



現しで使われたスギ大径材

- ◇スギ大径材から採材した上下心去り平角と、その残部から得られるスギ桁目板 CLT パネルを活用した木造住宅の2階屋根を室内から見上げて撮影した写真です。
- ◇上下心去り平角を使用した垂木や母屋、スギ桁目板 CLT パネルを使用した野地板は現し仕上げとされ、その多くの面積を占める桁目面には整然と年輪が並んでいます。

目次

巻頭言	気候変動と大径材利用	2
活動報告	森林林業フォーラム 2023 を開催	3
試験研究成果報告		
	大径材の新たな利用技術の開発ー構造材や造作材に利用可能なスギ桁目板 CLT パネルー	4
	TAPOS [®] (テイパス) が有利となる木造軸組工法の設計条件とは?	7

巻頭言

気候変動と大径材利用

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
所長 山瀬 敬太郎

気候変動は、世界各地での自然災害の多発や食料生産への打撃、生態系への影響をもたらし、おびただしい数の人々が影響をうけることから、緊急に対策を講ずるべき重要な課題となっています。地球規模での対策を抜本的に見直さなければ、気候変動はますます悪化し、2015年にパリ協定で示された1.5°C目標はおろか、2°Cを超える可能性も高いと言われています。

気候変動の対策には、温室効果ガスの排出量を削減する「緩和」があります。『木材情報(2024年7月号)』に掲載された木材のカーボンニュートラルに関するレビューによると、木材はこれまで排出量を全体としてゼロにすると考えられてきました。それは、木材から最終的に排出される炭素は、伐採前の森林が過去に大気中から吸収したものであり、あるいは伐採後の再植林により将来の森林が吸収するものであるため、大気中のCO₂濃度はネットゼロ(正味ゼロ)で影響がないとする考え方です。この考え方に基づき、これまでは木材由来の炭素排出を考慮しない議論が多く見受けられました。

しかし、木材の「マテリアル利用」は、長期間炭素を貯蔵し続け大気への炭素排出の時期を遅らせる一方、「エネルギー利用」は、炭素排出によって短期間に大気中のCO₂濃度を増加させる可能性があります。すなわち、時間を考慮すると、木材由来の炭素は長期にわたって地球上の炭素循環に影響を及ぼすと考えられます。そのため現在は、時間経過に伴う木材の炭素収支を定量化し、気候変動の緩和に向けて、どのように「適切に木材利用」していくかが議論されるようになっていきます。

世界的な木材利用の動向と炭素貯蔵の将来を予測した最近の論文では、炭素貯蔵のためには、木材のエネルギー利用ではなくマテリアル利用を優先させることが重要であり、温室効果ガス削減に貢献する適切な木材利用を行うことが必要であると述べられています。

ヨーロッパでは、木材をいきなり燃やすという使い方に疑問を持つ人々が増えており、一部では薪ストーブの使用を止める動きも出ています。木材の最終的な廃棄の方法も含めて、環境に負荷を与えない適切な木材利用が模索されはじめています。

日本では、人工林から生産される丸太の大径化が進んでいます。大径材はその用途が少ないために、木材のマテリアル利用ではなく、エネルギーや紙、パルプの利用に回っている現状があります。そこで当センターでは、大径材の用途拡大に繋がる加工・利用技術の開発を行っています。最近の研究成果では、製材時の歩留まりを向上させるため、平角を採材した残部から得られる柾目板を使った新たな建築材料を、協力機関と連携して製造しました。こうした木材利用の技術は、長期間炭素を貯蔵することが可能であることから、大気への炭素排出の時期を遅らせることができます。

また、別の研究成果では、気候変動による極端な異常気象に伴い、大径化は風倒リスクを高めていることを明らかにしています。当センターでは、大径木を適切に伐採し、大径材を適切に利用する技術を社会実装することで、パリ協定の目標に少しでも近づける対策を、ここ兵庫県から発信していきます。

活動報告

森林林業フォーラム 2023 を開催

1 はじめに

当センターでは、「ひょうご農林水産ビジョン 2030」のめざす姿の実現に向け、スマート化による新しい森林林業の実現、木材利用の拡大と資源循環型林業の推進、そして豊かな森づくりの推進に向けた試験研究に取り組んでいます。

また兵庫県では、SDGs（2015年9月の国連サミットで採択された持続可能な開発目標）に取り組む機運を醸成するため、県だけでなく、市町や民間企業・団体等にも参画を呼びかけて「ひょうごSDGsWeek（10月23～29日）」を開催しました。

この「ひょうごSDGsWeek」期間中において、本県の林務・治山行政におけるSDGsへの取組や、当センターの試験研究とSDGsとの関わり等について広く知っていただき、今後の森林林業および木材利用への取組を共に推進していくことを目的に、「森林林業フォーラム 2023」を開催しました。

2 フォーラムの概要

日時：令和5年10月26日（木）

場所：アクリエひめじ

（姫路市文化コンベンションセンター）

参加者：79名

3 基調講演と話題提供等

このフォーラムでは、ひょうご持続可能地域づくり機構代表理事の畑中直樹氏による「持続可能な地域づくりとSDGsーサステイナビリティは森からー」と題した基調講演を始め、林務課祖父江副課長より「兵庫県の森林林業行政におけるSDGsへの取組」、当センターの研究者から「少花粉スギ・ヒノキ(中



「森林林業フォーラム 2023」の開催状況

川研究者)、「木材活用(浅田主任研究者)」、「多様な森づくり(伊東主任研究者)」の試験研究について、SDGsとの関わりにも触れながら発表しました。

最後は当センター山瀬森林活用部長が「持続可能な社会の実現に向けた当センターのチャレンジ」として総括し、盛況のなか閉会しました。

4 まとめ

今回、一般企業、大学、ボランティア団体、行政関係者等多くの方々に参加いただいたことからSDGsへの関心の高さがうかがえ、当センターが取り組んでいる試験研究がどのようにSDGsと関わりを持っているのかを理解していただいたと感じました。

今後も引き続き、多くの方々への情報発信に努めていきたいと思っております。

ご参加下さいました皆様、誠に有難うございました。

（森林林業技術センター 林業専門技術員
志水 徳人）

試験研究成果報告

大径材の新たな利用技術の開発

ー 構造材や造作材に利用可能なスギ柾目板 CLT パネル ー

1 はじめに

県内人工林から生産される丸太の大径化が進む一方、その用途が少なく取引価格が低迷していることから、大径材の価値向上に繋がる新たな加工技術の開発が求められています。

従来、梁や桁などの横架材に利用される平角は、髓（丸太の中心）を含む製品木取りが行われてきましたが、当センターでは、スギ大径材の新たな木取りとして、丸太の半径方向を梁せいとす平角を髓の上下から2本採取する二丁取り心去り平角（図1の青枠部、以下「上下心去り平角」という。）について、令和3年度に曲げ性能や材面の品質を検討した結果、木表面を下面とする「見せる梁」への利用に適していることを確認しました¹⁾。

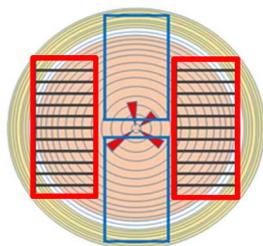


図1 上下心去り平角と柾目板(木口面)

しかし、大径材を有効に活用するためには製材歩留りの向上を図る必要があります。

そこで、上下心去り平角を採材した残部から柾目板を作製し（図1の赤枠部、以下「ラミナ」という）、柾目板の持つ年輪が整然と美しく並んでいるという特徴を活かした建築材料「スギ柾目板 CLT パネル」（図2）を開発しましたので、その結果について報告します。

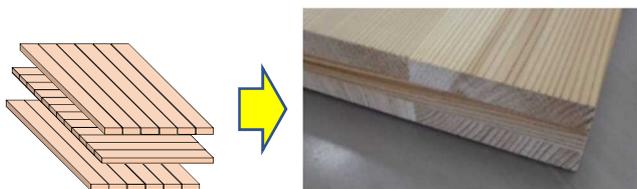


図2 柾目板(ラミナ)を幅方向で並べて板状にし、それぞれ直交するように接着したパネル

2 検討会の開催

スギ大径材の価値向上に繋がる製品として開発するには、建築物の部材として幅広く利用できる品質性能で、かつ施工現場で使いやすい設計強度の明らかなものとする必要があります。

そこで、令和3年度から建築関係者にも協力機関として参画いただき検討会（表1）を行うことで、製品仕様や建築分野で普及するための各種試験や制度等への対応について協議を重ねました。

そして、公共建築物での使用を想定した、直交集成板の日本農林規格（以下、「CLT JAS」という。）に適合する3層の CLT パネル（サイズ：幅 910(1,000)mm×長さ 1,820(2,000)mm×厚さ 36 mm）として開発することとしました。

表1 検討会構成員

木材加工事業者（(株) しそうの森の木）

木造建築にかかる学術教育機関

（兵庫県立大学・明石工業高等専門学校）

木の住まいづくりに係る NPO 法人 (Wood AC)

木材試験研究機関（森林林業技術センター）

3 製品仕様の確立

当センターでは、CLT JAS の基準に適合するパネル仕様を検討するため、協力機関で試作された製品について CLT JAS に規定する5つの品質試験を実施し、基準値への適合状況について確認しました。

①製品（パネル）の曲げ試験は、製品の強度を確認するため、万能強度試験機を用いて3等分点4点荷重方式で、一定速度で試験体が破壊するまで荷重を加えました（写真1）。試験結果から曲げヤング係数及び曲げ強さを算出しました。



写真1 製品の曲げ試験

②ブロックせん断試験は、接着性能を確認するため、製品から椅子型の試験体を作製し、万能強度試験機とせん断試験用治具を用いて、一定速度で試験体の直交接着層を破断させ（写真2）、破断面を目視で確認して木部破断率を求めました。



写真2 ブロックせん断試験

③減圧加圧剥離試験は、接着耐久性を確認するため、試験片を室温の水中に浸せきし、真空加圧装置で減圧を5分間、さらに加圧を1時間行う処理を2サイクル繰り返した

後（写真3）、水中から取り出し恒温乾燥器中で基準重量になるまで乾燥、その後4側面における直交接着層の剥離の長さを測定し、全ての接着層の剥離率を算出しました。



写真3 減圧加圧剥離試験

- ④含水率試験は、製品の乾燥状況を確認するため、試験片の質量を測定後、恒温乾燥器中で乾燥し、恒量に達したと認められる時の質量を測定し含水率を算出しました。
- ⑤ラミナの曲げ試験は、ラミナの強度を確認するため、万能強度試験機を用いて3等分点4点荷重方式で、一定速度で試験体が破壊するまで荷重を加え、試験結果から曲げヤング係数及び曲げ強さを算出しました。

試験初期には基準値を満たせない項目も出ましたが、接着剤の選定やラミナの品質管理方法、パネル製造工程等について、協力機関とともに検討し改良した結果、全ての試験項目で基準値に適合する製品を作製することができました（表2）。

表2 品質試験結果

試験項目	製品（パネル）						ラミナ				
	曲げ試験		ブロックせん断試験	減圧加圧剥離試験		含水率試験	曲げ試験				
項目	曲げヤング係数	曲げ強さ	木部破断率	接着層全層の剥離率	同一接着層での剥離割合	含水率	曲げヤング係数	曲げ強さ			
適合条件	平均値が基準値以上	全試験片で基準値以上	全試験片で基準値以上	全試験片で基準値以下	全接着層で基準値以下	全試験片で基準値以下	平均値が基準値以上	全試験片で基準値以上	平均値が基準値以上	全試験片で基準値以上	
（単位）	（kN/mm ² ）		（%）	（%）	（%）	（%）	（kN/mm ² ）		（N/mm ² ）		
JAS基準値	5.2	4.2	15.5	70	10	40	15	7.0	6.0	33.0	25.0
試験結果	5.2～6.6(5.9)		24.0～41.9(32.1)	100(100)	0(0)	0(0)	10.5～12.0(11.2)	8.0～12.8(9.7)		52.2～113.9(82.3)	

※1 試験結果の表示は、最小値～最大値（平均）

※2 曲げ試験の試験結果は、含水率12%に換算された曲げヤング係数及び曲げ強さの値

4 製品の普及への取組み

確立した製品仕様に基づき、協力機関である(株)しそこの森の木の建材工場が、令和5年8月に国内12件目となるCLT JAS認証を取得しました。これにより、当該工場において製造されるスギ桁目板CLTパネルは、建築基準法第37条の「建築材料の品質」に適合する製品として、公共建築物を含め幅広い建築物で使用できるようになりました。

さらに製品の普及を図るため、CLT JAS 認証製品を用いて性能評価を受けることにより強度性能を明らかにする取組みを行いました。検討会の中で、性能評価に向けて釘打ちなど試験仕様を協議するとともに、予備試験として協力機関で面内せん断試験(写真4)を様々な仕様で実施し、得られたデータで検討を重ねた後、試験仕様を確定させました。



写真4 面内せん断試験

そして、令和5年11月に同社が指定性能評価機関から「木造軸組工法の床構面及び屋根構面

の構造耐力性能評価」(短期許容せん断耐力及び床倍率の評定)を取得することができました。構造性能が明らかになったことにより、同社で「現場用施工マニュアル」(写真5)が作製され、製品普及に向けた準備は整いました。

5 今後の取組み

スギ桁目板 CLT パネルは、JAS 品質が担保され設計強度の明らかな建築材料として、住宅・非住宅を問わず幅広く利用することができます。また、桁目板の美しさを活かした建具や内装材などの造作材にも適しており、県産木材による木造・木質化に有効利用できる製品として、建築物の発注者や設計者等に対して提案することができます。

また、今回提案した「上下心去り平角」と「桁目板 CLT パネル」の木取りによる製品利用を促進することで、スギ大径材の価値を高める加工技術として製造現場への広がりも期待できます。

今後も、森林林業技術センターでは、森林所有者が長年育ててこられた「木材」の価値向上に繋がる試験研究の取組みを行っていきます。

(森林林業技術センター主任研究員(現 森林林業技術センター専門技術員)浅田 佐知子)

【文献】1) 高山・永井 (2022) 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 5 : 12-18.

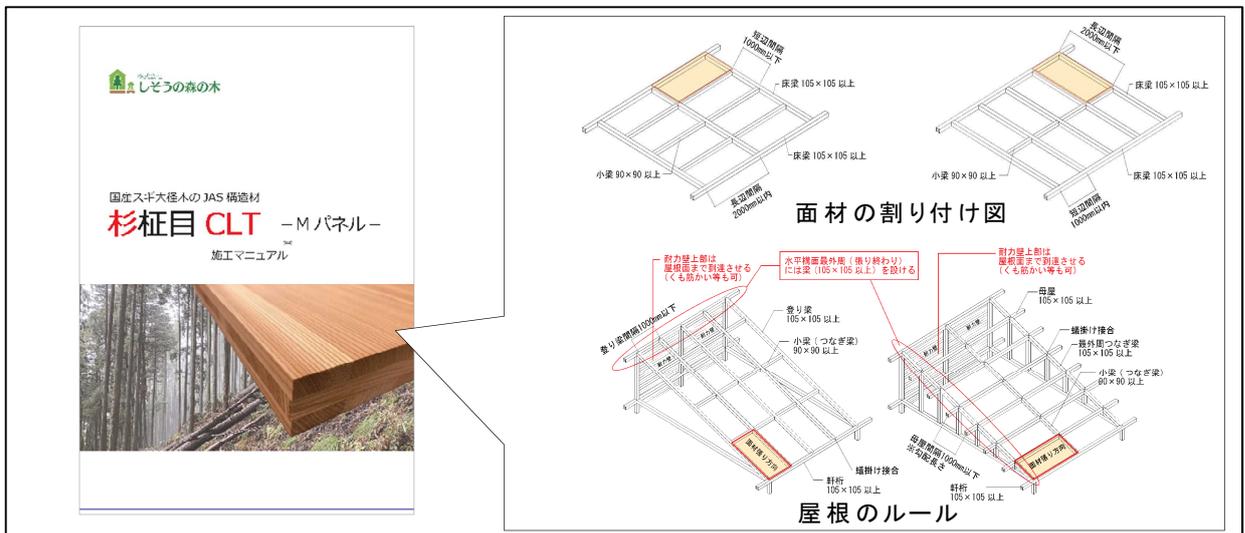


写真5 現場用施工マニュアルとその内容

試験研究成果報告

TAPOS[®](テイポス)が有利となる木造軸組工法の設計条件とは？

1 はじめに

森林林業技術センターが開発した高強度梁仕口TAPOS[®](以下「テイポス」)は、建築基準法改正による4号特例の見直し等に伴い、住宅、民間非住宅、公共施設等の木造建築物へのさらなる利用拡大が期待されています。

テイポスの許諾契約プレカット工場は、テイポス活用により顧客工務店からの受注を増やすためには、どのような設計条件においてテイポスが有利となるのか具体的な事例を示すことが顧客へのプレゼンに有効だと考えています。

そこで、顧客へのプレゼンに使える根拠資料を作成するため、構造計算を建築士に依頼し、テイポスが有利となる木造軸組工法の設計条件について検討しました。

2 方法

建築士が設計した木造軸組住宅の実物件をサンプルとして、横架材(梁・桁)が使用される2階の床組と小屋組を対象に、仕口(在来 or テイポス)、樹種(スギ or 米松)、積雪深(30 or 100cm)のそれぞれの組み合わせ(8パターン)について構造計算を行い、横架材の材積及び材料コストについて試算しました。

なお、構造計算では、横架材の各部材について(1)曲げ強度、(2)たわみ、(3)仕口せん断耐力について計算し、全ての基準値をクリアできる最小寸法を採用しました。

3 結果

(1)テイポス使用で断面が小さくなる横架材の事例

ア 1階に柱がなく、2階の柱(壁含む)や荷重の大きな梁を受けている、短い床梁(図2のピンク色の梁)

荷重のかかった短い梁は、曲げ強度・たわみがOKでも、仕口せん断耐力がネックになりやすい。

イ 荷重がスパン中央でなく端部に偏っている床梁(図3のピンク色の梁)

偏心により片方の仕口に大きなせん断力が働く。

ウ 上記ア、イの梁を受けている梁(図2, 3の青色の梁)

強度上必要なくても、断面を揃える必要がある。

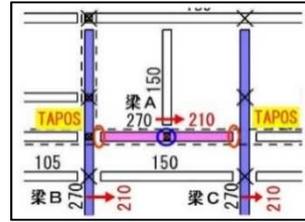


図2 床組の事例1

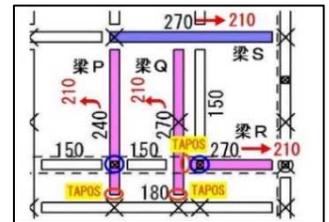


図3 床組の事例2

※図2, 3とも数字は梁高さ(mm)で、赤数字は在来仕口よりもテイポスで高さが小さくなったケースの値
×は1階柱、□に×は2階柱、赤楕円はテイポス採用箇所
(HALO 木構室代表高見和人一級建築士による構造計算)

(2)横架材の材積とコストの試算

試算の結果、スギ、米松のいずれもテイポスの方が材積、コストともに縮減され、特に積雪深さが大きい場合により多く縮減される傾向がありました(表1)。

表1 横架材の材積とコストの試算結果

仕口・樹種	材積		材料コスト	
	積雪30cm	積雪100cm	積雪30cm	積雪100cm
在来・スギ	① 7.310 m ³	⑤ 8.472 m ³	① 608千円	⑤ 741千円
在来・米松	② 7.117 m ³	⑥ 7.999 m ³	② 582千円	⑥ 654千円
TAPOS・スギ	③ 7.127 m ³	⑦ 8.176 m ³	③ 580千円	⑦ 698千円
TAPOS・米松	④ 6.897 m ³	⑧ 7.716 m ³	④ 564千円	⑧ 631千円

4 考察

スギは米松よりも強度が低いため、梁の断面が大きくなることで材積が増え、コストが高くなるものと思われがちですが、在来仕口を使った米松の住宅より、テイポスを使ったスギの住宅の方がコストが安くなるケースもあることが分かりました(表2)。

表2 横架材の材積とコストの試算結果

仕口・樹種	材料コスト		比較	
	積雪30cm	積雪100cm	積雪30cm	積雪100cm
TAPOS・スギ	③ 580千円	⑦ 698千円	99.6%	106.8%
在来・ベイマツ	② 582千円	⑥ 654千円	③/②	⑦/⑥

令和4年に建築物省エネ法が改正され、断熱性能の高いサッシや太陽光パネル等重量物の設置によって、従来よりも柱や壁の荷重が大きくなる傾向があり、今後、テイポスが有利となる物件が増えそうです。

前述の3(1)で紹介した事例は、間取りにこだわった自由設計の注文住宅に多いと考えられることから、地場の工務店には是非ともテイポスをご活用いただくよう提案します。

(森林林業技術センター専門技術員(現 農林水産部林務課木材利用班長)小長井 信宏)

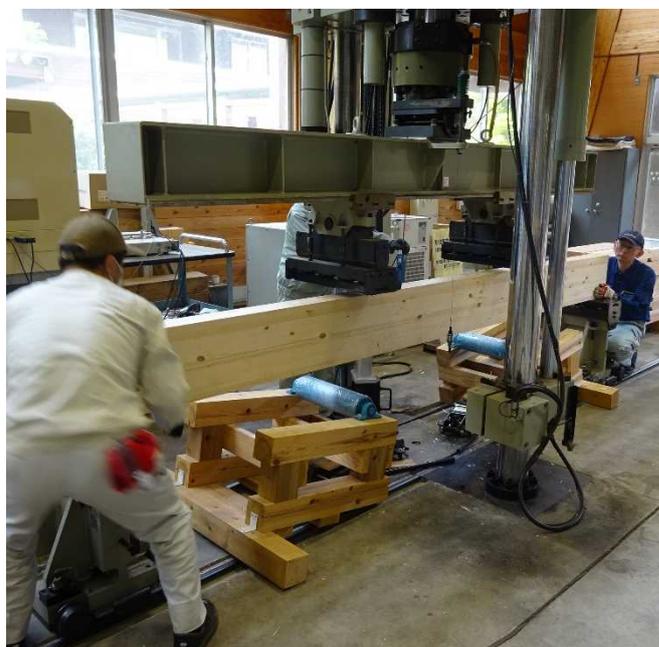
木材活用部から会員へのお知らせ

依頼試験の紹介

木材活用部では、木材・木質材料の JIS または JAS に準じた材料試験（曲げ等の強度試験、密度、含水率の測定等）を依頼試験として実施しています。柱、梁や集成材を実大の寸法で実施することも可能です。手数料は 1 試験項目につき 3,200 円からとなっています。詳しい試験項目や手数料等についてはお問い合わせ下さい。

また、依頼試験では対応できない要望について、受託研究等での対応が可能な場合もありますのでお気軽にご相談下さい。

※ 令和 3 年度実績 612 件、令和 4 年度実績 217 件、令和 5 年度実績 250 件、



兵庫県木材利用技術研究会

うっど・うえ〜ぶ

Vol.39 2024 年 10 月発行

編集・発行

兵庫県木材利用技術研究会

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木材活用部内

〒671-2515 宍粟市山崎町五十波 430

TEL(0790)62-2118 FAX(0790)62-9390