

第1編 木質構造の基礎知識

第1章 木質構造の概要

1.1 木材の性質

1.1.1 樹木の成長と年輪の形成

木材として利用するのは、主として樹木の幹の部分（樹幹）である。樹幹の形状・構造は樹種や樹齢、生育条件などによって異なるが、その構造はほぼ同一で、図1.1のような基本的構造を持っている。一般的に「樹は生きている」と言われるが、樹木（幹の断面）の中で生きていると言えるのは、木部と樹皮の間にある形成層と一部の柔細胞組織だけであり、その形成層における細胞分裂によって木材は年々肥大成長する。春から夏にかけて成長した細胞群が早材（春材）で、夏から秋にかけて成長した細胞が晩材（夏材）であり、この濃淡が年輪となる。

木材を、年輪の接線方向に切断したときに現れる面が“板目”、中心部から放射方向に切断したときに現れる面が“柾目”、丸太を輪切りにしたときに現れる面が“木口”である（図1.2）。板目の板では、樹皮側が“木表”、髓側が“木裏”となる。

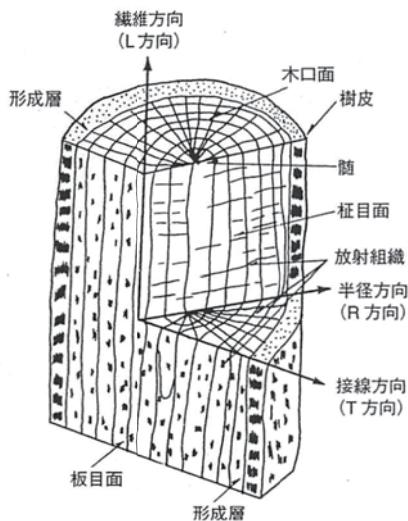


図1.1 樹木の構造¹⁾

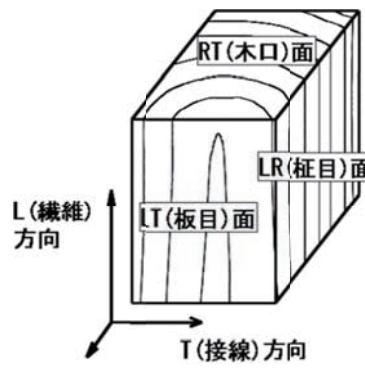


図1.2 木材の直交3軸と3平面²⁾

1.1.2 針葉樹と広葉樹

図1.3には、針葉樹と広葉樹の顕微鏡写真を示した。針葉樹の場合、縦方向に並んだ細胞が仮道管で、半径方向に走っている細い筋が放射組織である。広葉樹の場合、孔のように見えるのが道管で、縦方向にならんだ細胞が木部纖維、半径方向に走っている細い筋が放射組織である。

木材の大きな特徴の一つが、樹種によって強度や耐久性などの特性が著しく異なる点である。それが木造建築を扱う際の難しさであり、面白さでもあるわけだが、木材の特性をよく知ることにより、正に適材適所な使い方ができるようになる。

表1.1には、木造建築によく使われる木材（構造材、造作材）を示した。広葉樹には構造用の製材規格がないこと等から、建築物の構造材として利用されるのは圧倒的に針葉樹が多い。広葉樹材は、密度の高さ（=堅さ）を活かした込み栓やダボなどの接合具としての利用や、その高い耐久性能を活かした屋外での利用が多い。

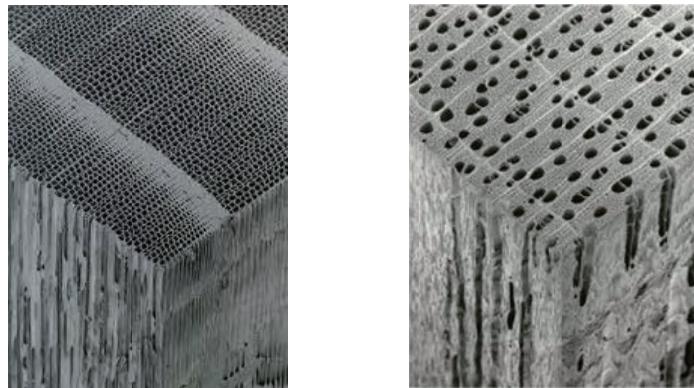
図 1.3 木材の顕微鏡写真（左：針葉樹（スギ）、右：広葉樹（マカンバ））³⁾

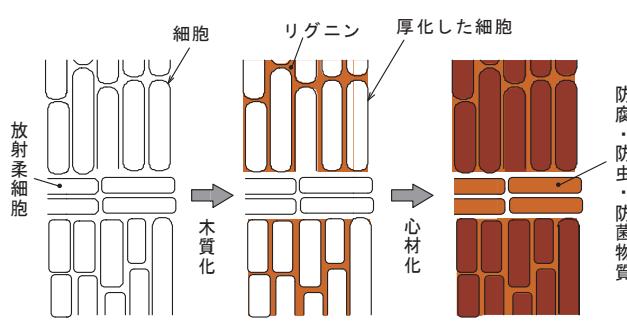
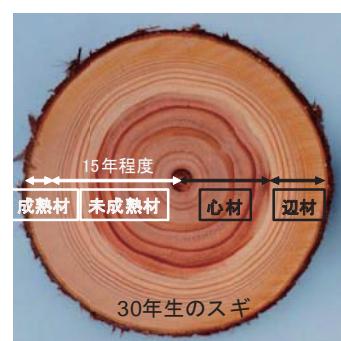
表 1.1 木造建築によくつかわれる木材一覧

種類	樹種
国産針葉樹	スギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツ、エゾマツ、トドマツ、など
外国産針葉樹	ベイマツ、ベイツガ、オウシュウアカマツ、スプルース、ラジアータパイン、など
国産広葉樹	クリ、ケヤキ、ブナ、ミズナラ、ヤチダモ、シラカシ、など
外国産広葉樹	メランチ、アピトン、チーク、マホガニー、イペ、ジャラ、など

1.1.3 辺材・心材と成熟材・未成熟材

木材が肥大成長する過程で、形成層で分裂した仮道管や木部纖維の細胞は、半年も経たないうちに生理機能が無くなる（＝生命活動を停止）。そして辺材の柔細胞が死ぬときに、貯蔵してあったデンプンなどを防虫や防腐などに役立つ物質に変える（図 1.4）。この現象が心材化で、心材が赤みを帯びているのはこの物質の色である（図 1.5）。また心材では水分を通す必要がないので、道管や仮道管では水が移動しにくくなるように組織が変化する。

若い樹木が成長する過程で、幹が細いうちは、幹全体を柔らかくして変形に対する吸収エネルギーを高めておかないと、風などの力によって簡単に折れてしまう。このため幹の中心部は木材細胞の長さが短く、それ故に弾性係数も低くなる。この部分のことを“未成熟材”という。逆に、ある程度幹が太くなると、樹幹を支えなければならないので、中心部の外側は弾性係数が高くなる。この部分を“成熟材”という（図 1.5）。

図 1.4 心材化の原理⁴⁾図 1.5 心材・辺材と成熟材・未成熟材²⁾

1.1.4 細胞構造と異方性

木材の基本骨格となる原料は、炭素と酸素と水素が結合してできたセルロースであり、それが何十本も纏まってミクロフィブリルという束になっている。細胞壁は図1.6に示すように1次壁と2次壁（外層、中層、内層）からなるが、いずれの層でもミクロフィブリルの配向（角度）が異なっており、特に最も厚い層（2次壁中層）ではミクロフィブリルが纖維軸に対して $10\sim30^\circ$ の勾配で螺旋状に配列している。この最も厚い2次壁中層によって、木材の強度発現機構が特徴づけられている。ちなみに、細胞壁の比重は全ての樹種で1.5である。木材の比重は、含まれる細胞壁の量（空隙の量）によって決まる。

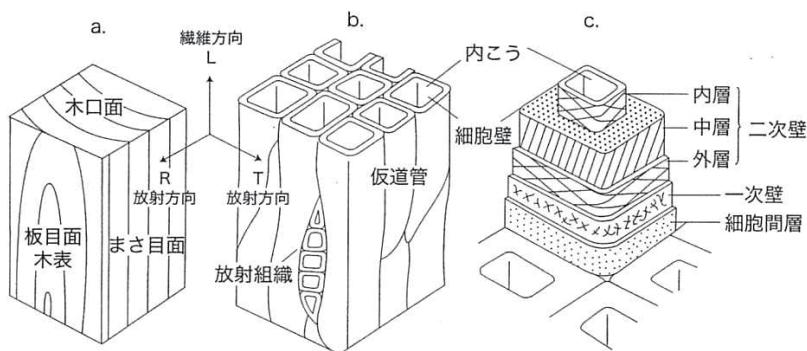


図1.6 木材の微細構造⁵⁾

1.1.5 水分と物性

「木材中の水分の重量／木材実質の重量」を木材の“含水率”といいます。したがって100%を超える場合もある。ある同一の温湿度条件下にあれば、どんな樹種の平衡含水率も概ね同じになる。特に大気中での平衡含水率を気乾含水率といい、日本では一般的に12～15%程度である。住宅で長い間使用されていた柱・梁・土台等の含水率を測定すると、土台で16～17%、それ以外は12～13%であったという報告もあり、構造材として用いる木材の乾燥程度は、概ね15%以下程度が望ましいことがわかる。

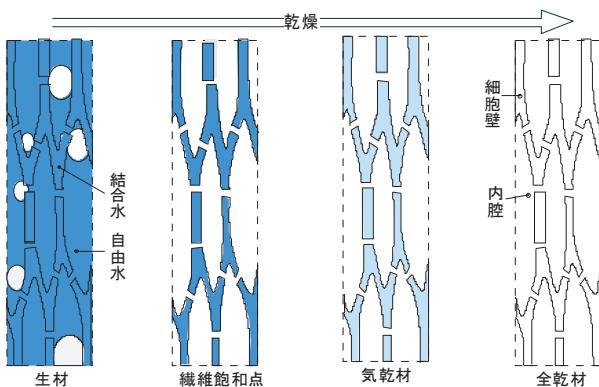
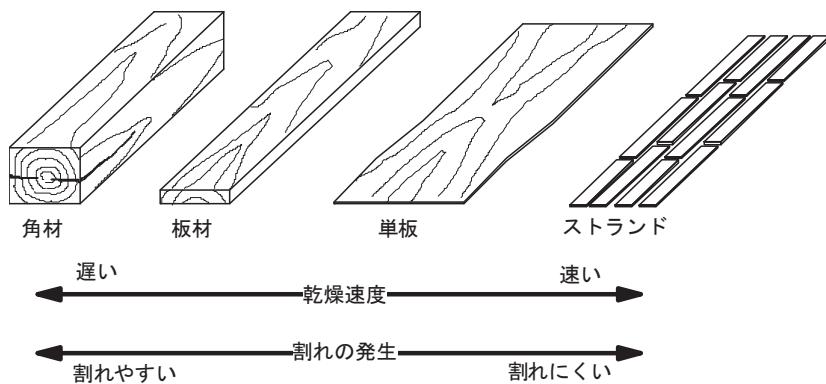
1.1.6 膨潤収縮

図1.7に示すように、木材中の水分には、細胞壁に吸着している“結合水”と、細胞内に自由に存在している“自由水”がある。自由水が全部無くなつた状態を“纖維飽和点”といい、樹種に関係なく含水率25～30%程度である。木材は、纖維飽和点を境にして強度特性が大きく変化する。自由水が抜けるまでは強度性能に大きな変化はないが、結合水が減少すると強度が高くなる。含水率が低ければ低いほど強度が高くなるのである。また、纖維飽和点を境にして細胞壁の変形（くるい）が生じ始める。また、変形の量は方向によって異なり、およそ纖維方向（L）：放射方向（R）：接線方向（T）=0.5～1:5:10である。

木材は乾燥させてから使うのが常識だが、木材の乾燥に技術を要するのは、①結合水が木材中から簡単に出て行かない、②結合水が出て行く時に木材の変形を伴う、③さらにその変形が異方性をもつ、といった理由のためである。材料の大きさにより乾燥速度は異なり、割れの発生度合いなども変わってくる（図1.8）。

乾燥方法には、天然乾燥、除湿乾燥、蒸気式乾燥（中温・高温）、高周波乾燥など様々な

手法があり、いずれも長所・短所がある。製材工場等では、乾燥させる材料やその断面等により様々な工夫した乾燥方法を採用している。

図1.7 木材中の水分⁶⁾図1.8 材料の大きさと乾燥の難易度⁶⁾

1.1.7 強度の異方性

纖維状のミクロフィブリルが長さ方向の力に対して強い抵抗力を示すのと同様に、細胞も纖維の長さ方向（縦方向）の圧縮力に対しては強く、横からの力に対してはつぶれやすく、弱い抵抗しか示さない。同様に、木材の強度は纖維方向(L)方向が最も高く、放射方向(R)方向や接線方向(T)方向ではその1/10～1/20程度となる。また、木材がT方向やR方向から部分圧縮力を受けるとめり込みを生じやすいため、木造建築物の構造設計においては、横圧縮を受ける部分の設計には注意が必要である。

1.1.8 強度のバラツキと寸法効果

木材の強度試験はJISに定められている⁷⁾が、試験片は節などの欠点を含まない小さな試験片である。したがって、強度等は実大試験体よりも大きな値を示す。また、木材の強度やヤング率は、木材の纖維方向と作用する荷重の方向の組み合わせによって異なる。

木材は生物材料であるから、特性のバラツキから逃れることができない。したがって、強度特性のような数値を取り扱う場合には、常にバラツキがある（分布がある）ものとして考える必要がある。

実大材は無欠点小試片に比べ、強度を低減させるような欠点である節や纖維の目切れ、あるいは乾燥による割れなどを含んでいる。このため、その強度は無欠点小試験片より小

さな値となる。この、材積が大きくなるほど強度が低下する現象を寸法効果という。無欠点小試験片の強度では引張>曲げ>圧縮の順になるのに対し、実大試験体では全く逆の傾向を示す（図1.9）。国土交通省告示の基準強度の数値を見ても、曲げ>圧縮>引張となっているのは、この寸法効果に伴う欠点の影響が含まれているからである。

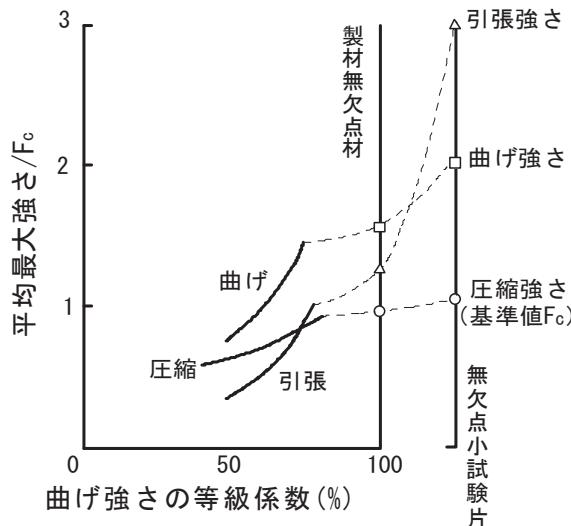


図1.9 寸法効果の例⁸⁾

1.1.9 実大強度の下限値と許容応力度

実大材の許容応力度は強度の平均値ではなく、製品に含まれる弱い個体の値を基準にして決められる。なぜなら、破壊が生じやすいのは製品の中の強い個体ではなくて弱い個体だからである。この指標となるのが5%下限値（95%下側許容限界値）であり、基準強度を決める基本的な考え方である。

許容応力度とは「安全に使える単位面積あたりの外力の限度」である。現行基準では、建築基準法施行令第89条の中で基準強度から許容応力度を求める係数のみが示され、平成12年建設省告示第1452号あるいは平成13年国土交通省告示第1024号の中で基準強度を示している。ここでいう基準強度とは、上述した強度分布の5%下限値、あるいは旧施行令で導かれた材料強度である。

1.2 部材の特性

本節では、木質構造部材にかかる応力のうち、引張、圧縮、曲げ、せん断、めり込みの応力算定法と終局耐力の算定法について解説する。ここでは主に、木材に働く応力（材料の働く力を、負担する断面積で割った値）が、その材料の許容応力度（基準強度に荷重継続期間の影響を考慮した係数を掛けて求めた数値）を超えないように設計することにより、部材の安全性を確認する方法について解説している。

1.2.1 引張材

(1) 木材の繊維方向の引張

図 1.10 のように、木材の繊維に平行方向の引張を受ける部材の応力は、(1.1)式による。

$$\sigma_t = T/A \quad (1.1)$$

ここに、 T : 引張力 (N)

A_e : 有効断面積 (mm^2)

σ_t : 引張応力度 (N/mm^2)

引張応力度は、以下の条件を満たさなければならぬ。

$$\sigma_t \leq f_t$$

ここに、 f_t : 許容引張応力度 (N/mm^2)

(2) 木材の繊維に直角方向の引張

木材の繊維に直角方向または傾斜する方向の引張は、極力これを避けることが望ましい。やむを得ず木材の繊維に直角方向または傾斜する方向に引張力が働く場合は、適切な補強等を行い、この方向に過大な応力が働くないようにする必要がある。

1.2.2 圧縮材

(1) 木材の繊維方向の圧縮

図 1.11 のような圧縮応力を受ける部材の断面は(1.2)式によって算定する。圧縮材の場合、部材が細長くなると圧縮ではなく座屈で破壊に至ることがある（図 1.12）。そのため、部材の細長比に応じて座屈低減係数を考慮することとなっている。細長比は、材長と材せいから求めることができる。

$$\frac{N}{\eta \cdot f_c \cdot A_e} \leq 1.0 \quad (1.2)$$

ここに、 N : 圧縮力 (N)

A_e : 有効断面積 (mm^2)

η : 座屈低減係数

f_c : 許容圧縮応力度 (N/mm^2)



図 1.10 引張力を受ける部材



図 1.11 圧縮力を受ける部材

座屈低減係数は、その有効細長比により以下の式によつて算定する。

$$\lambda \leq 30$$

$$\eta = 1$$

$$30 < \lambda \leq 100$$

$$\eta = 1.3 - 0.01\lambda$$

$$100 < \lambda$$

$$\eta = 3000 / \lambda^2$$

ここに、 λ ：圧縮材の細長比

圧縮材の細長比は、次式によって算出する。

$$\lambda = l_k / i$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = h / 3.46 \quad \cdots \text{長方形断面の場合}$$

ここに、 l_k ：座屈長さ (mm) …一般的に主要横架材間の距離

i ：座屈方向の断面二次半径 (mm)

I ：全断面積に対する座屈方向の断面二次モーメント (mm^4)

A ：全断面積 (mm^2)

h ：長方形断面の座屈方向の材せい (mm)

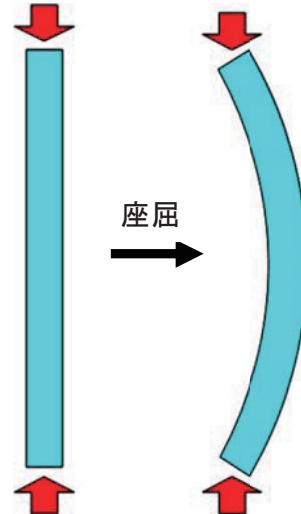


図 1.12 細長い材が圧縮応力を受けると座屈を起こす

(2) 材の接触面に対する圧縮（めりこみ）の検定

図 1.13 のように、木材の纖維直角方向に局部的に圧縮力が働くと、木材は部分圧縮によるめり込みを生じる。材の接触面に対し部分圧縮（めりこみ）を受ける部材の検定は(1.3)式による。

$$N/A \leq F_{c\theta} \quad (1.3)$$

ここに、 N ：圧縮力 (N)

A ：接触（めりこみ）面積 (mm^2)

$F_{c\theta}$ ：木材の纖維方向と角度 θ をなす方向の許容めりこみ応力度 (N/mm^2)

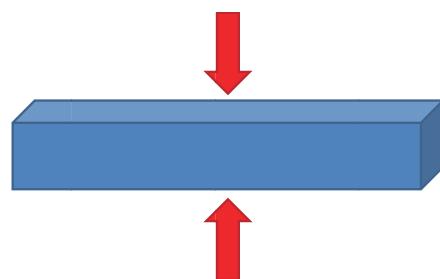


図 1.13 部分圧縮（めり込み）

1.2.3 曲げ材

(1) 曲げ

曲げ材は、部材内部に働く応力が引張や圧縮の場合よりも若干複雑で、部材断面形状の影響を受ける。特に材せいの影響を強く受けるので、注意が必要である。

図 1.14 のように単純曲げを受ける部材の縁応力は、(1.4)式により表される。

$$\sigma_b = M / Z_e \quad (1.4)$$

ここに、 M ：曲げモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

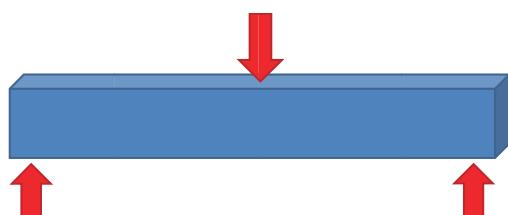


図 1.14 曲げを受ける部材

Z_e : 有効断面係数 (mm^3) σ_b : 曲げによる縁応力 (N/mm^2)矩型断面の場合、断面係数 Z_e は下式による。

$$Z_e = b \cdot h^2 / 6$$

ここに、 b : 部材の幅 (mm) h : 部材の有効せい (mm)

曲げによる縁応力は、(1.5)式の条件を満たさなければならない。

$$\sigma_b \leq C_f \cdot f_b \quad (1.5)$$

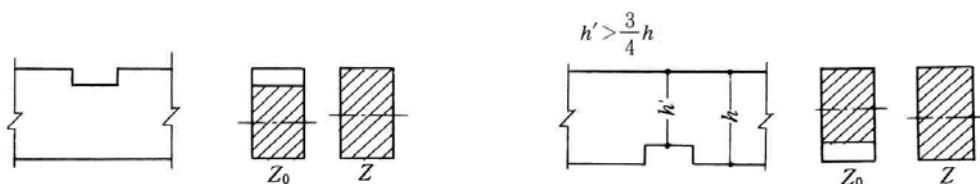
ここに、 f_b : 部材の許容曲げ応力度 (N/mm^2)

C_f : 部材のせいの増加に伴う低減係数で、表 1.2 による（前述の寸法効果の影響を受け、材せいが大きくなると曲げ強度は低下する影響にある）。

表 1.2 部材のせいの増加に伴う低減係数 C_f

集成材の積層方向の辺長(mm)	C_f
300 以下	1.00
300 超 450 以下	0.96
450 超 600 以下	0.93
600 超 750 以下	0.91
750 超 900 以下	0.89
900 超 1050 以下	0.87
1050 超 1200 以下	0.86
1200 超 1350 以下	0.85
1350 超 1500 以下	0.84
1500 超 1650 以下	0.83
1650 超 1800 以下	0.82
1800 超	0.80

図 1.15 のように曲げを受ける部材に切り欠きを設けると、部材の断面係数が減少し、残存断面で負担する応力が増加する。特に、引張側に切り欠きがあるとその影響が大きいので注意が必要である。どうしても切り欠きを設けたい場合は、集成材なら材せいの 1/4 以下、製材は 1/3 以下とし、極力曲げモーメントの小さい箇所に設けることとする。

圧縮側に切り欠きがある場合 : $Z_e = \text{正味断面係数 } Z_0$ 引張側に切り欠きがある場合 : $Z_e = 0.60 \times Z_0$ (切欠きは材せいの 1/4 以下) $Z_e = 0.45 \times Z_0$ (切欠きは材せいの 1/3 以下)図 1.15 切り欠きを有する曲げ材⁹⁾

(2) 横座屈および横補剛

大断面ではりせいの大きい部材の場合、圧縮力により横座屈する可能性があるため、適切に横補剛を設ける必要がある。もしくは、横座屈の危険性を考慮して、予め許容曲げ応力度を低減させて設計する。

(3) せん断

曲げ材は、曲げ応力のほかにせん断応力に対するチェックも必要である。せん断が卓越すると、図1.16のように部材せいの中央付近で上下真っ二つにせん断破壊が発生する可能性がある。

曲げ材における水平せん断応力度は(1.7)式による。

$$\tau = \alpha \cdot Q / A_e, \quad (1.7)$$

ここに、 Q : せん断力 (N)

A_e : 有効断面積 = $b \cdot h$ (mm²)

τ : 水平せん断応力度 (N/mm²)

α : 断面形状により定まる値で、矩型断面の場合は 1.5

水平せん断応力度は、以下の条件を満たさなければならない。

$$\tau \leq f_s$$

ここに、 f_s : 許容せん断応力度 (N/mm²)

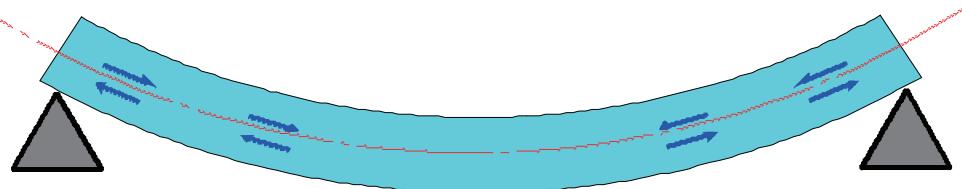


図 1.16 曲げによって生じるせん断応力

1.2.4 複合応力を受ける材

これまで述べてきたのは部材に单一の応力が発生する場合であるが、実際の建築物の中では複数の応力が発生することがある。そのような場合には、複合応力の検定を行うことにより安全性を確認することが必要である。

(1) 曲げと引張を負担する材

天井荷重を受ける陸ばりなどのように、曲げを伴う引張材の断面の算定には、(1.8)式を用いる。この場合、長期、短期の両応力について検討することが必要である。

$$\frac{M}{Z_e \cdot f_b \cdot C_f} + \frac{T}{A_e \cdot f_t} \leq 1.0 \quad (1.8)$$

ここに、 M : 曲げモーメント (N·mm)、 T : 引張力 (N)

Z_e : 有効断面係数 (mm³)、 A_e : 有効断面積 (mm²)

C_f : 材せいによる低減係数、

f_b : 許容曲げ応力度 (N/mm²)、 f_t : 許容引張応力度 (N/mm²)

(2) 曲げと圧縮を負担する材

小屋組の合掌や方杖付き柱などのように、曲げを伴う圧縮材の断面の算定には、(1.9)式を用いる。

$$\frac{M}{Z_e \cdot f_b \cdot C_f} + \frac{N}{A_e \cdot \eta \cdot f_c} \leq 1.0 \quad (1.9)$$

ここに、 M ：曲げモーメント (N·mm)、 N ：圧縮力 (N)

Z_e ：有効断面係数 (mm³)、 A_e ：有効断面積 (mm²)

C_f ：材せいによる低減係数、 η ：座屈低減係数

f_b ：許容曲げ応力度 (N/mm²)、 f_c ：許容圧縮応力度 (N/mm²)

1.2.5 わん曲部材

(1) 曲げ

わん曲部材の曲げ応力度は(1.10)式で算定する。

$$\sigma_b \leq C_f \cdot C_c \cdot f_b \quad (1.10)$$

$$C_c = 1 - 2000 \cdot (t/R)^2$$

ここに、 σ_b ：曲げ方向応力度 (N/mm²)

C_f ：材せいによる低減係数

C_c ：曲率半径とラミナ厚による低減係数

R ：わん曲材の中心線における曲率半径 (mm)

t ：ラミナ厚 (mm)

(2) 横引張

わん曲部材が曲げを受けると、繊維直交方向に引き裂く応力が発生し、横引張破壊を生じる危険性がある。せいが一定の矩形断面のわん曲部材が曲げモーメントを受けた時に半径方向に生じる最大応力度は(1.11)式による。

$$\sigma_r = \frac{3 \cdot M}{2 \cdot R \cdot b \cdot h} \quad (1.11)$$

ここに、 σ_r ：半径方向応力度 (N/mm²)

R ：わん曲部材の中心線における曲率半径 (mm)

b ：断面の幅 (mm)、 h ：断面のせい (mm)

M ：曲げモーメント (N·mm)

なお、 σ_r は以下の条件を満たさなければならない。

$$\sigma_r \leq f_{90} \text{ かつ } \sigma_r \leq f_{90} = f_s / 3$$

f_{90} ：木材の繊維に直角方向の許容全面圧縮応力度 (N/mm²)

f_{90} ：木材の繊維に直角方向の許容引張応力度（針葉樹では、許容せん断応力度($=f_s$)の1/3の数値) (N/mm²)

1.3 木造建築の特徴

建築物の設計においては、建築計画の初期の段階で構造計画を立案する必要がある。構造計画を決定する因子はいろいろとあるが、基本的な要素は、鉛直荷重や地震力、風荷重といった外力に対して建築物がどのように対処するかという問題と、その建築物の用途・機能とのバランスをどのようにとるかという問題である。これに、内観や外観などの空間、芸術性が加わって構造計画ができあがる。

1.3.1 木造建築の破壊性状

木材の部材破壊は、めり込み破壊を除いて脆性的な破壊を生じることが多く、部材自体でのじん性を確保しにくい。このため構造物としてのじん性を確保するためには、接合部としてのじん性を確保することが望ましい。接合部の挙動は、使用するボルトやドリフトピンの径と長さの比やへりあき、間隔、本数に影響を受けて破壊性状が変化するため適切な設計が必要である。

1.3.2 部材接合部の剛性

鉄骨造の溶接や、鉄筋コンクリート造の打設による一体化と異なり、部材同士を接合具を用いて接合する集成材建築では、その接合部の性能が建物の性能に大きな影響を及ぼす。接合部の初期ガタ（滑り）や、ピン接合でも剛接合でもない半剛接合の剛性評価を適切に行うことが重要である。

1.3.3 面材の性能

床や壁に用いられる木質面材のせん断性能は、その面材の厚みやせん断弾性係数 G の影響よりもその面材を軸組に取り付けている接合具のせん断性能に大きな影響を受ける。このため、プレース置換などでフレーム解析を行う場合には、剛性評価、耐力評価に十分な配慮が必要である。

1.3.4 変形

木造建築の部材設計においては、耐力に基づいて断面算定を行うよりも変形制限に基づいて断面算定を行う方が多いといつてもよい。部材の変形にも、弾性変形だけでなく、クリープたわみやメカノソープティブといった木質材料特有の問題もあり十分な配慮が必要である。

1.4 木質構造の主な構造形式

木造建築物の主な構造形式は、表 1.3 のように分類でき、その構造的特徴を以下に示す。

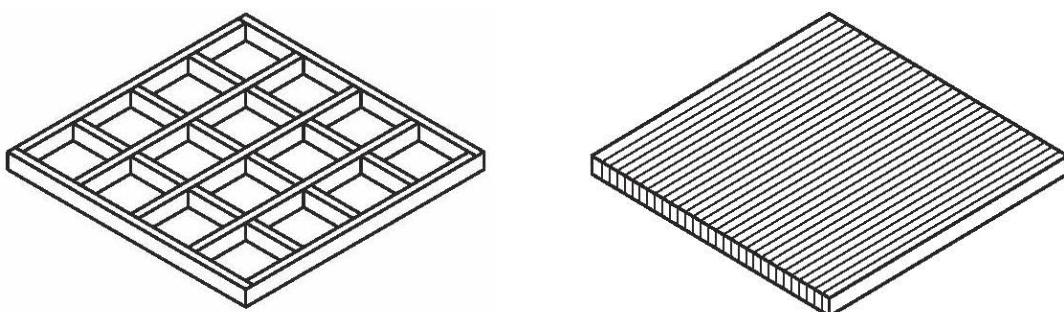
表 1.3 木造建築の構造形式

構造形式		
(1) 柱－梁構造	耐力壁付き軸組構造	壁倍率を有する耐力壁 大断面プレース、厚板壁など
	木質ラーメン構造	
(2) 壁構造		
(3) 大屋根構造	トラス、アーチなど	
(4) 併用構造（混構造）		

1.4.1 柱－梁構造

建築物では、まず、屋根や床、壁といった自重と積載荷重、積雪荷重を支持する必要がある。水平な床や屋根を支えるためには、一般的に柱－梁を用いた軸組構造が用いられる。木造住宅では、105mm 幅、120mm 幅といった小中断面の部材が用いられるが、スパンの大きい集成材建築等では大断面の部材を用いる必要がある。単一部材で梁せいが大きくなる場合には、小断面の部材を組み合わせたトラスや充腹梁、張弦梁といった組立部材を用いることもできる。また、階高・天井高などの制限により梁せいが十分に確保できない場合には、断面性能を向上させる代わりに、小さい梁を数多く架け渡すジョイスト梁や 2 方向に架け渡す格子梁、厚板の部材を用いたマッシブホルツなどの架構形式を工夫することで要求性能を満足することもできる（図 1.17）。

木造建築では、鉛直荷重に対する検討としては、耐力だけでなく変形に対する性能が断面算定において支配的になる場合が多く、床や屋根に対するクリープなどの経年変化や床振動による居住性に対する検討もあわせて計画する必要がある。



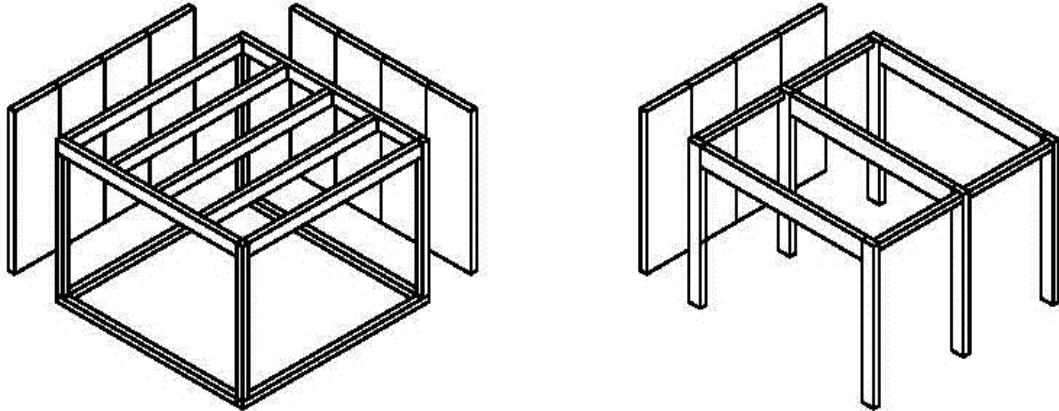
格子梁（交差部に注意が必要）

マッシブホルツ

図 1.17 床架構形式

建築物では、鉛直荷重だけでなく地震力や風圧力に対しても安全性を確保することが重要であるが、柱－梁で構成される軸組構法の集成材建築では、水平力に対する抵抗要素によって、耐力壁付軸組構造と木質ラーメン構造の大きく 2 種類に分けることができる（図 1.18）。耐力壁付軸組構造は、柱－梁フレームに挿入された耐力壁を主な水平抵抗要素とす

る構造形式である。耐力壁としては、木造住宅の壁量計算に用いられる構造用合板などの木質面材を柱－梁に釘打したものや、軸材を用いたブレース、格子材などが対象となる。木質ラーメン構造は、柱－梁接合部のモーメント抵抗性能により水平力に抵抗する構造で、比較的大断面の部材と接合金物により半剛接合を形成する。



耐力壁付軸組構造

木質ラーメン構造（1方向）

図 1.18 柱－梁構造

1.4.2 壁構造

鉛直荷重を、柱梁ではなく壁で支持する構造形式が壁構造であり、枠組壁工法や木質パネル構法はこの代表格である。面材を張ったパネルや厚板そのものの壁が柱の代わりに軸力を支持するとともに水平力に対してせん断抵抗することになる。厚板の面材による壁と床を用いることができれば、壁式鉄筋コンクリート造のようなフラットスラブ構造やキャンティレバーの床版といった構造形式の木質構造建物も実現可能である（図 1.19）。近年開発が進んでいる CLT パネル構造はこの厚板面材を使った壁構造として徐々に普及している。

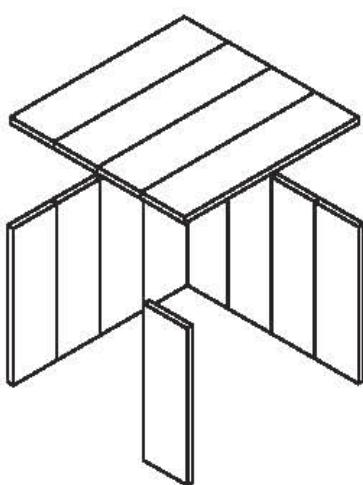


図 1.19 厚板面材による壁構造

1.4.3 大屋根構造

これまで法的制限もあり大規模な木造建築というと、体育館やドームといった大空間

の屋根に集成材が用いられることが多かった。この場合、屋根を支える下部構造は、鉄筋コンクリート造や鉄骨造となるのが通常であったが、耐火木造建築が可能となつたことで、下部構造も木造とすることも可能となる。この場合、上部構造の反力を抵抗することが必要になり、アーチ構造やドーム構造などスラストにより鉛直荷重時にも水平力が発生する場合には注意が必要である。大屋根の架構形式は、鉄骨造や鉄筋コンクリート造で用いられてきたトラス構造、吊構造、アーチ構造、ドーム構造、シェル構造、折版構造といったさまざまな構造形式が木造でも実現可能となっている（図1.20）。すべての構造形式に共通して、自重に対する検討の他に、積雪荷重、積雪時の偏荷重に対する検討の他に、地震や大風による水平力や上下動に対する検討が必要になる場合がある。

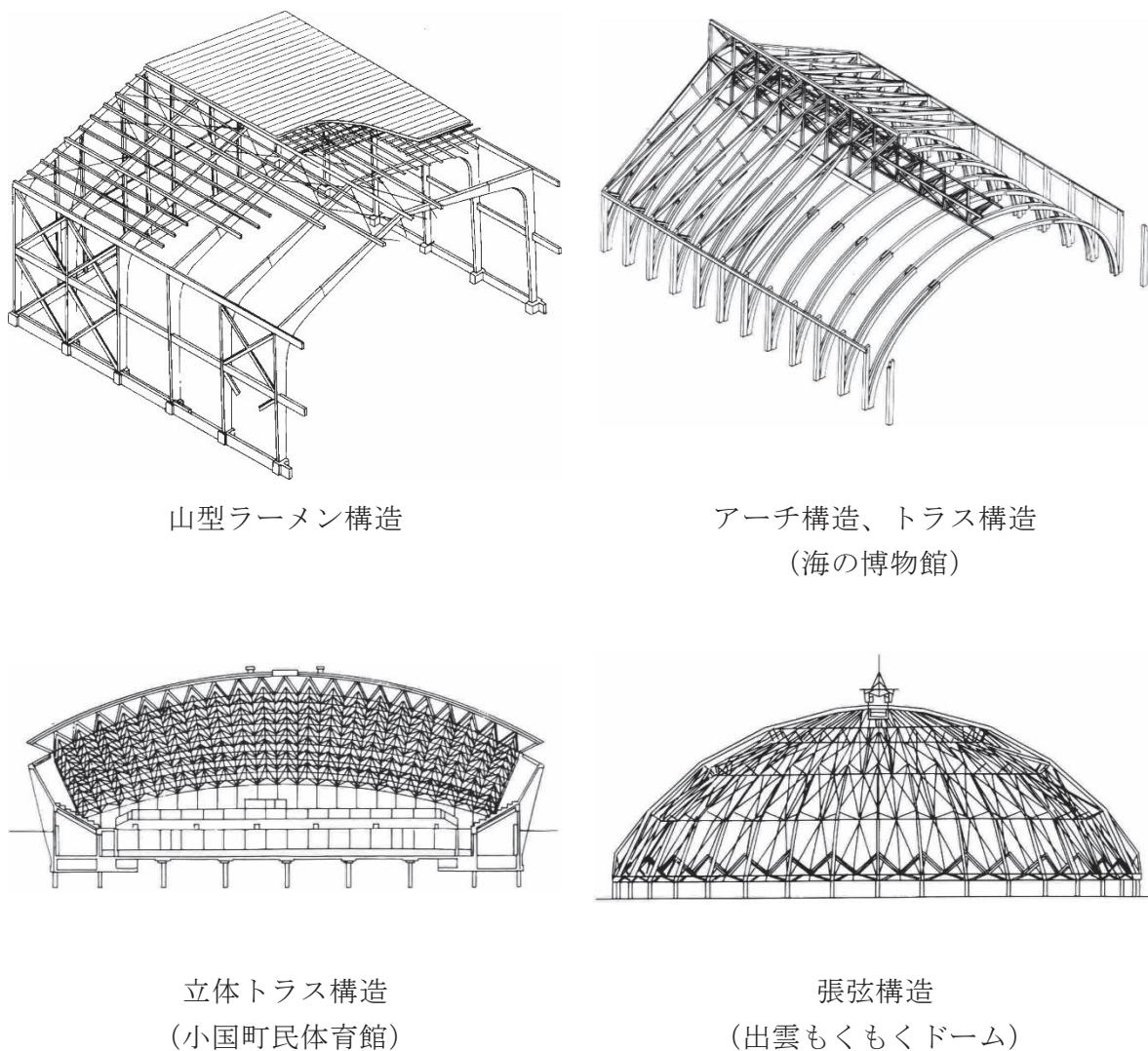


図1.20 大屋根構造

1.4.4 併用構造（混構造）

木造建築といつても建物規模、用途によっては計画上、他の構造材料と組み合わせることによって制限が緩和され、より魅力ある木造建築となる場合もあり、構造計画立案においては、併用構造の検討も欠かせない。併用構造には、他の構造との組み合せ方により立面併用構造と平面併用構造の2種類がある（図1.21）。立面併用構造は、建物の下層部

分を他構造、上層部分を木質構造とするもので、基礎構造からの連続性や、上層部の地震力に抵抗するための高い耐震性能が要求される。平面併用構造は、平面的に大きい規模の建物において、同一階に木構造と他構造を併用するもので、防火上の面積区画を形成することによって制限緩和を利用することができる点が木造建築としては効果が大きい。木質構造部分と他構造部分の間に構造的にエキスパンションを設けると個々の設計は簡単になるが、エキスパンション部分の寸法が大きくなり納まりに工夫が必要となる。

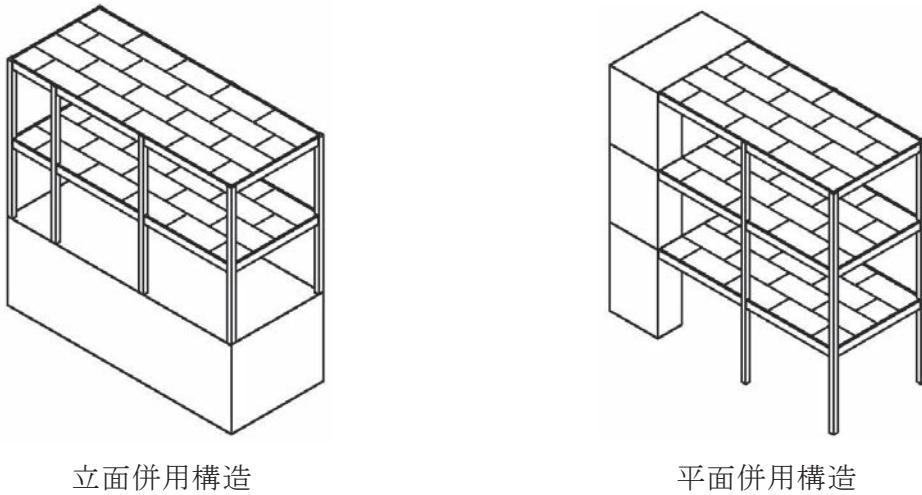


図 1.21 併用構造

参考文献

- 1) 木質構造研究会編：新・木質構造建築読本、井上書院、2012
- 2) 日本建築学会編：木質構造基礎理論、丸善、2010
- 3) 森林総合研究所 木材特性研究領域 組織材質研究室提供
- 4) 志村史夫：生物の超技術、講談社ブルーバックス、1999
- 5) 日本木材加工技術協会編：木材の基礎科学、海青社、1992
- 6) 林知行：プロでも意外と知らない＜木の知識＞、学芸出版社、2012
- 7) JIS Z 2101：木材の試験方法、日本規格協会、2009
- 8) Doyle and Markwardt: U.S.Forest Service Research Paper, FPL 64(1966), FPL 84 (1967)
- 9) 日本建築学会編：木質構造設計規準・同解説、丸善、2006

第2章 木質構造材料の種類¹⁾

2.1 構造用製材

2.1.1 製材の分類

丸太を「のこ（丸鋸や帶鋸など）」で切断して軸状に形を整えたものが、「製材」あるいは「製材品」である。製材には寸法など使用上の制限が色々あるが、その利点は、加工に要するエネルギーが小さいこと、接着剤がないのでリサイクルしやすい事などがある。また、古くから日本人に親しまれてきたのは製材であるため、木造建築物の構造材として未だに根強い人気がある。

建築に用いられる製材の規格は日本農林規格（JAS）に定められており、平成25年農林水産省告示第1920号において最終改正された。第1条：適用の範囲で、「この規格は、原木等を切削加工して寸法を調整した一般材、押角、耳付材及びまくら木（以下「製材」）に適用する。」とされている。製材のJASには、針葉樹の造作用製材・針葉樹の構造用製材・針葉樹の下地用製材・広葉樹製材の4通りの品目があり、これ以外の「枠組壁工法構造用製材および枠組壁工法構造用たて継ぎ材」と「素材」は、また別のJASが定められている。製材関係のJASを整理すると、図2.1に示す通りとなる。

構造用製材は、構造耐力上主要な部分に使用することを前提としたもので、JAS規格の中で、材面の品質（節や割れなど）、保存処理、含水率、寸法誤差を定めることで一定の品質を担保している。材面の品質は、製材の用途（曲げを受ける横架材か、圧縮を受ける柱か）により判定基準が異なり、横架材に用いる材に対しては基準が厳しくなっている。含水率については、15%から25%まで5%刻みで基準が定められており、寸法誤差は人工乾燥処理の有無や仕上げの有無により表示寸法との許容誤差が定められている。

なお、製材は地域によって生産される丸太の径級や長さが異なるため、製材の寸法や等級も様々に異なる場合がある。規格上は等級が分けられていても、実際には流通していないものがたくさんあるので注意が必要である。第7章でも、流通している製材についての注意事項に関する記述があるので、ぜひ参照されたい。

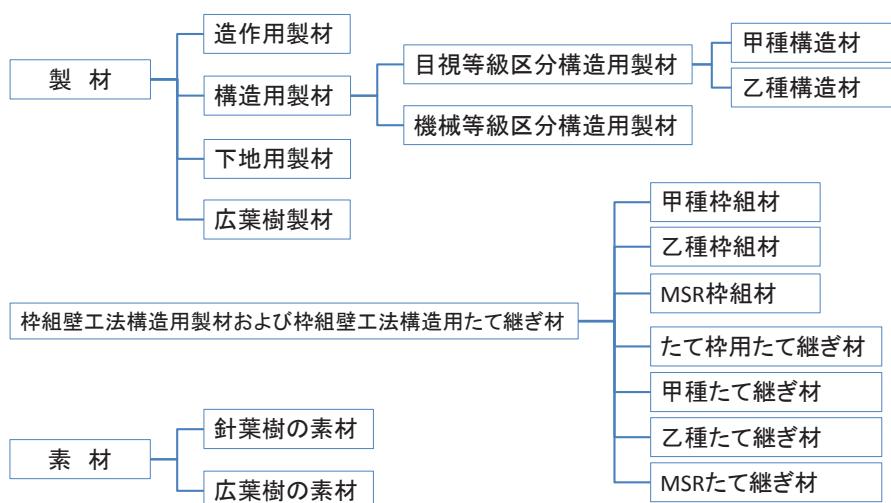


図2.1 製材関係のJASと品目

2.1.2 目視等級区分構造用製材

構造用製材のうち、節、丸身など、材の欠点を目視により測定し、等級区分するものを

いう。強度に及ぼす節の影響は用途に基づく使用時の荷重のかかり方によって異なるため、主として曲げ・引っ張り荷重を受ける「甲種構造材」と、主として圧縮荷重を受ける「乙種構造材」とに分けて許容できる欠点の基準値が定められている。目視等級区分構造用製材の各等級に対する基準強度は、平成12年建設省告示第1452号により樹種ごとに定められている（表2.1）。また、基準弾性係数は日本建築学会の「木質構造設計規準・同解説」²⁾に定められている（以下、弾性係数の出典は同じ）（表2.1）。

表2.1 目視等級区分構造用製材の基準強度と基準弾性係数

樹種	区分	等級	基準強度 (N/mm²)				基準弾性係数 (KN/mm³)		
			Fc(圧縮)	Ft(引張)	Fb(曲げ)	FS(せん断)	Eo(平均値)	E0.05(下限値)	Go(せん断)
あかまつ	甲種構造材	1級	27.0	20.4	33.6	2.4	10.0	6.5	Eoの値 1/15とする
		2級	16.8	12.6	20.4				
		3級	11.4	9.0	14.4				
	乙種構造材	1級	27.0	16.2	26.4				
		2級	16.8	10.2	16.8				
		3級	11.4	7.2	11.4				
べいまつ	甲種構造材	1級	27.0	20.4	34.2	2.4	12.0	8.5	Eoの値 1/15とする
		2級	18.0	13.6	22.8				
		3級	13.8	10.8	17.4				
	乙種構造材	1級	27.0	16.2	27.0				
		2級	18.0	10.8	18.0				
		3級	13.8	8.4	13.8				
からまつ	甲種構造材	1級	23.4	18.0	29.4	2.1	9.5	6.0	Eoの値 1/15とする
		2級	20.4	15.6	25.8				
		3級	18.6	13.8	23.4				
	乙種構造材	1級	23.4	14.4	23.4				
		2級	20.4	12.6	20.4				
		3級	18.6	10.8	17.4				
ダブリカ からまつ	甲種構造材	1級	28.8	21.6	36.0	2.1	13.0	9.0	Eoの値 1/15とする
		2級	25.2	18.6	31.2				
		3級	22.2	16.8	27.6				
	乙種構造材	1級	28.8	17.4	28.8				
		2級	25.2	15.0	25.2				
		3級	22.2	13.2	22.2				
ひば	甲種構造材	1級	28.2	21.0	34.8	2.1	10.0	7.5	Eoの値 1/15とする
		2級	27.6	21.0	34.8				
		3級	23.4	18.0	29.4				
	乙種構造材	1級	28.2	16.8	28.2				
		2級	27.6	16.8	27.6				
		3級	23.4	12.6	20.4				
ひのき	甲種構造材	1級	30.6	22.8	38.4	2.1	11.0	8.5	Eoの値 1/15とする
		2級	27.0	20.4	34.2				
		3級	23.4	17.4	28.8				
	乙種構造材	1級	30.6	18.6	30.6				
		2級	27.0	16.2	27.0				
		3級	23.4	13.8	23.4				
べいつが	甲種構造材	1級	21.0	15.6	26.4	2.1	9.5	6.5	Eoの値 1/15とする
		2級	21.0	15.6	26.4				
		3級	17.4	13.2	21.6				
	乙種構造材	1級	21.0	12.6	21.0				
		2級	21.0	12.6	21.0				
		3級	17.4	10.2	17.4				
えぞまつ 及び とどまつ	甲種構造材	1級	27.0	20.4	34.2	1.8	10.0	7.5	Eoの値 1/15とする
		2級	22.8	17.4	28.2				
		3級	13.8	10.8	17.4				
	乙種構造材	1級	27.0	16.2	27.0				
		2級	22.8	13.8	22.8				
		3級	13.8	5.4	9.0				
すぎ	甲種構造材	1級	21.6	16.2	27.0	1.8	7.0	4.5	Eoの値 1/15とする
		2級	20.4	15.6	25.8				
		3級	18.0	13.8	22.2				
	乙種構造材	1級	21.6	13.2	21.6				
		2級	20.4	12.6	20.4				
		3級	18.0	10.8	18.0				

2.1.3 機械等級区分構造用製材

機械等級区分構造用製材は、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。用いる機械は、曲げ試験機や打撃試験機などで、何れも非破壊的に荷重や打撃を加え、ヤング係数を測定する。ヤング係数は木材の強度との間に比較的高い相関関係があり、目視等級区分法に比べて高い精度で木材を強度別に分類することができる。機械等級区分構造用製材の基準強度については、目視等級区分構造用製材と同様に、平成12年建設省告示第1452号にて3つの樹種群ごとにヤング係数の等級別の基準強度が定められている（表2.2）。また、建築学会規準による基準弾性係数も表2.2に示した。

表2.2 機械等級区分構造用製材の基準強度と基準弾性係数

樹種	等級	基準強度(N/mm ²) (注1)				基準弾性係数(KN/mm ²) (注2)		
		F _c (圧縮)	F _t (引張)	F _b (曲げ)	F _s (せん断)	E _o (平均値)	E _{0.05*} (下限値)	G _o
あかまつ、べいまつ ダブリカからまつ、 べいつが、えぞまつ 及びとどまつ	E50	—	—	—	2.4	—	—	E _o の値の 1/15とする
	E70	9.6	7.2	12.0		6.9	5.9	
	E90	16.8	12.6	21.0		8.8	7.8	
	E110	24.6	18.6	30.6		10.8	9.8	
	E130	31.8	24.0	39.6		12.7	11.8	
	E150	39.0	29.4	48.6		14.7	13.7	
からまつ、ひのき 及びひば	E50	11.4	8.4	13.8	2.1	4.9	3.9	E _o の値の 1/15とする
	E70	18.0	13.2	22.2		6.9	5.9	
	E90	24.6	18.6	30.6		8.8	7.8	
	E110	31.2	23.4	38.4		10.8	9.8	
	E130	37.8	28.2	46.8		12.7	11.8	
	E150	44.4	33.0	55.2		14.7	13.7	
すぎ	E50	19.2	14.4	24.0	1.8	4.9	3.9	E _o の値の 1/15とする
	E70	23.4	17.4	29.4		6.9	5.9	
	E90	28.2	21.0	34.8		8.8	7.8	
	E110	32.4	24.6	40.8		10.8	9.8	
	E130	37.2	27.6	46.2		12.7	11.8	
	E150	41.4	31.2	51.6		14.7	13.7	

2.1.4 無等級材の取り扱い

JAS規格によって区分されていない製材については、平成12年建設省告示第1452号において無等級材として基準強度が与えられている（表2.3）。しかし、全ての無等級材がこの基準強度を満足しているわけではなく、節など欠点の影響を考慮すると、基準強度を満足するためにはJAS構造用製材の目視等級区分製材の甲種構造材2級以上の品質であることが望ましいとされている³⁾。

製材を中大規模木造建築物の構造材として用いる場合、JAS製材である事が望ましいのは事実であるが、地域材使用の指定やJAS認証工場が周辺にないなどの事情によってJAS製材が入手できない場合は、上記品質程度以上の品質がある事を目視で判断したり、ヤング係数や含水率を独自に測定するなどして、品質のチェックをする事が必須である。

なお、表2.3には基準強度のみ掲載しており、弾性係数は掲載していない、これは、告示に示された表の樹種区分と、建築学会規準に掲載されている表の樹種区分が異なるためである。無等級材の弾性係数が必要な場合は、文献2)の建築学会規準を参照して頂きたい。

表 2.3 無等級材の基準強度

樹種		基準強度(N/mm ²)			
		Ft	Fc	Fb	Fs
針葉樹	あかまつ、くろまつ及びべいまつ	22.2	17.7	28.2	2.4
	からまつ、ひば、ひのき及びべいひ	20.7	16.2	26.7	2.1
	つが及びべいつが	19.2	14.7	25.2	2.1
	もみ、えぞまつ、とどまつ、べにまつ、すぎ、べいすぎ及びスプルース	17.7	13.5	22.2	1.8
	かし	27.0	24.0	38.4	4.2
広葉樹	くり、なら、ぶな、けやき	21.0	18.0	29.4	3.0

2.2 構造用集成材

2.2.1 集成材の分類

集成材は、原木の丸太から帶鋸等で生産されたひき板を元に、それをたて継ぎあるいは幅はぎを行ってラミナを作り、積層接着して任意断面の軸材料を作るものである(図2.2)。元々、大規模木造建築物の柱・梁等の構造材として広く使われてきており、近年は住宅用構造材としての需要も拡大している。

日本農林規格(JAS)による集成材は、図2.3に示すように分類される。



図2.2 集成材の製造方法

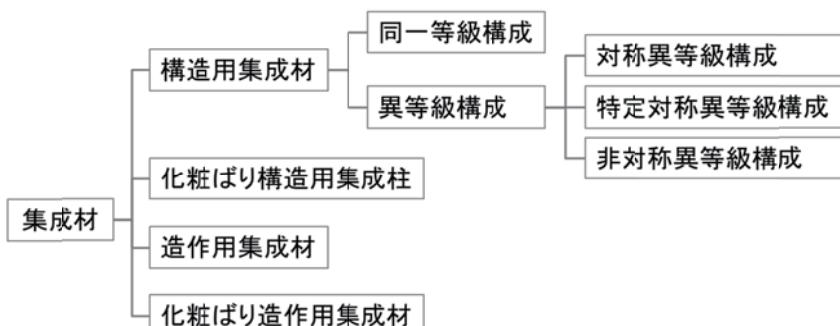


図2.3 集成材の日本農林規格における分類

構造用集成材には、大きく分けて同一等級構成集成材と異等級構成集成材があり、同一等級構成集成材は集成材の全断面にわたって全て同一の等級のラミナによって構成されており、主として柱等の軸力に抵抗する部材に用いられる。一方、異等級構成集成材は主に曲げを受ける横架材に用いられる集成材で、集成材の外層に高い等級のラミナを、内層に低い等級のラミナを配置することで効率的に高い曲げ性能を付与した集成材である。異等級構成集成材は、さらに対称異等級構成、特定対称異等級構成、非対称異等級構成に分類される。対称異等級構成と特定対称異等級構成はラミナの構成が上下対称であるのに対し、非対称異等級構成は概ね対称な構成ながら曲げを受けた際の引張側にのみ特に高い性能のラミナを配置した集成材である。さらに、同一等級構成集成材と対称異等級構成集成材の

中には、内層にラミナではなくラミナブロックを配置した内層特殊構成集成材というものもある。

2.2.2 基準強度と弾性係数

構造用集成材の圧縮、引張、曲げの基準強度（平成13年国土交通省告示第1024号）と弾性係数（建築学会規準）を表2.4～2.7に示す。また、せん断の基準強度とせん断弾性係数を表2.8に、めり込みの基準強度を表2.9に示す。構造用集成材の圧縮、引張、曲げの基準強度は、樹種によらずラミナの等級と断面構成により定められている。一方、せん断とめり込みの基準強度は木材の密度と相関が高いこともあり、ラミナの等級に関わらず使用される樹種により定められている。なお、構造用集成材の曲げ強度に関しては、厚さ方向の辺長に応じて寸法による調整係数を乗じて基準強度を低減する必要があり、日本農林規格に定められている表2.10の係数を乗じることとされている（異等級構成の場合は積層方向の曲げ強度に対し適用する）。

なお、化粧ばり構造用集成柱にも基準強度が定められているが、これは主に住宅の和室の柱に使われるものなので、本稿では基準強度等は掲載していない。

2.2.3 集成材の発注と設計

設計にあたっては、集成材の等級とせん断等の樹種を考慮して部材断面を決定することになるが、実際には樹種によってある程度製造しやすい等級が決まっている。スギならばE65、カラマツやヒノキならE95あるいはE105、ベイマツならE120といった等級の近辺が比較的入手しやすいものとなっている。更に、集成材の幅方向寸法が120mm以内ならば一般流通材なのでコストも安いが、それを超えると幅広のラミナが必要になるためコストは上がり、更に210～220mm程度を超えると二次接着が必要となり、製造コストは更にかかることになる。工場によって製造可能な断面寸法や長さも決まってくるため、集成材を発注する際には、発注者、設計者と集成材供給者が十分な打ち合わせを行って、樹種や等級、断面寸法等を決定する事が望ましい。

表2.4 同一等級構成集成材の基準強度と弾性係数

ひき板の 積層数	強度等級	基準強度(N/mm ²)			弾性係数(kN/mm ²)	
		F _c	F _t	F _b	E _{c0} , E _{t0} , E _{b0}	E _{c0.05} , E _{t0.05} , E _{b0.05}
(等級が同じ内層特殊構成集成材にあっては3層以上)	E190-F615	50.3	43.9	61.5	19.0	16.0
	E170-F540	44.6	38.9	54.0	17.0	14.0
	E150-F465	39.2	34.2	46.5	15.0	12.5
	E135-F405	33.4	29.2	40.5	13.5	11.5
	E120-F375	30.1	26.3	37.5	12.0	10.0
	E105-F345	28.1	24.5	34.5	10.5	9.0
	E95-F315	26.0	22.7	31.5	9.5	8.0
	E85-F300	24.3	21.2	30.0	8.5	7.0
	E75-F270	22.3	19.4	27.0	7.5	6.5
	E65-F255	20.6	18.0	25.5	6.5	5.5
3層	E55-F225	18.6	16.2	22.5	5.5	4.5
	E190-F555	45.8	40.3	55.5	19.0	16.0
	E170-F495	40.5	35.6	49.5	17.0	14.0
	E150-F435	35.6	31.4	43.5	15.0	12.5
	E135-F375	30.4	26.7	37.5	13.5	11.5
	E120-F330	27.4	24.1	33.0	12.0	10.0
	E105-F300	25.5	22.4	30.0	10.5	9.0
	E95-F285	23.6	20.8	28.5	9.5	8.0
	E85-F270	22.1	19.5	27.0	8.5	7.0
	E75-F255	20.3	17.8	25.5	7.5	6.5
2層	E65-F240	18.8	16.5	24.0	6.5	5.5
	E55-F225	16.9	14.9	22.5	5.5	4.5
	E190-F510	45.8	36.6	51.0	19.0	16.0
	E170-F450	40.5	32.4	45.0	17.0	14.0
	E150-F390	35.6	28.5	39.0	15.0	12.5
	E135-F345	30.4	24.3	34.5	13.5	11.5
	E120-F300	27.4	21.9	30.0	12.0	10.0
	E105-F285	25.5	20.4	28.5	10.5	9.0
	E95-F270	23.6	18.9	27.0	9.5	8.0
	E85-F255	22.1	17.7	25.5	8.5	7.0

注:F_bには厚さ方向の長さに応じた低減係数を掛けたものを基準強度とする。

表 2.5 対称異等級構成集成材の基準強度と弾性係数

強度等級	基準強度(N/mm ²)				弾性係数(kN/mm ²)					
	Fc	Ft	Fb		Ec0, Et0	Eb0		Ec0.05, Et0.05	Eb0.05	
			積層方向	幅方向		積層方向	幅方向		積層方向	幅方向
E170-F495	38.4	33.5	49.5	35.4	15.5	17.0	15.5	13.0	14.0	13.0
E150-F435	33.4	29.2	43.5	30.6	13.5	15.0	13.5	11.5	12.5	11.5
E135-F375	29.7	25.9	37.5	27.6	12.0	13.5	12.0	10.0	11.5	10.0
E120-F330	25.9	22.4	33.0	24.0	11.0	12.0	11.0	9.0	10.0	9.0
E105-F300	23.3	20.2	30.0	21.6	9.5	10.5	9.5	8.0	9.0	8.0
E95-F270	21.7	18.9	27.0	20.4	8.5	9.5	8.5	7.0	8.0	7.0
E85-F255	19.5	17.0	25.5	18.0	7.5	8.5	7.5	6.5	7.0	6.5
E75-F240	17.6	15.3	24.0	15.6	6.5	7.5	6.5	5.5	6.5	5.5
E65-F225	16.7	14.6	22.5	15.0	6.0	6.5	6.0	5.0	5.5	5.0
E65-F220	15.3	13.4	22.0	12.6	5.5	6.5	5.5	4.5	5.5	4.5
E55-F200	13.3	11.6	20.0	10.2	4.5	5.5	4.5	4.0	4.5	4.0

注:Fb(積層方向)には梁せいで応じた低減係数を掛けたものを基準強度とする。

表 2.6 特定対称異等級構成集成材の基準強度と弾性係数

強度等級	基準強度(N/mm ²)				弾性係数(kN/mm ²)					
	Fc	Ft	Fb		Ec0, Et0	Eb0		Ec0.05, Et0.05	Eb0.05	
			積層方向	幅方向		積層方向	幅方向		積層方向	幅方向
ME120-F330	20.2	17.6	33.0	12.7	8.3	12.0	8.3	6.9	10.0	6.9
ME105-F300	17.9	15.6	30.0	11.7	7.5	10.5	7.5	6.3	9.0	6.3
ME95-F270	16.6	14.5	27.0	11.1	6.9	9.5	6.9	5.7	8.0	5.7
ME85-F255	15.9	13.9	25.5	11.0	6.3	8.5	6.3	5.2	7.0	5.2

注:Fb(積層方向)には梁せいで応じた低減係数を掛けたものを基準強度とする。

表 2.7 非対称異等級構成集成材の基準強度と弾性係数

強度等級	基準強度(N/mm ²)				弾性係数(kN/mm ²)						
	Fc	Ft	Fb		Ec0, Et0	Eb0		Ec0.05, Et0.05	Eb0.05		
			積層方向 (正方向)	幅方向 (負方向)		積層方向	幅方向		積層方向	幅方向	
E160-F480	36.5	31.8	48.0	34.5	31.8	14.5	16.0	14.5	12.0	13.5	12.0
E140-F420	31.7	27.7	42.0	28.5	27.0	13.0	14.0	13.0	11.0	11.5	11.0
E125-F360	28.2	24.6	36.0	25.5	24.0	11.5	12.5	11.5	10.0	10.5	10.0
E110-F315	24.5	21.3	31.5	24.0	21.6	10.0	11.0	10.0	8.5	9.0	8.5
E100-F285	22.1	19.3	28.5	22.5	19.2	9.0	10.0	9.0	7.5	8.5	7.5
E90-F255	20.7	18.1	25.5	21.0	18.0	8.0	9.0	8.0	6.5	7.5	6.5
E80-F240	18.5	16.2	24.0	19.5	15.0	7.0	8.0	7.0	6.0	6.5	6.0
E70-F225	16.6	14.5	22.5	18.0	13.8	6.0	7.0	6.0	5.5	6.0	5.5
E60-F210	15.7	13.7	21.0	16.5	13.2	5.5	6.0	5.5	5.0	5.0	5.0
E60-F205	14.3	12.5	20.5	16.0	10.8	5.0	6.0	5.0	4.5	5.0	4.5
E50-F170	12.2	10.6	17.0	14.0	8.4	4.0	5.0	4.0	3.5	4.5	3.5

注:Fb(積層方向)には梁せいで応じた低減係数を掛けたものを基準強度とする。

注:正の曲げは引張側最外層ひき板に引張力が働く場合、負の曲げは引張側最外層ひき板に圧縮力が働く場合の値である。

表 2.8 構造用集成材のせん断の基準強度とせん断弾性係数

樹種	基準強度(N/mm ²)		せん断弾性係数(kN/mm ²)
	積層方向	幅方向	
いたやかえで、かば、ぶな、みずなら、けやき及びアピトン	4.8	4.2	Ebの値の 1/15とする
たも、しおじ及びにれ	4.2	3.6	
ひのき、ひば、からまつ、あかもつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	3.6	3.0	
つが、アラスカイエローシダー、べにまつ、ラジアタパイン及びべいつな	3.3	2.7	
もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、ポンデローサパイン、おうしゅうあかもつ、ジャックパイン及びラワン	3.0	2.4	
すぎ及びべいすぎ	2.7	2.1	

注: せん断面に幅はぎ未評価ラミナを含む構造用集成材にあっては、表中の数字に0.6を乗じた値とする。

表 2.9 構造用集成材のめり込みの基準強度

樹種	基準強度(N/mm ²)
いたやかえで、かば、ぶな、みずなら、けやき、アピトン、たも、しおじ及びにれ	10.8
あかもつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン、ラワン及びウエスタンラーチ	9.0
ひのき、ひば、からまつ及びべいひ	7.8
つが、アラスカイエローシダー、べにまつ、ラジアタパイン、べいつが、もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、ポンデローサパイン、おうしゅうあかもつ、すぎ、べいすぎ及びジャックパイン	6.0

表 2.10 寸法に応じて集成材の曲げ強度に乗じる係数

異等級構成集成材		同一等級構成集成材	
集成材の厚さ 方向の辺長(mm)	係数	集成材の厚さ 方向の辺長(mm)	係数
300以下	1.00	100以下	1.00
300超 450以下	0.96	100超 150以下	0.96
450超 600以下	0.93	150超 200以下	0.93
600超 750以下	0.91	200超 250以下	0.90
750超 900以下	0.89	250超 300以下	0.89
900超 1050以下	0.87	300超	0.85
1050超 1200以下	0.86		
1200超 1350以下	0.85		
1350超 1500以下	0.84		
1500超 1650以下	0.83		
1650超 1800以下	0.82		
1800超	0.80		

2.3 構造用単板積層材

2.3.1 単板積層材の分類

単板積層材（Laminated Veneer Lumber、LVL）は、丸太をかつら剥きして得られた単板（Veneer）をその纖維方向が平行になるように積層して接着した材料であり、集成材と同様、木造建築物の柱・梁等の軸材料として長く使われてきている（図2.4）。大規模木造はもちろん、住宅用構造材としても、特に応力負担の大きい梁材などに使われるが多く、強度性能に優れたばらつきの少ない材料として一定の需要がある。

日本農林規格（JAS）によると、単板積層材は図2.5に示すように分類される。

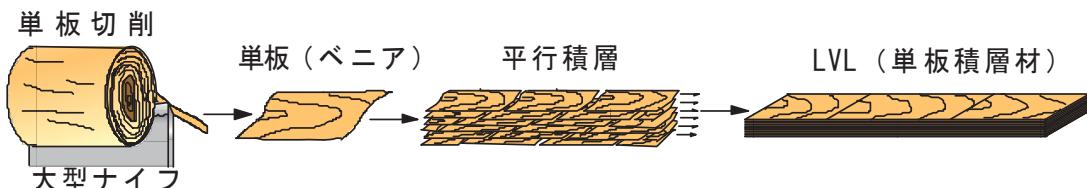


図2.4 LVLの製造方法

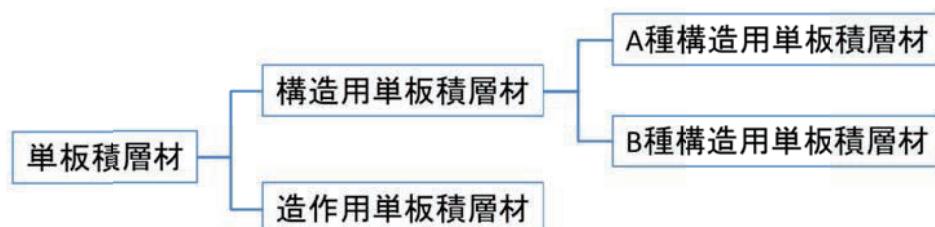


図2.5 単板積層材の日本農林規格における分類

構造用単板積層材にはA種とB種があり、A種は単板を全て平行に積層したもので（最外層に隣接する単板のみ直交方向に入れることも認められている）、軸方向の材料特性に優れるため主に柱梁等の軸部材に用いられる。一方、B種は全体の3割まで直交方向単板を入れることができ、寸法安定性が増すためストレストスキンパネルや面材張り耐力壁・床構面など主に面的な利用を想定した材料となっている（図2.6）。A種は樹種にかかわらず単板の積層数及び縦継ぎ部の配置等に応じて特級、1級、2級に分類されるが、B種にはこの分類はない。



A種 LVL（全て平行層、又は、
最外層の1つ内側が直交層）

B種 LVL（全体の3割まで
直交層を挿入可能）

図2.6 2種類のLVL

2.3.2 基準強度と弾性係数

構造用単板積層材の圧縮、引張、曲げの基準強度（平成13年国土交通省告示第1024号）と弾性係数（建築学会規準）、およびせん断の基準強度とせん断弾性係数、めり込みの基準強度を表2.11～2.15に示す。A種のめり込みの基準強度はめり込む面と接着層が直交する場合（縦使い時）のみ適用することができ、平行になる場合（平使い時）は集成材と同様に樹種ごとの値を用いる。B種構造用単板積層材のめり込みの基準強度は集成材と同様となっている。また、圧縮、引張、曲げ及びせん断の各基準強度は樹種によらず曲げヤング係数区分あるいはせん断性能によって等級が分けられている。B種の場合は直交方向単板が含まれており面向的な利用も想定されるため、基準強度も強軸と弱軸の2種類が設定されている。せん断は日本農林規格では縦使い(V)と平使い(H)の規格基準値があるが、基準強度としては共通の値が定められている。なお、集成材の場合は厚さ方向の辺長が大きくなると基準強度に低減係数を掛けることが告示にも書かれているが、LVLの場合には記述がない。しかし、日本建築学会の木質構造設計規準・同解説²⁾にはLVLの寸法調整係数が示されているので、参考までに表2.16に示しておく。当然ながらLVLにも寸法効果があり、梁せいの大きな部材は性能が低下する傾向にあるため、これらの係数を考慮して設計することが望ましい。

2.3.3 単板積層材の発注と設計

設計にあたっては、樹種とヤング係数、せん断性能を考慮して部材断面を決めることがあるが、集成材と同様、規格に定められた全ての等級が入手できるわけではなく、樹種が決まればある程度性能は限定される。また、高い軸方向性能を求めるのか、平面的な用途・性能を優先するのかといった用途の違いによっても求める部材は変わってくる。樹種ごとの標準的な性能としては、スギならば60E、ヒノキやカラマツなら100E～120E、ベイマツなら120Eあたりが中心となる。工場によって生産可能なLVLの原板サイズが決まるため、特に大きな梁せいや長さが必要になる場合は、予め生産可能品目であるかどうかを、発注者、設計者とLVL供給者が十分な打ち合わせを行い、樹種や等級、断面寸法等を決定する事が望ましい。

表 2.11 A種構造用単板積層材の基準強度と弾性係数

曲げヤング係数区分	等級	基準強度(N/mm ²)			弾性係数(kN/mm ²)	
		Fc	Ft	Fb	E0	E0.05
180E	特級	46.8	34.8	58.2	18.0	15.5
	1級	45.0	30.0	49.8		
	2級	42.0	25.2	42.0		
160E	特級	41.4	31.2	51.6	16.0	14.0
	1級	40.2	27.0	44.4		
	2級	37.2	22.2	37.2		
140E	特級	36.0	27.0	45.0	14.0	12.0
	1級	34.8	23.4	39.0		
	2級	32.4	19.8	32.4		
120E	特級	31.2	23.4	39.0	12.0	10.5
	1級	30.0	19.8	33.0		
	2級	27.6	16.8	27.6		
110E	特級	28.2	21.6	35.4	11.0	9.0
	1級	27.0	18.0	30.0		
	2級	25.8	15.6	25.8		
100E	特級	25.8	19.8	32.4	10.0	8.5
	1級	25.2	16.8	27.6		
	2級	23.4	14.4	23.4		
90E	特級	23.4	17.4	28.8	9.0	7.5
	1級	22.8	15.0	25.2		
	2級	21.0	12.6	21.0		
80E	特級	21.0	15.6	25.8	8.0	7.0
	1級	19.8	13.2	22.2		
	2級	18.6	11.4	18.6		
70E	特級	18.0	13.8	22.8	7.0	6.0
	1級	17.4	12.0	19.8		
	2級	16.2	9.6	16.2		
60E	特級	15.6	12.0	19.8	6.0	5.0
	1級	15.0	10.2	16.8		
	2級	13.8	8.4	13.8		
50E	特級	12.7	9.5	15.9	5.0	4.2
	1級	12.3	8.2	13.7		
	2級	11.1	6.7	11.1		

表 2.12 A種構造用単板積層材のせん断の基準強度と弾性係数

水平せん断性能	基準強度(N/mm ²)	せん断弾性係数(kN/mm ²)	Ebの値の 1/15とする
65V-55H	4.2		
60V-51H	3.6		
55V-47H	3.6		
50V-43H	3.0		
45V-38H	3.0		
40V-34H	2.4		
35V-30H	2.4		

表 2.13 A 種構造用単板積層材のめり込みの基準強度

めり込み性能の表示区分	基準強度(N/mm ²)
180B	18.0
160B	16.0
135B	13.5
90B	9.0

表 2.14 B 種構造用単板積層材の基準強度と弾性係数

曲げヤング 係数区分	基準強度(N/mm ²)						弾性係数(kN/mm ²)	
	Fc		Ft		Fb		E0	E0.05
	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸		
140E	21.9	4.3	18.3	2.9	32.2	5.8	14.0	12.0
120E	18.7	3.7	15.6	2.5	27.5	4.9	12.0	10.5
110E	17.2	3.4	14.4	2.3	25.3	4.5	11.0	9.0
100E	15.7	3.1	13.2	2.1	23.2	4.1	10.0	8.5
90E	14.0	2.8	11.7	1.8	20.6	3.7	9.0	7.5
80E	12.5	2.5	10.5	1.6	18.4	3.3	8.0	7.0
70E	10.8	2.1	9.0	1.4	15.9	2.8	7.0	6.0
60E	9.3	1.8	7.8	1.2	13.7	2.4	6.0	5.0
50E	7.6	1.5	6.3	1.0	11.1	2.0	5.0	4.2
40E	6.1	1.2	5.1	0.8	9.0	1.6	4.0	3.0
30E	4.6	0.9	3.9	0.6	6.8	1.2	3.0	2.5

表 2.15 B 種構造用単板積層材のせん断の基準強度

水平せん断性能	基準強度(N/mm ²)		せん断弾性 係数(kN/mm ²)
	縦使い方向	平使い方向	
65V-43H	4.3	2.8	学会規準 等に記載 無し
60V-40H	4.0	2.6	
55V-36H	3.6	2.4	
50V-33H	3.3	2.2	
45V-30H	3.0	2.0	
40V-26H	2.6	1.7	
35V-23H	2.3	1.5	
30V-20H	2.0	1.3	
25V-16H	1.6	1.0	

表 2.16 構造用単板積層材の寸法調整係数の例

幅方向(梁せい)の辺長(mm)	係数
300以下	1.00
300超 450以下	0.98
450超 600以下	0.93
600超 750以下	0.91
750超 900以下	0.89
900超 1050以下	0.87
1050超 1200以下	0.86

2.4 直交集成板（CLT）

2.4.1 直交集成板の分類

直交集成板は、ひき板（ラミナ）を繊維方向を互いにほぼ平行にして幅方向に並べ又は接着したものを、さらにその繊維方向を互いにほぼ直角にして積層接着し3層以上の構造を持たせた木質材料で、Cross Laminated Timberの頭文字を取ってCLTと呼ばれる（図2.6）。

CLTは元々ヨーロッパで開発され、それが徐々に世界的に広まって日本にも導入されたものであるが、日本では製造規格がないことや建築基準法上の位置付けがないために、建築物の構造材料として使用するには様々なハードルがあった。そのため、国土交通省や林野庁のプロジェクトとして大々的な研究開発が行われ、その成果によって2013年12月にJAS規格が、2016年3月および4月には国土交通省の技術基準告示が公布されて、ようやく日本におけるCLTの利用が軌道に乗り始めたところである。ヨーロッパでは5~7階建て程度のアパートがCLTにより数多く建てられているし、イギリスやイタリアでは9階建てが建てられるなど、中層木造建築物の実現に欠かせない材料となっている。この流れは北米やオセアニア地域にも波及し、カナダのバンクーバーでは2017年夏に木造建築物としては当時世界一の18階建て学生寮が建設され、CLTは床版として利用された。

現行の日本農林規格には、構造用途として用いられる直交集成板1品目のみが定められているが、断面構成により同一等級構成と異等級構成の2種類がある。

直交集成板はひき板の厚さとその断面構成により様々な製品を作ることが可能であり、日本農林規格では厚さ36mm以上500mm以下、幅が300mm以上、長さ900mm以上のものを直交集成板と位置付けている。しかし、構造耐力上主要な部材（壁柱や床版）として用いる場合には、少なくとも厚さ90mm以上は必要になってくる。断面構成は3層3プライから9層9プライまで6種類の断面構成が定められており（図2.7）、用いるラミナの等級と合わせると現行の日本農林規格内でも42種類の等級が定められている。ただし、現在（2019年7月現在）の建築基準法で使用が認められているのは、3層3プライ、3層4プライ、5層5プライ、5層7プライの強軸方向、および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プライの弱軸方向に限定されている。これは、曲げ性能に及ぼす荷重継続期間の影響に関する知見が不足しているために、曲げの基準強度の算定が上記以外の断面構成には認められていないためである。

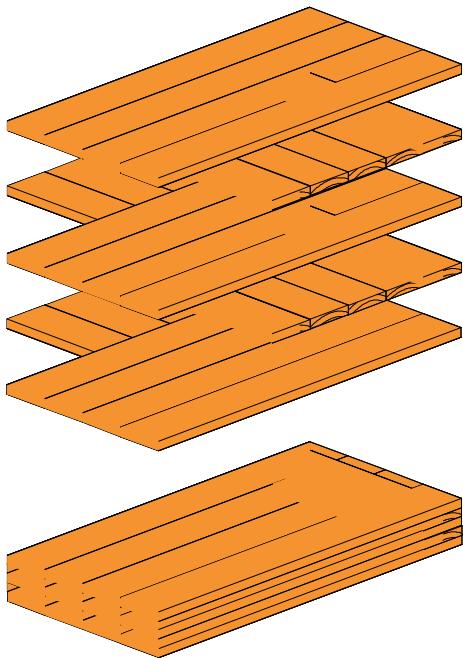


図2.7 CLTの基本構成

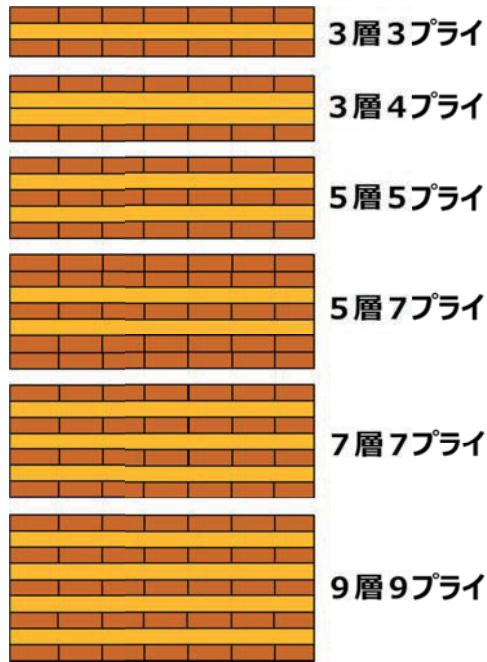


図2.8 JASに定められた層構成

2.4.2 基準強度と弾性係数

直交集成材の基準強度は平成13年国土交通省告示第1024号に定められているが、他の木質材料と異なる点は、断面形状に合わせて強度を計算する方式になっている点である。これは、ラミナの厚さやその構成が複雑で基準強度を一義的に決めることができないためで、ラミナのヤング係数やラミナの基準強度をもとにして算定する式が掲載されている。詳細は告示を参照頂きたいが、例えば圧縮強度を例に取ると、最外層ラミナの圧縮強度 σ_{c_oml} にラミナのヤング係数を考慮した等価断面積 A_A の全断面積 A_0 に対する比率と低減係数を掛けたものを圧縮強度としている。引張、曲げ、せん断についても算定方法が明記されているが、めり込みに関してのみ最外層ラミナの樹種に応じた数値を定めている。曲げについては、前記の通り適用できる断面構成に制限があるため、注意が必要である。

2.4.3 直交集成板の発注と設計

直交集成板は現在非常に注目を集めている材料で、各自治体などでも積極的に使用したいという声を聞く。しかし、製造可能な工場がまだ少ないと、工場によって製造できる寸法に制限があること、使用できる断面構成が少ないと等から、自由に設計に使えるレベルにはまだまだ到達していないのが現状である。他の木質材料と同様であるが、CLTを用いる際には、発注者、設計者とCLT供給者が十分な打ち合わせを行い、樹種や等級、断面寸法等を決定しなければならない。また、CLTは版の大きさがあることから、輸送の問題や建て方時の搬入路、敷地の余裕度なども考慮して計画を立てる必要がある。

2.5 構造用面材

2.5.1 構造用合板

合板は丸太を薄く剥いた单板（ベニヤ）3枚以上を纖維方向をほぼ直角にして接着した木質材料で、日本農林規格では6種類の品目が定められている。その中で建築物の構造耐力上主要な部分に使われるものが構造用合板である（図2.9）。

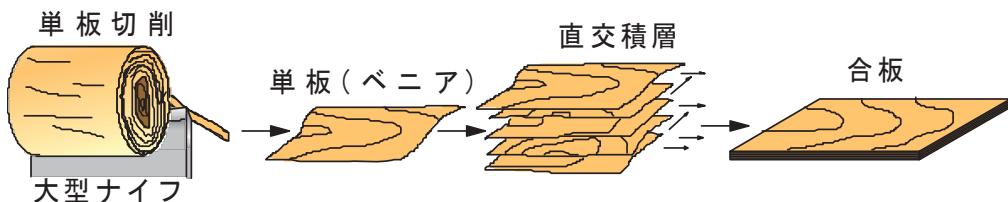


図2.9 合板の製造方法

構造用合板は、接着の程度で特類と1類に分類され、单板の品質や曲げ性能等により1級と2級に分類される。1級は主として構造計算を必要とする木質構造に用いる事を想定しており、曲げ強さ、曲げヤング係数、面内せん断強度、層内せん断強度の規定を満たす必要がある。一方2級は、主として耐力壁や床構面の下地材として用いる事を想定しており、長手方向の曲げヤング係数のみ規定している。かつてはラワン合板を中心に1級の製品も多く出回っていたが、近年は針葉樹合板への代替が進むにつれて2級を中心となつておらず、1級合板は受注生産となる場合も多い。さらに、スギ等の国産材を多く利用した構造用合板も多く生産されるようになり、厚さ24mm以上の厚物合板は国産材を大量に使用した商品が主力となってきた。一般的に流通している構造用合板は、厚さが9mm、12mm、15mm、24mm、28mmあたりで、寸法は、910×1820mmが最も多く、長尺合板を製造できる数社においては、910×2730mmや910×3030mmなども製造することができる。また、メーターモジュールに対応して1000×1820mmや、1000×2730mmなどを製造できるところもあるので、大量に合板を利用する大型の建築物では、合板供給者と相談しながら設計を進めることも必要になってくるだろう。

住宅でも数多く用いられている構造用合板であるが、建築基準法上は基準強度や許容応力度の規定は無く、日本建築学会の木質構造設計規準・同解説²⁾にて許容応力度が提案されているのみである（例として、構造用合板2級の許容応力度を表2.17に示す）。従って、1級の構造用合板であっても、その材料性能を元に構造計算を行うことはできないのが現状である。しかしながら、木造建築物の耐力要素として合板張り耐力壁や床構面は非常に重要な耐震要素であるため、昭和56年建設省告示第1100号で面材張り耐力壁の性能を定めたり、軸組工法住宅の許容応力度設計の技術書⁴⁾にて釘接合部性能を元にした合板張り耐力壁の許容耐力算定手法が提案されたりしており、学校建築等に用いられる高強度耐力壁についてもそれらの知見を準用して運用している。24mm厚の構造用合板を用いると短期基準せん断耐力で30kN/m程度以上の面材張り構面を作ることも比較的容易であり、近年の中大規模木造建築物にとって無くてはならない材料となっている。

表 2.17 日本建築学会提案の構造用合板 2 級の基準特性値

厚さ (mm)	基準許容応力度(N/mm ²)				曲げヤング係数 (kN/mm ²)	せん断 弾性係数 (kN/mm ²)		
	曲げ		せん断					
	0度	90度	面内	層内				
5	5.2	厚さに よらず 0.8	厚さに よらず 0.8	厚さに よらず 0.4	6.5	0.4		
6	4.8				6.5	0.3		
7.5	4.3				5.5	0.3		
9	3.9				5.0	0.3		
12	3.3				4.0	0.3		
15	2.7				4.0	0.6		
18	2.4				4.0	1.1		
21	2.2				4.0	1.1		
24以上	2.2				3.5	1.4		

2.5.2 構造用パネル

構造用パネルは、木材から削りだした削片（ストランド）に接着剤を噴霧し、表層と内層とでストランドの方向を概ね直交方向に配向させながら3層構造で堆積させ熱圧した木質面材料で、英語名：Oriented Strand Board の頭文字を取って OSB と呼ばれている。日本農林規格は、この OSB の1品目のみの規格になっており、国産品がないために全て海外（北米または欧州）からの輸入品に対する規格となっている。そのため、他の木質材料のように製造方法を規定した規格ではなく、製品の性能によって等級を定める性能規格になっているのが特徴である。

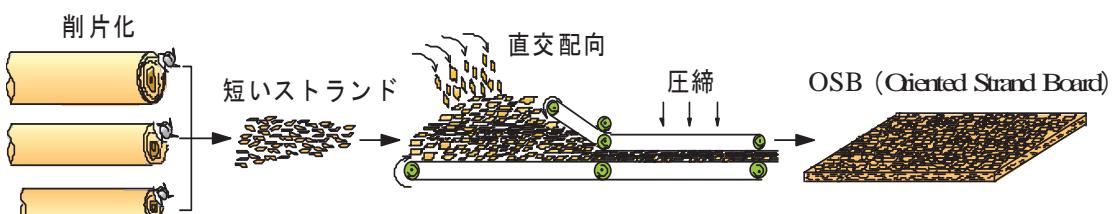


図 2.10 構造用パネル (OSB) の製造

元々が合板の代替材料として開発され、枠組壁工法の耐力壁等に用いられてきたため、日本農林規格でも曲げ性能以外に釘接合部のせん断性能や引き抜き性能が規定されている。また、曲げ性能に基づき1級から4級まで等級が分けられているが、パネルの強軸・弱軸それぞれに対しパネル厚さを考慮した曲げヤング係数および曲げ強度の規格基準値が定められている。一方で、OSB にも建築基準法に基づく基準強度や許容応力度は定められておらず、構造計算をする際には、OSB 張り構面の実験データを用いるか、釘接合部のせん断性能に基づいて OSB 張り構面の許容耐力算定値を求める必要がある。

日本に輸入される OSB は、厚さが 9mm、9.5mm、12mm、15mm、24mm などであり、基本的には合板と用途が重なるため、常にシェアを競い合っている。一方、ボード寸法については、OSB は連続プレスで製造されるため、幅が 2745mm や 3660mm、長さが 7320mm といった大版で製造できるのが強みとなっている。そのため、ストレススキンパネルや I 型梁に用いたり、階高の高い耐力壁に継手を用いず張りたい場合には大版で

製造できる OSB の良さが活きてくるだろう。

近年は、合板などに倣って高強度耐力壁の開発等を積極的に進めており、厚さ 15mm や 24mm の OSB を用いて短期基準せん断耐力 30kN/m や 40kN/m の耐力壁の開発にも成功している。ただし、元々耐水性はあまり高くない材料のため、施工中の雨掛けかりや厳しい使用環境での利用は避けることをお勧めする。

2.5.3 その他の木質系面材料

その他に木造建築物に用いられる木質材料としては、ミディアム・デンシティー・ファイバーボード (Medium Density Fiberboard, MDF) やパーティクルボード (Particleboard, PB) がある。何れも JIS 製品で、木材繊維や木材小片を原料とし、接着剤を噴霧してマットを作り熱圧してボードを製造する。両者ともに、元々は造作用、家具用の材料であったが、近年は耐力壁用面材としての技術開発が進み、2014 年および 2015 年にはそれぞれ JIS の改正があって、構造用 MDF、構造用 PB が規格に加えられた。これらは何れも密度が高く (700~800kg/m³ 程度)、合板に比べて面内せん断性能が高いという特徴を持っている。構造用 MDF、構造用 PB はまだ 9mm 厚さのものしか規格に記載がないが、今後は他の厚さの製品も規格に加えられていくことだろう。ボード寸法は、工場ごとに設備の新旧で差があるので、連続プレスを導入している工場であれば OSB と同様に大版の面材料を製造することが可能である。

前記の合板や OSB も含め、これらボード類を耐力壁に用いた際の壁倍率の数値は昭和 56 年建設省告示第 1100 号に定められている。この告示では構造用面材の厚さや釘の種類と間隔を定めることで仕様規定的に壁の性能を規定しており、2018 年 3 月には同告示が改正されて、従来よりも高倍率の壁の仕様が追加された。今後の木質構造の発展に合わせて、これらボード類の需要も徐々に増加していくことが期待される。

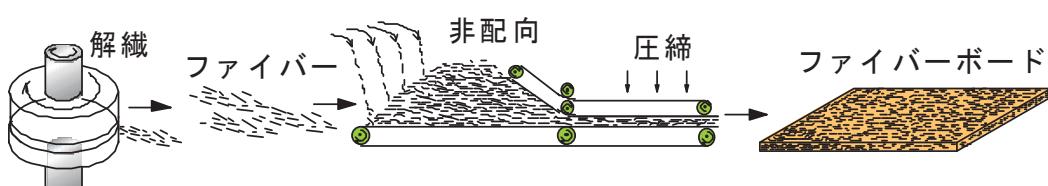


図 2.11 ミディアム・デンシティー・ファイバーボード (MDF) の製造

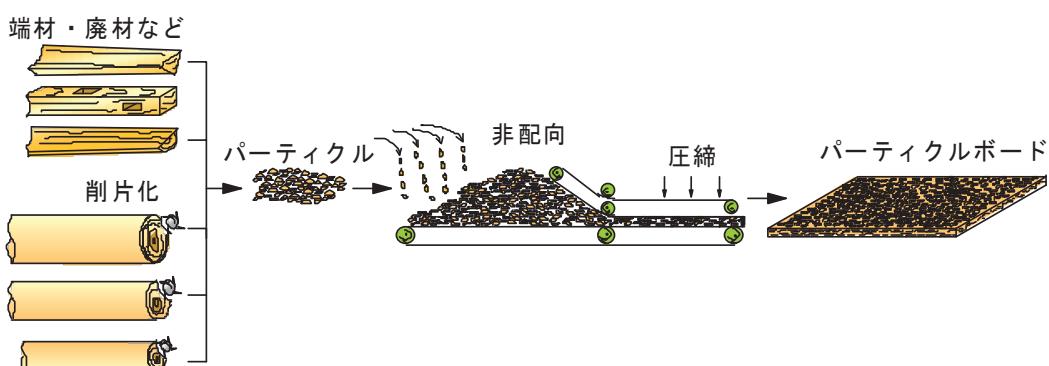


図 2.12 パーティクルボード (PB) の製造

2.5.4 せっこうボード

続いて、せっこうボードである。これは木造建築物の内壁下地材、間仕切り壁の下地材に多用されてきた材料で、不燃性が高いために、特に防耐火性能を得たい場合に用いられる。近年、大型の木造建築物や5階建て以上の木造ビルを建設する際には準耐火構造や耐火構造にする事を求められるが、その際に最も容易に耐火性能を付与できるのがせっこうボードである。

せっこうボードのJISより構造用途として多用されるものを表2.18に抜粋して示したが、耐火構造仕様で良く用いられるのは強化せっこうボードである。この強化せっこうボードを2枚張りする仕様で1時間耐火構造の大蔵認定を取得している例が多い。

せっこうボードは住宅の内装下地としても良く用いられてきたが、釘留めあるいはビス留めしても壁倍率で1倍程度とあまり高い性能は得られない。それよりも、耐火性能付与を目的として付加的に用いる方が建物の耐震性能上は余裕度が増すことになるのでよいだろう。ただし、せっこうボードは重量が大きいので、大量に用いると建物重量が増すことになり、それに応じて必要耐力も増やす必要がある点には注意が必要である。

表2.18 主なせっこうボードの種類

種類	記号	備考	主な用途
せっこうボード	GB-R	せっこうボード製品の標準的なもの	壁及び天井の下地材
強化せっこうボード	GB-F	GB-Rの芯(芯)に無機質纖維などを混入したもの	壁及び天井の下地材、防・耐火構造などの構成材
構造用せっこうボードA種	GB-St-A	GB-Fの性能を保持したまま、くぎ側面抵抗を強化したもので、側面抵抗によって、A種及びB種がある。	
構造用せっこうボードB種	GB-St-B		耐力壁用の面材

参考文献

- 日本建築学会編：木の学校づくり その構想からメンテナンスまで（改訂版）、文部科学省委託事業、2019
- 日本建築学会編：木質構造設計規準・同解説、2006
- 国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所監修：2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書、2015
- (公財)日本住宅・木材技術センター編：木造軸組工法住宅の許容応力度設計、2017

第3章 部材の接合

3.1 接合方式の種類とその特徴

木質構造における主要構造部材の接合にあたっては、一般にボルト、ジベル等の接合具及び金物を用いて、力がスムーズに伝達されるように接合を行う。その際、木材及び金物はできるだけ精度よく加工を行い、接合部に有害なガタ（遊び）を生じないようにする必要がある。特に木質構造における機械的接合では、接合具と接合材の間にガタがない場合でも、荷重載荷により接合具の木材へのめりこみに伴うスリップを生ずるので、変形計算の際にはこれを考慮する必要がある。特に、トラス部材接合部、ブレース端部、横架材の継手等では、接合部のスリップ性状が構造全体の変形性状に大きく影響を与えるので注意を要する。

一般に、ボルト、ジベル等を用いた接合部では、接合具付近の木材に大きな力が集中するため、接合具の配置には十分注意を払う必要がある。縁端距離、ボルト間隔等は十分な距離を取り、特に木材の纖維に平行でない方向の荷重を受ける場合は、木材に割裂きを生じないように十分に注意を払う必要がある。

接合部に長期間にわたって荷重が作用する場合、構造形式、施工条件、使用条件によってはスリップが増加する場合を考えられるので注意する。ただし、接合部に部材の収縮等により木材の纖維に直角方向の力が加わることが想定される場合は、接合部にこのような力が加わらないように工夫するか、ボルト孔に適当な遊びを設ける等して、材に割裂きを生じないようにする必要がある。

なお、接合部の許容耐力の計算に関しては、日本建築学会編「木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－¹⁾」（以下、本節においてAIJ規準）を参照するものとし、本書ではその概略と接合における注意点を中心に解説することとする。

3.1.1 一般事項

わが国では、高さ13m又は軒高が9mを超える建築物、及び防火上有効な防火壁によって区画された部分の面積が1,000m²を超える場合は、主要構造部である柱・はりの接合部が火災に対して有効に被覆されていることが必要であり、原則として、柱・はり仕口又は継手における鋼材及びボルト、ドリフトピン等は厚さ25mm以上の木材又はこれと同等以上の性能を有する材料で防火上有効に被覆しなければならない。以下に、部位別の接合の代表例を示す。

3.1.2 柱脚・基礎

柱脚は土台を通じて基礎と緊結するほか、ボルト、ジベル、金物等を用いて直接基礎と緊結するのが有効である。その際、柱が負担する鉛直力を基礎に伝えるとともに、地震力、風圧力等により生ずる柱の引き抜きにも十分対応できる設計を行う必要がある。大断面アーチ架構の柱脚では、二次応力、偏心等により不利な応力が生じないようにするとともに、水平せん断力に対して適切な設計を行う必要がある。なお、柱脚部には雨水、結露等により水分が停滞しないように特に注意する。

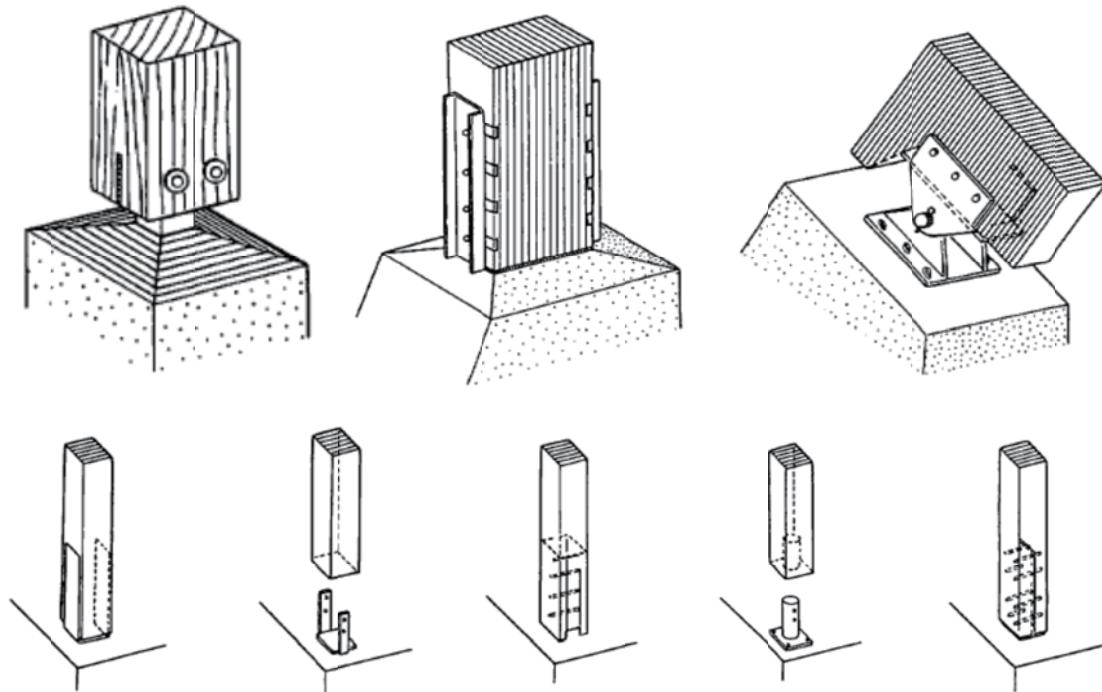


図 3.1 柱脚接合部の例

3.1.3 柱と横架材の接合

柱と横架材の接合にあたっては、ボルト、ジベル、金物等を用いて鉛直力及び水平力を伝達させる。この際、横架材の纖維に直角方向の力が作用し割裂きを生ずることのないよう注意する。また、横架材に長期間にわたって鉛直荷重が作用する場合には、接合部のクリープにより有害な変形を生じないように留意する。

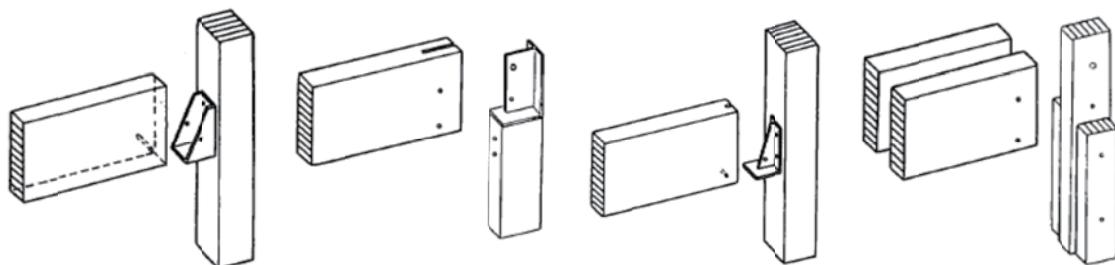


図 3.2 柱ー横架材接合部の例

3.1.4 大ばりと小ばりの接合

大ばりと小ばり、母屋等の横架材の接合には、一般にはボルト、ジベル及び金物を用いるが、比較的軽微なものでは釘と金物を用いて接合することができる。

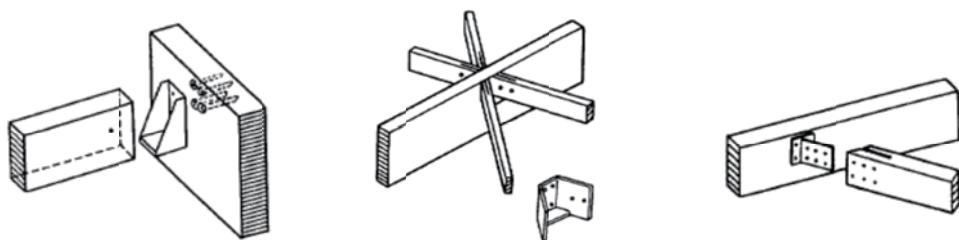


図 3.3 大ばりー小ばり接合部の例

3.1.5 はりの継手

横架材は一体のものを使用し、なるべく途中で接合しないことが望ましいが、輸送の関係上やむを得ずたて継ぎを行う場合は以下の要領による。

キャンティレバー型接合でせん断力のみを伝達させる場合は、この部分にモーメントが生じないように注意する。また、モーメントの生ずる部分で横架材のたて継ぎを行う場合は、モーメントのできるだけ小さい部分で接合するものとし、モーメント及びせん断力を完全に伝達可能な接合方式とする。この場合、ボルト、ジベル等のスリップにより有害な変形を生じないように留意する。なお、いずれの接合においても、二次応力等により材に割裂きを生じないよう十分注意する。

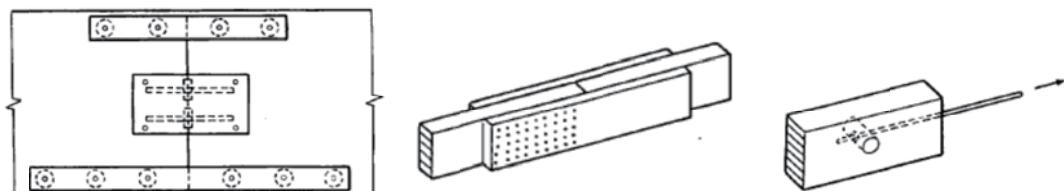


図 3.4 はり継手の例

3.1.6 ブレース端部

ブレース端部はボルト、金物等を用いて、基礎、柱、横架材等と接合する。この際、ブレースに生ずる引張力または圧縮力が、基礎、柱、横架材等にスムーズに伝達されるようになり、柱脚、柱頭における接合部に有害な二次応力を生じないようにする。

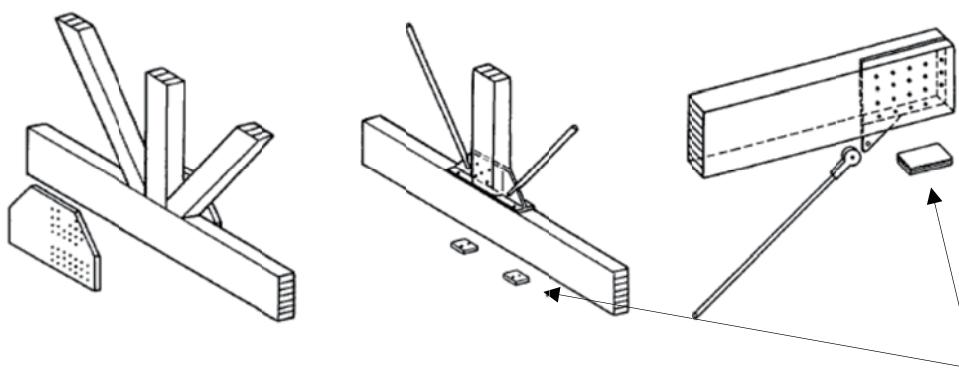


図 3.5 ブレース端部接合の例

防火被覆用のフタ

3.1.7 アーチ頂部

3 ヒンジアーチ等の頂部は、軸力とせん断力がスムーズに伝達されるように接合する。特に、大きな力が作用する頂部の接合では、モーメント等により二次応力が生じ、割裂き等が生ずることのないようピン接合の設計を行わなければならない。

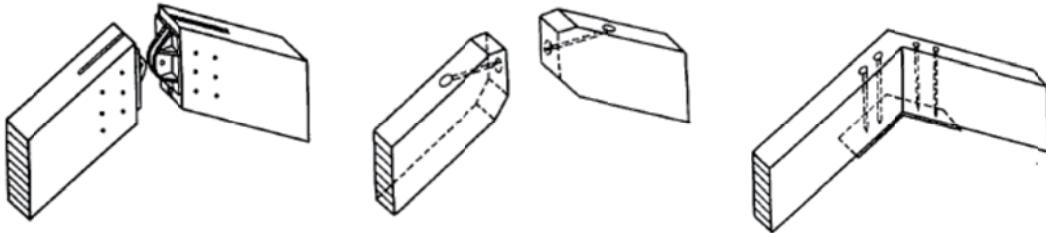


図 3.6 アーチ頂部の例

3.2 曲げ降伏型接合（ボルト、ドリフトピン、ラグスクリュー）

3.2.1 一般事項

曲げ降伏型接合とは、部材同士を棒状の接合具で打ち込みまたは貫通させて接合し、外力に対してせん断力で抵抗する機構を持つものを意味し、集成材建築物では主にボルト接合部、ドリフトピン接合部、ラグスクリュー接合部等が用いられる。

ボルト接合部には、ボルトが引張力を受ける引張ボルトとせん断力を受けるせん断ボルトがある。引張ボルトの耐力は、ボルト自身の引張強度と座金の木材へのめりこみによる。せん断ボルトでは、一般にボルトが木材にめりこみ、ボルトが曲げを受けることによりせん断力に抵抗する。したがって、せん断ボルトではボルトがボルト孔壁に密着することが必要で、ボルト孔はできるだけボルト径と一致させることが好ましい。

ドリフトピンは、丸鋼をピンと同径または多少小さめの先孔にたたき込んで用いる接合で、ボルトとくらべて初期すべりの低減が図れる。ドリフトピンの弾性挙動は、木材と木材または鋼板を挿入した接合ではボルト接合と同様であるが、終局時にピンの変形に伴い、部材同士が開こうとする力を受けるので、有効な開き止めを設ける必要がある。

ラグスクリューは、胴部の一部にネジを切った接合具で、2段にあけた先孔にねじ込んでせん断力に抵抗させる。ラグスクリューの力学特性は、鋼板を添え板とする1面せん断ボルトとほぼ同様と考えられる。

3.2.2 接合具の品質

ボルト、ナットは、JIS B 1180 六角ボルト及びJIS B 1181 六角ナットの規定による。軸部の材質は SS400 またはこれと同等品とする。ドリフトピンの品質は JIS G 3191 丸鋼による。ラグスクリューには一義的な規格がないため、信頼できる規格により材質・品質を規定されたものによる。

3.2.3 座金の寸法

座金を用いる場合の寸法は、おおむね表 3.1 に示す数値以上とする。

表 3.1 座金の寸法及び厚さ (mm)¹⁾

座金の大きさ		ボルト径	8	10	12	16	20	24
引張ボルト	厚さ	4.5	6	9	9	13	13	
	角座金の一辺	40	50	60	80	105	125	
	丸座金の直径	45	60	70	90	120	140	
曲げボルト	厚さ	3.2	3.2	3.2	4.5	6	6	
	角座金の一辺	25	30	35	50	60	70	
	丸座金の直径	30	35	40	60	70	80	

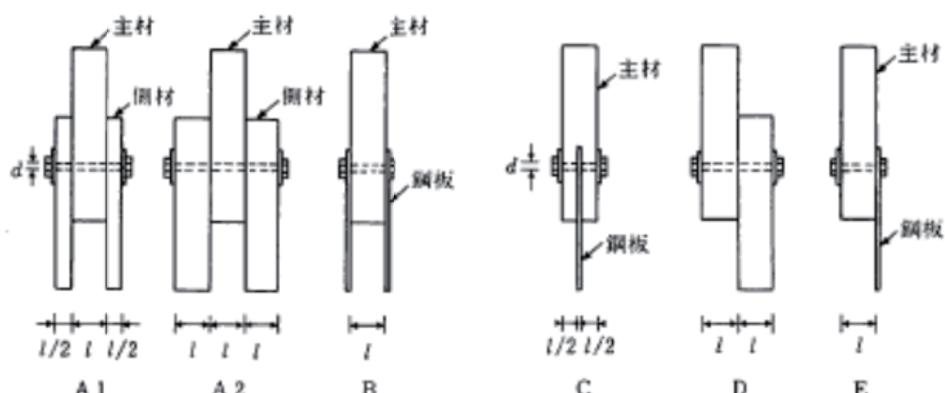
3.2.4 許容引張耐力

接合部の許容引張耐力は、引張を受けるボルトなどの接合具の基準強度や、ボルトと併用する座金によってめり込みを受ける木材のめり込み強度などから算定することができる。接合部の設計にあたっては、接合具 1 本あたりの耐力だけでなく、接合部全体の設計用許容引張耐力を求め、接合部応力が接合部全体の設計用許容引張耐力よりも小さいことを確認する。

3.2.5 訸容せん断耐力

接合部の許容せん断耐力は、木材の支圧強度や接合具径、接合形式などから算定することができる。ボルトなどの曲げ降伏型接合具を使った接合形式は図 3.7 のように分類できる。これらのせん断耐力は主材もしくは側材の木材が降伏する場合と、接合具が曲げ降伏する場合とで異なり、変形性状も異なる。一般的には材厚(L)と接合具径(d)の比 ($=L/d$) が小さいと木材が降伏し、大きいと接合具で降伏する。また木材で降伏させると、終局では木材の割裂やせん断など脆性的な破壊を起こす危険性が高く、接合具で降伏させると破壊までの変形性能が大きく韌性的な接合部を形成することができる。

接合部の設計にあたっては、接合具 1 本あたりの耐力を求めるだけでなく、木材の割裂やせん断等によって接合部全体が脆性的な破壊を起こさぬよう、接合部全体の終局耐力についても確認する必要がある。

図 3.7 曲げ降伏型接合の接合形式¹⁾

3.2.6 接合具の配置

接合具が所定の耐力を発揮するためには、仕様規定期に接合具間隔をきちんと守ることが重要である。そのため、接合具の配置は以下(1)～(3)によるものとする（図3.8）。これらの配置を守らないと、図3.9に示すように接合具間で木材の割裂やせん断破壊を生じて集合型破壊を起こす危険性があるので注意が必要である。

(1) 木材の繊維方向の加力を受ける場合

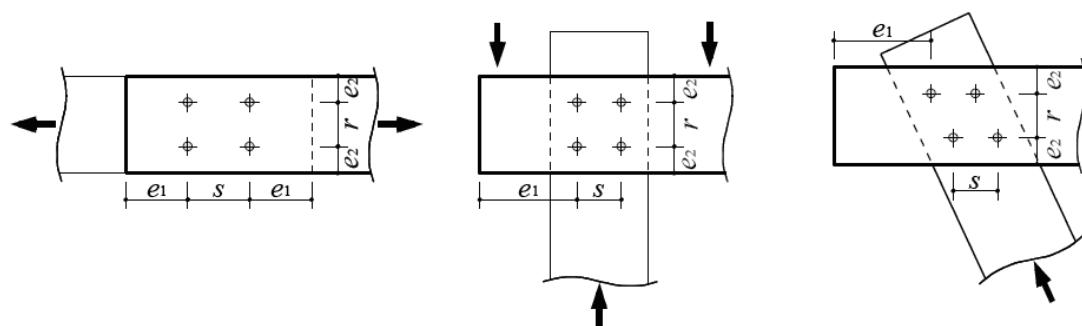
- ①材端距離(e_1)：接合具径の7倍以上。ただし、材端部分に応力が生じない場合は接合具径の4倍以上
- ②縁端距離(e_2)：接合具径の1.5倍以上
- ③木材の繊維方向の接合具間隔(s)：接合具径の7倍以上
- ④接合具列間隔(r)：接合具径の2.5倍以上

(2) 木材の繊維に直角方向の加力を受ける場合

- ①材端距離(e_1)：接合具径の7倍以上
- ②縁端距離(e_2)：接合具径の4倍以上。ただし、縁端部分に応力が生じない場合は接合具径の1.5倍以上
- ③木材の繊維方向の接合具間隔(s)：接合具径の5倍以上
- ④接合具の列間隔(r)：接合具径の4倍以上

(3) 木材の繊維に傾斜する方向の加力を受ける場合

- ①加力方向と繊維方向のなす角が10度以下の場合：(1)の数値
- ②加力方向と繊維方向のなす角が10度を超え、70度未満の場合：(1)の数値と(2)の数値を直線補間した数値
- ③加力方向と繊維方向のなす角が70度以上の場合：(2)の数値



① 角度：10度以下 ③角度：70度以上 ②角度：10度以上 70度未満

図3.8 加力方向と木材の繊維方向とのなす角¹⁾

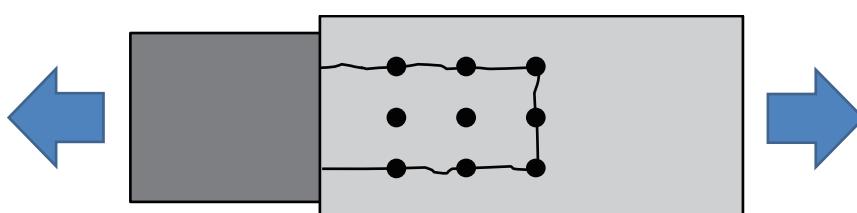


図3.9 集合型破壊の例

3.3 ジベル接合

3.3.1 一般事項

ジベル接合は、部材間にまたがって配置されるジベル（車知、ダボ、シアキーを含む）がせん断抵抗し、木部のめり込み抵抗によって応力伝達するものであり、代表的なものでは、図3.9に示すように鋼製等の環状の接合具を環型に彫り込んだ木材に挿入する彫り込み型と、木材間に挿入して直接圧入する圧入型がある。

ジベルは、ボルトなどに比べて広い面積でせん断抵抗するため、主に部材間のせん断抵抗力を増やしたいときに使われる。圧入型の場合は木材との間に初期ガタがないのに対し、掘り込み型はわずかに初期ガタが生じてしまうため初期滑りによる剛性低下を生じる可能性がある。

ジベル類は一般に流通している金物ではなく、海外からの輸入品か、金物メーカーへの特注品になるため、使用にあたっては納期や価格なども含めて検討する必要がある。

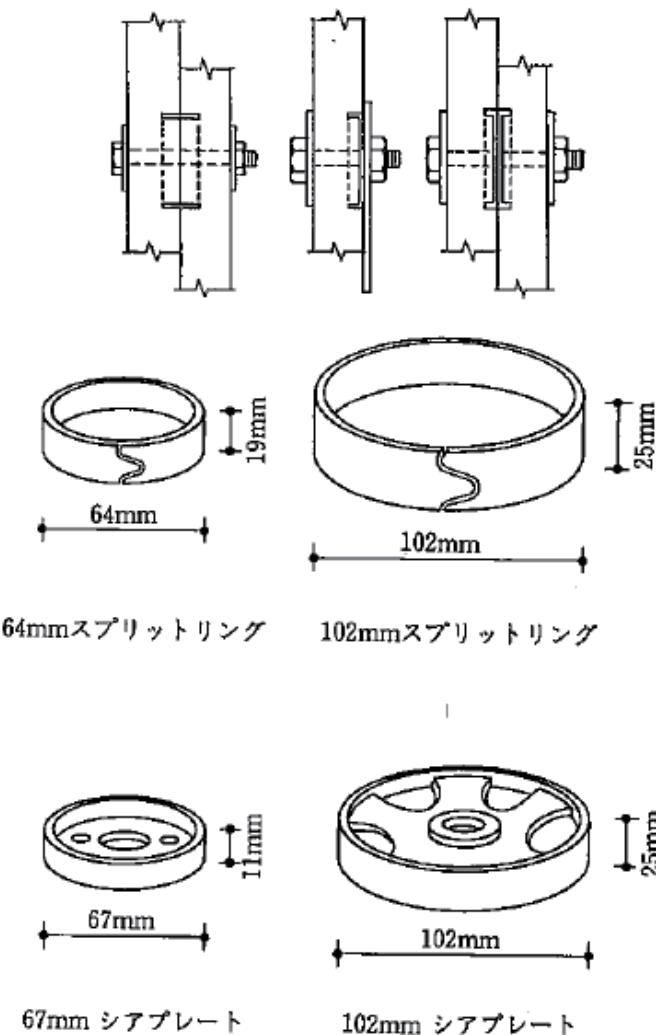


図3.9 ジベルの形状と接合形式¹⁾

3.3.2 ジベルの材質及び品質

信頼できる規格により規定されたものによる。

3.3.3 許容せん断耐力

環型ジベル 1 個あたりの設計用許容せん断耐力は実験結果に基づき設定するものとし、接合部の設計にあたっては、ジベル 1 個あたりの耐力を求めるだけでなく、接合部全体の設計用許容せん断耐力を求め、接合部応力が接合部全体の設計用許容せん断耐力よりも小さいことを確認する。なお、ジベルを複数個使用する場合には、その個数や配置によって耐力を適切に低減するものとする。

3.4 接合部におけるスリップと初期ガタ

3.4.1 ボルト、ドリフトピン及びラグスクリュー

材厚がボルト径とくらべて十分大きい場合、ボルト接合等における接合具の木材へのめりこみ並びにこれに伴う接合具の曲げにより生ずるすべり剛性 K は、接合具が先孔に密着していると仮定した場合の理論式が導かれている¹⁾。しかし、実際のボルト接合では、接合具と先孔の隙間（初期ガタ）のために初期変形が生じ、剛性が理論値よりも小さくなる傾向がある。一方で、ドリフトピンやラグスクリューの場合は初期ガタを無視しても差し支えないので、ほぼ理論値通りの剛性を求めることが可能である。また、複数本の接合具を用いる場合には、各接合具剛性の単純和よりも大きく低下する傾向がある。したがって、必要に応じて実験的検討を行うか、初期ガタを考慮した解析によって剛性を求めることが望ましい。

3.4.2 ジベル接合

ジベル接合部のすべり剛性については、原則的に実験結果に基づき、変形量 2mm 時の耐力を変形量 2mm で除して算出する。特に、彫り込み型ジベルの場合は初期ガタが生じやすいので、複数個のジベルを用いる場合は剛性を適切に低減することが望ましい。ばらつきが大きい場合も、これを考慮する。

3.5 接合部の終局耐力と変形性能

3.5.1 めりこみにより破壊に至る接合

終局耐力が木材の圧縮又はめりこみ（横圧縮）に依存する接合部の終局耐力は、木材の圧縮強度又はめりこみ強度により算出する。この場合、木材が割裂等により破壊しないことを確認する。

3.5.2 鋼材の降伏により破壊に至る接合

引張ボルト等で終局耐力が鋼材の降伏に依存する場合は、鋼材の材料強度により算出する。この場合、木材が割裂等により破壊しないことを確認する。

3.5.3 せん断ボルト接合等

AIJ 規準¹⁾によると、ボルト接合部の許容耐力は、木材の圧縮強度並びに鋼材の降伏点により定まる降伏耐力と、終局強度比を考慮した終局耐力をもとに定められている。材厚

がボルト径とくらべて比較的小さい場合は、終局耐力は降伏耐力とほぼ一致するが、材厚がボルト径とくらべて十分大きい場合は、ボルト頭の存在による引張り効果により終局耐力が降伏耐力の1.2倍～1.5倍程度の値になる。ラグスクリューの場合も鋼板添え板形式の場合にはボルト接合とほぼ同様の性状を示すが、ドリフトピンではボルト頭がないため終局耐力は降伏耐力と概ね一致する。この降伏耐力に対する終局耐力の比のことを“終局強度比”と定義している。

ボルト接合等における変形性能も、当然材厚とボルト径の比に左右され、材厚がボルト径とくらべて小さい場合は、一般に極めて脆性的な破壊を示す。一方、材厚がボルト径とくらべて十分大きい場合は大きな塑性変形能力を示す。ボルトのすべり剛性並びに変形性能は樹種や接合形式により異なり、一般化することは難しいが、短期許容耐力にあたるすべり量は、実験によると概ね1～2mm、降伏耐力時のすべり量は3～7mm、最大すべり量は材厚が十分大きい場合は15～30mm程度である。ただし、ボルト孔がボルト径より大きい場合は初期すべりを生ずるのでこれを考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会編：木質構造設計規準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－、丸善、2006
- 2) 日本住宅・木材技術センター編：木造軸組工法住宅の限界耐力計算による設計の手引き、(財)日本住宅・木材技術センター、2005

第4章 接合金物の概要

4.1 接合金物の種類

接合金物は「規格金物」と「製作金物」に大別される。「規格金物」には、住宅産業向けに開発された「住宅用補強金物」と「住宅用接合金物」と中大規模木造向けに開発された「非住宅用接合金物」がある。いずれも性能実験をもとに評価機関が耐力を評定するものであり、金物と接合具（ボルト、ラグスクリュー、ドリフトピン、釘、ビス等）及び使用材料がセットになっている。一方、「製作金物」は構造計算により許容耐力を計算するもので、特記仕様書及び設計図等で適用条件が表現される。

4.1.1 規格金物

規格金物の接合耐力は性能実験をもとにした評価機関による評価により決定されるため、金物と接合具及び適用材料等がセットになっており、特記仕様書、金物ごとのマニュアルや仕様書をもとに管理をする。

(1) 住宅用補強金物

住宅用補強金物は、木造軸組工法住宅の構造耐力上主要な部分である継手、仕口、柱頭柱脚を補強し、その部分の存在応力を伝えるように緊結するための金物である。代表的な金物を以下に示す。

①ホールダウン金物

土台・基礎と柱の緊結、横架材と柱の緊結、上下階の柱相互の緊結に使用する。柱に直に接合具で緊結するものと枠材の上から接合具で緊結するものがある。一般的に短期許容引張耐力は35kNまでであるが、35kNを超える仕様のものもある。35kNを超えるものは特別なアンカーボルトが必要になるため、施工時に注意が必要になる。（図4.1）

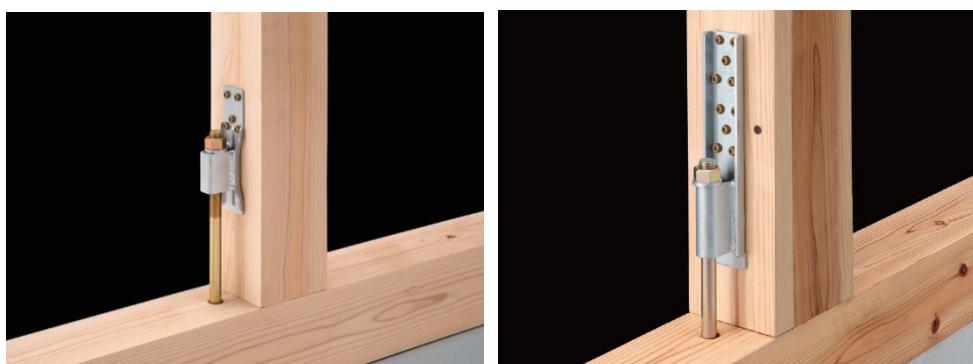


図4.1 ホールダウン金物

②羽子板金物

小屋梁と軒桁、軒桁と柱、胴差と床梁及び通し柱と胴差の接合に使用する。(図4.2)



図4.2 羽子板金物

③筋かい金物

柱と土台または横架材と筋かいの接合に使用する。(図4.3)



図4.3 筋かい金物

(2) 住宅用接合金物

住宅用接合金物は、住宅用補強金物とは異なり、金物が主体的に接合部の力の伝達を行っており、金物なしでは接合部が成り立たないような接合金物を指している。住宅用接合金物は、施工の合理化と相まって、近年金物工法として広く普及している。金物には各メーカーで独自の工夫が施され、様々なタイプのものが提案されている。様々あるすべての仕様をプレカット工場が対応しているわけではなく、発注の際に加工の可否を確認する必要がある。また、加工精度の確保や干割れ等の木材の割れによる構造性能の低下を防ぐために原則集成材が用いられる。代表的な金物を以下に示す。

①梁受け金物

柱と梁の接合に使用する。接合具はボルトとドリフトピンである。(図 4.4)

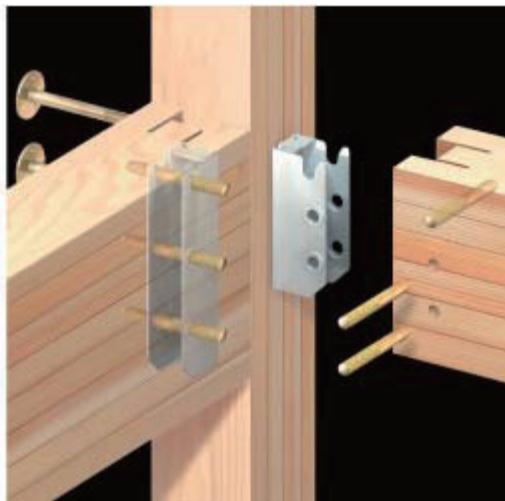


図 4.4 梁受け金物

②柱頭柱脚金物

図 4.5 に示すように、ホゾの代わりにパイプ金物を挿入し、ドリフトピンで接合するものや、図 4.6 に示すような、大きな引き抜きやめり込みに対応するため柱脚金物がある。

所定の耐力を確保するためにアンカーボルトの配置や種類に制限があるため、施工時に注意が必要になる。

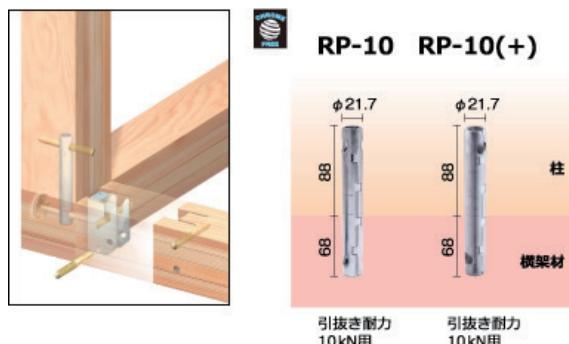


図 4.5 パイプ金物



図 4.6 柱脚金物

(3) 非住宅用接合金物

プレカットを活用し、中大規模木造を普及する目的で様々な金物が開発されている。高耐力な耐力壁の柱頭柱脚金物からトラスを構成する金物、耐震要素やラーメン接合部として使用できるものまである。代表的な金物を以下に示す。

① 高耐力ホールダウン

JIS A3301 の例示仕様の柱脚金物で短期許容軸方向耐力は 158kN と高耐力なホールダウン金物である。(図 4.7)

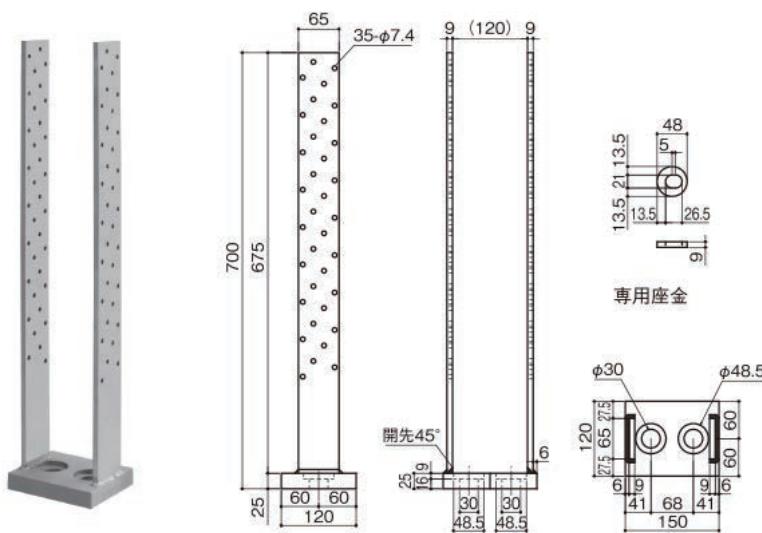


図 4.7 ビス止め柱脚金物 WHDB-160

② トラス接合金物

トラス接合金物の一例を図 4.8 に示す。図の金物は、部材の端部をピンとすることで、様々な角度に対応できる。また、プレカット加工機で加工ができるため汎用性が高い金物である。



図 4.8 トラス接合金物の例

③パイプ挿入型柱脚金物

パイプ挿入型柱脚金物の一例を図 4.9 に示す。図の金物は、基礎と 450mm 幅の平角柱を接合し、モーメント抵抗させることで狭小耐力壁を実現する柱脚金物である。

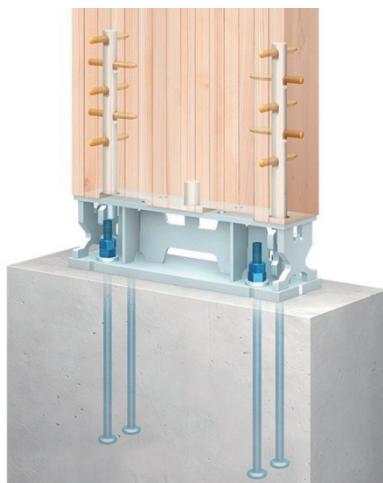


図 4.9 パイプ挿入型柱脚金物の例

④ラグスクリューボルト (LSB)

ラグスクリューボルト (LSB) は軸部の周囲に雄ネジを加工し、その端部に雌ネジまたは雄ネジを設けた接合具である（図 4.10）。木質材料に予め LSB の外径より小さい先孔を設け、その先孔に回転工具を用いて LSB を打ち込む（図 4.11）。いわゆる「ラグスクリュー（コーチボルト）」と異なり、LSB は軸方向への引張力に抵抗する接合具である。また、LSB は高い剛性と耐力を有するため、ラーメン接合部やトラス接合部で用いられる。その部材同士を接合するために製作金物を用いることが多い（図 4.12）。

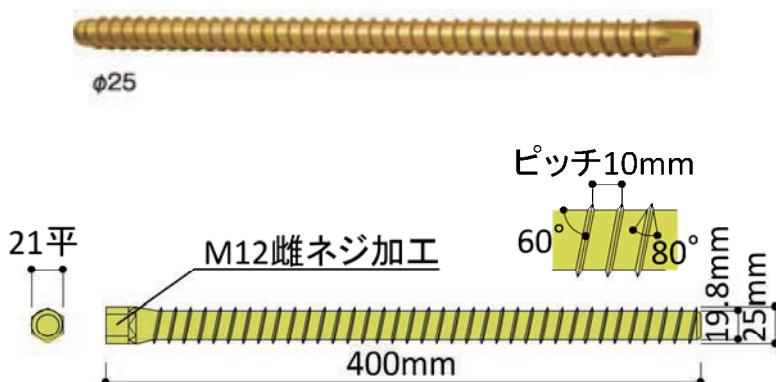


図 4.10 ラグスクリューボルト (LSB) の例



図 4.11 LSB 打ち込み状況

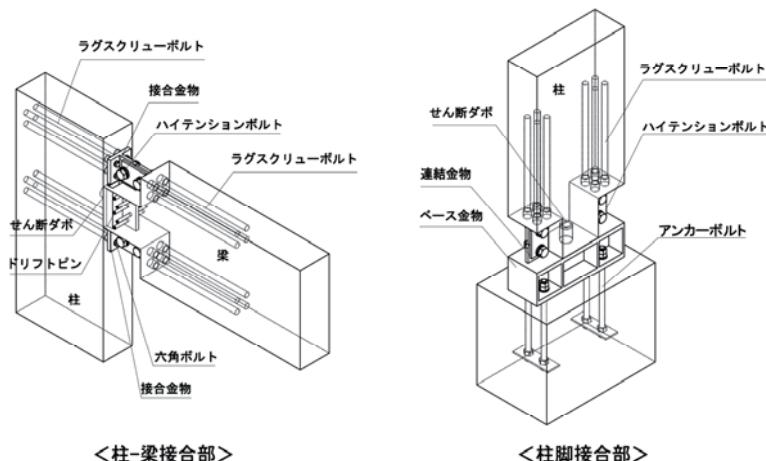


図 4.12 LSB 接合部の例 (山佐木材 (株) HP から引用)

⑤ グルード・イン・ロッド (GIR)

グルード・イン・ロッド (GIR) とは、木質材料の仕口に鋼棒を挿入し、樹脂接着剤を注入することで接着剤付着抵抗と鋼棒の引張により応力を伝達する接合部である。LSB と同様に高い剛性と耐力を有するため、ラーメン接合部やトラス接合部で用いられる (図 4.13、図 4.14)。



図 4.13 GIR による柱-梁接合部の例



図 4.14 GIR による柱脚接合部の例

4.1.2 製作金物

「規格金物」では対応できない応力や、複雑な納まりの場合に用いられる。製作金物の一般的な形状は図 4.15～4.17 のような鋼板を組み合わせたものであり、接合具はボルトとドリフトピンが用いられる。接合耐力や接合具配置は日本建築学会の木質構造設計規準とともに設計される。木材や金物の加工孔径をいたずらに大きくするとガタが大きくなり構造性能を損なう恐れがあるため、設計図書の通りに管理するのが肝要になる。木質材料の加工は一般的なプレカット加工機ではなく、いわゆる大断面加工機によってなされるため、加工できる工場が限られるため、加工の可否を事前に確認する必要がある。

昨今は、製作金物の設計の手間を省くため、図 4.18 に示すような、標準図と接合耐力をセットにした梁受け金物が商品化されている。



図 4.15 柱脚金物
(左：柱脚金物、右：筋かい付き柱脚金物)



図 4.16 梁受け金物
(左：大梁受け、右：小梁受け)



図 4.17 登梁受け金物
(左：登梁受け金物、右：使用部位)

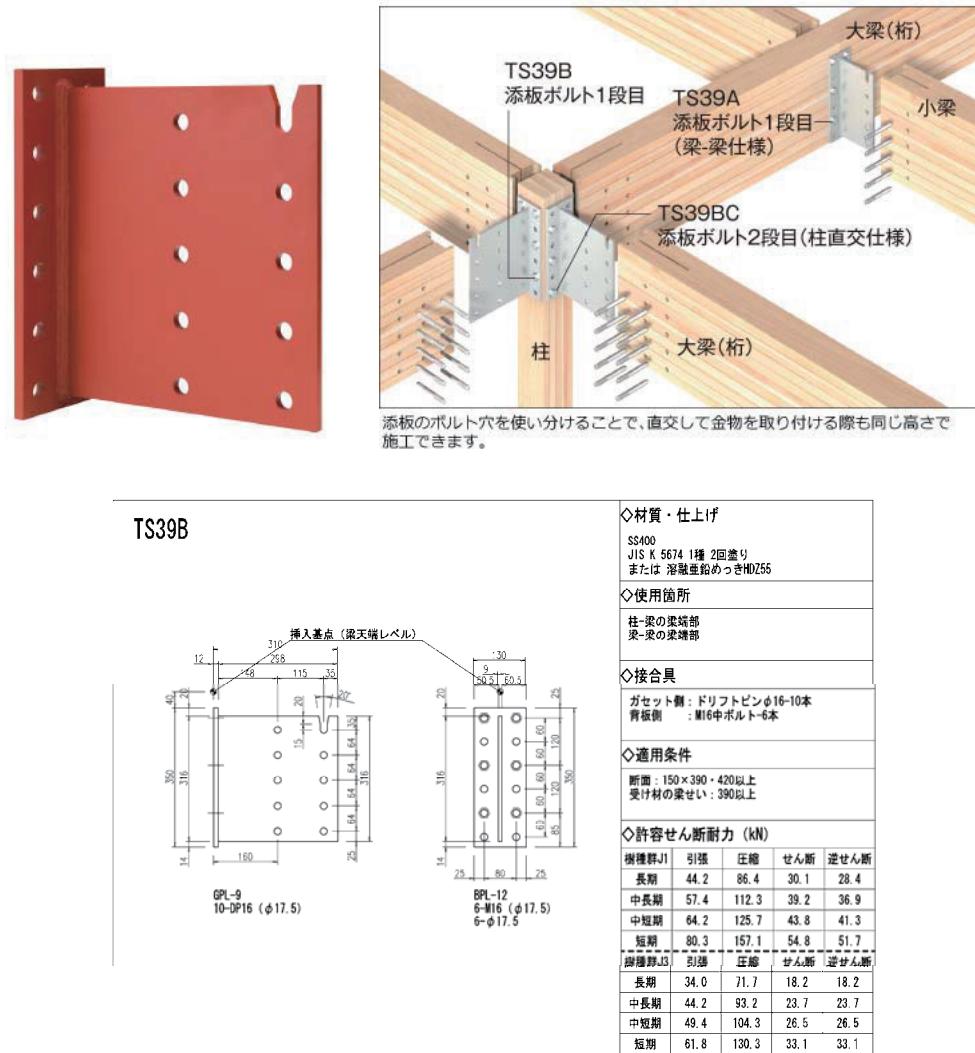


図 4.18 梁受け金物 (TS 金物)

4.2 接合金物の規格

接合金物の規格は「規格金物」にはあるが、「製作金物」は鋼材等を組み合わせて製作するため規格はない。製作金物に関しては、日本建築学会の木質構造設計規準や鋼構造設計規準をもとに設計をし、鉄骨造の仕様書に準じて製作する。

4.2.1 規格金物の規格

規格金物の規格は、下記の通りであるが、下記以外に指定性能評価機関で試験成績書を取得して基準耐力が明示された金物を、規格金物として使用できる。使用部位と金物の名称、材質、その他については特記仕様書で指定するのが一般的である。

- ・ 公益財団法人日本住宅・木材技術センターによる規格に準じた金物：Zマーク表示金物、又はCマーク表示金物
- ・ 性能認定金物：Sマーク表示金物
- ・ 同等認定金物：Dマーク表示金物

4.2.2 製作金物の規格

製作金物自体の規格は特に存在しない。製作金物の使用部位・材質・形状・寸法・溶接仕様・表面処理等については、特記仕様書及び設計図による。製作金物の材質や溶接、接合具の規格等については第2編 第5章 接合金物（外注製作）で述べる。

4.3 接合金物の製作

近年、木質材料の機械加工技術の発展は目覚ましく、誤差1mm以下の高精度の加工が可能になっている。そのため、建物の精度管理の観点から接合金物には高い精度が求められる。よって製作金物の製作においては、特記仕様書もしくは設計図で指定する製品の寸法精度やボルト等の孔径、孔あけの許容寸法の管理ができ、指定する溶接技能者を有する工場で製作する必要がある。また、製作図をもとに一点一点製作を行うため、納期に注意が必要になる。特に、板厚が厚いものや、形鋼や鋼管等の鉄骨部材を採用する際には、調達のためのリードタイムが必要になるため注意が必要である。

製作フローの一例を図4.19に示す。このフローは、木質構造部材製作業者が施工図や金物製作図を作成し、接合金物製作業者に製造を依頼する想定である。

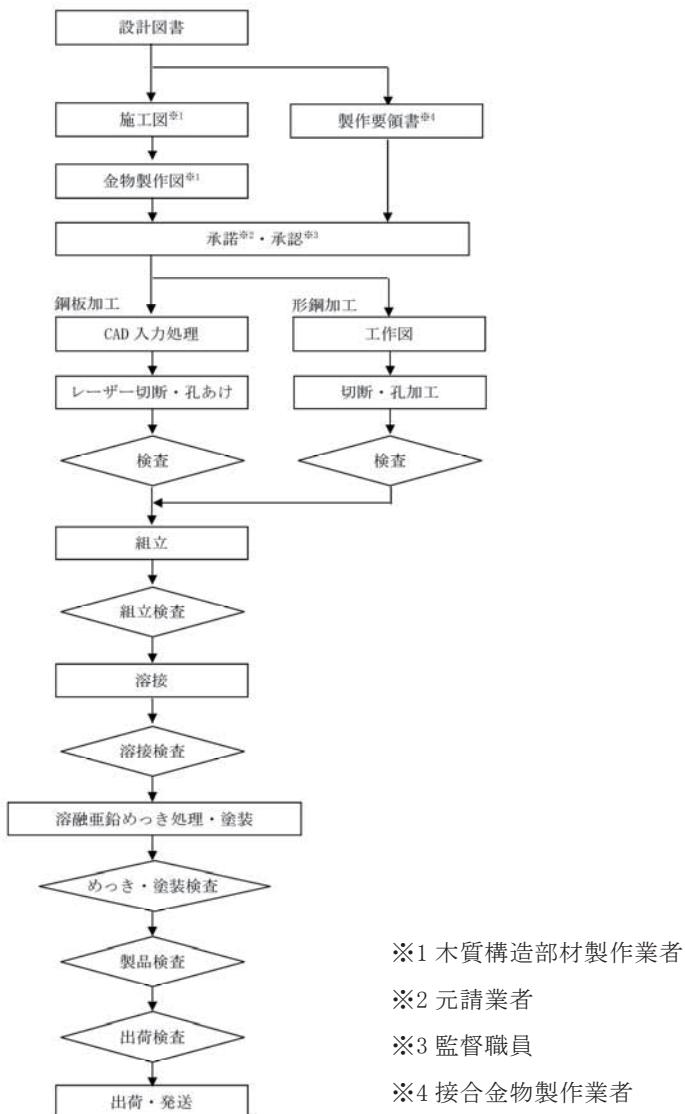


図 4.19 製作金物の製造フロー

4.4 品質管理

設計品質を達成するために、製品に対する品質目標、試験・検査方法、合否判定基準、不適合製品の手直し方法などの計画をし、品質管理を行う必要がある。そのため製作要領書を作成し、元請業者の承諾を受けて監督職員/工事監理者の承認を得る必要がある。

4.4.1 品質管理のための計画

品質管理のために計画し、実施する項目を以下に挙げる。

- ① 設計品質の把握
- ② 製作手順の検討
- ③ 工程能力の把握
- ④ 所要設備・機器（試験・検査機器を含む）の能力把握
- ⑤ 必要資格の調査・把握
- ⑥ 必要技能の調査・把握

- ⑦品質特性の設定
- ⑧品質水準（合否判定基準）の設定
- ⑨要求事項検証のための要領・手順（品質管理、検査）の決定
- ⑩製作要領書（検査要領書を含む）の作成
- ⑪品質記録または成績書様式の作成

4.4.2 製作要領書の内容

製作要領書の目的は、当該工事の設計図書に盛り込まれた設計品質を十分に把握し、それらの要求品質水準を十分満足させる製品を製作するための具体的な製作方法を立案・文書化し、実際の製作金物の製作にあたって施工指示書として使用することにある。したがって、設計図書に記載されていない加工法、施工法、検査方法などを詳細に立案することを含め、製作工場自身が持つ加工設備機器、技術、作業員数、経験及び熟練度などを勘案し、これらを総合的に活用して品質の確保はもちろん経済性、安全性、工期内製作を追求したものでなければならない。また、製作段階で問題が生じた場合の対応についても記載されていなければならない。

製作要領書の監督職員/工事監理者による承認は製作工場の品質保証を含めた製作全体の実施計画に関する承認であり、この承認により工場製作のスタートとなるべきものであるので、十分な検討と早期の対応が必要である。また、製作要領書は品質管理要領書や製品検査要領書などを兼ねて作成されることもある。

製作要領書の記載する具体的項目の例を示す。

- (1) 総 則：準拠した仕様書、設計規準、施工基準、疑義及び変更の処置
- (2) 工事概要：建物概要、工事範囲
- (3) 製作工場概要：名称、所在地、加工場、現寸場、材料置場及び製品置場の配置や面積、作業分担別担当者組織表、技術者の資格と人数、技能者の資格と人数
- (4) 使用材料：使用鋼材の材質、使用溶接材料の種類、製造会社名及び鋼種の識別方法、保管方法、材料試験・検査の有無及び方法
- (5) 製作工程概要：製作工程フローチャート及び監督職員/工事監理者の承認、立会試験・検査、製作工程表
- (6) 切断・加工・組立て：開先加工、スカラップ加工、切断・孔あけ等の精度基準、使用機器、高力ボルト接合部の摩擦面の処理方法・処理範囲及び注意事項、使用治具、組立て上の注意事項、組立て溶接の位置及び注意事項、組立て精度
- (7) 溶 接：溶接法と溶接基準、溶接の施工要領、仕上げ方法、歪み発生時の矯正方法、不良溶接部の補修方法、溶接技能者・溶接管理技術者・溶接検査技術者の資格及び有効期限
- (8) 品質管理及び検査：命令・情報系統図、製作の管理方法、不適合品の処理要領、外観検査基準、完成品に対する寸法検査方法及び精度基準、超音波探傷検査(UT)の合否判定規準、UT・外観検査により不合格となった箇所の補修方法、高力ボルト摩擦面の処理の確認

- (9)塗装：防錆塗料の種類・製造会社名、塗装方法・素地調整、塗り残し
- (10)溶融亜鉛めっき：溶融亜鉛めっきの種類・付着量、めっき業者、素地調整、仕上げ
- (11)輸送：輸送方法、荷姿、輸送経路、緊急連絡先及び搬入時間、製品の仮置・養生についての注意事項
- (12)その他：工程表、溶接基準図、提出書類など

製作要領書の章立ての例を示す。あくまでも一例であり、設計の要求事項に応じて作成する必要がある。

第1章 総則

- 1.1 適用範囲
- 1.2 適用図書ならびに準拠規準
- 1.3 変更・疑義・協議
- 1.4 作業者への徹底

第2章 一般事項

- 2.1 工事概要
- 2.2 製作工場
- 2.3 業務分担表
- 2.4 作業系統図
- 2.5 設備機器一覧表

第3章 材料

- 3.1 鋼材
- 3.2 溶接材料
- 3.3 塗装材料
- 3.4 溶融亜鉛めっき

第4章 加工

- 4.1 矯正
- 4.2 けがき
- 4.3 切断
- 4.4 ひずみ取り
- 4.5 孔あけ
- 4.6 形状

第5章 組立て

- 5.1 組立て一般事項
- 5.2 組立て溶接
- 5.3 組立て精度

第6章 溶接

- 6.1 溶接一般事項
- 6.2 溶接工
- 6.3 溶接機

6.4 溶接材料の管理

6.5 溶接施工

6.6 仕上げ

6.7 矯正

6.8 不良溶接部の補修

第7章 検査

7.1 工程内検査

7.2 立会製品検査

7.3 検査数量及び精度

第8章 表面処理

8.1 素地調整

8.2 塗装

8.3 溶融亜鉛めつき

第9章 荷造り及び輸送

9.1 荷造り

9.2 製品番号

9.3 搬入順序

9.4 輸送

第10章 有資格者・資格証（写し）

10.1 有資格者（写し）

10.2 有資格者一覧表

第11章 書式及び書類

11.1 工程検査表

11.2 立会検査表

11.3 提出書類

引用文献

鉄骨製作管理技術者登録機構：鉄骨製作管理技術者教本 2018年版，(2018)

第5章 防火に関する木材利用の留意点

本章では、中大規模木造建築物に關係した防・耐火法規について解説する。平成30年6月に公布された建築基準法の改正では、大規模木造建築物に係わる防火制限の合理化も含まれ、改正法の公布後1年以内施行の政省令や関連する告示は、令和元年6月24日に公布、同日施行されている。本章の解説は、令和元年6月24日に施行された改正建築基準法施行令に基づいている。

5.1 木造建築物に関する防火性能の技術的基準

木造建築物を建築する場合、法令によって建物の部位別に必要な防耐火性能が要求されている。木造建築物に関する防火上の必要な技術的基準に従うと木造建築物は、耐火建築物、準耐火建築物、特定避難時間倒壊等防止建築物、及びその他の建築物に分類できる。

5.1.1 耐火建築物

耐火建築物は、建築基準法（以下「法」と言う。）第2条第9号の2で定義され、主要構造部が耐火構造であるもの、又は耐火性能検証法等により火災が終了するまで耐えられることが確認されたもので、外壁の開口部で延焼の恐れのある部分に防火設備を有する建築物である。法第2条第9号の2イ(1)で示す主要構造部の技術的基準は、建築基準法施行令（以下「令」と言う。）第107条第1～3号に定められ、イ(2)で示す技術的基準は、令第108条に定められている。

(1) 主要構造部を耐火構造とした耐火建築物（令第107条第1～3号：仕様ルートA）

主要構造部に要求される「耐火構造」は、法第2条第7号に定義され、令第107条に定める耐火性能の技術的基準に適合する構造で、屋内及び周囲で発生した火災の加熱に対する非損傷性、遮熱性、及び遮炎性の3つの防火性能が求められている。主要構造部の構造方式には、平12建告第1399号において国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの（告示の例示仕様）と国土交通大臣の認定を受けたものに分類される。

(2) 耐火性能検証法による耐火建築物（令第108条の3第1項、第2項：性能ルートB）

耐火性能検証法は、法第2条第9号の2イ(2)に基づき、当該建築物の構造、建築設備、及び用途に応じて屋内において発生が予測される火災による火熱に火災が終了するまで耐えること、及び当該建築物の周囲において発生する通常の火災による火熱に火災が終了するまで耐えることを検証する方法である。

耐火性能検証法の技術的基準は、令第108条の3第1項第1号と第2項に定められ、具体的な検証方法は平12建告第1433号に規定されている。耐火性能検証法により主要構造部の耐火性能が検証され、開口部に設ける防火設備が仕様規定によるものか、防火区画検証法により遮炎性が検証され、かつ、外壁の開口部で延焼の恐れのある部分に防火戸その他の防火設備を有する建築物が、ルートBによる耐火建築物となる。耐火性能検証法では、現しに出来る木造の柱・はりに対する検証対象は部材の小径が20cm以上とされている。

(3) 高度な検証法による耐火建築物（令第108条の3第3項：性能ルートC）

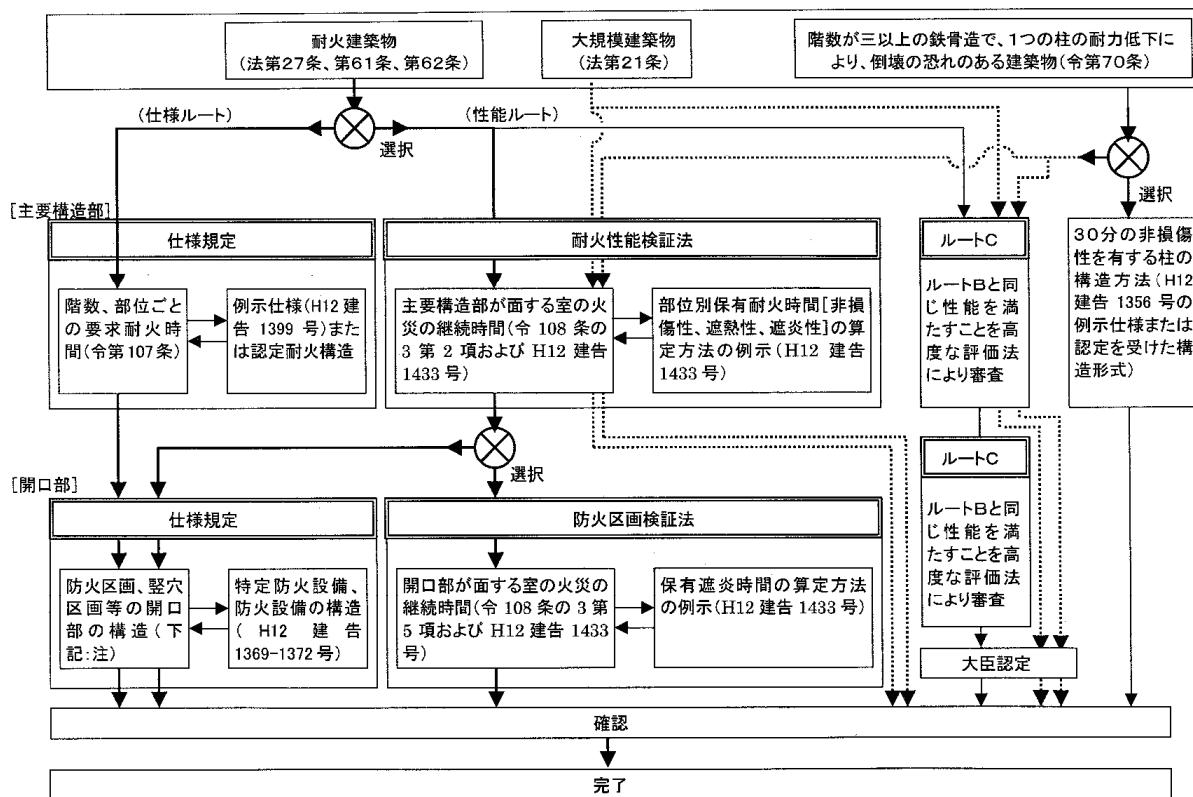
令第108条の3第1項第2号に基づき、高度な専門的知識に基づく検証法により、耐火建築物とすることも可能である。指定性能評価機関で耐火性能に関する性能評価を受けたうえで、大臣認定を受けることが必要となる。これに従う場合をルートCと呼び、

その判断基準は、性能評価機関ごとに定める業務方法書において規定されている。尚、この場合においても、外壁の開口部で延焼の恐れのある部分に防火戸その他の防火設備を有していることが必要である。

(4) 外壁開口部の防火設備

建築物を耐火建築物とするためには、上記(1)～(3)のいずれルートにおいても、外壁の開口部で延焼の恐れのある部分に防火戸その他の防火設備を有していることが必要である。防火設備に必要とされる遮炎性能は、令第109条の2に技術的基準が定められ、防火設備に通常の火災による火熱が加えられた場合、加熱開始後20分間当該加熱面以外の面に火炎を出さないものであることが必要とされる。令第109条の2の基準を満たす防火設備は、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの（平12建告第1360号）と国土交通大臣の認定を受けたものの2種類がある。

以上述べたように、耐火建築物に対して主要構造部とそれに設ける開口部のそれぞれについて、A～Cの3つの適合ルートが用意されている。耐火設計の適合ルートを整理し、図5.1に示す。主要構造部は仕様ルート（A）、又は性能ルート（B、C）のいずれかを選択できるが、主要構造部に仕様ルート（A）を選択した場合は、開口部に設ける防火設備も仕様ルート（A）を選択する必要がある。主要構造部に性能ルート（B）を選択した場合は、開口部に設ける防火設備は仕様ルート（A）もしくは性能ルート（B）、主要構造部に仕様ルート（C）を選択した場合は、開口部に設ける防火設備は仕様ルート（A）もしくは性能ルート（C）を選択する必要がある。



注) 防火区画(令112条のうち構造基準)、避難階段の構造(令123条)、配管設備の構造(令129条の2の5)、非常用の昇降機の構造(令129条の13の3)

図5.1 耐火設計の適合ルート

5.1.2 準耐火建築物

準耐火建築物は、法第2条第9号の3で定義され、主要構造部を準耐火構造としたもの（イ準耐）、又はそれと同等の準耐火性能を有するものとして政令で定める技術基準に適合するもの（ロ準耐）で、外壁の開口部で延焼の恐れのある部分に防火設備を設けた建築物のことという。

(1) 主要構造部を準耐火構造とした準耐火建築物（イ準耐火建築物）

主要構造部が45分準耐火構造の準耐火建築物、1時間準耐火構造の準耐火建築物、及び75分準耐火構造の準耐火建築物に分類される。

45分準耐火建築物の主要構造部の構造方式は、令第107条の2 第1～3号に定められ、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの（平12建告1358号）と国土交通大臣の認定を受けたものに分類される。

令和元年6月に施行された改正建築基準法により、木造建築物の高さ制限を規定する法第21条第1項が性能規定化され、高さが16mを超える木造建築物や地階を除く階数が4以上の大規模木造建築物は、通常火災終了時間に基づく構造（火災時倒壊防止構造）とすれば良いことに改正された。高さや階数の制限を超える建築物の主要構造部に必要とされている性能に関する技術的基準は令第109条の5に規定され、柱、はりなど主要構造部は通常火災終了時間が経過するまで、当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止する為の必要な技術的基準に適合させなければならない規定である。通常火災終了時間の計算方法は規定化されていない為、今回の改正の考え方に基づいた具体的なモデル建築物として「地階を除く階数が4の建築物」の主要構造部については、国交告第193号により、通常火災終了時間が75分間の例示仕様が規定された。

（大規模の建築物の主要構造部等）

第21条 次の各号のいずれかに該当する建築物（その主要構造部（床、屋根及び階段を除く。）の政令で定める部分の全部又は一部に木材、プラスチックその他の可燃材料を用いたものに限る。）は、その主要構造部を通常火災終了時間（建築物の構造、建築設備及び用途に応じて通常の火災が消火の措置により終了するまでに通常要する時間をいう。）が経過するまでの間当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止するために主要構造部に必要とされる性能に関して政令で定める技術的基準に適合するもので、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。ただし、その周囲に延焼防止上有効な空地で政令で定める技術的基準に適合するものを有する建築物については、この限りでない。

- 一 地階を除く階数が4以上である建築物
- 二 高さが16皿を超える建築物
- 三 別表第1(い)欄(5)項又は(6)項に掲げる用途に供する特殊建築物で、高さが13mを超えるもの

※上記三号でいう特殊建築物は、倉庫、自動車車庫、自動車修理工場等で政令で定めるもの

又、旧法第21条第1項ただし書きで規定されていた「構造方法、主要構造部の防火措置そ

の他の事項について政令で定める技術的基準に適合する建築物」については、ただし書きにより特例ではなく「火災時倒壊防止構造」として再整理され、具体的な技術的基準を規定していた旧令第129条の2の3は廃止され、3階建て・2階建ての建築物を対象とした仕様規定も令1国交告第193号において規定された。尚、仕様規定の内容は、廃止された旧令第129条の2の3と同じで、例えば3階建ての場合は、主要構造部を1時間の準耐火性能に適合する準耐火構造とし、建築物周囲に3m以上の通路を設け、外壁の開口部から上階の開口部へ延焼するおそれがある場合にひさし等を設けること等である。1時間準耐火建築物の主要構造部の構造方式についても、旧令第129条の2の3の廃止に伴い、令第112条第2項に「1時間準耐火基準」として技術基準が定められた。

(2) 政令で定める技術的基準に適合する準耐火建築物（□準耐火建築物）

法第2条第9号の3□に規定する準耐火建築物で、イ準耐火建築物(45分準耐火構造)と同等の準耐火性能を有するものとして、令第109条の3で定める技術的基準に適合する建築物である。□準耐火建築物には、外壁を耐火構造とするもの(□準耐火建築物一号)と主要構造部を不燃材料等とするもの(□準耐火建築物二号)があり、いずれの場合も、外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に防火戸その他の防火設備を有することが必要である。□準耐火建築物一号では、外壁をRC造等の耐火構造とすることにより、屋根架構など建築物内部には防火規制が掛からず、木造化とすることも可能であるが、主要構造部が不燃材料の□準耐火建築物二号の場合は、可燃材料である木質構造材を主要構造部に用いる木造建築物には適用できない。

5.1.3 特定避難時間倒壊等防止建築物

法第27条第1項で示す技術的基準について、主要構造部が令第110条に、延焼するおそれがある外壁の開口部が令第110条の2に、その開口部に設ける防火設備が令第110条の3に定められている。主要構造部に要求される準耐火性能などは、平27国交告第255号で用途別に主要構造部と開口部に係わる構造方式が示されている。告示仕様では、準耐火構造の45分を特定避難時間としたもので、木造3階建て共同住宅と木造3階建て学校については1時間を特定避難時間としたものである。

5.1.4 その他の建築物

上記5.1.1～5.1.3で述べた建築物以外のものは、令第136条の2に規定する準防地域に建築する木造3階戸建て住宅、令第115条の2に規定する防火壁の設置を要しない建築物、及びその他の建築物である。

以上述べた耐火建築物などの主要構造部に要求される、耐火構造から準防火性能を有する構造は、防火性の上位性能を有する構造は下位の構造などに含まれるものとして整理されており、その包含関係を図5.2に示す。この包含関係では、準防火構造は耐火構造を含み、防火構造は準耐火構造と耐火構造を含み、準防火性能を有する構造は耐火構造、準耐火構造、防火構造を含んでおり、部位の一部を上位性能の構造で代替できる。例えば、主要構造部の一部に耐火構造を用いた準耐火建築物も可能だが、準耐火建築物と耐火建築物は包含関係ではない。

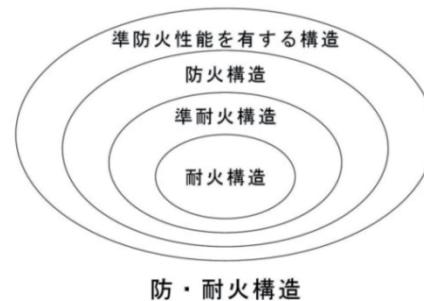


図5.2 防・耐火性能の包含関係

5.2 耐火建築物（仕様ルートA）の要求性能

5.2.1 主要構造部に要求される耐火性能（法第2条第7号、令第107条、平12建告第1399号）

耐火構造は、法第2条第七号で「通常の火災が終了するまでの間、当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止するために当該建築物の部分に必要とされる性能」と定義され、令第107条に定める耐火性能の技術的基準に適合する構造で、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの、又は国土交通大臣の認定を受けたものをいう。

(1) 耐火性能の種類

令第107条の耐火性能の技術的基準では、屋内及び周囲で発生する「通常の火災」に対して、建築物の部分別に火災の加熱に対する、次の耐火性能を要求している。

①非損傷性（令第107条第一号）：火災時に構造耐力上の支障となるような変形、溶融、破壊などの損傷や、過剰な温度上昇による耐力低下を生じないことであり、損傷すれば架構の崩壊のおそれがあるものをいう。

②遮熱性（令第107条第二号）：壁、床などの区画部材について、非加熱面の温度が、可燃物が燃焼する危険のある一定温度以上に上昇せず、反対側の表面に接触している可燃物の着火を防ぐ性能をいう。

③遮炎性（令第107条第三号）：壁、屋根などの区画部材について、一方の面から火災を受けたとき反対側の面に火炎を貫通するような亀裂等を生じないことをいい、延焼防止のために必要な性能である。

(2) 耐火性能が必要となる部位

令第107条の規定に従い、耐火建築物の主要構造部に要求される3つの耐火性能を整理し表5.1に示す。火災時に建物の荷重を支えるべき部位（柱、はり、床、屋根、階段、及び耐力壁）には、屋内火災に対する非損傷性が要求される。外壁、及び間仕切壁も火災時に荷重を支持する耐力壁であれば、これらの部位にも非損傷性が要求される。建物外皮を構成する外壁と屋根には屋内火災に対する遮炎性が、外壁にはそれに加えて屋外火災に対する遮熱性が要求される。

表5.1 主要構造部に必要な性能

必要な性能	外壁	間仕切壁	柱	はり	床	階段	屋根
屋内火災に対する非損傷性	(○)	(○)	○	○	○	○	○
屋内火災に対する遮熱性	○						○
屋内火災に対する遮炎性		○			○		
屋外火災に対する非損傷性	(○)						
屋外火災に対する遮熱性	○						

○：必要、(○)：耐力壁のみ必要、空欄：必ずしも必要で無い

(3) 要求耐火時間

令第107条では、各部位に必要な性能の水準として、「通常の火災」に耐えるべき時間として、表5.2に示す要求耐火時間が規定されている。非損傷性については、図5.3に示すように、最上階から数えた階数と部位に応じて、柱とはりは1~3時間、耐力壁及び床は1~2時間、屋根と階段は30分間の区分が設けられている。法令上、非損傷性は

4種類の耐火時間に区分されているが、例えば高層のビルで最上階の柱やはりと最下階の柱やはりと耐火性能が同一であって良いわけではない。上階より下階の方が長い時間荷重を支持する必要があり、下階の方が倒壊すれば、建物全体が倒壊する為、上階より下階の主要構造部の安全性を高く規定されている。遮熱性、遮炎性に関しては1時間を原則とし、外壁（延焼のおそれのある部分以外の部分）、屋根は30分となる。

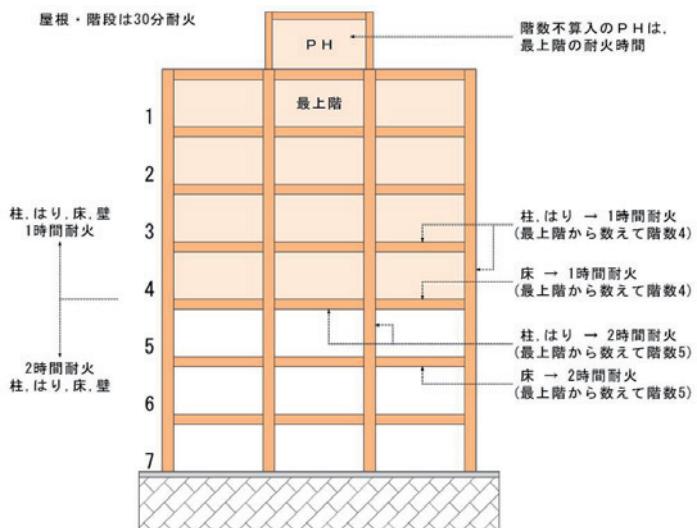


図5.3 非損傷性に関する要求耐火時間
(7階建の場合)

表5.2 主要構造部に要求される耐火時間

部位			階数	非損傷性	遮熱性	遮炎性
			最上階から数えた階数			
壁	間仕切壁	耐力壁	階数15以上の階	2時間	1時間	—*
			階数5~14の階			
			最上階~階数4の階	1時間		
	外壁	耐力壁	—	—	1時間	—*
			階数15以上の階	2時間	1時間	1時間
			階数5~14の階			
柱	床	耐力壁	最上階~階数4の階	1時間		
			—	—	1時間	1時間
			上記以外	—	30分	30分
	はり	非耐力壁	階数15以上の階	3時間	—	—
			階数5~14の階	2時間		
床	はり	耐力壁	最上階~階数4の階	1時間	1時間	—*
			階数15以上の階	2時間		
			階数5~14の階	1時間		
屋根	はり	非耐力壁	最上階~階数4の階	1時間		
			階数15以上の階	3時間	—	—
			階数5~14の階	2時間		
階段	はり	耐力壁	最上階~階数4の階	1時間		
			—	30分	—	30分
階段	はり	非耐力壁	—	30分	—	—

*間仕切壁と床の遮炎性は、遮熱性を確保することにより性能を満たす。

耐火構造の定義で用いられている「通常の火災」とは、ISO 834にて定義される標準火災を想定しており、図5.4にIS0834標準火災温度曲線を示す。しかしながら、現実の

建物においては、可燃物量や開口条件が様々であるから、火災温度は必ずしもこれには従わないが、標準火災は現実に起こり得る火災を包絡する代表火災と考えられおり、これに耐えるように部材に必要な性能を付与しておけばよいというのが耐火設計の基本的な考え方である。

(4) 耐火構造の例示仕様と認定耐火構造

令第107条の基準を満たす部材は、耐火構造と呼ばれ、これには大臣が定めたものと、令第107条の性能を満たすものとして認めたものの2種類があり、設計においてはこれらのうちのいずれかを選択することになる。

大臣が定めた令第107条の要求性能を満たす構造形式は、平12建告第1399号

「耐火構造の構造方法を定める件」によって例示されている。例示されたもの以外の新たに開発された耐火構法（認定耐火構造）は、指定評価機関において耐火試験を行い、非損傷性、遮熱性、遮炎性の3つの性能のうち、部材に応じて必要なものが満たされることを確認するが、試験方法の詳細など指定評価機関が定める業務方法書に定められている。

5.2.2 柱・はりの防火設計

(1) 告示に例示された防火被覆による耐火構造（例示仕様）

平成28年3月に改正された「耐火構造の構造方式を定める告示（平12建告第1399号）」では、木材下地に対する防火被覆仕様が追加され、木質構造材による柱、はりについても、従来からの大臣認定仕様に加え、告示の例示仕様による防火被覆を設けることにより、木造耐火構造とすることも可能になった。表5.3に耐火構造の例示仕様を示す、尚、使用する強化せっこうボードは、準耐火構造の被覆仕様と異なりガラス繊維やひる石などの含有量の制限値があることに注意しなければならない。

(2) 大臣認定仕様による耐火構造

個別に大臣認定を受けた被覆型耐火構造や燃え止まり型耐火構造による柱、はりが用いられている場合は、大臣認定仕様を満たす必要があり、特記仕様などの確認が必要である。

表5.3 1時間耐火構造（柱、はり）の構造方式

建築物の部位	通常火災に基づく加熱時間	構造方式
柱	1時間	①強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、その厚さの合計が46mm以上のもの 強化せっこうボードはボード用原紙を除いた部分のせっこうの含有率を95%以上、ガラス繊維の含有率を0.4%以上とし、かつ、ひる石の含有率を2.5%以上としたものに限る。)
はり	1時間	①強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、その厚さの合計が46mm以上のもの 強化せっこうボードはボード用原紙を除いた部分のせっこうの含有率を95%以上、ガラス繊維の含有率を0.4%以上とし、かつ、ひる石の含有率を2.5%以上としたものに限る。)

注)防火被覆の取合いの部分、目地の部分その他これらに類する部分 以下「取合い等の部分」という。)を、当該取合い等の部分の裏面に当て木を設ける等、当該建築物の内部への炎の侵入を有効に防止することができる構造とする。

5.3 準耐火建築物の要求性能

5.3.1 主要構造部に要求される準耐火性能（法第2条第七号の二，令第120条第2項，令第109条の5，平12建告第1358号，令1国交告第195号，令1国交告第193号）

準耐火性能は、法第2条第七号の二で、「通常の火災による延焼を抑制するために当該建築物の部分に必要とされる性能」と規定されている。準耐火構造では、令第107条の2に規定された技術的基準の45分準耐火構造と令第120条第2項に規定された技術的基準の1時間準耐火構造、及び令第109条の5に規定する火災時倒壊防止構造に対する階数4の建築物の主要構造部に求められる告示の例示仕様である75分準耐火構造があり、何れも屋内及び周囲で火災が発生した際に、建築物の部分別に要求される火災の加熱に対する非損傷性、遮熱性、及び遮炎性が規定されている。

令第107条の2は一般的な準耐火建築物に適用され、令第120条第2項は木造3階建共同住宅等に適用される。表5.4に、令第107条の2に規定された準耐火建築物の主要構造部に要求される準耐火性能、令第120条第2項に規定された1時間準耐火基準、令第109条の5に規定されている「火災時倒壊防止構造」に対して、令1国交告第193号で例示されている75分準耐火構造に要求される準耐火性能を示す。

表5.4 準耐火建築物の主要構造部に要求される準耐火性能

建築物の部分			非損傷性			遮熱性			遮炎性					
			75分 準耐火構造	1時間 準耐火構造	45分 準耐火構造	75分 準耐火構造	1時間 準耐火構造	45分 準耐火構造	75分 準耐火構造	1時間 準耐火構造	45分 準耐火構造			
壁	間仕	耐力壁	75分	1時間	45分間	75分	1時間	45分間	—					
	切妻	非耐力壁	—						—					
	外壁	耐力壁	75分	1時間	45分間				75分	1時間	45分間			
		非耐力壁（延焼のある部分）	—											
	非耐力壁（上記以外）	—			30分間			30分間						
柱			75分	1時間	45分間	—			—					
床			75分	1時間	45分間	75分	1時間	45分間	—					
はり			75分	1時間	45分間	—			—					
屋根	屋根		30分間			—			30分間					
	軒裏	延焼のおそれのある部分	—			75分	1時間	45分間	—					
		上記以外	—			30分間			—					
階段			30分間			—			—					

※外壁や小屋裏などが遮られている場合を除く。

準耐火性能は、法第2条七の二で「通常の火災による延焼を抑制するために当該建築物の部分に必要とされる性能」と定義され、要求される耐火性能は、表5.4に示すように令第107条の2と令第120条第2項で部位別に、非損傷性、遮熱性、及び遮炎性の要求耐

耐火時間が規定されている。準耐火性能の基準となる耐火時間45分間は、「通常の火災」の継続時間が1時間程度であるのに対して、通常期待される消防活動が行われた場合の延焼を防止することができる時間として規定されている。又、3階建共同住宅や校舎など大規模木造の場合は1時間の耐火時間が要求され、高さが16mを超える階数が4の建築物に対しては75分の耐火時間が要求されている。

1時間の耐火構造と1時間準耐火構造の違いは、準耐火性能が「通常の火災による延焼を抑制するため」の性能に対して、耐火性能は、「通常の火災が終了するまで建築物の倒壊及び延焼を防止する」する性能であり、準耐火構造には「建築物の倒壊の防止」の要求ではなく、火熱を加える一定時間を耐えれば、その後は燃えてしまっても良いのに対して、耐火構造は火熱を止めたのちもその状態を維持していかなければいけないことの違いである。

5.3.2 柱・はりの防火設計

(1) 防火被覆による準耐火構造（例示仕様）

準耐火構造（45分）の構造方式を定める告示（平12建告第1358号）、1時間準耐火構造の構造方式を定める告示（令1国交告第195号「1時間準耐火基準に適合する主要構造部の構造方式を定める件」）、75分準耐火構造の例示仕様を示す告示（令1国交告第193号）では、木質構造材による柱、はりの防火被覆仕様が定められている。表5.5に柱の例示仕様、表5.6にはりの例示仕様を示す。

表5.5 45分・1時間・75分準耐火構造（柱）の被覆仕様

建築物の部位	通常火災に基づく加熱時間	構造方式
柱	45分	①厚さが15mm以上のせっこうボード ②厚さが12mm以上のせっこうボードの上に厚さが9mm以上のせっこうボード又は難燃合板を張ったもの ③厚さが9mm以上のせっこうボード又は難燃合板の上に厚さが12mm以上のせっこうボードを張ったもの ④厚さが7mm以上のせっこうラスボードの上に厚さ8mm以上せっこうプラスターを塗ったもの
柱	1時間	①厚さが12mm以上のせっこうボードを2枚以上張ったもの ②厚さが8mm以上のスラグせっこう系セメント板の上に厚さが12mm以上のせっこうボードを張ったもの ③厚さが16mm以上の強化せっこうボード ④厚さが12mm以上の強化せっこうボードの上に厚さが9mm以上のせっこうボード又は難燃合板を張ったもの ⑤厚さが9mm以上のせっこうボード又は難燃合板の上に厚さが12mm以上の強化せっこうボードを張ったもの
柱	75分	①強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、その厚さの合計が46mm以上のものに限る 強化せっこうボードはボード用原紙を除いた部分のせっこうの含有率を95%以上、ガラス繊維の含有率を0.4%以上としつつ、ひる石の含有率を2.5%以上としたものに限る。)

注1)せっこうボードには強化せっこうボードを含む。

注2)防火被覆の取合いの部分、目地の部分その他これらに類する部分（以下「取合い等の部分」という。）を、当該取合い等の部分の裏面に当て木を設ける等当該建築物の内部への炎の侵入を有效地に防止することができる構造とする。

表 5.6 45分・1時間・75分準耐火構造(はり)の被覆仕様

建築物の部位	通常火災に基づく加熱時間	構造方式
はり	45分	①厚さが15mm以上の強化せっこうボード ②厚さが12mm以上の強化せっこうボード(その裏側に厚さが50mm以上のかさ比重0.024以上のロックウール、又は、かさ比重0.024以上のグラスウールを設けたものに限る。)
はり	1時間	①厚さが12mm以上のせっこうボードを2枚以上張ったもの(その裏側に厚さが50mm以上のかさ比重0.024以上のロックウール、又は、かさ比重0.024以上のグラスウールを設けたものに限る。) ②厚さが12mm以上の強化せっこうボードを2枚以上張ったもの ③厚さが15mm以上の強化せっこうボード(その裏側に厚さが50mm以上のかさ比重0.024以上のロックウール、又は、かさ比重0.024以上のグラスウールを設けたものに限る。) ④厚さが12mm以上の強化せっこうボードの上に厚さが9mm以上のロックウール吸音板を張ったもの
はり	75分	①強化せっこうボードを2枚以上張ったもので、その厚さの合計が46mm以上のものに限る 強化せっこうボード用原紙を除いた部分のせっこうの含有率を95%以上、ガラス繊維の含有率を0.4%以上とし、かつ、ひる石の含有率を2.5%以上としたものに限る。)

注1)せっこうボードには強化せっこうボードを含む。

注2)防火被覆の取合いの部分、目地の部分その他これらに類する部分(以下「取合い等の部分」という。)を、当該取合い等の部分の裏面に當て木を設ける等当該建築物の内部への炎の侵入を有効に防止することができる構造とする。

(2)燃えしろ設計による準耐火構造

①大断面木材の耐火性

木材は、表面が着火・燃焼すると、燃焼部分に遮熱性を有する炭化層が形成されるため、断面が大きい木材は、燃焼がその深部まで及ぶにはかなりの時間がかかる。図5.5は、標準的な加熱温度・時間曲線に従い、一定時間加熱した直後に注水消火した構造用集成材の柱とはりの材軸方向に直角な切断面の炭化状態を示したものである。

燃焼により部材表面から内部へ炭化が進む速度(炭化度)は、加熱した試験体の切断面における加熱前表面からの炭化深さと加熱時間から求められる。

また、試験体内部に埋設した熱電対により測定された内部温度から、木材の火災危険温度である260°Cに達した部分まで炭化しているものと仮定し、推定炭化速度を求めることもできる。

表5.7に試験体の残存断面と内部温度から推定した平均炭化速度の実験結果例を示す。これらの実験結果は、集成材の炭化速度に関する既往の試験結果とほぼ同じ0.6~0.7mm/分となっているが、柱の炭化速度は4方向からの加熱を受けるため、はりに比べ加熱条件が厳しく、炭化速度は少し大きい値となっている。尚、表5.7の計測例では、製材の平均炭化速度は集成材より低い値の計測結果であるが、試験体の含水率が繊維飽和点を上回る高含水率材であったことによるものである。

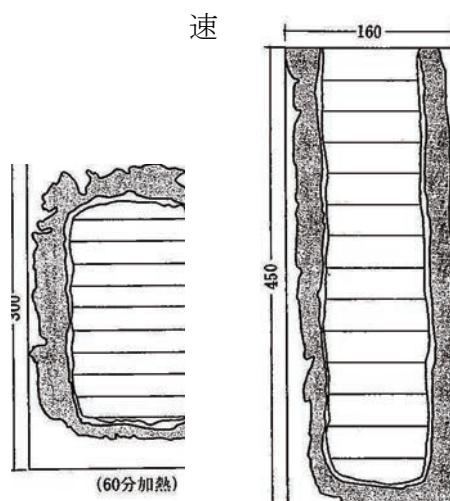


図5.5 柱とはりの炭化状況

表 5.7 平均炭化速度の計測例

試験体					平均炭化速度 (mm/分)	
部位	種類	樹種	含水率 (%)	気乾比重	残留断面から算出	内部温度から推定
柱	集成材	とどまつ	6.0~9.5	0.38~0.44	0.67	0.72
		べいまつ	8.6~9.6	0.55~0.58	0.67	0.66
		すぎ	15.2	0.42	0.74	0.77
はり	集成材	とどまつ	40.9	0.56	0.52	—
		すぎ	36.9	0.50	0.66	—
はり	集成材	とどまつ	6.0~11.0	0.36~0.48	0.60	0.73
		べいまつ	8.7~10.2	0.53~0.57	0.59	0.70
		べいつが	9.3~10.5	0.46~0.59	0.66	—
		すぎ	13.6	0.41	0.59	0.73
	製材	とどまつ	40.9	0.56	0.63	—
	製材	すぎ	36.9	0.50	0.49	—

大断面木質構造材の耐火性能については、加熱により炭化した部分より内側の変色層を含む燃焼部分近傍の材料強度など機械的性質がどの程度低下したかを検討する必要がある。図 5.6 は、加熱により燃焼中の構造用集成材柱の内部温度と加熱時間の関係を示した実験例で、部材表面が高温に加熱されたとしても、部材内部温度は容易に上昇せず、部材断面の中央部分は長時間にわたってほぼ常温に保たれている。このような大断面木材の加熱時の特性は、表面に形成された炭化層の遮熱性や木材自体の熱伝導率が小さいこと、木材は気乾状態でも一定の水分を含有していることなどによるもので、その結果炭化速度は比較的遅くなる。

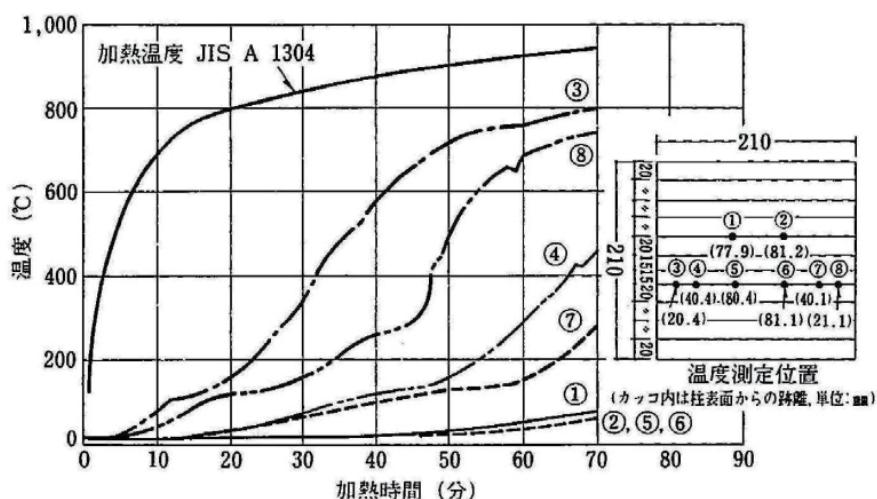


図 5.6 加熱を受ける柱内部の温度変化

構造用集成材や構造用単板積層材の場合は、接着剤により積層接着されている為に、接着層の熱劣化も検討する必要がある。日本農林規格では、構造用集成材や構造用単板積層材に使用する接着剤は、使用される環境に対応して、使用環境 A, B, C の 3 段階に区分し、構造物の火災時でも高度な接着性を要求される環境では、使用環境 A と B のレゾルシノール樹脂接着剤やレゾルシノール・フェノール樹脂接着剤、又はこれの同等以上の性能を有するものと規定している。

以上に述べたように、大断面の木材は未炭化部分でも燃焼領域に近い高温部では強度や弾性率が低下するが、燃焼中の木材内部温度の測定結果より、炭化層にごく近い部分

を除けば、未炭化領域における機械的性質の劣化は全体としてあまり大きな問題にならないと考えられる。大断面の構造用集成材や構造用木材などを用いた木造架構では、火災規模や炭化速度を適切に設定して部材の残存断面を求め、これに基づいて断面設計を行えば、火災時においても構造上必要な耐力を十分に保持することが可能となる。

実際の木造架構では、柱とはりの仕口やはり継手などの接合部が耐火上の弱点となりやすい。接合部では、部材を切り欠くことや接合金物類を用いこれが露出していることも多く、火災時の焼損や耐力低下の恐れが架構を構成する部材より大きくなる。その対策としては、継手又は仕口部分を木材その他の材料で防火上有効に被覆する方法や、鋼板添え板を用いる場合は部材内部に埋め込む、もしくは挟み込む方法などがある。又、接合金物を用いない仕口など、部材の切り欠き部分が大きいため、一般的には耐火上不利であるが、傾ぎ大入れ長ほぞ差しや合わせばりなど柱とはり相互の掛かり部分の面積を十分にとることにより焼損による耐力低下を少なくすることが可能である。大断面の木質構造材を用いた木造架構における接合部の耐火性能を確保するためには、次のような防火措置の対策を講じる必要がある。

*木材その他の材料で防火上有効に被覆する

*接合金物類は露出させない

*金物を使用しない接合部では、部材相互の掛けりを十分とする

以上の接合部に対する防火措置は、燃えしろ設計に関連した告示の技術基準に反映されている。

②柱、はりの燃えしろ設計

構造用集成材など木質構造材を用いた柱・はり架構は、以下に述べる昭62建告第1902号に規定する燃えしろ設計と昭62建告第1901号に定められた接合部（継手、仕口等）の防火措置を行えば、部材表面を告示で規定する間仕切壁の防火被覆や床の裏面側、又は直下の天井の防火被覆を行うことなく、現しで用いることができる。

昭62建告第1902号と昭62建告第1901号は、防火壁設置の緩和規定として、通常火災に基づく加熱時間が30分に対する防火措置の技術基準を規定している告示であるが、準耐火構造では平12建告第1358号第2項と第4項、1時間準耐火構造では令1国交告第195号第2項と第4項で、上記の昭62建告第1902号に規定されている燃えしろの値を読み替え、通常火災に基づく加熱時間が45分と1時間の燃えしろの値を規定している。例えば、表5.8に示すように、構造用集成材では30分の加熱時間の値2.5cmが、45分準耐火構造では3.5cm、1時間準耐火構造では4.5cmとそれぞれ読み替える。これらの燃えしろの値は、通常予想される標準的な火災のもとでの木材の炭化速度（木材表面から内部へ向かって燃え進む速度）に基づいて定められたもので、燃えしろ設計を行った柱とはりは、部材表面に防火被覆を行うことなく壁や床の外側に現すことができる。尚、燃えしろ設計による準耐火構造の柱とはりに使用する構造用集成材と構造用単板積層材は、日本農林規格の規定により火災時においても高度の接着性能を要求される使用環境A、又は使用環境Bの接着剤を用いて製造された製品であることが求められ、木質構造部材を調達する時の注意点である。

燃えしろ設計の手順は、昭62建告第1902号と昭62建告第1901号の規定に従って、次に掲げる基準に適合していることを確認し、火災時の構造安全性を確認する。

(a)令第46条第二項第一号イ及びロに掲げる次の基準に適合することを確かめる。

(イ)柱及び横架材に使用する集成材その他の木材の品質が、国土交通大臣の定める基準に適合していること。国土交通大臣の定める基準に適合する木質構造材として、昭62建告第1898号で構造用集成材、構造用単板積層材、および構造用製材の3種類の材料が規定されている。なお、構造用製材は含水率の基準が15%以下(SD15)以下の製品が原則であるが、乾燥割れにより接合耐力が低下する恐れの少ない構造の接合部では、含水率が20%以下(SD20)の製品も使用できる。燃えしろ設計が可能な乾燥割れにより耐力が低下する恐れの少ない接合部の具体例は、接合部の防火被覆例として示した図5.8の長柄差し込み接合や、合わせばり接合などが考えられる。

(ロ)柱の脚部が、鉄筋コンクリート造の基礎、もしくは布基礎に緊結している土台に緊結していること。

(ハ)昭62建告第1902号の基準に従い、主要構造部である柱、又ははりについて、次の手順に従い火災時の構造安全性を確認する。

(イ)主要構造部である柱、又ははりについて、その表面から内側に表5.8に示す燃えしろの値が除かれるものとして図5.7に示す残存断面を求める。

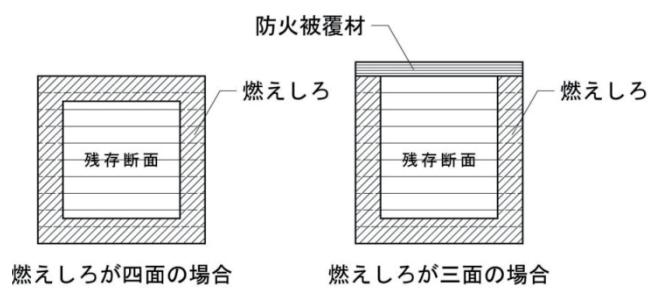


図5.7 柱の燃えしろ設計の残存断面例

表5.8 柱、はりの燃えしろの値

通常火災に基づく 加熱時間	30分	45分	1時間	75分
構造用集成材 構造用単板積層材	2.5cm	3.5cm	4.5cm	6.5cm(フェノール樹脂等接着剤) ^{※1,※2}
				8.5cm(フェノール樹脂等接着剤以外) ^{※1,※2}
構造用製材	3cm	4.5cm	6cm	—
備考(告示)	昭62建告 第1901号 第1902号	平12建告 第1358号	平27国交告 第253号	令1国交告第193号

※1)構造用集成材の75分準耐火構造では、ラミ厚さはフェノール樹脂等接着剤では12mm以上、フェノール樹脂等接着剤以外では21mm以上に限る。

※2)燃えしろを除いた残存断面の小径は、20cm以上

尚、木材その他の材料で防火上有効に被覆された部分は除くことができるが、木材により被覆する場合は燃えしろに相当する厚さ以上の木材が必要である。防火被覆材による場合は、柱の45分準耐火構造では平12建告第1358号で定める間仕切壁(耐力壁)の防火被覆仕様、1時間準耐火構造では令1国交告第195号で定める間仕切壁(耐力壁)の防火被覆を設けた部分は燃えしろを除く必要はない。又、はりについても各々の告示で定める床裏側の部分、又は直下の天井の設けた部分は燃えしろを考慮する必要はない。

(ロ)荷重及び外力によって、断面欠損のない柱、又ははりに生ずる応力を計算する。

(ハ)令82条第二号に掲げる長期の組合せによる各応力の合計より、残存断面に生ずる長

期応力度を計算し、求められた長期応力度が短期の許容応力度を超えないことを確かめる。

(c) 接合部の防火設計

昭62建告第1901号の基準に従い、主要構造部である柱、はりを接合する継手又は仕口は、次の防火措置を講ずる。

(イ) 木材で造られた継手又は仕口の表面から内側に表5.8に示す燃えしろの値を除く部分が、当該継手、又は仕口の存在応力を伝えることができる構造とする。尚、木材その他の材料で防火上有効に被覆された部分は除くことができる。

(ロ) 継手、又は仕口にボルト、ドリフトピン、ラグボルト、構造用木ねじ等を用いる場合は、木材等で防火上有効に被覆する。

(ハ) 柱、はりを接合する継手又は仕口の防火措置は、原則として木材等により有効に防火被覆を行う。木材による被覆の場合、燃えしろに相当する厚さの木材が原則であるが、載荷加熱試験などにより防火性能が確認された場合は、その試験体仕様の被覆によることも可能である。

(ニ) 継手、又は仕口に鋼板の添え板を用いる場合は、添え板が埋め込まれ、又は挟み込まれていること。但し、木材その他の材料で防火上有効に被覆されている場合や継手、又は仕口に生ずる応力が圧縮応力のみの場合はこの限りでない。

具体的な接合部の防火被覆仕様や燃えしろ設計の詳細については、「木造建築物の防・耐火設計マニュアル」〔国立研究開発法人建築研究所監修、(一財)日本建築センター発行〕や「木造住宅・建築物の防・耐火設計の手引き」〔(公財)日本住宅・木材技術センター発行〕が参考になる。

日本集成材工業協同組合でも、接合部の載荷加熱試験を行い、非損傷性が確認できた接合部の防火被覆仕様について取り纏めた技術資料「準耐火構造における接合部の防火設計の手引き」を配布している。その技術資料では、例えば柱とはり接合部(仕口)の防火設計例として、防火被覆が必要ない接合部例として図5.8に示す長柄差し込みや、図5.9に示すT型接合金物(9mm厚鋼板)などの木材による防火被覆例や、図5.10には9mm厚鋼板を挟み込みドリフトピンを使用したはり継手の木材による防火被覆例が紹介されている。

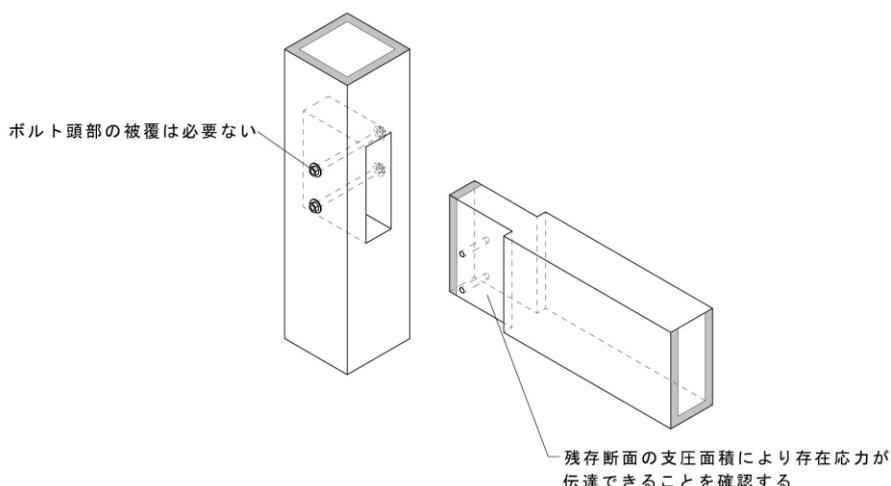


図5.8 長柄差し込み仕口の例

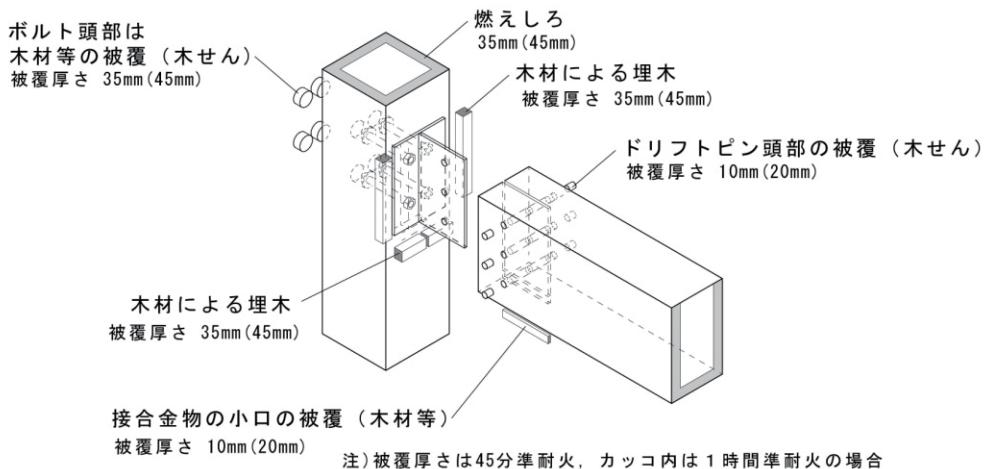


図5.9 T型接合金物の木材による防火被覆例

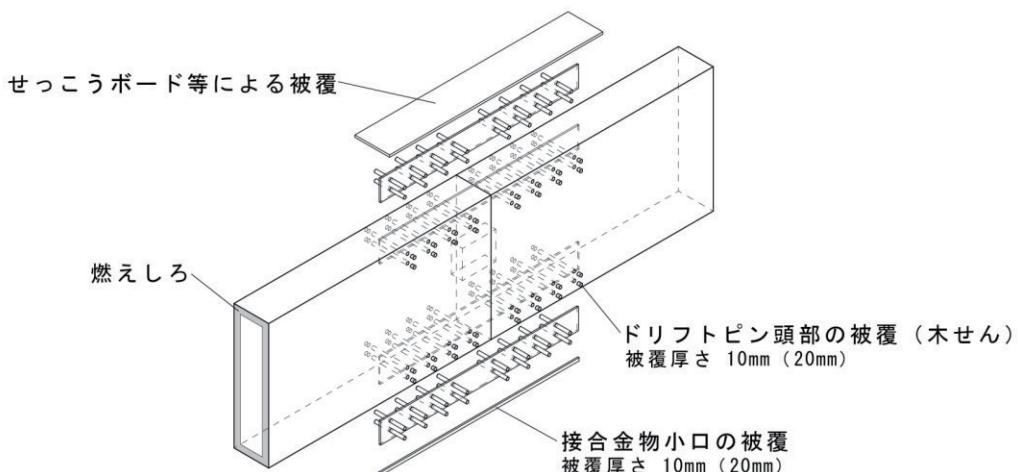


図5.10 挟み込み鋼板によるはり継手の木材による防火被覆例

(d) 防火被覆の取合いの部分、目地の部分その他これらに類する部分（以下「取合い等の部分」という。）は、取合い等の部分の裏面に当て木を設ける等により、建築物の内部への炎の侵入を有効に防止することができる構造とする。

以上述べた燃えしろ設計、及び継手や仕口など接合部の防火措置の詳細については、「木造建築物の防・耐火設計マニュアル」〔国立研究開発法人建築研究所監修、(一財)日本建築センター発行〕が参考となる。

5.3.3 壁・床・屋根の防火設計

(1) 燃えしろ設計による準耐火構造

準耐火構造の構造方式を定める告示の改正により、柱とはり以外の主要構造部（壁、床、屋根）についても、燃えしろ設計を行うことにより現して用いることができるようになった。壁、床、屋根に用いられる木質構造材は、柱やはりと同様に接着剤の防火性能を考慮する必要がある。例えば、直交集成板の場合、レゾルシノール樹脂接着剤やレ

ゾルシノール・フェノール樹脂接着剤等を用いた製品では、それ以外の接着剤による製品に比べて炭化速度が遅く、燃えしろ設計する上では有利に働くことが知られている。準耐火構造に関連した告示である平12建告第1358号と平27国交告第253号では、これらの性質を踏まえて、直交集成板、構造用集成材、構造用単板積層材の3種類の日本農林規格に適合した木質構造材を用いた壁、床、及び屋根の燃えしろ設計が規定されている。

準耐火構造に関する告示では、燃えしろ設計で用いることができる木質構造材は、火災時においても高度の接着性能を要求される環境として、日本農林規格で定める使用環境A、又はBの接着剤を用いた材料であることが求められ、更に、壁（耐力壁）、床、屋根に用いられる直交集成板と構造用集成材では、接着剤の種類に応じたラミナの最低厚さも規定されている。

レゾルシノール系樹脂接着剤など以外のその他の接着剤（API系樹脂接着剤等）を用いた直交集成板など燃えしろ設計を行う場合は、関連する日本農林規格に基づき、使用環境Bに規定されている接着性能と同等性が確認された接着剤を用いる必要がある。

壁（耐力壁）、床、屋根の燃えしろの値は、準耐火構造の構造方法を規定する平12建告第1358号、1時間準耐火構造の構造方法を規定する令1国交告第195号、及び75準耐火構造の例示仕様を示す令1国交告第193号で、表5.9に示す接着剤別の燃えしろの値が規定されている。

壁、床、屋根の燃えしろ設計の手順は、前述した柱とはりの燃えしろ設計の手順と同じである。尚、非耐力壁については、壁の最低厚さが規定されている。

表5.9 壁（耐力壁）、床、屋根の燃えしろの値

構造用集成材		通常火災に基づく加熱時間				条件
接着剤の種類	構造用単板積層材 直交集成板	30分 ^{*)}	45分	1時間	75分	JAS規格適合品に限る 使用環境：A又はBに限る
	フェノール樹脂等接着剤	2.5cm	3.5cm	4.5cm	6.5cm	ラミナ厚さ：12mm以上に限る
上記以外の接着剤	3cm	4.5cm	6cm	8.5cm	ラミナ厚さ：21mm以上に限る	

*) 屋根に限る

(2)壁、床、屋根の燃えしろ設計に関する注意事項

①直交集成板の残存断面の厚さと断面構成

直交集成板の場合は、厚さ3cm以上の残存断面が存在し、更に互いに接着された平行層と直交層が存在する必要がある。これには、炭化が進み平行層や直交層が1層のみ残存する状況では面材として構造面を構成することが期待できなくことを防止するためである。

②加熱面について

防火区画内において発生した火災による加熱面は、壁の場合は両面から加熱を受け、水平部材の床も上下面から2方向の加熱を受ける。又、吹き抜けの一部に床を設置する

場合には、三方向からの加熱を想定して、残存断面を設定する必要がある。従って、残存断面を考慮すると一加熱面は被覆仕様で計画するなどの対策が必要である。又、防火区画を構成する床の場合も、最下階の床を除き、上面または下面からの一面加熱を受ける。防火区画ごとに加熱面を想定し、その表面から燃えしろの値を減じて、残存断面を求める。加熱面の取り方の詳細については、「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」〔(公財) 日本住宅・木材技術センター発行〕が参照できる。

5.3.4 主要構造部を準耐火構造とした建築物の層間変形角

準耐火構造に用いられる防火被覆は、地震時に想定される変形により、防火上有害な変形、破壊、脱落等を生ずる恐れがある。そうした場合は、各主要構造部に求められている所要の準耐火性能を確保できなくなることから、令第109条の2の2の規定により、主要構造部を準耐火構造等とした木造建築物、及び法第27条第一項の規定に適合する特殊建築物（令第110条第二号に掲げる基準に適合するものを除く）は、令第88条に規定する地震力による層間変形角が1/150以内でなければならない。但し、防火被覆の取付け方法によっては、より大きな建築物の変形に対して、防火上有害な変形、破壊、脱落等を生じないことも想定されるため、防火被覆を設けた木造架構について、水平加力実験や耐火実験、計算などにより、その安全性が確かめられた場合は、その防火被覆の仕様によることもできる。

なお、令第82条の2における層間変形角の規定は、構造耐力上の観点から、木造での高さ制限を超える等、高さ、階数などに関して一定の規模を超える木造建築物に対して適用されているが、令第109条の2の2における層間変形角の規定は、上記の防火上観点から設けられたものであり、その目的とするところが異なる基準である。

引用文献

- 1) NPO木未来：新・木質構造建築読本（井上書院発売）
- 2) (公財)日本住宅・木材技術センター：木造住宅・建築物の防・設計の手引き
- 3) (財)日本建築センター：耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説 2001年版
- 4) 日本集成材工業協同組合：準耐火構造における接合部の防火設計の手引き
- 5) (公財)日本住宅・木材技術センター：CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル

第6章 耐久性に関する木材利用の留意点

近年、建築物の木造化・木質化は、これまで木材関連産業を支えてきた住宅よりも建築規模の大きい、商業施設や事務所の他、庁舎、学校校舎、体育施設等の公共性の高い用途にも拡大しており、経済性、機能性、炭素貯蔵機能を有する木材の有効利用等の観点から、耐久性能は、鉄筋コンクリート造や鉄骨造と同等の性能が求められるようになっている。他の建築材料とは異なり、生物資源由来の木質材料は、生物劣化の影響を受けやすい材料ではあるが、適正な計画・設計がされれば、他の構造方式と同等以上の長寿命化が可能なことは、国内の数々の歴史的建造物から窺える。ただし、設計段階でいくら耐久性・耐用性に対する配慮がなされていても、品質管理および施工が不適切であれば、目標とした耐久年数を得ることはできない。

本章では、建築物の木造化・木質化にあたり、適切な材料の選択と加工および施工が行われるよう、耐久性・耐候性に影響する要因を説明するとともに、過去の事例から、耐久性向上のための対策法を紹介する。

6.1 木材劣化の概要

6.1.1 気象劣化

木材を屋外に晒すと、やがて表面が白色化することがある。これは木材が太陽の紫外線を吸収しておこる現象である。また、その後、徐々に灰色化し、さらに暗灰色（図6.1 参照）に変わることがある。これは乾燥や紫外線に抵抗力のあるカビ類が繁殖し、降雨等により湿潤してカビの胞子が木材表面で成長しておこる現象である。このような現象を気象劣化といい、木材強度への直接の影響はないが、変色や毛羽立ちは美観を損ない、表層の割れは、放置すると腐朽に発展することもある。

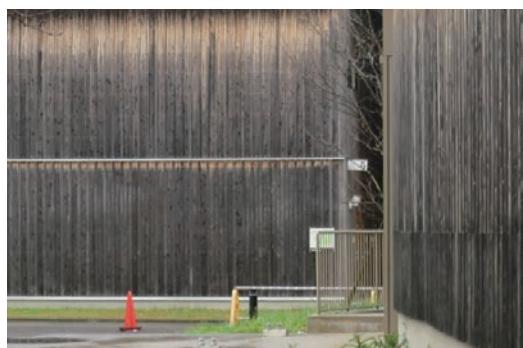


図 6.1 外壁が白色化と暗灰色
した事例



図 6.2
腐朽した柱



図 6.3
蟻害を受けた柱

6.1.2 腐朽と蟻害

樹木は、大気から吸収した二酸化炭素と土壤から吸収した水を用いて光合成を行って糖類をつくり、そして樹体内で木材の主成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンに変化させ、これらが複合した細胞壁で構築される。この細胞壁を、木材腐朽菌が分解しながら成長すると、腐朽が発生（図 6.2 参照）し、シロアリが食害すると蟻害が発生（図 6.3 参照）する。腐朽や蟻害は木材の強度性能を著しく低下させ、

木造建築物の耐久性能に大きな影響を及ぼす（図 6.4 参照）ため、適正な対応が求められる。



図 6.4 腐朽と蟻害で耐震性を失った事例
(撮影：広島大学 森准教授)



図 6.5 金属劣化の事例

6.1.3 金属劣化

大気環境での劣化は、木材だけでなく鋼材にも、酸素と水による電気化学的作用で発生（図 6.5 参照）し、硫黄酸化物や海塩粒子等の大気中に含まれる腐食促進物質は、金属の劣化を促進させ、温度や湿度等の影響も受ける。また、木材に注入された化学物質等の影響で、構造用金物を腐食させることもあり、建築物の構造安全に支障を来す可能性もあるので、木材の耐久性を高めるために使用する薬剤等の選択には、注意が必要である。

6.1.4 法の規制

建築基準法施行令第 37 条では、「構造耐力上主要な部分で特に腐食、腐朽又は摩損のおそれのあるものには、腐食、腐朽若しくは摩損しにくい材料又は有効な錆止め、防腐若しくは摩損防止のための措置をした材料をしなければならない。」としている。また、建築基準法施行令第 49 条では、木造を対象に「構造耐力上主要な部分である柱、筋かい及び土台のうち、地面から 1m 以内の部分には、有効な防腐措置を講ずるとともに、必要に応じて、しろありその他の虫による害を防ぐための措置を講じなければならない」として、耐久性に配慮した建築物の設計を求めている。

民法第 570 条および第 566 条第 3 項では、一定の瑕疵担保期間が規定されている。また住宅性能保証制度では、構造用重要な部分は 10 年、その他の部分では、1～2 年の保証期間を設けている。木材や金属の劣化は、木造建築物の構造性能に多大な影響を及ぼし、また、木材の表面劣化は、クレームの対象になることも多く、管理者には設計図書にそって、適正な施工管理に努めることが求められる。

6.2 気象劣化対策

6.2.1 劣化対策の方法

わが国の気候は、欧米に比べると夏の気温が高く、降水量も多いため、木材にとっては過酷な環境にある。よって、屋外に晒される状況で木材を使用する場合には、こうした環境を配慮した適切な対応が必要になる。

木材を屋外に晒す場合の気象劣化への対策は、紫外線、雨水、微生物などが表面劣化原因であることから、表面のコーティング処理が有効である。また外壁面が太陽光を直接受ける状況を回避する方法として、庇や軒の出を深くすることは有効で、雨水の影響も少なくすることができます。

6.2.2 塗装

塗装は、内外装の美観を高めるだけでなく、気象劣化抑制を目的に、一般的に採用されている方法で、隠蔽性の高いタイプと木目の見える半透明タイプとに大別される¹⁾。外部用塗料だけでも、様々な種類があるため、選択された塗料の特性を正しく把握して、適切な作業および管理をしていく必要がある。

(1) 隠蔽タイプの塗装には、油性調合ペイント、合成樹脂調合ペイントやフタル酸樹脂塗料等がある。欧米では広く使われているが、木材特有の木目や肌触り感が損なわれることから、国内では避けられる傾向にあるが、紫外線を遮断する能力や水分の侵入を防ぐ能力が高い。しかし、表面の塗膜が損傷して水が塗膜の裏に回ると、水の滞留を招き、腐朽を発生させる可能性が高くなる。

(2) 国内で多用される半透明タイプの木材保存塗料は、一般的に防腐、防カビ、防虫効果を有する薬剤を既調合で含む塗料で、様々な種類がある。塗料の選択にあたっては、表6.1に示すような特徴を理解することが望まれる。

木材保存塗料を塗膜形成で分類すると、木材中に浸透する含侵形塗料と、塗膜をつくる造膜形塗料、およびある程度木材中に浸透しながら薄い塗膜をつくる半造膜形塗料の3種類に分類できる。塗装面の耐候性は、造膜形の方が含侵形よりも優れているが、メンテナンス性では、含侵形や半造膜形は直に重ね塗りが可能であるのに対し、造膜形は旧塗膜を除去する必要があるなど煩雑になる。

また、造膜形は厚塗りすると、塗膜の膨れや亀裂、塗膜下の木材の蒸れや腐れなどのトラブルに進展するため、塗布量に注意が必要になるが、含侵形は木材表面への塗料の塗布量が多ければ耐候性は向上する。ただし、木材の表面をプレーナー等により平滑化した場合、厚塗りして塗布量を増加しても、撥水性維持効果は向上するが、変色抑制効果は向上せず、一方で帶鋸によるラフソーン仕上げされた木材表面に厚塗りして塗布量を増加した場合には、撥水性維持効果に加え、変色抑制効果も向上するという報告があり、木材表面の素地調整の重要性が伺える。

塗料の色調で木材保存塗料を分類すると、木材の色調及び木目が見える「透明系」、着色されているが下地の木目が見える「半透明系」、着色により木目が見えない「着色系」に分けられ、塗料の色調による紫外線の遮蔽効果が異なるため、耐候性は、着色系、半透明系、透明系の順になる。透明系は1年程度の耐候性しかないので、屋外使用では、頻繁にメンテナンスできる場合以外は、使用を避けるべきである。

(3) 含有される水分の変動による木材の寸法変化は、塗膜の素地の付着に悪影響を及ぼす。また、寸法変化が生じなくても、含水率が高くなると、塗膜の付着性が低下したり、肉やせが生じて硬化不良が起きるような不具合が生じ、塗料の浸透が阻害される。JASS18では、季節変動や測定時のばらつき、測定方法の相違などを考慮して、全断面に対しての含水率の平均値を18%以下と定めている。

表 6.1 木材保存塗料の一般的特徴¹⁾

分類型	種類	特徴	塗装性	耐候性	防腐・防虫	メンテナンス性
塗膜形成	造膜形塗料	塗膜形成、吸放湿性低い、防腐・防虫性無い	技術要、下地処理重要	高い	一般的に有効成分含まず低い	残存塗膜除去要、煩雑、コスト高
	半造膜形塗料	薄塗膜形成、防腐・防虫性あり、ハイソリッドタイプ多い	重ね塗り可能、1回塗りタイプ多い	中程度	有効成分含有	塗膜残存性による
	浸透形塗料	塗膜形成せず低光沢、吸放湿性保持、防腐・防虫性付与	重ね塗り可能、塗装しやすい	中程度	有効成分含有	再塗装しやすい
色調	着色系塗料	木理隠す、木材に紫外線抵抗性付与、耐候性高い	塗装しやすい	高い	成分による	塗膜形成による
	半透明系塗料	着色するが木目見える、保護塗料として一般的	塗装しやすいが、塗装の継ぎ目が目立つ	中程度	成分による	塗膜形成による
	透明系塗料	木材の自然な色調や木目を保持するが光劣化防止できない	塗装しやすい	低い	有効成分が光による劣化しやすい	塗膜形成による

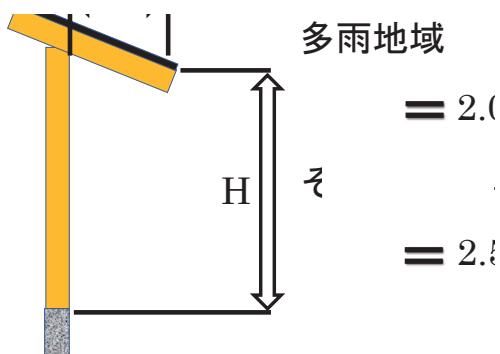
(4) 防腐・防虫処理等された木材に塗装する場合は、にじみやむら、塗膜の付着性が低下する可能性があるので、特殊な処理の有無を確認し、その種類などを十分調査する必要がある。もし、塗装に対して不適切な処理が素材表面に施されていると判断される場合は、監督職員/工事監理者と協議の上、対策を講じる。

(5) 素地ごしらえの良否や、塗装材料の品質管理、塗料の塗付け量、塗装回数、乾燥時間、作業中および施工後の養生の良否等は、木材表面の塗装の耐久性に影響する。よって、JASS18等を参考に適切な品質管理と施工管理をしていくことが求められる。

6.2.3 構造的耐久設計

外壁面が、太陽光や雨水を直接受けることを避けるため、庇や軒の設計は重要なポイント（図 6.6 参照）になる。また、雨水が地面に到達すると、跳ね返りにより壁面の足元が濡れることになる（図 6.7 参照）ため、基礎の高さを適切に設けることが気象劣化対策だけでなく、耐久性向上の面でも重要である。犬走部分を砂利や人工芝などを敷設すると跳ね返りの雨量を抑えることが可能になるが、逆にテラスやウッドデッキを外壁に接して設けると、新たな跳ね返り面になる。

よって、管理者は設計図書への記載事項の意図を把握し、庇や軒の高さ、跳ねだし寸法が妥当であるかの確認をするとともに、関連する工事についても配慮することが望まれる。

図6.6 推奨される軒の深さ²⁾図6.7 跳ね返り雨水による足元の濡れ³⁾

6.3 防腐対策

6.3.1 防腐対策の方法

腐朽菌が生育する条件は、酸素、水分、温度、栄養分としての木材の4つである。よっていずれか1つの要因が欠けても腐朽は発生しないが、酸素や温度を制御するのは困難である。そこで、水分、または養分としての木材を制御することが現実的な木材の腐朽対策になる。

養分としての木材の制御には、耐久性の高い木材を使用するほか、薬剤処理や木材細胞壁の化学構造を変える化学修飾などがある。また、水分の影響を受けないようにするために適正な水仕舞と結露対策がポイントになる。

6.3.2 樹種の違いによる木材の耐久性

木材には様々な樹種があり、腐りやすいものから腐りにくいものまで、耐久性においても、性質が大きく異なる。よって建築基準法施行令第49条の対象となる、地面から1m以内の部分にある柱や土台に、あるいは屋外に柱や横架材が晒される状況で木材が構造部材として使われる場合には、耐久性の高い樹種の選択が求められる。

「製材の日本農林規格」(以下、製材のJAS)では、比較的耐久性の高い樹種をD1に、他の樹種をD2に分けている。「住宅の品質管理確保の促進等に関する法律」(以下、品確法)に基づく告示では、さらに耐久性の高いD1の樹種群から、特に高い樹種を区別している(表6.2参照)。ただし、木材の耐腐朽性は辺材と心材では異なり、辺材の耐久性は心材の耐久性より低く、表6.2は心材が対象になる。

表 6.2 代表的な樹種の心材の耐久性区分⁴⁾

製材のJAS の分類	樹種群	品確法による区分（劣化対策等級3）	
		土台	外壁の軸組みなど
耐久性D1	ヒノキ、ヒバ、ベイヒ、ベイスギ、 ベイヒバ、タイワンヒノキ	無処理で土台に 使用可能	軸組などに小径 12.0cm以上必要
	スギ、カラマツ、ベイマツ、 ダフリカカラマツ、サイプレスパイン	土台に使用する 際はK3相当の 処理が必要	
耐久性D2	その他の樹種		軸組などに小径 13.5cm以上必要

表 6.3 木材の保存処理の区分と要求性能⁵⁾

性能区分	要求性能
K1	屋内の乾燥した条件で腐朽や蟻害のおそれがない場所で、乾燥害虫に対しての防虫性能のみを必要とするもの。
K2	低温で腐朽や蟻害のおそれが少ない条件下で、高度の耐久性の期待できるもの。
K3	通常の腐朽や蟻害のおそれがある条件下で、高度の耐久性の期待できるもの。
K4	通常よりも激しい腐朽や蟻害のおそれがある条件下で、高度の耐久性の期待できるもの。
K5	極度に腐朽や蟻害のおそれのある環境下で、高度の耐久性の期待できるもの。

6.3.3 薬剤保存処理

耐久性があまり高くない樹種や辺材であっても、薬剤保存処理で耐久性を高めることができ、処理法には加圧処理法と常圧処理法の2つの方法がある。木材の保存処理は、その要求性能によって表6.3のように区分されている。

製材のJASでは、使用する薬剤の種類を定め、表6.3の性能区分に応じて、浸潤度の規定（表6.4参照）と、薬剤の種類別に吸収量の規定を定めている。また、集成材のJASでは、木材保存剤の吸収量の基準を表6.5のように定め、辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上であることを求めている。

表 6.4 薬剤の浸潤度の基準（製材の JAS）

性能区分	樹種区分	基準
K1	全ての樹種	辺材部分の浸潤度が90%以上
K2	心材の耐久性区分 D ₁ の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が20%以上
	心材の耐久性区分 D ₂ の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
K3	全ての樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
K4	心材の耐久性区分 D ₁ の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上
	心材の耐久性区分 D ₂ の樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ15mm（木口の短辺が90mmを超える製材にあっては、20mm）までの心材部分の浸潤度が80%以上
K5	全ての樹種	辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ、材面から深さ15mm（木口の短辺が90mmを超える製材にあっては、20mm。ただし、円柱類にあっては、全ての直径において30mm。）までの心材部分の浸潤度が80%以上

表 6.5 薬剤の吸収量の基準（集成材の JAS）

性能区分	使用した木材保存剤の種類	保存処理を施した集成材の区分	基準
K3	第四級アンモニウム化合物系	製品処理集成材 ラミナ処理集成材	ジデシルジメチルアンモニウムクロリドとして4.5kg/m ³ 以上
	アゾール・ネオニコチノイド化合物系	製品処理集成材	シプロコナゾール・イミダクロプリドとして0.15kg/m ³ 以上



図 6.8 加圧処理法による木材の薬剤処理



図 6.9 インサイジングにより薬剤処理した木材の断面

(1) 加圧処理法は、加圧と減圧の組み合わせによって、薬剤を内部に注入する処理方法（図 6.8 参照）で、木材表面から深く薬剤を浸透できれば、耐久性は向上すると期待される。

① 薬剤が浸潤しにくい樹種もあり、心材は辺材と比較すると薬剤は浸潤しにくい。浸潤が困難な樹種の場合には、木材の表面に傷をつける、インサイジングと呼ばれる加工（図 6.9 参照）を施すことで浸潤度を高めることができる。このインサイジングは製材の JAS では、欠点とみなさないこととしているが、その仕様は、製材の曲げ強さ及び曲げヤング係数の低下がおおむね 1 割を超えない範囲内としている。

② 含水率が高い木材では、水が薬剤の浸潤を阻害するため、処理前の木材は適正な含水率に調整することが必要である。また、処理後は、処理前と比較して、断面寸法が膨らむことがあるので、事前に調査して、納期に支障がないように適切な養生期間を設定することが望ましい。

③ 薬剤はインサイジングの有無に関わらず、図 6.9 のように表層部分だけに浸潤しているため、薬剤処理後に継ぎ手や仕口の加工を施すと、薬剤の未浸潤部分が露出することになるので、加工後に薬剤処理することが前提になる。やむを得ず、薬剤処理後に加工する場合は、露出部分に薬剤の塗布や吹き付け等を行う必要がある。現地にて木材の切断や穴あけ加工をした時も、同様に露出面の処理をしなければならない。

④ ラミナに薬剤処理した後、養生が不十分なまま積層すると、接着不良を生じる可能性がある。薬剤や樹種、接着剤の種類に応じて、剥離をおこさないように適切な製造計画を立て、品質管理していくことが望まれる。

(2) 常圧処理法には、保存薬剤の塗布・吹き付けや浸漬によって処理する方法がある。効果は表面にとどまるが、設備が不要で材料加工時の処理や施工現場でも適用できる方法で、加圧処理法と併用されることもある。

① 加圧処理に使用した薬剤との相性を、製品カタログやサンプルにより事前に確認しておくことが望まれる。

② 保存薬剤の塗布・吹き付けは、工場で実施することが原則である。塗布量および薬剤の取り扱いについては、製品カタログ等により、事前に確認して、適切な施工を行う必要がある。

③ 拡散法は、木材中に存在する水に、薬剤の浸透圧によって処理する常圧処理法のひとつで、ほう砂ほう酸混合物のような水溶性の薬剤が採用される。その処理法から雨水に晒されると溶脱するため、処理後の養生が品質管理において重要になる。

6.3.4 化学修飾

防腐薬剤を使わずに木材の耐久性を向上させる方法として、木材を、200°Cを超える飽和水蒸気下で数時間処理して寸法安定性も付与する熱処理（図 6.10 参照）、加圧処理用の木材保存剤の代わりに低分子フェノールを木材に注入する樹脂処理（図 6.11 参照）、木材細胞壁にアセチル化試薬を作用させて木材細胞壁の化学構造を変える処理（図 6.12 参照）等の化学修飾がある。

これらの処理方法は、木材の強度低下を招く可能性があるため、構造耐力上主要な部分の木材に使われることは稀である。屋外に晒される構造部材等に採用する際は、事前に強度試験等を実施し、安全性に支障がないことを確認する必要がある。また、

表面塗装を施す場合には、製品カタログやサンプルにより、事前に不適合がないことの確認が不可欠である。



図 6.10 熱処理した木材
の使用例



図 6.11 軒に樹脂処理し
た木材の使用例



図 6.12 外壁にアセチル化
処理した木材の使用例

6.3.5 水仕舞

木材を濡らさない、あるいは濡れても水を滞留させずに、木材が乾燥した状況を保つことが、木材の防腐対策として最も効果のある対処法である。しかし木造建築物は複数の材料を重ね合わせて内外装を仕上げていくため、その過程で1つでも施工不良や施工管理不足が生じた場合、腐朽に直結する水の侵入や滞留を招く可能性が高まる。

設計者は当然、水仕舞を考慮して設計図書を作成するが、細部におよぶディテールは、必ずしも設計図書には表記されていない場合もある。また、大きな変更なく耐久性を高めることができると判断されるディテールは、VE案として積極的に提案していくことが望ましい。その際は、加工詳細図を、次工程も考慮して作成し、監督職員/工事監理者の承認を得て、加工・建方を進めていく必要がある。

(1) 屋外に構造用製材や構造用集成材等が暴露されて使われる場合、「6.3.3 防腐対策」のいずれかの対処が不可欠であるが、雨水に晒される場合には、水の滞留を招かないよう注意して、加工詳細図の作成と適切な加工・施工を行うことが必要である。

(2) 外壁は経年変化に伴って外壁仕上げ面から内部に雨水の侵入を許すことがある。内部に水が浸入した場合、防水紙を留め付ける金具周りから、構造部材にまで水が到達する可能性がある。外壁通気工法（図 6.13 参照）は、仮に水が侵入したとしても、通気層を通じて水の排出や、外壁裏面の乾燥が行える。ただし、通気層の空気の流れが確保されなければならないので、木造の躯体工事において、次工程の納まりも考慮して明らかに支障となる箇所については、監督職員/工事監理者と協議の上、適切な対応を図る必要がある。

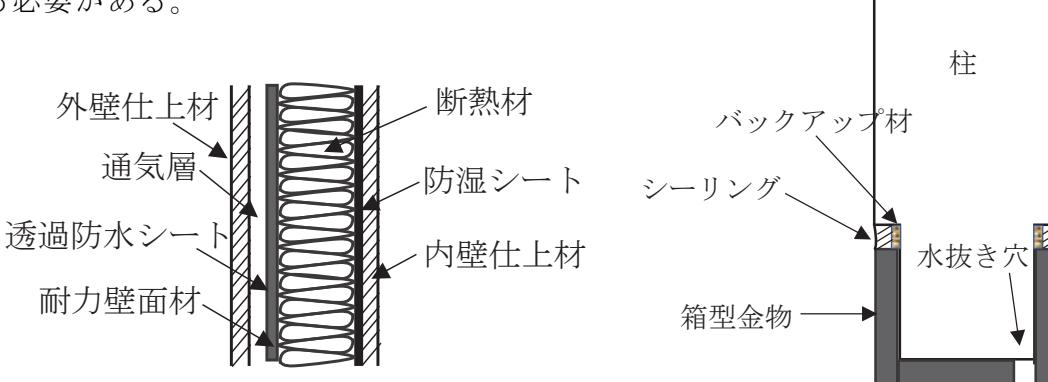


図 6.13 外壁通気工法の事例

図 6.14 脚部のシーリングの事例

(3) 屋根の雨仕舞については、屋根の仕上げ材に応じて適正な勾配を設ける必要があるが、近年は水勾配が緩くなる屋根やバルコニーにシート防水が、木造建築物であっても採用される機会が増えている。シート防水は壁側の立ち上がり寸法が十分でない場合、あるいは立ち上がりの水仕舞部や入隅部の納まりが不適切な場合には漏水の可能性が心配される。また、ドレーンの取り付けについては木造では、複数の業者が絡むことから、責任の所在が不明確なまま工事が行われてしまう可能性が高い。よって、使用するドレーンの仕様や工事手順を鑑み、躯体工事の施工計画を進めていく必要がある。

(4) 近年、複数の職種をこなす多能工が増えており、木造建築物では顕著である。しかし、専門知識を有していない職能工による施工は、様々なトラブルの原因になるため、避けなければならない。例えば、シーリング工事（図6.14参照）を施工する場合には、JASS8を参考に、適切な工事をする必要がある。3面接着等、誤った施工をすれば、短期間で母材からシーリングが剥離し、水を滯留させる原因になる。

(5) 木造の建方が始まり、屋根工事が終了する期間の雨対策は、施工計画段階から事前に協議しておく必要がある。短期間の水濡れでは耐久性に支障はないが、繰り返し雨水に晒された状況や、水が滞留したまま次工程で隠蔽される状況が生じると、木材が割れる原因となり、接合金物の錆の原因、木材表層の汚れにも影響する。完全な養生は困難なため、いくつかの工区に分けて、木工事から屋根仕舞までの時間を短縮するなどの配慮が望まれる。

6.3.6 結露対策

結露は、温度が高い空気が低い温度下に晒されることにより起こる現象で、木造建築物では、断熱材内に侵入した室内側の水蒸気を含んだ空気が外部に抜けず、外気温の影響で冷やされることによって発生する壁内結露と、暖かい空気が温度の低い物体に触れて起こる表面結露が課題になる。

(1) 壁内結露は、断熱性と気密性の確保が、有効な対策となる。しかし、入念な施工を行っても、水蒸気を含んだ空気が壁内に侵入することを完全に防ぐのは難しいため、木造住宅工事仕様書（監修：住宅金融支援機構）では次のような措置を求めている。

① 断熱材の屋外側には、上下部が外気等に通じている通気層を設ける。なお、断熱材（無機纖維系）が通気層を流れる冷気流に直接面する場合は、必要に応じて、その表面に水蒸気の放出を妨げない適当な防風のための層を設ける。

② 断熱材の屋外側は、水蒸気の放出が可能な材料または工法とする。

(2) CLTパネル工法を採用する場合、壁のCLT間に隙間が生じると、室内側の湿った空気が隙間を通って断熱材を通過後、急激に冷やされ、透湿防水シートの屋内側で結露する可能性がある。特に吹き抜けを設けるなど、室内と室外に気圧差が生じた場合には、空気の流入量が増え、その可能性が高くなるため、目地処理は結露対策の重要なポイントとなる。また、接合に引きボルトや箱型の金物を使用する際、CLTを貫通する場合、空気の流入がないように工夫することが求められる。

また、外壁では屋内から湿った空気が断熱材を抜けて外壁の仕上げ材に触れた場合に結露が発生するが、外壁通気工法を採用すれば通気層の空気の流動により、透過性の高い防水シートを通過後、結露した水分を乾かすことができる。よって断熱材と透

湿防水シートが密着しておらず隙間があると、透湿防水シートの室内側で結露が発生し、CLT を濡らすことになるので注意が必要である。

(3) 表面結露は、接合に使用した金物等が、屋内と屋外を貫通して熱橋が生じた場合や、台所、浴室、洗面所やトイレに繋がる給水管、排水管やガス管の周辺温度が低下する時に発生する。よって、金物や配管の表面温度を低下させないよう、断熱処理を適正に実施することが必要になる。

(4) 1階の床下には、基礎で外気を遮断する基礎断熱と床下で断熱する床断熱がある。基礎断熱は床下に外気が流入しないようにする必要があるため、コンクリート基礎と土台またはCLT間に隙間がないよう、施工する必要がある。

床断熱仕様の場合は、室内側の空気が床下に回り込むと、そこで空気が冷やされ、結露が発生する。よって、気密テープ等で床下に室内の暖かい空気が流れない工夫が必要である。また、床下から床上に跨ぐ金物が熱橋にならないような配慮が求められる。

(5) 施工中に木材表面が雨水に晒されると、表面の含水率が一時的に纖維飽和点を上回ることがある。この状況が維持されたまま、防水シート等で密閉されると、乾燥できないため、木材の表面の含水率が纖維飽和点を超えた状況が長期間続くことになる。

また、濡れた木材と防水シート間に気密性の高い材料が挟まれた場合や空間があると、直射日光によって木材表面に浸漬した水が蒸発し移動して、日陰になった空間で冷やされ、結露の要因になるため注意が必要である。

6.3.7 木材の含水率管理の重要性

木材腐朽菌は、木材の中に適当な水分が存在しないと生きられないため、木材を十分乾いた状況に保つことが、木材の耐久性を向上させるための有効手段となる。その際、纖維飽和点である含水率30%以下が目安となり、初期の木材乾燥の品質管理と施工中の雨掛けへの配慮が求められる。

(1) 木材を、平衡含水率まで乾燥させておくと、突発的な結露が発生した場合に木材表面の含水率を纖維飽和点以下に保つことができる。

(2) 木材は異方性があり、木口からの吸水は極めて顕著で、水の浸透も深くなるため、コンクリートや鋼材との接触面や、木材の仕口・継ぎ手からの水の侵入には十分な配慮が必要である。構造部材の木口からの吸水が心配される場合には塗料等で、浸透を防御することが不可欠である。

(3) 含水率の高い木材の使用は、乾燥する過程で木材の割れを誘発する可能性が高く、割れから水が浸入すると、木材内部の腐朽を促進させることになる。

(4) 充填断熱とした場合、木材が乾燥により収縮すると、断熱材と構造材の間に隙間が生じるため、断熱性能が低下すると共に、結露の心配が懸念される。

6.4 防蟻対策

6.4.1 防蟻対策の方法

我が国で木造建築物に大きな被害を与えていたシロアリは、イエシロアリとヤマトシロアリの2種類である。基本的には、防腐対策と同様に水分の制御が防蟻対策のポイントになる。ただし、イエシロアリは比較的乾燥に強いため、より確実性の高い対

策が必要である。

また、近年、外来種であるアメリカカンザイシロアリの被害事例が報告されている。イエシロアリやヤマトシロアリと異なり、被害を受けた建物から頻繁に羽アリが飛翔して周囲の建築物に移動すること、また低い含水率であっても生息が可能であるため、予防駆除が困難である。ただしイエシロアリは数十万から数百万頭、ヤマトシロアリは数万から数十万頭で1つの巣を形成し職蟻が湿った木材を食害するのに対し、アメリカカンザイシロアリは数百から数千頭で巣を形成しているため、食害は緩慢である。

(1) 防腐対策として紹介した薬剤処理には、防腐には効果があるが、防蟻には期待できない処理方法もあるため、事前に調査しておく必要がある。

(2) イエシロアリおよびヤマトシロアリは、地下や土壤と接した木材内部に営巣し、蟻道を作りながら木材を加害しながら移動する。よって、対策として、防蟻シート敷設、べた基礎や、最近実用化された、金網や特殊は粒径サイズの粒状物などでシロアリを遮る物理的方法もある。いずれの方法も、遮蔽物が破断していると侵入を許すため、木工事の施工により、損傷しないように注意し、破断を生じた場合には元請業者と協議の上、速やかに対処することが必要である。

(3) イエシロアリは、建築物の近くに巣をつくりにくい環境を整えることが重要である。工事期間中、切りくず等出さないように心掛け、廃材は環境負荷も考慮して適切に処理する。

6.5 防錆対策

近年、鋼材を使った接合金物や接合具を使う木造建築物の事例が多くなっている。鋼材の強度は、木材と比べると高く、薄い鋼板、あるいは細い鋼棒で力を伝達することができるが、腐食すると接合部の耐力低下につながる。

腐食は、酸素と水による電気化学的作用や、化学物質との接触によって生じるため、木材同様の水に対する配慮や被覆、構造用金物を腐食させる化学物質との接触回避が対策として有効になる。

錆の発生を可能な限り遅らせる方法が防錆処理で、鋼材表面に塗装皮膜を構成する防錆塗装と、鋼表面に鉄・亜鉛の合金層および亜鉛の膜を形成する溶融亜鉛めっきがある。防錆処理は、設計図書に記載されている方法で実施し、指示されている特記事項に従って施工する。

6.5.1 防錆塗装

防錆塗装の耐久性は、素地調整の良否に左右され、下塗り用の塗料の適正な防錆性能を発揮させる標準塗付け量、亜鉛めっき面に対する塗料の標準塗付け量、および塗膜面の検査内容は、「鉄骨工事技術指針・工場製作編 2018」(日本建築学会)に準拠する。その内容は「第2編 第5章 接合金物(外注製作)」に示す。

6.5.2 溶融亜鉛めっき

鋼材の溶融亜鉛めっきの種類と品質、および外観検査に関する合否の判定基準は、「建築工事標準仕様書 JASS6 2018」(日本建築学会)に準拠し、その内容は、「第2編 第5章 接合金物(外注製作)」に示す。検査において不適合となった場合は、めっき面の欠陥の補修を実施し、割れを発見した場合は、交換するか、元請業者に報

告し、その補修方法については承認を得なければならない。

6.5.3 木材の保存処理薬剤と金属との相性

木材に使用される保存処理薬剤には様々な種類があるが、中には金属の錆の発生を促す薬剤があるため、接合部に金物を使用する場合には、薬剤の適切な選択が求められる。表 6.6 は、加圧薬剤処理または表面薬剤処理した木材と金属の相性を、4 年間の暴露試験によって得られた調査結果であり、数値が大きいほど腐食が進んでいることを示している。4.0 以上の組み合わせは、避けることが望ましい。

表 6.6 保存処理木材と金物の相性（屋外暴露試験 4 年目）⁶⁾

処理方法		亜鉛メッキ						亜鉛合金 メッキ		複合処理		
		Zn8 Cr3	Z27	HDZ -A	HDZ 23	Z60	HDZ 35	Zn+ Mg 合金 めっき1	Zn+ Mg 合金 めっき2	電気 亜鉛 めっき+ 皮膜 1	電気 亜鉛 めっき+ 皮膜 2	Z27 +カ チオ ン電 着塗 装
木材非接触					2.0							
加圧 処理	AAC	5.0	4.7	2.7	3.3	3.3	4.0	2.0	3.7	5.0	3.3	1.0
	SAAC	5.0	4.3	3.0	3.3	2.3	4.0	2.7	2.7	3.3	3.0	1.0
	BAAC	4.7	3.3	3.0	3.0	2.0	4.0	2.3	2.0	3.3	2.7	1.0
	ACQ	5.0	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	1.0
	CUAZ-2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.7	3.0	1.0
	CUAZ-3	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	1.0
	AZN	4.7	3.3	3.0	3.0	2.3	3.7	2.0	2.0	3.0	1.7	1.0
	ホウ酸	3.3	3.3	4.0	3.3	2.7	3.3	2.7	2.3	3.0	3.0	1.0
表面 処理	ナフテン酸銅	3.7	2.7	2.3	2.3	1.0	2.7	1.7	2.3	1.7	3.0	1.0
	チアメトキサム他	3.3	4.0	3.3	3.3	2.7	3.3	1.7	2.7	3.0	3.0	1.0
	ジノテフラン他	4.0	2.3	2.0	3.0	2.0	2.3	1.7	1.0	3.0	3.0	1.0
	ビフェントリン他	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.3	1.0	3.0	1.0	1.0
	エトフェンブロクス乳酸	2.7	2.7	2.3	2.3	1.0	2.7	1.3	1.0	1.0	1.7	1.0
	エトフェンブロクス油剤	3.0	2.0	2.3	2.0	1.3	2.0	3.0	2.0	1.7	1.7	1.0
未処理	ペイマツ	4.3	3.7	3.0	4.3	3.3	3.3	2.3	3.0	3.0	3.0	1.0
	ペイツガ	2.3	2.0	2.0	2.0	1.3	2.7	2.0	1.0	3.0	1.7	1.0

6.5.4 構造的耐久設計

木材同様、雨水や結露した水が滞留しないよう、設計図書に基づき、適正な加工・施工を実施する。ただし、大きな変更なく耐久性を高めることができると判断されるディテールは、VE 案として積極的に提案していくことが望ましい。

6.6 維持管理計画

腐朽、蟻害や気象劣化により、構造安全性や美観などの初期の性能が経年変化により低下していくと、建築物の利用者に不利益を与えるだけでなく、社会的にも好まし

くない状況になる。建築基準法第8条には、すべての建築物の所有者または管理者、使用者は、その建築物が常時適法な状態にあるように維持すべき義務であることが明記されている。

このような事態を防ぐために、建物を点検し、必要に応じて補修や修繕を行う必要がある。このような行為を維持管理という。維持管理行為には、腐朽や蟻害が進行した段階で修繕する事後の維持管理に対し、計画的に点検、診断、補修を行い、機能低下や劣化を察知して故障を未然に防ぐ予防的な維持管理がある。

6.6.1 予防的な維持管理

予防的な維持管理では、点検や診断、あるいは定期的な塗り替え、部品の取り替え等を実施する。腐朽や蟻害が進行した場合に発生する修繕費用は高額になる可能性があるため、定期的に点検・診断を行い、早めに対応していくことが望まれる。よって管理者は監督職員/工事監理者から要望があれば、施工計画の段階で、専門的立場から維持管理計画を策定するとよい。

また、予防的な維持管理は、竣工時の、より詳細な情報があると合理的に進めることができる。よって、施工図や使用した材料等の資料は、監督職員の指示により提出すると共に、一定期間保存しておくことが望ましい。

6.6.2 表面割れ

木材が屋外に晒される環境では、表面温度が高くなれば表層が収縮し、表面が濡れて含水率が高くなり、表層は膨張する。このような膨潤・収縮が繰り返されると、初期段階では適切に含水率が管理された木質材料であっても、時間が経てば、干割れが発生する可能性は高く、その割れが起点になって水が木材内部に侵入すれば、腐朽菌の繁殖を促すことになる。

また、構造用集成材や直交集成板等、接着剤によりラミナを積層して構成される木質材料が屋外環境に暴露され、乾湿繰り返しを受けると、木材纖維が繋がっていない接着層が割れることがある。やむを得ず木質材料が屋外に晒される場合には、設計だけではなく、施工時においても十分な配慮が求められる。

(1) 屋外に木質材料が晒され、表層に割れが生じた場合を配慮し、水が表面に溜まりにくい状況を作つておくことは、防腐対策として効果的な手段である。木質材料を梁のように横使いにした場合は、金属や木材で、上面に保護カバーを付けておくことが望ましく、太陽光を遮ることもできるため、干割れ防止にも効果がある。

ただし、金属で保護カバーをするときには、金属カバーの裏面で結露すると、その結露水が木材腐朽の原因になるため、通風を確保する等の適切な結露対策が必要である。

また、木材で保護カバーをするときには、節がある材料や幅の広い材料の選択を避け、木材の寸法変化が少なくなるように、表面だけではなく裏面にも塗装をしておくことが望ましい。なお、保護カバーの継手から水が浸入しないように施工すると共に、保護カバーがあつても、上面には水が溜まらないように、水勾配をとることが望まれる（図6.15参照）。

さらに、保護カバーの取り付け方法については、点検や補修を考慮して、容易に取り外し、交換できるような納まりにしておくことが望まれる。

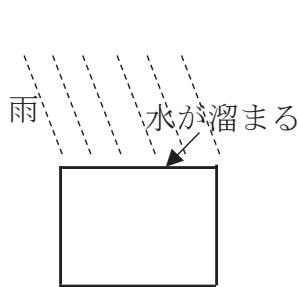


図 6.15 木材上面の水勾配

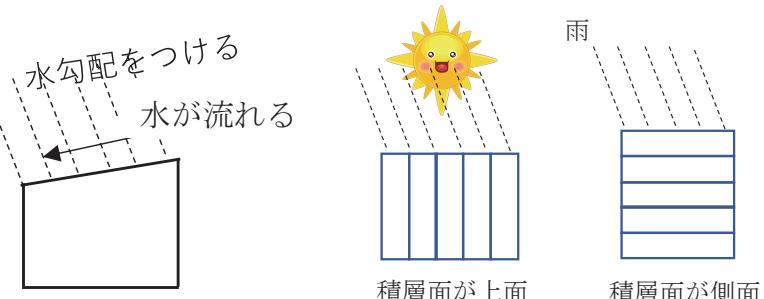


図 6.16 構造用集成材の据え方

表 6.7 耐久性向上のためのチェック項目

項目	チェック内容	参考資料
気象劣化対策	<input type="checkbox"/> 選択した塗料の特性を確認。	表6.1
	<input type="checkbox"/> 木材表面の素地調整を、適切に実施。	
	<input type="checkbox"/> 塗装する木材の、全断面に対しての含水率の平均値は18%以下。	
	<input type="checkbox"/> 防腐・防虫処理等された木材に塗装する場合は、特殊な処理の有無を確認。	
	<input type="checkbox"/> 塗料の塗付け量、塗装回数、乾燥時間、作業中および施工後の養生の良否等、確認。	JASS18
	<input type="checkbox"/> 床や軒の高さ、跳ねだし寸法は、設計性能を満足。	
腐朽・蟻害対策	<input type="checkbox"/> 地面から1m以内の部分にある柱や土台に、あるいは屋外に柱や横架材が晒される状況で木材が構造部材として使われる場合には、耐久性の高い樹種の選択。	表6.2
	<input type="checkbox"/> 使用する樹種の、辺材と心材の耐久性能の相違を把握。	
	<input type="checkbox"/> 薬剤保存処理をする場合、浸潤度と、吸収量が規定を満たしているか確認。	表6.4
	<input type="checkbox"/> 集成材を薬剤保存処理する場合は、適切な薬剤を選択し、辺材部分の浸潤度が80%以上で、かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上であることを確認。	表6.5
	<input type="checkbox"/> 薬剤の浸潤が困難な樹種は、インサイジング処理。	
	<input type="checkbox"/> 薬剤処理する前の木材の含水率が、薬剤注入に支障のない数値であることを確認。	
	<input type="checkbox"/> 薬剤処理後、加工により薬剤が湿潤していない部分が露出したので、適切な措置を実施。	
	<input type="checkbox"/> 集成材のラミナに薬剤処理する場合、接着不良が生じない対策を実施。	
	<input type="checkbox"/> 保存薬剤の塗布・吹き付けと加圧処理を併用にあたり、双方に使用する薬剤の特性を確認。	
	<input type="checkbox"/> 保存薬剤の塗布・吹き付けは、工場で実施。	
	<input type="checkbox"/> 化学修飾した木材に表面塗装を施す場合、不適合がないことを確認。	
	<input type="checkbox"/> 施工図作成の折、水仕舞がよくないと判断されたディテールは、監督職員に相談。	
	<input type="checkbox"/> 外壁の通気層の空気の流れに支障となる納まりにならないことを確認。	
	<input type="checkbox"/> 屋根の雨仕舞を考慮し、施工図を作成。	
	<input type="checkbox"/> シーリング工事をする場合、施工箇所の妥当性と施工手順を確認。	JASS8
	<input type="checkbox"/> CLTパネル工法を採用した際、屋内から屋外への空気の流れに対し配慮。	
	<input type="checkbox"/> 接合金物等の表面結露に対する適切な措置を実施。	
	<input type="checkbox"/> 施工中の雨対策を事前に協議。	
維持管理計画	<input type="checkbox"/> 含水率管理を適切に行つた木材を使用。	
	<input type="checkbox"/> 木口の水の接触に配慮。	
	<input type="checkbox"/> 工事期間中の木質系廃材の処理を適切に実施。	
	<input type="checkbox"/> 接合金物には、適切な防錆処理を実施。	JASS6
	<input type="checkbox"/> 保存処理薬剤の、接合金物への影響がないことを事前に確認。	表6.6
	<input type="checkbox"/> 専門的立場から、維持管理計画を策定。	

(2) 気象劣化が心配される場所で、構造用集成材や CLT 等が使用される場合、接着剤は集成材の JAS 規格に記載される使用環境 A で使用可能な、耐候性のある接着剤を選択しなければならない。また上面は乾湿繰り返しの影響が大きくなるため、積層面が上向きになる使い方は避けたい。積層面が側面になるように構造用集成材が使われた場合には、たとえ割れが生じても深い割れには進展し難く、木材内部への水の侵入も軽減され、1 層目と 2 層目間の接着層には止水効果も見られ、長い期間でなければ、保護カバーの役割も果たしてくれる（図 6.16 参照）。

6.7 施工管理上のチェック項目

6.1 で説明した木材劣化の要因を踏まえ、木造・木質化に向けて 6.2～6.6 で述べた、施工時の耐久性向上のためのチェック項目を表 6.7 にまとめた。

参考文献

- 1) 片岡厚：住宅と木材 Vol.37 No.435, pp20~pp23, 2014
- 2) 木口実：外装木材の塗装処理と維持管理, 日本木材保存協会：木材保存 Vol. 42-3, pp151～pp156, 2016
- 3) 木を活かす建築推進協議会：木造建築物の耐久性向上のポイント, 2015
- 4) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS18, pp273～pp275, 2017
- 5) 日本集成材工業協同組合編著：集成材建築物設計の手引, pp247～pp298, 2012
- 6) 屋我嗣良、河内進策、今村祐嗣：木材科学講座 12 保存・耐久性, pp139～pp141, pp198～201, 1997
- 7) 住宅金融普及協会, 監修 住宅金融支援機構：木造住宅工事仕様書（平成 22 年改訂）, pp142～pp143, 2010

引用文献

- 1) 木口実：外装木材の塗装処理と維持管理, 日本木材保存協会：木材保存 Vol. 42-3, pp151～pp156, 2016
- 2) 木を活かす建築推進協議会：木造建築物の耐久性向上のポイント, pp21～pp22, 2015
- 3) 石川廣三：雨仕舞のしくみ 基本と応用, 彰国社, pp101, 2004
- 4) 日本集成材工業協同組合：集成材建築物設計の手引, pp273, 2012
- 5) 全国木材検査・研究協会：製材の日本農林規格並びに改正の要点及び解説, pp174, 2015.10
- 6) 石山央樹・中島正夫・森拓郎・野田康信・中島裕貴・梶本敬大：保存処理木材に接する各種表面処理鋼板の暴露試験【その 5】暴露試験 4 年経過報告と画像解析の改良, 日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）, 2015

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

7.1 中大規模木造工事の流れ

7.1.1 木造工事の受注形態と流れ

木造工事には、林業、製材業、商社、問屋、木質材料製作業者、中間加工業者、製作金物加工業者、建方業者等、多くの専門工事業種が関与する。元請けである受注者から木造工事を請ける業務形態は様々であり、木質材料や接合に使用される金物や接合具も、下請業者が自社で製造・加工する場合、外注品、あるいは支給品を使用する場合がある。

図7.1に、下請業者が自社で木質材料の生産・加工・建方を請け負った場合の現場に材料が納入するまでの流れの事例を、図7.2に、受注した元請業者が、木質材料の生産と加工および建方を別々に発注して対応する場合の木造工事の流れの事例を示す。

7.1.2 施工計画

設計図書の内容と品質目標を加味した施工方針のもとで、施工方法・作業手順・使

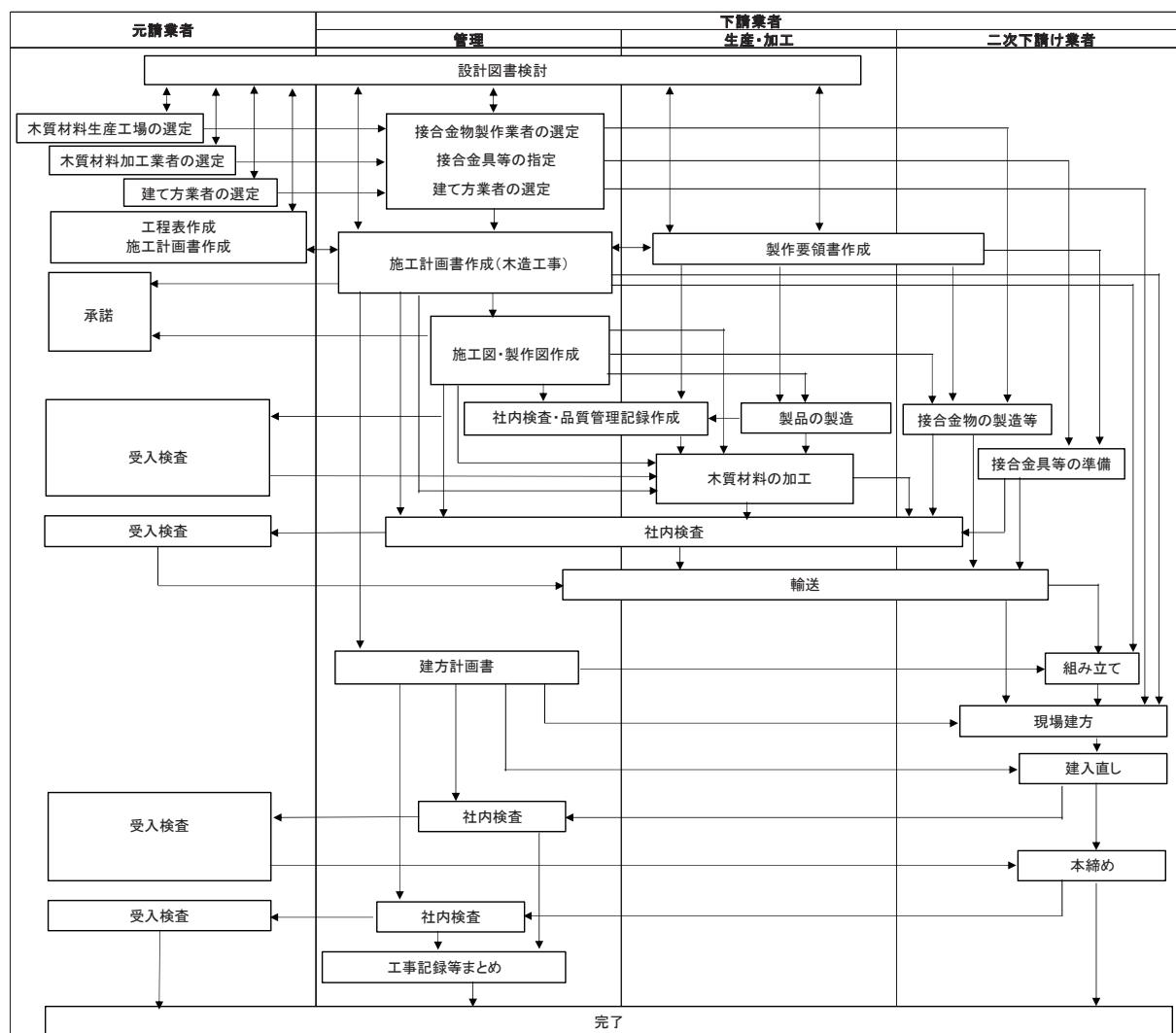


図7.1 木造工事の流れ

(下請業者が自社で木質材料の生産・加工・建方を請け負った場合)

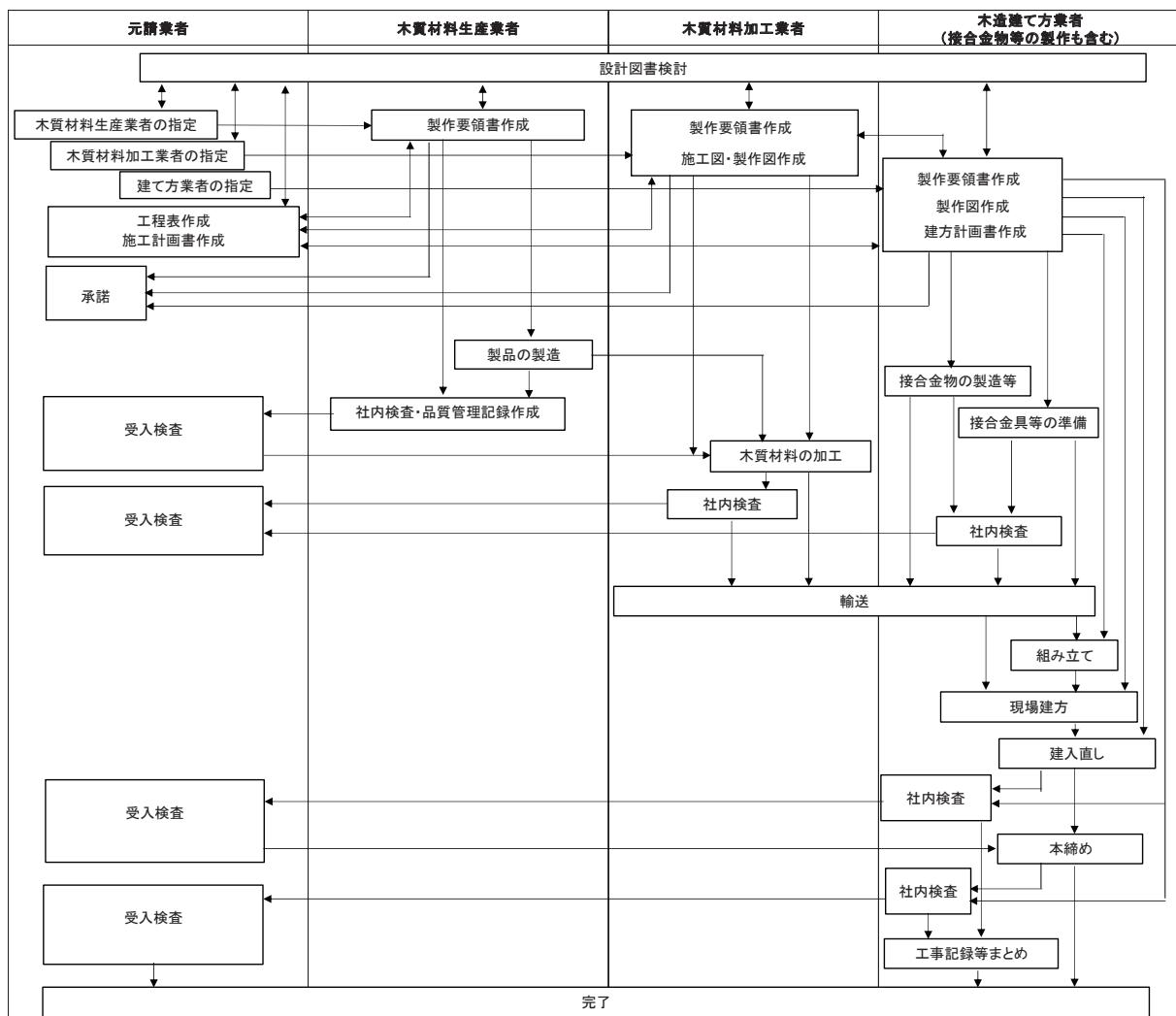


図 7.2 木造工事の流れ
(木質材料の生産・加工・建方を分離して発注された場合)

用する施設などを計画し、具体的に明文化した書類を、施工計画書という。施工計画書は、原則として木質構造工事管理責任者が作成し、これを受けて木質材料の製作、加工に関わる専門工事業者は製作要領書を、建方の専門工事業者は建方計画書を作成する。

7.1.3 製作要領書

木質材料および製作金物の品質が、設計図書に記載される品質を満足するように、製作工場の概要、製作方法や加工手順、品質管理方法および現場への搬入について、具体的に計画・検討した実施計画書が製作要領書である。製作要領書は、原則として材料の製作、加工前に作成し、元請業者の承諾と監督職員/工事監理者の承認を受けておく必要がある。製作要領書の詳細は、第3編の第3章に示す。

7.1.4 施工図・加工図

設計図書は完成後の建物の姿を示すものであるが、木質材料の加工、組立に関する詳しい情報は詳細に表現されていない。よって設計図書に盛り込まれた内容を、木造工事に関わる管理者および技術者・作業者が十分に理解し、適切な施工を行うためには、木造工事全体が把握できる施工図と、柱や梁等1品1品の品質規格、部材寸法や

加工を描いた加工図が必要になる。施工図・加工図は材料の製作・加工前に作成し、元請業者の承諾と監督職員/工事監理者の承認を受ける。

施工図・加工図は、加工、組み立てに関わる作業者が容易に読み取れるように描くことが重要である。また設計図書内でのくい違い、不明確な点がある場合や、設計図書通りに製品の製作・加工や施工を実施した場合に懸念される課題がある場合などは、元請業者や監督職員/工事監理者に質疑し、回答・指示を受けるなどして、手戻りのないように進めなければならない。

7.1.5 建方計画書

構造形式の特徴、現場条件等から施工品質、安全性、経済性、工期を鑑みて、具体的に建方計画を示したもの建方計画書という。建方計画書には、工事内容に適した施工職種の選択、作業手順、建方に必要な揚重機の選定や仮設計画の他、建方時の誤差や建方精度を確保するために行う建入直しの検討項目などを記載する。建方計画書の詳細は、第3編の第3章に示す。

7.2 品質管理と認証工場

7.2.1 設計品質と施工品質

工事に使用される木質材料は、顧客が安心・満足できる品質である必要があり、生産者の都合だけでその品質目標が設定されなければならない。施主・設計者が施工の目標として設計図書で定めた性能・仕様を設計品質といい、設計品質を満足するように施工した実際の品質を施工品質という。

品質管理の方法が不十分なことが理由で、不適合な木質材料が、構造上主要な部位に使用された場合には、建物利用者の生命や身体、財産などへ損害を与える可能性もあるため、施工者らは、この施工品質を保証するために、元請業者や監督職員/工事監理者と互いに協力し、流通過程における品質管理体制および品質管理方法を、関与するすべての企業が明確に把握して組織的に品質管理する必要がある。

7.2.2 品質の管理手法

品質管理は、製作された材料を検査または試験をして、不適合があれば取り除き、現場に適合品だけを納入することを目的に実施する管理手法である。一方で、その企業あるいは共同体が提供する品質が、継続的に改善・向上するために、プロセスを重視した管理手法を品質マネジメントという。

建築工事監理指針では、品質管理の結果が管理値を外れるなど疑義が生じた場合には、品質計画に従って適切な処理を施すと共に、その原因を検討し、再発防止のための必要な処置をとることを求めており、品質マネジメントによる管理を示唆している。

7.2.3 JAS制度

JAS制度とは「農林物資の規格等に関する法律」(昭和25年法律第175号) (以下JAS法)に基づいて、農林物資の品質改善、生産の合理化、取引の公正化及び使用または消費の合理化を図るためのものであり、農林水産大臣が制定した日本農林規格による検査に合格した製品にJASマークを貼り付けすることを認める「JAS規格制度」と、農林水産大臣が制定した品質管理基準に従った表示をすべての製造業者または販売業者等に義務付ける「品質表示基準制度」の2つの制度から成り立っており、木質

材料は前者が対象となり、後者は食料品が該当する。

工事で使用する材料については、設計図書にその品質、性能が規定されている。一般的な木材等の林産物にあっては、通常、日本農林規格（JAS）が指定されるが、これは設計者が、品質マネジメント活動に必要な職務分担の明確化、活動の基本となる標準類（社内基準・作業標準など）が整備されている組織での製作・加工を求めているからである。

JASマークを貼りつけることができる製造業者等の認証は、民間の第三者機関（登録認証機関）がこれを認証する仕組みとなっており、登録認証機関から認証を受けた製造業者等がJASマークを貼りつける仕組みになっている。製造業者等に加えて、製造工程を管理し、かつ、製品がJAS規格に適合するかどうかの検査を行う能力のある販売業者または輸入業者も、登録認証機関の認証を受けてJASマークを貼付することができる（表7.1参照）。

7.2.4 構造用材の認証工場の条件

第三者機関から、製造業者が構造用材の認証を受けるには、品質マネジメントによる継続的な品質管理能力を有することが求められる。「製材についての取扱業者の認証の技術的基準」（平成30年3月29日農林水産省告示第687号）に規定される基準の概要は、次のような項目である。

（1）製造又は加工、保管、品質管理及び格付のための施設

- ① 構造用材の製造又は加工にあたり、作業を行うのに支障のない作業場、乾燥場、機械器具、搬送設備が整備されていること。
- ② 適切な広さであり、製品の品質を保持できる製品保管施設が整備されていること。
- ③ 品質管理に必要な機械器具を備えた、適切な広さの施設であること。
- ④ 格付のため、必要な機械器具を備え、検査結果の評価及び証票の管理のための適切な広さの設備であること。

（2）品質管理の実施方法

- ① 品質管理責任者に、品質管理に関する計画の立案及び推進、内部規程の制定、確認及び改廃についての統括、従業員に対する品質管理に関する教育訓練の推進等の職務を行わせていること。
- ② 原木及び製品並びに製造工程についての品質管理に関する事項、製造及び品質管理の機械器具の管理に関する事項、品質管理記録の作成及び保存に関する事項等に関し、内部規程を具体的かつ体系的に整備していること。
- ③ 内部規程に基づいて品質管理を適切に行い、その記録を作成及び保存していること。
- ④ 品質管理の結果、製品の品質が安定していること。
- ⑤ 内部規程の適切な見直しを定期的に行い、かつ、従業員に十分周知していること。

（3）品質管理を担当する者の資格及び人数

表7.1に示す、品質管理担当者、品質管理責任者、製品の材面の品質検査担当者が置かれていること。

（4）格付の組織及び実施方法

製造部門及び営業部門から、実質的に独立した組織及び権限を有する格付を行う部

門があり、格付に関する規定を具体的かつ体系的に整備していること。

(5) 格付を担当する者の資格及び人数

表 7.1 に示す、格付を行う能力と経験を有し、認証機関が指定する技能講習を定期的に受講している格付検査担当者、格付責任者等が置かれていること。ただし、認証機関が指定する技能研修を定期的に受講している格付検査担当者を置かず、試料の検査を第三者に委託する場合にあっては、製材の試料の検査を適正に行い得る機械器具及び人員を備える者と委託契約を締結し、格付のための試料の検査を行わせ、かつ、当該試料の検査の結果に基づき格付を行う。表 7.1において前者をタイプ A、後者の第三者に委託する場合をタイプ B とする。

(6) 木材乾燥士、針葉樹製材乾燥技術者及び木材保存士

人工乾燥処理製材または保存処理製材の認証工場の場合は、表 7.2 に示す資格取得者を 1 名以上配置する。

表 7.1 製材工場の認証事業者別有資格者的人数

		製造業者		販売業者・輸入業者・輸出業者			
		Aタイプ	Bタイプ	販売業者		指定工場	
				Aタイプ	Bタイプ	Aタイプ	Bタイプ
①	品質管理担当者	製造、試験研究に1年以上の経験者 2名以上		一	一	製造、試験研究に1年以上の経験者 2名以上	
②	品質管理責任者	①の中から有資格者1名			有資格者1名	一 一	
③	製品の材面の品質検査担当者	選別業務6ヶ月以上の経験で 有資格者2名以上		一	一	選別業務6ヶ月以上の経験で 有資格者2名以上	
④	格付検査担当者	有資格者1名以上	一	有資格者1名以上 ②との兼務可	一	一	一
⑤	格付責任者	②以外の中から有資格者1名 ③④との兼務可	一	②以外の中から有資格者1名	一	一	一
⑥	格付担当者	一	有資格者1名 ②との兼務可	一	有資格者1名 ②との兼務可	一	工場での格付検査の一部は有資格者1名以上 ③との兼務可
有資格者 必要人数		3名以上	2名以上	2名以上	1名以上	2名以上	2名以上

* この表の有資格者とは、全木検認証業務規程第 40 条（品質管理及び格付を担当する者への講習会）に基づく資格者養成等研修会の試験に合格し、研修終了者（更新修了者を含む）として全木検に登録されている者をいう。

表 7.2 人工乾燥処理製材、保存処理木材認証工場に必要な有資格者

品目・区分	資格（資格認定機関）
人工乾燥処理製材	木材乾燥士（公益社団法人日本木材加工技術協会）または 針葉樹製材乾燥技術者（公益財団法人日本住宅・木材技術センター）
保存処理木材	木材保存士（公益財団法人日本木材保存協会）

7.2.5 構造用製材以外の木質材料の認証工場の条件

第三者機関から、製造業者が構造用集成材のJASマーク表示の認証を受けるには、品質マネジメントによる継続的な品質管理能力を有することが求められる。「集成材についての取扱業者の認証の技術的基準」(平成30年3月29日農林水産省告示第687号)に規定される基準の概要は、「製材についての取扱業者の認証の技術的基準」と同様である。

ただし、品質管理担当者の製造又は試験研究の経験、品質管理責任者が受講する認証機関が指定する講習会における品質管理に関する課程、及び製品の材面の品質検査担当者の選別の経験は、集成材に関するものをいう。

また直交集成板については、「直交集成板についての取扱業者の認証の技術的基準」(平成30年3月29日農林水産省告示第687号)、単板積層材については「単板積層材についての取扱業者の認証の技術的基準」(平成30年3月29日農林水産省告示第687号)に、技術的基準が規定されている。

7.3 木質材料の生産・流通の留意点

7.3.1 生物資源の利活用

木材はコンクリートや鋼材とは異なる、生物資源由来の材料である。よって再生可能であり、持続可能な資源と言える。また樹木の成長過程で炭素を固定し、さらに建築資材として利用すれば、建築物の存在期間中は炭素固定機能の役割を果たすことから、環境に優しい建材と言われている。さらに地域材の積極的な利用は地域経済の活性化に繋がると期待されている。しかし建築材料として木質材料を利用するには、生物資源であるが故に考慮すべき、次のような項目に対する配慮が必要になる。

(1) 含水率

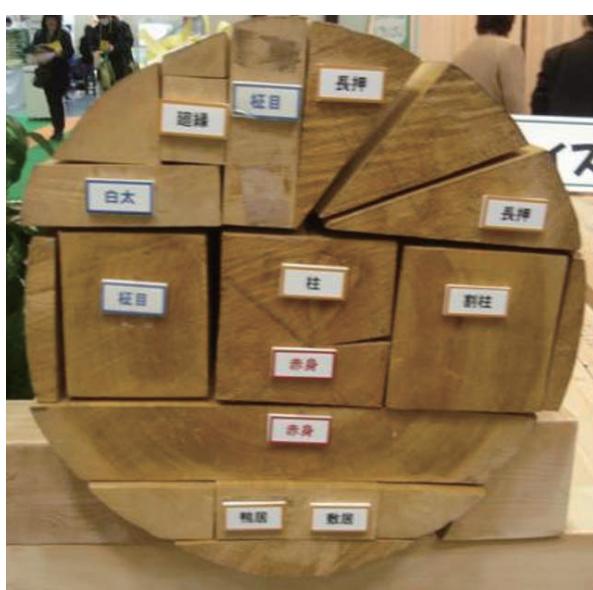


図 7.3 木取りによる断面変形の事例

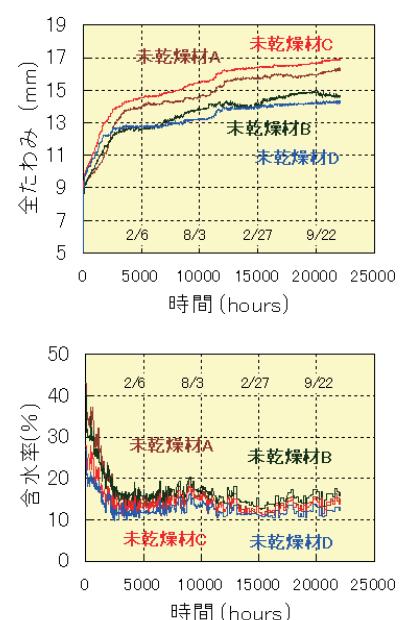


図 7.4 梁のたわみと含水率の変化

資料提供：宮崎県木材利用技術センター荒武志朗氏

木質材料は、含水率の変化によって、形状変化、寸法変化する材料である。例えば丸太から木取りをした材料を乾燥した後、再度組み合わせると、図7.3のように元の状態には戻らず、中央部の芯材のように割れも発生する。また含水率が纖維飽和点に近い梁材に載荷すると、図7.4の上のグラフのように、含水率の低下（図7.4下図参照）とともに著しくたわみが進行する。このような現象が建物内で発生すると、床の不陸、建具の不具合、床鳴りなどの原因になる。よって木質材料を木造建築の構造材料として利用する場合、含水率の管理は品質管理上、極めて重要である。建築物省エネ法の施行により、これまで以上に建築物には高断熱高気密化が求められるところから、平12建告第1898号に記載される15%が数値目標となろう。

木材乾燥は、断面寸法が大きくなれば、乾燥の難易度は増し、乾燥に必要な時間と費用も変わってくる。また過乾燥は、表面の変色や、強度の低下につながる割れや熱劣化の要因にもなるため、サイエンスを踏まえた高度な技術と経験が必要であり、木材乾燥の担当者及び管理者には、日々進歩する木材乾燥の技術を学ぶことが求められる。

(2) 強度性能

図7.5は、同寸のスギ構造用製材の曲げ試験の結果である。中大規模木造建築に木質材料を積極的に活用するには、コンクリートや鋼材等と同等の品質に対する信頼性が求められるが、このように木材は、強度性能にバラツキがある材料である。強度区分法は、木材の信頼性を高めるために進められた研究で、中大規模建築物の木造化には欠かせない技術である。機械等級区分構造用製材は、目視等級区分構造用製材と比較すると、強度を精度良く推定でき、定量表示されるため、今後、中大規模木造建築に採用される機会が多くなってくると推察される。

「工学的な手法によって強度性能を保証する工程を経た木質材料」をエンジニアード・ウッド（以下、EW）という。構造用集成材、構造用単板積層材、直交集成板は代表的なEWで、構造用製材と比較すると、強度性能にバラツキが小さく、含水率を容易に15%以下にコントロールできる。構造用集成材は、信頼性が高い材料として、これまでも中大規模木造建築物に広く使われてきた。ただし、接着剤で再構成する材料であることから、ラミナのたて継ぎと積層接着の品質管理が極めて重要である。

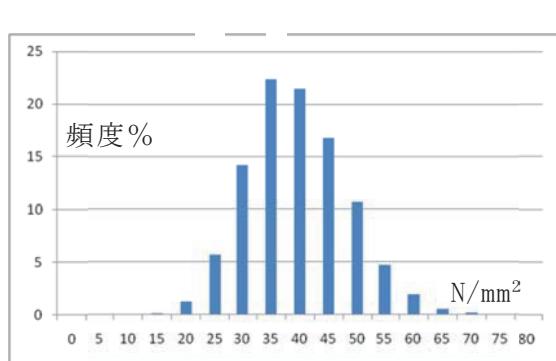


図7.5 スギの曲げ強度の分布

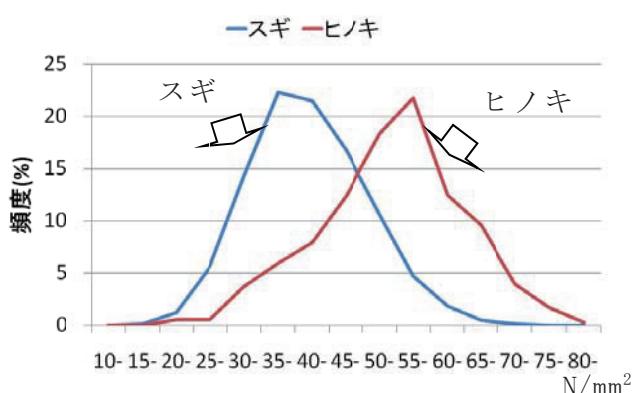


図7.6 スギ-ヒノキの曲げ強度の比較

資料提供：秋田県立大学木材高度加工研究所 飯島泰男名誉教授

また、図7.6に示すヒノキとスギの強度試験結果を比較したグラフから分かるように、樹種が違えば強度の出現状態が異なり、各樹種で強度の出現範囲が制限される。例えばスギを使う場合、E90を標準とするような設計は、材料の調達が困難になる。EWを選択する場合も同様で、ラミナのヤング係数の出現状況を事前に把握し、設計品質に影響が出る場合は、速やかに元請業者に報告し、対応策を検討しなければならない。

(3) 寸法

コンクリートは、流動的な材料を現場に運び打設するため、基本的に軸体寸法の制限は受けない。一方、鋼材は、材料の搬送経路の道路事情で部材寸法の制限を受けることがある。これに対し木材は、鋼材と同様に運搬時の制限を受けるが、生物資源特有の寸法制限も加わる。

樹木は、植栽後、成長を続け、順調に育てば樹齢が高いほど径は大きく、樹高は高くなる。図7.7は、ある森林のスギの樹齢と平均直径の関連性を示している。拡大造林を中心である我が国の人工林では、図7.8から、10~12齢級(1齢級=5年)に近い森林面積の比率が高い状況にあるが、この図を参考にすれば、搬出される木材の径は、現在、約30cmが主流ということになる。よって構造用製材の矩形断面の幅と高さは、丸太の径の制限を受けることになる。

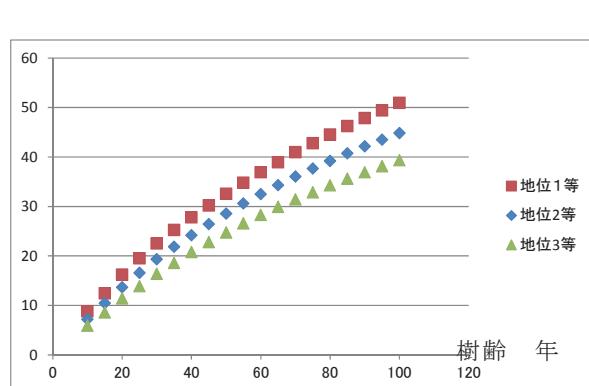


図7.7 丸太の齢級と径の関係事例

資料提供：森林総合研究所

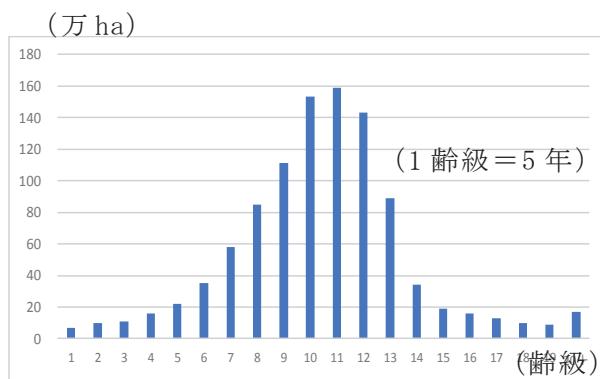


図7.8 人工林の齢級構成 (平成29年)

参考資料 森林・林業白書 平成30年版

長さについても、樹木は、必ずしも真っ直ぐ成長するわけではなく、長い材料は、周囲の樹木を傷めずに切り出すことも難しく、傾斜地、あるいは曲がりくねった道では搬出も困難になるため、長尺で通直の丸太材は、貴重な材料である。

7.3.2 木質材料の生産と流通の状況

現在の木材の供給体制及び流通体制は、これまで木材需要を支えてきた、共同住宅を含む住宅の分野を対象に構築されている。ところが、住宅と非住宅系の中大規模木造建築では、次のように違いがある。

- ① 住宅よりも非住宅建築の方が、室内が広い。
- ② 住宅より非住宅建築の方が、階高が高い。
- ③ 1棟あたりの中大規模木造建築の木材使用量は、住宅よりも多い。

④ 木材関連企業から見て、中大規模木造の1棟あたりの使用量は多いが、住宅需要のように発注に継続性はなく、発注形態が一過性である。

よって中大規模建築物の木造化を進めるには、こうした住宅との違いを鑑み、次のような項目に配慮して施工計画等を立てる必要がある。

(1) 寸法

近年、製材工場では、山から頻繁に搬出される丸太の大きさや、住宅向けの規格寸法（表7.3参照）を考慮した、生産効率の高い大型化・自動化の傾向が顕著である。中大規模建築物では、上記①、②の理由から、住宅向けの構造材よりも、断面寸法が大きく、長さも長くなる可能性があるが、このような製材工場では技術的に製材できない場合がある。例えば丸太の径が36cmを超える、あるいは長さが6mを超える材料は、製材できない可能性が高い。また技術的問題だけではなく、特注寸法の製材は、通常の生産業務に支障を来すため、経営的観点からも受け入れが難しくなる。

また、仕上げ工程で使う自動鉋等は断面寸法、長さのいずれにも影響する。小さなエレメントにしたのち、接着剤を使って大きな材料に再生産される構造用集成材、構造用単板積層材、直交集成板のようなEWでも、生産ラインに強度区分の選別機、圧縮する装置や自動鉋等を使用するため、なんらかの寸法の制限はかかる。

よって設計で求められる寸法に応じるために、施工計画を立てる際、事前に製材から現場に至る生産工程を調査して、材料調達を図る必要がある。

表7.3 構造製材と構造用集成材の規格寸法の一例

	幅 mm	長さ mm	せい (mm)									
			105	120	150	180	210	240	270	300	330	360
構造用 製材	105	3000	○		○	○	○					
		4000				○	○	○	○	○		
		6000	○									
	120	3000		○	○	○	○					
		4000				○	○	○	○	○		
		6000		○								
構造用 集成材	105	3000	○		○	○	○					
		4000				○	○	○	○	○		
		6000	○								○	○
	120	3000		○	○	○	○					
		4000				○	○	○	○	○		
		6000		○							○	○

* 製材工場、集成材工場により異なる。

(2) 納期

木材は、多段階の工程を経て建築の現場に運ばれるため、それぞれの工程で必要な時間を考慮すると、発注から納入に至るまで、時間を要する材料である。

まず伐採は、継続的な森林の役割を踏まえた、長期的視点に立った施業計画の下、

実行しなければならない。したがって、木材の使用量が多くなる場合には、施業計画とのマッチングが必要で、需要側と供給側の早めの調整が求められる。また、猛暑や積雪、虫害等への配慮から1年中、伐採できないため、工程計画等は、供給側の慣習を踏まえて立てることが望まれる。

次に、木材乾燥は、十分な時間が必要な工程である。人工乾燥は、天然乾燥と比較すると、乾燥期間が短くなると期待されるが、乾燥の1番の目的は、品質の向上であり、無理なスケジュールで乾燥させることは避けなければならない。また断面寸法が大きくなる程、時間を要し、乾燥スケジュールの組み方によっては、天然乾燥だけの乾燥と比較して、より時間がかかることもあり、建設現場の工程に大きく影響する。

このような必要な時間の問題に対し、住宅の市場では、見込み生産で対応している。この見込み生産は、材料が継続的に一定量出荷されること、寸法等の規格化がなされることで成立する生産体制で、寸法が限定されれば、大量生産も容易になるため、コストパフォーマンスにも繋がる。しかし、住宅市場の発注は、「継続性」が見込める事に対し、公共建築物の発注は一過性であること、空間の大きさ、構造形式等が多様で寸法の規格化ができないことから、発注を「待って」からの受注生産でなければ、基本的には材料の調達はできない。

ここで生じる納期の問題は、木材の伐採から加工に至る木材供給の工程をリード・タイムとして工事の工程表が組まれることで解消されると思われるが、単年度発注が基本である公共建築物では、理想の工程が組めない状況にある。そこで、工事の発注とは切り離し、発注者が地元の木材関連産業と契約を結び、材料の調達を行う分離発注という方法に注目が集まっている。

ただし、この分離発注は、確かに材料を準備する時間の確保には有効な方法であるが、施工計画においては、品質や費用に影響する、次のような問題点があることを理解しておく必要がある。

- ① 木材供給者と設計・工事監理者間に、品質基準の相違が生じると、材料の受け入れができない。
- ② 設計図書が不十分な状況で材料の調達を始めると、数量に増減が出やすい。
- ③ 材料の保管期間が長くなるため、保管費等、コストが増加する可能性がある。

小さなエレメントで木材を乾燥し、再構成するEWの活用は、乾燥期間が短く、また構造用集成材であれば、材料の幅だけ固定できれば、ひき板を事前に準備でき、材せいと長さには自由度があるので、実施設計が終わった後の製造でも、与えられた納期で製品を納めることができる。よって、EWを構造材として選択された建築物では、分離発注する事例は少ない。EWの生産工場が地域にない場合でも、製品とEWの特徴を睨んだ適材適所という考え方の下、地域産業に活かされる無理のない木質材料の調達計画が練られることが望まれる。

7.4 木造工事の加工及び建方の留意点

7.4.1 木質材料の加工の留意点

これまで木材需要を支えてきた在来軸組工法の木造住宅では、かつては大工職が構造用木質材料の墨付けをして仕口および継ぎ手の加工を、継承された技能を駆使して

行っていた。しかし、昭和50年代より技能工の高齢化や人手不足が懸念されるようになり、それを補うかたちで機械によるプレカット技術が登場した。プレカットは、IT技術の進化とともに、精度の向上と生産性の向上が図られ、平成12年以降は急速にシェアを拡大し、平成29年には、92%の在来軸組工法の住宅で、プレカット工場を経由した構造用木質材料が使用されている。

ただし、住宅の在来軸組工法で使用されているプレカットの生産ラインは、住宅用の規格材を対象に組み立てられており、加工できる部材の断面寸法や長さには制限がある。また形式化された仕口・継手の加工が基本で、中大規模木造建築で見られる、特殊な加工には対応できないケースが多い。

これに対して、大断面集成材メーカーを中心に導入されているプレカット装置は、比較的大きな断面や10mを超える長さの材料加工も可能である。さらに現在は、CADで描いた加工形状を、連動して具現化できるようになり、生産効率は住宅用のプレカット機械には劣るが、自由度の高い加工ができるようになっており、加工精度も極めて高い。

木質材料の加工精度は施工品質に大きく影響するため、木質構造工事管理責任者は、設計品質に応ずる最も適した加工方法を、品質、費用、工程を鑑み、選択することが求められる。

7.4.2 中大規模建築の木造工事の留意点

木造建築物の躯体工事は、現場での材料受け入れ後、主要構造部の地組・建方、建て入れ直し、本締め、二次部材の取り付けという手順で行われる。この手順は、住宅と中大規模建築とも概ね同じであるが、規模や受注体制等の違いから、次のような相違が生じる。

- ① 規模が大きい建築物では、工期短縮を図るために複数の工区や作業領域を分けて、工程が組まれる。
- ② 鉄筋コンクリートの基礎に打ち込まれたアンカーボルトは、住宅では土台の加工が現場でできるため、厳密な精度は求められないが、中大規模建築では、S造と同等の精度の確保が求められる。
- ③ 住宅では主要構造部材は、ほぼ同時に現場に搬入されるが、規模が大きくなると、建方に必要な材料を順次、搬入する。
- ④ 建方開始から屋根仕舞が終了するまで、品質に影響する気象条件への配慮が必要になる。
- ⑤ 中大規模木造では部材断面が大きく、部材が長くなる可能性があり、搬入経路については事前の調査が必要である。

また、S造の建方と比較すると上記④に加え、次のような点に注意する必要がある。

- ① 木質材料は衝撃や支圧により損傷しやすい。
- ② 作業者の足跡や手あかが、汚れの原因になる。
- ③ 施工職種が多用で、現地での加工もある。
- ④ 使用する工具が異なる。
- ⑤ 可燃物である。

木造建築物は、これまで住宅が主体であった。また、中大規模木造建築の施工にあたり、建方計画書作成の折には、S造を参考にすることが薦められるが、上記のような相違点を整理して、適切に計画を立てることが望まれる。

7.4.3 中大規模木造建築の技術者・技能者の留意点と管理体制

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は、施工図や加工図を作成し、設計図書と相違がないことや、設計図

書通りに組み立てができるのかを事前に確認する必要がある。

近年、施工図や加工図は CAD による作成が一般的であるが、図面の作成者には、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る。また、7.4.2 で取り上げたプレカット機械ではなく、構造用の木質材料の加工を大工職の手に委ねられることも未だ見られるが、その場合にも、施工図・加工図の作成は不可欠で、図面作成者は大工職の知識も学ぶ必要が生じる。

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ない。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る。よって、実施工程表は、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望まれる。

また中大規模木造建築では、加工から施工に至るまで、大工職をはじめとする多くの人手が必要になる。施工計画は、適切な職能工の配置と、無理のない人員を確保し、職能工は施工計画に基づき加工と施工を行う。木質構造工事管理責任者は、受入検査に向か、自主管理である社内検査を実施し、設計品質に応じた施工品質の確保に努める必要がある。

平成 6 年の建設業法改正により、法律上、施工体制台帳の整備が義務化され、平成 26 年 6 月の建設業法の改正により、平成 27 年 4 月からの公共工事において、受注者は下請け金額にかかわらず、下請業者に工事を発注した場合は、施工体制台帳を整備しなければいけなくなった。木質構造工事管理責任者は、中大規模木造の公共建築物の施工に関わる場合には、従来の住宅市場を背景とした木工事の慣習にはない、施工体制作りの必要性を認識しておく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修：建築工事監理指針／上巻 平成 28 年版、第 1 章 一般共通事項、2016
- 2) 全国木材検査・研究協会：製材の日本農林規格並びに改正の要点及び解説、2015
- 3) 日本合板検査会：構造用集成材の適正製造基準、2013
- 4) 鉄骨製作管理技術者登録機構：鉄骨製作管理技術者教本 2018 年版、pp280、2018
- 5) 日本鋼構造協会・建築鉄骨品質管理機構：鉄骨工事管理責任者－認定考查テキスト、2018
- 6) 日本集成材工業協同組合：集成材建築物設計の手引、2012
- 7) 文部科学省：木の学校づくり手引書、2019

第8章 木質混構造建築の施工上の留意点

8.1 木質混構造建築の重要性

近年、多層の中大規模木質構造建築の建設に関心が集まっている。その背景としては、気候変動の問題への意識の高まる中、CO₂ 固定効果のある木質材料を再評価する動きが見られること、及び、戦後植林された木材が活用期を迎える一方、必ずしも国産木材の活用が進んでいないという、我が国固有の問題がある。しかし、我が国が世界でも有数の地震国であることを考慮すると、多層大規模建築の木質化を純粋な木質構造のみで進めることは必ずしも効率的とは言えず、S造・RC造との混構造とした方が市場競争力を有する可能性がある。

このような状況を背景として、国の施策としても、木質混構造建築を積極的に推奨しようとする動きが見られる。例えば、大規模の木質構造の出現には集成材あるいは CLT（直交集成板）の寄与は大きいと思われるが、林野庁と国土交通省は、平成26年11月、CLT（直交集成板）に関する施策を計画的に進めるとともに、その具体的な内容とスケジュールを周知し、関係者の取り組みを促進するため、「CLT の普及に向けたロードマップ」をとりまとめ公表した。このロードマップには、図8.1の通り、鉄骨造建築等の床・壁や建築の耐震補強における CLT の部分的利用について、技術開発ができ次第活用していくことが示されている。

これらの動向を受けて、多層の中大規模建築に対する木質混構造建築の実現に向けた取り組みが報告されているので、その概要を8.2で示す。また、これら取り組みを参考にして、木質構造と異種構造の混構造建築の施工上の留意点について8.3で解説する。最後に、8.4では、木質構造と異種構造の混構造建築を施工する場合の工程管理上の留意点について、概説する。

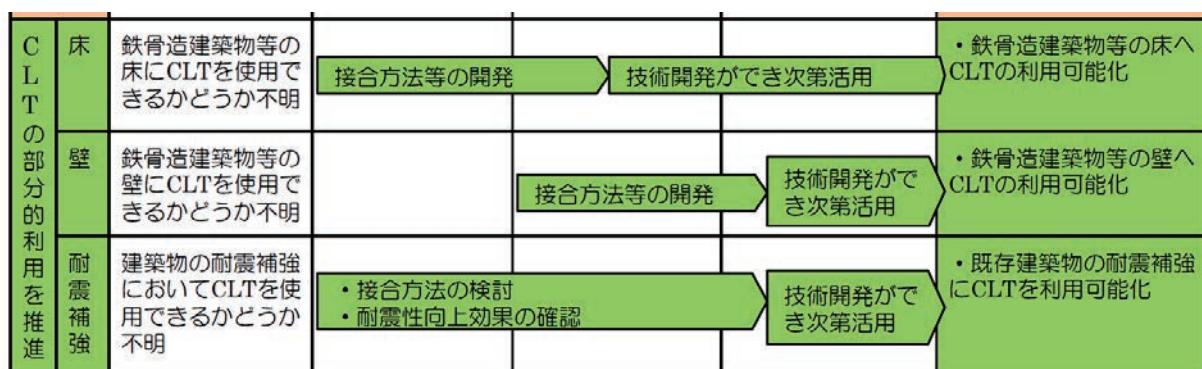


図8.1 CLTの普及に向けたロードマップ

8.2 最近における木質混構造建築の実現に向けた取り組み

a) 鉄骨造建築の床への木質材料（CLT等）の利用

鉄骨造と木質構造の混構造建築については、中高層鉄骨造オフィスビルの床に木質材料（CLT等）を用いるための技術開発が行われている。従来の鉄筋コンクリート造の床を木質材料に置き換えるという試みである。これらの建築においては、

- ・鉄骨梁と木質床の接合方法
- ・木質床の1時間または2時間の耐火被覆方式の確立
- ・鉄骨梁から木質床への熱伝達により木材が発火危険温度に達しないこと

等が、技術開発上の重要なポイントとなる。また、

- ・地震時における耐火被覆材の脱落防止
- ・天井吊り材の耐力確保とコースレッド等を介しての熱伝達の影響の排除
- ・外壁周や堅穴部分の耐火被覆等

についても留意が必要であるが、これらについては、以下の資料がある。

●資料1：平成25年度補正 林野庁委託事業

事業名：CLT等新製品・新技術利用促進事業のうちCLT実用化促進（接合部データ等の収集・分析）
「鋼構造オフィスビル床のCLT化」

実施項目

1. 木床と梁の接合方法、木床と木床の接合方法
2. 木床荷重をS造大梁に伝達する為の木製小梁の性能、接合方法等の検討
3. 工期短縮、ローコスト化を目指した合理的施工方法の検討
4. 木床のモデル建物について、構造設計を行い、構造計算書、構造設計図の作成方法

●資料2：平成26年度 林野庁委託事業

事業名：CLT等新たな製品・技術の開発促進事業のうち中高層建築物等に係る技術開発等の促進（耐火部材開発）
「鋼構造オフィスビル床のCLT化」

実施項目

1. 中高層以上の建物に要求される2時間の耐火性能をCLTに持たせる為の検討
2. 小型加熱炉により、経済的、かつ軽量な被覆材の選定の為の加熱試験の実施
3. 鉄骨接合部における温度状況、その熱がCLTに与える影響の確認
4. 小型加熱炉により確認した被覆材を用いての水平炉における載荷加熱試験を実施し、性能評価における2時間耐火性能を有することの確認

●資料3：平成27年度 林野庁委託事業

事業名：CLT等新たな製品・技術の開発・普及事業（木質耐火部材開発）
「鋼構造オフィスビル床のCLT化」

実施項目

1. コスト削減を目的とした2時間耐火床構造の開発
2. 被覆仕様の検討 鉄骨部分、木口面、止めつけビスの保持力の確認
3. 天井材への繰り返し荷重による影響と熱橋の確認
4. 小型加熱炉により確認した被覆材を用いての水平炉における実大載荷加熱試験を実施し、性能評価における2時間耐火性能を有することの確認
5. S造フレームとCLT床の面内せん断試験、繰り返し荷重による接合部への影響、スタッド縁距離等接合強度の把握

●資料4：平成28年度 林野庁委託事業

事業名：都市の木質化等に向けた新たな製品・技術の開発・普及委託事業（木質耐火部材開発）
「鋼構造オフィスビル床のCLT化」

実施項目

1. 床貫通孔耐火被覆及び床取合部の耐火性能確認
2. パイプシャフト用矩形床開口部の性能確認
3. CLT関連告示の内容を踏まえ、剛床の成立を初めとする、構造に関する検討、見直し、確認。
4. 鉄骨はり接合部耐火被覆の耐火性能

●資料5：平成30年度 林野庁委託事業

事業名：CLT等新たな木質建築部材利用促進・定着事業「新たな製品技術の開発」

実施項目

1. 鉄骨梁とCLT床の新接合方法の開発
2. CLT床相互の新接合方法の開発
3. 新耐火被覆方法の開発

尚これらの資料は、以下のURLからダウンロードが可能である。

<https://woodist.jimdo.com/材料について/clt/>

また、これらの工法を用いた建物の実施例としては以下がある。

●実施例1：松尾建設本店ビル（6階建てオフィス）



図8.2 松尾建設本店ビル外観



図8.3 松尾建設本店ビルの工事中風景

●実施例2：泉区高森2丁目プロジェクト（10階建て高層賃貸マンション計画）



図8.4 泉高森プロジェクト外観



図8.5 泉高森プロジェクト工事中の風景

b) 建築物の耐震補強におけるCLTの利用について

建築物の耐震補強における利用については、既存の鉄筋コンクリート造建築物の耐震補強壁としてCLTを用いるための技術開発が行われている。CLTパネルの木口間およびRC造のフレームとCLTパネルの間にエポキシ樹脂を注入して固定する接着工法について、実験が行われた柱スパンの範囲内で、壁の開口が少なく、CLTの壁の四辺を接着した耐震壁の場合、初期剛性をCLTのせん断剛性とし、せん断強度をコンクリートの接着せん断強度とすることで、安全側に補強効果を評価できることが報告されている。

これについては、以下の資料がある。

●資料6：平成27年度 林野庁委託事業

- ・事業名：CLT等新たな製品・技術の開発・普及事業（CLT等接合部データ等の収集）
- 「木質材料を用いたRC造建築物耐震補強工法開発」

8.3 木質構造と異種構造の混構造建築の施工上の留意点

a) 鉄骨梁と木床の接合方法

① GIR 接合による方法

鉄骨梁に打設した頭無スタッドとエポキシ樹脂による接合方法である。スタッド本数が多くなると、精度上の問題から施工上の不具合が生じる恐れがある。例えば、この方法は、資料1に示す工法を採用した実施例1の建物で用いられているが、実施例1では施工管理者より、スタッド間隔が細かく、鉄骨とCLT 床の施工精度上の不整合から、問題が生じる恐れがあることが指摘された。それを回避する方法として、スタッドの後打ち工法が開発されている。

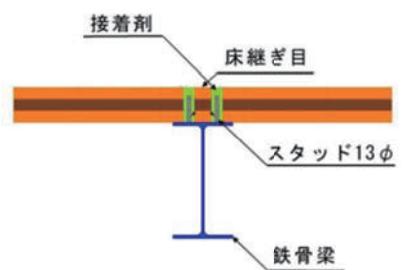
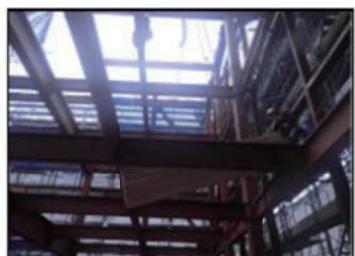


図 8.6 鉄骨梁と木床の接合方法（1）



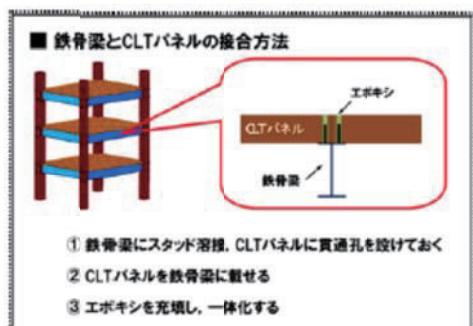
【CLT吊込開始】



【CLT吊込状況】



【CLT吊込完了】

【特殊スタッド】
【特注スタッド(150+150)】

【CLTと梁のクリアランス確保】



【スタッド溶接】



【スタッド余長切断】



【切断後のスタッドとCLT孔位置】



【エポキシ樹脂注入】



【スフライン合板取付】

図 8.7 スタッドの後打ち工法

②LSB接合による方法

これは、資料5に示した方法で、頭部に雌ねじ加工を施したLSBを木材に埋め込んでおき、鉄骨梁とボルト接合する方法である。この場合、ボルト孔のクリアランスについて注意が必要である。鋼構造設計規準によれば、ボルトが支圧ボルトの場合クリアランスは1mm以内、ボルトが高力ボルト摩擦接合の場合、クリアランス2mm以内と定められているが、鉄骨と木材の接合においてこの規準を準用することはやや困難である。資料5では、この接合方法を行う場合、ボルト孔のクリアランスは4mm程度必要としている。また、床に一般的に生じるせん断力程度であれば、4mmのクリアランスを設けたとしても、接合面における滑り等は生じないことが確認されている。

■ ラグスクリューボルト（LSB）を用いた方法

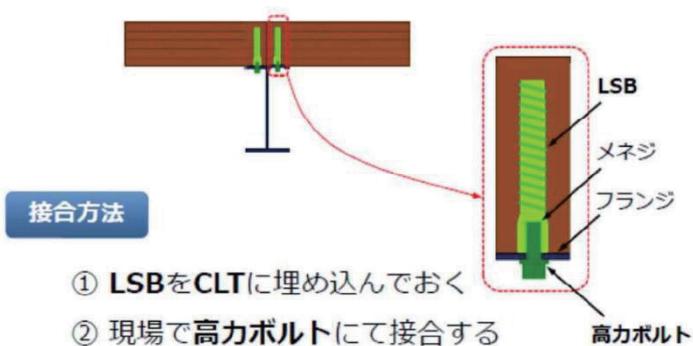


図8.8 鉄骨梁と木床の接合方法（2）

③コンクリート又はモルタルを介した接合による方法

実施例2で採用されている方法である。GIRやLSBに比べ、湿式の材料を用いることから精度上の不整合の問題は生じ難いのが利点である。

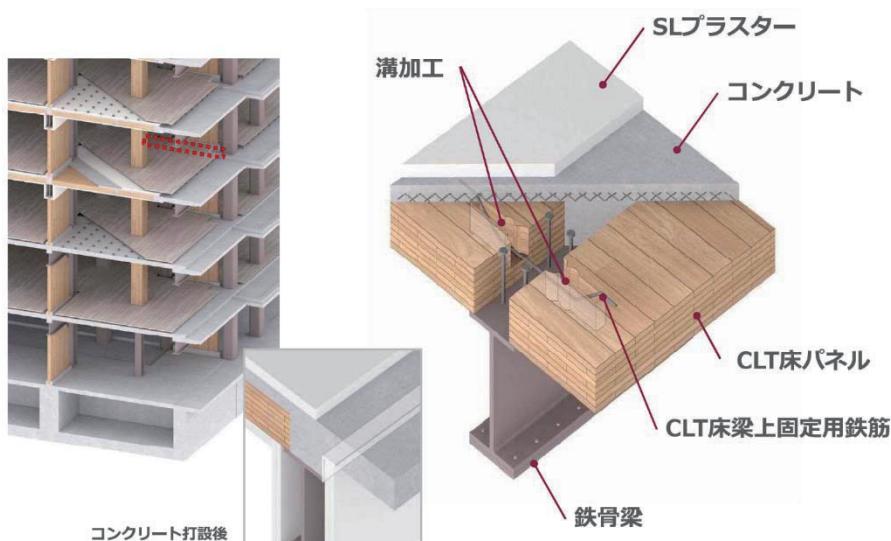


図8.9 鉄骨梁と木床の接合方法（3）

b) 耐火被覆方式

資料2には、CLT床の2時間耐火の方式が示されている。また、資料2、資料4には、鉄骨からの熱伝達により、木材が発火しないための鉄骨梁の耐火被覆方法が示されている。その他、資料4には、床に設備の貫通孔等がある場合の耐火被覆方式や、天井吊り材からの熱橋の影響についても、問題無い旨が示されている。

耐火被覆を行う場合、下面の被覆材の貼り付けに多くの手間がかかることが指摘されている。そのような状況を回避するため、下面の耐火被覆を工場で行う場合の方法が資料5に示されている。

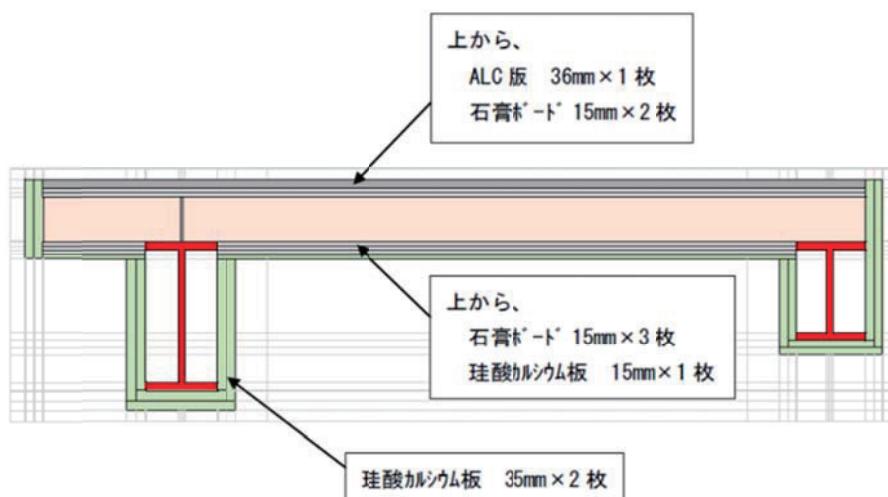


図 8.10 2時間耐火被覆方式の例

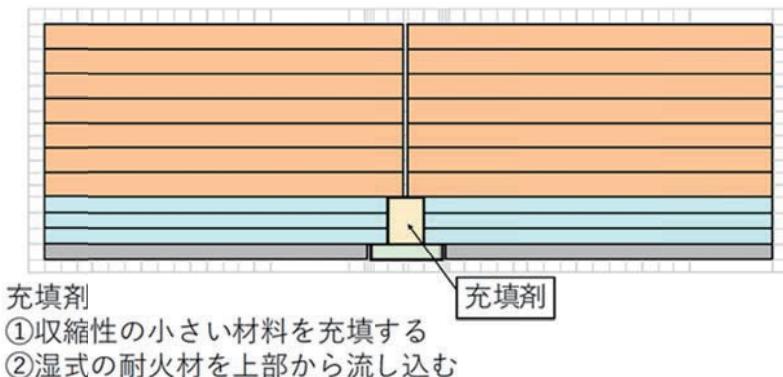


図 8.11 2時間耐火被覆方式の改良例

8.4 工程管理上の留意事項

木質混構造のメリットとして、しばしば工期の短縮が指摘される。しかし、実際には、鉄骨工事と木工事の連携が悪いと、そのメリットが発揮できない恐れもある。まず重要なことは、鉄骨の製作開始のホールドポイントの明確化である。そして、当然のことながら鉄骨製作が始まるまでは、原則木材加工に取りかかるべきではない。しかし、鉄骨工事において、著しい工期の遅延等が認められる場合には、部分的に木工事の加工を先行して認めるための調整の方法を、あらかじめ定めておくことが望ましい。

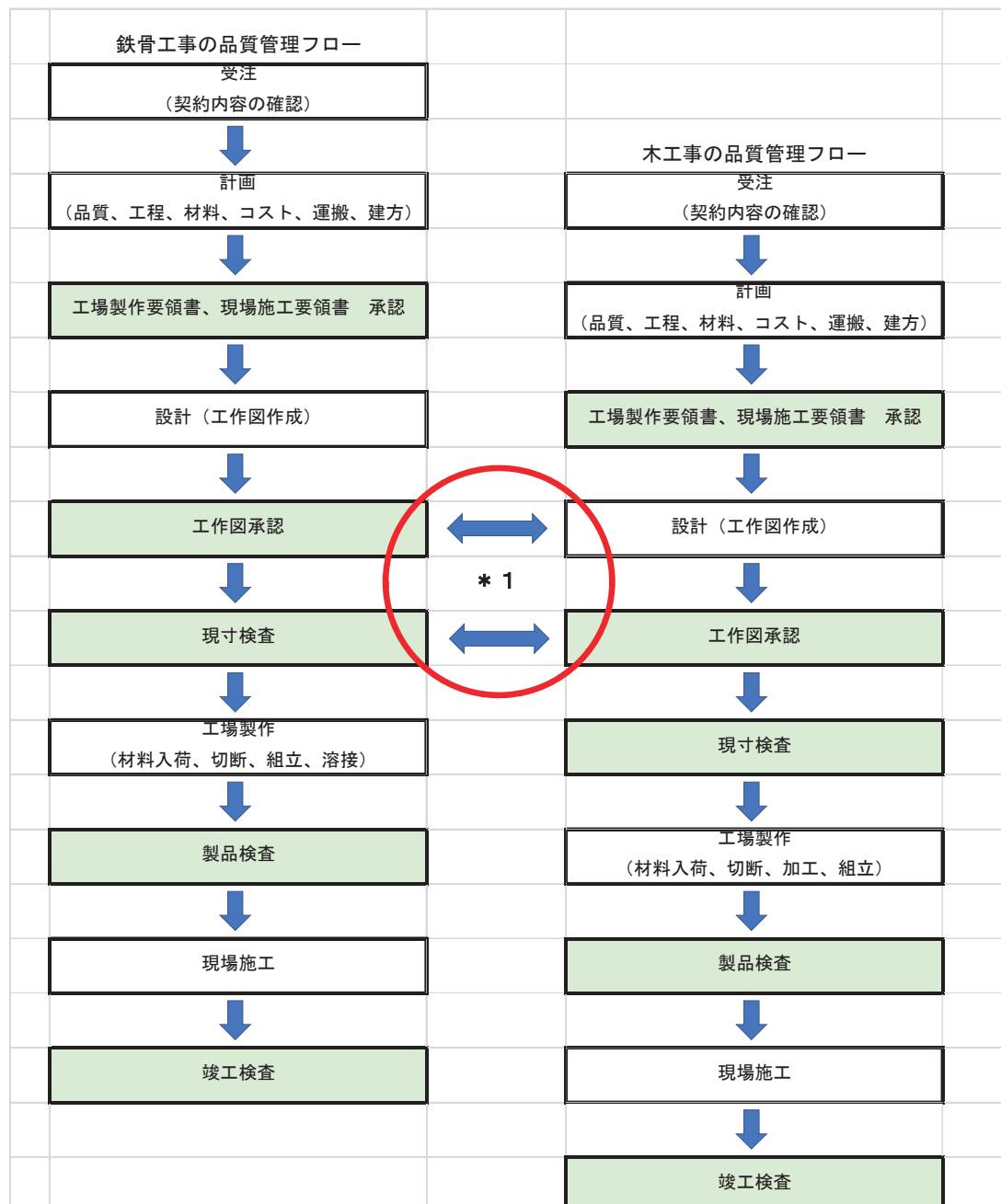


図 8.12 鉄骨工事・木工事の工程管理上の要点

*1)この段階における鉄骨工事、木工事の進捗調整をいかに円滑におこなうかが、ポイントとなる。

