

# フィンガージョイントの作業条件について

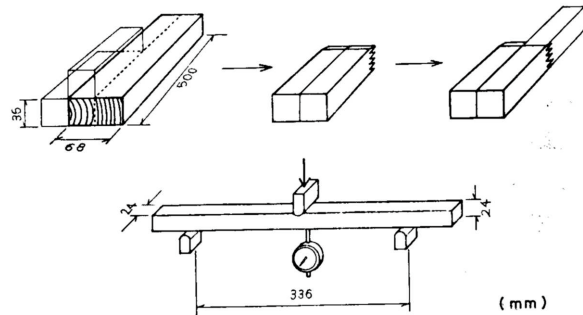
倉田久敬 堀江秀夫

## 1. はじめに

現在、フィンガージョイント工法は、木材の縦接合技術として広く実用に供されている。特に集成材工業では、従前のスカーフジョイント工法から、完全にフィンガージョイント工法に移行した。

これほど実用化している工法にもかかわらず、その作業条件はいまだ明確でなく、造作用に関してのみ製造基準<sup>1),2)</sup>があるにすぎない。これからの木材事情を考えると、むしろ構造用材への適用にこそ、フィンガージョイントの本命があると思われる。そのためには、しっかりした作業標準を作らなければならない。本報告は、これに向けての試験の一部であるが、さしあたり若干の基本的作業条件をとりあげ、ジョイント材の曲げ接合効率に対する影響を検討したものである。

なお、本報告は第29回日本木材学会大会（昭和54年7月、於札幌）において口頭発表を行った。



第2図 実験手順及び曲げ強度試験の方法

## 2. 材料及び方法

### 2.1 供試材及びフィンガー形状

幅68mm、厚さ36mm、長さ500mmのエゾマツ正柱目無欠点材を供試材に用いた。年輪幅、比重、含水率を第1表に示したが、エゾマツ材としては標準的な材質である。

試験に用いたフィンガージョイントの形状寸法を第1図に示した。公称でフィンガー長さ12mm、ピッチ4mm、フィンガー底部幅0.4mm、スカーフ部傾斜比1:7.5である。

### 2.2 実験手順

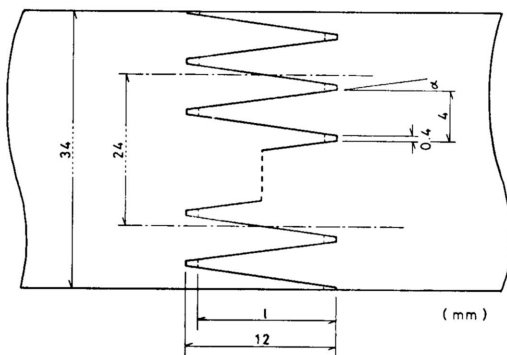
第2図に実験手順を示した。

幅68mm、厚さ36mmの正柱目材を第2図のように2分した。一方をコントロール材として24mm角に鉋削仕上げした後、曲げ強度試験に供した。他方はジョイント材として、長さ方向に2分し、フィンガージョイント工法で接合された。

この試験ではフィンガー長さを作業条件のひとつとしてとりあげたが、使用したフィンガーシェーパー（フィンガー成形切削機）の構造が原因で、必要なフィンガー長さをいつも正確に成形するのは、なかなか困難でかつ熟練を要した。したがって、特に相互に嵌合される供試材のフィンガー長さをそろえるために、この試験ではジョイント材を長さ方向に2分した後、

第1表 供試材の材質

	年輪幅		比重	含水率 (%)
	1mm以下	1mm以上		
平均	0.7	1.3	0.41	9.4
範囲	0.5~0.9	1.0~1.5	0.32~0.45	7.3~10.8



第1図 供試フィンガージョイントの形状、寸法

〔林産式月報 1979年11月〕

一時的に仮接着して同時に成形切削し、嵌合されるフィンガー長さが正確に同一になるようにした。なお、仮接着にあたっては、フィンガー形状が柂目面に現れるか板目面に現れるか（これはフィンガー切削にあたって、切削面が板目か柂目かを意味する）を作業条件の一つとしたので、柂目同志又は板目同志が接するようにし、柂目と板目が接することのないようにした。フィンガー切削が終わった後、供試材を接着面で挽割り縦接合した。嵌合作業はインストロン型強度試験機を用い、エンドプレッシャー、圧入速度、所定圧到達後の圧縮保持時間を正確に制御した。

ジョイント材は接着剤硬化後、第1図に示したように、両材縁から1.25ピッチ（5mm）だけ鉋削して24mm角として曲げ強度試験に供した。

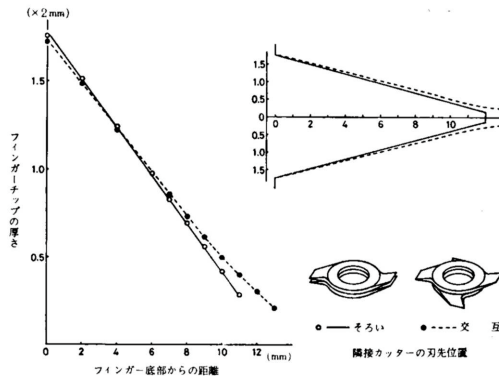
ジョイント材及びコントロール材の曲げ強度試験はスパン33.6cmの中央集中荷重によって行った。ジョイント材はフィンガー形状が現れた面が負荷面となる垂直フィンガー形式で曲げ試験を行い、コントロール材は対応するジョイント材と同じ木目を負荷面とした。

2.3 作業条件と水準

接合の良否に影響する作業条件はいろいろと考えられるが<sup>3)</sup>、どの条件がどの程度影響するのは詳細にはわかっていない。ここでは作業条件をフィンガー切削条件、嵌合条件及び接合される材料の条件に分類して、それぞれ基本的と考えられるものをいくつか取りあげた。第2表は取りあげた条件因子とその水準であるが、若干のものについて説明する。

第2表 因子と水準

因子	水準			
	有	無	有	無
切削条件				
予備切削	有	無		
隣接カッターの刃先位置	そろい	交互		
送材速度 (m/min)	8	16		
嵌合条件				
フィンガー長さ (mm)	8.5	9.5	10.5	11.5
エンドプレッシャー (kg/cm <sup>2</sup> )	中間値外挿	下限値	中間値	上限値
圧入速度 (mm/min)	2.5	100		
圧縮継続時間 (sec)	0	10		
接着剤	レゾルシン ノール系	ウレタン系		
材条件				
フィンガー面の木目	柂目	板目		
年輪幅 (mm)	1以下	1以上		



第3図 隣接カッターの刃先位置と成形されたフィンガーの形状

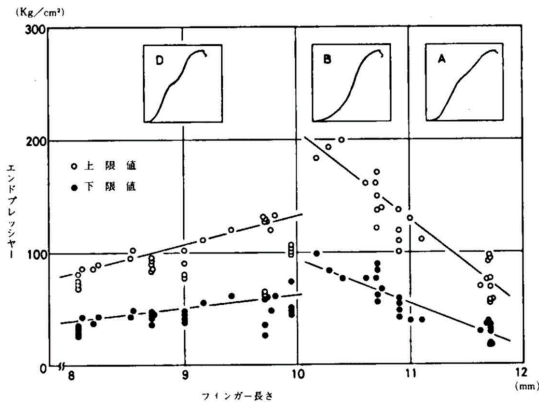
2.3.1 隣接カッターの刃先位置

隣接するフィンガーカッターの刃先位置が、第3図のように、切削円筒の同一母線上にそろっているか、交互にずれているかによって、成形されるフィンガーの形状が違ってくる。第3図は成形されたフィンガー形状を測定した1例であるが、刃先がそろっているとフィンガー傾斜部は先端まで直線的に細くなっている。これに対して交互にずれている場合は、底部からある程度の位置までは直線的であるが、それから先はだんだん太くなるような方向に曲ってくる。したがって、フィンガー長さが同じであっても、先端の寸法が違う。

2.3.2 フィンガー長さ及びエンドプレッシャー

嵌合にあたってフィンガーを相互に圧入する場合の荷重 - 変位曲線<sup>4)</sup>を観察すると、フィンガー長さによって3種規のタイプに区分することができる。それは第4図の図中の枠内に示したようなもので、それぞれフィンガー長さ11~12mm, 10~11mm, 8~10mmの範囲に存在する。このことからフィンガー長さの水準を8.5, 9.5, 10.5, 11.5mmにとった。

荷重 - 変位曲線の第1直線域の上・下限値に相当するエンドプレッシャーを、フィンガー長さ別にプロットすると第4図のようになる。上限値を越えると多くの場合、接合される材に何らかの損傷が観察されることから、これ以上のエンドプレッシャー



第4図 フィンガー長さとお端プレッシャー  
注) 図は嵌合試験に得られる荷重 - 変位曲線の直線域の上下限値に相当するお端プレッシャーを示す。枠内のパターンは、そのフィンガー長さ領域における荷重 - 変位曲線を示す

第3表 フィンガー長さ別のお端プレッシャー値

フィンガー長さ (mm)	お端プレッシャー (kg/cm <sup>2</sup> )			
	中間値外挿 下限値	中間値	上限値	
8.5	22	47	71	96
9.5	26	58	90	122
10.5	29	77	125	172
11.5	9	37	64	92

を加えることは危険と判断される。また、下限値は安定した嵌合が行われる最低値と考えられるが、もっと低いお端プレッシャーでも十分な接合強度が得られている例<sup>5),6)</sup>もある。このようなことから上・下限値、その中間値、下限と中間との差を下限より低い方に外挿した値の4水準を、それぞれのフィンガー長さに応じてとった。各フィンガー長さでのお端プレッシャーの値は第3表のとおりである。

2.3.3 その他の因子

上述以外で説明を要する因子について、簡単にふれる。

圧入速度は実験的には、一般に10mm/min以下の低速であるが、実際の作業では50mm/min以上の場合が多い。ここでは2.5及び100mm/minとした。

一般のフィンガージョイント装置は、多くの場合所定お端プレッシャーに達する

とすぐに解圧する構造なので、圧縮継続時間はほとんど零であるが、DINでは2秒以上の継続が必要だとしている。ここでは0及び10秒とした。

フィンガー形状のきざまれている材面が粗目が板目かで、接合性能に差が認められた実験例<sup>7)</sup>がある。その理由はあまり明確でないが、もし差があって実験結果を攪乱すると困るので、ここではブロック因子としての性格も兼ねてとりあげた。

3. 結果及び考察

3.1 分散分析の結果

直交表<sub>L16</sub>に第2表に示した因子と水準を割りつけた。各回の実験では5本ずつの試験体を用いたので、データの繰り返し数が5となる。理論上、接合効率率は0~100%の範囲にあり、存在範囲に限界がある。更に今回の実験結果では、多くのものが75~85%の範囲にあって、分布が歪んでいる。そこで測定値に

$$y = \log_e \left( \frac{1}{x} - 1 \right)$$

x : 接合効率率 (小数で示した値)

y : 変換値

で示されるオメガ変換<sup>8)</sup>の処置をほどこして分散分析を行った。なお、実験的には100%を越える接合効率率

第4表 分散分析

因子	自由度	平方和	分散	分散比	寄与率
子 備 切 削	1	0.01	0.0097		
隣接カッターの刃先位置	1	0.21	0.2074		
送 材 速 度	1	0.10	0.0989		
フィンガー長さ	3	12.35	4.1166	6.16**	10.0
お端プレッシャー	3	15.14	5.0452	7.55**	12.7
圧 入 速 度	1	4.60	4.6013	6.88*	3.8
圧 縮 継 続 時 間	1	5.45	5.4537	8.16**	4.6
接 着 剤	1	8.05	8.0541	12.05**	7.1
フィンガー面の木目	1	11.94	11.9406	17.86**	10.9
年 輪 幅	1	0.08	0.0830		
1 次 誤 差	1	0.10	0.1000		
2 次 誤 差	64	45.64	0.7131		
プ ール した 誤 差	69	46.14	0.6686		50.9
計	79	103.67			100.0

注) 分散比は1次誤差で有意でなかった因子をプールした誤差に対するものである

が現れるので、このような測定値は99.75%としてオメガ変換を行った。

第4表は分散分析の結果である。フィンガー長さ、エンドプレッシャー、圧縮継続時間、接着剤の各因子が1%有意、圧入速度が5%有意となった。特に、フィンガー長さ、エンドプレッシャーは寄与率も高く、接合効率に及ぼす影響が大であることが分かる。

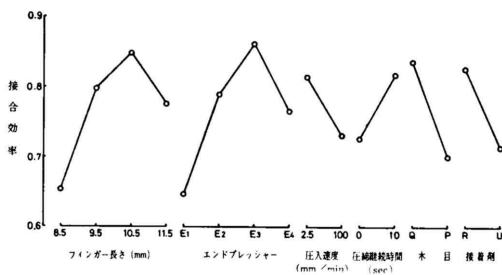
実験を始める前に心配したように、フィンガー面の木目が高度に有意となった。以前に行った実験でも同様な結果を得たことがあるが<sup>7)</sup>、今回の実験でもその理由は明らかでない。今後の検討課題とした。

### 3.2 有意となった因子の効果

第5図は分散分析の結果、有意となった因子の効果グラフである。フィンガー長さとおエンドプレッシャーには適正值がある。

フィンガー長さは短かすぎても、長すぎても悪く、10.5mmが適正值になっている。これは第4図に示した嵌合時の荷重-変位曲線がBタイプを示すフィンガー長さとも一致する。

エンドプレッシャーは第3水準が適正值であり、フィンガー長さ10.5mmの場合は125kg/cm<sup>2</sup>となる。これは従来、一般にいわれているエンドプレッシャー値よりも相当に高い値であるが<sup>1)</sup>、当場の実験でこれに近い値を採用した例<sup>9)</sup>がある。ちなみにDINでは、針葉樹をフィンガー長さ10mm以下のミニフィンガー



第5図 効果グラフ  
 注) エンドプレッシャー：水準を示している  
 木目：Q=桤目，P=板目  
 接着剤：R=レゾルシノール系，U=ウレタン系

第5表 作業条件と工程平均の推定値

因子	水準	
	最適	次善
フィンガー長さ (mm)	10.5	同左
エンドプレッシャー (kg/cm <sup>2</sup> )	125	〃
圧入速度 (mm/min)	2.5	〃
圧縮継続時間 (sec)	10	0
接着剤	レゾルシノール系	同左
フィンガー面の木目	桤目	板目
期待値	0.971	0.903
95%信頼限界	0.949~0.984	0.838~0.946

ジョイントで接合する場合のエンドプレッシャーとして、120kg/cm<sup>2</sup>を採用している<sup>10)</sup>。

フィンガー面の木目を除いて、他の因子の効果は常識的である。

### 3.3 適正条件で接合した場合の接合効率の推定

分散分析で有意となった因子の水準を適正值に固定した最適条件の場合と、作業実態を考慮して最適条件のうち圧縮継続時間を0秒、フィンガー面の木目を板目とした場合について、期待される接合効率の推定を行った。第5表はその結果である。

両方とも90%以上の値を示し、特に最適条件では平均で97%という高い接合効率が期待できる。しかし、この値は細心の注意を払って行った実験での値であり、工場での実作業ではもっと低い値になると予想される。これについては別に検討する予定である。

## 4. おわりに

フィンガージョイントに関する若干の基本的な作業条件をとりあげて、ジョイント材の曲げ接合効率に及ぼす影響を検討した。定性的には、ほぼ常識的な結果が得られた。しかし、エンドプレッシャーに関しては、125kg/cm<sup>2</sup>が最適値であり、従来我国で一般に言われているよりも相当に高い値である。

適正作業条件で得られる接合効率の期待値は97%である。この値は実験室的に得られる値ではあるが、ミニフィンガージョイントによる曲げ接合効率の目標値とみなすことができ、工場での実際作業の良否はこの値に対比して判断できる。

文 献

- 1) 日本木材加工技術協会CL専門委員会：木材工業，31，10，25（1976）
- 2) 同 上 ，：同 上 ， 32，4，29（1977）
- 3) 倉田久敬：日本木材学会北海道支部第11回研究会資料，1（1978）
- 4) 倉田久敬，長原芳男：林産試月報，306，7（1977）
- 5) 星 通，千葉保人：木材工業，28，8，23（1973）
- 6) 同 上 ，：同 上 ， 31，8，18（1976）
- 7) 工藤 修ほか3名：日本木材学会北海道支部講演集，第2号，16（1970）
- 8) 田口玄一：“統計解析”，丸善，139—155（1966）
- 9) 工藤 修，長原芳男：林産試月報，301，6（1977）
- 10) DIN 68 140：Keilzinkenverbindung von Holz（Oktober 1971）

—試験部 複合材試験科—  
（原稿受理 昭和54.10.15）

—研究要旨—

## ナミダタケに対する防腐剤の効力試験

土 居 修 一 齊 藤 光 雄  
伊 東 英 武 布 村 昭 夫\*

### 1. 緒 言

ナミダタケによる家屋の腐朽害は、北海道内で特に顕在化しており、新築後3～4年で床落ちなどの被害を生ずることから社会問題にまで発展した。この被害を防止する有効な手段として木材防腐剤による処理があるが、我が国で汎用されているCCAなどの防腐効力試験はJIS A 9302に定められているオオウズラタケ、カララタケを使ったものであることが多く、実際上問題となっているナミダタケを用いた場合のデータは見あたらない。そこで、本報ではナミダタケに対する木材防腐剤の効力について報告し、合わせて二、三の生理的特徴について述べる。なお、この報告は、第29回日本木材学会大会（昭和54年7月、札幌市）で発表した。

### 2. 実 験

供試菌として、オオウズラタケ（林試 0507）ナミダタケ（道内分離株No. 3，IF 08697）を、供試樹種としてスギ辺材（2×2×1cm）を用いた。これらの菌は、培地 pH と生長量の関係、温度と生長量の関係を調査した後、JIS A 9302を準用して防腐剤の効力試験のために供試した。

防腐効力試験を用いられた薬剤は、JIS 外のクレオ

ソート油原液，CCA系2%溶液（JIS K 1554 1号—B及び2号），PF系2%溶液（JIS K 1550 1種1号）及びクロルナフタリン系原液である。JIS 外のクレオソート油を用いたのは、これが一般に市販され使われているからである。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 ナミダタケの生長と培地 pH，培養温度

馬鈴薯—ブドウ糖の寒天平板培地をリン酸と水酸化カリウムで pH 3～10 に調整して、あらかじめ培養しておいた供試菌を直径 4 mm のペレットとして無菌的に接種し、20°C 下での菌糸生長量を測定した結果は第 1 図に示す。この図によれば、ナミダタケは酸性側でよく生長し至適 pH は 6～7 で 8 以上になると生長は極端に抑制されることが明らかであり、Coggins<sup>1)</sup>の結果とも似た傾向を示している。これはまた、比較として用いたオオウズラタケの場合よりアルカリに弱いことを示している。

温度と生長量の関係は温度勾配培養器を使って測定したが、その結果を第 2 図に示す。この図によれば、いずれのナミダタケでも 16～22°C で比較的良好に生長し、29°C 以上になると生長は殆んど停止することが認められるが、これはナミダタケの被害発生が道内で