

2 試験研究業務

2-1 木材化学分野

2-1-1

土木資材用スギ材の耐久性評価試験 —打撃音法による耐久性評価—

* 岩崎新二

「はじめに」

スギ材の用途拡大は、地球温暖化防止対策、木材資源循環のために重要な課題であり、外構部材や土木資材への展開が重視されている。スギ材を屋外利用する場合、耐久性向上の処理及び措置が施されるが、耐用年数向上のためには、補修は欠かせない。

本試験は、土木・建築資材用としてスギ丸太材、角材の利用を想定し、県産スギ材に耐久性を付与し、補修時期を把握することを目的とした。

「実験方法」

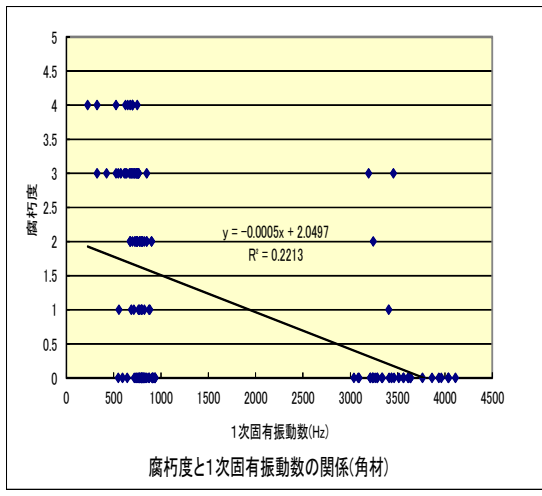
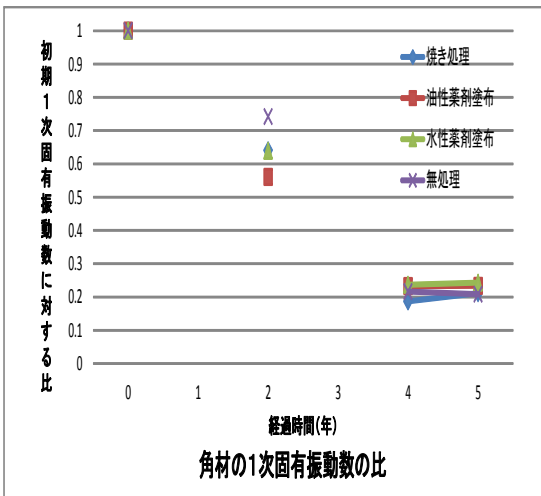
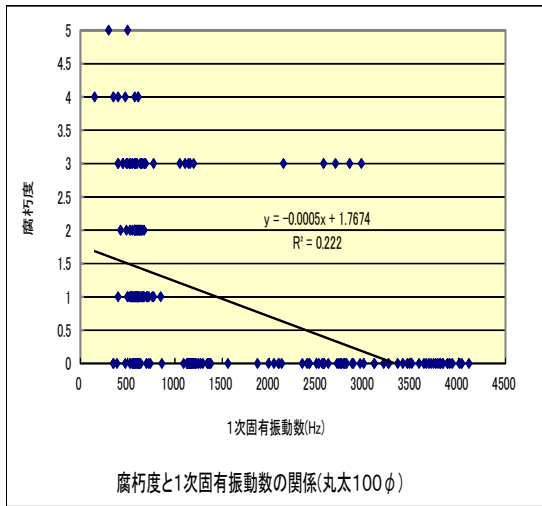
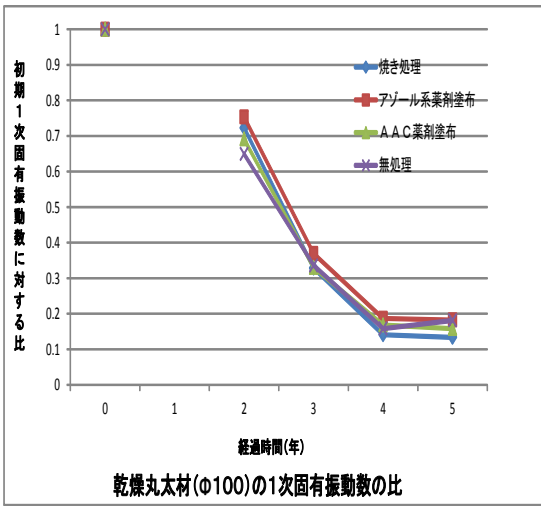
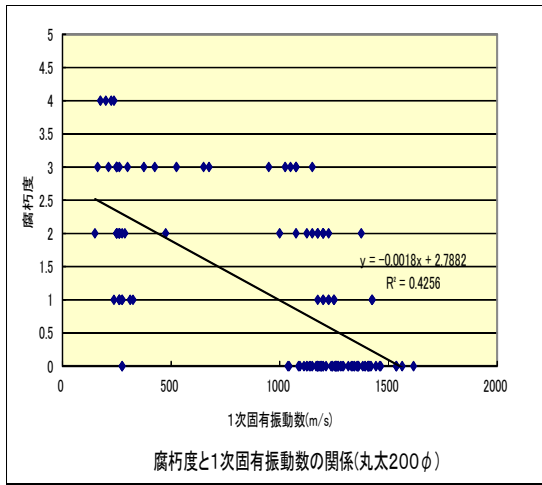
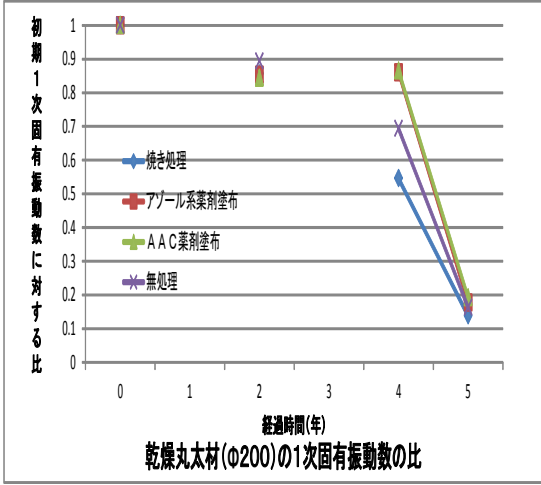
材料は、スギ丸棒加工材（大径 $\Phi 20 \times 160\text{cm}$ 、小径 $\Phi 10 \times 60\text{cm}$ （高温乾燥材、生材））とスギ角材（ $12 \times 12 \times 60\text{cm}$ （高温乾燥材））である。防腐処理は、化学的処理として防腐剤塗布（アズール系、AAC）と物理的処理としてバーナーによる炭化とした。各処理を地表・地中部全面と地際部のみに行った。試験材と対照区の無処理材を地中部 40cm となるように、屋外に 2004 年 7 月に埋め込んだ。評価項目は、木口をハンマーで打撃し、生じた打撃音を FFT の波形から 1 次固有振動数の測定を行った。また、1 次固有振動数と地際部との腐朽度の関係を計測した。試験材の地上部、地際部、地下部を輪切りにし、その状態を目視により観察した。

「結果」

1 次固有振動数は、防腐処理の有無にかかわらず、丸棒加工材（高温乾燥材・対比 0.13 ~ 0.18、生材・対比 0.18 ~ 0.22）、角材（対比 0.2 ~ 0.24）ともに低下した。小径の丸棒加工材の 1 次固有振動数の変動は 3 年経過後からの低下が大きく、その後は小さくなっている。大径の丸棒加工材については、4 年経過後まで変動は穏やかであったが、5 年後に大きく低下した。角材の変動は 4 年までは、ほぼ一定に低下していた。丸棒加工材、角材ともに、防腐処理の違いによる 1 次固有振動数の変動幅は小さかった。

1 次固有振動数と地際部の腐朽度の関係では R^2 は 0.22 ~ 0.43 であった。

地際部の腐朽度の高かった炭化処理材、無処理材は、辺材部が剥落したが、心材部は、ほとんどが健全であった。また、地上部、地下部においては、ほとんどが健全であった。防腐剤塗布処理材の状態は、地上部、地際部、地下部ともほとんどが健全であった。



難燃処理を施した無機複合木材の燃焼特性評価 - 酸素指数測定およびコーンカロリメーター測定による評価 -

*赤木 剛
熊本大学 前原 弘法
熊本県林業研究指導所 遠山 昌之

【緒言】木材は広く建築物等に利用されてきた材料であり、昨今の地球温暖化の抑制を背景として今後より積極的な利用が望まれる環境資源のひとつであるが、その利用にあたっては、燃えやすいという大きな特徴がある。木質材料の燃焼特性や木材に使用される難燃剤の効果についてはこれまでに数多くの評価が行われているが、評価に用いる機器や評価方法の違いにより観ている側面が異なり、火災時における燃焼特性との関係がどの程度明確かは評価方法に依っている。そのため建築基準法では、その燃焼性能を評価する試験方法として、発熱速度と総発熱量を酸素消費法で計算するコーンカロリメーター試験が規定され、防火材料の認定基準が定められている。

そこで本研究では、一般の難燃剤に用いられるリン酸及びホウ酸塩を主体とする無機試薬および昨年度に木質燃焼灰から調合した水酸アパタイト溶液を用いて各種無機複合材を製造し、それらを供試体として、コーンカロリメーターおよび酸素指数測定による難燃性評価を実施した。

【実験方法】

- (1) 供試材料および薬剤処理 - 供試材料として、宮崎県産のスギ辺材およびヒノキの単板 (L100×R50×T4mm) を用意した。HAp 複合材の製造では、スギ樹皮の燃焼灰より調合した水酸アパタイト溶液を減圧加圧法によって含浸させた (調整方法は赤木 ¹⁾による)。さらに比較のため、ホウ酸、ホウ砂及びリン酸グアニジンから成る難燃薬剤 (前原ら ²⁾による) を用いて同様の減圧加圧注入を行い、供試材 (以下 PB 処理材) とした。処理材における薬剤の固定量は、含浸操作の前後における乾燥重量 (乾燥工程は 60℃の乾燥を 72 時間) から算出した。また後述の燃焼試験には、20℃、65%RH の恒温恒湿室で 3 週間調湿した試験体を供試した。
- (2) 酸素指数による燃焼性試験 - 燃焼性試験器 (スガ試験機製 ON-1 型) を用いて、試験体の酸素指数を調べた。酸素指数とは、供試体が有炎燃焼を維持するために要する最小酸素濃度 (酸素と窒素の混合ガスにおける酸素の容量%) を指す。実験は JISK7201 に準拠した。温度約 20℃の条件下で燃焼用のガラス円筒容器に試験単板を垂直に固定し、円筒内に酸素と窒素の混合ガスを流して雰囲気を設定した。混合ガスの酸素濃度を 0.5%刻みで変えながら、LP ガスを使用した着火器で試験単板の上端に繰り返し着火を試み、単板が有炎燃焼を 3 分間維持するか、または単板が 50mm 以上燃焼するときの最小酸素濃度を測定した。また、燃焼挙動もあわせて観察した。PB 処理では、薬液濃度を適宜変えて薬剤固着量が 25~170kg/m³ となるよう調整し、薬液濃度の段階ごとに 3 枚の試験単板を選出して試験に供した。HAp 複合材も同様に調整し、HAp 固着量が 40~65kg/m³ の範囲にある試験単板について酸素指数を調べた。
- (3) コーンカロリメーターによる燃焼試験 - 熊本大学にてコーンカロリメーター (東洋精機製) による燃焼試験を実施した。上記試験と同様、試験体にはスギ辺材とヒノキの単板 (L99×R99×T15mm) を用いた。各難燃剤の処理方法は、①溶液の塗布、②大気圧下での含浸、③1.1MPa 加圧含浸の 3 種類を施し、未処理材も含めて HAp 複合材は最大 75 kg/m³ 程度の固着量を有する計 8 枚 (2 種類の樹種から 4 枚ずつ)、PB 処理材については最大 200 kg/m³ 程度の固着量を有する計 18 枚 (2 種類の樹種から 9 枚ずつ) を供試体とした。コーンカロリメーターによる測定では、熱輻射量 50 kW/m³ で加熱された各試験体について、発熱速度 (HRR) 及び総発熱量 (THR) を加熱開始から 10 分間測定した。

【試験結果および考察】

(1) 酸素指数による燃焼性試験 – 複合材の薬剤固着量に対する酸素指数の結果を図 1 に示す。無処理単板ではスギ辺材、ヒノキともに 25%程度の酸素指数を示した。無処理単板は一度着火すると有炎燃焼を示して激しく燃焼したが、PB 処理板および HAp 複合単板では燃焼速度も緩やかで炎も小さく、煙も少なかった。PB 処理単板では、薬剤固着量が増えるにつれて酸素指数も高くなり、スギ辺材とヒノキともに、50kg/m³の薬剤固着量で酸素指数はおよそ 60%であった。また固着量が 100kg/m³程度以上になると、酸素指数は測定の上限值である 90%に達した。一方 HAp 複合単板でも無処理単板と比較して着火が困難となり、雰囲気酸素濃度が高くないと着火及び燃焼を維持できない傾向が認められた。PB 処理材と比較して酸素指数は低かったが、HAp 固着量が 50kg/m³のときの酸素指数は 40%程度であり、HAp 処理による難燃効果が示唆された。

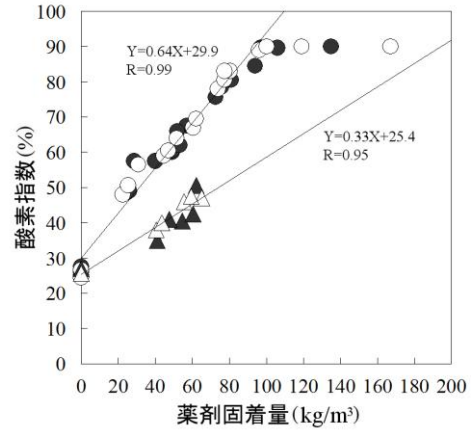


図 1 各複合処理材の酸素指数

●:PB 処理スギ ○:PB 処理ヒノキ
▲:HAp 複合スギ △:HAp 複合ヒノキ

(2) コーンカロリメーターによる燃焼性試験 – まず HAp 複合材の試験の結果、燃焼速度 (図 2) と総発熱量 (図 3) とともに、HAp 注入量の増加に伴って減少する傾向が得られた。特に発熱速度については (図 2)、未処理材で 7 分後から検出された赤熱過程後の発熱ピークについて、HAp 注入量の増加に伴いその発熱の出現が遅れる傾向が認められた。これらの結果は、HAp 処理が木材の難燃化に寄与していることを示唆している。また同様の傾向は PB 材の測定結果からも確認できた。しかし建築基準法における認定では、加熱時間 10 分での総発熱量が 8MJ/m²を超えないこと (準不燃の場合) が要件のひとつと定められている。10 分間加熱による総発熱量を示した図 3 の結果において、今回供試した HAp 複合材は、その規定を満たすものではなかった。一方 PB 材については先述の酸素指数測定の結果から水酸アパタイトの複合処理と比較して難燃効果が高いことが認められたが、それでも準不燃の条件を満たすには少なくとも 200kg/m³程度の薬剤注入量が必要であることが示唆された。

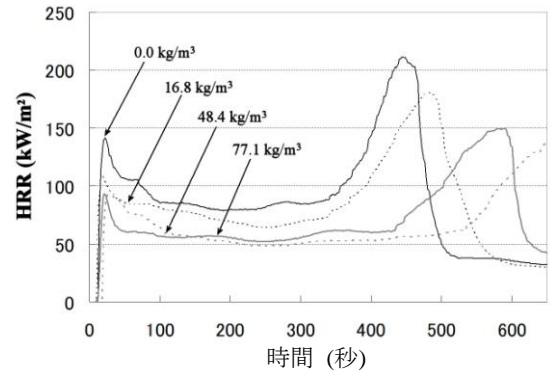


図 2 HAp 複合材(スギ辺材)の発熱速度

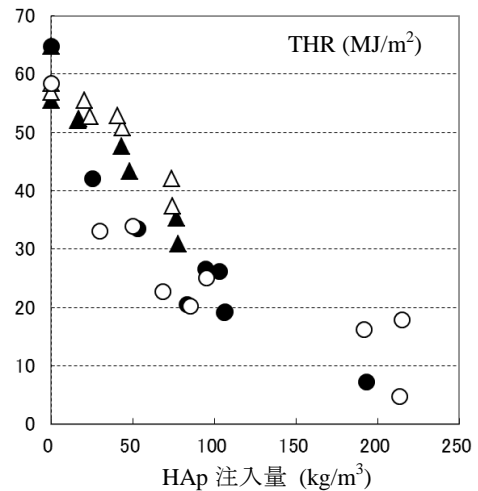


図 3 10 分間加熱時点の総発熱量 (凡例は図 1 に同じ)

【引用文献】

- 1) 赤木剛; 第 60 回日本木材学会大会要旨集, pp173, 2010
- 2) 前原弘法ら; 第 12 回日本木材学会九州支部大会要旨集, pp35-36, 2005

2-2 木材乾燥分野

2-2-1 ホットプレスを用いたスギ心持ち柱材の表面割れ抑制処理

※松元 明弘、小田 久人
九州大学大学院 藤本 登留
東京大学名誉教授 有馬 孝礼

【緒言】

近年、省資源および地球温暖化防止等の観点から、我が国においてもエネルギー消費量の削減および自然エネルギーの利活用が進められているが、木材産業においてもこれらの対策を講じることは喫緊の課題である。現在、生産量が徐々に増えている人工乾燥材は素材から製品までの加工に要するエネルギー量のうち乾燥に係るエネルギー消費量の割合が高い。このため、乾燥工程におけるエネルギー消費量の削減効果は大きいと考えられる。

そこで本研究では、スギ心持ち柱材を対象に乾燥工程におけるエネルギー消費量の削減を図るためにホットプレスを用いた表面割れ抑制処理を検討した。すなわち、ホットプレスで直接、柱材表面を加熱し、極めて短時間でドラインゲットを柱材表層部に形成させ、表面処理後は天然乾燥等の自然エネルギーを利用した乾燥に切り替えることで乾燥工程におけるエネルギー消費量の削減を図ることを目的としている。

【実験方法】

試験には、寸法が 13×13×300cm のスギ心持ち柱材を用いた。初期含水率にばらつきを持たせるために、製材直後の重量を目安に 30kg 未満、30～35kg および 35kg 以上の 3 つの重量区分を設定し、各区分につき 15 本ずつの計 45 本の柱材を用いた。表面処理条件は、熱盤温度 200℃、処理時間 30min で、圧縮圧力は約 0.1～0.15N/mm² とした。各重量区分につき 3 本ずつ無作為に選別した計 9 本の柱材を比較のための無処理材とした。表面処理は、1 回のプレスで 4 材面のうちの上下 2 面を処理した後に、試験材を 90° 回転させ、再度、プレスし、残る 2 面を処理した。表面処理後は無処理材を含めた全ての試験材を 55 日間、屋根のある屋外で天然乾燥した後に蒸気加熱式乾燥機を用いて、乾球温度 90℃、湿球温度 60℃の条件で、約 2 週間の人工乾燥を行った。試験材の測定は、表面処理前、処理後、天然乾燥後、人工乾燥後の各段階において、重量を測定するとともに、処理後以降は表面割れ個々の長さと同幅を測定し、表面割れ面積を求めた。乾燥終了後は両木口から 50cm の位置で含水率測定試験体を切り出し、全乾法で含水率を求めた。また、試験材表面から繊維方向 15mm、接線方向 130mm、半径方向 3mm の寸法の試験片を表面処理前と後でそれぞれ 3 層ずつ切り出し、処理前に採取した試験片を自由収縮の下、乾燥させた場合の接線方向の収縮率と表面処理直後に採取した試験片の接線方向収縮率を同一含水率で比較して生じた収縮率差を表面処理による表層部のドラインゲット量と定義した (図 1)。

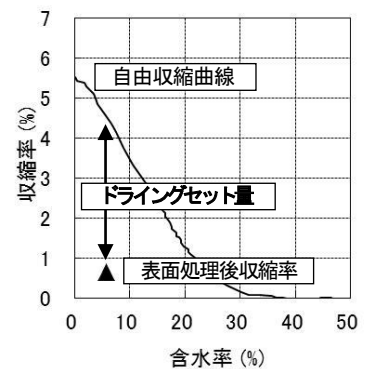


図 1 ドラインゲット量の算出

【結果および考察】

各重量区分の乾燥過程における含水率推移を図 2 に示す。いずれの重量区分とも互いに危険率 5% で乾燥前含水率に有意差が認められた。表面処理後は、いずれも 10% 以下の含水率減少量で、内部はほとんど乾燥しなかった。天然乾燥および人工乾燥により、重量区分ごとの平均含水率の差は段階的に小さくなっていったものの、人工乾燥後においても各重量区分の含水率は互いに危険率 5% で有意差が認められた。

処理後から人工乾燥後までの表面割れ面積の推移を図 3 に示す。試験材 1 本 (4 材面分) 当たりの表面割れ面積を重量区分ごとの平均値で表している。35kg 以上では天然乾燥後から人工乾燥後にかけて表面割れ面積がわずかに増加していたものの、処理材においては、人工乾燥後

の表面割れ面積はいずれも 10cm^2 以下と小さく、有意差も認められなかった。このことからホットプレス表面処理に及ぼす初期含水率の影響は小さいことが示唆された。一方、無処理材では人工乾燥後の表面割れ面積の平均が約 70cm^2 となっており、処理の有無による明瞭な差が認められた。

各重量区分における表面処理後のドラインセット量を図4に示す。各重量区分につき3本の試験材を測定した結果の平均値で示しており、図中の棒グラフがドラインセット量を、折れ線グラフが表面処理後の試験片含水率を表している。表面から3層分の試験片を切り出して測定したものの、3層目はいずれの重量区分とも含水率が繊維飽和点以上であり、セットの形成が認められなかったため図示していない。含水率をしてみると、いずれの重量区分とも1層目は10%程度の含水率を示し、大きな差はなかったものの、2層目に関しては、30kg未満および30~35kgでは約20%の含水率であったのに対し、35kg以上では約47%の含水率を示した。乾燥前の重量が重い材ほど初期含水率も高い傾向にあったことから、初期含水率の高さが2層目の乾燥不足に影響しているものと思われる。

ドラインセット量を見ると、いずれの重量区分とも1層目は2%以上のセット量（自由収縮曲線との収縮率差）が見られ、重量区分の違いによる大きな差もないとともに明瞭な傾向も認められなかった。2層目は30kg未満でわずかに収縮率差が確認されたのみで、これ以外では収縮率差は確認されなかった。以上のことからホットプレス表面処理による表層部のドラインセットの形成に関して初期含水率の影響は小さいものと考えられる。

【まとめ】

初期含水率にばらつきのあるスギ柱材を用いてホットプレス表面処理による表面割れ抑制効果を検証した結果、表面処理後のドラインセット量および乾燥後の表面割れ面積ともに初期含水率の違いによる差異はほとんど認められなかった。このことから、ホットプレス表面処理における初期含水率の影響は小さいものと考えられる。一方、乾燥後のスギ柱材の含水率は初期含水率の違いによるグループ間の有意差が認められ、仕上げ乾燥に関しては、乾燥前の含水率に応じた乾燥スケジュールをそれぞれ設定する必要があると思われる。

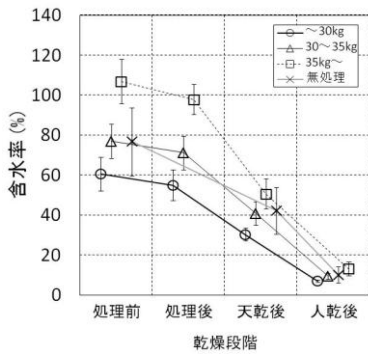


図2 平均含水率の推移

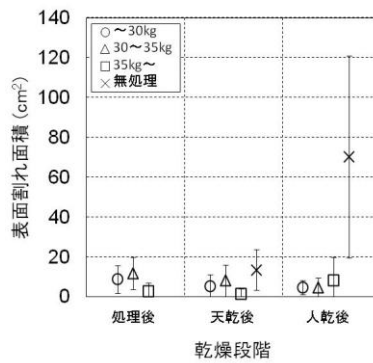


図3 表面割れ面積の推移

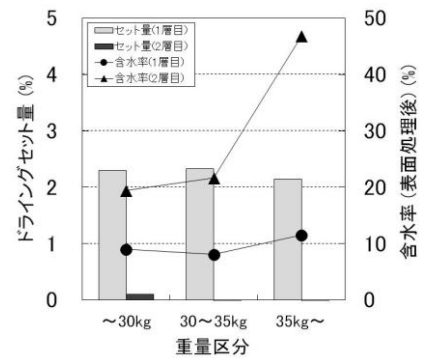


図4 ドラインセット量および含水率

2-2-2

スギ大径材から得られた心去り正角材の乾燥性

*小田久人、荒武志朗、椎葉淳、森田秀樹、松元明弘

【はじめに】

スギ人工林の齢級別構成を反映して、原木市場で取り扱われる素材の直径は大きくなっている。原木市場の統計 1)を見ると、末口直径 30cm 以上の割合は平成 16 年の 13%から同 22 年は 23%へ増加している。心持ち柱材中心の中目丸太と異なり、大径材の木取りは多様な方法が考えられる。ここで、正角柱材を得ることを考えると、末口直径 38cm 以上あれば 12cm 角 4 本を得ることができる。構造材の乾燥材化は心持ち柱材の表面割れ抑止を目的とした高温乾燥法の確立を契機として進んだ。一方で、表面割れと裏腹の関係にある内部割れの抑制が大きな課題である。4 本木取りの心去り正角材の材面は、柾目面もしくは追い柾面となり表面割れ抑制の必要がないため、心去り正角材の乾燥スケジュールは板材の乾燥条件が適用可能と考えられる。そこで、本実験では、スギ大径材から得られた心去り正角材の乾燥性を明らかにするために、製材方法（中心定規挽き、側面定規挽き）別に乾燥性や収縮率などを検討したので報告する。なお、試験材は乾燥終了後に強度試験に用いられた。その結果は別途報告する。

【試験方法】

試験には宮崎県北部産スギ丸太（末口直径 37.5cm～43.0cm、長さ 400cm）15 本を供試した。まず、丸太の密度、縦振動ヤング係数、曲がりなどを測定した。その後、図 1 に示すように各丸太から 12cm 角心去り正角材を 4 本ずつ製材した。この時、2 本は中心定規挽き材、他の 2 本は側面定規挽き材とした。全ての製材について寸法、縦振動ヤング係数、曲がりなどを測定した。その後、両製材方法別材のうち 1 本は生材状態で曲げ試験実施後、直ちに全乾法含水率を測定した。また、残りの各 1 本は表 1 に示す条件で人工乾燥とその後の養生（実験室内も含め 34 日間）を行った。人工乾燥材の寸法などを測定し曲げ試験を行い、全乾法含水率を求めた。

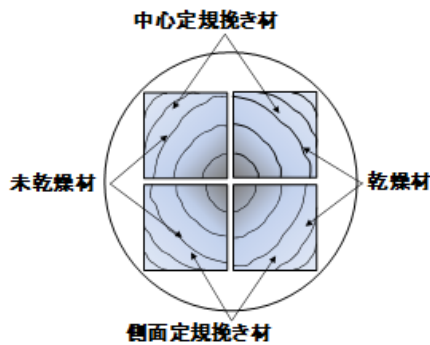


図1 供試材の木取りと乾燥の有無

表1 人工乾燥及び養生の条件

累計時間	設定時間	DBT(°C)	WBT(°C)
人工乾燥スケジュール			
24	24	80	75
72	48	80	70
120	48	80	65
144	24	85	70
240	96	90	70
246	6	50	45
養生の条件			
—		50	42

【結果と考察】

丸太から 4 本ずつ得た製材相互の生材含水率の関係を図 2 に示す。横軸は中心定規挽き製材の 2 本のうちのの一つである。図から分かるとおり、製材方法が異なっても生材含水率に大きな差異は見られない。製材に占める辺材の割合は側面定規挽き材の方がやや高いと推測されるが、生材含水率に対する影響は極めて小さい。また、人工乾燥中の乾燥経過や生材含水率と人工乾燥後含水率の関係を見ても（図 3）製材方法に関わらず同様の傾向を示している。これらのことから、乾燥性に大きな影響を及ぼす生材含水率や乾燥速度は、製材方法に関わらずほぼ同一と考えられ

る。収縮率と含水率の関係を図4に示す。木裏側は柾目であるのに対し木表側は追い柾であるため、両者の収縮率に明瞭な差異が表れている。回帰直線式から求めた含水率15%時の収縮率は、木裏側で2.7%、木表側が3.0%である。

本研究で用いた乾燥スケジュールは、スギ板材の考え方を基本に組み立てた。すなわち、乾湿球温度差5℃から開始し、終盤の温度差は25℃である。乾燥前後の含水率の関係をみると、大まかに乾燥前含水率が100%以下の材は乾燥後に25%以下に達しているのに対し、乾燥前含水率が100~150%の試験材は乾燥後含水率が30~50%であり、乾燥が不十分である。つまり、本研究の乾燥スケジュールは乾燥前含水率100%以下の材に対しては満足できる乾燥条件であったといえ、心持ち柱材と同様に、事前に乾燥前含水率もしくは重量で選別する必要がある。

本研究の実施に当たり、株式会社もくみの佐藤庫司氏に多大なるご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1)宮崎県山村・木材振興課行政資料（未公開）

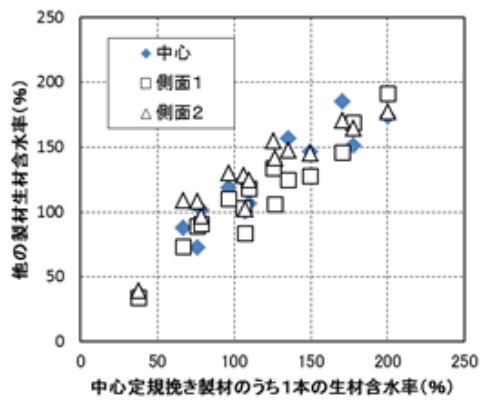


図2 製材相互の生材含水率の関係

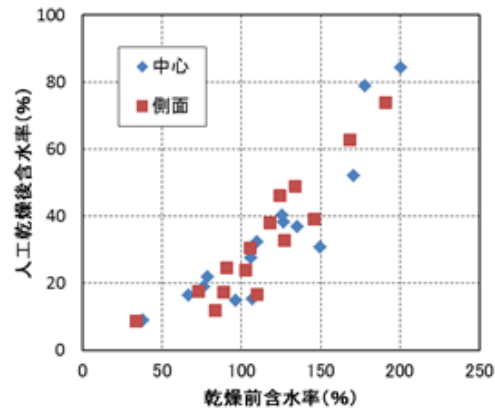


図3 乾燥前後の含水率の関係

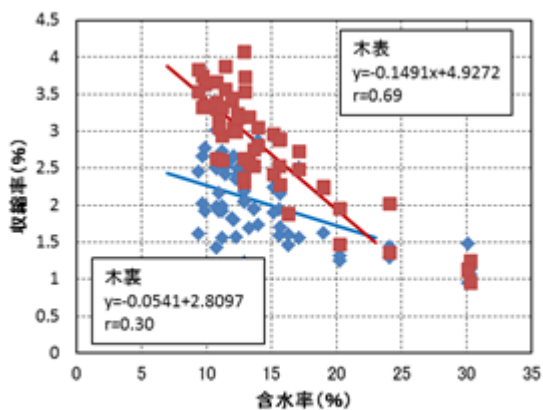


図4 収縮率と含水率の関係

2-3 木質材料分野

2-3-1 スギ樹皮を用いたハードボードの作製

*須原弘登、森田秀樹
林業技術センター 田原博美
九州大学農学部 藤田弘毅

諸言

宮崎県は県土の76%を森林が占め、スギ素材生産量が平成3年以降連続して日本一となっており、全国有数の林業県である。このため県内では製材業も盛んであり、その生産活動に伴い多くの製材残材も発生している。特にスギ樹皮は、端材とは異なり、パルプ原料としての利用が困難であり、一部は堆肥原料やボイラー燃料として利用されているものの、ほとんどは廃棄処分に困る状況にあり、今後、スギ材の利用を促進するうえで極めて大きな問題となると予測される。

一方で、宮崎県の中山間地域、特に諸塚村、椎葉村などにおいては原木栽培のシイタケが重要な特産物の一つとなっている。諸塚村は森林FSC認証を受けており、スギとともに、シイタケ原木用のクヌギも計画的に植栽、伐採が行われているうえ、集約型栽培施設（シイタケ団地）も備えるなど、重要な収入源となっている。シイタケを原木栽培する際には、クヌギ原木に菌糸が蔓延したシイタケの種ゴマを接種するが、接種部の乾燥や、害菌の侵入を防ぐために発泡スチロールの栓をかぶせる。スチロール製の蓋栓は安価で操作性もよいことから広く使われているが、生分解性が極めて低いため廃棄時の分別が煩雑であり、栽培時の美観を損ねるなどの欠点がある。

以上の点から、スギ樹皮の有効な利用法一つとして、スギ樹皮を用いた樹皮ボードを作製し、これを定型に打ち抜き、シイタケ原木栽培用の種ゴマ栓として利用できないかを試みた。

製作・試験方法など

スギ樹皮はナイフリングバーカーで剥離されたものを、製材所（持永木材株式会社）から譲り受け、天日で乾燥（1~2日）したものをを用いた。樹皮のサイズが大きい場合（長さ10cm程度以上）はナイフリングフレイカー（PALLMANN社製）で切削した。切削した樹皮片は、4mm、1.5mm、0.5mm角のメッシュで分画した。一方で、樹皮片（長さ10cm程度まで）はディスクリファイナー（熊谷理器製）でディスク間隙0.2~0.3mmに調整し解繊を行った。ボードの作製に際しては生分解性、シイタケ菌の成長への影響や発泡スチロール代替品としてのコストなどを考慮し、合成系接着剤等を使用せず、低コストでの作成を考慮した。ボード作成は湿式法で行い、混合、攪拌及び成型（フォーミング寸法300 x 420mm）は全て手作業で行った。ボード加工はエアージェクション・ホットプレス（山本鉄工：TA-200-1W-AR）を用い、熱圧温度180℃、プレス圧力1500KN、熱圧時間30分で

行った。熱圧を行う際には、同温度、同圧力で90秒間の前プレスを行った後で、90秒間の圧力解放を行い、その後、熱圧成型を行った。熱圧は木製の枠内で行い、厚さ規制のため20mm厚のディスタンスバーを用いた。またボードは上面を鉄板、下面を金属メッシュネットで挟み、接触面にシリコンスプレーを塗布してボードの接着を防いだ。ボードは目標厚さ4mm、目標密度1g/cm³として作成した。

ボードは室温で1~2日養生した後、口径を12.5mmに加工した埋木錐（スターエム：12mm）を用いてボール盤で円盤状に打ち抜いた。

ボードの性状を把握するためにJIS A 1408:2011に従い、気乾状態で中央集中荷重方式による曲げ試験を行った。試験体(n=10)は幅50mm、長さ200mmとし、試験はスパン150mm、荷重速度10 mm/minとして行った。

試験結果

ボード作成は未解繊の樹皮を用いたものも作成予定であったが、予備検討において、強度が弱いことと、剥離しやすい樹皮の性状が強くと示されたことから、埋木錐での加工が困難であったため、ディスクリファイナーで解繊したものを材料として検討を行った。解繊樹皮を用いたボードは形状など比較的均一に作成することができ、その性状は厚さ4-4.5mmで0.9-1.0g/cm³であった。作成した樹皮ボードは円盤状に打ち抜く際にしばしば剥離、割れなどが起こることがあったことから、今後さらに改良が必要であると思われる。今回の検討ではシイタケ種ゴマ用の蓋1100個(15~20本分)を作成し(図1)、H24年2月より林業技術センターで原木シイタケの試験栽培を行っている。試験栽培では害菌による被害率、子実体発生量(率)などの項目を評価する予定である。作成したボードの物理的性状は弾性率 $2.7 \pm 0.3 \text{ kN/mm}^2$ 、曲げ強さ $21.2 \pm 2.6 \text{ N/mm}^2$ であった。



図1
スギ樹皮で作成したシイタケ種ゴマ用

今回作成した解繊樹皮を用いたボードでは、解繊行程で繊維が一部露出すること、抗菌成分が流出することなどにより、カビなどが生えやすくなっていることも予想される。これらの点を考慮し、本年度は、ボードの加工性と抗菌性を改善するために、天然物を主体とした添加物を加えたボードとシイタケ種ゴマ用蓋を作成し、これを用いて再度栽培試験を行うことを検討している。

なお、本研究の遂行に際しては山口東彦氏（元九州大学）及び藤元嘉安教授（宮崎大学教育文化学部）からも多くのご助言を頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。

2-4 木材利用分野

2-4-1

オビスギ心持ち材を用いた土台用積層材の力学的性質 —柱脚柱頭接合部のめり込み性能—

※荒武志朗、森田秀樹

1. はじめに

宮崎県産材の89%¹⁾を占めるスギ(その殆どはオビスギ品種に属している)の大部分は、製材後には建築用材として用いられる。これを材種別に区分すると、割類や角類が主体であるものの(それぞれ 36%、37%)、板類も27%と少なくない¹⁾。この板類の用途は、主として足場板、間柱、筋交いなどであるが、現場で求められるのは主として心去り材であり、心持ち材は、乾燥しにくいこと、狂いやすいこと、さらには強度が相対的に低いこと、等の理由から敬遠されてきた。しかしながら、実際に生産される心持ち板材の量は決して無視できるものではなく、その適正利用を見出すことは、スギ全体の用途を拡大するためにも大変重要な課題である。

このような背景のもとで、筆者ら²⁾は、オビスギ(特に心材部)の耐久性が比較的高いことや髓付近の密度が非常に高いこと³⁾に着目し、主として力学的性能の視点から心持ち板材の住宅用土台としての適用を検討してきた。具体的には、スギ心持ち板材のみを用いた積層材(以下、スギ心持ち積層材)の部材レベルでのめり込み性能や柱・土台接合部の引張性能を検討し、①スギ心持ち積層材のめり込み性能が心去りの板材のみによる積層材や一般的なスギ心持ち正角材と同等以上であること、②スギ心持ち積層材のめり込み強さの下限値が平成13年度国土交通省告示1024号の基準強度(以下、基準強度)を上回ること、③柱・土台接合部の引張強さの下限値が同1460号の許容耐力を上回ること、などを明らかにした。

これらを踏まえ、本実験ではさらなる実用的な情報を得るために、スギ心持ち積層材によるI型の柱脚柱頭接合部試験体(以下、I型試験体)のめり込み試験や温湿度変動下におけるめり込みクリープ試験を実施した。なお、実験では、比較のためにヒノキとベイヒバ(何れも心持ち材)によるI型試験体についても検討を加えた。

2. 実験方法

土台用供試材として、宮崎県産スギ(長さ300cm, 末口径16~18cm)から断面110mm×28mmの心持ち板材8枚を採取し、4プライのスギ心持ち積層材2本を作製した(接着材にはイソシアネート樹脂接着剤を使用)。次に、それぞれの断面を105mm角に仕上げ、長さを660mmに切断した(合計8体)。また、これと平行してヒノキ心持ち材とベイヒバ心持ち材(105mm角、長さ3000mm)を2本ずつ用意し、スギ心持ち積層材と同様に長さ660mmに切断した(各8体)。ここで、それぞれの密度、含水率、及びヤング係数を表1に示す。その後、これらの供試材を用いて図1に示すI型試験体を12体作製した。具体的な部材条件は、梁・土台にスギ積層材を用いたもの[積層垂直方向負荷用(縦方向)2体、積層方向負荷用(横方向)2体]、及びヒノキとベイヒバを用いたもの各4体である。一方、柱部分

には、全てスギ構造用集成材(異等級対称構成、E65-F225)を用いた(密度:0.382~0.433g/cm³、ヤング係数:6.98~7.47kN/mm²、含水率:7.76~8.45%)。接合部は、図1(右図)に示す様に長ほぞ差し込み栓打ちとした。

めり込み試験は、前川試験機製実大圧縮試験機(2000KN)を用い、上から1分間に1mmの圧縮荷重を負荷する方法により実施した。また、試験結果から、部分圧縮比例限度やめり込み降伏強さなどを算出した。

めり込みクリープ試験は、レバー式の圧縮引張兼用クリープ試験装置を用い、自然環境下で行った。この場合、

表1 土台用供試材の密度、含水率、及びヤング係数

各種性能	スギ心持ち積層材 (n=8)	ヒノキ (n=8)	ベイヒバ (n=8)
密度(g/cm ³)	0.402	0.517	0.512
含水率(%)	9.99	8.85	8.88
ヤング係数(kN/mm ²)	6.36	11.4	11.3

※含水率は全乾法による値で、ヤング係数は縦振動法による値

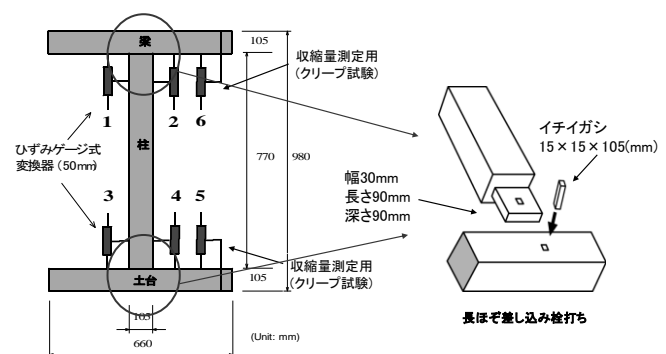


図1 I型試験体、変位測定位置、及び接合部の詳細

変位は、図1に示すように各試験体にひずみゲージ式変換器(以下、センサ)をセットし、データロガを通して自動測定した(温湿度も同様)。なお、同図における No1~No4 のセンサは、梁及び土台のめり込み変位測定用、No5, No6 のセンサは収縮量測定用である。負荷荷重は、スギ心持ち積層材(2体)とヒノキ、ベイヒバのうち各1体に対してはスギの基準強度×1.1/3に相当する荷重(2473kgf)とし、ヒノキ、ベイヒバの残り各1体に対してはヒノキ(ベイヒバ)の基準強度×1.1/3に相当する荷重(3215kgf)とした。クリープ試験は、2010年5月24日に開始し、現在も継続中であるが、ここでは2011年7月4日までのデータを分析する。

3. 結果と考察

3.1 めり込み性能

表2にI型試験体に対するめり込み試験結果を示す。同表を見ると、ベイヒバやヒノキに対するスギ心持ち積層材(縦方向、横方向)のめり込み性能はやや低くなっている。この結果は、

それぞれの材料特性の差異を概ね反映しているとも言えるが、めり込み強さの値そのものは、何れの条件も基準強度(スギで 6N/mm^2 、ヒノキとベイヒバで 7.8N/mm^2)を遙かに上回っている。この原因としては、図2に示す様に圧縮試験の加力過程で込み栓の曲げ応力が作用したことも考えられるが、同過程で長ほぞの先端がほぞ穴の底に到達し、柱の縦圧縮の応力負担割合が大きくなったことも大きな原因と考えられる(この意味では、表2の値は“みかけのめり込み強さ”と言うべきであろう)。この結果は、少なくともこの種の接合法では、部材の樹種等に拘わらず過度と言っても良いほどのめり込み強さ(=見かけのめり込み強さ)を示すことや、そもそも、短期的な視点から部材自体のめり込み性能(強度)を議論することにさほどの意味が無いことを示している。

表2 I型試験体に対するめり込み試験結果

各種性能	供試体		ヒノキ (n=4)	ベイヒバ (n=4)
	スギ心持ち積層材(n=4)			
	縦方向	横方向		
めり込み強さ(N/mm ²)	19.4	16.1	20.5	21.7
比例限度荷重(KN)	39.3	38.3	55.0	41.7
部分圧縮比例限度(N/mm ²)	3.56	3.47	4.99	3.79
めり込み降伏強さ(N/mm ²)	7.55	6.48	10.8	12.3
めり込み剛性(N/mm ³)	4.35	3.24	4.33	4.84

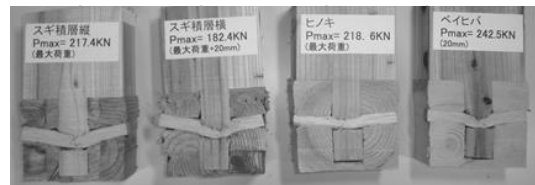


図2 破壊の状況

3.2 めり込みクリープ

図3にI型試験体の全変位(初期変位+めり込みクリープ変位)を示す。同図を見ると、明らかにスギ心持ち積層材の全変位が最も小さい(この傾向は、荷重条件にも依存していない)。ここで、表1の密度

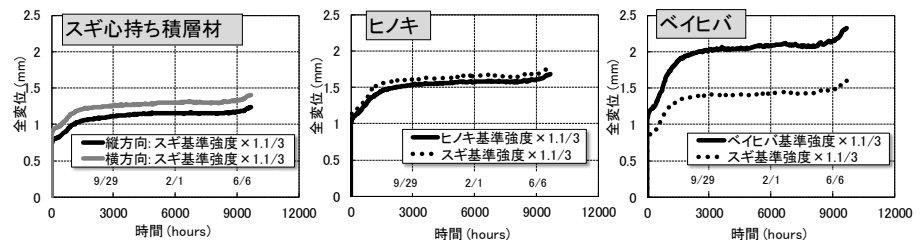


図3 全変位(初期変位+めり込みクリープ変位)の変動

を見ると、スギ心持ち積層材の値が最も小さい。したがって、仮に密度がめり込み変位やクリープに支配的な影響を及ぼすとすれば、同図の傾向には矛盾が生じることになり、別の要素、例えば接合部の初期ガタ等が含まれている可能性も考えられる。そこで、主としてこの影響を確認するために、相対クリープ(変位/初期変位)の傾向を調べた。その結果、予想に反して全変位とほぼ同様の傾向となった。すなわち、図3における全変位の差異には初期ガタの影響は殆ど含まれていないということになる。この結果は、本条件における全変位が、比重の差異よりも、むしろ部材自体(殆どが未成熟材)の特性の差異に起因する⁴⁾ことを示すと同時に、この種のスギ心持ち積層材の長期的なめり込み性能が、少なくとも一般的な土台用の樹種と同等以上であることを示している。

4. 文献

- 1) 宮崎県 環境森林部 山村・木材振興課: 林業・木材産業の状況(グラフ編), 2, 2011.
- 2) 森田秀樹, 荒武志朗: Journal of Timber Engineering, 23(4), 137-143(2010).
- 3) 小田久人: 林木の育種「特別号」48-52(1995).
- 4) 永石達也他4名: 第61回日本木材学会大会(京都)研究発表要旨集, D19-P-AM14(2011).

2-5 構法開発分野

2-5-1 大径材を用いたスギ心持ち製材によるラーメン構造の性能評価

* 中谷誠、田中洋、椎葉淳

1 はじめに

本県ではスギの大径化が問題視され、その対策について検討がなされている。一方、本県では従来から比較的大きな断面のスギ平角を梁や桁などに使用してきた。大径材をできるだけ大きな断面のまま使用した構法と用途を提案することは、構造材としての付加価値を付け、またその使用量の増加が期待できる。本研究では、内部空間を広く使用できることからガレージから学校校舎まで様々な場面において注目されている木質ラーメン構造に着目し、スギ大径材から製材した平角を用いたラーメン構造の提案とその性能評価を試みた。

2 実験

2.1 材料と接合具

柱と梁はスギの心持ち製材で、寸法は120 x 300mmとした。動的ヤング係数の平均値は5.65GPaであった。接合具には、ラグスクリーボルト（以下LSB、図1参照）とボックス状の中間金物、そしてハイテンションボルト（以下HTB）を用いた。LSBとは木材に埋め込むためのネジを外側に有し、一方の端部の中心から内部に他材料との接合用の雌ネジが加工されている。実験で用いたLSBは、山側直径25mm、谷側直径20mm、ネジ山ピッチ10mm、全長は300mmとした。

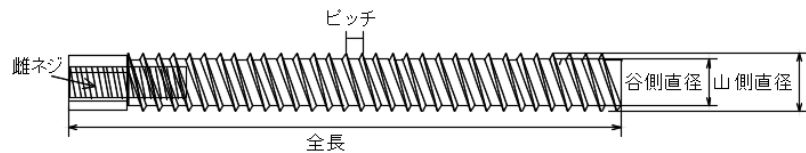


図1 実験に使用したLSBの詳細

2.2 試験体

試験体の寸法は、柱心間のスパンが3100mm、梁心までの高さは2950mmとした。試験体の詳細を図2に示す。試験体は同仕様を2体とした。柱脚接合部は、柱の底面より4本のLSBを埋め込み、それらと中間金物をHTBにより緊結して構成した。柱と梁接合部は、柱側面より4本のLSB、梁の木口面より4本のLSBをそれぞれ埋め込み、それらと中間金物をHTBにより緊結して構成した。実際には、LSBは工場において柱と梁に埋め込まれるため、現場では中間金物とLSBをHTBで緊結するだけで躯体を構成でき、施工性は良いと考えられる。写真1にLSBが埋め込まれた梁木口面を示す。



写真1 梁木口面

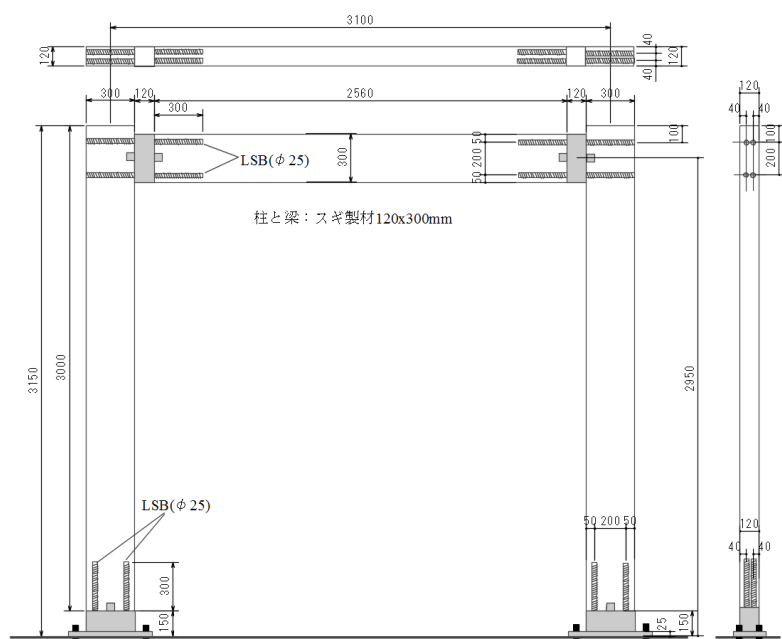


図2 ラーメン構造試験体の詳細

2.3 実験方法

試験体への加力は、アクチュエーターにより梁中央部に水平せん断力を加えることで行った。加力スケジュールは、躯体の変形角が9サイクル(1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30、1/10)の正負交番繰り返し加力とした。実験はジャッキを引く側から開始し、引き側で最大荷重を迎えたのち変形角が1/10となるまで加力し、その後押し側で破壊に至るまで加力した。このとき、躯体全体のせん断変形と各接合部の回転変形は全19チャンネルの変位計により測定した。

2.4 結果と考察

試験体の初期破壊は、変形角が約1/70での柱脚接合部の柱においてLSBが埋め込まれている部分に沿った割裂破壊であった。その後、柱と梁の接合部においても梁のLSBが埋め込まれている部分に沿った割裂破壊が生じた。それぞれの破壊性状を写真3、4に示す。また解体後の破壊性状を写真5、6に示す。図3に試験体2体の荷重と変形角の関係を示す。加力初期において完全な弾性変形を示し、約1/50で最大荷重を迎えた後、柱脚部と梁の割裂とLSBの引抜けが進展することで荷重が徐々に低下した。表1に引き側加力についての実験結果を示す。短期基準せん断耐力 P_0 より参考値として導いた壁倍率は2.0であった。



写真2 試験体の終局状態

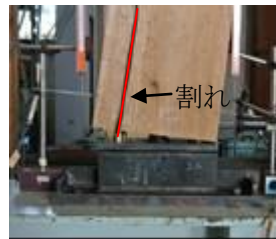


写真3 柱の割れを伴う柱脚接合部の破壊

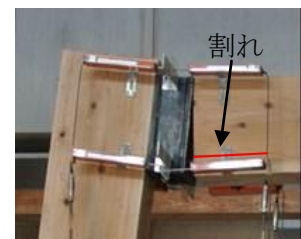


写真4 梁の割れを伴う柱-梁接合部の破壊



写真5 柱の割裂とLSBの引抜け破壊



写真6 柱の中間金物によるめり込み変形

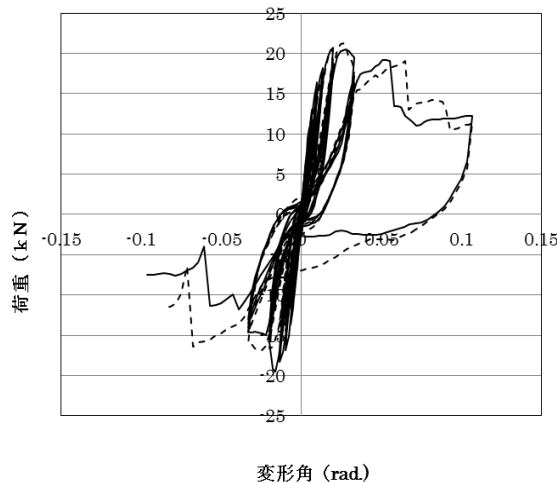


図3 荷重とせん断変形の関係

表1 実験結果

試験体名		L1	L2	平均値
P_y	kN	12.3	11.9	12.1
$P_u \times (0.2/D_s)$	kN	12.4	12.5	12.4
$2/3P_{max}$	kN	13.8	14.2	14.0
$P_{1/120}$	kN	14.6	13.6	14.1
P_0	kN	12.3	11.9	12.1
P_{max}	kN	20.7	21.3	21.0
最大荷重時の変形角	rad.	0.020	0.026	0.023

3 結論

スギ製材を用いたラーメン構造は十分な耐震性能を示すことを明らかにした。ただし、本実験では乾燥割れが少ない部材を用いたが、スクリー系の接合具が割れの影響を受けやすいことを考えると、今後乾燥割れに対する検討が必要であると考えられる。また、本実験ではスギ製材を用いたが、乾燥と品質が保証されているスギ集成材においても同等の耐力を発揮できると考える。

2-5-2 インフィル用スギ間仕切パネルの強度性能

※椎葉淳、中谷誠、矯健、飯村豊
東日本パワーファスニング(株) 寺澤正広、加藤隼人

【緒言】

中国では、室内空間とくに床面スペースを出来るだけ広く確保するために、戸棚や薄型テレビなどの重量物を壁面に取り付けて使用する事例が多い。このため、間仕切パネル等を含めた壁面には、製品自体の強度性能はもとより、想定される重量に耐えられる吊り荷重性能も要求される。昨年度、中国向けインフィル用下地パネルとして開発したスギ間仕切パネルについて、枠材、面材及びそれらにより構成された製品について曲げ試験を行い、パネル自体に要求される強度性能を十分満足していることを確認した¹⁾。今回はこのパネルと木ねじを用いた吊り荷重試験等を行ったので、その結果について報告する。

【実験及び結果】

①吊り荷重試験（薄型壁掛けテレビ等）

米国UL規格を参考に、テレビの重量を 58 kg以内と仮定し、吊り金具の耐荷重をその 4 倍(232 kg以内)に設定した。パネルと治具を接合するネジの本数については、治具上部にかかる引き抜き荷重とネジ 1 本当たりの許容引き抜き耐力から求めた。実験は、反力床等に固定された壁面化粧壁 LVB パネル（面材厚 9mm、枠材幅 21mm）に治具を取り付け、治具先端に吊り下げたフックに 1 枚約 10 kgのおもりを設計重量になるまで加えていく方式とした。ネジはコンフィット (D=4.0mm)とコースウッド(D=3.8mm)の 2 種類とし、各 3 体実施し



写真1 吊り荷重試験

た。なお、所定の荷重をかけてからの放置時間を 10 分とし、このうちコースウッド使用の 1 体については、試験終了後も放置して状況を観察することとした。この結果、10 分放置した 5 体に大きな変化は見られな

表1 パネル吊り荷重試験結果

ネジ種別	パネル	荷重(kg)	放置時間
コンフィット (D=4.0mm)	No.1	231.57	10分
	No.2	231.67	10分
	No.3	231.69	10分
コースウッド (D=3.8mm)	No.1	231.57	10分
	No.2	231.67	10分
	No.3	231.69	7日以上

注)ネジ形状:全ネジ

打ち込み本数:上部10本、下部8本

想定荷重:58kg(薄型テレビ)×4倍=232kg

かった。また試験終了後まで放置した試験体についても、7日以上経過しても大きな変化は見られなかった。以上のことから、既存ネジを用いて行った吊り荷重試験においては、短期（一部中短期）の性能を予定どおり確認することが出来た（写真 1、表 1）。

②固定強度試験（吊り戸棚）

(財)ベターリビングの優良住宅部品性能試験方法書（以下、試験方法書）キッチンシス

テム(BLT KS:2007)を参考とした。使用する戸棚は IKEA 製の 2 タイプ(タイプ 1 : B598mm×D370mm×H700mm 底板 2 枚、タイプ 2 : B920mm×D370mm×H398mm 底板 1 枚)とし、組み立て精度を確認した後、LVB パネルに取り付けた。この時のパネル仕様や接合具本数の決定方法等は、①と同様である。なお今回は、接合具にスギ用として開発中のテーパーネ



写真2 固定強度試験

ジを用い、2 タイプとも上部両端 2 カ所で固定した。実験は、試験方法書の吊り戸棚の固定強度試験(BLT KS-07)に準じて実施した。すなわち、棚板及び底板の幅 100mm 当たり 30N の等分布荷重を静かに加えた後、常温・常湿下で 7 日間程度放置し、固定部分及び吊り戸棚との接合部の状況を見ることとした。試験の結果、荷重をかけはじめてからの最大変位量は、タイプ

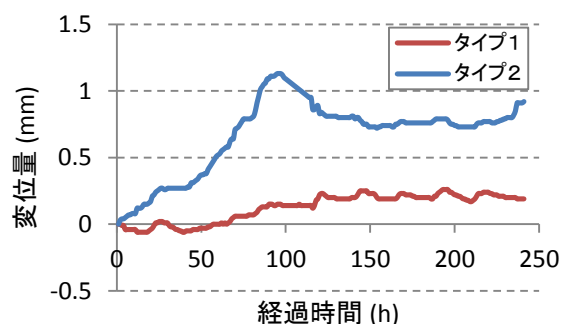


図1 固定強度試験結果

1 で 0.26mm、タイプ 2 で 1.13mm と非常に小さく、10 日間放置しても急増することなく安定した状態を保った。また、接合部も載荷前と比べて変化は見られなかった。以上のことから、スギ用テーパーネジを用いて行った吊り戸棚の固定強度試験においても、要求される性能を予定どおり確認することが出来た (写真 2、図 1)。

③スギ LVB パネル(3m)曲げ試験

スギ LVB パネル (長さ 2.4m、面材厚 9mm、枠材幅 21mm) の強度性能については、先述のとおり昨年度に曲げ試験を実施し、ベターリビングの適合基準を十分に満足していることを確認している。今回は長さ 3m の LVB パネルについて、実際に人間がぶつかった時のことを想定して確認のための曲げ試験を行った。試験は昨年度と同様、試験方法書を参考とし、スパ



写真3 パネル曲げ試験

ンについては両端支持の 2,920mm として 3 体実施した。試験の結果、

表2 パネル(3m)曲げ試験結果

パネル	最大荷重 (kN)	最大変位 (mm)	降伏荷重 (kN)	降伏変位 (mm)	1.8kN時変位 (mm)
No.1	7.18	67.50	4.46	23.57	16.96
No.2	6.91	67.90	3.65	19.80	18.79
No.3	6.40	69.81	3.95	18.29	16.77
平均値	6.83	68.40	4.02	20.55	17.51

り条件的には厳しくなったが、それでも 1.8kN 時の変位の平均値は 17.51mm であり、スパン 2,420mm の場合の変位の目安である 25mm 以内に収まった。以上のことから、3m のスギ LVB パネルについても、良好な性能を示すことが確認できた (写真 3、表 2)。

参考文献 1) 藤元嘉安ほか：第 61 回日本木材学会大会研究発表要旨集，京都，2011，p.128.

2-6 木質化推進分野

2-6-1 雇いほぞーこみ栓接合部の曲げ試験

※田中 洋、森田秀樹、中谷 誠、椎葉 淳

1 はじめに

建築基準法、とくに施行令第3章第3節の木造の規定は概ね在来工法に対する仕様規定であり、伝統的構法には適していないため、伝統的構法の建物の確認申請や工事の着工は著しく減少している。このような状況を踏まえ、「伝統的構法の設計法作成及び性能検証実験」検討委員会（事務局：NPO 緑の列島ネットワーク、国交省補助事業）では、実務者が使いやすい設計法の作成を目的として、伝統的構法に用いられる材料の実験や耐力要素の性能評価法等について検討している。当センターでは、主に回転抵抗を期待して主要な柱-梁接合部に用いられる、雇いほぞーこみ栓仕口に関する実験的な検討を行った。

2 実験方法

試験体は、雇いほぞーこみ栓接合により通し柱に両差しの梁が取り付け付いた接合部である。梁幅 120mm、梁せい 180mm、柱 120mm 角、雇いほぞ幅 30mm、雇いほぞ高さ 90mm、雇いほぞ長さ 450mm、こみ栓 18mm 角を標準寸法とし、梁幅、梁せい、込み栓径、雇いほぞ端距離、梁の端距離を変化させた 11 タイプの試験体(各タイプ 3 体)を供試した(図 1)。なお、梁及び柱はスギ人工乾燥材(E70、D20)を用い、雇いほぞはヒノキ、こみ栓はカシを使用した。

(単位 : mm)

No.	W	D	h	d	l1	l2	備考
1	120	30	180	18角	90	90	標準寸法
2	150	36	180	18角	90	90	梁幅 大
3	120	30	240	18角	90	90	梁背 中
4	120	30	300	18角	90	90	梁背 大
5	120	30	180	15角	90	90	込栓 小
6	120	30	180	24角	90	90	込栓 大
7	120	30	180	18丸	90	90	込栓 丸
8	120	30	180	18角	75	90	l1 小
9	120	30	180	18角	120	90	l1 大
10	120	30	180	18角	90	75	l2 小
11	120	30	180	18角	90	120	l2 大

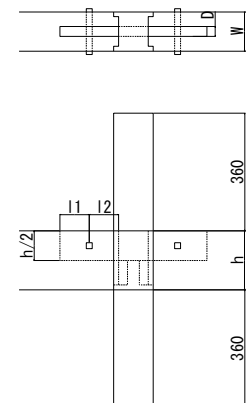


図 1 試験体寸法のパラメーター一覧

曲げ試験の方法は、図 2 に示す全点ピン支持の 3 等分点 4 点荷重方式とし、左支持ピン-接合部-右支持ピンのスパン 1,350mm で左右の梁を基準面から 900mm の高さで両端ピンの反力バーで支持して、上部の全点ピンの加力バーにより左右支持ピンから 675mm の位置で鉛直方向の繰り返し変形を与えた。加力スケジュールにおける目標変形角は、試験体中央柱下部の鉛直方向変位を両端支持ピンと試験体中央のスパンで除して得られる見かけの片側接合部回転角とし、引き（雇いほぞが引張りを受ける条件）、押し（雇いほぞが圧縮を受ける条件）の順に、それぞれ 1/240、1/120、1/90、1/60、1/45、1/30、1/20、1/15rad の段階で正負交番 1 回繰り返し加力を行った。試験にはアクチュエータ（Instron 製、容量 1,000kN、ストローク 250mm）を用い、変位制御鉛直方向繰り返し加力を行うとともに、50kN のロードセル（東京測器製 TCLM50KN）により鉛直反力を計測した。計測された荷重の半分を支点反力とし、それに両端支持ピンから加力ピンまでの距離を乗じた値を接合部回転モーメントとした。また、左右の梁の上下における柱との相対変位の絶対差を変位計間距離（梁せい）で除すことで接合部回転角を求めた。なお、試験の際には、柱の上下部に拘束ローラーをセットして試験中の柱の倒れ込みを抑えた。試験は、最大荷重に達した後最大荷重の 80% の荷重に低下するか、試験機の最大ストロークに達した時点で終了した。

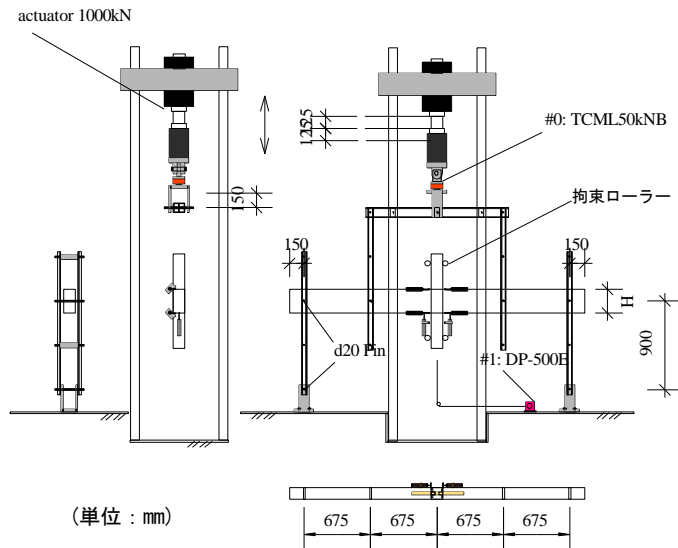


図2 試験方法(対称純曲げ試験)

3 試験結果

本試験では、引き一押しの順の繰り返し加力により、引き方向加力で破壊が先行した。引き方向加力では、梁の木口面と柱、梁のほぞと柱のほぞ孔等でめり込みが生じる様子が観察されたが、最終的な破壊は、雇いほぞのせん断、割裂が支配的であった(図3)。こみ栓が曲げ破壊したのはNo.3試験体(梁せい240mm)のみで、雇いほぞのせん断破壊とこみ栓の曲げが伴う破壊はNo.4(梁せい300mm)、No.5(込栓15mm角)及びNo.7(込栓径φ18mm)の各試験体の一部で認められた。押し方向加力では、変形が進んだ段階で、すでに引き方向加力で雇いほぞもしくは込栓が破壊していたが、梁のほぞ下部が柱のほぞ孔にめり込むとともに、雇いほぞの両端下部が梁を押しさえつけることにより荷重に抵抗する様子が認められた(図4)。最終的には、梁が柱から抜け出しながら荷重が低下していく場合と、雇いほぞが曲げ破壊する場合があった。



図3 引き方向加力の一例

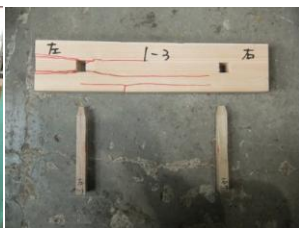


図4 押し方向加力の一例



接合部モーメントと回転角の関係について図5に一例を示す。引き方向加力(第1象限)の場合、標準試験体(No.1)で最大モーメント2.3kN・m、最大モーメント時変位変形角1/30rad程度となり、最大モーメントに達した後急激に耐力は低下したが、こみ栓が曲げ破壊した試験体(No.3、No.7等)では比較の変形性能が高かった。寸法条件の違いについては、梁せいが大きいほど最大モーメントや初期剛性が高い値を示したが、その他の条件の違いによる影響度合いについては今後の検討課題である。押し方向加力(第3象限)の場合、初期剛性が低い、最大モーメントは引き方向加力の1/2~2/3程度であり一定の耐力を有していた。また、寸法条件の違いによる最大モーメントの差は小さかった。

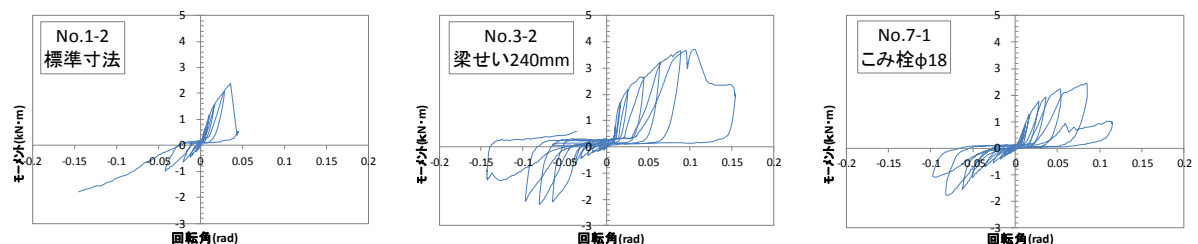


図5 接合部モーメントと回転角の関係

* 本研究は平成23年度木のまち・木のいえ整備促進事業(国土交通省)により行った。

1. 研究目的

林業の振興と地域経済の活性化を図り、国産材の需要拡大を図る観点から、非木造建築物向けの木造インフィルを開発して経済成長の著しい中国のマンション建設市場へ利用していくため、平成22年度から24年度の3カ年事業として日本木材総合情報センターと共同研究で取り組んでいる。

中国では、多方面での基準等の整備が進められており、木造間仕切り壁についても国家標準「木骨組壁技術規範」が制定され、間仕切り壁の遮音性能についても規定されている。このため開発下地パネルの遮音性能を試験評価し、規定の性能を上回ることを実証する必要がある。

平成22年度に評価試験機関で実施した遮音試験結果を踏まえ事業成果を報告する。

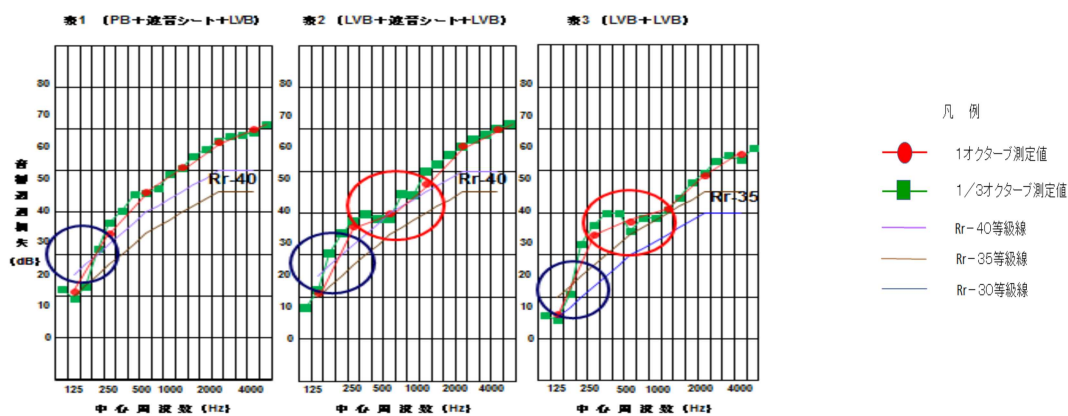
2. 研究内容

空気音透過損失量は、重い材料ほど、また厚い材料ほど大きく遮音性能は高くなることから、今回開発する間仕切りパネルはスギLVB9mm面材と同21mm枠材で構成されており、軽く（比重0.37）、薄い（9mm）ことから開発パネルそのままで遮音性能は期待できない。

そこで、基本パネルの延長上に重い材料（プラスターボード9.5mm、遮音ゴムシート2mm）を重ね、或いは9mmのLVB面材を重ね、また枠材に吸音材としてグラスウール10kg/m³のt100を充填し性能向上を試みた。

単層壁の質量則等から、①プラスターボード9mm+遮音シート2mm+LVB9mmをパネル両面に貼り枠・縦棧90mmの部分にグラスウール10kg/m³100tを充填した仕様、②LVB9mm+遮音ゴムシート2mm+LVB9mmをパネル両面に貼り枠・縦棧90mmの部分にグラスウール10kg/m³100tを充填した仕様、③LVB9mm+LVB9mmをパネル両面に貼り、枠・縦棧90mmの部分にグラスウール10kg/m³100tを充填した仕様の3体を試験体として選定した。

試験結果は、①仕様及び②仕様の試験体が、Rr-35、③仕様はRr-30と評価された。



3. 結果と考察

表1、表2では音響透過損失1オクターブ測定値は200Hz以下で上位等級Rr-40等級を、表3でも同様に200Hz以下で上位等級Rr-35等級を下回っているが200Hz以上の可聴領域ではそれぞれ満足している。このことから、低周波域を改善することで、上位等級の遮音性能が期待できる。

また、表2、表3の赤丸で示した500Hzから1000Hzの部分で、グラフが不自然に陥没し、この部分の音響透過損失が低下しているが、これは面材を重ねたことにより、重ねた部分が十分密着せず空気層ができた結果、空気層がバネとなって共振し透過し易くなった結果と考えられる。

このことについては、LVBを9mmより厚くし1枚で対応することで改善が期待できる。

まとめると、枠材と面材の絶縁を図り、面材の厚みを増す或いは密着を確実に行うことで、更なる性能向上が期待できると考えられる。

※荒武志朗、椎葉淳、森田秀樹、小田久人、松元明弘

【緒言】

現在、市場に供給される丸太は、九州地方を中心に急速な大径化への道を歩んでいる。このような中で製材現場に目を向けると、大径化によって同一の丸太から複数の構造材を得ることが出来るようになった。ここで、正角材を例に挙げると、末口径 38 cm前後の丸太であれば 12cm 角 4 体を木取ることが可能であり、歩留りの面から大変有利である。ところが、これまで正角材には主として心持ち材が用いられてきたこともあり、心去り材の普及は現状ではかなり厳しい状況である。特に“心去り材は心持ち材よりも材質的に劣る”と言う関連企業の根強い意識が心去り材の普及に対する大きな障害の一つになっている。勿論、このような意識は明確な実験データに基づいている訳ではなく、ある種の観念的な考えに基づく可能性も否定出来ない。そこで本実験では、大径材から得られた心去り正角材の構造部材としての適用可能性の有無を実験的に検証するために、末口径 37.5~43.0cm の丸太から心去り正角材(12cm 角)4 体を製材し、製材方法(中心定規挽き、側面定規挽き)、乾燥の有無、荷重方向(木表、木裏)別に、乾燥性能、強度性能、変形(曲がり)などについて検討した。なお、ここでは強度性能のうち曲げを中心に検討した結果を報告する。

【実験方法】

実験には、宮崎県日之影町産スギ丸太 15 本(末口径 37.5~43.0 cm、元口径 47.3~54.6 cm、長さ 400 cm)を供試した。流れは以下のとおりである。①丸太の密度、縦振動ヤング係数(Et)、最大矢高、平均年輪幅、及び細り率を測定、算出(表 1 参照)、②各丸太から心去り正角材を 4 体ずつ製材(図 1 参照)。この場合、4 体のうち 2 体は中心定規挽き材とし、他の 2 体は側面定規挽き材とした(以下、前者を CRS、後者を TRS と呼ぶ)。③全製材について、密度、Et、曲がり、平均年輪幅等の材質を測定、④CRS と TRS(各 2 体)のうちそれぞれ 1 体については未乾燥のまま曲げ試験を実施、⑤残りの各 1 体については、10 日間の人工乾燥、並びに 34 日間の養生を実施。なお、人工乾燥材における乾燥条件は初期乾球温度 80℃(乾湿球温度差 5℃)、最終乾球温度 90℃(同 20℃)とし、養生条件は乾球温度 50℃(同 8℃)とした、⑥人工乾燥材に対して乾燥後の密度などを測定した後、曲げ試験を実施。なお、曲げ試験は、日本住宅・木材技術センターの『構造用木材の強度試験マニュアル』に従い 3 等分点 4 点荷重方式により実施した(スパン 216 cm、荷重点間距離 72 cm)。また、荷重方向は、木表→木裏と木裏→木表

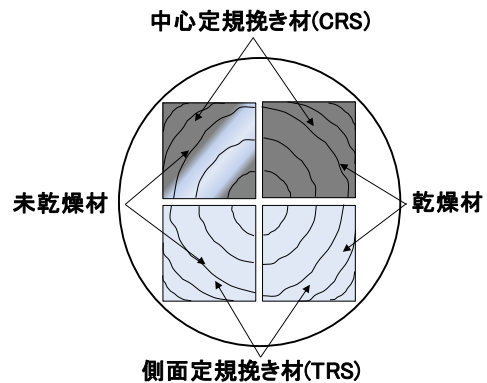


図1 供試材の木取りと乾燥の有無

表1 丸太の材質

種別	末口径 (cm)	密度 (g/cm ³)	Et (kN/mm ²)	曲がり (%)	平均年輪幅 (mm)	細り率 (%)
平均値	40.0	0.700	5.26	0.966	5.14	2.36
最大値	43.0	0.868	6.33	1.52	6.24	3.40
最小値	37.5	0.496	3.86	0.496	4.42	1.31
標準偏差	1.62	0.100	0.683	0.339	0.54	0.541

※ 長さは約4000mm、Etは縦振動ヤング係数、曲がりは(最大矢高/長さ) × 100、細り率は(元口径-末口径)/長さ

表2 製材の材質

種別	含水率(%)		密度(g/cm ³)		Et(kN/mm ²)		曲がり(%)		平均年輪幅(mm)	
	未乾燥材	乾燥材	未乾燥材	乾燥材	未乾燥材	乾燥材	未乾燥材	乾燥材	未乾燥材	乾燥材
平均値	126	14.4	0.696	0.362	5.56	6.41	0.0723	0.144	6.82	7.03
最大値	185	30.2	0.947	0.426	7.70	10.2	0.1480	0.424	10.8	10.1
最小値	37.7	9.28	0.459	0.304	3.43	4.29	0.0476	0.085	3.94	4.50
変動係数	28.8	36.5	16.2	8.20	18.9	19.6	40.2	62.5	23.1	21.7

※ 含水率は全乾法による値、Etは縦振動ヤング係数、曲がりは(最大矢高/長さ) × 100

の二通りとした(図1参照)。

【結果および考察】

本実験に用いた供試材は、丸太における製材位置の関係から(図1参照)、製材や乾燥による成長応力の解放による一定量の変形(曲がり)の増加が危惧された。また、供試丸太にはB材程度の曲がり材¹⁾が相当量含まれていることも一定の不安要素であった(15体中6体、表1参照)。ところが、製材後の曲がり測定した結果、未乾燥材で全試験体、乾燥材でも83.3%が日本農林規格の1級をクリアした(他は2級をクリア、表2参照)。このことから、4丁取り心去り正角材であるが故に著しい曲がりを生じる可能性は殆どないと考えて良い。

図2に丸太時点と製材後のEtの関係を示す。同図を見ると、一定のパラツキは認められるものの、全体として乾燥後で22%、乾燥前(製材直後)でも6%程度製材の方が高い値を示している。このうち後者の傾向は、樹幹内の材質分布特性を考慮すれば矛盾しているようにも思われるが、本実験では髓付近を3cm程度避けて木取ったことから一定量の未成熟部分が除去され、このような結果が得られたものと考えられる。

表3に曲げ試験結果を示す。まず、乾燥材と未乾燥材を比較すると、曲げヤング係数(MOE)は、条件に係わらず乾燥によって20%程度上昇しているが、曲げ強さ(MOR)は負荷方向による大きな差が認められる。具体的には、CRSのMORは負荷方向に係わらず上昇しているが、TRSの同値は木裏から負荷した場合は増加し、木表から負荷した場合は逆に減少している。一方、負荷方向の側面から比較すると、全体として『木裏から負荷>木表から負荷』の傾向が看取される。特に、TRS乾燥材のMORに関しては、上述した乾燥による大きな低下がこの傾向を顕著にしている。これらの原因として、木表から負荷する場合は、流れ節の入りやすい部分(木裏部分)が引張側に位置すること、同部分の多くを未成熟材が占めること、さらには、同部分(低質材)の強度は乾燥によって上昇しないこと²⁾等が考えられるが、さらにTRSでは木表側を基準に製材しているため、必然的に木裏側(引張側)に繊維傾斜が生じ易く、これらの影響が上述の原因に複合される形で現れたものと推察される。いずれにしても、今回の結果を考慮すれば、実用面で4丁取り心去り正角材を用いる場合、製材方法としては側面定規挽きよりも中心定規挽きを採用する方がベターであり、設置に当たっては木表よりも木裏を上にする方がベターと言える。ただし、図3を見ると、全条件(全試験体)のMORが建設省告示1452号における無等級材の曲げ基準強度を上回っており、また、殆どの試験体が機械等級区分の同値を上回っている。したがって、少なくとも曲げ性能に関するかぎり、仮に上記の推奨条件を採用しないとしても、4丁取り心去り正角材に関する実用上の問題が生じる可能性は極めて低いと考えて良い。

最後に、本研究の一部は、日本学術振興会科学技術研究費補助金(基盤研究(C)、課題番号:22580191)によって実施した。また、本研究の実施に当たり、株式会社もくみの佐藤庫司氏に多大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

【文献】

- 1) たとえば、九州森林管理局“国有林材の安定供給システム販売の取組について” p.1-8, 2009.
- 2) MADSEN: In-Grade Testing-Problem Analysis, F. P. J., Vol. 28-4, 42-50 (1978).

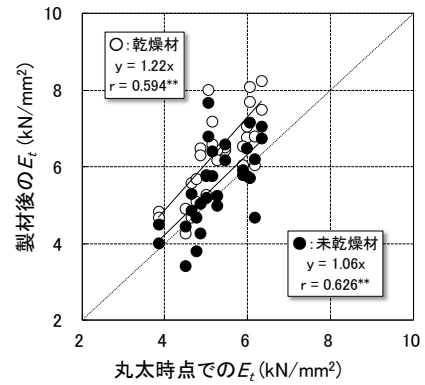


図2 丸太時点と製材後の縦振動ヤング係数(Et)の比較

表3 曲げ試験結果

種別	負荷方向	n	MOR(N/mm ²)		MOE(kN/mm ²)	
			未乾燥材	乾燥材	未乾燥材	乾燥材
CRS	木表→木裏	8	32.6	34.2	4.71	5.91
	木裏→木表	7	37.2	39.4	5.37	6.37
	全体	15	34.8	36.6	5.02	6.13
TRS	木表→木裏	8	36.4	31.1	4.91	5.82
	木裏→木表	7	35.9	40.5	4.99	6.13
	全体	15	36.2	35.5	4.95	5.96

※ CRS:中心定規挽き材、TRS:側面定規挽き材。

n: 試験体数、MOR: 曲げ強さ、MOE: 曲げヤング係数

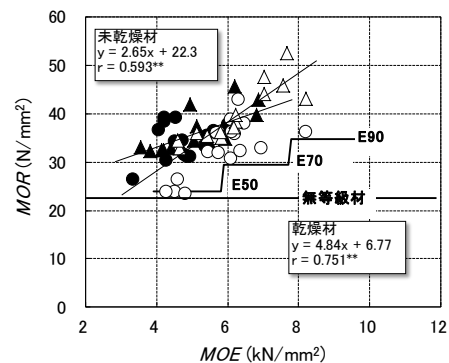


図3 負荷方向別の曲げヤング係数(MOE)と曲げ強さ(MOR)の関係

●: 未乾燥材、木表負荷 ▲: 未乾燥材、木裏負荷
○: 乾燥材、木表負荷 △: 乾燥材、木裏負荷
※ 図中の実線(E50, E70, E90, 無等級材)は基準強度

※椎葉淳、荒武志朗、森田秀樹、小田久人、松元明弘

【緒言】

宮崎県を含む南九州地方は、温暖多雨な気候によりスギを中心として急速な大径化が進んでいることから、これらを有効に利用するための木取り及び製品の開発が喫緊の課題となっている。しかしながら、例えば柱材に関しては、これまで主に柱適寸丸太から得られた心持ち材が利用されてきた背景もあり、関連業界やエンドユーザーの間には「心がある方が強い(心去り材は弱い)」という意識が根深い。このため、大径材から歩留まり良く製材できる心去り材は敬遠され、市場には受け入れ難いのが現状である。そこで本研究では、スギ大径材から心去り正角材を4丁取りし、乾燥の有無、製材方法(中心定規挽き、側面定規挽き)別に力学的性能を検証した。ここでは縦圧縮性能について報告する。

【実験方法】

実験には、宮崎県日之影町産スギ丸太15本(末口径37.5~43.0cm、元口径47.3~54.6cm、長さ400cm)を供試した。まず始めに丸太の各材質を測定し、心去り正角材(12cm角)を製材した。この時、1本の丸太から得られる正角材4本のうち、2本は中心定規挽き(CRS)、もう2本は側面定規挽き(TRS)とし、それぞれ未乾燥材と乾燥材に分けた。次にこれらの各材質を測定した後、未乾燥材については各試験体(曲げ・圧縮・めり込み)を採取し、直ちに試験を実施した。なお、縦圧縮試験体(材長72cm)には末口側の材料を用いた。乾燥材については、中温乾燥・養生後、同様に試験を実施した。縦圧縮試験は、「構造用木材強度試験マニュアル」に示された方法に従い実施し、 F_c 及び E_c を求めた。

【結果および考察】

表1に縦圧縮試験結果を示す。未乾燥材と乾燥材を比較すると、 E_c では約23%、 F_c では約69%程度、乾燥材が高い値を示した。 F_c については、過去の心持ち正角材の試験結果でも著しい強度向上が見られたが、今回はそれ以上であった。製材方法別の比較では、 F_c の未乾燥材と乾燥材、 E_c の未乾燥材については、CRSとTRSに大きな違いは見られなかったが、 E_c の乾燥材についてはTRSが7%程度高い値を示した。図1に縦振動ヤング係数(E_c)と F_c の関係を示す。これを見ると、CRS、TRSともに乾燥により強度が著しく向上し、すべての試験体が無等級材の基準強度を大きく上回っていることが分かる。これらのことから、適正な乾燥を行えば、心去り材であっても縦圧縮性能においては製材方法に関わらず十分な実用性があると考えられる。

最後に、本研究の一部は、日本学術振興会科学技術研究費補助金(基盤研究(C), 課題番号:22580191)によって実施した。また、本研究の実施に当たり、株式会社もくみの佐藤庫司氏に多大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 田中洋, 荒武志朗:第11回日本木材学会九州支部大会講演集, 福岡, 2004, pp.47-48.

表1 縦圧縮試験結果

種別	n	F_c (N/mm ²)			E_c (kN/mm ²)		
		未乾燥材	乾燥材	乾/未	未乾燥材	乾燥材	乾/未
CRS	15	17.0	29.1	1.71	5.28	6.29	1.19
TRS	15	17.4	29.0	1.67	5.29	6.75	1.28
全体	30	17.2	29.0	1.69	5.28	6.52	1.23
T/C		1.02	0.99		1.00	1.07	

※nは試験体数、 F_c と E_c は平均値

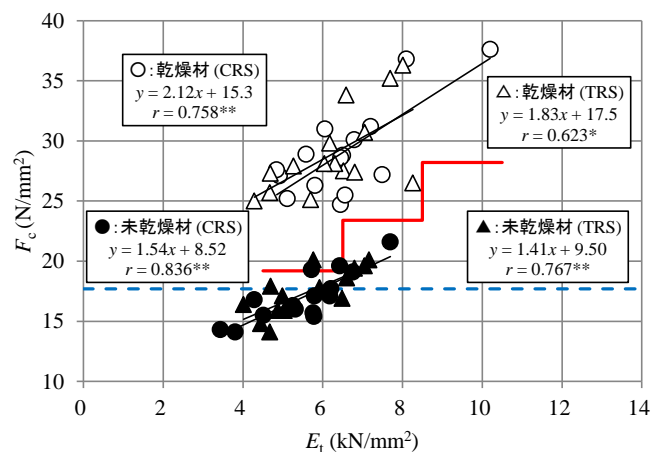


図1 縦振動ヤング係数(E_c)と縦圧縮強さ(F_c)の関係

※実線は機械等級区分材、破線は無等級材の基準強度

【緒言】木質バイオマスの活用促進が求められる昨今、木質バイオマス燃料を燃して発電や熱利用に有効活用する取り組みは、従来の化石燃料に代わるエネルギー供給源として注目されている。一方で、木質燃料を燃した後に残る燃焼灰は、産業廃棄物としてコストを掛けて処分しなければならず、木質バイオマスの燃焼施設の経営に負担の掛かる副産物である。これを背景として、木質燃焼灰を原料とした水酸アパタイト複合材（以下 HAp 複合材）を試作した[1]。これは木質燃焼灰の主成分であるカルシウム塩にリン酸塩溶液を作用させて得られる処理液を木材に含浸させ、木質細胞内部に水酸アパタイトの結晶を析出させたものである。水酸アパタイトは木材の難燃処理剤に広く用いられるリン酸塩の一種であるため、その複合材には難燃性能が期待できる。水酸アパタイト複合材の燃焼特性評価については、前年度に報告したとおりである[2]。また水酸アパタイト結晶が水に不溶でかつ金属イオンを置換し取り込み易い特性があることを利用して、抗菌性金属を保持した水酸アパタイト複合材の耐腐朽性能が先行研究により報告されている[3]。そこで今年度は、同 HAp 複合材の耐候性評価を野外試験により実施した。

【実験操作】

- (1) 供試体の準備と設置 - 耐候性試験は、基本的に JIS1571 に準拠した。まずスギの辺材・心材、ヒノキ、ベイヒバ、スプラスの5種類の木材から 600×30×30mm (L,R,T) の木杭を複数用意した。そのうち各樹種について8本を選出し、HAp 複合処理を施した（同複合処理の詳細は先行報告^{1,2)}を参照）。さらに未処理の木杭各8本を加えて、すべての試験体を2009年7月に宮崎県木材利用技術センターの耐候性試験地に埋めた。埋める深さは杭の長さの半分となる深さ30cmまでとし、埋める場所に偏りが無いよう乱数を用いてランダムに配置した。
- (2) 耐候性評価 - 評価内容としては、まず試験体の腐朽の進み具合を調べるため、設置してから3ヶ月おきに杭を引き上げ、腐朽度を目視で判定した。判定基準は JIS1571 に準拠し腐朽度を5段階評価した。また試験体表面の含水率を、高周波容量式の含水率計を用いて地上部・地中部計12カ所測定し、木杭全体の平均含水率を求めた。さらに試験体の色調の変化を調べるため、日光や雨に曝される杭の地上部の色調を測色計により測定した。色の測定は埋める直前と暴露2年目に実施し、測定値は CIE 系 (L*, a*, b*) にて表示した。この値を用いて、色の変化 ΔE^* は次式： $\Delta E^* = [(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2]^{1/2}$ により算出した。

【実験結果】

- (1) 腐朽度評価 - 2年暴露時点での最腐朽度の結果を図1に示す。未処理材の場合ではスプル>スギ辺材、ベイヒバ>ヒノキ、スギ心材の順に腐朽が進んだ。一方 HAp 処理材についても未処理材との明確な違いは観察されず、HAp 処理による耐腐朽性の向上はこの時点では認められなかった。つぎに図2に各試験体の表面含水率の

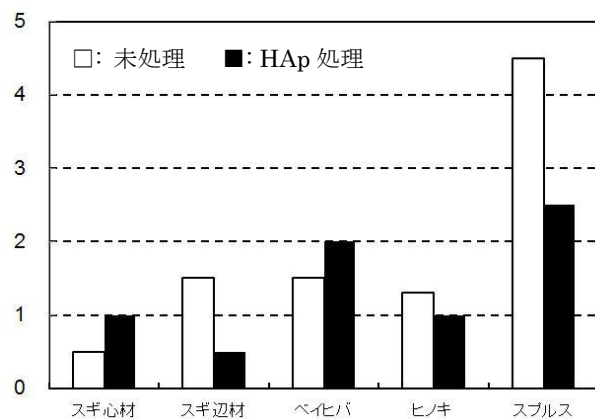


図1 2年暴露時点の最腐朽度

変化を示した。表面含水率は測定した時期の天候により推移したが、HAp 複合材の含水率が未処理材と比較して高い傾向が得られた。これはおそらく、水に不溶な水酸アパタイト微結晶が木質細胞内に充填されるような状態で卓越し複合材を成していることから、降雨により一度浸透した水分が、未処理材と比較して散逸しにくいことが原因のひとつ

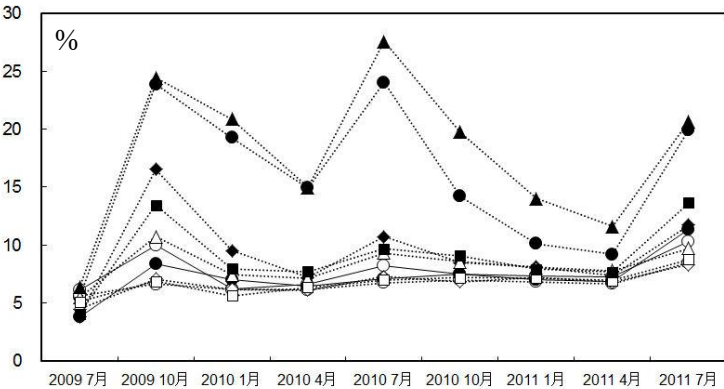


図 2 試験体表面の含水率変化

○: スギ (点線が心材、単線が心材)
 △: ヒノキ、◇: ベイヒバ、□: スプル
 白抜きは未処理、黒塗りは HAp 複合材

に考えられる。木材に水分を保持し易い特徴は木材の腐朽を助長すると考えられるため、耐腐朽性という観点からは、水酸アパタイトの複合はむしろ逆効果である可能性が示唆された。

(2) 屋外暴露による色調変化 - つぎに2年間の暴露による水酸アパタイト複合材および未処理材の色調変化の結果を図 3 に示す。測定値を CIE 座標 (L^* , a^* , b^*) にプロットした結果、未処理材と HAp 複合材ともに、2年間の屋外暴露により L^* , a^* , b^* の値が 0 に近づく方向に推移した。これは屋外暴露により色の彩度や明度が落ちる退色を示唆している。未処理材と HAp 複合材について退色の速さを比較すると、HAp 処理材の退色がより遅いことが認められた。この傾向は図 3 に示したスギ辺材のみならず、他の 4 種類の樹種についても同様の結果が得られた。これに関連して、2 年暴露による色の変化を ΔE^* 値で評価した結果を表 1 に示す。2 年暴露による HAp 処理材の ΔE^* 値は、未処理材の値のおよそ 35-50% 程度を示した。以上の結果により、水酸アパタイトの複合化には、屋外暴露条件下での木材の退色の遅延効果がある可能性が示唆された。

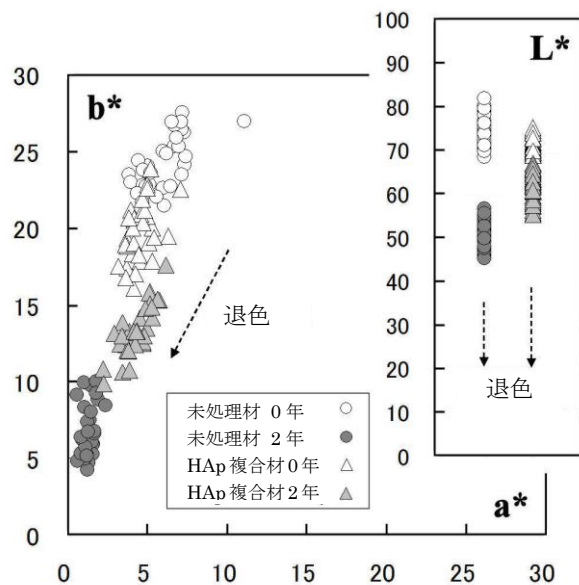


図 3 2 年間の屋外暴露による試験体表面の色調変化 (スギ辺材のデータを表示)

色調の変化 (ΔE^*)	未処理材	HAp 複合材
スギ辺材	27.9	11.0
スギ心材	19.8	10.0
ヒノキ	34.0	11.6
ベイヒバ	38.5	18.8
スプル	38.4	15.6

表 1 2 年間の屋外暴露による色調変化 ΔE^*

[引用文献]

1. 赤木剛 (2010) XXIII IUFRO World Congress International Forestry Review 要旨集, 274.
2. 赤木剛 (2010) 平成 22 年度宮崎県木材利用技術センター業務報告書, pp.23-24.
3. 山口東彦, 伊藤統, 松永浩史 (2003) 防菌防黴 vol.31, No.2, pp.69-76.

本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業 (挑戦的萌芽研究:課題番号 23658150) により実施した。

1 はじめに

木造建築物において、ネジ接合具は施工そして解体が容易で、また高い引抜き性能を示すことから、近年使用されるケースが増えている。また、ラグスクリューボルト（以下 LSB）のように大型のネジ接合具が使用されるケースも増えている。しかしながら、これまでに大型のネジ接合具のネジ山形状について詳細な検討を行った研究はあまり多くない。一方、木口面に大型ネジ接合具を埋め込み使用する場合、使用条件によっては引張力が加わると木質部材を激しく損傷する割裂破壊が生じる。既往の研究¹⁾により、この割裂破壊はネジ山形状に起因する可能性が検討されている。そこで、本研究ではネジ山の形状が通常型の山型と新たな形状 2 種類を製作し、破壊性状を含めた引抜き性能への影響を実験により明らかにすることを目的とした。

2 ネジ山の形状

実験では、図 1 に示す 3 種類のネジ山形状の接合具を用いた。図 1 (a) は通常の LSB で使用されている山型形状であり、ネジ山の立ち上がりが軸方向に対して 60 度である。(b) はネジ山が垂直に立ち上がった形状であり、引抜き力が加わると直角面に木材がめり込む形状になっている。また (c) はネジ山が内部に入り込んでおり、木材に食い込む形状になっている。3 種類のネジ山の高さは全て 5 mm であり、谷径が 1.5 mm、ネジの山径が 2.5 mm である。ネジ山の間隔（ピッチ）は 10 mm とした。また、本研究では先穴の直径は 1.8 mm とし、トルクレンチを用いて木質部材に埋め込んだ。

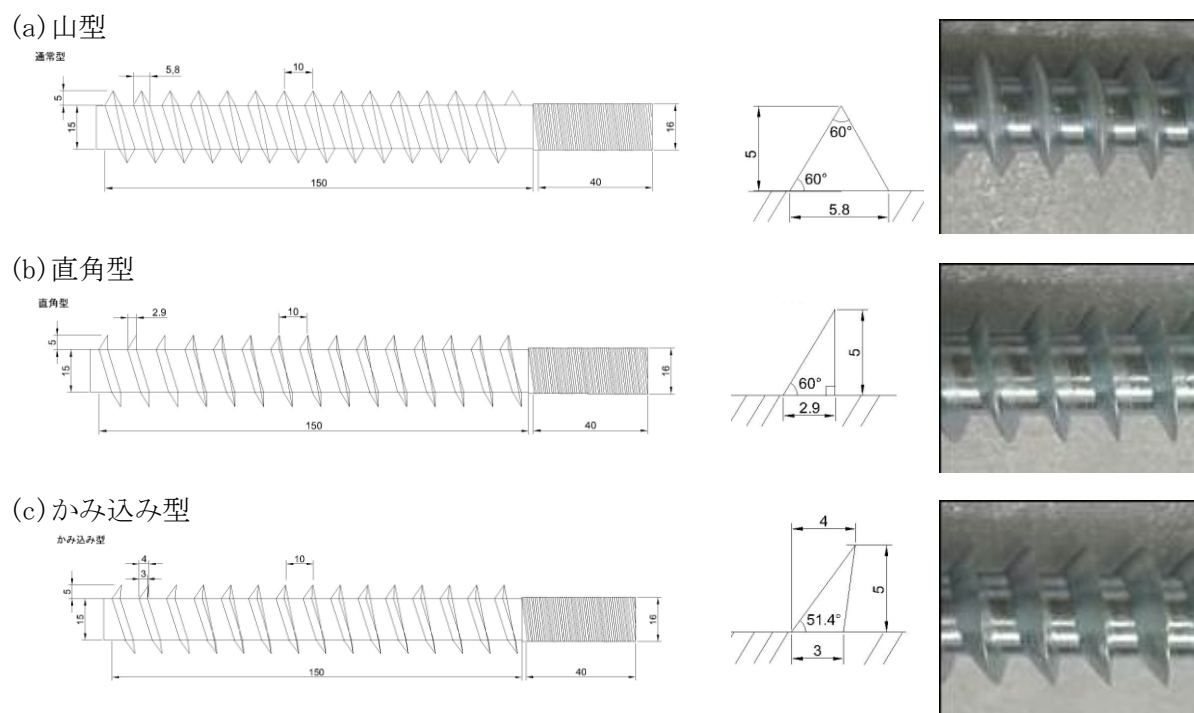


図 1 ネジ山形状の詳細と写真

3 実験方法

木質材料としてスギ同一等級集成材（E65-F255）を用いた。実験は 3 種類ネジ接合具を、3 条件の断面寸法（75x75mm、100x100mm、120x120mm）の木質材料それぞれに埋め込み引張実験を行った。図 2 に実験方法と試験体の概要を示す。測定用のネジの埋め込み深さは 150mm とし、反力用のネジの埋め込み深さをより深くすることで、実験では常に測定用のネジで破壊するように

した。測定用ネジ接合具の引抜き変位量は、二つの変位計によりネジ接合具と木質部材の相対変位を測定した。荷重は測定器上部のロードセルにより測定した。実験は島津社製の万能試験機（容量 100kN）を用い、加力スピードは毎分 1 mm とした。試験体数は各条件につき 6 体、合計 54 体とした。

4 結果および考察

各条件の実験結果の平均値と破壊性状を表 1 に、断面寸法と最大引張荷重の関係を図 3 に示す。破壊性状は、断面寸法が 75mm 角の試験体において山型と直角型では全てが集成材の割裂破壊であったのに対して、かみ込み型では 33%がネジの引抜き破壊を示した。また 100mm 角の試験体においても山型、直角型、かみ込み型の順に割裂破壊の発生率が減少した。これは、直角型とかみ込み型のネジ山では、山型の場合にはネジ山の傾斜により集成材を割裂破壊させた放射方向の分力を、抑制できたためと考えられる。最大荷重時のネジの引抜き変位量は、割裂破壊の発生率の減少に伴い増大する傾向が見られた。最大引張荷重は、ネジ山の形状による明確な影響は認められなかった。

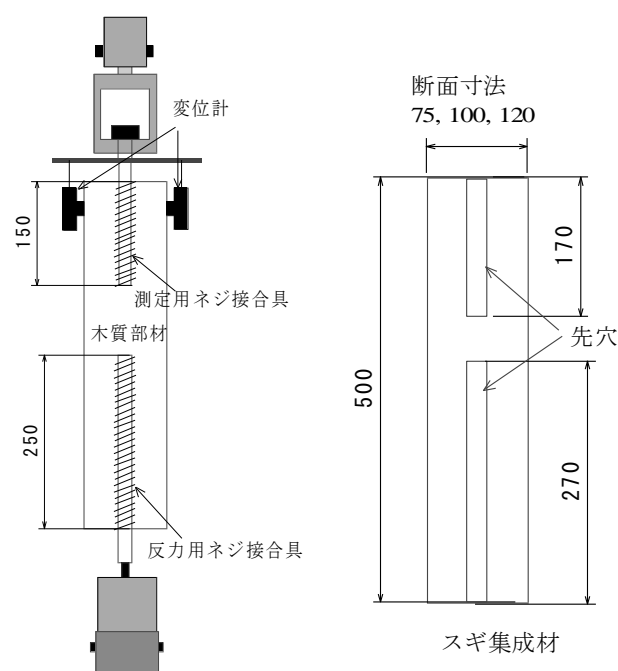


図 2 実験方法と試験体の概要

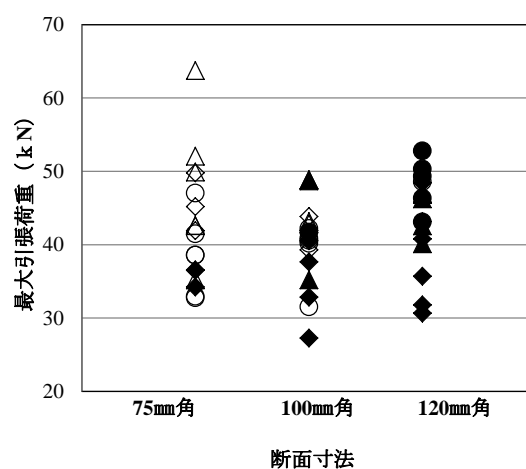


図 3 断面寸法と最大引張荷重の関係
凡例○：山型、△：直角型、◇：かみ込み型
白抜き：部材の割裂破壊、黒塗り：ネジの引き抜け破壊

表 1 各条件の実験結果 (平均値)

部材の断面寸法	ネジ山形状	最大引張荷重 (kN)	Pmax時の変位量 (mm)	部材の割裂破壊の発生率 (%)
75	山型	38.6	0.54	100
	直角型	47.7	0.46	100
	かみ込み型	40.7	0.76	67
100	山型	39.1	0.42	83
	直角型	45.9	0.63	67
	かみ込み型	40.3	0.81	33
120	山型	48.4	0.63	17
	直角型	44.9	0.43	0
	かみ込み型	38.4	0.60	0

参考文献

1) Makoto Nakatani, Bryan Walford: “Influence of Timber Dimension on Withdrawal Behavior of Lagscrewbolt.” Proceedings of WCTE 2010, paper.305

2-8 受託共同研究事業

2-8-1 スギに適した木ねじの開発（その2）－試作ねじの設計と耐力評価－

※森田秀樹、白 惠瑠、椎葉 淳、中谷 誠、田中 洋、
皆内健二、飯村 豊
(株)タツミ 小池浩司、本間智子
東日本パワーファスニング(株) 荻部泰輝、寺澤正広

【緒言】

市販の木ねじやビスは、例えばロシアカラマツやラジアタパインなどの外国産の比較的高い比重を有する材を前提としてねじ形状が決定されていると考えられ、このような既存ねじを軽軟な国産スギに対して用いることは、接合耐力が低下し、期待する耐力が得られないことにつながっている。そこで本研究では、軽軟スギに適した新たなねじを試作し、スギ LVL に打ち込んだ場合の引抜耐力評価を行った。

【実験方法】

1. 市販ねじの引抜試験

試験に使用したねじは、市販コーススレッドおよび東日本パワーファスニング製ねじ3種類(各30本)である。表1に実験に使用したねじの仕様を示し、図1にその外観を示す。主材はスギ LVL (9×90×90mm、密度 386(最小値)～431(平均値)～487kg/m³(最大値))120枚であり、密度の平均値およびばらつきがほぼ等しくなるように4グループにふりわけした後、図2に示すガイドを用いてねじ先端から25mmの位置までねじを打ち込んだ。引抜試験は万能試験機を用いて毎分1mmの速度で実施した。試験体を中央にφ22mmの穴を有する鋼板によりM16ボルト2本で固定し、引抜治具を介して加力した(図3)。

表1 使用したねじの仕様

	市販コーススレッド	ねじA ¹⁾	ねじB ¹⁾	ねじC ¹⁾
全長	51	51	51	115
ねじ部長さ	30	30	34	51
山径	3.8	4.2	4.2	5.5
谷径	2.3 ²⁾	2.8	2.8	3.1
山高さ	0.75 ²⁾	0.7	0.7	1.2
ピッチ	2.8 ²⁾	2.8	2.82	5.64
条数	一条	二条	一条	二条

1)ねじA～Cは東日本パワーファスニング製、2)実測値



図1 ねじの外観



図2 ガイドを用いたねじの打ち込み



図3 引抜試験の様子

【結果および考察】

1. 試作ねじの仕様

スギに比較的大きな呼び径のねじを打ち込む場合や端距離が短い場合、先穴がないと割裂を生じることが多い。そこで、スギのめり込み易さを利用して、テーパ形状のねじ部を先穴なしで打ち込むことにより耐力を確保しつつ、全長を短くすることで打ち込み易さを向上させ、めり込み破壊を防ぐねじ頭形状を有する軽軟スギ用ねじを目指した。

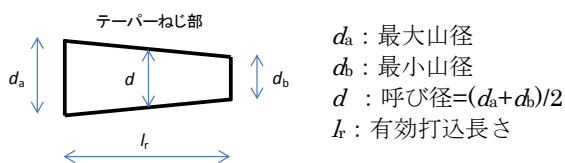
木質構造設計規準によるねじ接合部の基準終局引抜耐力は(1)式で表される。

$$P_w = 38.1 \times r_0^{1.5} \times d \times l_r \quad (1)$$

ここで、 r_0 ：基準比重、 d ：呼び径、 l_r ：有効打込長さ。

コーススレッドをスギ LVL($r_b=0.40$ (宮崎県産スギ LVL320 体の 5%下限値))に打ち込むと仮定した場合、 $d=3.8\text{mm}$ 、 $l=25\text{mm}$ の場合 $P_w=916\text{N}$ となり、 $d=4.2\text{mm}$ 、 $l=36\text{mm}$ の場合 $P_w=1457\text{N}$ となる。

試作ねじのテーパ部を以下のように想定し、コーススレッドと同等の引抜耐力を有するねじ形状を以下で検討する。ただし、呼び径 d はテーパねじ部の最大山径 d_a と最小山径 d_b の平均値とした。



呼び径 d を変化させた場合の有効打込長さ l_r と引抜耐力 P_w との関係を図 4 に示す(点線で示す 916N 及び 1457N は目標とするコーススレッドの引抜耐力)。なお、(1)式は同一径ねじを想定した算定式であり、テーパねじの場合には算定式より 15~18%高い値を示すことが明らかになっているため、(1)式に 1.15 を乗じて図 4 の P_w を算出している。

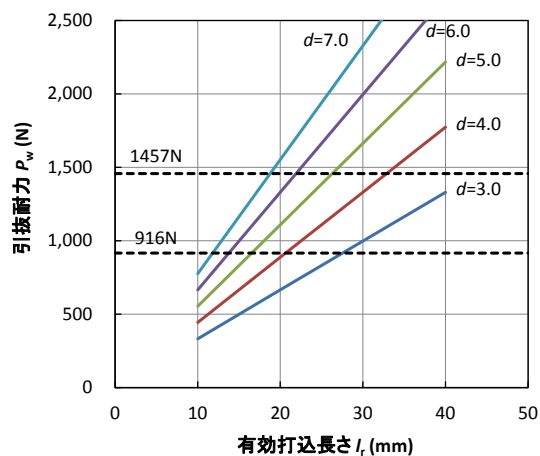


図 4 有効打込長さ と 終局引抜耐力 の関係

この他、ねじ頭のめり込み試験を行い、2 タイプの試作ねじの仕様を図 5 のように決定した。試作ねじ M6-L は有効打込長さ $l_r=28\text{mm}$ で引抜耐力 $P_w=1457\text{N}$ を満足し、試作ねじ M6-S は $l_r=19\text{mm}$ で $P_w=916\text{N}$ を満足している。なお、本試作ねじは切削法で製造した後熱処理を施していないため、試験時のねじ頭の折れを防ぐために頭厚を大きめに製造した。

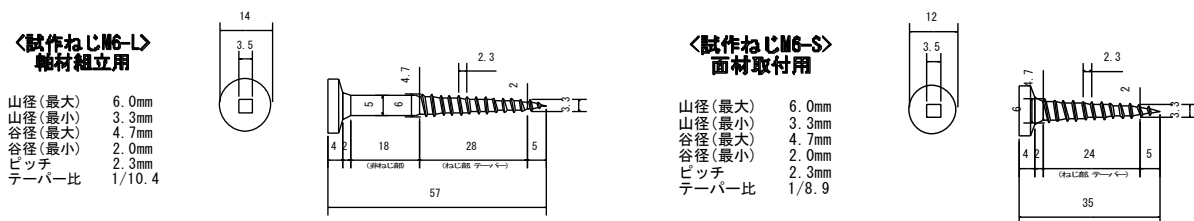


図 5 試作ねじの仕様

2. 引抜試験結果

図 6 に試作ねじ及び市販ねじの最大引抜耐力の比較を示す。最大引抜耐力の平均値及び 5%下限値は試作ねじが最も高く、次いでねじ C であり、他の 3 種類はほぼ同等であった。最大引抜耐力(実験値)はねじの呼び径に比例し、また実験値の 5%下限値は木質構造設計規準による計算値とほぼ等しかった(図 7)。以上のことから、テーパ形状で比較的大きな呼び径のねじを割裂を生じさせることなく打ち込むことにより、引抜耐力の向上が期待できることが分かった。

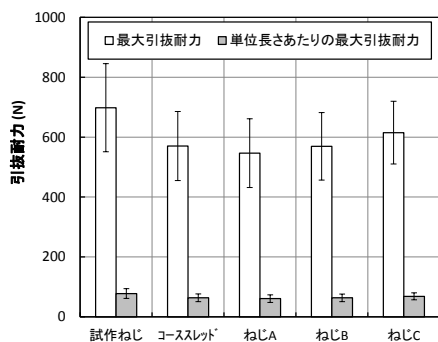


図 6 最大引抜耐力の比較

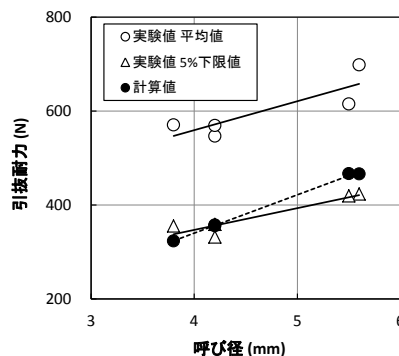


図 7 呼び径と引抜耐力の関係

※本研究は、農林水産省の「新たな農林水産対策を推進する実用技術開発事業」での研究課題「輸出ニーズに適應した建築物向け国産材インフィル部材の技術開発」により行った。

2-9 研究発表(口頭)

開催年月	学会名	場所	氏名	題名	要旨集
2011.8.23-25	2011年度 日本建築学会大会(関東)	東京都	○荒武志朗、椎葉淳、森田秀樹	曲がり有するスギ丸太から得られた平角材の力学的性能 その2 曲げクリープについて	p.201-202
			○榎田剛、村西大介、森拓郎、中谷誠	樹種や等級の違いがラグスクリューボルト接合具の引抜耐力に与える影響	p.333-334
			○中谷誠、森拓郎、小松幸平	LSB交差挿入接合法の開発	p.339-340
2011.10.12-13	日本木材加工技術協会第29回年次大会	岡山県	○小田久人、飯村豊、木脇桂太郎	スギ大径材から製材した心去り平角材の乾燥	p.27-28
			○荒武志朗、森田秀樹	オビスギ心持ち材を用いた土台用積層材の力学的性質 -柱脚柱頭接合部のめり込み性能-	p.51-52
2011.12.1-2	第15回木質構造研究会技術発表会	東京都	高橋武一、石川寛猛、栗原憲昭、塩崎征男、○飯村豊	東日本大震災津波を受けた築26年の集成材アーチ-ハウジングプラザ山大-	p.85-88
2012.2.20	第195回生存圏シンポジウム DOL/LSFに関する全国・国際共同利用研究成果発表会	京都府	○中谷誠、森拓郎	大型木造の接合部における生物劣化を評価するための基礎的研究	p.21-22
2012.3.15-17	第62回日本木材学会大会	北海道	○小田久人、荒武志朗、椎葉淳、森田秀樹、松元明弘	スギ大径材から得られた心去り正角材の性能 その1 -乾燥性-	(CD-ROM)
			○荒武志朗、椎葉淳、森田秀樹、小田久人、松元明弘	スギ大径材から得られた心去り正角材の性能 その2-曲げ性能など-	(CD-ROM)
			○椎葉淳、荒武志朗、森田秀樹、小田久人、松元明弘	スギ大径材から得られた心去り正角材の性能 その3-縦圧縮性能-	(CD-ROM)
			○須原弘登、行木崇、前川二郎	Phallales (スッポンタケ目)から得られたクラスIIペルオキシダーゼ	(CD-ROM)
			中谷誠	大型ネジ接合具のねじ山形状が引き抜き性能に及ぼす影響	(CD-ROM)
2012.3.26	第204回生存圏シンポジウム 木質材料実験棟全国共同利用研究報告会	京都府	○中谷誠、森拓郎、小松幸平、中島昌一	CLT(Cross laminated timber)を用いた中・大規模木造建築物の開発	p.55-58

注1 ○は要旨集に掲載

注2 共同研究者の所属は省略しています。

2-10 研究発表(展示)

発行年月	学会名	場 所	氏 名	題 名
2011.8.26-8.27	第18回日本木材学会九州支部大会	鹿児島県	○田中洋、椎葉淳	スギ厚板張り真壁の面内せん断試験
2012.3.15-17	第62回日本木材学会大会	北海道	○田中洋、飯村豊、皆内健二、椎葉淳、川添英司、足立聡、田中睦巳、福原和範、臼井省司、持永直樹、川添恵造	ほぞパイプで接合したスギ重ね梁の曲げ性能
			岩崎新二	土木資材用スギ材の耐久性評価試験 -打撃音法による耐久性評価-
			○森田秀樹、白恵琇、椎葉淳、中谷誠、田中洋、皆内健二、飯村豊、小池浩司、本間智子、苅部泰輝、寺澤正広	スギに適した木ねじの開発(その2) -試作ねじの設計と耐力評価-
			赤木 剛	木質燃焼灰を再利用して製造した水酸アパタイト複合材の燃焼特性
			○椎葉淳、中谷誠、矯健、飯村豊、寺澤正広、加藤隼人	インフィル用スギ間仕切パネルの強度性能 その2 吊り荷重に対する強度性能
			○松元明弘、小田久人、藤本登留、有馬孝禮	ホットプレスを用いたスギ心持ち柱材の表面割れ抑制処理(第4報)
			上原星太、園部美佳、須原弘登、○亀井一郎、目黒貞利	タケリグニン選択的分解菌を用いた脱リグニン-同時糖化発酵
			○白恵琇、森田秀樹、椎葉淳、田中洋、中谷誠、飯村豊、今井富士夫、小林進、小池浩司、本間智子、苅部泰輝、寺澤正広、加藤隼人	宮崎産スギ材におけるテーパ-ねじの引き抜き性能 -軽軟材に最適な木ねじの開発-

注 共同研究者の所属は省略しています。

2-11 研究発表(誌上)

発行年月	書籍名	氏名	題名
2011年4月	公共建築 Vol.53 no.1 No.200	皆内健二	宮崎県木材利用技術センター 金物接合に頼らない伝統技術と木材の特性を活かした研究施設
2011年4月	ウッドエイジ 第692号 2011年4月号	飯村豊	宮崎県のスギ集成材による大規模木造建築の開発事例(1) - ティンバーエンジニアリングによる実証的なスギ利用の研究開発 -
2011年6月	林業みやざき No.518 4・5・6月号	田中洋	スギ厚板張り真壁の面内せん断試験
2011年6月	ウッドエイジ 第694号 2011年6月号	飯村豊	宮崎県のスギ集成材による大規模木造建築の開発事例(2) - ティンバーエンジニアリングによる実証的なスギ利用の研究開発 -
2011年7月	木材学会誌 Vol.57 No.4	雫子谷佳男、豊海彩、北原龍士、藤本英人	オビスギ品種材のシロアリ抵抗性と抽出成分の組織内分布 ^{注3}
		椎葉淳、荒武志朗、森田秀樹	大径材から得られたスギ側面定規挽き製材の力学的性能(第1報)曲げ性能
2011年8月	Journal of Wood Science Vol.57 No.4	Shiro Aratake, Hideki Morita, Takanori Arima	Bending creep of glued laminated timber (glulam) using sugi (<i>Cryptomeria japonica</i>) laminae with extremely low Young's modulus for the inner layers
2011年9月	住宅と木材 Vol.34 No.405	飯村豊	ティンバーエンジニアリングで国産材利用を促進
2011年10月	林業みやざき No.520 9・10月号	森田秀樹	オビスギ黒心土台のめり込み性能
2011年10月	木材工業 Vol.66 No.10	飯村豊	性能規定化に対応が進む木材利用 -提案型の技術指導へ-
2011年11月	Biodegradation Vol.22 No.6	Hiroto Suhara, Ai Adachi, Ichiro Kamei, Nitaro Maekawa	Degradation of chlorinated pesticide DDT by litter-decomposing basidiomycetes
2011年11月	みやざき農業と生活 Vol.46 No.4 11・12月号	森田秀樹	スギ・ヒノキを用いた異樹種集成材の開発
2011年11月	木材保存 Vol.37 No.6	飯村豊	ティンバーエンジニアと化学処理
2011年12月	林業みやざき No.521 11・12月号	椎葉淳	大径材から得られたスギ側面定規挽き製材の曲げ性能
2011年12月	全国林業試験研究機関協議会 会誌 第45号	増永保彦	宮崎県木材利用技術センター -宮崎県職員表彰 知事表彰受賞-
		小田久人	研究員暦24年目に突入して
2012年1月	住宅と木材 Vol.35 No.409	飯島泰男、園田里見、荒武志朗、大橋義徳、平松靖	構造用木材の強度試験マニュアル(1)
2012年1月	木材保存 Vol.38 No.1	安田淳一、須貝与志明、北田正司、有馬孝禮、荒武志朗、岩崎新二、上杉基	保存処理した木柵の野外暴露試験 -メンテナンスによる耐久性向上効果の検証-
2012年1月	木材学会誌 Vol.58 No.1	松元明弘、小田久人、有馬孝禮、藤本登留	ホットプレスによるスギ心持ち柱材の表層ドライグセット

注1 学会等要旨集は除く

注2 共同研究者の所属は省略しています。

注3 2010年に論文を投稿し、2011年に発行されたため、2010年度まで在籍した職員の研究業績を掲載しています。

2-1-1 誌上发表 (つづき)

発行年月	書籍名	氏名	題名
2012年1月	木材学会誌 Vol.58 No.1	松元明弘、小田久人、有馬孝禮、藤本登留	ホットプレスによるスギ心持ち柱材の表面割れ抑制処理
2012年2月	住宅と木材 Vol.35 No.410	飯島泰男、園田里見、荒武志朗、大橋義徳、平松靖	構造用木材の強度試験マニュアル(2)
2012年3月	Mycoscience Vol.53 No.2	Shuji Ushijima, Eiji Nagasawa, Hiroto Suhara, Nitaro Maekawa	The genus <i>Ponticulomyces</i> (Physalacriaceae, Agaricales) from Japan
2012年3月	林業みやざき No.522 1・2・3月号	須原弘登	木材腐朽に関わる菌類
2012年3月	NPO木の建築 32号	飯村豊、高橋武一、石川寛猛、栗原憲昭、塩崎征男	東日本大震災津波を受けた築26年の集成材アーチ -ハウジングプラザ山大-
2012年3月	木材学会誌 Vol.58 No.2	椎葉淳、荒武志朗、藤元嘉安、小田久人、松元明弘	スギ枠組壁工法用製材の力学的性能と強度等級区分評価
2012年3月	公立林業試験研究機関 研究成果選集 No.9 (平成23年度)	皆内健二、椎葉淳、田中洋、飯村豊	地域材利用推進のためのコストシュミレーション

注1 学会等要旨集は除く

注2 共同研究者の所属は省略しています。

注3 2010年に論文を投稿し、2011年に発行されたため、2010年度まで在籍した職員の研究業績を掲載しています。