

Ⅱ.1.1 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、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

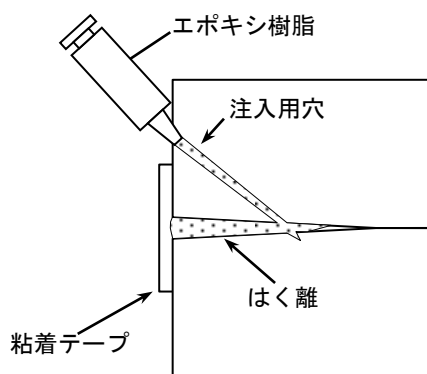
平成 23 年度は人為的に非接着部分を設けた集成材を作製し、応力波の伝播速度に基づいたはく離の検出について検討するとともに、この集成材の曲げ破壊試験を行い、はく離が強度に及ぼす影響について検討した。

24 年度は促進劣化処理（煮沸）を繰り返し適用した試験片で、せん断強度試験を行い、接着性能の劣化が強度に与える影響について検討するとともに、模擬はく離を接着剤で補修した小型の試験体の強度試験を行い、この補修方法が有望であることを確認した。

25 年度は補修の効果と非破壊検査の製造時検査への応用について検討した。

(1) 補修の効果の検討

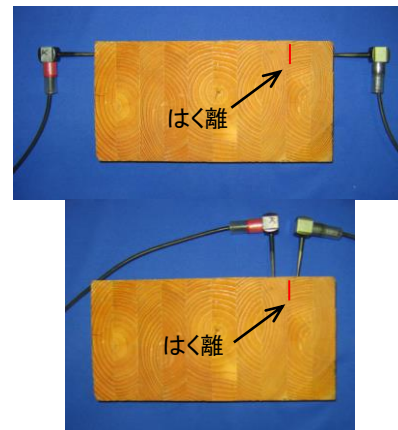
接着剤を用いた補修が実際に有効であるか確認



第 1 図 補修方法



第 2 図 補修の有無と破壊形態
(上段：補修なし，下段：補修あり)



第 3 図 センサ配置と検出精度
(上：精度低，下：精度高)

するために、比較的大きい模擬はく離試験体を用いて試験を行った。模擬はく離を持つ寸法が 100×220×1,800 mm の試験体を作製し、第 1 図に示す方法で補修した。ASTM D3737 の実大はりの水平せん断試験を行ったところ、未補修のものは著しいせん断破壊を生じたが、補修済みのものでは模擬はく離の影響は認められなかった（第 2 図）。

(2) 製造時検査への応用

工程上の問題から生じる接着不良を製造時に検出できないか検討した。応力波伝播速度に基づいた方法では第 3 図上のように複数の接着層をまとめて測定する場合の精度は低かったが、同図下のように単一の接着層に着目した場合、不良個所を確実に検出することができた。しかし、個々の接着層に着目した測定では効率的ではないことから、現時点での製造時検査への応用は適切ではなく、他の検査手法に基づく必要があると考えられた。

まとめ

通常集成材が極めて高い接着性能を有していることが確認されるとともに、はく離が生じた場合にも強度性能を回復可能な補修方法を示すことができた。

はく離の測定と判定、補修方法についてとりまとめたマニュアルを公開する予定である。

II.1.2 合理的な木質接合部を実現するための 異種接合具併用接合に関する研究

平成 25～27 年度 公募型研究
耐久・構造 G

はじめに

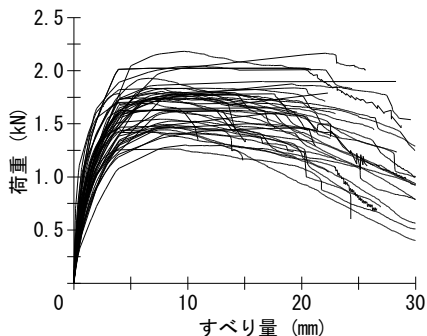
現在の木質構造における接合部の設計法では、釘とボルトを組み合わせるなどの異種接合具を併用する場合には、単純に両者の基準耐力を加算することができない。このため、異種接合具を併用する接合部の耐力は、本来は実験によって確認する必要があるが、現実にはどちらか一方の接合具の耐力のみを採用して設計するという、安全側ではあるが合理的ではない設計手法が用いられている。そこで本研究では、異種接合具を併用した接合部の合理的な設計手法について検討した。

研究の内容

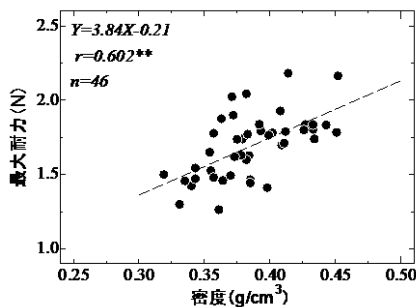
接合部に関与するすべての接合具の強度特性を合理的に反映した設計手法を検討することを目的として、平成 25 年度は、単一接合要素の荷重-すべり曲線のデータベースを構築するため、釘を用いた接合部の加力試験を行った。

(1) 接合具が単独の場合の接合性能

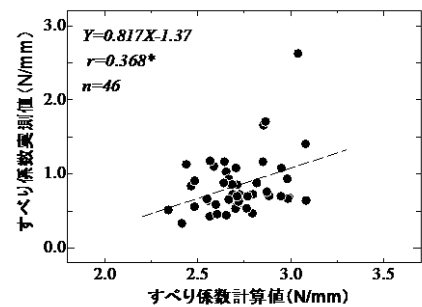
主材をトドマツ（密度 0.32～0.45，平均 0.39g/cm³），側材を鋼板（厚さ 3.2mm），接合具を釘（CN50，径 2.87，長さ 50mm）とする単独鋼板添え板釘打ち接合の一面せん断試験を行い、荷重-すべり量の関係曲線データを蓄積した（第 1 図）。またこれらのデータを用いて、主材の密度に基づく変形性能の推定を試みた。その結果、最大せん断耐力と密度との間には有意な相関関係（相関係数 0.60）が存在することを確認した（第 2 図）。一方、密度をパラメー



第 1 図 鋼板添え板釘接合の荷重-すべり量の関係



第 2 図 主材の密度と最大耐力の関係



第 3 図 すべり係数の計算値と実験値との関係

タとすることによって、降伏耐力をヨーロッパ型降伏理論から、また剛性（すべり係数）を弾性床理論から推定することが可能であるが、実験値と推定値とを比較した結果、両者の相関係数は降伏耐力で 0.42，すべり係数で 0.37（第 3 図）となり、最大耐力の場合に比べて低い結果となった。これは、今回のような径の細い釘の場合のせん断変形挙動は、密度だけでなく木材の年輪構成や材質の不均一性による影響を受けやすいためと考えられる。

(2) 同種接合具を複数用いた場合の接合性能

同一の主材（スギ，平均密度 0.35 g/cm³）を繰り返し使用して、CN50 釘の本数を 1，2，3 本と変化させて (1) と同様の鋼板添え板釘接合の一面せん断試験を実施し、釘本数と接合性能の関係について検討した。その結果、初期剛性はおおむね釘本数に応じて増加するが、最大耐力は釘本数に相当する値には達しない場合があることが確認された。これは、木質構造設計規準に則り接合具同士の間隔を十分に確保したにも関わらず、最初に最大耐力に達した釘接合部の木部の割れ等が隣接する釘接合部の性能に影響を及ぼしたためと考えられる。

まとめ

25 年度は、釘を対象として、単一接合具を用いた接合部のせん断性能について検証した。26 年度以降は釘とボルト，ラグスクリューなどの異種接合具を併用した接合部のせん断性能について検討する。

Ⅱ.1.3 腐朽部材を接合金物で補強した場合の強度に関する研究

平成 25 年度 公募型研究
耐朽・構造 G, 普及調整 G, 京都大学

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、都道府県耐震改修促進計画が進められており、32 年までに耐震化率を 95%にするという具体的な目標値が設定されている。耐震改修の大筋は耐力壁の壁量不足を補うことにあり、既存躯体である柱や梁、土台の健全性が担保された上でなくては効果が得られないものであるが、部材継続使用の可否判断においては根拠に乏しい現状にある。このため、現場では安全側の判断として少しでも腐朽が疑われるものについては交換する方針をとることになるが、その一方で過度の改修に対する住宅所有者の疑念や不信を招く要因ともなっている。

本研究では、耐震補強現場で用いられている木ねじ留めタイプの柱脚補強金物を念頭に置き、腐朽した部材に木ねじを留めつけた場合の有効性を検証することを目的として、下記の実験を実施した。

研究の内容

強制腐朽処理方法を用いて腐朽させたトドマツ部材に木ねじ（カネシン CPQ45）を留めつけた場合のせん断耐力、ならびに引抜耐力を評価した。

強制腐朽処理は、あらかじめプラスチック容器に腐朽菌を培養したものを目的部位に貼りつけておこなった。試験体は心材と辺材を区別し、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

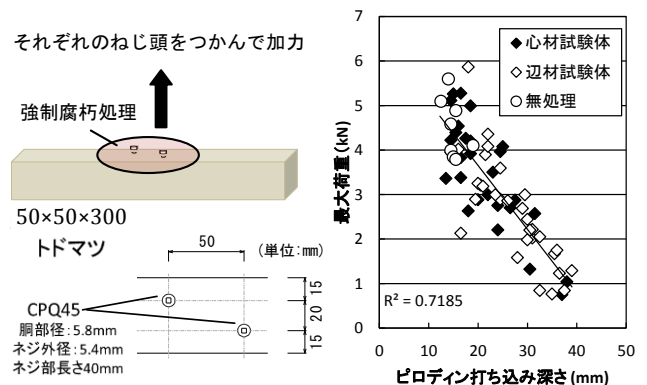
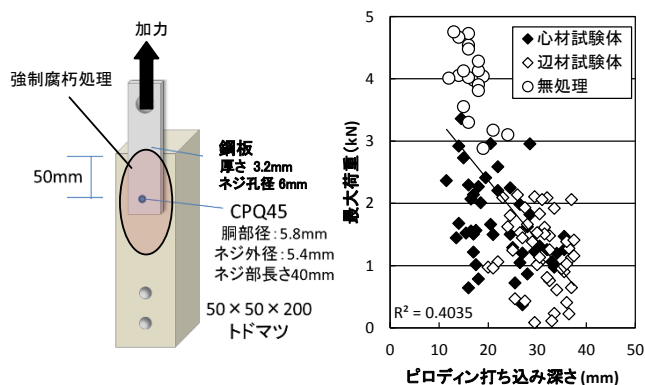
(26℃) の 3 か所で腐朽させた。腐朽処理は 6 月中旬に開始し、処理期間は 20 週間とした。試験体は腐朽処理終了後に 40℃で 24 時間の予備乾燥をした後、実験室環境で 2 か月以上養生してから木ねじを留めつけて試験に供した。第 1 図にせん断試験方法を、第 3 図に引抜試験方法を示す。腐朽の程度は、ピロディン¹⁾による打ち込み深さで評価した。

強度試験終了後に木ねじの両横で測定したピロディン打ち込み深さ (2 点平均) と最大荷重の関係 (第 2, 4 図) においては、両試験ともに、ピロディンの打ち込み深さが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、特に引抜試験では高い負の相関が得られた。引抜試験においては、ピロディンの打ち込み深さが腐朽深度を表し、残存する健全層が木ねじの有効長さに相当するために相関が高いものと考えられた。せん断試験については、端距離 (木口までの距離) が破壊形態におよぼす影響を加味して考察を深める必要があると考えられた。

- 1) 木材の腐朽を評価する機器の一つで、金属製のピン (直径 2.5 mm) をバネの力で木材に打ち込み、その打ち込み深さによって腐朽状況を判断するもの

まとめ

本研究により、強制腐朽処理した部材を用いて接合耐力を評価する手法を示すことができた。今後は、これを応用して、様々な接合形態に対して腐朽による強度低下についての評価へと展開する予定である。



第 1 図 せん断試験方法 第 2 図 せん断試験における最大荷重と打ち込み深さの関係 第 3 図 引抜試験方法 第 4 図 引抜試験における最大荷重と打ち込み深さの関係

II.1.6 スクリューの引抜き性能における有限要素解析結果と実験結果の比較

平成 25 年度 公募型研究
マテリアルG

はじめに

木材を対象とする構造体の力学的特性は有限要素解析 (以下, FEA) を用いて表現することはできない場合がある。それは弾性学を適用するには難しい現象を有する要素が存在するからである。この現象の一つに、木材が圧縮を受ける箇所が特異的に変形する問題がある。この特異的な変形を「局部面圧現象」と呼ぶが、この局部面圧現象を明らかにすれば木材を用いた構造体の力学的性能を予測する手段確立の手がかりとなる。

本研究では、木材の樹種間で局部面圧現象の影響に差があるかどうか検討する。その上でラグスクリューボルト (以下, LSB) の引き抜き現象において、FEA結果からLSB引抜きの算定式を作成し、その算定式と局部面圧現象を組み合わせることでLSB引抜きの力学的性能の評価が可能かどうかを検討した。

研究方法

樹種をパラメータとして同じ加力面 (30×30mm) で試験体せい 60mm の直方体の半径方向圧縮試験を行った。樹種はアカマツ、ヒバ、ヒノキ、カラマツ、スギの5種類で、各樹種 10 体の製材よりそれぞれ未成熟部を除いて試験体を切り出した。全体の歪みから求めた E_{R_app} と標点区間の歪みから求めたヤング率 E_{R_SG} の差分から局部面圧係数 β を算定した。標点区間の歪みを求めるのにあたり、ゲージ長さ 30mm

のひずみゲージ (東京測器 FLTP-30) を用いた。ゲージはRT面の中央2面にシアノアクリレート系接着材 (東京測器, CN-E) で貼り付けた。試験はクロスヘッドの変位速度 0.5mm/min で、見かけの変形量が試験体せいの 5%である 3mm を超えた時点で終了した。

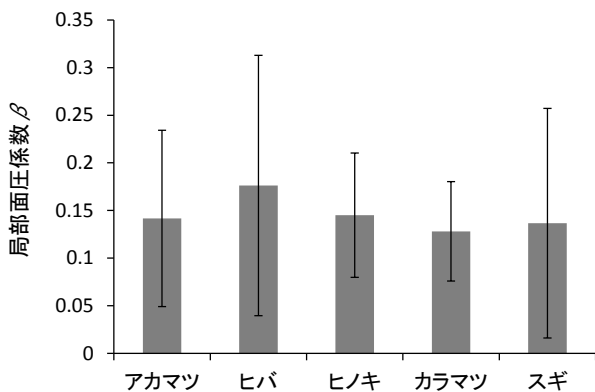
結果とまとめ

局部面圧係数 β の値は第1図に示す様に樹種に関係なくほぼ一定の値を示した。

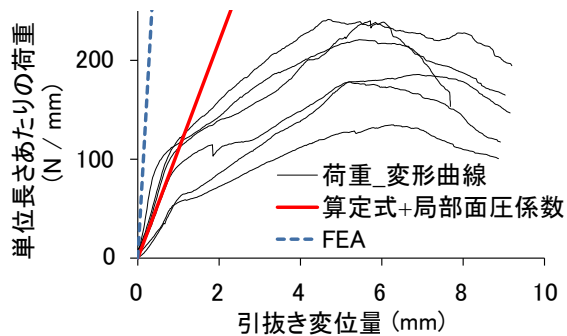
次に、LSB引抜きのFEA結果からLSB引抜き初期剛性の近似式を導き、近似解と局部面圧係数を組み合わせ、LSB引抜き初期剛性、耐力の算定式を作成した。

算定式の結果を過去の実験結果と比較した。第2図に径15mmのLSBを引き抜いた際の単位長さあたりの荷重-変位の曲線と算定結果を示す。単位長さあたりの性能を求めるために、試験結果はLSB挿入長さで除している。初期剛性の算定値は実験対象とした範囲内で実験結果とほぼ一致した。本研究結果から、木質構造や木質材料の設計において、FEAを用いて構造体における力学的性能の算定式を作成した上で、その算定式と局部面圧現象を組み合わせ、任意の構造体の力学的性能を明らかにする手法が有効であることが示唆された。

今後、有限要素解析をCLTや新たな接合部開発に生かすため、その元となる北海道産樹種の弾性定数を整理する。



第1図 樹種毎の局部面圧係数 (β) の比較



第2図 試験結果と算定結果 (径15mmのLSB)

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

はじめに

長寿命住宅の推進により、耐震性や耐久性に優れた高性能な住宅に対する要求が強まっている。構造躯体の性能を長期間維持する上で、構造用合板等の木質面材料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る評価が行われているが、これらの試験結果と実使用時の劣化の関係は明確ではない。本研究では、実際の住宅に使用された合板の性能低下を調査するとともに、促進劣化試験の結果と比較することによる劣化推定手法を検討した。

研究の内容

平成 23 年度は、実際の住宅の床下地に長期使用された合板（南洋材 12mm 厚 5 プライ構成、JAS1 類）の使用期間と接着性能の関係を調べるとともに、新品合板の促進劣化処理の回数と接着強度の関係を調べた。さらに、これらの結果から、促進劣化の処理回数を床下地材としてのおおよその使用年数に換算する手法を提案した。

24 年度は、前年度と同様の手法を用いて、実用環境と促進劣化試験における合板の曲げ性能や面内せん断性能の低下を比較検証した。これらの性能についても、促進劣化処理と同程度の性能低下を引き起こす使用年数を算出可能であることを示した。

25 年度は、実用環境における釘接合性能の低下を調べ、促進劣化試験結果と比較した。また、50 年以上の長期使用時の各種性能低下を推定する手法につ

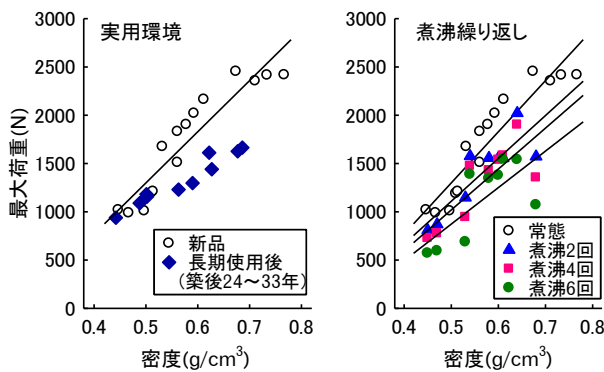
いて検討した。

築後 24～33 年経過した住宅から床下地合板を採取し、釘側面抵抗試験、釘頭貫通試験、釘一面せん断試験を行い、前年度までと同様の手法を用いて、実使用時の性能低下を数値化した。実使用時の性能は、釘一面せん断性能 > 釘頭貫通性能 > 釘側面抵抗性能の順に強度の残存率が低くなった。釘側面抵抗試験では、実用環境と促進劣化試験の結果には類似した傾向が認められ（第 1 図）、促進劣化試験の結果から実用環境の劣化を推定できる可能性が示された。また、実使用時の面内せん断性能と釘一面せん断性能の結果を用いて、合板張り床構面の性能推定を行った結果、長期使用時の合板自体の劣化に伴う床倍率の低下は非常に小さいことが明らかになった。

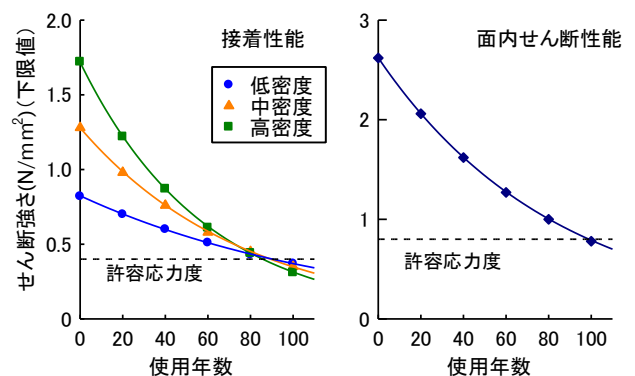
実用環境の性能低下について、近似曲線を当てはめ、それを外挿することによって、長期使用時の各種強度性能を推定した。その結果、接着性能や面内せん断性能においては、数十年程度の使用で現行の合板の許容応力度を下回る可能性が示唆された（第 2 図）。

まとめ

住宅構造材として使用された合板について、実用環境の性能低下を明らかにし、新品合板の促進劣化試験結果と比較検討することにより、長期使用時の劣化推定手法を提案した。今後はさらに、使用樹種や接着剤の種類が異なる場合の長期劣化推定手法についても検討していきたい。



第 1 図 実用環境と促進劣化処理後の釘側面抵抗性能



第 2 図 実用環境の劣化予測の一例

Ⅱ.1.8 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。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。また、カラマツ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の整備に取り組んでいる。

研究の内容

平成 24 年度は、道内製材工場で生産された道産カラマツ・トドマツ製材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）を行った。道産製材の下限値と JAS 基準値との比較を行い、カラマツが現行樹種群より高い性能を有すること、トドマツは現行樹種群と同等の性能を有すること、カラマツの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を明らかにした。

25 年度は、道産構造用合板の材料性能と接合性能を検討した。まず、道産カラマツ・トドマツ構造用合板の曲げ試験と面内せん断試験を行った。合板厚さは 3 種類とし、壁用の 9mm 厚、屋根下地用の 12mm

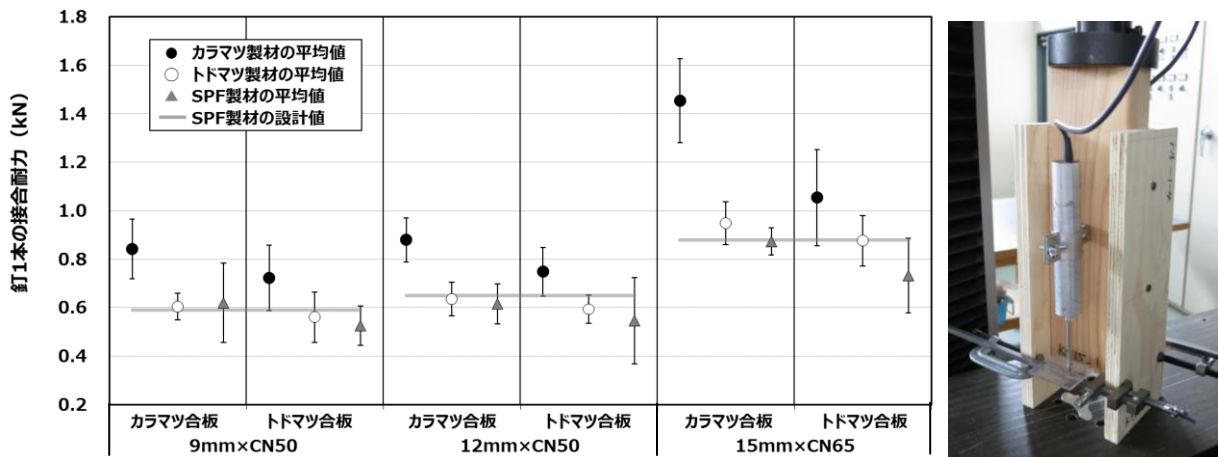
厚、床用の 15mm 厚とした。曲げ強さと曲げヤング係数については、0 度方向（表層繊維方向がスパンと平行）の平均値では概ねトドマツ合板よりカラマツ合板のほうが高かったが、曲げ強さの下限値ではバラツキの少ないトドマツ合板のほうが高かった。2 級合板の設計値との比較では、9mm 厚で 0 度方向のカラマツ合板を除いて実験値が設計値を上回った。

せん断強さとせん断弾性係数については、平均値と下限値ともにトドマツ合板よりカラマツ合板が上回った。2 級合板の設計値との比較では、トドマツ合板の 9, 12mm 厚でやや設計値を下回った。以上より、輸入材をベースに設定された 2 級合板の設計値と道産面材との関係が明らかとなった。

次に、道産 2×4 製材に道産面材を釘 4 本で留め付けた釘接合モデル試験体を用いて釘一面せん断試験を行った（第 1 図）。釘 1 本あたりの接合耐力を見ると、いずれの仕様においてもカラマツ製材がトドマツ製材より高くなった。比較用の SPF 製材と比べると、カラマツ製材のみならずトドマツ製材も同年以上となり、道産材を用いた 2×4 構造体の性能が優位となる可能性が示された。

まとめ

これまでに、道産製材と道産面材の材料性能と接合性能が明らかとなった。26 年度は製材と面材を組み合わせた構造体の構造性能を検証する予定である。



第 1 図 道産合板と道産製材による釘接合部のせん断試験状況とせん断耐力の結果

II. 1. 10 国産材を用いた CLT の強度性能評価

平成 25 年度 受託研究
生産技術 G, 耐久・構造 G, マテリアル G
(委託者 日本 CLT 協会)

はじめに

直交集成板 (以下、CLT) は、中高層建築物の木造化を可能にする新しい木質材料として欧米で急速に普及しており、日本でも国産材の新たな需要拡大策として早期の実用化が期待されている。2014 年 1 月には CLT に関する日本農林規格が施行され、木質材料としての品質管理・供給体制が整備されつつある。今後は、構造設計に不可欠な基準強度の制定が待たれるが、材料性能のデータ収集は緒についたばかりであり、種々の樹種や等級構成などの仕様における検証が必要である。本研究では、JAS のラミナ構成に基づいて製造された国産 CLT の力学特性を明らかにするために曲げ・せん断・めり込み性能試験を行った。

研究の内容

CLT の製造条件は、ラミナ構成は異等級構成 3 種類 (強度等級 Mx60, Mx90, Mx120) とした。いずれも内層に用いるラミナはスギとし、外層に用いるラミナは Mx60 ではスギ, Mx90 ではカラマツ, Mx120 ではヒノキとした。ラミナの断面寸法は厚さ 30×幅 110mm とした。CLT の断面構成は 5 層 5 プライと 7 層 7 プライの 2 種類とした。ラミナのたて継ぎと積層接着には水性高分子イソシアネート系接着剤を用いたが、ラミナの幅はぎ接着はしなかった。

曲げ試験は 3 等分点 2 点荷重方式により行い、曲げスパンは材せいの 21 倍とした。破壊状況は主に下

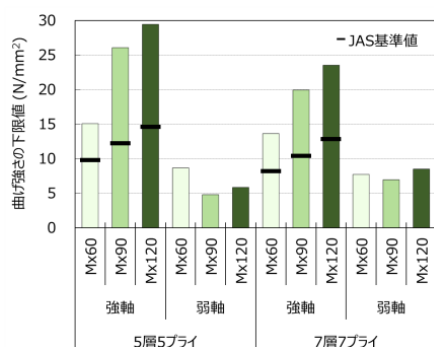
層ラミナのたて継ぎ部または節の引張破壊であった。試験の結果 (第 1 図), 強軸試験体 (外層ラミナの繊維方向が材長方向に平行) では、曲げ強さが外層ラミナの等級に応じて向上すること、曲げ強さの JAS 基準値が安全側に設定されていること、5 層より 7 層のほうが寸法効果により強度が低くなることが確かめられた。

せん断試験は中央集中荷重曲げ方式により行い、試験スパンは材せいの 5 倍とした。破壊状況は主に直交層のせん断破壊であった。試験の結果 (第 2 図), 内層ラミナの品質に依存するために外層ラミナの等級に応じた強度向上は曲げ性能ほど顕著でないこと、7 層では下限値が JAS 基準値を下回るものもあり、基準値設定に寸法効果を考慮する必要性が示された。

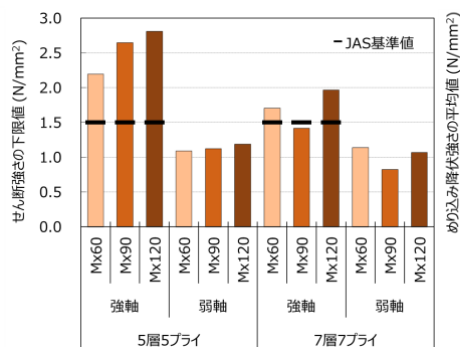
めり込み試験は試験体の上下に加圧板 (材長方向 90mm) を設置して加力を行った。試験体長さは試験体厚さの 6 倍とした。平使い (加力方向が積層方向に平行) の試験の結果 (第 3 図), 外層ラミナの等級に応じてめり込み強さが向上すること、強軸と弱軸の差は曲げ性能やせん断性能に比べて顕著でないことが明らかとなった。

まとめ

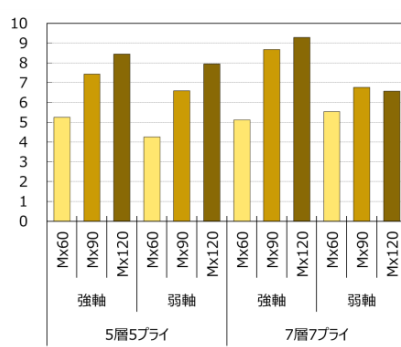
本成果は今後の基準強度制定において基礎データとして活用される予定であるが、他の断面構成や樹種構成などのさらなる検証が必要である。



第 1 図 曲げ試験の結果



第 2 図 せん断試験の結果



第 3 図 めり込み試験の結果

Ⅱ. 1. 12 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 24～26 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、これまでに多くの屋内運動施設床に導入され、現在も施工実績を伸ばしている。近年、屋内運動施設の利用形態がますます多様化し、重量物を含む様々な形態の器具・機材類が搬入される機会が増え、それらの移動や設置、落下などが原因で床に何らかの損傷が発生するケースも見受けられる。本研究では、それら床の利用状況や損傷の程度などを調査し、運動床の利用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 年度には屋内運動床 5 物件の現地調査を実施し、調査項目、調査方法の整備を行いながら、利用実態と床部損傷の把握を行った。

25 年度は、屋内運動床 3 物件において、床上・床下の現地調査を行うとともに、2 物件については移動式バスケットゴールの重量を測定し、1 物件においては JIS 体育館床性能の測定を行った。併せて障害発生メカニズムの検討に取り組んだ。

(1) 現地調査

調査対象中の 1 物件において、第 1 図に示すような基礎部分での浸水が観察された。下地鋼材にサビが発生しており、床下の相対湿度も 92% (16℃) と高く、下地合板、フローリングへの影響が懸念され



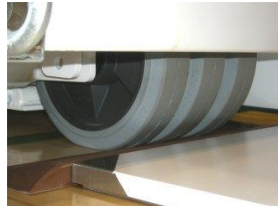
第 1 図 基礎部分での浸水



第 3 図 1 軸 1 輪構成



第 2 図 移動式バスケットゴール



第 4 図 1 軸 3 輪構成

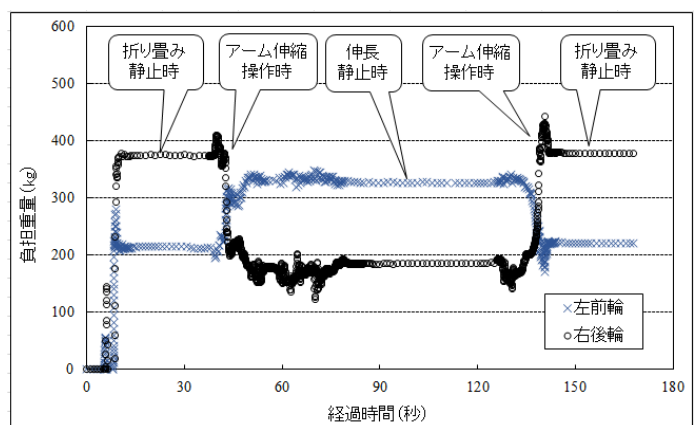
ることから、慎重な対処が必要であると考えられたため、対応方法を検討・提案した。

(2) 移動式バスケットゴールの重量測定

移動式バスケットゴール (第 2 図) は主な屋内運動施設に常備され、重量は 1ton を超え、床面をキャスター移動することから、床材にとっては過酷な条件となる。そこで仕様やアーム伸縮時の負担重量変化を調査した。その結果、様々な硬度のキャスター (JIS A 硬度 70～96) が使用され、あるいは異なるキャスターが混在使用されたものもあり、その構成は第 3～4 図に示すように 1 軸 1 輪～1 軸 3 輪など、多様であることがわかった。また伸縮時には第 5 図に示すように、静止時より大きな動的荷重が掛かることや、左右のバランスが均等ではなく、特定のキャスターに大きな荷重が掛かる可能性があることも確認した。加えて床の損傷防止に関しては、管理者や利用者の意識によるところが大きいことから、適切な床の使用法の啓発が重要であると考えられた。

まとめ

これらの現地調査や測定結果を踏まえて、床部損傷の発生抑制・防止効果の高い部材形状や床構成、施工手順などに関する検討を行い、今後を見越した床仕様の開発につなげていきたい。また、既存運動床に対しては、チェック & メンテナンスの定期的な実施が重要であると考えられるため、調査項目や手順を整備・提案し、安全性の維持・向上に寄与する。



第 5 図 手動伸縮型移動式バスケットゴールの負担重量変化

Ⅱ.2.1 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 23～25 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、公共建築物等について、地域材を用いた内装の木質化が進められている。それらの建築物では、防火制限が適用されることが多いため、内装木質化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、地域材のトドマツ材・カラマツ材は、難注入性であるため、道内企業では製品化されていない。本研究では、トドマツ材・カラマツ材を用いた防火木材を生産するための技術を確立する。

研究の内容

(1) 昨年度までの成果

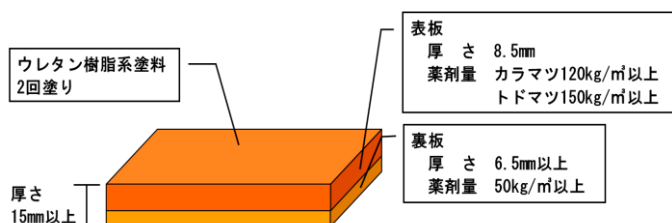
処理に用いる木材の厚さを 8.5 mm 以下にすることで、必要な薬液注入量を確保し、それらを積層することで、準不燃材料の性能が得られた。また、積層材の裏板については、薬剤量を低減しても準不燃性能に影響が無かった。

防火木材の薬剤の析出（白華）の抑制については、低吸湿性の薬剤を用いる、造膜タイプの塗料で塗装することが有効であることが分かった。

以上の結果を基に、道産防火木材の標準仕様を決定した（第 1 図）。

(2) 製品の実証試験およびメンテナンス方法

標準仕様の試験体について、薬剤の白華の実証試験を行った。試験では、同時に、施工後のメンテナンスを考慮し、既存の塗装を除去し、水系の塗料で再塗装した試験体も用いた。試験は、(公財)日本住



第 1 図 道産防火木材の標準仕様（準不燃材料）

宅・木材技術センターの AQ 認証「N-1 白華抑制塗装木質建材」に準じた。

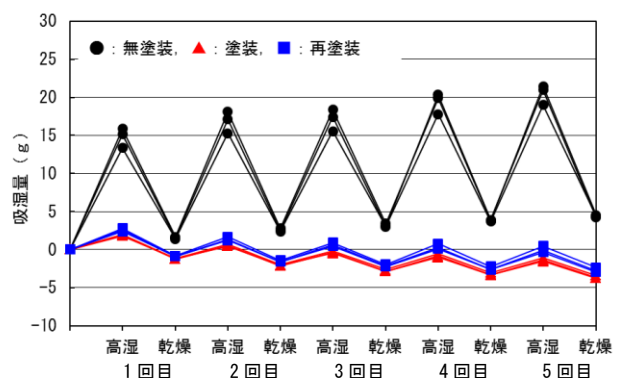
カラマツ試験体の吸湿量の推移を第 2 図に示す。塗装試験体の吸湿量は、増減の幅が無塗装より小さく、塗膜による吸湿・放湿の抑制が分かる。再塗装試験体についても、吸湿量の挙動は塗装試験体とほぼ同じであり、同様に吸放湿の抑制が認められた。暴露後の試験体については、全ての塗装条件に白華は見られなかった。これらの結果から、標準仕様の道産防火木材は、施工後において白華発生の可能性が小さく、再塗装においてもほぼ同様の性能を維持することが確認された。

(3) 製品の生産工程の確立

標準仕様の道産防火木材について、製品の製造コスト・生産性・品質管理を考慮して製造工程を検討した。通常の防火木材の製造工程では、注入処理で基準の薬剤量に満たない木材は、再注入処理を行うが、本工程では積層材の裏板に使用し、生産性を向上させた。

まとめ

以上の結果から、トドマツ材・カラマツ材を用いた道産防火木材の生産についての基盤技術が確立された。今後は、道内企業とともに実用化への取り組みを進める予定である。また、製品の白華抑制については、実際の室内環境における試験を行い、品質保証のためのデータを蓄積する。



第 2 図 薬剤の白華抑制の実証試験（カラマツ材）

暴露条件：高湿（40℃・90%RH）24 時間→乾燥（60℃）24 時間を 5 回繰り返す

Ⅱ.2.5 高浸透性木材保存剤で処理した単板を用いた高耐久性木質材料の製造技術の確立

平成 25～27 年度 経常研究
耐久・構造 G, 居住環境 G, 生産技術 G

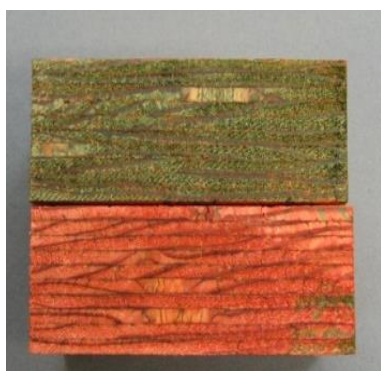
はじめに

木造公共建築物における構造や材料仕様の基準となる「木造計画・設計基準」が国土交通省により制定（平成 23 年 5 月）された。これによれば、屋外に位置する主要な構造材や、屋内に位置するものであっても構造物の耐用年数がより長期にわたる場合には、より高度な性能を付与する保存処理が求められている。しかし、カラマツやトドマツなどの道産人工林材は難浸透性であり、加圧注入法などでは高度な保存処理を行うことが困難である。そこで、製材や集成材よりも薄く、また、製造時に発生する裏割れにより浸透性が向上することが期待される単板を用い、保存処理後の単板を積層接着することで、より高度な性能を付与した構造用木質材料を製造する方法を確立するために必要な検討を行った。

研究の内容

浸透性が高いとされる既存の表面処理用の木材保存剤で処理したカラマツ単板を用いて単板積層材（LVL）を製造したところ、断面全体に薬剤が浸潤していることが確認された（第 1 図）。また、熱板温度 130℃、熱圧時間 55 秒/mm で十分な接着性能が得られることを確認した。

次に、処理単板を用いて製造した LVL と無処理単



第 1 図 塗布処理単板で試作した LVL の薬剤の浸潤状況（上は無処理で全面が緑色、下は処理単板を用いたもので、全面が浸潤したことを示す赤色の状態）

板を用いた LVL について防腐効力試験を実施した。

その結果（第 1 表）、処理単板を用いた LVL の質量減少率は無処理の単板を用いて製造した LVL より低く処理による効果を確認することができた。しかし、処理単板を用いた LVL の質量減少率はばらつきが大きく、性能基準である 3%以下を満たさなかった。

質量減少率のばらつきが大きく性能基準を満たさなかった要因として、刷毛塗りによる塗布ムラや、処理単板を熱圧する際、溶剤が染み出したことで、有効成分が溶出し十分な性能が発揮されなかったと考えられた。そこで、吹付による処理を行った後、単板に残存する溶剤を減じるため、処理後に十分な乾燥時間を取った処理単板を用いて LVL を製造した。現在、製造した LVL の防腐効力試験を実施中である。

既存の木材保存剤に用いられている有効成分と浸透性の高い溶剤の組み合わせにより、高度な性能を付与できるかについて検討するため、木材保存剤の有効成分に用いられている塩化ベンザルコニウム、またはナフテン酸亜鉛を浸透性が高いとされる溶剤に溶解したものをを用いてカラマツ単板を処理し、有効成分の浸潤状態を確認したところ、ナフテン酸金属塩を用いることで、十分な浸潤が得られることが確認された。

まとめ

次年度は、処理方法等を見直して製造した LVL の接着性能、防腐効力試験の結果を基により適切な処理方法等について検討する。また、ナフテン酸金属塩等で処理した単板を用いた LVL の試作、性能評価などを行う予定である。

第 1 表 防腐効力試験の結果

LVL 基材	質量減少率 (%) *			
	オオウズラタケ		カワラタケ	
無処理単板	57	(0.6)	13	(2.5)
処理単板	9	(5.4)	0	(0.6)

* () 内は標準偏差

Ⅱ.2.7 道南スギを用いた防火木材の製造技術の開発

平成 25 年度 受託研究

耐久・構造 G, 生産技術 G, バイオマス G, 普及調整 G (委託者 (株) ハルキ)

はじめに

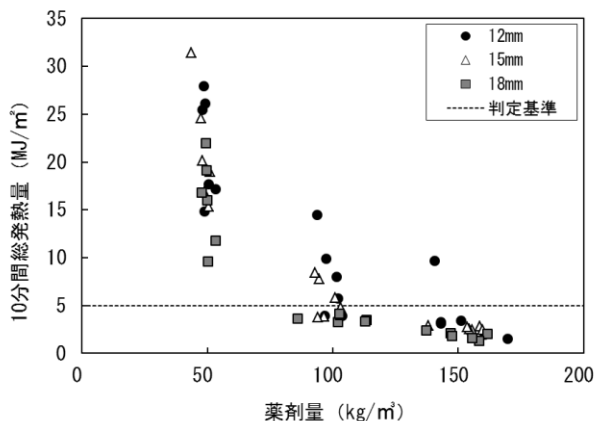
渡島管内の地域材である道南スギは、製材出荷量の約 7 割が道外に出荷されており、道内での消費が極端に少ない。このことから、渡島総合振興局では、道南スギの地材地消を推進するために、公共施設や住宅分野への利用拡大に取り組んでいるが、公共施設等の内装木質化に必要な道南スギ材の防火木材は道内で生産されておらず、需要に応えられない状況にある。そこで、本研究では、道南スギについて、防火木材の製造技術の開発を行った。

研究の内容

(1) 準不燃性能を満たす薬剤注入量の把握

防火木材は、燃焼を抑制する薬剤を注入することで、木材に基準の防火性能を付与する。防火木材の性能については、難燃材料、準不燃材料、不燃材料の 3 種類があるが、防火制限が適用される内装部分への使用範囲、性能付与に必要な薬剤量を考慮すると、準不燃材料が最も実用的であると判断した。

試験では、厚さ 12, 15, 18mm の薬剤処理スギ材について、準不燃性能が付与される薬剤注入量を、燃焼試験による評価から把握した。結果を第 1 図に示す。また、図中には、準不燃材料が製造可能と判定される基準線を点線で記した。薬剤処理スギ材の 10 分間総発熱量は、薬剤注入量の増加とともに低下し、燃焼が抑制された。総発熱量の判定基準と比較すると、厚さ 12mm と 15mm では 150kg/m³、厚さ 18mm では 100kg/m³で準不燃材料が製造可能であると判断



第 1 図 薬剤注入量と 10 分間総発熱量の関係

された。

(2) 防火性能への塗装の影響

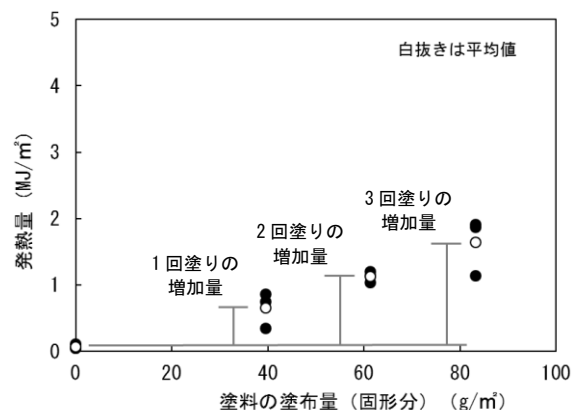
防火木材は、施工後に内部の薬剤が表面に溶出し、結晶化する「白華」が問題とされている。この防火木材の白華の抑制には、造膜タイプのウレタン樹脂系塗料等の塗装が有効である。しかし、塗料は可燃物であるため、塗装により薬剤処理スギ材の防火性能への影響が懸念される。そこで、準不燃性能が付与された薬剤処理スギ材に、塗布量を変えてウレタン樹脂系塗料を塗布し、燃焼試験により塗布量と発熱量の関係を把握した。結果を第 2 図に示す。薬剤処理スギ材の発熱量は、塗料の塗布量とともに増加し、標準的な 2 回塗装では 1.4MJ/m²程度増加することが分かった。この結果から、(1) で準不燃性能が付与された薬剤処理スギ材は、ウレタン樹脂塗装をしても性能を維持することが分かった。

(3) 道南スギ防火木材の生産工程の確立

製造条件が明らかになった道南スギ防火木材について、製品の生産性に大きく影響する薬剤処理後の適正乾燥条件を明らかにし、品質管理を含めた生産工程を確立した。

まとめ

以上の結果から、道南スギ防火木材の製造技術が確立された。今後は、(株) ハルキにおいて、準不燃材料の国土交通大臣の認定取得をはじめ、道南スギ防火木材の製品化への取り組みを進める。



第 2 図 塗料の塗布量と薬剤処理スギ材の発熱量の関係

Ⅱ.2.8 FMCW レーダによる非破壊診断装置の腐朽検知に関する性能評価

平成 25～27 年度 公募型研究

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

はじめに

本研究では、木造住宅等の壁体内部を非破壊で診断するために開発したサブミリ波を用いた周波数変調方式のレーダ技術 (FMCW レーダ) を利用した装置¹⁾の分解能の向上、計測の高速化、装置の小型化などについて検討する。林産試験場では、性能評価用の「腐朽モデル」、あるいは任意な部位を腐朽させた「腐朽構造体」を作製する技術を検討するとともに、改良・試作した非破壊診断装置が有する腐朽部位の検出性能を評価する。

研究の内容

本研究では以下の項目について検討する。

(1) 標準腐朽試験片の作製 (25～26 年度)

非破壊診断装置の腐朽検知に関する性能評価を効率よく実施するための標準腐朽試験片の作製方法を検討する。

(2) モデル構造体の強制腐朽処理方法の確立 (26～27 年度)

非破壊診断装置の性能評価に用いるための実大サイズのモデル構造体に対し、特定部位を選択的に腐朽させる方法を確立するとともに、腐朽による劣化状況と強度の関係を把握する。

(3) 非破壊診断装置の腐朽に関する性能評価 (26～27 年度)

標準腐朽試験片および腐朽したモデル構造体を用いて、試作・改良した非破壊診断装置の腐朽検知に

関する性能を評価する。

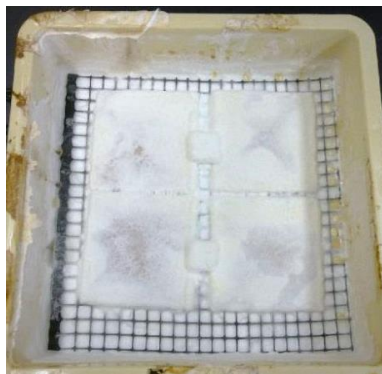
これまでの検討¹⁾で、腐朽箇所を任意に設定でき、一定期間、腐朽後の湿潤状態を保持することで繰り返し使用を可能にした腐朽モデルの作製方法を開発し、カラマツおよびトドマツの腐朽モデルを対象にサブミリ波を用いた非破壊診断装置の性能に関する基礎データの収集方法を確立した。本検討では、より汎用的なデータを収集することを目的として、本州の建築材料として利用されているスギおよびヒノキを用いて非破壊診断装置の性能評価を行う。

25 年度は、腐朽程度の異なるスギおよびヒノキの標準腐朽試験片 (3×100×100mm) を作製した。所定期間、オオウズラタケで強制腐朽させ (第 1 図)、軽微な腐朽を有した標準腐朽試験片を作製した (第 2 図)。腐朽の程度は暴露期間を調整することで、質量減少率を指標とした (第 3 図)。

まとめ

今後、さらに腐朽が進行した標準腐朽試験片を作製し、非破壊診断装置の性能評価を行う予定である。また、26 年度からモデル構造体の強制腐朽操作の方法についても検討し、非破壊診断装置の性能評価を行うとともに、モデル構造体の腐朽による劣化状況と強度の関係について検討する。

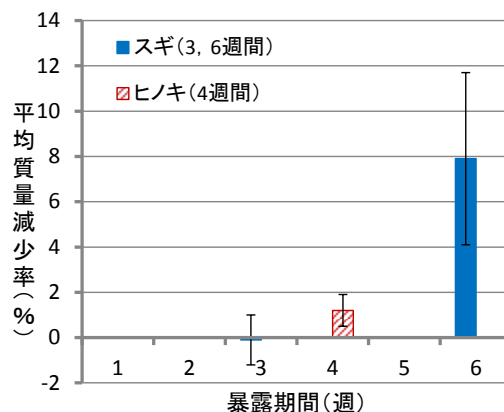
1) 平成 23 年度建設技術研究開発助成「ミリ波・マイクロ波を用いた住宅大壁内の非破壊診断装置の開発」



第 1 図 強制腐朽試験片
(スギ, 6 週間)



第 2 図 標準腐朽試験片
(スギ, 6 週間)



第 3 図 腐朽操作後の平均質量減少率

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
 (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^2 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、乾式遮音二重床部分にカラマツ合板 24mm+シラカンバフローリング 15mm タイプと市販の遮音マット 12mm+複合フローリング 12mm タイプの重量衝撃音遮断性能を比較した場合、ほぼ同等の性能が得られた。その性能は、建築学会による集合住宅の適応等級 3 級に相当する性能であった。

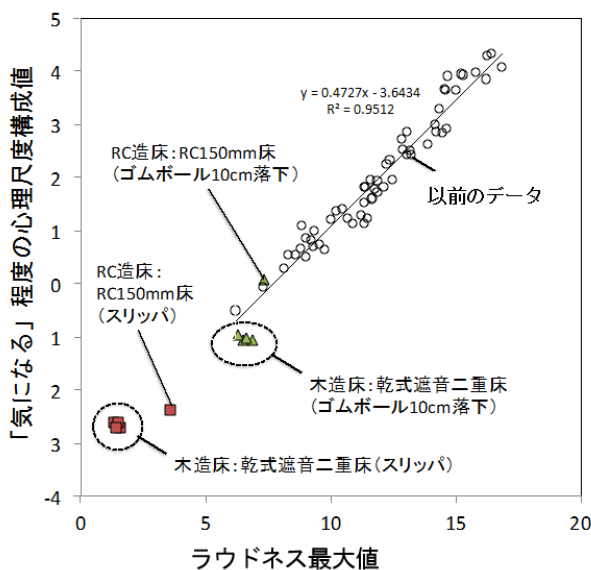
25 年度は、遮音性能のアンケート調査を行った結果から、民間賃貸住宅入居者は足音やスリッパの音などの衝撃力の比較的小さな音に対して気になると

回答していることがわかった。そこで、RC 造床（150mm スラブ）及び試作の木造床の床衝撃音を録音し、被験者による主観評価を行った。その結果、スリッパ音、ゴムボール 10cm 落下音ともに、木造床の方がうるさく感じないという結果が得られた（第 1 図）。

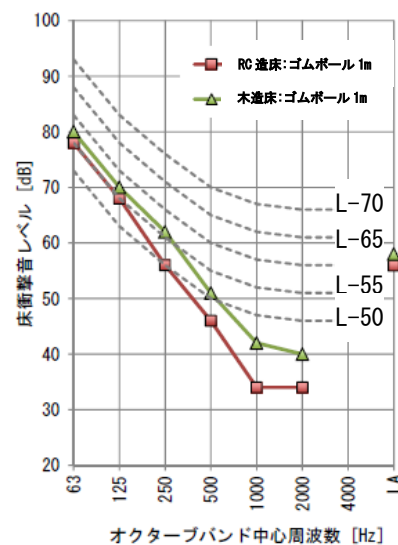
床と天井の構成は、住宅性能表示制度の相当スラブ厚 110mm の仕様の実大試験室（床面積 7.5m^2 ）に、試作した遮音床を施工した。遮音性能は、ゴムボール衝撃源（1m 落下）で L 値が 55 であった（第 2 図）。RC 造（スラブ厚さ 150mm, 床面積 $12\sim 15\text{m}^2$ ）の公営住宅の実測値と比較すると同じ L 等級で、L 数と最大 A 特性床衝撃音レベルでは、木造床の方がわずかに低い性能であった。しかし、試験室の部屋が小さく、壁の剛性が小さい仕様であることを考慮すると、RC 造とほぼ同等の性能を有していると考えられる。

まとめ

木造床で実現困難な遮音性能を有する工法を、比較的安価に実現することが可能になった。現在の民間賃貸共同住宅においては、少しコスト面で不利になるが、高い遮音性能を PR できる環境を整えながら普及していく予定である。



第 1 図 遮音工法床と RC 造床のラウドネスと主観量の関係



第 2 図 ゴムボール衝撃源による試作床と RC 造公営住宅との遮音性能の比較

Ⅱ.3.2 道産針葉樹材を用いた木製サッシの耐久性向上技術の開発

平成 24～26 年度 経常研究
居住環境 G, マテリアル G, 耐久構造 G

はじめに

従来、木製サッシには広葉樹材が使われることが多かったが、今後は資源的制約から針葉樹材への転換が必要となると考えられる。しかし、道産針葉樹材を用いた木製サッシの技術的検討は十分とは言いがたく、特に耐久性については使用者から不安を持たれる場合がある。そこで、道産針葉樹の木製サッシへの用途適性の評価及び、近年の塗装技術及び木材改質技術等による耐久性の向上を目的とした研究を行った。

研究の内容

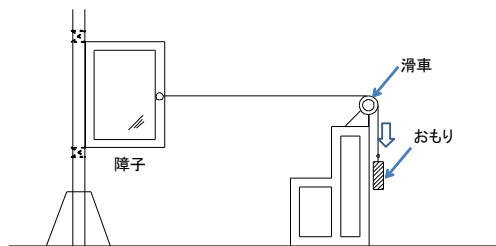
平成 24 年度は耐候性向上を目的とした木材改質技術のサッシ部材への適用を検討した。

25 年度は道産針葉樹材を用いた実大サッシ試験体の試作と各種性能を検討した。

(1) サッシ金物の保持力の検討

道産針葉樹の密度が小さい材において、サッシ障子の重量を負担する金物の固定に使われる木ねじの保持力に不安があることが考えられた。そこで、トドマツ、スギを用いて、外開き窓（縦軸回転窓）の実大試験体を作製し、載荷重試験および耐風圧衝撃試験を行った。金物には一般的に木製サッシに使われるサッシ金物（フリクションステー）を用いた。

載荷重試験は、90° に開いた状態のサッシ障子の戸先に、おもりを用いて荷重をかけた。サッシ障子の重量とおもり重量の合計値が開閉金物の耐荷重値の 1.5 倍になるまで試験を継続したが、金物固定部分の緩み、窓の脱落、開閉への支障等のサッシ性能への支障が無いことを明らかにした。



第 1 図 耐風圧衝撃試験の概要

耐風圧衝撃試験はサッシ障子が強風にあおられた状況を再現し、サッシ障子が閉じた状態から台風風の風圧を想定した力で一気にサッシ障子を開いた。加力にはおもりと滑車を用いた（第 1 図）。これを 10 回繰り返した後、台風の 1.5 倍の風圧を想定した加力で同様の試験を 1 回行った。本試験においても、トドマツ、スギ共に金物固定部分に破壊、緩み等の問題はなかった。

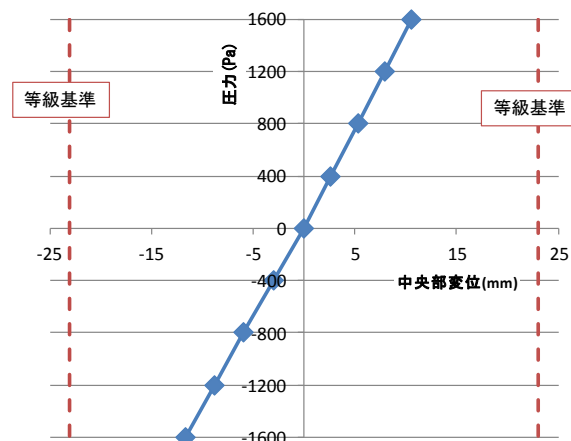
(2) 道産針葉樹による木製サッシの試作

道産のスギ集成材 (4ply) を用いて引き違い窓（窓寸法：1.6×1.6m, 障子見込みおよび見付け：56mm, ガラス構成：3-12mm 空気層-3mm）の試作を行った。

試作した試験体を用いて、強風時の変形量を測定する耐風圧試験（JIS A 1515）を行った。その結果、住宅で一般的に用いられる等級 S-3（最大圧力：1600Pa）でのサッシ召し合わせ部分中央部の変形量は規定値を大きく下回り、十分に性能を満足することを確認した（第 2 図）。

まとめ

道産針葉樹の窓サッシへの適応性を検討し、金物等の適正な使用によって、実用上十分な強度性能を満足することを確認した。今後は、耐候性向上処理の効果について、部材および実大試験体を用いて検証する。



第 2 図 耐風圧試験の結果

II.3.3 安全・快適なペット共生型木質系床材の開発と床仕様の検討

平成 25～27 年度 経常研究

製品開発 G, 居住環境 G (協力 東京工業大学, (有)グリーンフォレスト 緑の森動物病院)

はじめに

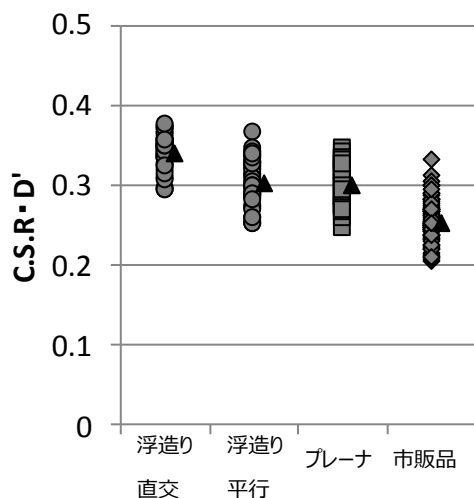
林産試験場では、これまでに蓄積された針葉樹加工技術、表面形状やすべり性能等の評価技術を用いて、人とペットにとって安全性と快適性を併せ持つ床材の開発を行い、道産針葉樹材の高付加価値化を図ってきた。

その中で、浮造りにより針葉樹表面に木目に沿った凹凸をつけることで、犬のすべりにくさを示す物理量である C.S.R・D'の向上が見込めることを明らかにし、犬による実証試験(傾斜法試験)においても凹凸の効果を確認した。

本研究においては、これらの技術を、住宅の床材に適用するべく、性能にばらつきが予測される無垢系床材の、すべり性能を評価し、市販のペット対応型フロア材(以下、市販フロア材)と比較した。また、快適性に係る性能として、べたつき係数 Cs を取り上げ、測定を行った。

研究の内容

床材の材料には、トドマツとカラマツを用い、浮造りを施して、木目に沿った凹凸を付与した。すべり性能の測定には、携帯型すべり試験機を用いて、C.S.R・D'を測定した。



第1図 床材の C.S.R・D'

(▲: 平均値)

第1図に、トドマツ浮造り材(繊維方向と直交、平行)、プレーナ仕上げ材、市販品の C.S.R・D'を示した。浮造り材、プレーナ材については、試験体の寸法は 900×900mm であり、測定箇所は 40 箇所とした。同一の製造条件下での、C.S.R・D' のばらつきは、木材繊維に直交の方向で最小値 0.27～平均値 0.35～最大値は 0.39 の範囲であり、市販品の平均値 0.25 よりも高い値を示した。また、ばらつきの範囲も狭かった。平行方向についても、平均値は 0.30 と直交方向よりも低かったものの、市販品より高い値であった。Cs の値については、浮造り材は概ね 0.20 以下の値を示した。市販品は 0.26 であった。

まとめ

床材のすべりにくさについては、本研究での開発品は、すべり抵抗係数にばらつきが見られるものの、市販フロア材のばらつきより小さかった。また、異方性も確認されたが、直交方向よりも値の低い繊維直交方向のものでも、その値は、市販フロア材のものより高かった。

今後は、フォースプレート*などを導入して、犬による日常の動作を想定した実証試験を行う予定である(第2図)。また、人による快適性の主観評価等を行い、道産針葉樹材の安全性や快適性を検討する。

*床反力計とも呼ばれ、プレート上にかかった荷重の3次元での解析を行う装置である。即ち、荷重の作用点と3方向(X, Y, Z方向)への分力を計測・記録する装置である。



第2図 フォースプレートによる実証試験