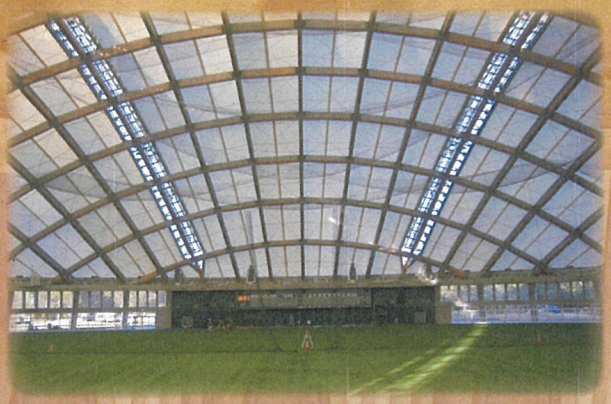
宮崎県木材利用技術センター

MIYAZAKI PREFECTURAL WOOD UTILIZATION RESEARCH CENTER



木材を長持ちさせる塗装

１．はじめに

木材の保護や美観を高める方法としては、塗装が効果的で、既に縄文時代には漆が使用されていたようです。

江戸時代末期にアメリカ大使ペリーが来日した際、ペンキが伝えられ、江戸の職人町田辰五郎が塗ったのが日本で最初の塗装といわれています。初期の塗料は、亜麻仁油（植物油）に松ヤニを加えてワニスを作り、さらに顔料を加えた色ワニス（エナメル塗料）でした。ワニスの希釈には、テレピン油が使用されていましたが、乾燥に長い時間を要していました。その後合成樹脂が開発され、ラッカー塗料からウレタン、アクリル、エポキシ、アルキド等が登場し、さらに防カビ・防腐・抗菌等機能性が付与された塗料へと進化してきました。

２．塗装の目的

なぜ木製品には、塗装が必要なのでしょうか。塗装の役割とは、①木材の保護、②木製品の美化、③特殊機能の付与が考えられます。保護とは熱、光、水分等から木材を守ること。美化は色彩、模様、材質感等を与えること。そして、特殊機能には、防カビ、防腐、防虫等があげられます。

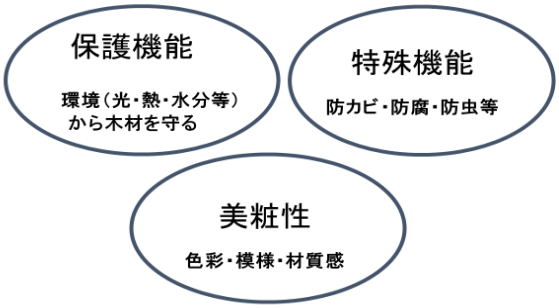


図１　塗装の役割

木製品の塗装は、家具、腰壁、体育館のフローリング、ログハウスなど屋内用、屋外用ほとんどすべてに使われています。

特に屋外用塗料は一般的に木材保護塗料と呼ばれ、①含浸形②造膜形（薄膜・厚膜）の２種類があります（写真１）。

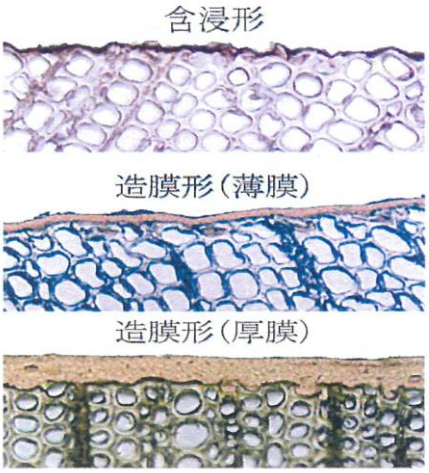


写真１　木材保護塗料の種類
（写真は森林総研片岡厚氏提供）

含浸形は、塗料が木材に浸透して定着するタイプ。造膜形は、木材表面に塗料の膜を作り定着するタイプです。

木材を屋外で使用する際には、太陽光、風雨、温湿度、菌等の影響を受け変色、風化、ワレ等の欠陥が生じてきます。屋外で使用する際は、塗膜による木材の保護が、特に重要で耐候性、耐水性、耐腐朽性等の機能性の付与が美粧性とともに重要になります。一例として写真２に、木材利用技術センターでの屋外塗装を示します。

写真２　木材利用技術センターの塗装例

３．塗料の耐久性評価

写真３　屋外暴露試験状況

屋外用塗料の耐久性はどの様に調べるのでしょうか。塗料の耐久性評価は、塗装した材を実際に屋外に暴露(ばくろ)(直接風雨にさらすこと)して行います（写真３）。耐久性を評価する項目は色差（変色の程度）、塗膜欠陥（塗膜剥離、ワレ等）、接触角（はっ水性）等です。

当センターでは、含浸形と造膜形塗料の耐久性を比較するため、無塗装のスギ材と、含浸形、造膜形の塗装をしたスギ材を屋外に暴露し試験を行いました。屋外暴露２年後では、スギ無塗装は灰色化や凹凸が生じ、含浸形は塗料が部分的に風化して材が露出し、微細なワレも生じました。また、造膜形は表面がもろくなり、晩材部（年輪で色が濃く見える部分）で塗膜剥離が起こりました。

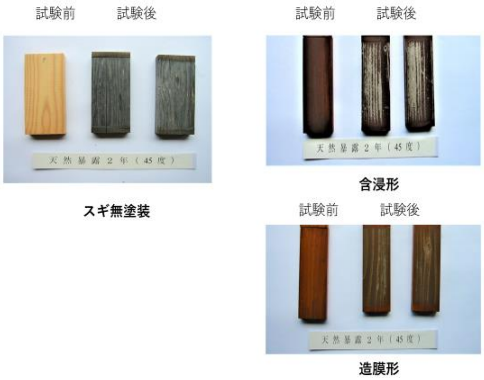


写真４　屋外暴露２年後試験片

４．再塗装の効果

他の材料と同じように、木材においてもメンテナンスは必要です。

前述の屋外暴露試験２年終了後に含浸形、造膜形の試験片（写真４）に再塗装して、２年間屋外暴露試験を行い、塗装の効果を評価しました（図２）。

含浸形、造膜形ともに再塗装を行うことにより色差と塗膜欠陥率は減少し、接触角の保持率は高くなっており、耐久性が向上します。

また、色差や表面欠陥率の減少した幅は含浸形が造膜形より大きいため、再塗装の効果がより強く表れたことがうかがえます。

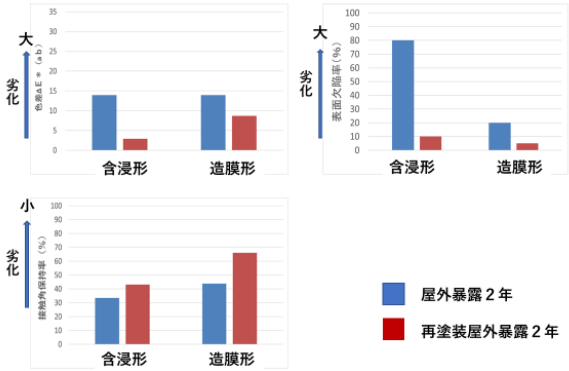


図２　屋外暴露２年の比較

５．終わりに

木材保護塗料の耐久年数は、含浸形が２～３年、造膜形が５～７年程度と言われていますが、地域の気象条件によってその幅は広がります。

今回、塗装して２年間屋外暴露を行った後、再塗装を行った結果、耐久性が向上しました。

このことは、再塗装することにより、再々塗装までの期間を延ばすことができることを示しています。

含浸形、造膜形とも木材の露出やワレ等の欠陥等を発見したら再塗装すると良いでしょう。

（材料開発部）

スギ高齢級木から得た3～4番玉の利用について

1．はじめに

スギ丸太の利用において、3番玉や4番玉といった樹高の高い位置から得られる丸太は、径が小さいことから、多くは木杭等の土木用材としての利用や、建築用材においては、胴縁や垂木といった断面の小さな部材として利用されます。一方、樹幹内のヤング係数や強度といった力学的な材質分布に関しては、元玉に比べて2番玉、3番玉の強度性能が高い傾向にあることが知られています。

そこで、今回、樹高の高い位置から得た丸太の強度性能の高さを確認するため、県産大径スギの3～4番玉から製材したラミナ(挽き板)のヤング係数を調べるとともに、CLT部材としての利用を検討しました。

2．試験体と試験方法

長さ3mに玉切りした3～4番玉の県産スギ丸太91本から、図1に示す形で273枚のスギラミナを製材して、試験に使用しました。製材したスギラミナは天然乾燥を経て人工乾燥した後、JASに準じて目視及び機械等級区分により選別し、それぞれの等級区分において作ることができるCLTの強度等級とラミナ使用歩留まりを検討しました。

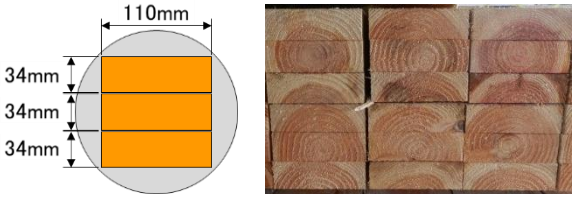


図1　スギラミナ試験体の木取り

3．スギラミナのヤング係数分布

スギラミナをJASにより機械等級区分し、県内の工場が日常的に取り扱っているスギラミナの等級分布と比較した結果を図2に示します。3～4番玉から製材したスギラミナは、既往データのスギラミナの等級分布に比べて全体的に2等級ほど高い分布傾向を示し、強度性能の向上効果が認められました。

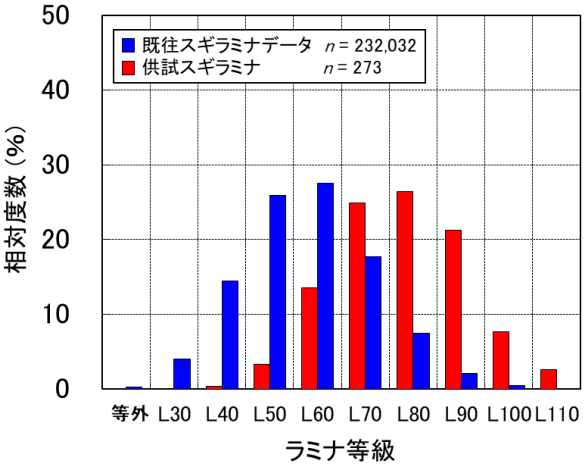


図2　集成材のJASにより機械等級区分した場合のスギラミナの等級区分

4．スギラミナの等級区分

スギラミナをCLTに使用することを想定し、JASにより機械等級区分した結果を図3に示します。A種構成（ラミナのヤング係数の下限値のみが設定されたもの）では、ほぼ全てのラミナがM60Aの下限値を上回っており、M90Aに関しても7割以上のラミナが同等級の下限値を上回っていました。また、B種構成（ラミナのヤング係数の上限値と下限値が設定されたもの）においてはM60BとM90Bが7割近くを占める結果となりました。

一方、目視等級区分においては、1等と2等がそれぞれ4割近くを占め、ほぼ同程度の割合を示しました（図4）。1等の割合が4割程度にとどまったことについては、3～4番玉の径が小さく、枝条が多い部分であったため、材面に節が表出し、1等の割合が上がらなかったものと考えられます。

５．ＣＬＴ製造におけるラミナ使用歩留まり

等級区分したスギラミナを用いて異等級構成CLTを製造する場合のラミナ使用歩留まりを図５に示します。なお、CLTの内層に用いるラミナはヤング係数の低いものでよいことから、今回は、高いヤング係数が必要とされる外層にスギラミナを用いた場合の歩留まりを示しています。機械等級区分のＡ種構成においては、Mx60の製造において、ほぼ100%に近いラミナが使えるとともに、Mx90においても７割以上のラミナが使えることが確認されました。また、Ｂ種構成においてはスギで製造できるCLTはMx60までとなっておりますが、この場合でも７割近いラミナが使えるという結果でした。Ａ種構成に関しては、ラミナの等級区分においてヤング係数の上限値がないため、その分、ラミナの適用範囲が広がり、CLT製造におけるラミナ使用歩留まりにおいてＢ種構成よりも優位な結果となりました。

一方、目視等級区分材に関しては、１等のラミナを外層に用いてMx60が製造できますが、この場合では４割程度の歩留まりとなりました。

６．まとめ

今後、人工林の高齢級化に伴い、大径木の伐採量増加が予想される中、樹木全体を余すことなく有効利用するためには、3～4番玉といった径の小さい部分の利用方法の検討も重要になってきます。

今回は、樹高の高い位置から得た丸太のもつ高い強度性能を活かした利用方法を検討しましたが、例えば、CLTの製造にあたり、高いヤング係数が必要とされる外層には、3～4番玉を用い、内層には元玉を用いるようにすることで、大径木全体の有効利用を図ることが出来ます。

（木材加工部）

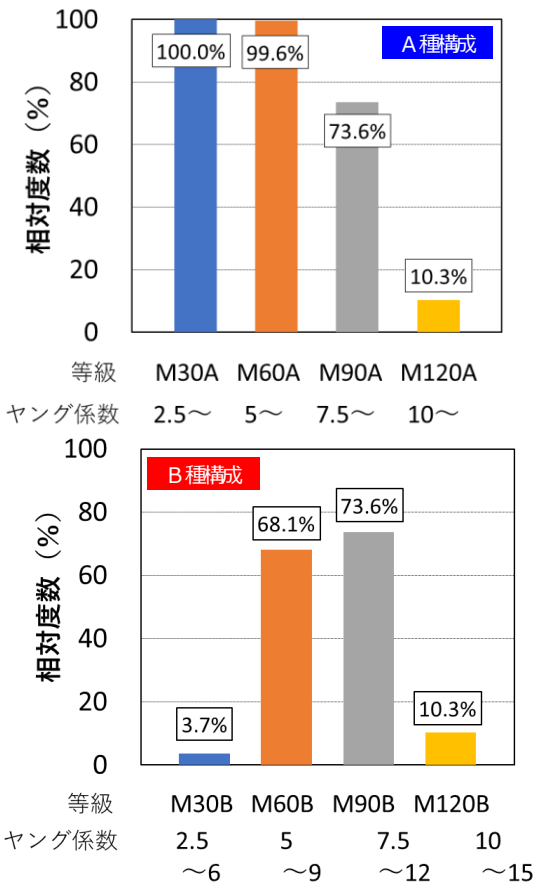


図３ スギCLTラミナにおける機械等級区分の結果（上図:Ａ種構成、下図:Ｂ種構成）

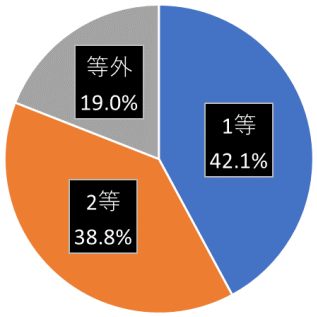


図４ スギCLTラミナの目視等級区分の結果

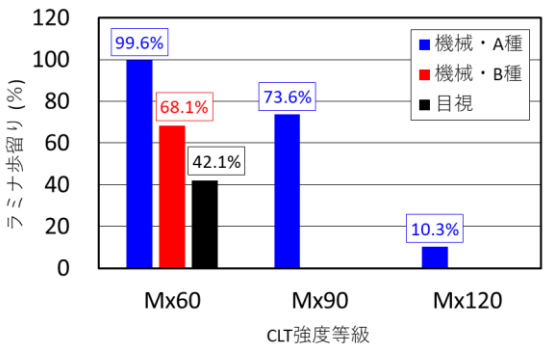


図５ 異等級構成CLTの製造におけるラミナ歩留まり

宮崎県防災拠点庁舎建設への技術支援について

１．はじめに

宮崎県総務部財産総合管理課防災拠点庁舎整備室が整備を進めていた県防災拠点庁舎は、令和２年７月に完成し、８月からは供用が開始されました。

この県防災拠点庁舎は、災害時に県民の生命と財産を守るため、災害応急対策や復旧・復興対策を円滑に実施するための防災拠点として、司令塔機能を有しています。また、十分な耐震性能を有し、誰もが安全で快適に利用でき、省エネルギーや環境負荷が少なく、景観にも配慮した、人や環境に優しい庁舎として建設されています。

＜建物概要＞

構造規模：鉄骨造一部鉄筋コンクリート造
　　地上１０階　地下１階
延べ面積：２４，１２０㎡
建物高さ：５３．７ｍ
構造形式：免震構造（柱頭免震）

外観イメージ

この防災拠点庁舎は、「県民の生命と財産を守り」「人や環境にやさしく」「宮崎らしい景観を創出する」をコンセプトに、県産スギを用いたＣＬＴ耐力壁を現しで用いる建物として設計が進められました。２、３階は鉄骨ブレース、４階から９階にＣＬＴ耐力壁が設置されています。

２．ＣＬＴ耐力壁の利用について

鉄骨造に適用するため、図１に示すようにＣＬＴの四隅に専用の接合金物（図２）をはめ込み、この接合金物と上下の鉄骨フレームを緊結する接合形式としました。

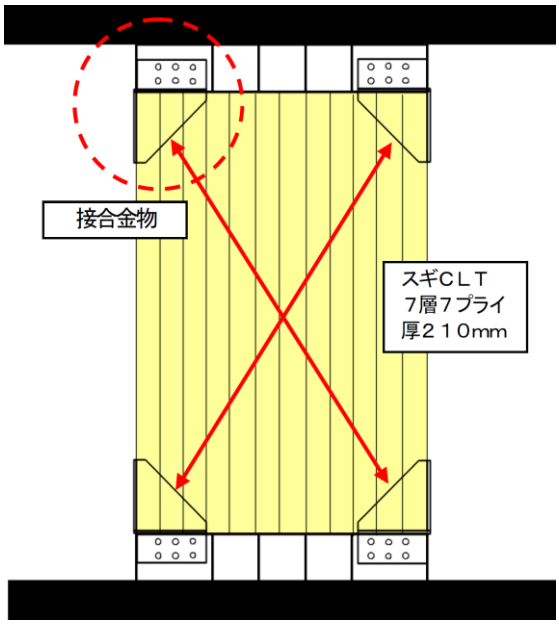


図１　ＣＬＴ耐力壁のイメージ図

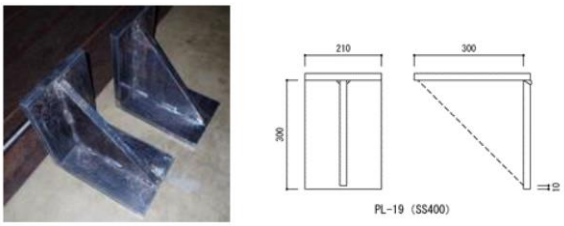


図２　接合金物（試験用に製作）

図３　スリット加工

この構造は、地震力などの水平力に対して、接合金物のＣＬＴへのめり込み、そしてＣＬＴ自体のせん断性能により抵抗することになるため、ＣＬＴ接合部のめり込み性能が、耐

震性に大きく影響します。

当センターでは、想定される接合金物のＣＬＴのめり込み性能を実験により明らかにしました。また、水平力によりＣＬＴ壁体には図１に赤線で示す対角方向に圧縮力が作用すると想定されるため、対角方向である斜め方向の圧縮性能を試験により確認しました。

今回は、実際の耐力壁に作用する斜め方向の圧縮試験についてお知らせします。

３．試験体と試験方法

強度等級がMx60、ラミナ構成が７層７プライ、各ラミナ厚さ 30 ㎜ 総厚さ 210 ㎜のスギＣＬＴにスリット(図３)を設け、実際の接合具として想定されるＬ型の接合金物(図２)をはめ込んだ試験体を作成しました。

試験は、実大圧縮試験機(前川試験機製作所、A-200-B1、容量 2000kN)加力盤と斜め試験体(図３、図４)の間に専用の加力治具を挟み込み、垂直方向に加力しました。図５に斜め方向試験の試験状況を示します。

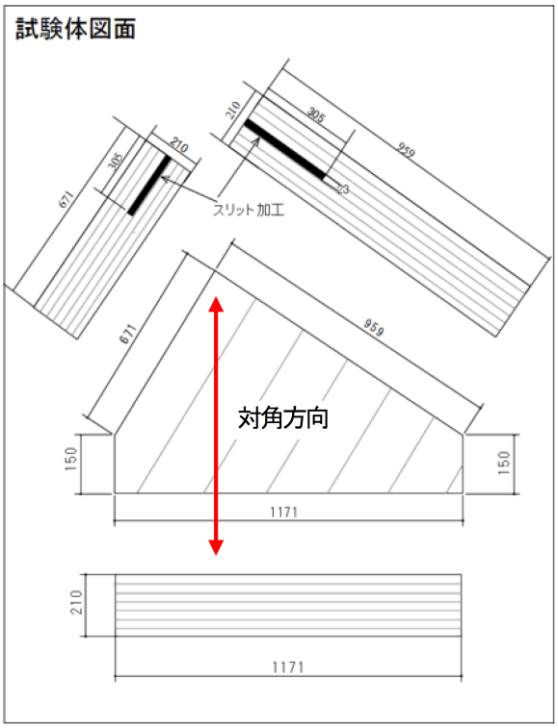


図４　試験体図

図５　斜め試験状況

４．試験結果

試験の結果は、表１及び図６に示すとおりでした。最大荷重は 1,300kN(おおよそ 130t)を超える高強度で高剛性な接合形式であることを確認しました。

表１　斜め方向圧縮試験結果

	最大荷重 kN	δPmax mm	剛性K(0.1-0.4Pmax) kN/mm	Pmax/A N/mm2
BO-01	1380	6.35	476	21.9
BO-02	1312	5.72	445	20.8
BO-04	1368	6.18	1094	21.7
BO-05	1283	5.89	429	20.4
BO-06	1348	4.78	552	21.4
BO-07	1273	8.53	452	20.2
平均	1327	6.24	575	21.1

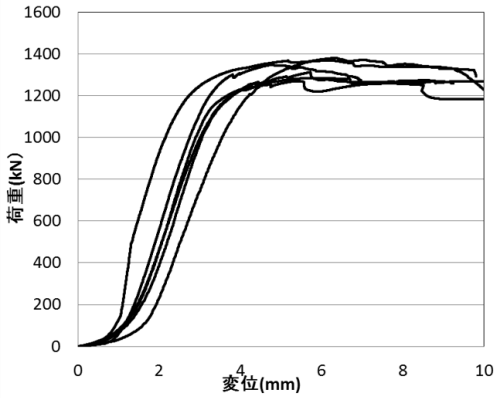


図６　荷重と変位の関係

５．まとめ

本試験により、鉄骨造による中・高層建築物の耐力壁にＣＬＴを利用した場合に想定されるめり込み型接合部の性能を明らかにすることができました。

その結果、当該接合形式が防災庁舎に正式採用されました。

(構法開発部)

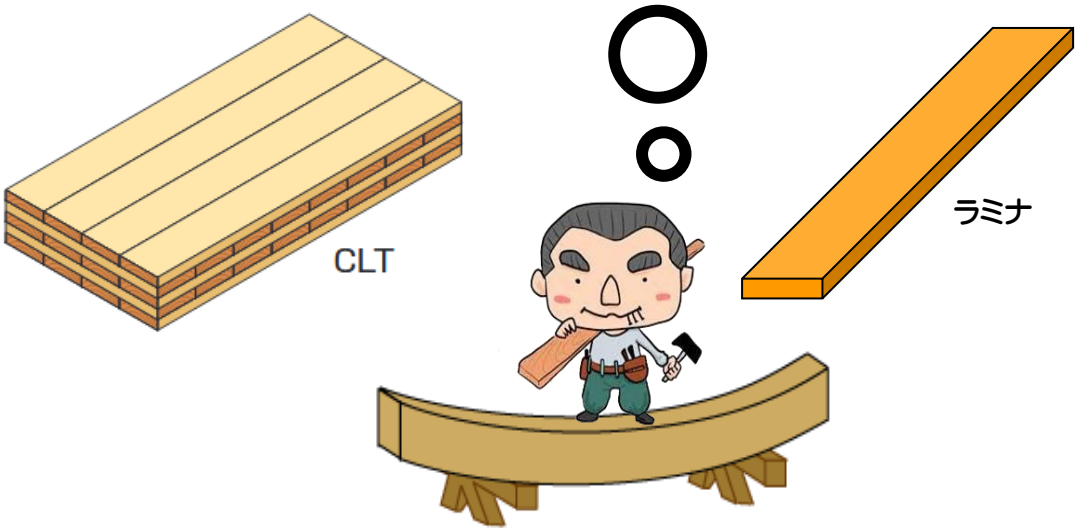
木材加工用語の解説

（まっちゃんメモ）

●CLT とは？

●ラミナとは？

●ヤング係数とは？



CLT とは

Cross Laminated Timber（クロス・ラミネイティド・ティンバー）の略称で、日本農林規格（JAS）では「直交集成板」という名称で規格が定められています。

ひき板（ラミナ）の繊維方向をほぼ平行にして幅方向に並べ又は接着したものを、繊維方向を互いに直交させながら積層接着した木質材料です。

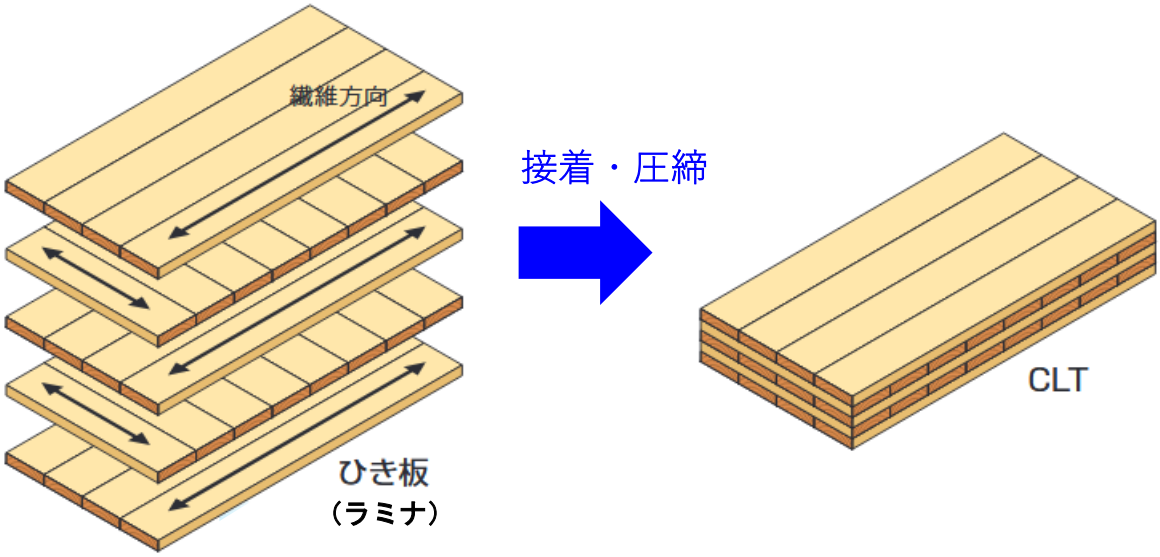
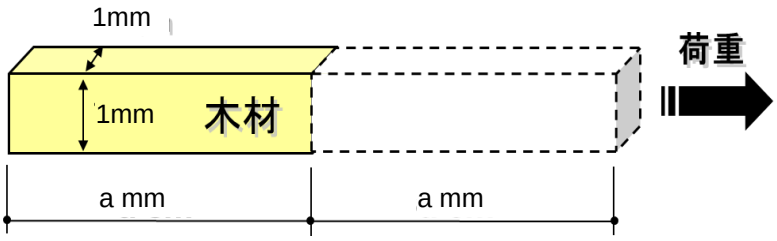


図１　CLT の製造

ヤング係数とは

物体の変形しにくさを表す数値で、例えると断面 1mm^2 の木材を元の長さの 2 倍まで伸ばすのに必要な荷重量にあたります。（実際の木材はこんなには伸びないので、あくまで考え方です。）

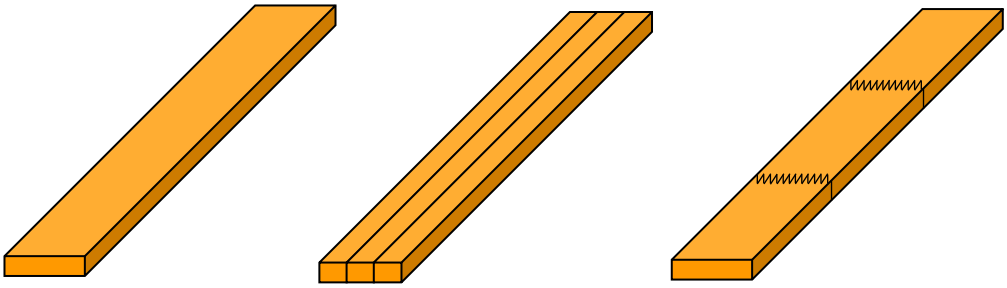
この数値が高いほどその物体は変形しにくく、低いほど変形し易いということになります。



ラミナとは

CLT を構成するひき板のことをいいます。

単一のひき板（製材）のみでなく、複数の小さなひき板または小角材の繊維方向を平行に揃えて幅方向に接着したものや、それらをさらに長さ方向に接合接着したものもあります。



【製材】　【幅方向に接着したラミナ】　【縦つぎ接着したラミナ】

図 2　様々なラミナの例

機械等級区分とは

機械を用いて、木材に曲げ荷重をかけた際のたわみ量や、木材の木口を叩いて生じた音の高低からヤング係数を算出して、ラミナの等級区分を行う方法

目視等級区分とは

節の大きさや年輪幅、欠点の有無等、外観による評価によりラミナの等級区分を行う方法

CLT の種類について

CLT を構成するラミナの種類によって、A 種構成と B 種構成に区分されます。
また、CLT を構成する各層のラミナ等級の組み合わせにより、異等級構成 CLT と同一等級構成 CLT に区分されます。

1　A 種構成とは

機械等級区分により測定されたラミナの等級に曲げヤング係数の下限値のみを定め、上限値を定めないラミナ又は目視により区分されたラミナを使用した CLT をいいます（表 1 参照）。

2　B 種構成とは

機械等級区分により測定されたラミナの等級に曲げヤング係数の下限値及び上限値を定めたラミナのみを使用した CLT をいいます（表 1 参照）。

表１　機械等級区分におけるラミナの曲げヤング係数の基準値

【A種構成】

等級	曲げヤング係数（kN/mm^2）		
	平均値	下限値	上限値
M120A	12.0	10.0	-
M90A	9.0	7.5	-
M60A	6.0	5.0	-
M30A	3.0	2.5	-

【B種構成】

等級	曲げヤング係数（kN/mm^2）		
	平均値	下限値	上限値
M120B	12.0	10.0	15.0
M90B	9.0	7.5	12.0
M60B	6.0	5.0	9.0
M30B	3.0	2.5	6.0

3　異等級構成 CLT

CLT を構成する層ごとのラミナ等級が同一でなく、層（ラミナ等級）の並びが CLT の厚さ方向の中心軸に対して対称であるものをいいます。

CLT の強度等級の頭文字に「Mx」が付きます（表 2 参照）。

4　同一等級構成 CLT

CLT を構成する全層のラミナ等級が同一の CLT になります。

CLT の強度等級の頭文字に「S」が付きます（表 2 参照）。

表２　各強度等級における CLT のラミナ（機械等級区分）構成

【異等級構成】

強度等級	CLT 構成	ラミナ等級	
		外層	内層
Mx120	A種構成	M120A	M30A以上
	B種構成	M120B	M30B
Mx90	A種構成	M90A	M30A以上
	B種構成	M90B	M30B
Mx60	A種構成	M60A	M30A以上
	B種構成	M60B	M30B

【同一等級構成】

強度等級	CLT 構成	ラミナ等級
S120	A種構成	M120A
	B種構成	M120B
S90	A種構成	M90A
	B種構成	M90B
S60	A種構成	M60A
	B種構成	M60B
S30	A種構成	M30A
	B種構成	M30B

所在地 Location

林業技術センター
Miyazaki Pref. Forestry Technology Center
（美郷町）
Misato Town

宮崎県庁
Miyazaki Pref. Government
（宮崎市）
Miyazaki City

宮崎県木材利用技術センター
Miyazaki Prefectural Wood Utilization Research Center

2021 年 3 月　発行

〒885－0037　宮崎県都城市花繰町２１号２番
TEL (0986) 46-6041　FAX (0986) 46-6047
E-mail mokuzai-center@pref.miyazaki.lg.jp
URL http://www.pref.miyazaki.lg.jp/contents/org/kankyo/mokuzai/wurc/index.html