1216	72.30	116.9	82.21	72.30					
05	No.2-1_2	112.8	67.65	0.22	306.8	12.20	936	67.65	98.76	75.21	67.65	70.68	0.0303	0.986	66.69	16.67
06	No.2-1_3	125.2	72.09	0.09	766.0	27.40	1338	72.09	164.06	83.46	72.09					
12	No.2-2_1	125.8	66.45	0.44	149.7	3.14	155	66.45	52.60	83.89	52.60					
13	No.2-2_2	142.0	74.10	0.48	155.4	3.50	152	74.10	64.80	94.69	64.80	62.20	0.1130	0.947	49.80	12.45
14	No.2-2_3	136.0	69.22	0.40	172.1	5.02	175	69.22	75.41	90.70	69.22					
07	No.2-3_1	124.0	78.89	0.11	702.3	26.41	2264	78.89	162.4	82.64	78.89					
08	No.2-3_2	119.1	76.69	0.21	369.9	14.91	2734	76.69	117.5	79.38	76.69	78.00	0.0121	0.994	76.26	19.06
17	No.2-3_3	118.7	78.42	0.09	858.8	32.08	1748	78.42	167.90	79.12	78.42					
09	No.3-1	117.8	66.34	0.24	278.6	17.20	586	66.34	126.99	78.54	66.34	66.34	0.000	1.000	66.34	16.58
15	No.3-2	138.6	79.97	0.77	104.2	8.16	121	79.97	100.4	92.40	79.97	79.97	0.000	1.000	79.97	19.99
18	No.3-3	112.4	63.78	0.40	160.2	12.88	278	63.78	102.49	74.91	63.78	63.78	0.000	1.000	63.78	15.95
10	No.4-1	139.0	65.75	0.14	464.5	18.55	536	65.75	147.2	92.63	65.75	65.75	0.000	1.000	65.75	16.44
16	No.4-2	164.1	84.7	0.51	165.0	7.97	160	84.7	115.54	109.40	84.69	84.69	0.000	1.000	84.69	21.17
19	No.4-3	131.3	68.24	0.30	225.1	10.35	209	68.24	104.5	87.51	68.24	68.24	0.000	1.000	68.24	17.06
11	No.5	101.4	60.23	0.10	619.5	35.30	1091	60.23	147.9	67.57	60.23	60.23	0.000	1.000	60.23	15.06

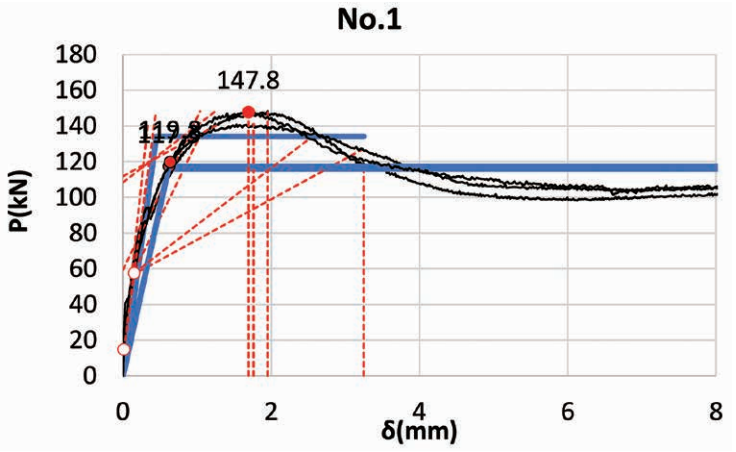


図６　荷重変形関係（１面せん断２回目　No.1）

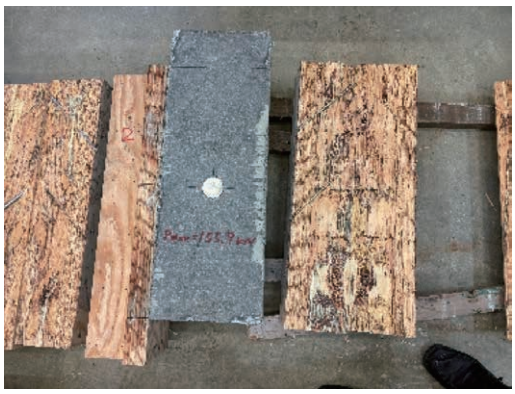
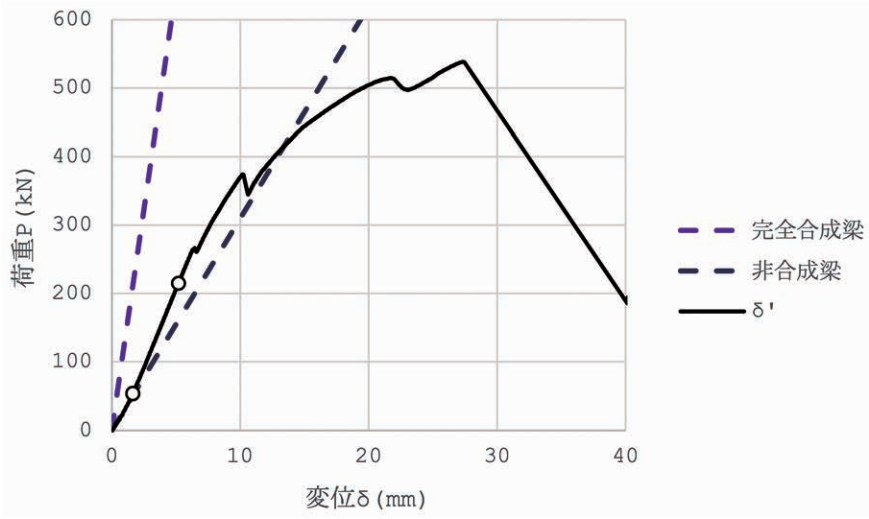
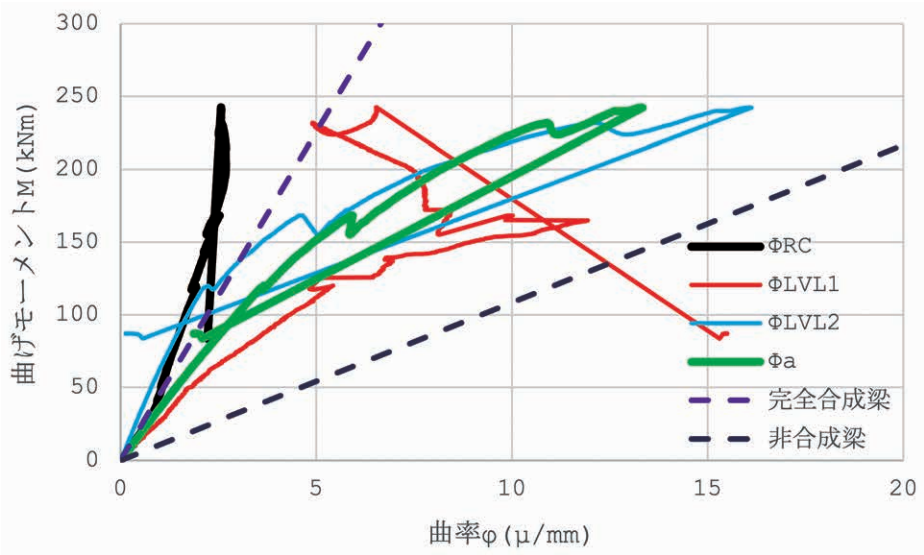


写真12　試験後（斜めビス）



写真13　試験後（LVLとコーチスクリュー）





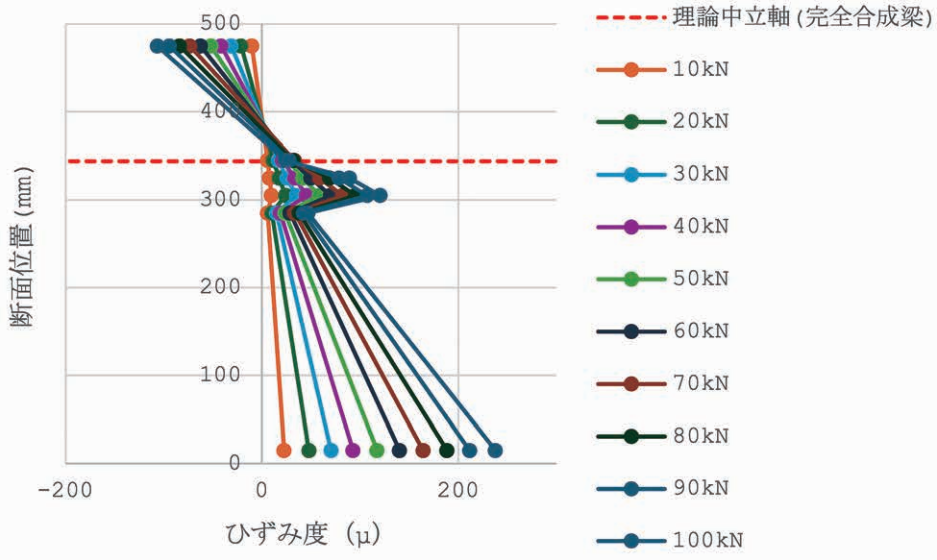


図７　荷重変形関係、曲率、ひずみ（曲げ試験No2）



写真１４　試験後（曲げ試験体No2）

今後の課題・展開等

LVL複合床を実用化していくために、以下のことを今後取り組みたい。

- 得られたせん断数値を適用した複合床の試設計等
- 適用する工法に対応する複合床と周辺梁の接合の検討
- ボイドスラブ仕様の検討（構造等）
- 長期荷重・振動・遮音性能に関する検討

事業

中大規模木造建築のための加工・施工技術普及検討事業

● 実施団体 ●

日本集成材工業協同組合

〒104-0031　東京都中央区京橋1-14-5　土屋ビル2階

事業目的

本事業は中大規模建築物や非住宅分野での木材利用の拡大に資するため実施するが、具体的な目的は次の２つである。

第１の目的は、中大規模木造建築物の建築促進を図るため、講習を通じて接合部の加工・施工（＝現場での建方）等の担い手（技術者・技能者）の育成を図るとともに、修了者の公表を通じて、担い手及び担い手の所属する企業の「見える化」を図ることである。このため、中大規模木造建築に求められる最新の部材加工技術、現場施工技術を扱った講習テキストや動画をウェブサイトで公表する。また、講習テキストでは、鉄骨造を参考に精度基準を提案しており、講習修了者の活躍を通じてde facto standardとなることを期待している。

第２の目的は、構造用大断面集成材の利用が進むよう、設計者向けに各種技術情報を提供し、その取組を支援することである。

実施した項目

１．検討委員会の開催等

- 検討委員会において事業計画を検討･決定し､それを受けてWG１（担い手の育成）及びWG２（設計支援）において、具体的な取組内容を検討した。

２．育成事業等の実施

- 検討委員会で検討した事項をWG１及びWG２（作業は事務局）において実施した。

３．事業報告書の作成及び成果の普及

- 上記２の成果を日集協のウェブサイトに掲載した。

実施体制

●中大規模木造建築のための加工・施工技術普及検討委員会委員

（委員長）	五十田　博	京都大学生存圏研究所 生存圏開発創成研究系教授
	稲田　達夫	（一社）建築鉄骨構造技術者支援協会理事長 元福岡大学工学部建築学科教授
	青木　謙治	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	秋野　卓生	匠総合法律事務所　代表社員弁護士
	村田　光司	日本木材加工技術協会　専務理事
	北村　俊夫	清水建設㈱　生産技術本部　生産計画部　構工法グループ
	麻生　直木	㈱安藤・間　建築事業本部　建築設計第三部
	井塚　　茂	ＳＭＢ建材㈱　エンジニアリング部　部長代理
	宮林　正幸	㈲ティー・イー・コンサルティング一級建築士事務所所長
	原田　浩司	木構造振興㈱
	菅谷　恭浩	ＴＳコンサルティング

＜敬称略＞

●WG１（担い手の育成）：
五十田（主査）、稲田、青木、秋野、村田、北村、麻生、井塚、宮林、原田、菅谷
＜※中大規模木造建築加工施工技術検討委員会＞

（注：修了証は※の名称で発行）

●WG２（設計支援）：
宮林（主査）、菅谷、北村　　＜敬称略＞

実施した内容

１．検討委員会の開催等

- 検討委員会　　２回開催
- WG１（担い手の育成）　　２回開催
- WG２（設計支援）　　開催せず（成果は検討委員会で報告）

２．育成事業等の実施

（１）担い手の育成（WG１）

- 令和元年度より３年度までは、木質構造の基礎知識、中大規模木造建築に求められる加工・施工の知識・技術を広くカバーする基礎講習を開催した。
- 令和４年度は、この基礎講習修了者を対象に、専門講習をオンライン（オンデマンド）で開催し、木質構造部材製作要領書、接合金物製作要領書、建方要領書（木造躯体工事）について学んでいただいた。
- 令和５年度、６年度は、基礎講習、専門講習ともオンデマンドで受講が可能であることから、受講者の利便性を考慮して、「総合講習」として一体的に開催することとし、令和７年度も同様とした。
- 令和７年度においては、講習テキスト（第４版）を作成した（第３版は令和６年度に作成）。なお、「耐久性に関する木材利用の留意点」、「木質混構造建築の施工上の留意点」、「製品検査」、「建方」などを中心に説明内容の充実を図った。なお、基礎的知識として、設計図に関する説明も加えた。配布については、今回からPDF版のみとした。また、動画も全面的に更新した。（令和４年度に作成した製作要領書、建方要領書等の雛形及び説明動画も引き続き掲載している。）
- 建方の専門工事業者等が知っておくべき「中大規模木造建築工事を遂行するにあたり知っておきたい法律知識」（弁護士の秋野委員執筆）を講習テキストに加えるとともに、その説明動画を掲載した。
- ８月下旬より、日集協のウェブサイト、業界紙への広告掲載、中大規模木造建築ポータルサイト（日本住宅･木材技術センター）等を通じて、総合講習の開催情報（テキストや修了試験問題の掲載日）について情報を発信した。
- 修了試験問題を９月12日にウェブサイトに掲載し、９月24日を期限として修了試験の解答の提出を求めた。

（２）設計支援（WG２）

- 令和４年度に作成した大断面スパン表をベースにして、令和５年度に床梁、床小梁を対象にした検索ソフトの試作品（ポケスパ）を公表していたが、小屋梁、小屋小梁も対象にした検索ソフト「スパケン(spaken)」を開発した。検索結果の印刷も可能である。
- 日本建設業連合会（日建連）と日集協が共同開発し、大断面メーカーの製品スペックを詳細に掲載している「集成材便覧」（令和６年７月公開）については、中小断面専門工場のデータをも対象としつつ、データ更新を行った。
- 木造建築についてもＢＩＭに対応できるよう、木材、木質材料のデータを蓄積することが求められている「もりんく」については、オンライン講習の開催情報や講習内容を組合員に伝えた。
- 以上、すべて事務局対応であったので、WG２は開催せず、取組状況、成果については検討委員会に報告した。

3．事業報告書の作成及び成果の普及

• 事業報告書には、検討委員会、WG１（担い手の育成）、WG２（設計支援）の開催経緯等をまとめる予定である。

●講習テキストの構成の見直し

＜＜改訂前＞＞

第１部　木質構造の基礎知識

第２部　中大規模木造建築の施工管理

第３部　木質構造部材の製作（加工）

第４部　現場施工（建方）

付録

１．建設業の許可と種類

２．国土交通省告示

（参考）構造用集成材の強度基準

＜＜改訂後＞＞

技術編

第１部　木質構造の基礎知識

第２部　中大規模木造建築の施工計画・管理

第３部　木質構造部材の製作（加工）

第４部　現場施工（建方）

法律編

１．中大規模木造建築工事を遂行するにあたり知っておきたい法律知識

２．建設業の許可と種類

付録

国土交通省告示

（参考）構造用集成材の強度基準

●改訂した主なページ（特に新規の写真の例）

技術編

「第６章　耐久性に関する木材利用の留意点」より



図 6.1　外壁の変色



図 6.2　脚部の変色

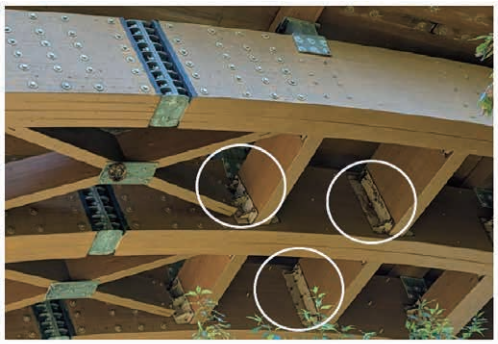


図 6.5　金属劣化の事例



図 6.6　金属劣化の事例

●実施例３：　Ｆコープ（４階建ての商業施設）



写真 8.5　鉄骨梁と CLT 床の LSB 接合



写真 8.6　高所作業者による作業風景

・柱梁：　鉄骨造

・床：　CLT（LSB 接合）

●実施例４：　ザ ロイヤルパーク キャンバス 札幌大通公園（RC と木の混構造）

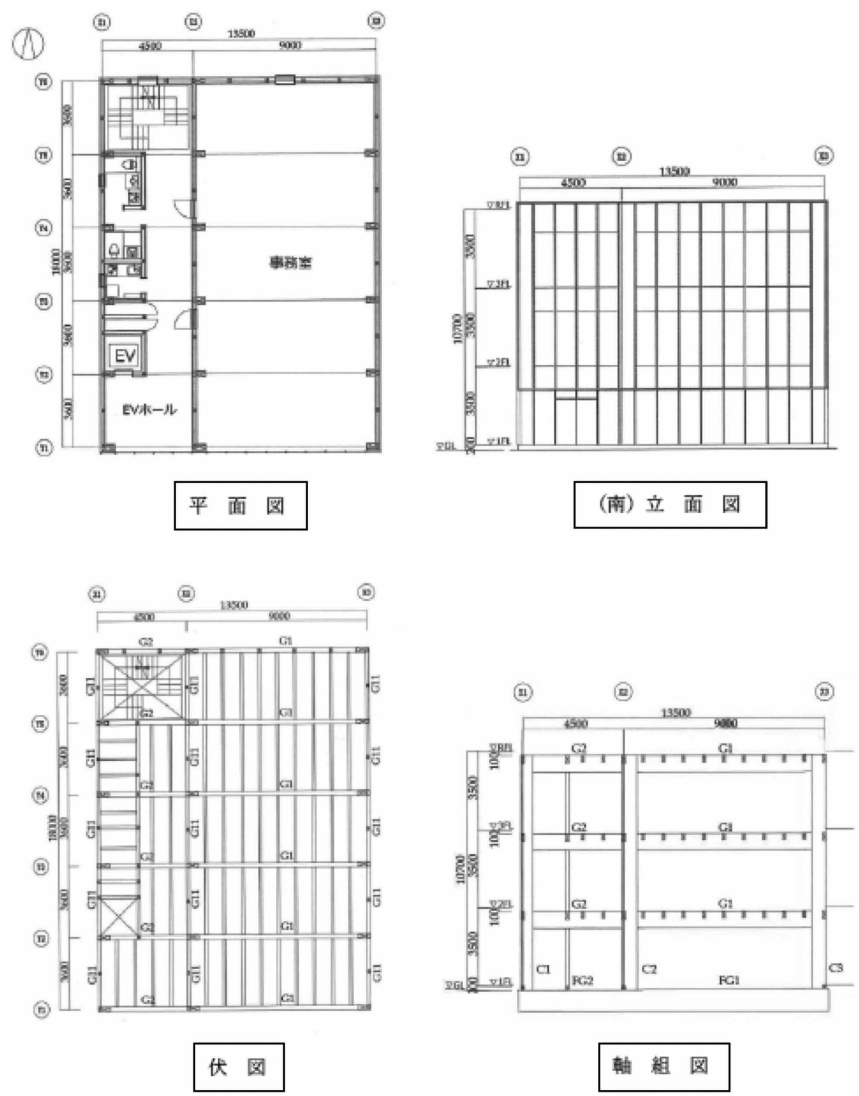


写真 8.7　建物立面全景



写真 8.8　断面図

「第10章　木質構造工事施工計画の前準備」より



設計図の例

出典：一般財団法人　日本建築センター「ひとりで学べる中層
木造建築（ラーメン構造等）の構造設計演習帳」

「第23章　建方」より



図 23.15　GIR 接合（樹脂注入状況）



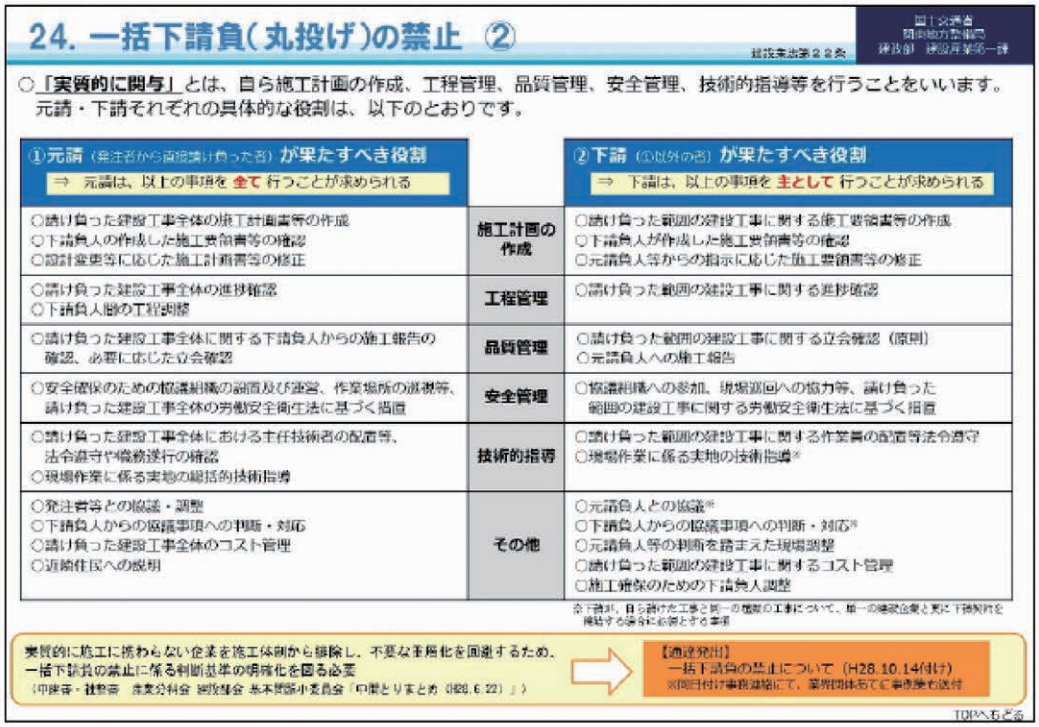
図 23.16　GIR 接合断面図

「中大規模木造建築工事を遂行するにあたり知っておきたい法律知識」より

（２）建設業法第２２条（一括下請の禁止）

中大規模木造の工事を入札する際に、入札要件に設計実績（例えば、2000 ㎡以上）などが記述されると、木造にたけた工務店は、木造住宅の建築の経験しかないため、入札に入れず、木造を工事したことが無い会社が受注し、木造建築にたけた工務店に一括下請をしているケースがあります。

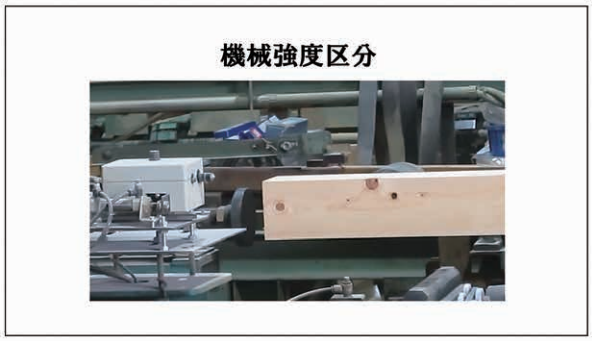
建設業法第２２条は、１項で、「建設業者は、その請け負った建設工事を、いかなる方法をもつてするかを問わず、一括して他人に請け負わせてはならない。」と規定し、一括下請を禁止しています。

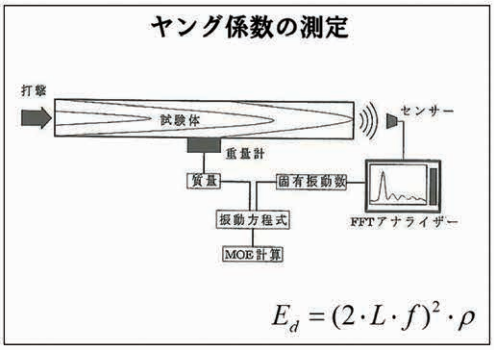


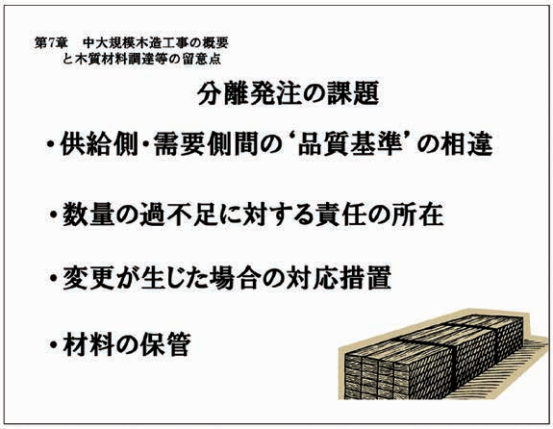
出典：https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000699485.pdf

●動画

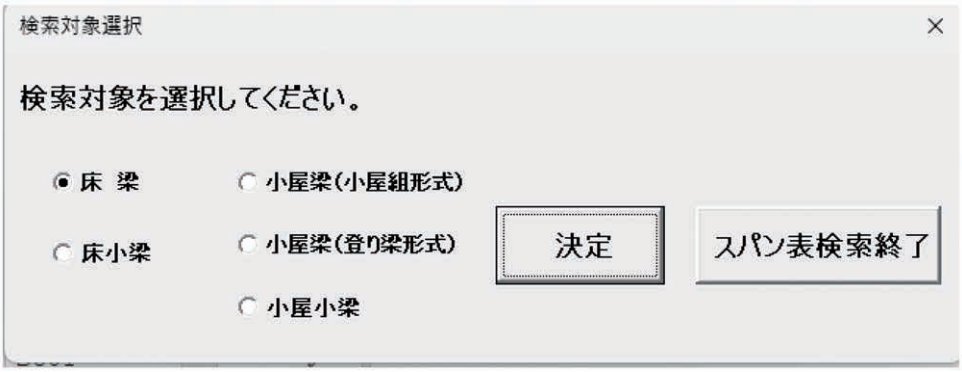
「第７章：中大規模木造工事の概要と木質材料調達等の留意点、第１９章：製品検査」より

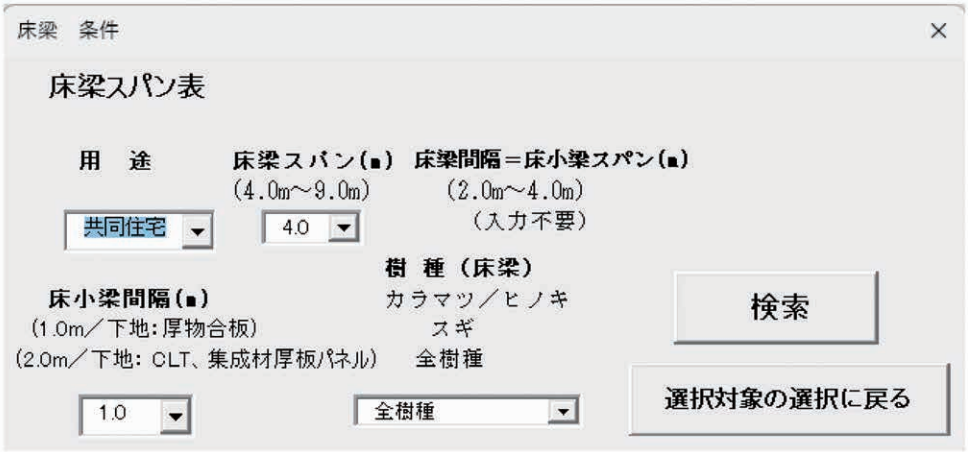


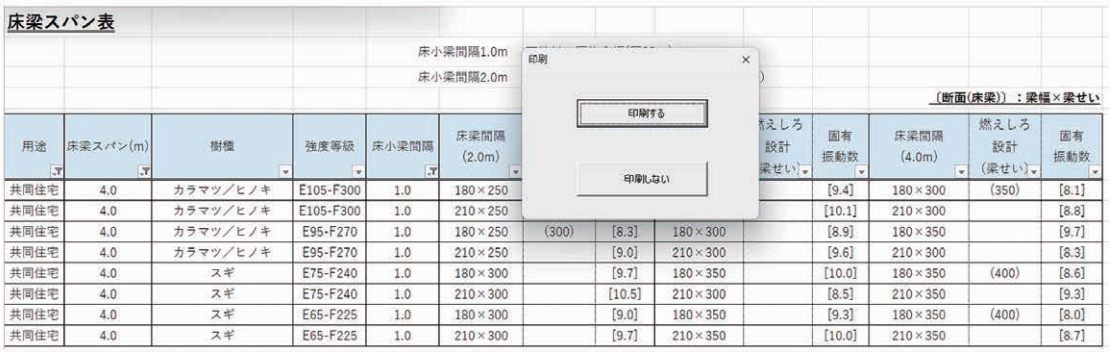




●大断面スパン表検索ソフト






床梁スパン表

床小梁間隔1.0m
床小梁間隔2.0m

印刷
印刷する
印刷しない

(断面(床梁)) ：梁幅×梁せい

用途	床梁スパン(m)	樹種	強度等級	床小梁間隔	床梁間隔 (2.0m)				燃えしろ設計	固有振動数	床梁間隔 (4.0m)	燃えしろ設計 (梁せい)	固有振動数
共同住宅	4.0	カラマツ／ヒノキ	E105-F300	1.0	180×250					[9.4]	180×300	(350)	[8.1]
共同住宅	4.0	カラマツ／ヒノキ	E105-F300	1.0	210×250					[10.1]	210×300		[8.8]
共同住宅	4.0	カラマツ／ヒノキ	E95-F270	1.0	180×250	(300)	[8.3]	180×300		[8.9]	180×350		[9.7]
共同住宅	4.0	カラマツ／ヒノキ	E95-F270	1.0	210×250		[9.0]	210×300		[9.6]	210×300		[8.3]
共同住宅	4.0	スギ	E75-F240	1.0	180×300		[9.7]	180×350		[10.0]	180×350	(400)	[8.6]
共同住宅	4.0	スギ	E75-F240	1.0	210×300		[10.5]	210×300		[8.5]	210×350		[9.3]
共同住宅	4.0	スギ	E65-F225	1.0	180×300		[9.0]	180×350		[9.3]	180×350	(400)	[8.0]
共同住宅	4.0	スギ	E65-F225	1.0	210×300		[9.7]	210×350		[10.0]	210×350		[8.7]

(印刷の要否を選択可能)

実施した結果

1．担い手の育成（WG１）

- 担い手総合講習の修了試験については、11名の方々から解答の提出があり、WG１において審査した結果、全員が合格と判定され、終了証を発行するとともに、勤務先の企業名とともにウェブサイトにおいて公表した。

2．設計支援（WG２）

- 既往の成果である「大断面スパン表（金物データ付き）」、「中大規模木造建築物設計のための集成材柱の許容耐力表及び梁端部の接合部一覧表」、「準耐火構造（集成材建築物）における接合部の防火設計の手引き（改訂版）」の製本版については、送料先方持ちで配付している。（令和６年度改訂の講習テキストを含め、令和７年４月から12月末までに８名の方に送付した。）
- 大断面スパン表検索ソフト（スパケン）は令和８年１月下旬に公開した。

3．モクコレ 2026

- 東京都主催のモクコレ2026（令和８年２月12・13日）において、講習テキスト（令和６年版）、大断面スパン表などの成果品を都合80部程度、集成材便覧を20部程度配付した。

担い手総合講習修了者リスト

中大規模木造建築加工施工技術 総合講習修了者名簿

令和７年11月

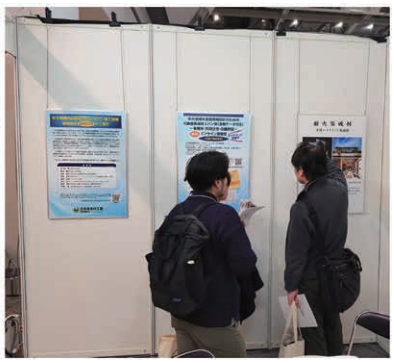
講習名	修了年月	番号	氏名	所属企業情報			
				企業名	所在地	電話番号	URL
総合講習	令和7年9月	1	渡邉　祐平	石友ウッドビルディング株式会社	石川県	076-246-5066	https://iwb.co.jp
〃	〃	2	智野　愛生	藤寿産業株式会社	福島県	024-944-7550	https://toju.co.jp/
〃	〃	3	柳沼　勤子	藤寿産業株式会社	福島県	024-944-7550	https://toju.co.jp/
〃	〃	4	高橋　浩樹	株式会社ウッドコア	福島県	0240-25-8400	https://woodcore.co.jp/
〃	〃	5	石川　亜希	藤寿産業株式会社	福島県	024-944-7550	https://toju.co.jp
〃	〃	6	吉田　沙耶	藤寿産業株式会社	福島県	024-944-7550	https://toju.co.jp/
〃	〃	7	倉重　万梨乃	前田建設工業株式会社	東京都	03-3265-5551	https://www.maeda.co.jp/
〃	〃	8	杉原　未穂	藤寿産業株式会社	福島県	024-944-7550	https://toju.co.jp/
〃	〃	9	鈴木　啓介	藤寿産業株式会社	福島県	024-944-7550	https://toju.co.jp/
〃	〃	10	齋藤　美穂	株式会社アサヒ技術	山形県	0235-53-2761	-
〃	〃	11	蔵満　徹	横浜木材株式会社	東京都	03-5765-7640	https://yokohama-lumber.co.jp

モクコレ 2026の風景



小池都知事による表彰





日集協ブースの模様

今後の課題・展開等

検討委員会において、建方の精度基準の一部について見直しが必要と意見があり、成案が得られれば、来年度の事業において講習テキストの改定を行いたい。

大断面スパン表の金物データについても、ＰＣ上での検索ができないか検討を行いたい。また、「もりんく」へのデータ登載が進むよう対応を検討したい。

事業

木質系材料耐火構造壁（非耐力）の技術開発事業

● 実施団体 ●

一般社団法人日本WOOD. ALC協会

〒230-8571　神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央4-33-1 ナイスビル４階

事業目的

当協会では、スギ材等の国産材利用方法の創出・需要拡大に資することを目的として、木質系材料での耐火構造外壁の開発事業を進めてきた。

一昨年度の本事業においては30分耐火構造壁（非耐力）の性能評価試験を実施し、計画通りの成果を得て、業界初の大臣認定を取得した。

昨年度は、その実需者向け技術指針（製造・設計・施工者）マニュアル整備を進めて、実用普及に資する情報を整理し、併せて設計者から要望が高い木質系材料１時間耐火構造（非耐力壁）の性能評価試験のためのデータ収集が出来た。

本年度は、木質系材料１時間耐火壁（非耐力）の性能評価試験を実施して、所定の性能を確保できることを確認し、大臣認定の取得の準備を行う。

また、設計情報に必要な水密性能・変形追従性能等の性能データ検証データ取り進めることにより利用適用範囲について明らかにする。

さらに、建築工事標準仕様書 JASS27 乾式壁工事を参考とし同様の必要項目のデータ収集を進め需要家実務者向け設計・施工要領書・解説技術指針を取りまとめ普及活動を進める。

実施した項目

1）有識者委員会を開催し、試験内容や仕様等の方向性を決定

WGにおいて、具体的な詳細内容を検討し実施

2）木質系非耐力外壁（30分）の設計・施工標準仕様書整備

①設計・施工要領書の整備（日本建築仕上学会監修）

②木質系建築部材の技術セミナー開催・普及活動

3）木質系材料非耐力外壁の１時間耐火性能評価試験に関する実験

①予備燃焼試験（2 回）

②性能評価試験（1 回）

4）設計情報データ収集

①水密実験 …… 基本性能の把握

②変形追従実験 …… 基本性能の把握（面内変形追従性能確認）
ロッキング性能

③曲げ性能試験 …… 基本性能の把握

5）報告書の取り纏め

実施体制

事業参画者

Ⅰ　委員会		
委員長	坂本 雄三（代表理事）	WOOD.ALC協会（東京大学名誉教授）
委員	安井 昇	安井昇（桜設計集団）
	小泉 治	株式会社日本設計
	永井 香織	日本大学 生産工学部建築工学科教授
	長野 麻子	株式会社モリアゲ
統括・事務局	前田 力（理事）	WOOD.ALC協会（ナイス株式会社）

統括・事務局が、事業執行を担い委員会並びに構成員の取りまとめを行い事業推進を図る。

Ⅱ　構成員（ワーキング）		
実務者	高橋 隆博（理事）	WOOD.ALC協会（株式会社アトリエ秀）
	佐藤 雅友（理事）	WOOD.ALC協会（装建工業株式会社）
	吉川 正勝（理事）	WOOD.ALC協会（ジャパン建材株式会社）
	宮代 博幸（理事代理）	WOOD.ALC協会（ナイス株式会社）
	金内 馨	ジャパン建材株式会社
	伊藤 通浩	ニチハ株式会社
	片桐　貴典	竹村工業株式会社
	池田　仁志	ALC工事株式会社
	嘉本 誠悟	株式会社中東
	松浦 薫	協和木材株式会社
オブザーバー	山崎 悠	オート化学工業株式会社
	稲積 克彦	株式会社エービーシー商会
	須川 涼太	株式会社日東
	寺澤 正広	シネジック株式会社

木質系材料に係る設計施工技術指針整備委員会の設置（委員メンバー（○学会、◇WOOD.ALC協会）

委員長：	永井 香織（日本大学 生産工学部建築工学科教授）
	○宮村 雅史（個億度交通省国土技術政策総合研究所）
	○下屋敷 朋千（一般財団法人ベターリビング）
	○兼松 学（東京理科大学）
	○高橋 晃一郎（株式会社大林組）
	○藤沼 傑（ウィスト建築設計）
	○本多 航（株式会社山下設計）
	◇前田 力（ナイス株式会社）
	◇高橋 隆博（株式会社アトリエ秀）
	◇小泉　治（株式会社日本設計）
	◇松浦 薫（協和木材株式会社）

実施した内容

1）委員会開催　計３回開催

第１回　令和７年６月12日　　13:00～13:45　　於：ナイス㈱本社ビル 2F とZOOM
第２回　令和７年８月５日　　16:00～17:00　　於：ナイス㈱本社ビル 7F とZOOM
第３回　令和８年２月９日　　16:00～17:00　　於：住木センターとZOOM

2）木質系非耐力外壁（30分）の設計・施工標準仕様書の整備

①設計・施工要領書の整備（日本建築仕上学会監修）

- 令和７年９月16日　　16:00～17:30　　於：建築会館 6F とZOOM
- 令和７年12月２日　　16:00～17:30　　於：建築会館 6F とZOOM
- 上記から令和８年１月30日まで最終校正・編集作業

②木質系建築部材の技術セミナー開催・普及活動

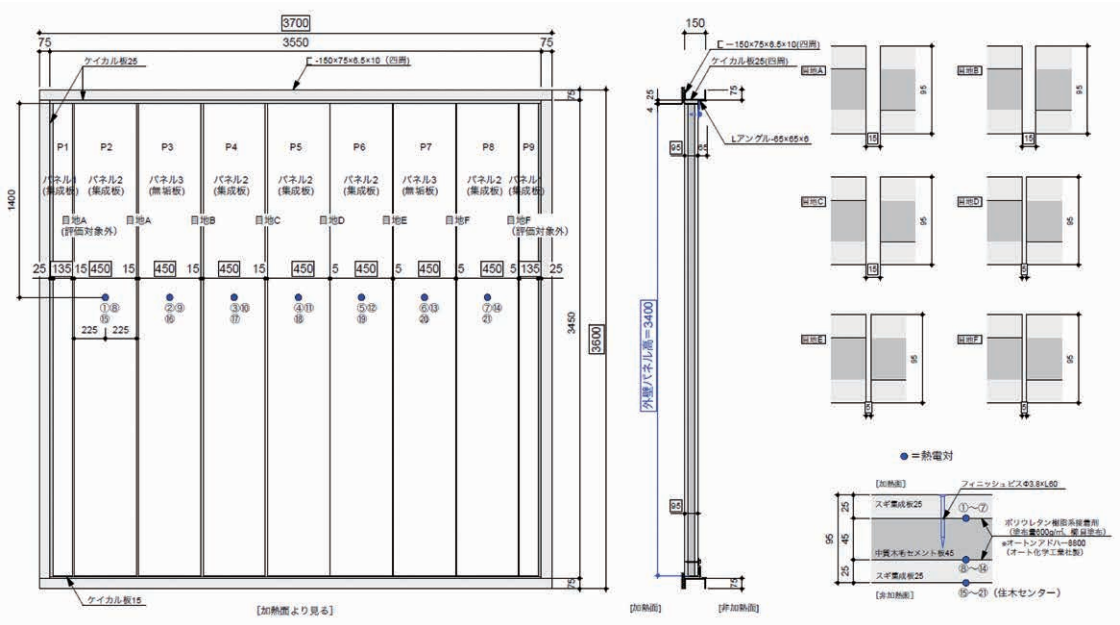
- 令和７年６月12日　　14:00～16:30　　於：ナイス㈱本社２FとZOOM
- 令和７年７月29日　　9:00～16:00　　(出展説明とセミナー)
  於：飯田市エスバード

3）木質系材料非耐力外壁の１時間耐火性能評価試験に関する実験

①予備燃焼試験（2 回）

≪第１回実大燃焼試験≫

■日　　程：令和７年10月６日　　於：公財）日本住宅・木造技術センター
■目　　的：性能評価試験の仕様確定のため
■試験方法：屋内面からの加熱は、壁が両面対称であることから屋外面からの加熱と同等の遮炎性を有するものとして片面加熱での性能評価試験を実施した。



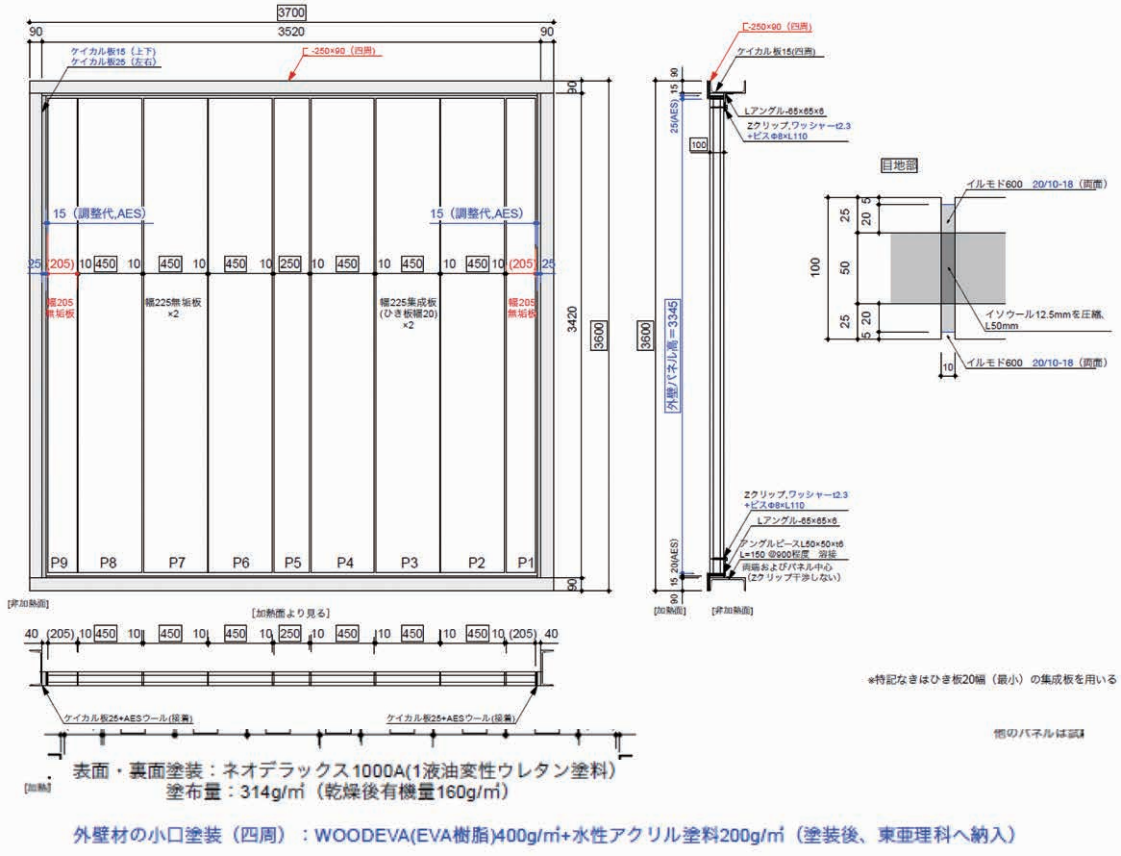
試験体図

≪第２回実大燃焼試験≫

■日　　程：令和７年12月17日　　於：公財）日本住宅・木造技術センター

■目　　的：第１回の予備試験結果を受け仕様を一部変更し、性能評価試験体の仕様決定のため

■試験方法：屋内面からの加熱は、壁が両面対称であることから屋外面からの加熱と同等の遮炎性を有するものとして片面加熱での性能評価試験を実施したが、約５時間後、３か所から火炎が通る亀裂損傷が確認されたので試験を中止した。この試験を第２回予備燃焼試験とした。



試験体図

②性能評価試験

≪第１回性能評価試験≫

■日　　程：令和８年２月９日　　於：公財）日本住宅・木造技術センター

■目　　的：木質系材料１時間耐火壁（非耐力）性能評価試験の第１回目

■試験方法：屋内面からの加熱は、壁が両面対称であることから屋外面からの加熱と同等の遮炎性を有するものとして片面加熱での性能評価試験を実施した。

予備燃焼試験の結果を受け、下記の仕様変更をした。

- 中質木毛メメント板の比重を変更
- パネル小口箇所の塗装をWOODEVAに変更
- パネルの反りの抑制のために、取付金物のボルトの変更および鉄骨取付枠の変更

≪第２回性能評価試験≫

■日　　程：令和８年２月12日　　於：公財）日本住宅・木造技術センター

■目　　的：木質系材料１時間耐火壁（非耐力）性能評価試験の第２回目

■試験方法：屋内面からの加熱は、壁が両面対称であることから屋外面からの加熱と同等の遮炎性を有するものとして片面加熱での性能評価試験を実施した。試験体仕様は第１回目と同じ。

4）設計情報データ収集

①ワーキンググループ開催　7/1、7/8、7/15、7/22、7/29、8/4、8/19　計７回

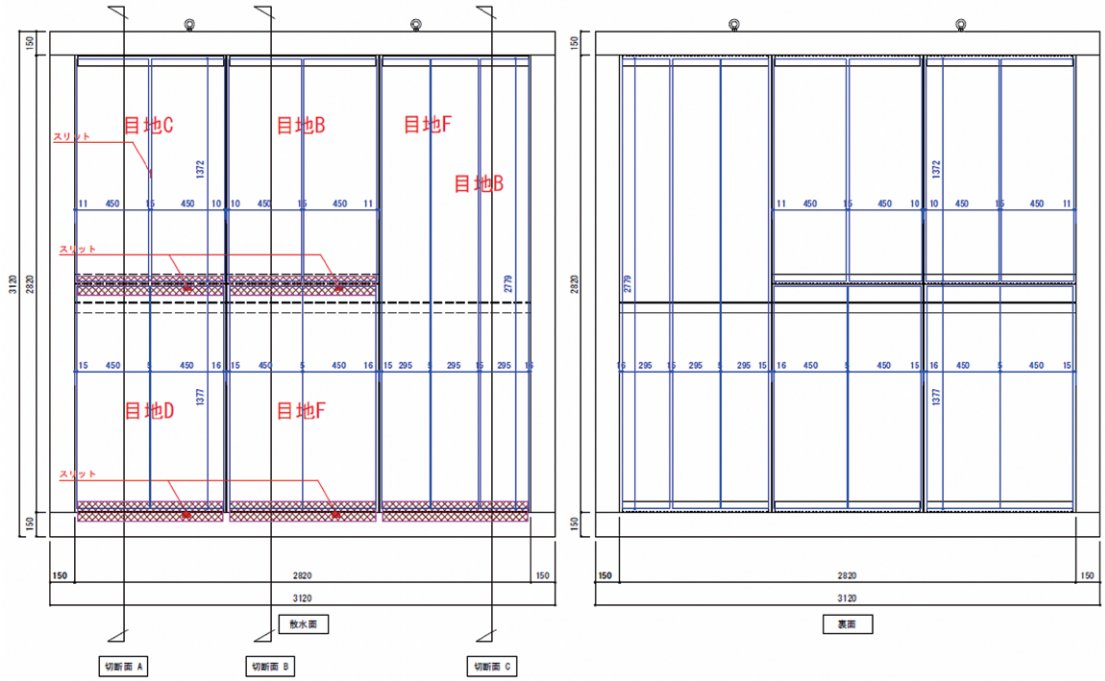
■目　　的：各種試験にかかる詳細おさまりの検討と決定。試験後の情報を共有し最終仕様を決定した。（すべてZOOM開催）

②水密試験

■目　　的：散水面の１次止水で使用されている軟質発泡ウレタン定型シールの水密性能の把握

■日　　程：令和７年11月25日　　於：一財）ベターリビングつくば試験センター

■試験方法：JIS A 1414-3 水密性試験に準じて行った。加圧プロセスに従い加圧しながら試験体全体に水を噴霧した時の試験体裏面側への目地部の漏水状況を考察した。



試験体図



動風圧実験機外観

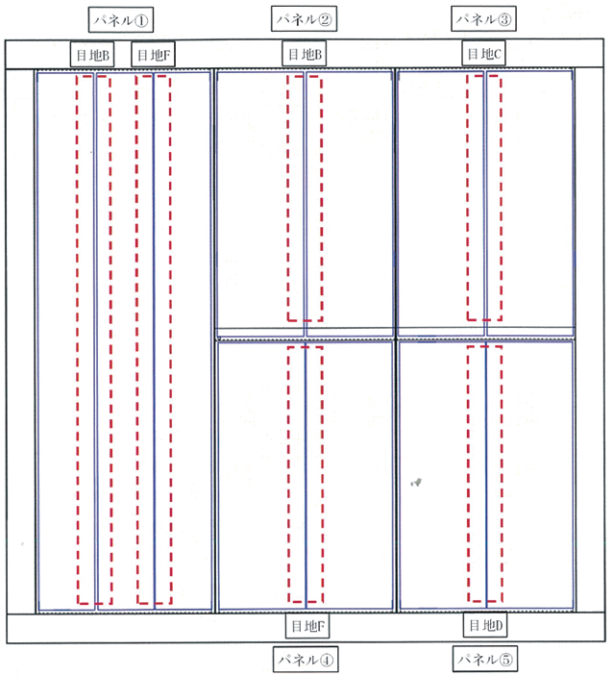


水切りの納まり

試験体概要表

パネルの断面構成		集成材25㎜＋芯材中質木毛板45㎜＋集成材25㎜			
目地記号		目地B	目地C	目地D	目地F
目地幅(㎜)		15	15	5	5
材料構成※（屋外側から）	変成シリコンシーリング	－	12	－	－
	透水バッカー	－	5	－	－
	乾式シーリングテープ（イルモド600）	－	15	－	12＋12
	乾式シーリングテープ（イルモドエコ）	20	－	20	－
	AESウール	50	40	45	45
	乾式シーリングテープ（イルモド600）	－	－	－	20
	乾式シーリングテープ（イルモドエコ）	20	20	20	－

※表中の数字は厚さ(㎜)を示す。



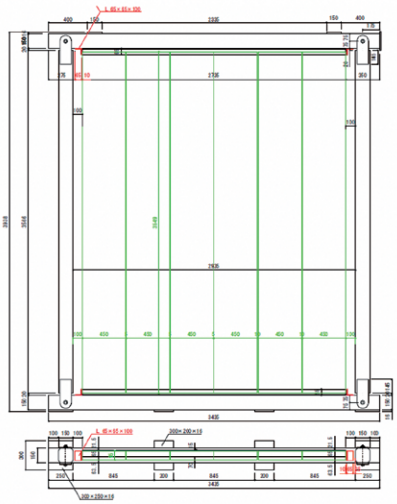
赤点線内漏水の確認箇所

③変形追従試験

■目　　的：基本性能の把握（面内変形試験、センターロッキング性能の確認）大地震時における変形性能、脱落破損の有無検証

■日　　時：令和７年９月26日　　於：一財）建材試験センター（草加中央試験場）

■試験方法：JIS A 1414-2変形追従試験に準じて実施した。大地震を想定した躯体破壊領域1/50radまでの連続加振試験を実施



試験体図



面内変形実験の様子

④曲げ性能試験

■目　　的：基本性能の把握（曲げ強度）

■日　　時：令和７年10月１日　　於：一財）建材試験センター（草加中央試験場）

■試験方法：JIS A 1414-2　曲げ性能試験に準じて実施した。試験体をスパン3830mmで支持した後、４等分点２線荷重を試験体が破壊に至るまで連続的に加えた。 変位の測定はスパン中央、加力点及び支持点の鉛直方向ついて実施。



試験体断面



曲げ試験機

実施した結果

2）木質系非耐力外壁（30分）の設計・施工標準仕様書整備

①設計・施工要領書の整備（日本建築仕上学会監修）

木質系材料に係る設計施工技術指針整備委員会（委員長：永井香織）での打合せ審議を経て、木質系パネル工事　設計・施工標準仕様書＜WOOD. ALC -耐火30＞2025年度版を整備した。

②木質系建築部材の技術セミナー開催・普及活動

６月12日に当協会の総会に合わせ、日本建築仕上学会から永井教授（日本大学生産工学部）から編集中の設計・施工標準仕様の概要について会員向け説明会をZOOMウェビナー含み約30名に行った。

７月29日には飯田市エスバードにて耐火30のセミナーを20名に行いあわせてモックアップ展示説明を行った。

個別の対応として６月24日、12月４日に設計・施工標準仕様および大臣認定詳細についての施工者、設計者向け計３名に個別講習10月８日と12月４日にはパネル製作者向け計４名に個別講習を実施した。

3）木質系材料非耐力外壁の１時間耐火性能評価試験に関する実験

①予備燃焼試験（2 回）

≪第１回実大燃焼試験≫

■日　　程：令和７年10月６日　　於：公財）日本住宅・木造技術センター

■試験結果：
- 燃焼停止後約３時間で燃え抜けが生じたため試験打ち切り。
- 目地幅15㎜については難しい状況で、５～10㎜の範囲で検討する
- 中層の中質木毛セメント板については下記JIS規格上の中質木毛セメント板の比重の調整を検討



試験開始前



試験終了後

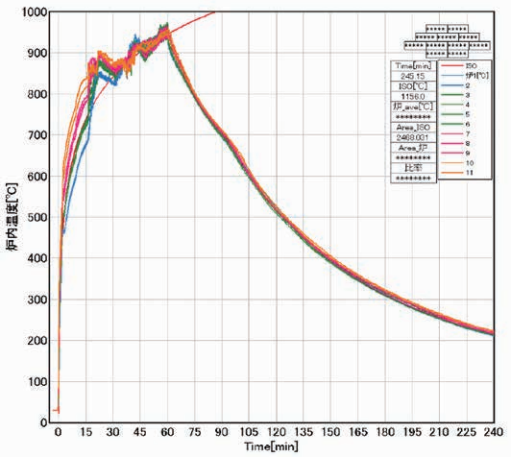


写真　炉内温度推移



分解検証

≪第２回実大燃焼試験≫

■日　　程：令和７年12月17日　　於：公財）日本住宅・木造技術センター

■試験結果：
- 約５時間後、３か所から火炎が通る亀裂損傷が確認されたので、試験を中止した。
- 損傷の状況からみると、①パネルの大きな反り（約9cm）による下部木口からの熱の進入、②中質木毛メメント板の耐火性の弱さ、③有機塗料の木毛セメント板への浸漬による可燃化等が原因と考えられた。

■対 応 策：①反りの抑制のために、取付金物のボルトの変更、②中質木毛セメント板の比重を上げて、耐火性能を向上させる、③木口・側面はEVA樹脂塗料を塗布、表面の塗装時に中質木毛セメント板に含浸させない配慮。



試験開始前



試験完了後



損傷箇所



損傷箇所

②性能評価試験

≪第１回性能評価試験≫

■日　　程：令和８年２月９日　　於：公財）日本住宅・木造技術センター

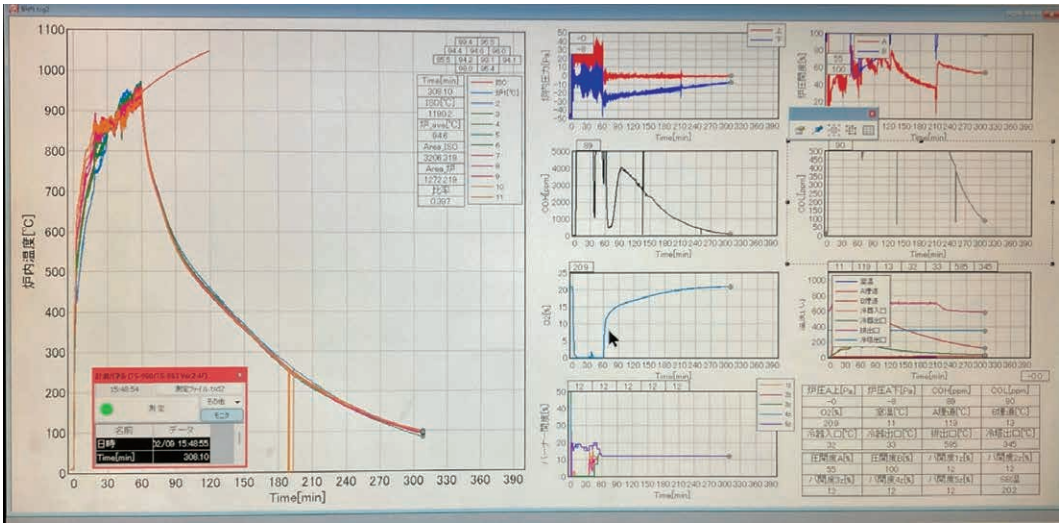
■試験結果：・加熱開始後６時間経過、加熱終了後５時間経過の段階でパネル非加熱面の最高温度は47.4℃（計測点７か所）であり、目地部の最高温度は82.3℃（計測点８か所）であり、上下端部の被覆面も含めて燃え抜けはなかった。
しかしながら、パネルの放冷による反りに対して評価対象外パネルが評価対象パネルの反りに追従せず、目地の脱落が生じて隙間ができてしまい、加熱開始後６時間半で試験を中止した。今期の事業としては性能評価試験で所定の性能を確保できず、大臣認定申請までには到達できなかった。



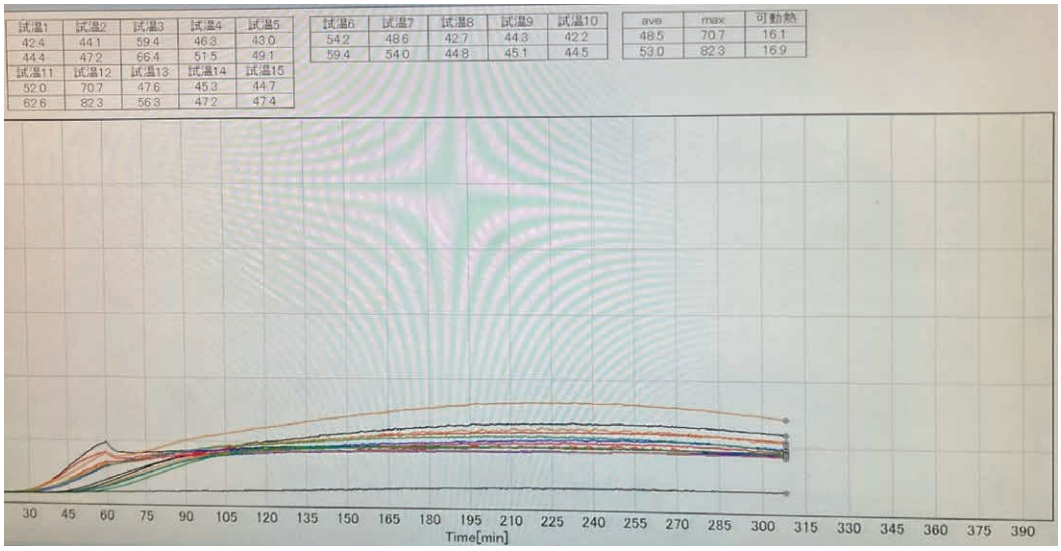
試験後（非加熱面左からP1～P9）



脱炉後（加熱面右からP1～P9）



炉内温度のグラフ



パネル表面温度のグラフ

≪脱炉後の検証≫

- 脱炉時の炉内温度は最高温度98℃であり、床面に堆積した加熱面木材の炭が若干赤熱を残している状況であった。
- 加熱面の中質木毛セメント板については、スクレーパーによる掘り込みで確認したところ厚50㎜中、約20㎜炭化、30㎜正常に残存しており赤熱はなかった。
- パネル面は５時間の放冷中、温度の低下とともに中質木毛セメント板の収縮に起因すると見られる非加熱面側のパネルの反りが始まり、最終的にパネル中央部で両端パネル（評価対象外）との段差が80㎜程度となり炉内への空隙が５㎜程度生じる結果となった。
- 試験体両端の評価対象外のP1、P9パネルについては巾が205㎜と狭いこと、試験体の枠材と接していることなどから予備試験により反りにくいことが判っており、今回の試験では他のパネルと同期して反るように取付け金具（Zクリップ）のアングルへの溶接を取り止める等の配慮をして実験に臨んだが、非加熱面のAESウールの影響が大きく放熱が進まなかったとみられる。結果としては左右両端で差異が生じ、片側約20㎜（P9）、片側約5㎜程度（P1）の反りを生じた。
- その結果、5㎜程度しか反らなかったP1と隣接P2の間に空隙が生じた。



P8パネルの反り箇所



P2パネルの反りによる目地材の脱落箇所



中質木毛セメント板の炭化状況

≪試験体改良の検討≫

- 試験終了後、ワーキンググループおよび委員会を開催し、改良案を策定し、評価機関である日本住宅・木材技術センターに、防耐火性能試験・評価業務方法書の条件を満たしていることを確認した。試験実施は来期を予定している。

4）設計情報データ収集

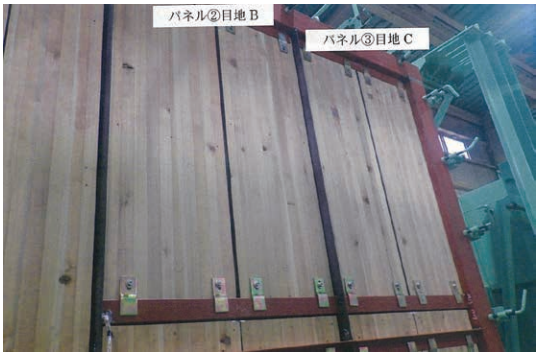
②水密実験

■日　　程：令和７年11月25日　　於：一財）ベターリビングつくば試験センター

■試験結果：・中央値1600Pa（上限値2350Pa）の圧力で、目地幅５㎜、15㎜のすべての目地部で漏水は確認されなかった。

試験結果一覧

験段階	試験圧力 (Pa)			試験結果
	下限値	中央値	上限値	
1	25	50	75	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし
2	75	150	225	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし
3	125	250	375	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし
4	200	400	600	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし
5	275	550	825	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし
6	375	750	1125	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし
7	500	1000	1500	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし
8	625	1250	1875	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし
9	850	1600	2350	10 分経過時点で観察範囲内に漏水なし



目地Ｂ部・Ｃ部 漏水なし



目地Ｆ部・Ｄ部 漏水なし

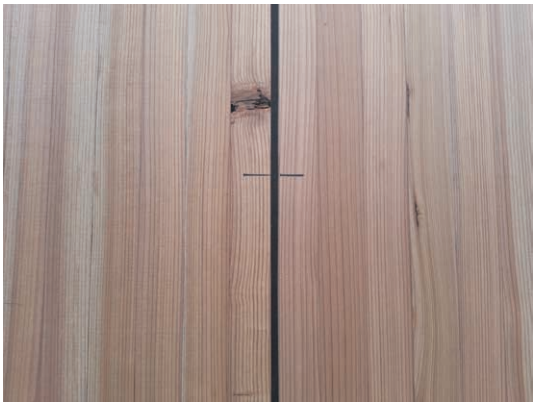
③変形追従試験

■日　　時：令和７年９月26日　　於：一財）建材試験センター（草加中央試験場）

■試験結果：・大地震を想定した1/50radの変形において、センターロッキング性能の確認、パネルの脱落破損がないこと及び目地部の脱落損傷の無いことを確認した。


1/50rad終了後全景


1/50rad終了後　ロッキング部



1/50rad終了後　目地部



試験計測画面

④曲げ性能試験

■日　　時：令和７年10月１日　　於：一財）建材試験センター（草加中央試験場）

■試験結果：• 表層材（無垢板）の場合、平均で、最大荷重26.1KN、たわみ83.4㎜で中質木毛セメント板が割れ、接着層が剥がれた。

• 表層材（集成材）の場合、平均で、最大荷重24.1KN、たわみ82.3㎜で中質木毛セメント板が割れ、接着層が剥がれた。



曲げ試験　加圧中



破壊状況

試験体一覧

試験体記　号	寸法（mm）	主な構成材（mm）	幅はぎの接合方法	数量
M	幅　：450 長さ：4000 厚さ：95	・表層，裏層：無垢杉板；厚さ 25 ・中心層：中質木毛セメント板；厚さ 45 ・表層，中心層及び裏層の接着： ビス；径 4.2，長さ 90 ポリウレタン接着剤	なし	3
S		・表層，裏層：杉集成材；厚さ 25 ・中心層：中質木毛セメント板；厚さ 45 ・表層，中心層及び裏層の接着： ビス；径 4.2，長さ 90 ポリウレタン接着剤	レゾルシノール樹脂接着剤	3

曲げ試験結果一覧

試験体記号	試験体番号	最大荷重時		破壊状況
		荷重 P_{max} (kN)	支持点間中央のたわみ δ_1 (mm)	
M	1	26.5	91.7	・支持点－加力点間で中質木毛セメント板の割れ ・接着層の剝がれ
	2	27.1	84.5	
	3	24.8	74	
	平均	26.1	83.4	—
S	1	22.3	79.1	・支持点－加力点間で中質木毛セメント板の割れ ・接着層の剝がれ
	2	24.1	79.5	
	3	26	88.3	
	平均	24.1	82.3	—

今後の課題・展開等

本事業では、30分耐火構造（非耐力）の大臣認定を取得した「木質系材料WOOD.ALC耐火-30」については設計・施工標準仕様書［第1版］を整備し、1時間耐火構造（非耐力）については、性能評価試験の予備燃焼試験により課題が明確になった。

今後は、1時間耐火構造（非耐力）の性能評価試験を実施して、国土交通大臣認定を取得し、さらに間仕切壁への展開も図っていく。

また、性能評価試験を並行して1時間耐火の設計・施工標準仕様書の作成に取り掛かり、需要の多い1時間耐火壁の利用しやすい環境づくりに努めていく。

協会では、これまで準耐火（非耐力壁）、30分耐火（非耐力壁）の大臣認定を取得し、今後1時間耐火（非耐力）が加わることにより、木質系パネルの可能性を拡げていきたい。今後、木質系カーテンウォールの普及活動を進めていく。

課題としては、建築物の用途・仕様により実施施工における各種納まりは多様であり、近年では木質材料の法令改定や施工手法のDX効率化など急速な変化もふまえ継続的な整理改定を行っていく必要があり、その体制づくりに努めていく。

開発された木質系パネルでは、木材のチップ端材を60%以上配合された硬質木片セメント板・中質木毛セメント板を芯材に採用している。総合的に無駄なく木材を利用する素材で組み合わせており、木質材系材料による循環再生可能な素材であることを訴求していきたい。

事業

木質系混構造建築物の耐震安全性確保にかかわる計算の方法に関する検討

● 実施団体 ●

一般財団法人 日本建築防災協会
〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-3-20 虎ノ門YHKビル3F

京都大学生存圏研究所
〒611-0011　京都府宇治市五ケ庄

事業目的

初年度となる2024年度においては、CLT耐震壁を有する鉄骨造及びRC造との混構造について、一般的に設計に用いる摩擦係数や乾燥収縮に関する数値の検討、基準やマニュアル等で決まっている数値とこれまでの実大実験の比較、限界耐力計算による計算例の作成等を目標として検討を進めた。これらの検討では、CLT耐震壁をRC造と組合せた場合の実験データが特に不足していること、CLT耐震壁をより多くの建築物に今後利用していくための適用範囲拡大を図るためには実験による更なるデータの蓄積が必要であることが明らかとなった。そこで、本年度（2025年度）はCLT壁板付きのRC部分架構試験体を用いた振動台実験を優先的に実施し、RC部材の地震時における損傷や応答、変形性能等の評価に必要な知見を収集することを目的としている。

実施した項目

本事業の検討委員会・WGを設置し、CLT壁板付きのRC部分架構試験体を用いた動的実験（振動台実験）を実施した。なお、本年度は動的実験のみを実施したが、次年度以降に同一形状の試験体を用いた静的実験を別途実施することで、RC部材の損傷や応答、変形性能等の情報を動的実験と静的実験で比較検証できるように実験計画を立案している。振動台実験における確認項目は以下に示す通りである。

①混構造架構を対象とした設計手法（パンチング破壊等の保証設計）の検証
②混構造架構を対象とした試験方法の検証（CLT壁板の面外挙動等）
③混構造架構の応答評価に必要となる履歴特性や減衰定数の知見
④CLT壁板の有無が試験体の損傷状況や限界変形に及ぼす影響に関する知見

実施体制

学識経験者、および、関係団体による委員会を構成し、実験WGを設け検討を行った。なお検討は、京都大学、大阪大学、東京大学、（株）堀江建築工学研究所、（国研）建築研究所の委員メンバーにより行われた。

◆事業主体：
（一財）日本建築防災協会、京都大学 生存圏研究所

◆関係団体：
（一社）日本CLT協会、（一社）日本建設業連合会、（一社）新都市ハウジング協会、（一社）日本建築構造技術者協会

◆実験WG構成メンバー：
五十田博･富田愛（京都大学）、勅使川原正臣（名古屋大学名誉教授、日本建築防災協会）、真田靖士･尹ロク現（大阪大学）、楠浩一･田尻清太郎（東京大学）、坂下雅信（建築研究所）、迫田丈志（堀江建築工学研究所）

実施した内容

RC造において、耐震要素としてCLT耐震壁を活用するためには、地震時に建築物がどの程度変形するか予測する（応答評価を行う）ための知見が不可欠であるが、通常行われる静的実験では評価に必要な情報を十分に得ることができない。本検討では、昨年度実施した実験計画に基づき、縮尺20%の部分架構試験体2体を用いた動的実験（振動台実験）を実施した。

6階建て建物の下部2層を模擬した図1、2に示す2体の部分架構試験体を製作し、試験体の動的挙動を確認するための振動台実験を実施した。いずれの試験体についても、X方向の加振後（代表変形角1/50rad程度まで）、試験体を平面上で90度回転し、Y方向の加振（代表変形角1/25rad程度まで）を行う形で実施することで、3種類のCLT壁板配置の影響（試験体1のX、Y方向と試験体2のX方向を比較）と事前の直交載荷の影響（試験体1のX方向と試験体2のY方向を比較）を検証できるように工夫している。また、いずれの試験体もほぼ同じ水平耐力が得られるようにRC造の柱や梁の断面や配筋を調整している（図1、2参照）。同一の水平耐力とすることで、振動台実験において、CLT壁板の配置の違いが試験体の応答性状やRC部材の損傷状況に及ぼす影響を直接比較することが可能となる。また、本実験は縮小試験体となるため、CLT壁板には、厚さ30 mm、幅200mmのMx60A-3-3のスギCLTを用いることとし、各スパンに3枚ずつ配置した。それぞれの壁板がロッキング挙動によって地震力に抵抗することで、地震時の応答変形を小さくする効果が期待できる。

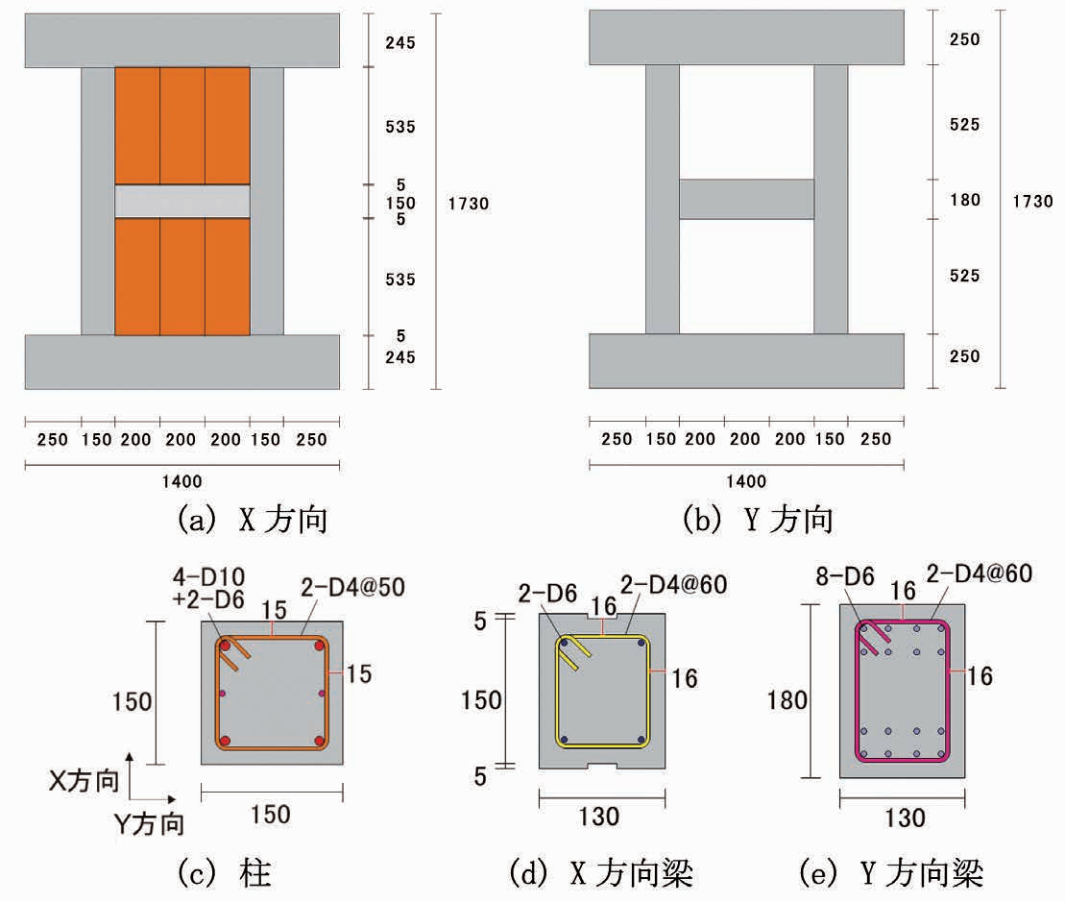


図1　試験体1の形状（単位：mm）

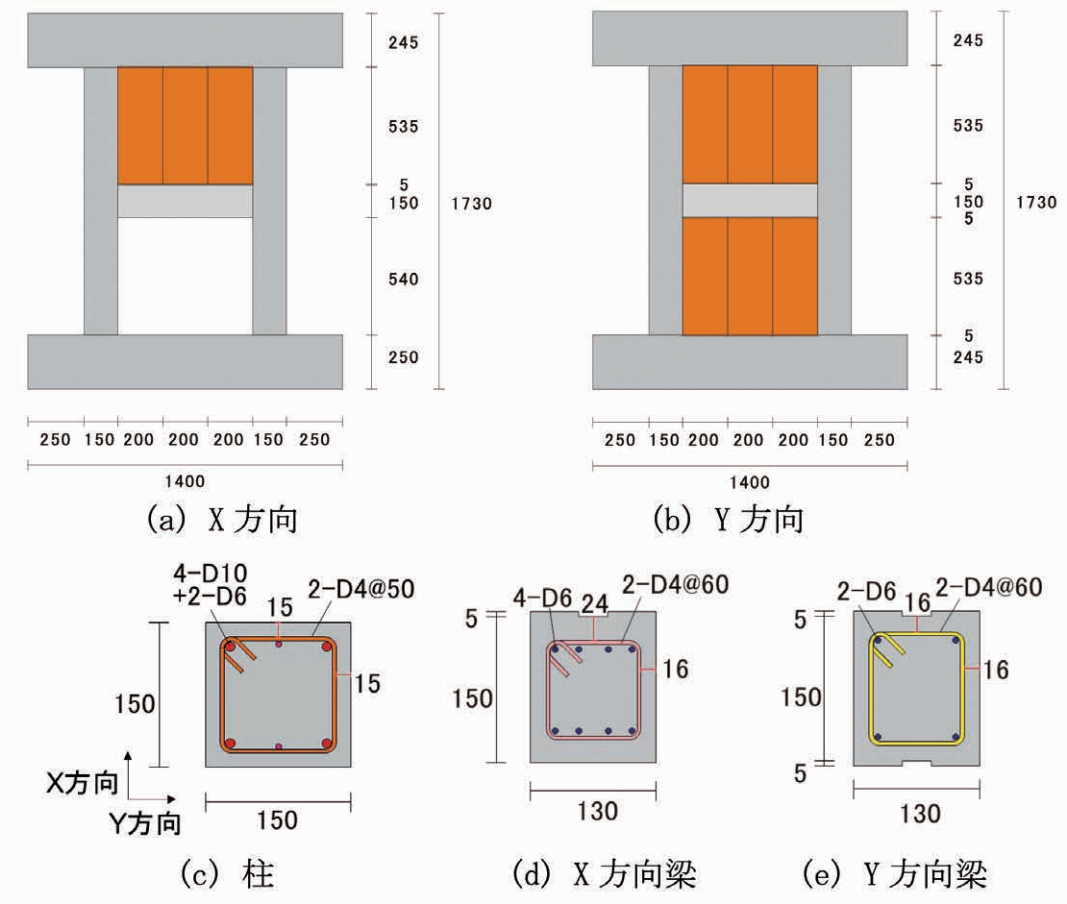


図２　試験体２の形状（単位：mm）

実験は、試験体に入力する地震波（時間軸を 1/$\sqrt{5}$ 倍した第２種地盤相当の告示波 (El Centro NS 位相)、図 3(a) 参照) を徐々に大きくする形で行った。また、加振ごとにホワイトノイズ波、ステップ波の入力を行い、試験体の固有周期等の変化を確認した。加振時には各階の水平変形や加速度、各部の変形やひずみ等の計測を行うと共に、加振ごとに試験体に発生したひび割れ等の損傷を記録した（図 3(b)、(c)、(d) 参照)。

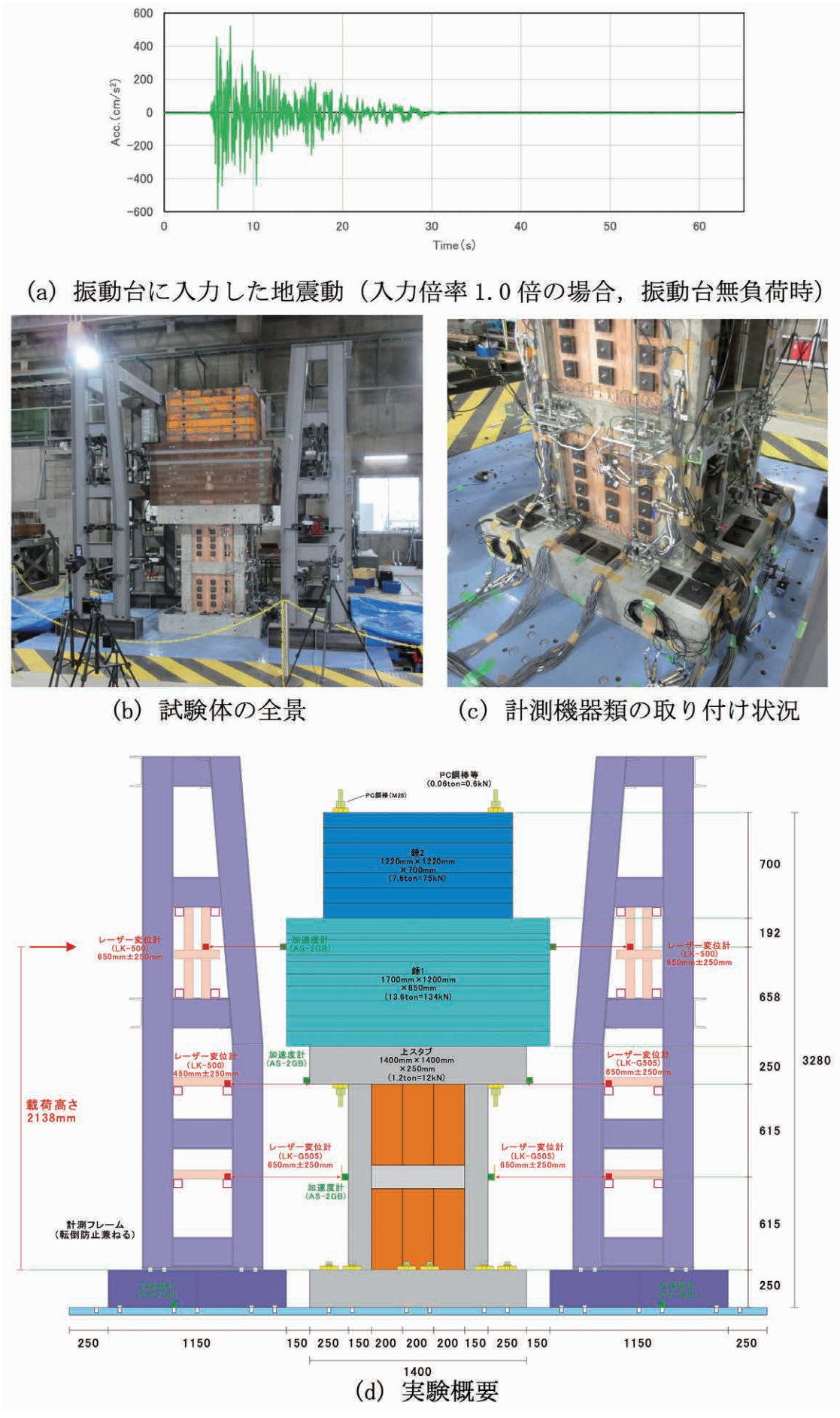
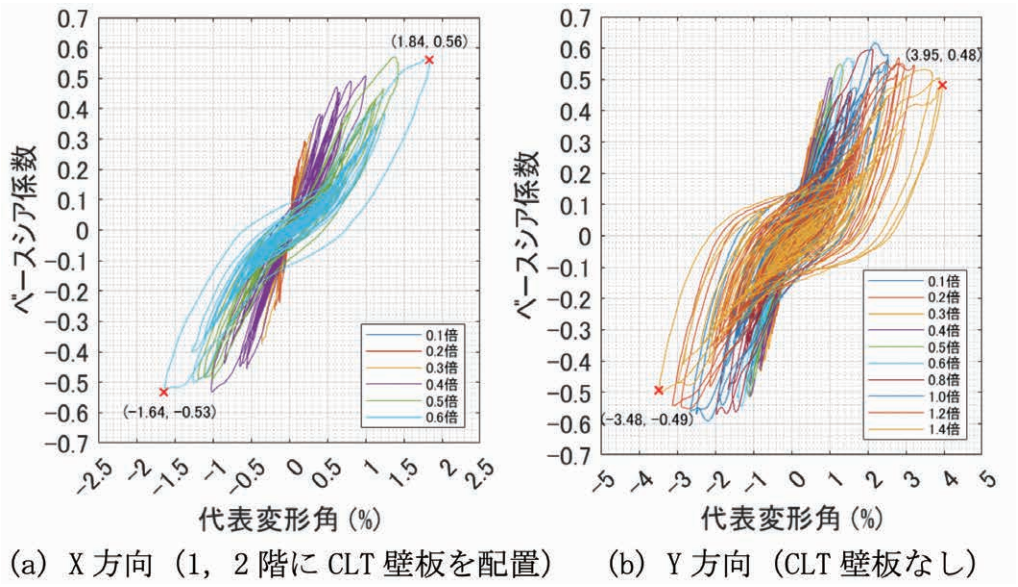

600
400
200
0
−200
−400
−600
Acc.(cm/s²)
0
10
20
30
40
50
60
Time(s)
(a) 振動台に入力した地震動（入力倍率 1.0 倍の場合，振動台無負荷時）
(b) 試験体の全景
(c) 計測機器類の取り付け状況
PC鋼棒等
(0.06ton=0.6kN)
PC鋼棒(M26)
錘2
1220mm×1220mm
×700mm
(7.6ton=75kN)
錘1
1700mm×1200mm
×850mm
(13.6ton=134kN)
上スタブ
1400mm×1400mm
×250mm
(1.2ton=12kN)
レーザー変位計
(LK-500)
650mm±250mm
加速度計
(AS-2GB)
レーザー変位計
(LK-G505)
650mm±250mm
載荷高さ
2138mm
計測フレーム
(転倒防止兼ねる)
700
192
658
250
615
615
250
3280
250
1150
150
250
150
200
200
200
150
250
150
1150
250
1400
(d) 実験概要

図３　振動台実験の概要

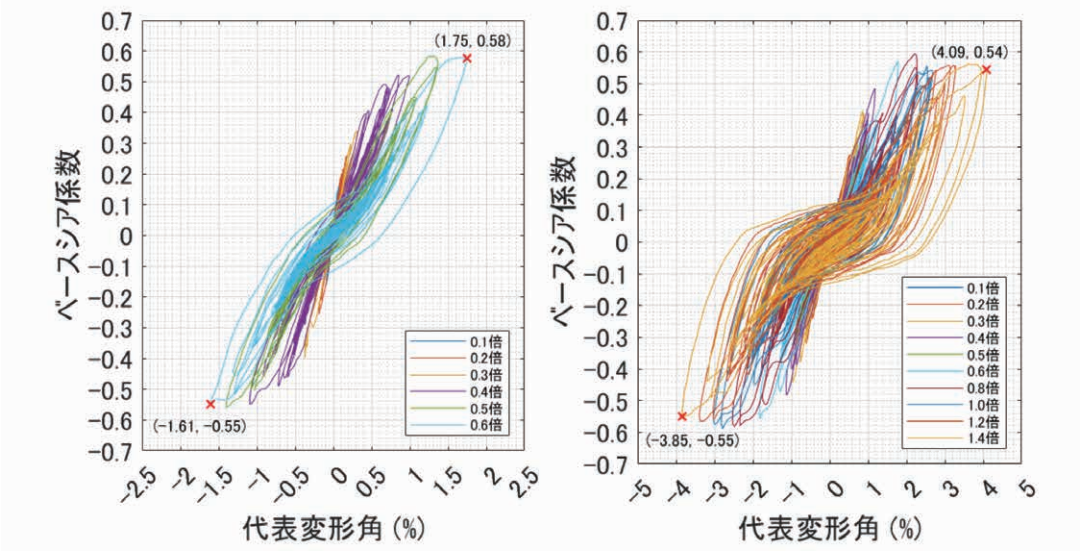
実施した結果

図４、５に振動台実験で試験体に作用した水平荷重と代表変形角（1、2層の平均的な水平変形角）を示すが、いずれの加振でも試験体は、大変形時まで耐力低下がほとんどない靭性に富む挙動を示し、RC柱とRC梁の材端に塑性ヒンジが形成され、CLT壁板がロッキングする全体崩壊型の崩壊機構が設計時の想定通りに形成された。また、水平耐力に関してはベースシア係数に換算して0.6程度と各試験体でほぼ等しい値となり、こちらも設計時の想定と概ね合致する結果となった。



(a) X 方向（1，2 階に CLT 壁板を配置）　(b) Y 方向（CLT 壁板なし）

図４　実験で得られた荷重変形関係の一例（試験体 1）



(a) X 方向（2 階に CLT 壁板を配置）　(b) Y 方向（1，2 階に CLT 壁板を配置）

図５　実験で得られた荷重変形関係の一例（試験体 2）

大変形時には、RC柱のカバーコンクリートの剥落や主筋の座屈、破断が見られた（図6(a)参照）。また、RC梁端では、CLT壁板のロッキングに伴って局所的に大きなせん断力が作用するため、パンチング破壊が生じるおそれがあったが、既往の保証設計法を適用することで、脆性的な破壊を防止できることが確認された。一方、CLT壁板に関しては、RC梁の軸伸びに伴って柱と離間する様子が確認されたが、実験終了時まで目視で確認できるような損傷は確認されなかった（図6(b)参照）。また、加力方向

に対して直交方向に配置されたCLT壁が脱落することが懸念されていたため、CLT壁板にも錘を設置して検証を行った（図３参照）が、RCスタブやRC梁にCLT壁板を埋め込むように配置することで脱落を防止できることが確認された。

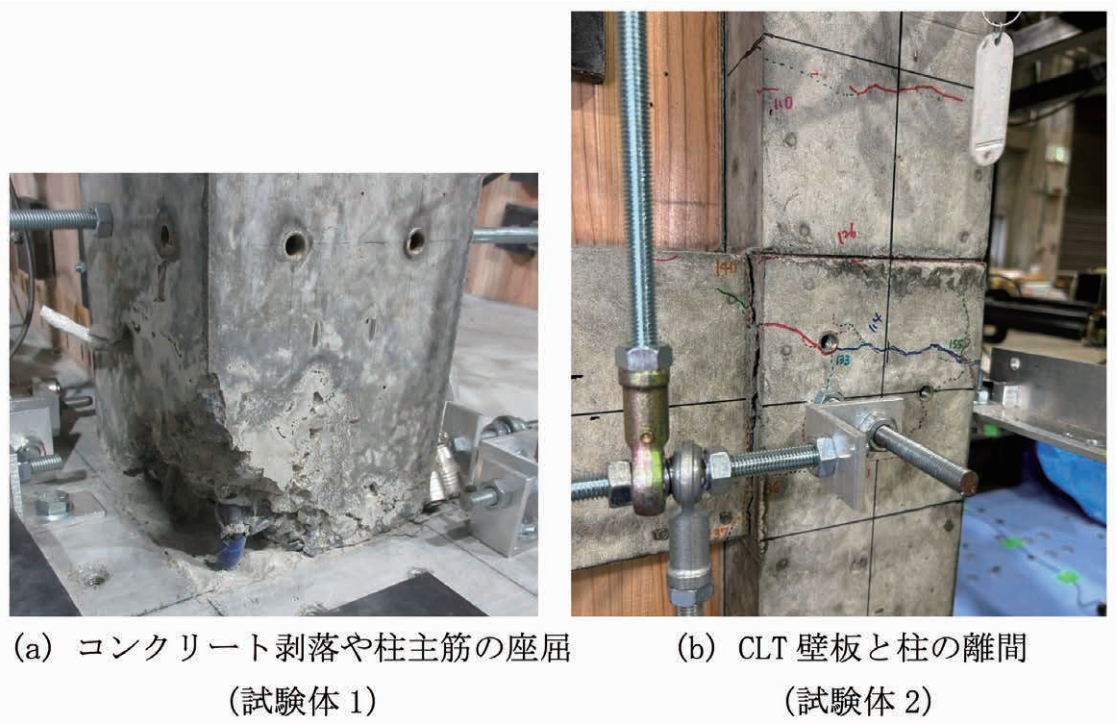


図６　実験で確認されたRC部材の損傷

加振では入力地震動の倍率が大きくなるにつれ、試験体の固有周期が長くなり（図７参照）、地震時の最大変形と密接な関連がある減衰定数が増大する傾向が確認されているが、その程度はCLT壁板の配置によって異なっている。今後は本実験で得られた成果や次年度の実施を予定している静的載荷実験の結果を基に、CLT壁板を有するRC構造のモデル化や保証設計、応答評価に必要となる知見を整理する予定である。

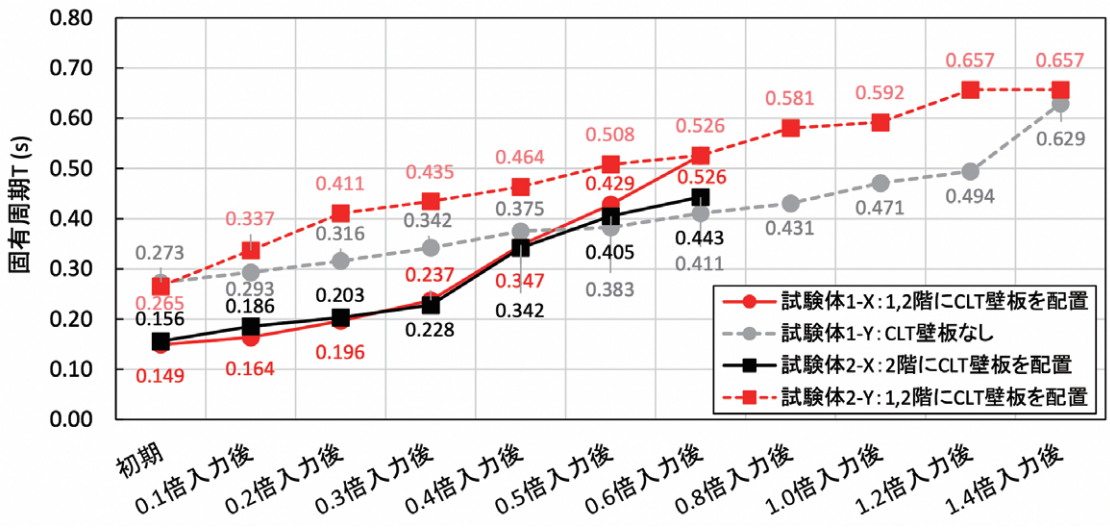


図７　加振ごとに計測した試験体の固有周期の推移

今後の課題・展開等

本年度の事業では、CLT壁板付きのRC部分架構試験体を用いた振動台実験を実施することで、混構造架構の設計手法、応答評価に必要となる履歴性状や減衰定数に関する知見、CLT壁板が損傷状況や限界変形に及ぼす影響に関する知見を得た。一方で、試験装置の制約により、6階建ての想定建物を対象とした検証に留まっているため、本年度の事業で得られた知見を、想定する建物の階数や規模が変わった時にも適用できるか確認する必要がある。

そこで、次年度は図8に示す建研式加力装置を用いた静的実験を実施し、振動台実験では検証が行えていない軸力やせん断スパン（地震力が作用する高さ）の影響を検証することを計画している。実験に用いる試験体は、振動台実験と同形状のCLT壁板付きのRC部分架構試験体とし、図中に示す2000kNの水平ジャッキと1000kNの鉛直ジャッキを用いることで、上記の変数を変動させ、低層から高層（10階建て程度まで）の応力状況を再現した実験を実施する。

また、動的実験と静的実験で得られた挙動を数値解析で再現することを目的とし、図9に示すような線材を用いた解析モデルの構築を行う。モデル化手法の検証を行うことで、保証設計等を行う際に必要となる各部の応力推定の精度向上や、混構造建物の設計を行う設計者の利便性向上に繋がることが期待される。

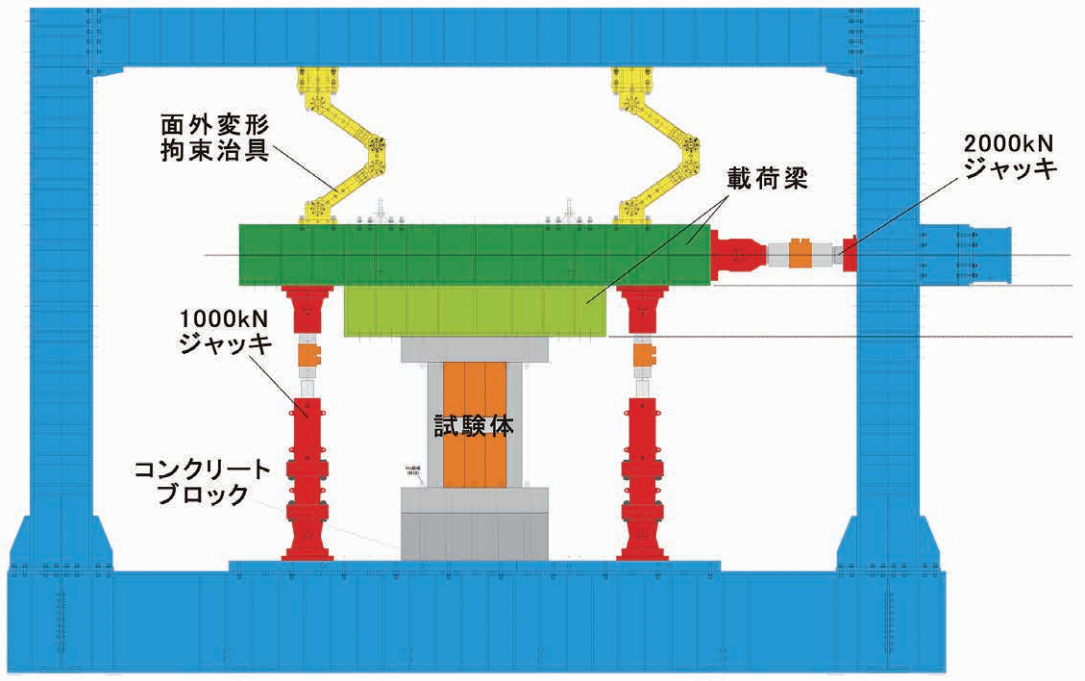


図8　想定建物の階数等をパラメータとした静的載荷実験のイメージ

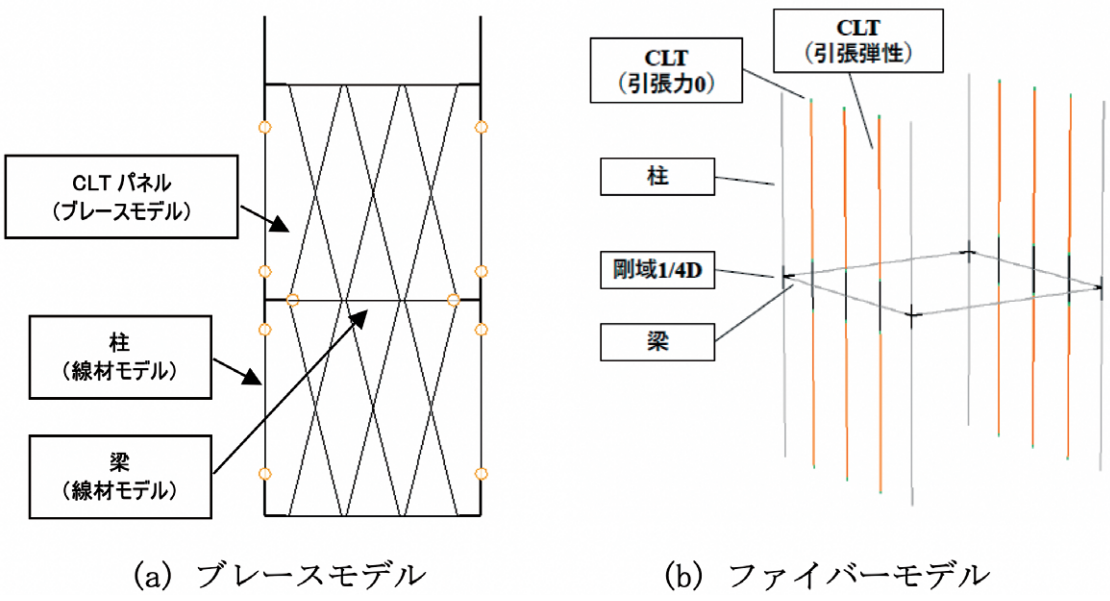


図９　次年度検討予定の解析モデルのイメージ

事業

中大規模木造建築物のエンボディドカーボンLCA算定評価事業

● 実施団体 ●

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター

〒136-0075　東京都江東区新砂三丁目４番２号

事業目的

近年、企業活動において、ESG（環境、社会、ガバナンス）の要素を考慮する投融資をはじめとして、持続可能な社会を実現するためのサステナブルファイナンスが拡大しており、木材の主要な需要先である建築分野においてESGの観点から、木材の利用による、建築時の温室効果ガス（GHG）の排出削減や炭素貯蔵等カーボンニュートラルへの貢献等の期待が高まっている。

このような状況を受けて令和６年３月に林野庁から「建築物への木材利用に係る評価ガイダンス」が示され、ライフサイクルアセスメント（LCA）により算定した、建築物に係るエンボディドカーボンの算定方法が示されたところである。

このため、令和７年度においては、前述のガイダンスに準拠して、典型的な中層木造ビルに係るエンボディドカーボンのうち、新築時に発生するカーボン（アップフロントカーボン）について試算するとともに、計画的に同等のRC造など他構造の中層ビルに係るアップフロントカーボンについて試算し比較評価を行う。

実施した項目

1　LCA算定評価方法の検討

学識経験者、関係団体等からなる検討委員会を構成し、エンボディドカーボンLCA算定評価の方法、評価対象となる中層木造ビルの典型例と比較対象の他構造の同種ビルの選定、LCA算定評価内容の検討を行った。

2　LCA算定評価対象建築物の設計資料等の収集、整理

３階建て準耐火木造事務所ビル及び類似の規模用途のRC造の中規模ビルに係る設計資料等の収集、整理を行った。

3　典型木造ビルのLCA算定評価の試行、評価

典型的な中層木造ビルの設計資料等から、算定対象とする構造躯体及び内外装において必要な建材を拾い出し、環境分析用インベントリデータベース（IDEA Ver.3.5.1）を用いて、資材製造段階（A１～A３モジュール）における７種類の温室効果ガス排出量の環境影響評価を行った。また、評価の傾向をつかむため産業連関表による評価も行った。

4　類似の他構造ビルのLCA算定の試行、比較評価

類似の規模用途のRC造の中規模ビルについて、比較設計を行うことにより３に関する分析結果を用いてLCA算定試行を行い、中層木造ビルとの比較評価を行った。

実施体制

中大規模木造建築物のエンボディドカーボンLCA算定評価検討委員会　（順不同）

顧　問	服部　順昭	東京農工大学　名誉教授
委員長	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	山代　　悟	芝浦工業大学建築学部建築学科　教授
	小林　謙介	広島県立大学生物資源科学部生命環境学科環境科学コース 准教授
	渋沢　龍也	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域 主任研究員
	槌本　敬大	国立研究開発法人建築研究所　材料研究グループ グループ長
	堀江　隆一	CSR デザイン環境投資顧問株式会社　代表取締役
	西岡　敏郎	(一社) 日本不動産研究所　研究部　上席主幹
	花井　厚周	(一社) 日本建設業連合会 木造・木質建築普及 ワーキングチーム 委員
	入山　朋之	(一社) 日本木造住宅産業協会　資材・流通委員会 委員長
	近藤　浩一	(一社) 日本ツーバイフォー建築協会　開発部長
	中村　道人	(一社) 全国木材組合連合会　常務理事
	清水　邦夫	日本集成材工業協同組合　専務理事
	上　　練三	日本合板工業組合連合会　専務理事
	飯島　敏夫	(公財) 日本住宅・木材技術センター　参与
オブザーバー	田村　好史	(一社) 不動産協会
	大浦　悠都	(一社) 日本不動産研究所
	平沼　孝太	(一社) 全国LVL 協会
	坂田　　徹	日本繊維板工業会
	上田摩耶子	(一社) 日本CLT 協会
協力委員	川原　　聡	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　室長
	中村　　誠	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　課長補佐
	中村　有貴	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　住宅資材技術係長
	高澤　　誠	国土交通省住宅局木造住宅振興室　課長補佐
	下野恵理子	国土交通省官庁営繕部整備課木材利用推進室　課長補佐
コンサルタント	(一社) サステナブル経営推進機構	
	(有) ビルディングランドスケープ	
事務局	(公財) 日本住宅・木材技術センター	

中大規模木造建築物のエンボディドカーボンLCA算定評価検討委員会WG　（順不同）

主　査	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	山代　　悟	芝浦工業大学建築学部建築学科　教授
	小林　謙介	広島県立大学生物資源科学部生命環境学科環境科学コース　准教授
	渋沢　龍也	国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域 主任研究員
	槌本　敬大	国立研究開発法人建築研究所　材料研究グループ　グループ長
協力委員	川原　　聡	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　室長
	中村　　誠	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　課長補佐
	中村　有貴	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室　住宅資材技術係長
	高澤　　誠	国土交通省住宅局木造住宅振興室　課長補佐
	下野恵理子	国土交通省官庁営繕部整備課木材利用推進室　課長補佐
コンサルタント	(一社) サステナブル経営推進機構	
	(有) ビルディングランドスケープ	
事務局	(公財) 日本住宅・木材技術センター	

実施した内容

中大規模木造建築物のLCA（ライフサイクルアセスメント）算定評価における具体的な検討事項は、大きく分けて「算定範囲と手法」「炭素貯蔵の扱い」「他構造（RC造）との比較条件」「データの透明性と精緻化」の４つの観点から議論された。

主な検討事項とその内容は以下のとおりです。

1　LCA算定の範囲と手法に関する検討

- 算定段階と対象範囲：算定の範囲（システム境界）は、建築物を構成する主要部位である構造躯体及び内外装とし、建築設備（空調設備、衛生設備、電気設備等）は算定対象に含めないことが検討されました。また、評価対象はアップフロントカーボンのうち資材製造段階とし、ライフサイクルステージＡ１（原材料の調達）、Ａ２（原材料の工場への輸送）、Ａ３（製造）を対象とする方針が示されました。
- 算定する環境影響評価：算定にあたっては７種類（二酸化炭素・メタン・一酸化二窒素等）の温室効果ガス（GHG）を対象とし、二酸化炭素換算量（CO_2-eq）として評価すること及び温室効果ガス排出量（気候変動影響）については総量を算定するとともに、化石由来、生物由来、土地利用・土地利用変化に起因する排出量の内訳を区分して表示する方針が示されました。
- カットオフ基準（算定除外）：LCAにおいては、環境影響が微量な要素を評価対象から除外するカットオフルールがあるが、今回の算定においては、木造と他構造との比較がより適切に実施できるよう、釘類などの小規模建材もデータが入手可能であれば算定に含める方針が示されました。
- 歩留まりと加工エネルギー：建築段階における端材の発生（歩留まり）については、算定の合理性及び比較可能性の確保を鑑み、本算定では設計図書に基づく見付面積から算出した材料数量を用い、施工時における材料ロス（歩留まり）は考慮しない方針が示されました。なお、本前提はすべての比較対象において共通に適用しており、算定結果に与える影響は限定的であると判断しました。また、プレカット加工に伴うエネルギーを個別に上乗せすべきかについても議論が行われ、歩留まりと併せて今後の詳細算定段階における検討課題であることが示されました。

2　炭素貯蔵（生物由来炭素）の扱い

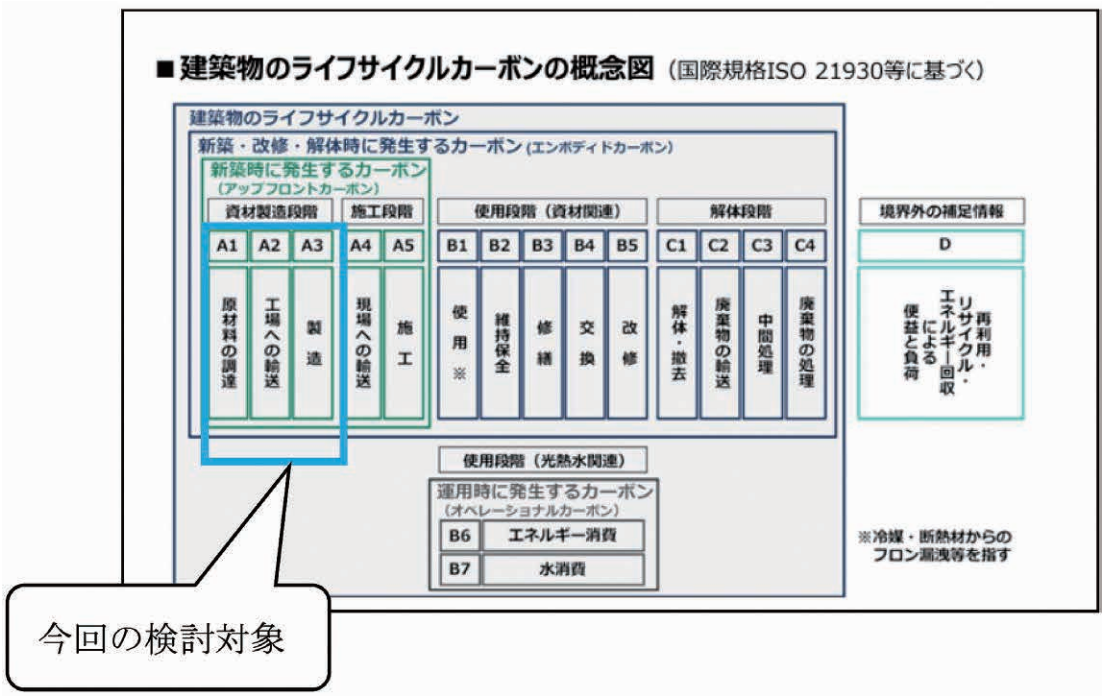
- 生物由来炭素の取扱い方法の違いが算定結果に与える影響を明確にするため、生物由来炭素の吸収及び放出を評価対象外として算定する方法（ゼロゼロアプローチ）と、生物由来炭素の吸収及び放出を気候変動影響として個別に算定・開示する方法（–1/+1 アプローチ）の双方による算定結果を併記する方針が示されました。

3　他構造（RC造）との比較設計

- 設計条件の共通化：公平な比較のため、３階建て木造モデルと同じ規模、高さ、スパンを採用することが検討されました。
- 基礎形式の統一：地盤条件による杭長の変動が算定に与える影響を避けるため、木造・RC造ともに良好な地盤を想定し、ともに基礎の形式は「直接基礎」を採用して条件を揃えることとなりました。

4　算定結果の精緻化と情報の透明性

- 算定結果の分析：木造と鉄筋コンクリート造の算定結果の比較分析にあたっては、工事区分別及び建材種別（木材・鉄・コンクリート・石こう等）の２つのアプローチによってLCAを算定する方針が示されました。
- ホットスポットの特定：算定結果に大きな影響を与えると考えられる要素（生コン、鉄筋、石こうボード、OAフロア等）の特定が重要視されました。



実施した結果

この算定は、延床面積約2,500㎡、地上３階建ての事務所・店舗ビルをモデルとし、原材料調達から製造までのアップフロントカーボン（A1～A3段階）を対象としています。

1　積み上げ法（AIST-IDEA）の分析結果【ゼロゼロアプローチ】

（1）木造の合計排出量に対しRC造の合計排出量は低くなっている。
（2）RC造と木造の合計排出量の差の大半は上部躯体工事と基礎工事に起因したものとなっている。
（3）外装工事と外装建具工事、内装建具工事はほぼ同水準で、内装工事と屋根工事は木造よりRC造が低くなっている。
（4）気候変動影響の内訳では、化石由来炭素に起因する排出量は木造の方がRC造より少ない一方、土地利用及び土地利用変化に起因する排出量は、僅かに木造の方がRC造を上回っている。暫定値として、木造建築物は、RC造と比較して排出量が低く抑えられる傾向が示されています。

2　積み上げ法（AIST-IDEA）の分析結果【-1/+1アプローチ】

（1）木造の合計排出量に対し、RC造の合計排出量は低くなっている。
（2）RC造と木造の合計排出量の差の大部分が上部躯体工事に起因し、木材製品が化石由来炭素の排出量が少なく、生物由来炭素による炭素貯蔵量が大きいことが確認できる。
（3）木造では化石由来炭素の多くが生物由来炭素の除去で相殺されるのに対し、RC造では低位にとどまっている。

○算定建築物基本情報（木造）

建築計画概要

用途	事務所、店舗
規模	地上３階建て
高さ	最高高さ12.42m（16m未満）
延床面積	2,548.90㎡（3,000㎡未満）
構造形式	木造（在来軸組工法＋耐力壁）
耐火仕様	45分準耐火構造
構造計算ルート	ルート2
特記事項	使用する木材製品及び木質建材については、クリーンウッド法等に基づき合法性・持続可能性が担保されている木材を使用

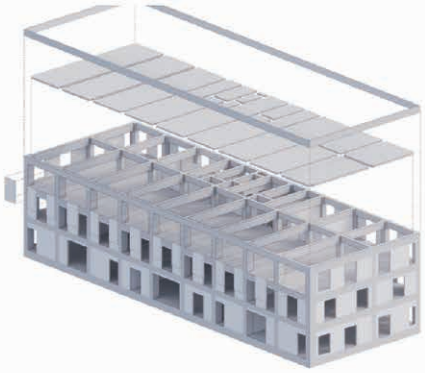


※「中規模ビルの木造化標準モデル」
2023年2月（画像は構造のみ）

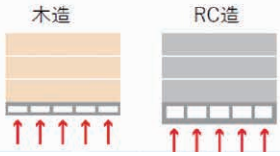
○算定建築物基本情報（RC造）

建築計画概要

用途	事務所、店舗
規模	地上３階建て
高さ	最高高さ12.42m（16m未満）
延床面積	2,548.90㎡（3,000㎡未満）
構造形式	鉄筋コンクリート造（ラーメン構造）
特記事項	・比較対象として、木造モデルの算定建築物と同様の規模、平面プラン、高さ、モジュール、開口部面積・開口部性能にて設計を行い、同じ機能単位を持つ建築とした。 ・木造モデルと同等の性能を持つ断熱材をRC造に外断熱として付加した。 ・外周部の壁は非構造壁とし、RCラーメンフレームと構造的に一体とならないようスリットを設けた。 ・使用する木材製品及び木質建材については、クリーンウッド法等に基づき合法性・持続可能性が担保されている木材を使用。



木造・RC造モデルとも良好な地盤を想定し、ともに基礎の形式は直接基礎とする。上部建物の重量により、基礎のコンクリート量にどのように影響するかを検証する。



今後の課題・展開等

中大規模木造建築物のモデル設計と比較するRC造以外の他構造の建築物についての検討。

アップフロントカーボンのうち施工段階（Ａ４現場への輸送、Ａ５施工）に係るＬＣＡ算定方法の検討。

アップフロントカーボンの算定以降のライフサイクルステージ（モジュールＢ：使用段階、モジュールＣ：解体段階、モジュールＤ：境界外）におけるＬＣＡ算定評価の検討。

これらの算定評価手法について現在のモデル建築物で検討するとともに、他構造の同規模建築物とのＬＣＡの比較を行う。

また、現在、ＬＣＡ算定対象の中大規模木造建築物については、３階建ての準耐火建築物をモデルケースとしているが、４階建て以上の耐火木造建築物をＬＣＡ算定対象とするかについても検討していく。

事業

工務店等支援体制の構築

● 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

多くの非住宅低層建築物の建設は、鉄骨造やＲＣ造が選択されることが未だ多く、地域の建築の主な担い手である工務店が非住宅木造建築を実現するための十分な施工管理体制が構築されていない状況にある。

過年度、ウッド・チェンジ協議会の低層小規模建築物グループを構成する工務店関係団体、プレカット関係団体等のニーズを反映して、非住宅低層建築物のモデル設計、施工管理図書等の整備を行った。これらの建築物は工務店等の設計・施工技術者が手掛けやすい２階建てまでの、その他木造の建築物に限定していた。

本事業では、非住宅建築物の適用範囲を拡大し、過年度事業にて有効性が確認された施工管理図書の活用を見据えた、準耐火建築物を前提とした小規模な高齢者福祉施設等のモデル設計を取りまとめ、国産材活用や内装木質化の効果等の観点を加えた普及資料を作成し、非住宅低層小規模建築物の木造化の普及促進を図ることを目的とした。

実施した項目

●モデル設計のとりまとめ

（1）小規模な高齢者福祉施設等のモデル設計

（2）事業検討委員会委員を対象とした小規模な高齢者福祉施設等の木造化モデル案の提案募集、整理

●モデル設計に関する普及資料の作成、セミナーの開催

実施体制

事業実施にあたり、工務店等支援体制の構築事業検討委員会を設置し、ウッド・チェンジ協議会低層小規模建築物グループメンバーである以下の者ほかを検討委員会委員として課題に取り組んだ。

■委員長		大橋　好光	東京都市大学 名誉教授
■委　員	（団体）	功刀　友輔	（一社）中大規模木造プレカット技術協会(PWA) 理事
		右島　賢光	全国知事会(東京都 政策企画局 政策部 政策担当課長)
		大野　哲也	（一社）JBN・全国工務店協会 木造建築委員会 委員長
		足立　朋樹	（一社）日本木造住宅産業協会 技術開発部長
		黒岩　尚文	（一社）全国小規模多機能型居宅介護事業者連絡会 理事長
	（企業）	青木　卓也	日本マクドナルド株式会社 店舗開発本部 設計建設部 部長
		永井　敏浩	SMB建材株式会社 木構造事業本部 エンジニアリング部長
		安達　広幸	株式会社シェルター 常務取締役
		石井　　肇	住友林業株式会社 住宅事業本部 アセットソリューション部 技術開発室 マネージャー
		片山　　遥	株式会社竹中工務店 木造・木質建築推進本部 技術グループ 主任
		浅井　　透	東急建設株式会社 建築事業本部 事業統括部 木造推進部 専門部長

	宮代　博幸	ナイス株式会社 資材事業本部 木材事業部 理事
	中藤　栄顕	ポラス株式会社 経営企画部 秘書室長
	那須　恭介	三菱地所株式会社 関連事業推進室 CLT WOOD PROMOTIONユニット
	平岩　昌一	ライフデザイン・カバヤ株式会社 執行役員 東京支店長・FC事業本部長
	松岡　秀尚	中国木材株式会社 顧問
	西本　将晴	銘建工業株式会社 木質構造事業部 営業部 直需課 課長
	上村　晃三	ＡＬＳＯＫ介護株式会社　取締役
（研究機関）		
	伊神　裕司	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター（木質資源利用研究担当）

■オブザーバー

（行政）	牧野　秀史	林野庁木材利用課 建築物木材利用促進官
	長谷川　学	林野庁木材利用課 課長補佐
	紺野　尚之	林野庁木材利用課 木造公共建築物促進担当専門職
	山﨑　雄大	国土交通省 住宅局住宅生産課 木造住宅振興室 課長補佐
	髙久　裕行	国土交通省 住宅局住宅生産課 木造住宅振興室 木造係長
（団体）	佐藤圭一郎	（一社）九州経済連合会 委員
	髙橋　健二	全国建設労働組合総連合

■事務局

	金子　　弘	（公財）日本住宅・木材技術センター 専務理事
	清水　俊二	（公財）日本住宅・木材技術センター 首席研究員
	宮川　昌城	（公財）日本住宅・木材技術センター 技術主任
	大倉　靖彦	（株）アルセッド建築研究所 副所長
	山口　克己	（株）アルセッド建築研究所 統括
	塙　加寿雄	（株）アルセッド建築研究所 主幹

実施した内容

●モデル設計のとりまとめ

（1）小規模な高齢者福祉施設等のモデル設計

過年度事業にて有効性が確認された施工管理図書の活用を見据えた、準耐火建築物の一部に燃えしろ設計を用いた小規模な高齢者福祉施設等の特殊建築物（注1）のモデル設計を行った（注2）。その際、木造化のニーズ、高い汎用性、可能な限り国産材を多く使うことができる構法を用いたモデルとなるようとりまとめた。

（注1）特殊建築物

- 小規模多機能型居宅介護施設：準防火地域における2階建て高齢者福祉施設用途延べ面積500㎡以上

（注2）設計条件

- 規模、階数、基本的な間取、標準スパン、標準階高

（2）事業検討委員会委員を対象とした小規模な高齢者福祉施設等の木造化モデル案の提案募集、整理

木造化モデル案の提案条件を整理し、事業検討委員会参加メンバー有志からの提案を募り、提案された内容について、木造化モデル案として整理した。

●モデル設計に関する普及資料の作成、セミナーの開催

地域工務店等支援体制の構築に資する普及資料を作成し、セミナーを開催した。

●スケジュール

	4月 5月 6月	7月 8月 9月	10月 11月 12月	1月 2月 3月
委員会		☆#1	☆#2	☆#3 ☆セミナー
		高齢者福祉施設等モデル設計の作成 →		
		各委員による木造化モデル案の作成 →		
				普及資料のとりまとめ →

実施した結果

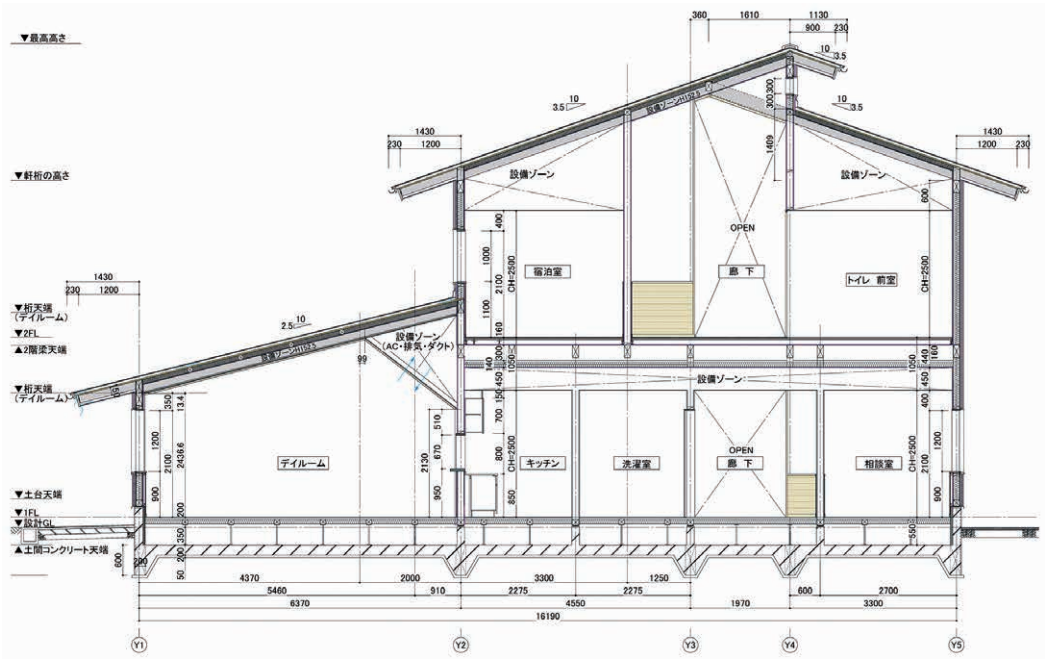
小規模な高齢者福祉施設等のモデル設計として、①事務局提案の低層小規模による高齢者福祉施設の木造化モデル（事務局木造化モデル）、②（一社）JBN・全国工務店協会及び（一社）中大規模木造プレカット技術協会（PWA）共同提案の木造化モデル案（JBN・PWA共同提案木造化モデル案）、③（株）シェルター提案の木造化モデル案（シェルター木造化モデル案）をとりまとめた。

2月9日（月）「ウッド・チェンジ協議会／工務店等支援体制の構築セミナー」と題して、非住宅低層小規模建築物の木造化に関心のある事業主や工務店等の技術者等を対象にセミナーを実施した。

セミナーでは、事業検討委員会においてとりまとめた小規模な高齢者福祉施設の木造化モデル案の説明を通じて、建物を実現するための多様な材料や構法等を紹介した。セミナーでは延べ188名の参加者により活発な質疑応答があった。

●木造化モデル案の例

①事務局木造化モデル　矩計図



①事務局木造化モデル　外観イメージ



②JBN・PWA共同提案木造化モデル案　外観イメージ



③シェルター木造化モデル案　内観イメージ



今後の課題・展開等

脱炭素社会の実現に資するため、民間建築物における木材利用をさらに促進するためには、引き続き非住宅低層小規模建築物の木造化においても、多様な用途を想定した木造化モデルの更なる充実を図り、事業成果の定着に取り組む必要がある。

事業

日本農林規格化に必要な保存処理CLTの性能評価に資するデータ収集調査事業

● 実施団体 ●

日本木材防腐工業組合

〒105-0004　東京都港区新橋5-28-7　新橋安達ビル４階

事業目的

CLTは木材を大量かつ有効に利用可能な材料であることから、建築用の各部構造部材として利用すれば、国産材の有効活用による森林の良好な維持、脱炭素社会の実現に貢献しうるものとして大きな注目を集めてきた。

そして、構造、防耐火、遮音性能等の設計については急ピッチで検証が進みCLTの建築への利用拡大が図られてきた。しかしながら、現在のCLT建物に耐久性を付与する手法の検証や維持管理のためのシステム作りが遅れていることを日本木材防腐工業組合では指摘し、これ等を解決するにはCLTの耐久性向上が必要であると提案してきた。また、国土交通省木造住宅振興室は令和６年12月に、建築事業者や建築主と金融会計投資分野関係者の連携を促進し資産価値の可視化を通じた木造建築物の普及と市場価値の向上を目的として「木造建築物の耐久性に係る評価のガイドライン」を示しており、その中で木質構造部材への耐久性付与を求めている。

これまで日本木材防腐工業組合では、様々な劣化環境下における各種保存処理CLTの耐久性評価、CLT壁体の層間浸水による劣化リスクと保存処理の有効性の検証、加圧注入処理CLTの日本農林規格化に資する資料を収集・整備に取り組んできた。そして、CLTがこれまでない寸法の木質材料であること、また要求される保存性能が多様であると考えられることから、それらに対応した保存処理技術を確立するとともに、その性能を保証する為に必要となる品質検査項目に対して、その評価方法とその評価基準の提案をすることを目的としている。

実施した項目

そこで、今年度本事業では昨年度までの成果に加えて、以下の（1）から（4）の項目について実施した。

事業実施内容

1）長期供用期間中の保存処理CLTの強度性能変化に関するデータ収集
2）新たな基準案の基づく保存処理CLTの耐久性評価
3）実使用建物におけるCLT等の耐久性に係る調査
4）保存処理CLTの規格に求められる製造基準及び品質規準案の作成

実施体制

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

（敬称略・順不同）

委員長	中島　正夫※	関東学院大学名誉教授
委　員	新藤　健太※	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
委　員	栗﨑　　宏	学識経験者
委　員	森　　拓郎	広島大学大学院先進理工系科学研究科
委　員	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

委　員	高梨　隆也	北海道大学大学院 農学研究院
委　員	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
委　員	井道　裕史※	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
委　員	槌本　敬大※	国立研究開発法人 建築研究所
委　員	秋山　信彦	国立研究開発法人 建築研究所
委　員	河合　　誠	一般社団法人 日本CLT協会
委　員	酒井　優太	国土技術政策総合研究所
委　員	平松　　靖	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
委　員	野田　康信	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
委　員	中川　美幸	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
委　員	山内　一浩※	独立行政法人 農林水産消費安全技術センター
委　員	板垣　　悟	公益財団法人 日本合板検査会
委　員	佐野　敦子	公益財団法人 日本住宅・木材技術センター
委　員	北野　正博	株式会社 中東
委　員	増田　勝則	奈良県森林技術センター
委　員	山口　秋生※	越井木材工業株式会社
委　員	森田　珠生※	越井木材工業株式会社
委　員	須貝与志明※	株式会社ザイエンス
委　員	茂山　知己※	株式会社ザイエンス
委　員	重留　　圭※	株式会社ザイエンス
委　員	手塚　大介※	兼松サステック株式会社
委　員	角谷　俊和※	兼松サステック株式会社
委　員	村松　寿夫	兼松サステック株式会社
委　員	赤堀　裕一※	大日本木材防腐株式会社
委　員	原田　矩行※	九州木材工業株式会社
オブザー	松永　浩史※	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
オブザー	立花　紀之	林野庁 木材産業課 木材製品技術室
オブザー	石﨑　宣彦	林野庁 木材産業課 木材製品技術室
オブザー	佐藤　秀憲	農林水産省 大臣官房 基準認証室
オブザー	田村　尭大	農林水産省 大臣官房 基準認証室
オブザー	平原　章雄	木構造振興株式会社
事業主体	関澤外喜夫	※日本木材防腐工業組合

※ 保存処理CLTの規格基準検討委員会 委員

2）事業の役割分担について

① 長期供用期間中の保存処理CLTの強度性能変化に関するデータ収集

試験体製造に関しては日本木材防腐工業組合、日本CLT協会、森林総合研究所のメンバーを中心に実施した。強度等性能評価については森林総合研究所、建築研究所、北海道大学の専門家を中心に実施した。

② 新たな基準案に基づく保存処理CLT耐久性評価

日本木材防腐工業組合、森林総合研究所、委員会のメンバーを中心に実施した。

③ 実使用建築物におけるCLT等の耐久性に係る調査

森林総合研究所、広島大学、道総研林産試験場、委員会のメンバーと協議しながら進めた。

④ 保存処理CLTの規格に求められる製造基準及び品質規準案の作成

木質材料、木材保存、建築に関する研究、実務、規格に関係する識者からなる「保存処理CLTの規格基準検討委員会」を設置して実施した。

3）本事業の委員会等の開催日程について

① 第１回委員会　令和７年６月18日（水）

② 第２回委員会　令和８年１月29日（木）

③ 工場視察（兼松サステック(株)・茨城工場他）

実施した内容

1）長期供用期間中の保存処理CLTの強度性能変化に関するデータ収集

目的：保存処理CLTの面外曲げ、圧縮、面外せん断、面内せん断強度については無処理CLTと比較すると低下するもののラミナ品質を管理することで一定の水準で保証できることを明らかにしてきた。しかしながら、長期間の供用期間中に生じる性能についてはその評価がまだであり、日本農林規格や適正製造基準等で規定すべき事項が未検討であることから、関連するデータ収集を行った。

研究実施：建築研究所、北海道大学、森林総合研究所で協議しながら実施する。

1)-1. 長期性能

試験体：５層５プライのスギCLTに、新たな基準案に対する条件で保存処理を行って試験体とした。保存処理はAACによるラミナ処理とAZNによる製品処理とした。対照として５プライの集成パネルも製造した。なお、保存処理CLTの外層には木裏側にのみインサジング処理を行ったラミナを用いた。

方　法：昨年度の研究成果に基づき保存処理CLTの面外曲げ荷重条件下でのクリープ係数やひずみ増加率について荷重の影響を把握し、長期性能評価とした。試験の雰囲気は20℃65％RHの恒温恒湿下（写真1-1）と温度湿度非定常化（写真1-2）とした。



写真1-1　恒温恒湿条件下クリープ試験

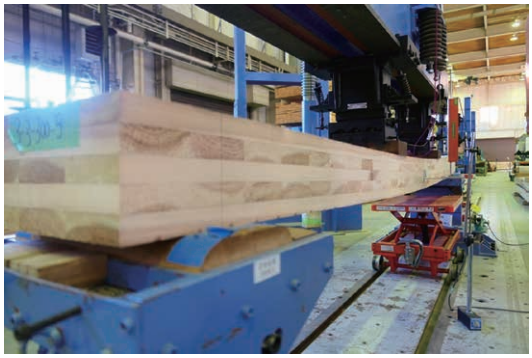


写真1-2　温湿度非定常下クリープ試験

1)-2. せん断強度

試験体：平成26年度林野庁委託事業において製造した、AAC及びAZNを加圧注入したスギラミナを用いた３層３プライ及び５層５プライのCLTを用いた。ラミナ断面寸法は27mm×105mm、積層接着には水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤を用いた。2014年12月から森林総合研究所第二樹木園で屋外暴露を開始した。４年及び７年経過時点で製造条件毎に３体を回収し、実験棟内で保管した。

評価方法：2026年１月に重量、たわみ振動法による共振周波数を測定した。

1)-3. 接合性能

試験体：2021-2023年に実施した５層５プライの各種保存処理CLTを対象に実施した引きボルト接合部試験体を再利用し、ボルトの破断よりもCLT側が先行破壊する設計条件として、端距離を180㎜または240mmに短くしたものを試験体とした。（図1-１、写真1-3）

方　法：各種保存処理の有無が引きボルト接合の強度特性にどの程度影響するかを明らかにする。併せて、無処理の場合の設計強度と比較し、保存処理CLTを用いた場合の設計の余裕度を

明らかにする。

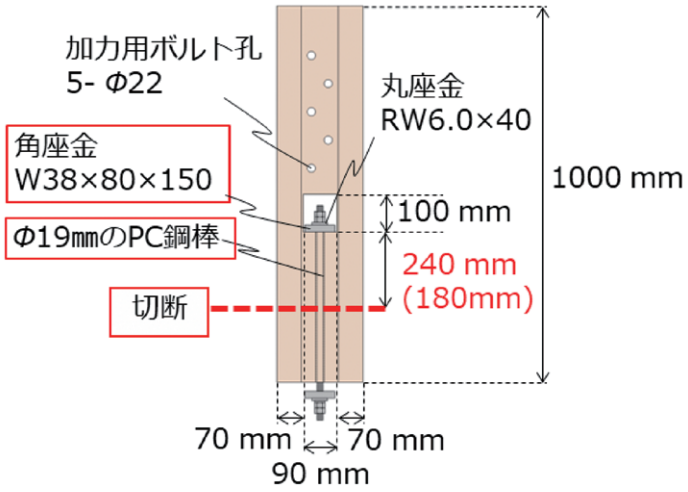


図 1-1 試験体概要

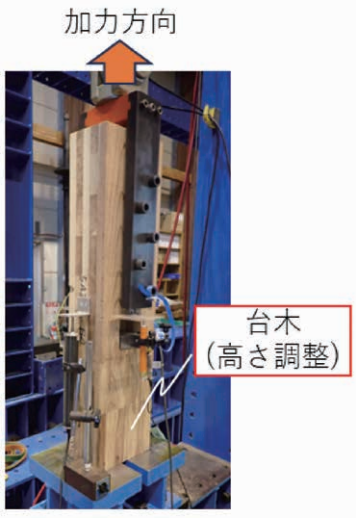


写真 1-3　試験の様子

2）新たな基準案に基づく保存処理CLTの耐久性評価

目　的：保存処理CLTの新たな基準案の有効性を検討するため、屋外暴露耐久性試験のデータを収集した。

試験体：林野庁事業等で、新たな基準案に基づいて試作した試験体を用いる。

方　法：試作試験体を屋外非接地で曝露し、吸収量の有効性は劣化調査、浸潤度の有効性は断面調査により検討した。

2)-1. 新吸収量基準案の有効性

層間接着が破綻したCLTを想定したユニットの非接地曝露試験を、奈良、富山、つくばで実施している（富山は前年度終了）。今年度も試験を継続し、劣化調査を実施した。

試験には、①CLT縦使いに近いトリプルレイヤー（TL、写真2-1）と　②横使いに近いダブルレイヤー（DL、写真2-2）の２タイプのユニットを用いた。

ユニットの試験材は、新吸収量基準案に沿ってJASK3とK4で保存処理されている。曝露は、TLは５年、DLは８年が経過している。劣化調査は、ユニットを現地で解体して試験材外観を被害度判定　0(健全)～5（崩壊）により評価する。



写真 2-1　TL ユニット暴露試験



写真 2-2　DL ユニット暴露試験

2)-2. 新浸潤度基準の有効性

一定期間屋外に曝露した保存処理CLT試験体を解体し、曝露後の薬剤浸潤と干割れの関係を調査した。試験体は、①　保存処理CLTを30cm角にカットしたブロック（３年間屋外曝露、写真2-3）

と　②長さ１mの保存処理CLT3枚を直交させて作成した三面試験体（10～11年屋外曝露、写真2-4）の２種類である。解体したCLTの強軸方向中央付近から断面試料を切り出し、薬剤浸潤と干割れのデータを収集した。

研究実施：主として日本木材防腐工業組合、森林総合研究所、委員会のメンバーで協議しながら実施した。



写真2-3　CLTブロック暴露試験



写真2-4　三面試験体暴露試験

3）実使用建築物におけるCLT等の耐久性に係る調査

目的：保存処理CLTの有効性について実使用建築物の実施調査を行い、要求性能を例示する。

方法：初期に建設されたCLTの建物が築10年を迎えることから、実使用建築物の実施調査を通じて、保存処理CLTの有効性や適用部位・部材について検証した。また、実環境下でのCLT内部の含水率変動について既往研究データの収集解析当を行って、劣化外力について検討する。

研究実施：森林総合研究所、広島大学、委員会のメンバーと協議しながら進めた。

4）保存処理CLTの規格に求められる製造基準及び品質規準案の作成

目的：直交集成板の日本農林規格で保存処理CLTに求められる各種品質項目について、評価方法や評価基準を作成する。

方法：木質材料、木材保存、建築に関する研究、実務、規格に関係する識者からなる委員会（保存処理CLTの規格検討委員会）を設置し、今年度事業やこれまでの事業成果を総合的に検討し、規格基準案としてとりまとめる。

研究実施：「保存処理CLTの規格基準検討委員会」を開催して実施する。

実施した結果

1）長期供用期間中の保存処理CLTの強度性能変化に関するデータ収集

1)-1．長期性能

恒温恒湿環境下で実施したクリープ試験において計測した試験開始後５日間の経過時間とクリープ変形比（載荷時たわみに対するクリープたわみの比）の関係を図1-2に示す。載荷した荷重比は0.627として設定した。なお、荷重比の基準となる材料強度は、予め測定したラミナの引張試験から得られた引張破壊ひずみと各試験体毎にTGH法で測定した真の曲げヤング係数から算出した。保存処理CLTのクリープ変形比がラミナ処理、製品処理共に大きく、また、ラミナ処理CLTでは約29時間でクリープ破壊した。この荷重比であれば破壊までの時間は平均で４年ほどが期待されることから、原因については引き続き検討する必要がある。

温湿度非定常下で実施したクリープ試験から得られた荷重比と一定時間経過した時のクリープたわみ比の関係からクリープ限度を求める試みを行った。図1-3にラミナ処理CLTについて示すが、荷重比の増加に伴うクリープたわみ比の増加は見られなかった。

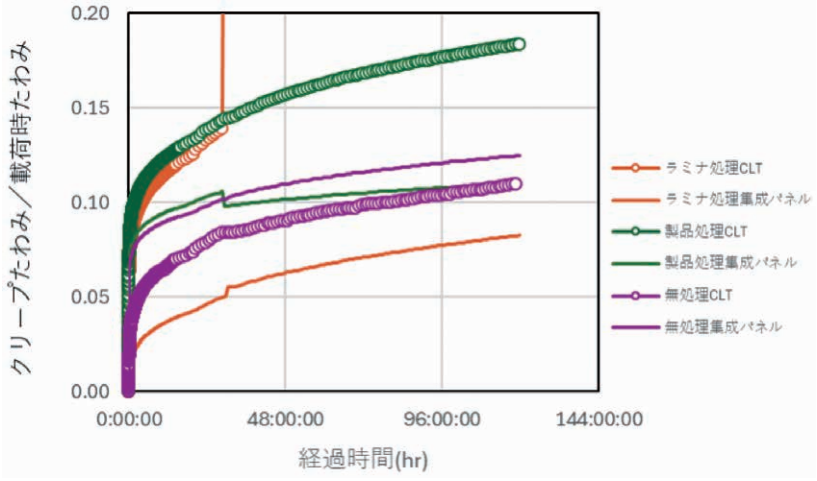


図 1-2　恒温恒湿下における経過時間とクリープたわみ比の関係

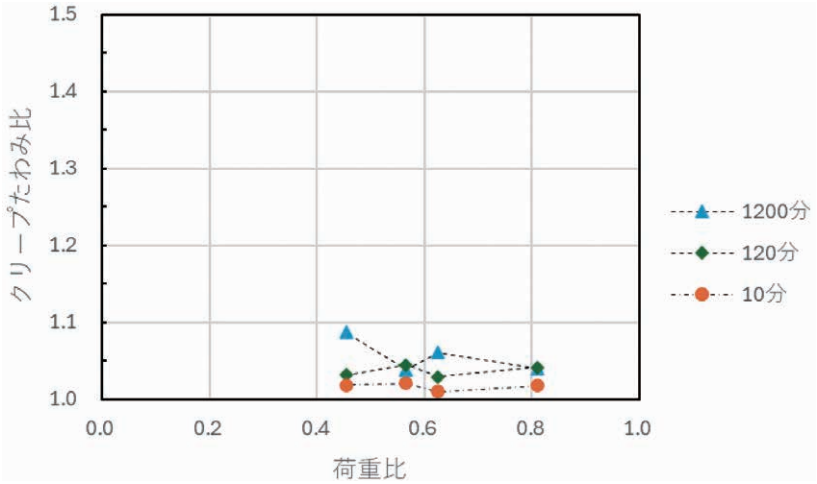


図 1-3　温湿度非定常下における荷重比とクリープたわみ比の関係

1)-2. せん断強度

写真 1-4 に６年経過して腐朽が顕著になった５層５プライの無処理 CLT の断面を示す。この試験体に関しては CLT 上面から腐朽が進行する様子が見られた。一方、３層３プライのラミナ処理 CLT は７年経過時でもほぼ健全で重量減少は２～３%、曲げヤング係数の低下は 10%程度、せん断弾性係数の低下は 15%程度であり（図 1-4）、保存処理の効果を検証することができた。



写真 1-4　無処理 CLT の腐朽状況

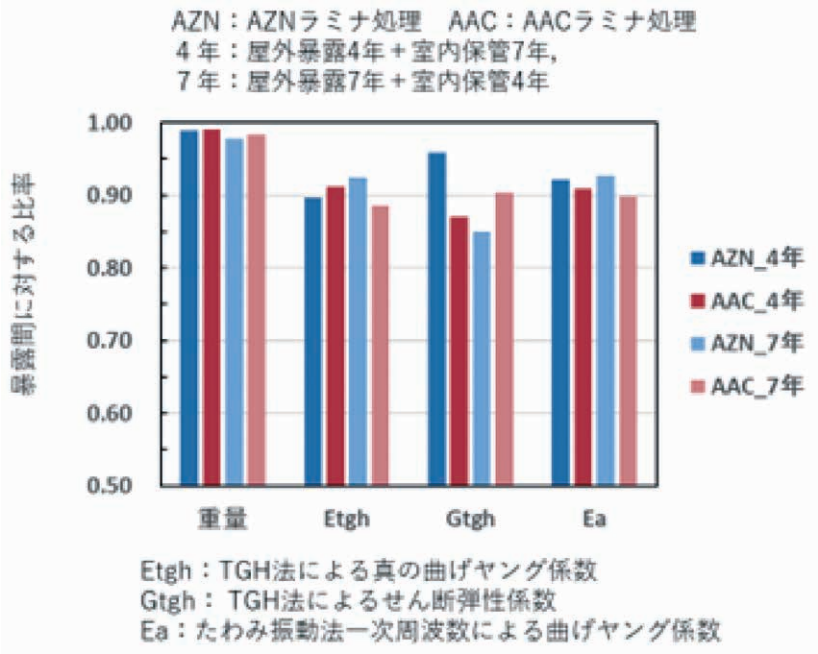


図 1-4　3層3プライのラミナ処理CLTにおける保存処理の効果

1)-3. 接合性能

無処理の場合と比較して強度特性に有意差がある仕様が見受けられた。座金の開口部まわりにフィンガージョイントや節が存在する場合や座金の開口部の加工精度の影響を受けるなどにより耐力はばらついたが、ボルトの破断荷重に対する余裕度が確認できた。(図 1-5)

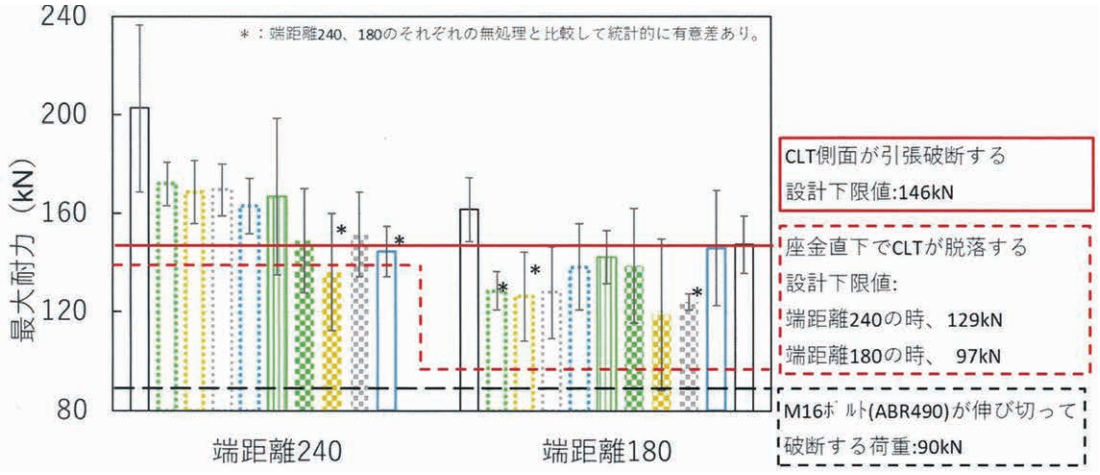


図 1-5　試験結果一覧（凡例は表 1-1 参照）

表 1-1 試験体仕様一覧

試験体名	凡例	注入薬剤	処理単位	インサイジング	製造ロット
1CN	□	無処理	—	—	2023
2CU	⬚	CUAZ	製品処理	あり	2023
3AQ	⬚	ACQ	製品処理	あり	2023
4AA	⬚	AAC	製品処理	あり	2023
5AZ	⬚	AZN	製品処理	あり	2023
CUAZ	▥	CUAZ	ラミナ処理	無し	2022
CUAZ_in	▩	CUAZ	ラミナ処理	あり	2022
ACQ	▩	ACQ	ラミナ処理	あり	2021
AAC	▩	AAC	ラミナ処理	あり	2021
AZN	▢	AZN	製品処理	無し	2021
NT	□	無処理	—	—	2021

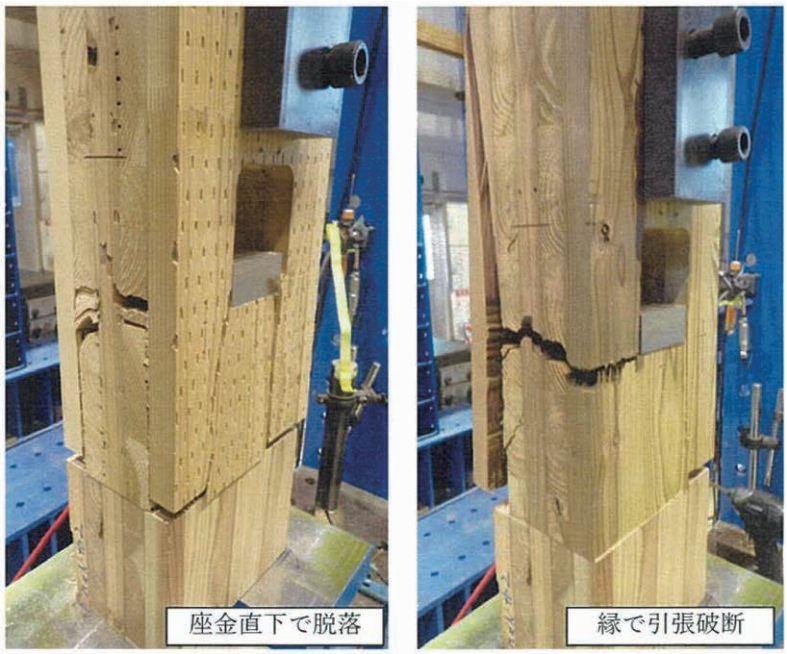


写真 1-5　破壊の例

2）新たな基準案に基づく保存処理 CLT の耐久性評価

2)-1. 新吸収量基準案の有効性

新吸収量基準案の有効性について、層間接着が破綻した CLT に近い条件のユニットを用いた非接地曝露試験を実施した。

① CLT 縦使いに近いトリプルレイヤー (TL) 試験（5 年経過）

無処理の被害度は、曝露開始から 2～3 年で耐用限界とされる 2.5 を越えた。一方、新吸収量基準案に基づく保存処理はいずれも被害度増加が極めて緩慢で、5 年経過後も 1 以下に抑制されていた。例として、奈良の試験地における K3 処理 TL ユニットの被害度推移を、図 2-1 左に示す。

② CLT 横使いに近いダブルレイヤー (DL) 試験（8 年経過）

無処理の被害度は、曝露開始から 2～3 年で 2.5 を越えた。一方、新吸収量基準案に基づく保存処理の被害度の推移は、試験地や処理の種類によって大きく異なり、ほとんどの保存処理では 8 年経過後も 1 前後であったが、一部の保存処理では 4 年で 2.5 を超えた。奈良試験地における

K4 処理 DL ユニットの被害度推移を、図 2-1 右に示した。この保存処理は、従来の接地曝露杭試験では高い実績を残しているが、現在別途実施中の DL 試験においても早期腐朽が見られており、原因や対策については検討中である。

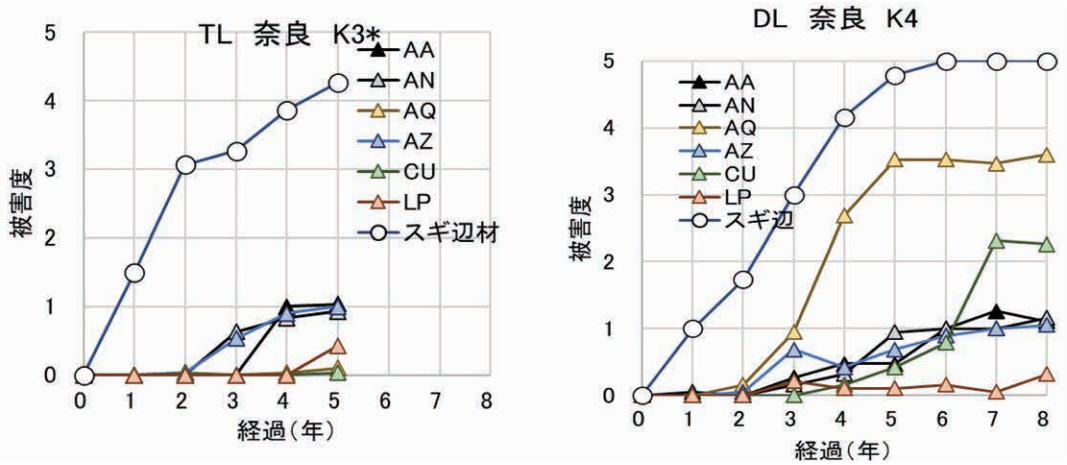


図 2-1　曝露試験における劣化被害度推移の例



写真 2-5　CLT ブロック断面試料の干割れ（上）と浸潤（下）の例
干割れカバー率　左：75%、右：0%



写真 2-6　CLT 三面試験体断面試料の干割れと浸潤の例
干割れカバー率　上：100%、下：36%

2)-2. 屋外曝露後の保存処理CLTの浸潤調査試験

① 保存処理CLTブロックの浸潤調査（3年曝露）

CLTブロックは、処理方法（製品処理、ラミナ処理）、薬剤（AAC、ACQ、AZN、AZNA、CUAZ）、曝露方向（水平、垂直）、塗装（有、無）などの条件の組み合わせで、無処理も含めて合計65体を調査した。

曝露後のCLTブロックから強軸方向中央付近から断面試料を採取し、干割れ等の発生状況と薬剤浸潤を調査した。各断面試料に発生した干割れやラミナ隙間の本数と深さを計測したのち、薬剤浸潤層を呈色し、浸潤層を越えて未浸潤部分へ到達していた干割れ等の本数を計測した。浸潤層の有効性を解析するための指標値として、下式の干割れカバー率を算出した。

$$\text{干割れカバー率} = \frac{\text{全干割れ数} - \text{未浸潤部到達干割れ数}}{\text{全干割れ数}} \times 100\ (\%)$$

保存処理CLTブロックは全40体で、平均で1体あたり5.5本、深さ14.8mmの干割れ等が発生していた。干割れカバー率100%のブロックは40体中31体、67%（全体の2／3）以上が37体であり、多くの保存処理CLTブロックの浸潤層は概ね干割れをカバーしていたといえる。しかし、干割れカバー率が0%のブロックも3体で、うち1体（ラミナ処理・無塗装・水平向き）では実際に腐朽が進行し、内部まで劣化していた（写真2-5）。保存処理は、2)-1のDL試験で早期腐朽したものと同系列であり、原因や対策については検討中である。

③ 保存処理三面試験体の浸潤調査

三面試験体は、3PlyCLTと5PlyCLTの2体1組で、保存処理はAZN、AAC、ACQの3種類、曝露地はそれぞれ仙台、伊勢崎、大阪に１１年間曝露した。なお、無処理試験体もつくばに10年間曝露したが、解体切断が困難なほど腐朽劣化が進行していたため、浸潤調査は実施しなかった。

三面試験体6体をCLTに解体した後、強軸方向の中央付近から断面試料を採取し、干割れ等の発生状況と薬剤浸潤を調査した。調査は①と同様に、干割れカバー率を算出して解析した。CLTは全18枚で、平均で1枚あたり17本、深さ14.2mmの干割れ等が発生していた。干割れカバー率100%のCLTは18枚中7枚、67%以上が15枚であり、多くの保存処理CLTの浸潤層は概ね干割れをカバーしていた。無処理試験体は、著しく腐朽劣化していたが、保存処理CLTはいずれもほぼ健全であった（写真2-6）。

3）実使用建築物におけるCLT等の耐久性に係る調査

2018年3月竣工（築約7年半／調査時）のCLTパネル工法による2F建て教育関係施設について現地調査を行い、関係者にヒアリングを実施した。発注者側によれば、基本設計を行った後にCLTを使った実証建物にすることが決まり、設計事務所が実施設計を行ったとのことであった。（写真3-1～3-4）

現地調査の結果、基礎立ち上がり部の天端がGLから1,180mmの位置、すなわちRC造外壁が腰高まで立ち上がった位置に1FのCLT壁脚部が配置されており、耐久設計上も合理的な仕様になっていた。一方で、2FのCLT床端部が共用廊下端部で外部に露出しており、共用廊下端部に配置されたヒノキ集成材の1F, 2F柱ともども、風雨に曝される設計となっていた。特に2F床CLT端部には水切りも設置されていない状況であった。そのため雨ざらしになっているCLT端部および1-2Fヒノキ集成材柱には、黒色の変色が認められ、コケのようなものも確認された。幸い、現時点では子実体は確認されなかったものの、すぐに木材保護塗料の塗装や水切り版の設置など保全が必要な状況であった。

現場の管理者にヒアリングしたところ、本館など施設全体に対する限られた保守費しかない状況であり、木造建物であるが故の維持管理費はない、とのことであった。木質系材料の耐久性を鑑みれば、建築計画上の配慮に欠けた設計ではあるものの、例えば本建物のように外廊下軒裏のCLTを見せるような設計とするのであれば、保存処理CLTを選択するべきケースであると考えられた。



写真 3-1　建物外観（北西面／2025.11:以下同じ）



写真 3-2　共用廊下



写真 3-3　南面で露出した集成材梁と 2F 床 CLT



写真 3-4 窓開口部で露出した CLT 木口

4）保存処理 CLT の規格に求められる製造基準及び品質規準案の作成

JAS 規格案を作成する方針について下記のようにとりまとめた。

ⅰ）保存処理 CLT の製造方法としては、保存処理ラミナを積層接着する方法（ラミナ処理）と製品に加圧注入する方法（製品処理）を対象とする。将来的には深浸潤技術の導入も検討する。

ⅱ）保存処理性能について、CLT が従来の軸材と形状・寸法が大きく異なるので、浸潤度の基準について検討する必要がある。その場合、従来の性能区分は残したうえで、CLT 用の新しい区分の追加を検討する方向性とする。なお従来の性能区分 K1 ～K5 については、K2、K3、K4 を対象とする。昨年 12 月 1 日施行で品確法における CLT の扱いに関して改正があったが、今後も関連する国土交通省での検討について情報を収集しながら対応する必要がある。

ⅲ）初期試験、格付け試験、品質管理試験で実施する試験項目をどのように体系化するかは今後整理する必要がある。強度性能に関しては基準強度との関係があるので国土交通省とも連携して検討する。通しラミナを対象とする強度試験、ラミナの引張り試験、製品のせん断試験の必要性について検討する必要がある。

ⅳ）接着性能に関して、接着剤の使用環境区分（接着剤の種類）と保存処理性能区分の関係について検討する必要がある。

ⅴ）製品から採取することを原則とする保存処理性能、接着性能、強度性能等の試験体の採取について、モデル試験体の利用等も検討する必要がある。

今後の課題・展開等

1）保存処理CLTの長期性能について、クリープ変形は無処理CLTと比較して大きい傾向が見られたが、引き続きデータ収集と解析を行う。7年間の屋外暴露試験により保存処理の効果を明らかにしたが、残された試験体を活用して引き続き検証を続ける。接合性能に関して、設計強度と実強度からその余裕度を明らかにしたが、保存処理方法による影響について解析を行う。

2）新吸収量基準案の有効性について、2)-1の曝露試験の結果から、ほとんどの処理に対しては一定の有効性が期待できるが、さらに長期的データによる検証が必要である。早期腐朽が見られた一部の処理については、原因究明が必要である。

浸潤層の有効性については、2)-2の浸潤調査の結果から、干割れカバー率による推定が可能と考えられる。今後、浸潤度の検査方法案が確定すれば、新浸潤度基準案の有効性も推定可能と考えられる。

3）自治体等が発注する建物等あっては、維持保全にかかる経費を見込んでいないケースも多い。こうした建物の場合には、耐久性に配慮した建築計画が必須であり、意匠性を優先したような計画は避けるべきである。やむを得ず外部に面した廊下の天端などを現わしとしたい場合には、保存処理CLTといった、耐久性の高い木質材料が選択できるよう、製造技術の確立が必要であり、またJAS等規格化も急がれる。

4）今年度決定したJAS規格案の作成方針に沿って具体的な案作成を進める。

執筆担当

1）- 1、- 2宮武敦、井道裕史、 1）- 3野田康信
2）栗崎宏
3）新藤健太
4）宮武敦

事業

規格化されたCLTパネルの普及促進のための鉄骨造の架構及び施工検証事業

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本CLT協会

〒103-0025　東京都中央区日本橋茅場町3-9-10 茅場町ブロードスクエア２階

事業目的

現在、CLTを用いた設計・施工の普及を阻害している要因として、「CLTを活用した建物の設計・施工に関する知識や経験の不足」という実務者側の課題が存在している。実際にCLTを用いた設計・施工の主流は大手設計事務所や総合建設業に携わる企業等であり、中小規模の設計事務所や工務店等の技術者は、CLTを活用した設計・施工に取り組みたいというニーズは存在しているものの、参入が難しい状況にある。

本事業では、この課題に向き合い、CLTパネルの規格化・標準化を推進し、より多くの技術者がCLTを用いた建物を適正に設計もしくは施工できる体制を整備することを成果目標とする。

また、多くの技術者がCLTパネルを用いた建物に取り組むことにより、CLTの消費拡大にもつながることを期待している。

具体的には令和５年度に策定・提案した「CLTパネルのモデルプラン」をもとに、設計図書・構造設計書のモデルを作成し、「設計･施工マニュアル」を取りまとめる。特に、木材の現しが難しい都市部の建物や、中高層建築物におけるCLTの活用拡大をイメージして、令和６年度事業の実験結果をもとに更なる合理化の検討を進める。

実施した項目

本事業は、学識経験者、設計実務者等により構成される検討委員会を設置し、架構検証WG及び施工検討WGから提出された合理的な接合部等の実験設計･結果について検証を行った。また、同時に規格化されたCLTパネルと開発された接合部についての普及検討を行った。

検証・検討は以下の３テーマに沿って、それぞれに下記の課題等を設定して進めた。

【架構検証】

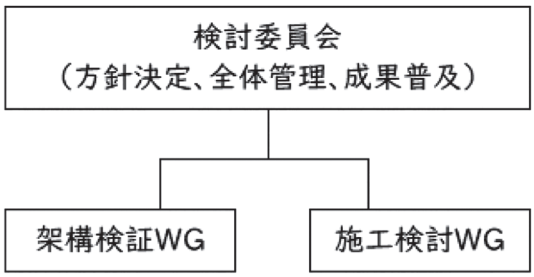
- CLTと支圧ブラケット間の摩擦係数の定量化
- 保有水平耐力計算に用いるDs値ならびに部材ランクの考え方
- CLTのせん断破壊を防止するための安全率設定の考え方
- CLTを鉄骨造の床に用いた際の構造性能評価手法の構築

【施工検討】

- 施工性を向上させるための接合ディテールの考察（改善）
- 施工性を向上させるための施工技術の考察（実務者による検討に基づく）

【普及検討】

- CLTの規格化パネルの設計・施工マニュアルの作成
  （令和５年度に提案したモデルプランに、令和６年度ならびに本年度事業の技術開発･検証された接合ディテール等を反映させて検討）
- 幅広いステークホルダーへの情報発信



実施体制

令和７年度　規格化されたCLTパネルの普及促進のための鉄骨造の架構及び施工検証事業

検討委員会　委員名簿

（順不同、敬称略）

委員長	福本　晃治	近畿大学 建築学部
統括	五十田　博	京都大学 生存圏研究所
委員	須藤竜大朗	岡山大学 環境生命自然科学学域
	深川　礼子	大阪電気通信大学 建築・デザイン学部・株式会社ofa
	荒木　康弘	国土交通省国土技術政策総合研究所
	中島　昌一	国立研究開発法人建築研究所
	安曇　良治	銘建工業株式会社
	飯田　尚樹	森田建設株式会社
	海老澤　渉	株式会社三菱地所設計
	金澤和寿美	株式会社竹中工務店
	川原　重明	株式会社木質環境建築
	桐野　昭寛	山佐木材株式会社
	車田　慎介	銘建工業株式会社
	砂田雄太郎	株式会社サイプレス・スナダヤ
	桝田　洋子	有限会社桃李舎
	安井　昇	桜設計集団一級建築士事務所
オブザーバー	富田　愛	京都大学 生存圏研究所
	田中駿太郎	銘建工業株式会社
行政	石﨑　宣彦	林野庁 木材産業課 木材製品技術室 課長補佐
	上田　萌香	林野庁 木材産業課 木材製品技術室 企画調整係長
	高橋　風鈴	林野庁 木材産業課 木材製品技術室 建築用木材担当専門職
コンサルタント	溝渕木綿子	合同会社建設木材工学研究所
事務局	平原　章雄	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
	中越　隆道	一般社団法人日本CLT協会
	中井　聡	一般社団法人日本CLT協会
	谷口　翼	一般社団法人日本CLT協会
	上田摩耶子	一般社団法人日本CLT協会
	高野　亜優	一般社団法人日本CLT協会

架構検証WG　委員名簿

（順不同、敬称略）

主査	福本　晃治	近畿大学 建築学部
委員	須藤竜大朗	岡山大学 環境生命自然科学学域
	富田　愛	京都大学 生存圏研究所
	荒木　康弘	国土交通省国土技術政策総合研究所

委員	中島　昌一	国立研究開発法人建築研究所
	金澤和寿美	株式会社竹中工務店
アドバイザー	五十田　博	京都大学 生存圏研究所
コンサルタント	溝渕木綿子	合同会社建設木材工学研究所
事務局	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
	中越　隆道	一般社団法人日本CLT協会
	中井　　聡	一般社団法人日本CLT協会
	谷口　　翼	一般社団法人日本CLT協会
	上田摩耶子	一般社団法人日本CLT協会
	高野　亜優	一般社団法人日本CLT協会

施工検討WG　委員名簿　　（順不同、敬称略）

主査	福本　晃治	近畿大学 建築学部
委員	飯田　尚樹	森田建設株式会社
	車田　慎介	銘建工業株式会社
コンサルタント	溝渕木綿子	合同会社建設木材工学研究所
事務局	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
	中越　隆道	一般社団法人日本CLT協会
	中井　　聡	一般社団法人日本CLT協会
	谷口　　翼	一般社団法人日本CLT協会
	上田摩耶子	一般社団法人日本CLT協会
	高野　亜優	一般社団法人日本CLT協会

実施した内容

1.　CLT挿入時の施工性改善

令和６年度の架構実験試験体においては、CLTと鉄骨梁に設けた支圧ブラケット間にクリアランスを設け、そこにフィラープレートを挿入することで施工誤差の吸収を図ったが、挿入作業の際に上下の鉄骨梁をジャッキで押し広げる必要があり手間がかかることが明らかとなった。そこで、令和７年度の架構実験試験体では、図１に示すように、支圧ブラケットとCLTの間に無収縮モルタルを充填することで施工誤差の吸収を試みた。

これにより試験体製作時の施工性が改善したものの、加力時に無収縮モルタルが割裂する結果となり、応力伝達に課題があることが明らかとなった。

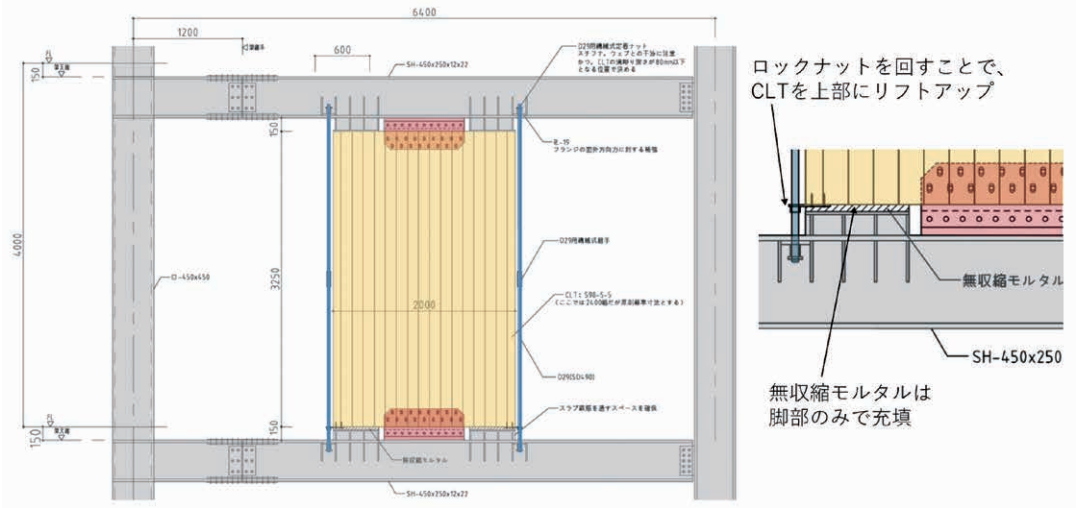


図１　支圧ブラケットとCLT間の無収縮モルタル充填



写真１　無収縮モルタル

2.　摩擦力の定量化を目的とした架構実験

2.1　試験体一覧

試験体一覧を図２に示す。この内、赤点線枠内が令和７年度の試験体となる。鉄骨梁は拘束効果が大きいH-294 × 200 × 9 × 12 とし、令和６年度と同様にCLTのアスペクト比（H/L）が1.0及び1.5程度となる試験体を設定した。この上で、摩擦抵抗の影響を検討するため、せん断接合部によりCLTのほぼすべてのせん断力を伝達できるNo.1a、No.1bに対し、摩擦係数を0.3程度想定したNo.1f(令和６年度)とNo.2f、更にDP本数を最小限まで低減したNo.1fbとNo.2fbを設定した。また、引張ブレースを有する純鉄骨造との復元力特性の差異を検討するため、No.1fとほぼ同等の水平耐力を有する試験体No.3を設定した。

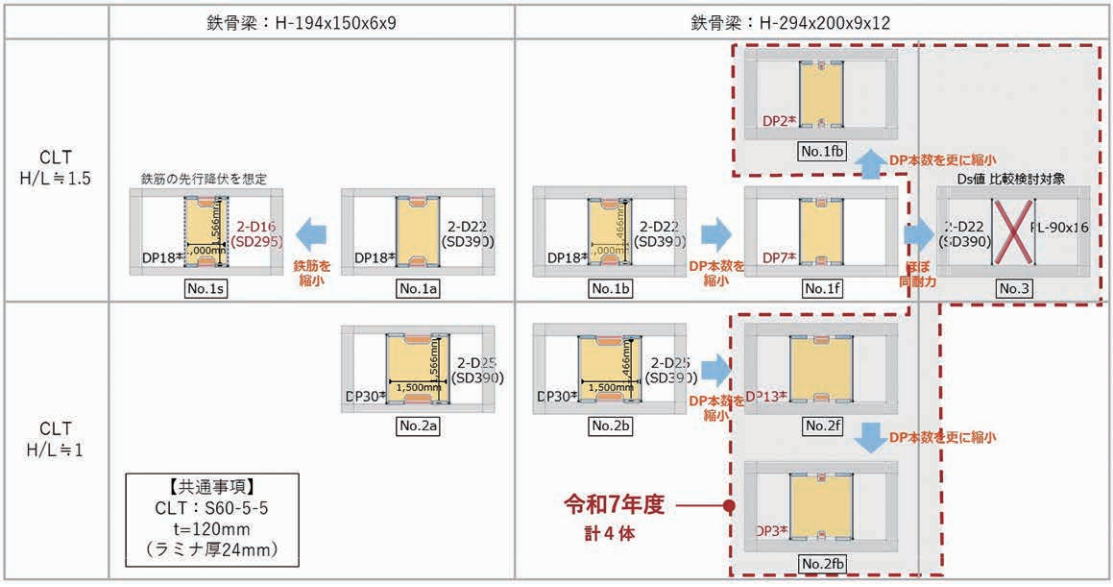


図２　試験体一覧

2.2　実験結果の概要

令和６年度の実験と同様に、いずれの試験体も層間変形角1/100rad程度で鉄骨梁端部に曲げ降伏が生じて剛性低下した。また、層間変形角1/300rad程度からCLT下側支圧部の無収縮モルタルに割裂が生じ、その後損傷が進展した（写真2）。DP本数を大幅に低減した試験体No.1fbでは、写真３に示すように、CLTのずれ変位とともにCLT上側の支圧部が摩擦力によって引きずられたような変形が見られ、層間変形角1/75rad以降でラミナのせん断破壊と支圧破壊が同時に進展する様子が確認された。また試験体No.2fbでは、CLTのずれ変位が大きく層間変形角1/100rad付近で写真４に示すよ

うにDPが破断し耐力低下し、せん断破壊は生じなかった。その後、CLTが引張鉄筋に接触したことで、耐力が再上昇した。

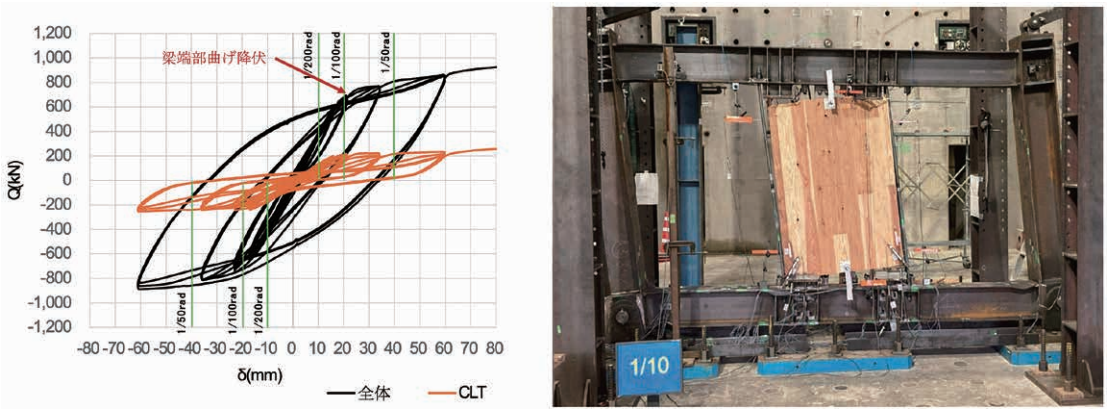


図３　No.1fb実験結果



1/300rad付近で割裂発生　　最終状況

写真２　無収縮モルタルの損傷（No.1fb）

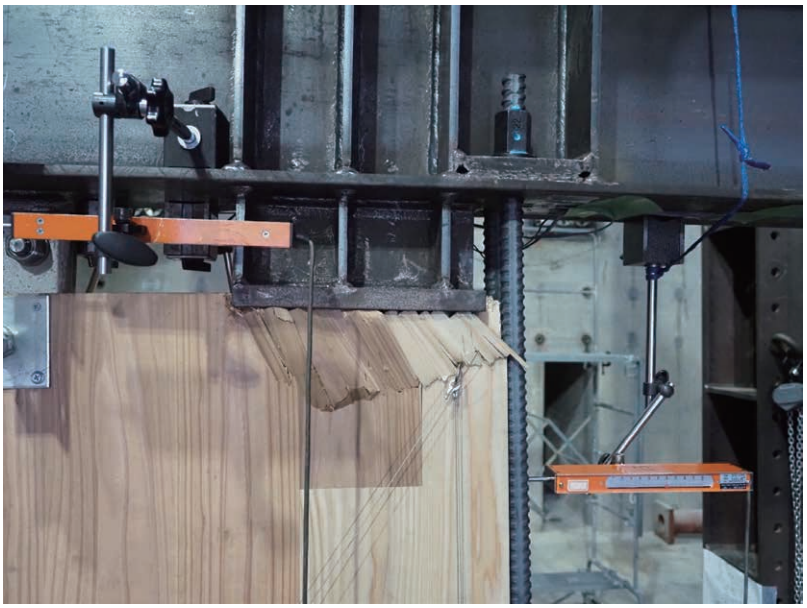


写真３　CLT支圧部の破壊状況（No.1fb）

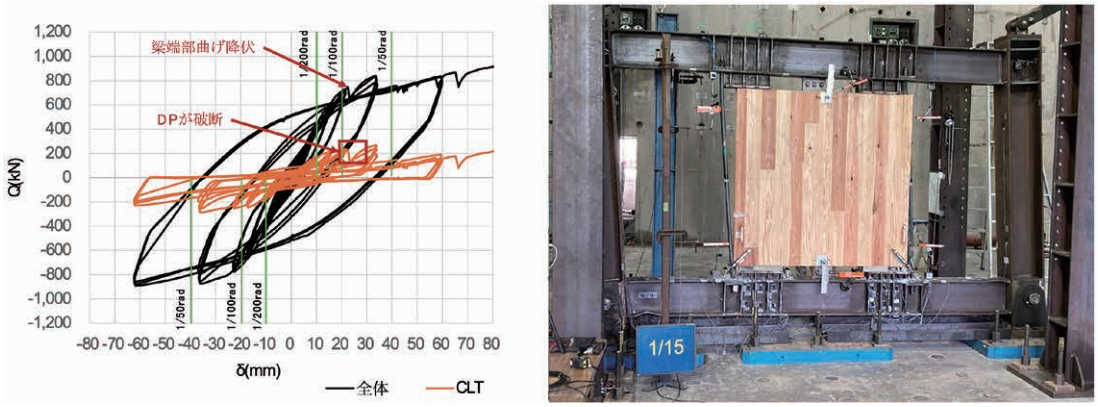


図４　No.2fb実験結果

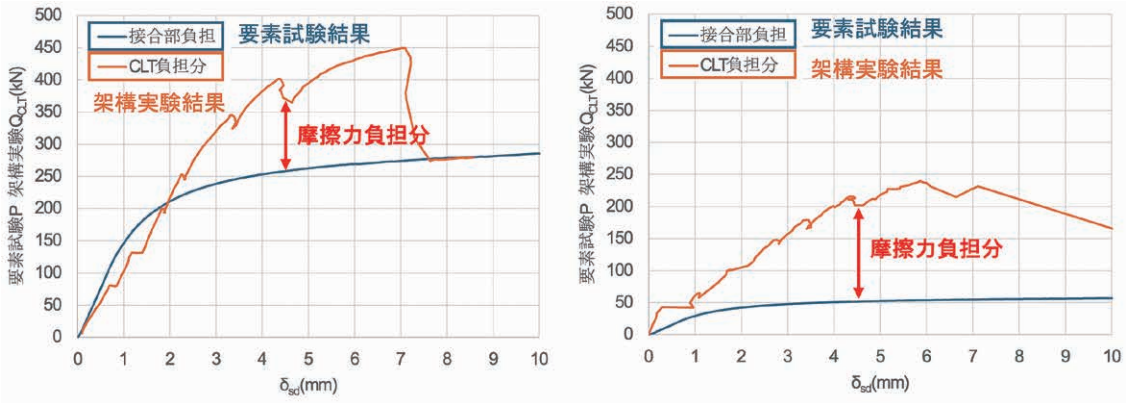


写真４　ドリフトピンの破断状況（No.2fb）

2.3　摩擦力に対する検討

CLTが負担するせん断力から、別途実施した接合部要素試験により鋼板挿入型DP接合部が伝達するせん断力を差し引くことで、摩擦力を実験結果から算定した。また、CLTの転倒モーメントのつり合いにより摩擦面に生じる支圧力を算定することで、摩擦係数も導出した（後述の図７参照）。

その結果、図５に示すように、DP本数を低減することで摩擦力によるせん断力負担の割合が増加し、CLTと鉄骨梁間のずれ変位が６～7mmの時に摩擦力が最大となった。また、図６に示すように、摩擦係数はNo.2fで0.3程度、No.1fbで0.45程度、No.2fbで0.6程度となった。



No.2f(DP13本)　　No.2fb(DP3本)

図５ 摩擦力の算定

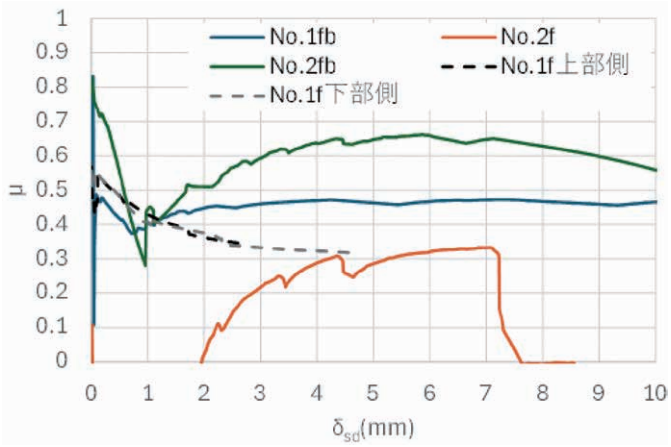


図６ 摩擦係数

2.4　応力解析における摩擦力の考慮

図７に応力解析モデルを示す。応力解析モデルでは、支圧力に比例した摩擦抵抗を支圧バネに直接モデル化することは困難である。そこで、図８に示す式(1)よりせん断接合部の負担力を支圧力に比例する摩擦力に応じて割り増すこととし、応力解析モデルのせん断バネに考慮した。

摩擦係数μについては図６の結果のうち、計算値が安定するδsd=4mm～7mmの区間にあたる各加力サイクルにおける最大値を平均化し、No.1fb試験体はμ=0.47、No.2f試験体はμ=0.32、No.2fb試験体はμ=0.65と評価することとした。その他、各部のモデル化については令和６年度と同様とした。

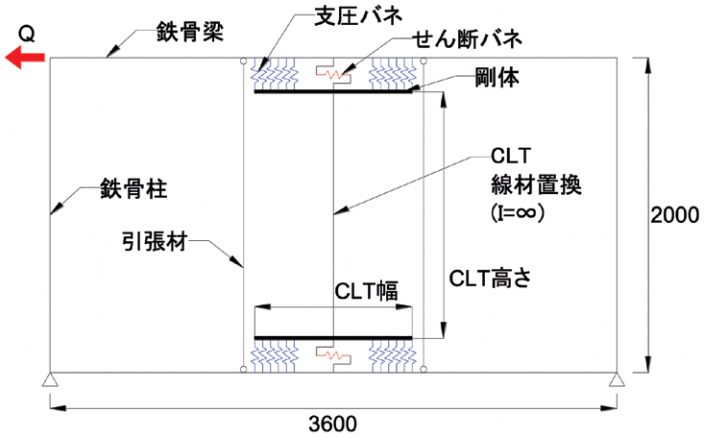


図７　解析モデルの概要

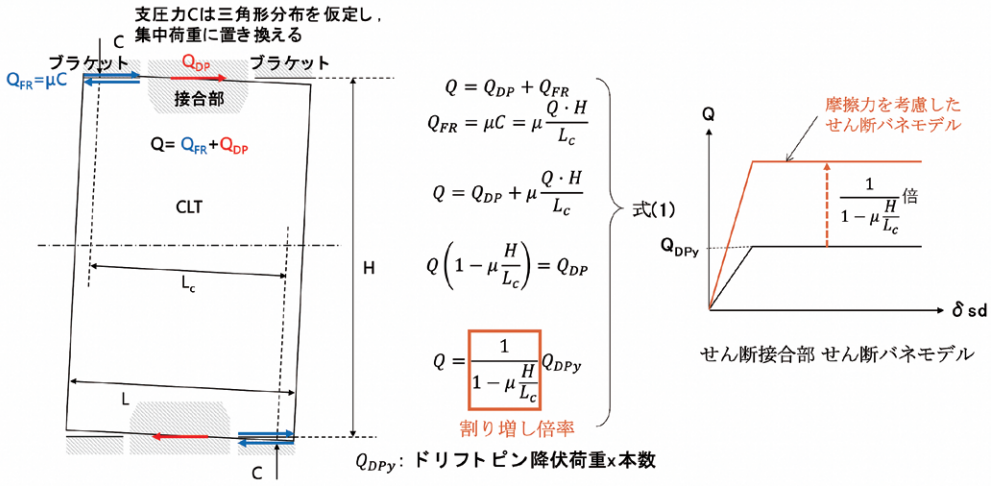


図８　摩擦力の考慮方法

図９～図 11 にNo.1fb，No.2f，No.2fbの荷重-変形関係を示すいずれの試験体も、摩擦力を考慮することで実験結果と解析結果が良好に適合していることが確認できる。ただし、No.1fbの実験結果で、前述の写真３に示すように支圧ブラケットの範囲全域にわたりCLTが損傷しているのに対し、図12のヒンジ図では外端部の支圧バネの降伏が一部発生しているのみであり、破壊状況が整合していない。写真３から摩擦力の上限はCLTの支圧力と局部的なせん断力による複合応力下における耐力に影響されるものと推定されるが、本解析では、結果的に摩擦係数として考慮されているものと考えられる。

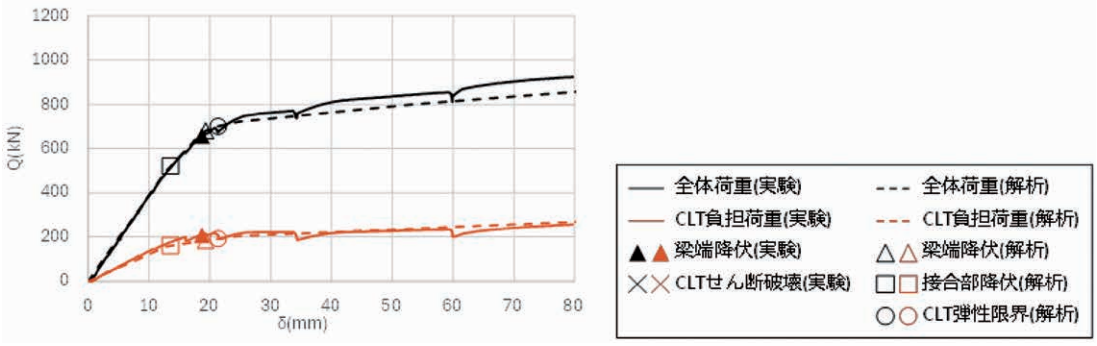


図９　荷重-層間変形関係（No.1fb）

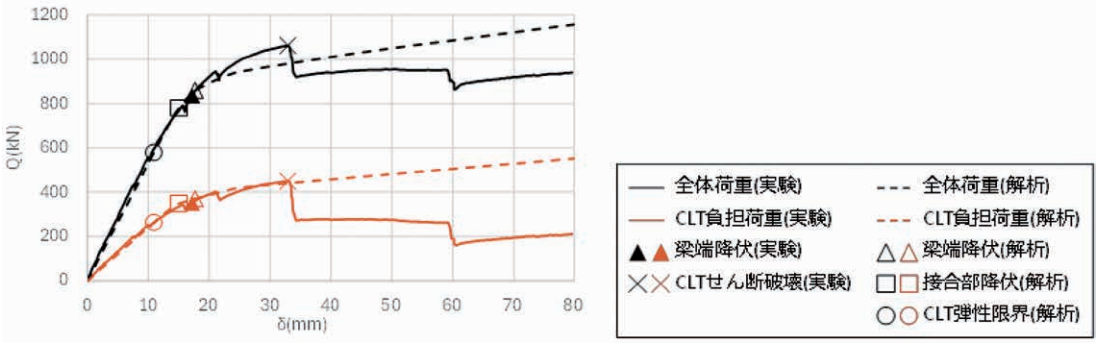


図 10　荷重-層間変形関係（No.2f）

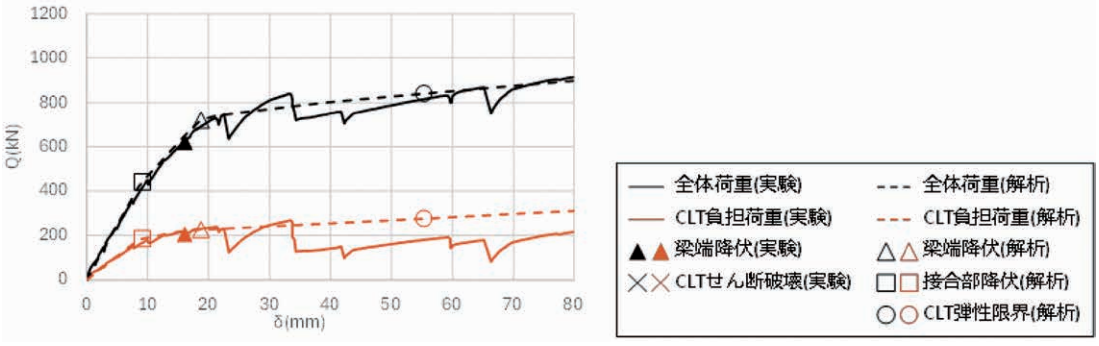


図 11　荷重-層間変形関係（No.2fb）

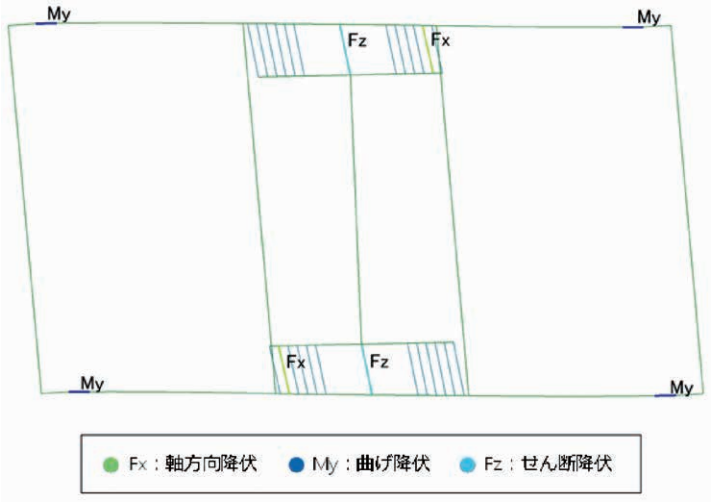


図12　ヒンジ図（No.1fb）

3. CLTのせん断破壊に対する安全率に関する検討

本構造システムのようにCLTの圧縮ストラットによるせん断抵抗を期待した場合、CLTのせん断強度が材料試験結果に対して低下することが既往の研究等で報告されている。しかし、その原因は未だ解明されておらず、根拠のある安全率の設定が困難な状況である。そこで、本事業では、その原因を解明するための３次元有限要素解析モデルの構築を目指しており、これに必要な各種材料試験として以下の項目を実施中である。この内、ラミナのローリングシア試験においては、図13に示すように髄の位置による木取りのタイプを分類した試験も実施中である。

- ラミナの三等分四点曲げ試験（曲げ）
- ラミナの逆対称四点曲げ試験（せん断）
- ラミナのローリングシア試験

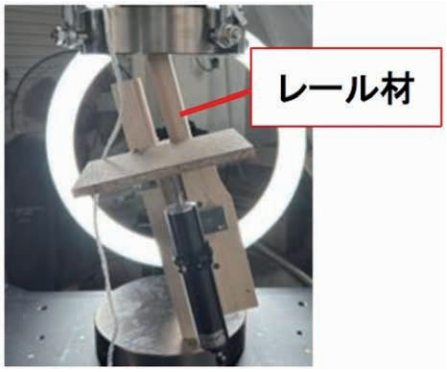


写真５　ラミナのローリングシア試験

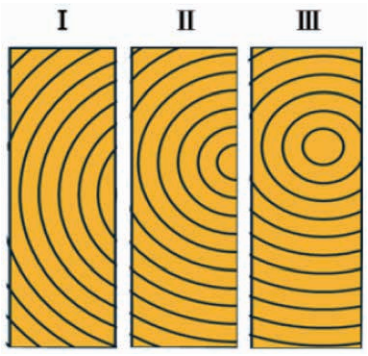


図13　ラミナの木取りの分類

これらの結果をもとに、CLTの逆対称四点曲げ試験（せん断試験）結果に対し、有限要素法解析プログラムANSYSを用いてできるだけ正確に再現し（例として図14）、更にはその成果をもとに、架構実験におけるCLTのせん断挙動を解析的に分析することを目指しており、次年度の課題としている。

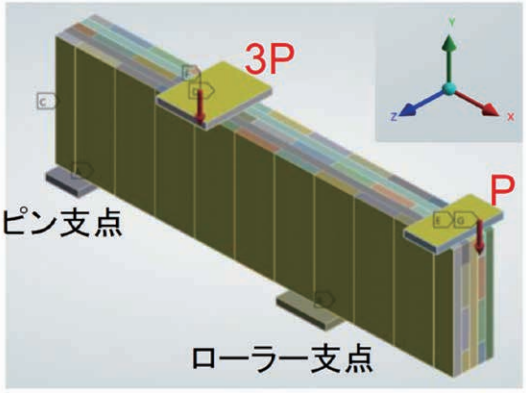


図14　CLTの逆対称四点曲げ試験を模擬した解析モデルの例

4. 保有水平耐力計算における構造特性係数Ds値に関する検討

建築基準法整備促進事業S39において、CLTを鉄骨造の耐震壁として用いた場合のDs値について検討されている。そこでは、図15に示すように、建物階数、及びCLTのせん断力負担割合βuをパラメータとした試設計モデルを構築し、限界耐力計算、及び時刻歴応答解析を実施し、同等の応答層間角を示す引張ブレースを有した純鉄骨造に対するベースシアー係数の比率から、鉄骨造に対するDs値の増加率を導いている。本事業においても、S39において実施された方法と同様にDs値の検討を実施中である。検討結果については、最終報告書に掲載する予定である。

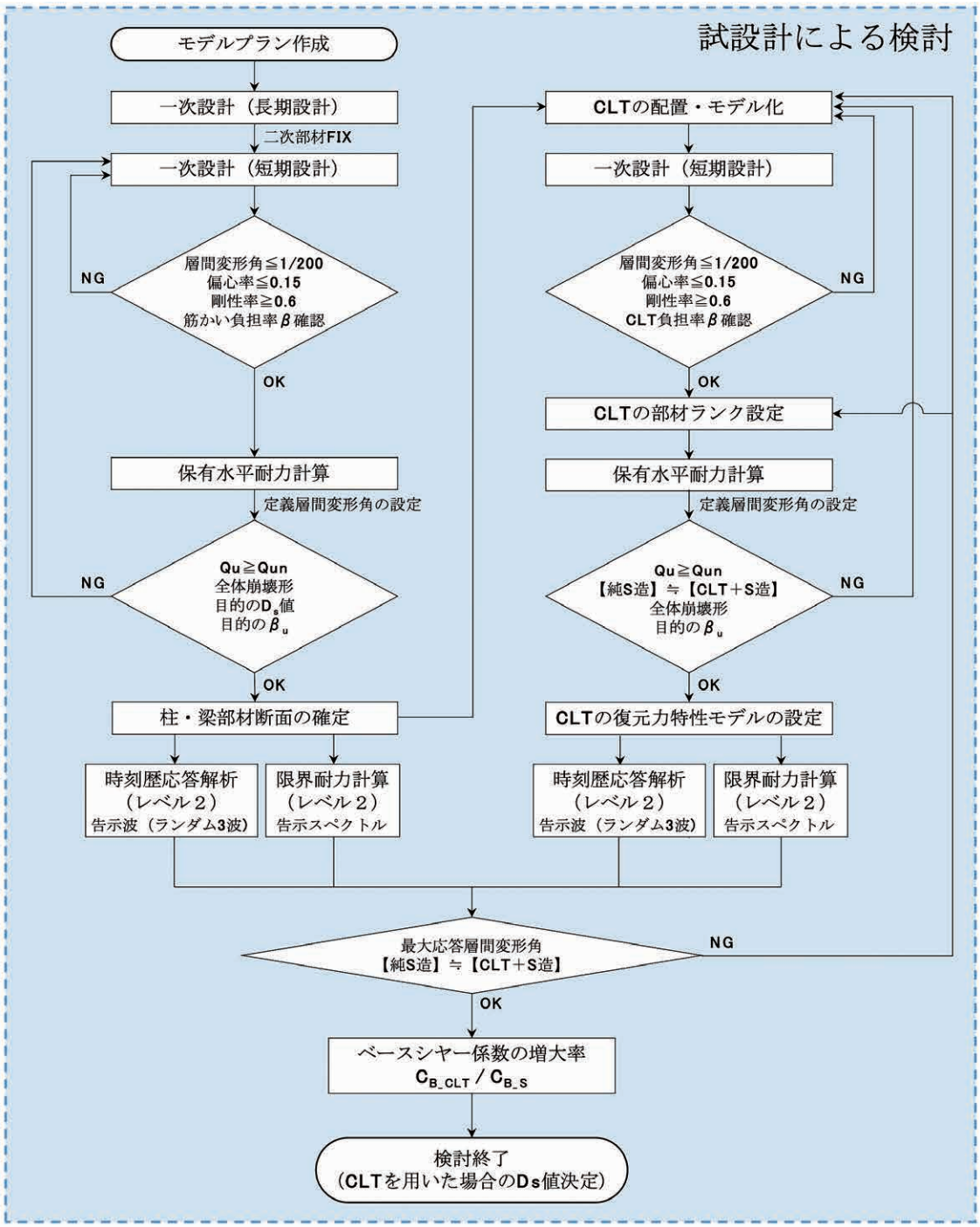
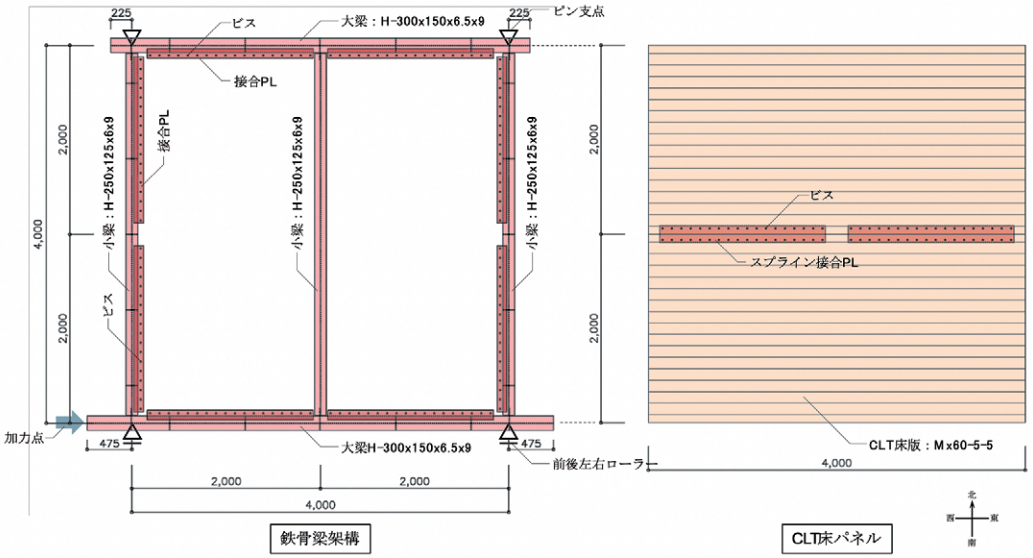


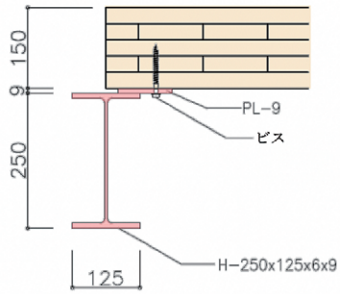
図15　Ds値に関する検討フロー

5. CLT を用いた鉄骨床架構の構造性能評価に関する検討

5.1 応力解析

図 16、写真 6 に示す令和 6 年度に実施した実大床架構実験に対し、図 17 に示す解析モデルにより有限要素法による静的弾塑性解析を実施し、実験結果と比較検証を行った。接合ビスは CLT を表す板要素と鉄骨梁を表す線材要素の間をつなぐバネ要素とし、ビス 1 本に対しバネ要素を 1 個設けた。バネ要素の復元力特性は完全バイリニアとした。



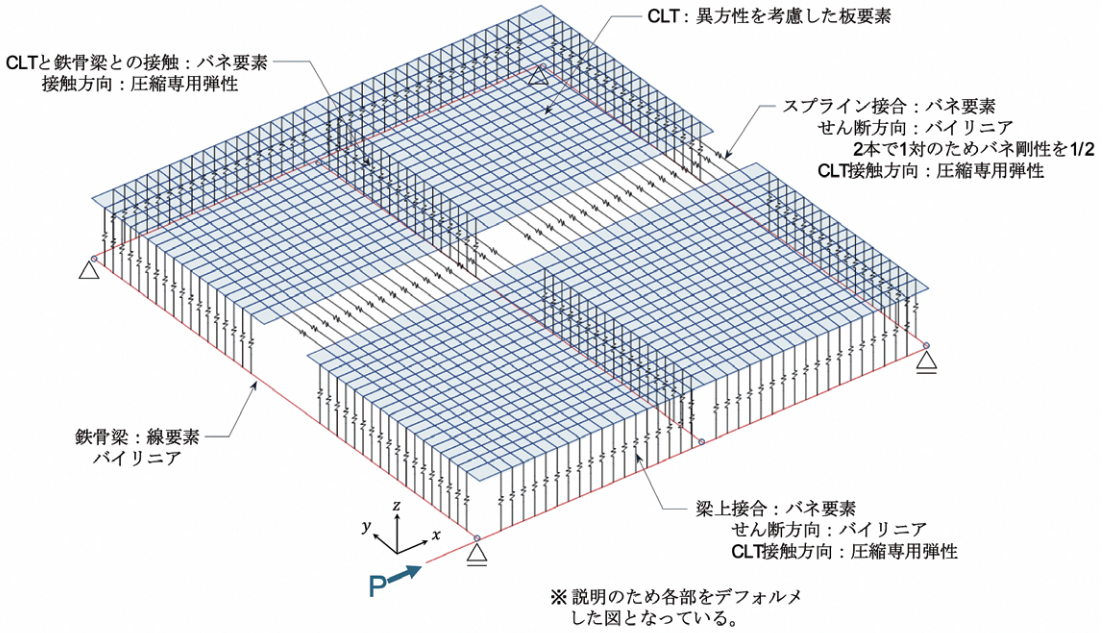


試験体No.		No.1	No.2
試験体サイズ		4m ×4m	
大梁		H-300x150x6.5x9	
小梁		H-250x125x6x9	
CLT床版		M x60-5-5(t= 150)	
鉄骨梁上接合	接合鋼板	PL-9	PL-4.5
	ビス	パネリード PK8-90@100	STS・C65@100
スプライン接合	接合鋼板	PL-6	PL-4.5
	ビス	パネリード PK8-90@100	STS・C65@100

図 16　試験体概要



写真６　実験状況



CLT床と鉄骨梁接合部	ビス１本あたりの剛性	終局耐力Pu
STS-C65	1kN/mm※1	Pu=5.5kN※1
木ビス(パネリード鋼) PK8-90	強軸：6.6kN/mm※2 弱軸：2.3kN/mm※2	Pus=10.5kN※2 Puw=9.5kN※2

※1 文献1)による.
※2 メーカーより受理した接合部実験データによる.

図 17 床架構応力解析モデル

図 18 に荷重-変形関係、図 19 に試験体 No.1 の変形図・ヒンジ図を示す。実験結果と解析結果は良好に適合し、実験結果と同様に、ビスの降伏により全体の耐力が決まる結果が得られた。これにより床架構としての剛性評価、及び耐力評価について検討を行うこととした。

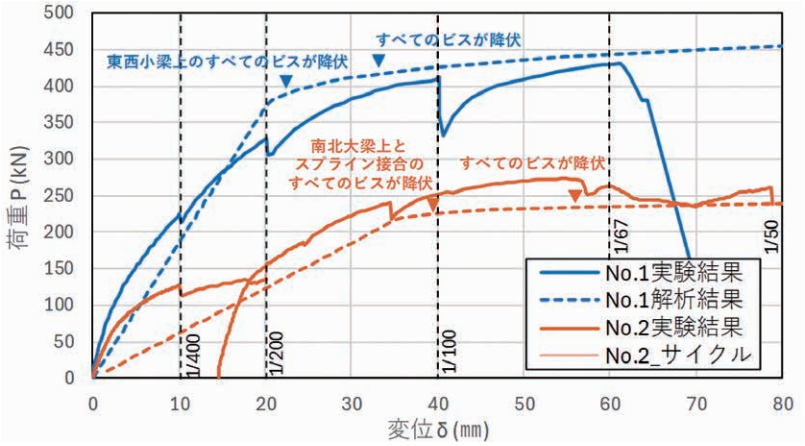


図18　荷重-変形関係

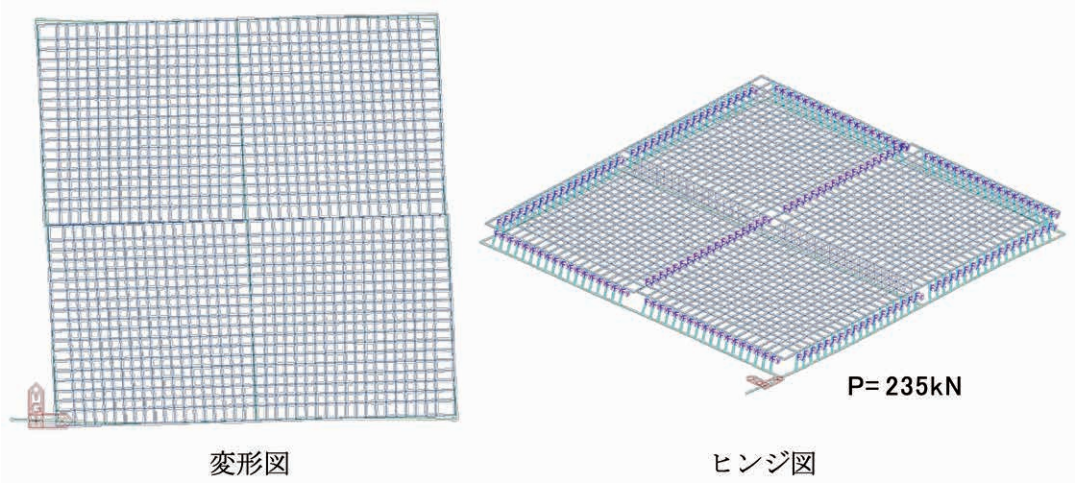


図19　変形図・ヒンジ図

5.2 床架構の剛性・耐力評価

実験結果、及び解析結果における変形状態をもとに、図20に示すように、床架構の剛性を、CLTの回転剛性、CLTの面内せん断剛性、スプライン接合部のずれ剛性の直列剛性として評価を試みた。ただし、回転剛性計算の際には、原則として梁の材長方向のビス剛性のみを考慮し、南北の梁においては、解析結果の変形状態を参考に、両端部数本のビスについて、梁直交方向の剛性も考慮する場合についても検討した。水平耐力については、実験および解析結果から、1辺あたりのビス降伏耐力の合計値とすることとした。

回転によるX方向剛性K_{Rx}

$$K_{Rx} = \frac{P}{\delta_{Rx}} = \frac{K_R}{{L_y}^2}$$

K_R ＝回転剛性　K_x, K_{xy}＝ビス1本あたりのx方向，y方向剛性
L_y ＝Y方向距離

$$K_R = \sum_{i=1}^{m} K_x \times (y_i - y_0)^2 + \sum_{i=1}^{m} K_y \times (x_i - x_0)^2$$

面内せん断剛性K_s

$$K_s = \frac{P}{\delta_s} = \frac{G \times A}{L_y \times \kappa}$$

G= せん断弾性係数　A = 断面積
L_y= Y 方向距離　κ= 形状係数〔= 1.2〕

接合部ズレ剛性K_j

$$K_j = K_{sx} \times n$$

K_{sx} ：スプライン接合ビス1対あたりの剛性
n ：ビス1対の数

面内水平剛性K

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_{Rx}} + \frac{1}{K_j} + \frac{1}{K_s}}$$

K_{Rx} ：回転によるX方向剛性
K_j ：接合部ズレ剛性
K_s ：面内せん断剛性

ビスによるX方向耐力

$$Q_x = P_u \times n$$

P_u ：ビス1本あたりの終局耐力
n ：長辺ビス本数

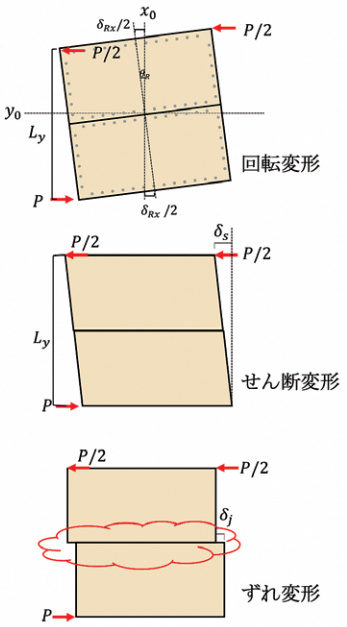


図 20　床架構の剛性・耐力評価

5.3 ブレース置換要素による検討

上記の剛性計算をもとに、図 21 に示すように、CLT を等価な水平剛性を有するブレース要素へと置換し、実験結果ともとの詳細な解析モデルとの結果を比較する。

ブレース要素の断面性能への置換

$$E_B A_B = \frac{K \times L_B}{\cos^3 \theta_B}$$

E_B ：ブレース要素のヤング係数
A_B ：ブレース要素の軸断面積
K ：X方向剛性
L_B ：ブレース要素の配置幅
θ_B ：ブレース要素の配置角度

ブレース1本あたりの軸耐力

$$N = \frac{Q_x}{cos\theta_B} \times \frac{1}{2}$$

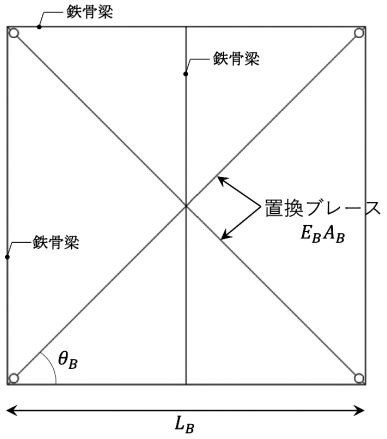


図 21　ブレース置換の概要

図 22 に荷重変形関係について、簡易なブレースモデル、詳細なビスモデル、及び実験結果との比較を示す。初期剛性については、ブレースモデルはビスモデルとほぼ一致し、剛性に有効と考えられる南北梁の端部ビス本数を無視しても良好に適合する。また、耐力についてはブレースモデルにおいてビスの降伏過程を表現できないことからビスモデルに対してやや低くなるものの、その差は 15～20%程度であり安全側の評価となる。

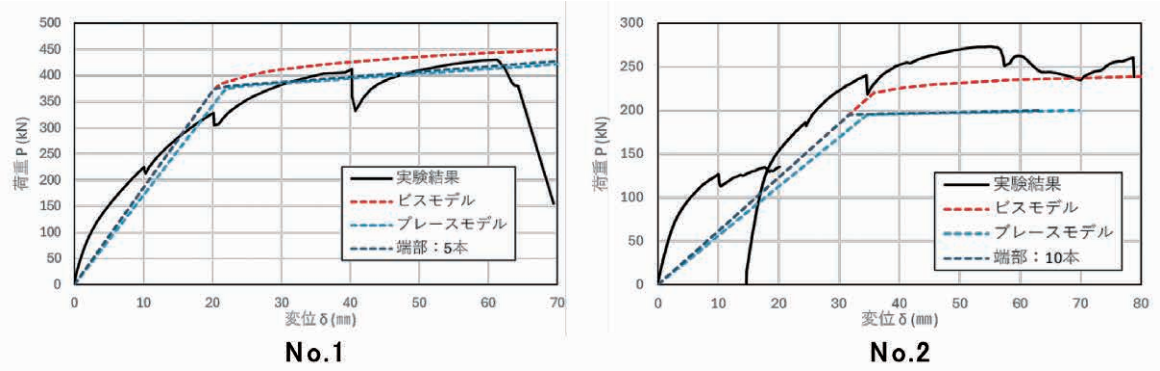


図 22　荷重変形関係の比較

6.　設計マニュアル（案）の作成

令和６年度からの成果を踏まえ、現時点での知見を踏まえた設計マニュアル（案）を作成するとともに、それに基づく設計事例を作成した。

実施した結果

以下に、令和７年度の本事業において得られた成果をまとめる。

① CLT 挿入時の施工性改善に対する成果

- CLT 耐震壁と下部鉄骨における支圧ブラケットの間に無収縮モルタルを充填することで試験体製作時の施工性が改善した。
- 加力時に無収縮モルタルが割裂する結果となり、応力伝達に課題があることが明らかとなった。

② 摩擦力の定量化を目的とした架構実験に対する成果

- 架構実験、及び接合部要素実験の結果から CLT 支圧部の摩擦力を推定し、摩擦係数は 0.3～0.65 程度となることが明らかとなった。
- 摩擦係数を解析モデルにおけるせん断接合部を表現するせん断バネの耐力割り増し係数として考慮することで、荷重変形関係が実験結果と良好に適合することが明らかとなった。
- 支圧部に摩擦力が作用することで、CLT の局部的なせん断力と支圧力の複合応力による破壊が生じることが明らかになった。

③ CLT のせん断破壊に対する安全率に関する検討

- ラミナの三等分四点曲げ試験（曲げ）、ラミナの逆対称四点曲げ試験（せん断）、ラミナのローリングシア試験を実施し、CLT のせん断挙動の解明を目的とした３次元有限要素法解析モデルに必要なデータを整備した。

④ 保有水平耐力計算における構造特性係数 Ds 値に関する検討に対する成果

- 建築基準法整備促進事業 S39 と同様の方法で Ds 値を算定し、引張ブレースを用いた純鉄骨造に対して、やや Ds 値を高くする必要があることが示唆された。

⑤ CLT を用いた鉄骨床架構の構造性能評価に関する検討に対する成果

- 実大試験体に対する剛性評価、耐力評価手法を構築し、簡易なブレースモデルに置換することで、実験結果や詳細なビスモデルによる解析結果と適合する結果を得ることができた。

⑥ 設計マニュアルの作成に対する成果

- 現時点での知見を踏まえた設計マニュアル案、及びそれに基づく設計事例を作成した。

今後の課題・展開等

以下に今後の課題を示す。

① CLT挿入時の施工性改善に対する課題

- CLT耐震壁と下部鉄骨における支圧ブラケットの間に無収縮モルタルを充填することで試験体製作時の施工性が改善したものの加力時に無収縮モルタルが割裂したため、構造性能と施工性を両立する必要がある。

② 摩擦力の定量化を目的とした架構実験に対する課題

- 支圧部にCLTの局部的なせん断力と支圧力の複合応力が作用した場合の相関関係を考慮した耐力評価が必要である。

③ CLTのせん断破壊に対する安全率に関する検討

- 材料試験により得られたラミナの材料定数を考慮した３次元有限要素法解析モデルを構築し、逆対称四点曲げ試験や架構実験におけるせん断挙動の分析に活用していく必要がある。

④ 保有水平耐力計算における構造特性係数Ds値に関する検討に対する成果をもとに保有水平耐力計算におけるDs値を確定し、設計マニュアルに反映する必要がある。

⑤ CLTを用いた鉄骨床架構の構造性能評価に関する検討に対する課題

- ４m四方の実大床架構に対して構造性能評価手法を示したが、床架構の寸法や組み合わせが変わった場合でも適用可能かどうかを検証し、汎用性を確保する必要がある。

⑥ 設計マニュアルの作成に関する課題

- ①～⑤までの課題を解決した結果を反映した設計マニュアルの整備が必要である。

以上の課題が残ったものの、いずれも明確な課題であり何らかの形で解決可能であると考えている。引き続き、次年度の開発として検討を継続していく予定である。

事業

国産材を用いた非等厚ラミナ構成CLTの製造技術に関する検討

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本CLT協会

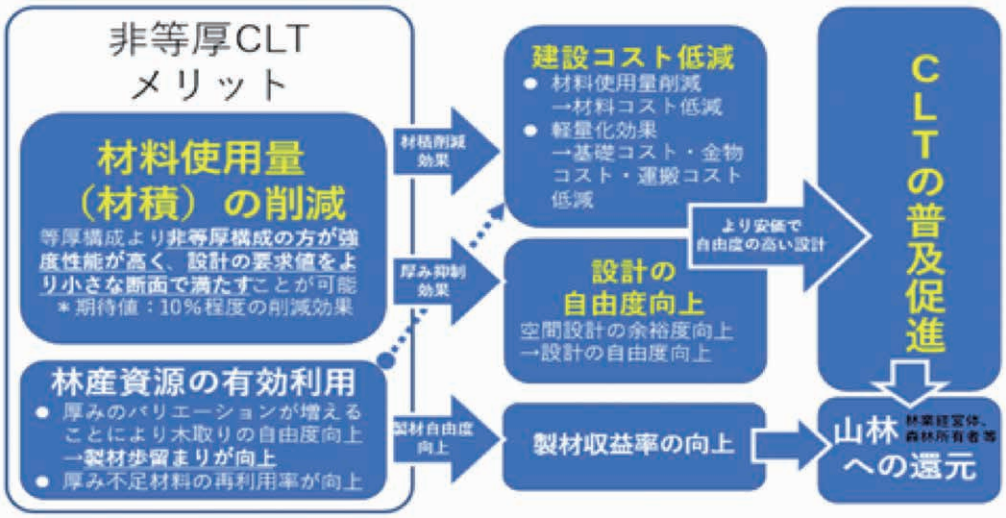
〒103-0025　東京都中央区日本橋茅場町3-9-10 茅場町ブロードスクエア２階

事業目的

現在、「JAS3079直交集成板の日本農林規格」（以下、JAS3079とする）においては、直交集成板（CLT）を構成する各ラミナの厚さは等厚であることとされている。一方、CLT製造時の原料の歩留まり向上やCLTを用いた建築物の設計の自由度向上を図るために、強軸方向の強度性能を効率的に向上させることが出来る、異なる厚さ（非等厚）のラミナで構成されたCLT（以下、非等厚ラミナCLTとする）の開発を推進する必要がある。今年度は、異なる厚みのラミナ（20㎜・30㎜・40㎜）について、曲げヤング係数など様々な試験を実施し、非等厚CLTのJAS3079への反映を念頭に、事業計画に基づき非等厚ラミナ検証データを取得する。

本事業では、非等厚ラミナで構成されるCLTの規格化を進めることにより、CLT建築コストの低減、CLT建築の普及拡大を目指すと共に、CLT普及拡大を通じて森林資源の有効活用と炭素ストックの増加を目指す。





実施した項目

①委員会の編成および開催

日本CLT協会を事務局として森林総合研究所による試験・評価協力体制の下、有識者による委員会を編成して非等厚ラミナで構成されるCLTの検討委員会を開催した。

第一回委員会：２０２５年　６月２６日

第二回委員会：２０２６年　２月　４日

②国産材を使用した非等厚構成CLTの製造の課題整理

③非等厚パネルの試験および評価

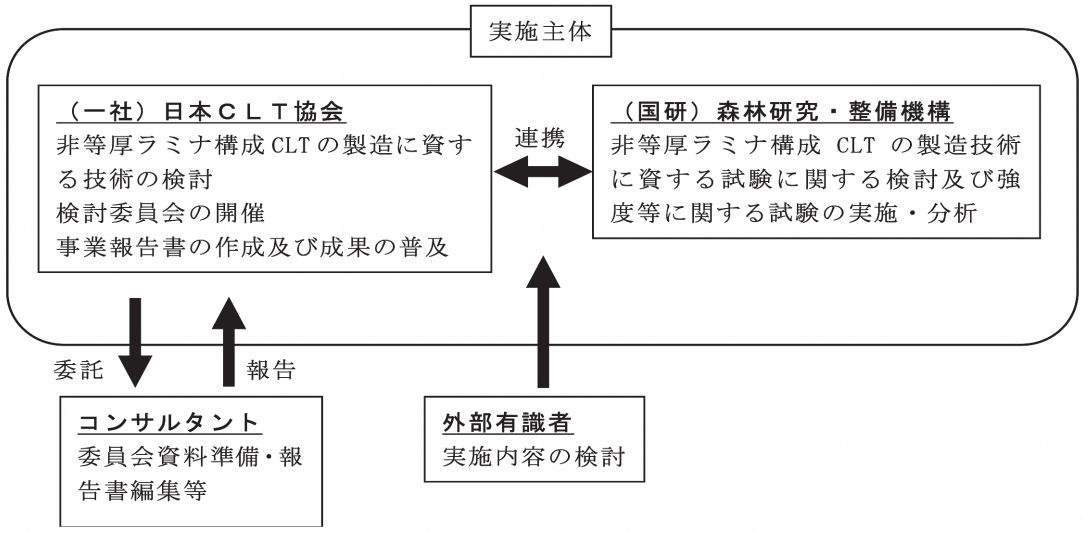
表１に示す構成のCLTについて製造試験性能評価試験を実施することとした。

実施体制

一社）日本CLT協会を代表者とし、（国研）森林研究・整備機構との共同で事業を実施する。業務分担は以下のとおり。

事業内容	（一社）日本CLT協会	（国研）森林研究・整備機構
事業の進行管理	○	
検討委員会の開催・運営	○	
製造試験の実施	○	
強度試験の実施		○
成果報告書のとりまとめ	○	

[実行体制図]



委員長	安村　基	静岡大学名誉教授
委　員	河合　直人	工学院大学名誉教授
	青木　謙治	東京大学大学院農学生命科学研究科 教授
	中島　史郎	宇都宮大学地域デザイン科学部健康都市デザイン学科教授
	槌本　敬大	（国研）建築研究所材料研究グループ グループ長
	中島　昌一	（国研）建築研究所構造研究グループ 主任研究員
	秋山　信彦	（国研）建築研究所材料研究グループ 主任研究員
	荒木　康弘	国土技術政策総合研究所　住宅研究部住宅生産　研究室 室長

	尾方　伸次	（公財）日本合板検査会 専務理事
	神谷　文夫	セイホク（株）　技師長
オブザーバー	田村　尭大	農林水産省新事業・食品産業部食品製造課基準認証室　係長
	川原　　聡	林野庁木材産業課木材製品技術室　室長
	石﨑　宣彦	林野庁木材産業課木材製品技術室課長補佐（建築用木材班）
	立花　紀之	林野庁木材産業課木材製品技術室課長補佐（木材製品調査）
	上田　萌香	林野庁木材産業課木材製品技術室　企画調整係長
	高橋　風鈴	林野庁木材産業課木材製品技術室　建築用木材担当
専門職	久保　寿斗	国土交通省住宅局参事官（建築企画担当）構造係長
	山内　一浩	（独）農林水産消費安全技術センター主任調査官
	平原　章雄	木構造振興（株）常務取締役
	伊藤　一哉	株式会社ＥＰ＆Ｂ
事務局	坂部　芳平	一般社団法人日本CLT協会 専務理事
	西妻　博康	一般社団法人日本CLT協会 総務企画部
	原　　周平	一般社団法人日本CLT協会 総務企画部
	平松　　靖	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研域
	宮本　康太	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	渋沢　龍也	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	新藤　健太	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	大木　文明	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	中川　美幸	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域
	宮武　　敦	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料
	井道　裕史	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用研究領域
	宇京斉一郎	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用
	野田　康信	（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 構造利用研究領域

実施した内容

①非等厚構成CLTのラミナ厚さ、層構成の検討

CLTを用いた建築物の設計の効率化を目的として、スパンに応じて対応可能な非等厚構成CLTのラミナ厚さ、層構成を検討し、表１に示す構成のCLTについて製造試験、性能評価試験を実施することとした。

表１　製造試験、性能評価試験を実施する非等厚構成CLTのラミナ厚さ及び層構成

CLT厚さ（mm）	構成の区分	各プライの仕上げラミナ厚さ(mm) ※//：平行層のラミナ、⊥：直交層のラミナ						
		//	⊥	//	⊥	//		
100	3層3プライ	40	20	40				
140	5層5プライ	40	20	20	20	40		
160	5層5プライ	40	20	40	20	40		
180	5層5プライ	40	30	40	30	40		
		//	//	⊥	//	⊥	//	//
220	5層7プライ	40	40	20	20	20	40	40
240	5層7プライ	40	40	20	40	20	40	40

②非等厚構成スギCLTの製造試験

スギラミナを用いて、表１に示す非等厚構成CLTの大版パネルの製造試験を実施した。仕上げ厚さ20mm、30mm、40mmのスギラミナの仕上げ幅については、製造を考慮して140mmにそろえることとした。グレーディングマシンで測定した仕上げ厚さ40mm用のラミナのヤング係数の分布を図１に示す。製造したラミナの総枚数や製造歩留りを考慮して使用するラミナのヤング係数の範囲を設定した。外層用、内層用の両方に使用する仕上げ厚さ40mmのラミナについては閾値を7.0GPaとし、外層用ラミナのヤング係数の範囲は7.0GPa以上、11.0GPa未満、内層用ラミナのヤング係数の範囲は2.5GPa以上、7.0GPa未満とした。一方、内層にのみ使用される仕上げ厚さ30mm、20mmのラミナのヤング係数の範囲は2.5以上、11.0未満とした。

各厚さのラミナのグレーディング、たて継ぎ（フィンガージョイント）、積層接着の各工程において、等厚構成CLTと同様に製造できた（図２）。

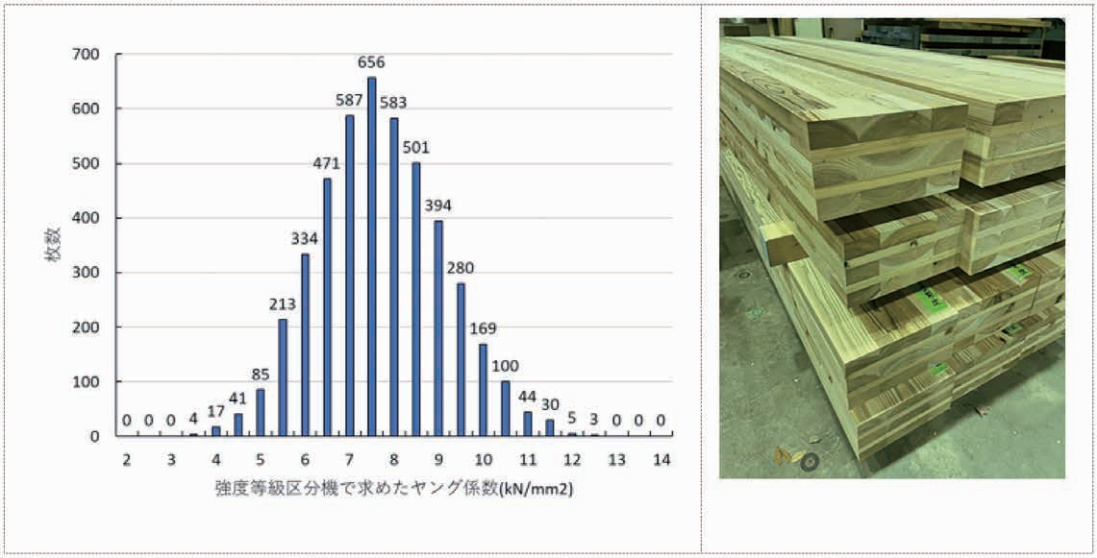


図１　厚さ40mmのスギラミナのグレーディング結果と製造したスギ非等厚構成CLT試験体

③非等厚構成スギCLT製造用ラミナの性能評価試験

非等厚構成スギCLTの大版パネルの製造に用いた厚さ20mm、30mm、40mmのラミナについて、直交集成板の日本農林規格に示されるラミナの曲げC試験に準じて、曲げ試験を実施した（図２）。また、厚さ20mm、30mm、40mmのラミナについて、直交集成板の日本農林規格に示されるラミナの引張り試験に準じて、引張り試験を実施した（図３）。

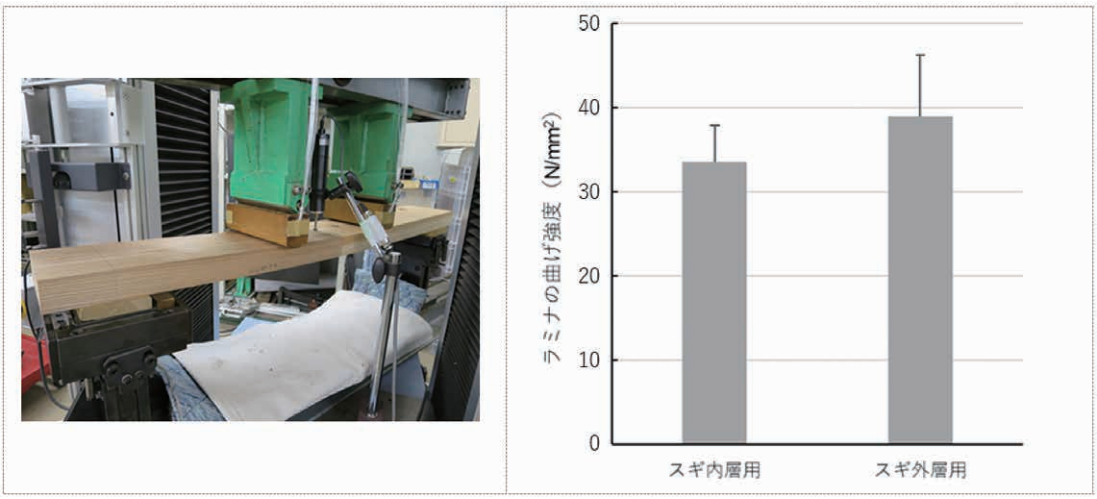


図２　厚さ40mmのスギラミナの曲げ試験の実施状況と試験結果（平均値）

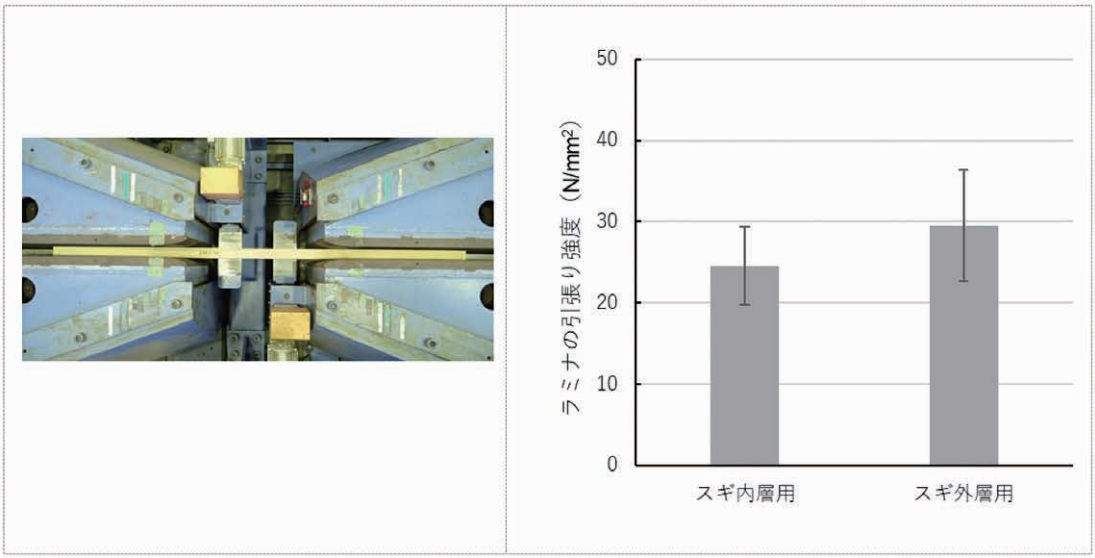


図３　厚さ 40mm のスギラミナの引張り試験の実施状況と試験結果（平均値）

③非等厚構成スギ CLT の性能評価試験

製造した非等厚構成スギ CLT の大版パネルから採取した試験体について、強度試験（引張り、面外曲げ、面外せん断、面内曲げ、座屈、面内せん断）を実施した。

【引張り試験】

表１に示した構成のうち、3層３プライ（40-20-40mm）、５層５プライ（40-20-20-20-40mm）の２構成の非等厚構成 CLT について強軸方向で引張試験を実施した（図４）

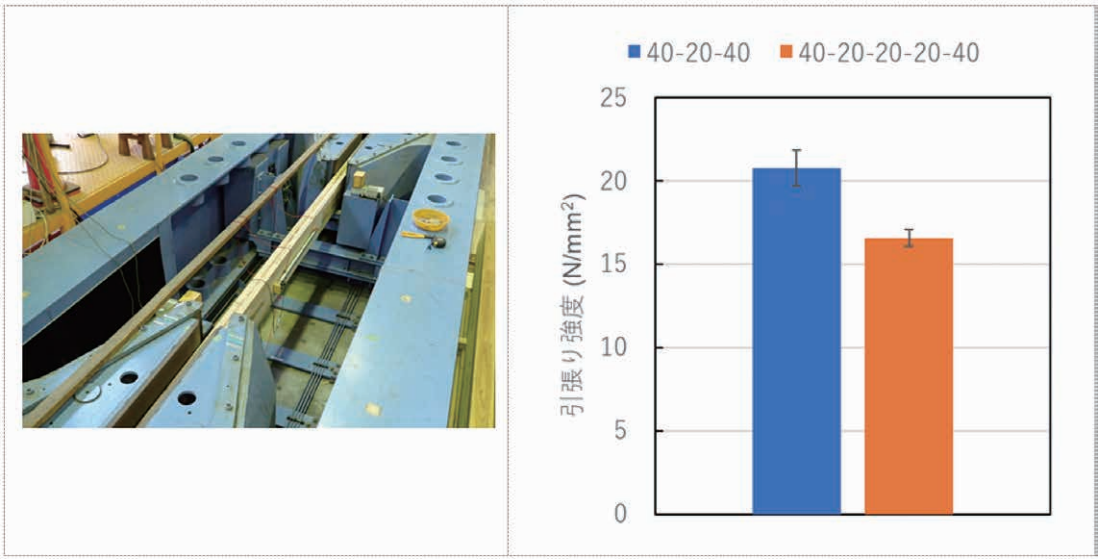


図４　非等厚構成スギ CLT の引張り試験の実施状況と試験結果（平均値）

【面外曲げ試験】

表１に示した構成のうち、強軸方向（５層５プライ、２構成（40-20-40-20-40mm、40-30-40-30-40mm））、弱軸方向（５層５プライ、２構成（40-20-20-20-40mm、40-30-40-30-40mm））について、直交集成板の日本農林規格に示される曲げ試験に準じて、曲げ試験を実施した（図５）。

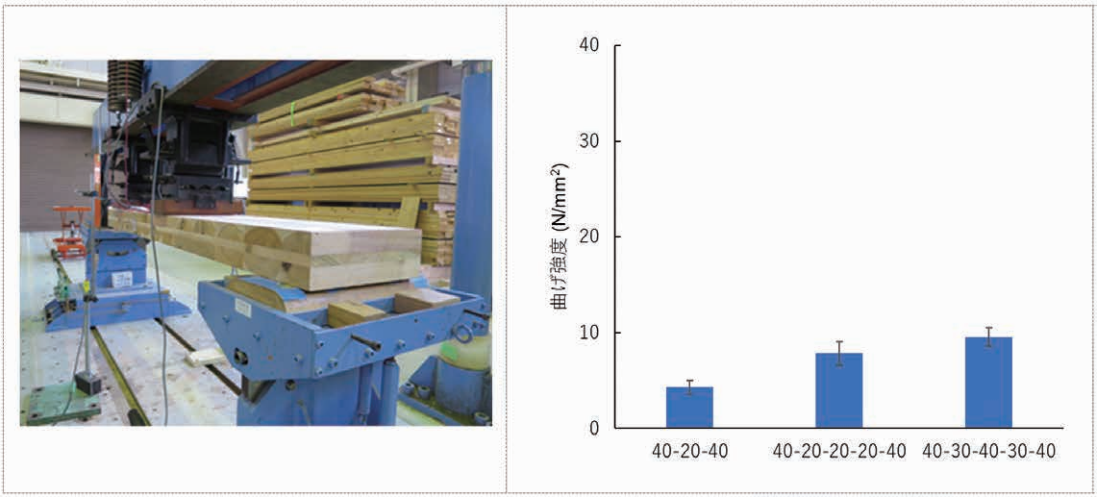


図５　非等厚構成スギCLTの面外曲げ試験（弱軸方向）の実施状況と試験結果（平均値）

【面外せん断試験】

表１に示した構成のうち、強軸方向（５層５プライ、２構成）、弱軸方向（３層３プライ、５層５プライ、計４構成）について、直交集成板の日本農林規格に示されるせん断試験に準じて、せん断試験を実施した（図７）

【面内曲げ試験、座屈試験、面内せん断試験】

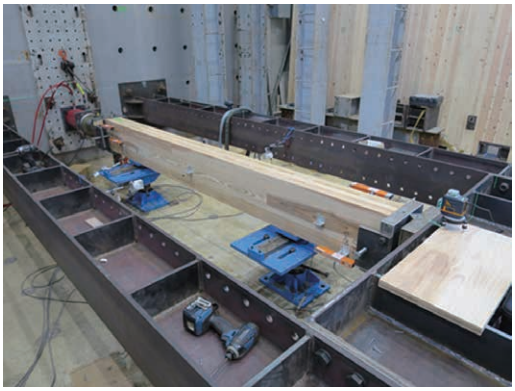
表１に示した構成のCLTについて、強軸方向、弱軸方向の面内曲げ試験、座屈試験を実施した。また、３層３プライ、５層５プライ構成のCLTについて、外層が垂直方向、水平方向の工形試験体を用いた面内せん断試験を実施した（図６）。



面外せん断試験



面内曲げ試験



座屈試験



面内せん断試験

図６　非等厚構成スギCLTの各種試験の実施状況

今後の課題・展開等

非等厚のJAS取得について、残る試験はヒノキ・杉のハイブリッドによる、令和７年度と同等の試験を残すところとなった。

これまでの試験データをとりまとめのうえ、これまで測定されたデータをもとに各委員の意見を取り纏めのうえ、非等厚CLTのJAS取得にむけて進める。

事業

スギ横架材利用を促進する梁―梁仕口TAPOS（テイポス）の性能評価と技術普及

● 実施団体 ●

兵庫県木材業協同組合連合会

（連携団体：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）

〒650-0012　兵庫県神戸市中央区北長狭通５丁目５番18号

事業目的

木造軸組工法に使用する梁－梁仕口TAPOSは、仕口のせん断耐力を飛躍的に向上させる加工技術で、スギの横架材利用拡大や、梁断面の縮小によるコスト低減にも繋がる画期的な技術である。

しかし、構造計算に必要な第三者機関でのエビデンス不足が技術普及の妨げとなっていることから、性能評価等による設計資料整備と普及方法の検討により、スギ等地域材の横架材利用拡大を図る。

実施した項目

１．技術検討委員会の開催

有識者及び実務者による技術検討委員会を年３回開催し、本事業の全体計画並びに具体的な試験方法や試験体仕様等を議論するとともに、得られた試験結果と評価内容について普及方法の検討を行った。

２．木造軸組工法接合部のせん断試験の実施

（１）試験体の調達

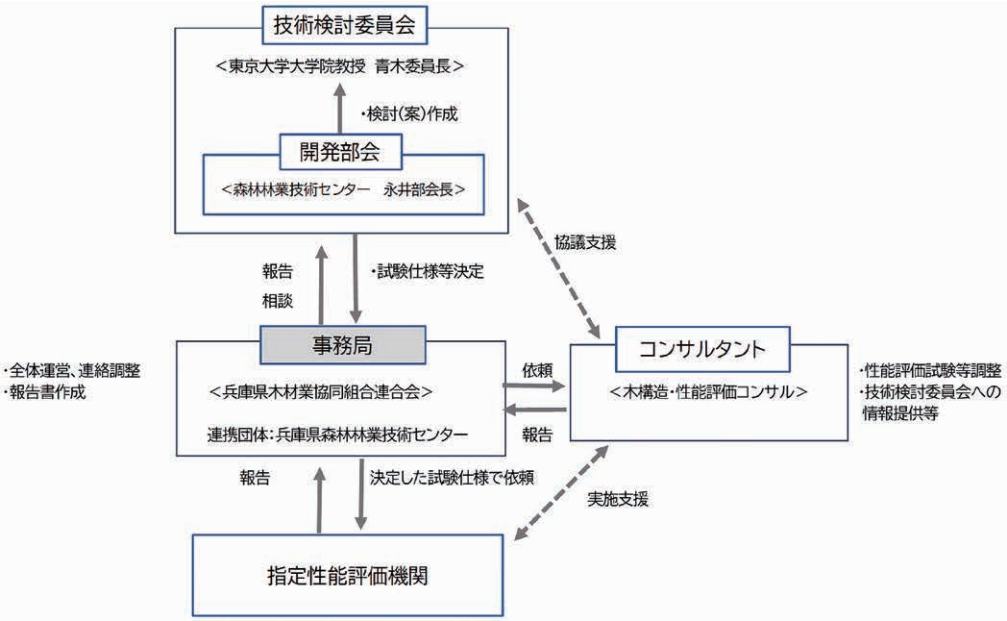
技術検討委員会で決定した仕様及び指定性能評価機関の基準に基づき、試験体を調達した。

（２）第三者機関での品質性能試験及び性能評価

調達した試験体について、指定性能評価機関である一般社団法人建材試験センター西日本試験所において、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計①（2017年度版）」（企画発行：公益財団法人日本住宅・木材技術センター）の４章「試験方法と評価方法」に従って試験を実施し、評価委員会での審議を受けた。

実施体制

本事業は、兵庫県木材業協同組合連合会に事務局を置き、下図に示した事業実施体制により実施した。



【技術検討委員会】

委員長	青木　謙治	（東京大学大学院）
副委員長	荘所　直哉	（兵庫県立大学）
委　員	村上　淳史	（村上木構造デザイン室）
委　員	稲岡　　宏	（㈱JOIN）
委　員	髙見　和人	（HALO木構室一級建築士事務所）
委　員	永井　　智	（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）
オブザーバー	中村　　誠	（林野庁木材産業課）
オブザーバー	遠藤　修平	（林野庁木材産業課）
オブザーバー	河田　尚顯	（兵庫県林務課）
オブザーバー	平原　章雄	（木構造振興㈱）
コンサルタント	河本和義	（NPO法人 WOOD AC）
事務局	戸田　政宏	（兵庫県木材業協同組合連合会）
	浅田佐知子	（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）

【開発部会】

部会長	永井　　智	（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）
委　員	荘所　直哉	（兵庫県立大学）
	村上　淳史	（村上木構造デザイン室）
	髙見　和人	（HALO木構室一級建築士事務所）

実施した内容

（1）技術検討委員会の開催

本事業実施にあたり、技術検討委員会を設置し下記に示す３回の技術検討委員会を開催した。また、委員会に向けて随時開発部会を実施し設計用せん断耐力算定式の検討等を行った。

第１回委員会

日　　時：令和７年６月４日（水）13:30～16:30
場　　所：兵庫県農業共済会館４階第１会議室（対面＋オンライン）
議事内容：1）全体概要（梁－梁仕口TAPOSについて）
2）性能評価取得に向けた取組みの検討
（試験機関選定等、設計用せん断耐力算定式（案）の検討、横架材端接合部のせん断試験仕様の検討）
3）TAPOS技術普及ロードマップについて

第２回委員会

日　　時：令和７年10月２日（木）13:30～16:00
場　　所：建材試験センター西日本試験所会議室（対面＋オンライン）
議事内容：1）梁－梁接合部せん断試験仕様と試験状況等について
2）試験状況の確認（一方向繰返し加力試験の見学、試験後の破壊状況確認、試験担当との意見交換等）
3）性能評価委員会（建材試験センター）に向けた検討

第３回委員会

日　　時：令和８年２月６日（金）13:30～16:30
場　　所：兵庫県農業共済会館４階第１会議室（対面＋オンライン）
議事内容：1）梁－梁仕口TAPOSに係る性能評価結果について
2）今後の展開に向けた検討（評価書の普及方法、集成材での試験仕様検討等）

（2）試験体の調達と加工

第１回技術検討委員会の後、評価機関との打合せを経て、試験に供する平角の仕様を以下のとおりとした。

- 材料：スギ心持ち平角
- 寸法：梁幅 105・120 × 梁高さ 180・240・300mm 合計６寸法（長さは 3m）
- 含水率：10～20%
- 密度：0.35～0.45g/cm3
- ヤング係数：E70 相当

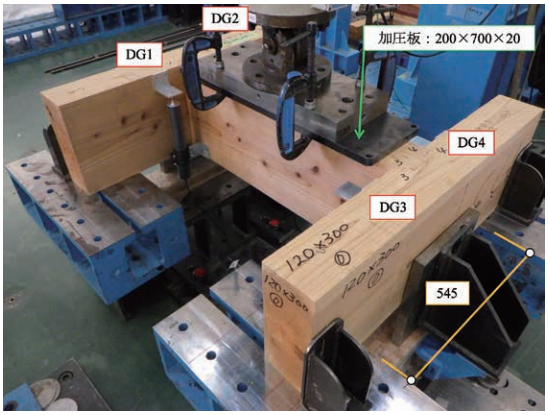
調達した平角について、TAPOS 許諾契約プレカット工場で仕口加工の後、評価機関に搬送した。

（3）評価機関での実験的評価

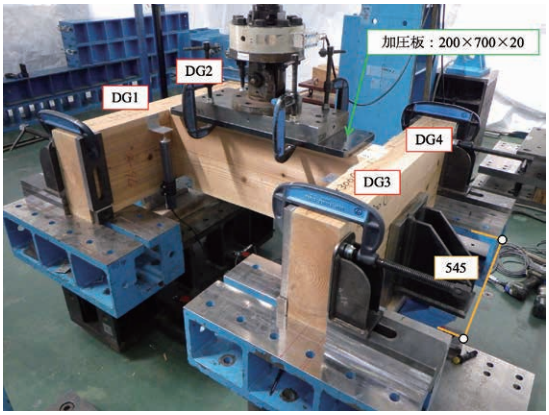
一般財団法人建材試験センター西日本試験所（山口県山陽小野田市）において、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017 年版）」の４章「試験方法と評価方法」に従い、「横架材端接合部のせん断試験」を実施した（写真１）。試験体の概要は以下のとおりである。

- 名称：TAPOS
- 梁：樹種；すぎ製材（E70）
- 寸法；105mm × 180mm、105mm × 240mm、105mm × 300mm、
  120mm × 180mm、120mm × 240mm、120mm × 300mm
- 試験体数：各寸法について７体（うち１体予備試験体）

最小寸法（105mm × 180mm）と最大寸法（120mm × 300mm）の試験体図を例として示す（図１、２）。



加力方法：単調



加力方法：一方向繰返し

（注）接合部１箇所の荷重 P 及び変位 δ は、下式による。

P ＝ 試験機荷重 × 0.5

δ ＝（DG1 ＋ DG2 ＋ DG3 ＋ DG4）／ 4

DG1～DG4：支持梁－加力梁間の上下方向相対変位（電気式変位計）

荷重及び変位の極性は、加力梁の鉛直下向きを正（+）とした。

写真１　試験方法

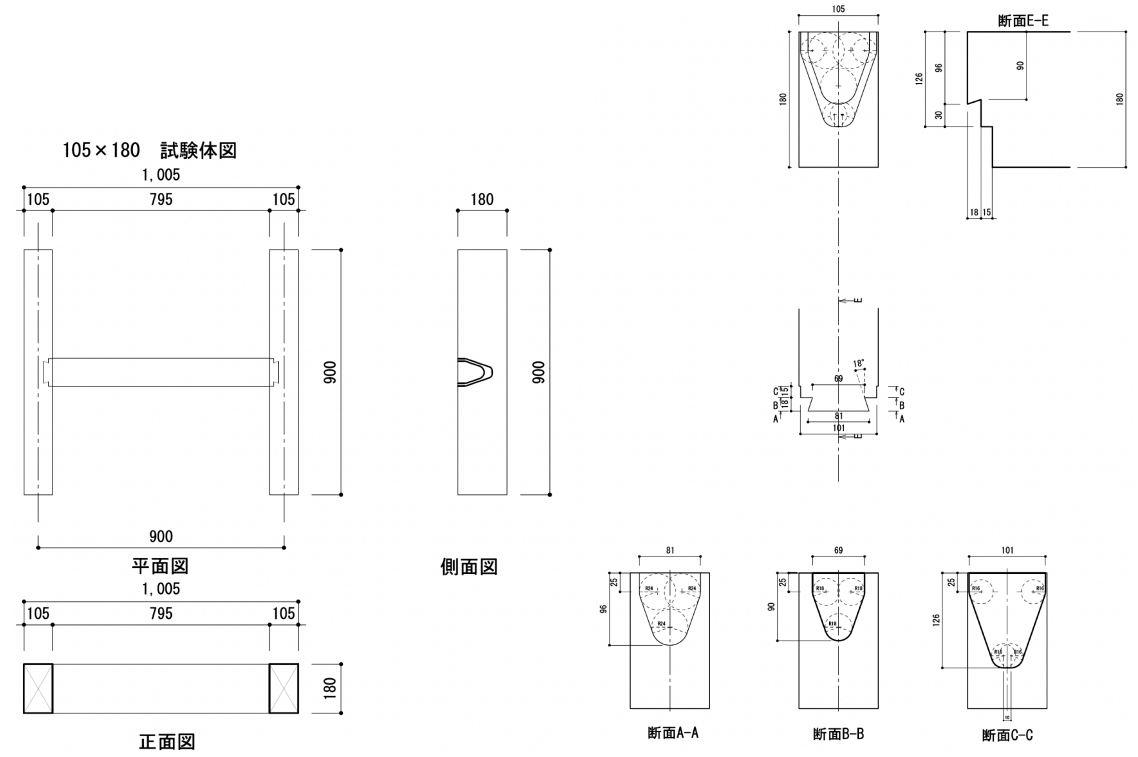


図１　試験体（105mm × 180mm）

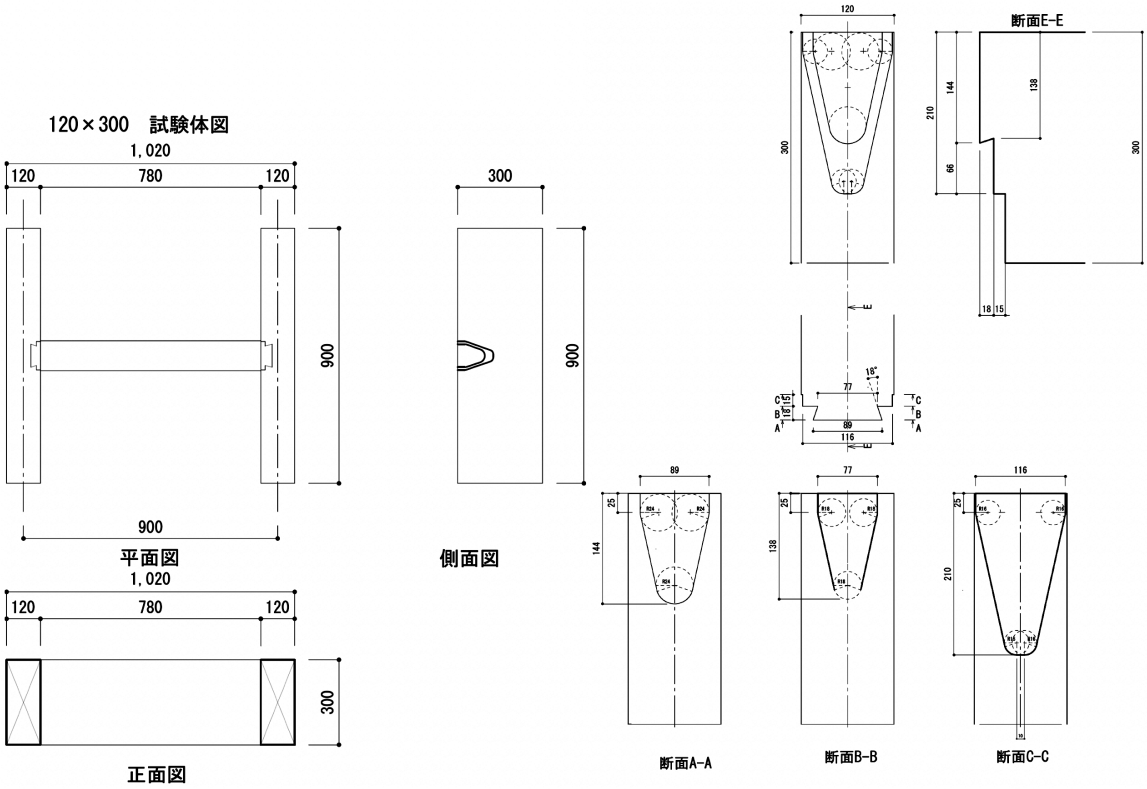


図２　試験体（120mm × 300mm）

（4）算定式の検討

TAPOSの設計用せん断力を適正に評価するため、永井ら※によりスギ集成材を対象として提案された、加圧梁凸部（大入れ部・蟻部）と受け梁凹部（大入れ部・蟻部）双方の耐力に基づく算定式（2017算定式と略記）を精査するとともに、今回のスギ製材における実験結果や試験体の破壊状況について検討し、2017算定式を改良した補完式、およびその補完式により評価対象の個々の寸法について求めた耐力推定値を評価機関に提出した。

※永井智、岡本一仁、玉田豊（2017）木造軸組工法住宅から非住宅建築物までを対象とした高強度梁仕口Tajima TAPOSの設計用せん断力、第67回日本木材学会大会、H18-P1-03.

実施した結果

（1）試験体

試験体の基となる平角のヤング係数、および、各寸法における全部材の平均値として求めた試験体の材質測定結果を表１に示す。

表１　試験体の材質

試験体	ヤング係数（kN/mm^2）		含水率（%）		密度（g/cm^3）		平均年輪幅（mm）	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
105mm×180mm	6.8	0.4	14.0	2.5	0.403	0.016	4.1	0.7
105mm×240mm	7.2	0.4	14.3	3.2	0.402	0.016	3.3	0.4
105mm×300mm	7.0	0.5	10.9	2.4	0.407	0.011	5.3	0.5
120mm×180mm	6.8	0.3	11.9	2.2	0.390	0.018	4.2	0.6
120mm×240mm	6.9	0.4	10.9	2.2	0.389	0.022	4.0	0.6
120mm×300mm	7.0	0.5	9.7	1.4	0.394	0.020	4.3	0.7

（2）評価機関による性能評価

1）短期基準せん断耐力の取得

評価機関での試験により、「短期基準せん断耐力（T_0）」が明示された「品質性能試験報告書」（発行番号：第25C0355～第25C0360号）を取得した。その概要は以下のとおりである。各寸法における耐力算定のための基礎資料（表２～７）と荷重－変位包絡線（図３～８）、および試験終了後の状況例（写真２、３）を示す。

2）短期許容せん断耐力の取得

建材試験センターの性能評価本部に設置された「木造軸組工法などに関わる構造性能の技術評価委員会」において、耐力、変形性状、破壊性状、耐久性、品質の安定性および施工性に関して審議が行われ、「短期許容せん断耐力（Pa）」が明示された「木造軸組工法に使用する梁と梁の仕口部に関する短期許容せん断耐力の評価書」（25ER018号、認定番号：A-021）を取得した。なお、（4）算定式の検討により評価機関に提出した「2017算定式を改良した補完式、およびその補完式により評価対象の個々の寸法について求めた耐力推定値」については今回の性能評価に反映できなかった。

得られた評価結果は表８のとおりである。ここで、105・120mm×210・270mmの４寸法の短期許容せん断耐力（Pa）については、同一梁幅において、梁せいの中間値を直線補間した値として明記されたものである。また、評価機関から発行された「品質性能試験報告書」に記載されている「短期基準せん断耐力（T_0）」については、審議により、理論的挙動（梁幅が大きくなるに従って、梁せいが大きくなるに従って、それぞれせん断耐力が増加する）が配慮され、105mm×180mmおよび105mm×300mmのそれぞれが120mm×180mmおよび120mm×300mmの値で読み替えられた上で、短期基準せん断耐力（Po）と表記されている。

表２　耐力算定のための基礎資料（105mm × 180mm）

試験体番号	加力方法	降伏時		2/3P_{max}時		P_{max}時		試験終了後の状況
		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
0	単調	22.3	1.8	21.2	1.7	31.8	24.1	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
1	一方向繰返し	22.7	3.0	22.3	3.0	33.5	8.8	仕口部のめり込み，加力梁及び支持梁の割れ
2		20.8	2.9	22.3	3.0	33.5	9.1	仕口部のめり込み，加力梁及び支持梁の割れ
3		25.4	3.4	24.5	3.2	36.8	12.0	仕口部のめり込み，加力梁及び支持梁の割れ
4		25.2	3.2	25.8	3.4	38.7	16.9	仕口部のめり込み，加力梁及び支持梁の割れ
5		23.3	3.5	23.7	3.6	35.6	21.6	仕口部のめり込み，加力梁及び支持梁の割れ
6		22.4	3.8	21.7	3.6	32.6	19.8	仕口部のめり込み，加力梁及び支持梁の割れ
平均		23.3	3.3	23.4	3.3	35.1	14.7	
標準偏差		1.76	0.33	1.57	0.28	2.34	5.51	
変動係数		0.076		0.067				
ばらつき係数		0.822	—	0.843	—	—	—	—
短期基準耐力 T_0 (kN)		19.2		19.7				

［備考］短期基準耐力 T_0は，一方向繰返し試験体の降伏耐力P_y又は2/3P_{max}の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□に示した値である。

表３　耐力算定のための基礎資料（105mm × 240mm）

試験体番号	加力方法	降伏時		2/3P_{max}時		P_{max}時		試験終了後の状況
		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
0	単調	28.2	3.9	29.3	4.2	44.0	28.7	仕口部のめり込み及び割れ
1	一方向繰返し	24.4	3.6	24.5	3.7	36.8	14.3	仕口部のめり込み及び割れ
2		24.2	5.1	25.5	5.7	38.3	24.9	仕口部のめり込み及び割れ
3		22.4	4.1	25.4	5.4	38.1	21.3	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
4		30.1	4.9	28.2	4.4	42.3	25.5	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
5		25.1	4.9	25.2	4.9	37.8	25.6	仕口部のめり込み及び割れ
6		24.1	6.2	26.3	7.7	39.4	30.0	仕口部のめり込み及び割れ
平均		25.1	4.8	25.9	5.3	38.8	23.6	
標準偏差		2.63	0.89	1.29	1.38	1.92	5.33	
変動係数		0.105		0.050				
ばらつき係数		0.755	—	0.883	—	—	—	—
短期基準耐力 T_0 (kN)		19.0		22.9				

［備考］短期基準耐力 T_0は，一方向繰返し試験体の降伏耐力P_y又は2/3P_{max}の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□に示した値である。

表４　耐力算定のための基礎資料（105mm × 300mm）

試験体番　号	加力方法	降伏時		2/3P_{max}時		P_{max}時		試験終了後の状況
		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
0	単調	29.1	4.0	32.1	4.8	48.1	19.6	仕口部のめり込み及び割れ
1	一方向繰返し	38.1	5.2	38.5	5.3	57.8	20.7	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
2		33.0	4.0	32.1	3.7	48.1	30.0	仕口部のめり込み及び割れ
3		29.8	4.1	31.9	4.7	47.9	30.0	仕口部のめり込み及び割れ
4		29.2	4.3	31.7	5.2	47.5	26.9	仕口部のめり込み及び割れ
5		31.8	3.3	32.6	3.5	48.9	25.1	仕口部のめり込み及び割れ
6		32.1	4.6	31.7	4.5	47.5	29.9	仕口部のめり込み及び割れ
平均		32.3	4.3	33.1	4.5	49.6	27.1	
標準偏差		3.17	0.63	2.67	0.75	4.04	3.73	
変動係数		0.098		0.081				－
ばらつき係数		0.771	－	0.811	－	－	－	
短期基準耐力 T_0 (kN)		24.9		26.8				

［備考］短期基準耐力 T_0は，一方向繰返し試験体の降伏耐力P_y又は2/3P_{max}の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□に示した値である。

表５　耐力算定のための基礎資料（120mm × 180mm）

試験体番　号	加力方法	降伏時		2/3P_{max}時		P_{max}時		試験終了後の状況
		荷重 P_y (kN)	変位 δ_y (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	荷重 (kN)	変位 (mm)	
0	単調	23.9	2.4	23.7	2.3	35.5	14.4	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
1	一方向繰返し	19.0	2.5	22.3	3.1	33.4	21.1	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
2		19.9	3.0	22.1	3.5	33.1	19.9	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
3		22.8	3.7	25.3	5.2	37.9	24.7	仕口部のめり込み，加力梁の割れ
4		21.5	2.6	21.9	2.7	32.8	18.3	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
5		23.7	2.3	25.7	2.7	38.6	15.9	仕口部のめり込み，加力梁の割れ
6		22.0	2.4	23.9	2.8	35.8	15.9	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
平均		21.5	2.8	23.5	3.3	35.3	19.3	
標準偏差		1.77	0.52	1.68	0.96	2.55	3.37	
変動係数		0.082		0.071				－
ばらつき係数		0.808	－	0.834	－	－	－	
短期基準耐力 T_0 (kN)		17.4		19.6				

［備考］短期基準耐力 T_0は，一方向繰返し試験体の降伏耐力P_y又は2/3P_{max}の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□に示した値である。

表6　耐力算定のための基礎資料（120mm × 240mm）

試験体番号	加力方法	降伏時 荷重 P_y (kN)	降伏時 変位 δ_y (mm)	$2/3P_{max}$時 荷重 (kN)	$2/3P_{max}$時 変位 (mm)	P_{max}時 荷重 (kN)	P_{max}時 変位 (mm)	試験終了後の状況
0	単調	31.1	2.4	29.9	2.2	44.8	16.4	仕口部のめり込み及び割れ
1	一方向繰返し	25.8	3.3	27.5	3.7	41.3	25.9	仕口部のめり込み，加力梁及び支持梁の割れ
2		21.9	2.9	23.1	3.2	34.6	21.8	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
3		30.1	3.7	29.5	3.6	44.3	20.5	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
4		25.3	4.2	27.1	4.9	40.6	25.4	仕口部のめり込み及び割れ
5		25.6	3.5	30.4	5.2	45.6	18.3	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
6		24.9	3.3	26.3	3.6	39.4	17.7	仕口部のめり込み，支持梁の割れ
平均		25.6	3.5	27.3	4.0	41.0	21.6	
標準偏差		2.63	0.44	2.58	0.81	3.89	3.47	
変動係数		0.103		0.095				－
ばらつき係数		0.759	－	0.778	－	－	－	
短期基準耐力 T_0 (kN)		19.4		21.2				

［備考］短期基準耐力 T_0は，一方向繰返し試験体の降伏耐力P_y又は$2/3P_{max}$の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□に示した値である。

表7　耐力算定のための基礎資料（120mm × 300mm）

試験体番号	加力方法	降伏時 荷重 P_y (kN)	降伏時 変位 δ_y (mm)	$2/3P_{max}$時 荷重 (kN)	$2/3P_{max}$時 変位 (mm)	P_{max}時 荷重 (kN)	P_{max}時 変位 (mm)	試験終了後の状況
0	単調	31.4	4.0	34.8	5.2	52.2	22.9	仕口部のめり込み及び割れ
1	一方向繰返し	36.7	4.2	34.9	3.8	52.4	28.2	仕口部のめり込み及び割れ
2		30.4	5.0	30.2	4.9	45.3	29.8	仕口部のめり込み及び割れ
3		33.5	5.7	31.8	5.3	47.7	21.9	仕口部のめり込み及び割れ
4		27.9	6.7	31.5	8.4	47.3	30.0	仕口部のめり込み及び割れ
5		31.2	5.1	31.5	5.2	47.2	30.0	仕口部のめり込み及び割れ
6		26.7	3.7	29.5	4.9	44.2	29.9	仕口部のめり込み及び割れ
平均		31.1	5.1	31.6	5.4	47.4	28.3	
標準偏差		3.67	1.07	1.86	1.56	2.82	3.21	
変動係数		0.118		0.059				－
ばらつき係数		0.724	－	0.862	－	－	－	
短期基準耐力 T_0 (kN)		22.5		27.2				

［備考］短期基準耐力 T_0は，一方向繰返し試験体の降伏耐力P_y又は$2/3P_{max}$の平均値に，それぞれのばらつき係数を乗じて算出した値のうち小さい方とし，□に示した値である。

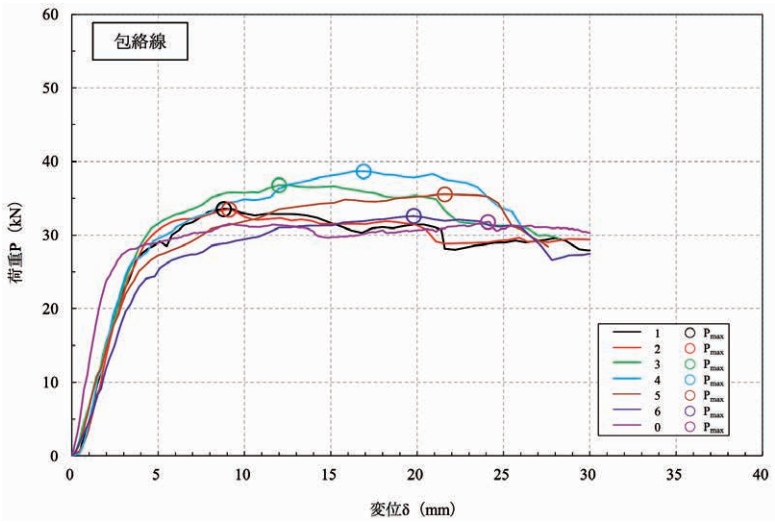


図３　荷重－変位包絡線の比較（105mm × 180mm）

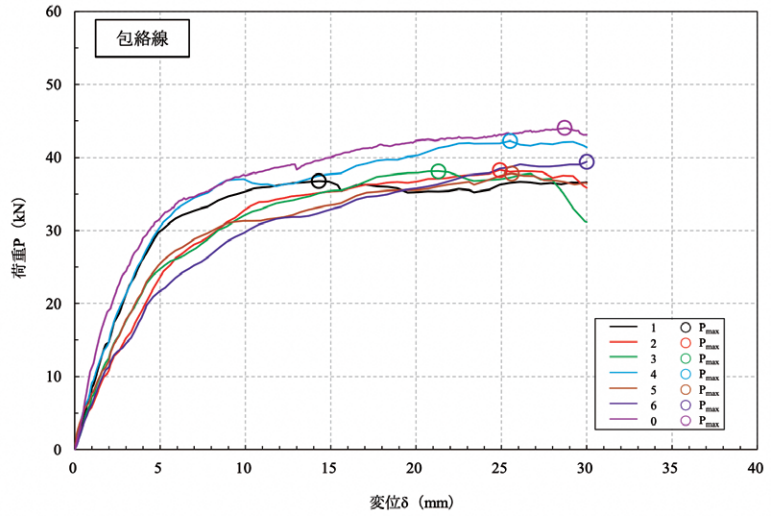


図４　荷重－変位包絡線の比較（105mm × 240mm）

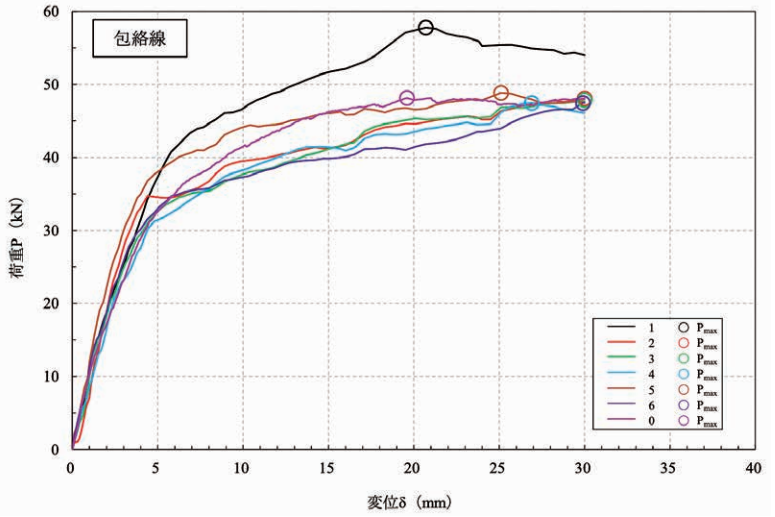


図５　荷重－変位包絡線の比較（105mm × 300mm）

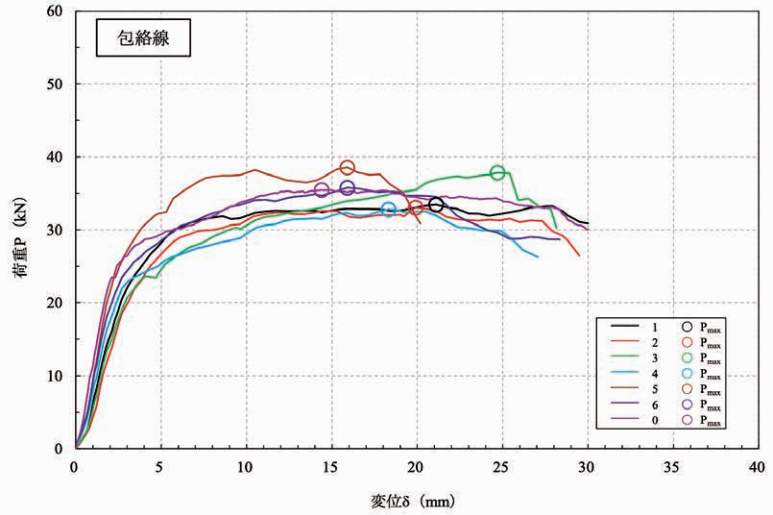


図６　荷重－変位包絡線の比較（120mm × 180mm）

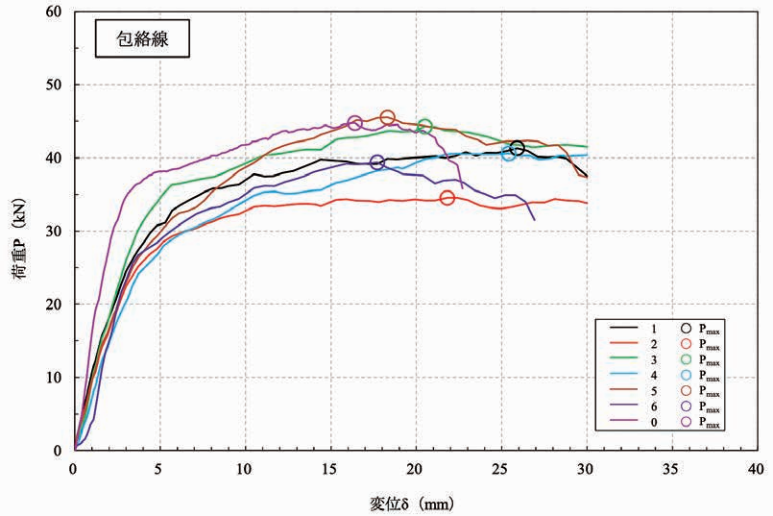


図７　荷重－変位包絡線の比較（120mm × 240mm）

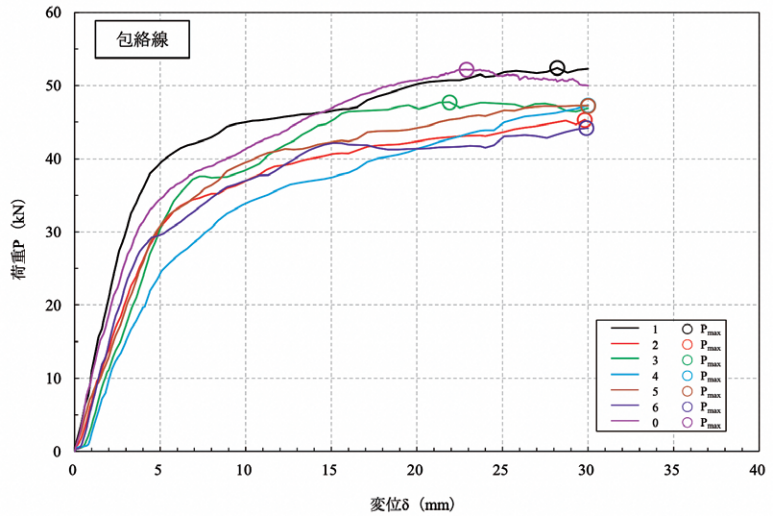


図８　荷重－変位包絡線の比較（120mm × 300mm）



写真２　試験終了後の状況（105mm × 180mm：試験体 1）
仕口部のめり込み、加力梁及び支持梁の割れ

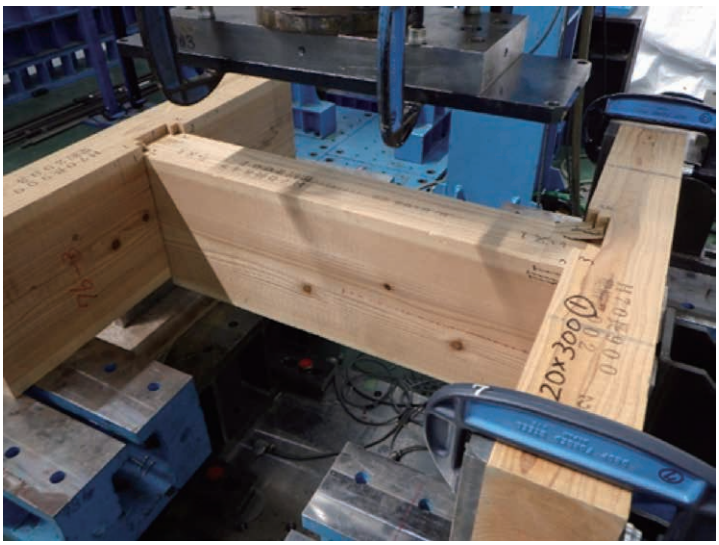


写真３　試験終了後の状況（120mm × 300mm：試験体 1）
仕口部のめり込み及び割れ

表８　評価結果

梁寸法 (mm)	短期基準せん断耐力 (T_0, kN)	短期基準せん断耐力 (Po, kN)	低減係数 (α)	短期許容せん断耐力 (Pa, kN)
105×180	19.2	17.4	0.41	7.1
105×210	-	-	-	9.5
105×240	19.0	19.0	0.63	11.9
105×270	-	-	-	14.2
105×300	24.9	22.5	0.74	16.6
120×180	17.4	17.4	0.41	7.1
120×210	-	-	-	9.6
120×240	19.4	19.4	0.63	12.2
120×270	-	-	-	14.4
120×300	22.5	22.5	0.74	16.6

α＝α１×α２×α３×α４
α：耐力低下の要因を評価する係数
α１：耐久性及び使用環境の影響に関する低減係数（全寸法について1.00）
α２：梁仕口部の施工性の影響に関する低減係数（全寸法について0.99）
α３：許容応力度計算の前提条件を満たさない条件に関する低減係数（全寸法について1.00）
α４：設計上配慮すべき低減係数（梁せい180mm：0.42、
梁せい240mm：0.64、梁せい300mm：0.75）

今後の課題・展開等

本年度の事業では、木造軸組工法における梁－梁仕口TAPOSについて、指定性能評価機関である一般社団法人建材試験センターで、横架材端接合部のせん断試験を実施し、スギ製材での短期許容せん断耐力性能評価書を取得することができた。

得られた成果の活用と、TAPOS仕口の活用による横架材利用の更なる普及拡大のため、今後、以下について展開する。

- スギ製材の評価書の活用展開について、プレカット工場や建築士等利用者へのヒヤリング調査等を行い、構造計算を必要とする建築物件での利用に向けた効果的な普及方法を確立させる必要がある。
- 中規模非住宅分野に適用する断面の大きな集成材についてTAPOS仕口の性能評価を取得する必要がある。
- 設計用せん断耐力の算定式については、荷重伝達要素の再検討等により更なる改良を行うことで、理論式の構築を目指す必要がある。

事業

トドマツ2×4製材の新しい基準強度を踏まえた活用方法の検討

● 実施団体 ●

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

〒080-0819　北海道札幌市北区北19条西11丁目

事業目的

2023年度の林野庁事業により、トドマツの枠組壁工法構造用製材における新たな材料強度データが整備された。これに基づく2025年度のJAS改正および告示改正では、トドマツを対象とする新たな樹種群（JS T）は、S-P-Fと比較していくつかの強度値が低くなる見通しとなった。このため、実務現場では使用制限への懸念が生じている。そこで本事業では、S-P-Fより不利になる設計条件を構造計算で明らかにするとともに、たて継ぎ材の強度データを改めて整備し、JAS改正における強度基準の検証を行う。

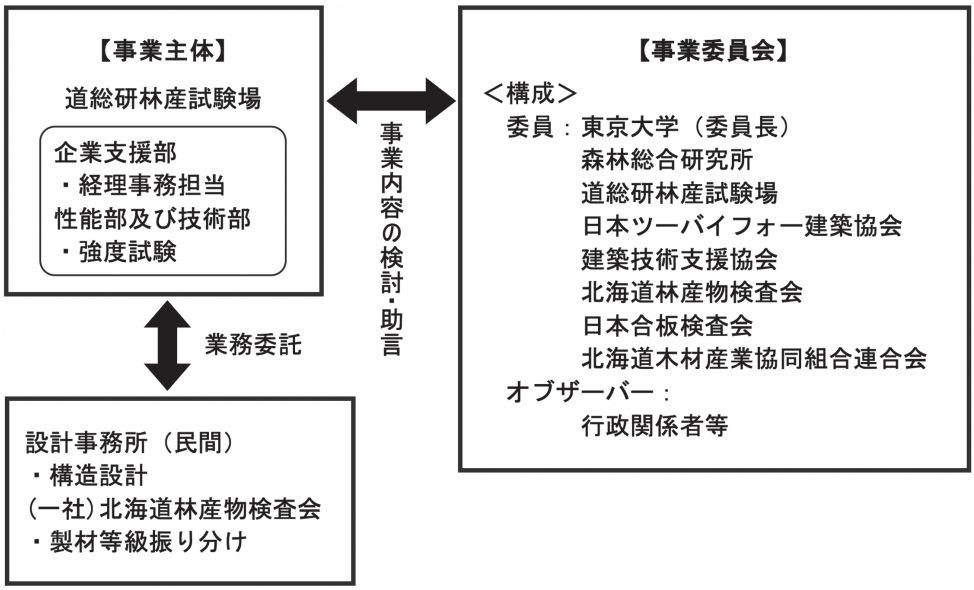
実施した項目

有識者、試験研究機関、認証機関、木材関係団体等による事業委員会を年３回開催し、本事業の全体計画及び進捗を検討すると共に、下記の項目によって本事業の具体的な実施内容を検討する。

- 住宅モデルの構造設計による性能検証
- たて継ぎ材の強度試験

実施体制

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	加藤　英雄	（国研）森林総合研究所 木材研究部門構造利用研究領域
	松本　和茂	（地独）北海道立総合研究機構 林産試験場
	戸田　正彦	（地独）北海道立総合研究機構 林産試験場
	大橋　義徳	（地独）北海道立総合研究機構 林産試験場
	板垣　　悟	（公財）日本合板検査会
	南田　英樹	（一社）北海道林産物検査会
	坂口　晴一	（一社）日本ツーバイフォー建築協会
	清野　　明	NPO法人 建築技術支援協会
	内田　敏博	北海道木材産業協同組合連合会
オブザーバ	立花　紀之	林野庁林政部木材産業課
	田中　香織	林野庁林政部木材産業課
	川原　　聡	林野庁林政部木材産業課
	佐藤　秀憲	農林水産省大臣官房基準認証室
	田村　尭大	農林水産省大臣官房基準認証室
事務局	渡辺　誠二	（地独）北海道立総合研究機構 林産試験場
	佐藤　龍也	（地独）北海道立総合研究機構 林産試験場



実施した内容

①事業委員会の開催

有識者、試験研究機関、認証機関、木材関係団体等による事業委員会を年３回開催し、本事業の全体計画及び進捗を検討すると共に、試験方法等について本事業の具体的な実施内容を検討する。

②トドマツ基準強度の告示案による構造利用方法の検討

トドマツ甲種２級の基準強度の告示案を用いて、標準的なモデルプランを複数設定した上で構造設計を行い、従来のS-P-F 甲種２級を用いた場合に対して、寸法型式（断面サイズ）や施工条件（ピッチやスパン）などを変更しなければならないかどうか、変更を要する場合はその設計条件（積雪深さなど）を検討する。

③たて継ぎ材の強度性能評価と基準強度の再検討

道内２工場で製造したトドマツたて継ぎ材（204と206）について、供試材として甲種特級を選別し、曲げ・引張・圧縮の各強度試験（写真１～3）を行って強度データを収集する。その際、試験体の選別は目視等級の決定因子を踏まえて行い、試験後には破壊因子を特定し、強度との関係を調べる。また、たて継ぎ材とたて継ぎのない通常材との関係を把握するとともに、基準強度の告示案との比較を行う。



写真１　曲げ試験の様子



写真２　圧縮試験の様子

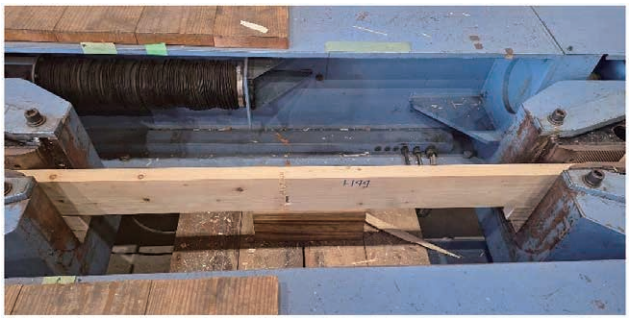


写真３　引張試験の様子

実施した結果

①トドマツの基準強度の告示案による構造利用方法の検討

トドマツの甲種２級の基準強度の告示案を用いて設計した場合に、現行（従来）のS-P-F 甲種２級の基準強度で設計した場合にどの程度の差が生じるかを検証した。計算に用いた基準強度の値を**表１**に示す。また対象とした建築物は表２に示す６棟であり、民間の設計事務所で試算した。

上記６棟について、S-P-F 甲種２級の基準強度で計算した場合のたて枠本数（204 と 206 の総和）と、トドマツの甲種２級の基準強度の告示案を用いて計算した場合に増加した本数を**表２**に併せて示す。計算の結果、建物全体での総本数の増加はわずかであることが明らかとなった。

表１　構造計算に用いた基準強度（トドマツは告示案の値）

等級	寸法型式	基準強度（N/mm^2）				
		Fc（圧縮）	Ft（引張）	Fb（曲げ）	Fs（せん断）	Fcv（めり込み）
S-P-F 甲種2級	204	17.4	11.4	21.6	1.8	6.0
	※ 206	16.7	9.6	18.1		
トドマツ 甲種2級	204	16.6	12.9	17.3	1.8	6.0
	※ 206	15.9	10.8	14.5		

※206材は、寸法調整係数を乗じた値

表２　対象とした建築物の主な仕様とたて枠本数

階数	竣工年	主な用途	延べ床面積（m^2）	トドマツでの増分／SPFでの本数	
4階建て	2022	共同住宅	318.5	0/2236	(0.0%)
	2023	老人ホーム	1637.4	0/5124	(0.0%)
3階建て	2022	共同住宅	940.6	24/3968	(0.6%)
	2023	老人ホーム	969.9	28/3884	(0.7%)
	2023	専用住宅（建売り）	112.2	2/583	(0.3%)
2階建て	2019	保育園（貸ホール）	484.4	0/981	(0.0%)

②たて継ぎ材の強度性能評価と基準強度の再検討

１）試験体及び試験条件

道内の JAS 認証工場２社で、母材（トドマツたて継ぎ材、204 及び 206、甲種特級、材長 3700mm、各 375 本）を製造した。

曲げ試験体は荷重点間の中央に、引張試験体はチャック間の中央にフィンガージョイントが配置されるよう調整して、母材から切り出した。また、圧縮試験体は母材から曲げ及び引張試験体を採取し

た残りの部位から、フィンガージョイントが試験体長さの中央に配置されるよう調整して採取した。切り出した曲げ及び引張試験体は、縦振動法でヤング係数を測定した後に各試験に供した。

曲げ試験、引張試験は、JASのたて継ぎ材の試験方法に準じて行った。各試験の試験条件を**表3**に示す。また曲げ試験方法を**図1**に示す。

なお、曲げ･圧縮試験は道総研林産試験場で、引張試験は宮崎県木材利用技術センターで実施した。

表3　各試験の試験条件

試験	寸法型式		材長(mm)	試験条件(mm)	試験体数
曲げ	204	Edge	1800	スパン1600、荷重点間130	120
		Flat	960	スパン800、荷重点間130	120
	206	Edge	2400	スパン2240、荷重点間130	120
		Flat	960	スパン800、荷重点間130	120
引張	204		2000	チャック間1090、片側把持部455	109
	206		2460	チャック間1260、片側把持部600	106
圧縮	204		225		120
	206		325		120

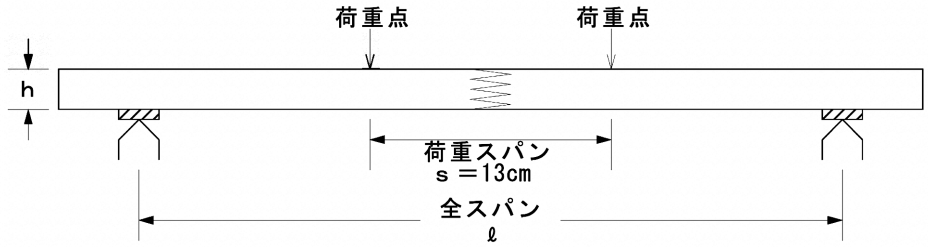


図1　曲げ試験方法

2）試験結果

トドマツたて継ぎ材の各種強度試験結果について、一昨年度の事業で実施したたて継ぎなしの通常材の試験結果及び2025年12月20日公示の国土交通省パブリックコメントで示された数値（以下、告示案）と併せて**表4～7**に示す。また曲げ強さ、引張強さ、圧縮強さの累積度数分布を**図2～4**に示す。

たて継ぎ材の強度試験結果を一昨年度実施したたて継ぎなし試験体の強度試験結果と比較すると、いずれの試験においても、平均値は同等で、かつ値のばらつきが小さくなっていることから、フィンガージョイントが適切な性能を有していることが明らかとなり、JAS認証工場で製造するフィンガージョイントの強度は告示案の数値を満足するものであると考えられた。

表4　強度試験の結果（204 曲げ）

			試験体数	曲げ強さ(N/mm²)		(参考) 告示案
				平均値	下限値	
今回の試験結果	たて継ぎ材の曲げ（特級）	Edge	120	39.4	31.3	
		Flat	120	42.4	31.7	
一昨年度実施たて継ぎ無し材の試験結果	曲げ（特級）		249	41.6	26.6	24.0
	曲げ（２級）		245	34.4	17.2	17.3

表５　強度試験の結果（204 引張）

		試験体数	引張強さ(N/mm²)		(参考)告示案
			平均値	下限値	
今回の試験結果	たて継ぎ材の引張（特級）	109	32.2	21.1	
一昨年度実施たて継ぎ無し材の試験結果	引張（特級）	246	31.0	19.5	18.0
	引張（２級）	239	24.8	14.1	12.9

表６　強度試験の結果（204 圧縮）

		試験体数	圧縮強さ(N/mm²)		(参考)告示案
			平均値	下限値	
今回の試験結果	たて継ぎ材の圧縮（特級）	120	29.2	25.0	
一昨年度実施たて継ぎ無し材の試験結果	圧縮（特級）	249	27.9	22.9	18.2
	圧縮（２級）	255	27.0	21.4	16.6

表７　強度試験の結果（206 曲げ・引張・圧縮）

			試験体数	曲げ強さ平均値(N/mm²)
今回の試験結果	たて継ぎ材の曲げ（特級）	Edge	120	38.1
		Flat	120	41.2
一昨年度実施たて継ぎ無し材の試験結果	曲げ（特級）		158	40.6
	曲げ（２級）		162	37.5

	試験体数	引張強さ平均値(N/mm²)
たて継ぎ材の引張（特級）	106	30.3
引張（特級）	199	29.5
引張（２級）	160	26.9

	試験体数	圧縮強さ平均値(N/mm²)
たて継ぎ材の圧縮（特級）	120	29.2
圧縮（特級）	160	27.0
圧縮（２級）	164	26.5

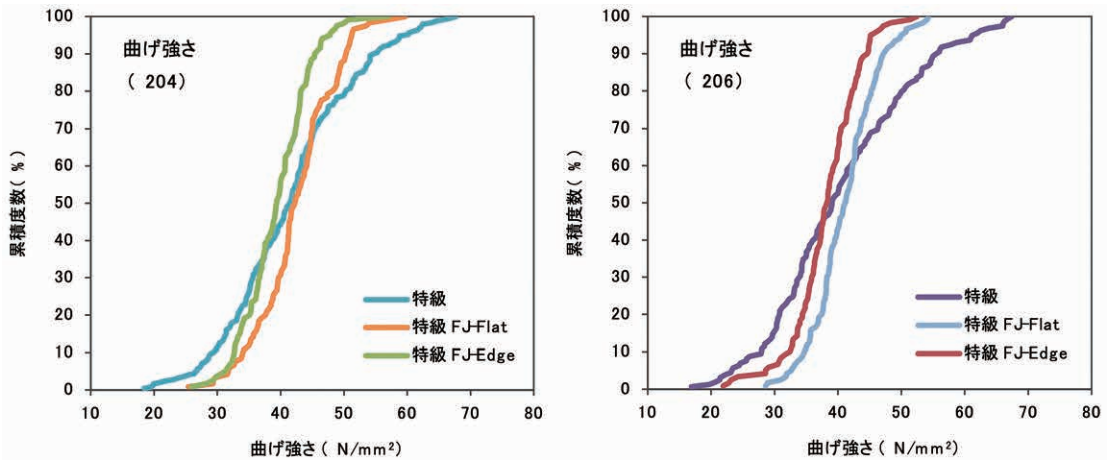


図２　曲げ強さの累積度数分布

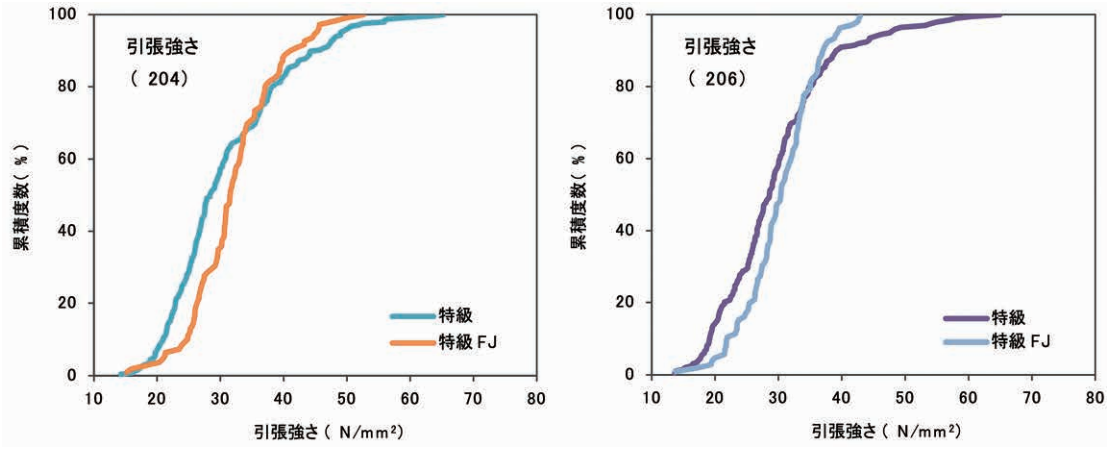


図３　引張強さの累積度数分布

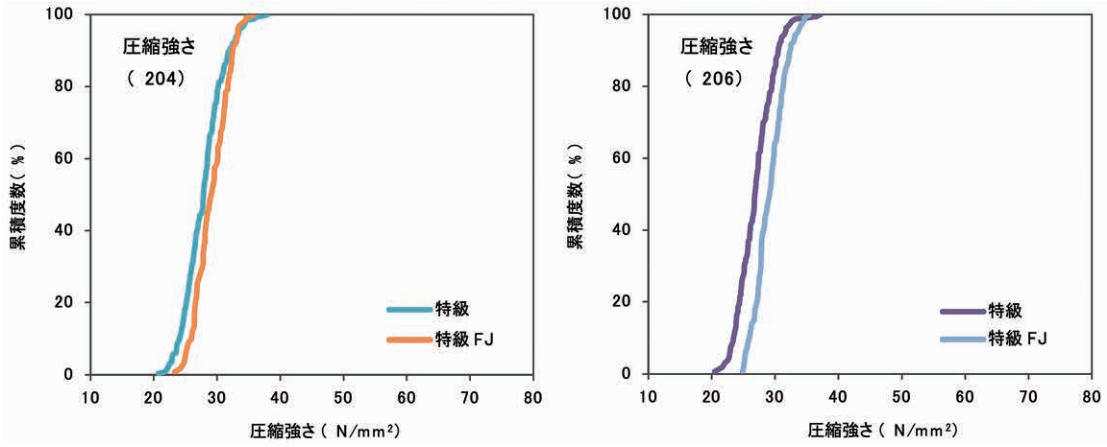


図４　圧縮強さの累積度数分布

今後の課題・展開等

本事業において、トドマツ枠組壁工法構造用製材の新たな樹種群「JS T」に対応する基準強度の告示案で示された数値を用いて構造設計した場合は、従前のS-P-Fの基準強度を用いた場合に比べてたて枠総本数の増加はわずかであることを明らかにした。また強度試験の実施によって、トドマツたて継ぎ材が十分な強度性能を有していることを確認した。この試験結果は枠組壁工法構造用製材のJAS改正の際に、トドマツが分類される新たな樹種群「JS T」に対応した基準強度を検討する際の基礎資料として活用された。

今後は、新たな基準強度が設定されたトドマツ枠組材について、広く構造設計者ならびに確認検査機関において利用され、円滑な普及が図られることが期待される。

一方で、実際の構造計算の際には、部材だけでなく各種接合部の耐力に関する検討も必要となることから、昨年度実施した釘接合部の強度試験結果に加えて、Cマーク金物などを用いた接合部の強度試験を実施し、データを整備する必要があると考えられる。

事業

木現し部分にスギを用いたCLT等を基材とする耐火木材の開発

● 実施団体 ●

株式会社 日本設計

〒105-6334　東京都港区虎ノ門1-23-1　虎ノ門ヒルズ森タワー34階

事業目的

1）開発の背景

カーボンニュートラル（以下、CN）の実現に向け、建築分野における木材利用の有効性は広く認識されている。しかし、都市部の中大規模建築物や耐火建築物における木材利用率は依然として低く、これらに適合する耐火性能を備えた素材の開発が喫緊の課題となっている。

これまでにも様々な素材が開発されてきたが、その多くは薬品や石膏ボードといった木材以外の材料を組み合わせることで耐火性を持たせる手法が主流であった。しかし、これらの耐火部材は、製造時のCO_2排出量や、複合材であることによる廃棄・リサイクルの難しさが懸念される。

従来の開発では、ライフサイクルアセスメント（LCA）に基づく環境負荷や、サーキュラーエコノミー（循環経済）の視点による評価が十分になされてこなかったと考えられる。そのため、現代の新たな環境要求に対して、既存技術では対応が困難になりつつある。

2）開発の目的

こうした現状を踏まえ、本開発ではシンプルな材料構成による新たな耐火木材の開発を目指す。

具体的には、火災発生時に木材の内部へ通水して冷却する「通水水冷型耐火木材」を提案する。この部材は、木材・水・配管という極めてシンプルな要素で構成される。構造体となる木材に対し、通水用の溝を設けた「耐火被覆材（木材）」を接合する構造とし、火災時にその溝へ水を通すことで、木材の燃焼を抑え、必要な耐火性能を確保する。

材料を複雑に組み合わせないこの手法により、高い耐火性能と、環境負荷の低減（LCAの向上およびサーキュラーエコノミーへの適合）を両立させることを目的とする。

3）通水水冷型耐火木材の幅広い用途とその効果

本事業では、建築物において床面積当たりの木材利用量が最も多い「床材」を対象に開発を進める。木質の構造床は建物重量の軽量化に寄与し、他の構造部材の削減を可能にするなど、設計上の副次的な効果も期待できる。

この耐火床材の開発により、純木造建築はもちろん、鉄骨造（S造）や鉄筋コンクリート造（RC造）といった他構造への採用や混構造への採用も目指す。これにより、従来の木造に捉われない幅広い建物での木材利用率向上に貢献する。さらに、建築物のエンボディードカーボン（資材調達・施工時の二酸化炭素排出量）の約30%を占めるとされる床材をコンクリートから木材へ置換することで、大幅なCO_2排出削減と炭素固定を同時に実現する。

本技術は、木材と水で構成されるLCAおよびサーキュラーエコノミーに配慮した耐火部材であり、これに火災感知設備や送水システムを統合したものである。耐火性能と通水信頼性の確保に加え、接合部を含む構工法の検討を進め、耐火材料としての性能評価を目指す。また、床材での開発成果を礎として、将来的には柱や梁といった主要構造部への展開も進めていく計画である。

開発の進め方

1．内容検討の前提　耐火性能確保の仕組みと実施内容

構造体となるCLT（直交集成板）の表面に、「通水層」「燃えしろ層」「仕上げ層」で構成される耐火被覆部を設けることで耐火性能を確保する。通常時、通水層は空の状態であるが、火災発生時に送水システムから通水を開始することで、木材への加熱を抑制し耐火性を発揮させる仕組みである。

「火災発生後に通水を開始して耐火性能を確保する」ことを具現化するため、これまでに管轄官庁との協議や委員会での検討を重ねてきた。これらのプロセスを通じて、性能評価に必要となる具体的な試験項目の抽出を行っている。

2．実施した試験と委員会

通水水冷型耐火木材（床）については、昨年度に自主的に実施した小型加熱炉による耐火予備試験において、1時間の耐火構造に対する性能を有することを確認済みである。本年度は、耐火性能を確実に発揮するための条件を詳細に把握すべく、燃えしろ層の厚さが及ぼす影響や、最適な通水量に関する検証試験を重ねた。

また、実用化に向けて基本性能を確認することを目的として、遮音性能や曲げ強度の測定、さらには長期的な耐久性の検討も実施した。具体的な実施項目は以下の通りである。

（1）**耐火性能の確認**：燃えしろ層の厚さ、および通水量と温度上昇抑制効果の相関性の検証。
（2）**遮音性能の確認**：木質床構造としての遮音性能（重量床衝撃音・軽量床衝撃音等）の測定。
（3）**強度の確認**：構造設計に必要な許容応力度およびヤング係数の評価。
（4）**耐久性の検討、その他**：長期的な干割れに対する対策や通水信頼性の検証。
（5）**検討委員会等の開催**：構造、防耐火の専門家による評価と、技術的課題の整理

実施体制

1．事業主体（総括・コアメンバー）

本事業の推進にあたり日本設計が全体の総括を担い、中大規模建築での利用を見据えた具体的な利用形態を想定し、開発方針の策定および計画を行う。

コアメンバーには、大型CLTの製造実績が豊富な製造企業2社を加えた。開発の初期段階から製造現場の知見を取り入れることで、素材調達の安定化や、製造効率・施工性に配慮した「製造容易性」の高い設計を可能にする体制を構築した。

検討委員会の構成および試験を実施した機関は、以下の通り。

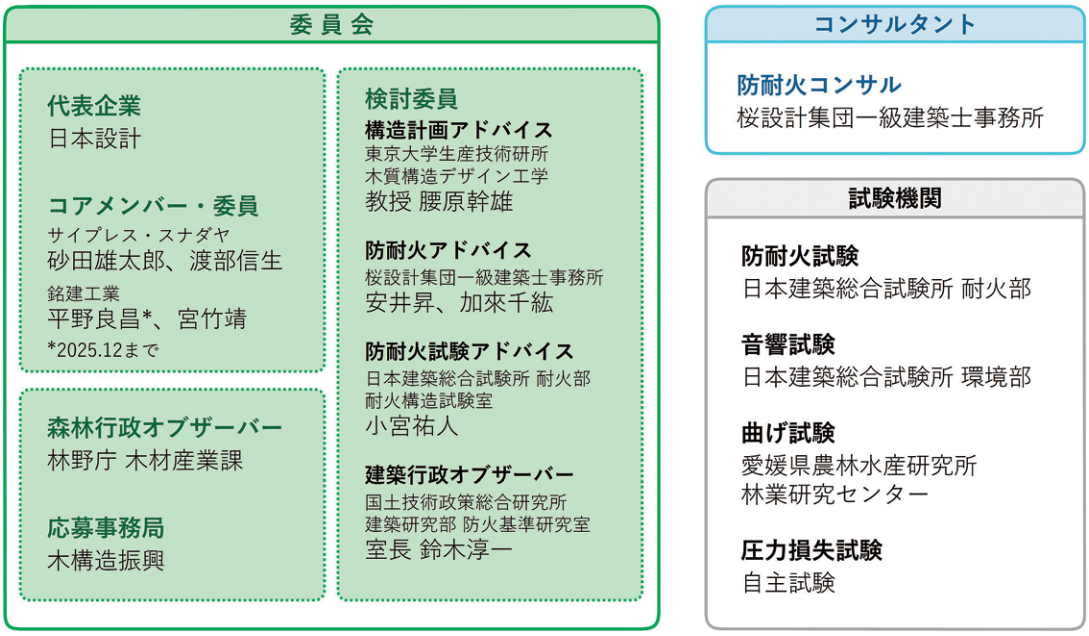


図-1：体制表

実施した内容

1．通水水冷型耐火木材（床）の仕様

（1）構成

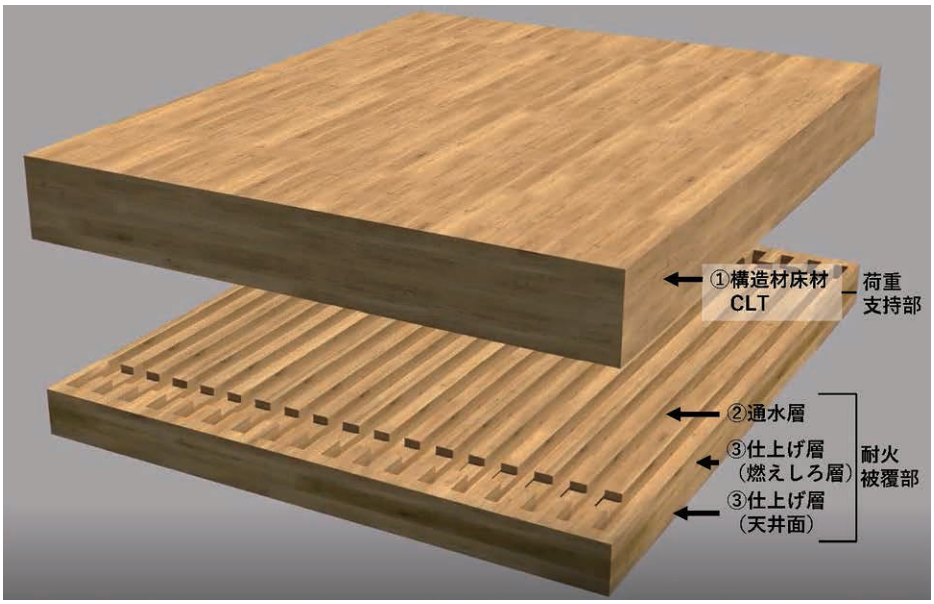


図- 2 ：試験体構成図

① **構造用床材（CLT）**：設計荷重条件を満足し、建築物の構造を支える。
② **通水層**：内部に溝加工を施したラミナ層。主通水路、副通水路、滞水層を設ける。
③ **仕上げ層（および燃えしろ層）**：耐火時間に応じた燃えしろを確保した最外層。90分・2時間耐火では通水層との間に燃えしろ層を挿入する。（※②＋③の合わせて「耐火被覆部」）
④ **送水口**：火災時に貯水槽から通水層へ迅速に送水するために設ける。
⑤ **排水口**：通水層内を通過した水を適切に排出するために設ける。
⑥ **通水システム**：火災感知に基づき、貯水槽から通水層への送水を自動的に制御する。
⑦ **貯水槽**：耐火性能の維持に必要な規定量の水を常時確保する。



写真- 1 ：試験体の通水層

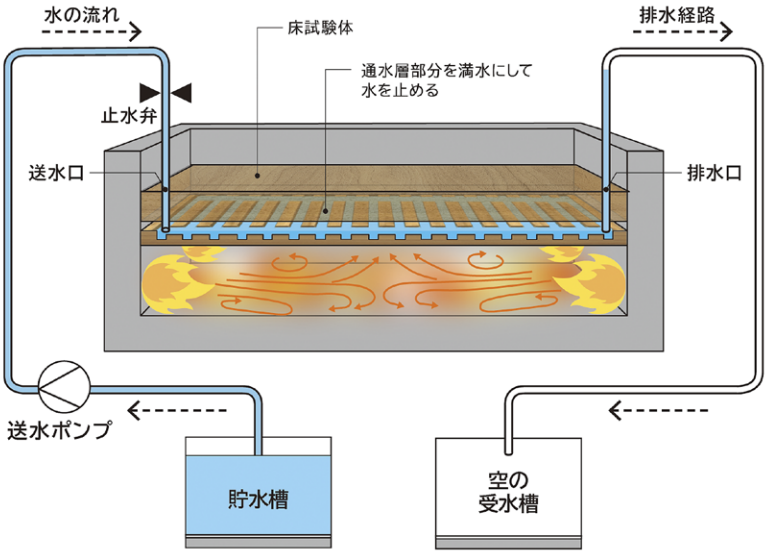


図-３：試験体の通水システム

（2）試験体作成の基準

試験体の製作にあたっては、耐火性能に影響を及ぼす複数の要因を比較検証できるよう、統一した基準を策定した。製品化を見据え、特に生産効率や環境負荷に直結する項目については、実用性を十分に考慮した製作基準を設けた。

具体例として、接着剤の選定においては以下の基準で比較し検討した。

●**使用接着剤**：水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤（以下、イソシアネート接着剤）

●**選定理由**：• **生産性**：乾燥時間が短く、製造工程の効率化が可能であること。
• **安全性**：ホルムアルデヒドを含まず、室内環境に配慮されていること。
• **環境性**：製造時の環境負荷が比較的低く、持続可能な製品づくりに適合すること。

表-１：試験体製作の基準

試験体製作の基準	
目標とする耐火性能	1時間耐火構造(床)、90分耐火構造(床)、２時間耐火構造(床)
部位	床（柱や梁の耐火試験は今後行う。）
耐火被覆部の構成	耐火被覆部は通水層と仕上げ層があり、構造体に接する通水層の外層には仕上げ層を設ける。また、必要な耐火時間を確保できるよう通水層と仕上げ層の間に燃えしろ層を設け耐火時間を満足する厚さを確保する。
水量	必要な耐火時間を確保できる水量を把握する。（掛け流し、通水層の10倍の水量、通水層を満水に出来る最小限の水量を比較する）
使用する木材	CLT部はスギ、使用環境B（イソシアネート接着剤）とする。 通水層・燃えしろ層・仕上げ層はスギとする。 ヒノキについてはスギでの性能確認が終了後に検証する。
耐火被覆部の接着剤と幅ハギ	CLT部はイソシアネート接着剤で幅ハギは行わない。 通水層・燃えしろ層・仕上げ層は、レゾルシノールとイソシアネートで耐火性能を確認する。
生産性への考慮	ラミナの厚さや幅については、汎用性の高い材料で構成する。 接着剤については、出来るだけイソシアネート接着剤での実現を目指す。製造工程にも配慮し生産性の高い構成とする。

２．遮音性能の確認

通水水冷型耐火木材の遮音性能を評価するため、同厚の標準的なCLTとの比較測定を実施した。今回の測定は、構造体への取付方法や床全体の構成を完全再現したものではないが、標準CLTに対する相対的な性能を把握することを目的としている。また、実用時に求められる遮音性能を確保するため、梁上

部に遮音シートを敷設した状態での試験も行い、遮音性向上に関する基礎的なデータを収集した。

3．曲げ強度の確認

構造設計における強度算定の基礎資料とするため、構造体としての面外曲げの許容応力度および曲げヤング係数の評価を行った。

4．耐久性の検討、その他

耐久性の検証にあたっては、専門の学識経験者へ技術的課題に関するヒアリングを実施した。

- **表面干割れの影響**：試験終了後の過乾燥状態において、表面仕上げ層に生じる干割れが内部の通水層へ及ぼす影響を調査した。
- **接着性能**：煮沸試験を実施し、特定の条件下における接着層の健全性を確認した。

5．委員会、構造分科会、防耐火分科会の開催

本事業期間中に、専門的知見に基づく助言および評価を得るため、以下の通り各検討会を開催した。

- **検討委員会**：5回
- **構造分科会**：2回
- **防耐火分科会**：4回

実施した結果

1．耐火性能の確認

（1）小型炉による耐火予備試験（床）＿非載荷

大型炉で行う耐火実大試験の試験体の内容を検討するために、小型炉による耐火予備試験（床）を11回行い水量や耐火被覆部の変化による耐火性能への影響について検証を行った。

- 試験機関　：一般財団法人日本建築総合試験所試験研究センター池田事業所
- 加熱温度　：ISO834 による標準加熱
- 試験体寸法：高さ914㎜×幅895㎜（有効加熱寸法800㎜×800㎜。）

① 試験体の概要

試験体の概要は下記の通り

表-2：試験体の概要

構造体部分	
ラミナ	樹種：杉、ラミナサイズ（30x122）
強度等級と構成	CLT部Mx60A-3-3
密度	スギ=0.34、想定含水率：MC=11%～13%
接着剤	CLT部水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤
使用環境	CLT部B
幅ハギ	CLT部なし
耐火被覆部（通水層・仕上げ層）	
通水層・仕上げ層	CLT部に耐火時間に応じた通水層及び仕上げ層を増貼り
ラミナ	樹種：杉、ラミナサイズ（20,30,38,40x122）、通水部は溝加工
幅ハギ	通水部及び仕上げ部あり
接着剤	通水部及び仕上げ部は耐火時間により異なる。 水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤 レゾルシノール接着剤
通水部	
送水部	ポンプ、ビニルホース、流量計、接続金物など
排水部	接続金物、ビニルホース、フレキシブルパイプ、水槽など
副資材	
防水テープ	ブチルテープ（多用途防水補修テープ）
ビス	半ねじ、ユニクロメッキ、L75mm

② 小型炉による耐火予備試験（床）の結果

表-３：耐火予備試験（床）の結果

耐火予備試験結果													
	年月日	気温	水温	加熱時間	総厚さ	荷重支持部	耐火被覆部			接着剤	通水量	判定	備考
							通水層	燃え代	仕上げ				
第１回	2025/6/11	24	24	60	150	90	30	―	30	レゾ	掛流し	◎	
第２回	2025/7/2	34	30	60	150	90	30	―	30	イソ	60	◎	
第３回	2025/7/14	30	31	60	150	90	30	―	30	レゾ	60	◎	※1
第４回	2025/8/18	30	31	60	150	90	30	―	30	レゾ	6	◎	※2
第５回	2025/9/30	28	26	90	150	90	30	―	30	レゾ	6	×	
第６回	2025/10/6	25	24	60	150	90	30	―	30	イソ	6	×	
第７回	2025/10/10	26	25	60	180	90	30	30	30	イソ	6	◎	
第８回	2025/11/4	16	18	60	150	90	40	―	20	イソ	6	○	※3
第９回	2025/11/20	14	16	120	150	90	30	30	30	レゾ	6	×	※4
第10回	2025/11/25	16	18	90	188	90	38	30	30	イソ	6	◎	※5
第11回	2026/2/2	8	10	120	204	90	38	38	38	イソ	6	×	

※1　耐火性能に余力があり通水量を減らすことが出来る。
※2　耐火性能に余力があり接着剤をイソシアネートに変更出来る。
※3　通水層の厚さを減らし仕上げ層を厚くすることで性能を高くすることが出来る。
※4　各層の厚さを増した上で、レゾルシノールをイソシアネートに変更出来る。
※5　耐火性能に余力があり、通水層の厚さを減らすことが出来る。

- 第１回から第４回の試験で通水量を変え試験を行った。最小の水量で１時間耐火構造の性能を持つことを確認した。
- 第５回は第４回と同様の仕様で90分耐火構造の試験を行い性能不足を確認した。第６回は同様の厚さの構成でイソシアネート接着剤で行い、性能不足を確認した。
- 第８回で１時間耐火構造の試験に対してイソシアネート接着材での性能を満足した。通水層の厚さと仕上げ層の厚さの最適化が必要であることを確認した。
- 第10回で90分耐火構造の性能を満足したが、燃えしろに若干の余裕があることを確認した。
- ２時間耐火構造の仕様に関しては、次年度に試験による確認が必要となる。

（２）大型炉による耐火実大試験（床）＿載荷加熱試験

性能確認を行う大型炉で耐火実大試験（床）を４回行った。

- 試験機関　：一般財団法人日本建築総合試験所試験研究センター池田事業所。
- 加熱温度　：ISO834 による標準加熱に準じた加熱
- 試験体寸法：幅 2,200㎜×長さ 4,600㎜（有効加熱長さは 4000㎜。）

① 試験体の概要

試験体の概要は（１）小型炉による耐火予備試験と同じ。

② 大型炉による耐火実大試験（床）の結果

表-４：耐火実大試験（床）の結果

耐火実大試験結果													
	年月日	気温	水温	加熱時間	総厚さ	荷重支持部	耐火被覆部			接着剤	通水量	判定	備考
							通水層	燃え代	仕上げ				
第１回	2025/9/9	36	31	60	210	150	30	―	30	レゾ	85	○	※1
第２回	2025/9/18	32	32	60	210	150	30	―	30	イソ	85	○	※1
第３回	2025/11/15	18	17	60	210	150	30	―	30	レゾ	85	◎	※2
第４回	2025/12/4	17	15	60	218	150	38	―	30	イソ	85	◎	※3

※1　耐火性能は満足するが、課題が残る
※2　通水排水路を増やし、※1の課題を解決した。
※3　第3回の試験結果を引き継ぎながら、接着剤をイソシアネートとした。

• 耐火予備試験の結果を反映して、初回はレゾルシノール接着剤で通水層30㎜仕上げ層を30㎜とした構成をイソシアネート接着剤で通水層38㎜仕上げ層を30㎜とすることで、１時間耐火構造の性能を持つことを確認した。
• 第３回以降の実大試験では通水システムのフェールセーフ化を行うために、送水口と排水口を２か所設けるよう配慮した。

（3）耐火実大試験（床）の詳細

①第１回耐火実大試験（床）概要

• 試験日時　：2025年９月９日（火）晴 、気温36.4℃湿度36％水温30.5℃
　　９：00～16：00
• 試験場所　：日本建築総合試験所
• 試験体製作：サイプレス・スナダヤ（試験体）
　　東亜理科（枠取付、熱電対取付）

③ 試験概要

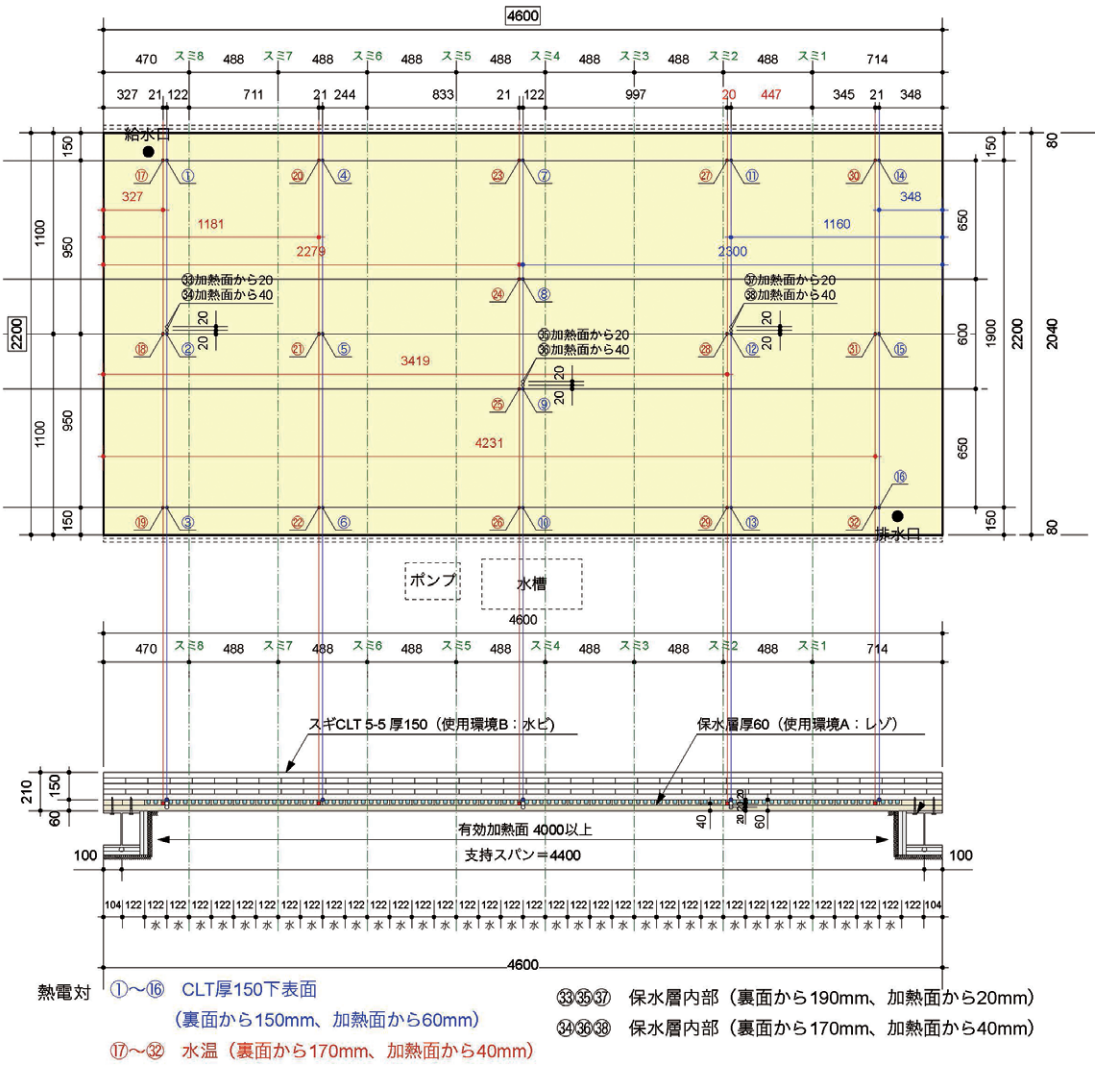


図-４：試験体図



写真- 2 ：耐火実大試験（床）の様子（水色は貯水槽）

- 試験体は、巾 2200㎜　長さ 4600㎜　厚さ 210㎜の試験体。
- 表面の仕上げ層の接着剤はレゾルシノール。

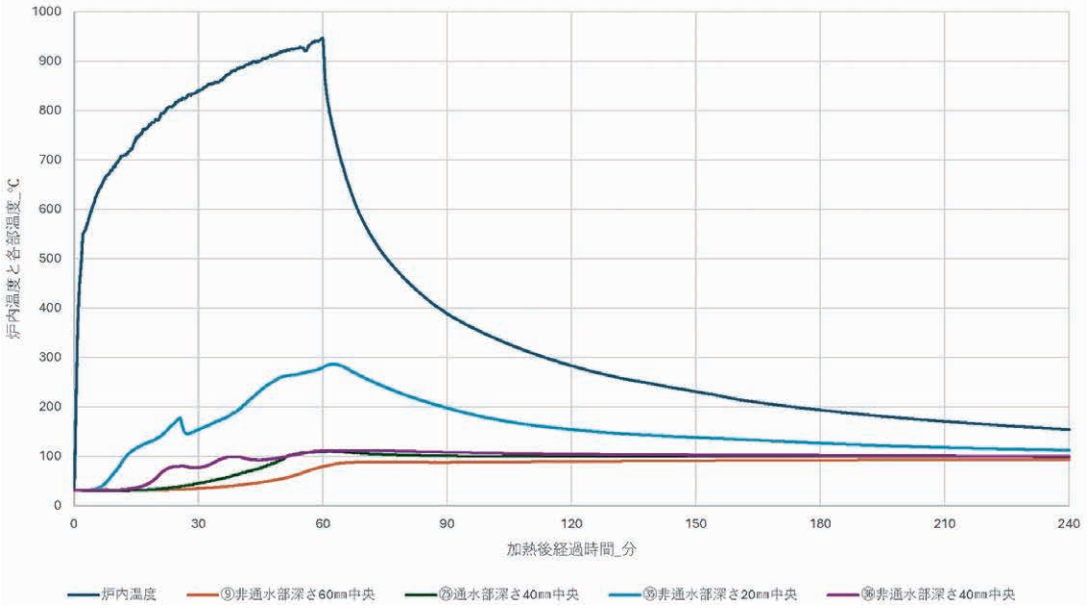


図- 5 ：第１回耐火実大試験（床）の結果　炉内温度と各内部温度

④ 試験経過

- 試験開始と同時に送水開始。３分で排水口からの排水確認。満水確認のため３分間送水後に送水側のバルブを閉鎖しポンプを止める。
- 加熱後１時間までの間、水が排出される。その後は水蒸気が排出される。
- 240分で炉内温度が200℃を下回ったため試験を打ち切った。１時間耐火の性能を持つことを確認した。
- 脱炉後、通水部に水がないことを確認した。

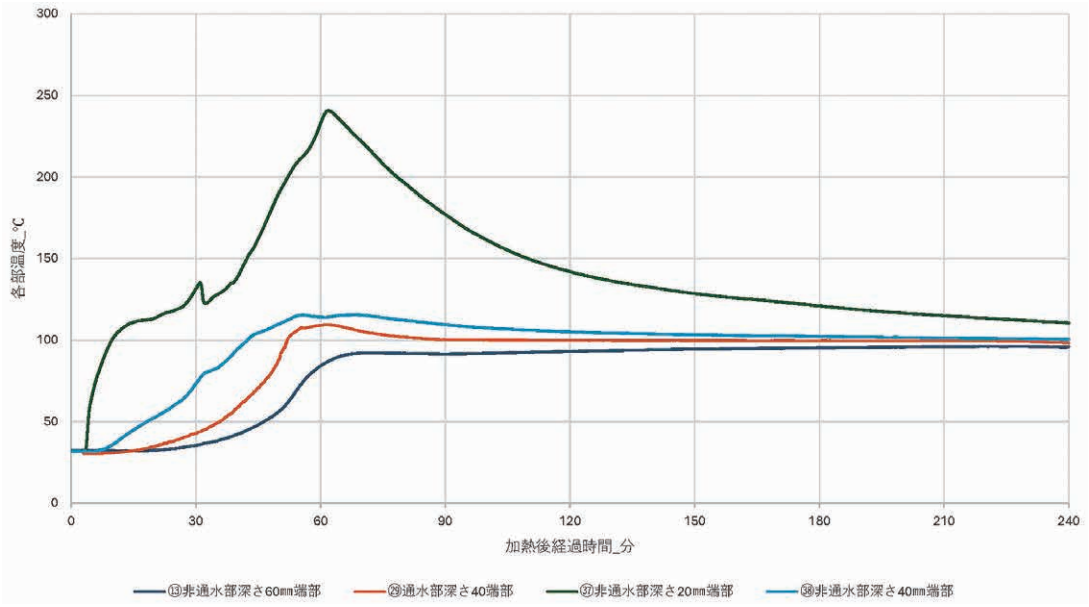


図-６：第１回耐火実大試験試験結果　試験体内部温度

- 表面から20㎜深さの部分の最高温度は約240℃。
- 表面から40㎜深さの部分の通水部では最高温度は約110℃、通水がない部分では約115℃となる。

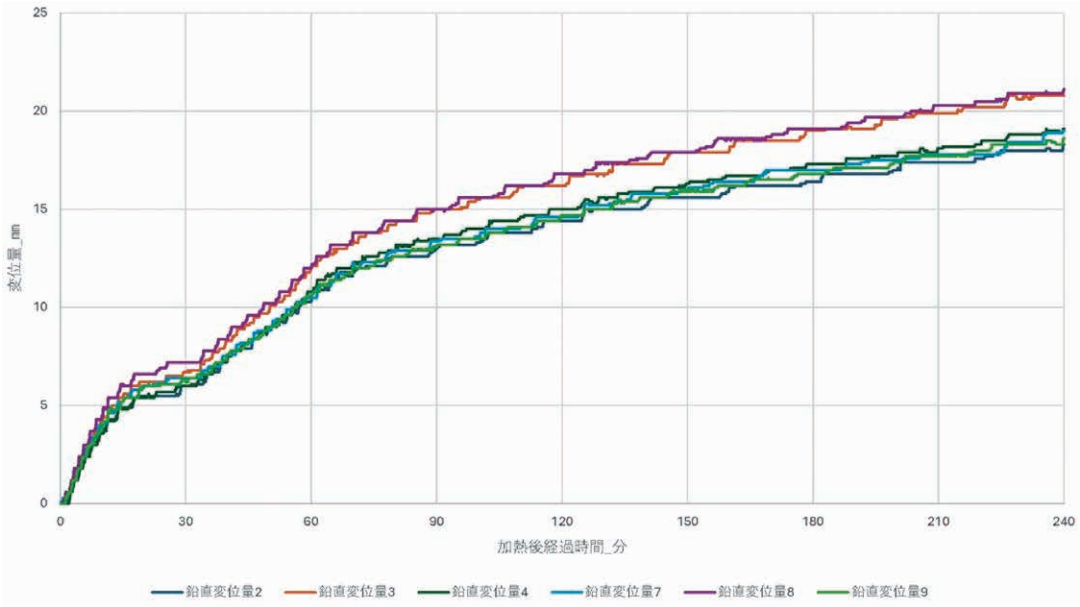


図-７：第１回耐火実大試験試験結果　載荷によるたわみ量

- 表面から60㎜深さの部分の構造体のCLT表面では、最高温度は約95℃となり構造体に温度上昇による強度の低下はない。
- 載荷された試験体の想定変位量は22㎜。加熱スタート時には通水層の厚さ分が寄与するため変形量は極めて小さい。
- １時間後も、通水層が燃え残っているため変位量は12mmであり、通水層の表面に燃え止まり層が4㎜程度になる４時間後では変位量は21㎜となる。

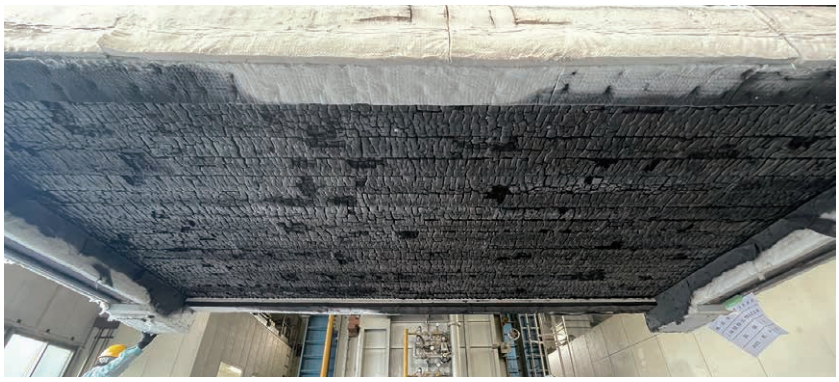


写真 - 5 ：脱炉後の試験体　見上げ

⑤ 脱炉後の試験体の状況

- 幅ハギ部は全体的にラミナが開き、40㎜まで燃え込んでいる。
- 通水部は 35㎜前後炭化が始まっている。平均して通水部から４㎜程度、炭化していない木材層が残っている。
- 通水層から残る３～5㎜程度はは水分を含み、色の変化もなく耐火性能を発揮している。



写真 - 6 ：試験体の断面（燃え込みの激しい⑱部を通る断面）

２．遮音性能の確認

遮音性能は、通水水冷型耐火木材と同素材で同厚さのCLTについて遮音試験を行う。取付方法は実施されるものと異なるが、標準的なCLTに対してどの程度の性能があるか比較試験を行う。また、遮音性能向上のために梁上部に遮音シートを敷設したものも試験を行い、実使用時に必要となる遮音性能の確保について基礎的性能を把握する。2026年２月９～13日に試験を実施した。

３．曲げ強度の確認

構造設計の基礎資料として曲げ強度の試験を2026年１月20～21日に実施した。

４．耐久性の検討、その他

耐久性の確認については、学識経験者に課題についてヒアリングを行った。表面の干割れについては、試験終了後の過乾燥状態での表面仕上げ層の干割れが通水層に及ぼす影響について確認した。

（１）干割れ対策

① 室内側への干割れ対策

室内側へは、木目側が面するためひ木口に比べるとび割れは進行しづらいが、長期間ではひび割れが進行する恐れがある。今回の開発では下記の点に配慮した。

• 仕上げ層側の干割れ対策については、通水層と仕上げ層を直行させて貼り合わせることで、表面層の干割れが通水層に影響しないよう配慮した。
• 耐火試験後の過乾燥状態にある試験体を確認すると、表面層に割れが発生し深くひび割れが進むが、ラミナが直行している通水層へ影響しないことを確認した。

② 木口側の干割れ対策

木口側は木目側に比べると干割れが発生し易い。今回の開発では下記の点に配慮した。
• 木口側は、枠材を廻し木口が露出しないように配慮した。
• 木口側に廻す枠と木口の間には、ブチルテープを挟み干割れが漏水につながらないように配慮した。

（2）接着剤の性能確認

① 性能確認の方法

構造体となるCLTの基材に貼り付ける通水部と仕上げ層の接着剤に関して、煮沸試験（煮沸はく離試験）を行う。接着剤の耐久性を短時間で評価するために行う促進劣化試験で、試験方法は日本農林規格（JAS）に基づいて行う。基礎的性能を把握する。2026年2月に実施予定。

今後の課題・展開等

■今後の課題

1．耐火試験の今後

床として必要な1時間、90分、2時間耐火構造（床）の必要性能に対して1時間と90分耐火構造（床）では下記のように30㎜と38㎜ラミナを用いた複数の構成が考えられる。安全性と生産性などを考慮し構成を決定する。

2時間耐火構造（床）は、上記に加え40㎜厚のラミナを用いて複数の試験体を検討する。今後耐火予備試験を行い試験体構成を決定する。

表-5：今後の開発予定

今後の開発予定（案）

	目標性能	接着剤	総厚さ	荷重支持部	耐火被覆部 通水層	耐火被覆部 燃え代	耐火被覆部 仕上げ	排水口	通水量	順位	備考
①	1時間耐火床	イソシアネート	218	150	38	—	30	2	85	1	※1
②	1時間耐火床	イソシアネート	226	150	38	—	38	2	85	2	※1
③	90分耐火床	イソシアネート	210	150	30	30	30	2	85	1	※2
④	90分耐火床	イソシアネート	218	150	38	30	30	2	85	2	※2
⑤	2時間耐火床	イソシアネート	270	150	40	40	38	2	85	1	
⑥	2時間耐火床	イソシアネート	264	150	40	40	40	2	85	2	※3

※1　①の38＋30で性能を確保している。更なる安全性を確保するために②で試験を行うか判断が必要。
※2　現時点では④の仕様で性能を確保している。③の試験を行い最適化を目指すか判断が必要。
※3　イソシアネート接着剤で、最大の厚さで確認を行う。性能確保できなければレゾルシノール接着剤に切り替える。

（1）1時間耐火構造（床）

1時間耐火については、下記の条件で性能評価を予定する。
• 通水量は、通水層を満水にする最低水量とする。
• 通水層と仕上げ層の接着剤は、イソシアネート接着剤とする。
• 通水層の厚さは38㎜、仕上げ層の厚さは30㎜とする。

（2）90分耐火構造（床）

90分耐火については、下記の条件で性能評価を予定する。

- 通水量は、通水層を満水にする最低水量とする。
- 通水層と仕上げ層の接着剤は、イソシアネート接着剤とする。
- 通水層の厚さは38㎜、燃えしろ層30㎜、仕上げ層の厚さは30㎜とする。

（3）2時間耐火構造（床）

2時間耐火については､性能確保が出来ていない。次年度に行う耐火予備試験で性能確保を目指す。

- 通水量は、通水層を満水にする最低水量とする。
- 通水層と仕上げ層の接着剤は、イソシアネート接着剤とする。
- 次年度は通水層の厚さは40㎜、燃え代層40㎜、仕上げ層の厚さは38又は40㎜として、耐火予備試験を行い性能を確認する。

2．その他の試験の今後

（1）遮音試験の確認

遮音性能は、CLTの標準的な構成と比較可能な資料を得ることを目的としている。今回の試験結果をもとに、構造体としての床と床上の構成について考察し、遮音性能を満足する構成を検討する。梁と床の間に設ける遮音シートについても仕様を再考する。

（2）強度の確認

構造設計の基礎資料として面外曲げの許容応力度及び曲げヤング係数の評価を行った。今後は、今回の評価結果をもとに、構造体としてCLT部で計算を行う場合と、通水層を含む全体で強度を確保する場合を比較する。実使用に向けた構造設計の条件づくりを構築する。

（3）耐久性の検討、その他

耐久性については、耐火木材部分の干割れについて確認を行った。

通水水冷型耐火木材は、耐火木材部分と通水システムから構成されるため、今後は、通水システムの安全性や耐久性についての検討する。

■今後の展開

1．通水水冷型耐火木材（床）の開発と実建物への実装について

- 通水水冷型耐火木材（床）の開発については、次年度に性能証明の試験を行い性能評価機関での評価を予定している。今後、性能証明を適用させるプロジェクトを選定し、耐火性能検証法(ルートC)にて、耐火建築物としての国土交通大臣認定取得を行い実建物での利用を目指す。
- 1時間耐火構造（床）の開発を先行させるが､90分と2時間耐火構造（床）についても開発も継続する。
- 複数の建物で利用を進めることで、通水水冷型耐火木材（床）について一般化を進め、低層の建物を含む中大規模建築物での木材利用の普及を目指す。
- モデルプランで木現し部の内装制限への対応について検討を進めている。事例を検証し最適化を目指す。

2．通水水冷型耐火木材の展開

- 現在開発を行っている、耐火木材（床）の開発に続き、室内でより強く木質感を感じるよう、柱や梁の開発も行い木質感のあるまちづくりを目指していく。都市部で感じる木質感を通して、カーボンニュートラルへの取組に進捗が感じられるよう開発を進めていく。

事業

省エネ基準及び中大規模建築物に対応したログハウス建築部材の技術開発事業

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本ログハウス協会

〒101-0047　東京都千代田区内神田1-4-1 大手町21 ビル7階

事業目的

1．省エネ基準に対応した実用性の高い国産接着合せ材（JAS）の技術開発

2019(平成31) 年に制定された接着合せ材のJAS について、認証を取得する上で必要である適正製造基準案の検討、設計で使用する基準強度取得に向けたラミネートログ材の性能確認試験を実施する。

2．省エネ基準に対応し中大規模建物にも使用できる大径材ログハウス壁の技術開発

2022（令和4)年から壁の付加断熱材を用いずに、地域区分に応じた所定の断熱性能を確保しうる大径材ログハウス壁の技術開発を行ってきたところである。今年度は、大径材ログハウス壁の普及を目的に、スギの接着合せ材140mm厚のログ壁で、省エネ地域区分４～７で等級４、５を確保出来るログ壁の60分準耐火性能試験を行う。なお、60分準耐火性能の場合は、集成材で行った結果で無垢材にも適応される。

また、地域区分や断熱性能に応じてログ壁の厚さを算定できるソフトを開発し、技術開発を行った大径材ログハウス壁の選択をしやすくしその利用を促進する。

実施した項目

1．省エネ基準に対応した実用性の高い国産接着合せ材（JAS）の技術開発

（1）検討委員会の開催

①検討事項：現行接着合せ材JASの実用化を図るため、昨年度は適正製造基準案を作成したところであり、本年度はその確認を行うとともに、基準強度取得に向けた性能確認試験の実施方法等の検討を行った。

②検討委員会は年３回開催

（2）継手なしの接着合せ材の性能確認試験

基準強度取得に向けた接着合せ材の性能確認を目的とし、継手なしの接着合せ材の性能確認試験を令和７年12月に鹿児島県工業技術センターにて実施。

2．省エネ基準に対応し中大規模建物にも使用できる大径材ログハウス壁の技術開発

（1）検討委員会の開催

①検討事項：140mm厚スギのログ壁で、地域区分４～７での省エネ等級4、5を確保できるログ壁の60分準耐火性能を得るため、試験体に使用する木材の寸法、断面形状、樹種の選定、接着剤の選定・設計の検討をした。

また、気候区分に対応したログ壁厚を簡易に決定するソフトの開発を検討した。

②検討委員会は年３回開催した。

（2）試験等の実施

①ログ壁の準耐火性能評価試験の実施

省エネ評価を踏まえた大きさ（厚さ140mm×高さ189mm）の集成材のログハウス壁について、60分準耐火性能評価試験を実施した。

②ログ壁厚算定ソフトの開発

作成したログ壁厚算定ソフトの試行を行った。

実施体制

1．省エネ基準に対応した実用性の高い国産接着合せ材（JAS）の技術開発検討委員会

（1）委員（敬称略）

委員長	平松　靖	（国立研究開発法人森林総合研究所木材研究部門 複合材料研究領域 領域長）
委　員	高岡　繭子	（フリーランス）
委　員	板垣　悟	（公益社団法人日本合板検査会 認証部長）
委　員	宮武　敦	（国立研究開発法人森林総合研究所木材研究部門 複合材料研究領域 再雇用研究専門員）
委　員	宮本　康太	（国立研究開発法人森林総合研究所木材研究部門 複合材料研究領域複合化研究室 室長）
委　員	槌本　敬大	（国立研究開発法人建築研究所材料研究グループ グループ長）
委　員	秋山　信彦	（国立研究開発法人建築研究所材料研究グループ 主任研究員）
委　員	倉持　秀一	（株式会社赤井製材 ログ＆ティンバー事業部部長）
委　員	尾ノ上竜次	（株式会社はやし林業鹿児島支店 企画部長）

（2）オブザーバー

農林水産省大臣官房新事業・食品産業部食品製造課基準認証室
林野庁林政部木材産業課木材製品技術室
独立行政法人農林水産消費安全技術センター（FAMIC）

2．省エネ基準に対応し中大規模建物にも使用できる大径材ログハウス壁の技術開発検討委員会

（1）委員会（敬称略）

委員長	大橋　好光	（東京都市大学名誉教授）
技術協力	水藤　聡	（株式会社サードアイ）

（2）オブザーバー

林野庁林政部木材産業課木材製品技術室

実施した内容

1．省エネ基準に対応した実用性の高い国産接着合せ材（JAS）の技術開発

（1）検討委員会の開催概要

- 第1回（令和7年8月5日）
  課題及び今年度の実施内容を検討した。
- 第2回（令和7年12月24日）
  基準強度を取得するための実験結果速報について検討した。
- 第3回（令和8年2月2日）
  実験結果及び今年度のとりまとめについて検討した。

（2）継手なしの接着合せ材の性能確認試験

基準強度取得を目的とした曲げ実験を12月18日～12月23日にかけて、鹿児島県工業技術センターにて、次の接着合せ材及び方法にて実施した。

- 試験体は継手なしの２枚ラミナの接着合せ材とし、樹種はスギとする。
- 断面形状はラミナ幅50㎜×高さ160㎜のラミナを合わせた矩形断面が100㎜×160㎜の接着合せ材とした。
- 強度等級 E70、E90のそれぞれのラミナからなる接着合せ材に、加力方向を平行使い及び直交使いに行うため、４種類の試験方法となり試験体数を各10体の計40体とした。
- 合せ材の接着に当たっては、節の影響を考慮し、節位置を管理した上で行った。
- 加力実験で加力方向は、鉛直荷重を想定した平行使いと、風圧を想定した直交使いの２種類に対して実施し、曲げ強度と曲げヤング係数、破壊性状の結果を取得した。
- 接着剤は、レゾルシノールを使用した。

２．省エネ基準に対応し中大規模建物にも使用できる大径材ログハウス壁の技術開発

（1）検討委員会の開催概要

- 第１回（令和７年10月８日）
  60分準耐火性能評価を行うための試験体ログ壁について検討した。
- 第２回（令和７年12月３日）
  ログ壁厚の算定するためのソフト作成について検討した。
- 第３回（令和８年１月26日）
  30分準耐火性能評価試験となったこと及びログ壁厚算定ソフトの試行結果について検討した。

（2）ログ壁の準耐火性能評価試験の実施

- 大径材のログ材の仕様（樹種、形状、等）の選定（厚さ140㎜×高さ189㎜）
  スギ４層（表34㎜×２、中36㎜×２）の集成材とし、接着剤はイソシアネートを使用した。
- 材料管理記録を作成した。
- 試験体の施工方法の決定後、実大の試験体を２体製作した。
- 令和８年１月７日、８日に（公財）日本住宅・木材技術センターにて60分準耐火性能を目標としたログ壁の載荷加熱試験（スギ２体）を実施したところ１体目の試験で40分までしか持たなかったため、２体目を30分準耐火性能評価試験に切り替えて実施した。

（3）ログ壁厚算定ソフトの開発

建築物や断熱材に関する数値の簡易な入力により、必要とするログ壁の厚さを算定できるソフト（エクセル表）を開発し、昨年度まで使用したログハウスのモデルプランの数値を代入するなどして試行を行い、その実用性について検討を行った。

実施した結果

1．省エネ基準に対応した実用性の高い国産接着合せ材（JAS）の技術開発

（1）継手なしの接着合せ材の性能確認試験

- 試験体管理

  試験体についての接着方向と積層方向定義を表 1.1-1、節の管理に関する資料を図 1.1-1 に示す。

- 試験の結果

  試験体、試験方法については図 1.1-2、実験の様子及び破壊状況について写真 1.1-1、写真 1.1-2 に示す。

ばらつきを考慮した基準値について以下の通りとなった。

E70、平行使い、46.4 N/㎟

E70、直交使い、35.7 N/㎟

E90、平行使い、42.8 N/㎟

E90、直交使い、38.4 N/㎟

実験結果について、曲げヤング係数と曲げ強度の関係は、曲げヤング係数が高いほど曲げ強度も高くなる結果となった。

また、節径比と曲げ強度の関係は、節径比が大きいほど、曲げ強度が下がる傾向となった（図 1.1-3、1.1-4）。

2．省エネ基準に対応し中大規模建物にも使用できる大径材ログハウス壁の技術開発

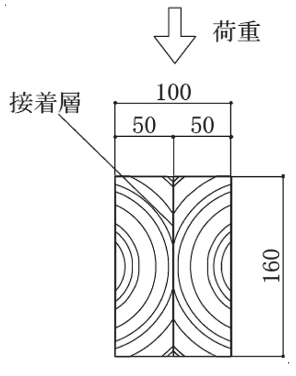
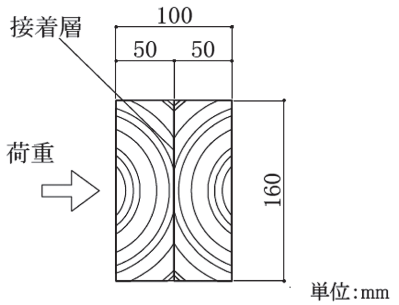
（1）ログ壁の準耐火性能評価試験の実施

- 大径材ログ材及びログ壁の仕様概要を図 2.1-1 に示す。また、材料管理記録の作成は図 2.1-2 に示す。さらに、試験体への荷重の算定を表 2.1-1、試験体制作の様子を写真 2.1-1 に示す。
- 1 体目、2 体目とも 30 分準耐火性能（36 分加熱）の評価が出来た。実験結果の概要を表 2.1-2、写真 2.1-2 及び図 2.1-3 に示す。

（2）ログ壁厚算定ソフトの開発

ソフト及び算定フローは図 2.2-1 のとおりであり、試行に採用したモデルプランが図 2.2-2、必要なログ厚が示された図 2.2-3 から、地域区分 7 で等級 4 をクリアできるログ壁の厚さが w1 で 88㎜となっている。

表 1.1-1　用語の定義

名称	平行使い	直交使い
荷重方向と積層方向		

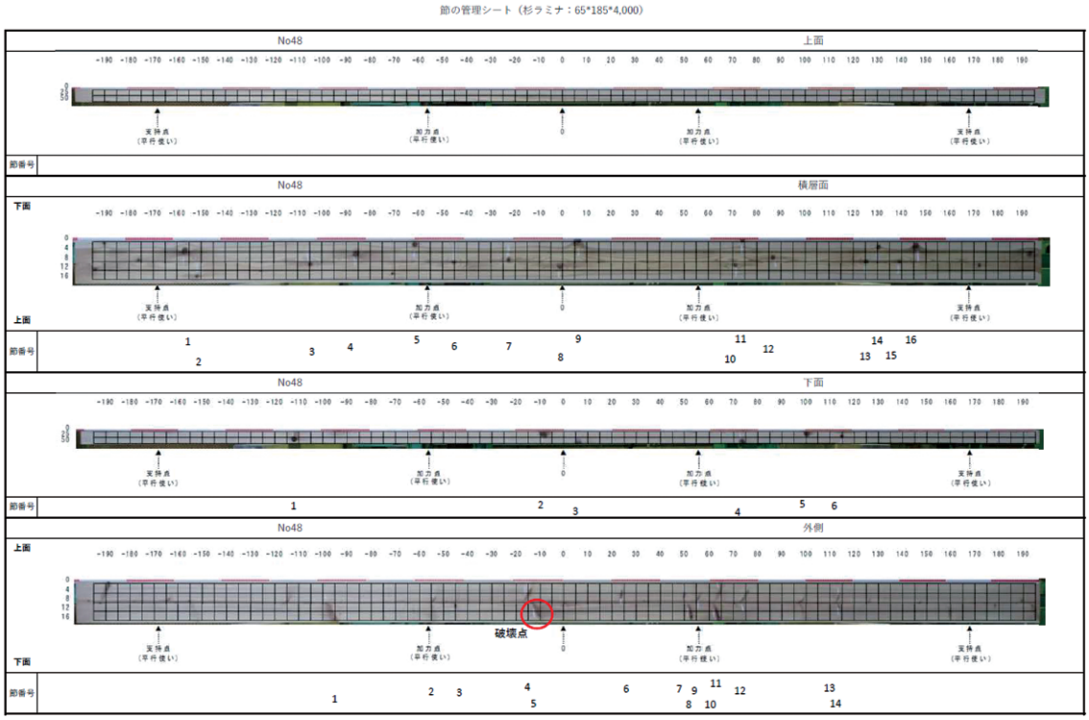


図 1.1-1　試験体管理（一例）

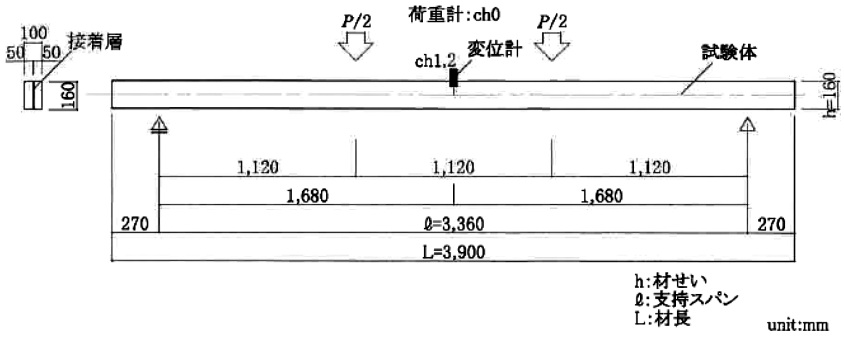


Fig. 1　実験概要図：平行使い曲げ

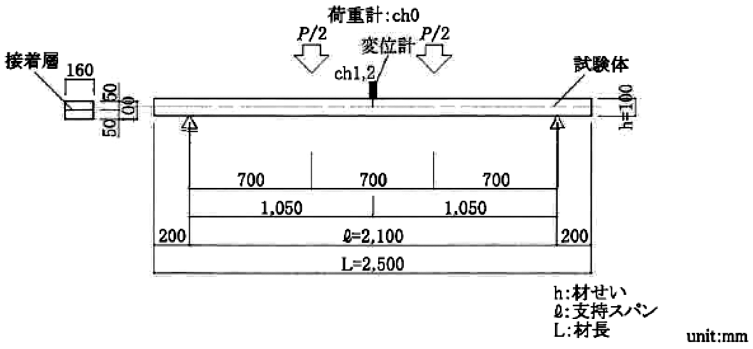


Fig. 2　実験概要図：直交使い曲げ

図 1.1-2　試験方法、試験体



写真 1.1-1　実験の様子



写真 1.1-2　破壊状況

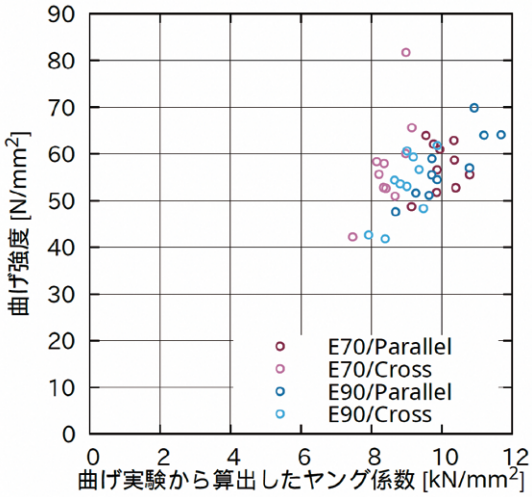


図 1.1-3　ヤング係数と曲げ強度の関係

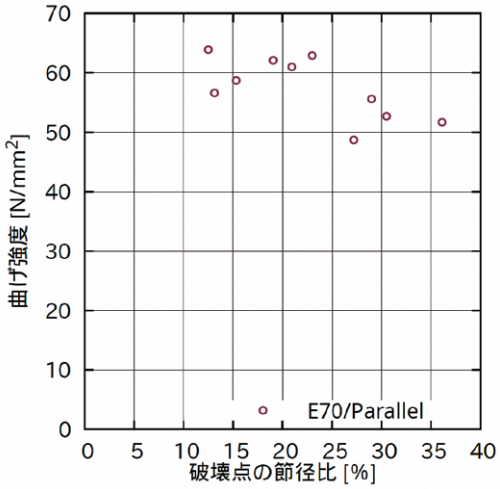


図 1.1-4　破壊点の節径比と曲げ強度の関係

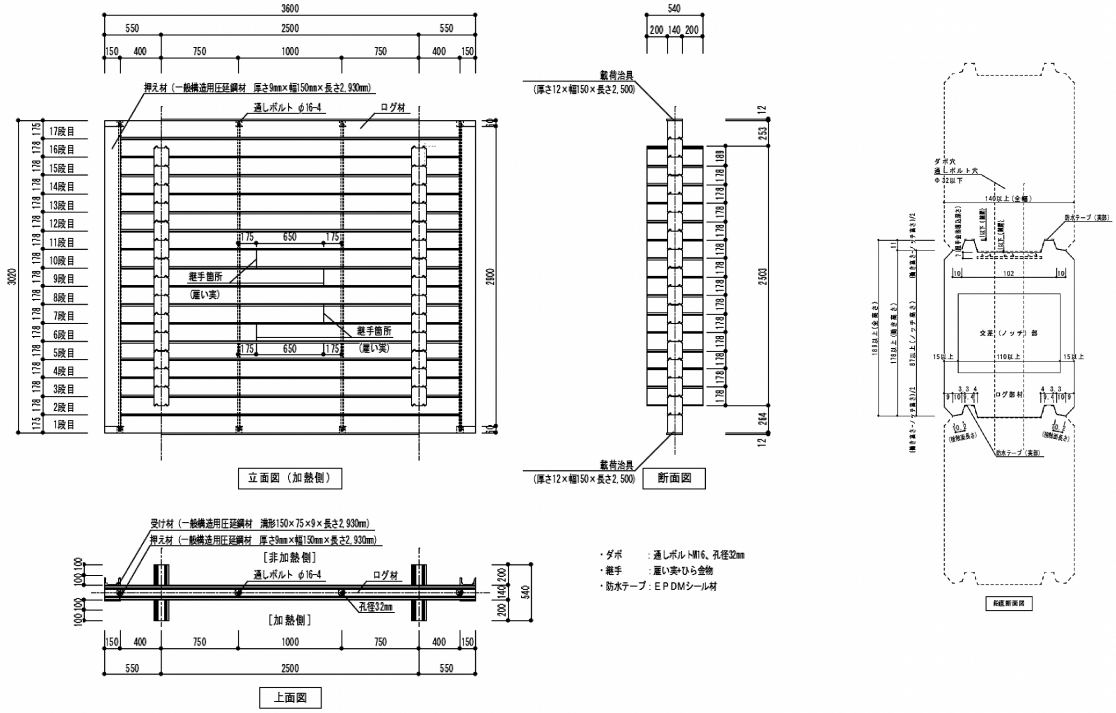


図 2.1-1　ログ材の仕様概要

挽板の製作管理シート

2025 年　11 月　28 日　（全数）

樹種	スギ		寸法(mm)	50x210 x4000	
寸法管理	測定箇所	厚さ・高さ・長さ	許容誤差	厚さ：±3mm 高さ：±4mm 長さ：＋100mm 曲がり：4mm/m(L×0.004以内)	
含水率管理	測定箇所	木口から20cm以上離れた箇所の表・裏2面		基準含水率	6～15%
強度管理	ウッディ定数表示	スギ 0.4 400 1.05	基準強度		
記入者	尾ノ上祐介		確認者	尾ノ上竜次	

No-挽板	強度等級			長さ	含水率			強度			銘替
	E70	E80	E90	mm	表	裏	平均	固有周波数 Hz	曲げヤング係数 10^3kgf/cm²	曲げヤング係数 Gpa	
1				4029	10.2	9.3	9.8	590	95	9.31	
2				4033	13.0	13.2	13.1	550	82	8.04	
3				4028	8.5	9.0	8.8	500	68	6.66	
4				4030	11.8	11.6	11.7	640	112	10.98	

ラミナ製作管理シート

2025 年　12 月　5 日　（含水率：全数、寸法：抜取り）　測定開始時間：

樹種	スギ		寸法(mm)	36x210 x4000	
含水率管理	測定箇所	接着面中央部1箇所	基準含水率	6～15%	
寸法管理	測定箇所	厚さ	荷口数	許容誤差	厚さ：±1mm
			抽出数		
記入者	尾ノ上 洋		確認者	尾ノ上竜次	

※寸法は抜取とする。抜取数は荷口に対し10%以上とする。

	No	含水率測定値		平均		No	含水率測定値		平均
		裏	表				裏	表	
1	19	16.0	15.2	15.6	26	11	18.1	17.3	17.7
2	39	18.3	18.9	18.6	27	10	13.5	14.2	13.9
3	38	14.6	13.6	14.1	28	7	15.3	15.8	15.6
4	37	13.1	10.6	11.9	29	30	11.0	11.1	11.1

図 2.1-2　材料管理記録の作成

表 2.1-1　荷重計算表

□試験体載荷荷重量の算出

試験に用いる載荷荷重量は、構造耐力上主要な部分である丸太組構法壁について、平成13年国土交通省告示第1024号（木材のめりこみ及び圧縮材の座屈の許容応力度等）に基づき（但し、前面横圧縮の材料強度は、圧縮に対する基準強度に0.125を乗じて得た数値とする）、次の表に示す各式から求めた長期許容座屈荷重を採用する。

項目	記号・数値等	数値	単位	
荷重支持部面積	A= 122 × 2500 =	305000	[mm2]	※A=幅(掛かり幅)×長さ
丸太重なり巾	B=	122	[mm]	※掛かり幅とした。告示411号より、B≧70mm
最大開口高さ	h=	3020	[mm]	※試験体高さとした
丸太材圧縮強度	Fc=	17.7	[N/mm2]	※普通構造材 針葉樹IV類の場合
座屈長さ	lk=h=	3020	[mm]	※試験体高さとした
断面2次半径	i=B/3.46 =	35.26	[mm]	※長方形断面の場合
有効細長比	λ=lk/i=	85.6	[mm]	※30<λ≦100
座屈低減係数	η	0.444		※有効細長比λにより決まる係数
圧縮強度	$F_{c\perp} = (1/8)\cdot F_c$ =	2.21	[N/mm2]	
長期許容圧縮応力度	$_Lf_{c\perp} = 1.1\cdot F_{c\perp}/3$ =	0.81	[N/mm2]	
長期許容座屈応力度	$_Lf_k = \eta\cdot {}_Lf_{c\perp}$ =	0.360	[N/mm2]	
長期許容座屈荷重（＝載荷荷重量）	$N=A\cdot {}_Lf_k$ =	109.74	[kN]	

※材料強度は、平12年建設省告示1452号（木材の基準強度Fc、Ft、Fb及びFsを定める件）に基づき、木構造設計基準・同解説[日本建築学会編]に記載されている、木材の繊維方向の圧縮応力度に0.125の係数を乗じて許容横圧縮応力度に変換したものを用いる。

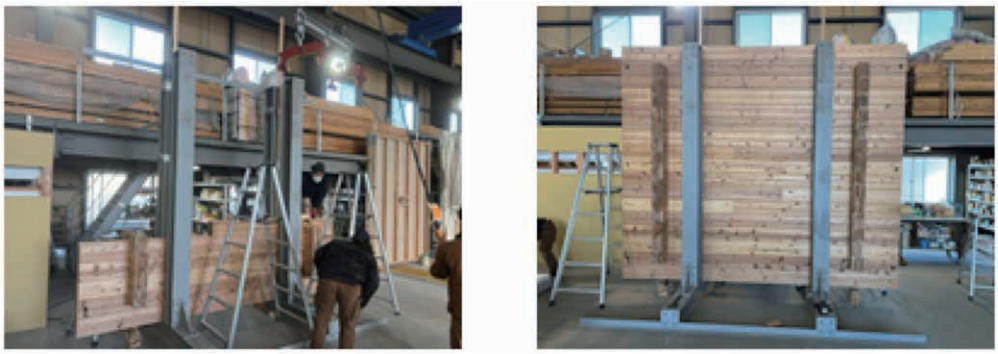


写真 2.1-1　試験体製作の様子（左：治具を用いての積上げ作業、右：積上げ後の全景）



写真 2.1-2　本実験の様子　１体目（左：実験前、右：実験後）

表 2.1-2　載荷加熱実験結果の概要

１体目すぎラミネート	36分　　載荷荷重 109.74ｋN
２体目すぎラミネート	36分　　載荷荷重 109.74ｋN

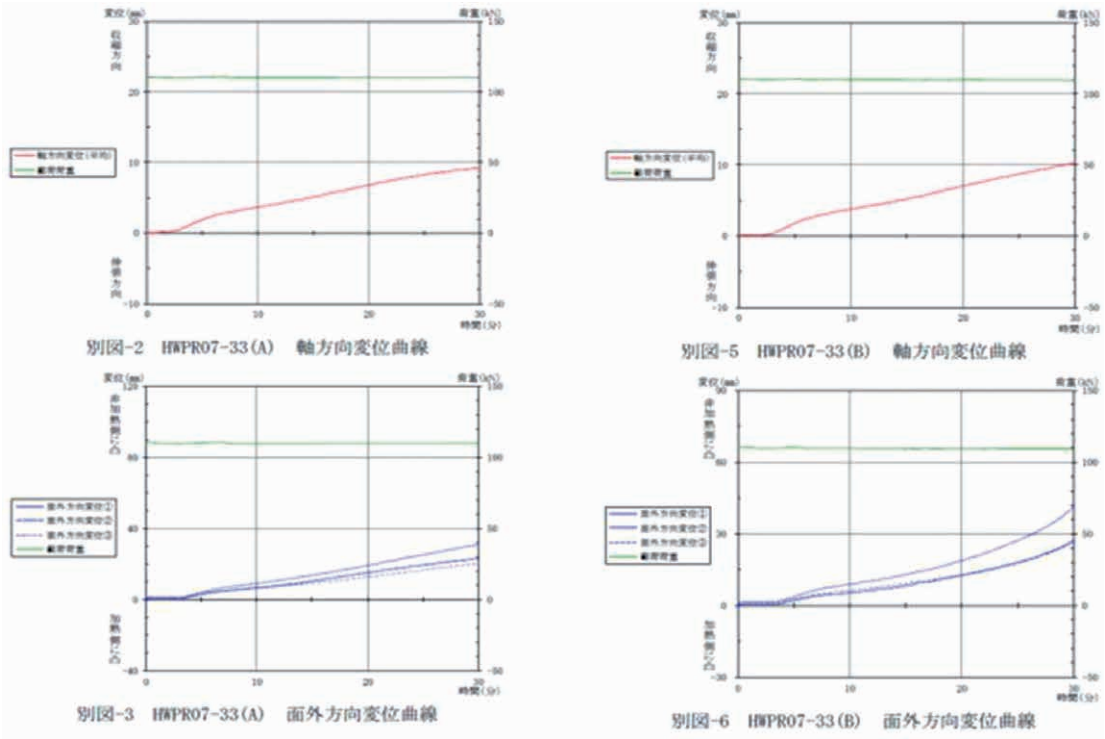
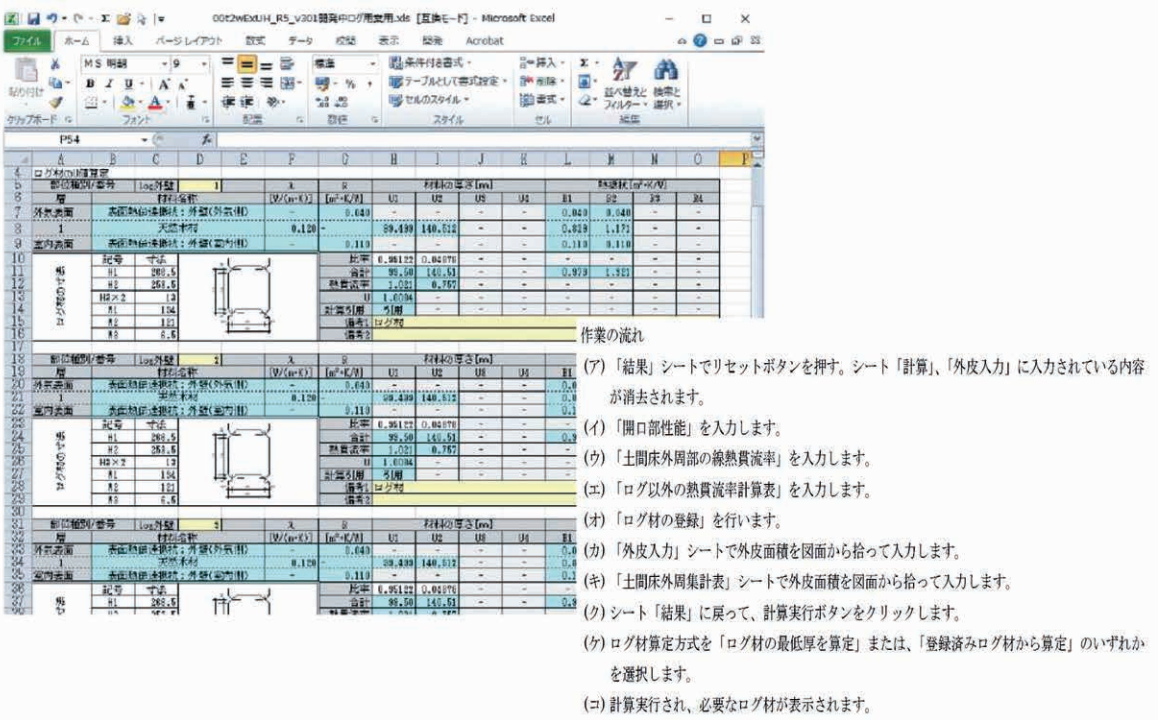


図 2.1-3　載荷加熱実験結果のグラフ



作業の流れ

(ア)「結果」シートでリセットボタンを押す。シート「計算」、「外皮入力」に入力されている内容が消去されます。

(イ)「開口部性能」を入力します。

(ウ)「土間床外周部の線熱貫流率」を入力します。

(エ)「ログ以外の熱貫流率計算表」を入力します。

(オ)「ログ材の登録」を行います。

(カ)「外皮入力」シートで外皮面積を図面から拾って入力します。

(キ)「土間床外周集計表」シートで外皮面積を図面から拾って入力します。

(ク)シート「結果」に戻って、計算実行ボタンをクリックします。

(ケ)ログ材算定方式を「ログ材の最低厚を算定」または、「登録済みログ材から算定」のいずれかを選択します。

(コ)計算実行され、必要なログ材が表示されます。

図 2.2-1　外皮性能基準によるログ材選定システム及び作業の流れ

3.　入力サンプル

モデルプランの概略

林野庁補助事業(R5　補正)「省エネ基準及び中大規模建築物に対応したログハウス建築部材の技術開発事業報告書」より

構造・規模：丸太組構法、1 階+小屋組部

延床面積：103.87 ㎡

階高：2400

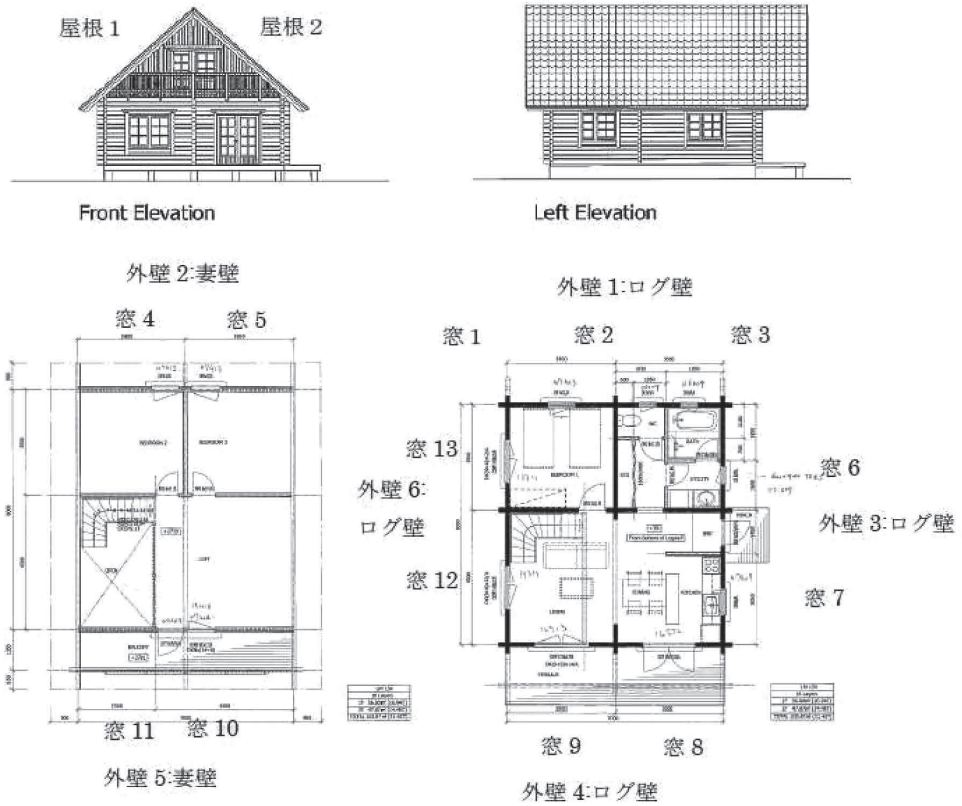


図 2.2-2　試行に使用したモデルプラン

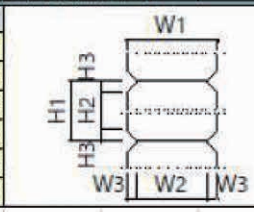
2	熱貫流率計算表						
3	物件名						
4	ログ材のU値算定						
18	log外壁			λ	R	材料の厚さ	
19	層	材料名称		[W/(m･K)]	[m²･K/W]	U1	U2
20	外気表面	表面熱伝達抵抗：外壁(外気側)		-	0.040	-	-
21	1	天然木材		0.120	-	88.000	78.000
22	室内表面	表面熱伝達抵抗：外壁(室内側)		-	0.110	-	-
23	ログ材の寸法	記号	寸法		比率	0.9444	0.0556
24		H1	180		合計	88.00	78.00
25		H2	170		熱貫流率	1.132	1.250
26		H3	5		平均熱貫流率	1.139	-
27		W1	88		計算引用	引用	-
28		W2	78		備考1	ログ材	
29		W3	5		備考2		
30							

図 2.2-3　試行結果（一部抜粋）

今後の課題・展開等

(1) 省エネ基準に対応した接着合せ材 JAS の技術開発について、今年度は主に、基準強度取得に向けたスギの接着合せ材の性能評価試験を実施したところ一定の成果があった。しかし、試験体数が少ないため、既存の製材や２×４などの実験結果（節径比と曲げ強度の関係等）を活用して今回の実験結果を補強できるかどうかについて検討する必要がある。

(2) 省エネ基準に対応した大径材ログ壁の技術開発として、今年度は地域区分４～７地域、140㎜の壁厚のログ壁に係る 60 分準耐火性能評価を行ったものの、目標を達成出来なかったことから、その原因（交差部にボルトが入っていないこと、載荷荷重が大きすぎたこと、ログ材の積み上げ部分の隙間が広かったことなど）を検証しつつ、今後の対応を検討する必要がある。

(3) 令和４年から本事業により、大径材を利用した多様な厚さのログ壁の技術開発を行ってきたところであり、今年度はログ壁の厚さの選択を容易にするための「ログ壁厚算定ツール」（エクセル表）を開発したものの、省エネ判定等への利用を想定してログ壁厚を求める計算と、Ua 値等の計算の双方向計算機能を充実させるとともに、現在角ログの形状のみに対応したものとなっているが、丸ログやＤログへの対応が出来るように改善していく必要がある。

さらに、今後想定される 2030 年に向けた省エネ等級５、６への適応に備え、他の構法と違い断熱材を壁に貼り付けられないログ壁の弱点を克服するために抜本的な技術開発の必要性が高まっている。

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

木ダボ積層材（DLT：Dowel Laminated Timber）は、接着材を使用せず木ダボによって板材等を積層した床・壁・屋根用の面材である。多品種少量生産に適したマスティンバー製品で、国内でDLTの活用が進みつつある。DLTのさらなる利用拡大につなげるため、本事業では以下を進める。

実施内容１） DLTを木造の壁版や床版に活用することによるDLTの利用拡大に向けて、DLTを垂直、または水平な構面に活用する場合の構造性能、施工性、美観に配慮した構造躯体との接合納まりの最適化と、標準的な納まりの整備を行う。また、これら標準的な納まりによる、垂直、または水平な構面に活用する場合の、構造性能を確認する。

実施内容２） 令和５年度、６年度事業では、中大規模木造建築へのDLT活用に向けて、DLT-コンクリート複合材（DLT-CC）のせん断力を伝達するシアコネクタの性能確認、及びDLT-CCの曲げ試験とせん断試験により、DLT-CCの強度性能や挙動を確認した。本事業では、それらで確認された納まりと強度性能による、長期荷重への影響を明らかにするため、令和５年度、６年度事業で性能確認したシアコネクタを用いて、DLT-CCのクリープ試験を行い、長期荷重時の変形性能であるクリープ性能を確認する。

実施した項目

1.　DLT 床、屋根、壁への活用整備

DLTを垂直、または水平な構面に活用する場合の納まりの最適化と、標準的な納まりの整備を行う。また、標準的な納まりによる構造性能の確認を行う。

2.　DLT-コンクリート複合版（DLT-CC）のクリープ試験

令和５年度、６年度事業で性能確認したシアコネクタを用いて、DLT-CC のクリープ試験を行い、長期荷重時の変形性能であるクリープ性能を確認する。

実施体制

検討委員会メンバー：（敬称略）

委員長： 宮田雄二郎　（法政大学　デザイン工学部　建築学科　准教授）

委員：
- 網野　禎昭　（法政大学　デザイン工学部　建築学科　教授）
- 鈴木　賢人　（工学院大学　建築学部　建築学科　准教授）
- 小井土義治　（小井土製材株式会社　代表取締役社長）
- 飯田　智裕　（株式会社竹中工務店　木造・木質建築推進本部　技術グループ長）
- 平松　　靖　（（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域　領域長）
- 大木　文明　（（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所 積層接着研究室　主任研究員）

小林　　慧　（群馬県　環境森林部　林業振興課　県産木材振興係　主任）
長谷川泰治　（株式会社長谷萬　代表取締役　執行役員社長）

オブザーバー：

田中　香織　（林野庁　林政部　木材産業課　木材製品技術室　木材製品調査班　木材専門官）
森口　幹太　（林野庁　林政部　木材産業課　木材製品技術室　木材製品調査班　建築用木材企画係長）
井道　裕史　（（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所　構造利用研究領域　領域長）
宮武　　敦　（（国研）森林研究・整備機構 森林総合研究所　複合材料研究領域　専門研究員）
西野　晃司　（東北職業能力開発大学校　建築施工システム技術科　職業能力開発教授）
上里　和夢　（株式会社宮田構造設計事務所）
平原　章雄　（木構造振興株式会社　常務取締役）

事務局：鈴木康史、松浦　薫、小野泰宏、黒田悠太（株式会社長谷萬）

実施した内容

1. DLT 床、屋根、壁への活用整備

一般的な木造軸組工法に、垂直および水平面でDLTを活用した場合の面内せん断試験を実施した。試験方法は、無載荷式の面内せん断試験とし、柱脚固定式で実施した。加力方法は、正負交番繰り返し加力とし、繰り返し履歴は真のせん断変形角が1/600、1/450、1/300、1/200、1/150、1/75、1/50、1/30radの正負変形時とした。繰り返し回数は、履歴の同一変形段階で 3 回とした。最大荷重に達した後、最大荷重の 80%の荷重に低下するまで加力するか、試験体の真のせん断変形角が1/10rad 以上に達するまで加力した。なお、真のせん断変形角が 1/15rad を超えても最大荷重の80%まで荷重が低下しない場合は、真のせん断変形角1/15rad時の荷重を最大荷重として評価した。各試験体はDLTを構成するラミナの断面寸法と、合板の有無によりパラメータを分け、壁試験体は4パラメータ×n=1、床試験体は、2パラメータ×n=1の計６体実施した。表１に試験体の仕様、図１にNO １の壁試験体図、図２にNO ５の床試験体図を示す。

表１　試験体仕様一覧

単位：mm

番号	部位	構造用合板	ラミナ断面寸法	木ダボ間隔	試験体寸法
NO,1	壁	なし	45×105	300	910×2730（1P）
NO,2	壁	なし	90×105	300	910×2730（1P）
NO,3	壁	t=9mm N50@150	45×105	300	910×2730（1P）
NO,4	壁	t=9mm N50@150	90×105	300	910×2730（1P）
NO,5	床	t=9mm N50@150	45×105	600	2730×2730（3P）
NO,6	床	t=9mm N50@150	90×105	600	2730×2730（3P）

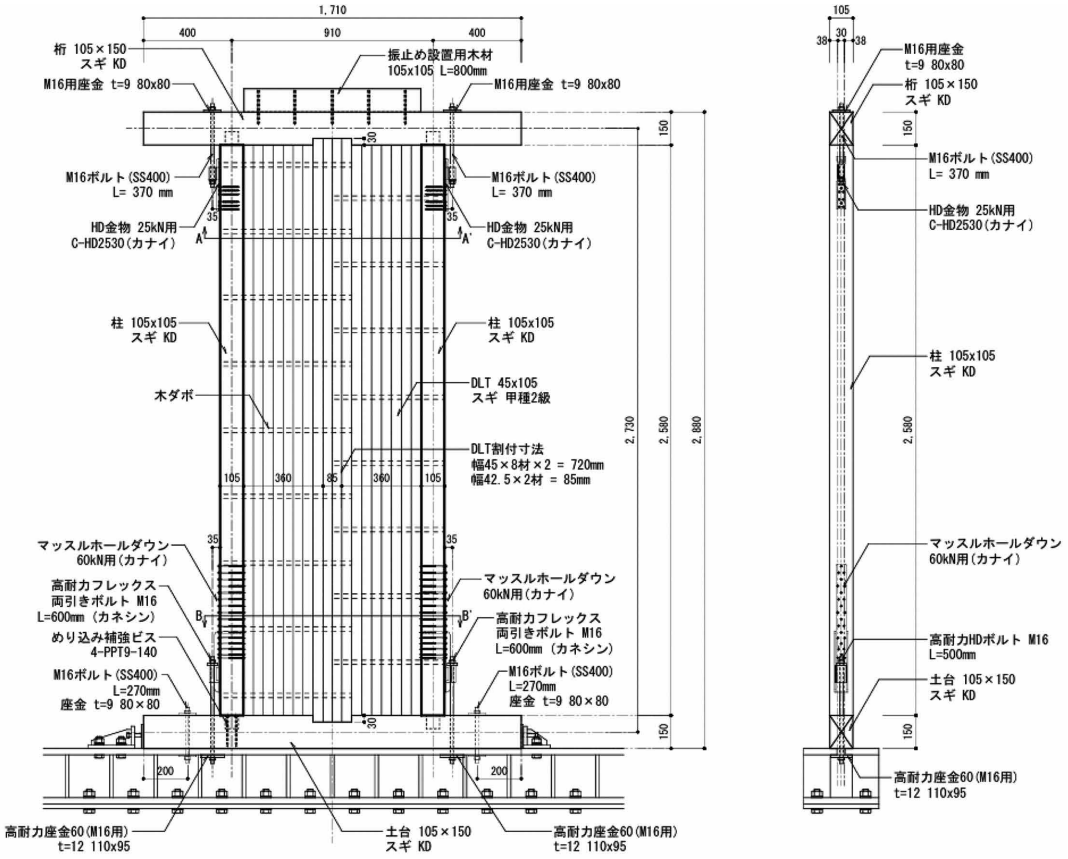


図１　NO１壁試験体図

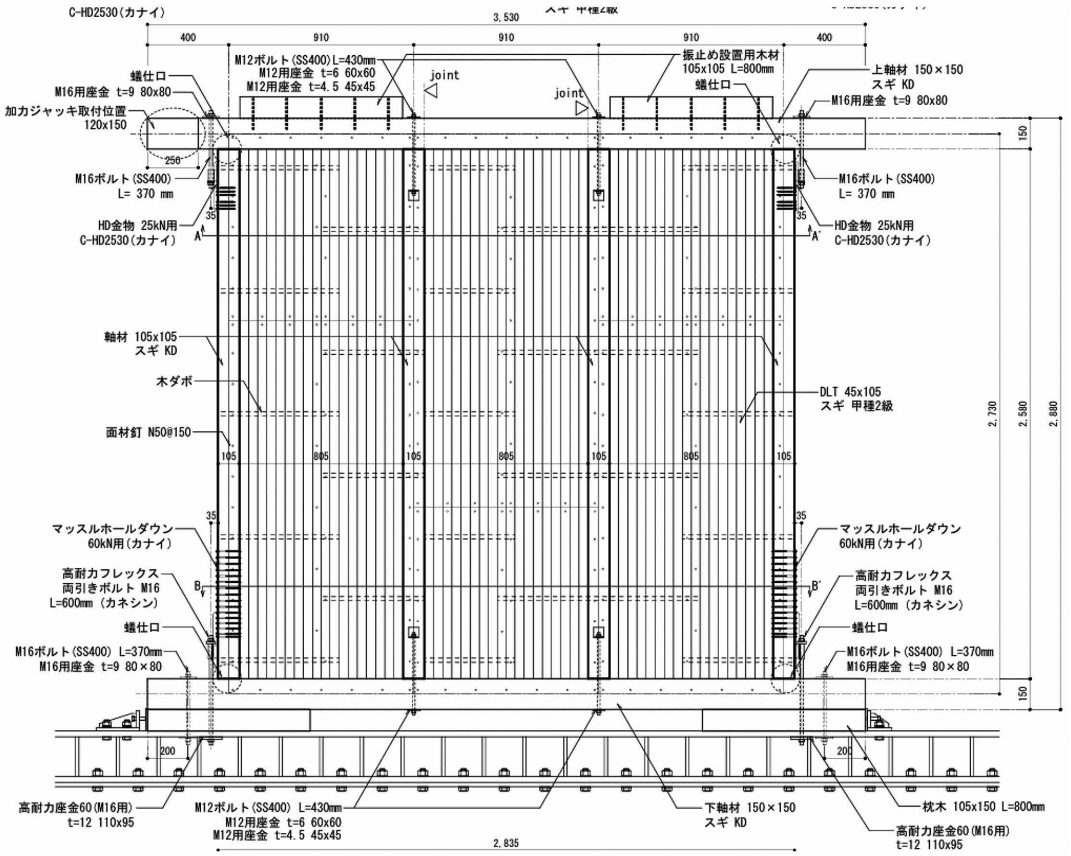


図２　NO５床試験体図

2. DLT-コンクリート複合版（DLT-CC）のクリープ試験

昨年度実施した各シアコネクタの長期荷重時の変形性能であるクリープ性能を把握するため、接合部と合成スラブのクリープ試験を実施した。

シアコネクタは、1）首下長さ125mm，M12のラグスクリューを、引張力を負担する方向に傾斜角度45°で75mm埋め込んだタイプ（LS45）と、2）DLTに深さ30mm×巾150mmの溝形のノッチを設け，首下長さ125mm，M12のラグスクリューをDLTに対して垂直に75mm埋め込んだタイプ（NL）の2種類で実施した。

合成スラブは、昨年度と同様の試験体形状とし、シアコネクタは接合部1）2）の2タイプで実施した。

図3に接合部の試験体図、図4に合成スラブの試験体図、図5に接合部試験方法概要、図6に合成スラブ試験方法概要を示す。試験体数はすべての仕様でn=1とした。載荷荷重については、ラグスクリュータイプの接合部試験体以外は、昨年度実施したスラブの曲げ試験および接合部試験から求めた降伏耐力を約1.1/3倍した値で、ラグスクリュータイプの接合部試験体は約2/3倍である。

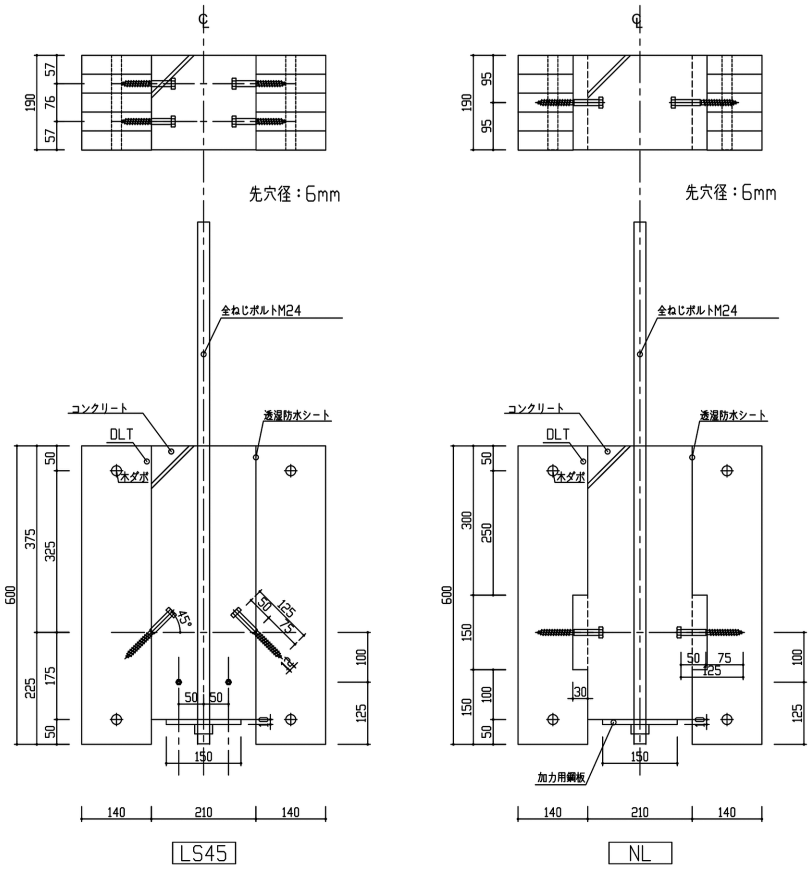


図3　接合部試験体図



図４　合成スラブ試験体図

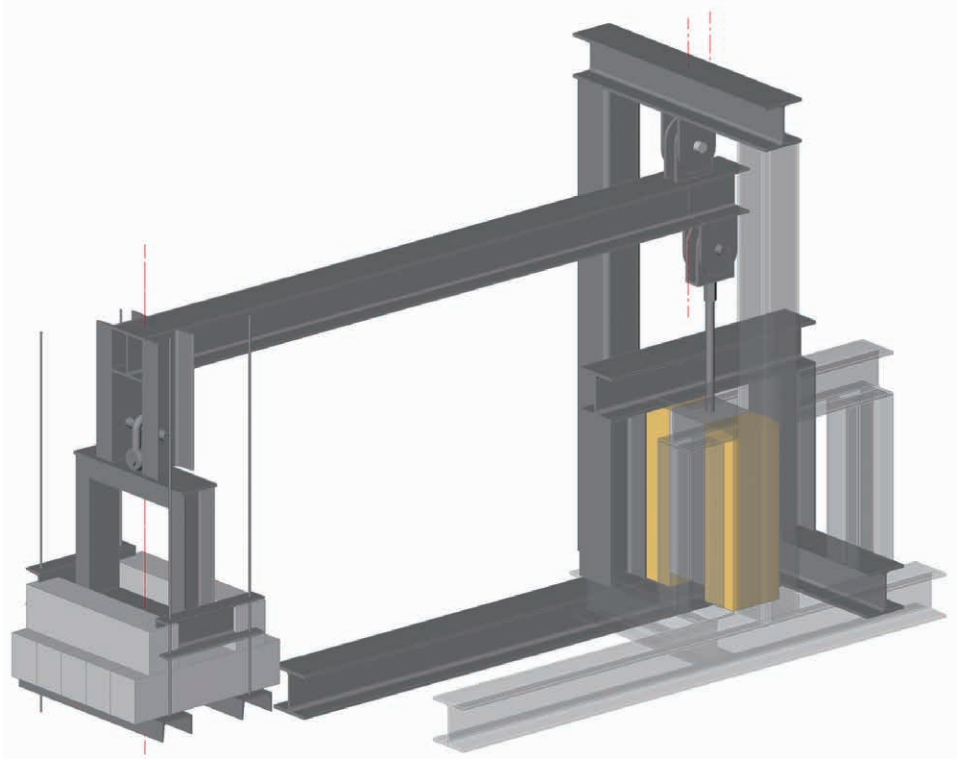


図５　接合部試験方法概要

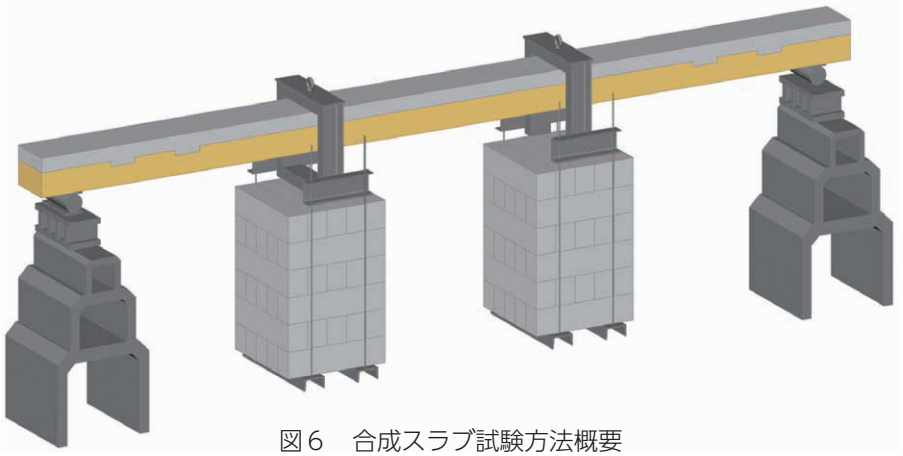


図６　合成スラブ試験方法概要

実施した結果

1. DLT 床、屋根、壁への活用整備

1）壁試験体

せん断試験の結果を表２に示す。

表２　力学特性値および短期基準耐力一覧

試験体名	P_y (kN)	γ_y (×10⁻³rad)	K (kN/rad)	P_{max} (kN)	P_u (kN)	γ_v (×10⁻³rad)	γ_u (×10⁻³rad)	μ	D_s	P_y (kN)	$\frac{0.2P_u}{D_s}$ (kN)	$\frac{2P_{max}}{3}$ (kN)	P_{150} (kN)	P_a (kN)	壁倍率換算
No1	7.96	13.1	606.8	19.5	14.9	24.5	66.6	2.71	0.475	8.0	6.3	13.0	5.7	5.7	3.20
No2	14.2	14.4	983.5	27.2	22.9	23.3	66.0	2.83	0.463	14.2	9.9	18.1	9.6	9.6	5.38
No3	14.2	12.8	1104.2	24.6	21.4	19.4	66.6	3.44	0.413	14.2	10.4	16.4	10.5	10.4	5.81
No4	18.6	11.0	1681.9	33.2	28.5	16.9	66.6	3.94	0.381	18.6	14.9	22.1	14.9	14.9	8.35

各試験体の終局時試験体を写真１～４に示し、変形角-荷重曲線を図７～10に示す。



写真１　壁試験体NO1 終局時

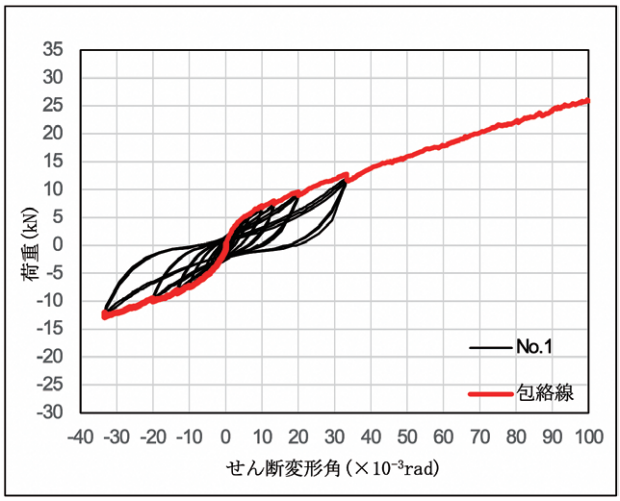


図７　壁試験体NO １変形角-荷重曲線

ラミナ断面　　45mm × 105mm
構造用合板　　なし
Pa = 5.7 kN（壁倍率=3.2倍）※1/150時荷重
Pmax = 19.5 kN
初期剛性K = 606.8 kN/rad



写真２　壁試験体NO ２終局時

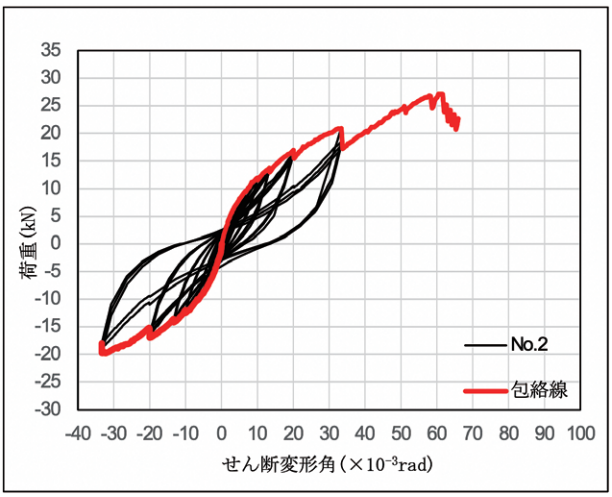


図８　壁試験体NO ２変形角-荷重曲線

ラミナ断面　　90mm × 105mm
構造用合板　　なし
Pa = 9.6 kN（壁倍率=5.4倍）※1/150時荷重
Pmax = 27.2 kN
初期剛性K = 983.5 kN/rad



写真３　壁試験体NO ３終局時

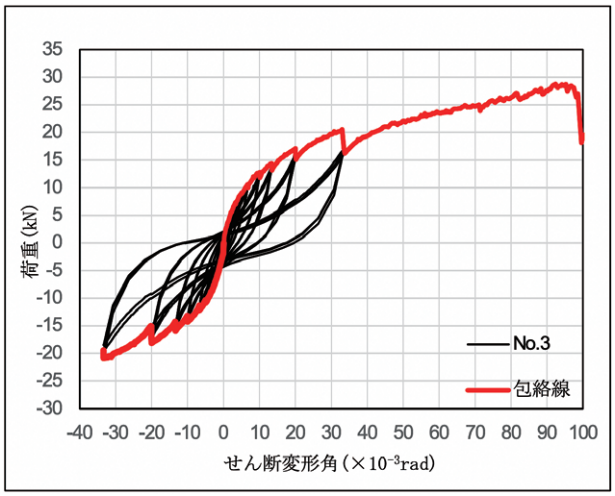


図９　壁試験体NO ３変形角-荷重曲線

ラミナ断面　　45mm × 105mm
構造用合板　　あり
Pa ＝ 10.4 kN（壁倍率＝5.8 倍）※0.2Pu/Ds 時荷重
Pmax ＝ 24.6 kN
初期剛性K ＝ 1104.2 kN/rad



写真４　壁試験体NO ４終局時

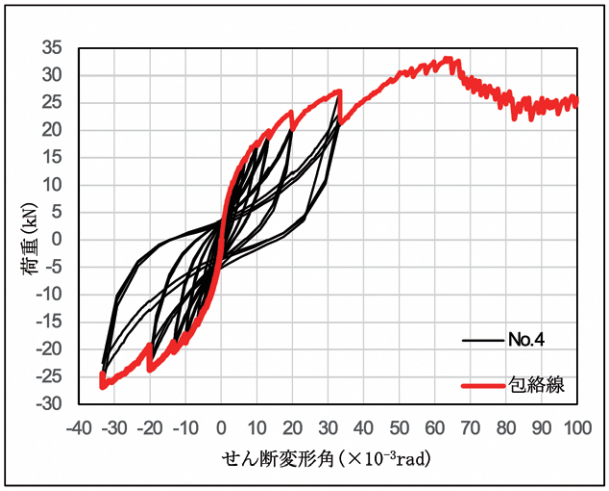


図 10　壁試験体 NO ４変形角 - 荷重曲線

ラミナ断面　　90mm × 105mm
構造用合板　　あり
Pa = 14.9 kN (壁倍率 =8.4 倍) ※ 0.2Pu/Ds 時 (=1/150 時) 荷重
Pmax = 33.2 kN
初期剛性 K = 1681.9 kN/rad

2）床試験体

せん断試験の結果を表３に示す。

表３　力学特性値および短期基準耐力一覧

試験体名	P_y (kN)	γ_y (×10⁻³rad)	K (kN/rad)	P_{max} (kN)	P_u (kN)	γ_v (×10⁻³rad)	γ_u (×10⁻³rad)	μ	D_s	P_y (kN)	$\frac{0.2P_u}{D_s}$ (kN)	$\frac{2P_{max}}{3}$ (kN)	P_{150} (kN)	P_a (kN)	壁倍率換算
No5	19.93	5.9	3403.9	36.7	34.6	10.2	66.7	6.55	0.287	19.9	24.1	24.5	21.4	19.9	3.73
No6	26.3	6.0	4356.3	47.5	43.9	10.1	66.7	6.62	0.286	26.3	30.7	31.7	27.7	26.3	4.91

各試験体の終局時試験体を写真５、６に示し、変形角 - 荷重曲線を図 11、12 に示す。



写真５　床試験体 NO ５終局時

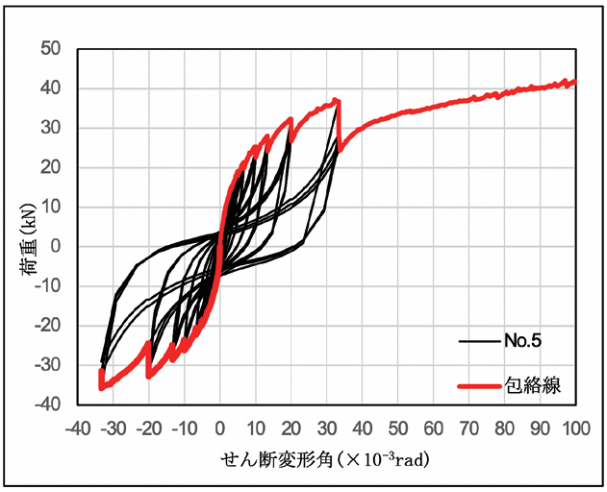


図 11　床試験体 NO 5 変形角 - 荷重曲線



写真 6　床試験体 NO 6 終局時

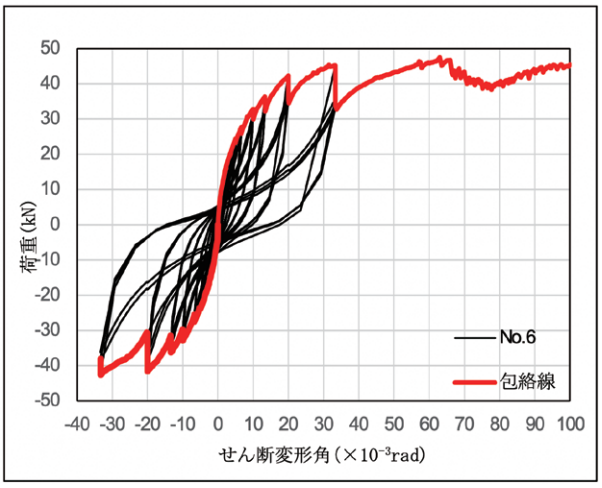


図 12　床試験体 NO 6 変形角 - 荷重曲線

2. DLT-コンクリート複合版（DLT-CC）のクリープ試験

合成スラブおよび接合部のクリープ試験結果を以下に示す。表４にはクリープ調整係数(50年後のクリープ変形 δ_{50}/初期変形 δ_0(載荷終了10分後の変形))とその導出に必要な係数を示しており、図13～24には各試験体の、全たわみ（接合部試験体では全すべり)、クリープたわみ（接合部試験体では全すべり)、相対クリープを示している。同図には試験体近傍で計測している気温および湿度と、パワー則による予測値(相対クリープを除く)も併記してある。なお、これらの結果は載荷開始日(2025年9月3日)から123日経過(2026年1月5日)時点のものである。

長期載荷による破壊や損傷については、目視で確認できる程度のものは生じていない。

表４　クリープ調整係数※および諸係数

		δ_{50}/δ_0	a	N
合成スラブ	D-NL-S	5.68	0.147	0.353
	D-LS-S	5.69	0.199	0.322
接合部	NL	1.78	0.0547	0.271
	LS45	4.10	0.357	0.220

※$\delta_{50} / \delta_0 = 1 + at^N$

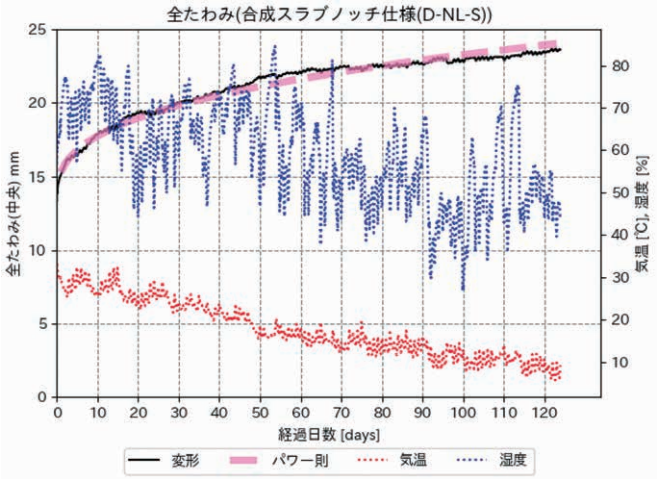


図13　全たわみ（合成スラブノッチ仕様(D-NL-S))

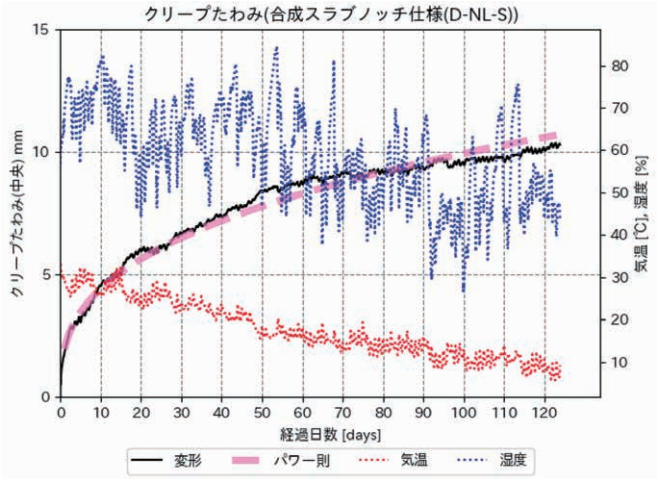


図14　クリープたわみ（合成スラブノッチ仕様(D-NL-S))

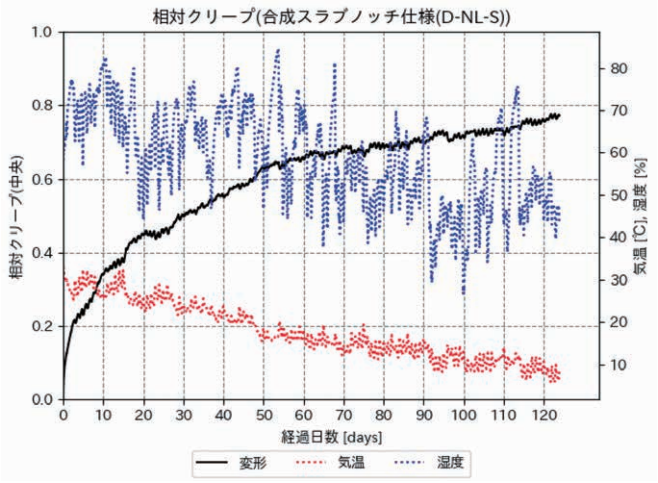


図 15　相対クリープ（合成スラブノッチ仕様 (D-NL-S)）

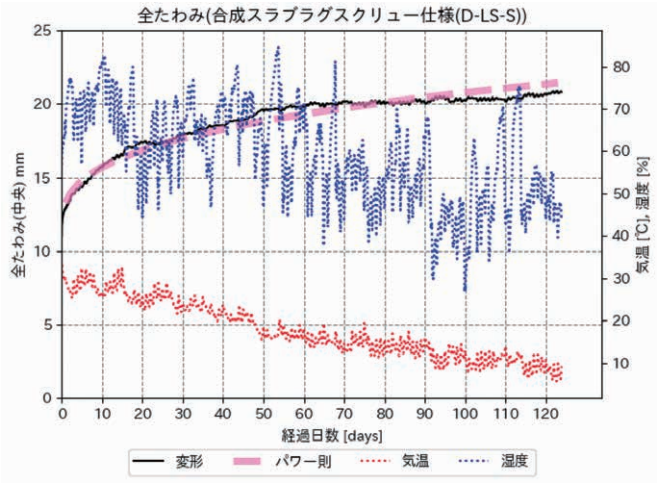


図 16　全たわみ（合成スラブラグスクリュー仕様 (D-LS-S)）

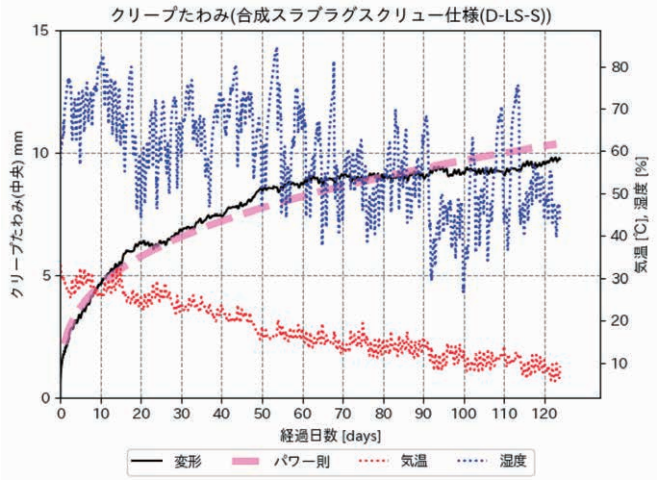


図 17　クリープたわみ（合成スラブラグスクリュー仕様 (D-LS-S)）

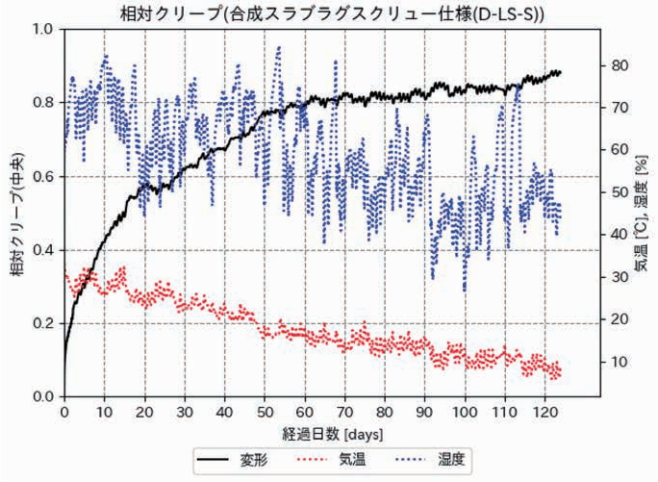


図 18　相対クリープ（合成スラブラグスクリュー仕様 (D-LS-S)）

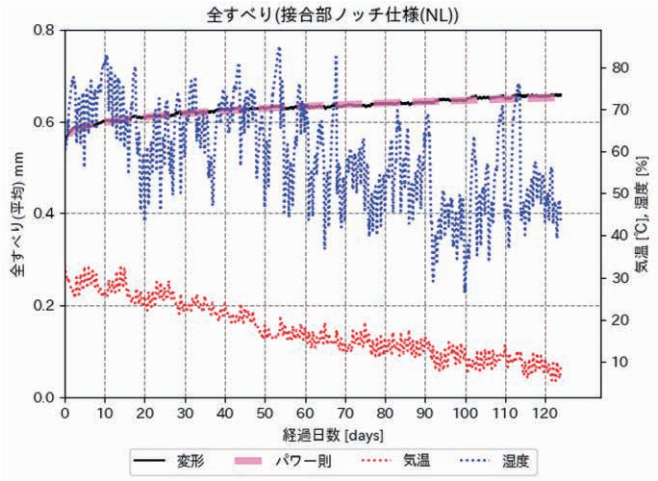


図 19　全すべり（接合部ノッチ仕様 (NL)）

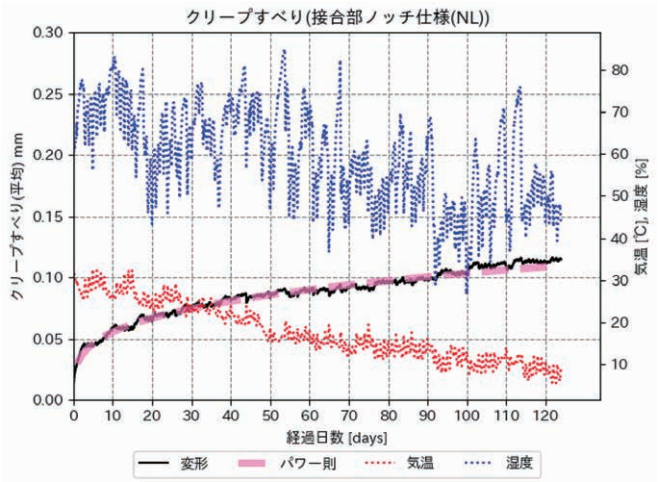


図 20　クリープすべり（接合部ノッチ仕様 (NL)）

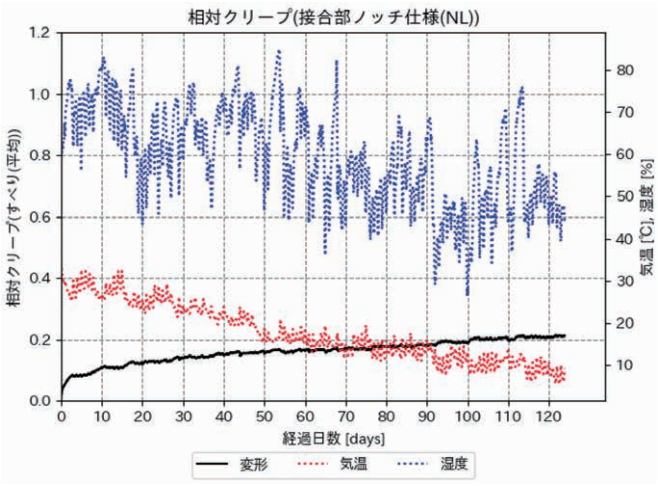


図21　相対クリープ（接合部ノッチ仕様(NL)）

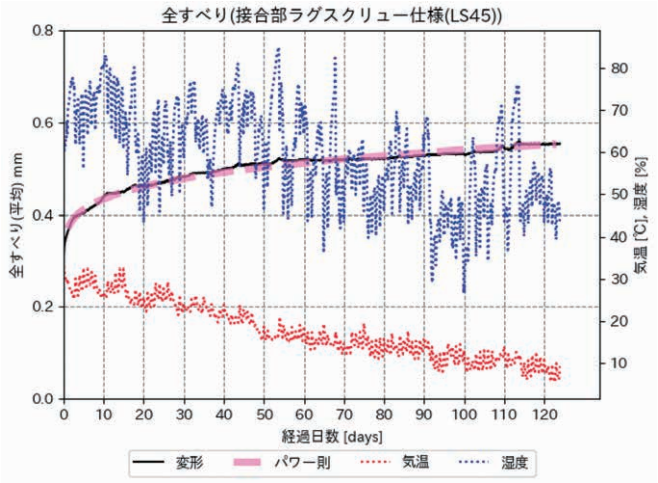


図22　全すべり（接合部ラグスクリュー仕様(LS45)）

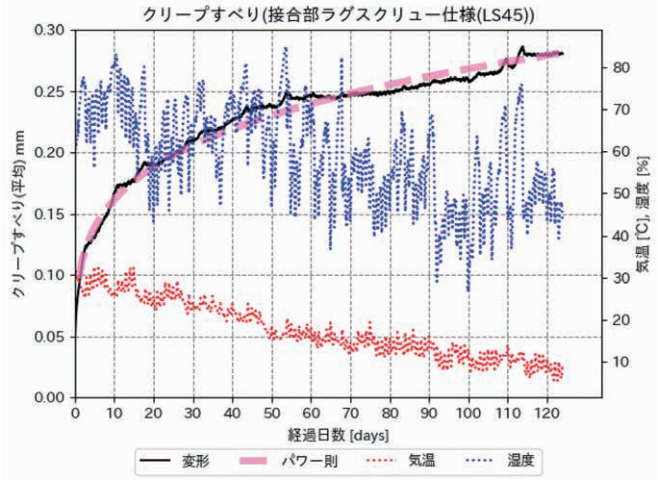


図23　クリープすべり（接合部ラグスクリュー仕様(LS45)）

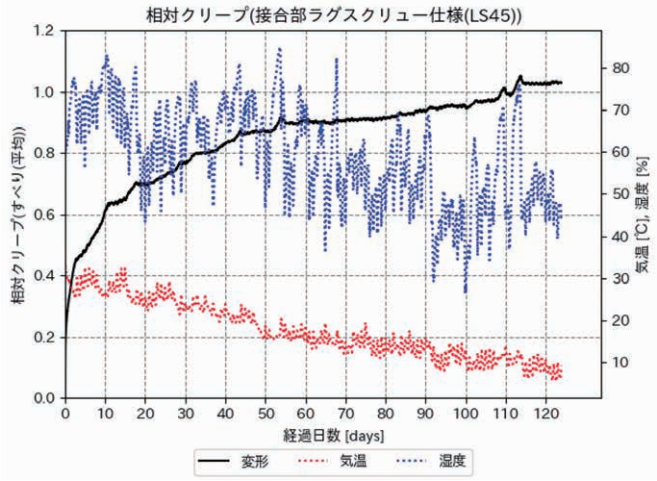


図 24　相対クリープ（接合部ラグスクリュー仕様 (LS45)）

今後の課題・展開等

① DLT の構造利用の拡大に向けた課題

1) 壁、床の構造性能評価

本事業で実施した、DLT 壁、床のせん断試験により、木造の軸組工法に、耐力要素として DLT を適用する場合、その剛性から、耐力壁、耐力床として、DLT を十分活用できることが分かった。これまで内装での活用が多かった DLT であるが、今後、構造利用に向けて普及し易い、代表的な仕様での性能評価や納まり整備を進めることで、DLT の構造利用が進むものと考えられる。

2) 耐力壁、耐力床の設計方法の検証、整備

本事業で実施した、DLT 壁、床のせん断試験により、DLT の剛性は、木ダボのピッチおよび構成材の断面寸法が大きく影響することが示唆された。DLT を耐力要素として設計する場合、剛性に寄与する要素を変化させることで（合板に例えるなら、釘ピッチ、釘径）、剛性を変化させることが考えられ、剛性を可変させやすい構造部材として可能性は大きい。一方、こうした設計方法を確立させるには、幾つかのパラメータでの構造検証が必要で、これら各設計パラメータと剛性との因果関係を体系的に整理し、合理的な設計手法を確立する必要がある。

② DLT（DLT-CC）の利用拡大に向けた課題

1) シアコネクタの選定と設計手法の整備

本事業では、令和５年度および６年度事業において性能確認を行ったシアコネクタを用い、DLT-CC のクリープ試験を実施し、長期荷重作用時における変形性能であるクリープ性能を確認した。今後は、クリープ試験結果を踏まえ、適切なシアコネクタの選定ならびに施工性を考慮した簡便な設計手法の整備が必要である。

事業

非住宅・中大規模木造建築用の高耐力壁及び各部要素の活用の手引き作成

● 実施団体 ●

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

〒104-0043　東京都中央区湊3-4-4 中央山田ビル2階

事業目的

過年度の「非住宅・中大規模木造建築用の高耐力壁及び各部要素の開発検討」の事業成果に基づき、高耐力壁（新詳細計算法の提案）に係る手引き書を仕上げるとともに、手引き書を作成するに当たり、高耐力壁とその各部要素についての性能の追加検証などを行う。

実施した項目

①過年度の構造用面材と釘の組み合わせによる新詳細計算法に係る手引き書の完成
②高耐力壁と接合金物の組み合わせについて、解析モデルの完成とその検証
③新たにスギによる軸材での面材と釘との組み合わせによる、高耐力壁とその各部要素の性能の検証（データの蓄積）

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高耐力壁等の実務に携わる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　青木謙治（東京大学大学院農学生命科学研究科 教授）
委　員　落合　陽（東京都市大学建築都市デザイン学部建築学科 准教授）
委　員　逢坂達男（一般社団法人 日本木造住宅産業協会 技術開発委員長）
委　員　坂口晴一（一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会 技術部長）
委　員　大野哲也（一般社団法人 JBN・全国工務店協会中大規模木造委員会委員長）
委　員　功刀友輔（一般社団法人 中大規模木造プレカット技術協会 理事）
委　員　金井邦夫（木造住宅接合金物協会 会長）
委　員　神谷文夫（株式会社 セイホク 技師長）

■非住宅・中規模木造建築物の高耐力壁及び各部要素の活用の手引き作成WG（※敬称略・順不同）

主　査　大橋好光（前述）
委　員　青木謙治（前述）
委　員　落合　陽（前述）
委　員　神谷文夫（前述）
委　員　石川広資（株式会社 ノダ 繊維板事業部 製品管理課 課長、日本繊維板工業会 会員会社［MDF関係］）
委　員　渕上尚史（日本ノボパン工業（株）　営業本部 営業推進部　部長
（日本繊維板工業会 会員会社〔パーティクルボード関係〕）
委　員　川原重明（一般社団法人 中大規模木造プレカット技術協会 理事）
委　員　潮　康文（木造住宅接合金物協会）

■オブザーバー、行政

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター（以下、「住木センター」という。）、林野庁木材産業課、木構造振興株式会社　など

■コンサルタント

株式会社 えびす建築研究所

■事務局

（一社）木を活かす建築推進協議会

実施した内容

（1）高耐力壁

真のせん断変形角評価で相当壁倍率15倍の耐力かつ靭性のある破壊性状となる仕様を目標とする。これまで柱、梁などの軸材の樹種をヒノキとした仕様で実験、検討を行ってきたが、今年度は軸材の樹種をスギとした仕様で試験を行い標準仕様の拡充を目指す。

試験体の仕様は、梁は120×360mm（対称異等級構成集成材、E65-F225、スギ）、柱は120×150mm（同一等級構成集成材、E65-F255、スギ）、土台は150×120mm（同一等級構成集成材、E65-F255、スギ）とする。また、同つなぎ材、受材、および間柱には構造用製材（E70、スギ）を用いる。柱の断面寸法についてはヒノキ仕様では120mm角としていたが、スギ仕様ではヒノキと同等の断面性能を確保するため120×150mmとした。柱頭柱脚にはめり込み補強金物を配置する。

面材には構造用合板18mm（全層カラマツ）を使用し、釘ピッチは、縦方向をCNZ75@75mm 2列千鳥、横方向をCNZ75@200mm 2列千鳥（中央100mm 2列千鳥）とする。試験はタイロッド式で行い、真のせん断変形角による制御とする。試験は1仕様3体実施する。試験体図を図.1に示す。

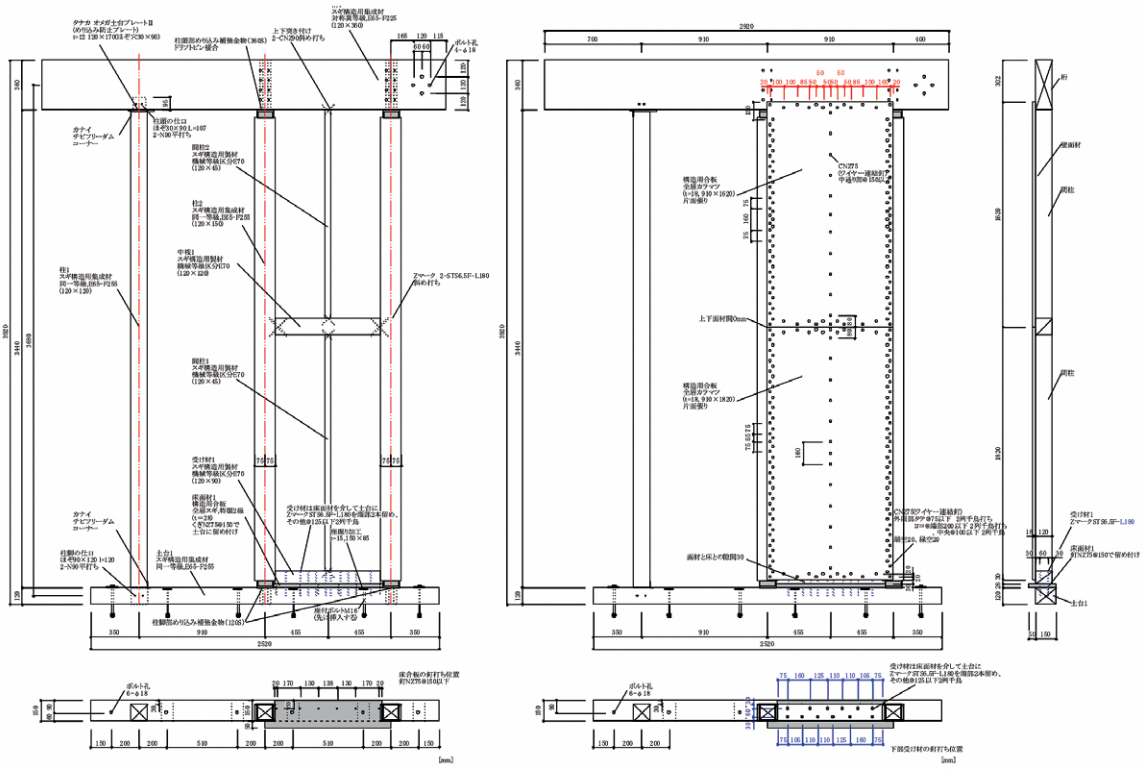


図.1　耐力壁試験試験体図（単位:mm）

（2）各種要素試験

設計手引き作成にあたり必要となる軸材樹種をスギとした場合の各種要素試験や追加で確認する必要のある各種要素について、1)～7)の試験を実施する。各種試験の概要図を図.2に示す。

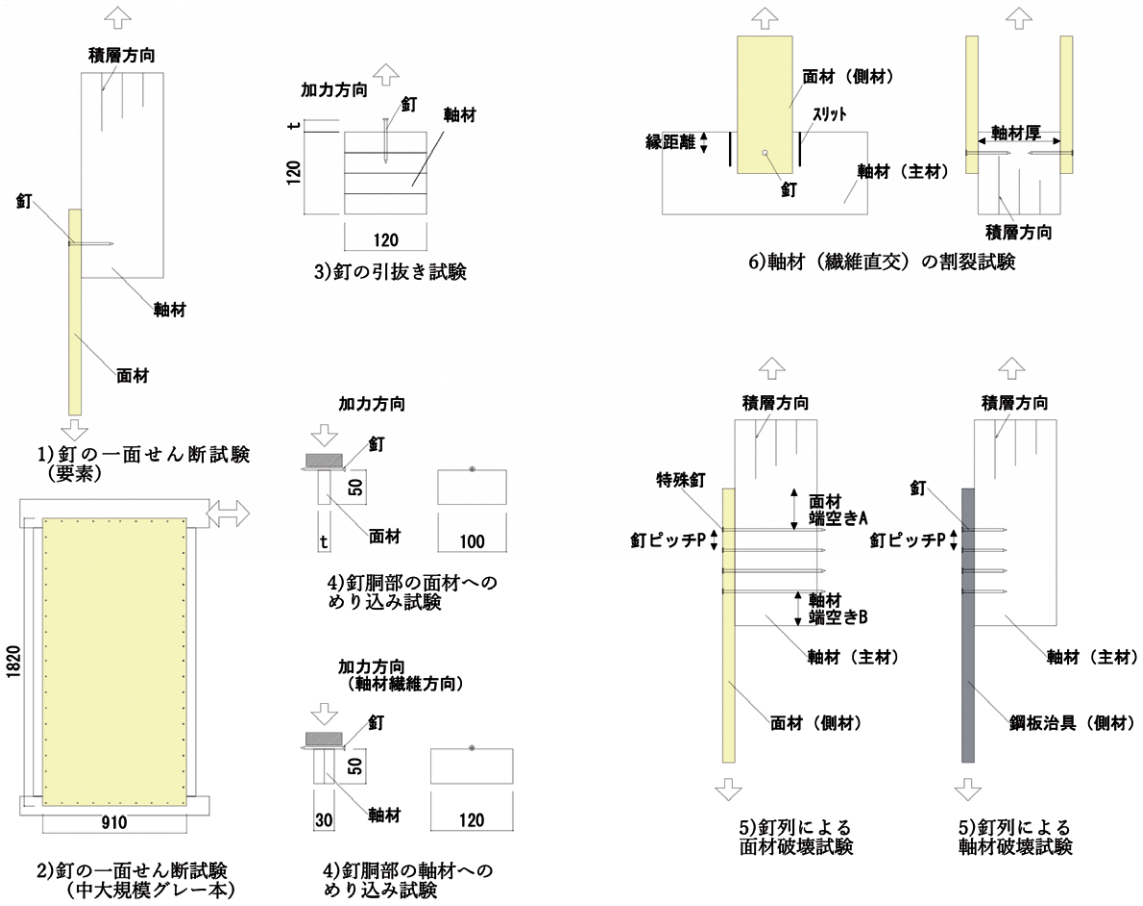


図.2　各種要素試験概要図（単位:mm）

1）釘の一面せん断試験（要素試験）

破壊性状及び釘(CNZ75)の一面せん断特性を得る目的でASTMに準拠した釘の一面せん断試験を、表.1に示す仕様にて実施する。試験体は軸材に面材を釘1本で接合し、単調引張載荷とする。

表.1　釘の一面せん断試験（要素試験）仕様

面材の種類		厚さｔ(mm)	軸材樹種	釘	試験体数
構造用合板	全層カラマツ	18	ｽｷﾞ	CNZ75（1本）	6
	全層ﾋﾉｷ	18	ｽｷﾞ	CNZ75（1本）	6
	全層ｽｷﾞ	24	ｽｷﾞ	CNZ75（1本）	6
MDF		18	ｽｷﾞ	CNZ75（1本）	6
パーティクルボード		18	ｽｷﾞ	CNZ75（1本）	6
構造用合板	全層カラマツ	18	ｽｷﾞ	CNZ75（5本）	3

2）釘の一面せん断試験（中大規模グレー本準拠）

釘(CNZ75)の一面せん断特性を得る目的で、住木センターが発行する「木造軸組工法中大規模建築物の許容応力度設計」（以下、「中大規模グレー本」という。）に準拠した釘の一面せん断性能を算出する試験を、表.2に示す仕様にて実施する。

表.2　釘の一面せん断試験（中大規模グレー本準拠）仕様

面材の種類		厚さ t (mm)	柱・梁	釘	試験体数
構造用合板	全層カラマツ	18	E65-F255、同一等級構成集成材、スギ	CNZ75@100mm 1列打ち	3
MDF		18			3
軸組みフレームのみ				—	1

3）釘の引抜き試験

釘(CNZ75)の引抜き抵抗を得る目的で釘の軸材からの引き抜き試験を、表.3に示す仕様にて実施する。

表.3　釘の引抜き試験仕様

軸材の種類＼釘の種類		CNZ75	試験体数
面材t18mm用	ヒノキ	R4実施済み	—
打ち込み深さ	スギ	○	6
面材t24mm用	ヒノキ	○	6
打ち込み深さ	スギ	○	6

4）釘胴部の面材・軸材へのめり込み試験

釘(CNZ75)胴部のめり込み特性を得る目的で釘胴部の面材、軸材へのめり込み試験を、表.4に示す仕様にて実施する。

表.4　釘胴部の面材・軸材へのめり込み試験仕様

面材・軸材の種類		寸法 (mm)	釘の種類 CNZ75	試験体数
構造用合板	全層カラマツ	t=18	実施済み	—
	全層ヒノキ	t=18	○	6
	全層スギ	t=24	○	6
MDF		t=18	実施済み	—
パーティクルボード		t=18	実施済み	—
ヒノキ集成材(軸材)		幅30	実施済み	—
スギ集成材(軸材)		幅30	○	6

5）釘列による面材及び軸材の破壊試験

釘列による面材及び軸材の破壊試験を表.5、表.6に示す仕様にて実施する。面材の試験では、釘が引き抜けないよう特注釘（CNZ75と同じ胴径、頭径で長さ150mm）を用い、面材の釘列に沿った破壊性状か釘頭のパンチングアウトとなる釘ピッチを調査する。軸材の試験では、釘頭がパンチングアウトしないよう面材に鋼板を用い、軸材の釘列に沿った割裂ではなく釘の引き抜けとなる釘ピッチを調査する。

表.5　釘列による面材の破壊試験仕様

面材	釘 (単位mm)	釘ピッチP (mm)	面材端空きA (mm)	軸材端空きB (mm)	試験体数
構造用合板18mm 全層カラマツ	特注 L=150 頭径φ7.92 胴径φ3.76	60	50	150	2
		50			2
		40			2
		30			2
		20			2
		60	20		1
		20			1
構造用合板24mm 全層スギ	特注 L=150 頭径φ7.92 胴径φ3.76	60	50	150	2
		50			2
		40			2
		30			2
		20			2
		60	20		1
		20			1
MDF 18mm	特注 L=150 頭径φ7.92 胴径φ3.76	60	50	150	2
		50			2
		40			2
		30			2
		20			2
		60	20		1
		20			1

表.6　釘列による軸材破壊試験仕様

軸材	加力方向に対する軸材の方向	釘ピッチ(mm)	釘本数	試験体数
同一等級構造用集成材 E65-F255 スギ120×120mm	繊維平行	50	5	6
		40	5	6
		30	5	2
同一等級構造用集成材 E95-F315 ヒノキ120×120mm	繊維平行	50	5	6
		40	5	6
		60	3	2

6）木材（繊維直交）の割裂試験

釘による木材（繊維直交）の割裂試験を、表.7に示す仕様にて実施する。釘はCNZ75とし、縁距離、軸材の幅をパラメータとした。軸材にはスリット（No.2-2,3-2はスリット無）を設け軸材の割裂を誘発する試験体とする。

表.7　軸材（繊維直交）の割裂試験仕様

No	試験体記号 繊維直交_側材種類_片面あたりの釘本数_材厚_縁距	面材(側材)		釘(CNZ75) 片面当たりの本数	縁距離 he(mm)	軸材厚(主材厚) l(mm)	試験体数
1	C⊥_Wk_1_180_10	構造用合板 t=18mm (全層カラマツ)	両面	1本	10	180	3
2	C⊥_Wk_1_180_20		両面	1本	20	180	3
2-2スリット無	C⊥_Wk_1_180_20_N		両面	1本			
3	C⊥_Wk_1_180_30		両面	1本	30	180	3
3-2 スリット無	C⊥_Wk_1_180_30_N		両面	1本			
4	C⊥_Wk_1_120_30		両面	1本	30	120	3
5	C⊥_Wk_1_30_10		両面	1本(貫通)	10	30	3
6	C⊥_SS_1_180_30	鉄板 t=18mm、幅15mm	両面	1本	30	180	3
7	C⊥_SS_1_30_30		両面	1本(貫通)	30	30	3
8	C⊥_Wk_4_180_30	構造用合板t=18mm (全層カラマツ)	両面	4本(@50)	30	180	3
9	C⊥_Wk_4_180_2040		両面	4本@50mm 2列千鳥	20,40	180	3
10	C⊥_Wk_4_180_3050		両面	4本@50mm 2列千鳥	30,50	180	3

軸材：樹種ヒノキ、同一等級構成集成材E95-F315、No.2-2、3-2を除きすべてスリット有り

（3）設計の手引きの作成

今年度及び過年度までの検討・実験の内容を取りまとめた高耐力壁に関する設計の手引きを作成する。

実施した結果

（1）耐力壁試験

荷重変形角曲線を図.3に、構造特性値を表.8に示す。荷重変形関係は1/20rad程度で最大荷重を迎え、変形が大きくなるにつれて荷重が低下する靭性のある結果となった。破壊性状は主に釘の引抜け破壊となり、柱の一部に釘の引抜けに伴う表層に割れが生じたが荷重が急落することはなかった。完全弾塑性処理をして得られた特性値は0.2Pu/Dsで決定し50%下限値で相当倍率15倍程度となった。

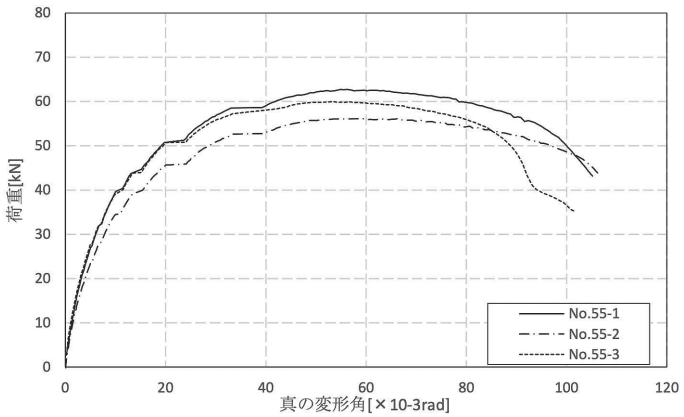


図.3　耐力壁試験荷重変形角曲線

表.8　耐力壁試験構造特性値

真のせん断変形角評価　　■中大規模グレー本準拠（δu＝1/20radで算出）

評価項目＼試験体No	No. 55-1	No. 55-2	No. 55-3	平均値	標準偏差	変動係数 Cv	ばらつき係数	50%下限値	壁長1mあたりの短期基準せん断耐力(kN/m)	相当倍率
壁長さ(m)	0. 91	0. 91	0. 91							
壁高さ(m)	3. 68	3. 68	3. 68							
Pmax(kN)	62. 1	55. 7	59. 8	59. 2	3. 2	0. 055	0. 974	57. 8		
Py(kN)	35. 2	31. 3	33. 6	33. 4	1. 960	0. 059	0. 972	32. 5		
0. 2Pu√2μ-1(kN)	29. 1	25. 6	29. 6	28. 1	2. 179	0. 078	0. 963	27. 1	29. 78	15. 1
2/3Pmax(kN)	41. 4	37. 1	39. 9	39. 5	2. 183	0. 055	0. 974	38. 5		
$P_{1/150}$(kN)	31. 8	27. 9	32. 0	30. 6	2. 312	0. 076	0. 964	29. 5		
初期剛性(10^3kN/rad)	4. 29	3. 74	4. 42	4. 15	0. 362	0. 087	0. 959	3. 98		
Py(kN)	35. 2	31. 3	33. 6	33. 4	1. 960	0. 059	0. 972	32. 5		
θy(10^{-3}rad)	8. 24	8. 42	7. 72	8. 12	0. 364	0. 045	0. 979	7. 96		
Pu(kN)	55. 6	49. 9	54. 4	53. 3	3. 022	0. 057	0. 973	51. 9		
θu(10^{-3}rad)	50. 00	50. 00	50. 00	50. 00	0. 000	0. 000	1. 000	50. 00		
塑性率μ	3. 86	3. 74	4. 06	3. 89	0. 158	0. 041	0. 981	3. 82		
構造特性係数Ds	0. 39	0. 39	0. 37	0. 38	0. 009	0. 023	0. 989	0. 39		

※低減係数αは乗じていない

（2）要素試験

1）釘の一面せん断試験（要素試験）

荷重変形関係から完全弾塑性処理して求めた釘の一面せん断特性を表.9、図.4に示す(平均値)。軸材樹種による剛性kは面材によって大小の傾向が異なる。また⊿Pv（せん断耐力)、δu（終局変位）はいずれの面材でも軸材樹種ヒノキの仕様が大きい結果となった。

表.9　釘の一面せん断特性（要素試験）

面材の種類		厚さt (mm)	軸材樹種	釘	k kN/cm	δv cm	δu cm	⊿Pv kN	実施年度
構造用合板	全層カラマツ	18	ﾋﾉｷ	CNZ75	12. 43	0. 21	2. 05	2. 59	2023年
			ｽｷﾞ	CNZ75	19. 90	0. 13	1. 40	2. 21	2025年
	全層ヒノキ	18	ﾋﾉｷ	CNZ75	16. 72	0. 15	2. 45	2. 19	2023年
			ｽｷﾞ	CNZ75	19. 17	0. 12	1. 57	2. 09	2025年
	全層スギ	24	ﾋﾉｷ	CNZ75	9. 00	0. 34	2. 61	2. 47	2023年
			ｽｷﾞ	CNZ75	19. 92	0. 13	1. 74	2. 08	2025年
MDF		18	ﾋﾉｷ	CNZ75	15. 22	0. 19	2. 95	2. 72	2023年
			ｽｷﾞ	CNZ75	20. 19	0. 10	1. 63	1. 87	2025年
パーティクルボード		18	ﾋﾉｷ	CNZ75	21. 18	0. 15	2. 31	2. 92	2023年
			ｽｷﾞ	CNZ75	18. 57	0. 12	1. 51	2. 00	2025年

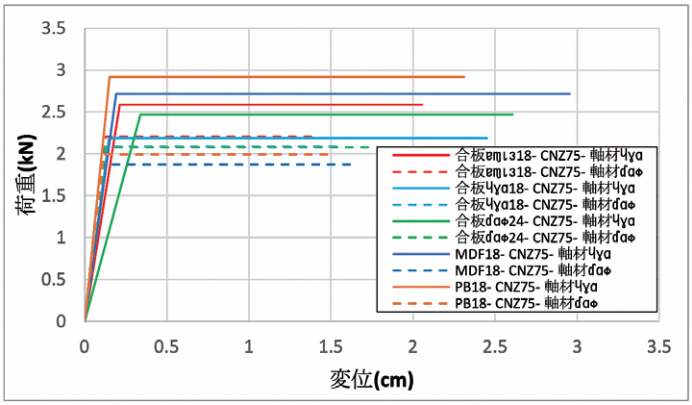


図.4　釘の一面せん断特性（要素試験）

2）釘の一面せん断試験（中大規模グレー本準拠）

中大規模グレー本に準拠して算出した釘の一面せん断特性を表.10、図.5に示す（低減係数α＝0.95）。併せて過年度に実施した軸材樹種ヒノキの結果も示す。軸材樹種による剛性差は樹種ヒノキの仕様が高い結果となった。

1),2)の試験法による傾向として、中大規模グレー本に準拠して求めた特性値ではδu（終局変位）は軸材樹種スギの方が大きい結果となっている。

表.10　釘の一面せん断特性（中大規模グレー本準拠試験）

真のせん断変形角評価　　■中大規模グレー本準拠（δu＝1/20radで算出）

評価項目＼試験体No	No. 55-1	No. 55-2	No. 55-3	平均値	標準偏差	変動係数 Cv	ばらつき係数	50%下限値	壁長1mあたりの短期基準せん断耐力(kN/m)	相当倍率
壁長さ(m)	0.91	0.91	0.91							
壁高さ(m)	3.68	3.68	3.68							
Pmax(kN)	62.1	55.7	59.8	59.2	3.2	0.055	0.974	57.8		
Py(kN)	35.2	31.3	33.6	33.4	1.960	0.059	0.972	32.5		
0.2Pu$\sqrt{2\mu-1}$(kN)	29.1	25.6	29.6	28.1	2.179	0.078	0.963	27.1	29.78	15.1
2/3Pmax(kN)	41.4	37.1	39.9	39.5	2.183	0.055	0.974	38.5		
$P_{1/150}$(kN)	31.8	27.9	32.0	30.6	2.312	0.076	0.964	29.5		
初期剛性(10^3kN/rad)	4.29	3.74	4.42	4.15	0.362	0.087	0.959	3.98		
Py(kN)	35.2	31.3	33.6	33.4	1.960	0.059	0.972	32.5		
θy(10^{-3}rad)	8.24	8.42	7.72	8.12	0.364	0.045	0.979	7.96		
Pu(kN)	55.6	49.9	54.4	53.3	3.022	0.057	0.973	51.9		
θu(10^{-3}rad)	50.00	50.00	50.00	50.00	0.000	0.000	1.000	50.00		
塑性率μ	3.86	3.74	4.06	3.89	0.158	0.041	0.981	3.82		
構造特性係数Ds	0.39	0.39	0.37	0.38	0.009	0.023	0.989	0.39		

※低減係数αは乗じていない

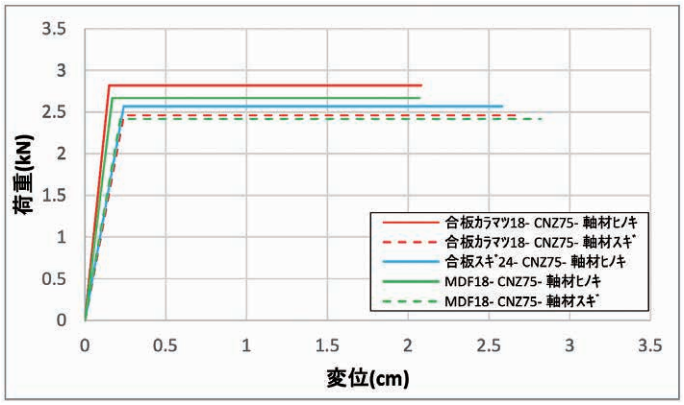


図.5　釘の一面せん断特性（中大規模グレー本準拠試験）

3）釘の引抜き試験

荷重変形関係及び釘の引抜き抵抗値を表.11、図.6に示す（平均値）。併せて昨年度までに実施した軸材樹種ヒノキの結果も示す。樹種ヒノキは実施年度が異なる(材料のロットが異なる)。引き抜き抵抗については、樹種ヒノキは打ち込み深さが深いほど引き抜き抵抗が大きい結果となった。

表.11　釘の引抜き試験結果

軸材樹種		打ち込み深さ L(mm)	最大荷重 Pmax(N)	引抜き抵抗※ T(N/mm)
ヒノキ	面材厚さ18mm想定	57	2515.5	44.1
	面材厚さ24mm想定	51	1571.8	30.8
スギ	面材厚さ18mm想定	57	1305.6	22.9
	面材厚さ24mm想定	51	1105.7	21.7

※T=Pmax/L

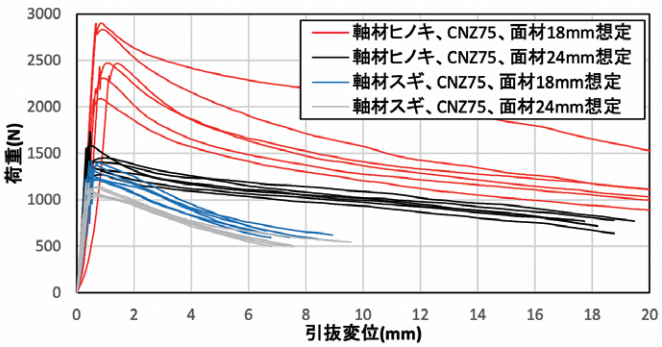


図.6　釘の引抜き試験結果

4）釘胴部の面材・軸材へのめり込み試験

荷重変形関係及びめり込み剛性を表.12、図.7 に示す（平均値）。併せて昨年度までに実施した軸材樹種ヒノキの結果も示す。

表.12　釘胴部の面材・軸材へのめり込み試験結果

面材・軸材の種類		寸法 (mm)	初期剛性 N/mm
構造用合板	全層ｶﾗﾏﾂ	t=18	3476.1
	全層ﾋﾉｷ	t=18	2288.8
	全層ｽｷﾞ	t=24	2222.5
MDF		t=18	2237.5
パーティクルボード		t=18	2585.1
軸材樹種ヒノキ		幅30	4976.8
軸材樹種スギ		幅30	3275.4

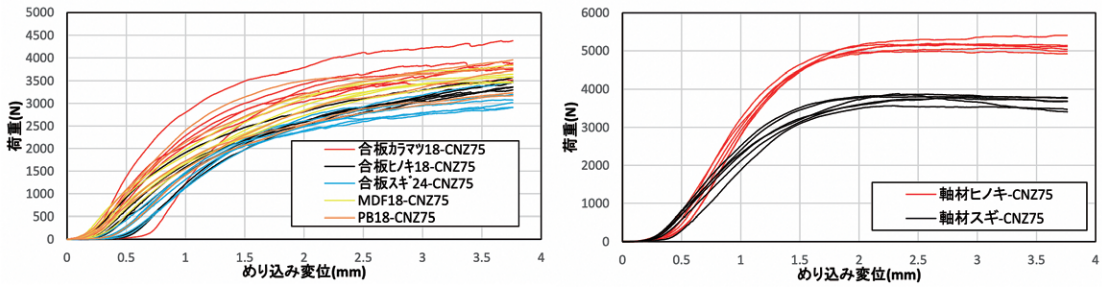


図.7　釘胴部の面材・軸材へのめり込み試験結果

5）釘列による面材及び軸材の破壊試験

〔面材試験〕いずれの面材においても、釘ピッチ 20～60mm においてすべてパンチングアウトとなり、釘列に沿った破壊は見られなかった。一般社団法人日本建築学会が発行する「木質構造設計規準」（以下、「木規準」という。）において、面材に対する釘配置のルールとして釘ピッチ 6d(d は「釘胴部径」）以上があり、CNZ75（d=3.76mm）では 6d = 22.6mm 以上となるため、木規準を準用した面材釘ピッチが適切であることが確認できた。

〔軸材試験〕軸材樹種スギ、ヒノキいずれも釘ピッチ 40mm で軸材の割裂、50mm で釘の引抜けとなった。木規準では板材に対する釘配置ルールとして釘ピッチ 12d 以上があり、CNZ75 では 45.1mm 以上となるため、木規準を準用した軸材釘ピッチが適切であることが確認できた。

6）木材（繊維直交）の割裂試験

割裂耐力（釘１本あたりの最大荷重）を表.13に示す。スリット有りの試験体では割裂が励起され概ね割裂破壊に至ったが、スリット無しの試験体では一部の試験体を除き割裂が生じず釘の引抜けで終局に至った。

試験結果を比較するとＣ⊥_Wk_1_180_10～30では縁距離が長くなるほど最大耐力が上昇する傾向が見られた。

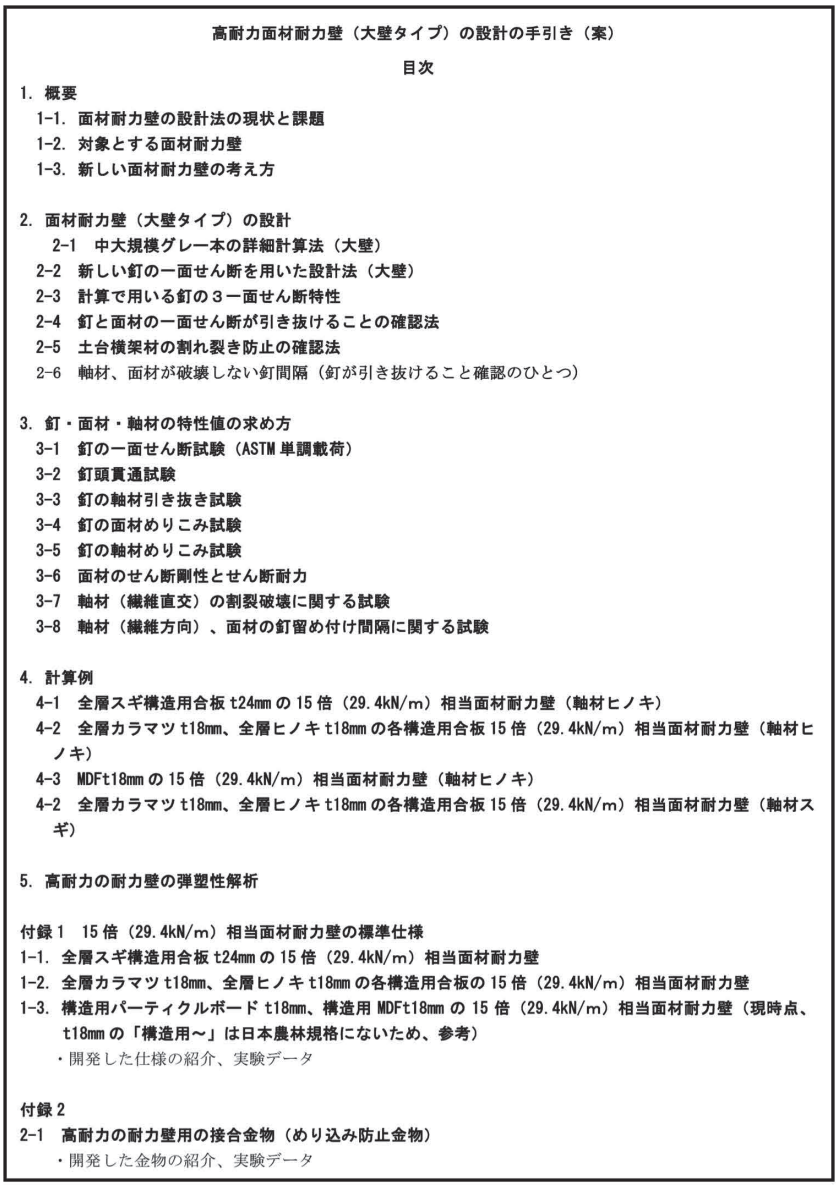
また、縁距離が30mmであったＣ⊥_Wk_1_180_30・Ｃ⊥_Wk_1_120_30・Ｃ⊥_SS_1_30_30を比較すると、軸材厚180mmの仕様は120mmの仕様に比べ最大耐力が約20%高い傾向が見られた。一方で軸材厚30mmの仕様は二面せん断接合であるため、側材が鋼板であることを差し置いても一層高い傾向が見られた。ただし、一面せん断接合の２倍よりは低く、厚180mm仕様の約40%高い程度に留まった。また、縁距離が10mmのＣ⊥_Wk_1_180_10・Ｃ⊥_Wk_1_30_10の比較においても同様で、２面せん断接合となる仕様で最大耐力が高くなる傾向が見られた。

表.13　軸材（繊維直交）の割裂試験結果

No.	試験体記号	釘1本あたりの特性値 Pmax(kN)
1	C⊥_Wk_1_180_10	1.05
2	C⊥_Wk_1_180_20	1.57
2-2	C⊥_Wk_1_180_20_N	2.88
3	C⊥_Wk_1_180_30	1.62
3-2	C⊥_Wk_1_180_30_N	2.53
4	C⊥_Wk_1_120_30	1.37
5	C⊥_Wk_1_30_10	1.48
6	C⊥_SS_1_180_30	1.87
7	C⊥_SS_1_30_30	2.34
8	C⊥_Wk_4_180_30	1.08
9	C⊥_Wk_4_180_2040	1.37
10	C⊥_Wk_4_180_3050	1.60

（3）設計の手引きの作成

設計手引きの目次案を図.8に示す。設計の手引きは大壁タイプの耐力壁に限定して提案する。本事業における大壁タイプとは大壁仕様（床勝ち）、真壁仕様（床勝ち）も包含する。これは壁面材と床面材、真壁の場合は壁面材と柱の間に適切にクリアランスを設けることで大壁仕様と同等の挙動となるためである。各種特性値、耐力壁仕様、接合金物の例を紹介するとともに、高耐力壁における注意点、各種要素試験の試験方法、詳細計算法の提案や、弾塑性解析モデルについて紹介する。



高耐力面材耐力壁（大壁タイプ）の設計の手引き（案）

目次

1. 概要
1-1. 面材耐力壁の設計法の現状と課題
1-2. 対象とする面材耐力壁
1-3. 新しい面材耐力壁の考え方

2. 面材耐力壁（大壁タイプ）の設計
2-1 中大規模グレー本の詳細計算法（大壁）
2-2 新しい釘の一面せん断を用いた設計法（大壁）
2-3 計算で用いる釘の３一面せん断特性
2-4 釘と面材の一面せん断が引き抜けることの確認法
2-5 土台横架材の割れ裂き防止の確認法
2-6 軸材、面材が破壊しない釘間隔（釘が引き抜けること確認のひとつ）

3. 釘・面材・軸材の特性値の求め方
3-1 釘の一面せん断試験（ASTM 単調載荷）
3-2 釘頭貫通試験
3-3 釘の軸材引き抜き試験
3-4 釘の面材めりこみ試験
3-5 釘の軸材めりこみ試験
3-6 面材のせん断剛性とせん断耐力
3-7 軸材（繊維直交）の割裂破壊に関する試験
3-8 軸材（繊維方向）、面材の釘留め付け間隔に関する試験

4. 計算例
4-1 全層スギ構造用合板 t24mm の 15 倍（29.4kN/m）相当面材耐力壁（軸材ヒノキ）
4-2 全層カラマツ t18mm、全層ヒノキ t18mm の各構造用合板 15 倍（29.4kN/m）相当面材耐力壁（軸材ヒノキ）
4-3 MDFt18mm の 15 倍（29.4kN/m）相当面材耐力壁（軸材ヒノキ）
4-2 全層カラマツ t18mm、全層ヒノキ t18mm の各構造用合板 15 倍（29.4kN/m）相当面材耐力壁（軸材スギ）

5. 高耐力の耐力壁の弾塑性解析

付録 1 15 倍（29.4kN/m）相当面材耐力壁の標準仕様
1-1. 全層スギ構造用合板 t24mm の 15 倍（29.4kN/m）相当面材耐力壁
1-2. 全層カラマツ t18mm、全層ヒノキ t18mm の各構造用合板の 15 倍（29.4kN/m）相当面材耐力壁
1-3. 構造用パーティクルボード t18mm、構造用 MDFt18mm の 15 倍（29.4kN/m）相当面材耐力壁（現時点、t18mm の「構造用～」は日本農林規格にないため、参考）
・開発した仕様の紹介、実験データ

付録 2
2-1 高耐力の耐力壁用の接合金物（めり込み防止金物）
・開発した金物の紹介、実験データ

図.8 設計の手引き目次案

今後の課題・展開等

（1）高耐力壁

実験及び検討の結果、壁倍率 15 倍相当の高耐力壁の標準仕様を確立した。非住宅建築物においてはより高耐力の仕様の需要もあるため標準仕様の開発が望まれる。

（2）接合金物

高耐力壁の柱頭柱脚接合金物は引張性能だけではなく圧縮（めり込み）やせん断性能も求められる。高耐力壁試験はタイロッド式で行われることがあり接合金物を配置しての耐力壁の性能確認も併せて実施していきたい。

（3）各種要素

本事業で対象とした壁倍率 15 倍相当の高耐力壁や、より高耐力の仕様開発に当たっては、市場流通している接合具だけではなく高耐力壁に特化した接合具開発も必要となってくる。胴部径の太いもの、頭径が大きい仕様の接合具であれば少ない本数で耐力発揮が期待できたり、靭性のある破壊性状となることが予想される。

事業

製材JASの格付け率向上に資する検査方法案の検討

● 実施団体 ●

一般社団法人 全国木材組合連合会
〒102-0082 東京都千代田区一番町 25 全国町村議員会館 6F

国産材製材協会
〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-4-1 大手町 21 ビル 7 F 木構造振興(株)内

事業目的

公共建築物の木材利用促進法が 2022 年に改正され、木造・木質化が推進されている。令和 7 年 4 月施行の改正建築基準法により、JAS 構造材の需要拡大が重要となっているが、製造コストや含水率測定の負担が課題である。

JAS 構造用製材の利用が進まない理由の一つとして、製造側にとって JAS 認証の取得・維持にかかるコストが原価として製品価格に転嫁されにくいことに加え、含水率は製品の品質を左右する重要な要素であるものの、含水率測定のための出荷予定製材品の破壊検査（全乾法）が必要になることも大きな負担になっていると考えられる。

このため JAS 製材品の非破壊測定による格付のための新たな検査方法案を作成し、大径化した原木を活かした製材利用、輸入材比率の高い横架材やディメンションランバーの国産材転換等の促進に資することを目的とする。

実施した項目

本事業では、木材乾燥、木材・木材加工分野の識者、公設試験機関、JAS 製品登録認証機関の担当者、関連行政担当者等を構成員とする検討委員会を設置し、併せて製造工程格付の運用面での検討を行うため、製材 JAS 制度に詳しい者（FAMIC、認証機関等）、行政関係者等を主体としたワーキング・グループ（以降＝WG）を設置し、下記の項目について実施した。

1．検討委員会の開催

委員会開催：3 回（令和 7 年 6 月、11 月、令和 8 年 1 月）
W G 開催：4 回（令和 7 年 6 月、7 月、9 月、12 月）

2．製品・技術の試験及び分析、製造工程格付運用面の検討

2．1　携帯型マイクロ波含水率計の制度検証

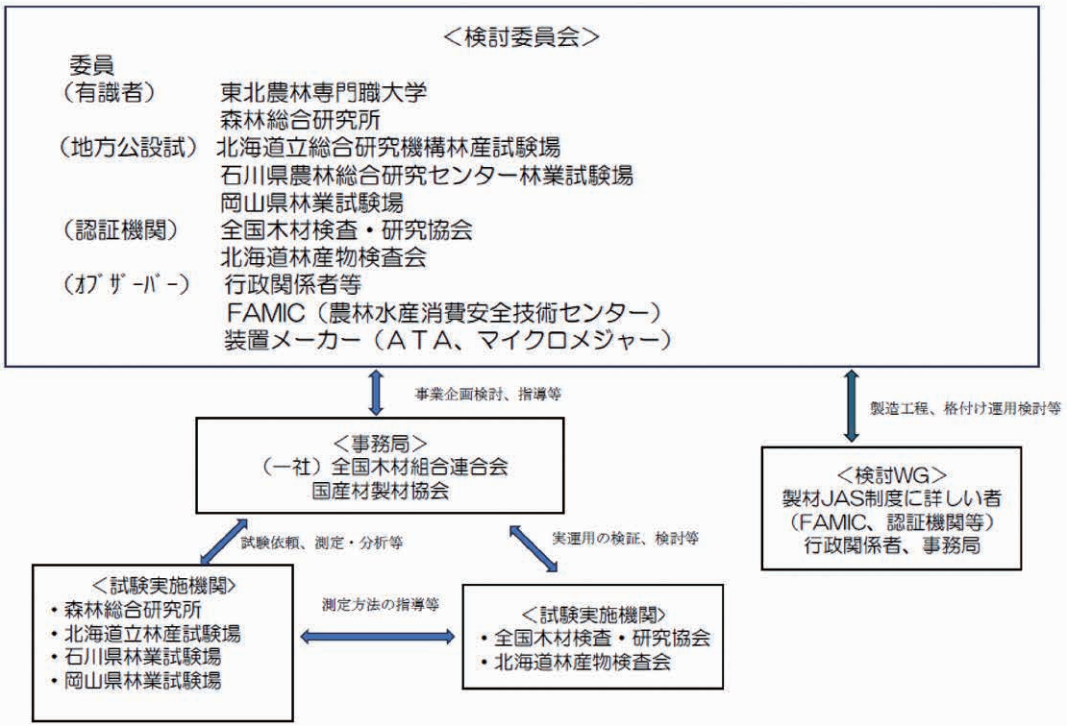
2．2　製造工程格付運用面の検討

※製造工程格付：令和元年に検査方法及び技術的基準に追加された、日々の製造時の品質管理のための検査の結果により格付を行う、製造工程における検査による格付（以下「製造工程格付」という。）のこと。

実施体制

実施体制は下図のとおり

事業の実施体制図



実施した内容

1．検討委員会の開催

検討委員会を３回開催し、事業の企画・推進を行った。

また、製造工程格付運用WGを４回開催し、運用に向けた検討を行った。

2．製品・技術の試験及び分析、製造工程格付運用面の検討

2．1　携帯型マイクロ波含水率計の精度検証

（1）試験体の調達

スギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツの正角乾燥材（断面105mm×105mm、材長３～3.65m）を調達した。スギは５地域（宮崎県、岡山県、愛知県、福島県、秋田県）、ヒノキは３地域（岡山県、岐阜県、福島県）、カラマツは２地域（長野県、北海道）、トドマツは１地域（北海道）から各地域それぞれ40本の正角を調達して試験を行った。トドマツ以外は心持ち正角とし、トドマツは心去り正角とした。調達時には、なるべく含水率が10～25%の範囲にばらつくようにした。

（2）検量線の作成

試験には（公財）日本住宅・木材技術センターの認定機種である携帯型のマイクロ波透過型含水率計HM-10（マイクロメジャー（株）製）およびMC-3200EX（(株）エーティーエー製）の２機種を使用した。

各樹種、各地域の正角に対して検量線を以下の手順で作成した。

①木口付近から切片を１枚採取し（図１）、全乾密度と全乾法による含水率を測定した。全乾密度と全乾法による含水率の偏りがないように検量線作成用（各地域10本）と含水率計の測定精度の検証用（各地域30本）に使用する試験体を事前に分けた。また、全乾密度の平均値は含水率計に入力し、②以降の測定に使用した。

②図１に示すように含水率の測定位置は試験材１本につき５箇所とし、５箇所とも２機種で測定した。

③測定箇所から厚さ40mmの切片を切り出し、全乾法による含水率を測定した。

④含水率計の表示値（HM-10）もしくは減衰電圧（MC-3200EX）と全乾法による含水率の関係を散布図に示し、その直線回帰式を検量線とした。

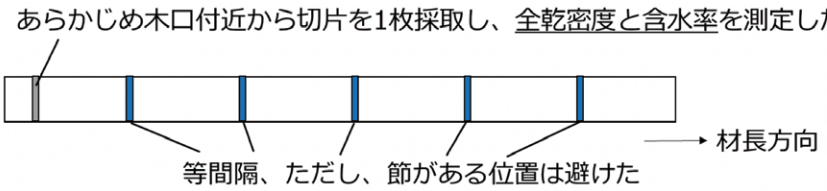


図１　含水率の測定位置

（3）　測定精度の検証

２．１（２）と同様５箇所の含水率を測定した。その後、測定箇所から厚さ40mmの切片を切り出し、全乾法による含水率を測定した。全乾法による含水率と含水率計による値を比較し、測定精度は二乗平均平方根誤差（RMSE：測定誤差が平均でどの程度あるかを表す指標）を用いて評価した。

２．２　製造工程格付運用面の検討

従来の最終製品による検査による格付（以下、従来の格付）の場合、製造後に一定の日数分の荷口から規定数を抽出して検査を実施し、合格した場合に、当該等級に格付を行っている。工場においては、格付のための検査の結果を待つ間、在庫となるため、事業の障害となっていたところである。

一方で、製造工程による検査の場合、原則１日単位の荷口が、品質管理のための試験等の結果が基準※を満たしていれば格付検査に合格（最終製品の検査は不要）とすることとなり、在庫とする必要がない。なお、品質管理の一環として、モニタリング（確認検査）を従来の格付検査と同じ内容で実施する必要がある（図2.2①）。

今回は製造工程による検査方法を運用開始するために、次の事項を実施した。

※基準は、すべての製品について製品検査を行ったとしても確実にJAS規格を満たす水準に設定

（1）認証事業者10工場分の品質管理内部規程を入手し、管理項目・方法等（品質管理規定等のデータ）より、JASで要求される品質事項（外面、寸法、含水率、曲げ性能）について、製造工程格付へ移行した際の課題をとりまとめた。

（2）上記10工場のうち製造工程などにおいて代表的な２工場へ訪問し、製造・品質管理実態を確認しつつ、木材サンプル（基準木）を用いたグレーディングマシンやマイクロ波含水率計の品質管理データを取得した。

（3）（1）で確認した製造・品質管理実態及び品質管理データを用いて、グレーディングマシン及びマイクロ波含水率計の製造業者へ訪問し、測定機器の精度を保つための管理方法の確認を行うとともに、測定機器の測定誤差等を踏まえた適切な品質管理基準の設定方法を検討した。

（4）（2）を踏まえ、登録認証機関も含めて関係者の意見を踏まえつつ、製造工程における検査による格付の実施方法案を作成した。

（5）登録認証機関を含め、普及のための実施方法案を取りまとめた。

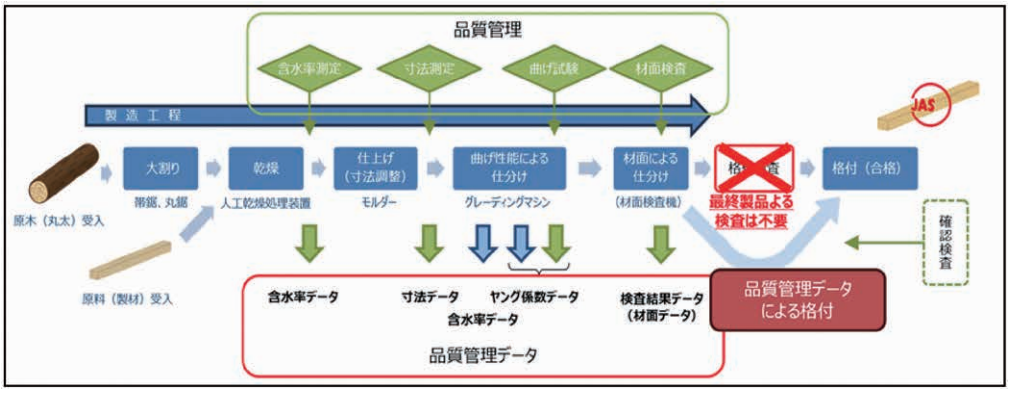


図2.2①　製造工程格付のイメージ（機械等級区分構造用製材の場合）

3．実施した結果

3．1　製品・技術の試験及び分析

（1）携帯型マイクロ波含水率計の精度検証

① 全乾密度と全乾法による含水率

全乾密度の結果を表１に、全乾密度と全乾法による含水率との関係を図２に示す。地域による全乾密度のバラツキはカラマツ、スギ、ヒノキの順で大きかった。全乾法による含水率はスギで一部30%を超えるような高いものが見られたが、多くは8%から25%の範囲にまとまっていた。

表１　全乾密度の測定結果

	スギ					ヒノキ			カラマツ		トドマツ
	宮崎	岡山	愛知	福島	秋田	岡山	岐阜	福島	長野	北海道	北海道
平均	0.39	0.39	0.36	0.39	0.35	0.43	0.43	0.45	0.49	0.42	0.33
最小	0.32	0.31	0.32	0.34	0.31	0.35	0.37	0.36	0.43	0.38	0.28
最大	0.46	0.49	0.42	0.47	0.41	0.53	0.47	0.52	0.57	0.46	0.39
標準偏差	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02

各地域のN= 40、単位: g/cm^3

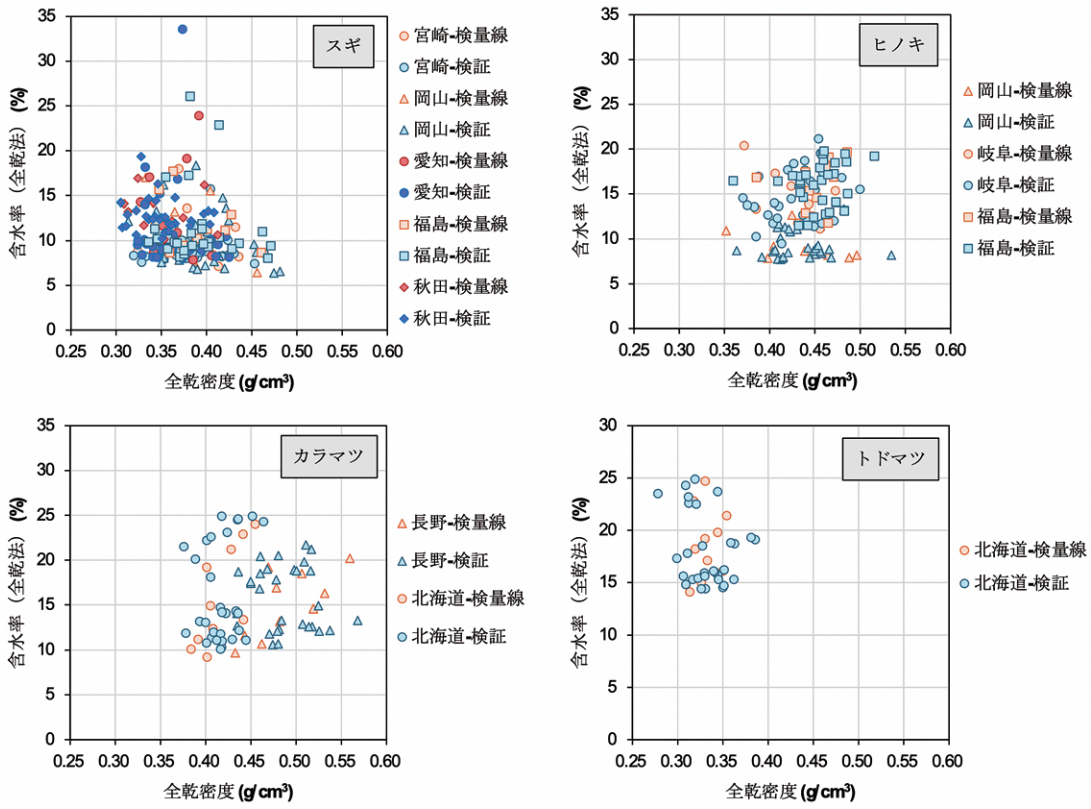


図２　樹種別の全乾密度と全乾法による含水率の関係

（2）作成した検量線

含水率計（HM-10あるいはMC-3200EX）の表示値と全乾法による含水率の関係を樹種別に図３および図４に示す。いずれの樹種および含水率計においても両者は直線関係にあり、この散布図から求めた直線回帰式を検量線とした。作成した検量線の傾き、切片および決定係数R^2の結果を表２および表３に示した。決定係数R^2を各地域と全域とで比較するとカラマツでは両者に違いが見られ

ず、ヒノキは全域が大きな値を示した。スギはHM-10の宮崎や愛知のように全域よりも各地域のR2が大きいものも確認された。

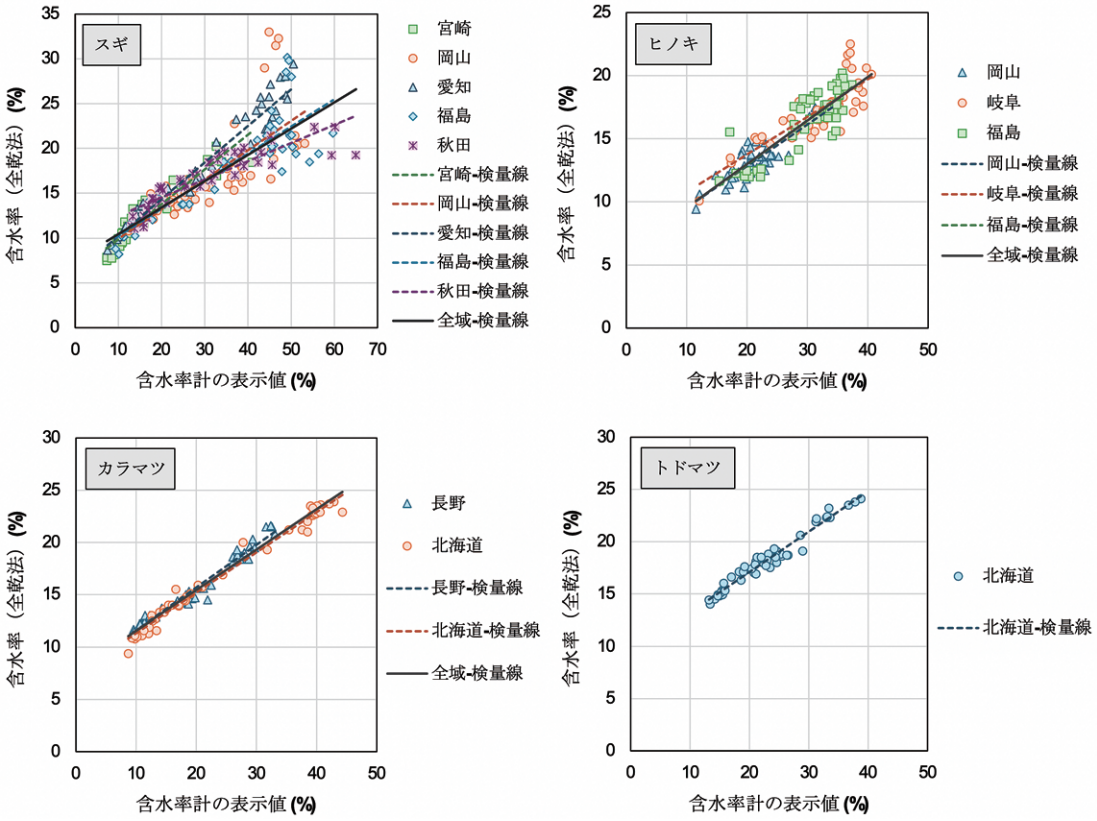


図３　樹種別の含水率計の表示値（HM-10）と全乾法による含水率の関係

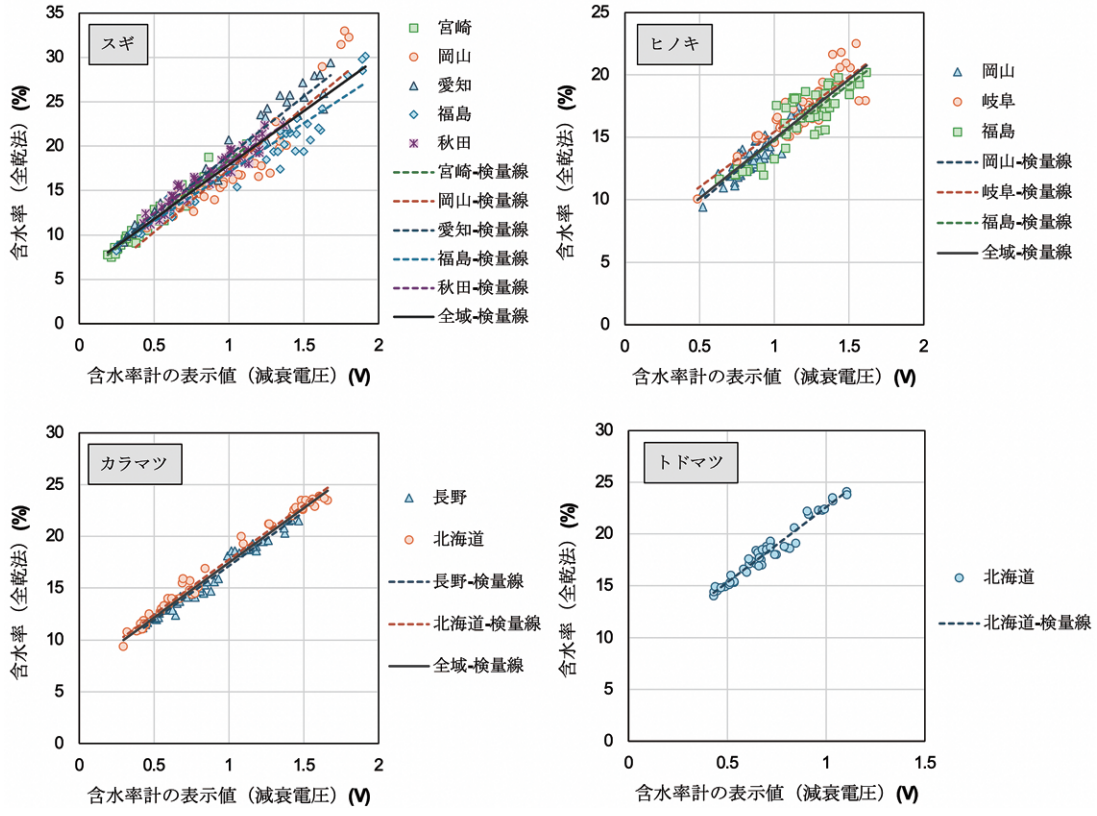


図４　樹種別の含水率計の表示値（MC-3200EX）と全乾法による含水率の関係

表２　作成した検量線の情報(HM-10)

	スギ						ヒノキ				カラマツ			トドマツ
	宮崎	岡山	愛知	福島	秋田	全域	岡山	岐阜	福島	全域	長野	北海道	全域	北海道
傾き	0.39	0.33	0.41	0.30	0.20	0.32	0.33	0.30	0.35	0.35	0.41	0.39	0.39	0.39
切片	6.01	6.66	6.16	7.22	10.44	7.36	6.23	7.78	5.80	6.08	7.51	7.48	7.70	9.34
R^2	0.89	0.53	0.95	0.77	0.78	0.77	0.80	0.68	0.72	0.81	0.97	0.98	0.97	0.96

表３　作成した検量線の情報（MC-3200EX）

	スギ						ヒノキ				カラマツ			トドマツ
	宮崎	岡山	愛知	福島	秋田	全域	岡山	岐阜	福島	全域	長野	北海道	全域	北海道
傾き	13.10	14.00	13.34	11.03	11.49	12.14	10.08	8.85	9.08	9.55	10.44	10.55	10.55	14.53
切片	5.28	3.34	5.61	6.04	6.73	5.75	4.73	6.58	5.62	5.33	6.69	7.20	7.70	8.06
R^2	0.95	0.87	0.96	0.93	0.92	0.92	0.80	0.74	0.76	0.84	0.98	0.99	0.98	0.96

（3）測定精度の検証

含水率計（HM-10あるいはMC-3200EX）で推定された含水率と全乾法による含水率の関係を樹種別に図５および図６に示す。表４に異なる検量線を適用した場合のRMSEの結果を示した。マイクロ波含水率計は高含水率の木材に対してはマイクロ波の減衰電圧と含水率の直線関係が変わってしまうため、含水率20%以下の試験体のみを対象として分析した場合のRMSEも併せて記載している。各地域の検量線を適用した場合と、全体で１つの検量線を適用した場合のRMSEの差は最大で0.12%（カラマツ、20%以下のみを対象）であった。産地による密度のバラツキが大きかったカラマツについても検量線の違いによるRMSEへの大きな影響は見られなかった。このことから、携帯型マイクロ波含水率計は樹種ごとに全国１つの検量線で運用できる可能性が示唆された。

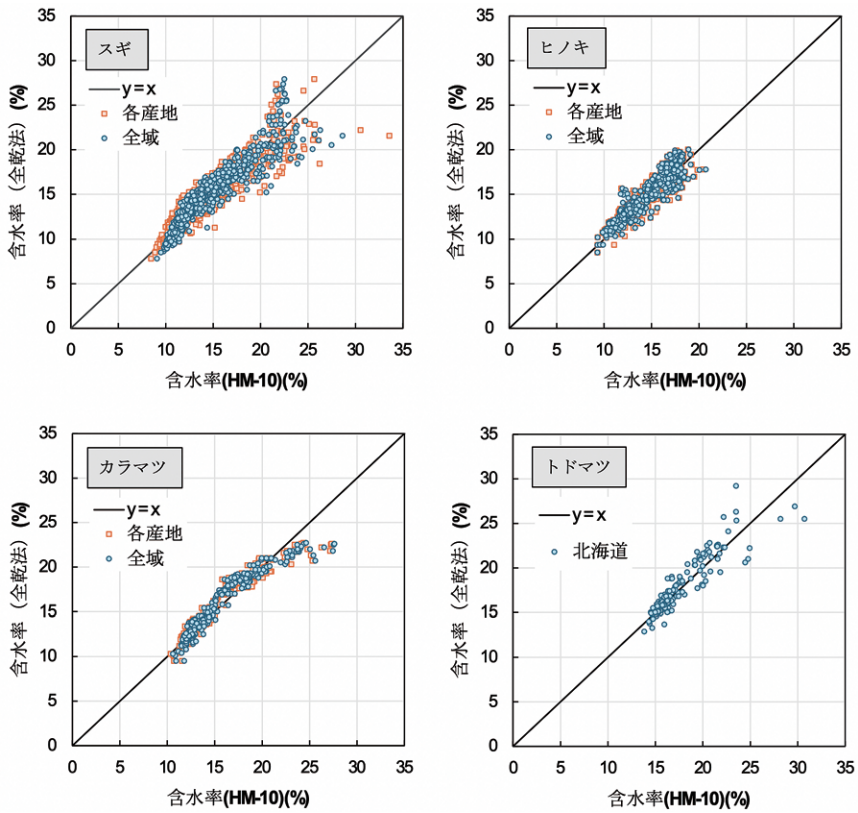


図５　樹種別の含水率計（HM-10）による測定値と全乾法による含水率の関係

注：各産地はそれぞれの地域の検量線を適用し、全域は全体で１つの検量線を適用した

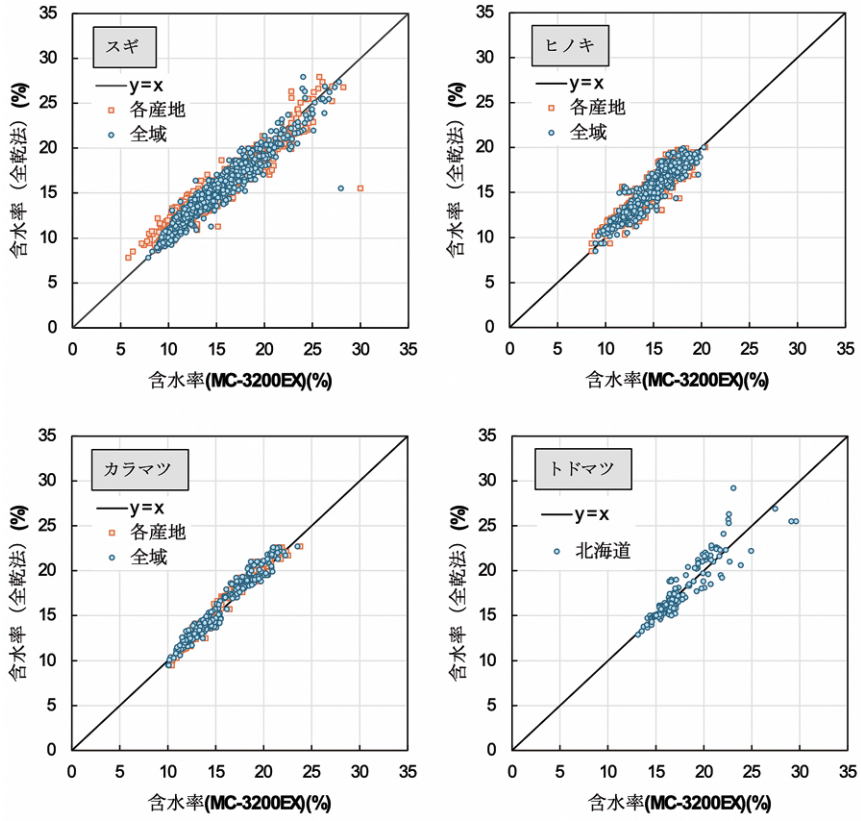


図６　樹種別の含水率計（MC-3200EX）による測定値と全乾法による含水率の関係

表４　含水率計に用いる検量線と二乗平均平方根誤差 (RMSE) の関係

注：丸括弧内の数字は全乾法による含水率が 20% 以下の試験体のみを対象とした場合の RMSE

	HM-10				MC-3200EX			
	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ
各地域の検量線を適用	1.91 (1.29)	1.11 (1.10)	1.10 (0.78)	n/a n/a	1.43 (0.94)	1.08 (1.10)	0.68 (0.57)	n/a n/a
全体で1つの検量線を適用	1.97 (1.30)	1.11 (1.11)	1.15 (0.81)	1.33 (0.84)	1.44 (0.95)	1.05 (1.06)	0.76 (0.69)	1.30 (0.83)

n/a: 該当なし、単位: %

３．２　製造工程格付の運用面の検討

（１）外面検査について

選別後の有識者による抽出検査又は有資格者によって全数の検査・選別が行われた記録及び全数選別を行った者以外の者によって抽出によって再検査した結果の記録を用いて製造工程格付は可能であると考えられる。

（２）寸法測定について

モルダー及び横切り機械が適切に稼働していることを確認した点検記録（日常、定期）、一定数（５本/日など）実施する精度確認の結果及び測定器具（ノギス、鋼鉄製巻尺）の点検記録（日常、定期）を用いて製造工程格付は可能であると考えらえる。

（３）含水率について

マイクロ波含水率計（設置型）が適切に稼働していることを確認した点検記録（日常、定期）、マイクロ波含水率計（設置型）の測定データ、乾燥日誌（確認・点検）を用いて製造工程格付は可能であると考えられる。

（4）曲げ性能について

打撃式グレーディングマシン、設置型含水率計及び曲げ試験機を製造する機械メーカー２社へのヒアリング調査により、各メーカーの推奨する点検方法や、含水率計等の日常点検に使用可能な器具（１社で作製予定）等の情報を収集し、点検可能な方法を確認できた。グレーディングマシンの日々の点検、月一度など定期的な点検を行い、曲げ試験機の測定値とのずれがないことを十分に確認していることを前提に、グレーディングマシンによる選別結果を用いて、品質管理の結果とすることは可能であると考えられる。

なお、基準木を利用してグレーディングマシン（マイクロ波含水率計（設置型）含む）による含水率及び曲げヤング係数の測定値の妥当性を判定するための検討については、基準木の測定値の変動に、気温・湿度等による基準木の状態変化が含まれることが考えられたことから、妥当との判断はしなかった。基準木を利用したグレーディングマシンの測定値の妥当性を確認する方法が、製材工場にとって利便性があると考えられる場合は、検証を加える余地はあると考えられる。

（5）製材の製造工程の検査による格付に関する実施方法書（案）を作成した。

今後の課題・展開等

4．今後の課題・展開等

4．1　製品・技術の試験及び分析

①本事業の結果（検量線や測定精度）をもとに、マイクロ波含水率計が全乾法に代替可能かを実際に製材工場で生産されるロット等を対象に検証を進めることが求められる。

②樹種および含水率計によって測定誤差（RMSE）が異なるが、測定誤差が同程度になるように何かしらの補正が必要か検討する。

③携帯型マイクロ波含水率計の測定誤差が測定方法に影響されることが確認されたため、測定方法を画一化するためのマニュアルの整備や装置の改良が望まれる。

4．2　製造工程格付運用面の検討

①基準木を用いた含水率及び曲げ性能の品質管理手法は、管理方法・気温・湿度等による影響が大きく、日常の使用には推奨できないと考えられる。

②今年度作成した実施方法案をもとに、同方法の採用が想定される構造用製材認証工場数工場において、運用させることができるか、実証し普及することが必要。

③基準木を用いたグレーディングマシンの測定値の妥当性を判断する手法は、運用の実証を行うなかで、より簡便な方法として製材工場に要望があるのであれば、再検討することも考えられる。

事業

国産材対応中層非住宅木造建築物等に必要なCLT等部材技術開発事業及び普及事業

● 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

〒416-0932　静岡県富士市柳島 242-2

事業目的

近年、中層非住宅木造建築物の需要が増えてきているが、特殊な架構、接合部を使用する場合、コストを抑えることができない。中層非住宅木造建築物を普及させるために、入手しやすい一般流通部材や金物でコスト競争力の高い安価な架構、接合部を開発し、標準化、マニュアル化を行う。

実施した項目

① 国産材 CLT 耐力壁等の設計法確立のための要素試験

当協会ではこれまで国産材 36mmCLT を表しとした高強度耐力壁の開発を行ってきた。中層非住宅木造建築物の設計では、階高や壁の幅など試験と同じ条件で使用できない場合があり、条件ごとに試験を行うことは時間、コストがかかるため、木材利用普及の障害となっている。国産材 36mmCLT 耐力壁のせん断耐力を計算で算出できるようにするため、必要なパラメータとしてせん断力を伝達させる木質構造用ねじ（以下ビスとする。）の各接合状況の要素試験を行った。

また、中層非住宅木造建築物では火熱遮断壁で耐火区画を区切ることがあり、その火熱遮断壁と木造建築物本体の間に耐火被覆材を挟んで木材と木材を斜めビス打ちで接合する箇所の一面せん断耐力と引張耐力を求めるための要素試験を行った。実際の納まりでは強化石膏ボードが間のスペース部分に挟まれるのであるが、強化石膏ボードを無視した場合における接合耐力を確認した。木材の間隔は 1 時間耐火を想定した 21mm × 2=42mm と、1.5 時間耐火を想定した 21mm × 63mm とした。図のようにビスをクロスに留めてトラス効果に期待した試験体で、一面せん断試験と引張試験を行った。

② 国産材対応高強度柱脚金物の拡充

2021 年度に開発した木口鋼板斜めビス留め 120 角柱頭柱脚金物を、施工性向上、コストダウンを図るため、ビスを繊維方向にビスを留める仕様に変更して、性能を確認した。

また、中大規模木造の柱頭柱脚接合部では引張と同時にめり込みの対応が重要になる。木質構造用ねじによるビス補強について既往研究があるが、より簡略で実用的なめり込み補強ビスの耐力算定式の実証としてビスメーカー 3 社のビスの長さ、径と、樹種をパラメータとして実験を行った。

③ 開口部に使用できる採光可能耐力壁の開発

非住宅木造建築物は、一般の住宅よりも固定荷重、積載荷重共に大きいため、耐力壁の量が多く必要になる。耐力壁を配置する壁が多いと視界を妨げることになり閉塞感が生まれる。そのため、開口部に使用できる採光可能耐力壁が求められる。そこで、壁倍率 15 倍相当の格子耐力壁の開発を行った。

④ ラーメン架構に必要な鋼管斜めビス補強引きボルト式ラーメン柱梁接合部の開発

昨年度既往の引きボルトラーメン接合部の高耐力化として座金の代わりに角型鋼管を利用して、斜めビスで初期剛性、耐力を補強した、鋼管斜めビス補強引きボルト式ラーメン柱脚接合部の開発を行った。斜めビス補強引きボルト式の十分な効果が確認できた。本年度はラーメン架構を構成するのに必要なラーメン柱梁接合部について、同じ斜めビス補強引きボルト式の仕様で試験を行った。

実施体制

実施事業		担当ワーキング	ワーキング責任者
国産材対応中層非住宅木造建築物等に必要なCLT等　部材技術開発事業及び普及事業	①国産材CLT耐力壁等の設計法確立のための要素試験	構造ワーキング	稲山正弘 (株)ホルツストラ)
	②国産材対応高強度柱脚金物の拡充	構造ワーキング	稲山正弘 (株)ホルツストラ
	③開口部に使用できる採光可能耐力壁の開発	構造ワーキング	稲山正弘 (株)ホルツストラ
	④ラーメン架構に必要な鋼管斜めビス補強引きボルト式ラーメン柱梁接合部の開発	構造ワーキング	稲山正弘 (株)ホルツストラ
国産材CLT等木質建築部材普及事業	報告書、発表資料の作成と試験成績書の公開	構造ワーキング	稲山正弘 (株)ホルツストラ)

構造委員会委員長：川原重明((株)木質環境建築)

実施した内容

① 国産材CLT耐力壁等の設計法確立のための要素試験

1）36mmCLTを使用した耐力壁の要素試験として、36mmCLTを受材45mm×40mmヒノキKDで挟んでφ6㎜のビス2面せん断となるように留めた試験体（図1、写真1）と、柱・横架材を想定した120mm×120mm（ヒノキ集成材E95-F315）に受材45×40mmヒノキKDを直接φ6㎜、φ8mmのビスで留めた試験体（図2)、1時間耐火を想定して強化せっこうボード21mm2枚（図3、写真)、1.5時間耐火被覆を想定した強化せっこうボード21mm3枚を母材と受材の間に挟んでビスφ8mmのビスで留めた試験体（図4、写真3）の計4種類の正負繰り返し加力で試験を行った。

接合具		
製品名	呼び径	ビス長
ロングビス	6.0	100
パネリードⅡ	6.0	110
Xポイントビス	6.0	110

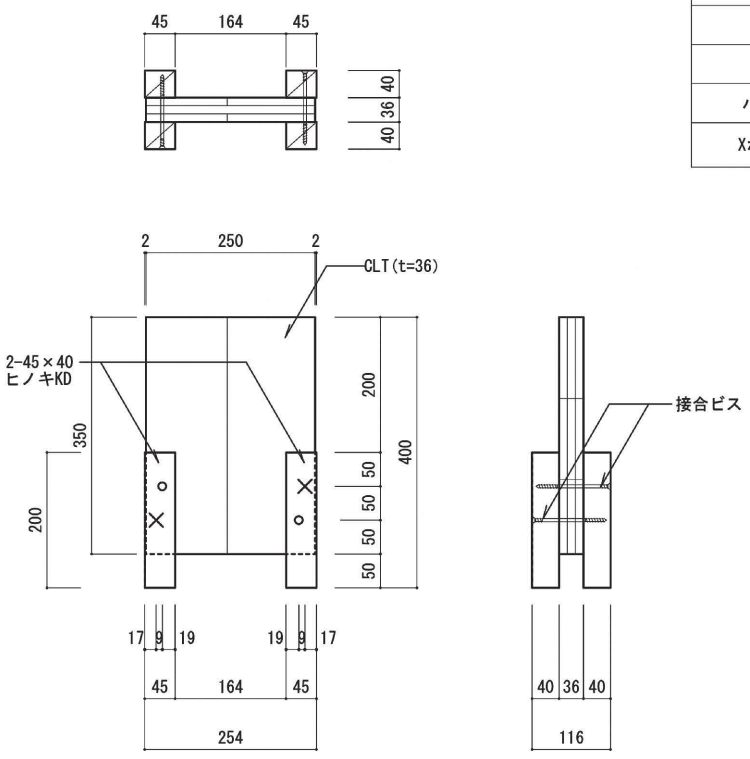


図1　CLT-受材2面せん断試験体

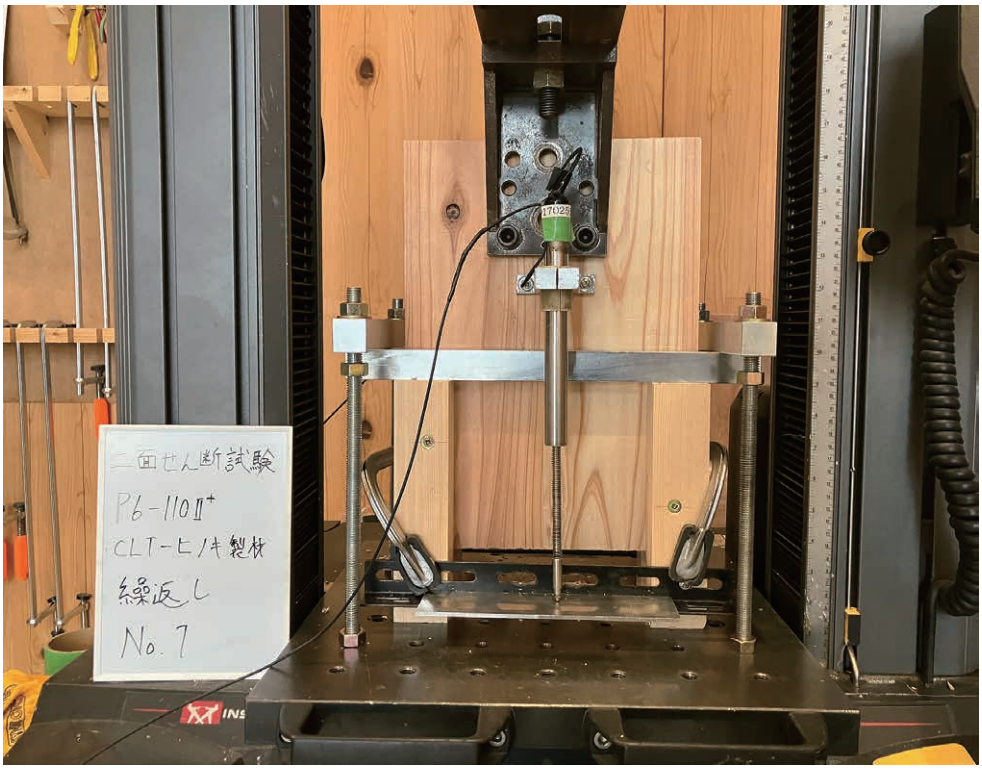
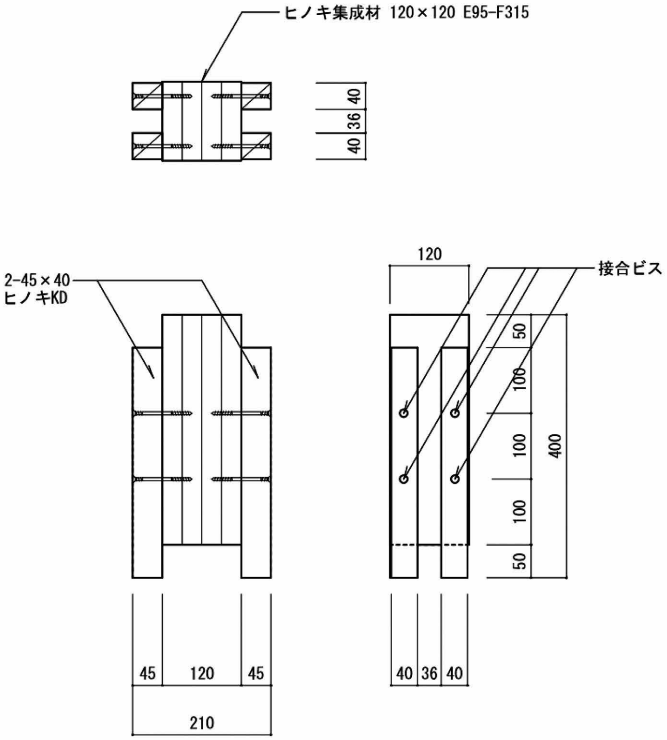
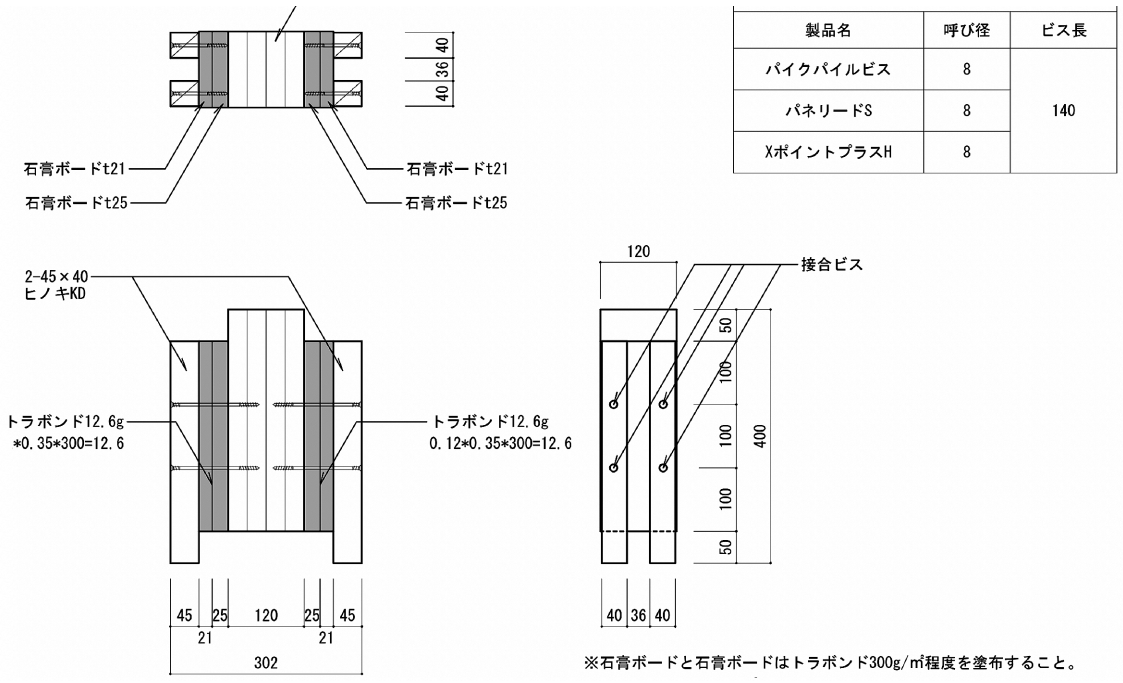


写真１　CLT-受材２面せん断試験体



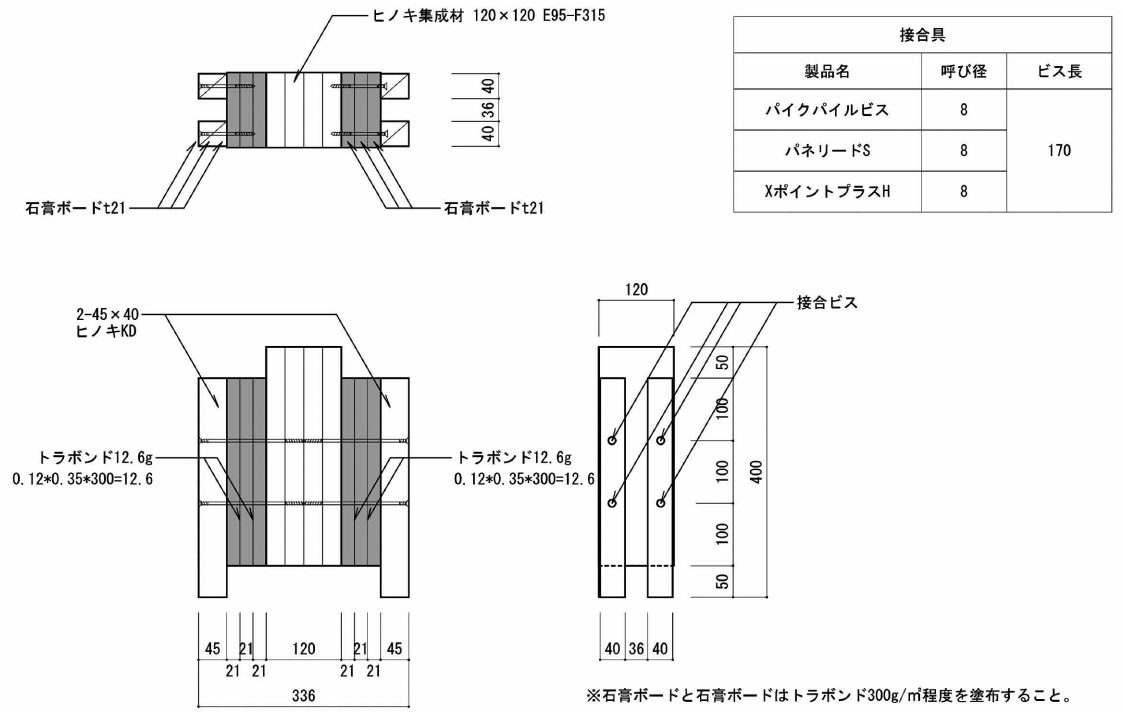
接合具		
製品名	呼び径	ビス長
ロングビス	6.0	80
パネリードⅡ	6.0	90
Xポイントビス	6.0	90
パイクパイルビス	8	110
パネリードS	8	110
Xポイントプラス H	8	110

図２　主材-受材一面せん断試験体



製品名	呼び径	ビス長
パイクパイルビス	8	140
パネリードS	8	
Xポイントプラス H	8	

図３　主材-受材一面せん断試験体（1時間耐火）



接合具		
製品名	呼び径	ビス長
パイクパイルビス	8	170
パネリードS	8	
Xポイントプラス H	8	

図４　主材-受材一面せん断試験体（1時間耐火）

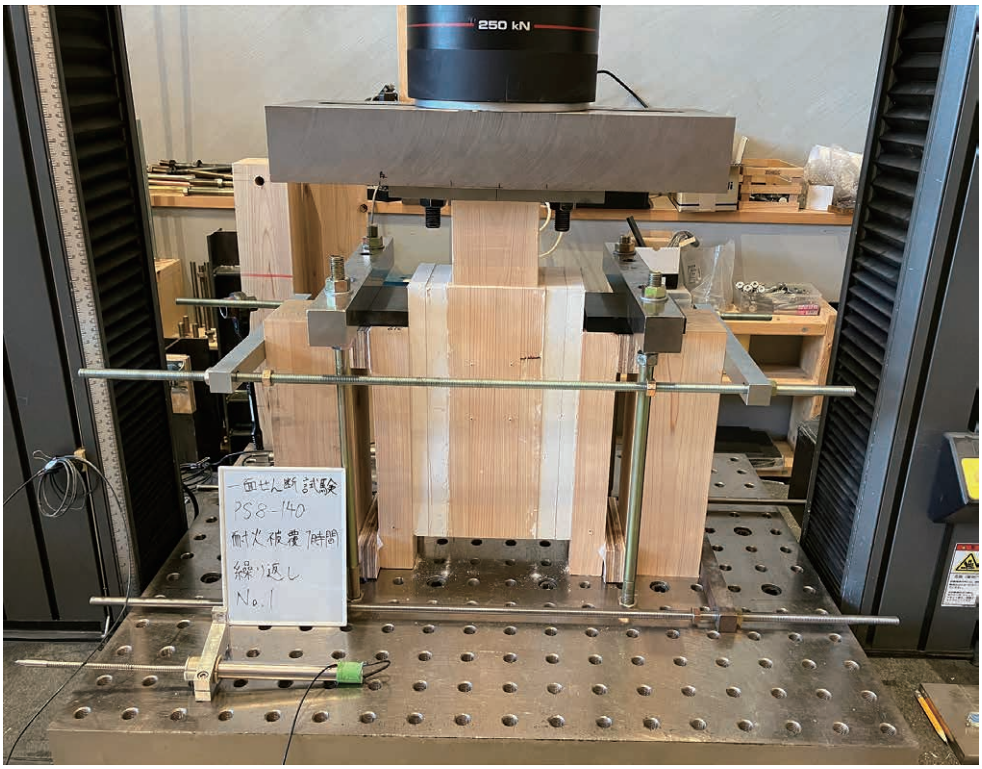


写真２　主材-受材一面せん断試験体

2）火熱遮断壁と木材の接合部として、主材、側材にスギKD105 × 105mmを使用し、1時間耐火仕様は42mmの間隔をあけビスφ8mm − 290mm（図5、写真4）を、1.5時間耐火仕様は63mmの間隔をあけビスφ8mm − 320mm（図6、写真5）を、それぞれ45°に4対交差させて留めた試験体で一面せん断試験を行った。同じ仕様でビスを2対交差させて留めた試験体（図7、8）で引張試験を行った。加力方法は正負繰り返し加力とし、繰り返し履歴は、予備試験の単調加力を行って、その結果から降伏耐力Pyや降伏変位δyを求めて、グレー本の第4章試験方法と評価方法　4.4継手・仕口接合部の試験の評価方法、4.4.3試験方法に準じて、降伏変位δyを繰り返し加力時の繰り返し履歴の基準値としています。基準値としたδyの1/2、1、2、4、6、8、12、16倍の変形まで順に1回ずつの繰り返し加力を行うこととしている。
変位計は、主材と側材の相対変位を表裏1箇所ずつ取って、平均の変位を取っている。

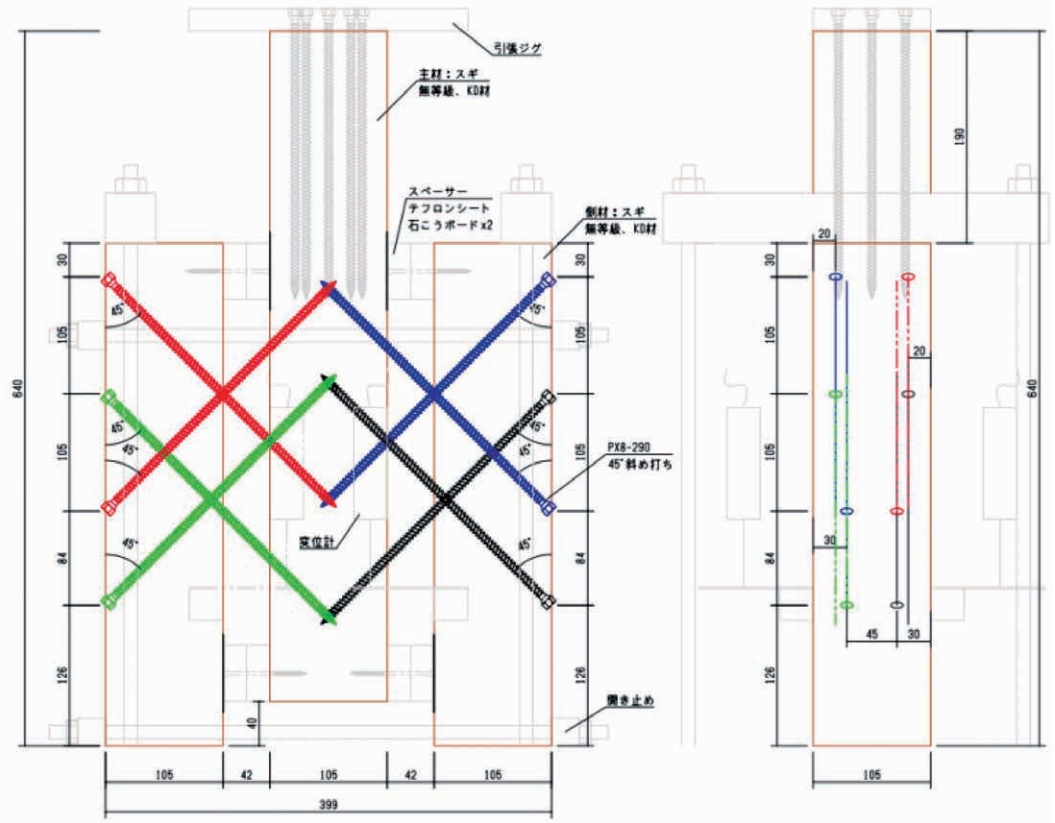


図５　火熱遮断壁１時間耐火仕様　一面せん断試験体図

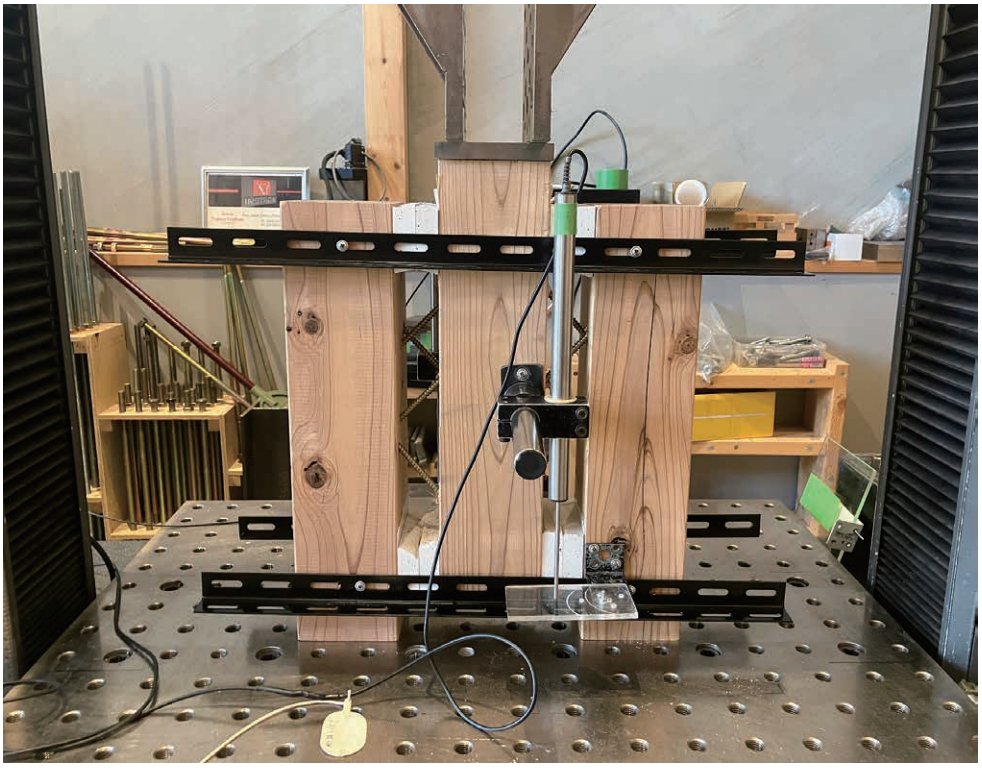


写真３　火熱遮断壁 1 時間耐火仕様　一面せん断試験体

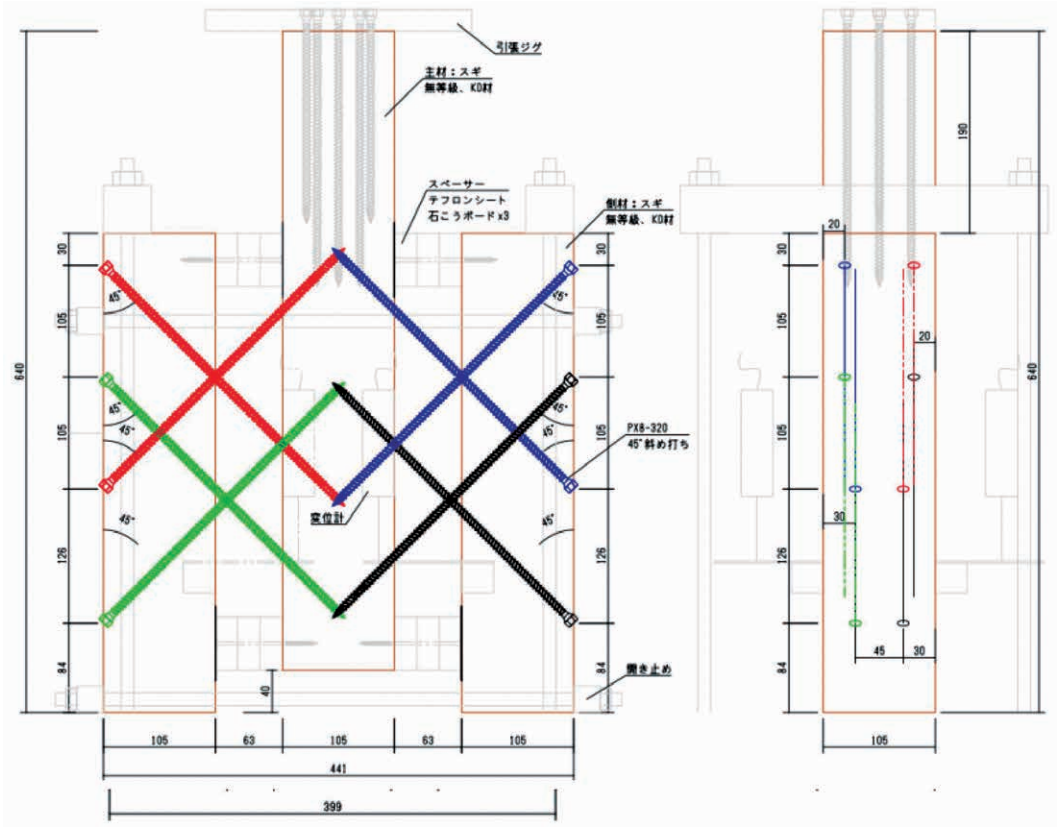


図６　火熱遮断壁 1.5 時間耐火仕様　一面せん断試験体図

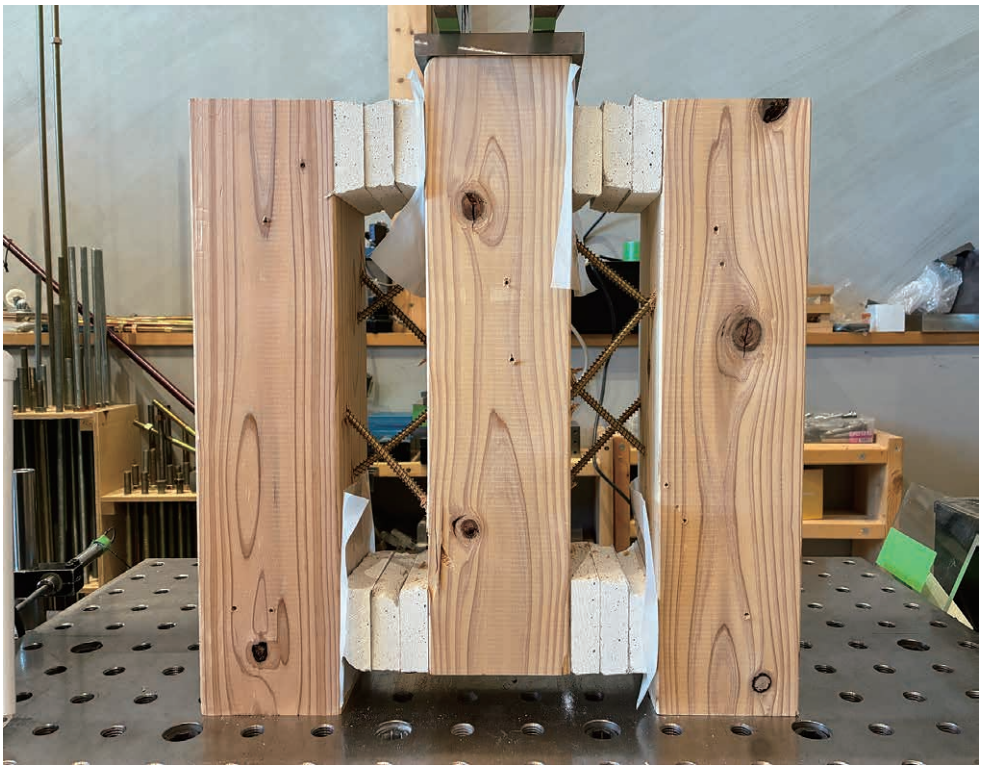


写真４　火熱遮断壁 1.5 時間耐火仕様　一面せん断試験体

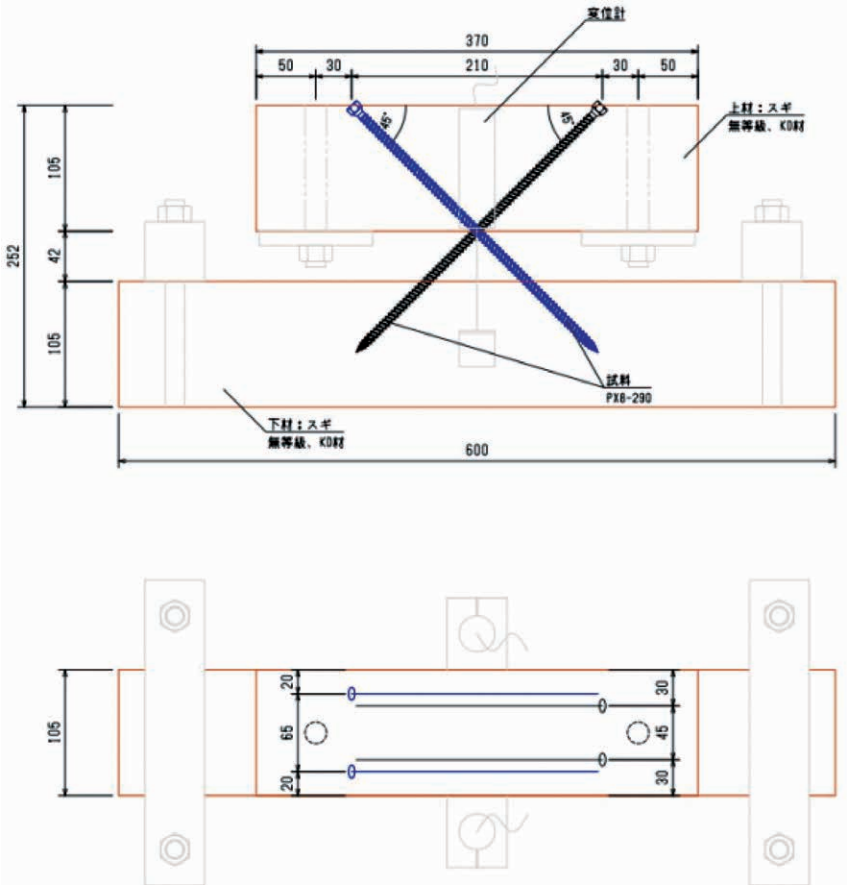


図７　火熱遮断壁１時間耐火仕様　引張試験体図

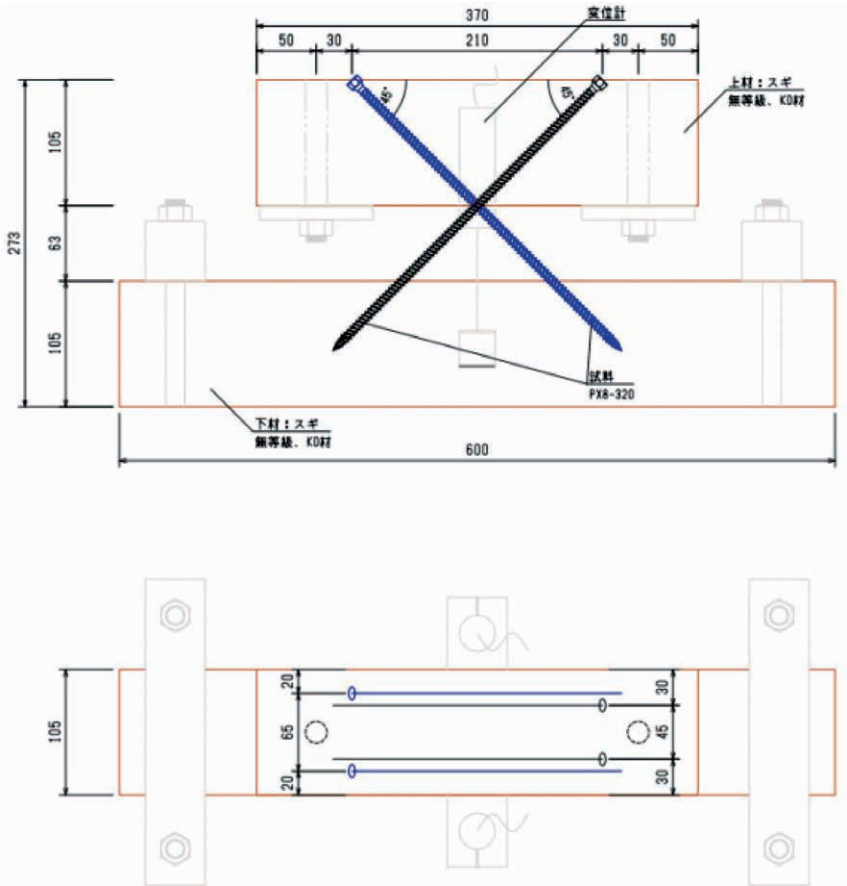


図８　火熱遮断壁 1.5 時間耐火仕様　引張試験体図

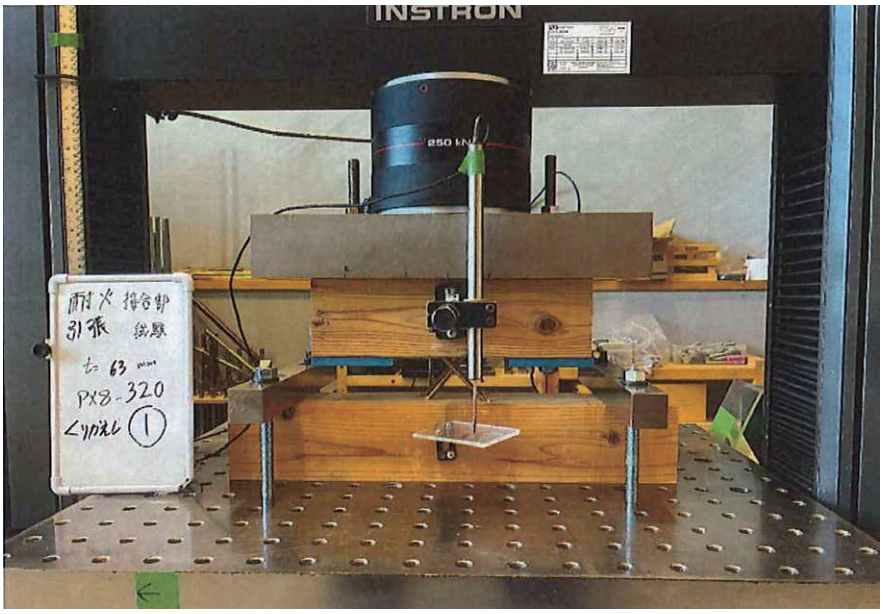


写真５　火熱遮断壁 引張試験体

② 国産材対応高強度柱脚金物の拡充

1）120角柱脚接合部

120角（E95-F315ヒノキ）を用いた柱脚接合部を設計し、引張試験を実施して性能を確認した(写真6)。

柱と平鋼を長ビスで接合し、その平鋼をアンカーボルト2-M20(SNR490B)で鉄骨架台と結合している(図9)。

ビスの本数を14本（図10）と12本（図11）に変えた試験体を５種類設定して予備試験を実施した。予備試験で得られた特性値一覧を表**に示す。

４体の正負交番引張試験を実施した。得られた特性値一覧を表に示す。

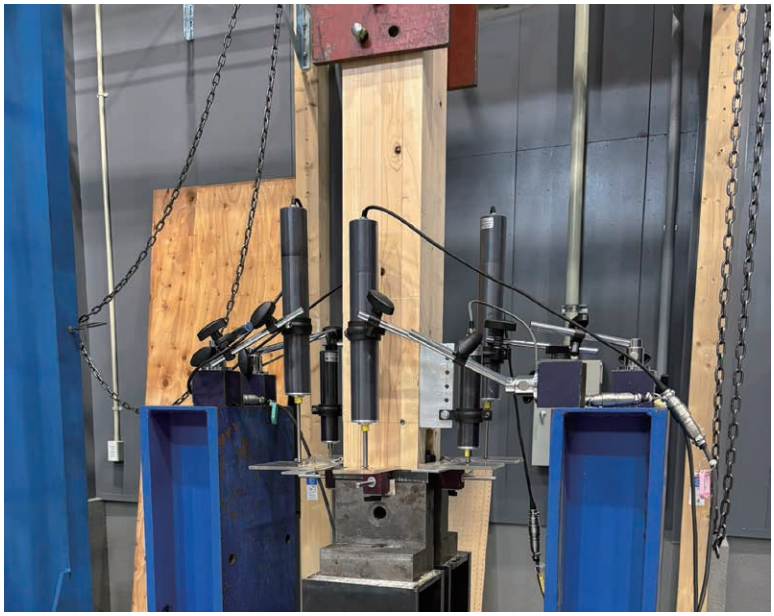


写真６　柱脚接合部試験体

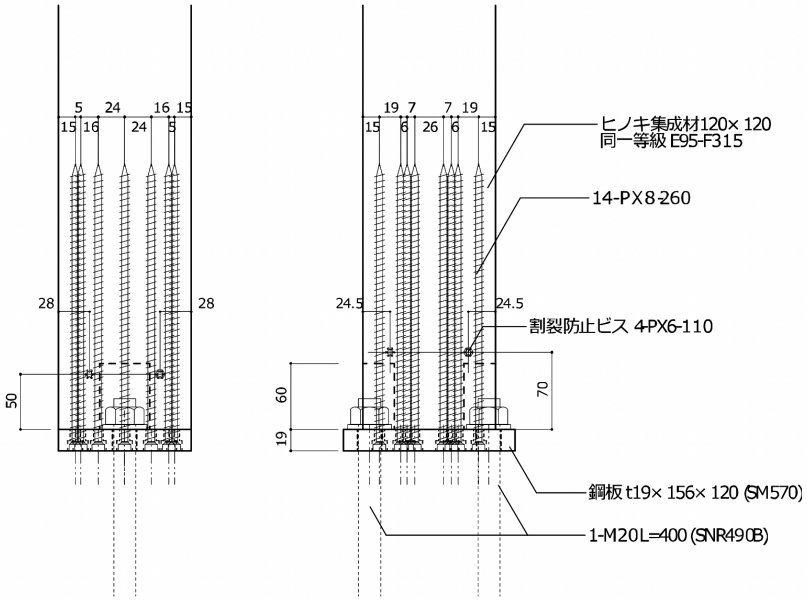


図９　予備試験体図（TypeA）

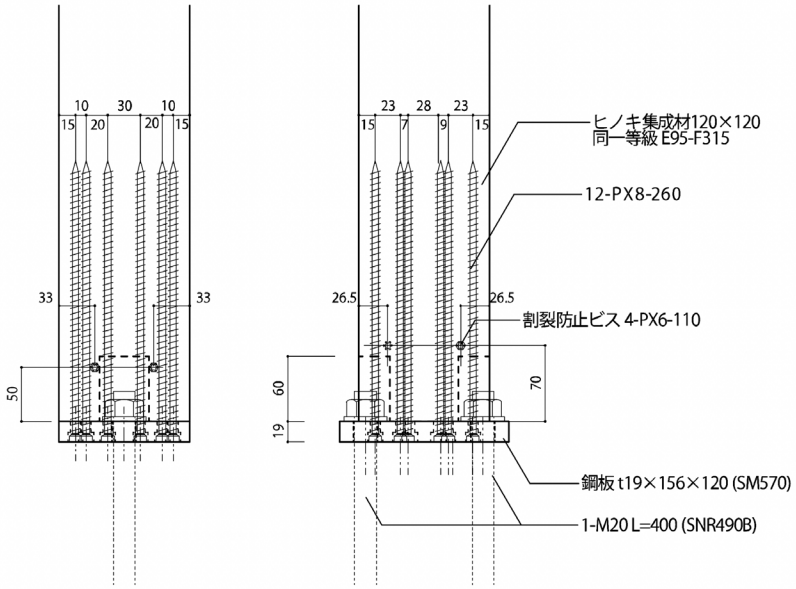


図９　本試験体図（TypeB）

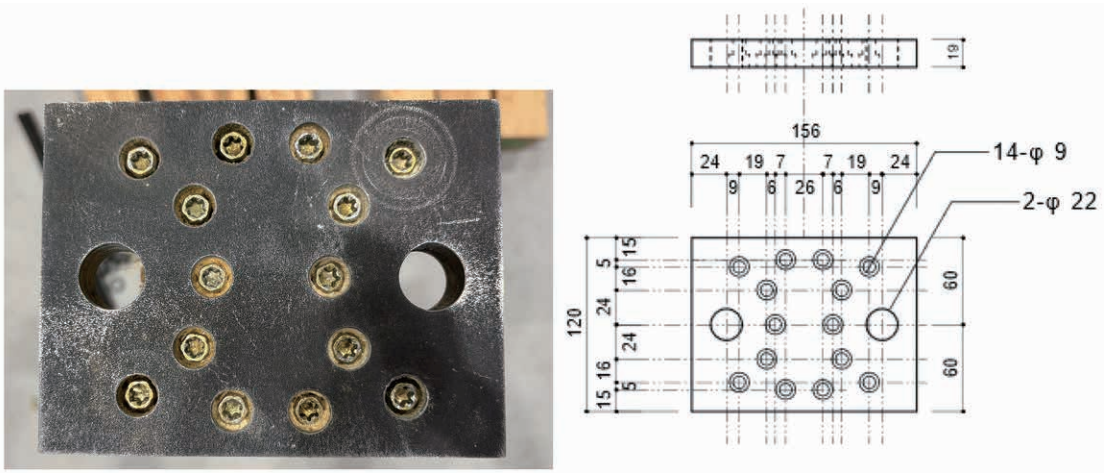


図１０　１２０角柱脚接合部のビス配置（１４本）

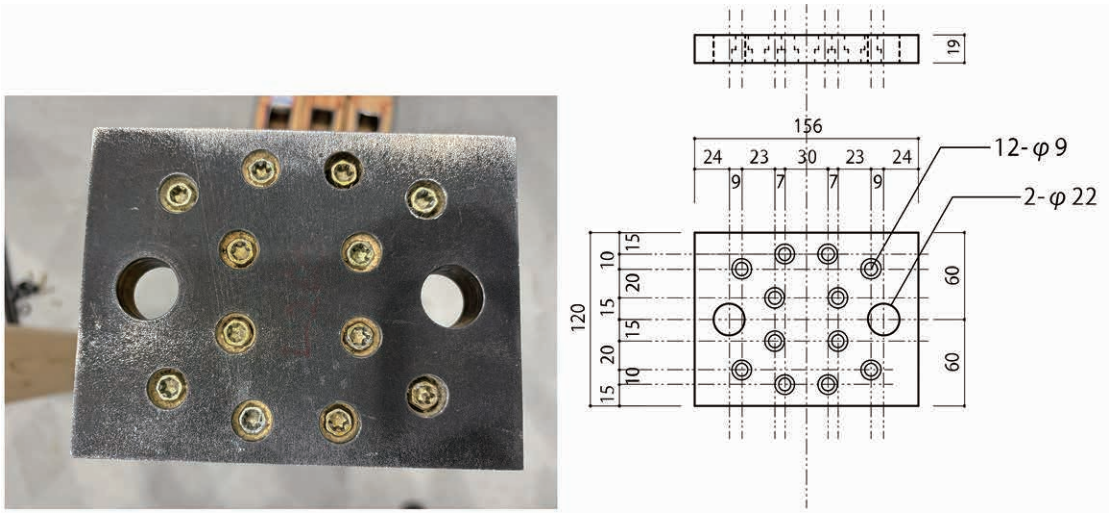


図11　120 角柱脚接合部のビス配置（12本）

2）めり込み補強ビス実験式検証実験

めり込み補強ビスの試験をビスメーカー３社のビスで行った。試験体は樹種J1：ベイマツ集成E120-F330　J2：ヒノキ集成E95-F270　J3：スギ集成E65-F225の３種類とした。

ビスの径は6㎜、8mm（一部9mm）、10mm、長さは110mm、170mm、200mm、260mm、320mmとした。比較のため、ビス無しの試験も行った。

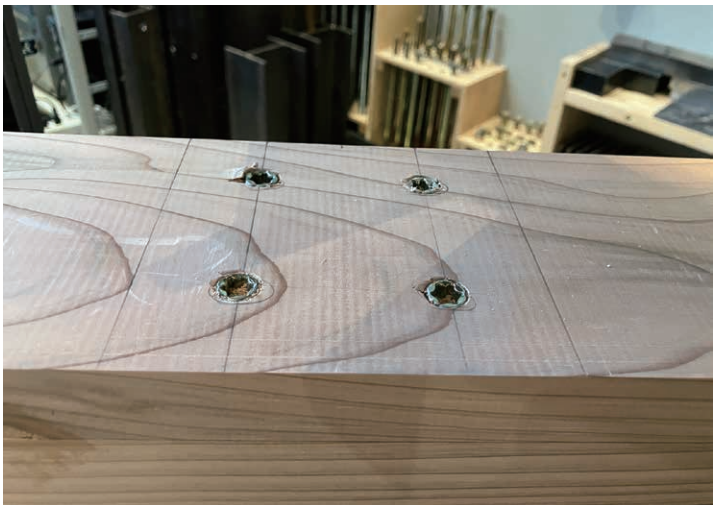


写真７　めり込み補強ビス



写真８　めり込み補強ビス試験

③ 開口部に使用できる採光可能耐力壁の開発

柱芯間距離 1365mm、土台 - 桁天端間距離 3790mm の格子耐力壁を設計し、せん断試験を実施した。90 × 90mm のヒノキ製材を相欠き加工して、互いに嵌合することで斜め格子を構成している。その斜め格子を枠材（ヒノキ 90 × 120）に大入れ接合し、パネル化したものを柱（150 × 150 E95-F315 ヒノキ）と桁（150 × 300 E65-F225 スギ）、土台 (150 × 150 E95-F315 ヒノキ) に囲まれたフレーム内に設置後に長ビスで接合した（図 12）。

予備試験はビスの本数や種類などを変更して 3 体行い、目標の耐力を満足する仕様で本試験を行い、格子耐力壁の性能を確認した。

本試験では予備試験の結果を踏まえて、格子と受材を留めつけるビスの本数を 2 本から 1 本に、梁と受材を留めつけるビスの一部を PS8-170 から PX8-230 に変更した仕様とした。

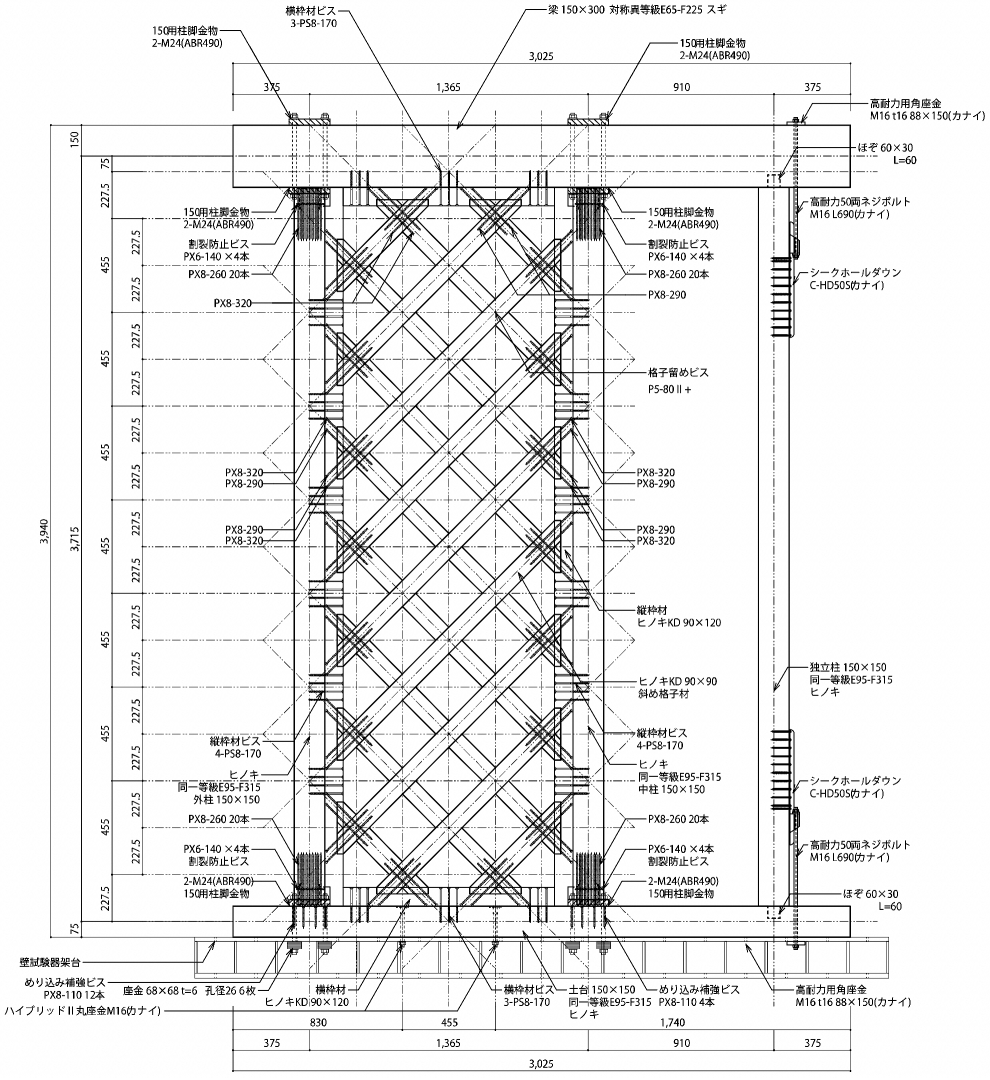


図 12　格子耐力壁予備試験体図

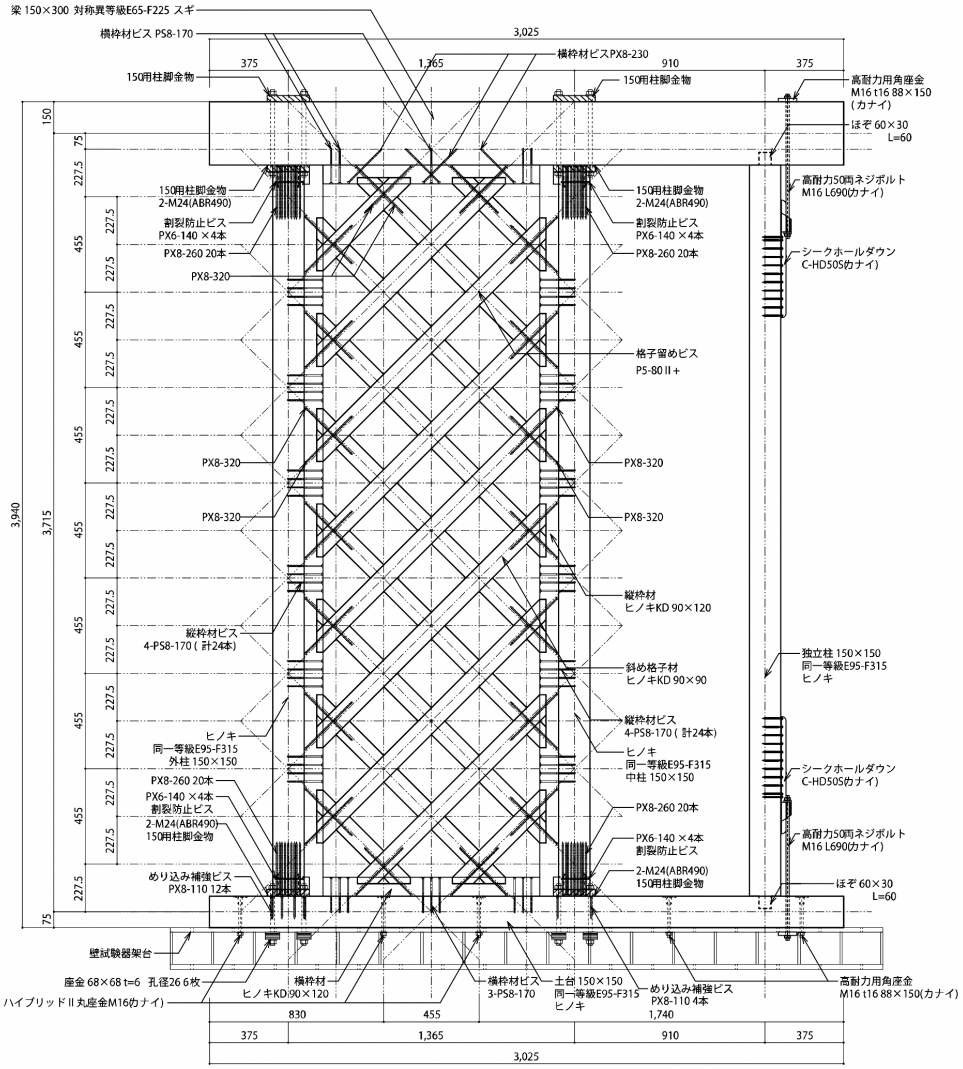


図 12　格子耐力壁本試験体図

④ ラーメン架構に必要な角型鋼管斜めビス補強引きボルト式ラーメン柱梁接合部の開発

1）要素試験

角型鋼管斜めビス補強引きボルト式ラーメンの圧縮側（図 13）と引張側（図 14）をそれぞれ分けて要素試験を行った。圧縮側は、ベイマツ集成材 E135-F375　120 × 270mm から 120 × 120mm の材を切り出し、最外層側に座掘加工を施した。角型鋼管を入れる座掘のみの試験体と、角型鋼管を入れた状態の 2 仕様を行い比較した。引張側はベイマツ集成材 E135-F375　120 × 240mm の木口に角型鋼管を当ててビスで留めて、角型鋼管反対側に設置したボルトを引っ張り、ビスの補強効果を確認する試験を行った。加力は単調加力とした。

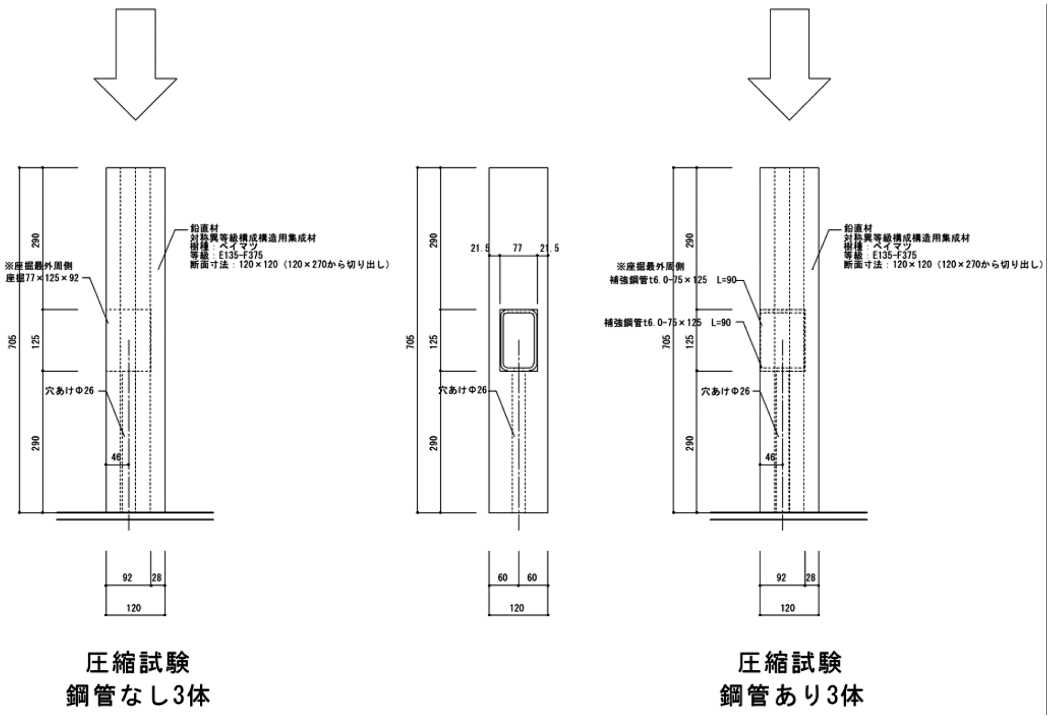


図13　要素試験　圧縮試験体図

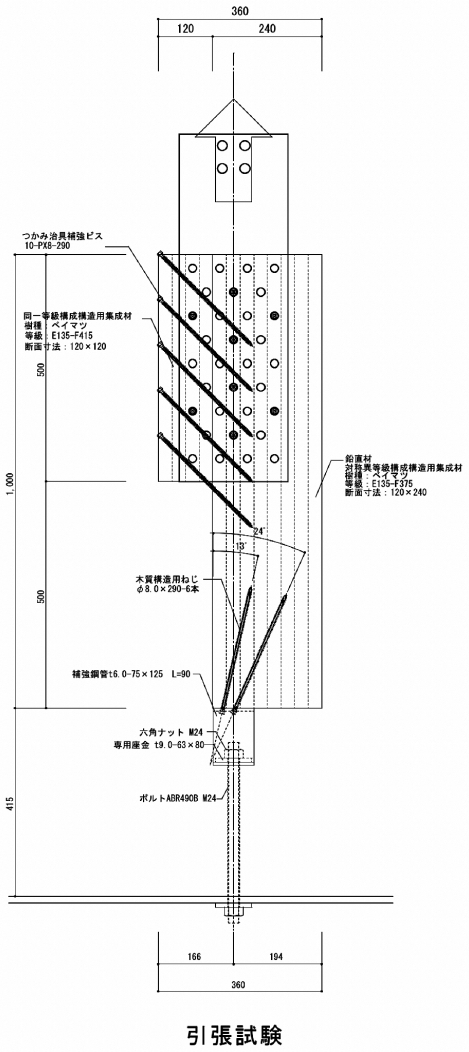


図14　要素試験　引張試験体図

2）柱梁接合部回転モーメント試験

柱をベイマツ集成材E135-F375、120×450mm、梁をベイマツ集成材E135-F375、120×600mmとし、13°4か所と24°2か所のビス穴と、φ25mmのボルト穴を空けた角型鋼管75×125を梁上下の座掘に差し込み、ビスφ8－290×6本ずつを斜め留めした。梁と柱はABR490B-M24のボルトで接合した。梁と柱の間には、6㎜の鋼板にせん断キーとして9mmの鋼板を溶接した梁受金物をφ12の金物留めビス7本で留めた（図15）。本試験は「木造ラーメンの評価方法・構造設計の手引き」のモーメント抵抗接合部の面内曲げ試験方法に則り、ラーメン柱梁接合部の試験を3体行った。接合部の保証設計として、木部の耐力がボルトの降伏耐力よりも十分な耐力であることを確認するため、ABR490-M24のボルトでラーメン柱梁接合部の試験を行った後に、ボルトをHTBに変更して試験を行った。

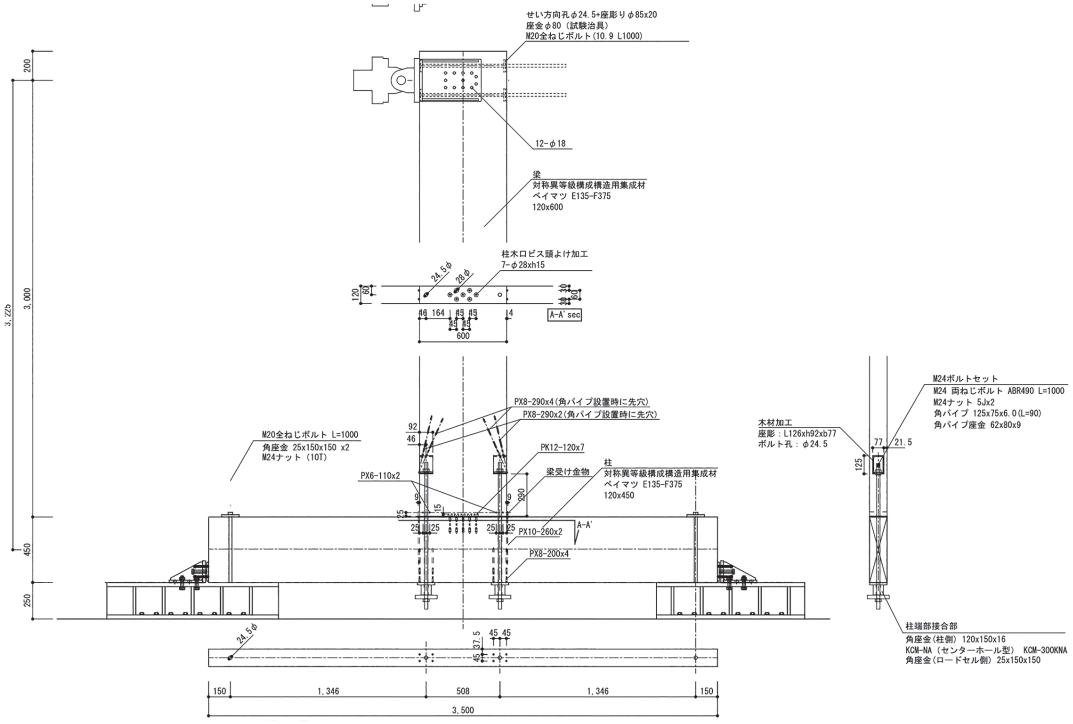


図15　角型鋼管斜めビス補強引きボルト式ラーメン柱梁接合部試験体図

実施した結果

① 国産材CLT耐力壁等の設計法確立のための要素試験

火熱遮断壁ビス接合部の一面せん断試験結果一覧を表１、引張試験結果を表２に示す。

表１　火熱遮断壁ビス接合部一面せん断試験 結果一覧

一面せん断試験結果　（ビス2本V字±斜め45°　打ち 1単位あたりの数値）

隙間42㎜＋PX8-290

		平均値	標準偏差		5%下限値	50%下限値
最大耐力	Pmax(kN)	11.81	0.90	2/3Pmax(kN)	6.47	7.70
降伏耐力	Py(kN)	7.62	1.01	Py(kN)	5.26	7.32
終局耐力	Pu(kN)	10.95	0.86			
終局変位	δu(mm)	3.80	0.70			
初期剛性	K(kN/mm)	11.10	4.67			
塑性率	μ	3.61	1.07			

隙間63㎜＋PX8-320

		平均値	標準偏差		5%下限値	50%下限値
最大耐力	Pmax(kN)	12.79	0.84	2/3Pmax(kN)	7.22	8.36
降伏耐力	Py(kN)	7.29	0.70	Py(kN)	5.67	7.08
終局耐力	Pu(kN)	11.55	0.73			
終局変位	δu(mm)	3.87	0.58			
初期剛性	K(kN/mm)	12.46	5.38			
塑性率	μ	4.01	1.33			

表２　火熱遮断壁ビス接合部引張試験 結果一覧

引張試験結果　（ビス2本V字±斜め45°　打ち 1単位あたりの数値）

隙間42㎜＋PX8-290

		平均値	標準偏差		5%下限値	50%下限値
最大耐力	Pmax(kN)	11.79	2.25	2/3Pmax(kN)	4.36	7.42
降伏耐力	Py(kN)	7.41	1.20	Py(kN)	4.61	7.05
終局耐力	Pu(kN)	10.93	2.06			
終局変位	δu(mm)	2.82	0.65			
初期剛性	K(kN/mm)	14.60	4.41			
塑性率	μ	3.68	0.80			

隙間63㎜＋PX8-320

		平均値	標準偏差		5%下限値	50%下限値
最大耐力	Pmax(kN)	13.43	1.51	2/3Pmax(kN)	6.60	8.65
降伏耐力	Py(kN)	8.40	1.02	Py(kN)	6.02	8.10
終局耐力	Pu(kN)	12.50	1.47			
終局変位	δu(mm)	3.21	0.18			
初期剛性	K(kN/mm)	13.46	1.15			
塑性率	μ	3.48	0.38			

② 国産材対応高強度柱脚金物の拡充

1）120角柱脚接合部

長ビスの本数を変えた試験体を５種類設定して予備試験を実施した。予備試験で得られた特性値一覧を表３に、荷重-変位関係を図16に示す。

本試験体は、プレートをTypeBでφ8mm - 260mmのビスで留めた仕様を採用し、６体の引張試験を実施した。本試験で得られた特性値一覧を表４に、荷重-変位関係を図17に示す。

表３　柱脚接合部 予備試験結果

	P_y(kN)	δ_y(mm)	K(kN/mm)	P_{max}(kN)	δ_{max}(mm)	木部P_{max}(kN)	P_u(kN)	δ_v(mm)	δ_u(mm)	μ	D_s
TypeA-1	180.79	2.83	63.92	269.56	30.00	355.98	247.17	3.87	30.00	7.76	0.262
TypeA-2	178.85	3.03	58.98	269.98	30.00	347.94	247.25	4.19	30.00	7.16	0.274
TypeB-1	175.09	2.88	60.73	257.48	20.04	-	236.80	3.90	21.38	5.48	0.317
TypeB-2	180.48	2.89	62.53	270.71	30.00	337.93	248.92	3.98	30.00	7.54	0.267
TypeB290-1	179.80	3.06	58.73	270.36	30.00	337.51	247.66	4.22	30.00	7.11	0.275

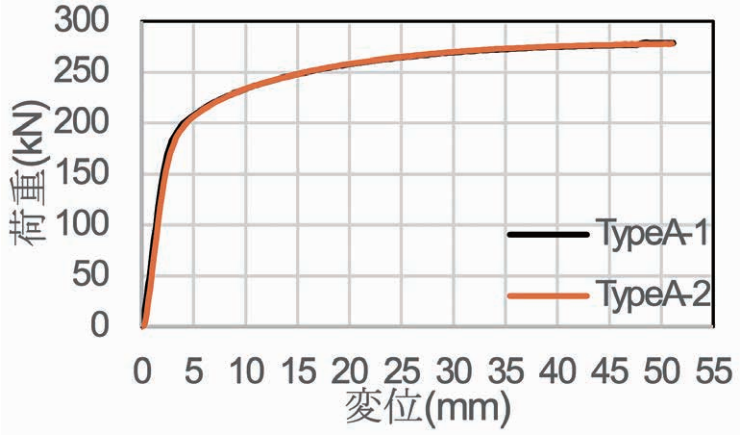


図16　120角柱脚接合部の荷重-変位関係

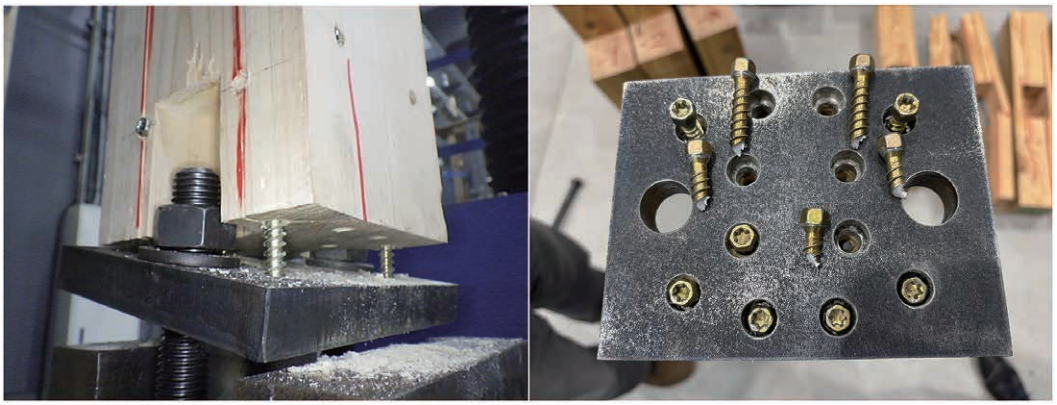


写真９　120角柱脚接合部の破壊写真

表４　120角柱脚接合部　本試験結果

試験体名	P_y(kN)	δ_y(mm)	K(kN/mm)	P_{max}(kN)	δ_{max}(mm)	木部P_{max}(kN)	P_u(kN)	δ_v(mm)	δ_u(mm)	μ	D_s
No.1	172.71	2.03	84.87	277.14	30.00	283.86	254.76	3.00	30.00	9.99	0.229
No.2	170.96	2.48	69.00	275.96	30.00	294.23	253.62	3.68	30.00	8.16	0.255
No.3	174.42	2.17	80.24	277.24	30.00	-	254.79	3.18	30.00	9.45	0.236
No.4	176.24	2.41	73.27	273.79	30.00	307.45	251.37	3.43	30.00	8.74	0.246

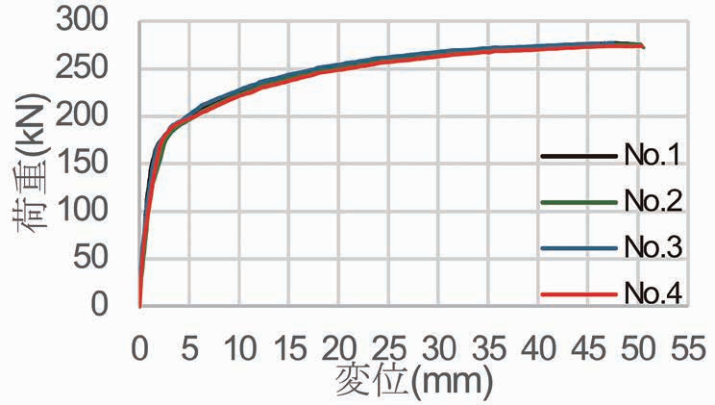


図17　120角柱脚接合部本試験の荷重-変位関係

2）めり込み補強ビス実験式検証実験

めり込み補強ビス圧縮試験の結果の一部を表５に示す。

破壊性状は、押し込み破壊（写真10）、ビスの座屈破壊が見られた。

全ねじビスのめり込み補強耐力算定式

$\Delta P_{max} = 180 d^{0.5} L_{ax} \left(\frac{\rho}{1000}\right)^{1.7}$　：全ねじビスのめり込み補強による1本あたり最大耐力増加分（N）

ここで　d：ねじ外径（㎜）、Lax：全ねじビスの埋め込み深さ（㎜）、ρ：木材の基準密度（kg/㎥）

と実験結果を比較したグラフを図18に示す。

実比重で計算した場合は、計算値の方が上回る仕様も見られたが、基準比重による計算の場合は安全側で精度よく一致することが確認された。

表５　めり込み補強ビス試験 試験結果一部

試験体仕様						ビス無しはPy、ビス補強はPmax				1本あたりPmax増加分
樹種	密度	ビス	径	長さ	材成	1体目	2体目	3体目	平均	実験値
スギ	403	無し			150	56.9697	69.0614	68.7772	64.9361	
	377				210	63.8419	69.0085	63.0619	65.3041	
	373				240	60.7247	63.1352	60.5871	61.48233	
	370				300	57.0675	70.7686	58.1872	62.00777	
	353				360	68.4597	69.4712	67.7586	68.56317	
	407	PX6-110	6	110	150	123.1211	114.4019	110.8383	116.1204	12.79608
	377	PX6-170	6	170	210	120.5265	128.6918	119.7014	122.9732	14.41728
	373	PX6-200	6	200	240	130.0867	132.6348	134.2515	132.3243	17.7105
	403	PX8-110	8	110	150	115.0586	122.4319	121.4248	119.6384	13.67558
	377	PX8-170	8	170	210	154.6235	136.4573	157.0062	149.3623	21.01455
	370	PX8-200	8	200	240	130.4351	139.099	137.4932	135.6757	18.54835
	373	PX8-260	8	260	300	152.6438	157.6324	172.1021	160.7928	24.69625
	350	PX8-320	8	320	360	182.3867	190.0811	178.621	183.6963	28.78328
	357	PX10-200	10	200	240	173.6113	172.4703	163.6059	169.8958	27.10337
	377	PX10-260	10	260	300	208.2942	215.5829	205.1398	209.6723	36.91613
	360	PX10-320	10	320	360	245.0013	233.613	190.9841	223.1995	38.65908



写真 10　ビス座屈の様子

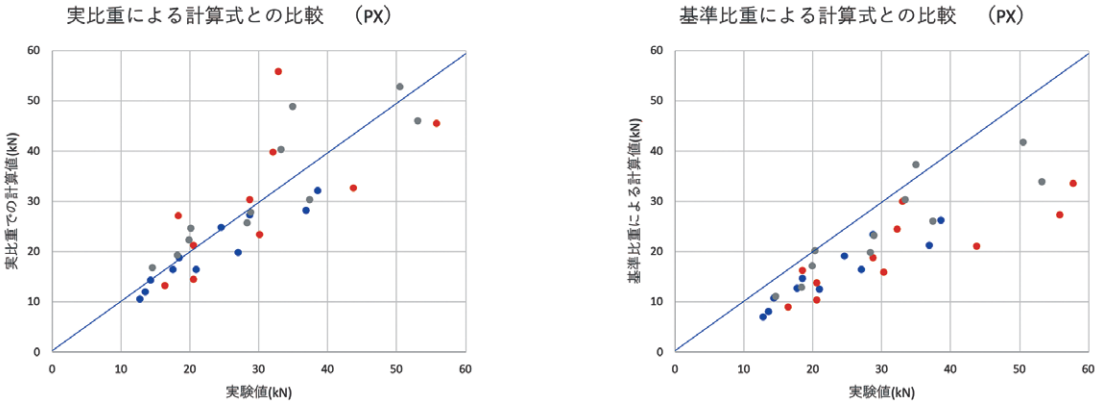


図 18　め り込み補強ビス試験結果と算定式との比較検証

③ 開口部に使用できる採光可能耐力壁の開発

予備試験を３体実施して性能を検証したのち、同仕様で３体の本試験実施した（写真 11）。予備試験で得られた結果を表 5、荷重ーせん断曲線を図 19、壁倍率換算した短期基準耐力一覧を表 6 に示す。

本試験３体の結果を図 20、表 8 に示す。短期基準耐力は 1/150rad 時で決まり、壁倍率換算 14 倍相当となった。



写真 11　格子耐力壁　予備試験体

表６　格子耐力壁　予備試験　特性値一覧

試験体名	P_y	γ_y	K	P_{max}	P_u	γ_v	γ_u
Type1	74.1	10.7	6.95	140	123	17.7	50.0
Type2	72.2	11.3	6.42	132	119	18.5	50.0
Type3	69.0	11.6	5.97	133	114	19.2	50.0

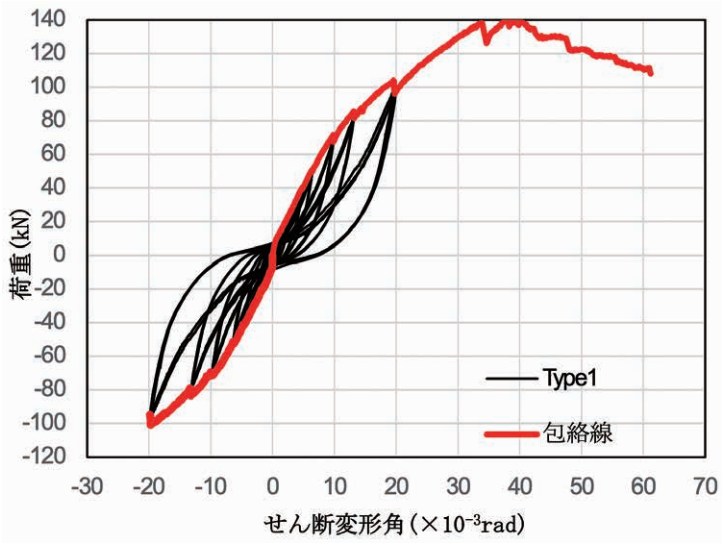


図 19　格子耐力壁　荷重 - せん断変形角曲線

表７　格子耐力壁　予備試験結果

試験体名	μ	D_s	P_y	$\frac{0.2P_u}{D_s}$	$\frac{2P_{max}}{3}$	P_{150}	壁倍率換算
Type1	2.77	0.469	74.1	53.4	93.6	52.1	19.5
Type2	2.67	0.480	72.2	50.1	87.7	47.0	17.6
Type3	2.53	0.496	69.0	47.6	88.8	44.4	16.6

本試験の結果を表７、荷重 - せん断変形角曲線を図 19 に示す。得られた壁倍率換算した短期基準耐力一覧を表８に示す。

表８　格子耐力壁　本試験結果

試験体	P_y	$(0.2/D_s)\times P_u$	$2/3P_{max}$	1/150rad P
No.1	62.91	43.50	78.02	43.74
No.2	64.65	37.69	77.62	32.45
No.3	57.70	45.62	70.69	46.92
平均	61.69	42.27	75.44	41.04
標準偏差	3.73	4.11	4.12	7.60
変動係数	0.060	0.097	0.055	0.185
ばらつき係数	0.972	0.954	0.974	0.913
基準耐力	59.96	40.33	73.48	37.47
許容耐力	59.96	40.33	73.48	37.47
壁倍率	22.41	15.07	27.47	14.01

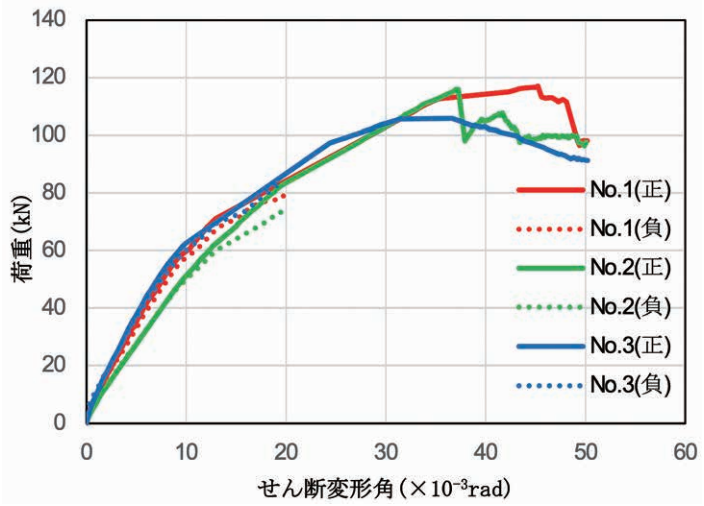


図 20　格子耐力壁　本試験　荷重 - せん断変形角曲線

④ ラーメン架構に必要な鋼管斜めビス補強引きボルト式ラーメン柱梁接合部の開発

1）　要素試験

圧縮側鋼管無しの仕様は、座掘の両側上部が座屈して、座掘底で割裂破壊した。Pmax は 231 ～ 262kN であった。圧縮側鋼管ありの仕様は、角型鋼管が変形しつつ、座掘の両側を押し広げたため、座掘の両側下部が座屈して、座掘の際からせん断破壊した。Pmax は、304 ～ 332kN で、鋼管無しと比較して、約 28％耐力が向上した。

引張試験は、角型鋼管の変形とビス引き抜けが生じ、Pmax110 ～ 115kN という結果となった。

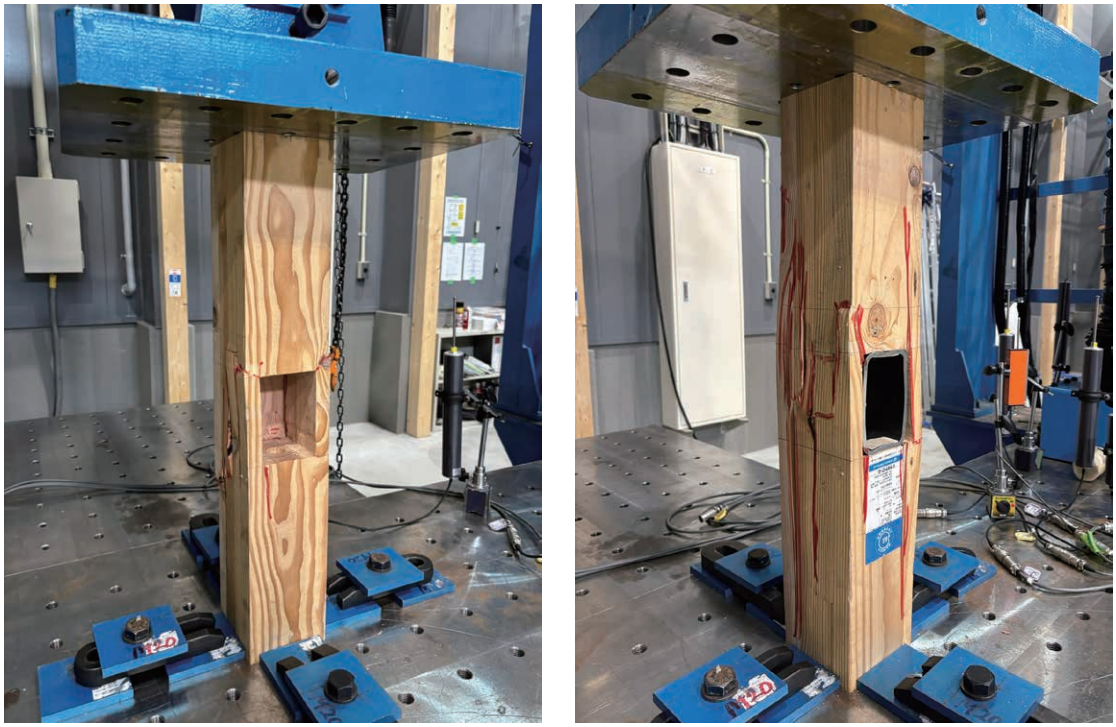


写真12　圧縮要素試験体

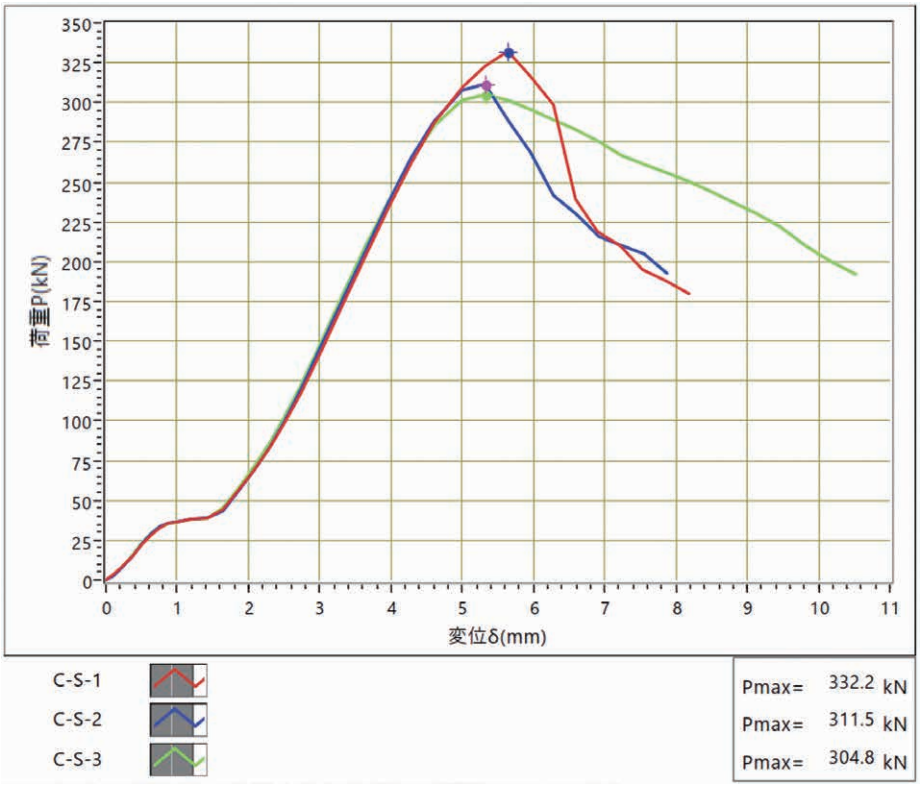


図21　圧縮要素試験　荷重-変位関係



写真 13　引張要素試験体

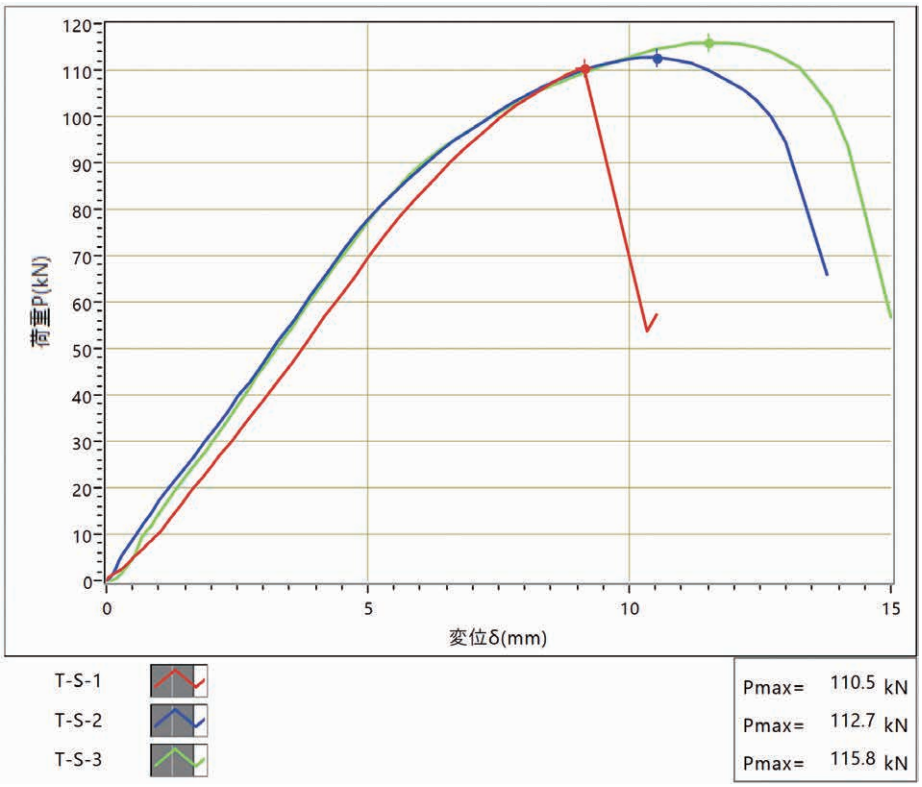


図 22　引張試験　荷重 - 変位関係

2)　ラーメン柱梁接合部試験

ABR490B仕様の特性値平均は、My：75.23kN・m、(0.2/Ds)×Mu：56.71kN・m、2/3Mmax：66.15kN・mとなり、5%下限値46.67kN・m、50%下限値55.24kN・mという結果となった。主な破壊性状は、引張側ボルト降伏、圧縮側の柱へのめり込み、梁の割裂であった。HTBに変更して木部性能を確認した試験では、Mmax：98.05～100.84kN・mで、応力中心間距離 j=485mmから、ボルトの引張力は202～207kNとなり、ABR490B-M24の降伏上限値157kNの約1.3倍となることが確認できた。

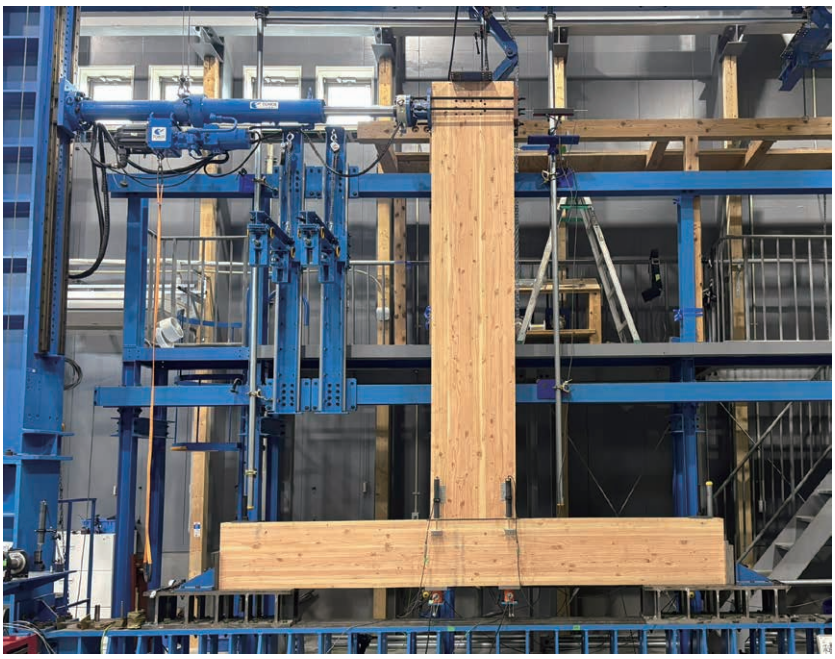


写真14　ラーメン柱梁接合部試験体

表9　柱梁接合部ABR490仕様　各性能値一覧

試験体名		My (kN・m)	(0.2/Ds)*Mu (kN・m)	2/3Mmax (kN・m)	Mmax (kN・m)	Mmax δ (rad)	初期剛性K (kN・m/rad)
補強引きボルト柱梁接合部 ABR490B−繰り返し−1		73.57	60.02	67.23	100.84	66.67	8220.11
補強引きボルト柱梁接合部 ABR490B−繰り返し−2		77.83	53.68	65.85	98.77	66.67	6715.27
補強引きボルト柱梁接合部 ABR490B−繰り返し−3		74.29	56.42	65.37	98.05	66.67	7526.85
平均		75.23	56.71	66.15	99.22	66.67	7487.41
標準偏差		2.28	3.18	0.97	−	−	−
変動係数		0.030	0.056	0.015	−	−	−
$_5M_0$	ばらつき係数	0.905	0.823	0.952			
	5%下限値	68.08	46.67	62.97			
$_{50}M_0$	ばらつき係数	0.986	0.974	0.993			
	50%下限値	74.18	55.24	65.69			

試験体名	δy (rad)	δu (rad)	δv (rad)	Mu (kN・m)	塑性率 μ	構造特性 Ds
補強引きボルト柱梁接合部 ABR490B−繰り返し−1	8.95	66.67	10.89	89.51	6.12	0.3
補強引きボルト柱梁接合部 ABR490B−繰り返し−2	11.59	66.67	13.31	89.36	5.01	0.33
補強引きボルト柱梁接合部 ABR490B−繰り返し−3	9.87	66.67	11.55	86.89	5.77	0.31
平均	10.14	66.67	11.92	88.59	5.63	0.31

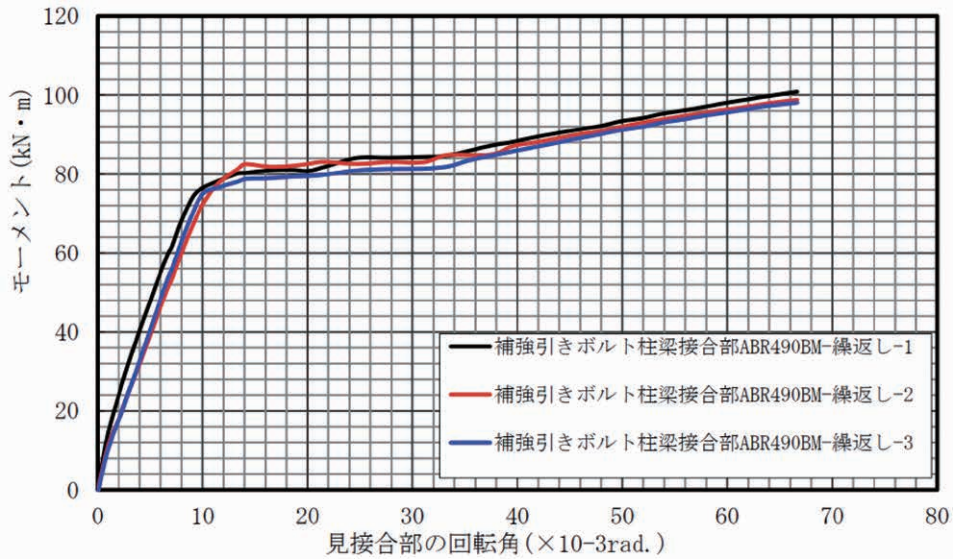


図23　柱梁接合部ABR490仕様　回転角・モーメント関係

表10　柱梁接合部HTB仕様　各性能値一覧

試験体名		My (kN・m)	(0.2/Ds)*Mu (kN・m)	2/3Mmax (kN・m)	Mmax (kN・m)	Mmax δ (rad)	初期剛性K (kN・m/rad)
補強引きボルト柱梁接合部HTB-単調-1		82.94	68.83	89.03	100.84	66.67	8075.95
補強引きボルト柱梁接合部HTB-単調-2		86.81	75.94	91.51	98.77	66.67	9508.21
補強引きボルト柱梁接合部HTB-単調-3		81.56	58.16	93.05	98.05	66.67	10259.12
平均		83.77	67.64	91.2	99.22	66.67	9281.09
標準偏差		2.72	8.95	2.03	–	–	–
変動係数		0.032	0.132	0.022	–	–	–
$_5M_0$	ばらつき係数	0.899	0.583	0.930			
	5%下限値	75.3	39.43	84.81			
$_{50}M_0$	ばらつき係数	0.985	0.937	0.990			
	50%下限値	82.51	63.45	90.29			

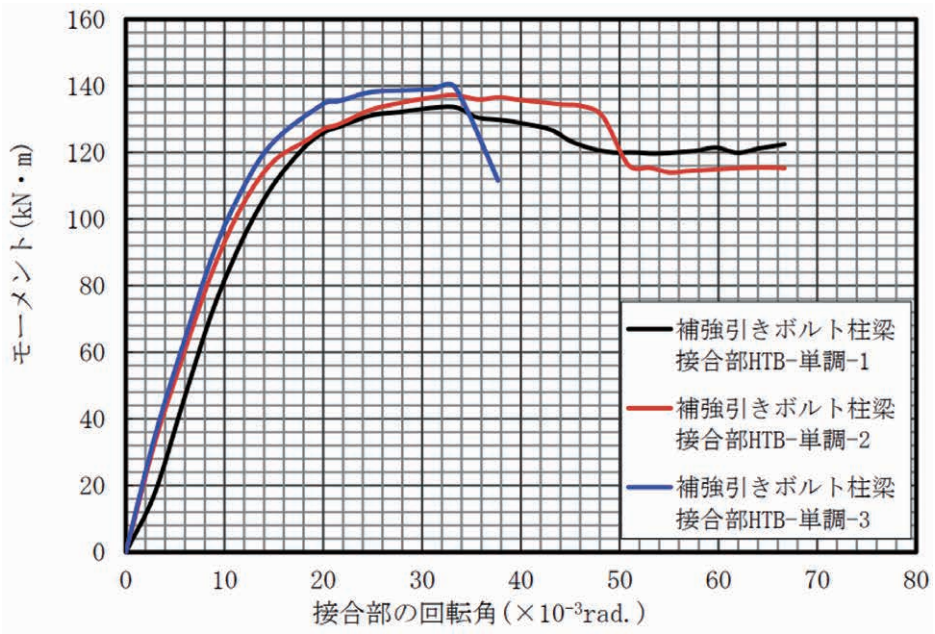


図24　柱梁接合部HTB仕様　回転角・モーメント関係

今後の課題・展開等

CLT耐力壁要素試験とこれまでのCLT耐力壁試験から計算による設計法の確立や、高強度柱脚金物、格子耐力壁、角型鋼管斜めビス補強引きボルト式ラーメンをマニュアル、標準図化して公開することで、中大規模木造建築物の構造設計で一般的に使用できるようにする。

事業

木材の保存処理性能の試験方法のJAS化のための妥当性検証事業

● 実施団体 ●

公益社団法人 日本木材保存協会

〒105-0001　東京都港区虎ノ門４丁目２番５号　第３松坂ビル８階

事業目的

製材、集成材、合板およびLVLのJASでは、保存処理製品の品質基準として、性能区分に応じた浸潤度と吸収量が規定されている。このうち吸収量の試験（測定）方法は、木材保存剤の有効成分が多岐にわたるため、試料調製や機器分析を含め、多様化している。そのため、前述のJASにおいて、吸収量の測定方法に関する記載に多くのページが割かれており、主に材料の性能を規定の規格書としてはバランスの悪い状況になっている。一方、吸収量の測定方法については、従来の方法よりも精度や効率性に優れる方法が開発されているが、各種材料のJASに吸収量の試験方法が記載されている現状では、その反映に時間を要することになり、格付け検査等の効率化の妨げとなっている。

本事業では、これらの課題を解決する方法として、吸収量の測定方法を“試験方法のJAS”として新たに制定することを最終目的とし、試験方法のJASに求められる、国際的なプロトコルに従った室間共同試験による妥当性の検証を行う。

実施した項目

食品分野でJAS化されている試験方法は、IUPAC（国際純正・応用化学連合）のガイドラインに準拠した室間共同試験により、その妥当性が検証されている。国内では、室間共同試験による木材保存剤の吸収量の測定方法の妥当性を検証した事例がなかったため、国外を含めて調査を行った。その結果、AWPA（米国木材保存協会）ではASTM E691（参考資料［1］）に準拠した方法で検証を行っていることが確認された。そこで、本事業ではASTM E691準拠した室間共同試験により、吸収量の測定方法の妥当性の検証を実施することとした。

現在、JASの対象となっている木材保存剤の有効成分を種類ごとに４つのグループに分け（表1）、これまでにグループ１およびグループ２に属する有効成分について室間共同試験を進めてきた。その結果、グループ１の有効成分の測定方法についてはおおむね妥当性が確認された。一方、グループ２のうちテブコナゾール（TEB）の測定方法とイミダクロプリド（IMD）の測定方法については、さらに検証を行う必要があると判断された。

本年度はTEBとIMDの吸収量の測定方法の妥当性を検証するための再試験を実施した。また、妥当性が確認されたグループ１の有効成分についてはJASの原案作成作業を開始した。これらの実施に際し、実施内容の確認、進捗状況の確認と成果のとりまとめを目的とした委員会を開催した。

本事業の実施項目

１．委員会の開催

２．室間共同試験による吸収量の測定方法の評価

２．１　吸収量の測定方法に関する手順書の作製

２．２　配布用試料の作製

２．３　参加試験室による吸収量の測定と結果の報告

２．４　報告結果の統計解析と妥当性等の評価

３．原案作成作業

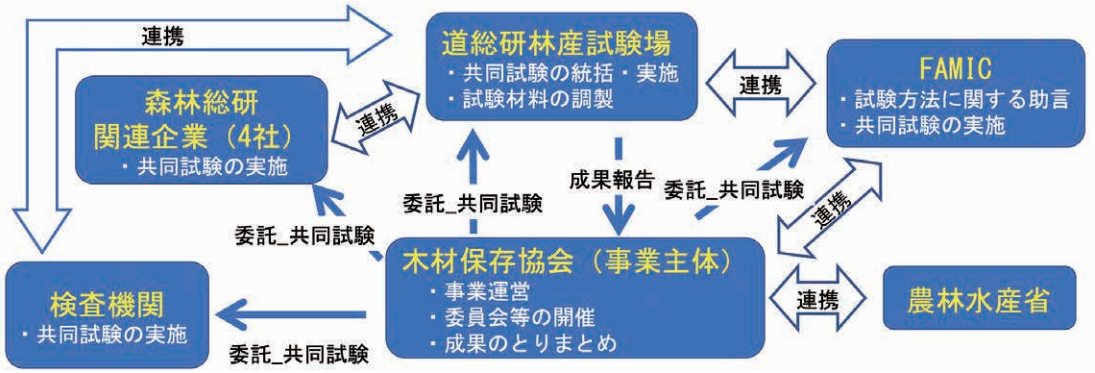
表１　木材保存剤の有効成分のグループ分け

	有効成分の種類	有効成分
グループ１	第四級アンモニウム化合物	DDAC
		BKC
		DMPAP
グループ２	トリアゾール/ ネオニコチノイド化合物	シプロコナゾール
		テブコナゾール
		イミダクロプリド
グループ３	ピレスロイド化合物	シラフルオフェン
		ペルメトリン
グループ４	銅/亜鉛/ほう素化合物	銅
		亜鉛
		ほう素

実施体制

本事業は公益社団法人日本木材保存協会に事務局を置く、下記の構成員による委員会を組織し、下図に示した協力体制により実施した。

	氏　名	所　属　等
委員長	鮫島　正浩	東京大学名誉教授　日本木材保存協会参事
委員（主査）	宮内　輝久	（地独）北海道立総合研究機構　林産試験場
委員	藤井　義久	京都大学名誉教授　日本木材保存協会会長
委員	祇園紘一郎	（一社）全国木材検査・研究協会
委員	南田　英樹	（一社）北海道林産物検査会
委員	関澤外喜夫	日本木材防腐工業組合
委員	佐野　敦子	（公財）日本住宅・木材技術センター
委員	角張紗智子	（独）農林水産消費安全技術センター 規格調査部　規格調査課
委員	神原　広平	（国研）森林整備・研究機構　森林総合研究所
委員	山本　幸一	（国研）森林整備・研究機構　森林総合研究所
委員	五十嵐　盟	兼松サステック（株）
委員	池田　　学	（株）ザイエンス
委員	久保　友治	（株）コシイプレザービング
委員	西澤　翔太	大日本木材防腐（株）
委員	森田　珠生	越井木材工業（株）
オブザーバー	佐藤　秀憲	農林水産省 新事業・食品産業部　食品製造課
オブザーバー	今村　正輝	（独）農林水産消費安全技術センター 規格調査部　規格調査課
オブザーバー	松永　浩史	（国研）森林整備・研究機構　森林総合研究所
オブザーバー	青木　謙治	東京大学大学院 農学生命科学研究科　准教授
オブザーバー	立花　紀之	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室
事務局	片桐　芳男	（公社）日本木材保存協会
事務局	小林　理恵	（公社）日本木材保存協会



実施した内容

1．委員会の開催

1）2025年6月10日(火) 14:00～16：00対面およびオンラインにて開催

事業目的の確認、実施内容および実施時期の概要を決定した。

＊事業の進捗状況の確認のため、e-mailによる情報の共有・意見交換を適宜実施した。

2）2026年1月30日(金)14：00～17：00　対面およびオンラインにて開催予定

＊事業成果の報告・意見交換およびとりまとめを実施予定。

2．室間共同試験による吸収量の測定方法の評価

室間共同試験には、前述のIUPAC、ASTMなど、目的や適用分野に応じた様々なガイドライン･プロトコルが存在する。これらに共通する目的は、任意の試験室および分析者が当該測定方法を用いて測定を行った場合に、得られる測定値がどの程度ばらつくかを統計的に評価すること、すなわち測定方法の精度を評価することにある。本事業では、木材保存剤の吸収量の測定方法の評価について事例のあるASTM E691 に準拠した室間共同試験を実施し、測定方法の精度評価を行った。

具体的には､評価の対象となる測定方法の手順書と測定を行うための試料（配布用試料）を調製し、これらを参加試験室に配布した。参加試験室で実施された測定結果の解析し、精度指標等を整理した(図1)。

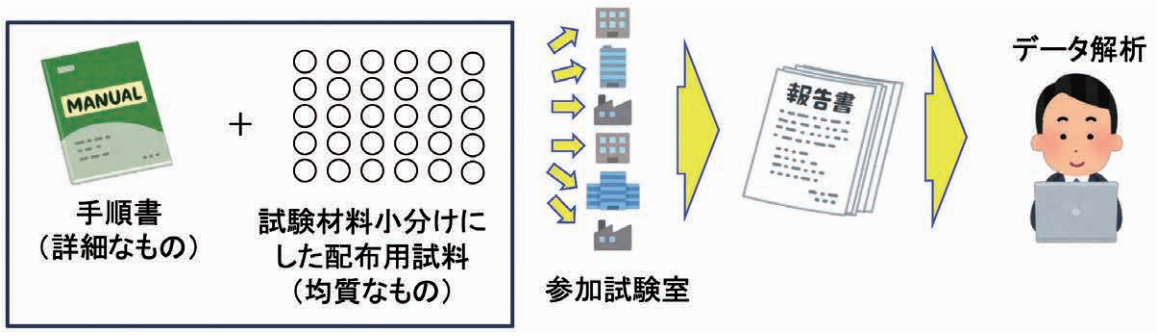


図1　室間共同試験のイメージ

2．1吸収量の測定方法に関する手順書の作製

前年度作成したTEBおよびIMD吸収量の測定方法の手順書を見直し、精度向上のために必要と考えられる修正を行った後、室間共同試験に参加する試験室に配布した。その手順の概要は下記のとおりである。

[TEBの吸収量の測定方法]

①配布用試料1gに対し、20mLのメタノールを加え、超音波抽出（のべ2時間照射）を行う。
②超音波抽出後、シリンジフィルターを用いてろ過し、抽出溶液を得る。
③同じ配布用試料から1gを2回取り、平均含水率を求める。
④抽出溶液の一部を取り、陽イオン交換樹脂が充填されたカートリッジを用いた固相抽出による試料精製を行ったのち、高速液体クロマトグラフ（HPLC）を用いてTEBを定量する。
⑤HPLCによる定量結果、および、配布用試料の平均含水率を用い、全乾配布用試料1gに含まれるTEBの量（μg）を求め、吸収量の測定結果とする。なお、JASにおける吸収量は単位体積当たりに含まれる有効成分量として表されるが、室間共同試験で用いた配布用試料が粉体であることから、測定結果は単位重さ当たりの有効成分量として求めることとした。

[IMDの吸収量の測定方法]

①配布用試料1gに対し、20mLのアセトニトリルを加え、超音波抽出（のべ2時間照射）を行う。
②超音波抽出後、シリンジフィルターを用いてろ過し、抽出溶液を得る。
③同じ配布用試料から1gを2回取り、平均含水率を求める。
④抽出溶液の一部を取り、二酸化ジルコニアコートおよびオクタデシル化された粒子が封入されたチューブを用いた分散型固相抽出による試料精製を行ったのち、高速液体クロマトグラフ（HPLC）を用いてIMDを定量する。
⑤HPLCによる定量結果、および、配布用試料の平均含水率を用い、全乾配布用試料1gに含まれるIMDの量（μg）を求め、吸収量の測定結果とする。測定結果は単位重さ当たりの有効成分量として求める。

2．2　配布用試料の作製

現行のJASで規定されている木材保存剤のうち、TEBを有効成分とするものは、アゾール・第四級アンモニウム・ネオニコチノイド化合物系（AZNA）のみであるため、これを用いて試験材料の加圧注入処理を行った。一方、IMDを有効成分とするものは、AZNAとアゾール・ネオニコチノイド化合物系（AZN）であり、配布用試料の作製に用いる試験材料はこれらで処理した。

配布用試料には均質性が求められることから、加圧注入処理による浸潤むらが生じにくくなるよう、試験材料にはある程度の大きさにカットしたものを用いた。JASでは、AZNAについてK2～K4の吸収量が規定されている。そこで、TEBの吸収量の測定に用いる試験材料には、この範囲を包含するよう4段階の濃度レベルを目標として加圧注入処理を行った。

IMDを有効成分として含む木材保存剤はAZNAとAZNであるが、AZNもK2～K4の吸収量が規定されている。また、同じK区分のレベルにおけるIMDとしての吸収量はAZNAの方が少ない。そこで、IMDの吸収量の測定に用いる試験材料は、TEBの吸収量に用いる試験材料のうち濃度の低い3種類と、3段階の濃度レベルを目標としてAZNの加圧注入処理を行ったものを用いた。また、加圧注入処理に用いる試験材料にはいくつかの樹種・木質材料を混在させた。各濃度レベルの試験材料についてマテリアル名を付した（表2）。

表2　加圧注入処理を行った試験材料の情報

測定対象の有効成分	マテリアル名	基材	目標レベル （）内は使用した木材保存剤
TEBおよびIMD	マテリアル 7A	ヒノキ	<K2　（AZNA）
	マテリアル 7B	ベイツガ	K2～K3　（AZNA）
	マテリアル 7C	スギ	K3～K4　（AZNA）
TEB	マテリアル 7D	ヒノキ	K4＜　（AZNA）
IMD	マテリアル 7E	カラマツ合板	K2＜　（AZN）
	マテリアル 7F	ヒノキ	K3～K4　（AZN）
	マテリアル 7G	スギ	K4＜　（AZN）

処理後十分に乾燥させた試験材料を裁断し、カッター式ミルを用いて目開き 2㎜のふるいを通過するように粉砕した。得られた粉砕物を帯電防止のジップ式袋に小分けしたものを配布用試料とした。マテリアル毎 10 個の配布用試料を無作為に抽出し、均質性の評価に用いた。

配布用試料の均質性の評価は食品分野の試験方法の JAS 等で用いられている“IUPAC の技能試験のハーモナイズドプロトコル”に準拠して実施した（参考資料［2］、［3］）。抜き出した 10 個の配布用試料について、1 個当たり併行 2 回の吸収量の測定を実施し、一元配置分散分析（危険率 5%）によってその均質性を確認した。

2．3　参加試験室による吸収量の測定と結果の報告

各試験室で併行 3 回の測定を実施するため、各マテリアル 3 個ずつ配布用試料を送付した（TEB 用は合計 12 個、IMD 用は 18 個）。配布用試料には 1000 ～ 4000 の範囲のランダムな番号を付し、濃度やマテリアルに関する情報を非明示化した。各試験室では、配布した手順書に基づいた吸収量の測定が実施され、結果は所定のフォーマットを用いて報告された。

2．4　報告結果の統計解析と妥当性等の評価

ASTM E691 に準拠し、参加試験室から報告された結果の解析を行った。解析は次の手順で行った。マテリアルの配布用試料についての測定結果を x_{ij}（試験室 i における j 番目の結果）とし、下記の①～⑪を求めた。また、各試験室の結果についてマンデルの検定統計量 k（下記⑥）と h（下記⑦）を求めた。マンデルの k と h の危険率 0.5％の許容限界値を用いて外れ値の有無について検討した。なお、下記の式で n は併行回数（本事業の場合は 3）を、p は計算に用いた結果を返した試験室数を示す。

① 試験室 i の測定結果の平均 $(\bar{x}_{i.}) = \sum_j x_{ij} / n$

② 試験室 i の標準偏差 $(S_i) = \sqrt{\sum_j (x_{ij} - \bar{x}_{i.})^2 / (n-1)}$,

③ 試験室の平均の平均（総平均）$(\bar{\bar{x}}) = \sum_i \bar{x}_{i.} / p$,

④ 総平均の標準偏差 $(S_{\bar{x}_{i.}}) = \sqrt{\sum_i (x_{i.} - \bar{\bar{x}})^2 / (p-1)}$,

⑤ 併行標準偏差 $(S_r) = \sqrt{\sum_i S_i^2 / p}$

⑥ 試験室 i のマンデルの k　$k_i = S_i / S_r$

⑦ 試験室 i のマンデルの h　$h_i = (\bar{x}_{i.} - \bar{\bar{x}}) / S_r$

⑧ 室間の標準偏差 $(S_L) = S_{\bar{x}_{i.}}^2 - S_r^2 / n$

⑨ 室間再現標準偏差 $(S_R) = \sqrt{S_r^2 + S_L^2}$
（$S_{\bar{x}_{i.}}^2 - S_r^2 / n$ が負の場合は 0 とする）

⑩ 併行許容差 $= 2.8 \times S_r$

⑪ 室間再現許容差 $= 2.8 \times S_R$

これらのうち⑦、⑨、⑩、⑪がいわゆる精度指標と呼ばれる値である。以下、それぞれの値が意味することについて解説を加える。

⑦併行標準偏差 (S_r)：同一試験室・同一条件（併行条件＊）下で繰り返し得られた測定結果の標準偏差であり、試験室内における測定のばらつき（繰返し精度）を表す。

＊併行条件とは同一と見なされる試料の分析において、短時間に、同じ分析者が、同じ試験室で同じ機器を用いて、同一の試験・測定項目について同じ分析法を用いて、独立した測定結果を得る観測条件。

⑨室間再現標準偏差 (S_R)：異なる試験室等の再現条件＊＊下で得られた測定結果の標準偏差であ

り、室間再現性に対応する測定結果のばらつきを表す。

＊＊再現条件とは、同一と見なされる試料を対象として、異なる分析者が異なる試験室および機器を用い、同一の試験・測定項目について同じ測定法により、独立した測定結果を得る観測条件。

⑩併行許容差：併行条件で得られた２つの測定結果の差について、この値を超える確率が5%となるように定義される限界値。

⑪室間再現許容差：再現条件で得られた２つの測定結果の差が、この値を超える確率が5%となるように定義される差の限界値。

[参考資料]

[1] ASTM E691-23: Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method (2023)

[2] Thompson, M., et al., The International Harmonized Protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories, Pure Appl. Chem., 78 (1),145-196 (2006)

[3] 安井明美 編集委員長ほか．食品分析法の妥当性確認ハンドブック：最新版，サイエンスフォーラム (2010)

実施した結果

1．配布用試料の作製

配布用試料の均質性の確認のために行った測定のうちTEBの結果を図２に示す。マテリアル7Dの測定結果で外れ値が検出されたため、この結果を除外して一元配置分散分析（危険率5%）を行った。その結果、全てのマテリアル（7A～7D）の配布用試料が均質であると判断された。IMDについても、全てのマテリアル（7A～7C、7E～7G）について均質であると判断された。

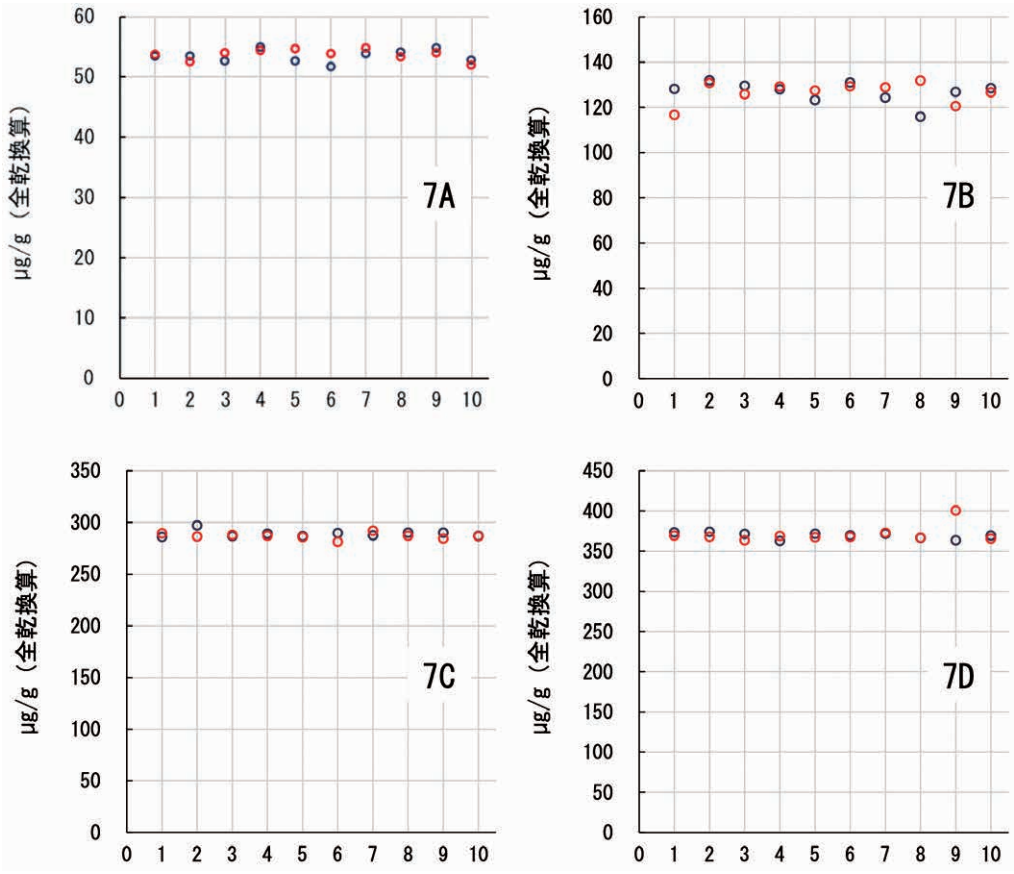


図２　均質性の確認のためのテブコナゾール（TEB）の測定結果

＊横軸の数字は便宜的につけた配布用試料番号、それぞれ併行２回の測定結果を表示

2．室間共同試験の結果

各試験室から報告されたTEBの吸収量の測定結果を図３に、これらの結果から算出したマンデルのkとhを図４に示す。ASTM E691 ではマンデルのｋとｈが測定結果の外れ値の目安として用いられている。前者は、測定結果に対する試験室内のばらつき、すなわち併行３回の測定結果のばらつきに関する値であり、室内一致性と呼ばれる。後者は、測定結果（併行３回の平均値）が総平均（全試験室の測定結果）の平均値と比較してどの程度ずれているかを示す値で、室間一致異性と呼ばれる。ASTMではkとhについて危険率0.5％の許容限界値を超えたものを外れ値の目安としており、本検討でもこの許容限界値を適用した。

試験室８のマテリアル7A、7C、7Dの測定結果のばらつきが他の試験室よりも大きい傾向にあり（図3)、これらのマンデルのkの値が、棄却限界値をは超えていた（図4)。このことについて、試験室８の測定結果を精査したところ、HPLC測定における夾雑成分による影響が疑われた。このことから、マテリアル7A、7C、7Dについては試験室８の測定結果を外れ値として除いた場合の解析も実施した。
各試験室から報告されたTEBの吸収量の測定結果から算出した各種統計量と精度指標を表４に示す。7A、7C、7Dについては、試験室８の測定結果を除くことで、ばらつきに関連した数値が小さくなることが確認された。

ASTM E691 では、得られた精度指標について、妥当性を評価するための基準が示されていない。一方、食品分野の試験方法のJASに採用されいる試験方法では、HorRatが妥当性を判断するための参考値として用いられている。HorRatは、AOAC（Association of Official Analytical Chemists）が実施した多数の室間共同試験データに基づいて導出された式から算出される、室間再現相対標準偏差の予測値（Horvitz predicted RSDR）と、実際の室間共同試験で得られた室間再現相対標準偏差との比である（参考資料［3]）。AOACのガイドラインでは､HorRatが0.5より大きく2.0以下（0.5＜HorRat≦2.0）であるとき、その測定方法が妥当であるとしている。

TEBの吸収量測定結果から算出したHorRat値は、外れ値検出のためのコクラン検定等を実施していない条件においても、すべてのマテリアルで0.5＜HorRat≦2.0を満たしていた（表3)。これらの結果に加えて現在実施中のIMD室間共同試験の結果について、委員会等で最終的な結論を得る予定である。

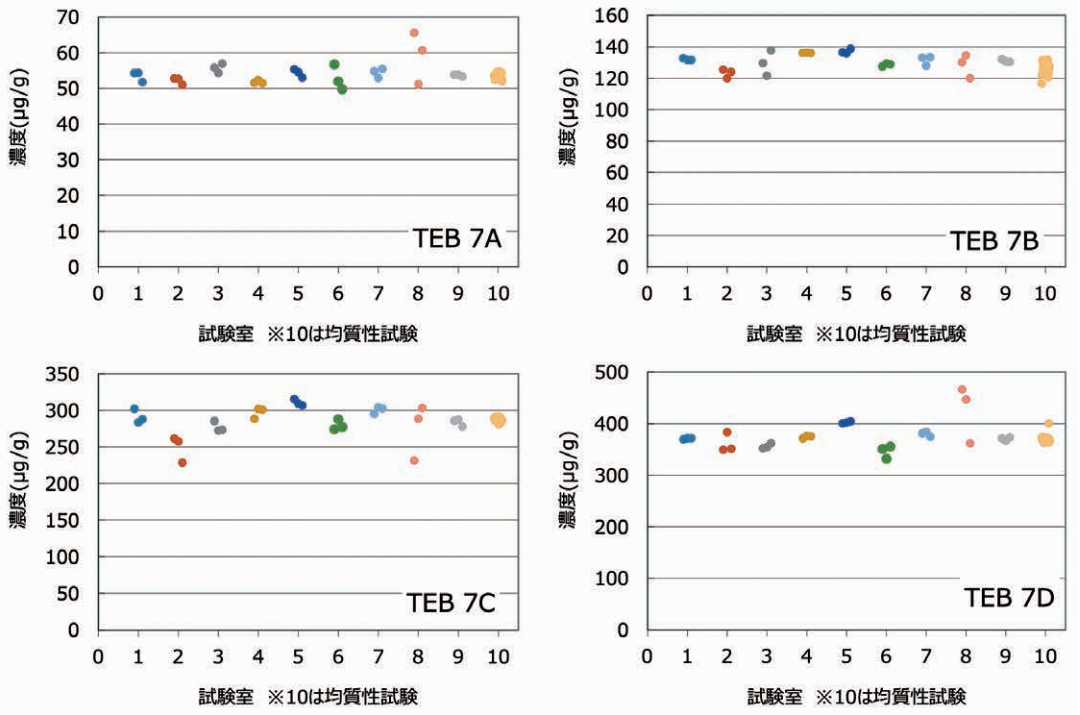


図３　参加試験室によるテブコナゾール（TEB）の測定結果

＊横軸の数字は便宜的につけた試験室の番号、それぞれ併行３回の分析結果を表示

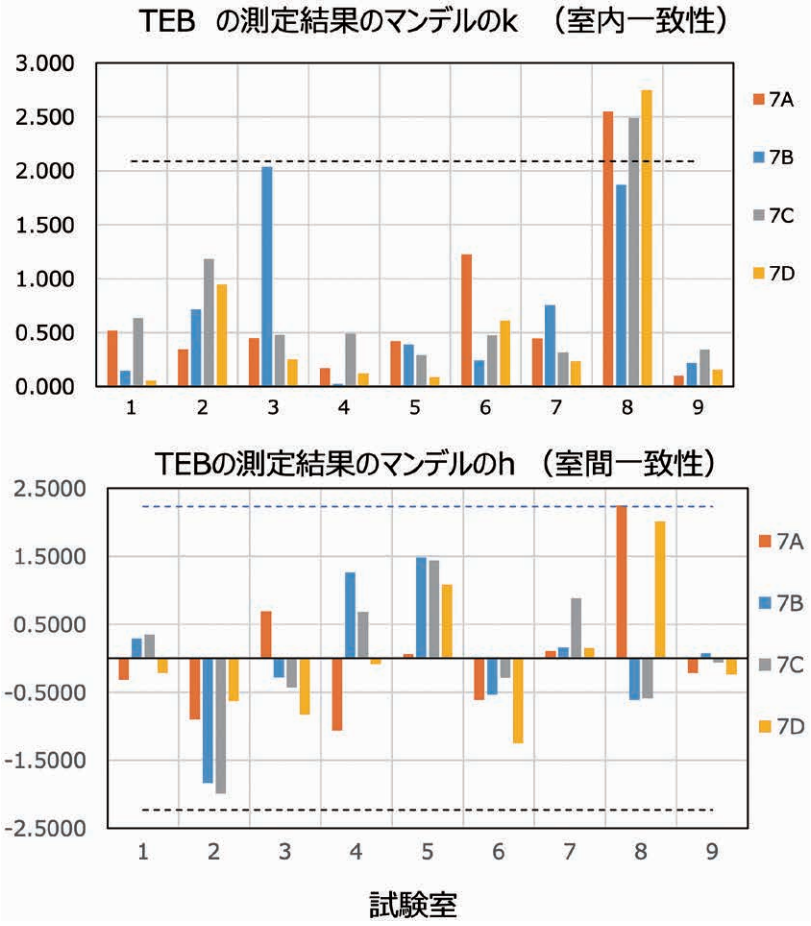


図４　参加試験室によるテブコナゾール（TEB）の測定結果から算出したマンデルのｋとｈ
＊図中の点線は棄却限界値を示す

表３　テブコナゾール（TEB）含有量試験の精度指標

試料識別	7A	7A＊	7B	7C	7C＊	7D	7D＊
参加試験室数	9	9	9	9	9	9	9
採択された試験結果の数	9	8	9	9	8	9	8
併行回数	3	3	3	3	3	3	3
TEB 濃度の平均値, μg/g	54.2	53.5	131	285	286	376	370
併行標準偏差 S_r, μg/g	2.88	1.61	4.00	15.2	9.0	20.3	8.6
併行相対標準偏差 RSD_r, %	5.33	3.01	3.06	5.34	3.14	5.40	2.33
併行許容差 r (r=2.8 S_r), μg/g	8.08	4.52	11.2	42.6	25.2	56.9	24.1
室間再現標準偏差 S_R, μg/g	3.24	1.83	5.29	21.8	20.0	29.3	18.3
室間再現相対標準偏差 RSD_R, %	5.97	3.43	4.04	7.64	6.99	7.79	4.96
室間再現許容差 R （R=2.8S_R）, μg/g	9.06	5.14	14.8	60.9	56.1	82.1	51.4
HorRat value	0.7	0.4	0.5	1.1	1.0	1.2	0.8

3．原案作成作業

現在、表のグループ 1 に分類したDDAC、BKC、DMPAP の JAS 原案を作成中である。今後、委員会等により内容を精査する予定である。

今後の課題・展開等

本年度の事業では、木材保存剤有効成分であるテブコナゾールおよびイミダクロプリドの吸収量測定方法の妥当性を検証するため、ASTM E691 に準拠した室間共同試験を実施した。これらの測定方法については昨年度にも室間共同試験を実施したが、その結果を踏まえて試験方法の改良が必要と判断され、本年度に再試験を行った。

その結果、テブコナゾールの測定方法については概ね良好な結果が得られた。今後は、解析中であるイミダクロプリドの室間共同試験結果と併せて、委員会等において測定方法の妥当性を精査・判断する予定である。

木材保存剤の吸収量測定方法の妥当性を室間共同試験により評価した事例は国内外ともに少なく、試験を通じて初めて明らかとなる課題も多い。これらの課題の解決を図りつつ、他の有効成分についても、JAS 化に必要な室間共同試験を順次実施していく予定である。

事業

難燃薬剤処理木材の屋外での需要拡大を図るための促進劣化試験および燃焼試験による性能評価の検討

● 実施団体 ●

公益社団法人 日本木材保存協会

〒105-0001　東京都港区虎ノ門４丁目２番５号　第３松坂ビル８階

事業目的

木質材料の需要拡大には、非住宅建築物や外構材への利用拡大が必須であるが、難燃処理などにより火災安全性も確保する必要がある。これまでに小型の促進劣化試験と燃焼試験により評価する方法確立をめざし、ファサード試験（JIS A 1310）の結果と低発熱コーンカロリーメーター（ISO5658-2）の特定時間の総発熱量との相関性が高いことを明らかにした。しかし、目地や目透かしの影響を低発熱コーンカロリーメーター試験でも加味すべきかどうか、という点を検証する必要がある。また、ファサード試験において、気象劣化後の塗膜の燃焼を疑似的に再現して評価する試験方法など、更に精度を高めるための課題があるほか、無塗装試験体についての促進劣化試験データを整備する必要がある。これらを明らかにすることを目的とし、各種耐候性試験、燃焼試験を実施する。

実施した項目

１．難燃薬剤処理した木材の性能試験

以下の試験を実施して各種難燃薬剤処理した木材の性能を確認するとともに、試験種相互の関係性を検証した。

１）外装用難燃薬剤処理木質材料の促進劣化試験（JIS A 1326:2019）
２）建築ファサードの燃えひろがり試験（JIS A 1310:2019）
　（以降、ファサード試験と表記）
３）低発熱コーンカロリーメーター試験（ISO/TS 5660-4:2016）
４）屋外暴露試験
５）紫外線劣化を加味した促進劣化試験

２．委員会および部会等の開催

実施体制

【事業の協力体制】

昨年度までの事業に続き、公益社団法人日本木材保存協会に事務局を置き、今村祐嗣氏を委員長として表１の参画者で事業委員会を形成して事業を推進した。また、同協会内に部会を組織し（表２）、本事業で実施する試験結果について検討し、委員会へ報告した。

表１　事業参画者の一覧

	氏名	所属
委員長	今村　祐嗣	京都大学 名誉教授、（公社）日本木材保存協会参事
委員（主査）	上川　大輔	国立研究開発法人森林整備・研究機構 森林総合研究所
委員	鮫島　正浩	東京大学名誉教授、（公社）日本木材保存協会参事
委員	藤井　義久	京都大学 名誉教授，（公社）日本木材保存協会会長
委員	野口　貴文	東京大学

委員	吉岡　英樹	東京大学
委員	兼松　　学	東京理科大学
委員	木口　　実	日本大学
委員	毛利　嘉一	日本大学
委員	西尾　悠平	国立研究開発法人 建築研究所
委員	髙瀬　　椋	国立研究開発法人森林整備・研究機構森林総合研究所
委員	山本　幸一	国立研究開発法人森林整備・研究機構 森林総合研究所
委員	佐野　正洋	一般社団法人 電線総合技術センター
委員	早川　哲哉	株式会社東京システムバック
委員	杉山　和正*	株式会社プラセラム
委員	山口　秋生*	越井木材工業株式会社
委員	内藤　俊介	越井木材工業株式会社
委員	手塚　大介*	兼松サステック株式会社
委員	五十嵐　盟*	兼松サステック株式会社
委員	須貝与志明*	株式会社ザイエンス
委員	茂山　知己*	株式会社ザイエンス
オブザーバー	立花　紀之	林野庁林政部木材産業課木材製品技術室
事務局	片桐　芳男	（公社）日本木材保存協会
	小林　理恵	

表２　難燃部会委員の構成

	氏名	所属
部会長	上川　大輔	国立研究開発法人森林整備・研究機構 森林総合研究所
委員	髙瀬　　椋	国立研究開発法人森林整備・研究機構 森林総合研究所
委員	杉山　和正	株式会社プラセラム
委員	山口　秋生	越井木材工業株式会社
委員	樋田　淳平	株式会社オーシカ
委員	大宮　喜文	東京理科大学
委員	福田　泰孝	一般財団法人 ベターリビング
委員	河原崎政行	地方独立行政法人北海道立総合研究機構
事務局	片桐　芳男	（公社）日本木材保存協会
	小林　理恵	

【役割分担】

難燃薬剤処理試験体の作製は、委員会での仕様に基づき、㈱プラセラム、越井木材工業㈱、兼松サステック㈱、㈱ザイエンス、森林総研で行った。

各試験体の難燃性能の評価に関しては、低発熱コーンカロリーメーター試験（ISO/TS 5660-4）を東京システムバック、ファサード試験（JIS A 1310）を建築研究所で行った。屋外暴露試験は日本大学および森林総研で、紫外線劣化を加味した促進劣化試験は森林総合研究所にて実施した。

難燃薬剤処理試験体の仕様や試験結果の解析に関する検討は及び結果の取り纏めは、事業推進委員会において行った。（図１）

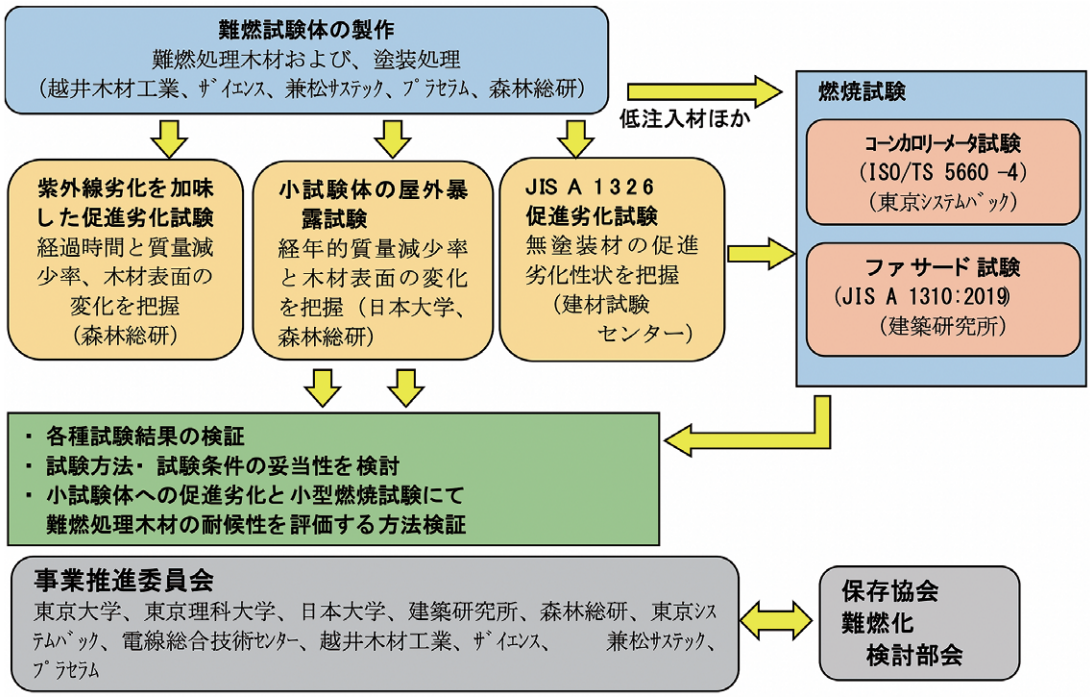


図１　事業の実施体制

実施した内容

●試験体の作製と調整

表１にファサード試験（JIS A 1310）用の試験体、表２に低発熱コーンカロリーメーター試験用の試験体一覧を示す。なお、表に示す屋外暴露試験は今回の促進劣化試験との対応を見るために新規に設置したものである。試験材はいずれもスギ（上小節）を基材とし、厚さ 18mm で、いずれも木表を加熱面とした。

表１　ファサード試験　試験体一覧

記号	難燃薬剤	薬剤量 [kg/m^3]	塗装	その他
A-N-H	リン酸アミノ樹脂	50.6	なし	本実・目透かし
A-S-H	リン酸アミノ樹脂	49.7	模擬塗膜	本実・目透かし

表２　低発熱コーンカロリーメーター試験　試験体一覧

記号	難燃薬剤	薬剤量 [kg/m^3]	塗装	その他
A-N-H	リン酸アミノ樹脂	50.6	なし	本実・目透かし
A-S-H	リン酸アミノ樹脂	49.7	模擬塗膜	本実・目透かし
A[2)]	リン酸アミノ樹脂	26.1	オイルステイン系	本実・目透かし、2024年度1310
B_S[2)]	リン酸系	24.7	なし	突付け目地、2024年度1310
B_R[2)]	リン酸系	25.9	なし	突付け目地、2024年度1310

ファサード試験用の試験体は、既往の研究において実施されている劣化後の製品を想定した低濃度薬剤注入材[1)]（リン酸アミノ樹脂系（51kg/m^3）、オイルステイン系塗装）の、無塗装の状態、および、同無塗装材にポリエチレンシートを留付けた仕様とした。後者は、将来的に難燃薬剤処理製品を促進劣化試験およびファサード試験により評価する場合において、無塗装で十分な性能が出る仕様に造膜形塗装

を施した製品を評価する方法の検証が目的である。模擬塗膜仕様は、ウレタン等の塗膜が気象劣化により全て剥離した状態で処理材表面に残存、かつ、無塗装と同等の薬剤量低下したものを模しており、これは造膜形仕様が最も燃え広がりやすい状態となったものを想定している。

低発熱コーンカロリーメーター試験用の試験体は、ファサード試験と同じ試験体仕様および2024年度にファサード試験を行った試験体仕様で、いずれも中央にファサード試験と同じ目地を設けたものとした。B_Sは木表側、即ち加熱面側に難燃薬剤が偏在する状態、B_Rは木裏側に偏在する状態に調整したものとなっている。

表３　促進劣化試験（JIS A 1326）・屋外暴露試験（つくば市）の試験体

記号	難燃薬剤	薬剤量 [kg/m^3]	塗装	その他
a-N	リン酸アミノ樹脂	189	なし	
a-P	リン酸アミノ樹脂	189	含浸形オイルステイン系	
a-N-H	リン酸アミノ樹脂	193	なし	本実・目透かし
a-P-H	リン酸アミノ樹脂	193	含浸形オイルステイン系	本実・目透かし
b-N	リン酸系	182	なし	
b-N-H	リン酸系	179	なし	本実・目透かし
c-N	ホウ酸・リン酸系	259	なし	
c-F	ホウ酸・リン酸系	348	造膜形ウレタン系	
d-N	リン・窒素系	128	なし	
d-F	リン・窒素系	131	造膜形ウレタン系	
e1-N	リン酸グアニジン系	155	なし	
e1-P	リン酸グアニジン系	155	含浸形アルキド樹脂系	
e2-N	リン酸1アンモニウム	96	なし	
e2-P	リン酸1アンモニウム	96	含浸形アルキド樹脂系	
e2-F	リン酸1アンモニウム	92	造膜形ウレタン系	
e3-N	リン酸系	339	なし	

表３に促進劣化試験（JIS A 1326）用および屋外暴露試験用（つくば市）の試験体一覧を示す（表中の薬剤量は促進劣化用試験体の平均値）。これら耐候性試験は促進劣化試験での薬剤溶脱の程度を検証するデータの収集が主目的であり、既往の研究でのデータ数が少ない無塗装仕様をメインとして各参画企業にて試験材を作製したほか、ある程度の耐候性が確認されているリン酸系薬剤、一般的成分で容易に溶脱を生じるリン酸一アンモニウムで難燃処理した試験体を作製した。また、一部仕様においては、本実・目透かし加工を施した試験体も作製し、これらが気象劣化に及ぼす影響も検討することとした。

●建築ファサードの燃えひろがり試験（JIS A 1310:2019）

（国研）建築研究所にて、表１に示す２仕様について、その燃え広がり性状を確認するため、JIS A 1310:2019に準拠してファサード試験を実施した（写真１）。A-N-Hの試験材は無塗装で、A-S-Hでは、模擬塗膜として0.2mm厚のポリエチレンシートを各難燃処理試験材を包むように配し、ステープルにて留めつけたうえで試験に供した。各試験体は、外寸、高さ4,095 mm×幅1,820 mmの鋼製枠の上に、けい酸カルシウム板（厚さ12mm×２層）を基板として張り、厚さ15mmの胴縁（無処理スギ）を固定したうえで、開口以外の部分に試験材を釘留めしてそれぞれ作製した。開口部は内寸910mm×910mmで、基板と試験材との間に厚さ15mmの通気層のある構成とした。試験材は幅120mm×長さ455mm×厚さ18mmで横張りとし、中央に目地を設けた（写真１参照）。火源の発熱速度は900kW

とし、加熱時間は20分間とした。



写真1　ファサード試験（A-S-H）



写真2　促進劣化試験（開始時）

●低発熱コーンカロリーメーター試験（ISO/TS 5660-4）

（株）東京システムバックにて、表2に示す5仕様の試験材について低発熱コーンカロリーメーター試験を実施した。試験体は外寸150mm×150mmで、いずれもファサード試験用試験材と同じものから切り出し、中央に本実あるいは突付け目地を設け（写真3）、二つのパーツを一体化するため裏面端部付近を幅10mmのアルミテープにて固定した。A-S-Hではファサード試験と同じ方法でポリエチレンシートを留付けた。加熱強度は50kW/m^2、試験時間を20分間とし、口火の電気スパークありの試験条件とした。各試験体とも繰り返し数を3体とした。



写真3　低発熱コーンカロリーメーター試験体（A-S-H）

●促進劣化試験（JIS A 1326:2019）

（一財）建材試験センター中央試験所にて、表3に示す16仕様の試験材についてJIS A 1326:2019による促進劣化試験を実施した。各試験材は幅120mm×長さ455mm×厚さ18mmで、同一仕様を4枚上下に並べた縦張りとし、約2m×2mの試験体を作製した（写真2参照）。試験は180サイクルを1セット実施し、試験後の養生期間後の重量を計測したうえですべてを105℃にて乾燥させ、全乾重量を計測した。

●屋外暴露試験および紫外線劣化を加味した促進劣化試験

日本大学生物資源科学部８号館屋上屋外暴露場において、2022年１月から屋外暴露試験を継続している。試験片は、難燃処理薬剤を注入後、塗装無し試験片各10枚、塗装試験片各15枚（3社は造膜形塗料、1社は含浸形塗料塗装）であった。これに加え、今年度JIS A 1326に供したものと同じものについて、新たに森林総合研究所第２樹木園（一部は本所敷地内）の暴露試験場での屋外暴露試験を開始した（表3）。試験体は120mm×長さ300mm×厚さ18mmで、木口をエポキシ樹脂にてシールしたうえで木表を真南にむけ鉛直に暴露した（写真4）。N数は３とした。



写真４　屋外暴露試験（つくば市）

実施した結果

●ファサード試験結果

ファサード試験により、リン酸アミノ樹脂系の難燃薬剤を注入した試験材の無塗装仕様および模擬塗膜を張った仕様の外壁の燃えひろがり性状を明らかにした。図１および表４に外装表面最高温度を、図２に炭化・燃え抜け状況を示す。なお、図１および表４には、比較のため薬剤量が同じで含浸形塗装のA-P-Hと、十分な薬剤量の処理材に造膜形塗装（劣化なし）のC、スギ無処理（厚さ9mm、18mm）の場合それぞれのデータを載せている。

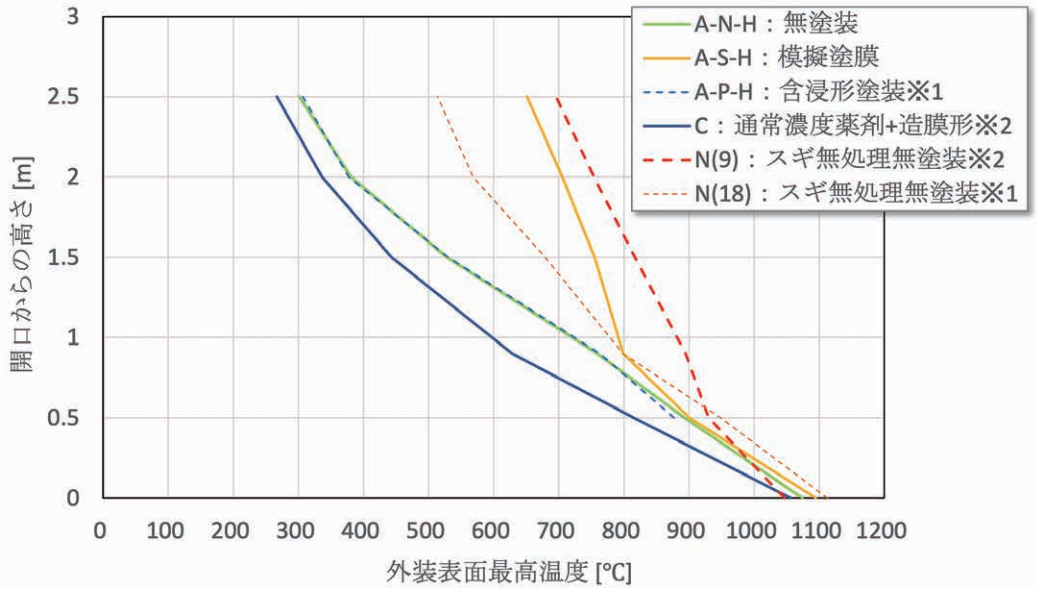


図１　ファサード試験での外装表面最高温度

※１　中村ら、建築学会技報25(60)、2019.06、※２　2024年度事業報告

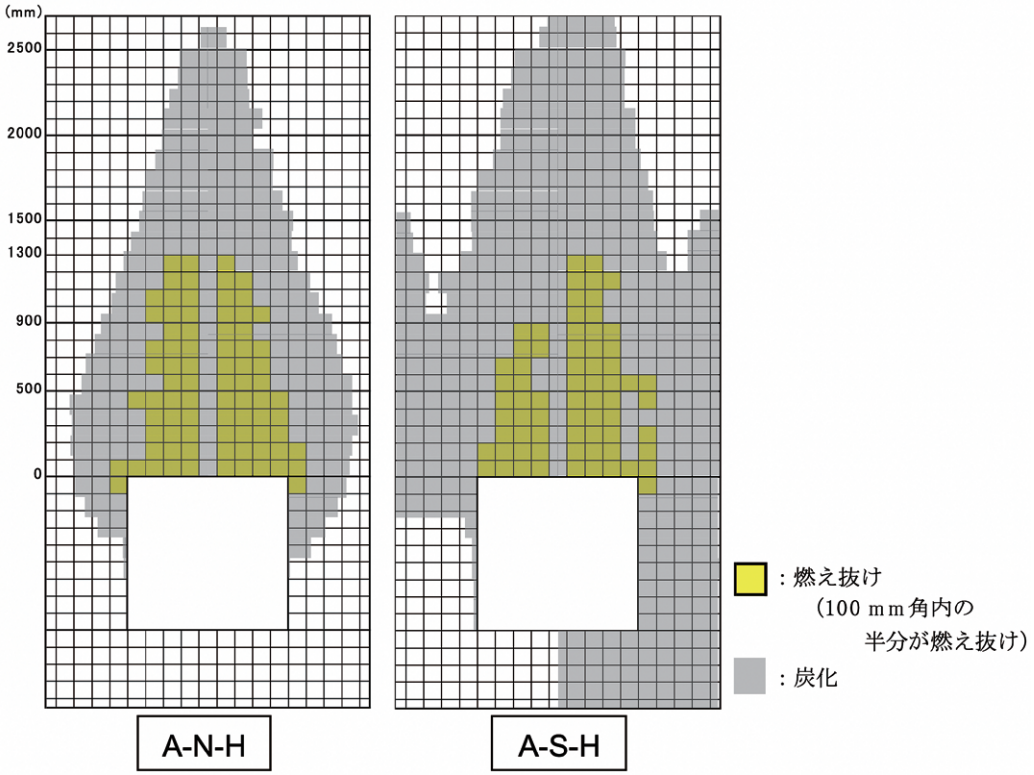


図２　ファサード試験　炭化・燃え抜け状況

表４　ファサード試験での外装表面最高温度

試験体	各高さでの最高温［℃］						2mで500℃超の時間［s］
	0m	0.5m	0.9m	1.5m	2m	2.5m	
A-N-H	1074.2	893.0	759.2	528.0	380.9	301.4	ー
A-S-H	1094.9	900.5	799.1	755.1	705.4	651.2	64
A-P-H※1		877	763	530	377	307	ー
C※2	1055.9	815	628.7	443.3	336.4	266.9	ー
N(9)※2	1046.5	930	894.7	817.1	754.2	695.9	542
N(18)※1	1112.6	948.7	798.4	678.9	568.2	513.9	112

※1　中村ら、建築学会技報25(60)、2019.06
※2　2024年度補助事業にて実施

無塗装のA-N-Hでは、試験開始20秒程度で外装表面が燃焼し始め、その後徐々に上方へと着火範囲が広がったが、火炎が試験体上端を超えることはなかった。A-S-Hでは、試験開始後15秒程度で外装表面が燃焼し始めその後40秒ほどで火炎は試験体上端へ達した。火炎は最大で試験体上端より1m程度上方まで伸長したが、中心軸に近い部分から塗膜が燃え尽き、試験開始2分後には中心軸上の火炎主軸はかなり小さくなった。その後、中心軸から左右に離れた部分や、開口下部での外装表面の燃えひろがりが見られたが大きな火炎とはなることはなかった。

表4および図1を見ると、無塗装のA-N-Hの外装表面最高温度分布は既往研究にて実施された含浸形塗装のA-P-Hでのそれとほとんど一致しており、このことから含浸形塗料の塗布は外装の燃えひろがりにあまり影響しない可能性が高いことが分かる。これは即ち、無塗装製品で燃えひろがり評価に合格した製品に対し含浸形塗装は使用しても問題ない可能性が高い、ということとなる。一方で、模擬塗膜として0.2mm厚のポリエチレンシートを留付けたA-S-Hの外装表面最高温度は全体的に高い値であり、これまでの検討で燃えひろがりの判定材料としている開口から2m上方での外装表面温度も500℃を大

きく超え700℃に達している。ただし、その500℃以上となっている時間は64秒であり、この500℃以上の時間での判定ラインを例えば60秒と設定した場合かなりぎりぎりでの不合格、という事になる。なお、今回の模擬塗膜の、すべて剥離状態で表面に残存、という想定はかなり厳しく、実際には剥離していない部分や塗膜の脱落などが生じるため、不利側となりすぎていることも考えられる。

●促進劣化試験（JIS A 1326）

写真５に促進劣化試験180サイクル終了後の試験体の様子を示す。これらのうち、b-N、b-N-Hでは明らかな白華が見られ、a-P、a-P-H、c-N、c-F、d-N、e2-Pでは主に木目の一部に沿った若干の白華が見られた。耐候性のない薬剤の仕様においてあまり白華が見られないのは散水により溶脱が進み、表面に析出した薬剤も流れ落ちたためと考えられる。また、d-Fでは一部で木目に沿った塗膜の膨れが見られたほか、d-N、c-Fでは板目の木目間隔が広い部分の一部で晩材部分の若干の剥離が見られた。無塗装の仕様においてはe3-Nを除いて全体的に色が白っぽく変色しており、クリア造膜形の仕様では色が若干濃くなっている。本報告概要作成時点で試験後の乾燥期間中であり、後の報告会および事業報告書において各仕様の促進劣化での薬剤溶脱量を報告する。



写真５　促進劣化試験（JIS A 1326）180サイクル後の試験体表面の様子

●低発熱コーンカロリーメーター試験

本報告概要提出後の実施予定であり、この本年度の目地あり試験体に対する低発熱コーンカロリーメーター試験の結果と今年度および昨年度のファサード試験結果との対応を検証することで、これら二つの試験間の関係性を導く際に目地や目透かしを設けた試験体での小型燃焼試験とすべきかどうかを検討する。

今後の課題・展開等

今年度の事業により、促進劣化試験（JIS A 1326）後のファサード試験にて難燃処理木材の耐候性を評価する手法において安全性が確認されたものに対し、含浸形塗装を施しても防火上の問題がほぼ生じないであろうことが明らかとなってきたため、将来的な評価制度の試験方法・運用体制にこれらを加味し、優良木質建材等認証（AQ認証）制度といった実製品の評価体制への適用に取り組む。また、新たに設置した屋外暴露試験と促進劣化試験との対応を把握し、造膜形塗装を施した製品への適用可能性を検討する必要があるほか、小型の燃焼試験への促進劣化試験、および、その後の小型燃焼試験によって耐候性を評価する試験方法の検討をさらに進める。

事業

CLTパネルと鉄骨架構によるハイブリッド型木造構造システムの実施設計に向けた設計マニュアルの開発

● 実施団体 ●

株式会社 堀江建築工学研究所
〒151-0071　東京都渋谷区本町１丁目52-2　Kビル4F

国立大学法人 東北大学工学研究科
〒980-8579　宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6

事業目的

令和３年度～５年度に本事業で提案し，基本性能の検討や解析モデルの作成，試設計を行った「CLTパネルと鉄骨架構によるハイブリッド型木造構造システム」の実現・社会実装に向けて以下の技術開発を行う。過去３年度に蓄積した成果に基づいて，提案した構造システムを用いた建築物を実現（社会実装）するための検討を行う。ハイブリッド架構を実建物に適用するための建物各部の詳細を検討し設計法を確立し，普及に向けたマニュアルの拡充を行う。

① 接合部設計における課題を解決し，より合理的な接合部の開発とそれに基づく接合部および壁の設計法の整理
② 建物を設計する際の構造計画のためのフローを策定し，CLT壁，接合部，鉄骨架構の仮定断面を簡略に設定する方法を明示する。
③ 架構全体を構造解析し，限界耐力計算法により必要な構造性能を確保する構造設計法に関する設計マニュアル（基本設計と設計法の解説）を作成し公開する。

実施した項目

非木造建築が主流である中層集合住宅やオフィスなどの木質系建築構造を実現するための以下の研究を行う。

① CLT-鉄骨接合部及び構造システムの構造性能検討法開発：接合部ディテールの改良・実験検証，構造計画の検討法の改良・提案
② 構造設計マニュアルの拡充とより広い範囲での試設計例の検討
③ 普及・広報活動

実施体制

全体委員会
主査：　前田匡樹（東北大学）
幹事：　迫田丈志（㈱堀江建築工学研究所）
委員：　太田勤，清原俊彦，髙橋愛，尾畑徹，土田敏行（㈱堀江建築工学研究所），松本直之（山口大学），後藤豊（東北大学），千葉賢史（宮城県水産林政部），日野円（宮城県森林組合連合会），勝田幸仁朗（物林㈱），安達揚一（㈱SPAZIO建築設計事務所）

CLT-鉄骨接合部・構造システムWG
主査：　前田匡樹（東北大学）
幹事：　松本直之（山口大学）
委員：　迫田丈志，太田勤，清原俊彦，尾畑徹，高橋愛，土田敏行（㈱堀江建築工学研究所），後藤豊，渡邊悠，三﨑拓己（東北大学）

構造設計WG
主査：　迫田丈志（㈱堀江建築工学研究所）
幹事：　尾畑　徹（㈱堀江建築工学研究所）

委員： 太田勤，清原俊彦，髙橋愛，土田敏行（㈱堀江建築工学研究所），前田匡樹，後藤豊（東北大学），松本直之（山口大学），山内一彦（㈱井口構造設計事務所）

実建物への適用WG　主査： 尾畑徹（㈱堀江建築工学研究所）
幹事： 後藤豊（チャルマース工科大学・東北大学）
委員： 太田勤，清原俊彦，髙橋愛，土田敏行（㈱堀江建築工学研究所），前田匡樹（東北大学），松本直之（山口大学），山内一彦（㈱井口構造設計事務所），吉田陽葵，芝田萌実（東北大学）

広報普及WG　主査： 前田匡樹（東北大学）
幹事： 堀亜紀子（東北大学）

委員： 勝田幸仁朗（物林㈱），安達揚一（㈱SPAZIO建築設計事務所），日野円（宮城県森林組合連合会），迫田丈志，福井和代（㈱堀江建築工学研究所），松本直之（山口大学）

事務局　福井和代（㈱堀江建築工学研究所），堀亜紀子（東北大学）

オブザーバー　髙橋風鈴，石﨑宣彦（林野庁木材産業課），平原章雄（木構造振興㈱）

実施した内容

1．CLT鉄骨接合部および構造システムの構造性能評価

1－1．改良型接合部の設計法の提案と検証

昨年度までに検討を行ったCLT-Sハイブリッド構造システムの接合部設計法において課題となった初期スリップの解消を目的として，ボルトとビスの併用による改良型接合部の開発を行った。

（1）要素実験の概要

実大接合部の40%縮小試験体で圧縮･引張の一軸の正負交番載荷実験を行い，ボルトとビスの接合部性能の足し合わせが可能であるかの検証を行った。ボルトのみ（BCシリーズ）による接合，ビスのみ（SCシリーズ）による接合，ボルト･ビス併用型（BSCシリーズ）接合各3~4体について，一軸交番載荷試験を実施した。CLTパネルは厚さ36㎜のCLT36（スギ，3層3プライMx60），ボルトは強度等級10.9の高強度ボルトM12，ビスはコンフィット（径4.2㎜，全長51）を使用した。図1，2に実験の概要を示す。

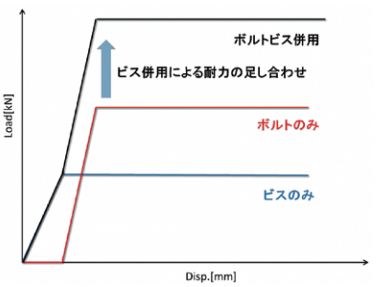


図1：接合部のビス・ボルトの足し合わせによる補剛効果模式図

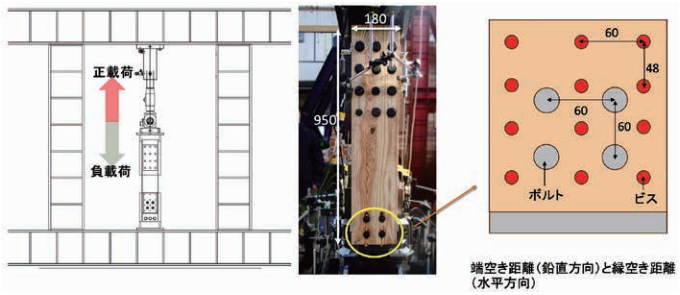


図2：改良型接合部ディテールおよび実験セッティング

（2）実験結果の概要

実験結果の概要を図3～6に示す。①ボルトのみ，②ビスのみ，③ボルト・ビス併用の各接合部はそれぞれ，①完全弾塑性に近い挙動（めり込み先行），②ビスの降伏・二次剛性発現・ビスの破壊による荷重低下，③①，②の重ね合わせ，という挙動を示した。剛性，耐力では，独立した実験①，②の重ね合わせは，併用した実験③よりやや剛性・耐力ともに高いものの，おおむね重ね合わせが成立していることが確認された。ビス接合では初期の立ち上がりが確認され，改良接合部における

初期剛性の改良に有効であることが示された。理論式は文献 1)（ボルト）および 2)（ビス）により算定した。

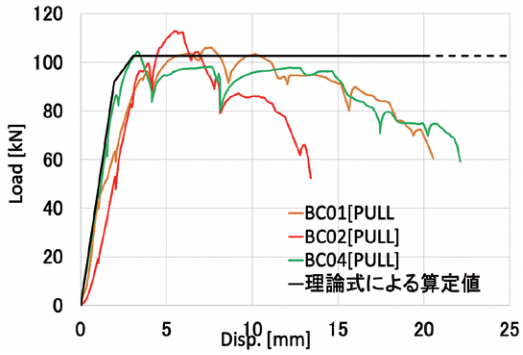


図３：荷重変形関係　①ボルトのみの接合部

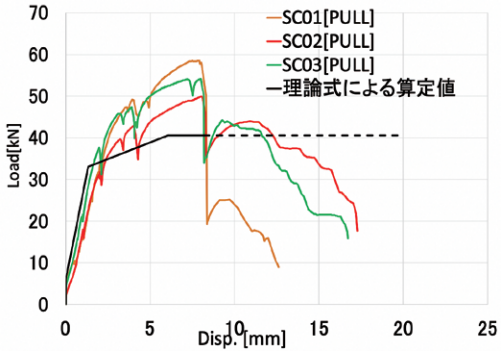


図４：荷重変形関係　②ビスのみの接合部

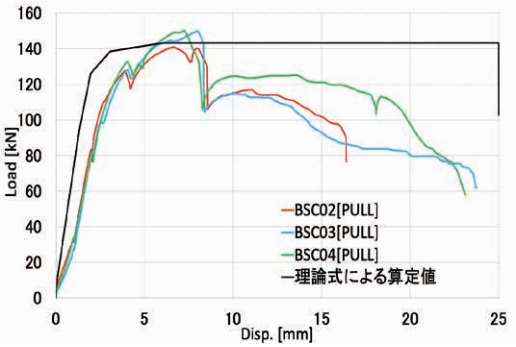


図５：荷重変形関係　③ボルト・ビスの併用接合部

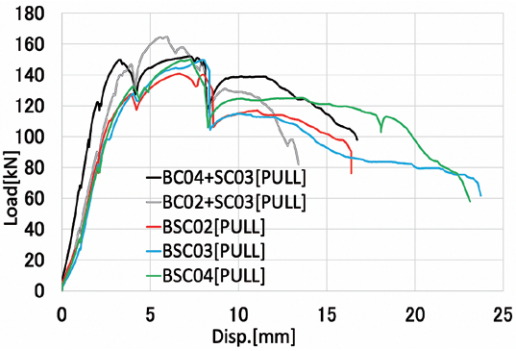


図６：荷重変形関係　①＋② と ③の比較

１－２．接合部設計法の提案

過年度に実施した接合部実験及び理論的検証にもとづいて以下の点を整理した。

・接合部（ボルト or ボルト＋ビス）の骨格曲線算定法（剛性，降伏耐力，終局耐力）

・破壊モードの決定法（めり込み先行，集合破壊防止）

・設計用耐力の定義（短期時および降伏・終局耐力）

図７，８に，提案する CLT 壁のロッキング変形時の引張側および圧縮側接合部の骨格曲線を示す。文献 1), 3) に示す方法により，破壊モードを検討の上（図９），剛性･耐力の算定，短期荷重（CLT の繊維直交方向降伏時）を提案した。なお終局変位は，端抜け破壊変位 δs と，実験上ボルトによる周囲の木材の破壊に伴う荷重低下が確認された変位 δφ（ボルト同径程度）の小さい値とした。

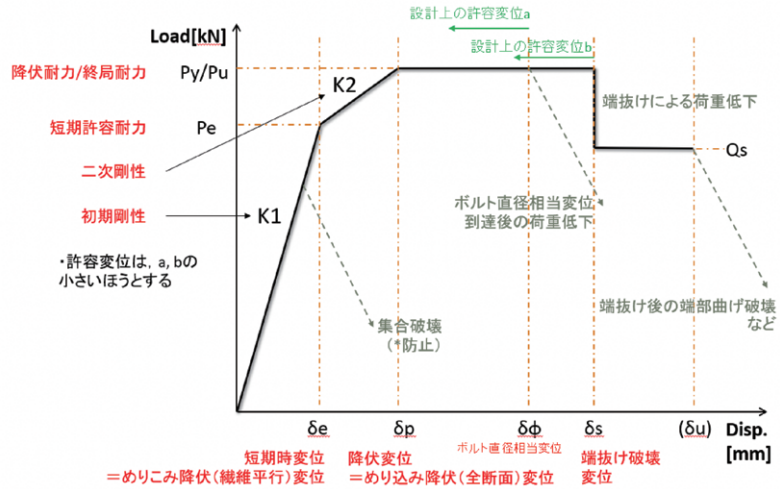


図７：CLT－S：ボルト接合部骨格曲線（引張側）

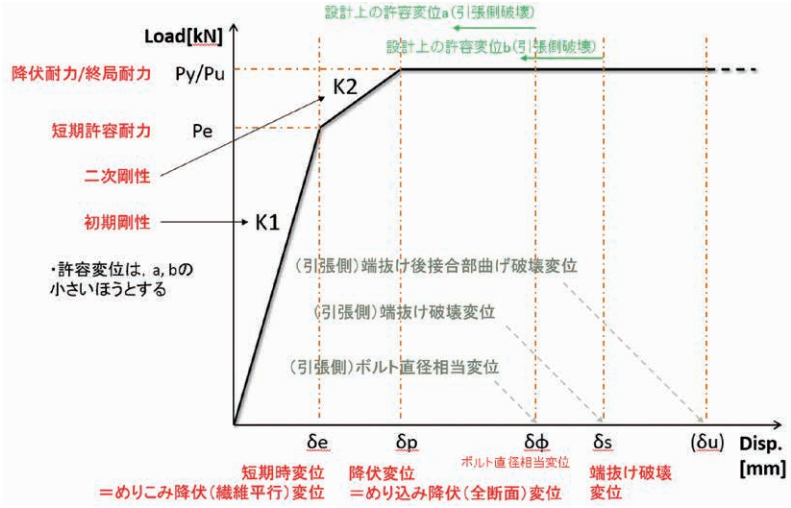


図８：CLT－S：ボルト接合部骨格曲線（圧縮側）

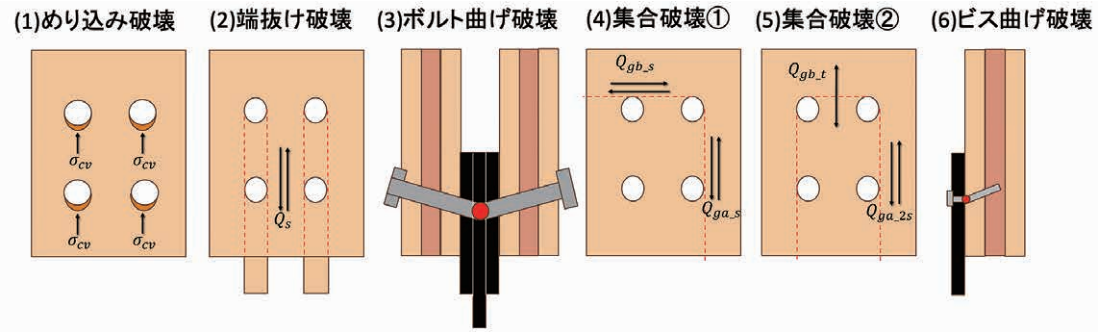


図９：想定する破壊モード

１－３．CLT壁の性能評価方法および設計パラメータの影響の検証

前項に定めた接合設計法により得られた接合部の鉛直方向の荷重変形関係に基づいて，CLT壁の発揮しうるせん断性能に与える設計パラメータの影響を検証した。壁の水平せん断力は，ロッキング変形の影響が卓越する（CLTパネル自体の曲げ，せん断剛性が十分大きく剛性への影響小）とし，接合部に作用する鉛直荷重P_{uj}をもとに，下式（１）にて算出した。

$$Q = \frac{j \times P_{uj}}{h} \quad \text{式（１）}$$

（Q：壁に作用するせん断力，j：応力中心間距離（接合部各重心間距離），h：反曲点高さ，P_{uj}：接合部鉛直作用荷重）

設計パラメータは実大寸法を想定し，CLTパネルはスギMx60 3-3，高強度ボルト径30㎜，構造階高H=3000mm，反曲点高さh=2000mm（初層相当）を一定として，ボルト本数（n），壁長さ（接合部間水平距離＝応力中心間距離ｊ），縁空き（e），端空き（Ln）を変更した際の結果を示す。各材料強度は過年度実施した材料試験結果の平均値を適用した。図10にパラメータの模式図を示す。

結果を抜粋して示す。図11，12は，縁空き・端空きを150㎜（＝5φ）確保することで集合破壊先行を防ぎ，めり込み先行型の破壊モードでの設計が可能であることを示す。図13はボルト本数と壁長さの影響，図14は1-1で検討した併用型接合部による剛性・耐力の向上を示す（図12にビスの性能を合算）。以上の検討結果を用いることで，剛性，耐力，破壊モード，変形性能等の壁の必要性能を満たす接合部パラメータを検討することが可能であることを示した。

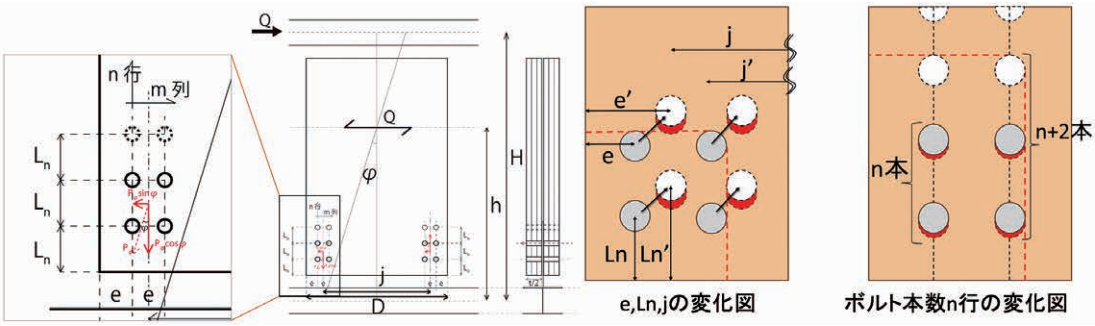


図 10：接合部設計の主要パラメータ

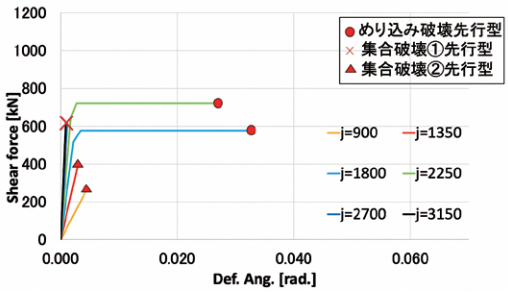


図 11： 縁空き 120㎜・端空き 150㎜：
応力中心間距離の変更の影響

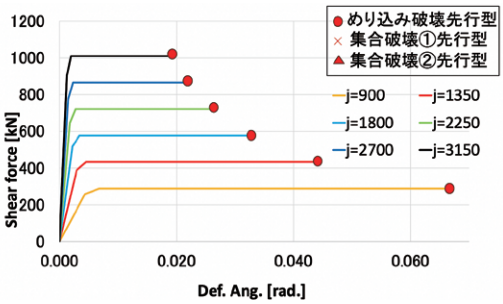


図 12： 縁空き 150㎜・端空き 150㎜：
応力中心間距離の変更の影響

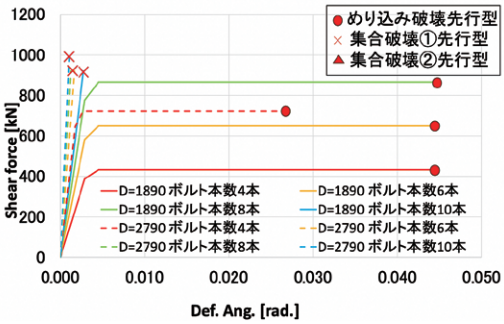


図 13： 応力中心間距離 j とボルト本数の影響

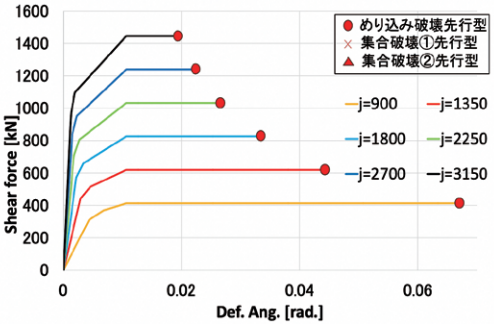


図 14：縁空き 150㎜・端空き 150㎜：
ボルト・ビスを併用した場合

1－4．構造システム全体の構造計画

前項で定まる CLT 壁性能に基づき，建物の建築計画条件に対して，CLT 耐力壁および鉄骨架構の部材断面ならびに接合部性能の概算に基づき構造計画をするためのフローを，昨年度に提案した構造計画フローを元に改良発展させ提案する。

提案する構造計画のフローを図 15 に示す。

①**基本条件**：建築計画の段階で設定される建物の階数および平面計画（CLT 壁配置，鉄骨柱・梁位置）といった条件から，CLT 壁の量（床面積あたりの壁長さ），鉄骨架構の形状（柱の本数，梁のスパン長）などの構造計画のための基本条件を決める。

②**長期荷重に対する検討**：長期荷重に対する許容応力度およびたわみ制限を満足し，梁先行降伏とするため柱の終局モーメントが梁の終局モーメントの 1.5 倍以上となるように鉄骨柱・梁断面を決定する。

③**短期荷重・終局に対する検討**：②で定まる鉄骨架構の性能曲線（降伏点を層間変形角 1%，塑性率を 6 と仮定する）と，CLT 壁の壁厚及び接合部を仮定して設定できる性能曲線を足し合わせることで建物全体の性能曲線を作成する。この建物全体の性能曲線に基づき，短期時および終局時の構造性能を評価する。短期時については，CLT 耐力壁が短期許容耐力以下であること，ならびに層間変形角 0.5% 時において層せん断力係数 $C_0 \geqq 0.2$ を満足することを条件とする。また，終局時については，

建物全体の終局点が限界耐力計算法（等価線形化法）による基準地震動に対する応答点を上回ることを条件とする。これらの条件を満足しない場合には，鉄骨部材断面を大きくする，あるいはCLT壁の厚さおよび接合部詳細を調整することにより，必要性能を満足する部材を設定することで構造計画を行う。なお，建物全体の降伏点位置はCLT壁および鉄骨架構の降伏点のうち大きい方，終局点位置はそれらの終局点のうちの小さい方と定義し，終局塑性率を決定する。

本構造計画フローは，意匠計画段階で決定される壁配置を考慮するとともに，建物全体に要求される構造性能を満足させるため，鉄骨部材断面の調整に加えて，CLT壁性能（壁厚および接合部詳細）を設計上の調整パラメータとして柔軟に取り扱う点に特徴がある。これにより，必要性能を満たすための自由度の高い概算的な構造計画フローとなっている。

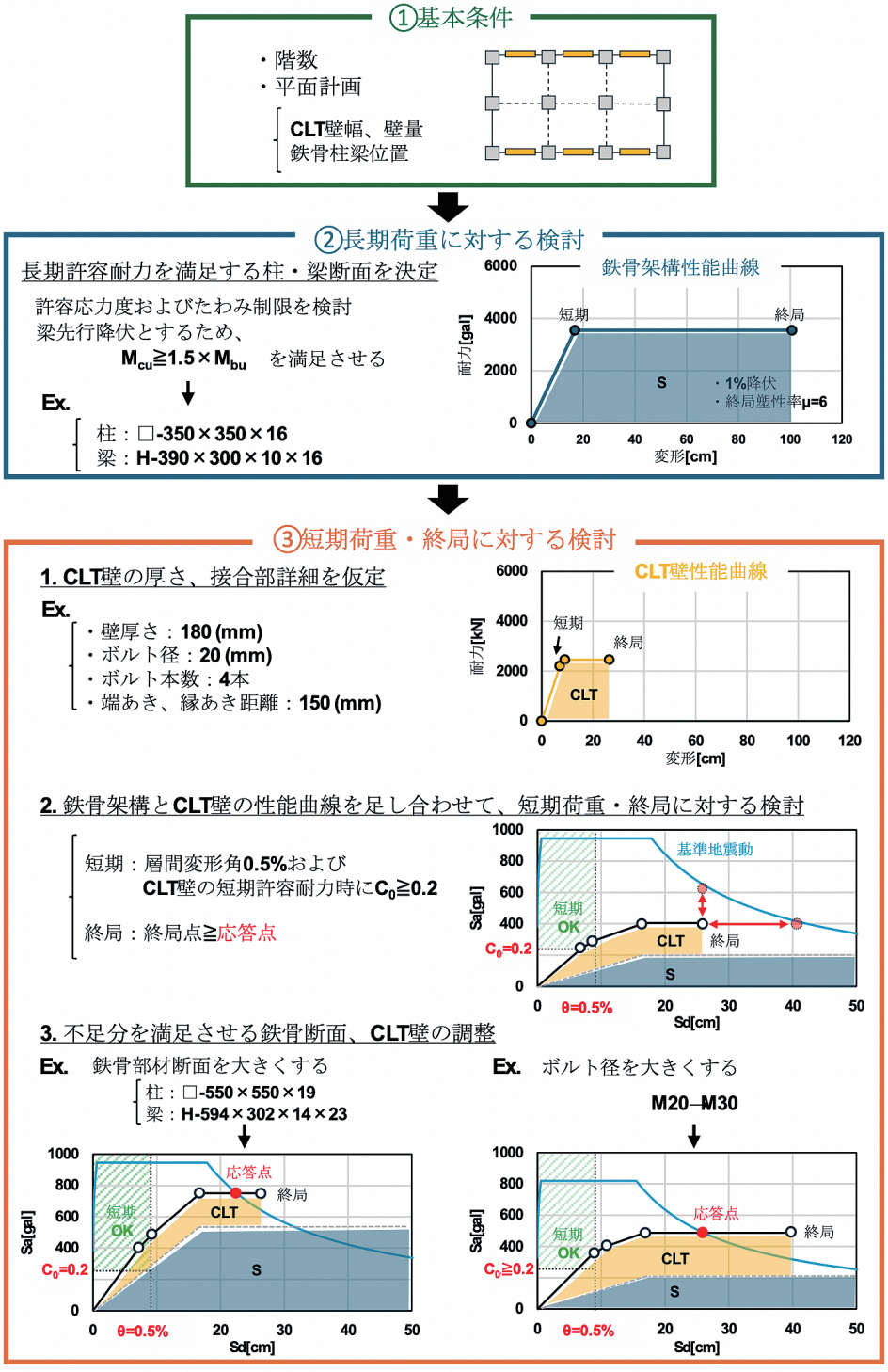
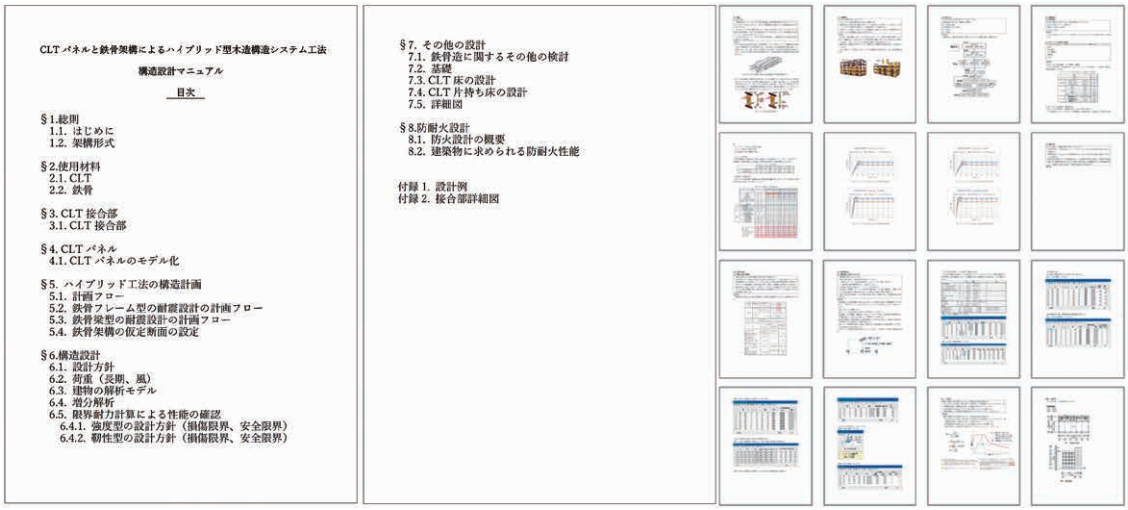


図 15：構造計画のフロー

2．構造設計法・マニュアルの開発

昨年度に開発した構造設計者が設計する際に利用できるマニュアル「CLTパネルと鉄骨架構によるハイブリッド型木造構造システム工法」（以下「構造設計マニュアル」）を，前章の知見及び本年度検討した内容をもとに再編集及び拡充を行った。

構造設計マニュアルの章立てとして，前章の知見をもとにCLTパネルを有効に活用するための構造計画を「§5.ハイブリッド工法の構造計画」に纏めて示すこととした。各部の設計「§4.CLTパネル」及び「§7.その他の設計」と建物全体の設計「§6.構造設計」を別々の章立てとして示すことで実際に設計する際に分かり易い構成に再編集した。各章の内容を拡充するとともに，設計例については5階建て事務所ビルに加え，4階建ての老人ホームを追加した。図16に構造設計マニュアルの抜粋を示す。


CLTパネルと鉄骨架構によるハイブリッド型木造構造システム工法

構造設計マニュアル

目次

§1.総則
1.1. はじめに
1.2. 架構形式

§2.使用材料
2.1. CLT
2.2. 鉄骨

§3. CLT接合部
3.1. CLT接合部

§4. CLTパネル
4.1. CLTパネルのモデル化

§5. ハイブリッド工法の構造計画
5.1. 計画フロー
5.2. 鉄骨フレーム型の耐震設計の計画フロー
5.3. 鉄骨架型の耐震設計の計画フロー
5.4. 鉄骨架構の仮定断面の設定

§6.構造設計
6.1. 設計方針
6.2. 荷重（長期、風）
6.3. 建物の解析モデル
6.4. 増分解析
6.5. 限界耐力計算による性能の確認
6.4.1. 強度型の設計方針（損傷限界、安全限界）
6.4.2. 靭性型の設計方針（損傷限界、安全限界）

§7. その他の設計
7.1. 鉄骨造に関するその他の検討
7.2. 基礎
7.3. CLT床の設計
7.4. CLT片持ち床の設計
7.5. 詳細図

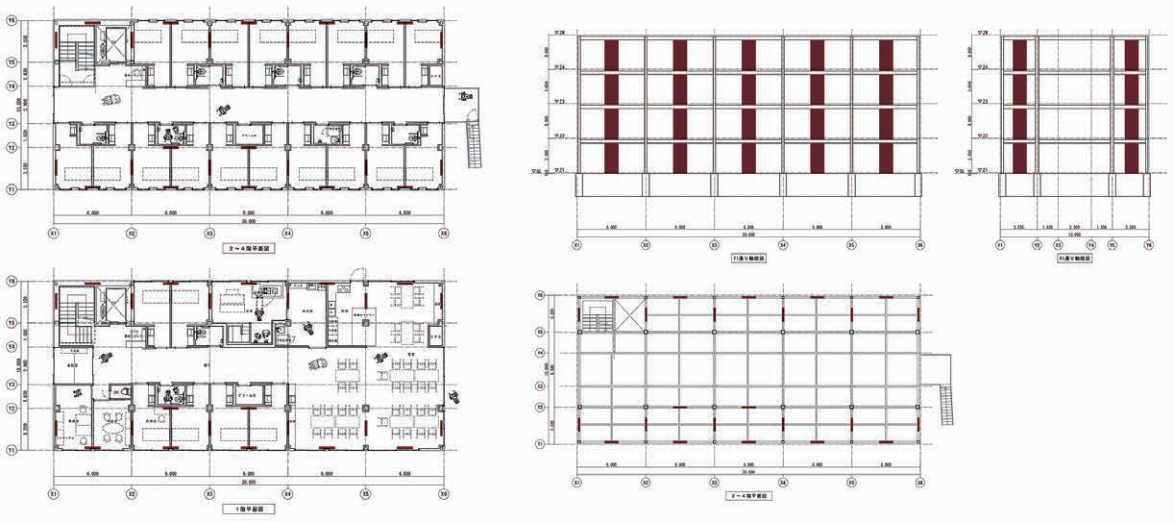
§8.防耐火設計
8.1. 防火設計の概要
8.2. 建築物に求められる防耐火性能

付録1. 設計例
付録2. 接合部詳細図

図16　構造設計マニュアル抜粋

3．実建物への適用（試設計例）

実建物への適用に向け，構造設計マニュアルに追加掲載した4階建ての老人ホームの意匠及び構造計画，構造設計及び構造解析を行った。図17に平面図，伏図及び軸組図を示す。



（平面図）　　（伏図，軸組図）

図17　平面図，伏図及び軸組図

意匠計画として，中廊下型の老人ホームとすることで全個室の採光及び眺望を確保するとともに介護職員の利便性に配慮した計画とした。構造計画として，構造設計マニュアルに記載した計画フローをもとにCLTパネルの配置及び鉄骨フレームを計画した。構造計画にもとづき配置されたCLTパネルと鉄骨フレームで構成された建築物に限界耐力計算を適用し，大地震時の応答点がクライテリアを満足することを確認した。結果を図18，19に示す。

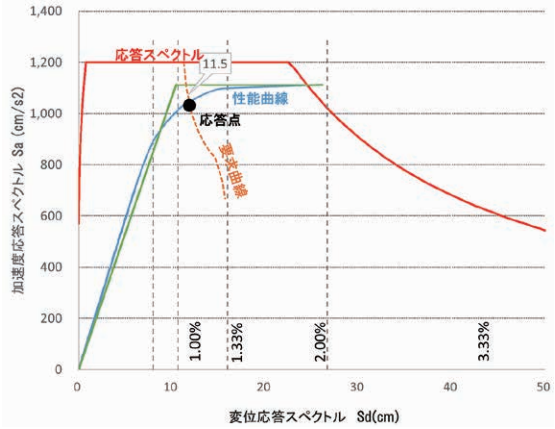


図18：限界耐力計算の結果

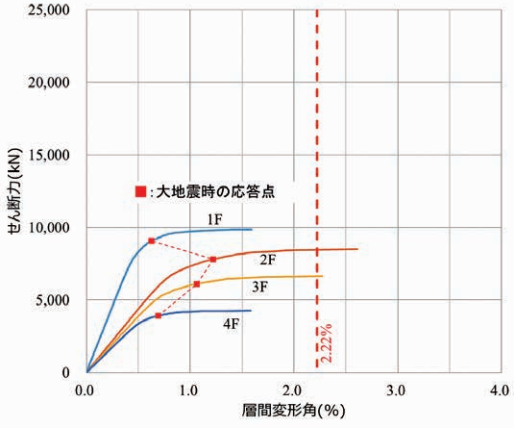


図19：大地震時の応答点

4. 普及・広報

本事業の成果を周知するためのパンフレットを作成した。また，成果報告会を企画し，令和8年2月16日に仙台にて開催した。案内先は宮城県CLT等普及推進協議会の会員（約170団体）に加えて，宮城県内外の自治体の建築関係部署，建築事業者とし，宮城県を中心とした地方建設関係者への成果の発信，情報共有を目的として実施した。

実施した結果

本プロジェクトは，中層建築の木質化普及に向けたハイブリッド構造の実施に向けた接合部の性能向上，構造システム検討フローの改良，設計マニュアルおよび試設計の整備と拡充を目的として実施した。過年度の構造システムの基礎的な検討のうえに，構造システム全体の計画法のより現実的な改良，接合部性能と壁性能の評価方法および性能向上方法の確認を行い，設計マニュアルと試設計案の拡充・増補を行った。具体的な各WGの成果は以下の通りである。

1．CLT鉄骨接合部および構造システムの構造性能評価

1－1．改良型接合部の設計法の提案と検証

CLT-ボルト接合部の改良構法として，木ビスを併用することによるスリップの防止，耐力，剛性の向上を目指した接合部を提案，実験検証を行った。ビスとの併用による初期の性能の改善，各要素の独立した性能の重ね合わせによる性能評価可能性を示した。

1－2．接合部設計法の提案

過年度の実験，理論検証を再整理し，接合部の骨格曲線と主要性能の決定法を提案し，接合部設計に必要なパラメータを提示した。

1－3．CLT壁の性能評価方法および設計パラメータの影響の検証

接合部性能に基づいて，各パラメータを変更した場合の壁のせん断性能に与える影響を検証し，剛性，耐力，変形性能等の要求性能に対するパラメータ変更の検討の方向性を示唆した。

1－4．構造システム全体の構造計画

建物の建築計画条件に対して，CLT耐力壁，鉄骨架構，接合部性能を概算し構造計画をするためのフローを改良発展させた。意匠計画段階での壁配置を考慮したうえで，鉄骨部材断面，CLT壁性能を

構造設計上の調整パラメータとして柔軟に取り扱うことが可能となるより自由度の高い構造計画フローを示した。

2．構造設計法・マニュアルの開発

昨年度に開発した構造設計マニュアルを，前章の知見及び本年度検討した内容をもとに再編集及び拡充を行った。実際の設計フロー上参照しやすい構成へと変更し，次章で検討した事例を組み込み，適用範囲の拡充を行った。

3．実建物への適用（試設計例）

実建物への適用に向け，構造設計マニュアルに追加掲載した４階建ての老人ホームの意匠及び構造計画，構造設計及び構造解析を行い，本年度再整備した設計フロー，設計法の適用性を確認した。

4．普及・広報：

本事業成果であるマニュアル，設計法周知のための成果報告会を企画，実施した。本提案内容を整理したパンフレット等の広報資料の作成を行った。

今後の課題・展開等

本年度までに，設計法および普及に向けたマニュアルの準備状況が整った，ハイブリッド構造システムを様々な建築に適用し，普及させてゆくためには，以下の研究課題について引き続き研究開発を続けていくことが必要である。

今後の課題・展開：

① 接合部性能の検証，構造計画方法に関する課題・展開

（1）実大試験による理論・要素実験結果の検証
（2）材料・接合部性能のばらつきを考慮した接合部設計法の改良
（3）接合部ディテールの施工性・施工法の検証
（4）床の構造システム：構造システムを活用する床の構造システムの検討

② 構造設計マニュアル等に関する今後の課題・展開

（1）構造設計マニュアルの拡充，多様な建物に対応するための設計例の充実と実作での検証
（2）意匠及び設備計画における，CLTを現しとするためのファサード及び内装デザイン，防耐火及び内装制限等の法適合との調整，設備用貫通孔とCLT配置の調整。

以上のより発展的な検証により，本ハイブリッド構造システムの普及性を高め，実施を進めることで，都市木造建築による低炭素社会の実現に貢献することが期待できる。

参考文献

1) Ahmad Ghazi Aljuhmani, Naoyuki Matsumoto, Yutaka Goto, Masaki Maeda, Structural performance evaluation methods and experimental validation of high-capacity single-bolt CLT connections under cyclic loading, Engineering Structures, Volume 337, 15 August 2025
2) 木質構造接合部設計マニュアル,第１版第３刷,pp80~88,日本建築学会,2012,4
3) 松本直之，他:CLTパネルと鉄骨を用いたハイブリッド構造システムによる中層木造建築の開発その16CLT-鉄骨梁接合部の集合破壊モードの要素実験による検証　結果と考察,日本建築学会大会学術講演梗概集,2025,

事業

構造用木材の強度試験・評価法の改訂と実大材に基づくせん断強度の再検証事業

● 実施団体 ●

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

〒104-0043　東京都中央区湊3-4-4 中央山田ビル2階

事業目的

以下の２つの内容を目的とした。

【構造用木材の強度試験・評価法の改訂】

中大規模建築物の木造化を推進していくためには、これらの建築物の構造設計に必要な実大木材の強度性能の知見が必要である。海外ではISOやASTMといった国際機関においてその強度試験法が規定されており、我が国では「構造用木材の強度試験マニュアル」に記載された強度試験方法が標準的に用いられている。しかしながら、この試験方法は発行から14年が経過し、最新の国際規格などの基準に準拠した試験方法が反映されていない状況にある。また、近年の実験的検討に基づいた科学的な知見を反映させる必要がある。

そこで本検討では、中大規模建築物の木造化を推進していくため、構造用木材の強度試験について、ISO/TC165での最新の試験方法に準拠するとともに、その他関連基準であるEN規格やASTM等の海外規格や、近年の実験的検討に基づく科学的知見を反映する。必要に応じて構造試験による検証を行い、構造用木材の強度試験・評価法の高度化を図ることを目的とする。

【実大材に基づくせん断強度の再検証】

また、特に実大材のせん断強度に関して、国産材の実大試験データを取得して詳細に検討すると共に、建築物における構造材の応力状態に応じたせん断強度評価の可能性について検討を行う。

現在、木材の基準強度は前記の強度試験マニュアルに準拠して得られたデータに基づいて定められているが、せん断強度に関しては未だに過去に取得されたJISによる無欠点小試験体のいす型せん断試験の評価に基づいており、実大材による評価が遅れている現状がある。さらに、せん断強度は構造設計におけるクライテリアになることも多く、この強度特性に関しては早急に最新の知見に基づく強度評価が急務である。このせん断強度については、令和６年度に実施した“令和５年度木材製品の消費拡大対策のうち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”において、国内・海外の状況について文献調査を行い、それを踏まえて現状のJISによる無欠点小試験体のいす型せん断試験に加え、実大寸法のいす型せん断試験および逆対称４点曲げ試験（合計３種）について詳細な検討を行った。加えて、この３種の試験方法の妥当性や課題を明らかにするために、宮崎（スギ）、愛媛（ヒノキ）、長野（カラマツ）の公設試験場において試験を実施し、データ収集を行った。令和７年度はこれらの成果を踏まえ、国産主要樹種についてのさらなるデータ取得とその分析を実施した。

実施した項目

以下の２つの内容について実施した。

【構造用木材の強度試験・評価法の改訂】

他事業で取り纏めた要改訂項目に対して、改訂内容を具体化した。

①「構造用木材の強度試験マニュアル」の各章に対して改訂案を確認し修正作業を行った。

② ４回のＳＷＧを行い、今後想定される要改訂内容に対して検証するとともに、修正内容を検証できる

ように工夫し修正した。
③ 最終的に『構造用木材の強度試験マニュアル（2026改訂版）』のとりまとめを行った。

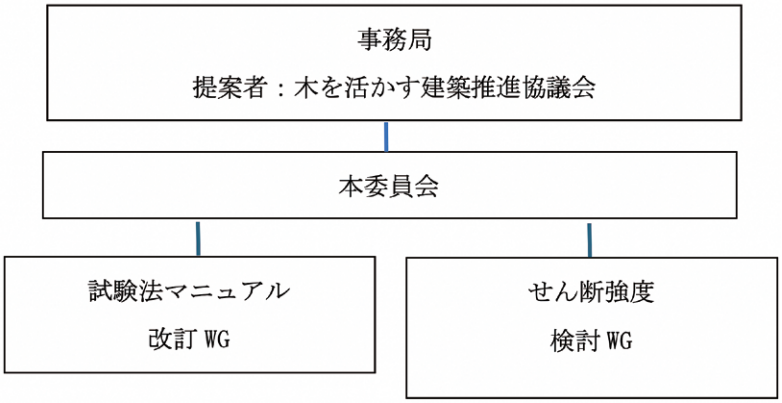
【実大材に基づくせん断強度の再検証】

せん断強度試験法に関して、以下を実施した。

① 昨年度の結果および最新の知見に基づき、実大材を用いた試験・評価法の検討を実施した。結果、逆対称４点曲げ試験について実施することとし、その際に課題となる点について検討し、試験方法の詳細について明らかにした。
② 逆対称４点曲げ試験にて、宮崎（スギ）、愛媛（ヒノキ）、長野（カラマツ）、北海道（トドマツ）について、データの取得を行った。
③ 試験の実施にあたっては、試験体を製作するために入手した供試体について、各種の非破壊検査を実施して②の試験結果を照合し、非破壊検査の妥当性や実施する際の注意点などについて検討を行った。

実施体制

【実施体制】



【組織】

東京大学大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻
北海道大学大学院農学研究院 森林科学分野
秋田県立大学 木材高度加工研究所
職業能力開発総合大学校 基盤ものづくり系
信州大学農学部 森林・山岳圏環境共生学コース
京都大学 生存圏研究所
追手門大学文学部 人文学科美学・建築文化専攻
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
長野県林業総合センター
宮崎県木材利用技術センター
愛媛県農林水産研究所林業研究センター

（委員会名は仮称）

	委員会 (17)	試験法WG (9)	せん断WG (15)	氏名	所属	役職
1	委員長	主査	主査	青木 謙治	東京大学大学院農学生命科学研究科	教授
2	委員	委員		高梨 隆也	北海道大学大学院農学研究院 森林科学分野木材工学研究室	助教
3	委員	委員	委員	岡崎 泰男	秋田県立大学木材高度加工研究所	准教授
4	委員	委員	オブザーバー	飯島 泰男	秋田県立大学	名誉教授
5	委員	委員	委員	園田 里見	職業能力開発総合大学校	教授
6	委員		委員	末定 拓時	信州大学農学部 山岳圏森林・環境共生学コース	助教
7	委員		委員	五十田 博	京都大学生存圏研究所 生活圏木質構造科学分野	教授
8	委員		委員	青島 啓太	追手門学院大学 文学部 人文学科 美学・建築文化専攻	准教授
9	委員	委員	委員	大橋 義德	北海道立総合研究機構 林産試験場 技術部 生産技術G	研究主幹
10	委員	委員		平松 靖	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 複合材料研究領域	領域長
11	委員	委員	委員	井道 裕史	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 材料接合研究室	室長
12	委員		委員	宇京斉一郎	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 木質構造居住環境研究室	主任研究員
13	委員		委員	荒木 康弘	国土交通省 国土技術政策総合研究所 住宅研究部 住宅生産研究室	室長
14	委員		委員	毛受 誠	長野県林業総合センター	木材部長
15	委員		委員	荒木 博章	宮崎県木材利用技術センター 木材加工部	副部長
16	委員		委員	玉置 教司	愛媛県農林水産研究所 林業研究センター 連携推進室	担当係長
17	オブザーバー		オブザーバー	中山 正利	一般社団法人 き塾	理事
18		オブザーバー		清水 庸介	(公財)日本住宅・木材技術センター	構造試験室長
19		オブザーバー		山田 知明	(公財)日本住宅・木材技術センター	技術主任
20			オブザーバー	山内 仁人	長野県林業総合センター 木材部	主任研究員
21			オブザーバー	奥原 祐司	長野県林業総合センター 木材部	主任研究員
22			オブザーバー	小池 直樹	長野県林業総合センター 木材部	研究員
23			オブザーバー	中谷 誠	宮崎県木材利用技術センター 構法開発部	副部長
24			オブザーバー	兒玉 了一	宮崎県木材利用技術センター 木材加工部	部長
25			オブザーバー	河尻 出	東京大学大学院農学生命科学研究科生物材料科学専攻 木質材料学研究室	社会人修士
26	行政			立花 紀之	林野庁木材産業課 木材製品調査班	課長補佐
27	木構造振興			平原 章雄	木構造振興(株)	常務取締役
28	コンサル		コンサル	平野 陽子	北海道大学大学院工学系研究院 建築都市部門 空間デザイン分野	教授
29	コンサル		コンサル	佐々木 留美	(株)ドット・コーポレーション	
30	事務局	事務局	事務局	沼田 良平	(一社)木を活かす建築推進協議会	事務局長
31	事務局	事務局	事務局	飯野 貴	(一社)木を活かす建築推進協議会	研究主幹
32	事務局	事務局	事務局	高田 峰幸	(一社)木を活かす建築推進協議会	研究主幹

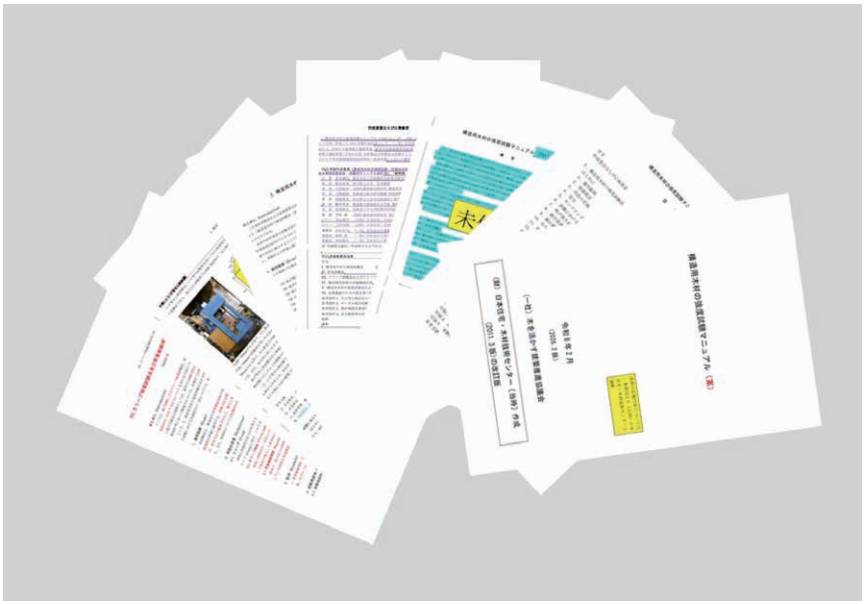
実施した内容

【構造用木材の強度試験・評価法の改訂】

①「構造用木材の強度試験マニュアル」を改訂するにあたり、各委員で担当を決め改訂内容を書き込み、WGにて検討することを繰り返して改訂作業を行った。

②Ⅰ：構造用木材の強度試験法、Ⅱ：座屈試験法、Ⅲ：クリープ試験法およびクリープ調整係数の決定法、Ⅳ：動的弾性係数の非破壊測定法、Ⅴ：構造用木材の強度評価法および基準値算出法、Ⅵ：品質確保のための抜き取り検査法について改定案をまとめた。

③「構造用木材の強度試験マニュアル（2026改訂版）」としてまとめた。



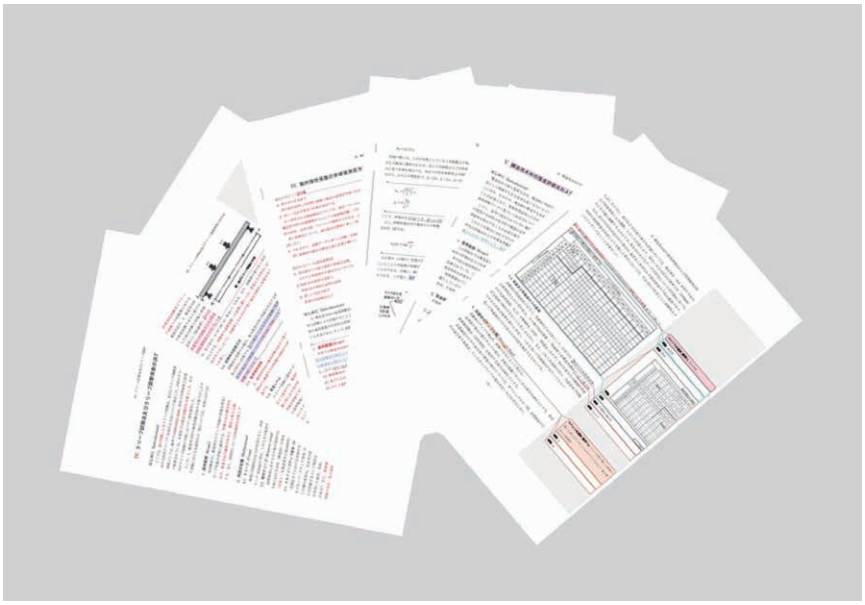


図１　改訂作業中のマニュアル原稿

【実大材に基づくせん断強度の再検証】

① 実大材を用いた試験評価方法の検討

既往の研究では、JISによる無欠点小試験体のいす型せん断試験および実大寸法のいす型せん断試験についてはある程度のデータが揃っているが、逆対称４点曲げ試験については圧倒的に実績が少ないことが明らかとなった。加えて、本事業では実際に構造材として現在流通している材でのデータ取得を目的としているが、その際には高温セット＋高温乾燥の材が主流で内部割れを避けることが難しく、いす型せん断試験の試験体ではその影響をどう扱うのかが課題となる。一方、逆対称４点曲げ試験ではその問題も生じず、横架材として使用する材のせん断試験としては最も適していると判断した。

ただし、逆対称４点曲げ試験では、曲げやめり込みではなくせん断で破壊させるために、スパンをどう設定するか、また、加力面のめり込みをどう防止するかが課題となる。そこで、詳細については省略するが、後者についてはスギを対象に、めり込み補強ビスの種類、本数、配置をパラメータとした予備試験を実施した。また、前者のスパンについては、今年度の試験を正角（105×105mm）で実施することとし（昨年度は平角（120×240mm）にて実施）、試験を実施する試験場の装置で対

応が可能な範囲でスパン2d、2.5d、3dでのデータを取得することとした（昨年は2dのみ）。また、今年度はスギ、カラマツ、ヒノキに加え、トドマツも対象とすることとしたが、トドマツ製材は平角の生産がほとんどないことからも、樹種の比較を行うためにも正角で実施することとした。
これらの検討過程で得られた知見については、改訂したマニュアル等の解説として記載する計画である。

② 各樹種での実大せん断試験（逆対称４点曲げせん断試験）の実施　および　③ 供試体の非破壊計測

供試体および試験体の製作、非破壊計測については、以下の通り実施した。

1) 供試体について

スギ・カラマツ・ヒノキについては仕上がり寸法105×105×3000mmの材とした。一般に流通している材のばらつきを確認するために、調達先をそれぞれ2か所とし、それぞれ17本ずつ、計34本を入手した。調達する材の倍以上の数量の密度・ヤングのデータを入手した上で、なるべくばらついた材を選択した。

トドマツについては、予算等の関係から既に入手済の材を転用し、仕上がり寸法は105×105×3400mm、同一調達先より入手した32本となった。

各樹種の木取り･乾燥条件、実施する曲げせん断試験のスパン条件、調達本数は以下の通りである。

表１　各樹種の調達条件・調達量など

樹種	木取り・乾燥条件	スパン条件	本数
スギ	心持ち材・高温セット+高温乾燥	2d, 2.5d, 3d	17+17本
カラマツ	心持ち材・高温セット+高温乾燥 心持ち材・高温セット+中温乾燥	2.5d, 3d	17本 17本
ヒノキ	心持ち材・高温セット+高温乾燥	2.5d	17体 17体
トドマツ	心去り材（二方柾）・中温乾燥	2d, 2.5d	32本

2）試験体および非破壊測定について

各樹種にて、せん断スパン条件（せい（d）に対して2d、2.5d、3dから選択）で逆対称４点曲げせん断試験を実施するため、同一製材よりスパンに併せて１体ずつ切り出した。その際、材長方向の内部割れの影響が極力偏らないように試験体を作製するため、密度が均等になるようにグループ分けした上で試験体を採取した。図２に宮崎の例を示す。

併せて含水率試験片も同一製材より各１個を切り出して全乾法により含水率を測定した。なお、切り出す前の長さの段階で、以下に示す振動法による非破壊測定を実施した。

・縦振動ヤング係数
・ねじり振動法によるせん断弾性係数
・たわみ振動法による見かけの曲げヤング係数
・TGH法による真の曲げヤング係数
・TGH法によるせん断弾性係数

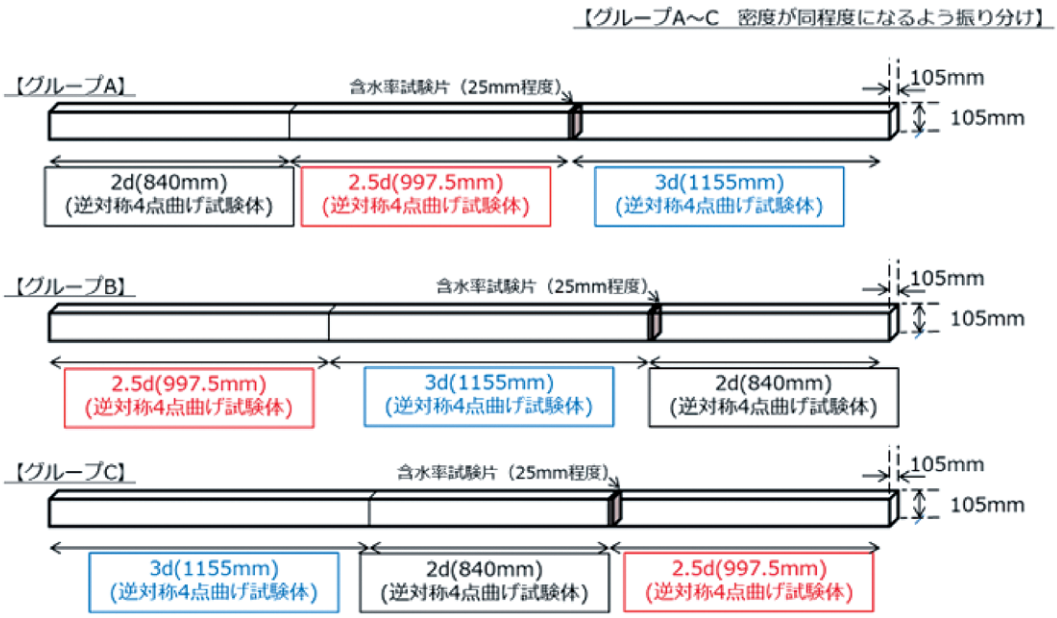


図２　曲げせん断試験体の設定スパン毎の採取位置

3）試験方法

逆対称４点曲げ試験では、せん断力が最大となる中央付近のせん断スパン（荷重点中心と支点中心の距離）を 2d、2.5d、3d（樹種によって異なる、表１参照）、両側の支点中心と荷重点中心を同じ条件として、荷重点と支点の鋼板は幅 300 ×長さ 100mm とした（加圧面積は幅 105 ×長さ 100㎜、図３参照）。また、加力部のめり込み防止のため、図４に示すようにビス４本を打ち込んで試験に供した。試験状況を図５に示す。

加力方向は、T.G.H. 法等の非破壊測定において、センサー設置・打撃を行った面および対角側の面からとした。ただし、トドマツについては二方柾の木取りであることから、一部の材料で木表側に表面割れが存在したため、安全側評価となるように加力面を柾目面になるように配置した。

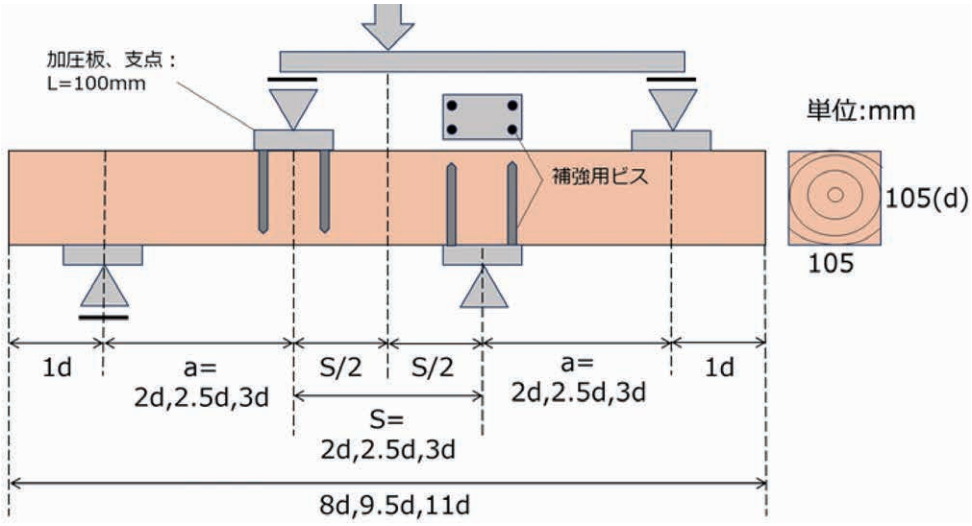


図３　曲げせん断試験方法

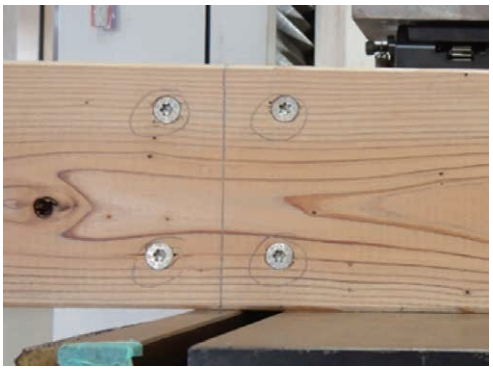


図４　めり込み補強ビス

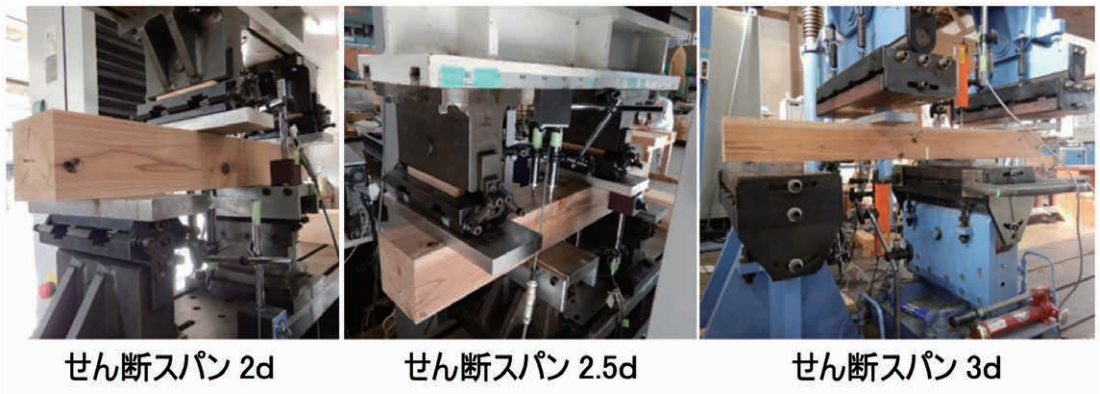


図５　曲げせん断試験状況（スギ：宮崎の例）

実施した結果

【構造用木材の強度試験・評価法の改訂】

「構造用木材の強度試験マニュアル（2026 改訂版）」原案を作成した。

最終マニュアルに関しては、付録、参考資料を踏まえて約 170 ページ、表紙・目次・序文・作成委員並びに執筆者等にて 12 ページほどのものを想定している。「構造用木材の強度試験マニュアル（2026 改訂版）」によって、木質構造の設計で用いられている実大材の試験評価法が改訂されることで、中大規模木造建築物の構造設計に資する部材性能の把握に貢献し、せん断強度の試験法を見直し実大材の試験データを取得することにより、せん断強度の妥当性と実務設計におけるせん断特性が明確になった。

【実大材に基づくせん断強度の再検証の実施した結果】

結果については現在詳細を取りまとめ中であるが、本稿提出段階の速報として、スギ、カラマツ、トドマツについて概略を示す。加えて、非破壊検査結果について、全ての樹種を総合し、妥当性などについて考察を行った。

1）スギ（宮崎県）

●非破壊検査

スギ心持ち正角材の長さ 3m での非破壊手法による弾性係数等の測定結果を表２に示す。また、縦振動法による動的ヤング係数と TGH 法による曲げヤング係数の関係を図６に示す。両者には比較的高い相関関係がみられた。また、ねじり振動法と TGH 法によるせん断弾性係数との関係について図７に示す。両者の間には高い相関関係がみられた。

●せん断試験

逆対称４点曲げせん断試験結果を表２に、せん断スパンとせん断強さの関係について図８に示す。せん断強さの平均値を見ると、せん断スパン 2d は 2.5d よりも６%程度、また 3d よりも 23%程度高くなっており、せん断スパンが小さくなるのに伴いせん断強さは増加する傾向を示した。破壊形態については、大きなめり込みが生じたものが 2d、2.5d 及び 3d でそれぞれ５体、５体及び２体生

じたが、いずれのせん断スパン条件においてもせん断破壊が８割以上を占めた。せん断破壊の一例について図９に示す。また、TGH法によるせん断弾性係数とせん断強さの関係を図10に示す。両者には高い相関関係が認められた。

表２　スギ心持ち正角材の非破壊測定の結果

	ρ kg/m^3	MC %	E_{fr} kN/mm^2	G_{ft} kN/mm^2	E_{afb} kN/mm^2	E_{TGH} kN/mm^2	G_{TGH} kN/mm^2	E_{TGH}/G_{TGH}
試験体数	34 体	34 体	34 体	34 体	34 体	34 体	34 体	34 体
最大値	570	20.6	11.44	1.30	11.86	12.3	1.42	15.2
平均値	456	13.5	8.04	0.87	8.57	8.93	0.89	10.3
最小値	379	10.10	5.61	0.62	6.06	6.37	0.67	6.69
標準偏差	49.4	2.89	1.35	0.16	1.27	1.35	0.15	2.31
変動係数	10.8%	21.5%	16.8%	18.0%	14.8%	15.2%	17.2%	22.3%

ρ：密度、MC：含水率、E_{fr}：縦振動ヤング係数、G_{ft}：ねじり振動法によるせん断弾性係数、E_{afb}：たわみ振動法による見かけの曲げヤング係数、E_{TGH}：TGH 法による真の曲げヤング係数、G_{TGH}：TGH 法によるせん断弾性係数　　以上は、カラマツ、トドマツについても同様

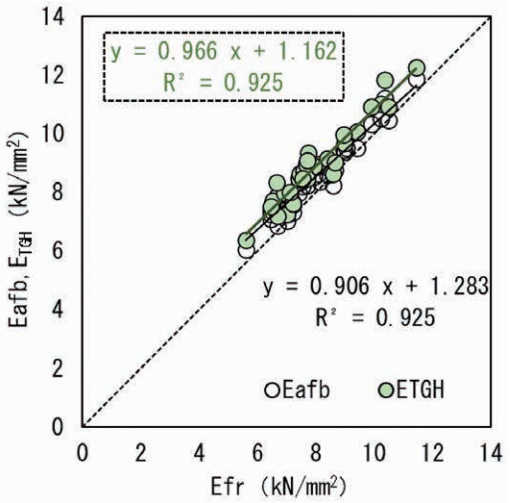


図６　縦振動法と非破壊手法による曲げヤング係数の関係

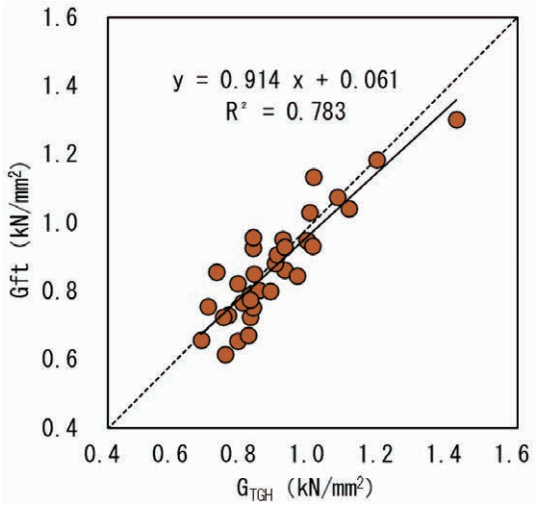


図７　TGH法とねじり振動法によるせん断弾性係数の関係

表３　スギ心持ち正角材の逆対称４点曲げ試験結果

	せん断スパン 2d	せん断スパン 2.5d	せん断スパン 3d
	せん断強さ (N/mm^2)	せん断強さ (N/mm^2)	せん断強さ (N/mm^2)
試験体数	34 体	34 体	34 体
最大値	10.3	10.0	8.54
平均値	7.53	7.08	6.13
最小値	5.86	5.22	3.83
標準偏差	1.11	1.10	0.94
変動係数	14.7%	15.5%	15.4%
破壊：せん断	28 体	27 体	30 体
破壊：せん断と曲げ複合	1 体	1 体	1 体
破壊：曲げ	0 体	1 体	1 体
破壊：めり込み	5 体	5 体	2 体

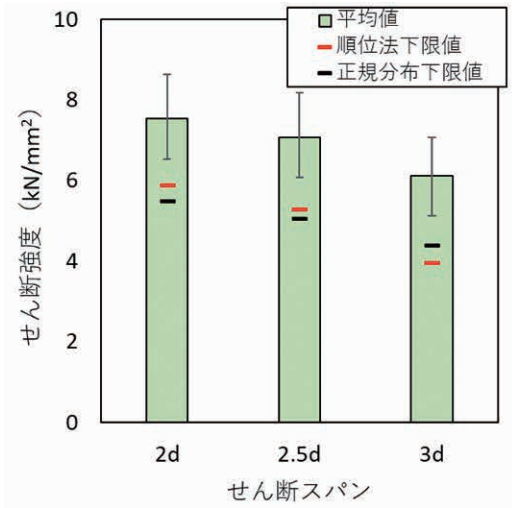


図８　せん断スパンとせん断強さの関係

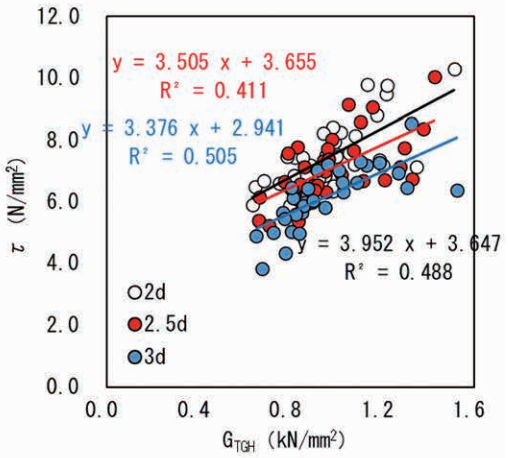
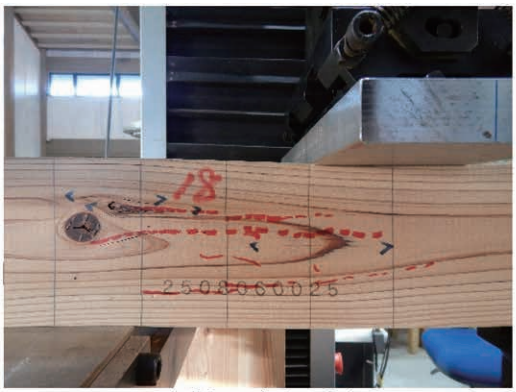


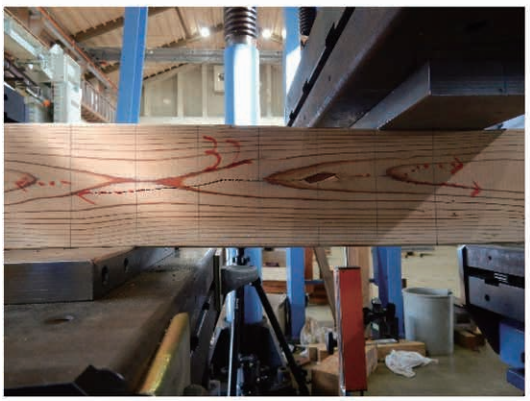
図 10　TGH 法によるせん断弾性係数とせん断強さの関係



せん断スパン　2d



せん断スパン　2.5d



せん断スパン　3d

図９　せん断破壊の状況

2）カラマツ（長野県）

●非破壊測定

カラマツ 3m 材の非破壊測定の結果を表４に示す。また、縦振動法による動的ヤング係数と TGH 法による曲げヤング係数の関係を図 11 に示す。両者には比較的高い相関関係がみられた。また、ねじり振動法と TGH 法によるせん断弾性係数との関係について図 12 に示す。両者の間には比較的相関関係がみられたが、ねじり振動法のほうが TGH 法よりもせん断弾性係数が高い傾向となった。

●せん断試験

逆対称４点曲げせん断試験の結果を表５に示す。せん断強さの平均値を見ると、せん断スパン 3d は 2.5d よりも 11％ほど低くなった。破壊形態は、曲げ破壊が昨年度実施した平角 2d より多く、

また、2.5d より 3d の方が曲げ破壊が多く、スパンが延びるに従い曲げ破壊が増加する傾向が認められた。ビス補強により、めり込みの先行は抑制できたが、1～2体でめり込み破壊が生じた。せん断破壊例を図12に、曲げ破壊例を図13に示す。せん断強さと密度との関係を図14に示す。両者には高い相関関係が認められた。

表4　カラマツ3m材の非破壊測定結果

	ρ kg/m³	MC %	E_{fr} kN/mm²	G_{ft} kN/mm²	E_{afb} kN/mm²	E_{TGH} kN/mm²	G_{TGH} kN/mm²	E_{TGH}/G_{TGH}
試験体数	34	34	34	34	34	34	34	34
最大値	633	15.4	15.80	1.006	17.43	17.99	1.202	24.2
平均値	509	12.9	11.27	0.792	11.60	11.98	0.928	13.2
最小値	397	10.2	7.12	0.576	7.22	7.65	0.501	9.3
標準偏差	58	1.5	2.21	0.139	2.50	2.59	0.185	3.1
変動係数	11.4%	11.6%	19.6%	17.5%	21.6%	21.6%	19.9%	23.6%

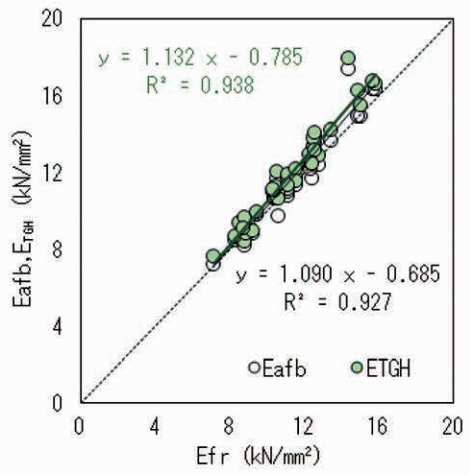


図11　縦振動法と非破壊測定による曲げヤング係数の関係

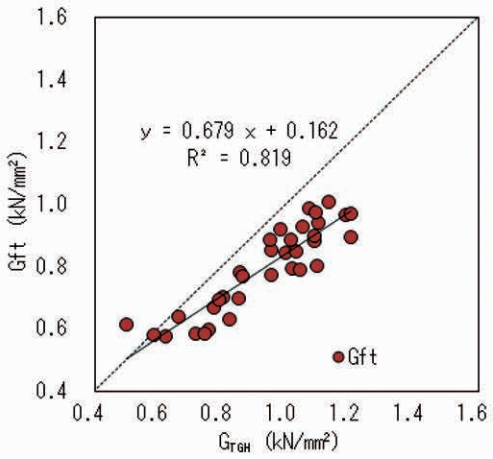


図12　TGH法とねじり振動法によるせん断弾性係数の関係

表5　カラマツ材の逆対称4点曲げ試験結果

	せん断スパン 2.5d	せん断スパン 3d
	せん断強さ (N/mm²)	せん断強さ (N/mm²)
試験体数	34 体	34 体
最大値	10.45	9.41
平均値	7.36	6.53
最小値	4.83	4.234
標準偏差	1.61	1.45
変動係数	21.8%	22.2%
破壊：せん断	22 体	20 体
破壊：せん断と曲げ複合	3 体	0 体
破壊：曲げ	8 体	13 体
破壊：めり込み	1 体	1 体



図 13　逆対称 4 点曲げ試験でのせん断破壊



図 14　逆対称 4 点曲げ試験での曲げ破壊

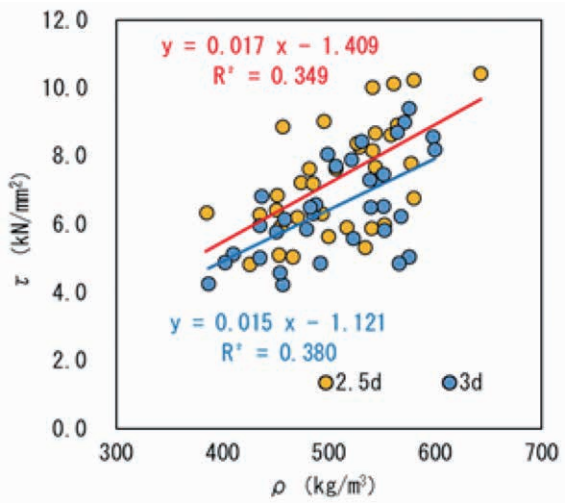


図 15　せん断強さと密度の関係

3）トドマツ（北海道）

●非破壊測定

トドマツ製材の 3.4m 長さでの非破壊手法による弾性係数の測定結果を表 6 に示す。また、縦振動法による動的ヤング係数と TGH 法による曲げヤング係数の関係を図 16 に示す。両者には比較的高い相関関係がみられた。また、ねじり振動法と TGH 法によるせん断弾性係数との関係について図 17 に示す。両者の間には比較的相関関係がみられたが、ねじり振動法のほうが TGH 法よりもせん断弾性係数が高い傾向となった。

●曲げせん断試験

逆対称 4 点曲げせん断試験結果を表 7 に示す。せん断強さの平均値を見ると、せん断スパン 2.5d は 2d よりも 5%ほど低くなった。破壊形態については、いずれのせん断スパン条件においてもせん断破壊がほとんどを占めていた。ビス補強によって大きなめり込みが先行するのを抑制できたが、1～2 体ではせん断破壊を生じることなくめり込み破壊が生じた。せん断破壊の一例について図 18 および図 19 に示す。せん断強さと密度との関係を図 20 に示す。両者には高い相関関係が認められた。

表６　トドマツ製材の非破壊測定の結果

	ρ kg/m^3	MC %	E_{fr} kN/mm^2	E_{afb} kN/mm^2	E_{TGH} kN/mm^2	G_{TGH} kN/mm^2	G_{ft} kN/mm^2	E_{TGH}/G_{TGH}
試験体数	32	32	32	32	32	32	32	32
最大値	464	11.5	14.26	13.93	14.36	0.78	0.85	23.7
平均値	**412**	**11.0**	**11.10**	**10.59**	**11.00**	**0.62**	**0.68**	**18.0**
最小値	359	10.3	8.37	7.59	7.53	0.44	0.54	11.2
標準偏差	29	0.3	1.53	1.64	1.71	0.08	0.08	3.2
変動係数	7.1%	2.6%	13.8%	15.4%	15.5%	13.0%	11.0%	17.8%

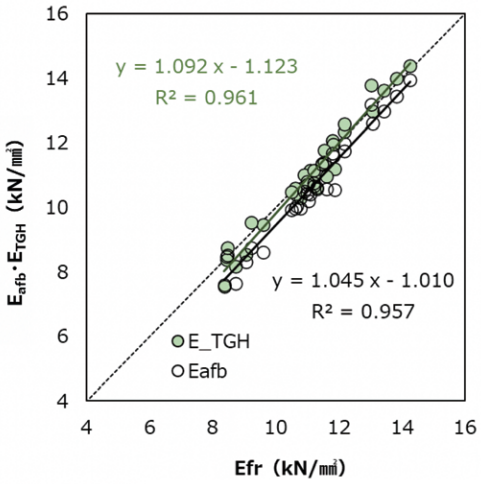


図 16　縦振動法と非破壊手法による曲げヤング係数の関係

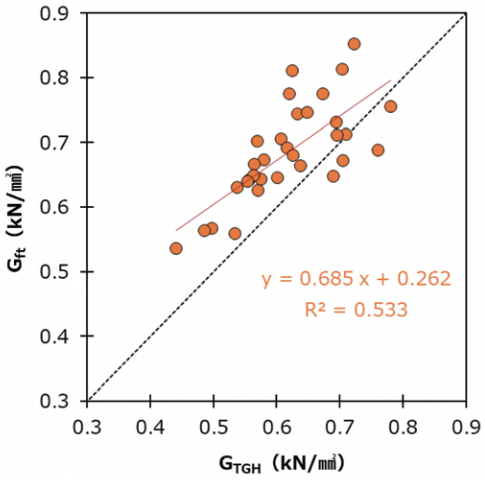


図 17　TGH 法とねじり振動法によるせん断弾性係数の関係

表７　トドマツ製材の逆対称４点曲げ試験結果

	せん断スパン 2d	せん断スパン 2.5d
	せん断強さ (N/mm^2)	せん断強さ (N/mm^2)
試験体数	32 体	32 体
最大値	10.11	9.74
平均値	8.44	8.08
最小値	5.93	5.34
標準偏差	1.09	1.22
変動係数	12.9%	15.1%
破壊：せん断	29 体	27 体
破壊：せん断と曲げ複合	0 体	3 体
破壊：曲げ	1 体	1 体
破壊：めり込み	2 体	1 体



図 18　逆対称 4 点曲げ試験でのせん断破壊



図 19　逆対称 4 点曲げ試験でのめり込み破壊

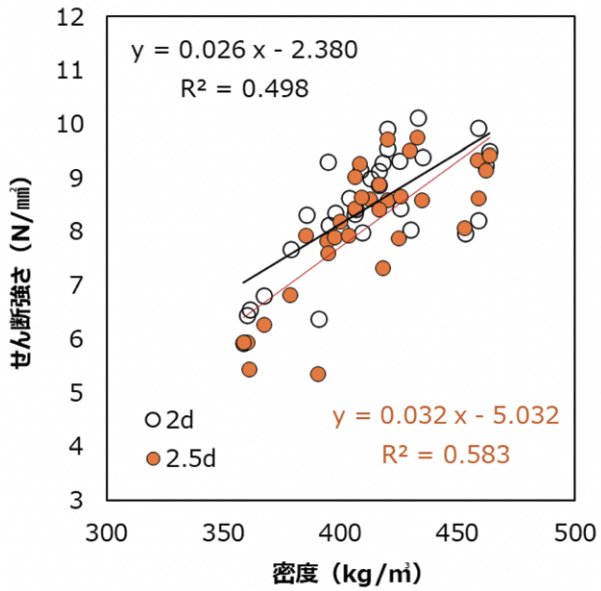


図 20　せん断強さと密度の関係

4）非破壊試験の妥当性について

ここでは、測定された物性値間の関係を総合的に報告する。具体的な測定値は各樹種の報告を参照されたい。表 8 に測定結果の平均値の要約を示す。

① 密度とヤング係数の関係

図 21 および図 22 に密度とヤング係数の関係を示す。各樹種とも広範にとるように配慮したため、密度は 359～633kg/m^3 と広い範囲の値を網羅した。樹種によらず総合的にみると、密度とヤング係数は E_{fr}、E_{TGH} ともに弱いながらも正の相関関係がみられた。

② 測定方法による弾性係数の違い

図 23 に縦振動法によるヤング係数 E_{fr} と TGH 法による曲げヤング係数 E_{TGH} の関係を示す。樹種によらず総合的にみると、両者はほぼ一致し、極めて強い正の相関関係がみられた。

図 24 に TGH 法によるせん断弾性係数 G_{TGH} とねじり振動法によるせん断弾性係数 G_{ft} の関係を示す。前述のヤング係数の関係に比べると相関関係は低いものの、樹種によらず総合的にみると、両者には強い正の相関関係がみられた。すなわち、G_{TGH} と G_{ft} は概ね近い値を示すものの、ヤング係数の非破壊測定値ほどには一致しないことが確認された。

③ 密度とせん断弾性係数の関係

図 25 に密度と TGH 法によるせん断弾性係数 G_{TGH} の関係を、図 26 に密度とねじり振動法によ

るせん断弾性係数 G_{ft} の関係を示す。どちらも正の相関関係がみられた。前述の密度とヤング係数の関係に比べて、どちらも密度との相関関係は強かった。すなわち、密度によりせん断弾性係数はある程度推定できる可能性が示唆された。

④ ヤング係数とせん断弾性係数の関係

図 27 に縦振動法によるヤング係数 E_{fr} とねじり振動法によるせん断弾性係数 G_{ft} の関係を、図 28 に TGH 法による曲げヤング係数 E_{TGH} とせん断弾性係数 G_{TGH} の関係を示す。どちらも正の相関関係がみられた。前述の密度とヤング係数の関係に比べて、どちらも相関関係はみられなかった。すなわち、ヤング係数からせん断弾性係数を推定することは困難と推察される。

日本建築学会の木質構造設計規準・同解説の付録にはヤング係数およびせん断弾性係数の基準弾性係数として E_0 と G_0 が掲載されている。いずれも、信頼水準 75%の 50%下側許容限界値をもとにした値である。このなかで、G_0 は E_0 の値の 1/15 とするとされている。表 8 における G_0 は目視等級区分構造用製材の値である。実測値に比べてスギの G_0 が低い。図 29 は機械等級区分の等級別にせん断弾性係数の設定を想定した例である。実測値の G は E/15 とならず、E70 や E90 では、せん断弾性係数が実測値よりもかなり低く設定される。また、トドマツは高い等級で G が過大評価される。

以上から、設計用のせん断弾性係数は、相関関係の認められなかったヤング係数を基に設定するのではなく、樹種ごとのせん断弾性係数に基づいて設定する方が適切と考えられる。

表 8　非破壊測定で求めた弾性係数の平均値

	ρ kg/m^3	E_0 kN/mm^2	E_{fr} kN/mm^2	E_{TGH} kN/mm^2	G_0 kN/mm^2	G_{ft} kN/mm^2	G_{TGH} kN/mm^2
トドマツ	412	10.0	11.10	11.00	0.67	0.685	0.618
カラマツ	509	9.5	11.27	11.98	0.63	0.792	0.928
ヒノキ	528	11.0	11.79	12.33	0.73	0.946	1.027
スギ	456	7.0	8.04	8.93	0.47	0.872	0.887

ρ：密度、E_0：日本建築学会木質構造設計基準・同解説掲載の「製材の日本農林規格」目視等級区分構造用製材の繊維方向特性値の基準弾性係数におけるヤング係数（50%値）、E_{fr}：縦振動法によるヤング係数、E_{TGH}：TGH 法による真の曲げヤング係数、G_0：E_0 の 1/15、G_{ft}：ねじり振動法によるせん断弾性係数、G_{TGH}：TGH 法によるせん断弾性係数

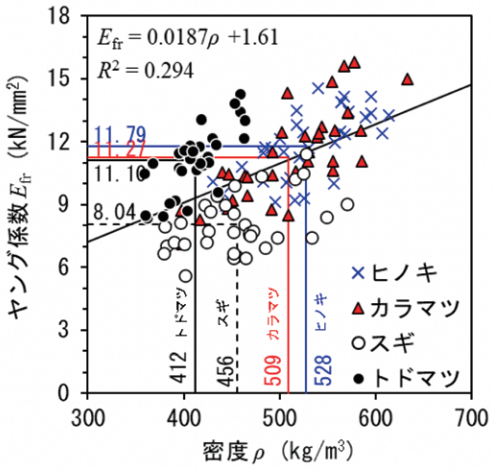


図 21　密度 ρ とヤング係数 E_{fr} の関係

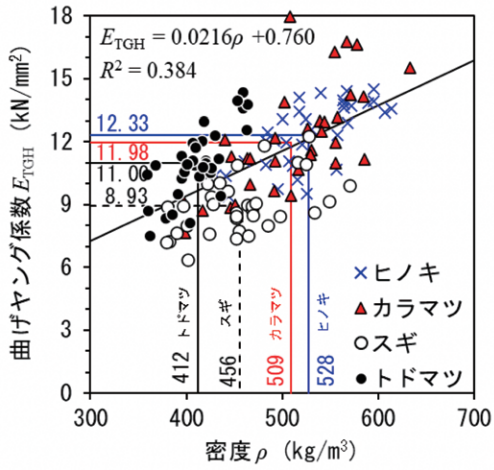


図 22　密度 ρ と曲げヤング係数 E_{TGH} の関係

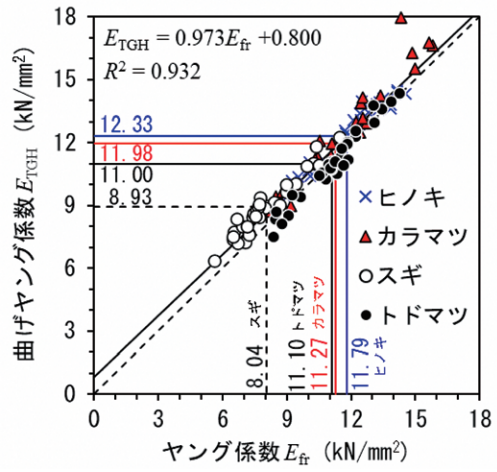


図 23　ヤング係数 E_{ft} と曲げヤング係数 E_{TGH} の関係

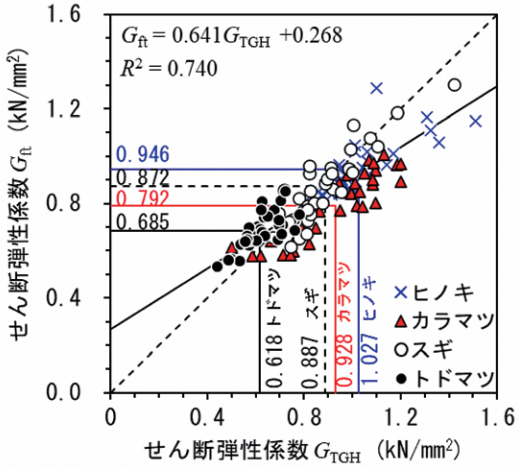


図 24　せん断弾性係数 G_{TGH} と G_{ft} の関係

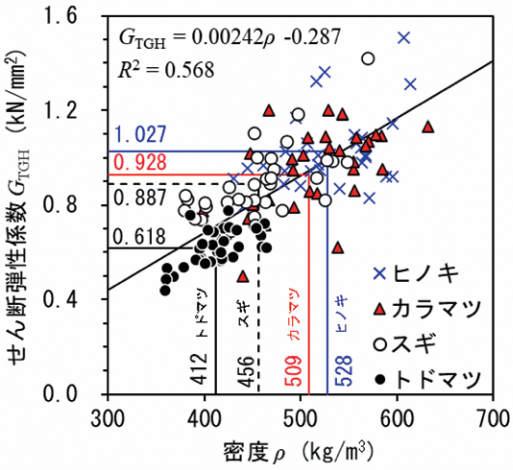


図 25　密度 ρ とせん断弾性係数 G_{TGH} の関係

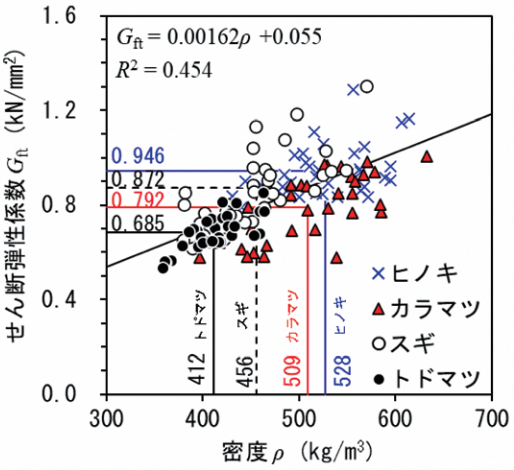


図 26　密度 ρ とせん断弾性係数 G_{ft} の関係

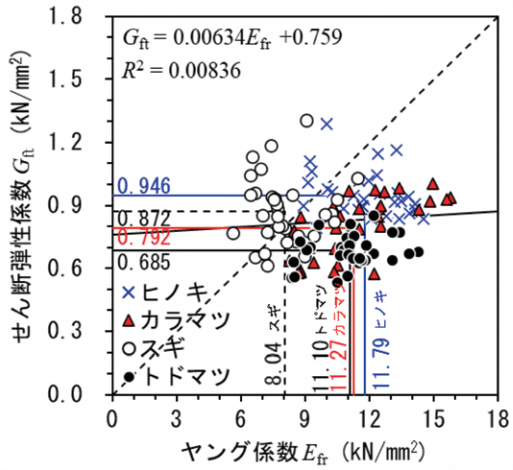


図 27　ヤング係数 E_{ft} とせん断弾性係数 G_{ft} の関係

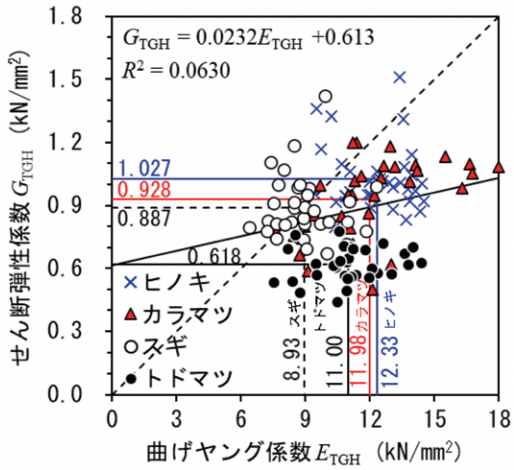


図 28　曲げヤング係数 E_{TGH} とせん断弾性係数 G_{TGH} の関係

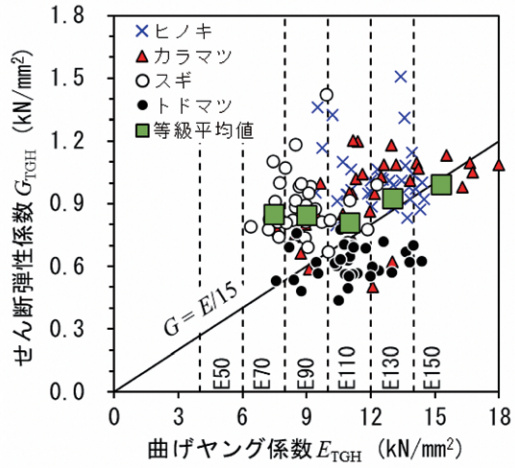


図 29　機械等級とせん断弾性係数の関係

今後の課題・展開等

【構造用木材の強度試験・評価法の改訂】

「構造用木材の強度試験マニュアル（2026 改訂版）」として編集し、公開する。公開方法、時期については更なる検討を要する。本マニュアルを活用し材料強度の知見がより一層蓄積されることで、木質構造の設計精度が向上していくことが期待できる。

また、今後も改訂の必要性が想定されるが、その都度改訂検討組織の更新を行い（現状の各委員＋必要な知見を有する者）、適宜協力要請を行う予定である。

【実大材に基づくせん断強度の再検証】

実大材における逆対称４点曲げ試験による主要樹種のデータ取得を行った。今後、スパン条件、樹種、乾燥条件、木取り等が及ぼす影響について、本事業のデータ範囲に限定されるものの、詳細な分析を実施する予定である。

また、当該試験を適切に実施するためには、加圧板の寸法、荷重点の固定方法、スパンの決め方とその影響、めりこみ防止ビスの選定・打ち込み方法といった詳細なノウハウが必要となる。これらについては、可能な限り、改訂版の「構造用木材の強度試験マニュアル」に盛り込む予定である。

ただし、既に述べたように、当該試験法によるデータで、実際の建築物に用いられる材（乾燥条件など）を用いたものは圧倒的に少ない。今後も引き続き、試験方法をそろえた上でのデータ収集が必要となる。現状の木質材料の多様性や建築側での使われ方の多様性を考えると、本事業における検討結果はそれらの検討のベースとなるものである。建築側のニーズなどに対応した値などは別途プロジェクトを立ち上げて情報交換を進めながら行うなどの体制が必要と考える。

また、木質材料の試験方法は ISO などの海外の規格との整合性も必要となる。せん断試験については、ISO（13910）で示されているが、現段階では３点曲げとツーレールシェア法（Two-Rail Shear 法）のみである。これらは、スギなどのように柔らかいものの比較的強度のある材ではめり込み等が生じ試験が困難であることから、逆対称４点曲げ試験や実大いす型試験などを追加するように提案していくことも必要である。昨年度および今年度取得できた知見をこの提案に活用していくことも想定している。

事業

大断面集成材を用いたラーメンフレームによる4階建て（耐火構造による耐火建築物）中層大規模木造の標準仕様の整備とその普及事業（設計者支援情報の拡充事業）

● 実施団体 ●

株式会社 ドット・コーポレーション
〒101-0063　東京都千代田区神田淡路町 1-3-2 廣屋ビル 10 階

特定非営利活動法人 team Timberize
〒151-0053　東京都渋谷区代々木 2-21-10 代々木パレス 501

事業目的

【目的】

本事業では、大断面集成材を用いた木質構造で用いる耐力要素について、構造設計に利用できる設計情報の整備を行うことを目的とする。

令和７年度は、これまでに整備してきたGIRおよびLSBによる柱脚接合部について、軸力を加味した実験を実施し、既に実施・取りまとめていた柱梁接合部および柱脚接合部の実験データを用いたフレームの設計の妥当性を確認するためのデータを取得する。加えて、開口部などにも設置できる角度調整が可能な鋼製ブレースについての設計データを取得する。

【背景】

Ki-中層大規模木造研究会・設計支援情報データベース（https://www.ki-ki.info/）では、現状は他構造（主としてS造）で建てられているが比較的木造に転換しやすい規模（3～4階建て）の建築物を想定し、大断面集成材を用いたラーメンフレームによる建築物（末尾の補足説明を参照）の実現・普及をめざし、設計者が取り組む際に不可欠な設計情報の整備およびその公表を行っている。本事業はそこでの取り組みの一環である。



図１　Ki中層大規模木造研究会・設計支援情報データベース

実施した項目

【実施した項目】

令和７年度に実施した項目は以下のとおりである。

1．一方向ラーメンフレーム構造における柱脚設計の妥当性を確認するための軸力を加味した接合部実験
2．角度を変更することができる鋼製ブレースの要素実験および実大実験
3．実装に向けての課題整理と今後の計画の立案

実施体制

全体委員会		
委員長	腰原　幹雄	東京大学 生産技術研究所 教授
委　　員	河合　直人	工学院大学 名誉教授
	稲山　正弘	東京大学 名誉教授
	五十田　博	京都大学 生存圏研究所 生活圏木質構造科学分野 教授
	青木　謙治	東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 木質材料学研究室 教授
	田中　　圭	大分大学 理工学部 理工学科 建築学プログラム 准教授
	森　　拓郎	広島大学大学院 先進理工系科学研究科 教授
	小林　研治	東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 木質材料学研究室 准教授
	岡本　滋史	大阪公立大学大学院 生活科学研究科 講師
	宮田雄二郎	法政大学 デザイン工学部 建築学科 准教授
	宮林　正幸	有限会社ティー・イー・コンサルティング一級建築士事務所 取締役
	望陀佐和子	株式会社建築構造センター 木造課
	北村　俊夫	清水建設株式会社 生産技術本部 生産計画部 構工法グループ 主査
	小谷　竜城	株式会社エヌ・シー・エヌ 木構造技術センター センター長
	中谷　　誠	宮崎県木材利用技術センター 構法開発部 副部長
	安井　　昇	桜設計集団一級建築士事務所 代表
	加來　千紘	桜設計集団一級建築士事務所
	中島　昌一	国立研究開発法人 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員
	秋山　信彦	国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ 主任研究員
	荒木　康弘	国土交通省 国土技術政策総合研究所 住宅研究部 住宅研究部室長
	山代　　悟	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授
	中村　朋世	有限会社ビルディングランドスケープ
	佐藤　孝浩	株式会社桜設計集団構造設計室 代表取締役
オブザーバー	村西　大介	BX カネシン株式会社 営業本部 特需営業部 MP 課
	松岡　秀尚	中国木材株式会社 顧問
事務局	中村亜弥子	株式会社ドット・コーポレーション 取締役
	平野　陽子	株式会社ドット・コーポレーション
	佐々木留美	株式会社ドット・コーポレーション

接合部・構造計算 TF		
主査	腰原　幹雄	東京大学 生産技術研究所 教授
メンバー	田中　　圭	大分大学 理工学部 理工学科 建築学プログラム 准教授
	森　　拓郎	広島大学大学院 先進理工系科学研究科 教授
	稲山　正弘	東京大学 名誉教授
	青木　謙治	東京大学大学院 農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 木質材料学研究室 教授
	岡本　滋史	大阪公立大学大学院 生活科学研究科 講師
	宮田雄二郎	法政大学 デザイン工学部 建築学科 准教授
	中谷　　誠	宮崎県木材利用技術センター 構法開発部 副部長
事務局	中村亜弥子	株式会社ドット・コーポレーション 取締役
	平野　陽子	株式会社ドット・コーポレーション

角度調整型鋼製ブレース TF		
メンバー	山代 悟	芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授
	中村 朋世	有限会社ビルディングランドスケープ
	佐藤 孝浩	株式会社桜設計集団構造設計室 代表取締役
	村西 大介	BX カネシン株式会社 営業本部 特需営業部 MP 課
事務局	中村 亜弥子	株式会社ドット・コーポレーション 取締役
	平野 陽子	株式会社ドット・コーポレーション

実施した内容

1．一方向ラーメンフレーム構造における柱脚設計の妥当性を確認するための軸力を加味した接合部実験

1.1　これまでの経緯と実験の目的

GIR・LSB を用いた接合部によるラーメンフレームの構造設計は、柱梁接合部および柱脚接合部の実験データを取得し活用することで可能である。ただし、実物件において確認申請を行う際には、その妥当性を求められることも想定し、過去に実大フレーム実験も実施している。実大フレーム実験と接合部実験の違いは、鉛直荷重が作用し柱に軸力が入っているかどうかであり、このことが柱脚接合部のデータにどのように影響するかを確認することで、より精度の高い設計が可能となる。

具体的には、実際の建物における柱脚部には、長期荷重や地震時の水平力に起因する軸力変動が作用し高い圧縮軸力下では接合部の曲げ耐力が増大することが知られている。そのため、LSB・GIR を用いた柱脚接合部においては、軸力条件を考慮した曲げ抵抗性能の適切な評価手法を明確にすることは研究的にも重要な課題である。そこで、軸力を加味した柱脚接合部実験方法を考案し、その確認を行った。

1.2　実験方法および試験体

図 2 に試験概要を、図 3 に試験体組立図、表 1 に試験体一覧を示す。試験体には断面 105 × 600mm の対称異等級構成スギ集成材（E65-F225）を用いた。

LSB には山径 25mm、谷径 20mm、全長 500mm、有効雄ねじ長さ 440mm のもの（図 4）を用い、φ 22 の先孔に 500mm 埋め込んだ。LSB と柱脚金物は強度区分 10.9 の高強度ボルト（以下、HTB）により緊結した。

GIR は長さ 300mm の中空全ねじボルト（M24）（図 5）を使用し、φ 28mm、深さ 275mm の先孔に対して 270mm 埋め込み、エポキシ接着剤を注入して柱脚金物と一体で接着接合した。 柱脚金物はアンカーボルトを介して治具に固定し、アンカーボルトにセンターホール型ロードセル（東京測器

製、KCM-200KNA）を設置して軸力を計測した。

なお、柱脚接合部においてLSB・GIRが引張力と同時にせん断力を負担しないように、ドリフトピンを用いてせん断力を柱脚金物に伝達させた（図3）。柱脚接合部に設置した変位計により計測した水平変位の和を変位計間距離で除した値を見かけの変形角とし、加力は見かけの変形角が1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30radとなる正負交番・1回載荷とし、最終的に破壊に至るまで負側加力（押し載荷）を行った。初期軸力はターンバックルのボルトの締緩により導入・制御し、想定建物の重量から長期荷重相当の48kNとその半分程度の20kNの2種類とした。また、軸力とモーメントの比率を変化させるため、図2に示す試験体高さを1000mmおよび1200mmの2種類とした。

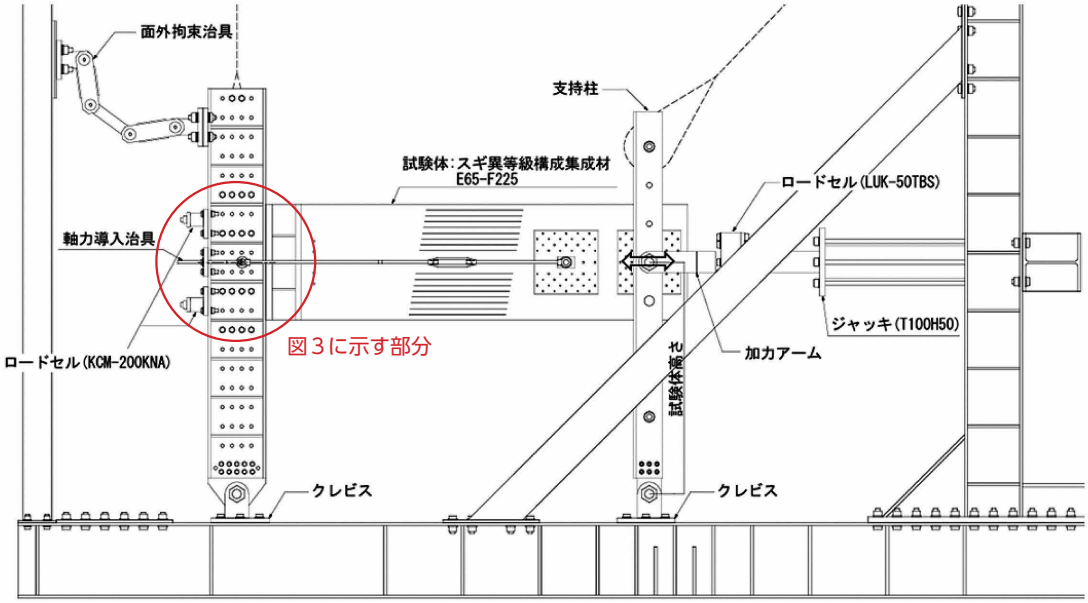


図2　試験概要

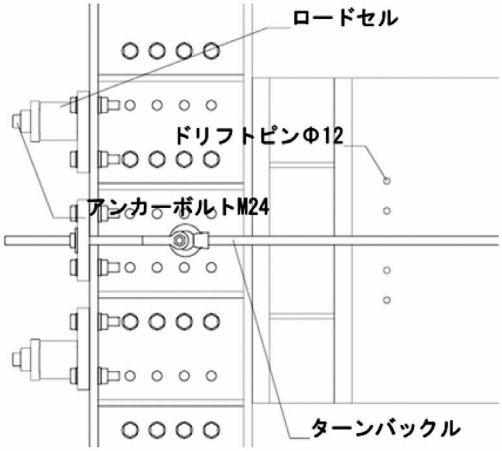


図3　試験体組立図



図4　LSB接合具（mm）

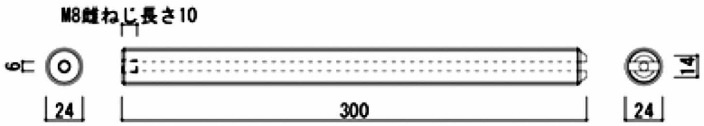


図５　GIR 接合具（mm）

表１　試験体一覧

試験体名	樹種	接合具	試験体高さ（mm）	初期軸力（kN）
LSB-1000-20	スギ集成材 E-65-F225	LSB	1000	20
LSB-1000-48			1000	48
LSB-1200-48			1200	48
GIR-1000-20		GIR	1000	20
GIR-1000-48			1000	48
GIR-1200-48			1200	48

２．角度を変更することができる鋼製ブレースの要素実験および実大壁実験

2.1　実験計画の立案

当該ブレースは、2024～2025 年度に実施された中大木造建築普及加速化プロジェクトにて採択された「中大規模木造用ブレース構法」にて提案されたもので、LVL(柱梁-カラマツ 150 角)の躯体で用いるものとして実験が行われたものである。当該ブレースは、階高などが変わりブレースの角度が変更となっても追従が可能であり、かつ、鋼製ブレースであることから、木質ブレースに生じがちの複合応力による割裂も生じず、性能が安定する。

このような特徴を持つことから、集成材への適用を実現するために、本事業にてデータ取得を実施した。ブレース端部接合部実験とブレース実大実験（面内試験）をそれぞれ実施した。

試験体に用いる集成材は、一般的な大断面集成材建築物に広く適用するために、スギ（柱：同一等級構成集成材 E65-F255、横架材：対象異等級構成集成材 E65-F225)、寸法は柱・横架材とも 150×150㎜とした。

本試験体は、１時間耐火構造で用いることを想定しており、柱・横架材には被覆のための強化せっこうボードが施工される。その際、接合金物を取り付けるビスがせっこうボードを介すると剛性・強度が低下するために、接合金物が取り付く部分には厚さ 60㎜の難燃処理 LVL で被覆する仕様となっている。この仕様は、全国 LVL 協会が取得している耐火構造の大臣認定となる（図 6)。難燃処理 LVL の施工マニュアルには接着剤（材料指定無）塗布後にビス留めとあるが、接着剤の仕様を限定することを避けるため、本試験では接着剤を使用していない。ビス長さ 75mm 中、60mm が集成材に貫入するよう、座堀 45mm を施した。実際の施工では、座彫り部には深さ 40mm（ビス頭 5mm を見込む）の栓を設置するが、当実験では設置しない。

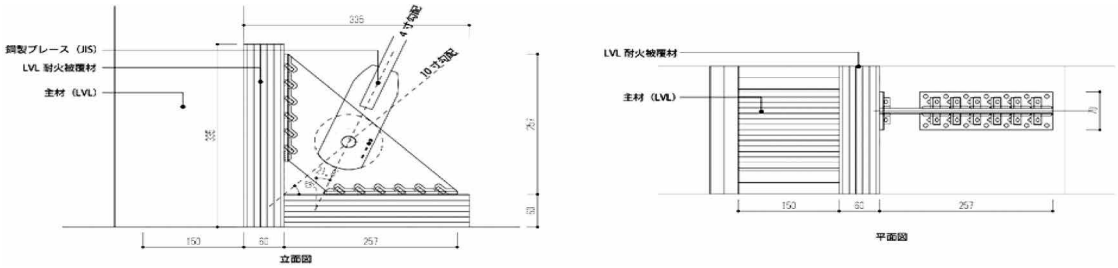
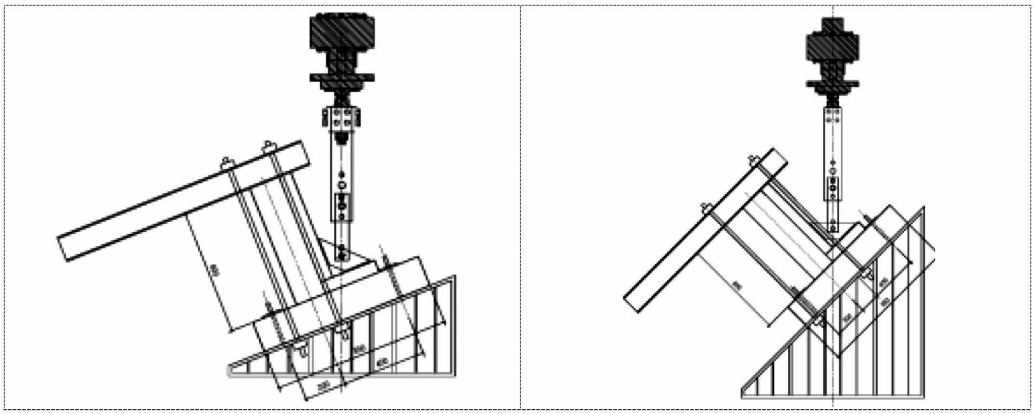


図６　ブレース：JIS コンブレース（コンドーテック)、M20、SNR400

LVL 耐火被覆材：難燃薬剤処理 LVL　スギ LVLB 種 30mm 厚に難燃薬剤 W2-50（丸菱油化工業製）を含浸。含浸した 30mm 厚をレゾルシノール接着して 60mm とする。薬剤含浸量 130～150kg/㎥

2.2　ブレース端部接合部実験

ブレースの勾配を４寸、10寸の２仕様とし、単調試験１、繰り返し試験６を実施した。試験体図を図７に示す。



勾配４寸の試験体　　勾配10寸の試験体

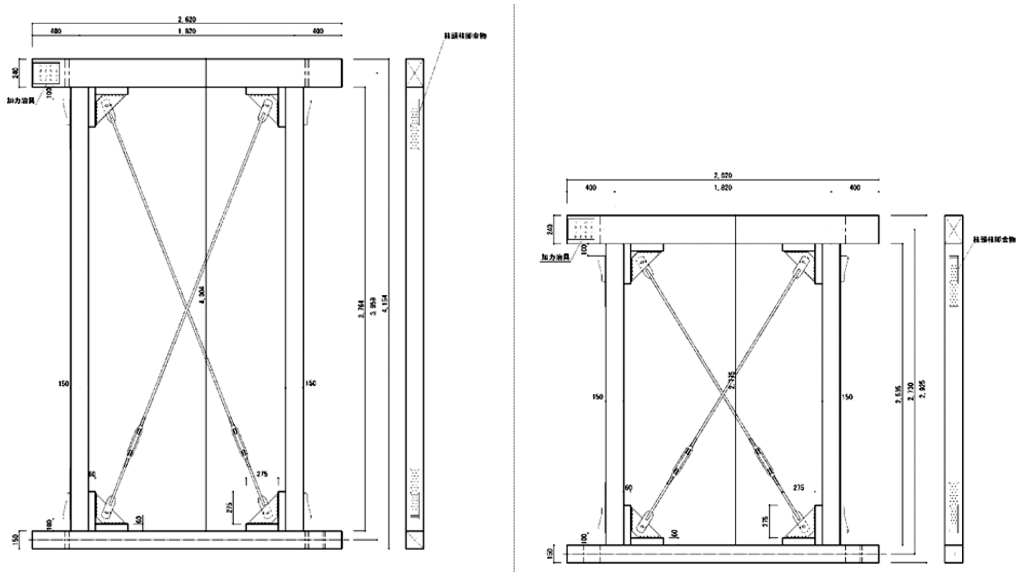
図７　接合部の試験体図



写真１　勾配10寸実験時写真

2.3　ブレース実大実験

ブレース実大実験（面内実験）は、勾配が４寸、10寸をそれぞれ１体とし、柱脚固定式、正負交番繰り返し加力（繰り返し回数は履歴の同一変形段階で３回）とした。試験体図を図８に示す。



４寸勾配用　　10寸勾配用

図８　試験体図（mm）

3．実装に向けての課題整理と今後の計画の立案

非住宅木造建築物への新規参入者が取り組みやすい構造システムとするために、構造設計者の負担を減らすべく、建物タイプ、構法、使用する材、接合部を絞り込んで（末尾の補足説明を参照）設計情報を整備しているが、架構のバリエーションは数多くある。例を挙げると、フレームについては、LSBとGIRのどちらを選択するか、樹種を何にするか、フレームの配置をどうするかなどである。これらは床（水平構面）、壁（耐力壁）の仕様や納まり、耐火被覆の範囲などと関係する。これらは構造システム上の考え方を踏まえた上で設計され、組み合わせによって施工条件やコストなども異なってくる。こういった検討は、実装の段階で各プロジェクトで実施することを想定していたが、普及を考えた場合、ある程度のバリエーションやそれについての解説が示すことが必要と考え、整理することとした。

本項目の実施した結果については、「今後の課題・展開等」に示す。

実施した結果

1．一方向ラーメンフレーム構造における柱脚設計の妥当性を確認するための軸力を加味した接合部実験

以下に、試験体別の結果を示す。

1.1　LSB接合部実験結果

いずれの試験体においても、目標変形角である1/30radまで破壊は確認されず、変形角が1/20rad程度で破壊が起こるまでモーメントは増加し続けた。破壊性状は、全ての試験体で引張側のHTB2本の破断が確認され、引張側アンカーボルトの顕著な伸びを伴った（写真2）。また、一部の試験体ではHTB破断と同時に木材のせん断破壊が生じた（写真3）。

回転剛性はLSB-1000-48試験体で低く算出されたが、その他の試験体では同等の値を示した。軸力の大きい試験体と軸力の小さい試験体を比較すると、降伏モーメントは前者が1.63約倍大きく、降伏モーメント時の回転角も約2.1倍大きい値を示した。最大モーメントはいずれの試験体においても153-161kNmで、軸力の大きさによらずほぼ同程度であった。これは、最大モーメントが引張側に配置された2本のHTBの破断強度によって支配されていることを示している。また、軸力の大きい試験体を過去に行った軸力を付加していない試験体と比較すると、降伏モーメントは約1.2-1.6倍、最大モーメントは約1.5-1.6倍大きくなった。これは、軸力が作用することによりLSBが負担する引張力が低減し、降伏および破壊に至るまでに必要なモーメントが増大したためである。さらに、試験体高さを変化させることで軸力-モーメント比を調整したが、本試験条件の範囲では、モーメント抵抗性能および回転剛性に顕著な差は認められなかった。これは、柱脚接合部の回転挙動は、LSBおよびHTBの引張耐力およびその変形性能に支配されており、試験体高さの違いによる応力分布の変化が接合部性能に及ぼす影響が相対的に小さかったためであると考えられる。

1.2　GIR接合部実験結果

試験体作製時の施工不良より、加力前から集成材と柱脚金物の間に隙間が確認されており、全ての試験体において、想定していた変形角よりも早い-1/100radまでに破壊が生じた。破壊性状は、一般的にGIR埋め込み位置における割裂破壊が支配的となりやすいが、軸力が小さな試験体では割裂破壊は確認されず、GIRの引き抜けによる破壊が生じた（写真4）。一方、軸力の大きい試験体では、木材のせん断破壊が確認された（写真5）。

降伏モーメントはGIR-48-1200試験体以外でほぼ同等の値を示し、回転剛性および降伏モーメントは、軸力の大きさとの明確な相関は認められなかった。一方、最大モーメントは軸力の大きい試験体は小さい試験体と比較して約1.1倍大きい値を示した。また、過去に行った軸力を付加していない試験体と今回の試験体を比較すると、最大モーメントは約1.3-1.5倍、および最大モーメント時の回転角は約1.5-1.8倍大きい値を示した。さらに、試験体高さを変化させることで軸力-モーメント比を調整した試験体間においてモーメント抵抗性能および回転挙動に顕著な差は認められなかった。

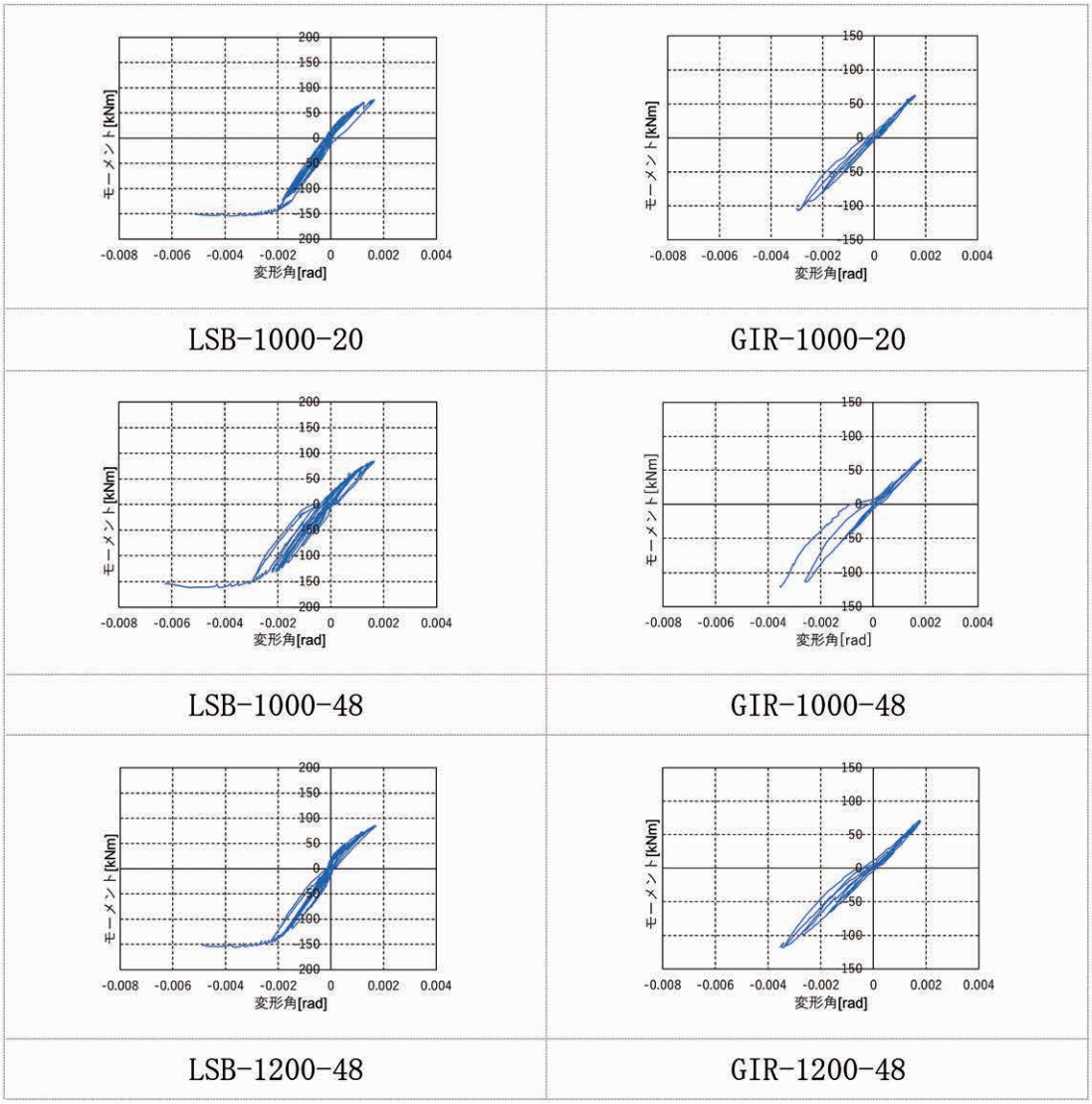


図９　各試験体のM-θ関係

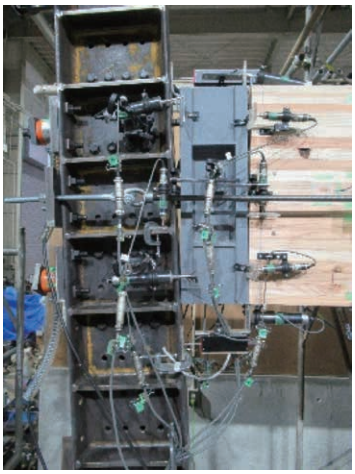


写真２　アンカーボルトの伸び
LSB-1200-48：押切り

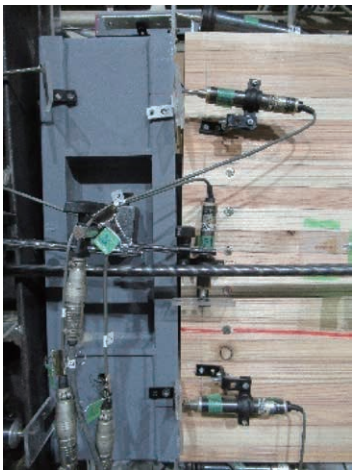


写真３　せん断破壊
LSB-1000-20：押切り

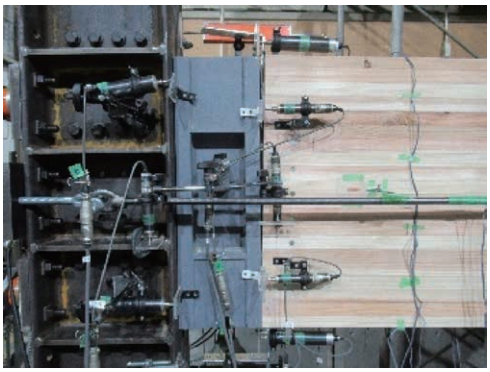


写真４　引抜破壊
GIR-1000-48：-1/150

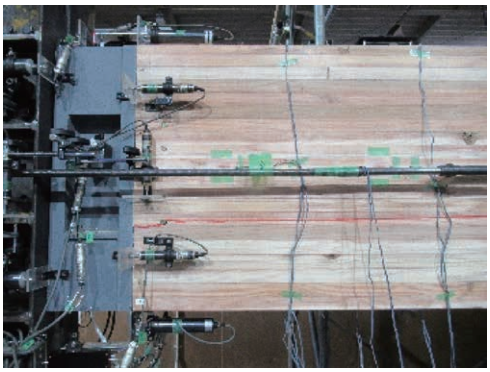


写真５　せん断破壊
GIR-1200-48：-1/100rad

表２　特性値一覧

試験体名	回転剛性 ($\times10^{3}$kNm/rad)	降伏M (kNm)	降伏M時変形角 ($\times10^{-3}$rad)	最大M (kNm)	最大M時変形角 ($\times10^{-3}$rad)
LSB-1000-20	92.0	67.5	0.70	153.7	3.7
LSB-1000-48	71.0	110.6	1.53	161.5	4.2
LSB-1200-48	91.7	85.1	0.82	155.7	3.7
LSB軸力無し	77.7	69.5	1.12	98.7	3.5
GIR-1000-20	41.3	67.4	1.60	106.8	2.9
GIR-1000-48	46.2	10.3	0.06	121.1	3.5
GIR-1200-48	38.9	65.1	1.58	118.3	3.5
GIR軸力無し	54.9	—	—	79.9	1.9

1.3　柱脚設計の妥当性を確認するための軸力を加味した接合部実験のまとめ

以上の結果より、得られた知見を以下に記す。

1）LSB試験体・GIR試験体ともに、圧縮軸力が作用することで柱脚接合部のモーメント抵抗性能は向上する傾向を示した。特にLSB試験体では、軸力の大きい試験体は軸力の小さい試験体に比べて降伏モーメントが約1.13倍増加し、降伏モーメント時の回転角も約2.1倍大きくなった。

2）軸力を付加していない既往試験体と比較すると、LSB試験体では軸力の作用により降伏モーメントが約1.2-1.6倍、最大モーメントが約1.5-1.6倍増大し、GIR試験体では最大モーメントが約1.3-1.5倍、最大モーメント時の回転角が約1.5～1.8倍大きくなった。

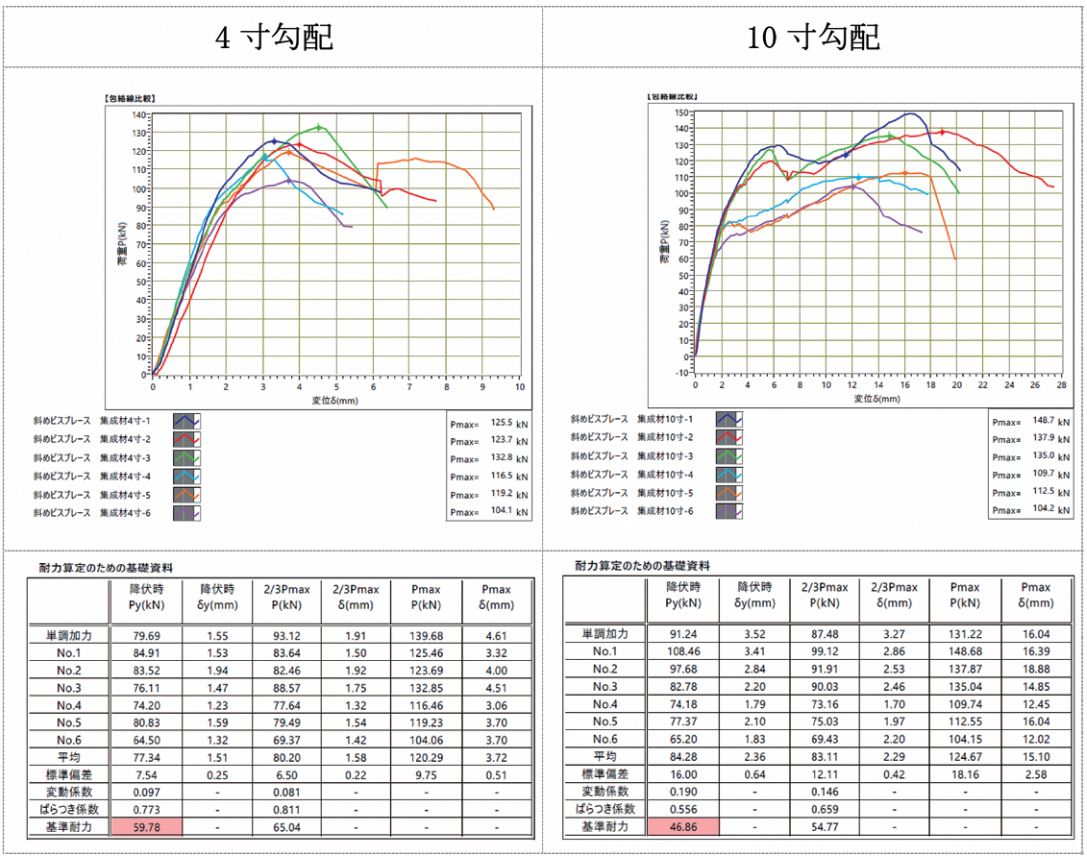
3）試験体高さを変化させて軸力－モーメント比を調整した場合において、LSB・GIR試験体ともに、モーメント抵抗性能および回転挙動に顕著な差は認められなかった。

2.　角度を変更することができる鋼製ブレースの要素実験および実大壁実験

本原稿提出段階では、実験が終了し速報値が得られた段階なので、それらを示す。

2.1　接合部実験の結果

図10に繰り返し試験にて得られた包絡線および耐力算定のための基礎資料を、写真6に破壊性状の例を示す。破壊性状は難燃処理LVLの浮き上がりが生じ、また、ビスの長さの位置での柱の割裂が生じた。



耐力算定のための基礎資料

	降伏時 Py(kN)	降伏時 δy(mm)	2/3Pmax P(kN)	2/3Pmax δ(mm)	Pmax P(kN)	Pmax δ(mm)
単調加力	79.69	1.55	93.12	1.91	139.68	4.61
No.1	84.91	1.53	83.64	1.50	125.46	3.32
No.2	83.52	1.94	82.46	1.92	123.69	4.00
No.3	76.11	1.47	88.57	1.75	132.85	4.51
No.4	74.20	1.23	77.64	1.32	116.46	3.06
No.5	80.83	1.59	79.49	1.54	119.23	3.70
No.6	64.50	1.32	69.37	1.42	104.06	3.70
平均	77.34	1.51	80.20	1.58	120.29	3.72
標準偏差	7.54	0.25	6.50	0.22	9.75	0.51
変動係数	0.097	-	0.081	-	-	-
ばらつき係数	0.773	-	0.811	-	-	-
基準耐力	59.78	-	65.04	-	-	-

耐力算定のための基礎資料

	降伏時 Py(kN)	降伏時 δy(mm)	2/3Pmax P(kN)	2/3Pmax δ(mm)	Pmax P(kN)	Pmax δ(mm)
単調加力	91.24	3.52	87.48	3.27	131.22	16.04
No.1	108.46	3.41	99.12	2.86	148.68	16.39
No.2	97.68	2.84	91.91	2.53	137.87	18.88
No.3	82.78	2.20	90.03	2.46	135.04	14.85
No.4	74.18	1.79	73.16	1.70	109.74	12.45
No.5	77.37	2.10	75.03	1.97	112.55	16.04
No.6	65.20	1.83	69.43	2.20	104.15	12.02
平均	84.28	2.36	83.11	2.29	124.67	15.10
標準偏差	16.00	0.64	12.11	0.42	18.16	2.58
変動係数	0.190	-	0.146	-	-	-
ばらつき係数	0.556	-	0.659	-	-	-
基準耐力	46.86	-	54.77	-	-	-

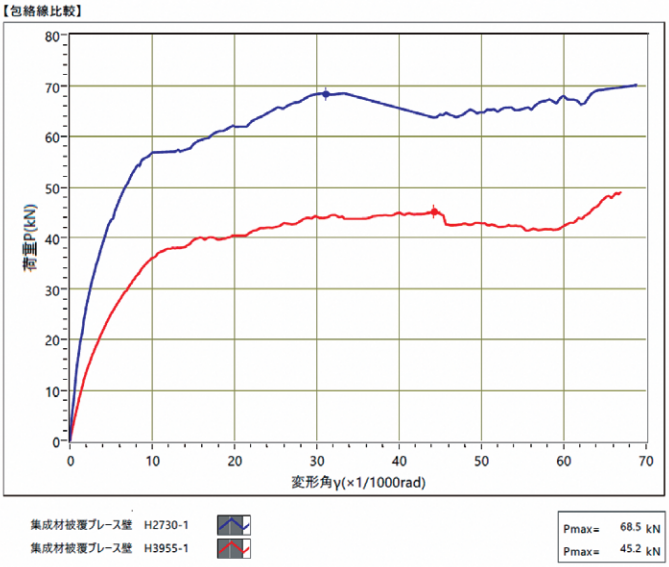
図 10　接合部実験の結果（包絡線と耐力算定基礎資料）



写真 6　破壊性状（10 寸勾配）

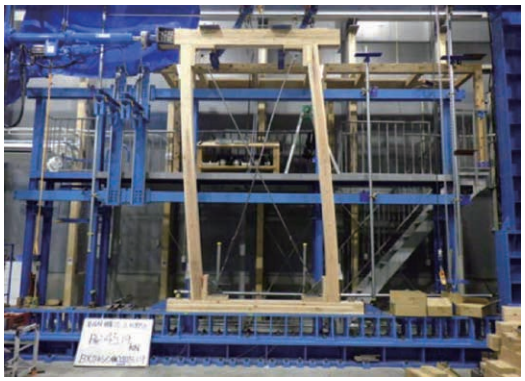
2.2　実大ブレース実験の結果

図 11 に実験で得られた包絡線および耐力算定のための基礎資料を、写真 7 に破壊性状の例を示す。破壊性状は接合部実験で確認された難燃処理 LVL の浮き上がりが生じ、それに伴う柱の割裂が生じた。



		a Py	b (0.2/Ds)*Pu	c 2/3Pmax	d 1/150rad P
集成材被覆ブレース壁 H2730-1	kN	45.14	44.25	45.65	49.83
	壁倍率	12.65	12.40	12.80	13.97
集成材被覆ブレース壁 H3955-1	kN	30.28	25.52	30.13	29.29
	壁倍率	8.49	7.15	8.45	8.21

図 11　実大ブレース実験の結果（包絡線と 4 指標）

4 寸勾配（H3955-1）	10 寸勾配（H2730-1）
	
	

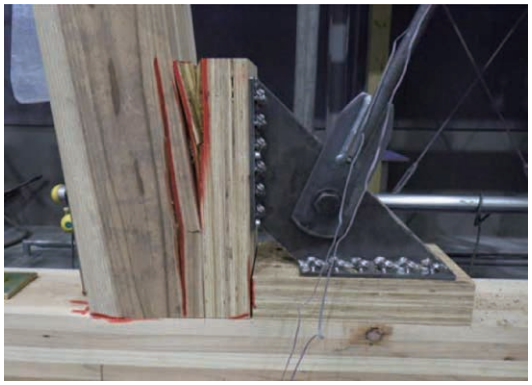
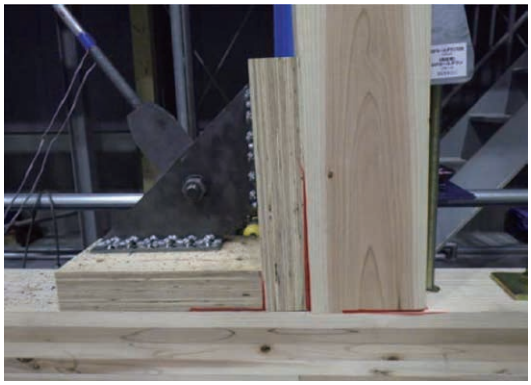



写真７　実大ブレース実験の加力後の破壊性状

今後の課題・展開等

Kiにて想定しているラーメンフレーム（断面寸法105×600、700）の設計において、【接合具の要素実験 → 柱梁接合部・柱脚接合部実験 → 実大フレーム実験 ＋ 軸力を加味した柱脚接合部実験】の一連の結果が得られ、構造設計に関する確認事項がすべてそろったことになる。これらの資料は、構造設計の妥当性を示すものであり、今後、接合具の仕様や、断面寸法違い、樹種・等級違いなどの検討を行う場合には、接合具の要素実験のみか、柱梁接合部・柱脚接合部実験までを実施してデータを取得することで設計が可能となる。

角度調整ブレースについては、集成材で使用する基本的なデータが得られた。これをもとに、角度が異なる場合の耐力壁の性能が解析にて示すことが可能となる。これらは、成果がまとまり次第、KiHPにて公表していくこととする。ただし、角度が10寸のものについては解析値と合わないため、更なる検証が必要である可能性がある。また、今回はスギを対象としたものであったため、他の樹種や異樹種集成材などで用いる場合のデータを整備する必要がある。

実装に向けては、これまでに整備してきたLSB・GIRを用いたラーメンフレームについて活用のバリエーションとその特徴を、施工性や構造システム上の考え方、水平構面や耐力壁との組み合わせについて整理を行った。今後は、構造検討を踏まえたフレーム配置のバリエーションも合わせて示し、耐火被覆の範囲や施工手順、コストについて検討していく必要がある。

【補足説明１：Kiで目指している建物イメージ】

Kiで対象としている建築物のイメージは以下の通りである。

① ４階建ての耐火構造（告示仕様の耐火被覆）による耐火建築物
② 断面が105×600、750の大断面集成材を用いたスパン７m未満の一方向ラーメンフレーム
③ ラーメンフレームの接合部はGIR、LSB、引きボルトを用いる



なぜ、これらに限定しているのかを以下に示す。

① ４階建て１時間耐火構造（告示仕様の耐火被覆）による耐火建築物

Kiでは４階建てを主な対象としている。現状では木造の生産システムは３階建てまでで整備されているが、４階建てについては普及に向けて、これらを拡張する形で整備していく必要がある。

防耐火の面では、４階建てとそれを超える階数の間には求められる仕様にギャップがある。まず規模の面（法21条関係）では、上層から４層分は１時間耐火、それを超えると1.5時間以上の耐火が求められる。具体的な仕様では、例えば柱の場合、強化石こうボードで被覆する告示仕様では、１時間耐火構造は46㎜（21㎜＋25㎜）と1.5時間耐火では63㎜（21㎜３枚張り）となる。これらの施工では、目地をずらす必要もあり、後者では施工の手間・コストが大きく増える。また、②で示してい

る規模とも関係するが、Kiで対象としている建築物は都市部の大通りから1本入った街区での需要が主となると思われる。その場合、防火地域、準防火地域での規制がかかることが想定され、法61条においても耐火建築物が求められる。

このように、1時間耐火構造による4階建てというのは、普及という面ではチャレンジではあるものの、法律や生産システム面からみると合理的な階数と言える。

② 断面が105×600、750の大断面集成材を用いたスパン7m未満の一方向ラーメンフレーム

木造にて4階建てを実現させ普及を目指すには、構造設計上、施工上、新たに参入する担い手が比較的抵抗なく受け入れられる構法であることが求められる。木造には様々な構法があり、それぞれに得意とする建物タイプがあるが、それらのうち、大断面集成材構造が候補となる。また、これらにおいて、具体的に大断面集成材の断面寸法やスパン、フレームの仕様をしぼりこむことで、現在、物件ごとに設計が行われている接合部等の設計が共通仕様として運用することが可能である。これは鉄骨造などと同じような設計が可能となることを意味する。

具体的な仕様については以下の点を考慮して設定を行った。

- 集成材の断面を多くの集成材工場が製造できるものに設定すること
- 接合具およびその配列に対して、効率の良い断面であること
- これで実現できるスパン・架構が無理のないものであること
- 需要がある建物規模であること

集成材は、積層方向の寸法は比較的自由がきくが、幅方向の寸法については、工場の設備等によって対応できる寸法が異なる。幅240㎜および210㎜ではラミナの幅はぎが可能な工場では製造が可能であるが、2次接着での対応が必要な工場や、そもそも製造できない工場も多い。一方で105㎜や120㎜の幅は、住宅用の中小断面集成材で最も普及している幅であり、ラミナの確保も製造も容易である。また、集成材の製造だけでなく、プレカットが可能な断面かどうかも重要となる。プレカット工場も、住宅用の中小断面を対象としているものがほとんどで、幅105㎜、120㎜だと全ての工場で対応が可能であると言える。せいについては、近年は600㎜までは可能が可能となっている工場も増加している。せい750㎜となると限定されるが、Kiで想定している架構では、2階床梁がせい750㎜、3-4階床梁および柱はせい600㎜としており、せい750㎜の加工を一部に限定することで、プレカットへの対応も無理のない体制とすることとを狙っている。

接合具との関係としては、③に示す仕様において、接合具の断面や長さなどの仕様、配列や本数に対して、最も効率的な断面が存在する。現在検討しているGIR、LSBの仕様に対しては、これまでの検討から105㎜幅が性能を確保するための最低限の縁距離等が確保でき、最も効率が良い幅となっている。異なる径や仕様の接合具の場合には、120㎜が最適となる場合もある。性能面で最適断面とすることは、コスト面でも最適になる可能性が高い。

上のような理由から集成材の断面が決定されたが、このことから、おのずとスパンも絞られてくる。これまでは、非住宅木造建築物の場合は学校の8mスパンが目標とされることが多かった。しかし、4階建てのビルのニーズを考えると、都市部の大通りから1本中に入った街区などが想定され、そのような敷地では、江戸時代の道に面する敷地の幅（間口）に応じて税金（地子や家賃）が決まる仕組み（間口課税）から、間口が6～7mで、奥行きがその2～3倍あることが多い。そこで、Kiではこの間口に合わせたスパンの1方向ラーメンの架構を設定した。このスパンを2連続させることも可能ではあるが、その場合には、十字型の柱梁接合部が出現し、その場合、部材断面を変更し、パネルゾーンの設計やそれらにとりつく部材の設計が複雑になることから、1スパンに限定している。

② ラーメンフレームの接合部はGIR、LSB、引きボルト

接合具はGIR、LSB、引きボルトとし、その仕様・配置も、フレームの断面寸法などに合わせたものに限定している。接合具の設定の方針としては、以下の2点を重視している。

- 誰もが接合具を購入し自由に使用できるオープンシステムとなるものであること。
- メーカーなどが開発に注力している仕様は避け、業界全体として選択肢が広がるようにすること。

引きボルトについては、一般流通しており、加えてその設計方法なども理論的に示されている。ただし、剛性が低く、フレームの性能も低い。GIRとLSBは、高い剛性、耐力を確保できるが、靭性が低く、接合具・接合部の開発には靭性をどう確保するかが課題となる。Kiでは、図12に示す仕様のGIR、LSBを対象としてフレームを設定し、それらのデータを取得してきた。

GIR、LSB単体にも様々な仕様があり、仕様が異なれば、接合具としての性能は異なる。Kiでは、図12に示したように、過去には異なる仕様のものも検討してきたが、メーカーの開発状況や施工性や防耐火への対応に違いなどに配慮して、現在の仕様としている。可能な限り、既製品を用いる方針ではあったが、性能面からフレーム断面に合わせた特注とした経緯がある。

Kiで示している仕様は必ずしもその仕様のまま普及を目指すものではなく、その考え方や性能の確認方法（実験方法や理論式）などを整備・公表し、それらを活用してより良いものを各メーカーが開発するというサイクルが生じるのを後押ししたいという考えがある。

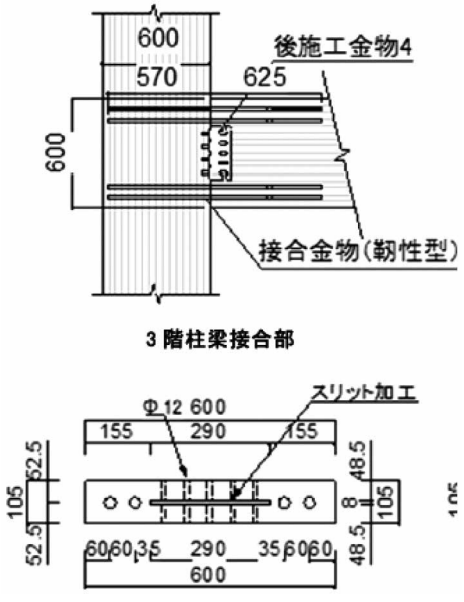
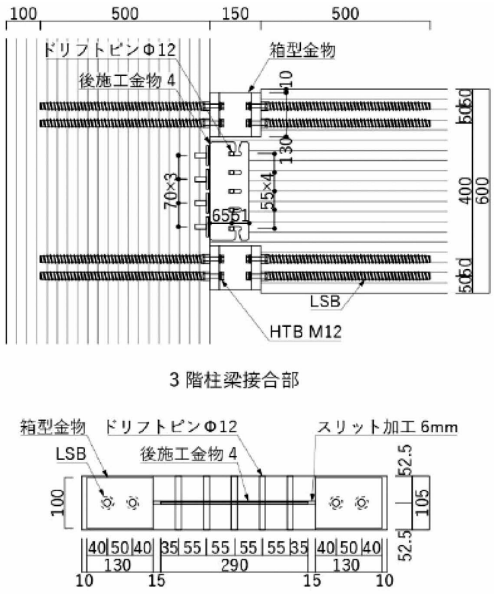
GIR	LSB
• スクリムテックのホームコネクター Kiのフレームに要求される性能に合わせて、検討対象が以下の通り変遷してきた。 ① 靭性のない中空型全ねじボルト ② 市販されている靭性型GIR（部材の断面に合っていないため、柱の割裂が生じる） ③ 部材断面に合った長さ、靭性部分を設定する **特注靭性型GIR** • 施工性も考慮し、BOX有のもので検討を進めていたが、メーカーでボックス付きの開発に着手したため、バリエーションを確保するためにKiではBOX無のものを対象とすることに決定。 • 施工性はBOX有が勝るが、**BOX無**なら燃え代設計にも対応可能。 • 1列2段配置	• ダイロックのLSB、ボックス金物は製作金物 GIRと同じように柱の割裂に配慮が必要なため、**長さは特注**。 • **BOX金物が必須**で露出するため、被覆型の防耐火仕様となる。施工性高いため、敷地条件が厳しい場合はLSBが選択される。 • 1列2段
	

図12　GIR、LSBの開発の変遷とその理由

以上のような思想で、建物イメージおよびその仕様について決定している。水平力に対しては、フレーム方向については、フレームの本数をコントロールすることで成立させ、桁行方向については、

面材耐力壁、ブレースによるものとしている。図 13 のようにフレームの配置は同ピッチで配置することも可能であるが、耐火被覆の容易性やプランの自由度を考えると、フレームを束ねて配置することも可能である。

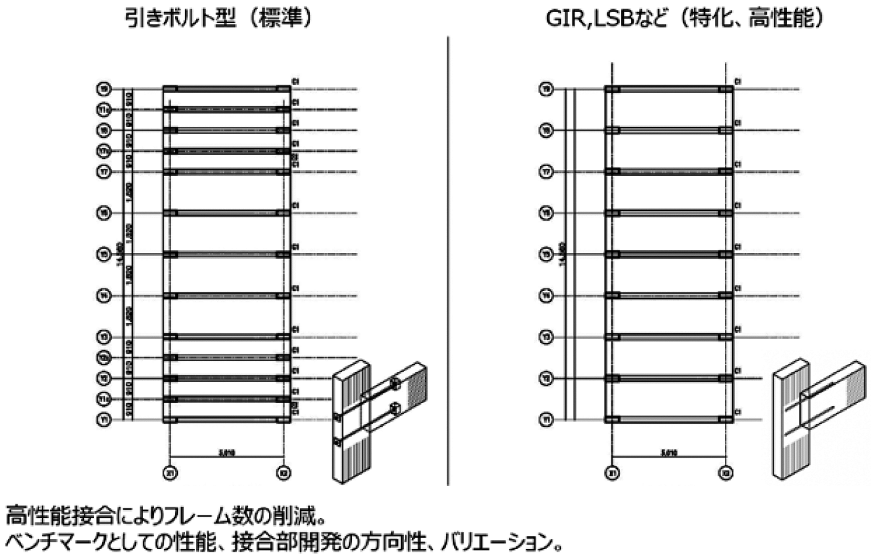


図 13　フレーム配置の例

【補足説明 2：Ki で取得している各種耐力要素データ】

骨格となるフレームについては上に示したような思想で決定しているが、その他の床、屋根、耐力壁については様々な仕様があり得る。現在の KiHP でも、これらの耐力要素についてのデータを掲載している。ただし、これらについては、現在設定している 105 シリーズのフレームに限定したものではない。

その理由としては、過去には 210㎜幅の仕様なども想定した検討を行っていたこともあるが、耐力要素のデータの汎用性を確保するという意図もある。現システムにて実際の建築物の設計を想定すると、幅 105㎜の集成材を対象とした 1 時間耐火構造の被覆における具体的な納まりを検討する必要があり、フレームの接合具と耐力要素の接合具との干渉を避けるなど、配慮が必要となる。ただし、こういった対応は、どんな実物件でも必要になることである。そのため、Ki では、各種耐力要素のデータ取得においては、図 14 に示すように、2 段階で考えることとしている。

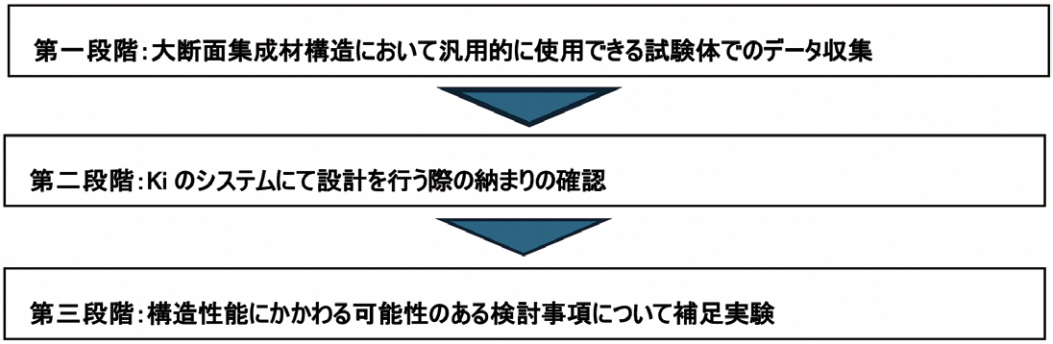


図 14　Ki でデータ取得を行う際の各段階での考え方

本事業においても、角度調整ブレースのデータ取得においては、第一段階を実施した。今後、第一段階にて、ニーズのある他の樹種の集成材などのデータ収集をするほか、第二段階、第三段階の検討も必要になってくる。これまでの活動などを通して、普及を目指す場合には、こういったきめ細やかな情報提供も必要であると考えている。

事業

CLTパネル工法の仕様規定建築物の構造設計手引き案の検討

● 実施団体 ●

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

一般社団法人 日本CLT協会
〒103-0025　東京都中央区日本橋茅場町 3-9-10

事業目的

一般的な木造軸組工法建築物では２階建て以下の小規模な建築物では壁量計算、柱の小径等の仕様規定で建築することができるものの、CLTパネル工法の建築物では小規模な建築物であっても構造計算が要求されている。このためCLTパネル工法の建築物の一層の普及促進を図るため、２階建て以下の小規模なCLTパネル工法の建築物を対象とした仕様規定に関する検討が進められ、CLT直交壁を用いて構造計算を不要とする「仕様規定Ａ」及び現行の軸組工法の仕様規定に準拠した「仕様規定Ｂ」が、令和７年３月のCLT関連告示の改正により定められたところである。

このようなことから、従来から小規模な木造軸組工法住宅を仕様規定で設計施工してきた大工工務店の技術者が、CLTパネル工法の建築物に取り組み易くなるよう、令和７年度においてCLTパネル工法の建築物を対象とした新しい「仕様規定Ｂ」を用いた構造設計手法の解説と典型的な住宅のモデル設計スパン表等と仕様規定の適用方法について解説する構造設計手引き案の作成を行う。

実施した項目

以下の業務について資料作成を行い、その内容について検討委員会及びWGを設置して検討及びとりまとめを行った。

（1）CLTパネル工法「仕様規定Ｂ」を用いた構造設計手法の解説
（2）CLTパネル工法「仕様規定Ｂ」を用いた典型的な住宅のモデルプラン設計構造設計図書、スパン表等の作成
（3）構造設計手引き案の作成

実施体制

◆検討委員会　委員名簿（順不同、敬称略）

委員長	河合　直人	工学院大学　名誉教授
委　員	五十田　博	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野　教授
	山崎　義弘	東京科学大学　総合研究院 多元レジリエンス研究センター　准教授
	槌本　敬大	国立研究開発法人　建築研究所　材料研究グループ　グループ長
	秋山　信彦	国立研究開発法人　建築研究所　材料研究グループ　主任研究員
	難波　宗功	国立研究開発法人　建築研究所　材料研究グループ　研究員
	島津あゆ美	独立行政法人　住宅金融支援機構　CS推進部 住宅技術情報室　技術支援グループ　調査役
	三宅　辰哉	株式会社　日本システム設計　代表取締役
	小林　卓哉	日本建築行政会議
	村上　淳史	公益社団法人　日本建築士会連合会
	貞広　　修	一般社団法人　日本建築構造技術者協会　木質系部会主査
	逢坂　達男	一般社団法人　日本木造住宅産業協会

	村上　敦	一般社団法人　ＪＢＮ・全国工務店協会
	向井　昭義	公益財団法人　日本住宅・木材技術センター　理事兼試験研究所長
	犬飼　瑞郎	公益財団法人　日本住宅・木材技術センター　首席 研究員
	飯島　敏夫	公益財団法人　日本住宅・木材技術センター　参与兼特別研究員
	鈴木　圭	木構造振興　株式会社　主任研究員
協力委員	荒木　康弘	国土交通省　国土技術政策総合研究所 住宅研究部 住宅生産研究室長
	石崎　宣彦	林野庁　林政部　木材産業課　木材製品技術室　課長補佐
	上田　萌香	林野庁　林政部　木材産業課　木材製品技術室　係長
	高橋　風鈴	林野庁　林政部　木材産業課　木材製品技術室　建築用木材担当専門職
	上野　翔平	国土交通省　住宅局参事官（建築企画担当）付　企画専門官
	久保　寿斗	国土交通省　住宅局参事官（建築企画担当）付　構造係長
	高澤　誠	国土交通省　住宅局　住宅生産課　木造住宅振興室　課長補佐
	櫻井　美里	国土交通省　住宅局　住宅生産課　木造住宅振興室　高度化推進係長
コンサルタント		株式会社　アルセッド建築研究所
		株式会社　構造計画研究所
事務局		一般社団法人　日本CLT協会
		公益財団法人　日本住宅・木材技術センター

◆検討WG　委員名簿（順不同、敬称略）

主　査	五十田　博	京都大学　生存圏研究所生活圏木質構造科学分野　教授
委　員	山崎　義弘	東京科学大学　総合研究院 多元レジリエンス研究センター　准教授
	槌本　敬大	国立研究開発法人　建築研究所　材料研究グループ　グループ長
	秋山　信彦	国立研究開発法人　建築研究所　材料研究グループ　主任研究員
	難波　宗功	国立研究開発法人　建築研究所　材料研究グループ　研究員
	三宅　辰哉	株式会社　日本システム設計　代表取締役
	貞広　修	一般社団法人　日本建築構造技術者協会　木質系部会主査
	向井　昭義	公益財団法人　日本住宅・木材技術センター　理事兼試験研究所長
	犬飼　瑞郎	公益財団法人　日本住宅・木材技術センター　首席 研究員
	飯島　敏夫	公益財団法人　日本住宅・木材技術センター　参与兼特別研究員
	鈴木　圭	木構造振興　株式会社　主任研究員
協力委員	荒木　康弘	国土交通省　国土技術政策総合研究所 住宅研究部 住宅生産研究室長
	石崎　宣彦	林野庁　林政部　木材産業課　木材製品技術室　課長補佐
	上田　萌香	林野庁　林政部　木材産業課　木材製品技術室　係長
	高橋　風鈴	林野庁　林政部　木材産業課　木材製品技術室　建築用木材担当専門職
	上野　翔平	国土交通省　住宅局参事官（建築企画担当）付　企画専門官
	久保　寿斗	国土交通省　住宅局参事官（建築企画担当）付　構造係長
	高澤　誠	国土交通省　住宅局　住宅生産課　木造住宅振興室　課長補佐
	櫻井　美里	国土交通省　住宅局　住宅生産課　木造住宅振興室　高度化推進係長
コンサルタント		株式会社　アルセッド建築研究所
		株式会社　構造計画研究所
事務局		一般社団法人　日本CLT協会
		公益財団法人　日本住宅・木材技術センター

実施した内容

（1）CLTパネル工法「仕様規定B」を用いた構造設計手法の解説

適用範囲に当てはまる規模のCLTパネル工法建築物について、CLT告示第八に規定される「構造計算を行わない建築物等に係る規定」により壁量計算および四分割法等の簡易な計算により耐力壁の配置方法を解説

（2）CLTパネル工法「仕様規定B」を用いた典型的な住宅のモデルプラン設計

構造設計図書、スパン表等の作成

構造設計手引き案に例示する、戸建住宅モデルプランの検討及び耐力壁線上の梁の仮定断面設定用スパン表の作成を行った。

（3）構造設計手引き案の作成

住木センター発行の「木造軸組構法住宅の構造計画　耐震・耐風性向上のための壁量計算等の基礎的な解説・演習から告示の最新情報まで」を参考に告示改正に対応したCLT工法住宅の設計資料の整備を行った。

実施した結果

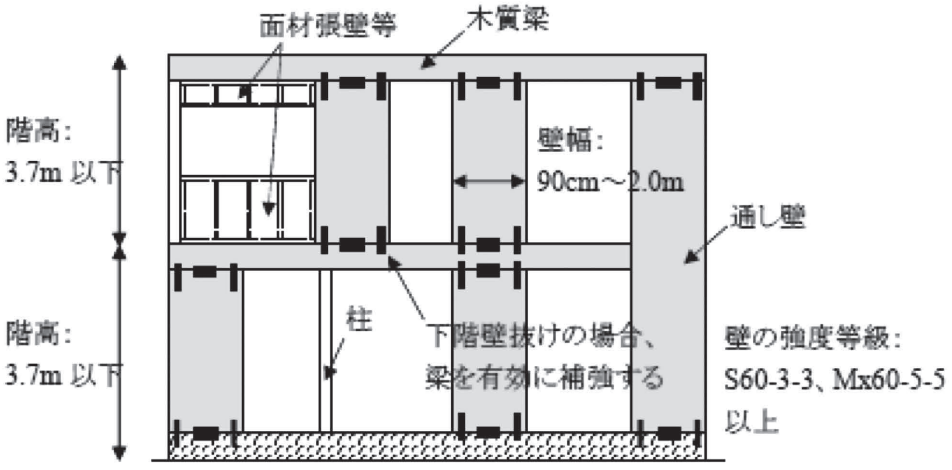
（1）CLTパネル工法「仕様規定B」を用いた構造設計手法の解説

適用範囲：階数２以下 / 延べ面積300m2以下 / 最高高さ16m以下とし

架構の構成に応じ仕様規定A、Bを解説

- 仕様規定A：CLTパネル工法において用いられる接合部材を使用する場合
- 仕様規定B：在来軸組工法において用いられる金物等の簡易な接合部材を使用する場合

仕様規定B は在来軸組工法で用いられるホールダウン金物や帯金物など靭性の低い接合金物で構成する建物を対象とし、耐力壁の許容せん断耐力は引張接合部の仕様によって決定し壁倍率上限は７倍とする。



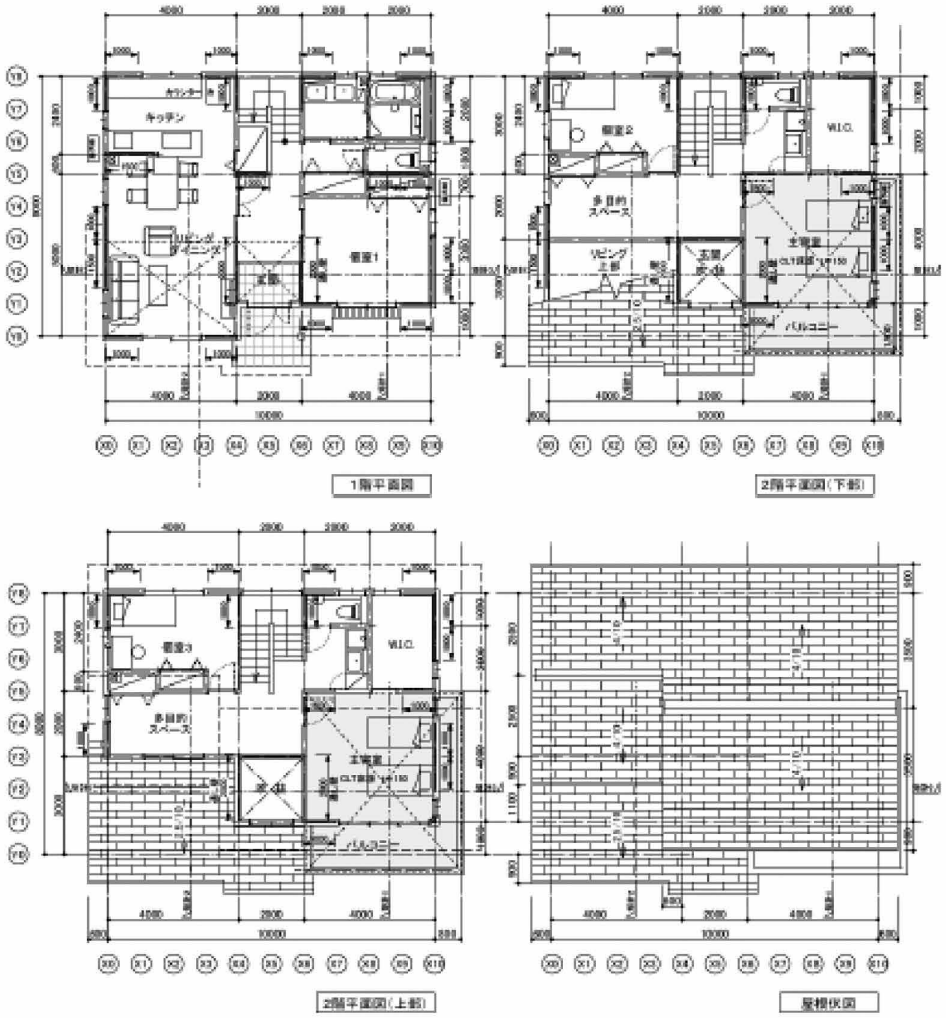
（図：仕様規定Bにおける架構例）

（2）CLTパネル工法「仕様規定Ｂ」を用いた典型的な住宅のモデルプラン設計

構造設計図書、スパン表等の作成

○仕様規定Ｂを用いた戸建住宅モデルプラン

建築用途	住宅（戸建住宅）
階数	２階建て
規模	延床面積 40 坪（約 132m²）程度



（図：仕様規定Ｂモデルプラン）

4.3.3. 引張金物の選定と壁倍率の決定

(1) 引張金物の選定

仮定壁配置で設定した目標壁倍率をもとに引張金物を選定する。引張金物選定の目安となる耐力は下式によって算出する。

＜引張金物の目標耐力＞

平屋建て　または　２階建ての２階部分

$$T_0 = A_{01} \times 1.96 \times H_1 \times B_1/R$$

２階建ての１階部分

$$T_0 = A_{01} \times 1.96 \times H_1 \times B_1/R + A_{02} \times 1.96 \times H_2 \times B_2/R$$

ここで、

T_0	：引張金物の目標短期許容耐力[kN]
A_{01}	：当該壁の目標壁倍率
A_{02}	：当該壁に連続する上階壁の目標壁倍率
B_1	：当該壁の周辺部材による押さえ効果を表す係数
B_2	：当該壁に連続する上階壁の周辺部材による押さえ効果を表す係数
H_1、H_2	：H_1は当該階の階高[m] 。H_2は上階の階高[m]
R	：応力中心間距離の補正係数（$R = 0.83d/D$）
D	：壁幅
d	：引張接合部から壁パネル圧縮縁までの距離

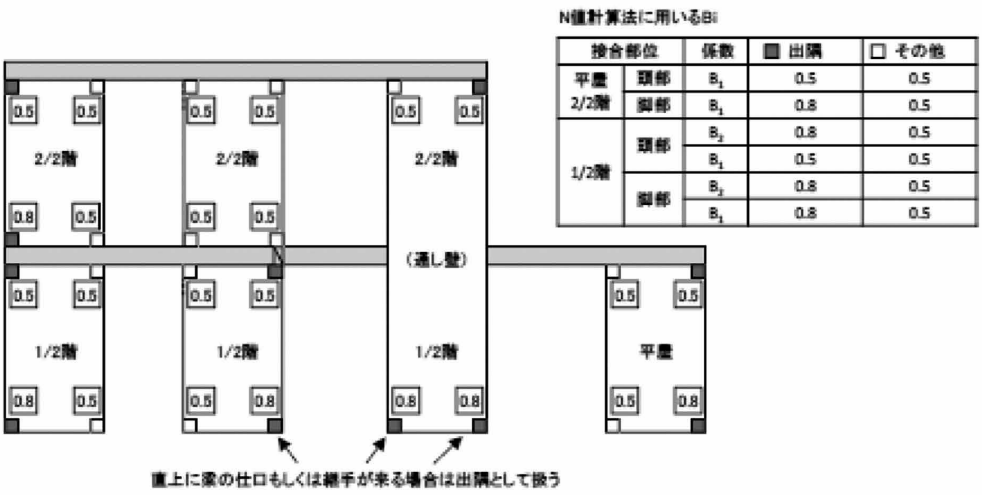
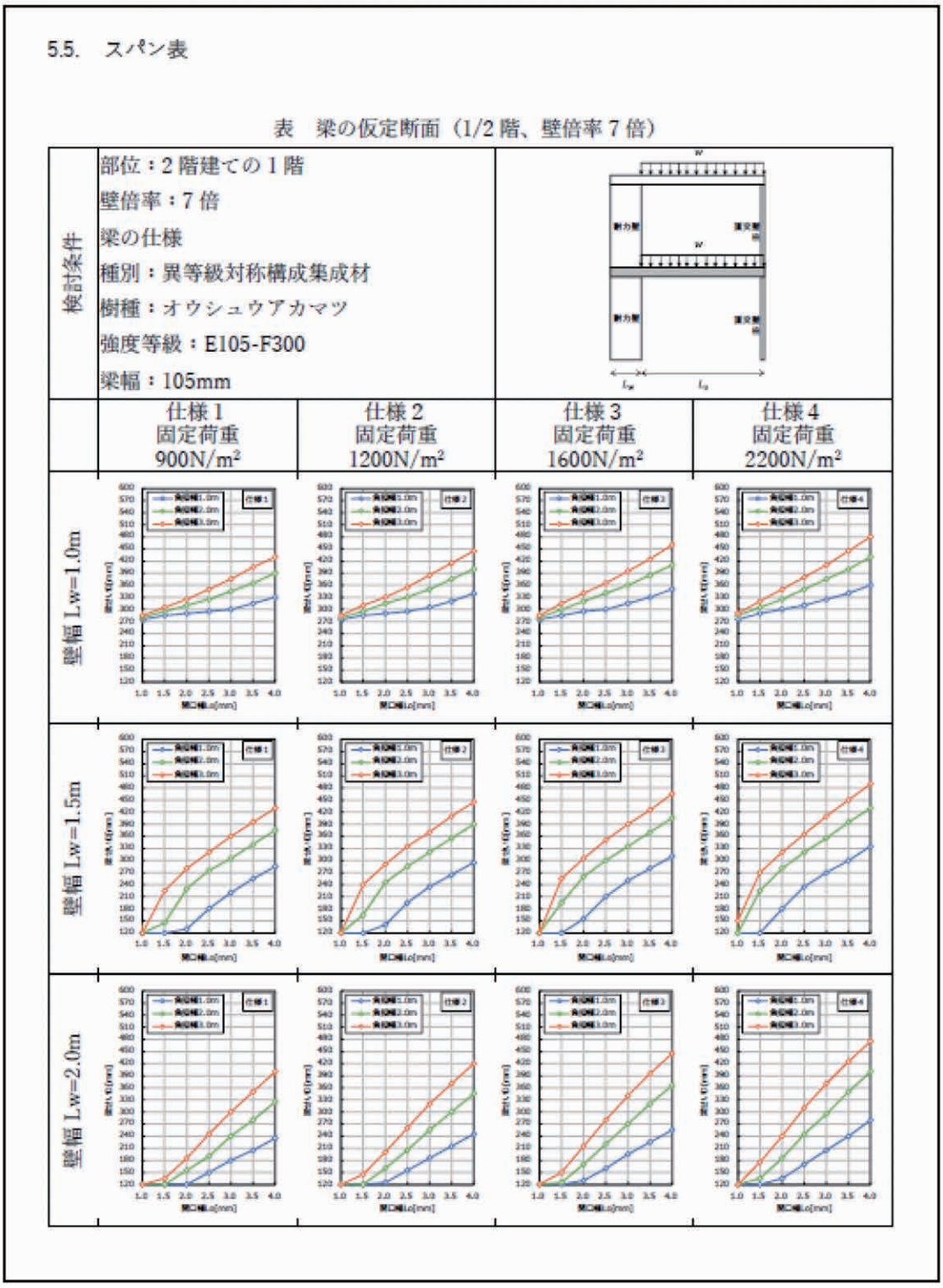


図 周辺部材による押さえ効果を表わす係数 B

（図：仕様規定Ｂモデルプラン　引張金物の選定と壁倍率の決定）

○仕様規定Bを用いたスパン表の概要



5.5. スパン表

表　梁の仮定断面（1/2 階、壁倍率 7 倍）

検討条件

部位：2 階建ての 1 階
壁倍率：7 倍
梁の仕様
種別：異等級対称構成集成材
樹種：オウシュウアカマツ
強度等級：E105-F300
梁幅：105mm

	仕様 1 固定荷重 900N/m²	仕様 2 固定荷重 1200N/m²	仕様 3 固定荷重 1600N/m²	仕様 4 固定荷重 2200N/m²
壁幅 Lw=1.0m				
壁幅 Lw=1.5m				
壁幅 Lw=2.0m				

（図：仕様規定Bモデルプラン　スパン表（案）抜粋）

（3）構造設計手引き案の作成

住木センター発行の「木造軸組構法住宅の構造計画　耐震・耐風性向上のための壁量計算等の基礎的な解説・演習から告示の最新情報まで」を参考に(1)・(2)での検討結果を告示改正に対応したCLT工法住宅の設計資料として整備を行った。

資料

CLTパネル工法仕様規定の構造設計手法案



第2回WG
2025年11月27日

参考図書：木造軸組構法住宅の構造計画（日本住宅・木材技術センター）

目次（案）

1. 本書の適用範囲と仕様規定ルートの概要 3
1.1. 本書の適用範囲 3
1.2. 架構の構成 3
1.3. 壁量規定の技術的背景 5
1.4. 仕様規定ルートの検討フロー 8
2. 仕様規定Aの構造計画｜次年度以降対応 9
3. 仕様規定Bの構造計画 10
3.1. 構法・材料の仕様 10
3.2. 壁量の確保（壁量計算） 14
3.2.1. 必要壁量の算出 14
3.2.2. 存在壁量の算出 16
3.2.3. 壁量検定 18
3.3. 壁配置のバランス（四分割法）（告示第八第1項第六号） 19
3.4. 耐力壁周辺部材の設計 20
3.5. 耐力壁の厚さ 25
4. モデルプランの設計 26
4.1. モデルプラン概要 26
4.2. 荷重・外力条件 28
4.2.1. 固定荷重 28
4.2.2. 積載荷重 30
4.2.3. 積雪荷重 30
4.3. 壁量計算 31
4.3.1. 必要壁量の算出 31
4.3.2. 仮定壁配置の決定 35
4.3.3. 引張金物の選定と壁倍率の決定 36
4.3.4. 存在壁量の算出 55

p.1

（図：「構造設計手引き案」目次(案)抜粋）

今後の課題・展開等

「仕様規定A」についても同様にモデルプラン設計・構造設計図書・スパン表作成を行い、構造設計手法の解説書を発行し、小規模な木造軸組工法住宅を仕様規定で設計・施工してきた大工工務店の技術者が、CLTパネル工法の建築物に取り組み易くなるようにする。

事業

小規模店舗及び応急仮設・復興建物の基礎木造化 ～木製浮き基礎の技術開発および実用化～

● 実施団体 ●

都市土木木材利用促進研究会

〒559-0026　大阪府大阪市住之江区平林北1-2-158

事業目的

建築現場では少子高齢化、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（以下、本工法）は組立工法のため、施工・解体が容易かつ安価である。そのため、本工法は施工業者の要望に合致し、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活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。加えて、炭素を固定した木材は再生産でき、再利用および多様なカスケード型の利用が可能である。

上述の状況の中、日本において、小規模店舗や能登半島地震における仮設・復興建物において、本工法の需要が高まっている。

本年度は、本工法の実用化を目的として、建築確認申請への対応、丸太規格化によるコスト削減、寒冷地を含む性能検証を重点的に実施した。

実施した項目

木製浮き基礎を日本で実用化するために、これまでの実施内容を踏まえ、本年度は継続的かつ新規的な内容を実施した。本年度の実施内容を下記に示す。

実施内容	協力・関係機関
1　木製浮き基礎のコスト削減と施工効率化	（学）東京大学
2　寒冷地建物への対応検討	（地独）北海道立総合研究機構 苫小牧広域森林組合
3　各種建築物の設計・建築確認申請検討	設計・施工会社・施主 検査機関、特定行政庁
4　維持管理方法の検討	（一財）建築研究協会 （株）コシイプレザービング

実施体制

役柄	氏名	所属
委員長	東畑　郁生	関東学院大学　客員教授
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	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	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	三宅　英隆	一般社団法人大阪府木材連合会
委　員	西岡　久寛	株式会社コシイプレザービング
委　員	藤井　俊幸	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

＊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。
川原　聡、田中　香織、森口　幹太（林野庁 木材産業課）
伊東　　誠（株式会社セブンーイレブン・ジャパン）
久世　直哉（一般財団法人ベターリビング）
佐藤　健太（長野森林組合）
平原　章雄（木構造振興（株））
鈴木　大隆（（地独）北海道立総合研究機構北方建築総合研究所）
今井　　良（（地独）北海道立総合研究機構林産試験場）

実施した内容

1　木製浮き基礎のコスト削減と施工効率化

本工法の普及に向け、小規模店舗等に適した仕様として、基礎丸太φ120mmの適用可能性を検討した。具体的には、構造性能を確保しつつ、新しい継手によるコスト低減と施工効率化を目的とした。

初めに、モデルプランから作成したフレーム解析の結果から、丸太の配置や接合部の検討をした。

現状の工法では部材の継手は鋼板添え板のビス接合としており、金物の使用量が多いことが課題となっていた。そこで本研究では金物の使用量を抑えるために解析結果から得られた継手に作用するせん断力より全ネジビスを用いた継手仕様を複数個提案し、実大実験によりその性能を把握することとした。

2　寒冷地建物への対応検討

本工法はコンクリートを使用しないことから、山間部のグランピング施設や応急建物を中心に引き合いがあり、特に寒冷地からの要望が多い。

一方で、冬季の凍上による影響が懸念されるため、現行仕様における凍結現象の把握と、今後の凍結対策検討に資する基礎データの収集を行った（図1）。

3　建築物の設計・確認申請検討

常設建築物への使用化を目的として、店舗用途を想定した実施設計レベルでの詳細な納まり検討を行った。併せて、関係者の協力のもと、検査機関および特定行政庁に対し、建築確認・審査に関する説明および協議を実施した。

納まり図の検討と同時に、小規模実験棟を作成し、止水等の収まりの検討を行った。

4　維持管理方法の検討

実際の使用状況に則した耐久性及び劣化傾向を検証するため、令和４年９月より鹿児島県日置市吹上浜の松林にて実寸大の丸太基礎材を用い、薬剤溶脱および表面からの腐朽度を観測している。今年度は、令和７年11月に３年目の観測を実施した。

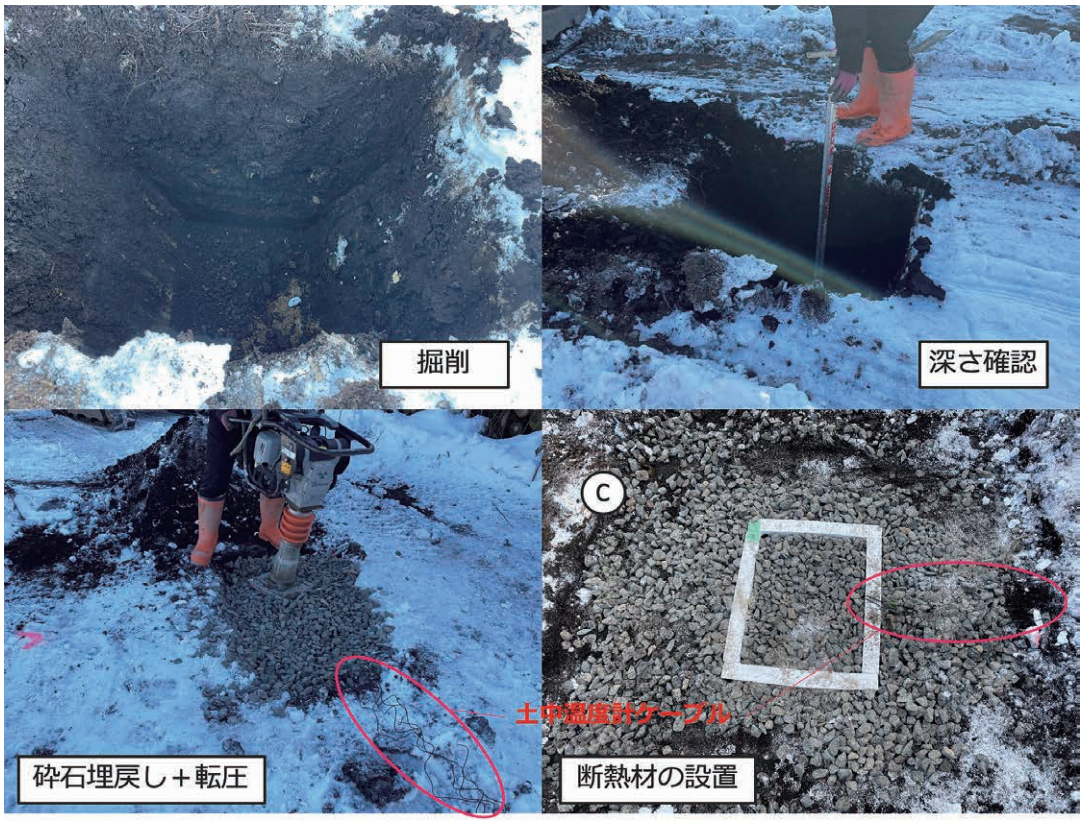


図１　寒冷地建物への対応検討

実施した結果

1　木製浮き基礎のコスト削減と施工効率

解析の結果、φ200mmとφ120mmの丸太を併用した配置が成立する可能性を確認した(図2)。

また、全ネジビスを用いた継手仕様について、要素試験により必要なせん断耐力を満足することを確認した(図3，4)。

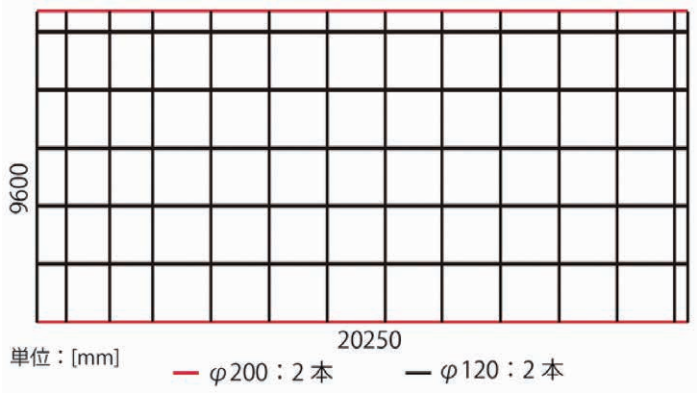


図２　モデルプランにおける丸太配置

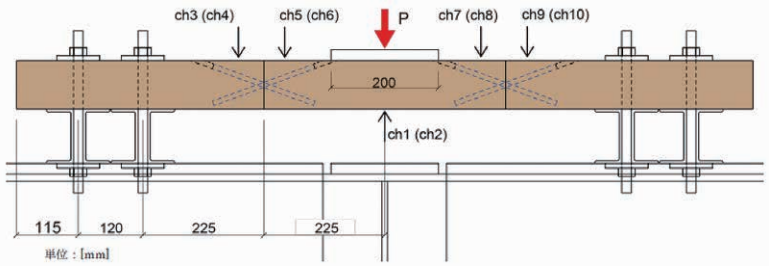


図３　試験概要図



図４　計測の状況

2　寒冷地建物への対応検討

昨年の１２月に北海道苫小牧広域森林組合内にて実験を開始した。計測事項は下記で、今年の春まで継続して計測予定。

- ●地中の温度 → 凍結が発生する温度になっているか 気温からの熱伝導
- ●レベル測量 → 凍上が起きているか（地面の高さ変動）
- ●地中の水分 → 凍結する気温になるときに 土中にどれだけの水分が存在するか

3　各種建築物の設計・建築確認申請検討

小規模試験棟において、現状検討中の仕様・納まりであれば湿度の動きがないことが確認できた。図面検討および本試験を通じて、店舗における収まりに問題がないと考えられる（図５，6）。



図５　試験棟施工状況



図６　試験棟施工状況および温湿度測定の様子

4　維持管理方法の検討

保存処理した木材において、腐朽・蟻害、その他不具合は見られなかった。一方、無処理材において昨年より腐朽は確認されていたが、さらに進行していることを確認した（図7）。



無処理区　　処理区

図７　吹上浜試験地の様子

今後の課題・展開等

工法の開発

● **設計・施工マニュアルの更新**

建設技術審査証明の内容および試験施工にて検証した内容を踏まえ、設計・施工・維持管理マニュアルを随時更新する。

● **保存処理した丸太基礎の耐久性の検証**

試験体の劣化状態を経時的に確認する。実寸大での曲げ試験を実施し強度低下が無いか確認する。

実用化・普及活動

● 常設建築物での使用

建築確認や審査等の手続きを検討するで、本工法の設計・施工方法の法令適合性の確認ができた。そのことを踏まえ、日本国内において木製浮き基礎を用いた常設建築物での実績作りを検討する。

● 木製浮き基礎の普及活動

仮設および本設の建築物として本基礎を使用していただくように、引き続き広く普及活動を行う。本工法のメリットや理念に共感頂き、導入を検討して下さる方々に対して、具体的な提案(設計案･納まり案・見積案・確認申請のサポートなど)を引き続き行う。実現に向けて共に歩めるパートナーと一緒に、本基礎工法を採用した建築物の実物件化を検討する。

事業

ヒノキ集成材を用いた木造4階建てビルを実現するための接合部データの取得事業

● 実施団体 ●

株式会社 ドット・コーポレーション
〒101-0063　東京都千代田区神田淡路町 1-3-2 廣屋ビル 10 階

中国木材株式会社 / Reegle 株式会社 / 大分大学理工学部理工学科 / 広島大学大学院先進理工系科学研究科

事業目的

Ki- 中層大規模木造研究会・設計支援情報データベース（https://www.ki-ki.info/）にて公表されている 4 階建ての木造ビルに特化した一方向ラーメン構造の設計用データについては、現在、スギ・カラマツのデータが掲載されており、設計例では、梁はスギだが、柱は梁のめり込みに対応するためカラマツが必要となる旨が示されている。西日本では、カラマツの集成材の製造・入手が困難であるため、カラマツに代わり、ヒノキのデータを取得し、西日本での普及が可能な環境を整備する。

Ki で示されている一方向ラーメン構造については、スパン・用途・階高などの条件を限定することで外力を一定の範囲内に抑え、かつ、使用する集成材の等級・寸法を広く入手しやすい基準寸法（105 × 600、750mm）に限定することで、接合具（GIR や LSB）の最適配置を導き出し、そのデータを示すことで、木造に不慣れな構造設計者や設計者でも、比較的容易に設計が可能となる環境を整備している。

しかし、現在示されているデータについては、スギとカラマツの 2 樹種であり、ヒノキについてはデータが取得されていない。実際に 4 階建てビルを建てる場合には、柱側が梁の木口のめり込みに対応する必要があり、めり込み強度の高いカラマツ（7.8N/mm^2）を使用することが前提となっている。しかし、西日本では、カラマツの集成材はラミナが入手しにくく製造が困難であり、また、将来的なカラマツの資源量の減少を考えると、供給体制の面からヒノキ（7.8N/mm^2）のデータを取得し、カラマツに代替し、西日本での展開仕様として用意することが望ましい。（スギのめり込み強度は 6.0N/mm^2）

実施した項目

ヒノキ集成材およびスギ･ヒノキの異樹種集成材（以下、異樹種集成材）を用いた柱脚接合部及び柱･梁接合部の要素実験を行った結果について報告するとともに、これまで実施してきたスギ集成材及びカラマツ集成材に関する試験結果との比較検討を行った。

実施体制

中国木材	松岡　秀尚 保手濱　敬 中本　　学	西日本のエリアでの実物件においてヒノキの集成材および異樹種集成材の供給を行う。（取得したデータは、広く公開する。他メーカーが参入することを妨げるものではない。）
Reegle	北添　幸誠 横畠　　康	高知において、Ki で示した接合具を用いたヒノキ集成材のデータ取得およびそれを用いた木造ビルの設計を行ってきた。 ただし、これまでの活動は、高知でのニーズを優先していたため、フレームの寸法は **180** × 600・750、**210** × 600・750 として、3 階建て以下の燃え代設計、もしくはその他の構造を対象としていた。 今回、全国版のニーズ（防火地域における被覆型耐火構造を対象とした **105** 幅シリーズ）のヒノキへの拡張データの取得に当たり、事業終了後に、それらのデータを活用した西日本での構造設計者のサポート・育成を担う。

大分大学	田中　圭	前年度林野庁補助事業（CLT･LVL 等の建築物への利用環境整備事業）で実施したスギ・カラマツの実験（以下「ヒノキ以外の実験」という。）においてGIR接合部の実験・設計法の整備を担当してきた。 本事業では、GIR関係の実験全てと、LSBの柱脚接合部の実験を担当し、GIRのとりまとめを担当する。
広島大学	森　拓郎	ヒノキ以外の実験においてLSB接合部の実験･設計法の整備を担当してきた。 本事業では、LSBの実験は実験体制が整っている宮崎県（柱梁接合部）、大分大学（柱脚接合部）で実施するが、その実験のサポートおよび実験のとりまとめを担当する。
宮崎県木材利用技術センター	中谷　誠	ヒノキ以外の実験においてGIR･LSB接合部の柱梁実験と木質材料の実験等を担当してきた。 本事業では、柱梁接合部の実験を担当する。
ドット・コーポレーション		事業全体の運営･コントロール、とりまとめ、Ki活動との連携調整などを担当する。

実施した内容

本実験では、ヒノキ・異樹種集成材を用いたGIR及びLSBの柱脚及び柱梁接合部の実験を実施し、設計に資するデータを蓄積すること、また以前に実施したスギやカラマツのデータと比較をし、その性能を示すことを目的とする。

1. GIRを用いた柱脚及び柱梁接合部実験

柱脚試験

試験体概要

表1-1に試験体リスト、図1-1に試験体形状を示す。試験体の母材には、ヒノキ集成材（E95-F270）、異樹種集成材（E95-F270）を用いた。接合金物には中空型全ねじボルト（M24）を用いた。埋め込み長さは既往研究の200mmから270mmへと変更した。接合金物本数は4本とし、金物間隔は60mmとした。充填用接着剤にはエポキシ樹脂接着剤（AHC-E：ホームコネクター製）を用い、養生期間は5日間以上とした。また、接合金物が同時にせん断力を負担しないように、柱脚金物にはせん断金物（後施工金物4：BXカネシン（株）製）を溶接している。せん断金物にはドリフトピンを打ち込むための孔が5つ設けられている。

表1-1　試験体リスト

試験体名	母材	試験体断面（mm）	試験体高さ（mm）	接合金物種類	接合金物埋め込み長さ（mm）	接合金物本数	試験体数
G-IM-h	ヒノキ集成材	105×600	2000	中空型全ねじボルト（M24）	270	4本	各3体（計6体）
G-IM-m	スギ＋ヒノキ集成材						

※試験体名について、G：GIR、IM：柱脚、h：ヒノキ、m：異樹種

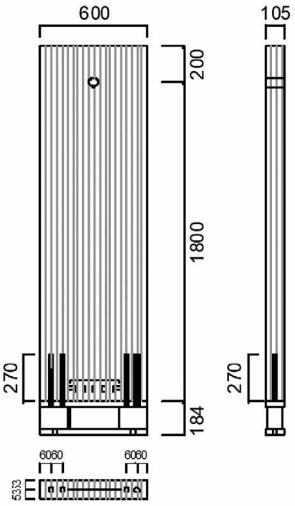


図 1-1　試験体形状（柱脚）

試験方法

図 1-2 に加力装置を示す。加力履歴は、正負交番・同一履歴３回繰り返し加力とした。繰り返しは『木造軸組構法住宅の許容応力度設計（2017 年版）』に準拠し、見かけの変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50 変形時とし、1/30rad は正負交番１回、その後は 1/15rad まで引ききりとした。なお、ジャッキの引き方向を正加力側、押し方向を負加力側とする。加力は 500kN 複動油圧ジャッキ（（株）理研精機：D5-500）により行った。

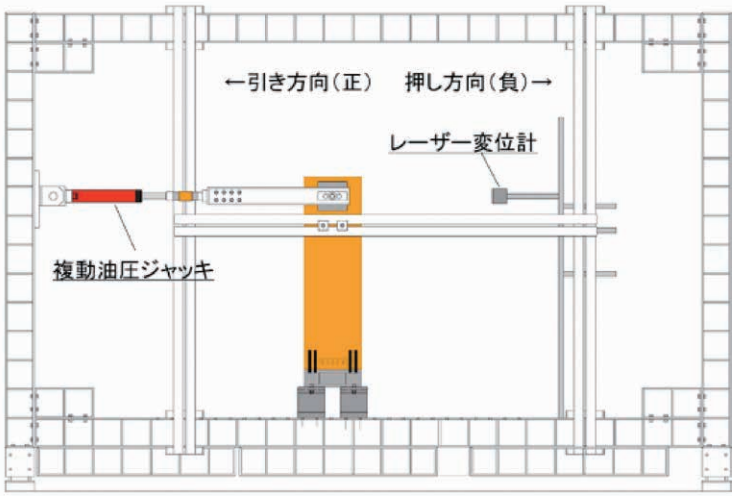


図 1-2 加力装置

柱梁接合部試験

試験体概要

表 1-2 に試験体リスト、図 1-3 に試験体形状を示す。試験体の母材には、柱脚試験と同じヒノキ集成材（E95-F270）、異樹種集成材（E95-F270）を用いた。接合金物には、靭性型コネクター（M24：ホームコネクター製）を用いた。充填用接着材及びせん断金物は柱脚試験体概要で示したものと同じとした。コネクター配置は、全ての試験体で片側に靭性型コネクターを試験体の梁せい方向に４本配置する形状とした。

試験方法

図 1-4 に加力装置を示す。試験方法は柱脚試験と同様に行った。

表 1-2　試験体リスト

試験体名	母材	試験体断面（mm）	接合金物埋め込み長さ（mm）	接合金物長さ（mm）	接合金物種類	接合金物本数	試験体数
G-TM-h	ヒノキ集成材	柱・梁 105×600	625(梁側) 570(柱側)	1195	靭性型コネクター (M24)	4本	各3体 (計6体)
G-TM-m	スギ＋ヒノキ集成材						
G-TM-h-750	ヒノキ集成材	柱 105×600 梁 105×750					
G-TM-m-750	スギ＋ヒノキ集成材						

※試験体名について、G：GIR、TM：柱梁、h：ヒノキ、m：異樹種

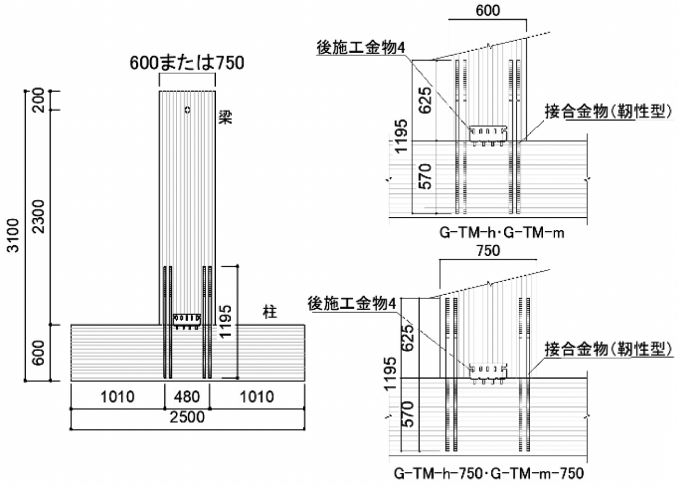


図 1-3　試験体形状（柱梁接合部）

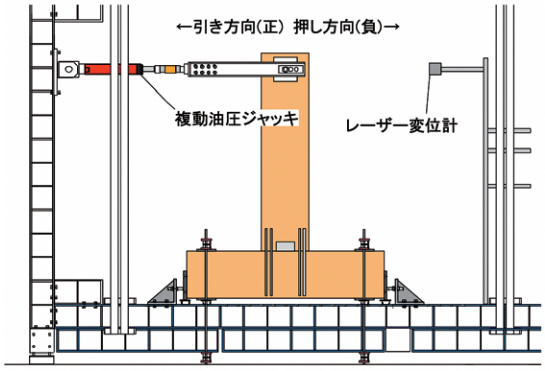


図 1-4　加力装置図

2. LSB を用いた引張、柱脚及び柱梁接合部実験

引張実験

試験体概要

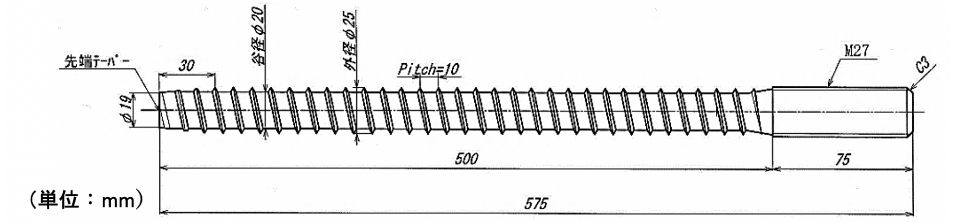
図 2-1 に本試験で用いたLSB、図 2-2 に繊維平行方向引張試験概略図、図 2-3 に繊維直交方向引張試験概略図、表 2-1 に各試験体の諸元及び一覧を示す。

繊維平行方向引張試験では、LSB を集成材木口面両面に埋め込み、4 体試験を実施した。載荷には実大強度試験機（容量 1000kN、型式SAH-100-MZ：前川試験機製作所製）を使用し、載荷速度

1mm/minの単調引張載荷とした。

繊維直交方向引張試験では、集成材積層面上面より試験用のLSBを１本、下面に反力用のLSBを２本埋め込み、樹種条件ごとに３体ずつ実施した。載荷には繊維平行方向引張試験と同様の実大強度試験機を使用し、載荷速度2mm/minの単調引張載荷とした。

両試験とも、集成材―箱型治具間の変位を変位計により２点で測定した。



片側雄ねじタイプ（雄ねじ長さ 75mm）ネジ山径：25 mm　　ネジ谷径：20 mm
全長：575 mm　　埋め込み長さ：500 mm　有効ネジ長さ：440 mm

図 2-1　LSB詳細寸法

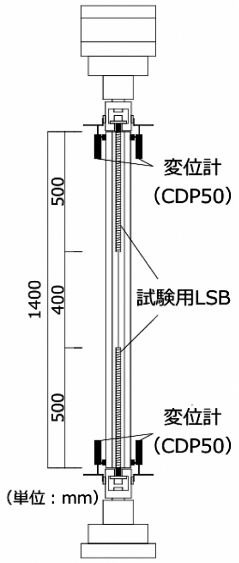


図 2-2　繊維平行方向
引張試験概略図

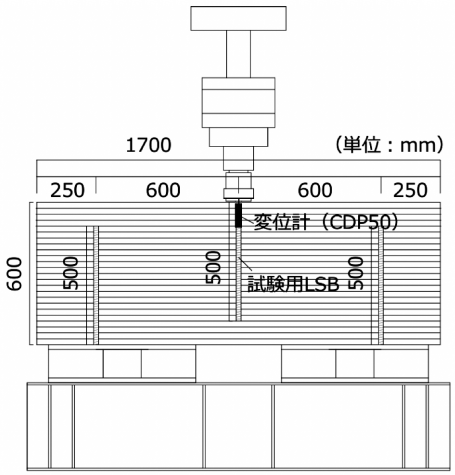


図 2-3　繊維直交方向
引張試験概略図

表 2-1　引張試験の試験体諸元及び一覧

母材	繊維平行方向 引張試験	樹種	試験体名
		ヒノキ集成材 (E95-F270)	H1Pa
		寸法：105×100×1400 mm	
	繊維直交方向 引張試験	樹種	試験体名
		ヒノキ集成材 (E95-F270)	H1Pe
		異樹種集成材 (E95-F270)	HS1Pe
		寸法：105×600×1700 mm	

柱脚試験

試験体概要

図 2-4 に試験体図、写真 2-1 に試験体設置の様子、表 2-2 に試験体諸元及び一覧を示す。LSB の縁距離を 50mm とし、両側板目面から 50mm 間隔で柱材に LSB を 2 本ずつ、計 4 本を埋め込んだ。LSB と柱脚金物は高強度ボルト（以下、HTB）（強度区分 10.9）を用いて、集成材と柱脚金物に溶接されたせん断金物はドリフトピンを用いて緊結した。

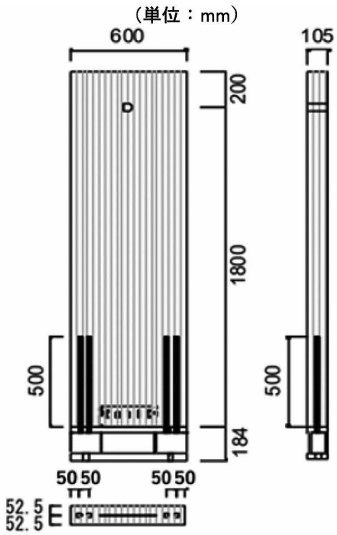


図 2-4　試験体図



写真 2-1　試験体設置の様子

表 2-2　柱脚接合部試験体諸元及び一覧（各条件 3 体）

母材	材幅：105mm 梁せい：600mm	ヒノキ集成材 (E95-F270)	試験体名： L-IM-h
		異樹種集成材 (E95-F270)	試験体名： L-IM-m

※試験体名について、L：LSB、IM：柱脚、h：ヒノキ、m：異樹種

試験方法

加力は 500kN 複動油圧ジャッキ（(株）理研精機：D5-500）を用いて、繰り返しは『木造軸組構法住宅の許容応力度設計（2017 年版)』に準拠し、見かけの変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50 変形時とし、1/30rad は正負交番 1 回、その後は 1/15rad まで引きりとした。

柱梁接合部試験

試験体概要

図 2-5 に試験体図、写真 2-2 に試験体設置の様子、表 2-3 に試験体諸元及び一覧を示す。また、箱型金物は特注品（東鉄工業（株）製作）とせん断金物は後施工金物 4（BX カネシン（株）製）を用いた。外側 LSB の縁距離を 50mm として 50mm 間隔で柱材と梁材に 2 本ずつ計 8 本を埋め込み、LSB と箱型金物を HTB（強度区分 10.9）で緊結した。また、せん断金物はダボ部を柱材にビス止めし、プレート部を梁材に挿入してドリフトピンを打ち込むことで緊結した。

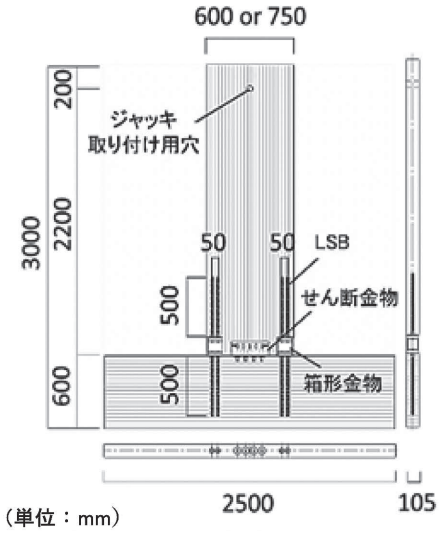


図 2-5　試験体図

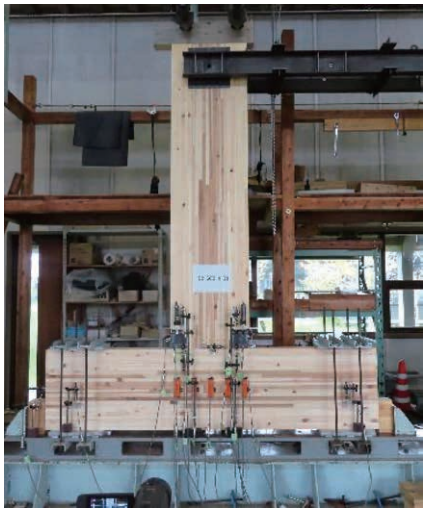


写真 2-2　試験体設置の様子

表 2-3　柱梁接合部試験体諸元及び一覧（各条件 3 体）

		母材（材幅：105mm）	
		ヒノキ集成材 （E95-F270）	異樹種集成材 （E95-F270）
梁せい	600 mm	H2-600-4	HS2-600-4
	750 mm	H2-750-4	HS2-750-4

試験方法

加力は、実大壁せん断試験機（試験機フレーム：(株) 鷺宮製作所製、オイルジャッキシステム：理研機器社製、容量押し 500kN、引き 250kN）を用いて、繰り返しは『木造軸組構法住宅の許容応力度設計（2017 年版）』に準拠し、見かけの変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50 変形時とし、1/30rad は正負交番 1 回、その後は 1/15rad まで引ききりとした。

実施した結果

1. GIR 試験結果：GIR を用いた柱脚及び柱梁接合部実験

柱脚試験結果

図 1-5、1-6 に各シリーズの代表的なモーメント - 接合部回転角関係（以下、M-θ関係とする）、写真 1-1、1-2 に主な破壊性状を示す。

各シリーズ全ての試験体で、高い剛性を維持し、破壊に至るまでモーメントが線形的に増加した。すべての試験体で、見かけの変形角 1/50 rad における正加力時に破壊に至った。破壊性状は、コネクター位置に割裂破壊が生じ、その後コネクターの引き抜けが確認された。割裂破壊による耐力の低下は確認されなかった。また、試験後に試験体を解体したところ、せん断金物やドリフトピンに変形や破壊は見られなかった。

表 1-3 に試験により得られた特性値を示す。図 1-7、1-8 に本報試験体と既往の研究試験体（樹種スギ、カラマツ）の特性値の比較を示す。ここでの回転剛性は、それぞれの M-θ関係における最大荷重の 0.1 倍と 0.4 倍の点を結んだ傾きとした。

コネクターの埋め込み長さ増加により最大モーメントが高くなった一方で，回転剛性はスギ及びカラマツより低い値を示した。このことは，埋め込み長さの増加が最大モーメントの向上には寄与した一方で，回転剛性には直接的に結びつかなかったことを示す。回転剛性に生じた差は、柱脚治具と試

験体の間で発生した初期滑りの影響によるものと考えられる。結果としてヒノキ・異樹種でも剛性が小さく評価された。

表 1-3　特性値一覧

試験体名	No.	回転剛性 (×10³kNm/rad)		最大モーメント (kNm)		最大耐力時変形角 (×10⁻³rad)	
		K	平均値	Mmax	平均値	θmax	平均値
G-IM-h (ヒノキ)	1	49.6	51.0	103.2	104.8	2.00	2.2
	2	43.4		106.9		2.63	
	3	60.1		104.3		1.89	
G-IM-m (ハイブリッド)	1	54.7	52.2	96.7	96.1	1.86	1.9
	2	44.0		93.1		2.13	
	3	58.0		98.4		1.79	

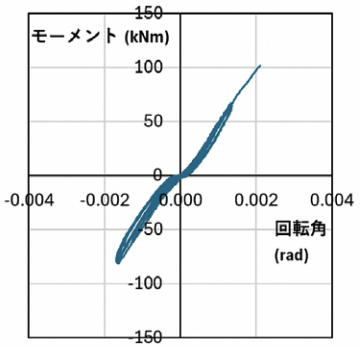


図 1-5　M-θ関係
(G-IM-h No.1)

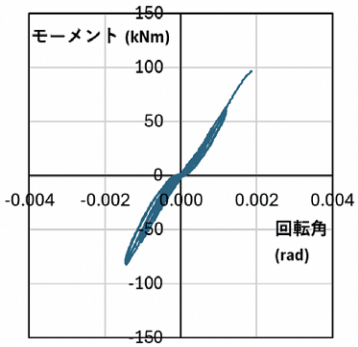


図 1-6　M-θ関係
(G-IM-m No.1)



写真 1-1　破壊性状
(G-IM-h No.1)
(GIR引き抜け)



写真 1-2　破壊性状
(G-IM-m No.1)
(木材の割裂)

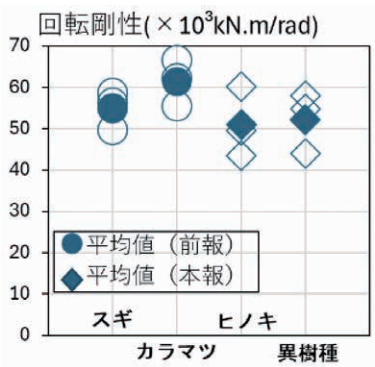


図 1-7　回転剛性

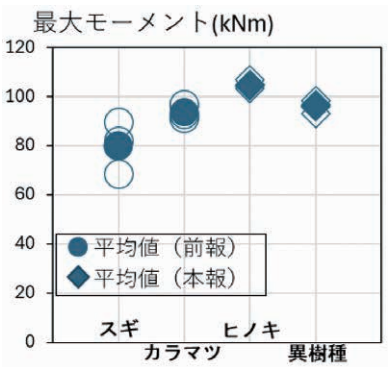


図 1-8　最大モーメント

柱梁接合部試験結果

図 1-9～12 に各シリーズの代表的な M-θ関係、写真 1-3、1-4 に主な破壊性状を示す。

各シリーズ全ての試験体で、M-θ関係は、みかけの変形角 1/150rad まで高い剛性を維持し、変形角 1/100rad で降伏挙動を示した。その後 G-TM-h No.1 試験体を除き、大きな面積の履歴ループを描きながら緩やかに荷重が上昇し、変形角 1/30rad～変形角 1/15rad 加力時、靭性型コネクターが破断した（写真 1-4 参照）。

G-TM-h No.1 試験体では、変形角 1/50 rad 加力時にコネクターが破断した。これは、注入時に柱梁接合部の木口面へ接着剤が付着していたことにより、加力中に当該接着剤が剥離し、その結果としてコネクターの負担する荷重が急激に増加したことがコネクター破断の要因となったと考えられる。表 1-4 に試験により得られた特性値を示す。図 1-13～15 に本試験体と既往の研究試験体（樹種スギ、カラマツ）の特性値の比較を示す。図 1-13 の回転剛性は、柱脚試験と同様に導出した。回転剛性に関しては、樹種の違いによる明確な差は認められず、各シリーズともほぼ同等の値を示した。

図 1-14 の最大モーメント及び降伏モーメントにおいて、各シリーズ樹種の違い比較では、ほぼ同程度の値を示した。これは靭性型コネクターの耐力によって値が決まり、樹種の違いの影響によらないことを示している。

図 1-15 の構造特性係数 Ds は、完全弾塑性モデルに置換し算出した塑性率を用いた。構造特性係数に関して、樹種間で顕著な差異は認められず、いずれも概ね 0.3 程度の値を示した。このことから、本接合部はいずれの樹種においても比較的高い変形性能を有することが確認された。

梁せい 600 mm のヒノキ試験体にばらつきが生じたのは、G-TM-h No.1 試験体が他試験体より早期にコネクター破断に至り、十分な伸びを確保できなかったためである。その結果，変形性能が発現せず、他試験体より大きい値となったと考えられる。

表 1-4　特性値一覧

試験体名	No.	回転剛性 ($\times 10^3$kN・m/rad)		降伏モーメント (kNm)		降伏耐力時変形角 ($\times 10^{-2}$rad)		最大モーメント (kNm)		最大耐力時変形角 ($\times 10^{-2}$rad)		塑性率 (μ)		構造特性係数 (Ds)	
		K	平均	Py	平均	δy	平均	Mmax	平均	θmax	平均	μ	平均	Ds	平均
G-TM-h	1	24.1	18.9	69.4	77.5	0.288	0.429	75.4	87.6	0.8	2.6	3.5	6.0	0.41	0.32
	2	16.4		80.3		0.490		91.5		3.0		6.2		0.30	
	3	16.2		82.7		0.509		96.0		4.0		8.3		0.25	
G-TM-m	1	16.2	15.6	84.8	82.8	0.522	0.535	116.2	116.6	2.5	2.5	4.6	5.5	0.35	0.32
	2	14.1		84.4		0.597		117.2		2.5		5.5		0.32	
	3	16.3		79.3		0.487		116.3		2.5		6.4		0.29	
G-TM-h-750	1	32.5	29.4	102.6	109.4	0.316	0.376	111.8	124.0	1.5	2.4	4.8	6.4	0.34	0.30
	2	28.5		111.6		0.391		129.0		3.0		7.7		0.26	
	3	27.0		114.1		0.423		131.1		2.8		6.8		0.28	
G-TM-m-750	1	30.3	30.9	107.5	104.9	0.354	0.340	116.4	114.2	1.5	1.6	4.8	5.2	0.34	0.33
	2	31.4		101.1		0.322		111.5		1.6		5.1		0.33	
	3	30.9		106.2		0.344		114.5		1.8		5.7		0.31	

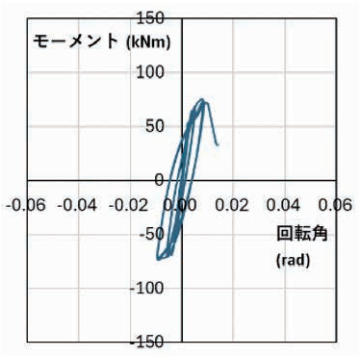


図 1-9　M-θ関係
(G-TM-h No.1)

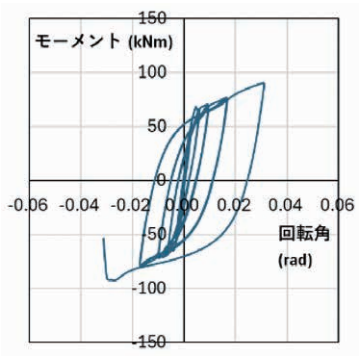


図 1-10　M-θ関係
(G-TM-m No.3)

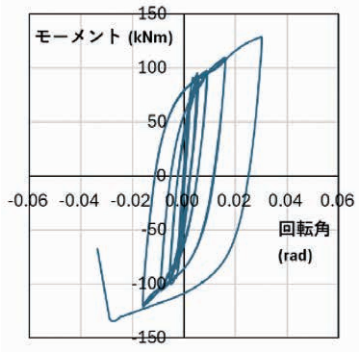


図 1-11　M-θ関係
(G-TM-h-750 No.2)

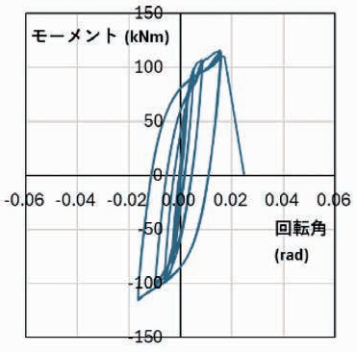


図 1-12　M-θ関係
(G-IM-m-750 No.1)



写真 1-3　破壊性状
(G-IM-h No.3)
(せん断金物位置割裂)

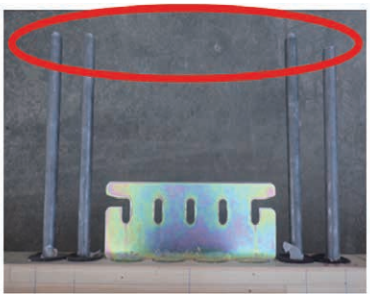


写真 1-4　破壊性状
(G-IM-m No.1)
(コネクターの破断)

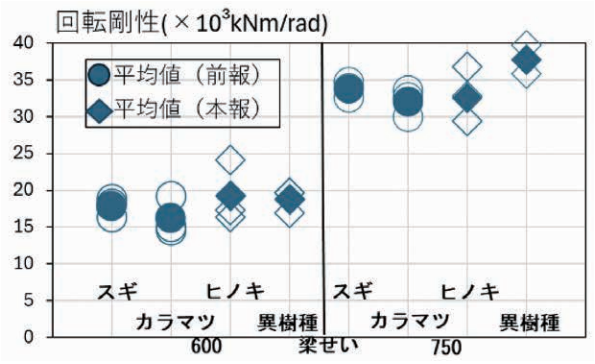


図 1-13　回転剛性

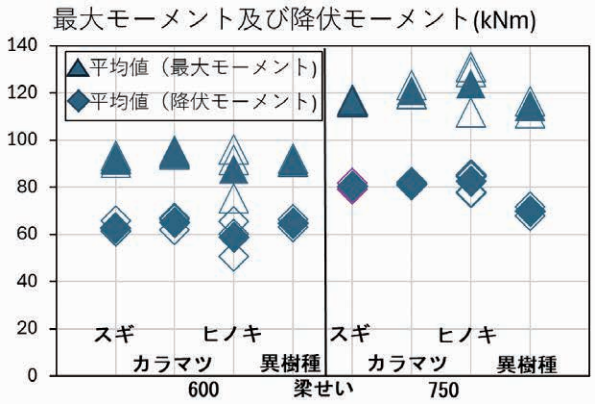


図 1-14　最大モーメント及び降伏モーメント

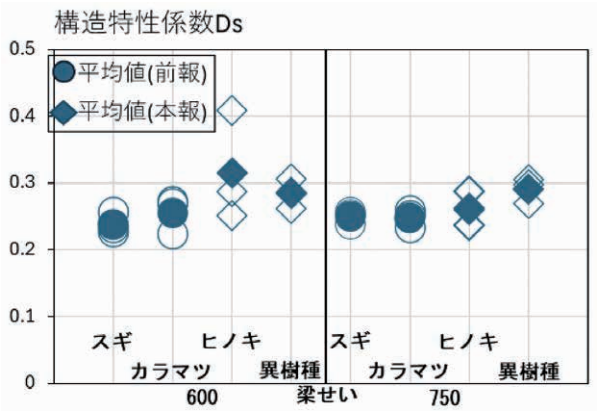


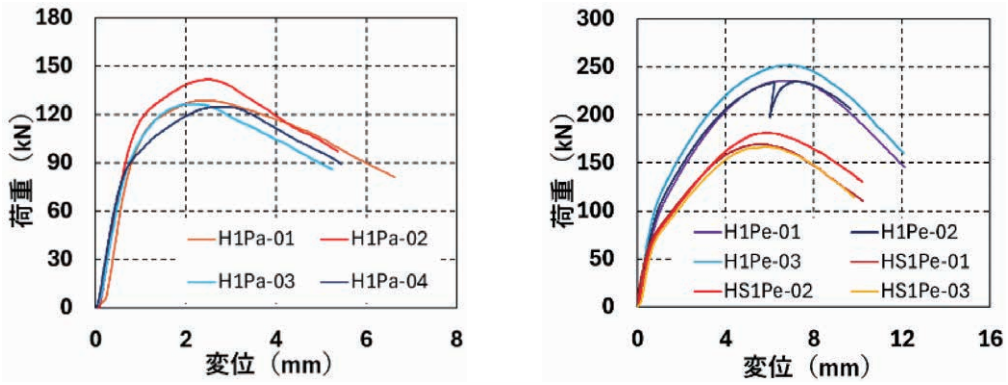
図 1-15 構造特性係数 Ds

2. LSB 試験結果：LSB を用いた引張、柱脚及び柱梁接合部実験

引張試験結果

図 2-6 に引張試験の荷重―変位関係を、図 2-7 に特性値を示す。また、表 2-4 に本実験値の平均値を既往の研究（スギとカラマツの要素試験）で得られた特性値で除した比（それぞれスギ比・カラマツ比）を、写真 2-3 に各試験の破壊性状を示す。初期剛性は、荷重―変位関係において最大耐力の 0.1 倍と 0.4 倍の点を結んだ直線の傾きとした。

繊維平行方向では、ヒノキはスギ・カラマツに比べて低い性能を示した。繊維直交方向については、ヒノキはスギ・カラマツに比べて高い性能を示した。異樹種はヒノキよりは劣るが、スギ・カラマツに比べて同程度またはそれ以上の性能を示した。また、繊維平行方向の破壊性状は写真 2-3(a) に示すように、2 本のうち一方の LSB の引き抜けであった。繊維直交方向の破壊性状は写真 2-3(b) のように、LSB 引き抜けによる周辺部材の破壊であり、H1Pe-02 試験体のみせん断破壊であった。同条件のほか試験体に比して H1Pe-02 試験体について各特性値に顕著な差はみられなかった。



(a) 繊維平行方向　　(b) 繊維直交方向

図 2-6　引張試験　荷重―変位関係

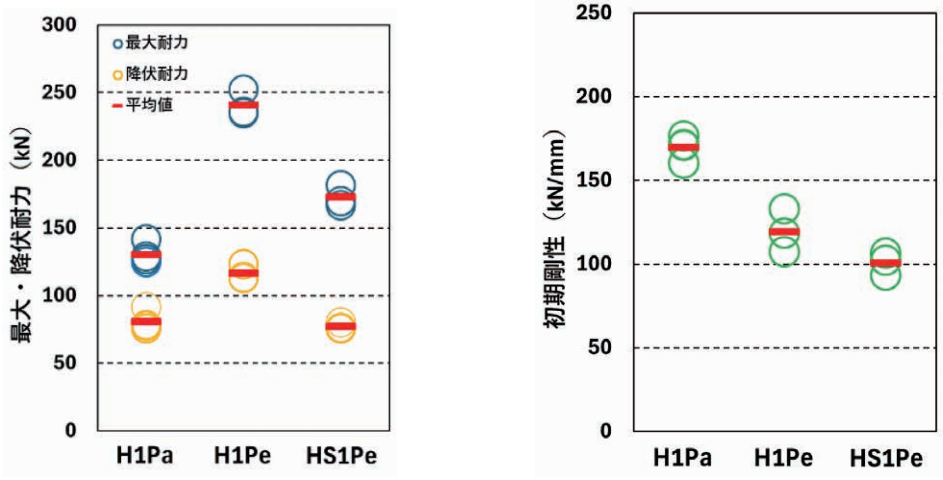


図 2-7　引張試験特性値

表 2-4　スギ・カラマツとの比較（スギ比 / カラマツ比）

	最大耐力	降伏耐力	初期剛性
H1Pa	0.8 / 0.7	1.0 / 0.8	0.6 / 0.6
H1Pe	1.5 / 1.7	1.5 / 1.6	1.7 / 1.3
HS1Pe	1.0 / 1.2	1.0 / 1.0	1.4 / 1.1



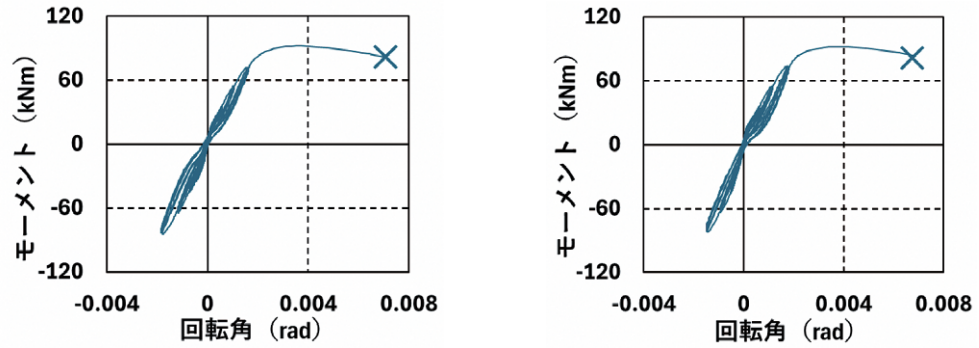
(a) 繊維平行方向　　(b) 繊維直交方向

写真 2-3　引張試験破壊性状

柱脚試験結果

図 2-8(a)・(b) に代表的なモーメント―回転角関係を、写真 2-4 に破壊性状を示す。本報試験体と既往の研究試験体について、完全弾塑性モデルを用いて算出した各特性値の比較を図 2-9 に示す。

回転剛性は、モーメント―回転角関係において最大モーメントの 0.1 倍と 0.4 倍の点を結んだ直線の傾きとした。最大モーメントはヒノキ・異樹種ともにほぼ同等の値を示し、スギ・カラマツに比べて 0.9~1.0 倍となった。降伏モーメントもヒノキ・異樹種ともに同程度の値を示し、スギ・カラマツに比べて 0.7~0.8 倍となった。回転剛性は試験体ごとにばらつきがあるが、平均値はヒノキ・異樹種ともにほぼ同様の値を示し、スギ・カラマツに比べて 0.6~0.7 倍となった。破壊性状は写真 2-4 に示すように HTB の破断であり、L-IM-m-01 試験体のみ木材の割裂破壊であった。



(a) L-IM-h-02　　(b) L-IM-m-03

図 2-8　柱脚接合部試験　モーメント―回転角関係



写真 2-4　柱脚接合部試験破壊性状（HTB の破断）

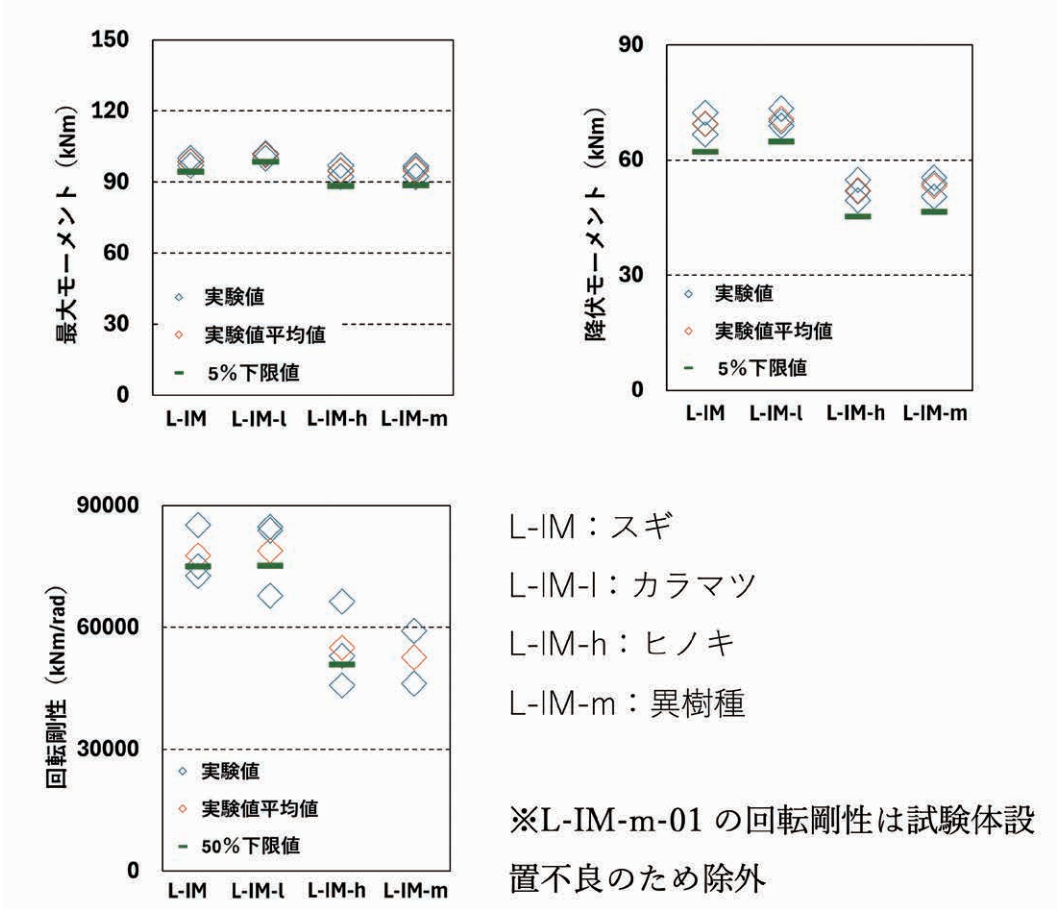
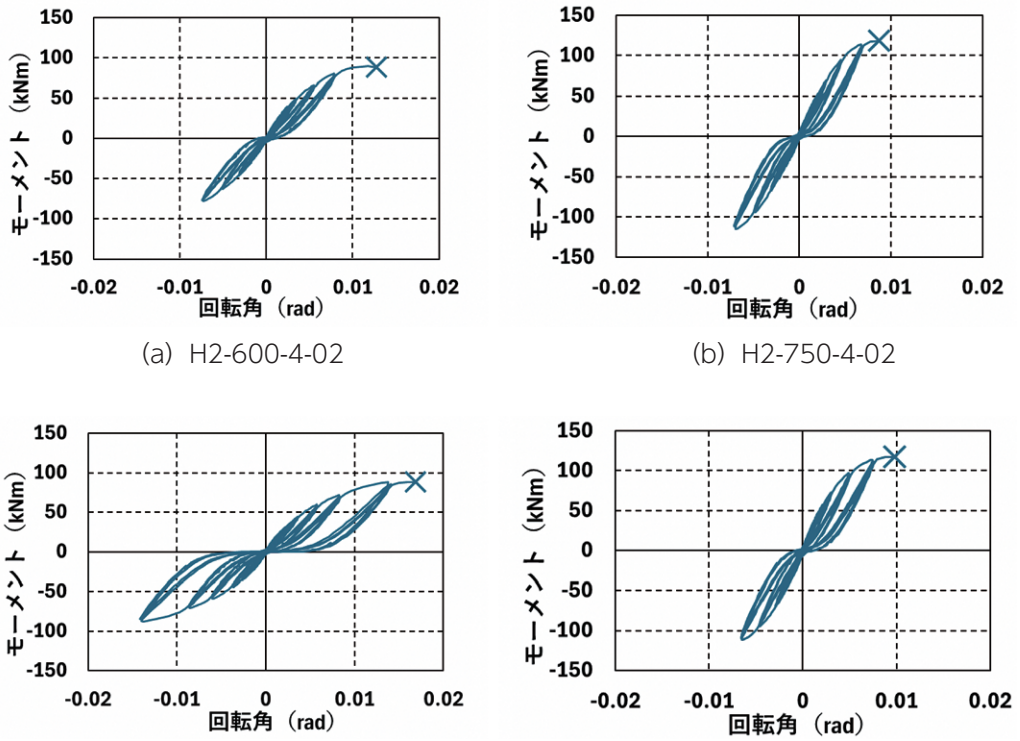


図 2-9　柱脚接合部試験　特性値比較

柱梁接合部試験結果

図2-10(a)~(d)に代表的なモーメント―回転角関係を、写真2-5に破壊性状を、図2-11に完全弾塑性モデルを用いて算出した各特性値の比較を示す。回転剛性は、モーメント―回転角関係において最大モーメントの0.1倍と0.4倍の点を結んだ直線の傾きとした。

最大・降伏モーメントは、どちらの梁せいにおいても樹種に依らずほぼ同等の値を示した。回転剛性は、梁せい600mmではヒノキが異樹種に比べて約1.3倍であり、梁せい750mmではどちらもほぼ同等の値となった。



(a) H2-600-4-02　(b) H2-750-4-02

(c) HS2-600-4-01　(d) HS2-750-4-02

図2-10　柱梁接合部試験　モーメント―回転角関係



写真2-5　破壊性状（HTBの破断）

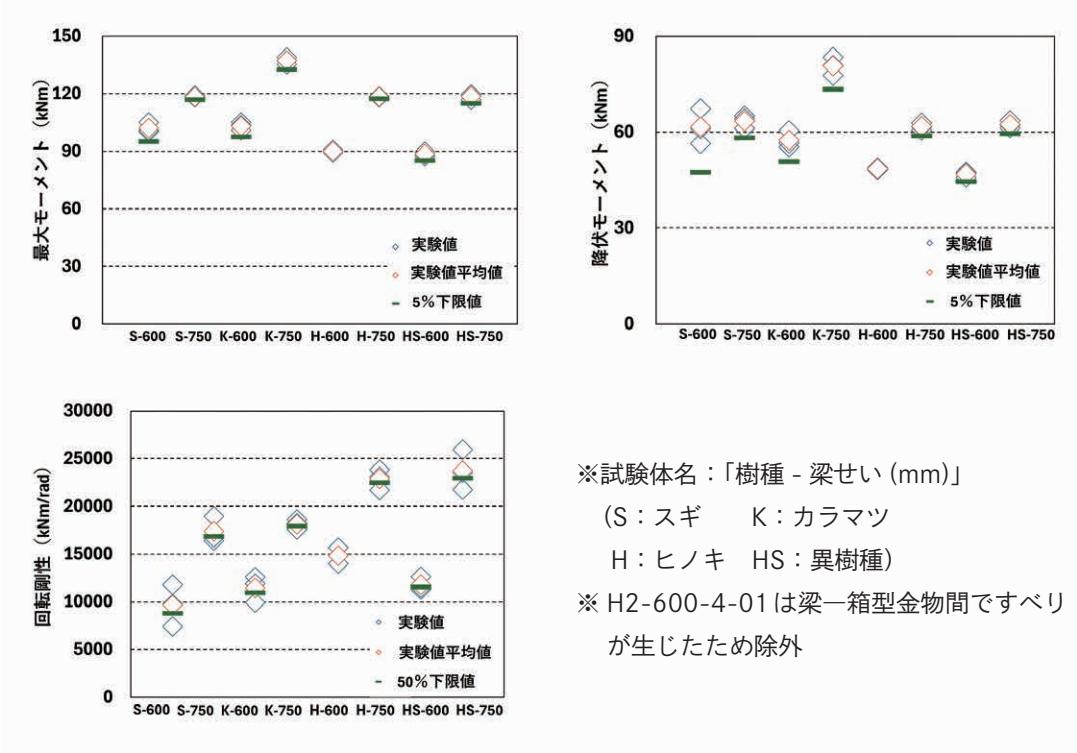


図 2-11　柱脚接合部試験　特性値比較

3. まとめ

GIR 接合部に関する実験の結果、ヒノキ・異樹種集成材を用いた柱脚・柱梁接合部では、既往の研究（スギ集成材･カラマツ集成材）との比較を行った。その結果、樹種間で大きな差は見られず、いずれも同程度の性能を示した。

また、LSB引張、柱脚、柱梁接合部については、繊維平行方向での性能が他の樹種に比べて低く、繊維直交方向では高い性能を示すことがわかった。そのため、繊維平行方向に抵抗している柱脚接合部において、性能が少し低いこと、柱梁接合部では同程度の性能を示すことがわかった。また、ヒノキと異樹種ではヒノキの方が高い性能を示した。

今後の課題･展開等

本課題では、ヒノキ・異樹種集成材を用いたGIR及びLSBの柱脚及び柱梁接合部の実験を実施し、設計に資するデータの蓄積をはかった。加えて、以前に実施したスギやカラマツのデータと比較し、その性能が確認できた。

その結果、ヒノキ集成材におけるLSB繊維平行方向引抜耐力が低い傾向があったため、この理由と、ヒノキの樹種特性などについて検討する必要があることがわかった。また、LSBにおいてはLSB繊維平行方向埋め込み部の木口の加工精度によって初期剛性に大きな差がみられることがわかったため、加工精度と初期剛性との関係を明確にする（施工の精度を明確化する）必要があることがわかった。GIRにおいては、接着剤漏れがあった際に早期に破壊することがみられたため、防止策の検討も必要である。今後、ヒノキ・異樹種集成材を用いて展開していくために、幅広または二次接着した集成材の検討が必要と考える。また､製材（接着重ね材や束ね材を含む）を用いた場合に部材抽出（木取り等）も併せて、部材の管理方法の検討などが必要であると考える。

事業

国産製材の環境性能評価・普及に向けた技術的検討

● 実施団体 ●

一般社団法人 全国木材組合連合会
〒102-0082　東京都千代田区一番町25番地 全国町村議員会館６階

国産材製材協会
〒101-0047　東京千代田区内神田1-4-1
大手町21ビル7F 木構造振興㈱内

事業目的

2024年11月「建築物のライフサイクルカーボン削減に関する関係省庁連絡会議」が組織され、2025年４月「建築物のライフサイクルカーボンの削減に向けた取組の推進に係る基本構想」（以下「基本構想」）が策定された。

この基本構想においては、建築物の建設から解体に至るまでのライフサイクル全体を通じたCO_2等排出量（CO_2以外のGHGを含む、以下「ライフサイクルカーボン」）が我が国ではCO_2等排出量全体の約４割を占めると推計され、更にその半数程度を占める建材・設備の製造、建設、維持保全、解体等に係るエンボディドカーボンの削減を図ることが必要であり、特にアップフロントカーボンに着目し、川上企業を含めたサプライチェーン各構成企業の脱炭素化の取組を可視化し、部材・素材等の脱炭素化の価値が市場で評価される環境を整備することで、サプライチェーン全体の脱炭素化を図ることとしている。

こうした中で、本事業は、製造時や廃棄時の二酸化炭素排出量が比較的少ない木材を積極的に選択する機運が更に高まると考えられる一方で、2028年からの制度開始に向けて、以前に算定された代表値には不確定の事項がそれなりにあること、小規模な製材工場が多くコストの負担が厳しいこと等を踏まえ、木材業界として制度への対応の指針を明らかにするため、課題の抽出と対応策の検討を行うとともに、制度開始に先立って製材製造までのCO_2等排出原単位を整備しようとするものである。

実施した項目

① 検討委員会の開催

第１回検討委員会（６月30日）：事業計画について、建築物の環境性能評価の動向と概要について

第２回検討委員会（10月22日）：制度に関する検討会（国土交通省）中間とりまとめ案の内容について、本事業での原単位整備方針について

第３回検討委員会（１月28日）：国産製材の原単位整備方針案について、今後の実行プログラムについて

② 原単位整備方針検討ワーキング・グループ（WG）での議論

第１回WG会合（12月５日）：国産製材の原単位整備方針案について、当面の作業の進め方について

第２回WG会合（１月26日）：EPD事例と既存CFPの比較について、JAS認証工場へのアンケート調査結果について

③ 知見及び知識の収集

上記の①及び②に際してはサステナブル経営推進機構（SuMPO）から関連する専門的な知見及び知識の収集を行った

実施体制

実施体制は下図のとおり

事業の実施体制図

《検討委員会》

委　員		
（有識者）	東京農工大学大学院農学府名誉教授	服部順昭
	立命館大学大学院教授	中野勝行
	札幌市立大学デザイン学部准教授	古俣寛隆
	森林総合研究所主任研究員	前田 啓
（民間団体）	サステナブル経営推進機構（SuMPO）	宮川 敦
	全国木材検査・研究協会専務理事	小澤眞虎人
（業界識者）	株式会社山長商店専務取締役	三栖基史
	院庄林業株式会社製材事業部工場長	長瀧正則
オブザーバー	林野庁木材産業課木材製品技術室長	川原 聡
〃	課長補佐	中村 誠
〃	住宅資材技術係長	中村有貴
〃	建築用木材企画係長	森口幹太

運営事務局
全国木材組合連合会常務理事　中村道人
〃　主査　黒江健二
国産材製材協会事務局長　貝守昭弘

委託事務局
サステナブル経営推進機構　檜崎桃子

《CO2等排出原単位整備方針検討WG》

実施した内容

① CO_2等排出原単位整備方針案の検討

第１回検討委員会及び第２回検討委員会の議論を踏まえ、CO_2等排出原単位整備方針検討ワーキング・グループを立ち上げ、第１回WGにおいて、業界代表値としての整備方針案を取りまとめた（図-１）。

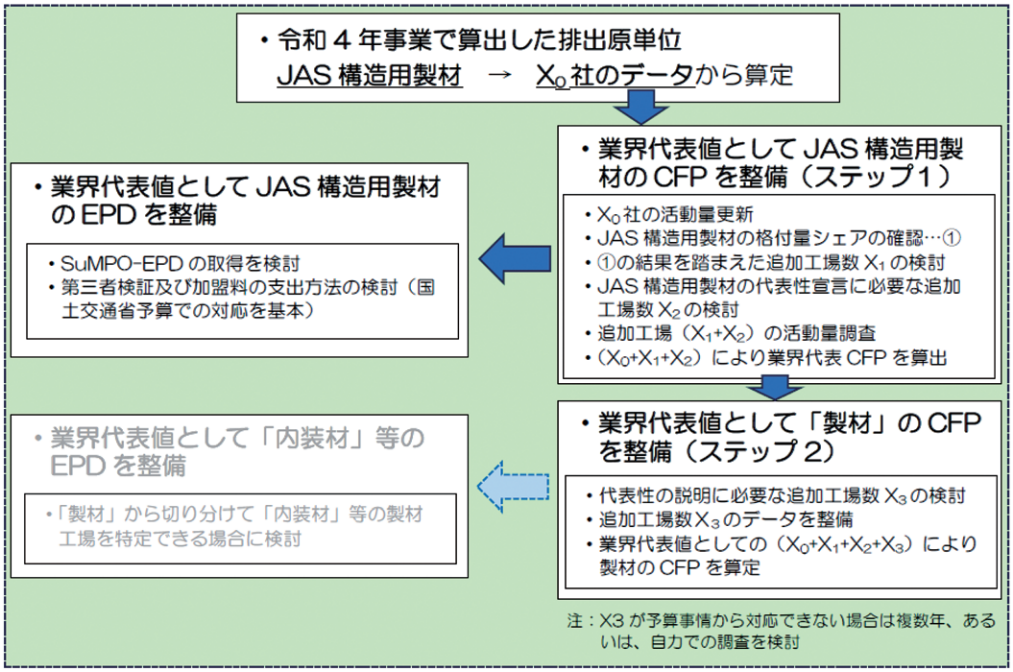


図-1　業界団体によるCO_2等排出原単位整備の方針案

② 整備方針案に基づく調査・検証

1）令和４年に調査した工場の令和６年のJAS格付量を確認した結果、JAS構造用製材で50%は確保されていることを確認したが、枠組壁工法の区分が50%を少し下回っており、調査工場の追加が望ましいと思われた。また、格付量ゼロの工場もあったことから、調査対象工場から入れ替える必要があると思われた。

2）令和４年調査工場のアップデート調査を実施し、当時の活動量と変更なしが６工場、変更ありが５工場、大幅に変更ありが２工場となった。

3）人工乾燥処理構造用製材、枠組壁工法構造用製材の認証工場のうち国産材を生産する工場は全国284工場となっており、予算事情等により追加工場数を７工場程度とすれば、地域別工場数の分布を踏まえて、地域別に表-１のように追加を検討することが望ましいと思われた。

表-1　JAS構造用製材認証工場（国産材）の分布と調査工場の検討

地域	北海道	東北	関東	北陸・東海	近畿	中国	四国	九州	全国
認証工場数	50	44	21	39	20	27	20	63	284
割合	17.6	15.5	7.4	13.7	7.0	9.5	7.0	22.2	100.0
R4調査工場	0	1	1	1	0	5	2	3	13
20工場	3	2	1	2	1	5	2	4	20
割合	15.0	10.0	5.0	10.0	5.0	25.0	10.0	20.0	100.0
追加工場	3	1	0	1	1	0	0	1	7

4）上記の284工場から令和４年の調査工場にどのような工場を選定・追加するかを検討するため、各都道府県木連等を通じて、製材出荷量、樹種、主要な製材ライン、木材乾燥のボイラー等の熱源、過去３年間の省エネ対策等について、インターネットを利用したアンケートを行い、回答結果を分析する方法で調査を実施した（表-２）。

表-2　JAS構造用製材認証工場のアンケート調査について

◆調査の趣旨　JAS構造用製材（国産材）の排出原単位の算定に当たって、代表性を担保するため、どのような工場を追加すべきか検討する目的で調査を実施
◆調査方法
実施期間：2025年12月24日～2026年1月13日
調査対象：人工乾燥処理構造用製材及び枠組壁工法構造用製材の国産材の認証工場
調査方法：県木連等を通じて対象工場に依頼しWeb上のアンケートフォームに回答
◆有効回答数　167工場（回答率58.8%）　対象工場数284工場

5）この結果から、樹種別には、トドマツ、カラマツ、アカマツの追加と、ヒノキに比べてスギの調査量が少ないことからスギを追加する必要があることが分かった。製材ライン別では、大規模工場ほどツインバンドソーやチッパーキャンターシステムの割合が高くなっており、製材ラインの高性能化と生産性に正の相関が示唆されることから、小規模工場を追加する必要があると思われた。また、木材乾燥のボイラー等の熱源別では、石油系の工場を追加する必要があると思われた（図-２～４）。

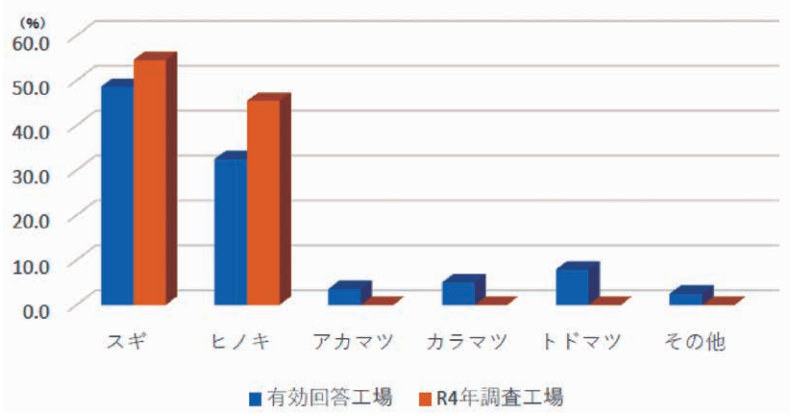


図-2　製材の樹種別割合

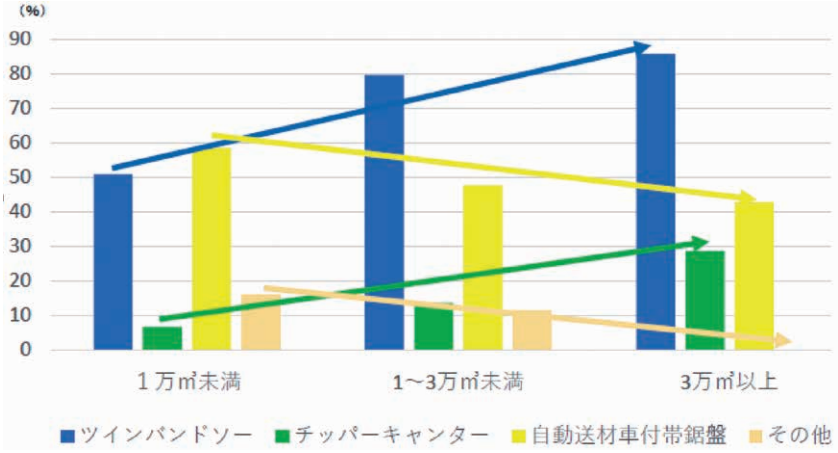


図-3　生産規模別の製材ラインの整備状況

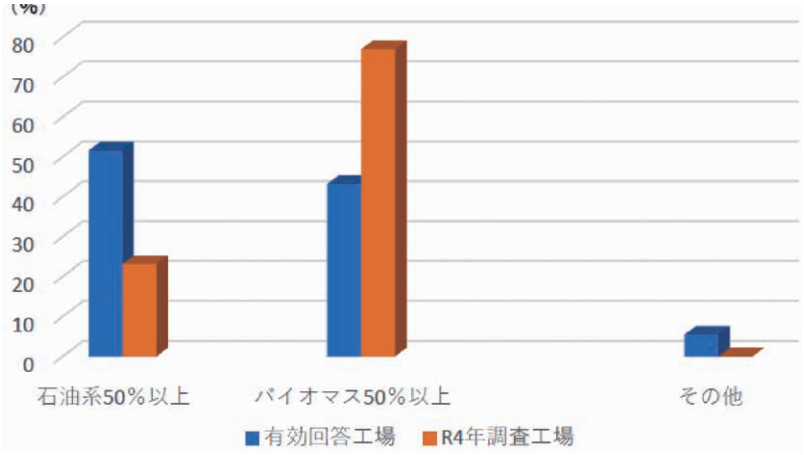


図-4　木材乾燥ボイラー等の熱源

③ 今後の対応計画（実行プログラム）の検討

上記②の調査・検証を踏まえ、予算事情等から新規調査の最大可能工場数を７工場と想定し、令和８年の調査計画を検討した。具体的には、新たな調査工場は、北海道で３工場、東北、北陸･東海、近畿、九州でそれぞれ１工場とし、R4 年の調査工場に対しては、13 工場に調査結果のアップデートを図るが、そのうち 11 工場については、最新の主要な活動量の数値を再調査し、残りの２工場については新規調査に準じた調査を実施することとした。工場の選定は、アンケートの調査結果をもとに、ア）規模では、１万㎥未満の工場を主に選定すること、イ）樹種では、アカマツ、トドマツ、カラマツを製材する工場を追加すること、それ以外の工場にはスギの製材工場を選定すること、ウ）枠組壁

工法の工場が含まれるよう選定すること、エ）ボイラーの熱源については、石油系の熱源を使う工場を主体にすること等を総合勘案して、以下のように計画した（表-３参照）。

北海道 Ａ工場：　１～３万㎥未満、トドマツ、石油系100%、枠組壁工法
北海道 Ｂ工場：　１万㎥未満、トドマツ、石油系100%
北海道 Ｃ工場：　１～３万㎥未満、カラマツ・トドマツ、石油系100%
東北 Ｄ工場：　１万㎥未満、アカマツ、石油系100%
北陸・東海 Ｅ工場：　１万㎥未満、スギ、石油系100%
近畿 Ｆ工場：　１万㎥未満、スギ、バイオマス50～80%
九州 Ｇ工場：　１～３万㎥未満、スギ・ヒノキ、石油系100%

表-3　今後の対応計画（実行プログラム）

区分	北海道	東北	関東	北陸・東海	近畿	中国	四国	九州	全国
調査工場	3	2	1	2	1	5	2	4	20
活動量再調査			1	1		5	1	3	11
準新規調査		1					1		2
新規調査	3	1		1	1			1	7

新規工場案	北海道	A工場（1～3万㎥未満、トドマツ、石油系100%、枠組壁工法）
	北海道	B工場（1万㎥未満、トドマツ、石油系100%）
	北海道	C工場（1～3万㎥未満、カラマツ・トドマツ、石油系100%）
	東北	D工場（1万㎥未満、アカマツ、石油系100%）
	北陸・東海	E工場（1万㎥未満、スギ、石油系100%）
	近畿	F工場（1万㎥未満、スギ、バイオマス50～80%）
	九州	G工場（1～3万㎥未満、スギ・ヒノキ、石油系100%）

実施した結果

① EPD制度等の内容や動向について

LCAの専門家を委員に加えたこと、サステナブル経営推進機構（SuMPO）に事務局の一部を担っていただいたこと等により、建築物LCA制度の今後の業界内への周知・普及に向けて、基本的な情報が収集できた。

② 既存の排出原単位（令和４年調査）と個社EPDの関係について

建築物LCA制度に関する有識者から、個社のEPDと比較して既存の排出原単位の値が低くなっており、バイオマスボイラーのシェアが高過ぎるのではないか（これにより、個社のEPD取得の促進に水を差すのではないか）との指摘があったが、検証の結果、製品と副産物へのCO_2等排出量のアロケーション（配分）手法が質量基準か経済価値基準かの違いによることが主たる要因であることが明らかとなった。

なお、アロケーション手法については、検討・議論の余地があることから、両方の算定結果を併記して進めることとした。

③ 今後の対応計画（実行プログラム）について

個別のワーキング･グループを立ち上げて検討できたことにより、前述の整備方針案に基づく調査･検証を円滑に実施することができ、今後（令和８年度）の対応計画（実行プログラム）を作成することができた（表-３）。これにより、基本建材（鉄・コンクリート・木材）に求められているCO_2等排出原単位の整備期限（2027年まで）に向けて履行できる見通しが立った。

今後の課題・展開等

① 令和８年度対応計画（実行プログラム）の実行

令和８年度において、事業予算を確保の上、対応計画（実行プログラム）を実行する。このため、今年度の事業成果を踏まえた事業計画を作成する必要がある。

② JAS構造用製材の業界としてのEPDの取得

前述の事業成果を踏まえ、当該事業の中で業界代表値としてのCFP（第３者認証なし）を算定した後に、本事業で取りまとめたCO_2等排出原単位整備方針案（図-1参照）に基づき、JAS構造用製材のEPD取得を目指すこととし、それには国土交通省等の予算の確保に努める必要がある。

③ その他のCFP・EPDの取得

建築物LCA制度は、当面の間、非住宅建築物で進められていくものの、非住宅の木材需要は構造材だけでなく、内装材も重要な資材になることから、内装材の排出原単位の算定も2027年までに整備する必要がある。本事業で、製材工場の技術・生産実態は、丸太から適切な木取により角材と板材を生産することが特徴であることから、内装材を分けて排出原単位を算出するのではなく、「製材全体」で算定することとして整理したところである。このため、製材全体で排出原単位を整備するための調査工場の追加について引き続き検討していく必要がある。この際、排出原単位が低いと思われるグリーン材の扱いをどのように整理していくのか、併せて、整理する必要がある。

④ 業界としての意思決定

本事業では業界代表値の算定をどのような方針で行うのか、技術的な面を含めて検討することを目的としており、方針案等について適宜業界団体として意思決定を行い、その方針に基づきLCA算定委員会等で進めていくことが必要である。

事業

準耐火構造の板倉構法の技術開発 その2

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本板倉建築協会

〒300-4231　茨城県つくば市北条184

事業目的

戦後植林された樹齢60年以上のスギ中大径材の活用が課題となっている。板倉構法では厚30mm幅135～200mmの厚板として壁床天井を木材現わしで構成し、耐震性・耐久性・温熱環境に優れた木造の住宅や非住宅に役立つ構法として開発、普及を図っている。現在開発済の防火構造に加えて木材現わしの45分準耐火構造の板倉構法の耐力壁を開発することで、従来、板倉構法では準防火地域において宿泊施設、共同住宅、児童福祉施設、事務所等が500㎡、2階建までに制限されていたが、1500㎡、用途により3階建まで建築可能となる。

そのことにより、中大径材をA材として大断面の構造材や板材に活用することができ、その多大な需要拡大が期待できる。

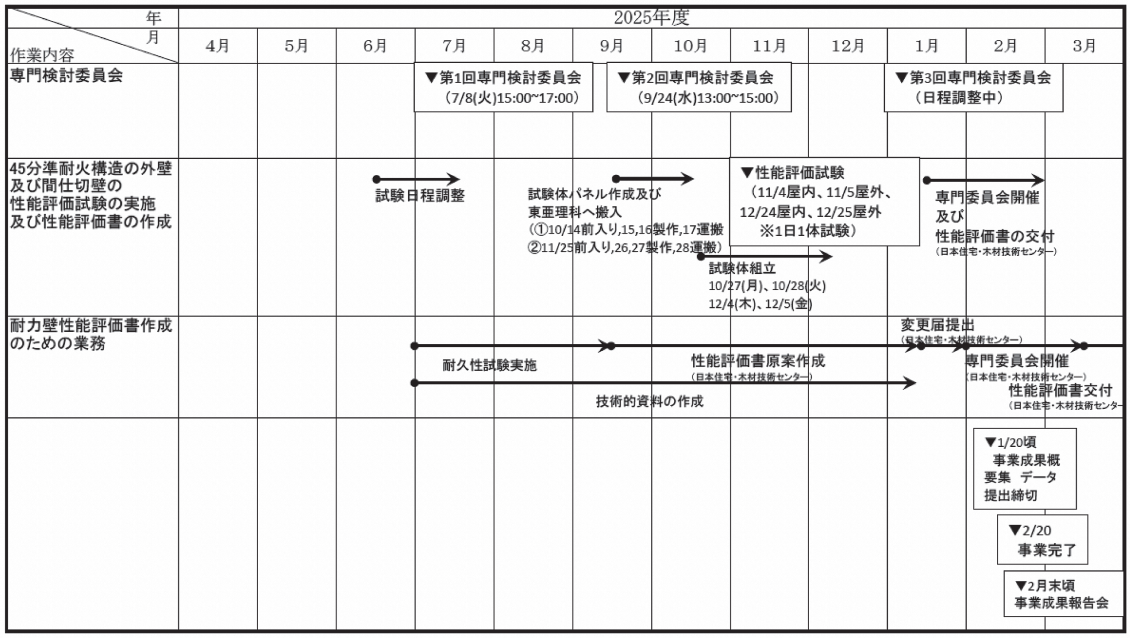


図 1　事業スケジュール

実施した項目

昨年度実施した「準耐火構造の板倉構法の技術開発」にて耐力壁性能評価試験を実施した結果、壁倍率3.8～4.0倍の耐力壁性能が得られた。また、防耐火予備試験を実施した結果、45分準耐火構造の防火性能を得られる見込みが立った。

今年度は45分準耐火構造の板倉構法の実用化に向けて以下の①及び②を行う。(※①及び②の落とし込み板倉パネルは同じ仕様)

① 板倉構法による45分準耐火構造の外壁及び間仕切壁の性能評価試験の実施及び性能評価書の作成

②45分準耐火構造に対応した板倉構法の耐力壁性能評価書作成のための耐久性試験実施及び技術的資料の作成

(910幅及び1000幅の2つの仕様)

実施体制

日本板倉建築協会に、準耐火構造の板倉構法の開発委員会及び専門検討委員会を設け、性能表価試験機関と協力して本事業を実施する。

■日本板倉建築協会　準耐火構造開発委員会

責任者　代表理事	安藤邦廣（工学博士・一級建築士）
理　事	金親丈史（一般社団法人 IORI 倶楽部　代表理事）
理　事	東海林修（東海林建築設計事務所・一級建築士）
理　事	関根真紀（株式会社里山建築研究所　代表取締役・一級建築士）
理　事	杉岡世邦（有限会社杉岡製材所 代表取締役）
理　事	岡　　巖（有限会社丹陽社一級建築士事務所 代表取締役）
理　事	長島邦彦（株式会社ミナクニ・コンサルタント 代表）
理　事	武藤弘毅（佐久間建設工業株式会社 建築部長）
理　事	大場隆博（株式会社 KURIMOKU　執行役員・NPO しんりん　代表理事）
理　事	萩原義雄（株式会社萩原建設　代表取締役・一級建築士）
事務局	岡原玄八（一級建築士）
事務局	北野祐子（一級建築士）

■専門検討委員会

設計・施工分野	安藤邦廣（筑波大学名誉教授・工学博士・一級建築士）
構造分野	河合直人（工学院大学名誉教授・工学博士・日本板倉建築協会顧問）
防耐火分野	安井　昇（桜設計集団一級建築士事務所代表・博士（工学）・一級建築士・日本板倉建築協会顧問）
オブザーバー(防耐火)	加來千紘（桜設計集団一級建築士事務所・博士(工学)）

■木材生産・供給　株式会社 KURIMOKU

■試験体製作　株式会社サスティナライフ森の家
株式会社東亜理科

■耐力壁及び防耐火性能評価実施機関
公益財団法人日本住宅・木材技術センター

実施した内容

① 板倉構法による 45 分準耐火構造の外壁の性能評価試験

公益財団法人日本住宅･木材技術センターにおいて、45 分準耐火構造の外壁の性能評価試験を実施した。本事業で開発する外壁は下記のように、柱、落とし板、柱際板から構成され、主にスギ製材をはじめとすると製材を使用できるようにすることを目標とした。

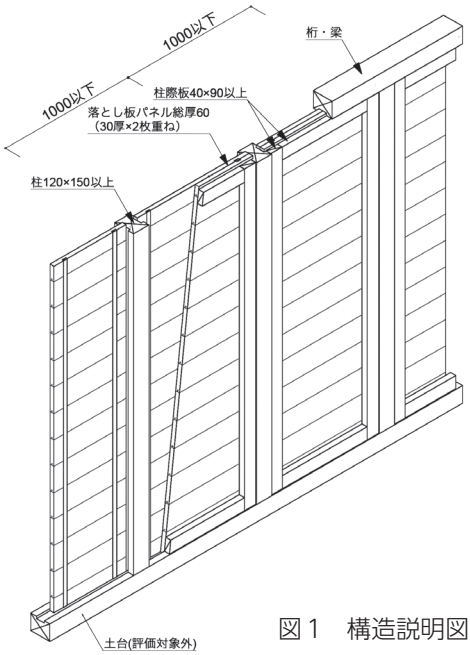


図１　構造説明図

■性能評価試験で主な仕様（単位：mm）

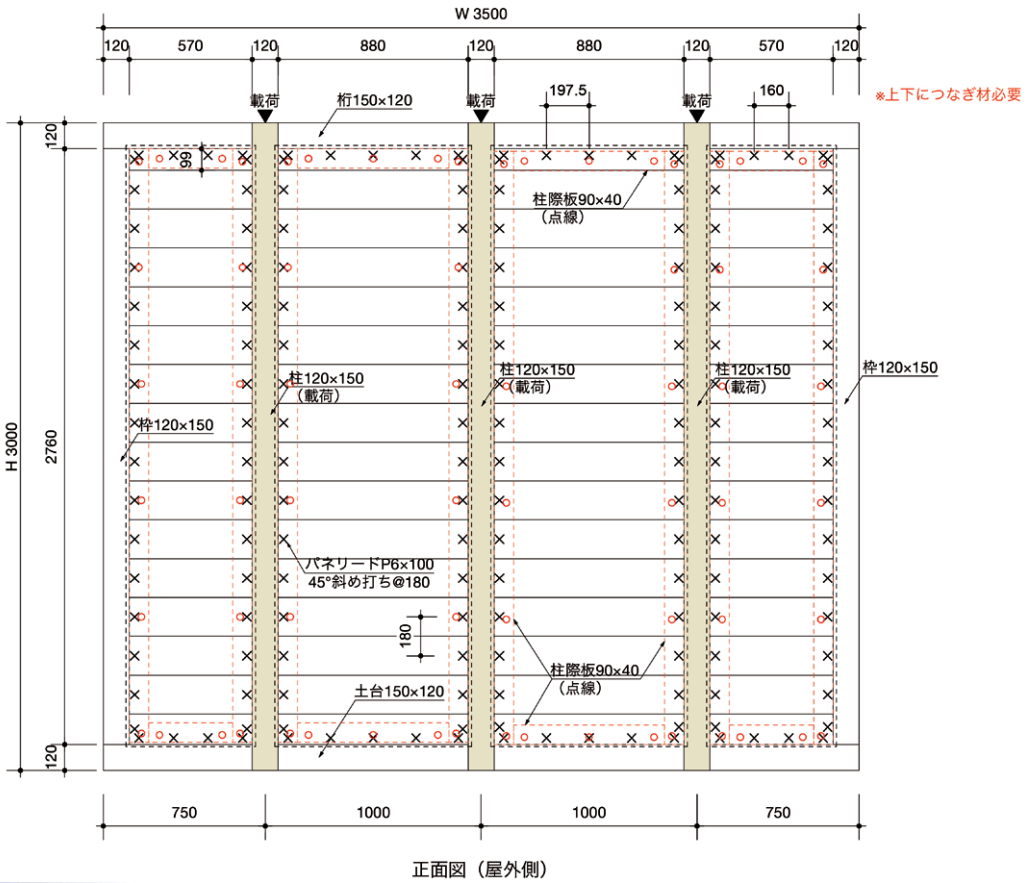
a．柱：120以上×150以上（製材、集成材、単板積層材：樹種限定なし）

b．落とし板パネル：30以上×180以上(働き幅)の実付き落とし板を２枚重ね

c．柱際板：90以上×40以上　（b及びcは、製材：樹種限定なし）

d．各部の留め具：釘及びビス（太さ、長さは試験を実施した留め具の寸法以上）

※図２に試験体図を示す。



正面図（屋外側）

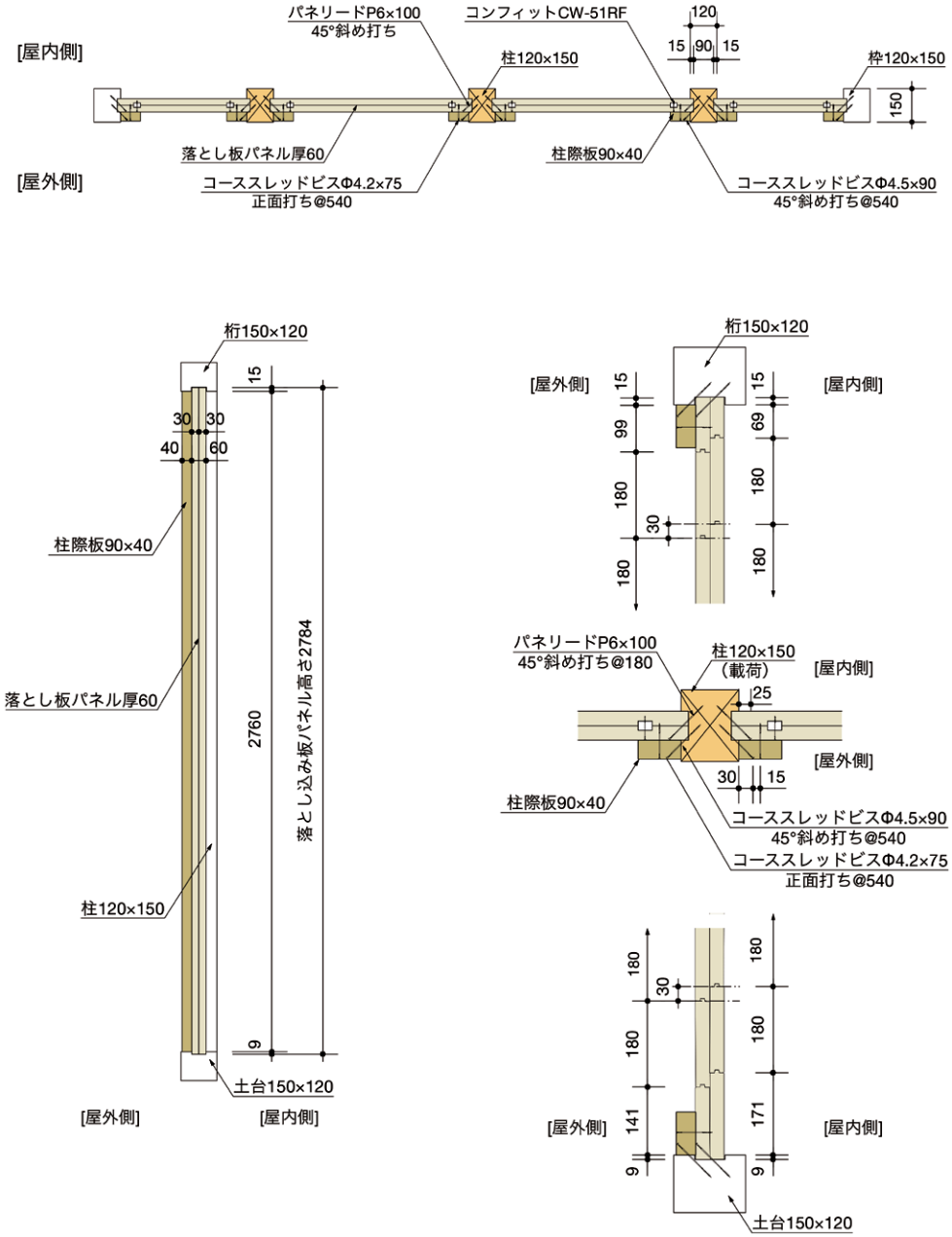


図２　試験体図

試験体仕様：

柱：120mm × 150mm 同一等級構成構造用集成材（使用環境B、スギ）
（集成材で試験をすれば製材も含めて評価することが可能）
落とし板パネル：厚さ 30mm ×働き幅 180mm の実付きスギ製材を２枚重ね
柱際板：90mm × 40mm のスギ製材を四周（柱・土台・桁）に回す

下記の日程で、加熱試験を実施した。

2025 年	11 月 4 日（火）	屋外側加熱１体目
	11 月 5 日（水）	屋内側加熱１体目
	12 月 24 日（水）	屋外側加熱２体目
	12 月 25 日（木）	屋内側加熱２体目

■記録写真（いずれも１体目）



写真１　試験前の加熱面・屋内側



写真２　試験前の加熱面・屋外側



写真３　試験終了時の非加熱面・屋外側



写真４　試験終了時の非加熱面・屋内側



写真５　試験終了時の加熱面・屋内側



写真６　試験終了時の加熱面・屋外側

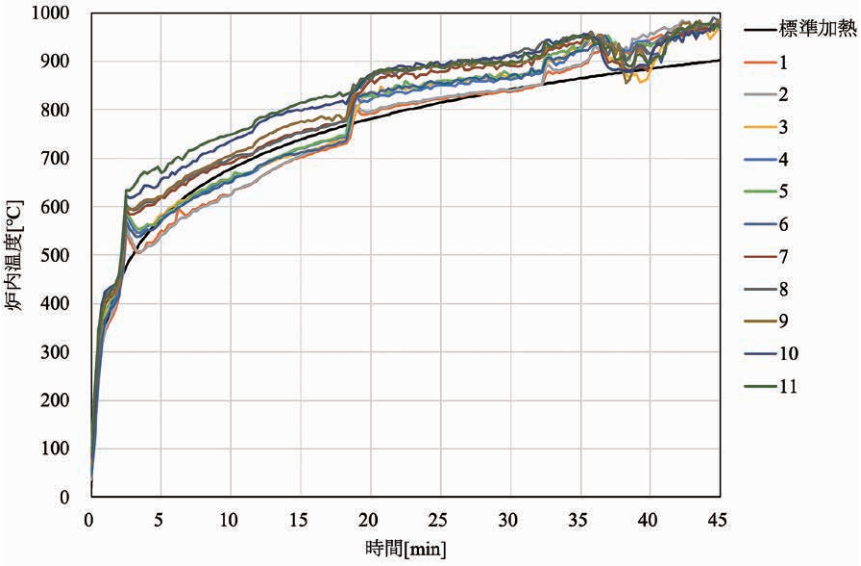


図４　炉内温度（屋内側１体目）

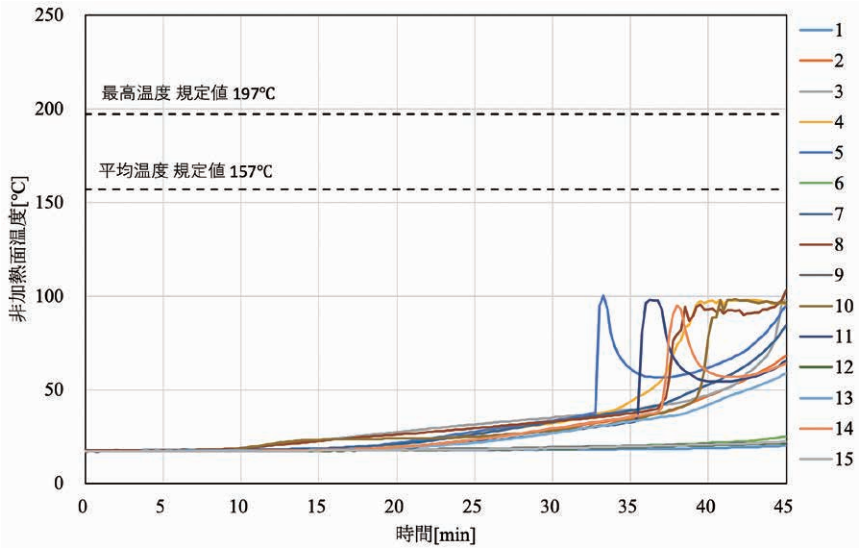


図５　裏面温度（屋内側１体目）

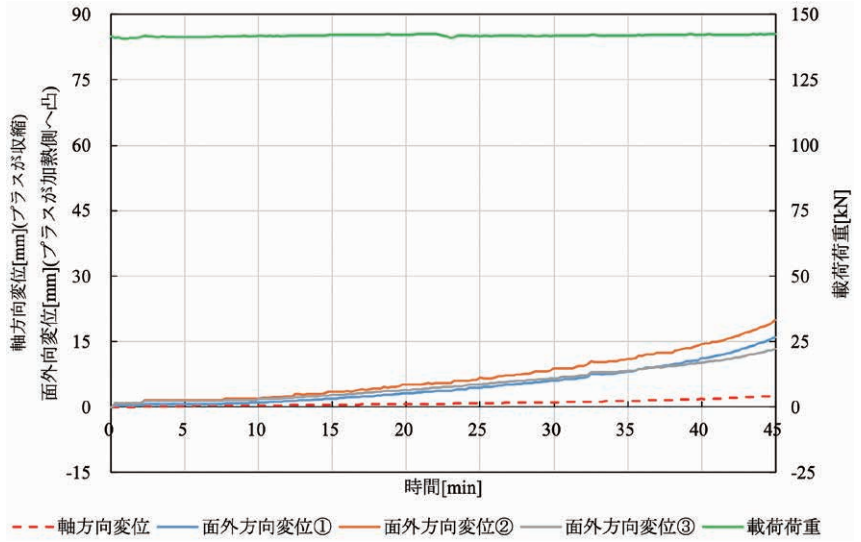


図６　軸方向変位・［参考値］面外方向変位（屋内側１体目）

② 45分準耐火構造に対応した板倉構法の耐力壁性能評価書作成のための耐久性試験実施及び技術的資料の作成

■耐力壁に用いるビス（パネリードⅡ＋, P6-100 Ⅱ＋）による落とし板－軸組材間のせん断接合部について無処理及び乾湿繰り返しを比較する耐久性試験を実施し、その上で昨年度実施した性能評価試験に関する技術的資料を作成した。

図３に耐久性試験体図を示す。

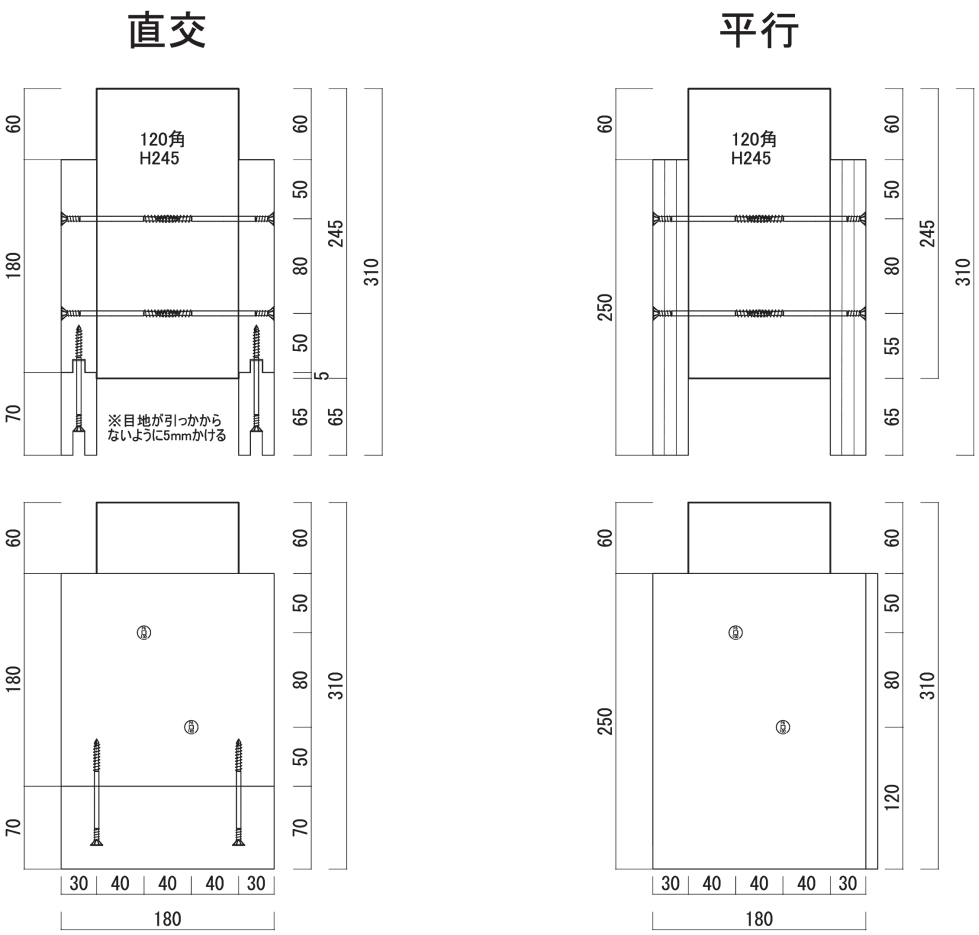


図３　耐久性試験体図

■記録写真（いずれも１体目）

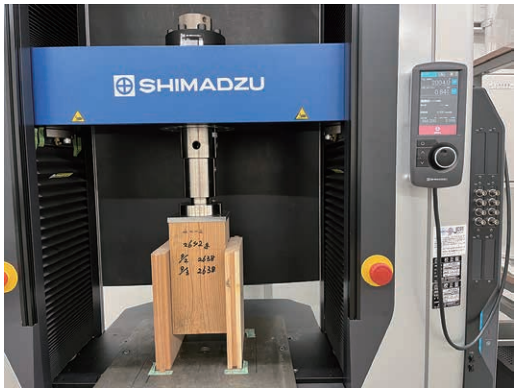


写真７　試験前



写真８　試験後

実施した結果

① 板倉構法による45分準耐火構造の外壁の性能評価試験

■屋内側加熱2体、屋外側加熱2体を実施し、4体とも合格した。

表1に試験結果を示す。

表1　試験結果

			屋内側加熱		屋外側加熱	
			1体目	2体目	1体目	2体目
初期温度		[℃]	17	11	18	13
裏面温度	全測定点の最高温度	[℃]	103.1[197]	100[191]	60.2[198]	66.6[193]
		[min]	45.00	40.00	45.00	45.00
	平均の最高温度	[℃]	62.6[157]	50.8[151]	42.7[158]	38[153]
		[min]	45.00	45.00	45.00	44.50
最大軸方向収縮量		[mm]	2.6[30]	2.2[30]	1.6[30]	1.4[30]
最大収縮速度		[mm/min]	0.20[9]	0.16[9]	0.11[9]	0.10[9]
[　]内の数値は規定値を示す						
（参考）最大面外方向変位		[mm]	19.9	19.3	16.6	14.5
		[min]	45.00	45.00	45.00	44.75

② 45分準耐火構造に対応した板倉構法の耐力壁性能評価書作成のための耐久性試験実施及び技術的資料の作成

■表2に耐久性試験結果を示す。最大荷重比は1に近い数値となり、乾湿繰り返しによる接合部せん断耐力の低下がほとんどなく、耐久性の高さが示された。

表2　耐久性試験結果

試験項目	①無処理		②乾湿繰り返し		最大荷重比
	密度 (g/c ㎥)	最大荷重 (kN)	密度 (g/c ㎥)	最大荷重 (kN)	(②/①)
釘せん断 直交	0.37	15.10	0.38	15.12	1.00
釘せん断 平行	0.38	14.76	0.37	14.63	0.99

■耐久計画書についてα3及びα5について以下のように意見をまとめた。

- α3：耐力壁の施工性の影響を評価する係数について

→柱の溝とパネルの隙間は片側1mm（両側で合計2 mm）までに抑えて施工するため、性能評価試験と同等と考え耐力低下は発生しない。また軸組材へのビスの斜め打ちは下穴をパネルに施しているため、試験と同様の施工ができると考えることができるため、耐力低下は発生しないと考える。

パネルの製作の際に縦桟位置に留め付けるビス位置及びパネルと軸組材の接合部の位置に節や割れ等の欠点があると耐力低下の要因となる恐れがあるが、発生箇所は限定的と考えられるため、耐力低下は極めて小さいと考えられる。

・α５：使用中の含水率変化とそれに伴う膨張収縮の影響を評価する係数

→落とし板の乾燥に関しては、含水率15%に抑えていることに加えて、板相互の横ずれについては縦桟に各板１本ビスで留め付けることで横ずれが止まり、落とし板同士の摩擦は期待しておらず、また、パネルの圧縮筋交い的効果についても四周へのビス斜め打ちと縦桟位置に留め付けるビスで一体化されたパネルとして発揮されると考えられることから、落とし板の乾燥に伴う耐力低下は極めて小さいと考えられる。

柱の乾燥に関しては、これに伴って落とし板との接触部について隙間が拡大するおそれがあり、耐力低下につながる可能性がある。

また、落とし板の反りやねじれが発生した場合については、溝による拘束力から最大3mmまでの変形に抑えられるため、耐力低下は極めて小さいと考えられる。

■耐力壁の性能評価について、柱見付幅について防耐火側の断面が120mm×150mmのため、120mmだけではなく150mmも認めていただくための資料として、柱見付幅の違いによる耐力・剛性への影響を以下のようにまとめた。

耐力壁試験体の柱の見付幅は120mmであり、落とし板の溝深さは15mm+1mmとなっている。これに対して、柱見付幅を150mmとする場合には、落とし板の溝深さを30mm+1mmとすることにより、落とし板の水平方向長さは柱見付幅にかかわらず一定である。また、落とし板と柱を留め付けるビスの柱面からの距離について、柱見付幅を150mmとする場合には柱見付幅120mmの場合より15mm柱側に寄せる納まりとしており、落とし板に打たれるビスの落とし板左右での間隔は、柱寸法が変わっても一定である。以上により、柱見付寸法を150mmとした場合でも、柱見付寸法を120mmとした場合と比べて、落とし板とその留め付けに関する寸法関係は変わりがなく、柱の溝両側の被りが15mm増えただけの違いとなる。以上により、柱見付幅の違いが耐力壁の耐力や剛性に及ぼす影響はないものと考えられる。

■施工詳細図（図６）等を作成した。

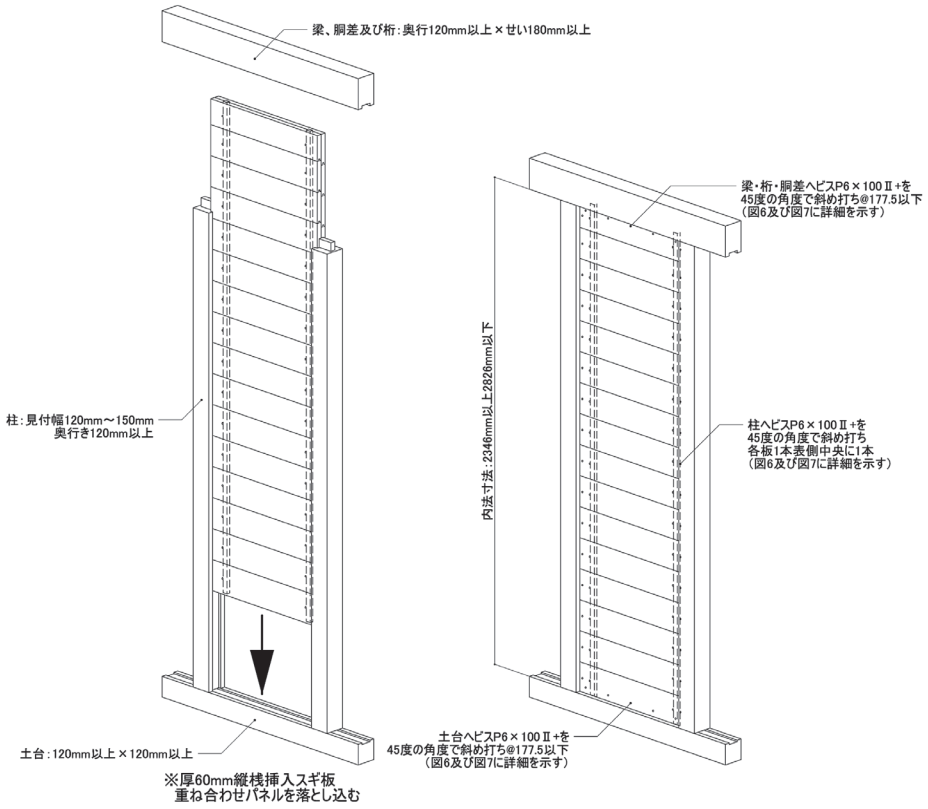


図６　施工詳細図

今後の課題・展開等

「防耐火性能について」

昨年度までの実験的知見を活用して、45分準耐火構造外壁の性能評価試験を実施し合格、性能評価書を発行いただくことができた。なお、外壁の大臣認定取得を行えば、その性能評価書類を使って、45分準耐火構造間仕切壁の性能評価（試験を要しない評価）を実施し、大臣認定取得を行えるため、来年度以降、検討する。

「耐力壁性能について」

昨年度事業の性能評価試験では壁倍率４倍に近い高耐力の結果となっている。今年度は引き続き性能評価書発行のための技術的資料の作成を行った。

性能評価書の内容が実用化後に使いやすい仕様となるように協会として意見をまとめながら、性能評価機関とのやり取りを進めてきた。実用化へ向けて引き続き使いやすい仕様としていくべく性能評価書を発行いただくように進める。その後大臣認定取得を行えば、これまでの板倉構法によるラインナップに今回の壁倍率４倍に近い高耐力の仕様が追加されることとなる。

本事業により壁倍率４倍に近い45分準耐火構造が実用化できる見通しが立った。この技術は３階建て以下の中大規模木造に適用可能である。木材のみで構成できる中大規模木造に適用可能な構法として、より国産材の活用に繋げられる有用な構法として展開することができる。

事業

生成AIを用いた設計支援ツールの基盤整備および持続的な運営に向けたモデル検討

● 実施団体 ●

株式会社 日建設計	〒102-8117	東京都千代田区飯田橋2-18-3
株式会社 日本設計	〒105-0001	東京都港区虎ノ門1-23-1
株式会社 三菱地所設計	〒100-0005	東京都千代田区丸の内2-5-1
ArchiTech株式会社	〒606-8267	京都府京都市左京区北白川西町87-23

事業目的

脱炭素化や国産材活用等を背景に中大規模木造建築推進の機運が高まっている一方、当該分野では設計者層が限定的で、ノウハウが一部の設計者に属人化している。また、防耐火基準等の合理化や各種補助事業の進展により、関連する制度・技術情報は増加・更新が続いている。

こうした状況の中で、必要な知見が体系的かつアクセスしやすい形で整理されておらず、多くの設計者にとって中大規模木造建築に取り組むための初期ハードルが高いという課題が生じている。

本取り組みでは、生成AIを活用した設計支援ツールを整備し、これから中大規模木造建築に取り組もうとする設計者に対し、検討や判断を支援する伴走的な役割を担うことを目指す。その実現にあたっては、設計者の視点に立って必要な情報を継続的に整理・更新しながらツールに統合していくことを重視し、こうした取り組みを通じて中大規模木造建築の質と量の双方の向上を図る。

実施した項目

事業目的を達成するため、大きく以下３点の取り組みを実施した。

① AIチャットボットの持続的な運営を見据えたシステム開発
② AIチャットボット学習のためのデータセットの収集
③ ツール運営に向けた体制等の検討

実施体制

■プロジェクトリード	株式会社日建設計
■システム開発・データ処理	ArchiTech株式会社
■試験運用・フィードバック	株式会社日建設計 株式会社日本設計 株式会社三菱地所設計
■学習データ収集	株式会社日建設計 株式会社日本設計 株式会社三菱地所設計
■体制検討	株式会社日建設計 株式会社日本設計 株式会社三菱地所設計 ArchiTech株式会社

実施した内容

本事業では、中大規模木造建築に取り組む設計者の支援を目的として、生成AIを活用した設計支援ツールの検証を行った。

取り組みにあたっては、単なるツール開発に留まらず、システム開発、データ整備、運営体制の検討という3つの観点を相互に関連づけながら実施し、継続的な検証・改善につなげることを重視した。

【①AIチャットボットの持続的な運営を見据えたシステム開発】

生成AIを活用し、設計者が対話を通じて思考整理や情報探索を行うことを想定した設計支援用チャットボットのプロトタイプを開発した。設計実務での利用を念頭に、特に設計初期段階における検討や判断を補助するツールとして活用可能かという観点から検証を行った。

また、本取り組みが単発的な検証に留まらないよう、設計実務者の視点から評価用の質問項目を整理するとともに、評価方法を事前に定め、改善状況を把握できる評価体制を整備した。これにより、利用結果を踏まえて課題や改善点を整理し、継続的な改善につなげることを前提としたシステム検証を実施した。

【②AIチャットボット学習のためのデータセットの収集】

中大規模木造建築に関する設計実務上の知見を支援ツールに活用することを目的として、法規制、設計事例、調達情報等を含む中大規模木造建築に関する広範な資料について、数百点規模で収集・整理を行った。これらの情報については、生成AIによる回答生成を前提とし、利用者の問いに応じて適切な情報を参照・活用できるよう、整理の観点や粒度に配慮した。

あわせて、生成AIツールでの活用を前提とし、著作権等の法的論点についても整理・確認を行った。利用形態や想定される活用方法を踏まえ、適切な範囲でデータを取り扱うための考え方について検討し、今後の継続的な活用に向けた基礎的な整理を行った。

【③ツールの持続的な運営に向けた体制等の検討】

補助事業終了後も持続可能な取り組みとして検証を継続することを見据え、ツールの運営、データ更新、改善の進め方に関する体制の検討を行った。

その一環として、中大規模木造建築に何かしらの形で関わるステークホルダーを対象にアンケートを実施し、中大規模木造建築という事業領域に対するニーズの有無や、業務利用を想定した生成AIツールに対する受容性、ならびに開発中の設計支援ツールに対する期待や懸念について意見を収集した。

また、学習データの連携先となり得る関係機関や林野庁を交え、全3回にわたる検討委員会を実施した。検討委員会では、生成AIを活用した設計支援ツールの運営や、データ活用にあたっての考え方、今後の検証の進め方等について意見交換を行い、次年度以降の検証を見据えた整理を行った。

実施した結果

本事業を通じて、生成 AI を活用した設計支援の可能性について、技術面および運営面の双方から一定の知見を得ることができた。また、単年度の実証に留まらず、今後の継続的な検証・改善につなげるための基盤を構築することができた。

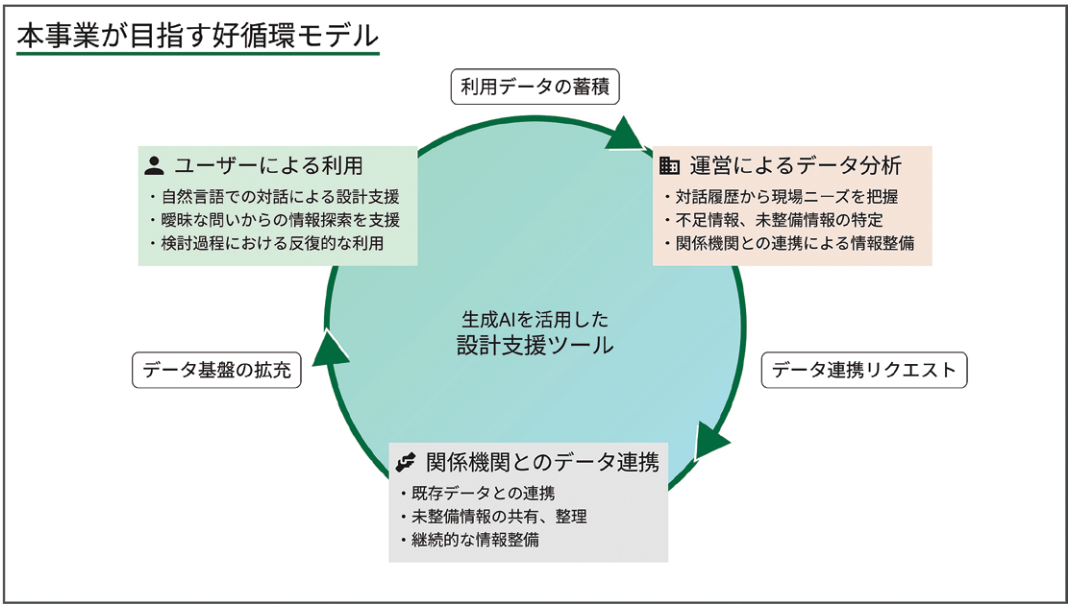


図 1 ：設計者ニーズの把握と情報改善を継続的に行うための検証の枠組み

【①AIチャットボットの持続的な運営を見据えたシステム開発】

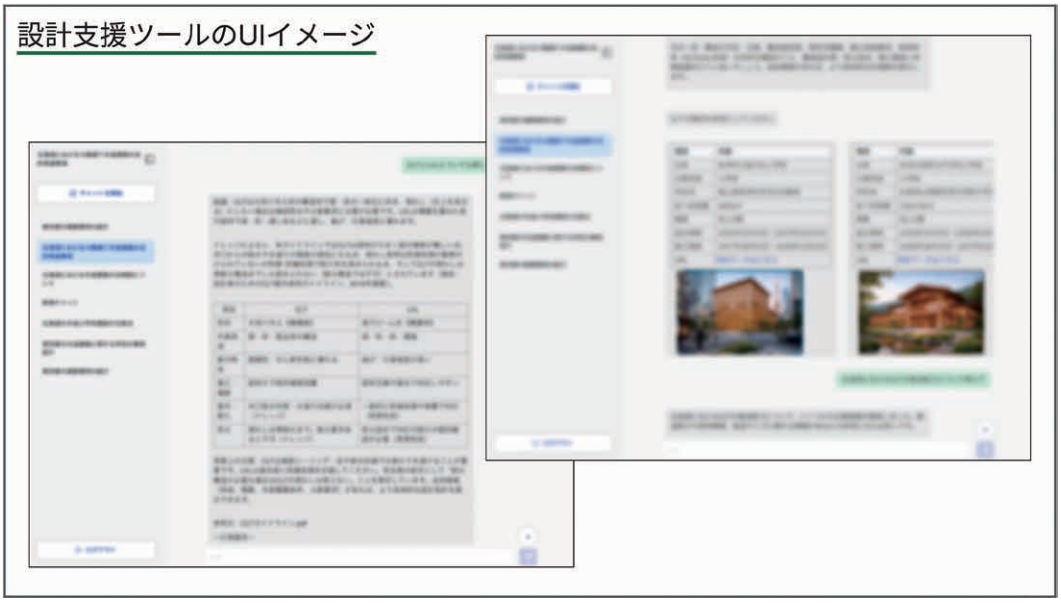


図 2：開発した設計支援ツールの UI 画面例（検証時）

設計初期段階において、対話を通じた思考整理や実際の設計・施工事例を含めた情報探索を支援するツールとして、一定の活用可能性を確認することができた。特に、中大規模木造建築の経験が少ない設計者にとって、検討の糸口や判断材料を得る手段として有効に機能し得ることが示唆された。また、評価方法を定めた上で検証を行ったことで、補助事業期間中においても効果的に検証と改善のサイクルを回すことができ、この改善サイクルを今後の取り組みにおいても活用できる基盤として整理することができた。

【②AIチャットボット学習のためのデータセットの収集】

中大規模木造建築に関する広範な資料を整理したことで、生成AIを活用した設計支援において、これまで属人化していた知見を活かすための基盤を整備することができた。これにより、設計支援に活用可能な形でのデータ活用の方向性を確認することができ、設計者が中大規模木造建築に取り組む際の検討や判断を支援する可能性が示唆された。

また、データ整理の過程を通じて、今後追加すべき情報の方向性や、継続的な情報更新を行うための体制の考え方、ならびに法的リスクを最小化するための留意点についても整理することができた。

【③ツールの持続的な運営に向けた体制等の検討】

実施したアンケートでは460件の回答を得ることができ、その結果から中大規模木造建築に対する関心や取り組み意欲が一定程度高まっている一方で、設計業務における情報収集や判断に時間と手間を要している実態が確認された。また、生成AIを活用した設計支援ツールについては一定の利用意向が確認できた一方、回答の正確性や情報の信頼性に対する懸念も明らかになった。これらの結果から、今後の取り組みにおいて重点的に改善すべき課題が整理されるとともに、それらに対応することで、より多くの設計者にとって実務上活用しやすいツールへと発展し得る方向性を確認することができた。

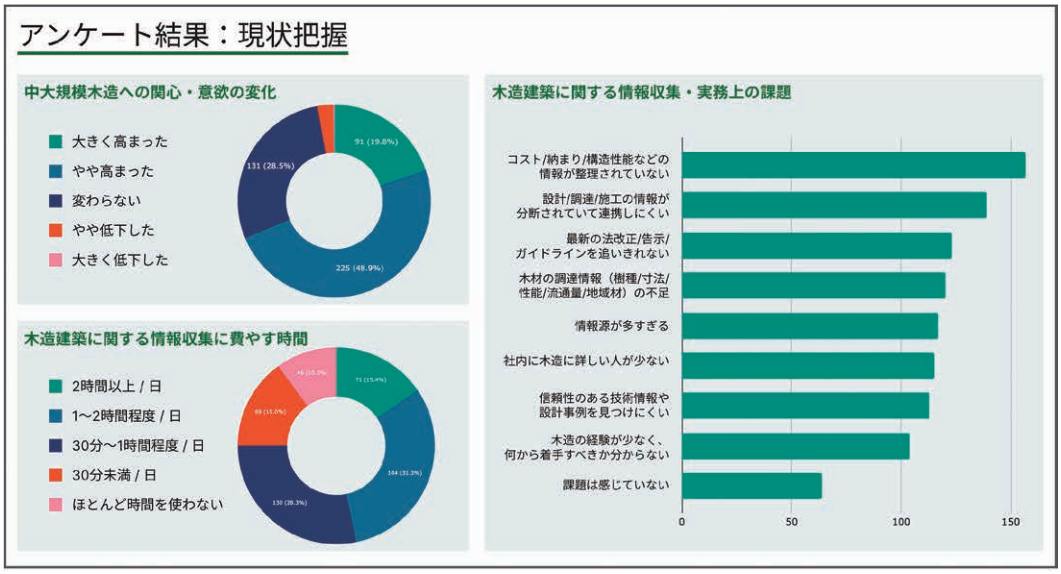


図3-a：想定ユーザー層向けアンケート結果［現状把握］(n=460)

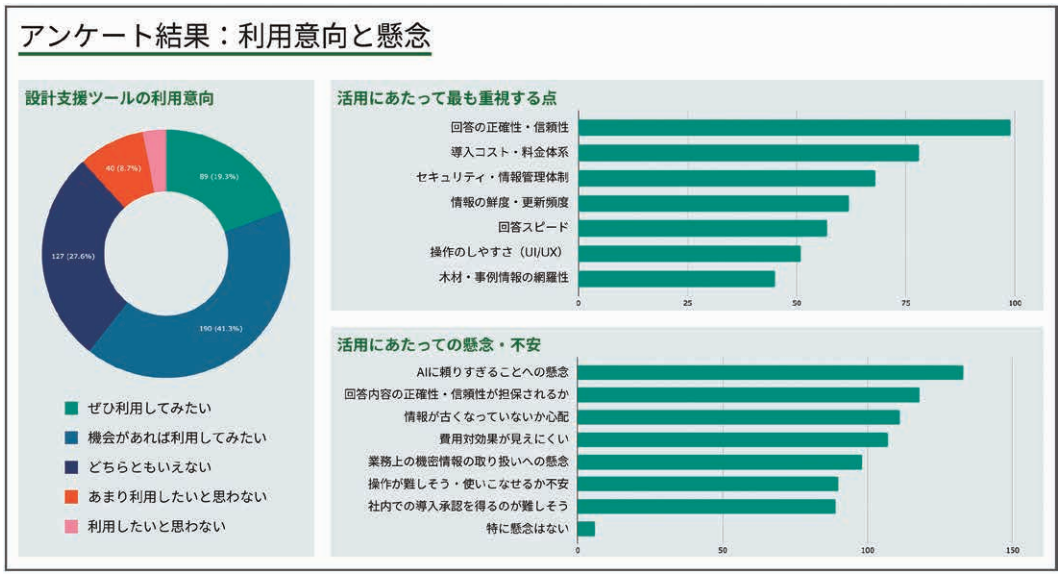


図3-b：想定ユーザー層向けアンケート結果［利用意向と懸念］(n=460)

上記のアンケート結果および検討委員会での議論を踏まえ、次年度以降も検証を継続するための暫定的な体制案を整理した。本暫定体制案は、本年度の取り組みを基礎としつつ、将来的に持続可能な独立した運営体制へと移行していくことを見据えた、過渡的な体制として位置づけるものである。

技術的な検証にとどまらず、体制および運営の観点からも整理を行ったことで、設計支援ツールを継続的に改善・発展させていくための基盤を構築することができた点を、本事業の成果として位置づける。

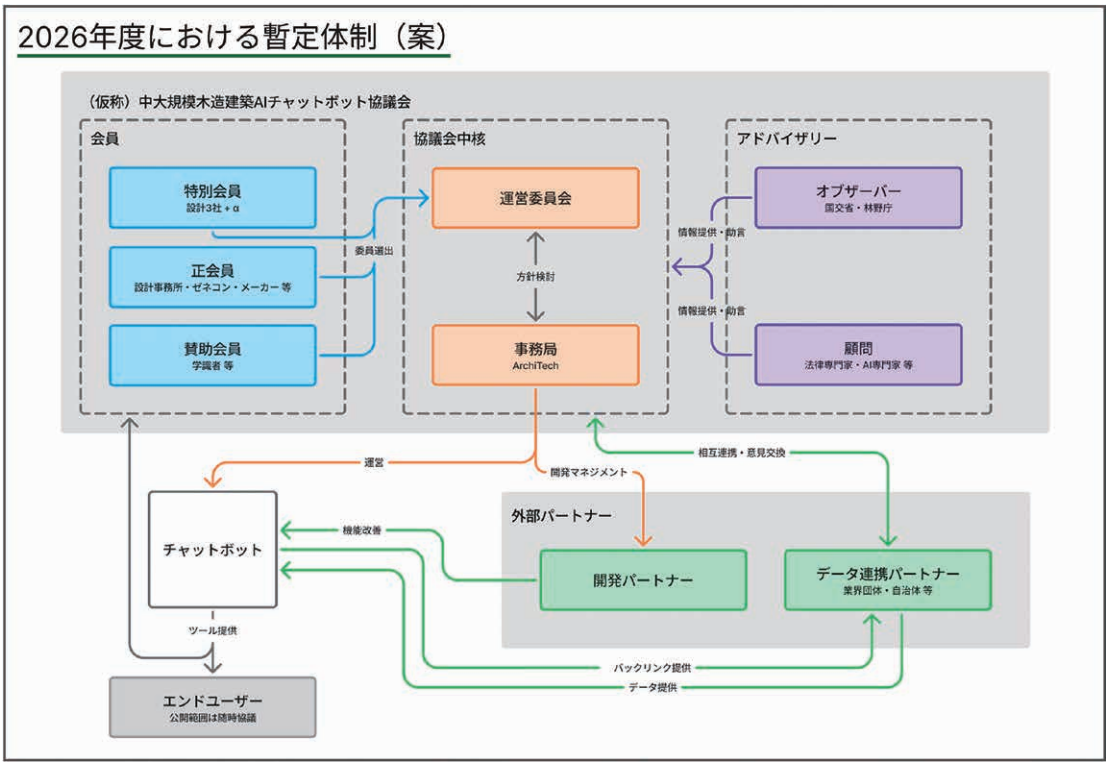


図４：2026年度における暫定体制（案）

今後の課題・展開等

本事業を通じて、生成AIを活用した設計支援の可能性や、継続的な検証・改善に向けた基盤を整理することができた一方で、今後に向けた課題も明らかとなった。

今後の課題としては、生成AIによる回答の正確性や情報の信頼性への対応である。本年度、これらを重要論点として開発を進めてきたが、実務利用を想定したアンケート結果からは、「情報の根拠（ソース）の明示」や「内容の妥当性」に対する不安が依然として残っていることが示唆された。設計業務の専門性を鑑みれば、この観点でのさらなる精度向上とエビデンスの提示手法の確立が、次段階における最優先事項である。

また、中大規模木造建築の質と量の向上を実現するためには、本事業の中で開発してきた設計支援ツールを継続的に運営していくことが重要であり、そのために、データの追加・更新を含むデータ連携のあり方や、持続可能な運営体制の構築に向けた準備を進めていく必要がある。これらは、本事業で得られた検証結果や基盤整備を踏まえ、次の段階として取り組むべき課題であると整理された。

これらを踏まえ、次年度以降は、生成AIを活用した設計支援ツールの検証・改善を継続しつつ、データ連携パートナーの拡充や、持続可能な運営体制の確立に向けた検討を段階的に進めていくことを想定している。関係機関との連携も継続しながら、実務での活用を見据えた検証を引き続き行っていく。

事業

天然乾燥材をJAS機械等級区分構造用製材の含水率基準で選別する技術の開発

● 実施団体 ●

株式会社 フジイチ

〒431-3306　静岡県浜松市天竜区船明880

事業目的

天然乾燥処理は、環境負荷を抑える乾燥方法として注目されており、住宅用構造材市場においても一定の利用実績がある。一方で、設計者等からは、乾燥品質の観点において、グリーン材に近い含水率のまま提供されているのではないかとの懸念が示されている。

実際、現行のJAS規定では天然乾燥処理の基準含水率は30%とされており、構造材としての利用を考慮すると乾燥材としての対応は十分とは言い難い。

本事業では、天然乾燥材の含水率の品質評価手法を確立し、計器による含水率評価の検証を行うことで、天然乾燥材がJASの機械等級区分構造用製材に対応可能となる技術開発を目的とする。

実施した項目

1　検討委員会の開催
2　含水率での選別技術の検証
3　事業報告書の作成

実施体制

事業の実施に当たり、学識経験者、業界関係者などによる検討委員会を設置し、事業計画や成果の検討を行った。その検討結果を踏まえ、試験を行った。

■委員長	国立研究開発法人森林研究・整備機構	加藤英雄
■委員	国立研究開発法人森林研究・整備機構	村野朋哉
	東京大学　大学院農学生命科学研究科	小林研治
	静岡大学学術院農学領域	小川敬多
	マイクロメジャー株式会社	杉山晃広
	静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター	長瀬　亘
	静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター	白井達也
■オブザーバー	独立行政法人 農林水産消費安全技術センター	今村正輝
	農林水産省大臣官房 食品製造課	佐藤秀憲
	農林水産省大臣官房 食品製造課	田村尭大
	林野庁林政部　木材産業課	川原　聡
	林野庁林政部　木材産業課	田中香織
	林野庁林政部　木材産業課	森口幹太
	静岡県立農林環境専門職大学	藤本清彦
	静岡理工科大学	石川春乃
	木構造振興株式会社	平原章雄
■事務局	株式会社フジイチ	小峰裕美
【試験の実施】	株式会社フジイチ	
	静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター	

実施した内容

1　検討委員会の開催

検討委員会は、2025年7月25日（第1回）、2025年12月4日（第2回）、2026年2月3日（第3回）の合計3回開催した。

2　含水率での選別技術の検証

2.1　試験体の選定

天然乾燥の状況を図1に示す。乾燥土場にある乾燥途中の製材から、含水率10～25%の範囲にある試験体を選定するため、スギ正角、スギ平角、ヒノキ正角を対象に固有振動数（n＝2532）、みかけの密度、携帯型マイクロ波水分計による測定（n＝715）を実施した。試験体の概要を表1に示す。選定した試験体は各50本とした。

選定した試験体は、端部から150mm内側付近で節をなるべく避けて、厚さ40mmの切片を採取し（以下、密度設定用の試験片と称する）、全乾密度と全乾法による含水率を測定した。ここで測定した、全乾密度と含水率がばらつくように、検量線作成用（20本）と測定精度の検証用（30本）の2つに分け、全乾密度の平均を水分計の密度の設定値とした。



図1　天然乾燥の状況

表1　試験体の概要

試験体の名称	樹種	仕上げ材の断面寸法	長さ	天然乾燥期間	試験体数
スギ120	スギ	120ｍｍ×120ｍｍ	4m	20～27カ月	50本 （検量線作成用：20本、 測定精度の検証用：30本）
スギ180	スギ	120ｍｍ×180ｍｍ	4m	8～36カ月	
スギ240	スギ	120ｍｍ×240ｍｍ	4m	10～28か月	
ヒノキ120	ヒノキ	120ｍｍ×120ｍｍ	4m	3～16か月	

2.2　検討した水分計

（公財）日本住宅・木材技術センターの認定機種である水分計を用いて試験体の含水率測定を行った。使用した機種は以下のとおりである。

- 静岡県内3事業者の製材工場（A社、B社およびC社）に備え付けられた設置型マイクロ波水分計（型式：LA-1、マイクロメジャー（株）製、図2）。いずれも、材料がライン上を長さ方向に移動する間、材の中央部を連続的に測定し、その結果を製材1本につき1つの測定値として記録する。
- 携帯型マイクロ波水分計（型式：HM-10、マイクロメジャー（株）製、図3）。測定は図4に示す位置で行い、各試験体について5箇所を測定した。節がある場合は、節を含まないよう測定位置を調整した。



図２　設置型マイクロ波水分計



図３　携帯型マイクロ波水分計

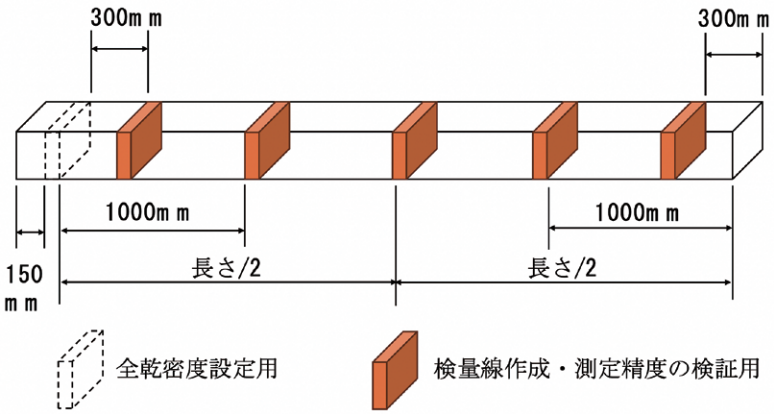


図４　携帯型水分計、全乾法での含水率および全乾密度測定位置

2.3　検量線の作成と精度の検証

携帯型水分計での測定位置で厚さ 40mm の切片を採取し、全乾法による含水率と全乾密度を測定した。また、製材１本当たりの含水率は、両端から 300mm 内側の位置と中心の位置の３つの試験片の平均値をその製材の含水率とした。検量線作成用の試験体で、水分計による値と全乾法による含水率の関係を散布図に示し、直線回帰式を検量線とした測定精度の検証用の試験体では、各水分計や材料においての検量線を使用した値と全乾法による含水率とを比較し、測定精度の評価は二乗平均平方根誤差 RMSE を用いた。

3　事業報告書の作成

検討委員会の内容および試験結果を取りまとめ、報告書を作成した。

実施した結果

1　検討委員会の開催

- 第１回目の検討委員会では、事業の概要や目的を共有し、試験方法を確認した。
- 第２回目の検討委員会では、試験結果を共有し、データの分析方法の議論や結果についての評価を行った。
- 第３回目の検討委員会では、報告書の内容を確認し、最終的なとりまとめを行った。

2　含水率での選別技術の検証

2.1　密度設定用の試験片における含水率と全乾密度

密度設定用の試験片の含水率および全乾密度の測定結果を表２に、含水率と全乾密度の関係を図５に示す。水分計に用いる密度の設定値は、表２における全乾密度の平均を用いた。含水率 25％を超えるものは、検量線作成用には含めず、測定精度の検証用とした。また、スギ正角は天然乾燥期間が１年半以上のものしか調達できなかったため、含水率の範囲は 14.7～18.2％で狭かった。

表２　全乾密度設定用の試験片の全乾密度と含水率

		スギ120	スギ180	スギ240	ヒノキ120
全乾密度 (g/cm ^{3})	平均	0.37	0.35	0.35	0.45
	最小値	0.26	0.27	0.28	0.39
	最大値	0.50	0.45	0.41	0.54
	標準偏差	0.05	0.04	0.03	0.03
含水率 (%)	平均	16.6	20.5	21.8	18.9
	最小値	14.7	16.9	16.2	16.2
	最大値	18.2	72.7	56.5	29.8
	標準偏差	0.7	7.7	6.0	2.4

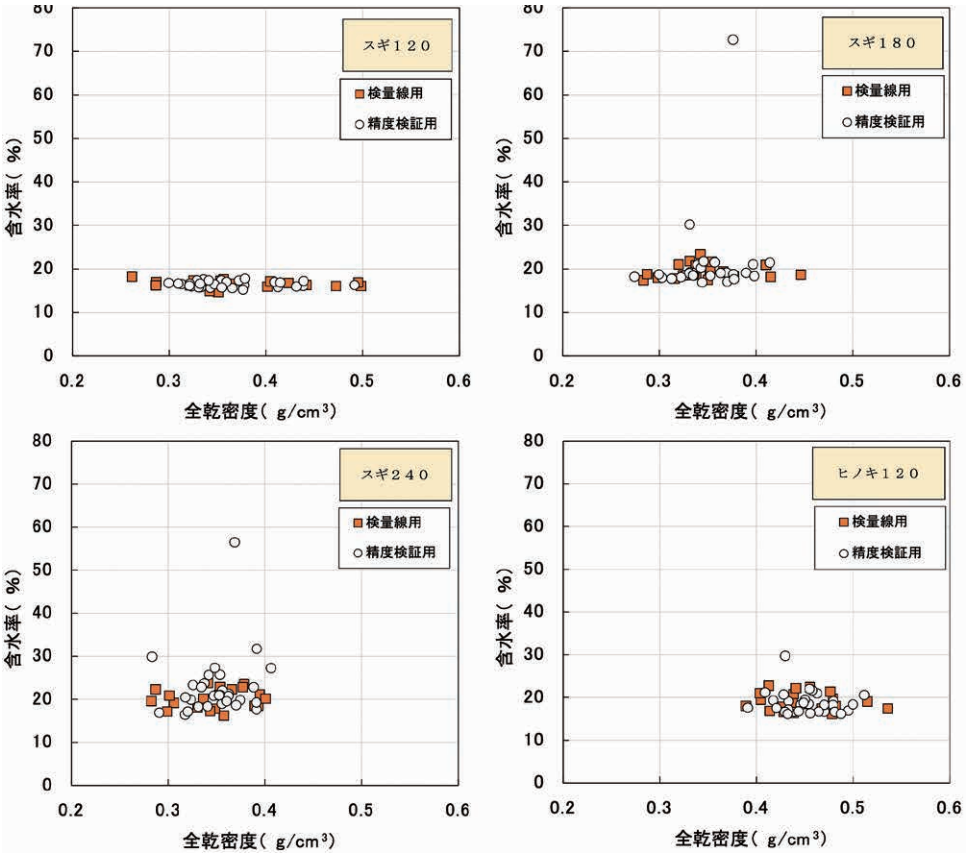


図５　密度設定用の試験片の含水率と全乾密度の関係

2.2　検量線の作成

水分計の測定値と全乾法による含水率の関係を図６に示す。スギ120は含水率の範囲が狭く、明確な傾向を示さなかったが、いずれの水分計においても両者は概ね直線関係にあり、この関係から求めた回帰式を検量線とした。設置型の水分計は同種のマイクロ波方式を採用していたが、回帰直線の傾きと切片に差があり、設置工場による違いが確認された。

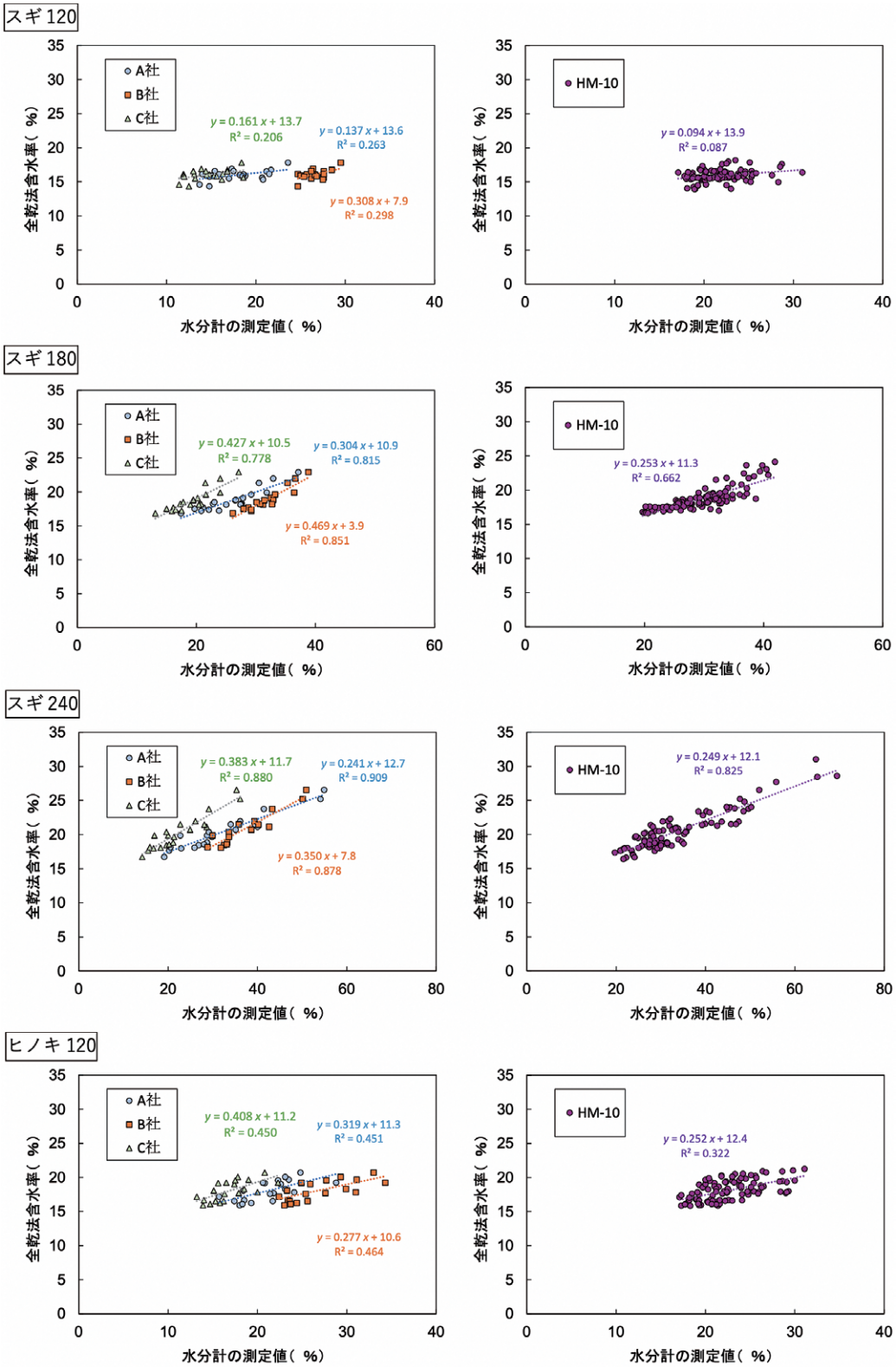


図６　水分計の測定値と全乾法による含水率の関係
（左：設置型、右：携帯型）

2.3　測定精度の検証

検量線を適用した水分計の測定値と全乾法による含水率との関係を図７に、検量線を適用した水分計の測定精度（RMSE）一覧を表３に示す。いずれの種類も、含水率 20％以下の範囲では RMSE は概ね１％程度であった。この傾向は人工乾燥材でも同様であり、検量線の作成に含水率が一定の範囲を確保できれば、天然乾燥材においてもマイクロ波水分計による精度の高い測定が可能であることが確認された。

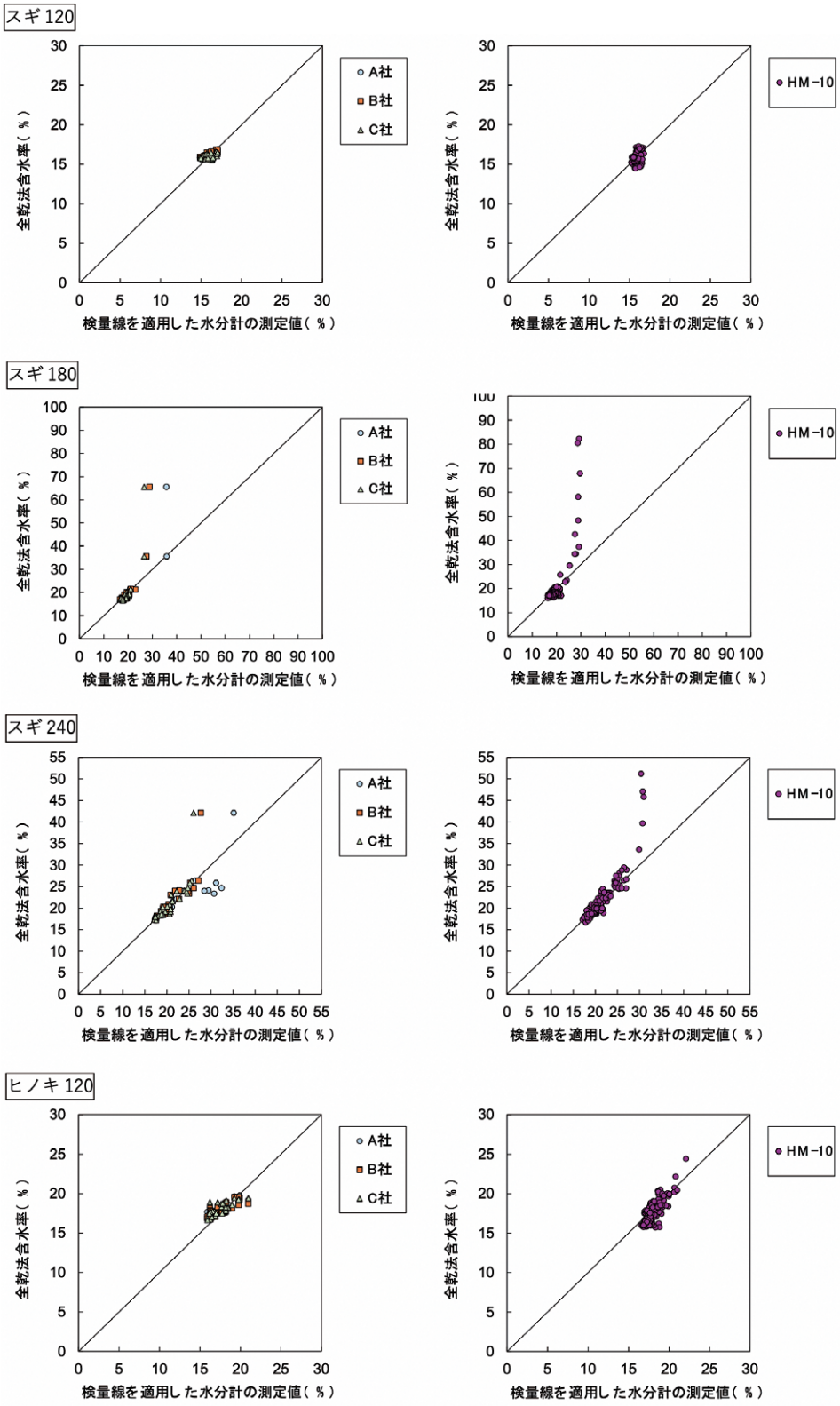


図７　検量線を適用した水分計の測定値と全乾法による含水率の関係
（左：設置型、右：携帯型）

表３　検量線を適用した水分計の測定精度（RMSE）一覧

試験体の種類	指標	設置型水分計			携帯型水分計
		A社	B社	C社	HM-10
スギ120	RMSE（%）	0.7	0.5	0.8	0.6
スギ180	RMSE（%）	5.5	7.5	7.3	7.5
	25%以下RMSE（%）	0.9	1.0	0.9	1.1
スギ240	RMSE（%）	2.9	2.9	3.1	2.8
	25%以下RMSE（%）	2.5	1.0	0.9	0.9
	20%以下RMSE（%）	0.7	0.7	0.9	0.9
ヒノキ120	RMSE（%）	0.9	0.9	1.0	0.9

3　報告書の作成

検討委員会での検討事項と試験結果を報告書として取りまとめた。報告書案は第３回検討委員会で確認した。

今後の課題・展開等

1．スギ120で含水率の範囲が狭くなったため、含水率が20～25%の範囲にある材料を確保し、引き続き検証試験を行う必要がある。
2．より簡易な検量線の作成方法を検討し、他の地域でも同様にマイクロ波水分計での測定が可能か検証する必要がある。
3．天然乾燥材をJAS機械等級区分構造用製材に適用するため、含水率管理に関する品質管理手法や仕上げ材の寸法変化を人工乾燥材と比較検証する必要がある。
4．天然乾燥材製造に関するCO_2排出用の調査を実施し、天然乾燥材の製造に関する環境負荷を明らかにする。
5．天然乾燥材の利用実態を調査し、試験による検証が必要な品目・寸法の検討を行う。
6．天然乾燥材がJASの機械等級区分構造用製材として格付けできるようにするために必要な技術的課題の解決に取り組みJASの改正に必要な論点を明らかにする必要がある。

事業

CLT等の室上部における木材現し部材の燃焼拡大抑制手法の開発

● 実施団体 ●

一般社団法人 日本CLT協会
〒103-0025　東京都中央区日本橋茅場町3-9-10 茅場町ブロードスクエア2階

国立研究開発法人 建築研究所
〒305-0802　茨城県茨城県つくば市立原1番地

事業目的

建築基準法では、主に中大規模建築物（特に非住宅）等の居室の壁および天井を防火材料で仕上げることとしている（内装制限）。R2国交告251号など、いくつかの緩和基準が設けられているものの、近年ニーズの高いCLTや木製梁などの室上部の木材現し条件においては、適用できる条件が限定的である（内装制限が適用されない小規模な建築物または小規模に防火区画された居室など）、または、コストや建築上の負担が大きな防火対策が必要となっている（スプリンクラー設備および排煙設備または木質系材料の難燃化・不燃化）。

そこで、コストや建築上の負担を抑えた新たな内装防火対策の検討に資する技術的知見の収集を目的としている。

実施した項目

本事業は検討委員会を設置し、以下の検証および検討を行った。

① CLT等の天井木材現しを対象とした負担の少ない火災拡大抑制設備の検討
② 過度に火災拡大を助長しない木材現し条件の検討

実施体制

CLT等の室上部における木材現し部材の燃焼拡大抑制手法の開発　検討委員会
委員名簿（案）

（順不同、敬称略）

委員長	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
委員	西村　俊彦	株式会社竹中工務店　技術研究所 建設・環境基盤研究部　架構・防耐火グループ
	山口　純一	株式会社大林組　技術研究所都市環境技術研究部
	武田　　怜	株式会社大林組　本社設計本部建築法制部
	水落　秀木	清水建設株式会社　設計本部　木質建築推進部
	井戸　和彦	清水建設株式会社　設計本部　設計技術部
	滝　　悟	前田建設工業株式会社　プロジェクト推進部（設計戦略部）
	関　真理子	住友林業株式会社　筑波研究所 住宅・建築1グループ
	内山　裕三	一般社団法人日本消火装置工業会
行政	石﨑　宣彦	林野庁 木材産業課 木材製品技術室
	上田　萌香	林野庁 木材産業課 木材製品技術室
	高橋　風鈴	林野庁 木材産業課 木材製品技術室
	畑　　裕幸	国土交通省　住宅局　参事官（建築企画担当）付
	藤本　綾香	国土交通省　住宅局　参事官（建築企画担当）付

行　政	大和田　湧	国土交通省　住宅局　参事官（建築企画担当）付
	明田　大吾	消防庁　予防課
	鈴木　恵子	消防庁　消防研究センター　技術研究部
協力委員	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
	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
事務局	平原　章雄	木構造振興株式会社
	野秋　政希	国立研究開発法人　建築研究所
	坂部　芳平	一般社団法人日本CLT協会
	中井　聡	一般社団法人日本CLT協会
	谷口　翼	一般社団法人日本CLT協会
	宿輪　桃花	一般社団法人日本CLT協会

実施した内容

① CLT等の天井木材現しを対象とした負担の少ない火災拡大抑制設備の検討

消防法令で定められている通常のスプリンクラー設備は多くの貯水量や機構が複雑かつ大きなポンプ・配管等が必要となり、コストや建築上の負担が大きい。そこで、水道配管系統を活用し、大型の貯水槽やポンプ等が不要な設備等を対象とし、小水量でも内装材の燃焼を有効に抑制可能な条件を検討する（図1）。

既に消防関係法令にて一定要件の建物に設置するスプリンクラー設備については水道連結型とすることが可能となっており、この水道連結型スプリンクラー設備に用いられる散水ヘッドの既製品を用いた木質内装空間の火災拡大抑制効果を実大規模実験により検証した。

また、建設事業者に対し、水道連結型スプリンクラー等の導入を希望する理由や建物規模等についてヒアリングすると共に、消火装置や消防活動に関する有識者を交えた検討委員会により、現実的な給水配管方式や懸念事項等について議論した。

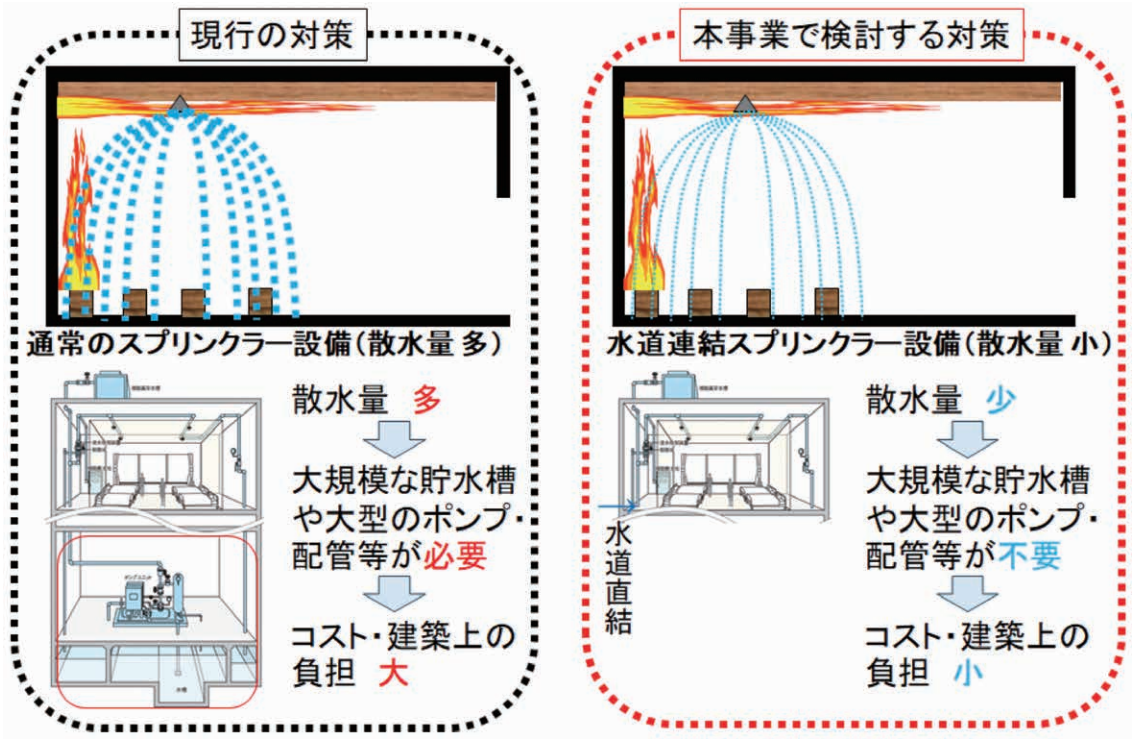


図1　現行の火災拡大抑制対策（左）と本事業で検討する対策の概要（右）

② 過度に火災拡大を助長しない木材現し条件の検討

可燃性の柱や梁にあっては露出されている部分の表面積が壁又は天井の見付面積の1/10以下であれば内装制限の適用から除かれるという運用がなされる場合があるが（JCBA　建築物の防火避難規定の解説より)、通常の梁のサイズや設置条件ではこの条件を満足することが困難な場合が少なくない。その場合、内装制限が要求される室にあっては柱梁を難燃化・不燃化する必要があるが、コストや品質管理等の負担が大きい。

しかし、梁は室内で分散的に配置されるため条件によっては急速な燃え移りが生じない可能性があることを踏まえ、木製梁の燃え拡がり性状に関する技術的知見の収集・整理を行う。

実施した結果

① CLT等の天井木材現しを対象とした負担の少ない火災拡大抑制設備の検討

【実験概要】

実験は国立研究開発法人　建築研究所　実大火災実験棟にて実施した。図２に示す幅3.6m、奥行7.2m、高さ2.4m(概寸)の壁および天井に木製仕上（内装材）を施し、室の隅角部に設置した火源を点火し、その後の火災拡大状況を確認した。スプリンクラー設備有りの条件では燃焼の過程においてスプリンクラー設備を起動させた。

区画や開口部のサイズ等は、消防法で規定される水道連結型スプリンクラーの代替設備であるパッケージ型自動消火設備Ⅱ型の検定試験の一つである火災拡大抑制試験を参考とした。

実験区画の壁および天井は外側から鋼製フレーム、けい酸カルシウム板(0.2TK25mm厚)2枚張りとし、天井にあってはAESファイバーブランケット25mm厚を上張りした。なお、壁にあっては木製内装材を張り替えやすいよう２枚のけい酸カルシウム板の間に亜鉛メッキ鋼板0.27mm厚が設けられている。床は既設のコンクリート面の上に普通石膏ボード12.5mm厚を敷設した。

木製内装材は構造用合板（杉、特類２級、気乾材）24mm厚とした。

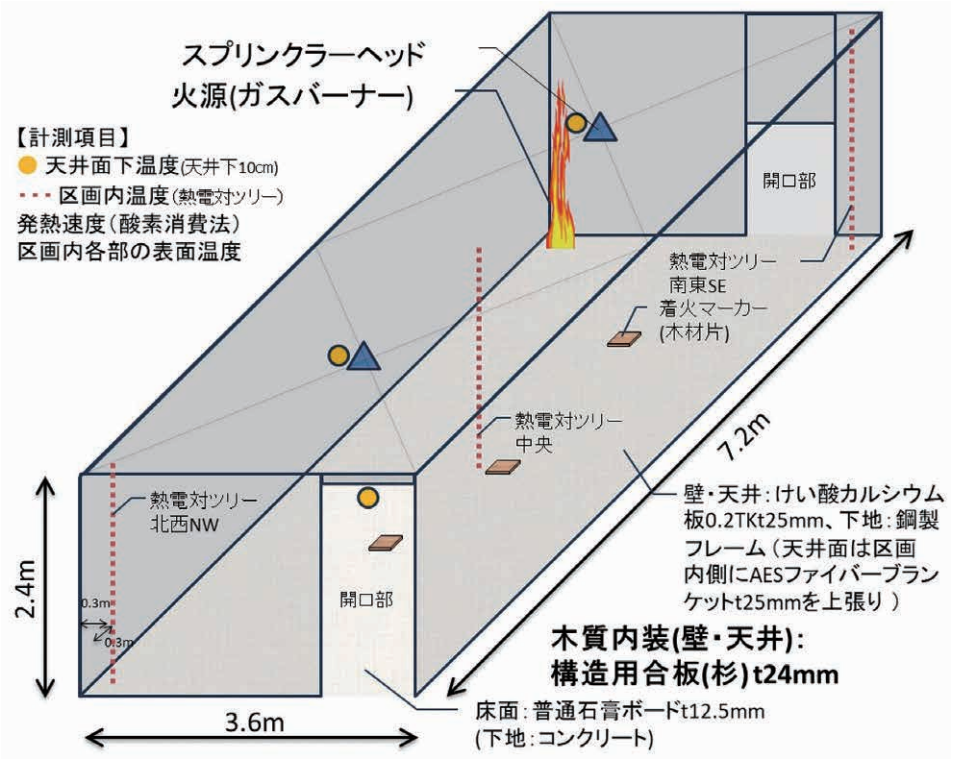


図２　木質内装空間の火災拡大抑制効果検証実験（区画概要）

【実験条件】

本実験では、水道連結型スプリンクラー設備による木製内装空間の火災拡大抑制効果の検証を目的としているが、その効果の比較対象として、天井のみを不燃化し、壁のみを木材仕上げとした条件も併せて実施した。なお、建築基準法においては天井を準不燃材料で仕上げ、壁を木材で仕上げた空間は、壁および天井全面を難燃材料で仕上げることと同等の火災拡大抑制効果があるとみなされている（平成12年建設省告示1439号）。

表1　実験条件

内装材		水道連結型スプリンクラー
壁	天井	
木材	木材	有り
木材	不燃	無し※1
不燃	不燃	無し

※1 フラッシュオーバーの発生後に消火の目的でスプリンクラーを作動させた。

火源は30cmのガスバーナー（燃料：LPG）とした。火源は小さすぎればいつまでも内装の燃焼拡大が生じず、大きすぎればたとえ不燃の内装材であっても早期に火災が急拡大するため、適切な規模とする必要がある。本実験では、既往の研究を参考とし、壁木材・天井不燃・スプリンクラー無しの条件において早期の火災の急拡大が生じない条件として、完全燃焼時の発熱速度（燃焼によって単位時間当たりに発生した発熱量）が実験開始から10分間100kW、後半10分以降300kWとなるよう、マスフローコントローラによって燃料の供給量を自動制御した。

なお、一般的な建築火災では、建築空間内に持ち込まれる家具や什器等から失火することが多く、スプリンクラー設備が作動して室内に水が散布されるとこうした可燃物の燃焼は抑制されると想定されるが、本実験では障害物等により火源となる可燃物に水が供給されなかった状況を想定し、スプリンクラー設備の作動前後によらず火源の供給量を変化させなかった。

計測項目は下記のとおりである。

- 区画内温度：K型シース熱電対（シース外径1.0mm）による。計測位置は図2参照
- 発熱速度（燃焼により単位時間あたりに発生した熱量）：燃焼により生成したガスを集煙フードにて収集し、当該収集ガスの酸素濃度や温度等を計測し、酸素消費法により発熱速度を求めた。
- 木製内装材各部の表面温度：K型ガラス被覆熱電対（素線径0.32mm）による。
- 着火マーカー表面温度：室内の収納物への延焼に対する指標として、床面の各部に小規模な（10㎝）木材片を設置した（図2参照）。本研究ではこれを着火マーカーと称し、着火マーカーの上面中央にK型ガラス被覆熱電対（素線径0.32mm）を設置し、表面温度を計測した。

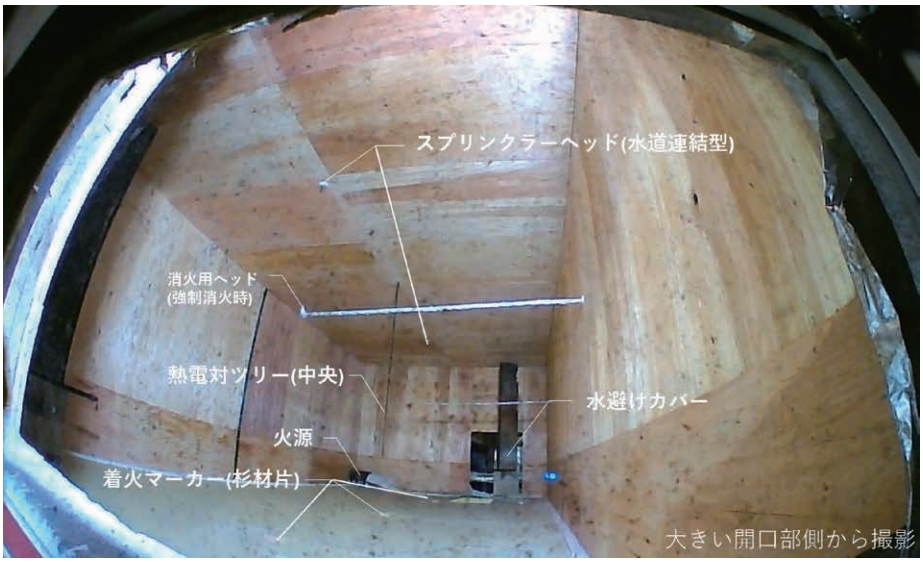


図3　実験区画の内観

【水道連結型スプリンクラー設備の概要】

本実験では消防法令における特定施設水道連結型スプリンクラーヘッド規格を満足する既製品（散水量30L/min、放水圧力0.1MPa時（K30））を使用した。規格上の有効散水範囲はスプリンクラーヘッドの設置位置から水平方向に2.6m以上であり、半径2.6mの円で実験区画平面全体を辛うじて覆うことができるよう、図2に示す2か所にスプリンクラーヘッドを設置した。

当該ヘッドは配管から供給された水を広角に拡散するものであり、燃焼実験に先立ち水の飛散範囲を確認したところ、本実験区画の天井下20～30cm以下の壁面および床全面に水が散布された。

水槽に貯めた水をポンプにより圧送し、配管に設けたフローコントローラにて流量を30L/minに自動制御し、スプリンクラーヘッドへ供給した。

散水の開始時間は既往の研究成果を参考とし、次のように決定した。

- 天井が低くても高くても天井に接炎するまでには作動している。
- 天井が高い方がスプリンクラーヘッドの作動（熱感知）が遅く、スプリンクラー設備作動時の火源の燃焼は大きくなるが、今回の実験ではスプリンクラー設備による火源の燃焼抑制効果は見込んでいない。
- 火災初期に木内装が良く燃えるのは、天井と天井近傍の壁だが、スプリンクラーヘッドは天井から放射状に水を散布するので、天井と天井近傍の壁に与える散水の影響は天井高さに依らないと推測される。

→　以上より、幾分保守的な想定として、天井の木内装が着火した時点を以ってスプリンクラー設備を作動させた。（スプリンクラーヘッドが既に熱感知で発砲していることが前提）

なお、火源から遠方側のスプリンクラーヘッドは、燃焼領域が区画奥半分（当該スプリンクラーヘッドの警戒区域）に達した時点、ヘッドが熱感知で作動した時点のいずれか遅い方を想定していたが、本実験では燃焼が当該領域に及ばなかったため、作動させなかった。

【実験結果】

＜観察状況＞

図4は壁木材・天井木材・水道連結型スプリンクラー設備有りにおける燃焼の観察状況である。点火後40秒で火源に近いスプリンクラーヘッドの溶融金属片が熱感知により外れた。点火後42秒には火源直上の天井木製内装材が着火し、その約10秒後に水道連結型スプリンクラー設備を起動し、区画内に水を散布した。水の散布直後から内装材表面の炎は消失し、火源のみが燃焼している状態となった。点火10分経過後、火源の出力を100kWから300kWに増加させても有炎燃焼は火源近傍に集中しており、顕著な燃焼拡大は生じなかった。ただし、天井および壁上部の炭化領域は徐々に拡大し、最終的に火源側の区画隅角部から約2.2～2.7mの範囲にまで達した（図5参照）。床面のせっこうボードおよび着火マーカー（木材片）は実験終了まで焦げなかった。点火後10分8秒で火源から遠方のスプリンクラーヘッドがスプリンクラーヘッドの溶融金属片が熱感知により外れた。ただし、火炎領域が区画の開口側半分（火源から遠方の水道連結型スプリンクラー設備の警戒区域）にまで達しなかったため、当該ヘッドへの水の供給は行わなかった。

一方、図7は壁木材・天井不燃・水道連結型スプリンクラー設備無しにおける燃焼の観察状況である（図6は実験前の区画の内観）。点火後50秒程度で火源直上の天井近傍の壁面の木製内装材が着火し、天井面下の壁面で火炎伝播が生じた。点火後1分半程度経過すると、燃焼が緩慢となった。これは、木材表面に形成された炭化層が未炭化部への熱の流入を抑制したためと考えられる。

火源の出力を100kWから300kWに増加させると、再び壁面上部での燃え拡がりが生じ、区画上部に濃煙が立ち込めた。点火後11分程度には煙層の下から大きな火炎が確認されると、火炎が室上部を埋め尽くし、開口部から炎を噴き出してフラッシュオーバーに至った。フラッシュオーバーの発生直後に水道連結型スプリンクラーを起動させたところ、室内に水蒸気が立ち込め、区画内は早期に消炎に至った。

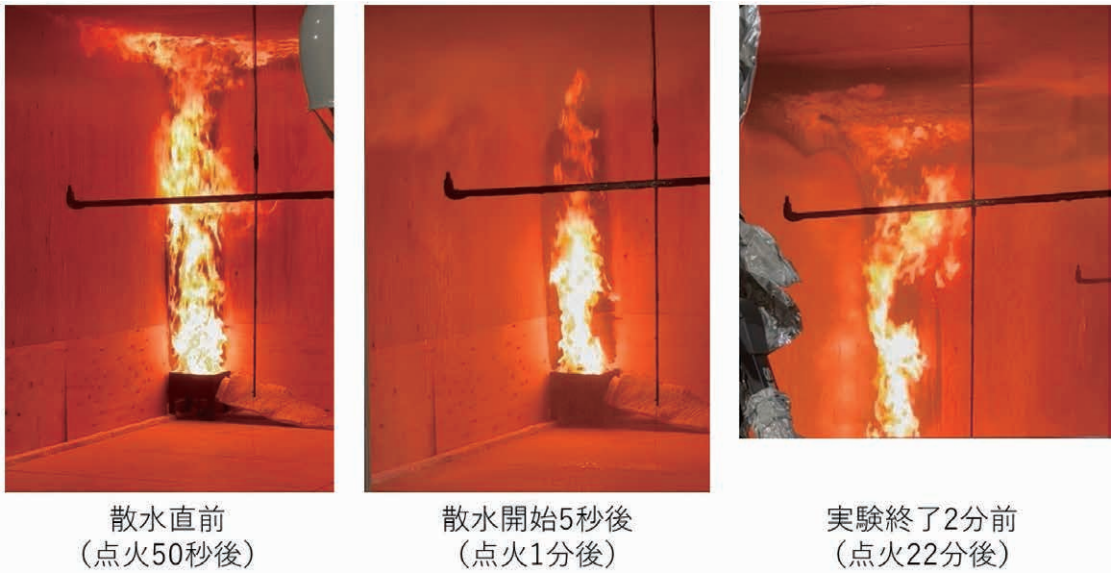


図４　壁木材・天井木材・水道連結型スプリンクラー設備有りの燃焼の経過



図５　壁木材・天井木材・水道連結型スプリンクラー設備有りの実験後の様子



図６　壁木材・天井不燃・水道連結型スプリンクラー設備無しの内観

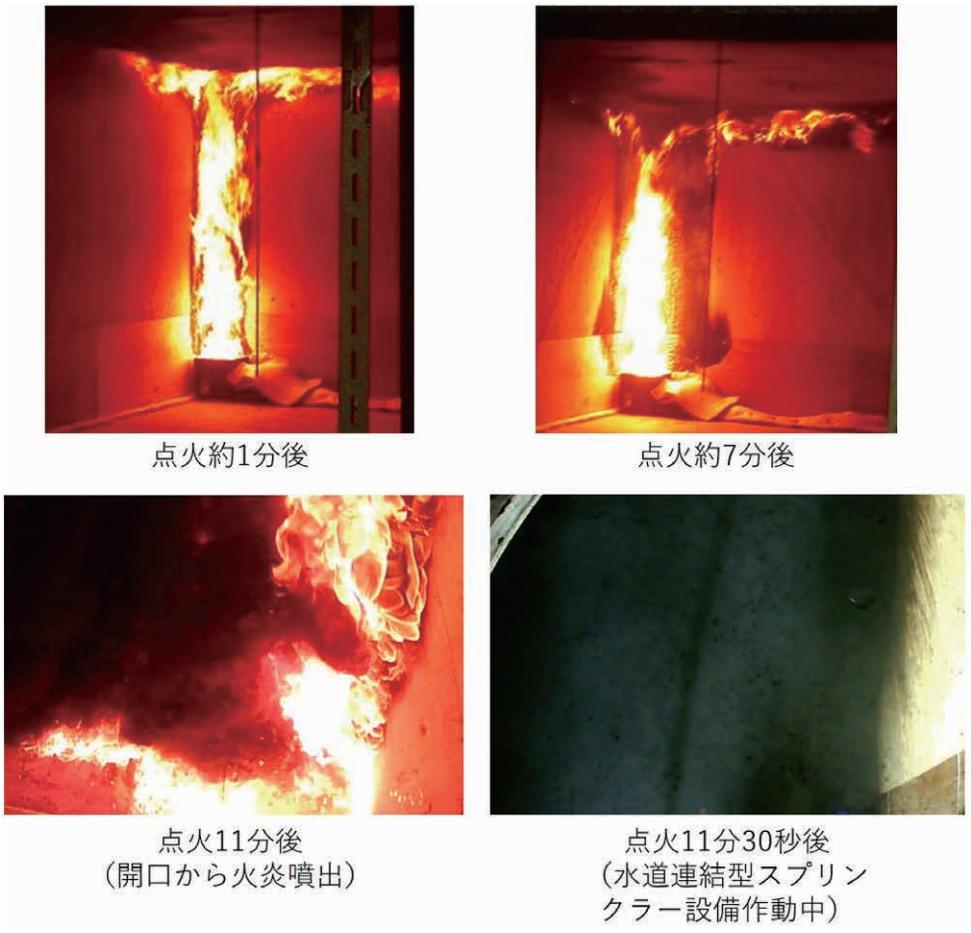


図７　壁木材・天井不燃・水道連結型スプリンクラー設備無しの燃焼の経過

＜発熱速度・区画内温度・着火マーカー表面温度＞

図８、図９、図１０はそれぞれ壁木材・天井木材・水道連結型スプリンクラー設備有りおよび壁木材・天井不燃・水道連結型スプリンクラー設備無しの条件における発熱速度、開口上端近傍温度（室

上部に形成された煙の代表的な温度とみなした)、着火マーカー表面温度の経時変化である。なお、壁および天井に木製内装材を設置せず、不燃材現しとした条件の結果も併記している。

各図より、壁木材・天井木材・水道連結型スプリンクラー設備有りの条件では、火源が100kWの間（点火後10分間）は発熱速度が火源の出力とほぼ同程度で推移しており、内装材の発熱が生じていなかったと推測される。この間、開口上端近傍温度および着火マーカー表面温度はそれぞれ60～70℃、15℃程度で推移しており、フラッシュオーバーや木材の熱分解が生じる温度より遥かに低い温度で推移した。点火後10分以降、火源が300kWとなると、発熱速度は点火11分頃に450kW程度で最大値を迎えた後、次第に減少する傾向を示した。開口上端近傍温度は200℃程度、着火マーカー表面温度は30℃程度で推移しており、それぞれフラッシュオーバーや木材の熱分解が生じる温度には至らなかった。

一方、壁木材･天井不燃･水道連結型スプリンクラー設備無しの条件では、火源が100kWの間（点火後10分間）は発熱速度が火源の出力から100～200kW程度高いで推移しており、火源近傍の木製内装材の発熱が生じていたと推測される。この間、開口上端近傍温度は200～300℃で推移し、着火マーカー表面温度は70℃程度まで時間と共に徐々に上昇した。点火後10分以降、火源が300kWとなると、発熱速度、開口上端近傍温度、着火マーカー表面温度は急激に上昇し、点火11分時点で開口上端近傍温度はフラッシュオーバー発生の目安である500～600℃、着火マーカー表面温度は木材の熱分解領域である200～300℃に達した。

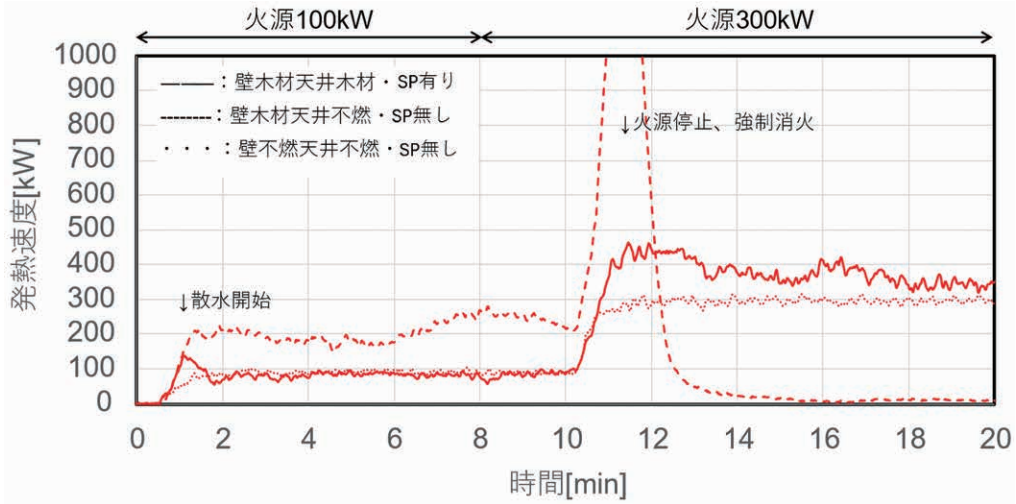


図8　発熱速度の時間推移

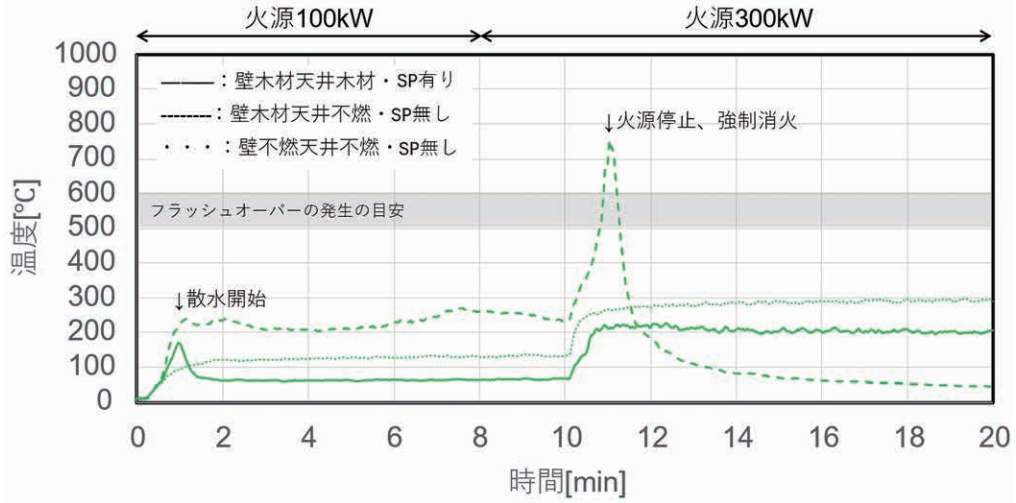


図9　開口上端近傍温度の時間推移

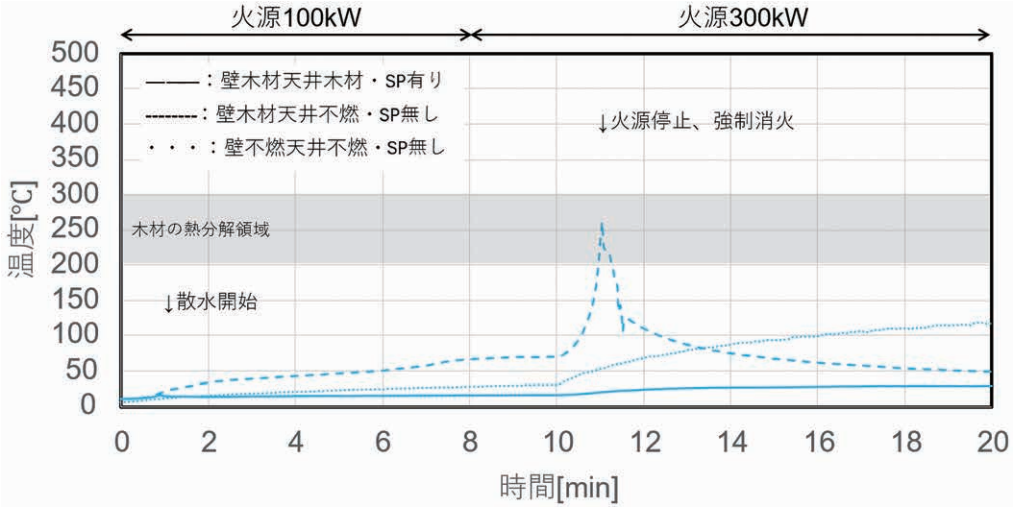


図 10　着火マーカー表面温度の時間推移

【実験結果のまとめ】

水道連結型スプリンクラー設備による木製内装空間の火災拡大抑制効果の検証実験を実施した。また、その効果の比較対象として、天井のみを不燃化し、壁のみを木材仕上げとした条件（難燃材料仕上げ相当）も併せて実施した。その結果、以下の知見を得た。

- 火源から遠い方のスプリンクラーヘッドへの水の供給を行わなくとも、有炎燃焼は火源近傍に留まり、点火から 24 分間加熱を継続しても内装材の最終的な熱分解領域は火源から 2.2 ～ 2.7m 程度のみであった。収納物を想定した着火マーカー（木材片）も焦げが生じなかった。
- 比較対象とした壁木材・天井不燃・スプリンクラー設備無しの条件では、火源が 300kW となると早々にフラッシュオーバーが発生した。フラッシュオーバー発生後に SP を作動させると早期に消火された。

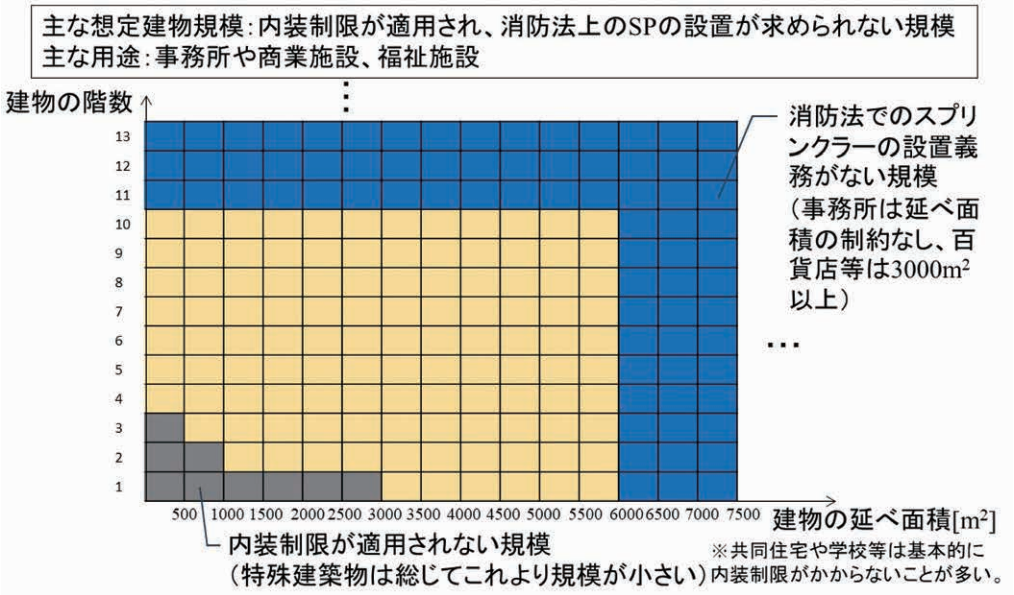


図 11　水道連結型スプリンクラー設備の導入が見込まれる建物規模の目安

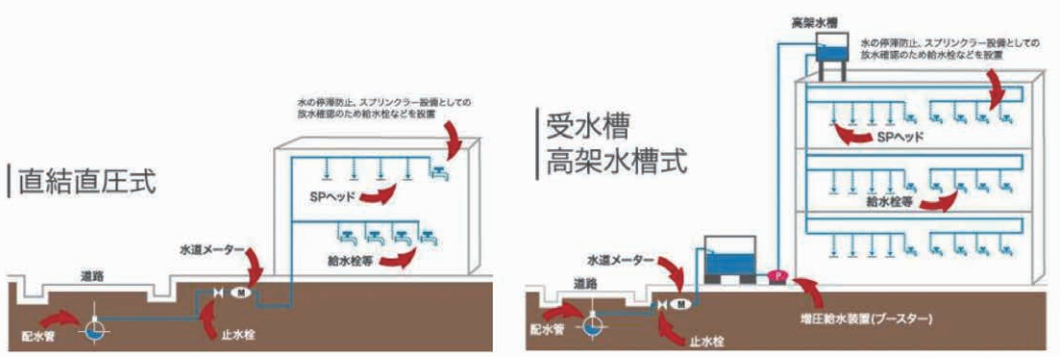


図 12　水道連結型スプリンクラー設備の水の供給方式の例

【社会実装に向けたニーズの把握と実務上・制度上の配慮事項等の整理】

大手建設事業者、木材産業関係者、防災設備メーカー、総務省消防庁、農林水産省林野庁、国土交通省住宅局から構成された構成された委員会を通じて、水道連結型スプリンクラー設備を社会実装するにあたり、ニーズの把握や実務上・制度上の課題の整理を整理した。概要は下記のとおりである。

＜水道連結型スプリンクラー設備の導入を期待する建物仕様のニーズ＞

現行の建築基準法では、通常のスプリンクラー設備および排煙設備が設けられている建築物の部分は内装制限の適用が除外される。一方、消防法では一定規模・階数以上の建築物にあっては、通常のスプリンクラー設備および排煙設備が義務付けられることから、このような大規模・高層建築物では水道連結型スプリンクラー設備を導入するニーズは少ないと思われる。また、ごく小規模・低層の建築物や住宅・学校にあっては建築基準法の内装制限の適用を受けないケースが多いことから、これらの用途を除いた中層・中規模の建築物が水道連結型スプリンクラー設備導入の主な対象となりうる。図 11 は水道連結型スプリンクラー設備導入が期待される建物規模の目安を示す。

＜水道連結型スプリンクラー設備の水の供給方式の配慮事項＞

水道連結型スプリンクラー設備の水の供給方式にはいくつもの方式がある（図 12 は一例）。水の供給圧については、水道本管から建築物への引き込み管に供給される圧力をそのまま利用する『直圧型』、ポンプを利用して水圧を増加する『増圧型』の２種類がある。また、水の供給側から末端の散水ヘッドまでの系統には、直接配管を繋ぐ『直結型』と受水槽や高架水槽等を設ける『受水槽・高架水槽型』の２仕様がある。それぞれの方式の組み合わせ毎に下記のような特徴があることに配慮する必要がある。

(a) 直結直圧方式

〇電源が喪失しても水を供給させ続けることが可能

×地域により水道本管の水圧等が異なる。時間帯でも水圧が変わりうる。

×通常の配管方式では、末端で 30L/min（0.05 or 1.0 MPa）を直圧で確保できるのは２～３階程度である。

×断水時に水を供給できない。

(b) ポンプによる増圧方式

〇適切に設備を設計することで建物階数・規模によらず水を供給可能

×電源喪失時や故障時には水を供給できない。

×水道本管と直結する場合、水道本管の水圧が低い状況では、建物周辺の水圧が低下

(c) 受水槽が有る方式

〇断水や水道本管の圧力が低くても安定して水を供給可能　（ポンプは必須）

×費用負担の増加や敷地の確保が必要

×飲料水用の受水槽と併用するには衛生上の配慮が必要

(d) 高架水槽が有る方式

〇電源を喪失しても高架水槽からの重力により水を供給可能

〇断水や水道本管が低くても安定して水を供給可能

×費用負担の増加や敷地の確保が必要

×飲料水用の受水槽と併用するには衛生上の配慮が必要

＜水道連結型スプリンクラーを導入するにあたっての制度上の課題＞

上記の委員会における議論より、水道連結型スプリンクラーを導入するにあたっての下記のような制度上の課題があることが示された。

- 防火上の観点だけでなく、上述の衛生上の配慮や地域の水道インフラ能力等にも配慮する必要があるため、水道局との折衝が必要となる可能性がある。
- 設置する水道連結型スプリンクラーが消防法上義務ではない場合、設計・施工の妥当性や維持管理の確認体勢をどこが所掌するか？
- 非常時（断水時、停電時、地震時等）に対してどこまでの配慮が必要か？

② 過度に火災拡大を助長しない木材現し条件の検討

木製梁の燃え拡がり性状を把握するため、既往の研究事例の収集・整理を行った。その一例を図 13 に示す。同じ火災区画・火源を用いても梁を木材現しとした条件と天井を木材現しとした条件で燃え拡がり性状が異なったという報告事例があったほか、実大規模の教室（梁の木材現し）を再現した条件にあっては 200～300℃程度の煙に長時間曝されたのち、ある時点から木製の梁が急激に燃え拡がりフラッシュオーバーに至った実験事例が存在した。

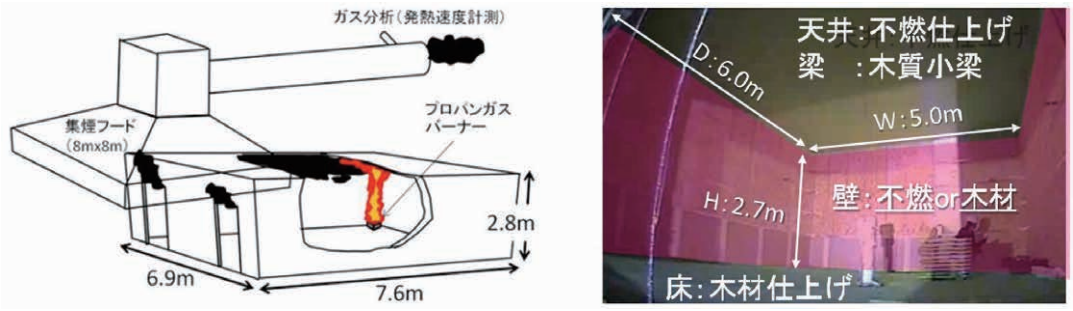


図 13　梁を木材現しとした区画火災実験の例

今後の課題・展開等

本事業では、新たな内装防火対策の火災拡大抑制効果に関する技術的知見が得たと共に、社会実装に当たっての配慮事項等についても整理した。得られた知見と積み残された課題を下記に示す。

① CLT 等の天井木材現しを対象とした負担の少ない火災拡大抑制設備の検討

水道連結型スプリンクラー設備による木製内装空間の火災拡大抑制効果の検証実験を実施した結果、有炎燃焼は火源近傍に留まり、収納物への延焼も有効に防ぐことができた。また、フラッシュオーバー発生後に水道連結型スプリンクラー設備を作動させると早期に消火された。今回使ったスプリンクラーヘッドは放水圧力を 0.1MPa とする仕様であり、壁面のほぼ全面に水が供給される条件であったが放水圧力 0.05MPa でも所定の散水量が確保できるヘッドでは散水範囲が限定的となる可能性があるため今後の検討の余地がある。

また、水道連結型スプリンクラー設備の導入が期待される建物要件や社会実装に当たっての配慮事項等について整理した。前述の課題については行政関係者も含め今後の議論の余地がある。

② 過度に火災拡大を助長しない木材現し条件の検討

木製梁の燃え拡がり性状を把握するため、既往の研究事例の収集・整理を行った。今後は更なる知見を収集すると共に、火災の急拡大に至る要因等を分析し、過度に火災拡大を助長しない木材現し条件を提案・検証する必要がある。

上記の課題解決に向けた検討を続けることにより、本事業で得られた知見等を建築基準法の技術基準の見直しや避難安全検証のための技術資料等として活用することにより、CLTや木製梁等を用いた建築物のコスト競争力および建築生産性を向上させ、木質構造部材や木質内装材の消費拡大を後押しすることが期待される。

事業

木質部材から揮発する物質の調査、評価事業

● 実施団体 ●

公益財団法人 日本住宅・木材技術センター

〒136-0075　東京都江東区新砂三丁目４番２号

事業目的

超高齢化社会を迎えた我が国における認知症患者は200万人を超え、介護、経済的負担といった社会問題が起きている。認知症患者において尊厳ある人生の終焉をいかに迎えるかは極めて重要な課題であり、認知症そのものの進行を遅らせ、周辺症状をコントロールできる療法の確立が望まれている。

森林の樹木から発散される森林揮発性物質には、これまでの研究から認知機能改善効果が期待されると考えられるものがあるのに対して、木材から発生する森林揮発性物質の持続的な暴露により認知機能が改善したという報告は見られていない。

このため、我が国で最も身近な樹種であるとともに、花粉症対策として需要の拡大が急務となっているスギの無垢板材を対象として、揮発性物質の成分分析及び老人福祉施設入居者への効能について、調査及び評価を行う。

自宅で在宅介護を受ける高齢者や高齢者施設への入居者は、今後ますます増えていくものと考えられるので、スギの無垢板材から揮発するテルペン類の効能を明らかにして、認知症予防等高齢者の健康に良い影響を及ぼすスギの新需要を開拓し、木材製品の消費拡大に資することを本事業の目的としている。

実施した項目

本事業では、以下の研究を行う。

ア　スギ板材から揮発するテルペン類の分析
イ　高齢者施設の居室に設置したスギ板材の効能の調査
ウ　アイに関連した調査

実施体制

本事業の目的達成のため、学識経験者、医療関係者等から構成する委員会を発足させ、事業を実施した。

（敬称略　順不同）

委員長	住友　和弘	東北医科薬科大学若林病院　総合診療科　病院教授 （特定非営利活動法人日本森林保健学会副理事長）
委　員	西野　憲史	医療法人ふらて会　西野病院　理事長 （(一社)日本認知症予防学会副理事長）
	大津　　唯	国立大学法人埼玉大学　大学院人文社会科学研究科　准教授
	高田　克彦	公立大学法人秋田県立大学　木材高度加工研究所　所長・教授
	澁谷　　栄	公立大学法人秋田県立大学　木材高度加工研究所　准教授
オブザーバー	飯島　義雄	東京木材問屋協同組合　木材研究委員会委員長
	平原　章雄	木構造振興株式会社　常務取締役
事務局	（公財）日本住宅・木材技術センター 東北医科薬科大学	
行政・協力	林野庁林政部木材産業課、木材利用課	

実施した内容

1　検討委員会の設置・運営

高齢者医療、林産化学等に知見を有する有識者や木材･建築関連団体等から成る検討委員会を設置し、各種調査、評価、取りまとめ等について検討を行った。

2　スギ板材から揮発するテルペン類の効能調査

医療機関、関係者の協力を得て以下を実施した。

ア　スギ板材から揮発するテルペン類の分析

（ア）被験者に対する視覚効果や触覚効果を排除するため、木目や手触りが類似したスギ板材（高齢級秋田スギ赤身上小節）及びスギ柄材（スギ上小節柄オレフィンシートを合板の基材に貼り付けたもの）を作成した。

（イ）スギ板材及びスギ柄材から揮発するテルペン類を把握するため、GC/MS 分析を行った。

（ウ）被験者の居室における揮発状況を把握するため、

① スギ板材及びスギ柄材から直接採取した空気

② 高齢者施設の居室ベッド頭部に、スギ板材またはスギ柄材（どちらも幅 60cm 長さ 90cm 厚さ 1cm）を設置して、10 週間後に頭部周辺から採取した居室空気を GC/MS 分析し、各空気中のテルペン類の分析を行った。



スギ板材
（20cm × 90cm × 1cm × 3 枚）



居室ベッド頭部周辺設置例



スギ柄材
（30cm × 90cm × 1cm × 2 枚）



居室ベッド頭部周辺設置例

イ　高齢者施設の居室に設置したスギ板材の効能の調査

（ア）ケアハウス、グループホーム及び介護老人保健施設の３施設において、

① スギ板材を設置する居室

② スギ柄材を設置する居室

を設定し、設置前及び設置 10 週間後の被験者の認知機能、健康状態、施設職員の介護負担尺度等について調査を行った。

（イ）設置前後、スギ板材とスギ柄材等の間で、調査結果に有意な差がみられるか、統計分析を行った。

ウ　アイに関連した調査

（ア）テルペン類の生理作用に関する文献調査を行った。

（イ）健康な被験者の寝室にスギ板材を設置し、血液及び尿へのテルペン類の浸透状況について調査を行った。

実施した結果

1　揮発するテルペン類の分析

δカジネン、βカリオフェレン等のセスキテルペン類が検出された。

2　スギ板材の効能の調査

３施設の関係者からは、睡眠の質の向上や日中の活動性の向上等が報告された。また、ノンパラメトリック手法（U検定）による統計的分析の結果、認知機能や精神的健康（気分・活力）に対して、スギ板材の設置による改善効果をもたらすことが示唆された。さらに、血液や尿にセスキテルペン類が濃縮されることが確認された。

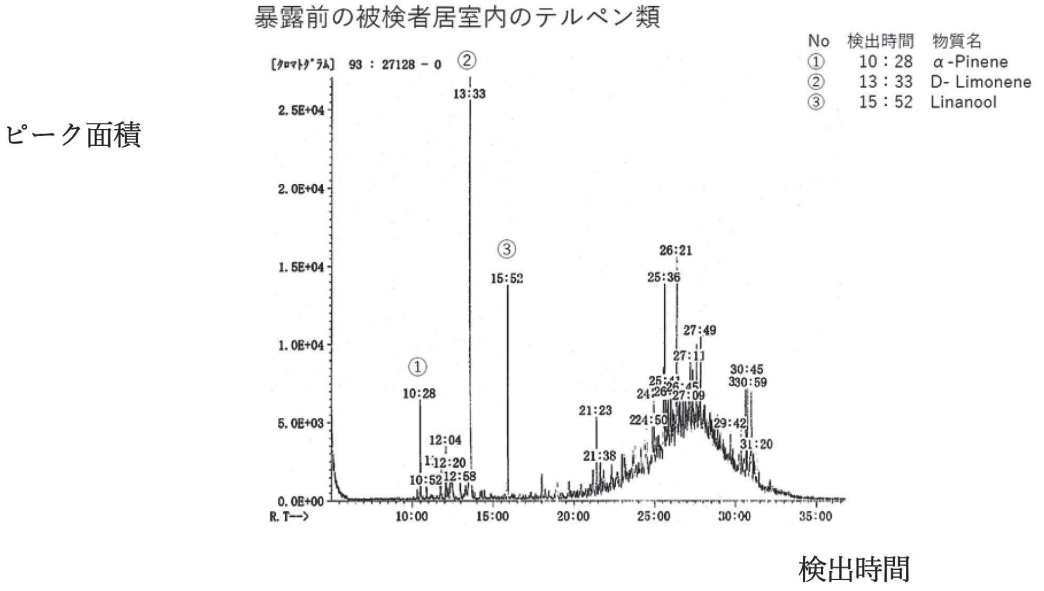
3　スギ板材の活用可能性

高齢者に対し、居室にスギ板を設置することは良い効果があり、内装工事によらない低コスト・簡便な設置でも有効と考えられるので、新たな分野の需要が期待できる。

○スギ板材の設置前と設置後のテルペン類の検出状況

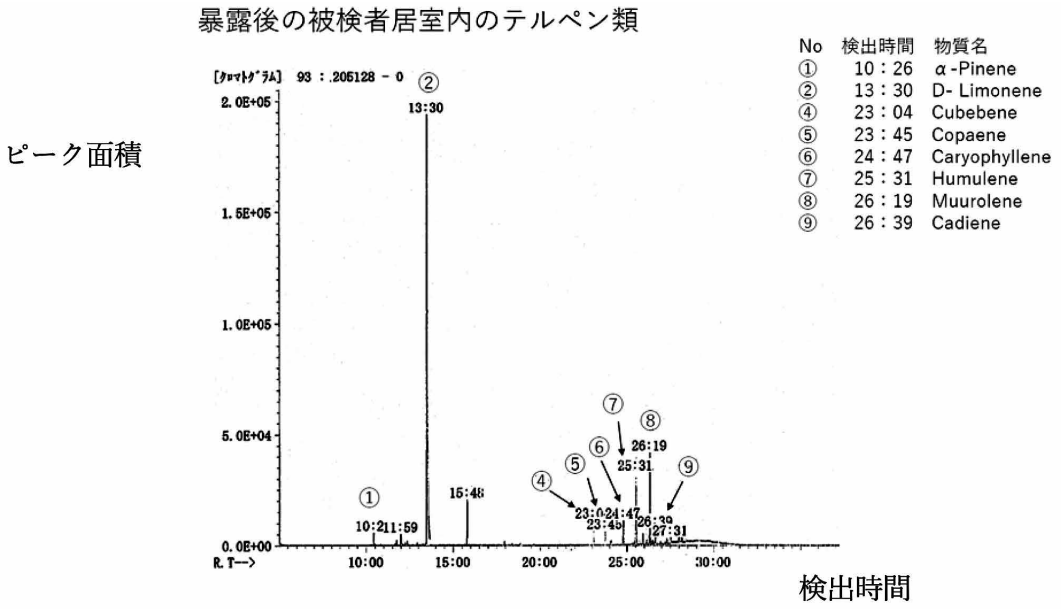
（注：代表例であり、全データの平均ではない）

（グラフ１　設置前）



被検者居室内の空気の質量分析を行った結果を示す。縦軸はピーク面積を表し、横軸は検出時間を示す。α Pinene、D-Limonene などのモノテルペン類は家屋の建築資材、家具などから放出されるもの以外に芳香剤、洗剤などとして広く使用されており環境中に良く検出される。今回も両者のピークをはっきり認めていた。ただ、今回測定をおこなった時期は、被検者の居室横にキンモクセイが咲いており居室内に花の香りが漂っていた。そのためキンモクセイの花由来と思われるLinanoolが検出された。このピークは、10 週間後には検出されていない。注目すべきはセキステルペン類は検出されていないことである。

（グラフ２　設置後）



スギ板材を設置 10 週間後の解析結果を示す。モノテルペン類では D- Limonene が引き続き多く検出されている。注目すべきは設置前には検出されていないセキステルペン類がはっきりと検出されていることである。スギ柄材を設置した被検者居室からはセキステルペン類は検出されていない。スギ板材設置 10 週間経過した後でも居室空気内にセキステルペン類が存在することが明らかになった。

居室内に設置したスギ板材は 20㎝× 90㎝の板３枚であった。今回の分析では、空気中のモノテルペン類、セキステルペン類の分析を行った。過去の文献では、空気中のテルペン類が血液中に濃縮されると報告されている。おそらく、この居室で過ごされている被検者の血中に空気中の何倍ものテルペン類が存在し生理的効果に寄与していると推測される。今回検出された化合物の文献的効能を下記に示す。

テルペン類の生理作用：

モノテルペン類

α -Pinene：　自律神経調節作用、血圧降下作用、認知機能改善作用

D- Limonene：　自律神経調節作用、免疫機能改善作用、認知機能改善作用

セキステルペン類

β -Caryophyllene：抗炎症、鎮痛、免疫調節
CB2 受容体の機能的リガンド（アゴニスト）として位置づけられる

α -Humulene：　抗炎症（細胞・動物で炎症反応を抑制）

α -Copaene：　抗菌作用（食中毒菌など）

δ -Cadinene：　抗菌作用

Cedrene（α / β）：抗菌・抗炎症作用

Muurolene（多くはγ-Muurolene）： 抗菌・抗炎症作用
Cubebene（α-Cubebene等）：生理作用は情報が少ない。α-iso-cubebeneなど“関連異性体”で抗炎症作用あり。

今後の課題・展開等

今回行った調査及び評価を今後も継続し、時間の更なる経過に伴うテルペン類の濃度や被験者のデータの推移を把握するとともに、様々な関連試験も行うことにより、秋田スギ板材の効果について一層正確な知見を得ることが必要と考えられる。

また、高齢者施設の関係者や認知症予防に取り組んでいる医療関係者に対して、本成果を幅広く普及することにより、スギ板材による非薬物療法に対する認識を広げていくことが重要と考えられる。

令和6年度　木材製品の消費拡大対策のうち
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８年３月発行
編集　木構造振興株式会社