

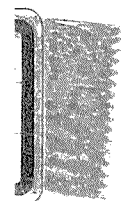
平成6年度 農林水産省補助事業

森林資源有効活用促進調査事業報告書

(大規模木造建築物の管理・メンテナンス上の課題と対策に関する調査)

平成7年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



ま え が き

最近の木造建築の話題は、何と言っても大規模木造物に尽きると言っても過言ではない。百メートルを超すスパンを持つ多目的ホール、新しい木組による美しい架構を持つ教会、人に優しく、心を和ませる空間構成の校舎など、正に建築物の構造方式、形態、用途、数量においても百花繚乱の感がある。これらの建築物は、学術雑誌、特集増刊本などに紹介されるだけでなく、地域に建てられた建築物を紹介する小冊子が作られて、関係する各方面に配布されるなどによって多くの関心と視線が注がれている。

建設された大規模木造建築物の用途をみると、官公庁施設、農林・水産施設、社会福祉施設、文教施設、体育・保健施設、集会施設、展示施設など、いわゆる非住宅のあまねく分野に行き渡っており、その中には地域のシンボルとして親しまれているものもある。また、建設された数も500を超えようとしている。

大規模木造建築物の施工に当たっても、久しく大規模木造建築物の建設が途絶えた期間があったにも拘らず、木造以外の分野での蓄積した技術によってこれを可能とした。

大規模木造建築物をめぐる状況は、上述のように華々しいものがあるが、未だ日も浅く、その著についたばかりであるので、これらの建築物の設計、施工、部材製造などいずれの面においても取り組むべき課題が残されている。また、建築物の長期保存の観点からも上述の課題にどのように取り組むのか検討すべきであろう。更に、建築物の所有者・管理者等に対しては、建築物の維持管理の方法を明らかにし、建築物の長期使用の役割を担ってもらう必要がある。

本事業は、上記を踏まえて以下の調査研究を行う。

- ① 大規模木造建築物のアンケート調査（建物概要、施設利用、保守・管理、利用実態）
- ② 大規模木造建築物の実態調査（部材、接合部、仕様、部材製造、維持管理）
- ③ 非破壊検査方法の検討
- ④ 部材製造技術の検討
- ⑤ 施設管理技術の体系化・マニュアル化

本年度は、前年度に引続き、①大規模木造建築物の施設の事例調査、②非破壊検査方法の検討を行ったほか、③部材製造技術、④施工技術、⑤管理・メンテナンス技術、⑥大規模木造建築物塗装マニュアルについて検討を行った。

平成 7年 3月

森林資源有効活用促進調査委員会
委員長 神山幸弘

森林資源有効活用促進調査事業報告書

(大規模木造建築物の管理・メンテナンス上の課題と対策に関する調査)

目 次

まえがき

| | | |
|---|-----------------------|----|
| 1 | 調査要綱 | 1 |
| 2 | 大規模木造建築物の施設の事例調査結果の概要 | 5 |
| 3 | 非破壊的検査方法の検討 | 10 |
| 4 | 部材製造技術の検討 | 29 |
| 5 | 施工技術の検討 | 66 |
| 6 | 管理・メンテナンス技術の検討 | 72 |
| 7 | 大規模木造建築物塗装マニュアルの検討 | 74 |

1 調査要綱

1. 1 目的

近年、本物指向、環境指向の高まりなどの社会情勢の変化や防火に対する建築技術の進歩等を背景に、建築基準の合理化が図られるとともに、学校等公共施設への木材使用の推進、大型建築物の部材としての木材の利用、建築工法等に関する技術開発、消費者への啓発・普及などの木材需要拡大の取組が進められてきた。

その結果、体育館、校舎、集会施設、事務所、展示施設等の公共施設を中心に新しいスタイルの大規模木造建築物が積極的に建設され、木材関連業界はもとより一般国民に対して「木の素晴らしさ」を強く印象づけるとともに、「街のシンボルづくり」として地域の活性化にも大いに役立っているところである。

しかしながら、これらの建築物の設計、部材の製造、施工のいずれの面をとっても、まだ取組むべき技術開発が残されており、特に、建設されてから間もないため、施設の管理・メンテナンス上の課題への対応が確立されていない状況にある。

そのため、今後「木の文化」ともいえる大規模木造建築等への取組を継承し、更に、発展させていくためには、すでに建設された大規模木造建築物を対象に施設管理者・利用者の満足度や、施設の長期保存の観点から総合的に調査し、大規模木造建築物における非破壊的検査・部材製造技術・施工技術の確立の検討、施設管理・メンテナンス技術の体系化を行い、その建設を促進するとともに、木材資源の有効活用を図ろうとするものである。

1. 2 事業の内容

(1) 調査検討委員会

本事業の調査、検討実施のための委員会を開催する。

(2) 実態調査

大規模木造建築物の施設管理者等に対するアンケート調査等を実施し、施設管理・メンテナンス上の技術課題の抽出を行う。

(3) メンテナンス技術の体系化等

大規模建築物における非破壊的検査・部材製造技術・施工技術を検討し、施設管理・メンテナンス技術の体系化・マニュアル化を図る。

1. 3 事業実施期間

平成5年度～7年度

1. 4 要約

大規模木造建築物の施設管理・メンテナンス技術の体系化・マニュアル化を図るため、本年度は、①大規模木造建築物の施設、部材の加工機械、部材部品化等の事例調査、②部材の乾燥処理、防腐・防蟻処理技術等について検討を行うとともに、部品化、パネル化等組立て技術についての検討、③管理・メンテナンス技術の検討、④大規模木造建築物の塗装マニュアル作成のための塗装の実態調査及び関連資料の収集、⑤木材及び木造建築物に適用される非破壊的検査方法のランク分けを行うとともに、調査・診断・判定・評価基準等について検討を行った。

<キーワード>

大規模木造建築物、管理・メンテナンス、事例調査、塗装、再塗装、防腐処理、乾燥処理、非破壊検査、超音波法、周波数分析法、ピロディン法、サーモグラフィー法、木材保護着色塗料

1. 5 森林資源有効活用促進調査委員会委員

(敬称略・順不同)

- 委員 神山幸弘 早稲田大学理工学部 教授
- ” 中島正夫 関東学院大学工学部 助教授
- ” 大橋好光 東京大学工学部
- ” 長野憲義 東洋大学工学部
- ” 川島宏一 建設省住宅局建築指導課建築物防災対策室 課長補佐
- ” 河合直人 建設省建築研究所第三研究部 研究員
- ” 中井孝 森林総合研究所木材利用部 木材特性科長
- ” 山本幸一 同 木材化工部 主任研究官
- ” 梶山英幸 (株)一色建築設計事務所 取締役
- ” 宮林正幸 三井木材工業(株)特建事業部 副部長
- ” 山井良三郎 (財)日本住宅・木材技術センター 客員研究員
- 協力委員 久田卓興 森林総合研究所木材利用部 乾燥研究室長
- ” 吉田弥明 静岡大学農学部 教授

注：○は、委員長

1. 6 大規模木造建築物塗装マニュアル検討部会委員

(敬称略・順不同)

部会長 川村二郎 (財)日本住宅・木材技術センター 客員研究員

委員 石井陽一郎 (株)コシイプレザービング 研究室課長

” 伊藤久能 和信化学工業(株)日野工場 住宅関連開発部長

” 桑鶴洋生 武田薬品工業(株)生活環境事業部研究開発部
リサーチマネージャー

” 高橋孝治 (社)日本塗装工業会 常務理事

協力委員 石田英幸 (株)イシダ 代表取締役

” 細川哲郎 武田薬品工業(株)生活環境事業部営業部
プロダクトマネージャー

2 大規模木造建築物の施設の事例調査

2.1 調査概要

| | |
|---------|---|
| 調査建物の名称 | 十和田ホテル |
| 調査期日 | 平成6年10月21日 |
| 調査項目と方法 | 外観 屋根、外壁の汚損、変退色、変形、腐朽、腐食 内部 壁の亀裂、床の不陸、きしみ、建具の建て入れ 方法 目視ならびにスケール |
| 調査者 | 山井良三郎 (財)日本住宅・木材技術センター 神山幸弘 早稲田大学理工学部 |

2.2 調査建物の概要

(1) 建物名称等

| | |
|-----|--------------------|
| 名称 | 十和田ホテル |
| 所在地 | 秋田県小坂町十和田湖畔鉛山 |
| 用途 | ホテル 客室数34、収容人員158名 |
| 所有者 | 秋田県 |
| 使用者 | (財)秋田県観光物産公社 |

(2) 規模、構造等

| | |
|-------|----------------------------|
| 建設年月日 | 昭和13年10月 |
| 経過年数 | 56年間 |
| 構造 | 木造軸組構造、(1階鉄筋コンクリート造) |
| 階数 | 3階建て |
| 延べ面積 | 4290平方メートル |
| 特徴 | 構造材に天然秋田杉を使用、土台には松、青森ヒバを使用 |

(3) 仕上げ等

| | |
|------|----------------|
| 屋根 | 切妻、金属板かわら棒葺 |
| 外壁 | 杉の半丸太張り |
| 内壁 | 真壁、土塗り壁(仕上げ各種) |
| 天井 | 棹縁、網代等各種、杉板ほか |
| 廊下 | 杉板 |
| 1階外壁 | 石積み |

2. 3 調査結果

2. 3. 1 調査建物の経歴

(1) 建物の増改築等

1) この建物は、昭和15年に開催される予定であった東京オリンピックに合わせて、政府の要請により外国人貴賓客専用ホテルとして全国に5ヶ所建設されたホテルの1つである。(現存するのは、このホテルの他に雲仙観光ホテルがある)

2) 建築工事には、秋田、青森、岩手の三県より80名の棟梁級の大工が招聘され、木造建築の粋をきざって造られた。

| | | | | | |
|------------|------------|-------------------|----|----|-------|
| 3) 昭和11年6月 | 本館着工 | 昭和13年10月 | 竣工 | 工期 | 2年4ヶ月 |
| 14年6月 | 営業開始 | | | | |
| 24年6月 | 米軍に接収、営業停止 | | | | |
| 27年7月 | 接収解除 | 営業再開 | | | |
| 35年10月 | 増築 | 別館(1階大広間、2階客室6部屋) | | | |
| 36年9月 | | 別棟-特別室 | | | |
| 38年8月 | | 大浴場、家族風呂、ボイラー室 | | | |
| 42年10月 | | 娯楽室、従業員室 | | | |
| 43年10月 | | 厨房、食堂、中広間 | | | |
| 62年12月 | 改築 | 外壁杉半丸太取り替え | | | |

以上はホテル側より提供を受けた資料の抜粋である。

4) ホテルの所有者ならびに管理者

このホテルの所有者は、建設当初は秋田県であったが、昭和17年10月に鉄道省に譲渡され、昭和30年1月に買い戻している。又、ホテルの運営、管理にあたっては別の組織があたっており、個人企業、日本交通公社、秋田県観光事業株式会社、(財)秋田県観光開発公社、(財)秋田県観光物産公社をへて現在にいたっている。

2. 3. 2 建物の管理等

当ホテルの開業期間は、4/25~11/10 となっており、冬期は積雪のため休業となっている。休業にあたっては雪囲いを行うとともに期間中には雪降ろし(20人/回)を行う。建物の維持管理費は、上記の費用も含めて約1000万円/年が計上されている。多額の費用を要する修理(突発的災害、計画的修繕など)については、別途考慮される。これらの費用は所有者より支出される。

2. 3. 3 建物の損傷

(1) 建物内部の損傷について

本建物は、原則的には木造軸組構法による土塗り真壁である。したがって、多くの客室は天井が棹縁天井、打ち上げ天井などの板張り、壁は土塗り、床は畳で仕上げられている。そして柱はあらわしになっている。又 廊下は板張りである。

この建物が客を招き入れるという性格上のためか、客室ならびに廊下には損傷は認められなかった。当然のことながら竣工以後今日にいたるまでの間、全く無傷であったというのではなく、常に補修が行われてきたのであらう。客室は毎日清掃が行われるので、損傷が早期に発見され、それを放置すれば客に対して見苦しいので直ちに修理される。手当てが早いので大修理にはいたらない。なお、廊下の床板は、くるみ、こぬか、おからによって定期的に磨きあげられている

(2) 建物外部の損傷について

屋根は積雪、寒冷を考慮して金属板瓦棒葺きである。雪降ろしが慣行となっており、塗装の塗り替えが行われるらしく、塗装が剝がれていたり、腐食している箇所は見当らなかった。

外壁仕上げの杉半丸太は7年前に取り替えられている。写真2.2でもわかるように軒、庇によって雨掛りとならない部分の汚れは少ないが、雨の掛かる部分は汚染が目立ち始めている。この現象は2階部分よりも雨掛かりの多い3階部分が顕著である。この部分は汚染部分の色、肌目の状態から見て未だ腐朽には至っていないと判断される。

杉半丸太の腐朽していると思われる箇所が1箇所あった。(写真2.4、2.5) その箇所はコの字になっている本館の入隅部である。この入隅部は、屋根だけを見るとL型になっており、棟の高さが異なると同時に軒の高さも異なっている。このため低い方の屋根が隣の外壁に直接あたっている。(写真2.4参照) このため屋根面を流れ落ちてきた雨水は、積雪のため雨樋がないため外壁面を流れ落ちることになり、杉半丸太を過度に濡らすことになる。これが原因で、写真2.5に見られるように藻菌が繁殖しているとともに木口が腐朽している。縦に張られた半丸太は、雨水の流下を容易にするが、横張りは水分の滞留を容易にしたために横張り部分に被害が発生したのであらう。

2.4 所 見

本建物は竣工後56年を経過しているにも拘らず、被害は調査結果の項で延べたように極僅かであった。この理由は建物の性格上常に維持管理に務めたためである。この維持管理に務めた推進力は、支配人を始めとする従業員の方々の木造を知り、愛着を持っていたればこそそそと思われる。木造建物の寿命にとって如何に維持管理が大切か知らしめる良い例として挙げることができよう。



写真 2-1 十和田ホテル
の全景

奥の建物が本館、手前の
建物が別館



写真 2-2 ホテル側面

1 階部分は玄関、玄関ホ
ール、事務室、売店、フロ
ントなどがある

2 階、3 階部分が客室と
なっている。

外壁の仕上げが杉半丸太
を縦張りとしているのがわ
かる



写真 2-3 玄関

玄関は吹き抜けになって
おり、杉丸太の柱が林立し
て磨きあげられている。垂
れ壁の仕上げには杉皮が用
いられている



写真 2-4 外壁脚部の腐朽

この建物には、冬期積雪のため雨樋が無い。したがって建物のL型に交差した箇所には、写真に示すように屋根からの雨水は外壁面を伝わり落ちることになる。雨水の滞留は、縦張り半丸太よりも横張り半丸太の方が大きい。このために丸太が腐っている。



写真 2-5 写真2-4の拡大

緑色に見えるのは藻菌
変色している部分が腐り始
めている

3. 非破壊検査方法の検討

3. 1 大規模木造における非破壊検査の対象と範囲、方法

3. 1. 1 劣化調査全体の中での非破壊検査法の位置づけ

一般に建築物のメンテナンスを目的とした劣化調査は、事前調査、一次劣化調査、二次劣化調査、三次劣化調査の各段階に分かれる。このうち、目視、体感も含めた広い意味での非破壊検査による劣化調査方法は、一次から三次劣化診断までの各診断段階において、必要な劣化情報を収集する手法として位置づけることが可能である。このうち、事前調査は以後の劣化調査結果の評価を行ったり、修繕計画を立てたりする際の基礎資料と位置づけられ、低次の劣化調査はそれぞれの時点での修繕の要否判定を下す資料になるとともに、より高次の劣化調査を実施する上での基礎資料を提供するものと位置づけることができる。

一次劣化調査では、目視や体感などのある程度の経験はあるが、専門的な劣化調査手段を必要としない非破壊的検査方法が主体となる。二次劣化調査では、一次で劣化の存在が疑わしい場合につき、比較的専門的な器具、機械などを用いて、より詳細な劣化情報を得るものとして非破壊検査を位置づけられる。主たる非破壊検査方法は、基本的には二次劣化調査において用いられることになろう。さらに三次劣化調査は、より精密な診断が必要とされる場合に実施され、二次よりもさらに大がかりな機械、器具を用いて部位全体としての劣化度や安全性を非破壊で検査するとともに、一部では部材からの試料の抜き取りを行い、別途強度試験などを実施する必要がある。

日本建築学会編「建築物の調査・劣化診断・修繕の考え方(案)・解説」などをもとに、事前調査から三次劣化調査までの、調査項目、方法の概要をまとめれば表3-1のとおりである。

表3-1 各調査段階毎の調査概要の相違点

| 調査・診断レベル | 目的・調査詳細度 | 行為者 | 方法 | 調査結果の表示 |
|----------|-----------------------|--------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 事前調査 | 建物、立地環境等に関する資料収集 | 原則として所有者、管理者 | 設計図書、保全関係図書の収集、現地調査、ヒアリング | 状況記述 |
| 一次劣化調査 | 総括的な概況診断 | 建物所有者、管理者 | 目視、体感を中心とした非破壊的方法 | 劣化部材、劣化現象、劣化範囲、程度についての定性的記述 |
| 二次劣化調査 | 特定部材、特定劣化現象を対象とした劣化診断 | 専門技術者 | 簡易な機械、器具による非破壊試験 | 上記各項目の定量的記述 |
| 三次劣化調査 | 最終的に修繕の要否を決める詳細な劣化診断 | 高度な専門技術者 | 大がかりな測定器具による非破壊試験や試料抜き取りによる方法 | 上記各項目のさらに詳細な定量的記述 |

3. 1. 2 大規模木造の非破壊検査の対象となる部位、部材と劣化現象

大規模木造の管理、メンテナンスを念頭に置いたときの劣化診断の対象となる部位は、建物全体、基礎、屋根、壁、床などの構造体、下地、仕上げなど多方面に及ぶ。このうち、本報告では特に、建物全体と各部位の木部ならびに部材を接合している金物類の非破壊検査を対象とする。

木部はなかでも、構造材がその主たる対象となり、金物類では構造材同士の接合金物が重要となる。

大規模木造における構造材としての木部は、主に大断面集成材が用いられるが、一部丸太や大断面製材なども用いられることがある。したがって、木部の非破壊試験法としてはこれらの寸法、形状以外に内部構成も異なる各種木質材料の試験に柔軟に対応できるものが必要である。大規模木造における木部劣化の非破壊試験上の特徴として以下の点があげられる。

(1) 多くの構造部材が内部を中心に露出して用いられるので、下部に位置する部材は直接接触による検査が可能なことが多い。

(2) 大規模建築であるから、直接接触できるとしても、天井面など高い位置にある部材については、遠隔からの非破壊検査法が必要になるか、足場を組む必要が出てくる。

(3) 大断面部材の使用に伴って、寸法の大きな接合金物が多用される。露出使用が多いとは言っても、金物との接合部は金物形式によっては一部木部が隠蔽されるため、その内部の劣化状態を的確に検査する方法が必要となる。特に、接合部は建物強度上の要となるため、この部分の劣化状態を早期に確実に知ることは重要である。

(4) 上にも述べたとおり、材種は集成材を中心に丸太、製材など多様である。それに伴って、検査方法も柔軟に対応できる必要がある。

このような木部の劣化現象としては、主に割れ、菌害、蟻害、接着層剥離、木部剥離などがあり、位置的には構造的に重要な部位、すなわち、建物下部ないしは隅角部の木部であり、特に接合金物近傍ないしは金物に隠蔽された部分の劣化が問題となろう。

一方、金物そのものについては、錆、欠損、ゆるみが対象となる。錆ならびにそれにとまなう欠損については使用方法や劣化外力との関係で、その周辺環境を、木部埋め込み型、部位内環境露出型、室内環境露出型、外部環境露出型の4つに分類することが可能と思われる。そのいずれかにより、同じ地域劣化外力であったとしても、劣化程度は異なるとともに検査方法も大きく異なってくる。多くの場合、問題となるのは外部環境や内部環境あるいは密閉されたある部位の内部で露出使用されている場合と思われるが、これらは遠隔からの目視によることになろう。また、ゆるみについては、構造材の足元の金物などの直接検査できるものは別として、遠隔に位置する金物の目視による検査は困難と思われ、何らかの方法で直接接触法によってゆるみを確認することが必要になろう。

建物全体の耐力については、木造構造部材と接合部とを含めて、構造システム全体としての残存耐力を検査することになる。これは三次調査のなかでも、最も大がかりな調査となるため大規模修繕などの最終的な判断をしなければならない時に実施する検査と考えるべきであろう。

以上のことから、以下では特に木部を対象とした各種の非破壊検査法について限定して述べる。

3. 1. 3 木材を対象とした各種の非破壊検査法

木材を主たる対象とした非破壊検査方法として適用可能あるいは今後の進展によっては適用が可能になるものは、昨年度の報告書のなかで列挙されている。これを、整理して示せば、以下のとおりである。

目視（指触）、含水率法、A E法、打音法、超音波法、電磁波レーダー法、衝撃弾性波法、貫入抵抗法、成長錐法

目視は、指で木材表面を圧す指触も含め、木材表面における腐朽、蟻害現象を目で確認するものであり、簡単な知識と経験があれば専門家でなくとも劣化の存在の判断は十分可能である。ただし、これを一次調査として位置づけ、建物管理者、所有者に調査を可能とさせるには、判断の基準となる劣化度別の写真などを添付しておく必要がある。

含水率法以下の各手法は、簡易な器具からかなり専門的な装置まで様々な機器を利用して調査を行うものであり、その診断原理や診断方法に工夫がなされており、これらを用いて調査を実施するには、ある程度の専門知識が必要とされる。これらのうち、現状で木材の劣化診断に適用可能と思われるものについては、3. 3でその手法の詳細について報告する。

3. 2 木材を対象とした各種の非破壊検査法のランク分け

先の日本建築学会編「建築物の調査・劣化診断・修繕の考え方（案）・同解説」によれば、一次調査は、総括的な概況調査であり、建物の所有者、管理者などによって主に実施される目視、体感などによるものと位置づけられている。また二次調査は、一次調査の結果をうけて、特定部分の劣化状況を調査するもので、非破壊検査が中心になる。さらに三次調査は、一部破壊も含めてより確度の高い結果を得るためのものである。このことから、上記の各検査方法は、以下のよう

表3-2 各検査方法のランク分け

| 一次調査 | 二次調査 | 三次調査 |
|--------|---|---------------|
| 目視（指触） | 含水率法 A E法 打音法 超音波法 電磁波レーダー法 衝撃弾性波法 | 貫入抵抗法 成長錐法 |

3. 3 各種非破壊検査法による調査・診断・判定基準作成のための基礎的検討

ここでは、以上にあげた木材の非破壊試験のうち、現状で有望な検査方法で特に何らかの機器を利用して行うものについて、それぞれが対象とする劣化現象、対象部位、部材、検査原理などのほか、劣化程度の診断、判定基準などを作成するにあたって、基礎ないしは根拠となりうるような既往の研究成果を中心に資料を収集検討した。

検討した項目を列挙すれば以下のとおりである。

- 1) 適用劣化現象
- 2) 適用診断レベル
- 3) 検査対象部位・部材
- 4) 適用可能範囲
- 5) 検査方法（原理、必要機器、検査項目、手順方法）
- 6) 実用化の状況
- 7) 検査結果・アウトプット
- 8) 検査実施上の注意点
- 9) 検査結果の判定法

3. 3. 1 超音波法

| | |
|-----------|--|
| 適用劣化現象 | 腐朽、蟻害等による木材内部欠陥 |
| 適用診断レベル | 2次診断 |
| 検査対象部位・部材 | 各部位の製材、丸太部材 |
| 適用可能範囲 | 露出部材、直接接触による非破壊検査 |
| 検査方法 | |
| 原理 | 1) 透過法 木材の一面から木材中に入射した超音波を反対面で受けるまでの伝播時間の違いにより、内部欠陥部の位置と大きさを推定する。 2) 反射法 木材の一面から入射した超音波が、欠陥部に反射して帰ってくるまでの時間により、内部欠陥部の位置と大きさを推定する。 木材は減衰の大きい材料であるから、一般には透過法が適する。 |
| 必要機器 | 超音波発振器 (20KHz～40KHz程度の低周波超音波が発振可能なもの) 超音波探触子 (発振子、受振子) 接触媒介剤 (ワセリンなど) |
| 検査項目・手順 | |
| ・方法 | 1. 超音波伝播速度 1) 測定対象木材の一面に発振子を接触媒介剤を介して密着させ、その反対面に受振子を同様に密着させて、超音波を発振し、透過時間を計測する。 2) 見掛けの透過距離をノギス等で計測し、上の結果と合わせて、透過速度を算出する。 2. 含水率 超音波透過速度を計測した部分の含水率を電気抵抗式含水率計などを用いて測定する。 3. 樹種判定 4. 年輪に対する超音波の入射角度 (角材の場合) 木口面が見えない場合は、側面に現れた繊維の様子からおよその年輪方向と超音波の入射角度との関係を見る。 |
| 実用化の状況 | 丸太については、NTTが内部腐朽を検知し、断面の様子を図にして出力する機械を開発し、木柱の腐朽検査に応用されている。しかし、製材については、いまだ実用化に至った例はない。 |

3. 3. 2 周波数分析法（打音診断）

| | |
|-----------|-----------------------|
| 適用劣化現象 | モルタル等により被覆された壁体内部の腐朽等 |
| 適用診断レベル | 2次診断 |
| 検査対象部位・部材 | 主に外壁（構造、下地、仕上げ） |
| 適用可能範囲 | 外壁下部、直接接触による非破壊検査 |
| 検査方法 | |

原理 外壁表面を打撃したときに発生する音は、壁体が健全のときとそうでないときとは、周波数が変化する。一般に健全時は、高周波成分が高い応答を示し、どこかに欠陥がある壁体では、低周波ないしは中周波成分の応答が高くなる。これを利用して、壁体全体としての健全度の推定をする。

必要機器 シグナルアナライザー（パワースペクトル分析機能のあるもの）
集音用マイク
ハンマー

検査項目・手順

- ・方法
 - 1) 測定対象壁体の一面をハンマーで打撃し、その応答音をマイクで収集する。
 - 2) 応答音をシグナルアナライザーにかけ、応答音のパワースペクトルを描く。
 - 3) パワースペクトルのピーク及び広がりを確認する。

実用化の状況 建設省総プロ「木造建築物の耐久性向上技術の開発」のなかで、モルタル外壁の劣化診断手法（2次診断）として採用されている（下図）。

| 周波数 | 区分 | パターン | 劣化内容 | グレード |
|-----------------|-------|------|--|------|
| 800~1600 (Hz) | A I | | <ul style="list-style-type: none"> ○表面にも内部にもきれつや浮上りがない。 ○下地構成材に腐朽による劣化や施工不良がない。 ○モルタル壁の表面が滑らかである。 | 1 |
| | A II | | ○A Iの条件と変らないが、モルタル表面が滑らかでなくざらざらしている。 | |
| | A III | | ○A Iの条件とは異なるが、打撃点付近に小さいきれつや局部的な浮上りが存在する。 | 2 |
| C < B < A | B I | | <ul style="list-style-type: none"> ○打撃点付近に不連続で局部的な上乗りのきれつや浮上りが存在する。 ○下地構成材に腐朽による劣化や施工不良はない。 | 3 |
| | B II | | <ul style="list-style-type: none"> ○打撃点付近に中乗りの深さまで局部的なきれつや浮上りが存在する。 ○下地構成材に腐朽による劣化や施工不良はない。 | |
| | B III | | <ul style="list-style-type: none"> ○打撃点付近に下乗りの表面まで到達するようなきれつや打撃点の下部に局部的な浮上りが存在する。 ○下地材の付合せ部分が付近に存在する。 | |
| 100~150 (Hz) 不良 | C I | | <ul style="list-style-type: none"> ○下乗りのきれつの深さが2/3程度で存在したり、きれつの安差が存在する。 ○浮上りが連続的に存在する。 | 4 |
| | C II | | <ul style="list-style-type: none"> ○きれつが下地まで到達している部分がある。 ○きれつが集中してたり、大きく連続した浮上りが存在する。 ○下地構成材に腐朽による劣化や施工不良が存在する。 | |
| | C III | | <ul style="list-style-type: none"> ○構内部分では、モルタルがぐらぐらするほどの浮上りが存在したり、下地まで到達するきれつが安差または集中している。 ○雨水の浸入などによる下地構成材の腐朽等の劣化がひどく、さまざまな悪条件が重なって存在する。 | 5 |

3. 3. 3. ピロディン法

適用劣化現象 表面腐朽及び表面に近い内部腐朽（深い箇所を検出は不可能）

適用診断レベル 2次診断

検査対象部位・部材 各部位の製材及び丸太部材

適用可能範囲 露出した部材面、探針による局部破壊検査

検査方法

原理

木材に、スプリングで負荷した鋼製ストライカーピンを打ち込み、ピンの貫入深さから、腐朽程度および腐朽により生じた強度減少量を推定する。

必要機器

PILODYN木材試験器本体（保護キャップ付）

ストライカーピン セット用ロッド 六角レンチ

四角ロックピン

検査項目・手順・方法

- 1 ピロディン貫入深さ (P_c)
 - 1) ストライカーピンをセットしたピロディン本体を部材表面に強く押しつけ、2本のグリッパーの歯が完全に完入するまで押す。
 - 2) 引き金を押し（引き）、ストライカーピンを発射する。
 - 3) ストライカーピンが貫入した深さをmm単位（0－40mm）で読みとる。
 - 4) ストライカーピンを抜き取る。
2. 含水率
ピロディン貫入深さを測定した部位の含水率を測定する。
3. 樹種判定

実用化の状況

スウェーデンのコブラ社では電柱の軟腐朽のメンテナンス・プログラム中で検査の主要な方法と位置付けている（1985年現在）¹⁾

検査結果・アウトプット

測定結果は、各測定位置別に貫入深さ P_c (mm)、含水率、樹種の順に整理する。別途測定した健全材貫入深さ P_s に対する、部材の測定貫入深さ P_c （含水率と樹種で補正したもの）の比率 P_c/P_s を算出し、診断の基準とする。

検査実施上の注意点

部材は極度に乾燥していないこと。

正しい貫入深さを測定するには、節・割れ部分にピンを打ち込まない。

出来るならば、測定部位内の近傍位置の数カ所にピンを打ち込み平均値を求める。劣化部位がピンの貫入深さより内側に存在する場合は検出が出来ない すなわち、表面から40mmより深い箇所の劣化を検出するためには、リピーティング・ピロディン法（3. 3. 4. 参照）によらなければならない。これは一度ピンを打ち込んだ同じ箇所に、再度より長いピンを打ち込むものであり、より深い箇所の劣化を検討する方法である^{1), 2)}。

検査結果の判定法

健全材貫入深さ P_s に対する、部材の測定貫入深さ P_c の比率 P_c/P_s （含水率と比重で補正したもの）を算出し、診断の基準とする³⁾。 P_c と曲げ破壊強度や曲げヤング係数などの強度値の間には相関関係がある（図3-1）。目視により判定した腐朽（0-5の6段階）とピロディン貫入深さ P_c （mm）、および腐朽度と P_c/P_s には相関関係がある（図3-2）。この図からは、 P_c/P_s が1.2前後であると初期腐朽の可能性があり、1.5前後では激しい腐朽があることがわかる。

P_c は木材の比重が大になるに従い小になり、含水率が大になるに従い大になるが、変化は比較的小さい⁴⁾。一般的に、年輪傾斜と年輪幅は P_c に影響しない⁴⁾。

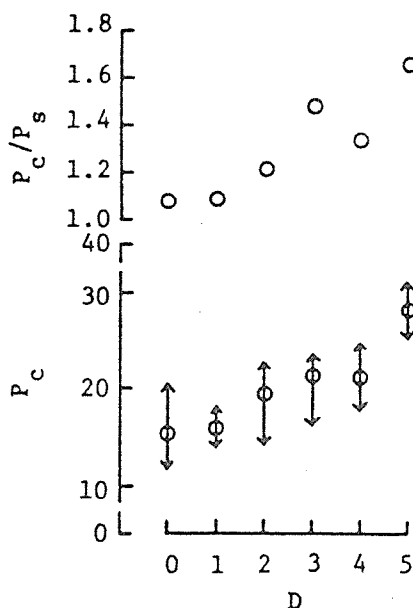


図3-1 ピロディン貫入深さ (P_c) と曲げ破壊係数 (σ_m) の関係²⁾

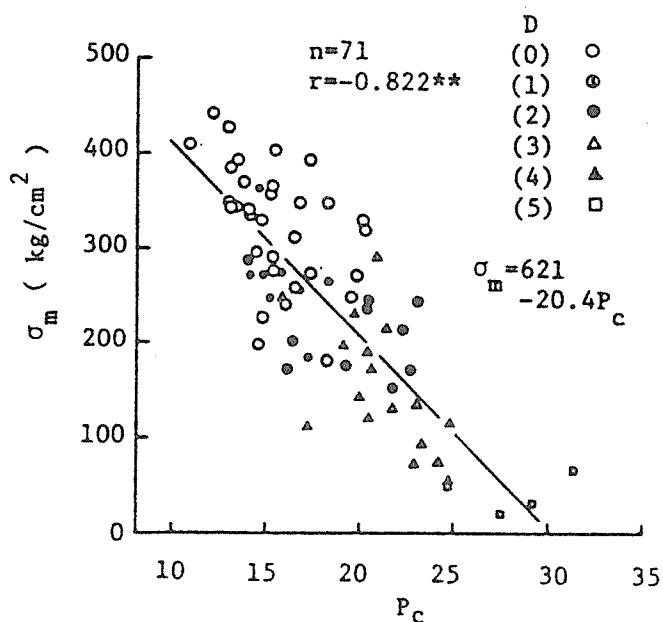


図3-2 ピロディン貫入深さ (P_c , P_c/P_s) と腐朽度 (D) の関係²⁾

参考文献

- 1) Greaves, H. and K. J. McCarthy: Inspection and maintenance procedures for ground-line defects in wooden poles, National Pole Conference, Rockhampton, Queensland, Sep. 18-20, 1985.
- 2) Morris, P. I. and Henning Friis-Hansen: Report on a field demonstration of methods for detecting defects in wood poles, IRG Document No. IRG/WP/2232 (1984)
- 3) 田中俊成、中井孝: スギ間伐実大材の”PILODIN”により判定した腐朽度と曲げ強度、第33回日本木材学会大会研究発表要旨集、京都、p. 223 (1983)
- 4) 田中俊成、中井孝: ”PILODIN”により判定した腐朽度と曲げ強度 (第2報) ”PILODIN”のくぎ打ち込み深さにおよぼす実験条件の影響、第34回日本木材学会大会研究発表要旨集、名古屋、p. 32 (1984)
- 5) Tanaka, T.: Evaluation of bending strength by non-destructive methods of Ezomatsu with white pocket rot, Inter. Res. Group on Wood Preservation, IRG Doc. No. IRG/WP/2371, 1991.

3. 3. 4. リピーティング・ピロディン法

適用劣化現象 内部腐朽
適用診断レベル 2次診断
検査対象部位・部材 各部位の製材及び丸太部材
適用可能範囲 露出した部材面、探針による局部破壊検査

検査方法

原理

ピロディン法と同じである。より深い箇所劣化を検出するため、より長いピンを再度同じピン穴に打ち込む¹⁾。

必要機器

詳細は不明（基本的にはピロディン法の機器と同様と考えられる）

検査項目・手順・方法

- 1 ピロディン貫入深さ (P)
 - 1) ストライカーピン (40 mm) をセットしたピロディン本体を部材表面に強く押しつけ、2本のグリッパーの歯が完全に完入するまで押す。
 - 2) 引き金を押し (引き)、ストライカーピンを発射する。
 - 3) ストライカーピンが貫入した深さをmm単位 (0-40 mm) で読みとる。
 - 4) ストライカーピンをスクリュー・ラチェットシステムにより抜き取る。
 - 5) 長いストライカーピン (長さ不明) を再度、ピロディン本体にセットする。
 - 6) 引き金を押し (引き)、ストライカーピンを発射する。
 - 7) ストライカーピンが貫入した深さをmm単位で読みとる。
 - 8) ストライカーピンをスクリュー・ラチェットシステムにより抜き取る。
2. 含水率
ピロディン貫入深さを測定後測定個所の含水率を測定する。
3. 樹種判定

実用化の状況

イギリスのEastern Electricity Boardによりデモンストレーションが行われた²⁾

検査結果・アウトプット

詳細は不明（基本的にはピロディン法と同様と考えられる（データは無い））。

検査実施上の注意点

詳細は不明（基本的にはピロディン法と同様と考えられる（データは無い））。

検査結果の判定法

詳細は不明（基本的にはピロディン法と同様と考えられる（データは無い））。

参考文献

- 1) Greaves, H. and K. J. McCarthy: Inspection and maintenance procedures for ground-line defects in wooden poles, National Pole Conference, Rockhampton, Queensland, Sep. 18-20, 1985.
- 2) Morris, P. I. and Henning Friis-Hansen: Report on a field demonstration of methods for detecting defects in wood poles, IRG Document No. IRG/WP/2232 (1984)

3.3.5. 部分圧縮-アコースティックエミッション(AE)法

| | |
|-----------|---------------------------------|
| 適用劣化現象 | 表面腐朽および(内部腐朽) |
| 適用診断レベル | 2次診断 |
| 検査対象部位・部材 | 各部位の製材及び丸太部材 |
| 適用可能範囲 | 露出した部材面、部分圧縮により発生したAEを検出する非破壊検査 |
| 検査方法 | |

原理

木材に部分圧縮荷重を負荷することによって、材料から発生する(材料の摩擦や亀裂の形成と進展などによって生じるアコースティックエミッション(AE)を、部材側面につけたセンサで検出し、AE事象数と部分圧縮荷重の関係から木材の劣化程度を推定する。

必要機器

AEセンサ(共振周波数150kHz前後)
増幅器、弁別器、カウンター、レコーダ
ロードセル、増幅器

検査項目・手順・方法

1. AE事象数
 - 1) AEセンサを荷重点から数cm離してホットメルト接着剤等に取り付ける。
 - 2) AEを発生させるため、外力として部分横圧縮(荷重速度2mm/min)を負荷させる。
 - 3) 発生したAEについて、増幅倍率(数十dB)、しきい値(0.1V程度)を越えたものをAE事象として弁別し、データとして取り込む。
2. 樹種判定

実用化の状況

試験段階であり、実際の建築部材に適用するには解決すべき問題が多い²⁾。外観的に何ら変化の認められない初期腐朽の検出には有効な方法であるが²⁾、部材の内部腐朽を捉えることが出来るかどうかは不明である。

検査結果・アウトプット

各測定位置別に、圧縮比例限度荷重(Nあるいはkgf)までのAE発生挙動を整理する。測定部材におけるAE発生が増加し始めた(あるいは事象数が100に達した)荷重の絶対値、あるいは別途作成した樹種毎の健全材の圧縮比例限度荷重に対する相対値Cを算出する。

検査実施上の注意点

同一圧縮荷重に対する、部材への圧縮治具のめりこみ量は、腐朽した木材では健全な木材より1.5倍以上大きい²⁾。

検査結果の判定法

現時点では、木材の劣化部位の検出には、外力の負荷方法やAE計測条件等の検討がなお必要である。AEの発生挙動は樹種・腐朽菌の種類、荷重条件・AE計測条件により変動する。オオウズラタケで腐朽させたベイツガ材では健全材よりかなり低い荷重域からAEが発生し、重量減少率が1%未満の初期腐朽段階でもこの傾向が認められた²⁾(図3-)。重量減少率の変化に対して強度低下の緩やかな力

ワラタケによる腐朽材でも同様の傾向がある(図3-)。

測定部材におけるAE発生が増加し始めた荷重の、健全材の圧縮比例限度荷重に対する相対荷重値Cを算出すると、Cが1程度では健全、0.9以下では劣化の可能性があると判断される(図3-3)。

木材の重量減少率とAE事象数が100に達した圧縮荷重の対数との間には高い相関が認められている¹⁾(図3-4)。

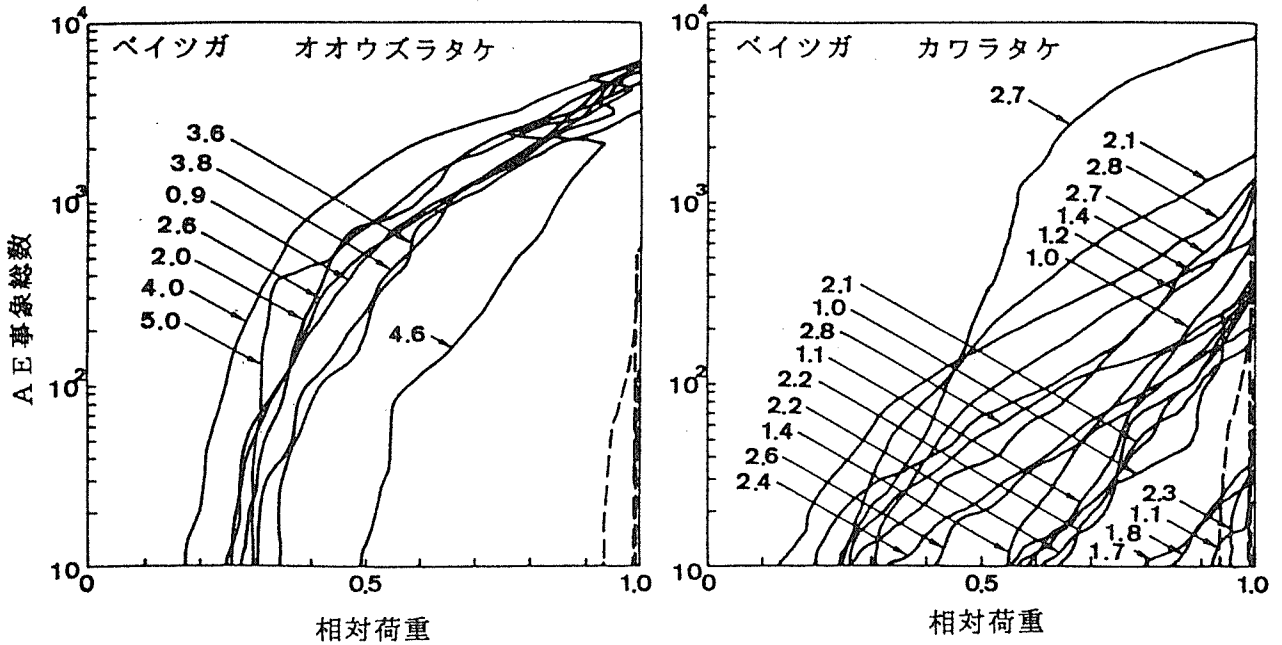


図3-3 相対荷重(C)とAE事象総数の関係²⁾(数字は重量減少率、破線は健全材)

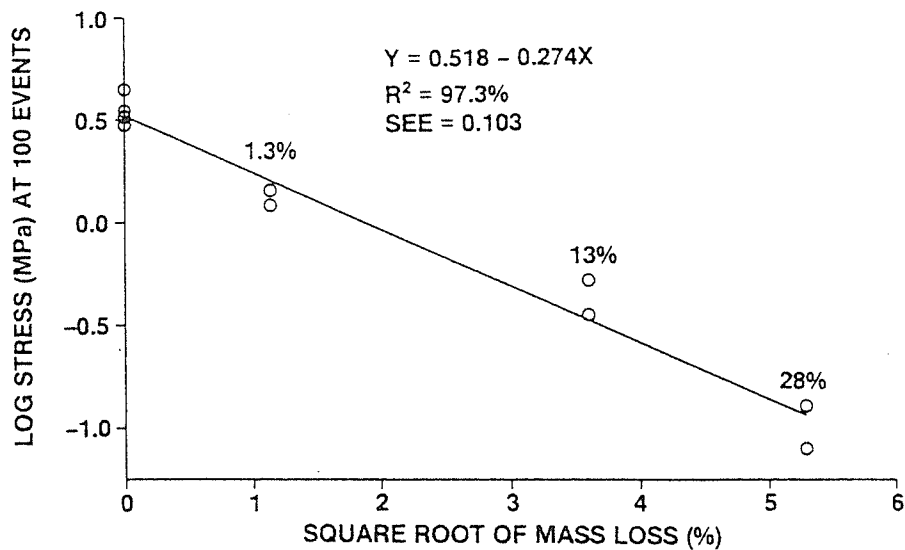


図3-4 重量減少率(対数值)とAE事象数が100に達した圧縮荷重(対数值)の関係¹⁾

参考文献

- 1) Beall, F. C. and W. W. Wilcox: Relationship of acoustic emission during radial compression to mass loss from decay, Forest Prod. J. 37(4), 38-42 (1987)
- 2) 今村祐嗣: AEモニタリングによる木材の劣化診断、木材研究、26, 38-60、1990.

3. 3. 6. アコースティックエミッション (AE) 法

適用劣化現象 内部におけるシロアリの食害

適用診断レベル 2次診断

検査対象部位・部材 各部位の製材及び丸太部材

適用可能範囲 露出した部材面、シロアリの食害により発生したAEを検出する非破壊検査

検査方法

原理

木材の部材面につけたセンサで、シロアリ食害により発生するアコースティックエミッション (AE) を検出し、シロアリの活動の有無を調べる。

必要機器

AEセンサ (共振周波数 150kHz-70kHz程度)

増幅器、弁別器、カウンター、レコーダ

検査項目・手順・方法

1. AE事象数

1) AEセンサを部材面にホットメルト接着剤等で取り付ける。

2) 発生したAEは、センサからの信号は遮断周波数(50kHz-100kHz程度)のハイパスフィルタでろ波、増幅倍率(数十dB)後、しきい値(0.1V程度)を越えたものをAE事象として弁別し、その振幅、持続時間等をデータとして取り込みコンピュータで解析する。

実用化の状況

ポータブル型のシロアリ食害検出装置が開発された²⁾。

検査結果・アウトプット

各測定位置別に、AE事象数、振幅、持続時間等の発生挙動を整理する。

検査実施上の注意点

シロアリ食害部から離れるにつれて、材中をつたわるAE波の減衰により、計測されるAEの数は指数関数的に減少する。食害によるAEを出来るだけ少ない測定点数で検出するためには、より遠くまで伝播する低い周波数成分をとらえる共振周波数の低いセンサを用いた方が有利である¹⁾。

雰囲気温度は食餌行動に大きく影響し、20-30℃の範囲で活発である¹⁾。食餌行動の日変化は温度とほぼ同調しており午後に盛んである¹⁾。

検査結果の判定法

AEの発生頻度は職蟻の食害の頻度に対応しており、兵蟻の警戒音や活動とは対応しない。シロアリ頭数とAEの発生頻度の間には相関がある¹⁾。ヤマトシロアリはイエシロアリに比較してAE事象数が少ない¹⁾。AEの発生位置の評定は隣合う2個のセンサを30cm以下に置くことによりある程度可能である¹⁾。

参考文献

- 1) 今村祐嗣：AEによる木材加害昆虫の食害行動の解析、平成5年度科学研究費補助金(一般研究(C))研究成果報告書、1990。
- 2) 野口昌己ほか：AEモニタリングによる新しいシロアリ食害活動探知器の開発、第41回日本木材学会大会研究発表要旨集、松江、p.521 (1991)

3.3.7. サーモグラフィ法

適用劣化現象 表面腐朽、表面割れ、内部腐朽（内部空洞）

適用診断レベル 1次診断

検査対象部位・部材 各部位の製材及び丸太部材

適用可能範囲 露出した部材面、非破壊検査

検査方法

原理

部材の表面温度をサーモグラフィ法により測定し、劣化部と健全部の熱特性の相違から劣化部位を検知する。

必要機器

サーモグラフ（赤外線カメラ、コンピュータ、カラーモニタ）、VTR

検査項目・手順・方法

サーモグラフを用いて、赤外線カメラにより壁面、部材全体あるいは劣化・健全部位の温度分布を測定し、画像処理を行い、微細な温度差をカラーモニタ上に正確に表現する。

実用化の状況

タイル、モルタル、コンクリート壁については多くの適用例があり実用化されているが^{1, 4)}、木材については試験段階であり、実際の建築部材に適用するには解決すべき問題が多い²⁾。

検査結果・アウトプット

劣化部と健全部の温度（温度差）を測定する。

熱画像データをデジタル記録として残し経年変化を追う。

検査実施上の注意点

現時点では、木材の劣化部位の検出には更に検討が必要である。

検査結果の判定法

モルタル壁、タイル壁等への適用結果からは以下のことが言える。

劣化部と健全部の温度差は気温が急激に変化する時間帯（午前9時から正午過ぎ）に顕著に現れる。劣化箇所は、晴天時は高温域として現れ、雨天後は低温域として現れる。温度差は1度程度である。日陰の部分は撮影角度や時間を変えて再度測定する。

木材の表面腐朽と内部腐朽の”劣化”モデルとして表面穿孔試験体と内部空洞試験体を作成し、冷却及び加熱後に室温に戻し、健全箇所と”劣化”箇所の温度差を測定した²⁾。その結果、木材表面の穿孔を検出することは可能であったが（図3-5）、空洞までの深さが材表面から5mm、2.5mmの内部空洞の検出には温度差が極めて小さく限界があった（図3-5）。

表3-3には、冷却後室温に戻す過程及び加熱後室温に戻す過程における10分後の健全箇所と劣化箇所の表面温度とその温度差を示した。温度差は表面穿孔では大きいですが、内部空洞では1度以下であった。

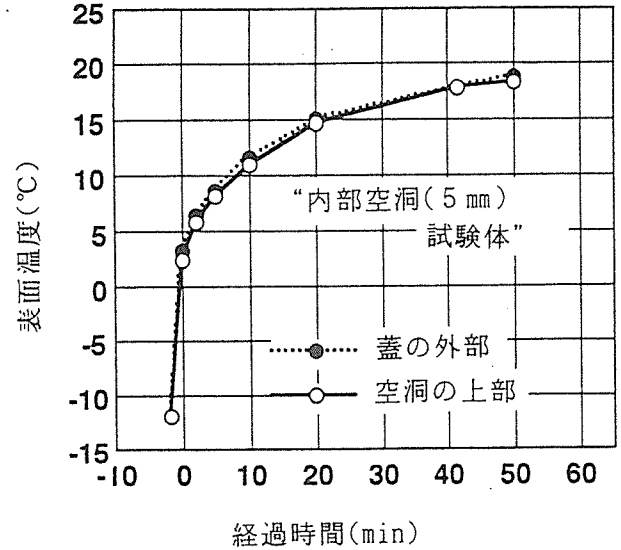
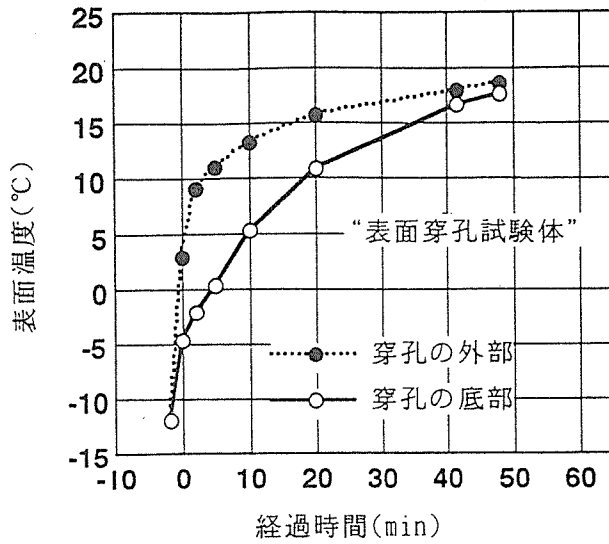


図3-5 冷却後室温に戻す過程における健全箇所と劣化箇所の温度変化³⁾

表3-3 冷却及び加熱10分後の健全箇所と劣化箇所の表面温度とその温度差³⁾

(単位: °C)

| 試験体 (劣化モデル 試験体) | 冷却 → 室温 | | | 加熱 → 室温 | | |
|-----------------------|--------------|----------------|------------|--------------|----------------|------------|
| | 計測開始10分後 | | | 計測開始10分後 | | |
| | 健全箇所 表面温度 | “劣化”箇所 表面温度 | 両箇所 温度差 | 健全箇所 表面温度 | “劣化”箇所 表面温度 | 両箇所 温度差 |
| 表面穿孔 | 13.3 | 5.3 | -8.0 | 27.8 | 37.7 | 9.9 |
| 内部空洞(5ミリ) | 11.7 | 11.0 | -0.7 | 30.1 | 30.5 | 0.4 |
| 内部空洞(2.5mm) | 11.4 | 11.7 | 0.3 | 29.0 | 29.8 | 0.8 |

参考文献

- 1) 木村幸則、稲葉茂：赤外線装置法による外壁診断—その発展の経緯と実用機種を紹介—、防水ジャーナル、12月号、57-64 (1992)
- 2) 田中俊成：サーモグラフィー法による木材の劣化箇所の検出 (I) —穿孔・空洞を設けたモデル試験体による予備的検討—、木材保存、19、10-17 (1993)
- 3) 農林水産技術会議事務局：木質系新素材による高強度・高耐久、環境調和型架構技術の開発、研究成果206、(1995. 3)
- 4) 谷川恭雄ほか：サーモグラフィによるRC構造物の内部欠陥探査、日本建築学会大会学術講演梗概集、633-634 (1988)

3. 3. 3 集成材の接着耐久性

近年の大規模木構造において集成材、特に大断面集成材が構造耐力部材として果たす役割は極めて大きい。これら集成材の構造耐力は接着性能が確保されて初めて担保されるものであり、実際の使用に供されている集成材構造からなる大規模木構造体の劣化診断にあたっては、使用集成材の接着耐久性の的確な診断が先ず第1になされなければならない。

しかしながら、現に部材として使用に供されている集成材の接着耐久性を機器により非破壊的な手法で的確に判定する現実的な方法は残念ながらない。前年度の報告書の中でアコースティック・エミッションによる方法が、接着性の劣化診断に使用できるのではないかと報告されているが、実用機器の開発にはまだ相当の日時と研究が必要であろう。ここでは、現在取られている接着製品の接着耐久性評価・試験法の基本的な考え方と藤井が行った集成材の目視調査の結果を紹介し、現在のところは、目視による接着層の剥離の観察あるいは簡単な器具類によるその進捗の確認等が最も現実的な方法であることを報告したい。

(1) 木質材料及び工法に使用される接着剤とその性能劣化

集成材に限定せず広く木質複合材料と接着工法、及びその用途、それらに使用されている主要な接着剤をまとめると表3-1¹⁾のようになる。レゾルシノール樹脂(RF)、フェノール・レゾルシノール共縮合樹脂(PRF)、フェノール樹脂(PF)、メラミン樹脂(MF)、メラミン・ユリア共縮合樹脂(MUF)、ユリア樹脂(UF)、酢酸ビニル樹脂エマルジョン(PVAc)は古くから木質材料に使用されている。API(水性高分子イソシアネート接着剤)、変成酢ビ(C-PVAc)はごく最近開発されたハイブリッドな接着剤で使い勝手の良さから需要が伸びている。ディフェルメタンイソシアネート(MDI)はイソシアネート系接着剤で高い反応性を持ち、高含水率チップにも適用でき少量の添加で高い接着耐久性が得られるためOSB等のボードの製造に需要が増えている接着剤である。エポキシ接着剤(EP)あるいはウレタン接着剤(UR)は最近集成材を用いた大規模構造物の接合部に金物と併用で使われるようになった接着剤である。

これらの接着剤の性能は図3-1¹⁾に示すようなパターンで経時的あるいは特性値の変動によって変化(低下)する。経時的あるいは特性値の変動によって性能が変化しない場合に耐久性、耐性があるということになる。逆に、低下していく場合には耐久性、耐性に欠けるということである。図3-2²⁾に示したダグラスファー合板の屋外暴露による木破率の低下経過を見ると、RF、PF、MFは一貫して暴露当初からほぼ100%の木破率を保持している。C-PVAcは経時的に木破率が上昇し70ヶ月後では100%を示している。これに対してMUF、UFは暴露期間の経過とともに木破率が低下しており、いずれはゼロになってしまうであろう。前者のグループに属する接着剤は耐久性に優れ、これらを用いた製品は実用に供されている期間内ではまず剥離等接着に関わる問題が生じないことは容易に理解できる。これに対して後者に属する接着剤は使用される条件を吟味し

表3-1 木質材料・工法と使用接着剤

| 木質複合材・接着工法 | エレメント、構成メンバー | 用途 | 接着剤 |
|---------------|----------------------------------|----------|---|
| 集成材 | 挽き板 | 構造用／非構造用 | RF, PRF, API/API, UF |
| たて継ぎ材 | 挽き板 | 構造用／非構造用 | RF, PRF, MF, API, C-PVAc/UF, C-PVAc |
| LVL | 単板 | 構造用／非構造用 | PF/UF |
| PSL、OSL | ストランド | 構造用 | PF |
| 合板 | 単板 | 構造用／非構造用 | PF, MUF/MUF, UF |
| PB | パーテイクル | 非構造用 | MUF, UF |
| OSB | ストランド | 構造用 | PF, MDI |
| WB | ウエーファー | 構造用 | PF, MDI |
| フレークボード | フレーク | 構造用 | PF, MDI |
| FB (HB、MDF) | 繊維束 | 構造用／非構造用 | PF, MUF/MUF, UF |
| 複合パネル | 挽き板、LVL、PB 合板、PB、FB | 構造用／非構造用 | RF, API, UF, PVAc/API, UF, M-PVAc, PVAc |
| ボックスビーム、Iビーム等 | 挽き板、LVL 合板、OSB、WB、 フレークボード | 構造用 | RF, API |
| 建築接合 | 製材、集成材、合板 | 構造用 | RF, EP, UR/ |

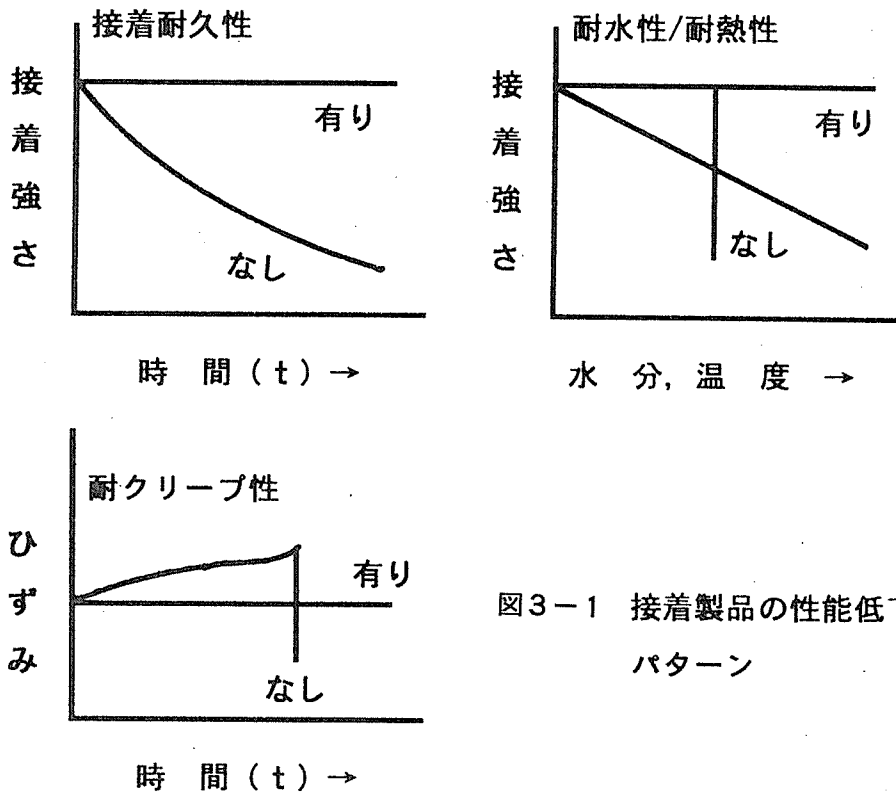


図3-1 接着製品の性能低下パターン

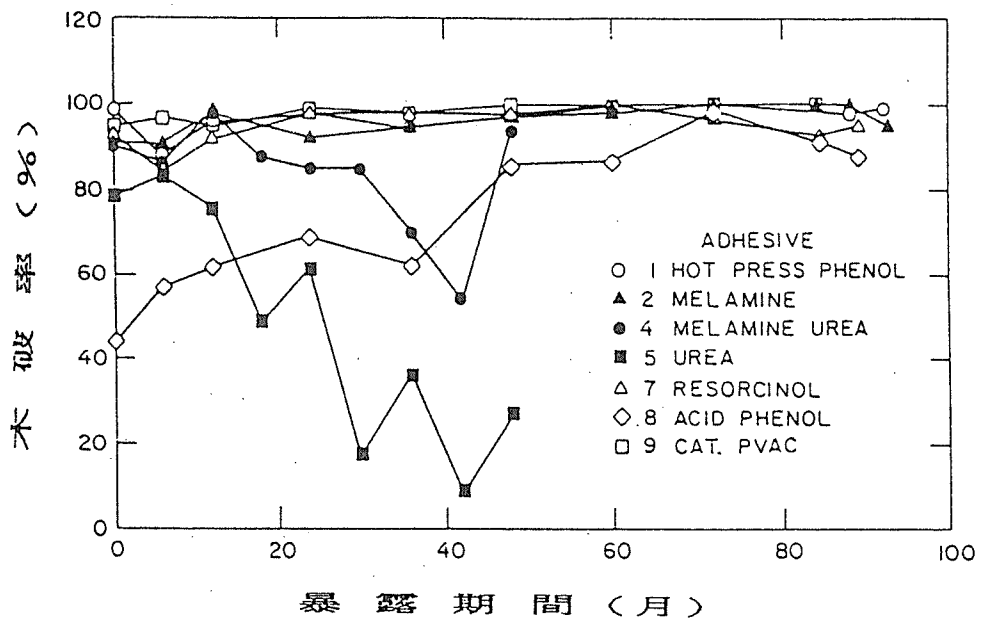


図3-2 各種接着剤で接着したダグラスファー合板の屋外暴露試験結果

ないといずれは問題が生じることは必定である。

(2) 規格試験における接着耐久性の試験と評価

最近変わりつつあるが、従来わが国規格試験の中で取られてきた接着性能試験・評価は合板で広く知られるように、オールウェザーの特類に始まり、構造用にも使用されている完全耐水性と称する1類、主として屋内用途に向けられる2類、3類のカテゴリーに区分することであった。そしてこれらの接着の程度、即ち接着耐久性を表す類別に応じて接着剤がほぼ特定されており、規格試験はそれらを区分するための試験であると考えた方がよい。そして耐久性はそれらの接着剤のこれまでの実績に応じて暗黙の内に評価判定されている。勿論、接着製品については接着操作が適正に行われており、製品としての接着性を担保しているかという品質管理的な面からの試験・評価を含むことはいうまでもない。

集成材に関して言えば、構造用としては先の表3-1に示したようにRF、PRFであり、さらに最近ではこれに一部のAPIが用いられている。これらは合板で言う特類の接着性能をもつ接着剤である。したがって、これらの接着剤が使用されている限り図3-1に見るように、接着が適性になされていれば長期の使用にあっても問題は生じないとの立場に立っているのである。

(3) 大規模木構造における接着性能の判定

当然、これらの木構造に使用されている接着剤は指定されたものであり、性能は充分担

表3-2 耐久性実態調査対象集成材建築物

| 建 築 名 | 製 造 年、月 | 樹 種 | 壁 高 (m) | 梁 間 (m) | 指 行 (m) | 面 積 (m ²) | 集 成 材 | | | |
|--------------------------------|---------|------|------------|---------|---------|-----------------------|-------|-----------|-----|--------------|
| | | | | | | | 鉸 節 | 勾 配 (寸) | 連 数 | 間 隔 (m) |
| 1. 名古屋市 三井木材工業K. K. ハードボード工場倉庫 | 29.3 | ラワン | 4.10 | 18.18 | 27.27 | 248 | 3 | 4 | 13 | 2.51 |
| 2. 砂川市 三井木材工業K. K. 集成材工場 | 33.5 | エゾマツ | 4.08 | 18.18 | 90.90 | 1652 | 3 | 5 | 27 | 3.64 |
| 3. 砂川市 三井木材工業K. K. 加工工場 | 34.4 | エゾマツ | 3.20 | 18.18 | 47.27 | 793 | 3 | 5 | 13 | 3.64 |
| 4. 旭川市 北海道立林産試験場 調板工場 | 34.5 | エゾマツ | 4.21 | 18.18 | 43.63 | 793 | 3 | 5 | 13 | 3.64 |
| 5. 名古屋市 三井ボード加工K. K. 倉庫 | 34.9 | エゾマツ | 4.39 | 18.18 | 18.18 | 331 | 3 | 3 | 5 | 3.64 |
| 6. 滝川市 福祉会館体育館 | 34.9 | エゾマツ | 5.00 | 21.82 | 36.36 | 793 | 3 | 6 | 10 | 3.64 |
| 7. 砂川市 三井木材工業K. K. 仕上工場 | 35.11 | エゾマツ | 2.93 | 18.18 | 47.27 | 768 | 3 | 5 | 13 | 3.64 |
| 8. 新発田市 厚生保険体育館 | 36.2 | エゾマツ | (棟高) 8.48 | 34.85 | 54.54 | 1900 | 3 | (バラ) (バラ) | 7 | 6.06 |
| 9. 砂川市 三井木材工業K. K. 合板工場 | 36.5 | エゾマツ | (棟高) 12.90 | 38.18 | 50.90 | 1943 | 3 | (バラ) (バラ) | 12 | 3.64 |
| 10. 栃尾市 一の貝小学校 校舎 | 37.6 | エゾマツ | 6.66 | 8.36 | 24.66 | 206 | 3 | 5 | 6 | 2.74 |
| 11. 高取町 奈良県林業試験場 資料館 | 37.11 | エゾマツ | 2.74 | 5.45 | 25.56 | 139 | — | 1.8 | 9 | 2.74 3.65 |
| 12. 旭川市 北海道立林産試験場 標本館 | 40.7 | エゾマツ | 6.00 | 14.70 | 10.80 | 159 | — | 2.5 | 6 | 1.81 |
| 13. 中津川市 レストハウス「元起」 | 42.4 | エゾマツ | 2.18 | 31.90 | 13.00 | 413 | 3 | 3.5 | 5 | 3.00 |
| 14. 八王子市 近藤内科医院 診療室→住宅 | 48 | ベイマツ | (棟高) 9.34 | 7.32 | 14.64 | 107 | 3 | (バラ) (バラ) | 16 | 1.22 |

表 3-3 集成材の劣化等級と接着層剥離

| 劣化等級 | 幅 面 割 れ | | | 接 着 層 は く 離 | | |
|------|------------|--------------|--------|-------------|------------|--------|
| | 長 さ | 深 さ | 頻 度 | 長 さ | 深 さ | 頻 度 |
| I | 10cm 以下 | ラミナ厚の 1/2 以下 | 2, 3か所 | 10cm 以下 | 10mm 以下 | 2, 3か所 |
| II | 30cm 以下 | ラミナ厚以下 | 数 か 所 | 30cm 以下 | 20mm 以下 | 数 か 所 |
| III | 100cm 以下 | 材せいの 1/3 以下 | 散 在 | 100cm 以下 | 材幅の 1/3 以下 | 散 在 |
| IV | 全長の 1/3 以下 | 材せいの 1/3 以上 | 多 数 | 全長の 1/3 以下 | 材幅の 1/3 以上 | 多 数 |
| V | 全長の 1/3 以上 | 貫通している | 全 面 的 | 全長の 1/3 以上 | 貫通している | 全 面 的 |

保されたものが使用されているはずである。しかしながら、規格試験をクリアーしているとしても抜き取り試験であり、接着不良の個所が混入していないとも限らない。また、必ずしも実際の使用条件下で性能が全く低下しないとも言い切れない。そこで、これらをどのように判定するかが問題となる。

これに答えるものとして藤井の報告^{3, 4)}がある。この報告は当日本住宅・木材技術センター集成材委員会：構造用集成材需要開発報告書(1979-80)、同市場調査委員会：集成材建築物の耐久性能実態調査(1980)、接着耐久性委員会：同報告 No. 1-5(1969-73)および林業試験場加工研究室：集成材の耐久性の試験結果からまとめたものである。

対象建築物は表 3-2 に示したようにごく初期に建てられた 14 体で、したがって中には尿素系接着剤で接着された集成材もある。しかしながらこれは逆に接着耐久性の劣る接着剤を使用したときの劣化状況を観察することができ、極めて貴重な資料となっている。藤井はその当時の集成材建築が、集成材が床面下や壁面内にくるような設計が少なく変色や腐朽が殆ど認められないこと、柱の傾き、接合部のゆるみとうの構造的欠陥がなかったことから観測の主要項目を集成材自体の割れと接着層の剥離に絞っている。この中で接着層の剥離について独立して評価するのではなく表 3-3 に示すように幅面割れと併せて、劣化等級として 5 段階で表示している。そして一応の評価基準として、集成材の許容応力度を製材より 50%程度高く見積もることができるとして、割れ及び接着層の剥離が断面の 1/3 程度に制限されると判断している。

翻って、(1) に述べた接着性能の劣化状況からこの剥離の進行状況を考えると、接着耐久性に劣る、いわゆる時間の経過とともに接着力が低下していく尿素樹脂のような接着剤を使用した集成材にあっては上述の論議が該当し、接着層の剥離は経年的に増大していくので、経時的に追求することが必要である。一方、レゾルシノール樹脂のような耐久性に優れた接着剤を使用した集成材では、剥離は接着操作に欠陥があったとき、あるいはある部位に接着不良が生じた時発生するもので一過性であり、剥離の進行という状況は出現しがたいものと考えられる。したがって、このような場合には剥離は比較的短期に生じ進行することはない。

以上考慮すると、現在のところ使用に供されている集成材の接着性の判定評価には、接着層の剥離の定量的観察を経時的に行うことが、最も現実的な方法と考えられ、これをいかに的確に行い、実際の耐力・性能低下に結びつけるかである。

なお、藤井は図3-3⁴⁾に示すようなフローチャートによりその他のデータをも考慮に入れた集成材建築物の耐久性の定量的評価方法をも提案している。

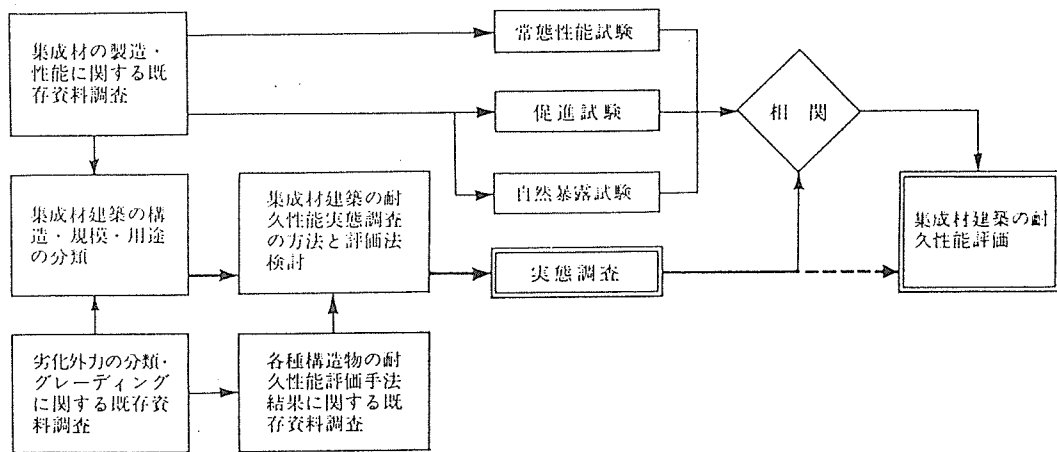


図3-3 集成材建築の耐久性評価フローチャート（藤井）

文献

- 1) 吉田 弥明：木質材料・木質構造の耐久性、日本学術会議木材学研究連絡委員会シンポジウム資料 p. 14-26(1995. 5, 東京)
- 2) Gillespie, R. H. and B. H. River: FPJ, **26**(10), 21-25(1976)
- 3) 藤井 毅：木材工業、**35**(10) p. 443-449(1980)
- 4) 同 上：同 上、**35**(11) p. 495-501(1980)

4. 部材製造技術の検討

4. 1 部材製造・加工技術に関するアンケート調査

部材製造および加工に関して、主要な集成材メーカーにアンケートを行って、その実態及び今後の方向性を探った。アンケートを発送したのは19社で、そのうち9社から回答を得た。以下、項目ごとに結果とその考察を述べる。

4. 1. 1 会社の概要

まず、回答を得た集成材メーカーの概要を把握した。

(1) 工場の年間生産量 (m³/年)

| | 合計生産量 | 通直集成材 | 湾曲集成材 |
|----|--------|-------|-------|
| A社 | 10,200 | 2,000 | 3,000 |
| B社 | 6,232 | 5,955 | 277 |
| C社 | 1,500 | 900 | 600 |
| D社 | 1,800 | 1,500 | 300 |
| E社 | 832 | 664 | 168 |
| F社 | 2,000 | 1,200 | 800 |
| G社 | 1,800 | 1,260 | 540 |
| H社 | 8,583 | 8,063 | 520 |
| I社 | 350 | 300 | 50 |

ほとんどの会社が昨年度実績を記入していると考えられるが、設備容量を記入した可能性がある。一部に通直集成材と湾曲集成材の合計が合計生産量に合わない記述がある。回答を得たのは、合計9社であったが、生産量規模から見ると、数千m³以上の会社が3社、1500~2000m³規模が4社、1000m³以下が2社である。

(2) 製作に従事している人数

何人で製作していますか。(事務方を除く)

| | 集成材 製作 | プレーナ かけ | 加工 | サグー かけ | 節 補修 | 塗装 | 合計 |
|----|------------|------------|--------|-------------|---------|-----|----|
| A社 | 5 | 1 | 7 | 0.5 | 2 | 0.5 | 16 |
| B社 | 9 | 3 | — | — | 1 | — | 13 |
| C社 | 7 | ←←←← | 仕上げ計8人 | | →→→→→ | | 15 |
| D社 | 9 | 1 | 7 | 2 | — | — | 19 |
| E社 | 5 | 1 | 4 | — | — | — | 10 |
| F社 | 8 | 1 | 11.4 | 1 | 1 | 0.6 | 23 |
| G社 | 9 | ←←←← | 仕上げ計2人 | | →→→→→ | | 11 |
| H社 | 8 | 3 | — | 1 | 2 | — | 14 |
| I社 | 6 (プレーナ含む) | | 2 | ←←2 (補修・塗装) | →→→ | | 10 |

製作に関わる人員は、生産規模に関係がないことが分かる。例えば、中規模のF社が最も多くの人員を投入している。(ただし、生産規模の小さいE社、I社は人員も少ない。)

特に、集成材の製作は、機械化・合理化の程度に大きく依存しているようである。単に1人当たりの生産量で比べると大きな差が出てしまう。少量生産でも付加価値が大きければ採算は合うわけで、製品の付加価値が違うのであろう。

また、仕上げに多人数を投入しているところと、少ないところとが、はっきりと分かれている。A, D, F社が多くの人数を仕上げに投入している。

4. 1. 2 集成材の断面種類の規格化

次に集成材種類の規格化を調べた。

(1) 大梁用集成材の断面種類の規格化

A : 規格化している。

B : 規格化はしていないが、推奨断面はある。 B、D、G、H、I社 : 5社

C : 特に決めていない。設計の指定に応じて。 A、C、E、F社 : 4社

A, Bの場合の寸法。《幅×せい×長さ(mm)》

B社 : 幅のみ指定 150、170、180、200、210、220、240、250

D社 : 幅のみ指定 170

G社 : 幅 130、150、170、220 せい 35の倍数

H社 : 210×600, 800 160×600, 800

I社 : 幅のみ 105、120、150、180、と、90、130、170、210

基本的に設計に応じて断面を決めているところが多いが、約半数は、推奨断面を持っている。ただし、その推奨断面とは、幅のみの指定がほとんどである。

せいを35mmの倍数と回答したところがあり、他にもディメンジョンランバーの採用を薦める例は多いと考えられる。

(2) 小梁用集成材の断面種類の規格化

A : 規格化している。 A、H社 : 2社

B : 規格化はしていないが、推奨断面はある。 B、D、G、I社 : 4社

C : 特に決めていない。設計の指定に応じて。 C、E、F社 : 3社

A, Bの場合の寸法。《幅×せい×長さ(mm)》

A社 : 「小梁用は製造を開始したばかりです」

B社：幅のみ指定 150、170、180、200、210、220、240、250
 D社：幅のみ指定 89、130、150
 G社：幅 130、150、170、220 せい 35の倍数
 H社：105×210, 240, 270, 300, 330 120×210, 240, 270, 300, 330, 360
 I社：90×210 120×240, 300

基本的に大梁と同様の傾向であるが、大梁よりは規格化が進んでおり、標準断面を有しているところが増えている。ただし、推奨断面は、やはり幅のみの指定がほとんどである。

4. 1. 3 金物の規格化

(1) 大梁金物の規格化

- ・規格化している。 A、D、H社 : 3社
- ・規格化はしていないが、推奨ものはある。 G社 : 1社
- ・特に決めていない。設計に応じて製作する。 B、C、E、F、I社 : 5社

規格化しているところと、そうでないところに大別された。規格化しているところは、やはり生産規模の大きいところが多い。

(2) 小梁金物の規格化

- ・規格化している。 A、D、H社 : 3社
- ・規格化はしていないが、推奨ものはある。 G社 : 1社
- ・特に決めていない。設計に応じて製作する。 B、C、E、F、I社 : 5社

大梁金物の場合と同じ回答である。規格化しているところと、そうでないところに大別された。規格化しているところは、やはり生産規模の大きいところが多い。

4. 1. 4 金物の材質

- ・SS400 A、B、C、D、E、F、G、H、I社 : 9社
- ・SS400以外に推奨するものがある。
- ・特に決めていない。設計に応じて製作する。 E社 : 1社
(複数回答有り)

金物の材質は圧倒的にSS400を用いている。設計がこれを指定してくるということ

も関係しているであろう。

4. 1. 5 ハイテンションボルトの使用

- ・使ったことはない。
- ・できるだけ使うことを勧めている。 G社 : 1社
それはどういう場合ですか？
- ・特に決めていない。設計に応じて選択する。 A、B、C、D、E社
F、H、I社 : 8社

G社：大きな複合応力が発生する部位の接合。

ボルトは、基本的に設計に応じて対応している。1社のみ、できるだけHBの使用を勧めている。大きな複合応力が発生すると予想される場合をあげている。

4. 1. 6 金物の防錆処理

- ・焼き付け処理。 A社 : 1社
- ・どぶ付け D、E、G、H、I社 : 5社
その量は、 E社：B種350g/m²(HDZ35)
H社：350g/m²
I社：JIS H8641 HDZ-55 付着量55g/m²
- ・防錆塗料塗布 B、C社 : 2社
- ・特に決めていない。設計に応じて。 C、E、F社 : 3社
(複数回答有り)

F社：K5621が50%、K5622が45%、どぶ付け5%

金物の防錆処理は、「どぶ付け」と呼ばれるメッキ処理が大半を占めている。「設計に応じて」を含めると大部分がメッキ処理されていることが分かる。「焼き付け」や「防錆塗料の塗布」も見られる。なお、メッキの量に関しては、多寡が見られる。

4. 1. 7 先穴の寸法

(1) せん断ボルト (ボルト直径よりも何mm大きくあけるか)

| ボルト径 | 木材 | | | 金物 | | |
|------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|
| | ～12mm | 12～20mm | 22mm～ | ～12mm | 12～20mm | 22mm～ |
| A社 | +1.5 | +1.5 | +1.5 | +1.0 | +1.0 | +1.0 |
| B社 | +2.0 | +3.0 | +3.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 |
| C社 | +1.0 | (φ20～+1.5) | | +1.0 | (φ20～+1.5) | |
| D社 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 |
| E社 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +3.0 | +3.0 |
| F社 | +1.5 | +2.0 | +2.0 | +1.5 | +2.0 | +2.0 |
| G社 | +1.5 | +2.0 | +2.0 | +1.5 | +2.0 | +2.0 |
| H社 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 |
| I社 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 |

ボルト軸径よりも+2.0mmに設定しているところが多い。しかし、一部には+3.0mmとしているところも見られる。この余裕は、接合部のガタとなって変形に影響するので、大きい余裕は好ましくない。

(2) ドリフトピン

| 接合具の直径 | 木材 | | | 金物 | | |
|--------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|
| | ～12mm | 12～20mm | 22mm～ | ～12mm | 12～20mm | 22mm～ |
| A社 | -1.0 | -1.0 | -1.0 | +1.0 | +1.0 | +1.0 |
| B社 | -1.0 | -1.0 | -1.0 | +1.0 | +1.0 | +1.0 |
| C社 | +0 | +0 | +0 | +1.0 | +1.0 | +1.0 |
| D社 | +0 | +0 | +0 | +2.0 | +2.0 | +2.0 |
| E社 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | +0 | +0 | +0 |
| F社 | +0 | +0 | +0 | +0.5 | +1.0 | +1.0 |
| G社 | -1.0 | -1.0 | -1.0 | +0 | +0 | +1.0 |
| H社 | +0 | +0 | +0 | +1.5 | +1.5 | +1.5 |
| I社 | +0 | +0 | +0 | +1.0 | +1.0 | +1.0 |

木材側はドリフトピンと同径のところが多い。ベイマツなどでは、-1.0mmに設定すると木材が割れてしまう場合がある。金物側は、ボルトよりは小さく設定しているが、それでも金物は+1～+1.5mmに設定しているところが多い。しかし、一部には+2.0mmとしているところも見られる。

(3) ラグスクリュー

ラグスクリューは、2段階の先穴を加工する。それぞれ「上段」「下段」と呼び、その寸法を訊ねた。

| 接合具の直径 | 上段 | | | 下段 | | |
|--------|-------|------------|-------|-------------|-----------|-----------|
| | ～12mm | 12～20mm | 22mm～ | ～12mm | 12～20mm | 22mm～ |
| A社 | +0 | +0 | +0 | 直径の1/2 | 直径の1/2 | 直径の1/2 |
| B社 | -4° | -4° | -4° | - | φ4.5% | φ4.5% |
| C社 | +1.0 | (φ20～+1.5) | | (軸径－ネジ山の高さ) | | |
| D社 | | (軸径) | | (軸径-3) | (軸径-6) | 無回答 |
| E社 | -3.0 | -3.0 | -3.0 | | (無回答) | |
| F社 | +0 | +0 | +0 | | *1 | |
| G社 | | (無回答) | | | (無回答) | |
| H社 | +2.0 | +2.0 | +2.0 | -3.0 | -3.0～-5.0 | -3.0～-5.0 |
| I社 | +0 | +0 | +0 | -3.0 | -3.0 | -4.0 |
| *1 | | M12 | M16 | M20 | | |
| | 硬材 | 9.0 | 13.5 | 16.0 | | |
| | 軟材 | 8.0 | 12.0 | 14.0 | | |

ラグスクリューは、上下2段に先穴を掘るが、上段は同径が多い。下段は、(軸径－ネジ山の高さ)が一般的であろう。なお、回答の表記の意味がよく分からないものもあった。

4. 1. 8 特殊金物の使用

使ったことがあるものを記述して下さい。

| | シアプレート | スプリットリング | ブルドックジベル | その他の特金物 |
|----|----------|----------|----------|---------|
| A社 | 65mm | 65mm | なし | なし |
| B社 | 有り | 有り | 有り | なし |
| C社 | 67～104mm | 65mm | なし | なし |
| D社 | 67mm | なし | なし | アペルリング |
| E社 | なし | なし | なし | なし |
| F社 | 67mm | 65mm | なし | アペルリング |
| G社 | 60～100mm | 60～100mm | なし | なし |
| H社 | 67mm | 有り | なし | なし |
| I社 | なし | なし | なし | なし |

シアファスナーの中では、シアプレートの普及率が最も高く、次ぎにスプリットリングである。建築学会の木質構造設計規準に許容耐力が示されていることも影響しているかもしれない。なお、その他の接合具として、アペルリングを挙げたところが2社あった。アペルリングは、ブルドックジベルよりも使われている可能性がある。

4. 1. 9 ドリフトピンの落下防止対策

- ・工夫したものがある。 A、B、D、F、H社 : 5社
F社：片端ローレット
- ・特に工夫した点はない。 A、C、E、F、G、I社 : 6社
(複数回答有り)
B社：材幅よりドリフトピンの長さを30mm短くして両端部を埋め木する。
E社：部材寸法より30mm短く貫通穴にせず、15mm残し、打ち込み後、
15mmは埋め木（接着剤併用）して落下防止している。
F社：両方使用している（ケースバイケース）。特注品。

ドリフトピンの落下防止は、「工夫したものがある」と「工夫した点はない」が約半々である。工夫した点がない場合でも、木材で埋め木をすとの回答が多く寄せられている。金物で工夫する場合と埋め木する場合とに分かれるようだ。ピンを短くして埋め木する場合には、許容耐力が変更になるので、設計段階でそのように打ち合わせておく必要がある。

4. 1. 10 集成材の接合部加工機

(1) 機械は次のうちどれが、何台ありますか。

| | 自走式NC加工機 | アーム式ロボット加工機 | 自動加工機はない。 |
|----|----------|-------------|-----------|
| A社 | 3台 | 2台 | |
| B社 | | 1台 | |
| C社 | | | ○ |
| D社 | 1台 | | |
| E社 | | | ○ |
| F社 | | | ○ |
| G社 | 1台 | 1台 | |
| H社 | | | ○ |
| I社 | | | ○ |

(2) 上記機械の性能・仕様を教えてください。

| | 機械 1 | A社 機械 2 | 機械 3 | B社 機械 1 | D社 機械 1 |
|--------------------------|-------|------------|-------|------------|------------|
| タイプ | | | | | |
| メーカー | 平安 | 平安 | オグラ | mafell | 菊川工 |
| 機種 | | | | ksf-500 | |
| 製造国 | 国産 | 国産 | 国産、 | ドイツ製 | 国産 |
| 軸数 | 16 | 16 | 3 | | 6 |
| ヘッドサイズ | | | | | |
| 幅(m) | 17 | 17 | 6 | | |
| 長さ(m) | 38 | 38 | 6 | | |
| 高さ(cm) | 6~30 | 6~30 | 6~30 | | |
| 精度(+/-mm) | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.5 | |
| 処理速度(m) | 10~20 | 10~20 | 10~20 | | |
| A: 木口スリット加工 (奥行きcmまで) | 40 | 40 | 35 | 50 | 25 |
| B: 材中間部スリット 加工 | 丸のこ | 丸のこ | 丸のこ | 丸のこ+チェーンソー | 丸のこ+チェーンソー |
| C: 穴明け (径mmまで) | 100 | 100 | 30 | 30 | |
| (深さmmまで) | 300 | 300 | 300 | 350 | 250 |
| D: カット(切断) | | | | | |
| ア: 単純切断 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| イ: 2次元切断 | ○ | ○ | ○ | × | ○ |
| ウ: 3次元切断 | ○ | ○ | ○ | × | ○ |

| | E社 機械1 | F社 機械1 | G社 機械1 | G社 機械2 | H社 機械1 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| タイプ | | | 自走式 | アーム式 | |
| メーカー | 五十嵐工具 | 菊川鉄工 | 山佐木材 | 豊田工機 | 平安鉄工 |
| 機種 | 切断、スリット機 | | | | NG-371MC |
| 製造国 | 国産 | 国産 | 国産 | 国産 | 国産 |
| 軸数 | 2 | 16 | | | 4 |
| ヘッドサイズ | | | | | |
| 幅(m) | 1.3 | 3.6 | 1 | 1 | 1.7 |
| 長さ(m) | 13 | 40 | 18 | 2 | 15 |
| 高さ(cm) | 0~25 | 0~30 | 80~250 | 100~350 | ~23 |
| 精度(+ -mm) | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.1 |
| 処理速度(m) | 5 | | 1~20 | 1~20 | |
| A: 木口スリット加工 (奥行きcmまで) | 27 | 35 | 47 | 30 | できない |
| B: 材中間部スリット 加工 | | 丸のこ | 機械化チェーンソー | 丸のこ | 丸のこ+チェーンソー |
| C: 穴明け (径mmまで) | | 50 | 30 | 28 | 40 |
| (深さmmまで) | | 300 | 300 | 280 | 230 |
| D: カット(切断) | | | | | |
| ア: 単純切断 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| イ: 2次元切断 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ウ: 3次元切断 | × | ○ | × | × | × |

集成材の仕口加工機は、9社のうち4社が所有しており、5社がないと回答している。概ね生産量が多い会社ほど、多くの加工機を保有している。特にA社が積極的に導入しているのが際だっている。機械は、平安鉄工など国産のものが大半を占めており、大型のものは、幅15m以上、長さ35m以上のものの加工が可能である。

4. 1. 11 プレーナー設備

プレーナー設備を教えてください。

| | A社 | | B社 | | C社 | |
|---------------|----------|------|-----------|----------|-----------|---------|
| | 機械1 | 機械2 | 機械1 | 機械2 | 機械1 | 機械2 |
| メーカー | 飯田工業 | 飯田工業 | 菊川鉄工 | セイブ | 太平製作所 | 菊川鉄工 |
| 機種 | 大断面プレーナー | マルチ | NF-100 | 門型プレーナー | 自動一面プレーナー | 四面プレーナー |
| 製造国 | 国産 | 国産 | 国産 | 国産 | 国産 | 国産 |
| ベッドサイズ | | | | | | |
| 幅(m) | 5 | 1 | 1 | 3.5 | 1.8 | 1 |
| 長さ(m) | 20 | | 20 | 20 | 18 | |
| 高さ(cm) | 9~40 | 0~30 | 10~26 | 6~30 | 3~28 | 3~24.5 |
| 精度(+mm) | 1 | 0.5 | 0.25 | 0.5 | 0.2 | 0.2 |
| 処理速度 | | | | | | |
| (最少速度) (m/分) | 5 | 5 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| (一般的速度) (m/分) | 10 | 10 | 10 | 3 | 20 | 20 |
| (最大速度) (m/分) | 15 | 15 | 15 | 3.5 | 30 | 30 |
| 歯の交換周期(日) | 10 | 10 | 1 | 1 | 5~7 | 5~7 |
| | D社 | | E社 | F社 | G社 | |
| | 機械1 | 機械2 | 機械1 | 機械1 | 機械1 | 機械2 |
| メーカー | セイブ | 菊川鉄工 | 五十嵐工具 | クッパ-ミューレ | 山佐木材 | 太平製作所 |
| 機種 | | | 自動走行プレーナー | | | |
| 製造国 | 国産 | 国産 | 国産 | ドイツ製 | 国産 | 国産 |
| ベッドサイズ | | | | | | |
| 幅(m) | 3.5 | 1 | 4.15 | 2.0 | 4.0 | 2.5 |
| 長さ(m) | 25 | 25 | 24 | 2.0 | 18 | 5 |
| 高さ(cm) | ~25 | 25 | ~34.5 | 3~32 | 5~27 | 5~30 |
| 精度(+mm) | | | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.5 |
| 処理速度 | | | | | | |
| (最少速度) (m/分) | | | 0.5 | | 8 | |
| (一般的速度) (m/分) | | | | 5 | 20 | 20 |
| (最大速度) (m/分) | | | 8 | | 25 | |
| 歯の交換周期(日) | | | 3~10 | 3 | 1 | 3 |

| | 機械 1 | H社 機械 2 | 機械 3 | I社 機械 1 |
|---------------|---------|------------|------------|------------|
| メーカー | 日高機械 | 日高機械 | クッハ°-ミューラー | 菊川製作所 |
| 機種 | 4面プレーナー | 4面プレーナー | DOMA-X | 4面多軸モルター |
| 製造国 | 国産 | 国産 | ドイツ製 | 国産 |
| ベッドサイズ | | | | |
| 幅(m) | 0.45 | 0.45 | 2.75 | 1.0 |
| 長さ(m) | 4.65 | 3.25 | 1.95 | 20 |
| 高さ(cm) | 50~300 | 50~300 | 50~350 | 3~25 |
| 精度(+ -mm) | 0.5 | 0.5 | 0.3 | 0.01 |
| 処理速度 | | | | |
| (最少速度) (m/分) | 1 | 1 | 120 | 5 |
| (一般的速度) (m/分) | 3 | 3 | 140 | 10 |
| (最大速度) (m/分) | 8 | 8 | 180 | 15 |
| 歯の交換周期(日) | 3 | 3 | 2 | 3 |

自走式のプレーナーは、ほとんど全てのメーカーが保有している。幅5m×長さ20mまで可能なものを保有しているところがある。機械は、菊川鉄工や飯田工業を初めとした国産品が大部分である。処理速度は10m/分、高さは30cm程度までのものが多い。

こうしたデータが整理されていると設計者にも分かりやすい。設計者にはほとんど理解されていないのではないだろうか。例えば、正方形の集成材柱を発注しようとした場合、高さ30cmが可能かどうかは、重要な情報といえる。

4. 1. 1 2 集成材の製作寸法

(1) 集成材は、最終製作寸法（幅×せい）よりも、どの程度大きく作っておきますか。

| | A社 | B社 | C社 | D社 | E社 | F社 | G社 | H社 | I社 |
|---------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|
| 幅(+cm) | 0.1 | 無記入 | 1 | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 2.5 | 2~2.5 | 2.0 |
| せい(+cm) | 2 | 無記入 | 1 | 0.5 | 0 | 1.0 | - | 0.5 | 1.0 |

(2) その大きさはどうやって決めますか。

- ・プラスの大きさちょうど幅のラミナを曳きたて。A社 : 1社
- ・プラスの大きさ以上の幅のラミナを使う。C、D、G社 : 3社
- ・プラスの大きさ近辺の幅のラミナを使う。B、E、F、H、I社 : 5社

集成材は、幅が1~2.5mm程度、せいが0.5~1.0mm程度大きく作っておき、プレーナーにかけるのが一般的なようである。使用するラミナとして、プラスされた大きさの近辺のラミナ使用している例が多い。

4. 1. 1 3 サンダーかけ

(1) サンダーかけ専用自動機械はありますか（機械化されていますか）

- ・機械が有る A, B, C, D, E, G社 : 6社
- ・機械はない F, H, I社 : 3社

(2) その機械の性能・仕様を教えてください。

| | A社 | B社 | D社 | G社 |
|---------------------|---------|------|-------|-------|
| 機械メーカー | フロアサンダー | セイブ | アミテック | 華原製作所 |
| ベッドサイズ（サンダーかけ最大サイズ） | | | | |
| 幅m, | 無記入 | 0.5 | 1 | 0.3 |
| 長さm, | 無記入 | 20 | 25 | |
| 高さcm | 無記入 | 6~30 | | |
| サントペーパー交換周期(時間) | 無記入 | 2 | | 3 |

自動化されたサンダーかけ機械は、9社のうち6社で使われている。サンダーかけに対する機械の普及は、途上にあると言えよう。生産量の大きいところでは、必須になっている。

4. 1. 1 4 節の補修

節などの補修について教えてください。どの程度のものまで補修しますか

- A社：20mm以上の穴を補修する。
- B社：節径20mm以上の抜け節は、ホットメルト充填で補修する。
- C社：節径10mm以上の死に節、節径5mm以上の抜け節。
- D社：死に節は全て。
- E社：ほとんどの死に節は埋め木及びパテで補修する。
- F社：JAS 2種 5.0mm以上補修。JAS 3種の場合なし。
- G社：抜け節と節欠け、欠けの全て。
- H社：親指大の死に節。
- I社：節径10mm以上の死に節は補修する。

補修に関しては、JASの等級に応じて定めているのは、1社のみである。ただし、記入はないものの現実には等級に応じた対応がなされているのであろう。

補修の内容は、抜け節、死に節を補修するとのことである。どの程度から補修するかは、会社によって、大きさに多少の違いが見られる。

4. 1. 1 5 構造用集成材の加工に関する工場の格付け（グレード）制度

構造用集成材の加工について、鉄骨のような工場の格付け（グレード）制度は必要だと思いますか。

- ・必要だと思う。 A、B、C、D、F、G、H、I社 : 8社
- ・必要でない。 E社 : 1社
- ・どちらとも言えない。

E社：グレード制は受注が片寄る。需要に応じてJAS認定工場を考えて行くべき。鉄骨会社の二の舞防止策として。

9社のうち8社が、格付けが必要と答えている。業者の間でも格付けを望む声の大きいことが分かった。なお、1社のみが、「格付けは必要ない」と答えているが、その理由として、「受注が片寄る」ことを挙げている。

4. 1. 16 今後必要な加工機

加工機などについて、こんな機械が開発されればよいな、というような物がありましたら、教えて下さい。

(無回答) : A、B、C、D、E、F、G、I社 : 8社

H社 : スリット加工の深さをもう少し深く加工できるもの (1mくらいまで)

特に記入のないところがほとんどである。それは現状で特に問題がないというよりも、こうしたことを日常的に意識していないので、すぐには思い浮かばない、ということであろう。加工に関しては、ガタの問題など改良の余地は大きいと考えられるが、現場での問題意識は少ないようである。1社が、スリット加工で、より深くスリットを切れる機械を望んでいる。

4. 2 部材製造・加工技術に関する考察

部材の加工技術について、ヒヤリングおよびアンケートを行った結果から次のようなことが言える。

まず、製造・加工の技術は、企業により機械化の進み具合に大きな差があることが分かった。積極的に設備投資を行っているところでは、生産や接合部加工に大きな機械が備えられているのに対して、小規模のところでは、ほとんどが手加工のままである。そのためか、集成材加工工場にも「格付けグレード」が必要と考えているところが多い。この両者の中間の設備が見られない。例えば、軸組工法住宅では、プレカットが普及しているが、ラインを構成するプレカットだけでなく、1台で、仕口などを加工する加工機が普及しているが、集成材の接合部加工でもこうした機械の開発が望まれる。

なお、ボルトやドリフトピンなどの先穴の加工は、鉄骨などに比べると大きな余裕を取っており、NC機械などが普及すれば、これはもっと小さくて済むはずである。この部分は、架構の変形や強度性状にも関わるもので、接合の形式や応力の種類によっては、本来、この余裕は大きすぎるのではないかと思われる。手加工を前提として、実状から定められた大きさと考えられる。

また、ドリフトピンの脱落防止などの目的で、企業が接合具の形状に独自に工夫を凝らしたのが見られるが、強度上の問題を検討してあるものは少ないようである。この点は、注意が必要である。また、ドリフトピンで埋め木をする場合も同様で、設計者の理解なしで、進めるのは問題である。

4. 2 乾燥処理

4. 2. 1 適正な仕上げ含水率

乾燥の不十分な木材を使用すると、やがて割れや狂いが生じて色々な不都合がおこる。建築用材の適正含水率は、厳密にはその材が使われる場所（地域、部材、方位）によって異なり、その平衡含水率が基準になる。しかし、平衡含水率は季節や天候、時刻などによって変化し、部材の種類も多岐にわたるため、これを一律に決めることが難しい。図4-1は一般の住宅で長年使用された部材の含水率の測定例であるが、平均値で10~20%までの違いがある。我が国における平衡含水率は年平均値がおよそ15%で、各地域においてもほぼ同様の値である。そこで、規格等で含水率基準を定める際にはこの値が使われる。

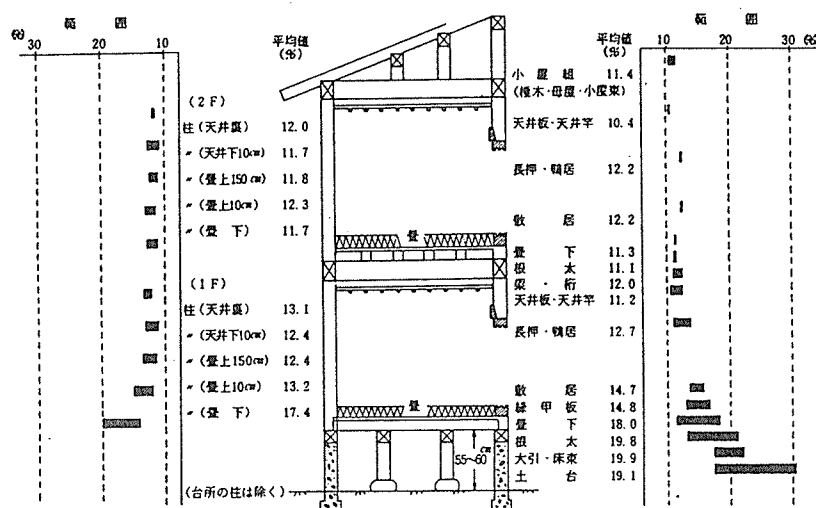


図4-1 長年居住した住宅の部材の含水率¹⁾

日本農林規格（JAS）では乾燥材の規格を表4-1のように定めている。集成材が15%となっているのは接着製品としての信頼性の確保のためで、合板類も同じく14%と決められており、ここまで乾燥していれば使用中の含水率や寸法の変化はごく僅かなはずである。これに比べ製材品の含水率はかなり高いものまで認められている。これは従来から市場に流通していた製品の実態をふまえて規格が制定されているためで、含水率の高いものは当然後でそれなりの収縮をおこす。したがって、含水率規格のレベルに応じて収縮分を見込んで使用しなければならない。

近年、機械プレカット加工が発達し、部材のきざみや仕口加工が非常に高精度に行われるようになった。建築に際しては、これらの部材は他の金属あるいはプラスチック製品などと一緒に使われ、金具やボルトによる接合も行われる。こうなると、木材の収縮変形は非常に困るわけで、寸歩変化の少ない材料が求められるようになった。最近では含水率20%以下のD20が基準となりつつあるが、精度の高い製品を求める所ではさらに低いD15に移行しつつある。

規模の大きな木造建築物の場合は、断面寸法の大きな部材を使うことが多いので、僅か

な収縮率の変化でもこれが累積されて大きくなり、金属類との接合などに不都合が生じる恐れがある。また、建築工期が長くなると、寸歩変化に対する不安はさらに増大する。このため、仕上げ含水率は一般の建築物よりも相当精度の高いものが要求される。少なくとも、集成材と同様の含水率15%以下の乾燥材を用いるべきである。

表4-1 日本農林規格（JAS）における乾燥材規格の抜粋

| 品名 | 含水率(%) |
|----------------------|--------|
| 製材(人工乾燥材) 針葉樹(構造用以外) | 15以下 |
| 広葉樹 | 13以下 |
| 針葉樹の構造用製材(乾燥材) D 25 | 25以下 |
| D 20 | 20以下 |
| D 15 | 15以下 |
| 枠組壁工法構造用製材(乾燥材) | 19以下 |
| フローリング | |
| 単層フローリング(人工乾燥材) 針葉樹 | 15以下 |
| 広葉樹 | 13以下 |
| (天然乾燥材) 針葉樹 | 20以下 |
| 広葉樹 | 17以下 |
| 集成材 | 15以下 |
| 構造用大断面集成材 | 15以下 |
| 普通合板 | 14以下 |

4. 2. 2 乾燥による断面寸法の変化

乾燥による寸法の変化は、材の断面の大きさ、木取り、背割りの有無、乾燥方法などによって異なり、このほかに割れが発生するかどうか大きく影響する。木材の乾燥技術は本来は材面に割れが発生しないようにすることであるが、用途によっては経済的理由からある程度の割れを容認する場合がある。図4-2は割れが発生しないように乾燥させた心持ち柱材（115mm角）の含水率変化に伴う寸法変化で、背割りのあるC面（左の図）を除くと、背割り材の収縮量は無背割り材よりも全体に大きい。したがって、背割り材では生材時の寸法を大きく木取っておく必要がある。これに対し、無背割り材は一般の乾燥方法では割れなく乾燥することが難しく、普通は何本か細かい割れが入る。ただしこの場合に、割れの分も含めて見ると、外寸法そのものはあまり小さくならないので、実用上はこれで用が足りる場合も多い。

表4-2は乾燥による寸法変化の実態を調査するため、全国各地の試験場で生材を一般の製材工場から入手して、天然乾燥中の寸法変化を測定した結果である。含水率の測定は含水率計によって行っている。各樹種の標準的な収縮率に比べ概して値が小さく、ばらつきも大きいようであるが、この理由は天然乾燥のため多くの材に割れが発生していることと、中には製材時に既に含水率が相当低くなっているものが含まれていたこと、さらには含水率計の測定精度に限界があることなどによるものと思われる。このように問題の多い数値ではあるが、現在の技術水準での実態はよく現れていると言えよう。

図4-2、表4-2から明らかなように含水率変化に対する寸法の変化はほぼ直線的で、

たとえ含水率変化がゆっくりであっても、含水率減少に見合った分の収縮は確実に起こる。したがって、乾燥に際しては含水率を十分低い値、すなわち材の使用される場所での平衡含水率まで下げておくことが大切になる。

表 4-2 乾燥による用材の寸法（収縮率）の変化²⁾

| 樹 種 | 断面寸法 (mm) | 本数 (本) | 収縮率 | | | 方向 |
|------|---------------|-----------|---------|---------|---------|--------------------|
| | | | MC: 25% | MC: 20% | MC: 15% | |
| エノマツ | 45×45, 心去り | 30 | 0.95 | 1.50 | 2.34 | 厚さ 幅 厚さ 幅 |
| | 105×105, 心去り | 32 | 0.96 | 1.51 | 2.36 | |
| | 105×210, 心去り | 10 | 0.75 | 1.22 | 1.98 | |
| | # | (10) | 0.64 | 1.19 | 2.22 | |
| | 105×210, 心持ち | 10 | 1.28 | 2.17 | 3.68 | |
| | # | (10) | 0.44 | 0.80 | 1.48 | |
| トドマツ | 45×45, 心去り | 30 | 0.30 | 0.67 | 1.52 | 厚さ 幅 厚さ 幅 |
| | 105×105, 心去り | 30 | 0.69 | 1.27 | 2.34 | |
| | 105×210, 心去り | 10 | 0.86 | 1.47 | 2.53 | |
| | # | (10) | 0.53 | 1.04 | 2.03 | |
| | 105×210, 心持ち | 10 | 1.58 | 2.23 | 3.14 | |
| | # | (10) | 0.19 | 0.38 | 0.76 | |
| アカマツ | 45×45, 心去り | 30 | 0.64 | 1.06 | 1.76 | 厚さ 幅 |
| | 75×75, 心去り | 30 | 0.58 | 1.09 | 2.05 | |
| | 105×105, 心去り | 30 | 0.61 | 1.10 | 1.97 | |
| | 105×210, 心持ち | 10 | 0.85 | 1.47 | 2.56 | |
| | # | (10) | 0.54 | 0.84 | 1.31 | |
| カラマツ | 45×45, 心去り | 30 | 0.29 | 0.70 | 1.65 | 厚さ 幅 |
| | 90×90, 心去り | 30 | 0.32 | 0.69 | 1.47 | |
| | 90×90, 心持ち | 30 | 0.40 | 0.79 | 1.56 | |
| | 120×120, 心持ち | 10 | 0.34 | 0.69 | 1.41 | |
| | 120×270, 心持ち | 10 | 0.56 | 1.06 | 2.02 | |
| | # | (10) | 0.09 | 0.22 | 0.50 | |
| スギ | 45×45, 心去り | 30 | 0.27 | 0.50 | 0.93 | 厚さ 幅 |
| | 75×75, 心去り | 30 | 0.10 | 0.28 | 0.78 | |
| | 105×105, 心持ち | 30 | 0.72 | 1.11 | 1.70 | |
| | 105×210, 心持ち | 10 | 1.08 | 1.60 | 2.37 | |
| | # | (10) | 0.40 | 0.60 | 0.91 | |
| ヒノキ | 75×75, 心去り | 30 | 0.46 | 0.74 | 1.19 | 厚さ 幅 |
| | 75×75, 心持ち | 30 | 0.55 | 0.91 | 1.51 | |
| | 120×120, 心持ち | 10 | 0.20 | 0.43 | 0.90 | |
| | 120×120, 心持ち* | 10 | 0.23 | 0.42 | 0.78 | |
| | # | (10) | | | | |
| ベイマツ | 45×45, 心去り | 30 | 0.84 | 1.17 | 1.61 | 厚さ 幅 厚さ 幅 |
| | 75×75, 心去り | 30 | 0.84 | 1.17 | 1.61 | |
| | 105×105, 心去り | 30 | 0.44 | 0.75 | 1.29 | |
| | 105×210, 心去り | 10 | 0.57 | 0.86 | 1.30 | |
| | # | (10) | 0.63 | 0.98 | 1.54 | |
| | 105×210, 心持ち | 10 | 0.42 | 0.74 | 1.31 | |
| | # | (10) | 0.37 | 0.59 | 0.93 | |
| ベイツガ | 45×45, 心去り | 30 | 0.83 | 1.37 | 2.28 | 厚さ 幅 厚さ 幅 |
| | 75×75, 心去り | 30 | 1.60 | 2.14 | 2.85 | |
| | 105×105, 心去り | 30 | 1.24 | 1.69 | 2.31 | |
| | 105×210, 心去り | 10 | 1.24 | 1.64 | 2.16 | |
| | # | (10) | 0.88 | 1.33 | 2.01 | |
| | 105×210, 心持ち | 10 | 1.09 | 1.63 | 2.44 | |
| | # | (10) | 0.35 | 0.61 | 1.06 | |

*: 背割りあり

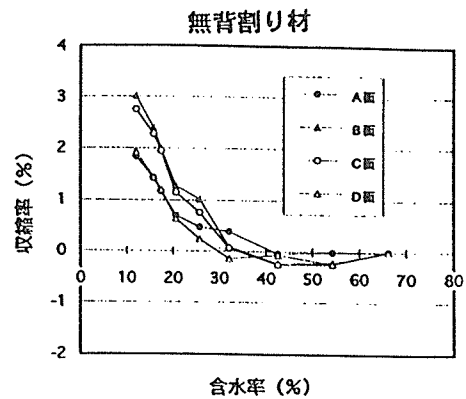
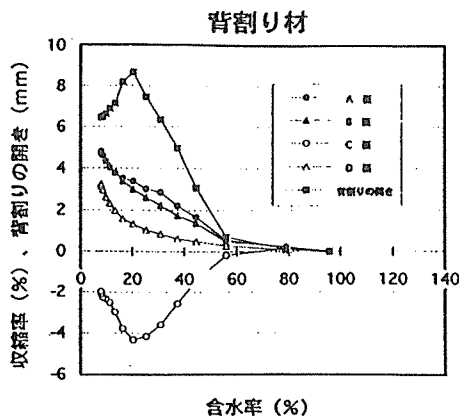


図 4-2 乾燥による心持ち柱材の寸法変化（115mm角）³⁾

4. 2. 3 乾燥方法

(1) 乾燥方式の違いと特徴

木材の乾燥方法としては、蒸気式乾燥法が約75%と最も多く、つづいて除湿式乾燥法が約15%、高周波加熱式減圧乾燥法が約2%で、これは建築用材の乾燥でもほぼ同様である。表4-3は一般の建築用材の乾燥を対象にして、方法別の特徴を比較したものである。

表4-3 乾燥方式別の特徴の比較⁴⁾

| 乾燥方式 | 蒸気式 | 除湿式 | 高周波加熱減圧式 |
|--|------------------------------|-------------------|----------------------------|
| 適用樹種、材種 | いろいろな材に適用できる。 | 役物、造作用材、工芸品 | 厚材、高級材 |
| 特徴 | 経済性に優れている。多様な温湿度条件を作ることができる。 | 操作が簡単で、失敗が少ない。 | 他の方法では困難な材でも乾燥できる。積積みが必要。 |
| 温度(一般) (高温) | 40~90℃ 90~120℃ | 35~50℃ 35~70℃ | 35~55℃ 35~95℃ |
| 湿度(加湿) (排湿) | 生蒸気噴射 吸排気 | 加湿器 除湿器で凝縮 | 生蒸気噴射も可 減圧回路中で凝縮 |
| 風速 | 1.0m/sec以上 | 0.5m/sec以上 | — |
| 所要時間 | 標準 | 蒸気式の約1.5倍 | 蒸気式の1/3程度 |
| エネルギー源(主) | 木屑、灯油など | 電気 | 電気 |
| 設置条件 | ボイラ規制による | 制限が少ない | 制限が少ない |
| 設備費(14m ³) | 1,000万円 このほかにボイラが必要 | 1,200万円 | 4,500万円 |
| 乾燥コスト ヒノキ柱材(m ³ あたり) 杉・松柱材(") | 6,500円 9,000円 | 6,000円 10,000円 | 一般に高い — 7,500円(天乾併用) |

蒸気式の最大の特徴は適用範囲の広いことであるが、それだけに設備の細部の仕様や使い方によって大きな差が生じてくる。熱源に蒸気を用いるためボイラが必要であるが、これには燃料に木屑を用いるものと、石油系燃料を用いるものがある。設備規模が小さい場合は使い勝手や経済性の上で石油系燃料が有利であるが、燃料価格は木屑の方が安く、木材工場ではこの処理に困っている所が多いため、出来れば木屑を使いたいところである。最近では、乾燥コストの低減を目的として設備の大型化と、さらに乾燥時間の短縮を目的として高温化が進んでいる。この場合の難しさは、多量の材を如何に均一に仕上げるかと言うことで、両方を同時に実現しようとするると送風装置の性能や温度制御精度を相当高める必要があり、設備設計に特別な配慮が必要になる。乾燥しようとする材の種類や、要求される品質、納期、使用エネルギーの種類、乾燥技術者の能力など多くの要因によって適正な設備の選択と、適正な処理条件が求められる。

除湿式には冷凍機の冷媒の種類によって低温型と高温型がある。一般の装置は低温型で、これは使いやすさと材がきれいに仕上がることから、主としてヒノキの乾燥や高級材の乾燥に好んで使われている。しかし、最大の問題点は乾燥に時間がかかることである。このため多量の乾燥材が求められるようになった昨今では、このタイプの設備の導入数は大幅

に減少している。

これに対し、高周波加熱式減圧乾燥は非常に乾燥速度が速い。しかし、この装置の問題点は設備費が高いことと、エネルギーに電気を用いることからランニングコストが高くなることである。このため従来は高級材や特殊用材の乾燥に用いられてきた。建築用材に対するこの装置の使い方としては、一つは蒸気式や除湿式では非常に時間がかかる厚材の乾燥に用いることと、もう一つは生材から最終含水率までの全期間の乾燥に用いるのではなく、他の乾燥方法の補助に用いて乾燥時間の短縮に役立てることである。

一例として、心持ちのスギ柱材を乾燥する場合、まず初めに約1週間天然乾燥してから、高周波加熱減圧乾燥により1日処理し、その後装置から取り出してさらに1週間放置して乾燥材を製造する方法がある。このような方法を取れば、設備の回転率を高め、エネルギー消費を少なくして乾燥コストを低く抑えることが出来る。また、人工乾燥前後の放置期間は材の輸送中やストック期間などをうまく活用することにより効率的な乾燥システムを構築することも可能である。

(2) 大断面材の乾燥に適する乾燥方法

梁、桁などに使われる大断面材の乾燥は、一般の熱風乾燥では1～2カ月もかかるため従来は人工乾燥して使う例はほとんど無く、せいぜい天然乾燥で長く放置して使う程度であった。しかし、このような材には1～2年もすると大きな割れが発生してきて、大変見苦しくなる例を多く見かける。また、いつどこに割れが発生するか分からないような材は、強度性能上も保証が困難なため、構造計算を要する部材としては使うことが出来ない。このため、このような部材には集成材が用いられるのが通例である。

しかし、製材は集成材に比べれば単価が安く、またデザイン的にも無垢の材が好まれる場合があって、断面寸法によっては集成材よりも無垢の製材を使いたいという要望がかなりある。このためには割れが無いか、あるいはごく割れの少ない乾燥材を作ることが必要であり、さらに使用中にこの材に割れが発生せず寸法変化も少ないことが必要である。すなわち、一般の柱材よりも高いレベルの乾燥材が求められている。

1) 蒸気式乾燥機による方法

梁桁用などの断面寸法の大きな材は、短辺の寸法が同じでも一般の正角柱材に比べ乾燥速度が小さく、また断面寸法が大きくなると応力集中によって割れが発生しやすくなる。このため、乾燥条件を弱くして乾燥する必要がある、乾燥時間が2～3倍長くかかる。断面寸法の大きな材の乾燥に関する実験データはほとんど無いが、わずかにスギの心持ち材での報告がある。断面寸法15×24cmの材を表4-4の乾燥スケジュールで乾燥し、含水率20%まで乾燥するのに約30～40日を要している。乾燥割れを防止する目的で、初期に高温の蒸煮を長時間行い、その後70～80℃の温度であまり乾湿球温度差を大きくしないような条件でゆっくり乾燥している。蒸煮温度85℃の場合は、乾燥割れは約半数の材に発生しているが、割れの程度はヘアークラックから割れ幅1mmくらいで、天然乾燥材などに比べかな

り小さい。また、蒸煮温度を90℃まで高め、乾燥条件の変化を表4-4よりも小刻みに行った実験では、ほとんど割れなく乾燥することが可能であったと報告されている。

これらの実験から、大断面材については、乾燥初期に適度な蒸煮を行い、その後ゆっくり乾燥することにより、割れない乾燥材を作るとは十分可能であると考えられる。このことはベイマツ、カラマツ、アカマツなど他の樹種でも同様と思われる。問題点は、乾燥時間が約30~50日と長いこと、乾燥後閉じる割れではあるが材によっては内部割れが生じること、材色がかなり濃くなることである。

表4-4 スギ大断面材(15×24cm)の乾燥スケジュール⁵⁾

| 含水率 | DBT | WBT | ΔT | 平衡含水率 | 備考 |
|-----------|------|------|-----|-------|-------|
| | 85.0 | 85.0 | 0.0 | | 蒸煮2日間 |
| | 70.0 | 68.0 | 2.0 | 16.8 | 2日間 |
| ~55.0 | 70.0 | 67.5 | 2.5 | 15.8 | |
| 55.0~50.0 | 70.0 | 67.0 | 3.0 | 14.7 | |
| 50.0~45.0 | 75.0 | 71.5 | 3.5 | 13.8 | |
| 45.0~40.0 | 75.0 | 71.0 | 4.0 | 13.1 | |
| 40.0~35.0 | 80.0 | 75.0 | 5.0 | 11.6 | |
| 35.0~32.5 | 85.0 | 79.5 | 5.5 | 11.0 | |
| 32.5~30.0 | 85.0 | 79.0 | 6.0 | 10.5 | |
| 30.0~25.0 | 85.0 | 78.0 | 7.0 | 9.7 | |

2) 高周波加熱式減圧乾燥機による方法

高周波加熱減圧乾燥は厚材の乾燥に有利といわれ、蒸気式乾燥の乾燥時間の長いことや材色変化の問題を解決できるだけでなく、乾燥経費を安くできる可能性がある。

図4-3はベイマツを圧力42torrで乾燥した例で約6日間、図4-4は断面寸法15×24cmのスギを圧力70torrで乾燥した例で約4日間を要しており、いずれも割れは無いか僅かである。前者は一般的な条件で乾燥しているのに対して、後者は初期に蒸煮処理を行い、また減圧中の圧力および乾燥温度を高くしている。設備費や人件費を含めた乾燥コストは、スギの場合で約30,000円/m³と予想されているが、蒸気式乾燥の場合は乾燥日数が30~50日と長いために、この場合も乾燥コストはほぼ同じくらいかかる。このため、大断面材の乾燥では仕上がり品質と乾燥処理速度の両面から考えて、高周波加熱減圧乾燥がやや有利なように思われる。

図 4 - 3 ベイマツ材の乾燥例 (12cm×15~30cm) ⁶⁾

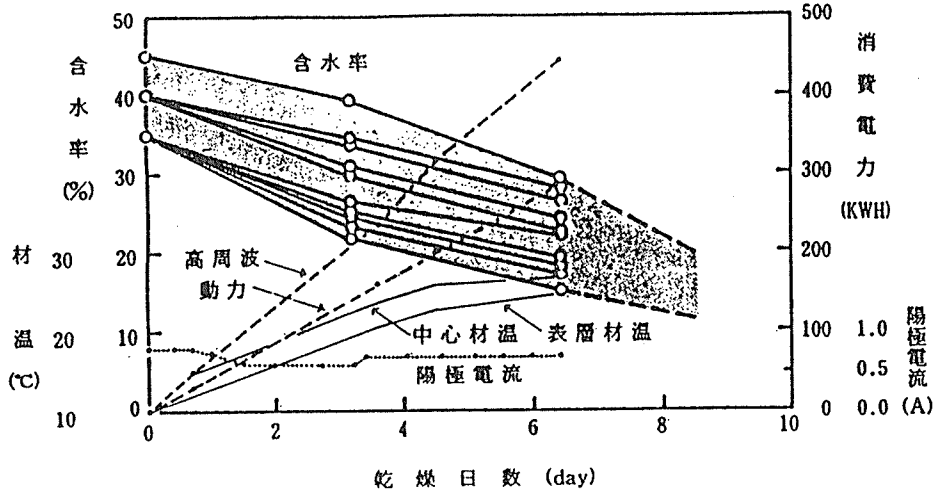
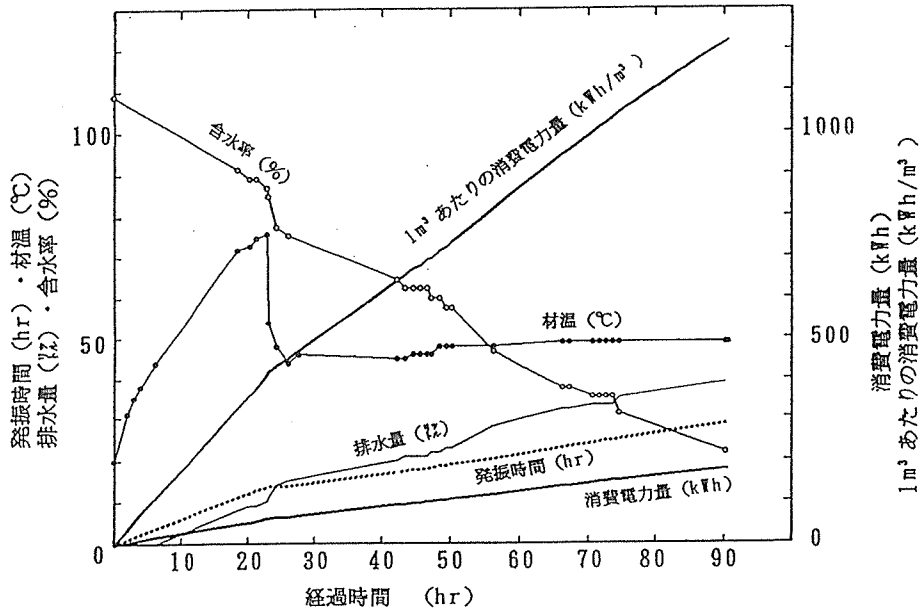


図 4 - 4 スギ心持ち角材の乾燥例 (15×24cm) ⁵⁾



文献

- 1) 三村典彦ら：長野県林業指導所研究報告, No. 1, 38-42 (1986)
- 2) 日本住宅・木材技術センター：林産物の日本農林規格設定等調査事業報告書、1-50 (1990)
- 3) 斎藤周逸：日本木材乾燥施設協会研究会資料, 26-37 (1995)
- 4) 久田卓興：菊川ニュース, NO. 88, 2-7 (1995)
- 5) 久田卓興：日本木材加工協会九州支部乾燥講習会資料, 37-48 (1994)
- 6) 金川靖ら：住宅と木材, No. 6, 32-33 (1987)

4. 3 防 腐 ・ 防 蟻 処 理

4.3.1 法令、規格等にみられる防腐・防蟻処理

(1) 日本の場合

1) 建築基準法・同施行令等

建築物の維持管理ならびに防腐・防蟻処理に関して、次のような条文がある。

法第8条 [維持管理]

建築物の所有者、管理者又は占有者は、その建築物の敷地、構造及び建築設備を常時適法な状態に維持するように務めなければならない。

令第37条 [構造部材の耐久]

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さび止め、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。

令第49条 [外壁内部等の防腐措置]

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。

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1メートル以内の部分には、有効な防腐措置を講ずるとともに、必要に応じて、しろありその他虫による害を防ぐための措置を講じなければならない

以上のように法・令においては、いずれも、設計上の要項をしめしたに過ぎず具体的な技術的内容は示されていない。

法・令ではないが、上記をうけて防腐・防蟻処理の技術的な内容を示したものに、建設省住宅局建築指導課監修の「木造建築物等防腐・防蟻・防虫処理技術指針」がある。

木造住宅については、住宅金融公庫の融資にかかわる木造住宅工事共通仕様書があるが、技術的内容は上記の指針によっている。

2) 日本工業規格

日本工業規格では、木材防腐剤ならびにこの防腐剤によって処理した木材の規格がある

JIS K 木材防腐剤では、木材防腐剤の種類ならびに品質が定められている。

| | |
|---------------------|----------|
| クレオソート油木材防腐剤 | 1号、2号 |
| クロム・銅・ひ素化合物系木材防腐剤 | 1号、2号、3号 |
| フェノール類・無機ふっ化物系木材防腐剤 | 1号、2号 |
| アルキルアンモニウム化合物系木材防腐剤 | |
| クロム・銅・亜鉛化合物系木材防腐剤 | |

銅・アルキルアンモニウム化合物系木材防腐剤 1号、2号

脂肪酸金属塩系木材防腐剤

JIS A9108 土台用加圧式防腐木材では、木材の樹種をべいつが、えぞまつ、とどまつ及びアピトンに限定しており、浸潤度は木材表面から10mmの層に対し80%となっており、吸収量は以下のようになっている。

表4-5 木材防腐剤の種類

(kg / m³)

| | | |
|------------------|----|-------------------|
| クロム・銅・ひ素化合物系 | 1号 | 3.5 以上 |
| | 2号 | 3.5 以上 |
| | 3号 | 3.5 以上 |
| アルキルアンモニウム化合物系 | 1号 | 4.5 以上 (DDACとして) |
| | 2号 | 4.5 以上 (DDACとして) |
| 乳化性ナフテン酸銅系 | | 0.8 以上 (Cuとして) |
| 乳化性ナフテン酸亜鉛化合物系 | | 1.6 以上 (Znとして) |
| クロム・銅・亜鉛化合物系 | | 7.0 以上 (CFK-Zとして) |
| 銅・アルキルアンモニウム化合物系 | | 0.8 以上 (Cuとして) |
| | | 0.8 以上 (BKCとして) |

3) 日本農林規格

日本農林規格では、森林資源の有効活用と併せ環境問題にも配慮した薬剤の導入という観点から、平成6年11月30日に製材、枠組壁工法構造用製材及び針葉樹の構造用製材の規格が改正された。防腐・防蟻処理に関しては、使用する木材の使用環境や用途により、必要に応じて消費者が選択できるになっている。表4-6 にその内容を示す。

従来の規格と大きく異なる点は、耐久性の異なる樹種に対して吸収量を変えているところにある

(2) 外国の場合

1) American Wood Preservers Association(AWPA) の規格

AWPAの規格で関連ある規格を挙げると次のようなものがある。

- C2 Lumber, Timber, bridge Ties, and Mine Ties
 - Preservative Treatment by Pressure Processes
- C3 Pileas
 - Preservative Treatment by Pressure Processes
- C9 Plywood
 - Preservative Treatment by Pressure Processes

表4-6 日本農林規格（JAS）に定める保存処理の基準等

性能区分と木材の使用環境

| 性能区分 | 木材の使用環境 | 具体的内容 |
|------|---|--|
| K 1 | 屋内の乾燥した条件で腐朽・蟻害の恐れのない場所で、乾材害虫に対して防虫性能のみを必要とするもの | 外気に接しない比較的乾燥した状態でヒラタキクイムシの被害を防止する |
| K 2 | 低温で腐朽・蟻害の恐れのない条件下で、高度の耐久性の期待できるもの | 北海道など寒冷地域で ① 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で、接地条件で一定の耐用を期待する ② 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で、非接地で中期の耐用を期待する ③ 外気又は湿潤環境にたまに露出される場合で、非接地で長期の耐用を期待する |
| K 3 | 通常の腐朽・蟻害の恐れのある条件下で、高度の耐久性の期待できるもの | ① 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で、接地条件で一定の耐用を期待する ② 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で、非接地で中期の耐用を期待する ③ 外気又は湿潤環境にたまに露出される場合で、非接地で長期の耐用を期待する |
| K 4 | 通常より激しい腐朽・蟻害の恐れのある条件下で、高度の耐久性の期待できるもの | ① 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で、接地条件で一定の耐用を期待する ② 外気又は湿潤環境に常時露出される場合で、非接地で長期の耐用を期待する ③ 外気又は湿潤環境にしばしば露出される場合で、接地条件で長期の耐用を期待する |
| K 5 | 極度に腐朽・蟻害の恐れのある条件下で、高度の耐久性の期待できるもの | 外気及び湿潤環境に常時露出される場合で、接地条件で長期の耐用を期待する |

吸収量の適合基準

| 性能区分 | 使用した薬剤 | 薬剤の記号 | 吸収量の適合基準 |
|------|-----------------|-------|--|
| K 1 | ほう素化合物 | B | ほう素として1.2kg/m ³ 以上 |
| K 2 | クロム・銅・ひ素化合物 | CCA | CCAとして1.8kg/m ³ 以上 9.0kg/m ³ 以下 |
| | アルキルアンモニウム化合物 | AAC | DDACとして2.3kg/m ³ 以上 |
| | 銅・アルキルアンモニウム化合物 | ACQ | ACQとして1.3kg/m ³ 以上 |
| | ナフテン酸銅 | NCU | 油剤は、銅として0.4kg/m ³ 以上 乳剤は、銅として0.5kg/m ³ 以上 |
| | ナフテン酸亜鉛 | NZN | 油剤は、亜鉛として0.8kg/m ³ 以上 乳剤は、亜鉛として1.0kg/m ³ 以上 |
| K 3 | クロム・銅・ひ素化合物 | CCA | CCAとして3.5kg/m ³ 以上10.5kg/m ³ 以下 |
| | アルキルアンモニウム化合物 | AAC | DDACとして4.5kg/m ³ 以上 |
| | 銅・アルキルアンモニウム化合物 | ACQ | ACQとして2.6kg/m ³ 以上 |
| | ナフテン酸銅 | NCU | 油剤は、銅として0.8kg/m ³ 以上 乳剤は、銅として1.0kg/m ³ 以上 |
| | ナフテン酸亜鉛 | NZN | 油剤は、亜鉛として1.6kg/m ³ 以上 乳剤は、亜鉛として2.0kg/m ³ 以上 |
| K 4 | クレオソート油 | A | クレオソート油として80kg/m ³ 以上 |
| | クロム・銅・ひ素化合物 | CCA | CCAとして6.0kg/m ³ 以上18.0kg/m ³ 以下 |
| | アルキルアンモニウム化合物 | AAC | DDACとして9.0kg/m ³ 以上 |
| | 銅・アルキルアンモニウム化合物 | ACQ | ACQとして5.2kg/m ³ 以上 |
| | ナフテン酸銅 | NCU | 油剤は、銅として1.2kg/m ³ 以上 乳剤は、銅として1.5kg/m ³ 以上 |
| K 5 | ナフテン酸亜鉛 | NZN | 油剤は、亜鉛として3.2kg/m ³ 以上 乳剤は、亜鉛として4.0kg/m ³ 以上 |
| | クレオソート油 | A | クレオソート油として170kg/m ³ 以上 |
| | クロム・銅・ひ素化合物 | CCA | CCAとして7.5kg/m ³ 以上22.5kg/m ³ 以下 |

浸潤度の適合基準

| 性能区分 | 樹種区分 | 浸潤度の適合基準 |
|------|-----------------------|---|
| K 1 | すべての樹種 | 辺材部分の浸潤度が90%以上 |
| K 2 | 耐久性D ₁ の樹種 | 辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が20%以上 |
| | 耐久性D ₂ の樹種 | 辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上 |
| K 3 | すべての樹種 | 辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上 |
| K 4 | 耐久性D ₁ の樹種 | 辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ10mmまでの心材部分の浸潤度が80%以上 |
| | 耐久性D ₂ の樹種 | 辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ15mm（厚さが90mmを超える製材については20mm）までの心材部分の浸潤度が80%以上 |
| K 5 | すべての樹種 | 辺材部分の浸潤度が80%以上かつ材面から深さ15mm（厚さが90mmを超える製材については20mm）までの心材部分の浸潤度が80%以上 |

JAS規格における心材の耐久性区分

| 規格 | 心材の耐久性区分 | 樹種 |
|-------|----------------|--|
| 製材 | D ₁ | 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、ケヤキ、クリ、クヌギ、ミズナラ、カブール、セランガンバツ、アビトン、ケンバスその他これらに類するもの |
| | D ₂ | アカマツ、クロマツ、トドマツ、エゾマツ、モミ、ツガ、ベイモミ、ベイツガ、ラジアタバイン、ベニマツ、スプルース、ロジボールバイン、ライトレッドメランチ、イエローメランチ、ターミナリア、レッドラワン、プライ、ラミンその他これらに類するもの |
| 2×4製材 | D ₁ | ダグラスファー、ウェスタンラーチ、ダフリカカラマツ、パシフィックコーストイエローシーダー、タマラック、カラマツ、ヒバ、ヒノキ、スギ、タイワンヒノキ、ウェスタンレッドシーダーその他これらに類するもの |
| | D ₂ | アカマツ、クロマツ、ジャックバイン、イースタンヘムロック、パシフィックコーストヘムロック、レッドバイン、オウシュウアカマツ、アマビルスファー、グランドファー、ツガ、バルサムファー、ロジボールバイン、ボンデローザバイン、ホワイトスプルース、エンゲルマンズスプルース、ブラックスプルース、レッドスプルース、コーストシトカススプルース、アルバインファー、モミ、トドマツ、エゾマツ、メルクシマツ、ラジアタバイン、ウェスタンホワイトバイン、アガチス、ベニマツその他これらに類するもの |
| 構造用製材 | D ₁ | 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、ダフリカカラマツその他これらに類するもの |
| | D ₂ | アカマツ、クロマツ、トドマツ、エゾマツ、モミ、ツガ、ベイモミ、ベイツガ、ラジアタバイン、ベニマツ、スプルース、ロジボールバイン、アガチスその他これらに類するもの |

- C15 Wood for Commercial-Residential Construction
-Preservative Treatment by Pressure Processes
- C22 Lumber and Plywood for Permanent Wood Foundations
-Preservative Treatment by Pressure Processes
- C23 Round Poles and Posts Used in Building Construction
-Preservative Treatment by Pressure Processes
- C28 Standard for Preservative Treatment of Structural Glued Laminated Members, and Laminations before gluing of Southern Pine, Coast Douglas Fir, Hemfir, and Western Hemlock by Pressure Processes

上記のうち、C28、C2規格の木材防腐剤の薬剤吸収量ならびに浸潤度を示せば、表4-8表4.3-4のごとくである。

2) TIMBER BRIDGES--Design, Construction, Inspection, and Maintenance

Timber Bridges では、AWPA規格を採用して高速道路に用いる木材の処理を表4-10のように規定している

3) Handbook of Wood and Wood-Based Material (FPL)

上記の図書のなかでは、各種用途の木材を樹種と使用環境に応じて処理の程度を表4.3-6のように推奨している。

4) AS規格

オーストラリア規格では次のようになっている。

表4-7 使用環境に対する防腐剤の条件 (kg/m³)

| 使用環境 | | Creosote | Boliden-K33 | Tanalith-c |
|------|------------------|----------|-------------|------------|
| H4 | 屋内、屋外非接地で温和 | 96 | 3.5 | 5.6 |
| H5 | 屋外非接地で比較的厳しい | 128 | 6.4 | 8.0 |
| H6 | 屋外非接地で厳しい/屋外接地温和 | 160 | 9.6 | 12.0 |
| H7 | 屋外接地で厳しい | 240 | 16.0 | 20.0 |
| H8 | 冷却塔など | 240 | 24.0 | 24.0 |
| H9 | 海中使用 | 320 | 32.0 | 32.0 |

5) ニュージーランドの推奨値

ニュージーランドにおいてもHazard Class つまり劣化環境別言い換えれば使用環境別に防腐処理の適用を変えている。それを示せば表4-12になっている。

表4-8

AWPA-C28規格

Standard for preservative treatment of structural glued laminated members and laminations before gluing of Southern Pine, Coastal Douglas Fir, Hemfir, and Western Hemlock by pressure processes

表1 接着後加圧注入した構造用集成材の防腐剤の吸収量 (kg/m²) と浸潤長 (cm)

| | 集成材の樹種 | Southern Pine | | Coastal Douglas Fir Western Hemlock Hemfir | |
|-------------|--------------------|---------------|-------|--|-------------|
| | | 地上 | 接地 | 地上 | 接地 |
| 吸 収 量 | creosote | 128.2 | 160.2 | 128.2 | 160.2 |
| | creosote solution | 128.2 | 160.2 | 128.2 | 160.2 |
| | creosote petroleum | 128.2 | 160.2 | 128.2 | 160.2 |
| | pentachlorophenol | 4.8 | 9.6 | 4.8 | 9.6 |
| 浸 潤 長 | 木材に対して | 6.3 | | 12.7cm厚未満 | 1.0 |
| | 辺材部に対して(%) | 85.0 | | 12.7cm厚以上 | 1.3 90.0 |

表2 接着前の挽板に対する防腐剤の吸収量と浸潤長

| | 集成材の樹種 | Southern Pine | | Coastal Douglas Fir Western Hemlock Hemfir | |
|-------------|--------------------|-------------------|-------|--|-------|
| | | 地上 | 接地 | 地上 | 接地 |
| 吸 収 量 | creosote | 128.2 | 160.2 | 128.2 | 160.2 |
| | creosote solution | 128.2 | 160.2 | NR | NR |
| | creosote petroleum | NR | NR | 128.2 | 160.2 |
| | pentachlorophenol | 4.8 | 9.6 | 4.8 | 9.6 |
| 量 | ACC | 4.0 | 8.0 | 4.0 | 8.0 |
| | ACA | 4.0 | 6.4 | 4.0 | 6.4 |
| | ACZA | 4.0 | 6.4 | 4.0 | 6.4 |
| | CCA | 4.0 | 6.4 | 4.0 | 6.4 |
| | | | | | |
| 浸 潤 長 | 挽板の縁より | 7.2 cm 又は 90 % | | 2.5 cm | 3.2 |

表4-9

AWPA-C2規格

Lumber, Timber, Bridge Ties and Mine Ties
Preservative Treatment
by Pressure Processes

| 吸 収 量 | 防腐剤 | 樹種 | Southern Pine | | Ponderosa Pine Red(Norway)Pine | | |
|-------------|------------|-----|--------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-------|
| | | | 地上 | 接地 | 地上 | 接地 | |
| 吸 収 量 | 防腐剤 | 環境 | creosote | 128.2 | 160.2 | 128.2 | 160.2 |
| | | | creosote solution | 128.2 | 160.2 | 128.2 | 160.2 |
| | | | creosote petroluem | 128.2 | 160.2 | 128.2 | 160.2 |
| 量 | 防腐剤 | 環境 | pentachlorophenol | 6.4 | 8.0 | 6.4 | 8.0 |
| | | | pentachlorophenol-type E | 6.4 | NR | NR | NR |
| | | | copper naphthenate | 0.64 | 0.96 | NR | NR |
| | | | ACC | 4.0 | 8.0 | 4.0 | 8.0 |
| | | | ACA | 4.0 | 6.4 | 4.0 | 6.4 |
| | ACQ-type B | 4.0 | 6.4 | 4.0 | 6.4 | | |
| | ACZA | 4.0 | 6.4 | 4.0 | 6.4 | | |
| | CCA | 4.0 | 6.4 | 4.0 | 6.4 | | |

表 4 - 1 0 高速道路で用いられる杭、ポール、その他木材の防腐剤最小吸収量 (kg/m³)

| 材料と使用法 | 外材+ コーティング | 外材+ コーティング | 外材+ 石油 | POP | POP type | ACC | ACA | ACZA | CCA | PAS |
|--|---------------|---------------|-----------|------|-------------|-----|------|------|------|-----|
| Lumber for Bridge, Structural Member, Decking, Cribbing, and Culverts Southern Pine, Coastal Douglas-fir, Western Hemlock, and Western Larch | 192.2 | 192.2 | 192.2 | 9.6 | NR* | NR | 9.6 | 9.6 | 9.6 | NR |
| Structural Lumber in Salt Water | 400.5 | 400.5 | NR | NR | NR | NR | 40.0 | 40.0 | 40.0 | NR |
| Coastal Douglas-fir, Hemlock | 400.5 | NR | NR | NR | NR | NR | 40.0 | 40.0 | 40.0 | NR |
| Structural Lumber in Saltwater-Dual Treatment | NR | NR | NR | NR | NR | NR | 24.0 | 24.0 | 24.0 | NR |
| Southern Pine | 320.4 | 320.4 | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| First treatment | 320.4 | NR | NR | NR | NR | NR | 24.0 | 24.0 | 24.0 | NR |
| Second treatment | NR | NR | NR | NR | NR | NR | 24.0 | 24.0 | 24.0 | NR |
| Coastal Douglas-fir, Western Hemlock | 320.4 | 320.4 | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| First treatment | 320.4 | NR | NR | NR | NR | NR | 24.0 | 24.0 | 24.0 | NR |
| Second treatment | NR | NR | NR | NR | NR | NR | 24.0 | 24.0 | 24.0 | NR |
| Piles for Foundation, Land, or Fresh-Water Use | 192.2 | 192.2 | 192.2 | 9.6 | NR | NR | 12.8 | 12.8 | 12.8 | NR |
| Southern Pine, Ponderosa Pine, Jack Pine, and Red Pine | 272.3 | 272.3 | 272.3 | 13.6 | NR | NR | 16.0 | 16.0 | 16.0 | NR |
| Coastal Douglas-fir, Western Larch, Intermountain Douglas- fir, and Lodgepole Pine | 96.1 | 96.1 | 96.1 | 4.8 | NR | NR | NR | NR | NR | NR |
| Oak | 128.2 | 128.2 | 128.2 | 6.4 | NR | 8.0 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | NR |
| Post, Fence, Guide, Sign, and Sight | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| All Softwood | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| Specie-Round, Half-Round, Quarter Round | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| Sawn Four Sides | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| Post, Guardrail, Spaser Blocks | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| All Softwood | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| Species | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| Round | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| Sawn Four Sides | 160.2 | 160.2 | 160.2 | 8.0 | NR | 9.9 | 8.0 | 8.0 | 8.0 | NR |
| Poles, Lighting | 120.1 | NR | NR | 6.1 | NR | NR | 9.6 | 9.6 | 9.6 | NR |
| Southern Pine, Ponderosa Pine | 168.2 | NR | NR | 8.5 | NR | NR | 9.6 | 9.6 | 9.6 | NR |
| Red Pine | 144.2 | NR | NR | 7.2 | NR | NR | 9.6 | 9.6 | 9.6 | NR |
| Coastal Douglas-fir | 192.2 | NR | NR | 9.6 | NR | NR | 9.6 | 9.6 | 9.6 | NR |
| Jack Pine, Lodgepole Pine | 256.3 | NR | NR | 12.8 | NR | NR | 9.6 | 9.6 | 9.6 | NR |
| Western Red Cedar, Western Larch, Intermount. (Douglas-fir Handrails and Guardrails (not in contact with ground or water)) | 128.2 | NR | NR | 6.4 | NR | NR | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 6.4 |
| All Softwood species | 128.2 | NR | NR | 6.4 | NR | NR | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 6.4 |

表 4 - 1 1

各種木質製品に対する最小防蝕剤吸収量 (kg/m³)

| 製品と使用条件 | Coal-tar creosote | Creosote-coalt solution | Creosote-petroleum solution | 種油 | Pentachloropheno- 種油 | 揮発性溶剤 | ACA | CCA |
|---|-------------------|-------------------------|-----------------------------|----------|-------------------------|-----------|------|------|
| A Ties (creosotes and switch ties) | 112.1--160.2 | 112.1--160.2 | 112.1--160.2 | 5.6--8.0 | | | | |
| B Lumber, plywood, and structural timbers (including glued laminated) | 320.4--400.5 | | | | | | 40.1 | 40.1 |
| (1) 海水 | | | | | | | 40.1 | 40.1 |
| lumber (under 5 in thick) | 320.4--400.5 | | | | | | 40.1 | 40.1 |
| Timbers (5 in or thicker) | 320.4--400.5 | | | | | | 40.1 | 40.1 |
| Southern pine | 320.4--400.5 | | | | | | 40.1 | 40.1 |
| Coast Douglas-fir and Western hemlock | 400.5 | | | | | | | |
| Plywood | | | | | | | | |
| (2) 淡水 接合ならびに淡水、地面に接しない重要な構造部材 | 112.1--192.2 | 112.1--192.2 | 112.1--192.2 | 8.0--9.6 | 9.9--12.0 | 9.9--12.0 | 9.6 | 9.6 |
| 集積材ならびに残板 | 96.1--192.2 | 96.1--192.2 | 96.1--192.2 | 9.6 | 12.0 | 12.0 | 9.6 | 9.6 |
| (3) 地上 | 96.1--192.2 | 96.1--192.2 | 96.1--192.2 | 4.8--6.4 | 4.8--6.4 | 4.8--6.4 | 4.0 | 4.0 |
| C Piles | | | | | | | | |
| (1) 海水 | 400.5 | 400.5 | | | | | 40.1 | 40.1 |
| Southern pine | 352.4 | | | | | | 40.1 | 40.1 |
| Coast Douglas-fir | | | | | | | | |
| (2) 淡水 | 192.2 | 192.2 | 192.2 | 9.6 | | | 12.8 | 12.8 |
| Southern pine and other pine | 272.3 | 272.3 | 272.3 | 13.6 | | | 16.0 | 16.0 |
| Douglas-fir and Western Larch | | | | | | | | |
| Poles (utility) | | | | | | | | |
| Southern and ponderosa pine | 144.2 | | | 7.2 | 9.0 | 9.0 | 9.6 | 9.6 |
| Red pine | 216.3 | | | 10.9 | 13.6 | 13.6 | 9.6 | 9.6 |
| Jack and lodgepole pine | 256.3 | | | 12.8 | 16.0 | 16.0 | 9.6 | 9.6 |
| Coast Douglas-fir | 192.2 | | | 9.6 | 12.0 | 12.0 | 9.6 | 9.6 |
| Interior Douglas-fir and western larch | 256.3 | | | 12.8 | 16.0 | 16.0 | 9.6 | 9.6 |
| Western redcedar | 256.3 | | | 12.8 | 16.0 | 16.0 | 9.6 | 9.6 |
| Western redcedar, northern white-cedar, Alaska-cedar, lodgepole pine | 320.4 | | | 16.0 | | | 9.6 | 9.6 |
| E Poles (building, round) | 192.2--216.3 | | | 9.6 | | | 6.4 | 6.4 |
| F Post (round) | 96.1 | 96.1 | 112.1 | 4.8 | 6.1 | 6.1 | 6.4 | 6.4 |
| Fence Building | 192.2 | | | 9.6 | | | 9.6 | 9.6 |

Handbook of Wood and Wood-Based Materials: Forest Products Laboratory 1989

表4-12 ニュージーランド、保存処理基準

| 劣化発生危険度コード | 使用環境 | 主な用途 | 認定されている保存剤 | 保存剤吸収量 | |
|------------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|---|
| | | | | 圧入量から算出(kg/m ³) | 保持化学分析値(%) |
| H1 | 屋内、雨水など天候の影響をうける所 | 骨組、屋内建具造作材床、屋内用合板 | CCA ホウ素系 | 2.8-3.6 3.2H ₃ BO ₃ | 0.04As 0.1H ₃ BO ₃ |
| H3 | 屋外、雨水などの影響をうけるか、非接地の状態での使用 | 屋外造作材、ベランダ床、外壁合板、屋根板、垣根、手摺 | CCA ナフテン酸銅 TBTO | 5.0-6.1 適用されない§ 適用されない§ | 0.37-0.40 TAE 0.08Cu 0.08Sn |
| H4 | 接地状態での使用、淡水と接し腐朽発生の危険性が高いところ | 牧柵、板材、合板、外壁 | CCA クレオソート 5% PCP +オイル | 9.4-12.0 96-144 96-144 | 0.72-0.86 TAE 適用されない 適用されない |
| H5 | 接地状態での使用、腐朽発生の危険性が極めて高い所、あるいは厳しい環境下用 | 電柱、建物土台、建物支柱 | CCA | 12.5-16.7 | 0.95-1.24 TAE |
| H6 | 海洋での使用 | 係船航 棧橋杭 | CCA | 24.0-31.0 | 0.4Cu |

+保存剤吸収量は CCA の種類、樹種、使用目的などによって異なります。 木材工学 Vol. 48 No. 6 1993 掲載

§特定の処理法に従って処理されるもので、吸収量の規定はありません。

TAE=全有効成分、たとえば CCA では 3 要素 (Cu+Cr+As) の絶乾木材重量に対する百分率

注：この表は NZ 貿易振興公社と林業研究所及び、NZ 林業協議会加盟の会社及び、団体が作成したパンフレットより引用したものである。

4. 3. 2 集成材に用いられる樹種の耐久性と防腐処理効果

(1) 集成材に用いられる樹種

洋の東西を問わず、接着性、強度、材形態、経済性等が良好であれば、針葉樹、広葉樹どちらの樹種であっても用いることができる。しかしながら、実際に用いられている樹種は、さう多くはなく限られた針葉樹材である。日本、アメリカで用いられている樹種は以下のようである。

＜ 日本 ＞ エゾマツ、トドマツ、カラマツ

＜ アメリカ ＞ Douglas fir, Western Larch, Southern Pine, Lodgepole Pine
Eastern Spruce, Hem-fir, California Red fir

(2) 木材の樹種の耐久性

木材の腐朽し易さ、腐朽し難さは、心材の抵抗性で示している。内外の樹種の耐朽性を示せば、表4-13のごとくである。内外で用いられている樹種は何れも耐朽性が大きいとは言えない。

表4-13 各樹種の心材の耐朽性

| 耐朽性の区分 | 日 本 材 | 北米材, ソ連材 | 南 洋 材 |
|---------------------------|---|--|--|
| 極大 (野外 で9年 以上) | | | ギアム, コキクサイ, バラウ, セランガンバツ, ヤカール, エボニー, ウリン, イビール, メルバウ, インツィアピチス, チーク, パンキライ, コムニャン |
| 大 (野外 で7~ 8.5年) | ヒノキ, サワラ, ネズコ, アスナロ, ヒバ, コウヤマキ, クリ, ケヤキ, ヤマグワ, ニセアカシヤ, ホオノキ, | ベイヒ, ベイヒバ, インセンスシーダー, ベイスギ, センベルセコイア, ブラックウォールナット | レンガス, レザック, ナリグ, ケラット, ホワイトメランチ, セプターバヤ, パドーク, ピンカドー, セドレラ, チュテールバンコイ, マホガニー |
| 中 (野外 で5~ 6.5年) | シラベ, カラマツ, クサマキ, イチイカヤ, トガサワラ, スギ, カツラ, スダジイ, クヌギ, ナラ, アラカシ, シラカシ, タブノキ, | ダフリカカラマツ, ベイマツ, ホワイトオーク, ベカン, バターナット | カナリウム, クルイン, カプール, ブジックライトレッドメランチ, イェローメランチ, マラス, メンガリス, ケンバス, アルトカルプス, パカウ, スロールクラハム, カロフィルム, テラリン, メルサワ, チュテールザール, ボルネオオーク |
| 小 (野外 で3~ 4.5年) | モミ, アカマツ, クロマツ, イチョウ, マカンバ, コジイ, コナラ, アベマキ, イヌエンジュ, アカガシ, イチイガシ, ヤチダモ, キハダ, ヒメシヤラ | ボンデローサマツ, スラッシュマツ, ストロープマツ, テーダマツ, ベイツガ, ソフトメープル, イェローバーチ, ヒッコリー | アローカリア, カボック, ドリアン, ターミナリア, エリマ, アビトン, アルモン, レッドラウン, タンギール, マンガシノロ, ニュージランドビーチ, ピンタンゴール, ゲロンガン, ジョンコン, マングローブ, マトア, タウン, カサイ, ナトー, ケレダン, ユーカリ, |
| 極小 (野外で 2.5年 以下) | ハリモミ, アオモリトドマツ, トドマツ, エゾマツ, トガサワラ, イタヤカエデ, セン, ヤマハンノキ, ミズメ, シラカンバ, アカシデ, ミズキ, プナ, イスノキ, トチノキ, クスノキ, シナノキ, シオジ, ドロノキ, オオバヤナギ, イイギリ, オオバボダイジュ | ベイモミ, スプルース, ラジアタマツ, アスペン, コットンウッド, アメリカシナノキ | アガチス, プライ, ジェルトン, カラス, パラゴムノキ, ラブラ, アンペロイ, セルチス, キャンプノスパーマ, アルストニア, ブランチョネラ, パスウッド, ロヨン, ホワイトシリス, ラミン, カナリウム, オベチエ, アルマンガ, ビヌアン, カランバヤン, チャンバカ |

(本紙保存用)

(3) 防腐処理の効果

前述のように集成材に用いている樹種は何れも耐朽性がないので、屋外に暴露して用いたり、屋内にあっても高い含水率になるような使用環境にあっては、防腐処理するのがよい。AWTA C28(集成材ならびに挽板の処理規準)では、含水率が20%を超えるような環境で用いるときは防腐処理をすべきであるとしている。

集成材を防腐処理した結果ではないが、防腐処理することによってどの程度の寿命が期待できるのか、表4-14、表4-15のような日米の試験結果がある。

表4-14 各種防腐処理材の野外杭試験から求めた耐用年数^{6,7)}

| 防腐剤名と処理液濃度 (%) | 吸収量 (kg/m ²) 最小・平均・最大 | 耐用年数 (年) | 始めに耐用年数に達した杭の位置 |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------|-----------------|
| クレオソート油 | | | |
| 原液 | 254 - 503 - 734 | 28年間未定 | 未定 |
| 20% | 19 - 52 - 69 | 16 | 地中部木口付近 |
| 10% | 16 - 27 - 31 | 13 | 地中部木口付近 |
| PF (フェノール類無機ふっ化物系; JIS-K-1550) | | | |
| 1種 1号 2% | 6.57 - 7.57 - 8.44 | 19 | 地際部・地中部 |
| 1種 2号 2% | 5.14 - 7.38 - 8.46 | 18 | 地際部・地中部 |
| 2種 2% | 3.05 - 5.79 - 7.71 | 13 | 地際部・地中部 |
| CCA (クロム・銅・ひ素化合物系; JIS-K-1554) | | | |
| 1号 2% | 7.4 - 12.0 - 14.1 | 23年間未定 | 未定 |
| 0.4% | 1.45 - 2.20 - 2.40 | 18 | 地際部 |
| 2号 2% | 6.7 - 10.9 - 13.5 | 25 | 地際部 |
| 0.4% | 1.3 - 1.8 - 2.5 | 13 | 地際部・地中部 |
| 旧タイプ 2号 2% | 6.01 - 7.35 - 8.15 | 25 | 地際部 |
| 0.4% | 1.36 - 1.44 - 1.54 | 16 | 地際部・地中部 |
| 水溶性フェノール樹脂 | | | |
| 30% | 102 - 144 - 173 | 19 | 地中部木口付近 |
| 20% | 51 - 77 - 123 | 16 | 地中部木口付近 |
| 15% | 36 - 49 - 71 | 15 | 地際部・地中部 |
| 硫酸銅 (CuSO ₄) | | | |
| 1% | 2.7 - 3.3 - 4.1 | 17 | 頂部木口付近 |
| 0.5% | 1.4 - 1.8 - 2.0 | 12 | 頂部木口付近 |
| ほう素化合物 | | | |
| 2% | 5.51 - 7.07 - 7.97 | 3 | 頂部木口付近 |
| CZC (Chromated zinc chloride) | | | |
| 2% | 6.95 - 7.68 - 8.38 | 10 | 頂部木口付近 |
| 0.4% | 0.90 - 1.43 - 1.62 | 4 | 頂部木口付近 |
| ZMA (Zinc meta-arsenate) | | | |
| 2% | 6.46 - 7.17 - 7.99 | 15 | 地中部木口付近 |
| 0.4% | 1.27 - 2.23 - 2.64 | 12 | 地中部木口付近 |
| 4-bromo-2, 5-dichloro-phenol | | | |
| 2% | 8.3 - 11.9 - 14.7 | 8年間未定 | 未定 |
| 0.4% | 1.4 - 2.2 - 2.8 | 4 | 地中部木口付近 |
| CFK | | | |
| 2% | 12.5 - 14.4 - 15.6 | 8年間未定 | 未定 |
| 0.4% | 2.2 - 2.8 - 3.0 | 4 | 地際部 |
| ナフテン酸銅 | | | |
| Cuとして 0.2% | 0.4 - 0.8 - 1.1 | 8年間未定 | 未定 |
| 0.04% | 0.1 - 0.2 - 0.2 | 4 | 地際部・地中部 |
| ナフテン酸亜鉛 | | | |
| Znとして 1% | 4.8 - 5.6 - 6.0 | 8年間未定 | 未定 |
| 0.2% | 0.7 - 0.9 - 1.1 | 6 | 地中部木口付近 |

耐用年数は各部位の集団の平均被害度が2.5以上に達した年 (木保研) (木保研)

表4-15 米国における加圧処理木材の期待耐用年数

| 製品名 | 防腐剤名 | 吸収量 kg/m ³ | 耐用年数 年 | 製品名 | 防腐剤名 | 吸収量 kg/m ³ | 耐用年数 年 |
|---------------------|---------|--------------------------|-----------|--|------------------|--------------------------|-----------|
| 電柱 | クレオソート油 | 144 | 35 | 造園用材 デッキ材 | CCA | 6.4 | 30 |
| | CCA | 9.6 | 50 | | コンテ ナ材 | CCA | 4 |
| 農業用柱 | クレオソート油 | 144 | 35 | 船甲板 | | CCA | 9.6 |
| | CCA | 9.6 | 50 | | 護 棧 岸 橋 | クレオソート油 | 400 |
| 支柱 | クレオソート油 | 96 | 25 | CCA | | 40 | 30 |
| | CCA | 6.4 | 35 | 橋, 踏板 | クレオソート油 | 192 | 35 |
| 住宅 フェンス | CCA | 6.4 | 35 | | CCA | 9.6 | 35 |
| ガード レール 柱・標識柱 | クレオソート油 | 172 | 30 | 坑道用 まくら木 | クレオソート油 | 160 | 30 |
| | CCA | 9.6 | 30 | | CCA | 6.4 | 30 |
| 海中杭 | クレオソート油 | 320 | 20 | 住宅用材 プール用材 | CCA | 9.6 | 50以上 |
| | CCA | 40 | 30 | | 運 動 場 具 | CCA | 6.4 |
| 基礎杭 淡水中杭 | クレオソート油 | 192 | 50以上 | 道 防 音 壁 | | CCA | 9.6 |
| | CCA | 12.8 | 50以上 | | 住宅用 製材, 合板 | CCA | 4 |
| まくら木 | クレオソート油 | 128 | 35 | 農 業 用 構 造 物 製 材, 合板 | | クレオソート油 | 128 |
| 腕木 | クレオソート油 | 128 | 40 | | CCA | 4 | 50 |
| | CCA | 6.4 | 40 | 工場用 木レンガ | クレオソート油 | 128 | 50以上 |
| 冷却塔 用材 | CCA | 6.4 | 20 | | CCA | 6.4 | 20 |
| | 農業用材 | CCA | 8 | 30 | | | |

文献：米国農務省1980 Technical bulletin number 1658-1「ベンタクロルフェニール、無機ヒ素化合物、クレオソート油の生物学的、経済学的分析」より。

但書：米国の防腐木材耐用年数と日本のそれとは、樹種、注入量、供用条件等に差異があり我が国の耐用年数は米国程長くありませんが、よい目標としての参考になります。

(本紙保存用)

表4-16 心材の浸透性による分類

| 産地 | 良 好 | やや良好 | 困 難 | きわめて困難 |
|-------------|--|--|---|---|
| 日 本 材 | ヒバ、エノキ、イタヤカエデ、シテ類、チシャノキ、ツバキ、トネリコ、ハンノキ、ミズキ | アカマツ、クロマツ、スギ、ツガ、ヒメコマツ、モミ、アサダ、ダケカンバ、シオジ、ハルニレ、ユズリハ | エゾマツ、トドマツ、トウヒ、ヒノキ、イスノキ、クルミ、ケヤキ、コジイ、ダケカンバ、アナ、ネムノキ、ミズメ、ヤマザクラ | カラマツ、カシワ、カツラ、キハダ、クリ、クヌギ、クスノキ、コナラ、センダング、セン、タブノキ、ミズナラ |
| 北 米 材 | ボンデローサマツ、レッドウッド、ブラックガム、グリーンアッシュ、レッドオーク、エルム、バーチ | ホルドサイプレス、ジャックパイン、ロブリーパイン、ホワイトパイン、ダグラスファー（コースト）、ウェスタンヘムロック、チェストナット、オーク、コックトンウッド、シュガーマープル、イエロバーチ | イースタンヘムロック、ロジボールパイン、シトカスプルース、ノーブルファー、ホワイトファー、ロックエルム、イエローポプラ | ダグラスファー（マウンテン）、ノーザンホワイトシーダー、タマラック、ウェスタンレッドシーダー、アメリカンビーチ、チェストナット、レッドガム、ホワイトオーク |

(本紙保存用)

4.3.3 屋外暴露材に対する防腐処理実施例

(1) 防腐処理した杭、支柱

スギ、ヒノキ、カラマツの小丸太を各種防腐剤で処理し、埋設ならびに杭として7年間用いた結果が表4-17である。

表4-17 処理方法別の耐久性一覧表

| 処 理 | 耐 久 性 | | | | | |
|----------------------|---------------|--------|---------------|--------|-------------|--------|
| | スギ | | ヒノキ | | カラマツ | |
| | 杭 | 埋 設 | 杭 | 埋 設 | 杭 | 埋 設 |
| ① 無 処 理 | 2～3年 *5年 | 1.5～2年 | 2年 *4～6年 | 1.5～2年 | 2年 *4年 | 1年 |
| ② クレオソート油 (市販品)塗布 | 3～4年 | 3～4年 | 2～3年 | 3～4年 | 2年 | 1年 |
| ③ クレオソート油 (JIS)塗布 | 7年以上 | 3～4年 | 7年 | 4～5年 | 3年 | 1.5～2年 |
| ④ クレオソート油 (JIS)浸漬 | 7年以上 *7年以上 | 7年以上 | 7年以上 *7年以上 | 7年以上 | 3年 *6年 | 2～3年 |
| ⑤ クレオソート油 加 圧 注 入 | 7年以上 *7年以上 | 7年以上 | 7年以上 *7年以上 | 7年以上 | 7年 *7年以上 | 4～5年 |
| ⑥ 焼 き 丸 太 | 1年以内 | 1年以内 | 1年以内 | 1年以内 | 1年以内 | 1年以内 |
| ⑦ T B T P 加 圧 注 入 | 6年 | 4年 | 7年以上 | 5年 | 4年 | 1.5年 |
| ⑧ C C A 加 圧 注 入 | 7年以上 *7年以上 | 7年以上 | 7年以上 *7年以上 | 8～9年 | 5年 *7年以上 | 1年 |

(注) *は3m材, 他は1.2m材の小丸太

本誌保存 Vol. 21-1 (1995)

(2) 集成材斜張橋

広島県立中央森林公園に建設された大断面集成材による斜張橋の防腐処理は、以下のごとくである。

構 造 有効幅員 5m 橋長 145m, 構造形式 斜張橋

| | | | | |
|------|--------------------|------------|-----------|-----|
| 防腐処理 | 床板(170mm*1.5m*11m) | ベイツ集成材 | クレオソート油加圧 | 無塗装 |
| | 補剛トラス(橋の本体) | ベイツ集成材(輸入) | 油性防腐剤加圧 | 塗装 |
| | 高欄 | スギ集成材 | フタニ酸亜鉛加圧 | 塗装 |
| | 地覆 | アカマツ集成材 | フタニ酸亜鉛加圧 | 塗装 |

(3) ジェットコースター木製架台

AWPA-C2の規格により、Southern pineに対してCCAを6.4 kg/m³吸収させている。

4.3.4 集成材製造業者ならびに防腐処理業者に対するアンケート調査

集成材を構造用として用いるのは戦後ということになるが、最近では、建築設計者の造形感覚を刺激して、大架構えの適用が活発になり数々の建築物が出現している。又 建築物ばかりでなく、公園内その他に設けられる人道橋としての木造橋えも盛んに用いられるようになっていった。

建築物の作品群を見ていくと、大架構建築物にあつては構造部分を被覆せず、木材の肌理を生かすとともに構造部材の構成の美しさを強調しているものが多い。又 一つの架構を屋外と屋内で連続して用いている例も数多くみられる。これを材料的にみれば、木材の屋外使用言い換えれば木材を雨露に曝して用いることになり、屋外使用に対する処置が重大な課題となる。

このような使用に対して現状ではどのような処理仕様になっているのかを知るために集成材製造業者ならびに防腐処理業者にアンケート調査を実施した。

(1) 集成材製造業者に対するアンケート調査

アンケートは、輸入集成材ならびに国内での防腐処理集成材について質問した。アンケート用紙は参考として本節の末に示した。

アンケートは13社に送付されたが、この内5社より回答があった。結果を示せば以下のごとくである。

まづ、輸入、国内処理を問わず防腐処理集成材の用途は、栈橋が1件、木造橋が32件、ゲートが1件、パーゴラが2件の計36件であった。この内輸入材が16件である。36件の内挽板に注入されたのが4件ある。

使用された防腐剤は、クレオソート、CCA、AAC、NZNで輸入材には別の防腐剤がもちいられている。又 挽板を処理する防腐剤にはCCA、AACが用いられていた。ちなみに集成材の接着性を低下させない防腐剤には、AAC、CCA、NCU、NZNなどがあり、クレオソート油は集成加工された材に適用される。

防腐処理については、防腐処理業者に委託されている。

(2) 防腐処理業者に対するアンケート調査

防腐処理業者に対しては、部材の種類、樹種、断面寸法、防腐剤の種類、挽板、集成材どちらの処理か、防腐剤の吸収量、浸潤量などについて質問している。

部材の種類すなわち建物の用途については、エクステリアと呼ばれるパーゴラ、アーケイド、ステージの他、集会所、ベランダ、遊具、橋梁などがあげられていた。

部材以外の項目について纏めると表4-18のごとくである。

表4-18 防腐処理業者に対するアンケート調査結果

| | 樹種 | 断面寸法 | 処理方法 | 薬剤名 | 吸収量 (kg/m ³) | 浸潤度 |
|---|---------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------------|--|
| A | ﾊﾞｲｯ 80% ｽｷﾞ 20% | 各種 | 集成材 | CCA(90%) NZN(10%) | ﾊﾞｲｯ に対し4~8 ｽｷﾞ に対し10~30 | ﾊﾞｲｯ 5~15mm ｽｷﾞ 10~30mm |
| B | ｽｷﾞ、ﾊﾞｲｯ ﾊﾞｲｶﾞ | 25~150 * 145 ~520 | 集成材 | CCA NZN | CCA は6.0 以上 NZN は1.6 以上 | 外表面より10mm層の80% 以上 (ﾊﾞｲｯ は注入量150 kg/m ³ 以上) |
| C | ﾊﾞｲｯ | 220*724 他 | 集成材 | Creosote NCU | NCU は1.0 | |
| D | ﾊﾞｲｶﾞ、 ﾊﾞｲｯ | 120*240 | 挽板 | NZN | 2.0 以上 | 外表面より10mm層の20% 以上 |
| | | | 集成材 | CCA | | |
| E | ｽｷﾞ、SPF | 300*300 他 | 挽板 | NZN NCU | NZN は2.0 以上 NCU は1.0 以上 | 全断面積の60% 以上で、材面から 10mmの部分の80% 以上 |

4.3.5 まとめ

本年度は製材品ならびに集成材に対する防腐処理とくに加圧注入処理について、文献ならびにアンケートによって現状を調査することにした。わが国では最近になって、環境汚染防止の立場から新しい防腐剤が出現し、これらの薬剤を取り入れるべく木材防腐剤（日本工業規格）ならびに製材規格の防腐処理（日本農林規格）が相次いで改訂された。

とくに日本農林規格では、日本工業規格で新たに規定した防腐剤を取り上げつつ、環境区分、薬剤を注入する樹種の耐朽性を加味した薬剤吸収量ならびに浸潤度を規定している。以上は製材品を対象としており、大断面となる集成材への適用を考えると一考の余地がありそうである。

アメリカではAWPAによって集成材に対する防腐処理規準を規定したC28がある。この規準では集成材ならびに挽板を対象としている。

以上のようなことから、各国での防腐処理規準、防腐処理の実施例、防腐処理の効果などについて文献ならびにアンケートを行って資料の収集を行った。

資料の収集は未だ不十分であったので資料の分析、検討は行わなかった。次年度で更に資料の収集を行うと共に防腐処理の程度と効果の関係を明らかにして、わが国の環境に応じた集成材の防腐処理の規準を確立したい。

加圧式防蝕（鐵）処理集成材を使用した建設実績調査票

(会社名) (担当部署名) (記入者氏名) TEL () -

I 輸入加圧防蝕（鐵）処理集成材を用いた建設実績

| 建物・施設の名称 | 建設年月 | 建物・施設の用途 | 使用部位 | 輸入先会社名 | 使用薬剤名 | 処理の指定 |
|----------|------|----------|------|--------|-------|-------|
| | | | | | | |

II 国内で処理した加圧防蝕（鐵）処理集成材を用いた建設実績

| 建物・施設の名称 | 建設年月 | 建物・施設の用途 | 使用部位 | 処理対象 | 使用薬剤名 | 処理依頼先会社名 | 処理の指定 |
|----------|------|----------|------|------|-------|----------|-------|
| | | | | | | | |

加圧式防蟻・防蟻処理大断面製材及び屋外用集成材の生産実態調査票

会社名
記入者氏名
TEL: () - , FAX: () -

1 大断面製材

(おおよそ、幅・厚さが15cm以上で、断面積が300cm²以上のもの。)

- (1) 部材の種類
- (2) 樹種
- (3) 断面寸法

1 85

1 (4) 使用薬剤の種類

- (5) 処理実績 (過去2～3年間、年別)
- (6) 品質基準 (防蟻・防蟻性能のみ。)
- ① 浸潤度
- ② 吸収量

1 集成材

(1) 部材の種類

(2) 樹種

(3) 断面寸法

(4) 使用薬剤の種類

(5) 処理方法

① ラミナ処理

② 集成後処理

(6) 処理実績 (過去2～3年間、年別)

(7) 品質基準 (防蟻・防蟻性能のみ。)

① 浸潤度

② 吸収量

5 施工技術の検討

5.1 事例の抽出

大規模木造建築物の建造に際しては、構成部材が長大のため、運搬事情、道路交通法等の制約から、長さを切断し運搬するのが通例である。しかし、最近では、現場で架構を組み立てる際の精度、作業性、安全性などを考慮のうえ、接合金物まで取り付けて部材化を行うとか、小屋組その他の部位のパネル化をすすめるのとか、工場生産化の比率が高まりつつある。

このような部品化は、建物の規模、架構の特徴、輸送方法、建方用機械の性能などによってそれぞれ異なるが、比較的最近建てられた2, 3の建物について、その概要を述べると次のようになる。

5.5.1 横浜博覧会 横浜館

この施設は、1988年に建てられ、鉄筋コンクリート造の柱の上に、球面状の集成材ドームを上部屋根構造として載せた混構造である。

ドームの直径は60.0mで、建物の最高高さは15.3m、延べ面積は3,790㎡である。もともと、このドームは世界的に有名な「タコマドーム」を建てたウェスタン・ウッド・ストラのチャー社が開発したバラックス・システムにより建てられたもので、1987年に建てられた岩手県の安代町立田山体育館（直径36m）と同種のものである。

ドームを構成する集成材の各部材は同一の曲率（47,429mm）を持ち、すべて球心に向かうようにレイアウトされ、球面状のドームを形作っている。

主フレームの集成材の断面は13.0cm×72.4cmで、コンテナに納まるよう12m以内の長さに切断され、どこへでも運搬ができるように工夫されている。しかも、地組作業や建方を容易にするため、仕口加工やボルトの孔明け加工がすべて工場で施されたプレハブ化率の高いシステムである。

このドームは6つのセグメントからなり、各セグメントの主フレームは六角形をした金物で接合されている。さらに、フレーム間にアーチを渡し、その上に厚さ38mmのベイマツ野地板が球状に釘留めされ、ドームの強度が一層高められている。

5.1.2 世界デザイン博覧会 外国館

この施設は、1989年に名古屋で開かれた世界デザイン博覧会の外国館として建てられたもので、下部をRC造、上部を大断面集成材の架構とした混構造の2階建てである。

この外国館パビリオンは、幅が50m、長さが150mのカマボコ型で、両端は27mの円弧をなし、その延べ面積は11,016㎡である。

躯体が直線をなしているけた行き方向には26連のアーチが架けられ、各アーチは13.5mの部材を4本つないで構成されている。屋根構面には工期を短縮するため、桝材に合板を張った

屋根パネルが用いられ、地組された後、もや等に接合されている。

5.1.3 出雲健康公園整備プロジェクト 出雲ドーム

この建物は、1992年に出雲健康公園の核として建てられた多目的スポーツ施設で、直径143m、高さ49m、延べ面積は15,722m²である。全体の架構は大断面集成材アーチ、鉄骨造の圧縮リング、ケーブル材の引張りリング、およびPC鋼棒の張弦材、RC造りの柱、テフロン膜などで構成された高度のハイブリッド構造である。

集成材の主アーチは、10度ごとに36本放射状に配置され、約19mの直線材が球に内接する位置で折れ曲がり、スチールの中央リングと外周下部の柱を結んでいる。1本のアーチの長さは約80mで、9mの直線材で、同じ長さの湾曲材を現場接合で交互につないだものである。

アーチの基本構成は2本の373mm×914mmの主材、および同断面の充腹材とによる組立圧縮材で、これらが一体になって働くように、直径24mm、長さ900mmのボルトで、3枚合わせに締め付けられている。

アーチの直線部と湾曲部をつなぐジョイントの部分は、梁端部の溝にスチールプーレートを挟み込み、ボルトで縫う鋏み板方式が採用されている。

5.1.4 信州博覧会グローバルドーム やまびこドーム

この施設は、1993年に開催された信州博覧会のメイン会場として松本市に建てられたもので、下部をRC造、上部を大断面構造用集成材によるドームとした混構造の2階建てである。

ドームは、半径64.9mの球を頂部から30.9mの高さで切り出し、その全体を地上5.5mの高さ（軒高に相当）に持ち上げた形状で、地球をイメージしている。その大きさは、直径が110m、最高高さが40.5m、延べ面積が10,081m²である。

北極を頂点とし15度おきの経線上に24本のメインアーチを、メインアーチから7.5度ずれた位置にサブアーチを尾根状に配置し、屋根が折板状となるような骨組とし、集成材には信州カラマツを用いている。

上部構造は、この2種類のアーチ間に杉綾状に配置された小梁、厚さ9mmの構造用合い板を用いた野地板パネル、方杖材、中央頂部のRC造の圧縮リンクで構成されている。

5.2 部品化、パネル化、組立技術

5.2.1 部品化と組立技術の概要

前述のように、横浜博の横浜館は米国のタコマドームを建てたウエスタン・ウッド・ストラクチャー社が開発した特殊な六角形の接合金物を用いるバラック・システムによるドームで、3方向グリット形式をとっている。

ドームを構成する集成材フレームの部材化はすすみ、仕口加工やボルトの孔明け加工はすべて工場で行われている。

この建物の組立てに際しては、ドームの基本になっているA字型トラスを地組し、次にA字型トラスをクレーンを利用して下層から一段づつ螺旋を描くように上層に組み上げていく方式を採っている。そのために、内部の仮設足場が簡素化されている。

デザイン博の外国館は、小屋組のメインフレームになる集成材のアーチを架け、もやを渡し、その上に屋根パネルを接合している。合板と杵材とで構成した屋根パネルを大規模木造建築物の屋根構面に大量に用いたのは、わが国で最初の事例と思われる。

出雲ドームでは、それを構成する36本の集成材アーチが放射状に配置されており、部材化もすすんでいる。とくに、幅が273mm、せいが914mmの部材を、幅方向に3材合わせ、直径24mm、長さ900mmのボルトを締める作業は、その数も10万箇所に及ぶことから、その孔明け精度を確保するため、特段の工夫がなされている。

加工された集成材は、屋外の組立場で、まず、一次地組みされる。これは2本の主材と同断面の充腹材および接合金物をボルトで締め合わせ、長さ9mの直線材あるいは湾曲材のアーチに組立てる作業である。

一次地組みされたアーチ部材はドーム内に搬入され、縦方向に3本継がれ、長さ27mの連続材となり、この組立て作業を二次地組と呼んでいる。

この状態で、アーチ材はこれまでの加工、組立て作業による汚れ、梱包開封後に発生した黴などのクリーニングが行われている。すなわち、汚れ、黴のひどい部分をサンダーで掛けした後、漂白し、発水剤を塗布している。

このドームの建方には、そのため開発されたプッシュアップ工法と呼ばれる新しい方法が持られている。その概要は、まず集成材アーチを地上で弓型に組み上げ、同様に地上で組み立てた鉄骨造の中央リングと、ドームの外周に組んだスライド架台の内に掛け渡した後、アーチの中央部を所定の高さまで押し上げ、次ぎにドームの全体をジャッキで49mの高さまで一気に持ち上げる方法である。

信州博のやまびこドームでは、信州カラマツ集成材によるメインアーチおよびサブアーチがそれぞれ24本づつ放射状に架けられている。このメインアーチとサブアーチの間に小梁が杉綾状に配され、そこに、構造用合板と杵材で構成された野地板パネルが留め付けられている。この野地板パネルは構造用合板のせん断剛性が高いことから、屋根構面を強剛にする役割も果たしている。

以上述べたように、組立て作業の能率化、安全性の向上などを考慮し、集成材フレームの加工、接合金物の取付け、杵材に合板をとりつけるパネルなどを工場で生産する部材化、部品化が大規模木造の建設にも採用され、現場での組立て作業にも技術革新がみられるようになってきた。

5.2.2 地組、建方の概要

集成材フレームを安全に、精度良く、しかも能率良く建てるには、作業工程の計画をたて、

建方方式を選定し、安全対策などを講ずる必要がある。

とくに、わが国の集成材建築物では、前述のように、長大なアーチ材を使用する例が多く、運搬の都合でアーチ材を切断せざるを得ない。このような場合は、地組をして建起こすことが多いので、地組の場所、建て起こす方式、揚重機械の種類などを選定することはもちろん、部材の接合にも配慮する必要がある。

建方に際しては、地組したフレームを吊揚げるので、充分バランスを考えて吊揚げ位置を定めることはもちろん、吊揚げ位置には集成材の面を保護する治具等を用いることが大切である。また、フレーム吊揚げの際、フレームに無理な変形が生じないように、補助材で補強を施し、吊り揚げる必要がある。このほか、変位が偏在しないように、必要に応じて要所に筋かいを入れることも大切である。

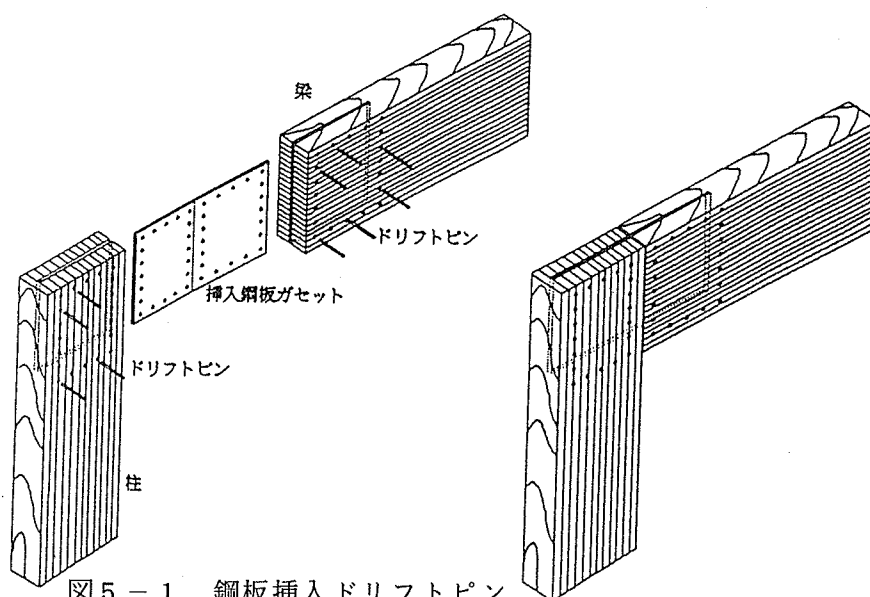
5.3 金物、接着剤、防腐・防蟻薬剤の選定

大規模建築物を安全に、精度よく建て、しかも長持ちさせるには、接合金物の選定と施工、接着信頼度の高い接着剤の選定、防腐・防蟻剤の選定と適正な処理、維持管理などが重要であることはいうまでもない。

5.3.1 接合金物

木構造の歴史は、接合部の歴史とも云われるぐらい、接合部の設計は建築物の性能を支配している。この接合部の設計は互いに接する部材断面の形状と寸法、荷重や外力の種類とその大小、接合金物の種類と接合方法などに深く係わりがある。

とくに、量産が期待できるような建築物は、前述のウエスタン・ウッド・ストラクチャー社が開発したバラック・システムのように、特殊な接合金物を用いると同時に、部材の断面寸法の標準化を図ることにつとめているが、一般の建築物では、4.1.8の調査結果からも



うかがえるように特殊の金物の使用例は少ない。

最近、ドリフトピンが多用され、せん断に抵抗させている。とくに、図5-1に示すように鋼板を接合される部材同志に挿入し、ドリフトピンを断面からかなり深いところまで打込み、その上を木栓で被覆する例が多い。金物がほとんど外部に露出していないので、美観や防耐火の点で評価されている。

このほか、ボルト、くぎはもちろん、ラグスクリュー、スプリットリング、シアプレート、ブルドックなどを設計によっては使われている。

また、柱脚と基礎、柱で横架材、大ばりとお小ばり、頂部、斜材の接合部などには、設計に応じていろいろの接合金物が使われている。

これらの金物の防錆処理は4.1.6に示されているように、「焼き付け」や「防錆塗料の塗布」があるが、「どぶ付け」と呼ばれる鍍金処理が大部分を締めている。

5.3.2 接着剤の選定

昭和62(1987)年に制定された構造用大断面集成材のJAS(日本農林規格)では、積層に際して用いる接着剤をレゾルシノール系樹脂またはこれと同等以上のものと規定している。また、JASの解説書では、使用できる接着剤としてハレゾルシノール樹脂接着剤とレゾルシノール・フェノール共総合樹脂を含むとされている。なお、ラミナの継つぎや幅はぎをする場合にも、同様の接着剤を用いるように規定されている。

JASでは、接着層の耐久性試験として、「浸せきはくり試験」、「煮沸はくり試験」が規定されている。また、屋外に使用される場合あるいは防腐・防蟻処理した集成材などには、減圧・加圧はくり試験によって接着性能を確認することが義務づけられている。さらに、積層接着部分およびラミナの幅はぎ部分についてはブロッケン断試験により接着強度と木破率を測定するように規定されている。

最近では、欧米諸国の規格や技術情報も入手し易くなっているうえ、わが国でも、レゾルシノール系樹脂以外の接着剤、例えば水性高分子-イソシアネート樹脂系接着剤やエポキシ樹脂系接着剤などによる実験が、種々の環境下で行われ、その結果も公表されはじめている。したがって、今後、この種の接着剤の接着耐久性についても、使用樹脂や使用環境などに関係づけながら、新しい指針が得られるものと思われる。

いずれにしても、木材接着層の耐久性能を的確に予測することができれば、非常に好都合なわけで、各国でいろいろの研究がすすめられているが、決定的な方法はまだ確立されていない現状である。

5.3.3 防腐・防蟻処理の選定

防腐・防蟻処理については、4.3で述べられているように、建築基準法第8条の「維持管理」、同施行令第37条の「構造部材の耐久」、同施行令第49条の「外壁内部等の防腐防措置」

などに設計上の要項が示されている。また、これらの法令をうけて、建設省住宅局建築指導課監修の「木造建築物築防腐・防蟻・防虫処理技術指針や住宅金融公庫の融資に係わる木造住宅工事共通仕様書などがある。」したがって、建築物の種類、使用環境、使用部位、樹種によっては耐久性向上のために必要な措置を講じなければならない。

最近、わが国では環境汚染防止の観点から新しい防腐剤が開発されている事情を背景に木材防腐剤の日本工業規格（J I S）が改正されたので、製材の日本農林規格（J A S）でも表4-6に示すように、保存処理の基準が改正された。

すなわち、木材の使用環境に応じた性能をK1からK5の5段階区分とし、各性能区分に使用される薬剤名とそれらの吸収量の適合基準、および使用される樹種区分と使用部位に対する浸潤度の適合基準などが示されている。また、この樹種区分に関連して、樹種ごとの心材の耐久性区分が示されている。

ただ、集成材の耐久性の評価には接着剤も関与するので、製材と必ずしも同一視することはできないが、使用環境に対する樹種と防腐剤の選定に役立つことはいうまでもない。最近、ラミナに各種の防腐薬剤を加圧注入したのち、いろいろの接着剤で積層した集成材の性能試験が行われ、樹種、防腐薬剤、接着剤の3者間の親和性のようなものが検討されており、その成果は今後の耐久性計画や維持管理のうえで役立つもので期待されている。

6 管理・メンテナンス技術

6. 1 メンテナンスに関するアンケート調査

「4. 部材製造技術の検討」で述べたアンケートに管理・メンテナンス技術に関しても、アンケートを行っている。そこで得られて回答は次のようなものである。

(1) 「メンテナンスの手引き」のようなものはありますか。

- ・ある。 G社 : 1社
- ・ない。 A、B、C、D、E、F、H、I社 : 8社

(2) メンテナンスの方法を教えてください。

(無回答) : A、C、E、H、I社 : 5社

- | | | | |
|---------|------|-----|-----|
| ・初期定期検査 | B社 | D社 | G社 |
| 年まで、 | 記入なし | 1年 | 2年 |
| か月毎に行う。 | 記入なし | 6ヵ月 | 6ヵ月 |
| (無償・有償) | 無償 | 無償 | 無償 |

G社：基本的には無償だが、一部有償の場合もある。

(3) その内容は、

B社：ボルトの緩みなど（現在は、緩み止めナット使用によりメンテは行っていない。）

D社：ボルト等の緩みチェック。集成材の割れチェック。

(4) その後は、

- ・有償の定期検査契約をお願いしている。 F社 : 1社
- ・無償の定期検査を行っている。
- ・連絡があれば出向いていく。 B、D、E、H、I社 : 5社
- (無回答) A、C、G社 : 3社

F社：屋外使用の場合1年以内に

(5) 有償の定期検査を契約したことがありますか。

- ・有償の定期検査契約を結んだ所がある。 D、G、H社 : 3社
- ・有償の定期検査契約を結んだ所はない。 B、C、E、F、I社 : 5社
- (無回答) A社 : 1社

D社：3件

E社：今後、集成材界も建築工事共通仕様書に最低基準を織り込むべきだと思う。

G社：2件

H社：1件（橋梁）

メンテナンスに関しては、「メンテナンスの手引き」を整備しているところはわずかしかない。また、具体的にも、1～2年に限って、ボルトの緩みや集成材の瑕疵を点検しているだけで、それ以上のメンテナンスは行っていない。連絡があれば行くという程度である。集成材メーカーが元請けでない場合も多いので、仕方がないともいえる。メンテナンスに関するゼネコンの認識を深める必要がある。

なお、有償の定期点検の契約を結んだところは、3社が「結んだところがある」と答えている。内1件は、木造橋梁である。公共物件なら可能性があるかもしれない。

6. 2 管理・メンテナンスに関する考察

メンテナンスに関しては、現状はほとんど何もしていないに等しい状態である。集成材メーカーは元請けでないという契約上の問題はあるが、せめて「メンテナンスの手引き」くらいは整備しておきたい。集成材を管理していく上での最低限の注意は、施主・管理者に知らせておくべきである。こうしたものを公的な機関が雛形を整備するのもよいであろう。

また、メンテナンスの契約も、現状ではほとんどなされていないが、少なくとも企業内では管理記録を整備すべきであろう。また、1年以内程度のボルトナットの増し締めは、無償で自主的に行うべきであろう。

7 大規模木造建築物塗装マニュアルの検討

7. 1 事業の概要

1986年よりスタートしたサミットハウス、続いて大規模木造建築、優良地域木造建設がそれぞれ確かな歩みをスタートさせ、木材のよさをアピールするとともに地域の活性化にも大きく寄与している。

この木造建築物等を美しく、長持ちさせることは森林資源保護、木材需要拡大のうえから非常に重要である。

大規模木造建築は歴史が比較的新しいために、建築物の美観や耐久性に大きく影響する管理や塗装仕様、メンテナンスが確立されていないのが現状である。

本事業の塗装部会では、大規模木造建築の新築時および塗り替え時の木材塗装マニュアルを作成することを目的にして、今年度より発足した。

平成6年度は、次年度の塗装マニュアル作成のための資料整備を主眼にして、現在一般に行われている新築時の塗装工程、塗り替え塗装工程、使用塗料について聞き取り調査、アンケート、塗装現場の立合調査等を行った。

大規模木造建築に最も多く使われている木材保護着色塗料のカタログ、技術資料、耐久性に関する文献、メンテナンスの外国規格等を参考資料として収集した。

7. 2 現在行われている大規模木造建築物の塗装

大規模木造建築に使われた木材が短期間で性能が低下し、みすぼらしい姿に変わったのでは木材全体の信用を落とすことになりかねない。

それを防ぐには、美観向上、美観の維持、木材の保護および耐久性の向上、そのほか特殊な機能性の付与などが絶対必要である。

現在、実用的にその役目を果たすことができるのが塗装および防腐、防蟻処理である。塗装は、寸法安定化処理などの他の木材改質処理法に比べてコストが安く、被塗材の形状に左右されずに処理ができ、比較的作業が簡単で、工場塗装ライン、または現場でも塗装ができる有利性がある。

木材を無処理で屋外に使った場合、最初に太陽光線に当たるところが濃褐色にやける、さらに時間が経過すると灰色に変色する。このころになると雨や砂塵が原因で早材（春材）が晩材（夏材）より多く磨耗して材の表面が凹凸になり、割れが無数に生じる。いわゆる木材の劣化である。この劣化現象は、木材を比較的乾燥する場所で使った場合のことであり、建築物の耐久性に与える影響は少ない。

問題は風通しの悪い、湿気の多いところの建築物や水はけの悪い使い方をした場合は、上記の劣化現象の他に、腐朽菌による被害が加算され、木材の劣化が数倍早く進行する。特に腐朽菌による腐朽は、著しく木材の強度を低下させる。

そのうえ、湿潤環境におかれた木材はシロアリの被害が発生しやすい。シロアリによる被害も激しい場合は、腐朽同様に建築物の倒壊の原因になる。

この他、ヒラタキクイムシやチビタケナガシクイムシのような乾材虫が問題になる。これらの虫害も木材の強度を大きく低下させる。

生物劣化はこのような大きな被害をもたらすだけでなく、比較的早期に生じることが多いのは、生物汚染となり、美観を著しく阻害するために、いま大きな問題になっている。

現在、木材保護着色塗料が従来からあるオイルステイン、ペイント、エナメルに代わって大規模木造建築に多く使われている。

7. 2. 1 大規模木造建築に多く使われている木材保護着色塗料

木材保護着色塗料は、従来の塗料が持っている性能、すなわち、美観の向上、美観の維持、木材の保護機能にプラスして防かび性能、防腐性能、防虫性能、撥水性能を付与した塗料で、外装用機能性塗料である。

従来の建築外装用塗料は、ペイント、エナメルが主体で、これらは顔料が不透明になるほど配合されているので塗料の耐久性が優れ、8～10年位の塗膜寿命がある。その反面、木材の最大特長である木目をつぶし、吸湿、放湿作用が妨げられ、防腐、防虫、防かび性能を持っていない。

大規模木造建築物は、木材であることを大きくアピールしなければならない運命を背負っているために、ペイント塗装のように塗り潰し仕上げにすることができない。

それゆえ、木目を生かす透明仕上げ、半透明仕上げのニーズが非常に高まりを見せている。

クリヤー塗料を使った透明仕上げは、木目を強調させ、木目を引き立たせる優れた塗装仕上げである。

透明仕上げは、家具のように屋内で使用するときは耐久性に関するトラブルがほとんど生じない。しかし、これを屋外で用いると多くの難しい問題が浮上する。

最大の問題が塗膜耐久性である。クリヤー塗料を屋内で使えば、ほぼ永久的な塗膜寿命がある、しかし、同じ塗料を外装に使用すると、塗膜寿命が大幅に低下する。

この大きな原因は、クリヤー塗料が顔料による補強作用がないため、紫外線に対して無防備なので激しい塗膜劣化が起り、塗膜割れや剥離などの塗膜欠陥が1年以内に発生する。そして次に、そこにかびによる生物汚染が生じ、建築物の美観が急速に低下する。

木材の各種劣化および特に生物劣化、生物汚染を予防するために生まれたのが木材保護着色塗料である。一般の木材保護着色塗料は、透明な下塗り用塗料（カラーレス）および下塗り、上塗り兼用の半透明の外装用塗料である。

木材保護着色塗料は、性能的に改善の余地を残している。特に木目が塗膜を通して見えるように、顔料の配合を抑えているので不透明な外装用塗料に比べ、塗膜耐久性が短い問題がある。この短所を補うために、塗装仕様およびメンテナンスによって対応し、さらにこれらを研究することが重要である。

7. 2. 2 木材保護着色塗料の種類

木材保護着色塗料を塗膜形成状態から分類すると、従来型塗料と同じに木材上に塗膜を作るタイプと表面にほとんど塗膜を作らず、材に浸透させる含浸タイプがある。

一般的な造膜タイプの特徴は、塗膜を作るために光沢があり、美観上優れ、初期性能を維持する期間が比較的長い。しかし、最初の塗膜劣化が生じると進行が速く、塗膜割れ、剥離が起り、それらの部分からかびが発生し、生物汚染やヤケ

による変色が進行する。さらに残存している塗膜の下へ変色が進展していき、汚染された部分と健全部ができるために汚れがより顕著に見える。

初期の美観が優れているだけにそのギャップが大きい。

塗り替えの際、含浸タイプに比較して旧塗膜の剥離、材の漂白や洗い等の作業が煩雑で、塗り替え費用が高い。

一般的な含浸タイプの特徴は、塗りむらが少なく、塗料の溜り、塗膜の縮みがないので塗装作業が容易で素人でもでき、特にメンテナンスが簡単であり、早期の塗替えでは洗浄程度の前処理で再塗装ができる。

そのうえ、特別な塗装機器を必要としないので、複雑な形状の被塗物でも現場塗装が容易にできる。

劣化が木材の表層より徐々に進行するので急激な変化がなく、自然の感じで進行する。造膜タイプに比べ塗膜による保護機能が劣り、初期の外観を維持している期間が短いので、メンテナンスを怠ると木製品のダメージが大きくなる。

カタログ、技術資料の提出要請に応じていただいた会社の木材保護着色塗料一覧表を参考資料として巻末に掲載した。

7. 2. 3 大規模木造建築における木材保護着色塗料の塗装仕様の現状

現在、大規模木造建築に一般的に行われている塗装工程を以下に示し、工程表を表7-1に示す。

(1) 新築塗装の場合

前処理：

含水率の調整；新築の場合は木材含水率が高いことが多いので、晴天が1週間くらい続いたときに施工することを心がけている。

実状は建築物の納期、他の工事との兼ね合い、足場の撤去時期等で塗装期間が強く制約を受けるので悪い条件下でも行っている。

素地調整：

普通は汚れが目立つ部分のみ簡単なブラッシングや洗浄等を行い、やにが吹き出したところはシンナーで拭き取っている。しかしこの処理では、やにを完全に除くことができず、使用中に吹き出し汚れの原因になる。

青変菌による汚染が激しい部分は、かび取り用漂白剤で除去している。

その他、建築工事によって付着したモルタル、接着剤等は金べら、サンドペーパーを使い、機械的に除去している。

下塗り：

木材保護着色塗料には、カラーレスの下塗り専用塗料と上塗り塗料を組み合わせるタイプおよび半透明の同じ塗料を下塗りとして上塗りに使うタイプがある。

両タイプともに下塗りは充分木材に浸透させることが重要であるため、上塗りより塗料塗付量が多いのが普通である。

塗装用具は、ほとんどの場合が硬い毛の刷毛、またはローラー刷毛を使い、木材に摺り込むように塗装している。

スプレーは安全衛生上、塗料の飛散による無駄、材への浸透に問題があるためほとんど使われない。

乾燥：

下塗りと上塗りの間の乾燥放置時間は、塗装作業の進行状態で決まる場合が多い。実際の乾燥放置時間は、天候に左右されるが1日くらいが普通である。

上塗り：

上塗り用塗料を下塗りと同じ方法で塗装している。

主に塗装予算により、上塗りを1回ですませる場合と2回塗装する場合がある。

塗料塗付量は、すでに下塗り塗料が木材に浸透しているため、下塗りより量が少ないのが普通である。

(2) 再塗装（メンテナンス）の場合

前処理：

下地調整；再塗装の際の下地調整は、前に塗ってあった塗料の種類、新築塗装後何年目の再塗装か、汚れ具合は激しいか、軽微か、塗料の色は明るい色か、濃色か等の因子によって前処理の種類が異なっている。

ほとんどの場合、塗膜割れ、剥がれ、激しいかびによる汚染、木材自体の割れややけ等が生じ、塗膜の保護作用が失われてからの塗替えが普通で、木材の劣化が相当進行している。

塗替え時期は、塗装後5年以上を経過しているのが普通である。2年以内の塗替えは、美観を重要視する観光用大規模木造建築等に限定されている。

このように塗替え時期を失った塗替えなので、塗装よりも前処理に費用が多くかかる結果となっている。

漂白；かびによる汚染、木材のやけ、やにの変色、大気汚染が原因で起こる汚れ、手垢等の各種汚れが激しく、そして、新しい材色に近付けるために塩素系の漂白剤で、各種汚れを落としている。

洗浄；木材に残留している漂白剤、各種汚れ、劣化した古い塗膜を剥がし、洗い流すため、高圧にした水で洗浄している。水の圧力は、木材の痛み具合、塗膜等の落ち具合によって調節している。

旧塗膜の剥離；漂白や高圧洗浄、金属ブラシで落ちない古い塗膜は、塗膜剥離剤を使用して落としている。剥離剤処理は、高圧洗浄前に行うのが一般的である。

木材の補修；顕著な割れ、穴等は埋め木やパテで補修している。

含水率調整；建築後長年を経過しているので木材はよく乾燥している。しかし、前処理時に水を使うケースが多いので、1週間くらい放置することが多い。

下塗り：

新築時の塗装と同じように塗装するが、木材が新しいときよりも乾燥し、割れが多く存在するので塗付量が多くなっている。

塗料の色は、漂白や洗浄しても新材より暗く、汚れも残っているので新築時の塗装より濃いめの色が多く使われる。

使用中に生じた各種木材の損傷のために、塗りむら、着色むらが発生しやすい木材は、透明な下塗り用木材保護着色塗料を十分塗装する場合が多い。

乾燥放置：約1日乾燥させている。

上塗り：着色した上塗り用木材保護着色塗料を下塗りと同様な方法で塗装している。

7. 3 わが国に外装用機能性塗料が特に必要な理由

- ① 日本人には木目を生かした塗装が好まれる。
- ② わが国の高温多湿な気象条件。
- ③ 塗装メンテナンス。
- ④ 木材製品は高価である。
- ⑤ 地球環境保護およびコストメリットのために、木材の耐久性を向上させる必要がある。

(1) 日本人は木材、木目を好む。

木材保護着色塗料の発生の地北欧では、木製窓枠や外壁に使った木材に不透明の塗装が多く施されているのを各地で見ることができる。

特にラフに仕上げた木材表面のうえに、塗装したのがはっきり見える塗装仕上げに出会うこともしばしばである。好み、価値観の違いを感じさせる光景である。

しかし不透明な目潰し仕上げであっても木質感が現れている。

一方、わが国ではすべてのユーザーが木材を使用したいじょう、塗膜を通して木目が見える高級な塗装仕上げを要求する。

わが国では、木目を生かす塗装仕上げが好まれるほか、色調や光沢に対する厳しいニーズがある。それゆえ、塗膜の機械的、物理的性能が満足され、そのうえ、美観性能が外国に比べて重視される傾向にある。

ユーザーが塗料性能を知らずに好みを優先させることが塗料メーカー、塗装業者を困らせている。

クリアー塗料（透明塗料）に対する要求が強いが、顔料が配合されていないために紫外線をよく吸収、透過し、光酸化を起こして短期間で激しく劣化する。そのうえ、塗膜を通過した紫外線は、塗膜下の木材表面層を劣化させる。

ペイントのような顔料入りの不透明塗料は、顔料が紫外線を反射させたり、透過を妨害するために紫外線による劣化に強く、塗膜耐久性が大きい。

現在、クリアー塗料の短い耐久性を改善し、かつ木目が見えるように顔料を少量配合した、半透明外装用の木材保護着色塗料が現れ、大規模木造建築に使われている。

(2) わが国の高温多湿な気象条件と塗膜耐久性の関係

日本および欧米の最近30年間の気温、相対湿度の年平均値、降水量を表7-2に示す。塗膜の劣化や大規模木造建築物の耐久性に影響するわが国の気象因子をみた場合、気象環境が欧米諸国に比べて高温、多湿で、厳しいことがわかる。

ログハウスや木製サッシが盛んに使われる北米諸国、北欧および中、北部ヨーロッパ地域は、わが国より気温で5～10℃ほど低く、降水量は1/2～1/3と非常に少ない。この気象因子、特に多雨による水分は、塗膜劣化の主因である光酸化反応において触媒として働くために、劣化を急速に促進させる大きな原因になっている。

そのうえ高温多湿な気象条件は、紫外線による劣化の他に生物劣化（腐朽、生物汚染等）を激しいものになっている。

また、わが国は北海道から沖縄まで南北に長く、さらに日本海側と太平洋側で気象環境が大きく異なっている。それゆえ、地域にあわせた木材の保存処理が必要である。

以上の気象条件から、外装用木材の耐久性やそれを保護する塗膜の耐候性にとって非常に厳しい条件であるといえる。

現在、屋外で使用する木材の美観向上、維持および保護の目的で木材保護着色塗料が多く使われている。この大部分は、ヨーロッパ等で開発され、輸入した塗料である。

将来、塗膜耐久性の向上および木造建築物の保存処理を考える場合、わが国特有の気象環境と酸性雨を念頭において、対処しなければならないと考えられる。

(3) メンテナンス

木造構造物や建築の耐久性を向上させる処理の代表に塗装、防腐、防蟻がある。塗装効果は、永久に維持するものでなく、時間の経過とともに効果が徐々に減少し、しまいには完全に消失する。

処理効果を維持させるのがメンテナンスである。

わが国の建築物の寿命は、木造、鉄筋コンクリート造りを問わず平均30年と言われている。この寿命はアメリカ、ヨーロッパに比べて格段に短い。寿命が短い理由は、最初の建築材料、気候およびメンテナンスの違いもさることながら管理者の気配りが大きな因子となっている1)。

メンテナンスは劣化が相当目立ってきてから行われるのが普通で、これでは遅いのである。

早期のメンテナンスは、費用が比較的安く、それ以後の塗膜寿命を明らかに延長させることが可能である。

何時メンテナンスを行ったら最も有効であるかを決めるのが大事である。しかし、それを決めるファクターが多く大変難題である。

塗装効果は、多くの劣化因子の強弱によって効果がある期間(耐久性)が強く影響を受ける、そのため、メンテナンス基準を決める際はその点を充分考慮しなければならない。考慮すべき劣化因子は、

- ① 地域環境因子 : 使用場所が寒地、温暖地、沖縄地方、日本海側、太平洋側等。
- ② 使用方位因子 : 東西南北。
- ③ 使用部位、高さ因子 : 横使い、縦使い、木口部、接着部、地上よりの高さ等。
- ④ 木材の性質因子 : 樹種、耐久性、辺心材等。
- ⑤ 塗料の性質因子 : 品種、顔料配合の有無、機能性付与添加剤の有無等。
- ⑥ 塗膜形成因子 : 含浸型、造膜型等。
- ⑦ 美観因子 : 各種汚染、塗膜剥離、塗膜割れ、変色等。
- ⑧ その他

であると考えられる。

(4) 大規模木造建築物は貴重なので長く使う義務がある

地球環境保護の立場から大変重要である世界の森林資源は、減少傾向にある、一方木材需要は増加傾向に進んでいる。

木材の耐久性を向上させることは、貴重な森林資源を保護する上からも大事である。

塗装による木材の耐久性向上は、他の保存処理とともにますます必要になる。

高価な木材の耐久性を増加させ、綺麗な状態で長く使用してトータルコストを引下げることが重要である。

(5) 大規模木造建築用塗料が備えていなければならない性能

① 耐候性、耐久性が優れ、木材を紫外線より保護できること。

② 撥水性を始め機能性が優れていること。

塗料は、機能性を具備することが必要であり、各種ビヒクルに防腐剤、防虫剤、防カビ剤、撥水剤等を配合し、保護効果がある組成にする。

③ 工場塗装または現場塗装ができること。

④ 比較的乾燥が早く、作業性がよいこと。

⑤ メンテナンス、再塗装が容易なこと。

⑥ 多くの塗装機に適応性があること。

⑦ 将来揮発性有機物質の規制が強まることが予想されるので、大気汚染上問題がある有機溶剤を使用しなかつ、低毒性の溶剤が望ましい。

⑧ 前処理剤、下塗り塗料は木材へ浸透がよいこと。

7. 4 アンケート調査

7. 4. 1 大規模木造建築物の塗装について塗装業者を対象にしたアンケート
次年度において大規模木造建築物の塗装仕様およびメンテナンス仕様を作るために、塗装の実状を調査する必要があることをワーキンググループで決定した。
この目的のために、アンケートおよび聞き取り調査を実施した。

(1) アンケート用紙の書式

大規模木造建築物（一般住宅より大きい建物や構造物）の塗装についてお尋ねします。

- | | | |
|-------------|---|------------------------------|
| ① 代表者氏名 | : | |
| ② 所在 | : | |
| ③ Tel, Fax | : | |
| ④ 従業員数 | : | 名 |
| ⑤ 塗装経験 | : | 有り なし |
| ⑥ 主な塗装工事 | : | 外装 内装 |
| ⑦ 現在までの工事棟数 | : | 新築時 棟 再塗装（補修） 棟 |
| ⑧ 使用塗料 | : | 木材保護着色塗料 ペンキ エナメル オイルステイン防腐剤 |
| ⑨ 塗装方法 | : | 刷毛 ローラー 吹付け |

- ⑩ 再塗装（新築後） : 2年以内 3年 4年 5年 6年以上（ ）
- ⑪ 塗装前処理 : 有り なし
- ⑫ 塗替え時期の基準 : 有り なし 複数回答も結構です
- ⑬ その他（ご自由にご意見をお書きください）

（社）日本塗装工業会の推薦による組合員40社にアンケートを実施した。

（2） アンケート結果

アンケート回答数は19通、回収率48%であった。

アンケート結果を図7-1～7に示す。

- 図7-1 塗装会社の従業員数とその割合
- 図7-2 現在までに行った塗装工事の新塗装と再塗装件数の割合
- 図7-3 使った塗料の種類とその割合
- 図7-4 使った塗装方法とその割合
- 図7-5 再塗装時期とその割合
- 図7-6 塗装前処理の有無とその割合
- 図7-7 塗替え時期の基準の有無とその割合

7. 4. 2 大規模木造建築物の塗装聞取り調査

聞取り調査は、甲府市の塗装業者2社、塗料販売業者1社、富士吉田市塗装業者1社について行った。

（1） 聴取り調査書式

「 大規模木造建築物塗装の聞取り調査票 」

- ① 建築物の名称
- ② 竣工年月
- ③ 用途
- ④ 所有者
- ⑤ 建築物の管理者
- ⑥ 規模：高さ m, 軒高 m
- ⑦ 床面積：1階 m², 2階 m², 3階 m²
- ⑧ 塗装部位
 - 1) 外壁：樹種、塗料 樹脂塗料、防腐剤
 塗装工程；前処理、下塗り 塗付量 g/m²、中
 塗り、塗付量 g/m², 上塗り 塗付量
 g/m²,
 - 2) 内壁：樹種、塗料 樹脂塗料、防腐剤
 塗装工程；前処理、下塗り 塗付量 g/m²、中
 塗り、塗付量 g/m², 上塗り 塗付量
 g/m²,
 - 3) 床：樹種、塗料 樹脂塗料、防腐剤
 塗装工程；前処理、下塗り 塗付量 g/m²、中

塗り、塗付量 g/m²、上塗り 塗付量 g/m²、

4) 天井：樹種、塗料 樹脂塗料、防腐剤
 塗装工程；前処理、下塗り 塗付量 g/m²、中塗り 塗付量 g/m²、上塗り 塗付量 g/m²、

5) 梁、アーチ：樹種、塗料 樹脂塗料、防腐剤。
 塗装工程；前処理、下塗り 塗付量 g/m²、中塗り 塗付量 g/m²、上塗り 塗付量 g/m²、

6) 窓枠；前処理、下塗り 塗付量 g/m²、中塗り 塗付量 g/m²、上塗り 塗付量 g/m²、

⑨ 塗替え

塗替えした部位：外壁、内壁、床、天井、梁、アーチ、窓枠
 塗替えの時期：2年以内、3年、4年、5年、6年以上
 塗替え基準：有り 美観の低下 かび 割れ・剥がれ その他 なし
 下地処理：漂白（過酸化水素、塩素系）、洗剤、高圧水洗浄、サンドペーパー、研磨、スチールブラシ、その他
 旧塗膜の上に塗装 完全に旧塗膜を剥がしてから塗装
 塗装方法：刷毛、ローラー、スプレー

⑩ 建築物の立地条件

積雪、降雨、風の強さ、日照、湿潤、山岳、山裾、平地、都市、田園

⑪ 自社塗装建築物の関心度 再塗装の提案

⑫ 塗装費用 万円/m²、前処理 万円/m²、足場 万円/m²

⑬ その他（希望等）

(2) 聴取り調査結果

- ① ログハウス、別荘、保養所、山荘、保養センター（複数棟）、小学校
- ② 平成2、6年、塗替え建物は竣工年月不詳が多い
- ③ 県、町、村、会社、個人
- ④ ③に同じ
- ⑤ 1000～1500m²
- ⑥ 塗装部位：外壁、梁（集成材）、アーチ（集成材）、窓枠、バルコニー
 樹種：ベイマツ、ベイツガ、ヒノキ、ヒバ
 塗料：木材保護着色塗料、明るい色
 塗布回数：3回塗りが多く、2回塗りもある
- ⑦ 塗替え部位：外装

塗替え時期： 5～10年、相等痛んだ状態

塗替え基準： なし、注文による

下地処理： 旧塗膜の状態による、塩素系漂白剤、塗膜剥離剤、高圧洗浄、サンドペーパー研磨、洗剤、各種ブラシ、木部割れの補修（パテ）

塗装機器： 熊毛刷毛、ガラリはスプレー

- ⑧ 塗替え塗装費／新築塗装費：1.2～1.5、旧塗膜が造膜タイプの場合は1.15倍、（塗装費用は、足場をどこが負担するか、何回塗りか等で異なる）。

塗替えの場合は旧塗膜の種類、汚れ、痛み程度によって前処理が違うので答えられない。

一般的にみて塗替え費用は、含浸タイプより造膜タイプタイプ、早期の塗替えより遅い塗替えのほうが高くなる。

7. 5 平成7年後の事業計画

本事業の最終年度にあたり、前年度のアンケート、聞き取り調査結果、外国の塗装仕様等を参考にし、不足部分は来年度に新たに調査等を行い補強し、大規模木造建築の塗装マニュアルおよび解説書を新築時および塗替え時に対応できるように作成する。

7. 6 参考資料

7. 6. 1 木材保護着色塗料の一覧表

-
- ① アルボ#4（一液型・半造膜型・外装用）＝ 大日本塗料(株)

塗装効果：発水、防腐、防虫

塗装工程：塗り回数1～2回・塗布量 $0.17(1/m^2)$ ・塗り重ね可能時間；4時間・刷毛の洗浄は塗料用シンナー

- ② 防腐・防虫ステイン（ナフタデコール）（一液型・含浸型・外装用）＝ ロックペイント(株)

塗装効果：発水、防かび、防腐、防虫

塗装工程：下塗り（オフカラー）1回－上塗り2回・塗布量 $75\sim 100(g/m^2)$ ・塗り重ね可能時間；6時間・刷毛の洗浄は塗料用シンナー

- ③ ガードラック（油性・水性・1液型・含浸型・造膜型・外装用）＝ 和信化学工業(株)

塗装効果：発水、防かび、防腐、防虫

塗装工程：下塗り処理（プライマー）1回－上塗り1～2回・塗布量 $100(cc/m^2)$ （印毛塗り）・塗り重ね可能時間；5～12時間・刷毛の洗浄は塗料用シンナー、水

- ④ ハビットU7（下塗り用）－ウッディガード（油性・2液型・造膜型・外装用）＝九州塗料工業(株)

塗装効果：発水、防かび、防腐、防虫

塗装工程：素地着色（ハビットU7）1回・塗布量100～150(g/m²) - 下塗り1回 - 上塗り1回・塗布量80～120(g/m²)・塗り重ね可能時間；4～10時間・刷毛の洗浄は専用シンナー

- ⑤ ウッディくん（下塗り用） - ホワイトくん（水性・1液型・造膜型・外装用）
= 加州テクノ(株)

塗装効果：発水、防かび、防腐、防虫、変色防止

塗装工程：下塗り1回・250(cc/m²) - 上塗り3回・塗布量200(cc/m²)・塗り重ね可能時間；6～12時間・刷毛の洗浄は水

- ⑥ キシラデコール（油性・1液型・含浸型・外装用） = 武田薬品工業(株)

塗装効果：発水、防かび、防腐、防虫

塗装工程：下塗り（カラレス）1回・50～100(g/m²) - 上塗り2～3回・塗布量150～200(g/m²)・塗り重ね可能時間；2～12時間・刷毛の洗浄は塗料用シンナー

- ⑦ ノンロット205（油性・1液型・含浸型・外装用） = サンテクノケミカル(株)

塗装効果：発水、防かび、防腐

塗装工程；下塗り（カラーレス）0～1回・50～100(cc/m²)、塗り重ね可能時間；2～6時間 - 上塗り2回・塗布量100(cc/m²)・塗り重ね可能時間；2～6時間・刷毛の洗浄は灯油

- ⑧ オスモカラー（油性・1液型・含浸型，造膜型・外装用） = サンモア通商(株)

塗装効果：発水、防かび、防腐、防虫

塗装工程：下塗り（#WR）1回・(g/m²)、塗り重ね可能時間；12時間 - 上塗り（#3101、#000）1～2回・塗布量(g/m²)・塗り重ね可能時間；2～12時間・刷毛の洗浄は専用シンナー

- ⑨ オリピック（ウーターガード、デッキステイン）（油性・1液型・含浸型，造膜型・外装用） = (株)新宮商行

塗装効果：発水・防かび・紫外線防止

刷毛の洗浄は塗料用シンナー

- ⑩ サドリン（油性・1液型・含浸型・外装用） = 玄玄化学工業(株)

塗装効果：発水・防かび・防虫・防腐

塗装工程：下塗り（ベース）1回・(10～15m²/l)、塗り重ね可能時間；12時間 - 上塗り（クラシック、エキストラ）1～2回・塗布量(6～8m²/l)・塗り重ね可能時間；12時間・刷毛の洗浄は専用シンナー

- ⑪ シッケンズ（油性・1液型・含浸型・造膜型・外装用） = ジャーデンマセソン(株)

塗装効果：発水・防かび・防腐

塗装工程：上塗り（セトールHLS）3回・塗布量（6～7㎡/1）・塗り重ね可能時間；16時間・上塗り（セトールTHB）3回・塗布量（6～㎡/1）・塗り重ね可能時間；16時間・刷毛の洗浄は塗料用シンナー

⑫ ステンプルーフ（油性・1液型・含浸型・造膜型・外装用）＝(株)コシイプレザービング

塗装効果：発水・防かび・防虫・防腐

塗装工程：下塗り（無色）1回・50～100(cc/㎡)、塗り重ね可能時間；6時間－上塗り（着色）1～2回・塗布量60～100(cc/㎡)・塗り重ね可能時間；6時間・刷毛の洗浄は

⑬ ウッドデコール（油性・1液型・含浸型・外装用）＝(株)トウペ

塗装効果：発水・防かび・防虫・防腐

塗装工程：下塗り1回・130～180(g/㎡)、塗り重ね可能時間；1～24時間－上塗り1回・塗布量100～150(g/㎡)・刷毛の洗浄は塗料用シンナー

☆ 資料提出要請に応じていただいた会社のみ掲載した。☆ 一般外装用塗料は除外した。☆ 内容はカタログ、資料に準拠した。

7. 4. 2 木造建築物の塗装に関する規格調査結果の要約

木造建築物の保存処理に関する規格は、ほとんどが防腐処理である。塗装の規定があっても従来より使われているペイントが多い。

木製サッシ塗装の規格には、数が少ないが現在の木材保護着色塗料とほとんど近いものが規定されている。

① イギリス規格（B S 644, B S 6952）

新しい外部用ステインとして、材への浸透がよいもの、塗膜を作らず、顔料が分散しているもの。その他発水材、防腐剤、防かび剤が含まれていることを規定している。

屋外用塗装に使える塗料をクラス分けし、選択のためのガイドを示している。

② ニュージーランド規格（N Z S 3619）

下塗りは発水性保持を規定し、仕上げ塗装はメンテナンスを規定している。

③ 塗装前の木材含水率を規制した（10%～16±2%）規格は数例みられた。

7. 5. 3 木材保護着色塗料の耐久性（文献より）

1) 南面45度屋外暴露（つくば市）、ウェザーメーター試験、カビ抵抗性試験

2) 測定項目

塗膜劣化度（碁盤目法により変色、割れ、剥がれを目視により測定）、測色、光沢、発水度、重量および寸法変化、カビ抵抗性
以上の測定結果から塗膜耐久性（塗替え時期）を判定する。

3) 木材保護着色塗料の種類

① 透明木材保護着色塗料は8種類――刷毛塗り。

② 半透明パイン系色木材保護着色塗料――刷毛、スプレー塗り。

表面造膜型 ―― シリコン系、ウレタン系2種類、アマニ油系、アルキド系、アクリル系、

含浸型 ―― ウレタンアルキド系、アマニ油系2種類、アルキド系2種類

中間型 ―― アルキド系（カタログでは含浸型になっているが光沢より中間型に分類した。）

4) 被塗木材

ダグラスファー柵目板（脱脂乾燥処理済み）

5) 結果の要約

クリヤー木材保護着色塗料の屋外暴露試験

① 透明な木材保護着色塗料は暴露6ヵ月でほとんどの試験片にカビが発生し、1年以上では無処理と同様な劣化程度になった。

発水度は、塗膜が劣化しても無処理よりは良いが1年6か月で無処理と同じになった。

② 展色剤の種類別による劣化度の比較では、ウレタンアルキド系が比較的良好アマニ油系が悪い。フッソ系は他の樹脂よりも耐候性があるが、1年後には塗膜が不均一に残り、汚くなった。クリヤーの中に顔料が少量添加された塗料があり、耐候性が無添加塗料より向上する。

○ 色差および発水度の劣化からみてカーボンサンシャインウエザーメーター200時間が屋外暴露1か月に相当した。

パイン色系木材保護着色塗料の屋外暴露試験（18か月後）

① 劣化状態は、造膜型は含浸型より変色、かび発生が少なく、発水性も低下していない。

造膜型では展色剤の種類によって部分的に塗膜割れや剥離、それに伴う変色が生じ、展色剤の種類間の差が大きかった。

中間型は、劣化程度は両者の中間くらいであるが1年を過ぎると割れ、剥離が相当数生じそこへカビが発生し美感が低下した。

○ 発水性および光沢変化よりみて屋外暴露18か月がカーボンサンシャインウエザーメーター1000時間、色差結果よりは屋外暴露18か月がカーボンサンシャインウエザーメーター1500時間に相当した。

② 発水性は、造膜型ではほとんど変化がなく、含浸型は展色剤の種類によって0～30%低下した。

- ③ 試験片の吸湿、吸水による重量変化は、造膜型より含浸型の変動が大きい
が、季節的変動傾向は類似している。とくに含浸型は降雨の影響を受けや
すく、重量が大きく増加した。

- 重量変化は外観から判断できる塗膜劣化を先取りしているように考えられる。
○ 寸法変化の傾向は、重量変化と同じである。

- ④ 重量および寸法変化の季節的傾向は、

- a) 秋から冬は降雨による重量増加はあるものの、全体的に寸法変化が小
さかった。
b) 冬期は乾燥により重量減少の傾向を生じた。
c) 5月中旬より重量増加に転じ、6月より急激に増加し、7月上旬まで続
いた。
d) 7月中旬より重量減少が始まり、8月中旬でも減少が継続していた。
e) 3月頃より大きな重量減少が始まり、4～5月まで乾燥する。

- ⑤ 10月初旬の重量を基準にして、含浸型はMax1.8% (10月下), Min
-3.5% (4月初)、造膜型はMax1.2% (10月下)、Min-3%
(4月初)であった。

- ⑥ 10月初旬の寸法を基準にして、含浸型はMax0.4% (10月下), Min
-1.3% (4月初)、造膜型はMax0.2%、Min-0.9%であった。

- ⑦ 重量や寸法抑制には塗料塗布量が大きく影響した。

部位別寸法変化は、

- ⑧ 横使い、縦使いの下部の寸法変化が大きく、上部は下部の約半分であった。

ウエザーメーター試験結果 (2000時間後)

- ① 色差は、造膜型は展色剤または顔料の種類によって5から30の間に入り、
良いものと悪い材料の差が大きい。

含浸型は13から33の範囲にあり、全ての試験片で劣化が激しかった。

- ② 光沢は、時間の経過に伴い全ての試験片で減少した。減少割合は、初期光
沢の高い造膜型が含浸型より大きかった。

- ③ 発水度を造膜型と含浸型を比較すると、造膜型は全ての試験片で初期の性
能を維持していた。含浸型は1000時間後から徐々に低下し、2000時間では
30%～80%に低下した。

- ウエザーメーター試験による劣化過程での発水性能は、造膜型と含浸型の
間で大きな差があり、造膜型が優れていた。

《用語解説》

- 塗付量 : 塗装したとき原塗料の実際の付着量で、塗装時のロスや薄めたシンナー量は含まれていない。
- 素地 : 塗装する場合の被塗物、木材のこと。
- 下地 : 再塗装時の素地で、すでに塗料が存在する。
- クリヤー : 透明塗料のことでニトロセルローズラッカーのみを指していない。木材保護着色塗料ではカラーレスを指す。
- ペイント、ペンキ : 油性ペイントおよび合成樹脂調合ペイントを指す。

《参考文献》

- 1) 西川 忠 : 日本塗料新聞、1月26日記事 (1994)
- 2) 平成6年度木製サッシ塗装技術の開発事業報告書、(財)日本住宅・木材技術センター

表7-1 大規模木造建築における木材保護着色塗料の標準塗装工程

| 工 程 | 使用材料 | 塗付量(g/m ²) 乾燥時間(h) | | 備考 |
|---------|--|--------------------------------|------|---------|
| ①素地調整 | 水(洗浄)・刷毛、サンドペーパー(汚れ除去)・シンナー(やに処理)・漂白剤(かび除去・殺菌)・含水率の調整は晴天一週間を目安にする | | | |
| ①' 下地調整 | 漂白剤・刷毛・サンドペーパー・シンナー・塗膜剥離剤・高圧水(汚染、やけ、旧塗膜の除去)・下地割れの補修・含水率の調整は晴天一週間を目安にする | | | |
| ②下塗り | 下塗り、上塗り塗料 | 100~200 | 6~24 | 刷毛、ローラー |
| ③上塗り | 半透明上塗り塗料 | 80~160 | 24 | 刷毛、ローラー |
| ④上塗り | 半透明上塗り塗料 | 80~100 | 24 | 刷毛、ローラー |

注：①' は塗り替の場合に適用する。④は省略することがある。

表 7 - 2 日本および欧米各都市の気象環境（1951年～1980年の平均値）

| 地 名 | 気温（℃） | 相対湿度（％） | 降水量（mm） |
|----------|-------|---------|---------|
| ヘルシンキ | 4.7 | 82 | 630 |
| コペンハーゲン | 8.5 | 80 | 643 |
| パリ | 10.5 | 79 | 614 |
| ミュンヘン | 7.9 | 79 | 945 |
| ローマ | 15.4 | 78 | 735 |
| マイアミ | 24.3 | 72 | 1478 |
| サンフランシスコ | 13.7 | 71 | 520 |
| ニューヨーク | 12.4 | 64 | 1028 |
| シドニー | 17.8 | 64 | 1245 |
| ----- | | | |
| 旭 川 | 6.3 | 77 | 1158 |
| 富 山 | 13.5 | 79 | 2346 |
| 東 京 | 15.3 | 66 | 1460 |
| 鹿児島 | 17.3 | 75 | 2375 |
| 那 覇 | 22.4 | 77 | 2128 |

理科年表より

| 従業員数 | 人員数 | 構成比 |
|-------|-----|--------|
| ～10 | 3 | 16.7% |
| 11～20 | 8 | 44.4% |
| 21～30 | 4 | 22.2% |
| 31～40 | 1 | 5.6% |
| 41～ | 2 | 11.1% |
| | 18 | 100.0% |

| 現在迄の工事件数 | | |
|----------|----|--------|
| | 新築 | 構成比 |
| ～10 | 6 | 54.5% |
| 11～100 | 3 | 27.3% |
| 101～200 | 1 | 9.1% |
| 201～ | 1 | 9.1% |
| | 11 | 100.0% |

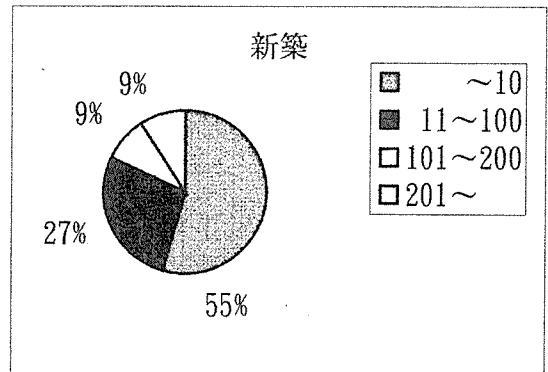
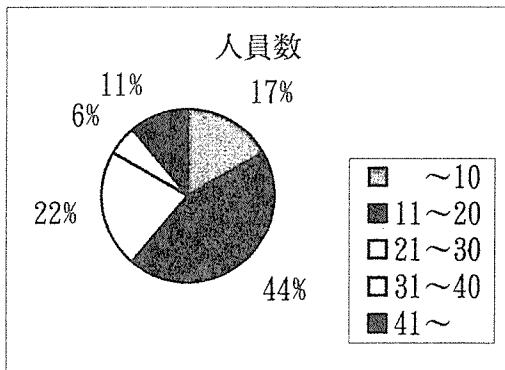


図7-1 塗装会社の従業員数とその割合

使用塗料(重複回答)

| 使用塗料 | 人員数 | 構成比 |
|----------|-----|--------|
| 木材保護着色塗料 | 15 | 28.8% |
| ペンキ | 12 | 23.1% |
| エナメル | 7 | 13.5% |
| オイルステイン | 11 | 21.2% |
| 防腐剤 | 7 | 13.5% |
| | 52 | 100.0% |

| 再塗装 構成比 | | |
|---------|---|--------|
| ～10 | 4 | 44.4% |
| 11～100 | 3 | 33.3% |
| 101～200 | 0 | 0.0% |
| 201～ | 2 | 22.2% |
| | 9 | 100.0% |

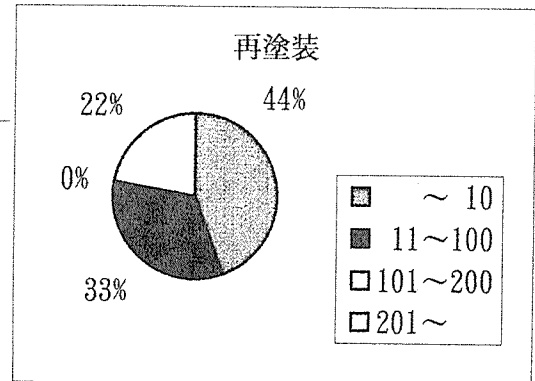
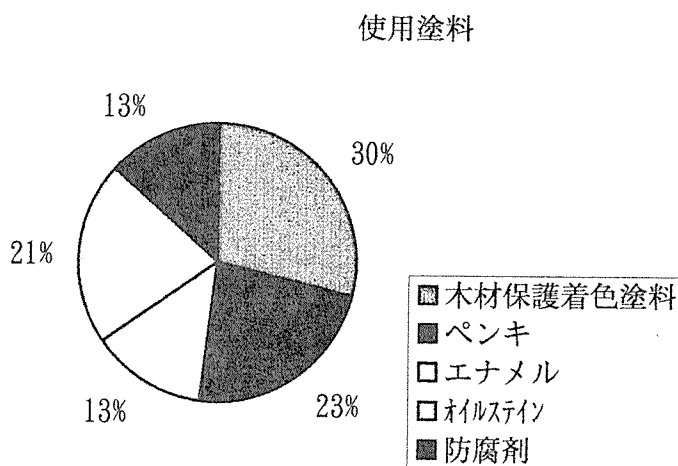


図7-2 現在までに行った塗装工事の新塗装と再塗装件数の割合

図7-3 使った塗料の種類とその割合

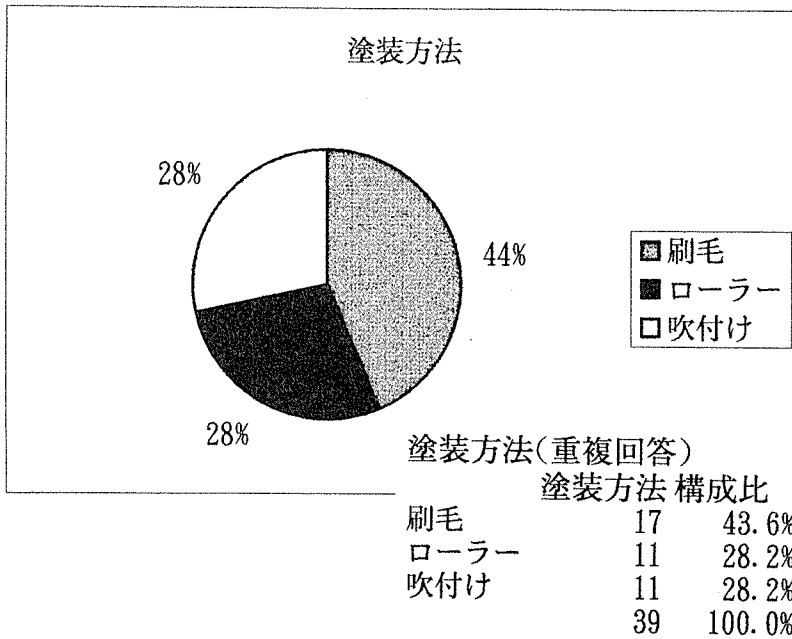


図7-4 使った塗装方法とその割合

再塗装時期(新築後)

| 再塗装時 | 構成比 |
|------|-----------|
| 3年 | 2 10.0% |
| 4年 | 2 10.0% |
| 5年 | 7 35.0% |
| 6年< | 9 45.0% |
| | 20 100.0% |

塗装の前処理

| 前処理 | 構成比 |
|-----|-----------|
| 有 | 14 77.8% |
| 無 | 4 22.2% |
| | 18 100.0% |

6年以上内訳

| | |
|-----|---|
| 7年 | 1 |
| 8年 | 1 |
| 10年 | 3 |

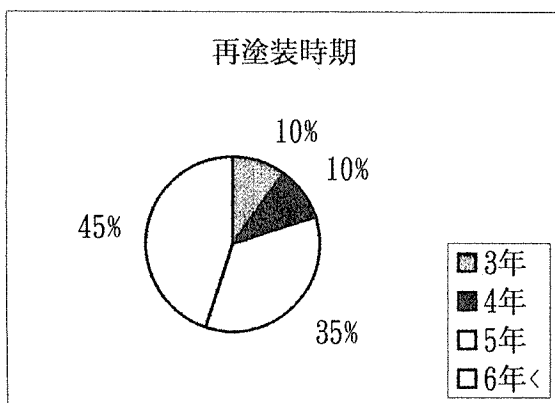


図7-5 再塗装時期とその割合

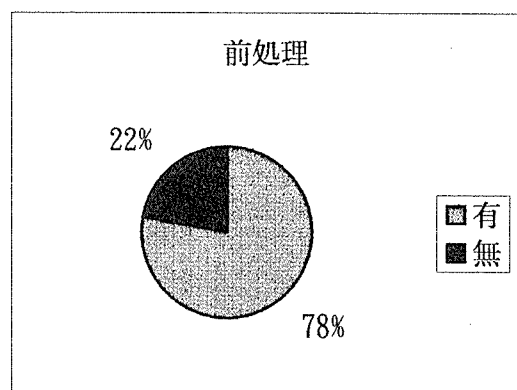


図7-6 塗装前処理の有無とその割合

塗換時期の基準

| | 塗換時期 | 構成比 |
|---|------|--------|
| 有 | 8 | 50.0% |
| 無 | 8 | 50.0% |
| | 16 | 100.0% |

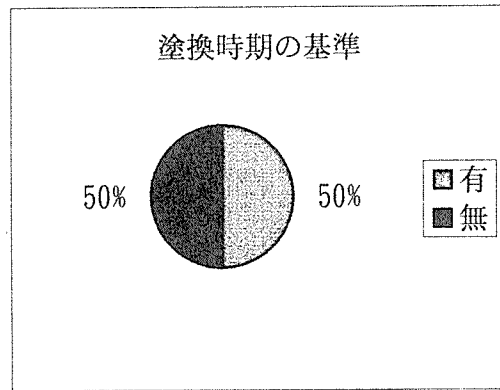


図7-7 塗替え時期の基準の有無とその割合