

木材の曲げ強度的性質に及ぼす 加熱処理の影響

木 下 紱 幸⁽¹⁾

ま え が き

木材に対する加熱処理の問題は、木材を加工する場合に重要であり、これまでも木材の強度的性質に及ぼす温度の影響については、かなりの報告が提出^{2)~5)7)9)18)}され、検討が加えられている。しかし、そのほとんどが加熱処理時における木材強度の測定に関するものであり、加熱処理材の強度的性質にあらわれる処理効果の残留性については若干の報告⁶⁾⁸⁾¹²⁾¹³⁾¹⁶⁾がみられるのみで、特に生材を加工する際に必要な煮沸処理を行なった場合の、この点に関する報告は非常にすくない¹⁸⁾。このような見地から、本報告は木材の横方向の強度的性質に及ぼす加熱（煮沸）処理の影響を次の2点について、曲げ試験により検討したものである。

1. 加熱処理時において、曲げヤング係数、曲げ破壊係数を測定し、これらの強度値に及ぼす加熱温度、時間の影響をしらべる。

2. 加熱処理された試験片温度が、常温まで回復した時に、同じく曲げヤング係数、曲げ破壊係数を測定し、これらの強度値にあらわれる加熱処理効果の残留性をしらべる。

この場合、木材試験片に対する加熱処理はいずれも水中において行なった。

なお、本実験を行なうにあたり、林業試験場上村 武木材部長、寺沢 真前加工科長、江草義正前加工研究室長にご指導を受けた。また、試験片作製にあたって椎橋、大尾両技官にご援助いただいた。付記して心から感謝の意を表する。

実 験 方 法

1. 供試樹種および試験片寸法

供試樹種は、日本産材としてセン、シナノキ、ホオノキの3樹種および、いわゆる南方産材からクルイン、マヤピス、レッド ラワンの3樹種、計6樹種の飽水状態原木を選び実験に供した。なお、クルインはインドネシア東カリマンタン州、レッド ラワンおよびマヤピスはフィリピンで生育したものである。

これら6樹種の含水率、容積密度数、成長輪幅等の値を Table 1 に示す。表中、容積密度数は全幹重量を生材容積で除して求めた。容積密度数を樹種について比較すると、クルインがもっとも高い値を示し、レッド ラワンがこれにつぐが、他の4樹種シナノキ、セン、ホオノキ、マヤピス間には大きな差は認められない。曲げ試験片は11cm（接線方向）×2cm（繊維方向）×0.5cm（半径方向）の寸法に作製し、水分の蒸発を防ぐため、ビニール袋に入れて冷所に置き、適宜実験に供した。なお、試験片は樹心と心材

1968年8月10日受理

(1) 木材部加工科加工研究室

Table 1. 供試材料の含水率・容積密度数・成長輪幅
Moisture content, bulk density and width of annual
rings of test materials

樹 種 Common name	学 名 Botanical name	産 地 Place of growth	含 水 率 Moisture content	容積密度数 Bulk density (kg/m ³)	成長 輪 幅 Width of annual rings (mm)
SEN	<i>Kalopanax septemlobus</i> Koidz.	Hokkaido	153.8 (130.2~183.3)	396 (464~332)	1.1 (0.5~2.0)
SHINA	<i>Tilia Maximowicziana</i> Shiras.	Hokkaido	173.8 (154.4~199.0)	412 (435~376)	2.3 (1.5~4.0)
HÔ	<i>Magnolia obovata</i> Thunb.	Hokkaido	146.1 (140.5~150.8)	396 (402~385)	1.7 (1.0~2.5)
RED LAUAN	<i>Shorea negrosensis</i> Foxw.	Philippines	168.2 (154.9~181.6)	451 (475~430)	—
MAYAPIS	<i>Shorea sequamata</i> Dyer.	Philippines	166.6 (157.3~173.2)	380 (396~361)	—
KERUING	<i>Dipterocarpus</i> sp.	Indonesia	92.1 (81.1~98.5)	638 (679~618)	—

外部との中間位置から、半径方向に7~10個の試験片をとってこれを1条件の試験にあて、この方法により繊維方向に各樹種あたり20~25組の試験片を作製した。

2. 実 験 条 件

加熱処理時における曲げ試験および加熱処理後試験片材温が常温まで回復したときの曲げ試験を、以下それぞれ実験Ⅰ、Ⅱとし、おのおの場合の試験片に対する加熱（煮沸）条件および曲げ試験の条件を述べる。

実 験 Ⅰ 曲げ強度的性質に及ぼす加熱温度、時間の影響をしらべるために行なったもので、曲げ試験は次の各条件温水中において行なった。試験片に対する加熱温度は40、60、75、90℃の4条件、加熱時間は40、60、75℃については24時間の1条件で、90℃においては24時間から240時間まで、その間5~6段階に変化させ、高温で比較的長時間加熱処理を行なったときの、曲げ強度的性質に及ぼす加熱時間の影響をしらべた。なお、加熱時間を変化させた場合の実験はシナノキ、レッド ラワンを除くセン、ホオノキ、マヤビス、クルインの4樹種についてのみ行なった。

木材中における熱の拡散速度からみれば、今回の実験に用いた試験片寸法では、非常に短時間で十分試験片内部の温度は条件処理温度に達するものと考えられ、実際に厚さ5mmの試験片中央部に熱電対を挿入し、90℃における試験片の温度上昇経過を測定したところ、2~3分で試験片温度はほぼ外周温度に達するという結果が得られた。しかし、今回の実験においては、曲げ試験に際しての測定時間の変動等をも考慮し、各温度条件における基準加熱時間を24時間とした。

各温度、時間条件であらかじめ煮沸槽内で加熱された試験片は、煮沸槽から取り出した後、直ちに曲げ試験を行なったが、この場合試験は恒温水槽内で常に各温度条件を保ちながら実施した。なお、この恒温水槽内における温度精度は40~75℃においては±2℃、90℃では±3℃である。恒温水槽の温度制御は外部にもうけた水槽で制御し、恒温水槽と水槽の間をパイプで連結して、各温度の温水を循環せしめたため、高温時においては温水循環過程の放熱により、やや精度が低下した。曲げ試験条件として、スパン70mm、クロスヘッド速度は毎分3.0mmとして実験を行なった。

実 験 Ⅱ 加熱処理効果の残留性をしらべるために行なったもので、水中で加熱処理された木材試験片の材温が常温まで回復したとき曲げ試験を行ない、曲げヤング係数、曲げ破壊係数にあらわれる加熱処理

効果の残留性を加熱温度と時間とに関連して検討した。

まず、試験片に対する加熱条件として、温度は 60, 75, 95°C の 3 条件、各温度条件において加熱時間を 24 時間から 240 時間まで、その間 5 ～ 6 段階に変化させた。各条件で水中において加熱処理された試験片は、煮沸槽から取り出した後、20°C の水中に 24 時間放置して曲げ試験を行なった。加熱処理後の 20°C の水中における放置時間については、材温の低下や放置時間の経過とともに加熱処理効果も徐々に消失するものと考えられるが、同一試験片に低荷重を加えてヤング係数を測定し、これと放置時間との関係を求めたところ、ヤング係数値は放置開始時から時間の経過とともに増加する傾向を示すが、放置時間を 24 時間程度にすれば、ヤング係数値はほぼ一定値になることを予備試験により確認した。

なお、曲げ試験条件として、スパンは 80mm、クロスヘッド速度は毎分 2.0mm とした。また、供試樹種として、前記 6 樹種のうちレッド ラワンを除く 5 樹種について実験を行なった。

3. 実験装置

実験にはインストロン型材料試験機 (東洋測器製テンシロン UTM-Ⅲ型試験機および記録計) を用い、実験 I を行なう場合には、試験機の曲げ治具部に恒温水槽をとりつけ、外部の水槽で各条件温度に調節した温水をポンプで恒温水槽内に送り込み、条件温度水中において曲げ試験を行なうようにした。実験装置を Fig. 1 に示す。

曲げ試験における荷重の検出は容量 20 kg の引張り型ロードセルにより、試験片のたわみは試験機のクロスヘッドの移動速度と記録紙の送り速度との比により拡大して求め、荷重—たわみ曲線を負荷開始時から試験片の破壊時まで連続して記録紙上に描かしめた。この場合、試験機の機構上¹⁷⁾、試験時における試験片のたわみ量は試験機のクロスヘッド移動量に等しいとみなして求める方法を採用しているため、曲げ治具の支点あるいは荷重点が試験片中にめり込みを生じた場合、これがたわみ量の誤差となって測定値に含まれる危険性が多分に考えられる。この点を検討するため、精度 1/100mm のダイヤルゲージを曲げ試験片の引張側中央部にとりつけ、試験時における試験片のたわみ量をダイヤルゲージおよび記録紙上から求め、両者の値を比較した結果、今回の実験においては両者間に明らかな差は認められず、支点、荷重点の材中へのめり込みによるたわみの測定誤差は無視できるものと考えた。

なお、支点、荷重点の曲率はいずれも 3 R で、試験片の板目面、木表側に中央集中荷重を加え、記録紙上に求めた荷重—たわみ曲線から、曲げヤング係数 (E) および曲げ破壊係数 (σ) をそれぞれ次式により計算した。

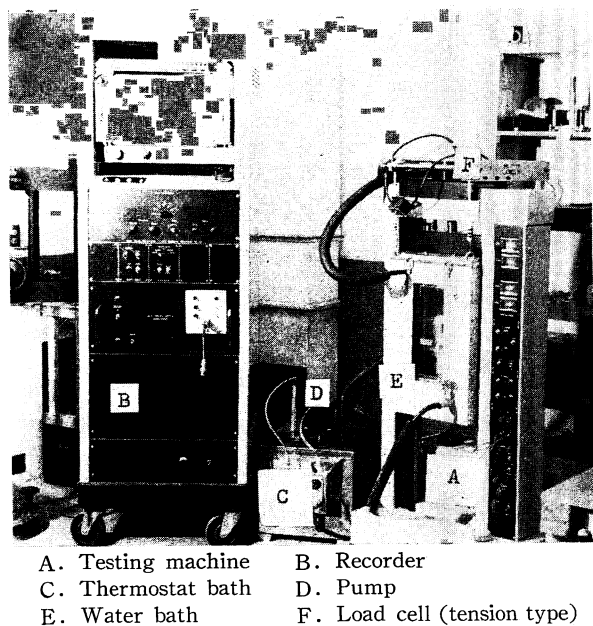


Fig. 1 実験装置
Experimental apparatus

$$E = \frac{P \cdot l^3}{4 \cdot y \cdot b \cdot h^3}$$

$$\sigma = \frac{3P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

P : 荷重, l : スパン, y : 試験片のたわみ

b : 試験片の幅, h : 試験片の厚さ

実験結果および考察

1. 加熱処理時における曲げヤング係数, 曲げ破壊係数

各樹種それぞれ 1 加熱条件あたり 7~10 個の試験片を準備したが, これら全試験片は加熱処理を行なう前に, 室温 (20°C) で, 低荷重を加えてヤング係数の測定を行ない, 加熱処理後の値に対する基準値とした。また, 無処理における曲げ破壊係数値として, 各樹種 6~10 個の試験片についてその測定を行なった。

各加熱処理条件に対して用いた試験片数, 無処理時および加熱処理時におけるヤング係数, 曲げ破壊係数等を Table 2 に総括して示す。無処理時において測定したヤング係数, 曲げ破壊係数を供試 6 樹種についてみると, 容積密度数に相応してクルインがもっとも高い値を示し, レッド ラワンがこれに次ぐが, セン, ホオノキ, マヤピス間においては大きな相違は認められない。また, セン, ホオノキ, マヤピスとはほぼ等しい容積密度数を示したシナノキは他樹種に比較してかなり低い値を示し, そのヤング係数, 曲げ破壊係数をクルインと比べると, 前者は約 1/3, 後者は約 1/2 の値を示すにすぎなかった。

1) 曲げヤング係数と加熱温度の関係

各樹種の曲げヤング係数と加熱温度の関係を Fig. 2 に示す。この場合, 加熱処理時間はいずれも 24 時間で, 曲げヤング係数の値は Table 2 に示した平均値を用いている。全樹種とも, そのヤング係数は温度の上昇にともない減少するが, その減少の傾向はクルインを除き, 実験を行なった 40°~90°C の温度範囲において, いずれもほぼ直線的な減少傾向を示すものと認められる。いま, 各樹種ごとにヤング係数 E (kg/cm²) と温度 T (°C) 間になりたつ実験式を求めると次のようになる。

$$\text{セ ン} \quad E = -35.5T + 3980$$

$$\text{ホオノキ} \quad E = -40.8T + 4385$$

$$\text{シナノキ} \quad E = -11.8T + 1516$$

$$\text{マヤピス} \quad E = -26.3T + 3500$$

$$\text{レッド ラワン} \quad E = -55.8T + 6195$$

クルインにおいては, 温度上昇にともなうヤング係数の減少傾向は 40°~60°C を境にして若干異なり, 60°~90°C の温度範囲においては, ヤング係数は温度の上昇にともない, ほぼ直線的に低下する傾向が認められた。なお, たて軸に各加熱温度時における曲げヤング係数と無処理時における値との比を, よこ軸に温度をとったグラフを Fig. 3 に示す。40°C ではホオノキ, レッド ラワン, マヤピス, クルインのヤング係数は無処理時の 83~84% の値を, またセン, シナノキはそれぞれ 76%, 73% の値を示し, 90°C においては樹種により若干変動が大きくあられ, マヤピスで 36%, クルインは 16% の値を示し, 他の樹種はこの範囲内の値を示している。

2) 曲げ破壊係数と加熱温度の関係

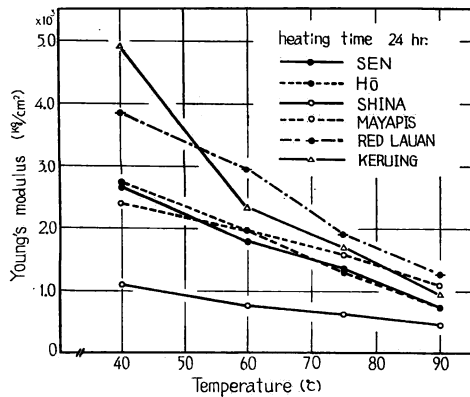


Fig. 2 加熱温度と曲げヤング係数の関係
Relationship of heating temperature
to Young's modulus.

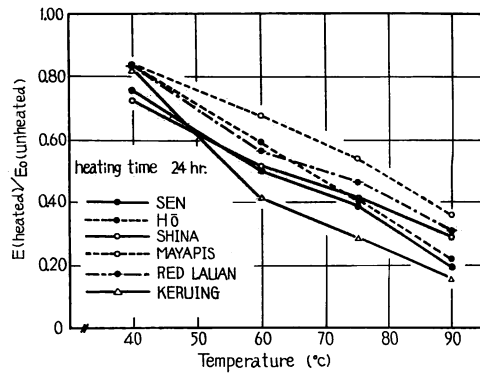


Fig. 3 加熱温度と E/E_0 の関係
Relationship of heating temperature
to E/E_0

曲げ破壊係数と加熱温度の関係を Fig. 4 に示す。この場合、加熱処理時間はいずれも 24 時間で、曲げ破壊係数として Table 2 における平均値を用いた。供試 6 樹種中、クルイン以外の樹種において曲げ破壊係数はヤング係数の場合と同じく、温度が上昇するにともなう、ほぼ直線的に減少し、曲げ破壊係数 σ (kg/cm²) と温度 T (°C) 間には次のような実験式がなりたつ。

セ ン	$\sigma = -0.486T + 63.2$
ホオノキ	$\sigma = -0.618T + 74.1$
シナノキ	$\sigma = -0.269T + 40.1$
マヤピス	$\sigma = -0.358T + 54.1$
レッド ラワン	$\sigma = -0.783T + 94.5$

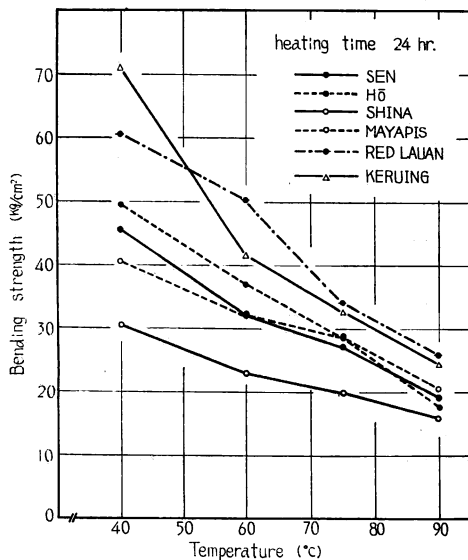


Fig. 4 加熱温度と曲げ破壊係数の関係
Relationship of heating temperature
to bending strength.

クルインについては、ヤング係数の場合と同様、40°~60°Cを境として、温度上昇にともなう曲げ破壊係数の低下傾向が異なり、60°~90°Cの温度範囲においては、温度が上昇するにともない

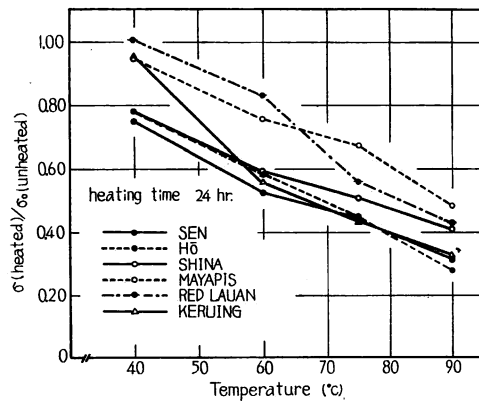


Fig. 5 加熱温度と σ/σ_0 の関係
Relationship of heating temperature
to σ/σ_0 .

Table 2. 曲げヤング係数・曲げ破壊係数
Effect of heating temperature and time on

樹 種 Species	加 熱 条 件* Heating conditions		試験片数 Number of specimens	ヤング係数 E_0 (無処理) $\times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ Young's modulus of unheated specimen			ヤング係数 E Young's
	温 度 Temp. (°C)	時 間 Time (hr.)		平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Ave.
SEN	Unheated		10	3.89	5.15	3.01	
	90	24	10	3.85	4.92	2.96	0.74
		96	7	4.03	4.70	3.49	0.77
		144	7	4.20	4.75	3.61	0.61
		192	7	3.64	4.29	2.97	0.44
		240	7	3.90	4.67	3.07	0.56
	75	24	10	3.54	4.48	2.75	1.36
	60	24	10	3.55	4.38	2.77	1.77
	40	24	10	3.49	4.35	2.87	2.64
HÔ	Unheated		10	3.52	4.12	3.18	
	90	24	10	3.40	3.88	2.95	0.74
		96	7	3.49	3.66	3.33	0.94
		144	7	3.51	3.75	3.39	0.64
		192	7	3.50	3.74	3.28	0.83
		240	7	3.45	3.86	3.26	0.74
	75	24	10	3.22	3.52	2.89	1.30
	60	24	10	3.32	3.69	2.88	1.97
	40	24	10	3.27	3.85	2.91	2.72
SHINA	Unheated		10	1.68	2.06	1.22	
	90	24	9	1.61	1.97	1.03	0.46
	75	24	10	1.51	1.74	1.36	0.62
	60	24	10	1.50	1.76	1.19	0.77
	40	24	11	1.49	1.70	1.15	1.08
MAYAPIS	Unheated		10	2.82	3.15	2.52	
	90	24	10	3.03	3.39	2.54	1.08
		96	7	3.06	3.35	2.77	1.39
		144	7	3.31	3.71	3.02	1.36
		192	7	3.02	3.81	2.57	0.89
		240	7	3.04	3.88	2.52	1.01
	75	24	10	2.93	3.50	2.60	1.58
	60	24	10	2.92	3.49	2.63	1.97
	40	24	10	2.88	3.34	2.68	2.40
RED LAUAN	Unheated		6	4.17	4.60	3.55	
	90	24	8	4.06	4.46	3.74	1.27
	75	24	9	4.11	4.84	3.13	1.91
	60	24	6	5.22	5.84	4.80	2.96
	40	24	8	4.58	4.88	4.36	3.85
KERUING	Unheated		8	6.12	7.02	5.13	
	90	24	10	6.23	7.12	5.69	0.97
		96	6	6.06	6.61	5.76	1.25
		144	6	6.11	6.64	5.74	1.00
		240	6	5.86	6.07	5.44	1.17
	75	24	10	5.89	6.30	4.97	1.69
	60	24	7	5.69	5.95	4.95	2.32
	40	24	10	5.89	6.33	5.55	4.92

* 加熱処理は水中で行なった。Specimens were heated in water.

** 曲げ試験は各加熱温度条件下で行なった。Bending tests were conducted under heating

*** 無処理試験片 (σ_0) に対する各加熱処理試験片 (σ) の曲げ破壊係数比。Ratio of bending

曲げ破壊係数はほぼ直線的に低下する傾向を示した。

各加熱温度における曲げ破壊係数を無処理時における値と比較すると、Fig. 5 に示すように、40°C の場合レッド ラワン、マヤピス、クルインの南方産材樹種の曲げ破壊係数は無処理時の 95~100% の値を

に及ぼす加熱温度・時間の影響

bending Young's modulus and bending strength

(加熱処理時) $\times 10^3 \text{ kg/cm}^{2**}$ modulus of heated specimen		E/E_0			曲げ破壊係数 kg/cm^{2**} Bending strength			σ/σ_0^{***}
最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	
0.97	0.52	0.192	0.278	0.149	61.1	78.6	52.4	0.313
0.90	0.58	0.191	0.224	0.160	19.1	26.2	14.6	0.314
0.76	0.50	0.145	0.164	0.123	19.2	22.2	12.4	0.270
0.56	0.31	0.121	0.135	0.098	16.5	20.4	13.1	0.216
0.69	0.46	0.144	0.163	0.122	13.2	18.5	9.4	0.247
1.62	1.13	0.384	0.427	0.349	15.1	19.9	11.0	0.444
2.34	1.46	0.499	0.534	0.447	27.1	34.9	20.2	0.525
3.48	2.08	0.756	0.800	0.710	32.1	40.5	25.2	0.748
					45.7	55.9	37.0	
1.00	0.57	0.218	0.301	0.157	63.2	68.6	57.0	0.280
1.18	0.72	0.269	0.326	0.216	17.7	23.9	16.8	0.335
0.80	0.51	0.182	0.235	0.140	21.2	24.6	19.2	0.267
1.16	0.40	0.237	0.339	0.107	16.9	20.3	14.2	0.340
0.85	0.64	0.214	0.249	0.175	21.5	24.5	18.8	0.301
1.44	1.18	0.404	0.478	0.353	19.0	22.7	16.9	0.449
2.17	1.75	0.593	0.660	0.527	28.4	30.7	26.2	0.584
3.22	2.45	0.832	0.882	0.780	36.9	40.1	34.3	0.782
					49.4	54.3	45.9	
0.59	0.34	0.286	0.349	0.228	38.9	47.6	31.0	0.411
0.75	0.56	0.411	0.459	0.368	16.0	18.8	11.7	0.509
0.90	0.73	0.513	0.560	0.471	19.8	23.5	18.4	0.589
1.33	0.84	0.725	0.792	0.641	22.9	27.6	18.3	0.781
					30.4	36.3	24.7	
1.43	0.83	0.356	0.460	0.269	42.4	45.1	38.6	0.483
1.62	1.26	0.454	0.484	0.391	20.5	22.3	17.5	0.583
1.57	1.16	0.411	0.472	0.377	24.7	26.7	21.7	0.594
1.31	0.63	0.295	0.365	0.237	25.2	27.5	22.9	0.441
1.21	0.72	0.332	0.393	0.286	18.7	21.5	15.7	0.467
1.79	1.33	0.539	0.617	0.467	19.8	22.3	16.4	0.672
2.41	1.72	0.675	0.751	0.606	28.5	32.3	25.0	0.755
2.81	2.16	0.833	0.922	0.785	32.0	36.1	28.8	0.950
					40.3	47.0	36.4	
1.53	1.02	0.313	0.371	0.273	60.2	62.5	56.2	0.430
2.25	1.57	0.465	0.502	0.409	25.9	29.4	22.2	0.560
3.20	2.80	0.567	0.613	0.544	33.8	37.2	27.9	0.832
4.14	3.75	0.841	0.900	0.777	50.1	53.0	45.9	1.005
					60.5	67.8	55.9	
1.21	0.66	0.156	0.189	0.111	74.3	85.3	66.4	0.332
1.51	0.93	0.206	0.262	0.151	24.7	28.7	20.2	0.378
1.21	0.77	0.164	0.189	0.133	28.1	29.9	23.6	0.341
1.47	1.00	0.200	0.242	0.179	25.3	28.8	20.9	0.361
1.97	1.25	0.287	0.350	0.198	26.8	29.3	21.7	0.440
2.75	1.94	0.408	0.465	0.346	32.7	38.4	28.7	0.561
5.40	4.34	0.835	0.912	0.782	41.7	46.6	36.2	0.956
					71.0	78.5	64.5	

condition.

strength of heated specimens (σ) to unheated specimens (σ_0).

示すのに対して、セン、シナノキ、ホオノキの日本産材3樹種のそれは75~78%と、今回実験を行なった6樹種に限れば、40~50°Cの比較的低い温度範囲において、南方産材と日本産材間に曲げ破壊係数の低下に対する温度効果に相違がみられた。90°Cにおいては、ホオノキ、セン、クルインが無処理時の28~

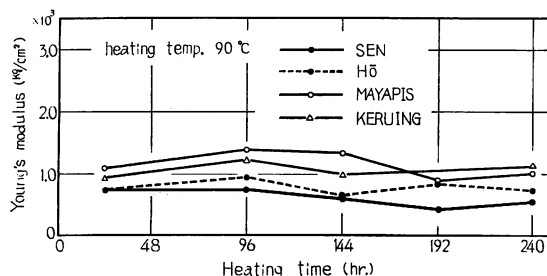


Fig. 6 90°Cにおける加熱時間と曲げヤング係数の関係
Relationship of heating time to Young's modulus at 90°C.

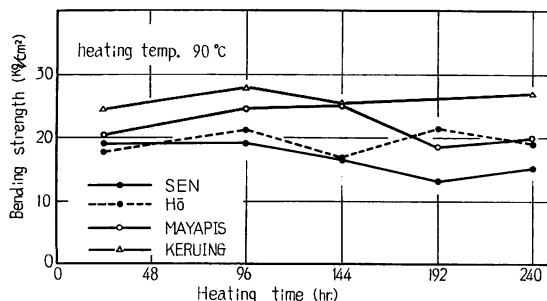


Fig. 7 90°Cにおける加熱時間と曲げ破壊係数の関係
Relationship of heating time to bending strength at 90°C.

33%の値まで低下するのに対して、マヤピス、レッド ラワン、シナノキでは41~48%となり、一般にヤング係数の場合に比較すると、温度効果が小さくあらわれた。

3) 曲げヤング係数、曲げ破壊係数と加熱時間の関係

加熱温度 90°C において、加熱時間を24時間から 240 時間まで変化させたときのセン、ホオノキ、マヤピス、クルイン 4 樹種のヤング係数と加熱時間の関係を Fig. 6 に、曲げ破壊係数と加熱時間の関係を Fig. 7 に示す。

樹種により、加熱時間が増加するにつれて、ヤング係数、曲げ破壊係数がわずかながら低下する傾向も認められるが、その低下は非常に微少なものであり、さらに試験片採取位置による強度値のばらつきにもより明確な傾向はつかめない。いずれにしても、今回実験を行なった樹種および試験片寸法の範囲では、24時間以上加熱処理を行

なうことによるヤング係数、曲げ破壊係数の変化は無視できるものと考えられる。なお、今回は24時間以下の条件については実験を行っていないため、試験片内部の温度が各条件温度に達してから24時間までにおける加熱時間の影響については不明であるが、試験片内部の温度が一応各条件温度に達して後の加熱時間の効果も多少あるものとも考えられ、今後この点に関する実験が必要であると思われる。

以上、温度、時間を変化させ水中において加熱処理された木材の横方向の曲げ試験を各加熱条件下で実施し、これから得られた曲げヤング係数および曲げ破壊係数に及ぼす加熱温度、時間の影響についての実験結果を示した。

従来、木材の強度的性質に及ぼす加熱温度の影響については木材の含水率等との関連において検討が加えられ、報告も提出されているが、北原・末松⁷⁾は気乾材、全乾材の圧縮試験を10~50°Cの温度範囲において、福山・竹村⁴⁾⁵⁾はヒノキ、ブナ生材およびその含水率を変化させた場合の横方向の引張り、圧縮試験を30~75°Cに温度を変化させて、また同様な試験は Young's によっても Red oak について行なわれ、いずれも木材の強度的性質に及ぼす温度の影響を求めている。これらの報告によると、引張り、圧縮試験により求めたヤング係数、破壊強度等は、いずれも上記実験温度の範囲内においては温度が上昇するにともなって、ほぼ直線的に低下するとされており、今回の実験から得られた結果と非常に類似した傾向を示している。なお、福山・竹村は温度1°C増減に対するヤング係数および破壊強度の変動割合を求め、つまりそれぞれの温度係数値を α (%), β (%) とすると、生材試験片の場合、引張り試験からヒノキについて $\alpha = 0.69$, $\beta = 0.71$, ブナについて $\alpha = 0.53$, $\beta = 0.61$, また圧縮試験からヒノキ、ブナ

についての α 値として、それぞれ 1.01, 1.04 という値を出している。今回行った実験においては、前にも述べたように供試樹種のうちクルイン材を除くと、ヤング係数、曲げ破壊係数は $40^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において、温度上昇にともなってほぼ直線的に低下する傾向が認められた。この場合 0°C を基準にして、温度 1°C 増減に対するヤング係数、曲げ破壊係数の変動の割合を求めると Table 3 に示す値が得られた。

ここで、シナノキ、マヤピスにおける温度係数が他の 3 樹種に比較して若干低い値を示しているが、ヤング係数における温度係数は福山らが圧縮および引張り試験により求めた値のほぼ中間的な値を示している。

2. 加熱処理材における処理効果の残存性

セン、シナノキ、ホノノキ、マヤピス、クルインの 5 樹種について実験を行なった。

Table 4 はその実験結果を総括して示したものであるが、表中ヤング係数 E_0 は加熱処理を行なうに先だち、無処理時の全試験片について測定したもので、ヤング係数 (E)、曲げ破壊係数 (σ) は各温度、時間条件で水中において加熱処理を行ない、その後 20°C 水中に 24 時間放置した試験片について測

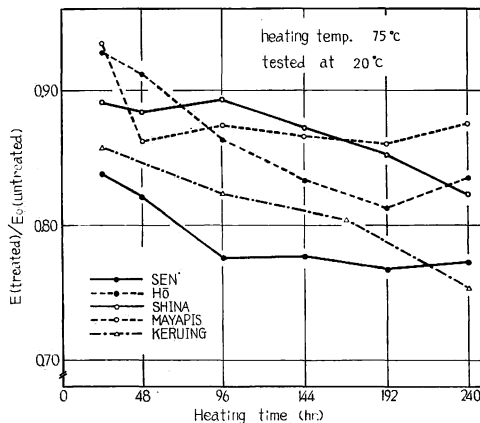


Fig. 9 75°C で加熱された材の曲げヤング係数にあらわれる加熱処理効果の残存
Duration of heating effect on Young's modulus at 75°C .

Table 3. 温度 1°C 増減に対するヤング係数・曲げ破壊係数の増減の割合
Percentage of decrease in Young's modulus and bending strength per 1°C increase

Species	Young's modulus	Bending strength
SEN	0.89	0.77
SHINA	0.78	0.67
HŌ	0.93	0.83
MAYAPIS	0.75	0.66
RED LAUAN	0.90	0.83

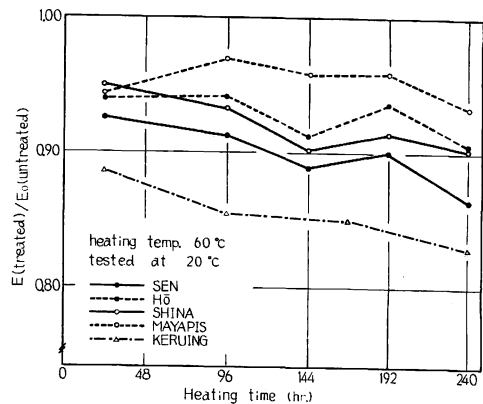


Fig. 8 60°C で加熱された材の曲げヤング係数にあらわれる加熱処理の残存効果
Duration of heating effect on Young's modulus at 60°C .

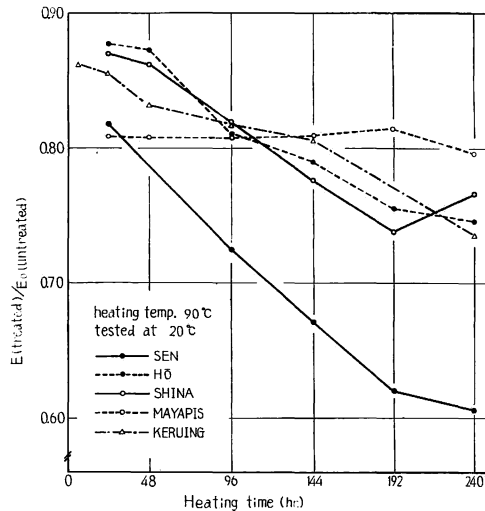


Fig. 10 90°C で加熱された材の曲げヤング係数にあらわれる加熱処理効果の残存
Duration of heating effect on Young's modulus at 90°C .

Table 4. 曲げヤング係数・曲げ破壊係数
Duration of heating effect on bending

樹 種 Species	加 熱 条 件* Heating conditions		試験片数 Number of specimens	無処理時のヤング係数 $E_0 \times 10^8 \text{kg/cm}^2$ Young's modulus of untreated specimen			加熱処理材の Young's
	温 度 Temp. (°C)	時 間 Time (hr.)		平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Ave.
SEN	Unheated		10	3.89	5.15	3.01	
	90	24	7	3.96	4.56	3.60	3.24
		96	8	3.62	4.46	3.33	2.62
		144	8	3.68	4.54	3.00	2.47
		192	8	3.58	4.44	2.84	2.22
		240	8	3.60	4.14	3.10	2.18
	75	24	11	3.70	4.25	2.83	3.10
		48	10	3.85	4.36	2.98	3.16
		96	10	3.79	4.28	2.91	2.94
		144	7	3.86	4.50	3.52	3.00
		192	10	3.70	4.37	2.78	2.84
		240	10	3.62	4.54	2.66	2.80
	60	24	10	3.80	4.94	2.75	3.52
		96	10	3.89	5.01	2.95	3.55
		144	10	3.87	5.01	3.02	3.44
		192	10	3.81	5.06	2.97	3.43
		240	10	3.82	4.96	2.76	3.30
SHINA	Unheated		10	1.68	2.06	1.22	
	90	24	11	1.46	1.64	1.18	1.27
		48	11	1.45	1.66	1.06	1.25
		96	11	1.49	1.73	1.21	1.22
		144	11	1.47	1.73	1.24	1.14
		192	11	1.41	1.78	1.18	1.04
		240	10	1.41	1.65	1.02	1.08
	75	24	10	1.47	1.72	1.10	1.31
		48	10	1.64	1.88	1.38	1.45
		96	10	1.68	1.98	1.34	1.50
		144	10	1.65	2.03	1.34	1.44
		192	10	1.55	1.89	1.31	1.32
		240	10	1.64	1.93	1.36	1.35
	60	24	10	1.59	1.95	1.25	1.51
		96	9	1.64	1.85	1.34	1.53
		144	9	1.64	1.94	1.28	1.48
		192	10	1.63	1.94	1.28	1.49
		240	10	1.63	1.92	1.28	1.47
HÔ	Unheated		10	3.52	4.12	3.18	
	90	24	8	3.09	3.37	2.80	2.71
		48	8	3.14	3.56	2.63	2.74
		96	9	3.12	3.36	2.73	2.53
		144	10	3.09	3.25	2.81	2.44
		192	10	3.06	3.31	2.67	2.31
		240	9	3.34	3.62	3.03	2.49
	75	24	10	3.45	3.77	3.20	3.20
		48	10	3.42	3.75	3.11	3.12
		96	10	3.50	3.79	3.16	3.02
		144	10	3.36	3.89	3.00	2.80
		192	10	3.42	3.88	2.99	2.78
		240	10	3.39	3.80	3.10	2.83
	60	24	10	3.52	4.15	3.15	3.31
		96	10	3.44	3.81	3.06	3.24
		144	10	3.44	3.79	3.08	3.14
		192	10	3.51	3.93	3.12	3.29
		240	10	3.41	3.93	3.10	3.09

にあらわれる加熱処理効果の残留

Young's modulus and bending strength

ヤング係数 $E \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ modulus of treated specimen		E/E_0			曲げ破壊係数 kg/cm^2 Bending strength			σ/σ_0 ***
最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	
					61.1	78.6	52.4	
3.71	2.86	0.818	0.848	0.794	49.7	63.6	42.2	0.813
3.19	2.34	0.724	0.784	0.703	37.3	49.1	32.3	0.610
3.04	1.94	0.671	0.685	0.647	35.2	46.0	28.7	0.576
2.57	1.80	0.620	0.668	0.538	33.3	40.8	27.5	0.545
2.53	1.83	0.606	0.668	0.572	31.6	35.4	25.9	0.517
3.50	2.47	0.838	0.891	0.786	49.8	58.5	35.5	0.815
3.64	2.42	0.821	0.862	0.791	51.0	57.7	38.5	0.835
3.35	2.16	0.776	0.809	0.738	48.3	57.2	38.2	0.791
3.64	2.65	0.777	0.816	0.728	46.4	57.8	39.6	0.759
3.46	2.15	0.768	0.816	0.729	44.9	56.2	34.7	0.735
3.67	1.96	0.773	0.808	0.737	40.9	55.0	33.8	0.669
4.62	2.45	0.926	0.957	0.882	54.8	71.2	42.3	0.897
4.75	2.49	0.913	0.959	0.844	55.2	72.6	44.1	0.903
4.49	2.53	0.889	0.933	0.831	55.7	70.4	47.1	0.912
4.53	2.53	0.900	0.974	0.852	55.3	69.3	41.7	0.905
4.46	2.32	0.864	0.903	0.824	52.7	71.4	38.0	0.863
					38.9	47.6	31.0	
1.42	1.05	0.870	0.926	0.801	29.0	33.1	25.2	0.746
1.44	0.98	0.862	0.948	0.803	29.5	31.8	23.2	0.758
1.45	0.98	0.819	0.924	0.759	27.3	31.2	23.1	0.702
1.33	1.01	0.776	0.819	0.752	25.6	29.8	22.3	0.658
1.32	0.86	0.738	0.762	0.705	23.8	29.6	21.0	0.612
1.33	0.80	0.766	0.806	0.719	23.5	29.0	18.6	0.604
1.63	0.98	0.891	0.955	0.805	31.3	39.6	25.9	0.805
1.66	1.20	0.884	0.920	0.845	34.6	39.6	28.1	0.889
1.76	1.18	0.893	0.914	0.855	35.2	39.6	28.0	0.905
1.82	1.14	0.872	0.923	0.842	34.1	42.8	28.5	0.877
1.59	1.13	0.852	0.904	0.801	30.4	35.1	24.7	0.781
1.62	1.09	0.823	0.859	0.790	32.1	36.6	29.3	0.825
1.88	1.17	0.950	0.987	0.903	36.5	42.4	28.5	0.938
1.73	1.27	0.933	0.948	0.907	36.4	42.9	30.9	0.936
1.71	1.10	0.902	0.943	0.840	36.5	41.8	25.9	0.938
1.70	1.18	0.914	0.947	0.856	35.5	40.0	27.5	0.913
1.76	1.15	0.902	0.937	0.853	34.4	40.2	28.0	0.884
					63.2	68.6	57.0	
3.04	2.33	0.877	0.987	0.832	46.0	49.7	40.2	0.728
2.89	2.40	0.873	0.926	0.812	45.0	49.2	41.1	0.712
2.67	2.27	0.811	0.851	0.762	41.5	44.4	38.0	0.657
2.62	2.13	0.790	0.821	0.742	39.6	43.2	36.2	0.627
2.50	1.99	0.755	0.806	0.725	36.8	39.5	33.3	0.582
2.75	2.31	0.746	0.781	0.698	39.0	41.3	37.2	0.617
3.39	2.94	0.928	0.975	0.888	54.2	57.7	51.4	0.858
3.28	2.91	0.912	0.979	0.859	52.4	53.9	50.3	0.829
3.29	2.54	0.863	0.925	0.804	50.2	52.7	48.0	0.794
3.12	2.53	0.833	0.893	0.755	48.3	52.7	42.0	0.764
3.09	2.50	0.813	0.893	0.762	46.6	52.5	41.9	0.737
3.16	2.60	0.835	0.893	0.790	47.2	51.7	41.6	0.747
3.81	2.90	0.940	0.997	0.909	56.2	60.8	53.1	0.889
3.52	2.91	0.942	0.970	0.911	55.3	59.8	50.5	0.875
3.54	2.84	0.913	0.937	0.890	53.8	58.2	49.5	0.851
3.55	2.90	0.937	0.954	0.878	53.3	58.0	48.7	0.843
3.42	2.60	0.906	0.966	0.781	52.8	57.5	49.0	0.835

Table 4. (つづき)

樹 種 Species	加 熱 条 件* Heating conditions		試験片数 Number of specimens	無処理時のヤング係数 $E_0 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ Young's modulus of untreated specimen			加熱処理材の Young's
	温 度 Temp. (°C)	時 間 Time (hr.)		平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	
MAYAPIS	Unheated		10	2.82	3.15	2.52	
	90	24	8	3.45	3.94	2.95	2.79
		48	9	3.18	3.59	2.87	2.57
		96	9	3.13	3.67	2.50	2.53
		144	10	3.20	3.70	2.78	2.59
		192	10	3.22	3.83	2.71	2.62
		240	10	3.29	4.02	2.79	2.62
	75	24	10	3.38	4.00	3.02	3.16
		48	8	3.18	3.46	2.94	2.74
		96	10	3.01	3.42	2.57	2.63
		144	10	2.91	3.27	2.65	2.52
		192	10	2.86	3.23	2.58	2.46
		240	10	2.79	3.22	2.51	2.44
	60	24	8	3.03	3.24	2.42	2.86
		96	9	2.91	3.29	2.43	2.82
		144	6	2.89	3.13	2.46	2.77
		192	10	2.90	3.21	2.54	2.78
		240	10	2.97	3.29	2.64	2.77
KERUING	Unheated		8	6.12	7.02	5.13	
	90	6	7	6.29	7.01	5.75	5.42
		24	7	5.89	6.62	5.19	5.04
		48	6	6.08	6.58	5.75	5.06
		96	8	5.88	6.21	5.19	4.81
		144	7	6.13	6.60	5.70	4.94
		240	7	5.16	5.47	5.05	3.80
	75	24	8	6.20	6.56	5.60	5.32
		96	6	6.24	6.54	5.64	5.14
		168	8	6.37	7.06	5.64	5.13
		240	8	6.13	6.46	5.68	4.62
	60	24	6	5.66	6.45	5.25	5.02
		96	8	5.65	7.08	5.05	4.83
		168	8	5.68	6.49	5.09	4.83
		240	7	5.60	6.91	5.13	4.64

* 加熱処理は水中で行なった。Specimens were heated in water.

** 曲げ試験は加熱処理 24 時間後 20°C 室温下で行なった。Bending tests were conducted at

*** 無処理試験片 (σ_0) に対する加熱処理試験片 (σ) の曲げ破壊係数比。Ratio of bending

定したものである。

1) 曲げヤング係数にあらわれる加熱処理効果の残留性

Fig. 8~10 に無処理時の値を基準にした加熱処理材のヤング係数と、加熱時間の関係を加熱温度別に示す。

木材を水中において加熱処理することにより、材温が加熱処理後常温まで回復しても、なおその処理効果は材中に残存しており、図からも明らかなように、樹種によりその傾向は若干異なるが、いずれもヤング係数の低下となってあらわれた。この場合、ヤング係数の低下は加熱温度だけでなく、加熱時間によっても影響を受け、高温および長時間の条件で処理を行なった場合ほどヤング係数の低下は大きくあらわれ、また実験を行なった樹種のうち、マヤピスでは加熱時間の効果は顕著にあらわれなかったが、他の 4 樹種のヤング係数は加熱時間の増加にともない、曲線的に低下する傾向を示した。樹種により加熱処理効果にも相違がみられるが、その効果がもっとも大きくあらわれたのはセンで、60°C、75°C の加熱温度条

(Continued)

ヤング係数 $E \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ modulus of treated specimen		E/E_0			曲げ破壊係数 kg/cm^{2**} Bending strength			σ/σ_0^{***}
最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Ave.	最 大 Max.	最 小 Min.	
					42.4	45.1	38.6	
3.22	2.41	0.809	0.868	0.771	41.3	47.9	35.0	0.974
2.92	2.31	0.808	0.850	0.775	38.6	41.9	34.2	0.910
2.94	2.22	0.808	0.888	0.775	36.9	43.9	31.3	0.870
3.08	2.31	0.809	0.832	0.776	37.4	43.9	33.6	0.882
3.04	2.31	0.814	0.862	0.765	38.0	45.6	31.4	0.896
3.13	2.33	0.796	0.835	0.779	37.7	45.9	32.6	0.889
3.73	2.81	0.935	0.976	0.865	46.8	53.2	42.3	1.104
3.07	2.52	0.862	0.918	0.817	42.3	44.2	40.3	0.998
2.92	2.36	0.874	0.920	0.830	41.6	44.0	38.9	0.981
2.74	2.36	0.866	0.913	0.834	38.7	45.4	35.5	0.913
2.77	2.26	0.860	0.914	0.827	37.2	40.8	34.2	0.877
2.78	2.17	0.875	0.914	0.818	36.9	39.4	35.0	0.870
3.02	2.33	0.944	1.00	0.889	44.5	46.4	41.5	1.050
3.07	2.43	0.969	1.00	0.891	43.0	46.5	38.8	1.014
2.93	2.36	0.958	1.00	0.926	41.3	43.7	38.4	0.974
2.94	2.47	0.959	0.997	0.909	41.8	43.7	39.5	0.986
2.99	2.53	0.933	0.985	0.875	41.3	43.7	38.5	0.974
					74.3	85.3	66.4	
6.04	4.89	0.862	0.905	0.835	65.1	69.8	60.8	0.876
5.68	4.44	0.856	0.882	0.819	64.4	70.8	60.1	0.866
5.57	4.13	0.832	0.954	0.711	65.6	77.5	58.5	0.858
5.34	3.98	0.818	0.860	0.767	62.9	70.2	54.3	0.846
5.26	4.48	0.806	0.869	0.769	62.6	66.7	58.3	0.843
3.87	3.71	0.736	0.762	0.687	53.3	54.7	50.4	0.717
5.57	4.98	0.858	0.889	0.802	65.7	69.2	61.4	0.883
5.43	4.87	0.824	0.867	0.776	65.1	71.3	61.4	0.876
5.40	4.66	0.805	0.849	0.758	65.1	69.8	59.3	0.876
4.80	4.46	0.754	0.824	0.690	60.2	62.7	57.0	0.810
5.61	4.30	0.887	0.950	0.811	64.0	70.4	59.0	0.861
5.75	4.29	0.855	0.901	0.812	64.5	75.6	57.9	0.868
5.39	4.31	0.850	0.887	0.807	62.5	68.4	55.9	0.840
5.55	4.15	0.829	0.863	0.803	61.8	72.0	53.1	0.831

24 hr. after heating treatment and 20°C of room temperature.
strength of treated specimens (σ) to untreated specimens (σ_0).

件においては他樹種に比較して大きな相違は示さないが、90°Cで特に長時間加熱処理を行なうと、ヤング係数の低下は大きくあらわれ、たとえば加熱時間を240時間とした場合、無処理時の約60%の値まで低下した。ホオノキ、シナノキ、クルインの3樹種間には、90°Cにおいて、加熱時間の増加にともなうヤング係数の低下傾向には大きな相違は認められず、またセンに比較して若干加熱処理効果も小さくあらわれ、たとえば90°Cで240時間加熱処理を行なった場合、これら3樹種のヤング係数は無処理時の約75%の値を示した。

2) 曲げ破壊係数にあらわれる加熱処理効果の残留性

Fig. 11~13 に曲げ破壊係数と加熱時間の関係を加熱温度別に示す。

曲げヤング係数については上述のように、加熱処理を行なうにさきだち、無処理時の全試験片について測定を行なったが (Table 4)、これらの値からわかるように同一原木内においても、試験片の採取位置、樹種によってはかなりの変動がみられる。無処理時の曲げ破壊係数の測定は1樹種あたり6~11個のわず

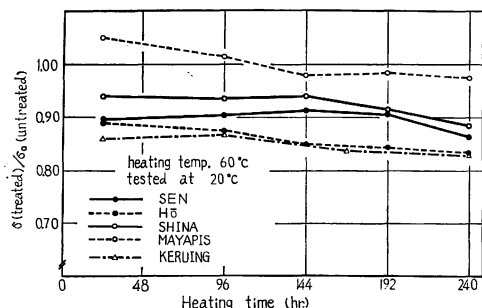


Fig. 11 60°C で加熱された材の曲げ破壊係数にあらわれる加熱処理効果の残留
Duration of heating effect on bending strength at 60°C.

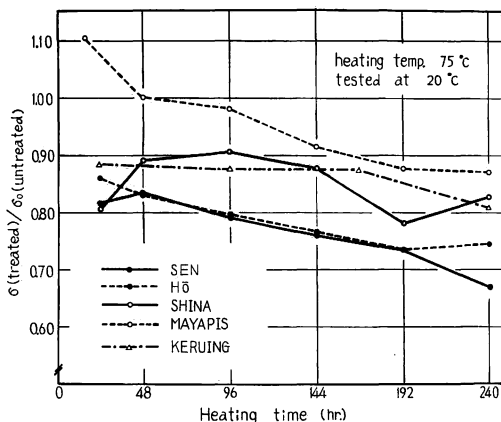


Fig. 12 75°C で加熱された材の曲げ破壊係数にあらわれる加熱処理効果の残留
Duration of heating effect on bending strength at 75°C.

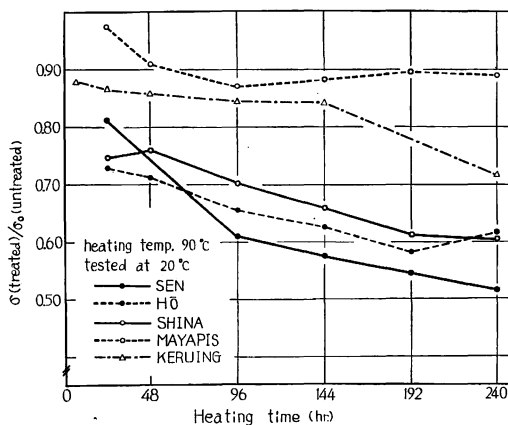


Fig. 13 90°C で加熱された材の曲げ破壊係数にあらわれる加熱処理効果の残留
Duration of heating effect on bending strength at 90°C.

かな試験片についてしか行っていないため、この値を各試料の基準値とすることにはやや難点があるが、一応ヤング係数の場合と同じく、図のたて軸には加熱処理材の曲げ破壊係数を無処理時の値を基準にして示した。

各図からも明かなように、高温および長時間の条件で加熱処理を行なった場合、試験片温度が常温まで回復したとき、その曲げ破壊係数も無処理時に比較すると大きく低下している傾向を示し、曲げヤング係数について得られた結果とはほぼ同様な結果が得られた。しかし、ヤング係数と比較した場合、曲げ破壊係数の加熱温度、時間の増大にともなう低下率、あるいは樹種によるその低下傾向に若干相違がみられた。たとえば、90°C で 240 時間加熱処理を行なった場合、センの曲げ破壊係数は無処理時の約 50%，シナノキ、ホオノキでは約 60% とヤング係数の低下率よりもやや大きく、また加熱温度 90°C におけるセン、シナノキ、ホオノキ 3 樹種の加熱時間の増加にともなう曲げ破壊係数の低下傾向には、ヤング係数においてみられたような大きな相違は認められなかった。

以上、飽水状態の木材を水中において加熱処理し、その曲げヤング係数、曲げ破壊係数を試験片温度が十分常温まで回復したときに測定し、これら強度値にあらわれる加熱処理効果の残留性についての実験結果を示したが、今回の実験において得られた結果のうち、ヤング係数、曲げ破壊係数に対する加熱時間の影響に関しては、YOUNG's¹⁸⁾ が Red oak の横圧縮、引張り試験により得た結果と類似した傾向を示している。つまり、YOUNG's は Red oak 生材を 180°F (82°C) で、加熱時間を 2～30 日に変化させて加熱し、その加熱処理材の圧縮および引張り弾性係数、破壊応力を 80°F (27°C) で測定している。この場合、加熱時間を対数にとると、これら強度値はいずれも加熱時間の増加と

ともに直線的に減少するという結果を提出しており、今回の実験の場合、90°Cで加熱処理を行なったセン、シナノキ、ホオノキ3樹種のヤング係数、曲げ破壊係数と加熱時間との関係において同様な傾向が得られた。

また、加熱処理材の強度的性質にあらわれる処理効果は STAMM¹³⁾¹⁴⁾、MCLEAN¹⁰⁾ にも指摘しているように加熱方法の相違、すなわち煮沸あるいは蒸煮処理の場合と、乾燥状態の木材を空气中で加熱した場合とでは、木材の強度的性質にあらわれる加熱処理効果の残留性に相違がみられる。空气中で加熱処理を受けた木材の強度的性質の変化についての従来の報告のうち、北原・中元寺⁹⁾ は 150°C 程度の加熱温度で処理された木材の曲げヤング係数、曲げ破壊係数は無処理材に比較してほとんど変化が認められないか、あるいは処理されたことにより若干大きな値を示すとしている。また、梶田ら⁶⁾ も加熱処理材の動的ヤング率の測定から、約 170°C 以上の温度で加熱処理された木材の動的ヤング率は、無処理材に比較して低下しているが、100°C 程度以下の加熱温度条件下においては、わずかではあるが動的ヤング率は増加している。乾燥状態の木材を空气中で、あるいは飽水状態の木材を水中において加熱したことにより、木材の内部構造の変化¹⁾、また高温で加熱処理を行なった場合には木材成分の変質あるいは分解等¹¹⁾¹⁵⁾ がおこるが、すくなくとも 100°C 以下の加熱温度条件においては、木材の強度的性質の変化におよぼすこれらの影響は小さいものと考えられる。このようなことから、水中で木材を加熱処理した場合、加熱処理効果が材中に残留し、曲げヤング係数、曲げ破壊係数の低下となってあらわれた原因としては、加熱時ににおける水分の影響が考えられる。しかし、現在のところ飽水状態の木材を水中で加熱した場合の木材中における水分子の挙動、特に木材強度に及ぼすその影響を加熱温度、時間とに関連づけて明らかにすることは困難であるため、一応この報告では、水中で加熱処理を受けた木材の曲げ強度的性質にあらわれる、処理効果の残留性についての実験結果を述べるにとどめておく。

なお、従来からベニヤレースあるいはスライサーにより単板切削を行なう場合、比較的切削困難な原木から切削割れ等の少ない良質単板をうるために、原木に対して煮沸あるいは蒸煮前処理が行なわれている。原木に対してこのような加熱処理を行なうことにより、本報告における実験結果からも明らかなように原木材質にも変化が生ずる。この原木材質の変化、おもに強度的性質とベニヤレースによる単板切削において、切削時に単板に発生する切削割れとの関係を江草²⁾⁸⁾ は比較的広範な樹種についてしらべている。それによると、単板に発生する切削割れは木材の曲げヤング係数、あるいはブリネル硬度計により測定したかたさとある程度の関連性を示し、曲げヤング係数が低下するにしたがって切削割れも減少し、その値が $2 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ 前後を示す材を切削した場合には、切削割れの発生も非常に微少になるという結果を出している。もちろん、単板切削時において、被削材中に発生する応力は単純なものではなく、各種の応力が複合しているものと考えられ、今後これらの点をより明確に解明することにより、単板切削に適した原木材質も究明されてくるものと考えられるが、現在のところ上記の値も、良質単板を切削するための原木材質を表わす一応の指標値になるものと思われる。このような値を目標にして原木の煮沸処理を行なう場合の処理条件は、本報告の実験Ⅰにおいて求めたヤング係数—煮沸温度の関係から求めることができる。しかし、現場で実際作業を行なう場合、現在一般に使用されている機械装置では原木を加熱した状態で切削することは困難で、加熱された原木は加熱槽から取り出してからある時間放置して使用されるのが現状である。この場合の原木に対する煮沸処理条件は実験Ⅱにおいて求めたような処理された材中に残留する煮沸処理効果と温度、時間の関係を知ることにより求めることができ、実験結果から明らかなように同程

度の処理効果をうる場合、前者に比較してはるかに高い温度および長時間の処理条件が必要になってくる。たとえば、無処理時のヤング係数が約 $6 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ であるクルイン材についてみると、その値を $2 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ 程度にまで低下させるに必要な加熱条件は、加熱時において原木を使用するときには約 70°C の温度で煮沸すればよいが、加熱処理後ある時間材を放置して使用するときには、 90°C で約 200 時間処理しても、ヤング係数は約 $4 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ までしか低下せず、さらに高温、長時間の処理条件が必要である。

要 約

加熱処理材の横方向の曲げヤング係数および曲げ破壊係数を、加熱処理時および加熱処理後材温が常温まで十分回復したときに測定し、これら強度値におよぼす加熱温度、時間の影響をしらべた。なお、木材に対する加熱処理はすべて水中において行なったものである。得られた実験結果を要約すると、次のようになる。

1) 加熱処理時に曲げ試験を行なった場合、 $40^\circ \sim 90^\circ \text{C}$ の温度範囲において、曲げヤング係数、曲げ破壊係数は供試樹種中一部の樹種を除くと、Fig. 2, 4 に示すように温度の上昇にともなってほぼ直線的に低下する傾向を示した。また、 90°C において、加熱時間を 24 時間から 240 時間まで変化させて加熱処理を行なった場合、ヤング係数、曲げ破壊係数に対する加熱時間の影響は無視できる程度であった。

2) 加熱処理を行なった後、試験片温度が常温まで十分回復した時点において曲げ試験を行なった場合、加熱処理材のヤング係数、曲げ破壊係数は Fig. 8~13 に示したように無処理時に比較して低下する傾向が認められ、この場合高温、長時間の条件で加熱処理を行なうほど、その低下は大きくあらわれた。

文 献

- 1) CLARK, G. L., J. A. HOWSMON: Swollen, impregnated and compressed wood samples. I. E. C., **38**, 12, pp. 1257~1262, (1946)
- 2) 江草義正・木下叙幸：南方材の性質 1, カンボジア産材 8 樹種のロータリー切削, 材試研報, **190**, pp. 86~100, (1966)
- 3) 江草義正：南方材の性質 2, サラワク産メランチ類木材の単板切削, 林試研報, **190**, pp. 168~177, (1966)
- 4) 福山万次郎・竹村富男：木材の横圧縮に及ぼす温度の影響, 木材誌, **8**, 4, pp. 170~176, (1962)
- 5) 福山万次郎・竹村富男：木材の横引張に及ぼす温度の影響, 木材誌, **8**, 5, pp. 185~191, (1962)
- 6) 梶田 茂・山田 正・鈴木正治・小松一雄：木材のレオロジーに関する研究 (第 2 報), 木材誌, **7**, 1, pp. 34~38, (1961)
- 7) 北原覚一・末松 章：木材圧縮に及ぼす温度の影響, 木材誌, **1**, 2, pp. 47~51, (1955)
- 8) 北原覚一・中元寺昌之：木材の機械的性質に及ぼす熱処理の影響について, 日林誌, **33**, 12, pp. 414~419, (1951)
- 9) 北原覚一・岡部 登：木材の曲げクリープに及ぼす温度の影響, 木材誌, **5**, 1, pp. 12~18, (1959)
- 10) MCLEAN, J. D.: Effect of heat on the properties and serviceability of wood. F. P. L., No. 1471, (1954)
- 11) MITCHELL, R. L., R. M. SEBORG, M. A. MILLETT: Effect of heat on the properties and chemical composition of Douglas-Fir wood and its major components. J. F. P. R. S., **3**, 4, (1953)

- 12) NORTHOTT, P. L., H. G. M. COLBECK : Effect of dryer temperature on bending strength of Douglas-Fir veneers. F. P. J., **9**, 9, pp. 292~297, (1959)
- 13) STAMM, A. J. : Thermal degradation of wood and cellulose. I. E. C., **48**, 3, pp. 413~417, (1956)
- 14) STAMM, A. J., H. K. BURR, A. A. KLINE : Staywood Heat-stabilized wood. I. E. C., **38**, 6, pp. 630~634, (1946)
- 15) SEBORG, R. M., H. TARKOW, A. J. STAMM : Effect of heat upon the dimensional stabilization of wood. J. F. P. R. S., **3**, 3, pp. 59~67, (1953)
- 16) 筒本卓造・佐藤庄一 : 単板の乾燥特性に関する研究 (第2報) 乾燥温度の単板品質に及ぼす影響, 林試研報, 173, pp. 155~165, (1965)
- 17) 山本隆雄 : TOM 5000型精密万能材料試験機, 塑性と加工, **5**, 37, pp. 158~162, (1964)
- 18) YOUNG's, R. L. : The perpendicular to grain mechanical properties of red oak as related to temperature, moisture content and time. F. P. L., No. 2079, (1957)

Effects of Heating on Bending Properties of Woods

Nobuyuki KINOSHITA

(Résumé)

These experiments were carried out to investigate the effect of heating on bending strength properties in transverse direction of water saturated wood of SEN (*Kalopanax septemlobus* Koidz), SHINA (*Tilia Maximowicziana* Shiras.), HÔ (*Magnolia obovata* Thunb.), RED LAUAN (*Shorea negrosensis* Foxw.), MAYAPIS (*Shorea squamata* Dyer) and KERUING (*Dipterocarpus* sp.). The value of moisture content (based on oven-dry weight), bulk density (based on green volume and oven-dry weight) and width of annual ring of test materials were shown in Table 1. The dimension of bending test specimen was 2 cm in width (longitudinal), 0.5 cm in thickness (radial) and 11 cm in length (tangential).

The subject of this experiment was divided into two phases. The first phase consisted of bending tests at four levels of temperature of 40°C~90°C and four to five levels of time of 24 hr~240 hr at 90°C. The second phase consisted of the effect of duration of heating treatment on bending strength properties at three levels of temperature of 60°C~90°C and five to six levels of time of 24 hr~240 hr. In both phases, the heating treatment for wood was conducted in water. The bending tests were done at each heating temperature in the first phase and at 20°C in the second phase with Instron type testing machine which was shown in Fig. 1.

The results were summarized as follows :

1. In first phase of experiment, the bending Young's modulus and bending strength decreased almost linearly with the increase of temperature (Fig. 2, 3, 4, 5 and Table 2). In the case of heating at 90°C, the effect of heating time on Young's modulus and bending strength were insignificant (Fig. 6, 7 and Table 2).
2. In the second phase of experiment, the duration of heating effects appeared as decrease of Young's modulus and bending strength and these duration of heating effects were significant in wood heated at high temperature and for a long time (Fig. 8~13, Table 4).