

北海道産カラマツを用いた高強度集成材の製造技術

試験研究計画名：北海道産カラマツによる外材製品に対抗可能な高強度積層材の生産システムの実証

地域戦略名：北海道産カラマツによる外材製品に対抗可能な高強度積層材の実現
研究代表機関名：（地独）北海道立総合研究機構林産試験場

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

カラマツは樹心付近の未成熟材部（樹心から概ね 15～20 年輪程度）とその外側の成熟材部との強度の差が大きいという特性があり、現状では、北海道産カラマツは強度をそれほど必要としない梱包材・パレット材等の輸送用資材に主に用いられています。資源が充実し大径化が進む道産カラマツについては、今後、樹心付近の輸送用資材としての利用に加え、外側の成熟材部については強度的優位性を活かし、特に外材製品が 90%ものシェアを占めている建築用横架材市場への参入を目指すことが有効と考えられます。これにより、国産材による東京五輪施設や公共建築物等の建築への需要が喚起され、国産材シェアの拡大につながるとともに、道産カラマツの価値向上が期待できます。

樹心付近を従来用途である輸送用資材として利用するのに加え、外側の強度の高い成熟材部を用いてカラマツによる高強度積層材の製造を実現するために、①産地・樹齢・原木強度等を指標とした高強度積層材製造に適した原木の選別指標の明示、②成熟材部から選択的に集成材用ラミナや LVL（単板積層材）用単板を生産する技術、③強度性能の確かなカラマツ高強度集成材・LVL の適正製造条件の確立、④ラミナ又は単板の選択的な採取による生産コストの増加を最小にする生産工程の最適化、等を組み合わせ、カラマツ高強度積層材の生産システムの確立を目指しました。

技術体系の紹介：

1. 側取り製材による高強度ラミナの生産技術

これまでの北海道産カラマツの材質調査の結果、若齢時に形成された樹心に近い部位（未成熟材）と樹齢 20 年生以降に形成された外周部位（成熟材）との強度の差が大きく、外周部の方が強度が高いことがわかっていました。幹の横断面における強度の分布を見ると（図 1）、樹心から外周に向かって強度は上がっていき、半径 12～16cm 以降は概ね一定となるため、カラマツは高樹齢・大径化するほど成熟材部の材積が増え、高強度部位が多くなる特性を有しています。そこで、外周の強度の高い部位からは集成材用ラミナを、樹心付近の部位は従来用途の梱包・パレット材を、という部位による使い分けができればと考えました。道内の多くの製材工場で行われているツインバンドソーを用いた製材工程では、図 2 のように真ん中のタイコ材部（形が和太鼓に似ていることから付いた呼び名）と、その両側の背板部（半月状の部分）とに分けて製材します。この背板部分からラミナを取ることになれば、外周部のみのラミナを効率的に集められると考え、全道の主なカラマツ産地である、十勝、網走、上川、後志、釧路、根室の 6 箇所の製材工場で行いました。径級 26～28cm の原木 550 本を用いて、

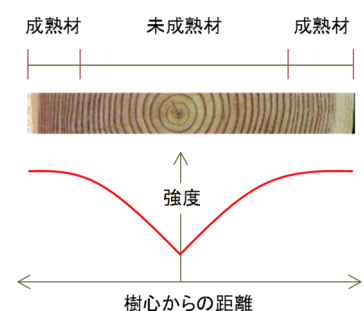


図1 カラマツの横断面における強度分布

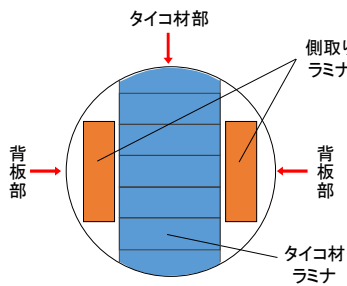


図2 ラミナの木取り図

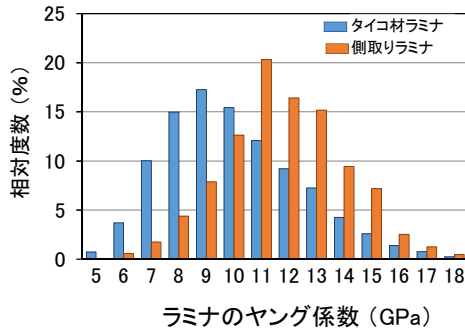


図3 側取りラミナとタイコ材ラミナのヤング係数分布

E95-F270	E105-F300	E120-F330
L110	L125	L140
L100	L110	L125
L90	L100	L110
L70	L80	L90
L70	L80	L90
L70	L80	L90
L90	L100	L110
L100	L110	L125
L110	L125	L140

※L値はラミナ等級を表す。数字が大きいくほど高強度。

図4 集成材の強度等級と断面構成

タイコ材部のラミナとその

両側の背板部分から取ったラミナ（以下、側取りラミナ）とを区別して製材し、人工乾燥した後にヤング係数を測定しました（図3）。タイコ材部ラミナのヤング係数平均値 10.5GPa に対して、側取りラミナの平均値は 12.3GPa となり、側取りラミナの強度的な優位性が明らかとなりました。

2. 高強度集成材の製造技術

集成材の JAS 強度等級と断面構成を図 4 に示します。現状ではカラマツ集成材の標準的等級は E95-F270 です。本開発技術による側取りラミナのヤング係数分布では、ラミナ等級の L125 の割合が 21%、L140 以上の割合が 26% となり、標準よりも 2 ランク上位の強度等級 E120-F330 が製造可能な水準であると判断されました。これらの結果を踏まえ、タイコ材部で従来製品である梱包・パレット材を、そして背板部でラミナを取る場合の木取りと、使用原木の径級との最適な組み合わせを調べた結果、原木の径級については、ラミナを側取りするには径級 24cm 以上必要で、更に背板部の歩留まりを考えると径級 28cm 以下が適していました。側取り製材により得られたラミナを用いて集成材工場で JAS 強度等級 E120-F330 の実大集成材を製造し、林産試験場において曲げ強度試験を行った結果、68 体全ての試験体で強度等級 E120-F330 の基準値を満たしていることが確認されました。

集成材製造時のラミナの積層接着について、JAS に規定されている減圧加圧はく離試験により接着性能を評価した結果（表 1）、ラミナ乾燥時の蒸煮処理条件（①蒸煮なし、②通常より低温の蒸煮、③通常の蒸煮）の違いによる接着性能の明確な違いは認められませんでした。切削から圧縮までの時間は短いほど接着性能が高くなりました。また、圧縮圧力が高すぎると接着性能は低下する傾向がみられました。高強度ラミナは必然的に高密度材となるため、使用する接着剤は、水性高分子イソシアネート系接着剤では安定した接着性能が得られないことから、より接着性能の高いレゾルシノール樹脂接着剤を使用する必要性がありました。

表1 接着はく離試験の結果

圧縮圧力	蒸煮条件	切削から圧縮までの時間		
		直前	前日	3日前
50%	なし	○	×	○
	低温	○	△	△
	通常	△	×	×
80%	なし	○	×	△
	低温	○	○	×
	通常	△	△	×
110%	なし	×	△	○
	低温	△	△	△
	通常	○	△	△
140%	なし	×	×	△
	低温	△	×	△
	通常	△	△	×

※ 試験片数は各条件 8 体

※ 圧縮圧力は標準圧力(1.0MPa)に対する値

※ JAS の適合基準に対する判定結果

○: 全試験片が適合

△: 一部の試験片が不適合

×: すべての試験片が不適合

3. 製造コスト低減技術

高強度集成材生産における生産性の向上とコスト低減に向け、側取りラミナの製材寸法低減の可能性について検討しました。ラミナの側取りは、成熟材部を多く含むことによる強度の向上が狙いですが、同時に繊維傾斜度が小さいことにより乾燥時の形状変化が小さいという特性も合わせ持っており、このことは、仕上がり製品寸法に対する製材時の歩増し量をより小さくして製造コスト低減できると考え、

製材時のラミナの挽き立て寸法（歩増し量）の違いと、ラミナのたて継ぎ～厚さ仕上げ工程での削り残し発生量との関係を調べました。厚さを 37、36、35、34mm の 4 種類に設定して側取り製材したラミナを、厚さごとに長さ 4320mm に縦継ぎし、モルダーで厚さ 30mm に仕上げた時点での削り残しの発生量及び縦継ぎラミナの振れ角度を測定しました。

側取りラミナ 1200 枚の振れ角度を、通常のラミナ（径級 20cm の原木から 4 丁取り）の測定データ（n=890）と比較して図 5 に示します。側取りラミナの方が振れが小さい特性が明確に現れています。また、挽き立て厚さごとのラミナの縦継ぎ後の削り残し量測定結果では、削り残しの発生本数は、標準挽き立て厚さである 37mm で 62 本中 0 本、36mm では 64 本中 1 本、35mm では 58 本中 2 本、34mm では 60 本中 30 本となり、35mm まで厚さを減らせることが示されました。

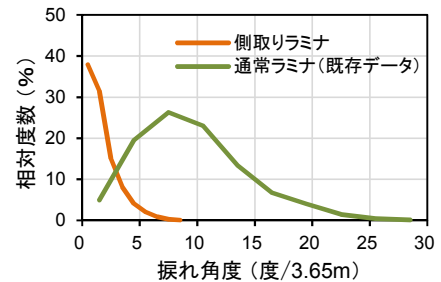


図5 ラミナの振れ角度の頻度分布

		a.慣行	b.高強度集成材	
集成材生産量(m ³ /年)	①	3,400	3,400	(⑧+⑩)×②
製造歩留まり (%)	②	68	68	
集成材販売価格 (円/m ³)	③	110,000	120,000	a.既存工場の聞き取り調査結果 b.外国産の高強度集成材「ダブリカカラマツ」の価格相当
売上高 (千円/年)	④	374,000,000	408,000,000	①×③
売上高営業利益率 (%)	⑤	4.1	4.1	a.の利益率を試算した結果を、b.にも適用
営業利益 (円/年)	⑥	15,334,000	16,728,000	④×⑤
ラミナ原料経費の総額 (円/年)	⑦	141,000,000	166,500,000	(⑧×⑨) + (⑩×⑪)
内層用ラミナ消費量 (m ³ /年)	⑧	3,000	3,000	
内層用ラミナ価格 (円/m ³)	⑨	28,200	28,200	
外層用ラミナ消費量 (m ³ /年)	⑩	2,000	2,000	
外層用ラミナ価格 (円/m ³)	⑪	28,200	40,950	a.の価格は「木材市況月報」より、b.の価格は売上高営業利益率がa.と同率となる場合の価格を試算した。
ラミナ原料経費の差額 (円/年)	⑫		25,500,000	b.の⑦ - a.の⑦
その他経費	⑬	217,666,000	224,772,000	原料費以外の経費 (④ - ⑥ - ⑦)
製材工場における高強度ラミナ製造の掛かり増し経費の上限(円/m ³)	⑭		5,100	ラミナ原料経費の差額 (⑫) ÷ 内・外層用ラミナ消費量 (⑧+⑩)。外層用ラミナの価格を40,950円/m ³ とした場合に製材工場が外層用ラミナの製材に支払うことのできる掛かり増し経費の上限値の試算結果。

表2 集成材工場における高強度集成材の経済性の試算結果

技術体系の経済性は：

経営改善効果

北海道内で現在流通している集成材の価格は、カラマツの標準的な強度等級 E95-F270 と、その 2 ランク上位の E120-F330（樹種はロシア産ダフリカカラマツ）との価格差は立方単価で 1~2 万円との調査結果があります。そこで、北海道産カラマツ原木を用いた側取りによって、従来カラマツでは実現が難しかった E120-F330 集成材が製造可能になった場合の集成材工場の事業収支シミュレーションにより、高強度ラミナの買い取り可能額等の試算を行いました。集成材工場のシミュレーション条件と試算結果を表 2 に示します。“従来のカラマツ集成材を生産した場合”に対して“高強度集成材を 1 万円高く販売した場合”、売上高営業利益率を同率に設定した時の高強度ラミナの買い取り可能額は、通常ラミナの市況価格の約 1.45 倍(28,200 円/m³×1.45=40,950 円/m³)まで上げることが可能と試算されました。この場合、集成材工場で使用する高強度ラミナの製材に支払うことのできる経費上限額は 5,100 円/m³

となることから、製材工場での高強度ラミナ製造の掛かり増し経費がこの金額の範囲内であれば、製材工場の収益増加が見込めることとなります。従って、製材工場の設備によって掛かり増しに違いがありますが、ラミナの側取りに最も適した設備を有する製材工場であれば、費用の掛かり増しは従来生産品ラミナと側取りラミナを区分して取り扱う手間のみと考えられるため、道産カラマツ原木からの側取りラミナを用いた高強度集成材の製造による収益の向上は十分に見込めます。

経済的な波及効果

戸建て一般住宅の部材の使用状況をみると、強度等級 E120-F330 集成材は、一棟あたりの使用量は多くはないものの総体では一定量の需要がありますが、外国産材に占められている状況にあります。北海道産材によって価格競争力のある E120-F330 集成材が実現できれば、これらのシェアを奪還することができ、その分の地域産材を用いた地場での生産による経済効果が生じると考えられます。また、これまでは北海道産材を使って家を建てたいという要望があったとしても、強度性能の理由で部分的に外国産材に頼らざるを得ない状況でしたが、高い強度が要求される横架材についても北海道産材で供給可能となれば、地域産材住宅の普及を相乗的に後押しする波及効果が期待されます。集成材工場の事業収支の試算結果（表 2）を基に、年間 3,400m³ のカラマツ高強度集成材を 120,000 円/m³（外国産の高強度集成材と同額程度）で 3 年間販売した場合の地域経済への波及効果は、産業連関分析により算出した結果 25.5 億円（直接効果 12.2 億円、間接効果 13.3 億円）となりました。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

本開発技術の想定される導入先は、現状で構造用集成材の JAS 認定を取得している製造業者です。現在、北海道内で構造用集成材の JAS 認定を保有している製造業者は 5 社あり、いずれの業者も本開発技術を取り入れる素地はあります。現状では、北海道内の製材工場における集成材ラミナの生産は、径級 22cm 以下の中小径間伐材が主に用いられている場合が多く、原木の未成熟材部を多く含むラミナとなるため、側取りラミナのような高い強度は期待できず、そのラミナを用いて製造される集成材の強度等級は E95-F270 が標準的な等級となっています。一般住宅に使用される梁などの横架材のうち、大部分は強度等級 E95-F270 で設計上必要な性能は担保できますが、部分的にリビングなど広い空間に用いられる長スパンの梁では設計上 E120-F330 が求められることも多いです。

技術導入にあたっての留意点：

製材工場での集成材用ラミナ生産において、従来用いていたよりも大径の原木（径級 26cm 以上）を使用して背板部分からラミナを取る「側取り」を行うことが本開発技術のポイントとなります。製材工場の設備によって側取りに要する工程や手間の掛かり増しに違いがありますが、いずれにせよ側取りを行うことによるラミナの生産コストの増分に対して、従来北海道産材では供給が難しかった強度等級 E120-F330 集成材を実現し、その製品価格の上昇分がコスト増分を吸収できるようにラミナの取引価格を設定することが肝要です。ラミナを生産する製材業者と集成材メーカーとの双方に利益が上がるラミナの価格設定ができるかどうか本技術体系を実現する際の鍵となります。

研究担当機関名：（地独）北海道立総合研究機構林産試験場

お問い合わせは：（地独）北海道立総合研究機構林産試験場 技術部生産技術グループ

電話：0166-75-4233（内 560） E-mail：Matsumoto-kazushige@hro.or.jp

執筆分担（（地独）北海道立総合研究機構林産試験場 技術部生産技術グループ 松本和茂）