

平成6年度 農林水産省補助事業

エンジニアリングウッド性能評価事業

平成7年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

まえがき

建築物の構造解析は、世界的にみて、信頼性理論をもとにした限界状態設計法が主流となりつつあり、木質建築物についても北米ではこの設計法へと移行しつつある。我が国においても、この設計法に対する関心が高まってきており、そのための準備を急ぐことが必要となっている。

本事業は、こうした状況を踏まえ、国産材等を原料としたエンジニアリングウッドの性能評価を行うことを目的とするものである。

我が国における集成材ラミナの強度試験方法とその評価は、これまで曲げによるものが主体であったが、①大断面集成材の強度性能を評価するには引張強度の方が望ましいこと、②シュミレーションによって強度分布を予測するには、ラミナの引張試験のデータが大量に必要であることから、産地別に外国樹種を含め数樹種について、ラミナの引張試験を行いその結果を取りまとめた。

事業の実施に当たっては、下記委員会を設置して検討を進めてきたものである。

なお、ラミナの引張試験には、森林総合研究所はじめとして、下記の林業林産関係公立試験場、ならびに筑波大学のご協力をいただいた。

委員及び関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

エンジニアリングウッド性能評価委員会 委員名簿

委員長	中井 孝	森林総合研究所木材特性科	科長
委員	河合直人	建築研究所耐風研究室	研究員
〃	林 知行	森林総合研究所集成加工研究室	主任研究官
〃	長尾博文	森林総合研究所材料性能研究室	研究官
〃	工藤 修	北海道立林産試験場材料性能科	科長
〃	東野 正	岩手県林業技術センター	
〃	橋爪 丈夫	長野県林業総合センター	主任研究員
〃	池田 潔彦	静岡県林業技術センター	技師
〃	山吉 栄作	三重県林業技術センター	技術吏員
〃	坂田 和則	徳島県林業総合技術センター	研究員
〃	栃木 紀郎	筑波大学農林工学系	助教授

平成7年3月

(財)日本住宅・木材技術センター
理事長 下川 英雄

要 約

我が国における集成材ラミナの強度試験方法とその評価は、これまで曲げによるものが主体であった。このような曲げ強度のデータに基づく性能評価は、小断面の集成材が需要の主体であった時期には十分なものであったが、昨今のように大断面集成材が主要構造部材として用いられることが多くなると、必ずしも十分なものとは言えなくなってきた。

また、近年ラミナの強度分布から集成材の強度分布を予測できるこの種のモデルが世界的に重要視されるようになった。我が国ではこの種のモデルは未だ開発段階にあるが、最近の研究結果を見れば、実用化は時間の問題であると考えられる。

このように①大断面集成材の強度性能を評価するには引張強度の方が望ましいこと②シミュレーションによって強度分布を予測するには、ラミナの引張試験のデータが大量に必要であることから、産地別に外国樹種を含め数樹種について、ラミナの引張試験を行いその結果を取りまとめた。

キーワード

等級区分、含水率、フィンガージョイント、集中節径比、ヤング係数、引張試験、気乾比重、平均年輪幅、断面欠損率、接合効率、破壊形態、引張強度、ニューラル・ネットワーク、エレメント、集成材、縦継ぎラミナ、通しラミナ、人工乾燥、グレーディングマシン、曲げ試験

目 次

1	はじめに	1
2	事業全体に共通した試験方法の概要	2
	第1章 構造用集成材用ラミナの引張試験	5
1	栃木県産スギ	5
1.1	原料	5
1.1.1	ラミナの購入状況	5
1.1.2	フィンガージョイント	5
1.2	測定と試験方法	6
1.2.1	気乾比重	6
1.2.2	平均年輪幅	6
1.2.3	含水率	6
1.2.4	断面欠損率(集中節径比)	6
1.2.5	動的ヤング係数	6
1.2.6	引張破壊試験	7
1.3	試験結果	7
1.3.1	ラミナの特性	7
1.3.2	引張試験結果	8
2	宮崎県産スギ	15
2.1	原料	15
2.1.1	ラミナの購入状況	15
2.1.2	フィンガージョイント	15
2.2	測定と試験方法	16
2.3	試験結果	16
2.3.1	ラミナの特性	16
2.3.2	引張試験結果	17
3	島根県産アカマツ	27
3.1	原料	27
3.1.1	ラミナの購入状況	27
3.1.2	フィンガージョイント	27
3.2	測定と試験方法	27
3.3	試験結果	28
3.3.1	ラミナの特性	28
3.3.2	引張試験結果	29
4	ベイマツ	36
4.1	原料	36
4.1.1	ラミナの購入状況	36
4.1.2	フィンガージョイント	36

4. 2	測定と試験方法	36
4.	試験結果	37
4. 3. 1	ラミナの特性	37
4. 3. 2	引張試験結果	38
第2章 ニューラル・ネットワークによる集成材ラミナの品質等級の予測		45
1	はじめに	45
2	ニューラル・ネットワーク	45
3	推論方法	45
4	推論結果	46
第3章 構造用大断面集成材用ラミナの引張試験		70
1	試験の目的	70
2	供試材	70
3	試験方法	71
4	試験結果	71
5	まとめ	72
第4章 アカマツ構造用集成材ラミナの引張試験		122
1	試験の目的	122
2	供試材料	122
2. 1	供試材	122
2. 2	ラミナの製造	122
2. 3	縦継ぎ加工	123
3	試験方法	123
3. 1	ラミナの形質調査	123
3. 1. 1	気乾比重	123
3. 1. 2	平均年輪幅	123
3. 1. 3	含水率	123
3. 1. 4	集中節径比	123
3. 1. 5	動的ヤング係数	124
3. 2	引張破壊試験	124
4	試験結果	124
4. 1	ラミナの形質調査	124
4. 2	各ラミナにおける動的ヤング係数別頻度分布	126
4. 3	動的ヤング係数による機械的強度等級区分	126
4. 4	引張破壊試験	127
4. 5	引張強度におけるフィガージョイントの接合効率	128
4. 6	引張破壊の部位別頻度	128
4. 7	引張強度と諸因子との関係	129

5	まとめ	134
第5章	カラマツ構造用集成材用ラミナの引張り試験	152
1	材料と方法	152
1.1	材料	152
1.2	ラミナの仕分け	152
1.3	ラミナの縦継ぎ	152
1.4	ラミナの調査	153
1.5	ラミナの引張り試験	154
2	試験結果	154
2.1	ラミナの調査結果	154
2.1.1	各測定項目の集計	154
2.1.2	各測定項目とE dの関係	155
2.2	ラミナの引張り試験結果	156
2.2.1	ラミナの種類の検討	156
2.2.2	J A S等級区分別検討	158
2.2.3	破壊形態と引張り強さ	159
2.2.4	調査項目と引張り強さの関係	160
3	まとめ	164
第6章	構造用(大断面)集成材用針葉樹ラミナの引張り強度試験	175
1	はじめに	175
2	試験材料および試験方法	175
2.1	試験材料	175
2.2	材質調査および引張り試験	177
2.3	N JラミナおよびF Jラミナの引張り強度	180
3	まとめ	189
第7章	スギ集成材ラミナの強度性能評価	191
1	供試丸太及びラミナの調査	191
1.1	供試丸太の調査	191
1.2	ラミナ用板の木取りとラミナの仕上げ調整	192
1.3	ラミナの欠点調査と等級区分	193
2	ラミナの試験	193
2.1	曲げ試験	193
2.2	実大引張り試験	194
3	試験結果	194
3.1	供試丸太およびラミナのヤング率	194
3.2	通しラミナおよび縦継ぎラミナの引張り強度分布	194
3.3	ラミナ引張り区間の集中節径比と引張り強度の関係	196

3. 4	引張破壊形態の分類とその比率	198
3. 5	重回帰分析による引張強度推定	200
4	まとめ	200
第8章	スギ構造用集成材ラミナの引張試験	208
1	はじめに	208
2	材料と方法	208
2. 1. 1	供試材	208
2. 1. 2	ラミナの製造	208
2. 1. 3	縦継ぎ加工	208
2. 2	試験方法	209
2. 2. 1	ラミナの材質調査	209
2. 2. 2	引張試験	209
3	試験結果	209
3. 1	ラミナの目視等級区分	210
3. 2	ラミナの機械等級	211
3. 3	ラミナの引張破壊試験	211
3. 4	接合効率	218
3. 5	引張破壊の形態	218
3. 6	引張強度と諸因子との関係	218
3. 6. 1	密度	218
3. 6. 2	集中節径比	218
3. 6. 3	平均年輪幅	218
3. 6. 4	含水率	218
3. 6. 5	動的ヤング係数	218
3. 6. 6	曲げヤング係数	222
4	まとめ	222
第9章	MSR挽板用グレーディングマシンの実験的考察	229
1	連続走行式グレーディングマシンMGFS251について	230
1. 1	MGFS251の構造	230
1. 2	グレーディングマシンの補正係数について	231
2	材料と方法	232
2. 1	材料	232
2. 2	MGEの測定	232
2. 3	材料試験機による曲げヤング係数(E)の測定	232
2. 4	基本振動数測定によるヤング係数(Ef)の測定	233
3	試験結果	233
3. 1	個々の測定値(EおよびMGE)での検討	233
3. 1. 1	材料試験機により求めたEの決定	233

3. 1. 2	M G F S 2 5 1 の測定早さの検討	233
3. 1. 3	樹種による検討	234
3. 1. 4	ラミナの厚さ別検討	234
3. 1. 5	測定条件（変位）の検討	235
3. 2	ラミナ1枚単位での検討	235
3. 2. 1	M G E A V G と E A V の関係	236
3. 2. 2	M G E A V G の関係	236
4	試験値からの考察	236
4. 1	グレーディングマシンの曲げヤング係数計測システム	236
4. 2	実験値からの K_2 の算定	237
4. 2. 1	厚さ、変位の条件ごとの平均値からの検討	237
4. 2. 2	ヤング係数区分による検討	238
4. 3	実験値から求めた K_2 を用いたモデル計算	238
4. 4	連続走行式グレーディングマシンの係数調整のための手順	239
5	まとめ	240
第10章	同一等級M S R挽板で構成した構造用集成材の性能評価	242
1	試験方法	242
1. 1	材料の選定	242
1. 2	集成材の製造	243
1. 2. 1	集成材の種類	243
1. 2. 2	挽板の縦継ぎ	243
1. 2. 3	集成材の製造	244
1. 3	集成材の動的ヤング係数（E f）の測定	245
1. 4	曲げ破壊試験	245
1. 4. 1	垂直積層集成材の曲げ試験	245
1. 4. 2	水平積層集成材の曲げ試験	245
2	試験結果	246
2. 1	M G E の測定	246
2. 2	F J ラミナと通しラミナ、F J 2 層集成材と無F J 2 層集成材の比較	247
2. 3	集成材の曲げ強さ	249
2. 3. 1	水平積層集成材	249
2. 3. 2	垂直積層集成材	250
2. 3. 3	集成材の曲げヤング係数	251
2. 3. 4	水平積層集成材と垂直積層集成材の曲げ性能の比較	252
2. 3. 5	M O E と M O R の関係	253
2. 4	動的ヤング係数E f とM O E の関係	254
3	総括	255

1. はじめに（本試験研究の必要性）

試験結果の報告に先立ち、構造用集成材用ラミナの引張試験の必要性について述べる。

わが国における集成材ラミナの強度試験方法とその評価は、これまで曲げによるものが主体であった。これは試験方法そのものが簡便であり、製造の現場や検査機関でデータを容易に得ることが出来たためである。この結果、ラミナの曲げ強度に関してはデータの蓄積が進み、許容応力度の誘導等の性能評価に際してもこれらのデータが参照されてきた。

このような曲げ強度のデータに基づく性能評価は、小断面の集成材が需要の主体であった時期には十分なものであったが、昨今のように大断面集成材が主要構造部材として用いられることが多くなると、必ずしも十分なものとは言えなくなってきた。なぜなら、一般に大断面の集成材ほど、純粋な引張に近い応力が外層ラミナに発生するため、曲げ強度による評価では精度が低下せざるをえないからである。

このように、より精度の高い強度性能評価を行なうためには、ラミナの引張強度を評価の基礎データとすることが望ましいが、従来、適当な試験機がなかったためラミナの引張試験はほとんど行われておらず、データの蓄積も皆無に近い状態であった。

しかしながら、近年簡易な引張強度試験機が開発され、比較的容易に引張試験が行えるようになってきた。さらに各地の試験場やセンターでこの種の試験機を設置するところも増加してきた。

このような背景とは別に、ラミナの引張試験が注目されるようになってきた大きな理由として、ラミナの引張強度の分布が集成材の強度分布予測モデルの入力データとして不可欠なものになってきたことがあげられる。

近年ラミナの強度分布から集成材の強度分布を予測できるこの種のモデルが世界的に重要視されるようになった。これは限界状態設計法に対応するために多量の実大データが必要であるにもかかわらず、実際に多種多様な構造用大断面集成材の実大実験を行うことが不可能なためである。すでに木構造の先進国ではこの種のモデルがいくつか開発・実用化されている。わが国ではこの種のモデルは未だ開発段階にあるが、最近の研究結果を見れば、実用化は時間の問題であると考えられる。先にも説明したように、この種のモデルは大断面集成材を対象としたものであるから、より精度の高い強度予測のシミュレーションを行なうには、ラミナの引張試験データが大量に必要となる。言うまでもなくデータの量が多ければ多いほど予測の精度は向上する。

以上のような2つの必要性、すなわち、①大断面集成材の強度性能を評価するには引張強度の方が望ましいこと、②シミュレーションによって強度分布を予測するには、ラミナの引張試験のデータが大量に必要であることを背景として本事業が計画された。

試験の実施に当たっては、森林総合研究所をはじめとして、各地の林業林産関係公立試験場、ならびに筑波大学のご協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

2. 事業全体に共通した試験方法の概要

以下に本試験の試験方法の概要を示す。ただし、試験上の都合により、試験体数のように実施主体の判断で変更が加えられた場合もある。

2. 1 ラミナの製造と等級区分

2. 1. 1 寸法

ラミナの断面は大断面構造用集成材の製造基準の範囲内で任意、長さは2～3m程度とする。プレーナ等で4面を仕上げた状態で試験を行なう。

2. 1. 2 含水率

仕上がりで10～12%程度とする。

2. 1. 3 フィンガージョイント

上記製造基準に基づいて製造されたものであれば、フィンガージョイントの形態は任意とする。接合されるラミナは同等級同士とする。

2. 1. 4 等級区分

上記製造基準に基づくものとする。外材の場合には1等と2等が主体、国産材の場合には2等と3等を主体にして試験を行う。材料が入手困難な場合には、3等と4等を主体にしてもよい。

2. 1. 5 試験体数

出来るだけ多量の試験体を用意するのが望ましい。1ロットについて100体程度を標準とする。最低でも、1ロット当たり30体程度とする。

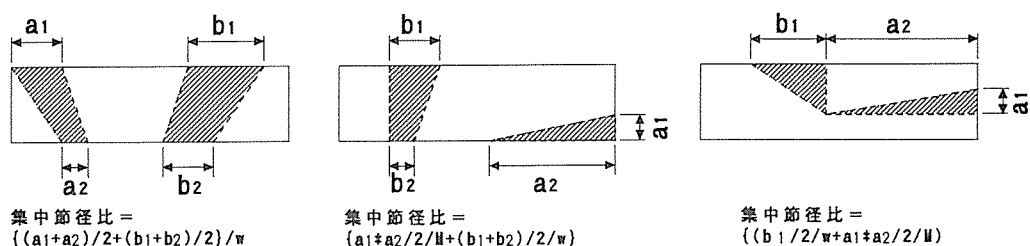
2. 2 測定項目

2. 2. 1 密度

一般的な方法によってラミナの重量と寸法を測定し、比重を求める。

2. 2. 2 最大集中節径比

試験機のチャック（グリップ）間の最大集中節径比を求める。長さ方向15cm間における節径比の算出方法は以下の通りである。



ここで w : ラミナの幅、 M : ラミナの断面積

図1 集中節径比（断面欠損率）の算出方法

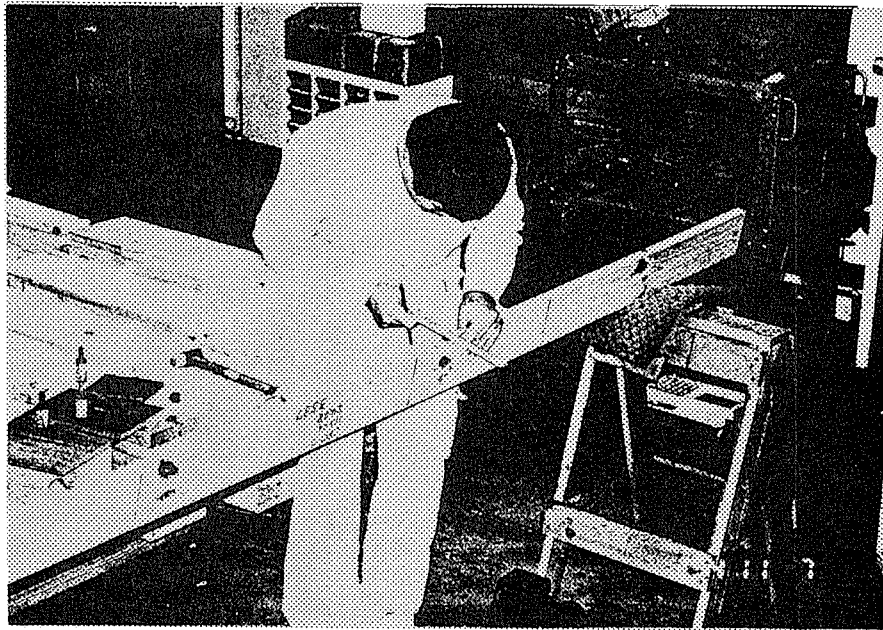


写真1 集中節径の測定

2. 2. 3 平均年輪幅

常法に基づき測定する。

2. 2. 4 ヤング係数

動的共振周波数法（打撃法）により測定する。小荷重載加法を併用するのが望ましい。

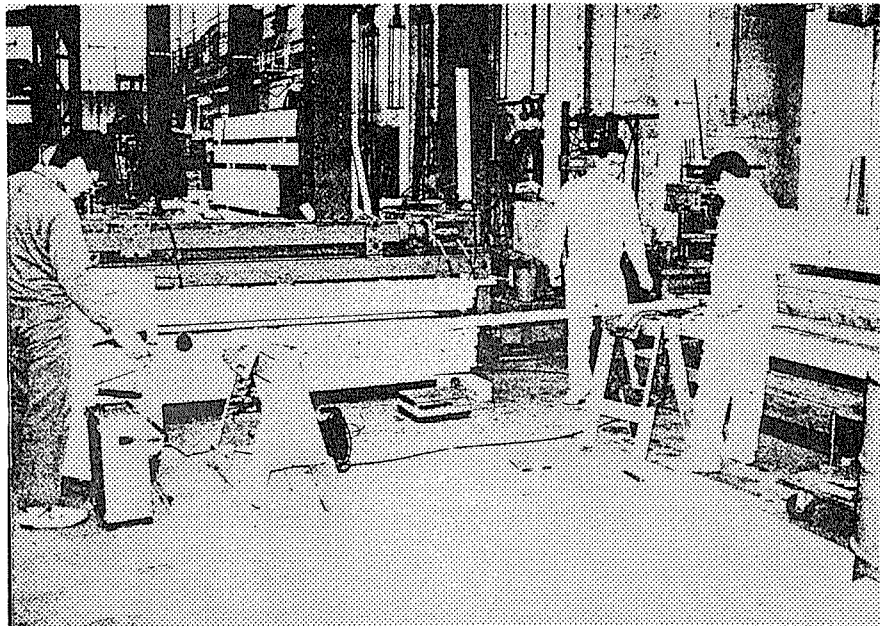


写真2 打撃法によるヤング係数（MOE）の測定

2. 2. 5 含水率

試験後、全乾法により測定する。

2.3 引張試験

試験には、実大引張試験機あるいは引張強度試験機能を備えた保証荷重試験機を用いる。チャック間距離を100cm程度に設定し、試験片を固定する。フィンガージョイントラミナの場合には、チャック間の中央にフィンガージョイントを位置させる。

破壊に至るまで引張荷重を作用させ、最大荷重および破壊形態を記録する。試験時間は破壊まで2～3分程度とする。

2.4 オプション

以下の項目は必ずしも測定する必要はないが、測定することが望ましい。

(1) 節の位置

チャック間におけるすべての節の位置、節とフィンガージョイントまでの間隔など。

(2) 引張ヤング係数

引張試験の際、適当なひずみ測定装置を用いてひずみを測定し、ヤング係数を求める。

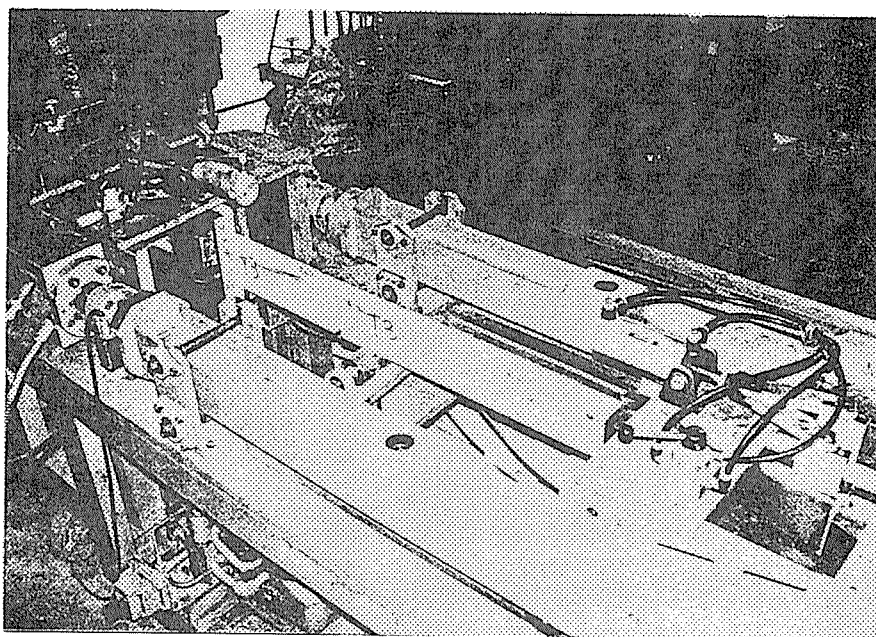


写真3 引張強度試験機能を備えた保証荷重試験機

第1章 構造用集成材用ラミナの引張試験

(栃木県産スギ、宮崎県産スギ、島根県産アカマツ、ベイマツ)

1 栃木県産スギ

1.1 原料

1.1.1 ラミナの購入状況

日光市近辺の市場で購入されたスギ原木（約80年生）を原料に用いた。

製材、乾燥、フィンガージョイント、仕上げのモルダーク処理などについては、大断面構造用集成材のJAS認定工場で行なった。

その後、同工場に備え付けられた中央集中加重方式の簡易グレーディングマシンで、

2等：95 ton・f/cm²以上

3等：85 ton・f/cm²以上

の2種類に区分した。この際、目視区分は全く行われなかった。この工程の後、フィンガージョイント加工が行われた。

なお、本試験体はスギの平均的な材質から見て、かなり良質なものであったと考えられる。

1.1.2 フィンガージョイント

フィンガージョイントの寸法は、フィンガー長さ：L = 20 mm、ピッチ：P = 6 mmであった。

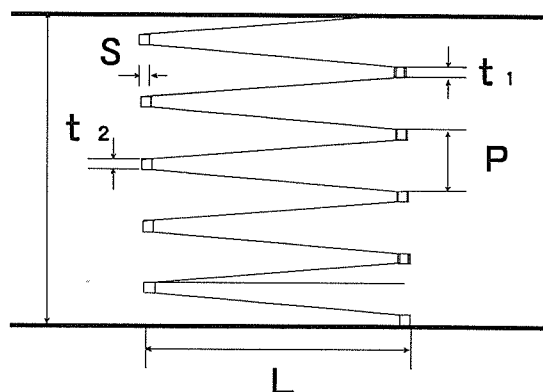


図1-1 フィンガージョイントの模式図

なお、フィンガージョイントの接着には一般的なレゾルシノール樹脂接着剤が用いられていた。フィンガージョイントの製造については、構造用の垂直型フィンガーカッターが用いられており、接着にも特別な問題点はなかった。

1. 2 測定と試験方法

ラミナの基本的な材質調査と視覚的及び機械的等級区分を行うために以下の項目について調査を行った。

1. 2. 1 気乾比重

ラミナの寸法及び重量を測定し、気乾比重を求めた。

1. 2. 2 平均年輪幅

引張試験終了後、破壊部分近傍の健全な無欠点部位から長さ方向 3 cm 程度の試験片を 1 枚採取し、完全な年輪間の年輪数とその間の距離を測定して平均年輪幅を求めた。

1. 2. 3 含水率

引張試験終了後、破壊部分近傍の健全な無欠点部位から長さ方向 3 cm 程度の試験片を 1 枚採取して重量を測定した後、105℃に温度設定した恒温器内で 24 時間乾燥させて絶乾重量を測定し、含水率を求めた。

1. 2. 4 断面欠損率（集中節径比）

ラミナの木口面に平行な横断面積に占める 15 cm 区間に存在する総ての節の断面積合計の割合を断面欠損率（集中節径比）とし、単独の節、集中節に関わらずラミナ全体において最大のもの（断面欠損率 1）と引張破壊試験時における引張区間（120 cm）内において最大のもの（断面欠損率 2）を求めた（図 1 を参照）。

測定は 15 cm 区間に存在する直径およそ 5 mm 以上の節を対象に行い、4 材面に出現する総ての節の接線径を測定してラミナ木口面に平行な節の横断面積の合計値を算出し、ラミナ木口面に平行なラミナ横断面積に対する節の横断面積合計の割合を求めた。

同一の節で幅広 2 材面に出現するものは、2 材面の節径を台形の面積を求める式の上底と下底として断面積を求めた。1 材面にしか出現しない節については、節が出現した材面の対称となる面（裏面）に接する頂点を持つ三角形の底辺として節径を測定し、三角形の面積を求めるように断面積を求めた。

1. 2. 5 動的ヤング係数

スポンジを敷いた台の上にラミナを載せて一方の木口面をハンマーで打撃し、発生した打撃音を他方の木口面付近に設置したマイクロホンを用いて測定した。この打撃音の基本振動数を FFT アナライザ（小野測器製、CF-360）を用いて求め、次式により動的ヤング係数を算出した。

$$E_f = \frac{4 \times L^2 \times f^2 \times \rho}{g}$$

ここで、 E_f : 動的ヤング係数 ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)

L : 材長 (cm)、 f : 基本振動数 (Hz)

ρ : 気乾比重、 g : 重力加速度 (980 cm/s^2)

1. 2. 6 引張破壊試験

試験機にはNET-40型引張保証荷重試験機（最大容量40tf）を用い、チャック間（引張部分）の長さを約110cmに設定した。荷重をロードセルで連続的に測定し、ラミナが破壊した時点に得られた最大荷重から引張強度を算出した。なお、破壊までに要した時間は約1～3分であった。

1. 3 試験結果

1. 3. 1 ラミナの特性

ラミナの幅、厚さ、長さは通しラミナについては（13×2.5×250cm）、フィンガージョイントラミナについては（130×25×260cm）であった。

表1-1に試験体数、気乾比重、平均年輪幅、含水率、ヤング係数の一覧表を示す。なお、（ ）内の数値は変動係数である。

表1-1 栃木県産スギラミナの特性一覧表

通しラミナ（試験体数：94）

気乾比重	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	集中節径比 全長 (%)	集中節径比 (%)
0.402 (9.81%)	2.90 (34.7%)	11.3 (10.7%)	106.6 (11.2%)	20.0 (56.0%)	16.3 (69.4%)

FJラミナ（試験体数：100）

気乾比重	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	集中節径比 全長 (%)	集中節径比 (%)
0.402 (9.84%)	3.29 (34.2%)	11.4 (8.39%)	91.5 (15.6%)	27.5 (45.7%)	23.4 (53.9%)

通しラミナとFJラミナの特性の差はヤング係数に顕著に現れており、両者が同一の母集団から得られたサンプルとは考えられない。またフィンガージョイント加工した方が集中節径比の値が高くなっており、このことから、サンプリングに明らかな差があったことがわかる。

1. 3. 2 引張試験結果

1. 3. 2. 1 試験体の破壊形態

試験体の破壊形態を写真1-1（通しラミナ）と写真1-2（FJラミナ）に示す。

通しラミナではグリップ間で破壊するものが88/94体、グリップ内部で破壊したものが6/94体であった。いずれも、何らかの形で節が破壊に関与したものが大部分であったが、目切れや全く欠点の見あたらない部分から脆性的に破壊するものも10体程度観察された。

一方FJラミナでは、FJが関与した破壊が76/100体で観察された。残りは節からの破壊であった。

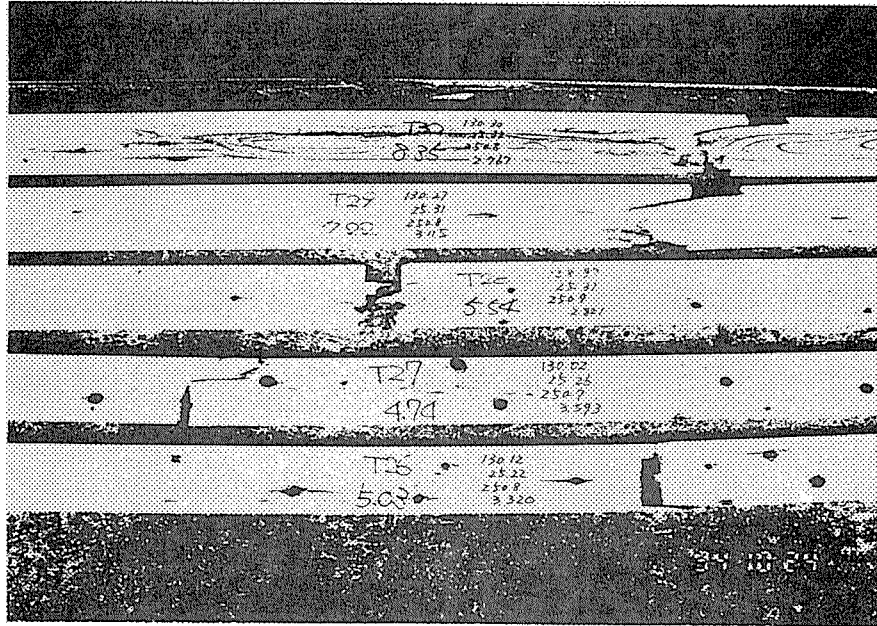


写真1-1（通しラミナ）の破壊形態

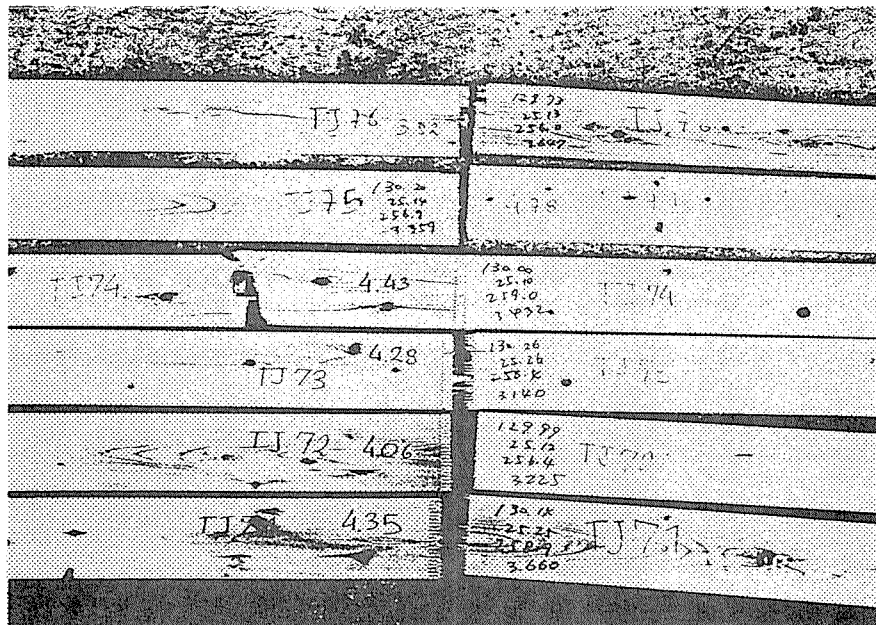


写真1-2（FJラミナ）の破壊形態

1. 3. 2. 2 等級の差

表1-2に等級別のヤング係数と引張強度の値を示す。

表1-2 強度特性に及ぼす等級の影響

等級	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
通し2等	114.5(8.84%)	465(27.8%)
通し3等	97.3(5.85%)	389(23.9%)
通し全体	106.6(11.2%)	430(27.9%)
F J 2等	99.4(14.8%)	317(20.0%)
F J 3等	83.7(9.83%)	273(13.6%)
F J 全体	91.5(15.6%)	295(19.2%)

() は標準偏差

この表から明らかなように、ヤング係数と引張強度における等級区分の差は、通しラミナであってもF Jラミナであっても明白である。

1. 3. 2. 3 ヤング係数と引張強度の相関関係

通しラミナのヤング係数(MOE)と引張強度(TS)との相関関係を図1-2に示す。また、F Jラミナについても同様の関係を図1-3に示す。

栃木スギMOE-TS

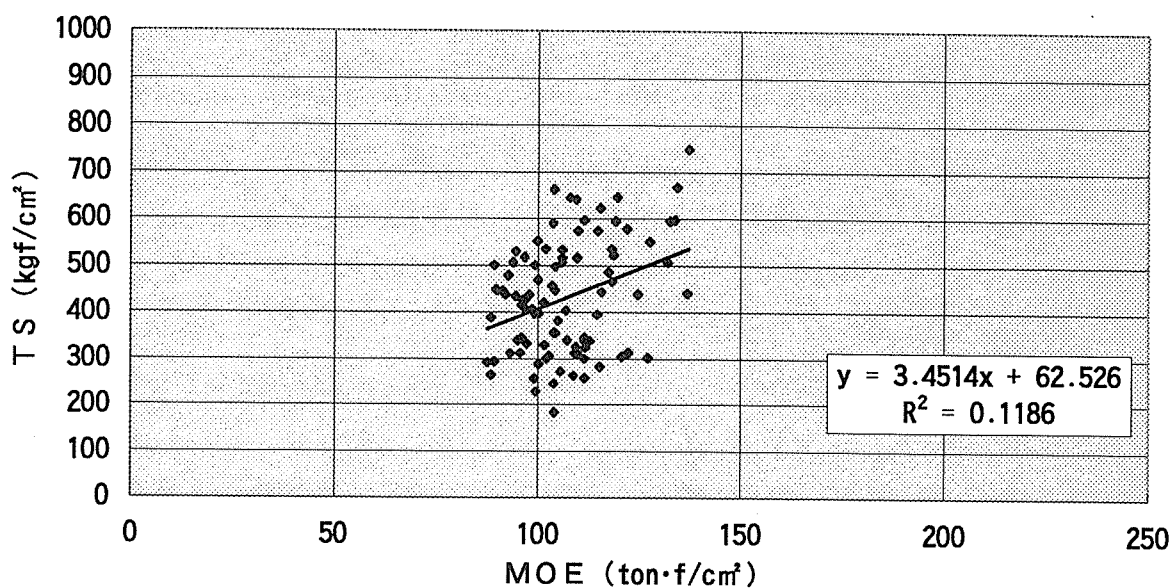


図1-2 通しラミナのMOE-TS (栃木スギ)

栃木スギFJMOE-TS

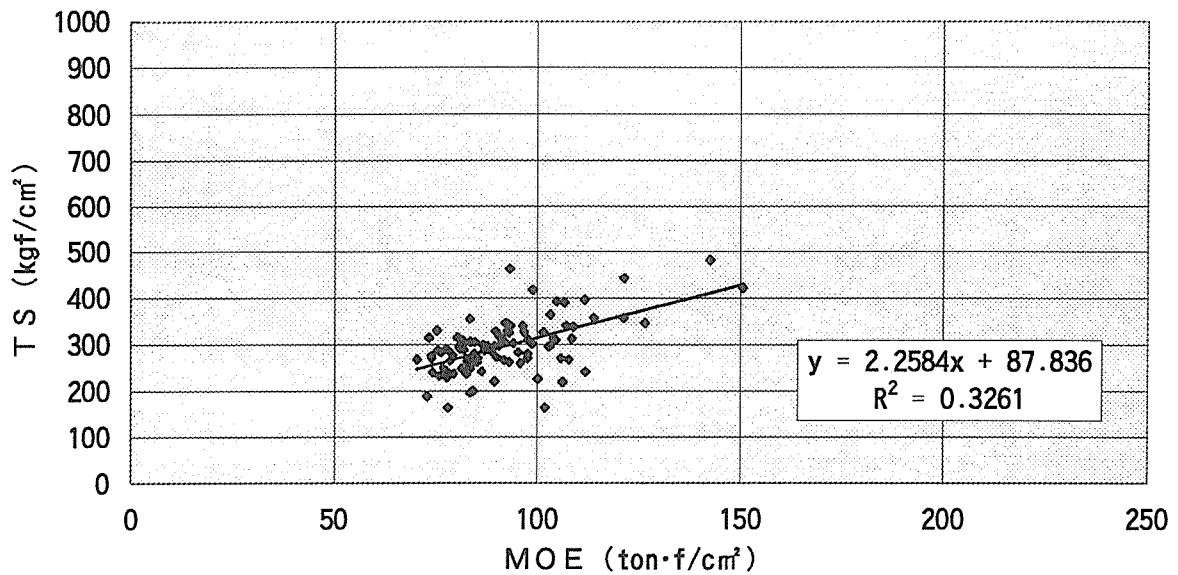


図1-3 FJラミナのMOE-TS (栃木スギ)

両図から明らかなように、MOEとTSの相関はMOEとMOR（曲げ強度）のそれほど強くはない。特に通しラミナでは相関係数が0.344と低い値を示している。これは、グレーディングの段階で低MOEのラミナが除外されたため、見かけの相関が数値的に低く現れたためと考えられる。

また、通しラミナの方がFJラミナより引張強度のバラツキが大きいこともこの図から明らかである。このため、いわゆる平均値で計算した接合効率よりも、5%下限値（正規分布を仮定：平均値－標準偏差×1.645で計算）で計算した接合効率の方がかなり高い値を示している（表1-3）。

この表からも明らかなように、接合効率が平均値では70%程度であるのに対して、5%下限値では85～90%の値を示している。このことは、平均値のみでフィンガージョイントの接合効率を考えることの不合理さを示すものである。

表1-3 フィンガージョイントの接合効率

	平均値の比	5%下限値の比
2等ラミナ	68.2%	84.5%
3等ラミナ	70.2%	89.8%
全体	68.6%	86.7%

1. 3. 2. 4 その他の因子と引張強度の関係

図1-4と図1-5に集中節径比（中央区間）とTSの相関関係を示す。いずれも、相関係数は低い値となっており、目視による等級区分の不合理性を示す結果となっている。

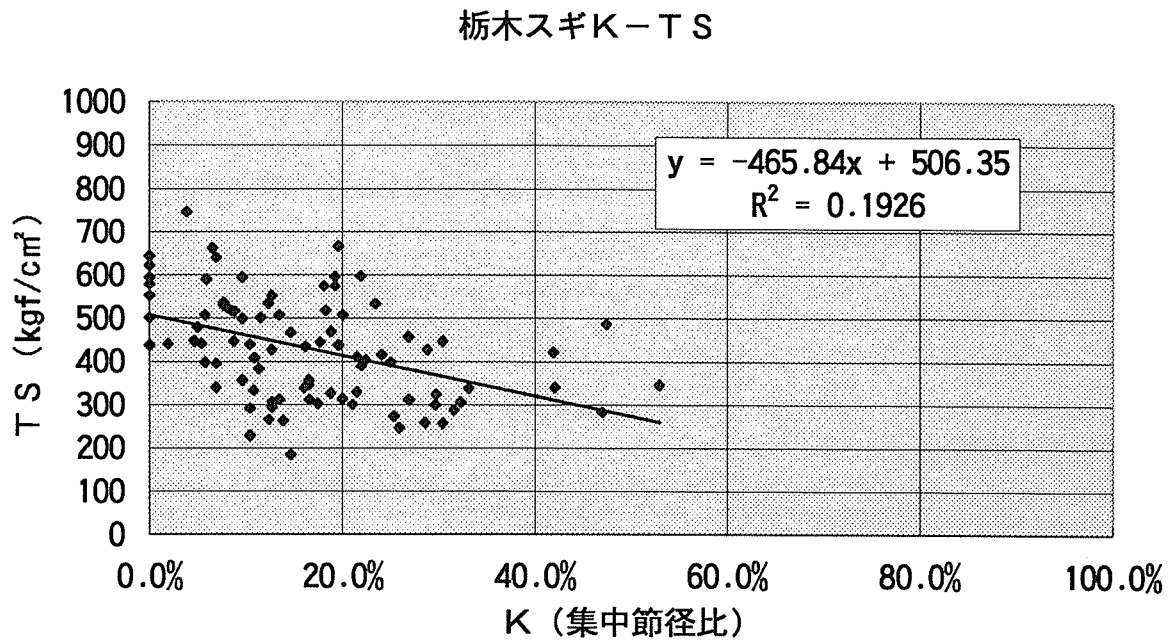


図1-4 通シラミナのK-TS（栃木スギ）

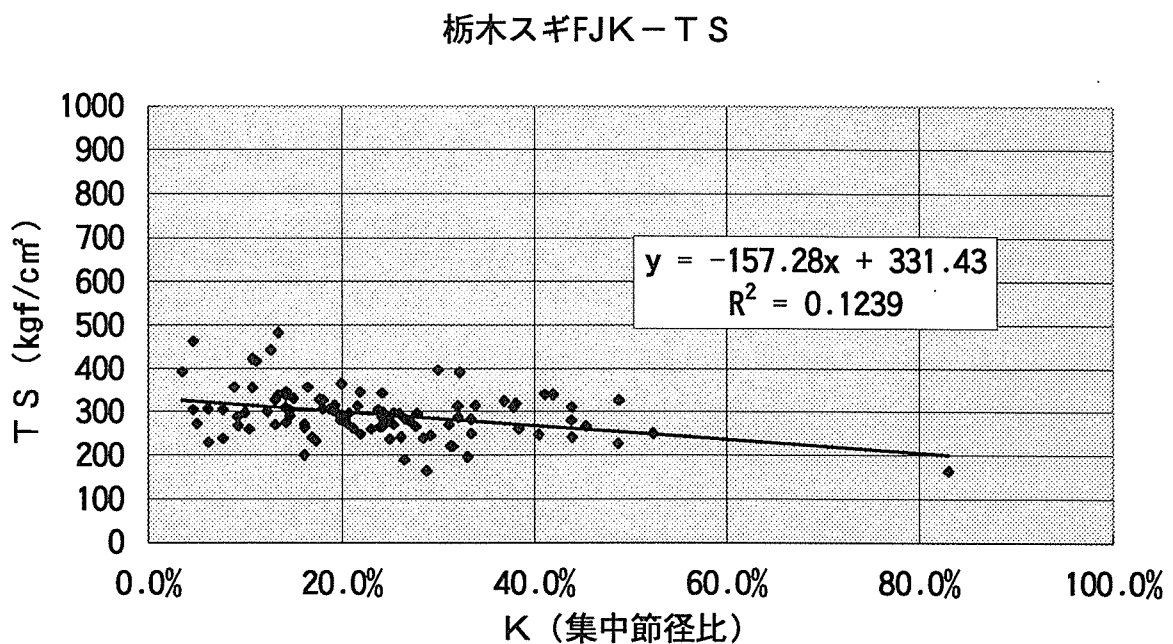


図1-5 FJラミナのK-TS（栃木スギ）

引張強度に関係すると思われる諸因子どうしについて相関係数を求め、表1-4に示した。もちろん、本試験体ではサンプリングの際にヤング係数による等級区分が行われているので、これらの相関係数はランダムサンプリングを行なったものに比べ、一般的に低い値となっている。

なお、この表で特に重要と考えられる数値については網掛けを施した。

表1-4 相関解析の一覧表

通しラミナ

	MOE	TS	SG	MC	年輪幅	K	K(中)
MOE	1.000						
TS	0.344	1.000					
SG	0.567	0.089	1.000				
MC	0.024	0.059	0.166	1.000			
年輪幅	-0.397	-0.346	-0.141	0.004	1.000		
K	0.107	-0.513	0.411	0.146	0.248	1.000	
K(中央)	0.097	-0.439	0.446	0.070	0.230	0.875	1.000

FJラミナ

	MOE	TS	SG	MC	年輪幅	K	K(中)
MOE	1.000						
TS	0.571	1.000					
SG	0.535	0.193	1.000				
MC	0.064	0.263	0.263	1.000			
年輪幅	-0.170	-0.316	0.108	0.184	1.000		
K	-0.162	-0.370	0.346	0.157	0.235	1.000	
K(中央)	-0.057	-0.352	0.367	0.239	0.237	0.803	1.000

注) MOE: ヤング係数、TS: 引張強度、SG: 気乾比重、MC: 含水率、
 K: 試験片全体における最大集中節径比(断面欠損率)、
 K(中央): 試験体中央120cmにおける最大集中節径比(断面欠損率)

先にも述べたように、MOEとTSの相関係数はMOEとMORのそれより低い傾向にある。また、KとTSの相関係数も低い傾向にある。ただ、実大サイズであってもSGとMOEの相関係数は比較的高い。

栃木県産スギラミナ引張試験結果
ノーフィンガージョイント

K: 節、W: 木部

No.	等級	ヤング率	引張強度	気乾比重	含水率	年輪幅	全長		破壊形態	破壊位置
							断面欠損率	断面欠損率		
T 7	3	98	437	0.409	11.9%	4.00	28.8%	19.6%	K	チャック内
T 8	3	95	434	0.357	11.6%	3.14	21.9%	16.1%	K	チャック境
T 9	3	97	517	0.338	11.3%	3.33	11.9%	8.4%	K	チャック境
T10	3	100	552	0.356	11.5%	2.56	0.0%	0.0%	W	中央
T11	3	100	228	0.390	11.4%	6.00	28.4%	10.4%	K	チャック境
T12	3	99	408	0.372	11.8%	5.00	12.8%	10.8%	K	中央
T13	3	99	257	0.405	12.0%	4.60	35.0%	30.4%	K	チャック境
T14	3	106	506	0.537	12.0%	3.00	22.3%	13.4%	K	中央
T15	3	104	356	0.402	11.1%	2.44	16.5%	16.5%	K	中央
T16	3	89	294	0.389	11.3%	3.71	12.7%	12.7%	K	中央
T17	3	96	415	0.401	13.4%	2.67	19.5%	24.1%	K	チャック境
T18	3	88	265	0.355	11.0%	2.44	12.4%	12.4%	K	中央
T19	3	96	312	0.369	11.0%	4.00	16.5%	16.5%	K	中央
T20	3	89	389	0.429	11.7%	3.29	21.9%	21.9%	K	中央
T21	3	102	421	0.451	11.8%	3.29	42.3%	41.9%	K	中央
T23	3	90	449	0.345	11.7%	2.63	10.4%	4.6%	W	中央
T24	3	89	500	0.358	10.9%	2.00	6.1%	0.0%	W	中央
T25	3	99	501	0.481	11.5%	1.77	11.5%	11.5%	W	中央
T26	3	103	307	0.403	12.4%	2.56	27.7%	12.7%	K	中央
T27	3	100	289	0.436	11.9%	2.88	39.6%	31.5%	K	中央
T28	3	95	340	0.345	10.0%	3.14	12.0%	6.9%	K	中央
T29	3	92	438	0.377	10.3%	3.14	13.4%	0.0%	W	チャック内
T30	3	94	506	0.334	10.4%	2.75	9.2%	5.8%	W	チャック内
T31	3	94	530	0.357	11.1%	3.29	7.7%	7.7%	W	中央
T32	3	96	345	0.349	10.2%	2.88	16.5%	16.5%	K	中央
T33	3	88	292	0.337	10.0%	2.20	10.4%	10.4%	W	中央
T34	3	93	312	0.352	10.7%	4.60	13.4%	13.4%	K	中央
T35	3	97	427	0.359	9.9%	3.14	28.8%	28.8%	K	チャック境
T36	3	90	447	0.417	10.6%	2.56	8.7%	8.7%	W	中央
T37	3	102	535	0.377	12.6%	3.00	12.7%	7.7%	K	チャック境
T38	3	97	410	0.412	10.3%	2.00	21.5%	21.5%	K	中央
T39	3	100	398	0.364	10.1%	2.30	25.0%	25.0%	W	中央
T40	3	106	273	0.391	9.7%	3.83	37.6%	25.3%	W	中央
T41	3	104	184	0.385	10.0%	3.00	25.0%	14.6%	W	中央
T42	3	97	333	0.367	9.9%	4.75	18.1%	10.8%	K	中央
T43	3	104	356	0.392	10.6%	2.30	9.6%	9.6%	K	中央
T44	3	112	300	0.413	10.7%	1.92	29.6%	29.6%	K	中央
T45	3	92	441	0.374	12.7%	2.44	15.4%	5.4%	K	中央
T46	3	107	405	0.411	21.5%	3.33	35.4%	22.4%	K	中央
T47	3	93	479	0.350	10.9%	3.00	8.8%	5.0%	W	中央
T48	3	104	247	0.363	11.1%	3.29	25.9%	25.9%	K	中央
T49	3	91	445	0.381	11.4%	2.30	4.7%	4.7%	K	中央
T50	3	100	468	0.392	10.8%	3.60	18.8%	18.8%	K	チャック境
T51	2	106	533	0.400	11.3%	3.75	23.4%	23.4%	K	中央
T52	2	96	427	0.363	11.9%	1.79	12.7%	12.7%	W	中央
T53	2	120	646	0.451	11.2%	2.78	0.0%	0.0%	W	チャック境
T54	2	122	578	0.443	11.4%	1.53	0.0%	0.0%	W	中央
T55	2	102	301	0.371	11.4%	2.67	28.0%	21.0%	K	中央
T56	2	106	515	0.392	11.5%	2.30	8.8%	8.8%	K	中央
T57	2	109	641	0.382	12.0%	2.67	6.9%	6.9%	K	中央
T58	2	99	397	0.374	11.8%	3.71	17.7%	5.8%	W	チャック境
T59	2	110	312	0.468	11.0%	4.40	26.4%	26.9%	K	中央
T60	2	133	595	0.446	11.1%	1.28	9.6%	9.6%	W	チャック境
T61	2	117	486	0.462	11.1%	3.13	47.4%	47.4%	K	中央
T62	2	109	311	0.465	10.9%	4.50	34.6%	26.9%	K	中央
T63	2	125	439	0.444	12.3%	1.60	16.1%	10.4%	W	中央
T64	2	118	466	0.438	11.8%	1.92	10.0%	14.6%	W	中央
T65	2	137	440	0.428	10.8%	1.50	10.8%	1.9%	W	中央
T66	2	115	283	0.443	11.1%	3.83	47.0%	47.0%	K	中央
T67	2	127	303	0.428	11.6%	2.00	17.4%	17.4%	K	中央
T68	2	110	574	0.399	11.0%	2.09	20.4%	19.2%	K	中央
T69	2	103	457	0.414	11.3%	4.80	23.6%	26.9%	W	中央
T70	2	134	667	0.469	11.1%	1.71	21.0%	19.6%	K	中央
T71	2	122	313	0.436	11.1%	2.09	31.5%	20.0%	K	中央
T72	2	115	574	0.425	11.2%	2.18	21.9%	18.1%	W	中央
T73	2	109	263	0.410	11.0%	2.30	26.1%	13.8%	K	中央
T74	2	112	324	0.390	10.7%	2.56	29.7%	29.7%	K	中央
T75	2	112	258	0.405	11.0%	2.18	30.4%	28.5%	K	中央
T76	2	104	663	0.401	11.6%	1.60	6.5%	6.5%	W	中央
T77	2	134	597	0.459	11.2%	2.08	21.9%	21.9%	K	中央
T78	2	137	748	0.429	11.2%	2.27	4.6%	3.8%	W	中央
T79	2	107	339	0.457	11.2%	3.57	42.0%	42.0%	K	中央
T80	2	104	590	0.384	10.8%	2.08	5.9%	5.9%	W	中央
T81	2	102	329	0.399	10.1%	4.00	21.5%	21.5%	K	中央
T82	2	104	498	0.357	11.0%	4.17	9.6%	9.6%	K	中央
T83	2	110	516	0.406	10.8%	5.00	18.2%	18.2%	K	中央
T84	2	132	507	0.428	10.8%	1.22	15.0%	20.0%	K	中央
T85	2	119	594	0.380	10.9%	2.40	9.6%	0.0%	K	チャック境
T86	2	112	596	0.405	11.0%	2.18	19.2%	19.2%	K	チャック内
T87	2	119	522	0.399	11.4%	3.29	8.0%	8.0%	W	チャック境
T88	2	111	338	0.404	11.1%	3.00	33.1%	33.1%	K	中央
T89	2	104	447	0.435	10.8%	3.50	30.4%	30.4%	K	中央
T90	2	108	644	0.377	10.8%	2.08	3.1%	0.0%	W	チャック内
T91	2	115	623	0.375	10.6%	2.56	25.8%	0.0%	W	チャック境
T92	2	113	339	0.409	11.4%	1.83	24.9%	16.0%	K	中央
T93	2	118	534	0.398	11.3%	1.86	21.9%	12.3%	K	チャック内
T94	2	111	345	0.485	12.4%	2.42	52.9%	52.9%	K	中央
T95	2	116	444	0.404	11.7%	2.10	31.5%	17.7%	K	中央
T96	2	128	551	0.430	11.2%	1.69	24.1%	12.6%	K	中央
T97	2	121	305	0.465	11.0%	3.14	32.3%	32.3%	K	中央
T98	2	109	326	0.398	10.8%	1.57	26.8%	18.8%	K	中央
T99	2	115	395	0.372	10.9%	2.50	15.3%	6.9%	K	中央
T100	2	105	383	0.420	11.4%	1.83	29.1%	11.3%	K	中央

フィンガージョイント

K:節、F:フィンガー、W:木部

No.	ヤング率	引張強度	気乾比重	含水率	年輪幅	全長		引張区間		破壊形態	破壊位置
						断面欠損率	断面欠損率	断面欠損率	断面欠損率		
TJ 1	2	93	324	0.452	11.3%	1.92	36.9%	36.9%	K	中央	
TJ 2	2	98	310	0.424	12.0%	4.00	43.9%	43.9%	K	中央	
TJ 3	2	92	307	0.375	11.0%	2.78	15.4%	6.1%	F	中央	
TJ 4	2	143	483	0.497	11.1%	2.18	20.3%	13.4%	F	中央	
TJ 5	2	92	266	0.456	11.7%	3.29	46.5%	27.7%	K	中央	
TJ 6	2	88	295	0.350	10.7%	3.33	31.5%	19.6%	F	中央	
TJ 7	2	83	270	0.384	12.1%	6.20	25.4%	25.4%	F	中央	
TJ 8	2	92	305	0.344	11.3%	2.56	4.6%	4.6%	F	中央	
TJ 9	2	112	396	0.420	11.5%	2.30	30.0%	30.0%	F	中央	
TJ10	2	127	346	0.467	11.2%	3.14	17.3%	14.2%	F	中央	
TJ11	2	91	304	0.329	10.6%	2.33	13.5%	7.7%	F	中央	
TJ12	2	93	339	0.398	11.1%	1.69	41.9%	41.9%	F	中央	
TJ13	2	94	303	0.353	10.3%	2.50	15.8%	14.6%	F	中央	
TJ14	2	96	338	0.401	10.8%	2.88	25.4%	14.2%	F	中央	
TJ15	2	108	267	0.459	11.4%	4.83	45.4%	45.4%	K	中央	
TJ16	2	102	163	0.464	11.7%	4.50	28.8%	28.8%	K	チャック境	
TJ17	2	93	463	0.404	11.6%	2.88	13.5%	4.6%	F	中央	
TJ18	2	92	328	0.351	10.4%	2.75	13.1%	13.1%	F	中央	
TJ19	2	121	357	0.407	11.8%	3.33	8.9%	8.9%	W	中央	
TJ20	2	89	285	0.402	11.4%	4.80	36.9%	20.4%	F	中央	
TJ21	2	105	392	0.381	11.3%	2.56	19.1%	3.5%	F	中央	
TJ22	2	121	443	0.448	11.6%	2.09	11.5%	12.7%	F	中央	
TJ23	2	83	264	0.366	11.2%	3.29	23.9%	23.9%	K	中央	
TJ24	2	90	318	0.411	12.2%	4.75	38.1%	38.1%	F	中央	
TJ25	2	89	295	0.388	11.7%	3.67	25.9%	25.9%	K	中央	
TJ26	2	109	338	0.402	12.0%	1.44	12.7%	13.4%	F	中央	
TJ27	2	108	313	0.409	11.6%	3.00	21.7%	21.7%	F	中央	
TJ28	2	107	390	0.410	12.3%	3.29	23.2%	32.2%	F	中央	
TJ29	2	112	241	0.457	11.2%	2.56	44.0%	44.0%	F	中央	
TJ30	3	105	309	0.447	11.1%	4.25	15.0%	14.2%	F	中央	
TJ31	3	103	296	0.502	11.3%	2.71	32.3%	20.8%	F	中央	
TJ32	3	101	326	0.426	12.5%	3.50	48.8%	48.8%	F	中央	
TJ33	3	93	263	0.352	12.3%	2.63	16.1%	16.1%	K	中央	
TJ34	3	151	422	0.494	11.9%	1.57	26.9%	10.7%	F	中央	
TJ35	3	98	270	0.455	11.7%	3.86	18.1%	20.7%	F	中央	
TJ36	3	99	301	0.397	11.5%	3.71	19.2%	19.2%	F	中央	
TJ37	3	106	271	0.463	11.7%	4.17	31.1%	31.1%	K	中央	
TJ38	3	103	364	0.505	11.7%	2.75	20.0%	20.0%	F	中央	
TJ39	3	107	340	0.492	11.8%	2.96	36.9%	41.1%	F	中央	
TJ40	3	82	307	0.384	12.1%	3.00	18.0%	18.0%	F	中央	
TJ41	3	99	417	0.380	12.2%	2.18	28.4%	11.1%	F	中央	
TJ42	3	89	221	0.409	11.6%	2.75	31.3%	31.3%	K	中央	
TJ43	3	114	357	0.406	12.1%	2.50	16.5%	16.5%	F	中央	
TJ44	3	93	343	0.406	11.7%	2.56	24.2%	24.2%	F	中央	
TJ45	3	97	326	0.373	11.8%	2.30	18.0%	18.0%	F	中央	
TJ46	3	90	273	0.327	11.8%	5.50	8.8%	5.0%	F	中央	
TJ47	3	76	233	0.422	11.3%	4.33	30.4%	17.3%	K	チャック内	
TJ48	3	78	239	0.448	10.6%	7.00	55.9%	28.5%	F	中央	
TJ49	3	84	196	0.387	11.0%	-2.30	33.0%	33.0%	K	中央	
TJ50	3	81	311	0.420	10.5%	3.29	37.9%	37.9%	F	中央	
TJ51	3	98	281	0.400	11.6%	2.63	20.4%	20.4%	F	中央	
TJ52	3	92	345	0.379	11.7%	2.56	16.9%	21.9%	F	中央	
TJ53	3	86	242	0.383	10.8%	4.80	26.1%	26.1%	F	中央	
TJ54	3	90	327	0.372	10.5%	3.00	17.7%	17.7%	F	中央	
TJ55	3	70	268	0.359	10.6%	4.14	11.9%	9.3%	F	中央	
TJ56	3	87	300	0.384	12.0%	5.80	17.4%	12.3%	F	中央	
TJ57	3	95	283	0.446	11.4%	3.11	33.4%	33.4%	F	中央	
TJ58	3	100	227	0.420	10.5%	4.20	48.7%	48.7%	K	中央	
TJ59	3	77	250	0.382	10.6%	3.29	33.5%	33.5%	K	チャック境	
TJ60	3	78	290	0.345	10.4%	2.27	20.4%	14.6%	F	中央	
TJ61	3	78	164	0.424	12.4%	4.14	83.0%	83.0%	K	中央	
TJ62	3	85	262	0.424	11.1%	3.86	21.2%	21.2%	K	チャック内	
TJ63	3	106	220	0.379	11.3%	2.50	31.5%	31.5%	K	チャック境	
TJ64	3	96	260	0.429	10.9%	6.00	22.6%	23.0%	F	中央	
TJ65	3	82	237	0.391	10.9%	2.88	38.8%	25.0%	F	中央	
TJ66	3	74	276	0.393	10.7%	2.88	27.2%	27.2%	K	中央	
TJ67	3	82	288	0.349	10.5%	3.00	15.0%	9.2%	F	中央	
TJ68	3	82	245	0.419	11.8%	2.18	33.1%	29.2%	F	中央	
TJ69	3	104	313	0.407	11.3%	6.25	32.0%	32.0%	K	チャック境	
TJ70	3	103	295	0.421	11.1%	3.14	28.2%	27.8%	F	中央	
TJ71	3	79	265	0.430	12.1%	2.50	47.4%	24.2%	F	中央	
TJ72	3	81	249	0.385	10.6%	1.79	21.9%	21.9%	F	中央	
TJ73	3	84	260	0.372	10.6%	3.86	10.4%	10.4%	F	中央	
TJ74	3	85	272	0.406	11.8%	5.25	26.9%	16.1%	K	中央	
TJ75	3	81	292	0.399	10.2%	2.69	20.1%	20.1%	F	中央	
TJ76	3	74	240	0.437	14.9%	3.50	16.9%	16.9%	F	中央	
TJ77	3	80	314	0.409	14.9%	4.17	32.7%	33.9%	F	中央	
TJ78	3	73	314	0.365	11.2%	1.64	19.2%	19.2%	F	中央	
TJ79	3	87	288	0.392	11.6%	3.78	32.1%	32.1%	F	中央	
TJ80	3	76	283	0.428	11.2%	2.44	26.5%	26.5%	F	中央	
TJ81	3	83	261	0.426	12.0%	4.60	38.4%	38.4%	K	中央	
TJ82	3	74	271	0.405	11.7%	4.00	28.0%	13.1%	F	中央	
TJ83	3	83	251	0.425	12.3%	5.40	52.3%	52.3%	F	中央	
TJ84	3	75	329	0.393	10.4%	2.78	31.9%	15.0%	F	中央	
TJ85	3	83	248	0.395	15.6%	4.17	40.4%	40.4%	F	中央	
TJ86	3	84	306	0.370	10.1%	3.14	23.0%	18.7%	F	中央	
TJ87	3	79	281	0.401	12.0%	2.60	58.8%	19.8%	F	中央	
TJ88	3	83	355	0.362	11.5%	2.36	10.8%	10.8%	F	中央	
TJ89	3	81	297	0.339	10.4%	1.62	10.0%	10.0%	F	中央	
TJ90	3	81	297	0.367	11.8%	4.60	25.4%	25.4%	F	中央	
TJ91	3	84	275	0.357	10.2%	4.20	23.9%	14.2%	F	中央	
TJ92	3	84	281	0.392	10.9%	2.44	43.9%	43.9%	K	中央	
TJ93	3	90	298	0.384	10.6%	2.75	24.3%	24.3%	F	中央	
TJ94	3	73	189	0.331	10.1%	3.13	26.5%	26.5%	K	中央	
TJ95	3	79	238	0.352	10.5%	2.30	31.3%	7.7%	F	中央	
TJ96	3	85	305	0.401	15.0%	3.75	25.7%	23.8%	F	中央	
TJ97	3	79	278	0.393	10.9%	2.63	38.7%	24.9%	F	中央	
TJ98	3	78	229	0.338	10.7%	2.70	35.2%	6.2%	F	中央	
TJ99	3	84	200	0.364	10.6%	1.92	16.1%	16.1%	F	中央	
TJ100	3	75	288	0.392	11.8%	3.50	34.3%	24.2%	F	中央	

2 宮崎県産スギ

2.1 原料

2.1.1 ラミナの購入状況

宮崎県南部の市場で購入されたスギ原木を原料に用いた。

製材、乾燥、フィンガージョイント、仕上げのモルダー処理などについては、大断面構造用集成材のJAS認定工場で行なった。

製材品を乾燥後、同工場に備え付けられたグレーディングマシンで、

2等：85 ton・f/cm²以上

3等：75 ton・f/cm²以上

の2種類に区分した。この際、目視で等級区分が行われた。この後、フィンガージョイント加工が行われた。

なお、本試験体は九州産スギの平均的な材質に近いものであった。

2.1.2 フィンガージョイント

フィンガージョイントの寸法は、フィンガー長さ27mm、ピッチ6mmであった。他の試験体に比べて、フィンガー長さが長いことが特徴的であった。接着には一般的なレゾルシノール樹脂接着剤が用いられていた。

フィンガージョイントの製造については、構造用の垂直型フィンガーカッターが用いられていたが、歯形の不整による不良品が数体含まれていた。

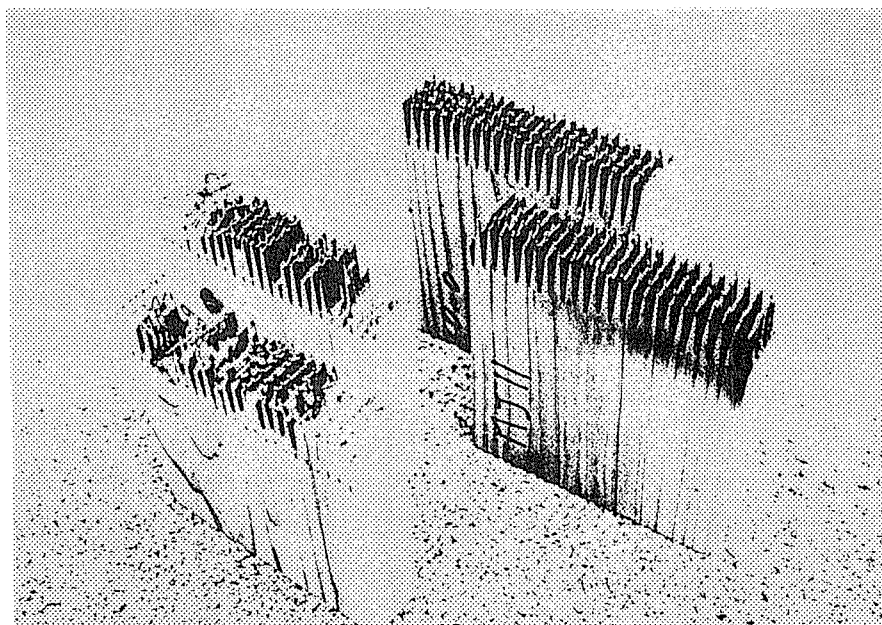


写真2-1 不良フィンガージョイント

2. 2 測定と試験方法

ラミナの基本的な材質調査と試験方法は栃木県産スギの場合と全く同様である。

2. 3 試験結果

2. 3. 1 ラミナの特性

ラミナの幅、厚さ、長さは通しラミナ、F Jラミナ共に14 x 3.2 x 310 cmであった。

表1-1に試験体数、気乾比重、平均年輪幅、含水率、ヤング係数の一覧表を示す。なお、()内の数値は変動係数である。

表2-1 宮城県産スギラミナの特性一覧表

通しラミナ (試験体数: 100)

気乾比重	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	集中節径比 全長 (%)	集中節径比 (%)
0.397 (9.77%)	4.61 (30.7%)	13.0 (15.5%)	83.2 (16.2%)	24.9 (36.8%)	20.4 (43.3%)

F Jラミナ (試験体数: 100)

気乾比重	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	集中節径比 全長 (%)	集中節径比 (%)
0.390 (7.66%)	4.89 (32.0%)	14.2 (11.6%)	75.8 (13.8%)	23.5 (36.8%)	19.1 (47.5%)

ヤング係数に関しては通しラミナの方が若干高い値を示したが、その他の因子についてはほぼ同等の値となった。このことから、サンプリングに明らかな差があったとは考えられない。

栃木県産スギと比較すれば、平均年輪幅が大きいことが特徴的であった。

2. 3. 2 引張試験結果

2. 3. 2. 1 試験体の破壊形態

試験体の破壊形態を写真2-1（通しラミナ）と写真2-2（FJラミナ）に示す。

通しラミナではグリップ間で破壊するものが94/100体、グリップ内部で破壊したものが6/100体であった。いずれも、何らかの形で節が破壊に関与したものが大部分であったが、目切れや全く欠点の見あたらない部分から脆性的に破壊するものも9体観察された。一方FJラミナでは、FJが関与した破壊が89/100体で観察された。残りは節あるいは目切れからの破壊であった。全般的に、破壊の形態は栃木県産スギのそれとほぼ同様であった。

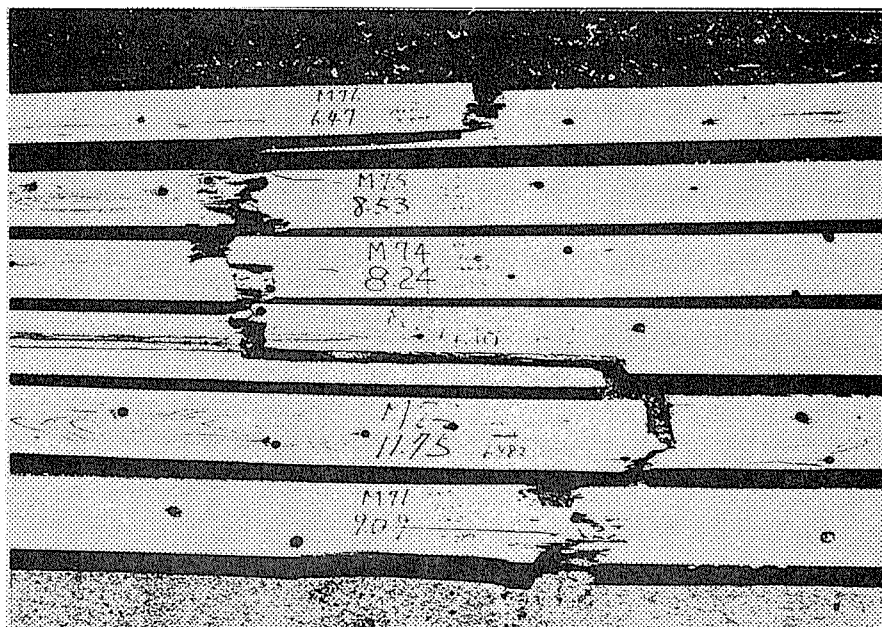


写真2-1（通しラミナ）の破壊形態



写真2-2（FJラミナ）の破壊形態

2.3.2.2 等級の差

表2-2に等級別のヤング係数と引張強度の値を示す。なお、ここでの等級と栃木県産スギの等級とは別条件である。

表2-2 強度特性に及ぼす等級の影響

等級	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
通し2等	88.8(13.8%)	364(25.1%)
通し3等	77.6(15.8%)	290(21.5%)
通し全体	83.2(16.2%)	327(26.4%)
FJ2等	78.0(12.6%)	251(20.6%)
FJ3等	73.6(14.3%)	231(21.1%)
FJ全体	75.8(13.8%)	241(21.2%)

()は標準偏差

この表から明らかなように、等級区分によるヤング係数と引張強度の差は、通しラミナでは明確であるが、FJラミナでは明白ではない。

2.3.2.3 ヤング係数と引張強度の相関関係

通しラミナのヤング係数(MOE)と引張強度(TS)との相関関係を図2-2に示す。また、FJラミナについても同様の関係を図2-3に示す。

宮崎スギMOE-TS

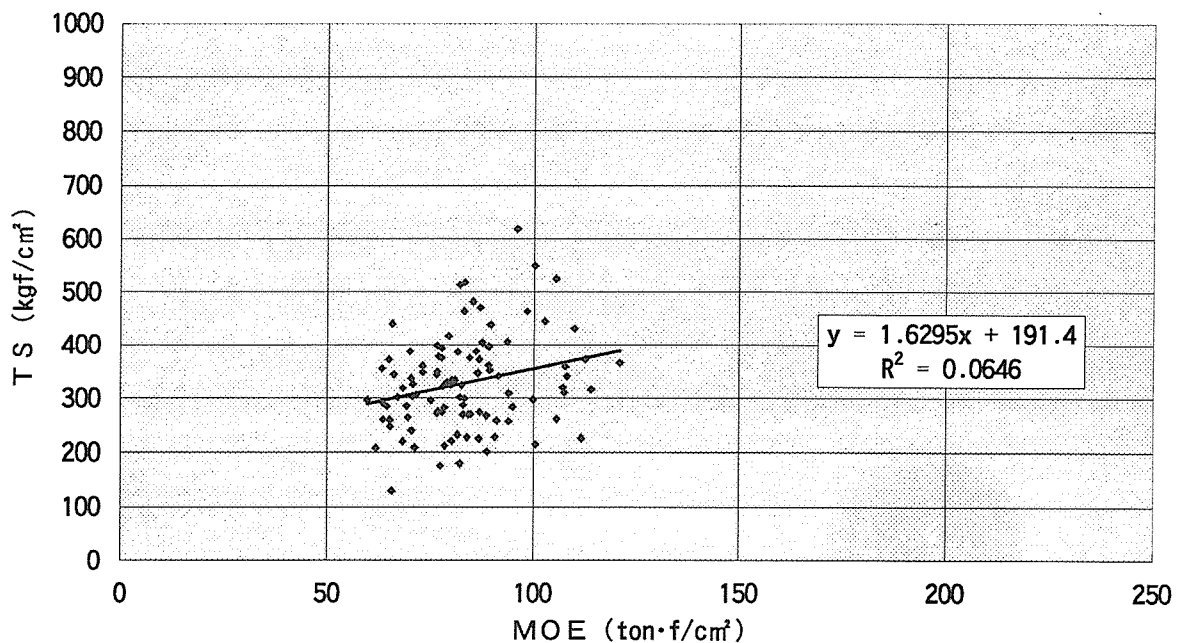


図2-2 通しラミナのMOE-TS (宮崎スギ)

宮崎スギFJMOE-TS

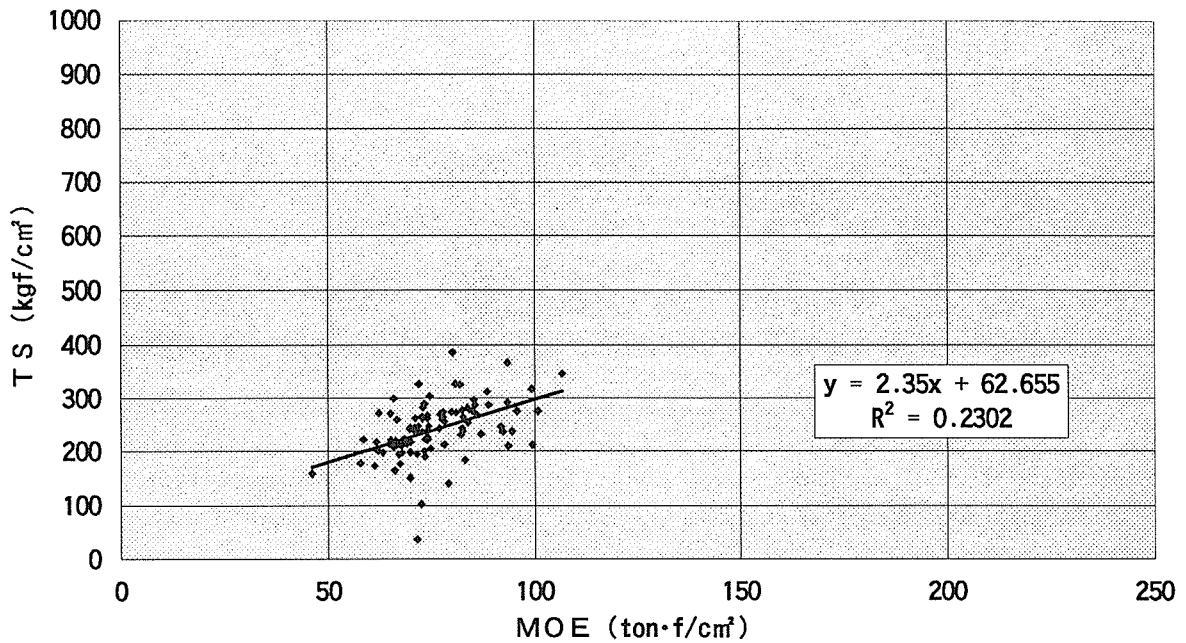


図 2 - 3 F J ラミナの MOE - TS (宮崎スギ)

両図から明らかなように、MOEとTSの相関はMOEとMOR（曲げ強度）のそれほど強くはない。基本的にMOEの範囲が狭いのでこのような結果になるのも当然である。このような傾向は栃木スギの場合と全く同じである。

また、通しラミナの方がFJラミナより引張強度のバラツキが大きいことも栃木スギの場合と同じである。

接合効率の一覧を表 2 - 3 に示す。表から明らかなように、平均値で計算した接合効率よりも、5%下限値の接合効率の方が10%以上も高い値となる。この傾向もまた、栃木スギの場合と同様である。

表 2 - 3 フィンガージョイントの接合効率

	平均値の比	5%下限値の比
2等ラミナ	69.0%	77.6%
3等ラミナ	79.7%	80.7%
全体	73.7%	84.9%

2. 3. 2. 4 その他の因子と引張強度の関係

図2-4と図2-5に集中節径比（中央区間）とTSの相関関係を示す。いずれも、相関係数は低い値となっている。

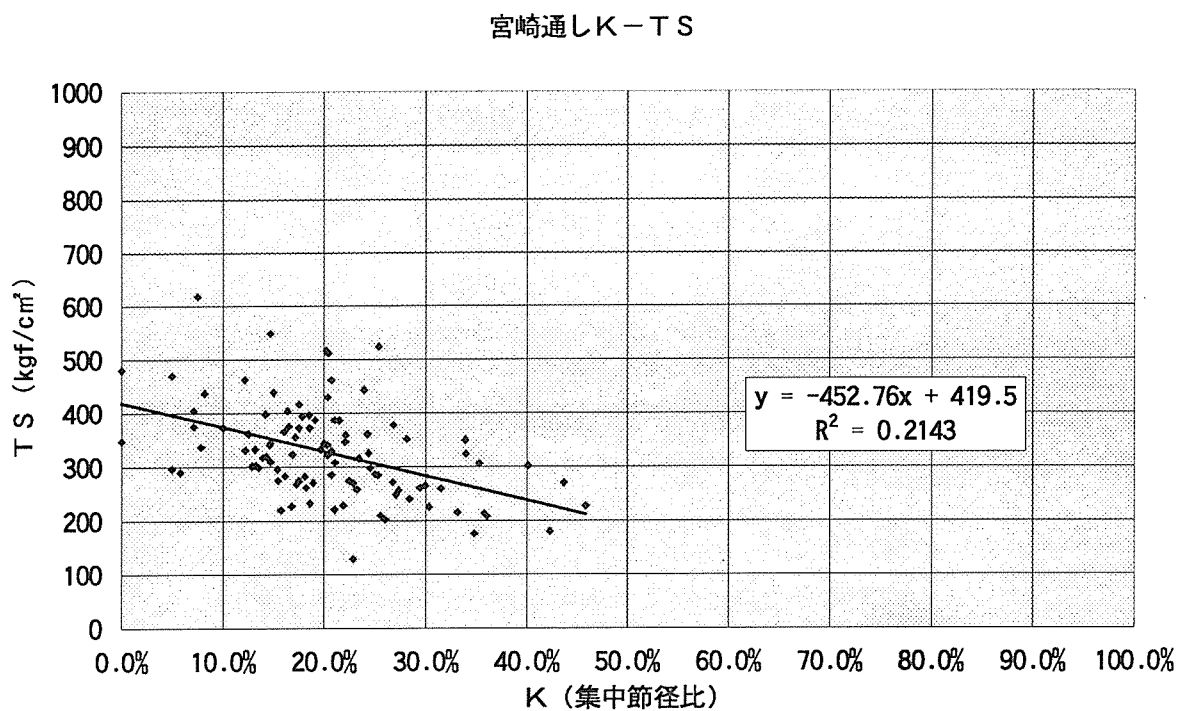


図2-4 通しラミナのK-TS（宮崎スギ）

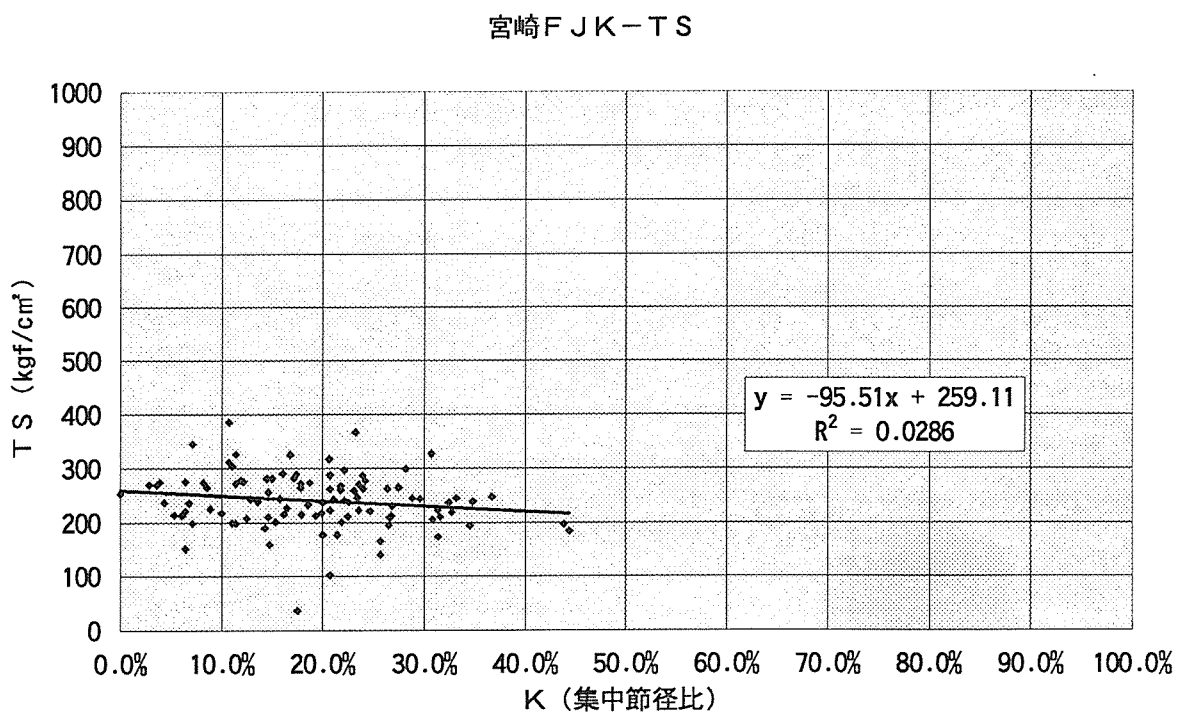


図2-5 FJラミナのK-TS（宮崎スギ）

引張強度に関係すると思われる諸因子どうしについて相関係数を求め、表 2-4 に示した。栃木県産スギの場合と同様に、本試験体ではサンプリングの際にヤング係数による等級区分が行われているので、相関係数の値はランダムサンプリングを行なったものに比べ、一般的に低い傾向を示している。

なお、この表で特に重要と考えられる数値については網掛けを施した。

表 2-4 相関解析の一覧表

通しラミナ

	MOE	TS	SG	MC	年輪幅	K	K(中)
MOE	1.000						
TS	0.254	1.000					
SG	0.563	0.148	1.000				
MC	-0.273	0.190	0.046	1.000			
年輪幅	-0.506	-0.292	-0.287	0.008	1.000		
K	0.015	-0.386	0.241	-0.094	0.146	1.000	
K(中央)	-0.013	-0.463	0.283	-0.014	0.118	0.716	1.000

FJラミナ

	MOE	TS	SG	MC	年輪幅	K	K(中)
MOE	1.000						
TS	0.480	1.000					
SG	0.483	0.489	1.000				
MC	-0.165	0.107	0.098	1.000			
年輪幅	-0.359	-0.295	-0.318	0.060	1.000		
K	0.029	-0.005	0.118	-0.249	0.041	1.000	
K(中央)	-0.179	-0.169	-0.014	-0.276	0.126	0.727	1.000

注) MOE : ヤング係数、TS : 引張強度、SG : 気乾比重、MC : 含水率、
 K : 試験片全体における最大集中節径比 (断面欠損率)、
 K (中央) : 試験体中央 120 cm における最大集中節径比 (断面欠損率)

先にも述べたように、MOE と TS の相関係数は MOE と MOR のそれより低い傾向にある。また、K と TS の相関係数も低い傾向にある。特に FJ ラミナの場合全く相関がない結果となっている。

実大サイズであっても SG と MOE の相関係数は比較的高いが、平均年輪幅と引張強度との相関係数は非常に低い。すなわち、年輪幅の大小を等級区分の因子にすることは強度的には意味がない。

宮崎県産スギラミナ引張試験結果
ノーフィンガージョイント

K：節、W：木部

No.	等級	ヤング率	引張強度	気乾比重	含水率	年輪幅	全長		引張区間 断面欠損率	破壊形態	破壊位置
							年輪幅	断面欠損率			
M 1	3	79	329	0.401	13.4%	6.00	20.4%	20.7%	K	中央	
M 2	3	68	318	0.348	13.7%	5.60	36.1%	13.9%	W	チャック境	
M 3	3	65	372	0.421	13.7%	5.40	26.6%	17.5%	K	中央	
M 4	3	91	229	0.383	13.1%	3.33	31.0%	21.9%	K	中央	
M 5	3	80	324	0.408	13.5%	5.20	34.0%	34.0%	K	中央	
M 6	3	63	261	0.398	13.7%	6.80	26.1%	29.4%	K	中央	
M 7	3	63	355	0.319	14.0%	5.00	14.0%	17.1%	K	チャック境	
M 8	3	86	346	0.395	12.5%	6.40	32.8%	22.1%	K	中央	
M 9	3	71	303	0.377	12.4%	3.33	21.4%	13.2%	K	チャック内	
M10	3	72	306	0.423	13.9%	5.50	35.3%	35.3%	K	中央	
M11	3	79	416	0.380	13.5%	3.22	17.5%	17.5%	K	中央	
M12	3	70	240	0.472	13.1%	5.89	33.1%	28.4%	K	中央	
M13	3	89	202	0.417	13.5%	3.00	26.0%	26.0%	K	中央	
M14	3	70	264	0.365	13.5%	4.57	28.9%	29.9%	K	中央	
M15	3	71	209	0.398	12.8%	7.75	32.5%	25.5%	K	中央	
M16	3	80	331	0.357	13.0%	5.00	15.7%	12.2%	K	中央	
M17	3	77	272	0.390	13.4%	5.17	59.4%	26.8%	K	中央	
M18	3	78	375	0.346	12.9%	2.90	7.1%	7.1%	K	中央	
M19	3	79	212	0.412	12.8%	3.86	35.8%	35.8%	K	中央	
M20	3	62	208	0.405	13.4%	6.00	36.1%	36.1%	K	中央	
M21	3	70	336	0.370	12.8%	5.17	16.2%	7.8%	W	中央	
M22	3	60	296	0.312	13.0%	9.00	9.3%	5.0%	W	中央	
M23	3	100	297	0.379	12.5%	4.14	50.7%	24.5%	K	中央	
M24	3	86	387	0.424	13.7%	2.14	21.0%	21.0%	K	中央	
M25	3	82	180	0.459	12.3%	5.17	36.4%	42.3%	K	中央	
M26	3	69	286	0.344	13.1%	7.75	20.3%	20.7%	K	中央	
M27	3	78	282	0.425	12.8%	3.75	17.2%	18.1%	K	中央	
M28	3	83	270	0.399	13.0%	3.22	40.3%	43.7%	K	中央	
M29	3	65	248	0.364	12.8%	6.75	20.7%	27.1%	K	中央	
M30	3	66	130	0.355	13.0%	6.75	19.3%	22.8%	K	中央	
M31	3	65	260	0.374	13.1%	5.63	31.5%	31.5%	K	中央	
M32	3	91	341	0.407	12.2%	2.91	35.6%	14.6%	K	中央	
M33	3	73	348	0.325	12.7%	4.29	0.0%	0.0%	W	中央	
M34	3	67	302	0.352	12.2%	6.20	40.1%	40.1%	K	中央	
M35	3	77	275	0.372	12.8%	6.60	32.0%	15.4%	K	中央	
M36	3	65	284	0.338	13.2%	8.00	28.0%	25.3%	K	チャック内	
M37	3	66	344	0.347	13.1%	6.00	20.4%	14.6%	K	中央	
M38	3	87	274	0.420	13.0%	5.67	33.2%	22.5%	K	中央	
M39	3	77	176	0.406	13.7%	5.17	34.8%	34.8%	K	中央	
M40	3	63	291	0.363	12.9%	4.83	18.2%	5.8%	W	中央	
M41	3	76	343	0.379	13.4%	3.63	26.5%	19.9%	K	中央	
M42	3	75	296	0.354	13.6%	6.00	29.3%	15.4%	K	中央	
M43	3	110	430	0.453	13.7%	7.00	20.3%	20.3%	K	中央	
M44	3	106	261	0.494	13.4%	2.73	25.2%	18.2%	K	中央	
M45	3	73	360	0.407	13.1%	5.13	25.7%	24.3%	K	中央	
M46	3	77	349	0.404	13.5%	2.73	33.9%	33.9%	K	中央	
M47	3	112	227	0.472	12.4%	4.00	45.9%	45.9%	K	中央	
M48	3	95	283	0.425	12.2%	4.29	21.1%	16.1%	K	中央	
M49	3	91	258	0.440	12.7%	5.00	36.3%	23.2%	K	中央	
M50	3	84	228	0.374	12.3%	5.60	26.3%	16.8%	K	チャック境	
M51	2	78	274	0.385	13.0%	4.80	28.9%	17.5%	W	チャック内	
M52	2	82	513	0.397	15.9%	4.00	20.4%	20.4%	K	中央	
M53	2	80	332	0.447	15.8%	5.00	22.9%	19.6%	K	中央	
M54	2	68	220	0.333	15.6%	3.57	20.0%	15.7%	K	中央	
M55	2	108	359	0.469	12.7%	3.57	26.0%	22.1%	K	中央	
M56	2	89	396	0.420	14.4%	4.17	30.3%	18.5%	K	中央	
M57	2	66	439	0.375	15.6%	5.20	19.3%	15.0%	K	中央	
M58	2	101	215	0.460	12.6%	2.70	33.2%	33.2%	K	中央	
M59	2	70	387	0.388	13.2%	4.83	27.5%	19.1%	K	中央	
M60	2	82	302	0.470	13.5%	5.33	29.6%	12.8%	K	中央	
M61	2	78	393	0.419	12.3%	1.92	26.5%	17.8%	K	中央	
M62	2	87	373	0.356	12.3%	3.83	20.7%	10.0%	K	チャック内	
M63	2	113	372	0.429	12.1%	3.57	18.5%	18.5%	W	チャック内	
M64	2	83	463	0.350	12.7%	4.33	15.0%	12.1%	W	中央	
M65	2	83	323	0.383	13.0%	3.38	26.6%	16.9%	K	中央	
M66	2	80	221	0.408	13.7%	4.80	23.1%	21.0%	K	中央	
M67	2	83	517	0.463	16.4%	2.33	20.2%	20.2%	K	チャック内	
M68	2	85	481	0.423	13.2%	1.93	3.6%	0.0%	K	チャック境	
M69	2	89	351	0.416	13.0%	4.17	28.1%	28.1%	K	中央	
M70	2	103	443	0.433	12.3%	4.50	36.8%	23.9%	K	中央	
M71	2	88	404	0.378	13.6%	4.40	18.6%	16.4%	K	中央	
M72	2	105	524	0.464	12.6%	3.63	27.1%	25.3%	K	中央	
M73	2	107	319	0.379	11.8%	2.58	16.3%	14.3%	K	中央	
M74	2	121	366	0.450	12.8%	3.63	25.0%	16.0%	K	中央	
M75	2	77	377	0.380	12.9%	5.00	26.8%	26.8%	K	チャック境	
M76	2	83	286	0.396	13.7%	6.00	25.0%	25.0%	K	中央	
M77	2	90	437	0.386	13.1%	3.63	21.0%	8.2%	K	中央	
M78	2	98	462	0.446	12.9%	3.75	20.7%	20.7%	K	中央	
M79	2	81	333	0.378	12.4%	5.60	22.4%	13.2%	K	中央	
M80	2	71	325	0.414	12.7%	7.33	24.4%	24.4%	K	中央	
M81	2	77	398	0.379	13.4%	3.67	14.2%	14.2%	K	中央	
M82	2	84	270	0.339	12.0%	4.50	27.1%	22.8%	K	中央	
M83	2	87	470	0.375	13.0%	3.00	12.1%	5.0%	K	中央	
M84	2	100	549	0.420	12.5%	3.71	30.0%	14.7%	K	中央	
M85	2	114	315	0.405	13.2%	2.31	17.1%	23.4%	K	中央	
M86	2	87	225	0.368	13.2%	3.13	30.3%	30.3%	K	中央	
M87	2	94	257	0.384	12.7%	4.50	27.3%	27.3%	K	中央	
M88	2	85	270	0.331	12.3%	4.33	18.9%	18.9%	K	中央	
M89	2	108	340	0.402	12.8%	4.14	20.3%	20.3%	K	中央	
M90	2	89	267	0.384	13.4%	3.50	16.7%	17.3%	K	チャック内	
M91	2	85	375	0.375	12.4%	3.33	16.5%	16.5%	K	中央	
M92	2	96	618	0.462	13.5%	3.86	7.5%	7.5%	K	チャック境	
M93	2	83	299	0.367	12.8%	3.88	16.0%	13.5%	K	中央	
M94	2	94	405	0.397	12.4%	6.00	22.1%	7.1%	K	中央	
M95	2	82	232	0.400	13.5%	5.00	23.5%	18.6%	K	中央	
M96	2	94	308	0.465	12.3%	4.67	21.1%	21.1%	K	中央	
M97	2	89	361	0.396	14.0%	5.00	19.2%	12.5%	K	中央	
M98	2	107	310	0.442	12.7%	3.11	14.7%	14.7%	K	中央	
M99	2	82	386	0.383	14.0%	5.20	21.4%	21.4%	K	チャック境	
M100	2	78	321	0.377	13.0%	6.00	20.4%	20.4%	K	中央	

フィンガージョイント

K：節、F：フィンガー、W：木部

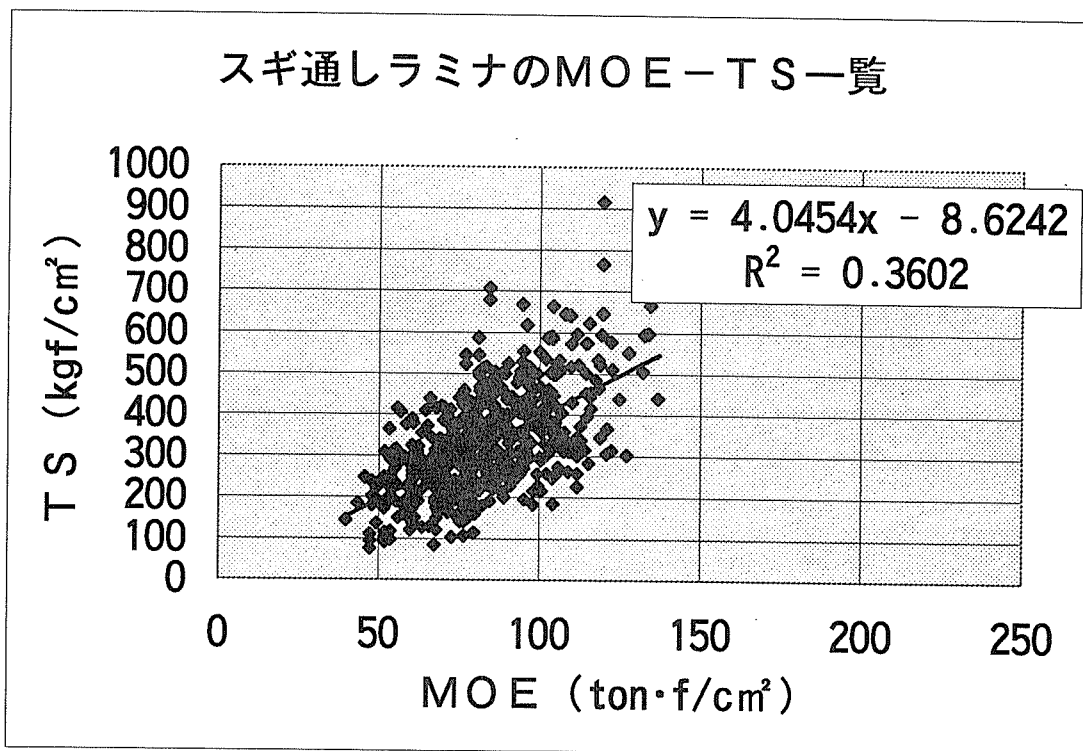
No.	ヤング率	引張強度	気乾比重	含水率	年輪幅	全長		引張区間	破壊形態	破壊位置
						断面欠損率	断面欠損率			
MJ 1	3	71	239	0.393	11.9%	5.50	34.8%	F	中央	
MJ 2	3	78	256	0.367	12.3%	5.00	30.6%	F	中央	
MJ 3	3	73	237	0.360	13.8%	4.83	32.5%	F	中央	
MJ 4	3	70	242	0.374	12.3%	6.75	24.5%	F	中央	
MJ 5	3	66	209	0.396	13.2%	5.00	26.6%	F	中央	
MJ 6	3	94	367	0.440	13.0%	3.13	23.2%	F	中央	
MJ 7	3	70	218	0.389	13.1%	6.33	20.7%	F	中央	
MJ 8	3	82	231	0.408	12.5%	6.25	26.8%	F	中央	
MJ 9	3	68	223	0.357	12.5%	3.88	20.7%	F	中央	
MJ10	3	66	165	0.347	12.2%	5.92	25.7%	F	中央	
MJ11	3	72	37	0.365	13.1%	6.40	22.1%	F	中央	
MJ12	3	67	194	0.362	12.2%	4.67	34.5%	K	中央	
MJ13	3	99	317	0.429	12.8%	4.83	47.4%	F	中央	
MJ14	3	70	245	0.368	12.9%	6.25	28.8%	K	中央	
MJ15	3	94	210	0.427	14.0%	4.00	33.5%	F	中央	
MJ16	3	83	277	0.433	14.4%	4.29	27.8%	F	中央	
MJ17	3	78	260	0.408	11.9%	2.80	28.1%	F	中央	
MJ18	3	99	212	0.399	14.5%	4.00	19.3%	K	中央	
MJ19	3	72	247	0.366	12.1%	6.33	18.0%	F	中央	
MJ20	3	72	195	0.434	14.3%	3.43	26.5%	K	中央	
MJ21	3	74	222	0.399	13.6%	4.00	34.1%	F	中央	
MJ22	3	58	178	0.351	15.4%	6.75	26.4%	F	中央	
MJ23	3	62	201	0.344	15.8%	4.43	15.3%	K	中央	
MJ24	3	67	178	0.352	14.6%	5.57	20.0%	K	中央	
MJ25	3	70	199	0.355	15.3%	7.00	20.7%	F	中央	
MJ26	3	62	272	0.416	15.0%	4.40	11.4%	F	中央	
MJ27	3	72	237	0.373	15.3%	3.32	30.3%	W	中央	
MJ28	3	58	223	0.355	16.3%	7.25	31.4%	F	中央	
MJ29	3	68	216	0.355	15.3%	7.50	19.8%	F	中央	
MJ30	3	68	197	0.388	11.7%	1.29	43.9%	F	中央	
MJ31	3	73	261	0.394	12.4%	4.50	27.2%	F	中央	
MJ32	3	83	184	0.380	11.8%	5.33	44.4%	K	中央	
MJ33	3	73	289	0.396	12.8%	4.80	30.4%	W	中央	
MJ34	3	92	245	0.430	12.7%	4.00	31.6%	F	中央	
MJ35	3	73	201	0.363	12.1%	4.50	21.8%	F	中央	
MJ36	3	89	287	0.405	12.1%	5.60	39.7%	F	中央	
MJ37	3	74	267	0.399	11.8%	6.50	21.4%	F	中央	
MJ38	3	74	237	0.376	12.6%	5.00	22.5%	F	中央	
MJ39	3	66	299	0.441	14.1%	3.29	28.2%	F	中央	
MJ40	3	74	227	0.400	13.6%	2.00	33.3%	F	中央	
MJ41	3	62	218	0.352	15.5%	2.07	20.7%	F	中央	
MJ42	3	69	213	0.385	15.4%	9.00	12.8%	F	中央	
MJ43	3	65	221	0.351	15.2%	6.75	28.0%	F	中央	
MJ44	3	71	245	0.406	13.4%	6.17	24.6%	F	中央	
MJ45	3	74	262	0.357	14.3%	5.00	26.4%	F	中央	
MJ46	3	86	288	0.412	13.6%	3.57	23.2%	F	中央	
MJ47	3	68	210	0.375	16.3%	6.00	32.4%	F	中央	
MJ48	3	85	296	0.401	14.9%	4.83	22.1%	F	中央	
MJ49	3	82	243	0.407	13.2%	3.57	23.9%	F	中央	
MJ50	3	46	159	0.377	15.5%	5.70	17.8%	F	中央	
MJ51	2	61	173	0.361	13.1%	10.33	31.4%	F	中央	
MJ52	2	107	346	0.418	11.7%	2.73	18.9%	F	中央	
MJ53	2	66	211	0.377	12.4%	4.14	22.5%	F	中央	
MJ54	2	84	278	0.429	11.9%	5.80	11.9%	F	中央	
MJ55	2	88	312	0.403	12.4%	4.00	20.3%	F	中央	
MJ56	2	72	102	0.368	12.7%	3.71	16.4%	F	中央	
MJ57	2	92	237	0.400	12.4%	3.22	17.8%	F	中央	
MJ58	2	67	215	0.388	11.7%	4.13	19.3%	F	中央	
MJ59	2	79	141	0.361	13.0%	3.75	27.5%	F	中央	
MJ60	2	82	325	0.406	12.1%	3.63	22.5%	F	中央	
MJ61	2	66	219	0.380	15.7%	6.40	32.7%	F	中央	
MJ62	2	63	198	0.372	15.8%	6.00	11.4%	W	中央	
MJ63	2	80	274	0.329	14.5%	3.86	12.5%	W	中央	
MJ64	2	84	282	0.345	15.3%	4.83	15.0%	F	中央	
MJ65	2	78	264	0.375	13.7%	5.80	10.7%	F	中央	
MJ66	2	74	225	0.347	16.1%	5.60	8.9%	F	中央	
MJ67	2	72	326	0.411	16.8%	3.00	12.0%	F	中央	
MJ68	2	96	275	0.489	14.8%	2.25	14.6%	F	中央	
MJ69	2	86	269	0.355	13.0%	4.80	13.3%	F	中央	
MJ70	2	80	386	0.445	18.6%	1.68	10.7%	F	中央	
MJ71	2	74	223	0.353	13.1%	6.50	27.5%	F	中央	
MJ72	2	84	253	0.382	16.0%	3.13	9.6%	F	中央	
MJ73	2	78	213	0.387	13.6%	4.67	26.8%	F	中央	
MJ74	2	93	291	0.450	14.4%	3.13	34.4%	F	中央	
MJ75	2	65	271	0.408	16.9%	5.50	23.5%	F	中央	
MJ76	2	75	206	0.428	18.1%	4.40	30.8%	F	中央	
MJ77	2	77	270	0.393	16.9%	3.83	10.7%	F	中央	
MJ78	2	66	208	0.388	15.1%	4.67	10.4%	F	中央	
MJ79	2	74	247	0.379	15.8%	5.75	30.3%	F	中央	
MJ80	2	81	273	0.402	15.4%	6.50	17.8%	F	中央	
MJ81	2	83	238	0.388	16.3%	4.33	32.1%	F	中央	
MJ82	2	101	276	0.395	15.8%	5.60	18.4%	F	中央	
MJ83	2	71	262	0.373	15.3%	3.11	24.0%	F	中央	
MJ84	2	87	233	0.399	14.9%	4.17	18.5%	F	中央	
MJ85	2	84	281	0.415	15.9%	5.60	31.5%	F	中央	
MJ86	2	75	304	0.404	16.7%	3.86	32.0%	F	中央	
MJ87	2	70	244	0.400	16.1%	9.00	29.6%	F	中央	
MJ88	2	95	237	0.443	15.8%	3.43	11.4%	F	中央	
MJ89	2	78	274	0.374	12.4%	5.60	18.7%	F	中央	
MJ90	2	70	151	0.357	15.3%	5.60	10.4%	F	中央	
MJ91	2	73	190	0.420	15.4%	6.25	15.7%	F	中央	
MJ92	2	73	265	0.430	15.9%	8.00	27.5%	F	中央	
MJ93	2	81	327	0.400	16.2%	5.00	30.7%	F	中央	
MJ94	2	67	259	0.418	16.7%	6.00	23.0%	F	中央	
MJ95	2	85	276	0.421	14.7%	4.50	6.4%	F	中央	
MJ96	2	73	283	0.443	15.7%	4.50	36.5%	F	中央	
MJ97	2	77	243	0.403	15.9%	4.00	24.3%	F	中央	
MJ98	2	70	198	0.366	15.6%	6.00	10.7%	F	中央	
MJ99	2	83	265	0.349	14.4%	4.00	27.3%	F	中央	
MJ100	2	65	214	0.360	14.6%	3.38	6.8%	F	中央	

参考までに、現在までに森林総合研究所で収集されたスギラミナのMOE-TSの資料を続く2ページに示す。

なお、ここに示されたデータは今回の実験を含め、過去に森林総合研究所で行われたスギラミナの実大引張試験結果から採取されたものである。フィンガージョイントが森林総合研究所で加工されたことを除いて、試験体の寸法や実験条件等は今回のそれとほぼ同様である。

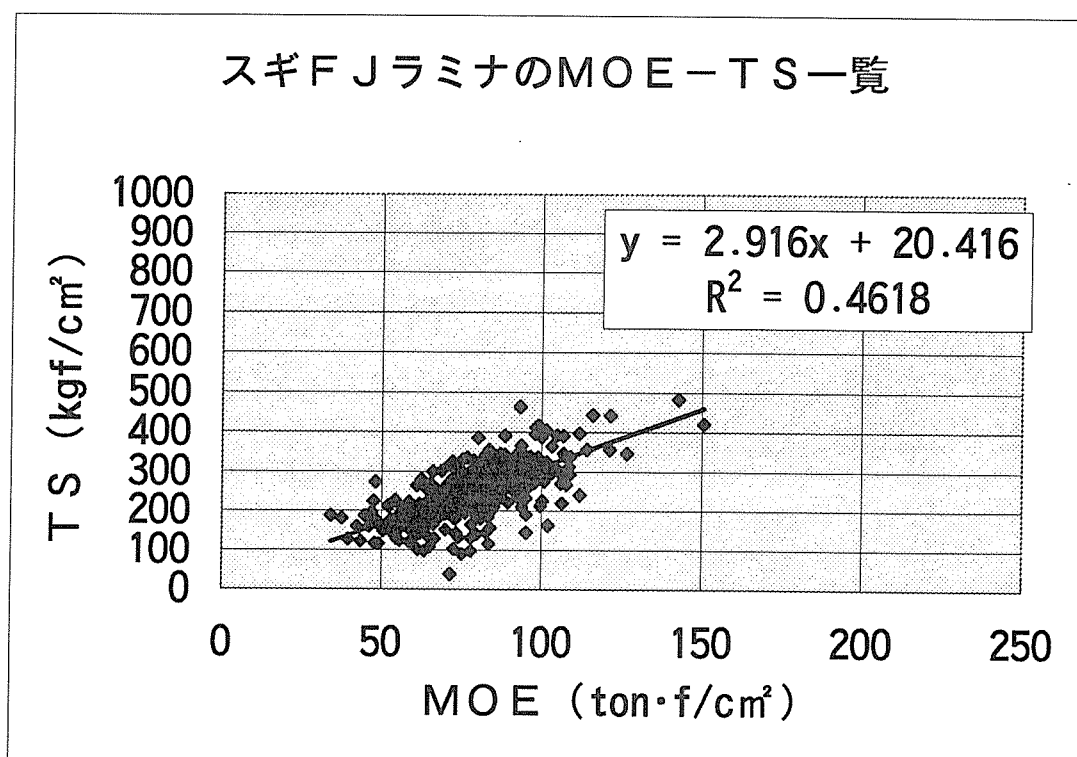
スギ通しラミナのデータベース資料

MOE (ton·f/cm ²)		T S (kgf/cm ²)	
平均	76.81675	平均	298.7669
標準誤差	0.761657	標準誤差	5.65075
中央値 (メジアン)	76.6	中央値 (メジアン)	282.069
最頻値 (モード)	76.3	最頻値 (モード)	278.5124
標準偏差	15.44117	標準偏差	114.5584
分散	238.4297	分散	13123.63
尖度	-0.04089	尖度	2.529253
歪度	0.268219	歪度	1.030288
範囲	82.984	範囲	841.0289
最小	39.616	最小	75.5
最大	122.6	最大	916.5289
合計	31571.68	合計	122793.2
標本数	411	標本数	411
信頼区間(95.%)	1.492818	信頼区間(95.%)	11.07525



スギF Jラミナのデータベース資料

MOE (ton·f/cm ²)		T S (kgf/cm ²)	
平均	78.4161	平均	249.0769
標準誤差	0.76428	標準誤差	3.279497
中央値 (メジアン)	77.8248	中央値 (メジアン)	245.6
最頻値 (モード)	95.195	最頻値 (モード)	237.1
標準偏差	15.4943	標準偏差	66.48569
分散	240.072	分散	4420.346
尖度	1.67415	尖度	0.543585
歪度	0.43423	歪度	0.18391
範囲	116.664	範囲	445.9678
最小	33.988	最小	36.82545
最大	150.652	最大	482.7933
合計	32229	合計	102370.6
標本数	411	標本数	411
信頼区間(95.%)	1.49795	信頼区間(95.%)	6.427687



3 島根県産アカマツ

3.1 原料

3.1.1 ラミナの購入状況

島根県益田市の市場で購入されたアカマツ原木を原料に用いた。

製材、乾燥、フィンガージョイント、仕上げのモルダール処理などについては、大断面構造用集成材のJAS認定工場で行った。

等級区分は、製材の上小節以上から採取したものを2等ラミナ、製材の1等以上から採取したものを3等ラミナとした。その後、ラミナとしての目視区分および強度区分は実施されなかった。

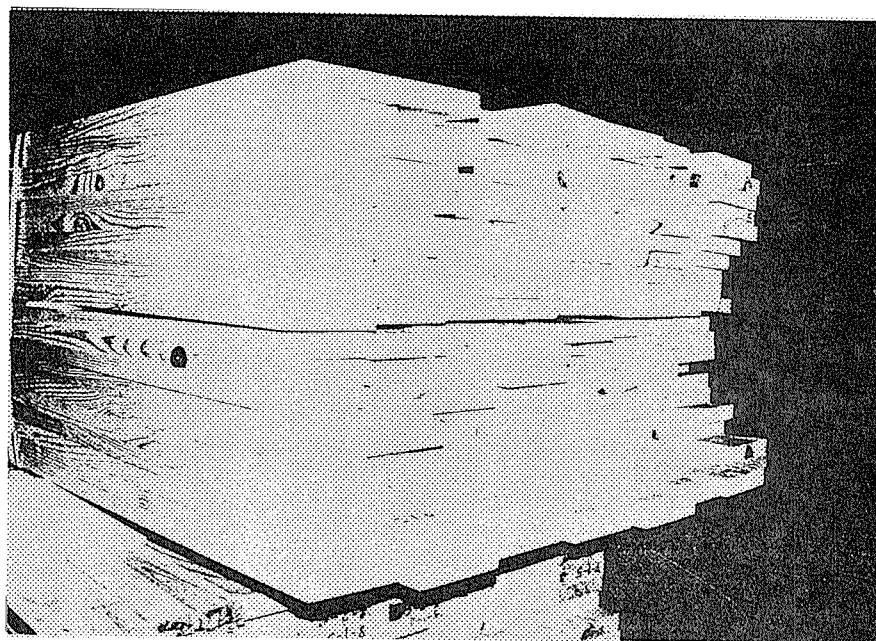


写真3-1 納入されたアカマツラミナ

3.1.2 フィンガージョイント

フィンガージョイントの寸法は、フィンガー長さ19mm、ピッチ6.2mmであった。接着には一般的なレゾルシノール接着剤が用いられていた。

フィンガージョイントの製造については、構造用の垂直型フィンガーカッターが用いられており、接着等について特に問題点は見られなかった。

3.2 測定と試験方法

ラミナの基本的な材質調査と試験方法は栃木県産スギ、宮崎県産スギの場合と全く同様である。

3.3 試験結果

3.3.1 ラミナの特性

ラミナの幅、厚さ、長さは通しラミナで12.5 x 2.2 x 310 cm、FJラミナで12.5 x 2.2 x 290 cmであった。

表3-1に試験体数、気乾比重、平均年輪幅、含水率、ヤング係数の一覧表を示す。なお、()内の数値は変動係数である。

表3-1 島根県産アカマツラミナの特性一覧表

通しラミナ (試験体数: 98)

気乾比重	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	集中節径比 全長 (%)	集中節径比 (%)
0.557 (8.49%)	3.52 (30.6%)	12.1 (6.19%)	136 (20.1%)	26.7 (71.9%)	17.1 (87.2%)

FJラミナ (試験体数: 105)

気乾比重	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	集中節径比 全長 (%)	集中節径比 (%)
0.553 (6.21%)	3.96 (32.8%)	11.6 (4.90%)	122 (14.9%)	30.3 (56.8%)	22.9 (76.9%)

ヤング係数に関しては通しラミナの方が高い値を示したが、その他の因子についてはほぼ同等の値となった。

3. 3. 2 引張試験結果

3. 3. 2. 1 試験体の破壊形態

試験体の破壊形態を写真3-1（通しラミナ）と写真3-2（FJラミナ）に示す。

通しラミナではグリップ間で破壊するものが78/98体、グリップ内部で破壊したものが20/98体であった。いずれも、何らかの形で節が破壊に関与したものが多く見られたが、目切れや全く欠点の見あたらない部分から脆性的に破壊するものも30体観察された。

一方FJラミナでは、グリップ内部で破壊したものが8/105体であった。FJが関与した破壊が55/105体で観察され、残りは節あるいは目切れからの破壊であった。全般的に、破壊の形態はスギに比べて脆性的であった。

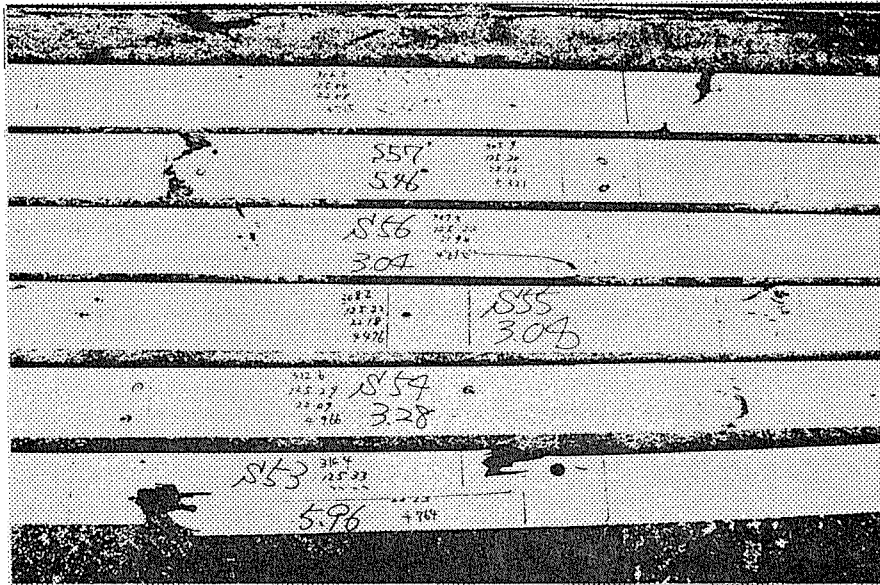


写真3-1（通しラミナ）の破壊形態

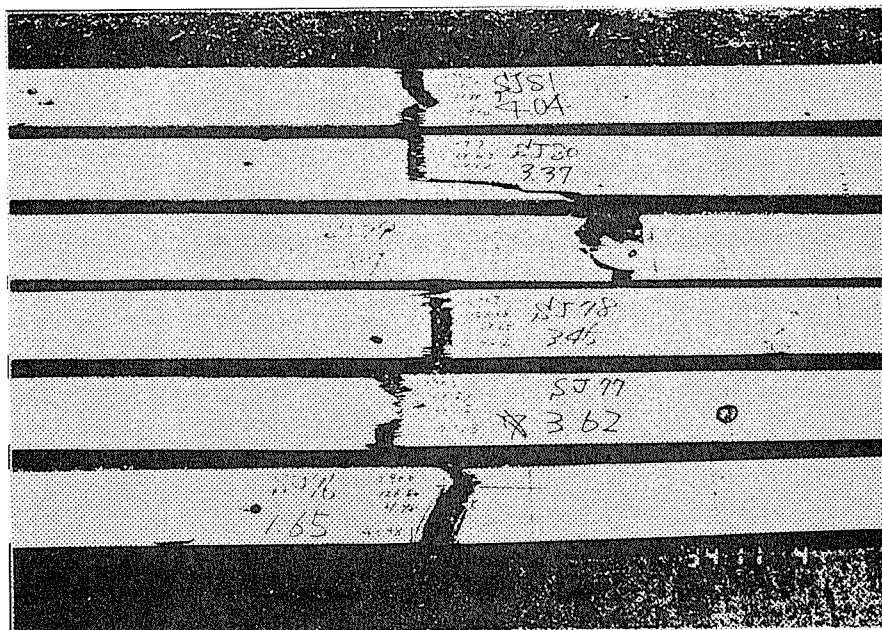


写真3-2（FJラミナ）の破壊形態

3.3.2.2 等級の差

表3-2に等級別のヤング係数と引張強度の値を示す。

表3-2 強度特性に及ぼす等級の影響

等級	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
通し2等	146(16.6%)	554(28.4%)
通し3等	126(21.0%)	336(45.5%)
通し全体	136(20.2%)	441(43.0%)
F J 2等	130(12.9%)	274(19.6%)
F J 3等	109(11.8%)	195(32.0%)
F J 全体	121(14.9%)	240(29.1%)

() は標準偏差

この表から明らかなように、等級区分によるヤング係数と引張強度の差は、通しラミナでは明確であるが、F J ラミナでは明白ではない。

3.3.2.3 ヤング係数と引張強度の相関関係

通しラミナのヤング係数(MOE)と引張強度(TS)との相関関係を図3-2に示す。また、F J ラミナについても同様の関係を図3-3に示す。

島根アカマツMOE-TS

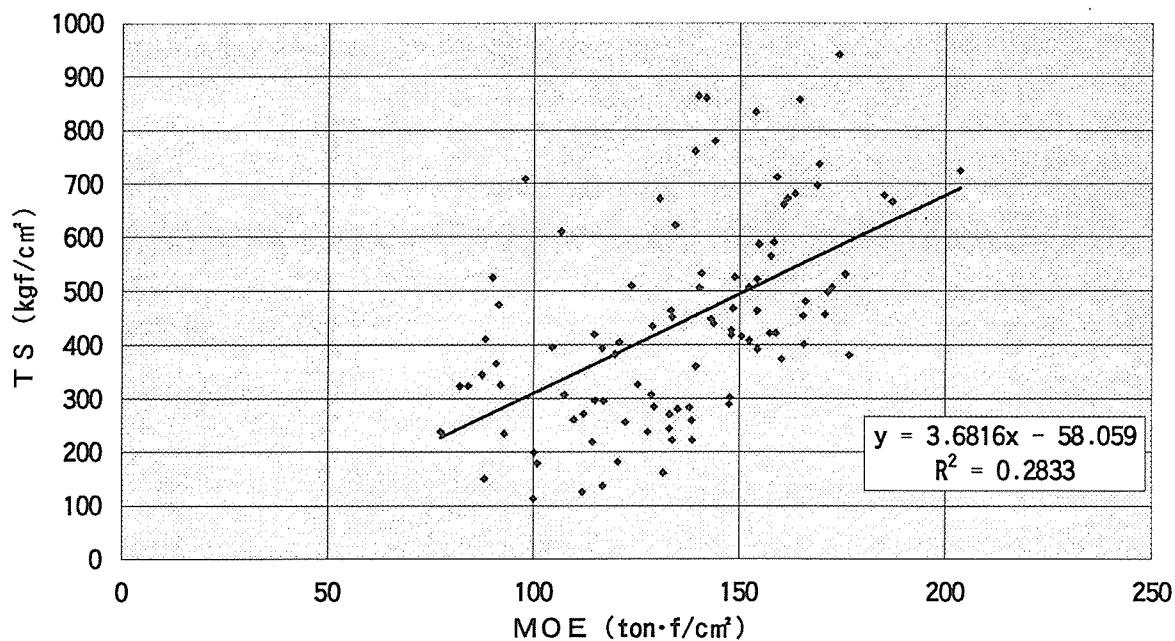


図3-2 通しラミナのMOE-TS (島根アカマツ)

島根アカマツFJMOE-TS

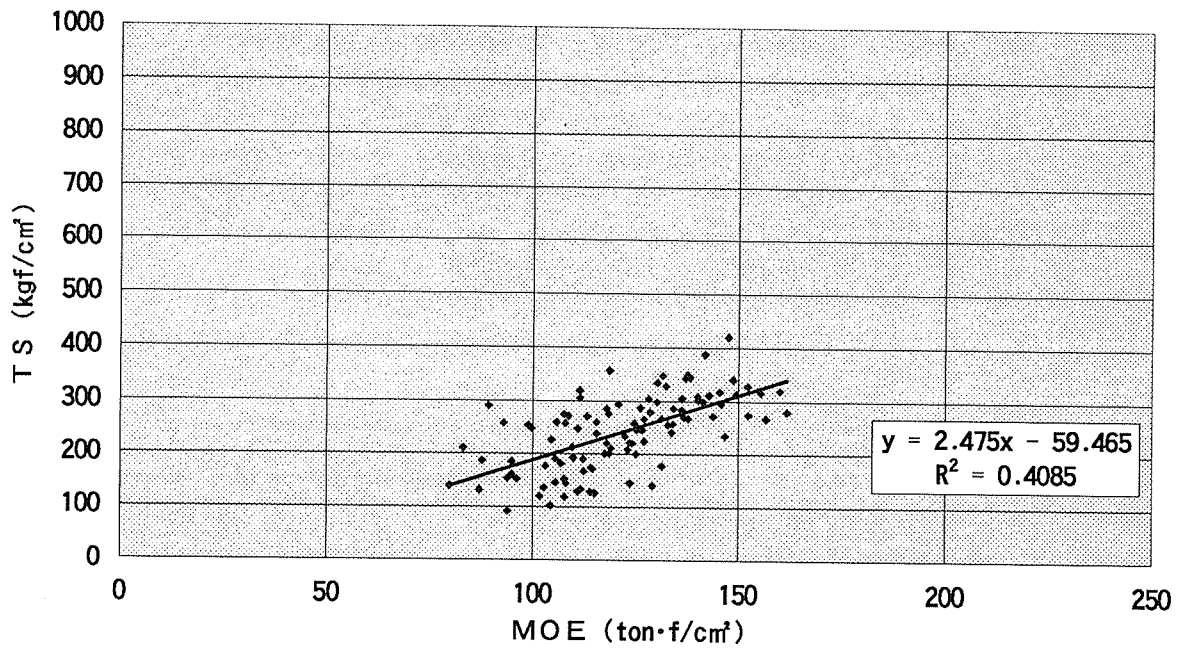


図 3 - 3 F J ラミナの MOE - TS (島根アカマツ)

スギと比較すると、MOEとTSの相関係数は比較的高い。これはMOEによる区分が行われなかったためと思われる。

通しラミナの方がFJラミナより引張強度のバラツキが大きいことは、他の樹種の場合と同じである。

接合効率の一覧を表 3 - 3 に示す。表から明らかなように、3等ラミナの場合、5%下限値の接合効率の方が平均値で計算した接合効率より高い値となっている。すなわち、フィンガージョイントした方がラミナ全体としての接合効率が高いわけである。

輪生節が多いアカマツでこのような傾向にあるのは興味深い。

表 3 - 3 フィンガージョイントの接合効率

	平均値の比	5%下限値の比
2等ラミナ	49.5%	63.1%
3等ラミナ	58.0%	109%
全体	54.4%	96.9%

3. 3. 2. 4 その他の因子と引張強度の関係

図3-4と図3-5に集中節径比（中央区間）とTSの相関関係を示す。通しラミナの場合、相関係数は比較的高い。

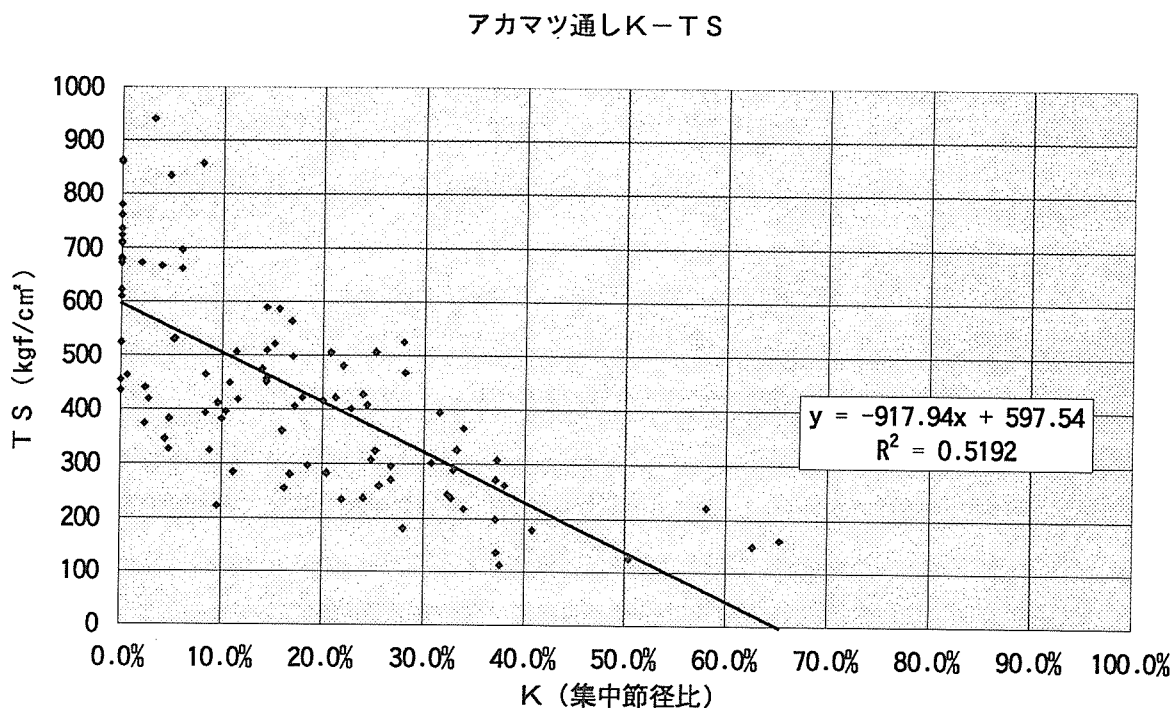


図3-4 通しラミナのK-TS（島根アカマツ）

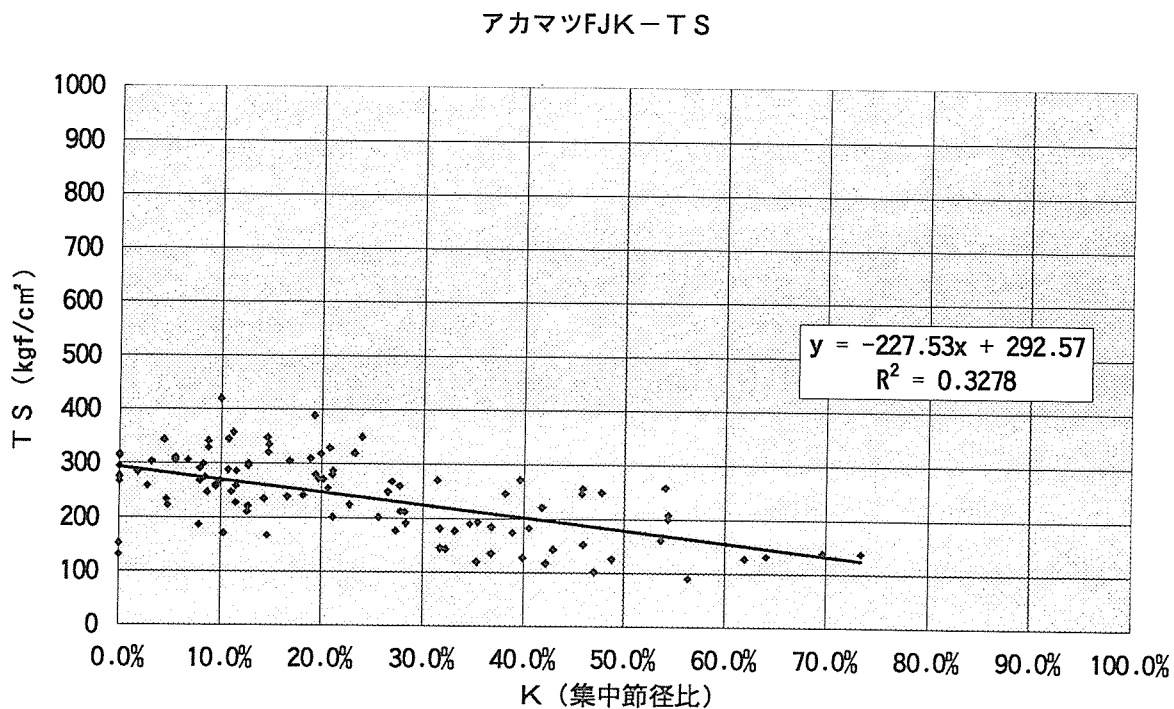


図3-5 FJラミナのK-TS（島根アカマツ）

引張強度に関係すると思われる諸因子どうしについて相関係数を求め、表3-4に示した。スギに比べ、サンプリングの際にヤング係数による等級区分が行われていないので、MOE-TSやK-MOEの値は一般的に高い傾向を示している。

表3-4 相関解析の一覧表

通しラミナ

	MOE	TS	SG	MC	年輪幅	K	K(中)
MOE	1.000						
TS	0.532	1.000					
SG	0.632	0.399	1.000				
MC	0.370	0.278	0.433	1.000			
年輪幅	-0.512	-0.177	-0.328	-0.253	1.000		
K	-0.435	-0.727	-0.312	-0.216	0.083	1.000	
K(中央)	-0.366	-0.721	-0.193	-0.006	0.073	0.738	1.000

FJラミナ

	MOE	TS	SG	MC	年輪幅	K	K(中)
MOE	1.000						
TS	0.639	1.000					
SG	0.323	0.364	1.000				
MC	0.388	0.292	0.391	1.000			
年輪幅	-0.405	-0.285	-0.157	-0.186	1.000		
K	-0.334	-0.661	-0.288	-0.314	0.145	1.000	
K(中央)	-0.251	-0.573	-0.207	-0.302	0.093	0.778	1.000

注) MOE : ヤング係数、TS : 引張強度、SG : 気乾比重、MC : 含水率、
 K : 試験片全体における最大集中節径比 (断面欠損率)、
 K (中央) : 試験体中央120cmにおける最大集中節径比 (断面欠損率)

先にも述べたように、MOEとTSの相関係数はMOEとMORのそれより低い傾向にある。また、KとTSの相関係数も低い傾向にある。特にFJラミナの場合全く相関がない結果となっている。

平均年輪幅と引張強度との相関係数は、スギの場合と同様非常に低い。すなわち、年輪幅の大小を等級区分の因子にすることは強度的には意味がない。

島根県産アカマツラミナリ引張試験結果
ノーフィンガージョイント

K : 節、W : 木部

No.	等級	ヤング率	引張強度	気乾比重	含水率	年輪幅	全長		引張区間		破壊形態	破壊位置
							断面欠損率	断面欠損率	断面欠損率	断面欠損率		
S 2	2	204	724	0.571	13.1%	2.86	4.0%	0.0%	4.0%	W	中央	
S 3	2	154	522	0.632	12.6%	3.17	24.1%	15.2%	15.2%	K	中央	
S 4	2	88	412	0.496	11.2%	4.75	14.0%	9.6%	9.6%	K	中央	
S 5	2	155	587	0.622	13.5%	2.22	15.6%	15.6%	15.6%	K	チャック境	
S 7	2	164	681	0.577	13.0%	3.40	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
S 8	2	169	696	0.572	13.2%	2.22	8.0%	6.0%	6.0%	K	中央	
S 9	2	177	382	0.590	12.3%	2.71	22.0%	10.0%	10.0%	K	中央	
S10	2	158	564	0.650	13.0%	3.60	16.8%	16.8%	16.8%	K	中央	
S11	2	139	761	0.581	13.1%	3.33	2.4%	0.0%	0.0%	W	中央	
S12	2	134	451	0.508	12.7%	3.50	20.0%	14.4%	14.4%	K	中央	
S13	2	169	736	0.585	11.6%	4.25	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
S14	2	165	455	0.600	11.8%	4.20	0.0%	0.0%	0.0%	W	チャック境	
S15	2	185	678	0.619	12.6%	2.63	12.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
S16	2	165	857	0.571	13.5%	3.33	8.0%	8.0%	8.0%	W	中央	
S17	2	152	408	0.570	12.4%	2.71	24.4%	24.4%	24.4%	K	中央	
S18	2	104	395	0.455	12.8%	3.14	30.0%	10.4%	10.4%	K	中央	
S19	2	131	671	0.532	11.6%	5.60	11.6%	0.0%	0.0%	W	中央	
S20	2	158	590	0.529	11.9%	2.86	16.2%	14.4%	14.4%	K	中央	
S21	2	152	507	0.564	14.0%	2.83	25.2%	25.2%	25.2%	K	中央	
S22	2	129	435	0.553	11.4%	4.20	20.4%	0.0%	0.0%	W	チャック境	
S23	2	90	525	0.434	11.0%	3.80	13.2%	0.0%	0.0%	W	チャック内	
S25	2	171	457	0.641	12.1%	3.33	32.6%	14.4%	14.4%	K	中央	
S26	2	124	509	0.516	11.9%	3.17	18.0%	14.4%	14.4%	K	中央	
S27	2	166	401	0.575	12.3%	2.07	41.1%	22.8%	22.8%	K	中央	
S28	2	144	779	0.577	12.4%	2.83	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
S29	2	140	863	0.584	14.0%	4.50	3.2%	0.0%	0.0%	W	チャック内	
S30	2	141	532	0.637	11.8%	5.33	5.3%	5.3%	5.3%	K	中央	
S31	2	159	712	0.570	11.0%	4.00	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
S33	2	120	383	0.510	12.0%	5.33	17.2%	4.8%	4.8%	K	中央	
S34	2	150	416	0.560	11.6%	2.86	20.0%	20.0%	20.0%	K	中央	
S35	2	134	622	0.592	11.9%	3.60	0.0%	0.0%	0.0%	W	チャック境	
S36	2	154	393	0.556	12.8%	4.50	7.6%	8.4%	8.4%	K	中央	
S37	2	148	419	0.594	13.4%	1.50	13.6%	11.6%	11.6%	K	中央	
S38	2	154	834	0.593	11.5%	2.63	4.8%	4.8%	4.8%	W	中央	
S39	2	149	525	0.574	12.6%	3.67	23.8%	27.9%	27.9%	K	中央	
S40	2	142	860	0.644	12.2%	4.00	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
S41	2	140	506	0.574	13.4%	2.71	19.9%	20.7%	20.7%	K	中央	
S42	2	115	419	0.561	12.2%	4.00	2.8%	2.8%	2.8%	K	中央	
S43	2	139	360	0.645	12.6%	2.86	16.0%	16.0%	16.0%	K	中央	
S44	2	91	475	0.497	11.3%	3.20	3.2%	14.0%	14.0%	W	チャック内	
S45	2	187	666	0.627	13.3%	3.17	4.0%	4.0%	4.0%	K	中央	
S46	2	162	672	0.549	13.1%	2.22	3.2%	2.0%	2.0%	W	中央	
S47	2	144	440	0.514	11.8%	3.17	6.7%	2.4%	2.4%	K	中央	
S48	2	129	307	0.554	11.8%	3.17	24.8%	24.8%	24.8%	K	中央	
S49	2	122	255	0.462	11.1%	4.50	16.5%	16.2%	16.2%	K	中央	
S50	2	161	661	0.529	11.4%	2.57	28.3%	6.0%	6.0%	W	中央	
S51	3	91	365	0.540	12.0%	3.17	33.5%	33.9%	33.9%	K	中央	
S52	3	107	610	0.622	12.0%	4.75	7.2%	0.0%	0.0%	W	チャック内	
S53	3	148	428	0.551	11.2%	3.17	23.9%	23.9%	23.9%	K	中央	
S54	3	128	237	0.574	11.5%	3.29	48.4%	32.7%	32.7%	K	チャック内	
S55	3	139	222	0.523	12.3%	2.10	57.3%	9.6%	9.6%	K	チャック内	
S56	3	134	221	0.546	12.3%	3.80	58.0%	58.0%	58.0%	K	中央	
S57	3	117	394	0.628	11.9%	3.29	31.5%	31.5%	31.5%	K	チャック内	
S58	3	84	324	0.439	11.6%	6.67	20.0%	8.8%	8.8%	K	チャック内	
S59	3	160	374	0.608	11.6%	2.71	16.0%	2.4%	2.4%	W	中央	
S60	3	120	181	0.531	11.5%	3.29	73.8%	28.0%	28.0%	K	中央	
S61	3	92	325	0.457	10.9%	5.20	70.6%	33.3%	33.3%	K	中央	
S62	3	132	161	0.540	11.9%	3.60	65.3%	65.3%	65.3%	K	中央	
S63	3	93	234	0.501	11.3%	5.67	46.8%	21.9%	21.9%	K	チャック内	
S64	3	143	449	0.530	11.5%	2.11	22.4%	10.8%	10.8%	K	中央	
S65	3	148	302	0.589	12.6%	1.64	42.3%	30.7%	30.7%	K	中央	
S66	3	176	530	0.569	11.3%	2.11	24.8%	5.2%	5.2%	W	中央	
S67	3	166	480	0.571	11.5%	4.00	22.0%	22.0%	22.0%	K	中央	
S68	3	135	280	0.508	11.2%	3.60	16.8%	16.8%	16.8%	K	中央	
S69	3	133	464	0.593	11.5%	2.71	30.8%	8.4%	8.4%	K	チャック内	
S70	3	129	284	0.522	11.0%	4.20	32.4%	11.2%	11.2%	K	チャック内	
S71	3	110	261	0.554	12.3%	3.33	38.0%	38.0%	38.0%	K	中央	
S72	3	172	507	0.556	11.8%	2.11	11.4%	11.4%	11.4%	K	中央	
S73	3	112	125	0.535	11.8%	4.20	59.6%	50.3%	50.3%	K	中央	
S74	3	171	498	0.597	11.7%	3.00	47.1%	17.0%	17.0%	K	中央	
S75	3	125	326	0.548	11.2%	3.80	33.1%	4.8%	4.8%	W	中央	
S76	3	157	422	0.574	11.9%	2.00	30.7%	17.9%	17.9%	K	中央	
S77	3	100	199	0.533	12.0%	4.17	37.2%	37.2%	37.2%	K	中央	
S78	3	138	259	0.517	12.6%	2.00	25.6%	25.6%	25.6%	K	中央	
S79	3	88	150	0.514	12.1%	4.86	74.8%	62.6%	62.6%	K	中央	
S80	3	112	271	0.566	12.7%	3.17	44.8%	26.8%	26.8%	K	チャック内	
S81	3	101	179	0.498	11.5%	2.86	40.8%	40.8%	40.8%	K	中央	
S82	3	133	243	0.544	12.2%	5.50	54.0%	32.4%	32.4%	K	チャック内	
S83	3	107	307	0.539	12.9%	4.25	37.3%	37.3%	37.3%	K	中央	
S84	3	114	218	0.561	12.8%	3.60	43.2%	34.0%	34.0%	K	中央	
S85	3	148	289	0.589	13.6%	3.50	34.2%	32.9%	32.9%	K	中央	
S86	3	117	295	0.519	11.9%	4.20	60.8%	26.8%	26.8%	K	チャック内	
S87	3	138	283	0.523	11.7%	1.62	52.4%	20.4%	20.4%	K	チャック内	
S88	3	77	237	0.491	11.3%	8.00	40.0%	24.1%	24.1%	K	チャック内	
S89	3	159	422	0.594	13.4%	4.20	32.8%	21.2%	21.2%	K	中央	
S90	3	148	468	0.579	13.6%	4.00	28.1%	28.1%	28.1%	K	中央	
S91	3	115	297	0.538	12.7%	3.80	32.8%	18.5%	18.5%	K	中央	
S92	3	82	323	0.476	11.6%	4.64	25.8%	25.2%	25.2%	W	チャック内	
S93	3	100	113	0.523	11.5%	4.00	54.7%	37.6%	37.6%	K	中央	
S94	3	98	708	0.543	11.9%	2.71	61.8%	0.0%	0.0%	W	中央	
S95	3	154	463	0.615	12.2%	3.60	32.3%	0.6%	0.6%	W	チャック内	
S96	3	174	941	0.537	11.7%	3.57	6.0%	3.2%	3.2%	W	中央	
S97	3	117	136	0.513	11.4%	4.00	63.6%	37.2%	37.2%	K	チャック内	
S98	3	87	344	0.487	11.1%	4.50	42.0%	4.4%	4.4%	K	チャック内	
S99	3	121	405	0.535	11.2%	3.00	33.2%	17.2%	17.2%	K	中央	
S100	3	133	271	0.581	11.7%	2.86	37.2%	37.2%	37.2%	K	中央	
フィンガージョイント												
No.	等級	ヤング率	引張強度	気乾比重	含水率	年輪幅	全長	引張区間	断面欠損率	断面欠損率	破壊形態	破壊位置
SJ 1	2	115	261	0.577	11.7%	3.20	9.5%	9.5%	9.5%	F	中央	

K : 節、F : フィンガー、W : 木部

島根アカツ

SJ 2	2	88	187	0.532	11.3%	5.67	15.4%	7.9%	F	中央
SJ 3	2	113	271	0.557	12.0%	5.67	20.1%	20.1%	F	中央
SJ 4	2	105	227	0.538	11.7%	4.50	11.5%	11.5%	F	中央
SJ 5	2	125	258	0.554	11.6%	1.29	11.5%	11.5%	F	中央
SJ 6	2	96	152	0.561	12.2%	6.33	30.8%	0.0%	K	チヤック内
SJ 7	2	119	201	0.550	12.7%	1.83	48.3%	25.6%	F	中央
SJ 8	2	131	178	0.554	11.9%	2.29	33.2%	33.2%	F	中央
SJ 9	2	130	298	0.622	11.7%	4.80	27.2%	8.3%	W	中央
SJ10	2	127	267	0.588	12.8%	4.50	0.0%	0.0%	F	中央
SJ11	2	83	210	0.539	11.1%	6.20	12.6%	12.6%	F	中央
SJ12	2	138	345	0.548	11.1%	3.17	22.3%	10.8%	F	中央
SJ13	2	131	267	0.510	12.0%	4.40	9.9%	9.9%	F	中央
SJ14	2	147	235	0.610	12.4%	1.82	28.1%	14.3%	K	チヤック内
SJ15	2	138	349	0.561	11.2%	4.40	23.9%	23.9%	F	中央
SJ16	2	134	287	0.546	11.3%	5.00	21.1%	21.1%	F	中央
SJ17	2	141	299	0.524	11.4%	1.58	12.7%	12.7%	F	中央
SJ18	2	118	221	0.569	11.5%	3.00	12.7%	12.7%	F	中央
SJ19	2	152	328	0.621	12.4%	2.22	15.5%	8.7%	F	中央
SJ20	2	123	222	0.552	12.1%	3.43	31.5%	4.8%	K	チヤック内
SJ21	2	121	294	0.552	11.9%	3.00	2.4%	0.0%	F	中央
SJ22	2	124	221	0.518	11.6%	3.60	41.8%	41.8%	F	中央
SJ23	2	118	285	0.541	11.5%	6.33	11.5%	11.5%	W	中央
SJ24	2	143	311	0.609	12.0%	5.00	21.8%	5.5%	F	中央
SJ25	2	137	344	0.570	11.4%	3.50	6.4%	4.4%	F	中央
SJ26	2	132	328	0.550	11.1%	2.11	20.7%	20.7%	F	中央
SJ27	2	145	318	0.535	11.8%	4.50	40.6%	19.9%	F	中央
SJ28	2	111	306	0.509	11.6%	3.67	6.7%	6.7%	F	中央
SJ29	2	122	233	0.577	11.8%	2.31	19.7%	4.7%	F	中央
SJ30	2	133	256	0.580	13.5%	5.25	45.8%	45.8%	F	中央
SJ31	2	155	316	0.538	11.3%	3.00	0.0%	0.0%	W	中央
SJ32	2	149	341	0.562	11.5%	2.86	13.7%	8.7%	K	中央
SJ33	2	136	305	0.552	12.2%	3.40	5.5%	5.5%	F	中央
SJ34	2	136	284	0.569	11.6%	3.83	11.9%	1.8%	F	中央
SJ35	2	108	258	0.595	11.6%	4.00	5.9%	2.8%	F	中央
SJ36	2	130	335	0.555	12.1%	2.71	14.7%	14.7%	K	中央
SJ37	2	127	224	0.614	11.4%	6.67	44.6%	22.7%	F	中央
SJ38	2	160	320	0.569	12.6%	2.63	14.7%	14.7%	F	中央
SJ39	2	142	388	0.551	11.9%	2.09	19.2%	19.2%	K	中央
SJ40	2	128	304	0.573	10.5%	3.33	16.8%	16.8%	K	中央
SJ41	2	146	295	0.577	12.7%	2.63	12.7%	12.7%	F	中央
SJ42	2	140	303	0.612	11.8%	2.67	17.8%	3.2%	W	中央
SJ43	2	111	319	0.596	11.7%	2.86	23.2%	23.2%	K	中央
SJ44	2	138	268	0.632	12.6%	4.20	7.9%	7.9%	K	チヤック境
SJ45	2	108	275	0.610	11.0%	5.00	0.0%	0.0%	F	中央
SJ46	2	148	420	0.584	11.0%	4.20	12.3%	10.0%	F	中央
SJ47	2	137	270	0.569	12.2%	3.10	31.4%	31.4%	F	中央
SJ48	2	157	268	0.580	11.1%	2.86	39.6%	26.9%	F	中央
SJ49	2	131	348	0.601	13.5%	4.17	14.6%	14.6%	F	中央
SJ50	2	140	309	0.569	12.4%	2.22	28.7%	18.8%	F	中央
SJ51	2	152	275	0.551	11.5%	3.00	29.6%	8.4%	F	中央
SJ52	2	149	314	0.594	12.5%	3.00	9.5%	0.0%	F	中央
SJ53	2	162	280	0.602	13.3%	3.33	21.0%	21.0%	F	中央
SJ54	2	126	247	0.536	11.6%	2.38	45.8%	45.8%	K	中央
SJ55	2	134	258	0.555	11.4%	4.50	54.1%	54.1%	K	チヤック内
SJ56	2	114	174	0.542	11.4%	6.33	38.9%	38.9%	K	中央
SJ57	2	123	208	0.518	11.2%	4.17	54.4%	54.4%	K	中央
SJ58	2	125	200	0.564	10.9%	4.64	54.3%	54.3%	F	中央
SJ59	2	107	183	0.514	11.3%	5.67	40.7%	40.5%	K	中央
SJ60	2	119	212	0.511	11.3%	4.13	28.2%	28.2%	K	中央
SJ61	3	103	136	0.584	11.3%	3.40	43.4%	36.8%	K	中央
SJ62	3	115	126	0.584	11.2%	4.50	48.8%	48.8%	K	中央
SJ63	3	100	248	0.563	11.1%	3.60	26.5%	26.5%	F	中央
SJ64	3	114	172	0.544	11.9%	3.29	21.2%	10.3%	F	中央
SJ65	3	144	272	0.552	11.2%	5.83	39.6%	39.6%	F	中央
SJ66	3	95	161	0.619	11.3%	3.50	53.6%	53.6%	K	中央
SJ67	3	125	246	0.496	11.3%	3.80	41.3%	8.7%	W	中央
SJ68	3	114	128	0.535	11.5%	2.71	39.9%	39.9%	K	中央
SJ69	3	106	146	0.488	11.2%	5.78	31.7%	31.7%	K	中央
SJ70	3	124	144	0.526	11.0%	5.67	43.0%	43.0%	K	中央
SJ71	3	128	279	0.547	11.0%	3.67	29.3%	19.4%	F	中央
SJ72	3	102	120	0.492	11.2%	4.00	35.4%	35.4%	K	中央
SJ73	3	127	246	0.579	11.3%	3.50	38.2%	38.2%	K	中央
SJ74	3	119	357	0.529	11.3%	2.55	11.2%	11.2%	F	中央
SJ75	3	108	144	0.509	11.2%	4.75	59.5%	32.3%	K	中央
SJ76	3	108	118	0.507	11.1%	6.17	39.2%	42.2%	K	中央
SJ77	3	106	259	0.484	11.3%	3.60	36.3%	27.6%	F	中央
SJ78	3	111	247	0.520	11.7%	8.00	35.3%	11.1%	F	中央
SJ79	3	87	132	0.537	11.2%	3.33	49.7%	0.0%	K	中央
SJ80	3	134	242	0.545	11.3%	5.00	38.3%	18.2%	F	中央
SJ81	3	89	290	0.599	11.6%	5.50	31.2%	7.9%	F	中央
SJ82	3	94	91	0.477	11.1%	3.50	56.3%	56.3%	K	中央
SJ83	3	95	185	0.537	11.5%	6.25	36.8%	36.8%	K	中央
SJ84	3	103	177	0.550	11.3%	3.50	51.1%	27.3%	K	チヤック内
SJ85	3	80	139	0.556	11.0%	4.00	73.4%	73.4%	K	中央
SJ86	3	126	249	0.523	10.8%	1.80	47.7%	47.7%	K	中央
SJ87	3	110	213	0.530	10.9%	3.82	29.0%	27.8%	F	中央
SJ88	3	126	288	0.535	11.8%	4.00	30.7%	10.7%	W	チヤック内
SJ89	3	111	129	0.535	11.4%	5.25	61.9%	61.9%	K	中央
SJ90	3	115	239	0.528	11.0%	4.80	59.0%	16.6%	F	中央
SJ91	3	112	167	0.541	11.9%	3.80	27.3%	14.6%	K	チヤック内
SJ92	3	108	152	0.494	11.3%	5.33	44.9%	0.0%	K	チヤック内
SJ93	3	107	181	0.542	11.3%	3.13	72.5%	31.7%	K	中央
SJ94	3	94	153	0.614	11.4%	4.20	45.9%	45.9%	K	中央
SJ95	3	112	133	0.525	11.0%	3.83	64.1%	64.1%	K	中央
SJ96	3	112	190	0.556	11.6%	3.60	34.7%	34.7%	K	チヤック境
SJ97	3	105	191	0.497	11.4%	3.60	53.6%	28.3%	K	チヤック境
SJ98	3	99	255	0.595	11.1%	5.40	20.6%	20.6%	F	中央
SJ99	3	109	272	0.551	11.9%	3.00	31.1%	19.7%	F	中央
SJ100	3	129	140	0.564	11.5%	3.40	69.7%	69.7%	K	中央
SJ101	3	118	201	0.525	11.8%	2.86	35.7%	21.1%	F	中央
SJ102	3	93	257	0.514	11.4%	6.00	15.8%	9.5%	F	中央
SJ103	3	104	102	0.503	11.2%	6.00	47.0%	47.0%	K	中央
SJ104	3	118	276	0.518	11.4%	4.50	27.6%	0.0%	W	中央
SJ105	3	110	193	0.529	10.5%	4.47	35.5%	35.5%	K	中央

4 ベイマツ

4.1 原料

4.1.1 ラミナの購入状況

東京都内の市場で購入されたベイマツ原木を原料に用いた。

製材、乾燥、フィンガージョイント、仕上げのモルダー処理などについては、大断面構造用集成材のJAS認定工場で行なった。

等級区分については、中央集中荷重方式の簡易なグレーディングマシン（写真4-1）でヤング係数を測定し、 $125 \text{ ton}\cdot\text{f}/\text{cm}^2$ 以上を1等ラミナ、 $115 \text{ ton}\cdot\text{f}/\text{cm}^2$ 以上を2等ラミナとした。このとき目視による区分は実施されなかった。

現在の平均的なベイマツの材質から見ると、非常に良質なものが用いられていた。

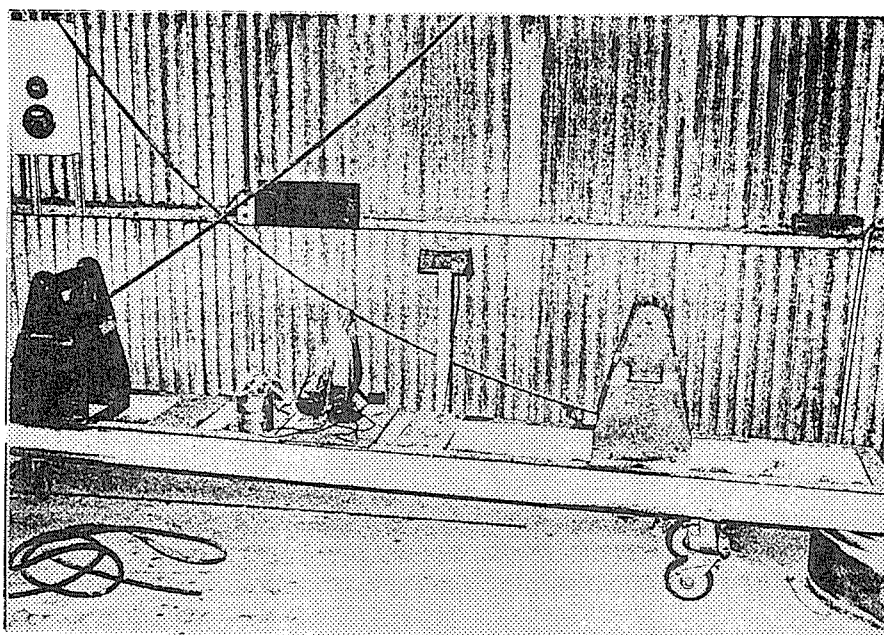


写真4-1 簡易なグレーディングマシン

ラミナの中央部分に小荷重を乗せ載せて、たわみを読みとるもの。

4.1.2 フィンガージョイント

フィンガージョイントの寸法は、フィンガー長さ19mm、ピッチ6.2mmであった。接着には一般的なレゾルシノール接着剤が用いられていた。

フィンガージョイントの製造については、構造用の垂直型フィンガーカッターが用いられており、接着等について特に問題点は見られなかった。なお、このカッターは栃木県産スギにも用いられたものである。

4.2 測定と試験方法

ラミナの基本的な材質調査と試験方法は、その他の3樹種の場合と全く同様である。

4. 3 試験結果

4. 3. 1 ラミナの特性

ラミナの幅、厚さ、長さは通しラミナ、F Jラミナ共に13.0 x 2.5 x 255 cmであった。

表4-1に試験体数、気乾比重、平均年輪幅、含水率、ヤング係数の一覧表を示す。なお、()内の数値は変動係数である。

表4-1 ベイマツラミナの特性一覧表

通しラミナ (試験体数: 91)

気乾比重	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	集中節径比 全長 (%)	集中節径比 (%)
0.597 (10.5%)	2.14 (64.9%)	10.8 (3.74%)	175 (16.7%)	4.75 (129%)	2.95 (144%)

F Jラミナ (試験体数: 101)

気乾比重	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	集中節径比 全長 (%)	集中節径比 (%)
0.604 (8.96%)	2.28 (71.4%)	10.8 (3.86%)	165 (14.8%)	4.81 (108%)	3.70 (134%)

ヤング係数に関しては通しラミナの方が高い値を示したが、その他の因子についてはほぼ同等の値となった。

ヤング係数の値と、簡易グレーディングマシンの設定値には大きな開きがあり、マシンそのもの、あるいは工場における計算方法などに問題があったのではないかとと思われる。

先にも述べたように、本試験体には現在市販されているベイマツの材質よりかなり良質なラミナが用いられていた。特に集中節径比は低い値となっている。

4. 3. 2 引張試験結果

4. 3. 2. 1 試験体の破壊形態

試験体の破壊形態を写真4-1（通しラミナ）と写真4-2（FJラミナ）に示す。

通しラミナではグリップ間で破壊するものが84/91体、グリップ内部で破壊したものが7/91体であった。いずれも、節径比が小さかったため、節とは関係ない部分から破壊したものが多く観察された。

一方FJラミナでは、グリップ内部で破壊したものは2体のみであった。FJが関与した破壊が87/101体で観察され、残りは節あるいは目切れからの破壊であった。

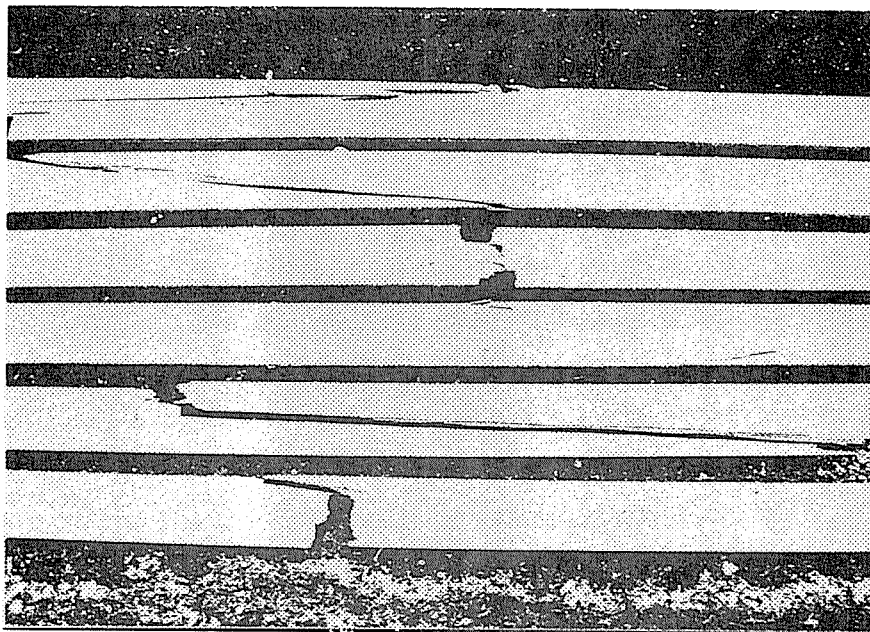


写真4-1（通しラミナ）の破壊形態



写真4-2（FJラミナ）の破壊形態

4. 3. 2. 2 等級の差

表4-2に等級別のヤング係数と引張強度の値を示す。

表4-2 強度特性に及ぼす等級の影響

等級	ヤング係数 (ton·f/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
通し1等	196(11.1%)	803(19.8%)
通し2等	157(12.2%)	685(23.6%)
通し全体	175(16.1%)	740(23.1%)
F J 1等	184(10.8%)	508(15.4%)
F J 2等	147(8.08%)	471(16.3%)
F J 全体	165(14.8%)	489(16.3%)

() は標準偏差

この表から明らかなように、等級区分によるヤング係数と引張強度の差は、通しラミナでは明確であるが、F J ラミナでは明白ではない。

4. 3. 2. 3 ヤング係数と引張強度の相関関係

通しラミナのヤング係数(MOE)と引張強度(TS)との相関関係を図4-2に示す。また、F J ラミナについても同様の関係を図4-3に示す。

ベイマツMOE-TS

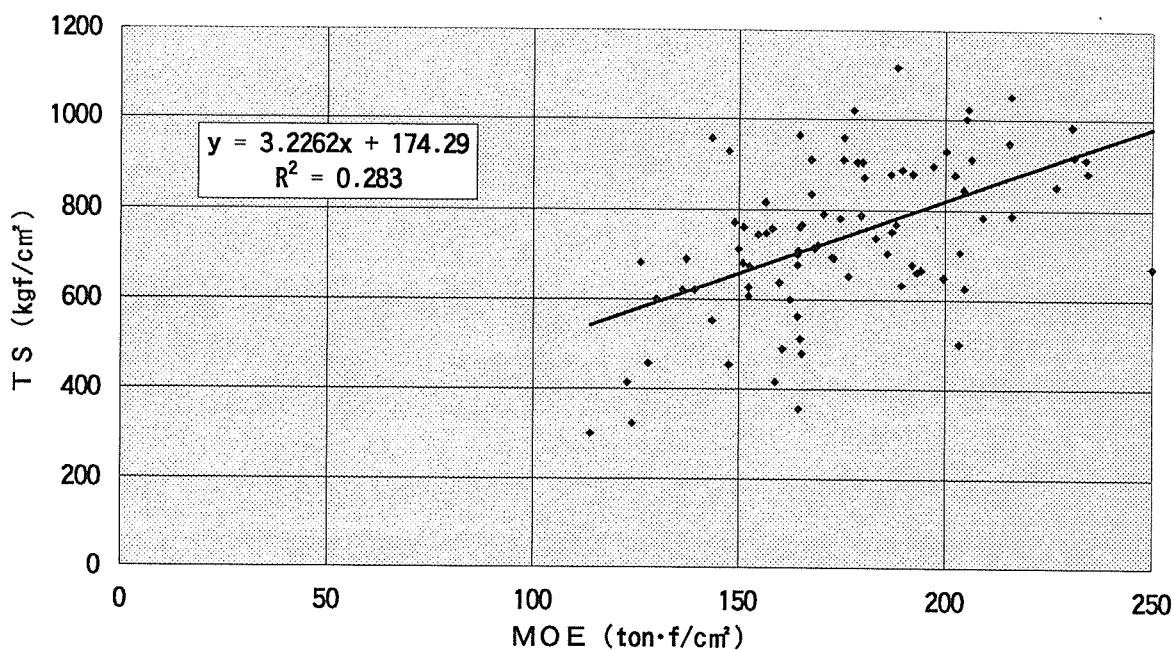


図4-2 通しラミナのMOE-TS (ベイマツ)

ベイマツFJMOE-TS

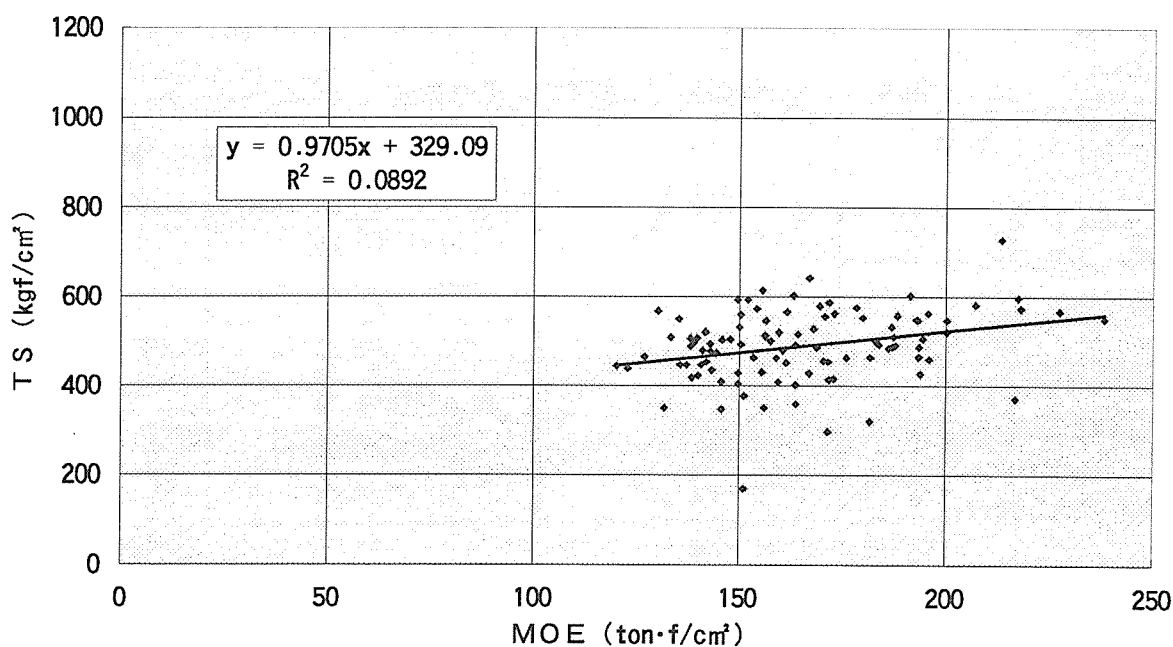


図4-3 FJラミナのMOE-TS (ベイマツ)

両図から明らかなように、MOEとTSの相関はMOEとMOR（曲げ強度）のそれほど強くはない。

通しラミナの方がFJラミナより引張強度のバラツキが大きいことはたの樹種の場合と同じである。

接合効率の一覧を表4-3に示す。平均値で計算した接合効率よりも、5%下限値の接合効率の方が高い値となる傾向もまた、たの樹種の場合と同様である。

表4-3 フィンガージョイントの接合効率

	平均値の比	5%下限値の比
2等ラミナ	63.3%	70.1%
3等ラミナ	68.8%	82.3%
全体	66.1%	78.0%

4. 3. 2. 4 その他の因子と引張強度の関係

図4-4と図4-5に集中節径比（中央区間）とTSの相関関係を示す。集中節径比の範囲が非常に狭いため、いずれも相関係数は低い値となっている。

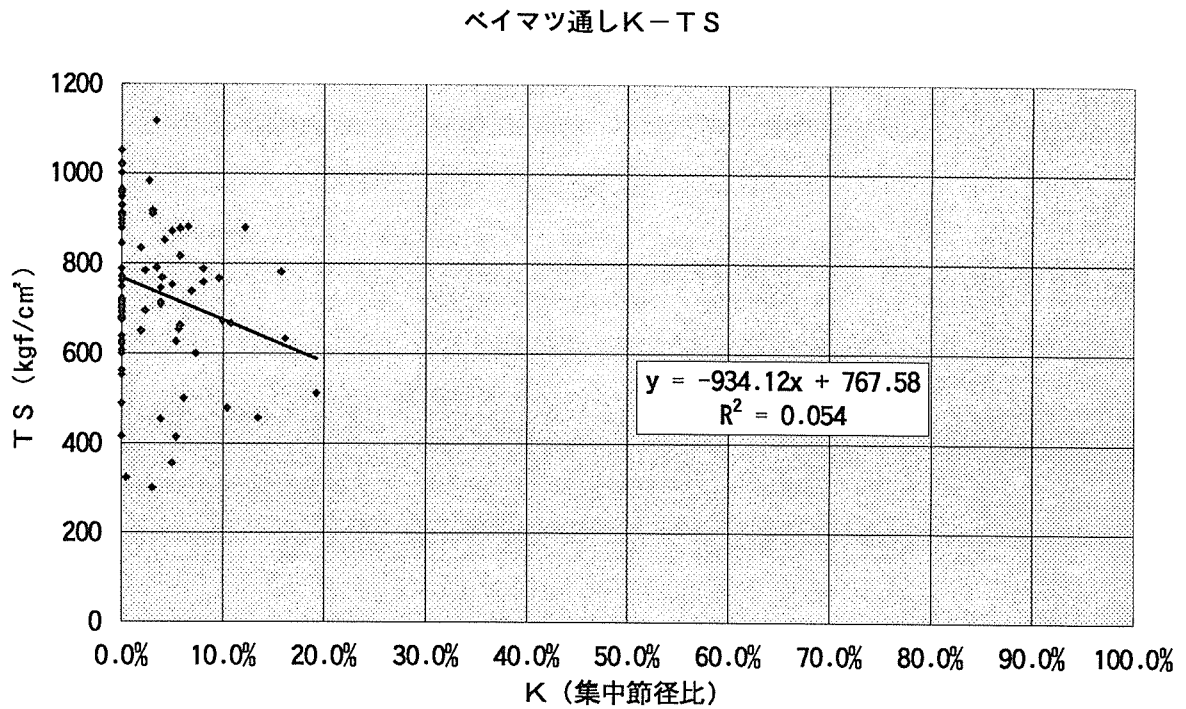


図4-4 通しラミナのK-TS（島根ベイマツ）

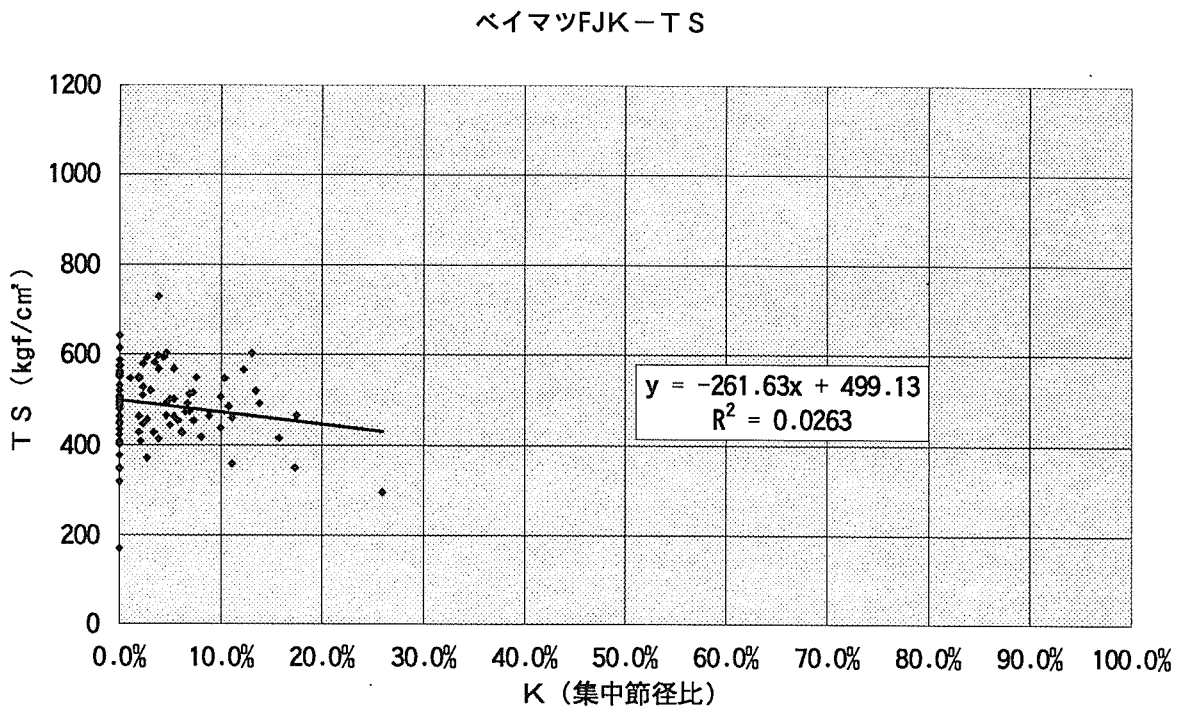


図4-5 FJラミナのK-TS（島根ベイマツ）

引張強度に関係すると思われる諸因子どうしについて相関係数を求め、表 2 - 4 に示した。なお、この表で特に重要と考えられる数値については網掛けを施した。

表 4 - 4 相関解析の一覧表

通しラミナ

	MOE	TS	SG	MC	年輪幅	K	K(中)
MOE	1.000						
TS	0.532	1.000					
SG	0.579	0.445	1.000				
MC	0.223	0.269	0.446	1.000			
年輪幅	-0.040	0.034	-0.033	-0.073	1.000		
K	-0.003	-0.297	-0.212	-0.136	0.215	1.000	
K(中央)	0.1036	-0.232	-0.046	-0.084	0.071	0.680	1.000

FJラミナ

	MOE	TS	SG	MC	年輪幅	K	K(中)
MOE	1.000						
TS	0.299	1.000					
SG	0.622	0.220	1.000				
MC	0.093	0.325	0.297	1.000			
年輪幅	-0.046	-0.126	-0.079	0.023	1.000		
K	0.058	-0.149	-0.062	-0.024	0.011	1.000	
K(中央)	0.082	-0.162	-0.063	-0.082	0.006	0.879	1.000

注) MOE : ヤング係数、TS : 引張強度、SG : 気乾比重、MC : 含水率、
 K : 試験片全体における最大集中節径比 (断面欠損率)、
 K (中央) : 試験体中央 120 cm における最大集中節径比 (断面欠損率)

先にも述べたように、MOE と TS の相関係数は MOE と MOR のそれより低い傾向にある。また、K と TS の相関係数も低い傾向にある。特に FJ ラミナの場合、その傾向が顕著である。

比重と MOE の相関は強い傾向にある。

ペイマツラミナ引張試験結果

ノーフィンガージョイント

K: 節、W: 木部

No.	等級	ヤング率	引張強度	気乾比重	含水率	年輪幅	全長		引張区間		破壊形態	位置
							断面欠損率	断面欠損率	断面欠損率	断面欠損率		
B 2	1	164	678	0.534	10.0%	2.56	2.3%	2.3%	0.0%	W	中央	
B 3	1	180	871	0.619	11.4%	0.58	8.0%	5.0%	0.0%	W	中央	
B 4	1	175	959	0.570	11.1%	2.75	0.0%	0.0%	0.0%	W	チャック内	
B 5	1	206	912	0.682	11.2%	5.25	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B 6	1	216	1051	0.676	10.6%	1.69	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B 7	1	175	910	0.569	10.4%	1.71	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B 8	1	197	897	0.617	11.2%	2.67	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B 9	1	187	753	0.694	11.5%	2.08	5.0%	5.0%	0.0%	W	中央	
B10	1	165	480	0.527	10.1%	2.67	10.4%	10.4%	0.0%	K	中央	
B11	1	164	356	0.587	10.7%	6.33	10.0%	5.0%	0.0%	K	中央	
B12	1	175	781	0.588	10.4%	1.92	15.7%	15.7%	0.0%	W	中央	
B15	1	205	1001	0.642	10.9%	2.09	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B16	1	205	626	0.585	10.1%	3.00	20.4%	5.4%	0.0%	W	中央	
B17	1	187	879	0.667	10.5%	2.63	5.4%	0.0%	0.0%	W	中央	
B18	1	200	650	0.561	10.7%	1.53	2.7%	1.9%	0.0%	W	中央	
B19	1	194	667	0.630	11.0%	1.18	9.6%	10.7%	0.0%	W	中央	
B20	1	179	905	0.719	11.4%	1.00	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B21	1	215	947	0.606	10.6%	0.71	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B22	1	183	738	0.653	11.2%	0.86	6.9%	6.9%	0.0%	W	中央	
B23	1	173	693	0.617	10.7%	2.40	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B24	1	250	671	0.691	11.4%	1.50	10.0%	10.0%	0.0%	K	中央	
B25	1	155	745	0.531	10.4%	1.04	3.8%	3.8%	0.0%	W	中央	
B27	1	203	501	0.614	11.1%	1.69	13.3%	6.1%	0.0%	W	中央	
B28	1	204	844	0.745	11.0%	1.67	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B29	1	234	911	0.670	11.7%	0.53	1.9%	0.0%	0.0%	W	中央	
B30	1	231	983	0.638	10.7%	1.53	2.8%	2.7%	0.0%	W	中央	
B31	1	169	721	0.559	10.9%	4.17	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B32	1	231	917	0.661	11.0%	2.56	3.9%	3.1%	0.0%	W	中央	
B33	1	227	851	0.672	10.6%	2.00	4.2%	4.2%	0.0%	W	中央	
B35	1	216	788	0.701	11.2%	1.64	8.0%	8.0%	0.0%	K	中央	
B36	1	200	930	0.626	11.0%	1.47	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B39	1	186	704	0.604	10.8%	0.85	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B41	1	188	767	0.548	10.6%	2.44	4.0%	4.0%	0.0%	K	中央	
B42	1	234	881	0.662	10.9%	2.63	10.0%	6.5%	0.0%	K	中央	
B43	1	205	1023	0.620	11.5%	1.69	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B44	1	193	662	0.594	10.2%	2.00	5.7%	5.7%	0.0%	K	チャック内	
B45	1	203	706	0.636	10.7%	2.18	0.5%	0.0%	0.0%	W	中央	
B46	1	202	877	0.694	10.5%	2.44	5.7%	5.7%	0.0%	K	チャック内	
B47	1	180	905	0.606	11.2%	1.10	0.0%	0.0%	0.0%	W	チャック境	
B48	1	188	1117	0.589	10.8%	2.00	3.4%	3.4%	0.0%	W	中央	
B50	1	192	679	0.579	10.9%	2.75	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B51	2	171	790	0.564	10.8%	6.67	3.5%	3.5%	0.0%	W	中央	
B52	2	190	888	0.627	10.4%	2.44	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B53	2	123	414	0.587	11.1%	0.88	5.4%	5.4%	0.0%	K	チャック境	
B54	2	209	784	0.598	11.0%	2.30	2.3%	2.3%	0.0%	W	中央	
B55	2	137	690	0.576	10.8%	1.09	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B56	2	124	323	0.460	10.3%	1.15	0.5%	0.5%	0.0%	K	中央	
B57	2	160	639	0.617	10.6%	0.45	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B58	2	126	682	0.552	11.2%	2.63	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B59	2	164	700	0.609	11.2%	2.67	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B60	2	157	748	0.518	10.9%	4.40	11.9%	0.0%	0.0%	K	中央	
B61	2	151	762	0.621	11.2%	0.46	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B62	2	128	458	0.448	10.7%	3.17	13.4%	13.4%	0.0%	K	中央	
B63	2	164	564	0.543	10.2%	0.54	8.4%	0.0%	0.0%	W	中央	
B64	2	143	957	0.577	10.6%	4.25	5.4%	0.0%	0.0%	W	中央	
B65	2	167	910	0.689	11.1%	4.75	3.1%	3.1%	0.0%	W	中央	
B66	2	165	513	0.555	10.8%	2.75	19.2%	19.2%	0.0%	K	中央	
B67	2	152	608	0.477	9.9%	0.63	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B68	2	152	628	0.494	10.5%	0.40	15.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B69	2	162	600	0.654	10.7%	2.63	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B70	2	130	600	0.473	10.7%	2.88	31.4%	7.3%	0.0%	K	チャック内	
B71	2	168	713	0.567	11.1%	0.43	5.7%	3.8%	0.0%	K	中央	
B72	2	148	454	0.527	9.7%	4.17	3.8%	3.8%	0.0%	K	中央	
B74	2	158	758	0.649	10.8%	4.33	8.1%	8.1%	0.0%	W	チャック境	
B75	2	165	761	0.650	10.2%	2.88	0.5%	0.0%	0.0%	W	中央	
B76	2	159	416	0.613	11.1%	0.47	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B77	2	136	622	0.486	10.5%	3.67	0.0%	0.0%	0.0%	W	チャック境	
B78	2	180	787	0.629	10.8%	6.00	16.5%	0.0%	0.0%	W	中央	
B79	2	168	716	0.612	10.8%	0.55	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B80	2	114	300	0.691	11.3%	1.15	3.1%	3.1%	0.0%	K	中央	
B81	2	147	928	0.632	10.7%	4.00	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B82	2	156	816	0.629	10.2%	1.92	7.7%	5.7%	0.0%	W	チャック内	
B83	2	189	633	0.572	10.4%	1.28	16.1%	16.1%	0.0%	K	中央	
B84	2	152	675	0.589	11.1%	0.56	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B85	2	150	712	0.616	11.0%	0.69	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B86	2	164	709	0.534	10.5%	0.75	3.8%	3.8%	0.0%	W	チャック内	
B87	2	165	767	0.527	10.4%	3.00	9.6%	9.6%	0.0%	K	中央	
B89	2	151	681	0.508	10.8%	2.63	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B90	2	178	1020	0.622	10.9%	0.57	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B91	2	192	879	0.612	11.1%	2.56	12.2%	12.2%	0.0%	K	中央	
B92	2	173	694	0.571	10.7%	0.50	2.3%	2.3%	0.0%	W	中央	
B93	2	143	553	0.554	10.5%	0.89	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B94	2	176	653	0.606	10.8%	1.71	16.4%	5.6%	0.0%	K	中央	
B95	2	161	490	0.521	11.0%	3.50	16.2%	0.0%	0.0%	K	チャック内	
B96	2	139	621	0.469	10.1%	1.41	0.0%	0.0%	0.0%	W	中央	
B97	2	149	771	0.553	10.7%	0.57	0.0%	0.0%	0.0%	W	チャック境	
B98	2	165	964	0.636	11.5%	2.86	0.0%	0.0%	0.0%	W	チャック境	
B100	2	168	833	0.506	11.6%	2.56	3.4%	1.9%	0.0%	W	中央	

フィンガージョイント

K: 節、F: フィンガー、W: 木部

No.	ヤング率	引張強度	気乾比重	含水率	年輪幅	全長		引張区間	断面欠損率	破壊形態	位置
						断面欠損率	断面欠損率				
BJ 1	1	172	587	0.772	12.1%	2.00	3.8%	0.0%	F	中央	
BJ 2	1	155	430	0.613	11.1%	0.39	6.1%	6.1%	F	中央	
BJ 3	1	156	615	0.659	10.4%	0.43	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ 4	1	196	564	0.739	11.3%	1.56	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ 5	1	164	516	0.634	10.8%	2.40	7.3%	7.3%	F	中央	
BJ 6	1	187	510	0.696	10.9%	2.10	2.3%	2.3%	F	中央	
BJ 7	1	217	371	0.665	10.6%	2.00	3.8%	2.7%	F	中央	
BJ 8	1	164	402	0.610	10.6%	1.11	14.9%	0.0%	F	中央	
BJ 9	1	169	486	0.614	10.1%	0.52	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ10	1	173	563	0.644	11.3%	0.96	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ11	1	182	465	0.624	10.7%	2.00	8.8%	8.8%	F	中央	
BJ12	1	170	457	0.672	11.0%	0.55	2.7%	2.7%	F	中央	
BJ13	1	184	493	0.643	10.6%	1.92	4.6%	4.6%	F	中央	
BJ14	1	218	574	0.625	10.4%	2.56	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ15	1	178	576	0.663	11.0%	1.92	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ16	1	156	349	0.536	10.7%	3.29	17.3%	17.3%	W	中央	
BJ17	1	200	548	0.593	10.3%	3.00	10.4%	10.4%	F	中央	
BJ18	1	200	521	0.615	10.4%	3.67	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ19	1	194	427	0.605	11.0%	1.53	6.1%	6.1%	F	中央	
BJ20	1	168	528	0.567	10.7%	0.31	2.3%	2.3%	W	チャック内	
BJ21	1	176	464	0.682	10.5%	4.40	6.5%	1.9%	F	中央	
BJ22	1	167	642	0.575	10.3%	0.69	7.3%	0.0%	F	中央	
BJ23	1	182	319	0.659	10.8%	0.50	0.0%	0.0%	W	中央	
BJ24	1	161	452	0.625	10.8%	1.09	4.2%	0.0%	F	中央	
BJ25	1	173	415	0.571	10.5%	2.08	15.7%	15.7%	K	中央	
BJ26	1	188	558	0.648	10.6%	1.77	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ27	1	193	549	0.625	10.5%	1.28	7.6%	7.6%	F	中央	
BJ28	1	193	547	0.592	10.8%	3.71	8.1%	1.1%	F	中央	
BJ29	1	164	358	0.585	10.0%	1.00	11.1%	11.1%	W	チャック内	
BJ30	1	172	413	0.626	10.8%	0.69	3.8%	3.8%	F	中央	
BJ31	1	194	507	0.683	10.5%	1.15	10.0%	10.0%	F	中央	
BJ32	1	169	579	0.595	10.2%	1.04	2.3%	2.3%	F	中央	
BJ33	1	186	485	0.653	11.0%	2.18	10.7%	10.7%	F	中央	
BJ34	1	238	550	0.718	10.6%	2.00	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ35	1	191	603	0.644	11.1%	3.14	13.1%	13.1%	F	中央	
BJ36	1	188	491	0.645	10.5%	2.27	13.8%	13.8%	F	中央	
BJ37	1	159	463	0.547	10.6%	2.30	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ38	1	196	460	0.661	10.6%	2.88	12.6%	11.1%	F	中央	
BJ39	1	193	466	0.652	11.0%	3.57	4.6%	4.6%	F	中央	
BJ40	1	187	488	0.631	10.1%	3.83	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ41	1	207	582	0.697	11.2%	1.92	3.4%	3.4%	F	中央	
BJ42	1	183	501	0.574	10.5%	3.43	5.0%	5.0%	F	中央	
BJ43	1	180	553	0.617	11.4%	3.29	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ44	1	227	568	0.724	10.9%	1.20	3.8%	3.8%	F	中央	
BJ45	1	150	560	0.622	11.2%	2.67	4.6%	0.0%	F	中央	
BJ46	1	194	488	0.639	11.0%	9.00	3.8%	0.0%	F	中央	
BJ47	1	213	727	0.609	11.3%	1.25	3.8%	3.8%	F	中央	
BJ48	1	187	533	0.656	12.0%	2.67	9.2%	0.0%	F	中央	
BJ49	1	217	597	0.669	11.8%	1.50	3.8%	3.8%	F	中央	
BJ50	1	156	513	0.591	11.4%	0.56	6.9%	6.9%	K	中央	
BJ51	2	143	479	0.482	10.5%	0.47	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ52	2	172	296	0.602	10.5%	4.50	25.9%	25.9%	F	中央	
BJ53	2	127	466	0.558	10.9%	0.47	17.4%	17.4%	K	中央	
BJ54	2	137	448	0.565	10.2%	0.38	-2.3%	2.3%	W	中央	
BJ55	2	136	448	0.475	11.0%	4.25	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ56	2	167	428	0.533	10.5%	0.92	3.4%	3.4%	F	中央	
BJ57	2	160	479	0.562	10.8%	1.92	1.9%	0.0%	F	中央	
BJ58	2	153	463	0.549	10.7%	5.25	5.8%	5.4%	F	中央	
BJ59	2	146	347	0.555	10.7%	0.78	6.1%	0.0%	F	中央	
BJ60	2	152	592	0.591	10.6%	0.70	9.7%	4.3%	F	中央	
BJ61	2	159	408	0.560	10.5%	5.20	2.1%	2.1%	F	中央	
BJ62	2	142	455	0.489	10.7%	4.40	7.3%	7.3%	F	中央	
BJ63	2	138	488	0.557	11.1%	3.14	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ64	2	146	504	0.600	10.2%	4.00	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ65	2	150	532	0.606	10.7%	0.89	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ66	2	132	350	0.568	9.9%	3.50	3.4%	0.0%	F	中央	
BJ67	2	144	474	0.572	10.8%	2.10	6.9%	6.9%	F	中央	
BJ68	2	160	519	0.606	11.2%	0.35	13.4%	13.4%	F	中央	
BJ69	2	140	507	0.628	10.4%	2.67	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ70	2	150	404	0.618	10.6%	0.44	0.0%	0.0%	W	中央	
BJ71	2	154	573	0.586	10.5%	1.00	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ72	2	143	494	0.642	11.2%	5.00	0.0%	0.0%	W	中央	
BJ73	2	139	497	0.561	10.7%	0.75	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ74	2	172	455	0.556	10.5%	0.37	10.4%	5.8%	F	中央	
BJ75	2	130	568	0.515	10.4%	1.23	8.4%	5.4%	F	中央	
BJ76	2	148	504	0.585	10.8%	1.53	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ77	2	151	377	0.625	10.4%	6.50	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ78	2	153	464	0.606	11.1%	0.89	0.0%	0.0%	W	中央	
BJ79	2	171	556	0.599	10.7%	0.83	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ80	2	142	521	0.572	10.5%	2.78	9.6%	3.1%	F	中央	
BJ81	2	138	418	0.609	10.4%	4.60	8.0%	8.0%	K	中央	
BJ82	2	150	593	0.604	10.7%	2.88	2.7%	2.7%	F	中央	
BJ83	2	163	603	0.594	10.9%	2.30	4.6%	4.6%	F	中央	
BJ84	2	140	423	0.511	10.2%	0.96	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ85	2	156	546	0.528	10.6%	0.73	1.9%	1.9%	F	中央	
BJ86	2	158	501	0.553	10.5%	3.57	5.4%	5.4%	F	中央	
BJ87	2	143	435	0.511	11.0%	4.20	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ88	2	150	429	0.535	10.8%	5.50	1.9%	1.9%	F	中央	
BJ89	2	123	439	0.565	10.7%	2.56	10.0%	10.0%	F	中央	
BJ90	2	161	566	0.601	10.8%	1.24	12.2%	12.2%	F	中央	
BJ91	2	164	491	0.585	11.3%	4.50	12.6%	6.7%	F	中央	
BJ92	2	144	474	0.549	11.0%	2.20	13.8%	6.5%	F	中央	
BJ93	2	135	550	0.595	11.8%	2.10	3.4%	1.9%	F	中央	
BJ94	2	151	170	0.663	10.2%	0.45	0.0%	0.0%	W	中央	
BJ95	2	150	493	0.633	11.3%	1.21	3.1%	0.0%	F	中央	
BJ96	2	141	447	0.581	10.5%	6.33	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ97	2	138	507	0.606	11.1%	3.43	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ98	2	120	444	0.591	10.6%	3.00	6.1%	5.0%	F	中央	
BJ99	2	141	480	0.619	11.7%	2.44	0.0%	0.0%	F	中央	
BJ100	2	146	409	0.520	10.5%	1.00	0.0%	0.0%	W	中央	
BJ101	2	133	509	0.562	11.3%	4.20	0.0%	0.0%	F	中央	

第2章 ニューラル・ネットワークによる集成材ラミナの品質等級の予測

1. はじめに

従来、わが国における集成材ラミナの品質等級区分は、「構造用大断面集成材の日本農林規格」によって、目視的等級区分法が用いられてきた。しかしながら、平成3年に実施された同農林規格の改正によって、従前の規格の骨格はそのまま、ラミナの品質等級区分の中に機械的等級区分の方法を追加して、目視的等級区分と機械的等級区分の整合性をとり、どちらでも選択できるようにされていると云えよう。

このような背景の下に、現在の技術で自動計測が可能なラミナの物理的および機械的特性を求め、これに人工知能のひとつであるニューラル・ネットワークの技法を用いることによって、目視的等級判定要因をも考慮したラミナの品質等級を判定する方法の可能性について、検討を試みることを本課題の目的とした。

2. ニューラル・ネットワーク

人間のニューロン（神経細胞）の機能をモデル化した工学モデル（ユニットまたはエレメント）を相互に多数結合したネットワークを構成する計算モデルであり、従来の記号処理では扱いにくかった非線形問題の一部や複雑な問題に対する解を導く（推論する）ことができる。そのためには、入力パターンに対して、ネットワークが実際に出力する出力パターンと理想出力パターン（教師信号）との差を最小とするような誤差修正フィードバックを導入し、ユニット相互の結合の重みと中間層および出力層のユニットにおける閾値を逐次修正していく学習則を採用する。

3. 推論方法

まず、産地別および樹種別に測定された集成材ラミナの各引張試験データ群から、目視的品質等級に係わりなくランダムに10個のデータをサンプルとして抽出し、推論方法の信頼性試験用データとして除外した。

図1に示すように、残されたデータ群について、ニューラル・ネットワークの入力層のエレメントにヤング係数と比重を入力し、教師信号としてそれぞれに対応する目視的品質等級を与えた。中間層としては最も基本的な1層とし、中間層におけるエレメント数を2～16個とした。また、学習回数は1,000～200,000回とした。各中間層エレメント数および学習回数との組合せにより学習を行なった。すなわち、 E_1 と r_1 が入力されたら、出力として教師信号を同じ G_1 が出力し、 E_2 と r_2 の入力で G_2 が出力する……というように E_i と r_i の入力によって、それぞれのラミナについて教師信号を同じ G_i を可能なかぎり出力するように、あるいは両者の誤差が最小となるように学習を繰り返すことによってエレメント相互の結合の重みを調整する。その後、ランダムに抽出しておいた推論方法の信頼性試験用データ群のヤン

グ係数と比重を全て入力する（目視的品質等級は入力しない）。学習によって作り上げられたネットワークにより、目視的品質等級を推論結果として出力する。信頼性試験用データの目視的品質等級と推論されたそれらとを比較することによって、両者が一致した個数（正答数）から推論の信頼性が判る。

4. 推論結果

栃木県産スギラミナ（ノーフィンガージョイント）について、ヤング係数および比重から目視的品質等級を推論した結果を表1および表2に示す。表1は中間層エレメント数と学習回数との組合せによる正答率であり、中間層エレメントが4個で学習を150,000回繰り返すと正答率（信頼性試験用データ数に対する）が最も高い90%を得た。

教師信号として入力される目視的品質等級は「整数」（1, 2 あるいは 3）である。しかしながら、推論結果として出力される目視的品質等級は「実数」（例えば、1.218823 あるいは 2.2751309 など）であるので、小数点第1位を四捨五入した。すなわち、2等級の場合、正答となる出力値は 1.500000 ~ 2.499999 となり、その際の誤差は -0.500000 ~ +0.499999 である。表2には、このような正答に対する出力結果の誤差を示した。表1における正答率が最大となる時は、概して誤差は小さくなっている。

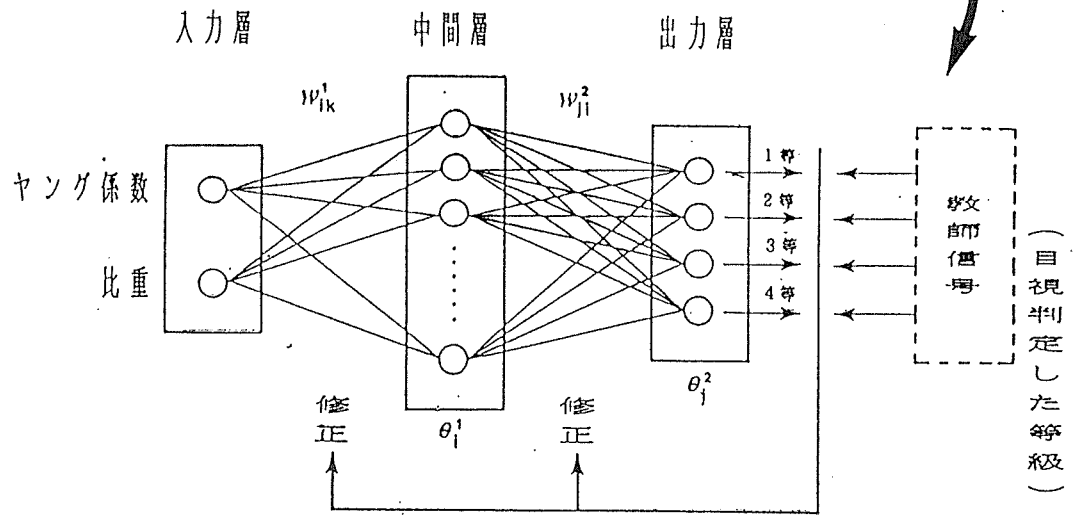
同様にして、産地別・樹種別のラミナについての推論結果を表3～表16に示す。推論の信頼性が低いラミナは、付録に示したように、目視的品質等級間におけるヤング係数および比重の頻度分布に明確な差異が認められない場合に多いと云えよう。

また、各ラミナ群における推論の信頼性試験様データを除いた全ラミナを用いて学習を実施し、いかなるラミナであっても、その産地・樹種、フィンガージョイントの有無、ヤング係数および比重が判明していれば、ラミナの目視的品質等級が推論できるか否かを検討した（すなわち、入力層エレメント数は4個とした）。その結果を表17～18および図2に示す。2等級ラミナの正答率が高かったのは、学習データとして2等級のものが多かったことに起因するのではなかろうか。また、産地・樹種・ジョイント形態および等級に関係なく全体では60%余の正答率を得たことからして、今後の改良しだいによっては、本推論方法も評価し得るものとなれるかも知れないとの予感がする。

[データ]

No.	MOE	比重	目視等級
1	E_1	r_1	G_1
2	E_2	r_2	G_2
3	E_3	r_3	G_3
⋮	⋮	⋮	⋮
n	E_n	r_n	G_n

[学習]



w_{ik} : ニューロモデル i とニューロモデル k 間の結合強さ
 θ : ニューロモデル i の閾値

[推論]

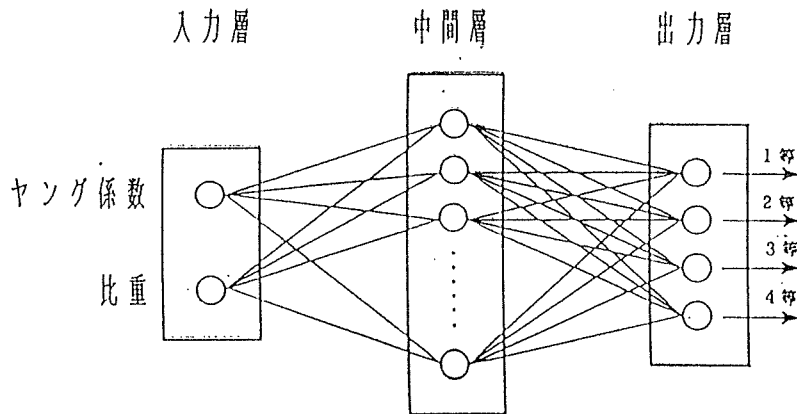


図1. 階層型ニューラルネットワーク

表1 学習回数および中間層エレメント数と正答率(%)との関係
栃木県産スギラミナ(ノーフィンガージョイント)

学習回数	中間層エレメント数					
	2	4	6	8	12	16
1000	70	80	80	50	80	50
5000	80	80	80	80	80	50
10000	80	80	90	70	80	80
50000	80	80	80	80	80	70
100000	80	90	80	80	80	70
150000	80	90	80	80	80	80
200000	80	80	80	80	80	80

表2 正答に対する平均誤差
栃木県産スギラミナ(ノーフィンガージョイント)

学習回数	中間層エレメント数																
	2		4		6		8		12		16						
	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅					
1000	-0.331	0.506	0.837	-0.542	0.235	0.777	-0.421	0.330	0.751	-0.699	0.216	0.915	-0.320	0.678	0.998		
5000	-0.103	0.371	0.474	-0.153	0.293	0.446	-0.231	0.341	0.572	-0.119	0.333	0.452	-0.133	0.309	0.442	0.958	
10000	-0.218	0.367	0.585	-0.154	0.296	0.450	-0.261	0.258	0.519	-0.175	0.253	0.428	-0.062	0.409	0.471	0.652	
50000	-0.144	0.323	0.467	-0.145	0.282	0.427	-0.126	0.320	0.446	-0.156	0.267	0.423	-0.222	0.190	0.412	0.431	
100000	-0.127	0.341	0.468	-0.142	0.282	0.424	-0.162	0.254	0.416	-0.188	0.219	0.407	-0.175	0.236	0.411	0.427	
150000	-0.177	0.233	0.410	-0.249	0.154	0.403	-0.171	0.239	0.410	-0.206	0.194	0.400	-0.153	0.262	0.415	0.432	
200000	-0.154	0.269	0.423	-0.383	0.217	0.600	-0.223	0.189	0.412	-0.194	0.206	0.400	-0.163	0.244	0.407	0.406	
MIN	-0.103	0.233	0.410	-0.142	0.154	0.403	-0.126	0.189	0.410	-0.119	0.194	0.400	-0.062	0.190	0.407	0.193	0.406

表3 学習回数および中間層エレメント数と正答率(%)との関係
栃木県産スギラミナ(フィンガージョイント)

学習回数	中間層エレメント数					
	2	4	6	8	12	16
1000	50	50	50	50	50	50
5000	50	50	50	70	50	50
10000	50	50	60	80	50	60
50000	70	60	80	50	80	70
100000	70	50	60	70	70	70
150000	50	50	50	50	70	90
200000	70	50	60	70	50	60

表4 正答に対する平均誤差
栃木県産スギラミナ(フィンガージョイント)

学習回数	中間層エレメント数																
	2		4		6		8		12		16						
	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅					
1000	-0.278	0.716	0.994	-0.255	0.737	0.992	-0.347	0.648	0.995	-0.322	0.674	0.996	-0.191	0.805	0.996		
5000	-0.192	0.604	0.756	-0.130	0.658	0.788	-0.145	0.664	0.809	-0.233	0.570	0.803	-0.140	0.692	0.832	0.849	
10000	-0.068	0.699	0.767	-0.105	0.619	0.724	-0.122	0.578	0.700	-0.331	0.501	0.832	-0.111	0.624	0.735	0.713	
50000	-0.082	0.595	0.677	-0.090	0.576	0.666	-0.124	0.522	0.646	-0.096	0.506	0.702	-0.132	0.510	0.642	0.603	
100000	-0.078	0.552	0.630	-0.075	0.567	0.642	-0.090	0.570	0.660	-0.094	0.546	0.640	-0.093	0.526	0.619	0.632	
150000	-0.070	0.592	0.662	-0.043	0.654	0.699	-0.071	0.605	0.676	-0.070	0.585	0.655	-0.090	0.523	0.613	0.581	
200000	-0.085	0.543	0.628	-0.070	0.544	0.614	-0.086	0.512	0.598	-0.071	0.527	0.598	-0.057	0.591	0.648	0.614	
MIN	-0.068	0.716	0.994	-0.045	0.737	0.992	-0.071	0.664	0.995	-0.07	0.674	0.996	-0.057	0.692	0.994	0.805	0.996

表5 学習回数および中間層エレメント数と正答率(%)との関係
宮崎県産スギラミナ(ノーフィインガンジョイント)

学習回数	中間層エレメント数					
	2	4	6	8	12	16
1000	40	50	50	50	60	40
5000	50	40	40	40	40	40
10000	50	40	40	40	40	40
50000	50	40	50	50	50	40
100000	50	40	50	50	40	50
1500000	40	40	40	40	50	40
2000000	40	40	40	50	40	40

表6 正答に対する平均誤差
宮崎県産スギラミナ(ノーフィインガンジョイント)

学習回数	中間層エレメント数																	
	2		4		6		8		12		16							
	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅						
1000	-0.501	0.499	1.000	-0.515	0.485	1.000	-0.521	0.479	1.000	-0.602	0.398	1.002	-0.444	0.558	1.002			
5000	-0.569	0.391	0.960	-0.492	0.519	1.011	-0.481	0.536	1.017	-0.493	0.526	1.019	-0.489	0.523	1.012	-0.412	0.612	1.024
10000	-0.449	0.581	1.030	-0.444	0.589	1.033	-0.442	0.587	1.009	-0.456	0.576	1.032	-0.442	0.576	1.018	-0.475	0.529	1.004
50000	-0.499	0.516	1.015	-0.408	0.618	1.026	-0.451	0.553	1.004	-0.431	0.581	1.012	-0.442	0.556	0.998	-0.369	0.646	1.015
100000	-0.505	0.514	1.019	-0.408	0.590	0.998	-0.446	0.557	1.003	-0.453	0.547	1.000	-0.435	0.572	1.007	-0.447	0.550	0.997
1500000	-0.459	0.585	1.044	-0.388	0.627	1.015	-0.419	0.589	1.008	-0.396	0.598	0.994	-0.435	0.561	0.996	-0.424	0.580	1.004
2000000	-0.429	0.620	1.049	-0.379	0.630	1.009	-0.381	0.620	1.001	-0.421	0.511	0.932	-0.371	0.628	0.999	-0.368	0.628	0.996
MIN	-0.429	0.391	0.960	-0.379	0.485	0.998	-0.381	0.479	1.000	-0.396	0.398	0.932	-0.371	0.423	0.996	-0.368	0.529	0.996

表7 学習回数および中間層エレメント数と正答率(%)との関係
宮崎県産スギラミナ(フィインガンジョイント)

学習回数	中間層エレメント数					
	2	4	6	8	12	16
1000	80	50	50	50	50	50
5000	50	80	80	70	80	50
10000	80	60	80	80	80	80
50000	50	80	50	80	80	80
1000000	50	60	60	80	50	50
1500000	60	80	80	70	50	50

2000000	50	50	40	50	40	50
---------	----	----	----	----	----	----

表8 正答に対する平均誤差
宮崎県産スギラミナ(フィインガンジョイント)

学習回数	中間層エレメント数																	
	2		4		6		8		12		16							
	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅						
1000	-0.498	0.499	0.997	-0.516	0.481	0.997	-0.504	0.493	0.997	-0.602	0.397	1.199	-0.416	0.996	-0.433	0.562	0.995	
5000	-0.542	0.414	0.956	-0.443	0.499	0.942	-0.485	0.461	0.946	-0.508	0.437	0.945	-0.498	0.437	0.935	-0.378	0.555	0.993
10000	-0.418	0.511	0.929	-0.385	0.541	0.926	-0.422	0.502	0.924	-0.507	0.420	0.927	-0.486	0.439	0.925	-0.489	0.434	0.923
50000	-0.533	0.423	0.956	-0.440	0.509	0.949	-0.570	0.373	0.943	-0.421	0.517	0.938	-0.485	0.453	0.938	-0.484	0.453	0.937
100000	-0.508	0.433	0.941	-0.509	0.519	1.028	-0.497	0.459	0.956	-0.476	0.480	0.956	-0.569	0.421	0.990	-0.588	0.375	0.963
1500000	-0.424	0.544	0.968	-0.462	0.509	0.971	-0.476	0.485	0.961	-0.440	0.526	0.966	-0.412	0.574	0.986	-0.572	0.399	0.971
2000000	-0.589	0.551	1.140	-0.655	0.326	0.981	-0.606	0.371	0.977	-0.563	0.410	0.973	-0.429	0.563	0.992	-0.553	0.434	0.987
MIN	-0.418	0.414	0.929	-0.385	0.326	0.926	-0.422	0.371	0.924	-0.421	0.410	0.927	-0.412	0.416	0.925	-0.378	0.375	0.923

表9 学習回数および中間層エレメント数と正答率(%)との関係
島根県産アカマツラミナ(ノーフインガージョイント)

学習回数	中間層エレメント数					
	2	4	6	8	12	16
1000	50	50	50	60	50	50
5000	60	50	50	70	50	60
10000	50	50	50	50	60	50
50000	40	60	50	50	60	50
100000	50	60	40	50	40	50
150000	70	50	60	60	60	60
200000	70	60	60	50	40	60

表10 正答に対する平均誤差
島根県産アカマツラミナ(ノーフインガージョイント)

学習回数	中間層エレメント数													
	2		4		6		8		12		16			
	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅		
1000	-0.442	0.543	0.985	-0.444	0.536	0.980	-0.380	0.984	-0.523	0.464	0.987	-0.346	0.629	0.975
5000	-0.378	0.530	0.908	-0.422	0.485	0.907	-0.428	0.472	0.900	-0.574	0.899	-0.289	0.612	0.901
10000	-0.410	0.509	0.919	-0.411	0.506	0.917	-0.349	0.572	0.921	-0.353	0.567	-0.456	0.452	0.908
50000	-0.385	0.573	0.958	-0.467	0.474	0.941	-0.325	0.632	0.957	-0.341	0.612	-0.220	0.705	0.925
100000	-0.442	0.494	0.936	-0.293	0.659	0.962	-0.408	0.541	0.949	-0.431	0.512	-0.375	0.455	0.830
150000	-0.345	0.533	0.878	-0.265	0.701	0.966	-0.308	0.421	0.729	-0.473	0.466	-0.469	0.937	0.849
200000	-0.364	0.510	0.874	-0.354	0.607	0.961	-0.391	0.559	0.950	-0.422	0.522	-0.364	0.584	0.839
MIN	-0.345	0.573	0.985	-0.265	0.701	0.980	-0.308	0.632	0.984	-0.325	0.612	-0.220	0.705	0.975

表11 学習回数および中間層エレメント数と正答率(%)との関係
島根県産アカマツラミナ(フインガージョイント)

学習回数	中間層エレメント数					
	2	4	6	8	12	16
1000	50	50	50	50	70	60
5000	90	70	80	90	80	80
10000	80	90	90	70	90	80
50000	80	80	80	90	80	80
100000	80	80	80	80	80	80
150000	80	80	80	80	80	80
200000	80	80	80	80	80	80

表12 正答に対する平均誤差
島根県産アカマツラミナ(フインガージョイント)

学習回数	中間層エレメント数													
	2		4		6		8		12		16			
	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅	(-)	(+)	誤差幅		
1000	-0.622	0.355	0.977	-0.406	0.551	0.957	-0.557	0.388	0.945	-0.538	0.435	-0.492	0.608	0.893
5000	-0.321	0.213	0.534	-0.569	0.068	0.637	-0.495	0.102	0.597	-0.212	0.318	-0.431	-0.426	0.549
10000	-0.373	0.146	0.519	-0.327	0.153	0.480	-0.275	0.240	0.515	-0.501	0.077	-0.265	-0.446	0.546
50000	-0.398	0.123	0.523	-0.437	0.110	0.547	-0.599	0.074	0.673	-0.342	0.175	-0.448	-0.458	0.089
100000	-0.415	0.126	0.541	-0.409	0.126	0.535	-0.388	0.136	0.524	-0.420	0.122	-0.307	-0.482	0.081
150000	-0.376	0.143	0.519	-0.366	0.153	0.519	-0.468	0.337	0.805	-0.394	0.124	-0.384	-0.402	0.527
200000	-0.578	0.127	0.705	-0.410	0.136	0.546	-0.425	0.094	0.519	-0.347	0.180	-0.424	-0.372	0.520
MIN	-0.321	0.123	0.519	-0.327	0.068	0.480	-0.275	0.074	0.515	-0.212	0.077	-0.285	-0.448	0.081

表13 学習回数および中間層エレメント数と正答率(%)との関係
栃木県産ペイマツラミナ(ノーフィングージョイント)

学習回数	中間層エレメント数					
	2	4	6	8	12	16
1000	70	90	70	50	80	80
5000	80	80	80	80	80	80
10000	80	80	80	80	80	80
50000	80	80	80	80	80	80
100000	80	80	80	80	80	80
150000	80	80	80	80	80	80
200000	80	80	80	80	80	80

表14 正答に対する平均誤差
栃木県産ペイマツラミナ(ノーフィングージョイント)

学習回数	中間層エレメント数																	
	2		4		6		8		12		16							
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)						
1000	-0.291	0.524	0.815	-0.297	0.503	0.800	-0.301	0.507	0.808	-0.252	0.605	0.857	-0.271	0.417	0.688	-0.346	0.375	0.721
5000	-0.282	0.153	0.435	-0.211	0.217	0.428	-0.277	0.143	0.420	-0.343	0.101	0.444	-0.154	0.258	0.412	-0.242	0.165	0.407
10000	-0.208	0.224	0.432	-0.228	0.194	0.422	-0.219	0.189	0.408	-0.270	0.148	0.418	-0.183	0.219	0.402	-0.251	0.158	0.409
50000	-0.285	0.166	0.451	-0.185	0.256	0.441	-0.303	0.107	0.410	-0.234	0.196	0.430	-0.267	0.137	0.404	-0.286	0.134	0.400
100000	-0.247	0.205	0.452	-0.212	0.201	0.413	-0.216	0.171	0.387	-0.203	0.235	0.438	-0.215	0.177	0.392	-0.222	0.165	0.387
150000	-0.276	0.181	0.457	-0.264	0.165	0.429	-0.234	0.146	0.380	-0.247	0.185	0.432	-0.252	0.150	0.402	-0.230	0.138	0.388
200000	-0.204	0.472	0.676	-0.294	0.147	0.441	-0.238	0.136	0.374	-0.216	0.191	0.407	-0.230	0.160	0.390	-0.238	0.144	0.382
MIN	-0.204	0.524	0.815	-0.185	0.503	0.800	-0.216	0.507	0.808	-0.203	0.605	0.857	-0.154	0.417	0.688	-0.222	0.375	0.721

表15 学習回数および中間層エレメント数と正答率(%)との関係
栃木県産ペイマツラミナ(ノーフィングージョイント)

学習回数	中間層エレメント数					
	2	4	6	8	12	16
1000	100	100	100	100	70	80
5000	100	100	100	100	100	100
10000	100	100	100	100	100	100
50000	100	100	100	100	100	100
100000	100	100	100	100	100	100
150000	100	100	100	100	100	100
200000	100	100	100	100	100	100

表16 正答に対する平均誤差
栃木県産ペイマツラミナ(ノーフィングージョイント)

学習回数	中間層エレメント数																	
	2		4		6		8		12		16							
	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)						
1000	-0.312	0.394	0.706	-0.378	0.326	0.704	-0.325	0.314	0.639	-0.420	0.369	0.789	-0.528	0.061	0.589	-0.455	0.093	0.548
5000	-0.029	0.035	0.064	-0.114	0.128	0.242	-0.024	0.038	0.062	-0.120	0.013	0.133	-0.059	0.014	0.073	-0.175	0.005	0.180
10000	-0.200	0.019	0.219	-0.042	0.031	0.073	-0.125	0.008	0.033	-0.093	0.017	0.110	-0.114	0.007	0.121	-0.073	0.016	0.089
50000	-0.099	0.018	0.117	-0.104	0.013	0.117	-0.093	0.004	0.097	-0.057	0.010	0.067	-0.076	0.004	0.080	-0.126	0.001	0.127
100000	-0.098	0.011	0.109	-0.068	0.005	0.073	-0.073	0.003	0.076	-0.078	0.003	0.081	-0.090	0.002	0.092	-0.073	0.003	0.076
150000	-0.060	0.012	0.072	-0.071	0.002	0.073	-0.088	0.001	0.089	-0.074	0.001	0.075	-0.095	0.001	0.096	-0.092	0.001	0.093
200000	-0.106	0.008	0.114	-0.068	0.002	0.070	-0.008	0.001	0.009	-0.008	0.001	0.009	-0.082	0.001	0.083	-0.097	0.001	0.098
MIN	-0.029	0.008	0.064	-0.042	0.002	0.070	-0.008	0.001	0.009	-0.008	0.001	0.009	-0.059	0.001	0.073	-0.073	0.001	0.076

表17 目視等級別の学習回数と正答率(%)との関係

学 習 回 数	目 視 等 級 区 分			
	1 等	2 等	3 等	全 体
100	0	100	0	49
1000	0	100	0	49
10000	90	51	80	67
100000	100	59	57	63

- ・全ラミナ
- ・中間層エレメント数：4個

表18 正答に対する平均誤差

学 習 回 数	目 視 等 級 区 分		
	1 等	2 等	3 等
100	1.22	0.22	-0.78
1000	0.80	0.14	-0.75
10000	0.25	0.34	-0.40
100000	0.13	0.24	-0.48

- ・全ラミナ
- ・中間層エレメント数：4個

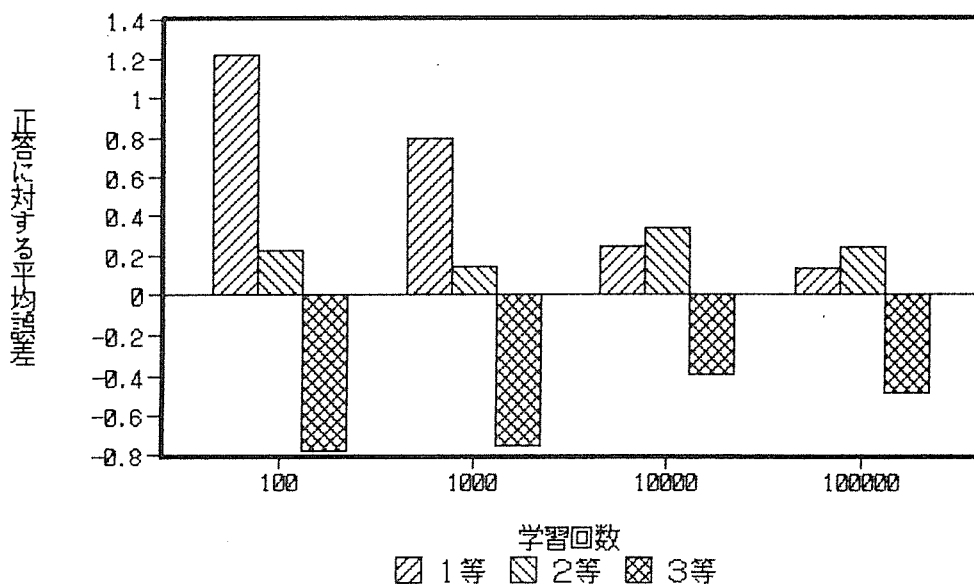


図2 学習回数別の正答に対する平均誤差
全ラミナ
中間層エレメント数 = 4個

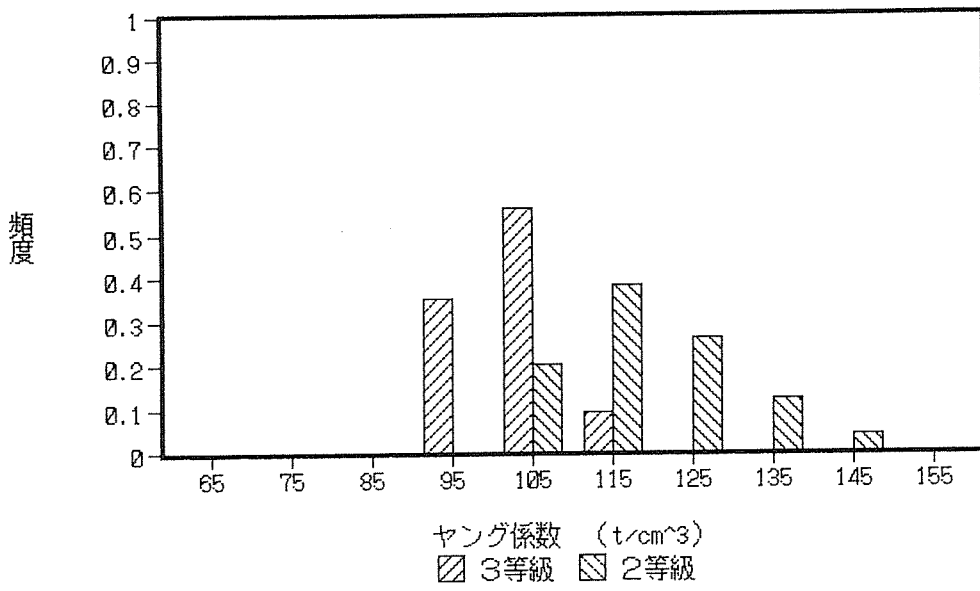
付 録

頻度分布

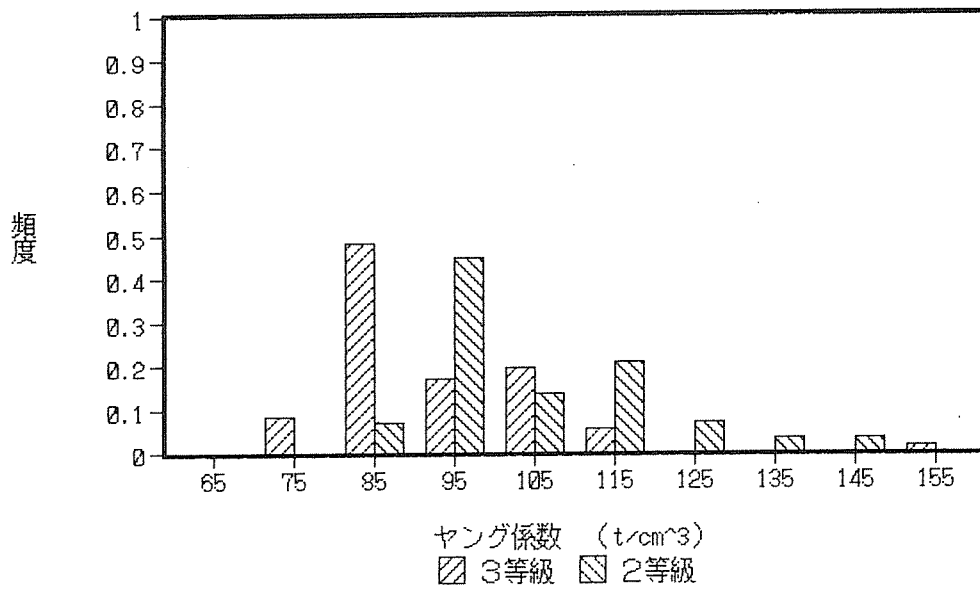
- ・ヤング係数
- ・比重
- ・年輪幅
- ・含水率

1. 栃木県産スギ
2. 宮崎県産スギ
3. 島根県産アカマツ
4. 栃木県産ベイマツ

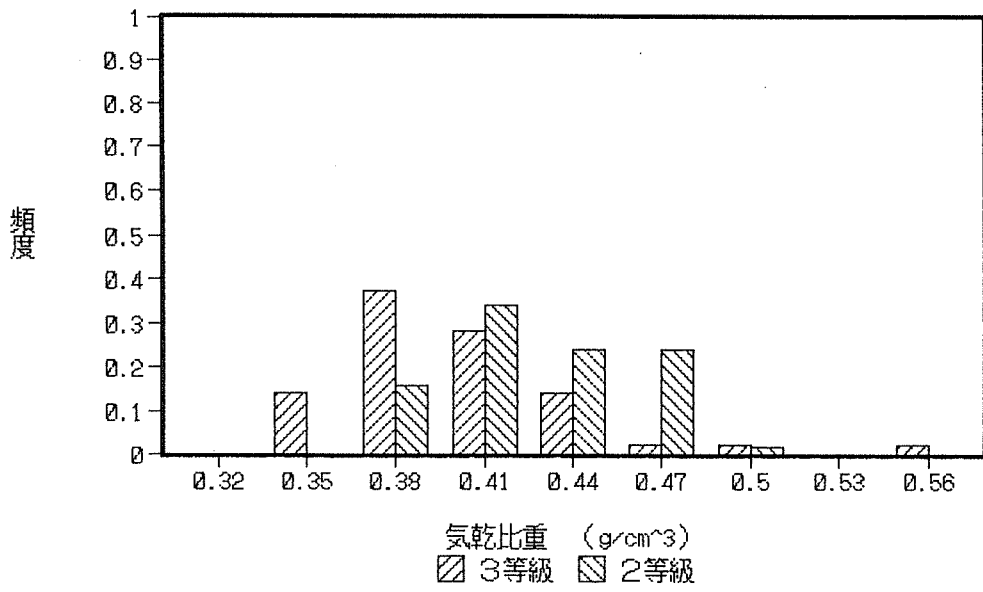
栃木スギ (ノーフィンガー)



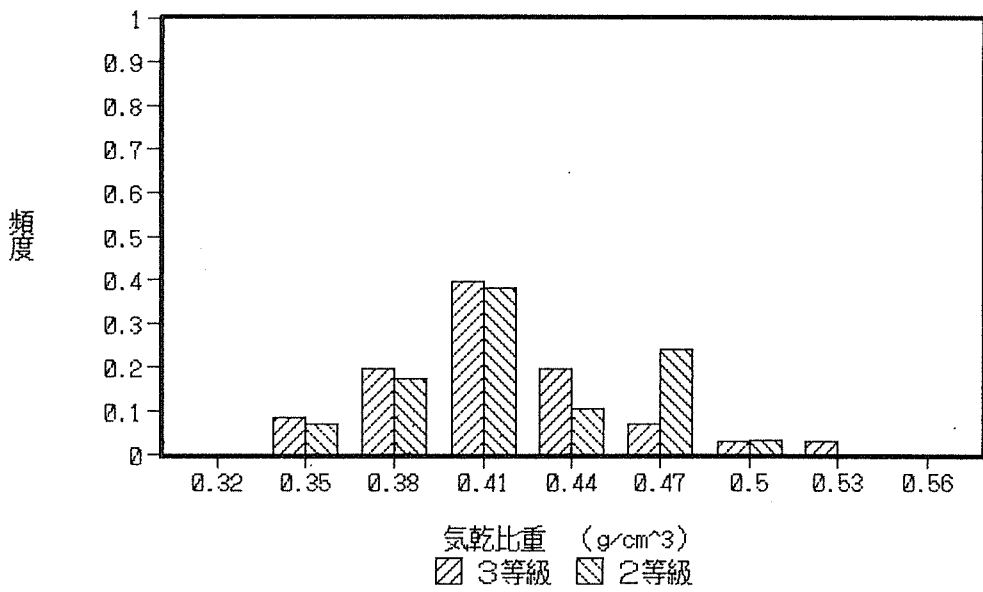
栃木スギ (フィンガー)



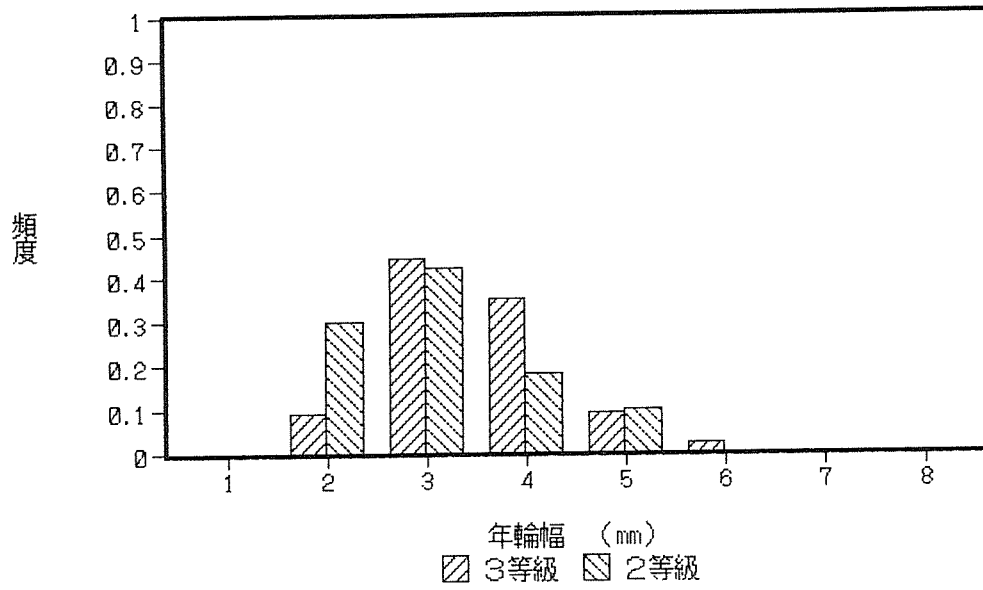
栃木スギ (ノーフィンガー)



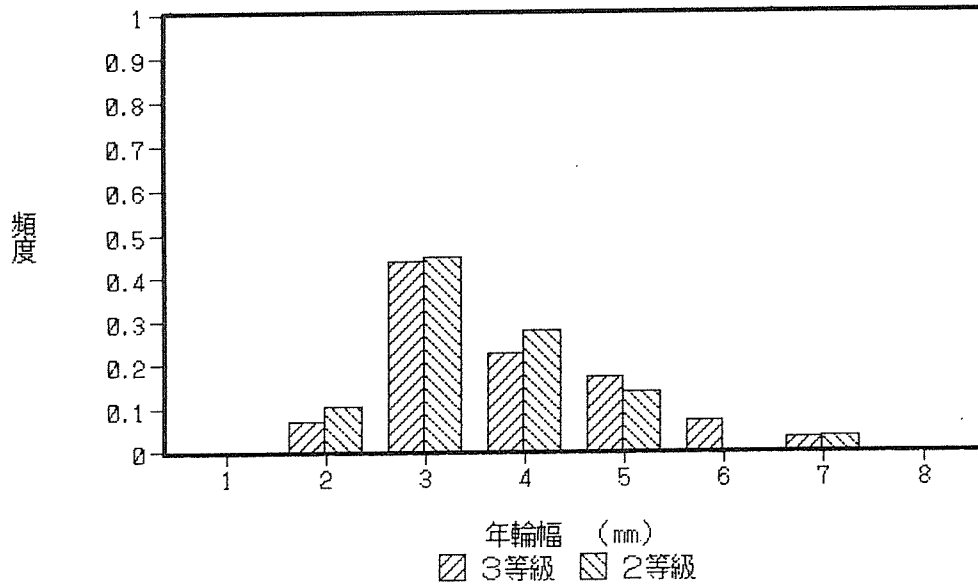
栃木スギ (フィンガー)



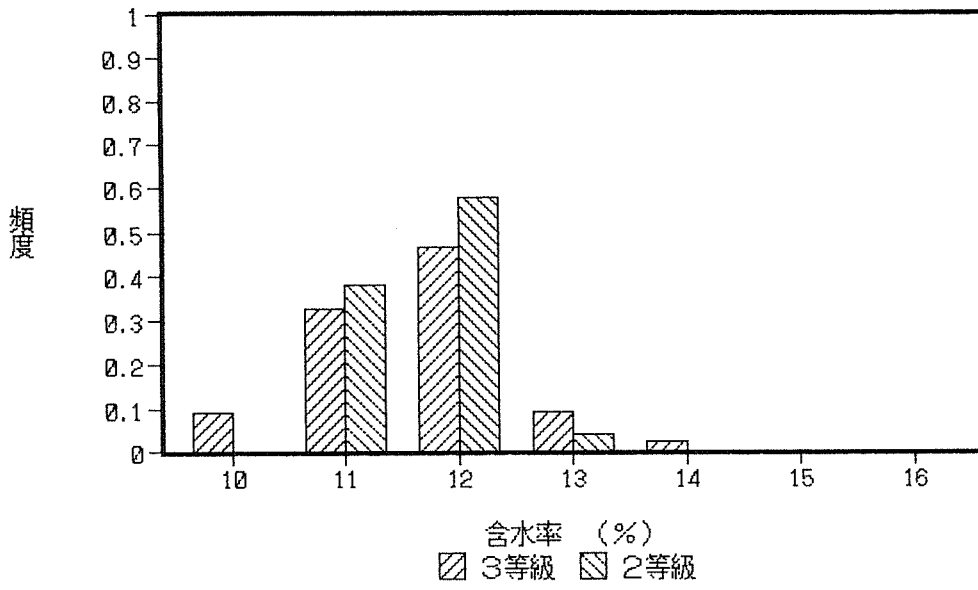
栃木スギ (ノーフィンガー)



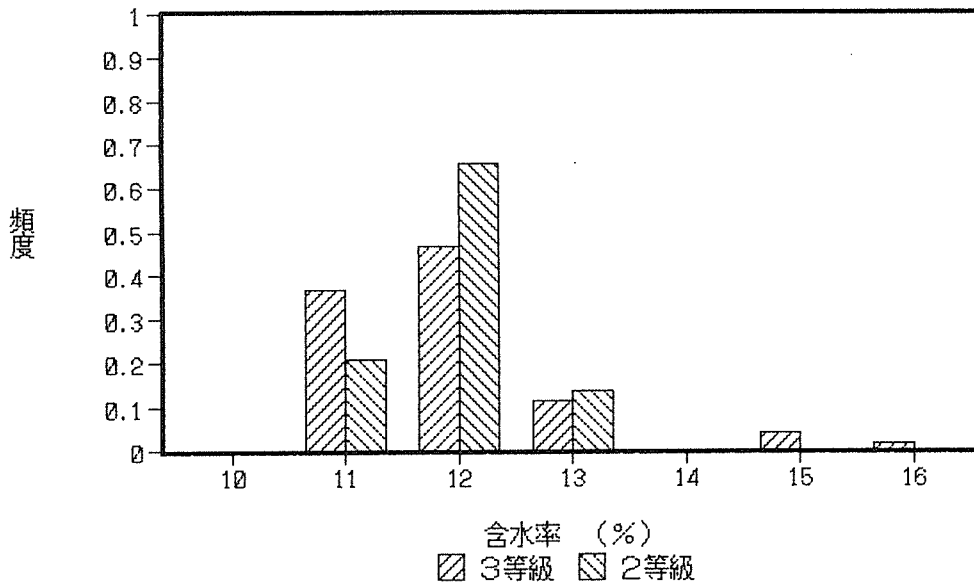
栃木スギ (フィンガー)



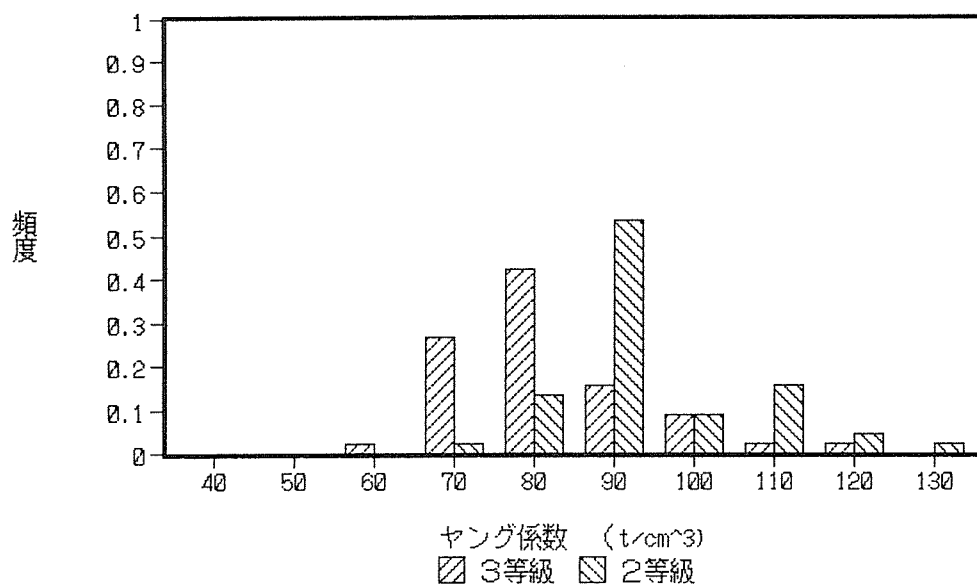
栃木スギ (ノーフィンガー)



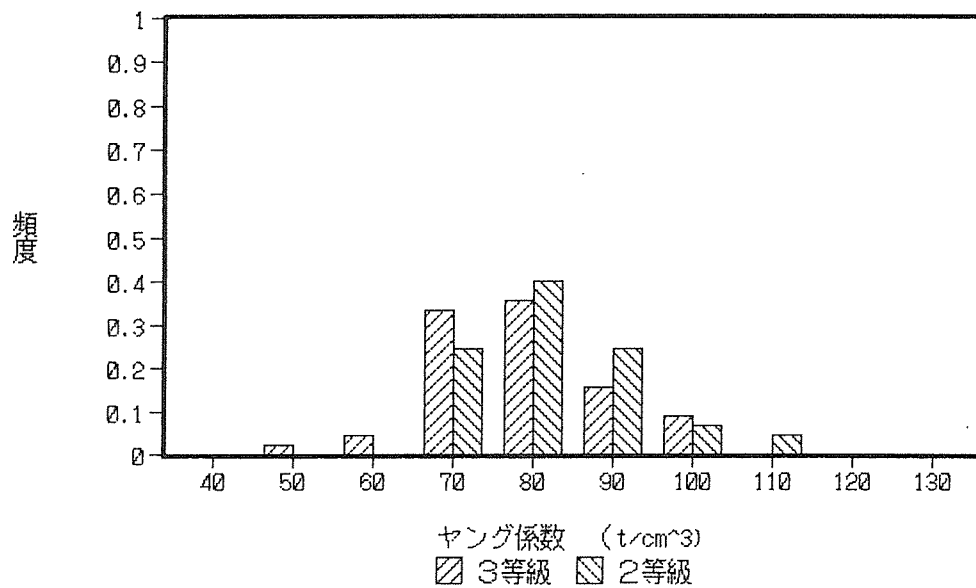
栃木スギ (フィンガー)



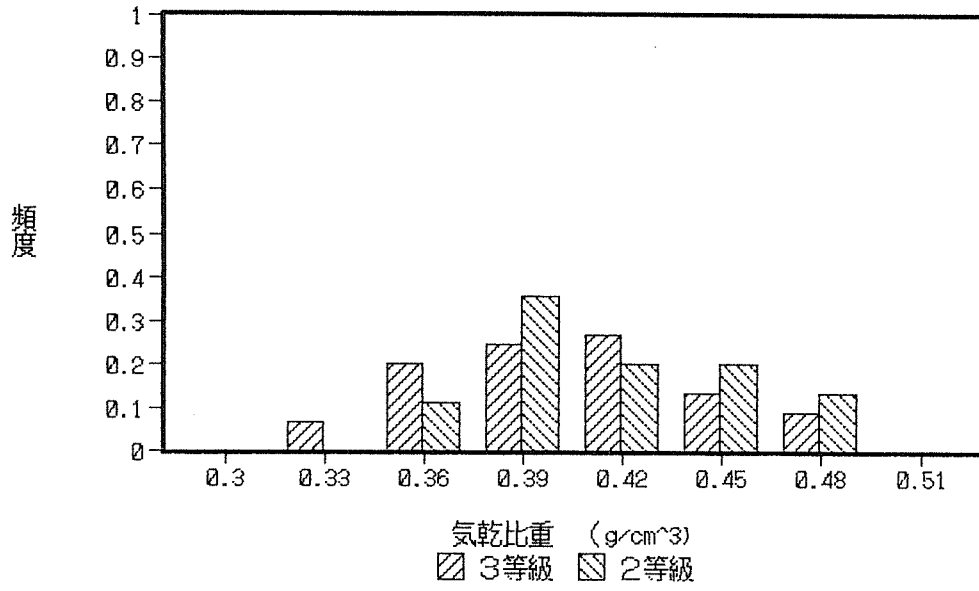
宮崎スギ (ノーフィンガー)



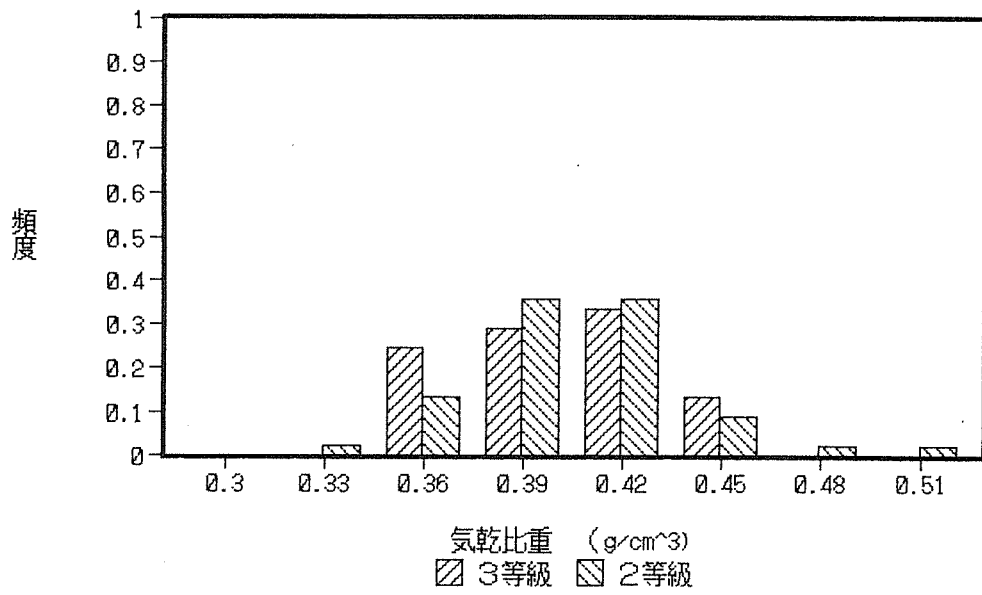
宮崎スギ (フィンガー)



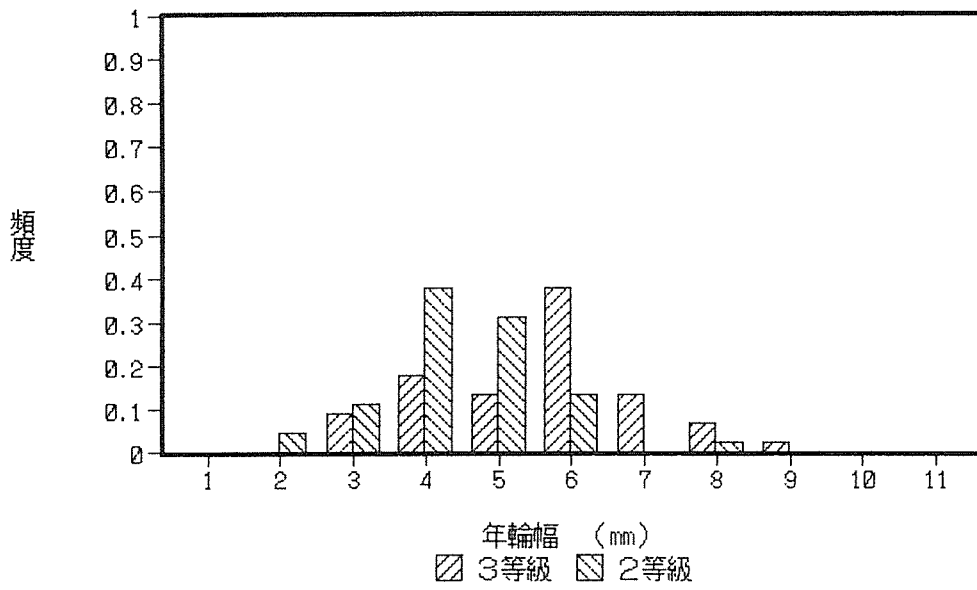
宮崎スギ (ノーフィンガー)



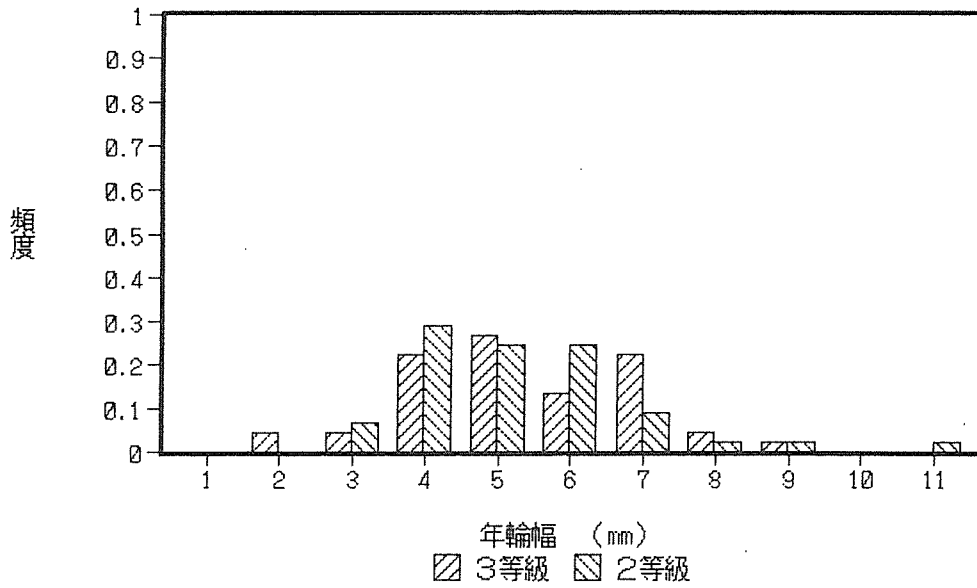
宮崎スギ (フィンガー)



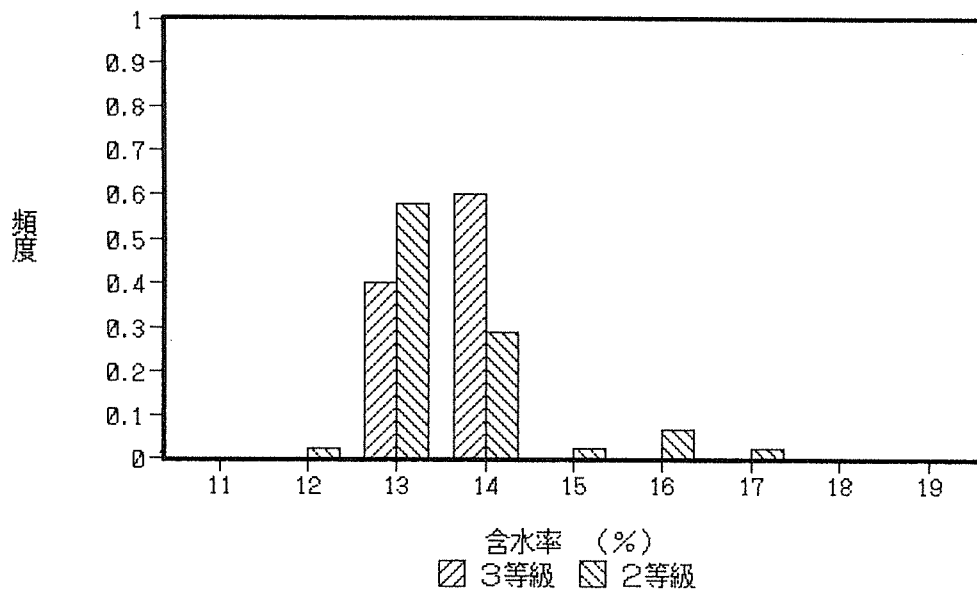
宮崎スギ (ノーフィンガー)



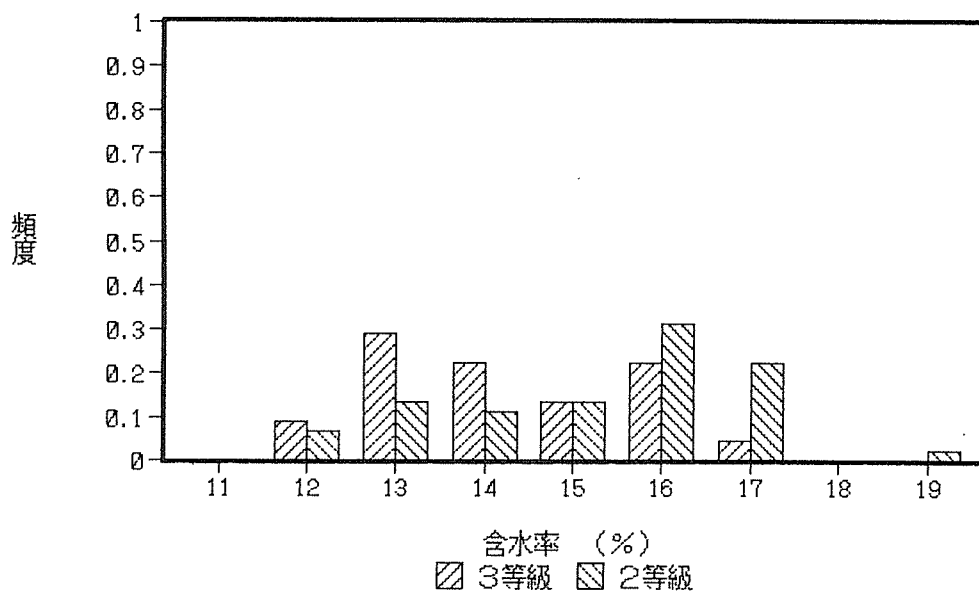
宮崎スギ (フィンガー)



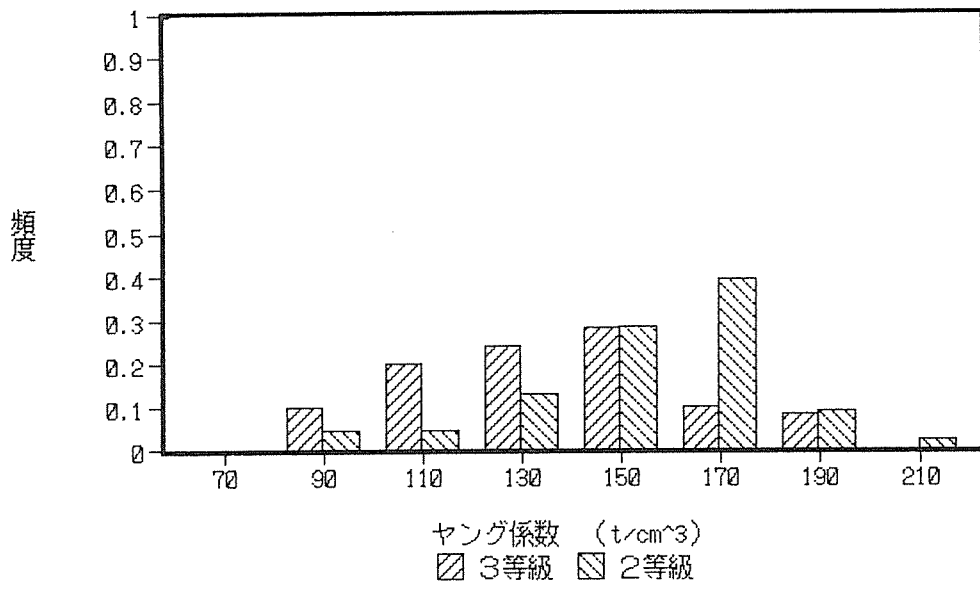
宮崎スギ (ノーフィンガー)



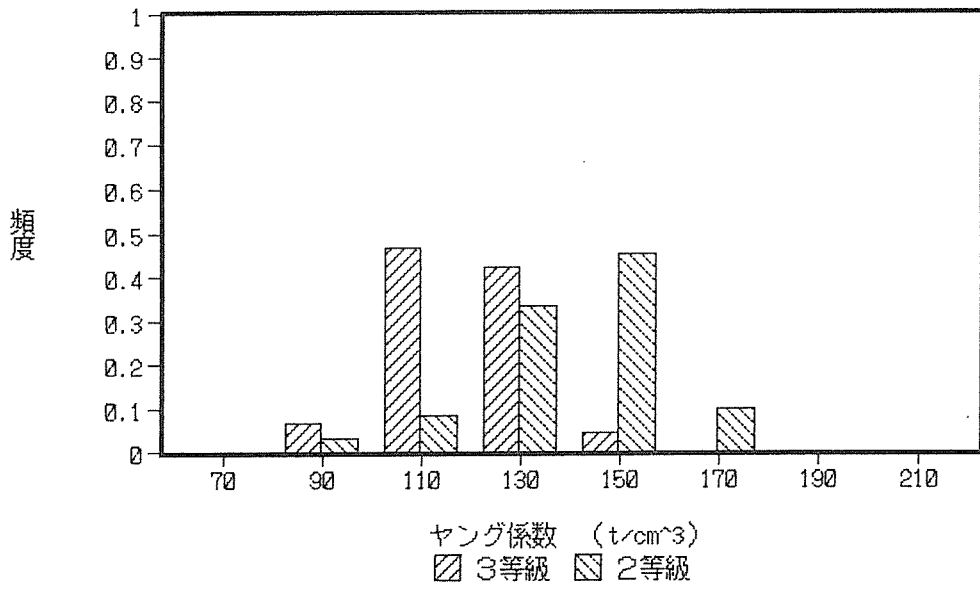
宮崎スギ (フィンガー)



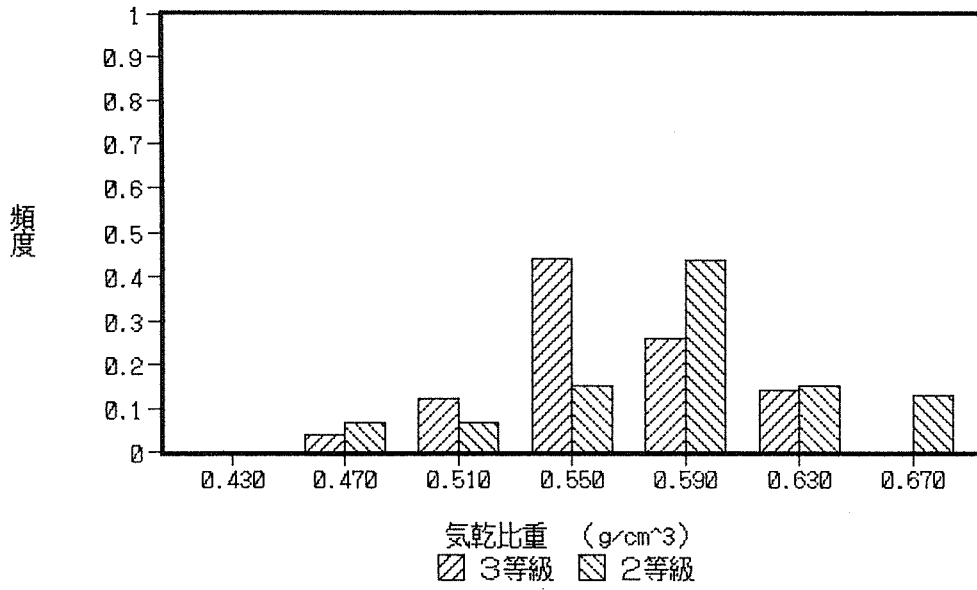
島根アカマツ (ノーフィンガー)



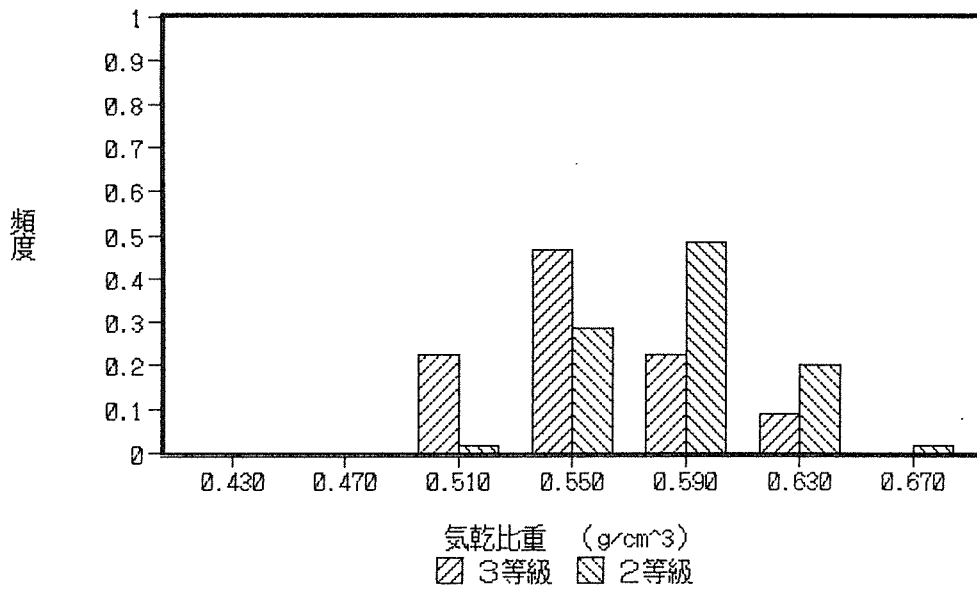
島根アカマツ (フィンガー)



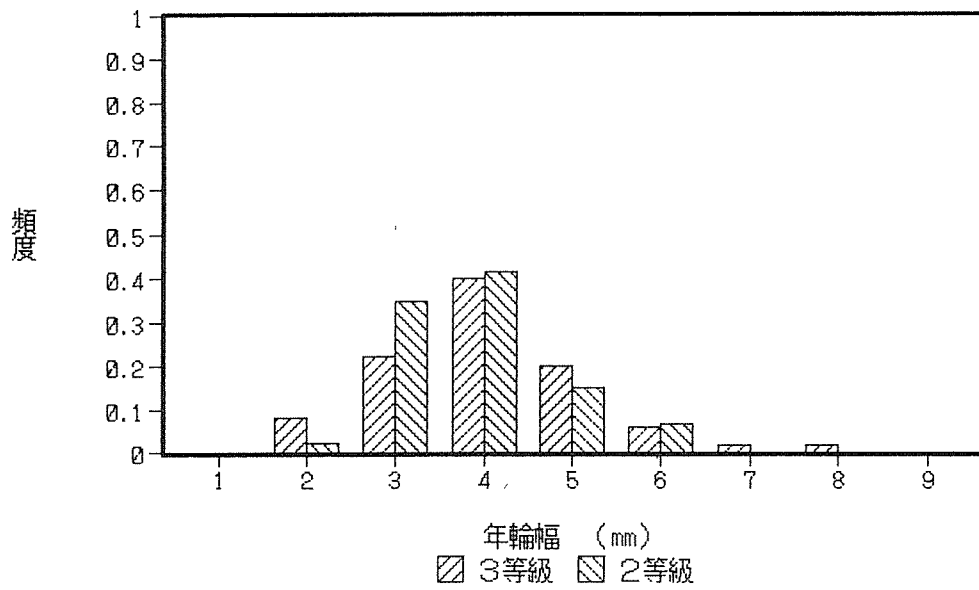
島根アカマツ (ノーフィンガー)



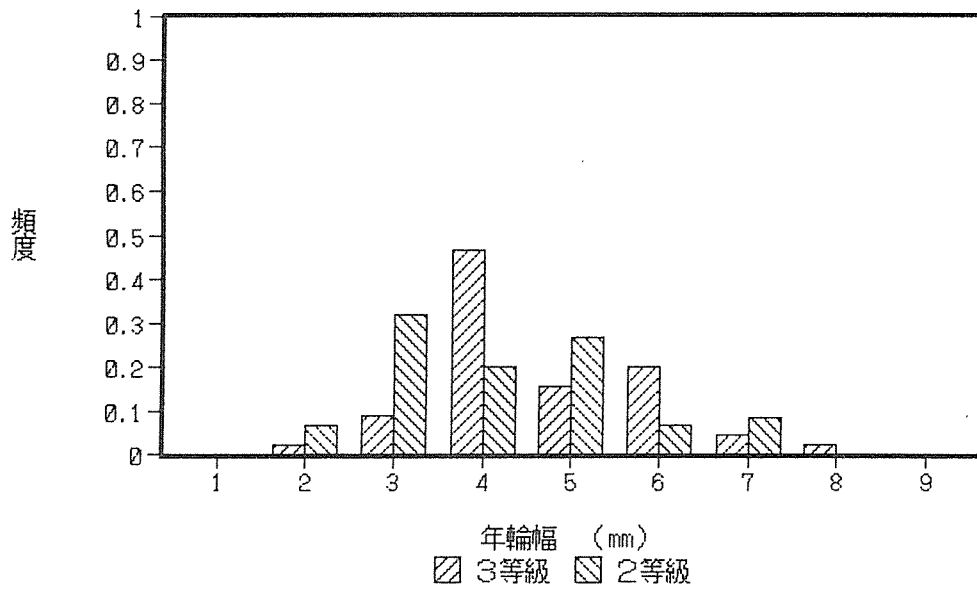
島根アカマツ (フィンガー)



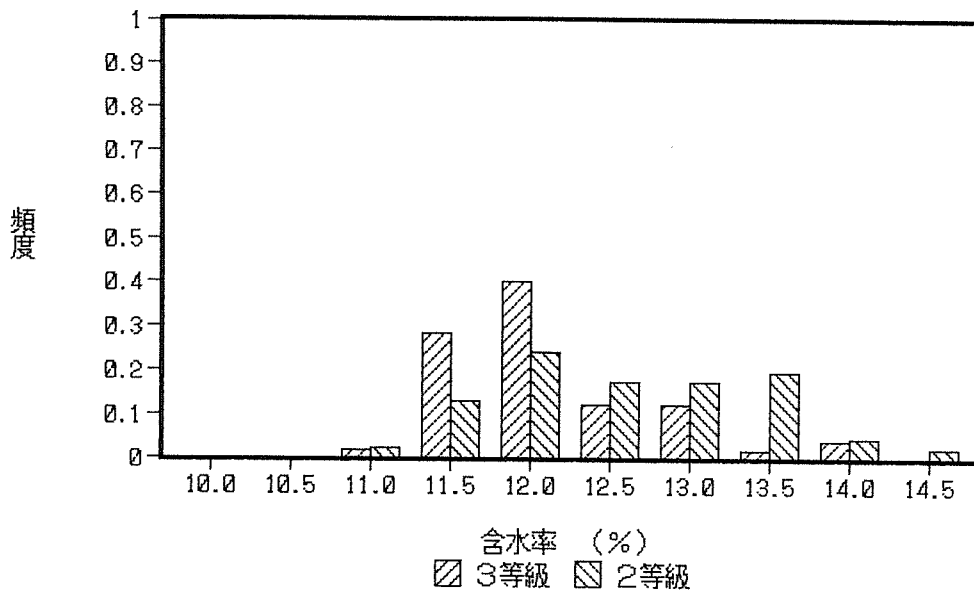
島根アカマツ (ノーフィンガー)



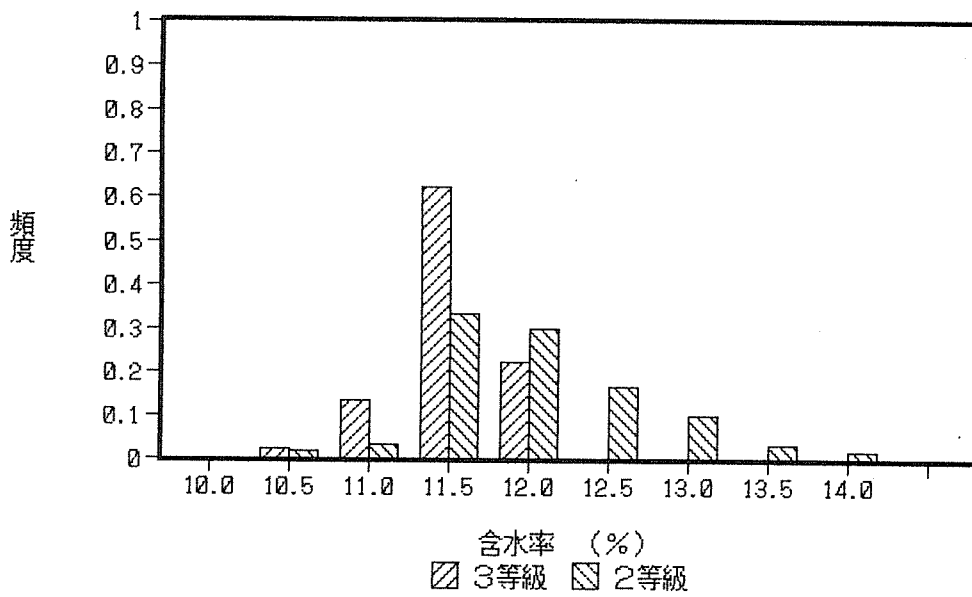
島根アカマツ (フィンガー)



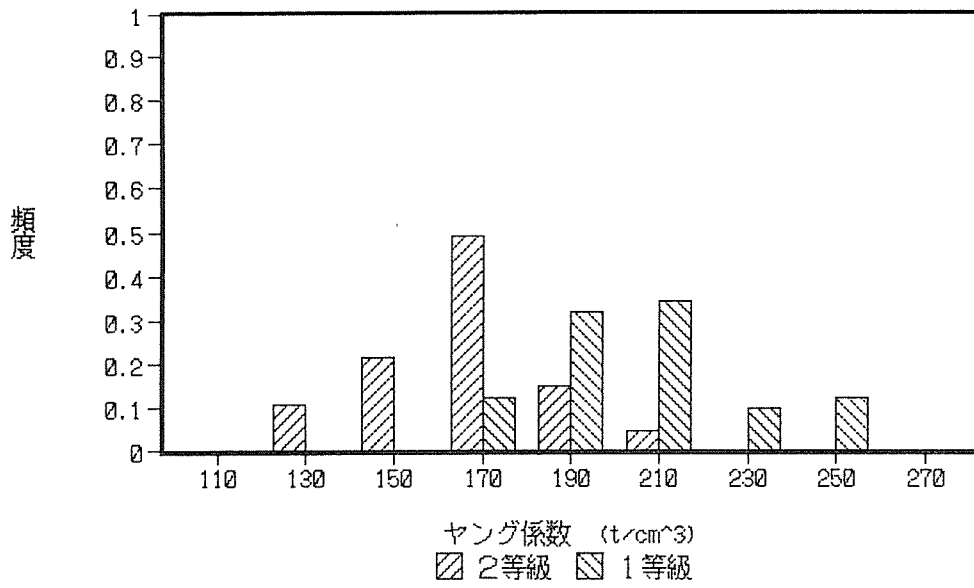
島根アカマツ (ノーフィンガー)



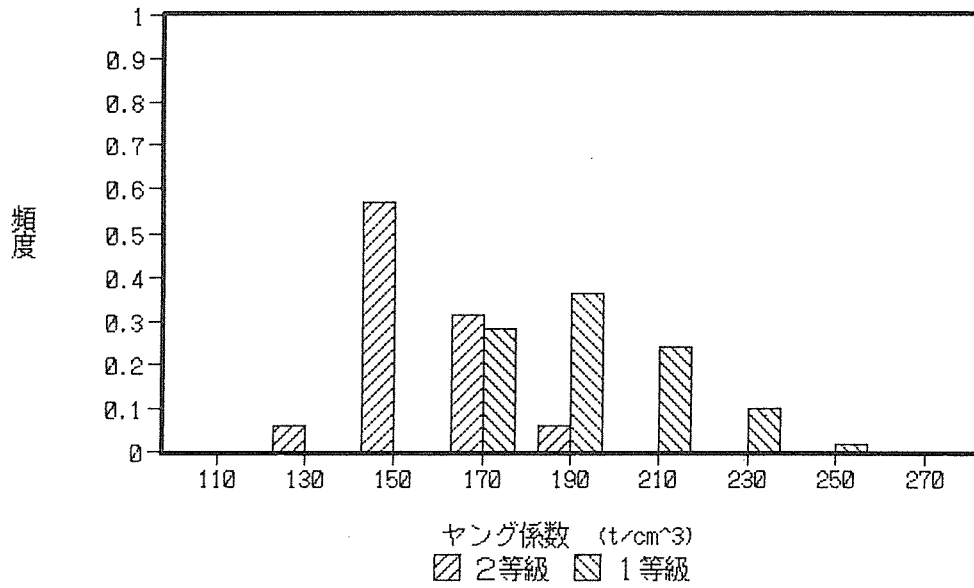
島根アカマツ (フィンガー)



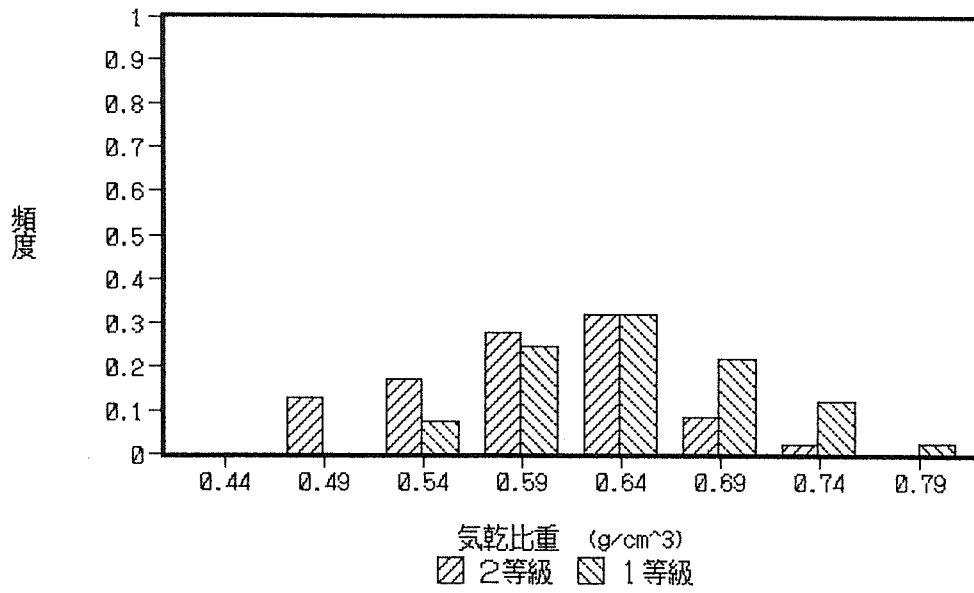
栃木ベイマツ (ノーフィンガー)



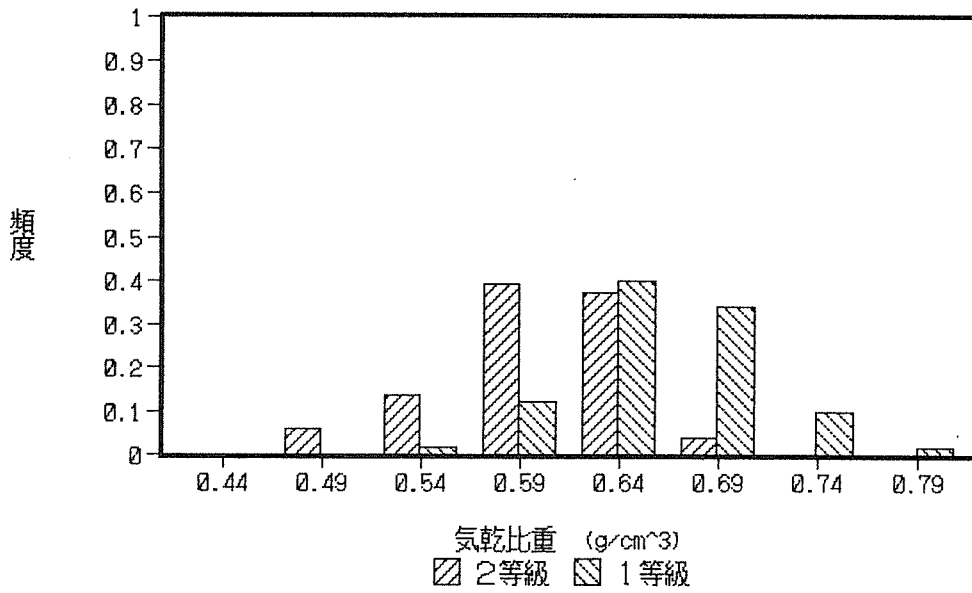
栃木ベイマツ (フィンガー)



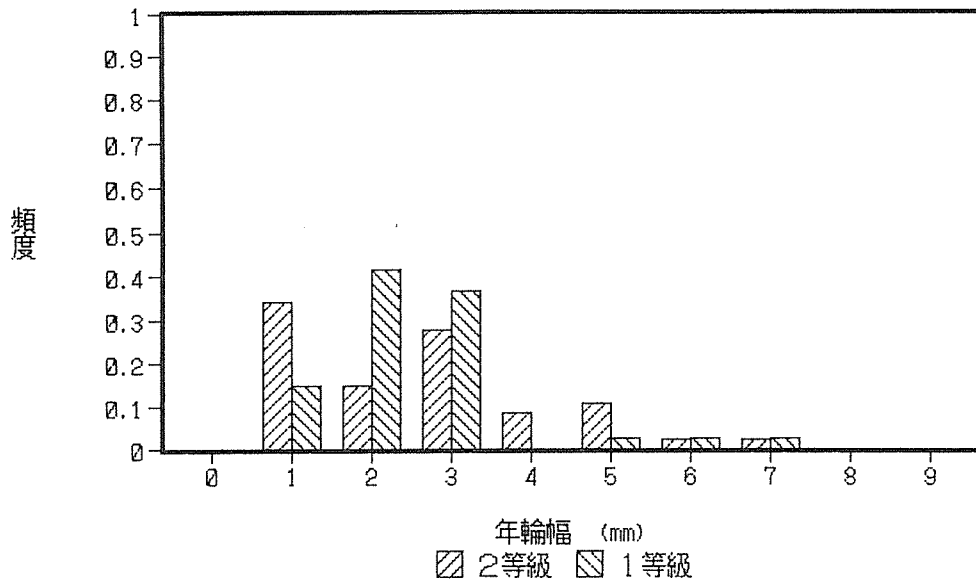
栃木ベイマツ (ノーフィンガー)



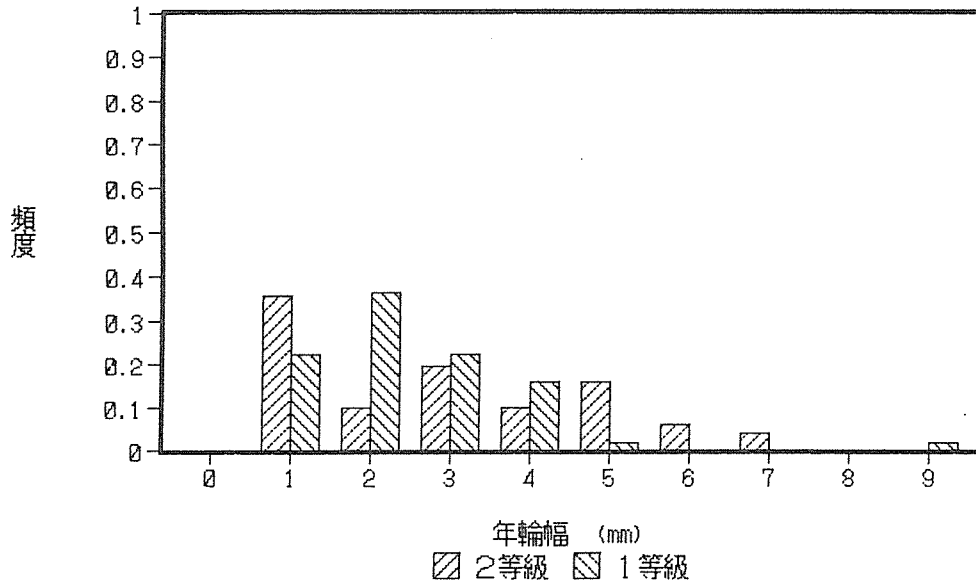
栃木ベイマツ (フィンガー)



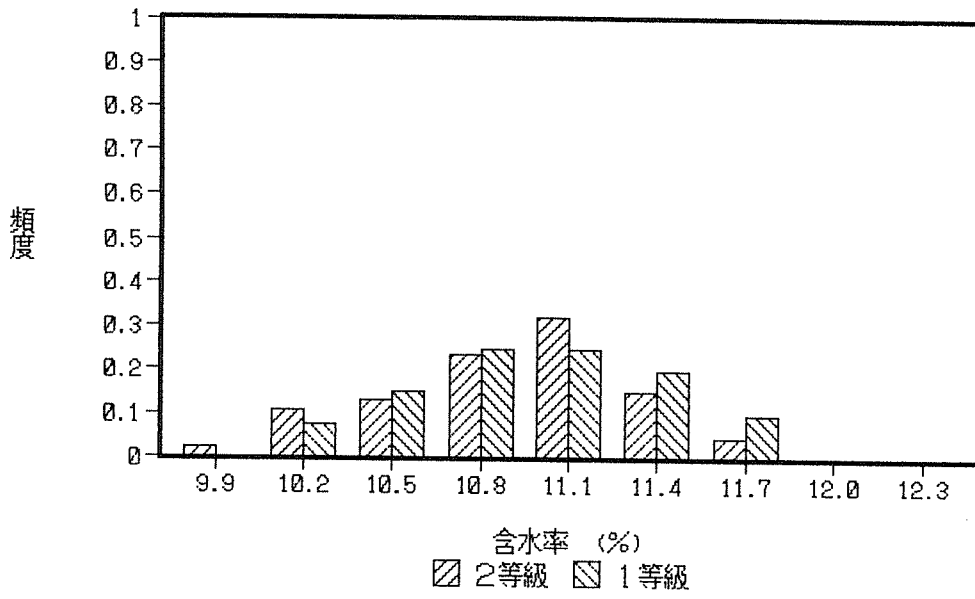
栃木ベイマツ (ノーフィンガー)



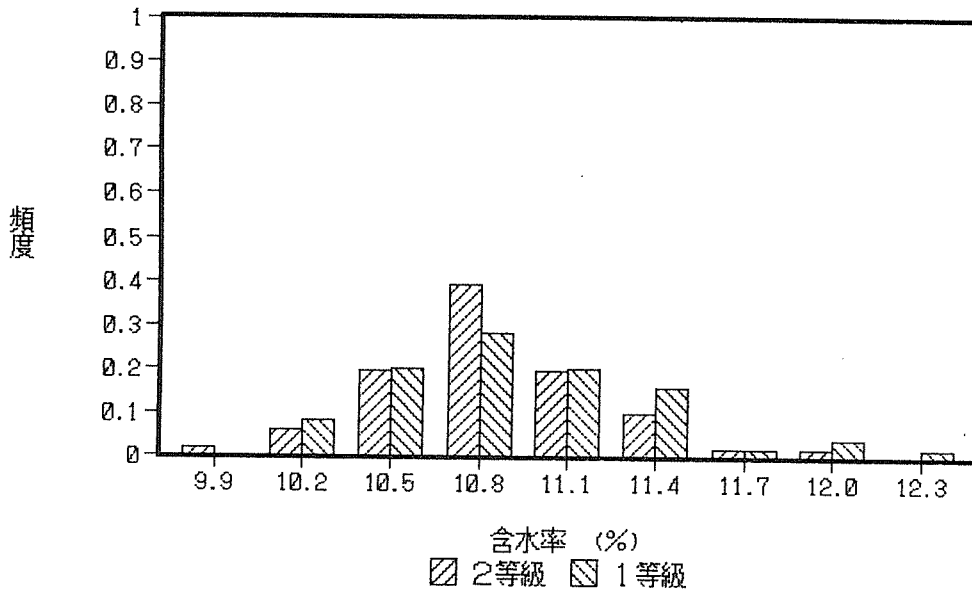
栃木ベイマツ (フィンガー)



栃木ベイマツ (ノーフィンガー)



栃木ベイマツ (フィンガー)



1. 試験の目的

建築物の構造解析法は、世界的にみて、信頼性理論をもとにした限界状態設計法が主流となりつつあり、木質構造物についても北米では当該方法へと移行しつつある。我が国における設計法は、現在のところ許容応力度設計法となっているものの、各国の限界状態設計法への移行に伴い、我が国も適切な対応が要求されることは必然である。

構造用大断面集成材に限界状態設計法を適用するには、実大強度データが多量に必要である。しかしながら、費用、時間等に制限があり、現実的には不可能である。そのため、ラミナの強度分布から実大集成材の強度分布を予測するモデルが必要である。この種のモデルでは、ラミナの実大引張強度のデータが必要であるが、現在のところ、我が国では、引張強度データに乏しい。

このような背景から、構造用集成材用ラミナの引張試験を行うこととし、主要道産材であるエゾマツ、トドマツ、カラマツおよび道内集成材工場で多用されているスプルースを取り上げて試験を行った。

2. 供試材

試験に供した材料は、材料寸法 $3.5 \times 15.0 \times 365$ cmのエゾマツ、トドマツ、カラマツ、スプルースで、公称含水率12%、各樹種とも等級込みで旭川市内の木材会社より乾燥材で購入した。したがって、産地等は不明である。

エゾマツ、トドマツについてはほぼ一般的な材料であったが、カラマツについては心持材が多かったことと、ねじれ・曲がりの大きなものもあり、一部試験から除外した。スプルースについては大きな単独節が目立った。

購入した乾燥ラミナをプレーナで幅14.5 cm、厚さ3.0cmに切削し、長さ350cmとし、試験材とした。

縦継ぎラミナの製造は、林産試験場加工試験工場で行った。

縦継ぎ用ラミナを材長中央で長さ20mm、スカーフ傾斜比 1:9.9、ピッチ6.2mmのフィンガージョイントにより板幅面にフィンガー形状が現われる垂直型で縦継ぎした。縦継ぎでは、原則として目視等級の同じラミナを組合せ、「構造用大断面集成材の製造基準」（社団法人 日本木材加工技術協会）に準じて行った。使用した接着剤はレゾルシノール樹脂

接着剤で、塗布はブラシを用いた手塗りである。塗布量は圧縮時に接着剤がはみだし、接合面に十分行き渡る程度とした。接合時圧縮圧力はおよそ40kgf/cm²である。接合後、モルダーにより幅14cm、厚さ2.8cmに仕上げ、縦継ぎ試験材とした。

3. 試験方法

試験は、日本住宅・木材技術センターが定めた「構造用集成材用ラミナの引張試験事業実施要領」に基づいて行った。

ラミナの重量、寸法（幅、厚さ、長さ）を測定し、比重を算出するとともに、FFTアナライザー（㈱エー・アンド・デイ製、AD-3524）を用い、打撃音法による動的ヤング係数を測定した。動的ヤング係数測定後、動的ヤング係数の分布が等しくなるように、通しラミナ用、縦継ぎラミナ用に2区分した。縦継ぎラミナについては、縦継ぎ後、あらためて動的ヤング係数を測定し、その値を縦継ぎラミナの動的ヤング係数とした。

ラミナ全長に対して、構造用大断面集成材の日本農林規格に基づいて目視等級区分を行った。縦継ぎラミナについては、縦継ぎ後に再度、等級区分を行い、その等級を縦継ぎラミナの目視等級とした。

通しラミナ、縦継ぎラミナについて、重錘法により曲げヤング係数を測定した。

ラミナ中央部1m区間について、節の位置、大きさを測定し、最大集中節径比を求めた。

引張試験は、㈱岩崎製引張試験機（容量100tonf）を用い、引張グリップ間を1mとした引張試験を行い、最大荷重、破壊形態を記録した。荷重速度はおよそ毎分100kgf/cm²である。

引張破壊試験後、健全部から試験片をとり、平均年輪幅および全乾法による含水率を測定した。

4. 試験結果

各ラミナについて、全体および全長に対する目視等級区分ごとの引張試験結果を表3-1～表3-8に示す。ここで、Nは試験体数、Minは最小値、Avgは平均値、Maxは最大値、Sdは標準偏差を表わす。

各ラミナの目視等級別引張強度を図3-1に、引張強度の度数分布を図3-2に、各種因子と引張強度の相関を図3-3～図3-10に示す。

各樹種ごとに通しラミナと縦継ぎラミナの引張強度をラミナ全体の平均値で比較するとカラマツを除いて、縦継ぎラミナの値が若干、上回る結果となった。これについては、

①各樹種とも、動的ヤング係数がほぼ等しくなるようにラミナを2区分し、一方を通しラ

ミナ用、他方を縦継ぎラミナ用としたが、縦継ぎの際、接合部付近の節を「製造基準」にしたがって除去したことから、最大集中節径比が低下し、動的ヤング係数が多少アップした、②目視等級区分も若干、上位にシフトした、③縦継ぎの接着剤塗布を手作業で行ったことにより、高い接合性能が得られた、等が考えられる。今後、機会をあらためて検討したい。ただし、各樹種とも、縦継ぎラミナの最大引張強度は通しラミナのそれより低下しており、縦継ぎによる強度低下傾向が見受けられる。

破壊因子の出現率を表3-9に示す。通しラミナの破壊原因は圧倒的に節であり、ラミナを幅方向に4等分した両側各1/4部分を材縁部、中央1/2を中央部とし、節がどの位置に存在していたかを見ると、大半は材縁部となっている。引張強度に対しては材縁部の節の影響が大きいように見受けられる。縦継ぎラミナの破壊はフィンガー部と節が原因となっている。また、引張グリップ内で破壊したものもあるが、これはほとんど大きな節によるものである。

引張強度と各因子の相関を表3-10に示す。図3-3～図3-10とあわせて検討する。最大集中節径比と引張強度との相関が思ったより低い、これは上記の破壊原因とも関連するが、必ずしも最大集中節径比の位置で破壊するのではなく、材縁部に存在する節の影響が大きいことにもよる。比重、平均年輪幅、含水率については、樹種により変化はあるが、あまり相関が高いとは言えない。

5. まとめ

エゾマツ、トドマツ、カラマツ、スプルースについて、通しラミナ、縦継ぎラミナの引張試験を行った結果、引張強度の平均値は253.2kgf/cm²（スプルース通しラミナ）から311.3kgf/cm²（エゾマツ縦継ぎラミナ）となり、カラマツを除いて、縦継ぎラミナの値が通しラミナの値を若干上回る結果となった。この原因については、機会をあらためて検討することとしたい。

通しラミナの破壊原因はほとんど節であり、しかも材縁部の節の影響が大きいように見受けられた。縦継ぎラミナの破壊原因は縦継ぎ部と節で大半を占める。

引張強度と各因子の相関については、動的ヤング係数、曲げヤング係数で比較的高い相関が見受けられるが、他はやや低目の相関となっている。

表3-1 エゾマツ通シラミナ引張試験結果

	幅 cm	厚さ cm	比重	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²
全体 N=126									
Min	14.280	2.952	0.350	1.2	0.8	7.5	80.2	77.8	139.2
Avg	14.455	2.989	0.436	28.8	2.4	9.3	117.8	115.3	294.0
Max	14.550	3.013	0.524	84.5	5.0	10.6	171.7	160.5	627.9
Sd	0.060	0.009	0.031	14.0	0.937	0.645	17.9	16.8	110.5
1等 N=4									
Min	14.380	2.988	0.350	3.4	1.4	8.1	105.3	99.6	276.5
Avg	14.424	2.993	0.397	7.4	2.1	9.1	120.9	119.2	472.6
Max	14.465	2.997	0.431	12.1	2.8	9.8	135.5	134.1	627.9
Sd	0.031	0.003	0.031	3.81	0.652	0.620	10.9	12.7	126.0
2等 N=15									
Min	14.340	2.973	0.378	5.9	0.9	7.8	96.8	95.6	228.7
Avg	14.428	2.992	0.432	17.6	2.0	9.4	131.1	126.2	369.3
Max	14.545	3.013	0.484	22.5	2.9	10.4	156.3	152.2	599.6
Sd	0.059	0.008	0.029	4.06	0.513	0.627	15.3	14.5	109.8
3等 N=30									
Min	14.345	2.972	0.377	10.7	1.3	7.5	100.3	98.8	140.4
Avg	14.446	2.989	0.437	24.3	2.2	9.4	122.9	121.7	315.6
Max	14.545	3.007	0.524	32.8	4.2	10.2	171.7	160.5	617.0
Sd	0.052	0.008	0.033	6.26	0.727	0.529	14.0	12.8	110.4
4等 N=57									
Min	14.280	2.962	0.385	9.7	0.8	7.8	80.2	77.8	139.2
Avg	14.469	2.988	0.442	31.5	2.4	9.2	113.9	111.7	261.8
Max	14.550	3.010	0.511	49.1	5.0	10.6	168.4	157.5	613.3
Sd	0.059	0.009	0.026	10.7	0.951	0.631	17.9	16.5	89.5
格外 N=20									
Min	14.320	2.952	0.385	1.2	1.0	7.7	86.1	83.4	165.8
Avg	14.452	2.988	0.430	40.2	2.7	9.0	110.6	106.6	261.4
Max	14.550	3.004	0.499	84.5	4.9	10.4	150.5	137.4	489.8
Sd	0.066	0.011	0.034	21.6	1.27	0.766	18.9	17.4	90.7

表3-2 エゾマツ縦継ぎラミナ引張試験結果

	幅 cm	厚さ cm	比重	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²
全体 N=123									
Min	13.665	2.777	0.383	0.0	1.2	8.5	75.9	81.2	100.6
Avg	13.956	2.801	0.439	21.5	2.5	9.3	120.4	117.1	311.3
Max	14.050	2.836	0.558	67.5	5.2	10.0	189.1	170.7	586.7
Sd	0.036	0.009	0.026	12.2	0.757	0.297	20.0	18.9	113.3
1等 N=6									
Min	13.945	2.794	0.416	7.2	1.4	9.0	109.1	100.9	263.0
Avg	13.954	2.796	0.443	17.9	2.5	9.4	127.9	122.2	367.7
Max	13.965	2.798	0.469	28.4	3.4	9.9	153.8	152.1	535.6
Sd	0.007	0.001	0.016	8.16	0.782	0.298	16.6	18.4	106.7
2等 N=25									
Min	13.665	2.788	0.384	0.0	1.4	8.8	78.7	81.4	101.3
Avg	13.934	2.796	0.442	21.9	2.5	9.2	123.3	119.0	321.8
Max	13.965	2.808	0.558	46.2	5.2	9.9	189.1	170.7	586.7
Sd	0.062	0.005	0.035	10.0	0.869	0.257	22.6	21.0	115.2
3等 N=21									
Min	13.905	2.777	0.406	0.0	1.4	8.9	93.2	91.5	130.2
Avg	13.953	2.800	0.437	20.6	2.5	9.4	119.9	115.8	334.8
Max	13.980	2.820	0.476	42.6	4.4	9.8	152.5	150.8	550.5
Sd	0.016	0.010	0.019	10.9	0.762	0.219	15.7	16.7	109.7
4等 N=62									
Min	13.920	2.786	0.383	0.0	1.2	8.6	75.9	81.2	100.6
Avg	13.966	2.805	0.439	22.1	2.4	9.4	119.1	116.4	300.3
Max	14.050	2.836	0.548	67.5	4.2	10.0	181.8	163.2	534.2
Sd	0.023	0.009	0.025	13.0	0.643	0.299	20.1	18.7	110.4
格外 N=9									
Min	13.925	2.786	0.392	0.0	2.0	8.5	88.7	93.1	137.8
Avg	13.963	2.798	0.427	20.3	2.9	9.1	117.5	117.1	265.5
Max	13.990	2.806	0.457	56.8	5.2	9.5	151.0	146.5	507.7
Sd	0.019	0.008	0.023	16.0	0.939	0.313	19.9	17.9	111.1

表3-3 トドマツ通しラミナ引張試験結果

	幅 cm	厚さ cm	比重	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²
全体 N=120									
Min	14.255	2.953	0.332	0.0	1.1	9.2	74.6	74.2	141.4
Avg	14.440	2.999	0.412	26.4	3.2	10.4	112.0	109.3	288.5
Max	14.550	3.030	0.490	56.1	6.0	13.4	159.4	158.9	702.6
Sd	0.049	0.012	0.030	12.4	1.09	0.790	14.9	14.6	100.7
1等 N=3									
Min	14.345	2.994	0.399	0.0	1.1	10.0	120.1	116.9	503.4
Avg	14.422	3.005	0.434	0.0	2.1	10.4	140.1	136.1	633.4
Max	14.465	3.013	0.485	0.0	3.6	11.1	159.4	158.9	702.6
Sd	0.054	0.008	0.037	0.0	1.08	0.497	16.0	17.3	92.0
2等 N=29									
Min	14.255	2.987	0.332	0.0	1.4	9.5	87.4	84.3	210.7
Avg	14.439	3.001	0.400	15.8	2.7	10.6	119.8	117.4	352.1
Max	14.540	3.030	0.457	24.9	4.4	12.8	144.6	141.9	501.0
Sd	0.056	0.011	0.029	6.04	0.759	0.797	13.6	13.6	80.5
3等 N=26									
Min	14.280	2.981	0.344	6.2	1.3	9.5	88.1	85.8	155.5
Avg	14.428	3.000	0.418	23.1	3.3	10.4	114.0	111.3	287.9
Max	14.490	3.026	0.476	32.4	5.2	13.4	144.7	149.7	471.5
Sd	0.055	0.010	0.031	6.07	1.03	0.962	14.5	14.0	80.6
4等 N=55									
Min	14.325	2.953	0.344	11.4	1.8	9.2	80.1	83.6	147.0
Avg	14.447	2.997	0.413	32.8	3.4	10.3	106.7	103.8	245.2
Max	14.550	3.027	0.490	48.2	6.0	12.1	134.2	125.8	452.5
Sd	0.040	0.013	0.028	9.53	1.08	0.700	11.4	10.6	59.5
格外 N=7									
Min	14.320	2.971	0.375	21.5	1.8	9.2	74.6	74.2	141.4
Avg	14.440	2.996	0.415	44.3	3.6	10.2	101.2	99.8	219.6
Max	14.500	3.015	0.456	56.1	6.0	11.2	117.9	123.6	348.2
Sd	0.053	0.013	0.030	14.3	1.40	0.609	13.5	14.7	64.7

表3-4 トドマツ縦継ぎラミナ引張試験結果

	幅 cm	厚さ cm	比重	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²
全体 N=120									
Min	13.855	2.791	0.333	0.0	1.6	9.4	72.7	76.9	90.6
Avg	13.982	2.794	0.415	23.7	3.3	10.3	111.0	109.8	296.2
Max	13.990	2.801	0.470	53.8	5.4	12.8	150.7	143.0	551.9
Sd	0.014	0.002	0.027	12.1	0.816	0.607	15.3	14.4	85.7
1等 N=2									
Min	13.980	2.793	0.452	0.0	2.4	10.0	138.6	135.2	428.2
Avg	13.985	2.793	0.453	1.6	2.5	10.4	143.4	136.0	448.8
Max	13.990	2.793	0.454	3.2	2.6	10.8	148.3	136.8	469.4
Sd	0.005	0.000	0.001	1.61	0.100	0.400	4.85	0.779	20.6
2等 N=11									
Min	13.975	2.793	0.377	0.0	1.6	9.6	107.1	105.2	271.6
Avg	13.985	2.795	0.420	12.1	2.4	10.6	126.4	123.1	388.7
Max	13.990	2.799	0.468	22.9	2.6	11.8	150.7	143.0	492.4
Sd	0.005	0.002	0.029	8.59	0.282	0.562	12.4	11.4	66.6
3等 N=26									
Min	13.965	2.791	0.360	0.0	1.8	9.5	72.7	91.7	184.0
Avg	13.982	2.794	0.412	20.6	3.0	10.2	109.6	111.6	301.5
Max	13.990	2.799	0.455	33.1	4.6	11.8	139.7	136.9	439.9
Sd	0.006	0.002	0.023	10.4	0.728	0.583	12.3	9.75	69.8
4等 N=73									
Min	13.855	2.791	0.339	0.0	1.8	9.4	78.4	76.9	90.6
Avg	13.981	2.794	0.415	25.8	3.5	10.3	109.0	107.0	283.7
Max	13.990	2.801	0.470	49.7	5.4	12.8	142.4	140.3	551.9
Sd	0.018	0.002	0.027	10.2	0.804	0.627	14.4	14.1	80.9
格外 N=8									
Min	13.980	2.793	0.333	14.3	2.8	9.7	80.3	78.2	128.5
Avg	13.983	2.794	0.403	36.1	3.4	10.2	105.5	104.4	227.3
Max	13.985	2.795	0.449	53.8	4.4	11.2	127.3	128.5	321.2
Sd	0.002	0.001	0.036	16.3	0.613	0.474	15.4	16.8	68.2

表3-5 カラマツ通しラミナ引張試験結果

	幅 cm	厚さ cm	比重	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²
全体 N=98									
Min	13.830	2.786	0.392	0.0	2.0	9.7	68.1	57.0	63.4
Avg	14.410	2.975	0.492	31.0	4.9	10.9	99.6	95.0	274.4
Max	14.965	3.019	0.617	64.7	9.1	12.2	169.4	164.7	638.6
Sd	0.167	0.027	0.044	13.9	1.27	0.474	23.1	22.1	121.0
1等 N=2									
Min	14.415	2.976	0.488	0.0	2.4	10.8	121.3	118.2	471.7
Avg	14.690	2.984	0.514	0.0	3.6	11.5	142.0	133.6	551.0
Max	14.965	2.992	0.541	0.0	4.8	12.1	162.6	149.0	630.3
Sd	0.275	0.008	0.026	0.0	1.20	0.650	20.7	15.4	79.3
2等 N=8									
Min	13.875	2.944	0.428	12.7	2.0	9.7	83.5	77.3	241.3
Avg	14.378	2.972	0.529	18.1	3.9	11.0	126.9	122.6	419.4
Max	14.905	2.986	0.595	23.5	5.7	11.8	169.4	164.7	638.6
Sd	0.271	0.014	0.057	3.71	1.08	0.745	27.6	27.0	135.2
3等 N=12									
Min	14.225	2.786	0.428	0.0	3.6	9.9	72.7	74.9	166.8
Avg	14.425	2.962	0.484	25.9	4.9	10.8	99.4	95.5	286.9
Max	14.525	3.015	0.545	33.2	6.3	11.4	122.2	115.6	482.1
Sd	0.098	0.056	0.038	9.36	0.726	0.385	15.6	13.5	82.4
4等 N=66									
Min	13.830	2.928	0.392	0.0	2.1	9.9	69.3	62.2	114.7
Avg	14.405	2.978	0.491	30.8	5.0	10.9	97.9	93.5	264.6
Max	14.540	3.019	0.617	48.1	9.1	12.2	164.5	153.6	616.6
Sd	0.149	0.016	0.043	10.3	1.28	0.442	20.6	19.2	102.2
格外 N=10									
Min	14.015	2.907	0.424	18.6	4.0	10.4	68.1	57.0	63.4
Avg	14.396	2.967	0.475	54.7	5.9	10.8	80.6	74.0	152.9
Max	14.530	3.015	0.517	64.7	7.4	11.4	102.6	103.5	231.4
Sd	0.158	0.029	0.028	12.7	1.05	0.320	9.93	12.0	53.9

表3-6 カラマツ縦継ぎラミナ引張試験結果

	幅 cm	厚さ cm	比重	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²
全体 N=98									
Min	13.360	2.773	0.408	0.0	2.6	9.8	54.6	52.9	90.9
Avg	13.941	2.795	0.497	26.2	5.0	10.8	97.2	93.9	263.1
Max	13.990	2.801	0.593	62.6	8.3	11.6	153.9	153.8	546.6
Sd	0.107	0.004	0.043	14.6	1.13	0.390	21.7	21.6	82.3
1等 N=1									
Min									
Avg	13.360	2.797	0.552	0.0	4.2	9.9	104.9	124.3	414.3
Max									
Sd									
2等 N=2									
Min	13.980	2.799	0.547	3.2	3.0	11.0	121.6	113.4	318.5
Avg	13.985	2.800	0.550	13.8	3.4	11.2	126.8	117.7	385.4
Max	13.990	2.801	0.553	24.3	3.8	11.4	131.9	122.0	452.3
Sd	0.005	0.001	0.003	10.6	0.400	0.200	5.14	4.31	66.9
3等 N=15									
Min	13.720	2.790	0.466	3.2	2.6	10.4	92.7	87.0	233.5
Avg	13.921	2.797	0.529	20.5	4.0	10.9	120.7	115.8	321.6
Max	13.990	2.801	0.581	31.1	5.0	11.4	153.9	153.7	546.6
Sd	0.105	0.003	0.032	8.11	0.714	0.280	19.8	19.4	76.6
4等 N=69									
Min	13.550	2.786	0.408	0.0	3.0	9.8	54.6	52.9	90.9
Avg	13.950	2.795	0.489	23.9	5.2	10.8	92.7	89.7	254.9
Max	13.990	2.801	0.593	49.5	8.3	11.6	150.2	153.8	510.3
Sd	0.090	0.003	0.043	11.0	1.07	0.411	19.7	19.9	76.0
格外 N=11									
Min	13.805	2.773	0.441	20.5	3.8	10.4	72.1	68.9	130.9
Avg	13.955	2.792	0.492	53.3	5.4	10.7	87.4	83.8	199.0
Max	13.985	2.800	0.525	62.6	7.1	11.0	104.0	99.7	265.6
Sd	0.060	0.007	0.026	11.6	0.922	0.202	9.77	9.69	34.6

表3-7 スプルース通シラミナ引張試験結果

	幅 cm	厚さ cm	比重	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²
全体 N=122									
Min	14.270	2.911	0.326	0.0	0.8	9.1	43.8	61.3	59.7
Avg	14.477	2.994	0.400	27.2	2.3	10.0	95.2	96.6	253.2
Max	14.515	3.010	0.508	91.3	4.8	11.1	156.2	144.7	597.8
Sd	0.024	0.013	0.035	15.6	1.00	0.346	20.2	18.9	119.1
1等 N=0									
Min									
Avg									
Max									
Sd									
2等 N=19									
Min	14.448	2.973	0.341	0.0	0.8	9.6	78.4	75.0	200.7
Avg	14.480	2.999	0.410	13.9	1.7	10.1	118.4	117.6	393.9
Max	14.496	3.009	0.459	24.4	3.3	10.6	147.3	144.7	597.8
Sd	0.011	0.009	0.034	7.29	0.688	0.287	21.0	22.0	116.0
3等 N=30									
Min	14.270	2.911	0.326	6.0	0.9	9.1	71.5	67.4	110.8
Avg	14.469	2.992	0.395	24.1	2.4	9.9	98.3	98.9	266.7
Max	14.490	3.008	0.508	32.4	4.5	11.1	124.6	123.7	529.6
Sd	0.039	0.017	0.039	6.60	1.06	0.375	15.4	14.9	119.7
4等 N=54									
Min	14.394	2.963	0.350	0.0	0.8	9.3	43.8	61.3	67.0
Avg	14.481	2.994	0.394	30.2	2.5	9.9	86.2	90.5	212.7
Max	14.515	3.010	0.460	48.3	4.8	10.5	119.1	128.2	403.4
Sd	0.016	0.009	0.028	12.9	1.02	0.249	14.8	14.3	75.9
格外 N=19									
Min	14.441	2.919	0.330	0.0	0.9	9.4	68.7	63.5	59.7
Avg	14.478	2.991	0.412	37.4	2.3	10.1	92.6	89.7	206.1
Max	14.506	3.006	0.494	91.3	4.0	11.0	156.2	134.3	593.5
Sd	0.015	0.018	0.042	25.6	0.875	0.465	19.9	16.9	108.4

表3-8 スプルース縦継ぎラミナ引張試験結果

	幅 cm	厚さ cm	比重	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²
全体 N=121									
Min	13.465	2.787	0.336	0.0	1.1	8.8	62.6	69.6	119.8
Avg	13.959	2.801	0.400	17.1	2.6	9.4	101.5	100.3	290.1
Max	14.005	2.826	0.535	73.0	5.6	10.5	160.3	155.1	526.7
Sd	0.065	0.008	0.033	13.1	0.801	0.271	20.1	18.1	97.0
1等 N=3									
Min	13.975	2.788	0.391	1.3	1.5	9.3	106.3	100.2	255.8
Avg	13.992	2.801	0.438	3.8	2.3	9.7	123.5	117.6	355.1
Max	14.000	2.811	0.519	7.6	3.0	10.2	142.7	133.2	484.2
Sd	0.012	0.010	0.058	2.74	0.613	0.374	14.9	13.5	95.6
2等 N=24									
Min	13.465	2.790	0.337	0.0	1.1	8.9	72.8	71.8	175.6
Avg	13.950	2.800	0.412	6.5	2.2	9.4	119.1	114.6	373.5
Max	14.005	2.813	0.535	21.1	4.6	10.5	160.3	155.1	526.7
Sd	0.103	0.007	0.040	6.79	0.807	0.335	20.6	20.0	97.3
3等 N=31									
Min	13.475	2.787	0.336	0.0	1.2	8.8	74.2	78.1	159.0
Avg	13.950	2.802	0.395	15.9	2.6	9.3	102.5	100.9	278.1
Max	14.000	2.822	0.459	31.5	5.6	9.8	155.5	144.7	526.0
Sd	0.088	0.010	0.031	8.85	0.980	0.209	19.6	17.8	82.1
4等 N=48									
Min	13.940	2.788	0.351	0.0	1.2	8.8	62.6	70.4	146.8
Avg	13.966	2.801	0.398	20.6	2.6	9.4	93.9	94.5	263.8
Max	14.000	2.826	0.471	47.3	4.0	10.0	140.4	138.4	521.3
Sd	0.014	0.008	0.027	10.3	0.691	0.243	15.2	14.1	85.4
格外 N=15									
Min	13.950	2.793	0.348	0.0	1.8	9.1	73.5	69.6	119.8
Avg	13.968	2.800	0.388	28.5	2.8	9.5	91.3	91.2	253.1
Max	13.985	2.812	0.414	73.0	3.5	10.0	111.7	108.6	394.0
Sd	0.011	0.005	0.022	20.8	0.475	0.212	11.4	10.4	76.7

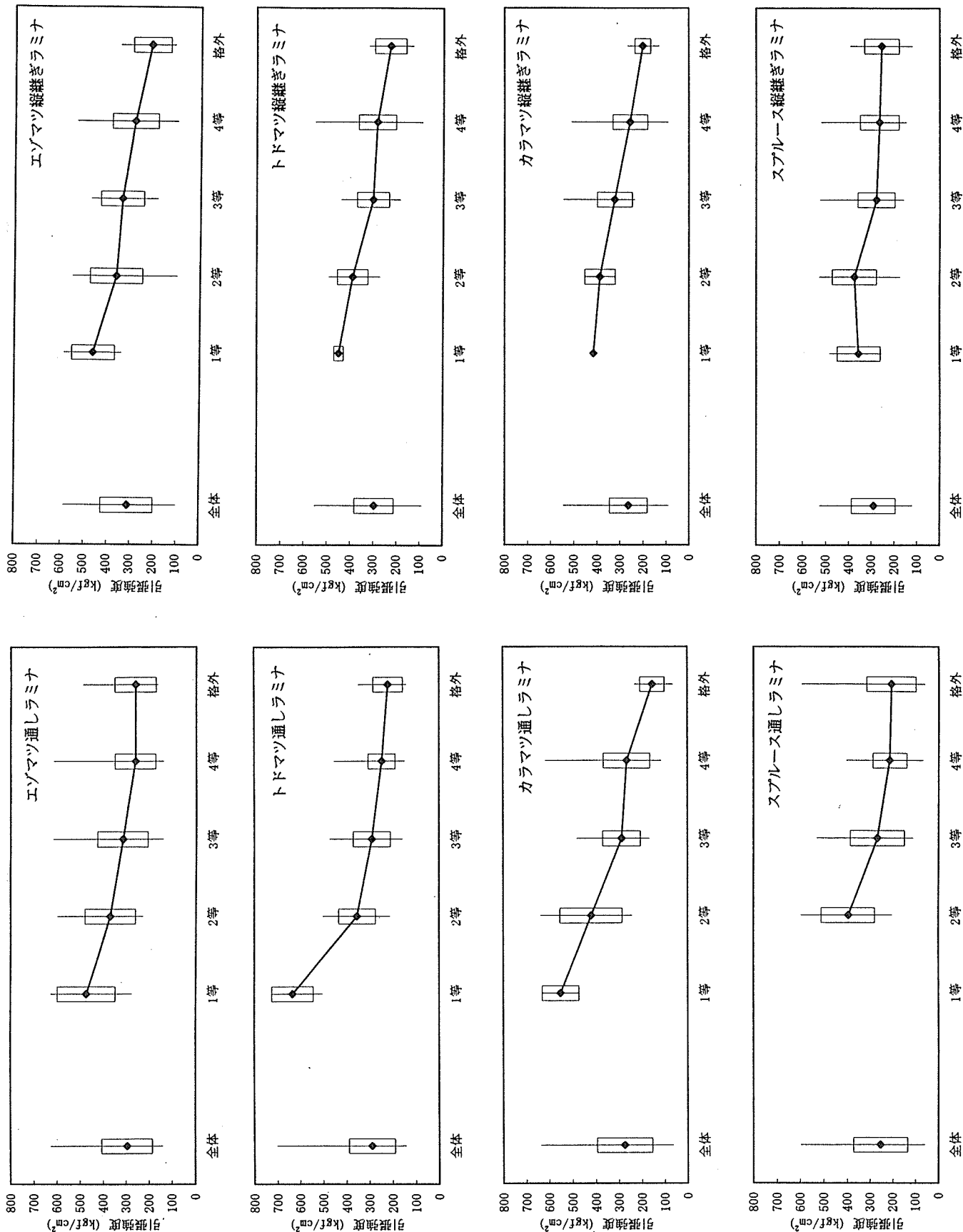


図3-1 目視等級別引張強度 (最大値、平均値、最小値、平均値±標準偏差)

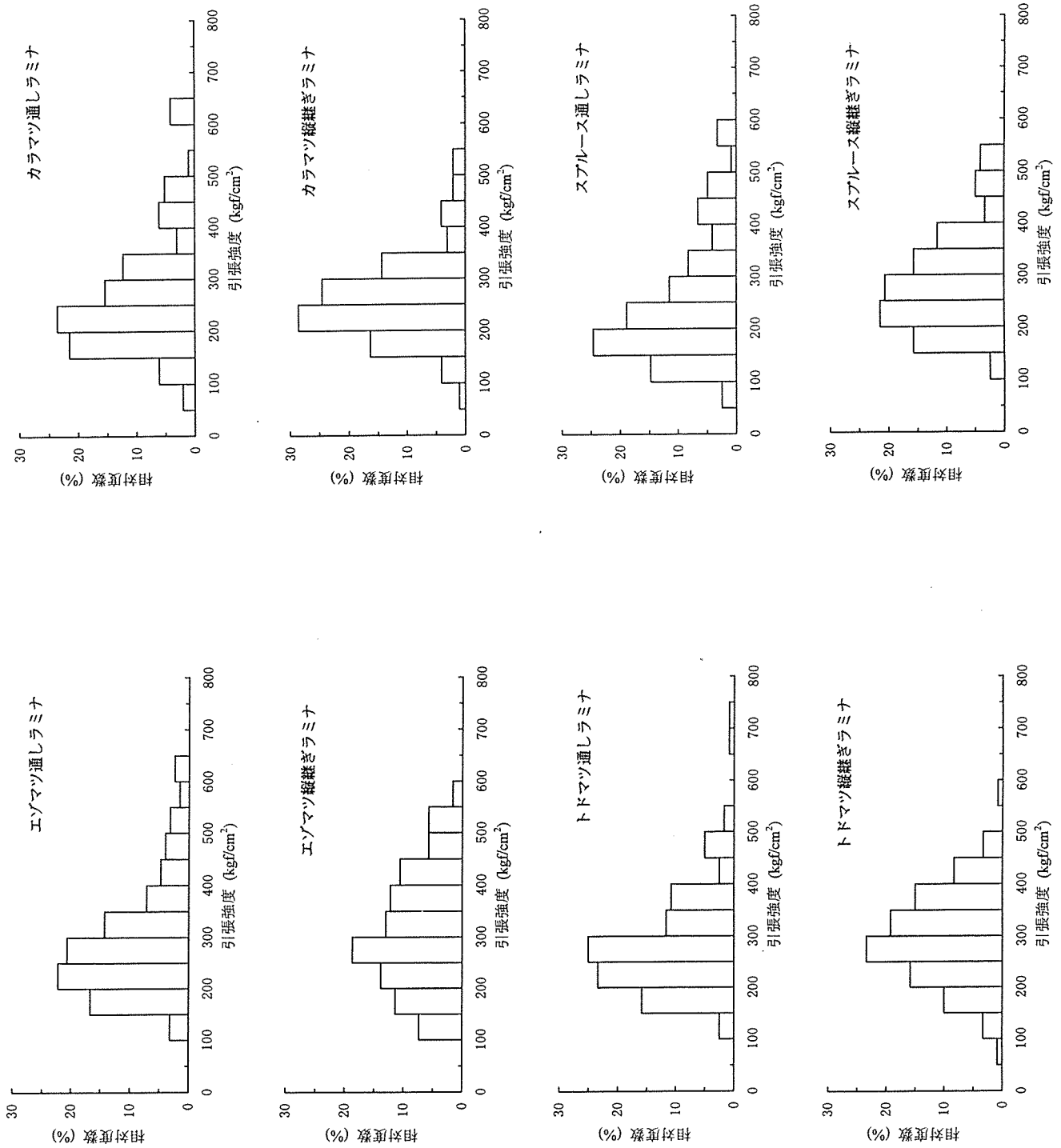


図 3-2 引張強度の度数分布

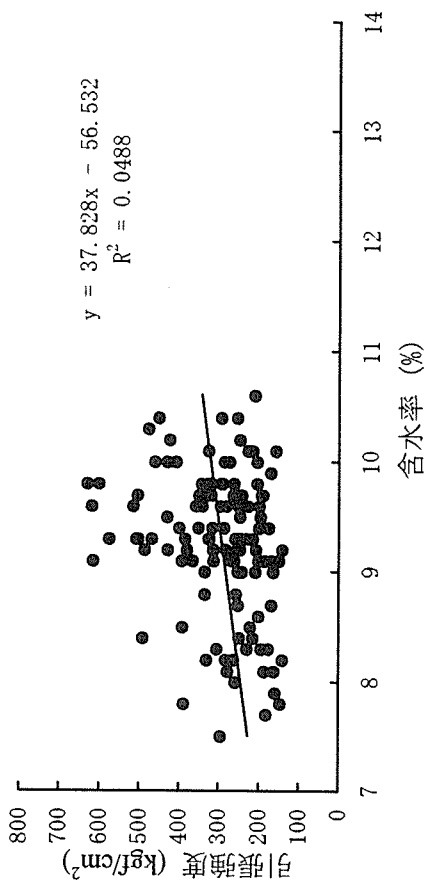
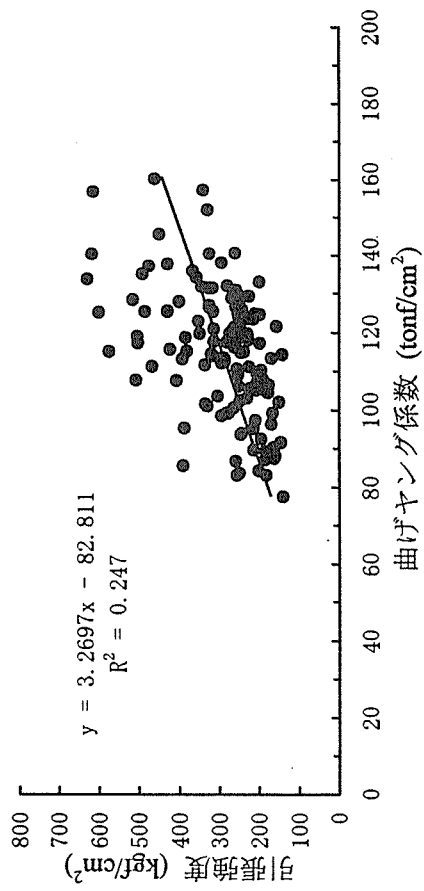
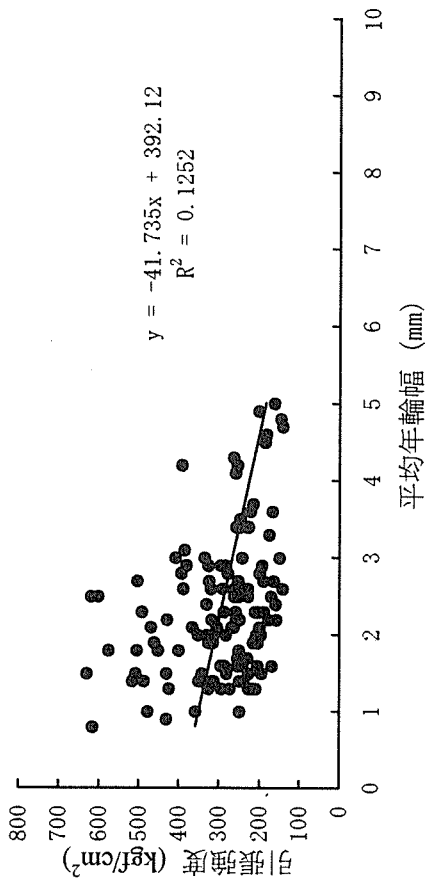
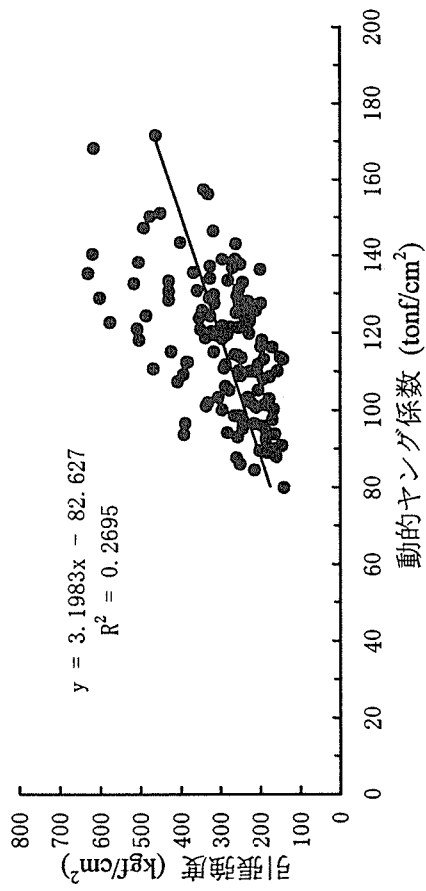
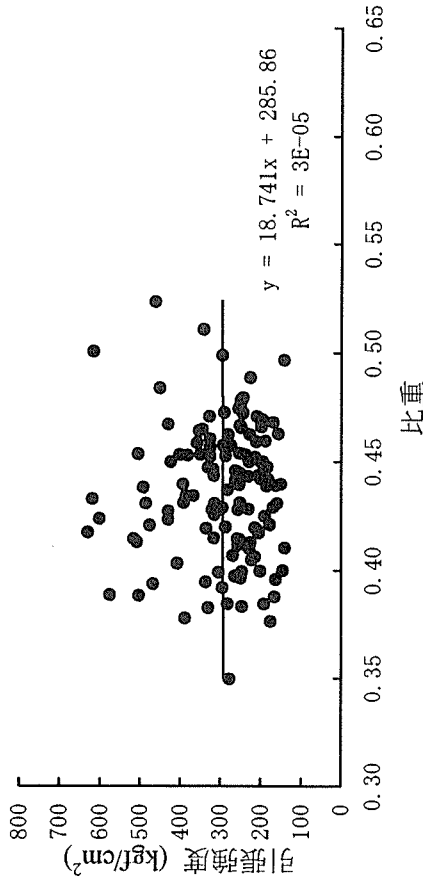
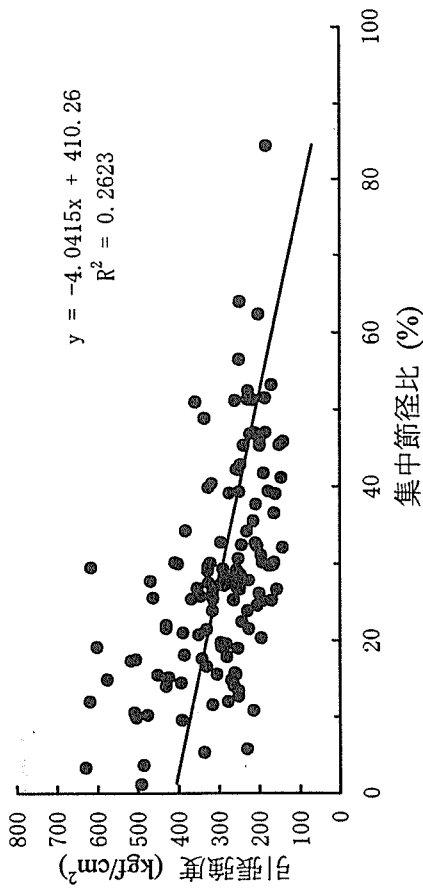


図3-3 各種因子と引張強度の相関 (エゾマツ通しラミナ)

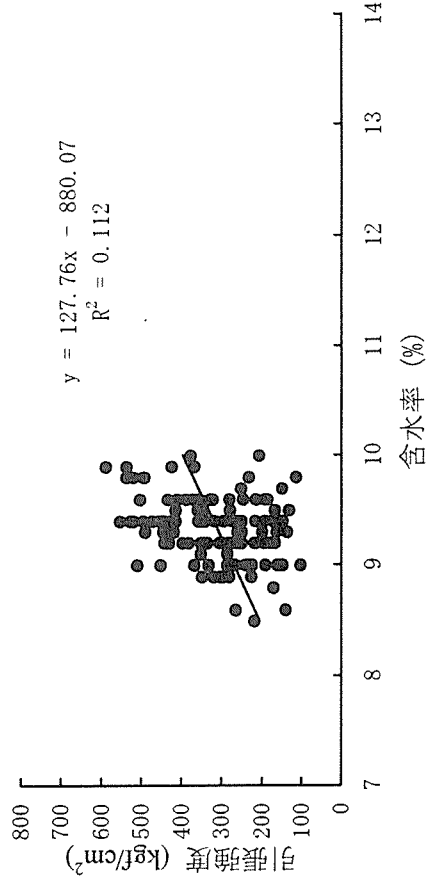
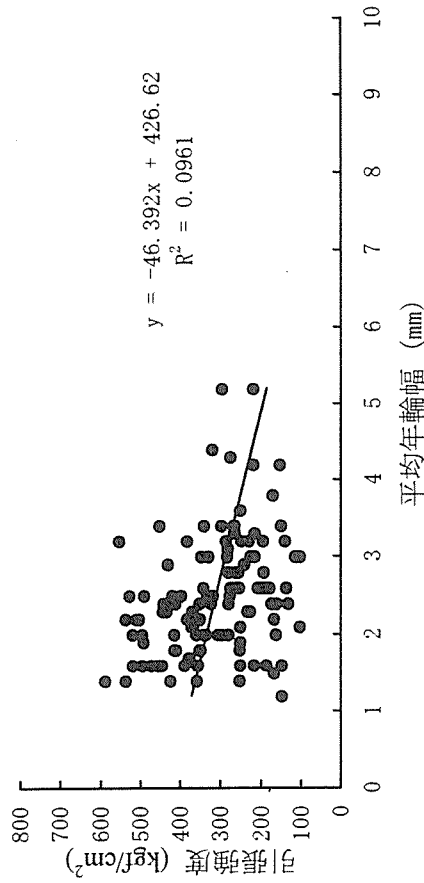
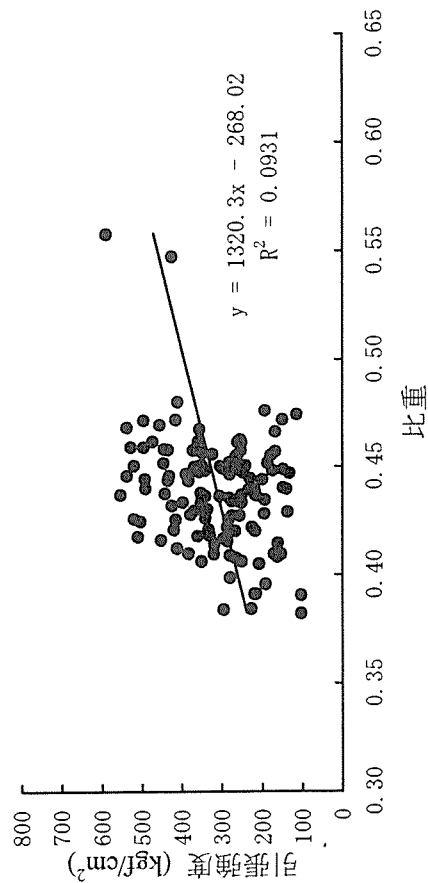
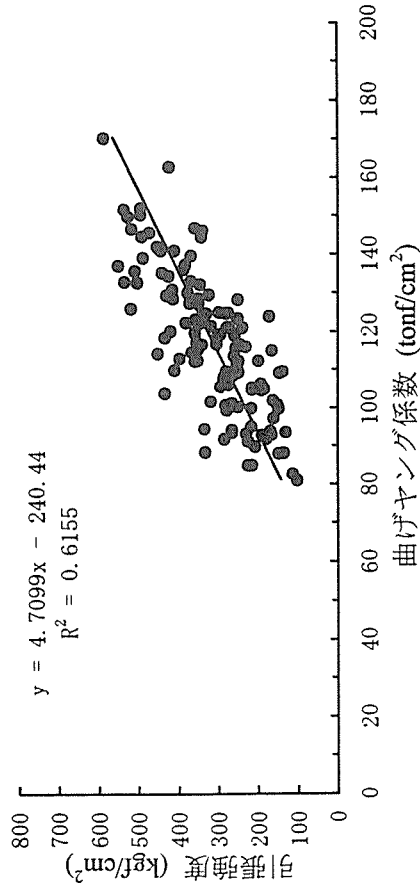
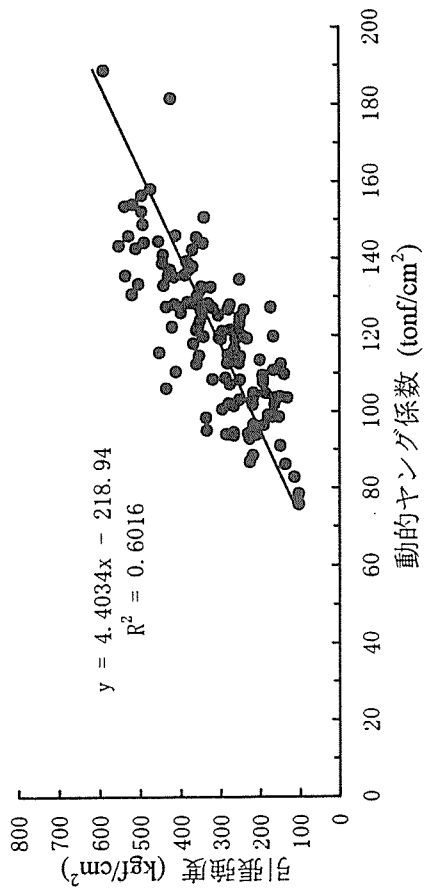
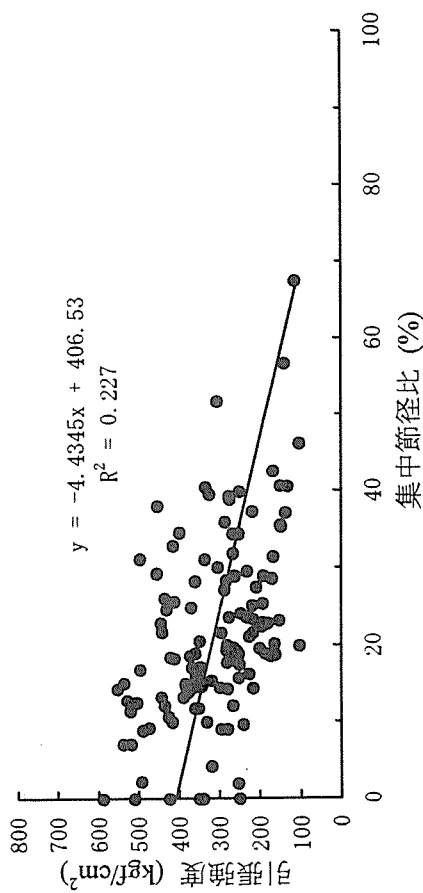


図3-4 各種因子と引張強度の相関 (エゾマツ縦継ぎラミナ)

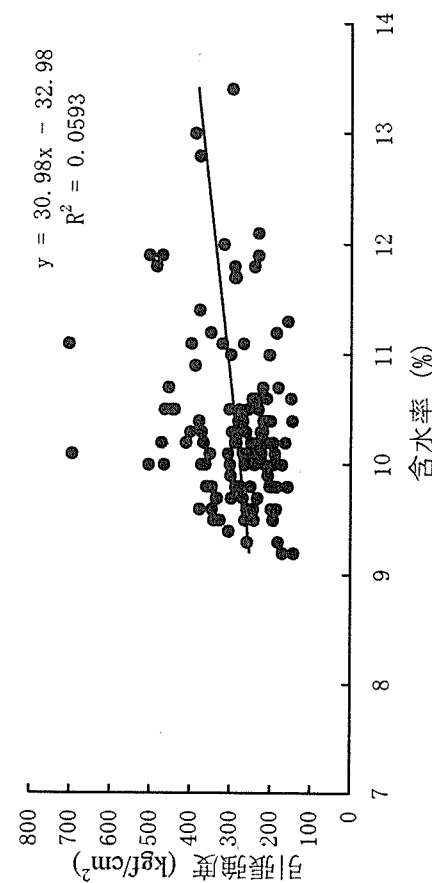
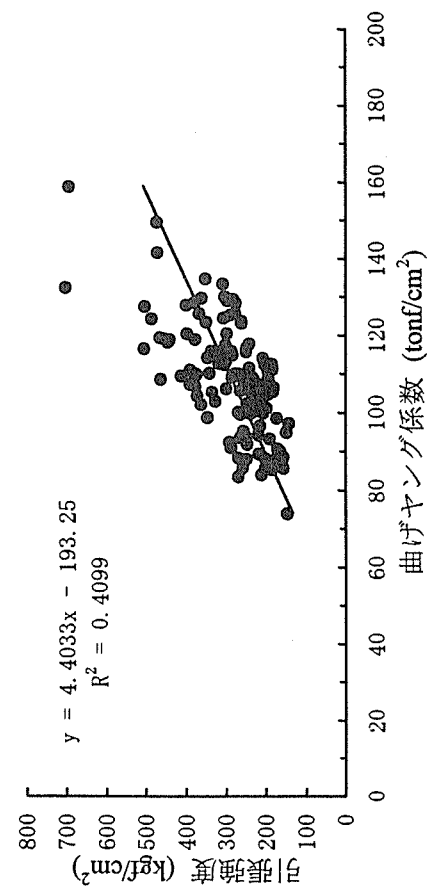
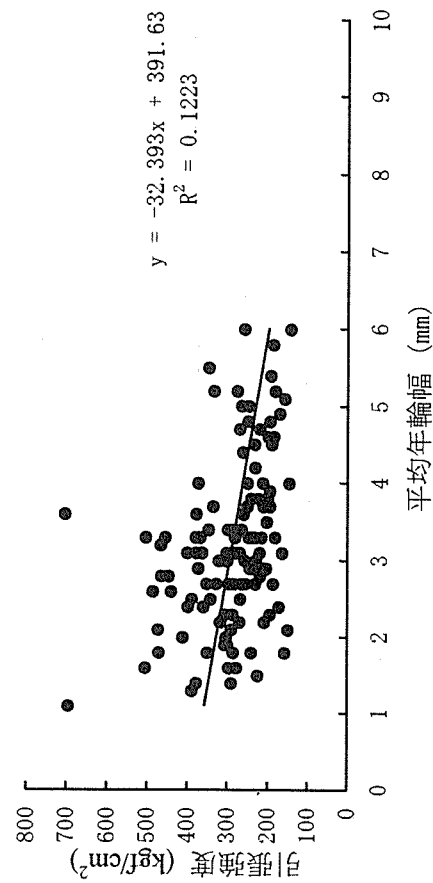
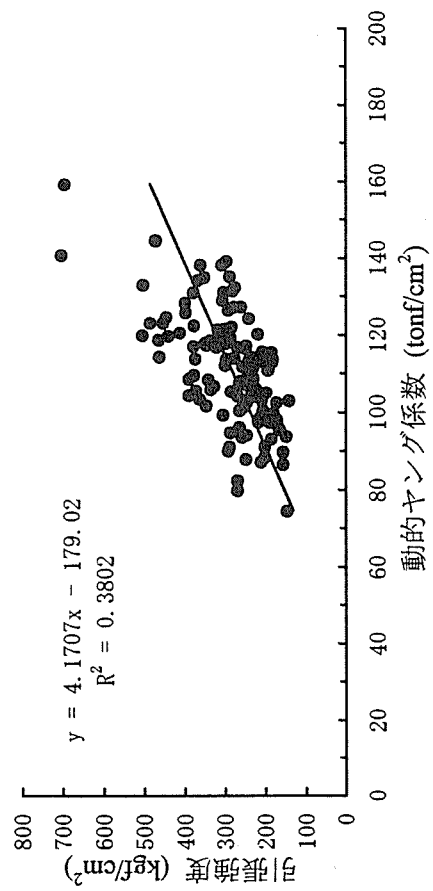
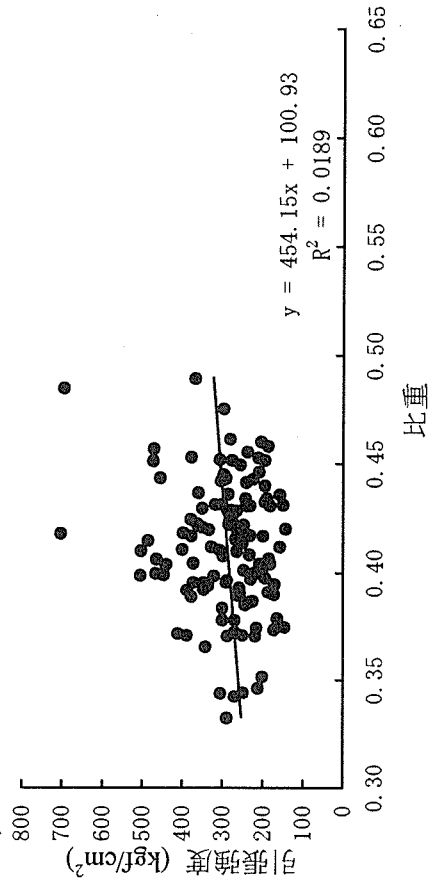
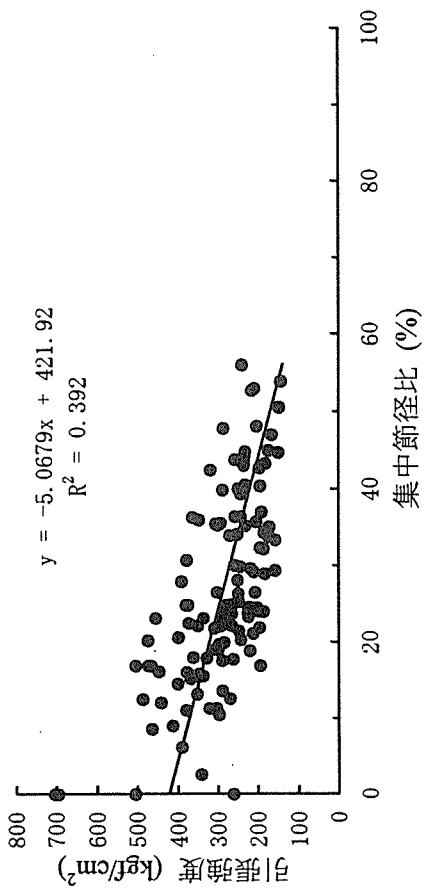


図3-5 各種因子と引張強度の相関 (トドマツ通しラミナ)

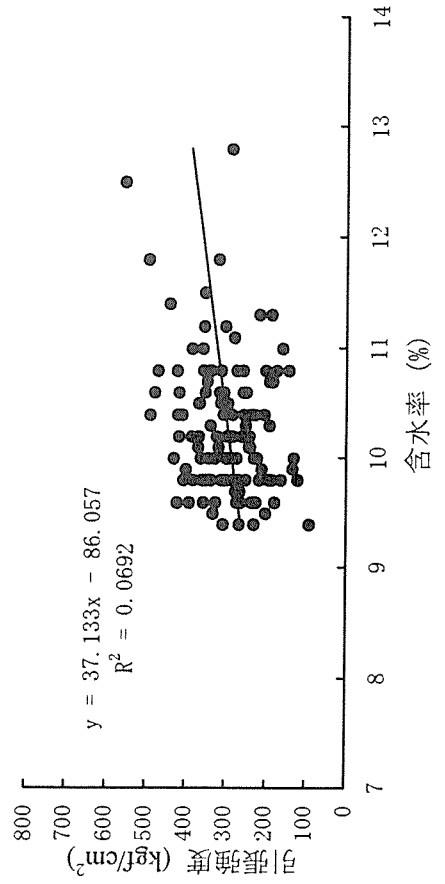
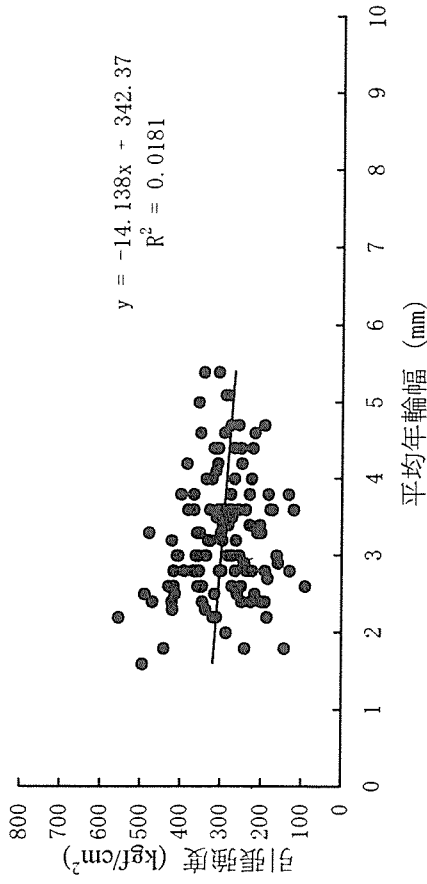
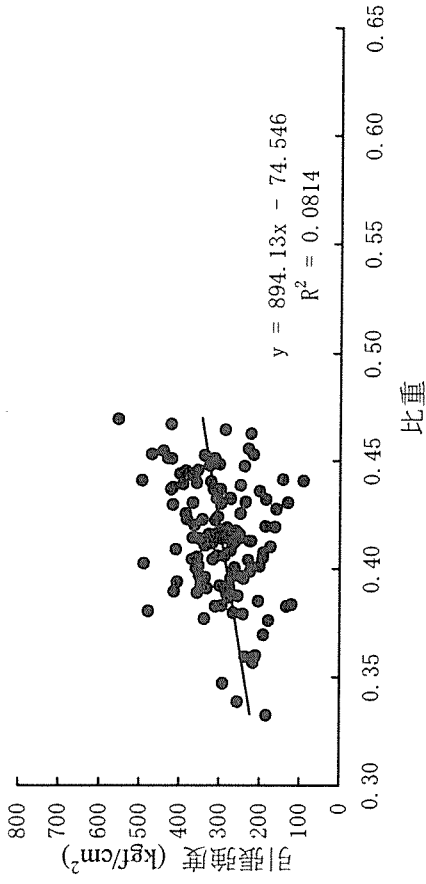
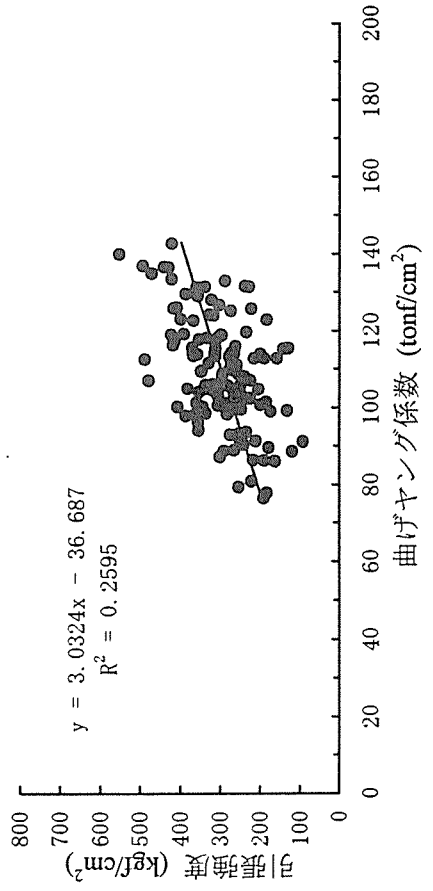
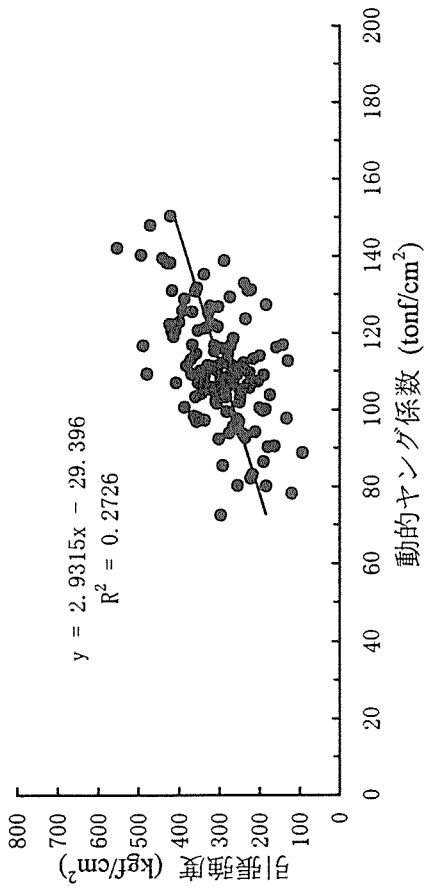
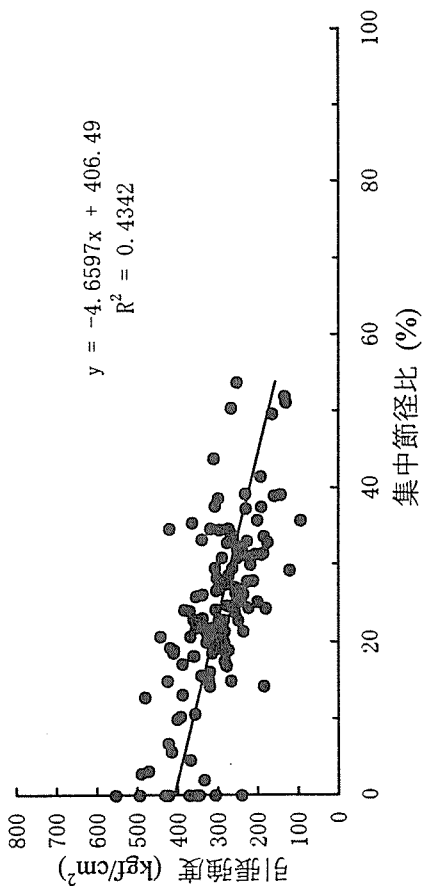


図3-6 各種因子と引張強度の相関 (トドマツ縦織ぎラミナ)

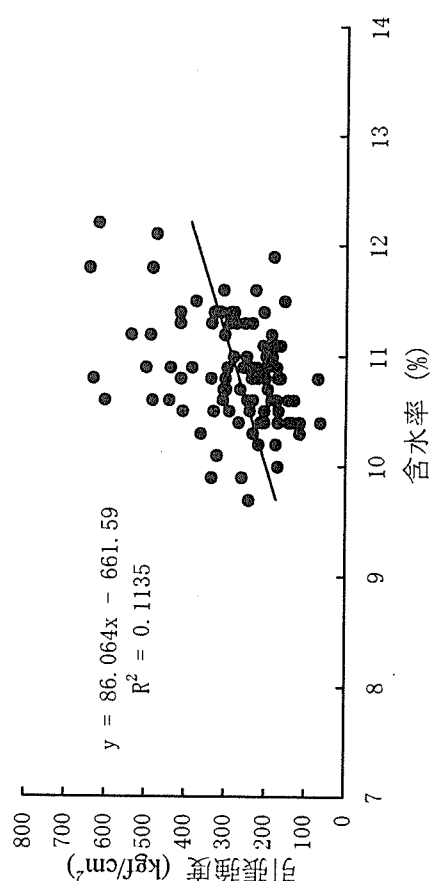
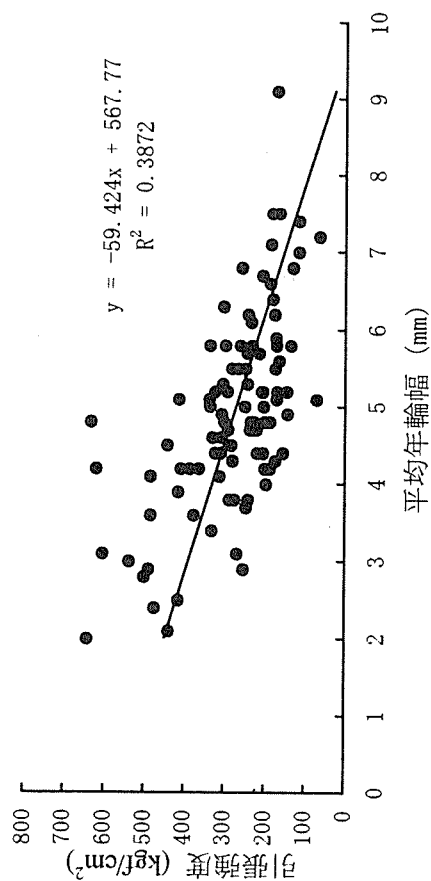
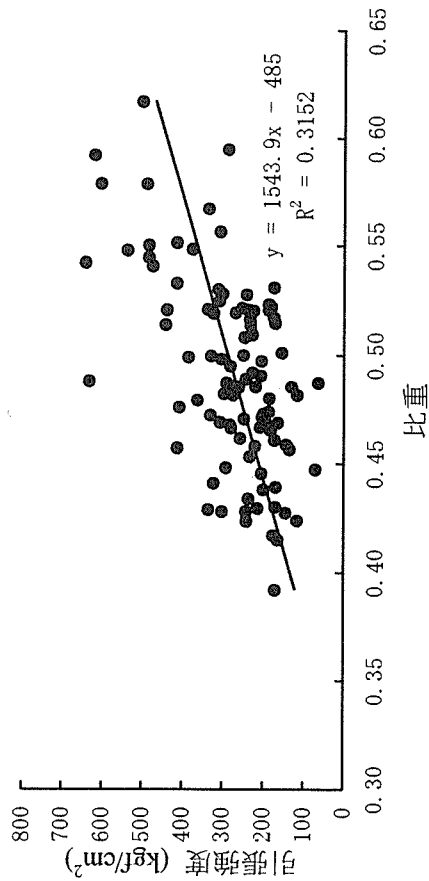
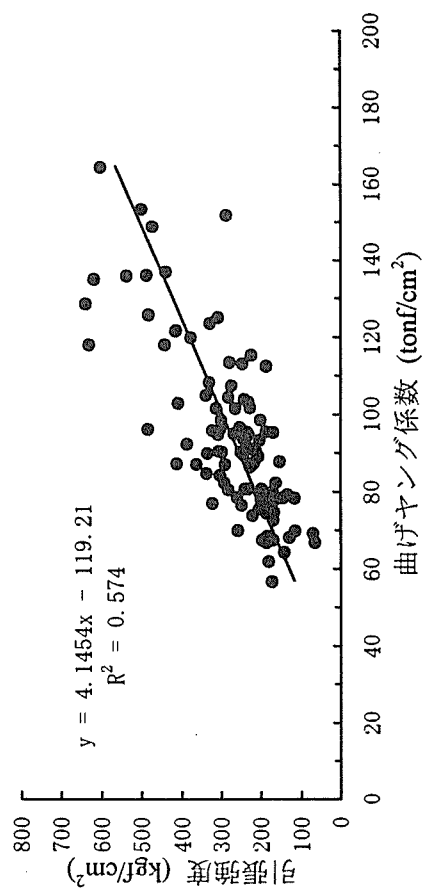
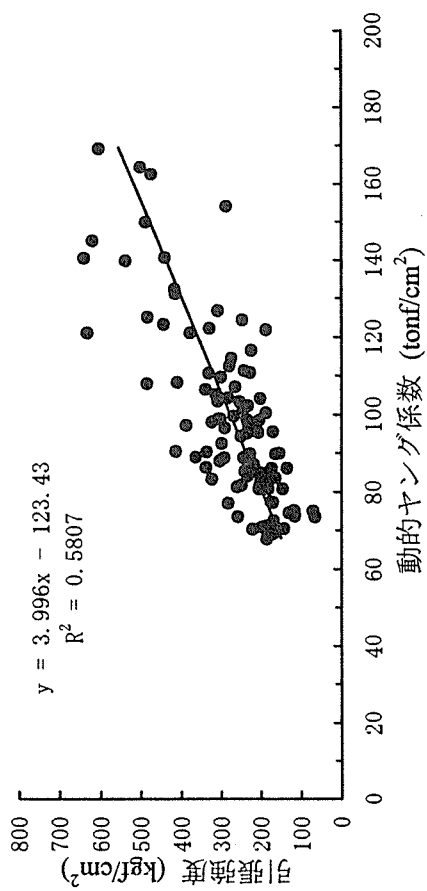
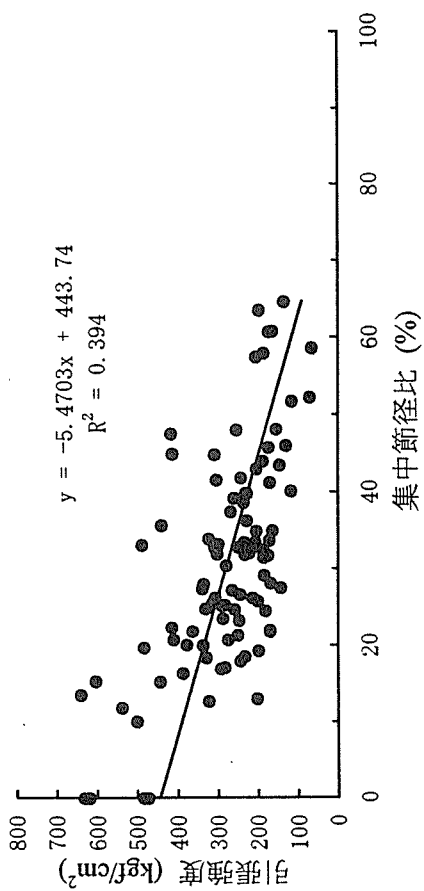


図3-7 各種因子と引張強度の相関 (カラマツ通しラミナ)

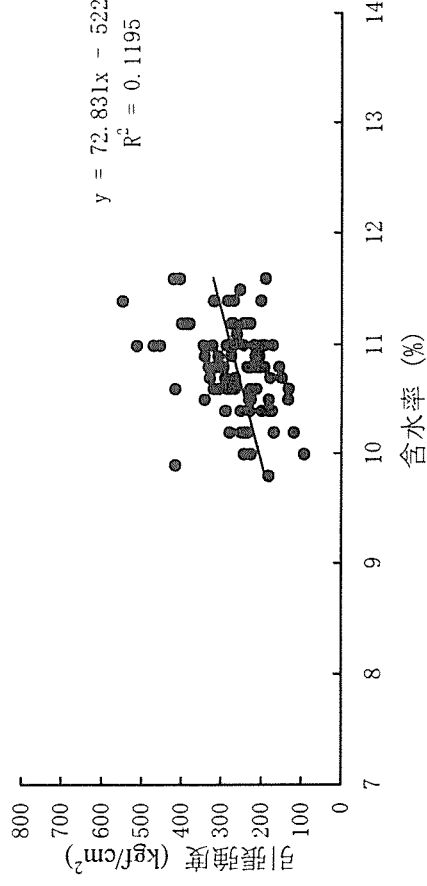
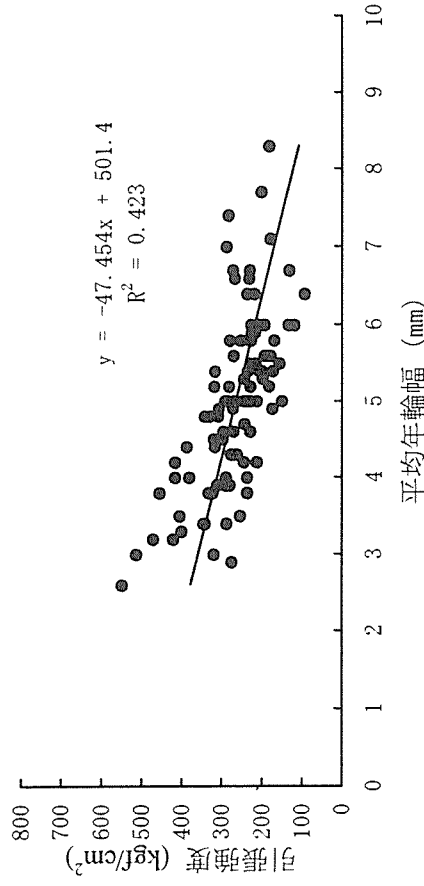
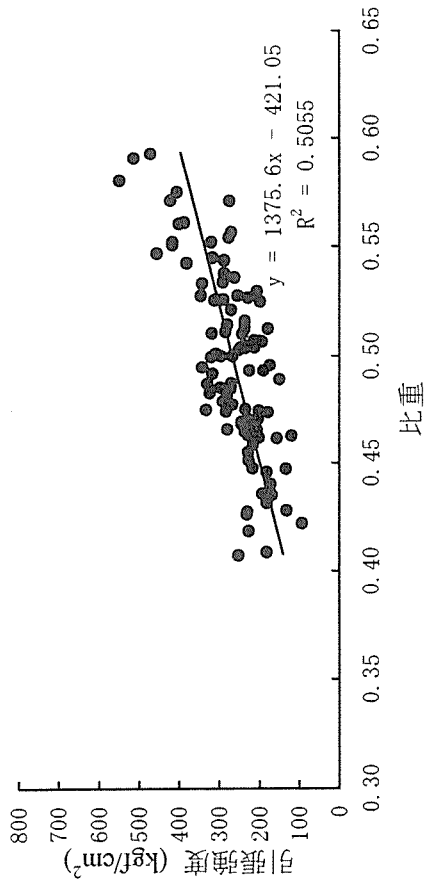
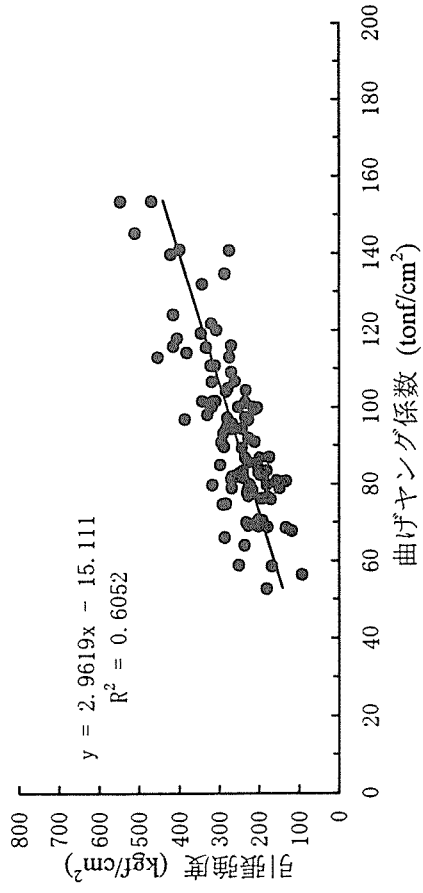
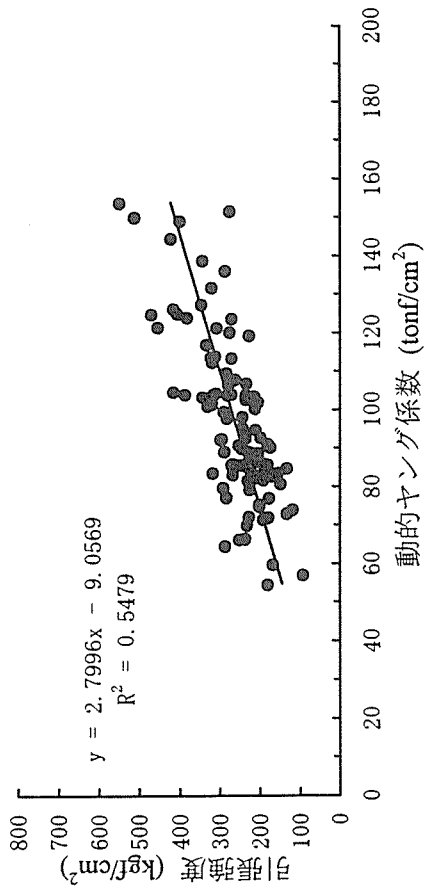
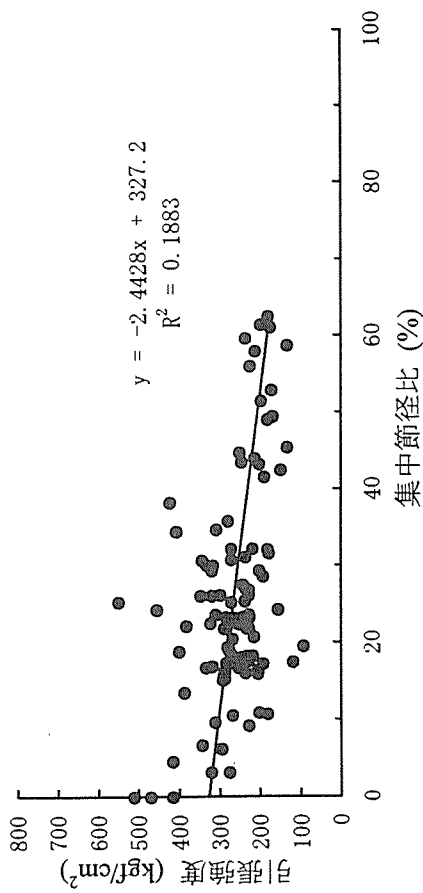


図3-8 各種因子と引張強度の相関 (カラマツ縦継ぎラミナ)

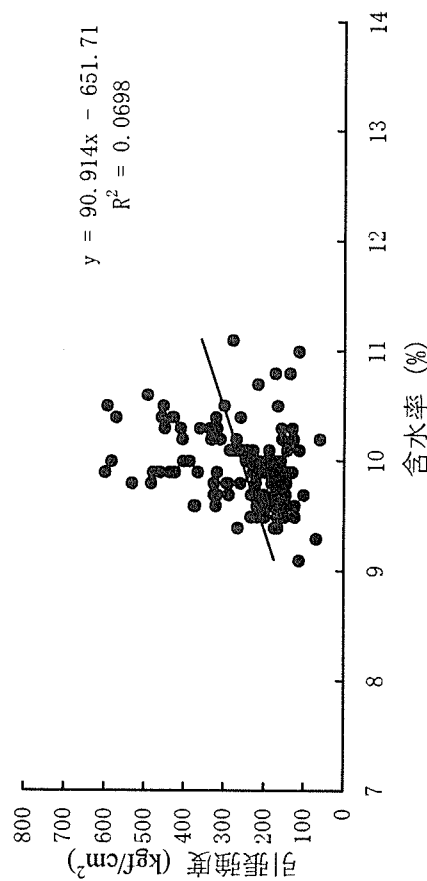
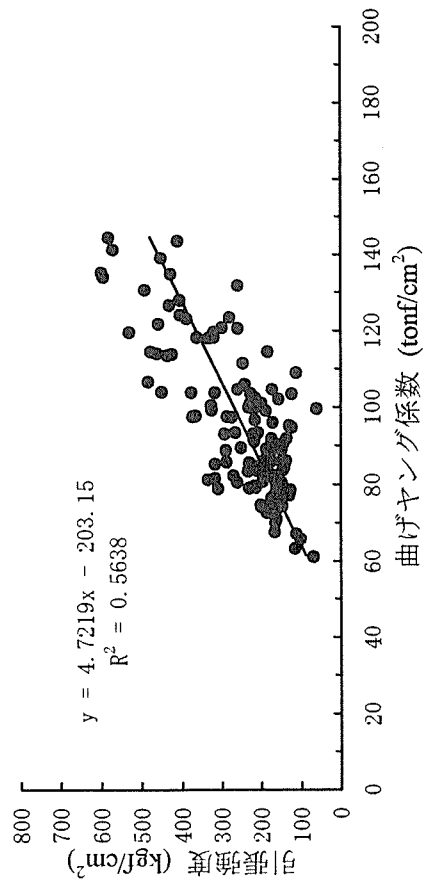
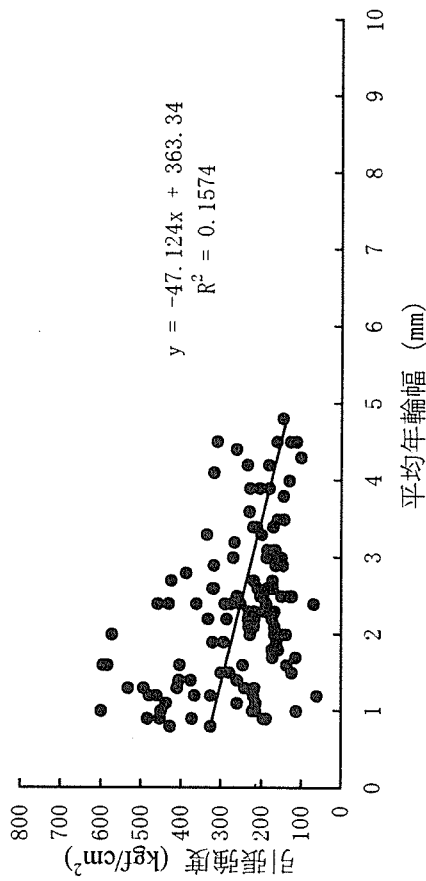
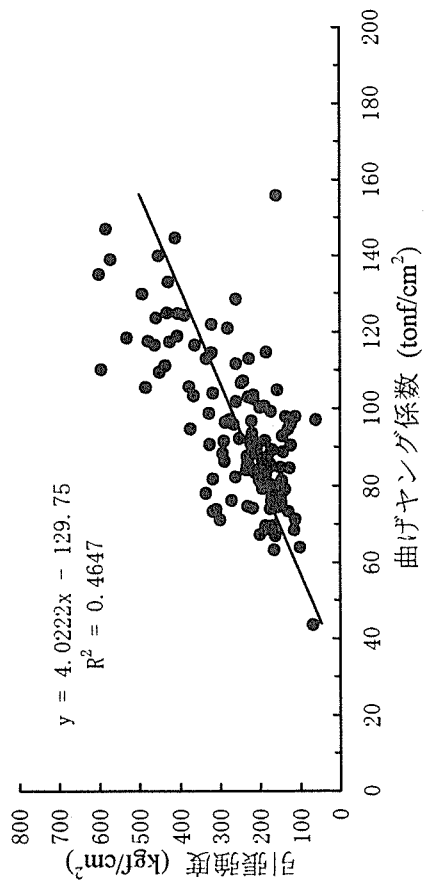
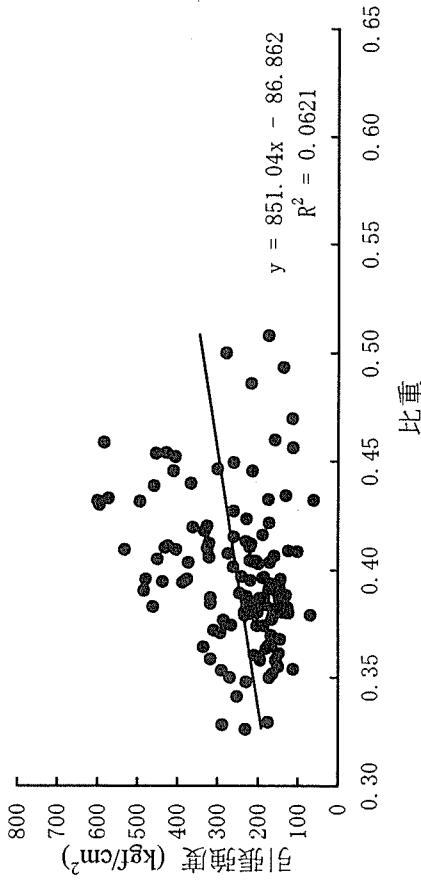
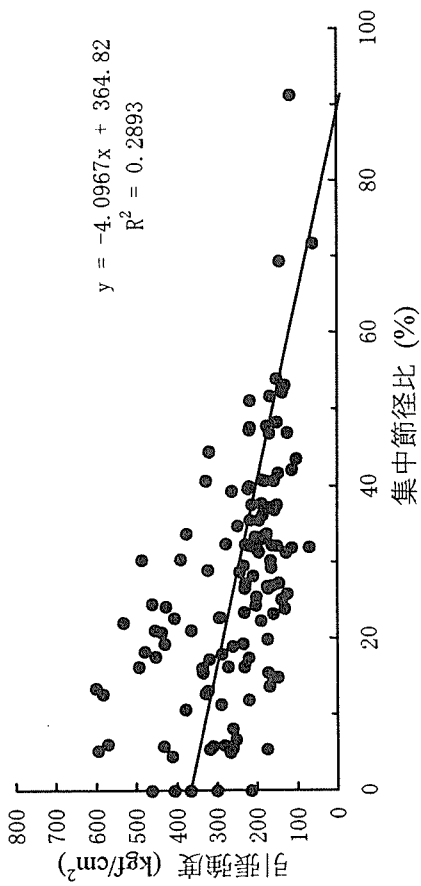


図3-9 各種因子と引張強度の相関 (スプルーース通しラミナ)

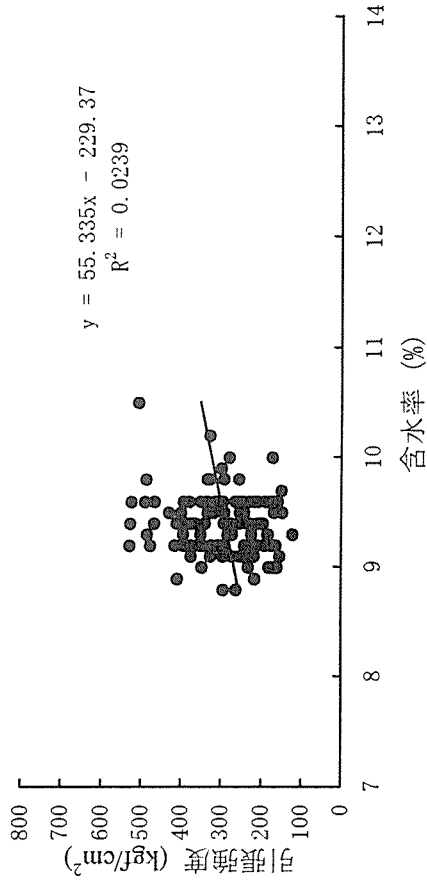
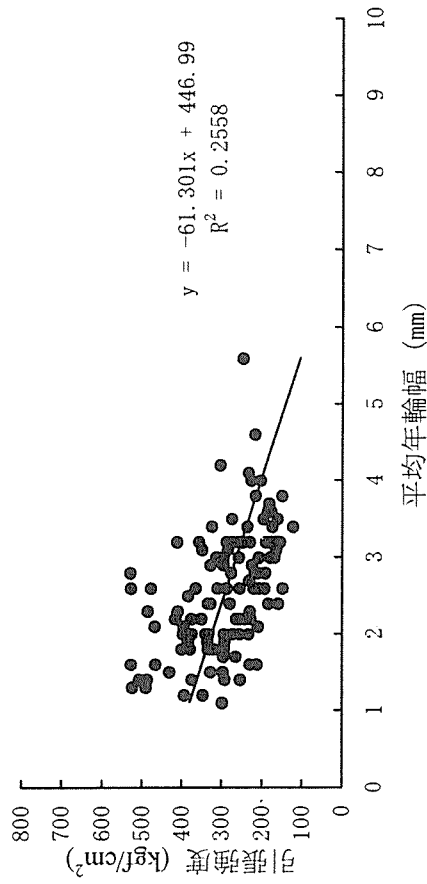
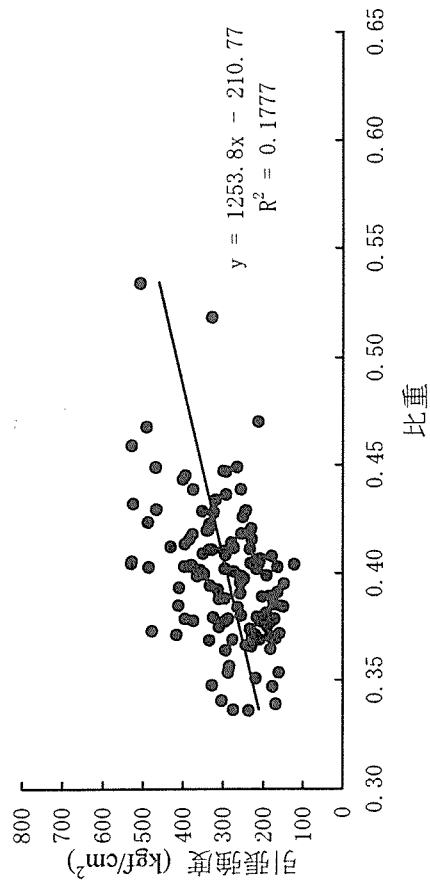
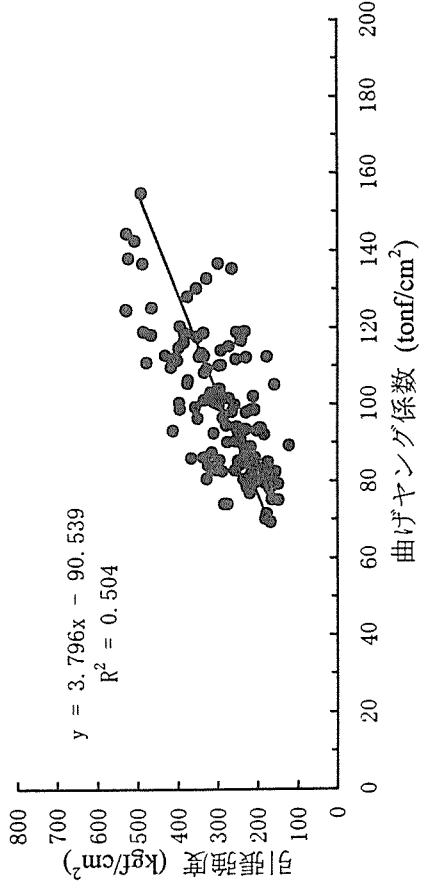
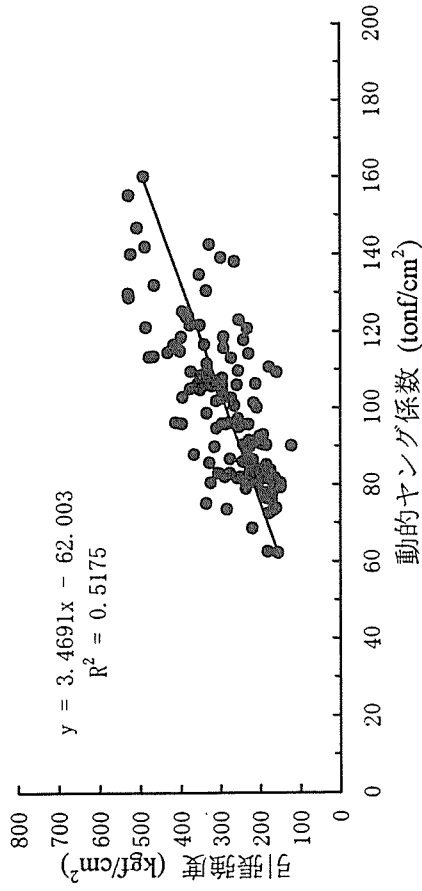
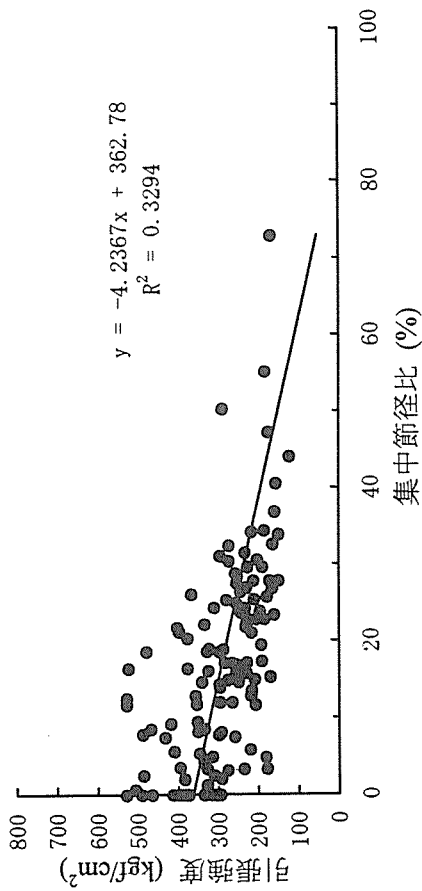


図3-10 各種因子と引張強度の相関 (スプルース縦継ぎラミナ)

表3-9 破壊因子の出現率

破壊因子\ラミナ	EN	EF	TN	TF	KN	KF	SN	SF
節部破壊	91.2	48.8	88.3	34.2	82.7	34.7	86.9	50.5
中央部節*	7.1	-	3.3	1.7	4.1	2.0	4.9	5.0
材縁部節*	84.1	48.8	85.0	32.5	78.6	32.7	82.0	45.5
目切れ破壊	0.8	4.1	-	2.5	2.0	1.0	4.1	1.7
脆性破壊、その他	4.0	2.4	4.2	-	9.2	1.0	1.6	3.3
縦継ぎ部破壊	-	35.8	-	41.7	-	60.2	-	31.4
縦継ぎ部・節部破壊	-	6.5	-	17.5	-	2.0	-	5.0
グリップ内破壊	4.0	2.4	7.5	4.2	6.1	1.0	7.4	8.3

注) * : 内数

EN : エゾマツ通しラミナ

EF : エゾマツ縦継ぎラミナ

TN : トドマツ通しラミナ

TF : トドマツ縦継ぎラミナ

KN : カラマツ通しラミナ

KF : カラマツ縦継ぎラミナ

SN : スプルース通しラミナ

SF : スプルース縦継ぎラミナ

表3-10 引張強度と各因子の相関係数

各因子\ラミナ	EN	EF	TN	TF	KN	KF	SN	SF
最大集中節径比	0.512	0.476	0.626	0.659	0.628	0.434	0.538	0.574
動的ヤング係数	0.519	0.776	0.617	0.522	0.762	0.740	0.682	0.719
曲げヤング係数	0.497	0.785	0.640	0.509	0.758	0.778	0.751	0.710
比重	0.005	0.305	0.137	0.285	0.561	0.711	0.249	0.422
平均年輪幅	0.354	0.310	0.350	0.135	0.622	0.650	0.397	0.506
含水率	0.221	0.335	0.244	0.263	0.337	0.346	0.264	0.155

注) EN : エゾマツ通しラミナ

EF : エゾマツ縦継ぎラミナ

TN : トドマツ通しラミナ

TF : トドマツ縦継ぎラミナ

KN : カラマツ通しラミナ

KF : カラマツ縦継ぎラミナ

SN : スプルース通しラミナ

SF : スプルース縦継ぎラミナ

付表3-1 エゾマツ通しラミナ引張試験結果(その1)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	集中節 番号	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的ヤング係数		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
										ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²						
EN001	14.465	2.989	350.1	0.411	4	46.0 (5-6)		4.7	8.2	80.2	77.8	6020	139.2	Ke		K1	
EN002	14.455	2.990	350.2	0.420	4	35.6 (2)		1.3	8.4	84.8	89.9	9220	213.3	Ke		K2,3	
EN003	14.460	2.989	349.5	0.397	9	56.6 (1-3-2-4)		2.2	8.4	86.1	83.9	10720	248.0	Ke	心	K4→K1	
EN004	14.415	2.978	350.0	0.398	9	51.3 (3-4-5)		4.1	8.0	88.0	87.0	11060	257.6	Ke		K3	
EN005	14.520	2.978	349.9	0.431	4	39.2 (4-3)		2.4	7.9	88.2	88.5	6840	158.2	Ke		K5	
EN006	14.400	2.952	350.2	0.442	9	84.5 (3-4-5-6)		4.6	7.7	89.3	83.4	7680	180.7	Ke		K3→K4,5	
EN007	14.550	2.988	349.9	0.400	9	62.4 (2-6-5-3-1)		4.9	8.6	89.7	84.5	8720	199.9	Ke	心	K4→K8	
EN008	14.540	2.986	350.0	0.396	4	36.6 (2-1-3)		5.0	8.1	90.2	87.7	7000	161.2	Ke		K5→K7	
EN009	14.530	2.987	349.9	0.400	4	41.3 (1-2)		4.8	7.8	91.1	92.0	6260	144.2	Ke		K4	
EN010	14.550	2.977	350.0	0.439	9	51.7 (1-2-3)		4.5	8.1	92.7	87.4	7980	184.2	Ke		K2,3	
EN011	14.465	2.997	350.2	0.428	4	42.4 (5-6)		3.4	8.8	93.3	83.3	11060	255.1	Ke		K3,4	
EN012	14.460	2.988	350.1	0.431	4	9.7 (3-4)		4.2	8.5	94.0	85.9	16840	389.8	Ke	心	K2,3	
EN013	14.460	2.987	349.8	0.439	4	30.2 (2-1)		2.7	9.0	94.2	90.6	7000	162.5	Ke	心	K1,2	
EN014	14.460	2.994	350.2	0.385	4	19.6 (2-3)		2.0	8.2	94.4	99.5	12180	281.3	Ke		K3→K1,2	
EN015	14.540	2.976	349.9	0.448	4	47.2 (2-3-6-7)		4.5	9.1	94.6	89.5	7900	182.6	Ke		K7,6	
EN016	14.440	2.992	350.2	0.473	4	32.5 (2-3)		3.0	9.0	95.4	94.3	10440	241.6	Ke		K3	
EN017	14.475	2.980	350.0	0.470	9	31.2 (1)		1.5	8.3	96.2	92.7	8340	193.3	Ke		K1	
EN018	14.330	2.983	350.0	0.407	9	51.3 (1-2-3-4-5)		3.7	9.3	96.8	95.5	9120	213.4	Ke		K1,2,3	
EN019	14.455	2.990	350.2	0.378	2	21.1 (2)		2.6	7.8	96.8	95.6	16720	386.9	Ke		K1	
EN020	14.445	2.994	349.9	0.429	4	25.3 (3-4)		1.6	8.7	97.7	96.6	7260	167.9	Ke		K3,4	
EN021	14.530	3.010	350.0	0.400	4	43.0 (1-2-7-8-9-3)		3.4	9.5	97.9	94.0	10740	245.6	Ke		K4,5	
EN022	14.400	2.980	350.2	0.467	4	13.5 (1)		2.6	8.7	98.8	106.4	10720	249.8	Ke		K1	
EN023	14.490	2.985	350.0	0.398	9	25.4 (4-5)		4.3	8.2	98.8	100.8	11360	262.6	Ke		K3→K1	
EN024	14.465	2.997	350.1	0.392	3	32.8 (1-2)		2.9	7.5	100.3	98.8	12740	293.9	Ke		K3→RRIP	
EN025	14.495	2.980	349.9	0.388	9	29.9 (9-2-3-4-5)		3.6	9.1	100.5	99.4	7160	165.8	B		割れ	
EN026	14.500	2.994	350.0	0.471	4	32.8 (3-4-5-6)		1.3	9.0	101.1	97.6	9020	207.8	Ke		K3	
EN027	14.475	2.978	350.0	0.420	4	49.1 (7-1-2-8-3-9-10-4)		3.0	8.8	101.3	101.8	14380	333.6	X	心	K(49.3%)	
EN028	14.525	2.987	350.0	0.421	4	39.5 (1-2)		2.2	8.3	103.2	104.7	7620	175.6	Ke		K1,3	
EN029	14.445	2.987	350.1	0.460	4	41.9 (1-2)		2.3	9.1	101.7	105.5	8060	186.8	Ke		K2→K1	
EN030	14.500	2.980	350.0	0.405	4	47.0 (1-2-3)		3.6	8.5	102.1	105.8	9540	220.8	Ke		K2	
EN031	14.455	2.988	350.1	0.383	2	21.4 (3)		2.4	8.2	102.1	101.3	14220	329.2	Kc		K3	
EN032	14.325	2.987	350.2	0.428	4	34.3 (1-2)		3.4	8.3	103.6	103.4	9780	228.6	Ke		K1	
EN033	14.355	2.993	350.1	0.399	3	15.7 (2)		2.1	8.3	103.6	103.9	13040	303.5	Ke		K2	
EN034	14.415	2.991	350.2	0.350	1	12.1 (2)		2.8	8.1	105.3	99.6	11920	276.5	Ke		K1→K2	
EN035	14.440	2.994	350.2	0.417	4	24.6 (3)		1.9	10.0	105.3	109.5	8780	203.1	Ke	変色	K3	
EN036	14.430	2.993	350.2	0.453	4	28.4 (1)		2.3	9.4	106.4	112.9	12340	285.7	X		K(13.9%)	
EN037	14.535	2.986	350.0	0.403	4	30.3 (3-4-5)		3.0	10.0	107.5	107.8	17620	406.0	X		K(19.3%)	
EN038	14.415	2.990	350.0	0.385	9	30.2 (3-4-5)		2.9	9.7	108.2	106.8	8240	191.2	Ke	変色,丸身	K4	
EN039	14.415	2.990	350.2	0.377	3	29.8 (1)		3.3	9.4	108.9	106.7	7500	174.0	Ke		K1	
EN040	14.525	2.994	349.9	0.479	9	64.1 (4-8-5-9)		1.4	9.3	109.1	102.8	10740	247.0	Ke	心	K1	

付表3-1 エゾマツ通しラミナ引張試験結果(その2)

試験体 番号	幅 cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	動的		静的		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
							含水率 %	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²				
EN041	14.435	2.988	350.2	0.440	3	14.5 (1)	2.8	9.1	109.4	113.5	16880	391.4	X	K(27.7%)
EN042	14.525	2.994	350.0	0.419	4	37.8 (6-5)	2.0	9.2	110.0	105.4	8960	206.0	Ke	K5→K6
EN043	14.440	2.986	350.2	0.413	3	21.6 (3-4)	3.4	9.6	110.2	111.5	9700	225.0	Ke	K3→K2
EN044	14.410	2.977	350.2	0.463	3	26.7 (3)	2.2	10.1	110.4	121.8	6680	155.7	Ke	K1→K3
EN045	14.485	2.990	350.0	0.414	3	27.2 (2-3)	4.2	9.2	110.4	109.5	10920	252.1	Ke	K3
EN046	14.400	2.994	350.2	0.394	4	27.8 (1)	2.1	9.3	110.9	111.6	20120	466.7	Kc	K1
EN047	14.455	2.993	350.2	0.473	4	29.4 (1-2)	2.6	9.8	111.1	113.8	12480	288.5	Ke	K2
EN048	14.535	2.979	350.0	0.420	3	27.2 (1)	1.6	10.0	111.9	113.3	12340	285.0	Kc	K1
EN049	14.455	2.996	350.2	0.444	4	32.3 (1-3-2-8)	1.6	9.8	112.1	107.4	8800	203.2	Ke	K3→K1, 2
EN050	14.535	2.978	349.9	0.453	4	34.4 (1-2-3)	2.9	9.2	112.6	115.5	16440	379.8	Ke	K2, 5
EN051	14.535	2.978	349.9	0.435	4	18.2 (2)	3.1	9.3	112.6	119.0	16620	384.0	Ke	K1, 2
EN052	14.420	2.994	350.2	0.497	3	32.2 (2)	2.6	9.2	113.4	114.6	6060	140.4	Ke	K2→K1
EN053	14.470	2.992	350.2	0.425	4	25.2 (2-3)	2.7	9.7	113.4	108.0	8160	188.5	Ke	K2
EN054	14.435	2.990	350.2	0.384	3	28.6 (2-3-4)	3.5	9.2	113.8	115.1	10620	246.1	Ke	K3, 4
EN055	14.530	2.998	349.8	0.440	4	45.6 (2-1)	3.0	9.1	113.9	102.3	6460	148.3	B	K1→K3
EN056	14.460	3.007	350.2	0.412	3	29.3 (1-2)	2.2	9.7	114.5	110.9	11080	254.8	Ke	K1→K2
EN057	14.450	2.994	350.2	0.442	4	25.3 (1)	2.1	9.7	114.7	116.4	11920	261.7	Ke	K2
EN058	14.455	2.992	350.2	0.450	4	15.2 (3-5)	1.3	10.2	115.3	116.0	18260	422.2	B	K1, 2
EN059	14.440	2.990	350.2	0.415	3	23.9 (2)	2.5	9.4	115.3	114.3	13580	314.5	Ke	K2
EN060	14.410	2.992	350.0	0.469	9	53.3 (1-2-3)	2.5	9.9	116.4	113.6	7260	168.4	Ke	K1→K6
EN061	14.530	2.962	350.0	0.450	4	45.5 (6-8-7)	2.8	9.4	116.7	117.4	8500	197.5	Ke	K1, 2
EN062	14.435	2.997	350.2	0.389	1	10.0 (2)	2.7	9.3	118.3	117.6	21680	501.1	B	K2, 3
EN063	14.525	2.982	350.0	0.450	4	20.4 (3-6-2-7)	2.0	9.5	118.4	110.6	8400	193.9	Ke	K2
EN064	14.480	2.992	349.9	0.499	9	27.4 (6-7-8)	1.6	10.4	118.7	112.5	12700	293.1	Ke	K1
EN065	14.320	2.994	350.2	0.395	9	5.4 (1)	1.4	9.0	118.8	111.9	14340	334.5	Ke	K5→K4
EN066	14.510	2.994	349.8	0.426	3	25.4 (6-5)	2.0	9.2	119.6	121.2	13560	312.1	Ke	K1, 2
EN067	14.535	2.990	350.0	0.437	2	19.5 (1-2-3)	2.9	9.2	119.7	117.8	12220	281.2	Ke	K4, 5
EN068	14.445	2.982	350.1	0.463	9	52.6 (3-5-4)	1.5	9.6	120.1	118.3	9740	225.4	Ke	K1, 4
EN069	14.460	2.988	350.2	0.428	4	30.1 (5)	2.6	9.7	120.6	114.7	13760	318.5	Ke	K1
EN070	14.435	2.992	350.2	0.454	4	20.8 (1)	1.4	9.7	121.0	120.0	15040	348.2	Ke	K1→K2
EN071	14.455	2.990	350.2	0.413	3	10.7 (2-3)	1.5	9.3	121.1	108.0	21900	506.7	Kc	K1
EN072	14.445	2.988	350.2	0.475	4	27.0 (4-5-6-2)	1.7	10.4	121.5	118.6	10920	253.0	Ke	K2, 3
EN073	14.515	2.989	349.6	0.458	4	39.3 (2-3)	1.3	10.0	121.7	120.1	11800	272.0	Ke	K9
EN074	14.525	3.006	350.0	0.458	4	19.2 (4-9-5)	1.3	9.8	122.0	112.7	12760	292.2	Ke	K7→K1, 2
EN075	14.515	2.991	350.0	0.454	4	45.5 (5-7-6)	1.4	9.3	122.5	115.3	10320	237.7	Ke	K2, 3
EN076	14.480	2.999	350.0	0.389	3	15.0 (2-3)	1.8	9.3	122.9	115.4	24900	573.4	Ke	K7→K1, 2
EN077	14.550	2.982	349.9	0.489	4	27.9 (5-1-2)	1.3	10.1	123.2	129.6	9740	224.5	Ke	K2, 3→K1
EN078	14.510	2.996	350.2	0.410	9	51.5 (1-5-4)	2.6	9.6	123.4	119.1	9880	227.3	Ke	K3→K2
EN079	14.500	2.962	350.0	0.465	4	26.9 (2-3-4)	2.0	9.4	123.8	123.1	15060	350.6	Ke	K5→K1, 4→K2
EN080	14.465	2.995	350.1	0.431	1	3.8 (1)	1.4	9.2	124.6	125.6	21000	484.7	Ke	K2

付表3-1 エゾマツ通しラミナ引張試験結果(その3)

試験体番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視等級	最大集中節径比 %	平均年輪幅 mm	動的ヤング係数		曲げヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重		引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
								ヤング係数 tonf/cm ²	%		kgf	kgf/cm ²			
EN081	14.420	2.974	350.2	0.461	3	29.8 (1)	2.7	9.3	124.6	126.7	13880	323.7	Kc	K1	
EN082	14.435	2.992	350.2	0.450	3	23.9 (1-2)	2.5	9.3	125.1	123.8	9800	226.9	Ke	K3→K4, 5	
EN083	14.520	2.981	350.0	0.440	3	27.9 (4-5)	2.5	9.3	125.4	126.9	11140	257.4	Ke	K5→K3	
EN084	14.485	2.982	349.9	0.460	4	47.2 (4-3)	2.3	10.6	125.8	125.1	9040	209.3	Ke	K4→K3	
EN085	14.375	2.986	350.2	0.465	3	25.7 (1-2)	1.4	9.8	125.8	132.1	14700	342.5	Ke	K1→K3	
EN086	14.380	2.994	350.2	0.445	3	30.7 (3-2)	1.8	9.7	127.0	124.3	10740	249.5	Ke	K1→K3	
EN087	14.345	2.984	350.0	0.452	4	11.0 (1-9-8)	1.9	10.1	127.2	123.6	9160	214.0	Ke	K1, 8, 9	
EN088	14.425	2.996	350.2	0.466	3	26.7 (4-7)	1.4	10.2	127.7	121.7	10640	246.2	Ke	K3→K4, 7	
EN089	14.535	2.986	349.9	0.431	3	26.5 (1-2)	1.4	9.1	127.7	118.1	13560	312.4	Ke	K1→K4	
EN090	14.410	2.989	350.2	0.466	4	46.2 (3-2-1)	2.1	9.6	127.8	124.8	8500	197.3	Ke	K1→K2	
EN091	14.545	2.972	350.0	0.431	3	12.8 (2-3-4)	2.5	9.6	127.9	127.6	10780	249.4	Ke	K1	
EN092	14.480	2.990	350.1	0.444	2	5.9 (1)	1.7	9.6	128.2	120.1	9900	228.7	β		
EN093	14.525	3.003	350.0	0.440	4	19.1 (1-6-7)	1.6	9.2	128.6	121.5	10980	251.7	Ke	K4, 5	
EN094	14.345	2.988	350.2	0.424	2	19.2 (2)	2.5	9.8	129.1	125.5	25700	599.6	Kc	K2	
EN095	14.420	2.984	350.2	0.471	3	29.1 (1-2)	1.9	10.1	129.2	131.7	13980	324.9	Ke	K6→K5	
EN096	14.425	2.989	350.2	0.415	4	15.6 (1)	2.3	9.7	129.6	131.0	11060	256.5	Ke	K1→K2, 3	
EN097	14.535	3.004	350.0	0.444	4	11.7 (1)	1.9	9.2	129.8	125.7	13700	313.8	X	K(13.8%)	
EN098	14.445	2.994	350.2	0.424	2	14.2 (1)	2.2	9.2	130.7	125.7	18500	427.8	Ke	K3→K1	
EN099	14.370	2.986	350.2	0.459	9	51.2 (7-1)	1.0	9.6	131.0	134.4	15300	356.6	Ke	K1, 7→K2	
EN100	14.455	2.998	350.2	0.454	4	42.3 (4-5)	2.7	9.0	131.3	125.1	10880	251.1	Ke	K4, 5	
EN101	14.385	2.998	350.2	0.428	2	22.1 (3-2)	0.9	9.5	128.6	126.0	18480	428.5	Ke	K3→K1	
EN102	14.545	2.998	350.0	0.415	2	17.5 (1-2)	1.4	9.6	132.7	128.8	22420	514.2	Ke	K1	
EN103	14.435	2.992	350.0	0.480	2	22.5 (1-2)	1.6	9.7	133.2	126.3	10440	241.7	Ke	K3→K1, 2	
EN104	14.345	2.996	350.2	0.468	3	21.6 (1-2)	1.5	10.0	133.4	138.0	18400	428.1	Ke	K2→K3	
EN105	14.530	2.993	350.0	0.463	3	17.9 (3)	1.5	9.6	133.6	132.3	12140	279.2	Ke	K3	
EN106	14.490	2.982	350.0	0.453	4	40.1 (1-2-3-4)	2.9	9.8	134.2	127.3	14020	324.5	Ke	K7, 8	
EN108	14.380	2.988	350.2	0.418	1	3.4 (1)	1.5	9.8	135.5	134.1	26980	627.9	Ke	K1	
EN109	14.400	2.988	349.9	0.435	4	25.4 (2-3)	2.1	9.1	135.6	136.2	15720	365.4	Ke	K4	
EN110	14.390	2.989	350.0	0.407	2	14.9 (2-3)	2.1	9.1	136.8	129.2	11500	267.4	Ke	K1	
EN111	14.420	2.992	350.2	0.457	3	27.5 (1-2)	1.3	9.3	137.4	140.7	13980	324.0	Ke	K1→K2, 3	
EN112	14.445	2.984	350.2	0.477	4	39.4 (3-5)	1.0	9.2	137.9	129.6	10680	247.8	Ke	K3→K6	
EN113	14.340	2.991	350.2	0.454	2	17.6 (1-2)	1.8	9.7	138.3	119.3	21580	503.1	Ke	K1	
EN114	14.425	2.990	350.2	0.429	2	19.8 (3-4)	1.6	9.6	139.2	138.4	12680	294.0	Ke	K1	
EN115	14.470	2.990	350.0	0.446	4	14.2 (6-2-7)	2.6	9.1	139.2	121.5	11280	260.7	Ke	K2	
EN116	14.385	2.996	350.2	0.442	4	26.2 (4-5)	2.3	9.1	136.4	133.2	8560	198.6	Ke	K4→K5	
EN117	14.420	2.992	350.2	0.433	3	12.1 (1-2)	2.5	9.6	140.6	140.7	26620	617.0	Ke	K2	
EN118	14.360	3.013	350.2	0.441	2	15.8 (1)	2.5	9.8	143.1	140.9	11240	259.8	Kc	K1	
EN119	14.455	2.974	350.2	0.454	3	30.1 (2-3-4)	1.8	9.4	143.5	128.2	17160	399.2	G		
EN120	14.530	2.978	350.0	0.447	4	40.5 (1-3-2)	2.2	9.8	146.6	131.8	13660	315.7	Ke	K1, 2	

付表3-1 エゾマツ通しラミナ引張試験結果 (その4)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	集中節 番号	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
										ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²						
EN121	14.415	2.994	350.0	0.438	9	1.2 (1)		2.3	8.4	147.4	135.5	21140	489.8	Ke	K1		
EN122	14.455	2.995	350.2	0.421	9	10.4 (1)		1.0	10.3	150.5	137.4	20560	474.9	Kc	K1		
EN123	14.425	2.973	350.2	0.484	2	15.6 (2)		1.8	10.4	151.2	146.0	19260	449.1	Kc	K2		
EN124	14.400	2.994	350.2	0.448	2	16.7 (2)		2.0	9.7	156.3	152.2	14160	328.4	Ke	K2		
EN125	14.280	2.988	350.1	0.511	4	17.7 (1-2)		1.5	9.6	157.5	157.5	14500	339.8	Ke	K1, 2		
EN126	14.340	2.988	350.0	0.501	4	29.5 (9-10)		0.8	9.1	168.4	157.2	26280	613.3	Ke	K9		
EN127	14.425	3.002	349.9	0.524	3	25.6 (1)		1.9	10.0	171.7	160.5	19920	460.0	Ke	K1		
Min	14.280	2.952	349.5	0.350		1.2		0.8	7.5	80.2	77.8	6020	139.2				
Avg	14.455	2.989	350.1	0.436		28.8		2.4	9.3	117.8	115.3	12700	294.0				
Max	14.550	3.013	350.2	0.524		84.5		5.0	10.6	171.7	160.5	26980	627.9				
Sd	0.060	0.009	0.137	0.031		14.0		0.937	0.645	17.9	16.8	4760	110.5				
Cv(%)	0.4	0.3	0.0	7.1		48.7		39.9	7.0	15.2	14.6	37.5	37.6				

注) 目視等級区分は材長全体について行った。最大集中節径比は中央1m区間のものである。

目視等級の数字のうち、9は格外を表す。

破壊形態の記号は Ke:材縁部節破壊 Kc:中央部節破壊 G:目切れ破壊 B:脆性破壊、その他 X:グリップ内破壊 を表す。

付表3-2 エゾマツ縦継ぎラミナ引張試験結果(その1)

試験体番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視等級	最大集節徑比 %	番号	平均含水率動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
								%	年輪幅 mm	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²					
EF001	13.960	2.796	300.0	0.440	2	8.9 (1)	2	9.3	144.4	139.4	19040	487.8	F		K2→F	
EF002	13.945	2.798	300.0	0.436	4	28.4 (1-4-2-3)	4	9.6	113.0	100.9	10920	279.9	Ke			
EF003	13.945	2.794	300.0	0.448	2	16.1 (1)	2	9.6	130.4	123.6	13840	355.2	F		K7	
EF004	13.955	2.796	300.0	0.451	4	19.7 (2)	4	9.2	116.8	108.7	10260	263.0	Ke 心		K4→F	
EF005	13.965	2.795	300.0	0.416	4	27.2 (2-3)	4	9.0	109.1	108.3	11120	284.9	Ke			
EF006	13.955	2.796	300.0	0.469	1	7.2 (2)	1	9.9	153.8	152.1	20900	535.6	F		K5	
EF007	13.930	2.799	300.0	0.392	4	14.5 (2-3)	4	9.2	96.7	85.1	8360	214.4	Ke 心		K2	
EF008	13.945	2.793	300.0	0.434	4	34.6 (2-1-3)	4	9.2	126.2	113.2	15400	395.4	Ke 心		K1	
EF009	13.955	2.788	300.1	0.428	4	19.3 (5-4)	4	9.2	121.7	116.1	9900	254.5	Ke 心			
EF010	13.965	2.805	300.1	0.459	4	13.2 (1)	4	9.4	141.2	142.2	17280	441.1	F		K3, 4, 5	
EF011	13.810	2.796	300.1	0.470	3	29.3 (3-4-5)	3	9.4	144.7	142.3	17480	452.7	Ke		K6	
EF012	13.960	2.796	300.1	0.410	4	28.7 (6)	4	8.8	98.8	94.2	6580	168.6	Ke		K2, F	
EF013	13.960	2.806	300.0	0.444	3	15.0 (5)	3	9.2	139.5	137.7	14920	380.9	Ke, F		K1, 2, 3	
EF014	13.665	2.796	300.0	0.447	4	9.1 (1-3)	4	9.2	127.1	121.3	10620	278.0	Ke 心		K1	
EF015	13.965	2.793	300.0	0.414	2	15.4 (1)	2	9.4	127.3	121.9	12360	316.9	Ke		K2	
EF016	13.940	2.794	300.0	0.384	4	21.7 (2)	4	8.9	100.8	105.9	11440	293.7	Ke		K3, 4	
EF017	13.940	2.804	300.0	0.468	4	15.4 (4-3)	4	1.6	122.7	117.7	13800	353.1	Ke			
EF018	13.965	2.790	300.0	0.385	2	21.1 (4)	2	8.9	87.1	85.2	8760	224.8	F		K4	
EF019	13.965	2.805	300.0	0.458	4	12.2 (4)	4	9.6	106.4	104.1	16940	432.5	Ke		K6, 7	
EF020	13.955	2.792	300.0	0.451	4	9.7 (4)	4	9.0	126.9	121.3	9300	238.7	Ke 心		F, K2	
EF021	13.955	2.796	300.0	0.444	4	26.2 (6-7)	4	9.2	127.8	118.8	16880	432.6	F		K1, 2	
EF022	13.940	2.794	300.0	0.452	3	23.0 (1)	3	9.3	139.1	141.3	17240	442.6	F		K1, 2	
EF023	13.960	2.808	300.0	0.558	1	0.0	1	9.9	189.1	170.7	23000	586.7	F		K1, 2	
EF024	13.955	2.794	300.0	0.440	4	37.3 (3-4)	4	9.2	102.1	100.2	8460	217.0	Ke 心		K1, 2	
EF025	13.950	2.791	300.0	0.456	4	29.0 (2)	4	9.4	119.5	114.0	10140	260.4	Ke		K1	
EF026	13.955	2.794	300.1	0.472	4	31.2 (1-2)	4	9.4	156.6	152.5	19260	494.0	Ke 心		K5(20.8%)	
EF027	13.945	2.796	300.0	0.436	3	20.6 (4-6)	3	8.9	126.9	122.5	13520	346.8	X		K4, 5	
EF028	13.945	2.790	300.0	0.391	4	46.2 (4-8-5)	4	9.0	78.7	81.4	3940	101.3	Ke		K5(23.0%)	
EF029	13.940	2.793	300.0	0.452	4	20.1 (3-4)	4	8.9	127.3	125.0	10860	278.9	X 心		K4, 5	
EF030	13.950	2.794	300.0	0.457	4	31.4 (4-5-8)	4	9.2	120.0	115.3	6420	164.7	Ke 心		K1, 2	
EF031	13.930	2.796	300.1	0.451	4	23.7 (5-3-4)	4	9.0	128.3	125.2	10700	274.7	Ke 心			
EF032	13.940	2.794	300.1	0.426	2	19.4 (1)	2	9.2	113.1	108.7	10920	280.4	B		K1, 2	
EF033	13.965	2.788	300.1	0.437	4	21.7 (4-7)	4	9.6	104.1	105.6	8340	214.2	Ke 心		K5, 6	
EF034	13.975	2.796	300.1	0.438	3	21.7 (4-1)	3	9.2	133.3	135.6	17180	439.7	Ke, F		K4, F	
EF035	13.955	2.795	300.0	0.446	3	24.7 (2-3)	3	9.2	135.7	129.8	16720	428.7	F			
EF036	13.980	2.799	300.1	0.437	2	14.3 (1)	2	9.4	143.5	137.4	21540	550.5	F			
EF037	13.950	2.794	300.0	0.412	4	18.3 (2-4-5)	4	9.6	110.8	110.3	15960	409.5	F 心		K8, 9	
EF038	13.965	2.796	300.0	0.430	4	31.1 (3-11-4)	4	9.2	98.7	94.8	13020	333.5	Ke 心			
EF039	13.950	2.795	300.1	0.460	2	16.8 (2)	2	9.8	152.5	150.8	19260	494.0	F			
EF040	13.965	2.793	300.1	0.426	3	10.0 (2)	3	9.4	135.4	131.2	16120	413.3	F			

付表3-2 エゾマツ縦継ぎラミナ引張試験結果(その2)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 動的		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 引張強度		破壊 備考 形態 (欠点)	(破壊要素)
								ヤング係数 tonf/cm ²	%		kgf	kgf/cm ²		
EF041	13.955	2.777	300.0	0.410	4	4.3 (3)	4.4	8.9	108.7	102.0	12300	317.4	Ke 心	K3, 4, 5
EF042	13.970	2.803	300.1	0.406	2	0.0	1.9	9.2	125.1	112.5	9720	248.2	X	B
EF043	13.955	2.795	300.0	0.421	2	18.5 (1-2)	2.5	9.3	122.5	120.5	16300	417.9	F	F→K1
EF044	13.960	2.795	300.1	0.433	4	11.8 (3)	1.8	9.1	131.8	128.8	13640	349.6	F, Ke	F, K4
EF045	13.955	2.793	300.0	0.422	4	16.2 (2-3)	3.0	9.0	93.2	91.5	8720	223.7	Ke 心	K1
EF046	13.905	2.807	300.1	0.467	4	42.6 (9-10-8)	2.2	9.5	111.1	93.2	6460	165.5	Ke 心	K3, 4
EF047	13.940	2.820	300.1	0.447	4	40.5 (2-1)	2.4	9.5	103.9	93.8	5120	130.2	Ke	K4, 5, 6
EF048	13.935	2.808	300.0	0.434	4	39.3 (1-3-2)	4.3	9.4	107.3	106.4	10700	273.5	Ke 心	K1, 2, 3
EF049	13.960	2.820	300.0	0.476	4	23.0 (1)	2.8	9.6	107.8	104.8	7500	190.5	Ke 心	K1
EF050	13.940	2.818	300.1	0.462	4	28.3 (2-3)	1.4	9.4	112.9	112.6	14040	357.4	Ke	K2
EF051	13.935	2.806	300.0	0.458	4	18.7 (3)	2.1	9.6	128.8	127.8	14460	369.8	F, Ke 心	F, K5, 7
EF052	13.965	2.801	300.0	0.432	3	10.7 (3)	2.4	9.4	137.3	134.7	16540	422.8	F	
EF053	13.930	2.806	300.1	0.445	2	2.3 (2)	1.9	9.8	149.1	145.0	19160	490.2	F	
EF054	13.970	2.791	300.0	0.462	4	39.8 (11-3-4)	1.6	9.4	108.5	109.5	9720	249.3	G	
EF055	14.050	2.792	300.0	0.416	4	38.1 (4-5-6)	3.4	9.0	115.8	114.7	17660	450.2	F	
EF056	13.950	2.794	300.0	0.449	4	40.6 (4-3-5)	1.2	9.4	104.3	100.1	5720	146.8	Ke, F	K6, F
EF057	13.950	2.802	300.0	0.430	2	14.4 (3-4)	2.3	9.0	142.5	140.0	14320	366.4	G	F, K3
EF058	13.945	2.810	300.1	0.417	2	9.1 (3)	2.0	9.4	121.4	119.6	11500	293.5	F, Ke	
EF059	13.930	2.806	300.0	0.446	4	15.1 (3-2)	2.2	9.8	135.8	133.3	20880	534.2	F 心	K3, 7
EF060	13.965	2.810	300.1	0.434	4	18.9 (3-7-4)	3.6	9.2	103.3	100.5	9800	249.7	Ke 心	K7→K10
EF061	13.965	2.812	300.0	0.421	4	40.5 (5-6-8-7)	2.5	9.0	95.3	88.8	13020	331.6	Ke 心	F→K3
EF062	13.945	2.814	300.0	0.463	4	2.0 (2)	2.6	9.2	113.0	112.0	9880	251.8	F 心	K6, 7
EF063	13.940	2.812	300.1	0.420	4	34.4 (6-7)	3.4	9.0	94.0	94.4	10400	265.3	Ke	
EF064	13.955	2.808	300.0	0.451	1	7.2 (1)	1.6	9.8	154.3	147.1	20260	517.0	F	
EF065	13.960	2.814	300.1	0.462	3	9.3 (1)	1.6	9.4	158.2	146.1	18520	471.4	F	
EF066	13.965	2.806	300.1	0.458	1	11.8 (1)	2.0	9.5	145.7	147.3	14020	357.8	B	
EF067	13.965	2.812	300.1	0.450	3	17.1 (4)	2.1	9.9	118.2	115.0	14360	365.7	F	F→K1
EF068	13.940	2.814	300.0	0.458	4	34.4 (3-5-4)	1.8	9.7	134.8	128.5	9800	249.8	Ke 心	K5→K1, F
EF069	13.945	2.810	300.0	0.410	4	14.7 (2-3)	3.2	9.2	128.9	122.7	14920	380.8	F 心	F→K2, 3
EF070	13.950	2.804	300.0	0.435	3	25.4 (1-2)	2.8	9.4	108.7	105.4	7480	191.2	B	
EF071	13.945	2.810	300.0	0.445	3	29.6 (3-4)	3.2	9.0	94.4	93.5	8960	228.7	Ke	K3
EF072	13.955	2.806	300.0	0.406	2	16.8 (2-3)	2.2	9.5	127.7	115.8	13660	348.8	Ke	K1→F
EF073	13.945	2.795	300.0	0.449	3	25.0 (5-4)	2.3	9.6	138.2	133.5	14340	367.9	F	F→K5
EF074	13.965	2.814	300.0	0.440	4	35.3 (1-2)	1.6	9.0	112.8	109.4	5760	146.6	Ke	K2→F
EF075	13.975	2.808	300.0	0.437	4	17.5 (2)	2.1	9.3	114.7	112.4	9740	248.2	Ke	K2
EF076	13.970	2.803	300.1	0.451	9	0.0	1.8	9.4	124.1	127.6	13640	348.3	G	
EF077	13.940	2.796	300.1	0.426	2	0.0	3.4	9.4	120.0	117.0	13220	339.2	F	
EF078	13.990	2.832	300.0	0.422	4	35.9 (1-2)	3.2	9.1	94.4	92.1	11240	283.7	Ke, F	K3, F
EF079	13.960	2.804	300.0	0.428	4	38.9 (4-5)	2.6	9.2	121.7	121.5	10680	272.8	Ke	K4→K2
EF080	13.960	2.800	300.0	0.455	9	31.9 (3-4)	2.6	8.6	101.7	101.5	10320	264.0	Ke	K5, 6

付表3-2 エゾマツ縦継ぎラミナ引張試験結果(その3)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中節 徑比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
									ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²						
EF081	13.950	2.786	300.0	0.451	4	30.1 (5-6)	2.0	8.9	119.6	118.9	11720	301.6	F	心		
EF082	14.025	2.802	300.1	0.548	1	0.0	1.4	9.9	181.8	163.2	16580	421.9	F		F→K6	
EF083	13.950	2.812	300.0	0.456	4	39.5 (1-2-3)	2.4	9.6	132.8	129.9	12620	321.7	F		F→K3	
EF084	13.955	2.824	300.1	0.448	2	14.7 (3)	2.6	9.4	144.1	144.9	13440	341.0	F		K2→F	
EF085	13.960	2.817	300.0	0.409	2	17.8 (2)	2.0	9.5	115.1	109.9	10940	278.2	Ke		K3→F	
EF086	13.975	2.799	300.0	0.448	4	18.6 (5-6)	2.4	9.4	127.6	124.1	6720	171.8	Ke	心		
EF087	13.975	2.836	300.1	0.405	3	27.5 (2-3)	2.6	10.0	94.2	90.1	8180	206.4	F		F→K1	
EF088	13.970	2.804	300.1	0.452	3	19.0 (2-3)	1.6	9.6	105.0	105.1	7220	184.3	Ke		K2→K1	
EF089	13.955	2.818	300.1	0.459	4	12.8 (1)	2.5	9.4	146.1	150.2	20660	525.4	F			
EF090	13.945	2.812	300.1	0.410	4	23.3 (7-4)	4.2	9.0	98.8	101.0	5920	151.0	G	割れ		
EF091	13.955	2.796	300.0	0.456	4	22.9 (4)	2.6	9.2	99.3	92.1	6920	177.4	F		G→K2	
EF092	13.970	2.795	300.1	0.429	9	37.1 (4-5)	2.6	9.3	86.4	88.4	5240	134.2	G		F→K6	
EF093	13.980	2.804	300.0	0.420	4	23.4 (3-4)	1.6	9.4	105.1	105.1	8420	214.8	Ke		K4	
EF094	13.975	2.799	300.0	0.428	2	14.0 (1)	1.7	10.0	137.5	130.5	14700	375.8	F			
EF095	13.965	2.795	300.1	0.425	2	12.5 (2)	2.2	9.6	133.7	133.1	19560	501.1	Ke		K3→F	
EF096	13.920	2.800	300.0	0.437	9	51.8 (7-8)	2.0	9.2	125.6	117.2	11820	303.3	Ke	心	K4→K7,8	
EF097	13.970	2.790	300.0	0.383	2	20.0 (4)	3.0	9.0	75.9	81.2	3920	100.6	Ke		K4→K2	
EF098	13.950	2.798	300.0	0.472	9	35.5 (1-3-2)	3.4	9.7	91.2	88.3	5740	147.1	Ke	心	K3→K1	
EF099	13.960	2.806	300.0	0.418	4	10.0 (4)	3.0	9.6	128.6	125.1	12860	328.3	Ke	心	K4	
EF100	13.975	2.792	300.0	0.429	4	22.5 (3-4)	3.2	9.2	109.8	106.6	7520	192.7	Ke		K3	
EF101	13.965	2.800	300.0	0.447	2	13.2 (2)	1.6	9.6	136.0	136.4	15120	386.7	F		F抜け	
EF102	13.975	2.801	300.0	0.434	3	15.7 (2)	1.4	9.3	123.4	123.7	9800	250.4	Ke		K1	
EF103	14.000	2.798	300.1	0.448	4	24.2 (5-2)	3.2	9.6	120.3	117.0	9600	245.1	Ke	心	K1	
EF104	13.985	2.804	300.1	0.408	3	12.2 (2)	3.3	9.4	94.8	93.8	10360	264.2	F			
EF105	14.000	2.809	300.1	0.475	9	67.5 (3-4-6-5)	3.0	9.8	83.1	82.9	4400	111.9	Ke	心	K5,6	
EF106	13.975	2.802	300.0	0.426	2	11.4 (1)	2.0	9.4	131.0	126.4	20260	517.4	F			
EF107	13.980	2.798	300.1	0.440	2	23.7 (2-3-4)	2.3	9.8	119.6	116.4	9060	231.6	Ke		K5→F	
EF108	13.955	2.790	300.1	0.399	9	14.4 (2-3)	2.8	9.0	102.3	99.6	10800	277.4	F	心		
EF109	13.995	2.806	300.1	0.438	3	14.6 (3)	2.4	9.2	115.0	112.7	13760	350.4	F			
EF110	14.000	2.806	300.0	0.481	4	25.7 (7-6-8)	1.8	9.6	146.3	141.4	16060	408.8	F	心	F→K9	
EF111	13.985	2.803	300.1	0.472	4	32.9 (1-2)	2.0	9.5	128.4	128.9	16160	412.2	F	心		
EF112	13.955	2.800	300.1	0.418	2	19.0 (1)	2.2	9.5	121.7	120.0	14000	358.3	F			
EF113	13.975	2.803	300.0	0.462	4	18.2 (4-5-6)	2.6	9.3	121.2	119.3	10100	257.8	F	心		
EF114	14.020	2.804	300.1	0.415	4	18.8 (5-6)	2.4	9.0	103.8	97.4	6280	159.7	F,Ke		F, K4	
EF115	13.970	2.804	300.0	0.392	3	25.2 (2-4-5-3)	5.2	8.5	88.7	95.3	8480	216.5	Ke		K1	
EF116	13.960	2.800	300.0	0.457	3	17.2 (4)	3.0	9.5	133.0	132.7	13480	344.9	Ke		K3,4	
EF117	13.975	2.786	300.1	0.409	4	20.3 (7)	2.0	9.3	102.2	102.2	6280	161.3	Ke	心	K7→F	
EF118	13.990	2.786	300.0	0.444	2	19.7 (2)	2.6	9.3	113.8	112.7	7720	198.1	Ke		K2	
EF119	13.970	2.803	300.0	0.418	2	0.0	2.2	9.0	142.9	136.2	19880	507.7	F			
EF120	13.950	2.804	300.0	0.396	9	29.0 (2)	2.6	9.0	96.6	93.1	7400	189.2	Ke		K3→F	

付表 3-2 エゾマツ縦継ぎラミナ引張試験結果 (その4)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集 節径比 %	集中節 番号	平均 含水率 動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)
								年輪幅 mm	%	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²				
EF121	13.925	2.804	300.0	0.440	9	56.8 (10-2)		3.2	8.6	110.0	109.7	5380	137.8	Ke	心
EF122	13.945	2.806	300.1	0.450	3	14.5 (1)		3.4	9.2	119.4	125.4	11580	295.9	Ke	
EF123	13.980	2.793	300.0	0.437	1	0.0		2.0	9.2	151.0	146.5	13220	338.6	F	
Min	13.665	2.777	300.0	0.383		0.0		1.2	8.5	75.9	81.2	3920	100.6		
Avg	13.956	2.801	300.0	0.439		21.5		2.5	9.3	120.4	117.1	12171	311.3		
Max	14.050	2.836	300.1	0.558		67.5		5.2	10.0	189.1	170.7	23000	586.7		
Sd	0.036	0.009	0.048	0.026		12.2		0.757	0.297	20.0	18.9	4431	113.3		
Cv(%)	0.3	0.3	0.0	6.0		56.7		30.5	3.2	16.6	16.1	36.4	36.4		

付表3-3 トドマツ通しラミナ引張試験結果(その1)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比	番号	平均 年輪幅 mm	含水率動的		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要案)
									%	%							
TN001	14.470	3.015	350.4	0.375	9	50.6 (4-3)		4.0	10.4	74.6	74.2	6340	145.3	Ke	心,ねじれ	K3→K10	
TN002	14.470	2.992	350.2	0.373	4	23.8 (10-2-12-3-11)		3.1	10.4	80.1	88.5	11600	267.9	Ke	心,ねじれ	K7→K6	
TN003	14.415	2.998	350.2	0.378	4	12.7 (4-5)		4.7	9.7	82.5	83.6	11560	267.5	Ke	心	K3	
TN004	14.440	3.009	350.2	0.436	4	33.4 (3)		1.8	11.3	86.7	88.7	6780	156.0	Ke		K3	
TN005	14.470	3.004	350.1	0.346	2	21.2 (2-3)		4.0	10.2	87.4	84.3	9160	210.7	Ke		K2,3	
TN006	14.485	3.010	350.2	0.344	3	26.4 (4-3)		4.8	10.4	88.1	88.2	10780	247.2	Ke		K3,4	
TN007	14.475	3.011	350.2	0.400	4	48.2 (2-3-4-5)		3.5	9.8	88.6	85.9	8720	200.1	Ke		K4→K6	
TN008	14.465	2.997	350.2	0.412	3	29.4 (3-2)		5.1	9.8	89.9	85.8	6740	155.5	Ke		K2,3	
TN009	14.465	2.987	350.2	0.396	4	35.6 (2)		2.1	11.8	90.2	92.6	12520	289.8	Ke		K3→K2	
TN010	14.465	2.991	350.3	0.332	2	17.6 (1)		3.4	10.2	91.2	91.2	12440	287.5	Ke		K1	
TN011	14.465	3.010	350.2	0.352	3	24.5 (1)		3.8	10.4	91.3	88.4	8700	199.8	Ke		K1	
TN012	14.480	3.007	350.3	0.391	4	24.0 (9-1-10-2)		5.8	9.6	93.3	85.5	8060	185.1	Ke	心,ねじれ	K1	
TN013	14.470	2.999	350.3	0.393	4	30.1 (2-3-4)		6.0	9.3	93.8	86.0	11160	257.2	Ke	心,ねじれ	K6→K3,5	
TN014	14.455	3.002	350.1	0.431	4	44.8 (1-2)		2.1	10.6	94.0	95.1	6380	147.0	Ke		K1,2	
TN015	14.320	2.988	350.2	0.401	9	21.5 (2)		5.0	9.6	94.3	92.0	10500	245.4	Ke		K2→K1	
TN016	14.440	2.993	350.3	0.371	2	23.5 (1)		2.3	11.7	95.0	91.3	12340	285.5	Ke		K3→K1	
TN017	14.460	2.989	350.3	0.379	4	47.0 (11-3-5)		3.1	10.2	95.7	90.2	7040	162.9	Ke	心,ねじれ	K4→K11	
TN018	14.455	3.006	350.3	0.410	4	22.1 (2)		2.7	9.5	96.4	99.8	11420	262.8	X		K1(22.8%)	
TN019	14.460	2.992	350.2	0.395	4	35.1 (3-4)		4.9	9.2	96.9	90.9	7320	169.2	Ke	心	K3,4	
TN020	14.465	2.953	350.2	0.434	4	37.0 (3-1)		4.5	10.1	97.6	93.4	8060	188.7	Ke	心,ねじれ	K1	
TN021	14.460	2.995	350.3	0.371	4	29.7 (6-7-3)		2.8	10.4	97.6	89.6	9400	217.1	Ke	心	K6,7	
TN022	14.455	3.010	350.1	0.374	4	45.0 (5-3-10)		2.4	10.0	98.3	88.4	7440	171.0	Ke	心	K1→K5	
TN023	14.500	2.994	350.3	0.375	9	52.8 (2-3-4)		3.3	10.0	98.6	96.8	9280	213.8	Ke		K2→K5,6	
TN024	14.470	3.000	350.2	0.344	4	35.5 (3-2)		3.0	9.4	99.5	112.6	13160	303.2	Ke		K3→K6,7	
TN025	14.455	2.996	350.2	0.431	4	43.3 (4-5)		5.2	9.3	99.8	106.7	7800	180.1	Ke		K3,4→K5	
TN026	14.485	3.010	350.2	0.404	4	26.6 (3)		2.9	9.9	100.6	100.2	8960	205.5	Ke		K3→K2	
TN027	14.490	3.000	350.2	0.429	4	23.8 (1)		5.0	10.1	100.7	93.8	11420	262.7	Ke		K1→K2	
TN028	14.470	3.008	350.1	0.391	4	43.8 (13-5-11)		3.0	10.5	101.3	95.5	11120	255.5	Ke	心	K3,4	
TN029	14.435	2.971	350.2	0.393	4	36.0 (2-1-3)		5.5	9.6	101.9	98.9	14800	345.1	Ke	心	K1→K6	
TN030	14.345	3.012	350.2	0.390	4	33.8 (1)		2.4	10.0	102.7	98.8	7380	170.8	Ke		K1→K3	
TN031	14.440	2.981	350.2	0.419	3	25.3 (2)		3.3	10.6	102.7	102.4	10540	244.9	Ke		K3→K2	
TN032	14.450	2.986	350.2	0.371	4	28.2 (5-6)		4.0	9.8	103.1	94.0	10720	248.4	Ke	心	K2	
TN033	14.465	3.002	350.2	0.421	9	54.0 (2-3-4)		6.0	9.2	103.1	97.4	6140	141.4	Ke		K3,4	
TN034	14.455	2.988	350.3	0.453	4	29.3 (1)		3.7	10.6	103.4	103.0	9000	208.4	Ke	あて	K3	
TN035	14.455	3.008	350.0	0.423	4	36.4 (4-5)		3.1	10.0	103.5	102.4	15700	361.1	Ke		K4,5	
TN036	14.445	3.006	350.2	0.456	9	56.1 (2-3-5-4)		2.9	10.6	103.9	100.0	10280	236.7	Ke		K9→K3,4	
TN037	14.440	2.962	350.2	0.443	4	23.3 (2)		3.8	10.1	104.1	107.6	9460	221.2	Ke	あて	K2→K1	
TN038	14.540	3.013	350.3	0.343	2	12.7 (2-3)		2.2	10.1	104.4	100.3	11740	268.0	X		K1(9.6%)	
TN039	14.430	2.989	350.2	0.392	3	6.2 (1)		1.3	13.0	104.6	111.2	16700	387.2	X		K(?)	
TN040	14.420	2.990	350.2	0.400	3	24.7 (5-6)		3.1	10.7	105.1	105.0	9400	218.0	Ke		K3→K4	

付表3-3 トドマツ通しラミナ引張試験結果(その2)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中節 節径比	番号	平均 年輪幅 mm	動的		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
									含水率 %	ヤング係数 tonf/cm ²						
TN041	14.500	3.004	350.2	0.417	4	24.1 (2)	4.6	9.6	105.3	101.4	8580	197.0	Ke		K2	
TN042	14.455	2.987	350.3	0.436	4	47.9 (5-6-12)	1.8	10.2	105.6	109.3	12260	283.9	Ke	心	K5,6	
TN043	14.450	3.000	350.3	0.396	3	22.5 (3-4)	4.0	10.0	105.6	104.5	16060	370.5	Ke		K1→K3	
TN044	14.445	2.992	350.2	0.420	3	23.2 (3)	5.2	9.7	106.0	105.6	14380	332.7	Ke		K2→K3	
TN045	14.450	2.994	350.3	0.387	2	24.0 (3-4)	1.5	10.3	106.2	100.9	9660	223.3	Ke		K1,2	
TN046	14.465	3.002	350.2	0.412	3	18.0 (5)	2.7	9.5	106.9	103.1	14140	325.6	X		K1,2(32.8%)	
TN047	14.455	2.991	350.2	0.385	4	29.9 (2-3)	2.9	9.6	107.1	106.1	10460	241.9	Ke		K3→K1	
TN048	14.440	2.991	350.2	0.421	3	24.9 (5-6)	3.4	10.0	107.8	105.9	11360	263.0	Ke		K4	
TN049	14.435	2.990	350.2	0.390	2	0.0	4.4	10.3	108.2	123.8	11220	260.0	X		K1,2(21.1%)	
TN050	14.440	2.989	350.2	0.366	2	2.6 (1)	2.5	9.5	108.6	110.4	14700	340.6	B			
TN051	14.435	2.991	350.3	0.371	3	28.0 (2-1)	2.5	10.9	108.8	107.5	16720	387.3	Ke		K2→K3	
TN052	14.485	3.010	350.2	0.397	4	40.5 (2-3-4)	3.0	10.2	108.9	104.8	9980	228.9	Ke		K2,3	
TN053	14.445	2.991	350.3	0.387	4	44.9 (5-4)	2.7	11.9	109.0	104.4	9920	229.6	Ke		K5	
TN054	14.460	3.000	350.3	0.434	3	20.4 (6-4)	3.3	9.5	109.7	107.7	10420	240.2	Ke		K4→K3,6	
TN055	14.315	3.001	350.1	0.417	3	16.1 (2)	3.6	9.6	109.7	107.0	16140	375.7	Ke		K2	
TN056	14.485	3.011	350.3	0.405	4	17.0 (2)	5.4	10.0	111.0	105.1	8360	191.7	Ke	心	K2→K1	
TN057	14.440	2.987	350.2	0.440	4	42.7 (1-2)	3.9	9.8	111.1	111.0	8340	193.4	Ke		K6→K1	
TN058	14.375	2.999	350.1	0.431	4	35.3 (1-2-3)	3.3	12.1	111.8	108.8	9900	229.6	X		K6(40.3%)	
TN059	14.405	2.995	350.2	0.450	4	36.5 (2-1)	2.7	10.1	111.9	108.7	10980	254.5	Ke		K1,2	
TN060	14.550	3.027	350.2	0.409	4	43.1 (3-2)	4.5	9.7	112.0	109.3	10220	232.0	Ke		K1,4	
TN061	14.485	3.026	350.2	0.398	3	32.4 (3-2)	4.8	9.5	112.0	106.4	8460	193.0	Ke		K2,3	
TN062	14.450	3.008	350.1	0.433	4	40.4 (6-4-7-5)	3.7	10.2	112.3	108.6	8380	192.8	Ke		K4,5,6,7	
TN063	14.480	3.012	350.2	0.378	4	35.3 (3-2)	1.9	9.9	112.3	106.5	13020	298.5	Ke		K2,3→K4	
TN064	14.410	3.006	350.2	0.461	4	35.7 (5-4)	2.9	11.0	113.0	112.5	8740	201.8	X		K1(48.7%)	
TN065	14.325	2.991	350.3	0.407	4	34.3 (3-4)	4.6	9.8	113.1	111.5	7820	182.5	Ke		K4→K1	
TN066	14.450	3.008	350.2	0.431	4	39.3 (4-6-5)	3.8	10.0	113.4	111.8	10420	239.7	Ke		K6→K1,2	
TN067	14.470	3.001	350.1	0.404	3	29.0 (5-4)	3.3	10.7	113.8	105.7	7840	180.5	Ke		K5	
TN068	14.425	3.000	350.1	0.445	4	19.8 (2)	2.7	10.3	113.9	114.8	12780	295.3	X		K1→K3→K4(26.1%)	
TN069	14.465	3.008	350.2	0.405	3	24.9 (1)	2.9	10.3	113.9	110.1	16160	371.4	Ke		K1	
TN070	14.345	3.016	350.2	0.452	3	22.0 (3)	2.3	9.8	114.0	108.7	8360	193.2	Ke		K1,2→K3	
TN071	14.460	2.991	350.2	0.452	4	24.9 (1)	3.1	10.3	114.1	110.2	11900	275.1	Ke	あて	K1,2,3	
TN072	14.470	3.007	350.1	0.417	4	44.2 (3-2-4-5)	4.2	10.5	114.4	108.4	10020	230.3	Ke		B, K2→K3	
TN073	14.425	3.010	350.2	0.406	2	8.7 (2)	2.8	10.5	114.4	108.9	20080	462.5	B		K1,2,3	
TN074	14.435	2.989	350.2	0.458	3	32.2 (1-4)	2.7	11.2	115.6	112.8	7960	184.5	Ke		K1→K2,3	
TN075	14.440	2.971	350.2	0.447	9	53.0 (2-3-4)	2.2	10.2	115.9	114.3	8860	206.5	Ke		K1,3	
TN076	14.335	2.997	350.3	0.414	4	34.2 (1-2)	3.7	9.6	116.6	116.0	10700	249.1	Ke		K4→K1,2	
TN077	14.470	2.989	350.3	0.399	4	11.4 (3)	3.0	11.1	116.9	114.5	13820	319.5	Ke		K1	
TN078	14.440	3.008	350.2	0.416	4	34.0 (4-5)	2.5	11.1	117.0	110.3	11600	267.1	Ke	心	K4,5→K2	
TN079	14.410	2.996	350.3	0.389	2	11.1 (1)	1.4	12.8	117.1	110.4	16260	376.6	Ke		K1	
TN080	14.475	3.000	350.3	0.422	4	40.1 (1-2)	3.3	10.1	117.4	116.9	10700	246.4	Ke	割れ	K2	

付表3-3 トドマツ通シラミナ引張試験結果 (その3)

試験体 番号	幅 cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重		引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
								ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²			kgf	kgf/cm ²				
TN081	14.415	2.991	350.2	0.396	2	15.9 (1-2)	3.4	9.8	117.5	114.4	14860	344.7	Ke			K2	
TN082	14.440	2.995	350.3	0.430	9	22.2 (1)	1.8	11.2	117.9	123.6	15060	348.2	Kc			K1	
TN083	14.445	3.014	350.2	0.408	2	19.0 (2)	3.4	9.7	117.9	120.6	12920	296.8	Ke			K2	
TN084	14.470	3.016	350.2	0.384	4	22.1 (1-2)	3.0	11.0	118.5	113.5	13020	298.3	Ke	心		K3	
TN085	14.460	2.987	350.3	0.394	2	15.6 (3)	3.7	9.7	118.6	116.2	14440	334.3	Ke			K2→K1	
TN086	14.435	2.991	350.3	0.400	2	17.0 (3)	3.2	10.0	118.8	119.7	20020	463.7	Ke			K3→K4	
TN087	14.395	2.996	350.3	0.429	4	39.9 (1-2)	3.1	9.8	119.3	116.1	12320	285.7	Ke			K1,2	
TN088	14.455	2.988	350.2	0.404	2	12.1 (2)	2.6	10.5	119.9	119.1	18960	439.0	Kc			K2→K4	
TN089	14.465	2.994	350.3	0.399	1	0.0	1.6	10.0	120.1	116.9	21800	503.4	B				
TN090	14.460	2.970	350.2	0.400	4	18.9 (4-1-3)	4.7	10.3	120.3	94.5	9360	217.9	Ke	心, ねじれ, 割れ		K2,5,6	
TN091	14.465	3.030	350.2	0.372	2	9.1 (4)	2.0	10.2	120.7	109.8	17980	410.2	Ke			K4	
TN092	14.465	2.995	350.2	0.432	4	42.5 (2-3-4)	2.2	12.0	121.5	113.0	13680	315.8	Ke			K3,4→K1	
TN093	14.420	2.993	350.3	0.432	3	26.5 (2-3)	3.1	10.0	121.6	117.6	12940	299.8	Ke			K3	
TN094	14.495	3.009	350.2	0.422	2	20.0 (3)	2.7	9.8	122.1	115.1	12320	282.5	Ke			K2	
TN095	14.445	3.011	350.2	0.453	3	30.8 (3-4)	3.1	11.4	122.6	119.1	16340	375.7	Ke			K3→K2	
TN096	14.350	2.987	350.2	0.415	2	12.5 (1)	2.6	11.8	123.2	124.5	20740	483.9	Kc			K1	
TN097	14.430	3.008	350.1	0.444	4	23.2 (4-3)	3.3	10.7	123.2	119.4	19640	452.5	Ke			K3,4	
TN098	14.395	2.989	350.2	0.442	4	36.5 (2-3)	1.8	11.8	124.4	118.0	10320	239.9	Ke			K2,3→K1	
TN099	14.485	3.012	350.2	0.399	2	16.2 (3-4)	2.8	10.5	124.7	118.4	19380	444.2	Ke			K2→K1	
TN100	14.515	3.009	350.2	0.419	2	20.7 (1-2)	2.4	11.1	125.9	120.6	17300	396.1	Ke			K1,2	
TN101	14.425	2.999	350.3	0.443	2	22.2 (2)	1.4	11.7	126.6	129.5	12520	289.4	Ke			K1	
TN102	14.440	3.010	350.2	0.418	3	17.8 (1)	3.6	9.6	127.3	123.3	11260	259.1	Ke			K1	
TN103	14.485	3.014	350.3	0.429	2	24.5 (1)	1.6	10.5	127.4	125.8	12060	276.2	Ke			K1	
TN104	14.430	3.008	350.2	0.411	2	14.6 (1)	3.1	10.3	128.4	128.0	17260	397.6	B			K2	
TN105	14.440	2.983	350.2	0.452	4	19.0 (3)	1.9	10.1	129.0	124.7	13120	304.6	Ke	あて		K1,2	
TN106	14.485	3.000	350.2	0.425	2	24.9 (1-2)	3.3	10.4	131.0	128.8	16380	376.9	Ke	割れ		K2	
TN107	14.445	2.994	350.0	0.442	2	11.4 (2)	2.0	10.5	131.2	130.2	13040	301.5	Ke			K2	
TN108	14.390	3.001	350.1	0.462	3	23.3 (3)	3.3	10.4	131.6	129.5	12100	280.2	Kc			K3	
TN109	14.490	2.998	350.3	0.424	3	24.2 (4)	5.2	9.8	132.5	128.5	11940	274.9	Ke			K4	
TN110	14.450	3.011	350.1	0.410	2	17.0 (1)	3.3	11.9	133.0	127.7	21800	501.0	Ke			K1	
TN111	14.385	2.990	350.2	0.490	4	15.3 (3)	3.3	10.2	134.2	125.8	15740	366.0	Ke			K2	
TN112	14.315	2.997	350.3	0.421	2	13.2 (1)	2.7	10.1	135.1	135.0	15000	349.6	Ke			K1	
TN113	14.255	2.989	350.3	0.397	2	13.7 (2)	2.7	10.2	135.2	125.5	12240	287.3	Ke			K1	
TN114	14.440	3.012	350.2	0.437	3	18.0 (2)	2.4	9.8	138.3	129.8	15600	358.7	Ke			K2	
TN115	14.400	3.002	350.3	0.411	2	21.9 (1-2)	2.3	10.1	138.3	133.5	13220	305.8	Ke			K1,2	
TN116	14.280	2.994	350.1	0.476	3	10.5 (4)	1.6	13.4	139.3	129.3	12640	295.6	Ke			K4	
TN117	14.455	3.009	350.2	0.418	1	0.0	3.6	11.1	140.8	132.6	30560	702.6	B				
TN118	14.445	3.004	350.2	0.457	2	17.0 (1-2)	1.8	11.9	144.6	141.9	20360	469.2	Ke			K2	
TN119	14.310	2.991	350.3	0.451	3	20.3 (1)	2.1	10.2	144.7	149.7	20180	471.5	Ke			K1	
TN120	14.345	3.013	350.2	0.485	1	0.0	1.1	10.1	159.4	158.9	30000	694.1	X			K(?)	

付表 3-3 トドマツ通シラミナ引張試験結果 (その4)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集 中節 径比 %	目視 等級 番号	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ		引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
											ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 kgf/cm ²			
Min	14.255	2.953	350.0	0.332		0.0		1.1	9.2	74.6	74.2	6140	141.4		
Avg	14.440	2.999	350.2	0.412		26.4		3.2	10.4	112.0	109.3	12468	287.9		
Max	14.550	3.030	350.4	0.490		56.1		6.0	13.4	159.4	158.9	30560	702.6		
Sd	0.049	0.012	0.070	0.030		12.4		1.085	0.790	14.9	14.6	4352	100.5		
Cv(%)	0.3	0.4	0.0	7.4		47.0		33.9	7.6	13.3	13.4	34.9	34.9		

注) 目視等級区分は材長全体について行った。最大集中節径比は中央1m区間のものである。

目視等級の数字のうち、9は格外を表す。

破壊形態の記号は Ke:材縁部節破壊 Kc:中央部節破壊 G:目切れ破壊 B:脆性破壊、その他 X:グリップ内破壊 を表す。

付表3-4 トドマツ縦継ぎラミナ引張試験結果(その1)

試験体番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視等級	最大集中節 節径比	番号	平均年輪幅 mm	含水率 %	動的ヤング係数 tonf/cm ²	曲げヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
TF001	13.985	2.799	337.8	0.433	4	34.6 (3-2)	3.0	10.8	111.9	112.0	10620	271.3	Ke		K2,3	
TF002	13.990	2.801	342.0	0.428	4	39.0 (2-1)	2.9	11.0	116.5	113.2	6180	157.7	F		F抜け	
TF003	13.980	2.793	336.8	0.453	4	30.8 (4-5)	2.5	11.3	113.4	113.1	8380	214.6	F,Ke		F,K6,7	
TF004	13.985	2.794	346.9	0.436	4	35.8 (2-4-3)	2.4	10.8	114.2	114.4	7760	198.6	F,Ke		F,K3	
TF005	13.985	2.794	337.6	0.333	9	14.3 (4-3)	3.8	10.7	80.3	78.2	7120	182.2	F	心	F	
TF006	13.980	2.793	346.8	0.339	4	25.0 (1-2)	3.6	10.2	80.4	79.6	9880	253.0	Ke	心	K3	
TF007	13.980	2.793	338.9	0.423	4	22.2 (1)	5.4	10.0	104.3	100.6	13380	342.7	F	あて	F	
TF008	13.985	2.795	346.5	0.426	4	22.9 (2)	4.2	10.2	103.7	99.9	9660	247.1	Ke	あて	K1,2	
TF009	13.980	2.793	344.2	0.403	2	2.9 (3)	2.5	10.4	117.0	112.9	19060	488.1	F		F	
TF010	13.980	2.793	342.5	0.377	2	15.7 (3-4)	2.3	10.8	107.1	105.2	13200	338.1	F		F	
TF011	13.985	2.797	346.8	0.442	2	0.0	1.6	11.8	140.5	137.3	19260	492.4	F		F抜け	
TF012	13.985	2.796	347.1	0.455	3	20.7 (3)	1.8	11.4	139.7	136.9	17200	439.9	F,Ke		F抜け,K2	
TF013	13.965	2.792	347.1	0.470	4	0.0 ()	2.2	12.5	142.4	140.3	21520	551.9	F	あて	F抜け	
TF014	13.980	2.793	346.9	0.465	4	19.1 (2)	2.0	12.8	139.0	133.3	11180	286.3	F	あて,割れ	F抜け	
TF015	13.985	2.793	346.8	0.390	4	22.9 (1)	3.4	10.4	103.5	98.7	11040	282.6	F	あて	F	
TF016	13.975	2.795	347.0	0.381	4	12.9 (4-2)	3.3	10.6	109.6	107.4	18660	477.7	F	あて	F	
TF017	13.985	2.795	345.6	0.424	4	24.2 (1-2-3)	3.6	9.8	111.5	105.3	14860	380.2	Ke		K1,2,3	
TF018	13.980	2.793	340.4	0.444	3	10.0 (1)	3.8	9.9	123.0	123.3	15540	398.0	F		F抜け	
TF019	13.980	2.793	347.4	0.415	4	20.0 (4)	3.4	9.8	107.6	101.4	11000	281.7	G		G	
TF020	13.990	2.793	333.7	0.423	3	21.8 (2)	3.5	9.8	115.5	115.8	12140	310.7	F,Ke		F,K1	
TF021	13.990	2.795	347.1	0.433	4	24.7 (2-3)	3.6	10.0	129.6	125.6	10660	272.6	F		F抜け	
TF022	13.985	2.795	346.9	0.448	4	20.0 (4)	3.2	9.6	125.5	124.5	12700	324.9	F,Ke		F抜け,K4	
TF023	13.990	2.791	346.9	0.413	4	15.0 (2)	4.0	9.8	118.8	114.4	10340	264.8	F	あて	F	
TF024	13.985	2.797	346.6	0.417	4	0.0	5.4	9.8	110.4	104.8	11940	305.2	F	あて	F	
TF025	13.985	2.794	346.7	0.380	9	25.4 (3-6)	2.9	10.1	93.9	90.8	9420	241.1	Ke	心	K1,2	
TF026	13.985	2.795	347.2	0.370	4	37.6 (5-3)	2.8	10.3	86.7	86.6	7380	188.8	F,Ke	心	F,K1	
TF027	13.975	2.792	346.9	0.405	3	0.0	2.8	10.1	113.3	115.9	14380	368.5	G		G	
TF028	13.985	2.795	347.0	0.418	3	32.9 (1)	2.5	10.2	111.0	111.5	10120	258.9	F,Ke		F抜け,K1	
TF029	13.985	2.797	347.0	0.396	3	0.0	1.8	10.2	112.4	108.4	9340	238.8	F		F抜け	
TF030	13.985	2.795	346.8	0.393	3	0.0	2.4	10.7	107.1	109.8	13480	344.9	F		F抜け	
TF031	13.985	2.795	344.9	0.397	9	53.8 (2-3-5-4)	4.4	9.8	97.1	92.0	9760	249.7	Ke	心	K5	
TF032	13.985	2.796	324.9	0.413	4	31.1 (4-3)	4.4	10.0	82.3	81.1	8620	220.4	Ke	心	K4	
TF033	13.980	2.793	340.6	0.397	3	25.9 (2-3)	4.6	10.6	107.2	104.3	13700	350.9	F		F	
TF034	13.985	2.794	341.4	0.414	4	23.9 (4)	4.7	10.6	97.9	101.3	9980	255.4	Ke	あて	K4	
TF035	13.980	2.799	339.0	0.431	3	20.7 (1)	3.2	9.8	72.7	119.2	11560	295.4	F,Ke		F,K1	
TF036	13.855	2.798	342.6	0.437	4	15.0 (1)	3.2	9.6	122.6	119.3	16320	421.0	F		F	
TF037	13.985	2.793	343.7	0.348	4	20.0 (2)	4.6	10.2	85.7	89.1	11340	290.3	Ke	あて	K2	
TF038	13.990	2.793	329.8	0.357	4	30.0 (2)	4.6	9.8	83.4	86.7	8440	216.0	F	あて	F	
TF039	13.980	2.793	338.1	0.433	4	33.6 (1-2)	2.7	9.8	127.5	123.1	7120	182.3	F,Ke		F,K2	
TF040	13.990	2.795	342.0	0.440	3	10.4 (1)	2.8	9.6	126.1	119.4	15260	390.3	F		F	

付表3-4 トドマツ縦継ぎラミナ引張試験結果 (その2)

試験体番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視等級	最大集中節径比 %	平均年輪幅 mm	含水率 %	動的ヤング係数		曲げヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
									ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²					
TF041	13.980	2.794	342.8	0.380	4	34.0 (4-5)	4.4	9.4	95.8	89.3	10360	265.0	Ke	あて	K4,5
TF042	13.980	2.793	343.8	0.405	4	41.5 (3-2-4)	4.7	9.8	100.0	76.9	7480	191.6	Kc	あて	K1
TF043	13.980	2.792	340.8	0.414	4	22.4 (2-4-3)	2.6	9.8	110.3	109.8	13500	345.9	F		F抜け
TF044	13.980	2.793	343.1	0.412	9	50.4 (2-3)	2.8	9.7	107.0	103.8	10300	263.8	F,Ke		F,K2,3
TF045	13.980	2.795	346.9	0.384	4	29.3 (2-1)	3.6	9.8	78.4	88.8	4620	118.2	F,Ke	心	K1,F
TF046	13.980	2.793	347.0	0.376	4	24.4 (1-2)	3.6	9.6	90.7	89.9	6920	177.2	Ke	心	K4→K1
TF047	13.980	2.795	330.5	0.402	4	0.0	3.3	11.5	98.1	94.5	13760	352.2	X	あて	X1(23.2%)
TF048	13.980	2.797	336.2	0.393	4	28.2 (1-2-3-4)	3.3	10.5	92.6	87.5	11720	299.5	F	あて	F
TF049	13.985	2.795	335.8	0.431	4	21.5 (3)	2.8	10.4	123.9	120.0	9180	234.9	F		F抜け
TF050	13.980	2.793	340.0	0.444	4	20.7 (3)	2.8	10.5	125.7	122.9	14260	365.2	Ke		K2→K1
TF051	13.980	2.797	346.9	0.442	4	39.1 (2-3)	1.8	10.8	117.2	115.6	5520	141.1	Ke	あて	K2,3
TF052	13.985	2.796	347.0	0.437	4	34.7 (1-2)	2.5	10.6	122.5	124.4	12320	315.1	Ke		K1,2
TF053	13.980	2.796	337.4	0.431	4	4.6 (1)	3.8	10.5	117.2	113.9	14300	365.8	F	あて	F
TF054	13.980	2.793	341.5	0.452	3	20.0 (4-3)	4.1	10.5	111.5	114.5	12180	311.9	F		F
TF055	13.980	2.793	342.6	0.391	3	2.1 (1)	3.2	9.5	121.5	118.4	12960	331.7	F,Ke		K1,F
TF056	13.980	2.799	345.6	0.401	3	29.5 (3-4)	3.2	9.6	111.4	116.3	10220	261.2	F,Ke		F,K3
TF057	13.985	2.793	346.0	0.389	4	10.7 (4)	5.0	9.6	97.2	96.6	13860	354.8	F	あて	F
TF058	13.980	2.797	346.0	0.387	4	32.8 (7-6)	4.7	9.7	94.1	93.2	10720	274.2	X		K3,4,8(22.5%)
TF059	13.985	2.795	339.0	0.415	3	24.1 (5-4)	3.6	10.2	109.4	114.8	14340	366.9	F,Ke		F,K4,5
TF060	13.980	2.793	337.3	0.417	3	21.5 (6-5)	3.6	10.0	111.7	111.9	12760	326.8	F		K8→F
TF061	13.980	2.792	344.7	0.405	4	14.3 (4-5)	4.4	10.1	106.0	104.8	12380	317.2	X		X1(35.3%)
TF062	13.980	2.793	331.8	0.415	4	29.5 (3-5-6-7-8)	4.4	10.4	105.0	103.3	11920	305.1	Ke		K6
TF063	13.980	2.793	340.2	0.437	4	38.6 (1-2)	2.8	10.0	116.2	119.3	11600	296.9	F,Ke		F,K1,2
TF064	13.985	2.797	340.8	0.430	4	34.7 (2-3)	2.8	10.2	120.9	116.7	16300	416.7	F	心	F
TF065	13.985	2.794	334.4	0.446	4	10.7 (2-3)	2.8	11.2	131.9	129.4	13820	353.7	F,Ke		F,K3
TF066	13.980	2.793	344.1	0.449	9	26.7 (4-6-5)	2.8	11.2	127.0	127.0	11740	300.7	X		K8,9,10(52.0%)
TF067	13.985	2.793	345.0	0.426	4	13.2 (3)	4.2	10.2	129.1	129.9	15000	384.0	F		F
TF068	13.980	2.793	334.5	0.441	9	15.1 (7-8)	4.0	10.2	127.3	128.5	12540	321.2	X		K1,2,3(50.9%)
TF069	13.985	2.796	346.7	0.401	4	25.2 (2)	3.3	9.5	100.7	101.1	7800	199.5	G		G
TF070	13.965	2.796	337.0	0.408	3	31.3 (1)	2.4	10.7	109.2	113.1	7380	189.0	Ke		K1→F
TF071	13.980	2.795	338.3	0.388	4	26.4 (7-3-4)	3.0	10.4	95.3	93.5	9920	253.9	Ke	心	K4
TF072	13.980	2.793	338.8	0.389	4	17.5 (4-5)	3.0	10.2	99.7	98.7	10980	281.2	Ke	心	K4
TF073	13.980	2.795	337.0	0.407	4	37.6 (8-6)	3.6	9.4	101.8	100.9	11900	304.5	F	心	F
TF074	13.980	2.795	336.7	0.404	4	39.2 (2-3-4-6-7-8)	3.4	9.4	106.7	102.6	8940	228.8	F,Ke	心	K9,F
TF075	13.985	2.792	347.1	0.456	4	37.2 (4-3)	3.8	10.0	131.2	131.8	8900	227.9	F,Ke		K4,F
TF076	13.985	2.793	333.0	0.448	4	31.8 (4-3)	3.6	10.1	133.0	131.9	9260	237.1	F,Ke		F,K4
TF077	13.990	2.795	346.9	0.463	4	24.4 (4-3)	2.8	10.0	131.4	126.1	8680	222.0	Ke		K1,2→K3,4
TF078	13.985	2.791	347.1	0.453	4	33.2 (2-1)	3.0	10.3	135.5	131.8	13160	337.2	Ke	割れ	K2→F→K3
TF079	13.985	2.793	346.8	0.360	3	26.2 (1)	2.8	9.6	92.9	94.0	9140	234.0	Ke		K1
TF080	13.980	2.794	347.0	0.360	3	27.9 (1)	3.3	9.9	94.4	91.7	8180	209.4	Ke		K1

付表3-4 トドマツ縦継ぎラミナ引張試験結果(その3)

試験体番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視等級	最大集中節節徑比 %	平均年輪幅 mm	含水率 %	動的ヤング係数 tonf/cm ²	曲げヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
TF081	13.990	2.799	329.5	0.415	4	27.5 (1-2)	3.6	11.1	114.7	113.6	10880	277.8	F, Ke 心	K1, F
TF082	13.990	2.791	347.0	0.417	4	27.1 (3-4-5)	3.6	10.8	109.3	109.1	9960	255.1	F, Ke 心	F, K6
TF083	13.980	2.794	335.7	0.431	9	51.1 (1-2-3)	2.8	10.0	113.0	115.7	5020	128.5	Ke	K2
TF084	13.990	2.793	339.9	0.424	4	24.2 (1-2)	2.8	10.6	121.8	118.6	11860	303.5	F	F
TF085	13.980	2.791	341.8	0.406	4	18.2 (2)	3.0	10.8	114.8	114.3	13860	355.2	Ke	K2→F
TF086	13.985	2.793	346.1	0.396	4	26.1 (2-1)	3.0	10.8	109.0	106.2	13100	335.4	F	F
TF087	13.975	2.793	339.2	0.409	2	19.0 (2)	2.6	9.6	116.9	114.6	10600	271.6	F	F抜け
TF088	13.990	2.795	347.0	0.414	2	21.8 (1)	2.6	9.8	120.8	118.2	13700	350.4	F	F抜け
TF089	13.990	2.793	347.2	0.454	1	3.2 (1)	2.4	10.8	148.3	135.2	18340	469.4	F	F抜け
TF090	13.985	2.794	346.9	0.468	2	0.0	2.4	10.8	150.7	143.0	16420	420.2	F	F
TF091	13.980	2.793	340.9	0.420	4	49.7 (6-4-7-5)	3.0	9.8	90.7	86.3	6300	161.3	Ke	K1→K3
TF092	13.985	2.793	342.0	0.421	4	35.4 (2-3-4)	3.0	10.0	98.4	98.6	14120	361.5	F	F
TF093	13.980	2.793	346.9	0.452	1	0.0	2.6	10.0	138.6	136.8	16720	428.2	F	F
TF094	13.980	2.793	347.0	0.452	2	6.8 (3)	2.3	10.4	138.5	133.8	16400	419.7	F	F
TF095	13.985	2.791	346.8	0.411	3	23.1 (3-4)	4.0	9.6	97.5	98.8	13100	335.6	Ke	K3
TF096	13.990	2.795	337.6	0.399	3	33.1 (5-4)	4.0	9.6	105.8	102.7	8760	224.0	Ke	K4, 5
TF097	13.990	2.795	347.1	0.401	4	18.2 (1)	3.3	9.8	103.5	101.5	13980	357.5	F	F
TF098	13.980	2.795	341.8	0.394	4	19.0 (1)	3.0	9.8	107.2	100.5	15840	405.4	F	F
TF099	13.990	2.799	344.4	0.390	2	5.7 (3)	2.5	10.4	119.3	117.8	16160	412.7	F	F抜け
TF100	13.980	2.797	341.8	0.383	2	18.6 (2)	2.2	10.8	116.9	113.7	12140	310.5	F	F抜け
TF101	13.985	2.795	345.3	0.383	9	52.0 (1-2-3)	3.8	9.9	98.0	99.5	5140	131.5	Ke	K1
TF102	13.980	2.793	332.5	0.392	4	17.0 (1-2)	3.8	9.8	108.9	110.3	10740	275.1	Ke	K1, 2
TF103	13.910	2.793	336.8	0.441	4	35.7 (3)	2.6	9.4	89.0	91.4	3520	90.6	Ke	K3
TF104	13.985	2.795	332.0	0.416	4	32.0 (1-2)	2.6	10.3	105.3	106.3	9720	248.7	Ke	K2
TF105	13.985	2.795	332.0	0.406	4	30.9 (3-6-5-4)	5.1	10.0	105.5	100.7	11220	287.0	Ke	K8
TF106	13.990	2.797	322.8	0.420	4	21.4 (2-1)	5.1	10.0	105.8	106.0	10980	280.6	F	F
TF107	13.990	2.794	336.5	0.438	2	19.3 (4)	2.6	10.6	131.3	126.2	16240	415.5	Ke	K4
TF108	13.985	2.796	344.0	0.440	2	22.9 (1-2)	2.6	11.0	131.1	131.6	13960	357.0	F	F
TF109	13.990	2.795	337.5	0.385	4	31.4 (1-2)	3.4	10.4	107.6	105.0	7940	203.1	F	F
TF110	13.980	2.793	343.4	0.383	4	34.5 (1-2)	3.4	10.5	112.3	109.0	11480	294.0	Ke	K1
TF111	13.980	2.794	327.0	0.439	3	30.9 (1)	2.4	10.6	102.1	103.8	9680	247.8	Ke	K1
TF112	13.985	2.795	333.7	0.413	3	27.9 (1-2)	2.4	10.4	110.0	107.4	8760	224.1	F	F
TF113	13.975	2.793	343.2	0.420	3	31.5 (1)	2.2	11.3	100.4	101.7	7180	184.0	Ke	K1
TF114	13.975	2.794	344.9	0.413	3	16.2 (1)	2.2	11.8	105.3	106.5	12420	318.1	F	F
TF115	13.990	2.795	343.5	0.411	4	32.9 (1-4-2)	3.6	10.8	104.0	99.3	6740	172.4	F	F
TF116	13.985	2.796	333.0	0.414	4	22.8 (5-4)	3.6	10.2	108.3	107.3	11540	295.1	Ke	K5
TF117	13.980	2.793	347.0	0.396	3	28.6 (3-2-1)	3.5	10.0	117.0	114.4	10580	271.0	Ke	K3
TF118	13.980	2.791	346.8	0.410	3	18.6 (3)	3.0	10.4	120.8	126.4	15900	407.5	Kc	K2
TF119	13.985	2.793	336.5	0.433	4	43.8 (7-1-8-2)	4.2	10.6	102.4	105.2	12000	307.2	Ke	K2
TF120	13.980	2.797	338.7	0.446	4	17.2 (4)	4.2	11.0	100.8	98.2	15040	384.6	F	F

付表3-4 トドマツ縦継ぎラミナ引張試験結果(その4)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	集中節 番号	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
Min	13.855	2.791	322.8	0.333		0.0		1.6	9.4	72.7	76.9	3520	90.6		
Avg	13.982	2.794	341.6	0.415		23.7		3.3	10.3	111.0	109.8	11570	296.1		
Max	13.990	2.801	347.4	0.470		53.8		5.4	12.8	150.7	143.0	21520	551.9		
Sd	0.014	0.002	5.607	0.027		12.1		0.816	0.607	15.3	14.4	3348	85.8		
Cv(%)	0.1	0.1	1.6	6.6		51.2		24.9	5.9	13.8	13.1	28.9	29.0		

注) 目視等級区分は材長全体について行った。最大集中節径比は中央1m区間のものである。

目視等級の数字のうち、9は格外を表す。

破壊形態の記号は Ke:材縁部節破壊 Kc:中央部節破壊 G:目切れ破壊 F:縦継ぎ部破壊 X:グリッブ内破壊 を表す。

付表3-5 カラマツ通しラミナ引張試験結果 (その1)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集 中節 徑比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考	(破壊要素)
								ヤング係数 tonf/cm ²	%	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²					
KN001	14.370	2.971	350.1	0.578	2	15.3 (1-2)	3.1	10.6	169.4	164.7	25640	600.6	Ke		K6→K2,3,4,5	
KN002	14.370	2.962	350.2	0.617	4	10.1 (9-2-3)	2.8	10.9	164.5	153.6	21220	498.5	X	あて	K(?)	
KN003	14.965	2.992	350.2	0.541	1	0.0	2.4	12.1	162.6	149.0	21120	471.7	G			
KN004	13.875	2.985	350.1	0.595	2	23.5 (1-2)	3.8	11.4	154.2	152.1	11820	285.4	Ke		K2	
KN005	14.175	2.990	350.2	0.578	4	33.2 (1-2-3)	2.9	11.2	150.1	136.2	20620	486.5	Ke	心	K6→K2,3	
KN006	14.295	3.018	350.2	0.592	4	0.0	4.2	12.2	145.1	135.3	26600	616.6	B	あて		
KN007	14.440	2.990	350.1	0.521	4	35.7 (3-4-5)	2.1	10.9	140.8	137.2	18880	437.3	Ke		K4	
KN008	14.360	2.966	350.1	0.542	2	13.6 (2-3)	2.0	11.8	140.6	128.9	27200	638.6	B	ねじれ, 曲がり		
KN009	14.315	2.975	350.0	0.548	4	11.9 (1-2)	3.0	11.2	140.0	136.2	22780	534.9	Kc	あて	K2	
KN010	13.875	2.984	350.1	0.533	4	47.6 (4-5-6-7-8-9)	2.5	11.4	132.6	121.9	17100	413.0	Ke		K4,5,6,7	
KN011	14.355	2.944	350.1	0.552	2	22.3 (4-5)	3.9	11.3	131.4	122.0	17420	412.2	X		B	
KN012	14.330	2.985	350.2	0.525	4	32.8 (4-5-6-7)	4.4	10.6	127.0	125.4	13100	306.3	Ke		K9→K8	
KN013	14.465	2.957	350.1	0.550	2	19.7 (1-2-3)	4.1	11.8	125.4	126.0	20600	481.6	B			
KN014	14.395	3.017	350.2	0.509	4	23.3 (5-4)	3.7	10.9	124.7	113.5	10620	244.5	Ke	心	K1,2→K3	
KN015	14.415	3.019	349.0	0.514	4	15.3 (2-3)	4.5	10.6	123.5	118.4	19160	440.3	B			
KN016	14.440	2.990	350.0	0.500	4	18.4 (2-3)	4.6	11.4	122.5	123.8	14120	327.0	X		K(?)	
KN017	14.275	2.970	350.0	0.521	3	32.5 (7-8)	4.8	11.0	122.2	112.8	7860	185.4	Ke		K7,8	
KN018	14.195	2.980	350.1	0.549	2	20.1 (5-6-4)	3.6	11.5	121.4	120.2	15840	374.5	Ke		K5	
KN019	14.415	2.976	350.0	0.488	1	0.0	4.8	10.8	121.3	118.2	27040	630.3	B			
KN020	14.390	2.977	350.0	0.521	3	32.5 (5-6)	4.7	10.9	116.9	115.6	9520	222.2	Ke		K5	
KN021	14.400	2.976	350.1	0.482	4	20.7 (7-2-8-9-10)	3.8	11.3	114.8	107.8	11680	272.6	Ke	心, ねじれ	K2,8	
KN022	14.490	2.984	350.1	0.467	3	30.5 (3-4-5)	4.3	11.4	112.8	113.8	12020	278.0	Ke	そり, ねじれ	K5	
KN023	14.475	2.979	350.1	0.528	4	41.8 (2-3-4-6-5)	3.8	10.9	111.6	104.2	10340	239.8	Ke		K4	
KN024	14.445	2.951	350.0	0.510	4	39.8 (11-4-5)	4.8	10.9	111.0	102.0	9620	225.7	Ke	心	K4,5,11	
KN025	14.405	2.973	350.0	0.473	4	24.8 (8-7-9-10)	3.4	10.5	110.9	108.6	14080	328.8	Ke	曲がり	K7,8	
KN026	14.500	2.990	350.0	0.528	3	33.2 (7-1-8-2)	4.8	10.7	109.9	98.8	12960	298.9	Ke		K2,9	
KN027	14.450	2.989	350.2	0.476	4	20.8 (9-4-10-11)	4.2	10.5	108.6	103.2	17560	406.6	Ke	心	K2	
KN028	14.490	3.015	350.3	0.545	3	0.0	3.6	10.6	108.3	96.4	21060	482.1	B			
KN029	14.490	2.960	350.0	0.486	3	27.3 (1-2)	5.5	10.7	107.4	101.8	11300	263.5	Ke	ねじれ	K1	
KN030	14.420	2.944	350.0	0.521	4	27.4 (2-3-4-5)	5.1	10.8	106.8	105.3	14260	335.9	Ke	心, ねじれ	K2,3,5	
KN031	14.470	3.002	350.2	0.530	4	25.6 (1-2-3-5-13-4)	4.1	11.4	105.4	101.9	13500	310.8	B	心, 割れ		
KN032	14.380	2.982	350.0	0.495	4	17.1 (4-5)	5.5	11.0	104.6	104.7	12000	279.8	Ke	心, 割れ	K1,6,7	
KN033	14.500	2.990	350.0	0.472	4	13.1 (7-8)	5.0	10.8	104.3	98.8	8680	200.2	Ke	心, ねじれ	K6	
KN034	14.465	2.956	350.2	0.557	4	44.9 (20-9-10-21-25-11)	4.6	11.6	103.7	95.1	13060	305.4	Ke	心	K11,12,25	
KN035	13.900	2.973	350.0	0.522	4	48.1 (6-7-8-9-10)	2.9	11.3	103.6	97.0	10380	251.2	Ke	心, そり	K6,7	
KN036	14.480	2.961	350.0	0.517	9	18.6 (16-9-10-17)	4.7	10.6	102.6	103.5	9920	231.4	Ke	心, ねじれ	K9,10,16	
KN037	14.460	2.992	350.2	0.489	4	26.6 (4-10-5-11-6-12-7)	5.3	10.9	101.9	94.0	10440	241.3	Ke	心	K3,4	
KN038	14.515	2.979	350.1	0.524	4	44.0 (3-5-4-6)	4.2	11.2	100.7	95.9	8020	185.5	Ke	ねじれ	K4,5	
KN039	14.455	2.973	349.9	0.520	4	37.4 (1-5-2-6-3-7)	3.1	10.4	99.8	95.3	11460	266.7	Ke	心, そり, 割れ	K3	
KN040	14.505	2.975	350.0	0.469	4	26.2 (11-12-13)	4.9	10.7	99.1	90.8	13140	304.5	Ke	そり, 曲がり	K12	

付表3-5 カラマツ通しラミナ引張試験結果(その2)

試験体 番号	幅		長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	平均 含水率 動的		曲げ		最大荷重		引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
	cm	cm					mm	%	tonf/cm ²	tonf/cm ²	kgf	kgf/cm ²				
KN041	14.365	2.960	350.1	0.428	3	32.0 (1-2-3)	6.3	10.8	99.1	96.6	12740	299.6	Ke		K1, 2, 3	
KN042	14.370	2.976	350.0	0.434	4	38.6 (2-10-11-3-12)	4.7	10.8	98.9	95.8	10000	233.8	Ke	心	K3, 11, 12	
KN043	14.505	2.981	350.1	0.497	4	43.0 (8-6-7)	4.4	10.5	98.8	93.6	8720	201.7	Ke	心, ねじれ	K6, 7, 8	
KN044	13.830	2.988	350.0	0.520	4	33.9 (1-6-2-8-3)	4.4	11.4	98.3	96.2	13260	320.9	Ke	心	K6	
KN045	14.490	2.978	350.1	0.430	4	26.2 (2-3-4-5)	5.7	10.4	98.0	90.8	9160	212.3	B	心	K3	
KN046	14.485	2.998	350.1	0.499	3	16.3 (3-7-4-8)	4.2	10.9	97.6	92.6	16700	384.6	Ke	そり	K1, 2, 3, 4	
KN047	14.240	2.969	350.0	0.514	4	39.8 (2-1-3-4)	5.8	10.9	97.2	95.0	9700	229.4	Ke	ねじれ	B	
KN048	14.055	2.982	350.0	0.487	4	25.2 (1-6-7)	4.7	11.3	96.7	87.4	12120	289.2	X	心, ねじれ	K6, 7	
KN049	14.525	2.949	350.1	0.515	4	41.2 (6-7-8)	5.1	10.8	95.9	95.6	7200	168.1	Ke	心	K4	
KN050	14.435	2.983	349.9	0.467	4	33.5 (3-4-13)	5.2	11.1	95.6	89.4	8840	205.3	Ke	心, そり, 曲がり		
KN051	14.390	2.974	350.1	0.521	4	33.5 (6-7-10-12)	4.8	11.3	95.4	91.9	9960	232.7	G			
KN052	14.505	2.963	350.0	0.500	4	21.4 (4-16-5-6)	5.0	11.0	94.6	90.6	10660	248.0	B	心		
KN053	14.440	2.975	350.0	0.482	4	33.2 (1-11-2)	5.8	10.9	92.7	90.6	12720	296.1	Ke	心, 割れ	K5, 11	
KN054	14.510	2.987	350.0	0.458	4	45.0 (2-1-3-4-6)	5.1	10.8	90.8	87.5	17800	410.7	Kc	ねじれ	K4	
KN055	14.465	2.982	350.0	0.567	4	28.0 (2-3-4)	5.0	11.3	90.6	90.2	14400	333.8	Ke	心	K2, 3	
KN056	14.405	2.975	350.1	0.501	4	48.1 (13-9-14-1-10)	4.4	11.5	90.3	88.0	6520	152.1	Ke	心	K6	
KN057	14.015	2.957	350.0	0.467	9	58.0 (20-6-21-5-22-7-23-24)	6.6	11.0	68.1	67.0	7640	184.4	Ke	心	K5, 6	
KN058	14.230	2.966	350.1	0.492	4	36.3 (13-5-6-11)	4.7	11.6	90.1	86.8	9520	225.6	Ke	心, ねじれ, 割れ	K4, 14	
KN059	14.335	2.976	349.9	0.469	9	60.8 (6-7-8-9)	5.6	11.1	90.1	82.5	6940	162.7	Ke	心, そり, ねじれ	K6, 7	
KN060	14.400	3.018	350.1	0.479	4	21.9 (1-2)	4.2	10.3	89.3	87.4	15700	361.3	Ke	心	K1	
KN061	14.500	2.984	350.1	0.428	2	17.9 (1-2)	5.7	9.7	89.1	89.8	10440	241.3	Ke	ねじれ	K1	
KN062	14.470	2.989	350.0	0.449	4	17.0 (5-2-1-6-7)	5.2	10.5	89.1	82.5	12580	290.9	X	心, そり	K18(48.1%)	
KN063	14.420	2.976	350.0	0.498	4	41.6 (11-12-6-7-8)	5.3	11.2	88.2	84.5	12960	302.0	Ke	心, そり	K11, 12	
KN064	14.510	2.959	350.0	0.486	4	32.6 (13-14-3-4)	4.4	10.2	87.4	87.7	9320	217.1	Ke	心	K3	
KN065	14.525	2.988	350.1	0.429	3	20.0 (7-9-14-15)	5.8	9.9	86.6	85.0	14520	334.6	Ke	心	K11	
KN066	14.450	2.963	350.0	0.457	9	64.7 (2-11-3-13)	5.8	10.4	86.4	79.5	5680	132.7	Ke	ねじれ	K1, 11	
KN067	14.490	2.966	350.1	0.531	4	45.8 (2-3-4)	4.3	10.6	86.4	79.9	7380	171.7	Ke	心	K2, 3	
KN068	14.435	2.982	350.1	0.424	4	32.8 (10-2-3-4)	6.2	10.5	85.5	81.0	10280	238.8	Ke	心	K2, 10	
KN069	14.520	2.971	350.1	0.473	4	19.3 (14-5-6-7)	4.8	11.0	85.3	81.0	8540	198.0	Ke	心, 曲がり, ねじれ	K8	
KN070	14.390	2.989	350.0	0.453	4	31.9 (1-2-3-13)	6.1	10.3	84.4	81.0	9960	231.6	Ke	心, ねじれ	K1, 2, 12	
KN071	14.430	2.980	350.0	0.517	9	60.8 (6-2-3-7)	5.5	10.9	84.1	57.0	7400	172.1	Ke	ねじれ, 曲がり	K2, 6	
KN072	14.515	2.976	350.1	0.415	4	35.0 (2-5-3)	7.5	10.8	83.8	78.2	7020	162.5	Ke	心	K3, 5	
KN073	14.905	2.986	350.1	0.442	2	12.7 (2-3)	5.2	10.1	83.5	77.3	14300	321.3	Kc	心	K2	
KN074	14.525	2.983	350.1	0.438	4	25.8 (10-11-3-5-12)	4.2	10.9	83.0	78.4	8580	198.0	Ke	心	K11	
KN075	14.340	2.980	350.1	0.471	3	32.8 (3-4-5)	5.5	10.6	82.0	76.8	10520	246.2	Ke	心	K5, 6	
KN076	14.510	2.976	350.0	0.446	4	34.9 (7-8-9-10)	5.2	10.4	81.6	80.0	8740	202.4	Ke	心	K7, 8	
KN077	14.400	2.979	349.9	0.485	4	39.2 (4-5-6)	5.8	9.9	81.6	78.8	11100	258.8	Ke	心	K5, 6, 8	
KN078	14.440	2.976	350.0	0.474	4	31.5 (1-2-8-3)	6.6	10.6	81.1	74.7	7920	184.3	Ke	心, 割れ	K9	
KN079	14.210	2.907	349.9	0.491	9	57.5 (16-2-17-3-4-18-21)	6.7	11.4	81.1	75.8	8440	204.3	Ke	心, そり	K3, 4, 17	
KN080	14.260	2.984	350.1	0.466	4	24.5 (6-5-16-17-18-7)	7.5	11.9	81.1	75.9	7640	179.5	Ke	心, ねじれ	K3, 14	

付表3-5 カラマツ通しラミナ引張試験結果(その3)

試験体番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視等級	最大集中節径比 %	番号	平均年輪幅 mm	含水率 %	動的		破損形態	備考			
										ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²					
	cm	cm	cm			%		mm	%	kgf	kgf/cm ²	(欠点)	(破壊要素)			
KN081	14.540	2.958	350.2	0.428	4	43.5	(4-11-5-6-7)	5.2	10.6	81.0	78.6	6180	143.7	Ke	心, そり	K3, 11
KN082	14.540	2.982	350.1	0.418	4	31.8	(7-16-1-2-8-9-10-3)	6.2	10.2	77.7	78.5	7500	173.0	Ke	心, ねじれ	K7, 8, 9, 10
KN083	14.525	2.928	350.2	0.461	4	33.7	(5-17-6-16-18-7-8)	5.9	11.1	77.7	80.2	7260	170.7	Ke	心, そり, ねじれ	K3, 15
KN084	14.505	2.965	350.0	0.430	4	22.0	(3-7-5)	5.8	10.4	77.5	73.0	7260	168.8	Kc	心	K4
KN085	14.225	2.786	349.7	0.468	3	25.3	(2-3-10-4)	4.5	11.4	77.3	80.8	11140	281.1	Ke	曲がり, そり	K7, 11
KN086	14.495	2.960	350.0	0.482	4	40.1	(13-8-14-15-9-10-16-17)	7.0	10.3	75.5	78.7	4920	114.7	Ke	心	K2, 11
KN087	14.525	2.931	350.1	0.448	9	52.3	(2-1-9-3-10)	5.1	10.8	75.3	69.4	2920	68.6	Ke	心, ねじれ	K1, 2
KN088	14.440	2.978	350.0	0.486	4	46.0	(6-7-12-8)	6.8	10.6	74.8	68.5	5540	128.8	Ke	心, ねじれ	K6, 7, 12
KN089	14.505	3.015	350.0	0.424	9	51.7	(1-2-3-4)	7.4	10.4	73.9	70.2	5000	114.3	Ke	心	K2, 3, 4
KN090	14.480	2.983	350.0	0.488	9	58.7	(12-2-3-4)	7.2	10.4	73.7	67.1	2740	63.4	Ke	心, ねじれ	K1, 9
KN091	14.435	2.989	349.9	0.462	4	24.7	(5-9-6)	6.8	10.9	73.7	70.3	11040	255.9	X	心, ねじれ, 曲がり	K8(19.5%)
KN092	14.520	2.939	350.0	0.440	3	28.2	(11-5-6-10-7)	5.2	10.5	72.7	74.9	7120	166.8	Ke	そり	K6, 10, 11
KN093	14.520	2.983	350.0	0.480	4	29.1	(11-12-13)	7.1	11.0	71.3	68.8	7920	182.9	Ke		K11, 12
KN094	14.530	2.992	350.1	0.470	9	63.6	(2-7-10-3-11-4)	4.0	10.7	71.1	67.7	8480	195.1	Ke	心	K2, 7
KN095	14.490	2.992	350.2	0.459	4	27.6	(13-5-14-6-7-15)	4.9	10.4	70.8	64.5	6120	141.2	Ke	そり	K11, 12
KN096	14.475	2.962	349.9	0.458	4	32.2	(3-4-5-6)	4.7	10.8	70.5	74.2	9400	219.2	Ke	心, そり	K5→K8
KN097	14.500	2.976	350.1	0.392	4	21.8	(7-3-8)	9.1	10.0	69.5	67.7	7260	168.2	Ke	心	K3, 7
KN098	14.275	2.966	350.0	0.522	4	31.9	(2-1-3-4-12)	6.4	11.1	69.3	62.2	7580	179.0	Ke	心, そり, ねじれ	K6, 7, 8
Min	13.830	2.786	349.0	0.392		0.0		2.0	9.7	68.1	57.0	2740	63.4			
Avg	14.410	2.975	350.0	0.492		31.0		4.9	10.9	99.6	95.0	11763	274.4			
Max	14.965	3.019	350.3	0.617		64.7		9.1	12.2	169.4	164.7	27200	638.6			
Sd	0.167	0.027	0.140	0.044		13.9		1.268	0.474	23.1	22.1	5201	121.0			
Cv(%)	1.2	0.9	0.0	8.9		44.9		25.7	4.4	23.2	23.3	44.2	44.1			

注) 目視等級区分は材長全体について行った。最大集中節径比は中央1m区間のものである。

目視等級の数字のうち、9は格外を表す。

破損形態の記号は Ke:材縁部節破壊 Kc:中央部節破壊 G:目切れ破壊 B:脆性破壊、その他 X:グリップ内破壊 を表す。

付表3-6 カラマツ縦継ぎラミナ引張試験結果(その1)

試験体番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視等級	最大集中節 徑比 %	番号	平均含水率		動的ヤング係数		曲げヤング係数		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態	備考
								mm	%	tonf/cm ²	%	tonf/cm ²	tonf/cm ²				
KF001	13.755	2.801	346.7	0.581	3	25.3 (2-3-4)	3	2.6	11.4	153.9	153.7	21060	546.6	F			
KF002	13.735	2.793	347.1	0.571	3	3.2 (1)	3	2.9	11.2	151.7	141.0	10500	273.7	F			
KF003	13.985	2.797	346.6	0.591	4	0.0	4	3.0	11.0	150.2	145.6	19960	510.3	F		あて, 曲がり	
KF004	13.830	2.799	347.1	0.593	4	0.0	4	3.2	11.0	125.1	153.8	18140	468.6	F		あて, 曲がり	
KF005	13.990	2.797	338.3	0.561	3	18.9 (1-2-5)	3	3.3	11.2	149.3	141.1	15560	397.6	F			
KF006	13.975	2.791	339.0	0.571	4	38.3 (6-8-7)	4	3.2	11.6	144.8	139.9	16360	419.4	F			
KF007	13.990	2.790	341.2	0.534	3	30.7 (1-2)	3	3.4	10.9	138.9	132.2	13300	340.7	F		K1, F	
KF008	13.980	2.797	330.2	0.544	3	16.3 (1)	3	3.4	11.0	136.2	135.0	11160	285.4	Ke, F			
KF009	13.980	2.793	340.7	0.543	4	22.2 (7-8-10)	4	4.0	11.2	124.3	114.5	14820	379.6	F		心, そり	
KF010	13.990	2.799	333.2	0.528	4	26.1 (5-6-7)	4	3.4	11.0	127.6	119.4	13480	344.2	F		心, そり	
KF011	13.990	2.801	345.5	0.553	2	3.2 (4)	2	3.0	11.4	131.9	122.0	12480	318.5	F			
KF012	13.980	2.799	348.3	0.547	2	24.3 (2-3)	2	3.8	11.0	121.6	113.4	17700	452.3	F			
KF013	13.700	2.793	358.1	0.575	4	34.4 (3-4-5-6)	4	3.5	11.6	125.2	118.1	15440	403.5	F		心, ねじれ	
KF015	13.980	2.793	339.2	0.554	4	19.0 (6-7)	4	4.3	10.9	120.4	113.4	10700	274.0	Ke		心, そり, ねじれ	
KF016	13.970	2.796	343.4	0.557	4	30.8 (3-4-9-5)	4	4.3	11.4	123.9	116.3	10500	268.8	F		心, そり, ねじれ	
KF017	13.970	2.797	337.4	0.526	4	34.7 (3-4-5-6)	4	4.9	10.6	121.5	120.3	11940	305.6	F		心	
KF018	13.985	2.799	342.0	0.534	3	15.5 (3-4)	3	3.9	10.4	99.7	93.4	11300	288.7	Ke		K3	
KF019	13.980	2.799	341.0	0.551	3	4.6 (1)	3	4.0	10.6	128.3	116.2	16200	414.0	F			
KF020	13.985	2.799	331.7	0.466	3	19.4 (3-4-5-6)	3	3.9	10.6	104.0	97.5	10900	278.5	F			
KF021	13.985	2.799	344.8	0.511	3	23.2 (6-7-8-9)	3	5.0	11.4	109.8	104.3	11060	282.5	F			
KF022	13.980	2.796	337.2	0.522	3	25.2 (1)	3	4.6	11.0	113.6	109.4	10500	268.6	Ke		K1	
KF023	13.360	2.797	337.0	0.552	1	0.0	1	4.2	9.9	104.9	124.3	15480	414.3	F		K2, 4	
KF024	13.980	2.799	338.4	0.483	4	22.5 (2)	4	3.8	11.0	113.8	111.1	12560	321.0	F			
KF025	13.720	2.795	332.1	0.475	3	16.8 (4-5)	3	3.8	10.8	117.1	115.8	12720	331.7	F			
KF026	13.985	2.793	341.5	0.508	9	44.0 (1-10-14-2-11-3-12)	9	4.2	10.6	100.6	99.7	8240	211.0	X		K6, 7(52.4%)	
KF027	13.980	2.797	344.0	0.526	4	9.7 (1)	4	3.9	10.8	114.1	111.2	12100	309.4	F		心	
KF028	13.990	2.799	331.9	0.511	4	26.1 (2-3)	4	5.2	11.4	112.6	106.8	12420	317.2	F		心	
KF029	13.975	2.793	318.3	0.513	9	59.7 (5-11-6-7)	9	3.8	10.8	104.0	97.7	9160	234.7	Ke		曲がり	
KF030	13.980	2.793	327.2	0.517	4	16.1 (2-9)	4	4.0	11.2	102.9	101.5	9160	234.6	Ke		K5	
KF031	13.785	2.797	341.8	0.536	3	23.1 (5-6-7-8)	3	4.3	11.1	108.0	107.1	10040	260.4	F		K1	
KF032	13.800	2.791	342.3	0.530	4	16.5 (7-6-8)	4	5.4	10.9	102.2	100.1	7840	203.6	F		K3	
KF033	13.980	2.796	336.5	0.487	4	30.0 (6-8-7)	4	4.8	10.7	101.1	98.4	12840	328.5	Ke		K8	
KF034	13.820	2.794	329.8	0.486	4	32.2 (4-7-8-5)	4	4.9	11.0	104.1	94.6	10420	269.9	F			
KF035	13.990	2.798	342.7	0.476	4	26.9 (1-2-3)	4	5.4	10.2	107.0	104.6	9120	233.0	F		心, ねじれ	
KF036	13.985	2.801	346.7	0.527	4	17.7 (9-1-2)	4	4.6	10.6	119.6	97.0	8860	226.2	F		心, ねじれ, 割れ	
KF037	13.980	2.786	335.9	0.459	4	20.7 (6-7)	4	5.5	10.9	103.6	100.4	8320	213.6	Ke		K3	
KF038	13.990	2.796	345.4	0.462	4	24.3 (4-3-5-6)	4	5.5	10.8	83.7	81.2	6040	154.4	F		心, ねじれ	
KF039	13.985	2.798	339.9	0.501	3	23.6 (1-2-3)	3	4.8	10.9	104.5	101.9	12020	307.2	F		心, ねじれ	
KF040	13.990	2.798	339.7	0.504	3	31.1 (1-2-3-4)	3	5.0	10.8	92.7	87.0	9140	233.5	F			

付表3-6 カラマツ縦継ぎラミナ引張試験結果(その2)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	集中節 番号	平均含水率動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
								年輪幅 mm	%	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²					
KF041	13.980	2.792	336.8	0.528	4	16.8 (1-2-3-6)		3.5	11.5	91.0	100.3	9840	252.1	F	心, ねじれ, 割れ	
KF042	13.985	2.796	341.2	0.561	4	13.6 (10-2)		4.4	11.2	104.2	97.2	15060	385.1	F	心, ねじれ	
KF043	13.810	2.792	346.8	0.515	4	35.8 (1-6-2)		5.8	10.2	106.8	105.2	10720	278.0	Ke	ねじれ, 割れ	K1, 2, 3
KF044	13.980	2.791	343.7	0.504	9	58.0 (7-5-1)		5.0	10.8	95.0	91.3	8220	210.7	Ke	心, そり	K1, 5
KF045	13.985	2.796	326.4	0.471	4	21.9 (3-4-5)		5.0	10.6	89.2	92.2	8820	225.6	Ke	心, そり, ねじれ	K3, 5
KF046	13.980	2.789	330.7	0.478	4	10.6 (5-7-8)		5.0	10.7	86.0	96.0	10360	265.7	F	心, そり, ねじれ	
KF047	13.985	2.792	345.4	0.495	4	6.8 (1-2-3)		4.8	10.5	103.5	101.8	13320	341.1	F	心, 曲がり	
KF048	13.975	2.796	346.3	0.545	3	30.1 (1-2-3)		4.4	10.8	104.3	101.8	12300	314.8	F	曲がり	
KF049	13.985	2.795	346.2	0.500	4	29.3 (15-11-10-14)		4.5	10.6	101.8	100.4	12420	317.7	F	心, ねじれ	
KF050	13.985	2.795	337.0	0.526	4	21.8 (9-10-11)		4.0	10.4	89.3	89.9	11240	287.6	F	心, ねじれ	
KF051	13.985	2.788	342.8	0.486	4	26.2 (3-2)		4.5	10.8	92.4	85.2	11540	295.9	F	心, ねじれ, 割れ	
KF052	13.985	2.800	346.4	0.486	9	61.1 (6-4-12-13-5)		4.9	10.4	90.4	87.3	6760	172.6	Ke	心, ねじれ, 割れ	K6
KF053	13.980	2.793	345.8	0.470	4	23.2 (7-2-8-1-9)		4.2	11.2	98.3	94.6	9480	242.8	F	心, ねじれ, 割れ	
KF054	13.980	2.792	343.8	0.468	4	18.1 (3-4)		5.3	10.0	95.5	89.6	9480	242.9	F	心, ねじれ, 曲がり	
KF055	13.985	2.794	346.3	0.481	4	22.0 (1-2-3)		5.2	11.0	98.0	95.0	10940	280.0	F	心, ねじれ, 割れ	
KF056	13.985	2.796	339.7	0.525	9	51.5 (15-7-13-8)		5.3	11.0	83.3	82.5	7660	195.9	Ke	心, そり, ねじれ	K7, 15
KF057	13.980	2.794	345.7	0.504	4	43.5 (6-13-14-3)		5.0	11.0	90.1	81.9	9520	243.7	F	心, そり, ねじれ	
KF058	13.985	2.792	325.6	0.494	4	41.6 (3-4-5-7)		5.6	11.6	86.1	82.3	7320	187.5	B	心, 曲がり, そり	
KF059	13.980	2.792	329.7	0.488	4	18.4 (1-2-3)		5.6	11.4	85.9	79.2	10440	267.5	F	心, 曲がり, そり	
KF060	13.975	2.794	334.2	0.446	4	49.0 (8-9)		5.2	10.5	91.3	83.6	7020	179.8	Ke	心, ねじれ	K8, 9
KF061	13.980	2.800	337.0	0.432	4	32.1 (5-7)		5.2	10.4	85.9	80.0	7040	179.8	Ke	心, ねじれ	K5
KF062	13.980	2.773	338.9	0.507	9	61.5 (20-1-2-3-4-14)		5.4	10.4	92.9	87.0	7640	197.1	Ke	心, ねじれ	K20
KF063	13.855	2.799	342.0	0.500	9	20.5 (2-3-4)		6.6	10.6	83.1	82.1	10300	265.6	Ke	心, ねじれ	K6
KF064	13.990	2.799	340.4	0.503	4	44.8 (3-4-5-6)		5.8	10.2	85.7	83.0	9760	249.2	Ke	心, ねじれ	K4
KF065	13.980	2.794	344.8	0.505	4	26.8 (4-5-7-6-9)		5.2	10.6	86.7	85.8	8820	225.8	Ke	心, ねじれ	K5, 6, 7
KF066	13.980	2.796	332.8	0.500	4	6.2 (2-3)		4.6	10.8	85.8	91.1	11480	293.7	F	心, そり, ねじれ	
KF067	13.980	2.798	346.9	0.485	4	17.4 (1-11-2-12)		6.7	11.2	85.8	81.6	10560	270.0	F	心, そり	
KF068	13.980	2.796	338.1	0.490	4	42.5 (5-1-2)		5.0	10.7	80.9	79.1	5760	147.4	Ke	心, そり, ねじれ	K2
KF069	13.985	2.792	346.2	0.441	9	53.0 (3-4-5-1-6)		5.4	11.0	82.9	76.3	6660	170.6	Ke	心, そり, ねじれ	K1
KF070	13.980	2.793	340.0	0.475	4	29.3 (9-1-10-11-12-2)		5.4	11.4	75.4	69.2	7800	199.8	F	心, そり, ねじれ	
KF071	13.985	2.796	338.4	0.494	9	56.1 (1-7-8-12-9)		5.9	10.8	84.5	80.2	8720	223.0	Ke	心, そり, ねじれ	K5, 10
KF072	13.985	2.798	333.9	0.428	4	45.5 (7-8-9)		6.7	10.6	84.9	81.1	5120	130.8	Ke	心, そり, ねじれ	K8
KF073	13.980	2.794	332.9	0.428	4	18.3 (9-10-11)		6.7	10.4	81.8	77.9	8940	228.9	F	心, そり, ねじれ	
KF074	13.985	2.796	340.2	0.452	4	23.3 (1-2-3)		5.8	10.0	79.4	78.9	8780	224.5	Ke	心, そり	K2, 3
KF075	13.985	2.794	342.7	0.507	4	17.3 (4-5)		5.6	11.0	81.8	76.4	7460	190.9	F	心, ねじれ	
KF076	13.985	2.798	348.5	0.479	4	15.2 (6-12-7-13-4-3)		5.0	10.7	79.9	74.9	11340	289.8	F, Ke	心, そり	F, K16
KF077	13.980	2.796	346.3	0.448	4	32.2 (11-7-8-12)		5.9	11.0	83.0	78.4	8440	215.9	F	心, ねじれ	
KF078	13.985	2.787	343.8	0.511	4	27.5 (2-3-4-5)		4.7	10.2	85.7	83.5	9380	240.7	F	心, ねじれ	
KF079	13.980	2.794	332.7	0.466	4	16.0 (4-2-3)		6.0	10.8	88.9	85.2	7960	203.8	Kc	心, そり	K2, 4
KF080	13.615	2.796	343.2	0.456	4	23.6 (1-2-3)		5.8	11.2	81.5	79.1	8620	226.4	F	心, そり, ねじれ	

付表3-6 カラマツ縦継ぎラミナ引張試験結果 (その3)

試験体番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視等級	最大集中節径比 %	最大集中節番号	平均年輪幅 mm	含水率 %	動的ヤング係数 tonf/cm ²	曲げヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
KF081	13.650	2.793	357.0	0.471	4	11.0 (4-5)		5.4	10.8	86.8	83.4	7660	200.9	F	心, そり, ねじれ, 曲がり
KF082	13.550	2.800	346.6	0.465	4	18.3 (2-3)		6.4	11.0	82.1	78.7	8240	217.2	F	心, 曲がり
KF083	13.980	2.798	322.7	0.513	4	31.7 (12-7-8)		5.6	10.7	77.2	76.8	6900	176.4	Ke	心, 曲がり K7
KF084	13.975	2.792	341.5	0.474	4	17.3 (8-2)		7.4	10.6	77.3	75.1	11000	281.9	Ke	心, そり, ねじれ, 曲がり K4
KF085	13.975	2.796	339.8	0.436	4	28.6 (5-6-1-2)		6.0	10.8	71.5	70.8	7480	191.4	F	心
KF086	13.985	2.798	341.0	0.419	4	26.1 (6-5-7)		6.0	10.5	81.4	77.1	8820	225.4	F	心
KF087	13.975	2.796	345.9	0.463	4	9.3 (1-2-3)		5.5	10.8	72.2	69.5	8840	226.2	F	心, そり, ねじれ, 曲がり
KF088	13.980	2.800	326.8	0.538	4	15.4 (1-2)		7.0	10.6	64.7	66.3	11180	285.6	G	
KF089	13.805	2.788	336.1	0.448	9	58.8 (10-7-2-11)		6.0	10.5	73.1	68.9	5040	130.9	Ke	心, そり K10
KF090	13.985	2.793	344.6	0.474	9	62.6 (8-10-9)		7.1	10.7	72.1	69.1	6920	177.2	Ke	心, ねじれ K8, 10
KF091	13.975	2.800	329.0	0.427	4	21.8 (3-7-4)		6.6	10.5	70.1	70.2	9020	230.5	F	心
KF092	13.980	2.797	346.5	0.462	4	43.3 (1-8-4-9-10)		7.7	10.8	74.9	70.9	7800	199.7	F	心, ねじれ
KF093	13.980	2.794	346.7	0.465	4	25.4 (9-8)		6.4	10.8	66.5	64.4	9200	235.3	Ke	心, そり, ねじれ, 曲がり K13, 14
KF094	13.985	2.794	344.2	0.463	4	17.5 (2)		6.0	10.2	74.0	68.0	4560	116.7	Ke	心, そり, ねじれ K2
KF095	13.980	2.796	338.4	0.408	4	22.5 (6-7)		5.8	10.4	66.3	59.1	9780	250.2	Ke	心, ねじれ, 曲がり K2
KF096	13.980	2.796	336.9	0.435	4	49.5 (1-2-3-4)		5.8	10.2	59.9	58.7	6520	166.8	Kc	心, ねじれ, 曲がり K1
KF097	13.980	2.800	322.0	0.422	4	19.5 (7-5-14-8)		6.4	10.0	57.1	56.7	3560	90.9	Ke	心, そり, ねじれ K5, 7
KF098	13.875	2.792	331.8	0.409	4	10.8 (5)		8.3	9.8	54.6	52.9	6980	180.2	F	心, そり, ねじれ, 曲がり
KF099	13.980	2.792	324.1	0.492	4	17.0 (2-3-4)		5.4	10.8	83.8	79.9	12320	315.6	F	心, そり
Min	13.360	2.773	318.3	0.408		0.0		2.6	9.8	54.6	52.9	3560	90.9		
Avg	13.941	2.795	339.6	0.497		26.2		5.0	10.8	97.2	93.9	10249	263.1		
Max	13.990	2.801	358.1	0.593		62.6		8.3	11.6	153.9	153.8	21060	546.6		
Sd	0.107	0.004	7.209	0.043		14.6		1.127	0.390	21.7	21.6	3188	82.3		
Cv(%)	0.8	0.1	2.1	8.5		55.7		22.5	3.6	22.4	23.0	31.1	31.3		

注) 目視等級区分は材長全体に行なった。最大集中節径比は中央1m区間のものである。

目視等級の数字のうち、9は格外を表す。

破壊形態の記号は Ke:材縁部節破壊 Kc:中央部節破壊 G:目切れ破壊 F:縦継ぎ部破壊 B:脆性破壊、その他 X:グリッパ内破壊 を表す。

付表3-7 スプルーース通しラミナ引張試験結果 (その1)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中部 径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的		静的		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態 (欠点)	(破壊要素)
									ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²							
SN001	14.482	2.987	350.4	0.379	4	32.0 (2)	2.4	9.3	43.8	61.3	2900	67.0	Ke	K2			
SN002	14.448	3.010	350.4	0.377	4	30.3 (1-2)	3.1	9.6	63.6	70.4	7120	163.7	Ke	K1			
SN003	14.486	2.988	350.4	0.409	4	43.6 (3-4)	4.3	9.7	64.2	66.1	4320	99.8	Ke	K3→K6			
SN004	14.394	2.983	350.4	0.379	4	32.3 (1)	1.9	9.8	67.2	71.2	6880	160.2	Ke	K1			
SN005	14.488	3.001	350.4	0.381	4	33.1 (1)	2.5	9.7	67.5	74.5	8660	199.2	Ke	K1			
SN006	14.460	2.919	350.4	0.470	9	91.3 (2-3-5-4)	1.7	11.0	68.7	63.5	4780	113.2	Xc	K4			
SN007	14.469	2.982	350.4	0.364	4	40.7 (4-5)	3.9	9.8	69.0	73.7	7680	178.0	Ke	K4			
SN008	14.483	3.000	350.4	0.388	4	33.1 (6-7)	3.1	9.6	69.9	73.0	7980	183.7	Ke	K4			
SN009	14.506	2.995	350.4	0.394	9	51.7 (2)	2.3	10.5	69.9	67.9	7160	164.8	Ke	K4			
SN010	14.496	2.997	350.4	0.447	4	0.0	1.5	10.5	71.5	121.0	12960	298.3	G	K2			
SN011	14.483	3.005	350.3	0.354	3	32.0 (3)	4.5	9.1	71.5	67.4	4820	110.8	Ke	K3			
SN012	14.491	2.991	350.2	0.359	9	5.5 (1)	2.9	9.7	73.6	85.5	13720	316.5	X	K(46.9%)			
SN013	14.488	2.990	350.4	0.389	9	53.1 (1-2)	4.0	10.3	73.7	77.6	5580	128.8	Ke	K2→K4			
SN014	14.484	2.989	350.5	0.372	4	5.9 (1)	4.5	10.2	74.1	79.2	13360	308.6	B	K1			
SN015	14.466	2.991	350.5	0.330	9	5.5 (1)	2.6	9.4	74.2	76.8	7480	172.9	Ke	K5,6			
SN016	14.478	2.981	350.5	0.380	4	40.0 (5-6)	2.7	9.5	74.5	79.9	9340	216.4	Ke	K1			
SN017	14.491	2.994	350.5	0.358	4	36.9 (1)	3.0	10.2	74.8	79.7	6660	153.5	Ke	K(33.2%)			
SN018	14.473	2.999	350.5	0.348	3	16.2 (1)	3.6	10.0	74.9	79.4	9920	228.5	X	K2			
SN019	14.481	2.988	350.4	0.389	9	54.0 (2-5)	3.0	9.5	75.0	76.4	6420	148.4	Ke	K3			
SN020	14.480	3.006	350.4	0.387	4	14.9 (2-3)	4.8	9.7	75.7	74.6	6320	145.2	Ke	K2			
SN021	14.488	2.991	350.5	0.352	3	29.3 (2)	2.9	9.7	75.8	78.3	7000	161.5	Ke	K1			
SN022	14.493	2.979	350.3	0.350	4	15.5 (1)	2.6	9.9	76.5	82.7	7320	169.5	Ke	K1			
SN023	14.478	2.981	350.4	0.350	4	16.2 (1)	3.0	10.2	76.5	82.5	11600	268.8	B	K1			
SN024	14.484	2.993	350.4	0.382	3	32.2 (1)	2.5	9.9	77.2	86.4	6420	148.1	Ke	K1			
SN025	14.491	2.992	350.5	0.355	4	37.6 (1)	2.0	9.8	77.6	89.4	6380	147.2	Ke	K1			
SN026	14.476	2.985	350.4	0.370	4	46.8 (4-5)	2.1	9.5	78.3	81.9	7180	166.2	Ke	K5→K4			
SN027	14.480	2.973	350.4	0.365	2	16.1 (1-2)	3.3	10.3	78.4	81.5	14360	333.6	Ke	K2→K1			
SN028	14.478	3.005	350.3	0.381	4	25.2 (2)	2.0	9.9	79.3	86.3	5960	137.0	Ke	K2→K1			
SN029	14.487	2.995	350.4	0.358	4	35.5 (2)	2.3	10.0	79.4	84.1	8380	193.1	Ke	K2			
SN030	14.462	2.993	350.5	0.382	4	27.0 (3-4)	4.5	10.0	79.8	79.3	6880	158.9	Ke	K2→K1			
SN031	14.487	2.993	350.5	0.365	4	13.8 (1)	2.0	9.4	79.8	89.3	7200	166.1	Ke	K1			
SN032	14.482	3.004	350.4	0.433	4	47.8 (5-6-7)	2.6	9.8	80.7	86.3	7500	172.4	Ke	K6			
SN033	14.489	3.001	350.5	0.387	4	31.6 (1-5)	2.5	9.9	80.8	81.0	8480	195.0	Ke	K5			
SN034	14.515	2.985	350.2	0.392	4	41.7 (1-2)	2.9	9.6	81.7	84.0	6280	144.9	Ke	K1,2			
SN035	14.448	3.007	350.4	0.374	2	24.4 (9-7-8)	2.5	9.7	81.7	75.0	8720	200.7	Ke	K3			
SN036	14.481	3.001	350.4	0.387	4	44.5 (1-2)	4.1	10.3	82.0	81.8	13720	315.7	Ke	K2			
SN037	14.478	2.993	350.4	0.402	4	39.4 (1-2)	4.4	10.1	82.5	80.8	11280	260.3	Ke	K4,5			
SN038	14.471	3.002	350.4	0.374	4	40.8 (3-4)	3.0	9.9	83.0	83.0	8040	185.1	Ke	K2→K3			
SN039	14.484	2.997	350.4	0.404	4	33.4 (1-2-3)	3.9	9.9	83.0	85.0	8800	202.7	Ke	K2			
SN040	14.484	2.987	350.4	0.383	4	37.6 (2-3)	3.4	9.6	83.5	83.9	9120	210.8	Ke	K3→K2			

付表3-7 スパルース通しラミナ引張試験結果(その2)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比	番号	平均 含水率 動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	破壊要素
								%	年輪幅 mm	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²					
SN041	14.488	3.001	350.4	0.381	3	19.3 (1)	3	9.5	4.2	84.4	83.7	10100	232.3	Ke		K1, 3
SN042	14.482	2.997	350.4	0.388	3	27.3 (4-8)	3	9.9	3.9	84.7	85.5	9840	226.7	Ke		K8
SN043	14.484	2.985	350.3	0.383	3	31.4 (2-3)	3	10.2	4.5	84.8	78.8	5400	124.9	Ke		K3
SN044	14.499	2.994	350.4	0.362	4	48.3 (2)	4	9.9	2.0	85.0	80.7	6380	147.0	Ke		K2
SN045	14.490	2.963	350.3	0.422	4	26.9 (1)	4	10.0	1.7	85.3	91.0	7340	171.0	Ke		K1
SN046	14.500	2.991	350.5	0.365	4	33.8 (1)	4	9.8	2.2	85.9	92.2	7480	172.5	Ke		K1
SN047	14.488	2.987	350.4	0.326	3	23.5 (3)	3	9.7	2.1	86.0	85.8	9940	229.7	Ke		K3
SN048	14.484	3.005	350.3	0.384	3	31.4 (1)	3	9.9	0.9	86.3	86.3	8400	193.0	Ke		K1
SN049	14.487	2.999	350.3	0.329	3	11.3 (2)	3	9.7	2.4	86.5	86.0	12460	286.8	Ke		K2
SN050	14.480	3.001	350.4	0.384	4	33.5 (3-4)	4	9.8	4.2	87.7	87.7	7840	180.4	Ke		K2→K3→K4
SN051	14.472	2.911	350.6	0.379	3	29.6 (1)	3	9.7	2.2	88.0	100.2	9720	230.7	Ke		K1
SN052	14.484	3.000	350.4	0.371	4	22.8 (4)	4	9.8	1.9	88.5	93.3	12680	291.8	Ke		K1
SN053	14.486	3.006	350.3	0.446	9	0.0	9	10.0	1.1	88.6	79.5	9260	212.7	G		
SN054	14.446	2.994	350.3	0.396	9	69.4 (5-6-7-8)	9	10.1	3.5	89.0	84.5	6080	140.6	Ke		K5, 6
SN055	14.481	2.999	350.4	0.384	9	32.2 (1-2)	9	9.7	2.2	89.1	91.4	9380	216.0	Ke		K1
SN056	14.471	2.996	350.5	0.392	3	26.6 (2)	3	9.7	2.7	89.5	96.2	7380	170.2	Ke		K2
SN057	14.484	2.999	350.5	0.404	4	37.2 (1-2)	4	9.9	3.4	89.6	91.2	7340	169.0	Ke		K6→K3→K1
SN058	14.499	2.999	350.5	0.361	4	28.3 (1)	4	9.7	2.6	89.9	93.7	8980	206.5	Ke		K1
SN059	14.483	2.991	350.2	0.396	9	47.3 (1)	9	9.6	2.1	90.2	92.9	9400	217.0	Ke		K3, 4→K2
SN060	14.270	2.998	350.4	0.380	3	25.9 (1-2)	3	9.6	1.5	90.7	94.9	5200	121.5	Ke		K1, 2
SN061	14.480	3.001	350.4	0.410	4	40.7 (3)	4	9.8	0.8	91.0	99.6	14100	324.5	Ke		K2, 3
SN062	14.486	3.009	350.3	0.354	2	22.8 (4)	2	9.8	2.4	91.8	89.1	12580	288.6	Ke		K4
SN063	14.482	3.005	350.4	0.397	9	37.8 (3-4)	9	10.0	0.9	91.9	89.5	8080	185.7	Ke		K4
SN064	14.462	3.005	350.5	0.341	2	6.8 (1)	2	10.1	2.4	92.5	89.7	10880	250.4	Ke		K2
SN065	14.474	2.997	350.5	0.411	4	12.0 (4)	4	9.7	3.4	92.5	100.0	9460	218.1	Ke		K4
SN066	14.464	3.001	350.5	0.368	3	27.3 (3-2-4)	3	9.8	3.8	93.0	91.0	6220	143.3	Ke		K1
SN067	14.487	2.993	350.4	0.405	2	17.5 (1)	2	10.0	1.2	93.8	91.7	9460	218.2	Ke		K2→K1
SN068	14.490	2.989	350.5	0.435	4	24.0 (1-2)	4	9.9	2.5	95.0	95.5	5580	128.8	Ke		K1→K2
SN069	14.480	2.977	350.5	0.404	4	33.8 (1)	4	9.6	0.9	95.0	97.9	16000	371.2	Ke		K2
SN070	14.476	2.997	350.5	0.375	9	5.1 (2)	9	9.4	3.2	96.1	93.6	11480	264.6	Ke		K1→K2
SN071	14.479	2.988	350.3	0.409	4	47.0 (1)	4	9.5	2.5	96.1	103.7	5260	121.6	Ke		K1
SN072	14.480	3.005	350.4	0.377	4	18.0 (1)	4	10.1	2.2	96.6	97.9	12400	285.0	Ke		K2
SN073	14.482	3.001	350.4	0.384	4	39.7 (1)	4	9.8	1.0	97.0	93.2	9560	220.0	Ke		K1
SN074	14.485	2.995	350.4	0.408	4	32.4 (2)	4	10.1	2.4	97.3	97.6	11860	273.4	Kc		K2
SN075	14.476	2.985	350.4	0.433	9	71.8 (1)	9	10.2	1.2	97.3	99.9	2580	59.7	Ke		K1
SN076	14.482	2.978	350.4	0.457	4	42.1 (1)	4	10.1	1.0	98.2	109.3	4780	110.8	Ke		K1
SN077	14.441	3.002	350.5	0.494	9	52.2 (1-2-3)	9	10.8	1.6	98.2	92.1	5860	135.2	Ke		K1
SN078	14.464	3.002	350.4	0.421	4	12.8 (1)	4	9.7	1.2	98.9	100.7	14120	325.2	X		K(27.7%)
SN079	14.436	2.975	350.4	0.508	3	19.9 (4)	3	10.8	1.8	99.5	104.9	7380	171.8	Ke		K4
SN080	14.484	2.981	350.4	0.403	3	25.5 (1)	3	9.5	3.3	100.4	101.4	8560	198.3	Ke		K1

付表3-7 スプルーース通しラミナ引張試験結果(その3)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中節 径比 %	平均 年輪幅 mm	含水率 動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
								%	tonf/cm ²	tonf/cm ²	ヤング係数					
SN081	14.480	3.004	350.5	0.417	3	22.4 (3-4-5)	2.4	10.1	100.9	99.3	8140	187.1	Ke		K2,4	
SN082	14.468	2.989	350.4	0.416	4	8.2 (1)	1.4	9.8	102.1	104.9	11160	258.1	X		K(34.6%)	
SN083	14.484	2.985	350.4	0.413	9	35.6 (2)	2.3	9.7	102.8	101.1	9280	214.6	Ke		K2	
SN084	14.480	2.998	350.5	0.486	9	51.1 (2-3-4)	1.3	10.7	103.0	102.7	9360	215.6	Ke		K2,3,4	
SN085	14.482	3.000	350.6	0.414	3	26.6 (2)	2.3	10.0	103.1	101.0	9900	227.9	Ke		K2	
SN086	14.475	3.001	350.4	0.440	4	0.0	1.2	9.9	103.5	98.0	15840	364.6	G			
SN087	14.459	3.001	350.5	0.404	4	47.6 (3)	1.0	9.9	103.7	96.9	9300	214.3	Ke		K3	
SN088	14.469	2.997	350.5	0.385	3	17.3 (1)	2.6	9.9	104.3	104.1	13720	316.4	Ke		K2	
SN089	14.478	2.998	350.4	0.460	4	40.8 (2)	1.8	10.3	105.1	102.4	6740	155.3	Ke		K2	
SN090	14.488	3.000	350.4	0.391	3	30.4 (1-2)	0.9	9.8	105.8	106.8	20980	482.7	Kc		K1,2	
SN091	14.488	2.983	350.4	0.396	2	10.7 (1)	1.4	9.6	105.8	104.0	16180	374.4	Ke		K3	
SN092	14.491	2.983	350.4	0.390	4	34.8 (2)	1.6	10.0	106.9	111.8	10580	244.8	Ke		K2	
SN093	14.480	3.003	350.3	0.397	3	28.8 (1-2)	1.3	10.1	107.5	106.3	10440	240.1	Ke		K2	
SN094	14.457	2.995	350.4	0.405	3	17.6 (2)	1.0	10.3	109.7	104.2	19420	448.5	X		K(25.6%)	
SN095	14.486	2.996	350.5	0.431	9	5.3 (2)	1.6	10.5	110.4	134.3	25760	593.5	X		K(60.7%)	
SN096	14.478	2.994	350.5	0.395	3	20.8 (4-3)	1.1	9.9	111.4	113.7	18840	434.6	Ke		K2→K1	
SN097	14.486	3.001	350.4	0.450	9	19.0 (2)	2.5	10.1	112.0	120.8	11240	258.6	Ke		K3	
SN098	14.490	2.989	350.4	0.418	3	15.5 (4-5)	2.2	10.2	113.3	118.3	14360	331.6	X		K(25.5%)	
SN099	14.470	2.999	350.5	0.424	3	32.4 (2)	2.0	10.1	113.3	103.9	9820	226.3	Ke		K2	
SN100	14.469	2.987	350.5	0.413	4	29.0 (2)	2.6	9.6	114.8	118.5	13820	319.8	Ke		K3→K2	
SN101	14.507	2.997	350.5	0.397	4	36.3 (1)	2.6	9.6	115.0	114.8	7960	183.1	Ke		K1	
SN102	14.480	3.003	350.3	0.420	4	21.1 (1-2)	2.4	10.3	116.8	118.5	15680	360.6	Ke		K1,2→K3	
SN103	14.483	3.007	350.4	0.383	2	0.0	1.2	9.9	116.9	114.3	20020	459.7	G			
SN104	14.488	2.991	350.5	0.411	2	24.2 (3-4)	2.7	9.9	117.6	114.2	18320	422.8	Ke		K4→K2	
SN105	14.462	2.989	350.5	0.396	3	18.3 (2)	1.2	9.9	117.7	114.8	20600	476.6	Kc		K2	
SN106	14.463	3.008	350.5	0.410	3	22.1 (1)	1.3	9.8	118.7	119.9	23040	529.6	Kc		K1	
SN107	14.476	3.007	350.3	0.453	4	0.0	1.4	10.2	119.1	128.2	17560	403.4	X		K(38.0%)	
SN108	14.484	2.993	350.5	0.500	3	6.0 (3)	1.5	11.1	121.1	123.7	12080	278.7	X		K(31.1%)	
SN109	14.486	3.009	350.3	0.406	2	13.1 (1)	1.9	10.4	122.2	119.8	13920	319.4	Ke		K3	
SN110	14.455	2.989	350.5	0.439	3	24.5 (1-2-3-4)	2.4	10.4	123.9	122.1	19740	456.9	Kc		K7	
SN111	14.462	2.980	349.8	0.395	3	30.4 (2-3)	2.8	10.0	124.6	123.3	16640	386.1	Ke		K2,3	
SN112	14.475	3.006	350.5	0.410	2	22.7 (1)	1.6	10.0	125.0	124.4	17500	402.2	Ke		K1	
SN113	14.470	3.001	350.5	0.411	2	5.9 (1)	2.4	10.4	125.3	126.9	18660	429.7	Ke		K1	
SN114	14.488	2.995	350.4	0.428	2	5.7 (1)	1.1	10.4	128.7	132.1	11220	258.6	Ke		K1	
SN115	14.464	2.992	350.4	0.432	2	16.2 (2)	1.3	10.6	130.0	131.0	21240	490.8	G			
SN116	14.482	2.992	350.5	0.454	2	19.3 (1)	0.8	10.4	133.3	135.2	18460	426.0	Ke		K1	
SN117	14.482	3.008	350.4	0.432	2	13.5 (1)	1.0	9.9	135.2	135.4	26040	597.8	Ke		K1	
SN118	14.487	2.999	350.5	0.433	2	6.2 (2)	2.0	10.4	139.1	141.6	24760	569.9	Ke		K2	
SN119	14.479	2.997	350.4	0.454	2	21.1 (2)	0.9	10.5	140.1	139.4	19580	451.2	Ke		K1→K2	
SN120	14.496	3.001	350.5	0.446	2	4.6 (1)	1.3	10.3	144.9	143.9	17780	408.7	Ke		K1	

付表3-7 スプルーース通しラミナ引張試験結果(その4)

試験体 番号	幅 cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集 節径比 %	最大集中節 番号	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態 (欠点)	備考 (破壊要素)
									ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²				
SN121	14.480	3.005	350.5	0.459	2	12.7 (1-2)	1.6	10.0	147.3	144.7	25280	581.0	Ke	K1		
SN122	14.480	3.003	350.5	0.407	9	23.3 (1)	3.5	10.0	156.2	74.1	6840	157.3	Ke	K1		
Min	14.270	2.911	349.8	0.326		0.0	0.8	9.1	43.8	61.3	2580	59.7				
Avg	14.477	2.994	350.4	0.400		27.2	2.3	10.0	95.2	96.6	10978	253.2				
Max	14.515	3.010	350.6	0.508		91.3	4.8	11.1	156.2	144.7	26040	597.8				
Sd	0.024	0.013	0.095	0.035		15.6	1.003	0.346	20.2	18.9	5177	119.1				
Cv(%)	0.2	0.4	0.0	8.7		57.4	42.9	3.5	21.2	19.6	47.2	47.1				

注) 目視等級区分は材長全体について行った。最大集節径比は中央1m区間のものである。

目視等級の数字のうち、9は格外を表す。

破壊形態の記号は Ke:材縁部節破壊 Kc:中央部節破壊 G:目切れ破壊 B:脆性破壊、その他 X:グリップ内破壊 を表す。

付表3-8 スパルース縦継ぎラミナ引張試験結果(その1)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	集中節 番号	平均 含水率 動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
								%	mm	tonf/cm ²	tonf/cm ²					
SF001	13.955	2.792	300.0	0.405	2	0.0		2.8	9.2	130.1	125.0	20520	526.7	F		
SF002	13.965	2.792	300.0	0.385	3	12.0 (2)		2.2	8.8	100.9	98.3	10240	262.6	Ke		K2→F
SF003	13.965	2.797	300.0	0.337	2	3.2 (2)		3.5	9.1	83.2	74.4	10680	273.4	F		
SF004	13.960	2.797	300.0	0.354	9	50.4 (1-2)		2.6	9.4	82.2	82.8	11180	286.3	Ke		K2
SF005	13.975	2.794	300.0	0.378	4	22.8 (1)		2.6	9.4	83.4	83.8	7980	204.4	Ke		K1
SF006	13.970	2.804	293.4	0.378	4	16.5 (1)		2.0	9.2	105.3	105.8	14620	373.2	F		
SF007	13.955	2.796	300.1	0.468	2	0.0		1.3	9.6	160.3	155.1	19060	488.5	F		K1
SF008	13.955	2.794	300.0	0.412	3	30.5 (1)		2.0	9.3	113.3	115.4	10580	271.3	Ke		K1
SF009	13.965	2.795	300.0	0.351	4	12.9 (1)		2.6	9.1	86.8	89.3	8460	216.7	Ke		K1
SF010	13.970	2.802	300.0	0.429	4	26.5 (1-2)		3.2	9.6	86.3	84.5	9480	242.2	Ke		K4
SF011	13.945	2.791	300.0	0.400	4	8.2 (4)		3.1	9.0	104.9	96.7	13520	347.4	X		K1, 2(20.8%)
SF012	13.970	2.798	300.0	0.471	4	27.9 (1)		1.6	9.6	106.5	102.3	8220	210.3	Ke		K1
SF013	13.950	2.796	300.0	0.411	9	0.0		1.8	9.5	111.7	108.6	12940	331.8	F		
SF014	13.965	2.792	300.0	0.419	3	27.6 (1)		1.4	9.5	123.2	119.2	9820	251.9	Ke		K1→F
SF015	13.965	2.800	300.0	0.402	3	12.9 (3)		3.2	9.2	106.6	99.5	13880	355.0	F		
SF016	13.950	2.790	300.0	0.379	4	18.9 (3)		3.2	9.4	96.0	96.7	11120	285.7	Ke		K3
SF017	13.960	2.790	300.0	0.390	4	34.4 (3)		3.6	9.3	90.5	82.1	7140	183.3	Ke		K3
SF018	13.975	2.796	300.0	0.372	2	9.3 (1)		2.2	9.2	116.8	109.9	16200	414.6	F, Ke		K1
SF019	13.960	2.790	300.0	0.420	3	14.7 (1)		2.0	9.4	116.8	113.8	13180	338.4	Kc		K1
SF020	13.960	2.800	300.0	0.414	9	21.1 (1)		2.1	9.3	96.1	100.6	15400	394.0	Ke		K1
SF021	13.945	2.788	300.0	0.385	4	40.6 (2-3)		3.2	9.1	62.6	82.7	5960	153.3	Ke		K6
SF022	13.945	2.798	300.0	0.340	3	15.4 (2)		3.0	9.0	77.9	78.1	6540	167.6	Ke		K2
SF023	13.955	2.790	300.0	0.413	3	7.5 (2)		1.5	9.5	114.8	113.2	16700	428.9	F		
SF024	13.950	2.788	300.0	0.405	3	25.4 (3)		2.8	9.2	83.7	79.7	8100	208.3	F		K3
SF025	13.955	2.799	300.0	0.402	2	12.0 (3)		1.7	9.6	108.1	104.4	11460	293.4	Ke		K1
SF026	13.965	2.798	300.1	0.414	9	25.4 (1)		2.4	10.0	96.3	94.8	10840	277.4	Kc		K1
SF027	13.950	2.798	300.0	0.367	4	23.7 (4)		2.2	9.5	90.6	91.3	9400	240.8	Kc		K4
SF028	13.955	2.796	300.0	0.372	4	5.9 (2)		2.6	9.2	68.9	77.1	8500	217.8	Ke		K2
SF029	13.965	2.794	300.1	0.369	9	0.0		2.4	9.6	75.3	86.4	13000	333.2	X		K1(23.1%)
SF030	13.955	2.795	300.0	0.429	4	24.4 (1)		2.2	9.2	118.0	117.0	9380	240.5	Ke		K1
SF031	13.980	2.805	300.1	0.388	2	2.5 (2)		2.6	9.2	101.9	100.8	12080	308.1	F		
SF032	13.960	2.801	300.1	0.399	4	15.8 (4-1)		2.2	9.8	97.4	94.3	9920	253.7	X		K3(33.7%)
SF033	13.970	2.791	300.1	0.380	3	13.6 (2)		3.8	9.2	85.0	81.9	8360	214.4	X		K1(28.8%)
SF034	13.980	2.793	300.1	0.406	9	34.3 (2)		2.8	9.6	101.6	98.9	8400	215.1	Ke		K2
SF035	13.985	2.806	300.1	0.405	9	21.8 (8-9)		2.7	9.2	87.2	87.5	9020	229.9	X		K1, 2, 3, 4(58.3%)
SF036	13.475	2.799	300.1	0.382	3	19.5 (2-3)		2.6	9.2	93.2	94.0	7180	190.4	Ke		K2→K1
SF037	13.965	2.811	300.1	0.369	4	14.9 (1)		2.8	9.4	86.9	90.5	10780	274.6	Ke		K1→K2
SF038	13.965	2.795	300.1	0.399	4	26.1 (1)		2.6	9.4	88.1	86.2	14200	363.8	Kc		K1
SF039	13.970	2.807	300.1	0.416	4	17.2 (2-3)		2.2	9.4	91.8	89.1	8860	225.9	F		
SF040	13.955	2.815	300.0	0.371	3	22.9 (2)		4.0	9.2	83.0	78.7	8860	225.5	Ke		K3

付表3-8 スプルーース縦継ぎラミナ引張試験結果(その2)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比	集中節 番号	平均含水率動的		曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
								年輪幅 mm	%	ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²					
SF041	13.945	2.801	300.0	0.403	4	26.9 (1)		3.1	9.2	80.0	75.5	6360	162.8	Ke	心	K3
SF042	13.975	2.823	300.1	0.389	4	31.1 (4-5)		2.9	8.8	96.1	85.7	11600	294.0	Ke		K2, 3
SF043	13.950	2.805	300.0	0.348	9	3.4 (2)		2.9	9.1	86.0	80.8	12760	326.1	F		
SF044	13.960	2.807	300.0	0.421	3	15.9 (3)		1.6	9.4	114.4	112.7	8940	228.1	F		
SF045	13.960	2.826	300.0	0.385	4	33.9 (4-6)		3.8	9.7	79.5	75.2	5800	147.0	Ke		K7
SF046	13.975	2.818	300.0	0.364	3	0.0		2.0	9.2	106.0	103.5	11540	293.0	G		
SF047	13.970	2.812	300.0	0.370	9	73.0 (1-7-2)		3.2	9.5	73.5	69.6	6580	167.5	Ke		K5
SF048	13.960	2.800	300.0	0.426	4	28.5 (3-4-5)		3.2	9.6	95.3	94.4	9760	249.7	F		
SF049	13.965	2.822	300.0	0.341	3	0.0		4.2	9.2	83.2	83.2	11920	302.5	B		
SF050	13.980	2.804	300.1	0.394	2	5.6 (2)		2.3	8.9	115.9	112.3	15980	407.7	F		
SF051	13.960	2.794	300.0	0.380	4	16.1 (1)		3.4	9.2	80.6	84.4	12600	323.0	Ke		K2
SF052	13.960	2.813	300.0	0.373	2	18.6 (2)		2.6	9.2	113.6	111.3	18700	476.2	Kc		K2
SF053	13.940	2.815	300.0	0.434	4	0.0		1.8	9.5	107.3	103.4	12400	316.0	F		
SF054	13.965	2.792	300.0	0.416	3	2.0 (1)		1.9	9.4	123.8	119.0	14880	381.6	F		
SF055	13.955	2.809	300.0	0.399	4	17.4 (1)		2.8	9.2	78.2	82.2	7420	189.3	Ke		K1
SF056	13.950	2.793	300.0	0.447	2	2.1 (1)		1.4	9.5	118.8	114.5	11320	290.5	F		
SF057	13.950	2.807	300.0	0.357	4	17.2 (2)		3.1	9.3	73.7	74.3	11080	283.0	X		K3(29.7%)
SF058	13.955	2.804	300.0	0.398	3	14.7 (3)		5.6	9.1	82.2	85.6	9640	246.4	F		
SF059	13.965	2.821	300.0	0.459	3	11.7 (2-3)		1.6	9.4	155.5	144.7	20720	526.0	F		
SF060	13.970	2.796	300.0	0.449	4	8.6 (1)		2.1	9.4	113.7	118.4	18180	465.4	X		K2(45.7%)
SF061	13.950	2.806	300.0	0.378	4	14.3 (2)		3.0	9.2	102.7	100.2	11520	294.3	Ke, F		K1, F
SF062	13.945	2.807	300.1	0.439	4	25.0 (1)		2.0	9.4	109.8	112.1	9940	253.9	Ke		K2
SF063	13.960	2.809	300.0	0.444	4	21.8 (2-1)		1.8	9.5	115.1	111.7	15640	398.8	F		
SF064	13.465	2.813	300.1	0.450	2	17.1 (1)		1.7	9.6	138.4	135.6	9960	263.0	F		
SF065	13.960	2.806	300.0	0.377	3	22.9 (2)		2.4	9.3	85.4	92.4	7140	182.3	Ke		K2
SF066	13.970	2.797	300.0	0.404	9	44.1 (3-4-5-8)		3.4	9.3	90.4	89.7	4680	119.8	Ke		K6
SF067	13.955	2.808	300.0	0.368	4	27.0 (2-3)		3.2	9.2	85.5	93.7	8940	228.1	X		K1(25.7%)
SF068	13.965	2.808	300.0	0.369	4	15.0 (2)		2.1	9.4	100.4	98.9	8120	207.1	F, Ke		F, K2
SF069	13.970	2.797	300.0	0.439	4	0.0		1.4	9.4	109.8	106.5	14540	372.1	F		
SF070	13.960	2.816	300.0	0.374	3	24.3 (4-5)		4.1	9.0	90.2	85.3	9080	231.0	F		
SF071	13.970	2.804	300.0	0.365	4	4.9 (2)		3.7	9.0	62.9	70.4	7040	179.7	X		K3(41.5%)
SF072	13.935	2.802	300.0	0.409	2	9.5 (3)		2.2	9.6	121.8	118.0	13640	349.3	F, Ke		F, K3
SF073	14.000	2.788	300.1	0.403	1	2.5 (1)		2.3	9.3	121.4	119.4	18900	484.2	F		
SF074	13.960	2.809	300.0	0.404	2	0.0		2.0	9.4	118.8	115.2	15500	395.3	F		
SF075	13.975	2.800	300.0	0.393	9	5.0 (1)		3.0	9.6	90.1	87.8	12220	312.3	Ke		K2
SF076	13.965	2.798	300.0	0.376	4	29.7 (1)		3.2	9.6	81.8	82.7	7340	187.8	Ke		K1
SF077	13.945	2.794	300.0	0.348	2	3.4 (2)		3.6	9.2	72.8	71.8	6840	175.6	F		
SF078	13.970	2.807	300.1	0.420	2	4.4 (2)		1.9	9.6	130.8	119.0	13080	333.6	F		
SF079	13.960	2.803	300.0	0.411	3	31.5 (1)		2.0	9.0	121.1	119.4	9060	231.5	Ke		K1
SF080	13.980	2.790	300.0	0.379	2	0.0		2.0	9.2	103.0	98.9	15320	392.8	F		

付表3-8 スプルーース縦ぎラミナ引張試験結果(その3)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中節 径比 %	平均 年輪幅 mm	動的		曲げ ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²	最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)	(破壊要素)
								含水率 %	ヤング係数 tonf/cm ²							
SF081	13.980	2.795	300.0	0.372	9	36.8 (4-5)	2.4	9.6	109.5	105.4	6140	157.1	Ke	割れ	K5	
SF082	13.990	2.796	300.0	0.404	2	0.0	2.5	9.4	124.1	116.5	14960	382.5	F			
SF083	13.960	2.799	300.0	0.386	4	47.3 (1-2)	3.4	9.6	84.1	85.2	6740	172.5	Ke	心	K2	
SF084	13.990	2.794	300.1	0.448	2	7.9 (2)	1.1	9.9	139.3	137.0	11620	297.3	F			
SF085	13.950	2.800	300.1	0.371	9	55.2 (1-2)	3.2	9.6	76.7	79.6	7080	181.3	Ke		K2	
SF086	13.970	2.800	300.0	0.400	4	5.4 (4)	1.2	9.2	108.7	112.7	13500	345.1	X		K1(46.1%)	
SF087	13.980	2.791	300.0	0.432	4	16.5 (3)	1.3	9.6	140.4	138.4	20340	521.3	Ke		K3	
SF088	13.980	2.808	300.1	0.390	4	30.6 (2-5-3)	4.0	9.4	92.8	93.4	7880	200.7	Ke		K2→K1	
SF089	13.970	2.798	300.0	0.411	4	18.6 (3)	2.4	9.8	106.6	109.5	12740	325.9	Ke		K1	
SF090	13.955	2.806	300.1	0.428	2	19.0 (1)	1.8	9.5	105.9	101.7	12580	321.3	Ke		K2	
SF091	13.955	2.806	300.1	0.429	3	11.8 (3)	2.2	9.3	135.0	130.6	13740	350.9	Ke		K3	
SF092	13.990	2.804	300.1	0.411	4	18.6 (3)	1.5	9.1	105.3	110.3	11600	295.7	F,Ke		F, K3	
SF093	13.960	2.787	300.1	0.336	3	3.4 (1)	3.4	9.4	79.1	80.6	9100	233.9	B			
SF094	13.980	2.795	300.0	0.404	2	0.0	1.8	9.6	124.3	118.7	14780	378.3	F			
SF095	13.995	2.800	300.0	0.437	3	8.2 (2)	1.9	9.8	115.9	110.6	11380	290.4	B			
SF096	13.990	2.798	300.0	0.366	4	22.2 (2)	2.3	9.6	96.0	98.1	8920	227.9	Ke		K2	
SF097	13.985	2.808	300.0	0.386	4	0.0	3.2	9.4	96.4	93.4	16100	410.0	B			
SF098	13.960	2.808	300.0	0.392	4	32.6 (1)	3.2	9.6	82.0	82.3	6360	162.2	Ke		K1	
SF099	13.970	2.799	300.1	0.395	4	28.0 (2)	2.6	9.5	80.7	79.5	5740	146.8	Ke		K2	
SF100	14.000	2.796	300.1	0.418	3	20.4 (2)	2.2	9.1	121.8	128.3	14640	374.0	Ke		K2	
SF101	13.975	2.808	300.1	0.354	3	23.5 (2)	3.5	9.0	74.2	80.4	6240	159.0	Ke		K2	
SF102	13.965	2.809	300.0	0.406	2	12.5 (2)	2.6	9.4	129.0	124.9	20620	525.6	Ke, F		K2, F	
SF103	13.995	2.796	300.1	0.423	4	22.2 (1)	2.0	9.8	108.4	113.0	13000	332.2	Kc		K1	
SF104	13.990	2.800	300.1	0.424	2	7.9 (1)	1.4	9.8	142.1	136.9	19020	485.6	Ke		K1	
SF105	13.975	2.811	300.1	0.519	1	1.3 (2)	1.5	10.2	142.7	133.2	12780	325.3	F		K2	
SF106	14.000	2.804	300.1	0.391	1	7.6 (2)	3.0	9.6	106.3	100.2	10040	255.8	Ke		K4	
SF107	13.980	2.807	300.0	0.379	4	27.9 (4)	3.2	10.0	76.3	82.2	6700	170.7	Ke			
SF108	14.005	2.794	300.1	0.535	2	0.7 (2)	1.4	10.5	147.0	142.9	19760	505.0	F			
SF109	13.990	2.798	300.1	0.395	4	8.6 (1)	2.0	9.5	98.8	101.3	12960	331.1	F			
SF110	13.975	2.803	300.0	0.409	3	14.0 (1-5)	1.8	9.4	104.7	101.6	11480	293.1	F			
SF111	13.960	2.805	300.1	0.381	3	16.9 (9-2)	2.6	9.1	95.3	90.5	9940	253.8	Ke		K1, 2→F	
SF112	13.975	2.802	300.1	0.381	9	23.9 (2-6)	3.5	9.4	90.7	94.2	7580	193.6	F			
SF113	13.995	2.794	300.1	0.446	3	3.6 (4)	1.2	9.6	125.5	120.7	15340	392.3	F			
SF114	14.000	2.802	300.1	0.430	2	0.0	1.6	9.6	132.3	125.5	18200	464.0	F			
SF115	13.965	2.804	300.1	0.375	3	24.3 (4)	3.0	9.2	95.0	92.8	12060	308.0	G			
SF116	13.975	2.808	300.1	0.407	3	11.7 (1)	3.0	9.6	80.9	86.3	8040	204.9	Ke		K1	
SF117	13.980	2.807	300.0	0.401	9	32.5 (3-4)	3.2	9.3	102.8	101.9	10660	271.6	Ke		K2→K3	
SF118	13.960	2.807	300.1	0.369	3	29.7 (2)	2.9	9.3	90.1	88.1	8780	224.1	Ke		K2	
SF119	14.000	2.788	300.0	0.396	4	28.8 (11-9-5)	3.2	9.6	81.8	83.0	9980	255.7	Ke	心	K9, 11	
SF120	13.985	2.799	300.0	0.402	2	21.1 (1)	4.6	8.9	80.9	80.3	8420	215.1	Ke		K6	

付表3-8 スプルーース縦継ぎラミナ引張試験結果(その4)

試験体 番号	幅 cm	厚さ cm	長さ cm	比重	目視 等級	最大集中 節径比 %	集中節 番号	平均 年輪幅 mm	含水率 %	動的 ヤング係数 tonf/cm ²	曲げ		最大荷重 kgf	引張強度 kgf/cm ²	破壊 形態	備考 (欠点)
											ヤング係数 tonf/cm ²	ヤング係数 tonf/cm ²				
SF121	13.975	2.806	300.0	0.408	4	25.8 (1)		3.0	9.0	110.9	112.9	6940	177.0	Ke		KI
Min	13.465	2.787	293.4	0.336		0.0		1.1	8.8	62.6	69.6	4680	119.8			
Avg	13.959	2.801	300.0	0.400		17.1		2.6	9.4	101.5	100.3	11346	290.1			
Max	14.005	2.826	300.1	0.535		73.0		5.6	10.5	160.3	155.1	20720	526.7			
Sd	0.065	0.008	0.602	0.033		13.1		0.801	0.271	20.1	18.1	3800	97.0			
Cv(%)	0.5	0.3	0.2	8.2		76.7		31.3	2.9	19.8	18.1	33.5	33.4			

注) 目視等級区分は材最全体について行った。最大集中節径比は中央1m区間のものである。

目視等級の数字のうち、9は格外を表す。

破壊形態の記号は Ke:材縁部節破壊 Kc:中央部節破壊 G:目切れ破壊 F:縦継ぎ部破壊 B:脆性破壊、その他 X:グリップ内破壊 を表す。

第4章 アカマツ構造用集成材ラミナの引張試験

岩手県林業技術センター

試験担当：東野 正

千葉 一弘

1. 試験の目的

近年我が国では構造用集成材に対する評価が高まってきており、各地において大断面集成材を用いた大規模木構造建築が行われている。しかし、構造用大断面集成材の材料としてアカマツを使用している例はほとんどない。

日本農林規格（以下、JAS規格という）においてアカマツはベイマツと同等の樹種区分に設定されているが、JAS規格に基づいて目視等級区分を行う場合にアカマツ特有の大きな輪生節の存在により、低い等級に区分され、また輪生節が強度に与える影響も大きい。

そこで、アカマツ材の構造用集成材としての利用を前提に、本試験では、アカマツラミナを供試材料として、構造用大断面集成材の強度に最も大きく影響を及ぼすラミナの引張強度について検討した。

2. 供試材料

2.1 供試材

アカマツラミナは県内2カ所（山形村、九戸村）の林分から立木を選定し、伐採・採材した丸太30本と、岩手中央森林組合から購入した丸太15本から製材したものである。蒸気式IF型乾燥機により脱脂処理として2時間蒸煮処理の後、目標含水率10%で人工乾燥し、プレーナー加工仕上げを行った。

2.2 ラミナの製造

全ラミナについて、ラミナの動的ヤング係数の分布が等しくなるように2等分し、その半数を中央部で切断してフィンガージョイントで縦継ぎを行った。縦継ぎは、もとのラミナどうしとなるように再構成した。

ラミナは通しラミナ（NJ）と中央部にフィンガージョイント加工を施した縦つぎラミナ（FJ）の2種とし、供試材とした。

供試数は各々100本を目途に用意したが、通しラミナについては別に31枚を追加し、

計131枚とした。

2. 3 縦継ぎ加工

縦継ぎラミナの製造は日熊工機葛巻工場に委託した。

フィンガーの形状及び寸法はフィンガー長=15mm、 $t_1=0.4\text{mm}$ 、 $t_2=0.5\text{mm}$ 、ピッチ=3.8mm、 $\theta=1/10.38$ 、かん合度0.1、フィンガー加工機の条件は主軸回転数3000rpm、送り速度5m/min、垂直型加工とした。

接合条件は、レゾシノール樹脂接着剤+硬化剤15%+増量剤10%、両面塗布、エンドプレッシャー 70kgf/cm^2 、養生期間を1週間とした。

養生後にモルダ加工機により4面を仕上げ加工した。

3. 試験方法

3. 1 ラミナの形質調査

ラミナの基本的な材質調査と視覚的及び機械的等級区分を行うために以下の項目について調査を行った。

3. 1. 1 気乾比重

ラミナの寸法及び重量を測定し、気乾比重を求めた。

3. 1. 2 平均年輪幅

引張試験終了後、破壊部分近傍の健全な無欠点部位から長さ方向3cm程度の試験片を1枚採取し、完全な年輪間の年輪数とその間の距離を測定して平均年輪幅を求めた。

3. 1. 3 含水率

引張試験終了後、破壊部分近傍の健全な無欠点部位から長さ方向3cm程度の試験片を1枚採取して重量を測定した後、 105°C に温度設定した定温恒温機中で24時間乾燥させて絶乾重量を測定し、含水率を求めた。

3. 1. 4 集中節径比

ラミナの集中節径比を、ラミナ全長区間（集中節径比1）と引張破壊試験時におけるチャック間内（集中節径比2）について測定した。

測定は15cm区間に存在する直径およそ5mm以上の節を対象に行い、4材面に出現する総ての節の接線径を測定してラミナ木口面に平行な節の横断面積の合計値を算出し、ラミナ横断面積に対する節の横断面積合計の割合を径比として算出した。

3. 1. 5 動的ヤング係数

縦継ぎ加工前及び縦継ぎ加工後のラミナの動的ヤング係数を測定した。

スポンジを敷いた台の上にラミナを載せて一方の木口面をハンマーで打撃し、発生した打撃音を他方の木口面付近に設置したマイクロホンを用いて測定した。この打撃音の基本振動数をFFTアナライザ（小野測器製、CF-360）を用いて求め、次式により動的ヤング係数を算出した。

$$E f = \frac{4 \times L^2 \times f^2 \times \rho}{g}$$

ここで、 $E f$: 動的ヤング係数 ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)

L : 材長 (cm)

f : 基本振動数 (Hz)

ρ : 気乾比重 (g/cm^3)

g : 重力加速度 (980 cm/s^2)

3. 2 引張破壊試験

ラミナの引張試験はNET-40型引張保証荷重試験機（最大容量40tf）を用い、チャック間（引張部分）の長さを約120cmとして行った。荷重をロードセルで連続的に測定し、ラミナが破壊した時点で得られた最大荷重から引張強度を算出した。なお、破壊までに要した時間は約3分であった。

引張試験にあたっては最大集中節径比の小さなもの（概ね50%以下）を供試材とした。

4. 試験結果

4. 1 ラミナの形質調査

ラミナの諸寸法を表4-1に示す。

表4-1 ラミナの寸法と数量

形状	長さ (cm)	厚さ (mm)	高さ (mm)	枚数
NJ	273.6(241.3~300.0)	120.14(116.71~122.51)	29.84(26.09~30.42)	131
FJ	279.3(242.9~280.3)	115.14(113.53~115.85)	24.07(23.79~24.23)	99

ラミナの形質調査結果を表4-2, 3に示す。

ラミナの気乾比重の平均は0.50~0.52、平均年輪巾は4mm前後、含水率は12%前後の値を

示した。平均年輪幅の変動係数が大きい値を示した。

ラミナの動的ヤング係数の平均値は、通しラミナで113tf/cm²、縦継ぎラミナで112tf/cm²の値を示した。

表 4 - 2 アカマツ通しラミナ

	気乾比重 g/cm ³	平均年輪幅 mm	含水率 %	集中節径比 全区間 %	集中節径比 チャック間 %	動的ヤング係数 tf/cm ²
最小値	0.403	1.32	10.0	0.0	0.0	59
平均値	0.521	3.57	12.1	26.4	20.4	113
最大値	0.736	9.50	14.6	75.4	63.7	178
標準偏差	0.057	1.50	1.4	15.0	14.4	23
変動係数	10.9	42.0	11.2	57.0	70.7	20.2
5%下限値						75

表 4 - 3 アカマツ縦継ぎラミナ

	気乾比重 g/cm ³	平均年輪幅 mm	含水率 %	集中節径比 全区間 %	集中節径比 チャック間 %	動的ヤング係数 tf/cm ²
最小値	0.399	1.82	9.8	0.0	0.0	65
平均値	0.503	4.34	11.8	26.1	18.4	112
最大値	0.710	10.50	13.9	54.0	47.8	171
標準偏差	0.055	1.76	1.1	12.8	14.3	23
変動係数	11.0	40.6	9.7	49.1	77.7	20.7
5%下限値						74

集中節径比の出現頻度分布を図 4 - 1、2 に示した。

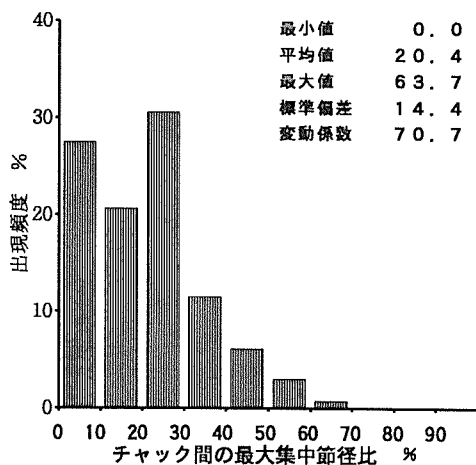


図 4 - 1 アカマツ通しラミナ

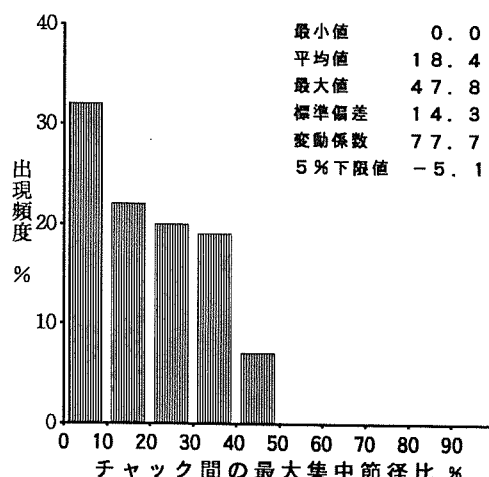


図 4 - 2 アカマツ縦継ぎラミナ

4.2 各ラミナにおける動的ヤング係数別頻度分布

動的ヤング係数別頻度分布を図4-3、4に示した。

通しラミナと縦継ぎラミナの動的ヤング係数の分布は縦継ぎ加工後では、通しラミナと縦継ぎラミナでは異なった分布の形状を示した。

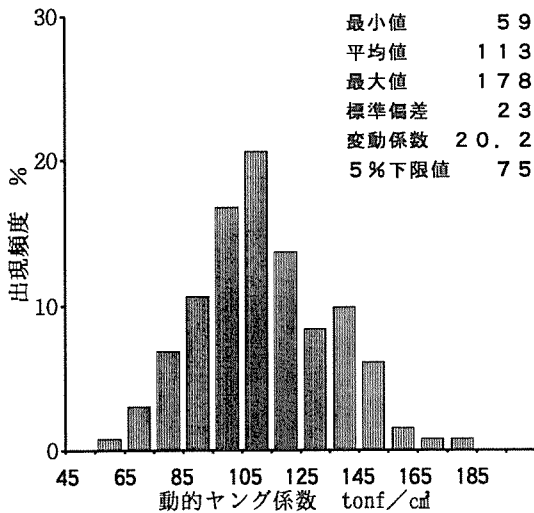


図4-3 アカマツ通しラミナ

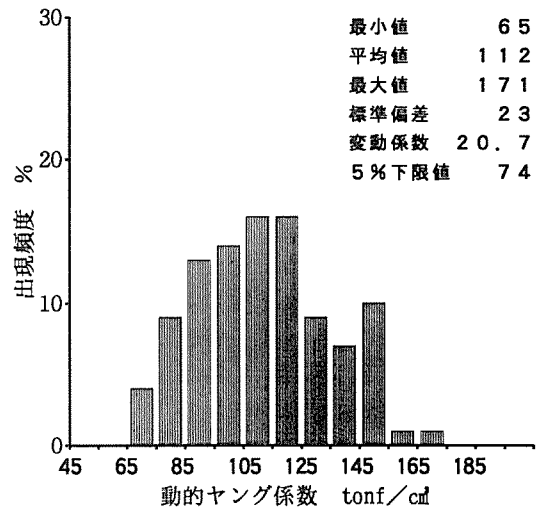


図4-4 アカマツ縦継ぎラミナ

4.3 動的ヤング係数による機械的強度等級区分

JAS規格の大断面構造用集成材用ラミナ等級区分に基づき、全ラミナについて動的ヤング係数だけで強度等級区分を行った場合の各等級におけるラミナの出現頻度と、目視等級区分として集中節径だけで等級区分を行った場合の各等級におけるラミナの出現頻度を求めた。さらに、動的ヤング係数、集中節径比、年輪幅及び心持ちについて総合的に評価して、各等級におけるラミナの出現頻度を求めた。

なお、JAS規格の機械的等級区分には4等の階級は無いので、目視等級区分の階級に合わせ簡易的に表-4のように階級を設定した。

表4-4 等級区分の内容

	1等	2等	3等	4等
MOE (tf/cm ²)	125以上	115以上	105以上	95以上
断面欠損率	12.5%以下	25.0%以下	33.3%以下	50.0%以下

等級区分の結果を表-5に示す。

表 4 - 5 ラミナの J A S 規格等級区分結果

等級	通しラミナ			縦継ぎラミナ		
	総合評価 頻度 (%)	強度等級区分 頻度 (%)	目視等級区分 頻度 (%)	総合評価 頻度 (%)	強度等級区分 頻度 (%)	目視等級区分 頻度 (%)
1等	10 (7.6)	37 (28.2)	24 (18.3)	6 (6.0)	29 (29.0)	15 (15.0)
2等	21 (16.0)	19 (14.5)	43 (32.8)	16 (16.0)	15 (15.0)	27 (27.0)
3等	29 (22.1)	27 (20.6)	32 (24.4)	17 (17.0)	18 (18.0)	28 (28.0)
4等	40 (30.5)	21 (16.0)	21 (16.0)	34 (34.0)	12 (12.0)	29 (29.0)
等外	31 (23.7)	27 (20.6)	11 (8.4)	27 (27.0)	26 (26.0)	1 (1.0)

総合的な評価を行った際に、最終的にラミナの等級を決定した諸因子について表-6に示す。なお、2つ以上の因子によって等級が定められたものについては表中上位に示されているものを決定因子とした。

表 4 - 6 ラミナ等級の決定因子

決定因子	通しラミナ		縦継ぎラミナ	
	頻度	割合 (%)	頻度	割合 (%)
ヤング係数	83	63.4	61	61.0
節径比	38	29.0	30	30.0
年輪幅	0	0.0	0	0.0
心持ち	10	7.6	9	9.0
合計	131	100.0	100	100.0

等級決定因子として節径比より動的ヤング係数によるものの等級区分の頻度が高いという結果になった。

4. 4 引張破壊試験

通し及び縦継ぎラミナの引張破壊試験結果を表 4 - 7 に示す。

通しラミナの引張強度の平均値は344kgf/cm²、変動係数が大きい値を示しており、5%下限値では94kgf/cm²とかなり低い値を示した。

縦継ぎラミナの引張強度の平均値は299kgf/cm²、変動係数は通しラミナに比較して低い値を示しており、5%下限値では106kgf/cm²の値を示した。

表 4 - 7 通し及び縦継ぎラミナの引張強度

形状	最小値 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²	最大値 kgf/cm ²	標準偏差	変動係数	5%下限値 kgf/cm ²
N J	60	344	725	152	44.2	94
F J	83	299	587	117	39.2	106

各ラミナの引張強度別頻度分布を図4-5、6に示す。

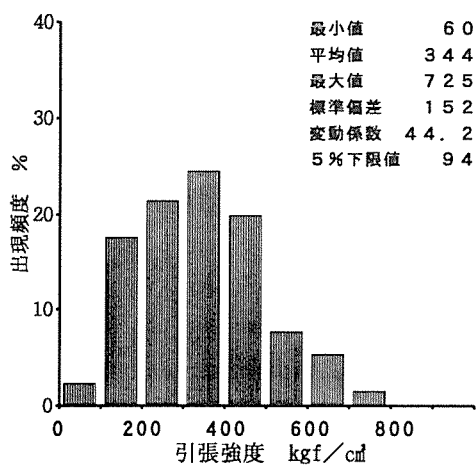


図4-5 通しラミナの引張強度分布

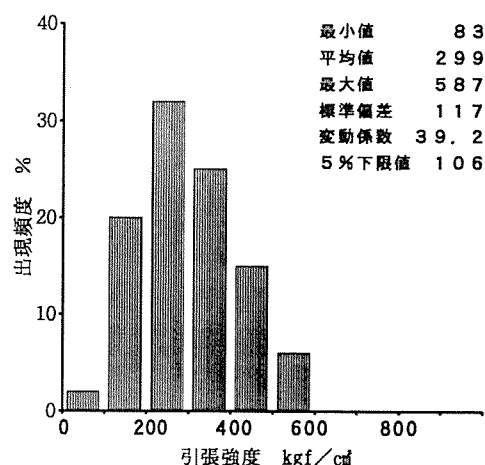


図4-6 縦継ぎラミナの引張強度分布

4.5 引張強度におけるフィンガージョイントの接合効率

フィンガージョイントによる接合効率を引張強度の平均値を基に求めると86.9%であり、引張強度の平均値は通しラミナより縦継ぎラミナのほうが低い値を示したが変動係数は低い値になり強度のばらつきが少なくなったといえる。

4.6 引張破壊の部位別頻度

引張破壊の部位別頻度について表4-8に示す。

表4-8 引張破壊の形態

ラミナ別	引張破壊部位頻度		
	節 枚 (%)	木質部 枚 (%)	縦継ぎ部 枚 (%)
N J	108 (82.4%)	23 (17.6%)	56 (53.3%)
F J	73 (73.0%)	10 (10.0%)	17 (17.0%)

通しラミナでは82.4%が、節の部分において破壊した。縦継ぎラミナにおいて73.0%が節の部分において破壊した。

縦継ぎ部分における破壊は17.0%であった。

4.7 引張強度と諸因子との関係

各因子と引張強度との関係に一次回帰式を求めた場合の相関係数について表4-9に示した。

通しラミナの動的ヤング係数と引張強度の相関係数は0.526、チャック間の集中節径比と引張強度の相関係数は-0.731を示した。縦継ぎラミナではそれぞれ0.582、-0.625の値を示した。

表4-9 各因子と引張強度の相関

ラミナ別	集中節径比 全区間	集中節径比 チャック間	動的ヤング係	気乾比重	平均年輪幅
N J	-0.6677	-0.7319	0.5266	0.3809	-0.3015
F J	-0.5479	-0.6251	0.5827	0.4292	-0.3603

同じく、各因子と引張強度との関係を図4-7～14に示した。

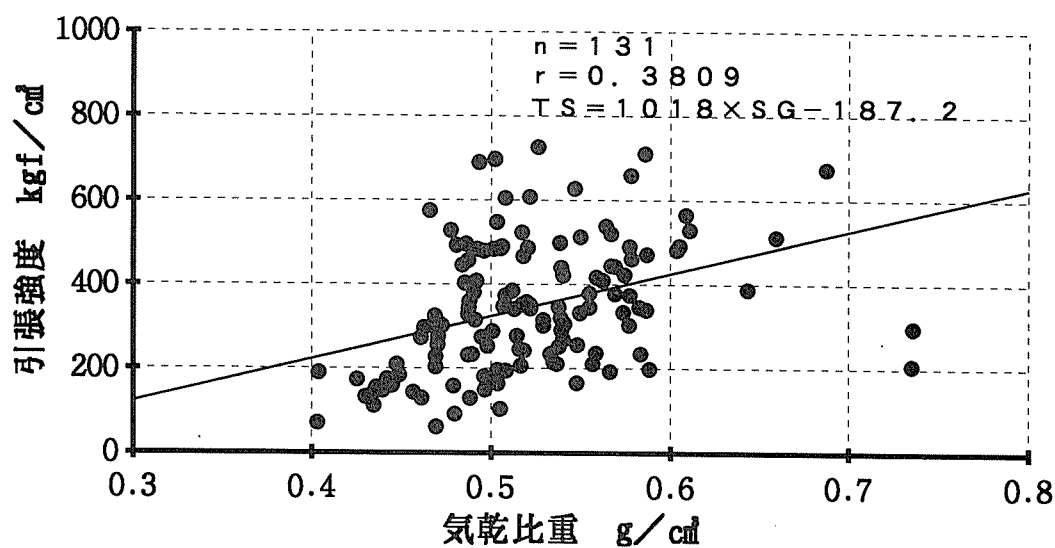


図4-7 通しラミナの気乾比重と引張強度の関係

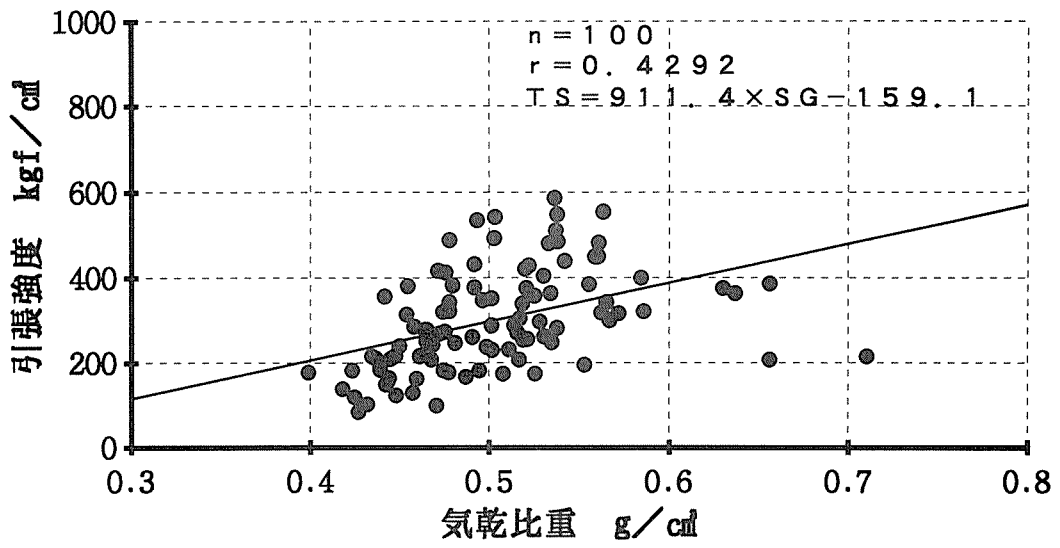


図 4 - 8 縦継ぎラミナの気乾比重と引張強度の関係

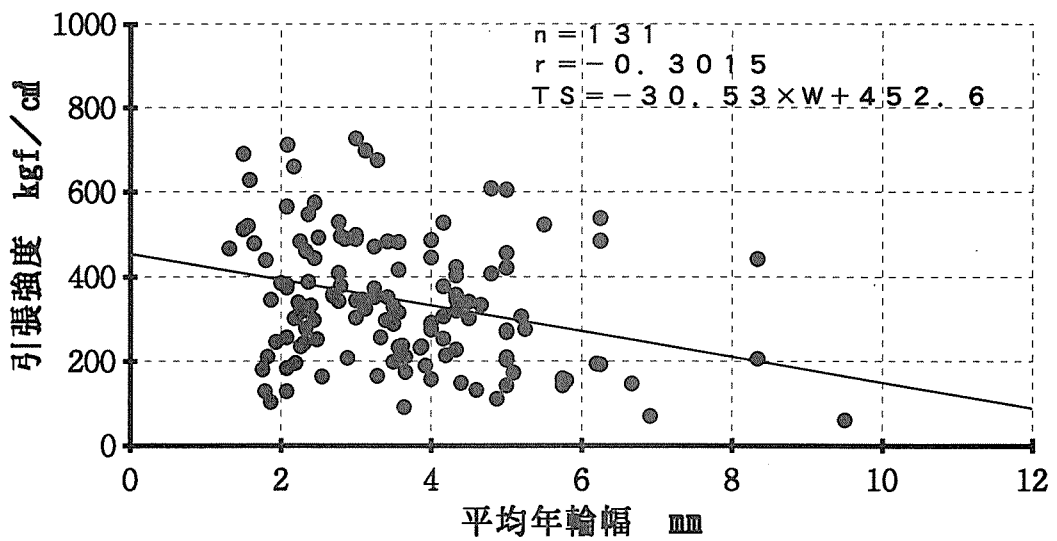


図 4 - 9 通しラミナの平均年輪幅と引張強度の関係

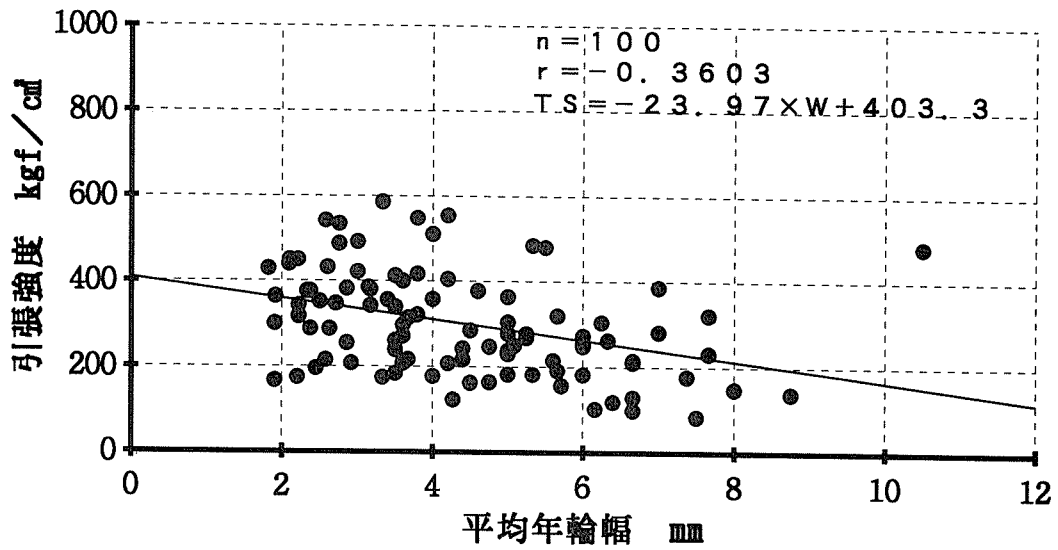


図 4 - 1 0 縦継ぎラミナの平均年輪幅と引張強度の関係

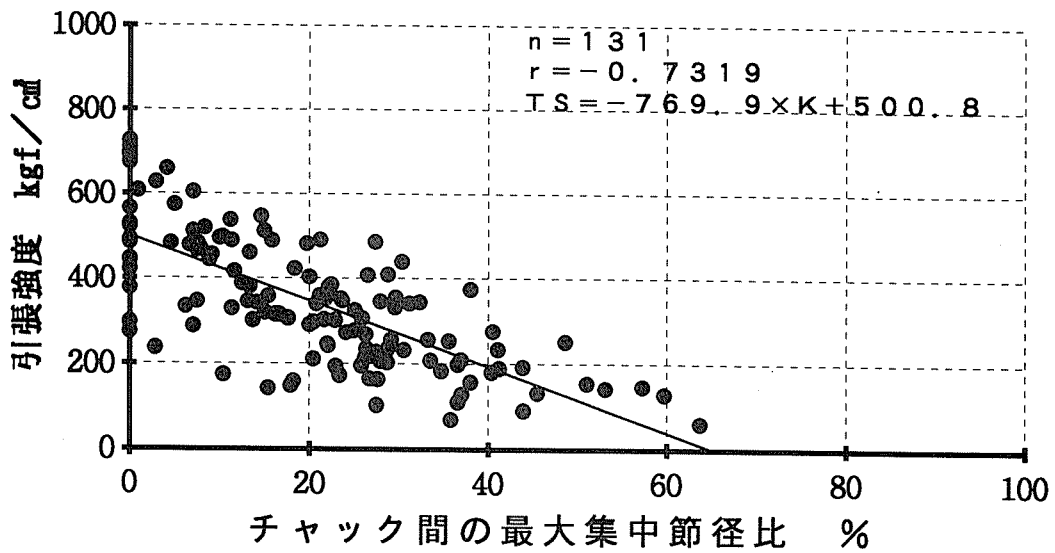


図 4 - 1 1 通しラミナの集中節径比と引張強度の関係

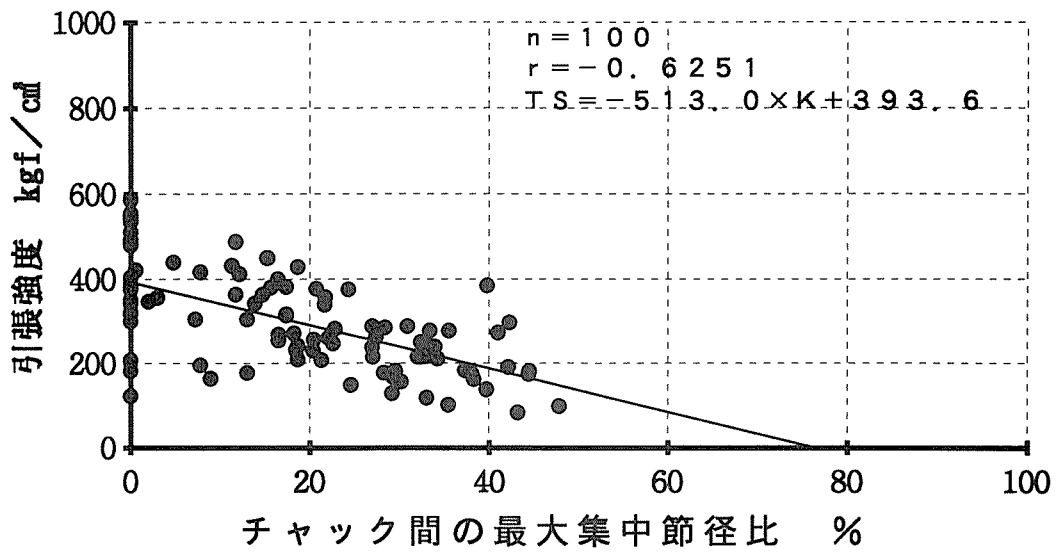


図 4 - 1 2 縦継ぎラミナの集中節径比と引張強度の関係

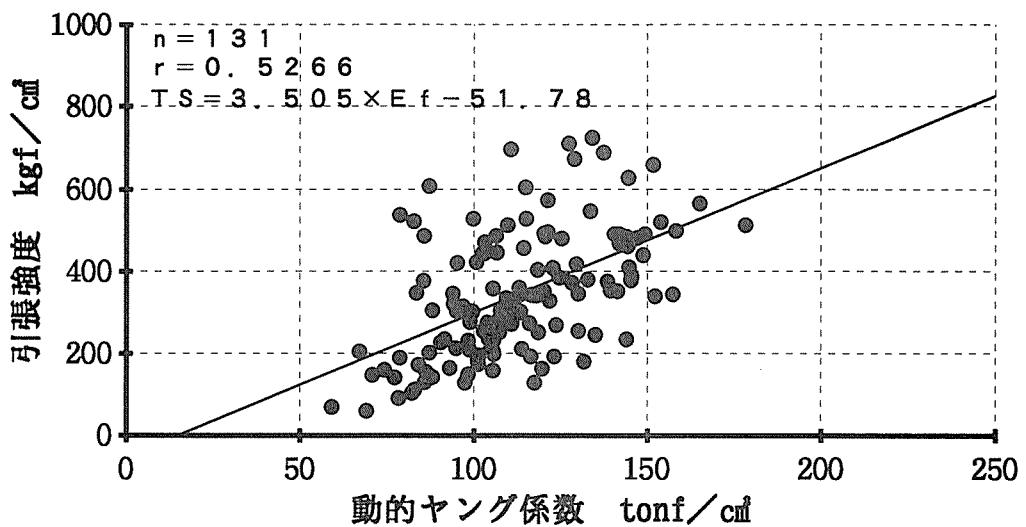


図 4 - 1 3 通しラミナの動的ヤング係数と引張強度の関係

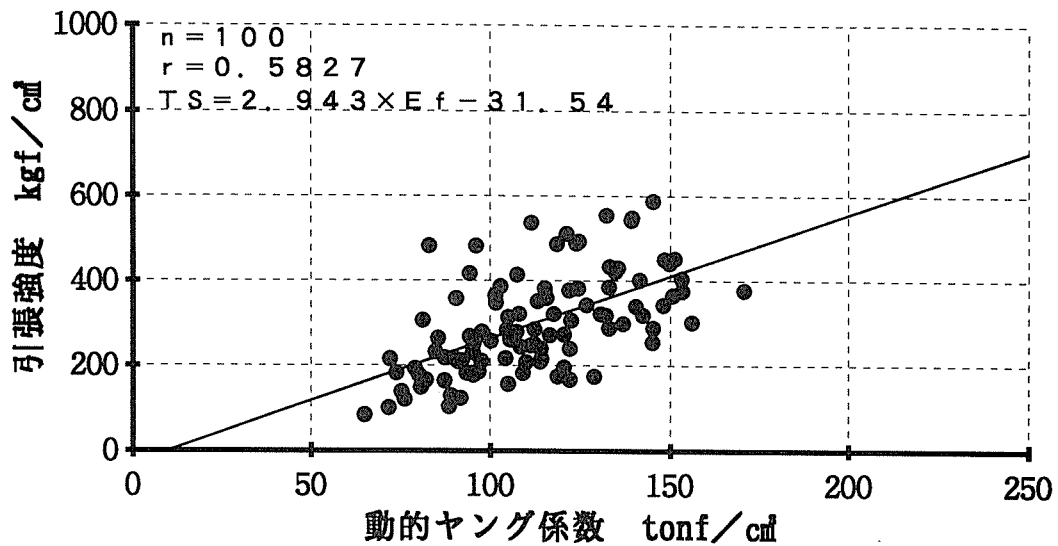


図4-14 縦継ぎラミナの動的ヤング係数と引張強度の関係

通しラミナと縦継ぎラミナ、動的ヤング係数よりも節による集中節径比の方が引張強度に対して高い相関を示した。

気乾比重と平均年輪幅は引張強度と高い相関は示さなかった。

視覚的、機械的及び総合等級区分による等級別動的ヤング計数と引張強度の分布を図4-15～17に示した。

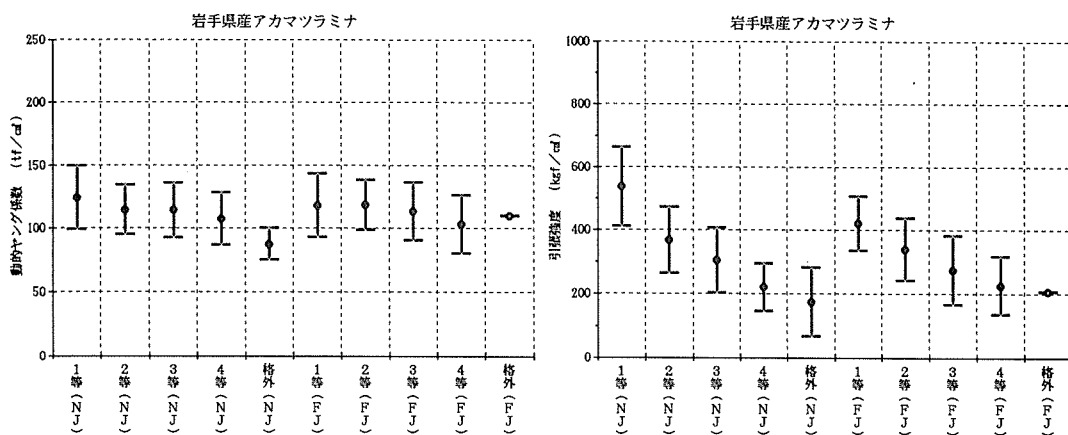


図4-15 視覚的等級区分による等級別動的ヤング係数と引張強度の分布

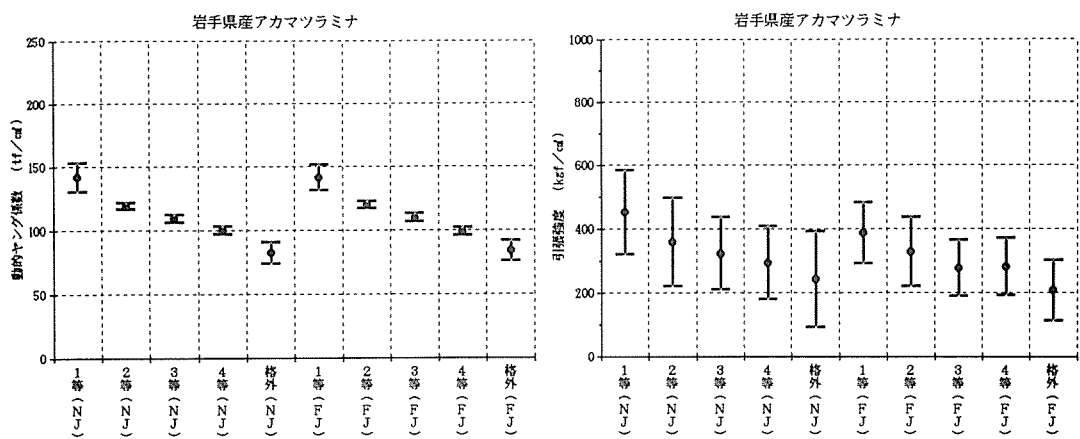


図4-16 機械的等級区分による等級別動的ヤング係数と引張強度の分布

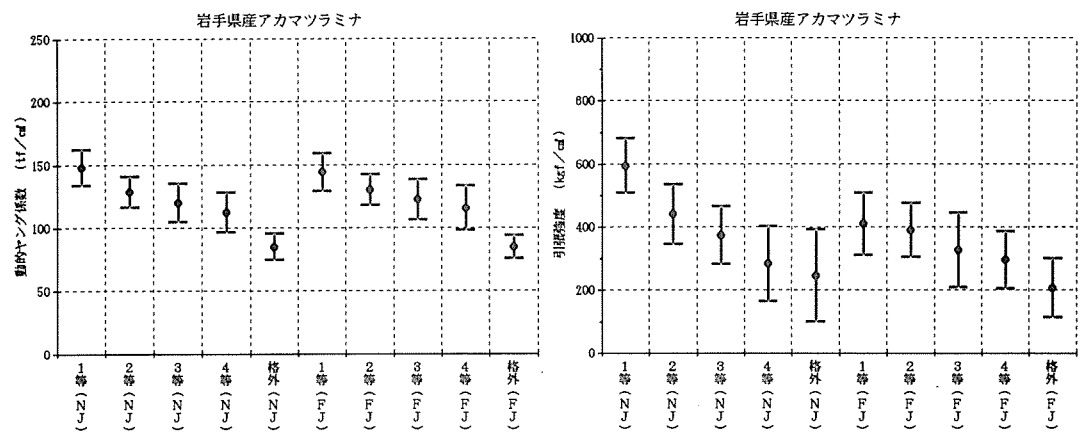


図4-17 総合的等級区分による等級別動的ヤング係数と引張強度の分布

5. まとめ

通しラミナでは主に節から破壊が生じた。縦継ぎラミナについても同様であったが、節が少ないものは縦継ぎ部分で破壊が生じた。

ラミナの引張強度の平均値は、通しラミナで344kgf/cm²、縦継ぎラミナは299kgf/cm²の値を示した。

フィンガージョイントの接合効率は86.9%であった

ラミナの比重と引張強度、また、年輪幅と引張強度には強い相関は見られなかった。

通しラミナの動的ヤング係数と引張強度の相関係数は0.526、節による集中節径比と引張強度の相関係数は-0.731を示した。縦継ぎラミナではそれぞれ0.582、-0.625の値を示した。

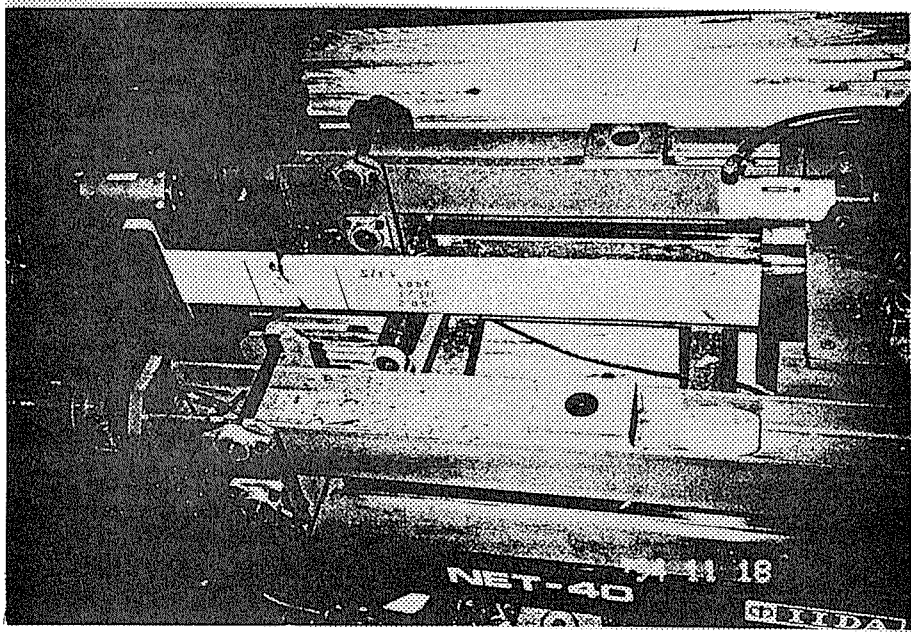


写真 4-1 引張試験機 (NET-40)

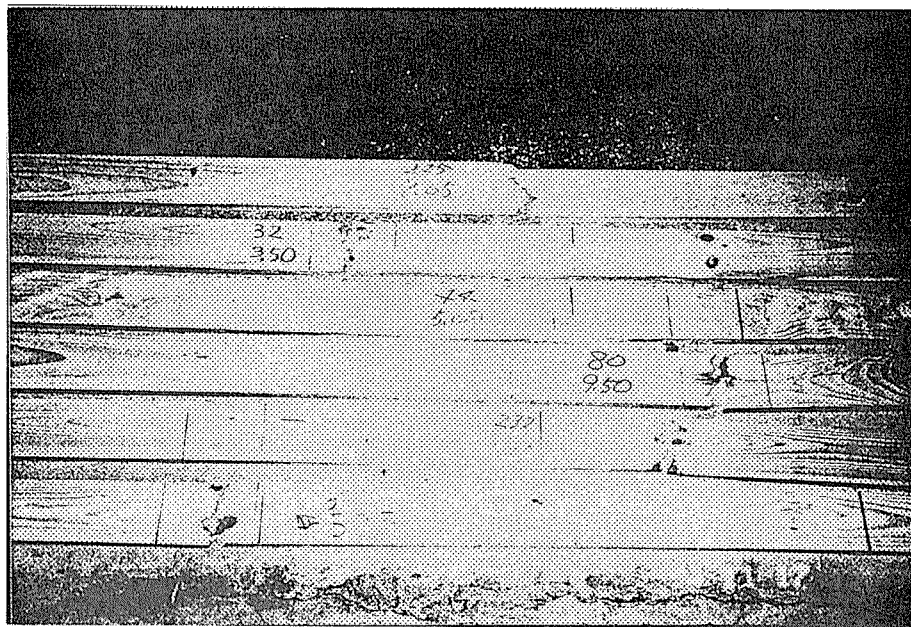
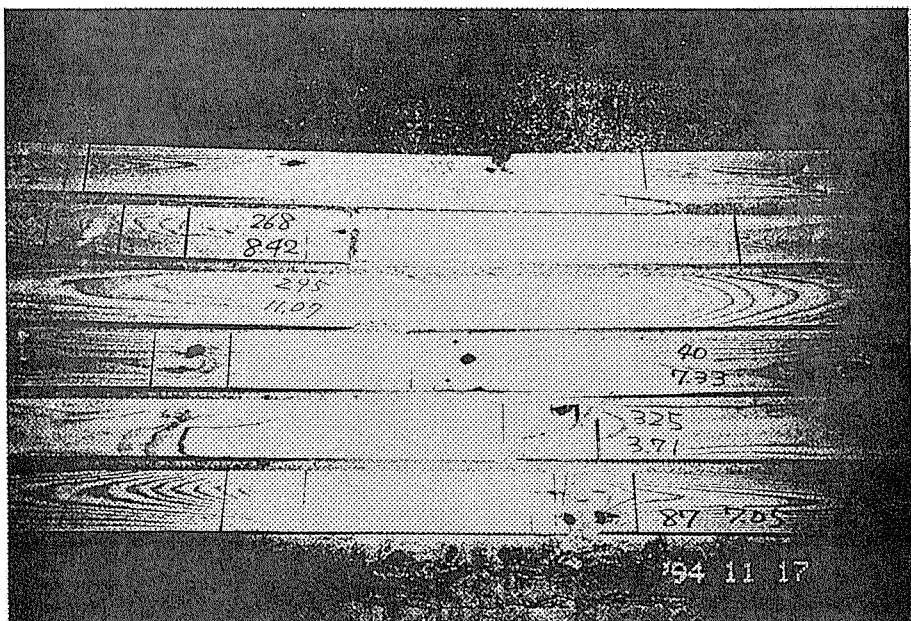
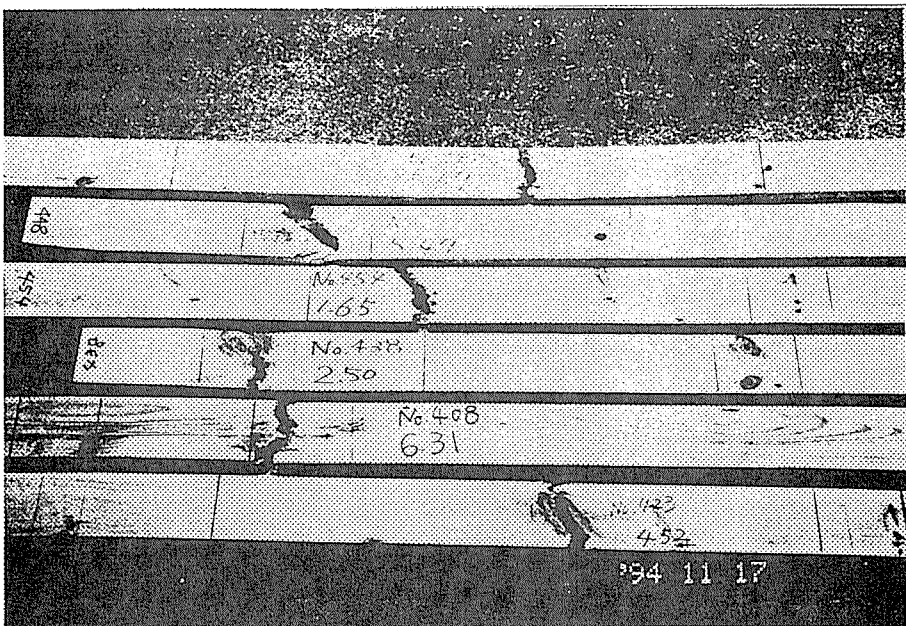
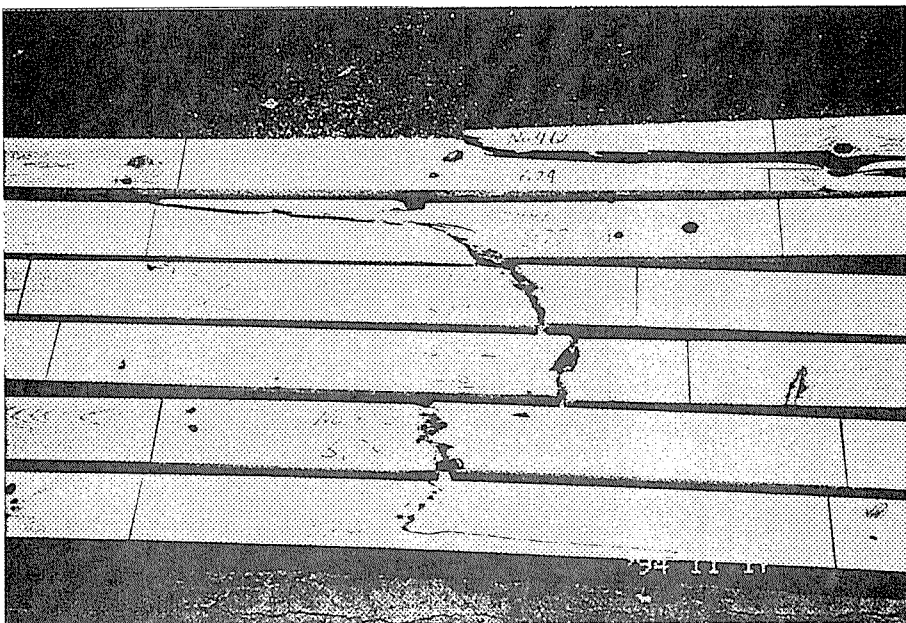
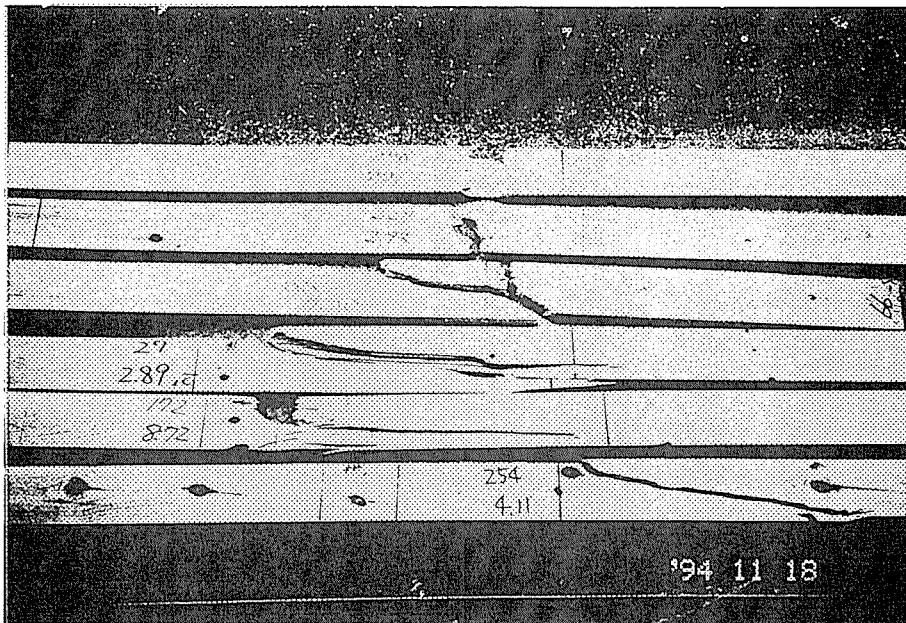
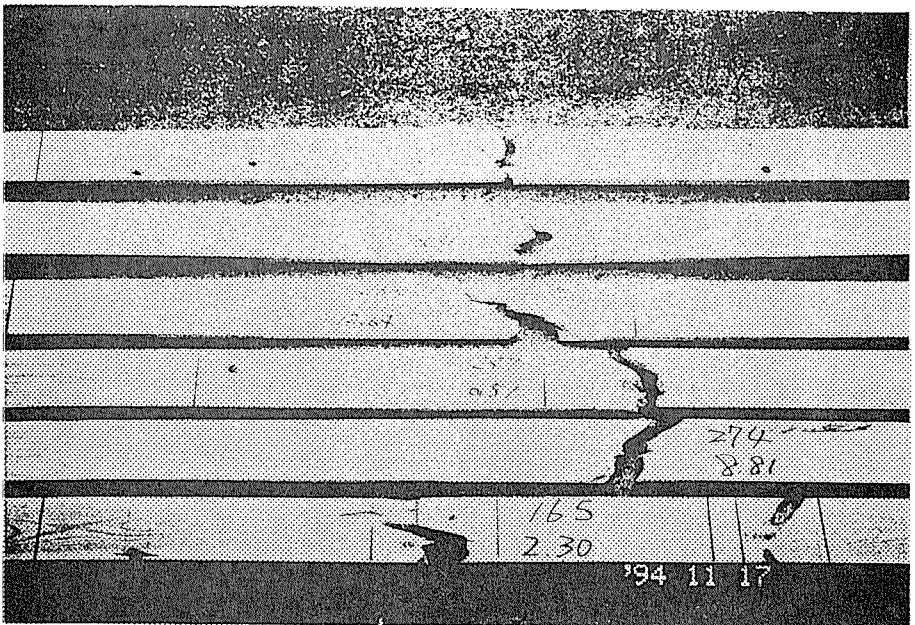
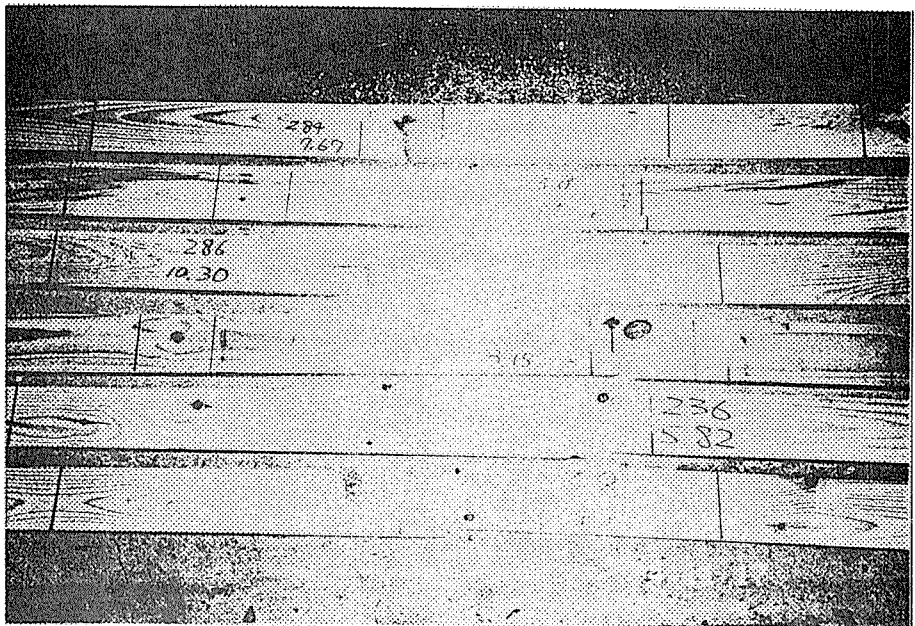
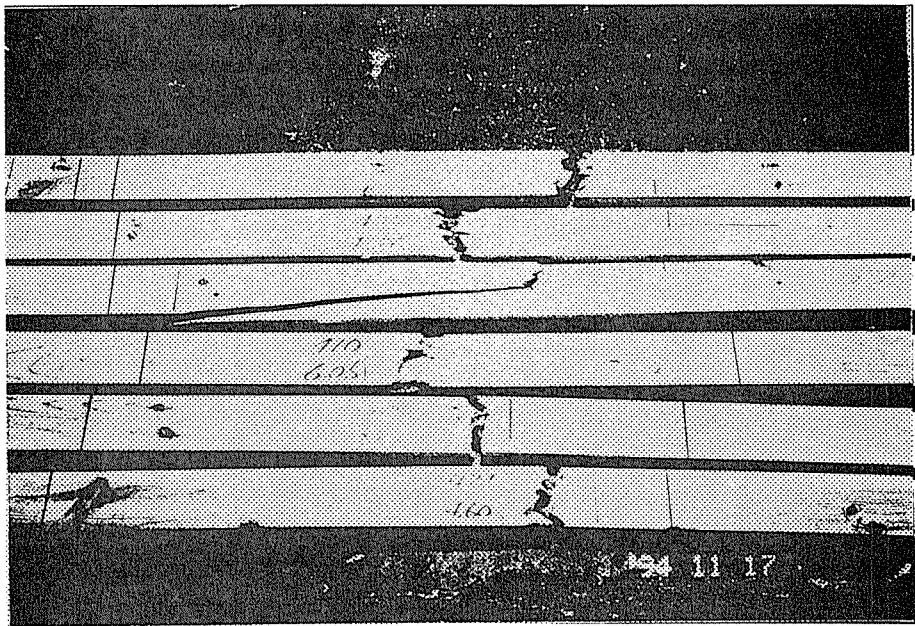
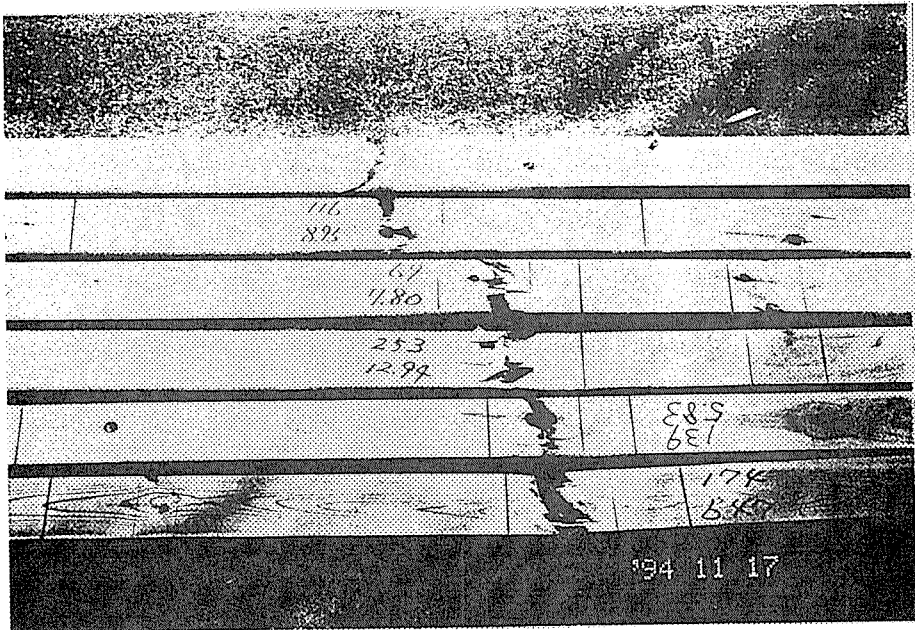
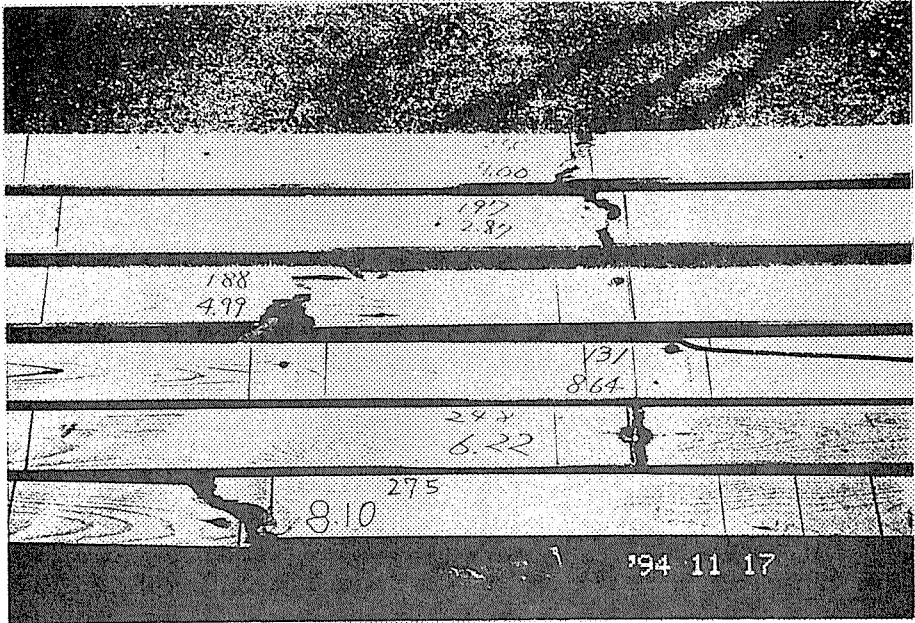
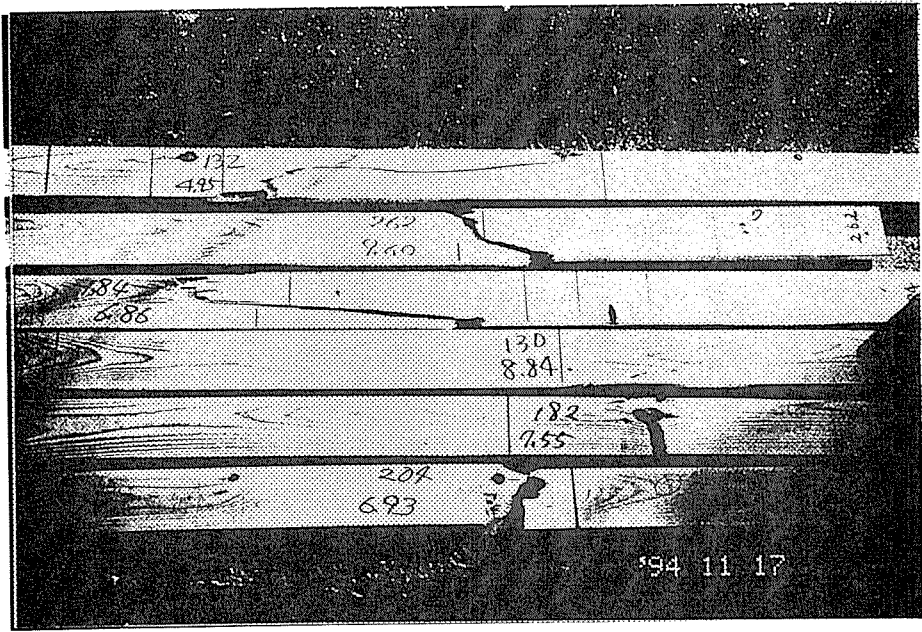


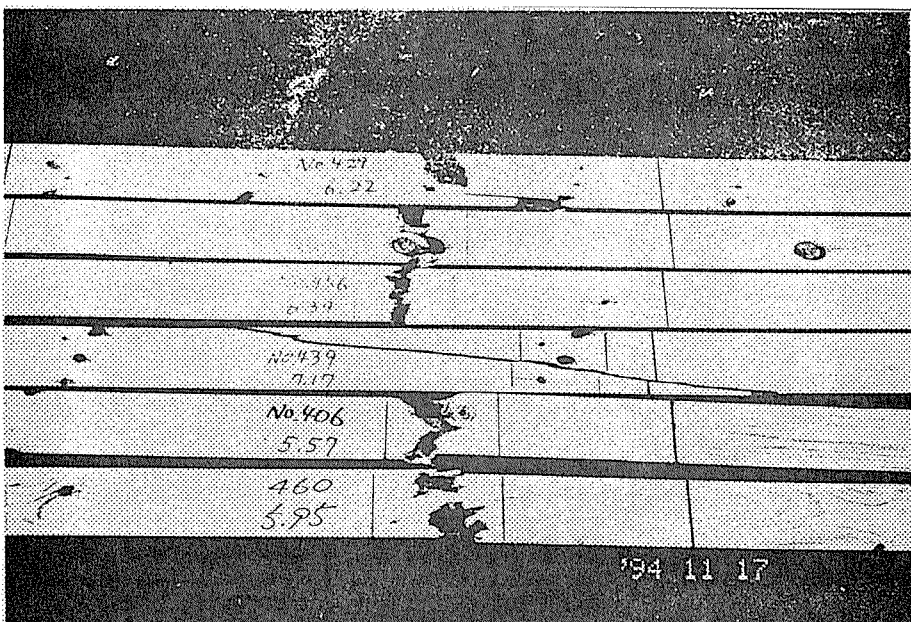
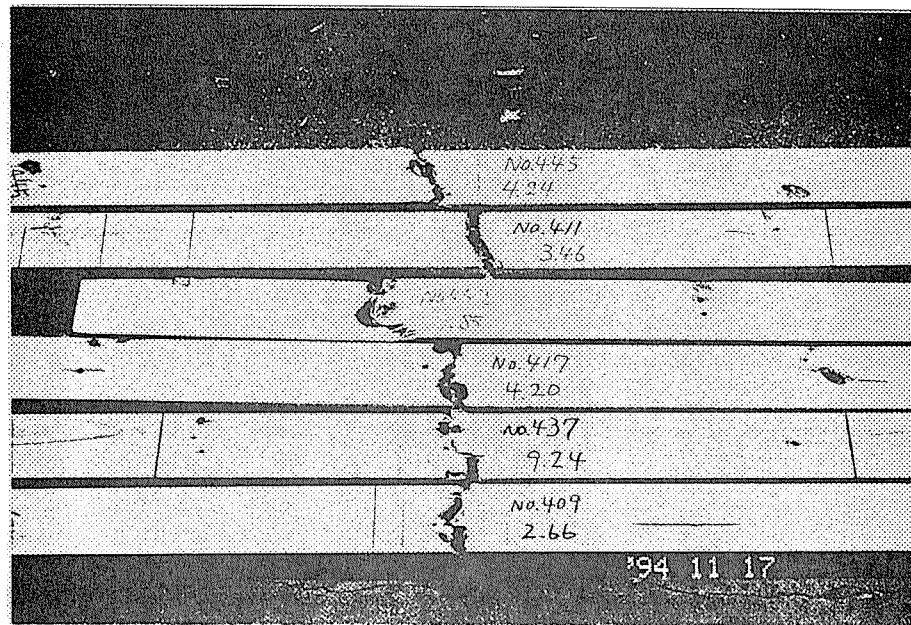
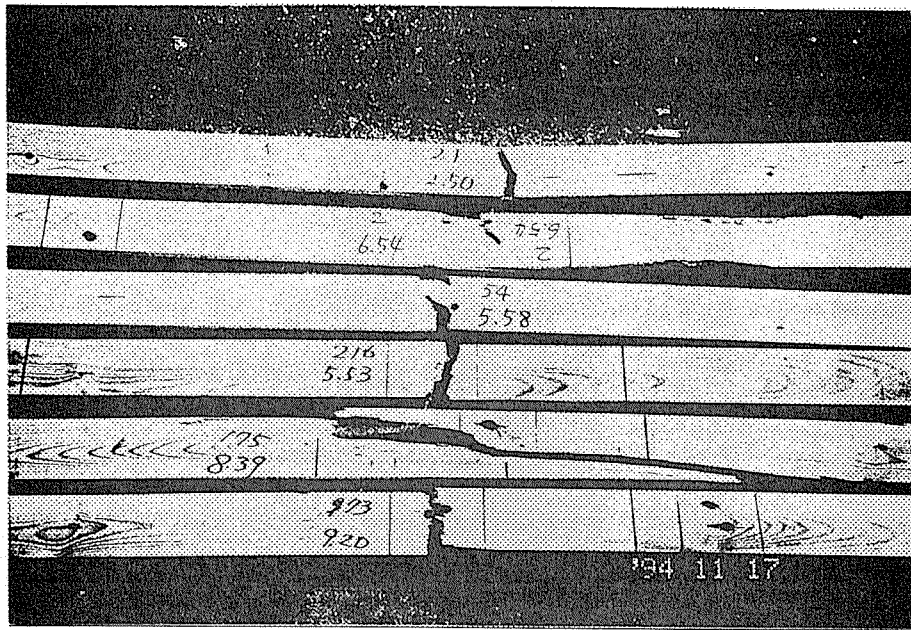
写真 4-2 通しラミナの破壊状況 (以下同じ)

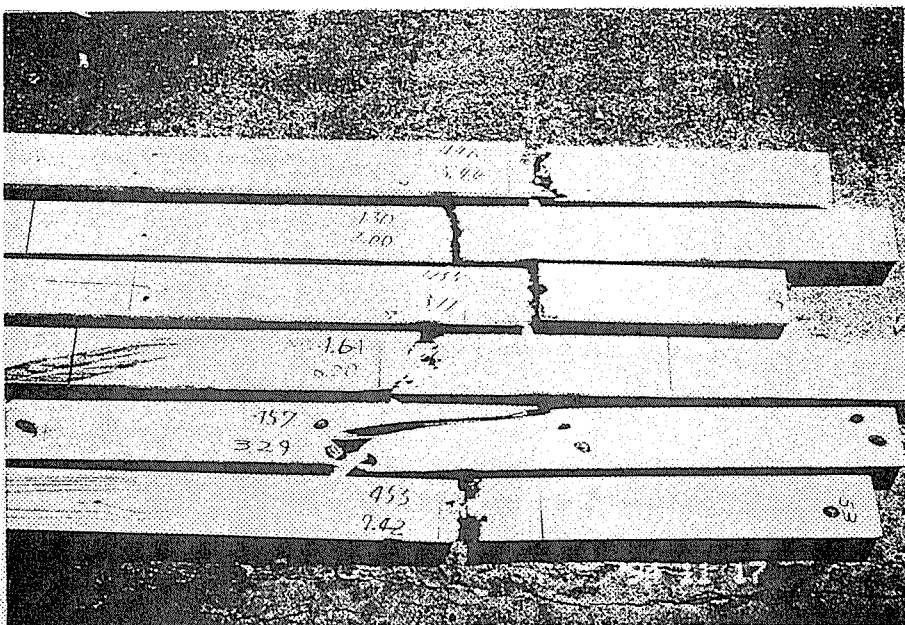
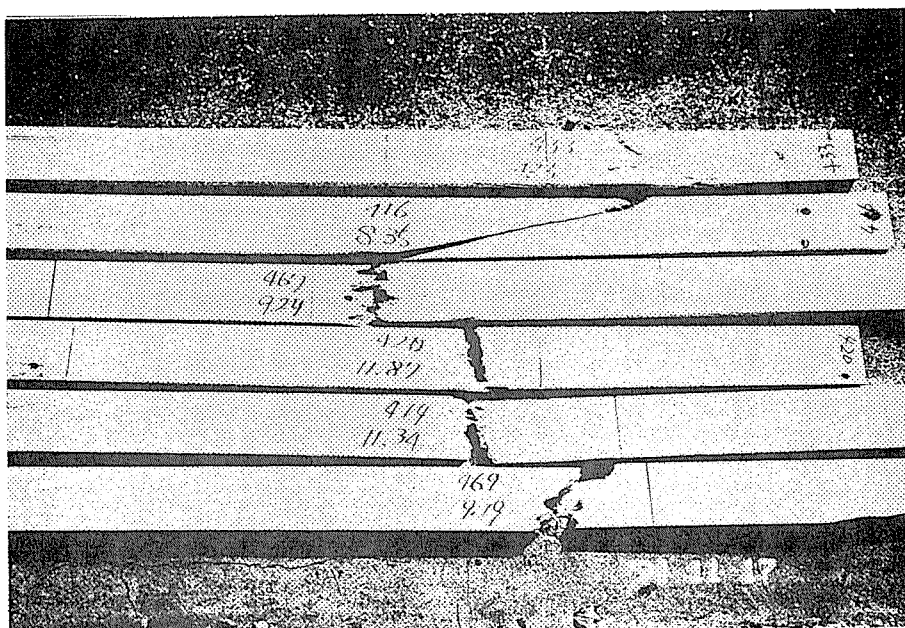
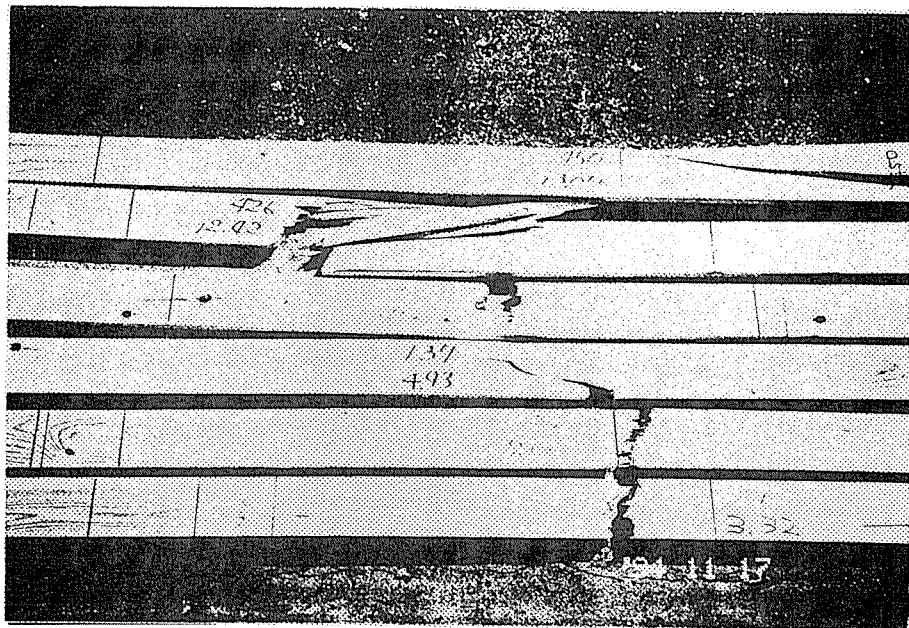


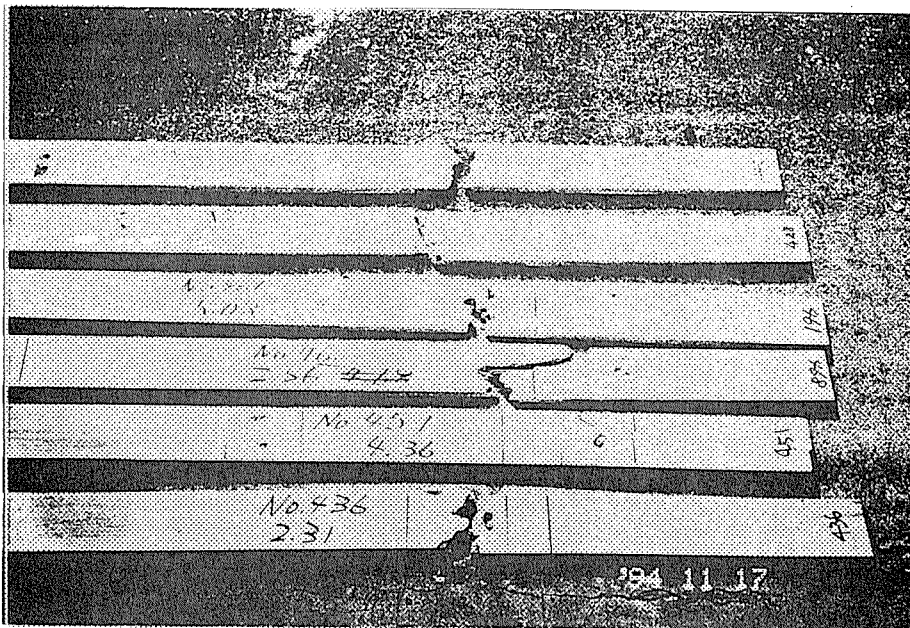
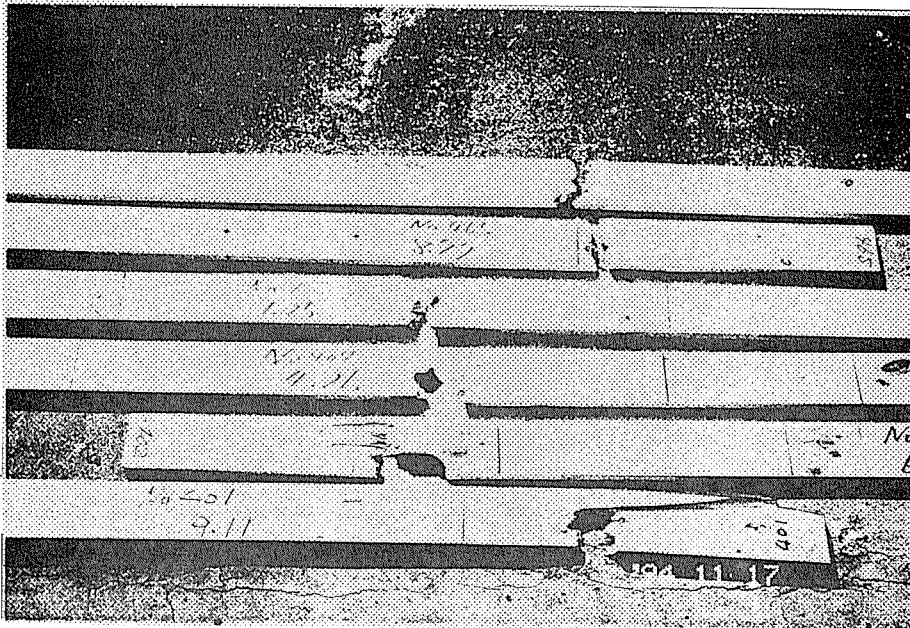
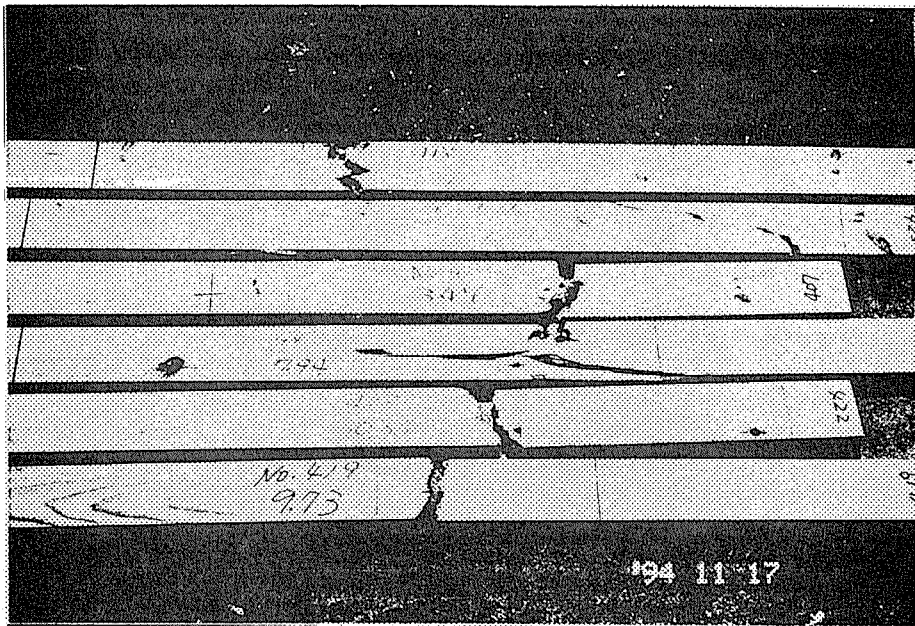












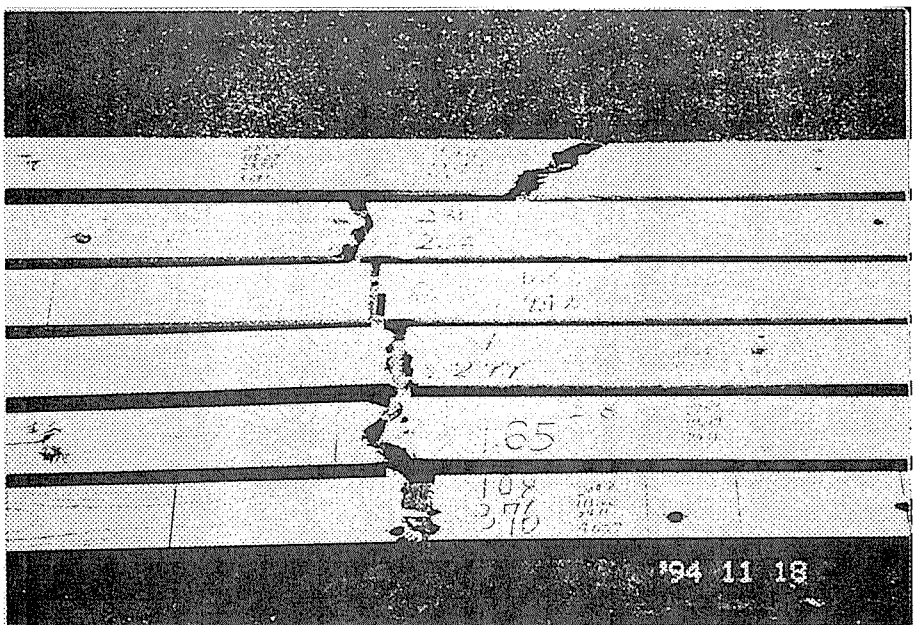
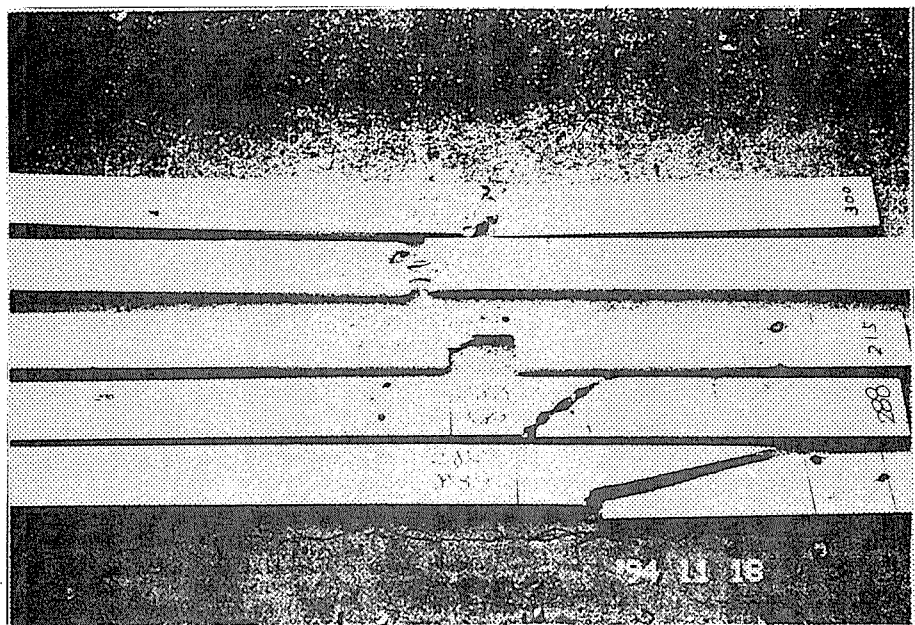
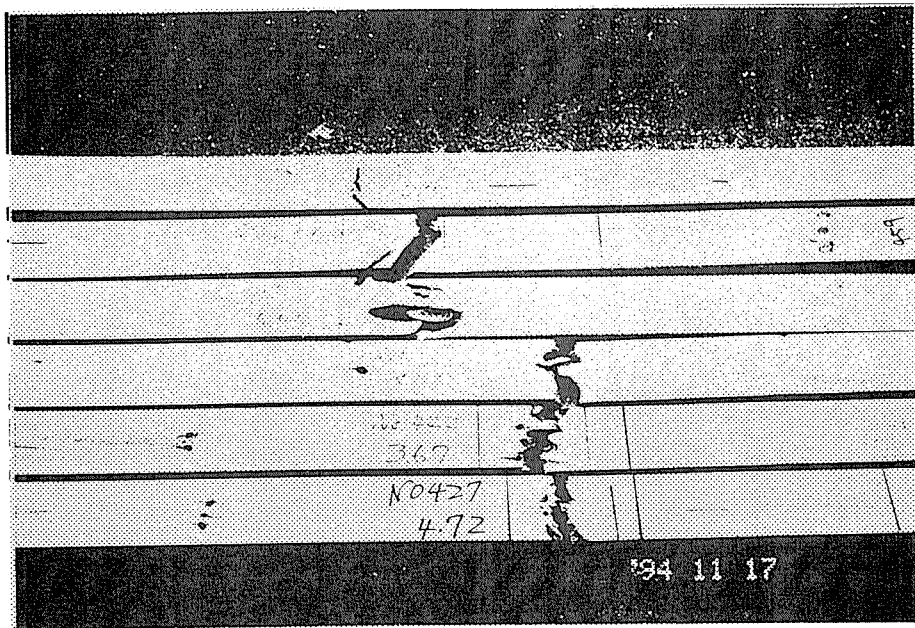
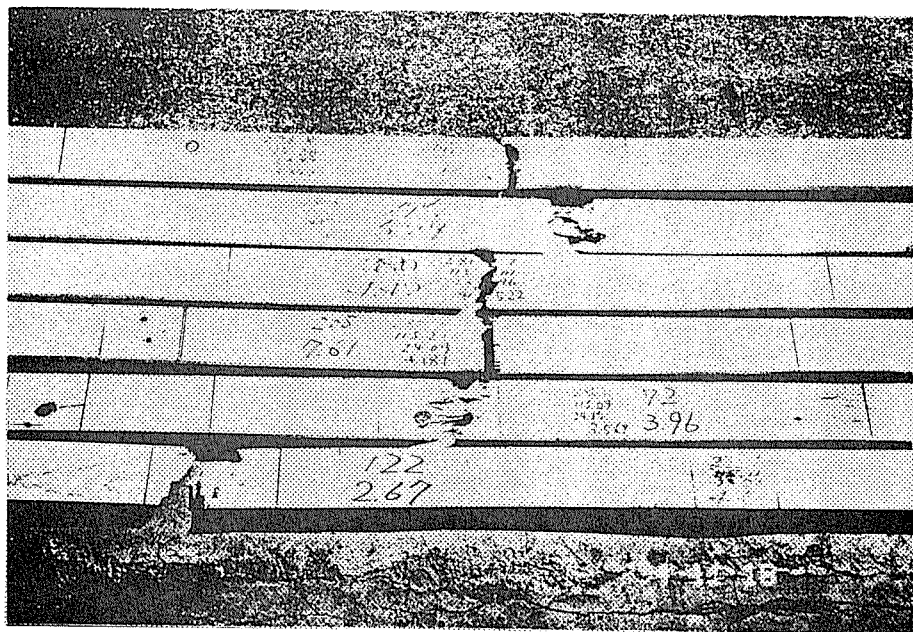
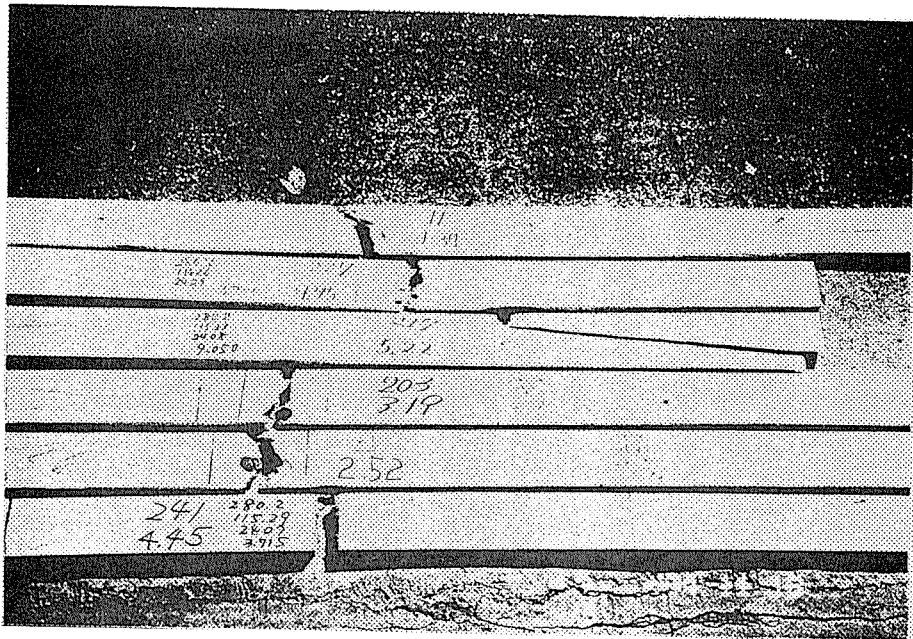
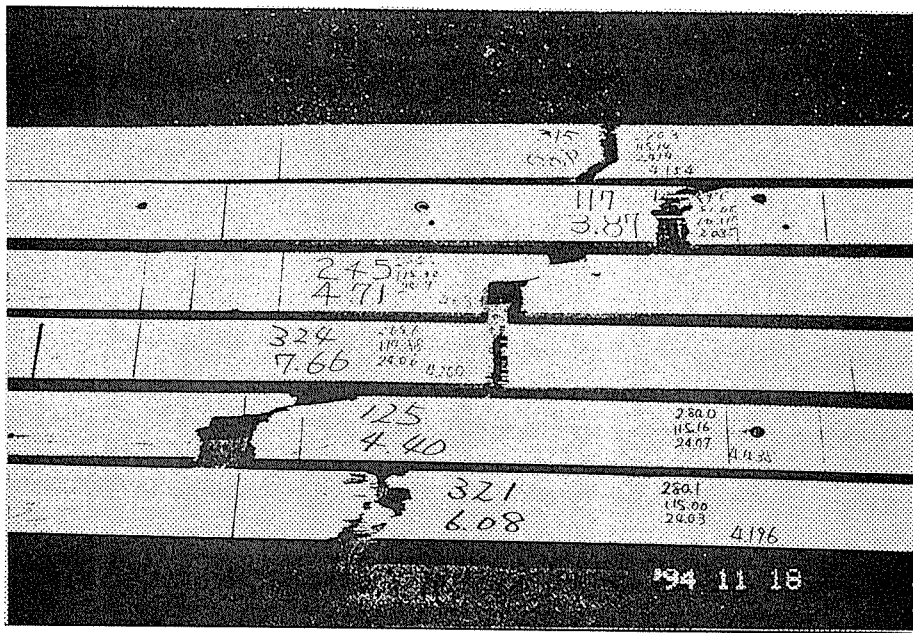
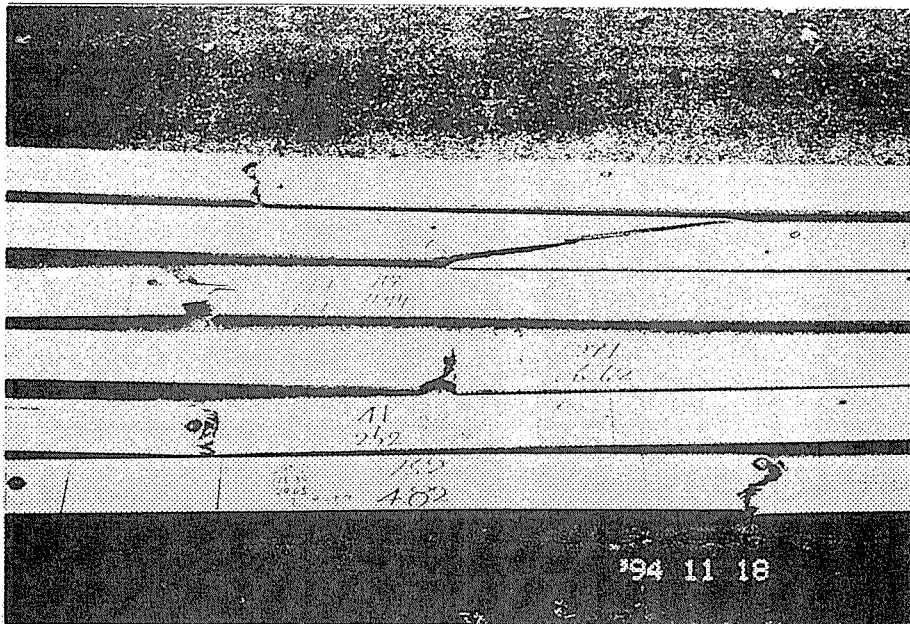
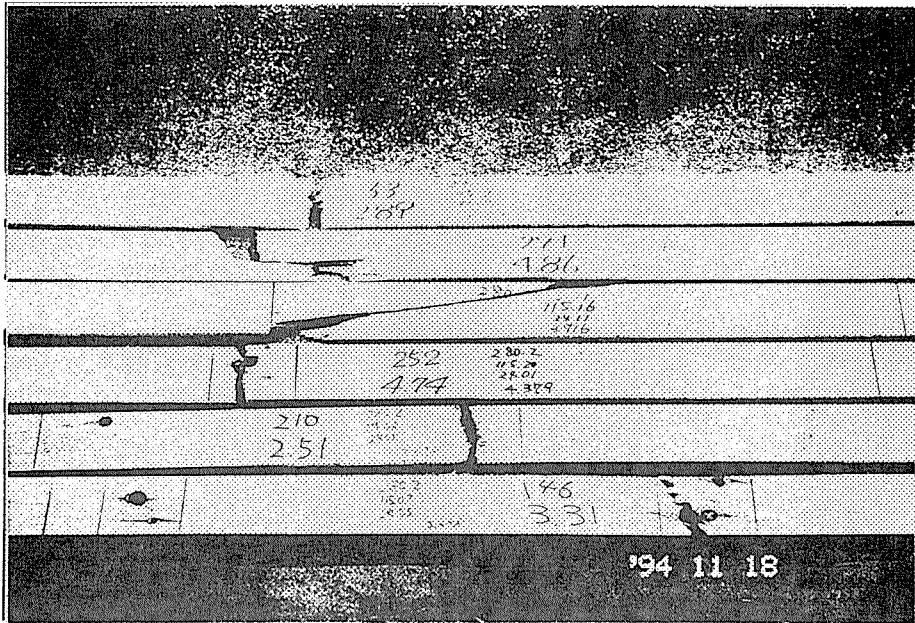
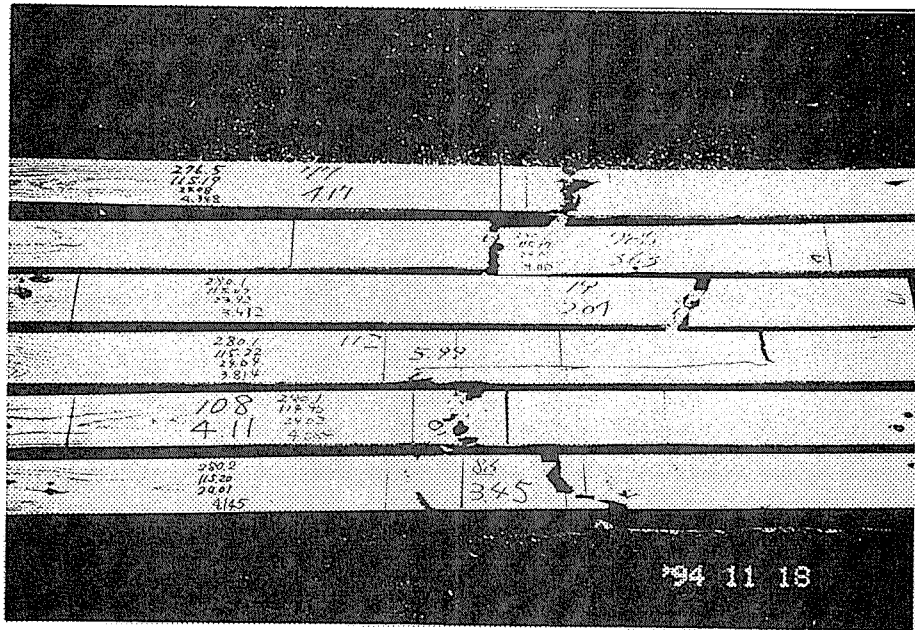
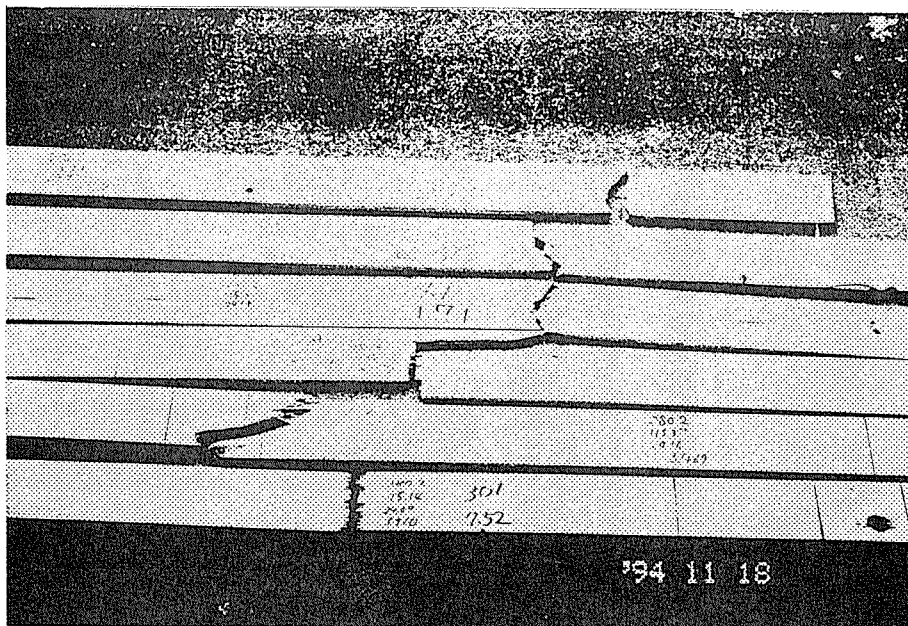
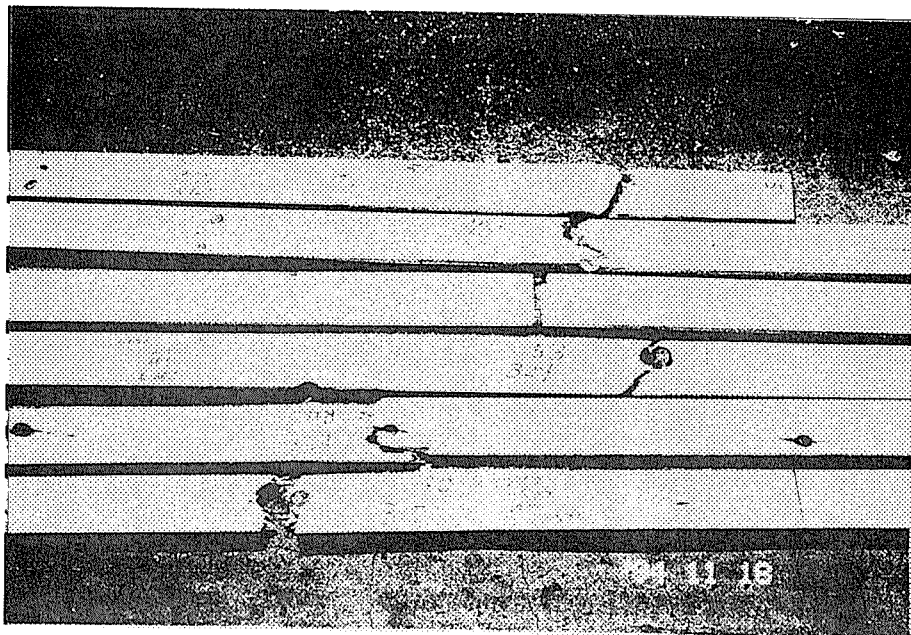
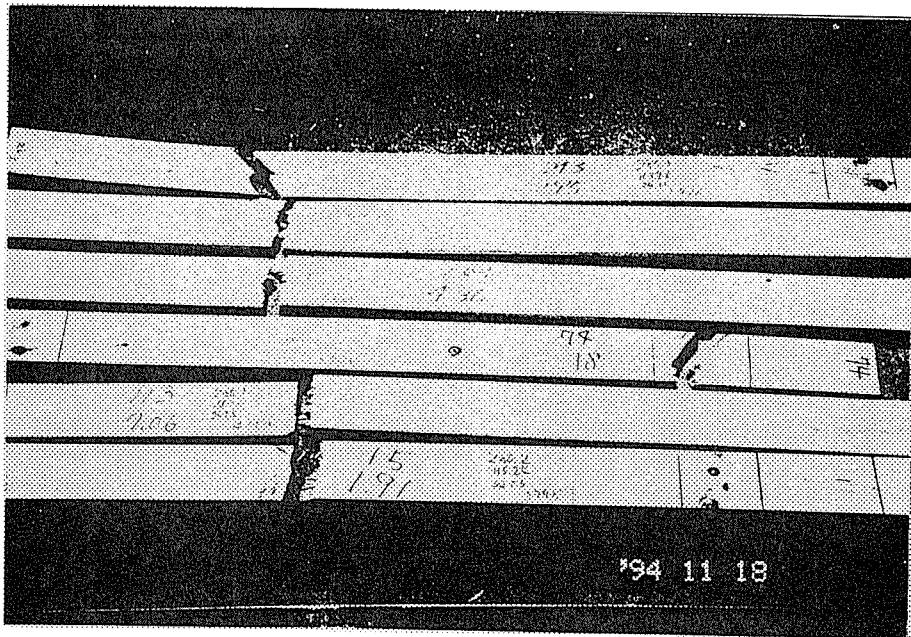
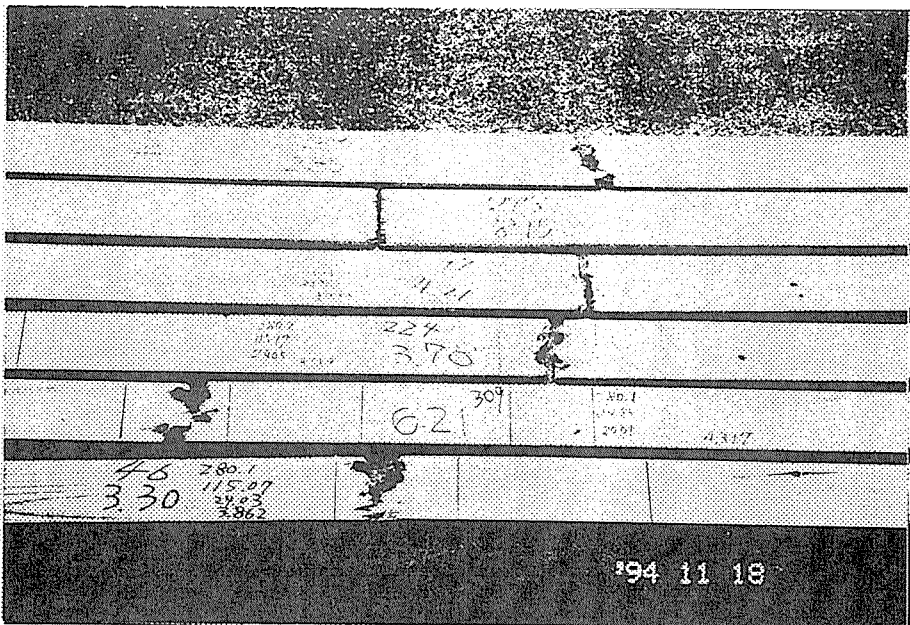
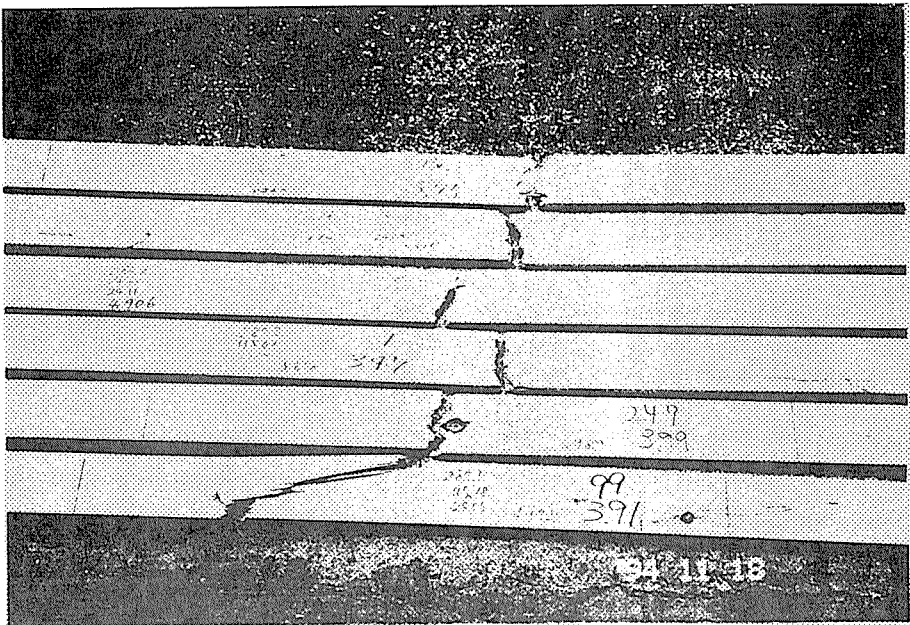
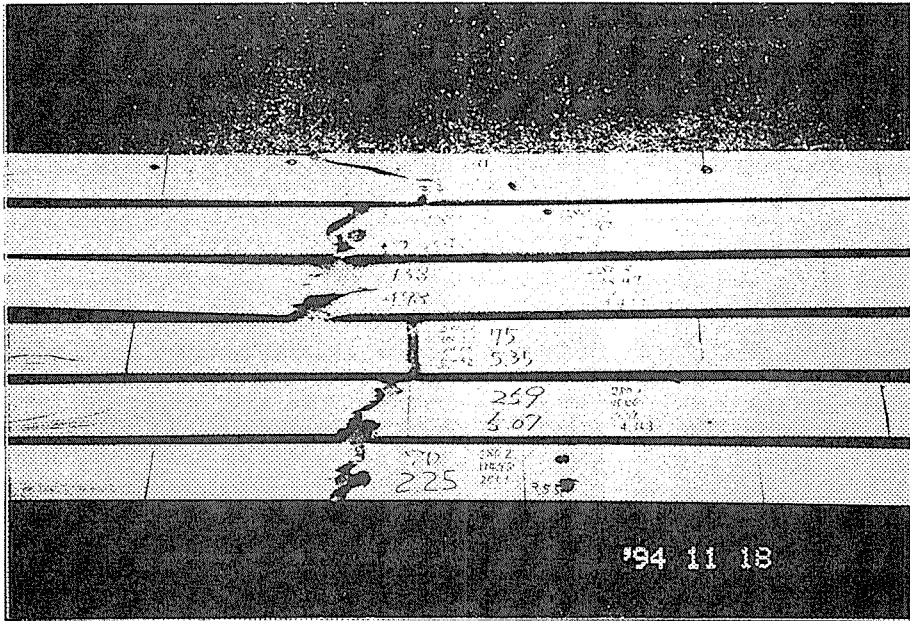


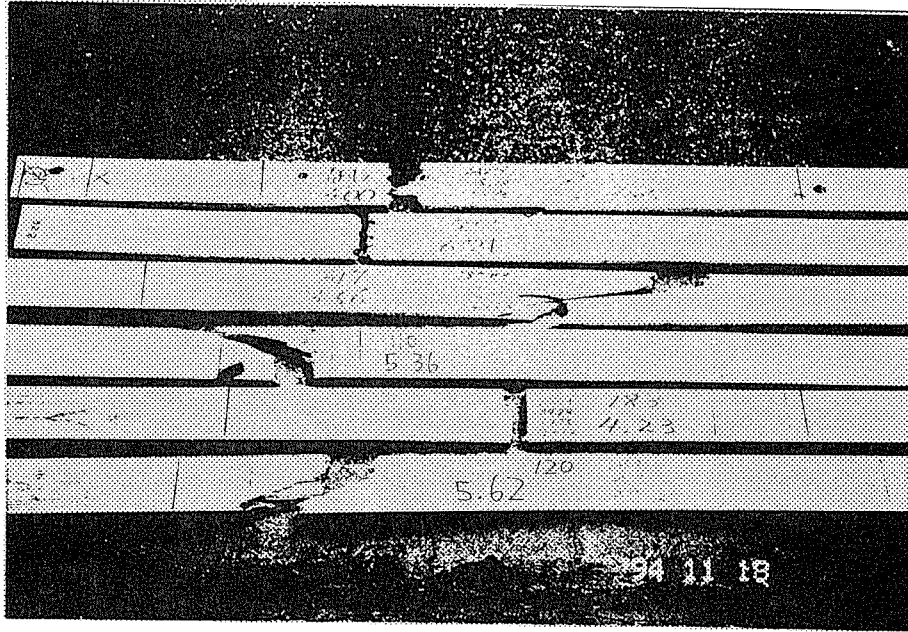
写真 4-3 縦継ぎラミナの破壊状況 (以下同じ)











付表1 アカマツ通しラミナ引張試験結果

No.	等級区分		ヤング係数 目視	引張強度 kgf/cm ²	気乾比重 g/cm ³	含水率 %	平均年輪幅 mm	集中節径比1 %	集中節径比2 %	破壊形態	破壊位置	節の位置	
	総合ヤング係数	tf/cm ²											
2	2	1	2	128	372	0.508	12.5	3.25	22.2	22.2	K	中央	E
21	4	4	2	98	149	0.497	12.0	4.40	18.0	18.0	K	チャック境	E
27	4	2	3	120	163	0.504	11.8	2.56	27.6	27.6	K	中央	E
32	4	2	4	123	192	0.566	10.5	6.25	43.9	43.9	K	中央	E
40	2	2	2	118	403	0.485	10.4	4.33	20.8	20.0	K	チャック内	-
44	3	3	1	112	297	0.736	13.2	2.44	6.3	0.0	G	チャック内	-
52	3	2	3	124	269	0.540	13.2	5.00	26.3	26.3	K	中央	C
54	2	2	1	122	328	0.487	13.1	3.50	11.4	11.4	K	中央	E
57	4	1	2	149	489	0.577	13.6	2.86	22.5	15.8	K	チャック内	E
66	1	1	1	129	673	0.687	14.0	3.29	9.2	0.0	G	チャック境	C
69	3	3	2	114	455	0.487	13.9	5.00	12.9	9.2	K	中央	C
73	1	1	1	154	519	0.567	13.8	1.56	10.4	8.3	K	中央	C
80	5	5	2	83	522	0.517	13.3	5.50	22.1	0.0	K	チャック内	E
87	3	1	3	129	417	0.559	11.8	3.57	26.9	11.7	K	チャック内	E
88	2	2	1	115	604	0.508	10.6	5.00	9.2	7.1	K	中央	E
89	4	2	2	116	193	0.508	10.5	6.20	22.9	22.9	K	中央	E
116	2	1	2	142	490	0.605	12.2	3.00	21.2	21.2	K	中央	C
130	1	1	1	140	490	0.506	12.6	3.00	11.4	11.4	G	チャック内	C
131	2	1	2	125	479	0.496	12.3	1.64	12.9	6.6	K	チャック内	E
132	3	3	2	111	273	0.461	12.0	5.00	24.1	24.1	K	中央	E
137	2	2	1	116	273	0.495	12.2	4.00	7.9	0.0	G	中央	-
139	3	3	3	111	324	0.469	11.9	3.13	26.2	25.0	K	中央	C
165	4	2	4	117	128	0.488	11.7	2.08	37.1	37.1	K	中央	E
172	1	1	1	144	483	0.502	12.3	3.43	7.6	7.6	K	中央	C
174	3	3	3	113	359	0.488	12.1	2.70	29.6	21.1	K	中央	E
175	2	1	2	142	467	0.518	12.7	1.32	13.4	7.5	G	中央	-
178	3	3	2	108	305	0.471	12.1	4.17	17.7	17.7	K	中央	E
182	4	4	2	95	421	0.540	12.6	5.00	23.3	0.0	K	チャック内	E
184	2	1	2	133	380	0.491	12.2	2.08	19.5	13.3	G	中央	-
188	4	4	2	99	277	0.514	12.0	2.33	25.0	25.0	K	中央	E
197	5	5	2	74	159	0.445	11.4	5.75	18.2	18.2	K	チャック境	E
204	2	1	2	125	384	0.512	12.5	2.00	22.5	22.5	K	チャック境	E
215	2	2	2	120	492	0.481	10.5	2.50	23.2	0.0	K	チャック境	E
216	4	4	2	95	303	0.577	12.3	3.00	21.6	21.6	K	中央	E
222	4	4	3	101	173	0.442	10.7	3.67	30.0	10.4	K	チャック境	E
225	4	4	2	102	442	0.569	10.4	8.33	19.1	0.0	G	チャック境	E
229	5	5	3	93	164	0.548	11.9	3.29	26.7	26.7	K	中央	E
231	4	4	3	95	213	0.535	13.2	4.20	26.2	26.2	K	中央	-
232	3	1	3	130	345	0.538	13.2	3.10	26.0	7.5	K	チャック内	E
236	5	5	2	94	320	0.539	13.7	4.33	15.1	15.1	K	中央	E
247	3	3	2	105	358	0.520	14.0	4.33	25.0	15.4	K	チャック内	C
248	2	2	2	116	342	0.522	13.4	2.78	14.2	14.2	K	チャック境	C
250	3	1	3	145	387	0.643	14.1	2.36	25.8	12.5	K	チャック境	-
253	4	1	1	127	709	0.586	14.3	2.08	9.7	0.0	G	中央	-
254	5	5	3	90	227	0.469	13.7	4.33	27.5	27.5	K	チャック内	E
258	2	1	2	135	246	0.516	14.1	1.93	24.6	22.0	G	チャック境	E
262	4	4	3	100	528	0.478	13.4	4.17	29.2	0.0	G	チャック境	-
268	2	1	2	147	481	0.604	13.6	3.57	19.7	19.7	K	中央	C
274	5	5	1	86	485	0.506	14.0	6.25	0.0	0.0	G	チャック内	-
275	3	3	2	107	445	0.484	13.8	4.00	16.7	0.0	K	チャック境	C
278	2	1	2	133	546	0.503	13.7	2.36	14.6	14.6	K	中央	-
281	4	1	2	142	351	0.522	13.7	3.43	23.5	23.5	K	中央	C
282	3	1	3	144	460	0.578	14.2	2.33	33.3	13.3	G	チャック内	-
283	3	3	1	111	696	0.502	13.9	3.13	3.3	0.0	G	中央	-
284	4	4	2	101	422	0.574	14.6	4.33	25.0	18.3	K	中央	C
286	1	1	1	165	565	0.609	11.0	2.08	10.8	0.0	G	中央	-
288	4	3	3	105	210	0.536	14.1	3.67	28.3	28.3	K	チャック内	E
295	5	5	1	87	607	0.521	14.1	4.80	1.0	1.0	G	チャック境	-
300	4	4	2	97	314	0.529	14.1	3.57	21.1	16.7	K	チャック境	E
303	2	2	1	121	495	0.486	13.9	2.80	10.0	10.0	K	中央	C
307	3	3	3	107	288	0.501	13.9	3.50	27.0	7.1	K	チャック境	E
312	5	5	1	85	377	0.569	14.4	4.17	5.0	0.0	G	チャック境	E
325	5	5	3	67	205	0.517	13.5	8.33	27.9	27.9	K	チャック境	E
401	2	1	2	158	498	0.538	11.6	3.00	24.8	10.4	K	チャック内	C
402	4	1	4	152	339	0.587	12.4	2.23	42.4	20.8	K	チャック内	C
404	5	5	4	91	234	0.583	13.5	3.88	40.1	26.3	K	中央	E
405	5	5	4	59	69	0.403	10.1	6.91	44.2	35.8	K	中央	E
406	5	5	3	88	305	0.541	13.5	5.20	25.8	25.8	K	中央	E
407	4	4	3	101	195	0.504	10.8	2.20	29.2	25.8	K	チャック内	E
408	5	5	2	94	345	0.555	13.8	3.10	13.1	13.1	K	中央	E

No.	等級区分		ヤマガ係数 目視	ヤマガ係数 tf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	気乾比重 g/cm ³	含水率 %	平均年輪幅 mm	集中節径比1 %	集中節径比2 %	破壊形態 (注1)	破壊位置	節の位置
	総合	ヤマガ係数											
409	5	5	5	86	154	0.436	10.8	5.80	51.1	51.1	K	チャック境	E
410	3	3	2	109	334	0.574	13.5	4.67	19.6	6.2	K	中央	E
411	5	5	4	79	189	0.404	10.3	3.92	41.2	41.2	K	中央	E
412	5	3	5	106	198	0.588	11.2	3.50	55.4	36.6	K	中央	E
413	3	3	3	110	331	0.550	10.4	2.40	29.6	29.6	K	中央	C
414	1	1	1	144	627	0.547	11.4	1.59	5.8	2.9	K	中央	-
415	4	4	4	98	232	0.487	11.6	3.86	43.8	30.5	K	中央	E
416	5	4	5	103	470	0.587	10.8	3.25	55.3	7.9	G	中央	-
417	4	3	4	106	233	0.489	10.9	3.57	41.1	41.1	K	中央	E
418	4	3	2	114	211	0.557	11.2	1.82	20.4	20.4	K	中央	E
419	5	5	1	79	537	0.564	14.2	6.25	11.3	11.3	K	中央	-
420	1	1	1	152	658	0.578	10.9	2.17	4.2	4.2	G	チャック境	-
421	4	1	4	130	255	0.548	11.4	3.33	35.8	33.3	K	中央	E
422	2	2	1	121	573	0.466	10.7	2.45	6.2	5.0	K	チャック境	E
423	4	2	4	118	251	0.537	11.1	2.49	48.7	48.7	K	中央	C
424	4	3	4	105	207	0.735	14.0	2.89	33.6	33.6	K	中央	E
425	4	4	4	103	255	0.470	10.6	2.08	45.4	29.1	K	チャック内	-
426	1	1	1	137	689	0.493	10.8	1.50	6.7	0.0	G	中央	-
427	5	4	5	104	275	0.470	10.6	5.25	75.4	40.6	K	中央	E
428	5	5	3	88	142	0.456	10.6	5.00	28.3	15.4	K	中央	E
429	3	3	3	113	344	0.488	10.5	3.00	32.4	32.4	K	中央	E
430	5	5	5	83	111	0.435	10.6	4.88	50.4	36.6	K	中央	E
431	4	3	4	107	252	0.498	13.2	4.17	35.6	35.6	K	中央	E
432	3	1	3	139	354	0.521	10.5	2.70	29.6	29.6	K	中央	E
433	4	4	3	104	236	0.558	10.9	3.62	31.9	2.9	K	チャック内	-
434	4	4	4	99	209	0.447	10.8	5.00	37.1	37.0	K	中央	E
435	4	4	1	103	444	0.567	14.3	2.45	8.9	8.9	K	チャック境	C
436	5	4	5	97	128	0.461	10.7	1.79	59.7	59.7	K	中央	E
437	3	3	2	110	512	0.550	11.7	1.50	15.0	15.0	K	中央	E
438	5	5	5	77	142	0.434	10.0	5.75	72.2	53.2	K	チャック内	E
439	3	1	3	145	409	0.562	12.4	2.78	28.8	28.8	G	中央	C
440	5	5	5	86	131	0.430	10.5	4.60	61.7	45.5	K	チャック境	E
441	3	3	3	106	486	0.520	10.3	4.00	27.3	27.3	G	中央	-
442	3	3	2	110	315	0.491	10.4	2.25	23.7	16.2	K	中央	E
443	4	1	4	139	375	0.577	11.5	2.08	38.0	38.0	K	中央	E
444	5	5	3	87	203	0.469	10.5	5.00	28.7	28.7	K	中央	E
445	4	1	3	144	235	0.533	10.8	2.27	28.8	28.8	K	中央	E
446	4	3	4	113	301	0.473	10.4	2.18	41.9	22.9	K	チャック境	E
447	3	1	3	149	439	0.539	11.1	1.80	30.4	30.4	K	中央	E
448	4	4	4	100	301	0.529	12.2	4.50	41.6	13.7	K	チャック内	C
449	4	1	4	132	180	0.496	10.6	1.75	40.4	40.4	K	中央	-
450	1	1	1	134	725	0.526	10.6	3.00	0.0	0.0	G	チャック内	C
451	3	3	3	105	242	0.518	10.9	2.31	28.3	22.1	K	チャック内	E
452	5	5	5	82	103	0.505	10.6	1.87	50.3	27.5	K	チャック内	E
453	3	2	3	123	407	0.492	12.0	4.80	28.9	26.4	K	中央	E
454	5	5	4	78	91	0.480	10.4	3.65	43.9	43.9	K	中央	E
455	5	5	2	84	172	0.425	10.6	5.10	24.7	23.3	K	チャック内	E
456	4	2	2	120	351	0.517	12.1	3.25	21.7	21.7	K	中央	E
457	4	4	4	101	183	0.449	10.3	2.08	34.7	34.7	K	中央	E
458	4	3	4	105	157	0.479	10.0	4.00	38.0	38.0	K	中央	E
459	5	5	5	69	60	0.470	10.3	9.50	73.0	63.7	K	中央	E
460	3	2	3	118	340	0.513	11.7	4.50	31.2	31.2	K	中央	E
461	4	3	2	111	290	0.539	11.7	4.00	20.0	20.0	K	中央	C
462	3	1	3	157	345	0.582	11.3	1.87	27.9	27.9	K	中央	E
463	2	1	2	145	378	0.555	11.2	2.80	22.1	22.1	K	中央	E
464	5	5	2	83	347	0.507	12.9	4.33	23.7	23.7	K	中央	C
465	2	2	2	121	483	0.492	10.7	2.25	16.0	4.6	K	チャック内	C
466	3	3	2	110	297	0.463	11.8	3.40	20.4	20.4	K	中央	E
467	1	1	1	178	512	0.659	12.1	1.50	7.1	7.1	K	中央	C
468	5	5	5	71	147	0.439	13.4	6.67	57.3	57.3	K	チャック境	-
469	2	2	1	115	528	0.611	12.5	2.78	5.4	0.0	G	中央	-
最小値				59	60	0.403	10.0	1.32	0.0	0.0			
平均値				113	344	0.521	12.1	3.57	26.4	20.4			
最大値				178	725	0.736	14.6	9.50	75.4	63.7			
標準偏差				23	152	0.057	1.4	1.50	15.0	14.4			
変動係数				20.2	44.2	10.9	11.2	42.0	57.0	70.7			
5%下限値				75	94	0.428	9.8	1.11	1.6	-3.3			

(注) 等級の5は規格外

(注) 破壊形態の記号は K: 節部破壊 G: 目切れ破壊 F: フィンガー-ジョイント部

(注) 節の位置 C: センター E: イップ

付表2 アカマツ縦継ぎラミナ引張試験結果

No.	等級区分		ヤング係数 目視	引張強度 tf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	気乾比重 g/cm ³	含水率 %	平均年輪幅 mm	集中節径比1 %	集中節径比2 %	破壊形態 (注1)	破壊位置	節の位置
	総合	ヤング係数											
1	4	4	3	95	250	0.465	11.7	5.08	32.4	32.4	K	中央	E
4	5	5	3	72	215	0.435	11.6	5.60	27.0	27.0	K	中央	C
8	1	1	1	171	377	0.630	10.4	2.33	0.0	0.0	G	中央	-
11	5	5	4	72	99	0.471	11.8	6.67	47.8	47.8	K	中央	C
15	5	5	4	75	138	0.418	11.5	8.75	39.7	39.7	K	チャック境	E
19	5	5	2	81	148	0.443	11.5	8.00	24.6	24.6	K	チャック内	C
23	4	3	3	106	260	0.491	11.7	3.50	30.3	22.1	K	中央	
37	4	3	4	107	278	0.464	11.3	5.00	35.5	35.5	K	中央	
39	1	1	1	142	318	0.562	12.4	2.22	4.3	0.0	F	中央	
41	5	5	3	93	182	0.424	12.9	6.00	29.5	29.5	K	チャック境	C
46	3	2	3	122	239	0.499	11.7	5.00	26.9	26.9	K	中央	E
50	5	5	4	80	177	0.399	9.9	7.38	38.4	13.0	K	チャック内	E
51	5	5	4	88	102	0.432	10.0	6.17	35.4	35.4	K	チャック内	E
53	4	3	2	114	209	0.517	10.7	2.92	21.3	21.3	K	中央	-
61	5	5	4	92	123	0.448	9.8	4.27	37.1	0.0	K	チャック内	E
70	5	5	4	87	163	0.460	13.3	4.50	38.3	38.3	K	中央	E
72	4	3	4	112	285	0.458	10.0	4.50	43.9	28.4	K	中央	C
74	5	5	3	89	129	0.457	10.1	6.67	29.3	29.1	K	チャック内	E
75	4	4	1	103	386	0.656	11.6	7.00	0.0	0.0	F	中央	-
77	2	1	2	156	301	0.567	10.4	1.90	23.0	0.0	K	チャック内	C
78	4	3	3	105	156	0.444	10.0	5.71	30.1	30.1	K	中央	E
86	3	3	3	112	249	0.535	10.6	6.00	32.9	32.9	G	チャック境	E
91	5	5	4	74	181	0.475	12.6	5.33	41.7	0.0	K	チャック内	C
97	4	2	4	122	305	0.517	10.6	5.00	40.8	13.0	K	チャック境	E
99	3	3	2	105	282	0.538	10.0	7.00	22.8	22.8	K	中央	-
104	5	5	4	91	208	0.468	10.4	3.60	45.0	0.0	K	チャック内	E
108	4	1	4	137	298	0.528	11.6	3.60	43.0	42.3	K	中央	C
109	2	2	2	116	271	0.516	12.2	3.60	18.3	18.3	K	中央	E
110	4	1	4	133	385	0.556	11.5	3.14	39.8	39.8	K	チャック内	C
112	4	1	3	133	433	0.492	10.3	2.60	29.1	11.3	K	中央	E
113	2	2	1	121	510	0.537	12.2	4.00	0.0	0.0	F	中央	-
114	2	2	2	118	320	0.474	11.8	5.67	18.4	0.0	K	チャック内	E
117	4	4	4	98	278	0.465	11.7	5.25	33.4	33.4	G	中央	-
120	4	1	3	153	404	0.530	10.0	4.20	27.5	0.0	K	中央	E
122	3	2	3	120	195	0.553	12.0	2.44	25.6	7.8	K	チャック内	E
125	2	1	2	132	317	0.572	12.2	2.22	17.4	17.4	K	中央	E
134	5	5	3	92	210	0.445	11.5	3.60	29.5	18.6	K	中央	
138	5	5	2	91	357	0.442	12.0	3.40	15.2	3.0	G	中央	-
146	4	3	4	114	239	0.450	11.8	3.50	34.0	33.9	K	チャック内	E
148	4	1	3	133	288	0.501	11.8	2.63	30.9	30.9	K	中央	E
152	4	4	3	102	348	0.496	12.6	2.71	30.0	2.1	K	チャック内	E
153	5	5	4	85	232	0.511	12.0	7.67	38.1	18.5	K	チャック内	E
156	2	1	2	135	429	0.522	12.2	1.82	18.7	18.7	K	中央	C
157	3	2	3	122	167	0.487	12.3	1.90	29.3	29.3	K	中央	
158	4	4	4	95	177	0.477	11.5	4.00	43.9	28.2	G	チャック内	-
160	2	2	2	115	381	0.455	12.0	3.17	15.6	15.6	K	中央	
166	4	4	4	97	211	0.437	11.1	6.67	34.2	34.2	K	中央	E
168	3	3	1	111	536	0.493	11.8	2.75	0.0	0.0	F	中央	-
169	5	5	4	65	83	0.427	11.2	7.50	43.2	43.2	K	中央	E
179	5	5	1	94	417	0.472	11.8	3.80	7.8	7.8	F	中央	-
181	3	3	1	107	413	0.476	11.7	3.50	12.2	12.2	F	中央	-
183	5	5	1	81	305	0.517	12.4	6.25	7.3	7.3	F	中央	-
186	1	1	1	125	493	0.503	12.1	3.00	0.0	0.0	F	中央	
187	4	2	4	119	174	0.526	12.3	2.20	38.1	38.1	K	中央	C
190	4	4	3	104	217	0.461	11.7	3.67	32.1	32.1	K	中央	C
191	5	5	2	82	164	0.444	11.4	4.75	15.6	9.0	K	チャック内	E
192	4	1	4	129	174	0.508	12.0	3.33	44.4	44.4	K	中央	
195	2	2	2	124	382	0.480	11.8	2.86	17.4	17.4	K	チャック境	E
202	2	2	2	124	488	0.478	12.4	2.75	17.9	11.7	G	中央	-
203	4	4	3	95	231	0.502	11.7	5.00	28.2	20.4	K	中央	E
205	3	1	3	139	548	0.538	12.3	3.80	29.4	0.0	F	中央	-
210	4	3	4	109	182	0.495	9.9	5.00	44.5	44.5	K	中央	E
217	3	1	3	154	376	0.520	10.1	2.38	29.0	24.3	K	チャック内	E
218	5	5	3	76	119	0.425	10.2	6.40	33.0	33.0	K	中央	E
219	4	1	4	135	421	0.520	10.4	3.00	37.4	0.6	K	チャック内	
224	4	2	4	120	273	0.475	10.1	6.00	40.9	40.9	K	中央	E
226	4	4	4	97	184	0.439	10.6	3.50	37.3	37.3	K	中央	C
227	2	1	2	127	342	0.478	10.0	3.17	13.9	13.9	K	チャック境	-
230	3	3	3	111	247	0.481	10.2	4.75	27.4	22.6	K	中央	
233	2	1	2	145	255	0.519	10.4	2.86	16.5	16.5	K	中央	

No.	等級区分			ヤング係数 tf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	気乾比重 g/cm ³	含水率 %	平均年輪幅 mm	集中節径比1 %	集中節径比2 %	破壊形態 (注1)	破壊位置	節の位置
	総合	ヤング係数	目視										
235	5	5	4	79	192	0.439	13.0	5.67	42.1	42.1	K	中央	E
237	3	3	3	114	215	0.461	13.4	2.57	32.4	32.4	K	中央	
238	3	3	2	105	313	0.454	13.2	3.67	17.4	17.4	K	中央	C
241	4	3	1	108	321	0.478	9.9	7.67	0.0	0.0	F	中央	-
243	5	5	3	90	215	0.710	12.6	6.67	32.0	32.0	G	チャック内	-
245	4	1	4	140	339	0.519	13.7	3.50	34.7	21.7	F	中央	-
249	3	1	3	145	288	0.514	11.0	2.38	27.0	27.0	K	中央	C
252	3	1	3	148	343	0.565	13.1	2.22	28.2	0.0	K	チャック内	E
259	4	4	2	101	365	0.534	13.1	5.00	14.7	14.7	K	中央	E
267	2	1	2	142	401	0.584	13.1	3.60	23.5	16.5	G	チャック内	
269	3	3	2	108	243	0.469	13.9	4.40	20.0	18.7	K	チャック内	E
270	4	2	3	116	358	0.525	12.7	4.00	26.0	21.7	K	中央	
271	3	3	2	113	351	0.501	12.5	2.50	15.7	0.0	K	チャック内	E
280	1	1	1	131	321	0.586	13.4	3.80	10.9	0.0	G	中央	-
285	5	5	3	86	263	0.531	12.8	6.33	27.4	27.4	K	中央	C
291	5	5	1	83	482	0.561	13.6	10.50	0.0	0.0	F	中央	-
292	2	2	2	118	485	0.538	13.1	5.33	24.8	0.0	F	中央	
293	1	1	1	145	587	0.536	13.1	3.33	4.3	0.0	F	中央	-
296	5	3	5	110	208	0.656	13.0	4.20	54.0	0.0	K	チャック内	
301	3	1	3	139	542	0.503	12.9	2.57	31.7	0.0	F	中央	-
305	1	1	1	151	364	0.637	13.6	1.91	11.7	11.7	K	中央	C
309	4	1	4	151	450	0.559	12.9	2.10	45.7	15.2	K	チャック内	E
314	5	5	2	94	268	0.472	13.2	5.25	21.1	16.5	K	中央	E
315	4	4	1	96	481	0.533	13.3	5.50	0.0	0.0	F	中央	-
317	4	4	2	100	257	0.521	12.9	6.00	20.4	20.4	K	中央	E
318	2	2	2	122	378	0.492	12.5	4.60	20.7	20.7	K	中央	E
321	2	1	2	150	440	0.542	13.6	2.09	22.6	4.8	G	中央	-
322	4	1	2	149	450	0.560	12.9	2.21	18.3	15.3	K	中央	E
324	2	1	2	132	554	0.564	13.4	4.20	21.8	0.0	F	中央	-
なし	5	5	4	87	217	0.448	13.5	4.40	38.0	32.9	K	中央	E
最小値				65	83	0.399	9.8	1.82	0.0	0.0			
平均値				112	299	0.503	11.8	4.34	26.1	18.4			
最大値				171	587	0.710	13.9	10.50	54.0	47.8			
標準偏差				23	117	0.055	1.1	1.76	12.8	14.3			
変動係数				20.7	39.2	11.0	9.7	40.6	49.1	77.7			
5%下限値				74	106	0.412	9.9	1.44	5.0	-5.1			

(注) 等級の5は規格外

(注) 破壊形態の記号は K:節部破壊 G:目切れ破壊 F:フィンガ-ジョイント部

(注) 節の位置 C:センター E:エッジ

長野県林業総合センター
信州大学工学部社会開発工学科
齋藤木材工業株式会社

はじめに

従来我が国における集成材用ラミナ（ひき板）の強度的な評価は曲げ試験によるものが一般的であった。しかしながら断面の大きな集成材では基本的に外層ラミナが引張り力により破壊する。とくに最外層ラミナの縦継ぎ部で破壊する例が多く、その引張り強さが製品である構造用大断面集成材の実際の強さを左右すると考えられる。

そこで通しラミナ（縦継ぎのないもの）、縦継ぎラミナの引張り試験を行い、信頼性の高い集成材を製造するための資料を得る。

なお、試験は長野県林業総合センター、信州大学工学部、齋藤木材工業㈱が共同して進めた。試験に参加した主な職員は次のとおりである。

長野県林業総合センター：橋爪丈夫、吉田孝久

信州大学工学部社会開発工学科：安達訓士、笹川明、五十田博

齋藤木材工業株式会社：齋藤健、村井勇睦、竹内剛

1 材料と方法

1.1 材料

カラマツラミナ（17.5×3×400 cm；公称、250枚）を2.8cmに厚さ決めを行った後、連続走行式グレーディングマシンMGFS-251（飯田工業製）で曲げヤング係数（MGFSE）を測定した。全数を1/2に切断し200cmラミナ500枚とし、縦振動法により動的ヤング係数（Ef）を測定した。

なお、試験材は齋藤木材工業㈱において経常的に備蓄されていたものの一部である。

1.2 ラミナの仕分け

Efを順位化してEfが均等にばらつくように次のようにグループ分けした。

T；通しラミナ用：200枚
A；フィンガージョイント用：200枚、垂直FJ
B；フィンガージョイント用：50枚、垂直FJ
C；フィンガージョイント用：50枚、水平FJ

1.3 ラミナの縦継ぎ

縦継ぎ（FJ）は長野県内の構造用大断面集成材のJAS認定工場3社（齋藤木材工業含む）に依頼した。Cについては水平FJであり、現在使われていないがデータとしては貴重なもの

と考えた。

FJ用ラミナは各グループ別にさらにEfにより順位化し、その順番で各工場の通常の方法で縦継ぎした。その後、FJ部が中心に来るように切断し、約200cmのFJラミナとした。

以上のように縦継ぎした結果、各グループごとにFJラミナは元のラミナに対して1枚ずつ少なくなった。各ラミナは幅14.9cm、厚さ2.5cmにモルダーにより仕上げた。

FJラミナの概要、縦継ぎにおける条件等を表5-1、2に示した。

表5-1 縦継ぎの状況

区分	種類	枚数	フィンガ-長さ mm	フィンガ-ピッチ mm	先端厚さ mm	フィンガ-低部幅 mm	スカーフ傾斜比 度
A	垂直 FJ	199	23.0	6	0.95	0.8	5° 17′
B	垂直 FJ	49	18.5	5	0.75	0.65	5° 42′
C	水平 FJ	49	22.3	6.4	0.9	0.8	6°

表5-2 接着の状況

区分	接着剤(主剤、硬化剤)	圧縮圧 kgf/cm ²	備考
A	DF-1200, DL200 (大鹿振興)	50	高周波加熱
B	DE-33, D用硬化剤 (大鹿振興)	70	
C	D-35, D用硬化剤 (大鹿振興)	70	

1.4 ラミナの調査

仕上げたラミナに対して次の項目について調査した。

- (1) 比重；仕上げたラミナの寸法と重量から求めた。
- (2) 平均年輪幅；引張り試験終了後非破壊部分から切片を採取し、それにより測定した。縦継ぎラミナについては2枚の平均値とした。
- (3) 節；引張り試験におけるチャック間および全長における集中節径を測定し、集中節径比%に換算した。
- (4) 曲げヤング係数 (Ed)；材料試験機TCM-5000 (ミネベア製) を用い、スパン180cm、3等分点荷重で長期許容応力度レベル (45kgf) まで荷重をかけ、曲げヤング係数を求めた。
- (5) 動的ヤング係数 (Ef)；FFTアナライザを用い打撃法により求めた基本振動数と比重から算出した。
- (6) グレーディングマシンにより求めた曲げヤング係数 (MGFSE)；斎藤木材工業で稼働している連続走行式グレーディングマシンMGFS-251 (飯田工業製) により測定した。
- (7) JAS等級；構造用大断面集成材のJASに基づく視覚等級区分は、全長の集中節径比と平均年輪幅で行った。

1.5 ラミナの引張り試験

引張り強度試験機 NET-401E（飯田工業製）を用い、引張り部分の長さを 100cm として行い、破壊荷重から引張り強さを算出した。

2 試験結果

2.1 ラミナの調査結果

通しラミナについて 1 枚 Ed がとれなかったので通しラミナ 199 枚、A グループ 199 枚、B グループ 49 枚、C グループ 49 枚の 496 枚で検討した。

2.1.1 各測定項目の集計

各測定項目の集計値を表 5-3 に示した。また度数分布と累積頻度分布を図 5-1 ~ 図 5-6 に示した。

表 5-3 全ラミナの測定値の一覧

n=496

区分	比重	集中節比 %		平均年輪幅 mm	含水率 %	ヤング係数 t/cm ²		
		チャック間	全長			MGFSE	Ef	Ed
平均値	0.517	23.8	25.8	4.6	10.7	111.7	115.1	109.8
最大値	0.704	79.2	79.2	11.1	16.2	184.1	191.2	186.6
最小値	0.413	0.0	0.0	1.4	7.9	73.1	66.9	63.6
標準偏差	0.044	13.1	12.7	1.4	0.8	20.6	22.4	22.9
変動係数%	8.5	55.0	49.2	30.4	7.5	18.4	19.5	20.9

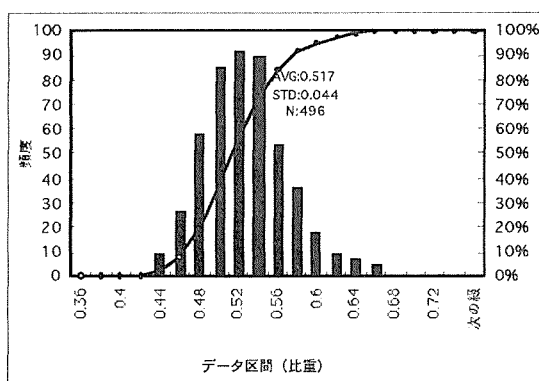


図 5-1 比重の度数分布

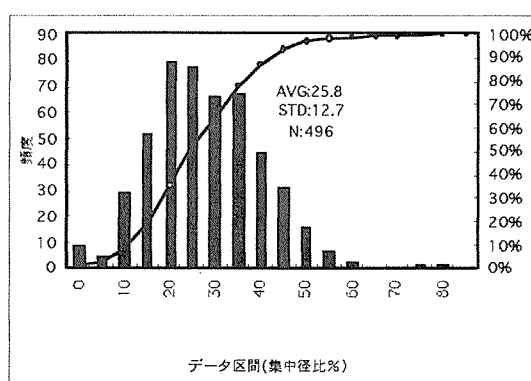


図 5-2 集中節径比 (全長) の度数分布

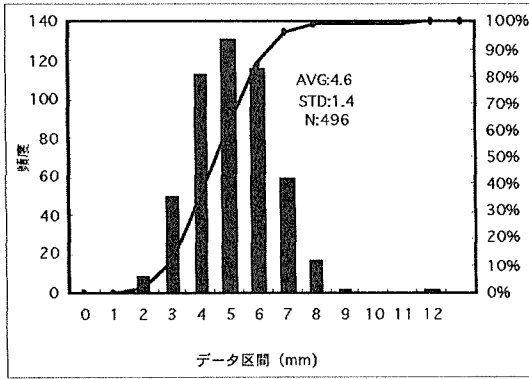


図5-3 平均年輪幅の度数分布

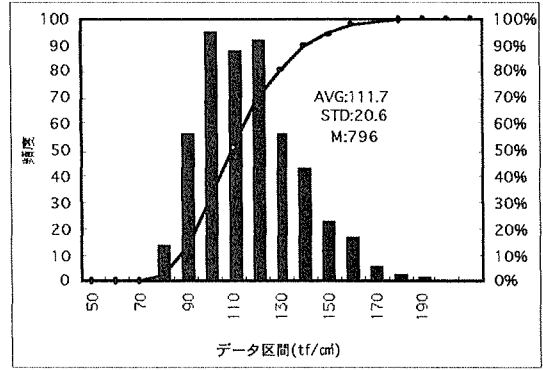


図5-4 MGFSEの度数分布

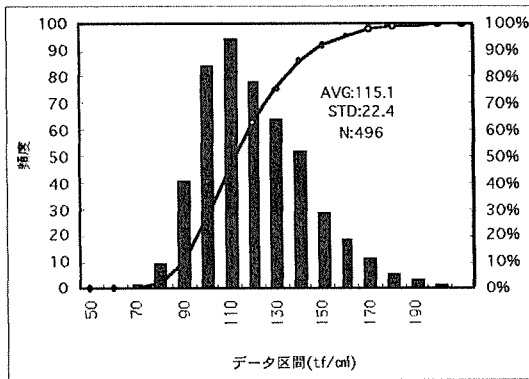


図5-5 Efの度数分布

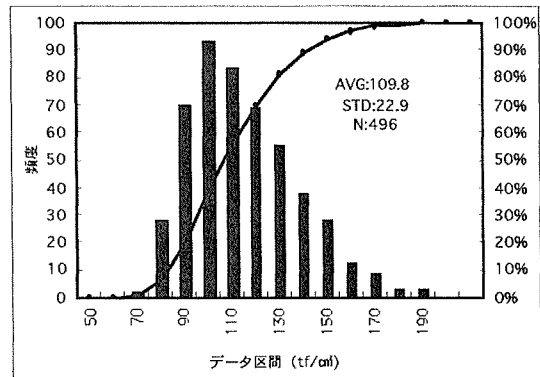


図5-6 Edの度数分布

2.1.2 各測定項目とEdの関係

各測定項目と材料試験機による曲げヤング係数Edとの関係を示す相関係数を表5-4に示した。比重、平均年輪幅との関係がかなり高い。また、グレーディングマシンによるMGFSE、動的ヤング係数Efとの関係はきわめて高い。これらの関係を図5-7～図5-12に示した。

表5-4 相関係数一覧表 (全ラミナ)

n=496

	比重	節チャック(%)	節全長	平均年輪幅	MGFS-E	Ef	Ed
比重	1.000						
節チャック(%)	-0.127	1.000					
節全長	-0.129	0.915	1.000				
平均年輪幅	-0.490	0.226	0.209	1.000			
MGFS-E	0.721	-0.307	-0.301	-0.701	1.000		
Ef	0.718	-0.334	-0.327	-0.684	0.985	1.000	
Ed	0.704	-0.348	-0.339	-0.692	0.976	0.982	1.000

注) 節チャック、節全長はチャック間および全長に対する集中節径比%、以下同じ

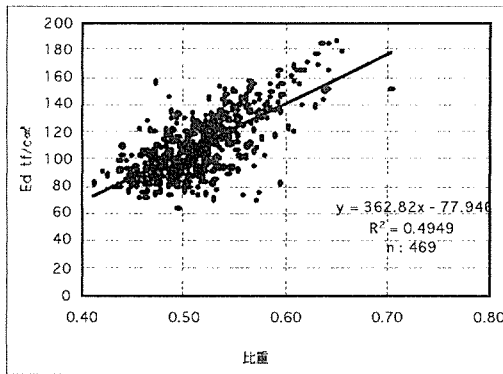


図5-7 比重とEdの関係

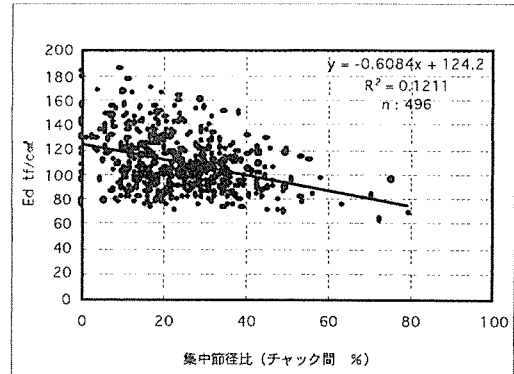


図5-8 集中節径比 (チャック間) とEdの関係

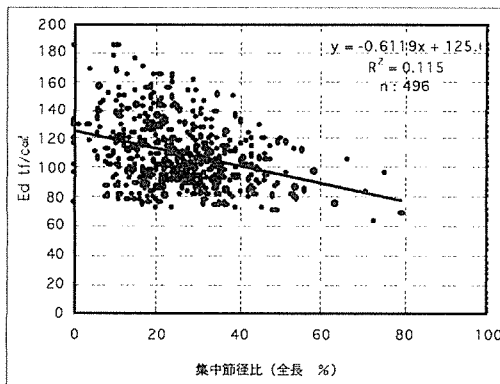


図5-9 集中節径比 (全長) とEdの関係

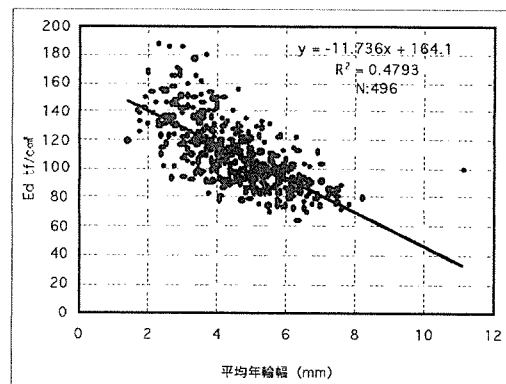


図5-10 平均年輪幅とEdの関係

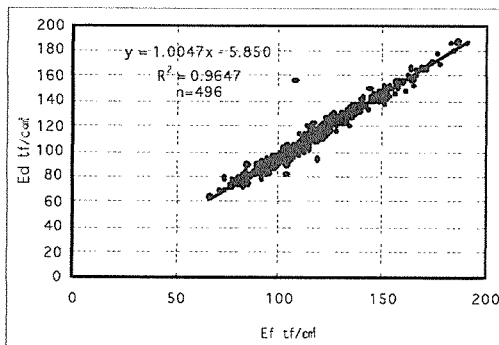


図5-11 EfとEdの関係

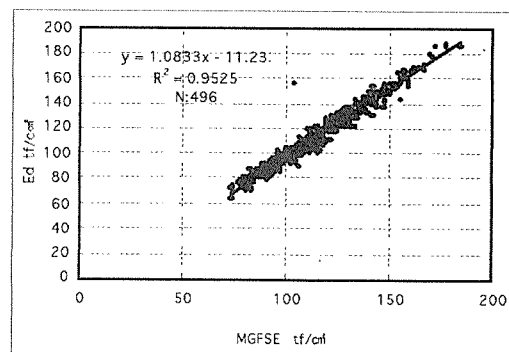


図5-12 MGFSEとEdの関係

2.2 ラミナの引張り試験結果

2.2.1 ラミナの種類の検討

表5-5に種類別に引張り強さの集計を示した。単純に平均値で継ぎ手効率を計算すると垂直FJのAが84.1%、Bが75.7%となった。一方水平FJであるCは66.6%と低く、破壊原因(位置)でも6割以上がFJ部で破壊していた。

図5-13から16にラミナの種類別に引張り強さの分布を示した。

表5-5 ラミナの種別別引張り強さ

区分	通しラミナ	FJラミ		
		A	B	C
枚数	199	199	49	49
平均値	296	249	224	197
最大値	879	632	472	328
最小値	69	43	53	25
標準偏差	153	104	101	62
変動係数%	51.7	41.8	45.1	31.5
破壊原因 FJ%	—	46.2	36.7	63.3
” 節%	70.9	43.7	63.3	28.6
” 目切れ%	9.5	2.5	0.0	2.0
” その他%	19.6	7.5	0.0	6.1
継ぎ手効率%	—	84.1	75.7	66.6

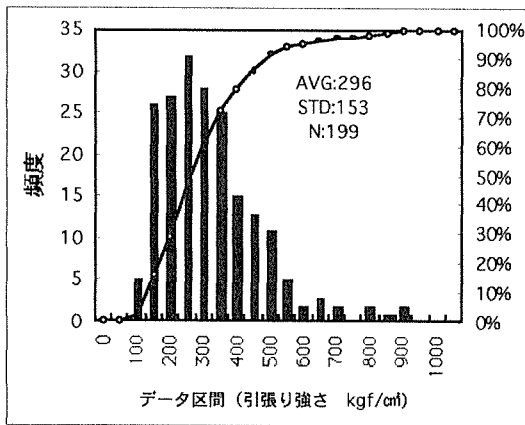


図5-13 引張り強さの分布
(通しラミナ)

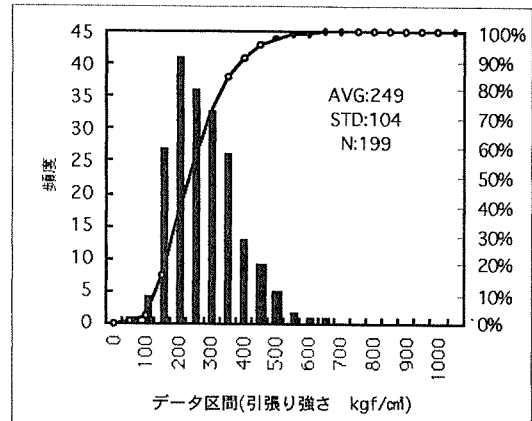


図5-14 引張り強さの分布
(A FJラミナ)

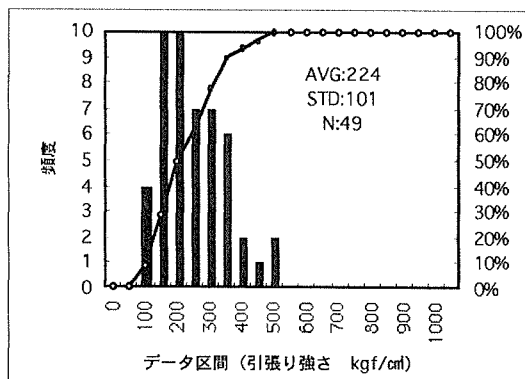


図5-15 引張り強さの分布
(B FJラミナ)

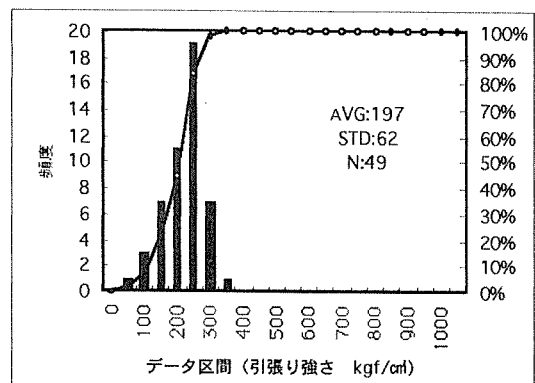


図5-16 引張り強さの分布
(C FJラミナ)

図5-17にラミナの種類別に標準偏差の範囲と、最大値、最小値の範囲を示した。

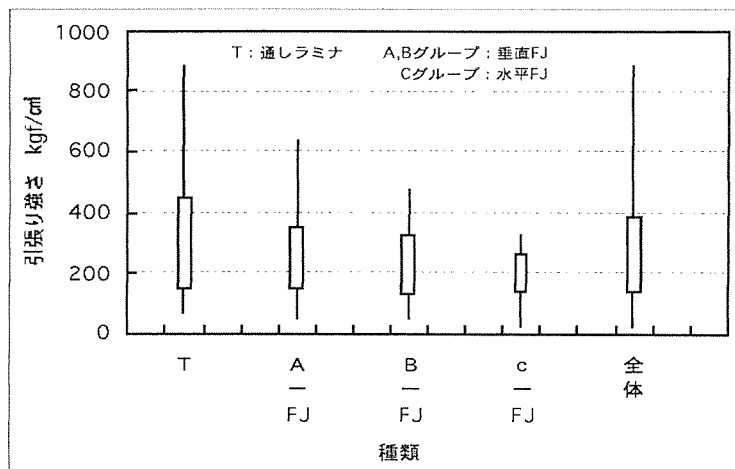


図5-17 種類別引張り強さ（最大値、平均値±標準偏差、最小値）

2.2.2 JAS等級区分別検討

表5-6にラミナのJAS等級別出現割合を示した。

図5-18に種類、JAS等級別に引張り強さの比較を示した。通しラミナ、A FJ、B FJについては等級に対応している。一方水平FJであるCについてはほとんど差がない。これは基本的に水平FJであるCのFJ部の強さがなかったことから説明できる。また、図5-19に曲げヤング係数Edについて示したが、この場合は等級に対応している。

表5-6 JAS等級別出現割合 (%)

区分	通しラミナ	A FJ	B FJ	C FJ
1等	16.6	9.5	8.2	12.2
2等	27.6	34.7	26.5	36.7
3等	32.2	27.1	26.5	20.4
4等	21.6	23.1	36.7	28.6
規格外	2.0	5.5	2.0	2.0

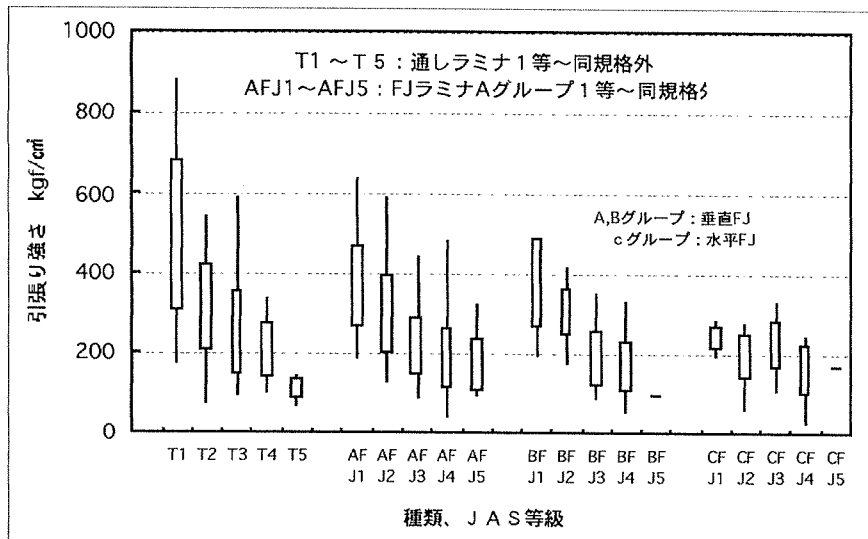


図5-18 ラミナの種類、JAS等級別引張り強さ
(最大値、平均値±標準偏差、最小値)

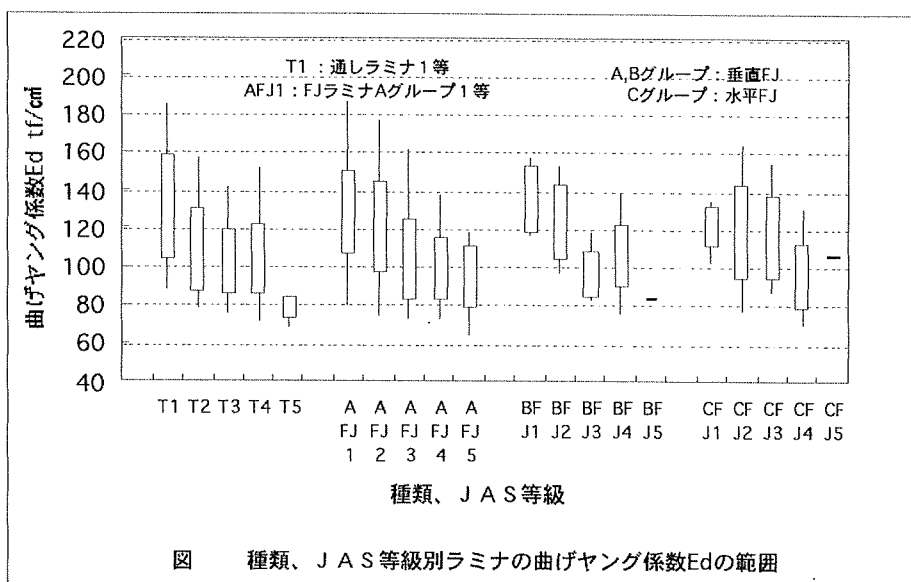


図5-19 ラミナの種類、JAS等級別曲げヤング係数Ed
(最大値、平均値±標準偏差、最小値)

2.2.3 破壊形態と引張り強さ

破壊形態と引張り強さの関係を図5-20に示した。通しラミナについては節、目切れの影響が明かである。

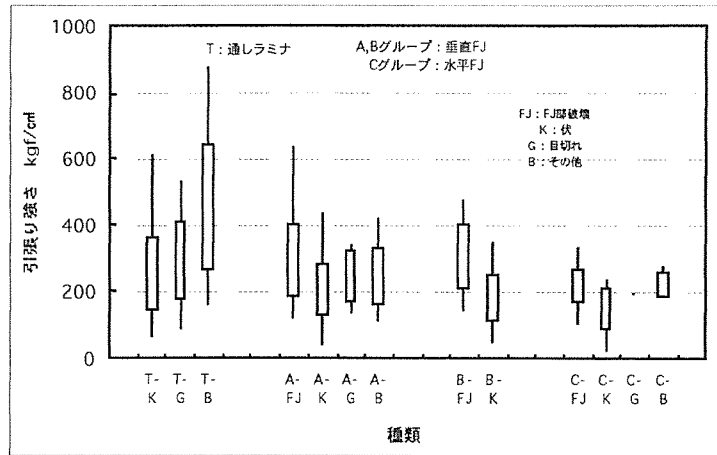


図5-20 ラミナの種類、破壊形態別曲げ強さ
(最大値、平均値±標準偏差、最小値)

2.2.4 調査項目と引張り強さの関係

表5-7～表5-10に調査項目間の関係を示す相関係数一覧を示した。

表5-7 相関係数一覧 (通しラミナ)

	比重	節チャック	節全長	平均年輪幅	MGFS-E	Ef	Ed	引張強度
比重	1.000							
節チャック(%)	-0.106	1.000						
節全長	-0.101	0.960	1.000					
平均年輪幅	-0.427	0.109	0.077	1.000				
MGFS-E	0.683	-0.267	-0.255	-0.661	1.000			
Ef	0.686	-0.304	-0.288	-0.646	0.989	1.000		
Ed	0.670	-0.306	-0.289	-0.663	0.989	0.987	1.000	
引張強度	0.420	-0.586	-0.571	-0.426	0.678	0.702	0.707	1.000

表5-8 相関係数一覧 (AグループFJ)

	比重	節チャック	節全長	平均年輪幅	MGFS-E	Ef	Ed	引張強度
比重	1.000							
節チャック(%)	-0.201	1.000						
節全長	-0.167	0.942	1.000					
平均年輪幅	-0.542	0.318	0.309	1.000				
MGFS-E	0.776	-0.341	-0.335	-0.708	1.000			
Ef	0.762	-0.366	-0.355	-0.704	0.990	1.000		
Ed	0.735	-0.394	-0.380	-0.704	0.976	0.978	1.000	
引張強度	0.552	-0.482	-0.465	-0.592	0.735	0.752	0.736	1.000

表 5-9 相関係数一覧 (Bグループ FJ)

	比重	節チャック	節全長	平均年輪幅	MGFS-E	Ef	Ed	引張強度
比重	1.000							
節チャック(%)	-0.201	1.000						
節全長	-0.167	0.942	1.000					
平均年輪幅	-0.542	0.318	0.309	1.000				
MGFS-E	0.776	-0.341	-0.335	-0.708	1.000			
Ef	0.762	-0.366	-0.355	-0.704	0.990	1.000		
Ed	0.735	-0.394	-0.380	-0.704	0.976	0.978	1.000	
引張強度	0.552	-0.482	-0.465	-0.592	0.735	0.752	0.736	1.000

表 5-10 相関係数一覧 (Cグループ FJ)

	比重	節チャック(%)	節全長	平均年輪幅	MGFS-E	Ef	Ed	引張強度
比重	1.000							
節チャック(%)	-0.075	1.000						
節全長	-0.219	0.765	1.000					
平均年輪幅	-0.487	0.343	0.365	1.000				
MGFS-E	0.736	-0.343	-0.398	-0.767	1.000			
Ef	0.723	-0.349	-0.400	-0.705	0.978	1.000		
Ed	0.732	-0.342	-0.381	-0.712	0.975	0.991	1.000	
引張強度	0.325	-0.415	-0.336	-0.466	0.507	0.479	0.479	1.000

MGFS-E、Ef、Edと引張り強さの関係は水平FJのCを除けば0.7程度、あるいはそれ以上であった。

ここでもAあるいはB程度の継ぎ手効率であればヤング係数による等級区分が有効なことを示している。また、節径比、平均年輪幅との関係もかなり高く、比重との関係も無視できない関係が認められた。一方、水平FJのCについてはこれらの関係はいずれも低かった。

図5-21~34に通しラミナとAグループFJラミナについてこれらの関係を示す散布図を示した。

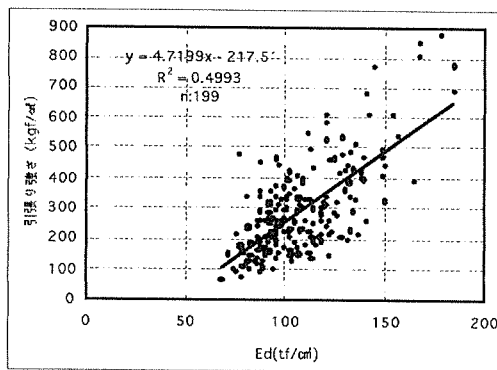


図 5-21 Edと引張り強さの関係
(通しラミナ)

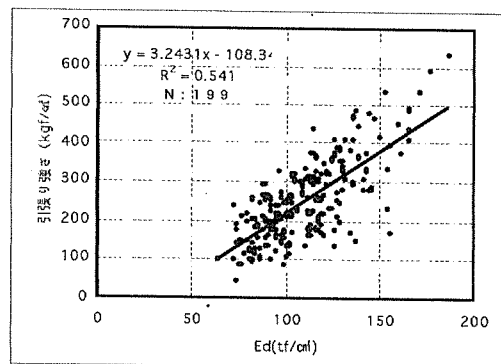


図 5-22 Edと引張り強さの関係
(AグループFJラミナ)

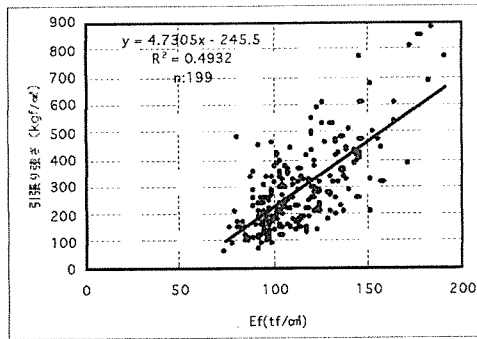


図5-23 Efと引張り強さの関係
(通シラミナ)

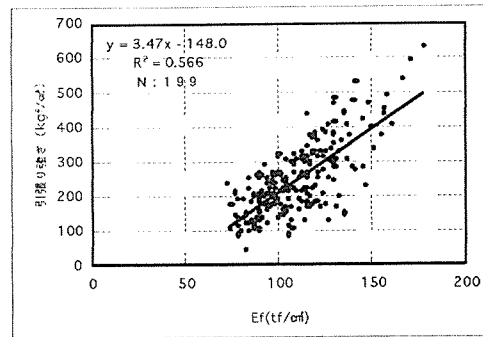


図5-24 Efと引張り強さの関係
(Aグループ FJラミナ)

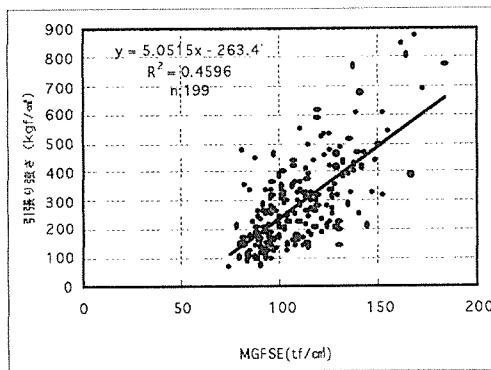


図5-25 MGFSEと引張り強さの関係
(通シラミナ)

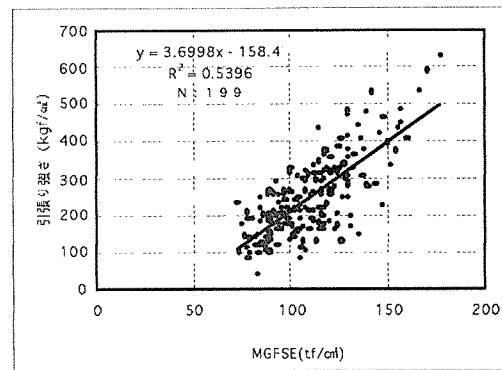


図5-26 MGFSEと引張り強さの関係
(Aグループ FJラミナ)

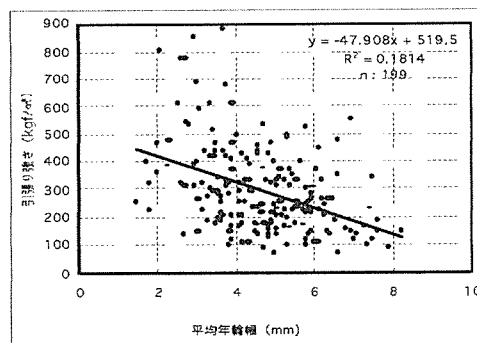


図5-27 平均年輪幅と引張り強さの関係
(通シラミナ)

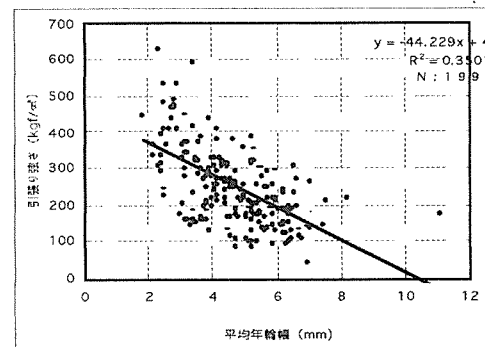


図5-28 平均年輪幅と引張り強さの関係
(Aグループ FJラミナ)

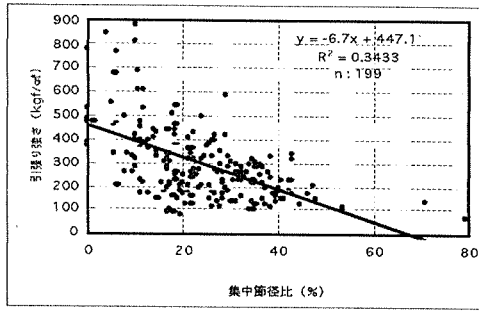


図 5-29 集中節径比（全長）と引張り強さの
（通しラミナ）

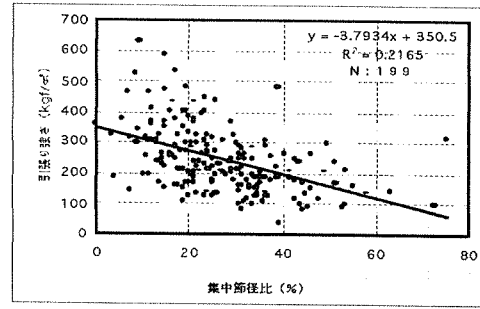


図 5-30 集中節径比（全長）と
（AグループFJラミナ）

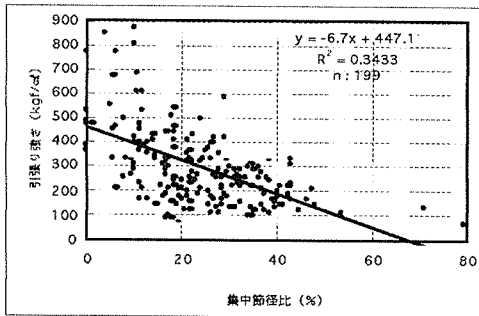


図 5-31 集中節径比（チャック間）と
引張り強さの関係（通しラミナ）

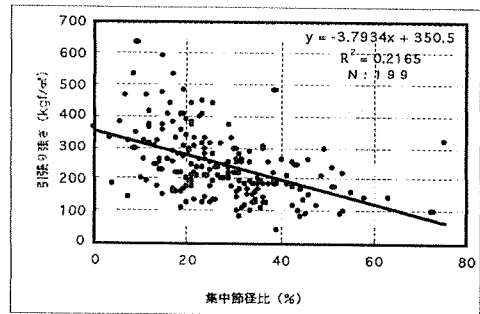


図 5-32 集中節径比（チャック間）と
引張り強さの関係（AグループFJ）

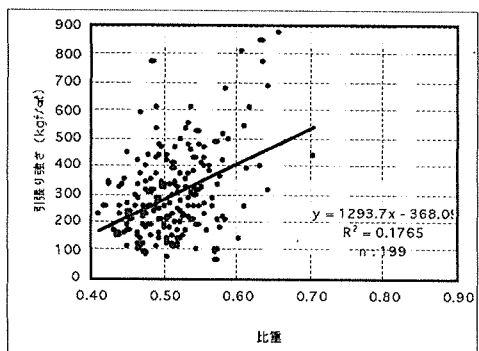


図 5-33 比重と引張り強さの関係
（通しラミナ）

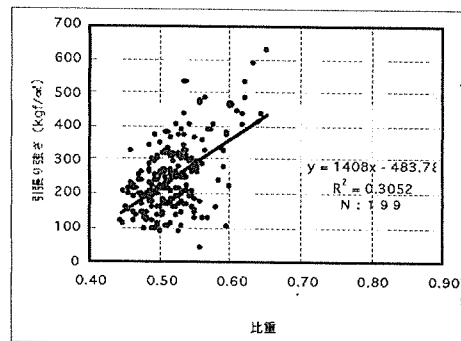


図 5-34 比重と引張り強さの関係
（AグループFJ）

3 まとめ

強度的に信頼性の高い集成材を製造するための資料を得る目的で、カラマツ通しラミナ（縦継ぎのないもの）、縦継ぎラミナ（縦継ぎの条件3種類）の引張り試験を行い、通しラミナ199枚、垂直FJラミナAグループ199枚、垂直FJラミナBグループ49枚、水平FラミナJ49枚のデータを
得た。その概要は次のとおりである。

- 1) ラミナの非破壊により測定したグレーディングマシンMGFS251による測定値および動的ヤング係数 E_f と材料試験機による曲げヤング係数 E_d の関係はきわめて高く（相関係数0.97以上）、両者による等級区分の有効性が示された。
- 2) 比重、平均年輪幅と E_d との間にも無視できない関係（相関係数±0.7程度）が認められた。集中節径比との関係はそれほどでなかった。
- 3) ラミナの引張り試験結果の平均値では、通しラミナ（296kgf/cm²）、Aグループ垂直FJ（249kgf/cm²）、Bグループ垂直FJ（244kgf/cm²）、Cグループ水平FJ（197kgf/cm²）の順であった。単純に平均値で継ぎ手効率を計算するとA 84.1%、B 75.7%、C 66.6%であった。
- 4) 集中節径比と平均年輪幅による現行のJASによる目視等級区分別の引張り強さでは、通しラミナと垂直FJのA、Bは等級に対応した傾向にあった。一方水平FJであるCについては、ほとんど差はなかった。
- 5) ヤング係数と引張り強さは通しラミナ、AFJ、BFJについては相関係数0.7から0.75程度であった。このことはA、Bの継ぎ手効率であればFJラミナに対してもヤング係数による等級区分が有効なことを示している。一方引張り強さの低い水平CFJについては0.5あるいはそれ以下の相関係数であった。
- 6) 集中節径比と引張り強さの間には通しラミナでは相関係数-0.68（チャック間）と高い関係が認められた。一方ヤング係数と集中節径比との関係はそれほどではなかった。このきとは引張り強さの説明因子としてヤング係数だけでは不十分で節も無視できないことを示している。

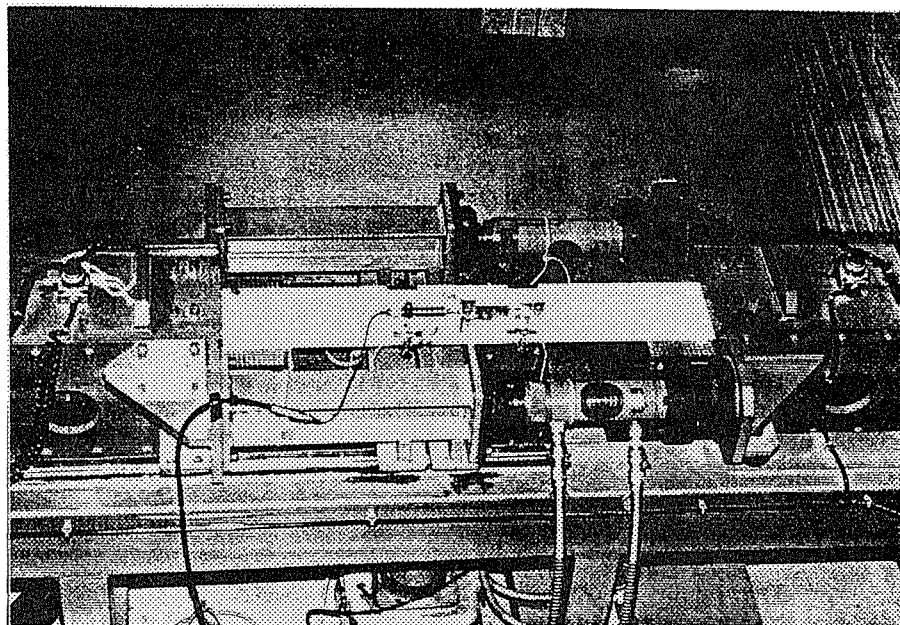


写真-1 引張り試験

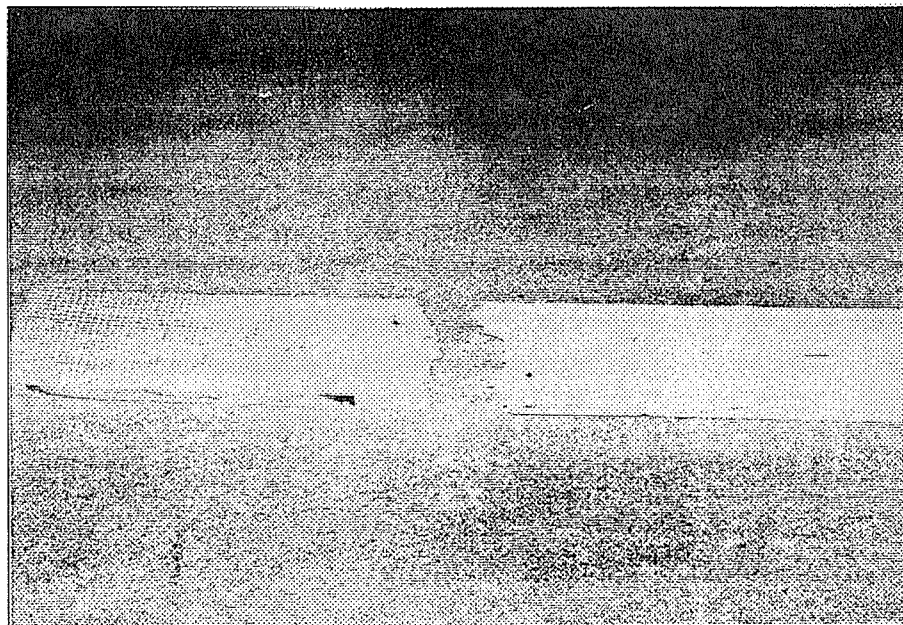
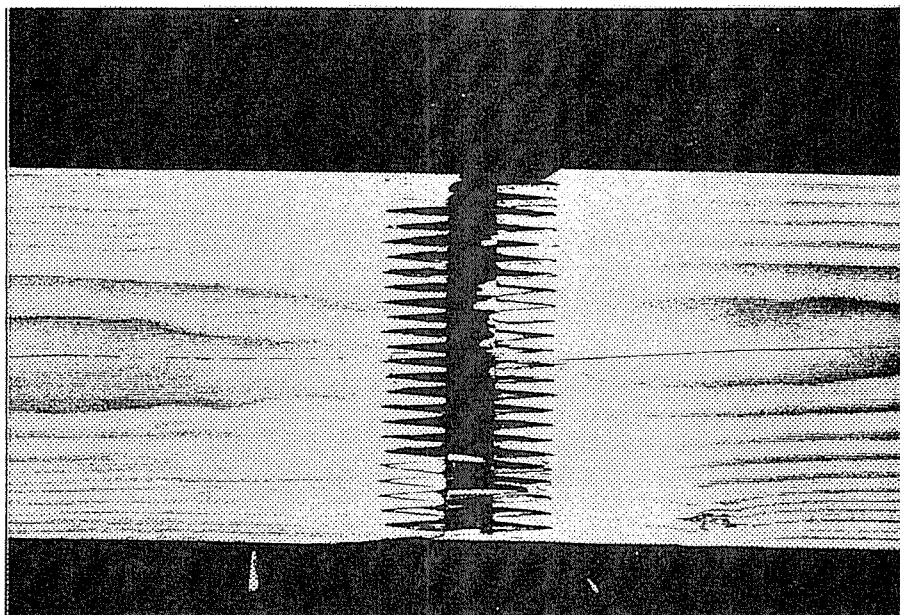
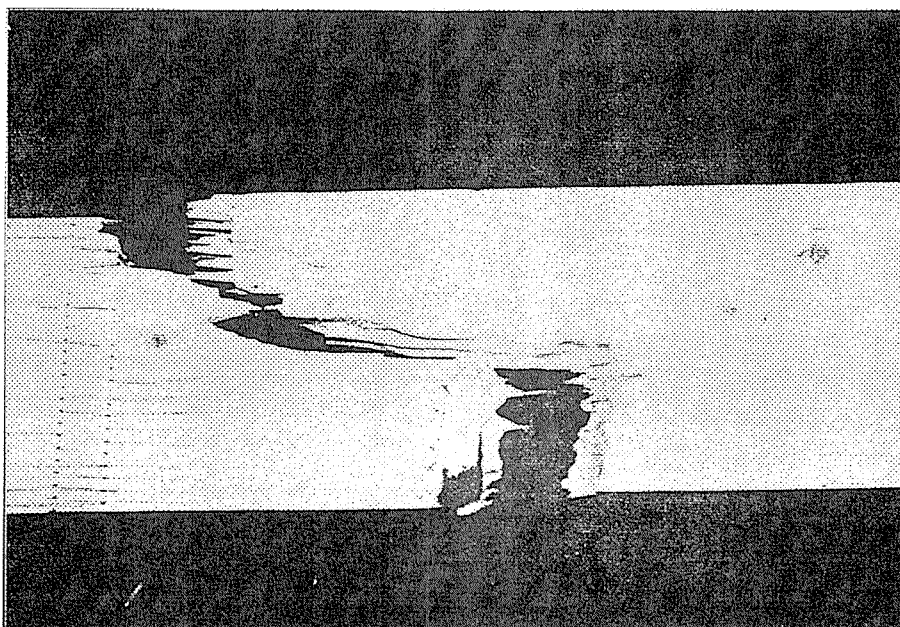


写真-2 通しラミナの引張り破壊例



写真一 3 FJラミナ引張り破壊例



写真一 4 FJラミナ引張り破壊例

付表1 通シラミナ (1)

種類	試験材NO.	JAS等級 *1	比重	集中節径比%		平均年輪幅 mm	含水率 %	MGFSE tf/cm ²	Ef tf/cm ²	Ed tf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 *2
				節チャック	節全長							
通シラミナ	T-001	1	0.636	0.0	0.0	2.6	11.8	184.1	191.2	184.9	775	B
通シラミナ	T-002	1	0.657	0.0	9.7	3.7	12.5	169.2	184.3	179.1	879	B
通シラミナ	T-003	1	0.642	0.0	10.4	3.0	11.7	172.7	183.0	185.0	688	B
通シラミナ	T-004	1	0.634	3.7	3.7	2.9	12.6	161.8	178.0	168.5	852	B
通シラミナ	T-005	1	0.608	9.8	9.8	2.0	11.7	164.4	173.4	167.7	808	B
通シラミナ	T-006	1	0.612	12.4	12.4	2.91	11.5	166.8	171.7	165.9	390	K
通シラミナ	T-007	1	0.615	7.1	10.6	2.6	13.4	152.8	165.0	155.3	613	B
通シラミナ	T-008	2	0.610	10.3	18.6	2.72	10.7	155.3	164.8	157.0	543	K
通シラミナ	T-009	4	0.541	38.2	38.2	3.11	10.7	146.7	151.8	150.8	329	K
通シラミナ	T-010	4	0.643	34.6	34.6	2.95	10.7	152.2	157.8	151.3	319	K
通シラミナ	T-011	2	0.704	18.3	18.3	3.19	11.7	148.2	157.7	150.9	441	K
通シラミナ	T-012	2	0.586	17.3	17.3	3.6	11.3	143.9	151.1	137.4	214	G
通シラミナ	T-013	2	0.587	23.7	23.7	4.04	11.6	150.2	153.6	149.7	500	K
通シラミナ	T-014	1	0.549	6.9	10.8	1.95	11.9	143.5	155.4	149.9	473	K
通シラミナ	T-015	2	0.490	22.3	22.3	4.18	10.7	137.6	142.8	134.5	429	K
通シラミナ	T-016	1	0.584	0.0	5.6	3.7	11.3	140.8	151.7	141.5	680	B
通シラミナ	T-017	1	0.486	0.0	6.0	2.7	11.1	138.0	145.8	145.5	770	B
通シラミナ	T-018	1	0.631	7.8	9.9	3.0	10.8	137.4	146.0	138.4	403	B
通シラミナ	T-019	3	0.535	28.1	28.1	5.85	11.0	127.2	133.6	122.3	258	K
通シラミナ	T-020	1	0.555	5.9	5.9	3.90	11.1	139.6	146.5	140.2	471	K
通シラミナ	T-021	2	0.515	18.6	18.6	3.46	10.0	129.0	132.7	126.0	466	K
通シラミナ	T-022	3	0.541	31.0	31.0	3.59	9.8	140.0	145.0	141.0	257	K
通シラミナ	T-023	3	0.541	25.7	25.7	2.27	10.8	131.7	142.9	132.8	384	K
通シラミナ	T-024	1	0.539	11.6	11.6	3.32	10.6	139.2	146.8	142.8	613	K
通シラミナ	T-025	3	0.582	28.8	28.8	3.43	9.9	141.9	145.4	139.2	420	K
通シラミナ	T-026	2	0.556	10.6	12.5	1.7	10.4	134.7	144.4	140.4	396	B
通シラミナ	T-027	2	0.551	16.7	21.3	3.9	9.7	141.4	144.3	149.1	412	B
通シラミナ	T-028	2	0.580	17.7	17.7	3.39	10.6	135.4	140.1	136.1	514	K
通シラミナ	T-029	3	0.554	29.2	29.2	2.58	10.1	136.7	139.2	135.5	329	K
通シラミナ	T-030	2	0.495	17.0	17.0	3.46	9.7	131.6	139.0	132.3	440	K
通シラミナ	T-031	3	0.566	31.9	31.9	3.50	9.8	134.5	140.1	134.7	289	K
通シラミナ	T-032	4	0.529	40.3	40.3	1.76	10.3	130.4	136.2	132.9	229	K
通シラミナ	T-033	1	0.573	6.2	6.2	4.18	11.0	127.7	137.2	129.0	209	K
通シラミナ	T-034	3	0.555	20.8	26.7	4.59	10.5	125.3	134.2	131.0	424	K
通シラミナ	T-035	2	0.529	18.2	23.7	1.80	10.9	129.3	134.2	126.2	321	K
通シラミナ	T-036	2	0.509	21.6	21.6	4.34	9.7	126.5	137.4	133.2	337	K
通シラミナ	T-037	1	0.494	1.2	1.2	2.3	10.8	125.6	133.2	129.8	476	B
通シラミナ	T-038	2	0.543	14.3	14.3	4.8	10.6	132.0	138.8	134.4	432	G
通シラミナ	T-039	2	0.577	21.3	21.3	1.99	11.4	128.1	137.0	131.2	361	K
通シラミナ	T-040	3	0.541	19.9	19.9	6.29	9.4	129.4	130.7	122.3	214	K
通シラミナ	T-041	1	0.572	0.0	0.0	5.3	11.2	130.9	137.0	133.1	484	B
通シラミナ	T-042	2	0.466	18.2	18.2	3.74	11.4	128.9	134.0	127.6	417	K
通シラミナ	T-043	3	0.564	26.4	26.4	5.64	11.3	115.2	122.0	109.2	397	K
通シラミナ	T-044	1	0.489	0.0	0.0	2.8	10.8	125.8	131.2	129.5	534	G
通シラミナ	T-045	2	0.520	21.4	21.4	3.8	10.7	119.4	124.6	120.0	323	B
通シラミナ	T-046	4	0.522	40.0	40.0	3.56	10.2	130.1	133.7	132.2	199	K
通シラミナ	T-047	4	0.495	36.8	36.8	3.56	10.8	124.4	128.6	125.4	282	K
通シラミナ	T-048	2	0.493	18.1	18.1	4.66	10.6	100.0	106.1	98.0	244	K
通シラミナ	T-049	4	0.516	42.7	42.7	4.76	11.1	125.1	130.8	121.7	338	K
通シラミナ	T-050	2	0.556	16.8	16.8	3.6	11.2	126.7	130.8	126.1	273	G
通シラミナ	T-051	4	0.555	42.4	42.4	3.15	10.3	125.3	124.3	124.0	226	K
通シラミナ	T-052	1	0.547	10.0	10.0	5.00	9.8	126.9	131.4	121.2	316	K
通シラミナ	T-053	1	0.547	0.0	0.0	5.8	10.2	121.5	131.0	121.5	526	B
通シラミナ	T-054	1	0.539	5.4	5.4	4.5	10.5	122.8	126.9	123.5	460	G
通シラミナ	T-055	3	0.468	5.7	28.6	3.0	10.4	119.3	123.5	121.1	590	B
通シラミナ	T-056	4	0.540	34.7	47.3	3.88	9.6	118.6	124.1	114.4	209	K
通シラミナ	T-057	3	0.529	32.3	32.3	5.23	10.2	111.3	118.5	112.5	223	K
通シラミナ	T-058	3	0.535	29.6	29.6	3.80	10.2	119.4	124.0	119.0	283	K
通シラミナ	T-059	1	0.472	11.6	11.6	4.92	10.0	123.7	123.7	119.3	215	K
通シラミナ	T-060	2	0.539	16.9	16.9	3.3	10.3	119.0	121.6	119.3	302	B
通シラミナ	T-061	4	0.547	37.2	37.2	4.9	10.7	114.9	118.4	115.1	192	G
通シラミナ	T-062	1	0.522	7.8	7.8	5.3	10.0	114.8	120.6	113.0	496	B
通シラミナ	T-063	1	0.490	3.2	11.8	3.9	9.8	119.2	126.2	121.2	613	B
通シラミナ	T-064	2	0.506	23.9	23.9	3.69	9.9	117.0	122.1	117.7	210	K
通シラミナ	T-065	2	0.480	13.9	13.9	3.71	10.1	117.5	119.8	114.6	438	K
通シラミナ	T-066	3	0.510	24.4	26.0	4.17	9.9	107.9	114.3	110.9	178	K
通シラミナ	T-067	3	0.522	10.2	10.9	6.0	10.0	110.4	114.1	106.0	367	B
通シラミナ	T-068	4	0.610	38.1	38.1	1.43	11.0	117.8	121.9	119.2	261	K
通シラミナ	T-069	3	0.577	29.4	29.4	4.49	10.5	115.9	128.2	116.0	181	K
通シラミナ	T-070	3	0.489	22.4	22.4	6.3	10.4	114.6	118.3	115.2	248	G

*1: 平均年輪幅と集中節径比によるJAS等級、5は規格外

*2: 破壊形態、FJ: フィンガージョイント部、K: 節、G: 目切れ、B: その他

付表1 通しラミナ (2)

種類	試験材NO.	JAS等級 *1	比重	集中節径比%		平均年輪幅 mm	含水率 %	MGFSE tf/cni	Ef tf/cni	Ed tf/cni	引張強度 kgf/cni	破壊形態 *2
				節チャック	節全長							
通しラミナ	T-071	3	0.533	4.8	4.8	6.9	10.9	111.3	120.4	111.9	553	B
通しラミナ	T-072	1	0.532	11.6	11.6	4.67	10.9	122.1	126.4	129.9	535	K
通しラミナ	T-073	4	0.543	36.2	36.2	4.58	11.9	116.1	120.6	115.2	299	K
通しラミナ	T-074	3	0.522	28.9	32.7	4.42	10.6	121.8	125.1	120.8	237	K
通しラミナ	T-075	2	0.525	22.1	22.1	3.26	10.8	115.9	122.6	118.6	276	K
通しラミナ	T-076	2	0.501	24.2	24.2	3.72	10.0	116.7	118.9	112.5	331	K
通しラミナ	T-077	3	0.603	30.9	30.9	2.65	11.1	130.3	122.7	123.0	142	K
通しラミナ	T-078	4	0.483	36.5	36.5	4.47	10.2	114.1	116.9	112.5	154	K
通しラミナ	T-079	4	0.475	34.7	34.7	6.1	10.3	103.6	107.5	100.1	225	G
通しラミナ	T-080	4	0.567	33.3	33.3	5.53	10.6	113.9	120.5	111.3	261	K
通しラミナ	T-081	4	0.514	11.7	40.7	3.04	10.2	107.5	114.0	107.2	148	K
通しラミナ	T-082	4	0.483	37.5	37.5	3.60	10.0	121.4	115.8	119.3	194	K
通しラミナ	T-083	4	0.521	46.4	46.4	4.79	9.4	111.9	113.7	106.1	172	K
通しラミナ	T-084	2	0.562	14.2	18.6	4.69	10.1	114.2	121.6	109.6	378	K
通しラミナ	T-085	2	0.515	13.7	13.7	4.3	9.3	113.1	117.3	106.6	413	G
通しラミナ	T-086	4	0.441	42.9	42.9	5.03	10.2	111.2	113.6	109.5	233	K
通しラミナ	T-087	2	0.505	4.9	15.2	4.66	9.5	113.3	116.9	112.8	221	K
通しラミナ	T-088	1	0.501	8.8	9.1	4.06	9.6	112.0	115.9	110.8	329	K
通しラミナ	T-089	2	0.505	16.4	16.4	4.58	9.6	107.2	109.3	97.5	440	K
通しラミナ	T-090	3	0.521	27.4	27.4	4.59	9.5	114.9	117.8	114.2	139	K
通しラミナ	T-091	3	0.462	31.2	31.2	3.4	9.4	102.5	106.3	96.3	293	B
通しラミナ	T-092	3	0.473	31.8	31.8	4.57	9.8	104.4	111.4	103.4	231	K
通しラミナ	T-093	3	0.511	28.1	28.1	5.73	9.6	109.4	111.6	108.0	228	K
通しラミナ	T-094	4	0.478	42.7	42.7	3.73	11.0	113.2	113.4	108.2	316	K
通しラミナ	T-095	1	0.573	0.0	5.5	5.5	10.2	110.8	114.5	107.3	336	G
通しラミナ	T-096	2	0.498	24.5	24.5	5.3	10.4	112.9	116.3	111.3	330	B
通しラミナ	T-097	3	0.485	28.4	28.4	3.85	10.3	111.5	109.4	104.6	148	K
通しラミナ	T-098	4	0.470	41.0	41.0	5.02	10.0	103.6	112.7	103.4	144	K
通しラミナ	T-099	4	0.501	40.1	40.1	3.48	10.1	109.4	110.3	105.3	185	K
通しラミナ	T-100	3	0.451	30.5	30.5	5.2	11.7	103.9	106.3	102.6	227	B
通しラミナ	T-101	3	0.490	25.2	25.2	3.92	10.8	107.6	106.0	100.7	371	K
通しラミナ	T-102	3	0.518	29.9	29.9	5.75	11.5	109.8	111.1	109.0	304	K
通しラミナ	T-103	3	0.506	28.4	28.4	5.93	11.5	99.9	104.9	95.7	218	K
通しラミナ	T-104	2	0.464	16.7	16.7	3.46	9.8	109.9	113.1	106.4	289	K
通しラミナ	T-105	4	0.558	39.2	39.2	5.25	10.8	108.6	111.6	100.1	171	K
通しラミナ	T-106	3	0.517	26.0	26.0	4.3	10.9	109.8	110.8	107.1	332	B
通しラミナ	T-107	2	0.484	14.5	14.5	5.5	12.5	106.1	107.5	102.3	352	B
通しラミナ	T-108	2	0.510	23.3	23.3	5.9	11.4	96.7	104.6	100.3	271	B
通しラミナ	T-109	4	0.491	36.0	36.0	5.76	10.8	104.3	106.2	93.4	252	K
通しラミナ	T-110	4	0.461	33.9	33.9	4.06	9.5	103.1	105.0	101.5	298	K
通しラミナ	T-111	3	0.518	28.4	28.4	7.04	10.3	95.7	100.8	91.4	143	K
通しラミナ	T-112	3	0.460	32.3	32.3	4.08	10.7	108.1	107.4	105.7	254	K
通しラミナ	T-113	3	0.532	27.8	27.8	6.57	9.4	100.7	103.5	93.2	353	K
通しラミナ	T-114	2	0.444	14.4	14.4	5.03	10.1	102.4	104.7	98.7	332	K
通しラミナ	T-115	2	0.477	21.1	21.1	5.49	10.0	99.1	102.4	95.9	178	K
通しラミナ	T-116	3	0.467	27.7	32.3	4.81	10.3	106.9	103.6	103.4	164	K
通しラミナ	T-117	4	0.580	42.9	42.9	5.5	10.8	105.9	109.5	102.0	223	G
通しラミナ	T-118	3	0.500	32.4	32.4	5.1	10.6	106.4	110.3	98.9	260	G
通しラミナ	T-119	2	0.485	16.8	16.8	2.70	10.6	101.6	119.0	93.0	320	K
通しラミナ	T-120	3	0.457	19.5	19.5	6.25	10.7	102.2	103.4	102.4	210	K
通しラミナ	T-121	3	0.529	28.1	28.1	3.89	11.3	98.6	98.2	91.1	172	K
通しラミナ	T-122	1	0.507	9.8	9.8	3.32	11.0	107.3	102.1	103.0	421	K
通しラミナ	T-123	4	0.507	35.4	35.4	3.89	9.4	103.6	104.1	104.0	126	K
通しラミナ	T-124	4	0.504	34.8	34.8	4.97	9.9	95.0	101.6	93.3	220	K
通しラミナ	T-125	4	0.446	39.4	39.4	5.03	10.2	96.5	97.5	92.6	159	K

*1：平均年輪幅と集中節径比によるJAS等級、5は規格外

*2：破壊形態、FJ：フィンガージョイント部、K；節、G；目切れ、B；その他

付表1 通シラミナ (3)

種類	試験材NO.	JAS等級 *1	比重	集中節径比%		平均年輪幅 mm	含水率 %	MGFSE tf/cm ²	Ef tf/cm ²	Ed tf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 *2
				節チャック	節全長							
通シラミナ	T-126	2	0.438	22.1	22.1	4.87	10.1	96.4	100.1	91.8	321	K
通シラミナ	T-127	2	0.440	18.5	18.5	4.21	10.4	95.1	97.8	92.7	255	K
通シラミナ	T-128	3	0.441	26.8	26.8	5.36	10.5	109.4	108.1	102.9	165	K
通シラミナ	T-129	2	0.471	21.9	21.9	5.13	10.2	107.6	108.1	105.2	367	K
通シラミナ	T-130	1	0.453	9.7	10.9	4.54	10.6	94.6	99.8	89.5	175	K
通シラミナ	T-131	4	0.480	35.1	35.1	5.35	10.7	101.0	104.7	97.6	311	K
通シラミナ	T-132	2	0.426	11.9	21.6	5.1	10.4	92.7	95.6	87.8	338	B
通シラミナ	T-133	3	0.467	16.6	16.6	6.15	10.2	100.6	103.6	101.1	335	K
通シラミナ	T-134	3	0.516	25.4	25.4	5.30	10.0	102.5	104.9	94.3	203	K
通シラミナ	T-135	2	0.571	17.5	17.5	5.29	9.9	95.6	100.0	95.0	100	K
通シラミナ	T-137	1	0.477	10.8	10.8	5.0	10.7	101.7	103.3	101.0	399	G
通シラミナ	T-138	4	0.453	38.4	38.4	4.53	9.8	100.0	103.4	95.4	242	K
通シラミナ	T-139	2	0.498	21.1	21.1	4.05	10.6	100.3	102.2	93.8	207	K
通シラミナ	T-140	3	0.473	20.7	20.7	7.50	10.1	92.4	97.9	85.2	126	K
通シラミナ	T-141	4	0.475	42.4	42.4	3.28	10.7	94.7	95.7	91.9	188	K
通シラミナ	T-142	3	0.483	12.5	27.3	6.4	10.6	98.7	97.5	95.8	262	B
通シラミナ	T-143	3	0.512	27.6	27.6	4.36	10.6	102.9	103.3	100.2	295	K
通シラミナ	T-144	3	0.500	23.5	23.5	6.5	10.7	92.5	99.9	91.8	191	B
通シラミナ	T-145	3	0.421	27.3	27.3	5.09	10.5	95.5	95.8	90.0	257	K
通シラミナ	T-146	3	0.548	9.1	9.1	6.5	8.8	92.0	97.9	92.9	262	B
通シラミナ	T-147	2	0.499	4.6	17.3	3.53	10.3	95.8	99.5	96.3	339	K
通シラミナ	T-148	2	0.455	21.3	21.3	5.04	9.5	92.4	95.0	90.0	206	K
通シラミナ	T-149	4	0.513	44.7	44.7	5.74	10.3	97.0	96.1	89.4	126	K
通シラミナ	T-150	2	0.488	21.9	21.9	5.54	10.4	90.8	94.1	81.8	239	K
通シラミナ	T-151	3	0.481	29.0	29.0	4.9	10.6	95.4	100.7	95.5	192	G
通シラミナ	T-152	1	0.535	0.0	0.0	5.4	11.0	96.3	100.1	96.0	372	B
通シラミナ	T-153	2	0.498	18.5	18.5	4.9	10.4	97.5	99.6	96.4	467	B
通シラミナ	T-154	3	0.526	25.6	25.6	5.92	9.4	103.5	104.2	97.2	151	K
通シラミナ	T-155	1	0.514	0.0	0.0	4.4	10.6	99.4	101.8	101.9	391	G
通シラミナ	T-156	2	0.520	20.0	20.0	5.00	10.4	89.5	92.1	86.8	244	K
通シラミナ	T-157	4	0.494	35.4	35.4	5.9	13.3	95.5	99.5	92.6	285	G
通シラミナ	T-158	3	0.439	21.9	21.9	6.32	11.1	93.8	95.0	91.2	154	K
通シラミナ	T-159	4	0.506	39.3	39.3	4.80	10.4	99.0	96.7	95.4	134	K
通シラミナ	T-160	1	0.472	7.8	7.8	4.22	10.4	92.8	89.4	88.2	258	K
通シラミナ	T-161	3	0.437	17.9	17.9	6.8	10.2	89.6	93.7	90.4	162	B
通シラミナ	T-162	2	0.482	21.5	21.5	4.21	10.5	89.1	93.7	86.6	260	K
通シラミナ	T-163	3	0.468	26.0	26.0	5.98	10.1	93.3	97.1	86.9	117	K
通シラミナ	T-164	2	0.505	19.5	19.5	4.96	9.9	90.3	91.7	78.5	75	K
通シラミナ	T-165	3	0.491	20.9	26.7	3.03	10.4	95.0	98.9	94.8	268	K
通シラミナ	T-166	3	0.413	11.2	11.2	7.39	9.8	86.7	89.3	81.9	232	K
通シラミナ	T-167	2	0.483	15.5	15.7	5.94	10.0	95.2	94.8	92.7	310	K
通シラミナ	T-168	2	0.535	18.6	18.6	5.88	10.9	98.3	97.3	93.7	224	K
通シラミナ	T-169	4	0.519	42.9	42.9	5.72	10.2	95.5	95.5	88.0	173	K
通シラミナ	T-170	1	0.490	9.8	9.8	4.40	10.9	91.9	90.1	88.2	290	K
通シラミナ	T-171	3	0.451	16.5	16.5	7.62	10.4	88.4	91.8	87.3	191	K
通シラミナ	T-172	3	0.493	15.8	19.8	7.28	10.2	90.0	90.7	87.1	165	K
通シラミナ	T-173	2	0.447	12.7	12.7	5.4	10.2	82.6	90.0	88.1	356	B
通シラミナ	T-174	3	0.475	8.2	8.2	7.5	10.5	85.2	87.4	81.3	340	B
通シラミナ	T-175	3	0.520	25.4	27.9	4.32	9.7	90.4	92.1	90.0	114	K
通シラミナ	T-176	3	0.504	20.4	30.3	5.85	10.0	90.7	95.3	84.2	140	K
通シラミナ	T-177	5	0.522	70.6	70.6	4.85	11.0	87.4	83.7	83.1	141	K
通シラミナ	T-178	2	0.508	15.9	15.9	4.73	10.7	84.3	83.9	78.2	177	K
通シラミナ	T-179	4	0.495	34.5	34.5	6.36	10.8	93.4	97.3	86.6	137	K
通シラミナ	T-180	2	0.494	10.9	17.3	5.2	9.5	88.6	91.7	86.8	208	G
通シラミナ	T-181	3	0.450	31.9	31.9	6.19	10.4	92.2	94.9	93.1	264	K
通シラミナ	T-182	4	0.518	37.4	37.4	5.75	10.0	94.0	92.6	82.5	126	K
通シラミナ	T-183	5	0.515	53.7	53.7	6.11	10.8	84.4	85.9	78.9	109	K
通シラミナ	T-184	3	0.450	10.7	10.7	6.1	10.4	87.4	92.3	87.6	451	B
通シラミナ	T-185	4	0.575	34.2	34.2	5.79	10.6	80.2	85.8	74.7	103	K
通シラミナ	T-186	5	0.489	53.3	53.3	4.12	10.4	91.6	89.1	81.5	115	K
通シラミナ	T-187	4	0.545	34.8	34.8	3.8	10.1	93.4	84.8	89.6	103	G
通シラミナ	T-188	4	0.450	38.4	38.4	6.05	10.9	84.1	85.9	79.8	111	K
通シラミナ	T-189	3	0.440	8.7	14.7	8.23	13.7	79.5	81.6	78.4	150	K
通シラミナ	T-190	2	0.471	9.8	18.0	4.7	10.6	89.5	93.3	88.2	94	G
通シラミナ	T-191	3	0.465	21.8	21.8	7.00	10.2	85.4	85.5	81.0	123	K
通シラミナ	T-192	2	0.503	19.4	19.4	4.86	7.9	87.8	91.7	83.3	182	K
通シラミナ	T-193	3	0.437	18.8	18.8	6.92	9.7	82.1	84.2	80.2	150	K
通シラミナ	T-194	4	0.510	36.8	36.8	5.76	10.5	78.2	79.3	75.4	215	K
通シラミナ	T-195	2	0.433	12.9	12.9	4.1	10.3	81.7	81.1	78.2	173	B
通シラミナ	T-196	3	0.478	16.6	16.6	7.86	9.7	84.0	78.2	76.0	91	K
通シラミナ	T-197	3	0.533	0.0	0.0	6.6	11.5	80.7	81.0	77.1	479	B
通シラミナ	T-198	4	0.464	47.8	47.8	7.60	10.4	80.6	76.9	71.6	148	K
通シラミナ	T-199	4	0.466	24.5	34.7	7.29	10.1	88.2	95.7	82.6	102	K
通シラミナ	T-200	5	0.572	79.2	79.2	6.59	10.4	74.5	73.4	69.0	69	K

*1：平均年輪幅と集中節径比によるJAS等級、5は規格外

*2：破壊形態、FJ：フィンガージョイント部、K：節、G：目切れ、B：その他
T136：欠番

付表2 AグループFJラミナ(1)

種類	試験材NO.	JAS等級 *1	比重	集中節径比%		平均年輪幅 mm	含水率 %	MGFSE tf/cnl	Ef tf/cnl	Ed tf/cnl	引張強度 kgf/cnl	破壊形態 *2
				節チャック	節全長							
A-FJ	A-001	1	0.652	9.1	9.1	2.3	14.8	177.6	186.7	186.6	632	F
A-FJ	A-002	2	0.622	16.7	16.7	2.9	12.1	166.8	174.1	171.3	535	F
A-FJ	A-003	2	0.632	11.1	14.7	3.4	11.4	170.9	177.0	177.0	591	F
A-FJ	A-004	1	0.599	6.7	6.7	2.8	10.7	148.5	161.3	147.7	466	F
A-FJ	A-005	2	0.570	22.7	22.7	2.4	10.5	150.4	158.1	155.5	395	F
A-FJ	A-006	3	0.593	28.7	28.7	3.5	11.3	155.1	166.6	161.0	374	K
A-FJ	A-007	2	0.619	19.4	19.4	2.8	11.9	157.5	169.3	165.6	489	F
A-FJ	A-008	2	0.642	9.6	20.8	2.7	12.9	156.3	164.7	165.6	439	F
A-FJ	A-009	3	0.592	25.4	25.4	3.1	12.0	141.5	146.3	142.2	279	K
A-FJ	A-010	2	0.608	23.3	23.3	3.1	11.1	157.3	162.8	160.2	450	F
A-FJ	A-011	2	0.597	14.3	14.3	2.4	12.5	147.3	160.6	154.6	229	F
A-FJ	A-012	3	0.586	29.3	29.3	2.1	12.0	151.3	156.9	154.5	333	F
A-FJ	A-013	2	0.616	23.4	23.4	2.9	10.3	161.1	170.6	165.5	409	B
A-FJ	A-014	2	0.592	17.3	17.3	3.1	10.3	122.8	124.5	116.9	329	K
A-FJ	A-015	2	0.558	14.8	14.8	2.8	11.3	140.1	148.5	144.2	478	F
A-FJ	A-016	2	0.525	20.8	20.8	3.1	10.5	138.5	144.6	143.7	377	F
A-FJ	A-017	2	0.545	13.0	13.0	4.4	11.6	137.4	140.4	141.7	306	G
A-FJ	A-018	2	0.526	24.0	24.0	4.0	10.9	139.9	148.2	145.3	280	K
A-FJ	A-019	1	0.536	8.3	8.3	2.5	11.3	141.8	154.1	152.8	532	F
A-FJ	A-020	2	0.541	19.5	19.5	2.5	12.1	130.4	134.8	131.2	411	F
A-FJ	A-021	1	0.550	11.5	11.5	2.2	11.1	133.5	145.5	139.0	364	F
A-FJ	A-022	4	0.563	4.2	38.9	2.5	12.0	130.4	139.0	136.7	483	F
A-FJ	A-023	2	0.575	15.9	15.9	2.7	10.8	136.3	142.1	136.0	409	F
A-FJ	A-024	3	0.562	31.3	31.3	3.6	10.0	144.5	151.9	146.4	286	F
A-FJ	A-025	3	0.583	16.8	28.5	4.6	10.8	129.9	132.7	129.4	245	F
A-FJ	A-026	1	0.640	6.0	11.8	3.4	11.9	146.0	152.6	149.9	419	B
A-FJ	A-027	3	0.617	5.7	25.5	1.8	10.3	134.8	144.8	138.9	442	F
A-FJ	A-028	2	0.538	21.6	21.6	2.3	11.6	130.4	133.5	131.3	308	K
A-FJ	A-029	1	0.547	0.0	0.0	2.6	13.0	118.0	119.7	116.9	365	F
A-FJ	A-030	1	0.596	5.5	5.5	4.1	10.4	129.4	134.1	134.9	381	F
A-FJ	A-031	4	0.554	40.3	40.3	4.5	12.6	121.3	125.0	116.9	265	K
A-FJ	A-032	2	0.551	15.8	15.8	4.1	10.6	121.1	127.9	120.8	268	F
A-FJ	A-033	2	0.551	18.9	18.9	3.8	11.9	123.7	128.6	127.7	275	B
A-FJ	A-034	2	0.563	7.7	21.4	4.0	11.2	133.1	141.3	142.7	329	B
A-FJ	A-035	3	0.550	30.5	30.5	3.3	11.4	136.0	139.9	136.9	148	K
A-FJ	A-036	4	0.548	41.5	41.5	3.8	10.5	120.2	128.4	119.5	187	F
A-FJ	A-037	3	0.523	30.8	30.8	4.5	10.7	127.4	131.2	127.9	252	K
A-FJ	A-038	4	0.535	26.6	33.1	3.6	11.6	130.8	139.2	134.7	167	K
A-FJ	A-039	2	0.550	20.5	20.5	3.8	12.1	129.4	140.1	135.9	291	K
A-FJ	A-040	3	0.545	31.2	31.2	3.9	12.5	131.6	130.5	128.9	196	K
A-FJ	A-041	1	0.555	11.2	11.2	2.7	12.4	129.7	136.0	136.0	470	F
A-FJ	A-042	1	0.509	11.2	11.2	2.4	11.1	120.9	126.6	122.5	316	K
A-FJ	A-043	2	0.510	13.9	13.9	3.4	11.3	119.4	130.5	124.2	231	K
A-FJ	A-044	2	0.528	19.2	19.2	5.3	10.7	124.9	122.8	126.8	173	F
A-FJ	A-045	2	0.502	18.4	18.4	5.3	11.6	129.4	132.4	129.6	354	F
A-FJ	A-046	2	0.523	15.7	18.7	4.2	11.1	126.4	131.1	125.9	409	F
A-FJ	A-047	2	0.538	13.5	20.1	3.6	11.8	128.9	136.6	136.4	300	F
A-FJ	A-048	2	0.552	18.2	18.2	5.5	11.3	130.2	133.5	131.0	280	F
A-FJ	A-049	1	0.521	9.3	11.1	5.2	10.2	124.5	126.8	122.8	316	F
A-FJ	A-050	4	0.534	37.6	37.6	5.0	10.2	116.0	118.4	112.1	258	F
A-FJ	A-051	3	0.530	29.3	29.3	5.2	10.5	115.2	120.2	112.8	180	K
A-FJ	A-052	2	0.504	16.8	16.8	4.8	10.9	117.2	120.1	119.4	166	F
A-FJ	A-053	1	0.511	10.8	10.8	3.6	11.0	117.8	121.6	118.7	321	F
A-FJ	A-054	3	0.497	29.0	29.8	3.9	10.9	113.9	119.2	115.6	301	F
A-FJ	A-055	2	0.528	12.9	12.9	4.3	11.3	111.8	118.7	112.5	311	F
A-FJ	A-056	2	0.534	16.2	16.2	3.9	10.8	114.9	121.6	115.3	437	K
A-FJ	A-057	4	0.577	34.5	34.5	3.2	11.3	110.2	109.6	113.3	160	K
A-FJ	A-058	2	0.568	22.9	22.9	3.9	10.9	126.5	134.8	126.2	131	F
A-FJ	A-059	2	0.530	20.2	20.2	3.7	10.9	117.2	124.8	117.8	198	K
A-FJ	A-060	4	0.555	42.6	42.6	3.0	11.5	118.1	118.7	116.2	178	G
A-FJ	A-061	5	0.526	53.3	53.3	4.0	13.0	114.6	118.6	113.8	218	F
A-FJ	A-062	4	0.530	33.6	33.6	4.1	10.5	116.2	123.3	117.5	254	F
A-FJ	A-063	1	0.530	11.8	11.8	4.3	10.8	113.4	119.5	115.5	313	F
A-FJ	A-064	1	0.514	10.6	12.1	3.0	11.2	119.6	124.2	126.7	370	F
A-FJ	A-065	1	0.536	3.3	3.3	4.2	11.0	126.0	130.9	130.5	331	F
A-FJ	A-066	2	0.561	14.4	14.4	4.9	12.1	121.2	131.4	124.7	357	F
A-FJ	A-067	2	0.529	20.0	20.0	3.6	11.2	124.2	130.6	127.6	389	K
A-FJ	A-068	3	0.513	25.1	25.1	4.7	11.8	120.9	125.5	119.0	255	K
A-FJ	A-069	3	0.542	30.7	30.7	4.7	10.6	114.1	122.3	121.6	295	F
A-FJ	A-070	2	0.518	23.1	23.1	4.4	10.9	112.6	122.7	112.9	312	F

*1：平均年輪幅と集中節径比によるJAS等級、5は規格外

*2：破壊形態、FJ：フィンガージョイント部、K：節、G：目切れ、B：その他

付表2 AグループFJラミナ(2)

種類	試験材NO.	JAS等級 *1	比重	集中節径比%		平均年輪幅 mm	含水率 %	MGFSE tf/cm	Ef tf/cm	Ed tf/cm	引張強度 kgf/cm	破壊形態 *2
				節チャック	節全長							
A-FJ	A-071	1	0.503	3.8	3.8	3.4	11.1	112.4	121.2	119.5	186	K
A-FJ	A-072	3	0.538	29.2	29.2	3.0	11.0	124.3	125.7	127.9	208	K
A-FJ	A-073	2	0.502	18.3	18.3	3.8	11.4	101.9	100.8	98.4	159	K
A-FJ	A-074	3	0.506	31.8	31.8	3.7	10.2	116.1	116.0	109.2	269	K
A-FJ	A-075	4	0.525	44.4	44.4	4.7	9.9	104.8	112.8	99.0	87	K
A-FJ	A-076	4	0.531	49.5	49.5	5.4	11.4	117.5	122.8	117.8	303	K
A-FJ	A-077	1	0.504	7.4	7.4	3.4	11.5	100.2	109.9	104.4	321	F
A-FJ	A-078	2	0.494	14.4	14.4	3.2	11.2	117.5	122.9	114.3	374	F
A-FJ	A-079	2	0.510	24.1	24.1	3.8	9.1	111.9	117.7	112.6	215	F
A-FJ	A-080	2	0.522	6.9	23.4	4.1	9.9	110.0	114.3	120.1	214	B
A-FJ	A-081	2	0.458	13.6	13.6	3.5	12.5	119.1	130.0	121.8	327	F
A-FJ	A-082	1	0.484	12.5	9.0	3.2	11.0	115.0	117.0	121.1	345	F
A-FJ	A-083	4	0.484	33.4	33.4	4.1	10.0	108.3	112.9	109.5	290	K
A-FJ	A-084	4	0.519	34.6	34.6	3.4	10.2	122.9	122.8	121.0	164	F
A-FJ	A-085	2	0.533	20.0	20.0	2.4	10.9	128.1	134.4	130.5	339	G
A-FJ	A-086	2	0.531	13.1	13.1	2.4	12.5	104.3	105.5	101.3	246	B
A-FJ	A-087	5	0.543	55.2	55.2	4.5	10.8	115.6	112.3	112.3	165	K
A-FJ	A-088	3	0.520	14.4	32.0	4.6	10.8	111.6	115.3	116.4	255	G
A-FJ	A-089	4	0.497	34.9	36.6	4.1	11.0	109.5	113.0	110.5	308	F
A-FJ	A-090	5	0.529	43.1	51.5	4.7	10.2	115.3	119.0	117.9	176	K
A-FJ	A-091	2	0.533	15.0	17.0	4.6	10.3	119.7	127.9	126.0	379	F
A-FJ	A-092	2	0.509	10.7	21.0	5.2	10.6	125.7	131.3	129.1	384	K
A-FJ	A-093	4	0.504	35.2	35.2	11.1	10.3	101.3	105.8	99.0	172	F
A-FJ	A-094	4	0.531	33.4	33.4	4.7	9.8	107.5	105.9	100.3	107	K
A-FJ	A-095	4	0.536	42.7	42.7	5.7	10.6	104.6	112.3	101.2	253	K
A-FJ	A-096	3	0.526	31.0	31.0	5.1	8.9	106.7	109.3	103.5	168	F
A-FJ	A-097	4	0.548	36.6	36.6	5.2	10.7	113.7	120.3	111.1	131	F
A-FJ	A-098	2	0.512	23.7	23.7	4.0	10.7	111.8	116.4	110.8	332	F
A-FJ	A-099	4	0.513	46.3	46.3	4.4	11.4	96.9	98.9	91.1	268	F
A-FJ	A-100	3	0.538	20.2	31.3	4.8	13.4	108.0	114.9	106.7	222	K
A-FJ	A-101	2	0.505	17.8	17.8	4.9	10.3	117.7	120.7	115.1	220	K
A-FJ	A-102	2	0.538	23.0	23.0	4.4	10.9	115.6	119.5	114.9	315	F
A-FJ	A-103	1	0.537	8.5	8.5	3.1	11.6	108.3	115.2	108.4	300	F
A-FJ	A-104	2	0.543	14.7	19.5	3.8	11.3	115.8	119.1	117.2	207	B
A-FJ	A-105	4	0.494	36.1	36.1	2.4	11.0	116.5	116.8	115.1	294	K
A-FJ	A-106	3	0.488	33.1	33.1	3.5	11.2	103.9	101.6	99.9	157	K
A-FJ	A-107	2	0.544	22.0	22.7	4.3	10.7	108.5	111.3	109.6	269	K
A-FJ	A-108	4	0.490	38.6	38.6	4.2	10.4	115.7	119.4	111.8	224	K
A-FJ	A-109	2	0.473	24.0	24.0	4.4	10.6	111.9	114.4	109.0	265	F
A-FJ	A-110	4	0.495	43.6	43.6	4.9	10.6	97.2	94.6	86.3	242	K
A-FJ	A-111	3	0.494	27.1	27.1	4.4	10.7	95.6	102.5	96.9	205	F
A-FJ	A-112	2	0.485	24.8	24.8	5.0	10.4	94.0	100.9	93.7	178	K
A-FJ	A-113	4	0.524	35.6	35.6	5.2	10.9	98.5	103.4	95.6	193	F
A-FJ	A-114	2	0.553	24.0	24.0	5.9	10.8	106.3	112.4	113.0	296	K
A-FJ	A-115	4	0.548	46.4	46.4	6.4	10.3	104.2	106.8	95.1	156	F
A-FJ	A-116	2	0.562	16.3	19.7	6.0	11.2	107.1	110.5	101.8	130	K
A-FJ	A-117	4	0.541	39.0	39.0	6.4	10.3	99.4	102.3	93.6	193	K
A-FJ	A-118	5	0.532	58.0	58.0	5.9	9.8	101.2	101.7	97.7	144	K
A-FJ	A-119	2	0.530	16.0	16.0	5.8	10.7	88.8	90.4	82.0	259	K
A-FJ	A-120	3	0.514	20.8	20.8	6.2	10.3	102.8	108.6	103.1	245	F
A-FJ	A-121	3	0.489	13.4	13.4	6.4	10.6	96.5	100.4	92.5	177	F
A-FJ	A-122	5	0.510	75.3	75.3	5.2	11.0	100.3	106.3	96.3	324	K
A-FJ	A-123	4	0.510	44.3	44.3	5.6	9.1	106.4	109.2	99.5	170	K
A-FJ	A-124	4	0.513	35.3	35.3	6.5	10.1	105.0	104.2	92.2	188	K
A-FJ	A-125	4	0.516	41.5	41.5	4.8	10.1	105.6	108.4	101.5	212	K
A-FJ	A-126	3	0.475	18.4	29.1	6.2	10.8	103.5	104.9	99.8	241	K
A-FJ	A-127	3	0.499	30.9	30.9	4.7	11.4	91.7	94.8	89.1	261	F
A-FJ	A-128	2	0.488	15.4	19.0	5.5	10.4	103.5	110.0	105.4	303	F
A-FJ	A-129	4	0.525	38.8	38.8	6.3	10.7	111.6	113.0	112.9	189	F
A-FJ	A-130	4	0.496	35.2	35.2	5.3	9.9	89.7	89.6	82.8	204	K
A-FJ	A-131	3	0.495	30.7	30.7	3.7	12.0	93.7	95.8	90.7	161	F
A-FJ	A-132	4	0.515	35.9	35.9	5.0	10.4	106.1	108.5	102.1	110	K
A-FJ	A-133	3	0.517	26.9	26.9	6.5	9.9	99.3	106.7	103.5	311	F
A-FJ	A-134	5	0.494	51.1	51.1	4.4	11.0	98.4	104.4	96.1	240	K
A-FJ	A-135	3	0.526	25.1	25.1	4.3	11.0	108.1	114.8	103.9	319	F
A-FJ	A-136	4	0.596	43.9	43.9	5.4	11.3	89.6	87.3	81.9	101	K
A-FJ	A-137	3	0.533	26.5	26.5	5.9	10.9	103.2	109.2	102.6	212	F
A-FJ	A-138	3	0.504	25.1	25.1	5.5	9.6	98.8	101.4	94.7	177	K
A-FJ	A-139	2	0.483	10.6	14.0	4.5	10.4	99.8	101.6	97.6	268	B
A-FJ	A-140	2	0.474	17.6	17.6	4.6	10.6	104.3	107.8	156.0	165	F

*1: 平均年輪幅と集中節径比によるJAS等級、5は規格外

*2: 破壊形態、FJ: フィンガージョイント部、K; 節、G; 目切れ、B; その他

付表2 AグループFJラミナ(3)

種類	試験材NO.	JAS等級 *1	比重	集中節径比%		平均年輪幅 mm	含水率 %	MGFSE tf/cnl	Ef tf/cnl	Ed tf/cnl	引張強度 kgf/cnl	破壊形態 *2
				節チャック	節全長							
A-FJ	A-141	2	0.486	21.9	21.9	5.2	10.0	100.6	107.0	100.8	212	F
A-FJ	A-142	3	0.493	28.9	28.9	5.4	10.8	94.3	98.3	94.5	204	B
A-FJ	A-143	4	0.482	42.6	42.6	4.5	10.5	93.7	100.4	94.7	119	K
A-FJ	A-144	2	0.464	21.4	21.4	4.8	10.4	98.2	98.2	92.2	222	F
A-FJ	A-145	3	0.484	26.3	26.3	6.2	12.3	94.3	99.3	92.7	236	K
A-FJ	A-146	3	0.498	29.0	29.0	4.4	10.7	96.2	106.3	103.1	219	K
A-FJ	A-147	2	0.471	16.9	16.9	4.1	11.0	93.8	95.1	92.3	254	F
A-FJ	A-148	2	0.470	18.5	22.1	4.1	9.8	96.5	98.9	94.6	240	F
A-FJ	A-149	2	0.490	21.2	21.2	4.7	11.1	99.2	98.8	93.8	191	F
A-FJ	A-150	2	0.522	17.0	17.0	5.2	12.2	95.6	101.8	95.4	164	F
A-FJ	A-151	2	0.468	13.8	18.8	5.9	10.1	96.2	102.9	95.3	218	F
A-FJ	A-152	3	0.483	9.6	9.8	6.4	10.3	97.6	100.5	95.0	201	F
A-FJ	A-153	3	0.506	28.7	28.7	5.9	8.6	102.5	106.3	100.5	218	K
A-FJ	A-154	1	0.487	5.3	10.9	5.8	10.6	81.0	84.1	79.5	194	B
A-FJ	A-155	2	0.506	20.8	20.8	5.4	10.1	92.0	91.4	88.1	176	F
A-FJ	A-156	2	0.500	24.8	24.8	5.0	11.1	105.2	109.5	107.0	228	F
A-FJ	A-157	4	0.487	37.3	37.3	5.5	10.5	89.4	90.0	84.4	183	K
A-FJ	A-158	3	0.463	30.2	30.2	5.7	10.7	98.2	100.8	95.9	217	K
A-FJ	A-159	2	0.518	16.7	16.7	5.7	10.0	92.9	94.9	88.7	294	F
A-FJ	A-160	3	0.523	10.3	10.3	7.0	11.4	100.9	106.9	103.0	263	K
A-FJ	A-161	3	0.482	23.4	23.4	7.0	10.3	102.2	104.4	102.5	142	K
A-FJ	A-162	4	0.558	39.0	39.0	7.0	10.7	83.3	77.9	73.3	43	K
A-FJ	A-163	2	0.525	12.4	16.6	5.4	10.8	97.6	98.3	97.4	258	B
A-FJ	A-164	3	0.503	0.0	7.4	6.2	10.6	83.2	84.2	79.5	147	B
A-FJ	A-165	3	0.467	21.4	21.4	6.7	10.9	100.2	104.5	100.4	136	K
A-FJ	A-166	4	0.445	36.8	36.8	6.2	10.4	84.4	87.5	84.1	124	F
A-FJ	A-167	4	0.488	48.9	48.9	5.4	10.1	90.8	93.1	87.6	212	K
A-FJ	A-168	3	0.491	30.8	30.8	5.2	9.2	89.7	91.7	91.9	100	K
A-FJ	A-169	3	0.505	25.7	25.7	5.7	11.5	88.2	86.2	81.9	141	G
A-FJ	A-170	3	0.514	30.5	30.5	6.6	11.2	89.5	92.4	87.8	267	K
A-FJ	A-171	4	0.523	34.6	34.6	5.5	10.5	81.7	82.9	74.2	138	K
A-FJ	A-172	3	0.520	32.2	32.2	6.4	10.8	85.1	91.9	86.0	183	K
A-FJ	A-173	4	0.463	36.4	36.4	6.2	10.3	89.4	90.3	86.0	190	K
A-FJ	A-174	4	0.454	33.8	33.8	5.9	10.3	92.3	97.8	89.5	198	K
A-FJ	A-175	3	0.454	27.5	27.5	5.3	16.2	86.7	90.8	83.6	202	K
A-FJ	A-176	4	0.480	29.8	34.2	5.6	10.1	85.6	89.4	86.3	129	K
A-FJ	A-177	5	0.478	43.6	52.6	5.8	11.1	84.0	87.5	82.1	96	K
A-FJ	A-178	3	0.454	13.6	14.8	6.2	9.9	89.8	92.8	89.6	152	K
A-FJ	A-179	4	0.487	47.9	47.9	6.2	10.8	86.4	85.6	81.0	123	K
A-FJ	A-180	3	0.448	18.6	18.6	6.4	10.6	87.1	89.7	83.7	113	K
A-FJ	A-181	4	0.452	33.9	33.9	5.5	10.2	88.9	90.2	85.3	157	B
A-FJ	A-182	3	0.478	25.0	25.0	6.5	9.9	89.2	96.1	90.5	131	F
A-FJ	A-183	2	0.515	16.9	19.9	5.9	10.1	74.5	76.2	73.3	175	F
A-FJ	A-184	4	0.499	45.0	45.0	4.5	11.1	90.3	90.1	90.2	135	K
A-FJ	A-185	2	0.507	13.7	14.0	3.8	12.4	84.8	85.0	82.7	252	F
A-FJ	A-186	5	0.509	34.7	53.6	5.2	10.2	87.1	94.7	86.8	104	K
A-FJ	A-187	4	0.473	34.3	34.3	6.0	9.3	78.6	81.1	74.2	189	K
A-FJ	A-188	3	0.471	25.3	25.3	6.6	9.4	88.8	95.4	91.4	198	K
A-FJ	A-189	3	0.447	20.8	20.8	7.5	11.1	77.4	81.3	76.5	210	F
A-FJ	A-190	3	0.462	32.4	32.4	6.7	10.5	82.5	82.3	81.9	119	K
A-FJ	A-191	5	0.495	72.5	72.5	6.3	11.8	73.6	66.9	63.6	102	K
A-FJ	A-192	3	0.492	29.1	29.1	5.4	11.5	88.8	97.7	90.2	255	F
A-FJ	A-193	3	0.458	22.3	23.3	6.5	10.2	73.1	77.7	72.1	236	F
A-FJ	A-194	5	0.476	63.3	63.3	7.5	9.7	76.6	81.6	75.8	144	K
A-FJ	A-195	4	0.487	45.4	45.4	6.3	9.6	79.1	82.3	72.3	98	K
A-FJ	A-196	3	0.501	28.4	31.1	5.2	10.2	78.5	83.9	76.0	86	K
A-FJ	A-197	4	0.461	15.2	36.3	7.0	10.3	78.5	84.2	75.8	141	K
A-FJ	A-198	3	0.454	17.7	17.7	8.2	9.5	84.6	82.7	79.7	217	B
A-FJ	A-199	3	0.495	31.6	31.6	6.8	11.0	78.0	73.7	78.3	112	B

*1: 平均年輪幅と集中節径比によるJAS等級、5は規格外

*2: 破壊形態、FJ: フィンガージョイント部、K: 節、G: 目切れ、B: その他

付表3 BグループFJラミナ

種類	試験材NO.	JAS等級 *1	比重	集中節径比%		平均年輪幅 mm	含水率 %	MGFSE tf/cm	Ef tf/cm	Ed tf/cm	引張強度 kgf/cm	破壊形態 *2
				節チャック	節全長							
B-FJ	B-001	2	0.595	23.8	23.8	3.4	11.5	154.1	166.4	164.5	163	K
B-FJ	B-002	3	0.593	27.5	27.5	3.8	11.5	154.6	157.4	153.5	224	F
B-FJ	B-003	2	0.565	10.7	18.4	4.2	11.2	139.6	152.5	149.5	146	F
B-FJ	B-004	2	0.575	23.3	23.3	3.1	10.5	143.7	144.8	142.6	247	F
B-FJ	B-005	2	0.542	20.3	20.3	3.6	10.3	146.8	156.2	146.6	198	G
B-FJ	B-006	3	0.544	13.1	28.7	2.5	10.8	142.4	148.8	147.1	328	F
B-FJ	B-007	2	0.576	14.1	16.6	2.9	11.0	142.2	153.2	142.8	127	F
B-FJ	B-008	4	0.577	44.9	44.9	3.7	10.0	141.7	138.7	129.7	224	F
B-FJ	B-009	2	0.590	21.8	21.8	3.5	10.7	146.9	142.8	135.3	211	F
B-FJ	B-010	2	0.527	7.3	22.3	2.7	10.9	139.1	137.0	132.0	262	F
B-FJ	B-011	3	0.518	17.3	28.7	3.2	10.6	130.7	135.4	126.3	279	F
B-FJ	B-012	1	0.569	5.5	5.5	3.4	10.8	138.6	141.8	134.7	278	F
B-FJ	B-013	1	0.557	11.3	11.3	2.9	11.4	129.7	139.1	130.5	239	F
B-FJ	B-014	1	0.526	9.4	9.4	2.8	10.9	130.7	131.4	124.5	279	F
B-FJ	B-015	1	0.538	12.3	12.3	3.4	10.7	132.1	129.1	122.3	197	F
B-FJ	B-016	4	0.538	36.2	36.2	5.9	10.2	123.1	129.1	122.8	170	F
B-FJ	B-017	1	0.522	12.3	12.3	3.4	10.8	123.4	123.6	117.0	235	F
B-FJ	B-018	3	0.514	27.4	27.4	3.5	11.1	129.0	129.2	124.7	215	F
B-FJ	B-019	2	0.534	17.1	17.1	3.9	10.6	135.4	135.4	131.6	271	F
B-FJ	B-020	4	0.499	44.6	44.6	4.2	10.9	115.2	119.0	107.2	139	K
B-FJ	B-021	2	0.470	24.1	24.1	3.6	11.0	106.2	102.5	98.3	155	K
B-FJ	B-022	2	0.484	16.0	16.0	3.4	10.6	120.4	120.9	117.4	232	F
B-FJ	B-023	3	0.523	30.9	30.9	4.7	10.2	113.6	112.8	107.8	284	F
B-FJ	B-024	4	0.526	17.4	35.5	5.5	10.7	106.9	111.8	107.9	240	F
B-FJ	B-025	1	0.556	0.0	8.6	5.4	10.8	116.5	115.0	102.3	220	F
B-FJ	B-026	2	0.521	19.6	19.6	4.4	10.3	109.1	110.5	99.4	186	F
B-FJ	B-027	3	0.475	11.6	27.1	4.0	10.2	116.5	115.2	109.6	190	F
B-FJ	B-028	3	0.504	11.6	32.6	2.4	10.7	118.5	115.6	109.4	216	F
B-FJ	B-029	2	0.517	8.8	19.9	3.3	10.6	118.8	116.2	109.7	240	F
B-FJ	B-030	5	0.502	24.0	65.9	4.9	10.7	113.1	111.8	105.8	170	F
B-FJ	B-031	2	0.483	23.9	23.9	5.7	9.8	105.8	107.5	100.3	208	F
B-FJ	B-032	4	0.505	24.3	35.1	5.6	10.5	100.6	108.9	103.9	201	B
B-FJ	B-033	3	0.489	11.2	29.6	4.5	10.5	111.4	110.9	105.5	203	F
B-FJ	B-034	2	0.469	21.6	21.6	4.5	10.8	106.9	108.9	98.3	168	K
B-FJ	B-035	4	0.486	37.4	37.4	6.7	10.6	94.9	100.4	90.6	107	K
B-FJ	B-036	2	0.525	10.4	12.9	5.7	10.8	103.8	102.1	97.9	238	K
B-FJ	B-037	2	0.519	24.1	24.1	5.6	10.8	104.6	106.6	97.0	275	B
B-FJ	B-038	4	0.490	40.5	40.5	5.1	10.5	91.9	88.0	83.6	25	K
B-FJ	B-039	4	0.512	34.3	34.3	5.1	11.1	99.6	99.9	94.3	232	K
B-FJ	B-040	4	0.514	49.4	49.4	5.1	11.3	95.2	96.8	90.2	188	K
B-FJ	B-041	4	0.477	36.8	36.8	4.8	10.5	92.0	94.5	85.9	148	F
B-FJ	B-042	2	0.523	15.9	22.7	4.3	10.4	91.8	95.6	91.1	148	F
B-FJ	B-043	4	0.555	38.1	44.3	4.2	10.6	96.8	96.1	91.4	210	K
B-FJ	B-044	3	0.504	29.2	29.2	5.7	11.3	91.0	98.2	86.9	105	F
B-FJ	B-045	4	0.469	23.1	38.5	7.2	10.2	80.2	86.0	80.4	97	K
B-FJ	B-046	3	0.458	7.3	17.8	6.7	10.4	92.0	98.0	87.3	188	B
B-FJ	B-047	2	0.479	18.2	18.2	5.8	10.4	84.1	78.3	77.4	59	K
B-FJ	B-048	4	0.491	31.1	42.4	6.6	10.5	79.1	83.2	80.4	201	K
B-FJ	B-049	4	0.531	49.0	49.0	5.6	9.9	83.3	71.7	70.2	73	K

*1：平均年輪幅と集中節径比によるJAS等級、5は規格外

*2：破壊形態、FJ：フィンガージョイント部、K；節、G；目切れ、B；その他

付表4 CグループFJラミナ

種類	試験材NO.	JAS等級 *1	比重	集中節径比%		平均年輪幅 mm	含水率 %	MGFSE tf/cm	Ef tf/cm	Ed tf/cm	引張強度 kgf/cm	破壊形態 *2
				節チャック	節全長							
C-FJ	C-001	2	0.638	22.4	24.7	3.0	11.5	154.9	152.4	142.7	329	F
C-FJ	C-002	2	0.567	19.3	19.3	3.5	11.1	159.4	165.9	152.6	412	F
C-FJ	C-003	1	0.566	0.0	6.0	2.8	11.0	159.9	164.1	157.0	472	F
C-FJ	C-004	1	0.597	10.1	10.1	2.3	12.4	150.1	150.5	146.8	452	F
C-FJ	C-005	2	0.570	18.6	18.6	1.9	12.5	147.4	147.8	141.8	289	K
C-FJ	C-006	2	0.575	7.4	16.8	2.8	11.4	150.1	151.4	147.9	379	F
C-FJ	C-007	4	0.564	29.2	34.3	3.6	11.1	144.1	149.0	139.1	222	F
C-FJ	C-008	4	0.530	33.4	33.4	3.7	9.7	131.1	132.5	122.0	329	F
C-FJ	C-009	2	0.522	2.5	18.1	2.6	10.2	134.0	135.9	131.0	294	K
C-FJ	C-010	2	0.530	24.1	24.1	3.7	12.6	131.9	129.5	121.3	285	K
C-FJ	C-011	4	0.546	33.3	33.3	4.6	10.4	134.0	131.3	128.6	133	K
C-FJ	C-012	2	0.585	18.1	19.4	4.0	10.2	145.6	148.8	144.9	345	F
C-FJ	C-013	3	0.562	29.2	29.2	2.8	11.3	115.6	107.2	101.3	207	F
C-FJ	C-014	3	0.520	25.1	25.1	3.2	11.1	118.2	110.8	105.9	346	K
C-FJ	C-015	3	0.519	31.4	31.4	4.7	9.8	123.0	124.9	117.6	149	K
C-FJ	C-016	4	0.570	45.7	45.7	4.9	11.4	133.0	134.0	120.9	202	K
C-FJ	C-017	1	0.549	0.0	0.0	5.0	11.2	128.3	124.6	120.5	399	F
C-FJ	C-018	4	0.533	23.7	33.2	5.6	9.5	121.3	120.5	110.7	163	K
C-FJ	C-019	4	0.542	49.8	49.8	3.2	10.0	130.7	125.6	121.6	95	K
C-FJ	C-020	2	0.507	23.8	23.8	3.5	10.2	122.1	123.2	116.8	225	K
C-FJ	C-021	4	0.518	35.5	35.5	4.9	10.1	114.7	111.4	102.4	144	K
C-FJ	C-022	4	0.546	33.4	33.4	4.9	10.3	116.1	120.0	111.2	215	K
C-FJ	C-023	3	0.510	28.0	28.0	3.6	11.4	118.0	111.1	109.8	286	K
C-FJ	C-024	4	0.497	17.5	46.1	4.2	10.8	111.8	114.2	109.5	163	K
C-FJ	C-025	1	0.488	5.9	10.1	4.1	10.9	124.1	123.2	117.0	192	K
C-FJ	C-026	2	0.471	16.3	16.8	4.0	10.8	109.2	107.6	99.3	285	F
C-FJ	C-027	2	0.487	19.8	19.8	5.1	10.5	111.5	105.2	101.4	176	K
C-FJ	C-028	2	0.479	15.0	15.0	4.4	10.5	112.8	116.0	108.7	320	F
C-FJ	C-029	4	0.455	33.5	33.5	4.7	9.2	102.7	105.7	91.8	102	K
C-FJ	C-030	3	0.489	31.4	31.4	4.6	9.8	118.0	120.3	113.5	189	K
C-FJ	C-031	4	0.474	14.3	47.2	3.9	9.8	112.2	112.2	106.4	171	F
C-FJ	C-032	2	0.490	19.3	22.9	4.8	10.0	107.1	107.4	104.6	277	F
C-FJ	C-033	4	0.513	12.8	44.9	5.7	11.0	104.5	105.0	99.1	251	K
C-FJ	C-034	2	0.492	15.9	23.4	4.0	10.7	105.9	105.1	97.0	324	F
C-FJ	C-035	4	0.553	35.0	35.0	4.1	10.6	112.9	111.2	106.3	233	K
C-FJ	C-036	4	0.571	34.3	34.3	4.0	10.8	110.6	110.8	105.1	116	K
C-FJ	C-037	4	0.525	36.1	36.1	4.4	10.2	106.1	101.7	98.2	153	K
C-FJ	C-038	3	0.487	27.0	27.0	4.7	9.8	106.5	104.2	89.5	148	K
C-FJ	C-039	4	0.470	42.3	42.3	5.2	10.3	95.3	91.2	84.8	158	K
C-FJ	C-040	3	0.438	27.0	27.0	6.1	10.0	105.1	103.5	98.5	247	K
C-FJ	C-041	3	0.466	11.7	21.0	6.0	9.6	95.3	97.3	91.7	146	F
C-FJ	C-042	3	0.472	31.0	31.0	5.8	9.7	92.8	96.8	88.3	191	F
C-FJ	C-043	4	0.467	43.7	43.7	5.8	10.2	90.1	104.3	82.0	102	K
C-FJ	C-044	3	0.490	32.0	32.0	6.1	10.4	92.3	90.8	85.5	89	K
C-FJ	C-045	3	0.468	9.4	30.9	6.9	9.8	90.1	88.5	81.8	119	K
C-FJ	C-046	3	0.456	28.9	28.9	7.4	10.3	91.8	90.2	82.7	188	F
C-FJ	C-047	4	0.466	35.3	35.3	6.8	10.1	84.1	81.8	75.9	53	K
C-FJ	C-048	3	0.494	18.8	21.8	7.2	11.2	93.6	93.4	85.5	125	K
C-FJ	C-049	5	0.532	55.8	55.8	5.4	10.4	93.3	92.3	84.8	95	K

*1：平均年輪幅と集中節径比によるJAS等級、5は規格外

*2：破壊形態、FJ：フィンガージョイント部、K；節、G；目切れ、B；その他

第6章 構造用（大断面）集成材用針葉樹ラミナの引張り強度試験

- 静岡県産スギおよびヒノキラミナ、北米産ベイツガラミナの引張り強度特性 -

静岡県林業技術センター

I はじめに

近年、構造用大断面集成材（以下「集成材」）は、各種性能の信頼性が高い材料として、大型木造建築物や在来軸組構法等の構造部材に利用されている。静岡県では県産スギ材の有効利用の一手法としてそれらの製造手法の開発や性能評価に取り組んできた。

一方、実際の工場で生産されている集成材やその部材である縦継ぎラミナは、強度性能における信頼性が必ずしも高いとはいえない。また、我が国においては、北米等に比べて集成材の実大実験による強度性能データが極めて乏しく、今後も実験経費等の点から多数の実験データを得ることは難しいと考えられる。その解決策として、シミュレーションによる集成材強度性能の予測手法が開発・提案されている。ただし、それらシミュレーションより算出されたデータの信頼性向上を図るためには、構成部材であるラミナの実験による統計・確率データが多量に必要である。特に、集成材の曲げ強度性能を精度良く予測するためには、ラミナの引張り強度に関するデータが必要となる。そのため、北米等では集成材に用いるラミナの引張り試験が多数行われている。また、“構造用大断面集成材の日本農林規格”（以下「JAS」）においても大幅に規格改正が検討され、ラミナに対する引張り試験の導入も検討されている。一方、このような実大実験によるデータの蓄積は、今後、木質構造計算基準等に導入が検討されている限界状態設計法にも参考になると思われる。

II 試験材料および試験方法

1 試験材料

供試した樹種は静岡県春野町産のスギとヒノキおよび北米産のベイツガである。

スギとヒノキでは、ラミナの原料である丸太について縦振動（タッピング）法により動的ヤング係数を、目視計測により年輪数、平均年輪幅を測定した。それらの丸太から幅13cm、厚さ4cm、長さ4mのひき板を製材した。それらの枚数はスギ170枚、ヒノキ120枚であった。その際、ひき板は

丸太のどの部分から製材されたかを記録した。ひき板は目標含水率を15%に設定して蒸気式人工乾燥を行った。その後、4面モルダーにより表面平滑処理を行い、幅12cm、厚さ3.5cm、長さ4mのラミナに仕上げた。

ベイツガは、県内の集成材メーカーに日常入荷している平均的なロットより120枚のKD（人工乾燥済み）ラミナを無作為に選んだ。それらは高周波式含水率計（ \square HM-520 ケット科学研究所(株)）により含水率を測定し、その値が15%前後であることを確認した。それらは4面モルダーにより表面平滑処理を行い、幅12cm、厚さ3.5cm、長さ4mの寸法に仕上げた。

スギ、ヒノキ、ベイツガの4mラミナは長さが2mになるよう半分に切断し、その際著しい丸身、腐れ、乾燥による狂いがあるものは試験体から除去した。その後、2mラミナは、縦振動法により動的ヤング係数（以下「Ed」）を計測し、Edの平均値と変動係数がほぼ等しい2つのグループに分けた。一方を縦継ぎの無いラミナの引張り試験体（以下「NJラミナ」）とし、残りの方をフィンガージョイントラミナの引張り試験体（以下「FJラミナ」）作製用とした。FJラミナは長さ2mのラミナを横切り盤で半分に切断し、切断した材相互の木口面をフィンガー加工した後再び接着接合して作製した。その際、フィンガー加工する木口部分から10cm以内に存在する節は切除した。FJラミナの作製に用いたフィンガージョイントの形状および寸法を図-1に示す。フィンガー長は19mm、フィンガーの接合形式は垂直型とした。

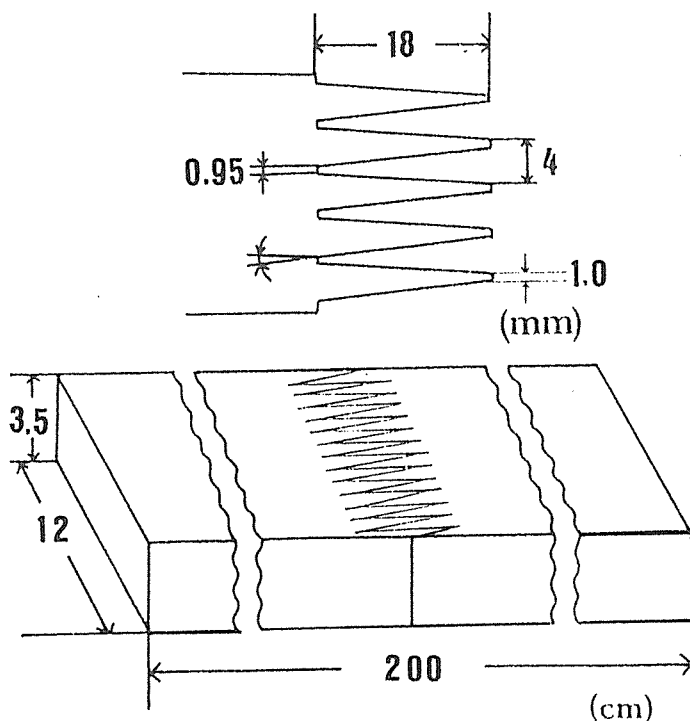


図-1 フィンガーおよびFJラミナの形状

フィンガー加工した材の接合は、ハネムーン型接着剤（スーパーディアール DF-1000 大鹿振興(株)）を用い、フィンガー片面にレゾルシノール樹脂主剤、片面にホルムアルデヒド液状硬化剤を塗布した後、スギでは60 kgf/cm²、ベイツガおよびヒノキでは70 kgf/cm²で圧縮した。接着圧縮後における養生期間は5日間とした。これらFJ試験体の作製は川島建設合資会社集成材工場で行った。

2 材質調査および引張り試験

作製したスギ、ヒノキ、ベイツガのNJラミナおよびFJラミナは、縦振動法によるEdおよび小荷重負荷（スパン180 cm, 中央集中荷重方式）による曲げヤング係数（以下「MOE」）を測定した。また、現行のJASに準じて目視により集中節径比、平均年輪幅を計測した。比重は重量を体積で除した値とした。その後、NJラミナおよびFJラミナは引張り保証荷重試験機（NET-4000 飯田工業(株)）を用いて引張り試験を行った。引張り試験では、引張り両端支持点の距離を100 cmとし、引張り強度および破壊位置・形態を目視により調べた。試験体がFJラミナの場合にはFJ部分が試験機の両端支持点間の中央付近に位置するように調整した。引張り負荷応力は毎分80 kgf/cm²前後とし、破壊に至るまでに要する時間は3～7分とした。引張り試験終了後、速やかに破壊の影響が無い試験体の部分から小試片を切り出し、全乾法によりそれらの含水率を測定した。

III 結果および考察

1 原料丸太および引張り試験体の材質

表-1に引張り試験体の原材料であるスギおよびヒノキ丸太の材質を示す。また、表-2に引張り試験体の材質を示す。

丸太元口の年輪数の平均値はスギが46、ヒノキが71であった。丸太のEd (tonf/cm²)の平均値はスギが77、ヒノキが97であった。

表-1 供試原木丸太の材質

		年輪数		動的 ヤング係数 (tonf/cm ²)	平均年輪幅		比重	直径		
		元口	末口		元口	末口		元口	末口	平均
スギ	平均値	46	40	77	0.37	0.38	0.74	33	29	31
	変動係数	19	22	18	23	24	18	10	10	10
ヒノキ	平均値	71	58	97	0.22	0.23	0.54	31	26	28
	変動係数	15	16	12	14	18	11	9	10	9

表-2 N J 試験体およびF J 試験体の材質

試験体	含水率		気乾比重		集中節径比		平均年輪幅		MOE		E d	
	平均 (%)	変動係数 (%)	平均 (%)	変動係数 (%)	平均 (%)	変動係数 (%)	平均 (mm)	変動係数 (%)	平均 (tonf/cm ²)	変動係数 (%)	平均 (tonf/cm ²)	変動係数 (%)
スギN J	13	11	0.40	10	21	95	4.51	37	75	17	83	18
ヒノキN J	14	9	0.49	8	21	90	2.20	26	109	12	115	12
ハイカ [*] N J	11	7	0.44	13	18	48	1.82	63	106	17	122	17
スギF J	15	11	0.40	7	21	59	5.10	36	75	18	82	13
ヒノキF J	15	12	0.48	12	21	63	2.90	22	103	15	111	18
ハイカ [*] F J	11	8	0.44	10	19	53	1.73	53	114	16	126	16

引張り試験体の含水率は、各樹種ともに平均値が15%以下でありその変動係数も10%前後であった。そのため、各試験体における含水率の違いがMOEや引張り強度に及ぼす影響は少ないと思われ、以下の本文や図表のMOEや引張り強度は含水率による補正を行わずに示した。

表-1 に示した丸太のE dと表-2 に示したN J ラミナおよびF J ラミナのMOEとを比較した。両者の平均値や変動係数はスギ、ヒノキ共に近い値となり、過去の試験でもスギに関して同様な結果が得られている。

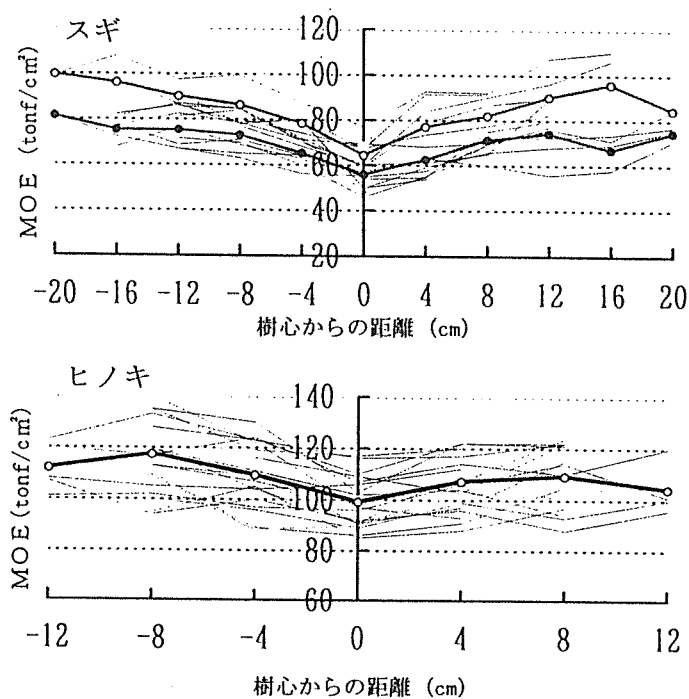


図-2 N J ラミナのMOEと丸太採材位置との関係

(注) 太線は平均、スギは○が丸太E d 75 tonf/cm²以上の平均

●が丸太75 tonf/cm²未満の平均

図-2にスギおよびヒノキのNJラミナについて、丸太採材箇所における樹心からの距離とMOEとの関係を示す。

スギでは、個体間にバラツキがみられるが、樹心部からの距離が大きくなるにつれてMOEも大きくなる傾向がみられ、平均値では、丸太外周部より作製したNJラミナは樹心部付近のそれに比べて、MOEが30~50%大きな値になっている。ヒノキはスギに比べてそれらの関係が不明瞭であるが、MOEの平均値では丸太外周部のラミナは樹心部付近のそれに比べて10~15%大きな値となった。

今後、このようなデータの蓄積により、原料丸太のEd等から集成材製造用ラミナのMOE分布を予測するシミュレーションモデルの作成が可能と思われる。また、静岡県産針葉樹材による効率的な集成材製造のためには、そのモデルの作成は不可欠と思われる。

表-2に示した各樹種における材質について平均値で比較した。NJラミナでは、集中節径比はスギとヒノキでほぼ等しく、ベイツガではそれらよりやや小さかった。また、平均年輪幅はスギ、ヒノキ、ベイツガの順に小さくなり、スギはベイツガの2倍以上であった。MOE (tonf/cm²)は、スギが75、ベイツガ106、ヒノキ109であり、現行のJASにおける樹種区分の順位と同じくスギが最小、ヒノキが最大であった。それらのMOEをJASの集成材外層用ひき板の3等適合基準値（スギ75、ベイツガ85、ヒノキ95）と比較すると、各樹種ともに基準値以上であった。

FJラミナの各材質をみると、平均値および変動係数がNJラミナのそれにほぼ近似しており、各樹種間における材質の大小関係はNJラミナと同様であった。ただし、スギ、ヒノキでFJラミナにおける集中節径比の変動係数がNJラミナの値に比べて小さくなっているのは、FJラミナを作製する際にFJ付近の節を切除したためと思われる。

図-3に全樹種をひとまとめにしたNJラミナおよびFJラミナのEdとMOEとの相関を示す。両者間には、ベイツガのNJラミナでややバラツキが見られるものの、

NJラミナ、FJラミナ共に高い相関関係が認められた。正規確率順位（百分位数）で5%、50%、95%にあたるMOEの値と、その値を回帰分析で得られた直線回帰式に代入して求めたEdの値とを比較した。その結果、NJラミナ、FJラミナ共に、回帰式によるEdは各有分位点におけるMOEに比べて5~13%大きな値となった。

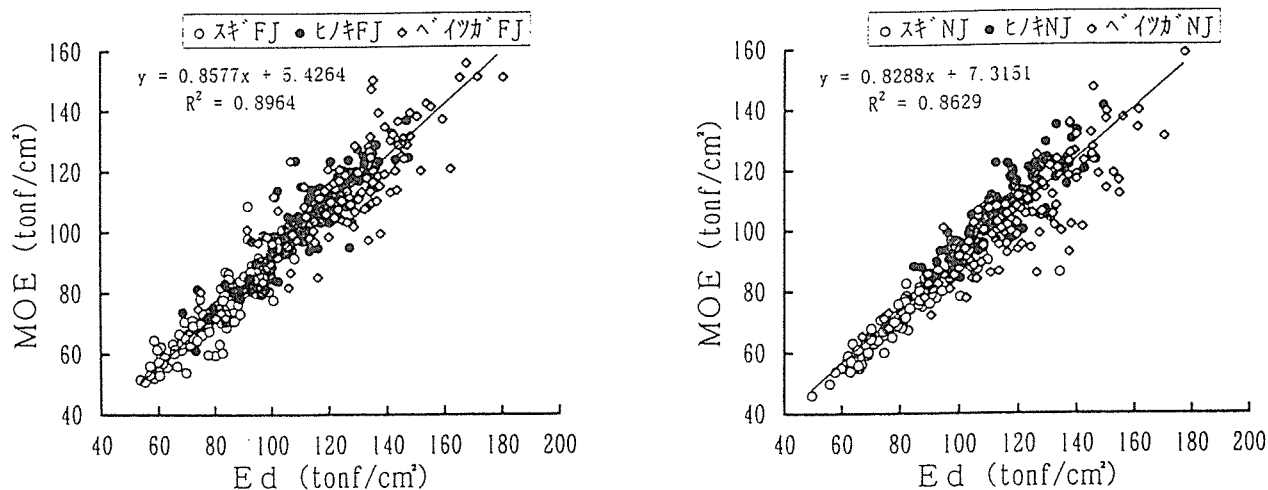


図-3 NJラミナおよびFJラミナのMOEとEdの関係

2 NJラミナおよびFJラミナの引張り強度

表-3に引張り試験の結果を示す。NJラミナの引張り強度(kgf/cm²)の平均値はスギが295、ヒノキが384、ベイツガが336であった。またFJラミナのそれは、スギが255、ヒノキが299、ベイツガが302であった。各樹種における引張り強度平均値の順位とJASの樹種区分に示される順位(ヒノキ>ベイツガ>スギ)とを比較すると、NJラミナでは両者の順位が同じであったが、FJラミナではヒノキとベイツガにおいて両者の順位が一致しなかった。

表-3 NJラミナおよびFJラミナの引張り強度

試験体	引張り強度					引張り強度基準値(推定値)		
	平均値 (kgf/cm ²)	変動係数 (%)	標準偏差 (kgf/cm ²)	最大	最小	特級	1級	2級
スギNJ	295	33	98	656	135	305	271	237
ヒノキNJ	384	41	159	855	138	356	322	271
ベイツガNJ	336	41	137	127	729	339	305	254
スギFJ	255	27	68	522	109	305	271	237
ヒノキFJ	299	25	76	468	146	356	322	271
ベイツガFJ	302	35	106	630	89	339	305	254

現行のJASや”構造用大断面集成材の製造基準：日本木材加工技術協会”では、外層用ラミナまたは縦継ぎラミナに対する抜き取り検査に引張り試験が導入されておらず、引張り強度の適合基準値は規定されていない。そのため、JAS外層用ラミナおよび縦継ぎラミナの曲げ強度の適合基準値の算出根拠に準じて、引張り強度適合基準値を引張り長期許容応力度（構造用集成材：繊維方向）の3.39倍と推定し、表-3に示した。その値と本試験の平均値を比較すると、NJラミナではヒノキが特級以上、スギおよびベイツが1級以上となり、FJラミナではいずれの樹種でも2級以上であった。

図-4に、スギおよびヒノキのNJラミナにおける、丸太採材箇所（樹心からの距離）と引張り強度との関係を示す。両者とも個体間のバラツキが大きく、明瞭な関係は認められないが、平均値では、スギ、ヒノキ共に樹心部から外周部に推移するにつれて引張り強度が大きくなる傾向がみられる。外周部付近から得られたNJラミナの引張り強度平均値は樹心部から得られたそれに対して、スギでは85~105%、ヒノキでは40~80%大きな値となった。

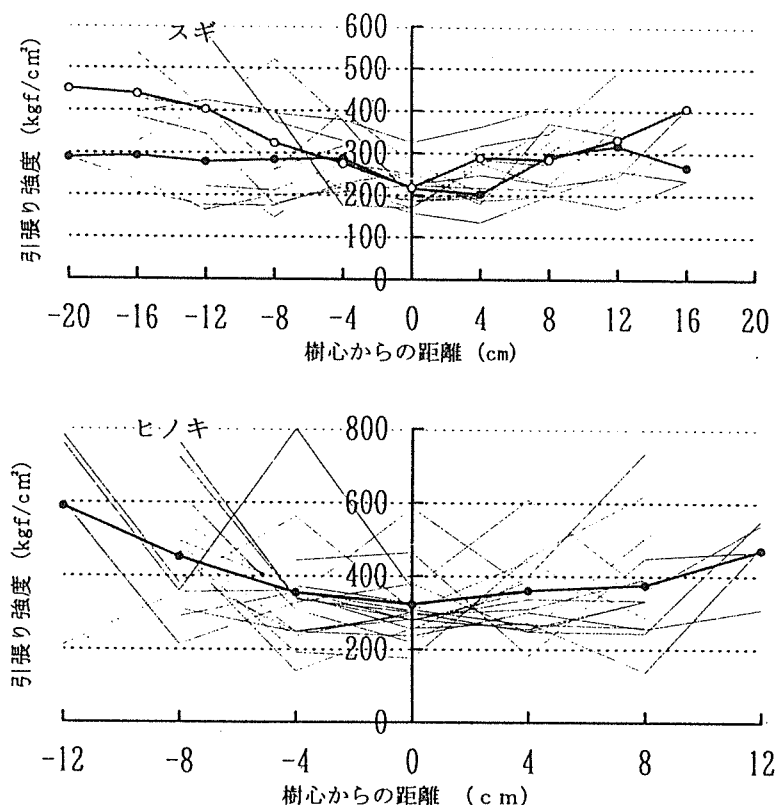


図-4 NJラミナの引張り強度と丸太採材位置との関係
 (注) 太線は平均、スギは○が丸太E d 7.5 tonf/cm²以上の平均
 ●が丸太7.5 tonf/cm²未満の平均

スギのNJラミナおよびFJラミナの引張り強度のヒストグラムを図-5に、ヒノキおよびベイツガのそれを図-6に示す。また、これらの図には、引張り強度データに対する正規分布および3パラメータワイブル分布（以下3Pワイブル分布）の確率密度曲線も表示した。なお、スギについては、以前に実施したNJラミナおよびFJラミナ（試験体寸法、FJ接合条件等はやや異なる）の引張り試験結果、およびそれらと本試験結果を加えた結果も併せて示した。NJラミナでは各樹種ともにFJラミナに比べてバラツキが大きく現れ、変動係数で比較するとNJラミナはFJラミナに比べて5~10%程度高い。

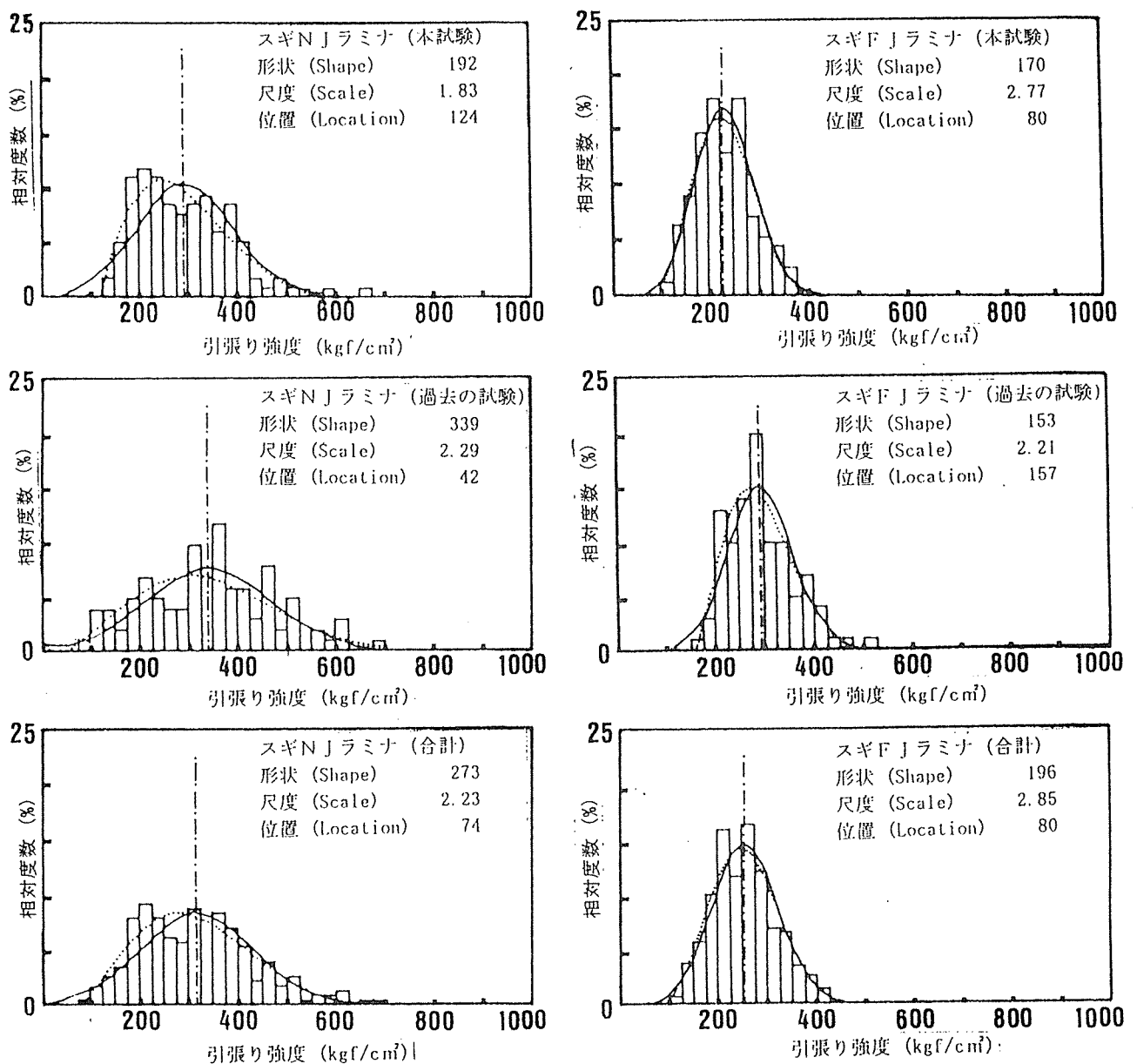


図-5 スギNJラミナおよびFJラミナの引張り強度分布

(注) ——— は正規分布曲線

..... は3Pワイブル分布曲線

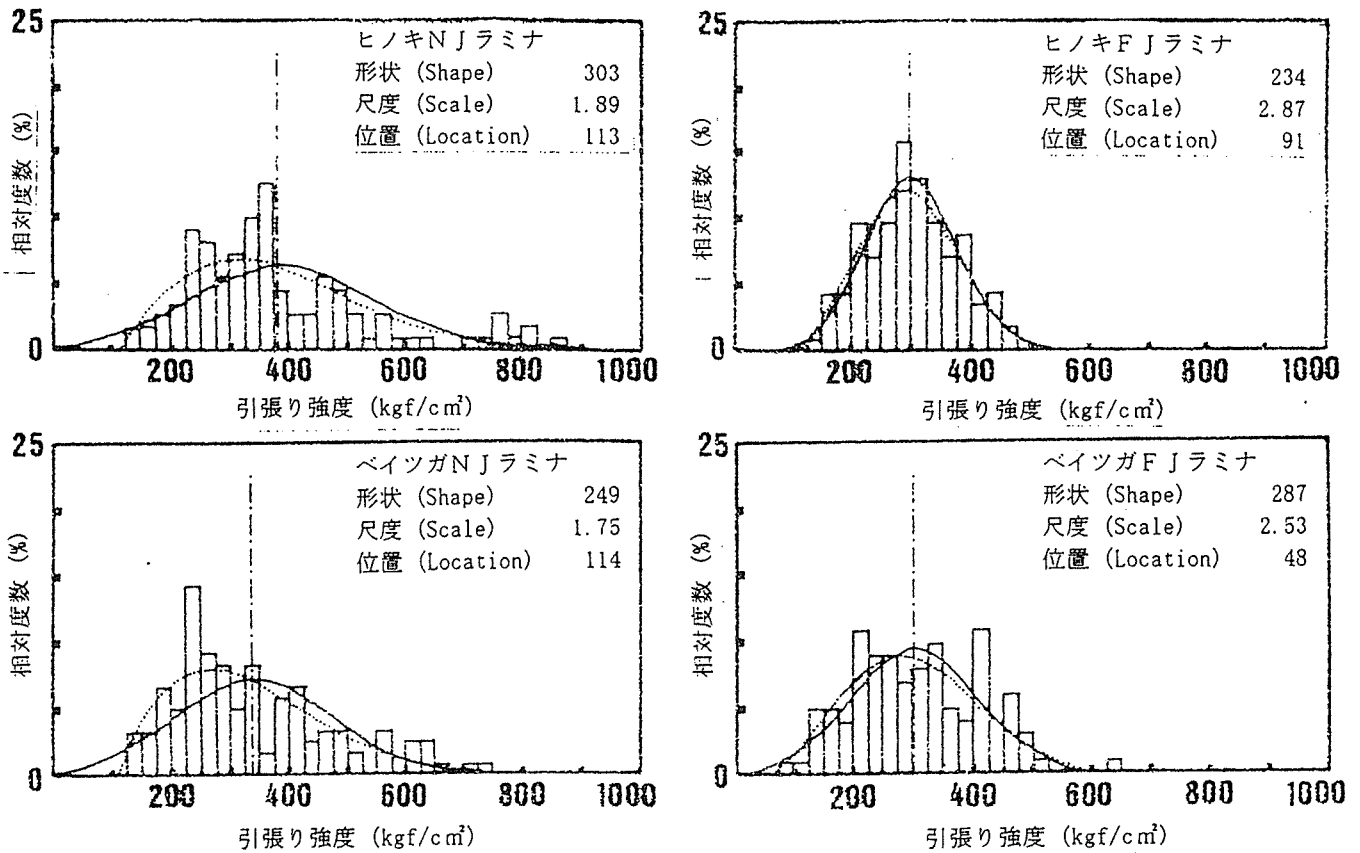


図-6 ヒノキ、ベイツガN JラミナおよびF Jラミナの引張り強度分布
 (注) ———は正規分布曲線
は3 Pワイブル分布曲線

コルモゴロフスミルノフの方法を用いて、分布当てはめに対する適合性の検定を行った。その結果、F Jラミナでは、いずれの樹種でも、正規分布および3 Pワイブル分布当てはめの適合性は良いが、パラメータ数の多い3 Pワイブル分布が正規分布に比べて適合性が良い結果となった。N Jラミナでも、3 Pワイブル分布の適合性は良かったが、正規分布のそれはヒノキ、ベイツガで悪い結果となった。

各樹種のN JラミナおよびF Jラミナについて、ノンパラメトリックによる方法（順位法）および関数法を用い、5%下限値および信頼水準75%における5%下限値を許容限界値として算出した。関数法の算出には正規分布および3 Pワイブル分布を適用した。それぞれの方法によりその結果を表-4に示す。

表-4 引張り強度の統計的下限值

試験体	引張り強度5%下限値			引張り強度許容限界値		
	正規分布	3Pワイブル分布 (kgf/cm ²)	ノンパラメトリック	正規分布	3Pワイブル分布 (kgf/cm ²)	ノンパラメトリック
スギNJ	123	146	151	105	140	147
ヒノキNJ	116	176	180	94	169	172
ベイツガNJ	108	159	171	89	154	166
スギFJ	142	149	150	132	145	143
ヒノキFJ	171	174	163	161	167	159
ベイツガFJ	124	136	139	110	128	136

正規分布による5%下限値、許容限界値をみるとNJラミナではスギがヒノキやベイツガよりも大きい。3Pワイブル分布による5%下限値や許容限界値は、NJラミナではJASの樹種区分と同じ順位になるが、FJラミナではスギとベイツガの順位が逆転した。ノンパラメトリックによる方法では3Pワイブル分布による場合とほぼ同様な結果になった。

次に、引張り強度におけるNJラミナとFJラミナとの差異について比較した。まず、表-2に示した集中節径比、MOE等の各材質について、NJラミナとFJラミナとの平均値の差の検定および分散の検定を行った。その結果、一部の樹種、一部の材質で、両者の間には平均値や分散の有意差が認められたものの、概ね各材質の平均値や分散は近似した。そのため、両者間の材質の違いが引張り強度に及ぼす影響は小さいと思われた。そこで、表-3に示した平均値で比較すると、FJラミナはNJラミナに比べて、スギが14%、ヒノキが22%、ベイツガが10%低くなっている。一方、変動係数はいずれの樹種でもFJラミナがNJラミナよりも小さくなっている。次に両者の統計的下限值(3Pワイブル分布で算出)を比較すると、5%下限値は、スギではFJラミナがNJラミナよりも大きくなり、ヒノキでは両者の値が近似した。一方、ベイツガではFJラミナがNJラミナよりも17%小さな値となり、樹種の違いにより両者の関係に差異がみられた。ただし、FJラミナの平均値や統計的下限值にはFJ部以外で破壊が発生した試験体の値も含まれている。そこで、引張り試験を行ったFJラミナを破壊形態別に分類した。表-5にFJラミナの破壊形態別の比率を示す。スギでは全試験体のうち71%がFJ部で破壊したが、ヒノキやベイツガのそれは約40%であり、FJ部+節部の複合による破壊を合わせても49%および55%

であった。F J 部で破壊したものとそれ以外で破壊したものとに分けて、引張り強度の平均値や統計的下限值を算出すると、それらは各樹種共にF Jで破壊したものがそれ以外の箇所では破壊したものよりも大きな値となった。ベイツガではF J 部で破壊した平均値は表-2に示したN J ラミナのそれよりも大きな値となった。これらの結果から、N J ラミナの引張り強度に対するF J ラミナのその比（F J 接合効率）は、樹種の違い、あるいは節径比の違い（視覚等級の違い）により異なると考えられた。

表-5 F J ラミナの破壊形態

樹種	破壊形態別の比率 (%)				
	材面	F J	節+F J	節	目切れ
スギ	5	71	3	18	3
ヒノキ	5	38	17	35	5
ベイツガ	8	37	12	34	9

図-7にN J ラミナおよびF J ラミナの引張り強度とMOEとの関係を示す。引張り強度とMOEとの決定係数を各樹種間で比較すると、N J ラミナ、F J ラミナ共にスギ>ベイツガ>ヒノキの順に大きかった。両者の関係は樹種により差異が認められ、特にヒノキでは引張り強度とMOEとの相関関係は低かった。

同様に両者の相関関係について、N J ラミナとF J ラミナの決定係数を比較すると、スギおよびベイツガではF J ラミナがN J ラミナよりも相関関係が高いが、ヒノキでは低くなっている。そのため、両者の95%下限信頼限界直線を用いてMOEから引張り強度の予測を行った場合、スギやベイツガでは、F J ラミナがN J ラミナよりもその精度は高くなるが、ヒノキではこれらの精度は変わらないと考えられる。

以上の結果より、集成材用ラミナの製造におけるF J 加工は引張り強度の平均値を低減させる。しかし、集中節等の欠点を除去することにより引張り強度のバラツキは減少するため、材料としての信頼性はむしろ高まると考えられる。ただし、ラミナの引張り強度に対する節等欠点の質・量、位置およ

びF Jとの関連性は、定量的または定性的に明確になっておらず、今後の課題であろう。

図-8に集中節径比と引張り強度との関係を示す。各樹種ともに統計的に有意な相関関係は認められたものの、MOEとの関係に比べて相関関係は低い。ただし、ヒノキF Jラミナでは、集中節径比のほうがMOEよりも引張り強度との相関関係は高かった。過去に行われた縦継ぎの無いスギラミナの引張り試験では、引張り強度との決定係数はMOEよりも集中節径比のほうが大きい結果も示されている。

引張り強度を目的変数に、MOEおよび集中節径比を説明変数として重回帰分析を行った。表-6に重回帰決定係数および回帰式を示す。いずれも重回帰決定係数の値は、樹種、縦継ぎの有無に関わらず、単回帰決定係数の値よりも大きい。

表-6 引張り強度とMOEおよび集中節径比の重回帰分析結果

試験体	決定係数	重回帰式
スギN J	0.462	$y=4.50MOE-0.99GKR-17.50$
ヒノキN J	0.312	$y=4.74MOE-3.13GKR-65.23$
ベイツガN J	0.220	$y=3.50MOE-0.21GKR-30.17$
スギF J	0.514	$y=2.75MOE-0.93GKR+44.76$
ヒノキF J	0.328	$y=1.76MOE-2.65GKR-173.11$
ベイツガF J	0.483	$y=3.49MOE-1.67GKR-61.63$

(注) GKRは集中節径比を示す

これらの結果より引張り強度を予測する際には集中節径比を考慮したほうが推定精度が向上すると思われる。

3 等級区分と引張り強度

表-7にJASの視覚等級区分によって等級付けされたラミナのMOEおよび引張り強度の平均値および変動係数を示す。なお、等級を決定した視覚因子は、N Jラミナ、F Jラミナの試験体作成の際に、腐れや丸身等の欠点を有するものは予め試験体から取り除いてあったため、大半が集中節径比であった。N Jラミナではスギやヒノキで等外が見られたが、F Jラミナでは全て等級付けされた。N Jラミナでは、MOEにおいて等級間の差異がほとんどみられず、引張り強度は各等級の順位が平均値の順位と同じであったが、ベイツガではそれらの順位が逆転している。F Jラミナでも、MOEで等級

間に差異が認められず、引張り強度ではスギやベイツガにおける等級の順位と平均値の順位が一致していない。

表-7 集中節径比により等級区分したデータ

樹種	等級	N J ラミナ					F J ラミナ					改正 J A S (案) 引張り強度 平均値(kgf/cm ²)	
		曲げヤング係数 平均 (tonf/cm ²)	変動係数 (%)	引張り強度 平均 (kgf/cm ²)	変動係数 (%)	区分 比率 (%)	曲げヤング係数 平均 (tonf/cm ²)	変動係数 (%)	引張り強度 平均 (kgf/cm ²)	変動係数 (%)	区分 比率 (%)		
スギ	1等	79	16	335	33	14	83	20	274	23	10	235	
	2等	77	10	324	28	2	71	15	214	24	16		215
	3等	70	13	282	26	6	71	15	216	21	9		
	4等	73	19	264	29	9	78	15	227	22	7		—
	等外	66	15	218	24	4	該当データ無し						
ヒノキ	1等	110	13	451	38	14	100	18	344	21	9	285	
	2等	106	15	385	59	3	105	16	298	21	10		265
	3等	107	10	339	29	4	104	11	269	26	6		
	4等	107	12	317	28	9	104	13	255	29	6		—
	等外	108	10	300	45	1	該当データ無し						
ベイツガ	1等	106	19	340	45	10	122	12	366	30	8	265	
	2等	105	17	328	37	16	111	17	285	33	13		245
	3等	105	18	335	43	7	114	18	258	39	3		
	4等	114	17	424	45	1	107	18	261	35	4		—
	等外	該当データ無し					該当データ無し						

表-8にMOEにより機械等級区分を行った場合の結果を示す。その等級区分は現在検討されている集成材の改正案に基づいて行った。F J ラミナでは各樹種ともに等級の順位と平均値の順位が同じになったが、N J ラミナではベイツガで両者の順位が必ずしも一致しない結果となった。

改正が検討されている構造用集成材および構造用大断面集成材のJ A Sでは、ひき板の引張り試験の導入が検討され、その適合基準値（平均値、下限値）が案として示されている。表-8にその値を示した。それらと機械等級区分した値とを比較すると、樹種、縦継ぎの有無に関わらず、機械等級区分した場合の値はそれらの基準値を上回った。

視覚等級区分、機械等級区分における各等級の変動係数と区分前のそれとを比較すると、いずれの区分法でもN J ラミナおよびF J ラミナともに区分前・後には明確な差異がみられず、等級区分により引張り強度のバラツキは減少しなかった。

ただし、以上の区分による等級間の強度差異の判定や適合基準値との比較を行うには、各等級に属するサンプル数が十分な量ではなく、今後更にデータを蓄積して検討することが必要である。

表-8 曲げヤング係数により等級区分したデータ

樹種	改正 J A S (案) 等級	N J ラミナ					F J ラミナ					改正 J A S (案) 引張り強度 平均値(kgf/cm ²)
		曲げヤング係数		引張り強度		区分 比率 (%)	曲げヤング係数		引張り強度		区分 比率 (%)	
		平均値 (tonf/cm ²)	変動係数 (%)	平均値 (kgf/cm ²)	変動係数 (%)		平均値 (tonf/cm ²)	変動係数 (%)	平均値 (kgf/cm ²)	変動係数 (%)		
スギ	L100以上	114	16	432	30	7	116	10	323	21	10	245
	L90	94	3	313	26	7	96	3	277	17	10	235
	L80	84	4	292	26	12	84	4	256	16	10	215
	L70	75	4	245	29	14	74	4	243	17	9	200
	L60以下	63	9	139	26	13	62	8	179	20	11	-
ヒノキ	L140以上	137	3	491	40	2	135	2	407	12	1	320
	L125	122	2	501	40	4	125	3	357	20	4	285
	L110	114	3	375	31	5	114	3	299	20	4	265
	L100	105	3	373	38	6	104	3	295	27	10	245
	L90以下	95	5	306	36	6	87	10	274	26	8	235
ベイツガ	L125以上	132	9	346	42	5	133	7	371	28	7	285
	L110	115	3	335	39	4	114	3	297	30	10	265
	L100	104	3	328	40	7	105	3	284	27	3	245
	L90	95	3	340	48	4	96	3	240	26	2	235
	L80以下	82	8	333	38	5	80	8	171	34	2	215

IV まとめ

静岡県産スギおよびヒノキ，北米産ベイツガについて縦継ぎの無い（NJ）ラミナおよびフィンガージョイント（FJ）ラミナの引張り試験を行い、以下の結論を得た。

1) スギ，ヒノキのNJラミナの曲げヤング係数や引張り強度は、それらの丸太採材部位によって異なり、丸太樹心部から外周部に移行するにつれて大きくなる傾向が認められた。

2) 各樹種の引張り強度の平均値や統計的下限值を比較すると、樹種間の順位は、NJラミナでは現行のJASに示される樹種区分の順位と同じになったが、FJラミナでは必ずしもその順位と一致しなかった。

3) 引張り強度に対する確率密度関数の当てはめでは、樹種，縦継ぎの有無によらず、正規分布に比べて3パラメータワイブル分布の適合性が良かった。

4) NJラミナおよびFJラミナにおける引張り強度とMOEとの相関関係は、樹種により差異が認められ、スギやベイツガでは高くMOEによる機械等級区分が有効と考えられたが、ヒノキでは低かった。

5) FJラミナの引張り強度の変動係数はNJラミナのそれに比べて小さく、節を除去しFJ加工を行うことは、引張り強度のバラツキを減少させ、材料強度の信頼性を向上させる点で有効であると考えられた。

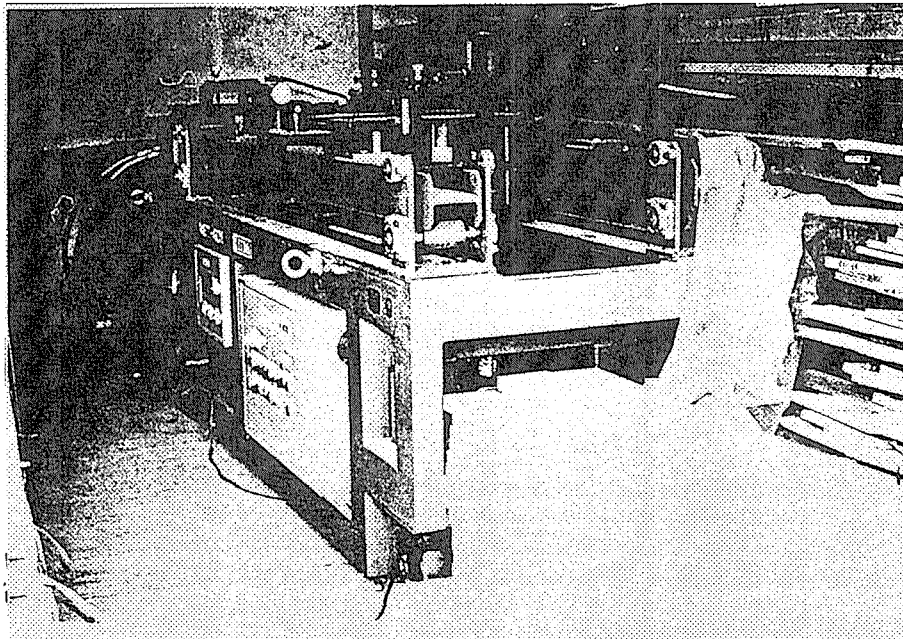


写真-1 引張り試験機（引張り保証荷重試験機）

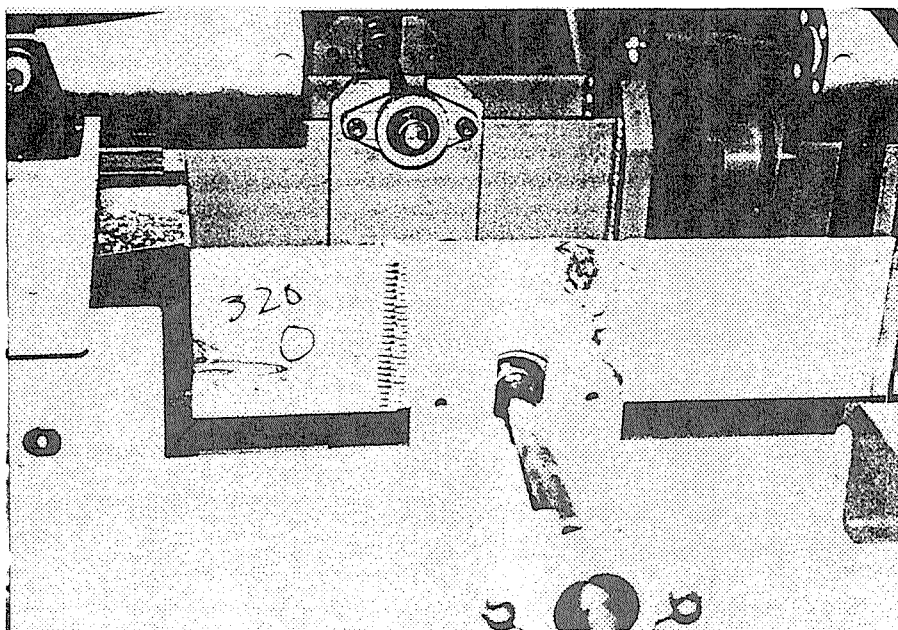


写真-2 スギFJラミナの破壊形態

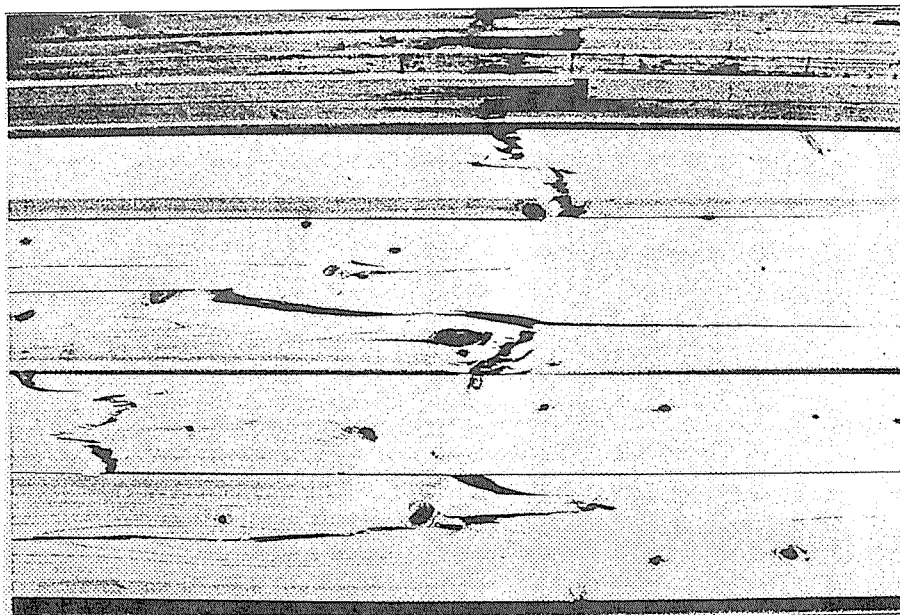


写真-3 ヒノキNJラミナの破壊形態

第7章 スギ集成材ラミナの強度性能評価

三重県林業技術センター

はじめに

集成材の強度推定は、シュミレーション等のコンピューター解析の進歩に伴い、ラミナの曲げ試験データを用いた強度推定方法が確立されてきた。ところがこの手法は、従来の小断面の集成材に対しては良く適合していたが、大断面の集成材に対してはその精度が落ちることが分かってきた。これは大断面集成材の曲げ破壊においては、梁せい下側の外層ラミナで純粋な引張に近い応力が発生して破壊するためである。よって大断面集成材の強度推定にあっては、ラミナの曲げ試験データだけでなく、引張試験データも加味する必要性が出てきた。しかし、現時点においてはラミナの引張試験データはまだまだ少なく、試験データの収集が要望されている。

このようなことから（財）日本住宅・木材技術センターより委託を受け、ラミナの実大引張試験を実施した。試験材料は、スギ中径材の中心部より正角柱を木取りした後の残りの背板部の厚板を用いた。この厚板から、継ぎ手なしの通しラミナと中央部に継ぎ手のある縦継ぎラミナの2種類を作成し、引張強度の比較を行った。

1 供試丸太及びラミナの調査

1.1 供試丸太の調査

供試丸太としては、三重県宮川村産のスギ3m長材60本を用いた。その丸太について、材長、元口径、末口径および生材比重を測定した。また、木口打撃による基本振動周波数をFFTアナライザーで測定し、下記(1)式より動的ヤング率を求めた。それらの各値を表7-1に示す。

$$E_{fr} = (2 \times l \times f)^2 \times \rho / g \quad (1)$$

但し、 E_{fr} :動的ヤング率、 l :材長、 f :基本振動周波数、 ρ :密度、 g :重力加速度

表7-1 供試丸太の調査結果

スギ (n=60)	材長 cm	元口径 cm	末口径 cm	生材比重	動的ヤング率 kgf/cm ²
最小値	299.8	25.5	23.0	0.63	59914
平均値	306.5	27.2	24.5	0.78	88259
最大値	320.5	30.5	26.2	0.94	121515
標準偏差	3.683	1.067	0.7931	0.06564	14339
変動係数%	1.20	3.92	3.24	8.42	16.3

1. 2 ラミナ用板の木取りとラミナの仕上げ調整

ラミナ用板の木取りは基本的に、丸太中心部より11cm正角柱（仕上がり3寸5分）を取った後の外周部から、丸太1本について板4枚を取るように行った。木取りした板は、含水率約25%を目標に蒸気式人工乾燥を行い、屋内において一か月程度棧積み状態で天然乾燥した。その後、4面全てプレーナがけし、外寸30×100×3000mmのラミナに仕上げた。これらラミナは、丸太の時と同様に動的ヤング率を求め、その動的ヤング率の分布が類似するように、通しラミナ用（継ぎ手なし）と縦継ぎラミナ用に振り分けた。縦継ぎラミナ用については、県内の（株）オオコーチ（現在、構造用大断面集成材のJAS認定申請中）に依頼して、垂直フィンガージョイント加工（接着剤はレゾルシノール樹脂）で継ぎ手を入れてもらった。継ぎ手に際しては、ラミナ中央付近で大きな節を避けた所から横切りし、再度フィンガージョイントで継ぐという方法で行い、特に意識して節を除去するという事はしなかった。また接着剤の塗布は、手塗りでを行い、フィンガーの被接着面に適正量を均一に塗布した。目安としては圧縮した際、接着剤が全体にはみ出し、硬化後に完全な接着層が形成される程度とした。なお、フィンガーの形状は下記の通りである。

フィンガー長：19.4mm，ピッチ：5.0mm，先端寸法：0.85mm，底部寸法：0.75mm

かん合度：0.1mm，傾斜比：1/11.4

縦継ぎ加工したラミナは再度4面全てプレーナをかけて、外寸28×97×2950mmの縦継ぎラミナに仕上げた（写真7-1）。

以上のように調整して、通しラミナ103枚と縦継ぎラミナ110枚を得た。

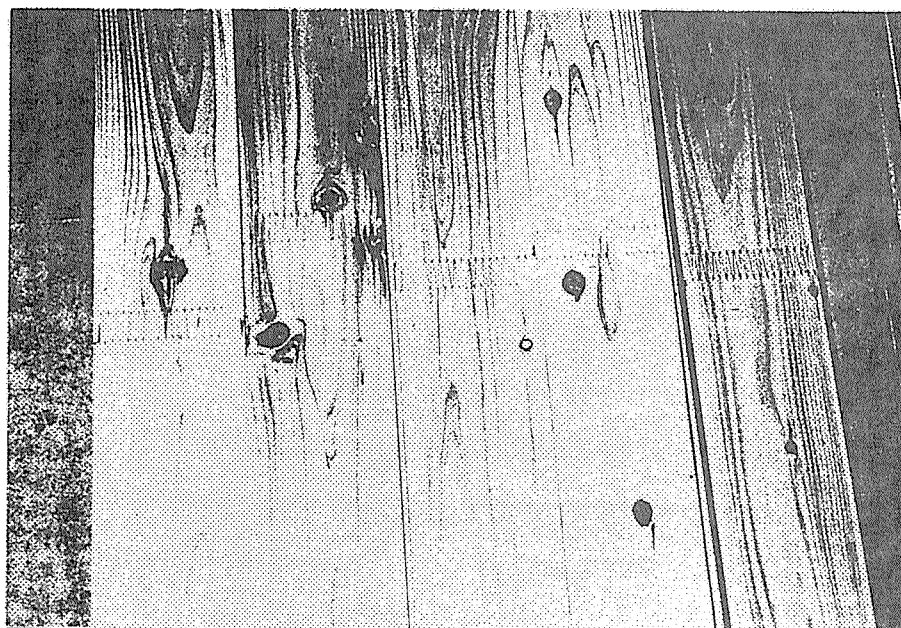


写真7-1 縦継ぎラミナ

1. 3 ラミナの欠点調査と等級区分

ラミナの欠点調査は、心持ち・平均年輪幅・集中節径比・その他の調査を行った。このうち心持ちは、丸太の外周部から木取りしているということから、当然全て心去りラミナであり、心持ちラミナは一枚も含んでいない。また平均年輪幅についても、構造用ラミナとしてひとつの基準となる6mm以下を全て満足した。集中節径比は、ラミナ全区間によるものと引張区間によるものの2通りについて調査した。虫害によると思われる変色や腐れを有するもの、目切れのひどいもの、丸身や割れを有するものは、一括してその他に含めた。平均年輪幅、ラミナ全区間及び引張区間の集中節径比、気乾比重、動的ヤング率の測定結果を表7-2に示す。

表7-2 通しラミナおよび縦継ぎラミナの測定結果

通しラミナ (n=103)	平均年輪幅	集中節径比%		気乾比重	動的ヤング率 kgf/cm ²
	mm	全区間	引張区間		
最小値	1.06	3.1	0.0	0.33	64353
平均値	2.73	32.7	25.8	0.41	102381
最大値	5.10	91.2	69.6	0.49	154141
標準偏差	0.9680	16.63	15.82	0.03900	18437
変動係数%	35.5	50.9	61.3	9.6	18.0
縦継ぎ ラミナ (n=110)	平均年輪幅	集中節径比%		気乾比重	動的ヤング率 kgf/cm ²
	mm	全区間	引張区間		
最小値	1.06	3.2	0.0	0.34	70975
平均値	2.77	38.2	32.2	0.43	106349
最大値	5.77	121.5	121.5	0.53	152694
標準偏差	0.9855	21.08	21.57	0.04184	19132
変動係数%	35.5	55.2	67.0	9.8	18.0

上記項目の欠点調査のうち集中節径比については引張区間の数値を用いて、構造用大断面集成材の日本農林規格と照らし合わせてラミナの等級区分を行った。等級区分において、心持ちと平均年輪幅の2項目は前述したように全て心持ちなしの、6mm以下であるから規格をクリアしている。ゆえに等級区分に関与した要因は集中節径比とその他である。このうちその他の項目で規格から外れた（以後格外と呼ぶ）ラミナの割合は、通しラミナの中で約15%、縦継ぎラミナの中で約20%を占める程度であるから、等級区分に関与している主要因は集中節径比である。

2 ラミナの試験

2. 1 曲げ試験

構造用大断面集成材の日本農林規格で定められている<曲げB試験>に準拠して、中央集中荷重による曲げ試験を行い、各ラミナの曲げヤング率を測定した。試験は、容量500kgfのロードセルを付けた万能試験機（インストロン社）を用いて行い、全てラミナの木裏側から荷重を加えた。試験時のスパン長は2800mm、荷重速度は毎分10mmとした。

2. 2 実大引張試験

引張試験機は、縦型で、引張最大容量 30 tf の実大強度試験機（島津製作所）を用いた。この試験機の上下チャック部（挟み区間:100cm）に、ラミナの両端部を挟み、引張区間約90cmで完全に破壊するまで上下に引っ張った（写真7-2）。また引張速度は毎分3mmで行い、破壊に要した時間は約2~3分であった。

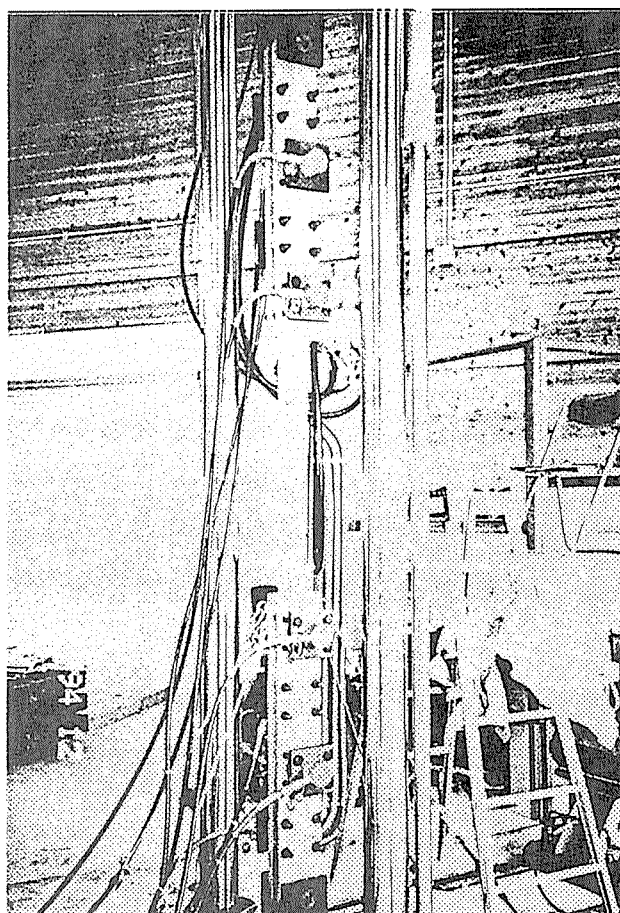


写真7-2 ラミナの実大引張試験

3 試験結果

3. 1 供試丸太およびラミナのヤング率

丸太60本の動的ヤング率と、その丸太から木取りし、人工乾燥後の素材ラミナ（縦継ぎ未加工の状態）213枚の動的ヤング率の相対度数分布を図7-1に示す。素材ラミナは、年輪幅が密な外周部より木取りし、乾燥しているということから、動的ヤング率は丸太のものとは比べて高い側に分布した。その丸太と素材ラミナの動的ヤング率の関係は、図7-2に示すように、高い相関（ $r=0.86$ ）を示した。また、通しラミナと縦継ぎラミナそれぞれの動的ヤング率と曲げヤング率の関係は、図7-3に示すように、通しおよび縦継ぎラミナ共々相関係数 r は0.99という極めて高い関係であった。

3. 2 通しラミナおよび縦継ぎラミナの引張強度分布

通しラミナと縦継ぎラミナそれぞれの引張強度の相対度数分布を図7-4に示す。但し、通しラミナにおいては、30 tfの最大負荷を加えても破壊しなかったものが1枚あったため、その1枚については数に含めていない。通しラミナの引張強度は、およそ $100\sim 900\text{ kgf/cm}^2$ の間で分布しており、非常に大きなばらつきがみられた。これに対し縦継ぎラミナの方は、通しラミナにおける強度分布の低い側半分、およそ $100\sim 450\text{ kgf/cm}^2$ の間に

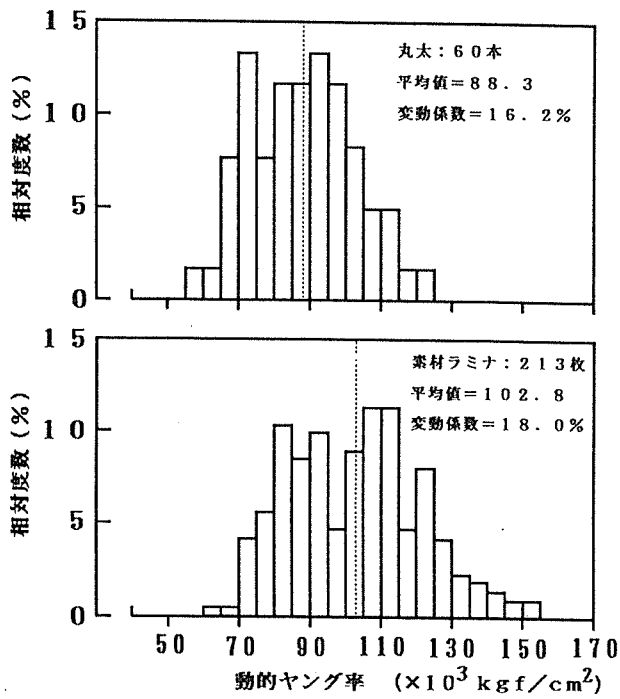


図7-1 丸太(生)と素材ラミナ(人乾)の動的ヤング率の相対度数分布

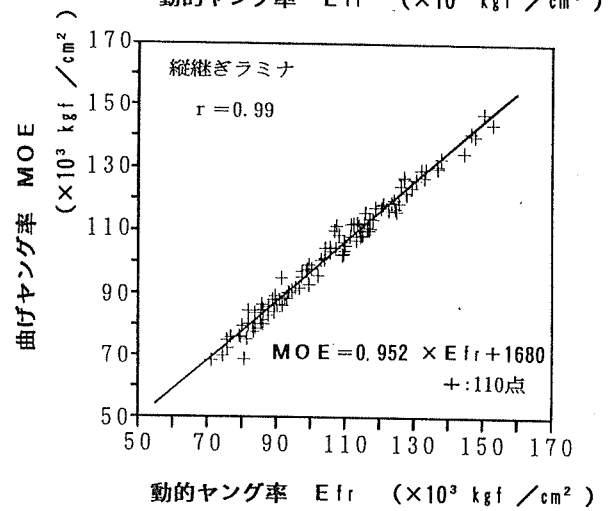
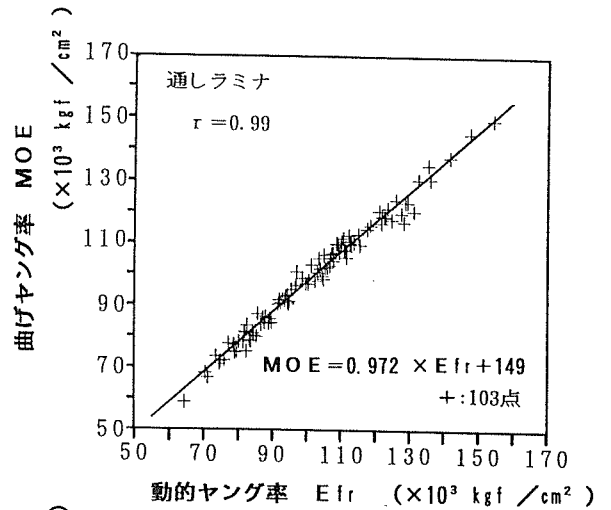


図7-3 通しラミナと縦継ぎラミナの動的ヤング率に対する曲げヤング率の関係

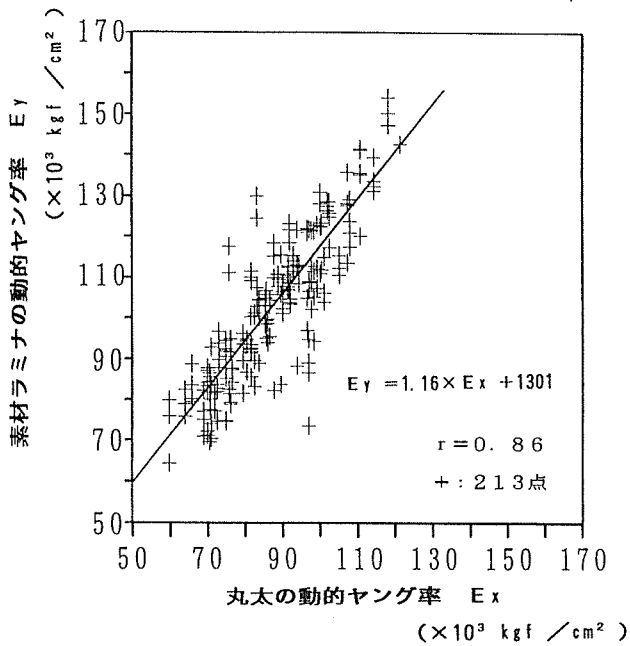


図7-2 丸太の動的ヤング率に対する素材ラミナの動的ヤング率の関係

集中するような形となり、ばらつき自体はかなり小さくなっている。このことは破壊箇所
の相違から推察できる。集中節径比の大きなラミナにあっては、継ぎ手の有無に関係なく、
その部分から破壊するものが多いため、通しラミナと縦継ぎラミナの引張強度の下限側の
値はあまり変わらない。ところが、集中節径比の小さなラミナにあっては、継ぎ手部がそ
の部分より先に破壊するものが多いため、縦継ぎラミナの引張強度の上限側の値は、通し
ラミナに比べて半分近く小さくなる。このことは、継ぎ手部自体の引張強度の限界と受け
とれる。

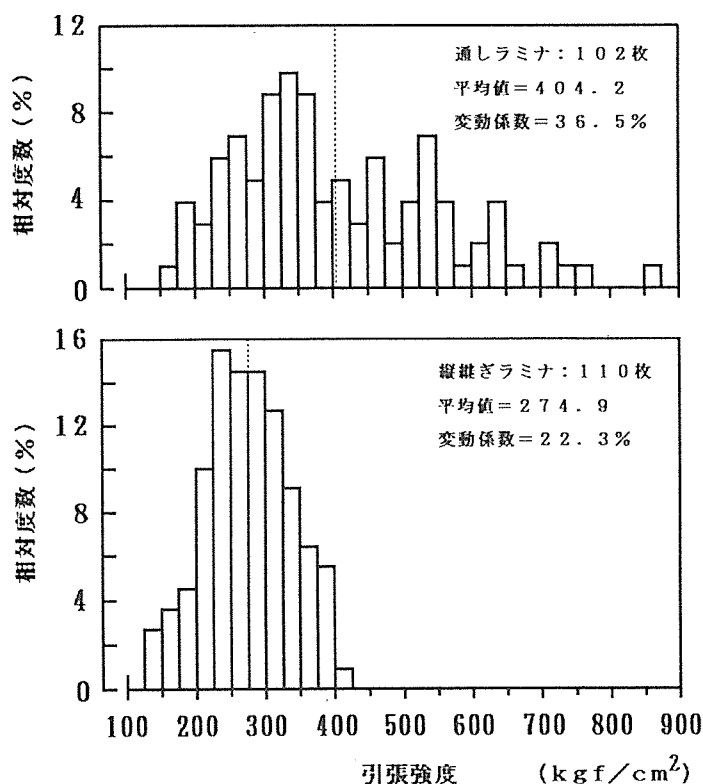


図7-4 通しラミナと縦継ぎラミナの引張強度の相対度数分布

3.3 ラミナ引張区間の集中節径比と引張強度の関係

ラミナの引張区間における等級区分と、各等級の動的ヤング率および引張強度の平均値
と変動係数を表7-3に示す。また、通しラミナと縦継ぎラミナの、引張区間の集中節径
比に対する引張強度を図7-5に示す。但し、図中の実線は回帰式であり、縦の点線は集
中節径比で等級区分する際の境界線を示している。またプロットした点の種類の違いはラ
ミナの等級別による。この場合、引張強度の平均値は、1等～4等の間においては、ラミ
ナの等級の高いものほど強度の平均値も高いという傾向を示し、等級間の差は通しラミ
ナの方が大きく表れた。4等と格外における引張強度の平均値の逆転は、図7-5からよみ
とれる。1等～4等までにおけるラミナの等級区分に直接関与している要因は、前述した
ように集中節径比のみであるから、プロットした点の種類は境界線で区別される。しかし、
格外には変色や腐れ等のその他の項目により区分されたものも含まれている。そのため格

表 7-3 等級別の動的ヤング率および引張強度

【通しラミナ】
 気乾比重:平均0.41, CV=9.6% 含水率:平均12.0%, CV=4.6%

ラミナの等級	試験体数	動的ヤング率 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)		引張強度 (kgf/cm^2)	
		平均	CV(%)	平均	CV(%)
全体	103 (102)	102	18.0	404	36.5
1等	19 (18)	110	22.3	559	27.5
2等	22	106	14.3	424	30.3
3等	22	96.6	16.6	371	24.2
4等	16	101	19.0	328	31.9
格外	24	99.0	15.9	351	41.8

【縦継ぎラミナ】
 気乾比重:平均0.43, CV=9.8% 含水率:平均12.4%, CV=4.8%

ラミナの等級	試験体数	動的ヤング率 ($\times 10^3 \text{kgf/cm}^2$)		引張強度 (kgf/cm^2)	
		平均	CV(%)	平均	CV(%)
全体	110	106	18.0	275	22.3
1等	13	121	18.2	323	11.2
2等	24	113	18.8	286	17.8
3等	17	104	13.3	282	24.1
4等	22	98.8	18.9	248	26.6
格外	34	102	14.6	262	22.2

※ラミナの等級は引張区間の等級。 CV = 変動係数
 ※通しラミナの全体と1等における引張強度の標本数は ()
 内の数。

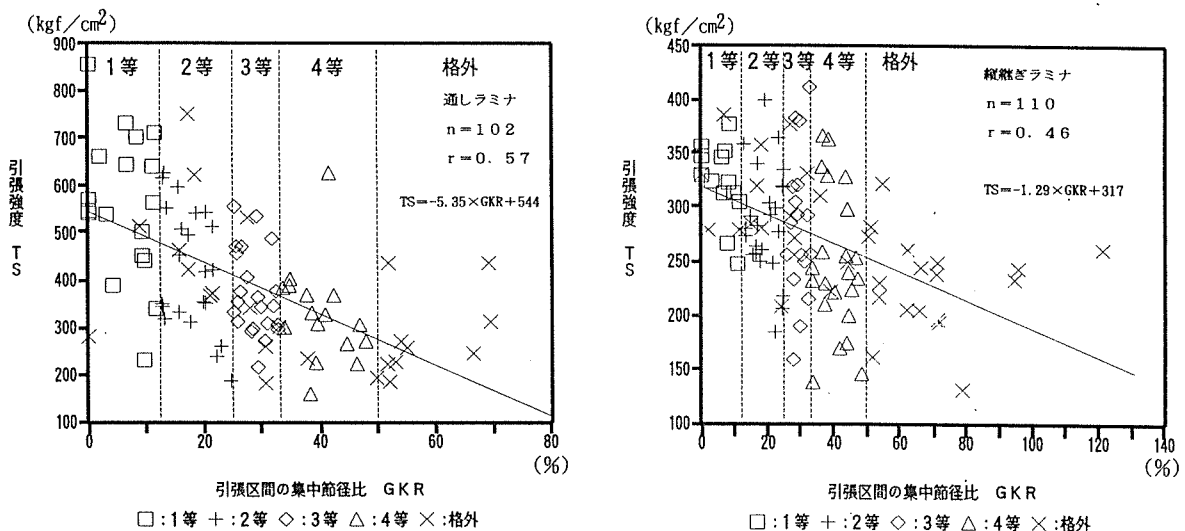


図 7-5 通しラミナと縦継ぎラミナの引張区間の集中節径比に対する引張強度の関係

外を指す×点であっても、格外の境界線を飛び越えて他の枠内まで進出しているものは、先の理由により区分されたもののうち集中節径比の小さいものである。図を見てわかるように、これらの点は格外であっても強度は高く、格外の引張強度の平均値を引き上げる結果となった。以上から、集中節径比の大きさが引張強度に及ぼす影響は大きい、変色や腐れ等が及ぼす影響は小さいと思われる。

3. 4 引張破壊形態の分類とその比率

破壊形態を集中節：S K、節（集中節以外の単節）：K、目切れ：G、フィンガージョイント：F J、その他（無欠点部またはチャック部内）：B、およびそれらの混合型で区分し、それぞれの枚数比率について図7-6に示す。なお、チャック部内で破壊したものは、通しラミナの方で6枚あり、それらは全て節から破壊していた。また6枚のうち4枚については、ラミナ全体で見た場合の最大集中節径比の所から破壊した。

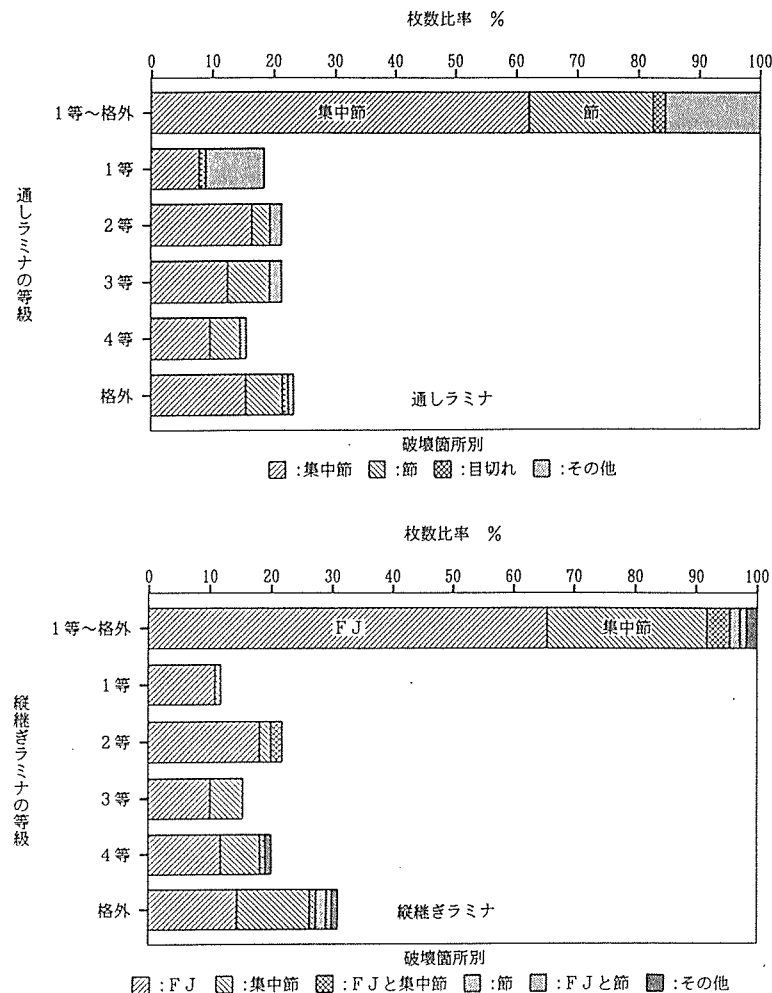


図7-6 通しラミナと縦継ぎラミナの破壊形態別枚数比率

通しラミナにおいては、1等~格外の全体でみた場合、集中節が62%、節が20%で、節が影響して破壊したものは全体の82%に昇り、節が引張強度の低減に大きく関与しているといえる。また各等級別にみても、集中節径比の最も小さな区分の1等以外は、ほと

んど集中節と節で壊れているのがわかる。

一方縦継ぎラミナにおいては、1等～格外の全体でみた場合、FJが65%、集中節が26%であり、FJ部での破壊割合の高さが目立つ。これは、4等においてもなお集中節よりFJでの破壊割合の方が高く、格外のように集中節径比が50%以上の大きな集中節径比を有しない限り、FJで破壊する割合が高いという結果であった。

通しラミナと縦継ぎラミナにおける典型的な破壊形態を、それぞれ写真7-3、7-4に示す。但し、各ラミナの斜線部は、引張区間の集中節の所である。

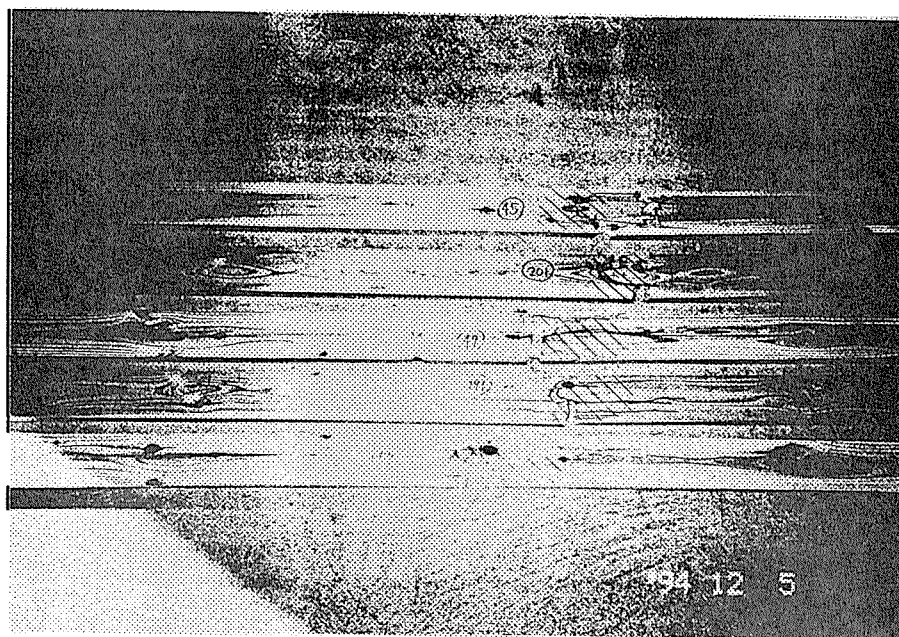


写真7-3 通しラミナの典型的な破壊形態

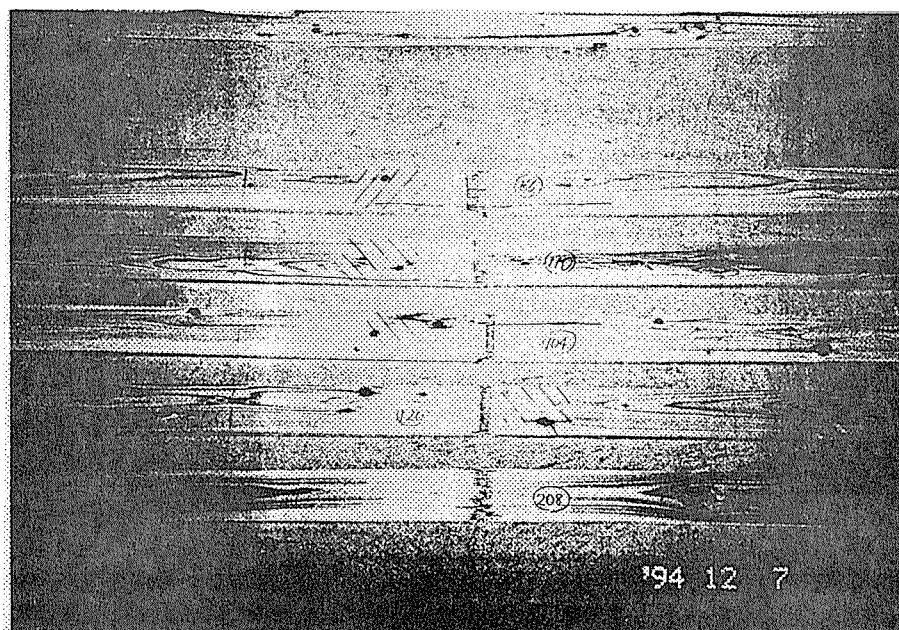


写真7-4 縦継ぎラミナの典型的な破壊形態

3. 5 重回帰分析による引張強度推定

今回、通しラミナと縦継ぎラミナを合わせた全ラミナに対して、重回帰分析を行い、引張強度の推定を試みた。重回帰は、F J（継ぎ手）の有無（有り=1，無し=0）・動的ヤング率・集中節径比・年輪幅・比重の5つを説明変数とし、引張強度を目的変数とした。その結果、標準誤差：90.9，決定係数：0.513，重相関係数：0.716が得られ、その重回帰式より求めた引張強度の計算値と実測値との関係を示すと図7-7のようであった。これらより、この5つの説明変数を用いて、引張強度を推定することができることが示唆された。しかし実際には、継ぎ手の数やその間隔等による強度への影響も考えられるため今後検討する必要がある。

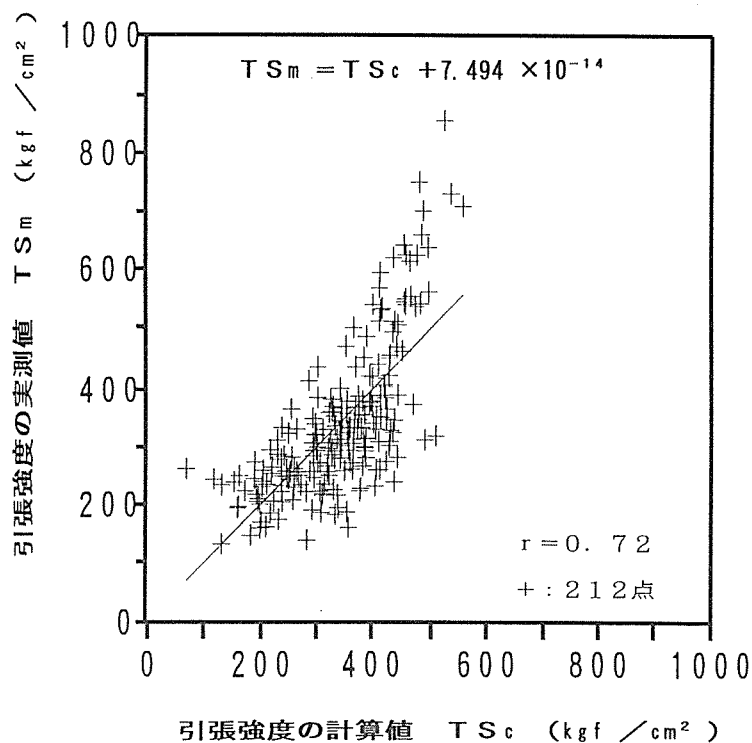


図7-7 引張強度について重回帰式より求めた計算値と実大引張試験より求めた実測値との関係

4 まとめ

県産スギ中径材の背板部より木取りしたラミナを用いて、実大引張試験を行った結果をまとめると、その概要は以下の通りであった。

1. 丸太の動的ヤング率と、それらより木取りし、人工乾燥させたラミナの動的ヤング率との間で、高い相関（ $r = 0.86$ ）を示した。

2. 通しラミナと縦継ぎラミナの両ラミナとも、動的ヤング率と曲げヤング率（中央集中荷重）の相関係数 r は0.99という非常に高い相関であった。

3. 通しラミナにおける引張強度の分布は大きくばらついているが、縦継ぎラミナの分布は通しラミナの強度分布の低い側半分集中するような形で、ばらつき自体は小さかった。このことは、継ぎ手部自体の引張強度の限界が起因しているものと考えられる。

4. 引張強度には集中節径比の大小が大きく影響するが、変色や腐れ等が及ぼす影響は小さいと思われる。

5. 縦継ぎラミナのうち、集中節径比が50%未満のようなラミナにおいては、継ぎ手部で破壊する割合が高かった。

6. 継ぎ手の有無・動的ヤング率・集中節径比・年輪幅・比重を説明変数とし、引張強度を目的変数とした重回帰分析を行ったところ、重相関係数は0.716が得られ、引張強度を推定することができることが示唆された。

【スギ通しラミナ103枚の生データ】

<破壊形態記号の意味>

SK: 最大集中節径部で破壊 (引張区間)
 K: SK以外の節で破壊 (引張区間)
 G: 目切れ
 B: その他

試験体番号	二点測定の平均値		比重	等級 (5: 格外) (注)全体)	最大集中節径比 % (引張区間) (注)全体)	平均 年輪幅 mm	含水率 %	ヤング率		引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 記号	破壊節の 位置 (引張区間 or センター)	メモ
	幅 mm	長さ cm						kgf/cm ²	動的				
1	100.60	30.40	0.379	3	32.8	1.363	13.0	64353	58950	296.0	SK		
3	100.10	30.35	0.426	5	69.8	2.400	13.7	70368	68290	182.3	SK		
5	100.45	29.46	0.358	4	47.0	3.223	11.9	71084	66840	305.4	K		
7	99.11	30.29	0.370	5	56.8	2.439	13.1	73471	73670	215.7	K		
9	100.12	30.42	0.426	5	52.1	1.633	12.4	74455	71200	185.7	K		
11	99.23	30.31	0.410	4	39.4	1.713	13.0	74775	72080	225.0	SK		
13	99.48	30.30	0.358	3	33.1	3.813	12.0	75892	72500	305.7	SK		
17	100.61	29.24	0.405	4	9.2	4.875	11.9	77157	77780	502.5	SK		
19	97.57	30.39	0.391	2	24.6	3.087	11.4	78702	77340	186.7	SK		
21	100.22	30.35	0.377	5	37.9	4.860	12.3	78930	74810	234.5	K		
23	99.63	30.51	0.338	4	48.0	3.313	11.4	79434	75130	270.4	K		
25	99.10	30.32	0.354	5	51.8	2.790	10.8	80059	78310	222.3	SK		
29	100.43	29.39	0.428	5	66.6	1.829	12.0	81375	78310	245.2	SK		
31	99.80	25.63	0.385	2	23.5	3.750	12.0	81731	81610	541.8	B		引張区間無欠点部
33	100.14	29.07	0.376	3	25.5	3.813	11.2	81921	81360	471.0	K		
35	98.88	30.65	0.457	1	10.0	1.194	12.3	82292	75300	440.9	B		引張区間無欠点部
37	100.43	28.28	0.394	5	61.8	2.548	12.3	82481	83690	571.0	B		引張区間無欠点部
39	98.24	30.01	0.359	4	33.9	3.063	11.5	83222	78820	299.8	SK		チャック部内の節
41	100.01	30.25	0.379	1	9.6	1.469	12.5	83534	78560	231.0	SK		
43	100.13	27.18	0.380	3	25.1	3.500	11.9	83674	78700	332.0	SK		
45	100.50	30.04	0.341	3	29.9	4.262	11.8	84206	81120	343.0	SK		
47	100.34	30.41	0.350	4	42.5	3.214	11.5	84432	80270	367.8	K		
49	100.19	30.51	0.391	4	47.4	3.152	12.6	85242	80020	451.9	SK		
51	98.56	29.26	0.338	3	25.8	2.639	11.5	85628	87320	311.9	SK		
53	100.79	30.44	0.334	2	23.6	3.571	11.9	86680	83730	331.7	SK		
55	97.72	30.51	0.477	5	91.2	2.352	12.6	87164	85970	193.6	K		
57	100.30	30.38	0.368	5	39.0	3.429	12.2	87654	84440	366.3	SK		
59	100.30	30.44	0.352	3	30.6	3.069	11.8	87950	86490	271.1	SK		
61	100.56	30.52	0.335	2	19.8	3.798	11.1	88822	84270	352.7	SK		
63	100.74	30.29	0.340	2	19.1	2.737	12.2	89140	85770	387.6	SK		
65	98.61	30.17	0.354	4	33.4	2.823	12.0	89697	84500	339.3	SK		
71	100.21	30.36	0.358	5	13.0	2.672	11.5	91675	90410	513.6	K		
73	99.10	30.31	0.386	2	15.5	1.280	11.3	91908	91800	597.5	SK		
75	100.43	30.17	0.441	5	69.3	3.473	11.9	92360	90810	436.1	SK		
77	100.30	28.49	0.376	5	12.0	1.218	11.5	92862	91810	280.3	G		
79	100.32	30.42	0.435	5	45.9	2.862	11.5	93551	91660	340.8	SK		
81	97.66	30.32	0.353	3	32.0	2.486	12.1	93797	92850	345.0	SK		
83	95.97	30.19	0.433	4	40.8	2.183	12.2	94309	93250	350.9	SK		
85	100.27	30.43	0.407	4	38.6	3.774	12.1	94397	90890	330.8	K		
87	100.23	30.19	0.361	4	38.3	3.563	11.9	94735	90540	159.3	SK		
89	99.18	30.45	0.362	3	25.8	2.988	11.2	94882	91360	353.6	SK		
91	96.93	30.34	0.386	4	47.9	2.163	12.0	95450	95050	374.6	B		引張区間無欠点部

試験体番号	二点測定の平均値			比重	等級 (5: 格外) (ラジ全体) (引張区間)	最大集中節径比 % (引張区間)	平均 年輪幅 mm	含水率 %	ヤング率 kgf/cm ²		引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 記号	破壊箇の 位置 (ラジ) or セクター	メモ
	幅 mm	厚さ mm	長さ cm						動的	静的				
93	100.60	28.35	300.1	0.356	2	21.7	2.938	12.3	96735	96340	417.1	SK	ラジ	
95	100.37	30.38	300.0	0.423	5	57.4	3.007	11.6	97080	100700	376.3	SK	ラジ	
97	100.18	29.30	300.0	0.425	3	28.2	3.952	11.8	98664	98710	291.0	SK	ラジ	
99	99.97	30.21	300.0	0.404	4	35.3	4.083	11.5	99723	96980	296.9	SK	セクタ	
101	100.24	29.34	299.9	0.369	1	9.3	2.871	11.7	100289	96880	451.3	SK	セクタ	
103	100.33	30.40	300.1	0.366	2	12.6	3.986	10.9	100545	97950	349.2	K	セクタ	
105	100.24	30.25	300.0	0.368	2	21.5	4.600	11.3	101240	103000	420.4	SK	セクタ	
107	100.31	30.68	300.0	0.400	2	23.3	2.662	12.0	102344	97860	259.4	SK	ラジ	
109	100.24	30.43	299.8	0.450	5	69.6	2.036	12.6	103026	100500	311.7	SK	ラジ	
111	99.97	30.27	300.0	0.451	4	54.1	2.472	13.4	103440	105100	223.2	SK	ラジ	
113	100.14	30.27	300.0	0.420	5	54.1	2.000	12.0	103833	101800	270.7	SK	ラジ	
117	98.85	30.21	300.1	0.455	5	27.5	2.500	13.7	104470	99430	532.4	SK	ラジ	
119	100.27	30.49	300.1	0.429	4	44.7	2.338	12.8	104742	98410	265.4	K	セクタ	
121	100.42	30.22	300.0	0.415	5	43.6	2.794	11.5	104981	106200	421.9	B	セクタ	
123	98.99	30.39	300.2	0.410	2	17.2	2.714	12.0	105273	102000	344.2	SK	ラジ	
125	98.57	30.20	300.0	0.424	5	55.1	4.229	11.8	105927	102100	257.4	SK	ラジ	
127	100.49	30.62	300.1	0.379	2	13.0	3.517	11.8	106591	102700	546.5	B	セクタ	
129	100.18	30.27	299.8	0.417	4	37.6	4.958	12.2	106778	106500	488.0	B	セクタ	
131	100.39	30.50	299.9	0.456	5	53.5	3.182	12.6	107151	105200	435.9	SK	ラジ	
133	98.27	30.31	300.0	0.494	4	42.4	1.342	12.5	107563	106700	307.4	SK	ラジ	
135	100.64	30.50	300.0	0.421	3	30.1	2.208	12.1	107759	104300	405.3	SK	ラジ	
137	100.41	30.23	300.0	0.429	3	33.3	3.039	12.1	108536	109800	495.1	SK	ラジ	
139	100.30	29.30	300.0	0.400	3	25.5	2.739	11.8	108755	109900	644.6	SK	ラジ	
141	100.26	30.28	300.0	0.488	5	53.2	4.329	12.4	109052	109400	258.9	SK	ラジ	
143	99.06	30.44	300.0	0.417	3	29.3	1.729	12.0	109489	107000	363.4	K	ラジ	
145	100.15	29.29	300.0	0.386	1	3.1	1.210	11.2	109901	108700	538.9	B	ラジ	
147	98.95	29.66	300.1	0.445	4	43.9	2.222	11.8	110078	110400	238.6	K	ラジ	
149	99.51	27.54	300.0	0.376	2	37.8	2.889	11.2	110624	111600	388.3	SK	ラジ	
151	100.31	30.49	299.9	0.381	2	20.6	2.300	11.6	110816	107500	507.8	B	ラジ	
153	100.29	30.33	300.0	0.386	5	18.4	2.875	11.8	111054	107800	622.9	K	ラジ	
155	100.19	30.33	300.0	0.406	3	29.1	3.246	11.9	111556	106400	535.5	SK	ラジ	
157	100.39	30.40	300.0	0.425	5	53.1	2.672	11.9	111581	107500	227.5	SK	ラジ	
159	99.05	30.28	299.8	0.450	4	45.6	2.125	12.2	112249	112500	363.4	SK	ラジ	
161	99.55	30.56	300.1	0.414	2	18.4	1.972	12.2	112521	109700	552.3	SK	ラジ	
163	100.28	30.68	300.1	0.415	5	21.0	2.343	11.8	112799	109500	462.9	SK	ラジ	
165	100.29	30.40	300.0	0.411	3	31.0	1.524	11.8	112943	110700	308.5	SK	ラジ	
167	100.03	30.20	295.0	0.488	5	48.4	2.261	13.4	113658	110000	456.0	SK	ラジ	
169	100.16	30.34	300.0	0.418	3	25.7	3.366	12.6	114983	112800	300.7	SK	ラジ	
171	99.03	30.36	300.0	0.410	3	27.1	1.598	12.3	115286	109400	541.8	SK	ラジ	
173	100.31	30.48	299.7	0.376	2	21.4	2.944	11.3	115459	109400	512.7	SK	ラジ	
177	99.62	30.47	299.9	0.409	3	26.5	2.250	11.8	117501	114600	470.5	K	ラジ	
181	99.82	30.27	300.0	0.407	2	13.1	1.083	11.8	118478	115700	627.0	B	ラジ	
185	100.54	27.00	299.9	0.411	4	34.9	4.143	11.3	120977	120500	402.0	SK	ラジ	
189	99.56	29.31	299.9	0.400	2	12.8	3.500	12.0	121641	116500	616.5	SK	ラジ	
191	97.17	29.23	300.0	0.423	2	24.9	8.3	12.2	121734	118700	702.6	SK	ラジ	
195	100.62	30.41	300.0	0.421	1	6.9	3.845	12.1	122393	118300	662.1	B	ラジ	
197	100.50	30.35	299.9	0.442	4	34.8	1.917	12.1	122875	118500	388.1	SK	ラジ	
199	100.54	30.07	300.0	0.460	4	41.0	2.455	12.1	123473	121300	327.1	SK	ラジ	
201	100.54	30.45	300.4	0.463	1	11.1	1.219	12.6	124569	117600	640.8	SK	ラジ	
203	100.41	30.42	299.8	0.455	5	17.2	2.089	11.5	125839	124100	751.0	SK	ラジ	
205	100.17	30.46	299.9	0.406	2	20.3	1.058	12.0	127481	119700	543.6	SK	ラジ	

チャック部内のSK

引張区間無欠点部
チャック部内のSK

チャック切れ

チャック部内の節

引張区間無欠点部

引張区間無欠点部

試験体 番号	二点測定の平均値		比重	等級 (5:格外) (ラケ全体) (引張区間)	最大集中節径比 % (引張区間)	平均 年輪幅 mm	含水率 %	ヤング率		引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 記号	破壊節の 位置 (トップ or センター)	メモ
	幅 mm	長さ cm						動的 kgf/cm ²	静的 kgf/cm ²				
207	100.24	30.57	0.456	3	28.7	2.794	12.6	128158	116800	555.9	K	トップ	
209	100.50	30.39	0.442	4	34.8	1.367	12.5	128563	123200	310.8	SK	センター	
211	98.93	30.54	0.429	1	11.2	2.000	11.7	129157	123200	563.9	G		
213	100.34	30.37	0.455	5	21.4	3.869	12.6	130976	120400	371.6	SK	センター	
215	100.41	29.37	0.408	1	5.0	1.795	11.5	132380	130600	856.0	B		引張区間無欠点部
217	100.33	29.22	0.425	2	13.1	1.594	11.3	135165	135300	317.5	K	センター	
219	100.55	30.25	0.463	4	41.7	2.136	12.4	135849	130700	627.5	B	センター	チャック部内のSK
223	100.51	30.34	0.441	3	30.6	1.594	12.5	141545	137800	731.6	SK	センター	
227	100.67	30.33	0.459	1	11.8	2.300	12.2	147460	145400	計測不可	破壊せず	センター	
229	100.60	30.29	0.485	2	14.1	1.607	12.2	154141	149700	711.0	B	センター	チャック部内のSK

【スギ縦継ぎラミナ110枚の生データ】

<破壊形態記号と記号『※』の意味>

- FJ: フィンガージョイント部で破壊
- SK: 最大集中節径部で破壊 (引張区間)
- K: SK以外の節で破壊 (引張区間)
- G: 自切れ
- B: その他
- ※: FJが引張区間の最大集中節径部内に含まれるもの

試験体番号	幅 mm	二点測定平均値 厚さ mm	長さ cm	比重	等級 (5: 格外) (ラジ全体) (引張区間) (ラジ全体)	最大集中節径比 % (引張区間)	平均 年輪幅 mm	含水率 %	ヤング率 kgf/cm ² 動的 静的	引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 記号	破壊節の 位置 (ラジ) or セクター	メモ
2	97.82	28.72	294.8	0.361	5	51.4	2.369	11.7	70975	223.5	FJ		※
4	97.32	28.83	294.5	0.378	4	34.1	4.117	12.4	74245	158.7	SK	ラジ	※
6	97.42	25.54	294.8	0.474	5	78.9	2.181	12.4	75524	131.1	SK	ラジ	※
8	96.26	28.22	294.8	0.435	4	41.8	1.577	13.5	75602	169.4	B		引張区間無欠点部
10	95.89	28.77	291.6	0.358	4	38.1	4.542	11.9	76597	263.4	FJ		※
12	94.94	27.25	294.9	0.382	4	40.5	3.833	12.1	79439	209.9	FJ		※
14	94.11	27.25	294.8	0.426	5	121.5	1.064	13.4	80531	260.5	K	ラジ	※
16	94.99	24.63	294.1	0.345	4	33.9	4.325	12.4	79862	184.1	FJ		※
18	97.39	28.71	294.8	0.362	4	48.4	2.639	11.9	79069	145.7	SK	ラジ	※
20	98.16	27.76	294.7	0.372	4	36.5	3.378	12.4	81331	258.4	FJ		※
22	97.48	28.82	294.4	0.380	2	23.4	2.574	11.9	83270	277.0	FJ		※
24	96.21	28.47	294.6	0.372	1	8.0	1.287	12.1	83270	347.3	FJ		※
26	95.06	28.77	294.8	0.340	4	44.4	4.167	12.7	83084	247.0	FJ		※
28	97.90	29.22	294.9	0.373	4	66.9	3.000	11.8	83732	199.7	SK	ラジ	※
30	95.83	28.17	294.7	0.433	5	96.0	2.125	12.7	81716	285.4	FJ		※
32	94.44	29.06	295.1	0.467	5	16.5	3.833	11.8	85401	256.6	FJ		※
34	96.92	27.61	294.5	0.359	2	29.0	4.700	12.3	85446	293.0	FJ		※
36	97.02	28.65	294.9	0.376	3	50.5	3.500	11.8	86013	272.5	SK		※
38	97.12	28.60	294.9	0.403	5	29.1	3.714	12.0	86110	247.7	FJ		※
40	97.06	28.35	294.8	0.344	3	24.5	5.267	12.1	87489	205.8	FJとSK		※
42	96.86	27.78	294.9	0.349	2	47.3	2.530	14.3	85302	310.2	FJ		※
44	98.43	28.31	294.7	0.477	5	71.1	3.357	12.1	85697	237.8	SK		※
46	98.40	28.17	294.8	0.413	5	44.4	3.798	12.4	87647	239.2	FJ		※
50	93.06	28.48	294.9	0.416	5	18.2	3.104	12.6	89512	280.2	FJ		※
52	96.25	27.05	294.7	0.337	5	71.4	3.159	11.8	88750	196.2	SK		※
54	95.26	28.64	294.9	0.416	5	71.8	3.500	12.8	89321	193.3	FJ		※
56	98.08	28.70	294.5	0.415	5	94.9	2.278	12.6	90106	232.7	SK		※
58	96.54	28.91	294.7	0.458	5	53.7	3.857	12.4	89393	216.6	FJ		※
60	98.42	28.25	294.8	0.448	5	47.3	3.286	12.5	90835	233.9	FJとSK		※
62	95.45	28.35	294.7	0.438	4	71.4	4.000	11.8	91649	248.6	SK		※
64	98.13	28.62	294.7	0.436	5	32.0	3.152	12.0	93281	231.6	FJとSK		※
66	94.00	28.33	295.0	0.363	4	33.5	3.548	12.0	92290	331.6	FJとSK		※
68	98.21	28.22	294.8	0.401	5	64.3	3.000	14.0	92951	161.3	FJ		※
70	95.01	23.13	294.9	0.442	5	43.9	1.527	12.3	91436	174.1	SK		※
72	97.13	28.13	295.0	0.429	4	62.1	2.653	13.6	94449	205.1	SK		※
74	96.54	27.47	294.6	0.422	5	25.8	3.750	12.3	93685	255.4	FJ		※
76	97.93	28.03	294.9	0.423	3	61.8	2.323	12.2	99419	249.1	FJ		※
78	93.23	28.89	295.2	0.442	5	56.3	4.67	11.9	96589	253.0	FJ		※
80	97.74	27.45	294.9	0.431	5	53.8	3.843	12.1	95512	229.9	SK		※
82	97.25	27.39	294.9	0.431	5	40.2	4.017	12.1	91780	239.9	FJ		※
84	96.18	28.26	295.0	0.447	4	40.2	3.917	13.7	98991	221.3	SK		※

試験体番号	二点測定平均値		長さ cm	比重	等級 (5: 格外) (クジ全体)	最大集中節径比 % (引張区間) (クジ全体)	平均 年輪幅 mm	含水率 %	ヤング率 kgf/cm ²		引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 記号	破壊節の 位置 (イッパ ON センター)	メモ
	幅 mm	厚さ mm							動的	静的				
86	95.44	28.37	294.8	0.413	2	18.2	1.444	12.2	97365	95400	282.4	FJ		
88	97.38	28.35	294.6	0.435	5	55.7	3.700	12.2	97489	97100	255.5	FJ		
90	95.80	28.65	294.8	0.433	5	66.3	3.917	12.8	99448	99210	243.8	FJとK		
92	97.92	27.24	294.8	0.404	4	33.6	3.417	11.3	98638	97190	243.5	SK		
96	97.48	28.17	294.7	0.425	4	38.2	1.258	13.8	100167	97960	328.9	FJ		
98	96.37	28.63	294.9	0.427	5	40.8	24.0	12.4	102026	95790	207.8	SK		
100	99.18	28.21	294.7	0.448	4	43.6	3.313	12.3	102956	100800	363.3	FJ		
102	96.12	26.68	294.4	0.394	2	23.2	2.528	12.7	105556	104800	265.8	FJ		
104	96.91	27.79	294.8	0.383	5	32.1	2.700	12.0	103977	101400	248.7	FJ		
106	97.16	28.61	295.0	0.452	5	44.1	2.778	12.5	104078	101400	248.7	SK		
108	97.65	27.69	294.8	0.495	5	60.6	1.506	12.7	104137	104500	411.7	SK		
110	97.04	28.21	294.9	0.398	3	14.4	1.208	13.9	105699	103400	351.7	FJ		
114	96.97	28.60	294.7	0.386	2	31.9	4.133	11.4	107202	104500	232.8	FJ		
118	96.91	28.99	295.0	0.458	5	54.8	2.091	12.1	109565	103700	321.6	K		
120	96.61	28.54	294.8	0.421	1	43.7	2.400	13.0	108102	108700	254.8	SK		
122	96.72	27.42	295.1	0.386	4	38.0	2.256	13.9	109145	102300	318.4	FJ		
124	94.26	28.40	295.0	0.432	3	5.2	1.139	13.1	108952	105400	356.3	FJ		
126	99.57	28.71	295.0	0.397	4	28.5	2.150	12.4	108542	102700	304.8	SK		
128	98.70	28.14	294.9	0.491	5	37.4	3.458	11.8	106810	110100	229.2	FJ		
130	97.97	28.72	294.9	0.428	4	51.2	2.000	12.5	109847	105200	319.0	FJ		
132	96.98	25.76	294.9	0.465	5	27.6	2.551	12.8	109527	106400	255.7	FJ		
134	96.25	27.58	294.8	0.370	2	15.5	1.2425	12.0	112425	112300	278.7	FJ		
136	97.60	27.96	294.8	0.473	3	39.8	2.911	13.4	111376	108300	286.2	SK		
138	95.72	28.15	294.8	0.502	3	68.2	3.583	11.7	122562	116500	214.8	SK		
140	96.18	28.46	294.6	0.443	5	26.9	3.771	12.1	113393	112500	291.5	FJ		
142	97.98	28.79	294.6	0.493	5	65.9	2.168	11.9	113201	107000	204.3	SK		
144	97.29	28.79	295.0	0.392	5	15.1	1.843	12.1	111663	112000	284.2	B	初期割れの所	
146	97.81	28.39	294.8	0.411	3	32.1	1.923	12.1	114143	109900	292.3	FJ		
148	97.27	28.43	295.2	0.417	3	28.5	2.291	12.2	113460	112000	383.0	FJ		
150	97.70	28.16	295.0	0.414	5	31.0	2.500	12.1	113933	111600	278.7	FJ		
152	95.57	28.83	294.8	0.480	5	28.1	3.223	13.5	114369	108100	271.2	FJ		
154	97.41	28.72	294.8	0.426	4	36.5	1.673	11.8	115785	115800	337.5	FJ		
156	95.24	22.21	294.7	0.387	4	33.6	3.475	12.0	114749	108400	137.8	FJ		
158	93.99	27.76	294.9	0.465	5	39.0	3.286	12.0	115024	108600	222.0	SK		
160	97.32	26.58	294.8	0.366	2	17.8	2.653	12.1	117032	113800	249.2	FJ		
162	95.78	28.50	295.1	0.447	4	37.8	4.283	12.4	116262	111000	189.6	SK		
164	96.95	28.48	294.9	0.411	3	29.1	3.700	11.9	116878	110100	358.7	FJ		
166	96.59	28.27	294.8	0.416	5	12.8	3.042	11.7	115428	112400	320.4	FJ		
168	97.93	26.57	294.2	0.386	2	38.2	3.042	11.7	117889	113600	357.6	FJ		
170	96.67	28.71	294.9	0.434	2	14.8	3.143	12.6	116508	110200	291.4	FJ		
172	96.98	28.91	295.0	0.412	3	24.6	2.976	12.3	117222	110800	217.4	FJ		
174	97.12	28.92	294.9	0.486	5	62.3	2.472	11.9	121049	118500	260.4	FJ		
176	97.50	28.46	295.1	0.494	5	8.2	1.651	12.0	118666	117500	322.8	FJ		
178	96.04	26.43	294.9	0.408	1	8.2	1.521	11.9	120734	118200	399.7	FJ		
182	95.95	28.88	295.0	0.439	4	39.3	1.772	12.6	123348	119000	319.3	SK		
184	98.00	28.37	294.8	0.493	2	24.5	2.660	12.2	124026	119800	340.3	FJ		
186	92.52	28.51	294.6	0.442	3	30.2	2.660	12.2	124026	116200	298.1	SK		
188	96.55	28.26	295.0	0.464	4	44.2	2.284	12.8	124767	116200	298.1	SK		
190	94.64	23.47	295.0	0.420	5	8.0	3.925	11.9	127710	121600	330.3	FJ		
192	95.92	28.64	294.8	0.502	4	38.9	3.750	11.9	127154	126400	334.9	FJ		

試験体 番号	二点測定平均値			比重	等級 (5: 格外) (ラミ全体)(引張区間)(ラミ全体)(引張区間)	最大集中断径比 %		平均 年輪幅 mm	含水率 %	ヤング率 kgf/cm ²		引張強度 kgf/cm ²	破壊形態 記号	破壊節の 位置 (エッジ or ノック)	メモ
	幅 mm	長さ cm	厚さ mm			ラミ全体	引張区間			動的	静的				
194	97.62	28.63	295.0	0.431	2	20.6	20.6	2.528	12.2	125471	118800	303.6	SK		
196	96.56	28.37	295.0	0.525	5	64.8	43.6	2.400	12.3	126995	127000	328.3	FJ		
198	96.87	27.90	294.8	0.419	5	21.6	6.8	1.150	11.8	124329	117000	385.9	FJ		
200	97.43	28.82	295.0	0.429	5	28.5	11.5	1.771	12.2	126117	124300	304.7	SK		※
202	98.06	28.74	294.7	0.460	2	20.9	20.9	1.833	12.2	129257	123700	292.6	FJ		※
204	97.96	28.13	294.8	0.421	2	18.2	18.2	1.517	12.9	130489	126200	260.2	FJ		※
206	98.16	28.38	292.9	0.471	2	23.3	23.3	2.480	13.0	127592	122200	364.6	FJ		※
208	96.97	28.71	292.8	0.446	3	25.9	6.8	2.417	12.2	131972	129400	312.6	FJ		※
210	97.67	28.78	295.0	0.483	5	41.9	26.9	2.019	12.6	132886	127000	377.0	FJ		※
212	96.15	28.90	295.0	0.485	1	8.4	8.4	1.090	12.1	133329	129500	377.2	FJ		※
214	96.82	26.58	295.0	0.418	1	3.2	0.0	2.291	12.2	136854	129900	329.4	FJ		※
216	96.23	26.51	295.0	0.418	1	9.8	9.8	2.200	11.9	136747	130500	312.9	FJ		※
218	98.53	28.65	294.8	0.430	2	13.4	13.4	1.690	12.1	137691	133000	279.9	FJ		※
220	95.48	27.48	294.8	0.456	2	22.4	22.4	2.050	12.1	144408	134900	298.9	FJ		※
222	96.04	27.93	295.0	0.442	1	6.0	6.0	1.587	11.5	147625	140200	346.2	FJ		※
224	97.88	28.57	295.2	0.514	4	36.8	36.8	1.893	12.2	146373	141200	366.7	FJ		※
226	98.76	28.66	294.9	0.479	5	32.2	3.1	1.962	12.7	150115	147400	323.7	FJ		※
228	95.79	28.16	294.9	0.467	2	13.3	13.3	1.653	13.4	152694	144100	273.0	FJ		※

1 はじめに

スギの有効利用を考えると、大型木造建築物の構造材として、大断面集成材を使用することが考えられる。しかし、現在徳島県には構造用集成材のJAS認定工場はなく、また、県産スギが大断面集成材の材料として適当であることを示す基礎的なデータがほとんどない。県産スギを大断面構造用集成材として利用するための第一歩として、スギの通しラミナおよび縦継ぎラミナの縦引張試験を行い、強度分布および破壊形状を調べた。

今回の試験体の作成にご協力いただきました高木林業（有）、ハマシウセイ（株）に感謝いたします。

2 材料と方法

2.1.1 供試材

供試丸太は、徳島県那賀郡上那賀町産50～80年生スギの3番玉より上で、末口径は18～20cm、長さ4mであった。

2.1.2 ラミナの製造

徳島県那賀郡上那賀町の高木林業（有）で丸太を次の寸法に製材した。

通しラミナ用 128mm×35mm×4m

FJラミナ用 132mm×40mm×4m

これを徳島県林業総合技術センターにおいて、長さ2mに切断し、目標含水率を12%に人工乾燥を行った後、通しラミナはプレーナーで27mm×120mm、FJラミナは34mm×124mmの断面に調整した。

2.1.3 縦継ぎ加工

FJラミナを90cmの長さに2分割し、高知市のハマシウセイ（株）において、2分割したラミナをそのまま用いて縦継ぎ加工を行った。切削にはフィンガー刃長(FL)12mmを使用した。接着剤はレゾルシノール樹脂で刷毛で片面塗布し、エンドプレッシャー60～65kgf/cm²で加圧接合した。フィンガーの形状は次のとおりであった。

先端厚さ0.8mm 底部の幅0.6mm かん合度0.2mm スカーフ傾斜比1/9.2 ピッチ4mm

縦継ぎ加工後、徳島県林業総合技術センターにおいて再度プレーナーをかけ120mm×30mm×180cmに調整した。

最終的な試験体寸法、試験体数は、次のとおりであった。

通しラミナ 120mm×27mm×180cm 145体

FJラミナ 120mm×30mm×180cm 142体

なお、心持材は除外した。

2. 2 試験方法

2. 2. 1 ラミナの材質調査

(1) 比重

引張試験前のラミナの寸法及び質量を測定し、比重を求めた。

(2) 平均年輪幅

引張試験終了後、破壊部分近くから長さ方向2cm程度の平均年輪幅測定用の試片を採取し、年輪数と距離を測定して平均年輪幅を求めた。

(3) 含水率

引張試験終了後、破壊部分近くから長さ方向2cm程度の含水率測定用試片を採取し、全乾法により含水率を求めた。

(4) 集中節径比(断面欠損比)

引張試験時のチャック間50cmにおいて、長さ方向15cm中の節面積比の合計(断面欠損率)を測定した。

(5) 動的ヤング係数(Edf)

人工乾燥終了後、プレーナーをかける前に、ラミナの一方の木口面をハンマーで打撃し、発生した打撃音を他方の木口面付近に設置したマイクロホンを用いて測定した。この打撃音の基本振動周波数とラミナの長さ、密度から動的ヤング係数を算出した。

(6) 重錘载荷試験(Edw)

引張試験前に、スパン150cmにとり、ラミナの広い面の中央部に、初期荷重5kg、次に重錘10kgを載せ、ラミナの中央部のたわみの差から曲げヤング係数を求めた。F Jラミナは、フィンガージョイント部に载荷した。

2. 2. 2 引張試験

ラミナの引張試験は徳島県林業総合技術センターにおいてNET-40型引張保証荷重試験機を用いて行った。ラミナが破壊した時点で得られた最大荷重から引張強度を算出した。

試験条件は次のとおりであった。

チャック間隔 50cm つかみ長さ 片側65cm 試験時間 約1分

3 試験結果

試験結果を表8-1、表8-2に示した。通しラミナとF Jラミナの間に、集中節径比、平均年輪幅、縦振動法による動的ヤング係数、重錘载荷試験による曲げヤング係数にほとんど差は認められなかった。含水率については、断面がF Jラミナの方が人工乾燥時の断面寸法が大きかったことが原因だと思われるが、乾燥が十分でなく平均値で2% F Jラミナが高かった。

表 8 - 1 スギ通しラミナ引張試験結果

通しラミナ 145体

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.320	0.0	1.6	8.0	65.4	65.5	179
平 均	0.432	24.7	3.2	9.6	101.3	98.2	365
最 大	0.556	65.6	7.1	14.4	152.2	147.8	913
標 準 偏 差	0.046	14.6	1.1	1.1	16.8	15.5	109
変動係数 (%)	10.6	59.1	33.3	11.2	16.6	15.8	29.7
危険率5%下限値					73.7	72.7	187

表 8 - 2 スギF J ラミナ引張試験結果

F J ラミナ 142体

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.356	0.0	1.5	8.5	68.8	68.6	123
平 均	0.456	26.2	3.2	11.5	106.2	101.7	287
最 大	0.594	71.7	6.3	23.0	154.1	149.5	464
標 準 偏 差	0.052	14.0	1.0	3.0	18.4	18.6	59
変動係数 (%)	11.4	53.5	31.8	26.3	17.3	18.3	20.7
危険率5%下限値					76.0	71.0	189

3. 1 ラミナの目視等級区分

ラミナの目視等級区分結果を表 8 - 3 に示した。

表 8 - 3 ラミナの目視等級区分結果

等級	集中節径比	通しラミナ	F J ラミナ
1 等	12.5% 以下	31体(21.4%)	21体(14.8%)
2 等	25.0% 以下	43体(29.7%)	47体(33.1%)
3 等	33.3% 以下	30体(20.7%)	32体(22.5%)
4 等	50.0% 以下	33体(22.8%)	37体(26.1%)
等外	50.1% 以上	8体(5.5%)	5体(3.5%)

3. 2 ラミナの機械等級

縦振動法による動的ヤング係数によるラミナの機械等級区分結果を表8-4に示した。

表8-4 ラミナの機械等級区分結果

等級	ヤング係数	通しラミナ	F Jラミナ
1等	95(tf/cm ²)以上	95体(65.5%)	102体(71.8%)
2等	85(tf/cm ²)以上	24体(16.6%)	27体(19.0%)
3等	75(tf/cm ²)以上	18体(12.4%)	11体(7.7%)
等外	75(tf/cm ²)未満	8体(5.5%)	2体(1.4%)

心持材は含まれていないというものの、ヤング係数95tf/cm²以上のものが全体の2/3あり、サンプリングおよび機械等級区分によっては、構造用集成材のラミナとして十分使用可能ではないかと思われる。

3. 3 ラミナの引張破壊試験

通しラミナの引張強度の頻度分布を図8-1に、F Jラミナの引張強度の頻度分布を図8-2に示した。通しラミナの引張強度の平均値は365 kgf/cm²、標準偏差は109kgf/cm²であった。F Jラミナの平均値は287kgf/cm²、標準偏差は59kgf/cm²であった。F Jラミナの上限は400kgf/cm²であり、スギのフィンガージョイントではこの値が限度だと思われる。

目視等級区分ごとの試験結果を表8-5、表8-6、図8-3に示した。機械等級区分ごとの試験結果を表8-7、表8-8、図8-4に示した。目視等級よりも機械等級の方がより効率的に等級区分されていることがわかった。

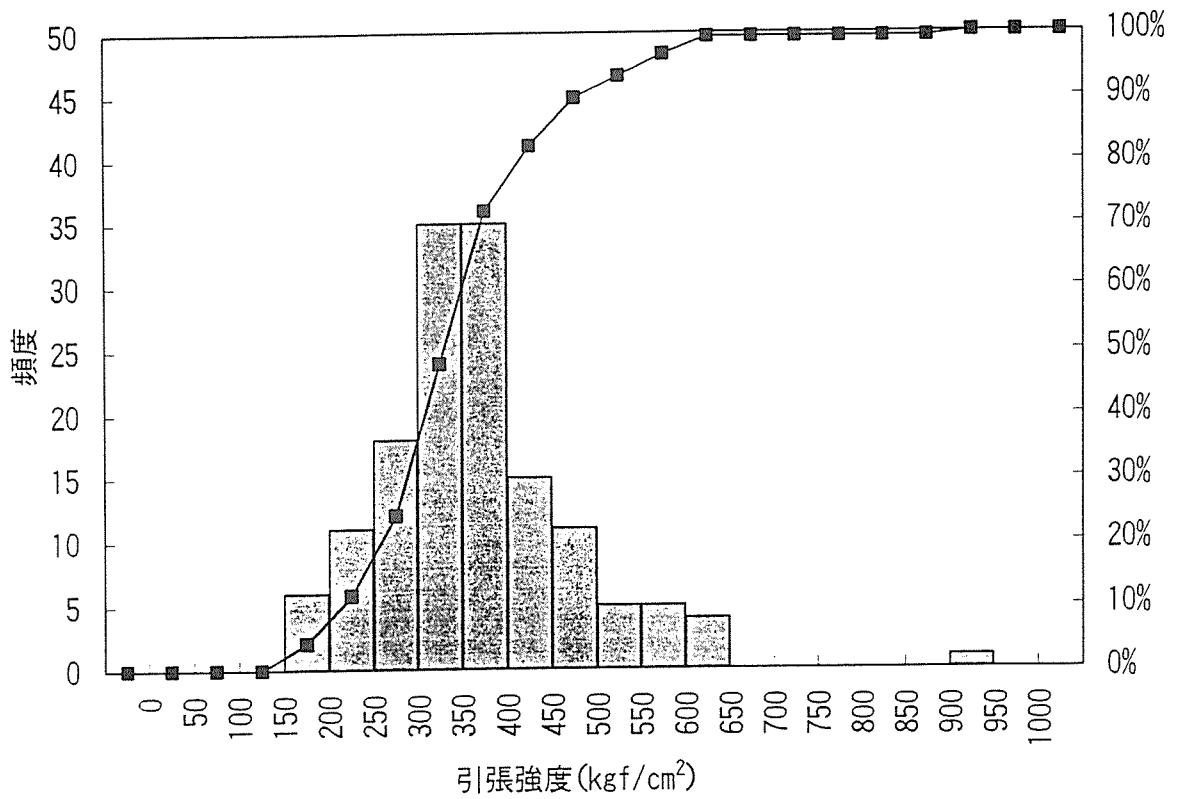


図 8-1 引張強度の頻度分布と累積曲線 (通シラミナ)

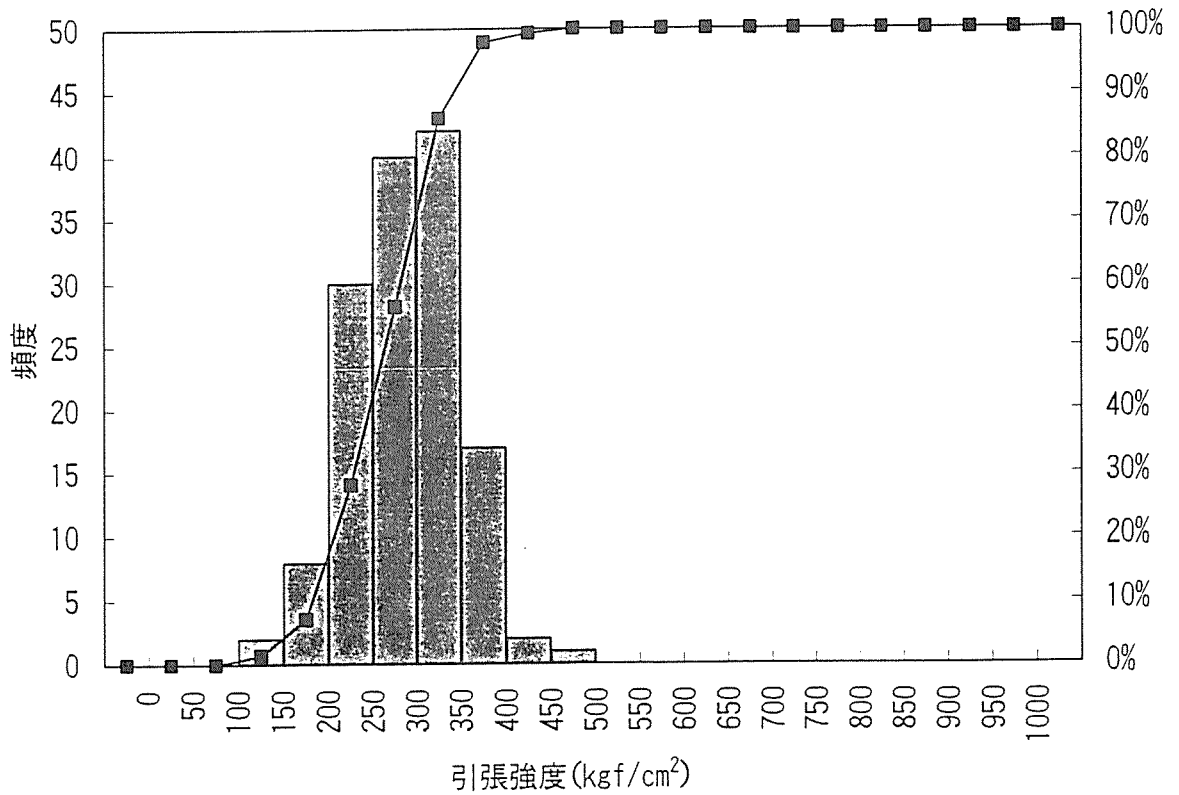


図 8-2 引張強度の頻度分布と累積曲線 (FJラミナ)

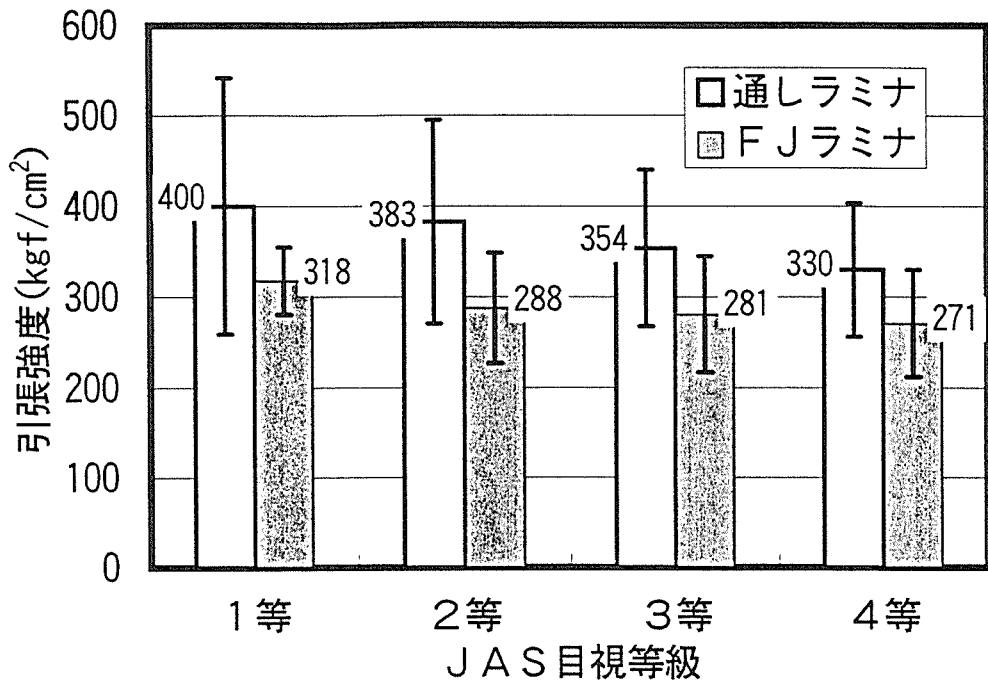


図 8-3 JAS目視等級と引張強度

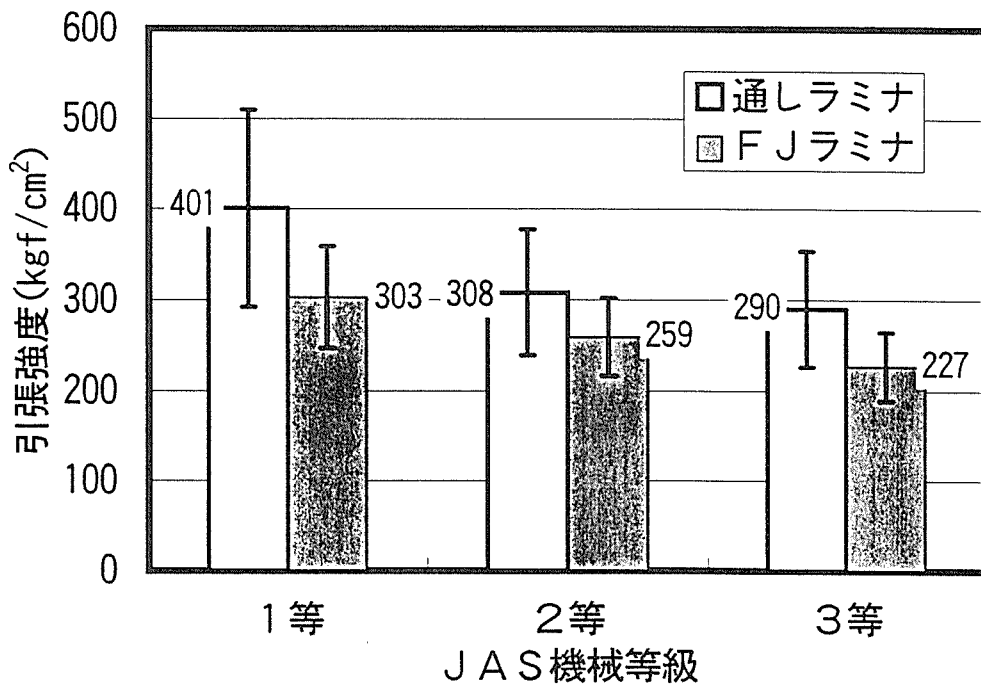


図 8-4 JAS機械等級と引張強度

表 8 - 5 通シラミナの目視等級別の試験結果

通シラミナ 1等 n=31

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.320	0.0	1.6	8.3	65.4	65.5	190
平 均	0.403	5.4	2.8	9.3	100.4	98.2	400
最 大	0.468	12.1	7.1	13.0	152.2	147.8	913
標準偏差	0.038	4.5	1.1	0.9	20.8	19.7	141
変動係数 (%)	9.5	83.9	38.4	9.2	20.7	20.1	35.2
危険率5%下限値					66.2	65.7	168

通シラミナ 2等 n=43

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.331	12.9	1.7	8.1	69.9	69.7	181
平 均	0.420	18.5	3.0	9.6	100.7	97.5	383
最 大	0.516	25.0	5.3	14.4	138.2	127.5	640
標準偏差	0.042	3.5	1.0	1.2	15.3	13.9	112
変動係数 (%)	9.9	18.8	32.8	12.5	15.2	14.3	29.3
危険率5%下限値					75.5	74.6	198

通シラミナ 3等 n=30

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.343	25.8	1.7	8.2	73.0	68.7	206
平 均	0.441	29.5	3.5	9.8	101.6	97.6	354
最 大	0.526	33.3	7.0	12.4	146.5	137.3	574
標準偏差	0.042	2.4	1.2	0.9	17.9	15.8	86
変動係数 (%)	9.6	8.1	32.8	9.6	17.6	16.2	24.4
危険率5%下限値					72.2	71.5	212

通シラミナ 4等 n=33

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.369	33.6	2.3	8.0	66.1	66.7	179
平 均	0.450	38.7	3.4	9.6	101.7	99.0	330
最 大	0.513	49.7	5.9	11.9	124.5	122.0	481
標準偏差	0.034	4.5	0.9	1.0	12.6	12.3	74
変動係数 (%)	7.5	11.5	26.5	10.7	12.4	12.4	22.3
危険率5%下限値					81.0	78.8	209

通シラミナ 等外 n=8

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.444	50.9	2.3	8.5	74.6	75.3	197
平 均	0.496	57.2	3.4	10.2	104.0	102.0	323
最 大	0.556	65.6	4.8	12.6	136.7	129.6	408
標準偏差	0.038	4.8	0.9	1.4	17.3	14.8	69
変動係数 (%)	7.6	8.4	27.6	13.4	16.6	14.5	21.5
危険率5%下限値					75.7	77.6	209

表 8 - 6 F J ラミナの目視等級別の試験結果

F J ラミナ 1等 n=21

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.361	0.0	1.7	9.1	97.1	91.5	243
平 均	0.431	4.6	2.4	9.7	124.4	121.5	318
最 大	0.496	12.1	3.6	11.9	148.0	149.5	367
標準偏差	0.033	5.1	0.5	0.6	15.3	16.8	37
変動係数 (%)	7.5	111.4	21.8	5.9	12.3	13.8	11.5
危険率5%下限値					99.2	93.8	258

F J ラミナ 2等 n=47

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.365	12.5	1.6	8.6	81.2	75.7	167
平 均	0.450	19.8	3.2	11.5	105.2	100.9	288
最 大	0.577	25.0	5.7	22.0	154.1	149.2	464
標準偏差	0.047	3.4	0.9	2.8	16.6	16.8	61
変動係数 (%)	10.4	17.0	28.4	24.7	15.8	16.6	21.0
危険率5%下限値					77.9	73.3	189

F J ラミナ 3等 n=32

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.380	25.0	1.5	8.9	78.6	70.6	153
平 均	0.459	28.5	3.3	11.9	103.0	98.3	282
最 大	0.594	32.9	6.3	23.0	152.9	146.1	391
標準偏差	0.061	2.4	1.0	3.9	14.0	13.4	64
変動係数 (%)	13.4	8.3	30.2	33.1	13.6	13.6	22.6
危険率5%下限値					79.9	76.3	177

F J ラミナ 4等 n=37

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.356	33.4	1.8	8.5	68.8	68.6	123
平 均	0.472	39.5	3.5	12.3	101.4	95.7	271
最 大	0.575	49.2	6.0	19.2	153.7	143.3	381
標準偏差	0.053	4.6	1.1	2.9	19.1	17.7	59
変動係数 (%)	11.2	11.6	31.9	24.0	18.9	18.5	21.9
危険率5%下限値					69.9	66.5	173

F J ラミナ 等外 n=5

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.417	54.8	2.2	10.3	80.8	69.3	219
平 均	0.469	64.4	3.2	11.6	96.1	91.8	282
最 大	0.532	71.7	4.9	13.4	130.5	131.0	323
標準偏差	0.040	6.2	1.0	1.2	18.3	21.4	43
変動係数 (%)	8.5	9.6	29.8	10.0	19.0	23.3	15.3
危険率5%下限値					66.0	56.5	211

表 8 - 7 通しラミナの機械等級別の試験結果

通しラミナ 1等 n=95

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.369	0.0	1.6	8.0	95.0	87.1	222
平 均	0.447	25.8	2.9	9.6	110.4	106.8	401
最 大	0.556	63.1	5.3	12.6	152.2	147.8	913
標準偏差	0.039	14.9	0.8	0.9	12.5	11.1	109
変動係数 (%)	8.8	57.7	28.4	9.6	11.3	10.4	27.2
危険率5%下限値					89.8	88.7	222

通しラミナ 2等 n=24

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.325	0.0	2.1	8.6	85.9	83.0	179
平 均	0.413	24.3	3.4	9.7	90.6	88.4	308
最 大	0.510	65.6	7.0	12.5	94.5	93.2	406
標準偏差	0.042	14.2	1.3	1.1	2.3	2.6	69
変動係数 (%)	10.2	58.6	37.0	11.8	2.5	2.9	22.3
危険率5%下限値					86.9	84.1	195

通しラミナ 3等 n=18

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.320	0.0	2.1	8.2	75.5	72.6	190
平 均	0.397	20.4	3.9	9.9	80.9	78.5	290
最 大	0.446	37.9	7.1	14.4	84.6	83.8	419
標準偏差	0.037	11.2	1.3	1.6	2.8	3.1	64
変動係数 (%)	9.3	55.0	33.1	16.2	3.5	4.0	22.0
危険率5%下限値					76.2	73.3	185

通しラミナ 等外 n= 8

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.330	3.5	1.7	8.1	65.4	65.5	194
平 均	0.381	22.2	3.6	8.9	70.7	70.0	283
最 大	0.465	50.9	5.1	9.7	74.6	75.3	388
標準偏差	0.042	16.7	1.1	0.5	3.2	3.3	71
変動係数 (%)	10.9	75.2	30.2	5.4	4.5	4.7	25.2
危険率5%下限値					65.4	64.6	166

表 8 - 8 F J ラミナの機械等級別の試験結果

F J ラミナ 1 等 n=102

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.361	0.0	1.5	8.8	95.0	86.6	132
平 均	0.462	24.4	2.9	11.6	113.9	109.1	303
最 大	0.594	70.7	5.7	23.0	154.1	149.5	464
標準偏差	0.054	14.1	0.9	3.2	15.9	16.4	56
変動係数 (%)	11.7	57.7	29.6	27.6	13.9	15.1	18.4
危険率 5% 下限値					87.7	82.1	211

F J ラミナ 2 等 n=27

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.365	15.8	2.0	8.6	85.1	78.0	194
平 均	0.444	27.8	3.7	11.4	90.2	86.0	259
最 大	0.532	54.8	5.0	17.8	94.7	93.1	334
標準偏差	0.041	10.3	0.7	2.6	3.1	3.6	43
変動係数 (%)	9.3	37.1	19.6	22.5	3.4	4.2	16.6
危険率 5% 下限値					85.2	80.0	188

F J ラミナ 3 等 n=11

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.383	17.6	2.2	8.7	77.6	69.3	160
平 均	0.431	36.6	4.4	11.6	81.2	76.9	227
最 大	0.499	71.7	6.3	16.2	84.0	83.1	276
標準偏差	0.035	16.3	1.2	2.6	2.0	4.1	38
変動係数 (%)	8.2	44.5	27.5	22.2	2.5	5.3	16.7
危険率 5% 下限値					77.9	70.2	165

F J ラミナ 等外 n=2

	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
最 小	0.356	39.7	5.0	8.5	68.8	68.6	123
平 均	0.407	39.8	5.5	11.4	71.8	69.7	165
最 大	0.458	39.8	6.0	14.2	74.8	70.8	208
標準偏差	0.051	0.0	0.5	2.8	3.0	1.1	43
変動係数 (%)	12.5	0.0	9.1	25.0	4.2	1.6	25.7
危険率 5% 下限値					66.8	67.9	95

3. 4 接合効率

接合効率を（F J ラミナの引張強度の平均値）／（通しラミナの引張強度の平均値）×100とすると79%であった。

3. 5 引張破壊の形態

通しラミナの場合、54体（37.2%）がチャック部分の影響が見られた。今回使用した試験機のチャックは金属が試験体にくい込むので、チャック部分の改良が必要であろう。節のみが破壊の原因と見られたものは84体（57.9%）であった。

F J ラミナでは、フィンガージョイント部に関係した破壊が124体（87.3%）で大部分をしめた。節が原因のものは16体（11.3%）、チャックの影響が見られたのは3体（2.1%）と少なかった。

3. 6 引張強度と諸因子との関係

3. 6. 1 密度

密度と引張強度の関係を図8-5に示した。通しラミナの密度と引張強度の相関係数は、0.196、F J ラミナは0.357であった。

3. 6. 2 集中節径比

集中節径比と引張強度の関係を図8-6に示した。通しラミナの集中節径比と引張強度の相関係数は-0.258、F J ラミナは-0.143であった。

3. 6. 3 平均年輪幅

平均年輪幅と引張強度の関係を図8-7に示した。通しラミナの平均年輪幅と引張強度の相関係数は-0.384、F J ラミナは-0.434であった。

3. 6. 4 含水率

含水率と引張強度の関係を図8-8に示した。通しラミナの含水率と引張強度の相関係数は0.03、F J ラミナは0.041であった。含水率の範囲が狭かったため引張強度との関係が認められなかったと思われる。F J ラミナの中で含水率が15%以上のものが18体程度あったが、特に強度の低下は認められなかった。

3. 6. 5 動的ヤング係数

動的ヤング係数と引張強度の関係を図8-9に示した。通しラミナの動的ヤング係数と引張強度の相関係数は0.629、F J ラミナでは0.581であった。

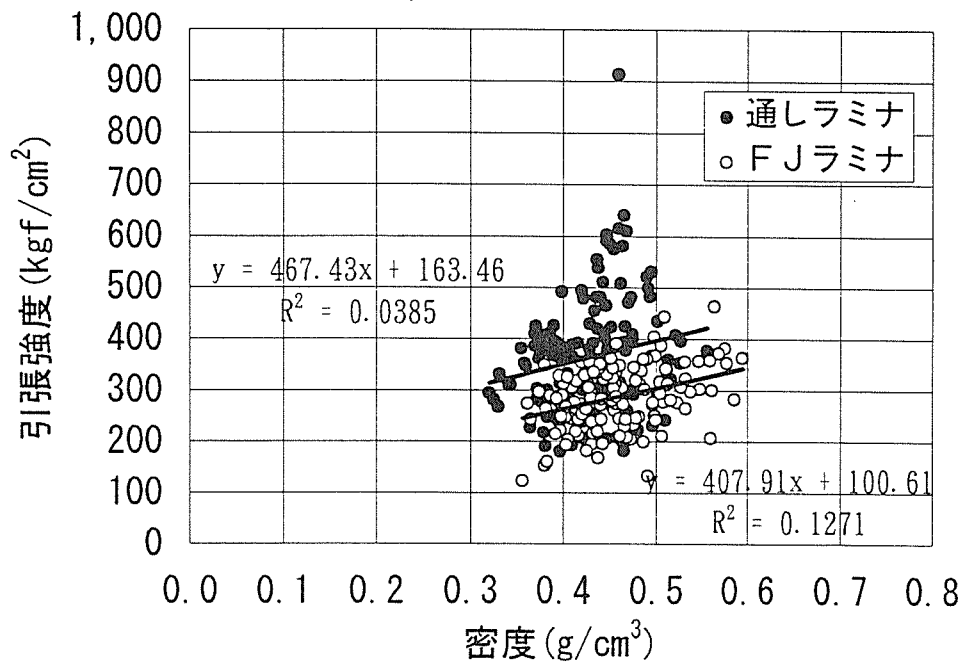


図 8-5 密度と引張強度との関係

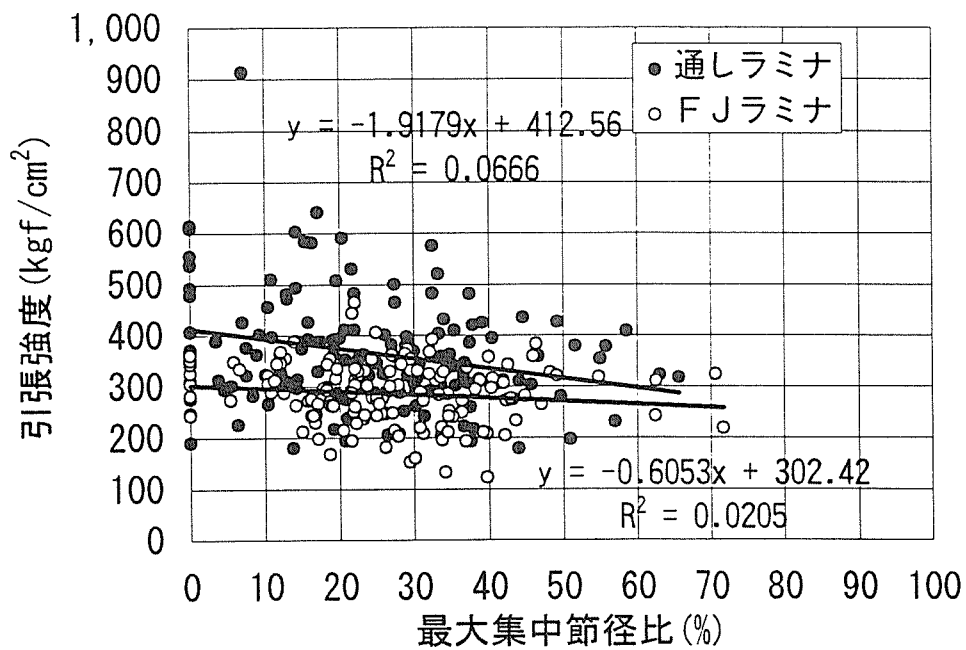


図 8-6 最大集中節径比と引張強度との関係

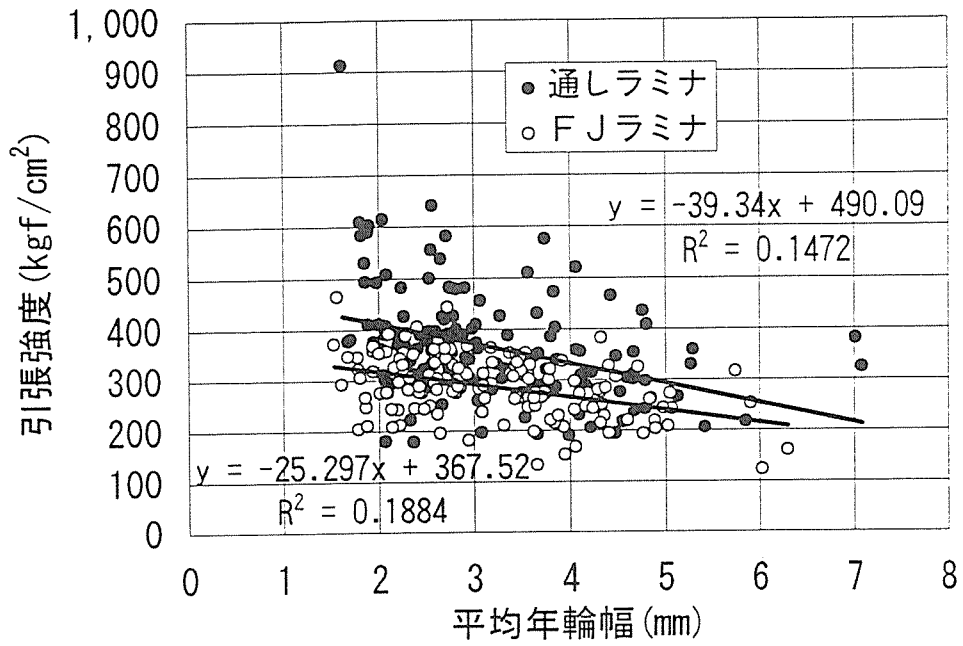


図 8-7 平均年輪幅と引張強度との関係

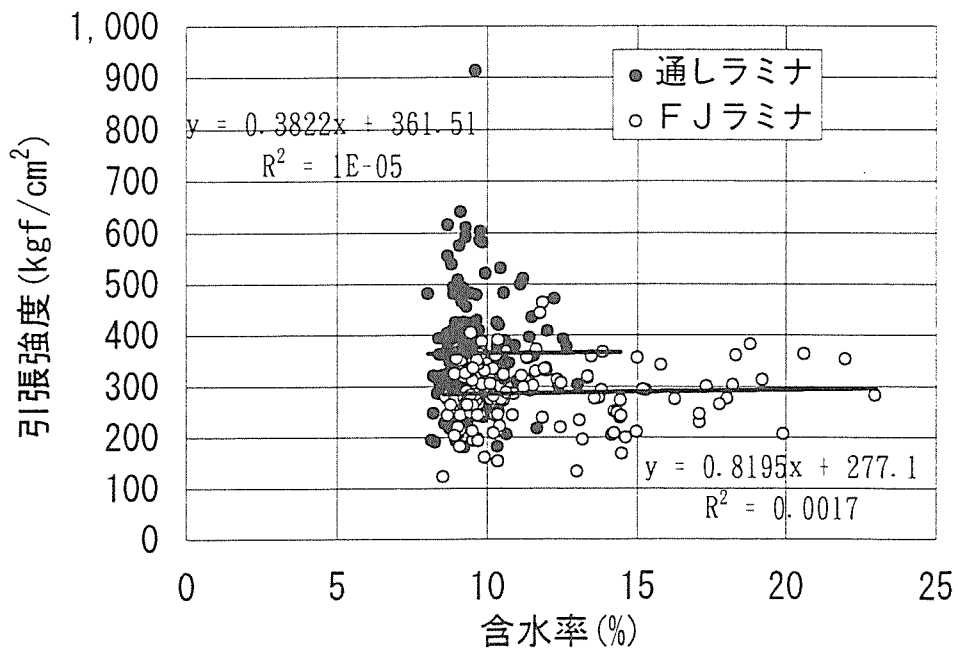


図 8-8 含水率と引張強度との関係

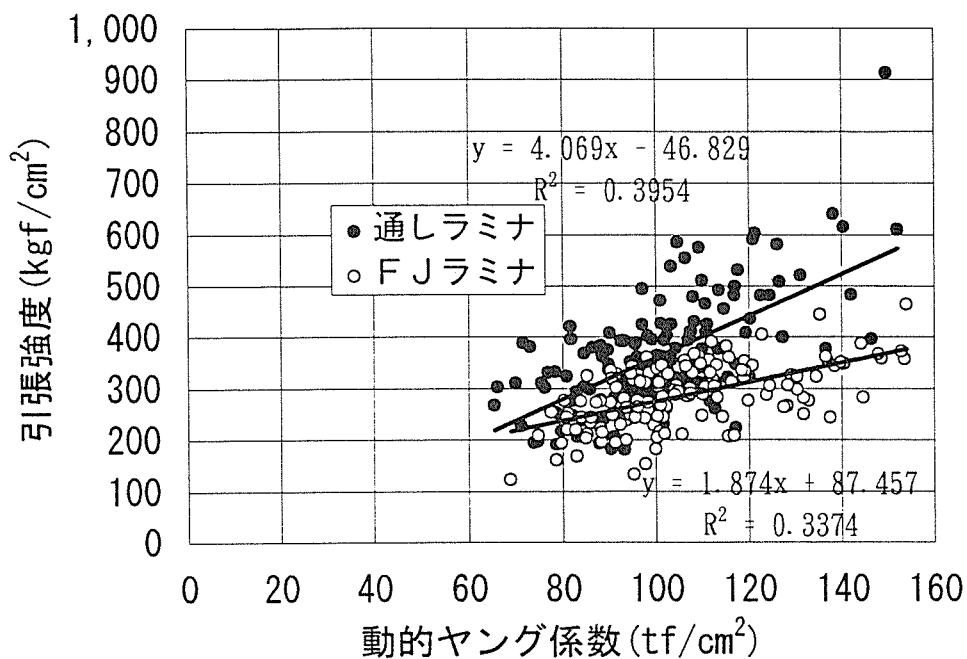


図 8-9 動的ヤング係数と引張強度との関係

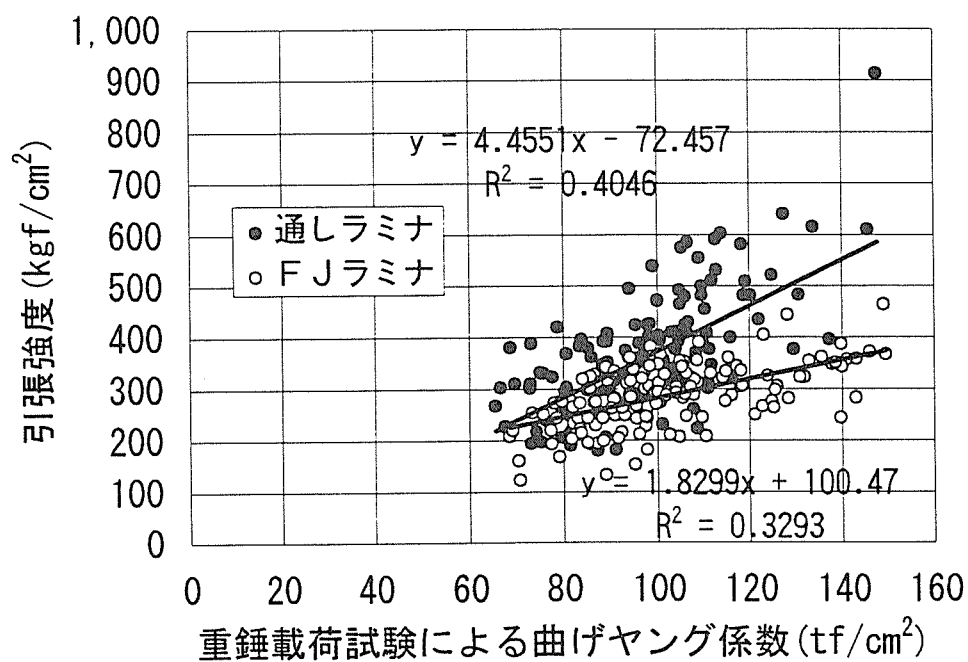


図 8-10 重錘載荷試験による曲げヤング係数と引張強度との関係

3. 6. 6 曲げヤング係数

重錘載荷試験による曲げヤング係数と引張強度の関係を図8-10に示した。通しラミナと引張強度の相関係数は0.636、FJラミナでは0.574であった。

4 まとめ

(1) 徳島県那賀郡上那賀町産の50~80年生、3番玉以上、末口径18~20cmのスギ丸太から断面30mm×120mmの集成材用ラミナを心持ち材を除いて採取したところ、動的ヤング係数95tf/cm²以上のラミナが3分の2得られた。

(2) 通しラミナは主に節から破壊が生じた。今回の試験ではチャック部での破壊が多く見られたので、試験機のチャック部分の改善の余地がある。FJラミナは大多数がフィンガージョイント部の破壊であった。

(3) ラミナの引張強度の平均値は、通しラミナが365kgf/cm²、FJラミナが287kgf/cm²でフィンガージョイントの接合効率は78.6%であった。しかし、FJラミナの引張強度のばらつきは通しラミナと比較すると小さく、引張強度の危険率5%下限値は通しラミナが187kgf/cm²、FJラミナが189でほとんど同じ値を示した。

(4) 通しラミナ、FJラミナの両方とも密度と引張強度、平均年輪幅と引張強度、集中節径比と引張強度の間に、高い相関関係は認められなかった。

(5) 通しラミナの動的ヤング係数と引張強度の相関係数は0.629、重錘載荷による曲げヤング係数と引張強度の相関係数は0.636であり、やや高い相関関係が認められた。FJラミナでは、それぞれ0.581、0.574であり、同様にやや高い相関関係が認められた。

付表8-1-1 通しラミナ試験結果

No	JAS 等級 (等)	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	破壊形態
N001	2	0.516	23.9	2.5	10.4	115.4	115.9	322	K, XK
N002	3	0.454	32.5	3.7	9.1	109.2	105.4	574	XK
N003	4	0.474	35.4	3.0	8.8	110.8	106.6	409	K
N004	3	0.444	33.3	3.9	8.6	102.4	100.4	403	XK
N005	2	0.405	23.7	3.2	9.6	78.3	75.1	331	XK
N006	1	0.410	3.5	2.4	9.3	71.5	73.1	388	X
N007	3	0.491	27.4	2.5	11.1	116.9	109.7	499	XK, K
N008	2	0.495	21.7	1.9	10.4	117.6	112.8	530	X
N009	1	0.401	7.5	1.9	9.3	113.3	103.9	376	K
N010	1	0.399	0.0	2.0	9.2	113.4	104.9	492	G
N011	2	0.449	22.6	2.8	11.3	103.3	95.4	354	K
N012	2	0.443	14.4	2.5	10.6	103.5	101.6	314	X, K
N013	3	0.476	32.1	2.8	11.4	95.0	87.1	291	XK
N014	4	0.481	34.4	2.7	11.9	89.9	88.1	335	K
N015	3	0.355	27.0	1.7	9.2	73.0	68.7	381	X, G
N016	1	0.409	11.7	2.1	8.9	76.3	72.8	300	XK
N017	3	0.389	30.0	2.3	9.1	84.6	80.6	368	XK
N018	1	0.390	10.9	2.6	9.3	81.9	83.8	396	XK
N019	2	0.373	23.2	2.4	9.8	88.4	85.9	362	K
N020	2	0.464	16.3	2.7	9.8	126.2	118.4	581	K
N021	4	0.481	36.7	2.3	9.1	117.1	108.7	222	K
N022	3	0.447	26.5	5.4	10.6	91.0	88.9	206	K
N023	3	0.446	27.5	4.4	9.1	110.6	105.0	464	X, G
N024	2	0.448	20.8	3.5	8.7	111.6	100.7	275	XK
N025	1	0.434	10.4	3.1	9.3	114.5	110.3	455	K
N026	1	0.438	0.0	2.0	9.3	109.2	111.1	311	XK
N027	3	0.428	29.0	7.0	10.9	86.4	85.3	379	K
N028	2	0.443	14.3	4.8	8.9	85.9	85.0	297	X
N029	1	0.440	10.0	7.1	10.4	80.9	77.7	323	K
N030	3	0.427	33.3	4.1	9.1	107.5	101.4	356	XK, K
N031	4	0.433	35.4	3.9	8.8	109.3	102.4	339	K
N032	2	0.429	19.1	2.6	9.4	95.9	93.9	360	K
N033	2	0.432	19.2	2.7	8.8	93.3	89.2	391	XK
N034	4	0.423	33.6	4.2	9.0	83.2	79.8	205	K
N035	4	0.433	37.9	5.9	11.6	79.6	74.2	217	K
N036	3	0.400	29.3	2.8	9.3	88.2	83.4	383	G
N037	1	0.398	7.5	2.3	8.6	90.5	89.3	322	XK
N038	4	0.476	35.6	3.0	9.3	112.7	111.1	301	K
N039	4	0.469	37.6	3.0	9.5	112.6	107.9	260	K
N040	4	0.483	44.1	4.7	11.0	110.7	105.3	310	XK
N041	4	0.439	33.7	2.6	9.5	98.2	95.8	358	K
N042	2	0.430	24.6	2.5	9.2	98.7	98.2	288	K
N043	4	0.467	49.2	3.3	10.3	103.4	98.0	424	G
N044	2	0.470	12.9	3.8	12.2	101.0	100.0	471	XK
N045	4	0.429	34.0	3.7	9.6	108.2	106.7	430	K
N046	1	0.423	12.1	3.4	9.3	106.7	104.0	327	XK, K
N047	4	0.432	34.8	3.0	8.4	100.9	98.5	361	K
N048	4	0.446	49.7	3.1	9.4	96.2	95.8	279	K
N049	3	0.454	26.4	3.7	9.3	95.4	94.0	288	G
N050	4	0.461	38.8	4.2	8.9	93.6	90.8	314	K
N051	3	0.461	28.1	4.2	8.8	106.3	101.1	287	K
N052	2	0.450	19.7	3.9	8.3	107.2	101.5	286	K
N053	2	0.420	14.1	1.9	8.9	97.1	94.0	493	K

付表8-1-2 通シラミナ試験結果

No	J A S 等級 (等)	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	破壊形態
N054	2	0.416	19.6	2.1	12.5	92.4	88.5	391	K, X
N055	1	0.446	5.5	2.7	13.0	84.5	80.7	302	K
N056	1	0.372	8.3	2.3	9.0	91.2	89.4	282	XK
N057	1	0.380	0.0	2.1	8.8	90.1	89.4	406	XK
N058	1	0.364	6.4	3.5	8.6	71.2	67.6	226	K
N059	1	0.381	0.0	4.0	8.3	78.7	81.5	190	K
N060	4	0.372	45.7	4.6	8.7	66.1	66.7	303	XK
N061	2	0.409	20.8	4.5	8.1	73.9	73.1	194	K
N062	2	0.447	14.2	1.9	9.8	121.4	113.9	603	K
N063	2	0.462	19.6	2.1	9.0	126.5	119.1	507	K
N064	4	0.451	39.1	2.7	9.4	97.1	95.3	424	K
N065	5	0.444	65.6	2.3	8.8	90.7	89.7	316	K
N066	4	0.436	41.9	2.4	9.0	112.9	107.5	311	K
N067	4	0.436	37.9	2.3	8.7	103.9	107.8	302	K
N068	4	0.437	37.1	3.5	11.3	102.8	97.9	306	K
N069	3	0.437	30.4	3.4	9.5	104.9	104.5	316	K
N070	4	0.436	36.8	3.6	9.8	117.0	111.8	346	K
N071	3	0.441	29.2	3.3	9.5	120.1	116.2	322	K
N072	4	0.455	36.3	2.3	9.3	108.7	103.7	338	K
N073	4	0.465	40.5	2.5	8.9	99.1	100.6	394	K
N074	2	0.465	13.7	2.1	10.3	90.3	91.1	181	XB
N075	3	0.472	30.2	2.1	9.7	97.0	94.4	293	XK
N076	3	0.453	30.8	2.9	10.7	97.1	97.3	345	K
N077	2	0.448	14.1	2.9	10.6	112.1	110.0	389	K
N078	1	0.442	10.8	3.6	11.2	110.0	111.8	510	K
N079	5	0.447	51.6	2.5	10.3	104.3	104.0	378	XK
N080	2	0.465	17.1	2.6	9.1	138.2	127.5	640	K
N081	1	0.460	0.0	2.0	8.7	140.4	134.0	614	K
N082	3	0.457	30.2	4.9	9.3	102.3	97.5	262	K
N083	4	0.478	36.6	3.8	8.2	104.4	104.5	320	K
N084	3	0.474	26.1	2.8	9.7	127.2	115.8	400	K
N085	4	0.473	37.4	2.9	8.0	124.5	120.3	481	K
N086	3	0.494	32.5	2.2	10.6	142.1	130.8	482	K
N087	3	0.526	29.1	2.5	11.4	146.5	137.3	396	K
N088	3	0.490	33.3	4.1	9.9	131.1	124.9	520	K, XK
N089	5	0.521	58.5	4.8	12.0	119.2	110.8	408	XK
N090	4	0.502	44.6	4.8	11.5	120.2	122.0	434	K
N091	5	0.556	55.8	2.7	12.6	136.7	129.6	377	K
N092	1	0.320	4.6	3.6	9.4	82.9	80.3	294	B
N093	1	0.325	0.0	3.2	9.4	91.6	91.0	281	X
N094	1	0.330	10.4	5.1	8.8	65.4	65.5	266	XK
N095	2	0.331	17.1	5.3	8.9	76.9	75.8	329	X
N096	2	0.341	12.9	4.1	8.4	69.9	69.7	310	X
N097	3	0.343	29.9	4.1	8.7	75.5	73.0	310	K
N098	1	0.422	0.0	2.8	9.6	108.0	106.1	478	G
N099	2	0.446	20.4	1.9	9.3	120.9	112.7	590	X
N100	1	0.438	0.0	2.7	8.8	103.3	99.2	538	X
N101	2	0.435	22.0	2.7	8.9	116.8	109.7	481	X, K
N102	1	0.437	0.0	2.5	8.7	106.3	109.1	555	XK
N103	2	0.450	15.4	1.8	9.7	104.7	106.6	584	X, K
N104	2	0.467	15.0	1.7	9.6	110.0	111.4	377	XK
N105	3	0.401	25.8	2.7	9.6	90.8	92.8	324	K, XK
N106	3	0.411	27.0	1.9	9.2	100.3	99.1	364	K

付表8-1-3 通シラミナ試験結果

No	J A S 等級 (等)	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	破壊形態
N107	2	0.387	15.0	3.0	8.7	89.6	93.2	373	X
N108	2	0.386	17.4	3.4	8.7	95.7	96.1	388	XK
N109	4	0.512	34.4	2.9	9.6	106.4	104.8	340	K
N110	5	0.516	63.1	2.9	8.5	106.6	107.5	321	K
N111	3	0.510	31.4	4.8	9.7	92.5	87.0	242	K
N112	5	0.526	55.0	4.7	10.5	98.5	97.6	353	K
N113	4	0.513	46.7	5.3	11.6	98.1	96.4	358	XK
N114	5	0.496	56.9	4.1	9.3	101.7	101.1	231	K
N115	5	0.465	50.9	3.1	9.7	74.6	75.3	197	K
N116	3	0.432	28.7	2.7	10.0	78.7	79.7	252	K
N117	4	0.437	37.9	2.7	10.4	81.7	78.7	419	XK
N118	1	0.375	0.0	2.2	9.5	109.6	108.5	370	K
N119	2	0.385	22.0	2.0	8.9	107.6	104.1	410	K
N120	4	0.369	37.5	3.8	9.4	95.6	97.4	385	X
N121	2	0.383	18.2	3.1	9.0	98.4	99.0	299	XK
N122	2	0.358	20.8	3.7	9.2	94.5	89.4	351	X
N123	2	0.360	25.0	4.5	8.7	89.9	88.4	346	X
N124	2	0.369	20.7	1.9	9.7	107.4	103.1	409	K
N125	1	0.370	7.0	2.3	8.9	111.0	106.1	425	K
N126	2	0.440	12.9	2.7	9.5	122.6	118.8	481	K
N127	4	0.438	33.6	3.3	9.4	111.2	108.5	303	K
N128	3	0.421	33.2	4.7	12.4	94.3	89.7	300	K
N129	3	0.400	27.4	4.1	10.0	98.5	94.8	358	XK
N130	1	0.460	7.1	1.6	9.6	149.8	147.8	913	X
N131	1	0.468	0.0	1.8	9.3	152.2	145.7	609	K
N132	1	0.395	12.0	2.2	8.8	103.1	96.8	363	K
N133	1	0.396	3.8	2.7	9.1	106.2	103.4	313	G
N134	2	0.377	18.7	4.5	10.3	82.3	79.5	275	X, G
N135	2	0.420	21.6	4.7	14.4	84.5	76.4	238	K
N136	2	0.378	19.3	4.6	8.7	82.7	81.7	217	K
N137	2	0.394	21.0	4.1	9.9	88.7	83.0	239	K
N138	1	0.378	9.2	3.0	9.3	98.2	98.1	401	X
N139	2	0.375	15.8	2.3	8.4	101.9	98.9	393	K
N140	2	0.393	20.0	2.2	9.2	106.9	104.7	393	K
N141	1	0.397	8.9	2.0	9.4	101.7	100.2	362	K
N142	2	0.389	15.8	2.8	9.2	101.1	98.5	425	K
N143	4	0.397	44.0	2.4	9.2	93.3	87.3	179	K
N144	3	0.383	26.2	4.3	8.2	82.1	81.5	247	K
N145	4	0.410	37.6	3.7	9.0	87.9	85.7	192	K
n		145	145	145	145	145	145	145	
min		0.320	0.0	1.6	8.0	65.4	65.5	179	
mean		0.432	24.7	3.2	9.6	101.3	98.2	365	
max		0.556	65.6	7.1	14.4	152.2	147.8	913	
S. D.		0.046	14.6	1.1	1.1	16.8	15.5	109	
C. V.		10.6	59.1	33.3	11.2	16.6	15.8	29.7	
5%ile						73.7	72.7	187	

破壊形態

K : 節 G : 目切れ XK : チャック内の節 X : 節以外のチャック切れ B : その他

No	J A S 等級 (等)	密度 (g/cm ³)	集中節径比 フィック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	破壊形態
F001	5	0.483	62.5	2.5	11.3	97.4	95.7	311	F, K
F002	2	0.499	21.9	4.3	14.2	81.2	75.7	251	K
F003	2	0.496	15.8	3.8	14.4	90.2	78.0	272	F
F004	4	0.492	34.2	3.7	13.0	95.4	89.1	132	F
F005	2	0.392	16.2	2.8	10.1	94.0	89.4	275	F
F006	2	0.431	23.2	3.1	11.8	93.9	83.8	238	K
F007	2	0.435	17.6	3.7	16.2	84.0	80.8	275	F
F008	3	0.423	26.8	2.8	11.6	98.7	96.4	329	F
F009	4	0.547	40.0	2.1	11.3	153.7	141.2	357	F
F010	2	0.564	22.1	1.6	11.8	154.1	149.2	464	F
F011	3	0.559	28.0	3.9	19.9	115.5	104.9	207	F
F012	2	0.577	24.3	3.4	22.0	119.0	106.0	353	G
F013	4	0.575	46.4	4.3	18.8	115.2	98.6	381	F
F014	3	0.585	25.5	3.1	23.0	113.2	105.7	282	F
F015	4	0.559	46.0	1.9	13.5	148.7	143.3	358	F, K
F016	3	0.568	29.1	1.5	11.6	152.9	146.1	372	F
F017	3	0.547	28.0	2.7	18.2	110.6	104.3	302	F, K
F018	2	0.531	12.8	2.3	15.0	111.4	108.7	355	F
F019	3	0.561	26.8	3.8	17.3	107.2	97.4	300	F
F020	3	0.594	28.8	3.2	20.6	109.3	98.9	363	F
F021	2	0.455	22.1	4.8	9.3	100.9	97.1	261	F
F022	4	0.464	41.2	4.5	9.4	104.4	98.2	305	F
F023	1	0.386	10.8	2.3	9.5	110.0	108.0	289	F
F024	3	0.389	25.4	3.5	9.6	102.4	98.1	264	F
F025	1	0.361	5.4	3.6	9.7	97.1	91.5	274	F
F026	2	0.374	17.9	2.2	9.4	104.0	100.0	296	F
F027	2	0.506	13.9	2.3	9.8	144.4	139.9	387	K
F028	1	0.496	12.1	1.9	9.8	148.0	149.5	367	F
F029	2	0.510	21.7	2.7	11.8	135.3	128.5	443	F
F030	4	0.499	36.4	2.5	10.4	131.7	121.2	249	K
F031	1	0.441	12.1	1.8	9.2	113.1	105.8	345	F
F032	3	0.457	32.4	2.1	10.3	112.0	109.1	391	F
F033	2	0.431	21.7	4.4	9.5	91.4	87.4	194	F
F034	4	0.444	48.3	4.4	10.5	91.6	86.7	327	F
F035	4	0.457	42.3	4.2	10.3	95.2	86.6	273	K
F036	3	0.456	32.9	3.6	11.3	97.8	93.4	312	F
F037	3	0.426	26.2	2.9	9.1	100.0	97.9	181	K
F038	3	0.445	29.6	2.6	9.3	102.8	97.2	331	F
F039	2	0.471	22.2	4.4	9.0	99.6	97.5	228	F
F040	4	0.485	37.2	3.9	9.7	100.2	94.9	337	F
F041	3	0.420	29.6	3.5	9.6	106.3	105.0	353	F
F042	2	0.409	23.3	2.4	9.8	101.7	97.8	244	K
F043	2	0.412	19.5	5.7	10.0	96.4	94.4	315	F, XK
F044	4	0.420	36.4	5.0	10.6	98.4	93.6	272	K
F045	3	0.432	27.4	3.8	10.4	100.8	92.4	215	F
F046	4	0.431	49.2	3.8	11.1	101.7	96.8	320	F
F047	4	0.523	43.2	2.4	18.0	100.7	87.8	275	K
F048	4	0.504	40.6	2.9	13.3	95.2	89.3	316	F, K
F049	3	0.500	32.2	2.9	13.9	108.2	100.7	366	F
F050	2	0.502	21.7	3.2	15.3	105.5	99.5	292	K
F051	4	0.473	42.2	1.8	14.1	100.4	91.6	204	K
F052	2	0.431	18.3	1.6	13.8	105.6	104.3	292	F
F053	4	0.458	39.8	5.0	14.2	74.8	68.6	208	F

No	J A S 等級 (等)	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	破壊形態
F054	2	0.438	18.7	4.1	14.5	83.1	79.1	167	F
F055	5	0.437	71.7	4.9	12.4	81.1	69.3	219	F
F056	2	0.417	15.0	2.2	9.5	102.0	96.2	212	F
F057	1	0.403	0.0	1.9	9.5	109.9	106.4	247	F
F058	2	0.425	17.1	1.9	9.7	128.2	122.9	266	F
F059	1	0.445	10.4	1.8	10.1	134.6	131.9	322	F
F060	3	0.404	25.4	4.3	9.4	96.1	88.6	276	F
F061	4	0.430	34.6	2.9	10.9	106.7	100.9	285	F
F062	2	0.508	24.4	2.8	13.7	88.2	81.5	277	X, F
F063	4	0.476	43.7	2.6	13.1	86.0	82.2	233	F
F064	4	0.497	43.0	2.4	13.6	80.4	79.8	276	F
F065	4	0.511	42.6	2.6	15.8	95.0	89.0	342	F
F066	3	0.491	27.1	2.8	18.3	98.0	94.2	361	F
F067	4	0.532	47.1	3.6	17.8	92.7	82.1	265	F
F068	4	0.512	38.8	3.4	19.2	96.7	87.1	312	F
F069	3	0.380	29.5	4.0	10.3	97.8	95.2	153	F
F070	4	0.398	33.7	3.8	10.4	88.2	83.5	221	F
F071	3	0.383	30.2	6.3	9.9	78.6	70.6	160	F
F072	3	0.410	25.0	2.0	10.5	88.1	86.9	275	F
F073	5	0.417	62.5	2.2	10.3	80.8	78.6	243	F
F074	4	0.442	33.8	2.6	13.2	88.3	85.2	195	F, K
F075	2	0.396	12.5	2.8	10.1	123.8	116.2	288	F
F076	1	0.410	10.4	2.3	9.6	124.5	118.1	305	F
F077	1	0.380	5.8	3.4	9.5	109.6	100.2	348	F
F078	2	0.400	22.1	3.1	12.3	116.3	108.9	312	F
F079	3	0.445	25.8	2.1	9.5	119.8	114.8	276	F
F080	2	0.444	22.6	2.3	9.6	118.8	114.3	322	F
F081	3	0.399	30.9	3.1	9.3	107.5	106.1	289	F
F082	4	0.415	33.6	1.9	9.2	112.3	108.2	317	F
F083	2	0.460	16.2	2.5	10.4	114.3	109.9	244	F
F084	3	0.476	28.3	2.2	10.2	120.7	117.2	343	F
F085	2	0.440	18.8	3.4	9.6	101.0	99.8	270	F
F086	2	0.454	22.1	2.6	9.8	112.5	107.4	303	F
F087	3	0.469	31.3	2.1	10.2	116.8	110.7	208	F
F088	1	0.427	11.2	2.9	9.5	100.7	100.4	311	F
F089	1	0.433	11.6	2.7	10.0	101.2	98.5	344	F
F090	3	0.482	25.7	4.2	14.3	94.5	91.0	248	F
F091	4	0.500	35.2	4.0	14.5	97.7	95.5	241	F
F092	2	0.486	17.2	3.6	14.6	93.7	88.6	199	F
F093	2	0.456	23.4	2.6	12.0	111.8	111.6	330	F
F094	1	0.457	6.6	2.6	11.9	119.1	115.0	334	F
F095	2	0.466	16.7	3.9	17.1	92.5	86.9	229	F
F096	2	0.478	16.9	3.6	17.1	100.5	97.6	245	F
F097	4	0.505	38.2	2.6	15.2	104.8	100.2	293	K, F
F098	4	0.507	39.3	1.9	15.0	105.6	102.8	211	F
F099	2	0.423	22.5	3.6	9.2	94.7	90.7	329	F
F100	2	0.436	22.1	3.2	10.2	90.4	90.8	334	F
F101	2	0.453	25.0	4.3	8.6	93.1	90.8	279	F
F102	3	0.454	32.1	4.7	8.9	85.4	85.8	324	F
F103	3	0.465	31.3	4.1	8.9	87.3	83.5	272	FK
F104	4	0.461	34.5	3.3	9.1	85.2	82.5	210	K
F105	1	0.413	0.0	2.1	9.2	132.9	125.0	276	F
F106	1	0.427	0.0	1.8	10.1	129.1	126.0	305	F

No	J A S 等級 (等)	密度 (g/cm ³)	集中節径比 チャック間 (%)	平均 年輪幅 (mm)	含水率 (%)	Edf (tf/cm ²)	Edw (tf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	破壊形態
F107	4	0.396	33.9	3.4	9.4	102.7	101.6	328	F
F108	3	0.403	25.3	3.7	9.3	101.1	95.6	267	F, K
F109	4	0.393	33.4	4.4	9.6	101.4	94.3	284	F
F110	1	0.405	0.0	2.2	9.3	129.0	123.9	325	F
F111	2	0.429	18.7	2.0	9.0	137.0	132.9	353	F
F112	3	0.447	30.5	2.2	9.9	107.9	106.3	330	F
F113	2	0.457	21.6	2.4	10.6	104.2	102.0	288	XK
F114	5	0.478	54.8	3.5	13.4	90.6	84.2	318	F
F115	2	0.467	25.0	4.2	10.8	95.6	88.5	244	F
F116	2	0.488	23.7	3.6	11.5	91.5	85.6	301	F
F117	2	0.392	20.5	4.3	9.1	88.5	83.8	215	F
F118	3	0.414	30.8	4.6	9.0	82.8	77.4	219	F
F119	3	0.405	27.9	4.9	8.9	85.1	81.8	203	FK
F120	4	0.421	34.7	5.9	8.9	77.6	73.5	253	K
F121	4	0.397	34.6	5.1	8.7	84.0	83.1	243	K
F122	4	0.403	36.9	4.8	9.7	79.8	77.5	193	K
F123	5	0.532	70.7	2.8	10.5	130.5	131.0	323	K
F124	4	0.516	44.9	2.6	10.2	131.7	128.5	281	F
F125	4	0.537	40.4	4.0	11.2	130.4	125.7	297	F
F126	4	0.527	42.0	3.4	12.5	128.3	118.4	307	F
F127	1	0.441	0.0	2.1	9.1	137.6	139.8	243	F
F128	1	0.461	0.0	1.7	9.5	140.6	137.9	347	F
F129	2	0.439	18.4	3.5	9.7	106.4	105.4	343	F
F130	1	0.454	0.0	2.7	9.7	138.5	140.0	343	F
F131	1	0.452	0.0	2.7	9.8	136.6	135.6	361	F
F132	1	0.441	0.0	2.3	9.5	144.7	143.1	282	F
F133	1	0.440	0.0	2.4	9.7	140.0	138.7	351	F
F134	2	0.425	18.8	3.1	8.8	127.6	125.3	263	F
F135	2	0.433	19.6	3.5	9.5	118.4	118.2	335	F
F136	1	0.487	0.0	2.6	10.3	115.7	115.5	360	F
F137	2	0.498	24.9	2.4	9.4	122.9	123.1	404	F
F138	3	0.398	27.2	3.6	9.4	90.6	93.1	248	F
F139	2	0.387	19.2	3.4	9.5	93.7	90.3	262	F
F140	4	0.356	39.7	6.0	8.5	68.8	70.8	123	F
F141	2	0.365	16.5	5.0	9.7	86.1	85.2	243	F
F142	2	0.381	14.2	3.6	9.3	96.2	92.5	263	F
n		142	142	142	142.0	142	142	142	
min		0.356	0.0	1.5	8.5	68.8	68.6	123	
mean		0.456	26.2	3.2	11.5	106.2	101.7	287	
max		0.594	71.7	6.3	23.0	154.1	149.5	464	
S. D.		0.052	14.0	1.0	3.0	18.4	18.6	59	
C. V.		11.4	53.5	31.8	26.3	17.3	18.3	20.7	
5%ile						76.0	71.0	188.8	

破壊形態

K : 節 G : 目切れ XK : チャック内の節 X : 節以外のチャック切れ
F : フィンガー・ジョイント FK : フィンガー・ジョイント部の節 B : その他

長野県林業総合センター
齋藤木材工業株式会社

はじめに

現行の構造用大断面集成材の日本農林規格（JAS）は昭和61年に制定され、その後の一部改正を経て現在に至っている。現行JASではラミナの等級区分は視覚的等級区分が主体となっており、機械的等級区分の規定も設けられているが、その規格ではかなり高い性能が要求されている。

各方面で行われたラミナの試験によって、①集成材の原料となるカラマツ、あるいはスギの様な国産の針葉樹は、いわゆる中目材であり、集中節、あるいは芯持ちの規定により視覚的等級区分では下位にランクされるものが多い。②加えて視覚的等級区分では、強度と結びつけるには限界がある、等のことが明かになってきている。

一方、「特認」が必要とされるような大型構造物に集成材を供給するには、その性能保証のため、ラミナが機械的に強度等級区分されていることが前提になることが多い。

ここで実験に用いたグレーディングマシンMGFS251（飯田工業㈱製）は我が国初の連続走行式グレーディングマシンで、平成4年以来齋藤木材工業㈱ナガト工場で稼働しているものである。

また、若干形式は異なるものの、連続走行式グレーディングマシンが最近になって、我が国のかなりの工場に導入されるようになった。

筆者らは、グレーディングマシンMGFS251導入直後、藤井毅森林総合研究所集成加工研究室長の指導を得て材料試験機のデータと対比することによってその性能を評価するための試験を行ない^{1),2)}、次のような結果を得た。

- ① データの再現性は極めてよい。
- ② グレーディングマシンの測定値（MGE）と材料試験機による曲げヤング係数（E）との間で得られた回帰式の係数で補正することによって、実用的には十分な性能が得られる。

以上の結果を踏まえて、この試験まで約3年間、樹種、材厚ごとに実験で求めた補正係数を機械に入力することによって、ラミナ（全数）の等級区分がなされてきた。

今回の試験では次のことを明かにすることを目的とした。

- ① 樹種ごとに入力している補正係数を一定にできないか。
- ② 材の厚さによって変えている補正係数を、測定時の機械が材に与えるたわみを変えることで一定にできないか。
- ③ 他の連続走行式グレーディングマシンの検定あるいは調整ための一般的な試験方法が提案できないか。
- ④ FFTアナライザを用いた基本振動数測定による動的ヤング係数（Ef）がラミナの等級

区分にどの程度有効か。

試験は長野県林業総合センターと斎藤木材工業㈱が共同して進めたが、試験を実施するにあたって、竹中工務店東京本店小塚裕一氏、同技術研究所林田英俊氏から有益な御助言をいただいた。試験に参加した主な職員は次のとおりである。

長野県林業総合センター：橋爪丈夫、吉田孝久
 斎藤木材工業㈱：斎藤健、田中宏明、村井勇睦、竹内剛

1 連続走行式グレーディングマシンMGFS251について

1.1 MGFS251の構造

図9-1にグレーディングマシン（以下MGFS251）の概念図を示した。

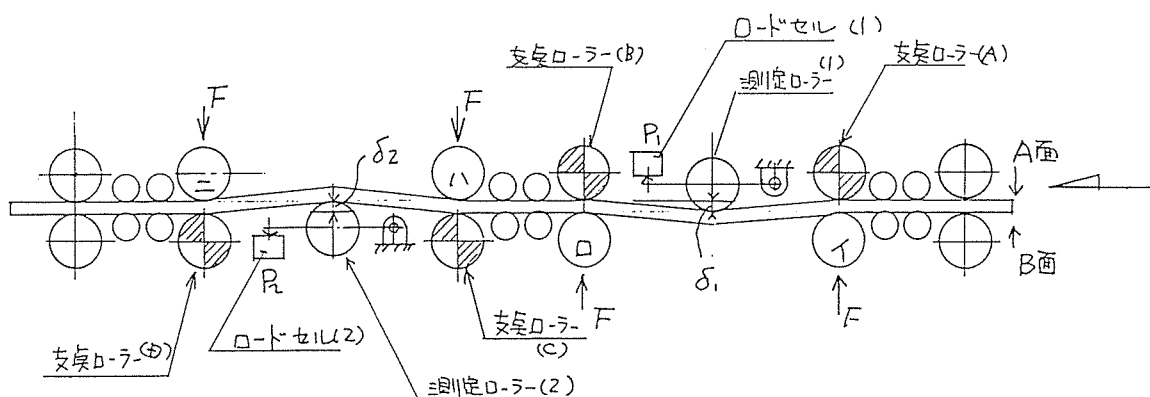


図9-1 グレーディングマシンMGFS251の概念図（飯田工業㈱資料）

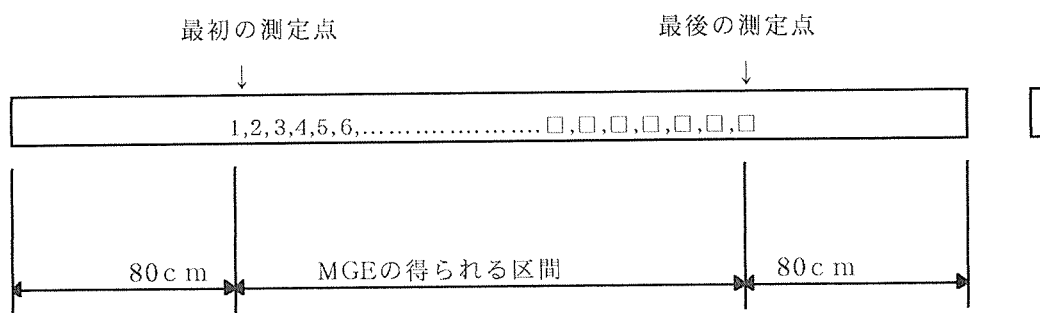


図9-2 MGEの測定点

図9-1に示すようにローラー間をラミナが通過する間に、120 cmのスパンで、第1段階は上面より一定量、第2段階では下面より一定量たわませ、その反力から曲げヤング係数を連続

的に算出するもので、二つの段階の測定値を平均することでラミナのそり等の影響を受けないシステムになっている。

図9-2に示すようにMGEはラミナの端から80cmの位置が測定ローラの位置にきた時点で最初の測定が始まり、5.6cm間隔でMGEを計測し、その平均値(MGEAV)、あるいは最小値(MGELOW)で管理するシステムになっている。主な仕様は表9-1のとおりである。

表9-1 連続走行式グレーディングマシンMGFS251の仕様

区分	仕様
1 測定可能寸法	材厚：15~40mm、幅：80~240mm、長さ：2000mm以上
2 送材速度 *1	40~120m/min、インバータにより可変
3 サンプリグ間隔*2	最短14mm、7mmピッチで任意に設定可能
4 反力の測定	500kgロードセル
5 たわみ量の測定	リニアゲージ
6 所要動力	3.7kW×2、0.4kW×1
7 等級区分の方法	5段階、スプレー着色および自動仕分け

*1：測定は通常120m/min

*2：通常56mmピッチ

1.2 グレーディングマシンの補正係数について

MGEは次の式により算出される。

$$MGE = (K1 \times t^2 + K2) \times \{P / (\delta I)\} \times K3 + K4 \dots \dots \dots (1)$$

ここで、K1~ K4：補正係数、t：材厚 (cm)、P：測定荷重、 δ ：測定変位 (cm)
I：断面2次モーメント

4個の補正係数の役割は次のとおりである。

k1：厚みに対する係数、通常は無視して0

k2：120cmスパンの中央集中の曲げにおいて両端ピンならば36000、両端固定ならば9000、メーカーのシュミレーションにより11457という数字が与えられている。

k3：材料試験機により求めたEとの間で求めた回帰式の係数を入力する。

k4：同様に回帰式の定数を入力する。

2 材料と方法

2.1 材料

秋田県産スギ、長野県産カラマツ、ベイマツの3樹種で、4面モルダ―仕上げ、長さ決めしたものをを用いた。寸法等を次に示した。

- ① 3.2×13.5×303 c m、各樹種12枚計36枚
- ② 2.4×13.5×330 c m、各樹種10枚計30枚
- ③ 1.6×13.5×330 c m、各樹種10枚計30枚

2.2 MGEの測定

係数を $k_1 : 0$ 、 $k_2 : 11457$ 、 $k_3 : 1$ 、 $k_4 : 0$ としてグレーディングマシンMGFS251により測定した。

試験条件を表9-2に示した。

ラミナの厚さ区分ごとに測定ローラーの変位は3条件、測定速度は32mmラミナについては120m/min、60m/minの2条件、他は120m/minの1条件とした。

条件1は曲げヤング係数100tf/cm²の材料であれば、両端固定梁と仮定した場合、曲げ応力は80kgf/cm²、条件2は120kgf/cm²、条件3は160kgf/cm²に相当する。各条件ごとには(厚さ×変位)は一定である。

以下表9-2の条件1、2、3で求めたMGEをMGE1、MGE2、MGE3と表わす。

表9-2 MGEの測定条件

	測定ローラー変位 mm			測定速度 m/min
	条件1	条件2	条件3	
32mmラミナ	3	4.5	6	120、60
24mmラミナ	4	6	8	120
16mmラミナ	6	9	12	120
厚さ×変位 (mm)	96	144	192	

2.3 材料試験機による曲げヤング係数 (E) の測定

曲げ試験機TCM5000 (ミネベア製) を用い、スパン120 c m、中央集中荷重方式で非破壊試験を行った。支持点は1点ピン、1点はローラーである。また、荷重点もローラーとした。

MGEはラミナの端から80 c mの位置を測点1として5.6 c mピッチでMGEが測定されるため、1枚のラミナについて3m材であれば25点の測定値が得られる。測点1、5、9、13、17、21、25に該当する場所をTCM5000の中央に配置し、厚さ別に決めた変位(32mmラミナ:12mm、24mmラミナ:16mm、16mmラミナ:24mm)まで荷重をかけ、その間の荷重と変位を一定間隔で記録した。厚さ別の変位は表-2の条件3を単純梁として計算して得た値である。

この方法は一定荷重まで荷重を加える通常の非破壊曲げ試験の方法とは異なり、一定変位ま

で荷重をかけ、変位に対する荷重から曲げヤング係数を求めた。ただし、試験機が荷重の設定に対して変位を記録するシステムであるため、細かく荷重設定をし、予定した変位に最も近い変位と荷重を採用した。

2.4 基本振動数測定によるヤング係数 (E) の測定

FFTアナライザを用い、重量と打撃による基本振動数から常法により算出した。

3 試験結果

3.1 個々の測定値 (EおよびMGE) での検討

3.1.1 材料試験機により求めたEの決定

通常の曲げ破壊試験では、荷重と変位の関係から比例限を求め、比例限と試験初期の不安定な部分を除いた区間の荷重と変位からEを算出するが、この試験の場合、得られた最終変位近傍とその1/2の変位近傍を変位区間とし、それに対応する荷重から算出したものをEとした。具体的には32mmラミナなら変位12mm近傍と6mm近傍の区間、24mmラミナは16mm近傍と8mm近傍の区間、16mmラミナの場合は24mm近傍と12mm近傍の区間である。

1/2の変位を採用したのは、特にカラマツにおいてねじれが顕著のものがあ、ねじれの影響が初期の変位に明かに現われていたからである。

3.1.2 MGFS251の測定速さの検討

32mmラミナについてスギ、カラマツ、ベイマツ各12枚、計36枚で検討した。1枚から7組のMGEとEが得られるため、データの総数は256である。

スギ、カラマツ、ベイマツの区分はしないでEと各条件別MGE間の相関係数を表9-3に示した。Eとの相関において、120MGE2 (測定速さ120m/min、変位条件2) が相関係数0.974とやや低いものの、それを除けば、測定速さによる差は認められない。また、変位の条件別では変位を最も多くした条件3が若干相関が高そうである。

表9-3 測定速度、変位条件を変えて得たMGE、E間の相関係数一覧 (n=256)

	E	120MGE1	120MGE2	120MGE3	60MGE1	60MGE2	60MGE3
E	1.000						
120MGE1	0.985	1.000					
120MGE2	0.974	0.986	1.000				
120MGE3	0.987	0.997	0.987	1.000			
60MGE1	0.985	0.996	0.985	0.997	1.000		
60MGE2	0.987	0.997	0.987	0.998	0.998	1.000	
60MGE3	0.987	0.997	0.987	0.999	0.997	0.999	1.000

注) MGE1~3: 変位条件1~3を示す。

MGEの前の120、60は測定速さ120m/min、60m/minを示す。

3.1.3 樹種による検討

図9-3~5に厚さ別に、120m/minで測定したMGE3とEの関係を示した。相関係数はいずれも0.98以上であり、

したがって樹種による影響は考慮しなくてよいことを示している。

図9-6にこの回帰式を示した。かなり一致している。

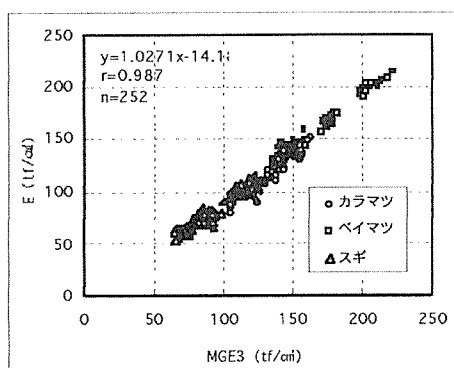


図9-3 MGE3とEの関係 (32mmラミナ)

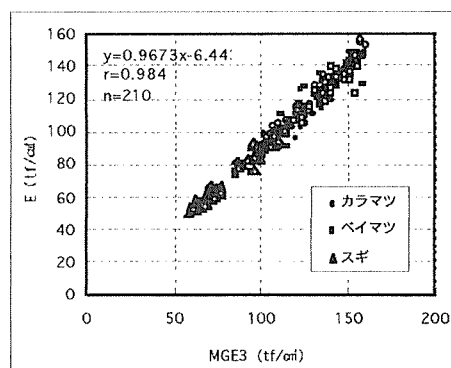


図9-4 MGE3とEの関係 (24mmラミナ)

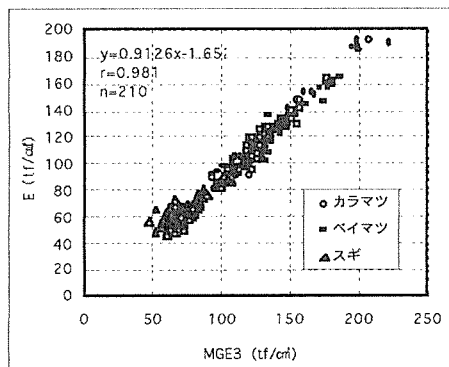


図9-5 MGE3とEの関係 (16mmラミナ)

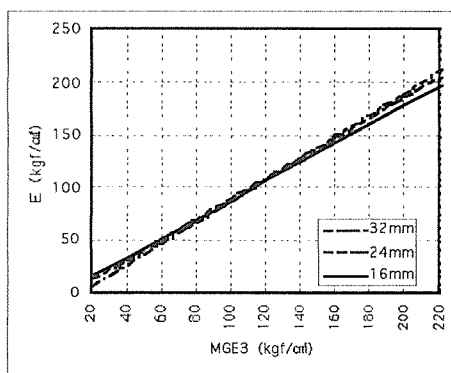


図9-6 材の厚さ別回帰直線

3.1.4 ラミナの厚さ別検討

図9-7にMGE3の全ての測定値とEの関係を示した。ここでも高い関係が得られており、図に示されている回帰式を使えば厚さ別に係数を変えなくてもよさそうである。

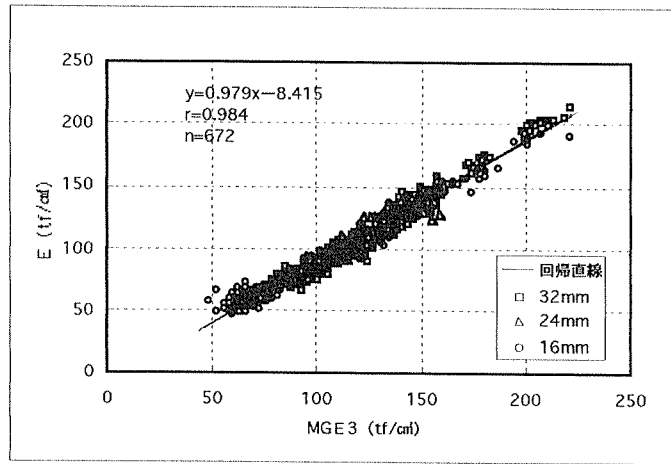


図9-7 MGE3とEとの関係（全試験材）

3.1.5 測定条件（変位）の検討

表9-4、5に24mm、16mmのラミナについて変位の条件別のMGEとEの相関係数を示した。測定速度は120m/minである。

この場合は、変位の大きいほど相関係数が高くなっている。したがって、この試験のなかでは条件3（両端固定と仮定してE100tf/cm²のラミナの場合、曲げ応力160kgf/cm²）が、最も安定していると考えられる。

表9-4 条件別MGE、Eの相関係数(24mm)

	E	MGE1	MGE2	MGE3
E	1.000			
MGE1	0.973	1.000		
MGE2	0.979	0.984	1.000	
MGE3	0.984	0.985	0.991	1.000

MGE1~3：測定変位条件1~3
24mmラミナ、n=210

表9-5 条件別MGE、Eの相関係数（16mm）

	E	MGE1	MGE2	MGE3
E	1.000			
MGE1	0.950	1.000		
MGE2	0.970	0.958	1.000	
MGE3	0.981	0.958	0.976	1.000

MGE1~3：測定変位条件1~3
16mmラミナ、n=210

3.2 ラミナ1枚単位での検討

MGEの1枚ごとの平均値（MGEAV）、Eの平均値（EAV）、基本振動数測定により得られたEfの関係を表9-6に示した。

表9-6 EAV、MGE、Efの間の相関係数 n=96

	EAV	MGE3AV	MGE2AV	MGE1AV	Ef
EAV	1.000				
MGE3AV	0.993	1.000			
MGE2AV	0.990	0.995	1.000		
MGE1AV	0.984	0.989	0.992	1.000	
Ef	0.994	0.994	0.992	0.989	1.000

3.2.1 MGEAVGとEAVの関係

相関係数はMGEの場合よりはあがり、最低でも0.984であり、変位条件3のMGE3AVとの関係が最も高かった。MGE3AVとEAVの関係を図9-8に示した。

3.2.2 EfとEAVの関係

図9-9に示すようにきわめて高い関係にある。試験材はカラマツ、ベイマツ、スギのデータであり、樹種によって回帰式を変えなくてよさそうである。

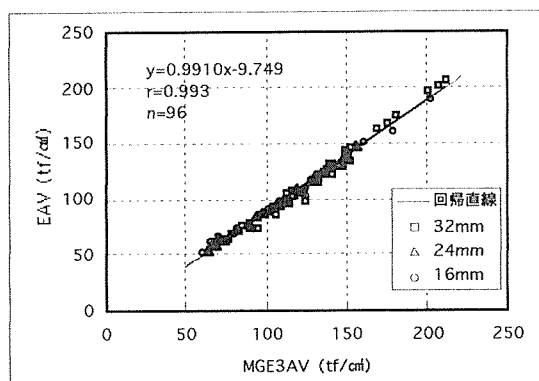


図9-8 MGE3AVGとEAVの関係

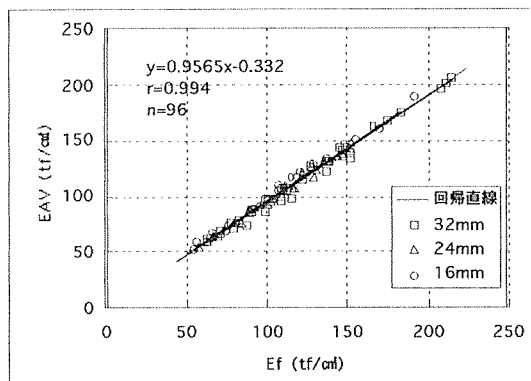


図9-9 EfとEAVの関係

4 試験値からの考察

4.1 グレーディングマシンの曲げヤング係数計測システム

$$MGE = (K_1 \times t^2 + K_2) \times \{P / (\delta I)\} \times K_3 + K_4 \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $K_1 \sim K_4$: 定数、 t : 材厚 (cm)、 P : 測定荷重、 δ : 測定変位 (cm)
 I : 断面2次モーメント

本試験の場合、 $K_1 = 0$ として次のように考えた。

$$MGE = K_2 \times \{P / (\delta I)\} \times K_3 + K_4 \dots \dots \dots (2)$$

MGFS251はスパン120 cmに対して中央集中で変位をあたえている。仮に、図9-10のように両端が自由端でなおかつ静的な条件とすると $K_2 = 36000$ 、 $K_3 = 1$ 、 $K_4 = 0$ となる。

また、両端が完全に固定されているとすると、 $K_2 = 9000$ 、 $K_3 = 1$ 、 $K_4 = 0$ となる。

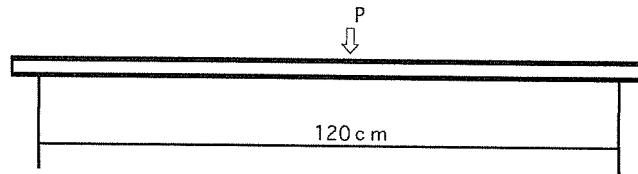


図9-10 中央集中荷重のモデル

4.2 実験値からのK2の算定

4.2.1 厚さ、変位の条件ごとの平均値からの検討

この実験におけるMGEの測定は、 $K_1=0$ 、 $K_2=11457$ 、 $K_3=1$ 、 $K_4=0$ で行っている。したがって、次式により $K_1=0$ とした場合の K_2 の実験値を求めることができる。

$$K_2 = E / (MGE / 11457) \dots \dots \dots (3)$$

個々のデータの厚さ、変位条件別の平均値を表9-7、図9-11に示した。

与える変位が大きいほど、 K_2 の値は大きくなる。このことは、変位が大きいほど、ラミナの固定条件が、完全固定側から若干自由端側にシフトすることを示している。この傾向は、厚さが厚いほうが顕著である。

変位の少ないMGE1では K_2 の値はかなり異なり、厚いほど完全固定側である。また、MGE2でも傾向は同じであるが、その差は小さくなる。MGE3では一部逆転しているがほぼ等しくなった（平均値に対して1%以内）。

表9-7 厚さ別、変位条件別 K_2 の実験値（平均）

ラミナ厚さ	MGE1	MGE2	MGE3
16mm	9868.6	10189.1	10298.6
24mm	9368.7	9910.9	10394.4
32mm	8912.3	9780.6	10382.3
平均	9383.2	9960.2	10358.4

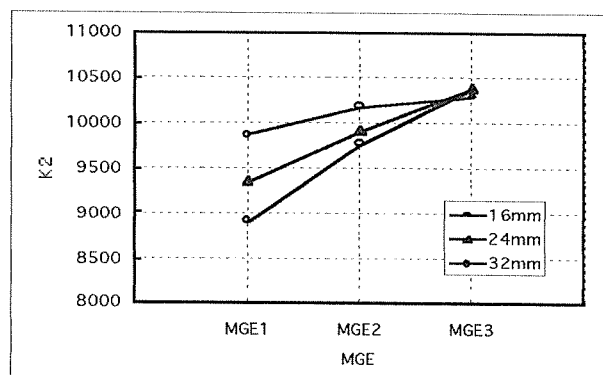


図9-11 厚さ別、変位条件別 K_2 の実験値（平均）

4.2.2 ヤング係数区分による検討

厚さ別にEの40~60tf/cm²（未満）、60~80tf/cm²（未満）と言う具合に、20tf/cm²の区間ごとに、その区間に含まれるEとMGEの平均値を算出した。その関係を図9-12~14に厚さ別に示した。16mmのヤング係数の低いグループで乱れているが次のような傾向がある。

- ① 測定変位が少ないものほどK₂は完全固定側にある。
- ② 24mm、32mm厚においては明らかにヤング係数が低いものほど完全固定側にある。

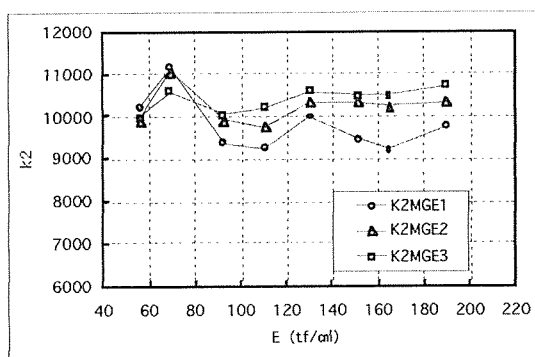


図9-12 ヤング係数区分別K₂の値（16mm）

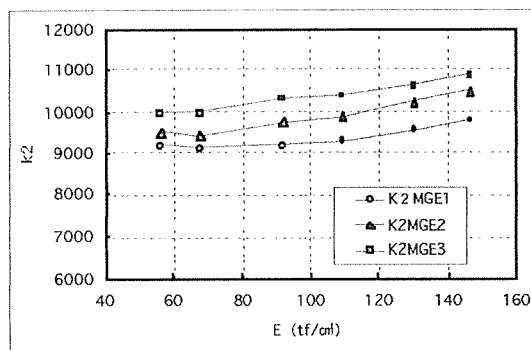


図9-13 ヤング係数区分別K₂の値（24mm）

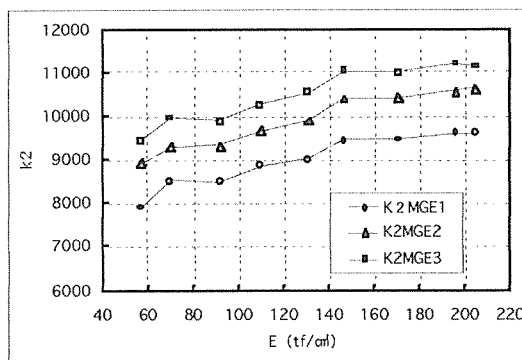


図9-14 ヤング係数区分別K₂の値（32mm）

4.3 実験値から求めたK₂を用いたモデル計算

表-3において、条件3（MGE3）のK₂の値はかなり等しい。そこで条件3についてすべてのラミナを用いてモデル計算を試みる。

K₂=10358.4として得たMGE3とEの関係を図-15に示した。平均値ではEとよく対応しているが、ヤング係数の高いものは低めに、低いものは高めにでている。これは、ヤング係数の高いものは実際のK₂値より低く、またヤング係数の低いものに対しては高いK₂値を与えているからである。

次に、図-15で得られた回帰式を用い、K₃、K₄をさらに与えて補正するとMGE3とEの関係は図-16になる。MGE3とEは絶対値でよく対応している。

この結果はK₂の実測値が条件3の場合かなり等しいからで、たとえば条件1（MGE1）のよ

うな場合、一つのK2値ではここまでの関係は得られない。

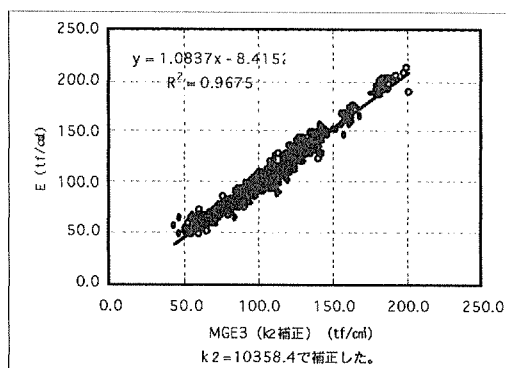


図9-15 K2で補正したMG3とEの関係
(全ラミナ)

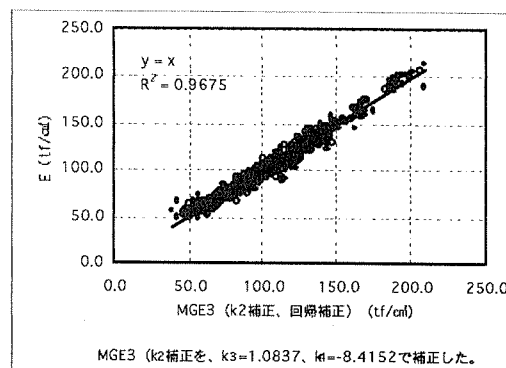


図9-16 K2で補正し、さらにK3、K4で補正したMG3とEの関係 (全ラミナ)

4.4 連続走行式グレーディングマシンの係数調整のための手順

試験結果から厚さにより係数を変えなくてもよいグレーディングマシンの係数調整の手順は次のように考えられる。

- ① ヤング係数がばらつくように数樹種 (本試験では3樹種)、厚さも数種類 (同3種類) のラミナを用意する。ラミナの幅、厚さはモルダー等で、正確に仕上げ、長さ決めも正確に行う。特にねじれ等のないものとする。
- ② $K_1=0$ 、 $K_2=$ (メーカー指定、あるいは両端固定等の理論値でもよい)、 $K_3=1$ 、 $K_4=0$ の状態でMGEを測定する。MGEの測定は両端固定と仮定した場合、標準的な材料で曲げ応力が長期許容応力度付近を最低に、数条件 (本試験では3条件) 設定する。
- ③ MGEの測定位置に合わせ、材料試験機によるEを測定し、MGEとEとの関係から逆算して個々のデータのK2値を求め、厚さごとに平均して、その差が最も少ない条件を探す。(設定した条件では求められない場合、グラフからK2値の厚さ別平均が一致する条件 (厚さ×変位) を読み取り、対応するK2値を決定する。)
- ④ K2が決定したら $K_1=0$ 、 $K_3=1$ 、 $K_4=0$ とした場合のMGE (K2補正) を全ラミナについて計算し、材料試験機によるEとの間で回帰式を求める。
- ⑤ 得られた回帰式の係数をK3、定数をK4とする。

以上の設定ができれば、異なる厚さのラミナにも、{厚さ×変位=一定 (本試験の条件3の場合192)} 式により測定変位を決めることができる。

また、②の条件の中に、K2値が厚さによって変わらない条件があれば、K2はそのままでその条件で得られたMGEとEとの回帰からK3、K4を決めてもよい。

適当な条件が見つからない場合は、一定のK2値に対して厚さごとに、K3、K4を求める必要

がある。

5 まとめ

連続走行式グレーディングマシンMGFS251の曲げヤング係数測定に際して、樹種区分、厚さ区分をなくすことを主な目的として3樹種（カラマツ、ベイマツ、スギ）、厚さ3種類（16、24、32mm）を用いて試験を行った。

測定条件は（厚さ×変位、mm）が96（条件1、両端固定と仮定したとき、 $E=100\text{tf/cm}^2$ の材に対して曲げ応力 80kgf/cm^2 ）、144（条件2、同 120kgf/cm^2 ）、192（条件3、同 160kgf/cm^2 ）の3水準とした。また、常法によりラミナの基本振動数から動的ヤング係数（ E_f ）を求め、 E_f と材料試験機から求めた E との関係について検討した。得られた主な結果は次のとおりである。

- ① 測定速さの検討は、32mmラミナを用いておこなった（120m/min、60m/minの2水準）が、得られた結果に大差なく、120m/minでの測定とした。
- ② 樹種による係数の変更はしなくてよい。
- ③ $K_1=0$ 、 $K_2=11457$ 、 $K_3=1$ 、 $K_4=0$ として測定したMGEでは、変位を大きく与えた条件3が E との相関が最も高く、厚さ別の E との回帰式もきわめて近似していた。
- ④ 得られた測定値から K_2 値を個々のデータについて逆算したところ、厚さ、測定条件別の平均値では与える変位が大きいほど、 K_2 値が、自由端側にシフトすることを示していた。この割合は、厚さによって異なり、条件3の近傍でほぼ一定値となった。
- ⑤ E の区分別に K_2 値を検討したところ、 E の高いグループほど、 K_2 値は自由端側にシフトすることを示していた。
- ⑥ 厚さ別 K_2 値が平均値で一定となる条件（本試験の場合ほぼ条件3）を決めることができれば、（厚さ×変位=一定）の式により、厚さごとの測定変位を定めてやれば、同じ K_3 、 K_4 で測定できる。
- ⑦ MGEのラミナ1枚ごとの平均値（MGEAV）とEAVの関係はきわめて高く、条件3では樹種、厚さによらず、相関係数0.993であった。
- ⑧ E_f とEAVの関係も相関係数0.994であった。したがって動的ヤング係数による区分はラミナ1枚ごとの E の平均値で管理する場合には有効である。

6 写真

次にグレーディングマシンMGFS251の写真を示す。

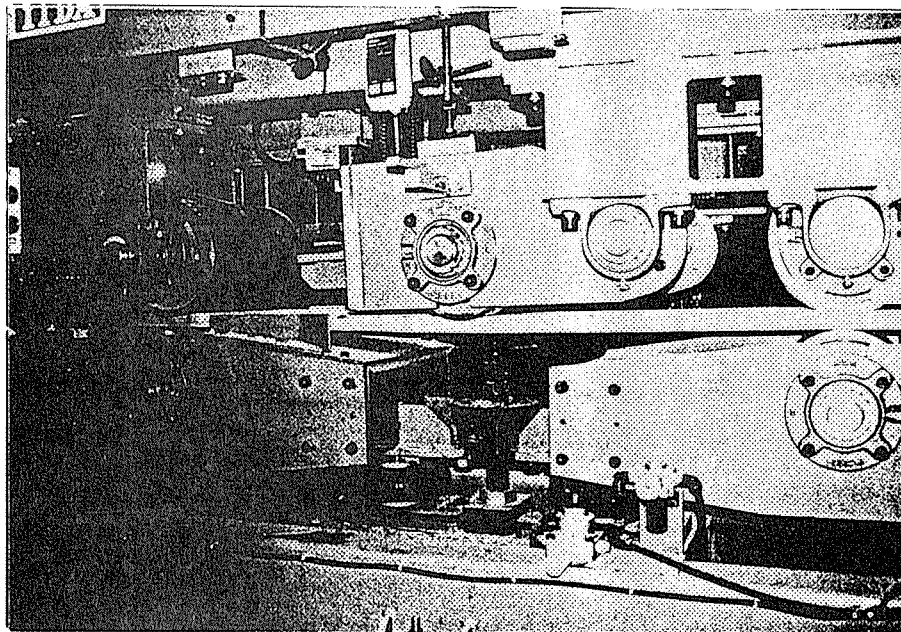


写真 グレーディングマシンMGFS251（上面より一定量の変位を与える部分）

参考文献

- 1) 財団法人日本住宅・木材技術センター：住宅部材安全性能向上事業報告書―集成材の強度性能評価事業―，1―36（平成5年3月）
- 2) 橋爪丈夫他：日本木材学会 中部支部研究発表会 要旨集，32-33（1992.8，富山）

長野県林業総合センター
斎藤木材工業株式会社

はじめに

現行の構造用あるいは構造用大断面集成材の日本農林規格（JAS）は基本的に水平積層で対称構成を前提としている。そのような関係からか、同一等級ラミナで構成した集成材に関するデータは少ない。また、垂直積層集成材としてのデータも同様である。

このような背景の中でグレーディングマシン MGFS251（飯田工業㈱製）により MGELOW（1枚の挽板で測定される曲げヤング係数 MGE のなかでの最低値）で等級区分された MSR 挽板を用い、同一等級挽板で積層数を変え、水平積層集成材、垂直積層集成材を製造し、その性能評価を試みた。すべての集成材はフィンガージョイント（FJ）の影響を受けるような構造とした。

なお、グレーディングマシン MGFS251 については前章「MSR 挽板用グレーディングマシンの実験的考察」に詳しく述べた。

本章の具体的な目的は、次のように設定した。

- (1) 集成材を構成するラミナの等級と集成材の強度性能の比較
- (2) 同等級構成の集成材における積層数と強度性能の関係
- (3) 水平積層集成材と垂直積層集成材の強度性能の比較、FJ 部の影響
- (4) 基本振動数測定による動的ヤング係数（Ef）と曲げ試験におけるヤング係数（MOE）の関係

試験にあたり、森林総合研究所 藤井毅集成加工研究室長、同林知行主任研究官の指導を得た。

試験は長野県林業総合センターと斎藤木材工業㈱が共同して進めた。試験に参加した主な職員は次のとおりである。

長野県林業総合センター：橋爪丈夫、吉田孝久、馬渡栄達
斎藤木材工業株式会社：斎藤健、村井勇睦、竹内剛

1 試験方法

1.1 材料の選定

カラマツ挽板：3.0×17.5×400 cm（公称）を用いた。

厚さ 2.8 cm にプレーナー掛けし、MSR 挽板用グレーディングマシン MGFS-251 を通し、

次のように挽板を等級区分した。

表 10-1 試験に用いた挽板の区分（枚数は予定枚数）

挽板の等級	MGELOW範囲 (tf/cm)	挽板枚数
L60	60~70 未満	300
L70	70~80 未満	300
L100	100~110 未満	300
L110	110~120 未満	300
計		1200

表 10-1 の予定で MGFS251 で等級区分したが、L60 だけは予定枚数を得ることができなかった。また、L80、L90 が抜けているが、試験規模の関係で、MGELOW の低いもの、高いものの各 2 グループ、計 4 水準とした。

1.2 集成材の製造

1.2.1 集成材の種類

ラミナのグループ別に、まったく同じ集成材を製造した。

表 10-2 に L100 グループの場合を例に示した。垂直積層の場合は 1、2、3、5、8 層の 5 種類、水平積層は、それに 12 層を加えて 6 種類とした。1 グループ集成材本数 55 本（積層数 1 の挽板も含める。）合計 220 本を予定したが、L60 のラミナが予定枚数集まらなかったため、8H60、12H60 については 3 本とし、計 216 本を製造した。

表 10-2 集成材の製造本数等（例 L100 グループの場合）

積層数	水平積層集成材			垂直積層集成材		
	集成材本数	長さ (cm)	記号	集成材本数	長さ (cm)	記号
1	5	360	1H100L1~5	5	360	1V100L1~5
2	5	360	2H100L1~5	5	360	2V100L1~5
3	5	360	3H100L1~5	5	360	3V100L1~5
5	5	360	5H100L1~5	5	360	5V100L1~5
8	5	450	8H100L1~5	5	360	8V100L1~5
12	5	650	12H100L1~5	—	—	—
計	30			25		

1.2.2 挽板の縦継ぎ

図 10-1 に示すようにすべてのラミナに対して中心線から 40 cm の位置を横切りして、挽板を復元する形で縦継ぎした。

FJ の状況、接着の状況を表 10-3、4 に示した。

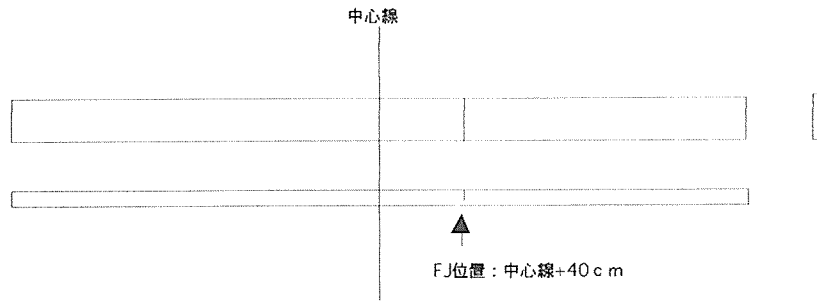


図 10--1 挽板の FJ 位置

表 10--3 縦継ぎの状況

フィンガ-長さ mm	フィンガ-ピッチ mm	先端厚さ mm	フィンガ-低部 幅 mm	スカーフ傾斜比 度
23.0	6	0.95	0.8	5° 17'

表 10--4 縦継ぎにおける接着の状況

接着剤(主剤、硬化剤)	圧縮圧 kgf/	備考
DF-1200, DL200 (大鹿振興)	50	高周波加熱

1.2.3 集成材の製造

FJ ラミナは厚さ 24mm に仕上げ、積層接着した。垂直積層集成材のすべて、水平積層集成材の 5 層までについては図 10--2 のようにレンガ状に配置した。

水平積層集成材の 8 層、12 層については図 10--1 の挽板を用いて通常の方法で作成した。最外層の中心付近には必ず FJ 部を配置した。

同等級の挽板であるので組み合わせ、視覚的な配慮は一際しなかった。

製造した集成材は、挽板幅 15 c m に仕上げた。

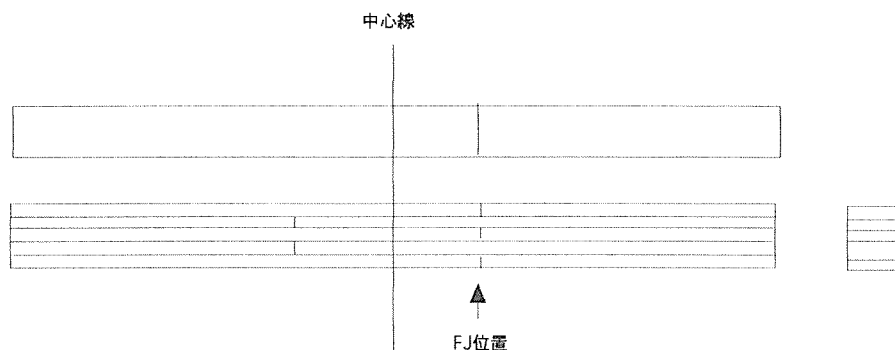


図 10--2 集成材の構造

1.3 集成材の動的ヤング係数 (E_f) の測定

FFT アナライザにより基本振動数を打撃法により測定し、比重との関係から算出した。

1.4 曲げ破壊試験

1.4.1 垂直積層集成材の曲げ試験

図 10-3 に示すように、高さがすべて 15 c m であるので、スパン 315 c m 3 等分点 4 点荷重とした。材料の高さに対するスパンの長さは 21 倍である。試験機は TCM30000 (ミネベア製) を用いた。

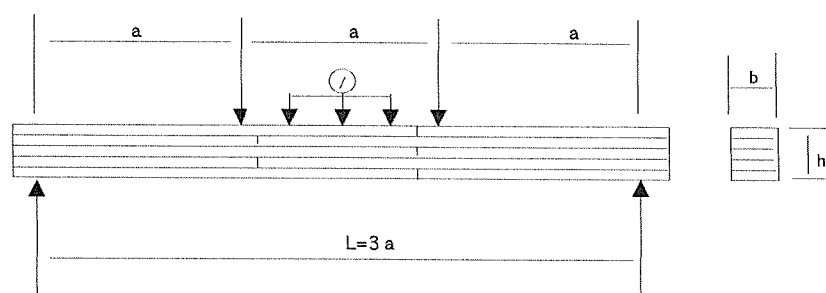


図 10-3 垂直積層集成材の曲げ試験

1.4.2 水平積層集成材の曲げ試験

水平積層集成材の曲げ試験の条件を表 10-5、図 10-4 に示した。

この場合も高さ (h) の 21 倍のスパンとした。

1 層の場合、スパンが短いために、1 枚の FJ 挽板から、3 枚の通しラミナが得られた。また、2 層集成材でも 1 枚の無 FJ 集成材が得られた。従って、この 2 種類で継ぎ手効率等を検討した。

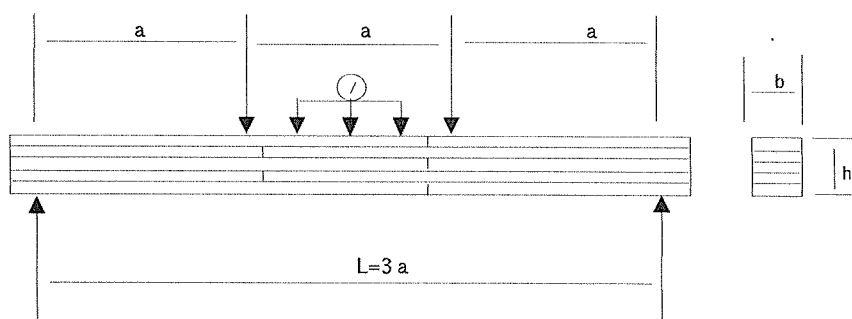


図 10-4 水平積層集成材の曲げ試験

表 10-5 水平積層集成材の曲げ試験条件

積層数	L c m	a c m	b c m	h c m
1	50.4	16.8	15.0	2.4
2	100.8	33.6	15.0	4.8
3	151.2	50.4	15.0	7.2
5	252.0	84.0	15.0	12.0
8	403.2	134.4	15.0	19.2
12	604.8	201.6	15.0	28.8

2 試験結果

2.1 MGE の測定

試験材を得るためにグレーディングマシン MGFS251 により測定した MGE の MGEMAX (1枚の挽板の MGE の最大値)、MGEAV (同平均値)、MGELOW (同最低値) の 6400 枚の集計を表 10-6 に示した。

人工造林木からのラミナであるので、1枚のラミナでも位置により MGE が異なる。MGEMAX と MGELOW の差は平均でも 17.9tf/cm²、MGEAVG と MGELOW との差も 9.4tf/cm²と大きい。

表 10-6 ラミナ 6400 枚の MGFS251 による等級区分結果

区分	MGEMAX	MGELOW	MGEAVG	MAX-LOW*1	AVG-LOW*2
平均値	115.8	97.9	107.3	17.9	9.4
最大値	213.7	200.4	207.2	72.8	42.2
最小値	31.3	13.5	24.6	5.2	0.9
標準偏差	22.9	21.5	22.2	7.0	4.4
変動係数%	19.8	22.0	20.7	39.3	46.9

*1 : MGEMAX-MGELOW(1枚のラミナのMGEの最大値-最小値)

*2 : MGEAVG-MGELOW (1枚のラミナのMGEの平均値-最小値)

図 10-5 から図 10-7 に MGEMAX、MGEAV、MGELOW の度数分布と累積度数分布を示した。分布は正規分布に近い。図のデータ区間の数値は、たとえば、90 というところは 90 ~100 未満を示している。

この試験では図 10-7 に示す MGELOW で管理した。ここで L60 は図では 60 の位置になっている。予想よりも出現が少なく、予定枚数 300 枚には、達しなかった。

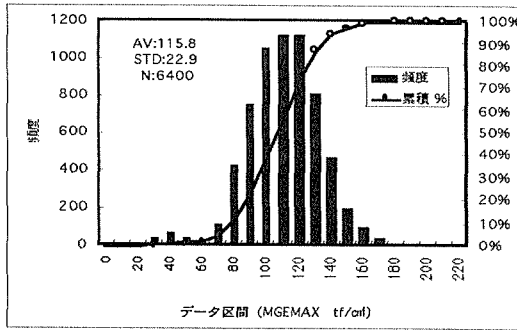


図 10-5 MGEMAX の分布

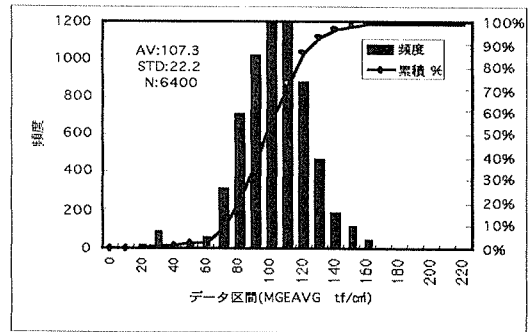


図 10-6 MGEAV の分布

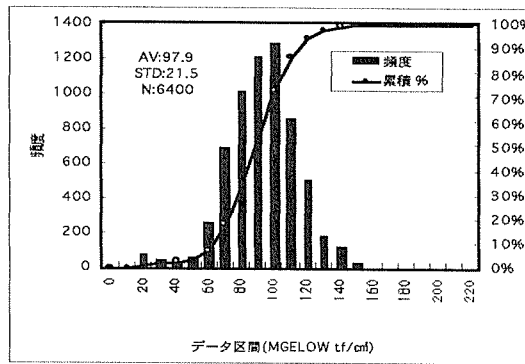


図 10-7 MGELOW の分布

2.2 FJラミナと通しラミナ、FJ2層集成材と無FJ2層集成材の比較

ラミナ（1層水平用）については、曲げ試験のスパンの関係から、3.6mのラミナからFJラミナ1枚、通しラミナ3枚が得られた。また、水平用の2層集成材ではFJ2層集成材と、無FJ2層集成材が各1枚得られた。

表10-7にFJラミナと通しラミナ、表10-8にFJ2層集成材と無FJ2層集成材の曲げ試験の結果を全体で示した。

表 10-7 FJラミナと通しラミナの曲げ試験結果

種類	本数	区分	比重	MOE (tf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
FJラミナ	20	平均値	0.496	101.7	455
		標準偏差	0.049	24.5	109
通しラミナ	60	平均値	0.496	97.9	596
		標準偏差	0.047	23.7	149

表 10-8 FJ2層集成材と無FJ2層集成材の曲げ試験結果

種類	本数	区分	比重	MOE (tf/cm ²)	MOR
FJ2層集成材	20	平均値	0.506	97.9	374
		標準偏差	0.039	18.6	92
無FJ2層集成材	20	平均値	0.503	98.6	496
		標準偏差	0.040	16.3	126

次に、ラミナの個々の継ぎ手効率および個々の2層集成材におけるMORの割合を次式により算出した。

$$\text{個々の継ぎ手効率\%} = (\text{FJラミナのMOR} / \text{通しラミナ3枚のMORの平均値}) \times 100$$

$$\text{個々のMORの割合\%} = (\text{FJ2層集成材のMOR} / \text{無FJ2層集成材のMOR}) \times 100$$

図10-8にMGE区分ごとに個々の継ぎ手効率とその平均値、同様に図10-9に2層集成材の個々のMORの割合と平均値を示した。

継ぎ手効率、MORの割合も80%程度でMOE区分による特徴は認められない。

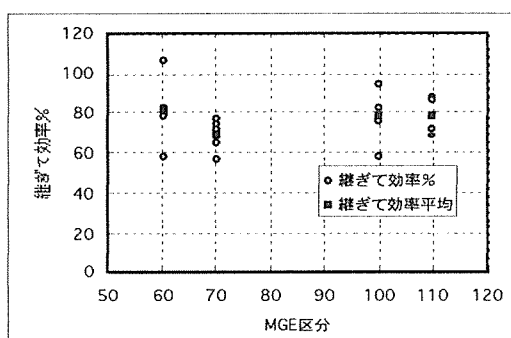


図10-8 MGE区分と継ぎ手効率
(1層水平)

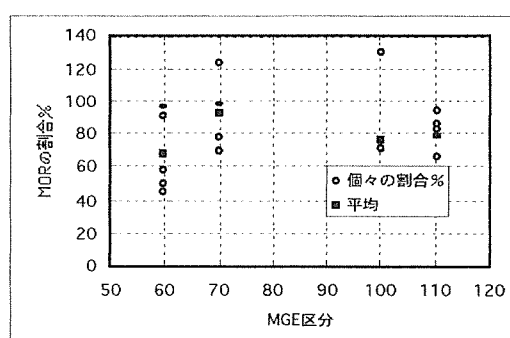


図10-9 MGE区分とMORの割合
(2層集成材)

MOEとMORの関係を図10-10、11に示した。

FJのあるものとなないものには、回帰直線では明かに差があるが、相関を示す R^2 はFJ材のほうが高い。

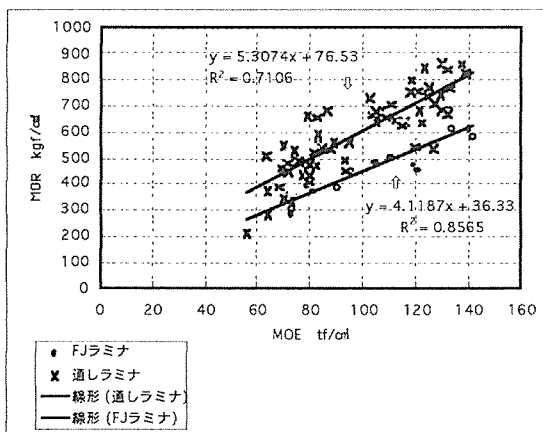


図10-10 MOEとMORの関係
(1層水平)

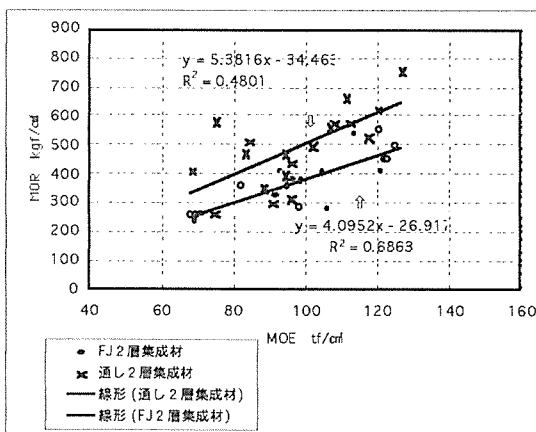


図10-11 MOEとMORの関係
(2層集成材)

2.3 集成材の曲げ強さ

集成材の曲げ試験に関わる写真は、章末に示した。水平積層集成材、垂直積層集成材ともにFJ部の影響を受けたと思われるものがあった。

2.3.1 水平積層集成材

(1) 種類別曲げ強さ

図10-12、13に、この関係を標準偏差の範囲と、最大値、最小値で示した。

集成材の積層数(1H、2H、3H、5H、8H、12H)別にみると曲げ強さは、それを構成するラミナの等級に対応している。

積層数が多くなるにしたがい、ばらつきは小さくなる傾向がある。ただし、1H、2H、3Hについては曲げ試験のスペンが元のラミナに対して短いので、その影響も考えられる。

ラミナの等級が一定ならば、積層数が多いほど曲げ強さは下がる傾向にあるが、これは材料の高さ(h)の影響と思われる。

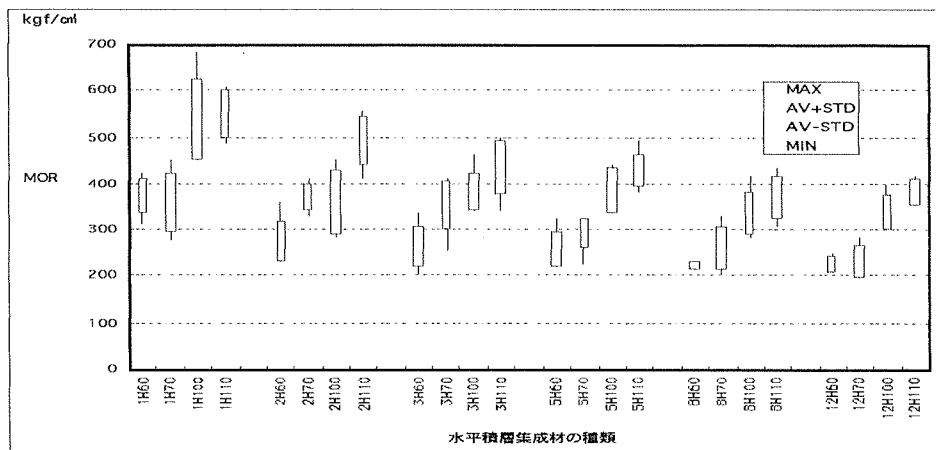


図10-12 水平積層集成材における種類別曲げ強さ(1)

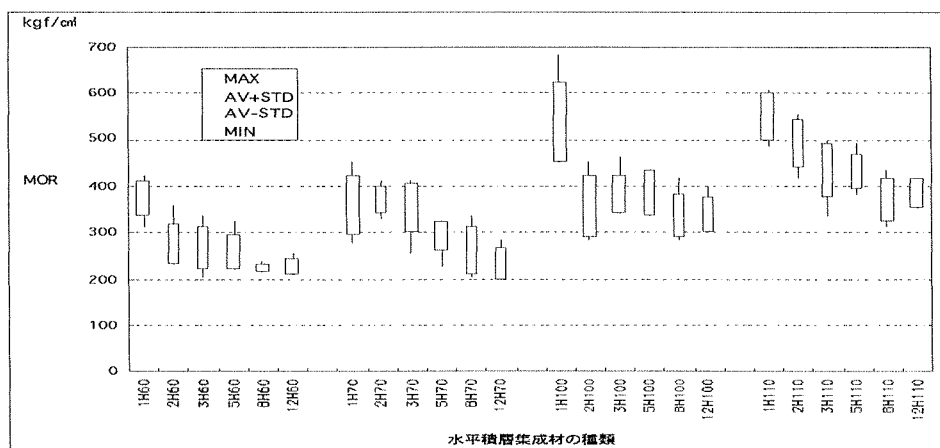


図10-13 水平積層集成材における種類別曲げ強さ(2)

(2) 水平積層集成材の高さの影響

水平集成材の場合、高さは積層数の影響を受ける。図 10-14 に集成材の高さ別の MOR の平均値を示した。高くなるに従い、MOR（平均値）は減少する。

表 10-9 にこの関係を高さ 28.8 c m の MOR の平均を 1 として、その割合を示した。

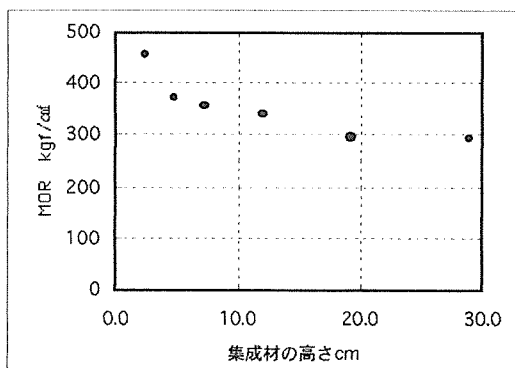


図 10-14 水平積層集成材における集成材の高さと MOR の平均値

表 10-9 水平積層集成材の高さ別 MOR と割合

積層数	集成材の高さ	MOR (平均)	MOR割合*
1	2.4	455	1.54
2	4.8	374	1.27
3	7.2	359	1.21
5	12.0	341	1.15
8	19.2	298	1.01
12	28.8	295	1.00

*: MOR割合=MOR (平均) / 12H集成材のMOR (平均)

2.3.2 垂直積層集成材

(1) 種別別曲げ強さ

図 10-15、16 に、この関係を標準偏差の範囲と、最大値、最小値で示した。

集成材を構成するラミナの等級に MOR も明かに対応している。また、積層数が増すに従い、MOR も高くなり、ばらつきが減少する傾向が認められる。

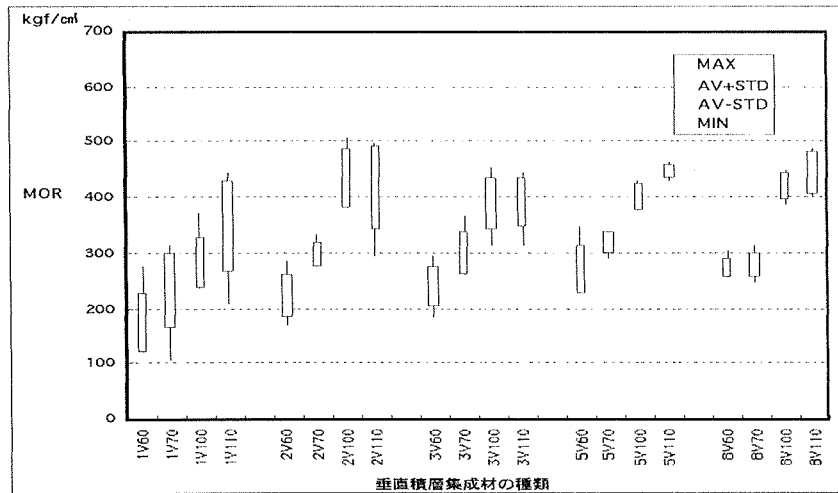


図 10-15 垂直積層集成材の種類別曲げ強さ (1)

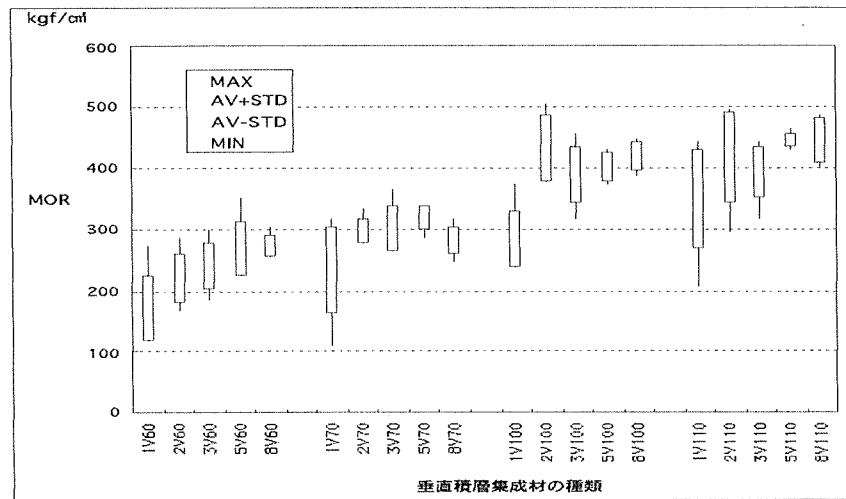


図 10-16 集成材の種類別曲げ強さ (2)

2.3.3 集成材の曲げヤング係数

水平積層集成材の曲げヤング係数を種類別に図 10-17 に、垂直集成材について、図 10-18 に示した。

構成するラミナの等級に対応していることは明かである。また、積層数が増えるに連れ、ばらつきが少なくなる。

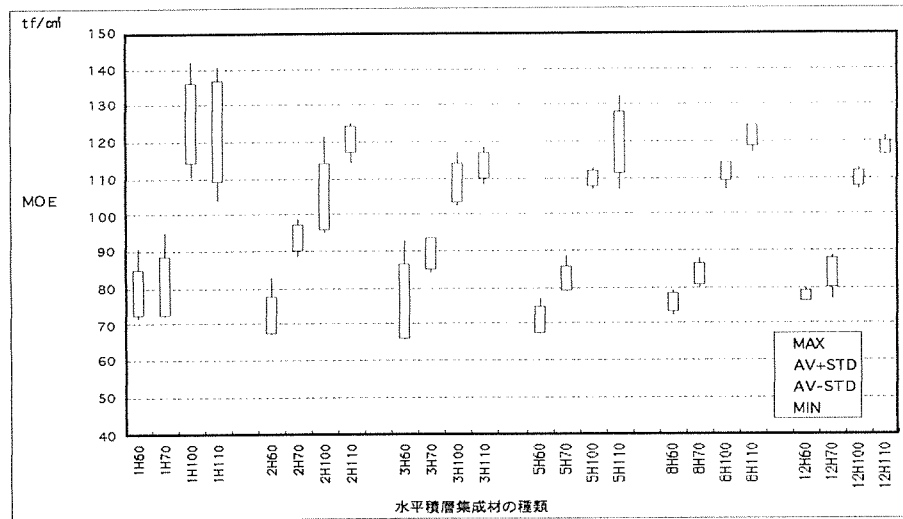


図 10-17 水平積層集成材の種類別曲げヤング係数

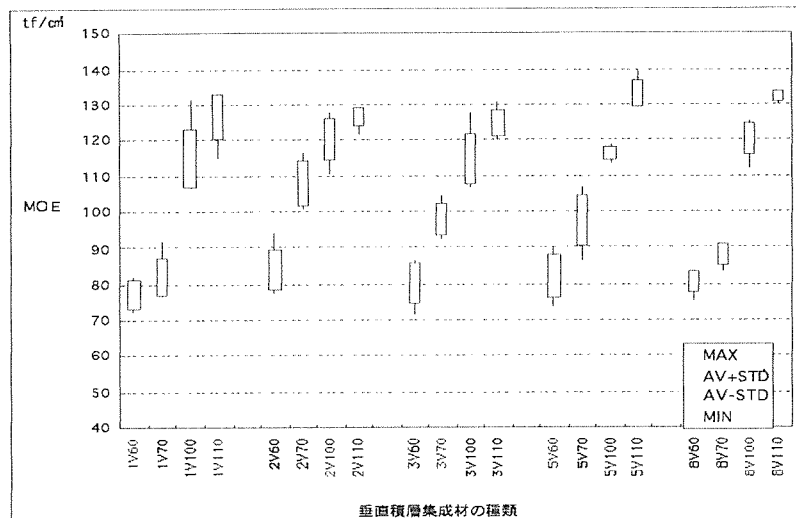


図 10-18 垂直積層集成材の種類別曲げヤング係数

2.3.4 水平積層集成材と垂直積層集成材の曲げ性能の比較

表 10-10 に水平積層集成材について、表 10-11 に垂直積層集成材について種類別の集計を示した。

MOR については高さの影響を受けるから単純な比較はできないが、水平積層集成材の 5H (h=12 cm)、8H (h=19.2 cm) の結果から判断すると、同程度と考えられる。

MOE については、明かに垂直積層集成材のほうが平均値では高い。これは、①水平積層集成材が同一等級ラミナで構成されていてラミナの組み合わせが考慮されていないこと、②ラミナが基本的に板目板（芯持ち含む）であり、垂直積層集成材の場合、中立軸付近に対して引張り、圧縮側に成熟材部が位置することから説明できる。

表 10-10 水平積層集成材の種類別平均値

種類	本数	高さ (cm)	比重	MOE (tf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
1H	20	2.4	0.496	101.7	455.3
2H	20	4.8	0.506	97.9	374.0
3H	20	7.2	0.506	96.8	358.7
5H	20	12.0	0.498	95.5	345.4
8H	18	19.2	0.510	100.4	306.1
12H	18	28.8	0.507	99.4	303.0
全体	116		0.504	98.6	358.9

表 10-11 垂直積層集成材の種類別平均値

種類	本数	高さ (cm)	比重	MOE (tf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)
1V	20	15	0.486	100.1	259.8
2V	20	15	0.502	109.7	342.2
3V	20	15	0.502	104.4	331.0
5V	20	15	0.503	107.1	359.6
8V	20	15	0.501	105.2	353.9
全体	100		0.499	105.3	329.3

2.3.5 MOE と MOR の関係

MOE と MOR の関係を図 10-19、図 10-20 に示した。

両者はかなり高い相関関係にある。

また、1層を除く、2層以上について図 10-21、22 に示した。

水平積層集成材ではほぼ同じであるが、垂直積層集成材になると相関関係はより高くなる。

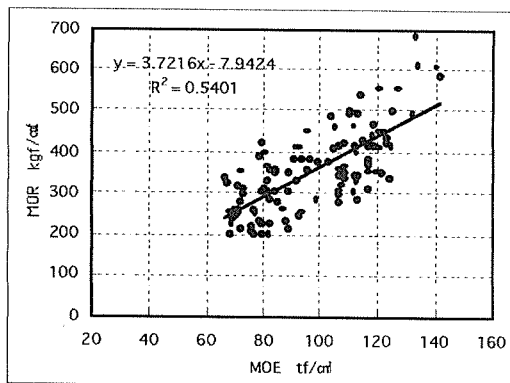


図 10-19 MOE と MOR の関係
(水平積層全体)

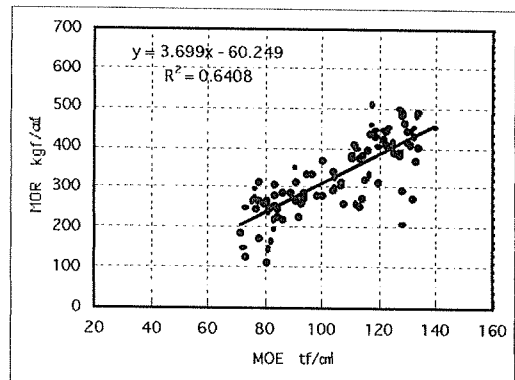


図 10-20 MOE と MOR の関係
(垂直積層全体)

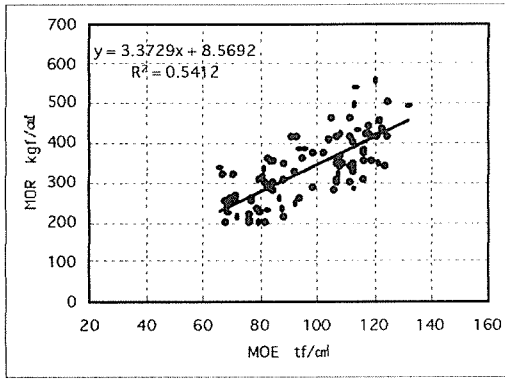


図 10-21 MOE と MOR の関係
(水平積層集成材、2層以上)

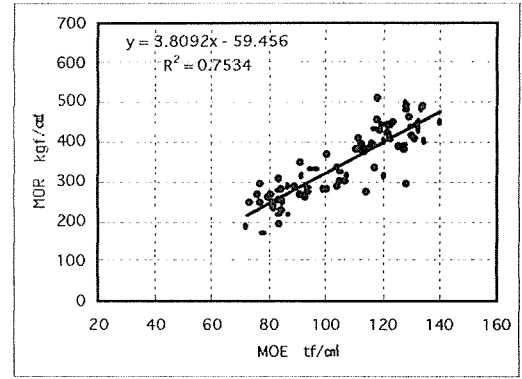


図 10-22 MOE と MOR の関係
(垂直積層集成材、2層以上)

2.4 動的ヤング係数 E_f と MOE の関係

図一23、24に E_f と MOE の関係を積層方向の別に示した。

関係はきわめて高いが、回帰直線は異なる。垂直積層集成材の場合、回帰式による補正が必要ないくらいよく対応している。

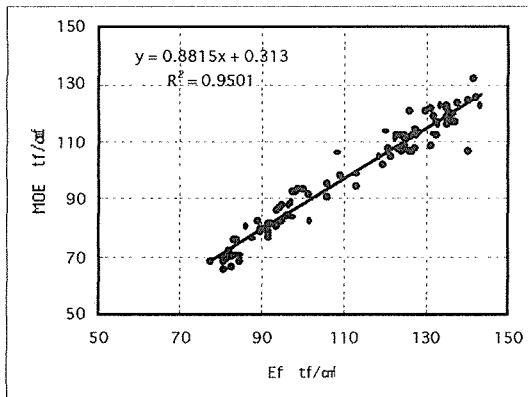


図 10-23 E_f と MOE の関係
(水平積層集成材)

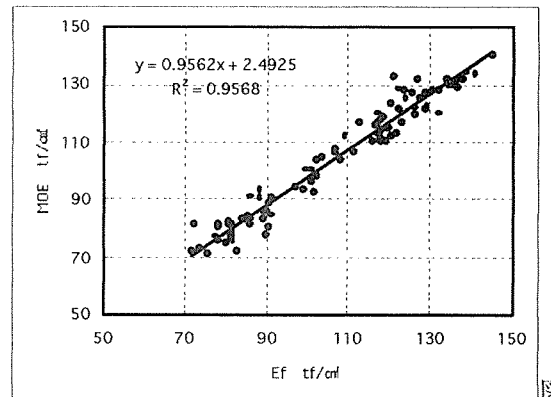


図 10-24 E_f と MOE の関係
(垂直積層集成材)

3 総括

グレーディングマシン MGFS251 により MGELOW で等級区分された MSR 挽板(L60、L70、L100、L110 の 4 種類) を用い、積層数を変え、水平積層集成材、垂直積層集成材を製造し、その性能評価を試みた。結果の概要は次のとおりである。

1 試験材を得るために、6400 枚のラミナの等級区分を行った。MGE の最大値 (MGEMAX) の平均値は 115.8tf/cm^2 、平均値 (MGEAV) の平均値は 107.3tf/cm^2 、最小値 (MGELOW) の平均値は 97.9tf/cm^2 で、正規分布をしていた。また、1 枚のラミナのなかでもかなりの変動があることを示していた。

2 水平積層の 1、2 層が強度試験のスパンが短い関係から、通しラミナ、無 FJ 2 層集成材が得られ、これにより継ぎ手効率や MOR の割合を個々に算出したところ、平均で 80% 程度で、等級区分による特徴は認められなかった。

3 FJ ラミナ・FJ 2 層集成材と通しラミナ・無 FJ 2 層集成材において MOE と MOR の相関を比較すると、FJ ラミナ・FJ 2 層集成材の方により高い関係が認められた。

4 水平積層集成材では、MOR はばらついてはいるが、それを構成するラミナの等級に対応していた。ラミナの等級が一定ならば、積層数が多くなるにつればらつきは小さくなり、MOR が低くなる傾向にあったが、後者は曲げ試験における高さ (h) の影響と考えられた。

5 垂直積層集成材では、MOR はラミナの等級に対応していた。積層数が多くなるに従い、MOR が高く、ばらつきが減少する傾向にあった。

6 MOE は水平、垂直積層集成材ともラミナの等級に対応していたが、垂直積層集成材のほうが高い傾向にあった。このことは同等級構成であること、人工造林カラマツの特徴から説明した。

7 集成材について MOE と MOR の関係も高く、垂直積層集成材のほうが高い関係にあった。

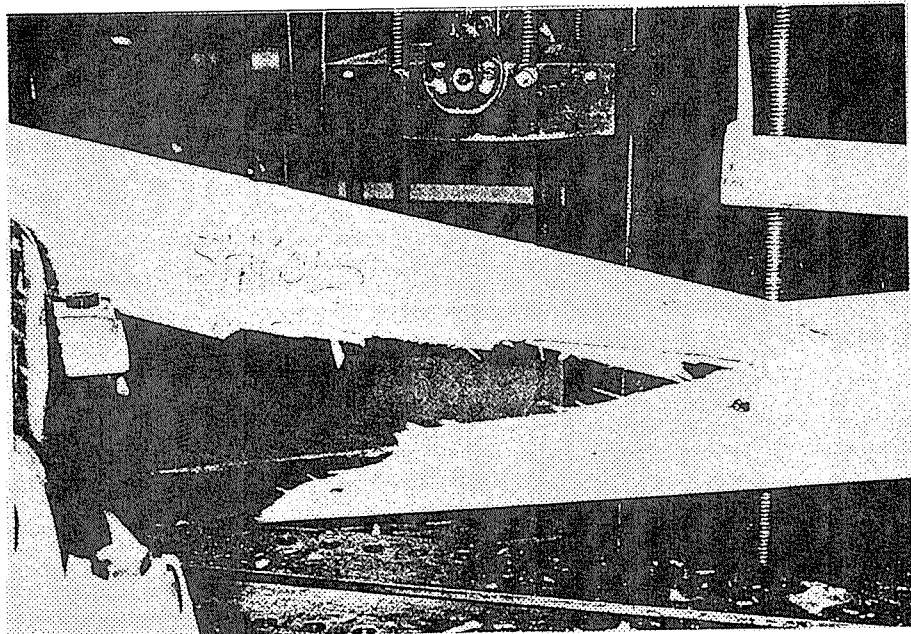
8 集成材の破壊形態では、FJ 部が原因と思われるものが垂直積層集成材でも多かったが、これは FJ をレンガ状に配置した特殊な形態も関係したかもしれない。

9 集成材の動的ヤング係数 (E_f) と MOE の関係は、極めて高かった。水平積層集成材の場合は E_f の方が高かったが、垂直積層集成材の場合は回帰式による補正が必要ないほど近い値であった。

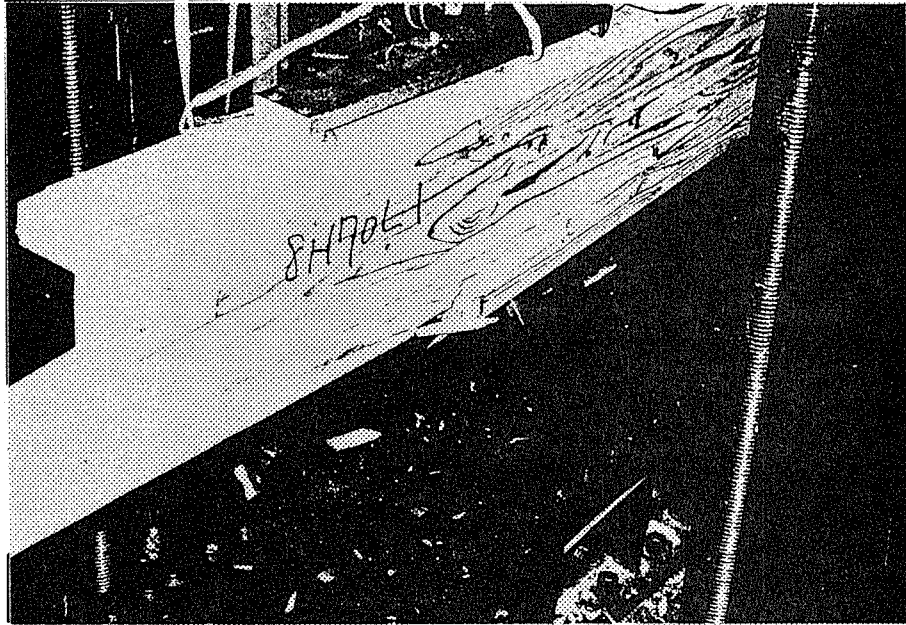
4 写真



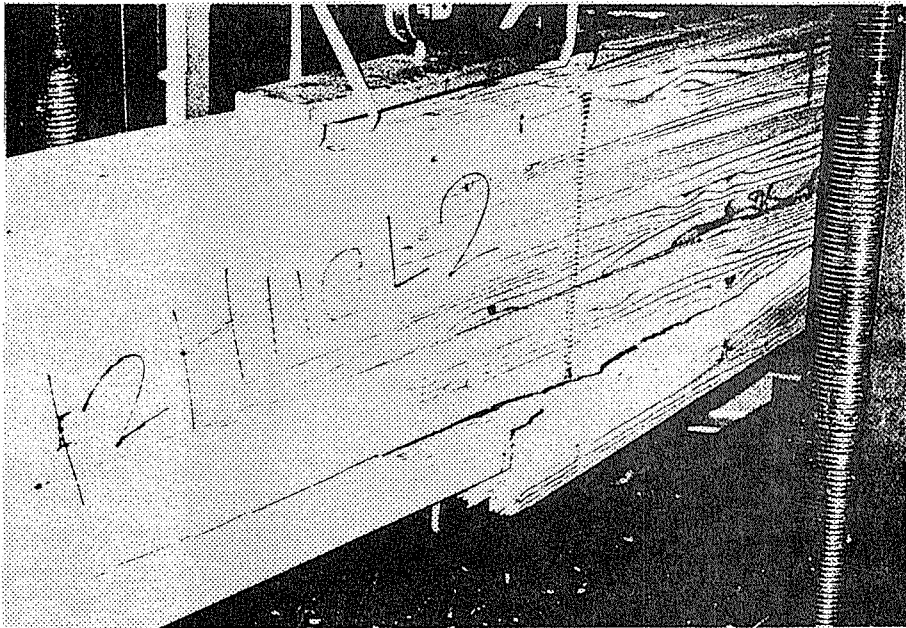
写真一 1 FJラミナ、通シラミナの破壊例（水平方向）



写真一 2 5層水平積層集成材の破壊例



写真一3 8層水平積層集成材の破壊例



写真一4 12層水平積層集成材の破壊例

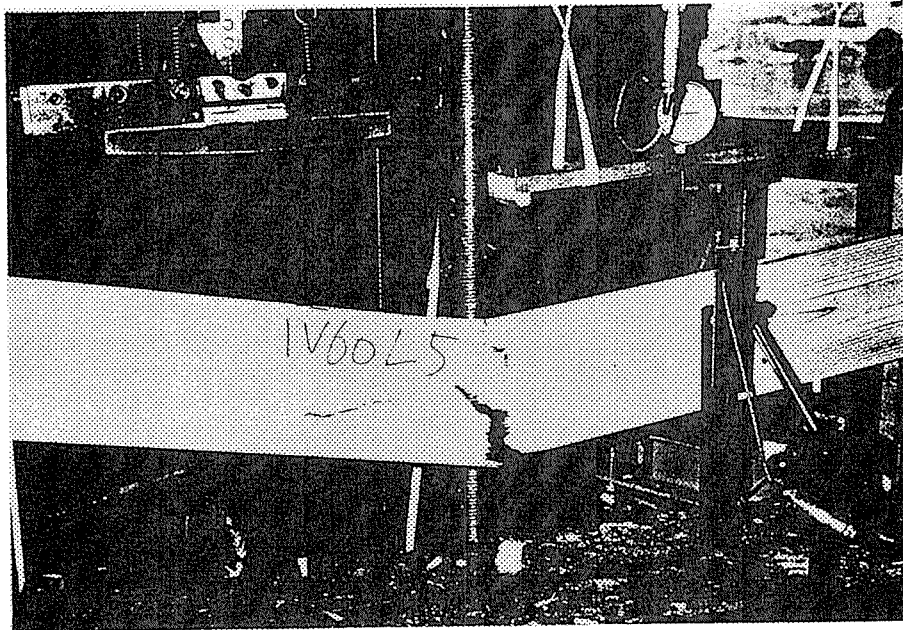


写真-5 FJラミナの破壊例（垂直方向）

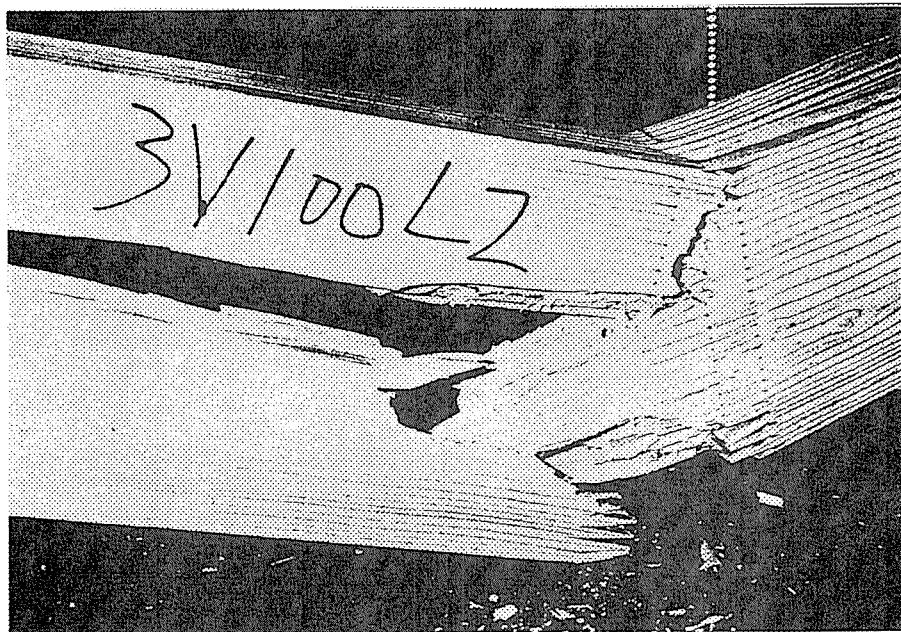
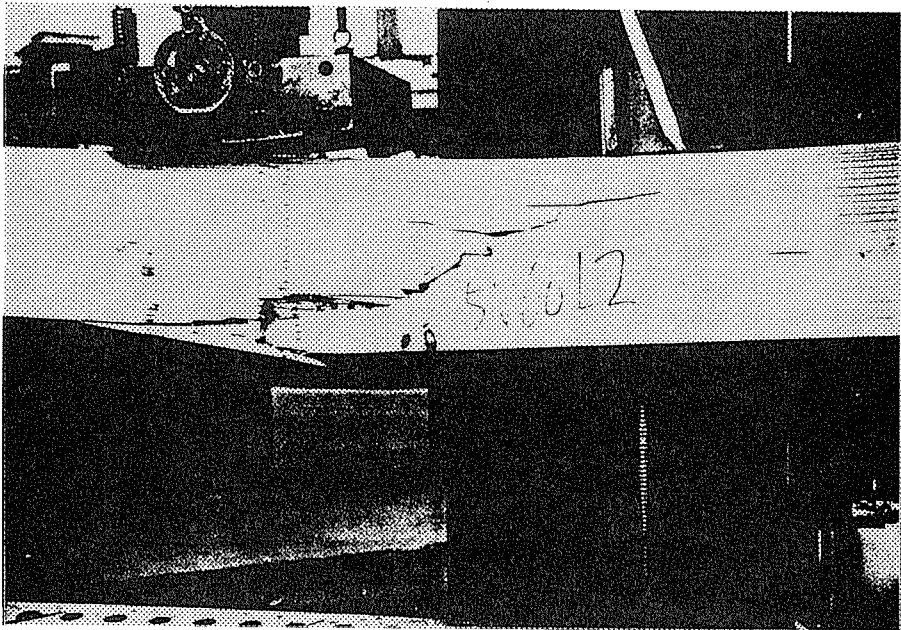
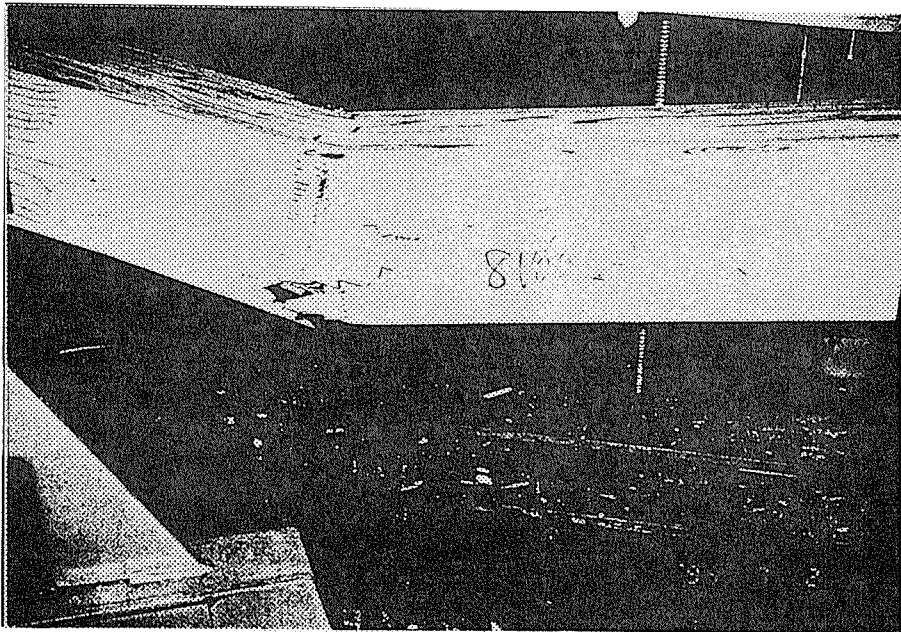


写真-6 3層垂直積層集成材の破壊例



写真一 7 5層垂直積層集成材の破壊例



写真一 8 8層垂直積層集成材の破壊例

5 参考資料

本文のなかでは使用しなかったが、ラミナの等級別の MOE、MOR の値を図 10--25~46 に示した。

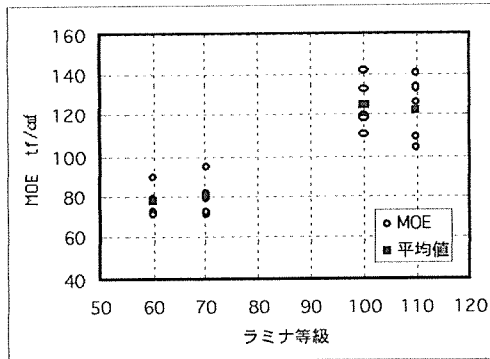


図 10-25 ラミナ等級区分別 MOE
(1 層水平)

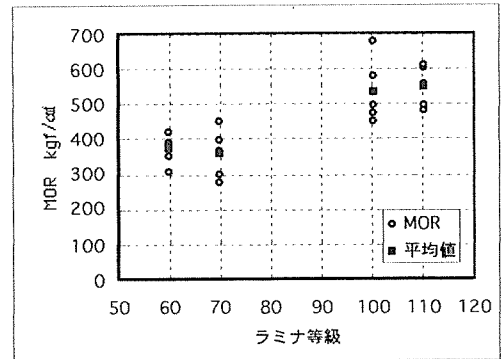


図 10-26 ラミナ等級区分別 MOR
(1 層水平)

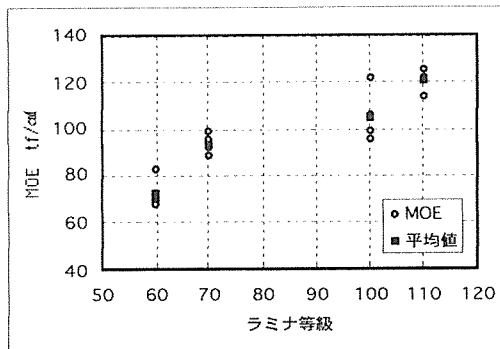


図 10-27 ラミナ等級区分別 MOE
(2 層水平積層集成材)

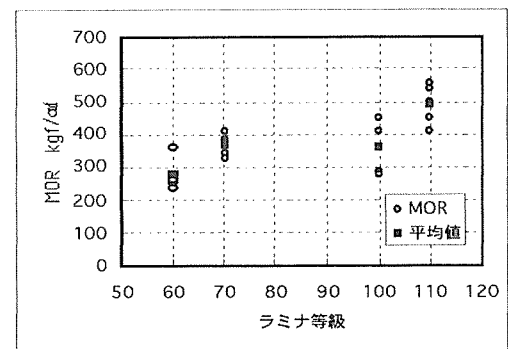


図 10-28 ラミナ等級区分別 MOR
(2 層水積層平集成材)

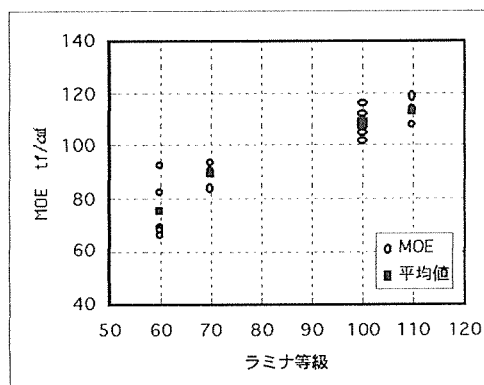


図 10-29 ラミナ等級区分別 MOE
(3 層積層水平集成材)

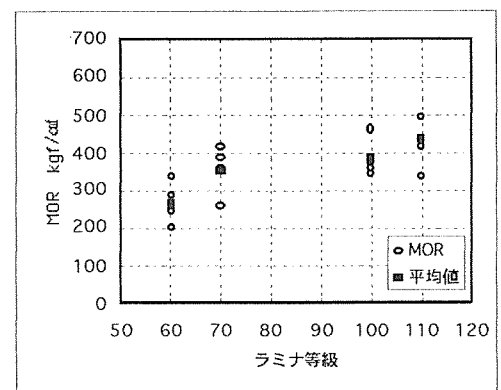


図 10-30 ラミナ等級区分別 MOR
(3 層積層水平集成材)

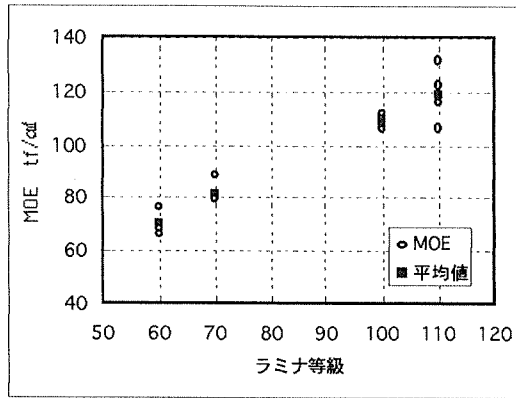


図 10-31 ラミナ等級区分別 MOE
(5 層水平積層集成材)

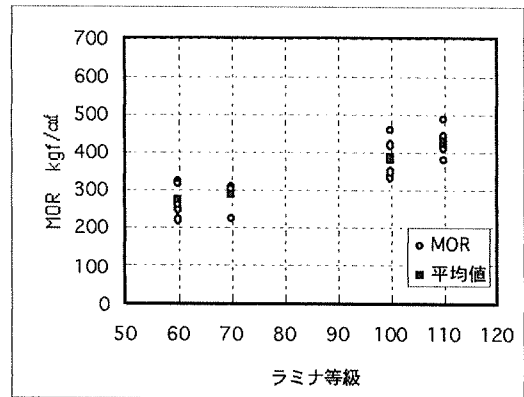


図 10-32 ラミナ等級区分別 MOR
(5 層積層水平集成材)

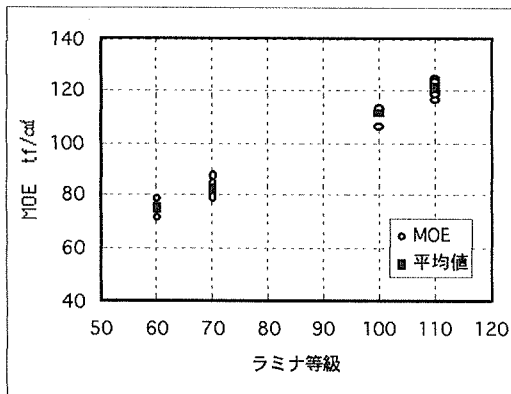


図 10-33 ラミナ等級区分別 MOE
(8 層水平積層集成材)

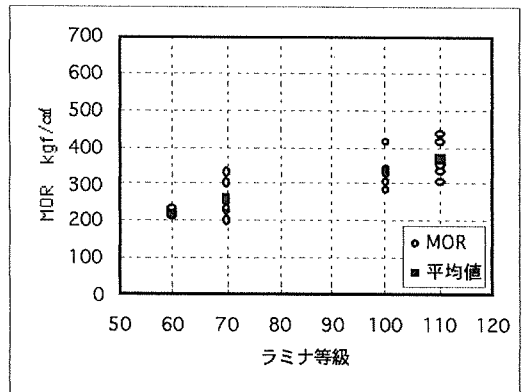


図 10-34 ラミナ等級区分別 MOR
(8 層水平積層集成材)

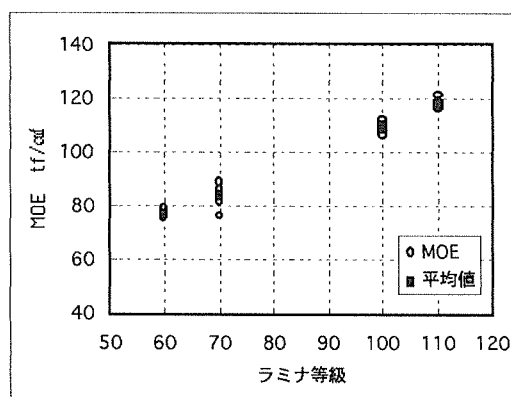


図 10-35 ラミナ等級区分別 MOE
(12 層水平積層集成材)

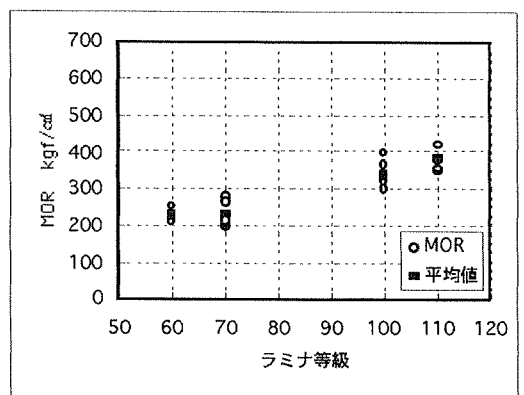


図 10-36 ラミナ等級区分別 MOR
(12 層水平積層集成材)

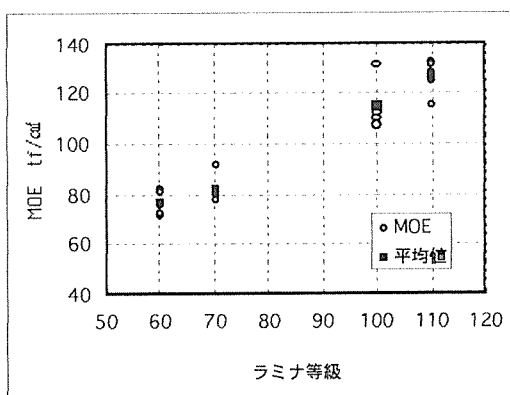


図 10-37 ラミナ等級区分別 MOE
(1層垂直)

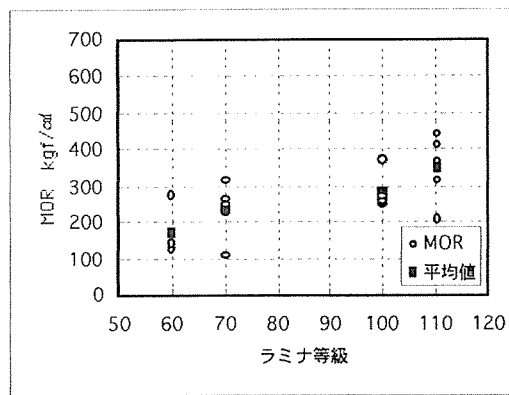


図 10-38 ラミナ等級区分別 MOR
(1層垂直)

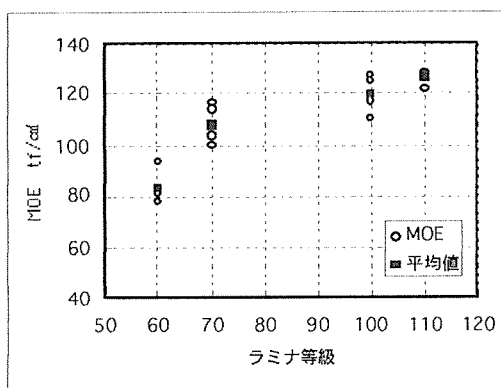


図 10-39 ラミナ等級区分別 MOE
(2層垂直積層集成材)

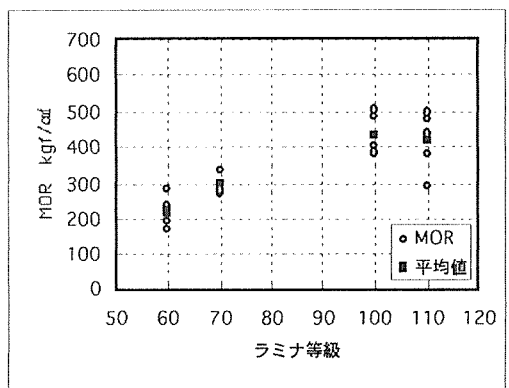


図 10-40 ラミナ等級区分別 MOR
(2層垂直積層集成材)

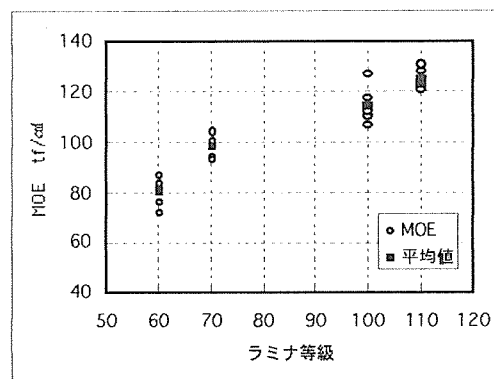


図 10-41 ラミナ等級区分別 MOE
(3層垂直積層集成材)

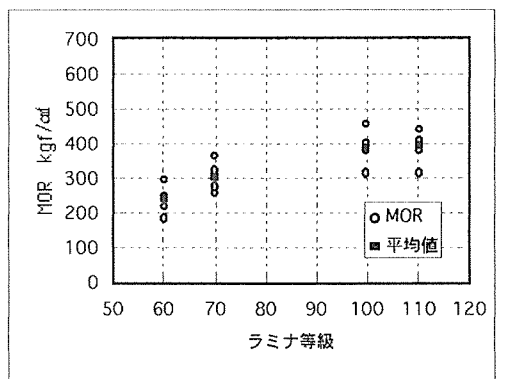


図 10-42 ラミナ等級区分別 MOR
(3層垂直積層集成材)

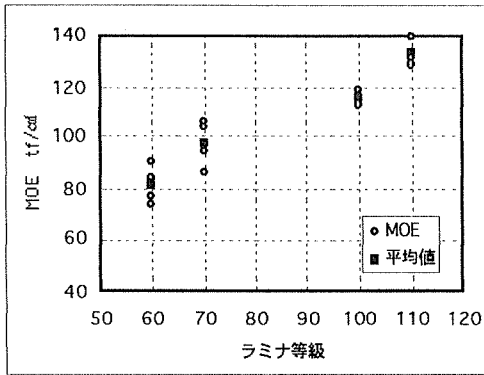


図 10-43 ラミナ等級区分別 MOE
(5層垂直積層集成材)

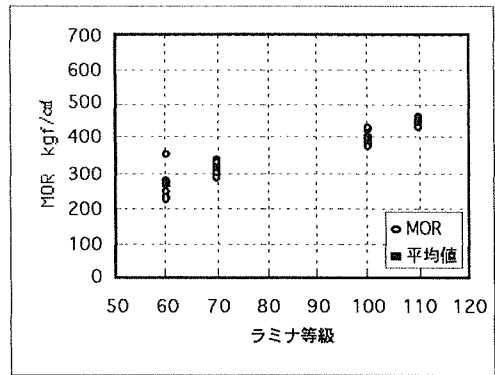


図 10-44 ラミナ等級区分別 MOR
(5層垂直積層集成材)

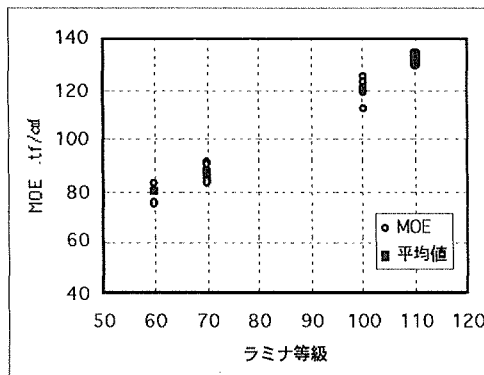


図 10-45 ラミナ等級区分別 MOE
(8層垂直積層集成材)

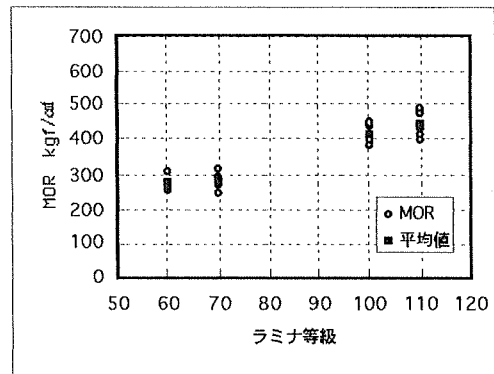


図 10-46 ラミナ等級区分別 MOR
(8層垂直積層集成材)

付表1 通しラミナおよび無FJ2層集成材 (1)

試験体番号 *1	比重	Ef *2 (tf/cm)	MOR *3 (kgf/cm)	MOE *4 (tf/cm)	MOEM *5 (tf/cm)	破壊原因 *6
1 H 60 L1.1	0.392		473	81.8		G
1 H 60 L1.2	0.407		581	82.5		G
1 H 60 L1.3	0.405		548	69.6		G
1 H 60 L2.1	0.521		664	78.6		G
1 H 60 L2.2	0.489		536	83.7		G
1 H 60 L2.3	0.520		283	63.3		K
1 H 60 L3.1	0.496		348	70.0		K
1 H 60 L3.2	0.500		213	55.4		K
1 H 60 L3.3	0.484		522	81.5		G
1 H 60 L4.1	0.431		511	63.0		K
1 H 60 L4.2	0.397		392	67.7		K
1 H 60 L4.3	0.455		373	63.5		K
1 H 60 L5.1	0.470		561	94.4		B
1 H 60 L5.2	0.442		487	75.0		B
1 H 60 L5.3	0.437		515	72.7		B
1 H 70 L1.1	0.503		410	79.0		K
1 H 70 L1.2	0.516		530	73.6		K
1 H 70 L1.3	0.520		540	87.4		G
1 H 70 L2.1	0.471		434	76.7		K
1 H 70 L2.2	0.460		477	79.0		K
1 H 70 L2.3	0.478		656	82.1		G
1 H 70 L3.1	0.475		731	102.2		K
1 H 70 L3.2	0.474		560	88.6		G
1 H 70 L3.3	0.478		592	82.8		K
1 H 70 L4.1	0.454		487	70.9		K
1 H 70 L4.2	0.418		462	68.8		K
1 H 70 L4.3	0.416		449	71.2		G
1 H 70 L5.1	0.457		358	72.9		K
1 H 70 L5.2	0.463		437	78.9		K
1 H 70 L5.3	0.467		683	86.1		G
1 H100 L1.1	0.509		542	119.3		G
1 H100 L1.2	0.497		737	124.3		G
1 H100 L1.3	0.496		452	93.1		G
1 H100 L2.1	0.516		638	122.0		G
1 H100 L2.2	0.505		641	104.7		G
1 H100 L2.3	0.546		687	106.2		G
1 H100 L3.1	0.601		801	118.1		B
1 H100 L3.2	0.571		868	129.9		B
1 H100 L3.3	0.569		492	92.8		G
1 H100 L4.1	0.531		839	131.7		G
1 H100 L4.2	0.523		863	137.4		G
1 H100 L4.3	0.527		746	129.0		G/K
1 H100 L5.1	0.548		539	126.2		G
1 H100 L5.2	0.548		827	138.5		G
1 H100 L5.3	0.530		758	120.4		G
1 H110 L1.1	0.564		658	108.3		G
1 H110 L1.2	0.577		849	123.0		G
1 H110 L1.3	0.593		666	103.6		G
1 H110 L2.1	0.479		644	112.5		G
1 H110 L2.2	0.508		713	126.9		G
1 H110 L2.3	0.524		683	129.4		G
1 H110 L3.1	0.520		705	110.3		K
1 H110 L3.2	0.504		775	124.6		G
1 H110 L3.3	0.496		640	115.5		K
1 H110 L4.1	0.534		625	114.4		K
1 H110 L4.2	0.531		684	121.0		K/G
1 H110 L4.3	0.508		755	117.4		K
1 H110 L5.1	0.495		769	132.6		B
1 H110 L5.2	0.498		670	131.4		G
1 H110 L5.3	0.488		678	104.6		K

*1: 1枚のラミナから3枚の通しラミナが得られ、L1.1の整数部分は元のラミナ番号を示す。

*2: 基本振動数測定による動的ヤング係数

*3: 破壊試験における曲げ強さ

*4: 破壊試験における全長の変位から求めた曲げヤング係数

*5: 破壊試験においてモーメント一定区間から求めた曲げヤング係数 (水平積層1、2、3はスパンの関係で測定しなかった。)

*6: 破壊原因、K: 節、G: 目切れ、B: その他

付表1 通しラミナおよび無FJ2層集材材 (2)

試験体番号 *1	比重	Ef *2 (tf/cm)	MOR *3 (kgf/cm)	MOE *4 (tf/cm)	MOEM *5 (tf/cm)	破壊原因 *6
2 H 60 L1.1	0.415	77.3	413	68.4		B
2 H 60 L2.1	0.423	80.4	264	74.5		G
2 H 60 L3.1	0.563	94.8	512	84.6		G
2 H 60 L4.1	0.505	84.1	579	75.4		B
2 H 60 L5.1	0.498	104.3	397	94.3		G/K
2 H 70 L1.1	0.499	113.3	496	101.9		G
2 H 70 L2.1	0.517	106.0	301	90.9		K
2 H 70 L3.1	0.474	96.2	353	88.2		K
2 H 70 L4.1	0.467	91.3	473	83.1		K
2 H 70 L5.1	0.514	107.9	442	96.1		G/K
2 H100 L1.1	0.514	115.6	572	108.1		K
2 H100 L2.1	0.485	118.4	561	106.9		G
2 H100 L3.1	0.475	106.0	467	94.5		G
2 H100 L4.1	0.541	115.9	316	96.1		K
2 H100 L5.1	0.512	126.9	630	120.2		G/K
2 H110 L1.1	0.487	121.9	664	111.4		B
2 H110 L2.1	0.584	135.7	756	126.8		G
2 H110 L3.1	0.534	127.6	623	120.5		G
2 H110 L4.1	0.512	124.5	528	117.3		B
2 H110 L5.1	0.542	133.9	574	112.5		G

*1: 1枚のラミナから1枚の無FJ2層集材材が得られ、L1.1の整数部分は元のラミナ番号を示す。

*2: 基本振動数測定による動的ヤング係数

*3: 破壊試験における曲げ強さ

*4: 破壊試験における全長の変位から求めた曲げヤング係数

*5: 破壊試験においてモーメント一定区間から求めた曲げヤング係数 (水平積層1、2、3はスパンの関係で測定しなかった。)

*6: 破壊原因、K; 節、G; 目切れ、B; その他

付表2 水平積層集成材、垂直積層集成材 (1)

試験体番号 *1	比重	Ef *2 (tf/cm)	MOR *3 (kgf/cm)	MOE *4 (tf/cm)	MOEM *5 (tf/cm)	破壊原因 *6
1 H 60 L1	0.400		312	73.3		FJ
1 H 60 L2	0.494		390	78.9		FJ
1 H 60 L3	0.486		383	90.4		FJ
1 H 60 L4	0.412		355	71.9		FJ
1 H 60 L5	0.458		423	79.1		FJ
1 H 70 L1	0.516		279	72.5		FJ/K
1 H 70 L2	0.464		400	80.1		FJ
1 H 70 L3	0.472		453	95.4		G
1 H 70 L4	0.436		300	72.8		K/FJ
1 H 70 L5	0.452		367	81.5		FJ/K
1 H100 L1	0.508		451	120.6		FJ
1 H100 L2	0.513		500	110.5		FJ
1 H100 L3	0.602		681	132.8		FJ
1 H100 L4	0.526		472	118.7		G/FJ
1 H100 L5	0.554		584	141.5		FJ
1 H110 L1	0.552		496	109.8		FJ
1 H110 L2	0.516		485	103.9		FJ
1 H110 L3	0.516		558	126.8		FJ
1 H110 L4	0.545		607	140.5		FJ
1 H110 L5	0.504		610	133.8		FJ
2 H 60 L1	0.418	81.0	239	69.2		K/FJ
2 H 60 L2	0.431	77.2	256	68.2		FJ
2 H 60 L3	0.543	80.6	261	69.8		K/FJ
2 H 60 L4	0.499	82.9	264	71.1		K/G
2 H 60 L5	0.501	88.8	359	82.4		FJ
2 H 70 L1	0.498	105.4	384	95.9		FJ
2 H 70 L2	0.515	113.1	375	98.9		K/FJ
2 H 70 L3	0.484	96.9	347	88.8		G/FJ
2 H 70 L4	0.488	101.2	329	91.8		K
2 H 70 L5	0.494	98.0	413	92.9		B/FJ
2 H100 L1	0.511	108.9	287	98.6		FJ
2 H100 L2	0.490	108.3	282	106.3		FJ
2 H100 L3	0.476	112.9	359	94.9		FJ
2 H100 L4	0.524	121.2	410	104.5		K
2 H100 L5	0.529	130.9	453	121.8		FJ
2 H110 L1	0.512	129.7	555	120.7		FJ
2 H110 L2	0.608	141.7	501	125.2		K
2 H110 L3	0.543	126.0	414	120.9		FJ
2 H110 L4	0.536	133.2	453	122.4		G
2 H110 L5	0.525	120.1	541	113.7		FJ/B
3 H 60 L1	0.447	82.7	248	70.0		K
3 H 60 L2	0.474	80.5	339	66.1		K
3 H 60 L3	0.479	97.5	245	92.7		FJ
3 H 60 L4	0.512	84.2	202	68.3		K
3 H 60 L5	0.525	101.5	288	82.4		K
3 H 70 L1	0.476	97.7	358	84.1		FJ/G
3 H 70 L2	0.527	99.7	258	93.9		FJ
3 H 70 L3	0.489	105.9	412	91.1		FJ
3 H 70 L4	0.504	97.4	352	84.0		K
3 H 70 L5	0.478	98.5	386	93.9		FJ
3 H100 L1	0.476	118.4	462	105.0		K/FJ
3 H100 L2	0.504	122.8	360	107.0		FJ
3 H100 L3	0.484	123.4	344	112.1		K
3 H100 L4	0.534	119.3	376	102.3		FJ
3 H100 L5	0.558	132.4	371	116.7		FJ
3 H110 L1	0.528	131.4	492	113.1		FJ
3 H110 L2	0.505	124.7	339	108.1		FJ
3 H110 L3	0.561	131.6	417	118.7		K
3 H110 L4	0.540	126.9	495	113.2		FJ
3 H110 L5	0.513	126.8	432	114.4		K
5 H 60 L1	0.466	84.4	253	71.1	74.3	K
5 H 60 L2	0.442	82.8	323	66.9	69.4	B
5 H 60 L3	0.440	83.8	318	70.8	78.6	K
5 H 60 L4	0.430	80.4	225	69.0	72.5	FJ/K
5 H 60 L5	0.451	87.4	260	76.8	82.9	FJ
5 H 70 L1	0.463	86.0	311	80.7	81.9	FJ
5 H 70 L2	0.439	91.5	302	81.6	88.6	K
5 H 70 L3	0.506	94.7	306	88.6	89.1	G
5 H 70 L4	0.436	90.1	228	79.8	87.6	FJ
5 H 70 L5	0.438	91.3	306	79.4	83.8	K
5 H100 L1	0.533	124.6	463	111.4	115.0	FJ
5 H100 L2	0.548	132.1	338	112.5	115.1	FJ/B
5 H100 L3	0.512	126.0	347	106.8	122.2	FJ

*1: Hは水平積層集成材、Vは垂直積層集成材を表わす。

*2: 基本振動数測定による動的ヤング係数

*3: 破壊試験における曲げ強さ

*4: 破壊試験における全長の変位から求めた曲げヤング係数

*5: 破壊試験においてモーメント一定区間から求めた曲げヤング係数 (水平積層1、2、3はスパンの関係で測定しなかった。)

*6: 破壊原因、FJ: 縦継ぎ部、K: 節、G: 目切れ、B: その他

付表2 水平積層集成材、垂直積層集成材(2)

試験体番号 *1	比重	Ef *2 (tf/cm)	MOR *3 (kgf/cm)	MOE *4 (tf/cm)	MOEM *5 (tf/cm)	破壊原因 *6
5 H100 L4	0.512	127.1	423	108.2	117.7	FJ
5 H100 L5	0.508	124.3	350	108.6	111.9	FJ
5 H110 L1	0.543	135.7	383	116.6	116.5	FJ/B
5 H110 L2	0.567	134.6	424	123.0	133.5	FJ
5 H110 L3	0.551	134.9	442	118.2	130.6	G
5 H110 L4	0.587	141.6	491	132.2	141.0	FJ
5 H110 L5	0.582	140.2	414	106.9	113.1	FJ
8 H 60 L1	0.465	82.1	214	72.2	73.4	K
8 H 60 L2	0.449	83.8	220	75.8	79.5	FJ
8 H 60 L3	0.491	91.6	235	78.7	77.2	FJ
8 H 70 L1	0.484	96.1	303	84.6	81.5	FJ
8 H 70 L2	0.473	94.7	229	82.5	81.1	K
8 H 70 L3	0.476	93.4	333	81.1	75.2	G
8 H 70 L4	0.465	94.1	236	87.7	87.6	K
8 H 70 L5	0.466	89.7	202	79.4	80.4	K
8 H100 L1	0.517	124.6	417	112.1	119.0	FJ
8 H100 L2	0.549	122.6	346	112.8	118.6	G
8 H100 L3	0.549	127.5	329	112.4	104.9	FJ
8 H100 L4	0.535	127.8	284	113.2	109.6	FJ
8 H100 L5	0.539	124.1	308	106.9	105.0	FJ
8 H110 L1	0.552	143.0	435	122.9	119.9	FJ
8 H110 L2	0.553	137.0	311	116.7	115.8	FJ
8 H110 L3	0.546	140.2	415	124.8	121.7	G
8 H110 L4	0.534	137.3	339	123.8	133.3	FJ
8 H110 L5	0.543	135.8	354	119.3	125.0	FJ
12 H 60 L1	0.470	82.9	209	75.9	71.5	K
12 H 60 L2	0.473	91.5	252	77.1	85.9	K/FJ
12 H 60 L3	0.490	89.2	222	79.8	84.8	K
12 H 70 L1	0.467	95.9	282	84.9	92.4	K
12 H 70 L2	0.463	92.2	197	82.0	84.4	K/FJ
12 H 70 L3	0.484	93.6	263	86.8	94.8	K
12 H 70 L4	0.453	87.7	201	76.6	81.5	G/FJ
12 H 70 L5	0.483	96.3	214	88.6	93.7	K/FJ
12 H100 L1	0.532	122.2	303	111.5	109.6	FJ
12 H100 L2	0.524	120.3	321	107.4	96.3	G
12 H100 L3	0.535	126.3	300	106.9	93.5	FJ
12 H100 L4	0.536	126.5	399	112.4	126.2	FJ
12 H100 L5	0.526	130.9	367	108.5	104.0	K/FJ
12 H110 L1	0.556	134.8	351	121.7	107.9	FJ
12 H110 L2	0.532	135.9	419	117.0	118.6	FJ
12 H110 L3	0.541	134.7	419	118.6	135.1	G/FJ
12 H110 L4	0.542	134.9	377	116.3	121.0	FJ
12 H110 L5	0.519	132.6	356	116.3	121.0	K
1 V 60 L1	0.400	78.2	274	76.4	92.7	K
1 V 60 L2	0.429	71.8	149	72.2	69.0	K
1 V 60 L3	0.498	82.6	126	72.7	72.7	K
1 V 60 L4	0.393	80.5	168	82.0	86.2	FJ
1 V 60 L5	0.406	72.3	144	81.2	81.6	FJ
1 V 70 L1	0.493	86.2	251	81.3	84.6	K
1 V 70 L2	0.397	90.8	109	80.4	88.2	K
1 V 70 L3	0.506	90.1	317	77.8	82.6	FJ
1 V 70 L4	0.486	81.3	264	77.8	60.5	K
1 V 70 L5	0.455	85.9	226	91.7	85.7	FJ
1 V100 L1	0.501	119.0	371	110.5	120.9	FJ
1 V100 L2	0.492	106.6	262	107.5	121.8	FJ
1 V100 L3	0.598	121.5	253	113.4	133.0	K
1 V100 L4	0.523	109.0	259	112.0	122.2	K
1 V100 L5	0.535	127.1	274	131.8	155.0	FJ
1 V110 L1	0.492	122.2	210	128.5	136.3	FJ
1 V110 L2	0.515	121.3	365	132.7	131.5	FJ
1 V110 L3	0.532	119.8	319	115.0	120.5	FJ
1 V110 L4	0.576	136.7	443	131.7	138.1	K
1 V110 L5	0.492	123.9	414	125.2	130.8	FJ
2 V 60 L1	0.425	77.6	169	77.6	89.6	K/FJ
2 V 60 L2	0.441	80.5	217	82.9	81.5	FJ
2 V 60 L3	0.485	85.7	197	83.1	94.3	K
2 V 60 L4	0.479	88.3	284	93.8	105.8	FJ/K
2 V 60 L5	0.436	78.3	235	81.4	82.8	FJ/G
2 V 70 L1	0.540	117.9	275	114.4	112.2	K

*1: Hは水平積層集成材、Vは垂直積層集成材を表わす。

*2: 基本振動数測定による動的ヤング係数

*3: 破壊試験における曲げ強さ

*4: 破壊試験における全長の変位から求めた曲げヤング係数

*5: 破壊試験においてモーメント一定区間から求めた曲げヤング係数(水平積層1、2、3はスパンの関係で測定しなかった。)

*6: 破壊原因、FJ: 縦継ぎ部、K: 節、G: 目切れ、B: その他

付表2 水平積層集成材、垂直積層集成材(3)

試験体番号 *1	比重	Ef *2 (tf/cm)	MOR *3 (kgf/cm)	MOE *4 (tf/cm)	MOEM *5 (tf/cm)	破壊原因 *6
2 V 70 L2	0.497	101.9	299	104.3	106.6	G
2 V 70 L3	0.504	102.4	292	104.2	102.1	K
2 V 70 L4	0.497	101.1	281	100.7	94.2	FJ/G
2 V 70 L5	0.547	123.2	335	116.8	111.5	K
2 V100 L1	0.504	117.8	507	117.6	130.4	FJ/G
2 V100 L2	0.521	117.4	381	110.4	96.5	K/G
2 V100 L3	0.458	117.1	404	120.2	134.1	FJ
2 V100 L4	0.507	124.0	387	125.6	128.2	FJ/G
2 V100 L5	0.542	123.8	487	128.0	120.4	K
2 V110 L1	0.537	130.3	481	128.6	128.9	FJ/G
2 V110 L2	0.477	125.4	381	127.2	124.8	K
2 V110 L3	0.553	132.3	293	128.1	123.1	K
2 V110 L4	0.548	130.1	498	127.7	146.5	K/FJ
2 V110 L5	0.539	126.1	441	122.2	136.9	FJ
3 V 60 L1	0.506	81.7	297	76.3	82.3	FJ
3 V 60 L2	0.452	89.6	219	86.7	89.9	FJ/K
3 V 60 L3	0.438	75.3	186	71.4	71.8	FJ
3 V 60 L4	0.442	81.4	247	81.9	89.0	FJ
3 V 60 L5	0.460	86.2	252	83.7	83.2	K
3 V 70 L1	0.531	99.4	274	94.0	104.0	K/FJ
3 V 70 L2	0.477	101.7	262	92.7	97.7	FJ/K
3 V 70 L3	0.504	99.9	365	100.5	103.8	FJ
3 V 70 L4	0.517	103.5	325	104.4	111.0	K/FJ
3 V 70 L5	0.471	102.1	279	98.6	98.1	K/FJ
3 V100 L1	0.519	128.9	392	127.4	136.3	FJ
3 V100 L2	0.540	111.5	315	106.9	113.0	FJ
3 V100 L3	0.519	116.0	380	110.8	110.2	K/FJ
3 V100 L4	0.486	112.8	456	117.4	115.6	FJ
3 V100 L5	0.523	117.8	407	111.6	112.4	K
3 V110 L1	0.558	128.5	445	121.5	115.6	FJ/B
3 V110 L2	0.536	132.0	316	120.3	143.5	K/FJ
3 V110 L3	0.526	129.7	382	127.8	127.8	FJ/B
3 V110 L4	0.509	129.1	408	123.0	130.8	FJ
3 V110 L5	0.530	135.3	411	131.1	134.5	FJ
5 V 60 L1	0.437	81.1	245	76.9	79.9	K
5 V 60 L2	0.425	73.8	249	73.6	77.1	FJ/K
5 V 60 L3	0.460	91.3	350	90.5	89.8	FJ/K
5 V 60 L4	0.444	84.5	277	83.6	87.9	FJ
5 V 60 L5	0.464	85.5	228	84.4	86.3	FJ/K
5 V 70 L1	0.536	101.2	330	96.5	101.8	FJ/G
5 V 70 L2	0.461	90.1	288	86.5	91.1	FJ
5 V 70 L3	0.534	107.7	338	104.0	103.9	FJ
5 V 70 L4	0.491	96.6	331	94.4	100.9	FJ/K
5 V 70 L5	0.486	106.9	302	106.5	113.2	FJ
5 V100 L1	0.545	119.1	381	114.6	116.2	FJ
5 V100 L2	0.518	118.5	428	119.0	126.3	FJ/K
5 V100 L3	0.508	117.0	375	113.2	113.5	FJ/K
5 V100 L4	0.528	117.0	432	117.1	123.6	FJ
5 V100 L5	0.530	116.6	396	116.3	129.4	FJ/K
5 V110 L1	0.532	145.0	452	140.0	146.8	FJ
5 V110 L2	0.528	136.9	463	129.0	134.7	FJ/G
5 V110 L3	0.540	137.9	430	132.2	145.1	K
5 V110 L4	0.529	134.1	451	132.3	125.8	FJ
5 V110 L5	0.557	134.3	446	131.5	135.0	FJ/G
8 V 60 L1	0.448	84.0	255	83.3	87.2	FJ/K
8 V 60 L2	0.477	85.6	306	83.3	84.5	FJ/K
8 V 60 L3	0.465	79.9	267	75.4	78.6	FJ/K
8 V 60 L4	0.429	78.4	269	80.4	84.0	FJ/G
8 V 60 L5	0.426	81.7	261	79.6	81.5	FJ/K
8 V 70 L1	0.486	91.0	247	84.7	92.0	K
8 V 70 L2	0.457	89.2	281	83.7	86.1	FJ/B
8 V 70 L3	0.471	88.2	316	91.1	96.5	FJ/K
8 V 70 L4	0.472	90.6	288	89.0	95.8	FJ
8 V 70 L5	0.492	91.3	268	90.7	89.6	K/FJ
8 V100 L1	0.540	122.5	419	121.4	132.6	FJ/K
8 V100 L2	0.526	120.4	396	112.4	111.5	K/FJ
8 V100 L3	0.534	127.6	387	125.5	129.1	FJ/K
8 V100 L4	0.521	126.5	445	119.3	129.8	FJ
8 V100 L5	0.518	120.3	450	123.2	123.9	FJ/K
8 V110 L1	0.549	134.4	413	130.1	138.4	FJ
8 V110 L2	0.551	140.7	490	133.9	143.8	FJ/K
8 V110 L3	0.560	135.2	438	130.3	135.4	FJ
8 V110 L4	0.534	138.5	400	134.2	142.2	FJ/K
8 V110 L5	0.568	141.0	482	133.2	142.2	FJ/G

*1: Hは水平積層集成材、Vは垂直積層集成材を表わす。

*2: 基本振動数測定による動的ヤング係数

*3: 破壊試験における曲げ強さ

*4: 破壊試験における全長の変位から求めた曲げヤング係数

*5: 破壊試験においてモーメント一定区間から求めた曲げヤング係数(水平積層1、2、3はスパンの関係で測定しなかった。)

*6: 破壊原因、FJ: 縦裂き部、K: 節、G: 目切れ、B: その他