

氏名	い しゃん ほ あ 易 庠 华
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	甲第346号
学位授与年月日	平成16年 9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	低強度スギ単板の熱圧縮強化および高強度カラマツ単板複合化による構造用LVLへの適用に関する研究 (Studies on Application of Low Quality Sugi Veneer to Structural Laminated Veneer Lumbers by Heat Compression and Composition with High Quality Karamatsu Veneers)
学位論文審査委員	(主査) 上原 徹 (副査) 吉延 匡弘 作野 友康 古川 郁夫 古野 毅

学位論文の内容の要旨

本研究は、人工造林に産する低強度スギ材の用途を拡大するために、まず第1章「スギ単板の熱圧縮」および第2章「熱圧縮単板を用いたLVLの製造とその性質」においては、低質スギ材の強度特性および表面特性の改善を目的として、高温高圧水蒸気によって熱圧縮されたスギ単板の厚さ方向の変形を固定させる方法、および熱圧縮されたスギ単板によるLVLの製造とその力学的な性質について検討した。

さらに、第3章「スギーカラマツ複合LVLの製造とその性質」においては、スギ材の構造用材料への利用を目的として、既存設備によって簡易に製造可能な高強度LVLを開発するために、スギ単板と比較的高剛性を有するカラマツ単板とを組み合わせた複合LVLの製造を試みた。

第1章においては、ホットプレスの熱板の上に、特別に作製した密閉装置を取り付け、スギ単板を熱圧縮する時に単板内部から発生する高温高圧水蒸気によって圧縮された単板の変形を固定する方法について検討した。得られた結果は以下のように要約される。

1) 熱圧縮時に密閉装置内に充填するスギ単板内部から発生する高温高圧水蒸気によって圧縮された単板の厚さ方向の変形を固定させることが可能であった。

2) 単板の下に金網を敷くことにより、単板の割れを有効に防止できる。また、直径1mm、間隔10mm穴を開けた厚さ0.1mmのテフロンフィルムを単板と金網の間に挿入することにより、

単板からの抽出成分が金網に付着するのを防止可能であった。

3) 単板の厚さ方向の変形の回復度は、熱圧縮時間の増加とともに減少した。回復度は圧縮温度の影響を大きく受けた。厚さ方向の圧縮変形を固定できる圧縮条件は、200℃で3分、180℃で8分であったが、圧縮温度が160℃の場合には、圧縮時間を16分としても、固定は不完全であった。

4) 未圧縮単板および圧縮単板のヤング率はバラツキが大きく、密度の増加に伴い増大する傾向がみられる。圧縮単板のヤング率は未圧縮単板のものよりも高い値を示した。

5) 単板表面の摩耗量は回転数の増加に伴い大きくなる傾向が見られた。同じ回転数で比較すると、熱圧縮単板の摩耗量は未圧縮単板よりかなり小さくなり、ブナ材の表面摩耗量とほぼ同程度の値を示した。

6) 動的ヤング率は、ロータリー単板と挽き板材ともに、処理の有無に依らず密度の上昇に伴って上昇した。比ヤング率と密度との関係においては、単板では挽き板材とは異なり処理依存性が認められ、比ヤング率は処理によって上昇した。このような挽き板材とロータリー単板との差異は、単板切削時に単板に生じた裏割れの寄与によるものであることが確認された。

第2章においては、熱圧縮スギ単板によるLVLの製造およびLVLのヤング率、強さ、木ねじの保持力、硬さなどの力学性質について検討した。得られた結果は以下のように要約される。

1) LVLを構成する熱圧縮単板の比率を増加させることにより、LVLの曲げ強さは著しく上昇した。スギ未圧縮単板のみによるLVLの曲げ性能は、構造用単板積層材(LVL)の日本農林規格(JAS)に照らすと、70Eの特級レベルに達する程度であった。熱圧縮単板の構成比率を50%以上にした時には、LVLの曲げ性能は120Eの特級レベルに達した。

2) ヤング率はLVLに占める熱圧縮単板の比率が高くなると、著しく増加する。また、動的ヤング率は静的ヤング率よりやや大きくなる傾向がみられた。構造用単板積層材の日本農林規格(JAS)によると、未圧縮スギ単板のみによるLVLの曲げヤング率は70Eレベルであったが、熱圧縮単板の比率が50%以上のLVLでは120Eレベルへと上昇した。

3) LVLに占める熱圧縮単板の比率が50%以上であっても、LVLの曲げ性能は大きく向上されなかった。

4) LVLの表面の硬さは熱圧縮単板の比率の増加に伴い、著しく増加した。熱圧縮単板の比率が16%の場合の硬さは未圧縮の1.5倍であったが、全て熱圧縮単板の場合の硬さは未圧縮の約2.3倍になった。

5) 熱圧縮単板の比率16%、33%、50%、66%、100%のLVLの木ねじ保持力の増加率はそれぞれ約6%、12%、26%、34%、38%であった。

6) 異なる熱圧縮単板の比率により構造されたLVLの接着層のはく離は認められなかった。

第3章においては、低剛性の日本産スギ材を構造用材として利用するために、スギ単板と比較的高い剛性を有するカラマツ単板とによって構成した9プライの異樹種複合LVLを製造し、複合LVLにおける各単板の構成比率および配置構成が強度性能におよぼす影響について検討を行なった。得られた結果はいかのように要約される。

1) 複合 LVL の曲げ強度性能は、LVL の外層部から順次配置するカラマツ単板の構成比率が増加するに従って、静的曲げヤング係数および曲げ強さは増加した。このとき、カラマツ単板の構成比率が 44%以上の複合 LVL、すなわち表裏両外層部にカラマツ単板を 4 プライ以上用いた複合 LVL では、全てカラマツ単板で構成された LVL の曲げ性能に匹敵する性能を示した。

2) 複合 LVL のせん断強度性能も、カラマツ単板の構成比率を 44%以上とすることによって、カラマツ単板のみで構成された LVL と同等の最大せん断応力を示した。しかし、期待された両単板の配置構成による改善効果は、認められなかった。

3) 複合 LVL の静的・動的ヤング係数の測定値、および複合 LVL ヤング係数の計算値との間には、相互に高い相関で直線関係が認められた。これより、製造する複合 LVL の曲げ強度性能は、用いる単板の曲げヤング係数および配置構成から高い精度で予測可能であり、さらに、製造時に非破壊試験法を導入することによって、高いレベルでの品質管理を行なうことが可能であることを示唆された。

論文審査の結果の要旨

本研究は、人工造林に産する低強度スギ材の用途を拡大するために、スギ材の強度特性および表面特性の改善を目的として、高温高圧水蒸気によって熱圧縮されたスギ単板の厚さ方向の変形を固定させる方法、および熱圧縮されたスギ単板による構造用 LVL の製造とその力学的な性質について検討した。

熱プレスの熱盤上に、本研究のために作製した密閉装置を取り付け、スギ単板熱圧縮時に単板内部から発生する高温高圧水蒸気によって、圧縮された単板の変形を固定する方法について検討した。その結果、(1)熱圧縮時に密閉装置を用いると、スギ単板内部から発生する高温高圧水蒸気によって圧縮された単板の厚さ方向の変形を固定させることが可能であった。(2)単板の下に金網を敷くことにより、単板の割れを有効に防止できた。(3)単板厚さ方向の変形回復度は、熱圧縮時間の増加とともに減少した。厚さ方向の圧縮変形を固定できる圧縮条件は、200℃で3分、180℃で8分であった。(4)圧縮単板のヤング率は未圧縮単板のものよりも高い値を示した。(5)熱圧縮単板の摩耗量は未圧縮単板より小さくなり、ブナ材の表面摩耗量とほぼ同程度の値を示した。(6)動的ヤング率は、ロータリー単板と挽き板材ともに、密度の上昇に伴って上昇した。比ヤング率と密度との関係においては、単板では挽き板材とは異なり処理依存性が認められ、比ヤング率は処理によって上昇した。このような挽き板材とロータリー単板との差異は、単板切削時に単板に生じた裏割れの寄与によるものであることが確認された。

次に、熱圧縮スギ単板による LVL を製造した結果、(1)LVL を構成する熱圧縮単板の比率を増加させることにより、LVL の曲げ強さは著しく上昇した。熱圧縮単板の構成比率を 50%以上にした時には、LVL の曲げ性能は 120E の特級レベルに達した。(2)ヤング率は LVL に占める熱圧縮単板の

比率が高くなると、著しく増加した。また、動的ヤング率は静的ヤング率よりやや大きくなる傾向がみられた。(3)LVLの表面の硬さは熱圧縮単板の比率の増加に伴い、著しく増加した。熱圧縮単板の比率が16%の場合の硬さは未圧縮の1.5倍であったが、全て熱圧縮単板の場合の硬さは未圧縮の約2.3倍になった。(4)LVLの木ねじ保持力は熱圧縮単板の比率の増加とともに38%増加した。(5)異なる熱圧縮単板の比率により構造されたLVLの接着層のはく離は認められなかった。

さらに、低剛性の日本産スギ材を構造用材として利用するために、スギ単板に比較して高い剛性を有するカラマツ単板を用いて構成した9プライの異樹種複合LVLを製造した。複合LVLにおける各単板の構成比率および配置構成が強度性能におよぼす影響について検討を行なった。(1)複合LVLの曲げ強度性能は、LVLの外層部から順次配置するカラマツ単板の構成比率が増加するに従って、静的曲げヤング係数および曲げ強さは増加した。表裏両外層部にカラマツ単板を4プライ以上用いた複合LVLでは、全てカラマツ単板で構成されたLVLの曲げ性能に匹敵する性能を示した。(2)複合LVLのせん断強度性能も、カラマツ単板の構成比率を44%以上とすることによって、カラマツ単板のみで構成されたLVLと同等の最大せん断応力を示した。(3)複合LVLの静的・動的ヤング係数の測定値、および複合LVLヤング係数の計算値との間には、相互に高い相関で直線関係が認められた。これより、製造する複合LVLの曲げ強度性能は、用いる単板の曲げヤング係数および配置構成から予測可能であることが示された。

以上のように、本研究は伐採期に達した戦後造林スギから、既存設備を活用し、簡易に製造可能な高強度LVLを開発に成功した。また、圧密化単板や異樹種を用いた複合LVLの強度発現を検討し、複合LVLの曲げ強度性能の予測可能であることを明らかにした独創的な研究であり、学位論文として十分な価値を有するものである。