

カラマツ小径材から造作用集成柱の製造試験

小杉 隆至^{*1} 管野 弘一^{*1} 加藤 幸一^{*2}
米田 昌世^{*3} 倉田 久敬^{*4} 長原 芳男^{*4}

1. はじめに

カラマツ人工林からは主伐，間伐を問わず小径材が生産されている。これらカラマツ小径材の高度利用を目的として現場が開発した集成柱製造技術について，その経済性を検討するための試験を実施したので報告する。

2. 試験方法

2.1 供試材

供試材は深川市音江町産の径級6～10cm，長さ3.65mの小径丸太400本である。径級別の本数及び材積を第1表に示した。素材のうち曲りが大きく，長さ3.65mのままでは，丸味が多くなって6cm正割を採材するのは無理とみられる材は1.82mに玉伐りして製材することにした。

2.2 製材工程

大割機（鋸車径1,200mm，送材車付き帯のご盤）と小割機（鋸車径1,050mm，テーブル帯のご盤）各1基を使用，それぞれ2名の作業員を配置し，大割機では直角の2面を，小割機では残る2面を挽材して6cm正割材（挽き歩は61mm）の1丁どりを行うことを標準作業とした。

大割作業時間の測定は，送材車に丸太をのせてから次の丸太をのせるまでを，丸太1本に対する正味作業

時間とし，正味作業時間及び正味鋸断時間は径級別に所定本数について1本ずつ測定した。送材車バックの所要時間は材長3.65mと1.82mの2種に分け，別の丸太について測定した平均値を鋸断時間以外の運行時間とし，前記正味作業時間から正味鋸断時間と鋸断時間以外の運行時間を差引いた残りを材扱い時間とした。

小割作業時間については，大割作業時間の測定に準じて正味作業時間のみを測定した。

製材後歩止りを測定すると同時に，曲り及び厚さむらについても測定した。

心持角の丸味の許容限界は，製材の段階では成可くゆるやかとし，一応相対する2面に挽材面があればよいことにした。

2.3 乾燥工程

径級7cm以上からの正割はそれぞれ2分し，普通乾燥と圧縮乾燥を行い，径級6cmからのものは普通乾燥だけとした。乾燥条件は乾球温度90～100，乾湿球温度差3～25の比較的高温高湿スケジュールを用い，1日8時間の間欠運転で行った。仕上り含水率は10%を目標にした。

2.4 加工工程

乾燥した正割は4面を鉋削して51×51mmに仕上げ，所定の長さにフィンガージョイントしてから4本を集束して化粧ばり集成柱のコアにする。51×51mm角に鉋削したとき，削り残し部分が生じないように，原板の曲りやねじれの大きいものは，矢高が6mm以内になるように横切りすることにした。また，鉋削後に丸味が2陵以上に残る部分は除去することにした。

3. 試験結果と考察

3.1 供試材の曲り

供試材を観察して6cm正割を材長3.65mを通して

第1表 供 試 材

材長 3.65m		
径 (cm)	級 本 (本) 数	材 積 (m ³)
6	79(59)	1.035
7	81(43)	1.450
8	79(10)	1.849
9	81	2.398
10	80	2.920
計	400(112)	9.652

注：()は1.82mに玉伐した本数で内数

採材することが困難と予想されるものは2本に玉伐ったが、玉伐りを必要とした丸太は径級6～8cmのものであり、その本数を第1表に示した。玉伐りした丸太の矢高は次のとおりであった。

- ・径級6cm：最小値10mm，最大値34mm，ただし，径級6cmでは末口部分から6cm正割は採材できないが、この点は一応度外視し、曲りについて選別した結果である。
- ・径級7cm：最小値13mm，最大値75mm。
- ・径級8cm：最小値26mm，最大値96mm

なお、以上の数値は曲りの限界を求めるために精密に測定して丸太選別を行った結果ではない。したがって、各径級において比較的通直な丸太として区分され、玉伐りを行わなかったものの中にも、上記の最小値を超えるものがある。

3.2 製材作業の能率

製材作業時間の測定結果を第2、3表に示した。大割、小割工程とも原木1本あたりの鋸断回数は、それ

ぞれ2回を原則とした。しかしながら、径級6cmのもので2本に玉伐りした末口側の丸太の中には、大割機で直角2面を挽くのが困難なものもあり、大割横では1面のみ、あるいは始めから小割機で製材したのものもあるので、原木1本あたりの鋸断回数が、大割が1.25回、小割が3.2回という結果になった。また小割工程では、大割工程での挽材位置が偏ったものの挽き直しも行ったので、鋸断回数のふえたグループがある。

大割工程における鋸1通しの時間は、3.65mの材で8～9秒、1.82mの材では約5秒であった。径級は10cm以下の小径材であるから、径級による影響よりも、もしあるとすればむしろ曲りとか節の影響の方が大きい。

材扱い時間は、径級が9cm以上になれば、6cm正割を1丁どりするための挽道の決定に差神経を使わなくてもよいようになるので短縮される。既に業界の一部でも採用されているが、シャドウライン装置など

第2表 大割作業時間

原木			原木1本あたり					1時間あたりの処理量 (m³/Hr.)
長さ (m)	径級 (cm)	測定本数 (本)	鋸断回数	正味鋸断時間	鋸断以外の運行時間	材扱い時間	正味作業時間	
			(回)	(sec)	(sec)	(sec)	(sec)	
3.65	6	20	2	17.6	12.4	20.8	50.8	0.93
〃	7	38	2	17.9	12.4	20.2	50.5	1.28
〃	8	40	2	17.6	12.4	23.9	53.9	1.56
〃	9	40	2	16.0	12.4	16.3	44.7	2.38
〃	10	40	2	18.0	12.4	8.3	38.7	3.40
1.82	6	40	1.25	5.9	7.6	13.5	27.0	0.87
〃	7	40	2	9.9	7.6	16.4	33.9	0.95
〃	8	20	2	9.9	7.6	27.5	45.0	0.94

第3表 小割作業時間

原木		原木1本あたり		1時間あたりの処理量 (m³/Hr.)
長さ (m)	径級 (cm)	鋸断回数	正味作業時間	
		(回)	(sec)	
3.65	6	2.5	32.0	1.47
〃	7	3.0	36.0	1.79
〃	8	2.0	27.0	3.12
〃	9	2.0	25.6	4.16
〃	10	2.1	31.3	4.20
1.82	6	3.2	31.3	0.75
〃	7	2.5	20.7	1.56
〃	8	2.4	22.1	1.91

は小径材の製材に効果を発揮するであろう。

作業時間の測定結果から1時間あたりの原木処理量を求めると、材長が3.65mの場合には0.93～3.40m³と径級が大きくなるにしたがって増加するが、絶対量としては針葉樹中、大径材の製材に比べて格段に能率は低い。材長1.82mの場合にはさらに低下が著し

く、0.87～0.95m³に過ぎない。

小割作業についてみれば、径級6～7cmのグループは挽き直しを必要とした本数比率が高く、作業能率が悪くなった。径級10cmのグループになると、若干の挽き直しもあったが、径級増に伴う重量増加の影響がやや作業時間に現われている。1時間あたりの原木処理量について比較すれば、径級6cm、材長が1.8mのグループを除いて、いずれも大割作業をかなり上回っている。

大割機と小割機が各1基で、両者のバランスがとれ

第4表 製材工程の能力

原木		1時間あたり処理量				1時間あたり製品出来高	
長さ (m)	径級 (cm)	大割作業 (本/Hr.)	小割作業 (本/Hr.)	平均 (本/Hr.)	原木材積 (m ³ /Hr.)	材積 (m ³ /Hr.)	延べ長さ (m/Hr.)
3.65	6	71	113	92	1.205	0.786	218.3
〃	7	71	100	86	1.539	1.133	314.7
〃	8	67	133	100	2.340	1.334	370.6
〃	9	81	141	111	3.286	1.462	406.1
〃	10	93	115	104	3.796	1.378	382.8
1.82	6	133	115	124	0.812	0.470	310.6
〃	7	106	174	140	1.253	0.921	255.8
〃	8	80	163	122	1.427	0.812	225.6

ない場合には、相互に鋸断回数を増減して能力の均衡をはかり、全体的に最も能率の高いところをもっていくということは通常行われている方法である。テーブル帯のこ盤での作業能率は、既に大割作業で1面あるいは直角2面が挽材され、基準面のある場合とない場合では異なるけれども、一応鋸1通しの作業時間は一定とみなし、1時間あたりの原木処理量を丸太の本数で表示し、その平均値を大割と小割工程の組合せの処理権力として計算した結果を第4表に示した。

1時間あたりの原木処理量は、原木の長さが3.65mの場合には約1.2~3.8m³、長さが1.82mの場合には約0.8~1.4m³に低下する。さらに第5表の製材歩止りから、6cm正割の出来高で比較すれば、原木の長さが3.65mの場合には約0.8~1.5m³/Hr.の範囲になり、径級別では9cmが最も能率が上がり、次いで10cm、8cm、7cm、6cmの順になる。長さが1.82mの場合には約0.5~0.9m³/Hr.で、径級7cmが最も有利で、次いで8cm、6cmの順になる。

3.3 製材歩止り

製材歩止りを第5表に示した。径級7cm以上の楕

第5表 製材歩止り

原木		図上木取による 断面歩止 (%)	測定値		
長さ (m)	径級 (cm)		主材 (%)	副材 (%)	計 (%)
3.65	6	100.0	65.2	0	65.2
〃	7	73.5	73.6	0	73.6
〃	8	56.3	57.0	0	57.0
〃	9	44.4	44.5	5.3	49.8
〃	10	36.0	36.3	8.7	45.0
1.82	6	100.0	57.9	0	57.9
〃	7	73.5	73.5	0	73.5
〃	8	56.3	56.9	0	56.9

*断面寸法60×60mmとして計算

ループでは、主材の歩止りは図上木取りによる断面歩止りよりも僅か高めな結果になった。これは正割とはいっても、かなり丸味を許容したことと、原木材積の計算には公称長さを用いたが、製品の材積計算には実測値を用い、原木の長さに延べ寸がついているためである。原木長さの平均延べ寸は

2.3cmで、3.65mの0.63%に相当した。

丸味のない16cm正割を採材するためには通直で直径は最小8.5cm以上の原木でなければならない。しかし、製材工程では相対する2面に挽材面のある部分は許容することにしたので径級7cm以上の丸太では、ほとんど長さのロスはなかった。径級6cmの丸太になると、末口の方にはほとんど挽材面のない部分も現われ、かなりのロス部分を生じた。とくに曲りが大きく、形状が不良のため予め2本に玉伐りした丸太の方がロス部分が多かった。

製材の段階におけるコア原板の歩止りで比較すれば、径級7cmの丸太が最も有利であり、次いで径級6cm、8cmの順になる。径級9cm、10cmになると、背板部分から多少副材を採材しても製材歩止りは50%に達しない。

3.4 製材の曲り

製材直後3.65m材178本、1.82m材82本の合計260本について曲りを測定した。

曲りの方向としては大割機における挽材面が凸になったものが55%と多く、ついで凹になったものが32%、曲りのないもの(矢高1mm未満)が13%であった。原木径6~10cmの範囲では径級による差異は後に第8表に示すように明確ではなかった。

曲りの大きさについては日本農林規格では挽割類の曲りについて特等、等は0.2%以下、等は0.5%以下と規定している。これによると3.65m材で特等、等に相当するものは矢高7mm以下となり、この範囲に入るものは71%であった。等は矢高18mm以下で28%であった。19mmを越すものは1本で1%であ

第7表 横切後の個数と平均長さ

原 木 長 さ (m)	径 級 (cm)	普通 乾 燥		圧 縮 乾 燥	
		横切後の平均個数 (個/原板)	平均長さ (cm)	横切後の平均個数 (個/原板)	平均長さ (cm)
3.65	6	2.3	86.6	—	—
	7	3.5	85.2	2.2	137.6
	8	4.3	86.1	2.4	156.5
	9	3.8	96.2	2.1	174.5
	10	4.5	81.3	2.2	162.8
	平 均	3.7	87.1	2.2	157.9
1.82	6	2.3	79.7	—	—
	7	2.2	84.5	1.5	121.0
	8	2.7	68.9	1.8	102.2
	平 均	2.4	77.7	1.7	111.6

る。1.82m材では特等、等は3mm以下であり67%が合格、等は9mm以下で32%が合格、10mm以上の不合格は1本で1%であった。

カラマツ小径材からの製材が通常使用されているエゾマツ、トドマツ大径材からの製材に比較して曲り、ねじれ等狂いの大きいことはすでに報告されているおりでであり、挽材中に曲りが出るほどである。これは製材機械及び作業員の技術的な問題よりもカラマツ小径材の材質的な問題に起因するところが大きいであろう。

3.5 製材の厚さ精度

製材直後曲りと同時に厚さについても測定した。中央部と両端（木口より20cm）の3カ所について、それぞれ2方向あるので、1本について6点測定した。

寸法精度を挽立寸法との差で示すと、3.65m材では最大+1.60mm、最小ほ-3.80mmで平均+0.25mmであった。また1.82m材では最大+1.15mm、最小-2.00mm、平均+0.15mmであった。

日本農林規格では寸法は下限のみを規定し、挽割類

は-1.0mm以内となっているが、品質管理上±1.0mmと管理限界を設定して分類すれば第6表に示すとおりである。

3.65m材では管理限界に入っているもの71%、上限を越すもの17%、下限を越すもの12%、1本で上限と下限を越すもの1本となっている。1.82m材では、それぞれ76%、5%、19%、0%となっている。

製材工場機械診断の良否判定基準で寸法精度については不良率20%以下が良、21~40%がやや不良、41%以上が不良となっているので、今回の試験結果ではやや不良に相当し、今後改善の余地を残している。

3.6 乾燥原板の横切り

乾燥後、節、割れ、丸味等の欠点部分を除去するとともに、鉋削加工に際して障害になる過大な曲りやねじれを小さくするために横切りを行なった。横切りを行なった後の原木1本あたりのラミナ個数及びその平均長さを第7表に示した。

圧縮乾燥による原板の狂い抑制効果が顕著に現われている。すなわち、第8表に示すように、圧縮乾燥による原板のねじれ量及び曲り矢高は圧縮しないものに比べて小さい値になり、原木の長さ3.65mの場合、普通乾燥ではラミナの平均長さが80cm強であるが、圧縮乾燥を行ったものは約2倍の長さにとまっている。このことから圧縮乾燥によって狂いがほぼ1/2に減少していることが予想され、もしこのラミナをさらに半分横切りして鉋削するとすれば、削り代が小さくてすむので

第6表 製材における厚さの精度

原 木 長 さ (m)	径 級 (cm)	厚 さ				原 木 本 数 計
		許に容 れる度 内の	厚あ る部 分の が	薄あ る部 分の が	厚薄あ いいる 部分の とが	
3.65	6	17	0	3	0	20
	7	27	1	9	1	38
	8	33	0	7	0	40
	9	31	7	2	0	40
	10	18	22	0	0	40
	計	126	30	21	1	178
	比 率	(71)	(17)	(12)	(—)	(100)
1.82	6	18	1	3	0	22
	7	28	1	11	0	40
	8	16	2	2	0	20
	計	62	4	16	0	82
	比 率	(76)	(5)	(19)		(100)
合 計	188	34	37	1	260	
比 率	(73)	(13)	(14)	(—)	(100)	

注：厚さの許容限度は±1mm
1本につき6ヶ所測定
数字は本数、()内は%

第8表 原板（小割）の寸法精度、曲り矢高およびねじれ量

上段：最小値，中段：平均値，下段：最大値

製材時に正割寸法を小さくすることができる。また、正割の寸法を現行の6cmのままとすれば、ラミナの縦つぎ個数が1/2になり、縦つぎ工程の生産性向上、縦つぎによる材料の損失の節約になる。ただし、圧縮乾燥を行うためには圧縮治具の投資、作業労務費等が加算されるので、いずれが最も経済的であるかは、多角的に比較検討して決定すべきである。

原 木	製 材 後	乾 燥 後								
		非 圧 縮			圧 縮			圧 縮		
径 級 (cm)	長 さ (m)	寸法精度 ¹⁾ (mm)	曲り矢高 ²⁾ (mm)	ねじれ量 ³⁾ (°)	寸法精度 (mm)	曲り矢高 (mm)	ねじれ量 (°)	寸法精度 (mm)	曲り矢高 (mm)	ねじれ量 (°)
6	2.35 ⁴⁾	59.20	0	0.10	57.20	0	9.18	圧縮乾燥せず		
		61.10	2.5	0.55	58.30	7.5	14.33			
		61.90	5.5	2.45	60.60	14.5	21.42			
6	1.82	59.65	0	0.15	55.80	0	4.23	〃	〃	〃
		61.00	2.5	1.20	59.30	6.5	11.88			
		62.10	12.0	5.28	60.50	45.0	22.80			
7	3.65	58.05	0	0.02	56.40	0	9.60	57.50	0	1.23
		61.00	5.5	0.73	59.00	10.0	25.95	59.40	9.5	6.65
		62.10	11.0	5.28	60.95	33.0	41.05	60.85	33.5	14.67
7	1.82	57.95	0	0.00	56.45	0	9.83	57.50	0	0.37
		61.10	2.5	0.75	59.30	5.5	16.57	59.30	4.0	5.57
		62.05	8.0	5.22	61.15	17.0	25.25	60.65	12.0	8.88
8	3.65	57.20	0	0.02	57.35	2.0	12.72	55.50	2.0	0.40
		61.10	4.0	0.60	59.35	12.5	27.90	59.25	8.5	5.28
		61.95	16.0	1.40	60.80	42.0	42.52	60.65	31.5	12.28
8	1.82	59.00	0	0.05	57.80	2.0	5.80	58.10	0	0.22
		61.15	2.5	0.33	59.30	7.0	15.03	59.50	4.5	4.42
		62.15	7.5	0.80	60.65	66.0	23.60	60.55	15.0	8.43
9	3.65	59.80	0	0.07	58.10	2.0	11.67	57.60	0	0.23
		61.30	4.5	1.02	59.50	10.0	22.00	59.50	7.5	6.20
		62.35	15.0	2.65	60.90	29.5	41.02	60.50	26.5	16.68
10	3.65	60.30	0	0.35	58.25	0	14.52	57.55	3.0	0.42
		61.60	5.0	1.10	60.05	12.5	22.03	59.90	11.5	4.33
		62.60	14.5	2.18	61.45	45.0	33.05	61.05	28.5	11.77

原木の長さ1.82mの場合にも圧縮乾燥の効果は明らか

- 1) テーブル帯のご盤の定規を61mmにセットした。
- 2) 曲り矢高の絶対値
- 3) ねじれ量(°)の絶対値
- 4) 3.65m材で挽材後、曲りのために横切りをほどこし、原板とした長さの平均値が2.35mである。

かに認められるが、前者ほどではない。これは圧縮乾燥によって狂いを抑制しても、丸味の部分を除去するために横切りしなければならないケースが生ずるからである。

3.7 コアの歩止り

原木の径級、曲り、乾燥方法別に原木から集成柱用コアの歩止りの経過を整理して第9表に示した。材積計算において、コアの仕上り断面寸法は10×10cmとした。

最終の製品歩止りが高くなるように、正割の丸味の除去部分の決定を成可く後の工程で行う方針で作業したので、製材後の長さ歩止りは径級6cmグループを除いて、すべて100%以上になった。これは既に述べたように、原木の延べ寸によ

第9表 コアの歩止り経過

原 木	乾 燥	方 法	原木に対する長さ歩止り			原木に対する材積歩止り		
			製材工程 (%)	横切工程 (%)	コア (%)	横切工程 (%)	コア (%)	
3.65	普通	6	65.0	53.9	53.0	53.9	36.8	
		7	100.4	74.3	72.9	54.6	37.2	
		8	101.3	95.0	93.3	53.5	36.5	
		9	100.3	94.2	92.7	41.8	28.6	
	圧縮	10	100.8	97.7	96.0	35.2	24.0	
		7	100.2	78.6	77.8	57.8	39.7	
		8	101.7	96.4	95.5	54.3	37.3	
		9	100.4	96.3	95.5	42.8	29.5	
		〃	10	101.1	99.2	98.4	35.7	24.6
			〃	〃	〃	〃	〃	〃
1.82	普通	6	56.0	40.5	39.5	40.5	27.4	
		7	100.4	69.5	67.8	51.1	34.6	
		8	102.2	78.6	76.5	44.3	30.7	
	圧縮	7	100.5	76.0	74.8	55.9	38.1	
		〃	8	101.0	97.4	96.0	54.8	37.5
			〃	〃	〃	〃	〃	〃

るものである。

乾燥後の横切り工程で、割れ、節等の欠点部分とともに、製材工程で許容した丸味の部分を除去したため、径級7cmグループの歩止り減が大きく現われている。この横切り以降、最終ラミナまでの歩止り減は主としてフィンガージョイント法による縦つぎ工程での損失であり、普通乾燥の方が圧縮乾燥を行ったものよりもラミナの平均長さが短いので、当然の結果として縦つぎ回数が増加し、歩止りの減少となって現われている。しかし、縦つぎ工程における長さの損失は1~2%の範囲で僅少である。

長さ歩止りで比較すれば、原木径級が大きいほど歩止りは高く、通直な丸太からの正割を圧縮乾燥したものがよく、最高98.4%であった。曲がり材でも圧縮乾燥を行えば、通直材の普通乾燥以上の歩止りが得られる。

原木に対する材積歩止りで比較すれば、径級6~8cmの小径材が有利であり、横切後のラミナ歩止りが約55%、コアの歩止りは約37~40%である。横切後の歩止り減は、前述の縦つぎによる長さ歩止り減とラミナの断面積が6cm角から5cm角になるためである。

曲り材も圧縮乾燥することによって、通直材にほぼ匹敵する歩止りが得られる。

4.まとめ

カラマツ小径材から心持ち正割を1丁どりし、これらを4本集束して集成柱用コアに加工するとすれば、製材作業能率、製品歩止り等を勘案し、径級6~8cmの小径材が適材である。

自動送材車付帯のこ盤1基とテーブル帯のこ盤1基の組合せで径級6~8cmの小径材から正割1丁どりするときの作業能率は、通直な原木の場合には原木材積で1時間あたり1.2~2.3m³、曲りの大きい原木では0.8~1.4m³であり、それぞれ10cm角、長さ2.73mのコアに換算すれば1時間あたり16~32本及び8~20本分のラミナ挽材能力である。小径材の能率的な製材方式の検討が必要である。

- *1試験部経営科 -

- *2 " 製材試験科 -

- *3木材部乾燥科 -

- *4試験部複合材試験科 -

(原稿受理 昭52.1.7)