

Ⅱ.1.2 木材の接着健全性評価技術の検討

平成 23～25 年度 経常研究
耐久・構造 G, 生産技術 G

はじめに

近年、集成材は一般の住宅でも使われているが、長期間での接着耐久性を実証した事例はないことから、接着健全性の診断技術や補修方法を含めた集成材の維持管理技術の確立が必要である。

本研究は接着性能の劣化（接着層のはく離）を検出する非破壊的手法を開発するとともに、補修の効果を検証することを目的とする。これらにより、積層接着材料、接着技術の信頼性向上に寄与する。

研究の内容

(1) はく離検出手法の検討

接着層のはく離をモデル化するために人為的な非接着部分（模擬はく離）を設けた模擬はく離集成材を作製し、その積層方向の応力波伝播時間を釘状のセンサーを備えたFakopp社製Microsecond Timerを用いて測定した（第1図）。

その結果、応力波伝播時間は測定区間に含まれる模擬はく離層の数と相関を示したが、伝播時間のバラツキは大きかった（第2図）。バラツキの原因として、個々のラミナの材質のバラツキに加え、応力波伝播速度の異方性の影響が考えられる。

(2) 接着性能の劣化が強度に与える影響の検討

模擬はく離集成材の曲げ強度試験を行い、接着層のはく離が強度に及ぼす影響について検討した。

模擬はく離を中立層近傍に配置したときは、これを原因としてせん断破壊を生じたが、外層近傍に配

置した非接着部は破壊原因とはならなかった。このように接着層のはく離の強度への影響はその位置によって異なることから、接着健全性の判定方法の提示にあたっては、はく離の位置も考慮に含める必要がある。

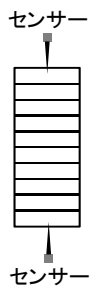
また、市販の集成材に促進劣化処理を行ったうえで強度試験を行い、促進劣化に伴って発生するはく離が強度に与える影響について検討した。

促進劣化処理は、JASの煮沸はく離試験を最大20回（JASは1～2回）繰り返した。干割れは顕著であったが、積層面でみられたはく離は軽微であり（第3図）、強度への影響はみられなかった。これは接着工程が正しく行われている限り、集成材の接着耐久性が高いレベルにあることを示しているが、当初の目的のためには促進劣化手法の見直しが必要である。

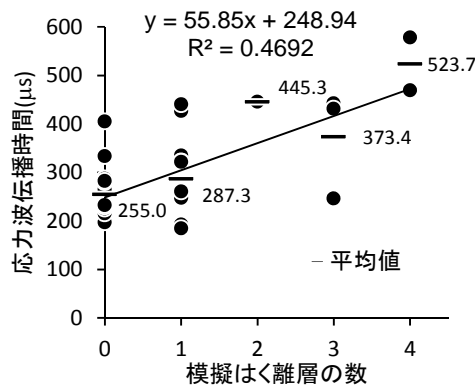
まとめ

- ・ 応力波伝播時間はバラツキは大きかったものの、はく離層数を反映した。
- ・ はく離の曲げ強度への影響は、その位置により異なった。
- ・ 市販の集成材に促進劣化処理を行ったが、接着層のはく離には至らなかった。

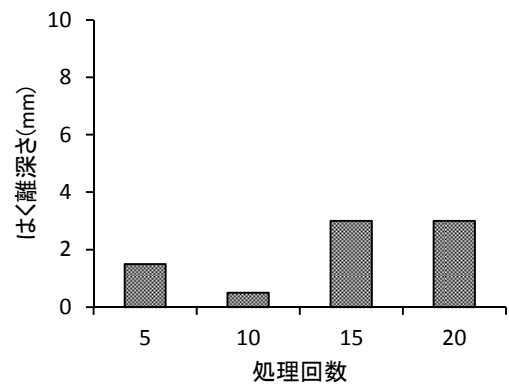
平成24年度以降は、促進劣化手法を見直したうえで、接着性能の劣化が強度に与える影響について検討を進めるとともに、補修方法や集成材製造時検査への応用についても検討する。



第1図 応力波伝播速度の測定（積層方向）



第2図 模擬はく離層の数と応力波伝播時間の関係



第3図 促進劣化処理回数別はく離深さ

Ⅱ.1.3 強制腐朽処理接合部における残存耐力の定量評価に関する研究

平成 23 年度 公募型研究
耐久・構造 G, 京都大学生存圏研究所

はじめに

木造住宅を長期にわたって使い続けるためには、床下や小屋裏の点検を定期的に行い、腐朽箇所が発見された場合には、早期に修繕を行うことが必要である。しかし、腐朽の程度に対応してどのような補修方法が適切なかを判断するための科学的根拠は、乏しい現状にある。

腐朽が構造物の耐震性能にどのように影響するかを説明するには、構造要素ごとの耐力低下現象を定量化する必要がある。本研究では、構造物の耐力低下をモデル化することを目標として、構造要素の耐力低下現象を評価する方法について、柱-土台接合部を対象として検討した。

研究の内容

平成 22 年度は腐朽源ユニットを用いた新たな強制腐朽処理方法を考案し、柱-土台接合部のモデル試験体を対象として強度低下を評価する手法の有効性を検証した。

23 年度は、この腐朽処理方法が恒温室を用いなくても有効であることを検証した。

(1) 試験方法

旭川と京都の 2 地域で、短ほぞにかど金物 (CP-T) を留め付けたトドマツ柱-土台接合部に腐朽源ユニットを取り付け、軒下環境においてブルーシートで覆って腐朽させた。処理期間は 6 月下旬から 11 月中旬までの 140 日間とした。恒温恒湿環境 (温度 26℃・相対湿度 90%) の 168 日処理を加えた 3 環境で、各

20 体、柱と土台の心辺材を区別して腐朽させた後、ピロディン®による腐朽度評価、ならびに接合部の引張試験 (第 1 図) を実施し、最大耐力とピロディン打ち込み深さとの関係を調べた。

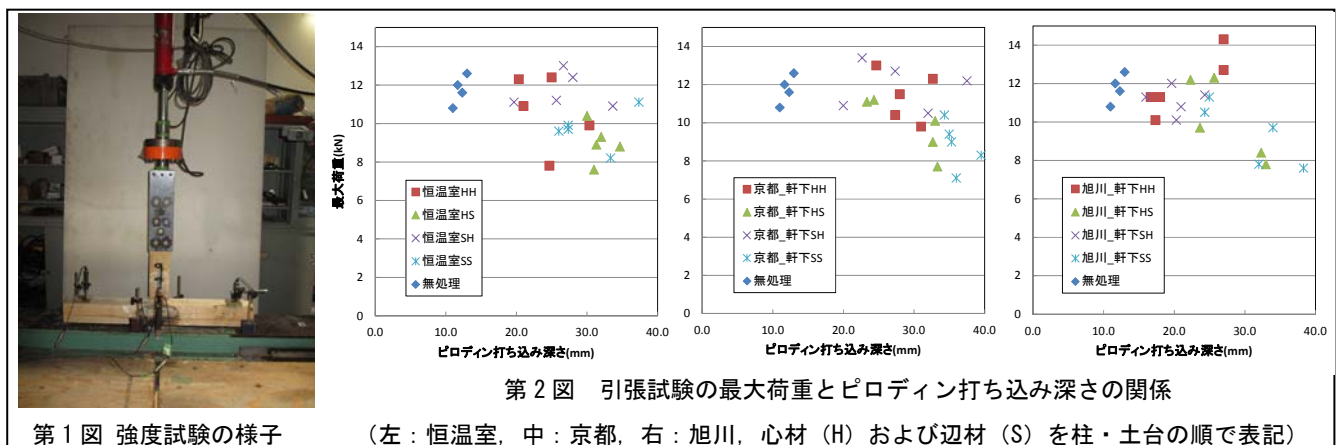
(2) 試験結果と考察

第 2 図に引張試験の最大荷重と土台側のピロディン打ち込み深さの関係を示す。打ち込み深さが 30mm を超えて大きくなるに従って、最大荷重が小さくなる傾向がみられた。土台が辺材で構成されたものの方が、打ち込み深さが大きかった。京都と恒温室においては、打ち込み深さ 30mm 以上の出現率が同程度であったが、旭川においては少なかった。

処理期間中のブルーシート内温湿度はそれぞれの地域のアメダスデータに良く一致し、夏日 (最高気温 25℃以上) は、処理期間 140 日中、京都で 97 日、旭川で 63 日であった。また、熱帯夜は、京都では 28 日、旭川では 0 日であり、京都においては 9 月下旬の 80 日経過までは、恒温室と同等の環境であったものと考えられる。

まとめ

屋外軒下環境で強制腐朽処理した柱脚接合部の残存耐力を評価した。京都で処理したものは、恒温室と同等の強度低下が確認されたことから、夏日数が京都と同等以上である地域では、この処理方法で腐朽できることが示唆された。今後は、木ねじタイプの接合部など、他の接合形式に対して実施し、最終的には実大の耐力壁に应用する予定である。



第 1 図 強度試験の様子

Ⅱ. 1. 4 木造住宅の腐朽した柱脚接合部を対象とした補強効果評価手法に関する研究

平成 23～24 年度 一般共同研究
耐久・構造 G, 京都大学, 住友林業筑波研究所

はじめに

平成 18 年に建築物の耐震改修の促進に関する法律が改正され、各地で耐震改修が進められている。耐震改修の大筋は、耐震補強金物を取り付けること、ならびに耐力壁の不足を補うことにある。しかし、柱や土台が腐朽などによって生物劣化している場合、柱脚の引抜耐力が担保されなければ、面材を留め付けて壁を構成したとしても、耐力壁として十分に機能しない事が危惧される。

耐震補強計画を立てる際に、簡易な事前検査だけで、最適な耐震補強方法を選択できれば良いが、既存の壁を剥がした段階で劣化の実状が露わになることも多いため、現場判断においては細心の注意を払わなければならない。

そこで、本研究では、腐朽した部材に耐震補強金物を取り付けた場合、どれぐらいの腐朽レベルまでであれば有効に機能するかについて、その判断の指標となるデータの収集を行った。23 年度は強制腐朽処理を用いた次の実験を実施した。

研究の内容

(1) 試験方法

試験は、柱-土台接合部を対象とした。プレカスト工場で一般的に採用されている形状の短ほぞ加工が施されたスギの柱、土台の別に、その接合部周囲のみが腐朽するように、あらかじめ腐朽菌（オオウズラタケ）を培養したプラスチック容器（腐朽源ユニット、第 1 図）を接触させ、これを梱包用ビニー

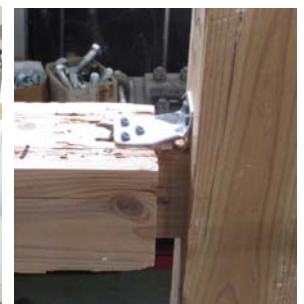
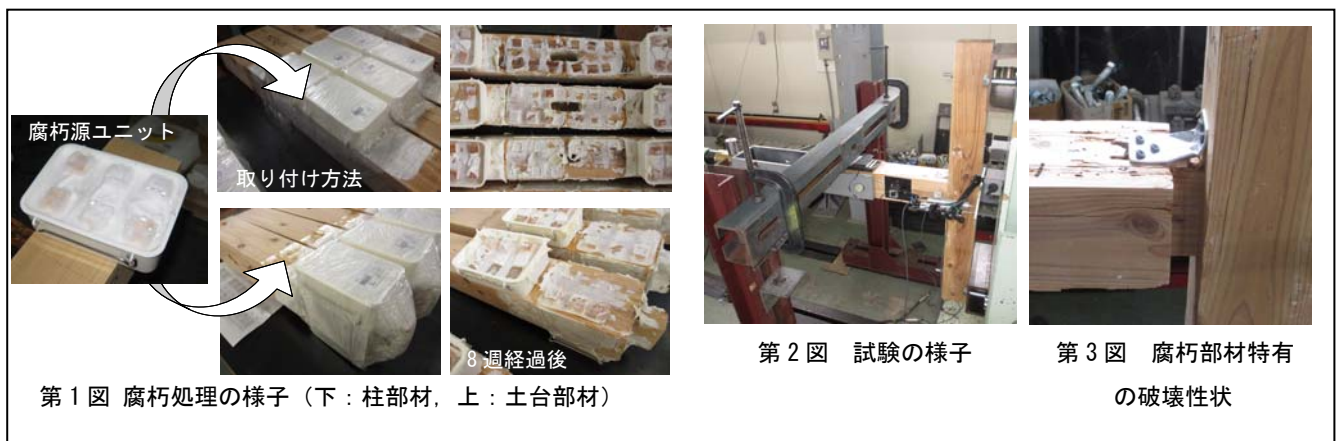
ルシートでラップし、ポリプロピレンテープで封印して、恒温恒湿室（温度 26℃・相対湿度 90%）にて腐朽処理した。処理期間は 4, 8 週の 2 条件とした。処理期間に達したものから、菌糸を取り除き、実験室内で十分に乾かしてから、ビス止めタイプの補強金物を取り付けて、引張強度試験に供した（第 2 図）。

(2) 試験結果

健全な柱、土台にこの金物を取り付けた場合の破壊形態は、金物の変形した後に土台側のビス止め部周囲の木材が割裂するか、土台側のビスが引き抜けるかであった。一方、腐朽した試験体においては、金物の変形することなく、土台側の部材が割裂したものが多かった。柱端部の腐朽が激しかったものは部材のビスの保持力が不足し、ホゾ自体が脱落する破壊が起こった（第 3 図）。このように、健全状態で想定されない破壊形態が看取されたことから、この金物の適用限界を設定する際には、破壊形態の違いを反映させて判断しなくてはならないと考える。

まとめ

強制腐朽処理をしたスギ材で構成した柱脚接合部に、ビス止めタイプの金物を取り付けた場合の強度性能を測定したところ、健全状態とは異なる破壊形態が看取された。24 年度は、処理期間 12 週、16 週の試験データを追加するとともに、ピロディン®による評価を加え、腐朽レベルと接合耐力の関係を明らかにし、補強が有効である腐朽レベルについて考察する。



Ⅱ.1.5 道産材を用いた伝統的接合部の強度性能評価

平成 23 年度 受託研究
耐久・構造 G（委託者 NPO 法人 北の民家の会）

はじめに

NPO 法人「北の民家の会」は平成 22 年度に北の民家モデル住宅のコンセプトを取りまとめている。この中で、道産材を用いて架構を構成するに当たり、構造材現しの仕上げの箇所が多いため、接合部にはできるだけ金物を使用せず、伝統的な継手・仕口による接合方法を用いていく方針が盛り込まれている。しかし、道産材を用いた場合の伝統的な接合部については、強度試験データはほとんどないことから、本研究では民家型住宅で用いられる伝統的な継手・仕口を対象として、道産材を用いた場合の強度試験を実施し、性能評価を行った。

研究の内容

(1) 伝統的継手・仕口の引張試験，せん断試験

伝統的継手・仕口のうち第 1 図に示す 4 種類を対象に、道産トドマツを用いた試験体を作製し、強度試験を実施した。試験体に用いたトドマツ製材の密度および動的ヤング係数の平均値は、平角材で 0.374g/cm^3 、 9.8kN/mm^2 、正角材は 0.393g/cm^3 、 10.6kN/mm^2 であった。また JIS に基づき無欠点小試験体で強度試験を行った結果、「木材工業ハンドブック」に示されている値と概ね一致することが確認された。

各接合部の使用箇所および試験結果は以下のとおりである。また試験終了後の様子を第 1 図に示す。

・大入れ蟻掛け：土台の仕口または桁、梁など、大材に小材を取り付ける場合に用いられる。せん断試験の結果、変形が 30mm に達しても明確な荷重低下は

認められず、男木の蟻ほぞ部の大きな横圧縮変形が確認された。

・追掛け大栓継ぎ：桁や胴差の継手に用いられる。引張試験の結果、いずれもせん断破壊によって部材が破断した。

・長ほぞ差し込栓打ち：柱と土台もしくは柱と梁との仕口に用いられる。引張試験の結果、込栓が破壊したことによって最大耐力が決定されたが、破壊後も粘り強い挙動を示した。

・小根ほぞ差し込栓打ち：柱と横架材の仕口に用いられる。せん断試験の結果、主な破壊形態はほぞの横圧縮およびせん断破壊であり、込栓の変形はほとんど認められなかった。

試験結果をもとに基準耐力を算出し、これまで当场で実施した試験結果と比較した結果、スギ材と同等以上の性能を有することが確認された。

(2) 耐力算定式による検証と性能評価

既往の研究成果をもとに、想定される破壊形態ごとに耐力を推定し、実験値と比較した結果、おおむね試験結果と一致することが確認された。

まとめ

本研究では、道産トドマツを用いた伝統的継手・仕口の強度試験を実施し、許容耐力のもととなるデータを整理するとともに、耐力推定式の妥当性を確認した。得られた耐力はスギ材と同等以上であったことから、トドマツの構造用材としての利用を促進するための成果として活用していきたい。



第 1 図 伝統的接合部の形状と試験終了後の様子

Ⅱ.1.6 木製遊具における安心・安全と長寿命化に関する研究

平成 22～24 年度 重点研究
居住環境 G, 耐久・構造 G, 製品開発 G, マテリアル G

はじめに

子どもたちの身近な公園にある木製遊具は、耐久性やメンテナンス性の低さが指摘され、減少の一途をたどっている。一方、遊具の設置や維持管理を担当する各市町村は、耐用年数が長く部材の劣化診断が容易に行える安全でコストのかからない製品を求めている。木製遊具においても、安心・安全の向上を図ることが重要であり、木材を使う上での課題を克服するために新規の技術開発を行った。

研究の内容

平成 22 年度は、遊具の主要構造部である支柱の耐久性とメンテナンス性を向上させた木製ハイブリッド遊具の設計・試作を行い、旭川市東旭川「豊田へき地保育所」の敷地内に設置した。

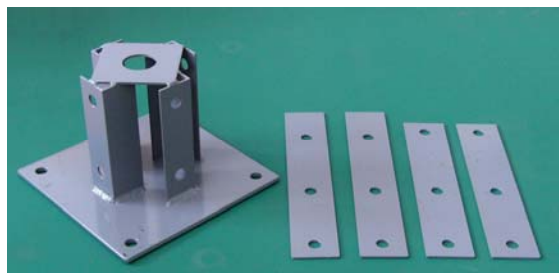
23 年度は、この試作した遊具の改良点についての検討および部材の劣化調査を進めるとともに、既設木製遊具の柱脚用補修金具の新規開発を行った。

(1) 試作遊具の改良点と劣化調査

遊具の試作から施工性向上を図るため、鋼製支柱の廃止や柱脚部ハイブリッド金具の簡略化などの改良点が明らかになった。劣化調査は、遊具設置直後、約半年後、約 1 年後の 3 回実施し、柱、梁に認められた割れの幅、長さを測定した（第 1 図）。施工前はブルーシートなどで養生していたため、割れはほとんど認められなかったが、施工後に割れが発生し、その後に若干の進行が確認された。特にトドマツに大きな割れが認められた。



←第 1 図 試作遊具の劣化調査



第 2 図 柱脚部補修用金具

(2) 既設木製遊具柱脚用補修金具の開発

主要構造である支柱は、地際部の腐朽が進むと遊具の安全性に影響するため、腐朽が確認された場合には適切な処置が必要である。補修方法としては、木材の腐朽部分を除去後、柱の欠損部にモルタルを詰め、鋼板で該当部位を覆い固定するのが一般的である。この鋼板の端部は、木部に対して隙間を生じないようにコーキング処理されるが、コーキングは 2～3 年で効力を失うため、内部に水が入り再び補修部分の木材が腐朽する恐れがある。また、鋼板で覆われていることから腐朽の経時変化を目視することができない。遊具の維持管理を円滑に進めるためには、これらの課題を解決する必要があると考えた。

そこで施工性が良く、水が入っても排水され、木部を観察しやすく、また、土に接しない新しい補修用金具を提案した（第 2 図）。この金具は網走市内の木製複合遊具の補修に採用され（第 3 図）、現場担当者から施工性が良好であるという評価を得た。

まとめ

23 年度は、試作遊具の改良点の検討と劣化状況の把握を行った。24 年度は、木製ハイブリッド遊具のライフサイクルコストの試算、部材の交換時期を判断するツールとなるメンテナンス履歴データベースの構築を進める。また、既設木製遊具の床梁の劣化を各自治体の公園管理者より指摘されており、梁の耐久性向上も考慮した改良型木製ハイブリッド遊具の設計と試作を実施する。



第 3 図 補修金具の施工の様子

II. 1. 7 長期間の実使用環境下における構造用合板の耐久性評価

平成 23～25 年度 経常研究

生産技術 G, 耐久・構造 G, 居住環境 G (協力 道総研北方建築総合研究所, NPO 法人建築技術支援協会)

はじめに

長期優良住宅普及促進法の施行により、構造躯体の耐震性や耐久性に優れた住宅が強く求められている。構造躯体を構成する耐力壁や水平構面は、構造用合板に代表される木質面材料で構成するものが主流となっており、構造躯体が長期にわたって性能を維持するためには、面材料やその接合部の耐久性が非常に重要になっている。構造用合板の耐久性は、促進劣化試験や屋外暴露試験によりこれまで多くの検討がなされているが、これらの試験結果から実際の住宅部材として使用した場合の性能低下を直接推定することは困難である。本研究では、実際の住宅に使用された合板の各種の性能低下を調査するとともに、促進劣化試験における性能低下と比較分析を行った。

研究の内容

平成 23 年度は、実使用環境での接着性能の低下と促進劣化処理による性能低下を比較した。実使用環境での性能低下を調べるために、第 1 表に示す物件から床下地合板を採取した(以下、解体合板)。これらはいずれも南洋材を使用した 12mm 厚 5ply 合板であり、初期の接着の程度は JAS1 類であった。また、市販の 1 類合板 3 種類(記号 NP)について、合板の JAS における 1 類の処理に準じて、「4 時間煮沸→60℃で 20 時間乾燥」を 1 サイクルとした促進劣化処理を 8 サイクルまで繰り返し行った。これらの解体合板

および促進劣化処理した合板について、合板の JAS に準じた引張せん断試験を行った。

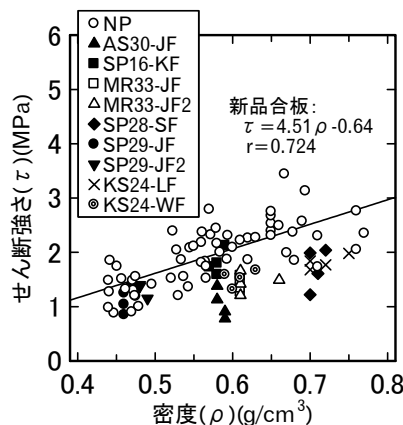
解体合板の密度とせん断強さの関係では(第 1 図)、解体合板のせん断強さは、新品合板の回帰直線の下部に分布しており、長期間の使用により合板の接着性能が低下したものと考えられた。促進劣化処理した合板については、第 2 図に示すように、処理の回数が増えるにつれて回帰直線が下へ移動し、傾きが徐々に減少した。密度が高い合板ほど性能低下が顕著であったが、これは密度が高い合板ほど吸水や乾燥により発生する収縮膨張応力が大きく、接着層への負担が大きくなることが主な原因と推察された。解体合板の性能低下を数値化するために、(解体合板の残存率) = (それぞれの解体合板のせん断強さの平均値) ÷ (それぞれの解体合板の密度に対応する新品合板の回帰直線上のせん断強さ) として定義すると、解体合板の残存率は密度が高い合板ほど低くなり、促進劣化試験の結果と同様の傾向を示した。これらの結果から、促進劣化の繰り返し数を実使用環境の年数に換算できる可能性が示唆された。

まとめ

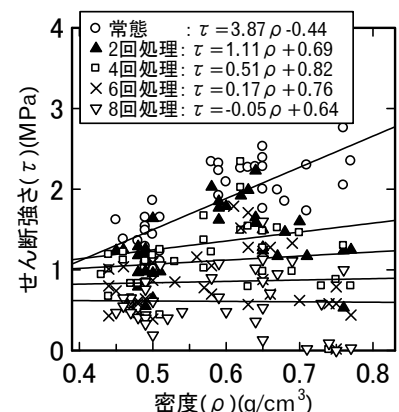
実使用環境と促進劣化試験での性能低下を比較することで、促進劣化処理の回数を住宅部材としての使用年数に換算できる可能性が示された。今後は、曲げ性能や釘接合性能等の性能や使用環境が性能低下に及ぼす影響等を検証する予定である。

第 1 表 調査物件の概要

物件記号	所在地	築年数	合板記号	採取位置
AS30	旭川市	30	AS30-JF	1F和室
SP16	札幌市	16	SP16-KF	1F台所
MR33	室蘭市	33	MR33-JF	1F和室
			MR33-JF2	2F和室
SP28	札幌市	28	SP28-SF	2F押入
SP29	札幌市	29	SP29-JF	1F和室
			SP29-JF2	2F和室
KS24	釧路市	24	KS24-LF	1F居間
			KS24-WF	2F洋室



第 1 図 密度とせん断強さの関係 (実使用環境)



第 2 図 密度とせん断強さの関係 (促進劣化試験)

Ⅱ.2.1 フロンティア環境における間伐材利用技術の開発

平成 21～23 年度 公募型研究

耐久・構造 G, 森林総合研究所（主管）, 飛島建設（株）, 早稲田大学, 港湾空港技術研究所

はじめに

本研究では、間伐材を地中や海中などのフロンティア環境で使用していく際にボトルネックとなっている技術的課題を解決し、巨大で潜在的な市場である建設・土木資材の分野に間伐材の新需要を創造するための指針案を作成することを目的とする。当場では、今まで知見がほとんど無かった日本の海洋環境における木材の耐久性に関するデータを整備する。

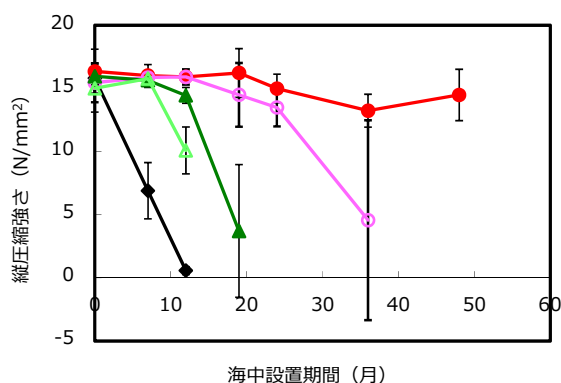
研究の内容

平成 22 年度までは、無処理および加圧注入用木材保存剤で処理した木材を海洋環境に設置するとともに、先行して設置していた試験体も評価対象として取り入れ、海虫（フナクイムシやキクイムシ）による食害状況など、設置後 24 か月までの結果について取りまとめた。23 年度も引き続いて試験を継続し、48 か月までの結果を取りまとめた。試験方法と結果の概要は以下のとおりである。

(1) 試験方法

JIS K 1570 で規定されている木材保存剤のうち、薬剤の種類と濃度の組み合わせで 6 種類の保存処理条件を設定した（「A」～「F」とする）。これらを加圧注入したカラマツおよびスギの辺材・心材を試験体として用いた。試験体の設置方法は以下の 2 種類とし、これらを定期的に回収して、外観および内部を観察するとともに、質量減少や強度変化を評価した。

・海中暴露－（独）港湾空港技術研究所（横須賀市内の海水循環水槽に試験体を設置した。



第1図 海中暴露試験体の縦圧縮強さ (カラマツ辺材)
 ●無処理 ●A ○B ▲D ▲E

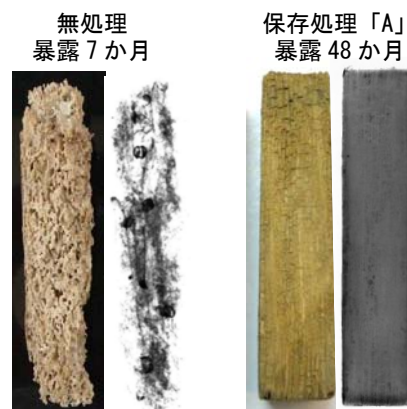
・海上暴露－デッキ等のウォーターフロントで使用することを想定し、同所内の岸壁に水平設置し、試験体の半数はそのままの状態、残り半数は定期的にスプリンクラーによる海水噴霧を行った。

(2) 結果の概要

海中環境に 48 か月間設置した無処理材および保存処理材の質量減少率、残存強度の経時変化（第 1 図）および両者の関係を明らかにした。また、海上環境に 48 か月間設置した無処理材および保存処理材と、同様の条件で定期的に海水を噴霧した試験体の質量減少率および残存強度の経時変化を明らかにした。これらの結果から、海中環境において 48 か月を経過しても海虫による食害を抑えることができる保存処理条件を見出すことができた（第 2 図）。また、海水がかかるような海上環境においても保存処理の有効性を明らかにすることができた。

まとめ

保存処理木材を海洋環境に 48 か月間設置して、その耐久性を評価した。その結果、海中環境において効力を維持できる保存処理条件、および海水がかかるような海上環境における保存処理の有効性を示すことができた。これらの成果は、今後、取りまとめを予定している「フロンティア環境における間伐材利用のためのガイドライン（仮称）」の中に盛り込まれ、海洋環境で耐久性を付与する際の基礎資料、JAS 等で海洋環境用途の保存処理規格を検討する際の裏付けデータとして活用される。



第2図 海中暴露した試験体 (スギ心材)
 それぞれ左が外観、右が軟X線画像

Ⅱ.2.4 公共建築物の内装木質化を促進する道産木質防火材料の開発

平成 23 年～25 年度 重点研究

耐久・構造 G, 生産技術 G, バイオマス G, 普及調整 G

(協力 北方建築総合研究所, 厚浜木材加工 (協), 昭和木材 (株), 下川町森林組合)

はじめに

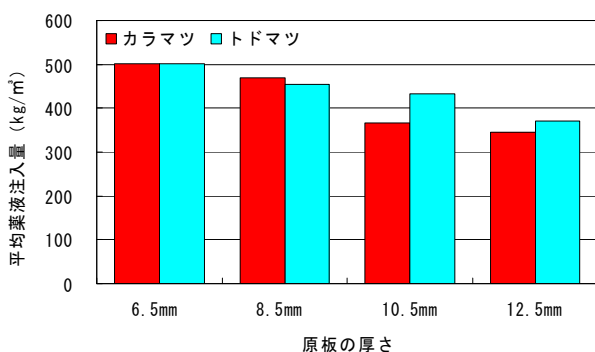
「公共建築物等木材利用促進法」が施行され、道内の公共建築物等について、地域材による木質化が進められているが、それらの建築物は、防火制限が適用されることが多い。そのため、内装を木質化するには、木質の防火材料が必要になる。木質防火材料は、一般に薬剤の注入によって防火性能を付与した木材（防火木材）であるが、道内で主要なトドマツ材およびカラマツ材は、難注入性であるため、現在まで製品化に至っていない。本研究では、トドマツ・カラマツ材を用いて、高品質・低価格な防火木材の標準的な生産技術を確立する。

研究の内容

(1) 原板の注入処理条件の確立

難注入材であるトドマツ・カラマツ材は、通常の注入処理では、注入できる薬剤量が限られるため、高度な防火性能を付与できない。そこで、用いる原板の厚さを従来よりも薄くすることで、それらの材の注入性向上を試みた。試験で用いた注入処理方法は、一般的な減圧加圧処理とした。

原板の厚さと薬液注入量の関係を第 1 図に示す。2 樹種の原板は、厚さが薄くなるに従って薬液注入量が増加し、内部まで薬液が注入されたことを示唆した。この結果から、トドマツ・カラマツ材の注入処理条件として、要求される防火性能に応じて、必要な薬剤量を注入できるように、原板の厚さを変える手法を用いることに決定した。



第 1 図 原板の厚さと薬液注入量の関係

(2) 薬剤析出の抑制技術の開発と実証

防火木材は、施工後に内部の薬剤が表面に析出することが問題になっており、製品開発をする上では対策が必須である。今年度は、防火木材が薬剤を析出する要因を検討した。試験では、薬剤の種類および薬剤注入量を変えた処理木材を、高温環境下（相対湿度 70, 80, 90%）に放置し、表面の状態から薬剤析出の可能性を判断し、質量の変化から各湿度環境における吸湿量を算出した。

試験の結果、処理木材の薬剤の析出は、相対湿度 70%と 80%では、薬剤の種類および薬剤注入量が大きく影響することが分かった（第 1 表）。また、薬剤が析出した処理木材については、概ね吸湿量が大きくなる傾向が認められた。

まとめ

今年度は、トドマツ・カラマツ原板への薬剤の注入処理条件を検討するとともに、防火木材の薬剤析出の発生要因を検討した。その結果、注入処理条件については、要求される防火性能に応じて、処理する原板の厚さを変える手法を用いることとした。薬剤析出の発生要因については、相対湿度 70%および 80%では、薬剤の種類および薬剤注入量が大きく影響することが分かった。24 年度の研究では、カラマツ・トドマツ材に、基準の防火性能を付与する製品仕様を明らかにするとともに、製品の生産工程を検討する。更に、今年度の結果を基に、塗装による薬剤析出の抑制技術を検討する。

第 1 表 薬剤処理木材の水 droplet の付着状況（温度 25°C）

	薬剤注入量 (kg/m³)	相対湿度 (%RH)		
		70	80	90
無処理木材	0	○	○	○
処理木材	薬剤A	100	○	○
		150	○	×
		200	△	×
	薬剤B	100	○	○
		150	○	△
		200	×	×
薬剤C	100	○	○	
	150	○	○	
	200	○	△	

各条件につき試験体は7体用いた
○：水滴無し、△：1～3体に水滴、×：4体以上に水滴

Ⅱ.2.7 天然接着剤および国産材を主原料とする環境配慮型 MDF の開発

平成 23 年～25 年度 公募型研究

耐久・構造 G, ホクシン（株）（主管），京都大学, C&H（株）

はじめに

本研究では、MDF の製造に使用する接着剤を現在主流のホルムアルデヒド縮合樹脂から天然接着剤に、また MDF の主原料を輸入原料から国産材・未利用材チップに転換することにより、環境配慮型 MDF の製造技術を開発し、さらに耐朽性に係る性能評価試験方法の開発を行うことを目的とする。当場では、環境配慮型 MDF の耐朽性評価および性能評価試験方法の開発に関する部分を担当する。

研究の内容

(1) 天然接着剤を用いた MDF の耐朽性評価

天然接着剤としてクエン酸を用いて作製した MDF（天然接着剤 MDF）の耐朽性の評価を行った。ファイバー原料にはラワン、竹、針葉樹を用いた。また、天然接着剤 MDF のもろさを改善するためにタンニンを加えた MDF、あるいは接着剤硬化の促進のため、成型後に加熱処理を行った MDF を用いた。さらに従来品との比較のため、現在造作用として一般に流通している接着剤に尿素樹脂（UF）を用いた MDF（以下、UF-MDF）についても試験を行った。MDF の耐朽性の評価は（社）日本木材協会規格第 3 号「木質材料の耐朽性試験」に準じて行った。

腐朽処理開始後 8 週間経過時の各 MDF およびブナ辺材の質量減少率を第 1 表に示した。MDF の質量減少率は、カワラタケよりオオウズラタケによる腐朽処理で高い傾向が認められ、製造条件間の差もオオウズラタケの方がより顕著であった。オオウズラタケにより腐朽した試験体の質量減少率についてみると、UF-MDF と比較し天然接着剤 MDF の耐朽性は低いと考えられた。ファイバー原料間で比較すると、ラワンを使用した MDF の耐朽性が低い傾向が認められ

た。またタンニン添加による耐朽性への顕著な影響は認められなかった。一方、加熱処理した MDF はほとんど質量減少が認められず、加熱処理により MDF の耐朽性が向上する可能性が示された。

(2) 耐朽性評価の効率化に関する検討

MDF の耐朽性評価に要する期間を短縮するため MDF に煮沸等の促進劣化処理を施し、評価に要する期間の短縮が可能か検討を行った。試験体には現在構作用 MDF として一般に流通している MDF を用いた（ファイバー原料：ラワンと古材、接着剤：MDI とメラミン・ユリア共縮合樹脂、厚さ 9mm、密度 0.8g/cm³）。促進劣化処理として煮沸処理（沸騰水中に 2 時間あるいは 4 時間浸漬後、常温水に 1 時間浸漬）、あるいは吸水・凍結処理（20±1℃の蒸留水中に 70 時間浸漬後、-20℃環境下に 24 時間置き、70±1℃で 70 時間乾燥）を行った。促進劣化処理を施した MDF を用いて耐朽性試験を行い、これまでに 8 週間経過時点での質量減少率を確認したが MDF の腐朽はほとんど認められず、現時点では促進劣化処理による効果は確認できなかった。

まとめ

天然接着剤 MDF の耐朽性は従来の MDF より低いが、加熱処理により耐朽性が向上することが明らかとなった。次年度は製造条件等の改良を行い、試作する予定の天然接着剤 MDF について、耐朽性の評価を行う。また促進劣化処理を施した MDF について、は引き続き 16, 24 週間経過時の腐朽状況を確認するとともに、試験体の形状、試験方法を改良することにより、短期間で耐朽性を評価するための方法を検討する。

第 1 表 天然接着剤 MDF の 8 週間経過時の質量減少率

	接着剤 ファイバー原料 処理	天然接着剤MDF					UF-MDF	ブナ辺材
		クエン酸					UF	
		ラワン	竹	針葉樹		針葉樹		
				加熱処理	タンニン添加			
オオウズラタケ	平均 (%)	21.7	9.0	14.0	-0.4	12.5	1.3	31.1
	標準偏差	2.9	2.6	4.6	0.2	1.4	0.1	3.0
カワラタケ	平均 (%)	6.7	4.7	2.9	0.4	5.9	4.8	43.5
	標準偏差	0.6	0.4	0.6	0.1	1.9	0.5	3.3

Ⅱ.2.8 ミリ波・マイクロ波を用いた住宅構造体の非破壊診断装置の開発

平成 23～24 年度 公募型研究
耐久・構造 G, 京都大学（主管），関東学院大学

はじめに

本研究では、主として木造住宅の大壁（※1）などの構造体内部で進行する腐朽や虫害などの生物劣化、劣化を誘発する結露や木部含水率の状態、さらには筋かいや金具の配置状態を、非破壊・非接触で診断するために、周波数が 3～30 GHz のマイクロ波（※2）や 30～300 GHz のミリ波（※3）の電磁波を用いた小型診断装置の開発を目的とする。林産試験場では、腐朽した住宅部材・構造体モデルの作製方法の検討およびそれらを用いた診断装置の性能評価を担当する。

研究の内容

本研究では以下の項目について検討する。

①腐朽モデルの作製（平成 23～24 年度）

非破壊診断装置による評価を効率的に行うために、強制腐朽処理により構造体の腐朽モデルの作製を検討する。

②開発した診断装置の腐朽検出に関する性能評価（平成 24 年度）

大壁などの構造体腐朽モデルに対して、開発した診断装置の腐朽検出に関する性能を評価する。

23 年度は腐朽モデルの作製方法について検討した。構造体の腐朽モデルを検討するにあたり、構造体自体を腐朽させるにはノウハウを構築する必要があり、腐朽操作自体も時間を要する。そこで、腐朽

箇所を任意に選択でき、繰り返しの使用を可能とすることを前提条件として、一定期間、腐朽後の湿潤状態を保持できる「腐朽モデル試験体」（第 1 図）の作製を検討した。腐朽試験体を固定するために、腐朽させた単板を脱気密封機（フードシーラー）でラッピングする方法を開発した（第 2 図）。現在、単板の強制腐朽処理を進めている。

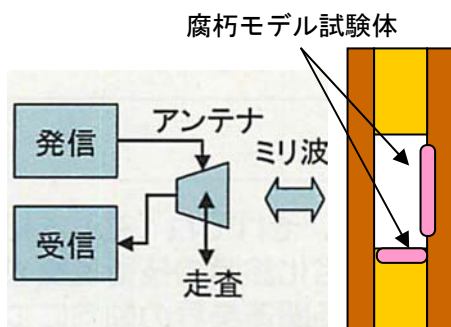
まとめ

本研究で開発するミリ波・マイクロ波を用いた非破壊診断装置の性能を評価するため、腐朽モデル試験体の作製を検討した。試験体のラッピング方法を決定したことから、今後は単板を強制腐朽させ、腐朽程度の異なる腐朽モデル試験体を作製して非破壊診断試験に供する予定である。

※1 大壁：柱が見えない（覆われている）建築物の壁。

※2 マイクロ波：電波の中で最も短い波長域。明確な定義を持つ用語ではないが、一般的には周波数 300MHz～3THz の電磁波（電波）を指す。センチ波、ミリ波、サブミリ波などが含まれる。より狭い範囲やより広い範囲を指して用いられることもある。

※3 ミリ波：マイクロ波の一つで、周波数 30～300GHz の電磁波（電波）。車載レーダーや、今後、空港で導入が進むとされている衣服の下を透視する全身スキャナー等に用いられている。



第 1 図 腐朽モデル試験体を用いた
構造体の非破壊診断



1 枚で密封 複数枚で密封
第 2 図 腐朽モデル試験体のラッピング

Ⅱ.2.9 積雪寒冷地域における道産木材の耐候性の向上

平成 22～24 年度 経常研究
居住環境 G, 生産技術 G

はじめに

道産木材を屋外で利用していく上で、木材表面を劣化から保護するための塗装は重要な役割を担っている。本研究では、塗装処理により耐候性能の向上を図ることを目的として、積雪寒冷地域における各種木材用塗料の耐候性能の把握、および基材の表面仕上げが塗膜の耐候性能に及ぼす影響について検討した。

研究の内容

平成 22 年度は、各種木材用塗料を道産木材（カラマツ、トドマツ）に塗布し、積雪寒冷地域における屋外暴露試験を実施した。その結果、一部の塗料で冬期に塗膜のはがれが確認されたが、冬期の影響を受けない塗料も多く存在することが明らかになった。

23 年度は、高い耐候性能が得られた塗料を用いて、基材（トドマツ材）の表面仕上げが塗装後の塗膜の耐候性能に及ぼす影響を、促進耐候性試験により検討した。

塗装および基材の表面仕上げ条件を第 1 表に示す。表面仕上げは、プレーナー仕上げ、60 番と 150 番のサンドペーパーによるサンディング仕上げ（以下、P60、P150）とした。塗料には、油性 2 種類、水性 2 種類を用いた。塗装は、刷毛を用いて 2 回塗りとし

た。耐候性能は、促進耐候性試験（キセノンランプ法 JIS-K-5600-7-7）を実施し、水分の浸透しにくさを表す撥水度を計測することで評価した。ただし、放射照度は規格試験と異なり、試験期間中の平均放射照度は、300～700nm の波長領域において 300W/m²であった。

第 1 図に促進耐候処理 3000 時間後の撥水度を示す。塗料 A, C, D では、プレーナー仕上げに比べて、P60, P150 の撥水度は高い値となった。塗料 B では、P60 > P150 > プレーナー仕上げの順に高い値が得られた。刷毛 2 回塗りという条件下では、P60 > P150 > プレーナー仕上げの順に塗布量は増加し（第 1 表）、このことが撥水度の性能に影響を与えたと考えられる。塗料 A, C, D では、P60 と P150 の差は見られなかったが、促進耐候処理をさらに行えば、塗料 B の結果と同様に、P60 の撥水度は P150 に比べて長期間高い値を維持できると推測される。

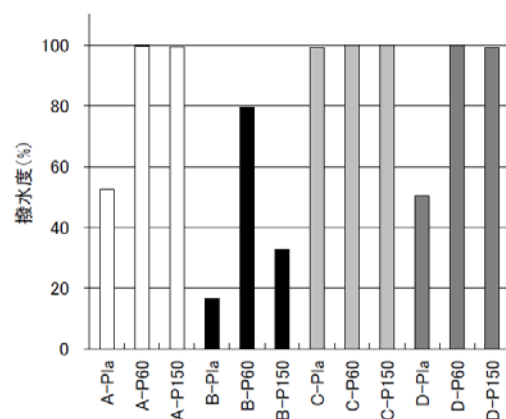
まとめ

基材の表面を粗く仕上げることで、耐候性能を大きく向上できることが分かった。この簡便な手法は、各種木製エクステリア製品に適用可能と考えられる。

24 年度は、サンディング以外の表面仕上げ方法についても検討を行い、基材の表面仕上げが耐候性能に及ぼす影響を詳細に検討する予定である。

第 1 表 塗装および基材の表面仕上げ条件

試験体記号	塗料記号	水性/油性	塗布量 (g/m ²)	基材の表面仕上げ
A-P1a	A	油性	83	プレーナー
A-P60			175	P60
A-P150			115	P150
B-P1a	B	油性	78	プレーナー
B-P60			127	P60
B-P150			89	P150
C-P1a	C	水性	97	プレーナー
C-P60			176	P60
C-P150			115	P150
D-P1a	D	水性	82	プレーナー
D-P60			165	P60
D-P150			125	P150



第 1 図 促進耐候性試験 3000 時間後の撥水度

Ⅱ. 2. 11 造膜形木材保護塗料で処理された木製サイディング材の再塗装方法とその耐候性評価

平成 23～24 年度 一般共同研究

居住環境 G, 生産技術 G, 日本エンバイロケミカルズ (株)

はじめに

造膜形木材保護塗料で塗装された木製サイディング材は耐候性が高く、維持管理の間隔を長く取れる利点がある。再塗装の際には旧塗膜の剥離処理が必要となるが、その処理方法の違い（サンディング、高圧洗浄、剥離剤の塗布等）がその後の耐候性に及ぼす影響はこれまでに調べられていない。

本研究では、塗装後 10 年以上経過した木製サイディング材を用いて、旧塗膜の剥離方法と再塗装後の塗膜の耐候性について検討した。

研究の内容

(1) 旧塗膜の剥離方法の検討

林産試験場の外壁（方位：西）として使用され、塗装後 10 年以上経過した木製サイディング材（基材：カラマツ）を試験体に用いた（第 1 図）。試験体は、割れや晩材部における塗膜のはがれが認められるものの、塗膜は概ね残存していた。

旧塗膜の剥離方法として、サンダー（P150）、グラインダー、高圧洗浄、剥離剤の塗布＋高圧洗浄、研磨材の 5 種類について検討した（第 2 図）。旧塗膜を剥離する前の試験体表面は浮造り状となっていた

ため、平滑な面を削るサンダーや研磨剤では、早材部の塗膜が残存した。グラインダー処理では、旧塗膜とともに基材も削り取られ、平滑な仕上がりとなった。高圧洗浄処理では、旧塗膜は完全に除去されたが、早材部が削られやすく、早晚材部の凹凸差が大きくなった。高圧洗浄処理の前に剥離剤を使用すると、節周りの塗膜がきれいに除去された。

(2) 屋外暴露試験による耐候性評価

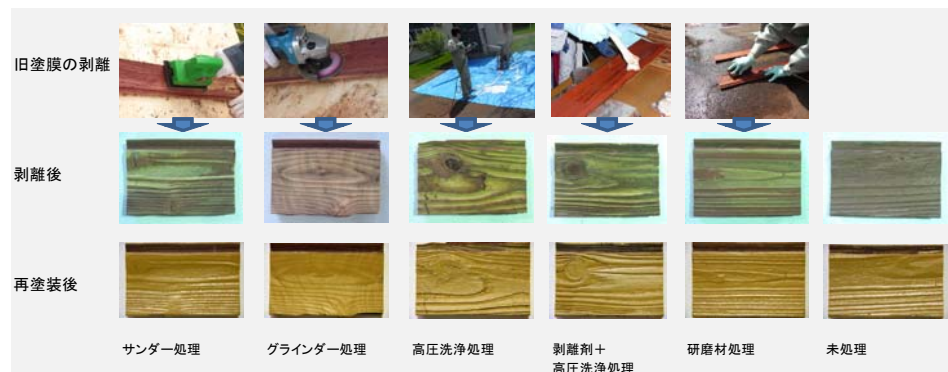
旧塗膜の剥離処理後、造膜形木材保護塗料で再塗装を行い、2011 年 7 月から屋外暴露試験を開始した。暴露角度は、南面 45 度と南面 90 度とした。暴露 6 ヶ月が経過した時点では、塗膜に大きな変化は見られなかった。

まとめ

塗り換え時期に達した木製サイディング材を用いて、旧塗膜の各種剥離方法を検討した。また、再塗装後の耐候性を把握するため、屋外暴露試験を開始した。24 年度は、屋外暴露試験による塗膜の劣化調査を引き続き行い、旧塗膜の剥離方法が再塗装後の耐候性に与える影響を明らかにする予定である。



第 1 図 使用した試験体



第 2 図 旧塗膜の処理と再塗装後の様子

Ⅱ.3.1 良質な木造共同住宅のためのローコスト高性能遮音工法の開発

平成 23～25 年度 重点研究
 居住環境 G, 道総研北方建築総合研究所（主管），道総研工業試験場
 建築研究所，産業技術総合研究所，日本建築総合試験所

はじめに

道内では、年間 7000 戸の木造長屋建共同住宅が供給され続けており、そのストックは 40 万戸以上にも達している。これらの多くは建設の際のコストダウンが重要視され、コストのかかる遮音工法にまで手が付けられていない。実際には、木造共同住宅の床および壁の遮音性能は、多くの入居者の不満となっており、音環境の向上が求められている。

木造住宅のこれまでの遮音工法は、床の質量を増すためモルタルを厚く施工したり、剛性を高めたりすることが主流で、コストや施工手間が非常にかかるため普及に結びついていない。これを打開し、鉄筋コンクリート造床と同等の遮音性能であり、かつローコストで軽量の工法を実現するには、新たな視点による取り組みが必要である。

本研究では、木造住宅の遮音性能を向上し良質なストック形成に寄与するため、木造住宅にはほとん

ど普及していない緩衝系工法に着目して、遮音性能の向上効果を解明し、性能予測手法の確立及び工法開発を行う。

研究の内容

日本建築総合試験所の試験室において、枠組壁工法床を施工した。この床の仕様は、住宅金融支援機構が定める基準に適合した省令準耐火構造に合致し、枠組壁工法住宅として最も多く施工されている。この床上面と乾式二重床上面に第 1 表に示す材料を付加し、組み合わせた場合の遮音性能を比較検討した。

その結果、枠組工法床の違い（A仕様とD仕様）より、二重床上面に質量と剛性を付加する方が遮音性能の向上に効果があることが明らかとなった（第 1 図）。また、枠組工法床が合板 15mm の場合において、63Hz 帯域で 5dB の改善量を得るためには、二重床上面に約 30kg/m² の質量を付加することが必要で、その場合ボール衝撃源では、RC150mm と同等の性能であることがわかった。

まとめ

枠組工法床に乾式二重床を施工する場合においては、乾式二重床上面に質量と剛性を付加する方が、遮音に効果があることがわかった。その場合に、重量衝撃音に対しては、30kg/m² の質量を付加することが必要である。

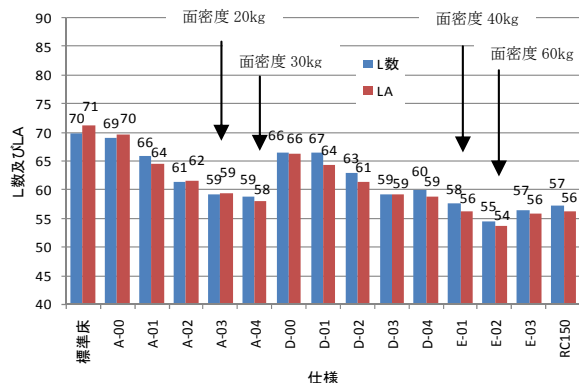
来年度は、乾式二重床の面材から得られたデータと、床衝撃音の実測値との比較を行い、遮音に効果のある二重床用面材の検討を行う。

第 1 表 枠組壁工法床の構成と乾式二重床の構成

	床構成	乾式二重床構成	面密度 kg/m ²
標準床	①	—	0
A-00	①+⑥	—	0
A-01	①	②+⑥	5.90
A-02		②+①+⑥	13.48
A-03		②+①+①+⑥	21.06
A-04		②+①+①+①+⑥	28.64
D-00	①+③+④+⑥	—	0
D-01	①+③+④	②+⑥	5.90
D-02		②+①+⑥	13.48
D-03		②+①+①+⑥	21.06
D-04		②+①+①+①+⑥	28.64
E-01	①	②+③+④+①+⑥	41.66
E-02		②+③+④+⑤+①+⑥	64.11
E-03		②*+③+④+①+⑥	41.66

*：二重床パーティクルボード上面高さ
 標準：140mm
 E-03：110mm

- ①：合板 15mm ②：パーティクルボード 20mm ③：強化石膏ボード 21mm ④：強化石膏ボード 15mm
 ⑤：遮音マット 8mm ⑥：フローリング 12mm



第 1 図 試験室での床衝撃音レベル測定結果 (ボール 1m 落下)

Ⅱ.3.2 木質材料からのアルデヒド類放散特性の解明と安全性評価

平成 22～24 年度 受託研究
居住環境 G, 森林総合研究所 (主管)

はじめに

平成15年に建築基準法が改正され、建材から放散されるホルムアルデヒドの規制、換気設備の義務付け等が開始された。20年には、業界の自主基準としてトルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレンの化学物質の放散速度基準が設けられた。それらによって、化学物質の放散に対する建材の指標が明確になった。しかし、21年に「日本建築学会環境基準 アセトアルデヒドによる室内空気汚染防止に関する濃度等基準・同解説」が刊行された。同解説では、室内におけるアセトアルデヒド発生源として、木材ならびに木質材料を指摘した。また、室内に木材を多用する場合には注意を要するといった記述がある。これによって、全ての住宅において木材使用を控える動きとなることが危惧されている。この事態を打開するためには、アセトアルデヒド室内濃度指針値 ($48\mu\text{g}/\text{m}^3$) に対する木材の安全性を科学的に明らかにすることが急務である。

本研究では、木質建材からのアルデヒド放散が使用環境によって受ける影響を明らかにし、厚生労働省室内濃度指針値に対する木質建材の安全性を明確にすることを目的とした。

研究の内容

22年度は、市販パーティクルボード・MDF(いずれもUタイプ)・インシュレーションボード・ハードボードと当场で試作した合板のアセトアルデヒド放散挙動を、小形チャンバー法で温度 28°C 、湿度 50%、換気回数 0.5 回/時の標準状態で、4週間にわたり測定した。1週間経過後には全ての試験体で放散速度

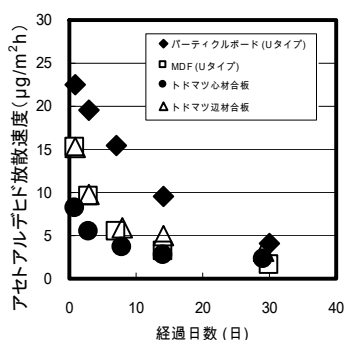
が $10\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 以下となった。約1か月経過後のアセトアルデヒド放散速度は 40～90%減少した。

23年度は、前年度に引き続き市販パーティクルボード・MDF(いずれも M タイプ)に加え、当场で試作したトドマツ合板のアセトアルデヒド放散量を 22年度と同様に測定した。第1図に結果を示す。2週間で全ての試験体で放散速度が $10\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 以下となり、約1か月経過後のアセトアルデヒド放散速度は 70～90%減少した。

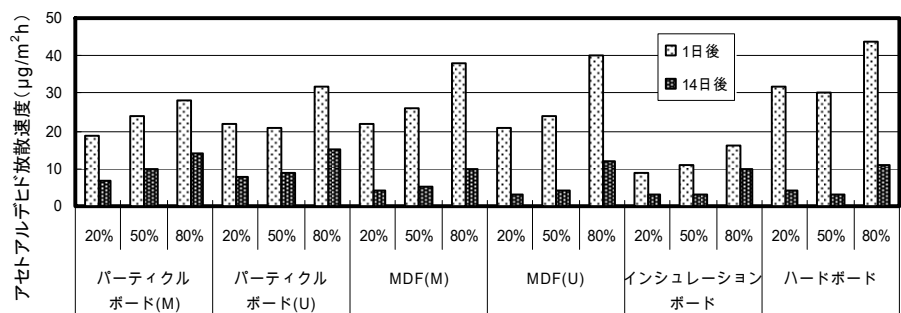
次に、異なる温湿度条件で、市販ボード類6種(パーティクルボード、MDF それぞれ M・U 両タイプ、インシュレーションボード、ハードボード)の測定を行った。温度 23°C 、 28°C 、 33°C の条件と温度 28°C で相対湿度 20%、50%、80%の条件で測定を行った。異なる温度条件の試験では、チャンバー内に流入する水蒸気の質量が一定になるように相対湿度を設定した。実験開始当初は温度が高いほど放散速度が大きい傾向を示したが、チャンバー投入後2週間後には、各条件での放散速度の差は小さくなった。異なる相対湿度条件下での測定では、相対湿度が高いほど放散速度が大きく、測定開始2週間後にはいずれの湿度条件のものも放散速度は大きく低下したが、その傾向は続いた(第2図)。

まとめ

木質材料のアセトアルデヒド放散速度は、換気環境下では急速に減衰し、その過程は温湿度の影響を強く受けることが明らかになった。24年度は、実大空間での実験を通して木質材料の安全性の実証を試みる。



第1図 アセトアルデヒド放散速度



第2図 異なる相対湿度条件におけるアセトアルデヒド