

木造建築物をめぐる 耐久性の状況

目次

建築物の長寿命化に取り組む	2
耐久設計の考え方	3
建築計画上の配慮	5
木質材料別の注意点	7
構造用金物の耐久性向上	11
断熱工法・通気工法	13
外壁通気工法	15
カーテンウォール	16
屋根・樋	19
雨水の跳ね返し対策	21
屋外利用の注意点	23
木の外壁の変色を抑えるには	25
水・水蒸気が大量発生する空間	27
維持保全計画の策定	29
点検と保守・補修	31
法律等で規定されていること	33
設計者のためのチェックリスト	35
用語解説	37

いま木造建築の建設範囲は小規模な戸建住宅にとどまらず、民間、公共を問わず、教育、文化、健康維持、宿泊、管理運営、流通などのもろもろの人間活動に関連する各種施設にも広がろうとしています。それにもよって木造建築物への要求性能やデザインは多様化し、使用する材料や工法も多岐にわたっています。一方、木造を含む建物の耐用年数(寿命)については、地球環境や資源エネルギーの観点などから、ますます長く使い続けることが求められています。

建物の耐用年数を長く維持するには、機能的な耐用年数を長くすることが重要ですが、それを可能とするためには躯体を物理的に長持ちさせることが大前提になります。すなわち、躯体の耐久性をいかに長期にわたって維持するかが重要になります。

木造建築物の用途が中層・大規模なものにまで広がると、防耐火の問題、遮音の問題など新たに検討すべき性能課題が出てきますが、それにもよって躯体に関わる耐久性向上措置も影響を受けるようになります。また、人々の健康維持のための温泉施設やプール・浴場などの水分、湿分の作用が多くなる木造建築物にあっては、住宅の設計に比べてはるかに慎重に躯体の耐久性維持方法を検討する必要があります。



1958年築の集成材建築物(北海道砂川市):生物劣化が無く、築50年以上経過中。左は外観、右は内観である¹⁾。



Unit Structures(現Sentinel Structures)社のU.S.A(WI)の集成材建築物群:紫外線の届かない屋内部分であるため劣化が無い。左はPeshtigo Middle-High School 図書館(旧体育館)で築74年の時の写真である。材はサザンイエローパイン、接着剤はカゼイン接着剤による集成材を使用している。右は同体育館で築51年の時の写真である。材はサザンイエローパイン、接着剤はフェノール・レゾルシノール接着剤による集成材を使用している^{1)~3)}。

建築物の長寿命化に取り組む



天竜区役所（静岡県浜松市）
（木造で内装木質化）：メンテナンス費用の低減を優先し、外部に木材を使用しない設計とした。



天竜区役所（静岡県浜松市）
v 吹き抜けのガラスのカーテンウォールの中にキャットウォークを設置し構造用金物の増し締めを行うためのアプローチを容易にした。



岡市総合保健福祉センター（山形県）
（RC造で内・外装木質化）：外壁面の木質系ルーバーの塗り替えに配慮し、キャットウォークを設置した。



茂木町立茂木中学校（栃木県）
維持管理コストがかかる樋をつける代わりに、軒の出を深くし雨水の落下範囲を玉石敷きにして雨水の跳ね返し高さを抑えた設計とした。

以上のような設計上の課題に加えて、木造建築物の耐用年数を長く維持するには、建物使用段階における維持保全の問題が重要になります。これは建物の維持費の多寡にも強く関わる問題で、設計時に維持保全費用を安く抑える仕様とすること、また、維持保全が容易に行える仕組みを作りこんでおくことが、今後の木造建築物の耐久設計には求められることとなります。また、まだ実使用年数が短く、必ずしも耐久性能の評価が定まらない新木質材料を使用する場合など、設計者が木造建築物の耐久性を高めるうえで考えなければならない問題は、現在、多岐にわたっていると言えるでしょう。

耐久設計の考え方

木材を使用した設計で注意するポイントには、構造的に重要な部材、腐りやすい部材(生物劣化被害を受けやすい部材)、メンテナンス困難な部材(点検を含む)などがあります。その要因が複合的に重なる部分については、特に耐久性を考慮した設計をすることが重要となります(図1)4)

地盤面から高さ1m以内の外壁軸組材や屋外に暴露されているバルコニーの支持梁や繋ぎ梁、屋外に暴露されている柱、梁、アーチなど

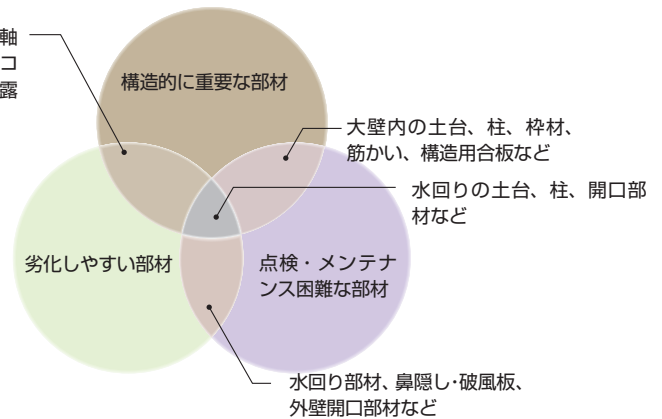


図1 薬剤処理を含めた何らかの耐久性向上措置が必要になる部位・部材の範囲

耐久性を高める設計のポイント⁵⁾

- 建物に作用する各種劣化要因の種類と程度を推定し、その建物の目標とする耐用年数が十分確保できるように設計する。
- 建物各部を水分や湿分の侵入や滞留が起らないように、日照、通風、換気、防水、雨仕舞、防湿など十分注意して設計する。

フェールセーフの概念の導入

木造建築物の耐久性能を確保する基本は、図2に示すように材料の耐久性能を低下させる原因となる水分・湿分を、長期間継続的に木部に作用させないシステム(以下、「保護システム」という)を作り込むことです⁶⁾。この時、何らか

の故障あるいは許容限度を越える事象が生じた場合、その保護システムには、二重、三重に水分・湿分の作用・挙動をコントロールするサブシステムが組み込まれていることが必要です。また、構造材料に生じている何らかの危険な事態を検知し、場合によりそれを容易に修補できることを支援するサブシステムを備えていることも重要なポイントです。しかし、このような構造面からの各種対策をとったとしても、施工の良し悪しや建物の使用方法、維持管理の程度、あるいは偶発的な事故、瑕疵、災害などによって、建物は長い使用期間の中で思わぬ故障や不具合を抱え込むことが少なくなく、このような万が一の事態に対する対策を考えておく必要があります。つまり、耐久設計にフェールセーフの概念を導入する必要があります。

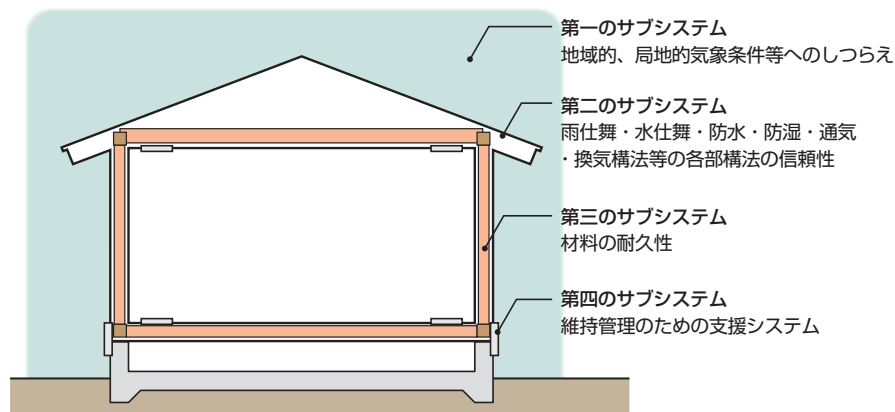


図2 設計段階で考慮すべき耐久性維持システム

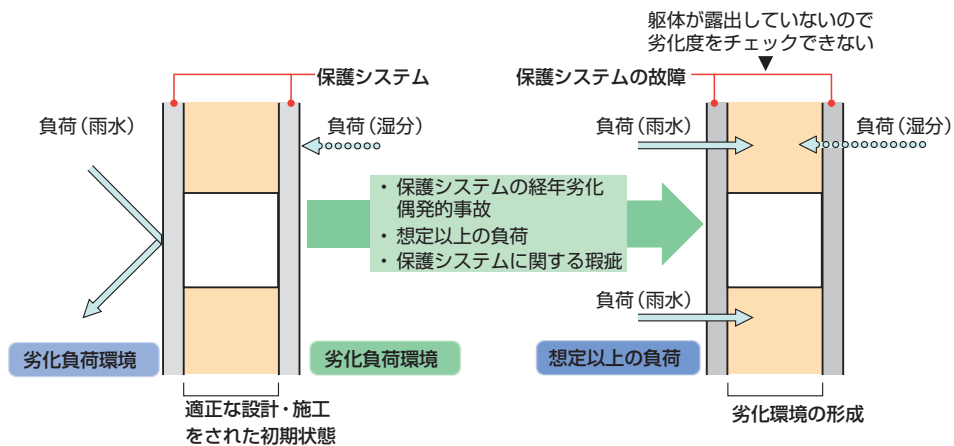


図3 外壁密閉部材の保護システム(内部部材に水分・湿分が作用しないようにする機能)

構造材料としての木材を高耐久のものにしておくことは、まさにこのフェイルセーフに該当する対策であり、この考え方を模式的に示せば図3のとおりです。すなわち、構造体木部が下地、仕上げなどの保護システムによって被覆される大壁造のような構造方式の場合、その保護システムが経年や偶発的事故等により性能低下をきたすと、構造体木部周辺に劣化環境が形成されやすくなりますが、現状の検査技術では木部の劣化程度について保護システムを壊すことなく診断することは困難ですし、また診断できたとしても発見時には補修が大がかりにならざるを得ないケースが多くなります。そのような点検、管理のしにくい構造における保護システムの故障あるいは性能低下の場合でも、材料自体が高い耐朽性能を有していれば、図4の直線の勾配によって表される劣化速度が遅くなり、限界耐用状態*になるまでの時間を遅らせることができます。そして、その間に保護システムの性能回復を図って、目標とする耐用年数

を全うすることができるようになります。

耐久設計の中に、以上のような材料によるフェイルセーフ機構を組み込もうとする場合、材料のもつ耐久信頼性(耐久性能の確からしさ)が重要になります。そのような材料としては、高耐朽樹種の心材部分を用いた製材あるいは集成材などや、防腐処理木材、すなわち防腐剤を加圧注入処理した加圧式保存処理材(製材あるいは集成材)があります。

*一例として、基準法が定める構造安全性能のレベルと考えることができます。

施工ミスを少なくする計画を心がける

設計時に施工のしやすさを考慮しておくことと施工ミスによる劣化を防ぐことに繋がります。シンプルな屋根形状とする、コンクリート打設のしやすい基礎形状とする、外壁の凹凸が少なくなる平面計画とすることなどが大事になります。

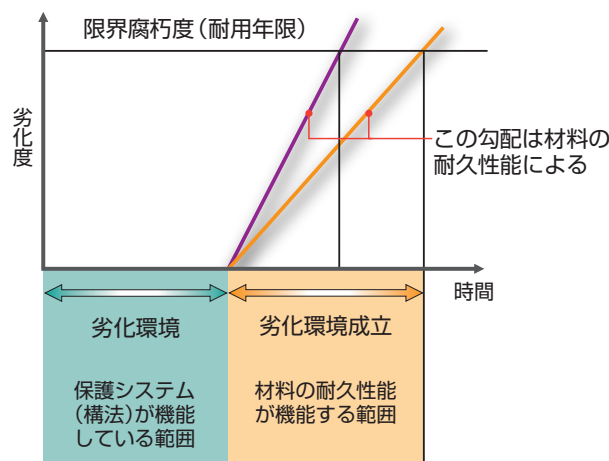


図4 材料による劣化対策の意味

建築計画上の配慮

配置計画上の配慮

木造建築物の劣化のしやすさは、建物周辺環境が、建物の耐久性確保上有利かどうかと大きく関係しています。この建物周辺環境は、敷地の持つ条件と、敷地への建物配置計画によって左右され、建物の建つ地域の気候・地域特性(気温、湿度、日照時間、風雨・降雪量、卓越風向等)や局地的気象条件(周辺樹木や地形による建物周りの風雨の流れ、湿度勾配等)などによって決まります。

地域の気候特性との関係では、例えば、強風をとまなう多雨地域では、単に建物自体だけで雨水対策を取るのでは不十分であり、幾つかの段階的な対策をとるのが普通です。その第一段階が、「敷地構え」といえるものです。敷地構えは、いわば建物の一番外側に配置された雨を伴う強風を遮るための仕掛けといえます。このような仕掛けが見られる代表的な地域として沖縄諸島がありますが、沖縄では石垣を敷地回りに積んで強風に備えています。和歌山県南部の台風常襲地域でも、写真1に示すように、その考え方には共通する部分があります。このようにすることで、建物外壁や屋根、開口部への雨水の作用を緩和することができ、劣化につながる水分の躯体への浸入を抑制することが可能となります。

同様のことは、多雪地域の建物でも見ることができます。秋田や新潟などの多雪地域では、雪囲いを建物の周囲、特に卓越風向の方向に設け雪が直接開口部や外壁面に付着するのを防ぐ工夫をしています。



写真1 台風などの強風に備えて高く積み上げられた石垣(和歌山県) 地元で手に入れやすい石材を地域に伝承される石積みの技術で積み上げ、台風時などの強風ならびに強風をとまなう雨に対する備えとして見られる。

しかし、このような自然環境に対する構えは、何も上記のような特殊な地域だけがとるべきことではありません。一般の気候が比較的穏やかな地域でも、必ずその地域の卓越風向がありますから、それを意識して植栽や床下換気口、開口部の位置などを決めたいものですし、特に吹き降りの時の卓越風向を考慮することは、建物配置を計画する上で重要になります。

また、局地的な気象条件との関係では、隣家との距離が極端に近かったり、壁面に常に陰を作るように植栽が植えられていたりする場合には、壁に作用した水分が乾燥しにくい状況が継続して、壁仕上げ材や構造体が劣化しやすい環境が生まれてしまいます。

平面計画上の配慮

建物の平面計画も劣化のあり方に密接に関連しています。複雑で入り組んだ平面形状ですと、特に外壁入り隅部で湿気が滞留したり水分が乾燥しにくくなったりして、外壁、土台回りなどに劣化が発生しやすい環境が形成されやすくなります。また、建物平面形状の複雑さはそのまま屋根の複雑さにつながります。複雑な平面形状をもった屋根では、各所に谷部が形成されるとともに、確実な防水施工が難しい箇所も発生しやすくなり、そのような箇所から小屋裏や壁体内への漏水可能性が高くなるので注意が必要です。



写真2 大館市樹海体育館
メインアリーナの他サブアリーナ、会議室・研修室などが大屋根内に収まっている。

断面計画上の配慮

建物各部の高さ、軒の出、屋根勾配などは、建物の断面計画と関連し、結果的に劣化発生の問題と絡んできます。例えば、道路面と敷地との高さ関係、敷地地盤面と床下地盤面(土間コンクリート面)との高さ関係などは、建物内への雨水浸入との関係で重要です。周辺地盤面の方が高く、雨水が床下に頻繁に浸入する結果、床束や土台が腐朽した建物も少なくありません。同様に南側に設けたテラス上面の水勾配が逆になっていて、雨が降るたびに雨水が建物側に流れてくる結果、床組や軸組下部が劣化した例も見られます。現在は床下をコンクリートで覆う場合が多いと思いますが、その場合でも、換気孔の位置を高くするとともに、床下コンクリート仕上げ面を周辺地盤面より50mm程度以上高くしておくことが重要です。

また、基礎立ち上がり高さとともに1階床高さを十分高くしておかないと、雨水の跳ね返りや地盤からの湿気などにより土台や床組が劣化を受けやすくなります。基礎立ち上がり高さに関しては、400mm以上あれば跳ね返りの影響は少なくなります。

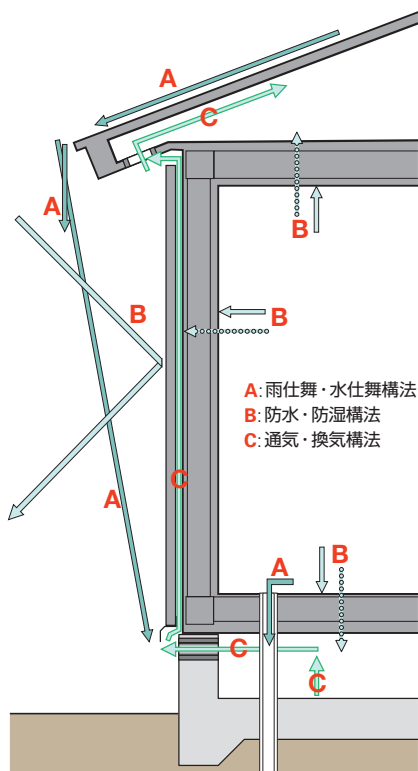


図1 水分・湿気からの躯体材料保護システム

屋根回りでは、軒の出が小さいと外壁面に雨水が掛かりやすくなりますが、近年は、軒の出がまったくない建物も珍しくありません。このような建物では、経年に伴って外壁仕上げ面にひび割れや防水性能の低下があった場合には、壁の高い位置から雨水が浸透し軸組の広い範囲を劣化させる可能性があります。敷地条件の許す限り、大きな出を確保すべきでしょう。

屋根勾配に関しては、材料別に標準的な勾配が決まっていますが、地域によってはよりきつい勾配が求められることもあります。勾配が足りないと、台風時の雨水の漏れや軒裏への雨水の回り込みなどが生じ、小屋組材の劣化やたる木先端部あるいは軒先回りの劣化に繋がることがあります。

断面計画と劣化との関係でもう一つ重要な問題として、床下、壁内、小屋裏の建物内換気、通気の問題があります。建物内の各部に滞留した湿気を効果的に外部に排出するディテールを採用したいものです。

メンテナンスコストを抑えるには

躯体の耐久性を維持して建築物を長く使えるようにするためには、維持保全が重要となります。建物が長寿命になればなるほど維持保全の期間は長くなることから、維持保全の手間とコストのかかる材料を劣化しやすい箇所に使用しないなど、維持保全コストを抑える設計が重要となります。また、足場などを架けなくても高所の維持保全がしやすいように、予めキャットウォークを要所に設けておくことなども、持続的で確実な維持保全を可能とする意味で大事です。



写真3 春野協働センター
吹き抜けのガラスのカーテンウォールの中に設けられたキャットウォーク。

さらに、腐朽とともに蟻害は木造躯体に致命的な損傷を与える劣化現象ですが、細部の納まりがシロアリ被害の発見が難しい納まりとなっていると、大規模な修繕などが必要となる場合が多くなります。基礎、土台周りの納まりを蟻道の発見がしやすい形に工夫することも、木造建築物のメンテナンスコストを抑える上で重要な設計上のポイントです。

木質材料別の注意点

製材の耐久性上の特性を知る

乾燥した製材を使用しよう

構造材に製材を使用する場合、施工時や竣工後の製材の収縮・割れ・狂いを抑え、変色や腐朽を防ぐには、乾燥した製材を使用することが重要です。乾燥した製材とは、含水率が15%～18%のものが目安となります。公共建築物の場合は、製材JASの使用が求められ、その場合の構造材はSD15、D15、D18の材となります。工場出荷時に含水率が18%の材は輸送や建て方以降にも乾燥が進み、竣工時には含水率が15%程度になると考えられています。乾燥した製材を使用した場合でも、収縮、干割れ、ねじれが発生するという前提で、接合法や納まりを工夫する必要があります。

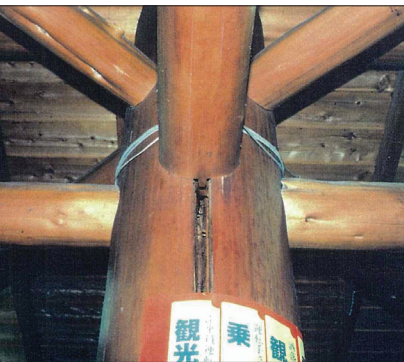


写真1 丸太背割りの開き⁸⁾
梁のほぞ幅より大きい

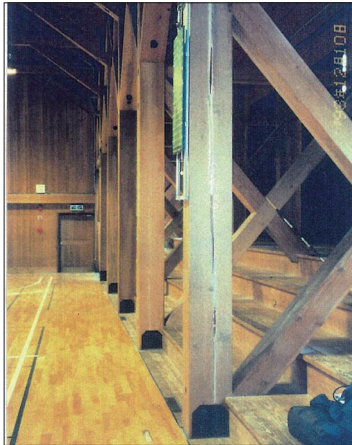


写真2 未乾燥材の柱に生じた大きな干割れ⁸⁾

乾燥製材を使用するメリットのまとめ⁷⁾

- ① 使用中の収縮、割れ及び狂いを抑えることができる。
- ② 変色や腐朽を防ぐことができる。
- ③ 強度部材としての性能を保つことができる。
- ④ 輸送及び保管を容易にすることができる。
- ⑤ 塗料・防腐剤などの浸み込みがよくなる。

辺材と心材では耐久性が違う

図1に野外杭試験における辺材と心材の質量減少率の相関グラフを示します。ツガ・アカマツ・ブナは心材と辺材がほぼ同じ様な質量減少率ですが、他の樹種は心材の方が辺材よりも質量減少率が小さい、すなわち、心材の方が耐久性が高いことがわかります。構造上重要な部材や腐りやすい部分には心材を使うか、辺材が入っている材の場合は

加圧式保存処理木材とするなど別途対策を施すことが求められます。



写真3 カラマツの丸太で製作した遊具
辺材のみ腐朽している。(製作8年経過時)

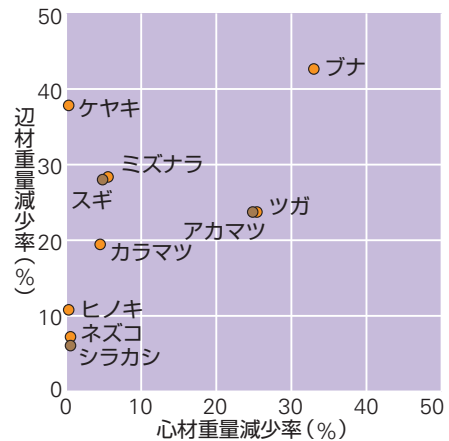


図1 野外杭試験における主要樹種の心材と辺材の質量減少率の違い
(引用:林業試験場報告(123)より作成)

樹種によって耐久性が違う

耐久性の高い心材であっても、樹種によって耐久性が異なります。表1は製材JASに記されている心材の耐久性区分です。D1が耐久性が高いとされている樹種のグループです。

また、腐朽菌の種類によって樹種(心材)ごとに耐久性が異なります。例えば、「エゾマツ」は「ワタグサレタケ」には弱い、「スエヒロタケ」や「ナミダタケ」には強いということがわかっています¹⁰⁾。しかし、樹種と菌種の関係や材の産地による耐腐朽性の相違については情報がまとめられていません¹¹⁾。地域材の使用を検討する際には、地域の林産系の研究所等に問い合わせることで、それらのデータを入手できる可能性があります。

表1 心材の耐久性区分(製材の日本農林規格 2013)

D1	ヒノキ、ヒバ、スギ、カラマツ、ベイヒ、ベイスギ、ベイヒバ、ベイマツ、ダフリカカラマツ及びサイプレスバイン
D2	上記以外の樹種

集成材の劣化を抑える

集成材は、雨掛かりか直射日光を受ける場所かで耐久性が変わる

厳しい環境で使用される構造用集成材にはレゾルシノール系樹脂接着剤が使用されています。これは、昭和44年まで使用されてきたユリア接着剤よりも化学的に安定しているためです。ただし、レゾルシノール系樹脂接着剤を使用した集成材であっても、含水率変化が大きく、ひき板個々の寸法変化により接着層に繰り返し応力が生じる環境下では、接着層のはく離などに注意する必要があります。逆に、雨水が直接かかる状況や直射日光を受ける環境下でなければ、接着層の劣化は極めて少ないことがわかっています。

集成材を構成するラミナの劣化については、製材の場合と同様で、雨掛かりや結露水があり常に湿潤状態にある場合には、干割れや腐朽、蟻害などが発生する危険があります。

集成材を用いる場合の注意点

- 雨掛かり、直射日光の作用を抑えた設計とする。
- 直射日光を受ける場所に使用する場合は、日光の当たる面に集成材の接着層が見える面を配置するのではなく、ラミナ1枚のみに当たるように配置する⁸⁾。

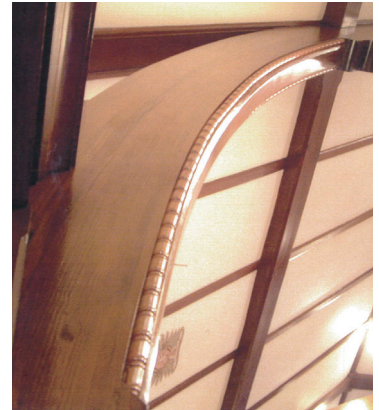


写真4 St. Leonard Catholic Church (1936 築)
米国初の集成材(サザンパイン材+カゼイン接着剤)による教会で、干割れ・はく離がほとんどない。

合板の剥がれをなくす

要求性能に合った合板を使用する

合板の単板がはがれる印象が強いのは、過去に耐水性の低い造作用合板を水掛かりのある場所に誤って使用したケースが多かったことによります。要求性能に合った合板を使用することが大切です。

「新しい木質材料を使用する際の注意点」

- 木質材料はその含水率上昇に伴う寸法変化や生物劣化に気を付ける必要がある。水分は主として木口面から吸収されるが、右に示すような製品は四周に木口面が現れるため表面積に占める木口面積の割合が軸材料と比較して大きいことに留意する必要がある。
- 製品の製造に用いられる接着剤の性能は、製品の耐久性に影響を与える。通常的环境下(防水紙により保護された環境)では長期間、構造上必要とされる性能を有するが、想定されていないより厳しい環境下でははく離等の劣化が生じる可能性がある。一般的に熱可塑性より熱硬化性の方が耐久性は高いとされている。
- 熱圧工程を経て製造される製品は、含水率の増加に伴う厚さ膨潤が大きくなる傾向が強い。また、エレメントの厚さ・大きさが小さいほど同様の傾向になる。



CLT:国内生産品では接着剤には水性高分子イソシアネート系樹脂(熱可塑性)やレゾルシノール系樹脂(熱硬化性)、海外製品では一液型ポリウレタン(熱可塑性)やメラミン樹脂(熱硬化性)が使用されている。エレメントはひき板で、圧縮は基本的に冷圧である。



LVL(B種(直交層が入ったもの)):接着剤には主としてフェノール樹脂(熱硬化性)が使用される。エレメントは単板で、圧縮は熱圧である。



OSB:接着剤には北米製品ではフェノール樹脂(熱硬化性)、欧州製品ではMDI(熱可塑性)が主として使用される。エレメントはストランドで、圧縮は熱圧である。

耐久性を向上させる機能性木質

加圧式保存処理木材

加圧式保存処理木材とは日本工業規格(JIS A 9002)に規定された方法で保存処理された木材をいいます。木材は心材の耐久性が高いことが分かっていますが、心材だけの材は入手しにくく、心材と辺材の割合も不明で部分的に辺材が混じることは多々あります。また、材の産地による耐腐朽性の相違については必ずしも明らかになっていません。そのため、高い耐久信頼性を確保したい場合には、加圧式保存処理木材を用いるという選択肢が出てきます¹¹⁾。

加圧式保存処理木材の使用を推奨する部位

土台・大引き・1階軸組・通し柱・屋根垂木・1階床下地・1階耐力壁・屋根下地。

耐力壁に構造用合板を使用する場合、合板と枠材の留め付けが耐力性能の発揮上必須です。特に足元部分の蟻害・腐朽によって留め付けが効かなくなることがないように、軸材だけでなく面材に対しても防腐・防蟻処理を行うとよいでしょう。



写真1 劣化環境下におかれたパネルの耐力壁強度試験¹⁴⁾

上: 加圧式保存処理木材、下: 無処理木材

加圧式保存処理木材は健全だったが、無処理材は接合部の釘が引き抜かれ、耐力壁の強度に明確な差が現れた。

工事管理時の注意点

加圧式保存処理木材にかビが生えた場合でも、その強度低下や薬剤成分に影響することはありません¹⁴⁾。継手・仕口のプレカットや現場加工によって薬剤が浸透していない部分が露出した場合には、表面処理薬剤の塗布などで処理します¹⁴⁾⁵⁾。

熱処理木材

熱処理木材とは、高熱環境下で木材成分を変化させた木材をいいます。耐久性能と寸法安定性能に優れており、直接地面に触れない箇所では、40～60年の耐用年数が期待できると言われています¹⁵⁾。そのため、経年変化による腐れ、反り、割れ、釘の浮きなどが発生しやすい外壁や直射日光の当たるフローリング、ルーバーやデッキなどの外構に用いることができます。難燃処理薬剤の加圧注入により、不燃材料・準不燃材料として供給されている製品もあります。

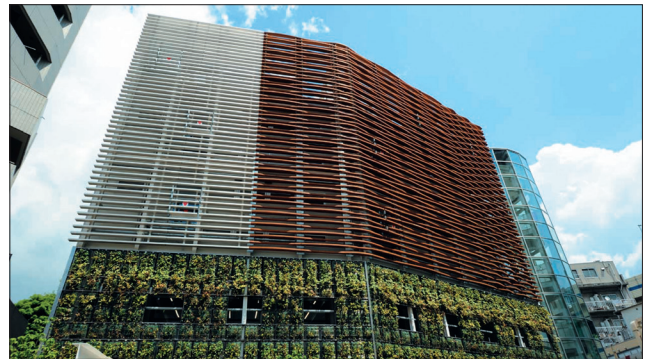


写真2 東京都港区立麻布図書館 - 外装に使用された熱処理木材



写真3 愛媛県西条市役所 - 外装に使用された熱処理木材

収縮抑制処理木材

製材を利用する場合、乾燥木材を使用することが、収縮・割れ・狂いを抑え、変色や腐朽を防ぐ上で重要ですが、未乾燥材でも収縮抑制処理をすることで同様の効果が期待できます¹⁶⁾。この処理をした木材を収縮抑制処理木材といい、防腐・防蟻剤との併用が可能です¹⁶⁾。ただし、大壁に使用する場合は、外壁通気工法とする必要があります¹⁶⁾。また、屋外に使用する際には塗装仕上げとする必要があります¹⁶⁾。

材料

防火処理木材

防火処理木材の性能条件として難燃・準不燃・不燃とありますが、木材を難燃材・準不燃材および不燃材とするためには、何らかの処理が必要です。基本的には性能をクリアするために多量の無機成分を有する防火薬剤を加圧注入処理をするのが一般的です(一部塗布仕様もあり)。

防火処理木材の白華予防対策

- ① 防火処理木材に適切な塗装処理を行なう
- ② 空気中の水分を吸収させない塗料の選択および塗装は防火処理木材全面に処理を行なう
- ③ 屋外に使用する場合には、塗膜の耐久性に注意する点および雨掛かりしない箇所での使用が望ましい

防火処理木材を扱う上での注意点に、施工後、防火処理木材表面に発生する白華現象があります。白華とは、防火処理木材が空気中の水分を吸収すると共に、室内外の湿度環境による乾湿繰り返しにより、防火薬剤が再結晶し防火処理木材表面に白っぽい粉末が析出する現象です(写真5)。

白華現象が起きる要因には、注入する防火薬剤の処理方法があります。一般的に使用する防火薬剤は含浸処理する前に水で溶解されます。一度に多くの薬剤を処理しなければならぬために比較的水に溶解しやすい薬剤を選択しています。含浸処理後には水分を吸収しやすいのです。

対策としては、含浸処理後に防火薬剤を水に不溶解の成分に変化させるか、もしくは処理木材に塗装を行ない空気中の水分を吸収させないための処理が必要であり、一般的に実施されているのは後者です。



写真5 防火処理木材の白華現象



写真4 グランダ多摩川・大田 (有料老人ホーム) 外壁に防火処理木材を使用している。施工後の着脱を容易にし、メンテナンス性を向上させている。

塗料としては空気中の水分を透過し難いように塗料の成分(樹脂)および塗装回数を選択します。また防火処理木材に塗装する場合には、見える部分だけでなく防火処理木材の全面に塗装を施す必要があります。見える部分のみを塗装した場合には、見えない部分から水分を吸収し、見える部分に白華を生じさせる可能性があります(写真6)。

防火処理木材を屋外で使用する場合も、水分を吸収させないよう塗装などを行う必要があります。また、塗膜の劣化および欠損部分から、雨掛かりにより薬剤が溶脱する可能性があります。塗膜の耐久性、再塗装などのメンテナンス計画に配慮しましょう。

塗装を行った加圧注入処理の防火処理木材の場合は白華等を抑制したAQ材(P37用語解説参照)を使用する、塗装は工場塗装し現場加工をしないといった注意が必要です。



写真6 白華による塗膜の劣化

構造用金物の耐久性向上

適切な防錆処理を行う

構造用金物などの腐食防止には、従来から三つの原則があるとされています⁷⁾。第一に鋼材のおかれている環境から腐食媒質を遠ざけること、第二にステンレス鋼及び耐候性鋼のようなさびにくい合金鋼を用いること、第三が鋼材を防錆処理することです⁷⁾。建築物は、湿気の多い立地や塩害が予想される地域などに建てなければならなかったり、足元に雨掛かりがあったりなど、腐食媒質を完全に遠ざけることはできないケースもあります。その場合には、後者2つのどちらかを採用することになり、要求性能や経済性によって異なりますが、一般に、構造用金物や接合具の場合は、防錆処理を施すことが採用されています⁷⁾。

接合金物の防錆処理の種類

欧州のRoHS(特定有害物質使用制限)指令により、防錆処理のクロムフリー化が進んでいます。表1は、代表的な防錆処理の種類毎の特徴を示しており、中でも「亜鉛皮膜+有機被膜」のような複合被膜が最も耐久性に優れています¹⁸⁾。

表1 防錆処理とその特性(引用：深谷敏之：木造住宅用接合金物の防錆処理、住宅と木材34(397)、2011より抜粋)

	防錆処理	使用される主な接合金物	その他
使用されている防錆処理に ZおよびCMマーク金物に	溶融亜鉛めっき鋼板(Z27)	プレス加工だけで製品化できる接合金物。火打ち、短冊金物など。	亜鉛皮膜の上に薄くクロメート処理が施されているのが一般的。これに代わるノンクロム鋼板も多い。
	電気亜鉛めっきクロメート(Ep-Fe/Zn8/CM2)	ボルト・ナット類。座金など鋼板の板厚が高い接合金物。	自動車部品業界や弱電業界の部品に三価クロメート処理が採用されているが、クロメート処理代替のノンクロム処理は今後の開発課題となっている。
	溶融亜鉛めっき(HDZ-A)	引寄せ金物SHD・太め釘など。亜鉛めっき鋼板では製作できない接合金物や、製作上、溶接工程などが必要な接合金物に適用。	亜鉛皮膜の上に薄くクロメート処理が施されているのが一般的。クロメートに代わるクロムを含まない化成処理などが開発されている。
使用されている防錆処理に 同等認定金物等に	合金亜鉛めっき鋼板	プレス加工だけで製品化できる接合金物。火打ち、短冊金物など。	合金亜鉛皮膜の上に薄くクロメート処理が施されているのが一般的。これに代わるノンクロム鋼板も多い。
	合金亜鉛めっき	引寄せ金物・太め釘など。合金亜鉛めっき鋼板では製作できない接合金物や、製作上、溶接工程などが必要な接合金物にも適用できる。	合金亜鉛皮膜の上に薄くクロメート処理が施されているのが一般的。これに代わるノンクロム処理も開発されている。ボルト・ナットなどねじの勘合を必要とする接合金物には適さない。
	複合被膜(代表的な複合被膜は下地に亜鉛めっき、上部に塗装して有機被膜を乗せる、無機と有機の複合被膜である。)	接合金物全般に処理可能である。	複合被膜は木材との接触という腐食環境の調査から開発された被膜であり、木酸などの酸や防腐防蟻木材との接触腐食に対し、高い耐食性を示す。ノンクロムの複合被膜も開発されている。

木材の生物劣化・接合金物の腐食と接合部性能

現在、木質構造建築物の接合部には金属接合具を用いることが一般的である。これらの接合部の性能は、木材と金属双方の性能に依存すると言えるだろう。

木材が生物劣化した時の接合部性能については近年報告が増えつつある。これによれば、木材が生物劣化すると構造性能は低下するようである。一方、接合金物が腐食した時の接合部性能に関する報告はまだ数少

ないが、釘のせん断性能はある程度の腐食までならば向上するようである。

では、木材の生物劣化と接合金物の腐食が同時に生じた時にはどうなるか。このケースの報告も殆どないが、釘のせん断耐力が腐食により向上するのは摩擦力によるものと思われ、これも結局木部の性能に依存するものなので、あまり期待しない方が賢明であろう。

加圧式保存処理木材と金物の関係

木質構造の耐久性を向上させるために選ばれている加圧式保存処理木材ですが、それとの接触が構造用金物を腐食させることがあると指摘されており¹⁹⁾、逆に耐久性に問題を生じる可能性があります。ただし、加圧式保存処理木材に用いられる保存処理薬剤は複数有り、保存処理薬剤と接合金物の防錆処理との組合せによっては、錆の発生が少ないものがあることが判明しつつあります。図1に、防錆処理された構造用金物(12種類)と保存処理薬剤(8種類)を用いた加圧式保存処理木材の組合せによる腐食性(屋外暴露)について、3年目の検証から得られた傾向を示します²¹⁾。色の薄い組合せが相性のよいものといえます。加圧式保存処

理木材を使用する場合、適切な表面処理を行った金物を選択する必要があります。

構造用金物と加圧式保存処理木材の組合せ²¹⁾

- 銅を含む加圧式保存処理木材を使う場合は、亜鉛メッキと反応しやすいため複合被膜処理をした金物を使う。
- 複合被膜処理をした金物は、どの加圧式保存処理木材に対しても安定している。
- 加圧式保存処理木材と金物防錆処理の組み合わせは、劣化外力を考慮して適切なものを選ぶ。

図1 加圧式保存処理木材と金物の相性(屋外暴露試験(つくば)3年目)

		金物の仕様											
		亜鉛めっき				亜鉛合金めっき				複合被覆			
		ZnCr3	Z27	HDZ-A	HDZ23 (相付)	Z60	HDZ35	合金めっき Zn+Sn	合金めっき Zn+Mg 1	合金めっき Zn+Mg 2	電気亜鉛め っき+被膜 1	電気亜鉛め っき+被膜 2	Z27+カチオ ン電着塗装
加圧式保存処理木材 (保存処理薬剤別)	AAC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	SAAC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	BAAC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ACQ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	CUAZ-2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	CUAZ-3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	AZN	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	ホウ酸	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ 概ね30%以上の赤錆発生 ■ 概ね30%以下の赤錆発生 ■ 微量の赤錆発生 ■ 変色・白錆発生 ■ 変化無し

(引用：石山央樹・中島正夫・森拓郎・野田康信・中島裕貴・榎本敬大：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4】暴露試験3年経過報告、日本建築学会大会学術講演梗概集 22198、pp.395-396、2014 より作成)

構造用金物の納まりを工夫する

大断面集成材と構造用金物による構法を採用する場合、根継ぎなどの補修が非常に難しい場合が考えられます。まずは、設計時に構造用金物部分に雨水や結露水が集合しないようにすること、もしくは流れ込んでも水が排出されるようにすることが耐久性向上に繋がります(図2)。

将来的に腐朽の可能性がある部分に大断面の木材などを採用する場合には、万が一のことを考え根継ぎ補修がしやすい金物を採用することも一つの方法として考えられます(写真1)。

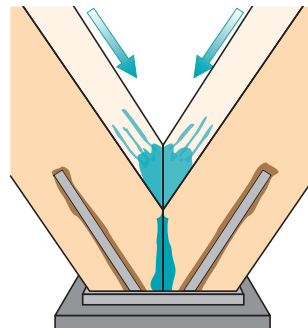


図2 V字状の柱の柱脚部分結露水などが柱脚に集合する納まりは金物の腐食、木材の腐朽を早めることになる。

写真1 雨掛かりにある玄関エントランスの独立柱
金物がプレート状で横方向に遮るものがない形状であるため、万が一根継ぎをすることになった場合でも柱を抜くのが容易である。

断熱工法・通気工法

断熱工法の整理

木造建築物の断熱工法には充填断熱工法と外張り断熱工法があります。

充填断熱工法

充填断熱工法の場合、外気の影響を受けやすく、北側の柱脚金物、筋かい金物では露点温度に達する可能性があります²²⁾。壁の内部結露を防止するためには、防湿・気密を確実にするよう注意します。小屋裏についても、12月～5月までの期間中は結露の可能性が高くなります²²⁾。小屋裏に使用する金物に防露措置を施すなどの対応が考えられます。

表1 充填断熱工法の一般的な各部工法

部位	断熱工法	換気
屋根	無し もしくは、屋根断熱（充填）	—
小屋裏	天井断熱	換気有り
	（屋根断熱（充填断熱工法）の場合、無し）	換気無し
壁	充填断熱工法	—
床	床断熱	—
床下	—	換気有り

なお、床断熱・床下換気有りとして上部を外張り断熱工法とするなど、部位毎に断熱・気密工法の手法を取り入れることもあります。

断熱（外張り断熱工法）・気密工法

外張り断熱工法の場合、外気側に断熱層が連続しているため、木部などがヒートブリッジになりやすく、充填断熱工法に比べて結露が発生する可能性は低いといえます²²⁾。ただし、外装材を留め付ける場合に留め付ける材までの距離が長くなることから、自重の重い外装材を用いる場合には下地材を用いるなど注意する必要があります⁵⁰⁾。

外壁・屋根の通気工法の整理

外壁には、面材等の外壁下地材に外装材を直接張り付ける直張り工法と、通気胴縁や通気金具によって外壁躯体の外気側に通気層を設ける外壁通気工法があります。屋根にも、屋根葺き材と野地板の間に通気層を設ける屋根

通気工法があります。これらの通気工法は各部位内の結露を防止する上で有効とされており、耐久性向上のためには、直張り工法よりも外壁通気工法、屋根通気工法が推奨されます。

小屋裏換気と外壁通気工法の組合せ

外壁通気工法は、水切り部分と軒天部分で給排気する方法（外壁のみで通気を完結）と、水切り部分で給排気し、上部を小屋裏換気につなげる方法があります。前者の場合、風雨の強い地域では強風時に上部の通気孔から雨水が吹き込む恐れがあります。そのため、防水紙を桁上まで張り上げるよう設計します。

表2 外張り断熱工法の一般的な各部工法

部位	断熱工法	換気
屋根	屋根断熱（外張り）	—
小屋裏	—	換気無し
壁	外張り断熱工法	—
床	無し	—
床下	基礎断熱（外断熱工法・内断熱工法）	換気無し

小屋裏換気の整理

外張り断熱工法の場合、外気側に断熱層が連続しているため、木部などがヒートブリッジになりやすく、充填断熱工法に比べて結露が発生する可能性は低いといえます²²⁾。ただし、外装材を留め付ける場合に留め付ける材までの距離が長くなることから、自重の重い外装材を用いる場合には下地材を用いるなど注意する必要があります⁵⁰⁾。

外壁・屋根の通気工法の整理

外壁には、面材等の外壁下地材に外装材を直接張り付ける直張り工法と、通気胴縁や通気金具によって外壁躯体の外気側に通気層を設ける外壁通気工法があります。屋根にも、屋根葺き材と野地板の間に通気層を設ける屋根通気工法があります。これらの通気工法は各部位内の結露を防止する上で有効とされており、耐久性向上のためには、直張り工法よりも外壁通気工法、屋根通気工法が推奨されます。

小屋裏換気と外壁通気工法の組合せ

外壁通気工法は、水切り部分と軒天部分で給排気する方法(外壁のみで通気を完結)と、水切り部分で給排気し、上部を小屋裏換気につなげる方法があります。前者の場合、風雨の強い地域では強風時に上部の通気孔から雨水が吹き込む恐れがあります。そのため、防水紙を桁上まで張り上げるよう設計します。

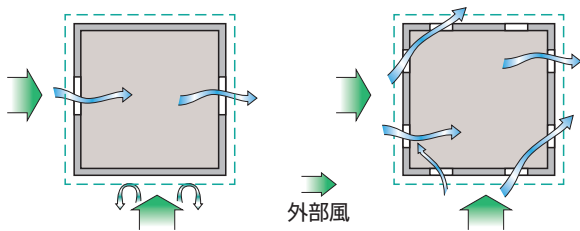
小屋裏換気の整理

小屋裏換気は、居室もしくは屋外から小屋裏へ侵入した水分を排出し、屋根の耐久性を維持することが目的です。小屋裏換気口は軒裏、妻、棟等に換気部材やガラリを設置し、雨水の吹き込みを防いだうえで換気を確保します。換気方式としては軒裏換気方式、妻換気方式、軒・棟換気方式、軒・妻換気方式等があります。このとき重要となるのが、1)換気経路の確保、2)高低差の利用、3)天井面の気密性の確保です。

1)換気経路の確保

建物周りの風を利用するには、郊外ならば卓越風向(季節、時間帯によって頻度の高い風向)に開口を設ければ良いですが、市街地では周辺環境の影響で風向が乱れ一定になり難い傾向があります。ゆえに、切妻屋根で妻側のみといった1方向だけの換気経路では、妻面に沿った風向の外部風が利用できないため、軒・妻で複数の換気経路を確保した方が、同じ開口面積でも多くの換気量を得ることができます。

図1 小屋裏の換気経路の確保(平面図)



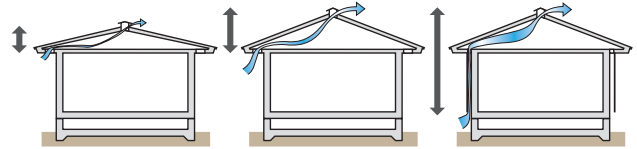
複数の換気経路を確保することにより、様々な方位の風圧力を利用できる。

2)高低差の利用

軒・棟換気方式や軒・妻換気方式等で換気口に高低差があれば、外部風速が低い状況でも温度差による換気が確保できます。また、外壁通気層が小屋裏空間へ繋がる場合は、外壁通気層下端と小屋裏換気口の高低差が大きくなるた

め、妻換気のような高低差の無い方式でも換気量を増やすことができます。

図2 高低差の利用(断面図)

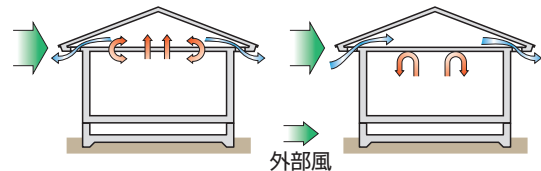


換気口の高低差が大きいくほど(左の図から右の図になるほど)換気量が増える。

3)天井面の気密性の確保

暖房時の居室は外気に比べ暖かいうえ水蒸気が多く、浮力によって居室の空気が小屋裏へ流入しやすい状況になっています。天井面に隙間が多い場合、小屋裏への居室空気の流れによって小屋裏空間の圧力が屋外より高くなるため、小屋裏換気口からの外気流入を阻害します。さらに、湿った居室空気が小屋裏へ流入するため、低温な野地板表面で結露を発生させます。特に、寒冷な地域で天井面の気密性能が低い場合、多量の水蒸気が小屋裏へ流入し、屋根の耐久性を低下させるため注意が必要です。

図3 天井面の気密性の確保(断面図)



天井面の気密性が悪いと外気流入が阻害されるうえ、結露発生のリスクが高まる(左)。天井の気密確保により、外気が流入し易くなる(右)。

小屋裏換気量の差異は換気方式だけで判断せず、上記の項目を配慮し設計・施工することが重要です。例えば、片流れ屋根のように軒先換気(軒裏換気方式)でも1方向の換気経路では、換気量が少なくなります。表3は、一般の戸建住宅で換気経路が2方向ある軒裏換気方式に対する比率を試算したものです。あくまで目安ですが、複数の換気経路や高低差の利用が有利であることを理解できます。

表3 換気方式による換気量の違い

換気方式	換気量の目安*(%)	備考
軒裏	100	換気経路2方向
妻	50	換気経路1方向
軒・棟	200	高低差有り(4寸勾配)
軒・妻	100	換気経路2方向

* 冬期暖房時の密集市街地を想定し、同等の換気口面積で試算した。外壁通気層の影響は含まず。

外壁通気工法

ベタ基礎や外壁通気工法、基礎断熱工法など建築物の性能向上のために選択した工法であっても、設計不良や施工管理不足、それに伴う施工不良があると劣化を早める可能性があります。

外壁通気工法を採用する

モルタル外壁等の直張り工法では、外装材のクラック等から侵入した水分が、防水紙の釘穴やタッカー穴を經由し木部に到達する恐れがあります。また、壁内が透湿抵抗の高いアスファルトフェルト等と室内側の防湿フィルムで挟まれるため、雨水が滞留し、乾燥しにくい状態となります(図1)²³⁾。このため、雨水浸入により短期間に著しく広範囲に劣化する可能性があります²³⁾。外壁通気工法を採用すると、外装材裏面への雨水の浸入を防ぎ、仮に浸入したとしても通気層を通じて排出できます(図2)。

外壁通気工法のポイント

- 通気経路を確実に取ること。
- 通気胴縁が通気を阻害させないよう、開口部まわりになどに30mm以上の隙間を確保すること。
- 通気層の厚さを18mm以上確保すること。
- 外壁は水密性の高い、あるいは吸水率の低い材を選定すること。
- 外壁の防露設計を適切に行うこと。
- 未乾燥材を使用しないように検品に注意すること。

通気経路の確保

外壁通気工法では、外壁下の通気水切りから外壁、小屋裏に至るまでの通気経路を、断面計画上、湿気が滞り無くスムーズに抜けるようにしておかないと、通気層を設ける意味が薄れてしまいます。通気経路を確実に取るよう設計します。特に、開口部まわりなどは、30mm以上の隙間を空けて設置するよう施工管理時に注意します(図3)。

なお、床断熱・床下換気有りとして上部を外張り断熱工法とするなど、部位毎に断熱・気密工法の手法を取り入れることもあります。

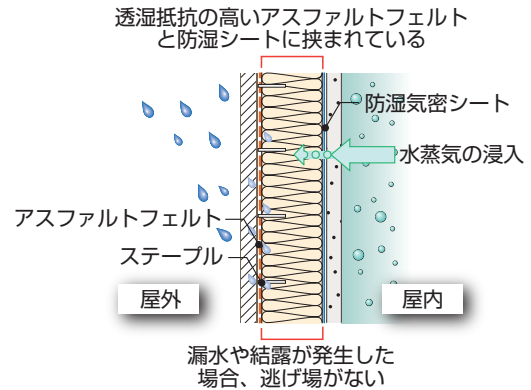


図1 モルタルの直張り工法は劣化しやすい環境にある(引用: 木造長期優良住宅の総合的検証委員会 耐久性分科会 平成25年度成果報告集、公益社団法人日本木材保存協会、p.53、2014 より作図)

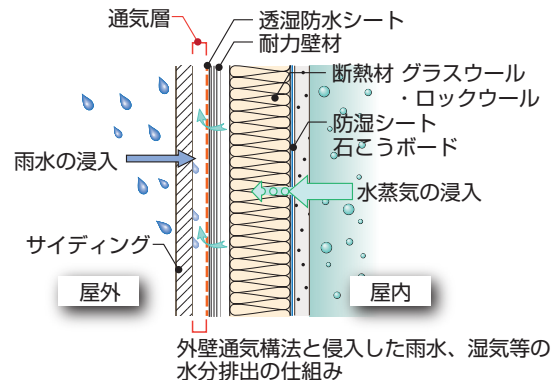


図2 外壁通気工法と浸入した雨水、湿気等の水分排出の仕組み(引用: 窯業系サイディングと標準施工 第2版、日本窯業外装材協会、p.16、2011 より作図)

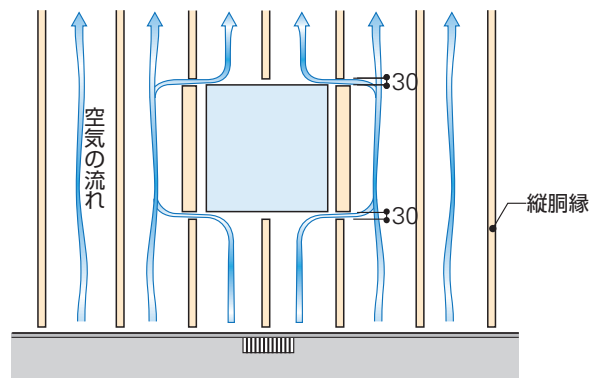


図3 開口部まわりの通気の確保(引用: 窯業系サイディングと標準施工 第2版、日本窯業外装材協会、p.16、2011 より作図) 開口部まわりには30mm以上の隙間を空けて通気を確保する。

通気胴縁による通気層の確保

通気経路を確保した上で、通気胴縁の通気が阻害されないように、通気層の厚さを十分取る(23)ことが重要なポイントです(図4)。吹き付け発泡断熱材など、断熱材が通気層側へせり出す恐れのある断熱材を選択する場合は、通気層側に面材を張るなど、せり出しを防止する工夫が考えられます(図5)。通気胴縁の厚さは18mm以上が望ましいとされていますが、縦胴縁で、必要な釘保持力が確保できる材質の場合は15mm以上に、耐力面材などにより断熱材が通気層側へせり出さないようになっており、その面材の釘保持力も合算できる場合は12mm以上とすることができます(24)。

通気胴縁の選択

外壁通気工法の通気部材には、木製等による通気胴縁と通気金具があります。通気胴縁と透湿防水シートは常に接触しているため、そこに雨水が溜まった状態が続くと、通気胴縁を留めた釘穴から壁下地材に水分が浸透するなど透湿防水シートの防水性が失われることがあります(23)。通気金具を用いるか、通気胴縁を用いる場合は、縦胴縁の方が横胴縁よりも雨水の滞留時間が短いことから縦胴縁を用いるなどの工夫が考えられます。

バルコニー手摺り壁や独立柱などの注意点

バルコニー手摺り壁に通気層が設置されていないと、耐久性が著しく劣ることになります。通気層を確実に設けるよう設計します(図6)。

また、独立柱に外装材を張る場合も同様に通気層を確実に設けるよう設計します。例えば、独立柱の寸法を大きめにし、通気胴縁を設置しても通気層が確保できるよう寸法に注意する、通気金具を採用する、独立柱のみ木を表しにするなどの工夫が考えられます。

カーテンウォール

外壁をカーテンウォールとする場合は、結露を防止するため支持金物部分を断熱補強します。

ガラスのカーテンウォールの支持部材など断熱補強できない部分は、支持部材が結露する可能性を考慮し、木部側に結露水が流れないように勾配を取り、結露受けを深くかつ広めに取るなどの工夫をすることが必要です(図7)。

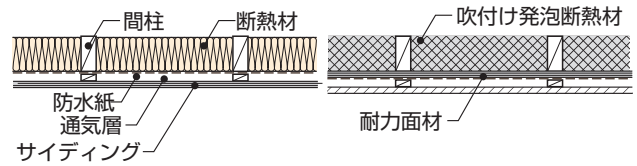


図4 通気阻害に注意(引用: 窯業系サイディングと標準施工第2版、日本窯業外装材協会、p.17、2011より作図) 防水紙のたるみや断熱材のせり出しによる通気阻害に注意する。

図5 断熱材の通気層側へのせり出し防止 吹き付け発泡断熱材などを用いる場合は、通気層側に面材を張る。

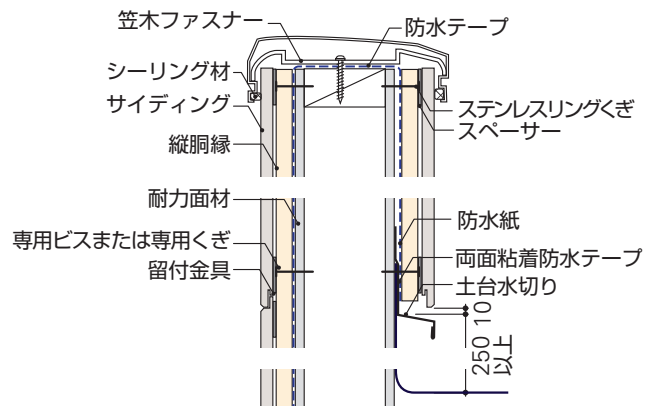


図6 バルコニー手摺り壁の例(引用: 窯業系サイディングと標準施工第2版、日本窯業外装材協会、p.38、2011より作図) バルコニー笠木部分の通気層を通り、バルコニー内側で通気が抜けるように設計されている。

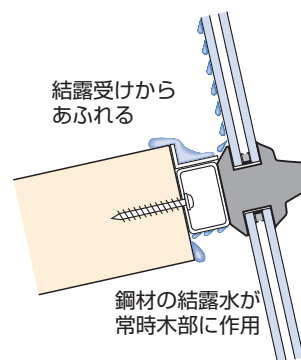


図7 カーテンウォールの支持鋼材の悪い例 鋼材が木部方向に傾斜しているためガラス面の結露水が木部に常時作用。

基礎まわりの設計と施工管理

基礎の設計の基本

基礎の設計では、適切な配筋、コンクリート品質の確保、適切な防蟻措置が基本といえます。特に、基礎打ち継ぎ部や基礎貫通孔まわりからシロアリが侵入し木部に達する被害が多く、それらの部分に防蟻措置を行うことが必要です。また、蟻道を発見しやすいように、犬走りを設け、日常管理をしやすい方法もあります。

ベタ基礎の水分蒸発を妨げない設計と施工管理

ベタ基礎の設計・施工管理のポイント

- 換気口の位置不良・換気量不足に注意すること。
- ベタ基礎の適切な配筋、コンクリート品質の確保、打設作業のしやすい基礎形状の設計などに注意すること。
- 基礎底版の仕上げ面が地盤面より高くなるように設計すること。
- 基礎打ち継ぎ部や給排水管用の基礎貫通孔まわりに防蟻措置を採用すること。
- 施工中、ベタ基礎からの水分蒸発を促すよう工夫すること。

ベタ基礎は、打設後数ヶ月間は大量の水分蒸発があります。水分が十分に蒸発する期間を工程計画に盛り込むとよいのですが、もし工程計画で対応できない場合は、床板を張った後でも水分が逃げられるように床板の一部を工期の終盤まで開けておくなどの工夫をすることが考えられます。

また、施工中に床下換気孔を塞ぐ現場を見かけることがあります。それでは打設後に床下の湿度が高くなり、梅雨時など季節によっては結露し、カビなどが発生する可能性があります。施工中に透湿防水シートで換気孔を塞がないなど、施工中であっても十分な換気が取れるよう施工管理に注意します。

また、基礎の下に地下水が流入することで、基礎が冷やされ床下に結露水が溜まって湿度が高くなる場合や、常に基礎コンクリートが抱水状態にある場合に木部のカビや腐

朽に繋がる可能性があります。地下水位を把握し、必要に応じて防水措置をとる、敷地内に湧水用排水設備を設けるなどの工夫が考えられます²³⁾。

なお、ベタ基礎の場合、ジャンカなど施工不良箇所からシロアリが侵入することが考えられます。打設作業がしやすいように基礎形状の設計などに注意すること²³⁾で、施工不良を軽減できる可能性があります。また、基礎底版の仕上げ面が地盤面より高く(50mm以上)になるように設計します。

基礎断熱の外断熱工法はシロアリに注意する

基礎の設計では、適切な配筋、コンクリート品質の確保、適切な防蟻措置が基本といえます。特に、基礎打ち継ぎ部や基礎貫通孔まわりからシロアリが侵入し木部に達する被害が多く、それらの部分に防蟻措置を行うことが必要です。また、蟻道を発見しやすいように、犬走りを設け、日常管理をしやすい方法もあります。

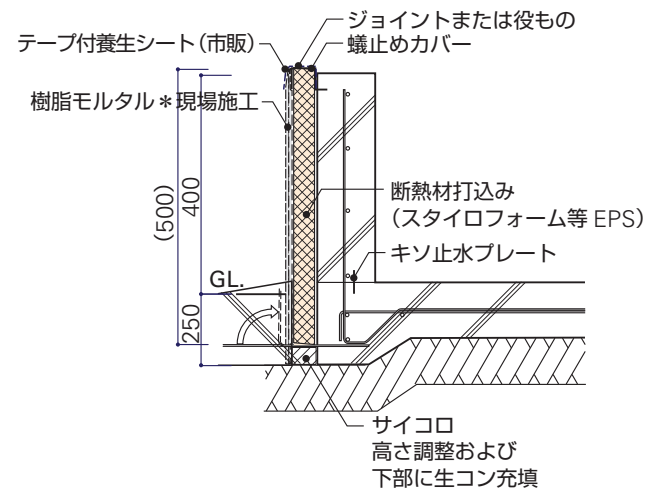


図1 基礎外断熱の断熱材を土壤と接触させなくする例 (引用: 木造長期優良住宅の総合的検証委員会 耐久性分科会 平成25年度成果報告集、公益社団法人日本木材保存協会、p.94、2014より作図)

バリアフリー対応と基礎周り

バリアフリー対応とする場合、基礎立ち上がりが低くなり、そのままの状態では、土台が土間面に接して設置されることになり、シロアリ被害に合う場合があります(図2)。その対策として基礎まわりに側溝などを設置し、土台から土を遠ざけるなどの工夫(写真1)が考えられます。

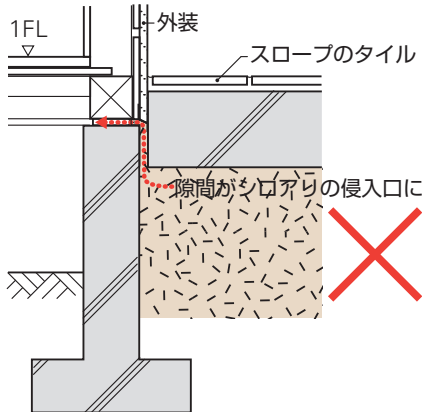


図2 バリアフリー対応の土台まわり⁴³⁾

土台部分に被せるようにスロープポーチ部分を設置するとシロアリが侵入



写真1 梶(クヌギ)山公民館(通称:梶山交流センター)(富山県入善町)

バリアフリーに対応した防蟻対策として、基礎周辺を掘り下げ、土台周りに密閉空間を設けないようにした。

また、図3のような平面計画とすると、土台と土間との取り合い部が4箇所となり、施工上の注意点が増加します⁴³⁾。図4のように平面計画を工夫し、土台と土間との取り合い部を1箇所とすることで、施工上の注意点が少なくなります⁴³⁾。

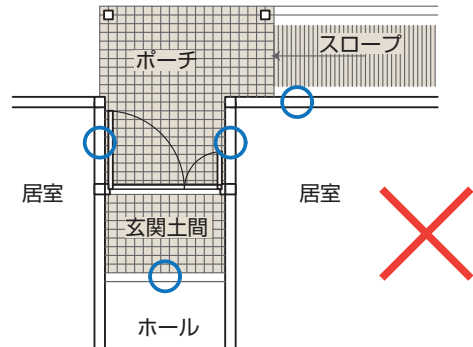


図3 土台と土間との取り合い部が多い⁴³⁾

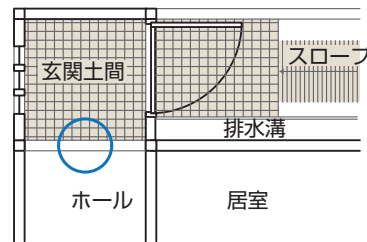


図4 土台と土間との取り合い部が少ない⁴³⁾

異種構造との繋がり部分

RC造と木造など異種構造の繋がる部分は動きが異なり隙間が発生することがあるため(写真2)、隙間の発生を考慮した漏水防止対策を行う必要があります。(写真3)

写真2 外壁と玄関柱(RC造の上に50mm厚の板を取り付けた物)との間に隙間が生じた。補修のため、シーリング材を充填している。(小学校)8)

写真3 神奈川県自然環境保全センター
RC造と木造が繋がる部分をエキスパンションジョイント部材で処理している。

屋根・樋

屋根面からの雨水の浸入対策

雨漏りの発生する箇所は、屋根、天窓が最も多く、それら雨漏り箇所から腐朽につながります²⁵⁾。中でも、屋根勾配の緩い建物で雨漏りの可能性が高くなります。従って、仕上げ材や葺かれている面積にもよりますが、材料に応じた適切な屋根勾配にする必要があります²⁵⁾。

屋根面からの雨水の浸入対策には、野地板下面の通気層、縦椽木(瓦椽)の採用等があります²⁶⁾。

また、多雪地域で非滑雪屋根を用いる場合は、図1のように軒先に「氷のダム」ができることによって雪融け水がせき止められることで起きる「すが漏り」の対策を行う必要があります。対策には、十分な断熱と小屋裏換気を行うことが基本です⁵¹⁾。その他、軒先に屋根用ヒーターを取り付けるなどによって軒先から順に融雪するのを促す等の手法があります。

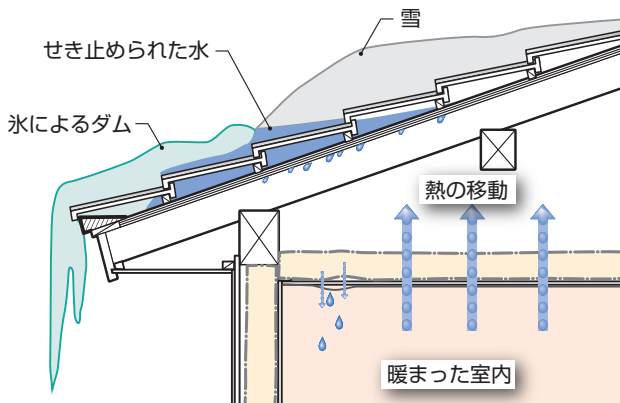


図1 すが漏りの仕組み

野地板下面に通気層を確保する

屋根は外壁に比べ傾斜が緩いため雨水が滞留しやすく、長期的には釘穴やタッカー穴等、防水層の貫通部から野地板裏面に雨水が浸入するリスクがあります²⁶⁾。そこで、野地板下面に通気層を確保し、浸入した水分を排出する機能をもたせるなどの工夫が考えられます²⁶⁾。

屋根椽は縦椽木を採用する

瓦の場合、強風時は屋根葺材と防水紙の隙間に雨水が浸入しますが、横椽木に瓦を留めた仕様では瓦裏面の通気を阻害するうえ、浸入した雨水が滞留しやすくなります²⁶⁾。

防水紙と瓦椽(横椽木)の間に縦椽木を配置すれば、通気の確保に加え、防水紙表面での雨水の滞留を減らすことができ、野地板裏面への雨水浸入を防止することにつながります²⁶⁾。

屋根葺き工法を工夫する

アスファルトルーフィングは経年劣化によって柔軟性が維持できなくなると、風や地震などの微動によって釘穴周りが広がってしまうことが推測されます²⁷⁾。そこで、例えば屋根面における雨水浸入のリスク軽減には、防水紙など防水層に対し屋根葺き材の緊結釘やタッカー等を貫通させないホールレス工法の採用などが考えられます²⁶⁾。多くの屋根葺き材は横椽に打つ必要があるため、防水層の上には縦椽木をまず設置し、その上に横椽木を設置し、横椽木より下に屋根材の緊結釘が貫かないようにすることでホールレスとすることが可能になります(図2)。ただし、この場合は椽が2重に必要となるため、手間・コストが増加することになります。

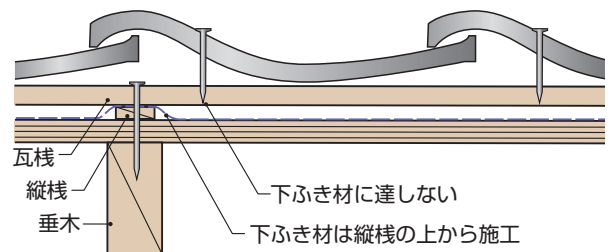


図2 ホールレス工法(引用:日経ホームビルダー(11), p49、2010、(江原正也資料)より作図)

雨水の集中を防ぐ

屋根の谷となる部分は、落ち葉やゴミなどがつまった場合や、降雨強度が強い場合などに、水が谷からあふれ漏水事故を起こす可能性があります²⁸⁾。耐久性の観点からは、なるべく谷となる部分が少なくなるような屋根形状が推奨されます。

バルコニー・陸屋根などは排水孔つまりに注意

バルコニー・陸屋根などでは、排水孔に落ち葉やゴミなどがつまるとプールのように水が溜まり、漏水事故に至る場合があります。陸屋根に上がれるような設計として、ゴミ清掃などの日常管理をしやすくし、かつ防水立ち上がりを十分に確保するなどが重要になります。



写真1 あすなろ幼稚園
防水立ち上がりを十分に確保している。

メンテナンスを考慮した設計計画

屋根の補修や再塗装の際にコストがかかるものに足場の設置費が挙げられます。ランニングコストを抑えるには、屋根の補修等をしやすくする工夫をあらかじめ設計に盛り込むことが重要です。それによって日常清掃や点検も比較的容易になり耐久性の向上につながります。

ドイツでは、写真1のように、点検用に天窓を設け、人を固定するための金具もあらかじめ付け、そこから屋根の修繕に出られるように工夫したものがあります。ただし、トップライトは雨漏りのリスクが高まりますので注意する必要があります。

また、現しとなっている小屋組にアプローチする方法として、足場無しで手が届くように工夫することでメンテナンスの費用が抑えられます。写真2に工夫の例を示します。



写真2 屋根のメンテナンスのために予め屋根面に取り付けられたフック金物（ドイツ） 撮影：岩元 創



写真2 天竜区役所2階作業室
左の明るい部分は1階につながっている吹き抜けの天井面で、小屋裏には2階の天井点検口からアプローチできる。右は2階の作業室で、小屋組を現しにしており、脚立等によって容易に小屋組にアプローチできる。

樋の計画

樋のオーバーフローを防ぐため、地域で発生する可能性のある雨量、降雨強度を想定し、十分な樋の容量を設計する必要があります。また、樋にアプローチすることができるようにしておく、清掃など日常管理がしやすく、かつ、樋の詰まりによる漏水を未然に防ぐことに繋がります。予め軒樋を設置せず雨水の跳ね返りを抑える設計とする手法（P2茂木町立茂木中学校を参照。）もあります。

屋根の谷部分には谷樋を設置しますが、屋根の流れ長さが長い場合、雨水の流れが強すぎて谷樋を挟んだ反対側の屋根に乗り上げて漏水事故に至ることがあります²⁸⁾。また、谷樋を挟んだ両側の屋根に面積差がある場合、雨の流れの速度が異なるため谷樋を流れる水の流れに偏りが生じ、漏水事故に至る場合があります²⁸⁾。これらの場合、十分な谷の幅の確保、雨漏りの少ない屋根工法の選択などの工夫が考えられます。

また、縦樋から排水枡へ落ちる際に起きる水跳ねが外壁を汚損させることがあります。縦樋の排出口を木部から離す、水跳ねを想定した外装材を使用するなどの工夫が考えられます。

積雪地域や山間地域では軒が外れたり落ち葉が詰まりやすくなるので、軒樋を設置しないのが定石ですが、公園内の林に隣接するなど周囲の環境によってはそれらの地域以外であっても軒樋を付けないことを検討する必要があります。

雨水の跳ね返り対策

壁面からの雨水の浸入対策

壁面からの雨水の浸入対策には、壁への雨水の跳ね返りを抑え雨掛かりを少なくすること、通気工法の採用により雨水を壁下地材まで通さず乾燥を維持することなどが考えられます。

雨水の跳ね返りを抑えるポイント

- 跳ね返りが及ぶ範囲以上に基礎を高くする。雨樋設置の場合は跳ね返り面から250mm以上、雨樋不設置の場合は同450mm以上。
- 軒の出を跳ね返りが及ぶ範囲以上とし、かつ雨樋を設ける。雨樋設置の場合は350mm以上、雨樋不設置の場合は最低でも900mm。
- 雨樋が無い場合には、軒先直下に砂利やグラウンドカバー、プランツなどを敷き詰め、雨滴の落下地点に凹凸を付ける。

軒の出と基礎高さの確保・下見板の設置

図1は、壁面に作用する年間累積雨量です。軒天からの垂直距離が長いほど、また軒の出が短いほど壁面に作用する雨量は多くなります。これは平屋建てに比べて総2階建て、3階建ての1階外壁面に対する軒の防雨効果が小さくなるこ

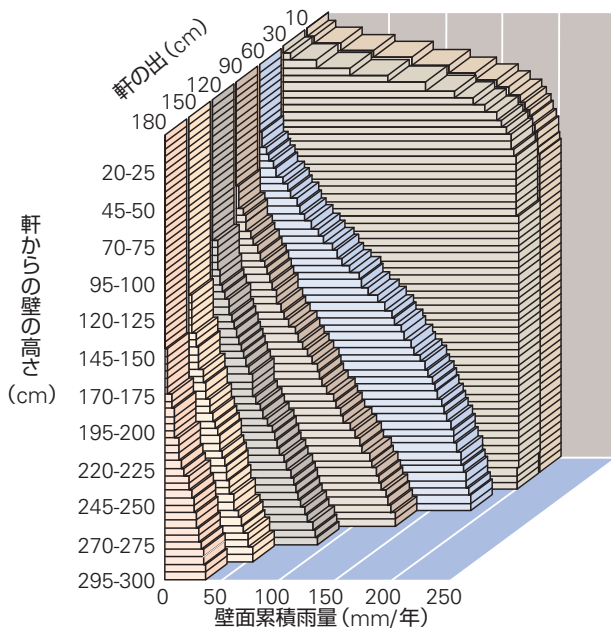


図1 壁面に作用する年間累積雨量(横浜市・北面)
(引用:中島正夫:伝統木造の耐久性評価と耐久設計、NPO 木の建築(3)、p.43、2002 より作図)

とを意味します。また、軒の出を30cmから60cmにすると外壁への年間累積降雨量は大きく減少することが分かります。

図2は、人工降雨による実験³¹⁾³²⁾で得られた雨滴の飛散範囲を示しています。時間雨量60mm/hの強い雨の場合、雨滴が飛散する範囲は、350mmの半円で、壁面に跳ね返りが及ぶ範囲は250mmでした³²⁾。軒先からの流下水の場合にはさらに飛散範囲が広がります。屋根勾配3/10では、雨滴が飛散する範囲は最大1,100mmの円で、壁面に跳ね返りが及ぶ範囲は450mmでした³¹⁾。

これにより、適切な基礎の高さは、雨樋設置の場合は跳ね返り面から250mm以上、雨樋不設置の場合は同450mm以上になります(図3左)。また、適切な軒の出は、2階建て程度の建物では、最低900mmとなり、できればそれ以上の軒の出とすることが望まれます²⁵⁾。

軒の出が深くてもけらばが短いと建物の側面に雨掛かりが多くなります²⁶⁾。外壁の隅角部には通し柱等、構造上主要な材が配置されているケースが多く、木部が露出する真壁造などでは軒の出に加えけらばの出も十分に確保しましょう²⁶⁾(写真1、写真2)。けらばの出が確保できない場合には中間水切りを配する、下見板を張り上げるなどの工夫が考えられます。

また、壁の中間に水切り庇やバルコニーなどを設けた場



図2 跳ね返り雨水による壁面足元の濡れ
(引用:石川廣三:雨仕舞のしくみ 基本と応用、彰国社、p.101、2004 より作図)

合は、そこを基点に250mm程度跳ね返りを壁面に受けることとなります。例えば防水を補強する、木部に防腐処理を行うなどの工夫が考えられます。

近年、建物外壁に接してウッドデッキなどを設けることが多くなっていますが、デッキを設けると、デッキ面が新たな跳ね返り面となり、外壁に雨水が作用する状態になります。外壁のより高い位置に木部が現しの構造では特に注意すべき問題です。デッキ面をGLと捉え、軒の出や防腐処理の高さを決めるなどの工夫(図3右)が考えられます。

なお、竣工後に物置などを建物に近づけて設置すると屋根からの雨水がそれに跳ねて本来雨掛かりのない部分が汚損し雨水浸入のリスクが高まることもあります。竣工後の注意点として建物管理者に伝達するとよいでしょう。

屋根葺き工法を工夫する

アスファルトルーフィングは経年劣化によって柔軟性が維持できなくなると、風や地震などの微動によって釘穴周りが広がってしまうことが推測されます²⁷⁾。そこで、例えば屋根面における雨水浸入のリスク軽減には、防水紙など防水層に対し屋根葺き材の緊結釘やタッカー等を貫通させないホールレス工法の採用などが考えられます²⁶⁾。多くの屋根葺き材は横棧に打つ必要があるため、防水層の上には縦棧木をまず設置し、その上に横棧木を設置し、横棧木より下に屋根材の緊結釘が貫かないようにすることでホールレスとすることが可能になります(図2)。ただし、この場合は棧が2重に必要となるため、手間・コストが増加することになります。

写真1 道の駅 美濃にわか茶屋(2007年竣工)
けらばの出を頂部になるほど深く取ること風雨による壁面の雨濡れを軽減し、雨掛かりの多くなる腰より下の部分にはサイディングを用いて、木部をなるべく風雨にさらさない設計としている。

写真2 鹿沼市立栗野第一小学校(2014年竣工)
2階床ラインまでガルバリウム鋼板を張り上げ、それより上部をスギ下見板張りとしている。



写真3 ドライブイン(築24年)
外部に露出した柱脚部が雨水によって腐朽している。³⁾⁸⁾

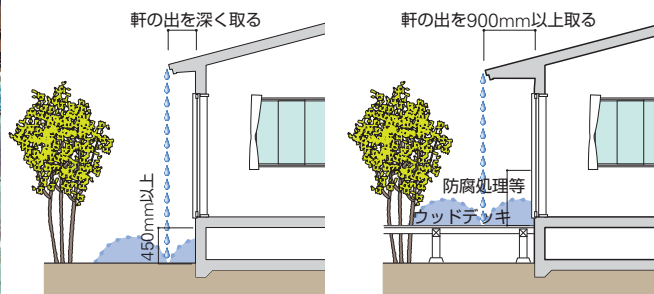


図3 跳ね返りの影響
軒の出と基礎高さを確保することで雨水が跳ね返っても木部に到達しない(左)。ウッドデッキ面が雨水の跳ね返り面となる場合は、軒の出を深くする、防腐処理等の高さを高くする(右)。

写真4 板室(いたむろ)健康のゆぐリーングリーン(築21年時)
犬走り部分に砂利を敷き詰め、雨水の跳ね返りを抑えている。

屋外利用の注意点

製材、集成材に関わらず、屋外使用のもので雨掛かり箇所や北向きの風通しの悪い箇所など、常時湿潤環境に位置するものは、干割れ・変色(汚損)・腐朽などの不具合を生じやすくなります²⁵⁾(写真1~2)。そのため、外部に木質材料を用いる場合は、雨水を速やかに排出し乾燥しやすくするように納まりを工夫する、保護材(カバー等)を付ける、塗装などのメンテナンス計画を整える等の工夫が考えられます²⁵⁾。

なお、耐久性を重視したい場合は、保護材の設置や納まりの工夫に併せて、耐久性の高い木材・木質材料の使用を考える必要があります。

写真1 屋外露出使用の製材による梁の干割れ(研究施設)⁸⁾

写真2 屋外露出使用の製材による梁の干割れと変色(汚損)、一部腐朽(多目的ホール)⁸⁾

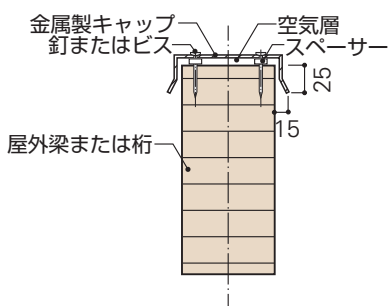


図2 保護材の板金と木材の間に隙間を設ける例(American Institute of Timber Construction, AITC Technical Note 108-84, 1984より作図)

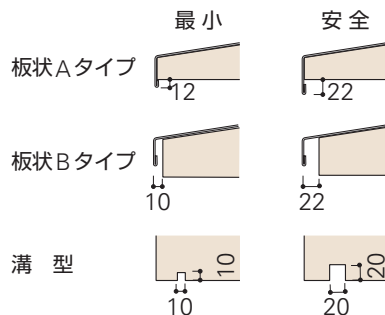
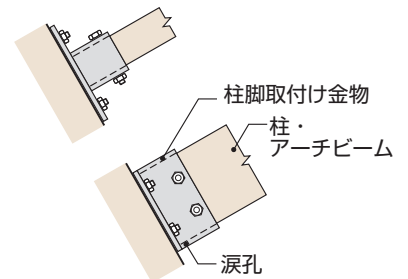


図3 水切りの所要寸法の例(引用:石川廣三:雨仕舞のしくみ 基本と応用、彰国社、p.116[1966実験より]、2004より作図)



水はけの配慮

木質材料の継ぎ手部分などは、雨水を速やかに排出し乾燥しやすくするような設計を行います¹⁴⁾。具体的には、図1のように、排水溝もしくは涙孔(weep hole)を設置する方法があります。

木質材料を水平使いをする場合には、雨水が滞留しないような勾配をとります。

その場合は継ぎ手側に流れないような勾配向きとします。

図1 木橋の脚部に涙孔(weep holes)を設ける例(American Institute of Timber Construction, AITC Technical Note 108-84, 1984より作図)

木部の保護材(笠木等)の設置

木部の干割れ・変色(汚損)・腐朽などを抑えるために木部に保護材(笠木等)を付けることがあります。その場合、毛細管現象による雨水の浸入を防ぐよう、保護材と木材の間に10mm程度の隙間を設けるよう注意します(図2)²⁵⁾。保護材を設置する場合、水切りから水が切れ落ちなかったことによる雨水の回り込みを防ぐため、図3のように水切りの寸法に注意する必要があります。図4は、垂木や屋根梁の木口を鼻隠しにより保護する場合に、鼻隠し下部に水切り溝を設けた例です²⁵⁾。

なお、保護材設置の他、防水性の塗料を塗布する方法もあります¹⁴⁾。

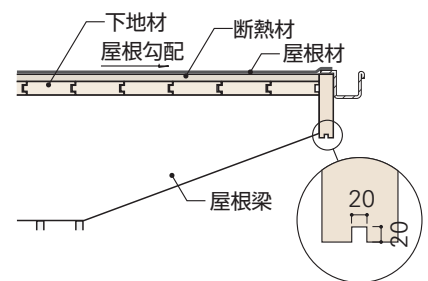


図4 鼻隠し下部に水切り溝を設ける例(American Institute of Timber Construction, AITC Technical Note 108-84, 1984より作図)

木口の保護

独立柱などの木口をコンクリートに直接設置すると、コンクリートの水分が木口に浸入し腐朽する可能性があります。木口を防腐処理する、コンクリートと木口の間には結露しないものを挟むなどの工夫が考えられます²⁵⁾。独立柱などを金物により基礎に取り付ける場合、金物に発生した結露が木口から浸入し腐朽に繋がる可能性があります²⁵⁾。対応策としては、ベアリングプレートに2方向に排水できる溝を設け結露水の排出を促すなどが考えられます²⁵⁾ (図5)。

軒垂木を現しにする場合、木口に干割れや腐朽が起きる可能性があります。写真3のように金属で被覆する、もしくは現しにしないなどの工夫が考えられます。

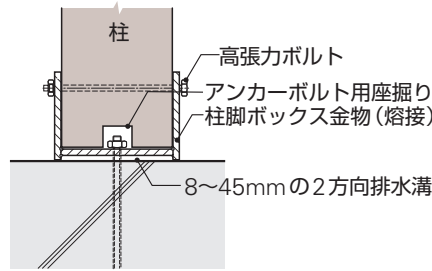


図5 金物の結露防止措置の例(American Institute of Timber Construction, AITC Technical Note 108-84, 1984 より作図)



写真3 合わせ梁先端部の金属被覆

木製デッキ

デッキは、一般にデッキ材よりも根太の方が腐朽しやすく³⁵⁾、腐朽した場合には補修範囲が広くなります。腐朽を軽減するにはデッキ部材と根太の接触面を極力少なくする工夫があります³⁶⁾ (図6)。また、デッキ面から留め付けるボルト孔や釘孔は雨水が滞留しやすいため、裏面から留め付ける工夫があります³⁵⁾。その際、デッキ部材の交換ができる設計とするとよいでしょう。

デッキに板目材を使用する場合、幅反りは木表を上にし

てカップ状に反ります。そこに雨水が滞留するのを防ぐため木裏を表にして下向きに反らせる工夫があります³⁵⁾。ただし、スギは木目に沿ってはく離(目ばなれ)するとナイフのようになり危険なため、木表で使用するか、あるいは木裏で使用する時はあらかじめ樹心部を切除して使用します(図7)。いずれの場合も、水が滞留しないよう勾配に配慮しましょう。

また、木板のあばれを防止する、部材間の雨水の滞留を防止するため、部材間に5mmの隙間を設けるような工夫もあります³⁵⁾。

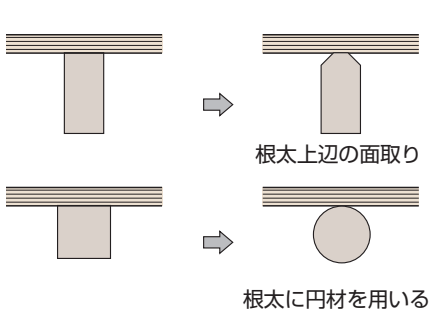


図6 雨仕舞を考慮した根太の断面形状

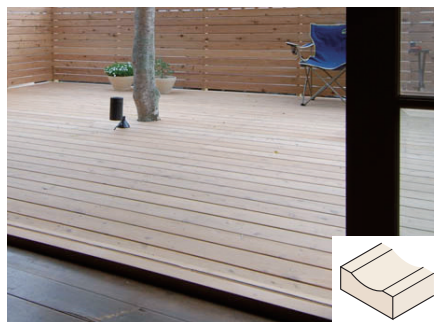


図7 樹心部切除による目ばなれの防止 (引用:木でつくる道路施設—耐久設計と維持管理の手引き—、財団法人(現在、一般財団法人)日本木材総合情報センター、1999 より作図)

コラム「下見板」

下見板は、風雨や紫外線による過酷な環境下にある。写真のように直射日光の当たる部分では温湿度変動によって木材が収縮を繰り返すため釘の浮きが発生することがある。ビスを使用する、張替えが容易な納まりとする、熱処理木材を採用するなどの配慮が必要である

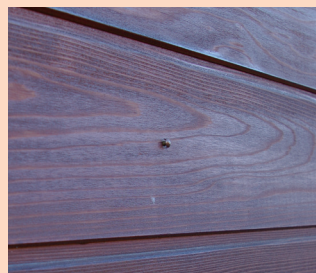


写真4 釘の浮き
築7年目に釘の浮き塗膜の劣化があり張替え(補修後1年)



写真5 鹿沼市栗野第一小学校の下見板
一般的には召し合わせ部分でビスにて留め付けるのであるが、メンテナンスの容易性に配慮しビスが隠れないように施工した。

木の外壁の変色を抑えるには

変色と対策

日当たりや雨掛りの多い環境で、無塗装の木材を使用すると、早ければ数か月以内に表面が灰色化します(写真1)。これは太陽光や風雨など気象劣化因子と生物汚染等の複合的な影響によって生じる現象です。変色を抑えるには、写真2～4のように軒やけらばによって日当たりや雨掛りを減らすこと、塗装によって保護することが重要です。これらの対策については国土交通省の「木造計画・設計基準」が、具体的な塗装仕様については日本建築学会の「JASS 18塗装工事」が参考になります。

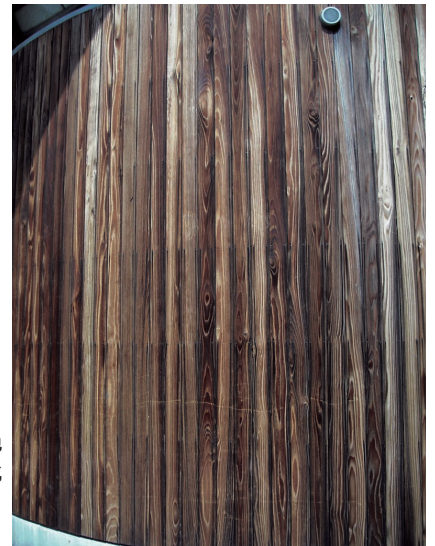


写真1 木製外壁の変色
右側は日当たりや雨掛りが多く灰色化している。なお、灰色化した後でも周囲の色やデザインとマッチするよう設計すれば、灰色化の意匠性を持たせることも可能である。

木材はなぜ屋外で灰色になるのか

木材が屋外で変色するパターンを知っておきましょう。最初に起こるのは紫外線による濃色化(いわゆるヤケ)です。これは元々淡色の材によく見られる変色パターンですが、抽出成分に富む濃色の材は、逆に淡色化することがあります。変色の次の段階では、紫外線で分解した成分が雨

水で溶出するため、木材の表面が一旦白っぽくなる場合があります。しかしそれと並行して、黒酵母菌の繁殖や汚染物質の付着など黒色系の汚染が生じるため、木材の表面は灰色になるのです。このため、写真2～4のように軒等で保護された場合には、灰色化にまで至らないことがあります。



写真2 軒裏に使用された木材(阿蘇くまもと空港)
軒裏は日当たりと雨掛りが少ないため、比較的透明性の高い塗装でも劣化が緩やか。



写真3 軒やけらばの出による保護効果の例(つくば市立東小学校)



写真4 軒やけらばの出による保護効果の例(栃木県21世紀林業創造の森訓練棟)
さらに基礎が高い場合には雨水の跳ねも少なく保護効果がより高まる。

木材の外部用塗装の種類

木材の外部用塗装は、素地表面を隠す着色(エナメル)仕上げと、木目の見える半透明仕上げ(ステインを含む)とに大別されます(表1)。着色仕上げは、素地に不透明な塗膜を形成し素地の光劣化を防ぎます。半透明仕上げは、木材の素地に含浸して塗膜の形成を目立たなくする含浸形と、半透明の塗膜を形成する造膜形に大別されます(写真5)。なお木目がよく見えるほど木材素地が光劣化しやすい傾向があります。

表1. 木材の外部用塗装仕様

透明・着色	塗装仕様
着色(エナメル)仕上げ (木目が見えない)	つや有り合成樹脂エマルジョンペイント塗り(EP-G) ・造膜形 ・耐候性が比較的高い
	合成樹脂調合ペイント塗り(SOP) ・造膜形
半透明仕上げ (木目を見せる)	木材保護塗料塗り(WP) ・含浸形または造膜形 ・防かび等の薬剤を含む
	ピグメントステイン塗り(ST) ・含浸形 ・防かび等の薬剤を含まない

造膜形と含浸形

造膜形と含浸形を比較すると、木材表面を保護する性能では造膜形が有利です。一方、塗り替えの手間を考えると、重ね塗り可能な含浸形が有利なことがあります。例えば、デッキ、ベンチ等の直接手足で触れる部材や、大規模木造建築物のようにメンテナンスが頻繁に求められるものには含浸形が、住宅外装や看板、標識など意匠性が重要なものには造膜形塗料が選択されることがあります。

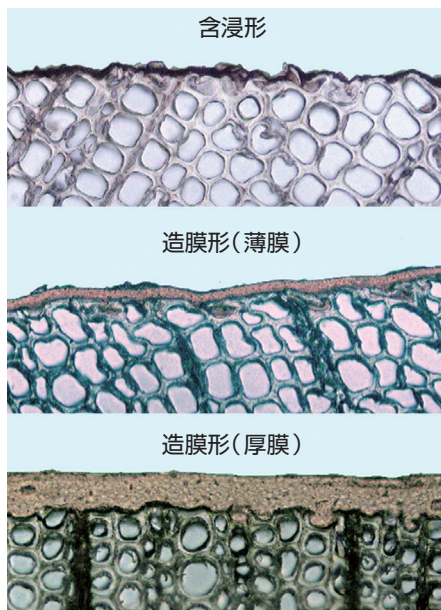


写真5 含浸形と造膜形塗料の断面

塗装時に注意すること

塗装にあたっては、JASS 18を参照し、木材含水率（18%以下）、素地調整（汚れや付着物の除去、研磨、ヤニ止め等）、塗装工程を適切に管理し、定められた塗布量（単位面積当たりの塗付け量）を守ることが大切です。なお、木材保護塗料は、防腐、防かび、防虫の薬剤を含んでいますが、それらの薬剤は塗装性能の維持を目的として調合されているものであり、腐朽やシロアリ被害への対策は、別途行う必要があります。

塗装面の耐用年数

耐用年数は、日当たりや雨掛りによって、また木材の前処理や塗装の種類によって異なります。一概に言うことはできませんが、無処理木材の塗装では、着色（エナメル）造膜形は5～7年、半透明造膜形は3～5年、半透明含浸形は1～3年目までに最初の塗り替えを行うことが多いよう

です。なお含浸形は、使用中に生じた微細な割れへの浸透量が増えるため、2回目以降の塗り替え周期は上記よりも長くなります。

耐用年数を伸ばす前処理

耐用年数が上記よりも長くなるケースとして、熱処理や化学加工によって寸法安定化された木材、ラフソーン（粗鋸目）仕上げ等で表面浸透性が高められた木材、銅アミン錯体を含む保存薬剤で注入処理された木材を塗装した場合などが挙げられます。ただし前処理によっては塗料の発色に影響を及ぼすことがあります。

最近、優良木質建材等認証（AQ）に「耐候性塗装木質建材」の評価基準が設けられ、耐候性能が3等級（耐候形1種、2種、3種）に区分されました。AQは具体的な耐用年数を保証するものではありませんが、耐候形1種で5～10年、2種で4～6年、3種では2～4年程度の耐用年数が想定されています。

メンテナンス

毎年、割れ、剥がれなど欠陥の発生状況をチェックし、早めにメンテナンスすることが重要です。塗り替えにあたっては、劣化状況に応じて、既存塗料の除去、漂白処理、下地研磨などを行ってから再塗装します（写真6）。含浸形は重ね塗りすることもできますが、既存塗料の除去後に再塗装の方がより良い性能が得られます。メンテナンスについては木材塗装研究会編「木材の塗装 改訂版」などが参考になります。

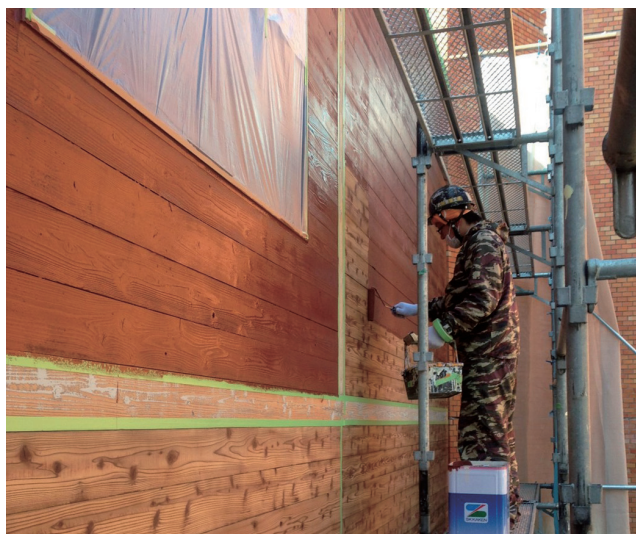


写真6 造膜形塗装の塗り替え例
植物種子殻メディアプラスト法（乾式）により既存塗膜を除去した後、造膜形の木材保護塗料塗布を実施している様子。

水・水蒸気が大量発生する空間

浴場・プールの設計

水・水蒸気が大量発生する場所こそ、さびやすい鉄骨造よりも木造の方がメリットがあるといえるでしょう。また、人が裸や水着で利用する浴場やプールなどでは、鉄やコンクリートなどの硬い素材よりも木材の方が適しています。しかし、誤った設計では、腐朽に繋がる可能性があるため様々な注意を払う必要があります。

設計のポイント

- 室内空間をくまなく換気できるように換気計画する。
- 腐朽を防ぐための日常管理をしやすい設計とする。
- 営業時間外の水分蒸発の抑制措置を取り入れやすい設計とする。

換気計画

温泉施設や屋内温水プールでは常に高温・多湿な状況にあるため、木質材料の腐朽やカビ・藻の発生が起きやすくなります。換気計画は、むらなく換気できるように計画することが基本です。広範囲にわたる全館空調の場合は、吹き出し量のむらがないよう十分に注意する必要があります。また、公共建築物では、運用が始まってから、ランニングコスト削減のため、間欠暖房に切り替えてしまうこともあります。その場合、当初の設計では想定していない結露が発生し、営業時間外の時間帯で乾かしきれず、腐朽につながる可能性があります。全館空調の重要性を申し送り続けられるよう管理者に注意喚起するか、全館空調であったとしても手動で開放できる換気口を設置する計画を立てることなどが重要になります。



写真1 太陽の郷プールガーデン(1983年竣工、2006年移築)
換気・除湿は南側開口部と屋根頂部開口部とにより自然換気がされ、補助的に機械換気が併用される。

結露対策

温水プールなど広い水面を持つ屋内施設では、水蒸気が大量に発生し、結露の発生から木質材料の腐朽や構造用金物などの腐食に繋がることがあります。特に各部材が露点以下になる秋口から春までの外気温の低い時期は、どのような構造であったとしても営業時間内の結露の発生は避けられません。営業時間外の時間帯で乾かしきることができるような換気計画と結露対策が必要です。

写真1～3、図1は、移築前後を合わせて築32年(撮影時)になる屋内プール施設の事例です。高湿度環境は利用者の体温喪失を抑制でき、プール使用中の温熱環境としては好ましいことから、営業時間内・時間外を分けて湿度管理し、営業時間外の時間帯に、以下の2点について運用面での対策を行っています³⁹⁾。

- プール表面をシートでカバーして水蒸気発生を抑制する(写真3)。
- 室内に乾燥した外気を取り込む。

これらを行うことを前提として、写真3や図1のように結露水を速やかに排出する機構を設け木質材料などを乾燥状態に保つよう設計しています。

ただし、営業時間が長い場合には、シートによる水蒸気抑制の効果は比較的小さくなるため、換気計画に重点を置く計画とします。



写真2 太陽の郷プールガーデンの湿度管理
秋口から春までの外気温の低い時期、プール表面をシートで覆って水の蒸発を防ぎ、プール棟空間への新たな水蒸気供給を絶つ³⁹⁾。1983年竣工当時より行っている。

写真3 太陽の郷プールガーデンの湿度管理策

太陽の郷プールガーデンでは、室内水蒸気を積極的に結露させ、結露水を屋外に排除するいわゆる除湿の手法を用いている³⁹⁾。可動式断熱戸①④⑤を最下部まで下げ天窓を塞ぐ。すると外気に冷やされた天窓が結露発生板となり、天窓と断熱材の間に水蒸気が補給され、結露が続く³⁹⁾。結露水は結露受け(図1)を経て戸外に自然排出される³⁹⁾。これにより気化潜熱を失うことなく、翌朝の湿度を40～50%に維持できる³⁹⁾。

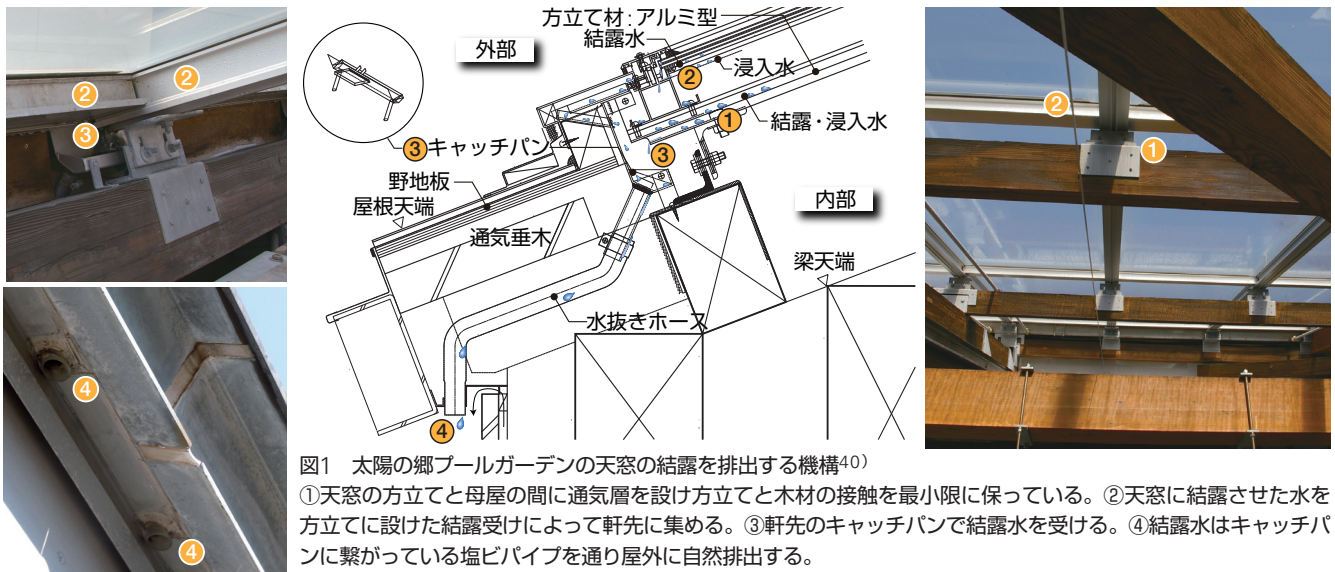


図1 太陽の郷プールガーデンの天窗の結露を排出する機構⁴⁰⁾

①天窗の方立てと母屋の間に通気層を設け方立てと木材の接触を最小限に保っている。②天窗に結露させた水を方立てに設けた結露受けによって軒先に集める。③軒先のキャッチパンで結露水を受ける。④結露水はキャッチパンに繋がっている塩ビパイプを通り屋外に自然排出する。

温泉成分に配慮する

温泉施設の場合、湯気が天井付近に滞留し、結露水となつてとどまり続けることがあるため、天井に木材を使用する際には注意が必要です。アルカリ性泉の場合は比較的問題が少ないのですが、塩素イオンが強い場合にはとどまった結露水が木材を変質させる可能性があります。この場合、温泉成分の入った結露水がたまる部分を作らない、もしくはそのような場所には使用しない、耐久性の高い材料を用いるなどの対策があります。

同じく金物の選択についても、塩素イオンが強い場合には錆の発生が早まります。水蒸気のたまる部分に接合部を現して使用しないなど設計上の配慮が必要です。

写真4はアルカリ性泉の例で、耐久性の高い材料を用い、合わせて換気計画にも配慮しています。



日常管理がしやすくなるような設計を心がける

極端に高い天井や複雑な形状は溜まった結露水の拭き取りなど、腐朽を防ぐ日常管理をしにくくさせます。耐久性の観点からは、そのような形状を避けることが推奨されます。

温室の設計

温室などの用途では、紫外線暴露や大量の水蒸気が発生するため、天窗などを留め付ける金物に結露が発生しやすく、木質材料にとっては過酷な環境にあります。木造のメリットは鉄骨造が腐食した場合よりも簡易に修繕工事が行えることです³⁷⁾。補修することを前提として天窗や高窓などにアプローチしやすいように設計するとよいでしょう。

天窗は結露が発生することを前提とし、結露水を木部に流さないように結露受けを設けるなどの工夫が考えられます。

維持保全計画の策定

維持保全計画の策定

従来の保全は、腐朽や蟻害が進行した段階で修繕する「事後保全」が多い傾向にあり、公共建築物などでは未だこの傾向があります。それに対して、積極的に保守・点検、検査、整備、清掃、更新を行い、機能低下や劣化を察知し故障を未然に防ぐ「予知保全」、計画的に点検、検査、更新を行い故障を起こさせない「予防保全」があります²⁵⁾。木造の場合はRC造の場合よりも、予知保全・予防保全が建物の耐久性や修繕費用の削減に効果があるといえます²⁵⁾（図1）。特に大規模木造建築物では問題が発生した場合に修繕費用が大きくなりがちなため²⁵⁾、修繕に至らしめない予知保全・予防保全が重要です。性能を維持しつつ長く使うためには、維持保全計画を策定し、それに基づき定期的に点検・診断し、早めに対応していく必要があります²⁵⁾。

維持保全体制の整備

平成21年に制度化された長期優良住宅認定制度では30年の維持保全計画と予算措置が求められますが、同様のことが住宅以外の建築物でも必要であるといえます²⁵⁾。表1に維持保全計画の策定に必要な要件を、以下にその基本的な考え方を示します。

まず、維持保全計画は、その建物の設計者が作成するのが適切です²⁵⁾。30年～50、60年先までの維持保全計画（点検対象、診断基準、項目・方法・周期・保守方法）を立案・作成します²⁵⁾。その計画に基づき、定期点検箇所や現象に合わせて行う保守方法、材料の耐久年数と取り替え時期を建物の管理者に指示します。

点検では、点検結果をどのように判断するかが重要となります。診断基準の参考となるものに、平成17年国土交通省告示第551号「国家機関の建築物及びその附帯施設の保全に関する基準」の他、住宅を対象としたものではありませんが、既存住宅の住宅性能表示制度で使用される現況検査などがあります。

また、更新時期を検討するためには、どの材料が、どのくらいの耐用年数があるかなどを調査し、劣化の早い部材と健全な部材を一緒に取り替えるいわゆる「道連れ工事」がないようにする必要があります²⁵⁾。使い方によって耐用年数は異なりますが、おおよその耐用年数は材料メーカーが把握しているため、選択した材料の材料メーカーからデータを提供してもらい設計に反映させます²⁵⁾。

また、施工者から竣工図を提出してもらい、保存して維持保全に役立ててもらおうようにするとよいでしょう²⁵⁾。

木造で修繕費を抑える効果の高い予防保全には、定期的な塗装の塗り替えや部品の取替などが考えられ、ある程度の費用が必要となります〔文⑭p.68〕。維持保全計画は策定したものの予算がつかず実行できない場合もあるため²⁵⁾、建設に際し、予算措置や修繕基金積立の体制整備の重要性を建物管理者に理解していただくとういでしょう。

表2に参考となるメンテナンススケジュールの例を記します。

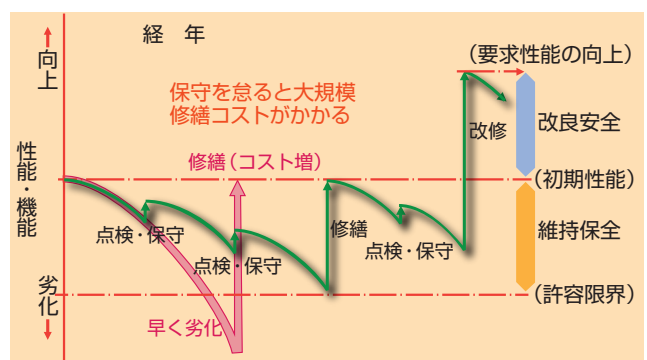
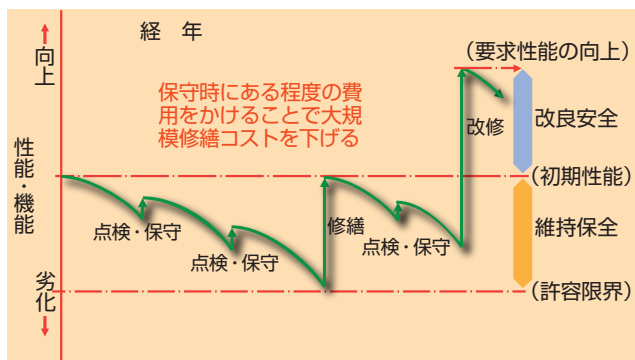


図1 保全の概念(左図の引用：大スパン木構造の今

木造建築物設計施工の手引き、財団法人(現在、公益財団法人)日本住宅・木材技術センター、1994より作図) 右は、点検・保守を怠った場合

表1 維持保全計画の策定に必要な要件

保全計画に必要な要件	詳細
維持保全の目的	目的と特に明記すべき目標
基本方針	事後・予知・予防保全
頻度	日常・定期・不定期
維持保全行為の主体者	建物管理者、技術者、維持管理専門業者など
点検・検査箇所・部位	
点検・検査方法	目視、見本帳、聴・打診、点検・検査器具・機械
点検の種類	通常点検、臨時点検（地震・台風等）
点検・検査結果の判断方法	劣化・故障現象別判断方法、補修の要否の判断方法、専門診断者への依頼の要否の判断方法、保証・瑕疵・保険条件と劣化、故障現象との関連
補修・修繕・交換の指針	材料・部材・部位別の指針、専門業者への依頼

（引用：建築物の耐久性向上技術シリーズ 建築構造編Ⅲ 木造建築物の耐久性向上技術、財団法人国土開発技術研究センター（現在、一般財団法人国土技術研究センター）、1986 より一部変更）

表2 メンテナンススケジュールの例

		1年	5年	10年	15年	20年	25年	30年	35年	40年	45年	50年	55年	60年
床下	防腐・防蟻処理		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
屋根	屋根材	台風、強風時の確認、葺き材のずれ、棟の補修を随時行う												
	雨樋							全交換						全交換
バルコニー	防水シート			張り替え		張り替え		張り替え		張り替え		張り替え		張り替え
外壁	外装材			塗り替え		塗り替え		塗り替え		塗り替え		塗り替え		塗り替え
	シーリング			打ち替え		打ち替え		打ち替え		打ち替え		打ち替え		打ち替え
軸材	柱・梁	毎年点検の上、補修を随時行う 塗料に応じた周期により再塗装する												
	構造用金物	構造用金物の増し締め	毎年点検の上、補修を随時行う 塗料に応じた周期により再塗装する											
開口部	ドア												本体交換	
	アルミサッシ				網戸補修		クレセント等部品交換	網戸補修			網戸補修	本体交換		網戸補修

（引用：よくわかる長もちする住宅の設計手法マニュアル「設計・施工・維持管理」、公益財団法人日本住宅・木材技術センター、pp.168-169、2007 を参考に作成）

木部の再塗装の計画

塗装の色落ちの放置状態が続くと表面の皮膜効果がなくなり、木部が劣化し、細かいひび割れが発生し、そこに雨水等がしみ込み、含水率が下がらなくなり腐朽が始まります²⁵⁾。塗料に応じた再塗装周期を守り確実に計画しましょう。P26にも記しましたが、無処理木材の塗装では、着色(エナメル)造膜形は5～7年、半透明造膜形は3～5年、半透明含浸形は1～3年目までに最初の塗り替えを行うことが多い

ようです。なお含浸形は、使用中に生じた微細な割れへの浸透量が増えるため、2回目以降の塗り替え周期は上記よりも長くなります。

加圧式保存処理木材の耐用年数

加圧式保存処理木材を使用する場合は、使用する部位及び期待する耐用年数に応じて、その性能区分が変わります。表3に参考となる指標を示します。

表3 加圧式保存処理木材の期待耐用年数指標（引用：保存処理木材の耐久性調査報告書 平成23年度林野庁補助事業）

使用の状況	用途区分*	使用部位	期待耐用年数				
			5年	10年	15年	30年	60年
屋内乾燥	1	構造材・内装建具	—			K3	
屋内湿潤	2	屋根下地材	—		K3		
水平非接地湿潤	3	土台	K3				
水平非接地暴露	3	デッキ床板	K3		K4		
垂直非接地暴露	3	建築物・外装材	K4				

*用途区分はISOで定められた使用環境である。

点検と保守・補修

耐久性向上のために行う点検には、日常点検・定期点検などの通常点検と、雨漏りなどの事故発生時や、地震・強風・大雨後に行う臨時点検(不定期点検)があります。点検作業をチェック式にすることで点検精度の人によるバラツキを抑えることができます⁴⁵⁾。

日常点検時における保守が重要

日常点検で対応できることは対応する

日常点検は、耐久性向上の他、事故防止のためにも重要です。木部の剥離(目ばなれ)、ささくれ、タイル、モルタル、笠木などの剥離落下、階段の滑り止めの損耗、柱・手摺りのぐらつきなどを点検し、事故を未然に防ぐようにします。

写真1は縦樋の破損を放置し下見板が汚れているものです。このように放置すると下見板の腐朽、さらには構造物材への悪影響も考えられます。劣化が拡大する前に保守対応しておくことが重要です。点検によって何らかの異常があった場合は、その場で対応できることは直ちに実施できるように、簡単な保守方法を建物管理者に示しておきます。例えば、

樋に落ち葉が降り積もっている場合は清掃を、ボルト・ナットが緩んでいる場合は増し締めを、釘の頭や木栓が出ているときは打ち込みを、可動部の動きがぎこちない場合はグリスアップを行うなどが挙げられます。



写真1 縦樋の破損による下見板の汚れ(築7年)
他の木部は軒の出が1mあるために傷んでいない。

点検時に釘の錆を見つけたら

多少の錆は強度が高まることが分かっていますが、錆の進行が進むにつれて強度は下がります(図1)。少しの錆の段階で、これ以上進行が進まないように水蒸気の流入を止める、結露防止、雨漏り補修などの対策を取ることが重要です。

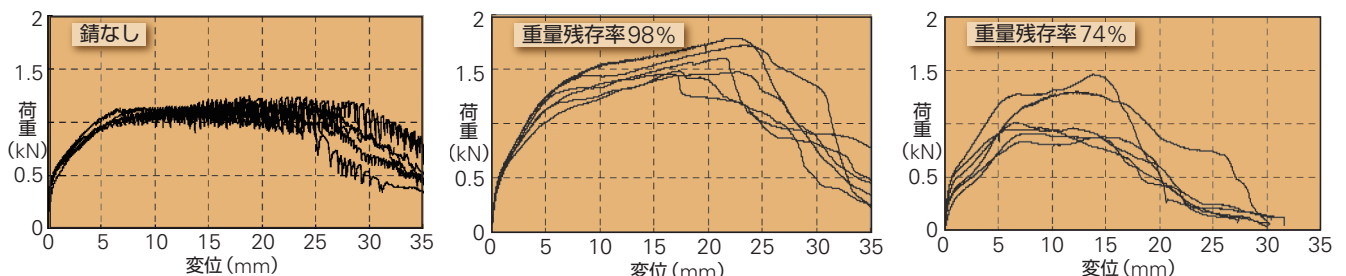


図1 合板耐力壁釘接合部の釘が発錆した時の一面せん断荷重変形特性
(引用:石山央樹、腰原幹雄:釘接合部の劣化時せん断性能に関する実験的研究 木造住宅の劣化時構造性能に関する研究(その1)、日本建築学会構造系論文集74(646)、pp.2281-2289、2009)

新しい点検手法

モニタリングシステムの開発

床下の土台部分にセンサーを取り付け、温度、相対湿度、表面含水率を1時間ごとにデータ測定し、インターネット回線を通じてサーバにデータを蓄積・関係者へ送信することで劣化状況を把握するシステムが開発されており、現在、実証実験中である。異常な状況が確認された場合は素早く点検することが可能になる。⁴⁷⁾

電磁波点検

木材内部にむけて電磁波を発信し、その反射から内部の状況を把握する手法が開発中である。腐朽などによって密度の低下した部位があると、その位置や状態がわかるというものである⁴⁸⁾。

定期点検

点検・検査箇所、点検・検査方法、点検・検査の判断方法については、既存住宅の住宅性能表示制度で使用される現況検査やインスペクションガイドラインが参考になります。点検・検査方法は目視(触診・打診を含む)によるものと計測によるものがあります。

生物劣化診断の3つの基本⁴⁸⁾

- 劣化原因(菌や昆虫)の存在を直接的・間接的に検出する。
- 劣化による部材の強度低下を評価する。
- 劣化が進行する環境要因を評価する。



構造用金物

竣工後数年間は他の時期よりも部材の収縮の進行が早いといえます³⁷⁾。1年後には構造用金物などの増し締めが必要です。それ以外の定期点検では金物の緩み、はずれの他、腐食について点検・診断します。

集成材の接着面はく離

集成材の場合は3年以内に点検し、それ以降は毎年1回点検します⁷⁾。集成材の接着面のはく離の点検は晴天の日に行い、梅雨時など湿潤な期間は避けます。これは木材が膨張して亀裂が見えにくくなるためです⁷⁾。表1に集成材の接着面はく離に関する劣化等級判断基準と修繕の対応を示します。

表1 集成材による梁桁類の接着面はく離に関する劣化度判断基準と対応措置例

点検項目	点検方法	劣化度	判断基準	対応措置
接着層のはく離 	目視 計測(隙間ゲージによる) 	I	はく離がない	健全
		II	一部に深さが材幅の1割未満のはく離がある	経過観察
		III	深さが材幅の2割未満のはく離がある	経過観察の上、進行性の場合は要精密診断
		IV	明瞭なはく離が材中央部にあり、深さが材幅の1/2未満のものがある	専門家による精密診断の上、補修をするなど進行を止める措置をとる
		V	上記の状態、深さが材幅の1/2以上のものがある	専門家による精密診断の上、構造耐力に影響するか検討し、必要があれば補強あるいは部材交換

木部の保守・補修

設計段階から、劣化しやすい部分を部品化し交換しやすくすることが重要です。腰掛けや簀の子などの造作はメンテナンスすることを前提に、容易に取り外しができるように計画します。

外構のメンテナンス計画

木製の外構材は、建築物よりも部材の収縮の進行が早いといえます。竣工後半年程度で、反り、段差、割れ、ささくれの有無を点検し、必要に応じてサンディングします³⁵⁾。大きな干割れは割れ目に防腐剤を噴霧した後、パテにて補修します³⁵⁾。

デッキ手摺りは、将来的な部材交換を考慮し単純で水はけのいい金具を用いた接合が一般的です³⁶⁾。

点検と保守・補修

	建築基準法	住宅性能表示制度 劣化の軽減に関すること 等級2	住宅性能表示制度 劣化の軽減に関すること 等級3	長期優良住宅
		建築基準法に下記をプラス		左記等級3に下記をプラス
外壁の軸組等	<p>施行令第49条（外壁内部等の防腐措置等）：木造の外壁のうち、鉄網モルタル塗その他軸組が腐りやすい構造である部分の下地には、防水紙その他これに類するものを使用しなければならない。</p> <p>2 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。</p>	<p>外壁の軸組等のうち地面からの高さ1m以内の部分に、以下のいずれかの措置等を行う。</p> <p>なお、北海道及び青森県では、防蟻処理は要しない。</p> <p>a.外壁を通気構造等とする。 b.製材、集成材等、構造用合板等を使用し、薬剤処理 c.小径が12.0cm以上の製材、集成材を使用 d.耐久性区分D₁の樹種の製材、集成材等を使用</p>	<p>外壁の軸組等のうち地面からの高さ1m以内の部分に、以下のいずれかの措置等を行う。</p> <p>なお、北海道及び青森県では、防蟻処理は要しない。</p> <p>a.外壁通気工法等とする。さらに、次のいずれかの措置等を行う。 イ.製材、集成材等、構造用合板等を使用し、薬剤処理 ロ.小径が13.5cm以上の製材、集成材を使用 ハ.耐久性区分D₁の樹種の製材、集成材等で12.0cm以上を使用 b.K3以上の防腐防蟻処理を行う。</p>	
土台		<p>土台に接する外壁の下端に水切りを設ける。</p> <p>さらに、次に挙げるいずれかの防腐防蟻上有効な措置を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐久性区分D₁の樹種のうちヒノキ（他の樹種省略）などの樹種等の製材、集成材を用いる。 ・K3相当以上の防腐・防蟻処理（ただし、北海道及び青森県は、K2以上の防腐処理） 		
浴室・脱衣所	—	<p>浴室の壁の軸組等・床組・天井、脱衣所の壁の軸組等・床組は、次の①～③のいずれかの防水・防腐防蟻措置を行う。</p> <p>①上記「外壁の軸組等の防腐防蟻措置」と同じ</p> <p>②防水上有効な仕上げ⁷⁾</p> <p>③浴室は、JIS A 4416に規定する浴室ユニットとするもの</p>	<p>浴室の壁の軸組等・床組・天井、脱衣所の壁の軸組等・床組は、次の①～③のいずれかの防水・防腐防蟻措置を行う。</p> <p>①上記「外壁の軸組等の防腐防蟻措置」と同じ</p>	
地盤	—	<p>基礎の内周部及び束石の周囲の地盤に、次のいずれかの防蟻措置等を行う。</p> <p>ただし、北海道（他県省略）などの地域は防蟻措置等を行わなくてよい。</p> <p>a.地盤を鉄筋コンクリート造のべた基礎または布基礎と鉄筋で一体となって基礎の内周部の地盤上に一様に打設されたコンクリートで覆う。</p> <p>b.防蟻に有効な土壌処理を施す。</p>		
基礎	<p>施行令第22条（居室の床の高さ及び防湿方法）：最下階の居室の床が木造である場合における床の高さ及び防湿方法は、次の各号に定めるところによらなければならない。（ただし書き省略）</p> <p>一 床の高さは、直下の地面からその床の上面まで45cm以上とすること。</p> <p>二 外壁の床下部分には、壁の長さ5m以下ごとに、面積300cm²以上の換気孔を設け（一部省略）ること。</p>	<p>地面から基礎上端または土台下端までの高さを40cm以上とする。</p>		
床下		<p>基礎断熱工法以外</p> <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ60mm以上のコンクリート、もしくは厚さ0.1mm以上の防湿フィルム等で覆う。 ・外壁の床下部分には、壁の長さ4m以下ごとに、面積300cm²以上の換気孔、もしくは、壁の全周にわたって壁の長さ1m当たり有効面積75cm²以上の換気口などを設ける。 <p>基礎断熱工法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・厚さ100mm以上のコンクリート、もしくは厚さ0.1mm以上の防湿フィルム等で覆い、かつ規定の性能値（性能値省略）以上の断熱材とする。 		<p>点検口の設置</p> <p>床下空間の有効高さ330mm以上（点検に支障のない断熱材や大引き等の突出部分は除く）</p>
小屋裏	—	<p>以下のいずれかの換気措置を行う。ただし、屋根断熱工法等により小屋裏が室内と同等の温熱環境にある場合は、この基準を適用しない。</p> <p>a.妻壁に天井面積の1/300以上の給排気孔 b.軒裏に天井面積の1/250以上の給排気孔 c.軒裏に天井面積の1/900以上の給気孔かつ、妻壁に1/900以上の排気孔 d.軒裏に天井面積の1/900以上の給気孔かつ、棟頂部に1/1600以上の排気筒等</p>		<p>点検口の設置</p>
構造部材等（建築基準法）	<p>以下の項目を満たす</p> <p>施行令第37条（構造部材の耐久性）：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使用しなければならない。</p> <p>施行令第41条（木材）：構造耐力上主要な部分に使用する木材の品質は、節、腐れ、繊維の傾斜、丸身等による耐力上の欠点がないものでなければならない。</p> <p>施行令第80条の2（構造方法に関する補則）：省略</p>			

木造計画・設計基準（国営整第20号平成23年5月10日）			
	施設を50～60年を目安として使用することを目標とする場合の措置	50～60年より更に長期に施設を使用することを目標とする場合又は気象条件が厳しい立地に位置する場合の措置	
外壁の軸組等	<p>(ア) 大壁造の場合、外壁を通気工法とする。</p> <p>(イ) 真壁造とする場合、塗装により木材を保護した上で、軒、けらば等の出を900mm以上確保する。</p> <p>(ウ) 透湿性の高いグラスウール等の断熱材を使用する場合は、室内側に隙間のできないような防湿材を設置する。</p> <p>(エ) ボード状の発泡プラスチック断熱材を軸組等との間に充填する場合は、軸組等との隙間を現場発泡断熱材で塞ぐ。</p> <p>(オ) 周囲の地面から400mm以上の高さを確保して設置する。ただし、雨水が到達することを防ぐ有効な対策を講じた場合はこの限りではない。</p>		
	<p>外壁の軸組等の材料（下のいずれか）</p> <p>(ア) ヒノキ（樹種省略）等製材又はこれらの樹種を使用した集成材等</p> <p>(イ) K2以上の加圧式保存処理木材等</p> <p>(ウ) JIS K 1571に適合する表面処理用薬剤又はこれと同等の薬剤による処理を行う。</p>	<p>外壁の軸組等の材料</p> <p>(ア) K3以上の加圧式保存処理木材もしくは同等以上の処理を行った木材</p>	
屋外に位置する構造耐力上主要な部分	ア外壁仕上げ、笠木又は塗装により木材を保護。特に直射日光を受ける横架材の上部に通気層を有する笠木を設置。		
	イ外壁の軸組等（オ）と同じ		
	<p>ウ材料は次による（大断面集成材は別途有効な措置を講ずる。）</p> <p>(ア) 軒、けらばの出が900mm以上確保：K3以上の加圧式保存処理木材等。</p> <p>(イ) 軒、けらばの出が900mm未満：K4以上の加圧式保存処理木材等。</p>	<p>ウ材料は次による（大断面集成材は別途有効な措置を講ずる。）</p> <p>(ア) K4以上の加圧式保存処理木材等。</p>	
接合金物	ア腐食のおそれのある部分は、塗装又は亜鉛めっき等により防錆処理を講ずる。イ屋外の接合金物は、木材と接する部分から雨水がすみやかに外部に排出されるよう有効な措置を講ずる。		
	—	ウ熱橋を形成する位置に設置する接合金物は、現場発布断熱材等により断熱する。	
土台	周囲の地面と接する階の土台を設置する場合は次による。		
	ア土台に接する外壁の下端に水切りを設ける。		
	<p>イ土台の材料は次のいずれかの材料を用いる。</p> <p>(ア) ヒノキ（樹種省略）等製材又はこれらの樹種を使用した集成材等</p> <p>(イ) K3以上の加圧式保存処理木材等（北海道又は青森県ではK2以上）</p>	<p>イ土台の材料は次の材料を用いる。</p> <p>(ア) K3以上（北海道又は青森県ではK2以上）</p>	
水を多用する室	ア浴室について、JIS A 4416が使用できる場合はユニット製品を使用する。		
	イ防水上有効な下地及び仕上げを施す。	イ壁の軸組等（室内側に露出した部分を含む）、床組、天井（下地材を含む）に木材を使用する場合は、K3以上の加圧式保存処理木材もしくは同等以上の処理を行った木材	
地盤、床下	<p>ア防湿のため、床下全面に厚さ0.15mm以上のポリエチレンフィルム等を敷き詰める。</p> <p>イ防蟻のため、地盤を次のいずれかにより覆う。</p> <p>(ア) ベタ基礎</p> <p>(イ) 布基礎と鉄筋により一体となって一様に打設したコンクリート（厚さ100mm以上）</p>		
小屋裏、屋根	<p>ア屋根断熱工法により小屋裏が室内と同等の温熱環境にある場合を除き、小屋裏に次のいずれかの換気口を設置する。</p> <p>(ア) 住宅性能表示制度 劣化の軽減に関すること等級2、3のaにプラス設置数2以上</p> <p>(イ) 住宅性能表示制度 劣化の軽減に関すること等級2、3のbにプラス設置数2以上</p> <p>(ウ) 住宅性能表示制度 劣化の軽減に関すること等級2、3のcにプラス垂直距離900mm以上離す</p> <p>(エ) 住宅性能表示制度 劣化の軽減に関すること等級2、3のd</p> <p>イ屋根断熱工法により小屋裏が室内と同等の温熱環境にある場合は屋根を通気工法とする。</p>		
樋	ア縦樋は、外壁面より外側の位置に設置する。イ縦樋の管径は、予想される降雨量に対して、余裕を持って設定する。		
	管径と受け持ちうる最大屋根面積（m ² ）		
	管径（呼び径）	最大屋根面積縦管の場合	最大屋根面積横走り管勾配1/100の場合
	80	110	40
	100	230	90
125	440	170	
150	690	270	
<p>※最大降水量180mm/hr（日本最大1時間降水量の2割増）を想定</p> <p>※最大屋根面積は地域によっては下式によって加減してもよい。</p> <p>最大屋根面積＝（表の数値）×（180/（当該地域の最大降水量））</p>			
フレキシビリティ	将来予測される室の用途、室内のレイアウトの変更を考慮したものとする。設備システムの構成及び設備機器の配置は、将来の予想される用途変更、高機能化への要求、増設等を考慮したものとする。		
安全性・更新性	清掃、点検・保守等の維持管理や材料、機器更新等の保全が効率的かつ安全に行える設計とする。		

設計者のためのチェックリスト

これまでの記述の中で、ポイントとして紹介した事柄などをチェックリストとして示します。
公共建築物の場合は、木造計画・設計基準(国営整第20号平成23年5月10日)をクリアすることが要求されることがありますのでそちらも確認しましょう(P34に抜粋があります。)

建築計画上の配慮

- 地域特有の気候・地域特性・局地的気象条件に配慮した計画ですか?…P5
- 卓越風向を意識して、植栽や床下換気口、開口部の位置などを決めましたか?…P5
- シンプルな平面形状ですか?…P5
- 維持保全がしやすいような配慮を行いましたか?…P6

木質材料の選択

- 製材を使用する場合、乾燥した製材を選択していますか?…P7
- 製材を使用する場合、耐久性の高い材を選択していますか?…P7
- 辺材が入っている製材を使用する場合、加圧式保存処理木材など薬剤処理された材を選択していますか?…P7
- 集成材を使用する場合、雨掛かり、直射日光に配慮した設計にしていますか?…P8
- 合板を使用する場合、要求性能に合った種類を選択していますか?…P8
- 加圧式保存処理木材を使用する場合、継手・仕口のプレカットや現場加工によって薬剤が浸透していない部分が露出した場合には、表面処理薬剤の塗布を行うよう指示していますか?…P9
- 収縮抑制処理木材を大壁に使用する場合、外壁通気工法としていますか?…P9
- 収縮抑制処理木材を屋外に使用する場合、塗装仕上げを選択していますか?…P9
- 防火処理木材を使用する場合、見え掛かり面のみでなく、裏面や木口にも塗装処理を指示していますか?…P10
- 防火処理木材を使用する場合、AQ材・工場塗装を選択していますか?…P10

構造用金物の選択

- 加圧式保存処理木材を使用する場合、適切な金物を選択していますか?…P12
- 構造用金物に雨水や結露水が集中するような納まりとしていませんか?…P12
- 木部と接する部分から雨水が速やかに排出されるような措置が取られていますか?…P23
- 根継ぎなどの補修がしやすい形状の構造用金物ですか?…P12

断熱工法の配慮

- 充填断熱工法とする場合、防湿・気密を確実に取っていますか?…P13
- なるべく外壁通気工法・屋根通気工法を選択するようにしていますか?…P13

小屋裏換気の配慮

- 換気経路を確実に取っていますか?…P14
- 複数の換気経路を確保していますか?…P14
- 換気口の高低差をなるべく大きくするようにしていますか?…P14
- 天井面の気密性を確保していますか?…P14

外壁通気工法を選択した場合

- 通気経路を確実に取っていますか?…P15
 - 軒天の壁側に給排気をする場合、防水紙を桁上まで張り上げるようにしていますか?…P13
 - 外装材は水密性の高い、あるいは吸水率の低いものを選択していますか?…P15
 - 通気層厚さは18mm以上取っていますか?…P15
 - なるべく通気金物、もしくは縦胴縁による通気胴縁を選択していますか?…P16
 - バルコニー手摺り壁や独立柱は、通気措置を考えた納まりにしていますか?…P16
- カーテンウォールの配慮

- ガラスのカーテンウォールの鋼材が木部側に傾斜するような納まりになっていませんか?…P16
- 結露受けを深くかつ広めに取っていますか?…P16

基礎の配慮

- 基礎立ち上がり高さは400mm以上ですか?…P6
- ベタ基礎を選択している場合、基礎底盤が地盤面より50mm程度上になっていますか?…P6、P17
- 地下水位を把握して対応しましたか?…P17
- 基礎の打ち継ぎ部や基礎貫通孔まわりに防蟻措置を採用しましたか?…P17
- ベタ基礎を選択している場合、換気口は適切な位置、換気量ですか?…P17
- ベタ基礎を選択している場合、施工中にベタ基礎からの水分蒸発を促せるような工夫をしていますか?…P17
- 基礎断熱の外断熱工法を選択した場合、断熱材を土壌に接触させないようにしていますか?…P17
- バリアフリー対応とした場合、土台が地盤に接しないような工夫をしていますか?…P18

屋根まわりの配慮

- 屋根葺き材に見合った適切な勾配ですか?…P19
- 多雪地域の場合、すが漏り対策は行いましたか?…P19
- 屋根面の雨水浸入対策(縦桟木の採用など)に考慮した設計にしていますか?…P19
- 谷樋の幅を十分に確保していますか?…P19
- 屋根や樋、バルコニーの点検がしやすいような配慮をしていますか?…P20
- 積雪地域、山間地域以外の地域の場合で、周辺の林の状況によっては樋を設置しないなど検討しましたか?…P20
- 樋の管径は適切ですか?…P34

跳ね返り対策

- 跳ね返りが及ぶ範囲以上に基礎高さを上げましたか?(雨樋設置の場合は跳ね返り面から250mm以上、雨樋不設置の場合は同450mm以上)…P21
- 軒の出を跳ね返りが及ぶ範囲以上出しましたか?雨樋を設置しましたか?(雨樋設置の場合は350mm以上、雨樋不設置の場合は最低でも900mm)…P21

- 雨樋が無い場合に、雨滴の落下地点に凹凸を付けましたか?…P22
- デッキやバルコニーなどを設ける場合、そこを基点にした跳ね返り高さで対策を取りましたか?…P22

屋外利用

- 屋外に木質材料を利用する場合に、木部に溜まる水について、水はけの配慮をしましたか?…P23
- 屋外に木質材料を利用する場合に、木部の保護材を設置しましたか?…P23

塗装の配慮

- 日当たり、雨掛かりが少なくなるように、軒の出や基礎高さを計画しましたか?…P25
- 適切な塗装を選択しましたか?…P26
- 水・水蒸気が大量発生する空間の配慮
- 日常管理がしやすいような設計をしましたか?…P28
- 結露しても乾燥を促すような、適切な換気を計画しましたか?…P28
- 塩素イオンが強い温泉の浴場の場合、温泉成分が木部にたまらないような設計としましたか?…P28

用語解説・参考文献・執筆・監修

用語解説

接合具と接合金物

釘やビスなどを接合具、木質構造部材を接合する金物を接合金物という。

加圧式保存処理木材

加圧式保存処理木材とは日本工業規格(JIS A 9002)に規定された方法で保存処理された木材をいいます。保存処理には加圧注入処理用防腐・防蟻薬剤を用います。木材の保存処理方法には、加圧注入する方法以外にも浸漬する方法、塗布する方法などがあります。

加圧式保存処理木材はJASマーク、防腐・防蟻処理構造用集成材、防腐・防蟻処理合板、防腐・防蟻処理LVLは、AQマークを表示して販売されます。

熱処理木材

熱処理木材とは、高熱環境下で木材成分を変化させ、耐久性、寸法安定性を付与させた木材をいいます。

優良木質建材等認証(AQ)

優良木質建材等認証(AQ)制度は、木質建材の品質性能等について、公益財団法人日本住宅・木材技術センターが客観的な評価・認証を行うものです(49)。製材のJASだけではカバーできない、次々に開発される新しい木質建材について、機動的に評価・認証しています。

JASの保存処理の区分「K」とAQの区分の対応

JASの保存処理の項目に対応するAQの区分を表1に示します。

表1 JASの保存処理に関する性能区分とAQの区分の対応(引用:加圧式保存処理木材の手引き、日本木材防腐工業組合、p.14、2015)

JAS 性能区分	加圧式保存処理木材の使用状態	AQ
K1	屋内の乾燥した場所に使用する木材に、乾材害虫(キクイムシ)に対して防虫性能を付与する処理(防虫処理木材)	—
K2	北海道など平均気温が低い地域で使用する木材に、防腐・防蟻性能を付与する処理(比較的寒冷地域で使用できる防腐・防蟻処理木材)	3種
K3	日本全国で使用する木材に、防腐・防蟻性能を付与する処理(防腐・防蟻処理木材として土台などに使用可)	2種
K4	屋外で風雨にさらされる厳しい環境で使用する木材に、防腐・防蟻性能を付与する処理(外構部材などに使用可)	1種

参考文献リスト

- 1)新藤 健太、宮武 敦:日本および米国に現存する建物の集成材調査、住宅と木材33(386)、pp.19-28、2010
- 2)新藤健太、中島正夫、宮武敦、宮林正幸、黒木亮:実使用環境下における集成材の耐久性 その2。アメリカ合衆国に現存する建物の調査、日本建築学会大会学術講演梗概集22014、pp.27-28、2009
- 3)中島正夫:中大規模木造建築物の普及促進に関わる検討委員会平成24年度資料、2013
- 4)加圧注入材を用いた長寿命化住宅仕様書(2010年版)、日本木材防腐工業組合、2010
- 5)木造建築物等防腐・防蟻・防虫処理技術指針・同解説 改訂版、社団法人(現在、公益社団法人)日本しるあり対策協会、1986
- 6)中島正夫他:木造住宅の耐久設計と維持管理・劣化診断、財団法人(現在、公益財団法人)日本住宅・木材技術センター、2002
- 7)大規模木造建築物の保守管理マニュアル 材料・施工・維持保全、財団法人(現在、公益財団法人)日本住宅・木材技術センター、1997
- 8)大規模木造建築の管理・メンテナンス上の課題と対策に関する調査、財団法人(現在、公益財団法人)日本住宅・木材技術センター、1994
- 9)林業試験場報告(123)
- 10)十代田三郎:菌種別に依る木材腐朽の実験的研究、日本建築学会論文集、pp11-16、1938
- 11)大スパン木構造の今 木造建築物設計施工の手引き、財団法人(現在、公益財団法人)日本住宅・木材技術センター、1994
- 12)集成材建築物の耐久性調査報告書、日本集成材工業協同組合、2008
- 13)ネダノンマニュアルver.7、東京合板工業組合、東北合板工業組合、2012
- 14)加圧式保存処理木材の手引き、日本木材防腐工業組合、2015
- 15)山口秋生:熱処理木材「サーモウッド」について、建築と社会94(1100)、pp.26-27、2013
- 16)中島正夫:優良木質建材認証「収縮抑制処理材」はじめに、住宅と木材36(424)、pp.16-17、2013
- 17)前田恵史:優良木質建材認証「収縮抑制処理材」収縮抑制処理材(DS処理材)の現状について、住宅と木材36(424)、pp.18-24、2013
- 18)深谷敏之:木造住宅用接合金物の防錆処理、住宅と木材34(397)、pp.14-16、2011
- 19)Baker, A. J.:Corrosion of Metal in Wood Products, Durability of Building Materials and Components. ASTM STP 691, pp.981-993,1980
- 20)石山央樹、中島正夫、森拓郎、野田康信、榎本敬大:保存処理木材に接する各種表面処理鋼板の屋外暴露試験、日本建築学会大会学術講演梗概集22120、pp.239-240、2011
- 21)石山央樹、中島正夫、森拓郎、野田康信、中島裕貴、榎本敬大: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4】暴露試験3年経過報告、日本建築学会大会学術講演梗概集22198、pp.395-396、2014

- 22)山田知明、中島正夫:充填断熱および外張断熱構法住宅における金物結露測定、日本建築学会大会学術講演梗概集22177、pp.353-354、2007
- 23)木造長期優良住宅の総合的検証委員会 耐久性分科会 平成25年度成果報告集、公益社団法人日本木材保存協会、2014
- 24)業系サイディングと標準施工 第2版、日本業系外装材協会、2011
- 25)平成23年度林野庁補助事業 木造公共建築物等の整備に係る設計段階からの技術支援報告書、一般社団法人木を活かす建築推進協議会、2012
- 26)平成24年度林野庁補助事業 木造公共建築物等の整備に係る設計段階からの技術支援報告書、一般社団法人木を活かす建築推進協議会、2013
- 27)山崎肇、中島正夫、中島史郎、古賀純子、牧田均:木造住宅の屋根下葺き材の耐久性評価に関する研究:その2 解体物件から採取した下葺き材の調査結果、日本建築学会大会学術講演梗概集1559、pp.1117-1118、2011
- 28)石川 廣三:雨仕舞の仕組み 基本と応用、彰国社、2004
- 29)日経ホームビルダー (11)、2010
- 30)中島正夫:伝統木造の耐久性評価と耐久設計、NPO 木の建築(3)、2002
- 31)石川 廣三、宇賀神 麻:軒先から滴下する雨水による壁面足元部の跳ね返り雨量の評価、日本建築学会大会学術講演梗概集1122、pp.277-278、2002
- 32)橋本 佳大、石川 廣三:地表面の跳ね返り雨水による外壁面足元部の濡れに関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集1123、pp.279-280、2002
- 33)American Institute of Timber Construction、AITC Technical Note 108-84、1984
- 34)集成材建築物設計の手引、日本集成材工業協同組合、2012.3
- 35)木でつくる公園施設-設計と維持管理の手引き-、財団法人(現在、一般財団法人)日本木材総合情報センター、1998
- 36)木でつくる道路施設-耐久設計と維持管理の手引き-、財団法人(現在、一般財団法人)日本木材総合情報センター、1999
- 37)全国営繕主管課長会議付託事項 公共建築物における木材の利用の取り組みに関する事例、全国営繕主管課長会議、2012
- 38)高田準三:温水プール-魔法瓶方式、2009
- 39)高田準三:温水プールの除湿対策、2009
- 40)株式会社竹中工務店からの情報提供
- 41)株式会社アルセッド建築研究所からの情報提供
- 42)建築物の耐久性向上技術シリーズ 建築構造編Ⅲ 木造建築物の耐久性向上技術、財団法人国土開発技術研究センター(現在、一般財団法人国土技術研究センター)、1986
- 43)よくわかる長もちする住宅の設計手法マニュアル「設計・施工・維持管理」、公益財団法人日本住宅・木材技術センター、2007
- 44)保存処理木材の耐久性調査報告書 平成23年度林野庁補助事業
- 45)藤平真紀子、中島正夫、藤井義久、堤洋樹、植本敬大:工務店の木造長期優良住宅に対する取組みに関する調査 その2 維持保全計画の実態把握、日本建築学会大会学術講演梗概集8038、pp.1225-1226、2011
- 46)石山央樹、腰原幹雄:釘接合部の劣化時せん断性能に関する実験的研究 木造住宅の劣化時構造性能に関する研究(その1)、日本建築学会構造系論文集74(646)、pp.2281-2289、2009
- 47)武市英博、中島正夫、中島光彦、宮村雅史:木造住宅の耐久性向上に関わる建物外皮の構造・仕様とその評価に関する研究 木造住宅の長期使用に資するモニタリングシステムの一事例、日本建築学会大会学術講演梗概集1678、pp.1355-1356、2013
- 48)藤井義久:住宅の劣化診断に活かされる非破壊診断技術、住宅と木材29(337)、pp.22-25、2006
- 49)佐野敦子:優良木質建材認証「収縮抑制処理材」A/Q品質性能評価基準、住宅と木材36(424)、pp.29-32、2013
- 50)北海道立北方建築総合研究所:北方型住宅の断熱・気密施工実践マニュアル、北海道建築指導センター、2004
- 51)北海道立北方建築総合研究所:北の住まいづくりハンドブック、一般財団法人北海道建築指導センター、2008

執筆

中島 正夫

(関東学院大学/建築・環境学部/教授) …pp.1～6

宮武 敦

(国立研究開発法人 森林総合研究所) …P8

コラム「新しい木質材料を使用する際の注意点」

前田 恵史

(株式会社コシイプレザービング) …P10

石山 央樹

(中部大学/工学部/講師) …P11

コラム「木材の生物劣化・接合金物の腐食と接合部性能」

齋藤 宏昭

(足利工業大学/工学部/准教授) …pp.13～14

小屋裏換気の整理

片岡 厚

(国立研究開発法人 森林総合研究所) …pp.25～26

監修

中島 正夫

(関東学院大学/建築・環境学部/教授)

相談窓口

公益社団法人 日本木材保存協会

日本木材防腐工業組合

防腐合板推進協議会

日本集成材工業協同組合

