

## Ⅱ.1.1 木材の接着健全性評価技術の検討

平成 23 年～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、接着技術、および積層接着材料の信頼性向上に寄与する。

### 研究の内容

平成 23 年度は人為的に非接着部分を設けた集成材を作製し、応力波の伝播時間に基づいたはく離の検出について検討するとともに、この集成材の曲げ破壊試験を行い、はく離が強度に及ぼす影響について検討した。

#### (1) 接着性能の劣化が強度に与える影響の検討

市販の集成材から採取したブロックせん断試験片に促進劣化試験として JAS の煮沸はく離試験（沸騰水に 4 時間、室温水に 1 時間浸せき後、質量が戻るまで 70±3℃で乾燥）を最大 20 回（JAS は 1～2 回）繰り返し適用した後、せん断強度試験を行った。この劣化処理では、はく離よりも接着層近傍での干割れの方が顕著に出現した。処理後のせん断強度は処理回数の増加に伴って低下し、20 回繰り返した後の

せん断強度は初期の約 2/3 となった（第 1 図）。

#### (2) 補修の効果の検討

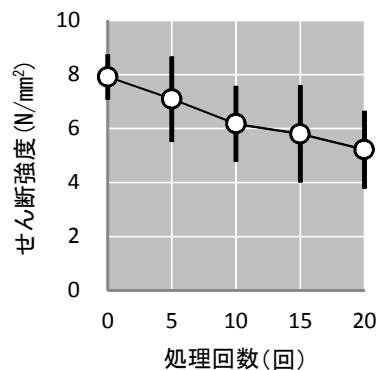
接着による補修について検討した。はく離に沿ってノコ目を入れ、そこに接着剤を注入する方法があるが、使用中の建築物での実施を前提とした場合、一時的にせよ著しい強度低下を生じること、接合部の近傍ではノコ目加工が困難であることなどの問題がある。そこで、木材に接着剤注入用の穴を開け、はく離の内部から接着剤を注入する方法を考案した（第 2 図）。この方法で補修した模擬はく離集成材の

曲げ強度試験の結果を第 3 図に示す。この例では無補修の場合、スパン中央たわみ約 4 mm で破壊を生じていたが、補修を行ったものではこの段階での破壊は見られず、終局まで健全集成材と同様に推移した。よって、この補修により、強度性能を健全時と同等レベルにまで回復することが可能であると考えられる。

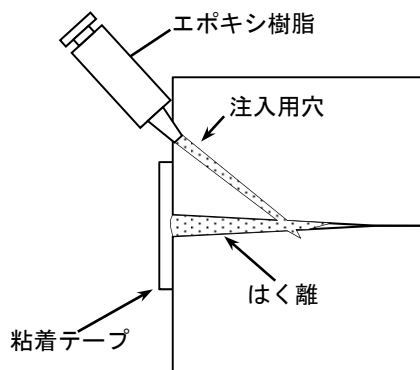
#### まとめ

- ・煮沸処理を繰り返し適用した促進劣化により、接着層におけるせん断強度は低下した。
- ・はく離内部から接着剤を注入する補修方法により、強度性能の回復が可能であった。

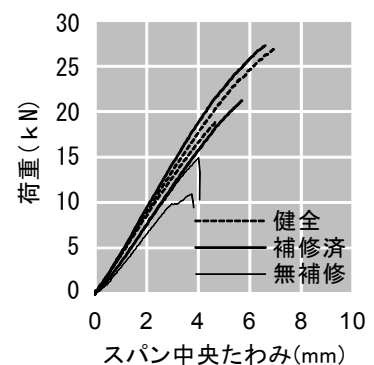
25 年度は接着補修の適用可能範囲、および機械的補修について検討する。集成材製造時における接着性能検査の可能性についても検討する。



第 1 図 煮沸はく離試験の処理回数  
とせん断強度の関係



第 2 図 補修方法



第 3 図 補修の効果

## II.1.2 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, 普及調整 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。耐震改修の現場は、耐震補強金物を取り付けるなど耐力壁の壁量不足を補うことが行われているが、柱や土台が腐朽している場合には、柱脚の引張耐力が担保されず、耐力壁は十分に機能しない。

そこで本研究では、腐朽した部材に補強金物を取り付けた場合、どの程度の腐朽レベルまでであれば有効に機能するかについての判断の指標とするデータの収集を行った。

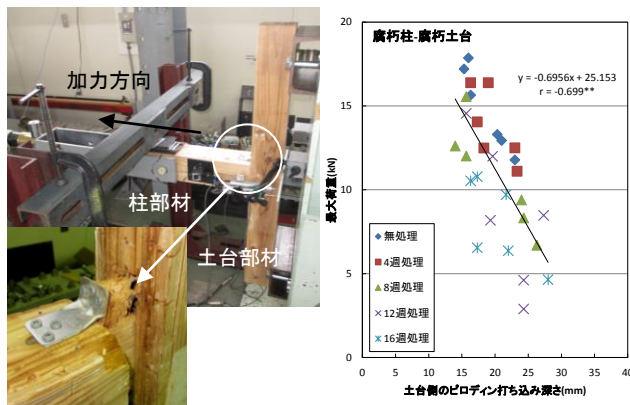
### 研究の内容

23 年度は強制腐朽処理を 4, 8 週間行っ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を測定した。

24 年度は、同接合部について処理期間を延長して強度を測定した。また、強制腐朽処理した材を対象に、ビス 1 本当たりの一面せん断試験を実施した。

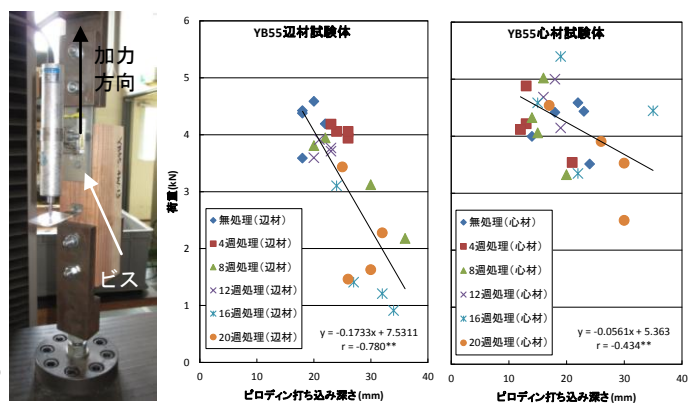
#### (1) 柱脚接合部の引張耐力

スギの柱と土台を個別に、プラスチック容器で培養した腐朽菌(オオウズラタケ)を容器ごと金物留めつけ予定位置に接触させて、12, 16 週の強制腐朽処理を行ってから接合部を組み立て、引張試験を実施した(第 1 図)。8 週処理までは、金物の変形を伴った破壊であったが、12, 16 週処理では、金物の変形以前に、土台側のビスが引き抜けるものが現れた。腐朽レベルをピロディン®によって評価した結果、土



第 1 図 柱脚接合部試験と破壊形態の例

第 2 図 荷重と打ち込み深さの関係



第 3 図 ビス一面せん断試験

第 4 図 ビス一面せん断における荷重と打ち込み深さの関係

台側金物周囲の打ち込み深さと最大荷重の関係に負の相関が得られた(第 2 図)。

#### (2) ビス 1 本当たりのせん断耐力

土台を新品に交換した場合を想定して、柱側の腐朽レベルと耐力の関係を得るため、当該金物に用いたビスの一面せん断試験を実施した(第 3 図)。試験体はスギで、心材のみのもものと辺材を含むものを区別し、腐朽処理期間は 4, 8, 12, 16, 20 週とした。

ピロディンの打ち込み深さと最大荷重の関係(第 4 図)においては、辺材試験体では高い負の相関が得られたが、打ち込み深さが 30mm を超えるあたりから急激に低下する傾向も読み取れた。辺材試験体の外観は、8 週処理以降で表面割れが観察され、目視で継続使用すべきではないと判断されるものが大半であった。心材試験体においても負の相関が得られたが、16, 20 週処理でも外観が変色したのみで、最大荷重が無処理のものと同程度のものがあつた。また、打ち込み深さが大きくとも無処理の最大荷重と変わらないものもあつた。

#### まとめ

腐朽部材に金物を取り付けた場合の耐力について、ピロディンによる打ち込み深さとの関係を得た。これらの結果から、現場で目視による部材の継続使用の可否が判断できない場合には、打ち込み深さを測定する事で残存耐力を裏付けることができるものと考えられる。今後は、耐震改修フローを策定し、耐震改修の効率化に寄与したい。

## 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 24 年度 公募型研究

耐久・構造 G, 普及調整 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検討した。

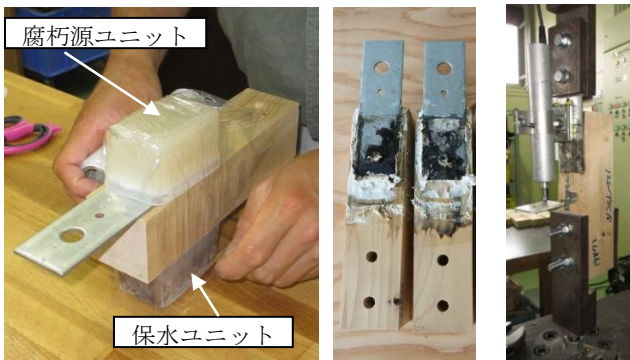
### 研究の内容

平成 22 年度は、構造躯体を局所的に腐朽する方法を考案し、23 年度は、釘による柱脚接合部を対象に、この腐朽処理方法が恒温恒湿室だけでなく、通常の屋外環境においても実施できることを確認した。

24 年度は、これをビス接合部に適用して、ビス 1 本あたりの一面せん断性能について、木材の腐朽度と残存耐力の関係を明らかにした。

### (1) 試験方法

ビスの一面せん断試験体を対象に局所的に腐朽させる手法として、小型の腐朽源ユニットを用いた強制腐朽処理方法を実施した（第 1 図）。鋼板をビスで留め付けたトドマツ心材試験体と辺材試験体を各 60 体、合計 120 体を用意し、北海道旭川市および京都府宇治市の軒下環境、ならびに恒温室の 3 か所で



第 1 図 強制腐朽処理方法、腐朽処理後の様子および強度試験方法

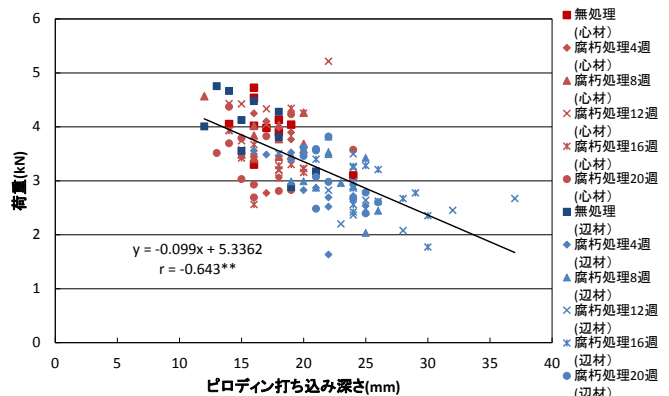
心材・辺材試験体の各 20 体を強制腐朽処理した。腐朽処理は 6 月中旬に開始し、処理期間は 20 週間を最長として、4 週ごとに心材・辺材試験体を各 4 体取り出して腐朽の程度を確認してから、正負交番の繰り返し加力試験に供した。腐朽の程度はピロディンによる打ち込み深さによって評価した。

### (2) 試験結果

心材試験体は 16 週処理以降の最大荷重の平均値において、無処理試験体との間に 5%水準で有意差が認められたが、ピロディンの打ち込み深さの平均値はいずれの処理期間においても無処理試験体との間に有意差は認められなかった。一方、辺材試験体においては、4 週経過以降において、最大荷重、ピロディンの打ち込み深さの両者に無処理試験体との間に 5%水準で有意差が認められた。全試験体の最大荷重とピロディンの打ち込み深さの関係（第 2 図）においては、負の相関が得られ、残存耐力の評価指標としてピロディンの打ち込み深さによる判断の有効性が確認された。

### まとめ

ビスの一面せん断性能について、既存の木造住宅の耐震性能評価、ならびに維持管理に係る補修判断の根拠となる腐朽の程度と残存耐力の関係を得た。今後は、様々な腐朽状態が想定されるリフォーム現場の実状との整合性を高めつつ、他の接合形態についても展開し、最終的には耐力壁の残存耐力を評価できる体制を目指す。



第 2 図 最大荷重とピロディンの打ち込み深さの関係



## Ⅱ.1.4 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, マテリアル G

### はじめに

遊具の設置や維持管理を担当する各自治体は、耐用年数が長く、部材の劣化診断が容易で補修費用の小さい製品を求めている。そこで、構造の一部に接合金具を併用することで、安心と安全性の向上を図った木製ハイブリッド遊具（以下、ハイブリッド遊具）の開発を行った。

### 研究の内容

平成 22 年度は、ハイブリッド遊具の一次試作を行い、旭川市内の保育園に設置した。

23 年度は、一次試作遊具の改善点についての検討と部材の劣化調査を進めた。また、既設木製遊具における柱脚部補修金具の新規開発を行った。

24 年度は、ハイブリッド遊具の二次試作とライフサイクルコスト（以下、LCC）の試算を行うとともに、得られた成果について関連団体および企業向けの配付資料を作成した。

#### (1) ハイブリッド遊具の二次試作

一次試作遊具の改良型を旭川市の「新旭川保育所」に試験設置した（第 1 図）。柱脚金具は、施工性を向上させるため、基礎の中に埋め込む形式に変更した。床はユニット化し、接合金具を用いて梁に固定することで、床梁の耐久性向上を図った。また、一次試作で採用した鋼製支柱によるコア構造は、コストダウンのため廃止し、筋かいを取り付ける一般的な軸組とした。

#### (2) ハイブリッド遊具の LCC

ハイブリッド遊具の LCC は、塗装費用が大きく影響

し、鋼製遊具には及ばなかったが、従来の木製遊具との比較では 2 割以上の低減が見込まれた。

また、遊具補修を含む費用が地域にもたらす経済波及効果について検討した結果、木製遊具では鋼製遊具との LCC の差額以上の生産誘発額が地域内に生じ、特にハイブリッド遊具では、粗付加価値額でも差額以上の効果が生じるという新たな知見を得ることができた。

#### (3) 配付資料の作成

2 回の試作で得られた知見は、「木製遊具の耐久性向上を図る設計資料集」に取りまとめた。また、遊具の連続した補修履歴を整理することで、経年劣化状況の把握や補修時期を判断するための「遊具メンテナンス履歴データベース」を作成し、この二つを道内自治体および関連企業に配布した。

#### まとめ

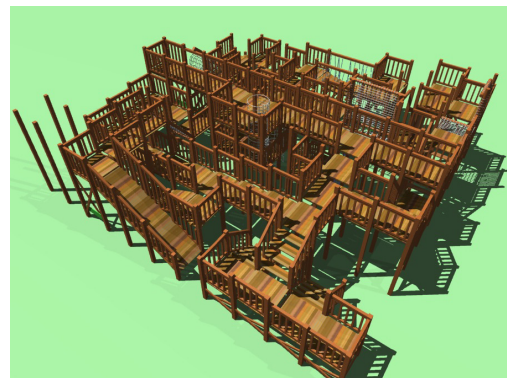
主要構造の納まりを見直すことで、耐久性とメンテナンス性の向上を図ったハイブリッド遊具の開発を行った。また、「設計資料集」として成果を小冊子にまとめ、林産試 HP でも公開した。

(<http://www.fpri.hro.or.jp/manual/mokuyugu/mokuyugu.htm>)

研究の成果は遊具だけでなく、屋外構造物や道路施設などへ応用可能であることから、関連団体・企業へ広く情報発信に努め、更なる普及を図る。なお、ハイブリッド遊具は、道内自治体の 25 年度新規遊具に採用され、今夏完成予定である（第 2 図）。



第 1 図 木製ハイブリッド遊具（平成 24 年度）



第 2 図 木製ハイブリッド遊具（平成 25 年度）

## Ⅱ.1.5 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

### はじめに

長期優良住宅の普及推進により、耐久性・耐震性に優れた高性能な住宅が要求されている。合板等の木質面材料は、これまで屋外暴露試験や促進劣化試験により耐久性を評価しているものの、実際の住宅の構造部材として使用した場合の耐久性については、ほとんどデータが得られていない。本研究では、実際の住宅に使用された構造用合板やその接合部の各種性能を調べるとともに、促進劣化試験の結果と比較することによる劣化推定の可能性を検証した。

### 研究の内容

平成 23 年度は、住宅の床下地に使用された合板 (JAS1 類, 以下解体合板) について接着性能を調査するとともに、性能低下を数値化する手法を検討した。また、促進劣化処理による性能低下を調べ、実用環境の結果と比較した。その結果、実用環境、促進劣化試験ともに、合板密度が高いほど性能低下が顕著となり、両者には類似した傾向が認められた。両者の性能低下を曲線で近似することで、促進劣化処理の回数を住宅部材としてのおおよその使用年数に換算できる可能性が示された。

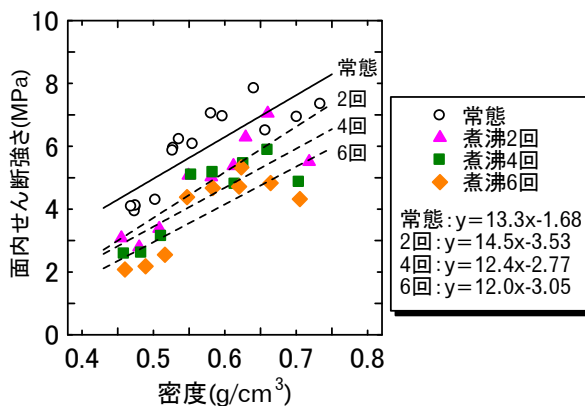
24 年度は、接着性能に加えて各種の強度性能の低下について検討した。採取した解体合板は昨年度と同様の 12mm 厚 5 プライ構成の JAS1 類合板である。促進劣化処理は、市販の JAS1 類合板について、「4 時間煮沸→60℃で 20 時間乾燥」を 1 サイクルとし、

これを 2, 4, 6 サイクル繰り返し行った。採取した解体合板および促進劣化処理した合板について、曲げ性能および面内せん断性能を評価した。

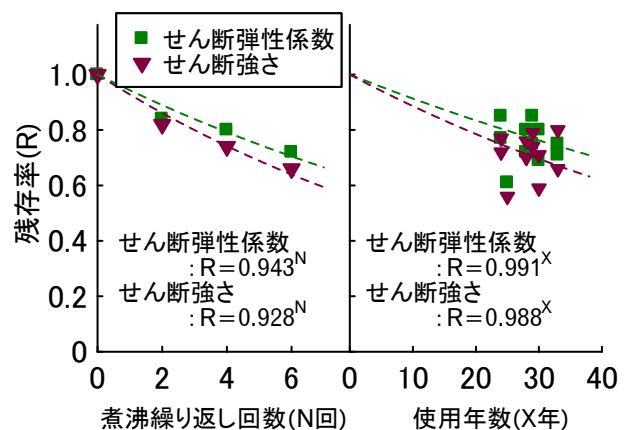
曲げ性能、面内せん断性能ともに、解体合板の分布は新品合板とは異なっており、長期使用による性能低下が認められた。解体合板や促進劣化処理した合板は、新品合板よりも曲げ試験時にせん断破壊する割合が非常に高く、接着性能低下の影響が示された。促進劣化処理した合板では、煮沸処理回数の増加とともに各種性能が低下したが、合板密度と性能低下の間には明確な傾向は認められなかった (第 1 図)。これらはいずれも剛性よりも強度において性能低下が顕著であり、実用環境とほぼ同様の傾向を示した。実用環境と促進劣化試験の残存率を比較することで、煮沸処理の劣化と同程度の劣化を引き起こすおおよその使用年数を算出可能であることが示された (第 2 図)。

### まとめ

実用環境と促進劣化試験での各種の強度性能試験結果から、種々の強度性能に関しても、劣化処理回数を使用年数へ換算できる可能性が示された。今後は、釘一面せん断性能等の劣化を調べるとともに、合板単体としての劣化に加えて、床構面等の構造体としての劣化推定についても検討する。また、50 年以上の長期使用後の各種性能低下を推定する手法の検討を行う予定である。



第 1 図 密度とせん断強さの関係 (促進劣化試験)



第 2 図 処理回数または使用年数と残存率の関係

## II. 1.6 大空間に対応可能な国産組立梁の開発

平成 24 年度 一般共同研究  
生産技術 G, 耐久・構造 G, 性能部長, 全国 LVL 協会

### はじめに

長期優良住宅や木造公共建築物の建設が推進され、従来よりも大きな空間を効率的に実現する床組構造のニーズが高まっている。また、林業再生と人工林資源の活用に向けて国産材の需要拡大と自給率向上への取り組みが進められているが、剛性が求められる横架材の自給率は 1 割に満たない。さらに、共同住宅や福祉施設等の建築物では、従来の住宅規模で一般的な 3~4m の床組スパンから、6~9m といった大スパンへの対応が求められる。国産材による高性能な横架材の選択肢は限られている。そこで、大スパンに対応可能な横架材の開発を目的として、国産カラマツ単板積層材 (LVL) を用いた高性能な組立梁を開発した。

### 研究の内容

簡易な治具を考案しながら、単板積層材を接着剤と高耐力ビスにより緊結して組立梁を試作した。住宅用途の 6~7m スパンを想定した I 形梁 (幅 114×梁せい 356mm) と非住宅用途の 8~9m スパンを想定した箱形梁 (幅 180×梁せい 590mm) を試作した。断面形状を第 1 図に示す。両形式ともにウェブの国産カラマツ LVL として、弱軸方向の膨潤収縮と面外変形の抑制に有効な直交単板 (2 層) を含む LVL (厚さ 38mm, 全 12 層) を用いた。フランジとウェブの接着接合には、充填性があり圧縮が容易なウレタン系樹脂接着剤を用いた。フランジとウェブをつなぐ

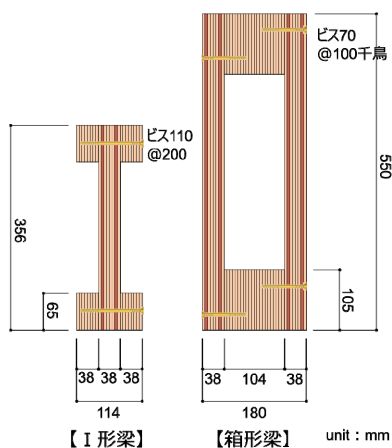
ビスは、ビスの全長とねじ部長さを考慮して圧縮効果に優れたものを選択した。

組立梁の強度性能を把握するために、実大強度試験を行った。I 形梁では曲げ試験を 5700mm スパンの 3 等分点 2 点荷重、せん断試験を 2700mm スパンの 3 等分点 2 点荷重、箱形梁では曲げ試験を 8800mm スパン・荷重点間 800mm の 2 点荷重、せん断試験を 2760mm スパンの中央集中荷重で行った。曲げ試験ではいずれの試験体もウェブの曲げ破壊とフランジの引張破壊が同時に起きており、せん断試験ではすべてウェブの水平せん断破壊が起きた。フランジとウェブ間で測定した相対変位も微量であり、フランジとウェブの挙動には連続性があることが確認された。

得られた力学特性値を第 1 表に、実用スパンのたわみ計算値を第 2 表に示す。I 形梁では住宅床用の積載荷重 (1800N/m<sup>2</sup>) と固定荷重 (600N/m<sup>2</sup>)、箱形梁では事務室床用の積載荷重 (2900N/m<sup>2</sup>) と固定荷重 (800N/m<sup>2</sup>) を用い、たわみ制限は 10mm 以下とした。ピッチに応じて I 形梁では 6.37~7.28m、箱形梁では 8.19~9.1m スパンで利用可能であることが確かめられた。

### まとめ

開発製品は LVL メーカーによる製品化、住宅メーカーによる大空間仕様の住宅床梁としての採用が実現した。開放的な大空間と可変性の高い間取りを実現する国産構造材として普及展開を図る。



第 1 図 国産組立梁の断面形状

第 1 表 組立梁の力学特性値

Type	$M_{max}$ (kN·m)	$Q_{max}$ (kN)	$EI$ (kN·m <sup>2</sup> )	$GA$ (kN)	
I 形梁	平均値	68.8	55.2	3380	6450
	変動係数	11.8%	6.9%	1.4%	3.7%
	下限値	48.7	45.8		
箱形梁	平均値	327	174	29500	29000
	変動係数	6.1%	6.5%	2.6%	7.7%
	下限値	277	146		

※ $M_{max}$ : 最大曲げモーメント,  $Q_{max}$ : 最大せん断力,  $EI$ : 曲げ剛性,  $GA$ : せん断剛性, 下限値: 正規分布仮定による信頼水準 75%の 5%下限値。

第 2 表 実用スパンにおけるたわみ計算値

Type	$\rho$ (mm)	$L$ (mm)	$\delta_c$ (mm)	$R_s$ (%)
I 形梁	455	6370	7.6	13
	303	7280	9.0	10
箱形梁	910	8190	8.5	13
	606	9100	8.9	11

※ $\rho$ : 梁のピッチ,  $L$ : 梁のスパン,  $\delta_c$ : 中央たわみ,  $R_s$ :  $\delta_c$ に占めるせん断成分の比率。



## II. 1. 7 道産材を用いた枠組壁工法用製材の性能評価と利用技術の開発

平成 24～26 年度 経常研究  
生産技術 G, 製品開発 G, 耐久・構造 G, 性能部長

### はじめに

これまで輸入材で供給されてきた枠組壁工法分野でも、国産材利用が全国で進められている。新築木造住宅の約 3 割を同工法が占める北海道でも、道内製材工場の JAS 認定取得数が増加し、供給体制の整備が進みつつある。しかし、北米製材をベースに制定された現行の同工法用製材の JAS では、国産樹種の特性や実性能が適切に反映されていない。さらに、カラマツ等が属する樹種群では年輪幅規定により多くの製材が下位等級に区分され、使用部位が制限されて不利な設計条件となるおそれもある。そこで、道産材を用いた同工法用製材の合理的で適切な構造的利用を進めるため、道産製材と構造用面材の材料性能、構造体の構造性能に関するデータ整備ならびに適切な設計・利用条件の検討を行っている。

### 研究の内容

24 年度は、道内製材工場で量産した道産カラマツ・トドマツ製材（寸法型式 204：38×89mm）を対象として、力学特性試験（曲げ・引張・縦圧縮・めり込み試験）を「枠組壁工法建築物構造計算指針」の試験方法に準じて行った。得られた特性値は ASTM D1990-07 に従って含水率 15% に補正した。各特性値の統計的下限值（対数正規分布仮定による 5% 下限値）を第 1 図に示す。カラマツの下限值については、特級の曲げ強さを除き、現行 JAS で所属する樹種群 Hem-Tam の基準値を大きく上回っている。また、枠

組壁工法用製材の主流である北米産製材の樹種群 SPF の基準値に対しては、曲げ強さは総じて下回るものの、その他の特性値では大きく上回っており、現行の樹種区分ではなく、カラマツの実性能に基づく新たな樹種群の必要性が示された。

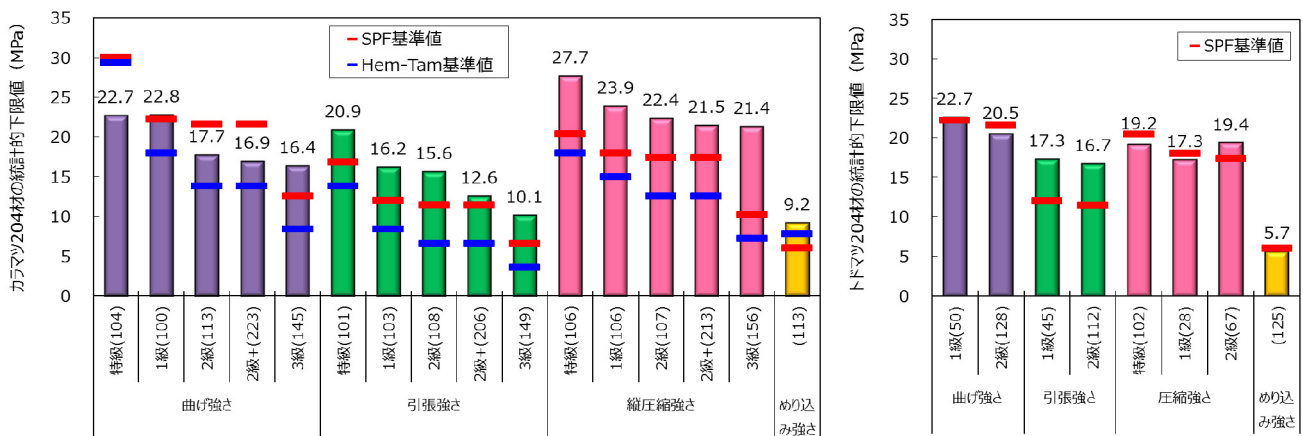
一方、トドマツの下限值については、現行 JAS で所属する樹種群 SPF の基準値と概ね同程度であり、トドマツの現行の樹種群設定は妥当と考えられる。

道産製材の主力となる小断面の 204 材や 206 材の利用部位は、壁組のたて枠材や屋根トラス部材が想定され、それらの用途に重要な圧縮強さや引張強さは両樹種ともに十分であり、これまで利用されてきた北米産製材と同等に施工可能であると考えられる。

また、カラマツの年輪幅規定を検討するため、年輪幅が 6mm 以上で甲種 3 級に判定された試験体を甲種 2 級に組み入れて、甲種 2 級+として下限値を求めた。その結果、甲種 2 級+でも、圧縮強さや引張強さは SPF を上回っており、年輪幅規定を緩和しても実用上十分な性能を有することが示された。

### まとめ

本成果をもとに、枠組壁工法製材の JAS 改正に関する基準検討事業（林野庁補助事業：全国木材協同組合連合会）において、カラマツに関する樹種群の基準値の新設、年輪幅規定の緩和を提案した。引き続き、道産部材の材料性能データの充実、構造体の構造性能データの収集を進める予定である。



第 1 図 道産製材の力学特性の統計的下限值（カッコ内の数字は試験体数）

## Ⅱ.1.8 運動床温水床暖房システムにおける利用法の変化に伴う対応法の開発

平成 24 年～26 年度 一般共同研究  
製品開発 G, 耐久・構造 G, 技術支援 G, サンポット(株)

### はじめに

運動床温水床暖房システムは、林産試とサンポット(株)が共同開発した製品で、これまでに多くの屋内運動施設に導入され、現在も施工実績を伸ばしている。近年、屋内運動場の利用形態が多様化し、床上を様々な重量物が移動する機会が増え、それに伴い床に何らかの損傷が発生するケースも見受けられるようになった。本研究では、それら床の利用方法や損傷の程度などを調査し、運動床利用の実態を把握するとともに、床の損傷を防止するための床部材、床構成などを検討・開発する。

### 研究の内容

平成 24 年度は既存屋内運動床 5 物件の現地調査を実施し、現状の把握と障害発生メカニズムの検討に取り組んだ。調査実施に当たっては調査項目ならびに調査方法の整備・標準化も念頭に置いた。

現地調査において障害の確認された事例と、検討結果を略説する。

#### (1) 多目的運動床（耐荷重仕様）での障害発生例

設計段階でコンサートや催事などの利用予定があり、本来の運動目的以外での利用が想定され、舞台装置や音響機器などの重量物が搬入出されることを見越して予め耐荷重仕様とされた運動床での現地調査を行った。床上では局所的な床の沈み込みと、床鳴りが確認された。床下地構成においては、第 1 図

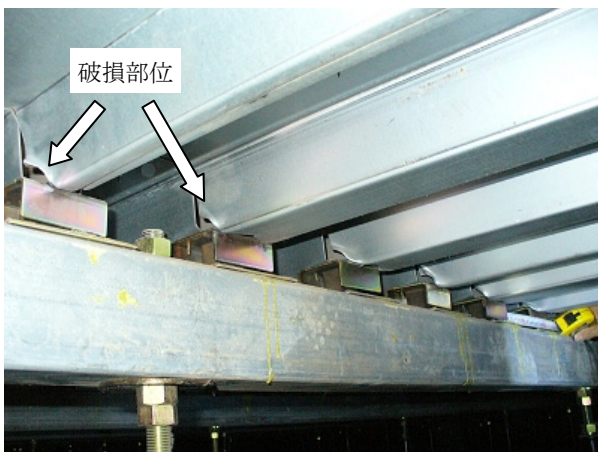
に示すような支持部材の破損が観察された。設計荷重は  $2\text{ton}/\text{m}^2$  とのことであったが、荷物の搬入出には電動フォークリフトが使用されており、このリフトが荷物を積んで移動する際の過荷重が下地の破損を招いたものと考えられる。

#### (2) 床暖房仕様運動床での障害発生例

移動式バスケットゴール（重量 1.38ton）の移動により、第 2 図に示すような体育館用積層フローリングの接合部付近で表面ピースに割れやはく離といった損傷が発生した。床暖房仕様の積層フローリングは、接合部が相欠きとなっており、バスケットゴールのキャスターなどの荷重点が移動する場合、接合部で段差を生じる可能性があり、そこにキャスターが衝突することが障害発生の一つの因子と考えられる。また同様の床暖房仕様運動床において、キャスター数の多いバスケットゴールを使用している施設では障害の発生がないことから、床仕様と使用機材との組合せで障害発生を防止できる可能性があると考えられる。

### まとめ

これら現地調査でのデータを分析し、再現実験等によって損傷の発生メカニズムを明らかにすることで、運動床における障害発生の防止を図るべく、構成部材の開発や適正な利用形態の提案を行っていきたい。



第 1 図 耐荷重仕様運動床での構成部材破損例



第 2 図 フローリング損傷部位の調査



## Ⅱ.2.3 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 道総研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、地域材による木造化および内装の木質化が進められている。対象となる建築物は、防火制限が適用されることが多いため、内装の木質化には、木質の防火材料が必要になる。

一般的な木質防火材料は、薬剤の注入によって基準の防火性能を付与した木材(防火木材)であるが、道内の主要な地域材であるカラマツ材およびトドマツ材は、難注入性のため、必要な薬剤量を注入できず、現在まで道内企業による製品化事例はない。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) 前年度までの経過

23 年度は、カラマツ材とトドマツ材について、薬剤注入量を増加させる方法を検討し、処理に用いる木材の厚さを通常よりも薄くすることが有効であることが分かった。また、施工後の防火木材で問題になっている薬剤の析出については、薬剤の種類、薬剤注入量、相対湿度との関係を把握した。

#### (2) 防火木材の材料構成の検討

前年度の結果に基づいた注入処理条件で得られた処理木材(厚さ 6.5mm, 8.5mm, 12.5mm)を用いて、第 1 図に示す構成の試験体を作製し、基準性能が得られる薬剤注入量を検討した。試験は発熱性試験を適用し、難燃材料および準不燃材料の性能を評価し

た。

試験結果の一例として、難燃材料の評価項目である 5 分間総発熱量を第 2 図に、準不燃材料の評価項目である 10 分間総発熱量を第 3 図に示す。試験の結果、難燃材料は全ての構成において薬剤注入量 80kg/m<sup>3</sup>以上で、準不燃材料は複層構成において薬剤注入量 110kg/m<sup>3</sup>以上で製造可能であることが分かった。

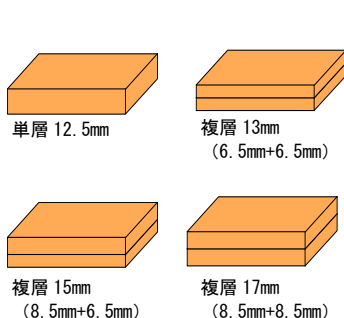
#### (3) 薬剤析出の抑制技術の開発

前年度の結果を基に選定した薬剤を使用して、難燃材料および準不燃材料を想定した処理木材を作製し、それらを用いて、塗料の薬剤析出の抑制効果を検討した。試験の結果、ウレタン樹脂系塗料は、高湿度環境(温度 30℃, 湿度 80, 90%RH)において、処理木材の吸湿速度を低下させ、薬剤の析出抑制に有効であることが分かった。

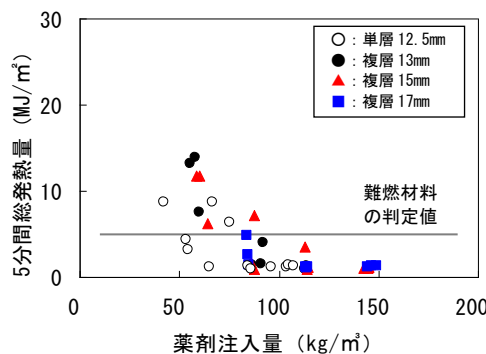
#### まとめ

24 年度は、カラマツ材およびトドマツ材を用いた防火木材について、準不燃材料、難燃材料の性能を有する製品の材料構成を明らかにした。更に、施工後の防火木材で問題となっている薬剤の析出について、薬剤の種類を選定および表面の塗装により、90%RH までの湿度環境で抑制できることが分かった。

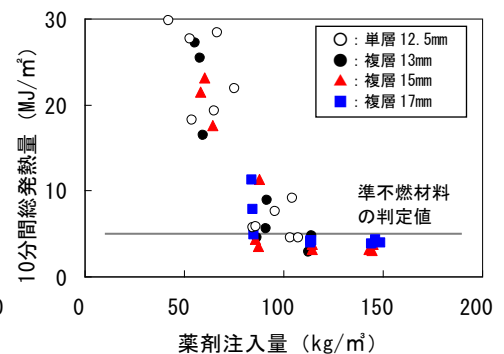
25 年度は、上記の材料構成の防火木材について、品質管理、製造コストを考慮した生産工程を検討するとともに、実証試験により施工後の薬剤析出等の有無を確認する。



第 1 図 試験体の材料構成



第 2 図 薬剤量と 5 分間総発熱量の関係



第 3 図 薬剤量と 10 分間総発熱量の関係

## Ⅱ.2.6 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。積雪寒冷地域では、冬季に凍結融解の影響を受けることから、この影響を考慮した耐候性能の把握が必要とされている。

本研究では、各種木材用塗料の道産木材に対する耐候性能を、屋外暴露試験を通して明らかにするとともに、積雪寒冷地域での利用に適した塗装処理を短期間で把握するための促進耐候性試験方法について検討した。

### 研究の内容

平成 22 年度は、冬季施工が塗装木材の塗膜の劣化に及ぼす影響を検討した。カラマツ、トドマツ材に各種木材用塗料（水性 8 種類、油性 3 種類）を塗布し、積雪が始まる 12 月に屋外暴露試験を開始した。冬季の屋外暴露試験 3 ヶ月後には、一部の塗料（水性 1 種類、油性 1 種類）において、塗膜のはがれが観察された。一方で、塗膜の劣化が観察されない塗料も多く存在し、積雪寒冷地域での利用に適した塗料の存在が明らかになった。

23 年度は、木材の表面仕上げの違い（プレーナー仕上げ、及び P60、P150 のペーパーサンディング仕上げ）が、塗膜の耐候性能に及ぼす影響を検討し、P60 でのペーパーサンディング仕上げの塗膜の耐候性能は、他の処理に比べて高くなる結果が得られた。

24 年度は、積雪寒冷地域における木材用塗料の耐候性能を短期間で把握することを目的として、耐凍害性の評価方法を検討するとともに、キセノンランプ法（JIS K 5600-7-7）による促進耐候性試験と積雪寒冷地域での屋外暴露試験との比較を行い促進性を検討した。試験体には、各種木材用塗料（水性 8 種類、油性 3 種類）を塗布したカラマツ材を用いた。

耐凍害性の評価として、凍結融解繰り返し試験を実施した。塗装試験体の暴露面が水面に接するようにして浮かべ、20℃（5 時間）、続けてマイナス 10℃

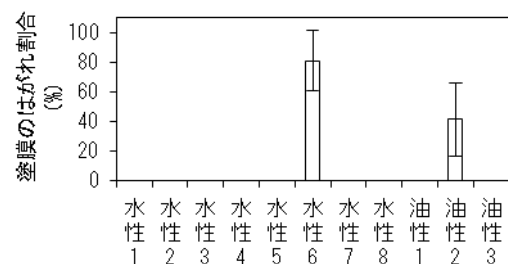
（5 時間）の温度サイクルを 1 サイクルとして、10 サイクル実施した。第 1 図に凍結融解繰り返し試験後の塗膜のはがれ割合を示す。塗膜のはがれが観察された塗料は、屋外暴露試験においても凍害の影響を受けた塗料であり、本試験方法は、耐凍害性の有無を把握するのに適していると考えられた。

キセノンランプ法による促進耐候性試験では、促進性の向上を図るため、JIS 規格で行われる放射強度（60W/m<sup>2</sup>、300～400nm）の 2 倍の照度（120W/m<sup>2</sup>、300～400nm）で試験を実施した。促進耐候性試験を 0、250、500、750、1000 時間実施後に撥水度の測定を行い、屋外暴露試験 2 年後（暴露条件：南向き水平暴露）の撥水度と比較した結果、750 時間後の値が最も相関性が高くなった。屋外暴露試験 2 年間（17520 時間）が、促進耐候性試験 750 時間に相当することから、促進倍率は約 23 倍と推定された。

### まとめ

屋外暴露試験を通して、積雪寒冷地域での利用に適した塗料を把握した。凍結融解繰り返し試験や高照度条件でのキセノンランプ法を実施することで、耐凍害性や長期的な耐候性能を短期間で把握できる可能性が示唆された。また、木材表面を粗く仕上げる処理を施すことで、塗装後の耐候性能は向上する可能性が示唆された。

今後は、本課題で得られた塗装処理や促進試験方法に関する知見を、道産材を利用した木製品（木製サッシや木質外装材等）の開発に役立てる。



第 1 図 凍結融解繰り返し試験 10 サイクル後の塗膜のはがれ割合

## 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  
普及調整 G, 耐久・構造 G, 京都大学 (主管), 関東学院大学, 前橋工科大学, 富山木研

### はじめに

本研究では、主として木造住宅の大壁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、中心周波数を 20 GHz（マイクロ波とミリ波の境界周波数帯）とする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およびそれらを用いた診断装置の性能評価を担当した。

### 研究の内容

平成 23 年度は、腐朽モデル試験体を作製するための方法として脱気密封機（フードシーラー）で腐朽材をラッピングする方法（以下、ラッピング法）を開発した。24 年度の試験内容と得られた成果の概要は以下のとおりである。

#### (1) 腐朽モデルの作製

構造体の腐朽モデルを検討するにあたり、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ため、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」の作製を検討した。まず、カラマツ単板あるいはトドマツ挽板（3×100×100mm）を所定期間（3, 6, 9, 12 週間）、オオウズラタケで強制腐朽させ、腐朽程度（質量減少率）の異なる試験体を作製した。これらをラッピング法により密封し、一定期間、腐朽の状態や含水率を固定できるかどうかを検証した。その結果、いずれの樹種においても、

少なくとも密封後 28 日間は、腐朽の進行はほとんど見られず、含水率も維持できることがわかった。

#### (2) 開発した診断装置の腐朽検出に関する性能評価

住宅壁内の腐朽部位の検出を想定し、腐朽の程度が異なる湿潤試験体または乾燥試験体※を石膏ボードに貼り付けてその電磁波反射波強度を測定した（第 1 図）。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・湿潤試験体の方が反射波強度は大きかった。
- ・試料をボードの前面に貼り付けた場合と背面に貼り付けた場合で反射波強度が最大となる位置が異なったことから、劣化の奥行方向の位置を検出できることが示された。
- ・試料が水分を含んでいる場合、試料の形状を検出できることがわかった（第 2 図）。

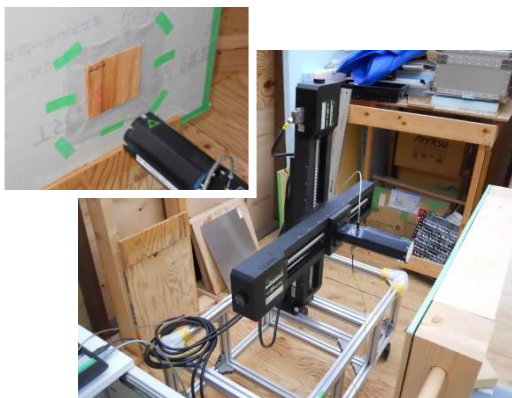
※湿潤試験体：腐朽菌暴露終了後、そのまま密封

乾燥試験体：腐朽菌暴露終了後、乾燥して密封

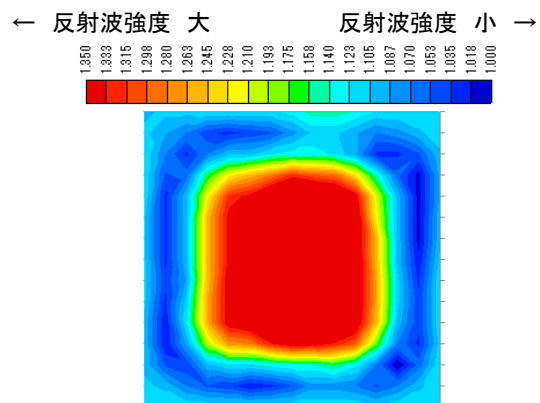
#### まとめ

本研究で検討・開発した構造体腐朽モデルにより、ミリ波・マイクロ波を用いた非破壊診断装置の性能評価が容易になり、実用機開発の迅速化に資することができる。また、床部の非破壊診断装置としての応用開発にも本成果が活用される。

木材・木質材料および構造体の診断装置として使用するためには、さらに分解能、検出速度、画像処理等を検討する必要がある、今後も実用化に向けた研究を継続する予定である。



第 1 図 開発した非破壊診断装置



第 2 図 腐朽モデル試験体の電磁波反射強度



## 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 年～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  
 (独)建築研究所, (独)産業技術総合研究所, (一財)日本建築総合試験所

### はじめに

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。本研究では、木造住宅の床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

平成 23 年度は、枠組壁工法床に乾式二重床を施工する場合に、乾式二重床上面への質量と剛性の付加が、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/m<sup>2</sup>の質量を付加することが必要であることが明らかになった。

24 年度は、RC 造床 150mm 同等性能であるタイヤ衝撃音レベルで Li, Fmax, r 65 以下、ゴムボール衝撃音レベル Li, Fmax, r 55 以下、軽量床衝撃音レベル Li, r 55 以下を目標にし、カラマツ材やシラカンバ材など地域木材の活用を考慮し検討した。第 1 表の床仕様を（独）建築研究所の試験室に施工し、床衝撃音レベル、床と天井の振動加速度レベルを測定した。

A シリーズは市販の遮音マット 12mm と複合フローリング 12mm で面密度を重視し、B シリーズはカラマツ合板 24mm とシラカンバ複合フローリング 15mm で剛性を重視するタイプである。両床仕様は、A01 を

第 1 表 測定床仕様

	天井構成	ベース床	二重床構成	床仕上
Base	①+②	⑥	—	⑫
A01			⑨+⑩	
A02	①+③+③	+	⑨+⑪	⑬
B01		⑦		
B02		+		
B03		⑧		
B04	①+③+⑤			

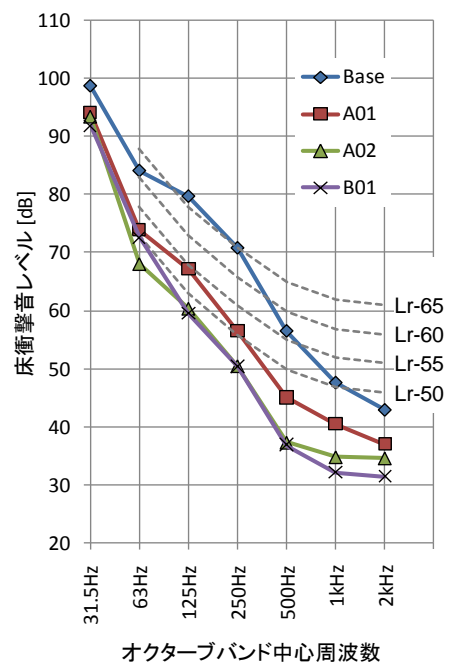
天井根太①：206 材 140mm@455 天井材②：せつこうボード 12.5mm ③：強化せつこうボード 15mm 天井下地④：Resilient channel ⑤：試作 Resilient channel 吸音材⑥：GW24K-100mm 床材⑦：合板 15mm フローリング 12mm 床根太⑧：210 材 235mm@455⑨二重床基部：パーティクルボード 20mm 二重床下地材⑩：遮音マット ⑪：カラマツ合板 24mm 床仕上げ⑫：複合フローリング 12mm (汎用品) ⑬：シラカンバ複合フローリング 15mm

除き目標に達する遮音性能が得られた。重量衝撃音レベルは、タイヤとボールとも 63Hz 帯域で A02 より B シリーズが若干大きくなった（第 1 図）。B01 においては、二重床上の加振点床上の衝撃時のたわみは A02 が B01 の 3 倍程度になっており、A02 の天井の振動加速度レベルが、63Hz で若干小さくなったことから、A02 では、二重床面と天井面の間の効果で振動が小さくなり、63Hz 帯域においてその効果が高かったと推察された。B シリーズの性能向上には、これらについて検討する必要がある。

天井の緩衝系材料としての Resilient channel に関しては、250Hz 帯域以上で効果が見られた。

### まとめ

良質な木造共同住宅を普及させるために床衝撃音遮断性能を向上する基礎的な実験を行った。その結果、乾式遮音二重床部分に、シラカバフローリング及びカラマツ合板を使用した床構造が、遮音マット仕様とほぼ同等の遮音性能が得られ、おおよそ目標の性能を得ることができた。



第 1 図 ゴムボール衝撃音での床仕様の違いによる床衝撃音レベル

## 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 年～24 年度 受託研究  
居住環境 G（委託者 （独）森林総合研究所）

### はじめに

平成 15 年に建築基準法が改正され、ホルムアルデヒド放散建材の規制、換気設備の義務付けにより、室内空気質は大幅に改善された。一方、平成 21 年に刊行された「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」は、木材ならびに木質材料が室内における主なアセトアルデヒド放散源であると指摘した。本研究では、木質建材からのアルデヒド放散に影響を及ぼす環境因子を解明することによって、厚生労働省室内濃度指針値に対する木質材料の安全性を明確にすることを目標とした。

### 研究の内容

平成 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 4 週間にわたり測定した。

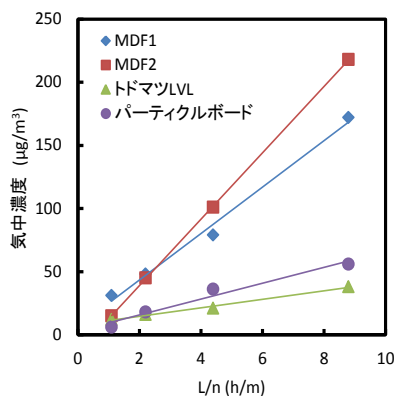
23 年度は、前年度に引き続き市販パーティクルボード・MDF（いずれも M タイプ）、当场で試作したトドマツ合板のアセトアルデヒド放散量を 4 週間にわたって測定した。2 週間経過後には全ての試験体で放散速度が  $10 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$  以下となった。また、異なる温度条件下において、アセトアルデヒド放散速度は測定初期には温度が高いほど大きい値を示したが、2 週間後にはほぼ等しい値を示した。一方、異なる相対湿度条件下では実験期間を通して温度が高いほど大きい放散速度を示した。

24 年度は、小形チャンバーを用いて、試料負荷率（放散面積を測定容器の容積で除した値, L）がアセトアルデヒド気中濃度に与える影響を検討した。ホルムアルデヒドの場合、気中濃度の逆数(1/C)と換気回数を試料負荷率で除した値(n/L)の間には直線の関係があることが知られている。アセトアルデヒドでも同様の関係が認められたが、第 1 図に示したように、C と L/n 間にも直線の関係が同時に認められた。この関係は、アセトアルデヒドの放散速度が気中濃度の影響を受けにくいことを示している。このことから、異なる放散速度の材料を設置したときの気中濃度は、各材料を単独で設置したときの気中濃度の総和になると考えられた。

そこで、小形チャンバー法で測定したトドマツ合板と市販複合フローリングを試験室（床面積 30.2  $\text{m}^2$ 、天井高 2.4 m）内に単独で設置した場合の気中濃度を推定した。これらの値を合算して試験室内の推定気中濃度とした。試験室の気中濃度は  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、推定値は実測値とおおよそ一致した（第 1 表）。また、その値はアセトアルデヒド気中濃度の厚生労働省指針値（ $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を下回った。

### まとめ

本研究では、小形チャンバー法の結果から実大空間でのアセトアルデヒド気中濃度の推定を可能にするとともに、木質内装材の安全性を確認した。この結果は森林総合研究所において、木材と室内空気質関連の基礎的な資料として活用される予定である。



第 1 図 L/n と気中濃度の関係

第 1 表 小形チャンバー測定値と試験室での推定気中濃度

	小形チャンバー	試験室	
	放散速度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )	試料 負荷率 ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	推定 気中濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
トドマツ内装合板	14	0.54	15
複合フローリング	4	0.41	3
試験室	-	0.95	18