

カラマツ間伐材から集成柱の試作

乾 燥 科
複 合 材 試 験 科

1. まえがき

北海道で初めてカラマツが植栽されたのは、遠く天明元年(1781年)にさかのぼるとのことであるが、本格的な造林がはじまったのは明治22年以降であり、戦後の拡大造林によって積極的に奨励されるようになり、昭和28～29年には年間造林面積の約80%、4万haを占める主力造林樹種となった。その後、国有林および道有林では造林樹種の転換をおこなったので、全道的には次第に減少傾向をたどっているが、民有林ではなおカラマツは主力造林樹種の地位を保っている。

道内のカラマツ資源の概況は、昭和45年3月の時点で、人工林面積42.8万ha、蓄積1943万 m^3 に達しているが、3令級以下の幼令林面積が78%を占めているので、最近のカラマツ年伐量は未だ40～50万 m^3 に過ぎない。しかし、昭和55年度には百数十万 m^3 になり、最盛期には500万 m^3 を越すように推定されている。

このように近い将来、カラマツが北海道の主要樹種の一つに加えられることは間違いないが、優良大径材を育成してゆく過程において、大量に生産される間伐材の利用開発、用途拡大は、カラマツ間伐事業を促進する上からも、また森林資源の有効利用の観点からも今日的な課題となっている。

カラマツ間伐材の需要はその形質から、杭丸太、ダンネージ材、チップ資源が現在主体とされているが、これらの将来における需要展望は、余り多くを期待することはできない。そこで、新規用途の開発をはかるため、化粧ばり造作用集成柱の試作をこころみ、その製造工程および加工歩止りについて検討した。

集成材は挽き板あるいは小角材を長さ、幅および厚さ方向に集成接着したものであるが、その用途は建築

部材として、あるいは家具部材としても需要の伸びが期待されている。

現在市販されている集成材の多くは、厚さ10～25mmのラミナ(集成材の一つの層を構成する木材)を積層している。一般的に薄いラミナを多数積層するほど集成材の材質は優れたものになるが、ラミナの積層数がふえれば製作の手間もかかりコスト高になる。また、第1回目の間伐材から良質のラミナの採材を期待することは困難であり、間伐材の板挽きは作業性も低い。そこで間伐材から5cm角の心持正割のラミナを採材し、これを田の字型に4本集成接着して10cm角の化粧ばり集成柱用コア材を試作する計画をたてた。1陵に丸味のあるコア材も、丸味が集成柱の中心に集まるように集成すれば、実用上支障がないので、歩止りも向上するであろう。

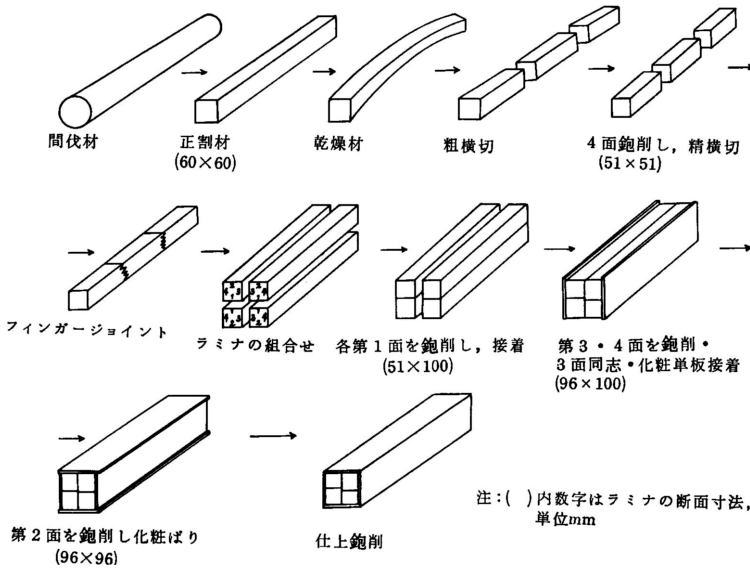
なお、構造用集成材は厚さ5～25mmのラミナを5枚以上積層することが製造基準および規格によって定められているので、この田の字型集成柱は構造物の耐力部材として使用することはできない。

カラマツ間伐材はいわゆる未成熟材であり、旋回木理が発達しているので、間伐材から採材した正割材を乾燥すれば、ねじれ、曲り、乾燥割れなどの欠点が大きくあらわれることが予測される。したがって、心持正割材の適切な乾燥法および、狂いの大きいラミナ原板の加工法が製造上のキーポイントになってくる。試験はいかにすれば狂いの小さい乾燥小角材をうることができるか、ラミナの加工工程、製品歩止りの検討を中心におこなった。

なお、この試験費の一部は昭和45・46年度林野庁の林業指導機関試験費の補助を受けた。

2.化粧ばり集成柱の製造工程

間伐材から化粧ばり集成柱までの加工工程は下記の
ような段階が考えられる(第1図参照)。



注:()内数字はラミナの断面寸法,
単位mm

3.製造工程の検討

上述の製造手順ではかなりの工数になる。もし、乾
燥正割材のねじれ、曲りなどの狂いが小さく、長さ

2.7~3.0mの長尺ラミナを
そのまま鉋削加工できれ
ば、3)~6)の工程を省略す
ることができる。

45年度は製造工程を決定
する資料をうるため、原板
の乾燥条件、各工程におけ
るラミナの削り代、歩止り
などについて測定した。

3.1 ラミナの乾燥

できるだけ狂いの少ない
乾燥ラミナをうるため、次
の条件について比較した。

- 1) 正割材の乾燥スケジ
ュールの検討。
- 2) 丸太を乾燥してから正

- 1) 間伐材から心持正割材の木取り。
- 2) 正割材の乾燥。
- 3) 狂いの大きく発生した正割材は鉋削加工のし易い
ように適宜横切りをおこなう。
- 4) ラミナの4面を所定寸法に鉋削する。
- 5) 丸身、削り残し、割れなどの欠点の大きい部分を
除去したり、木口断面の直角度を確保するため端部を
正しく横切りする。
- 6) フィンガージョイントなどの方法で所要の長さに
ラミナの縦接合をおこなう。
- 7) 接合部の目違いを除くため第1面を鉋削する。
- 8) 鉋削した第1面同志を接着する。
- 9) 第3面および第4面を鉋削して所定寸法にする。
- 10) 第3面同志を接着すると同時に第4面にそれぞれ
化粧単板をはる。
- 11) 第2面をそれぞれ鉋削して所定寸法にする。
- 12) 第2面にそれぞれ化粧ばりをおこなう。
- 13) 4側面の仕上げ鉋削をおこない、所定の長さに両
木口を切断する。

割材を木取る。

- 3) 背割りの乾燥速度、表面割れに対する効果。
- 4) 耳付平割材を乾燥してから正割材を木取る。

以上の材種別による試験結果については、本誌46年
6~7月号に報告したので、その要約を記せば次のと
おりである。

- 1) 6cm角の心持正割材を初期温度60 , 温度差
3 , 末期温度70 , 温度差15 (スケジュール
A) および乾球温度90 一定, 初期温度差3 , 末
期温度差15 (スケジュールB) の2条件について
比較したが、狂いの発生に対してほとんど有意差は認
められなかった。ねじれ角度は最大30度、平均15度に
達するので、横切をおこなってからでなければ鉋削加
工に適しない。
- 2) スケジュールAでは丸太の乾燥期間は正割材の約
2倍を要するが、スケジュールBではほぼ同等の期間
(約80時間)で仕上る。丸太のねじれは最大25度に達
したものもあるが、木取材のねじれは1~2度であ
る。割れの発生率が高い。

3) 丸太に背割を入れると表面割れの発生は著しく抑制されるが、乾燥期間の短縮効果は認められなかった。丸太のねじれは大きくなる傾向もうかがわれ、ねじれが大きいと木取材の隣接する2側面に背割がまたがるようになり、むしろマイナスの効果が大きい。

4) 丸太のままでは乾燥室の収容能力の低下が著しくなるので、耳付平割材として乾燥したが、乾燥速度は丸太と同等であり、ねじれ量は正割材の乾燥に匹敵するので、木取材の断面が菱形になる。

3.2 ラミナの加工

乾燥した丸太から木取った62mm角の正割材は、ねじれが極めて小さいので、残っている丸身の大きい稜が第1面と第3面の稜になるように側面の番号を定め、長さ2.8mのまま鉋削加工して4本集成接着した。供試ラミナ68本から96mm角のコアー材17本を試作したが、化粧はりする材面数の1/3は、ラミナの丸身の残りや幅3mm以上の大きな割れのため埋め木による補修作業を必要とした。

正割材で乾燥したラミナはねじれが大きく、長さ2.8mのまま狂いをとり切るまで鉋削すれば歩止りの低下が著しい。そこで材面の4角のうち3点が決定する平面を基準として、基準面から残りの1点までの距離が7mm以下になるよう横切りをおこなった。なお最低長さは40cmとした。供試原板34本について測定の結果、横切後のラミナの長さ別出現頻度は80~100cmにピークがあらわれた。したがって、長さ2.8mの原板をほぼ3本に横切りすることを作業標準にすることができる。また、ラミナの延べ長さ歩止りは95%であった。

横切りした材は4面を鉋削してからフィンガージョイントして、長さ2.8mのラミナに調製した。

後者の工程による方が、コアー材としてから補修を必要とする材面数は少なかった。

4. 化粧ばり集成柱の製造

以上の予備試験の結果から、46年度に第1図の製造工程によって10cm角、長さ273cmの化粧ばり集成柱の製造試験をおこなった。

4.1 供試材

上川郡美瑛町の町有林で林令15年前後の造林地を間伐し、径級7~13cm、材長3mの比較的通直な1番玉を供試木とした。供試木の概況を第1表に示す。

第1表 供試木の概況 (乾燥試験用)

項目	範囲	平均
末口径 (cm)	7~13	10.3
元口径 (cm)	10~20	13.3
最大矢高 (mm)	32~82	55
心材率 (%)	23~71	40
偏心率 (%)	100~302	144
繊維傾斜度 (%)	0.4~10.6	4.3
全乾比重 (辺材)	0.32~0.47	0.41
〃 (心材)	0.35~0.52	0.46
供試本数 (本)		120

心材率は元口における全断面積に対する心材面積の比率、偏心率は外周から樹心までの最大と最小距離の比率によって示した。また、繊維傾斜を引かき式傾斜器によって測定し、基準線の長さに対する距離の比率で示した。供試材の約90%が左(S)旋回であった。

これら供試木から60mm角の心持正割材を木取り、供試材とした。

4.2 正割材の乾燥試験

正割材は積積み後、I.F.型乾燥室により人工乾燥をおこなった。乾燥による狂いを抑制するため、乾燥スケジュール、圧縮処理、ポリエチレングリコール処理(P.E.G.#1000の10%水溶液に約1分間浸漬)などの効果について検討した。乾燥条件の組合せは第2表のとおりである。

乾燥スケジュールは乾球温度80~100、温度差5~30のA条件と乾球温度120、温度差40~55のB条件とし、調湿処理条件は乾球温度90、温度差5を目標とした。

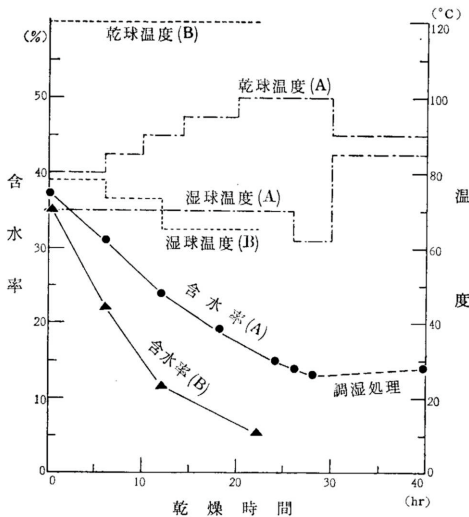
圧縮の方式は本誌47年10月号記載の方法によった。乾燥経過を第2図に示した。初期含水率37%から、スケジュールAでは仕上り含水率13%まで乾燥するのに28時間要した。スケジュールBの場合には材内の水分傾斜が大きくなるので22時間で仕上り含水率5.4%まで乾燥したが、13%までであれば約12時間で仕上る。

圧縮圧力を大きくすれば、ねじれおよび曲りの発生

第2表 乾燥条件

記号	スケジュール	圧縮圧力 (kg/cm ²)	圧縮日数 (日)	PEG処理	調湿処理
AC-12	A	0.1	12	ナ シ	ア リ
AP-2	A	13.0	2	〃	〃
AP-12	A	〃	12	〃	〃
A'P-12	A	〃	〃	ア リ	〃
*AP'-12	A	〃	〃	ナ シ	〃
BP-12	B	〃	〃	〃	ナ シ

- 注：(1) スケジュールA, Bは本文および第2図参照
 (2) 圧縮圧力は材木単位面積当り
 (3) 圧縮日数は乾燥終了後、圧縮を解除するまでの期間
 (4) *乾燥期間中積材全体を7度右旋回した。



第2図 乾燥スケジュールと含水率経過

量はある程度抑制されたが、なお相当大きな値を示した。また、ねじれの方向はすべて左(S)旋回であったので、乾燥材にねじれおよび曲りの方向と逆方向に強制的に旋回と曲げを与えて圧縮し、乾球温度85、温度差5の条件で4時間調湿し、狂いの矯正を試みた。結果を第3表に示す。

積材の上に重錘をのせた程度の圧縮圧力(0.1kg/cm²)では、乾燥によるねじれ、曲りとも極めて大きくあらわれるが、強力的に圧縮して乾燥すれば、ねじれは約1/2に減少する。曲りの抑制に対しては顕著な効果はないようである。

乾燥材を発生した狂いと逆方向に回転して圧縮調湿処理をおこなうことによって、ねじれはかなり矯正されたが、曲り量はむしろ増大した。今後更に適正矯正量について検討の要がある。

生材を矯正圧縮して乾燥した材のねじれは小さかったが、曲り量は増大した。

乾燥材の環境による狂いの変化をみるため、20、65%R.H.の条件に30日間放置し、再び初めの条件に戻して、ねじれ角の変動を測定した。矯正処理をおこなった材の方が、環境によるねじれの変動幅は小さかった。

第3表 ねじれ、曲りの矯正結果

乾燥条件	矯正右旋回 (度)	ねじれ (度)					
		乾燥前		乾燥後		矯正後	
		平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
AC-12	10.0	0.9	0.1~4.8	19.4	6.2~39.4	6.7	0.2~17.2
AP-2	8.0	1.3	0.2~4.2	8.5	4.3~16.3	2.2	0.2~13.5
AP-12	〃	0.9	0.3~2.5	8.8	3.9~14.3	5.0	0.7~8.5
A'P-12	〃	0.7	0.1~1.6	6.9	4.1~13.0	3.1	0.2~6.5
AP'-12	(7.0)	0.7	0.1~1.6	2.1	0.6~6.7	—	—
BP-12	8.0	0.9	0.1~4.1	7.7	3.2~13.0	2.8	0.2~7.2

乾燥条件	矯正曲げ量 (mm)	曲り量 (mm)					
		平均	範囲	平均	範囲	平均	範囲
AC-12	12	6.5	2.0~16.0	10.9	1.0~39.0	8.0	1.0~18.0
AP-2	5	3.8	0.5~10.5	7.1	0~15.5	8.4	2.0~21.0
AP-12	〃	5.1	0~10.0	6.3	1.0~28.0	9.6	4.0~22.0
A'P-12	〃	4.8	0~11.0	4.2	0~9.5	9.1	4.0~21.0
AP'-12	—	5.1	0~16.0	9.2	2.0~28.5	—	—
BP-12	5	3.3	0~8.5	6.2	1.0~20.0	7.6	1.5~25.0

- 注：(1) ねじれは材長3.0mに対するねじれ角度
 (2) 曲りは材長3.0mに対する最高矢高

なった材の方が、環境によるねじれの変動幅は小さかった。

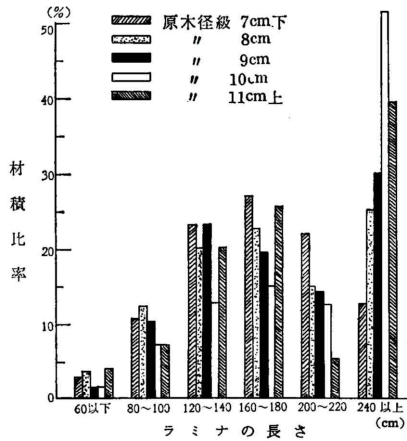
4.3 集成柱

の製造試験

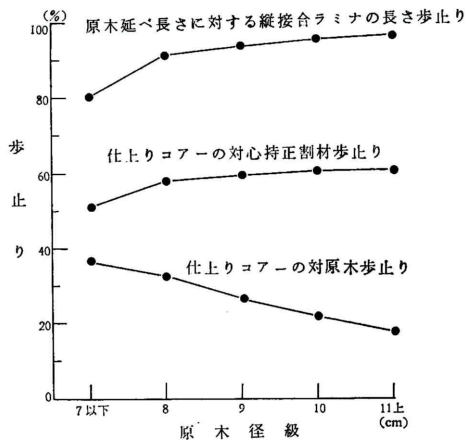
供試材は原木の径級によって5グループに分し、径級別に加工歩止りを測定した。正割材の製材寸法は60

×60mmであるが、乾燥材の断面寸法はほとんどのものが57～59mm角の範囲であった。

乾燥原板の横切りは、ねじれ量に着目し、ねじれの許容値が6mm以下（3.2項参照）になるように粗横切りをおこなった。粗横切りしたラミナ原板の長さ別分布を第3図に示した。分布のピークは2つあらわれたが、おおよそ1mの長さで横切りをおこなえば、ほとんどが許容値内に入る。



第3図 横切ラミナの長さ別材積の分布



第4図 原木の径級別加工歩止り

粗横切をおこなったラミナ原板は、第1図に示した工程によって加工したが、原木の径級別の歩止りを第4図に示した。

なお、ラミナの縦接合をおこなう場合、削り残し部

分、丸身、割れなどの欠点はできるだけ一つの面、あるいは隣接する2つの面に集めるように組合せをおこない、これらの面を第1面あるいは第3面にすることによって歩止りが向上する。

集成接着には尿素メラミン共縮合樹脂を用い、下記の条件で接着した。

接着剤の配合

尿素メラミン共縮合樹脂	100部
小麦粉	10 "
塩化アンモン	2 "
水	10 "

硬化条件

温度	室温 (23)
圧縮時間	18時間
圧縮圧力	10kg/cm ²

原木の径級が細いと、粗横切りしたラミナ原板の長さ別分布が短い方に偏してゆくので、フィンガージョイントの個数が増加し、また丸身のために切除される部分が増加するので、原木の延べ長さに対する縦接合ラミナの長さ歩止りが低下する。末口径7cm以下の原木に対する歩止りは約80%、9cm以上になれば約95%の歩止りになる。

正割材の材積に対する仕上りコアの材積歩止りは、当然のことながらラミナの長さ歩止りと同じ傾向となり、末口径7cm以下の原木では約50%、9cm以上の原木では約60%と一定値に近づく。

原木の材積に対する仕上りコアの材積歩止りは、原木の径級にほぼ比例し、末口径7cm以下では約36%、11cm以上の原木に対しては約18%まで低下する。

4.4 試作品の性能

試作品を約6ヶ月間室内に放置し、曲りとねじれを測定した。供試本数は27本であるが、大部分のものが狂い矢高1mm以下であり、すべて2.5mm以内におさまった。農林規格によれば極めて軽微な狂いは材長に対し1/1000以下程度とされており、試作品の材長は2,730mmであるから、すべて合格する。

また、浸漬はくり試験および表面割れに対する抵抗

性試験とも合格した。

試作品は化粧ばり造作用集成材としての使用を目的としているが、参考のためにおこなった強度試験の結果を第4表に示した。

第4表 試作集成柱の強度性能

種別	試作集成柱		構造用集成材の基準	
	範囲	平均値	針葉樹A	針葉樹B
比例限荷重 (kg)	500~800	610	770	600
ヤング係数 (ton/cm ²)	68~92	76	100	80
曲げ強さ (kg/cm ²)	400~550	470	450	350

試作品はラミナ4本を田の字型に集成したものであるから、ラミナの縦接合部あるいは欠点部分の分散が不充分であるため、強度性能のパラツキが大きい。カラマツは針葉樹 Aグループに属する樹種ではあるが、供試材は未成熟な間伐材から採材したものであるから、平均値において針葉樹 Aの基準には及ばない。とくに曲げヤング係数が劣っている。しかしながら、ほぼ針葉樹 Bに匹敵する性能を示している。造作用材としては充分な性能のものである。

4.5 製品1m³当り所要原材料

以上の製造試験結果から化粧ばり造作用集成柱1m³を製造するために必要な原材料を試算した結果を第5表に示した。

第5表 製品1m³当り所要原材料

原材料種別	仕様	所要数量
間伐材所要量	径級6~12cm, 長さ3m	3.622m ³
正割材所要量	6×6cm正割材, 長さ3m	1.5944m ³
化粧単板	厚さ3mm, 無節証目単板	0.1392m ³
尿素樹脂接着剤	集成接着, 化粧ばり用	22kg
酢ビ樹脂接着剤	縦接合用	7.4kg

5. むすび

カラマツ間伐材の新しい利用の試みとして、末口径7~13cm, 材長3mの間伐材から心持正割材を1本木取り, これをラミナ原板として新しい構成による化粧ばり造作用集成柱を製造する作業工程について検討を加えた。

カラマツ心持正割材の乾燥条件については、今後なお適切な方法が開発されることによって、ラミナの加工工程は能率化される余地があるが、現段階における工程を第1図のように設定し、間伐材から集成柱の加工歩止り, および製品の性能について試験した。

この方法によって10cm角の化粧ばり造作用集成柱を製造するのに適した間伐材の径級は、加工歩止りから7~8cmの範囲であろうと考えられる。これ以上の径級の間伐材に対しては、従来法のように挽きとして加工する場合の歩止りおよび作業性などとも比較試験をおこなってから結論づけるべきであろう。

試作した集成柱の品質は、化粧ばり造作用として寸度安定性、強度性能ともに優れたものであった。

(原稿受理 47.10.2)