

Section5. 構造用製材 利用上の留意点

構造用製材の利用にあたり、品質、納期、コストに影響するポイントを整理しておきましょう。

チェックリスト	
5.1	① 樹種は、何を選択されますか。 <input type="checkbox"/> スギ <input type="checkbox"/> ヒノキ <input type="checkbox"/> その他
	② 次のいずれの材料を構造材料として使用されますか。 <input type="checkbox"/> 未乾燥材 <input type="checkbox"/> 天然乾燥のJAS認証を取得していない業者から納材される天然乾燥させた構造用製材 <input type="checkbox"/> 天然乾燥のJAS認証を取得した業者から納材される構造用製材 <input type="checkbox"/> 人工乾燥処理構造用製材のJAS認証を取得した業者から納材される構造用製材 <input type="checkbox"/> JASマーク表示のある人工乾燥処理構造用製材 <input type="checkbox"/> 構造用製材のJAS認証を取得した業者から納材される目視等級区分構造用製材 <input type="checkbox"/> JASマーク表示のある目視等級区分構造用製材 <input type="checkbox"/> 機械等級区分構造用製材のJAS認証を取得した業者から納材される機械等級区分構造用製材 <input type="checkbox"/> JASマーク表示のある機械等級区分構造用製材 <input type="checkbox"/> FFTを利用して機械等級区分を行った、JAS認証を取得していない業者から納材される構造用製材 <input type="checkbox"/> 無等級材 <input type="checkbox"/> 上記以外
	③ 構造用製材の供給にあたり、工場では品質管理記録の作成はされていますか。 <input type="checkbox"/> 「製材についての取扱業者の認証の技術的基準」に準じた品質管理記録簿を作成。 <input type="checkbox"/> 企業独自の形式で品質管理記録簿を作成。 <input type="checkbox"/> 品質管理記録簿の記載はない
5.2	目視等級区分構造用製材を使用するとき、次のいずれの規格で設計されていますか。 <input type="checkbox"/> 甲種1級 <input type="checkbox"/> 甲種2級 <input type="checkbox"/> 甲種3級 <input type="checkbox"/> 乙種1級 <input type="checkbox"/> 乙種2級 <input type="checkbox"/> 乙種3級
5.3	機械等級区分構造用製材を使用するとき、次のいずれの規格で設計されていますか。 <input type="checkbox"/> E50 <input type="checkbox"/> E70 <input type="checkbox"/> E90 <input type="checkbox"/> E110 <input type="checkbox"/> E130以上
5.4	① 含水率の設定は、どのように設定されますか。 <input type="checkbox"/> SD15 <input type="checkbox"/> SD20 <input type="checkbox"/> D15 <input type="checkbox"/> D20 <input type="checkbox"/> D25 <input type="checkbox"/> 左記以外
	② 木材乾燥は、次のどのような方法で乾燥させる予定ですか。 <input type="checkbox"/> 天然乾燥 <input type="checkbox"/> 高温乾燥機を使って乾燥 <input type="checkbox"/> 中温乾燥機を使って乾燥 <input type="checkbox"/> 高周波乾燥機を使って乾燥 <input type="checkbox"/> 減圧式乾燥機を使って乾燥 <input type="checkbox"/> その他
5.5	材料表面の美観は、どの程度を希望されますか。 <input type="checkbox"/> 無節 <input type="checkbox"/> 上小節 <input type="checkbox"/> 並み
5.6	①-1 使用する構造用製材の部材断面の短辺の寸法で、該当するものはどれですか。 <input type="checkbox"/> 90mm未満 <input type="checkbox"/> 90mm <input type="checkbox"/> 105mm <input type="checkbox"/> 120mm <input type="checkbox"/> 135mm <input type="checkbox"/> 150mm <input type="checkbox"/> 180mm <input type="checkbox"/> 180mmを超える
	①-2 使用する材料の部材断面の長辺の寸法で、該当するものはどれですか。 *短辺寸法 105mm または 120mmのとき <input type="checkbox"/> 表5.5の区分1 <input type="checkbox"/> 表5.5の区分2 <input type="checkbox"/> 表5.5の区分3 <input type="checkbox"/> 360mmを超える *135mm角 または 150mm角 *短辺寸法 150mmを超えるとき <input type="checkbox"/> 180mm <input type="checkbox"/> 210mm <input type="checkbox"/> 240mm <input type="checkbox"/> 270mm <input type="checkbox"/> 300mm <input type="checkbox"/> 330mm <input type="checkbox"/> 360mm <input type="checkbox"/> 360mmを超える
	② どの長さの材料を使用されますか。 <input type="checkbox"/> 105mmまたは120mmの正角、3m以下 <input type="checkbox"/> 105mmまたは120mmの正角、3mを超え、6m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 105mmまたは120mmの平角、4m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 105mmまたは120mmの平角、4mを超え、6m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 105mmまたは120mmの平角、6mを超える <input type="checkbox"/> 短辺寸法 120mmを超える材料で、4m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 120mmを超える材料で、4mを超え、6m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 120mmを超える材料で、6mを超える

5.1 JAS 認証工場

製材の JAS 規格では、針葉樹で、建築物の構造耐力上主要な部分に使用することを目的とした材料を構造用製材といい、表 5.1 のように目視等級区分と機械等級区分の 2 種類に分けられます。

表 5.1 製材の JAS 規格が制定されている構造用製材の種類

目視等級区分構造用製材	節、丸身等材の欠点を目視により測定し、等級区分するものをいう。		
	甲種構造材	主として高い曲げ性能を必要とする部分に使用するものをいう。	
		構造用 I	木口の短辺が36mm未満のもの、及び木口の短辺が36mm以上で、かつ、木口の長辺が90mm未満のものをいう。
	構造用 II	木口の短辺が36mm以上で、かつ木口の長辺が90mm以上のものをいう。	
乙種構造材	主として圧縮性能を必要とする部分に使用するものをいう。		
機械等級区分構造用製材	機械によりヤング係数を測定し、等級区分するものをいう。		

JAS 規格の認証を受けている工場等は、「製材についての取扱業者の認証の技術的基準」に基づいて、登録認証機関である全国木材検査・研究協会の審査に合格しており、JAS マーク表示に等級、性能区分を表示することができます。天然乾燥、人工乾燥あるいは薬剤処理の審査を受けた場合には、含水率や薬剤名の表示も行われます。審査に合格した工場等では、品質管理を担当する担当者および責任者を配置し、品質管理責任者が立案した品質管理に関する計画や制定した内部規程に基づいて、製品や製造工程の品質管理、製造及び品質管理で使用する機械器具の管理等を実施し、品質管理記録の作成を実施しており、この審査は毎年実施されることから、信頼性の高い材料を継続的に提供できる体制ができています。

愛媛県では、スギとヒノキの構造用製材を対象に、表 5.2 に示す工場が JAS 認証を取得されています。

表 5.2 愛媛県内の構造用製材の JAS 認証工場 一覧表

工場名	目視等級区分構造用製材				機械等級区分構造用製材
	構造用製材	人工乾燥処理	天然乾燥	保存処理	
鶴居産業株式会社 乾燥工場		○			○
株式会社黒川木材工業 本社工場	○				
愛媛県森林組合連合会 木材加工センター、木材流通センター		○			
久万広域森林組合 父野川事業所		○			
菊地木材株式会社 本社工場	○	○			○
株式会社瓜守材木店 本社工場	○	○			
久万広域森林組合 久万事業所		○			○
八幡浜官材協同組合 製材工場	○	○			○
宇和国産材加工協同組合 野田工場		○			○
有限会社成瀬製材所 本社工場	○				
鶴居産業株式会社 防腐工場				○	
有限会社マルヨシ 本社工場	○				
向井工業株式会社 本社工場	○	○			
(株)サイプレス・スナダヤ 東予インダストリアルパーク工場	○	○			
株式会社シモコウ 製材工場	○				
日野商事株式会社 本社工場			○		
愛媛ドライウッド株式会社 本社工場					○
株式会社日野相互製材所 本社工場	○				

尚、無等級材とは、平 12 建告示 1452 号において、JAS 規格を選択しなかった場合に用意された材料の規格です。その基準強度の数値を見ると、甲種 3 級の強度等級の数値と類似していることから、少なくとも甲種 3 級の目視による品質管理が必要であると推察されます。

5.2 目視等級区分構造用製材

目視等級区分とは、表 5.3 に示す、節、貫通割れ、目回り等の基準を定め実施する強度区分法で、甲種と乙種に分けられ、甲種については断面寸法により、さらに構造用 I、構造用 II に分けられます。

甲種構造材とは、主に曲げまたは引張を受ける構造材が対象で、乙種構造材は主に圧縮を受ける材料が対象となります。設計に使われる基準強度はその区分に応じて、平 12 建告第 1452 号に示されています。

目視等級区分では節の影響が大きくなります。節は枝の名残ですが、図 4.2 の齢級構成から、現在、主体となる 10~12 齢級の丸太から、表 5.5 に示すような断面寸法の材料を木取りすると、節の少ない 1 級の品質の材料の入手は困難で、通常は **2 級で設計** することが望まれます。

表 5.3 構造用製材（甲種構造材用 II）の目視等級区分の基準

区分		基準			
		1級	2級	3級	
節	狭い材面	径比が20%以下であること	径比が40%以下であること	径比が60%以下であること	
	広い材面	材縁部	径比が15%以下であること	径比が25%以下であること	径比が35%以下であること
		中央部	径比が30%以下であること	径比が40%以下であること	径比が70%以下であること
集中節	狭い材面	径比が30%以下であること	径比が60%以下であること	径比が90%以下であること	
	広い材面	材縁部	径比が20%以下であること	径比が40%以下であること	径比が50%以下であること
		中央部	径比が45%以下であること	径比が60%以下であること	径比が90%以下であること
丸身		10%以下であること	20%以下であること	30%以下であること	
貫通割れ	木口	木口の長辺寸法以下であること	木口の長辺寸法の1.5倍以下であること	木口の長辺寸法の2.0倍以下であること	
	材面	ないこと	材長の1/6であること	材長の1/3であること	
目まわり		木口の短辺寸法の1/2以下であること			

5.3 機械等級区分構造用製材

人工乾燥処理を施した材のヤング係数を機械によって測定し、強度区分する方法を機械等級区分といいます。機械等級区分された材料の等級は、E70、E90 のように表示され、この数値 70、90 は材料のヤング係数を示していて単位は tf/cm^2 で、実務的には表 5.4 のように区分されます。目視等級区分は、目視による定性的判断であるのに対し、機械等級区分は計測された数値を基準とする定量的判断で、目視等級区分よりも信頼性の高い区分方法といえます。

図 5.1 は愛媛県産スギの、図 5.2 は愛媛県産ヒノキのヤング係数の出現頻度を示したグラフです。このグラフからスギは E50~E70、ヒノキは E90~E110 の出現頻度が高く、**スギであれば E50、E70、ヒノキであれば E90、E110** で設計することが望まれます（断面の大きさが図 5.1、図 5.2 と異なる場合には出現頻度も違ってきますので事前の確認が必要）。

表 5.4 機械等級区分の等級とヤング係数の範囲

等級	曲げヤング係数 (Gpa)	
E50	3.9 以上	5.9 未満
E70	5.9 以上	7.8 未満
E90	7.8 以上	9.8 未満
E110	9.8 以上	11.8 未満
E130	11.8 以上	13.7 未満
E150	13.7 以上	

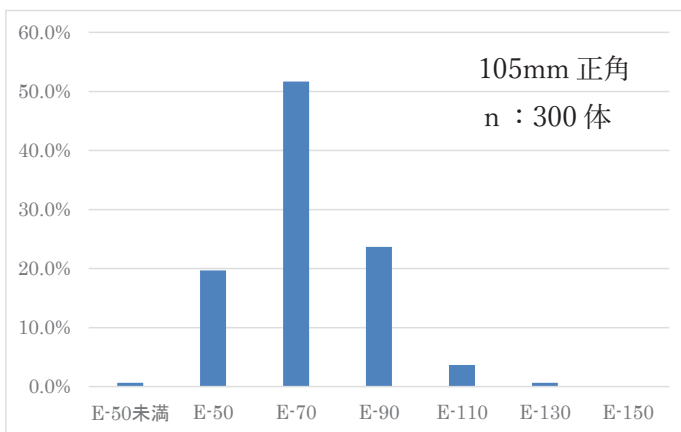


図 5.1 愛媛県のスギのヤング係数の出現頻度*

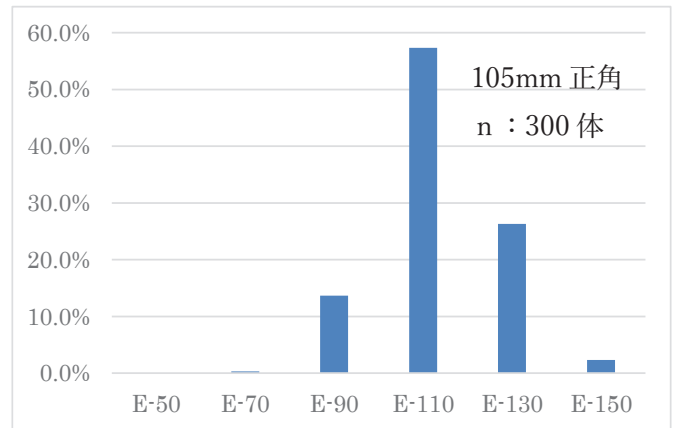


図 5.2 愛媛県のヒノキのヤング係数の出現頻度**

参考資料： * 愛媛県林業試験場 愛媛県林業試験場研究報告第 15 号（1994 年）

** 愛媛県農林水産研究所林業研究センター 業務成績報告書（2011 年度）

5.4 含水率

JAS規格では、仕上げ材で含水率が15%以下のものについてはSD15、20%以下のものはSD20のように表示され、未仕上げ材の場合には、15%以下のものはD15、20%以下のものはD20、25%以下のものをD25のように表示します。また天然乾燥した材料は、「乾燥処理（天然）」というように表示されます。

含水率は、木材に含まれている水の重量を、水を抜いた木材の重量で割った百分率で、仮に水の重量と水を抜いた木材の重量が同じならば、含水率100%となります。伐採時には100%を上回る木材も製材後、一定の温度・湿度の室内で養生しておくことと徐々に下がり一定の含水率に収束し、これを平衡含水率といいます。含水率の低下と共に寸法変化、形状変化する木材の性質を考慮すると、**平衡含水率が構造用製材の含水率基準の目安**となります。

国内では雨掛かりと日差しを避けた屋外に木材を養生しておくことと含水率は概ね15%程度（平衡含水率）になり、これを気乾含水率といいます。木造建築物の構造材料の含水率は、雨水等の影響を受けなければ経年変化と共に、この気乾含水率より下がることが知られていて、20年間使われた木造住宅の土台を調査したところ、土台の含水率は17%程度でしたが、柱・はりについては概ね12~13%であったと報告されています。また完成後18年経過した愛媛県立武道館のトラス材（スギ集成材）、および母屋（スギ製材）の含水率を計測したところ、12%程度であったことが確認されています。

構造用製材の乾燥方法には、屋外または屋外に解放された空間で積み上げた木材を、自然に乾燥させる天然乾燥と、閉鎖した空間で熱等を加えて乾燥させる、人工乾燥があります。人工乾燥には蒸気式、除湿式、減圧式、高周波加熱等、様々な方法があり、樹種、材質、寸法、最終製品の仕上がり状況を考慮して、温湿度条件、減圧のタイミング、あるいは高周波を流すタイミングなどを調整して乾燥していきます。乾燥スケジュールとは、木材の含水率の低下に伴い、連続的に行うこれら条件の組み合わせをいい、**乾燥スケジュールの適否で製品の品質は大きく違ってきます。**

5.5 材面の品質

木造住宅の和室は、かつて真壁工法で造られていて、柱の見える面については節のない材料を選択していました。機械等級区分の材料を選択する際も、このような無節の面を指定して材料の発注をすることができます。ただし近年、生活様式や住宅購買者の嗜好が変化し、和室の部屋数は激減してしまい、節が表面に出てこないような育林をしている林業家は少なくなりました。よって構造用製材の柱で無節、あるいは上小節を指定する場合には、計画の早い段階で、木材関連企業に入手可能か否かの確認をすることが必要です。

5.6 材料の寸法

構造部材の製材を行っている工場の多くは、木造住宅、特にその70%のシェアを占める在来軸組工法を対象に生産しています。在来軸組工法に使われる柱、はりの幅は、表5.5のように幅は105mm（3.5寸）、120mm（4寸）、高さは原則、30mm（≒1寸）刻みで**寸法の規格化**が行われており、区分1はある程度の在庫が可能な材料で、区分2の寸法については在庫数が限られ、数量によってはある程度の納期が必要な材料となります。

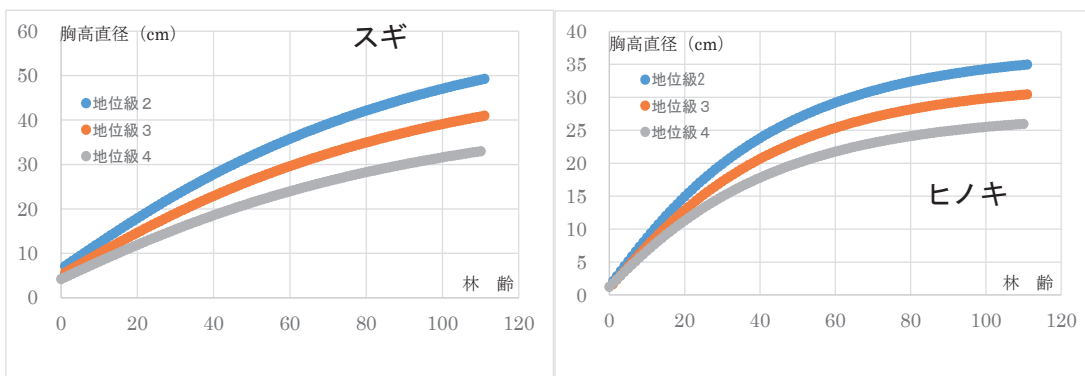


図 5.3 樹齢と丸太の平均直径(愛媛県農林水産研究所 林業研究センター調べ)

表 5.5 構造用製材の断面寸法表

樹種	短辺 (mm)	長辺 (mm)									
		105	120	150	180	210	240	270	300	330	360
スギ	105	区分1	区分1	区分1	区分1	区分1	区分1	区分2	区分2	区分3	区分3
	120	区分1	区分1	区分1	区分1	区分1	区分1	区分2	区分2	区分3	区分3
ヒノキ	105	区分1	区分1	区分1	区分1	区分1	区分2	区分2	区分3	区分3	区分3
	120	区分1	区分1	区分1	区分1	区分1	区分2	区分2	区分3	区分3	区分3

構造用製材については、断面の大きさは、**搬出される丸太の径で制限**を受けます。図 5.3 に愛媛県のスギとヒノキの、樹齢と立木の平均直径を調査したグラフを示します。製材する矩形断面の対角線長さよりも大きな径の丸太が必要になるわけですが、図 4.2 に示す愛媛県の人造林の齢級構成を考えると、12 齢級（樹齢約 60 年）までの丸太であれば入手しやすい、つまり径で考えると 360mm までの径の丸太であれば入手することができますが、それよりも大きくなればなるほど、丸太の入手が難しく、表 5.5 の区分 3 の寸法以上の構造用製材を手にするには早期の準備が必要であることを意味します。大きな断面の構造用製材が必要な場合には、各製材工場に取り扱える丸太の径も、事前に調べておく必要があります。

構造用製材は、断面寸法だけではなく、長さも木造住宅の間取りを踏まえて、寸法の規格化が行われています。柱であれば、階高を睨んで 3m、はりや胴差などの横架材は、6 畳、8 畳、10 畳の部屋の設計に適した 4m、一番長いのは通し柱で 6m となっています。よって構造用製材の見積もりをするときには、この寸法で材料を拾っていくことになります。

また大型化・自動化が進められた製材工場では、寸法の規格化を睨んで、合理的な生産ラインが組まれていますので、通常、取り扱うことのない 6m を超える長い丸太を製材することはできません。通し柱以外の長さが 4m を超える寸法、あるいは材料の幅が規格外の材料についても、自動化された工場では、生産効率をかなり落とすことになるので、受注が難しい状況にあります。6m の長さを超える製材、あるいは表 5.5 よりも大きな断面の構造用製材の製材は、大型化・自動化が進んでいない製材所で行うことができますが、必然的に材料のコストは上がることになります。

◆ 強度区分法の仕組み

木材は生物資源なので、強度にバラツキがあります。構造設計で採用される木材の基準強度は、基本的には実験データを基に、5%下限値（仮に実験を 100 体実施した際、5 番目に弱かった数値を、統計的手法を使って導いた値）が基準強度として採用されることになっています。

図 5.4 グラフは、横軸が材料の幅に対しての節の大きさ、縦軸が強度を示します。このグラフからわかるように節の大きさは木材の強度に影響することがわかります。そこで目視等級区分では、節の大きさの他、強度に影響すると考えられる貫通割れや目回り等の基準を定め、1 級、2 級、3 級の区分を、表 5.3 のように行っています。

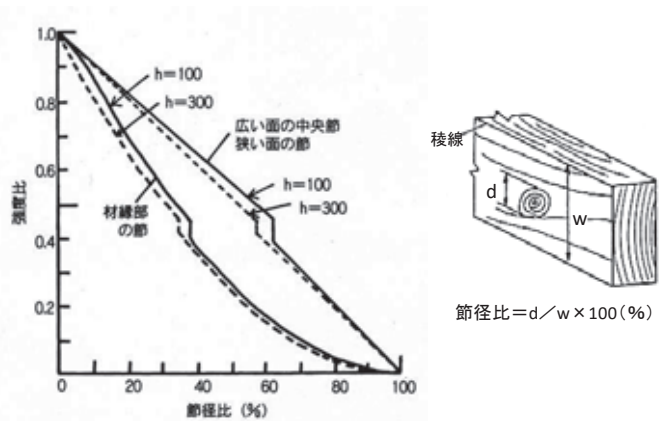


図 5.4 スギ角材の曲げ強度試験の結果*

また図 5.5 のように構造用製材の曲げ試験を実施すると、ヤング係数（横軸）と強度（縦軸）の間に正の相関関係があることがわかります。材料の強度は、力を加えて壊さないと具体的な値を知ることはできませんが、材料の曲がりにくさ・縮みにくさ・伸びにくさを示す材料のヤング係数は、材料を傷めない程度の荷重を

加えた時の変形量、その時の荷重、断面の大きさがわかれば、計算することができます。ヤング係数を事前に知ることによって、材料の強度区分をする方法を機械等級区分といい、目視等級区分が定性的判断であるのに対し、定量的判断になるこの区分法は、より信頼性の高い区分法として、中大規模木造建築物の構造設計では積極的に活用されています。

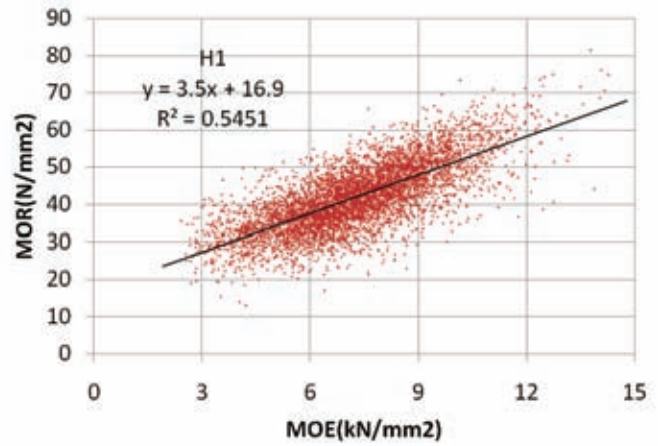


図 5.5 スギの角材の曲げ試験によるヤング係数と強度の関連図

資料提供：秋田県立大学名誉教授 飯島泰男

◆ なぜ含水率管理が重要か

木材中には、細胞内腔に毛管力により保持されている自由水と、水素結合、あるいはファンデルワールス力によって細胞壁と結合している結合水があり、乾燥していくと初期の過程では自由水が減り、やがて自由水がなくなり細胞壁が結合水で満たされる繊維飽和点に達します。このときの含水率は約 30%程度です。次に結合水が抜け始めると、木材は収縮を始めます。また木材は、図 5.6 に示す、接線方向 (T 方向)、半径方向 (R 方向)、長さ方向 (L 方向) で、縮み方が異なる、異方性という特徴があり、森林大百科事典によると含水率が 1%下がると、スギであれば T 方向に 0.26%、R 方向に 0.09%、L 方向に 0.01%、ヒノキであれば T 方向に 0.21%、R 方向に 0.11%、L 方向に 0.01%縮むと紹介されています。

4m の長さのスギの平角材が、含水率 25%で納材されたとし、仮に含水率が 12%まで減少すると、次の式で縮む量が計算できます。

$$(L \text{ 方向}) \quad 4,000\text{mm} \times 0.01 / 100 \times (25 - 12) = 5.20\text{mm}$$

この状況が建方終了後に生じると、柱、あるいは胴差にはりを載せた状況だけになっていれば、やがてはりはずれて落下する危険性ができますし、力を十分伝えられない可能性があります。また落下しないような接合になっていた場合には、両端の柱または胴差が内側へ引き寄せられるような状況になってしまいます。

またスギの平角材断面の短辺長さが 120mm ならば、幅方向に縮む量は、次のように計算できます。

$$(T \text{ 方向}) \quad 120\text{mm} \times 0.26 / 100 \times (25 - 12) = 4.06\text{mm}$$

$$(R \text{ 方向}) \quad 120\text{mm} \times 0.09 / 100 \times (25 - 12) = 1.40\text{mm}$$

このように T 方向と R 方向の縮み方は、スギであれば約 3 倍、ヒノキの場合には約 2 倍、違っていますので、断面が矩形であればこの形状が保てなくなります。また図の 5.7 のように髄を含む角材は、この T 方向と R 方向の縮み方の違いにより乾燥過程で生じる内部応力に寄与し、表面割れの原因となります。

形状変化の別のかたちとして、メカノ・ソープティブ変形という現象があります。図 5.8 のグラフの横軸は、図 5.9 のようなかたちで構造用製材の中央部に錘を載せた後の経過時間、上のグラフの縦軸は下方向に変形した変位量 (縦軸) の推移、下のグラフの縦軸は、構造用製材の含水率の推移を示しています。

上の 2 つのグラフから時間の経過とともに徐々に変形量が増え

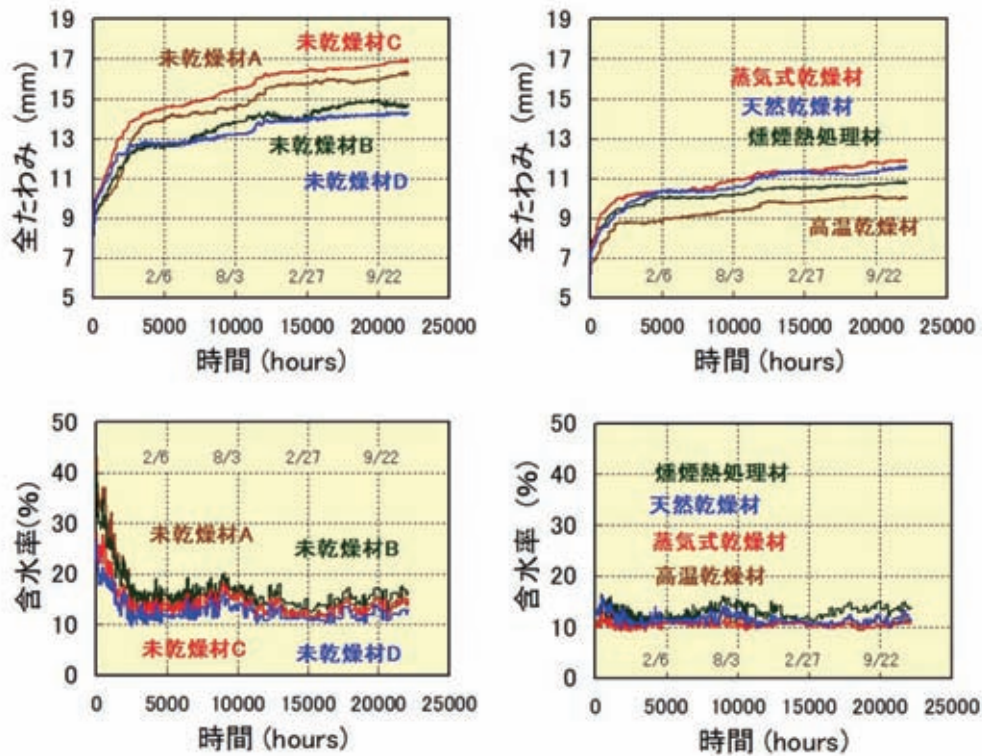


図 5.6 木材の異方性



図 5.7 木材の表面割れ

ていくクリープが起こっていることがわかります。しかし下のグラフから、右側のグラフの材料は平衡含水率に近い材料で実験が始められていますが、左側の材料の実験は、繊維飽和点に近い、含水率約30%から実験が始められており、錘を載せてから約2,000時間までの変位の増え方が右のグラフと比較すると、大きく違っていることがわかります。そして概ね2,000時間を過ぎると左図の変位の増え方も穏やかになります。その変位点は、下の左図を見ると含水率の変化が緩慢になるあたり、すなわち平衡含水率あたりであることがわかります。この初期の乾燥の過程で大きく変形量が推移する原因がメカノ・ソープティブ変形と呼ばれる現象です。乾燥が不十分な構造用製材を利用してしまうと、乾燥の過程でこのような現象がおり、床の不陸、建具の開閉の不具合、床鳴りなどが発生します。このように乾燥が不十分な構造用製材の使用に起因する様々なトラブルを発生させないためには、含水率の品質管理が非常に重要になってくるわけです。



- * 左図が初期段階で未乾燥状況であった構造用製材、右図が乾燥した構造用製材による変化
- * 載荷開始から、上図がたわみの推移、下図が含水率の推移

図 5.8 クリープ試験の試験結果

資料提供：宮崎県木材利用研究センター 荒武志郎氏

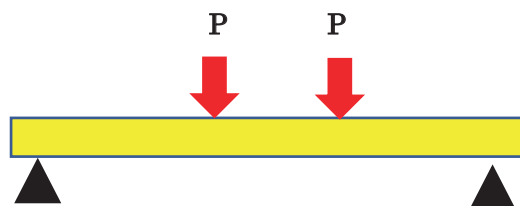


図 5.9 構造用製材の静的曲げ試験

Section6. 構造用集成材 利用上の留意点

構造用集成材の利用にあたり、品質、納期、コストに影響するポイントを整理しておきましょう。

チェック項目	
6.1	① 樹種は、何を選択されますか。 <input type="checkbox"/> スギ <input type="checkbox"/> ヒノキ <input type="checkbox"/> スギとヒノキの異樹種 <input type="checkbox"/> その他
	② どのような等級区分の材料を使用されますか。 <input type="checkbox"/> E65-F225 <input type="checkbox"/> E75-F240 <input type="checkbox"/> E85-F255 <input type="checkbox"/> E95-F270 <input type="checkbox"/> E105-F300 <input type="checkbox"/> E65-F255 <input type="checkbox"/> E75-F270 <input type="checkbox"/> E85-F300 <input type="checkbox"/> E95-F315 <input type="checkbox"/> E105-F345 <input type="checkbox"/> 上記以外
6.2	表面の美観は、どの程度を希望されますか。 <input type="checkbox"/> 無節 <input type="checkbox"/> 1種 <input type="checkbox"/> 2種 <input type="checkbox"/> 3種 <input type="checkbox"/> 特にこだわりはない
6.3	①-1 部材断面の短辺の寸法は、いくらですか。 <input type="checkbox"/> 90mm以下 <input type="checkbox"/> 105mm <input type="checkbox"/> 120mm <input type="checkbox"/> 120mmを超え、150mm未満 <input type="checkbox"/> 150mmを超え、210mm未満 <input type="checkbox"/> 210mmを超える
	①-2 部材断面の長辺の寸法は、いくらですか。 *短辺寸法 105mm または 120mmのとき <input type="checkbox"/> 表5.5の区分1、区分2 <input type="checkbox"/> 表5.5の区分3 <input type="checkbox"/> 360mmを超える *短辺寸法 105mm、120mm以外で150mm未満 <input type="checkbox"/> 表5.5の長辺寸法 <input type="checkbox"/> 360mmを超える *短辺寸法 150mm以上のとき <input type="checkbox"/> 200mm <input type="checkbox"/> 200mmを超え、短辺寸法の3倍以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法の3倍以上
	② どの長さの材料を使用されますか。 <input type="checkbox"/> 105mmまたは120mmの正角、3m以下 <input type="checkbox"/> 105mmまたは120mmの正角、3mを超え、6m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 105mmまたは120mmの平角、4m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 105mmまたは120mmの平角、4mを超え、6m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 105mmまたは120mmの平角、6mを超える <input type="checkbox"/> 短辺寸法 120mmを超え、150mm未満で、9m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 120mmを超え、150mm未満で、9mを超える <input type="checkbox"/> 短辺寸法 150mm以上で9m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 150mm以上で、9mを超え、15m以下 <input type="checkbox"/> 短辺寸法 150mm以上で、15mを超える
	③ 湾曲形状の部材の利用がありますか。 <input type="checkbox"/> ある <input type="checkbox"/> ない
6.4	使用される接着剤は、どのようなものですか。 <input type="checkbox"/> レゾルシノール樹脂系接着剤 <input type="checkbox"/> 水性高分子イソシアネート系接着剤 <input type="checkbox"/> ウレタン樹脂系接着剤 <input type="checkbox"/> エポキシ樹脂系接着剤 <input type="checkbox"/> その他
6.5	防腐処理されますか。 <input type="checkbox"/> 構造用集成材製造後、処理 <input type="checkbox"/> ラミナで処理後、積層接着 <input type="checkbox"/> しない

6.1 強度規格

構造用集成材の強度等級は、E○○-F○○と表示し、Eの数値はヤング係数（kN/mm²）、Fの数値は基準曲げ強度（N/mm²）を示しています。構造用集成材を構成するひき板（以下、ラミナ）のヤング係数の出現頻度を考慮すると、**スギであるならばE65～E75、ヒノキであるならばE85～E95**の利用が無理がなく、スギでE85以上、ヒノキでE105以上の強度等級の構造用集成材を使いたい場合には、事前に工場側と協議しておくことが必要です。

構造用集成材は大きく2つに分けられ、同じ強度区分のラミナで構成される同一等級（図6.1参照）と、内側から外側に向けて強度区分の高いラミナを配置する異等級構成（図6.2参照）があります。例えばE65-F255は同一等級の構造用集成材で、曲げヤング係数が7.0GPa以上のラミナだけで構成され、一方、同じヤング係数の表示の異等級構成集成材E65-F225は、最外層に8.0GPaと、E65-F255よりも強度区分の高いラミナが必要になりますが、内側には5GPaのラミナを使うことができます。よってスギのラミナの出現頻度を考慮すると、異等級構成は同一等級構成よりも歩留まりが高くなると推察され、断面の長辺寸法が大きな断面になる場合には、同一等級構成よりも**異等級構成の構造用集成材で計画**することが望まれます。

L70
L70
L70
L70
L70
L70
L70
L70

図 6.1 同一等級構成の構造用集成材

L80
L70
L60
L50
L50
L60
L70
L80

図 6.2 異等級構成の構造用集成材

*Lの値は、等級区分機によるラミナの曲げヤング係数を示す。

6.2 表面の美観

構造用集成材の仕上げ後の外観等級は、1種、2種、3種の3区分となっていますが、1種の基準は「節（生き節は除く）、穴、やにつぼ、やにすじ、入皮、割れ、逆目等がないこと、または埋木若しくは合成樹脂等を充填することにより巧みに補修されていること」、「変色及び汚染は、材固有の色沢に調整しその様相が整っていること」等と厳しく、数が増えると、その要求に応えることは困難なため、通常、**2種が選択**されています。

6.3 構造用集成材の寸法

構造用集成材は断面寸法の違いによって、図6.3のように小断面、中断面、大断面で区分され、JAS規格の認証は、樹種および小・中・大の区分ごとに受けることになります。小中断面の構造用集成材の需要は、住宅市場ですので、構造用製材と同様に、表5.5のように**寸法の規格化**が行われています。ただし長辺寸法は構造用製材とは異なり、丸太の径に制限されないため、区分2、区分3の寸法にも容易に対応できます。

短辺寸法105mm、120mm以外の寸法、および大断面集成材のラミナの寸法は特注となります。ラミナの厚さは仕上がりで30mmとしている事例が多いようです。

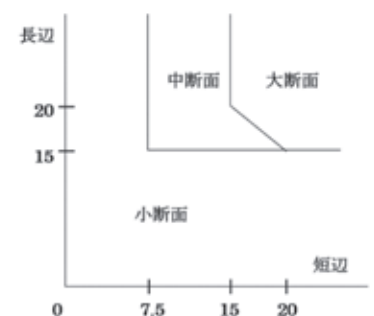


図 6.3 構造用集成材 大中小断面の区分

集成材の特徴のひとつは、接着剤でラミナを繋ぐことができるため長い材料が造れ、ラミナを貼り合わせることで、長辺の高さは、理論上はいくらでも大きくすることができます。実務的には**工場の設備**と、**運搬制限**で、長さ高さの最大値が決まります。幅については、丸太の径とヤング係数を計測する装置やプレーナーによってその寸法が制限されます。ただし複数の集成材を接着することによって幅の広い構造用集成材もつくることができます。また長辺寸法が短辺寸法の3倍を超えた場合には、横座屈の確認をすることが望まれます。

6.4 接着剤

構造用集成材に使用されている接着剤は大きく、レゾルシノール樹脂系接着剤（RFP）と水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤（API）の2種類です。JAS規格では構造用集成材が使用環境Bで使用される場合には、RFPまたはJASの審査に合格したAPIを使用する必要があり、**使用環境Aで使用される場合には、RFPに使用が限定**されています（p.31 付表1 参照）。

またかつて、接着剤に関しては健康面への懸念の声が聴かれましたが、建築基準法の要求性能に対し、JAS規格にて健康被害の要因とされるホルムアルデヒドの放散量の基準が設けられ、平均0.3mg/L以下・最大0.4mg/L以下の放散量の製品には**F☆☆☆☆**と表示されることになり、愛媛県内の構造用集成材のJAS認証工場では、この基準を満たす製品の出荷が行われています。

6.5 防腐処理

雨掛かりの心配があるなど、耐久性が心配される場所に構造用集成材を使用する場合、耐久性向上策として薬剤を注入することもできます。方法として、製品化、あるいは加工した後に処理する場合と、断面が大きい、または長い材料の場合は、ラミナに薬剤を注入した後に、積層接着する方法があります。後者の場合には、薬剤により接着性能に支障がないか、事前に確認して実施することが必要です。

◆ 愛媛県内の構造用集成材のJAS認証工場

県内には、表 6.1 に示す工場で中小断面構造用集成材のJAS認証を受けられています。また久万広域森林組合父野川工場では、大断面集成材のJAS認証も受けられています。

表 6.1 愛媛県内の構造用集成材 JAS 認証工場

工場名	住所
久万広域森林組合父野川工場	上浮穴郡久万高原町父野川乙586番地3
(株)サイプレス・スナダヤ東予インダストリアルパーク工場	西条市北条962番55

Section7. 直交集成板（CLT）利用上の留意点

直交集成板（CLT）の利用にあたり、品質、納期、コストに影響するポイントを整理しておきましょう。

チェック項目	
7.1	① 樹種は、何を選択されますか。 <input type="checkbox"/> スギ <input type="checkbox"/> ヒノキ <input type="checkbox"/> スギとヒノキの異樹種 <input type="checkbox"/> その他
	② CLTは、どのような構成ですか。 <input type="checkbox"/> 3層3プライ <input type="checkbox"/> 3層4プライ <input type="checkbox"/> 5層5プライ <input type="checkbox"/> 5層7プライ <input type="checkbox"/> 7層7プライ <input type="checkbox"/> 9層9プライ <input type="checkbox"/> 左記以外
	③ どのような等級区分の材料を使用されますか。 <input type="checkbox"/> S60 <input type="checkbox"/> S90 <input type="checkbox"/> S120 <input type="checkbox"/> Mx60 <input type="checkbox"/> Mx90 <input type="checkbox"/> Mx120
	④ 材料の厚さは、いくらですか。 <input type="checkbox"/> 36mm <input type="checkbox"/> 60mm <input type="checkbox"/> 90mm <input type="checkbox"/> 120mm <input type="checkbox"/> 150mm <input type="checkbox"/> 180mm <input type="checkbox"/> 210mm <input type="checkbox"/> 270mm <input type="checkbox"/> その他
7.2	① CLTの短辺の長さは、どのくらいですか。 <input type="checkbox"/> 1m未満 <input type="checkbox"/> 1mを超え、2m以下 <input type="checkbox"/> 2mを超え、2.4m以下 <input type="checkbox"/> 2.4mを超え、3m以下
	② CLTの長辺の長さは、どのくらいですか。 <input type="checkbox"/> 2m未満 <input type="checkbox"/> 2mを超え、4m以下 <input type="checkbox"/> 4mを超え、6m以下 <input type="checkbox"/> 6mを超え、12m以下
7.3	① 表面の仕上がりは、どの程度ですか。 <input type="checkbox"/> 無節 <input type="checkbox"/> 1種 <input type="checkbox"/> 2種
7.4	使用される接着剤は、どのようなものですか。 <input type="checkbox"/> レゾルシノール樹脂系接着剤 <input type="checkbox"/> 水性高分子イソシアネート系接着剤 <input type="checkbox"/> ウレタン樹脂系接着剤 <input type="checkbox"/> エポキシ樹脂系接着剤 <input type="checkbox"/> その他

7.1 CLTの構成と強度等級をチェック

CLTは、Cross Laminated Timberの頭文字をとったもので、国内の基準類では直交集成板と名付けられており、ラミナと呼ばれるひき板の繊維方向を同じ向きにして積層接着し、軸部材として構成される構造用集成材に対し、ラミナを交差（図7.1参照）させ、大きな面材として構成された木質系材料です。

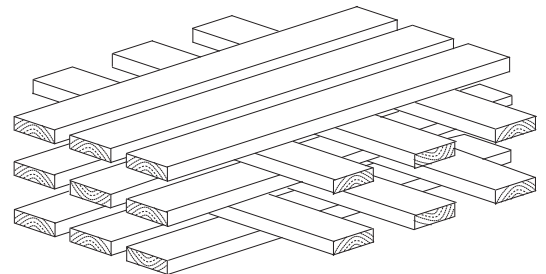


図7.1 CLTのラミナの積層

CLTの強度等級は、「S☆-○-△」や「Mx☆-○-△」のように表記されます。

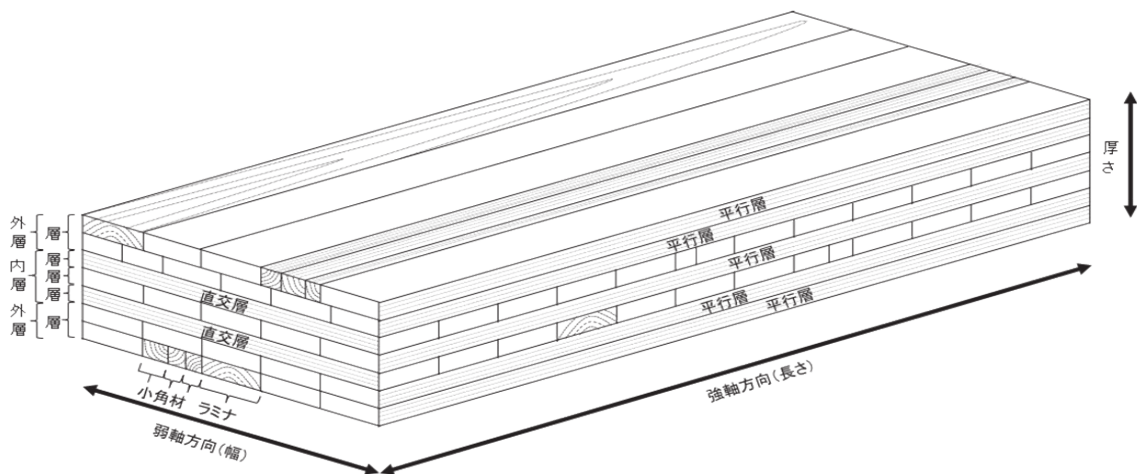


図7.2 5層7プライのCLT

△は積層しているラミナの枚数、○は平行層（最外層のラミナと繊維方向が同じ向きの層）と弱軸層（最外層のラミナと90度、交差する層）の総数を示します。層とは、1枚のラミナか、複数のラミナで構成されるもので、隣接するラミナの繊維方向の向きが同じ場合には、これを同一層と考えます。図7.2の場合には、上から1番目と2番目のラミナの繊維方向が同じなので、これを同一層とし、同様に上から6番目と7番目についてもこれを同一層として、5層の構成になっていることとなります。このようなCLTの構成を5層7プライと呼びます。また☆には、最外層に使用しているラミナの、製造時に等級区分機によって計測するヤング係数を指標とした数値が示されており、ヤング係数の出現頻度から、一般的には、スギの場合は60（ヤング係数の平均値が60 kN/mm²以上であることを意図）、ヒノキでは90が使用されます。SとMxは、内層に使用しているラミナの強度区分を示しており、最外層のラミナと同様の強度区分のラミナを使っている場合にはSと表示、最外層よりは強度性能が劣るラミナを使用している場合にはMxと表示され、前者を同一等級構成、後者を異等級構成と呼んでいます。

CLTは2013年12月にCLTの製造規格となる「直交集成板の日本農林規格」が制定され、2016年3月に平12建告第1024号に追加される形で、基準強度が示されました。ただし床や屋根にCLTを使う場合については、基準強度の提示は極めて限定的でしたが、2018年3月に追加され、現在は、強軸方向に対し、3層3プライ、3層4プライ、5層5プライ、5層7プライ、弱軸方向に対し、3層3プライ、3層4プライ、5層5プライ、5層7プライ、7層7プライ（赤字は追加された構成）の曲げに対する基準強度が示されています。

JAS規格ではラミナの厚さは12mm～50mmとしており、通常、30mm厚さのラミナが使用され、原則、同じ厚さのラミナでCLTを構成することになっています。違う厚さのラミナを使用するときは、事前の協議が必要です。

7.2 製作寸法

CLTはマザーボードという大きなCLTを製造し、これを切り出す形で注文寸法の製作にあたっています。国内で製造できる**最大寸法は、幅3m、長さ12m**で、厚さ30mmのラミナで構成される9層9プライが最大厚さになります。ただし国内では**運搬の幅に制限**があることから、2.4m幅を超える場合には、事前に警察署等の許可をとる、あるいはトレーラーや10tトラックの荷台に斜めに積まないといけないため、運搬効率が極めて落ちるので注意が必要です。

尚、CLTパネル工法で設計する際、耐力壁の幅が2.0mを超えると、大判パネル仕様になり、耐震性能が変わってきますので設計の際、注意が必要です。

7.3 材面の美観

材面の美観については、JAS規格には「利用上支障のないこと。ただし、補修したものにあっては、補修部分に透き間がなく、脱落又は陥没のおそれがないこと」という記載があるのみで、より良質な品質の材面を求めるときには、数量が多いと対応が困難になる、あるいはコストアップの要因になるため、事前に製造側との協議が必要になります。またJAS規格の構成で製造されたCLTに美観を目的として、表面に仕上げ板を貼ることは認められています。

7.4 CLTに使用する接着剤

CLTの積層面の接着剤には、レゾルシノール樹脂等接着剤（RFP）と水性高分子イソシアネート樹脂系（API）の2種類の接着剤が使用されています。構造用集成材と同様に、使用環境によって使用できる接着剤が制限されます。また加熱によりある温度に達すると、APIは剥離する傾向がみられることから、見かけ上、表面から内部への燃焼速度は、RFPよりも速くなるため、**接着剤の種類によって燃えしろ寸法が異なってきます**（付表1参照）。

◆ 愛媛県内の CLT の JAS 認証工場

県内では、表 7.1 に示す工場が CLT の JAS 認証を受けています。

表 7.1 愛媛県内の CLT の JAS 認証工場

工場名	住所
(株)サイプレス・スナダヤ東予インダストリアルパーク工場	西条市北条962番55

Section8. 継ぎ手・仕口の加工

工事の現場でスムーズな作業、かつ良質な施工品質のカギとなる木材加工のポイントを整理しましょう。

チェックリスト	
①	加工する木材の形状は、次のどれに該当しますか。 <input type="checkbox"/> 矩形断面の軸部材で直材 <input type="checkbox"/> CLT <input type="checkbox"/> 円形状 <input type="checkbox"/> 湾曲材 <input type="checkbox"/> 自由形状
②	加工する木質材料の断面寸法は、次のどれに該当しますか。 <input type="checkbox"/> 木造住宅の規格寸法である <input type="checkbox"/> 木造住宅の規格寸法よりも幅が狭い <input type="checkbox"/> 木造住宅の規格寸法よりも幅が広い
③	加工する木質材料の長さは、次のどれに該当しますか。 <input type="checkbox"/> 2m以下 <input type="checkbox"/> 6m以下 <input type="checkbox"/> 6mを超える
④	建物の形状は、どのような形ですか。 <input type="checkbox"/> 2次元のフレーム形状 <input type="checkbox"/> 3次元のフレーム形状 <input type="checkbox"/> 円形
⑤	接合の方法はどのようなものですか。 <input type="checkbox"/> 在来軸組工法の伝統的な継ぎ手・仕口 <input type="checkbox"/> 少し複雑な簷合接合 <input type="checkbox"/> 金物を使った接合
⑥	建物の規模はどのくらいですか。 <input type="checkbox"/> 300m ² 以内 <input type="checkbox"/> 300m ² を超え、1000m ² 以内 <input type="checkbox"/> 1000m ² を超え、2000m ² 以内 <input type="checkbox"/> 2000m ² 超え

8.1 加工方法

木質材料は鉄骨工事と同様に、工事現場で搬入後、すぐに建方、あるいは組み立てができるように、事前に接合部の加工を行い、出荷されます。接合部の加工は、大工職による加工、またはプレカットと称される機械により加工が行われています。

機械加工には、利用される構造材の寸法が規格化されている、住宅向けの加工機械と、CAD で各部材の加工図を作成し、そのデータを読み取って加工する、CNC (Computer Numerical Control) による方法の2種類に分けられます。



図 8.1 住宅用プレカット加工機

まず住宅向けの加工機械（図 8.1 参照）は、墨付けから加工まで一貫した作業ができるプレカット工場に設置され、現在、在来軸組工法の住宅の90%以上の構造材は、これらの工場を経由して現場に運ばれており、住宅市場の流通の核にもなっています。ここまで急速にプレカット率が増えた理由には、加工精度、生産効率及びコストパフォーマンスが高いことがあげられます。ただし寸法が**規格化されている部材を対象**に、生産ラインや加工機的设计が行われていますので、取り扱える材料の寸法に制限があります。また1台の加工機で加工できる仕口・継ぎ手の形も限定されているため、例えば部材に対して45°の向きから取り合う材料との接合部の加工は不可能な場合があります。

一方、3D-CADと連動して加工できる機械が登場したことで、部材寸法の規格化が難しい非住宅の木造建築物を対象に機械加工が始まり、その後、徐々に非住宅建築物でも機械による加工が普及し、現在では円形状や湾曲形状の部材でなければ、**CNC（Computer Numerical Control）による加工**（図 8.2 参照）が通常になりました。



図 8.2 CNC 式加工機

近年は住宅向けの加工機械も進化し、3次元のフレーム形状や円形の建物形状の加工でなければ、木造住宅に使われる規格化された寸法の材料を巧く使ったトラスの継ぎ手や仕口の加工もできるようになっています。また住宅用の加工機と CNC 式加工機の双方を持ち合わせる工場も登場しています。各プレカット工場でのどのような加工ができるのか、コストや施工品質に影響する工程となりますので、事前に調査しておくことが望まれます。特に新しい材料である CLT は、大型のパネルのため、取り扱える寸法なのか、材料移動時に必要な揚重機の許容重量なのか等、確認することが求められます。

尚、加工にあたり手加工であれば基準墨が必要になりますが、部材の幅や長さを読み取って位置決めを自動的に行う構造になっているため、部材の寸法精度が加工精度に大きく影響してきます。よって製材後、収縮や形状変化の少ない、また加工後も、収縮・形状変化の可能性の少ない、**乾燥した木材を利用**することが求められます。

また湾曲材や自由形状の木材については、部材の形状をスキニングする技術と加工技術のマッチングが発展途上のため、このような形状の加工はできない状況です。断面が円形の材料や短い材料も、加工時の材料の固定が困難なことから、機械による加工は難しく、大工職に加工を委ねる必要があります。複雑な加工形状の場合、矩形断面が直材であっても、完全に機械だけでは加工できない部分もあり、未だ経験のある大工の存在は欠かせない状況です。

8.2 建築物の難易度

設計図書だけでは、部材の加工や施工にあたり十分な情報が得られないため、工事の実施に際して作成が必要なのが、施工図と加工図です。1990年代に建設された中大規模木造建築物は、2次元フレームの連続による加工形式が主流でしたが、近年は、デザイン性に富んだ多種多様な構造形式の事例が多くみられるようになっており、このような建築物の施工図・加工図を担当する技術者には、CADを効率的に使いこなせる能力だけでなく、設計図書を読み解く能力、材料の品質、納期、現場での建て方手順等、木質材料と建築に関わる幅広い知識が求められます。また大工職による加工を行う場合にも、施工図・加工図の作成は不可欠で、その際は、図面作成者は大工職の知識も学ぶ必要が生じてきます。

施工図・加工図は、1棟に対し、基本的には1名が担当することになりますが、建築物の規模や取り扱う部材数が多くなれば、あるいは形状が複雑な場合には、必然的に作業量が増えます。施工図および加工図は作成後、元請業者の承諾と監督職員/工事監理者の承認が必要で、承諾・承認が得られなければ、次工程に進むことはできません。また、使用する材料の発注も、施工図ができていなければ、品質や数量が確定できないため、無駄な

材料の発注や工事の遅延に繋がることになり、材料の品質や施工品質に多大な影響を与えます。よって、実工程表には、この**施工図、加工図の作成に必要な時間も考慮して作成**されることが求められます。

◆ 愛媛県内の住宅用プレカット工場の現況

愛媛県内にある住宅用プレカット工場の現状を表 8.1 に示します。

表 8.1 住宅用プレカット加工機

工場名	住所	電話番号
愛媛プレカット株式会社	松山市西垣生町1740-5	089-972-2992
三王ハウジング株式会社	新居浜市阿島1-5-35	0897-46-1511
株式会社鶴居商店	松山市西垣生町1740-2	089-973-4111
株式会社ランベックス愛媛	松山市南吉田町2455	089-971-3044
株式会社サカワ	東温市南方2215-1	089-966-5566

* 一般社団法人愛媛県木材協会の会員のみ表示

◆ 愛媛県内の CNC 式プレカット工場の現況

愛媛県内にある CNC 式加工機（図 8.3、図 8.4 参照）を設置している工場を表 8.2 に示します。

表 8.2 愛媛県内における CNC 式プレカット工場

社名	所在地	加工機械（メーカー）	最大加工サイズ（m）	使用CAD	部材対応	
					製材 集成材	CLT
サイプレス・スナダヤ	愛媛県西条市	Techno Wall（エセツトレ）	0.3×3×12	cadwork		○
三王ハウジング	愛媛県新居浜市	OIKOS(SCM)	0.3×1.2×12	cadwork/TOAアルティメット /hsbcad	○	
		K3i（フンデガー）	0.3×0.625×12.5	hsbcad	○	○
サカワ	愛媛県東温市	K2i（フンデガー）	0.3×1.25×12	hsbcad	○	



図 8.3 CNC 加工機



図 8.4 CNC 加工機（CLT 専用）