

論文

## 島根県産スギ材とコナラ材により製造した集成材の性能評価(Ⅱ)

後藤 崇志・池 淵 隆・中山 茂生\*・福島 亮

Performance Evaluation of Laminated Woods Produced from Sugi (*Cryptomeria japonica*) and Konara (*Quercus serrata*) Grown in Shimane Prefecture (Ⅱ)

Takashi Goto, Takashi Ikebuchi, Shigeo Nakayama\*, and Akira Fukushima

### 要 旨

島根県産スギ材とコナラ材より集成材用ラミナを製造し強度等級区分を行った。短尺ラミナはフィンガージョイント (FJ) によりたて継ぎ加工を施し, FJラミナの曲げと煮沸はく離試験により性能を評価した。断面構成の異なる2種類の実大コナラスギ異樹種集成材を製造し, 曲げと接着性能の試験を行った。ラミナの動的ヤング係数は, スギFJラミナ8.10GPa, コナラFJラミナ17.87GPaとなり, コナラは実大ラミナでも高い強度性能を有していた。FJラミナの曲げ強度 (MOR) はスギ42.1MPa, コナラ67.9MPaとなり, コナラFJラミナはフィンガーの引き抜け破壊が生じるものの高い接合強度を有すると考えられた。最外層にコナラFJラミナを構成した集成材は高い曲げヤング係数 (MOE) とMORを示したが, 最外層コナラFJラミナのFJ接合部の性能によってMORがばらつく傾向が認められた。コナラスギ集成接着, スギスギ集成接着とも高いせん断強度を示した。

### I はじめに

島根県の森林資源蓄積量は, 針葉樹材ではスギが2,507万m<sup>3</sup>, 広葉樹材ではコナラが994万m<sup>3</sup>で蓄積量が多く主要な樹種となっている (島根県農林水産部森林整備課, 2005)。スギ材は間伐材をはじめ中小径材の利用技術の開発が求められており, コナラ材はこれまで主にシイタケ原木やチップ用材に利用されていたが, その需要は減少している。島根県産コナラ製材の小試験体での材質特性を求めた結果, 気乾時密度0.83g/cm<sup>3</sup>, 曲げヤング係数14.8GPa, 曲げ強さ141MPa, 縦圧縮強度60MPaと強度性能が優れていることがわかった (後藤ほか, 2004)。しかし, 乾燥による割れや狂いが生じやすいため用材としてはほとんど利用されていない (建築知識編集部, 2002)。

これまで筆者らはスギ材とコナラ材の新たな利用方法として, これらを集成接着したコナラスギ異樹種集成材の製造と性能評価を行ってきた (後藤ほか, 2001)。小試験体による性能評価の結果, 曲げ試験ではコナララミナを最外層に構成した平使い集成材でコナラスギスギスギコナラの断面構成が最も高い曲げ性能が得られることを明らかにした。接着性能試験では, 浸せきはく離試験とブロックせん断試験でJAS (財団法人日本合板検査会, 1996) の基準を満たす結果が得られている (後藤ほか, 2001)。しかし, これらは小試験体による結果であり, 実大材でフィンガージョイント, あるいは異樹種接着など様々な因子を考慮した性能評価を実施する必要がある。

そこで, 本研究では実大寸法のコナラスギ異樹種集

\* 現農林水産部林業課

成材を製造し、構造用集成材の日本農林規格など（財団法人 日本合板検査会，1996）に準じて各種の性能評価を実施してコナラスギ異樹種集成材の製造技術の開発を試みた。

## II 試験方法

### 1. スギラミナおよびコナララミナの製造と強度等級区分

島根県産のスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) とコナラ (*Quercus serrata* THUNB. ex Murray) の丸太から集成材用ラミナを製材した。スギ丸太は材長2.0～2.5m，末口径280mm，コナラ丸太は材長2.0m，末口径200～400mmのものを用いた。それぞれの丸太から幅140～180mm×厚さ30～40mmのラミナを製材し，天然乾燥と人工乾燥により含水率を15%以下に調整した。

乾燥後，各ラミナは縦振動法により動的ヤング係数 (Efr) を測定して強度等級区分を行った（写真1）。その後，ラミナは節や割れなどの欠点を除去して幅121mm×厚さ26mmに調製し等級ごとにフィンガージョイント (FJ) によるたて継ぎ加工を施した。なお，スギラミナ65枚は通直ラミナとして用いて強度等級区分を行った。

### 2. FJによるラミナのたて継ぎ加工

節や割れなどのあるスギとコナラのラミナは垂直型（材幅の広い面に歯型が見える）のフィンガー加工を施してFJラミナとした。材長は2,500mmに仕上げ，スギ74枚，コナラ113枚のFJラミナを製造した。

フィンガーの形状を図1に示す。カッターは  $t_2=0.7\text{mm}$ ， $p=4.0\text{mm}$ ， $l=12.4\text{mm}$ ， $\theta=6^\circ$  に設定されている。接着剤はレゾルシノール樹脂（(株)オーシカ製

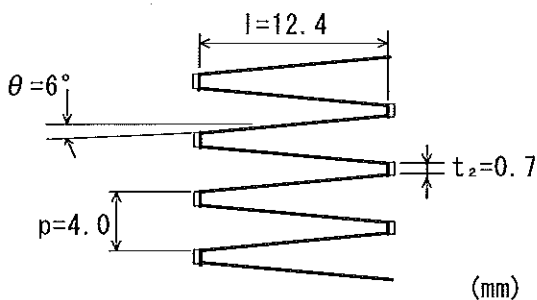


図1 フィンガージョイントの形状

D-33N) を両面塗布し，油圧シリンダーによって約10秒間圧縮した（写真2）。エンドプレッシャーはスギ  $50\text{kgf/cm}^2$ ，コナラ  $100\text{kgf/cm}^2$  とし，圧縮後約1週間養生した。その後，再びEfrを求めて強度等級区分を行うとともに，重錘法による静的曲げヤング係数（静的MOE）も合わせて測定した。

### 3. FJラミナの曲げ試験と煮沸はく離試験

FJラミナの曲げ試験と煮沸はく離試験は，幅120mm×厚さ24mmで材長210mmの煮沸はく離試験用と，材長310mmの曲げ試験用のスギとコナラのラミナをFJによりたて継ぎ加工し，各試験にFJラミナ12体を供試した。

FJラミナの曲げ試験は，木材用万能試験機（(株)マルイ製10ton）を用いて3等分点4点荷重方式により行った。試験体は材長600mm，スパン504mm，荷重点間距離168mm，試験体含水率13～15%とし，FJ部を荷重点間中央部に配置して荷重を加えた。そして，曲げヤング係数 (MOE)，曲げ強度 (MOR)，およびFJ部の破壊形態を観察した。

煮沸はく離試験は，試験体をFJ中央部で横切りし，木口面に接着層を露出させた。この試験体を沸騰水中に5時間浸せきし，次に室温の水中に1時間浸せきした後， $60^\circ\text{C}\pm 3^\circ\text{C}$ の恒温乾燥器中で18時間乾燥させ，含水率が19%以下となるように調整した。そして，木口断面の接着層で3mm以上の接着層はく離を測定した。

### 4. コナラスギ異樹種集成材の断面構成と集成接着

スギ通直ラミナ，およびスギとコナラのFJラミナを集成接着して5層構成のコナラスギ異樹種集成材を製造した。ラミナの断面構成を図2に示す。異樹種集成材

|     | K Sタイプ | S Kタイプ |
|-----|--------|--------|
| 最外層 | コナラ    | スギ     |
| 内層  | スギ     | コナラ    |
| 内層  | スギ     | スギ     |
| 内層  | スギ     | コナラ    |
| 最外層 | コナラ    | スギ     |

図2 コナラスギ異樹種集成材の断面構成

は、最外層にコナラを構成し内層にスギを構成したKSタイプと、最外層にスギを構成しそれに接する内層にコナラを構成したSKタイプの2種類とした。ラミナの強度等級は、KSタイプの最外層コナラがL160~L200、内層スギがL50~L80、SKタイプの最外層スギがL80~L125、内層コナラがL140~L180、内層スギがL40~L60とした。

FJラミナのFJ部は強度性能に影響を与えるものと考えられるため分散するように構成し、最外層用FJラミナのFJ部は荷重点間には配置せず、内層用FJラミナのFJ部は荷重点間、あるいは荷重点間以外の位置に任意に配置した。KSタイプの最外層ラミナは全てコナラFJラミナを構成し、内層スギラミナは通しラミナあるいはFJラミナを構成した。SKタイプの最外層ラミナにはスギの通しラミナとFJラミナを任意に構成し、内層用コナララミナは全てFJラミナで構成した。

集成接着は、レゾルシノール樹脂接着剤をハンドローラーで両面塗布し、コールドプレスによって圧縮圧力12kgf/cm<sup>2</sup>で24時間圧縮した。解圧後約1週間養生し、寸法を幅120mm×梁せい120mm×材長2,500mmに仕上げ加工を施してから実大曲げ試験を行った。

### 5. コナラスギ異樹種集成材の実大曲げ試験

コナラスギ異樹種集成材の実大曲げ試験は、木材用万能試験機を用いて行った。試験は3等分点4点荷重方式で、荷重点間距離720mm、スパン2,160mmとした(写真3)。試験体数はKSタイプ19体、SKタイプ14体であり、含水率は12~13%であった。試験によりMOEとMORを算出するとともに、試験体の破壊形態を観察した。

### 6. コナラスギ異樹種集成材の接着性能試験

曲げ試験後の試験体両端の非破壊部から試験体を採取して浸せきはく離試験、煮沸はく離試験、ブロックせん断試験を行った。

浸せきはく離試験は、集成材の木口断面寸法をそのままとした材長750mmの試験体を切り出し、水中に24時間浸せきした後70℃±3℃の恒温乾燥器で試験前の含水率以下まで24時間以上乾燥した。そして、接着層はく離長さ3mm以上のはく離を測定した。

煮沸はく離試験は、浸せきはく離試験と同寸法の試験体を沸騰水中に4時間浸せきし、さらに水中に1時間浸せきした後、70℃±3℃の恒温乾燥器で試験前の含水率以下まで24時間以上乾燥した。そして、接着層はく離長さ3mm以上のはく離を測定した。

ブロックせん断試験は、KSタイプの集成材からはコナラスギとスギスギ接着層を含む2種類の試験片を作製し、SKタイプからはコナラスギ接着層を含む1種類の試験片を作製した。木材用万能試験機を用い、接着層にせん断破壊を発生させるように荷重を加えた。せん断面となる接着層と荷重軸が平行となるように荷重を加え、試験片の接着層あるいは接着層付近を破断させた。そして、せん断強度を算出し、木部破断率を測定した。

## III 結果と考察

### 1. ラミナの強度等級区分

スギ通直ラミナ、スギとコナラのFJラミナの気乾時密度、Efrおよび静的MOEの測定結果を表1に示す。気乾時密度はスギ0.38~0.41g/cm<sup>3</sup>、コナラ0.84g/cm<sup>3</sup>となり、前報(後藤ほか、2001)とほぼ同じ値であった。Efrは、スギの通直ラミナ8.31GPa、FJラミナ8.10GPa

表1 スギ通しラミナ、スギおよびコナラFJラミナの気乾時密度、Efr、静的MOE測定結果

| 樹種  | ラミナ | 気乾時密度(g/cm <sup>3</sup> ) | Efr(GPa)        | 静的MOE(GPa)      |
|-----|-----|---------------------------|-----------------|-----------------|
| スギ  | 通直  | 0.38                      | 8.31            | 8.11            |
|     |     | SD 0.04 CV 11.5           | SD 1.58 CV 19.1 | SD 1.57 CV 19.3 |
| コナラ | FJ  | 0.41                      | 8.10            | 7.86            |
|     |     | SD 0.04 CV 10.7           | SD 1.52 CV 18.8 | SD 1.44 CV 18.3 |
| コナラ | FJ  | 0.84                      | 17.87           | 17.03           |
|     |     | SD 0.03 CV 3.9            | SD 2.25 CV 12.6 | SD 2.19 CV 12.9 |

SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%)

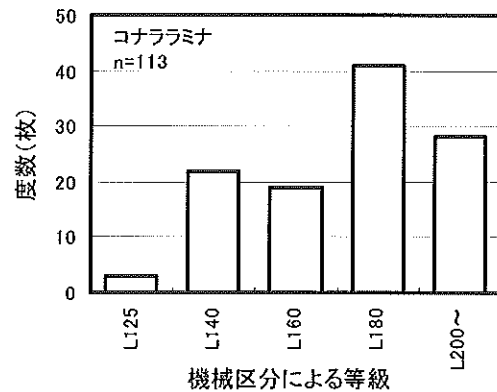
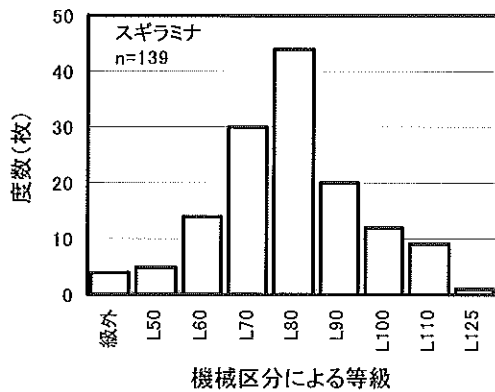


図3 スギラミナ (通直, FJ) とコナラFJラミナの強度等級区分結果

(左:スギラミナ (通直, FJ), 右:コナラFJラミナ)

となり、変動係数も同様な値であることからこれらに著しい分布の違いはないことがわかる。コナラFJラミナのEfrは17.87GPaとなり、前報(後藤ほか, 2001)とほぼ同じ値を示し、実大のコナララミナも高い強度性能を有することが明らかとなった。

静的MOEは、スギ通直ラミナ8.11GPa、スギFJラミナ7.86GPa、コナラFJラミナ17.03GPaとなり、スギFJラミナではEfrよりも若干低い値を示しているが、変動係数はEfrと静的MOEで著しい違いはなく、強度性能としての影響はないものと考えられる。

Efrによるスギとコナララミナの強度等級区分結果を図3に示す。なお、スギラミナは通直ラミナとFJラミナでバラツキに著しい違いがないことから合わせて等級区分した。スギラミナはL80等級が最も多く、コナララミナはL180が最も多くなっている。この結果より、スギラミナはL50~L70, L80~L90, L100以上の3区分に、コナララミナではL140~L160, L180以上の2区分に強度等級区分を行い異樹種集成材の断面構成を行うことがラミナの出現割合からいって有効であると考えられる。

## 2. FJラミナの曲げ試験と煮沸はく離試験

FJラミナの曲げ試験結果を表2に示す。MOEはスギ9.08GPa、コナラ15.90GPa、MORはスギ42.1MPa、コナラ67.9MPaとなり、変動係数はMOE、MORいずれも同様な値を示した。FJの強度はフィンガーが長いほど高く、強度の平均値は継ぎ目のない材の60~80%になるといわれている(林, 2004)。スギおよびコナラ製材の小試験体でのMORはそれぞれ52MPa、141MPa(後藤

表2 FJラミナの曲げ試験結果

| 樹種  | MOE (GPa)      | MOR (MPa)      |
|-----|----------------|----------------|
| スギ  | 9.08           | 42.1           |
|     | SD 0.66 CV 7.3 | SD 5.0 CV 11.8 |
| コナラ | 15.90          | 67.9           |
|     | SD 1.21 CV 7.6 | SD 7.6 CV 11.2 |

SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%)

ほか, 2004) となり、スギFJラミナのMORは製材の約80%と良好な強度を示したが、コナラFJラミナは約50%の強度という結果であった。

FJ部の破壊形態は、スギではFJ底部での破壊が大であったが、コナラではフィンガーの引き抜けが生じたものがほとんどであった。盛田ら(盛田ほか, 2001)は、材料強度が高くなれば引き抜け破壊の割合は増加するため引き抜け破壊は必ずしも接着不良の指標にはなり得ないと考察している。コナララミナは気乾時密度0.84g/cm<sup>3</sup>で高い強度性能を有する(後藤ほか, 2004)ことからFJの引き抜け破壊が生じたものと考えられる。曲げ試験によるFJラミナの強度等級区分はスギでL100、コナラでL160に相当しており、コナラは引き抜け破壊が生じるものの高い接合強度を有しているものと考えられる。

煮沸はく離試験の結果、全試験体の平均はく離率はスギ0.1%、コナラ4.3%、はく離率の最大値はスギ0.8%、コナラ13.3%となり適合基準を満たす結果であった。

表3 コナラースギ異樹種集成材の実大曲げ試験結果

| 集成材タイプ | 気乾時密度(g/cm <sup>3</sup> ) | MOE(GPa)       | MOR(MPa)        |
|--------|---------------------------|----------------|-----------------|
| KS     | 0.57                      | 15.16          | 69.5            |
|        | SD 0.02 CV 2.8            | SD 0.58 CV 3.8 | SD 11.5 CV 16.5 |
| SK     | 0.58                      | 10.77          | 61.0            |
|        | SD 0.02 CV 3.1            | SD 0.61 CV 5.6 | SD 7.7 CV 12.6  |

SD : 標準偏差, CV : 変動係数 (%)

### 3. コナラースギ異樹種集成材の実大曲げ試験

コナラースギ異樹種集成材の実大曲げ試験結果を表3に示す。MOEはKSタイプ15.16GPa, SKタイプ10.77GPaとなり, KSタイプで高いMOEを示した。これは, 表1よりコナラFJラミナのEfrは17.87GPaでスギのラミナは8.1~8.3GPaの範囲であり, KSタイプの最外層に構成したコナラFJラミナの性能によるものと考えられる。MORはKSタイプ69.5MPa, SKタイプ61.0MPaとなった。図4に各集成材のMOEとMORの関係を示す。集成材のMORは特に引張り側最外層ラミナのFJ部の性能が強く影響することが報告されており(渡辺ほか, 2003), MORの変動係数は, KSタイプ16.5%, SKタイプ12.6%でMOEのそれより大きく, MORのバラツキが大きくなっていることがわかる。表2より, FJラミナの曲げ性能は高くバラツキも小さくなっており, 実大材では均一なFJが製造されるよう最外層用コナララミナのFJ部の製造方法を検討する必要があると思われる。

破壊した集成材を観察すると, KS集成材では引張り側最外層コナララミナのFJ部が荷重点付近にある場合, FJ部より破壊が発生し内層スギラミナへ伸びていた

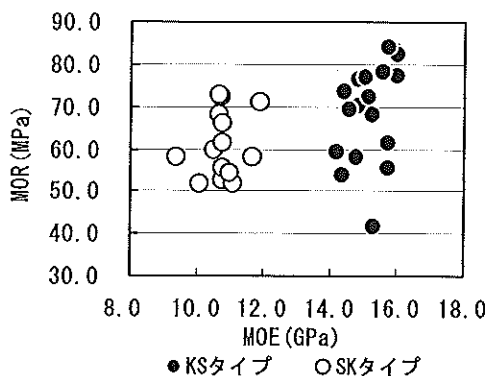


図4 コナラースギ異樹種集成材のMOEとMORの関係

(写真4)。SK集成材では, 引張り側最外層がスギ通シラミナの場合は, それに接するコナララミナのFJ部付近で破壊が発生し, 最外層がスギFJラミナの場合はFJ部で破壊するか, あるいは集成材自体が脆性的な破壊を示した(写真5)。

池淵ら(池淵ほか, 1998)は, 島根県産スギ通直ラミナ5層をレゾルシノール樹脂接着剤で集成した実大スギ集成材(スパン2,700mm)の曲げ試験を行い, MOEは5.9~8.8GPa, MORは34.3~51.0MPaになったと報告している。また, 最外層にヒノキ長尺ラミナを構成した場合のMOEは8.8~10.3GPa, MORは41.1~60.8MPaとなり曲げ性能が向上したことも合わせて報告している。コナラースギ異樹種集成材の強度等級はKSタイプE150-F435, SKタイプE105-F300に相当しており, 実大のスギ集成材あるいはヒノキスギ集成材と同等もしくはそれ以上の曲げ性能を有することが明らかとなった。

### 4. コナラースギ異樹種集成材の接着性能試験

浸せきはく離試験および煮沸はく離試験の結果, 浸せきはく離試験の合格率はKSタイプ73.7%, SKタイプ42.9%となり, SKタイプは14体中8体で適合基準を満たさなかった。SKタイプのはく離率の平均値は7.5%と高く, 特に最外層スギラミナと内層コナララミナとの接着層ではく離が多く生じていた。

煮沸はく離試験の合格率は, KSタイプ73.7%, SKタイプ92.9%となり, SKタイプでの合格率が高くなった。KSタイプのはく離率の平均は2.7%で小さかったが, 最大はく離率が10.4%の試験体をはじめとして8~9%のはく離率を示す試験体が19体中4体生じていた。

ブロックせん断試験の結果を表4に示す。KSタイプとSKタイプのコナラースギ接着層ではせん断強度と木部破断率ともにはほぼ等しい結果を示し, せん断強度

表4 コナラースギ・スギースギ接着層のブロックせん断試験結果

| 集成材タイプ | 接着層    | せん断強度(MPa)     | 木部破断率(%)        | 試験片数 |
|--------|--------|----------------|-----------------|------|
| KS     | コナラースギ | 10.0           | 50.9            | 95   |
|        |        | SD1.2 CV 11.9  | SD 23.1 CV 45.3 |      |
|        | スギースギ  | 8.6            | 77.6            | 187  |
|        |        | SD 1.1 CV 12.8 | SD 16.0 CV 20.6 |      |
| SK     | コナラースギ | 10.7           | 58.1            | 69   |
|        |        | SD 1.7 CV 15.3 | SD 23.4 CV 40.3 |      |

SD: 標準偏差, CV: 変動係数 (%)

10.0MPa, 10.7MPa, 木部破断率50.9%, 58.1%となった。KSタイプのスギースギ接着層のそれらは8.6MPa, 77.6%となりコナラースギの試験片よりもせん断強度は小さく, 木部破断率は大きくなった。良好な接着の場合, 比重の大きな材はみかけ上接着強さは大きくなる。木材の比重が高くなり木材自体の凝集力が接着層の凝集力を上まわると, その接着系は接着層あるいは接着界面で破壊し木部破断率は減少する傾向がある ((社)日本木材加工技術協会, 1999)。表1より, コナラ材の気乾時密度は0.84g/cm<sup>3</sup>でスギ材に比べて約2倍であることから, コナラースギの接着はスギースギの接着よりもせん断強度は高くなるものの, 木部破断率は低くなる結果を示したものと考えられる。ブロックせん断試験では高いせん断強度が得られたが, 浸せきはく離, 煮沸はく離試験では適合基準は満たしておらず, 今後吸放湿を伴う長期的な暴露条件下での接着耐久性を検討する必要があると思われる。

#### IV おわりに

島根県産スギ材とコナラ材より集成材用ラミナを製造し, FJラミナの製造と性能評価, ラミナの強度等級区分, 実大のコナラースギ異樹種集成材の製造と曲げおよび接着性能試験を行った。実大のコナラFJラミナのEfrは17.87GPaであり高い強度性能を有することがわかった。スギとコナラのFJラミナは製材の曲げ強度の約80%, 50%の強度であったが, 高い接合強度を有するものと考えられる。実大のコナラースギ異樹種集成材は, 最外層にコナラFJラミナを構成するとE150-F435に相当する高い曲げ性能を示したが, MORのパラツキが大きく最外層用コナララミナのFJ部の製造方法を検討する

必要がある。接着性能は, ブロックせん断試験で高いせん断強度を示したが, 今後暴露条件下での接着耐久性の評価なども必要であると思われる。

#### 謝辞

本報の取りまとめにあたり有益なご助言をいただいた島根大学総合理工学部 吉原浩 助教授に厚く御礼申し上げます。また, 当センター越智研究員よりご助言をいただき, この場をかりて感謝の意を表します。

本研究は平成10~14年度林野庁大型プロジェクト研究「地域材を利用した高信頼性構造用材の開発」の一環として実施した研究の一部を取りまとめたものである。林野庁, (独)森林総合研究所の関係各位に感謝の意を表します。

#### 引用文献

- 後藤崇志・池淵 隆・古野 毅・中山茂生 (2004) 島根県産コナラ材とスギ材の異樹種複合LVLへの適用性の検討—製材, 単板, および異樹種複合LVLの基礎的な強度特性—, 木材工業59 (2) : 61-66.
- 後藤崇志・池淵 隆・中山茂生 (2001) 島根県産スギ材とコナラ材により製造した集成材の性能評価 (I), 島根林技研報52 : 11-19.
- 林 知行 (2004) ウッドエンジニアリング入門, 120-122, 学芸出版, 京都.
- 池淵 隆・錦織 勇 (1998) 島根県産スギ材の集成化と強度性能, 島根林技研報49 : 51-58.
- 建築知識編集部 (2002) 建築知識 [3月号], 147, エクスナレッジ, 東京.
- 盛田貴雄・林 知行・小松幸平・飯島泰男 (2001) フィ

ンガージョイントラミナの保証荷重試験（第1報）接着硬化過程における保証荷重試験の検討，木材学会誌 47（6）：508-514.

島根県農林水産部森林整備課（2005）森林資源関係資料（平成14年度末現在）.

社団法人 日本木材加工技術協会（1999）木材の接着・接着剤，42-43，産業出版，東京

渡辺公昭・田中健太郎・福留重人・小松幸平・森 拓郎・飯島泰男・藤田和彦（2003）異樹種集成材の曲げ強度に関する実験的研究．第53回日本木材学会研究発表要旨集：245.

財団法人 日本合板検査会（1996）平成7年度食品等適正製造基準作成事業報告書 構造用集成材.

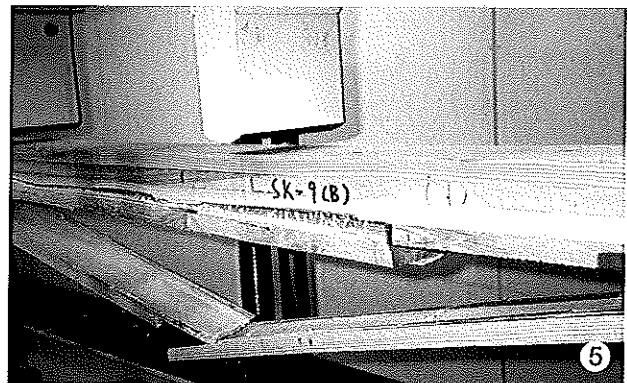
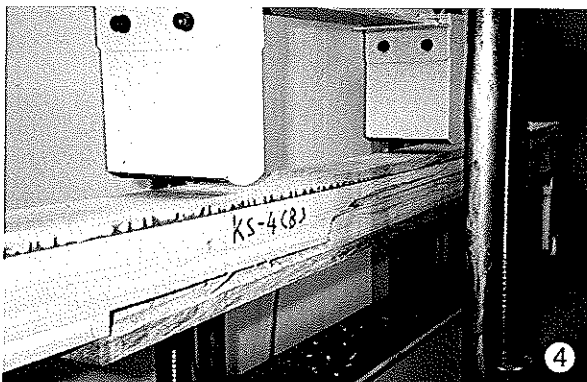
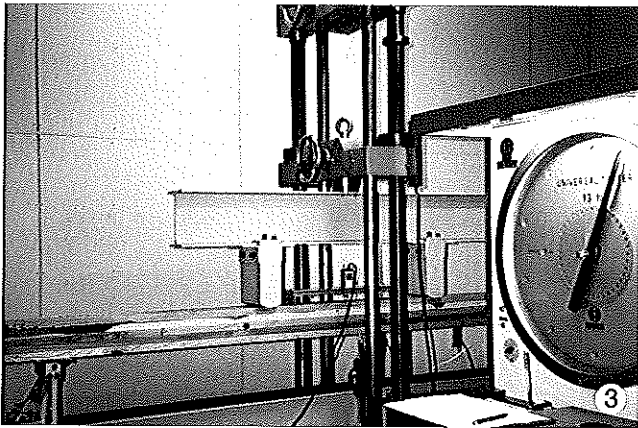
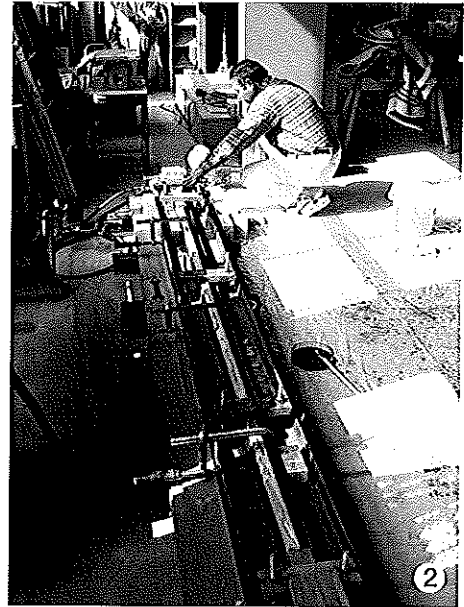
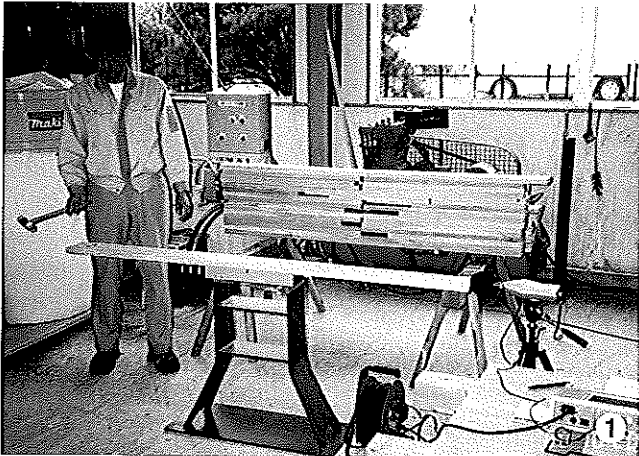
Performance Evaluation of Laminated Woods Produced from Sugi (*Cryptomeria japonica*) and  
Konara (*Quercus serrata*) Grown in Shimane Prefecture ( II )

Takashi Goto, Takashi Ikebuchi, Shigeo Nakayama, and Akira Fukushima

ABSTRACT

From Sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) and Konara (*Quercus serrata* Thunb. ex Murray) wood grown in Shimane Prefecture, we produced the laminae and graded the quality of these laminae according to their modulus of dynamic elasticity (Efr). Short laminae were finger-jointed, and the performance of finger-joint (FJ) was evaluated by bending and boiling tests. Bonding these finger-jointed laminae, two types of full-sized laminated woods were fabricated by changing the structure of lamination. The values of Efr were obtained as 8.10GPa and 17.87GPa for sugi and konara FJ laminae, respectively, so it was thought that the laminae of konara were superior to those of sugi in the strength performance of full-sized laminae. Modulus of rupture (MOR) were obtained as 42.1MPa and 67.9MPa for sugi and konara FJ laminae, respectively, so it was considered that the joint strength of konara FJ laminae was larger than that of sugi FJ laminae although the pull-out of finger was often induced. The laminated woods in which the konara FJ laminae were used as the top and bottom surfaces had large modulus of elasticity (MOE) and MOR. Nevertheless, the value of MOR was dependent on the performance of konara FJ laminae located at the surface. The glue lines between konara and sugi, sugi and sugi wood laminae showed great shear strength.





- 写真1 縦振動法によるラミナの強度等級区分  
写真2 ラミナのたて継ぎ加工  
写真3 コナラ・スギ異樹種集成材の実大曲げ試験  
写真4 KSタイプ異樹種集成材の曲げ破壊形態の一例  
写真5 SKタイプ異樹種集成材の曲げ破壊形態の一例

