

中小径材の活用をめざして

— 曲がり丸太の有効利用 —



はじめに

カラマツを中心とする間伐中小径材を有効に利用するため、これまで多くの研究がなされ、各方面で利用の道が開けつつあります。

しかし、間伐材の製材品としての利用は、依然として梱包材等の商品価値の低いものに限定されているのが現状です。中でも間伐材の約20%を占めると言われる曲がり材は、ただでさえ挽き材能率の劣る間伐材製材において、さらに生産性を低下させ、製材コストを引き上げる要因になっています。これではますます「間伐材の製材は割に合わない」という社会的な評価が定着してしまい、今後の林業経営にも支障をきたしかねません。

そこで、当场では、曲がり材の有効利用をはかる一つの方法として、曲がりによる影響を軽減するために丸太を短尺化し、製材後縦つぎするいわゆる「縦つぎ木材」に注目して、その実用化試験を試みました。なお、縦つぎ木材の製造には短尺丸太を縦つぎして製材する方法も考えられますが、加工の容易さから今回は上記の方法を採用しました。

曲がり材から最終製品の縦つぎ木材ができるまでの工程を2～3頁の図に示します。

製材工程では、短尺丸太をいかに能率良く挽材するか、縦つぎ加工精度を上げるために、いかに製材品の精度を向上させるか、が重要な課題となります。そこで、中小径材専用機として開発されたツイン帯のご盤を用いて、短尺丸太を製材する場合の作業能率と寸法精度について、長尺材の製材との比較検討を主体に行いました。

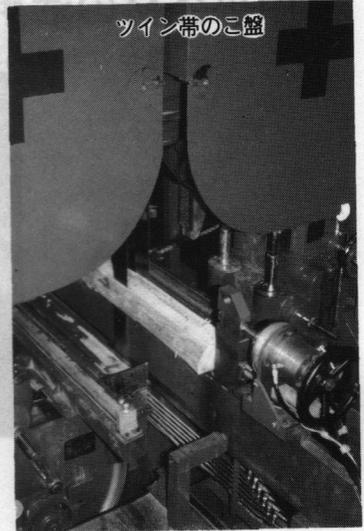
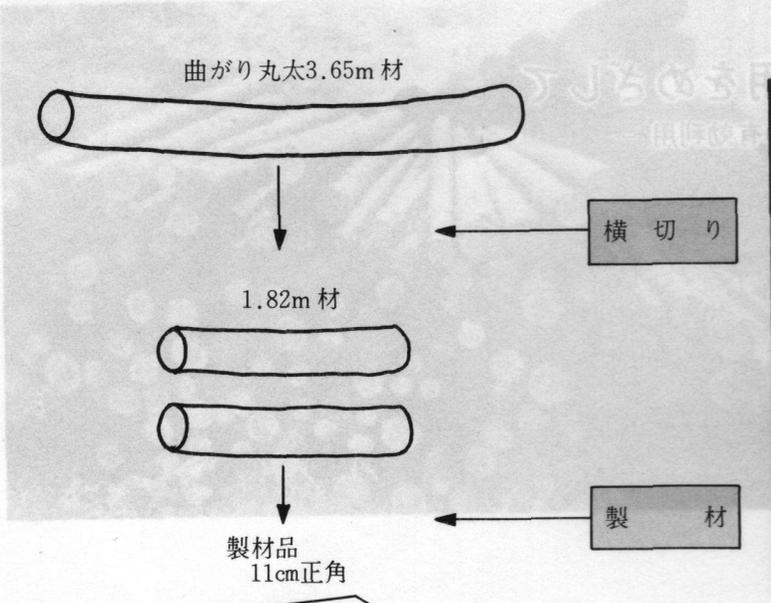
続いて**乾燥工程**は、接着剤を用いた縦つぎ加工において現段階では欠かせない工程です。製材品を乾燥する際に生ずる割れをいかに減少させ、製品の品質低下を防ぐかという問題に着目して、インサイジングの割れ防止効果について検討しました。

最後に、**加工工程**では、フィンガージョイントによる短尺製材品の縦つぎを行いました。ここでは、乾燥過程に生じた製材品のねじれを、縦つぎ方法の工夫でいかに減少させられるかについて検討しました。

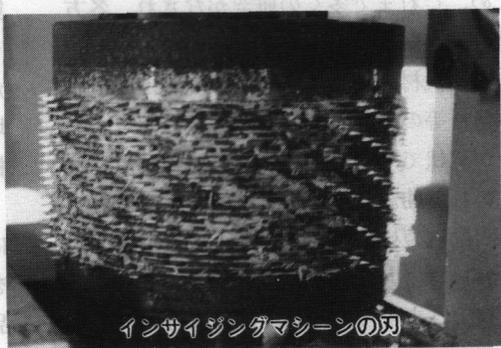
これらの検討結果を次の三つに分けて紹介します。

- ・ 短尺丸太の製材
- ・ インサイジングは大きな割れを防ぐ
- ・ ねじれの大きな心持ち正角の縦つぎ

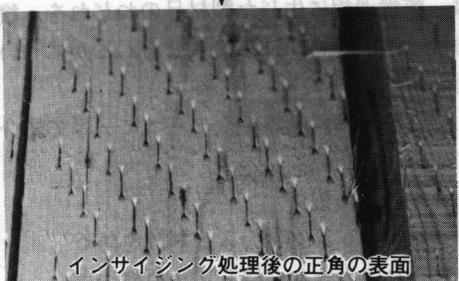
縦つぎ木材



インサイジング処理



天 然 乾 燥



1 短尺丸太の製材

・中小径材の製材では生産性が重要

一般に、従来の中小径材の製材では、大径材の製材に比べて付加価値の向上が望めないため、単位時間当たりの生産量を増やす製材方法が望まれます。そこで今回のような中小径材、しかも短尺丸太を従来の製材方式、すなわち自動送材車付帯のご盤で基準となる面を作った後、テーブル帯のご盤で残った面を挽くという方式で製材しても、生産性の向上にはつながらないこととなります。

したがって、短尺丸太の製材では、より高効率な製材機械が必要になる訳ですが、最近、中小径材に適した各種専用機が開発され、生産性向上を目的にこれらの機械を導入する工場も増えつつあります。

現在、それらの中で種々の点で最も優れているのは、ツイン帯のご盤ですので、当揚が昭和56年度に導入した送材車付ツイン帯のご盤を使用して、長尺材の製材と比較しながら短尺丸太の挽き材能率と寸法精度について検討しました。

・試験の概要

今回の試験に使用した原木は、径級 15 ~ 20cm、材長 3.65mの美瑛産カラマツ約 300本です。このうち素材のJAS規格による 2等以下（曲がり率 10%以上）のものは、縦つき用材として半分に横切りし、1等以上のものは、標準の材としてそのまま製材しました。

使用した製材機械は、のこ車径 1,100mmの送材車付ツイン帯のご盤で、マイコン制御の自動歩出装置を装備したパターン木取りが可能なタイプです。

製品は土台角を対象にすべて11cm正角材を採材し、3条件の送材速度で製材を行い、各々の条件での作業時間を測定しました。また、得られた製品については、寸法精度の測定と丸身の発生率について調べました。

・材の長さによる作業能率の違い

表 1 は、長尺材と短尺材を送材速度を変えて製材した場合の原木 1本当たりの所要時間を示したものです。

表 1 ツイン帯のご盤の作業能率
1.82m (短尺材)

送材速度 (m/分)		30	40	50	
原 木 一 本 当 た り の 所 要 時 間 (秒)	鋸断時間	10 (16.4)	8 (12.9)	6 (11.3)	
	材 扱 い 時 間	木のせ	12 (19.7)	13 (21.0)	12 (22.6)
		木返し	12 (19.7)	15 (24.2)	12 (22.6)
		木落とし	4 (6.6)	5 (8.1)	4 (7.5)
	小計	28 (46.0)	33 (53.3)	28 (52.7)	
	その他	23 (37.6)	21 (33.8)	19 (36.0)	
合計	61 (100)	62 (100)	53 (100)		

3.65m (長尺材)

送材速度 (m/分)		30	40	50	
原 木 一 本 当 た り の 所 要 時 間 (秒)	鋸断時間	17 (21.5)	13 (20.0)	10 (15.2)	
	材 扱 い 時 間	木のせ	18 (22.8)	15 (23.1)	15 (22.7)
		木返し	17 (21.5)	15 (23.1)	16 (24.2)
		木落とし	5 (6.3)	5 (7.7)	5 (7.6)
	小計	40 (50.6)	35 (53.9)	36 (54.5)	
	その他	22 (27.9)	17 (26.1)	20 (30.3)	
合計	79 (100)	65 (100)	66 (100)		

注；()内は、全体に対する各操作の占める割合を示したものです(%)。

ツイン帯のご盤で角材を挽く場合の作業時間は、実際に挽き材している時間(鋸断時間:丸太からたいこ材、たいこ材から角材の 2回の合計)、送材車に原木をのせ心出しを行ったり、たいこ材から角材にする場合の木返し及び製品出しに要する時間(材扱い時間)、挽き材していない時の送材車の前進・後退に要する時間(その他の時間)の 3種類に分けられます。このうち材の長さによって大きく影響を受けるものは、鋸断時間と材扱い時間であり、送材速度によって大きく変化するものは鋸断時間です。

そこで、短尺材の材扱い時間を見ると、送材速度が40m/分のグループが他のグループよりも 5秒大きな値を示しています。また、長尺材の場合には、30m/分のグループが同様に 5秒程度大きな値を示しています。これは、その後の挽き材で上記の差が解消されていることから、今回の試験がツイン帯のご盤の導入後間もなく行われたため、作業者がまだ操作に不慣れであったことが原因と思われる。したがって、短尺材については 28秒、

長尺材については35秒とするのが妥当かと思われる。

その他の時間については、若干のバラツキはありますが、材の長短及び送材速度による差は、ほとんどないと見て良いでしょう。

さて、原木 1本当たりの所要時間を比較してみますと（材扱い時間を短尺材28秒、長尺材35秒として）、短尺材の長尺材に対する割合は、30m/分で81%、40m/分で88%、50m/分で80%、平均すると83%に達します。

材長が短くなった割に時間が短縮されないのは、全体に対する鋸断時間の占める割合が少ないことと、それに比べて全体の約50%を占める材扱い時間の短縮率が80%程度であることが挙げられます。

・短尺化が製品寸法精度と製品の品等に及ぼす効果

寸法精度は、製品の両端及び中央の3カ所を測定し、その最大と最小の差をとって挽きむらの程度を調べてみました。

表2を見ると、挽きむらは長尺材も短尺材も送材速度が増すにしたがって増加していることがわかりますが、40m/分以下では材良による影響はほとんどなく許容範囲内です。しかし、50m/分になると長尺材は1mmを超えるようになり許容限界に達します。短尺材については、40m/分よりもかなり大きくなっていますが、まだ許容範囲を超

えていません。

以上から、寸法精度の面では短尺材の方が多少有利であり、もう少し送材速度を上げることも可能なようです。長尺材については、これ以上送材速度を上げて作業能率の向上は望めませんし、精度的にも不利なので今回の試験条件では、40m/分程度の挽き材が作業能率と寸法精度の点で最もバランスが良く最適条件かと思われます。

次に製品の品等を表す丸身の発生率ですが、短尺材も長尺材（直材）もJAS規格の特等（丸身なし）と1等（全体丸身20%以下）が大半を占め、短尺化の効果が認められました。

以上の結果をまとめてみますと、ツイン帯のこ盤による短尺材の製材は、製品の精度及び品質からすれば長尺材よりも有利ですが、作業能率に関しては、短尺化によって鋸断時間は短縮されるものの、材扱いその他の時間が長尺材の場合とほとんど変わらないため、単位材積当たりの所要時間で比較すると、短尺材は長尺材の約1.7倍を要することが明らかとなりました。

ここまでのところで、短尺材製材では、作業能率をいかに向上させるかということが重要な課題であることがわかりました。そのためには、送材速度を今以上に上げられるような帯のこ身及び歯形の研究も必要ですが、原木1本当たりの所要時間に対する材扱い時間の占める割合が大きいことを考えると、材扱い時間の短縮が当面の問題であると思われます。

したがって、現在のような原木の木のせ・心出し・チャッキングなどの各操作をより短時間に行えるような装置を開発する必要があります。

例えば、原木を送材車に木のせする前に心出しを完了し、木のせした時にはすでに挽き材可能な状態になっているというような方法がすでに製品化されており、従来の機械と比べて一段と生産性を高めている例もあります。また往復挽きを採用するとか、ツイン帯のこ盤を2台送材方向に配置して、材料の送りを連続的に行うことができれば送材車の後退による時間のロスも解消されるものと思われます。（林産試験場 窪田純一）

表2 製品寸法精度（挽きむら）

1.82m（短尺材） (単位：mm)

送材速度 (m/分)		30	40	50
挽 面	A	0.37	0.49	0.78
	B	0.36	0.53	0.96
	C	0.34	0.66	0.77
	D	0.39	0.52	0.91
平均		0.37	0.55	0.86

3.65m（長尺材） (単位：mm)

送材速度 (m/分)		30	40	50
挽 面	A	0.29	0.64	1.46
	B	0.37	0.51	0.98
	C	0.26	0.67	0.98
	D	0.38	0.53	0.91
平均		0.33	0.57	1.08

2 インサイジングは大きな割れを防ぐ

・インサイジングのねらい

昭和 56年に製材の日本農林規格 (JAS) が改正され、『インサイジングは欠点とみなさない。ただし、その仕様は製材の曲げ強さ及び曲げヤング係数の低下がおおむね1割を超えない範囲とする。』の項が加えられていることは、すでに承知のことと思います。一般的にインサイジングは木材中に薬剤を注入するときの一手法として用いられています。当场での実験によると、強度上の影響は小さいと報告¹⁾されています。さらに、割れが少ないということも経験的に知られていますので、防腐処理材に限らず、一般建築材にも利用できると思われる。

今回の乾燥の目的はインサイジングの割れ防止効果と心持ち正角の視覚的イメージアップです。

・乾燥のやり方

乾燥に用いた材は木口断面11cmの正角で、長さ180cmのカラマツ心持ち材 120本です。そのうち60本についてインサイジングを行い、残り60本は無処理です。天然乾燥は7月より行い、含水率20%以下まで下げました。

インサイジングのパターンと刃型を図1に示します。刃型はホコ型(幅10mm、高さ10mm、厚さ3mm)で、刺傷密度は9,000コ/m²です。

・どのような乾燥材が得られるか

1) 含水率の落ち方

天然乾燥により、どのように含水率が低下していくかを図2に示します。一般的にインサイジ



ングを行うと乾燥が速まると言われています。しかし、無処理の心持ち正角の場合、積積して3日程で材面に大きな割れが生じ、乾燥しやすい状態になるので、インサイジングした材と無処理材の乾燥日数はほとんど同じでした。

2) 割れ防止効果

天然乾燥中の割れの様子を写真に示します。インサイジングした材の積積に割れはありません。しかし、無処理材には大きなV字型の割れが発生しています。

天然乾燥後の木口面、材面割れの発生割合と平均割れ長さを図3に示します。インサイジングした材と無処理材を比較すると次のようになります。

インサイジングを行うと木口面に発生する

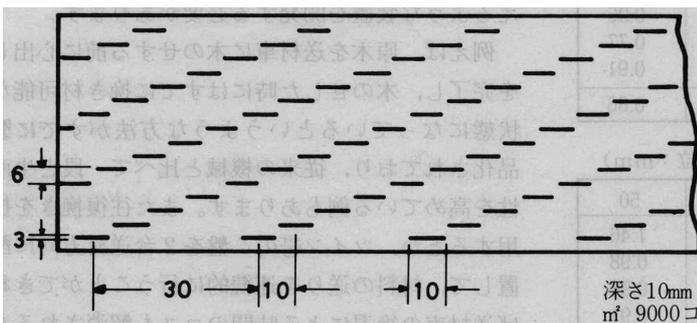
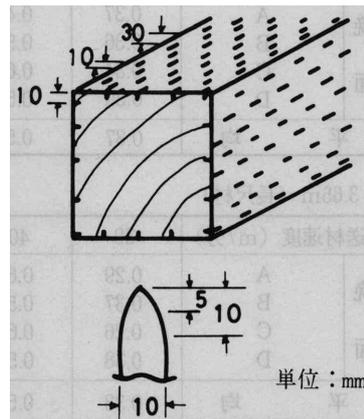


図1 インサイジングのパターンと刃型





割れの様子 (天然乾燥)

割れの長さが短くなる (インサイジング材は無処理材の 2分の 1以下の長さになる)。

インサイジングを行うと材面に発生する割れの割合が小さくなる (インサイジング材の割れの発生割合は無処理材の約 5分の 1になる)。

JASの木口割れの項に準じて、天然乾燥材の品等を付けてみました。その結果を図 4 に示します。割れだけでみると無処理

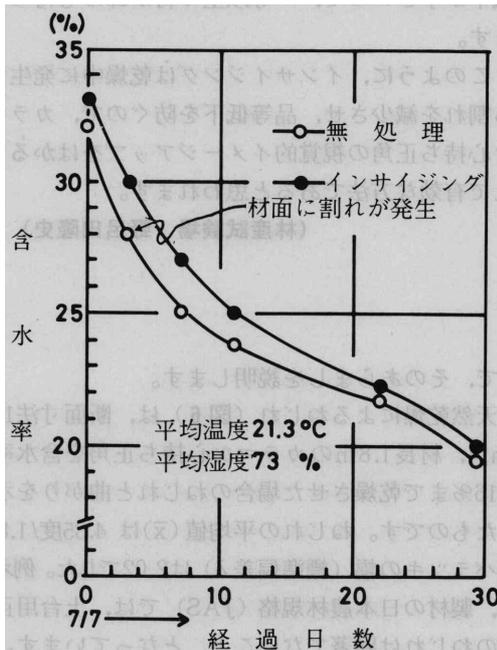


図 2 含水率経過

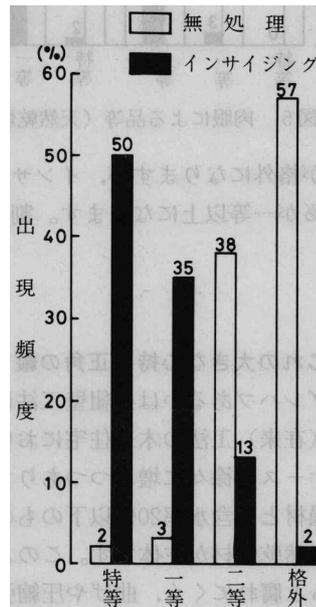


図 4 JASの木口割れによる品等

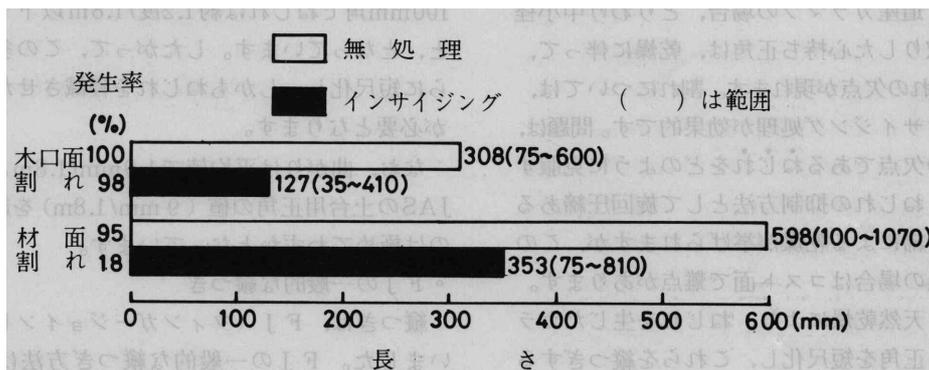


図 3 割れの平均長さ (天然乾燥)

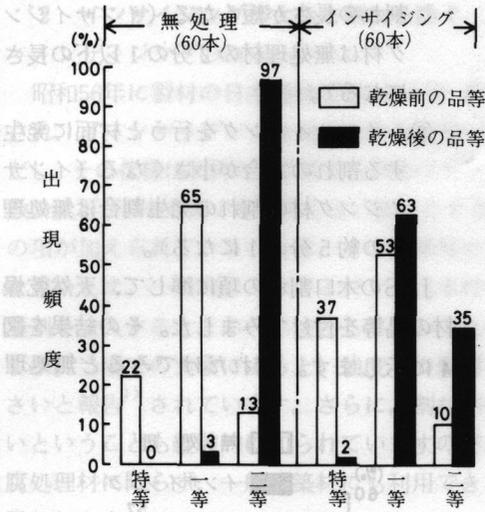


図5 肉眼による品等 (天然乾燥)

材の57%が格外になります。インサイジングを行うと85%が一等以上になります。割れによる品

3 ねじれの大きな心持ち正角の縦つき

最近ではプレハブあるいは枠組壁工法にかかわらず、軸組(在来)工法の木造住宅においても乾燥材を使うケースが徐々に増えつつあります。この場合の乾燥材とは含水率20%以下のものであり、いわゆる天然乾燥材が主体です。このように木材を乾燥すると腐れにくく、曲げや圧縮強さが強くなり、しかも伸び縮みが小さくなるので建具の立て付けが良くなるなどの利点があります。

しかし、道産カラマツの場合、とりわけ中小径材から木取りした心持ち正角は、乾燥に伴って、割れ、ねじれの欠点が現れます。割れについては、前述のインサイジング処理が効果的です。問題は、もう一つの欠点であるねじれをどのように克服するかです。ねじれの抑制方法として旋回圧縮あるいは平面圧縮による乾燥が挙げられますが、このような乾燥の場合はコスト面で難点があります。

そこで、天然乾燥により、ねじれを生じたカラマツ心持ち正角を短尺化し、これらを縦つぎする時にねじれを軽減化させる方法について検討した

等低下を防ぐ方法として、インサイジングが有効であるといえます。

3) 乾燥材の品等

天然乾燥前と後のJASによる総合品等(ひき角類、正角)を図5に示します。乾燥後の特等、一等以外は便宜上二等にしています。

乾燥前、カラマツ心持ち正角の約90%は一等以上ですが、無処理材を含水率20%まで乾燥すると二等以下の方が90%になってしまいます。それに比べて、インサイジングを行うと割れによる品等低下が小さいので、一等以上の材が65%も得られます。

このように、インサイジングは乾燥中に発生する割れを減少させ、品等低下を防ぐので、カラマツ心持ち正角の視覚的イメージアップをはかるうえで有効な方法であると思われます。

(林産試験場 野呂田隆史)

ので、そのあらましを説明します。

天然乾燥によるねじれ(図6)は、断面寸法11cm角、材長1.8mのカラマツ心持ち正角を含水率約16%まで乾燥させた場合のねじれと曲がりを示したものです。ねじれの平均値(\bar{x})は4.35度/1.8mバラツキの幅(標準偏差 λ)は2.02でした。例えば、製材の日本農林規格(JAS)では、土台用正角のねじれは顕著でないこと、となっています。また、ニュージーランドの同規格(NZS)では、100mm角でねじれは約1.2度/1.8m以下であること、となっています。したがって、この多くはさらに短尺化し、しかもねじれを軽減させた縦つぎが必要となります。

なお、曲がりには平均値で1.9mm/1.8mと小さく、JASの土台用正角の値(9mm/1.8m)を超えるものは極めてわずかとなっています。

・FJの一般的な縦つぎ

縦つぎは、FJ(フィンガージョイント)で行いました。FJの一般的な縦つぎ方法は、図7に示すように、直角テーブル上の材料を側面と上

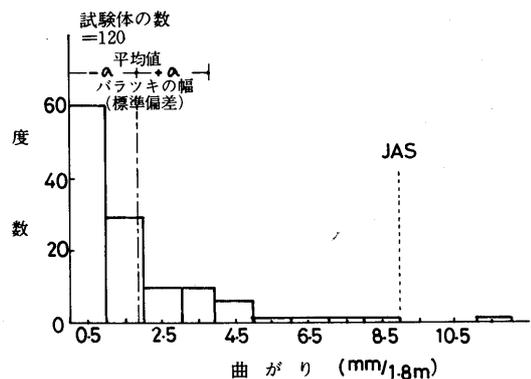
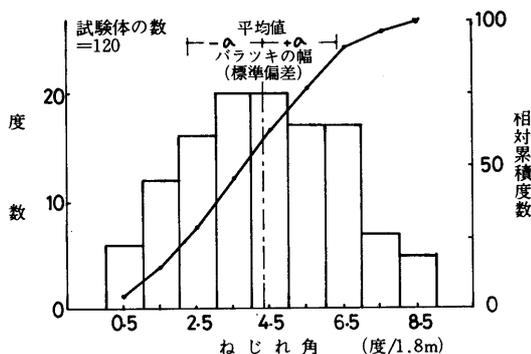


図6 カラマツ心持ち正角の天然乾燥によるねじれと曲がり

端の両方向から圧縮空気で押し付けながら、刃物でフィンガー（指）の形に削ります。そして、つなぎ部分に接着剤を塗り、専用機で接着圧縮します。このように、一般的な縦つぎ方法では、刃物（カッター）側で材料が2方向から締め付けられるために、例えば材長3.6mの正角を1.8mに短尺化して縦つぎを行っても、元の3.6m材のねじれに戻ってしまいます。すなわち、この方法では、短尺化して縦つぎする意味がなくなります。

・ねじれ材の縦継ぎ方法

そこで、ねじれ材の現場的な縦つぎ方法として図8の2通りを考えてみました。べた置きは、材中央から両端へ等分ずつ逆方向に t だけねじれているものと仮定し、つなぎ部分のねじれがプラス・マイナスで零になるように、当て木等を工夫したものです。また、一方押しは、短尺化した部材の片端を直角テーブルに押し付け、反対の端に t の2倍のねじれ量が現れるように、順次縦つぎ

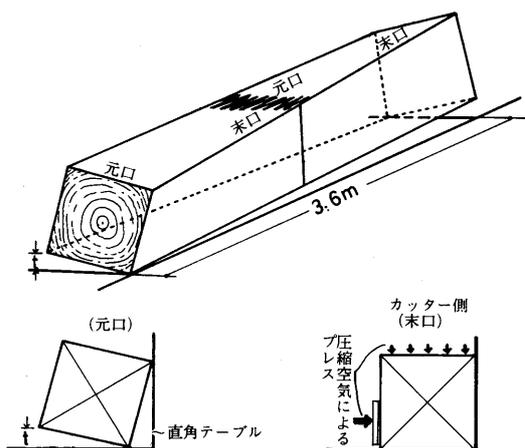


図7 フィンガー・ジョイントの一般的な縦つぎ(2本つなぎ)

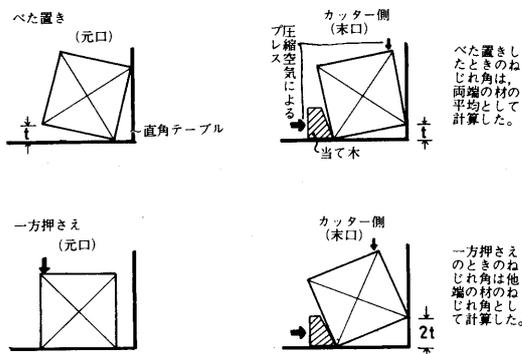
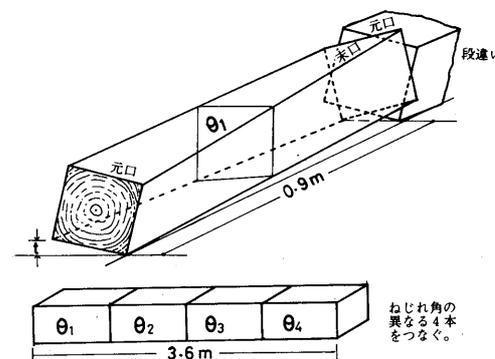


図8 ねじれ材の縦つぎ方法(4本つなぎ)とねじれ量の計算

したものです。したがって、ねじれ角が θ_1 から θ_4 の4本つなぎの場合、見かけのねじれ角は、べた置きが θ_1 と θ_4 の和の半分、一方押しえが θ_4 で表されます。すなわち、材長3.6mの正角を0.9mの長

さに四等分すると、計算上のねじれ角は元の1/4に軽減されることになります。

・縦つぎの加工精度

実際に2通りの方法で縦つぎを行い、実測値と計算値の差、つまり縦つぎの加工精度を求めてみました。この実験では、各部材の長さを0.9mに短尺化したのち、フィンガー長さ10mm、同ピッチ3.8mmの刃物で切削し、水性ビニールウレタン樹

表3 各縦つぎ方法によるねじれ角の平均値

	べた置き	一方押さえ
2本つなぎ (度/1.8m) —180体の平均値— 計算値	2.35	2.02
実測値と計算値の差	-0.09 (0.76)	-0.20 (0.69)
4本つなぎ (度/3.6m) —60体の平均値— 計算値	2.33	2.03
実測値と計算値の差	-0.31 (1.47)	-0.62 (1.11)

()内はバラツキ(標準偏差)

脂接着剤で縦つぎしました。

結果を表3に示します。2本つなぎの実測値と計算値の差は、いずれの方法とも極めて小さく、この程度の縦つぎ加工精度であれば実用上支障はないと思います。4本つなぎの場合は、両方法とも2本つなぎの約3倍の値を示しています。なお、2本及び4本つなぎとも、縦つぎ方法による統計上の有意差は認められませんでした。

・段違いの対策

ねじれの軽減化に対して効果的な縦つぎ方法を説明してきましたが、これら方法を採用する場合は若干留意しなければならないことがあります。それは、つなぎ部分に現れる段違いです。この段違いも大きさや用途によっては許容されることもあります。あまりにも大きい時には修正挽きを必要とするでしょう。実験によると、わずかな削り残しを無視すれば、4度前後にねじれた部材があっても、約2mm削ると段違いは除去されます。

(林産試験場 金森勝義)

まとめ

カラマツ心持ち正角の乾燥剤を建築部材として利用するとすれば、現状では土台材が有力かと思えます。しかし、この土台材についても、現実には材長3.65m一本ものが買い手市場の様相を呈しています。このような観点から見ると、今回の一連の実験は現実的とは言えないかも知れません。しかしながら、製材歩留まりの低下を余儀なくさ

れている曲がり丸太の付加価値向上策として、さらにカラマツ乾燥材を建築部材に利用する際の技術資料として活用されることを期待し、結びとします。

参考資料

- 1) 布村ほか2名：林産試験場月報 1982年12月号, 12頁