

2 試験研究業務

2-1 木材科学

2-1-1 スギ成分の化学的有効利用に関する研究

— スギ精油を用いた防蟻断熱材の開発 —

材料開発部 藤本英人

1 はじめに

高気密・高断熱の住宅が温暖な九州南部地域にも普及しつつある。しかし、これらの地域ではシロアリの活性が高いため、断熱材を食害され、蟻害が急速にかつ広範囲に及ぶことが多い。化学薬品を含有した防蟻断熱材も開発されているが、健康意識の高まりの中で、ノンケミカルの要望も多い。そこで、木材の乾燥工程から大量に得られ、シロアリの忌避効果も報告されているスギ精油を用いた防蟻断熱材を開発することは意義があると考えられる。

2 試験方法

2-1 スギ精油

精油の採取には宮崎県南部で伐採されたスギ材、いわゆるオビスギ品種群、の柱材を供した。この柱材を 120°C で高温乾燥する際に発生する水蒸気を水冷式凝縮器により凝縮し、白濁した水層の上部に分離した状態で得られる精油を得た。この精油を無水硫酸ナトリウムで脱水、乾燥して供試した。

2-2 断熱材の調製

断熱材は発泡ポリウレタン系とし、三洋化成工業(株)より提供された原料を用い、以下に記す配合で調製した。すなわち、サンニックス EP-900 : 30 部、サンニックス HD-402 : 70 部、水 : 5.8 部、触媒 (U-1000) : 1.5 部、整泡剤 (SH-193) : 1.5 部、イソシアネート (サンフォーム IC-451) : 173 部に対し、スギ精油を 15 部、または 30 部加えて精油混入断熱材を調製した (以下前者を 5%SI、後者を 10%SI という)。また、コントロールとして、スギ精油の代わりに難燃剤 (TCPP) を 15 部加えたものを調製した (以下 Cont という)。得られた断熱材の比重は Cont が 0.028、5%SI が 0.030、10%SI が 0.030 であった。

2-3 シロアリ食害試験

イエシロアリによる食害試験は角田らの方法¹⁾に従って、京都大学 LSF 試験地において行った。また、ヤマトシロアリに対する食害試験は京都大学 DOL 内において、同大学宇治キャンパス内で採取したヤマトシロアリを用いて行った。

試験は、断熱材の上に餌木をおいて食害させ、断熱材に対する蟻道貫通の程度を 3 段階で評価した。

3 結果及び考察

イエシロアリについては試験片設置場所付近の活性が低下しているため、前年度から 2 年間にわたり試験を継続しているが、今のところコントロールも含めて、イエシロアリの侵入は認められていない。

ヤマトシロアリを用いて試験を行った結果では、コントロールと 5%SI では、断熱材の中を蟻道が貫通しており、5%程度の精油添加では断熱材の食害を防止できないことが明らかになった。それに対して、10%SI では、一試験体についてわずかに侵入したものの、途中で蟻道の構築を停止している状況が認められたが、それ以外は無傷であった。

繰り返し数が各水準とも 3 と少ないこと、ヤマトシロアリのコロニーが小さかったこと、試験期間が約 1 ヶ月と短かったことなどを考慮すると、この試験をもってスギ精油添加断熱材の防蟻性能を断定することはできないが、スギ精油の添加率を高めると、一定の効果があることが推測された。

引用文献

1) 住宅工法及び材料開発研究会、野外試験による断熱材の耐蟻性評価、しろあり、NO. 141、PP. 2-9、2005。

2-1-2 土木用スギ材の耐久性評価試験 (木材保護塗料の耐候性)

材料開発部 岩崎 新二

「目的」

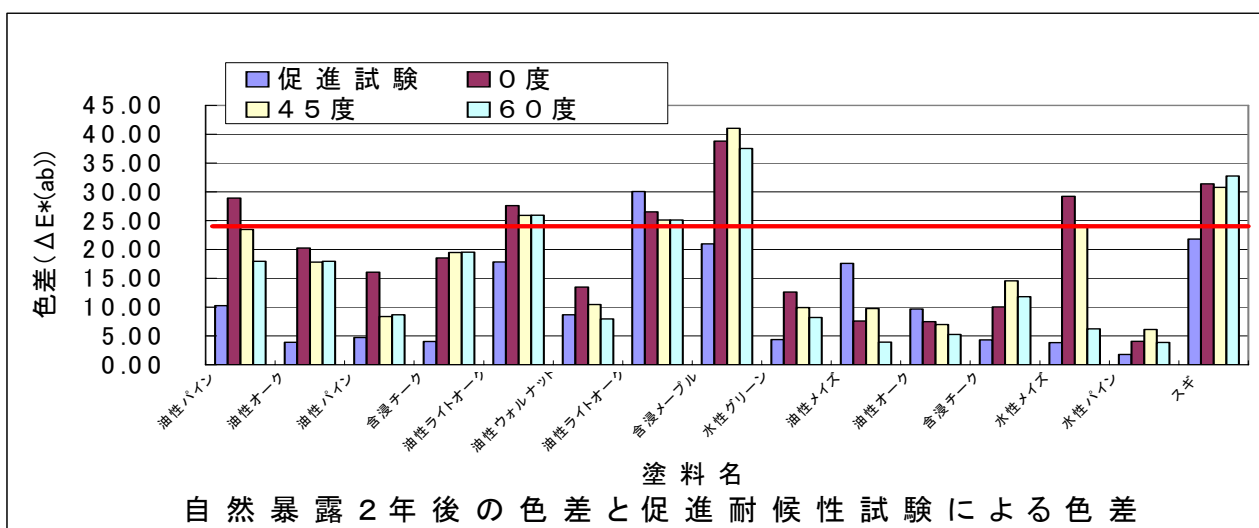
スギ材を屋外利用するには、耐候性向上が重要である。本研究は、耐候性付与の方法である木材保護塗料の屋外環境下での耐候性の把握と、塗料・塗装系の評価、再塗装の時期及び効果等耐用年数の向上と維持管理に必要なデータを把握することを目的としている。

「実験方法」

スギ材 (L:140×W:70×D:20mm) に造膜型 (油性、水性)、含浸型の木材保護塗料 14 種の塗装を行い、屋外暴露試験を行った。屋外暴露試験は、屋根、壁、床を想定した屋外暴露角度 (南面 45 度、60 度、0 度) に設定し、2 年間の経時変化 (色差、生物汚染、塗膜剥離等) の測定を行った。また、キセノンウェザーメーターを用いて 1000 時間の促進耐候性試験を同時に行った。

「結果」

塗膜剥離、塗膜割れの塗装欠陥や生物汚染は、屋外暴露試験のみ発生した。生物汚染は、最初に造膜型塗料の塗装表面の一部に発生したが、容易に洗浄できた。造膜型塗料の塗膜剥離は、塗膜割れの発生後、劣化の進行に伴い増大した。また、割れの状態で止まったものもあった。含浸型塗料は、劣化の進行とともに、徐々に剥離が発生し、うずくり状態になった。促進耐候性試験と屋外暴露試験の色差を比較すると、促進耐候性試験の方が小さいものが多かった。また、造膜型と含浸型塗料を比較すると、色差は造膜型塗料の方が小さかった。また、耐候性向上のためには補修が欠かせないが、劣化した表面に再塗装を行い再び同様の耐候性試験を継続している。



2-1-3 スギ成分の化学分析からみた用途に応じた乾燥技術の開発

材料開発部 藤本英人

1 はじめに

スギ材の乾燥工程で得られる排出蒸気を冷却することで、簡便にスギ精油を採取可能であることは既に報告した。本課題の中で、県産スギ材の乾燥条件とその行程で得られる凝縮液の精油成分について比較検討したので報告する。

2 試験方法

2.1 スギ精油採取条件

精油を採取するための乾燥条件は一般的な柱材に用いられる高温低湿乾燥、および板材に一般的に用いられる中温乾燥の2水準とした。それぞれ、乾球の最高温度は120℃と95℃であった。使用した装置は木材利用技術センター内に設置された実験用木材乾燥機（九州オリンピア工業(株)製、4m³）、および簡易型水凝縮液採取装置であった。得られた凝縮液の上層として得られる精油を分液ロートを用いて分離し、無水硫酸ナトリウム上で乾燥して以下の試験に供した。

2.2 分析方法

精油成分の分析は日本電子(株)製、Automass SUN200を使用した。用いたキャピラリーカラムはDB-WAX (30m×0.25mm)であった。昇温は40℃(1min. hold) →245℃(10℃/min) →245℃(29min. hold)とした。

3 結果及び考察

得られた精油量は乾燥条件により大きく異なり、立方メートルあたり高温低湿乾燥、中温乾燥それぞれ650ml および130mlであった。精油採取の目的では高温低湿乾燥の方が好ましいが、木材中の精油残存率を考慮すると中温乾燥の方が適しているのではないかとと思われる。

このようにして得られたスギ精油のGC-MS スペクトルを図1及び図2に示した。これらのクロマトグラムを比較すると、高温低湿乾燥工程で得られた精油の方が比較的低温成分を多く含んでいると見受けられるが、使用した木材のロットが異なるために厳密な比較はできない。また、生材中に比較的多く存在する(エピ)クベボールが高温低湿乾燥では δ -カジネンに変化することが知られているが、この現象は95℃の中温乾燥でもほぼ同様であった。

以上の結果より、スギ精油の採取には高温低湿乾燥を行っている木材乾燥機に凝縮装置を取り付けるのがよいと考えられるが、それで不足する際に中温乾燥、あるいは中温除湿乾燥を行っている製材工場からの採取も考慮すべきであるとする。

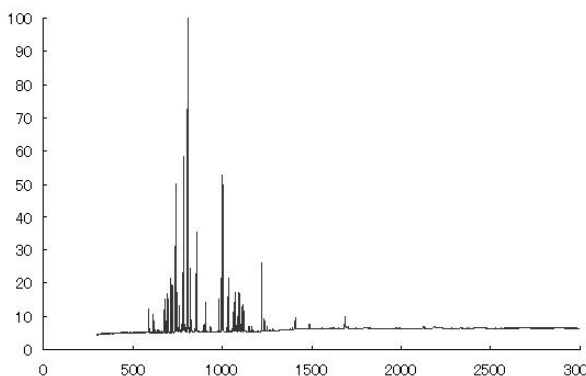


図1 高温低湿乾燥により得られたスギ精油のクロマトグラム

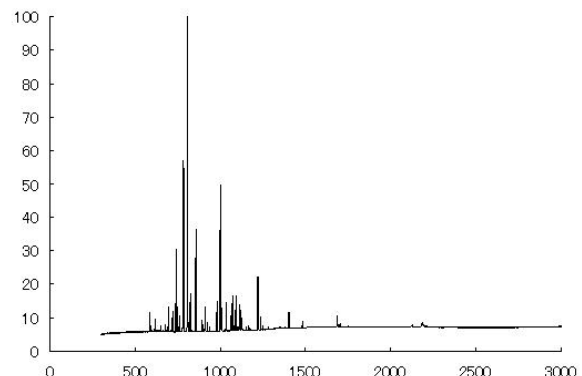


図2 中温乾燥により得られたスギ精油のクロマトグラム

2-1-4 木材加害生物の生理、習性に基づいた防除技術の開発

ー 塩化ナトリウム（食塩）を用いたシロアリ防除 ー

材料開発部 藤本英人

1 はじめに

シロアリ被害を防ぐには薬剤による防除方法が一般的である。しかしながら、化学的防除方法では、薬剤による健康被害や環境に及ぼす影響の大きさなどがあり、世の中の流れとしてレスケミカル、ノンケミカルへと移行しつつある。ノンケミカルとしてステンレスメッシュや粒度をそろえた砂粒などを利用した物理的方法も検討されているが、コストや作業の繁雑さなどの問題がある。

我々は低コストで、作業性よく、そして人にも環境にも優しいシロアリ防除技術を開発使用としている。それを考える上で、シロアリの生理・生態を十分把握する必要があると考える。特にその食料としている木材は生理上の大きな特徴である。すなわち、彼らの食料である木材にはほとんど無機物は含まれていない。これはシロアリ体内には無機物の有効利用システムが高度に発達しているためと考えられるが、このことは逆の見方をするなら、無機物の排泄能力が極端に低い可能性が高い。このことから、シロアリが無機塩を大量に摂取した場合は重大な影響がその体内に生じる可能性がある。この観点から、人や多くの生物には無害である食塩を用いたシロアリ防除の可能性を検討するのは意義のあることと考えられる。

2 試験方法

2-1 強制食餌試験

試験はイエシロアリ (*Coptotermes formosanus* Shiraki) を用いて、JIS K1571「木材保存剤の性能試験方法及び性能基準」に準拠して行った。ただし、試験体はろ紙（ペーパーディスク）であり、職蟻と兵蟻の数はそれぞれ、30 および 3 であった。ろ紙は食塩含有率が 10%、5% の 2 水準とし、コントロールとして蒸留水のみを含浸して風乾したものを用いた。繰り返し数は 1 であった。

2-2 飼育コロニーにおける食塩バリアー試験

試験には当センター内で飼育しているイエシロアリコロニーを用いた。食塩バリアーは以下のようにして調製した。すなわち、市販ゴム系接着剤（コニシ(株)製、コニシボンド G17）を塩化メチレンで希釈し、塩化ナトリウム（和光純薬工業(株)、試薬特級）を混入し、幅 5cm 程度の帯状のバリアーを成形し、風乾した。このようにして調製した食塩バリアーを構築中の蟻道の先端に設置し、シロアリ固体及び蟻道の挙動を観察した。

3 結果及び考察

強制食餌試験では、初期には死んだシロアリはほとんど認められなかったが、1 週間から 10 日程度で死虫率が 100% となった。また、飼育コロニーを用いた食塩バリアー試験では、数日間にわたり、イエシロアリはこのバリアーを攻撃したが、ある日突然攻撃が中止される事態となった。この時点で、飼育槽の地上には多くのシロアリの死体が散在していた。一般的には、飼育虫のシロアリの死体を見かけることはあり得ないことから、このような状況は極めて異常な事態と言える。

シロアリが死んだ原因として、その無機物の排泄能の低さと同時に、腸内に共生している原生動物の浸透圧変化による死滅が引き起こした栄養摂取障害が原因ではないかと推測されている。

以上の結果より、食塩を体内に摂取したことにより、シロアリは死に至る可能性が高いと判断したが、水が自由に摂取できる自然環境では、強制食餌試験の結果と異なる可能性がある。また、飼育コロニーでの結果についても 1 例であり、病気やダニなどにより偶然にコロニーが全滅した可能性も捨てきれない。これらは今後の検討課題である。本課題は、平成 20 年度文部科学省科学研究費補助金 萌芽研究 に採択され、今後 2 カ年の予定で検討を続ける。

2-2 木材乾燥

2-2-1 スギ中大径材の木取りを考慮した乾燥技術の開発とエネルギーに関する研究

スギ辺心材混合板材の乾燥速度

材料開発部 ※小田久人

木材加工部 松元明弘

【はじめに】

筆者らは、前報¹⁾においてスギ心材部板材の乾燥性について、乾燥速度減少係数²⁾を指標に検討した。その結果、板目板材の方が柃目板材より乾燥速度が速いこと、厚さと乾燥速度の関係を表す一般式の厚さ係数は1.7程度であること、および乾湿球温度差は乾燥速度に大きく影響しないことなどを明らかにした。ところで、間柱材などの一般的なスギ板材は、辺材と心材が混在する。また、辺材の乾燥速度は心材に比較し約2倍程度速い³⁾とされる。そこで、本研究では、乾燥温度60℃、80℃、90℃および100℃で乾湿球温度差がいずれも20℃の条件でスギ辺心材混合板材の乾燥性について、乾燥速度と心材率の関係を中心に検討したので報告する。

【試験方法】

試験材は、宮崎県産スギ板材(13×3.5×300cm)を用いた。丸太中心部で心持ち構造材を製材し、その四周から4枚板材を製材する木取り法である。高含水率域からの乾燥を避けるために2週間程度天然乾燥した後、幅を約12cm、厚さを30mmにプレーナー加工した。この板材から節などの欠点の少ない部分で長さ60cmの試験体を作製した。なお、1回の試験に4から6枚の試験体を供試した。試験体は、寸法を測定した後蒸気加熱式乾燥機に置き定期的に取り出して重量を測定した。乾燥終了後に、中央部から3cm厚さの試験片を切り取り全乾法で含水率を求めた。また、隣接部位から1cm厚さの試験片で心材率を面積比で求めた。さらに、前報と同様に乾燥速度と含水率の関係から乾燥速度減少係数(k 、 $\times 10^{-2}$)を算出した。

【結果と考察】

図1に心材率が40~60%である試験体の含水率と乾燥速度の関係を乾燥温度別に示す。乾燥温度が高くなるに従い回帰直線式の傾きである乾燥速度減少係数 k が大きくなる傾向が認められる。図中に示した代表的な k は60℃で6.3、80℃で8.7、90℃で10.4、100℃で12.0であり、60℃を1とするとそれぞれ1.38、1.65、1.90である。乾燥速度は温度に大きく影響されることが分かる。乾燥温度ごとの k の範囲は、60℃で5.45~7.08、80℃で6.51~10.51、90℃で8.33~11.2、100℃で9.6~14.25であった。このように、乾燥温度が等しくても k に大きなばらつきが見られる。そこで、 k と心材率の関係を図2に示す。乾燥温度にかかわらず心材率が高くなると k が小さくなる傾向が見られる。辺材の乾燥速度は心材に比較し約2倍程度大きいとされる。このため、乾燥速度の小さい心材の占める割合が高い試験体ほど乾燥速度が小さくなるものと考えられる。

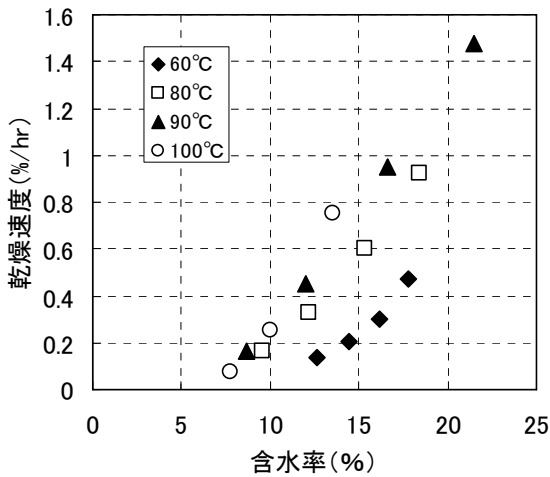


図 1 代表的な含水率と乾燥速度

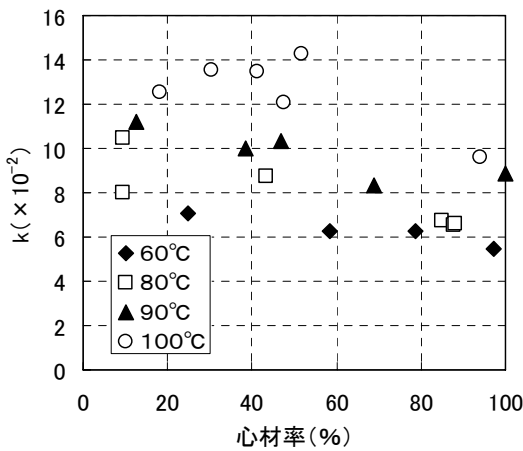


図 2 乾燥速度減少係数 k と心材率の関係

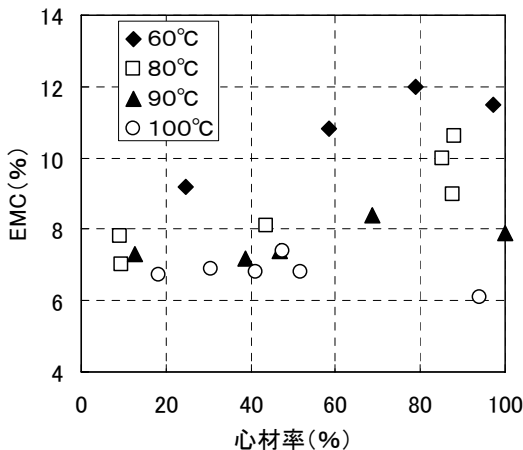


図 3 平衡含水率 (EMC) と心材率の

図 1 において、乾燥温度ごとに求められる回帰直線で乾燥速度が 0 になる含水率、すなわち、想定される平衡含水率が小さい方へシフトしていることが分かる。回帰直線式から乾燥温度別に求めると、60℃で 10.8%、80℃で 8.1%、90℃と 100℃は同程度で 7.4%である。さらに、心材率と平衡含水率の関係を見たのが図 3 である。60℃と 80℃では明らかに心材率が高くなるに従い平衡含水率が高くなる傾向が見られる。また、60℃より 80℃の方が全体的に平衡含水率は低下している。90℃と 100℃では、心材率にかかわらず平衡含水率はほぼ一定で、100℃の方が全体的にやや低下している。すなわち、60℃や 80℃の比較的低温域では心材率の影響があるのに対し、90℃や 100℃の高温域では辺心材にかかわらず全体的に平衡含水率が低下する。このように、乾燥温度や心材率によって平衡含水率が異なる理由については、以下のことが考えられる。まず、60℃以上の雰囲気になされたことで、ヘミセルロースが変質し水分吸着点が減少したこと、および、心材と辺材で抽出成分をはじめとする構成成分が異なることが挙げられる。別に行った乾燥温度 80℃で乾湿球温度差 20℃の乾燥を 50 時間行った試験で、含水率は辺材が 7.5%に対し心材は 10%程度であった。乾燥終了時に一般的に見られる板材横断面内の含水率傾斜は、辺材と心材の含水率差と考えられるが、詳細な検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 小田、第 5 7 回日本木材学会大会研究発表要旨 CD-ROM、2007、広島市
- 2) 寺澤ほか、林試研報、153 号、pp15-39、1963
- 3) 寺澤眞、木材乾燥のすべて、p288、海青社、1994

2-2-2 スギ板材の天然乾燥速度 ～時期別の比較～

木材加工部 ※松元 明弘
材料開発部 小田 久人

【緒言】

人工乾燥設備が全国的に普及されるにつれ、天然乾燥は人工乾燥の補足的な処理として考えられつつある。しかし国内で生産される製材品に占める人工乾燥材の割合は 2 割程度に留まっており、現在でも木材の乾燥において、天然乾燥は重要な地位を占めている。天然乾燥の最大の利点としては特別な設備が不要で、自然のエネルギーを利用するため、乾燥に直接的な経費がかからないという点である。ところが地形や天候に大きく左右される天然乾燥は、人工乾燥と違い、乾燥日数の推定が困難であるとともに、天然乾燥が終了するまでの期間は乾燥開始の月によって相当に変化する。

そこで本研究では、スギ板材について月ごとに天然乾燥を行い、その含水率変動を追っていくことで、スギ板材の天然乾燥における時期別の乾燥速度の把握を試みた。なお本研究は現在も継続中であり、今回はこれまでに実験を行ってきた 2007 年の 7 月と 9 月および 2008 年 1 月の研究成果について報告する。

【試験方法】

丸太から製材して間もない宮崎県産スギ板材(132×35×3,000 mm)を月初めに 40 本購入し、うち 20 本は含水率測定用の試験体として用い(以下Aグループという)、残りの 20 本は寸法変化測定用の試験体として用いた(以下Bグループという)。Aグループは、長さ 3.0m の板材を 1.0m ずつに 3 等分した後にそれぞれの板材の両木口から 15cm の位置で初期含水率測定用の試験片を採取した。試験片採取後の板材は両木口にシリコンを塗布し、天然乾燥を行い、定期的に重量を測定した(図 1)。Bグループは、長さ 3.0m の板材の両木口面以外の 4 面をプレーナーで平滑に仕上げた後に、両木口から 20cm の位置で初期含水率測定用の試験片を採取した。試験片採取後の板材は両木口にシリコンを塗布し、天然乾燥を行い、定期的に重量、幅、厚さおよびカップ量を測定した(図 2)。幅、厚さおよびカップ量は、試験体の長さ方向における中央部の位置で測定した。また、厚さは幅方向における両側端から 10mm の位置と、中心部の合計 3 カ所を測定した(以下、試験体の木表側を上面にして、元口側から末口側に向かって、左側を「左側部」、右側を「右側部」とする)。

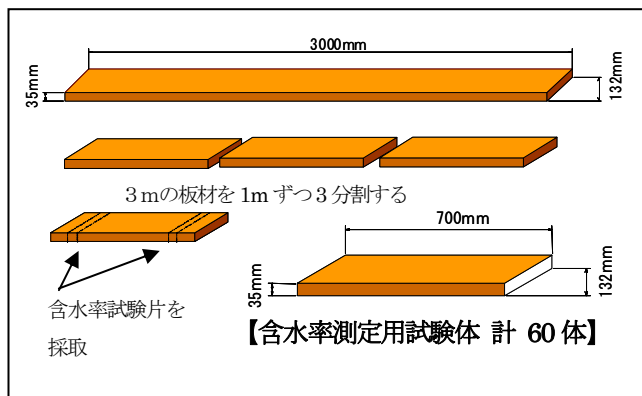


図1 Aグループ試験体作成概略図

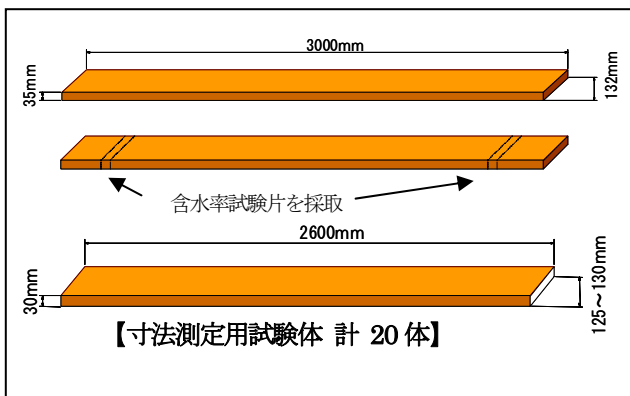


図2 Bグループ試験体作成概略図

【結果】

(1) 7月期天然乾燥実験結果

7月3日から8月27日まで、屋外で約8週間、天然乾燥を行った。Aグループの天乾前の初期含水率は平均で73.5%であった。平均気温が27.1℃と高い気温にもかかわらず、前半は降水量が多かったため乾燥が進まず、含水率が20%以下になるまで約30日を要した(図4)。

寸法変化について、板幅は平均値で木表面が1.95mm、木裏面で1.85mmとわずかに木表側の収縮量大きいものの、ほとんど差はなかった。厚さは平均値で左側部が0.31mm、右側部が0.28mm および中心部が0.19mmの収縮と側部に比べて中心部の収縮量が小さかった(表1)。



図3 天然乾燥試験体 積みみ状況

(2) 9月期天然乾燥実験結果

9月5日から11月19日まで、屋外で約10週間、天然乾燥を行った。Aグループの天乾前の初期含水率は平均で69.8%であった。9月の平均気温は20.6℃とほぼ平常並みであったが、降水量は少なかったことから、乾燥が順調に進み、約25日間でほとんどの試験体が含水率20%に達した(図4)。

寸法変化について、板幅は平均値で木表面が2.11mm、木裏面が1.95mmと、わずかに木表側の収縮量が大きかった。厚さは平均値で左側部が0.39mm、右側部が0.37mm、中心部が0.24mmの収縮と、側部に比べて中心部の収縮量が小さかった(表2)。

(3) 1月期天然乾燥実験結果

2008年1月12日から天然乾燥を実施し、現在も継続中である。Aグループの天乾前の初期含水率は平均で96.0%であった。1月は平均気温が6.4℃とほぼ平常並みで、降雨量も多くはなかったが、気温が低いいためか、9月に比べて乾燥速度がかなり遅い傾向にある(図5)。また、初期含水率が7月、9月に比べて高かったこともあり、天乾開始から1ヶ月が過ぎても、2割弱の試験体(60体中10体)が含水率30%以上であった。

寸法変化について、現在のところ、板幅は平均値で木表面が1.59mm、木裏面が0.89mmの収縮で、木表面が木裏面の2倍近く収縮量となっている。厚さは、平均値で両側部ともそれぞれ0.35mmの収縮で、中心部が0.18mmと側部に比べて収縮量が小さかった(表3)。

【まとめ】

含水率変動について、9月と1月で比較した場合、とくに乾燥速度において、1月はかなり遅い傾向にある(図5)。1月の降水量は多くなかったことから、平均気温が低いことが乾燥速度が遅い最も大きな要因であろうと考えられる(図6)。

寸法変化について、1月の実験がまだ継続中であることから、月ごとの比較はできないものの、7月と9月の比較では、寸法変化における明確な差異は認められなかった。また、とくに試験体の厚さの収縮において、幅方向の中心部に比べて、側部の収縮量が大きくなる傾向にあった。

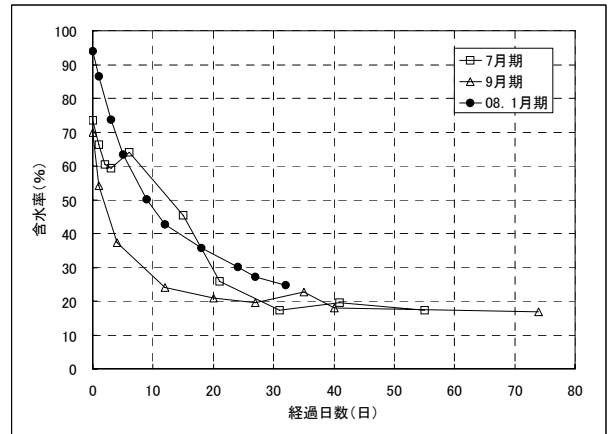


図4 スギ板材天乾実験 平均含水率変動比較

(単位:mm)

	幅		厚さ			カップ量
	木表	木裏	左側部	中心部	右側部	
平均値	-1.95	-1.85	-0.31	-0.19	-0.28	0.24
最大値	-3.24	-2.49	-0.56	-0.40	-0.55	0.95
最小値	-1.22	-0.64	-0.05	-0.01	-0.04	0.00

表1 天然乾燥後の試験体の寸法変化量(7月)

(単位:mm)

	幅		厚さ			カップ量
	木表	木裏	左側部	中心部	右側部	
平均値	-2.11	-1.95	-0.39	-0.24	-0.37	0.36
最大値	-3.24	-2.59	-0.63	-0.60	-0.74	1.00
最小値	-1.29	-1.12	-0.18	-0.14	-0.13	0.00

表2 天然乾燥後の試験体の寸法変化量(9月)

(単位:mm)

	幅		厚さ			カップ量
	木表	木裏	左側部	中心部	右側部	
平均値	-1.59	-0.89	-0.35	-0.18	-0.35	0.43
最大値	-2.57	-1.65	-0.52	-0.26	-0.63	1.00
最小値	-0.48	-0.05	-0.18	-0.08	-0.20	0.00

表3 天然乾燥後の試験体の寸法変化量(08.1月)

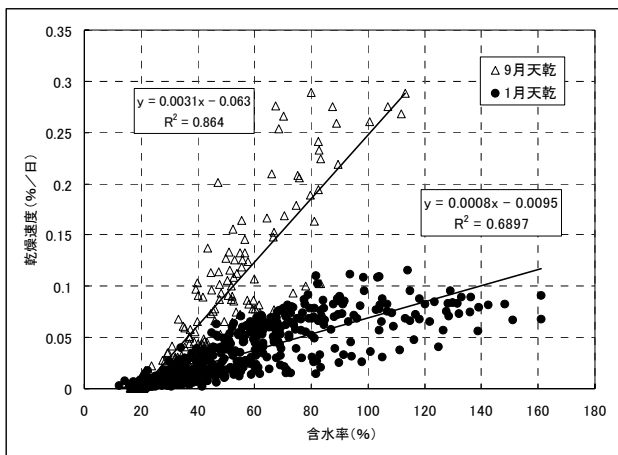


図5 スギ板材天乾実験 乾燥速度比較(9月、1月)

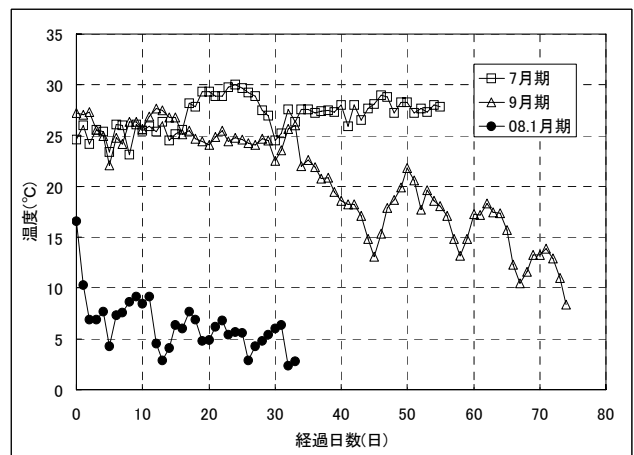


図6 スギ板材天乾実験 実験期間平均気温比較

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構造用集成材 JAS の改正に関する研究

（独立行政法人森林総合研究所運営費交付金プロジェクト）

木材加工部 ※藤元嘉安、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

平成19年9月25日付の告示により構造用集成材の日本農林規格(JAS)が改正された。その中で、L40、L30 という曲げヤング係数の低いラミナの利用が認められ、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。

宮崎県産スギ（主にオビスギ）は生育が早いものの、曲げヤング係数が低く、前 JAS では規格外となるラミナが相当量含まれることから、当センターでは、L40 および L30 などの低位等級スギラミナの強度性能およびそれらを用いた集成材の強度性能について JAS 改正に要する資料を整備してきた。

中心となった研究は、（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」（課題番号:200503）に参加して行われたものである。とくに L40 および L30 の低曲げヤング係数スギラミナの曲げ、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について明らかにした。

また、ラミナの機械等級区分における評価方法の違い、すなわち最小値評価(Elow)と平均値評価(Eave)との差異が集成材の強度性能に及ぼす影響について検討を行った。

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。

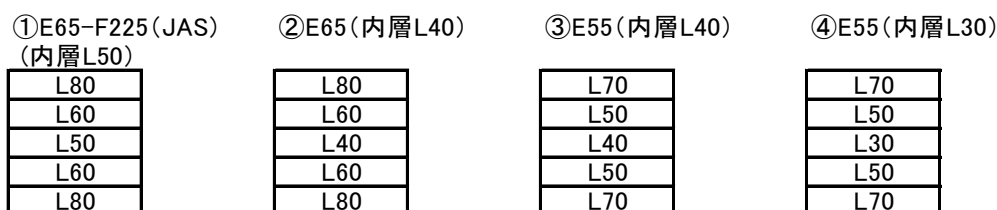


図1 供試した対称異等級構成構造用集成材のラミナ構成

3 主な研究結果

(1) スギラミナの強度性能

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。

(2) 集成材の強度性能

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 の基準強度と同等かそれ以上の性能を示した。一方、引張強さは、基準強度をやや下回るものであったが、破壊のほとんどがチャック切れであったことから、試験体の引張強度を適切に評価していないものと考えられる。

(3) 集成材のめり込み強度性能

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、建築基準法に示される対称異等級構成集成材の基準強度 (6N/mm^2) 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。

(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、3点曲げ ISO 方式せん断試験では、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、内層ラミナの等級による差は認められなかった。なお、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が、3点曲げ ISO 方式の場合でも、すべての構成におけるせん断強さの下限値が、建築基準法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。

(5) ラミナ等級の評価方法による差異

とくに、めり込みおよびせん断に関しては、ラミナの機械等級区分の際に平均値 (Eave) により評価されたラミナを用いた構造用集成材の強度性能は、最小値 (Elow) 評価により等級区分されたラミナから構成された集成材とほぼ同等の性能を示すことが明らかとなった。めり込みやせん断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から、ヤング係数による等級区分方法の違いによる影響が少なかったものと考えられる。

4 おわりに

平成 19 年 9 月に告示された構造用集成材の JAS 改正において、L40 および L30 ラミナを用いた構造用集成材の製造が可能となった。このことにより、曲げヤング係数が低い県産スギの構造用集成材への活用が向上するものと期待される。今後は、ラミナの効果的な採取方法や効果的な製造方法を向上するとともに、部材として、あるいは接合部としての、とくに長期性能に関する強度性能を明らかにする必要がある。また、旧 JAS で規定されていた E65-F225 より性能の低い E55-F210 や E65-F190 などの集成材が構造用材料として問題がないことを、建築業者や消費者に周知していく必要があると思われる。

2-4 木材利用

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 丸太の強度等級区分および側面定規挽きによる構造用集成材 ラミナの歩留り向上 ー歩留り向上効果の予測ー

木材加工部 ※森田秀樹, 松元明弘, 荒武志朗, 藤元嘉安

1. 緒言

宮崎県産スギを用いる場合、構造用集成材ラミナは丸太径級 20~28cm のいわゆる中目材から製材されることが多い。しかし、このような中目丸太から得られるラミナのヤング係数は、他県産スギに比べて低いのが現状であり、伐採および集材された中目丸太を従来通り製材しただけでは、半数近くのラミナが「構造用集成材の日本農林規格(JAS)」の最小基準値 L50 を下回る可能性がある¹⁾。一方、宮崎県内において、丸太の側面に対して平行に挽く側面定規挽き製材機を開発し、板材の生産を行っている企業²⁾が存在するが、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ラミナの生産が期待できる。そこで本研究では、構造用集成材用として使用可能なラミナの歩留り向上を目的として、県産スギ丸太、特に根張りを有する丸太に対する側面定規挽き効果を検証する。

2. 試験体および実験方法

2.1 宮崎県南部地域産丸太の縦振動ヤング係数分布の把握

宮崎県南部地域産スギ丸太のヤング係数分布を把握するために、同地域の北郷町産スギ丸太 403本を供試した。供試丸太は 38~40 年生の径級 14~30cm(末口直径 13.8~33.6cm)、公称長さ 3m のものであり、番玉に関係なく径級のみで仕分けされたものである。これらの丸太の縦振動ヤング係数($E_{d,log}$)を測定するとともに、 $E_{d,log}$ のばらつき範囲を考慮して $E_{d,log} = 3.3 \sim 6.5 \text{ kN/mm}^2$ 、径級 18~22cm(末口直径 21~27cm)の代表的な丸太 20 本を選別した。

つぎに、これらの選別丸太を太鼓挽きした後、1本の丸太から5枚のラミナを中心定規挽きにより採取した。ただし、心持ちラミナは構造用集成材としての利用には適さないという報告があるため、中心部の1枚を除いた外側の4枚をラミナ試験体として供試した。すなわち、人工乾燥後にプレーナーにて幅 105mm、厚さ 30mm に仕上げられたラミナ試験体の縦振動ヤング係数($E_{d,lamina}$)を測定し、上記の $E_{d,log}$ との関係について検討した。

2.2 根張りを有する丸太に対する側面定規挽き実験

根張りを有する宮崎県都城地域産スギ丸太 15 本を供試した。丸太は末口直径 25~30cm、公称長さ 3m であり、いずれも太鼓挽きした後、ラミナ製材を行った。

ラミナの製材では、図 1 に示すように先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し、他方を側面定規挽きした。側面定規挽きでは、丸太の根張りに出来るだけ沿うように製材した。このときのラミナ断面寸法は幅 115mm、厚さ 35mm であり、可能な限り樹皮に近い部位から採取した。

製材で得られたラミナは、温度 40℃、湿度 60~70% の恒温恒湿室において約 2 か月間の乾燥を行った後、縦振動ヤング係数($E_{d,lamina}$)を測定した。なお、 $E_{d,lamina}$ 測定時に全乾法によって求めたラミナ含水率は、平均値 12.5%(最小値 10.9%, 最大値 13.8%)であった。

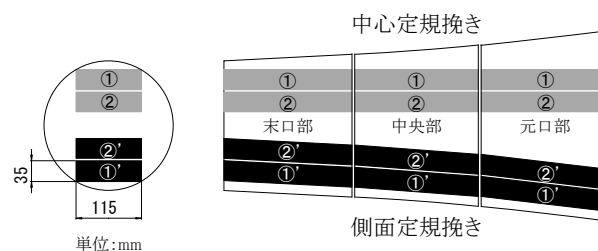


図 1 製材方法

2.3 シミュレーションによるラミナ等級分布の予測

宮崎県南部地域産丸太の $E_{d,log}$ と $E_{d,lamina}$ 間の関係式,さらには,中心定規挽きラミナと側面定規挽きラミナの $E_{d,lamina}$ 間の関係式に基づき,シミュレーションを行った。その方法として,飯島らが秋田スギに適用した乱数による手法³⁾を用いた。

3. 結果および考察

3.1 スギ丸太のヤング係数分布とラミナとの関係

宮崎県北郷町産スギ丸太 403 本の $E_{d,log}$ 分布を図 2 に示す。本実験の供試丸太の $E_{d,log}$ は平均値が 5.5kN/mm^2 , 変動係数が 16.6%であり,この値は同様の中目丸太を対象にした大分県,熊本県および鹿児島県の測定データと比較して,平均値,変動係数ともに小さい値を示した。

供試丸太の $E_{d,log}$ (20 本)と中心定規挽きラミナの $E_{d,lamina}$ (80 枚)の間には, $E_{d,log} = 1.09 E_{d,lamina} - 0.59$ の関係式が認められ,このときの単相関係数は 0.75(危険率 1%で有意な相関)であった。

3.2 側面定規挽きによる歩留り向上効果

中心定規挽きラミナと側面定規挽きラミナのヤング係数の関係を図 3 に示す。ここで,ヤング係数比は,図 1 に示す各部位の外側ラミナ(①および①')と内側ラミナ(②および②')別に求めた,中心定規挽きラミナに対する側面定規挽きラミナの $E_{d,lamina}$ の比(①'/①および②'/②)である。図 3 に示すように,中心定規挽きした場合の $E_{d,lamina}$ が低いラミナほど側面定規挽きの効果が大きいことが明らかになった。

シミュレーションによって予測された中心定規挽きおよび側面定規挽きによるラミナ各 4000 枚の等級分布を図 4 に示す。L40 以下の nonJAS ラミナの割合は中心定規挽きでは 43.4%であるのに対し,側面定規挽きでは 13.7%となり,側面定規挽きによって nonJAS ラミナの発生は大きく低減することが分かる。すなわち,側面定規挽き製材方式の採用は,構造用集成材用スギラミナの歩留り向上に大きく寄与することがシミュレーション予測によっても明らかになった。

参考文献

- 1)大熊幹章:地球環境保全と木材利用,全国林業改良普及協会,116(2003)
- 2)ヤマワ木材:製材装置および長板材の製材方法,特願 2006-146060 号,(2006)
- 3)飯島泰男,小泉章夫,岡崎泰男,佐々木貴信,堀江和美:木材学会誌,43(2),165-170(1997)

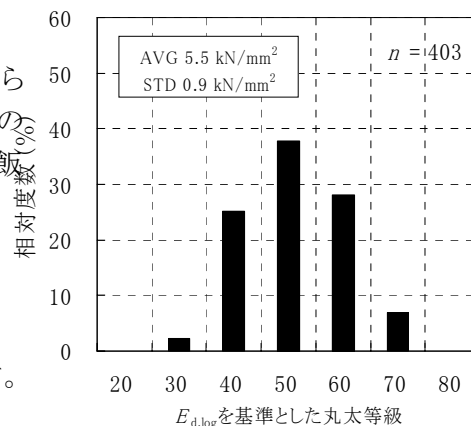


図 2 宮崎県南部地域産スギ丸太の $E_{d,log}$ 分布

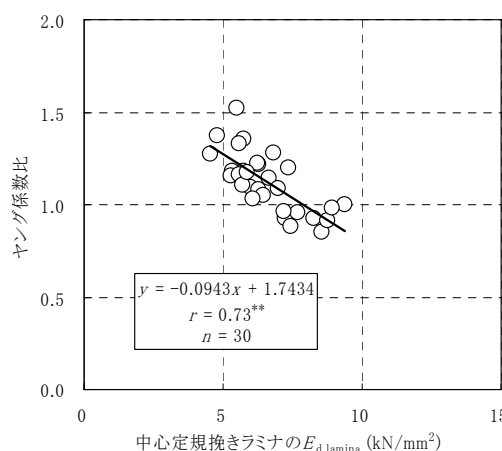


図 3 中心定規挽きラミナと側面定規挽きラミナのヤング係数の関係

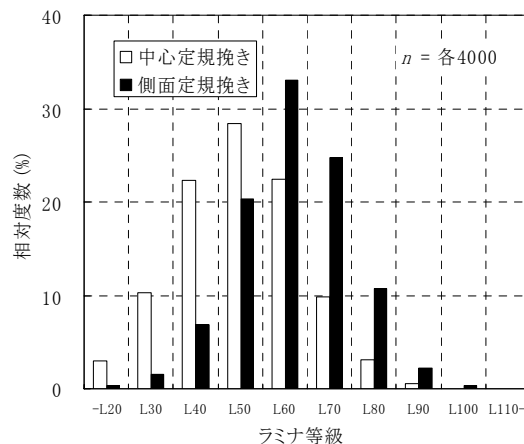


図 4 中心定規挽きラミナおよび側面定規挽き

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2)

一 柱-梁接合部におけるせん断クリープの一例

木材加工部 所長 ※荒武 志朗, 森田 秀樹, 有馬 孝禮

1. 目的

平成18年のJAS改正において、L30やL40のようなヤング係数の低いラミナを内層に用いた新しい構造用集成材が正式に認められることとなった。これまでの各方面での精力的なデータ蓄積¹⁾が実を結ぶ形となり、まさにスギの利用拡大にとって、ある種の転換期を迎えたと言えよう。その一方で、最近公表された国産集成材に対する需要の動向²⁾や未だに見られる関連業界のスギの全般的な強度性能に対する懐疑的な見方を考慮すれば、今後、この種の集成材が市民権を得るための道のりは必ずしも容易とは言えない。このような状況から、今後の展開としては、実用を想定した各種のデータ蓄積やそれらをベースとした関連業界等への積極的なプロモーションが大変重要となろう。

この一連の展開に資するために、筆者ら³⁾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。また、2007年の7月には、同じ条件で製造された集成材による柱-梁接合部のせん断クリープ試験も開始した。実験はいずれも継続中であるが、ここでは後者について、事前に実施した柱-梁接合部のせん断性能試験の結果や、現時点(2008年4月)までの同接合部のせん断クリープ試験の経過を中心に報告する。

2. 実験方法

柱-梁接合部のせん断クリープ試験(以下、クリープ試験)には、図1に示すH型の試験体8体を供試した。ここで、同図における部材のうち梁部分には曲げクリープ試験³⁾と同一条件で製造された集成材(異等級構成構造用集成材)を供試した。これらのラミナ構成を図2に示し、実験開始時における材質を表1に示す。一方、柱部分については、8試験体とも同一グレードの異等級構成構造用集成材(E65-F225)を用いた。これらの実験開始時における含水率は6.5~7.0%、密度は0.388~0.449g/cm³である。

試験体の柱と梁の接合には、クレテック金物(GK-21)を用いた(図1参照)。接合手順としては、先ず同金物を3本のボルトで柱に固定し、予め2箇所のみ(上部と中央)にドリフトピンが打ち込まれた梁部分を同金物に落とし込んだ後、最後に下部のドリフトピンを打ち込んで固定するといった流れである。したがって、同接合部におけるクリープ変位は、概ね梁側のドリフトピン接合部と柱側のボルト接合部(各3箇所)の局所的なめり込み変位に支配されると考えて良い。

クリープ試験は、図1に示す2点荷重方式により実施した。この場合、負荷荷重は、前報³⁾と同様に2階建て一般木造住宅の2階床を想定し、いずれも6.82kN(695kg)とした。変位は、各条件とも図1に示すように柱-梁接合部4箇所、柱部分2箇所をそれぞれひずみゲージ式変換器やパイ型変位計を用いて測定した。この場合、前者(柱-梁接合部)のうち上部の2箇所は梁の柱に対する相対変位測定用、下部の2箇所は収縮量測定用として用いた。また、後者(柱部分)については、柱における繊維方向のめり込み変位測定用(ボルト接合部)として用いた。さらに、一部については、梁部分の曲げクリープを測定するため、ダイヤルゲージを用いて中央部の変位も併せて測定した。

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性能の差異を確認するために、クリープ試験と同一のラミナ構成による試験体(8体)を用いてせん断試験を実施した。なお、試験条件は、ロードスパン(20cm)を除き図1と同様である。

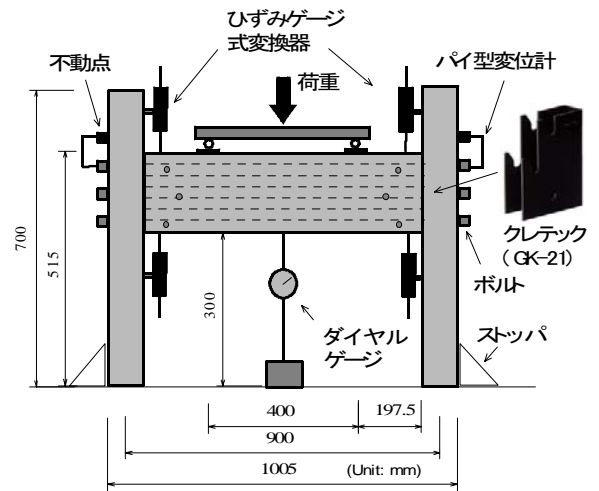


図1 柱-梁接合部せん断クリープ試験体



図2 集成材(梁部分)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
集成材の断面 : 幅105×高さ210(mm)
接着剤 : レゾルシノール系接着剤

表1 集成材(梁部分)の材質

種別	構成	密度 (g/cm ³)	MOE (GPa)	含水率 (%)
スギL50	対称	0.428	6.96	13.5
スギL30		0.420	6.89	12.8
スギLH-L50	非対称	0.395	5.87	10.0
スギHL-L50		0.438	5.74	13.0
スギLH-L30		0.448	5.46	14.8
スギHL-L30		0.431	5.26	11.3
異樹種L30	対称	0.485	9.72	20.3
異樹種L50		0.481	11.0	20.3

※ 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 柱-梁接合部のせん断性能

図3に、柱-梁接合部せん断試験時の荷重-変位曲線を示す。同図によると、梁の柱に対する相対変位(B)については試験体間で大きな差はなく、全体にこの種の試験としては典型的なNonlinear Curveを示している。その一方で、柱における繊維方向のめり込み変位(P)はほとんど看取されない。このことは、この種の柱-梁接合部における変位のほとんどが、梁側ドリフトピン接合部の局所的なめり込み変位に支配されることを示している。破壊の形態としては、スギL50と異樹種L50の2体では柱側の最上部ボルト接合部分から木口に至る割裂破壊、それ以外の6体では梁側最下部のドリフトピンから木口に至る割裂破壊となり、概ね2通りのパターンに分かれた。ただし、図中の最大荷重を見ると、多少のばらつきはあるものの破壊形態に依存する明確な傾向は看取されず、いずれも概ね100KN前後の値を示している。また、曲げクリープの場合³⁾と同様に内層ラミナのグレード(L30,L50)に依存する傾向は認められない。

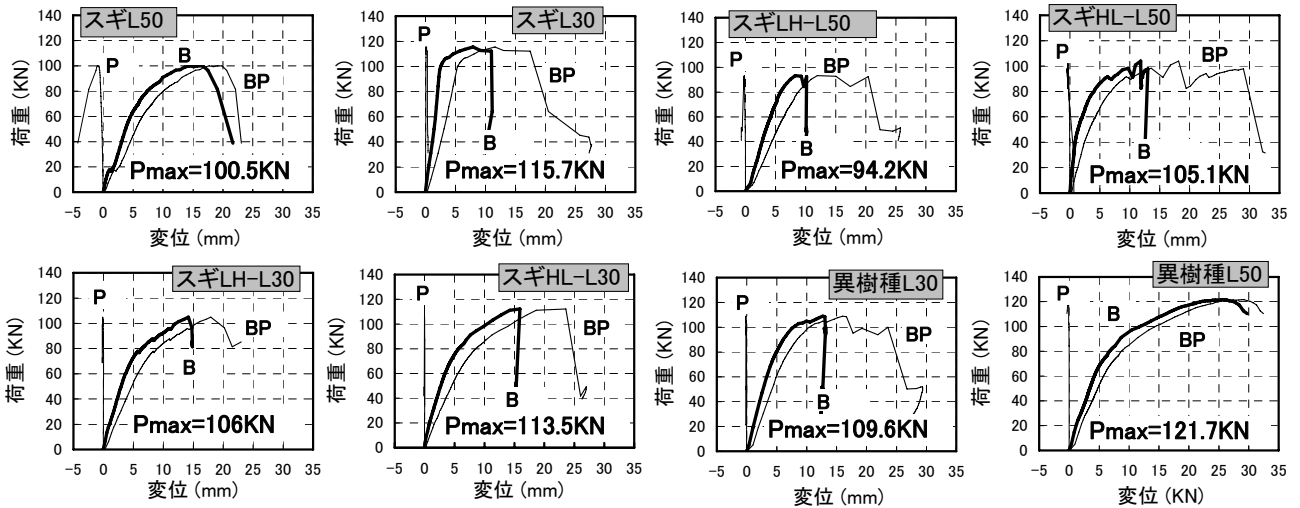


図3 柱-梁接合部せん断試験時の荷重-変位曲線

B: 梁の柱に対する相対変位(ドリフトピン接合部)、P: 柱における繊維方向のめり込み変位(ボルト接合部)、BP: 梁中央部の変位(B+P+たわみ量)

3.2 柱-梁接合部のクリープ性能

図4に、クリープ試験時の接合部(B, P)における全変位の変動を示す。同図から、現時点(8か月経過)ではいずれの試験体も概ね一般的なクリープ曲線の傾向(一次クリープ → 二次クリープ)を示しているが、外周条件変動(図5参照)によるメカノソープティブ変形の増加と回復が全期間を通して顕著である。ただし、変位自体は何れも極めて微小であり(現時点でBが0.283mm~0.511mm、Pが0.0145mm~0.112mm)、今のところ実用上支障が出るような数値は示していない。また、本実験では異樹種構成によるクリープ変位の低減効果³⁾が認められず、内層ラミナのグレード(L30, L50)による差異も看取されない。これらは、前述したように、この種の接合部変位の大部分が接合具によるめり込みに依存すること考えれば理解できる結果と言えよう。

4. 文献

- 1)たとえば、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,
- 2) 林野庁資料: “木材産業の体制整備に向けた基本方針の数値目標”, 2007, p.3, 3)荒武志朗, 森田秀樹, 有馬孝禮: 第58回日本木材学会大会研究発表要旨集, つくば, 2008, p. 24.

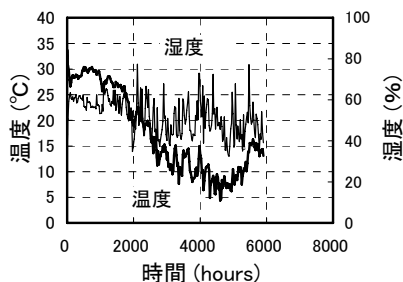


図5 温湿度の変動

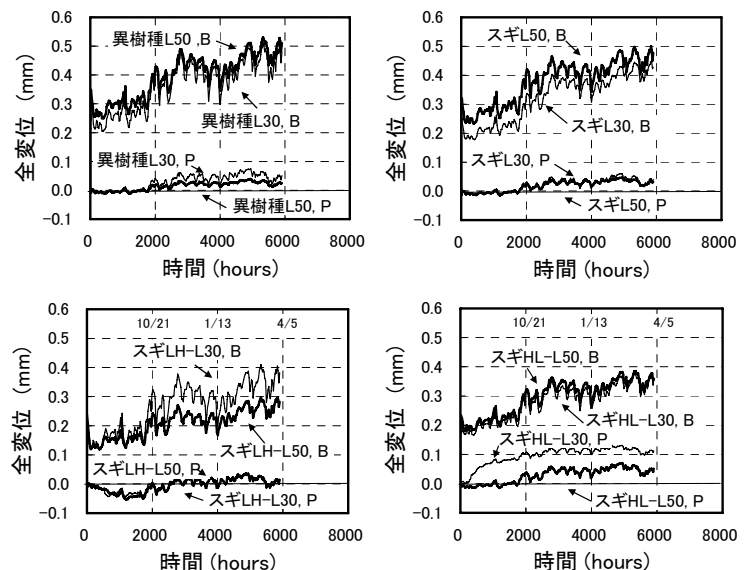


図4 全変位の変動

2-5 構法開発

2-5-1 大断面製材と鉄骨のハイブリッド構法

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

温暖な気候の宮崎県は、森林の生育に必要な雨量と日射量に恵まれている。昭和30年代に木造住宅柱材の早期大量供給を目的に拡大造林されたスギの成長は著しく、市場に供給されるスギ丸太は、他県に先んじて柱適寸丸太(末口径14~16cm)から中目丸太(同18~28cm)、さらに大径材(同30cm以上)へと確実に大径化している。県全体の丸太の1/3を取り扱う宮崎県森林組合連合会の実績では、大径材の材積割合は1996年度に7%であったものが2006年度には15%と10年で2倍以上に増加。さらに、育林の立場から、「伐期を2倍にすると、収穫量は2回分で、経費が1回分で済む」という計算を根拠に長伐期施業(スギの場合は70年生)へ移行することも確実視され、こうした大径材の出材は、今後も増加が予想される。

そこで宮崎県では、スギ大径材の有効活用をさらに推進するため、大径材から得られる大断面製材の用途開発に力を入れている。本稿ではその用途開発を技術面で支援している宮崎県木材利用技術センター(以下センター)が提案し、適用が実現したM製材所の大断面製材と鉄骨のハイブリッド構法とその実用性について検証していく。

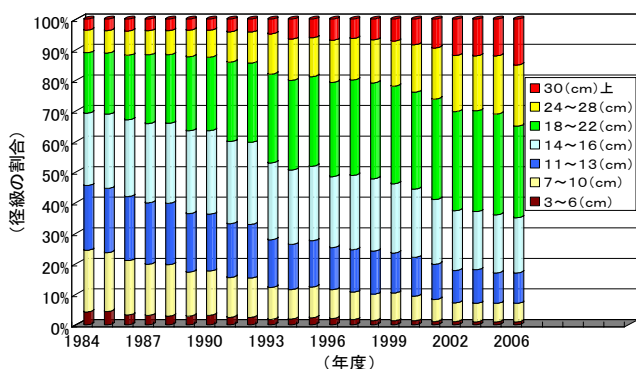


図1 年度別径級別スギ丸太取り扱い材積割合(単位m³)

2. 目的

センターは、底堅い需要のある非住宅木造、さらには低層建築物へのスギ大径材の利用を視野に入れ、スギ大径材を鉄骨造の建設システムの中に適用できるようにスギ大断面製材と鉄骨とのハイブリッド構法を提案、さらにハイブリッド構法を担うサブシステムも企画・計画して、モデル事例を通じてその実用性を検証する。ハイブリッド構法の適用対象は宮崎県のM製材所とし、工場建設に向けてセンターと、設計者、施工者、製材所、鉄工所、木造住宅部材プレカット工場(以下、加工場)から構成されるワーキンググループを組織した。

3. 大断面製材と鉄骨のハイブリッド構法

ここでのハイブリッド構法の構成部材は、スギ大断面製

材と鉄骨である。

表1は

サブシステムの担当と建築生産プロセスを示す。製材が鉄骨以上に鉄骨サブシステムとの融合をしやすくするように、現場への最終出荷元となる加工場と、設計者および鉄工所との連携を強化し、加工場の住宅部材プレカットCAD/CAM機能を非住宅用途まで拡張する。加工場での加工図は、鉄工所の製作金物CAD情報を基に作成、加工はCAD/CAM技術による機械加工とするが断面によっては手加工とする。建方は、鉄骨工事技術指針・工事現場施工編(日本建築学会)に従って進める。

4. モデル事例による検討

図2は、このハイブリッド構法をシステムとして実用化するための検討会を中心としたフローである。フローは、センターによるスギ資源・建築市場の調査と建築部材の生産システム分析→設計者と鉄工所の連携を図り加工場が保有するCAD/CAM加工技術を最大限活用→、一般施工者へのハイブリッド構法適用→検討会による課題整理→センターによる事例整理と構法の実用性検討、の順に進む。

表2にハイブリッド構法を適用したモデル事例の概要を示す。用途は工場(平屋建て)で、延べ面積は2372.45m²である。図3にハイブリッド構法の部材構成を示す。ハイブリッドの構成は製材と鉄骨である。製材は

表1 サブシステムの担当と建築生産プロセス

担当	建築生産プロセス					
	企画	計画	基本設計	実施設計	施工管理	維持保全
設計	設計者	→	→	→	→	→
施工	施工者	→	→	→	→	→
サブシステム	金物製作図作成	鉄工所	→	→	→	→
	金物製作	鉄工所	→	→	→	→
	現場建方	鉄工所	→	→	→	→
システム	製材の加工図作成	加工場	→	→	→	→
	プレカット加工	加工場	→	→	→	→
	大断面製材の製造	製材所	→	→	→	→

表2 デルの概要

発者	M製材 株式会社
設計者	級建築設計 所
施工者	大 発 株式会社
建築場所	宮崎県 市
建物用	工場
階数	地上1階
施工期間	2007年9月~2008年2月
床面積	2372.45 m ²
建築面積	2372.45 m ²
構造種別	木造(部鉄造)
計 ルート	X・Y方向・ルート1

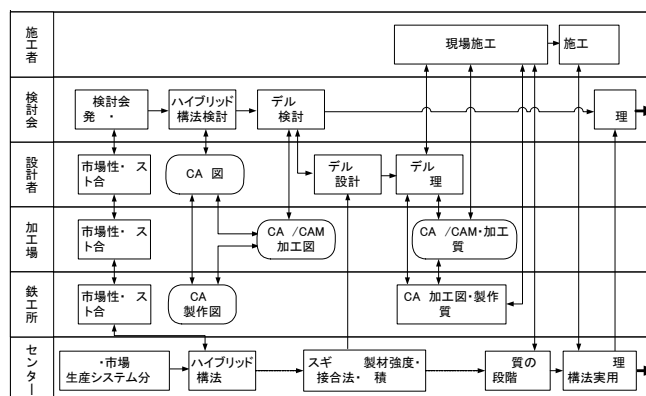


図2 ハイブリッド構法のフロー

1 時間耐火の燃えしろ設計によって有効断面が多く

残る正方形に近い断面の柱と方杖に使用した。梁は鉄骨とした。製材所が用意するスギ製材の強度等級は原木歩留まり考慮して全て E50 とした。二次、三次部材もスギ製材が使用された。

加工場では設計図を基にすべての部品図を CAD で作成。プレカット加工は手加工と CAM 機能を利用した機械加工の両方とした。300mm 角を超える断面は、自動プレーナーを利用できないことなどから手加工とし、300mm 角以下の断面は機械加工とした。機械加工の対象は、小梁や耐風梁、間柱、胴縁、頭繋ぎで、総数は 1124 本に達した。

大断面製材と鉄骨の接合は、製材端部にジョイント金物を取り付け、鉄骨とは H.T.B M20 で固定した。ジョイント金物は鋼板挿入型としドリフトピン $\phi 20$ によって製材に定着している。鋼板のドリフトピン用の穴加工は、維持管理を考慮して、木材の繊維と直交方向を長穴とした。

建方は図 4 が示すように、鉄骨鳶の手による立柱式とし、製材方杖と製材柱を脚部ピン支持状態で仮置きし、地組したスパン 26.5m の鉄骨梁を架設する工法が採用された。



図 4 鉄梁の設

5. 結果

ハイブリッド構法による躯体の品質確認は図 5 に示すように建て入れ精度を参考にした。ここでの限界許容差は、鉄骨工事技術指針・工事現場施工編の建物の倒れ ($e \leq H/2500 + 10\text{mm}$ H:柱の高さ)をそのまま引用した。柱の高さ 4200mm に対する柱の限界許容差は 12 mm で、柱 22 本中スパン方向と桁行き方向共に 3 本が許容差を超えていた。鉄骨梁の高さは棟位置で測定した結果、最大で 15 mm (スパンに対して 1/1770)であった。

表 3 は、二次部材まで含めて、躯体工事に要した使用材料、建方日数および建方人工を算出したものである。

単位面積当たりの使用材料の重量

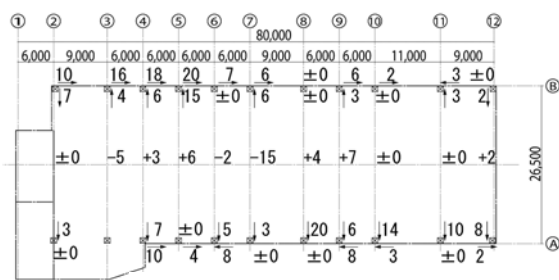


図 5 建入 度(単位:mm)

は製材が 124N/m²、鉄骨が 382N/m²で、使用材料に占める製材の重量割合は 24.5%であった。

本ハイブリッド構法による躯体を 100%鉄骨造で設計した場合の躯体と比較すると、使用

材料の重量は、ハイブリッド構法の方が 539kN の重量減となり¹⁾、軽量化されたことが分かった。建方に要した日数は 10 日、建方人工は 79 人工であった。施工者は大断面製材と鉄骨によるハイブリッド構法の施工経験がなかったことから、現場での手直し加工など、大工職 7 人工(実働 3 人程度)が必要であった。

6. まとめ

現行 CAD/CAM 技術をそのまま大断面製材に適用することはできなかったが、加工場、設計者および鉄工所が CAD 情報を共有できたことで、加工場は正確な大断面製材の加工図を作成することができた。この結果、加工場での加工が手加工であっても建方は設計寸法に従って進められた。

現場では、柱が製材となったこともあって外壁を施工するために木造軸組が採用された。CAD/CAM 技術は製材の二次、三次部材にも全面的に活用され、プレカット材の高い寸法精度(管理値 1.0mm 未満)が工期短縮、コスト削減に威力を発揮した(図 6 参照)。

加えて、非木造の二次、三次部材は CAD/CAM 技術を応用したプレカット製材品の新たな用途となる可能性も見出すことができた。



図 6 プレカット材の

本研究成果は、宮崎県環境森林部が平成 20 年度から実施する「木の香あふれる街づくり推進事業」に反映され、非住宅部門の木造を支援することとなった。

【謝辞】本稿をまとめるに当たり、志多一級建築士事務所田中睦巳様、同清水英二様、大淀開発株式会社稲元靖教様、同木下雄様ほか多くの関係者にご指導いただいた。

【引用資料】

1) 志多一級建築士事務所編:非住宅における大断面製材を活用した(主構造の梁桁以外)ー新しい提案書ー,平成 19 年 3 月

本研究は、(財)宮崎県産業支援財団の平成 18 年度「産学公連携新技術実用化共同研究委託事業」での研究テーマ「非住宅向け製材プレカット活用システムの開発」による成果の一部である。

表 3 用材料と建方日数・工

スギ製材 本数	233 本
材積	75 m ³
重量	294kN
材積/建築面積	0.032 m ³ /m ²
重量/建築面積	124N/m ²
現地加工手間	7人工
鋼材 重量(金物共)	906 kN
重量/建築面積	382 N/m ²
製材鋼材総重量/建築面積	676 kN/m ²
建て方日数	10日
建築面積/建て方日数	237m ² /日
建て方人工数	79人工
建て方人工数/建築面積	0.033 人/m ²

2-5-2 スギ材を利用した土木構造物の開発

— 改正 J A S の新構成スギ集成材を用いた複合桁の曲げ性能 —

構法開発部 ※椎葉 淳、飯村 豊

1 はじめに

2007年9月のJAS改正により、内層に低位等級ラミナ(L30等)を使用した新構成集成材が追加され、これまで宮崎県内で大量に発生していたスギ余剰ラミナの使用範囲が拡大された。そこでこれらの土木構造用途への有効活用を図るために、スギ対称異等級集成材(E55-F200)を用いた複合桁を開発することとした。これまでの試験結果等を踏まえ、圧縮側である床版には鉄筋コンクリート、主桁には市場競争力のあるスギ中断面集成材を用いた。また引張り側である底版部には、桁高の低減による曲げ剛性を補うために鋼板を用いて複合構成の試験体を製作し、曲げ試験を行った。

2 試験体及び試験方法

試験体(幅150mm(床版部200mm)×高さ609mm×長さ10,500mm)は、まず接合部にフィンガー加工を施したスギ対称異等級集成材(E55-F200 150×450×3,500)の底版部に、ズレ止めピン及び鉄筋を配した鋼板(SS400 19mm)をエポキシ樹脂系接着剤により接着した。次にこれら3体をつなぎ、上部に繊維補強モルタル(HPFRCC)とズレ止めピンを用いてRCプレキャスト版(200×130)を設置した。最後に鉛直鋼棒により上下を締め付けて完成した。試験は実大強度試験機(東京衡機製造所 最大容量1000kN)を使用した。なお、変位は巻き込み式変位計で測定し、ひずみゲージをRC床版、集成材桁及び鋼板それぞれに取り付けた。



写真1 試験状況

3 結果及び考察

1体目は、20kNまでと40kNまでの荷重・除荷をそれぞれ2回繰り返したあと、破壊するまで荷重した。最初に集成材のフィンガージョイント部付近と鋼板の剥離が起こった後、それに起因する局部破壊が連続して発生し、最後は鋼板継ぎ目に変形して終局した。最大荷重は135.5kNで設計値に近い数値が得られた。2体目は、繰り返しは1体目と同様に荷重し、その後は1体目の曲線を基に弾性域内(60kN)で加力を止め、屋外に設置して経過を観察することとした。また2体とも、中央部ひずみ測定の結果、構造の一体化がみられた。

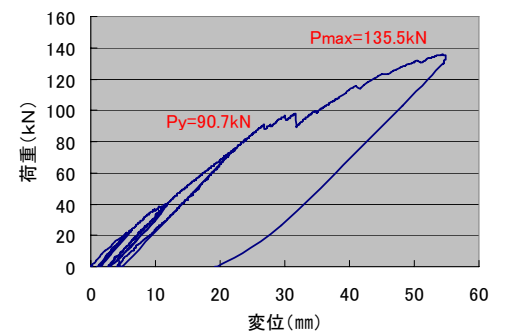


図1 荷重-変位曲線(複合桁A)

4 まとめ

新構成スギ集成材(E55-F200)により、軽量の複合桁が設計できることが分かった。また、中断面化に伴う桁高減少については、鋼板で補強することにより、曲げ剛性を確保することができた。さらにRCと集成材及び鋼板の接合に乾式、湿式を併用することにより、構造を一体化することができた。今後は、集成材接合部(フィンガージョイント)の形状を含めた、桁方向の接合方法の検討が必要と考えられる。

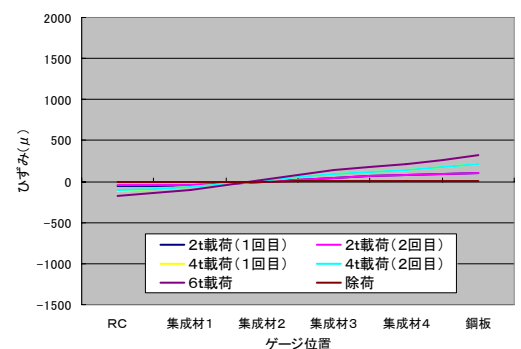


図2 ひずみの分布(複合桁B)

2-6 木質化推進

2-6-1 韓国向け新木造軸組構法—2方向門型ラーメンの試行建設

構法開発部 ※北田孝二、飯村 豊、椎葉 淳、上杉 基

1. はじめに

宮崎県では、スギ資源に伴い、集成材の出荷体制が整備されてきて、プレカット工場の加工技術も急速に向上していることから、国内だけでなく海外に向けての情勢の調査を進めている。

一方韓国には、伝統木造建築はあるものの、住宅政策は都市部の高層アパートが基調となっており大工職の減少により衰退している。現在はツーバイフォー工法が普及しているものの、結露など気候に起因する問題が発生し、その対策が急務となっている。2004年に建築基準法が改正され、規制緩和が進んだことから、新しい軸組木造に対するニーズの高まりが予想される。

2. 研究の目的

宮崎県木材利用技術センターは、みやざきスギを利用して新しい軸組木造について、韓国ソウル大農業生命科学大学と共同で研究・開発、実用化を目指している。

今回は、ヘイリ芸術村木造展示館をテストハウスとして、スギ中断面構造用集成材 E65-F225 を構造材とする新軸組木造の、施工性、組み立て精度、接合部等が韓国でどのように施工されるか、日本との違いについて調査した。

研究成果の適用： 「ヘイリ芸術村木造展示館」

木造展示館の建築概要

所在地	韓国キョンギ郡バジュ市 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	766.90m ²
延べ面積	250.68m ²
建築面積	182.64m ²
構造・階数	1階：鉄筋コンクリート造 2階：木造
用途	主：展示場、副：セミナー ・事務所・カフェ
施工期間	2006年7月～2007年5月



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、スギの柔らかさを活用して径差-0.5mmとし、ドリフトピンを圧入ジベルとして利用している。

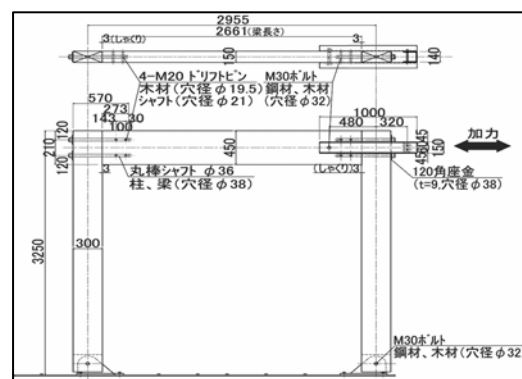


図-1

4. 施工

実際の施工について、韓国では初めての試みであり工程管理・現場管理体制・安全管理体制が確保されておらず現場で模型によるシミュレーションを行い、現場サイドとの協議により、組み立て方の順序・作業効率・安全性を現場関係者と検討した。その結果、ここでは敷地の状況から、地組のスペースの確保が困難なため、Y3通り柱寸法が一番短いものの建て込みを行い、柱脚金物に取付けて、倒れを調整して仮止めし、柱と梁を接合金物で手際よく組み立てていった。この方法で中央から奥の方へ組み立て、順次手前に作業を進めて建て方を完了した。



5. 工程

作業工程を検証してみると、材料をストックヤードに荷受け後、吊り上げ用25tラフタークレーン1台、韓国のツーバイフォー建物作業経験者10名程度で建て方施工を行った。作業開始から終了までの時間は、1日で十分の作業工程であった。また、建て方までの間は、本足場を組むことなく脚立足場程度で作業を行った。これは、プレカット加工による材料製品精度の良さ、現場加工の省略、少数作業員で施工、仮設資材等の省力化により、工期短縮に大きく影響すると



思われる。

6. 建て方検査

建て方の検査結果は、林野庁監修、大規模木造建築物の保守管理マニュアル（財）日本住宅・木材技術センターの建て方精度の規定を満足する変位内で施工されており、問題はないと思われる。また、接合部については、ボルト接合にトルクレンチを用い、指定のトルク値200N・mの締め付けを行った。ドリフトピンも規定の位置に漏れなくセットされていた。2次部材は取付は設計変更によりスクリュー釘に変更のため、接合金物を取り外すこととなった。

最終段階に現地技術が強みを発揮



新たなニーズ1：スギ板仕上げ材は市場競争力がある

予想外のスギ利用も出現（床材、デッキ材、仕上げ方法）



7. まとめ

今回の調査は、新しい軸組木造をテストハウスとして「ヘイリ芸術村木造展示館」における、中断面集成材を用いた2方向門型ラーメンの工期、施工性、組立精度、接合部等、韓国の実態に沿った建築施工方法での現場検証を試みた。

結果、日本のような軸組木造の大工職人でなくても、韓国においてツーバイフォーの職人でも充分施工することが可能であることがわかった。また、施工管理体制や品質管理体制が確立すれば、よりいっそうの施工性の向上、品質精度の確保、工期短縮ができる結果となった。また、一方でスギ板材（床材、デッキ材）が利用されていて、新たなニーズがあることも確認された。このことから、今回の調査では、施工要領書の作成、施工管理・品質管理体制の構築に向けての第1歩になったといえる。

「謝辞」

今回の試行建設に当たっては、ソウル大学季銓濟教授をはじめ多くの日韓関係者にご指導いただきました。

「参考文献」

- 1) 大規模木造建築物の保守管理マニュアルー材料・施工・維持保全ーHOWTEC 6701-1997
- 2) 飯村豊、白恵瑠：低比重材スギを用いた中断面集成材工法，日本建築学会 2007 年度九州大会講演梗概集 5346pp. 691-692

2-7 受託共同研究事業

2-7-1 地域新生コンソーシアム研究開発事業

ー 樹皮焼却灰の肥料成分を活用した環境コンクリート製品の開発 ー

材料開発部 赤木 剛

【緒言】

本研究は、平成 18 年度の地域新生コンソーシアム研究開発事業「焼却灰の肥効成分を活用した環境コンクリート製品の開発」を背景に、スギの樹皮燃焼灰に注目して無機化学分析を行い、環境コンクリートの原料化の検討を行ったものである。昨今、製材の過程で剥離され多量に排出される樹皮の一部は、家畜飼料やバーク堆肥、燃料として利用されているが、他の主な残廃材と比べて利用率はかなり低く、有効利用法の確立が求められている。また、それらの木質資源を燃焼させて発電するバイオマス施設では、運営上燃焼灰の処理などの問題が生じている。前述の地域コンソ事業では、樹皮焼却灰の有効利用としてその肥効成分に着眼し、護岸工法に使用されるポーラスコンクリートの下層に焼却灰を混ぜることで植物の根張りを促進させる工夫が施された、環境コンクリート製品の開発を目的としている。当センターでは、最適な樹皮焼却灰を得るための分析・管理技術の確立を目的として、樹皮燃焼灰の焼却条件や分級過程の違いにより、肥効成分の組成やその鉱物形態、混入した異物の特徴にどのような違いがあるかを調べた。

【分析結果および考察】

研究対象は、ウッドエナジー協同組合(宮崎県南郷町)の木質バイオマス発電施設から回収された燃焼灰である。ここではおもに、スギの樹皮や端材、チップを木屑焚き蒸気ボイラーで燃焼している。ストーカー炉から排出された灰のうち比較的粒径が大きいものは、マルチサイクロンで MC 灰として集塵される。MC 灰は集塵後さらに分級され、①0.5mm 以下・②0.5～3mm・③3～10mm の3階級の灰が回収された。また、それらに加え 10mm 以上の小石も混じっていた。さらに、マルチサイクロンで集塵されなかった細かな粒子は電気集塵装置により ④EP 灰として回収される。EP 灰を構成する粒子の粒径は 1～数 10 ミクロン程度であった。以上、粒径の異なる①～④の灰を分析対象として原料化を検討した。

はじめに、燃焼灰の主要元素組成を蛍光X線分析により調べた。その結果、MC・EP 灰に共通して、植物の肥効成分である Ca や K を筆頭に、S, Cl, Si, P, Mg, Al, Fe, Na, Zn, Mn, Cu が検出された。主要構成元素の種類や組成は、バイオマス発電施設より回収された燃焼灰を対象にした過去の研究報告(文献①)と同様の結果であった。また、EP 灰と比較して MC 灰は K 成分に乏しく Si 成分に富む傾向があることが分かった。

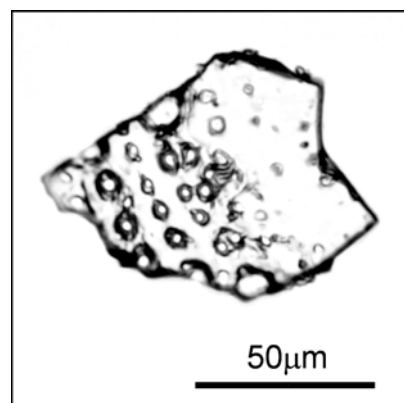
つぎに、構成元素が成す鉱物形態を粉末X線回折分析により同定した。EP 灰からは、Calcite (CaCO_3) や Portlandite (Ca(OH)_2), Lime (CaO), Sylvite (KCl) 等のアルカリ金属塩が検出された。一方 MC 灰からは、Calcite や Lime に加えて、Quartz (SiO_2) や Anorthite ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), Gehlenite ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$) などのケイ酸塩鉱物が検出された。また、分級した3種類の MC 灰のあいだで鉱物組成に顕著な違いはなかった。同様の構成鉱物は、焼却飛灰を対象にした先行研究(文献②)においても報告されている。EP・MC 灰から同定された鉱物の組み合わせは、先の分析から得られた無機元素組成の傾向と矛盾しない結果であった。

MC 灰に顕著であったケイ酸塩鉱物は、樹皮由来のものではなく、外部から混入した砂や火山灰である可能性が高い。特に外樹皮には、伐採後に土場を引きずる際や樹皮を剥離・回収する過程で小石や砂が混入しやすいと考えられる。そこでこの可能性を検証するために、伐採前のスギの立ち木から生樹皮を採集し、その燃焼灰についても同様の組成分析を行った。

蛍光X線分析の結果、内樹皮および外樹皮の燃焼灰から検出された主要無機元素の種類は、基本的に EP 灰および MC 灰と同じであった。各々の組成を比較すると、内樹皮にはほとんど含まれてい

ないSiやAl成分が、外樹皮には多く含まれていることが分かった。元素が成す鉱物形態も同様に調べたところ、内樹皮の灰からは、Calcite や Lime, Sylvite (KCl), Halite (NaCl) 等のアルカリ金属塩が検出された。また MC 灰に特徴的であったケイ酸塩鉱物は、ほとんど含まれていなかった。一方、外樹皮の灰には Quartz, Anorthite, Gehlenite といったケイ酸塩鉱物が卓越していた。また Calcite や Anhydrite (CaSO₄)も検出されたが、内樹皮灰および EP 灰に特徴的であった Sylvite (KCl)は検出されなかった。

外樹皮灰および MC 灰に含まれるカリウムは、KCl としてではなく、混入した火山灰に由来するガラスに多く含まれていると考えられる。右図は、外樹皮灰に含まれていた粒子の偏光顕微鏡画像である。打ち欠いたような割れや気泡を含むこと、偏光下で消光を示さないことなどから、火山灰由来のガラスであると推察される。このような粒子は外樹皮灰および MC 灰に多く観察されたが、内樹皮灰および EP 灰にはほとんど観察されなかった。以上の結果、外樹皮に混入した火山灰のガラスや砂は、マルチサイクロンで MC 灰として首尾よく集塵されていると評価できる。一方、火山灰や砂が取り除かれ、アルカリ金属塩でのみ構成される EP 灰は、内樹皮の灰に似た特徴を示すことがわかった。



(写真) 外樹皮灰に混入した火山灰のガラス。打ち欠いたような割れや気泡が特徴的。

【原料化の検討】

以上の結果を踏まえて、燃焼灰の原料化について考察した。

肥効成分である Ca と K 成分に注目すると、カルシウム成分は CaCO₃ (Calcite) や CaO (Lime) といった化学形態で EP および MC 灰に普遍的に含まれていたが、カリウム成分は MC 灰と比較して EP 灰のほうに多く含まれていた。また、EP 灰には KCl (Sylvite) として存在するのに対し、MC 灰には外部から混入した火山灰由来のガラスとして存在することが推察された。火山灰のガラスやケイ酸塩鉱物からなる砂の混入は、MC 灰と比較して EP 灰のほうが少なく、その特徴は内樹皮の灰と類似していた。以上の結果により、緑化コンクリートの原材料には、EP 灰を用いるほうがより有効であると結論づけられた。なお、以上の研究結果は、今年度の日本木材学会九州支部大会において報告致しました(参考文献③)。

【謝辞】

本研究を行うにあたり、宮崎県工業技術センターの方々にも多大なるご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- ① バイオマス発電燃え殻の元素的特徴-荷電粒子励起X線分析法による多元素同時分析-; 山内繁, 斉藤勝美, 世良耕一郎, 和田佳久, 桑原正章; 木材工業, vol.62, No.4, pp.157-162, 2007.
- ② 焼却施設内たい積物の鉱物同定; 原雄, 半野勝正, 衣田彦太郎, 根本久志; 廃棄物学会論文誌, vol.15, No.2, pp.131-138, 2004.
- ③ 樹皮燃焼灰の無機成分とその化学形態; 赤木剛, 藤本英人, 浅野利恵子, 柏崎健治; 日本木材学会九州支部大会第14回年会 要旨集 pp.31-32, 2007.

2-7-2 先端技術を活かした農林水産研究高度化事業

— 新しい木材乾燥システムによる低コスト化と有用成分の回収 —

材料開発部 藤本英人

1 はじめに

現在の木材乾燥機は改善する余地がかなりあると考えられる。たとえば、高温空気（顕熱）と水蒸気（潜熱）を大気中に無駄に排出している点である。また、木材乾燥機中の気流について研究対象とされたことが無く、勘と経験だけで制作しているため、無駄なファン駆動電力が費やされている。本課題では最低限の電力で効率よく乾燥できる木材乾燥機を開発し、潜熱と顕熱を回収することで燃料代を大幅に節約し、付加価値の高い精油を回収することを目標とする。

2 試験方法

2-1 木材乾燥期中の気流改善

コンピュータソフト FLUENT を用いて、木材乾燥機内部の気流を解析し、気流改善型木材乾燥機的设计に資する。また、木材利用技術センター内の実験用木材乾燥機及び工場で使用されている実大乾燥機で気流を測定し、シミュレーション用パラメータの最適値を求めた。

2-2 排熱を利用した乾燥養生庫の設計

木材乾燥機から排出される蒸気を含む高温空気からの潜熱及び顕熱を改修するために、簡易な熱交換器を備えた木材仕上げ乾燥庫（養生庫）を設計・製作し、その性能を検証した。

2-3 精油採取条件の検討

最も簡便な熱交換器としてステンレス製のパイプを稼働中の木材乾燥機に設置し、得られる精油の性質について検討した。

3 結果及び考察

コンピュータシミュレーションによって得られた気流データを図1に示した。図から明らかなように、かなりの高速の気流がファンによって生じているが、本来必要とされる木材間の風速は1m/secにも満たない部分が多くあることが明らかになった。また、部分的に渦を巻いていることからかなりのエネルギーが無駄に使われている可能性が高いことが明らかになった。このことから、乾燥機内部の気流を改善することにより、ファン駆動電力の大幅削減が可能であると推測された。次年度はこの解析結果を基に、気流改善型木材乾燥機的设计・製作を行う予定である。

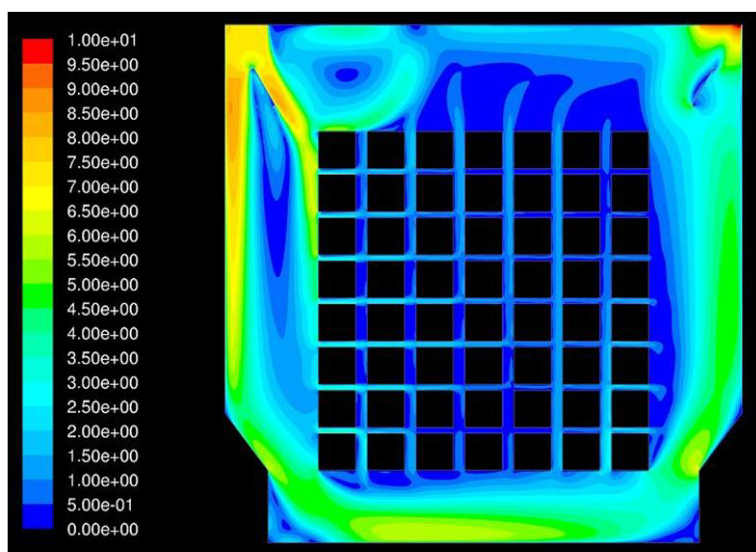


図1 FLUENTによる木材乾燥機内部の気流の可視化画像



図 2 廃熱を利用した木材乾燥養生庫

現在工場稼働中の木材乾燥機は、木材の水分を蒸発させるのに必要なエネルギーの4倍を消費していることは既に報告した。このロスの大部分は高温の蒸気を含む空気を大気中に排出しているためであると考えられる。このエネルギーを回収し、養生庫の熱源とすることを試みた。図2は木材利用技術センター内に設置された廃熱利用型養生庫である。上部には簡易な熱交換器として長さ8mのステンレスパイプが取り付けられ、この内部で排出蒸気が凝縮し、熱交換が行われると同時に、背面に設置された凝縮液貯蔵タンクに集められる構造となっている。

簡易型のステンレスパイプ(煙突)により捕集されたスギ精油のガスクロマトグラムを図3に示した。結果的に、このシステムでは凝縮能力不足で、低沸点成分が少ないことが明らかになった。今後はこのようにして得られた高沸点成分リッチなスギ精油の用途開発を行う予定である。

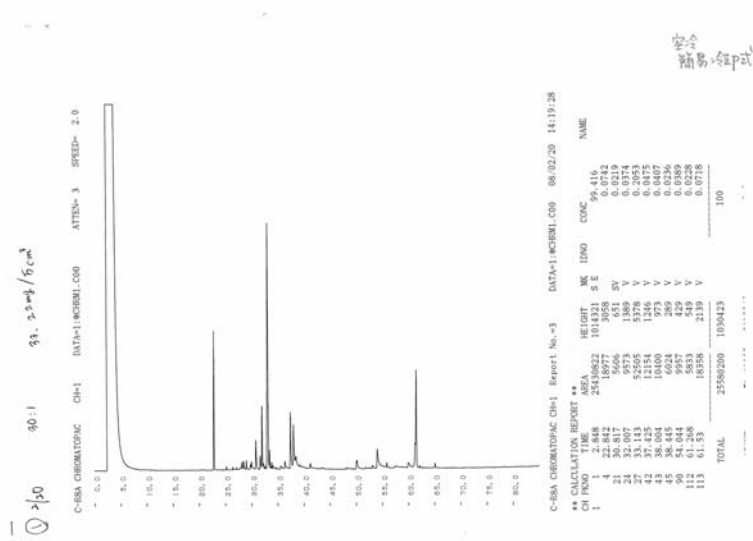


図 3 簡易型冷却装置により捕集されたスギ精油のクロマトグラム

2-7-3 地域資源活用型研究開発事業

一 県産オビスギ材の乾燥凝縮液を有効活用した製品の開発 一

材料開発部 藤本英人

1 はじめに

宮崎県は、県土の76%を森林が占める豊富な森林資源を有した林業県（林業産出額全国4位）であり、中でもスギ材の生産量は平成3年から13年連続して全国一位となっており、木材関連産が集積している。県においては、そのポテンシャルを活かすため、木材利用技術センターを設置し、オビスギを中心とした国産材の需要拡大のための研究開発に取り組むとともに、全国に先駆けた木材乾燥設備の導入支援を行うなど、林業・山村の活性化と循環型社会の構築を図るための施策を推進している。

その一環として、平成16年度から平成18年度に文部科学省の「都市エリア産学官連携促進事業」の助成を受けて、木材乾燥に伴って大量に排出される蒸気を冷却捕集した凝縮液に含まれる有効成分に着目し、その成分の効果分析及活用策等について研究を進めてきた。本課題は、その中で得られた研究成果をベースに、オビスギ材乾燥凝縮液精油の低コスト生産および技術とそれを活用した製品の開発に取り組み、林産業関連の新技术・新産業の創出を図ることを目的として産学官が連携して取り組むものである。

木材利用技術センターは本課題の中で、「スギ精油の採取条件のオビスギ材乾燥凝縮液の低コスト冷却捕集技術及び凝縮液からの効率的精油分離・精製技術の開発」と「オビスギ材乾燥凝縮液精油製剤の害虫用および害獣用の試作製品の開発と有効性実証試験」を担当している。

2 試験方法

2-1 精油採取試験

クーリングタワーを備えた本格的な凝縮器を都城木材(株)で実際に稼働している新芝製木材乾燥機(18m³入り)に設置した。凝縮液は4槽式油・水分離装置により、スギ精油を分離し、採取量を測定した。

3 結果及び考察

装置の外観を図1に示した。設置スペースの関係で、今回は木材乾燥機の屋根部分に取り付けをした。左に見えるのが凝縮器本体、右が冷却水用のクーリングタワーである。当初は凝縮器内部の熱交換部が2段であったが、能力不足が明らかになったために3段に増設した。これによりほぼ当初の目標に近い凝縮能力が得られることが明らかになった。

得られた凝縮液は凝縮器下端にあるパイプを通して下に設置された油・水分離装置に導かれている。この分離装置の内部構造を図2に、その外観を図3に示した。今回採用した分離装置はガソリンスタンドやレストランなどで一般的に使われているもので、特殊なものではない。精油の分離はこの装置で問題なく、簡便に行えることが明らかになった。

乾燥した木材の材積と得られた精油の量の関係を表1に示した。



図1 稼働中の木材乾燥機に設置したスギ精油採取装置

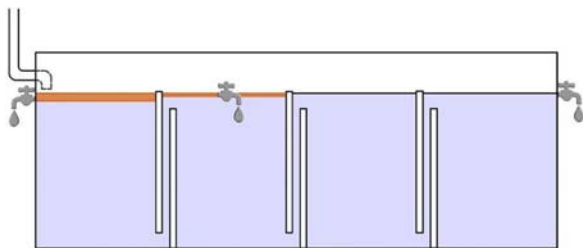


図 2 油・水分離装置の内部構造



図 3 油・水分離装置の外観

表 1 乾燥した木材の材積と得られた精油量の関係

ロット	乾燥木材 m ³	精油量 ml	採取量 ml/m ³
0712-1	8.55	3600	421
0712-2	9.33	5380	577
0712-3	10.62	5870	553
0801-1	9.14	5000	547
0801-2	11.07	8000	723
0802-1	10.37	5350	516
0802-2	10.29	9200	894
0802-3	8.18	5400	660
平均	9.86	6314	638

前述のように、最初のロットは凝縮器の能力が不足していたので、平均値から除外すると、一回の木材乾燥でスギ材 1 m³あたり、平均値で 630ml 程度のスギ精油が得られている。この値は木材利用技術センターで簡易凝縮器を用いて得られた精油量の 650ml とほぼ同じである。すなわち、今回設置した凝縮器の能力は十分であると判断した。

今回の木材乾燥機と凝縮器の組み合わせで、年間 200～300 リットルのスギ精油が採取可能であると計算される。スギ精油の販売価格は現時点では決定していないが、仮にリットルあたり 1 万円ならば 2 百万円の、千円ならば、20 万円の収入が得られることになり、結果的に木材乾燥コストの大幅削減になる。また、凝縮器を出た排出ガスは温度が 70～80℃程度あるが、これが木材乾燥機に環流することによる熱的なメリットもある。今後はこれらのメリットと、初期投資やクーリングタワーの駆動電力などを総合的に判断するためのデータを集めていく予定である。

2-8 受託研究

2-8-1 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19年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」

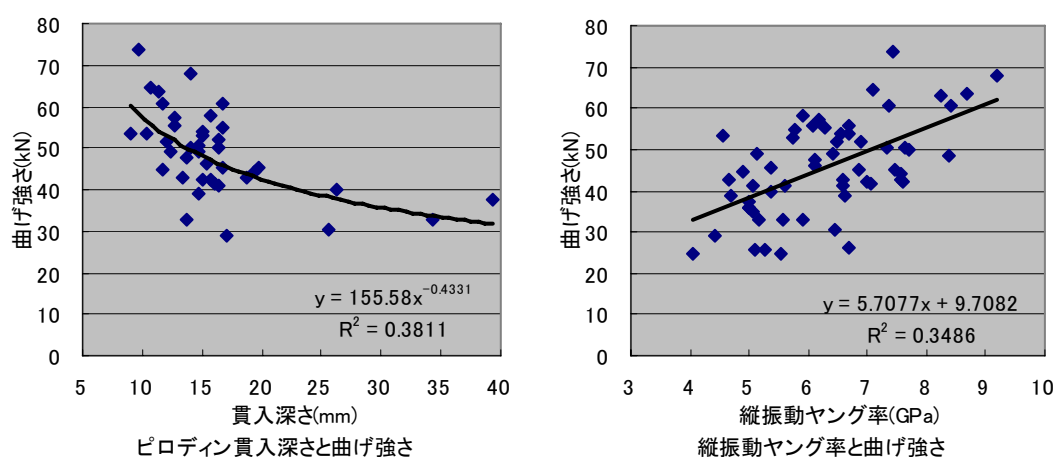
構法開発部 ※上杉 基、飯村 豊

所長 有馬孝禮

和光コンクリート工業(株) 張 日紅、金丸 和生

宮崎県内に設置後10年経過した木製防護柵を対象に、被害度、ピロディン貫入深さ、中央部の干割れ（深さ、幅、延長）、含水率、縦振動ヤング率、静的曲げ強さ等を測定した。前年度までの研究成果では、目視と打音併用の判定で被害度1、2となるスギビームの静的曲げ強さが木製防護柵としての強度基準要求値である40 kNを満足できるとの結果を得られた。

しかし、被害度の判定には個人差があり、より信頼性の高い被害度判定を得られるように、本年度の調査では、目視と非破壊試験手段との併用を試みた。ピロディン貫入深さ、中央部の干割れ（深さ、幅、延長）、縦振動ヤング率と静的曲げ強さとの相関を確認した。その結果、スギビーム中央部表面の干割れの幅、深さ、延長は、静的曲げ強さに影響を及ぼさないことが分かった。縦振動ヤング率と曲げ強さ、ピロディン貫入深さと曲げ強さとの相関結果は以下の図に示す。



縦振動ヤング率又はピロディン貫入深さとスギビームの残存強さとの間にある程度の相関が認められた。目視診断の補助手法として、現場での応用が考えられる。特に、ピロディン貫入深さ測定は、非常に簡便な手段であり、その深さが25mmを超えるスギビームについては、二次的診断を行う必要があると思われた。

2-8-2 スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価

オビスギを用いた新しい集成材の特性を活かす設計法 「(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)」

構法開発部 ※椎葉 淳、飯村 豊

木材加工部 藤元嘉安、森田秀樹、松元明弘

1 はじめに

本研究はオビスギ低位等級ラミナの有効活用を図ることを目的として、3年間 (H17~H19) のプロジェクトとして実施された。初年度はオビスギラミナ (L30~L70) の曲げ、圧縮、引張り強度性能、さらに L30 及び L40 ラミナを内層に用いた集成材の曲げ、圧縮、引張り強度性能について検討した。次年度は同集成材のめり込み、せん断性能について検討した。これらの強度性能評価に基づき、2007年9月のJAS改正により、内層に低位等級ラミナを使用した新構成集成材が追加された。そこで最終年度となる今年度は、これらを活用するための性能型設計法に関して検討を行った。

2 設計法の検討

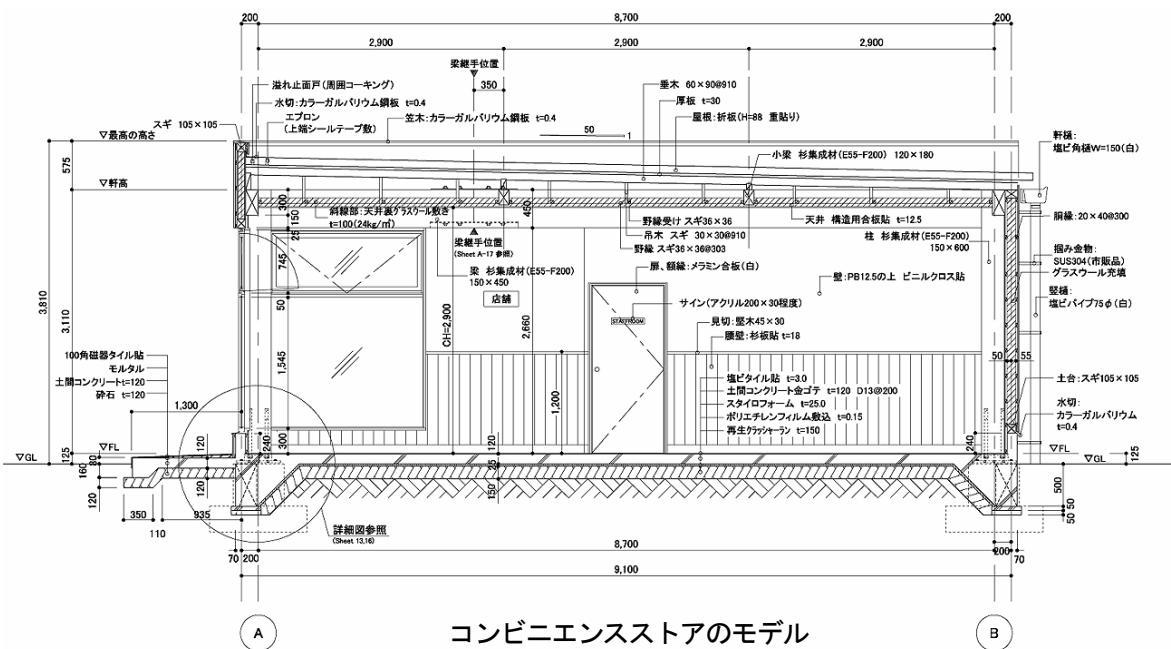
第1段階として、軽軟スギの特性を活かす丸棒シャフトとドリフトピンによる柱・梁接合部の検討を行った。母材にスギ対象異等級集成材 E55-F200 を用いて、T型・L型・I型の繰り返し試験及びH型の単調加力試験を実施し、門型ラーメン構造体の設計に必要なデータを収集した。第2段階では、接合部の試験結果を基に、門型ラーメンフレーム (脚部剛) のせん断試験を実施し、E55-F200 を使用しても構造フレームとして設計可能なことを確認した。第3段階では、接合部とユニットフレームの実験データを基に、2方向ラーメン構造による郊外型コンビニエンスストアのモデル設計を実施した。規模は床面積 200 m²程度で、スパンは9m、階数は1階とした。モデル設計を通じて、E55-F200 の構造用集成材でも問題なく建築向けの構造体が設計できることを実証した。



門型ラーメンせん断試験

4 まとめ

本研究を通じて、構造体の設計実務に必要な接合法など実用データを整備することで、性能型設計による新構成スギ集成材の活用をより推進できることが分かった。



2-9-1 シロアリの本能・生理を活用した環境配慮型防蟻処理技術の開発

材料開発部 藤本英人

1 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、実大建築物を用いたフィルムバリアー施工試験と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ので報告する。

2 試験方法

2-1 フィルム食害試験

試験には木材利用技術センター内で飼育しているイエシロアリ (*Coptotermes formosanus* Shiraki) を供した。供試フィルムはナイロン12 厚さ 30 μ m 及び 100 μ m の2水準であった。

前年度と同様に陶器製ブロック (3 \times 3 \times cm) の上にフィルムを置き、その上に餌木を置いた。フィルムは陶器製ブロック端部からの張り出しが 1 cm と 5mm 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。

2-2 実大施工試験

3.6m \times 2.7m の倉庫の基礎にフィルムバリアーを施工し、作業性を含めて問題点を検証した。基礎は 150 \times 400 \times 200 のコンクリートブロックを列状に並べたものであり、この上に幅約 20 センチのナイロン12 製のフィルムを敷き詰めた。

3 結果及び考察

フィルム食害試験の結果を図1に示した。図中左は陶器製ブロックからの張り出しが約 1 cm であり、右は 5mm 程度であった。一見して明らかなように、張り出しが大きい方は食害を全く受けていないが、張り出しが小さい

場合は端部から食害を受けている。これは張り出しが 5mm 程度の方は盛り上げられた蟻土に覆われ、シロアリが端部に到達できたためにこの部分から食害されたものである。それに対して、張り出しが大きければシロアリは端部に到達できないために食害できなかったものと推測される。すなわち、シロアリは歯のかかる端部は食害できるが、中央付近からは食害できないことが明らかになった。ただし、これはナイロン12についてであり、ポリエチレン等の軟質なフィルに関しては端部でなくても、中央付近からでも食

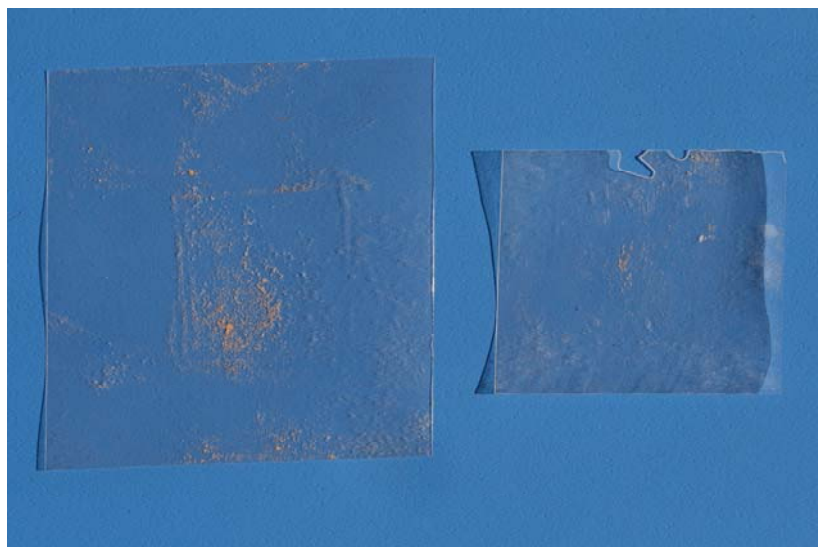


図1 張り出し寸法を変えたフィルムの食害状況

害を受けることが既に明らかになっている。

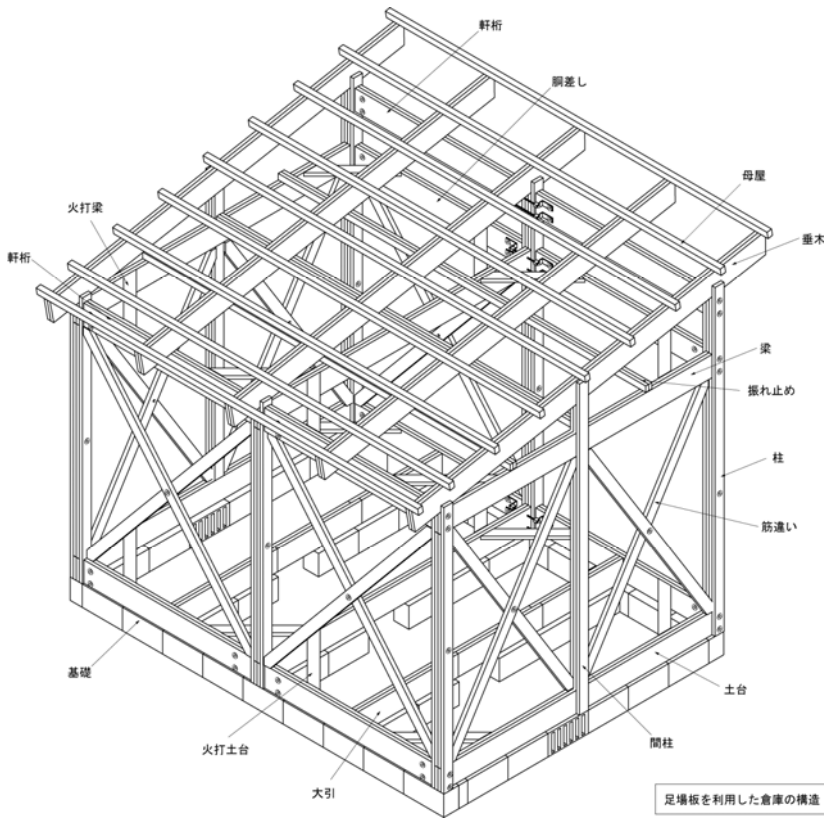


図2 フィルムバリアーの施工試験に用いた倉庫



図3 フィルムバリアーを施工した基礎

実大施工試験に用いた倉庫の構造を図2に示した。フィルムバリアーはこの図の中の基礎と土台の間に挟み込んだ。施工試験の結果、施工は比較的簡単で、施工性に問題は認められなかった。しかしながら、将来的にシロアリの侵入を許す可能性の高い部分があることがわかった。それは、フィルムの重なり部分、ボルトの貫通穴、コンクリート表面の凹凸、施工時のフィルム面の擦り傷などであった。前述のように、フィルム端部があるとそこからシロアリの食害を受ける可能性がある箇所として、図3に示した出隅部分のフィルムの重なり、基礎と土台を緊結するためのアンカーボルトの固定穴などが存在する。また、そのほかにも、フィルム施工中の表面の擦り傷や、

重い土台を置く際につくフィルム面の傷などがシロアリの侵入を許す原因となると思われた。オーストラリアのMichael Lenz 博士の話でも、無傷のナイロン12被覆ケーブルはシロアリの食害を受けないが、少しでも傷があるとそこを端緒として食害されることが多いという。

本システムは、傷がついていないフィルムや、継ぎ目のないフィルムでは非常に有効であるが、実際の施工では問題があることが明らかになった。今後は、この問題点の解決とこのシステムの他の応用、たとえば蟻道誘導システムとしての用途開発に力を注いでいく予定である。

2-10 研究発表（口頭発表）

口頭発表

発表題目	発表者名	発表会名	期日 (名前順)
The Promotion of Wood Culture in Japan	Takanori Arima	The 2nd International Conference on Wood Culture	2007.5.28 ~ 31
スギ芯持ち柱材の熱板プレス併用乾燥に関する試み	有馬孝禮・小田久人 松元明弘	第57回日本木材学会大会（広島）	2007.8.8 ~ 10
木材利用による二酸化炭素排出削減と炭素貯蔵効果	有馬孝禮	2007年度日本建築学会大会（九州）学術講演会	2007.8.29
構造材料特性	有馬孝禮	2007年度日本建築学会大会（九州）構造部門（木質構造）	2007.8.29
Resolutions on the Asian Forum for Wooden Architecture	有馬孝禮	アジア木造建築フォーラム	2007.11.27 ~ 28
地球温暖化防止条約下での木材利用と木質資源の持続性	有馬孝禮	第58回日本木材学会大会（つくば）	2008.3.17 ~ 19
シロアリとの共存を目指してー江戸時代の鯨油を使った礎石から現在開発中の方法までー	藤本英人	平成19年度夏期生物劣化研究会	2007.8.10
都市エリア産学官連携促進事業から次の事業へースギ精油の大量採取技術の開発ー	藤本英人	平成19年度木材成分の化学的総合利用研究会	2007.12.5
シロアリとの共存を目指して	藤本英人	化学技術戦略機構講演会	2007.12.18
スギ精油の家具用塗料への利用	藤本英人	都城家具工業会	2007.9.28
文部科学省都市エリア産学官連携促進事業（都城盆地エリア）の成果報告	藤本英人	2008 科学技術シンポジウム in 宮崎	2008.3.10
新しい木材乾燥システムによる低コスト化と有用成分の回収	藤本英人	林業労働機械化セミナー	2007.12.22

口頭発表（つづき）

発表題目	発表者名	発表会名	期日 (名前順)
都市エリア事業を通して見えてきた木材乾燥の問題点とその改善提案	藤本英人	バイオマスシンポジウムin 都城	2007.8.24
スギ心材部板材の乾燥速度	小田久人	第 57 回日本木材学会大会（広島）	2007.8.8 ～ 10
乾燥履歴が異なるスギ心持ち柱材の寸法変化と平衡含水率	小田久人	第 14 回日本木材学会九州支部大会（久留米市）	2007.11.8 ～ 9
スギ辺心材混合板材の乾燥速度	小田久人	第 58 回日本木材学会大会（つくば）	2008.3.17 ～ 19
樹皮焼却灰の無機成分とその化学形態	赤木 剛	第 14 回 日本木材学会九州支部大会	2007.11.9
木材利用促進による地球温暖化防止学習プログラムの実践	○藤元嘉安、永富一之	第 57 回日本木材学会大会（広島）	2007.8.8 ～ 10
各種市販木質パネルの釘接合性能(第 5 報) 屋外暴露 2 年目までの劣化を最も良く再現する促進処理方法	○関野登、高麗秀昭、野上英孝、藤元嘉安、大橋一雄	第 57 回日本木材学会大会（広島）	2007.8.8 ～ 10
耳川における流木仮置丸太の特性	○糸瀬真太郎、(九大院農)藤本登留、村瀬安英、(宮崎木技セ)藤元嘉安、松元明弘、森田秀樹	第 14 回日本木材学会大会九州支部大会（福岡）	2007.11.9
押し出し加工によるスギ圧縮ダボの製造とその引抜き強度について	○大内毅、藤元嘉安、森田秀樹、松元明弘、村瀬安英	第 58 回日本木材学会大会（つくば）	2008.3.17 ～ 19
各種市販木質パネルの釘接合性能（第 6 報）屋外暴露 3 年間の劣化とその地域間比較	○関野 登、高麗秀昭、野上英孝、藤元嘉安	第 58 回日本木材学会大会（つくば）	2008.3.17 ～ 19
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 その 2)	荒武志朗、有馬孝禮	2007 年度日本建築学会大会(九州)	2007.8.31

口頭発表（つづき）

発表題目	発表者名	発表会名	期日 (名前順)
スギ構造材柱脚柱頭接合部のめり込みクリーブ(乾燥方法と接合条件の影響 その2)	荒武志朗、有馬孝禮	第18回日本MRS学術シンポジウム	2007.12.8
内層に低ヤング係数ラミを用いたスギ集成材のクリーブ(その1)ーラミの構成と負荷方向がヤング係数と曲げクリーブに及ぼす影響ー	荒武志朗、森田秀樹、有馬孝禮	第58回日本木材学会大会(つくば)	2008.3.19
丸太選別および木取りによる構造用集成材スギラミナの歩留り向上(第3報)ー根張りを有する丸太に対する側面定規挽き効果ー	森田秀樹、藤元嘉安、村瀬安英	第14回日本木材学会九州支部大会(福岡)	2007.11.8～9
県産スギラミナを用いた新構成構造用集成材の強度(せん断)性能	松元明弘、藤元嘉安、森田秀樹、飯村豊、椎葉淳	第57回日本木材学会大会(広島)	2007.8.9
Strength Performance of Glulam made from Obi-sugi Laminae with low Young's Modulus of Elasticity	A. MATSUMOTO, H. MORITA, Y. FUJIMOTO, A. SHIIBA, Y. IIMURA	2007 IUFRO All Division 5 Conference	2007.11.1
低曲げヤング係数スギラミを用いた構造用集成材の強度性能ーラミ等級の評価方法が及ぼす影響ー	松元明弘、藤元嘉安、森田秀樹、飯村豊、椎葉淳	第58回日本木材学会大会(つくば)	2008.3.19
木造スケルトン(軸組)の開発に向けた日韓共同の取り組み	飯村豊、上杉基、椎葉淳、北田孝二、李銓濟、白惠琇	第57回日本木材学会(広島)	2007.8.9
「用倉大橋」を支えるシステム技術	飯村 豊	土木学会第6回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集	2007.8.24
低比重材スギを用いた中断面集成材構法ー圧入ジベルと丸棒シャフトを用いた乾式軸組ー	飯村豊、白惠琇	2007年度日本建築学会大会(九州)学術講演会	2007.8.29
スギラーメン構法の「韓国ヘイリ芸術村木造展示館」ーラジアタパインラーメン構法の「西都市このはな館との比較	飯村豊、上杉基、椎葉淳、北田孝二、李銓濟、白惠琇	第14回(2007年度)日本木材学会九州支部大会(福岡)	2007.11.9

口頭発表（つづき）

発表題目	発表者名	発表会名	期日 (名前順)
日韓プロジェクトを成功に導いた要因－韓国ヘイリ芸術村木造展示館	飯村豊、上杉基、椎葉淳、北田孝二、李銓濟、白惠琇	第 11 回木質構造研究会技術発表会	2007.11.29
Post-and-beam Construction System Using Structural Glulam with Low Specific Gravity Designed through Japan-Korea Collaboration	Yutaka iimura,Motoi Uesugi, Atsushi Shiiba,Kitada Koji, Hei-Soo Baek,Jun-Joe Lee	The Second Joint Seminar (2007) of China-Japan-Koreaon Wood Quality and Utilization of Domestic Species	2007.12.19
スギ変断面湾曲集成材の設計製造－日向市駅舎の屋根梁－	飯村豊、上杉基、森田秀樹、荒武志朗、藤元嘉安	2008 年度日本建築学会大会（つくば）学術講演会	2008.3.19
韓国向け新木造軸組構法－2 方向門型ラーメンの試行建設	北田孝二	2007 年度（第 47 回）日本建築学会九州支部研究報告	2008.3.2
宮崎県産スギ集成材と鉄筋コンクリートによる複合桁の開発	椎葉淳、飯村豊、張日紅、間瀬英男、藤元安宏	第 57 回日本木材学会大会（広島）	2007.8.8
改正 J A S の新構成スギ集成材を用いた複合桁の開発－鉄筋コンクリート、鋼板との複合－	椎葉淳、飯村豊、藤元安宏、張日紅	第 58 回日本木材学会大会（つくば）	2008.3.18
丸棒シャフト 2 型とドリフトピンを用いた接合法によるスギ構造用ラーメンフレームのせん断性能	上杉基、椎葉淳、北田孝二、飯村豊	第 57 回日本木材学会大会（広島）	2007.8.8 ～ 10
韓国型スギ軸組住宅を想定した壁体のせん断性能	上杉基、椎葉淳、北田孝二、飯村豊、（ソウル大）白惠琇	第 58 回日本木材学会大会（つくば）	2008.3.17 ～ 19

2-11 研究発表（展示発表）

展示発表

発表題目	発表者名	発表会名	巻(号) 頁(西暦)
Carbon stock and decreasing of carbon dioxide emission by using timber	T.ARIMA	2007 IUFRO All Division 5 (Taipei)	2007.10.29 ~ 11.2
都市エリア産学官連携促進事業（都城盆地エリア）成果報告	藤本英人	第 58 回日本木材学会つくば大会	2008.3.17 ~ 19
地球温暖化防止における木材の循環利用に関する環境教育プログラムの実践研究－「総合的な学習の時間」での実践事例－	○永富一之、菊池則生、中武敏郎、武田基宏、藤元嘉安	第 58 回日本木材学会つくば大会	研究発表要旨集(2008)P815 2008.3.17 ~ 19
Effects of Log Grading and Sawing Methods on Yield of Sugi Laminae for Structural Glulam.	Hideki MORITA, Yoshiyasu FUJIMOTO, Takanori ARIMA, Yasuhide MURASE	IUFRO ALL Division-5 Conference (IUFRO2007)	2007.10.29 ~ 11.2

2-12 研究発表（誌上发表）

誌上发表

発表題目	発表者名	発表誌名	巻(号) 頁(西暦)
木材利用入門3 木質内装材利用の環境面における意義	平野陽子・有馬孝禮	住宅と木材	vol.30 No. 354 p.4-5 2007.6
ごあいさつ	有馬 孝禮	会報広げよう木の文化！ 高めよう叡智と情熱！都城地区木材青壮年会	p.1 2007.7
緑のキーワード 森林吸収源対策と木材利用	有馬 孝禮	森林技術	2007年10月号 No. 787 p.29 2007.10
資源・環境問題と木質構造	有馬 孝禮	木質構造の設計 学びやすい構造設計	p.5-11 2008.1
バイオマス資源を利用するということ	有馬 孝禮	森林環境2008 草と木のバイオマス	p.4-8 2008.2
問われる専門性	有馬 孝禮	WOODY LETTER	2008 新年号 p.2-5 2008
飼肥（オビ）スギを改めてみる－杉コレ in 都城の意義－	有馬 孝禮	月刊杉 WEB版	30号 2008
平成19年度夏期生物劣化研究会に参加して	藤本英人	木材保存	第158巻第1号 p, (2008)
高温低湿処理したスギ心持ち 柱材の中温乾燥	小田久人	林業みやざき	2007年7月号 No. 499
スギ材の蒸気加熱式乾燥に要 する燃料消費量	小田久人	林業みやざき	2008年1月号 No. 502
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4)－屋外暴露3 年目のデータ解析－	pp.110-113 (2007)

誌上発表（つづき）

発 表 題 目	発 表 者 名	発 表 誌 名	巻（号） 頁（西暦）
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4）－屋外暴露3年目のデータ解析－	pp.121-124 (2007)
スギによる柱－土台接合部のめり込みクリーブ特性の解明と効果的接合方法の開発	荒武志朗	平成17年度～平成18年度科学研究費補助金基盤研究(C)研究成果報告書	pp.1-43(2007.5)
実大構造用木材のせん断試験法の開発	森田秀樹, 藤元嘉安, 小松幸平, 村瀬安英	木材学会誌	52(6), 376-382 (2006)
側面定規挽き製材したスギラミナの強度性能	森田秀樹, 藤元嘉安, 有馬孝禮, 村瀬安英	木材工業	62(5), 213-216 (2007)
2007 IUFRO Division5に参加して	森田秀樹	Journal of Timber Engineering	21(1), 16-19 (2008)
低曲げヤング係数スギラミナを用いた構造用集成材について	松元 明弘	林業みやざき	2007.9月号 No. 500
県産木材の利活用と技術開発－マツからスギへ－	飯村 豊	日向市駅周辺地区におけるまちづくりと連続立体交差事業の記録	p.57-58(2007)
〔内外情報〕 日向市駅舎を中心としたまちづくりにみる木材利用	上杉基	木材工業	第62巻第9号 p418-420, 2007