

2 試験研究業務 2-1 木材化学

2-1-1 スギ成分の化学的有効利用に関する研究

(スギ材の人工乾燥工程で得られる精油のゴキブリ忌避効果)

材料開発部 藤本英人

【はじめに】スギ材の人工乾燥に伴い、大量の水蒸気が排出されている。この蒸気を冷却器を用いて凝縮させると、精油と精油成分が懸濁した凝縮水が得られる。このように副産物として安価に、大量に得られる精油の有効利用を図る目的で、ゴキブリに対する忌避効果を確認したので報告する。なお本試験は文部科学省の都市エリア産学官連携促進事業の一環として行われたものである。

【試験方法】 供試したゴキブリはクロゴキブリ (*Periplaneta fuliginosa* Serville) で、民家で捕獲したものを繁殖させたものである。試験に用いた容器は内径8cm、高さ6cmの亚克力円筒とシャーレを組み合わせたもので、上部を解放状態にした。この中に、スギ精油を含浸したろ紙を敷き、その上に、餌と水を入れた容器をセットした。また、ゴキブリの習性を考慮して、5mm厚さのスペーサーとスライドガラスを用いて、身を潜ませるスペースを確保した。このセットを種々の濃度からなるゴキブリ幼虫約50匹とともに亚克力製観察箱の中に入れ、円筒容器内底面にいるゴキブリ個体数を計数した。精油はヘキサンで所定濃度に希釈して、ろ紙に含浸し、一昼夜風乾した後、実験に供した。濃度は精油原液の2倍希釈（以下Cと呼ぶ）、4倍希釈（MC）、8倍希釈（M）、16倍希釈（L）およびコントロール（Cont）の5水準とし、繰り返し数は3とした。位置の影響を避けるために、観察容器内での位置は1週間ごとにランダムに入れ替えた。また、集合フェロモンの影響を除くために、蛹集の認められた容器は、容器と内容物のすべてを交換した。

【結果と考察】

ゴキブリ忌避試験の手法としてスランディングカード法などが報告されているが、今回は深型円筒容器を用いた試験方法を提案する。それは、スギ精油の主成分であるセスキテルペン蒸気の比重が空気の7倍程度と極めて大きく、スランディングカード法では揮散した蒸気が試験容器の底面一面に広がり、コントロールとの差が出にくいと判断したためである。そこで、テルペノイド蒸気の拡散を抑えるために深型容器を、また、統計的に処理することを目的として容器を複数個入れる試験方法を考案した。

スギ材の人工乾燥工程で得られた精油をゴキブリ忌避試験に供した結果を図1に示した。なお、縦軸の「個体数」はそれぞれ三個の円筒容器内に存在した個体数の合計である。試験開始から、コントロール容器にはかなりの蛹集が認められたが、精油を含浸したろ紙を入れた容器にゴキブリはほとんど存在せず、スギ精油に忌避効果があることが確認された。この忌避効果は二ヶ月以上持続したが、低濃度に設定したL群では70日目あたりから蛹集が始まった。これは精油成分が揮散した結果と考えられる。M群以上の濃度では、図には示していないが、150日以上たった時点でも忌避効果が持続しており、十分な実用性があると判断された。

宮崎県産スギ、いわゆるオビスギ、の人工乾燥に伴って得られるスギ精油の量は、デカンテーションで簡単に採取できる量だけでも、スギ材1m³あたり0.65リットル程度である。白濁した水層から抽出すればさらに多量の精油が回収できる。このように大量のスギ精油が捕集できることは宮崎県産スギの大きな特徴である。宮崎県はスギだけで年間100万m³以上の生産量があることから、精油の利用は木材の総体的高付加価値化にとって重要であると考ええる。

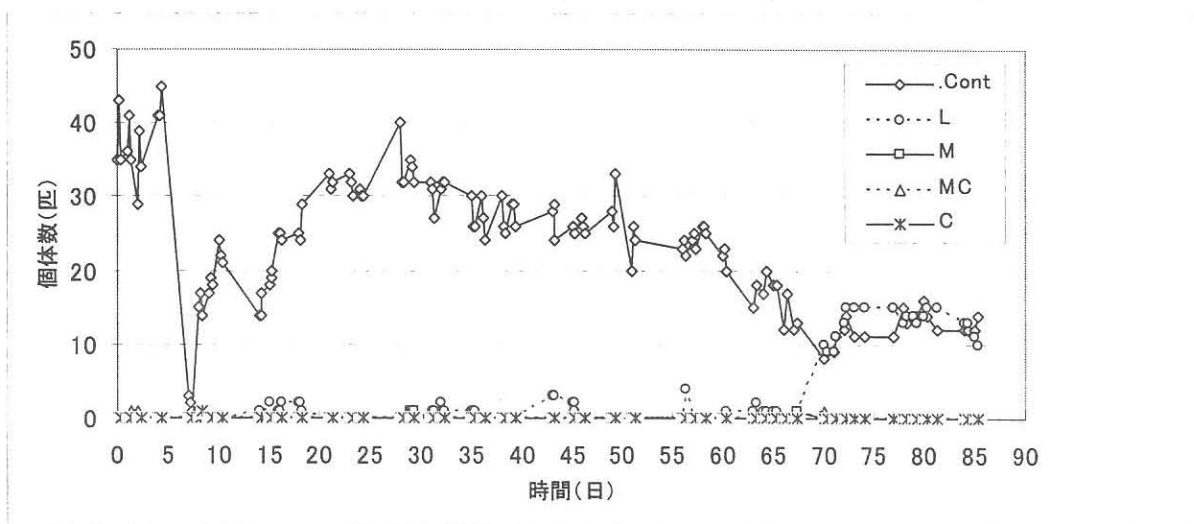


図1 スギ精油を所定濃度で含浸したろ紙に蛹集したゴキブリ数の経時変化

2-1-2 土木資材用スギ材の耐久性評価試験 (スギ、ベイスギ素材の屋外杭による耐蟻性比較)

材料開発部 ※岩崎新二、落合克紀

「はじめに」

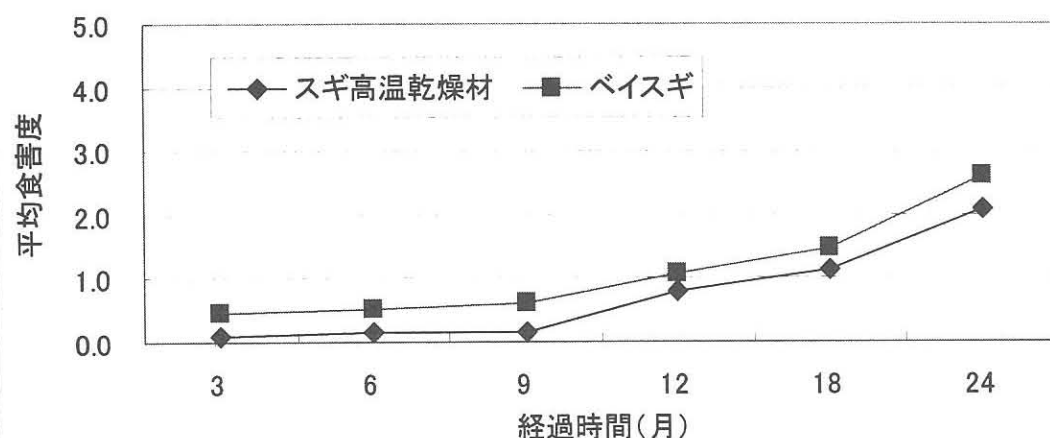
木材に耐蟻性を持たせるために、多種の薬剤による処理が行われているが、環境意識の高まりにより薬剤の使用を抑える傾向がある。そのため耐蟻性を有する建築方法や木材の選定が重要である。スギ心材は、耐蟻性を有するという経験則があるが、実証されたものではない。そこで、県産スギ材、耐朽性が「大」¹⁾と評価されているベイスギ素材のシロアリに対する耐蟻性を比較するため、シロアリ生息林内で屋外杭による試験を行った。

「実験方法」

供試木材は、スギ（高温乾燥）材、ベイスギ材を用いた。試験体はすべて心材部で、約 $3 \times 3 \times 60\text{cm}$ の杭とし、各 56 本とした。試験地は、県内 3 地区（宮崎市、串間市、新富町）の県有林を選定し、平成 15 年 7 月から 2 年間埋め込み試験を行った。食害度の評価は、雨宮の方法²⁾により定期的に行った。

「結果」

食害したシロアリは、ヤマトシロアリであり、食害を受けている部位は、地際が多かった。2 年後のスギ（高温乾燥）材の平均食害度は、2.1 であり、小さな値を示した。ベイスギは、2.7 でありスギ材より大きな値を示した。また、食害度 5 に達したものは、ベイスギが 3 本であったが、スギ材はなかった。Mann-Whitney の U 検定を行った結果、危険率 1% 以下での有意差が認められた。スギ（高温乾燥）材の耐蟻性は、ベイスギ材より高いことが明らかになった。



シロアリによる食害度

- 引用文献 1) (社)日本木材保存協会：木材保存学入門改訂版、80(1998)
2) 雨宮昭二：林業試験場研究報告、第 150 号 143-156(1963)

(オビスギにおけるテルペン類の樹幹内分布)

材料開発部 落合 克紀

【緒言】

精油成分の主成分であるテルペン類は、材の耐久性に深く関与していることが知られており、その含有量が多いオビスギ品種群は耐蟻性が比較的高いと言われている。また、テルペン類は、森林浴に代表されるようにリラククス効果や癒し効果があると言われる一方で、シックハウス問題を背景に、総揮発性有機化合物(TVOC)として規制する動きが見られている。本研究は、材部位によるテルペン類の組成変化の把握により、オビスギの耐久性及びオビスギから発生するTVOCに関する基礎的知見を得ることを目的としている。

【実験方法】

1. 供試木

品種：オビアカ、樹高：33m、胸高直径：66cm
伐採地：三ツ岩林木遺伝資源保存林（宮崎県北郷町）

2. 試験体の採取

供試木を樹高方向1m毎に切断した木口面から、一定の年輪箇所、水平方向15mm角、繊維方向30mmの直方体を切り出し、試験体とした。採取は、樹高(H)方向28mまで行い、木口の採取箇所は、樹皮からの年輪数が10,30,50……髓中心部の位置とした。

3. テルペン類の抽出及び成分分析

上記試験体をノルマルヘキサンに1ヶ月間浸漬し、抽出液をGC/MSにより分析した。成分の保持時間及びマススペクトルの比較により成分を同定した。

【結果と考察】

図1に、樹高方向5m毎における各年輪数でのヘキサン抽出物量（絶乾重量に対する割合の平均値）の結果を示す。辺材（年輪数10）では、蟻害のあったH11~15及びH16~20の一部を除いて、ヘキサン抽出物はほとんど得られなかった。抽出物量は、概ね心材最外方（年輪数30年）で極大値となり、その後H20程度までは年輪数の増加とともに減少する傾向を示したが、H6~20では、年輪数70を境に増加に転じ随近付で再び極大値をとっている。一方、H21以上では、年輪数70での極小傾向は認められず、心材部ではほぼ一定又は内方への増加傾向を示した。

抽出物の成分分析の結果、44種のテルペン成分を同定した。各成分の成分比率は、試験体の採取位置で大きく異なっていた。一例として、図2に、H1における各年輪数での cubebols (4-epicubebol と cubebol でオビスギに特徴的に多いといわれる成分) 及び cubenols (cubenol と epicubenol) のクロマトグラム TIC 面積比を示す。cubebols は、心材最外方で最も多く髓に向かって減少し、年輪数70以上ではほぼ含有されていなかった。一方、cubenols は反対に髓方向へ増加する傾向を示した。他の成分においても、樹高及び放射方向の違いで各成分の構成比が変化しており、成分分布は成分の生合成の違いにより6種類のパターンに分類されることがわかった。また、蟻害部周辺では、ファイトアレキシンと思われる cubebols, elemol, cryptomerion 及び β -eudesmol 等が特異的に存在していた。

以上、材に含有されるテルペン類は、部位により成分量比が異なることから、データの蓄積により、耐久性成分の含有比を基にした耐久性診断指標や部位に応じたTVOC放散量予測に応用可能であると思われる。

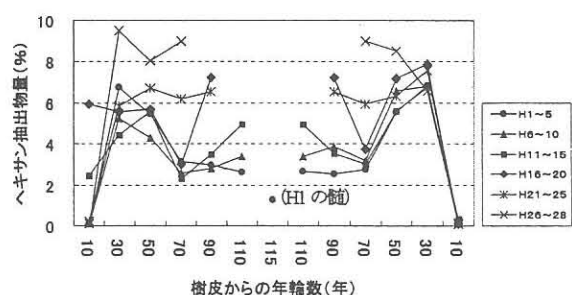
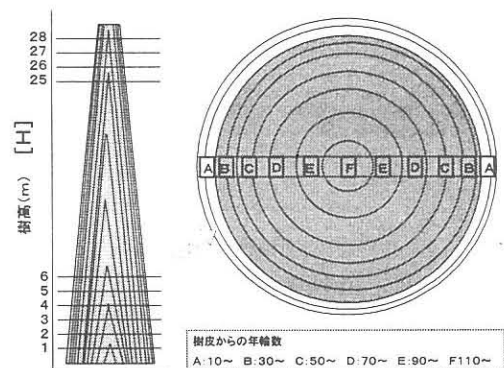


図1 各年輪数でのヘキサン抽出物量

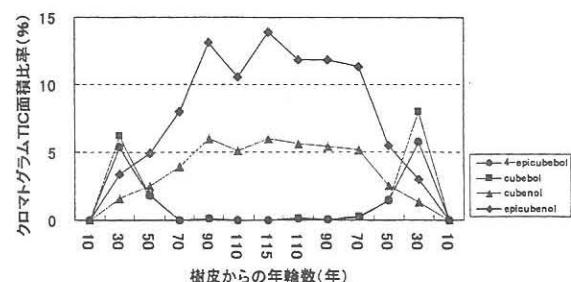


図2 cubebols と cubenols のTIC面積の関係

2-2 木材乾燥

2-2-1 在来品種の特性を活かした乾燥技術の開発 (高温低湿処理したスギ心持ち柱材の中温乾燥)

材料開発部 ※小田久人、(元木材加工部) 蛸原啓文

1. はじめに

スギ心持ち柱材の人工乾燥材は、高温低湿乾燥法の適用以来、生産量が増大しているが、高温域の乾燥であるが故の欠点も認識され始めている。すなわち、表面割れの抑制効果は高いものの、含水率の低下に伴って内部割れが発生することである。このため、表面割れを抑制するのに必要な時間のみ高温低湿処理を行う「高温セット」処理が研究¹⁾されている。高温セット後の乾燥条件は、100℃以下に設定し中温乾燥を行う方法や天然乾燥するなどの方法が考えられる。これまでの研究²⁾で、表面割れを抑制する高温セット処理時間が乾燥前重量によって異なることが予測された。そこで、本研究では、中温による仕上げ乾燥を前提にした高温セット処理条件の確立を目的に、乾燥前重量と高温セット処理時間の関係を表面の解放ひずみを指標に検討した。

2. 試験方法

供試材は宮崎県産スギ心持ち柱材(13×13×300cm)を用い、1処理に製材直後の重量が30・35kgと36・40kgの2区分を10本ずつ供試した。高温セット処理は、乾球温度120℃、湿球温度90℃とし、処理時間は12時間、18時間、24時間である。いずれも高温セット処理前に90℃の蒸煮を20時間行った。数時間後に取り出して重量と表面割れ長さを測定し、重量区分ごとに1本ずつ表面割れの少ない材を選び、試験材とした。試験材は、元口側、末口側から40cmの位置で含水率試験片と含水率分布試験片を切り取り、全乾法による含水率を求めた。その後、温度50℃に設定した恒温恒湿装置に入れ、試験材の重量を定期的に測定した。この時、湿度は成り行きとした。試験材の推定含水率が15%を下回った時点(37日後)で打ち切り、供試材の重量、表面割れ長さ、内部割れ長さ³⁾と全乾法による含水率を測定した。試験材は含水率分布も求めた。乾燥終了後、約1ヶ月の養生期間を置き、試験材を12cm正角に調製し解放ひずみ試験に供試した。すなわち、表面から4mmずつ切り取り、切り取り前後の長さ(材幅)をマイクロメーターで測定した。切り取り後の長さが前より伸びた(+)時に圧縮応力が存在したことを示し、縮んだ(-)時に引張応力の存在を示す。

3. 結果と考察

3.1 乾燥経過 高温セット処理時間ごとの含水率平均値は、12時間処理で92%→63%→14%(乾燥前→高温セット処理後→50℃終了時)、18時間処理で87%→54%→15%、24時間処理で93%→57%→16%であった。高温セット終了時の含水率は、12時間処理でやや高いが、18時間と24時間処理では大きな差異はみられない。また、50℃終了時の含水率も同様である。含水率約40%から15%に低下する間の試験材の乾燥速度は、1本を除いて、高温セット処理時間や重量区分に関わらず1.1%~1.3%/日であった。

3.2 表面割れ長さ、内部割れ長さ 高温セット処理終了時と50℃終了時の表面割れ長さの変化は、高温セット処理18時間と24時間ではほとんど伸長しないのに対し、12時間処理では伸長がみられる。高温セット処理12時間では、表面割れの抑制に必要な引張セットが起きていないと考えられる。内部割れ長さは、高温セット処理12時間と18時間では数本の供試材に最大30mm程度の

小さな割れが発生しただけであるが、24 時間ではほとんどの材に 20mm 程度の割れが発生した。

3. 3 解放ひずみ 試験材の表面からの距離と解放ひずみおよび含水率の関係を図に示す。乾燥前重量が 30・35kg の材は、各処理時間で表面に圧縮応力の存在が認められ、含水率分布も約 20% 以下である。一方、36・40kg の材は、高温セット処理 18 時間で表面は圧縮応力となっているが、12 時間と 24 時間では引張応力となっている。各処理時間の含水率分布は、高温セット処理 18 時間ではほとんど水分傾斜がないのに対し、12 時間と 24 時間では大きな水分傾斜が見られる。

4. まとめ

スギ心持ち柱材を高温セット処理し、その後 50℃に設定した恒温恒湿装置内で乾燥した。含水率の推移、表面割れと内部割れ長さの推移、解放ひずみの傾向について検討した結果、乾燥前重量が 30・35kg の材では、明瞭な表面割れ抑制効果を得るには 18 時間以上の処理時間が必要と考えられる。一方、36・40kg の材では、さらに長時間の仕上げ乾燥が必要で、30・35kg 材と同様な含水率条件での比較を再検討する必要がある。

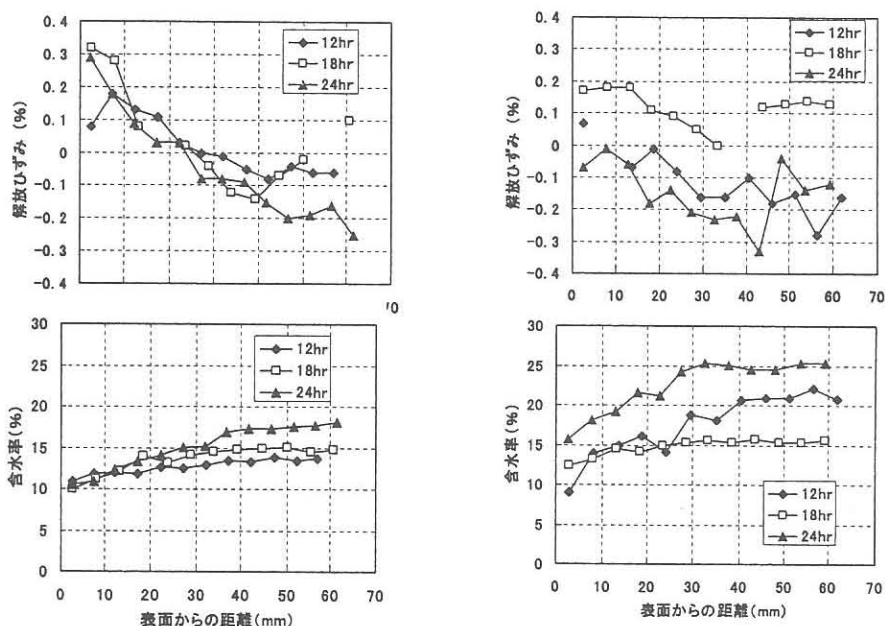


図 表面からの距離と解放ひずみ（上）、含水率（下）の関係（左：30・35kg、右：36・40kg）

- 【引用文献】 1) 吉田ほか：第 54 回日本木材学会研究発表要旨集、p147、2004
2) 小田ほか：木材学会誌、51(4)、pp227-233、2005

2-2-2 製材木取りを考慮したスギ板材の効率的乾燥技術の開発

材料開発部 小田久人

1. 目的

板材を人工乾燥する前に、一定期間天然乾燥することで、仕上がり含水率のばらつきを抑制し、乾燥時間を短縮できることは多くの研究事例で示されている。一方、現在の製材工場には、心持ち柱材用の蒸気加熱式高温型乾燥機が複数設置されている場合や、重油炊きボイラーに替わる木屑炊きボイラーも多い。この場合、余剰の熱を使って、倉庫型の乾燥施設を保温し、高温セット後の柱材の仕上げ乾燥や板材の乾燥が可能となる。これらのことを念頭に置き、十分に天然乾燥したスギ板材を 60℃ 程度の比較的低い温度で人工乾燥することを試みた。

2. 試験方法

約 2 か月程度倉庫内で天然乾燥した宮崎県産スギ間柱材 (3.5×13×300cm) を用いた。重量が平均的な材料を 4 本選び、試験材とした。乾燥前含水率分布試験片を採取後、木口面を樹脂でシールした。その他の供試材は栈積み方法を変えて栈積みした。すなわち、最下段から 3 段は通常通り木裏面を上面にしておいた。4 段目から 6 段目は逆に木表を上面に置いた。7 段目は試験材を置き、9 段目から 11 段目は材の間隔を置かず密着しておいた。さらに、13 段目から 15 段目は栈木間隔を狭めて 30cm とした。人工乾燥は、乾球温度 60℃、湿球温度 50℃ の一定で 96 時間行った。その間、試験材を適宜抜き取り重量と含水率分布を測定した。供試材は乾燥終了後に、重量、カップ量、含水率を測定した。

3. 結果と考察

結果の概要は次のとおりである。

- 1) 供試材の乾燥前後の平均重量は、6.5kg から 5.2kg へ 1.3kg 減少した。乾燥後含水率の平均値は 14% で、18% を超えるものが 3 本あった。黒心材の混入は避けられず、仕上がり含水率のチェックを正しく行う必要がある。また、含水率と含水率分布の推移から明らかのように、乾燥時間は 48 時間で十分と思われる。
- 2) 栈積み上面を木表面と木裏面にした場合で含水率分布を比較すると、差異はほとんどみられない。また、カップ量もほぼ同程度である。
- 3) 栈積み時に密着しておいた場合と間隔を置いた場合とで含水率分布を比較すると、厚さ方向の中心部含水率が密着した場合に高い傾向が見られる。長さ方向の曲がり抑制するために密着することがあるが、均一な乾燥仕上がりのためには間隔を置く必要である。

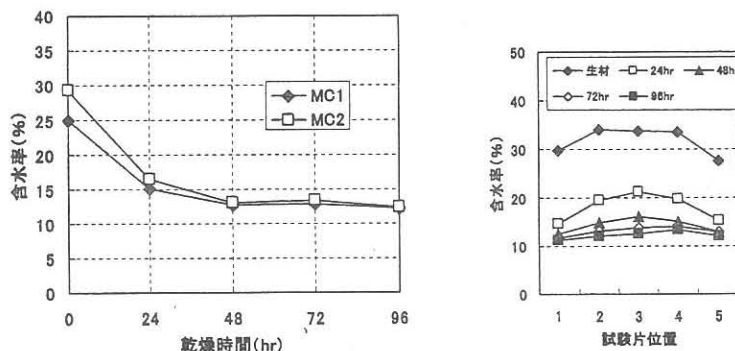


図 試験材の含水率と含水率分布の推移

2-3 木質材料

2-3-1 スギ材（特に低質部分）を原料とする新製品、新用途の開発に関する研究

①低曲げヤング係数スギラミナを用いた構造用集成材 JAS の改正について

木材加工部 ※藤元嘉安、荒武志朗、森田秀樹、松元明弘
構法開発部 飯村豊、上杉基、椎葉淳

1 はじめに

宮崎県産スギ（主にオビスギ）は生育が早いものの、年輪幅が広く、曲げヤング係数が低いといわれる。現行の構造用集成材 JAS では、構造用集成材用ラミナの最下位ランクが L50（曲げヤング係数：50tonf/cm² 以上～60tonf/cm² 未満）とされている。このため、県産スギを構造用集成材用のラミナとして用いる場合、機械等級区分（最小値評価）されたラミナには JAS の基準に満たない L40、L30 のものが相当量含まれる。したがって、現行 JAS に基づくラミナ構成の集成材を製造しようとする場合、使用不可能なラミナが多く発生し、歩留りが低くなることから、生産量、製造コストへ著しい負荷を与えているのが現状である。そこで、平成 14 年の JAS 改正に際して、「L40 および L30 のスギラミナの構造用集成材用ラミナとして認める。」等の提案を宮崎県から行った。結果的には、提案時期が年度半ばであり時間的に余裕がなかったこと、とくにめり込みおよびせん断等の強度データが充分でなかったこと、また、業界でのコンセンサスが充分にとれていなかったことなどから、改正には至らなかったが、継続審議案件として残る形となった。その後、当所では独自に不足していた低曲げヤング係数スギラミナの強度性能や集成材の強度データを整備すべく研究を続行し、機会がある度に改正の必要性を訴え続けた結果、平成 17 年度からは、（独）森林総合研究所が行う運営費交付金プロジェクト「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価」で取り上げられることとなった。

中心となった研究は、とくに L40 および L30 の低曲げヤング係数スギラミナの強度性能を明らかにするとともに、これらのラミナを内層に用いた新しい構成の構造用集成材の可能性を確認することを目的とし、宮崎県産スギラミナの曲げ、圧縮および引張強度性能と曲げヤング係数あるいはその他の因子との関係を明らかにするとともに、低曲げヤング係数スギラミナを用いた新構成構造用集成材の曲げ、圧縮および引張の基本的強度性能、さらに接合部で問題となるめり込みおよびせん断強度性能であった。

こうした一連の研究が結実し、平成 18 年の JAS 改正の審議において、L40 および L30 のスギラミナの使用が認められ、これらを用いた構造用集成材の新しい構成が認められることになった。

2 研究方法

ラミナの強度性能に関する試験では、L30 から L70 までの 5 段階に機械等級区分（最小値評価）した宮崎県産スギラミナを対象とした。曲げおよび圧縮試験は構造用集成材 JAS に準じ、引張試験は構造用木材の試験方法に準じて行った。いずれの試験においても、中央にフィンガージョイント（長さ 16mm、ピッチ 4mm）を施した試験体を供した。

集成材強度試験では、曲げ、圧縮および引張試験については梁背 300mm（30mm 厚ラミナ 10ply）の、めり込みおよびせん断試験では梁背 150mm（30mm 厚ラミナ 5ply）の対称異等級構成集成材を供試した。5ply の場合のラミナ構成を図 1 に示す。現行 JAS で最外層を L80、内層を L50 とした E65-F225 集成材の内層に L40 用いた E65（内層 L40）、また、最外層を L70 としそれぞれ内層に L40 あるいは L30 を用いた E55（内層 L40）あるいは E55（内層 L30）というラミナ構成とした。曲げ試験は構造用集成材 JAS に準じ、圧縮および引張試験は構造用木材の強度試験法に準じて行った。めり込み試験は ISO 方式により、ラミナの厚さ方向に加力するエッジワイズとラミナの幅方向に加力するフラットワイズについて試験を行った。せん断試験については、JIS イス型方式（せん断面積：25 × 25mm）、実大イス

型方式（せん断面積：120 × 120mm）および3点曲げ ISO 方式（試験体幅 120mm、厚さ 150mm、スパン 750mm）により実施した。

①E65-F225 (内層L50)	②E65(内層L40)	③E55(内層L40)	④E55(内層L30)
L80	L80	L70	L70
L60	L60	L50	L50
L50	L40	L40	L30
L60	L60	L50	L50
L80	L80	L70	L70

図1 供試した対称異等級構成構造用集成材のラミナ構成

3 主な研究結果

(1) スギラミナの強度性能

ラミナの強度試験結果の一例として、曲げ強さの結果を図2に示す。曲げ強度のみならず圧縮および引張強度も、ラミナの等級が低くなるほど、強度が低下する傾向にあった。しかしながら、L40 や L30 ラミナのいずれの強度も、構造用集成材 JAS や建築基準法（告示 1452 号）で示されるスギ E50 材の基準値と同等程度であることが示された。これらのことから、L40 および L30 のラミナの構造用集成材への利用は充分可能であると考えられる。

(2) 集成材の曲げ、圧縮および引張強度性能

集成材の強度試験結果の一例として、曲げ強さの結果を図3に示す。L40 および L30 ラミナを用いた新構成集成材の曲げ性能や圧縮強さは構造用集成材 JAS や建築基準法（告示 1024 号）で示される対称異等級構成集成材 E65-F225 と同等かそれ以上の性能を示した。一方、引張強さにおいては、下限値が対称異等級構成集成材 E65-F225 の引張基準強度を下回っていた。しかしながら、引張試験の破壊のほとんどがチャック切れであることから、試験体の引張強度を適切に評価していないことが考えられる。

(3) 集成材のめり込み強度性能

集成材のめり込み試験結果を図4に示す。集成材の構成の違いによるめり込み強さの差は認められなかった。また、いずれの構成においても下限値が、建築基準法(告示 1024 号)に示される対称異等級構成集成材の基準強度(6N/mm²)を上回っていた。めり込み降伏強さおよびめり込み剛性についても集成材の構成の違いによるめり込み性能の差は認められなかった。なお、荷重方向に関しては、ラミナの厚さ方向に加力するエッジワイズの方がフラットワイズに比べ低い値を示し、

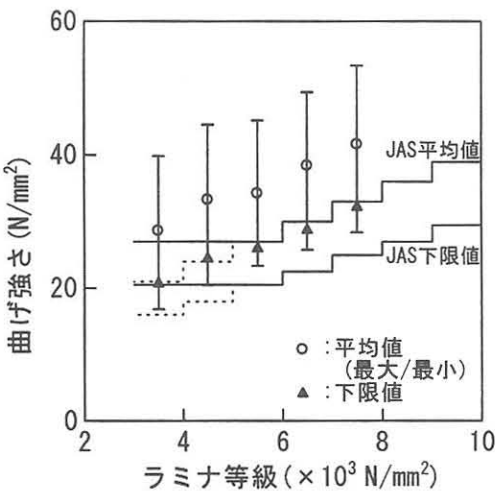


図2 スギラミナの各等級における曲げ強さ（各等級 n=130）

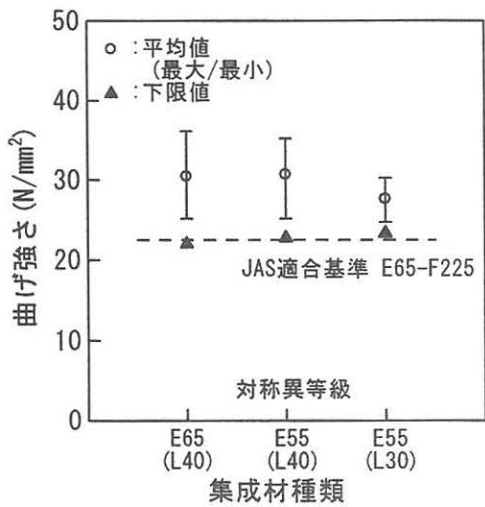


図3 各種スギ集成材の曲げ強さ（各種 n=8）

有意な差が認められた。

(4) 集成材のせん断強度性能

JIS イス型方式および実大イス型方式せん断試験では、集成材の構成の違い、すなわち、内層ラミナの等級の違いによるせん断強さの差は認められず、むしろ、せん断強さと密度との間に非常に強い相関関係が認められた。また、髓や節を有する試験体は、密度が高く、せん断強さが高くなる傾向にあった。なお、フィンガージョイントの有無、木口面における年輪傾斜角および平均年輪幅がせん断強さにおよぼす影響は明瞭でなかった。

3点曲げ ISO 方式せん断試験では、E65 と E55、すなわち最外層のラミナ等級の違いにより、せん断強さに有意な差が認められたが、E65 あるいは E55 のそれぞれにおいては、内層ラミナの等級による差は認められなかった。3点曲げ ISO 方式による場合は破壊のほとんどが曲げによるものであり、せん断強さはかなり低く評価されることから、実大の梁材の集成材のせん断強さの評価には、以前、当所で森田の行った逆対称4点曲げ方式によるせん断試験がより有効であると考えられる。

なお、せん断試験結果を図5に示すが、JIS イス型方式から実大イス型方式、3点曲げ ISO 方式へと評価対象のせん断面積が大きくなるに伴い、せん断強さが低くなる傾向にあった。しかしながら、3点曲げ ISO 方式による評価の場合でも、いずれの構成においても、せん断強さの下限值が、建築基準法(告示 1024 号)に示される対称異等級構成集成材の基準強度(3N/mm^2)をはるかに上回っていた。

4 おわりに

宮崎県産スギにおいて、その発生頻度の高い低曲げヤング係数ラミナの活用を図る目的から、構造用集成材用ラミナとしての利用の可能性について検討を行った。宮崎県産スギは、曲げヤング係数が低いものの、他の樹種に比べヤング係数の低下に伴う強度低下が少なく、L40 および L30 といった現行 JAS では使用不可能なラミナであっても、十分な強度性能を有することが確認された。また、接合部で重要となるめり込みやせん断に関する性能についても、その強度特性は曲げヤング係数によるのではなく、むしろ密度に大きく支配されることが確認された。なお、スギ集成材の大断面のものについて、とくに引張やせん断性能の評価に関しては、現在の一般的な試験方法では正当に評価できない場合があることから、今後、検討する必要がある。

なお、平成 18 年度の JAS 改正検討委員会において、L40 および L30 ラミナを用いたスギ集成材の製造が可能となる見通しがついたが、今後は、これらの集成材の効果的な製造方法および利用方法について研究を続ける予定である。

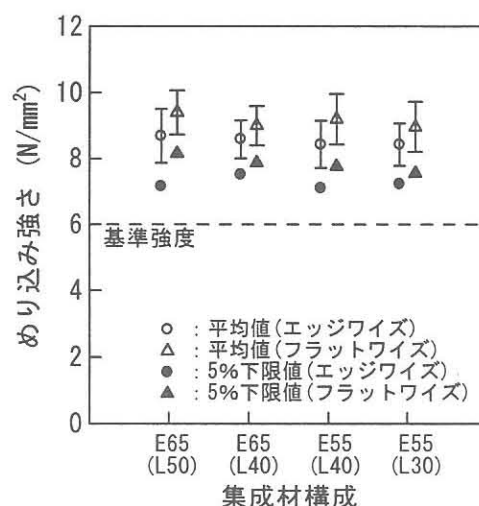


図4 めり込み強さに及ぼす集成材構成および荷重方向の影響

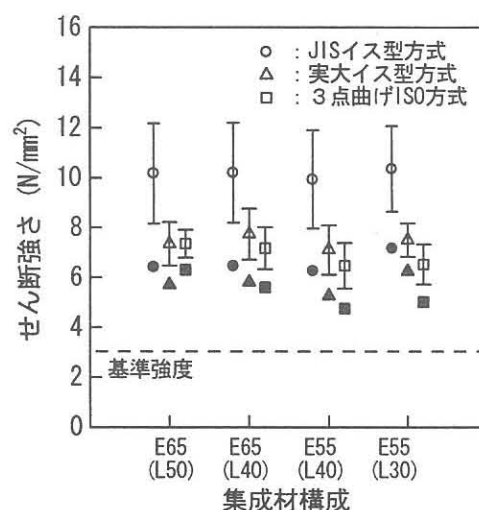


図5 試験方法の違いによるせん断強さの差異

2-4-1 県産スギ丸太及び製材品の評価と利用方法に関する研究

一側面定規挽きしたスギ板材の強度性能一

木材加工部 森田秀樹

1. 目的

製材工場で挽き板を生産する場合、製材速度向上による製材効率追求の傾向が強く、丸太の中心軸に対して平行に挽く中心定規挽きによる製材が一般的である。しかし、以前は挽き板の製材方法として、丸太の側面に対して平行に挽く側面定規挽き製材が一部採用されていた。これは、目切れが少ないことから高級な造作材を得る手法として用いられ、特に元口直径と末口直径の差異が大きい“うらごけ材”に適用されていた。また、県内においては、側面定規挽き製材機を開発し、挽き板の生産を行っている企業が存在する。側面定規挽きは木材の組織構造を考慮すると合理的な製材方法であり、その採用により、強度およびヤング係数の面で高い品質を有する挽き板の生産が期待できる。そこで本研究では、スギ挽き板のヤング係数に及ぼす製材木取り(中心定規挽きおよび側面定規挽き)の影響を検討した。

2. 実験方法

実験には、都城産スギ1番丸太10本(末口直径25~30cm,長さ3m,ヤング係数4.6~6.6kN/mm²)を用いた。製材方法を図1に示す。まず、丸太を長さ方向に3分割した後、断面の片方を中心定規挽き、他方を側面定規挽きにより製材した。なお、挽き板は丸太1本あたり4枚とし、極力樹皮に近い部位から採取した。

3. 結果

(1)ヤング係数に及ぼす製材木取りの影響

製材木取りと挽き板のヤング係数($E_{d,lamina}$)の関係を図2に示す。ただし、図2は元口部の $E_{d,lamina}$ を示しており、ヒストグラムは $E_{d,lamina}$ の出現頻度を、曲線は正規分布を示している。中心定規挽きした挽き板の $E_{d,lamina}$ の平均値および標準偏差は5.5kN/mm²および1.5kN/mm²であり、側面定規挽きのそれは6.4kN/mm²および0.8kN/mm²であった。すなわち、同質の丸太から製材した場合においても、側面定規挽きした挽き板は中心定規挽きのそれに比べて高いヤング係数を示し、さらにはばらつきも小さくなる可能性が示唆された。

(2)ヤング係数の変動に及ぼす製材木取りの影響

長さ方向におけるヤング係数の変動と製材木取りとの関係について、末口部の $E_{d,lamina}$ に対する中央部あるいは元口部のそれとの比により比較した結果を図3に示す。末口部に比べて中央部および元口部の $E_{d,lamina}$ は低下傾向を示すが、低減率は側面定規挽きした挽き板が小さい値を示した。すなわち、側面定規挽きした場合、挽き板の長さ方向においてヤング係数の変動が小さく、より均質な挽き板が得られると考えられる。均質な挽き板が得られるメリットとして、構造用集成材ラミナとしての利用において、長さ方向ヤング係数の最小値で評価し等級区分を行う場合に、より高い等級のラミナを得られやすくなることが考えられる。

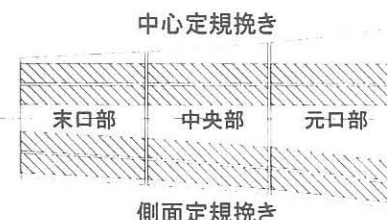
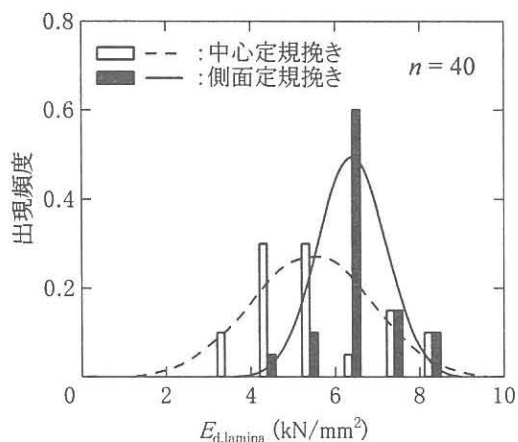
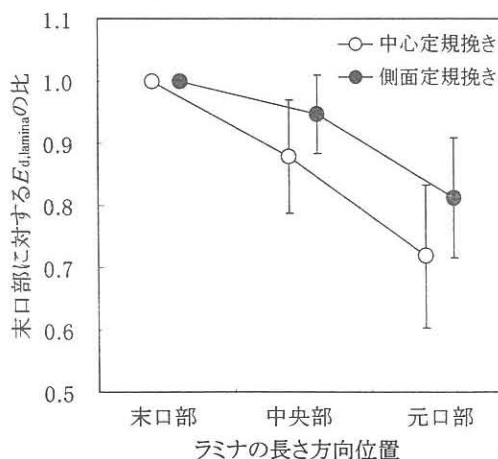


図1 製材木取りの方法

図2 製材木取りと挽き板のヤング係数($E_{d,lamina}$)の関係図3 挽き板のヤング係数($E_{d,lamina}$)の変動

2-4-2 内層に低ヤング係数ラミナを用いたスギ集成材のクリープ(その1)

ー ラミナの構成と負荷方向がヤング係数と曲げクリープに及ぼす影響 ー

木材加工部 ※荒武 志朗、森田 秀樹、所長 有馬 孝禮

1. 目的

構造用集成材は、これまでは主として大規模建物を対象とした構造用材料として発達してきたが、現在では、その用途の95%が木造軸組構法住宅の柱と梁になっている。しかしながら、それらのうち90%以上が外国産樹種で占められており、現状では国産材の使用率は極めて低い。これは、構造用集成材の日本農林規格(以下、JAS規格)が大規模建物等において鉄骨と競争することを目標としていたことから、製材よりも強度の高い材料の製造に主眼としてきたことが要因²⁾である。このため、近年JAS規格の見直しを視野に入れた新たな国産樹種による集成材の製造技術開発や強度特性の確認等が積極的に行われてきた³⁾。宮崎県木材利用技術センターにおいても、この種の取り組みの一環として、これまでに内層にL30やL40の低位等級ラミナを用いたスギによる異等級構成構造用集成材の実大曲げ、縦圧縮、縦引張り性能などの強度性能に関するデータが蓄積されている^{4,5)}。勿論、この種のデータ蓄積が重要なのは論を俟たないが、その一方で、スギによる集成材の構造材料としての信頼性を確保し、その使用率を飛躍的に向上させるためには、長期的な性能に関するデータの蓄積も極めて重要である。

このような理由から、筆者らは、2005年の10月から内層に低ヤング係数ラミナ(L30)を用いたスギ集成材、および最外層にベイマツラミナ(L140)を用い、内層にスギ低ヤング係数ラミナ(L30)を用いた異樹種集成材の曲げクリープ試験を実施してきた。実験は今も継続中であるが、ここでは事前に実施したラミナ構成によるヤング係数の比較や、現時点(2007年5月)までのクリープ試験の経過を中心に報告する。

2. 実験方法

曲げクリープ試験には、図1に示す異等級構成構造用集成材8体を供試した。寸法は、いずれも幅105×高さ210×長さ3980(mm)である。同図に示すように、これらのうち6体はスギラミナのみによる集成材(以下、スギ集成材)であり、残り2体は最外層にベイマツラミナ(L140)を用いた異樹種集成材(以下、異樹種集成材)である(いずれも通しラミナ)。この場合、スギ集成材6体のうち2体と異樹種集成材2体については対称構成とし、それぞれ1体の内層にはL50(以下、スギL50、異樹種L50)、もう1体の内層にはL30(以下、スギL30、異樹種L30)を用いている。また、スギ集成材6体のうち残りの4体については非対称構成とし、そのうち2体の内層ラミナにはL50(以下、スギLH-L50、スギHL-L50)、もう2体の内層ラミナにはL30(以下、スギLH-L30、スギHL-L30)を用いている。なお、これらのスギ非対称構成集成材は、同時に、負荷方向によってもスギLH-L30、50(低ヤング係数側から負荷)、スギHL-L30、50(高ヤング係数側から負荷)のように分類される。ここで、各供試材の材質を表1に示す。

曲げクリープ試験は、スパン3655mm、シェアスパン1260mm、及びロードスパン1135mmの4点荷重方式により実施した。この場合、負荷荷重は、2階建て一般木造住宅の2階床を想定して計算した。具体的には、面積あたりの負荷荷重を190kgf/cm²(固定荷重60kgf/cm²+積載荷重130kgf/cm²)とし、負荷荷重695kgfを算出した。なお、この計算は建築基準法施行令第84条、第85条に基づいている。変位は、中央、荷重点付近、及び支点到ひずみゲージ式変換器(ストローク50mm)をセットし、データロガを介して24時間毎に自動測定した(温湿度も同様)。

以上のクリープ試験に先立って、ラミナ構成による短期的な変形性能の差異を確認するために、ラミナの構成と負荷方向がヤング係数に及ぼす影響についても検討した。



図1 集成材のラミナ構成

※ ラミナの厚さ : 30mm
樹種 : L30~L80はスギ、L140はベイマツ
集成材の寸法 : 幅105×高さ210×長さ3980(mm)
接着剤 : レゾルシノール系接着剤

表1 集成材の材質

種別	構成	密度 (g/cm ³)	MOE (GPa)	含水率 (%)
スギL50	対称	0.463	7.10	14.3
スギL30	対称	0.409	6.83	16.3
スギLH-L50	非対称	0.446	5.22	9.8
スギHL-L50	非対称	0.415	5.34	17.0
スギLH-L30	非対称	0.421	5.45	12.3
スギHL-L30	非対称	0.431	5.36	10.5
異樹種L30	対称	0.448	10.8	14.8
異樹種L50	対称	0.447	10.6	16.0

※ MOEは曲げヤング係数、含水率は高周波含水率計による値

3. 結果と考察

3.1 ラミナの構成と負荷方向が曲げヤング係数に及ぼす影響

低ヤング係数側から負荷したときの曲げヤング係数(MOE-LH)と高ヤング係数側から負荷したときの曲げヤング係数(MOE-HL)の関係を図2に示す。なお、同図には、負荷方向の違いによる差異も併せて確認するために対称構成(スギL30, L50, 異樹種L30, L50)のデータもプロットしている。同図によると、対称構成、非対称構成にかかわらず、負荷方向の違いによる集成材のヤング係数の差異はほとんど認められない。この結果から、少なくとも短期的な変形に関しては、低ヤング係数側と高ヤング係数側のいずれから負荷しても性能に大きな差異はないと考えてよい。

MOE-LHと縦振動ヤング係数(Et)の関係を図3に示す。まず、集成材の構成別に傾向を比較すると、非対称構成集成材(スギLH-L50, L30)ではMOE-LHとEtの間にほとんど差は認められないが、対称構成集成材のうちスギL50, L30では僅かにMOE-LH>Etの傾向を示しており、さらに、異樹種L50, L30では明確なMOE-LH>Etの傾向を示している。一方、同図や表1、図2の中で内層にL30を用いた場合とL50を用いた場合のMOEを比較すると、何れもさほどの差異は認められない。これらの結果は、集成材の曲げヤング係数が内層ラミナのヤング係数にはほとんど依存せず、最外層ラミナのヤング係数に大きく依存することを示している。

3.2 ラミナ構成と負荷方向が曲げクリープに及ぼす影響

図4に全たわみの変動を示す。同図を見ると、全体として、スギ非対称構成集成材、スギ対称構成集成材、異樹種集成材の順に全たわみが高くなっている。また、内層にL30を用いた場合とL50を用いた場合の増加傾向に大きな差異はない。

図5に相対クリープ(初期たわみに対するその後のたわみの比)の変動を示す。この場合も、全たわみと同様に、内層にL30を用いた場合とL50を用いた場合の増加傾向に大きな差はない。具体的には、スギLH-L30, 50, 異樹種30, 50, スギHL-L30, 50, スギL30, 50の順に高くなっており、特にスギ非対称構成で低ヤング係数側から負荷したときの増加傾向が著しい。このように非対称構成集成材でも負荷方向によって相対クリープに差異を生じた原因には、外周条件に対する両者(スギLH-L30, 50とスギHL-L30, 50)間のレスポンスの違いが関係しているものと考えられる(図5右下と図6参照)。

以上の結果は、長期性能の視点から見ても、内層ラミナにL30の様な低ヤング係数ラミナを用いることに大きな問題がないことや、非対称構成集成材を梁材として用いる際にはラミナの構成と負荷方向の関係に注意する必要があることなどを示している。

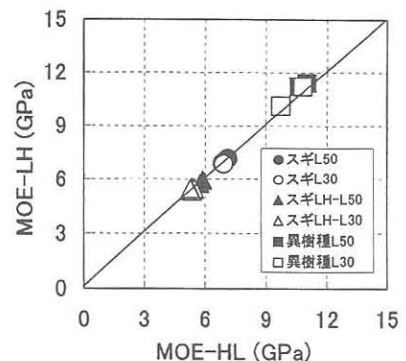


図2 低ヤング係数側から負荷したときの曲げヤング係数(MOE-LH)と高ヤング係数側から負荷したときの曲げヤング係数(MOE-HL)との関係

※ ○△: 内層ラミナがL30の集成材
※ ●▲■: 内層ラミナがL50の集成材
※ 比較のために、対称構成(●○■□)も示している

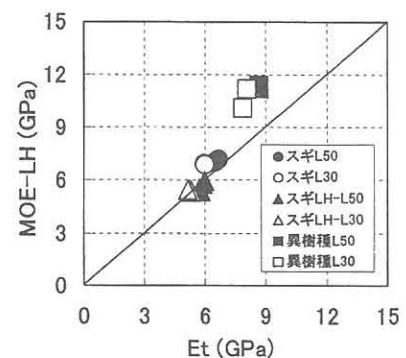


図3 MOE-LHと縦振動ヤング係数(Et)の関係

4. 文献

1) 神谷文夫: 森林総合研究所所報 No. 68, 2006, 2) 神谷文夫: JOURNAL OF TIMBER ENGINEER 63 18(1) 17-20(2005), 3) たとえば 神谷文夫: 住宅と木材 8 28(332) 14-17(2005), 4) 田中洋, 森田秀樹: 第12回日本木材学会九州支部大会講演集(宮崎), 2005, pp. 29-30, 5) 松元明弘他4名: 第13回日本木材学会九州支部大会講演集(熊本), 2006, pp. 35-36.

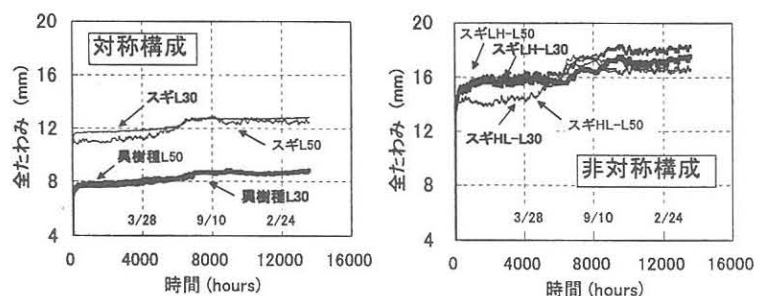


図4 全たわみの変動

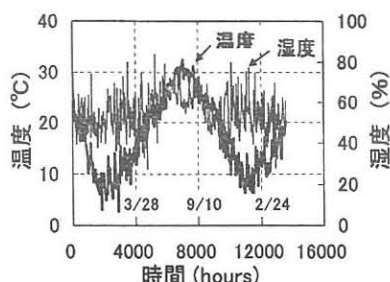


図6 温度と湿度の変動

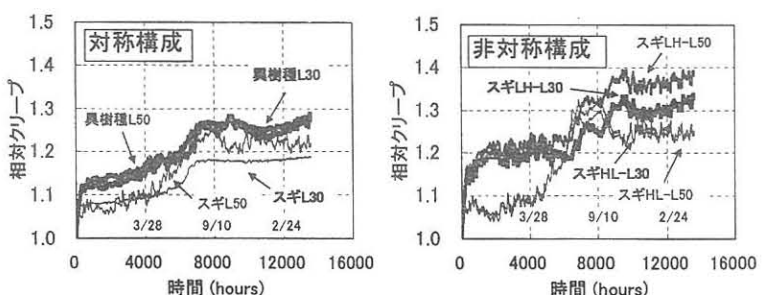


図5 相対クリープの変動

2-5 構法開発

2-5-1

オビスギづくりのシステム技術の開発

「日向市駅舎」の大屋根 マツからスギへ

構法開発部 ※飯村 豊、上杉 基

木材加工部 藤元嘉安、荒武志朗、森田秀樹

全国有数のスギ素材生産量を誇る宮崎県は、スギの利用技術の研究開発でも全国をリードする勢いで先駆的なスギの建築物や構造物の建設に積極的に取り組んでいる。そうした中、宮崎県木材利用技術センターは平成12年に日向市駅舎の大屋根をスギ集成材で木造化するプロジェクト(当初はベイマツで計画)に参画し、設計製造に関する技術的支援を提供した。以下に、どのような技術的課題があり、当センターはそれをどう解決していったのか簡単に述べてみたい。

まず、このプロジェクトに当センターが参加する上で最大の目標としたのは、従来のベイマツをスギに単純に置き換えるやり方ではコスト高になるため、県産スギの特性を引き出しながら、スギを有用な資源として無駄なく構造用途に利用するための新たな技術を研究開発することであった。具体的には、当初計画していたベイマツ集成材やスギをベイマツが挟み込む異樹種集成材に代わり、オールスギによるスパン17.2mの屋根梁集成材を実現することである。日本の駅舎初の変断面湾曲集成材を採用することが設計者から提案されていた。しかも鋼材の支柱や方杖と組み合わせるハイブリッド構造である。

このプロジェクトを実現させるため、土木部や林務部(現環境森林部)、日向市、JR九州、設計担当者、木材関係者で構成する「木材ワーキング(グループ)」が結成され、グループ長に木材利用技術センター所長が就いた。変断面湾曲集成材の設計製造技術に関する協議は、合計14回開催され、大屋根全体の構造安全性も併せて検討された。

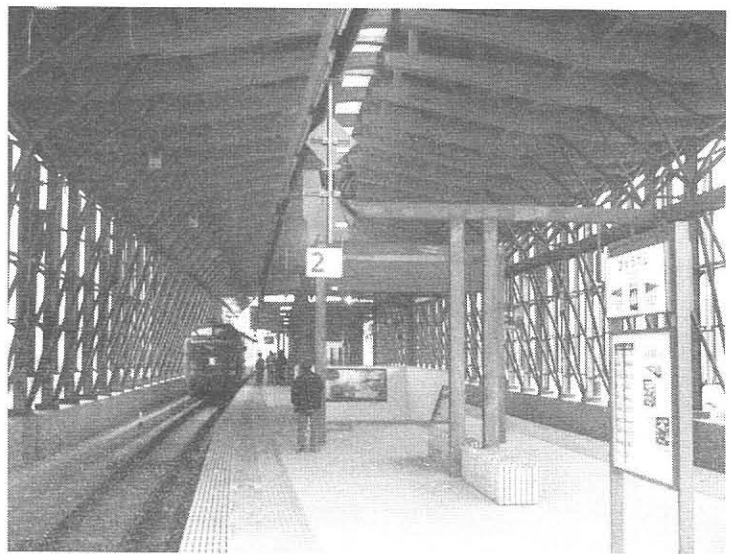
集成材の設計製造技術で解決すべき課題は二つあった。一つは、設計荷重に対しベイマツとスギの比重差(ベイマツの比重は0.42、スギの比重は0.32)に起因する接合ディテールの設計変更(ベイマツの場合より少し大きめの座金の使用)であった。スギはめり込みやすいため全ての接合部を一つ一つ実験で確認しながら見直しが進められた。

実験は、屋根梁中央部、方杖部、柱頭部の引張り荷重がかかる3ヶ所を対象にした。接合実験は、実大サイズの試験体を製作し、当センターの100kN万能試験機によって破壊に至るまで引張り力を加えて強度及び変形性能を確認している。

接合の形式は、かんざしボルトタイプと抜きボルトタイプの試験、さらにそれぞれのタイプの引張りクリープ実験も実施し、設計で狙った数値を満足していることが確認された。

もう一つの課題は、変断面湾曲部材の製造である。コストを考慮した当センターの提案を受けて、当初予定のベイマツから県内産スギ集成材へと大幅な強度等級の変更に対応するため、新技術は新たな部材設計法と製作法の検討が中心となった。ワーキングでは設計から製造を一体化し、維持管理までを考慮した新しいスギ集成材の設計製造方法がシステム技術としてまとめられていった。

日向市駅舎で使用する集成材梁の製造はJAS基準に規定されていない。駅舎の梁の製造方法はS字型集成材を製造した後に、S字を長手方向に中央線に沿って2材に分割するように切断し、その切断面に通直集成材を2次接着している。従って、構造計算に必要な変断面湾曲集成材の設計用曲げ応力度(強



平成18年12月にオープンした日向市駅舎

度)と曲げ弾性係数は、JAS のスギの強度等級 (E65-F225) を参考に、実験によって検証することになったが、木材ワーキングのメンバー立会いの下、当センターで実施された 6 体の曲げ試験の結果は、設計で狙った破壊荷重 122.5kN をほとんど満足できなかった。

ワーキングで原因究明と善後策が協議された。破壊位置と破壊荷重の関係、基準値を満たしたものと満たさなかったものの違い、各試験体の製造時の状況など、あらゆる角度から検討がなされた。変断面材は、長さ 9,025mm、材幅 120mm、梁せいが頂部で 300mm、端部で 420mm、梁せいが最も大きいところでは 825mm となることから曲げの力を受けると、この最外層部には特に大きな引張り力が生じる。そのため、その部分はラミナのジョイント配置を避けること、しかも強度等級の比較的高いラミナ (L90) を採用する一方、内層には歩留まりを考慮して強度等級の比較的低いラミナ (L50) を使用することとした。さらに、2 次接着される断面 120×150mm の通直集成材の構成ラミナも強度等級の比較的高いもの (L80) を使用することとした。これらの改善を加えて最終試験を行った結果、4 体全てが設計で狙った数値を満足できた。

こうして接合と湾曲部材製造の技術的課題は解決された。この善後策は改善製作仕様としてまとめられ、最終的にワーキングの成果物として変断面集成材梁の強度品質を確保する設計製造の製作要領書が作成された。

以上のプロセスを示したのが下図である。このようにプロジェクトを整理することで、日向駅舎新構法は国内外のその他多くの事例と共に県産スギ利用の一般化に役立つ貴重な資料になっていくものと考えている。

【参考資料】

1) 荒武志朗, 森田秀樹, 藤元嘉

安, 上杉基, 飯村豊, 阿蘇有士:「日向市駅舎集成材接合部の引張りクリープ」, 平成 14 年度業務報告書, 宮崎県木材利用技術センター, 2002, pp. 24-25

2) 石原猛, 飯村豊:「日向市駅舎風洞実験」, 平成 15 年度業務報告書, 宮崎県木材利用技術センター, 20032, p. 30

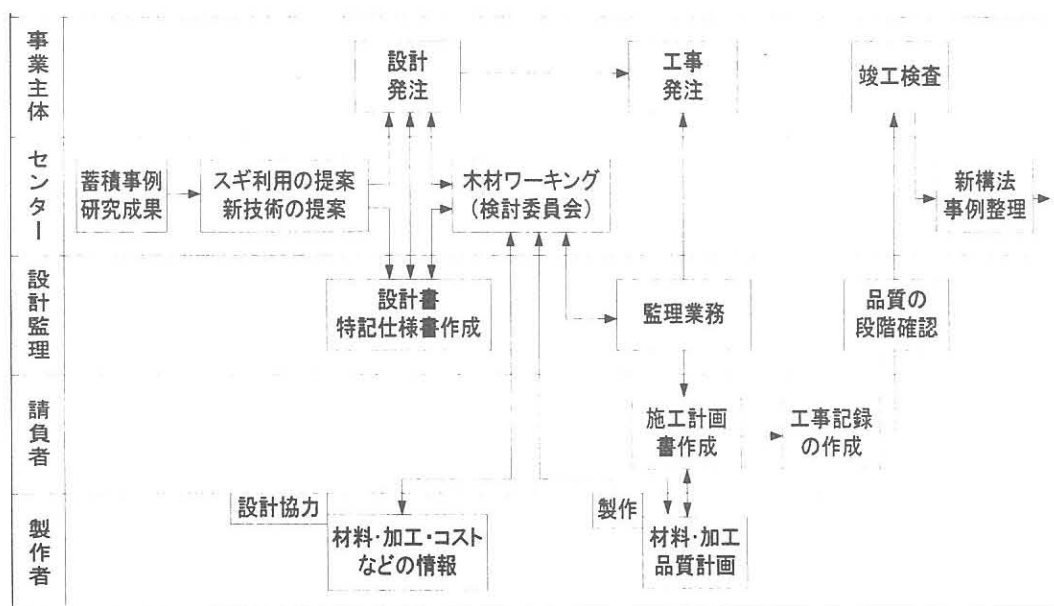


図 スギ利用のシステムづくり (日向市駅舎)

2-5-2 スギ材を利用した土木構造物の開発

ー 県産スギ材とコンクリートによる複合構造の接合部せん断性能 ー

構法開発部 ※椎葉 淳、飯村 豊

1 はじめに

宮崎県では、森林（スギ）資源の充実に伴い、土木用途へのスギ材利用拡大に向けて積極的に取り組んでいるところである。木橋などの比較的規模の大きい土木構造物については、地域材の利用、景観との調和、地球環境への配慮など様々な面で特に有効であると考えられるが、要求される性能が不明確であることや、材料や設計方法が標準化されていないことによるコスト増などから、普及が進んでいないのが現状である。このことから、本研究では県産スギを使用した複合構造の木橋を開発することとした。条件としては、交通量の比較的少ない林道等に小スパン（12m程度：現場に運搬可能な長さ）で架設すること限定し、出来るだけ単純な構造で現場施工手間及びコストを削減し、標準化につなげることを目的とした。

2 木材とコンクリートの複合構造

橋梁のたわみの許容値は、一般に $1/700$ 以下とされている。これをスギ集成材 (E65-F225) のみの単純桁橋と仮定すると、許容値以下に抑えるためには約 80 cm の桁高が必要となる。しかも床版の木材が常時暴露された状態となることから耐久性の面で問題があり、維持管理が非常に困難となる。そこで床版に圧縮に強いコンクリート (RC) を使用した複合構造を採用することとした。これにより曲げ剛性の向上が図られるとともに、桁高を低く抑えることが出来る。また、床版が屋根の役割を果たすことで、木材部分の耐久性向上も期待できる。

3 接合部のせん断試験

木材とコンクリートの接合性能を調べるために、接合部のせん断試験を行った。試験体は写真 1 に示すとおり、スギ集成材 (E65-F225: 600 mm × 540 mm × 120 mm) を RC コンクリート (設計基準強度 27N/mm^2 : 600 mm × 600 mm × 160 mm) で両側からはさみ、接合したものである。接合部材により 2 タイプに分かれており、1 つはラグスクリュー 20 mm、もう 1 つはラグスクリュー 20 mm + シアプレート 64 mm で、各 2 体ずつとした。その際、曲げの影響を除くため、それぞれ 1 体についてはコンクリート部材の下部をボルトで固定した。試験は和光コンクリート工業(株)の曲げ試験機を使用し、3 回繰り返し載荷を行った。試験の結果、両タイプとも、木質構造設計規準に示す接合部の短期許容せん断耐力を上回った。また、破壊荷重、降伏荷重、すべり剛性はかなり近い値を示しており、両タイプに大きな違いは見られなかった。施工性やコスト面からラグスクリューが有利であることから、今後の実大載荷試験においては、ラグスクリュー 20 mm を使用することとした。

4 まとめ

今回の試験結果に基づき、19 年度は屋外に実大試験体 (1,080 mm × 12,500 mm × 700 mm) を設置し、短期・長期の載荷試験を行う予定である。集成材とコンクリートが一体化した合成構造となっているのかを確認するとともに、桁高やラグスクリューの配置・本数に検討を加えて、より合理的かつ経済的な複合桁橋の開発に結びつけたい。

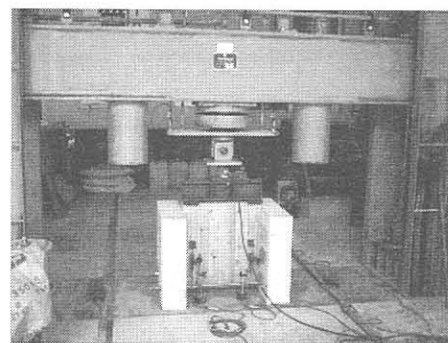


写真 1 試験状況

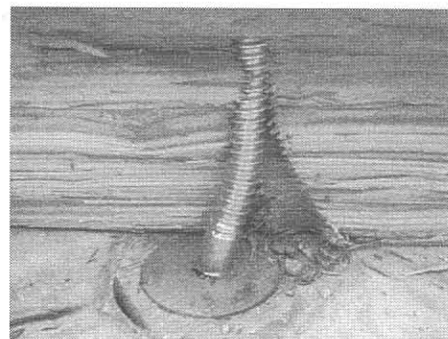


写真 2 破壊状況

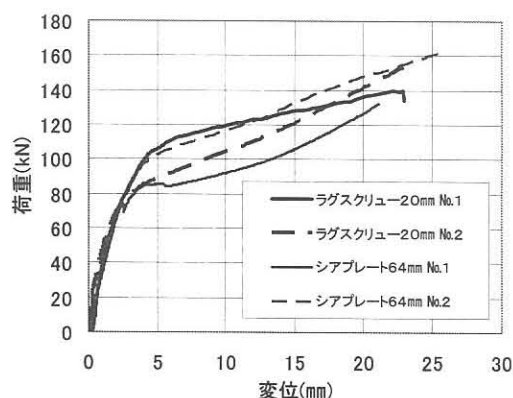


図 1 荷重－変位曲線

2-6 木質化推進

2-6-2 歴史的な木造施設から学ぶ地域材の活用

構法開発部 ※北田 孝二、椎葉 淳、(斉藤 豊)

1 目的

宮崎県産スギは、材質、強度、構法等に関する当センターでの研究を通じて、全国一律のベイツ技術とは異なる独自の活用技術が必要なことが分ってきた。

また2000年の建築基準法改正に伴い、仕様規定から性能規定へ移行したことから、要求性能を満足すれば、従来は認められなかった構法も認められるようになってきた。そこで、県内の歴史的な木造施設を調査し、これら地域材の活用技術を集約することで、地域風土にあった木造技術の全容が判明でき、これらを今後の木造化の推進に資することを目的とする。

2 内容

「宮崎県の歴史的な木造施設技術100選」として事例集を作成するための前段として、市町村からの情報に基づき、県内に存在する伝統木造施設100箇所の調査選定を行った。このうち、文化財保護法により「重要伝統的建造物群保存地区」として指定されている日向市美々津地区と日南市飢肥地区の建物について、継ぎ手や仕口の調査を行った。また、県外で同様に保存地区に指定されている箇所について、倉敷川畔伝統的建造物群保存地区（岡山県倉敷市）、八女福島伝統的建造物群保存地区（福岡県八女市）について、県内との共通点及び相違点を調査した。



美々津町屋群



飢肥武家屋敷群



倉敷川畔伝統的建造物群



八女福島伝統的建造物群

3 結果

情報・資料収集の結果、文化財（社寺仏閣）が52件と半数を占め、住宅や店舗等36件、その他の建物12件とやや少なかったが、その中でも柱と胴差の仕口、梁や桁の継ぎ手、小屋組などには様々な工夫が見られ、また補修などの維持管理も含めて良好な状態を保っているものが多かった。保存地区については、各建物とも開口部が広くとられ風通しが良く、防腐対策として効果的な施工がなされていた。

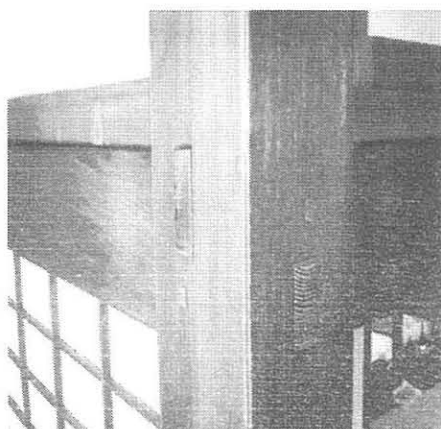
また、県内外で大きな相違点はなく、構造材に年輪幅の狭い高比重材が使用されているということが共通していた。この点においては、低比重すぎにそのまま適用は出来ないものの、使われている継ぎ手・仕口とすぎとの組み合わせや、荷重に対して安全性を確保するため、構造計算による必要断面に対応できる部材寸法の検討、丸太材を構造材や化粧材として、自然素材をそのまま生かす工夫、外壁の防火・防腐処理技術などを合わせて検討していくことで、今後の木造化の推進につながると思われる。



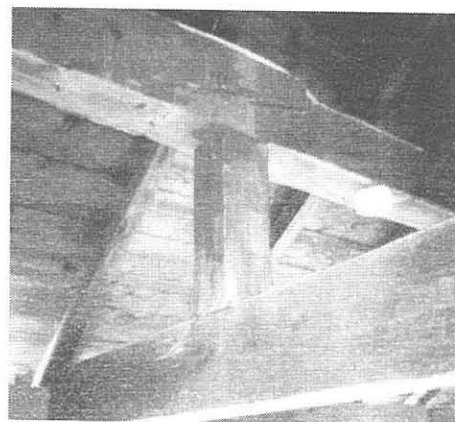
倉敷考古館（倉敷市）
小屋組（二重梁）マツ



横町町屋交流館（八女市）
柱の継ぎ手（金輪継ぎ）



旧河内屋（美々津）
隅柱+胴差し



山元猪平家（飢肥）
母屋継ぎ手

2-7 共同研究

2-7-1 都市エリア産学官連携促進事業

「バイオマスの高度徹底利用による環境調和型産業の創出」

材料開発部 藤本英人

はじめに

本事業は文部科学省の都市エリア産学官連携促進事業一般型として採択されたもので、事業期間は平成16～18年度の3カ年である。予算規模は1億円×3年で10/10の補助率である。中核機関は宮崎県産業支援財団、コア研究室宮崎県木材利用技術センターである。なお、すべての研究を統括したのは宮崎県木材利用技術センターの有馬孝禮所長でる。

本事業の目指すものは以下の通りである。

- ・農山村の活性化
高齢者でも製造可能な低品質木炭を助燃剤として大量に安定的に供給することにより、農山村に仕事の間と現金収入をもたらす。
- ・硝酸態窒素による地下水汚染の減少
自然しない（それ自身では安定的に燃焼しない）豚糞を燃焼させて脱窒（有機物中の窒素を無機の窒素ガスにすること）することにより、都城盆地エリアで問題となっている硝酸態窒素による地下水汚染を減少させる。
- ・エネルギーのカスケード利用
都城盆地エリアの主要な産業である製材業、醸造業での関心事である木材乾燥コスト削減と焼酎カスの資源化を図る。
- ・飼料の自給による循環型社会
都城盆地エリアの土壌の窒素過多は外国から輸入される穀物によるところが大きい。これを減少させるために、豚糞焼却エネルギーを用いて、エリア内の野菜くずやオカラ、焼酎カスなどを乾燥させて飼料化することにより、循環型社会を目指す。

主な成果

本事業により発生した特許申請件数は14件であり、これらの特許の企業移転を図っていきたい。以下にそれぞれのサブテーマごとに成果を略記する。

テーマⅠ（テーマリーダー：宮崎大学工学部教授 平野公孝）

サブテーマ1（サブテーマリーダー：木材利用技術センター 藤本英人）

低品質木炭の製造条件の確立については、伏せ焼き等の簡便な方法では未炭化物が残り、豚糞との混合工程でストレーナ部に詰まるなどの問題が残ることが明らかになった。また、焼成後に消火のために水をかけるので炭化物の含水率が高まることから、現在の方法では問題が多いことが判明した。これらを解決するためには、未炭化物の除去方法の確立、水を必要としない密閉容器による消火方法などの開発が必要と考えられる。また、別の解決方法として、豚糞燃焼工場に炭化装置を併設し、精製した低品質炭を直接混合機に導入するのがよいと考えられた。豚糞と低品質木炭の混合性に問題はなく、その後の予備乾燥も効率的に行うことが可能であった。この混合燃料はカロリーも十分あり、悪臭の発生もほとんど無く、燃焼炉への定量供給性にも問題がないことから、木材乾燥以外の、たとえば農業用温室暖房などの熱源として使えるのではないかと考えられた。

サブテーマ2（サブテーマリーダー：宮崎大学工学部教授 菊池正憲）

長時間運転により、乾燥物に換算して豚糞：木炭（6：4）で安定的に自然することが明らかになった。なお、この混合比は生糞に換算すると6：1程度になり、ほぼ、初期の目標である「豚糞：木炭＝4：1以下」を達成した。また、NOx等の有害ガスの発生も少なかったが、これは豚糞中に大量に含まれるカルシウムなどの無機物の影響と考えられた。

サブテーマ3（サブテーマリーダー：木材利用技術センター 藤本英人）

豚糞燃焼から得られる熱を使って、木材乾燥が可能かについて検討した。その結果、短時間に大量の蒸気を必要とする高温乾燥（120℃）には対応できないが、急激な昇温を必要としない中温乾燥（80℃）には十分な熱量を供給できることが実証された。

この研究過程で、木材乾燥に使うエネルギーを実際に稼働中の工場で測定した結果、必要量の4倍のエネルギーが投入されていることが明らかになった。この結果を基に、熱効率を改善した新しい木材乾燥機の開発が望まれるので、他の競争資金に応募し、この分野の研究を継続する予定である。

また、得られたエネルギーを、木材乾燥→豚糞の予備乾燥→焼酎カスの乾燥→緑藻類の培養と、カスケード的に利用することが可能であることを実証した。特に、焼酎カスは、そのままでは乾燥が困難であるが、オカラなどの担体にまぶすことで、廃熱を使って、効率よく、安価な装置を使って生産可能であることが明らかになった。このようにして飼料化を図ることは、前述のように循環型社会の形成の一助になるものと思われる。

テーマII（テーマリーダー：宮崎大学工学部教授 松井隆尚）

サブテーマ4（サブテーマリーダー：宮崎大学工学部教授 松井隆尚）

木材の人工乾燥に伴って生じる蒸気を冷却して得られる凝縮液から多くの研究成果が生まれた。凝縮液の水層はpH3前後の酸性で、精油が微粒子として懸濁しているが、悪臭低減作用やインフルエンザウイルスの活性を失わせる効果があることが明らかになった。このことから、悪臭とインフルエンザが問題となっている鶏舎での利用が考えられる。また、凝縮液の上層に分離して得られる精油には多くの用途が期待されている。すでに、ゴキブリ忌避剤やナメクジ忌避剤として特許申請中であるが、そのほかにも抗菌作用やアロマセラピーなどに使いたいという企業が名乗りを上げている。凝縮液の利用についても別の競争的資金に応募し、研究を継続していく予定である。

サブテーマ5（サブテーマリーダー：宮崎大学工学部関戸知雄）

豚糞を燃焼させると大量の焼却灰が発生し、この処理に経費がかかるのが大きな欠点である。しかし、この焼却灰中には枯渇資源である、リンが多く含まれていることから、これを回収する方法を検討した。その結果、ヒドロキシアパタイトとして安価に、効率よく回収する方法を開発し、特許を申請中である。このように、本サブテーマに関して大きな成果が得られたので、他の競争資金を活用して今後も研究を継続する予定である。

サブテーマ6（サブテーマリーダー：都城高専教授 濱田英介）

豚糞焼却に伴って発生する熱のカスケード利用の最終段階として得られる数十℃の温風を熱源として、また、排気ガス中に含まれる二酸化炭素の固定を目的として、微細藻類を培養し、有用物質の生産やバイオレメディエーションに利用することを目指した。その結果、クロロフェノール（ダイオキシンのモデル物質）の濃度減少作用のある微細藻類やアンモニア濃度減少に有効な微細藻類等が発見されている。

今後の展開

テーマI（熱利用）については、以下のように進める予定である。すなわち、パイロットプラントは県または宮崎県産業支援財団の研究資金で1年間維持しつつ、積み残しの研究を行い、再来年度以降に何らかの事業展開を図りたい。豚糞・低品質木炭混合燃料体についてはそれ自身の燃料としての利用を図り、石油代替燃料としての地位を確立したい。また、テーマIIについては、サブテーマごとに切り分けし、他の競争資金に応募する予定である。たとえば、サブテーマ4は経済産業省の地域資源活用型事業に応募し、さらなる精油の用途拡大をはかり、地域の木材産業とその他の企業に貢献したい。サブテーマの⑤は農林水産省の競争的資金に応募する予定である。

本事業の最大の成果は、個々の研究成果はもちろんであるが、そのほかに産官の連携が活発になったことと考えられる。今後はこの連携をいかして、地域の抱える多くの問題の解決に向かって努力したい。

2-7-2. 低比重材スギを用いた中断面集成材構法 —圧入ジベルと丸棒シャフトを用いた乾式軸組—

構法開発部 ※飯村 豊、北田孝二、椎葉 淳、上杉 基

1. 研究開発の背景と目的

宮崎県木材利用技術センター（以下センター）は、構造設計手法を用いて地域資源スギの特性である軽軟さ（低比重）を活かす新たな軸組木造の開発実用化に取り組んでおり、数年前からは韓国ソウル大学農業生命科学大学（以下ソウル大）を交えて研究開発を進めている。

韓国では日本と同様、軸組木造文化の歴史があり、最近では Well Being (健康と安寧) のライフスタイルを求めて、親環境建築物を指向する傾向が高まる中、軸組が見える木造の良さを見直す動きが顕在化してきている。そこでセンターとソウル大は、両国で根強い軸組木造への市場ニーズに対応すべく伝統構法より低コストのスケルトン・インフィル (SI) 型軸組構法の研究開発に取り組むことになった。

ここでは、共同研究の成果として、韓国ソウル市外のヘイリ芸術村「木造展示館（テストハウス）」に採用され、スケルトン・インフィル (SI) 型軸組を実現するスギ中断面集成材構法について述べる。

2. スギ中断面集成材構法

日韓共同で取り組む研究開発は一つのプロジェクトと捉え、共通の開発スキルとしてプロジェクトマネジメント (PM) 方式を採用している¹⁾。

新しい軸組を開発するうえで、センターが提案・開発したのはスギ中断面集成材構法である。従来、構造計算によって設計する軸組構法は大断面の構造用集成材を用いた大規模木造構法が一般的であるが、そのほとんどが①鉄骨工事の設計製作技術を参考にして、②長スパン架構用途を対象に長大材と金物を設計・製作・施工してきた。これに対し本構法は、①スギ中断面集成材（高性能量産型の製造

機械を使用することで大断面集成材より高い寸法精度の集成材が低コストで生産可能）、②木造住宅プレカット技術（CAD・CAM を用いて $-1.0\text{mm} \sim +0.5\text{mm}$ の高精度で部材製作が可能な技術、表-1 参照）、③大規模木造構法のシステム技術（設計から施工、維持管理に至る一連の生産システム）を用いた構法である。この構法では、大規模木造構法や現行の木造住宅軸組構法とは全く異なり、高精度部材の使用により実現する新たな接合法で合理的な軸組が可能となる。軸組の開発対象範囲（スコープ）は、主構造、二次部材、および接合部とした。

企画・基本設計の段階では、構造体の長期性能保持、運搬と組立解体の容易性、併せて親環境性を与条件とし、リユース及びリサイクル性も重要視した。

3. 実大の門型フレーム供試体の製作

図-1 は新しい軸組として開発された門型フレーム供試体を示している。

供試体は3体製作され、製作精度確認後はせん断試験体として利用される。供試体の大きさは、高さ 3,250mm、柱間 2,955mm で、柱脚はピンとした。梁と柱の接合は 36φ

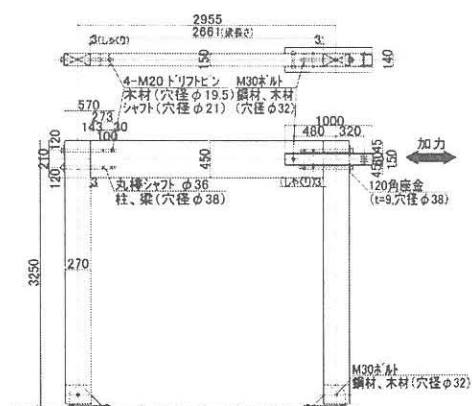


図-1 門型フレーム供試体

丸棒シャフトによる引き寄せボルト形式である。20φドリフトピンの先導孔はスギの軟らかさを活かして径差をマイナス0.5mmとし、ドリフトピンを圧入ジベルとして利用。剛に近い接合部とするためシャフトに軸圧縮が生じないように50%の張力緩和を見込んで²⁾、シャフト1本当たりの引張り軸力 39.2kN を導入するためネジの締め付けトルク値は下記の計算式より求めた³⁾。

$$FL = \frac{WD}{2} \times \frac{\pi f D + k}{\pi D - f k}$$

ここで、 F : ねじ締め用レンチのレバーにかかる力 (N)、 L : レバーアームの長さ (m)、 W : クランチされる力 (N)、 D : ねじの平均直径 (m)、 f : 摩擦係数 (=0.20)、 k : ねじのピッチ (m)

$$FL = \frac{39200 \times 0.036}{2} \times \frac{3.1416 \times 0.20 \times 0.036 + 0.004}{3.1416 \times 0.036 - 0.20 \times 0.004} \\ \approx 167.26 (N \cdot m) \Rightarrow 200 (N \cdot m)$$

表-1 材料と精度

材 料		大断面集成材	中断面集成材	鉄 骨	
主用途		大規模木造	住宅	建築物全般	
製造	工 場	大断面集成材工場	中断面集成材工場	鉄骨製作工場	
	規格、基準	JAS	JAS、社内基準 ²⁾	JASS ⁵⁾	
	製作精度	材 幅	±1.5mm	±1.5mm	±3mm
		材せい	±1.5%、＜±5mm	±1.5%	±3mm
		材 長	±5mm	±2mm	±5mm
	工 場	大断面集成材工場	住宅プレカット工場	鉄骨製作工場	
	規格、基準	ガイドライン ¹⁾	品確法 ³⁾ 、社内基準 ⁴⁾	JASS ⁵⁾	
加工精度	寸 法	±5mm	-1.0～+0.5mm	±5mm	
	ボルト孔間隔	±5mm	-1.0～+0.5mm	±1.5mm	
建方	業 者	大断面集成材工場	住宅メーカー	鉄骨製作工場	
	建方精度	規格、基準	ガイドライン ¹⁾	品確法 ³⁾	JASS ⁶⁾
		建物の倒れ	H/2500+10mm	3H/1000	H/2500+10mm

注1)「設計・施工を結ぶ集成材建築物施工のガイドライン」
(日本住宅・木材技術センター、日本集成材工業組合)、1989

2) U集成材工場の社内基準

3) 住宅の品質確保の推進等に関する法律、2000

4) プレカット工場の社内基準

5) 鉄骨工事技術指針・工場製作編、日本建築学会、1996

6) 鉄骨工事技術指針・工事現場施工編、日本建築学会、2000

丸棒シャフトの端部ネジは、締め付けトルク 200N・m を導入することとした。座金は、めり込み応力度を超えないように厚さ 9 mm、120mm の角座金とした。これらのことでリユースを容易にする乾式軸組を実現している。供試体の製作精度は、設計値に対し-1.0mm~+0.5mm と 3 体全てが基準を満足していた。

4. 実大門型フレームの剛性率

製作した門型フレームの設計値に対する剛性率は実験によって求めた。脚部をピン、柱・梁接合を完全剛とし、梁に水平方向の設計荷重 4.16kN を加力したときの水平変位量の設計値は 1/245 (0.0041)rad (11.7mm)である。

加力方法は、梁の一端に加力治具を取り付け、200 kN のアクチュエーターにより正負交番を繰り返し、繰り返しの履歴は見かけのせん断変形角が 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100(rad)までとした。変位量の計測は、頂部の水平変位を DP-1000C で、脚部の水平変位を SDP-100C で制御装置に取り込んだ。3 体の実験結果に基づき、包絡線を設計値と共に図-2 に示した。図-2 に示すように、設計荷重 4.16kN のときの門型フレームの変形角は平均 0.0057(1/174)rad (16.5mm)であった。この値から剛性率は $11.7/16.5 \div 0.71(71\%)$ と算出された。

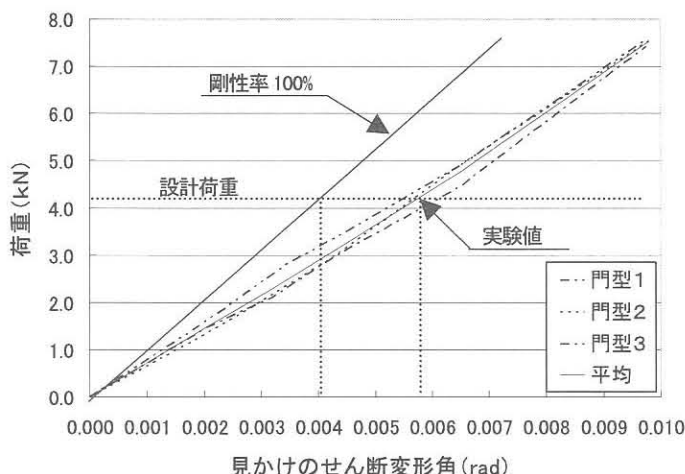


図-2 門型フレームの荷重—包絡曲線

5. 適用事例

新たに開発された軸組は、韓国ソウル市外のヘイリ芸術村の「木造展示館 (テストハウス)」建築事業に適用された。事業主体は韓国の家瓦総合建築設計事務所である (表-2 を参照)。センターはソウル大学と共同でこの事業に参画し、スギ中断面集成材の軸組を試験体として宮崎市内でプレカット加工後に必要な接合金物と併せて出荷した。この試験体は現地の施工会社によって 2 方向門型フレームとして組み立てられた (図-3 参照)。

X、Y 各通りの建方完了後に建方精度を測定した結果は、中断面集成材の精度基準を満足していた (表-1 参照)。表-3 は、テストハウスの軸組概要を示したものである。主構造に使用された中断面スギ集成材は単位面積当たり 0.049

m^3/m^2 、二次部材は $0.010m^3/m^2$ であった。鋼材は屋根構面の 13 ϕ 鉄筋ブレスを含め単位面積当たり 37N/ m^2 であった。

6. まとめ

新たに開発実用化された軸組は、直線材の集成材、丸棒シャフト、ドリフトピン (圧入ジベル)、ボルトで構成される点に特徴がある。PM 手法に沿って進められた本プロジェクトの企画段階で提案されたコンセプトは「家具のような軸組木造」であった。軸組構成材は全て直線材と

することで輸送体積を最小化した。また、高精度プレカット技術により遊びの少ない寸法と設計通りの加工が実現できたことで、現場では 2 方向門型フレームが家具のように組み立てられた (図-3 参照)。インフィルは、スケルトンと分離されるように仕上げられていった (図-4 参照)。

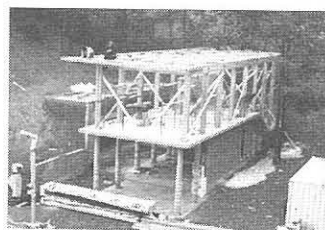


図-3 2方向門型フレームの完成

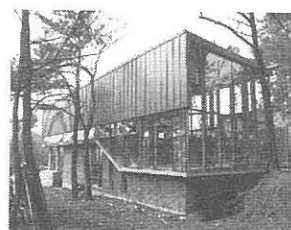


図-4 完成間近のテストハウス

表-2 テストハウスの建築概要

所在地	韓国キョンギ郡パジュ市 ヘイリ芸術村団地内
地域・地区	管理地域・開発振興地区
全面道路	西10m
敷地面積	766.90 m^2
延べ面積	250.68 m^2
建築面積	182.64 m^2
構造・階数	1階：鉄筋コンクリート造 2階：木造
高さ	7.83m
用途	主：展示場、副：セミナー・事務所・カフェ
主なスパン	5.15m
建築主体	家瓦総合建築士事務所
設計者	建築：家瓦総合建築士事務所 構造：家瓦総合建築士事務所 (木造軸組) ソウル大学・ 宮崎県木材利用技術センター
管理者	家瓦総合建築士事務所
施工者	韓国 stuga社他
施工期間	2006年7月~2007年5月

表-3 テストハウスの軸組概要

主構造 (スギ集成材)	柱：150 x 300 mm 梁・桁：150 x 450 mm
集成材 本数	43本
材積	8.973 m^3
重量	35.174kN
材積/建築面積	0.049 m^3/m^2
二次部材 (スギ集成材)	
集成材 本数	55本
材積	1.822 m^3
重量	7.142kN
材積/建築面積	0.010 m^3/m^2
鋼材 重量	6.788kN
重量/建築面積	37N/ m^2
軸組総重量/建築面積	269N/ m^2

謝 辞

本プロジェクトを進めるに当たっては、ソウル大学 李 鉦済教授、同白恵琇研究員をはじめ多くの日韓関係者に御指導いただいた。

【参考文献】

- 1) 飯村豊, 白恵琇, 李鉦済：「PM手法による集成材構造の成功事例」, 第10回木質構造研究会技術発表会技術報告集, 木質構造研究会, 平成18年11月, pp.52-55.
- 2) 飯村豊：「「杉の木橋」の余寿命」, 第4回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, 土木学会, 2005, pp.71-78.
- 3) 「木材工業ハンドブック」, 丸善(株), 1982, p.567.

2-8 受託研究

2-8-1 京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究 (木材利用部門における炭素貯蔵量評価モデルの開発)

所長 有馬孝禮

1997年12月に気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)「京都議定書」が、2005年2月に発効した。「京都議定書」の発効により、我が国は第1約束期間(2008年～2012年)において、1990年比6%の温室効果ガス排出削減義務を負った。しかしながら、2004年度の温室効果ガス総排出量は1,355百万t-CO₂であり、1990年の1,255百万t-CO₂と比較して、8.0%増加している。このうち、二酸化炭素の総排出量は、1990年が1,139百万t-CO₂であるのに対して、2004年度は1,279百万t-CO₂と12.3%も増加している。このように、削減義務の達成は非常に厳しい状況となっている。

削減義務6%のうち3.9%は、1990年以降に間伐等の森林整備活動を行った森林におけるCO₂吸収量として算入できることになっているが、現状の森林整備水準からすると、ハードルは高い。森林整備を進めるためには、結果的に得られる木材を利用していくことが不可欠となる。その利用先は住宅などの建築物をはじめとして、家具、土木製品、梱包材、紙などが挙げられる。この中で、建築物はもっとも製品寿命が長く、家具もこれに次いで長いと考えられる。木造建築物や木製家具は大気中の二酸化炭素が木材に変換され長く固定貯蔵することを意味する。同時に木材に代替したことにより他資材に比較して製造時の炭素放出量が少なくなる。すなわち木材利用は森林吸収源対策ばかりでなく、省エネルギーによる二酸化炭素放出の削減と伐採木材の炭素貯蔵の効果を生む意義が非常に大きい。

本報告では、3階建て以下の住宅、非住宅建築物、事務系家具、アルミサッシの各製品について、現在、一般的に用いられている資材から木製へ代替することによる炭素放出削減効果や炭素貯蔵効果について検討を行った。

1) 資材生産に要するエネルギー量の算出には製造工程による分析、産業連関表による分析などいくつかの方法があるが、絶対評価の相互比較は前提が異なるので注意を要する。したがって、一つのレポート内での相対的な評価が一つの目安であり、他との比較ではその前提に留意しておく必要がある。とくに産業連関表の場合には輸入品の割合が多いものほど換算された炭素放出量が少なくなる傾向にある。コンクリートや鉄ではあまり差がないが、製材や合板、アルミニウムの炭素放出量原単位が小さく評価されている。当面、国別の評価が要求されているので、産業連関表をベースとした日本建築学会の試算、建築研究所のプロジェクトの数値をベースにすればよい。しかしながら、本来の目的は地球温暖化防止対策であるので、併せて積み上げ方式による評価を参照することが望まれる。

2) 3階建て以下の「居住専用住宅」と「居住専用準住宅」の床面積(平成15年度)について、SRC造、RC造、S造の一部を木造に代替した場合の資材量を算出した。これは、着工床面積と建設資材の面積原単位から算出したものであり、木造に代替する割合は、20%、30%、50%とした。その資材量に、製造時炭素放出量の原単位を乗じてそれぞれのケースの炭素放出量を算出した。また、木材中に貯蔵された炭素量について、木材の比重は0.5、

合板の比重は 0.55、木材重量の 50%を炭素として算出した。SRC 造、RC 造、S 造の 50%を木造にした場合、全く代替しない場合と比較して、炭素放出量は 526,141 (294,096) [t-C] 減少し、炭素貯蔵量は 564,283 [t-C] 増加する。() 内は積み上げ方式で、以下同様。

3) 「店舗」、「工場・作業所」、「倉庫」として着工された非木造建築物を対象として、一部を木造建築物に代替した場合の炭素放出量と炭素貯蔵量を試算した。SRC 造、RC 造、S 造の 50%を木造にした場合、「店舗」では全く代替しない場合と比較して、炭素放出量は 264,740 (154,591) [t-C] 減少し、炭素貯蔵量は 266,013 [t-C] 増加する。「工場・作業所」では炭素放出量は 295,734 (216,550) [t-C] 減少し、炭素貯蔵量は 182,369 t-C 増加する。「倉庫」では炭素放出量は 227,446 (172,949) [t-C] 減少し、炭素貯蔵量は 124,651 [t-C] 増加する。

4) オフィスや事務所などで用いられているスチール製の棚や収納庫を対象とし同様に試算した。生産数量の 50%を木製に代替した場合、棚類では炭素放出量は 11,173 (4,619 [t-C]) 減少、炭素貯蔵量は 10,498 [t-C] 増加し、金属製保管庫から木製収納家具への代替で炭素放出量 23,040 (10,377) [t-C] 減少、炭素貯蔵量 20,248 [t-C] 増加となる。

5) 木造住宅用のアルミ製サッシを対象として、同様に試算した。アルミサッシの生産数量は、「建材・窯業統計年報（経済産業省）」に生産数量、出荷数量、在庫数量などの統計が掲載されている。その生産量は木造住宅着工床面積とほぼ連動して増減し、平成 17 年の生産数量は、148,076t となっている。生産数量の 50%を木製サッシに代替した場合、製造時の炭素放出量が 86 (622) [t-C] 減少し、炭素貯蔵量が 37 [t-C] 増加が見込める。

6) 木製に代替することによって生じる炭素放出量の減少、炭素貯蔵量の増加については絶対量では、資材使用量が大きい 3 階建て以下の住宅で大きな効果が出ている。減少割合で比較してみると、アルミサッシで顕著な効果が見られ、次いで非木造建築物（店舗、工場・作業所、倉庫）で大きな効果が出ている。3 階建て住宅（SRC 造、RC 造、S 造）の 50%を木造に代替した場合、炭素貯蔵量が約 56 万 [t-C] 増加することになるが、これは森林吸収源対策で増加の見込まれる伐採量 500 万 m³ の炭素換算値の約 45%に相当し、きわめて大きなボリュームとなる。

7) 放出原単位の異なる資料で、製材や合板、アルミニウムの炭素放出量の原単位が小さく評価されているものほど、木製代替による炭素放出量の削減効果が大きく表れる。

事業の成果報告書の配布実績等：

1) 木材利用による二酸化炭素排出削減効果と炭素貯蔵

有馬孝礼 平成 18 年日本建築学会大会（関東）（2006）

2) 建築・土木資材等の二酸化炭素固定機能の比較

高木真由、平野陽子、有馬孝礼 平成 18 年日本木材学会年次大会（秋田）（2006）

2-8-2 木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発 「平成 18 年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」

構法開発部 ※上杉 基、飯村 豊、所長 有馬孝禮
和光コンクリート工業㈱ 張 日紅、金丸 和生

【はじめに】

本事業は、平成 16 年度から 5 カ年にわたり、独立行政法人森林総合研究所とともに取り組んでいる。木製防護柵の維持管理基準のなかで、スギビーム材の被害度は、「防腐処理木材の野外杭試験方法」に準じて目視で評価される。木製防護柵の開発者である和光コンクリート工業（株）では、この方法に、木槌による打音を加えて、熟練者による判定は、かなり精度の高いものといえる。しかし、熟練者による判定には限界がある。そこで、劣化度の判断を客観的に数値化できる判定法について県内各地で調査を行い、検討した。

【調査・試験】

平成 17 年度に回収した設置後 10 年経過したスギビームのうち、劣化度 1, 2 と判定されたもの各 10 本を衝突試験に供した(写真 1)。劣化度 1, 2 程度のビームの性能については何ら問題ないことがわかった。さらに今年度は、西米良村かりこぼうず大橋周辺の設置後 4 年経過した被害度が 2 のビーム 31 本、被害度が 3 のビーム 20 本について曲げ試験を行った(写真 2)。被害度 2 のもので、破壊荷重が最小で 18.6 kN、最大で 62.9 kN とばらつきが大きかった。交換が必要とされる被害度 3 のものでも高強度のものがあつた。事前に測定した、動的弾性係数と破壊荷重の相関はかなり高いものであつた(図)。7 GPa 以上あれば、40 kN の性能を満たす結果となった。

【まとめ】

動的弾性係数の測定は劣化度判定に有効であることがわかった。しかし、測定には取り外しが必要で、手間がかかるので、効率の良い方法についてさらに検討をすすめたい。



写真 1 木製防護柵の衝突試験

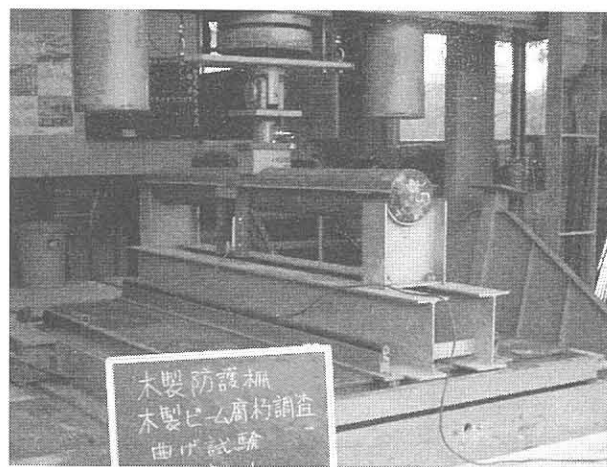


写真 2 木製防護柵スギビームの曲げ試験

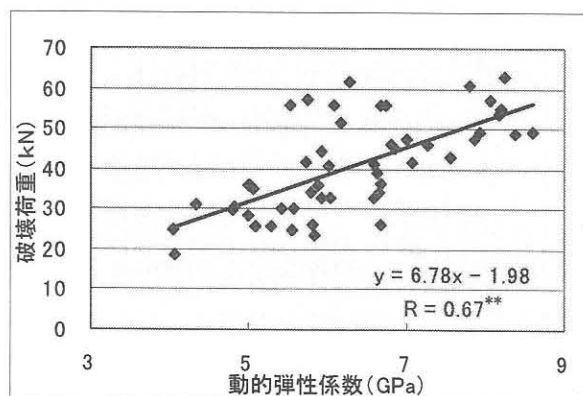


図 破壊荷重と動的弾性係数の相関

2-8-3 スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価

県産スギラミナを用いた新構成構造用集成材の強度性能（めり込みおよびせん断性能）

「(独) 森林総合研究所・運営費交付金プロジェクト（課題番号：200503）」

木材加工部 ※松元明弘、藤元嘉安、森田秀樹
構法開発部 飯村豊、椎葉淳

1. はじめに

宮崎県産スギ（主にオビスギ）は生育が早いため、年輪幅が広く、集成材用のラミナとして用いる場合、機械等級区分(最小値評価)されたラミナには L40、L30 のものが相当量含まれる。これらのラミナは現行 JAS では規格外となるため、現行 JAS に基づくラミナ構成の集成材製造では、余剰ラミナの発現が多く歩留りが低くなることから、生産量、製造コストへ著しい負荷を与えているのが現状である。

そこで、本研究では、とくに L40 および L30 の低位等級ラミナを内層に用いた新しい構成の構造用集成材の実用の可能性を確認することを目的とし、昨年度の圧縮、引張および曲げ試験に引き続き、とくに接合部の強度性能に影響するめり込みおよびせん断性能について検討を行った。

2. 試験方法

宮崎県産スギ（オビスギ）ラミナを L30 から L80 までの 6 段階に機械等級区分(最小値評価)し、図 1 に示すように L30 および L40 という低曲げヤング係数ラミナを内層に用いた E65(内層 L40)、E55(内層 L40)および E55(内層 L30)というラミナ構成の対称異等級構成集成材について、めり込みおよびせん断試験を行った。また、対照試験体として現行の JAS で規定されている E65-F225 の集成材についても同様の試験を行った。

めり込み試験は ISO 方式により、せん断試験については、JIS イス型方式、実大イス型方式および 3 点曲げ ISO 方式により実施した。

①E65-F225 (内層L50)	②E65(内層L40)	③E55(内層L40)	④E55(内層L30)
L80	L80	L70	L70
L60	L60	L50	L50
L50	L40	L40	L30
L60	L60	L50	L50
L80	L80	L70	L70

図1 供試した対称異等級構成構造用集成材のラミナ構成

3. 結果

(1) めり込み試験

めり込み強さの結果を図 2 に示す。集成材の構成の違いによるめり込み強さの差は認められなかった。また、いずれの構成においても下限値が、建築基準法(告示 1024 号)に示される対称異等級構成集成材の基準強度(6 N/mm²)を上回っていた。なお、荷重方向に関しては、ラミナの厚さ方向に加力するエッジワイズの方がフラットワイズに比べ低い値を示し、有意な差が認められた。

めり込み降伏強さおよびめり込み剛性についても、めり込み強さと同様に、集成材の構成の違いによる差異は認められなかった。また、いずれもエッジワイズの方がフラットワイズに比べ低い値を示し、とくにめり込み剛性においては差が顕著であった。

集成材の構成を問わず全ての試験体についてみると、めり込み強さ、めり込み降伏強さおよびめり込み剛性ともに、試験体密度と高い相関関係にあることが確認された。エッジワイズのめり込み降伏強さにおいては危険率 5%水準で、その他では 1%水準で有意であった。

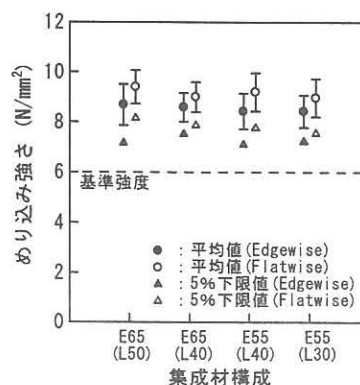


図2 めり込み強さに及ぼす集成材構成および荷重方向の影響

(2) せん断試験

①JIS イス型方式せん断試験

JIS イス型方式せん断試験結果を図3に示す。集成材の構成の違いによるせん断強さの差は認められず、むしろ、せん断強さと密度との間に非常に強い相関関係が認められた。

内層ラミナの幅方向中央部から採取された試験体において、髓を有する試験体は、密度が高く、高いせん断強さを示した。

また、節を有する試験体についても、密度が高くなることから、せん断強さが高くなる傾向にあった。

②実大イス型方式せん断試験

実大イス型方式せん断試験結果を図4に示す。集成材の構成の違いによるせん断強さの差異は認められなかった。また、集成材の構成を問わず全ての試験体についてみると、せん断強さと密度との間には1%水準で有意な相関関係が認められた。

髓を有する試験体は髓の無い試験体に比べ高いせん断強さを示した。全試験体を対象に、髓の有無による実大せん断強さの差異について検定したところ、1%水準で有意な差が認められた。また、同様に、節を有する試験体は節の無い試験体に比べ、高いせん断強さを示した。実大せん断試験体の密度の測定は行っていないが、JIS 試験体の場合と同様に、髓や節を有するものの密度が高く、せん断強さが大きくなったものと推察される。

③3点曲げ ISO 方式せん断試験

3点曲げ ISO 方式によるせん断試験結果を図5に示す。E65 と E55 とでは、せん断強さに有意な差が認められたが、E65 あるいは E55 のそれぞれにおいては内層ラミナの等級による差は認められなかった。

試験体全体においては、せん断強さとヤング係数（内層ラミナ、集成材縦ヤング係数およびたわみヤング係数）との相関関係に 1%水準の有意性が認められた。また、せん断強さと密度との相関関係に 1%水準の有意性が認められた。

なお、せん断強さに関しては、JIS イス型方式から実大イス型方式、3点曲げ ISO 方式へと評価対象のせん断面積が大きくなるに伴い、せん断強さが低くなる傾向にあった。しかしながら、3点曲げ ISO 方式による評価の場合でも、いずれの構成においても、せん断強さの下限値が、建築基準法(告示 1024 号)に示される対称異等級構成集成材の基準強度(3 N/mm²)をはるかに上回っていた。

4. まとめ

低曲げヤング係数スギラミナを内層に使用した新しい構成の構造用集成材のめり込みおよびせん断性能の評価を行った結果、全般的には、現行 JAS で規定されている E65・F225 対称異等級構成集成材とほぼ同等の性能を示すことなどが明らかとなった。昨年度実施したラミナおよび新構成集成材の圧縮、引張および曲げ試験結果を総合して判断すると、宮崎県産スギに多く含まれる低曲げヤング係数ラミナを内層に使用した新構造用集成材の強度性能には、実用上とくに大きな問題はないと考えられる。

しかしながら、本研究においては、各試験体製造用のラミナの機械等級区分をラミナ内の最小値で評価を行っており、宮崎県産スギにおいては、平均値評価と最小値評価においてほぼ 1 等級（ヤング係数 1kN/mm²）に相当する差があることから、今後は、打撃法や平均値で評価されたときのラミナを使用した場合の強度性能との差異について検討する必要があると考えられる。

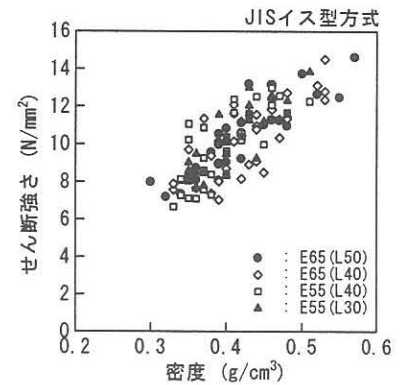


図3 せん断強さに及ぼす密度の影響 (JIS イス型方式)

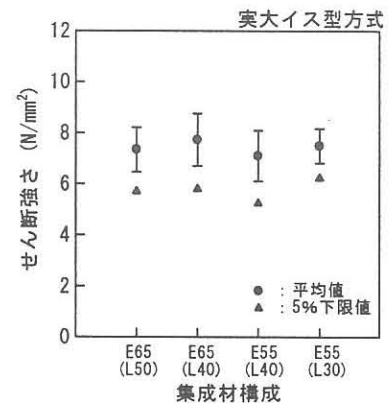


図4 せん断強さに及ぼす集成材構成の影響 (実大イス型方式)

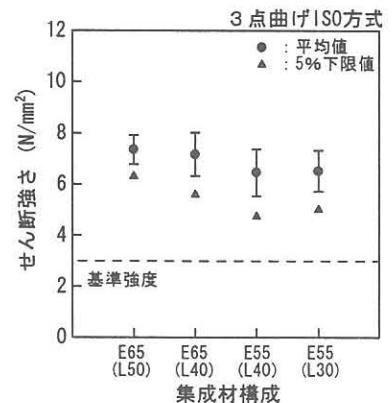


図5 せん断強さに及ぼす集成材構成の影響 (3点曲げISO方式)

2 - 9 科研費

2 - 9 - 1 シロアリの本能・生理を利用した環境配慮型防蟻技術の開発

材料開発部 藤本英人

はじめに

日本を含む温暖な地域では世界的にシロアリの被害が深刻である。建物に対する蟻害を防ぐ方法として化学薬品を用いる方法が一般的に採用されている。しかし、これらの薬剤は健康や環境の面で問題が多い。物理的な方法として、住宅基礎の全面に目の細かいステンレスメッシュや粒子径の揃った砂を敷き詰めたりする方法も開発されているが、コストが高く、一般的に採用されるにいたっていない。

既に、経常研究として行った実験の結果、シロアリはヒラヒラしたフィルムなどの物体には蟻道を延ばさない現象を見いだし、報告した。このシロアリの生理・本能を利用することで、低コストで、薬剤に頼らない新しいシロアリ防除技術が開発される可能性が示唆されたので、実用化を目標とした研究を行っている。

今年度は、前年度に続いて屋外フィールド試験及びセンター内で飼育しているコロニーを用いたフィルム材質試験を行った。

実験

供試シロアリ：イエシロアリ (*Coptotermes formosanus* Shiraki)

供試フィルム：ナイロン 12 厚さ 30 μm 及び 100 μm の 2 水準

実験の概要：

前年度と同様に陶器製ブロック (3×3×cm) の上にフィルムを置き、その上に餌木を置いた。フィルムは継ぎ目無し、有りの 2 水準とした。このセットをシロアリコロニーの上に置き、定期的に観察した。フィールドでは、このセットをコンクリートブロックで囲み、その上を 2 重の屋根で覆い、風雨を避けた。

結果と考察

結果として、1 枚もののフィルムを使用した場合であっても、シロアリの活性が高く、下に蟻土を盛り上げた場合は端部が食害される結果となった (図 1)。これは 100 μm のかなり厚いフィルムでも同じであった。また、端部の重ね合わせがあると、さらに被害は進み、重ね合わせ部分から大きく食害された。CSIRO の Michael Lenz 博士と面談したときにこれについて「オーストラリアでのケーブルの蟻害の状況と同じである」とのコメントをもらった。すなわち、ナイロン 12 製のケーブルは端部や表面のわずかな傷などがないとシロアリの食害を受けないが、敷設時のわずかな傷などがあるとその部分にシロアリの歯がかかるので、その結果食害を受けるということであつた。また、前年度の結果から、入り隅などの接着力の弱い箇所では蟻道の侵入を許すことが明らかになっている。これらのことから、フイルムタイプアリの返しを、実際の家屋に施工するのはかなり障壁が高いと思われる。従って、次年度以降はバリヤーとしてではなく、蟻の同誘導にターゲットを絞って、入り隅等に毒餌等を設置して、これに蟻道を誘導する方法を検討する。



図 1 食害を受けたフィルム

2-9-2 スギによる柱-土台接合部のめり込みクリープ特性の解明と効果的接合方法の開発
 ー乾燥方法と接合条件がめり込みクリープ性能に及ぼす影響 (その 2)ー
 平成 18 年度科学研究費補助金 (基盤研究(C)、課題番号 17580150)

木材加工部 荒武 志朗

1. はじめに

筆者は、この数年スギの土台としての適合性を検討するために、宮崎県産スギを用いた軸組構法の柱脚柱頭接合部試験体を試作し、それらのめり込みクリープ性能を検討してきた。これまでに、通常の住宅レベルの荷重下であれば、部材の含水率に配慮した施工を心がける限り、スギの土台としての適合性に大きな問題はないことが明らかになっている¹⁾。その結果を受け、2 年ほど前から、さらなる実用的な情報を得るために乾燥方法と接合条件がめり込みクリープ性能に及ぼす影響を検討してきた。

ここでは、前報²⁾で経過報告した荷重条件(891kg)による実験の結果に加えて、その後に開始した基準強度×1.1/3 に相当する荷重(2471kg)による実験経過を報告する。なお、前者(荷重条件 891kg)については、一定期間毎に土台部分を過酷な水分条件下におき、その後の経過をモニタリングしたので(以下、事故的水かかり試験)、その結果についても併せて報告する。

表1 供試材の材質と乾燥条件

種別	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	ヤング係数 (GPa)	乾燥条件
高温乾燥材	0.356	12.1	6.52	最高乾球温度125℃、乾燥日数7日
燻熱処理材	0.405	12.4	6.49	最高温度115℃、乾燥日数6日
蒸気式乾燥材	0.364	12.3	6.49	乾球温度80~85℃、乾燥日数10日
天然乾燥材1	0.354	14.0	6.51	実験棟内に棧積み
天然乾燥材2	0.355	15.3	6.40	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材3	0.394	15.5	6.24	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材4	0.379	15.3	6.76	曲げクリープ試験の過程で乾燥
天然乾燥材5	0.367	15.5	7.11	曲げクリープ試験の過程で乾燥

2. 実験方法

実験方法の大半は前報²⁾と同様であるが、以下に概略を示す。実験には、宮崎県産スギ心持ち正角材で、乾燥方法の異なる乾燥材 8 本を供試した。寸法は、何れも断面が 105mm×105mm、長さが 2000mm である。ここで、各供試材の実験開始時における材質と乾燥条件を表 1 に示す。

これらの供試材を用いて、I 型接合試験体(以下、試験体)を製作した(図 1 参照)。なお、試験体の接合部には、ほぞ深さの異なる 2 種類の長ほぞ差し込み栓打ちを採用した。具体的には、幅 30mm×長さ 90mm×深さ 90mm(S 型)

と、幅 30mm×長さ 90mm×深さ 105mm(L 型)である。この場合、前者(S 型)では、主として胴付き部のめり込みが応力の多くを負担すると考えられるが、後者(L 型)では、ほぞの先端が基礎に接触しているため、柱の縦圧縮が応力の多くを負担するものと考えられる。したがって、後者については、厳密にはめり込みクリープとは言えないが、ここでは、便宜上(実用上)、両条件ともめり込みクリープとして取り扱うことにする。

めり込みクリープ試験は、自然環境下で行った。この場合、荷重は 2 段階に分けて負荷した。具体的には、2005 年 4 月 26 日から 2006 年 6 月 5 日までの約 1 年間は 2 階建てモデル建物の最大柱軸力 891kgf とした³⁾(以下、ステージ 1)。その後、一端除荷し、3 か月後の 2006 年 9 月 4 日に基準強度×1.1/3(2471kg)の負荷条件で実験を再開した(以下、ステージ 2)。なお、ステージ 1 では、二次クリープに入った段階で事故的水かかり試験(図 1 の写真参照)も平行して行なった。具体的には、負荷 8 か月後に 1 時間浸せき、10 か月後に 3 時間浸せきを行い、その後の変位変動をモニタリングした。現在、ステージ 2 による実験を継続中であるが、クリープが安定した段階で、同様の事故的水かかり試験を行なう予定である。

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、データログ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 のセンサは膨潤・収縮量測定用、No7~No10 の

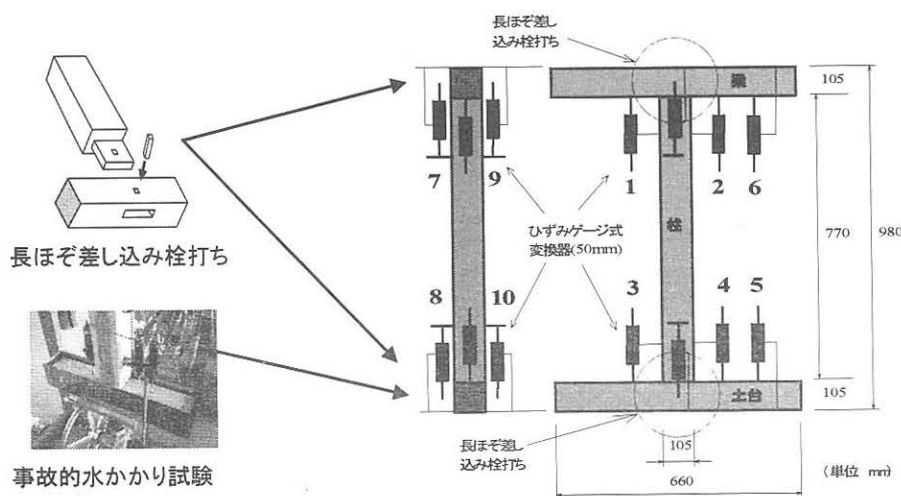


図1 試験体と試験条件

センサは収縮・膨潤等も含む鉛直変位測定用である(ただし、ステージ2のみ)。

3. 結果と考察

図2にステージ1(負荷荷重 891kgf)における全変位(初期変位+めり込みクリープ)の変動を示す。同図を見ると、乾燥方法(高温、燻煙、蒸気、天乾)による差異はさほど明確ではないが、接合方法(S型とL型)による差異が明確に現れている。すなわち、L型では、何れも全変位の進行が極めて微小であり、事後的な水かかりの影響も明確ではないが、S型では、全体にめり込みクリープの進行や事後的な水かかり後の変位増加が大きい。この結果は、S型の変位が主として土台のめり込みに依存するのに対し、L型の変位が主として柱の縦圧縮に依存することを示している。

図3にステージ2(負荷荷重 2471kgf)における全変位の変動を示す。同図を見ると、ステージ1よりも接合方法による傾向の差異が明確に現れている。この場合、L型では荷重条件が極めて厳しいにも係わらず(ステージ1の約3倍)、何れも全変位の進行が微小であり、初期変位後の増加もほとんど認められない。その一方で、S型では全体にめり込みクリープの進行が非常に著しい。この結果は、鉛直変位を可能な限り低減させるためには、柱の縦圧縮に応力の多くを負担させるような接合法を選択することが極めて効果的なことを示している。

【参考文献】1) 荒武志朗, 田中洋, 上杉基, 有馬孝禮: 木材工業, 60(3), 121-126(2005), 2) 荒武志朗, 有馬孝禮: 2006年度日本建築学会大会学術講演梗概集, 関東, 2006, p.101-102, 3) 稲山正弘ほか: “阪神・淡路大震災後の設計手法を考える-地震に強い[木造住宅]の設計マニュアル”, 建築知識, 1996, pp.10-43.

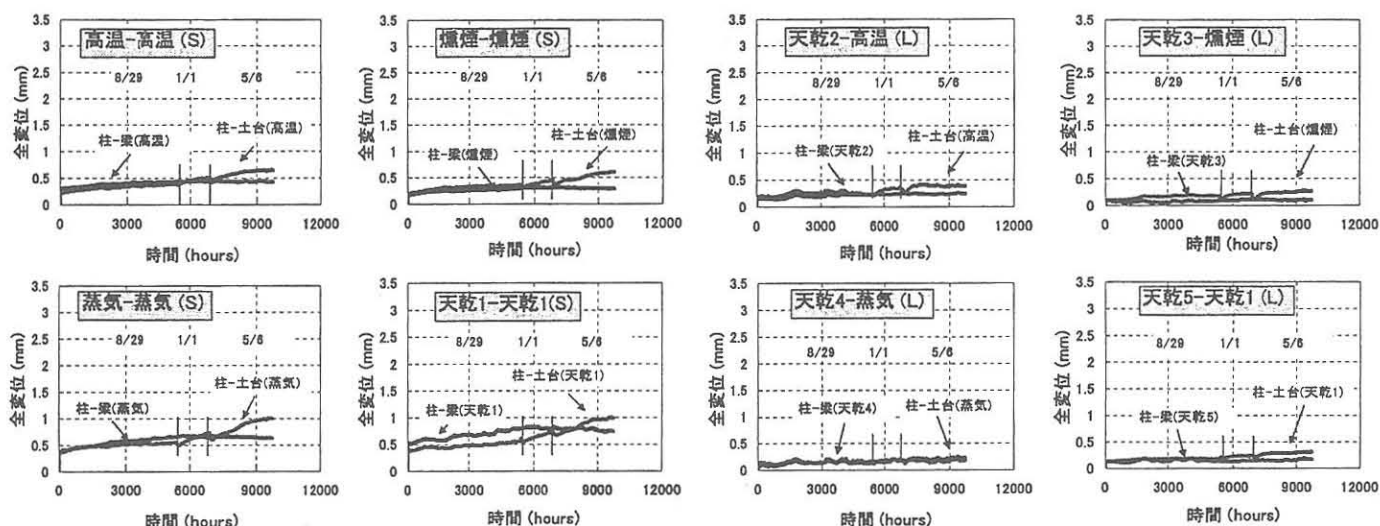


図2 全変位(初期変位+めり込みクリープ)の変動

※ 積載荷重: 891kg

(S): 長ほぞ差し込み栓打ち(ほぞ長さ90mm)、(L): 長ほぞ差し込み栓打ち(ほぞ長さ105mm)

| : 左から浸せき1, 3時間(柱-土台接合部のみ)

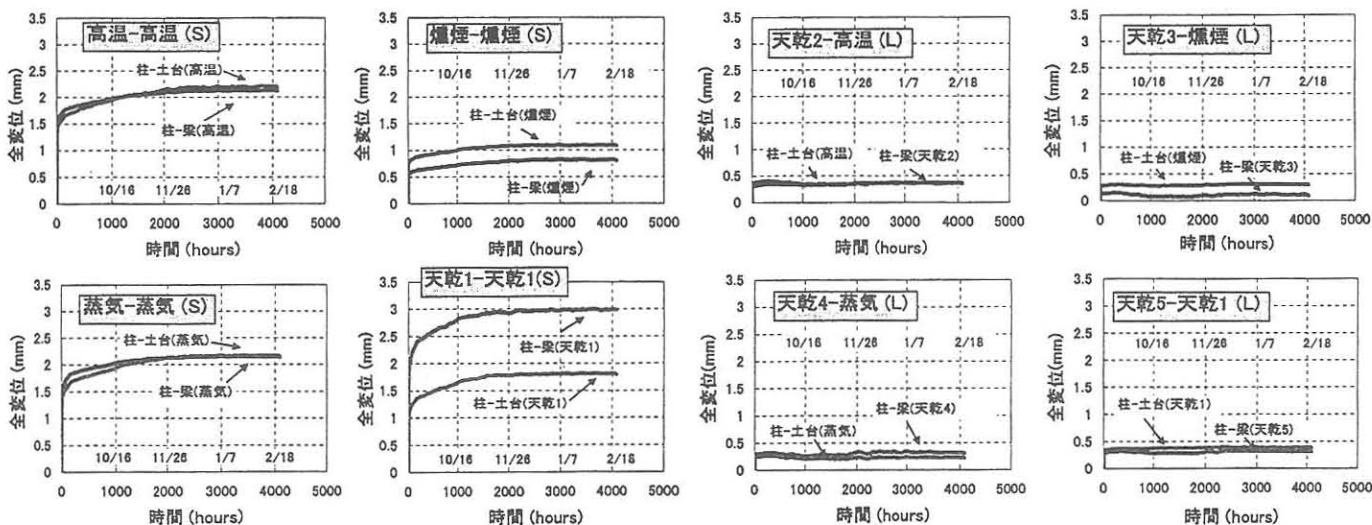


図3 全変位(初期変位+めり込みクリープ)の変動

※ 積載荷重: 2471kg (基準強度 $\times 1.1/3$)

(S): 長ほぞ差し込み栓打ち(ほぞ長さ90mm)、(L): 長ほぞ差し込み栓打ち(ほぞ長さ105mm)

2-10 研究発表（口頭発表）

2-10 口頭発表

発表題目	発表者名	発表会名	期日 (名前順)
都城エリア産学官連携 促進事業の紹介 － バイオマスエネルギーの徹底利用 －	藤本英人	宮崎大学農工連携促進 事業	2006/7/26
スギ材の人工乾燥工程 で得られる精油のゴキ ブリ忌避効果	藤本英人、小田久人	第 56 回日本木材学 会大会	2006/8/8
宮崎型木製魚礁の開発 － フナクイムシの被害 について －	藤本英人	日本木材学会九州支部 大会	2006/10/7
都城盆地エリアにおけ るバイオマスのサーマ ルおよびマテリアルの 徹底利用	藤本英人	バイオマス in 九州（エ コ・テクノ 2006）	2006/11/21
スギ精油のゴキブリ忌 避効果	藤本英人	都市エリア事業成果発 表会	2007/2/28
農・林連携による循環 型社会の構築を目指し て	藤本英人	木質バイオマス利活用 シンポジウム	2007/3/5
スギ柱材の蒸気加熱乾 燥に要する蒸気消費量 － 高温低湿乾燥と中温 乾燥の比較 －	小田久人、藤本英人、蛭 原啓文	第 56 回日本木材学 会大会	2006/5/30
高温低湿処理したスギ 心持ち柱材の中温乾燥	小田久人、蛭原啓文	日本木材加工技術協会 第 24 回年次大会	2006/10/16
オビスギにおけるテル ペン類の樹幹内分布	落合克紀	第 56 回日本木材学 会大会	2006/5/30
Curved glulam with extremely small radius made of obi-sugi	○ Y.Fujimoto, H.Morita, Y.Iimura,	9th World Conference on Timber Engineering (Portland)	2006/8/6

2 - 1 0 口頭発表（つづき）

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 会 名	期 日 (名 前 順)
Evaluation of sugi finger-jointed laminae having knot by acoustic emission	○ T.Ohuchi,K.Yano, Y.MuraseY.Fujimoto, H. Morita	9th World Conference on Timber Engineering (Portland)	2006/8/6
各種市販木質パネルの釘接合性能(第4報)屋外暴露試験と促進劣化処理の対応	○ 関野登、高麗秀昭、野上英孝、藤元嘉安、大橋一雄	第56回日本木材学会大会(秋田)	2006/8/9
Strength Performance of Sugi Lamina with Low Young's Modulus and Glulam Made of These Laminae	○ Y.Fujimoto, A. Matsumoto, H. Morita, A.Shiiba, Y. Iimura	第17回日本MRS学術シンポジウム	2006/12/9
スギ構造材柱脚柱頭接合部のめり込みクリープ(乾燥方法と接合条件の影響)	荒武志朗、有馬孝禮	2006年度日本建築学会大会(関東)	2006/9/7-9
スギ構造材柱脚柱頭接合部のめりこみクリープ	荒武志朗、有馬孝禮	第17回日本MRS学術シンポジウム	2006/12/9
スギは強い?弱い?	荒武志朗	スギシンポジウム2007	2007/2/13
丸太区分および木取りによる宮崎県産スギ構造用集成材ラミナの歩留り向上	森田秀樹、松元明弘、小田久人、藤元嘉安、有馬孝禮、村瀬安英	第56回日本木材学会大会	2006/5/30
低曲げヤング係数スギラミナ及びそれを用いた集成材の強度性能(第I報)	松元明弘、藤元嘉安、森田秀樹、飯村豊、椎葉淳	第13回日本木材学会九州支部大会	2006/10/7-8
木橋のシステム技術の変遷	飯村豊	第5回木橋技術に関するシンポジウム	2006/7/28

2 - 1 0 口頭発表（つづき）

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 会 名	期 日 (名 前 順)
Reticulated Timber Dome Structural System Using Glulam with a Low Specific Gravity and its Scalability	Yutaka Iimura	9th World Conference on Timber Engineering (Portland)	2006/8/6
P M手法による集成材構造の成功事例	飯村豊, 白恵琇, 李銓済	第 10 回木質構造研究会技術発表会	2006/11/29-30
Performance Evaluation of the "Konohana Dome" Built with Fast Growing Sugi	Yutaka Iimura	The First Joint Seminar (2006) of China-Japan-Korea on Wood Quality and Utilization of Domestic Species	2006/12/19
丸棒シャフトとドリフトピンを用いた接合法によるスギ構造用フレームのせん断性能 2	上杉基、椎葉淳、飯村豊、間瀬英男、富本淳	第 56 回日本木材学会大会	2006/5/30
偏心を有する在来軸組構法立体構造物の地震応答	内田知利、安村基、上杉基	第 56 回日本木材学会大会	2006/8/10
宮崎県産スギを用いた継ぎ手接合梁材の曲げ性能（第 1 報）	上杉基、椎葉淳、北田孝二、飯村豊	第 13 回日本木材学会九州支部大会	2006/8/24
丸棒シャフトとドリフトピンを用いた軽軟スギ材の接合（第 2 報）	椎葉淳、上杉基、飯村豊、間瀬英男、栗田進	第 56 回日本木材学会大会	2006/5/30
丸棒シャフトを用いた軽軟スギ集成材の継手接合部の曲げ性能	椎葉淳、上杉基、飯村豊、間瀬英男、富本 淳、栗田 進	第 13 回日本木材学会九州支部大会	2006/8/24

2-1-1 研究発表（展示発表）

2-1-1 展示発表

発表題目	発表者名	発表会名	巻（号） 頁（西暦）
畜糞・低品質木炭混合燃料の製造	藤本英人	科学技術シンポジウム in 宮崎（宮崎）	2007/2/19
スギ材乾燥工程で得られる精油のゴキブリ忌避効果	藤本英人	科学技術シンポジウム in 宮崎（宮崎）	2007/2/19
スギ材乾燥工程凝縮液の畜産への利用	藤本英人	科学技術シンポジウム in 宮崎（宮崎）	2007/2/19
木材保護塗料の耐候性	岩崎新二	日本防菌防黴学会第33回年次大会	2006 /11/1
接着条件の異なるスギ集成材用ラミナにおけるフィンガージョイント部の AE 評価	○矢野希代子、大内毅、村瀬安英、藤元嘉安、森田秀樹	第56回日本木材学会大会（秋田）	研究発表要旨集（2006） P102、 2006/8/8-10
「地球温暖化防止と木材利用」に関する DVD 教材の制作	○永富一之、藤元嘉安	第56回日本木材学会大会（秋田）	研究発表要旨集（2006） P132、 2006/8/8-10
Creep of sugi structural members processed by various drying methods	Shiro Aratake、Takanori Arima、Hiroshi Tanaka	WCTE2006 (9th World Conference on Timber Engineering)	2006/8/6-10
丸太区分および木取りによる宮崎県産スギ構造用集成材ラミナの歩留り向上	森田秀樹，松元明弘，小田久人，藤元嘉安，有馬孝禮，村瀬安英	第56回日本木材学会大会（秋田）	2006/8/8-10
設置後十年経過車両用木製防護柵の性能について	張日紅、金丸和生、飯村豊、上杉基	第56回日本木材学会大会	2006/8/8

2-12 研究発表（誌上発表）

2-12 誌上発表

発表題目	発表者名	発表誌名	巻（号） 頁（西暦）
杉・再考 日本の樹	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 325 p.18 (2006.1)
杉・再考 消費が生産を生む	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 326 p.17 (2006.2)
杉・再考 スギ利用技術革新の基本は強度等級区分	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 327 p.17 (2006.3)
杉・再考 エコロジーはエコノミー	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 328 p.17 (2006.4)
杉・再考 柔らかさと暖かさ	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 329 p.17 (2006.5)
杉・再考 人の生活を包む生物資源	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 330 p.27 (2006.6)
杉・再考 「石の文化」と「木の文化」	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 331 p.34 (2006.7)
ごあいさつ	有馬孝禮	会報 己を磨き輝け！ 都城地区木材青壮年会	p.1 (2006.7)
杉・再考 利用による国土保全	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 332 p.34 (2006.8)
変遷する住宅への国産材の対応	有馬孝禮	森林技術	No. 773 p.2-6 (2006.8)
杉・再考 「山いじり」で知る苗木1本の重み	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 333 p.34 (2006.9)
杉・再考 スギの利用拡大—まず常識の見方を変える	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 334 p.34 (2006.10)
Features of vapor-grown cone-shaped graphitic whiskers deposited in the cavities of wood cells	Yukie Saito, Takanori Arima	CARBON	vol.45 p.248-255 (2006.10)

2 - 1 2 誌上発表（つづき）

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 誌 名	巻（号） 頁（西暦）
杉・再考 「使おう」と思う から可能になる	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 335 p.34 (2006.11)
その歴史から今後を期待	有馬孝禮	ツーバイフォー	vol.164 p.25 (2006.11)
杉・再考 スギの文化ーそれ は平和	有馬孝禮	グリーンパワー	No. 336 p.34 (2006.12)
The effect of bark decortication for hiwada production on xylem and phloem formation in Chamaecyparis obtusa	Yasuhiro Utsumi,Shinya kkoga, Naoaki Tashiro,Atsushi Yamamoto, Yukie Saito,Takanori Arima, Hirokazu Yamamoto,Masahiko Kadomatsu,Nao Sakanoue	Journal of Wood Science	vol.52 No. 6 p.477-482 (2006.12)
ゆく言葉→3 R くる言葉→4 R	有馬孝禮	建築雑誌	vol.121 No. 1554 p.38 (2006.12)
高温加熱処理した木炭の構造 変化と酸化性雰囲気における 熱分解挙動	田中孝、斎藤幸恵、 信田聡、有馬孝禮	木質炭化学会誌	第3巻第1号 p.37-44 (2006)
地域の木材で家を建てるとい うこと	有馬孝禮	チルチンびと別冊 山口・九州、本物の木 の家	1月号 p.52-53 (2007.1)
資源戦争の中の資源生産	有馬孝禮	森林環境 2007 動物反乱と森の崩壊	p.130 (2007.2)
緑のキーワード 丸太の強度等級区分	有馬孝禮	森林技術	No. 779 p.24 (2007.2)
木質系資源と畜産業との連携	有馬孝禮	平成 18 年度 木質系 資源を畜産経営に有効 利活用するための調査 研究報告書	p.1-4 (2007.3)

2 - 1 2 誌上発表（つづき）

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 誌 名	巻（号） 頁（西暦）
台風 13 号に伴う延岡市 内竜巻被害から学ぶ	上杉基、有馬孝禮	Journal of TIMBER ENGINEERING	vol.20 No. 2 p.39-43 (2007.3)
含水率分布によるドラ イイングセットの推定	松清幸司、藤本登留、小 田久人	九州大学演習林報告	87 号 p.37-47 (2006.3)
高温低湿乾燥法におけ るスギ心持ち柱材の乾 燥性	小田久人	木材工業	61 (9) 388-394 (2006)
高温低湿乾燥法におけ るスギ心持ち柱材の乾 燥性に関する研究	小田久人	木科学情報	13 (3) 39-42 (2007)
Evaluation of sugi finger-jointed laminae having knot by acoustic emission	Takeshi OHUCHI, Kiyoko YANO, Yasuhide MURASE, Yoshiyasu FUJIMOTO, Hideki MORITA	9th World Conference on Timber Engineering (Portland) Conference Proceedings	(2006)
Curved glulam with extremely small radius made of obi-sugi 2006/8/6-10	Yoshiyasu FUJIMOTO, Hideki MORITA, Yutaka IIMURA	9th World Conference on Timber Engineering (Portland) Conference Proceedings	(2006)
暴露地"都城"における 基礎物性の劣化	藤元嘉安	木質パネル第 2 次耐久 性プロジェクト中間報 告書（その 3）－屋外 暴露 2 年目のデータ解 析－	pp.114-116 (2006)
暴露地"都城"における 釘接合性能の劣化	藤元嘉安	木質パネル第 2 次耐久 性プロジェクト中間報 告書（その 3）－屋外 暴露 2 年目のデータ解 析－	pp.126-128 (2006)
Evaluation of Sugi Finger-jointed Laminae with a Knot and Starved Joints by Acoustic Emission	Kiyoko YANO, Takeshi OHUCHI, Yasuhide MURASE , Yoshiyasu FUJIMOTO and Hideki MORITA	Journal of Fac. Agr., Kyushu Univ.	52 (1) 111-116 (2007)

2 - 1 2 誌上発表（つづき）

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 誌 名	巻（号） 頁（西暦）
WCTE2006 (Portland, USA) に参加して	荒武志朗	Journal of Timber Engineering 73	19 (5) 139-142 (2006)
Creep of Sugi (Cryptomeria japonica D.Don) Structural Members Processed by Various Drying Methods	Shiro Aratake, Takanoti Arima and Hiroshi Tanaka	Transactions of the Materials Research Society of Japan	31 (4) 985 - 988 (2006)
第 9 回木質構造国際会議 (アメリカ・ポートランド) に参加して	荒武志朗	木材工業	62 (2) 80-84 (2007)
側面定規挽き製材による県産スギラミナの歩留り向上	森田秀樹, 小田久人, 藤元嘉安, 有馬孝禮	公立林業試験研究機関研究成果選集	NO.4 P81 (2007)
ブルネルからティンバー・エンジニアを学ぶ	飯村豊	土木学会誌	vol. 91, No.7, pp.44-47. (2006)
スギを土木建設用途に利用するシステムづくり	飯村豊	木材保存	vol. 32, No.4, pp.145-150. (2006)
飢肥杉の利用 - 過去、現在、未来	飯村豊	山林	No.1474, pp.24-32, (2007)