

# 木材の応力—歪曲線 (第2報)

## 部分圧縮応力—歪曲線 (1)

山井良三郎<sup>(1)</sup>

### まえがき

一般に木構造における接手部材の施工や、集成材の圧縮処理の際などには、材面全体にわたって均等な横圧縮荷重が作用する場合（横圧縮）は稀で、むしろ材面の局部にのみ横圧縮荷重が作用する場合（部分圧縮）が多い。

したがって、単に繊維に垂直の圧縮試験成績という部分圧縮試験の場合をさすことが多く、各国の規格でもこの試験のみを規定しているものが多い。その試験方法はいわゆる枕木式加圧法で、木口断面が正方形の柱体試片を使用し、その長軸の中央部に所定の加圧鋼板を設置し、これに圧縮荷重を加えつつめりこみ量を測定し、加圧鋼板直下の荷重面積当りの応力を求めることになっている。

しかし、この場合の応力と変形の関係は複雑で、第1報で述べた横圧縮のごとき単純応力状態とみなすわけにはいかない。すなわち、加圧鋼板の端縁が被圧試片にめりこむため、そこに応力集中がおこり局処変形の現象をとまなうのみでなく、加圧鋼板直下の部材以外の部分にも不均等な応力分布が生じ、めりこみがすすむとともに繊維軸方向の変形抵抗が関与してくるため、きわめて複雑な組合せ応力の状態におかれるわけである。したがって、試片の形状寸法のみならず、加圧材料の材質および形状、あるいはそれのおかれる位置等が関連して応力と変形の関係を左右するので、いかなる試験条件で求められた結果を、使用応力算定の基準とするかが問題となってくる。さらに現実の設計の場合には、木材特有の異方性問題、水分影響、時間影響等を考慮しなければならないので、その応力と変形の関係はますます複雑となり、数多くの困難な問題を将来に残している。

上述の見地から、形状寸法および木取条件を異にする試片を第1報と同じくエゾマツ気乾材で製作し、規格試験方法に準じた荷重条件で部分圧縮試験をおこない、応力と変形の関係を総合的に表現する応力—歪曲線を求め、これらの関係を規制する諸条件を実験的に検討するとともに、横圧縮応力—歪関係との比較をおこない、繊維に垂直方向の圧縮荷重を受ける各種部材の設計条件に関する基礎的資料としたい。

なお、この実験を実施するにあたり、いろいろ懇切な御指導と御便宜をいただいた木材部長齋藤美篤氏、材料科長小倉武夫氏、強度研究室長沢田稔氏、終始観測に協力された技官児玉芳郎氏、試料作成にあたられた大尾重夫氏に対し、ここに心より厚く感謝いたします。

### 1. 試験材料

供試材料は第1報の横圧縮の場合と全く同一のもので、北海道野幌国有林産のエゾマツ (*Picea jezoensis* CARR.) 気乾材である。各種試片は同一供試材の比較的近接した部位から木取つたものであり、全供

(1) 木材部材料科強度研究室員

試片の平均年輪巾 (b mm), 秋材率 (S %), 比重 ( $r_u$  g/cm<sup>3</sup>,  $R_0$  g/cm<sup>3</sup>) および含水率 (u %) などは Table 1 のごとくである。エゾマツとしてはやや年輪巾の広い方であり, 比重もやや低い方に属すると思われる。

Table 1. 全試片の材質  
Related properties of all specimens.

材 質	Properties	Mark	試片数 Specimens tested N.	観測値の範囲 Range $x_{max.}-x_{min.}$	算 術 平均値 Mean $\bar{x}$	標準偏差 Standard deviation $\pm$ S. D.	変異係数 Coefficient of variation C. V. %
平均年輪巾	Width of annual rings	b mm	191	5.0—2.9	3.5	0.32	9
秋 材 率	Summer wood	S %	191	18—6	11	2.2	20
比 重	Specific gravity, at test	$r_u$ g/cm <sup>3</sup>	191	0.418—0.346	0.389	0.012	3
	Specific gravity, oven dry	$R_0^*$ g/cm <sup>3</sup>	191	0.361—0.300	0.335	0.011	3
含 水 率	Moisture content	u %	191	16.9—14.1	16.6	0.8	5

\*  $R_0$  = 全乾重量/試験時容積 = Weight when oven dry//Volume at test.

なお, 年輪巾, 秋材巾, 年輪矢高 (a mm) 等の測定には 1/5 mm 精度の Zeiss の計測用ルーペを使用し, 試片の大きさは 1/20 mm 精度の Vernier calipers を使用した。また, 全乾比重  $R_0$  は全乾重量を試験時容積で除したものである。

## 2. 試験の種類および試片形状と寸法

試験の種類および試片の形状, その寸法, 試片個数等は Table 2 に示すが, 加圧鋼板の位置は Fig. 1 に示すごとく, どの場合も試片の中央部に定めた。Group I の実験は  $3 \times 3 \times 15$  cm<sup>3</sup> の試片であり, Group II, III の実験は長さの変化が応力—歪関係におよぼす影響をみるため, 試片の長さのみをそれぞれ 9 cm, 6 cm に変えた試片である。Group IV の実験は試片の相似性を検討するため  $2 \times 2 \times 10$  cm<sup>3</sup> とし, Group V の実験は厚さの変化が応力—歪関係におよぼす影響をみるため, 試片の厚さのみを Group IV の試片の 2 倍としたものである。なお, 各 Group とも年輪走向と荷重方向とのなす角, すなわち, 年輪傾角 ( $\alpha$  degree) が応力—歪関係におよぼす影響をみるため, 年輪傾角を 0 度, 45 度, 90 度の三種とした。

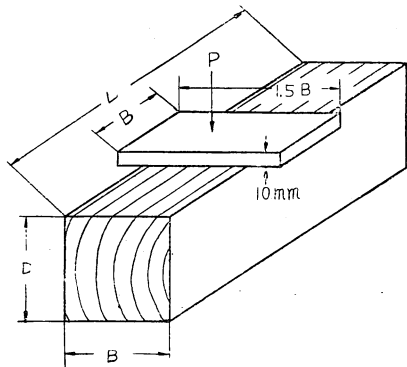


Fig. 1 加圧鋼板による部分圧縮試験方法  
柁目方向荷重を示す。

Method of test employing an iron plate covering but part of surface and at right angles to length of specimen.

$\alpha_{10}$  = when annual rings with respect to applied load are at an angle of 0°.

L = Length, D = Depth, B = Breadth,  
P = Load.

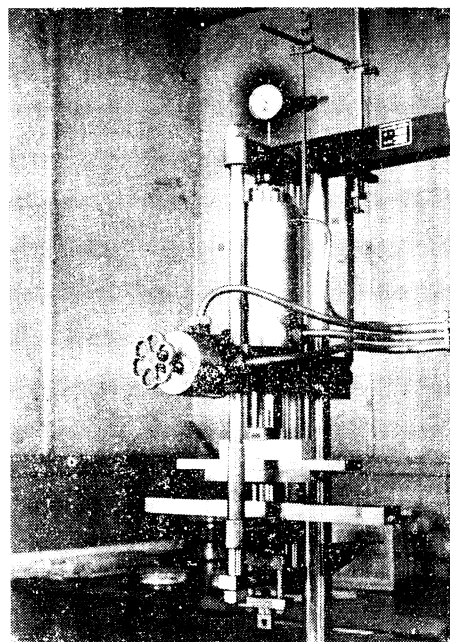
Table 2. 試験の種類  
Classification of test.

Group	試片寸法 Dimensions of specimens			荷重方向 Angle of annual rings to direction of loading $\alpha$	荷重面積 Loaded area A	標点距離 Gauge length (= depth)	D/B	L/B	試片数 Specimens tested N
	Depth D	Breadth B	Length L						
	cm	cm	cm	degree	cm	cm			Number
I-1	3	3	15	$\alpha_{0^\circ}$ (Tangential)	3×3	3	1	5	15
I-2	3	3	15	$\alpha_{45^\circ}$ (45)	3×3	3	1	5	15
I-3	3	3	15	$\alpha_{90^\circ}$ (Radial)	3×3	3	1	5	15
II-1	3	3	9	$\alpha_{0^\circ}$ (Tangential)	3×3	3	1	3	10
II-2	3	3	9	$\alpha_{45^\circ}$ (45)	3×3	3	1	3	10
II-3	3	3	9	$\alpha_{90^\circ}$ (Radial)	3×3	3	1	3	11
III-1	3	3	6	$\alpha_{0^\circ}$ (Tangential)	3×3	3	1	2	11
III-2	3	3	6	$\alpha_{45^\circ}$ (45)	3×3	3	1	2	10
III-3	3	3	6	$\alpha_{90^\circ}$ (Radial)	3×3	3	1	2	12
IV-1	2	2	10	$\alpha_{0^\circ}$ (Tangential)	2×2	2	1	5	16
IV-2	2	2	10	$\alpha_{45^\circ}$ (45)	2×2	2	1	5	16
IV-3	2	2	10	$\alpha_{90^\circ}$ (Radial)	2×2	2	1	5	15
V-1	4	2	10	$\alpha_{0^\circ}$ (Tangential)	2×2	4	2	5	14
V-2	4	2	10	$\alpha_{45^\circ}$ (45)	2×2	4	2	5	11
V-3	4	2	10	$\alpha_{90^\circ}$ (Radial)	2×2	4	2	5	11

### 3. 実験方法

使用せる試験機は Amsler 4,000 kg 油圧式手働材料試験機で、圧縮盤は下面球座とした。各実験に対する試験機の使用力量、荷重刻みおよび平均荷重速度は Table 3 に示すとおりである。荷重速度は比例限度附近を超えてからの荷重速度が一定になるよう Stop watch を見ながら制御した。すなわち、同一荷重刻みを進めるに要する時間を一定にするよう油送把手を調節運転した。この場合は変形量の測定が容易であるため横圧縮の場合よりは調節が簡単であるが、塑性変形が著しく増大するとやはり荷重の戻り現象がともない、必ずしも一定にすることはできなかつた。

加圧鋼板は Fig. 1 に示すごとく厚さが 1 cm で巾が試片の巾と等しく、長さは巾の 1.5 倍とし、稜角はいずれも直角で丸味は全くつけなかつた。試片の変形量は Phot. 1 に示すごとく、試験機の Ram head に



Phot. 1. Testing method.

Table 3. 荷重条件  
Loading conditions.

Group	試片形 Dimensions of specimens cm <sup>3</sup>	荷重方向 Loading direction to rings	使用力量 Capacity at test kg	荷重刻み Load increment kg	試片数 Specimens tested Number	平均荷重速度 Average speed of loading kg/cm <sup>2</sup> /Minvite	
						$x_{max.} - x_{min.}$	$\bar{x}$
I-1	3×3×15	$\alpha_{0^{\circ}}$ (T)	4000	30	15	6.9 — 6.4	6.7
I-2	"	$\alpha_{45^{\circ}}$	4000	30	15	7.1 — 6.5	6.7
I-3	"	$\alpha_{90^{\circ}}$ (R)	4000	30	15	6.8 — 6.7	6.7
II-1	3×3×9	$\alpha_{0^{\circ}}$ (T)	4000	30	10	6.7 — 6.5	6.7
II-2	"	$\alpha_{45^{\circ}}$	400	20	9	} 6.5 — 5.5	5.7
"	"	"	4000	30	1		
II-3	"	$\alpha_{90^{\circ}}$ (R)	4000	30	10	6.7 — 6.6	6.7
III-1	3×3×6	$\alpha_{0^{\circ}}$ (T)	4000	30	11	6.7 — 6.4	6.6
III-2	"	$\alpha_{45^{\circ}}$	400	20	10	5.6 — 5.5	5.6
III-3	"	$\alpha_{90^{\circ}}$ (R)	4000	30	12	6.7 — 6.3	6.6
IV-1	2×2×10	$\alpha_{0^{\circ}}$ (T)	400	10	16	5.1 — 4.9	5.0
IV-2	"	$\alpha_{45^{\circ}}$	400	10	16	5.0 — 4.9	5.0
IV-3	"	$\alpha_{90^{\circ}}$ (R)	400	10	14	} 5.0 — 4.9	5.0
"	"	" (" )	400	20	1		
V-1	4×2×10	$\alpha_{0^{\circ}}$ (T)	400	10	11	5.0 — 5.0	5.0
V-2	"	$\alpha_{45^{\circ}}$	400	10	11	5.2 — 5.0	5.0
V-3	"	$\alpha_{90^{\circ}}$ (R)	400	10	14	5.1 — 4.9	5.1

Table 4. 試験時温度および湿度  
Temperature and relative humidity at test.

Group	Temperature C°		Relative humidity %	
	Range	Mean	Range	Mean
	$x_{max.} - x_{min.}$	$\bar{x}$	$x_{max.} - x_{min.}$	$\bar{x}$
I-1	24.6 — 20.5	22.8	85 — 76	82
I-2	24.6 — 21.3	23.8	90 — 85	87
I-3	25.0 — 20.5	23.3	89 — 77	83
II-1	21.4 — 17.2	18.8	94 — 85	91
II-2	22.1 — 22.0	22.0	95 — 90	91
II-3	24.5 — 21.2	22.0	85 — 82	84
III-1	23.0 — 21.0	21.7	89 — 85	87
III-2	22.0 — 21.5	21.8	95 — 90	93
III-3	20.0 — 18.3	18.9	89 — 89	89
IV-1	22.1 — 18.5	20.8	89 — 80	82
IV-2	22.1 — 18.4	19.8	89 — 75	83
IV-3	21.5 — 16.8	18.7	92 — 88	89
V-1	23.0 — 20.4	21.3	89 — 80	87
V-2	24.5 — 22.0	23.0	90 — 85	87
V-3	22.7 — 21.3	22.2	92 — 85	88

1/100 mm 精度の Dial gauge を取り付け、加圧鋼板と下部圧縮板との間に挟まれた厚さ全体を標点距離として測定した。なお、柀目方向および 45 度方向圧縮の場合は、加圧鋼板を木表側におき荷重を加えた。

この実験では Group V の試片は厚さの 5%，他の Group はどの場合も 10% 圧縮し、その後荷重を除去しつつ変形回復量を測定し、荷重が零になつてから直ちに試片をとり出し、1/20 mm 精度の Vernier calipers で変形回復量を測定し、約 2 週間後に残留歪を求めた。

なお、この実験は 1954 年の 5 月および 6 月初旬に実施したものであり、試験時の室温 ( $T^{\circ}\text{C}$ ) および関係湿度 (H%) は Table 4 に示すとおりである。

#### 4. 測定値の決定方法

一般に材料の強度性能を表わす場合には比例限度、降伏点、極限強さあるいは破壊強さ等を決定しているが、この部分圧縮の場合には横圧縮と同じく比例限度はともかくとして降伏点、その他の強さの確認がはなはだ困難な場合が多いため、わが国の規格では比例限度と辺長の 5% 部分圧縮強さを決定することを規定しているのみである。しかし、この実験ではその他の諸量を求めたのでその決定方法について述べることにする。

##### 4.1. 比例限度 $\sigma_p$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

第 1 報の横圧縮の場合と同様に力量の低い試験機を使用し、荷重刻みの間隔を狭くして測点の数を増し、応力—歪曲線全体からみて直線部分の終点に相当する計測点の応力を比例限度とした。しかし、この場合は直線部分がかなり短いうえに、変形量の測定が Dial gauge であり、また端面影響があらわれるためか直線性の程度があまり明確でない。すなわち、直線域とみなされる部分においても各観測点の変形量の数値がかなり変動している場合が多い。

##### 4.2. 比例限度歪 $\varepsilon_p$ (%)

比例限度に対応する歪を比例限度歪としたが、端面影響のため応力—歪曲線の最初の部分が歪軸に対し凸曲線となる傾向があるので、このような場合は直線部分の延長が歪軸と交わる点を歪が零の点として比例計算で求めた。

##### 4.3. 弾性係数 $E$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

弾性係数は  $\sigma_p/\varepsilon_p$  で計算した。

##### 4.4. 比例限度仕事量 $W_p$ ( $\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$ )

単位体積当りの比例限度仕事量は  $1/2 \sigma_p \cdot \varepsilon_p$  で計算した。

##### 4.5. 1% 歪における応力 $\sigma_1$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

比例限度の決定方法にかなり主観的判断がはいつてくると思われるので、一つの試みとして 1% 歪における応力を求めた。なお、この場合歪の初期部分の補正は行わないで、1% 歪に対応する応力を内挿法により計算して求めた。

##### 4.6. 降伏点応力とその歪 $\sigma_y$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), $\varepsilon_y$ (%)

柀目方向圧縮の場合のごとく、曲線の水平方向への分岐移行がかなり急激に行われる場合は横圧縮の場合と同様にその転移点を降伏点としたが、板目方向、45 度方向圧縮のごとく分岐移行が緩慢な場合はそ

の決定がきわめて困難であるため求めなかつた。降伏点における歪を  $\varepsilon_y$  とし、 $\sigma_y/\varepsilon_y$  を  $E_y$  として計算した。

#### 4.7. 3%, 5%, 10% 歪における応力 $\sigma_3$ (kg/cm<sup>2</sup>), $\sigma_5$ (kg/cm<sup>2</sup>), $\sigma_{10}$ (kg/cm<sup>2</sup>)

部分圧縮の場合は判然たる降伏点、極限強さあるいは破壊強さの決定が困難であるため、3%, 5% および 10% の歪に対応する応力をそれぞれ  $\sigma_3$ ,  $\sigma_5$ ,  $\sigma_{10}$  として  $\sigma_1$  と同様に求めた。

## 5. 実験結果

前述の方法により求めた諸結果を整理し、各 Group における代表的な応力—歪曲線をそれぞれ図示するとともに、観測値の総括結果を表記し、年輪傾角の影響や試片形状の影響等についても比率を求め併記した。個々の試片についてはその結果を附表に記載した。

### 5.1. 応力—歪曲線の一般型

Fig. 2, 3, 4, 5, 6 に各 Group に属する板目、45 度、柾目の三方向における部分圧縮応力—歪曲線を示す。どの Group でもそれぞれ類似の曲線型を示している。ただ Fig. 6 の場合は D/B が他の場合と異なるため数値的にはかなり変化しているのですがこの場合を除外して述べれば、板目方向の場合はいずれも応力が 30 kg/cm<sup>2</sup> 附近までは直線的に進むが、弾性域から塑性域への転移は漸進的で明瞭な降伏点は認めがたい。歪は 2% 附近からかなり増大しはじめ、約 3% を超えるとますます増大し、曲線は概略的には歪軸に対しある傾きをもつた直線的様相を示してくる。

45 度方向荷重の場合は比例限度や直線部分の傾きは他の場合に比し小さく、弾性域から塑性域への転移はきわめて緩慢で、降伏点の確認は困難である。なお、歪が 3% 附近を超えると、曲線はほとんど直線的傾向を示すが、その傾きは他の場合と大差がなくなってくる。

柾目方向の場合は比例限度や直線部分の傾きが最大であり、弾性域から塑性域への転移は前二者に比べてやや急激であり、降伏点もなんとか認められる。しかし、受圧面の附近における春秋材の構成程度によって多小不規則になつてくる傾向がある。歪が 3% 附近を超えると他の場合と同様に、曲線は歪軸に対しある傾きをもつた直線的様相を示している。

#### 5.1.1. Group I の実験結果

これは 3×3×15 cm<sup>3</sup> 試片の場合であり、長さは巾の 5 倍である。板目、45 度、柾目方向の応力—歪曲線を Fig. 2 に示す。また、三方向について求めた観測結果を Table 5 に示す。柾目方向の場合降伏点応力  $\sigma_y$  は比例限度  $\sigma_p$  の 1.2 倍弱であり、 $E_y$  は弾性係数  $E$  の 8 割弱であり、その関係は 3×3×3 cm<sup>3</sup> 試片の横圧縮の場合とほぼ同一である。板目方向の場合の年輪傾角  $\alpha$  の変異係数が 100% となつているが、これは附表 1 をみればわかるように、理想的には 0 度となるべき角度が若干傾斜しておる試片があり、15 個の平均角度が 2.3 度となり、その標準偏差が 2.0 度あつたためである。なお、歪  $\varepsilon_y$  および  $\varepsilon_y$  の変動はかなりあるが、応力の変動は比較的小さい。比例限比仕事量  $W_p$  の変動がどの場合も特に大きい。

#### 5.1.2. Group II の実験結果

これは 3×3×9 cm<sup>3</sup> 試片の場合であり、長さは巾の 3 倍である。板目、45 度、柾目方向の応力—歪曲線を Fig. 3 に示すが曲線型自体は前の場合と全く同様である。また、三方向について求めた観測結果を

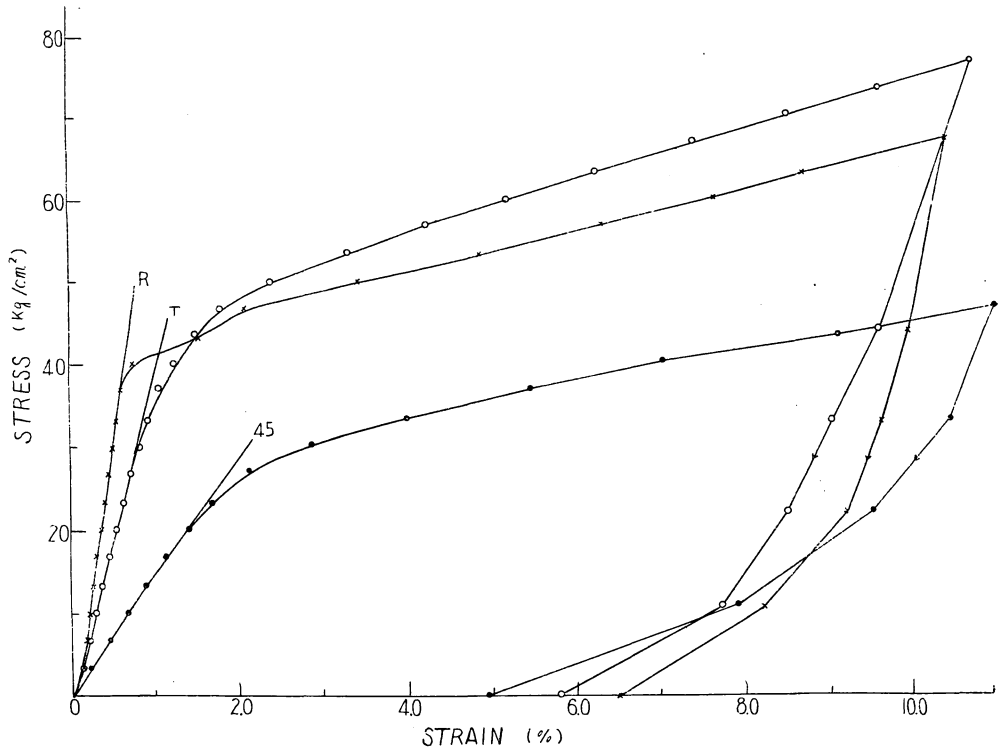


Fig. 2 Group I の試片による応力-歪曲線型 ( $3 \times 3 \times 15 \text{ cm}^3$ )  
 Shapes of stress-strain curves for specimens belonging to Group I.  
 (R;  $\alpha_{90^\circ}$ , T;  $\alpha_{0^\circ}$ , 45;  $\alpha_{45^\circ}$ )

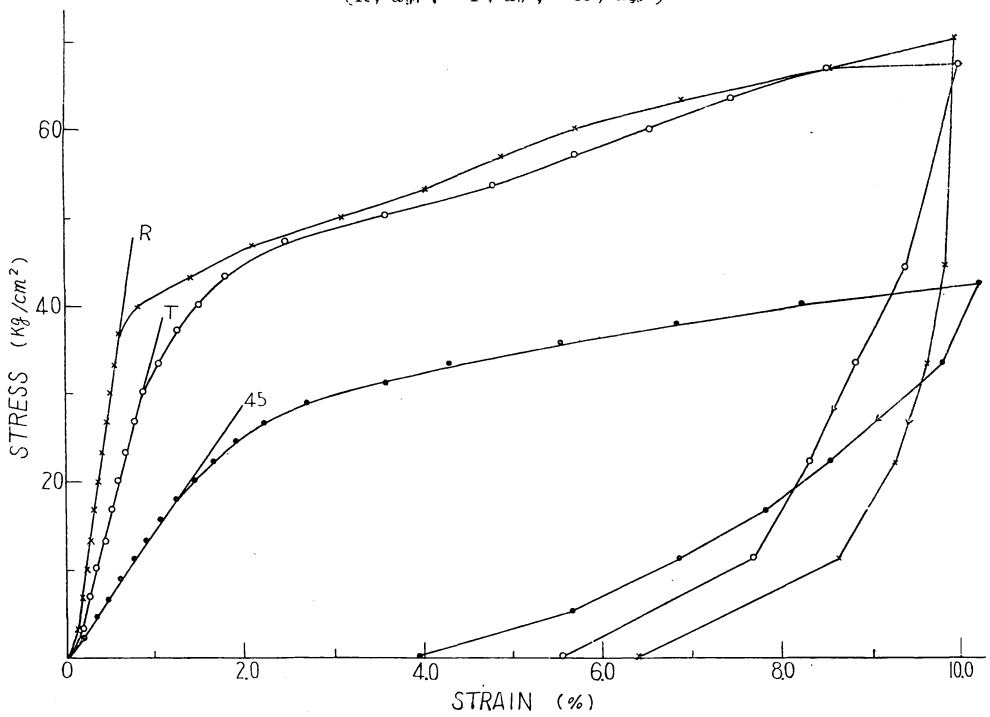


Fig. 3 Group II の試片による応力-歪曲線型 ( $3 \times 3 \times 9 \text{ cm}^3$ )  
 Shapes of stress-strain curves for specimens belonging to Group II.  
 (R;  $\alpha_{90^\circ}$ , T;  $\alpha_{0^\circ}$ , 45;  $\alpha_{45^\circ}$ )

Table 5. Group I (3×3×15 cm<sup>3</sup>) の試験結果  
Results on specimens belonging to Group I (3×3×15 cm<sup>3</sup>).

Property	Mark	Group I-1 ( $\alpha_{90} \approx T$ )					Group I-2 ( $\alpha_{45} \circ$ )					Group I-3 ( $\alpha_{90} \approx R$ )				
		N	Range $x_{max.} - x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	±S.D.	C.V.%	N	Range $x_{max.} - x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	±S.D.	C.V.%	N	Range $x_{max.} - x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	±S.D.	C.V.%
Width of annual rings	b mm	15	4.1—3.0	3.4	0.29	9	15	3.7—2.9	3.3	0.27	8	15	3.7—3.2	3.5	0.15	4
Summer wood percent	S %	15	14—8	10	1.9	19	15	13—8	11	1.3	12	15	16—8	12	2.1	18
Angle of annual rings	$\alpha$ degree	15	7—0	2	2	100	15	51—37	45	5	11	15	90—85	88	2	2
Original sagitta of annual rings	a mm	15	1.9—0.6	1.2	0.3	30	15	—	—	—	—	15	1.5—0.5	1.1	0.3	27
Specific gravity at test	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	15	0.412—0.363	0.390	0.016	4	15	0.401—0.373	0.386	0.009	2	15	0.398—0.346	0.383	0.014	4
Specific gravity, oven dry	$R_d$ g/cm <sup>3</sup>	15	0.361—0.318	0.341	0.014	4	15	0.344—0.322	0.334	0.006	2	15	0.345—0.300	0.331	0.013	4
Moisture content	u %	15	15.7—14.1	14.6	0.5	3	15	16.4—14.7	15.8	1.7	11	15	16.0—15.1	15.4	0.3	2
Stress at proportional limit	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	15	33.4—23.4	28.6	3.8	13	15	23.3—16.7	20.2	1.9	9	15	40.3—30.0	34.7	4.1	12
Strain at proportional limit	$\epsilon_p$ %	15	0.885—0.234	0.725	0.094	13	15	1.44—1.09	1.29	0.07	5	15	0.612—0.404	0.515	0.065	13
Modulus of elasticity	E kg/cm <sup>2</sup>	15	4520—3350	3960	270	7	15	1830—1390	1570	120	8	15	7450—5900	6680	440	7
Work to proportional limit	$W_p$ kg-cm/cm <sup>2</sup>	15	0.1615— 0.0818	0.1060	0.0275	26	15	0.1427— 0.0910	0.1310	0.0187	14	15	0.1203— 0.0608	0.0904	0.0207	23
Stress at yield point	$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	46.9—33.3	39.8	4.9	12
Strain at yield point	$\epsilon_y$ %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	1.050—0.567	0.786	0.148	19
$\sigma_y/\epsilon_y$	$E_y$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	6180—3950	5180	700	14
Stress at 1% strain	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	15	38.6—27.0	34.0	2.7	8	15	17.7—14.2	15.2	1.0	7	15	48.2—34.6	41.4	4.0	10
Stress at 3% strain	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	15	64.6—44.8	54.0	4.9	9	15	33.8—29.0	31.1	1.6	5	15	55.8—45.1	51.1	3.6	7
Stress at 5% strain	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	15	70.6—50.2	60.9	5.0	8	15	40.7—34.9	36.7	1.7	5	15	62.1—50.4	57.6	4.1	7
Stress at 10% strain	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	15	87.4—67.0	76.3	6.2	8	15	51.2—44.3	46.4	2.0	4	15	77.6—62.2	72.0	5.2	7



Table 6. Group II (3×3×9 cm<sup>3</sup>) の試験結果  
Results on specimens belonging to Group II (3×3×9 cm<sup>3</sup>).

Property	Mark	Group II-1 ( $\alpha_{90} \approx T$ )						Group II-2 ( $\alpha_{45}$ )						Group II-3 ( $\alpha_{90} \approx R$ )					
		N	Range	Mean	±S.D.C.V.%		N	Range	Mean	±S.D.C.V.%		N	Range	Mean	±S.D.C.V.%				
			$x_{max.}-x_{min.}$	$\bar{x}$				$x_{max.}-x_{min.}$	$\bar{x}$				$x_{max.}-x_{min.}$	$\bar{x}$					
Width of annual rings	b mm	10	3.9—3.2	3.5	0.22	6	10	3.3—3.0	3.2	0.26	8	10	3.9—3.0	3.5	0.27	8			
Summer wood percent	S %	10	13—9	11	2	18	10	18—11	15	2	13	10	13—10	12	1	8			
Angle of annual rings	$\alpha$ degree	10	6—1	3	1.6	53	10	57—40	48	4.2	9	10	90—86	88	1.2	1			
Original sagitta of annual rings	a mm	10	1.3—0.7	1.0	0.2	20	—	—	—	—	—	10	1.4—0.8	1.1	0.2	18			
Specific gravity at test	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	10	0.410—0.364	0.392	0.013	3	10	0.394—0.386	0.389	0.003	1	10	0.401—0.362	0.388	0.012	3			
Specific gravity, oven dry	$R_1$ g/cm <sup>3</sup>	10	0.353—0.314	0.337	0.012	4	10	0.339—0.331	0.335	0.003	1	10	0.347—0.297	0.332	0.015	5			
Moisture content	u %	10	16.6—15.9	16.4	0.3	2	10	16.4—15.6	16.1	0.2	1	10	16.6—14.8	15.9	0.6	4			
Stress at proportional limit	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	10	33.4—23.3	29.3	3.3	11	10	17.9—13.3	16.3	1.4	9	10	43.3—29.9	34.0	4.2	12			
Strain at proportional limit	$\epsilon_p$ %	10	0.867—0.663	0.767	0.068	9	10	1.300—0.917	1.140	0.125	11	10	0.601—0.440	0.518	0.057	11			
Modulus of elasticity	E kg/cm <sup>2</sup>	10	4270—3450	3830	250	7	10	1670—1340	1440	90	6	10	7090—6040	6570	351	5			
Work to proportional limit	$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	10	0.1418— 0.0885	0.1130	0.0218	19	10	0.1157— 0.0610	0.0931	0.0172	18	10	0.1100— 0.0660	0.0890	0.0204	23			
Stress at yield point	$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	50.0—33.3	38.3	4.8	13			
Strain at yield point	$\epsilon_y$ %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	0.933—0.666	0.757	0.094	12			
$\sigma_y/\epsilon_y$	$E_y$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	5670—4170	5080	420	8			
Stress at 1% strain	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	10	39.0—29.4	33.5	2.6	8	10	14.9—10.7	13.5	1.1	8	10	50.0—33.9	39.5	4.4	11			
Stress at 3% strain	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	10	52.9—45.5	49.5	2.0	4	10	30.7—28.4	29.6	0.6	2	10	53.8—41.2	47.7	4.0	8			
Stress at 5% strain	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	10	65.1—50.9	55.7	3.9	7	10	35.3—32.2	34.5	0.9	3	10	60.5—48.0	55.0	3.8	7			
Stress at 10% strain	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	10	73.5—65.7	69.0	3.1	5	10	43.0—40.6	42.2	0.6	1	10	73.7—68.6	70.5	1.8	3			

木材の応力—歪曲線 (第2報) (山井)

Table 6 に示す。柎目方向の場合  $\sigma_y$  は  $\sigma_p$  の 1.1 倍強であり、 $E_y$  は  $E$  の 8 割弱で Group I の場合とほぼ同様である。また、他の諸量も板目および柎目方向の場合は大差を示していないが、45 度方向の場合には  $\sigma_p$ ,  $E$ ,  $W_p$  等がやや低減しているようである。

5.1.3. Group III の実験結果

これは  $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}^3$  試片の場合であり、長さは巾の 2 倍である。板目、45 度、柎目方向の応力—歪曲線を Fig. 4 に示すが、曲線型自体は前の二者と全く同様である。また、三方向について求めた観測結果を Table 7 に示す。柎目方向の場合の  $\sigma_y$  は  $\sigma_p$  の 1.1 倍強であり、 $E_y$  は  $E$  の 8 割弱であり前二者とほぼ同様である。

また、板目および柎目方向の弾性的性質はほとんど前二者の場合と変わらないが、塑性域がかなり進むと木口面に割裂破壊を生ずるため、 $\sigma_{10}$  はやや低減してくる。なお、45 度方向の値はどれも若干低減傾向を示している。

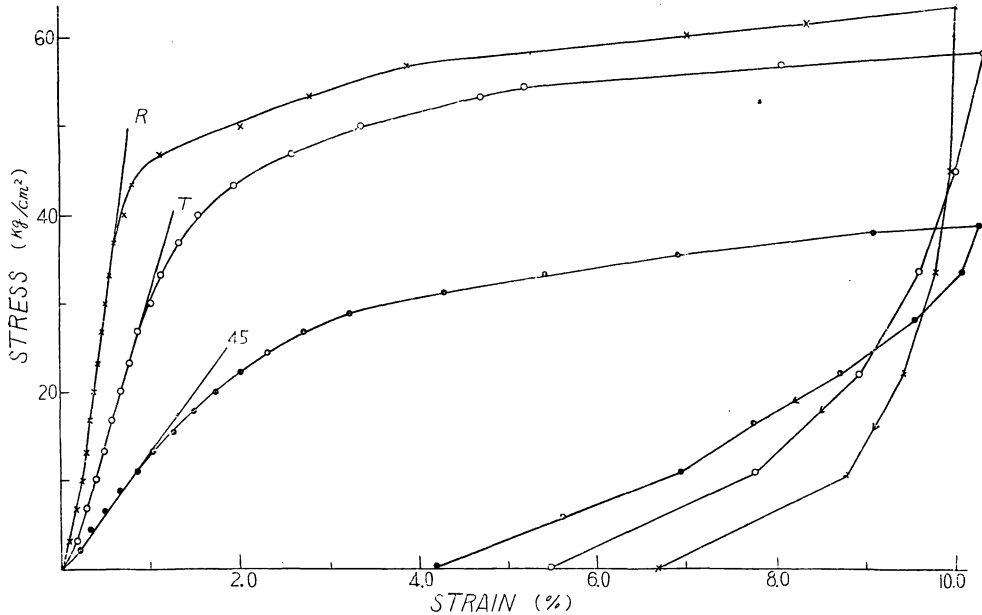


Fig. 4 Group III の試片による応力—歪曲線型 ( $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}^3$ )  
Shapes of stress-strain curves for specimens belonging to Group III.  
(R;  $\alpha_{90^\circ}$ , T;  $\alpha_{45^\circ}$ , 45;  $\alpha_{45^\circ}$ )

5.1.4. Group IV の実験結果

これは  $2 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$  試片の場合であり、長さは巾の 5 倍で Group I の試片と相似形である。柎目、45 度、柎目方向の応力—歪曲線を Fig. 5 に示すが、曲線型自体は前の場合と同様である。また、三方向について求めた観測結果を Table 8 に示す。柎目方向の場合の  $\sigma_y$  は  $\sigma_p$  の約 1.2 倍であり、 $E_y$  は  $E$  の 7 割弱である。Group I に比し  $\epsilon_p$  の値がやや大きくなっているようであるが、 $\sigma_p$  の値はほぼ等しい。

5.1.5. Group V の実験結果

これは  $4 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$  試片の場合であり、長さは巾の 5 倍で Group IV と同様であるが、厚さが巾の 2 倍

Table 7. Group III ( $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}^3$ ) の試験結果  
Results on specimens belonging to Group III ( $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}^3$ ).

Property	Mark	Group III-1 ( $\alpha_{90} \approx T$ )					Group III-2 ( $\alpha_{45}$ )					Group III-3 ( $\alpha_{90} \approx R$ )				
		N	Range	Mean	$\pm$ S.D.	C.V.%	N	Range	Mean	$\pm$ S.D.	C.V.%	N	Range	Mean	$\pm$ S.D.	C.V.%
			$x_{max.} - x_{min.}$	$\bar{x}$				$x_{max.} - x_{min.}$	$\bar{x}$				$x_{max.} - x_{min.}$	$\bar{x}$		
Width of annual rings	b mm	11	4.2—3.3	3.7	0.30	8	10	3.9—3.0	3.5	0.27	8	12	3.9—3.3	3.5	0.20	6
Summer wood percent	S %	11	13—8	11	1.7	15	10	12—8	10	1.5	15	12	16—8	10	2.3	23
Angle of annual rings	$\alpha$ degree	11	6—0	3	1.5	50	10	43—38	40	2	5	12	90—84	88	2	2
Original sagitta of annual rings	a mm	11	1.7—0.9	1.3	0.3	23	10	—	—	—	—	12	1.8—0.7	1.2	0.3	25
Specific gravity at test	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	11	0.405—0.361	0.390	0.015	4	10	0.414—0.374	0.391	0.012	3	12	0.416—0.377	0.393	0.012	3
Specific gravity, oven dry	$R_0$ g/cm <sup>3</sup>	11	0.348—0.310	0.335	0.009	3	10	0.355—0.326	0.337	0.003	1	12	0.356—0.323	0.337	0.011	3
Moisture content	u %	11	16.7—15.7	16.3	0.2	1	10	16.4—15.8	16.2	0.2	1	12	16.9—16.5	16.7	0.1	1
Stress at proportional limit	$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	11	30.1—23.3	27.0	1.7	6	10	15.6—11.1	13.3	1.4	11	12	36.7—26.6	34.2	3.6	11
Strain at proportional limit	$\epsilon_y$ %	11	0.907—0.692	0.804	0.062	8	10	1.380—0.704	1.060	0.184	17	12	0.613—0.400	0.524	0.059	11
Modulus of elasticity	E kg/cm <sup>2</sup>	11	3620—3130	3.360	120	4	10	1580—1130	1270	130	10	12	7140—5910	6490	260	4
Work to proportional limit	$W_y$ kg·cm/cm <sup>3</sup>	11	0.1360— 0.0806	0.1090	0.0140	13	10	0.1076— 0.0391	0.0722	0.0192	27	12	0.1125— 0.0536	0.0903	0.0176	20
Stress at yield point	$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	43.3—33.3	39.1	3.6	9
Strain at yield point	$\epsilon_y$ %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	0.966—0.573	0.784	0.152	19
$\sigma_y/\epsilon_y$	$E_y$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	6320—3780	5050	640	13
stress at 1% strain	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	11	30.9—24.5	27.8	1.6	6	10	13.2—11.8	12.4	0.5	4	12	45.2—34.7	40.6	3.7	9
stress at 3% strain	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	11	53.0—44.1	48.0	2.3	5	10	28.3—25.4	26.7	1.2	4	12	53.8—44.0	48.9	3.2	7
stress at 5% strain	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	11	60.0—51.1	53.2	2.7	5	10	33.5—29.9	31.6	1.3	4	12	58.7—48.0	53.8	3.3	6
stress at 10% strain	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	11	63.0—54.0	58.0	3.6	6	10	38.3—35.7	37.1	1.0	3	12	68.4—57.4	63.1	3.9	6

Table 8. Group IV (2×2×10 cm<sup>3</sup>) の試験結果  
Results on specimens belonging to Group IV (2×2×10 cm<sup>3</sup>).

Property	Mark		Group IV-1 ( $\alpha_1 \approx T$ )					Group IV-2 ( $\alpha_2 \approx$ )					Group IV-3 ( $\alpha_3 \approx R$ )				
			N	Range $x_{max.}-x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	$\pm$ S.D.	C.V.%	N	Range $x_{max.}-x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	$\pm$ S.D.	C.V.%	N	Range $x_{max.}-x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	$\pm$ S.D.	C.V.%
Width of annual rings	b	mm	16	4.3—3.0	3.5	0.41	12	16	3.7—3.3	3.5	0.50	14	15	4.4—3.1	3.7	0.42	11
Summer wood percent	S	%	16	11—8	9	1.5	17	16	12—8	10	1.2	12	15	12—6	9	1.8	20
Angle of annual rings	$\alpha$	degree	16	9—0	4	2.9	72	16	48—40	44	2.5	6	15	90—81	87	2.7	3
Original sagitta of annual rings	a	mm	16	1.0—0.2	0.6	0.2	33	—	—	—	—	—	15	1.0—0.2	0.7	0.2	29
Specific gravity at test	$r_n$	g/cm <sup>3</sup>	16	0.396—0.365	0.379	0.022	6	16	0.418—0.386	0.395	0.009	2	15	0.408—0.372	0.386	0.011	3
Specific gravity, oven dry	$R_0$	g/cm <sup>3</sup>	16	0.345—0.318	0.330	0.007	2	16	0.363—0.336	0.345	0.007	2	15	0.352—0.322	0.334	0.029	9
Moisture content	u	%	16	15.2—14.7	15.0	1.4	10	16	15.9—14.5	15.0	0.5	3	15	16.2—14.8	15.6	0.5	3
Stress at proportional limit	$\sigma_p$	kg/cm <sup>2</sup>	16	35.0—22.5	31.8	2.6	8	16	27.5—20.0	24.2	2.1	9	15	45.0—32.5	37.8	3.9	10
Strain at proportional limit	$\epsilon_p$	%	16	0.926—0.763	0.819	0.075	9	16	1.76—1.24	1.45	0.13	9	15	0.784—0.484	0.614	0.064	10
Modulus of elasticity	E	kg/cm <sup>2</sup>	16	4320—3530	3890	228	6	16	1820—1540	1680	75	4	15	7130—4450	6240	404	6
Work to proportional limit	$W_p$	kg-cm/cm <sup>3</sup>	16	0.166—0.103	0.131	0.021	16	16	0.2420— 0.1240	0.1770	0.0309	17	15	0.1458— 0.0835	0.1160	0.0184	16
Stress at yield point	$\sigma_y$	kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	52.4—39.9	45.5	5.2	11
Strain at yield point	$\epsilon_y$	%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	1.37—0.87	1.09	0.02	14
$\sigma_y/\epsilon_y$	$E_y$	kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	5110—3510	4210	540	13
Stress at 1% strain	$\sigma_1$	kg/cm <sup>2</sup>	16	38.5—27.1	31.1	2.3	7	16	17.5—13.9	15.7	0.9	6	15	51.4—37.1	43.1	4.4	10
Stress at 3% strain	$\sigma_3$	kg/cm <sup>2</sup>	16	61.1—49.5	55.5	2.8	5	16	40.8—33.3	36.2	2.0	6	15	61.3—48.4	56.5	3.8	7
Stress at 5% strain	$\sigma_5$	kg/cm <sup>2</sup>	16	67.7—56.9	63.0	3.2	5	16	47.0—38.0	41.9	2.4	6	15	66.6—54.5	63.4	3.8	6
Stress at 10% strain	$\sigma_{10}$	kg/cm <sup>2</sup>	16	83.7—67.7	76.1	4.7	6	16	58.0—49.0	52.6	2.5	5	15	85.0—74.0	79.6	3.9	5

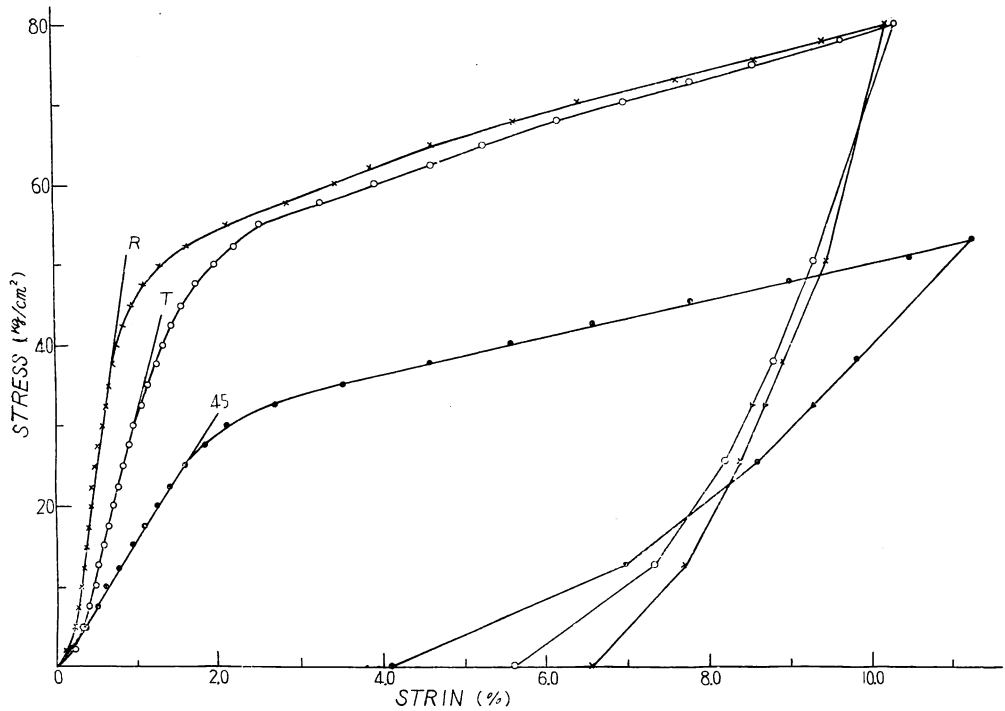


Fig. 5 Group IV の試片による応力-歪曲線型 ( $2 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$ )  
 Shape of stress-strain curves for specimens belonging to Group IV.  
 (R;  $\alpha_{90^\circ}$ , T;  $\alpha_{30^\circ}$ , 45;  $\alpha_{45^\circ}$ )

となつている点が他のどの場合とも異なり、Group IV の試片を2個重ねたと同じ形状の試片である。したがつて、変形量が同一でも歪は  $1/2$  となるわけである。板目、45度、柀目方向の応力-歪曲線を Fig. 6 に示すが、曲線の型式そのものは前者の場合と全く同様である。また、三方向について求めた観測結果を Table 9 に示す。柀目方向の  $\sigma_y$  は  $\sigma_p$  の約 1.2 倍であり、 $E_y$  は  $E$  の 7 割弱で Group IV の場合と全く同様である。また、 $\sigma_p$  は Group IV とほとんど同じであるが歪  $\epsilon_p$ 、 $\epsilon_y$  等が減少するため、 $W_p$  は小になり、 $E$  および  $E_y$  は大きくなつてくる。 $\sigma_{1.5}$  および  $\sigma_3$  は Group IV の  $\sigma_3$  および  $\sigma_{10}$  相当する変形量を生ずるに要する応力であるが、いずれもやや低い値を示している。

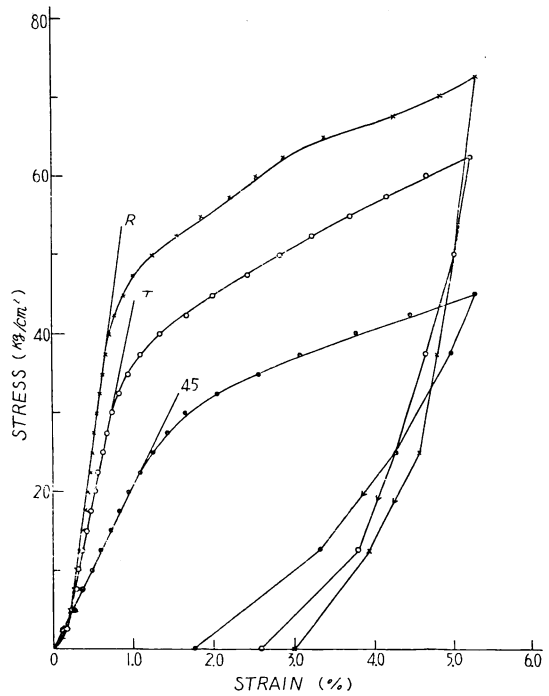


Fig. 6 Group V の試片による応力-歪曲線型 ( $4 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$ )  
 Shape of stress-strain curves for specimens belonging to Group V. (R;  $\alpha_{90^\circ}$ , T;  $\alpha_{30^\circ}$ , 45;  $\alpha_{45^\circ}$ )

Table 9. Group V ( $4 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$ ) の試験結果  
Results on specimens belonging to Group V ( $4 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$ ).

Property	Mark	Group V-1 ( $\alpha_{90} \approx T$ )					Group V-2 ( $\alpha_{45}$ )					Group V-3 ( $\alpha_{90} \approx R$ )				
		N	Range $x_{max.} - x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	$\pm$ S.D.	C.V.%	N	Range $x_{max.} - x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	$\pm$ S.D.	C.V.%	N	Range $x_{max.} - x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	$\pm$ S.D.	C.V.%
Width of annual rings	b mm	11	5.0—3.0	3.7	0.61	17	11	3.5—3.2	3.3	0.12	4	14	4.0—3.1	3.5	0.25	7
Summer wood percent	S %	11	14—8	11	2.0	18	11	12—9	11	0.9	8	14	13—8	10	1.6	16
Angle of annual rings	$\alpha$ degree	11	6—0	2	2	100	11	48—42	44	2	5	14	90—83	88	2	2
Original sagitta of annual rings	a mm	11	2.5—0.9	2.0	0.4	20	—	—	—	—	—	14	1.0—0.4	0.6	0.2	33
Specific gravity at test	$r_w$ g/cm <sup>3</sup>	11	0.400—0.374	0.387	0.010	3	11	0.410—0.383	0.397	0.008	2	14	0.398—0.365	0.390	0.008	2
Specific gravity, oven dry	$R_1$ g/cm <sup>3</sup>	11	0.343—0.314	0.331	0.098	3	11	0.351—0.328	0.340	0.007	2	14	0.341—0.313	0.334	0.007	2
Moisture content	u %	11	16.7—16.2	16.5	0.1	1	11	16.8—16.5	16.7	0.1	1	14	16.8—16.0	16.5	0.2	1
Stress at proportional limit	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	11	35.2—25.0	29.7	3.4	11	11	25.1—20.0	23.4	1.9	8	14	40.8—28.1	36.0	4.1	11
Strain at proportional limit	$\epsilon_p$ %	11	0.650—0.516	0.580	0.044	8	11	1.290—0.985	1.11	0.081	7	14	0.510—0.332	0.417	0.047	11
Modulus of elasticity	E kg/cm <sup>2</sup>	11	5620—4550	5100	361	7	11	2390—1940	2120	135	6	14	9620—6020	8690	839	10
Work to proportional limit	$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	11	0.1137— 0.0688	0.0863	0.0157	18	11	0.1612— 0.0985	0.1300	0.0183	14	14	0.0930— 0.0468	0.0753	0.0146	19
Stress at yield point	$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	52.5—30.6	42.3	6.8	16
Strain at yield point	$\epsilon_y$ %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	0.906—0.490	0.712	0.126	18
$\sigma_y/\epsilon_y$	$E_y$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	7170—4940	5990	718	12
Stress at 1.5% strain	$\sigma_{1.5}$ kg/cm <sup>2</sup>	11	49.3—41.0	43.9	3.1	7	11	31.5—26.4	28.9	1.5	5	14	60.5—41.7	51.9	4.9	9
Stress at 3% strain	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	11	59.8—50.0	53.7	3.7	7	11	42.3—34.9	38.4	1.9	5	14	68.7—53.7	61.0	4.0	7
Stress at 5% strain	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	11	71.9—60.2	64.9	3.9	6	11	50.5—42.4	46.3	2.1	5	14	78.8—66.8	71.6	3.6	5

Table 10. 長さの影響  
Comparison of results of tests showing influence of length.

Property	Loading direction	Mean			Ratio		
		Group I L/B=5	Group II L/B=3	Group III L/B=2	Group I L/B=5	Group II L/B=3	Group III L/B=2
$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	28.6	29.3	27.0	1.06	1.09	1.00
	$\alpha_{45^\circ}$	20.2	16.3	13.3	1.52	1.22	1.00
	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	34.7	34.0	34.2	1.02	0.99	1.00
$\varepsilon_p$ %	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	0.725	0.767	0.804	0.90	0.95	1.00
	$\alpha_{45^\circ}$	1.29	1.14	1.06	1.22	1.08	1.00
	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	0.515	0.518	0.524	0.98	0.99	1.00
E kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	3960	3830	3360	1.18	1.14	1.00
	$\alpha_{45^\circ}$	1580	1440	1270	1.24	1.13	1.00
	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	6680	6570	6490	1.03	1.01	1.00
$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	0.106	0.113	0.109	0.97	1.04	1.00
	$\alpha_{45^\circ}$	0.131	0.0931	0.0722	1.81	1.29	1.00
	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	0.0904	0.0890	0.0903	1.00	0.99	1.00
$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	34.0	33.5	27.8	1.22	1.21	1.00
	$\alpha_{45^\circ}$	15.2	13.5	12.4	1.23	1.09	1.00
	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	41.4	39.5	40.6	1.02	0.97	1.00
$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	54.0	49.5	47.6	1.14	1.04	1.00
	$\alpha_{45^\circ}$	31.1	29.6	26.7	1.16	1.11	1.00
	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	51.1	47.7	48.9	1.05	0.98	1.00
$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	60.9	55.7	53.2	1.15	1.05	1.00
	$\alpha_{45^\circ}$	36.7	34.5	31.6	1.17	1.09	1.00
	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	57.6	55.0	53.8	1.07	1.02	1.00
$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	76.3	69.0	58.0	1.31	1.19	1.00
	$\alpha_{45^\circ}$	46.4	42.2	37.1	1.25	1.14	1.00
	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	72.0	70.5	63.1	1.14	1.10	1.00
$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_{0^\circ}$ (T)	39.8	38.3	39.1	1.02	0.98	1.00
$\varepsilon_y$ %	$\alpha_{45^\circ}$	0.786	0.757	0.784	1.00	0.97	1.00
$E_y$ kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	5170	5080	5050	1.02	1.01	1.00

Table 11. 厚さの影響  
Comparison of results of tests showing influence of depth.

Loading direction	$\alpha_{0^\circ} \approx T$				$\alpha_{45^\circ}$				$\alpha_{90^\circ} \approx R$					
	Dimensions (cm <sup>3</sup> )		2×2×10		2×2×10		4×2×10		2×2×10		4×2×10		2×2×10	
Loaded area (cm <sup>2</sup> )	2×2		2×2		2×2		2×2		2×2		2×2		2×2	
D/B	2		1		2		1		2		2		1	
Property	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio
$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	29.7	0.93	31.8	1.00	23.4	0.97	24.2	1.00	36.0	0.95	37.8	1.00		
$\varepsilon_p$ %	0.580	0.71	0.819	1.00	1.11	0.77	1.45	1.00	0.417	0.68	0.614	1.00		
E kg/cm <sup>2</sup>	5100	1.31	3890	1.00	2120	1.26	1680	1.00	8690	1.39	6240	1.00		
$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	0.0863	0.66	0.131	1.00	0.130	0.73	0.177	1.00	0.0753	0.66	0.116	1.00		
$\sigma_{1.5}$ kg/cm <sup>2</sup>	43.9	—	—	—	28.9	—	—	—	51.9	—	—	—		
$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	53.7	0.97	55.5	1.00	38.4	1.06	36.2	1.00	61.0	1.08	56.5	1.00		
$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	64.9	1.03	63.0	1.00	46.3	1.10	41.9	1.00	71.6	1.13	63.4	1.00		
$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	—	—	76.1	—	—	—	52.6	—	—	—	79.6	—		

Table 12. 板目方向荷重における荷重と変形量との関係  
Load-deformation relations of specimens loaded in compression parallel to annual rings ( $\alpha_{90}$ ).

Group	I—1 (3×3×15 cm <sup>3</sup> )					IV—1 (2×2×10 cm <sup>3</sup> )					V—1 (4×2×10 cm <sup>3</sup> )				
Depth (cm)	3					2					4				
Load (kg)	540	270	90	270—90		240	120	40	120—40		240	120	40	120—40	
Stress (kg/cm <sup>2</sup> )	60	30	10	20		60	30	10	20		60	30	10	20	
Deformation	mm	mm	mm	mm	Strain %	mm	mm	mm	mm	Strain %	mm	mm	mm	mm	Strain %
1	1.44	0.263	0.105	0.158	0.526	0.77	0.195	0.090	0.105	0.525	1.93	0.310	0.122	0.188	0.450
2	0.95	0.262	0.115	0.147	0.487	0.63	0.202	0.087	0.115	0.575	1.35	0.255	0.107	0.148	0.370
3	1.54	0.248	0.092	0.156	0.518	1.19	0.224	0.098	0.126	0.630	1.77	0.278	0.104	0.174	0.435
4	1.48	0.234	0.087	0.147	0.487	0.89	0.177	0.072	0.105	0.525	1.98	0.293	0.120	0.173	0.433
5	2.10	0.267	0.093	0.174	0.578	0.63	0.196	0.088	0.108	0.540	1.29	0.258	0.108	0.150	0.375
6	0.97	0.250	0.095	0.155	0.515	0.95	0.186	0.082	0.104	0.520	1.89	0.297	0.118	0.179	0.445
7	2.06	0.277	0.110	0.167	0.555	0.79	0.195	0.092	0.103	0.518	1.86	0.297	0.125	0.172	0.433
8	1.83	0.230	0.087	0.143	0.483	0.81	0.192	0.090	0.102	0.513	1.98	0.293	0.113	0.180	0.448
9	1.55	0.247	0.090	0.157	0.527	0.60	0.157	0.060	0.097	0.486	1.22	0.266	0.124	0.142	0.356
10	0.74	0.233	0.094	0.139	0.461	0.71	0.201	0.088	0.113	0.570	1.65	0.279	0.120	0.159	0.398
11	1.97	0.290	0.099	0.191	0.636	0.86	0.197	0.090	0.107	0.535	1.36	0.278	0.130	0.148	0.369
12	2.42	0.320	0.097	0.233	0.746	1.04	0.218	0.100	0.118	0.590					
13	1.23	0.257	0.101	0.156	0.523	0.80	0.202	0.098	0.104	0.526					
14	1.27	0.260	0.103	0.157	0.534	0.75	0.186	0.090	0.096	0.486					
15	1.57	0.260	0.102	0.158	0.535	1.09	0.190	0.087	0.103	0.518					
16	—	—	—	—	—	1.13	0.205	0.092	0.113	0.569					
Mean	1.54	0.259	0.098	0.162	0.541	0.85	0.195	0.088	0.107	0.533	1.66	0.282	0.117	0.165	0.410



Table 13. 45 度方向荷重における荷重と変形量との関係  
Load-deformation relations of specimens loaded in compression at 45° to annual rings ( $\alpha_{45^\circ}$ ).

Group	I—2 (3×3×15 cm <sup>3</sup> )					IV—2 (2×2×10 cm <sup>3</sup> )					V—2 (4×2×10 cm <sup>3</sup> )				
Depth (cm)	3					2					4				
Load (kg)	270	180	90	180—90		120	80	40	80—40		120	80	40	80—40	
Stress (kg/cm <sup>2</sup> )	30	20	10	10		30	20	10	10		30	20	10	10	
Deformation	mm	mm	mm	mm	Strain %	mm	mm	mm	mm	Strain %	mm	mm	mm	mm	Strain %
1	0.93	0.433	0.183	0.250	0.833	0.42	0.250	0.120	0.130	0.650	0.69	0.420	0.213	0.207	0.518
2	0.80	0.385	0.183	0.202	0.673	0.42	0.247	0.122	0.125	0.625	0.56	0.345	0.190	0.155	0.387
3	0.93	0.430	0.193	0.237	0.790	0.38	0.261	0.152	0.109	0.545	0.65	0.396	0.206	0.190	0.478
4	0.86	0.425	0.207	0.218	0.727	0.42	0.269	0.143	0.126	0.630	0.62	0.370	0.190	0.180	0.450
5	0.83	0.412	0.210	0.202	0.674	0.36	0.233	0.128	0.105	0.525	0.67	0.388	0.190	0.198	0.490
6	0.83	0.388	0.198	0.190	0.638	0.41	0.269	0.147	0.122	0.610	0.66	0.397	0.208	0.189	0.473
7	0.74	0.406	0.228	0.178	0.596	0.41	0.258	0.138	0.120	0.600	0.62	0.373	0.196	0.177	0.442
8	0.83	0.417	0.212	0.205	0.686	0.38	0.238	0.130	0.108	0.540	0.77	0.426	0.220	0.206	0.515
9	0.91	0.410	0.210	0.200	0.667	0.40	0.241	0.132	0.109	0.548	0.67	0.394	0.203	0.191	0.477
10	0.90	0.418	0.200	0.218	0.726	0.44	0.267	0.148	0.119	0.595	0.56	0.360	0.202	0.158	0.395
11	0.56	0.320	0.148	0.172	0.573	0.41	0.260	0.142	0.118	0.590	0.61	0.364	0.184	0.180	0.450
12	0.70	0.353	0.172	0.181	0.603	0.42	0.263	0.148	0.115	0.575					
13	0.60	0.342	0.170	0.172	0.574	0.40	0.250	0.131	0.119	0.595					
14	0.85	0.395	0.210	0.185	0.616	0.41	0.250	0.138	0.112	0.560					
15	0.98	0.418	0.212	0.206	0.690	0.42	0.247	0.124	0.123	0.615					
16	—	—	—	—	—	0.35	0.230	0.121	0.109	0.545					
Mean	0.82	0.400	0.196	0.201	0.671	0.40	0.252	0.135	0.117	0.584	0.64	0.385	0.200	0.185	0.461

木材の応力—歪曲線 (第2報) (山井)

Table 14. 柁目方向荷重における荷重と変形量との関係  
Load-deformation relations of specimens loaded in compression perpendicular to annual rings ( $\alpha_{90}^{\circ}$ ).

Group	I—3 (3×3×15 cm <sup>3</sup> )					IV—3 (2×2×10 cm <sup>3</sup> )					V—3 (4×2×10 cm <sup>3</sup> )				
Depth (cm)	3					2					4				
Load (kg)	540	270	90	270—90		240	120	40	120—40		240	120	40	120—40	
Stress (kg/cm <sup>2</sup> )	60	30	10	20		60	30	10	20		60	30	10	20	
Deformation	mm	mm	mm	mm	Strain %	mm	mm	mm	mm	Strain %	mm	mm	mm	mm	Strain %
1	1.90	0.170	0.083	0.087	0.291	0.81	0.123	0.070	0.053	0.269	1.57	0.195	0.077	0.118	0.296
2	1.27	0.156	0.074	0.082	0.275	0.51	0.108	0.040	0.068	0.342	1.35	0.240	0.103	0.137	0.346
3	1.40	0.153	0.070	0.083	0.277	0.69	0.113	0.058	0.055	0.276	1.20	0.210	0.121	0.089	0.224
4	1.85	0.152	0.065	0.087	0.290	0.65	0.140	0.077	0.063	0.315	0.84	0.157	0.090	0.067	0.170
5	2.58	0.172	0.072	0.100	0.333	0.82	0.108	0.048	0.060	0.300	1.67	0.157	0.073	0.084	0.211
6	1.46	0.146	0.068	0.078	0.261	0.86	0.133	0.073	0.060	0.300	0.99	0.218	0.130	0.088	0.222
7	1.53	0.147	0.070	0.077	0.259	0.56	0.126	0.070	0.056	0.280	1.29	0.170	0.085	0.085	0.221
8	1.46	0.147	0.068	0.079	0.264	1.23	0.122	0.058	0.064	0.323	1.26	0.177	0.090	0.087	0.226
9	2.20	0.150	0.065	0.085	0.283	0.63	0.148	0.088	0.060	0.300	1.57	0.179	0.100	0.079	0.199
10	1.67	0.164	0.069	0.095	0.317	0.85	0.130	0.077	0.053	0.265	1.01	0.220	0.117	0.103	0.259
11	1.37	0.147	0.063	0.084	0.280	0.55	0.107	0.051	0.056	0.284	0.65	0.184	0.085	0.099	0.247
12	2.30	0.146	0.074	0.072	0.240	1.29	0.109	0.047	0.062	0.315	0.98	0.159	0.070	0.089	0.223
13	1.98	0.148	0.060	0.088	0.293	0.64	0.153	0.061	0.092	0.457	0.68	0.163	0.068	0.095	0.238
14	2.30	0.154	0.070	0.084	0.280	0.91	0.133	0.063	0.070	0.350	1.59	0.225	0.092	0.133	0.336
15	1.47	0.134	0.060	0.074	0.227	0.89	0.130	0.062	0.068	0.342	—	—	—	—	—
Mean	1.78	0.152	0.069	0.084	0.278	0.79	0.126	0.065	0.063	0.314	1.19	0.190	0.093	0.097	0.245

5.2. 長さを異にする試験結果の比較

試片の長さの変化が部分圧縮の応力と歪の関係にどのような影響をおよぼすかを検討するため Group I, II, III の実験を行ったわけであるが、この場合の長さの比は 5:3:2 であり、他の実験条件は全く同一である。

3×3×6 cm<sup>3</sup> の試片、すなわち L/B が 2 のときの諸量の平均値を 1.00 とし、これに対応する他の場合の平均値を比であらわし、Table 10 にその結果を示す。

5.3. 厚さを異にする試験結果の比較

試片の厚さの変化が部分圧縮の応力と歪の関係にどのような影響をおよぼすかを検討するため、Group IV と V の実験を行ったが、この場合の厚さの比は 1:2 であり、他の実験条件は全く同一である。2×2×10 cm<sup>3</sup> 試片の諸量の平均値を 1.00 とし、これに対応する 4×2×10 cm<sup>3</sup> 試片の平均値を比であらわし、Table 11 にその結果を示す。D/B が 2 の試片は変形量の絶対値が D/B が 1 の試片と同一でも、単位厚さ当りのいわゆる歪が 1/2 になるため、同一歪に対する応力の比較は適正でないので、変形量の絶対値が等しい場合の応力も求め比較した。

なお、応力が一定の場合の三方向の変形量の絶対値を Table 12, 13, 14 に示した。両 Group とも板目および柁目方向荷重の場合は荷重が 40kg (≒10 kg/cm<sup>2</sup>), 120kg (≒30 kg/cm<sup>2</sup>), 240kg (≒60 kg/cm<sup>2</sup>) の場合の変形量を示し、45 度方向荷重の場合は 40 kg (≒10 kg/cm<sup>2</sup>), 80 kg (≒20 kg/cm<sup>2</sup>), 120 kg (≒30 kg/cm<sup>2</sup>) に対する変形量を示してある。塑性域の場合はかなり変形量が変動しているのでここでの比較はやめ、実用的に弾性域とみなされる領域についてのみ比較値を示す。板目および柁目方向の場合は 10 kg/cm<sup>2</sup> から 30 kg/cm<sup>2</sup> へ進む間の変形量の絶対値は 4 cm 厚さの方が 2 cm 厚さより常に大きく、約 1.5 倍となつている。また、45 度方向の場合も 10 kg/cm<sup>2</sup> から 20 kg/cm<sup>2</sup> へ進む間の変形量の絶対値は 4 cm 厚さの場合が大きく約 1.5 倍となつている。しかし、歪の方は 2 cm 厚さの場合が大きく、三方向とも 4 cm 厚さの場合の約 1.3 倍となつている。

Table 15. 相似試片による結果の比較  
Comparison of results obtained by similar specimens.

Loading direction	$\alpha_{90}^{\circ}$ (Tangential)				$\alpha_{45}^{\circ}$				$\alpha_{0}^{\circ}$ (Radial)			
	3×3×15		2×2×10		3×3×15		2×2×10		3×3×15		2×2×10	
Dimensions (cm <sup>3</sup> )	3×3		2×2		3×3		2×2		3×3		2×2	
Loaded area (cm <sup>2</sup> )	3		2		3		2		3		2	
D (=B) (cm)	3		2		3		2		3		2	
Property	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio
$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	28.6	1.00	31.8	1.11	20.2	1.00	24.2	1.20	34.7	1.00	37.8	1.09
$\epsilon_p$ %	0.725	1.00	0.819	1.13	1.29	1.00	1.45	1.12	0.515	1.00	0.614	1.19
E kg/cm <sup>2</sup>	3960	1.00	3890	0.98	1580	1.00	1680	1.06	6680	1.00	6240	0.93
$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	0.106	1.00	0.131	1.24	0.131	1.00	0.177	1.35	0.0904	1.00	0.116	1.28
$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	34.0	1.00	31.1	0.91	15.2	1.00	15.7	1.03	41.4	1.00	43.1	1.04
$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	54.0	1.00	55.5	1.03	31.1	1.00	36.0	1.16	51.1	1.00	56.5	1.11
$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	60.9	1.00	63.0	1.03	36.7	1.00	41.9	1.14	57.6	1.00	63.4	1.12
$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	76.3	1.00	76.1	1.00	46.4	1.00	52.6	1.13	72.0	1.00	76.9	1.07

5.4. 相対試片による試験結果の比較

試片の相似性がはたして認められるかどうかを検討するため Group I と Group IV の結果を比較した。両者とも L/B が 5 であり、D/B は 1 である。ただ荷重面積が 9:4 になつてゐるが、いわゆる相似形試片である。3×3×15 cm<sup>3</sup> 試片の諸量の平均値を 1.00 とし、これに対する 2×2×10 cm<sup>3</sup> 試片の平均値を比であらわし Table 15 に示す。

なお、一定の応力に対する変形量が両者の間でどのように異なるかを検討するため、三方向の変形量の絶対値を Table 12, 13, 14 に示す。3×3×15 cm<sup>3</sup> 試片の場合は板目および径目方向とも荷重が 90 kg (≒10 kg/cm<sup>2</sup>), 270 kg (≒30 kg/cm<sup>2</sup>), 540 kg (≒60 kg/cm<sup>2</sup>) に対する変形量を示し、45 度方向の場合は 90 kg (≒10 kg/cm<sup>2</sup>), 180 kg (≒20 kg/cm<sup>2</sup>), 270 kg (≒30 kg/cm<sup>2</sup>) に対する変形量を示し、前項で述べた 2×2×10 cm<sup>3</sup> 試片の結果と比較することにする。ここでも実用的に弾性域とみなされる領域

Table 16. 年輪傾角の影響  
Comparison of results of tests showing influence of loading direction to annual rings.

Property	Group	Mean			Ratio		
		$\alpha_{90^\circ}$ (R)	$\alpha_{45^\circ}$	$\alpha_{30^\circ}$ (T)	$\alpha_{90^\circ}$ (R)	$\alpha_{45^\circ}$	$\alpha_{30^\circ}$ (T)
$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	I	34.7	20.2	28.6	1.21	0.71	1.00
	II	34.0	16.3	29.3	1.16	0.56	1.00
	III	34.2	13.3	27.0	1.27	0.49	1.00
	IV	37.8	24.2	31.8	1.19	0.76	1.00
	V	36.0	23.4	29.7	1.21	0.79	1.00
$\epsilon_p$ %	I	0.515	1.29	0.725	0.71	1.71	1.00
	II	0.518	1.14	0.767	0.68	1.49	1.00
	III	0.524	1.06	0.804	0.65	1.33	1.00
	IV	0.614	1.45	0.819	0.75	1.77	1.00
	V	0.417	1.11	0.580	0.72	1.91	1.00
E kg/cm <sup>2</sup>	I	6680	1580	3960	1.69	0.40	1.00
	II	6570	1440	3830	1.72	0.38	1.00
	III	6490	1270	3360	1.93	0.38	1.00
	IV	6240	1680	3890	1.60	0.43	1.00
	V	8690	2120	5100	1.70	0.42	1.00
$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	I	0.0904	0.131	0.106	0.85	1.24	1.00
	II	0.0890	0.0931	0.113	0.79	0.82	1.00
	III	0.0903	0.0722	0.109	0.83	0.66	1.00
	IV	0.116	0.177	0.131	0.89	1.35	1.00
	V	0.0753	0.130	0.0863	0.87	1.51	1.00
$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	I	51.1	31.1	54.0	0.95	0.58	1.00
	II	47.7	29.6	49.5	0.96	0.60	1.00
	III	48.9	26.7	47.6	1.03	0.56	1.00
	IV	56.5	36.2	55.5	1.02	0.65	1.00
	V	61.0	38.4	53.7	1.14	0.71	1.00
$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	I	57.6	36.7	60.9	0.95	0.60	1.00
	II	55.0	34.5	55.7	0.99	0.62	1.00
	III	53.8	31.6	53.2	1.01	0.59	1.00
	IV	63.4	41.9	63.0	1.01	0.67	1.00
	V	71.6	46.3	64.9	1.10	0.71	1.00
$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	I	72.0	46.4	76.3	0.94	0.61	1.00
	II	70.5	42.2	69.0	1.02	0.61	1.00
	III	63.1	37.1	58.0	1.09	0.64	1.00
	IV	79.6	52.6	76.1	1.05	0.69	1.00

についてのみ検討すると、板目および柾目方向では 10 kg/cm<sup>2</sup> から 30 kg/cm<sup>2</sup> へ進む間の変形量の絶対値は 3 cm 型試片の方が大きく、板目方向では約 1.5 倍となっており、その歪は両者の間にほとんど差がみとめられない。柾目方向の場合は 3 cm 型の変形量が 2 cm 型の約 1.3 倍となり、その歪は 2 cm 型の方がやや大きくなってくる。45 度方向の場合も 10 kg/cm<sup>2</sup> から 20 kg/cm<sup>2</sup> へ進む間の変形量は 3 cm 型の方が大きく約 1.7 倍となり、その歪は 2 cm 型の方がやや小さくなっている。

5.5. 年輪傾角の差による影響

年輪傾角が異なる場合、すなわち荷重方向が異なる場合の応力-歪曲線についてはすでに 5.1. でその大要を述べたので、ここでは三方向の諸量を比較するにとどめる。板目方向の諸量の平均値を 1.00 とし、これに対する他の方向の平均値を比で示すと Table 16 のごとくなる。

弾性域および塑性域において求め応力は 45 度方向の場合が最も小さい。比例限度は柾目方向の場合が板目方向よりかなり大きい、塑性域の応力は両者の間に大差がみとめられない。弾性係数は柾目方向が最大で 45 度方向が最小である。ε<sub>p</sub> は 45 度方向が最も大きい、W<sub>p</sub> は σ<sub>p</sub> と ε<sub>p</sub> の積が関係しているため明瞭な方向差はみとめがたい。

5.6. 変形回復

各試片の標点距離、すなわち最初の厚さを D とし、これを C/D (%) だけ圧縮した。その後荷重を徐々に除去しつつ Dial gauge で変形回復量を観測し、荷重が零になつたときの歪回復率 B/D (%) を求

Table 17. 歪回復と年輪傾角との関係

Relation between strain-recovery and angle of annual rings to loading direction.

Group	Angle of annual rings to loading direction α degree	Depth D (cm)	Specimens tested N	C/D %		B/D %		P. S./D %		C/D-P.S./D %	
				Mean $\bar{x}$	Standard deviation ± S. D.	Mean $\bar{x}$	Standard deviation ± S. D.	Mean $\bar{x}$	Standard deviation ± S. D.	Mean $\bar{x}$	Standard deviation ± S. D.
I-1	α <sub>0</sub> ° (T)	3	15	10.6	0.39	4.63	0.09	3.51	0.41	7.07	0.46
I-2	α <sub>45</sub> °	3	15	10.4	0.40	6.11	0.16	2.49	0.25	7.93	0.45
I-3	α <sub>90</sub> ° (R)	3	15	10.6	0.40	3.94	0.51	3.97	0.39	6.60	0.49
II-1	α <sub>0</sub> ° (T)	3	10	10.3	1.43	4.23	0.35	3.77	0.34	6.57	1.21
II-2	α <sub>45</sub> °	3	10	10.3	0.40	6.43	0.22	2.99	0.17	7.29	1.39
II-3	α <sub>90</sub> ° (R)	3	10	10.3	0.36	3.32	0.37	4.56	0.65	5.76	0.54
III-1	α <sub>0</sub> ° (T)	3	12	10.4	0.37	4.38	1.19	3.29	0.19	7.23	0.40
III-2	α <sub>45</sub> °	3	10	10.4	0.42	6.60	0.17	1.84	0.47	8.55	0.39
III-3	α <sub>90</sub> ° (R)	3	12	10.7	0.49	3.85	0.40	4.10	0.34	6.63	0.40
IV-1	α <sub>0</sub> ° (T)	2	16	10.3	0.43	6.40	0.57	2.59	0.57	7.74	0.81
IV-2	α <sub>45</sub> °	2	16	10.7	0.46	6.47	0.43	1.55	0.26	9.13	0.62
IV-3	α <sub>90</sub> ° (R)	2	15	10.3	0.29	4.29	0.35	3.60	0.62	6.73	0.53
V-1	α <sub>0</sub> ° (T)	4	11	5.52	0.14	2.69	0.16	1.45	0.76	3.70	0.24
V-2	α <sub>45</sub> °	4	11	5.12	0.12	3.36	0.21	0.67	0.31	4.45	0.15
V-3	α <sub>90</sub> ° (R)	4	11	5.15	0.20	2.28	0.70	1.64	0.26	3.51	0.32

C: Compressive deformation at the last load.      B: Recovery of deformation when unloaded.  
 P. S.: Permanent set after two weeks.              D: Depth of specimen=Gauge length.

め、試片を直ちに取り出し、1/20 mm 精度の Vernier calipers で  $B'/H$  (%) を測定し、それから約 2 週間実験室内に放置した後残留歪  $P.S./D$  (%) を求めた。荷重除去に時間を要したためか  $B/D$  と  $B'/D$  とは大差がなかった。

$C/D$  と  $P.S./D$  との差 (%) を変形回復率として Table 17 に示す。また、荷重除去の際の変形回復の様相を Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7 にそれぞれ図示したが、Fig. 7 は 3 cm 角立方体試片による横圧縮試験の場合である。なお、Group V の試片以外はいずれも約 10% 圧縮したが、Group V の試片は約 5% である。しかし、変形量の絶対値は Group IV の場合とほとんど同じである。

45 度方向の場合が変形回復率が最も大きく、板目方向がこれにつき、柀目方向が最も小さかった。

## 6. 結果の考察

### 6.1. 測定値および応力-歪曲線について

部分圧縮の場合はいわゆる局部変形の現象であり、その変形機構が複雑であるため、試片の形状寸法のみでなく、加圧材料の材質および形状、そのおかれる関係位置等により応力と変形の内容がかなり変動すると考えられる。また、荷重が増加するにつれてめりこみが進み、極限強さあるいは破壊強さが求められない変形特性を示すため、いかなる試験方法で求めたいかなる応力を使用応力算定の基礎とすべきか非常に問題となつてくる。したがつて、ここに各国の試験方法の概要を述べてみることにする。

わが国の JES 建築 3107 では正方形木口断面の辺長  $B=3$  cm、繊維軸方向の長さ  $L=6B$  を有する柱体試片を標準型とし、場合によつては  $B=2$  cm~4 cm の相似試片を使用してもよいとしている。荷重面は柀目面が標準で場合によつては板目、または追柀とすることができる。平均荷重速度は、毎分約 20 kg/cm<sup>2</sup> 以下であり、求める数値は比例限度と辺長の 5% 部分圧縮強さであり、場合によつてはその一部を省略してもさしつかえないと規定してある。

かつての満洲木材試験法では  $B=3$  cm、 $L=6B$  とし、荷重面は追柀のみである。平均荷重速度は毎分約 20 kg/cm<sup>2</sup> 以下とし、求める数値は比例限度と 7% 部分圧縮強さである。

ドイツの DIN DVM 2184 では  $B=5$  cm、 $L=3B$  とし、荷重方向は板目および柀目方向である。荷重速度は毎分 10 kg/cm<sup>2</sup> とし、求める数値は全縮み量が 1% のときの応力である。なお、この場合加圧鋼板の縁は 1.5 mm の半径で丸みをつけることになつている。

米国の A. S. T. M. D 143—27 では  $B=2$  in.、 $L=3B$  とし、荷重面は柀目のみである。この場合は変形速度を一定にする方法がとられ、荷重を 1 分間に 0.024 in. の速度でかけるようにし、0.1 in. (辺長の 5%) まで圧縮することが規定されている。この試験で求める主要な性質は比例限度である。なお、米国では構造用寸法の大型試片の試験方法についても A. S. T. M. D 198—27 に規定している。英国およびオーストラリアでも米国と同一の方法が採用されているようである。

上述の諸規格ではどの場合も加圧鋼板の巾を試片の巾  $B$  に等しくし、かつ試片の木口断面は正方形であり、荷重-縮み曲線から所要の応力を決定することになつている。また、試片の形状寸法については、わが国のごとく相似形試片の使用を容認しているところはなく、どの国でも部分圧縮試験の場合は単一の試片を用いている。なお、 $L/B$  はわが国および旧満洲では 6 であるが、欧米諸国では 3 のようである。この試験で決定する主要な性質はドイツ以外は比例限度であるが、変形量測定方法の精粗により、この応力の決定にはかり主観的判断の介入を免がれないと思う。わが国の規格解説では横圧縮試験の場合と同様

に、始原接線を引き、これより5%小さいTangentをもつ直線が応力—歪曲線と交わる点の応力を実用的比例限度としているが、始原接線をどのように引くかが問題であり、応力—歪曲線の形式や作図縮尺のいかんによつても交点の決定にかなり主観的判断がはいつてくる。したがつて、いずれにしても比例限度の決定には多少の主観的判断は免がれないのであるから、試片の大きさ、試験機の力量、荷重刻み、変形量測定器具等を試験目的に応じて適当に選んで実験をおこない、荷重—変形曲線または応力—歪曲線全体からみて直線部分の終点に当る測点の応力をそのまま比例限度とする方が材料の特性を把握する上から意味があり、またその方が簡単であることはいうまでもない。この実験では応力については補正をしなかつた。しかし、変形量の測定が1/100 mm精度のDial gaugeであるのと、部分圧縮の変形機構そのものが複雑で端面影響が大きききいてくるためか、直線部分とみなされる領域においても、同一荷重刻みに対する変形量の観測値は最初かなり大きくなるのが常である。それからは多少の変動はあるけれどもかなりそろつてくるが、その程度はもちろんMirror apparatusの場合には及ばないし、きわめて僅かであるがS字型傾向を示す場合もある。また、荷重面積および荷重刻みが小さい場合はDial gaugeの動きも小さくなるので、観測誤差の影響がきいてくるため比例限度の判定がかなり難かしくなつてくる。試験方法とともに比例限度の決定方法についても検討を要すると思う。

ドイツでは試験機に附属している自記装置で変形量を記録し、その全変形量が辺長の1%に当る場合の応力を求めているが、その方法に準じ、ここで求めた実験資料から1%の歪に対する応力を内挿法により比例計算で求めてみた。柾目方向荷重および板目方向荷重の場合は比例限応力より大きくなるが、柾目方向の場合は降伏点応力にほぼ近似している。45度方向荷重の場合は比例限応力より小さな結果となつている。測定値の分散の程度は比例限応力とほぼ同じである。

降伏点の決定については、応力—歪曲線からもわかるように、単に加圧鋼板直下の横圧縮のみでなく、この点付近で繊維軸方向の変形抵抗が増大するためか、横圧縮の場合より転移の様相が漸進的になり、その点の確認が判然としない。柾目方向荷重の場合はなんとか判断ができるが、板目方向および45度方向の場合はE. GABER氏の示すような降伏点の確認は困難である。なお、柾目方向の場合は変形量が急激に増大しはじめる点を降伏点としたが、加圧鋼板が接する附近の春秋材の構成や、試片の形状によつてもその様相が多少異なつてくるようである。すなわち、春材部におけるより挫屈現象による変形の増大が拘束される程度によつて、明瞭な場合と不明瞭な場合とがある。なお、3 cm型の試片の場合にはかなり明瞭であつたが、降伏点応力およびその歪は試片の長さが異なつてもほぼ近似した値を示している。また、3 cm角立方体試片による横圧縮試験の場合と比較すると、降伏点応力は部分圧縮の場合が大きく約1.2倍強であるが、その歪は大差がない。さらに各試片の降伏点における変形量の絶対値を厚さ別に比較すると、2 cm厚さの場合の平均値は約0.21 mm、3 cm厚さのときが約0.25 mm、4 cm厚さのときが約0.28 mmであつたが、これらについてはなお検討の余地がある。応力—歪曲線の型式を分類し、変形特性を明らかにするためには、降伏の様相を把握することが重要な課題であることはいうまでもないが、今後さらに他の樹種についても検討をすすめたい。平井信二氏はアサダ材の部分圧縮試験の場合は柾目、板目、45度の三方向とも、E. GABER氏の示すような降伏点は認められなかつたと述べている。

なお、この実験では弾性域および塑性域における応力と歪の関係をできるだけ明らかにするため、三方向の $\sigma_1$ ,  $\epsilon_1$ , E,  $\sigma_{1.5}$ ,  $\sigma_3$ ,  $\sigma_5$ ,  $\sigma_{10}$ 等を求めてみたが、応力—歪曲線は比例限度を超えると次第に曲線的傾向を示すけれども、歪が3%附近を超えると歪軸に対しある傾きをもつた直線的様相を示して

Table 18.  $\sigma_5/E$  の 値 Values of  $\sigma_5/E$

Group	Dimensions of specimens cm <sup>3</sup>	Loding direction $\alpha$	Specimens tested N	Range $x_{max.}-x_{min.}$	Mean $\bar{x}$	Standard deviation $\pm$ S. D.	Coefficient of variation C. V. %
I—1	3×3×15	$\alpha_{10}^\circ$ (T)	15	0.0171—0.0132	0.0154	0.0012	7.9
I—2	"	$\alpha_{45}^\circ$	15	0.0254—0.0218	0.0234	0.0010	4.3
I—3	"	$\alpha_{90}^\circ$ (R)	15	0.0095—0.0071	0.0086	0.0007	8.1
II—1	3×3×9	$\alpha_{10}^\circ$ (T)	10	0.0160—0.0127	0.0146	0.0009	6.2
II—2	"	$\alpha_{45}^\circ$	10	0.0259—0.0211	0.0241	0.0014	5.8
II—3	"	$\alpha_{90}^\circ$ (R)	10	0.0099—0.0074	0.0085	0.0008	9.4
III—1	3×3×6	$\alpha_{10}^\circ$ (T)	11	0.0167—0.0151	0.0158	0.0005	3.2
III—2	"	$\alpha_{45}^\circ$	10	0.0283—0.0190	0.0250	0.0024	9.6
III—3	"	$\alpha_{90}^\circ$ (R)	12	0.0089—0.0075	0.0083	0.0005	6.0
IV—1	2×2×10	$\alpha_{10}^\circ$ (T)	16	0.0194—0.0148	0.0172	0.0013	7.6
IV—2	"	$\alpha_{45}^\circ$	16	0.0273—0.0232	0.0250	0.0013	5.2
IV—3	"	$\alpha_{90}^\circ$ (R)	15	0.0146—0.0083	0.0104	0.0051	4.9
V—1	4×2×10	$\alpha_{10}^\circ$ (T)	11	0.0133—0.0122	0.0128	0.0003	2.3
V—2	"	$\alpha_{45}^\circ$	11	0.0232—0.0218	0.0219	0.0011	5.0
V—3	"	$\alpha_{90}^\circ$ (R)	14	0.0111—0.0071	0.0083	0.0010	1.2

る。その傾きは  $\sigma_3$ ,  $\sigma_5$ ,  $\sigma_{10}$  等の値から計算できるが、繊維軸方向の変形抵抗が関与してくるため、横圧縮の場合よりはかなり大きい。しかし、これらの値のみでは弾性域から塑性域への転移の様相が不明であるし、またその後変形がさらに進んだ場合の応力と歪の関係がどのようになるのか不明であるので、第 1 報で述べた X, Y の二点を求め検討する必要があると思う。

わが国の規格で  $\sigma_5$  を求める理由についてはよくわからないが、この値は変異係数も比較的小さいので、この値と弾性係数との比  $\sigma_5/E$  の値を求め、弾性的性質と塑性的性質とを関連づける一つの試みとし、Table 18 にその結果を示す。Group I, II, III の場合は板目方向荷重のときは  $\sigma_5$  は E の約 1.5 % であり、柾目方向荷重のときは約 0.9%, 45 度方向荷重の場合は約 2.4% であつた。Group IV の場合も大差がないが、Group V の場合は D/B が 2 のためやや小さくなつてゐる。しかし、塑性変形の進んだ領域では変形速度が大きく、時間影響がきいてくるため、精度を要求する歪の測定や応力の決定はこのような実験では困難である。なお  $\sigma_5$  の値が予想よりも分散が小さいのは、この付近では塑性変形がかなり進行した領域であるため、荷重の増加が僅少でも変形量が大きいので、歪を基準にすれば応力の値はたいして変わらないが、逆に応力を基準にとると歪はかなり分散してくることがあるので注意を要する。

### 6.2. 試片の形状について

試片形状の結果に及ぼす影響については数多くの研究があり、なかでも布施忠司氏は満洲産の多数の樹種について詳細な資料を発表している。部分圧縮における応力と変形の関係を求める際にもつとも重要なことは、弾性および塑性変形の領域において、試片の内部にどのような応力分布あるいは歪分布が生ずるのか、とくに加圧鋼板の辺縁附近にどのような応力集中がおきるのかということであろう。しかし、木材の場合は木材固有の構造組織の不均一性、年輪の初期彎曲率、さらにいわゆる異方性等が関連して応力と歪の関係を支配するため、かかる荷重条件における応力分布の解析はきわめて困難な問題であると思う。し



たがって、ここでは単に試片の形状寸法を異にした場合の観測値の変化についてのみ述べることにする。

6.2.1. 長さの変化による影響

Table 10 からわかるごとく、全般的には長さが短くなるにしたがって諸量は低減する傾向を示しているが、その程度は荷重方向により若干の差異がある。すなわち、柎目方向荷重の場合は  $\sigma_{10}$  以外の諸量はほとんど長さの変化による影響を示していない。板目方向の場合には不規則ながら L/B が増加するにしたがって僅かに増大傾向を示しているが、とくに  $\sigma_{10}$  の増大が目だっている。ところが 45 度方向の場合には L/B の増大とともにどの値もかなり増加している。これはもともとこの方向の迂り変形が非常におきやすいのであるが、L/B が増すにつれて加圧部以外の部材の繊維軸方向の変形抵抗が増大するためであろう。しかし、L/B がさらに増大する場合にこれらの関係がどのように変化するかは疑問である。

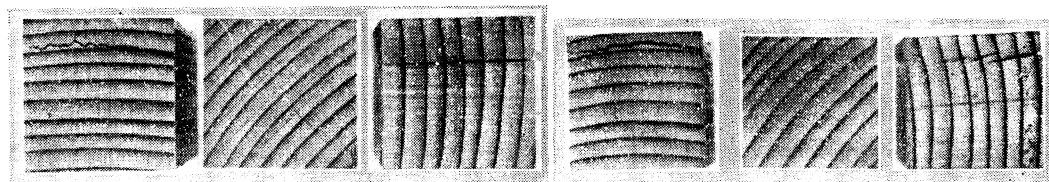
なお、三方向とも  $\sigma_{10}$  の比率が L/B とともにかなり増大しているがこれには理由がある。すなわち、L/B が 2 および 3 の試片では、中央部の変形がすすみ歪が約 5% 附近をこえると、試片の木口附近に Plate 2 に示すような割裂破壊を生ずるものがあるからである。このような割裂現象は L/B が 5 の試片では 10% 程度の部分圧縮ではどの方向の場合もみられなかつた。また、45 度方向荷重の場合もこの現象がおこり難く、L/B が 3 の試片では全くみられないし、L/B が 2 の試片で僅かに 2 箇みられた程度である。その場合の応力はどの試片も 35.6 kg/cm<sup>2</sup> であり、その歪は 8.78% と 9.87% とであつた。ところが板目方向荷重や柎目方向荷重の場合はこの現象がおきやすく、とくに柎目面が割裂しやすいことは Table 19, 20 からわかる。また試片が短いほどこの現象がおこりやすいので現場における施工の場合は注意を必要とする。また同表に試片の上端面から割裂破壊線までの距離を示したが、写真からもわかるように

Table 19. 割裂破壊時の圧縮荷重と変形量 (Group II)  
Compressive load and deformation to cause splitting rupture (Group II).

Dimensions		3×3×9 cm <sup>3</sup> (Group II-1)					3×3×9 cm <sup>3</sup> (Group II-3)				
Loading direction		$\alpha_{10}^{\circ}$ (Tangential)					$\alpha_{90}^{\circ}$ (Radial)				
Specimen No.	Load kg	Stress kg/cm <sup>2</sup>	Deformation mm	Strain %	Distance mm	Load kg	Stress kg/cm <sup>2</sup>	Deformation mm	Strain %	Distance mm	
1	590	65.6	2.51	8.37	8.5	630	69.9	2.49	8.30	6.5	
2	590	65.6	2.46	8.20	5.5	no	no	no	no	no	
3	570	63.4	2.79	9.30	9.0	no	no	no	no	no	
4	660	73.5	2.34	7.82	9.0	630	70.0	9.79	9.30	5.5	
5	660	73.4	2.81	9.37	9.0	620	68.9	2.71	9.03	4.0	
6	640	71.1	2.91	9.70	8.9	no	no	no	no	no	
7	600	66.4	2.55	8.48	9.1	630	70.0	2.72	9.07	7.0	
8	610	67.8	2.55	8.50	9.1	630	70.0	2.99	9.97	7.5	
9	620	68.8	2.46	8.19	8.5	620	68.9	3.03	10.10	9.0	
10	600	66.7	2.40	8.00	8.8	630	70.0	3.02	10.00	5.0	
Mean		68.2		8.59	—		69.7		9.40	—	
Standard deviation		±3.3		±0.39	—		±0.5		±0.65	—	
Coefficient of variation		5%		5%	—		1%		7%	—	

Table 20. 割裂破壊時の圧縮荷重と変形量 (Group III)  
Compressive load and deformation to cause splitting rupture (Group III).

Dimensions	3×3×6 cm <sup>3</sup> (Group III—1)					3×3×6 cm <sup>3</sup> (Group III—3)				
Loading direction	$\alpha_{90}^{\circ}$ (Tangential)					$\alpha_{90}^{\circ}$ (Radial)				
Specimen No.	Load kg	Stress kg/cm <sup>2</sup>	Deformation mm	Strain %	Distance mm	Load kg	Stress kg/cm <sup>2</sup>	Deformation mm	Strain %	Distance mm
1	510	56.7	1.56	5.20	3.6	530	58.7	1.56	5.20	2.5
2	480	53.3	1.61	5.35	3.0	550	61.0	1.78	5.93	3.8
3	480	53.3	1.53	5.10	2.6	480	53.3	1.36	4.53	2.8
4	490	54.4	1.77	5.90	4.0	450	49.9	1.33	4.43	3.0
5	570	63.3	1.97	6.56	2.5	500	55.6	2.04	6.80	3.0
6	500	55.6	1.66	5.53	3.0	530	58.9	2.08	6.93	3.5
7	430	47.8	1.35	4.49	3.8	440	48.9	1.43	4.77	2.0
8	470	52.2	1.37	4.57	2.5	540	59.9	1.89	6.30	3.8
9	475	52.8	1.46	4.87	3.4	420	46.9	1.29	4.30	2.8
10	480	53.4	1.25	4.18	3.4	540	59.9	1.65	5.50	3.4
11	470	52.2	1.45	4.83	2.5	480	53.4	1.49	4.97	2.0
12	—	—	—	—	—	500	55.6	1.72	5.73	4.0
Mean		54.1		5.14	—		55.2		5.45	—
Standard deviation		±3.6		±0.38	—		±4.5		±0.72	—
Coefficient of variation		7%		7%	—		8%		13%	—



Phot. 2 Manner of failure caused by splitting at cross section.  
 $\alpha_{90}^{\circ} \approx R.$ ,  $\alpha_{45}^{\circ}$ ,  $\alpha_{0}^{\circ} \approx T.$

不規則であるためその数値は概略値にすぎない。45 度方向荷重の場合の破壊線は写真には見えないが、他の場合のごとく水平方向には生じないで、試片の上端面から垂直方向に不規則にあらわれ、その長さも非常に短い。しかし個数が僅か2箇であるので今後の検討にまたねばならない。いずれにもせよこのような割裂破壊現象がどのような応力分布状態のときに起るのか興味ある問題だと思ふ。

なお布施氏は材長の影響を検討するため、試片端部の跳上りや試片端面内の歪を測定し、L/B が 5 あるいは 6 附近の試片が最も中央部加圧鈹の減込の影響を受けないで縮みもほとんどなくなり、また跳上りも少ない結果となると報告している。また、E. SUENSON 氏は 15 cm 角で L/B が 1, 2, 3, 4, 5 の Fichte 材で実験を行い、横臥材の許容応力決定方法に対し一つの試みを提唱している。E. GABER 氏は加圧材料を木材として約 4.8 cm 角で L/B が 1, 2, 3, 4, 5 の試片で実験を行い、L/B が 4 以上にな

ると降伏点応力はほとんど変らなくなるので L/B が4の条件がよいと述べている。どの場合も加圧具の巾は試片の巾に等しく、D/B は1である。

### 6.2.2. 厚さの変化による影響

この実験では巾が2cmで高さのみが2cmと4cmと変る場合、すなわち、D/Bが1と2のときについての資料のみであるが、Table 11 からわかるように、比例限度力  $\sigma_p$  は厚さが4cmのときが僅かに小さいが、ほとんど差がないとみてよいと思う。また、比例限度における変形量の絶対値は厚さが4cmのときが大きいが、単位歪は小さくなるので弾性係数は大きくでてくる。 $\sigma_3$ 、 $\sigma_5$ は柎目および45度方向荷重のときは厚さが4cmの場合の方がやや高いが、板目方向の $\sigma_3$ のみはやや小さくなっている。しかし変形量の絶対値を等しくとるとき、すなわち、厚さが4cmのときの $\sigma_{1.5}$ 、 $\sigma_5$ と、厚さが2cmのときの $\sigma_3$ 、 $\sigma_{10}$ をそれぞれ比較すると、厚さが2cmのときの応力は大きくなる。また、Table 12, 13, 14からもわかるように、同一荷重に対する変形量の絶対値は厚さが4cmのとき大きいが、その倍率は2倍にならないで1.5倍前後である。これらのことから同一の変形量に対する応力は厚さが4cmのときの方が小さいけれども、同一歪に対する応力および弾性係数は大きくなっていくことに注意しなければならない。厚さの変化する割合と、それに対する荷重と変形量の関係がどのような比率で変化するかということは、ボルト締めや、圧縮処理の場合に重要な資料となると考えられるので、巾の変化も考慮して今後さらに検討する必要がある。このように部分圧縮の場合の変形量は加圧鋼板による局所的なめりこみと同時に、材の内部における弾性変形および塑性変形が関連してくるため、その内容がきわめて複雑である。

### 6.2.3. 相似性について

前項に関連してくる問題であるが、ここではL/Bがいずれも5で、断面辺長が3cmと2cmの場合についての結果を検討する。Table 15によれば45度方向荷重以外は弾性係数は僅かながら3cm型の方が大きい。しかしそれ以外の諸量は3cm型の方がやや小さいがほとんど大差はみとめがたい。また同一応力に対する変形量の絶対値はTable 12, 13, 14からわかるように3cm型が大きいが、応力と歪の関係は大差がみとめられない。したがって、この結果のみから判断すれば概観的にはかなり相似性を示しているが、荷重面積が1対2.25の場合のみであるので、さらに試片形を変えて検討する必要がある。大型試片になると木材特有の年輪状態の影響や、木取り上の不均一性等がはいってくるので、どの程度の相似性が得られるか疑問である。またあまり小さい試片では個々の年輪の影響が大きくなってばかりでなく、変形量の測定が困難になり、測定結果の変動が大きくなると予想される。いずれにしてもわが国のごとく相似試片の使用をみとめている場合は、相似性の再検討を行う必要がある。

### 6.3. 変形回復について

変形回復量はTable 17およびFig. 2, 3, 4, 5, 6からわかるごとく、どのGroupも45度方向荷重の場合が最大で、板目方向がこれにつき、柎目方向が最小である。なお、Group Vの場合は約5%圧縮後の変形回復であるが、圧縮した変形量の絶対値はGroup IVの場合とほとんど同程度である。両者の結果を比較すると数値的には異なっているが、全変形量に対する回復量の比率はほとんど同程度である。たとえば45度方向の際にGroup IVの試片は約85%回復しているのに対し、Group Vの試片は約87%回復している。これらの回復量の測定方法や数値そのものについては問題があるとしても、全変形量の50%以上が回復することは興味がある。なお、圧縮率を変化した場合の変形回復については検討の余地がある。

6.4. 加圧材料について

一般に各国とも規格試験の場合は試片を鋼板で加圧しているが、木構造の場合には木材で加圧される場合が多いので、E. GABER 氏のごとく木材による加圧を予備検討した。試片は  $3 \times 3 \times 15 \text{ cm}^3$  で荷重方向は板目方向のみであり、その個数は僅か 5 個である。加圧材は同種のエゾマツ気乾材で  $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}^3$  の縦圧縮試片である。これを被圧試片の中央に柱状にたてて荷重を加えた。得られた結果は Table 21 に示すが、鋼板の場合と比較すると、比例限歪以外の諸量はやや小さいが大差はみとめられない。また、荷重が

Table 21. 加圧材を木材とした場合の試験結果  
Results of test compressed through a wooden plate.

Property	Mark	Range		Mean $\bar{x}$	Standard deviation $\pm$ S. D.	Coefficient of variation C. V. %
		$x_{max.}$	$x_{min.}$			
Specimens tested	N number	—		5	—	—
Width of annual rings	b mm	3.5—3.4		3.4	0.01	1
Summerwood	S %	13—10		11	1.0	9
Specific gravity, at test	$r_n$ $\text{g/cm}^3$	0.402—0.379		0.390	0.014	4
" , oven dry	$R_1$ $\text{g/cm}^3$	0.345—0.326		0.335	0.007	2
Moisture content	u %	16.7—16.2		16.4	0.05	1
Stress at proportional limit	$\sigma_p$ $\text{kg/cm}^2$	30.1—26.6		28.0	1.6	6
Strain at P. L.	$\epsilon_p$ %	0.919—0.826		0.868	0.047	5
Modulus of elasticity	E $\text{kg/cm}^2$	3490—2950		3230	170	5
Work to P. L.	$W_p$ $\text{kg-cm/cm}^3$	0.138—0.110		0.122	0.011	1
Stress at 3% strain	$\sigma_3$ $\text{kg/cm}^2$	53.4—44.6		49.1	3.3	7
Stress at 5% strain	$\sigma_5$ $\text{kg/cm}^2$	59.7—52.1		56.2	2.9	5
Stress at 10% strain	$\sigma_{10}$ $\text{kg/cm}^2$	76.0—68.2		71.9	3.3	5

Table 22. 加圧材を木材とした場合の荷重と変形量の関係  
Load-deformation relations of specimens compressed through a wooden plate.

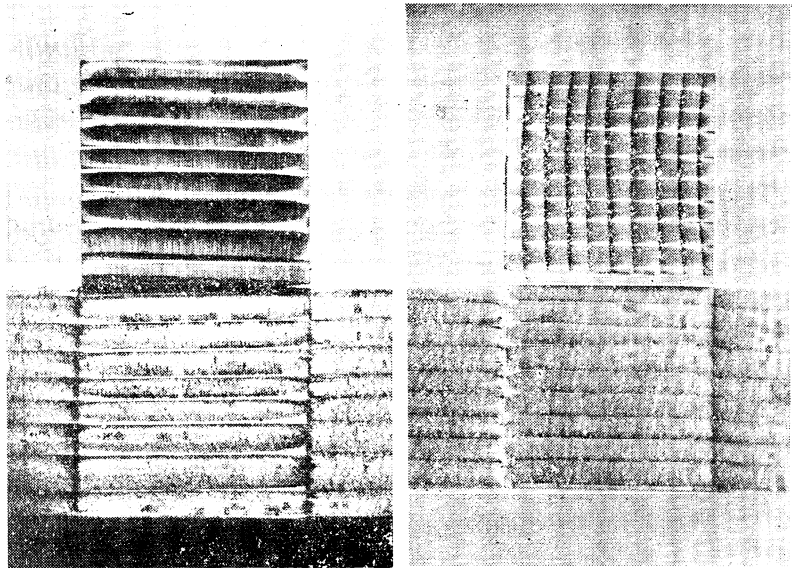
Dimensions		$3 \times 3 \times 15 \text{ cm}^3$			
Loading direction		$\alpha_0$ (Tangential)			
Loaded area		$3 \times 3 \text{ cm}^2$			
Depth (cm)		3			
Load (kg)	540	270	90	270—90	
Stress ( $\text{kg/cm}^2$ )	60	30	10	20	
Deformation	mm	mm	mm	mm	Strain %
1	2.10	0.290	0.092	0.198	0.600
2	1.54	0.258	0.085	0.173	0.577
3	2.29	0.295	0.098	0.193	0.657
4	1.59	0.280	0.095	0.185	0.617
5	1.87	0.322	0.114	0.208	0.693
Mean	1.88	0.289	0.097	0.192	0.629

540 kg, 270 kg, 90 kg の場合の変形量の絶対値を Table 22 に示したが、やはり鋼板による加圧の場合より変形量が增大していることがわかる。しかし、このように変形量が增大するのは被圧材の変形量が增大したのか、加圧材の端面変形量が大きくなったのかよくわからない。なお、この加圧材の中央部に 3 cm の標点距離を定めて湯浅式 Mirror extensometer で変形量の測定もおこなってみたが、270 kg の荷重 ( $\approx 30 \text{ kg/cm}^2$ ) に対する変形量は約 0.008 mm (歪は約 0.027%) 程度であつた。また、受圧面の破損の状態を Phot.3

に示す。な、お今後さらに加圧鋼板の形状をかえ、ローラ加圧,あるいはボルト座金のような状態の加圧による応力-歪曲線を求め接手部材の設計資料としたい。

### 6.5. 破壊形態の観察

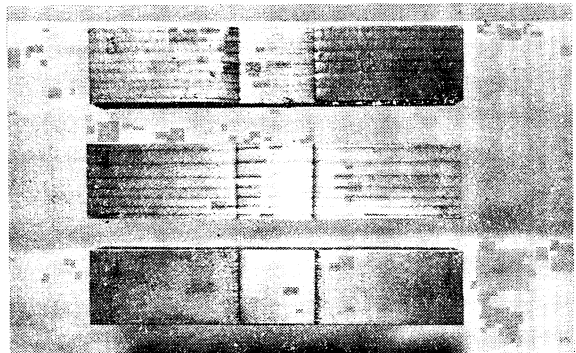
加圧鋼板による被圧材のめりこみの様相を Phot. 4 に示すが, 10%部分圧縮の場合は受



Phot. 3 Manner of failure at loaded face of specimen compressed through a wooden plate.

圧面が柾目および板目の場合は繊維が切断されているが, 追柾面のときは単位面積当りの荷重が小さいためほとんど切断されていない。

また, 割裂破壊試片についてはすでに述べたが, 柾目方向荷重の場合, 春材部の送り挫屈による破損線が柾目面にあらわれてくる様相を観察すると, 最初は加圧鋼板直下の年輪に加圧鋼板の巾程度の長さであらわれ, それがやや長くなり始めるころ下の年輪にまたあらわれはじめる。一年輪に2本, 3本とあらわれることもあり, その出現状況は不規則であるが, 概観的には上の年輪から順次に下の年輪にでてくるようである。10%程度の圧縮では2cm型試片は下部まであらわれることもあるが, 3cm型試片では上



Phot. 4 Manner of failure at loaded face of specimen compressed through an iron plate.  
Group I-1 ( $\alpha_1 \approx T$ ) radial face  
Group I-2 ( $\alpha_{45}$ )  
Group I-3 ( $\alpha_{90} \approx R$ ) tangential face

から約20mm程度のところまであらわれ, 下部では肉眼的にはみとめられなかつた。また, この破損線は上から下にゆくにしたがって長くなるが, あるところからはまた短くなつていた。加圧鋼板下部附近の破損線と一番長い破損線の先端を結ぶ直線が, 荷重方向となす角度は50度前後が多いが, かなりはげしく分散している。

### 6.6. 部分圧縮と横圧縮の比較

部分圧縮の場合は横圧縮の場合と異なり, 加圧鋼板直下における繊維に垂直方向の軸応力のみでなく,

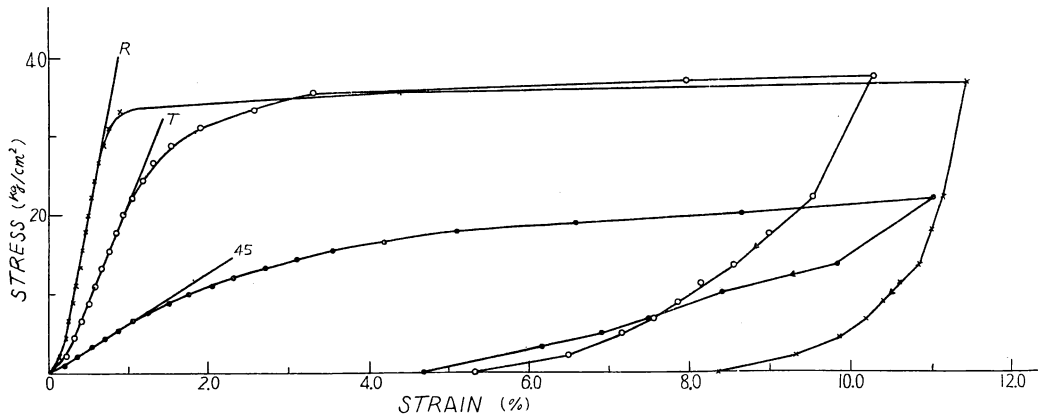


Fig. 7 3×3×3 cm<sup>3</sup> 試片による横圧縮応力-歪曲線型  
Shapes of stress-strain curves for specimens (3×3×3 cm<sup>3</sup>) loaded on entire surface. (R; α<sub>99</sub><sup>o</sup>, T; α<sub>3</sub><sup>o</sup>, 45; α<sub>45</sub><sup>o</sup>)

加圧部以外の部材にも不均等な応力分布が生ずるとともに、加圧鋼板の辺縁附近に応力集中がおこり、めりこみがすすむにつれて加圧鋼板の辺縁の作用によつて繊維軸方向の変形抵抗も関与してくるため種々の組合せ応力状態となつてくる。したがつて、応力と歪の関係も横圧縮とはかなりちがつた結果を示している。いま、Fig. 7 に 3×3×3 cm<sup>3</sup> の試片による横圧縮応力-歪曲線を比較のために示す。弾性領域はよく類似しているがどの方向でも部分圧縮の場合が比例限度および直線部分の傾きは大きくなつてゐる。とくに 45 度方向の増大は著しい。なお、部分圧縮の場合は柁目方向荷重における降伏の様相が鋭さをかき、弾性域から塑性域への転移様相が概観的には三方向とも類似してきている。また、降伏点附近を超え塑性変形がかなり進んだ領域においても曲線は歪軸に対し横圧縮の場合より大きな傾きをもつている。

これを数値的に比較するため、3×3×3 cm<sup>3</sup> 試片による横圧縮試験結果を 1.00 とし、これに対する 3×3×15 cm<sup>3</sup> 試片の結果を比であらわせば Table 23 のごとくなる。その差は明瞭で 45 度方向の増加

Table 23. 部分圧縮と横圧縮の比較

Comparison of results of tests covering but part of surface and entire surface.

Loading direction	α <sub>0</sub> <sup>o</sup> (Tangential)				α <sub>45</sub> <sup>o</sup>				α <sub>99</sub> <sup>o</sup> (Radial)			
	3×3×15		3×3×3		3×3×15		3×3×3		3×3×15		3×3×3	
Dimensions (cm <sup>3</sup> )	3×3		3×3		3×3		3×3		3×3		3×3	
Loaded area (cm <sup>2</sup> )	5		1		5		1		5		1	
L/B	5		1		5		1		5		1	
Property	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio	Mean	Ratio
σ <sub>p</sub> kg/cm <sup>2</sup>	28.6	1.43	20.0	1.00	20.2	2.88	7.0	1.00	34.7	1.31	26.5	1.00
ε <sub>p</sub> %	0.725	0.83	0.877	1.00	1.29	1.23	1.05	1.00	0.515	1.01	0.510	1.00
E kg/cm <sup>2</sup>	3960	1.74	2280	1.00	1580	2.36	670	1.00	6680	1.28	5190	1.00
W <sub>p</sub> kg-cm/cm <sup>3</sup>	0.106	1.17	0.0903	1.00	0.131	3.54	0.0370	1.00	0.0904	1.33	0.0678	1.00
σ <sub>3</sub> kg/cm <sup>2</sup>	54.0	1.58	34.2	1.00	31.1	2.16	14.4	1.00	51.1	1.51	33.8	1.00
σ <sub>5</sub> kg/cm <sup>2</sup>	60.9	1.76	34.6	1.00	36.7	2.04	18.0	1.00	57.6	1.66	34.8	1.00
σ <sub>10</sub> kg/cm <sup>2</sup>	76.3	2.16	35.3	1.00	46.4	2.19	21.2	1.00	72.0	2.06	35.0	1.00

率ももつとも大きく、板目方向がこれにつき、柃目方向がもつとも小さい。ただ  $\varepsilon_p$ ,  $\varepsilon_y$  のみは大差を示さない。年輪傾角の影響については数値的には変つてはいるが、その結果におよぼす程度は全く類似している。また、変形回復量も数値的には異なるがその傾向は類似し、45度方向の場合がもつとも回復量が大きく、板目方向がこれにつき、柃目方向がもつとも小さい。

### む す び ( 摘 要 )

一般に木構造における接手部材の施工や、集成材の圧縮処理等の場合には材全面にわたつて横圧縮荷重が作用する場合はむしろ稀で、材面の局部にのみ荷重が作用するが多い。しかし、この場合の応力分布は複雑で種々の組合わせ応力を生ずるため、いかなる実験条件で求めた結果を使用応力の算定の基準とすべきか問題がある。したがつて、本報告では規格に準じた荷重条件で加圧し、試片の形状および寸法の変化や年輪傾角の差異が応力-歪関係にどのような影響をおよぼすかを検討するとともに、横圧縮の場合との比較を行い、繊維に垂直方向の部分圧縮荷重をうける部材の設計条件に対する基礎資料を求めた。その試験材料は第1報と全く同一のエゾマツ気乾材であり、その関係材質は Table 1 に示す。試験機も同一の 4,000 kg Amsler 油圧式手働材料試験機を使用し、荷重条件、加圧鋼板の形状、試験の種類等については Table 2, 3 および Fig. 1 に示す。変形量は Phot. 1 のごとく試験機の Ram head に 1/100 mm 精度の Dial gauge を取りつけ、加圧鋼板と下部圧縮板との間にはさまれた試片の厚さ全体を標点距離として測定した。なお、柃目および 45 度方向荷重の場合は木表側から荷重を加えた。得られた結果を摘録すれば次のごとくである。

1) 部分圧縮による木材の変形特性を総合的に表現する応力-歪曲線を求め、Fig. 2, 3, 4, 5, 6 に図示した。荷重方向と年輪定行のなす角度の差異によりそれぞれ特徴を示すが、いわゆる横圧縮の場合ほど明瞭な差異はみとめられない。弾性域から塑性域への転移が一般に漸進的であり判然たる降伏点の確認は困難である。なお、塑性変形がかなり進んだ領域においても曲線は歪軸に対しかなりの傾きを示し、いわゆる最大応力や破壊応力は認められない。また、応力-歪曲線の型そのものは試片の形状寸法が変化してもほとんど変らない。

2) 長さの変化による影響を検討するため、木口断面を辺長 3 cm の正方形とし、試片の長さのみを 15 cm, 9 cm, 6 cm と変化させ、同一の荷重条件で比較試験をおこない、その結果を Table 10 に示す。全般的には長さが短くなるにしたがつて諸量は低減する傾向を示すが、その程度は荷重方向により異なる。すなわち、柃目方向荷重の場合は  $\sigma_{10}$  以外はほとんど変化しないが、板目方向の場合は長さが増大するとともに諸量は不規則ながら僅かに増加する。ところが 45 度方向の場合は長さともかなり増大している。しかし、長さがさらに増大するとこれらの関係がどの程度変化するのか疑問である。

3) 厚さの変化による影響を検討するため、試片の巾を 2 cm, 長さを 10 cm, 荷重面積を  $2 \times 2 \text{ cm}^2$  とし、厚さのみを 4 cm と 2 cm に変化させて比較試験をおこない、その結果を Table 11, 12, 13, 14 に示す。同一荷重に対する変形量の絶対値は 4 cm 厚さの方が大きい、厚さの比に比例しない。また、同一の単位歪に対する応力は 4 cm 厚さの方が大きい。厚さの変化する割合と、それに対する荷重と変形の関係がどのような比率で変るかは、圧縮処理や接施工の際に重要な資料であると考えられるのでさらに検討をすすめたい。

4) 相似性を検討するため、 $2 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$  の試片と  $3 \times 3 \times 15 \text{ cm}^3$  の試片による結果を比較し、Table

12, 13, 14, 15 に示す。概略的にはかなり相似の結果を示すが、僅か2つの場合の比較にすぎないので今後さらに検討を要する問題である。

5) 年輪傾角の差による観測値の変化は Table 16 に示すが、どの応力も 45 度方向の場合が最小である。比例限度は柾目方向が柾目方向より大きい、塑性変形の進んだ領域における同一歪に対する応力は大差を示さない。弾性係数は柾目方向が最大で 45 度方向が最小である。このため木取り方向を異にする材を組合わせ締めつける場合は注意を要する。なお、繊維走向を異にする場合、すなわち目切影響についても今後検討する必要がある。

6) 約 10% 部分圧縮した後の試片の回復量を測定し、Fig. 2, 3, 4, 5, 6 に図示するとともに、その結果を Table 17 に示すが、柾目方向が最小で 45 度方向が最大であった。さらに圧縮率を異にする場合の変形回復量を求める必要があるが、このような回復量の大小は圧縮加工材の仕上げ寸法を予定する場合に重要な問題であると思う。

7) 現場施工の場合は種々の材質、形状、寸法を有する加圧材料が考えられるが、その試みの一つとして同種材の柱状試片で 10% 部分圧縮をおこない、その結果を Table 21, 22 に示す。今後さらにローラ加圧、スタンプ式加圧による応力—歪曲線を求めたい。

8) 受圧面の破壊形態や木口端面における割裂破壊形態を Phot. 2, 4 に示す。とくに木口端面附近における割裂破壊現象は接手の位置や許容応力の決定に関係する問題であるばかりでなく、部分圧縮の変形特性を考察する場合の重要な手がかりとなると思う。この現象が起きたときの荷重および変形量を Table 19, 20 に示す。

9) 横圧縮と部分圧縮の比較検討を行うため、 $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$  試片による横圧縮応力—歪曲線を Fig. 7 に示すが、降伏の様相および塑性変形がかなり進んだ領域の応力と歪の関係がかなりちがっていることがわかる。また、 $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$  試片による観測値と  $3 \times 3 \times 15 \text{ cm}^3$  の部分圧縮試験の結果とを比較し Table 23 に示すが、比例限度以外の諸量はいずれも部分圧縮の場合が大きく、とくに 45 度方向の増大はいちじるしい。

以上で要約を終るが、部分圧縮による荷重条件は現場で非常に多くみられる場合であり、とくに長大材が不足し、木材の接手効率の上昇や集成材の圧縮処理が問題になつている現状では、このような条件における応力と歪の関係を求めることは重要な課題であると考え。しかし、この場合の応力分布はきわめて複雑であるとともに、木材特有の異方性問題も関連してくるのでその解明は困難な問題であると思う。今後さらに横圧縮試験と比較しつつ、樹種、形状、寸法を変えらるとともに、水分影響、匍匐性能、目切れ影響等を検討したい。

#### 参 考 文 献

- 1) 日本建築規格 木材試験方法 J E S 建築 3107 昭和 24 年 1 月 20 日決定 (1949).
- 2) DIN DVM 2184 Holz als Roh-u. Werkst. Heft 3 (1937).
- 3) 布施忠司: 試験法が木材の強度値に及ぼす影響に就て, 附録 満洲木材試験法, 満鉄技研報告, No. 235, 昭 18 (1943).
- 4) A. S. T. M. Standards Part II (1944).
- 5) MARKWARDT, L. J. & WILSON, T. R. C.: Strength and related properties of woods



- grown in United States. Dept. Agr. Tech. Bull. 479. (1935).
- 6) 森 徹: JES 建築 3107 木材試験方法解説, 木材工業, Vol. 8, No. 11, 昭 23 (1953).
  - 7) GABER, E.: Druckversuche quer zur Faser an Nadel-und Laubholzern. Holz als Roh- u. Werkst. Heft 3. (1937).
  - 8) 平井信二: 秩父演習林産アサダの材質研究, 東大演習林報告, No. 35. 昭 22 (1947).
  - 9) 山井良三郎: 木材の応力-歪曲線 (第1報), 林試研究報告, No. 77. 昭 30 (1955).
  - 10) KOLLMAN, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. (1951).
  - 11) SUENSON, E.: Zulässiger Druck auf Querholz. Holz als Roh- u. Werkst. Heft 6, (1938).
  - 12) 竹山謙三郎: 木構造, 昭 26 (1951).

Ryōzaburō YAMAI: Stress-Strain Curves of Wood. (Report 2)  
Stress-Strain Curves for Partial Compression Perpendicular to Grain  
(Schwellendruck). (1)

Résumé

This paper presents mainly the characteristics of stress-strain curves for the compression perpendicular to grain test in which the load is applied through an iron plate covering but a portion of the surface as shown in Fig. 1. Owing to the unpredictable influence of the restraint exerted by the fibers near the margins of the bearing plate, in addition to compressive stress proper, the specimen is subjected to combined stresses, and hence the stress-strain relations may be affected by the size of bearing plate and the dimensions of specimen.

An appreciation of these results is useful in deriving safe working stresses in compression perpendicular to grain, for computing the bearing area for beams, stringers and joists, and in comparing species for railroad ties and other uses in which this property is important.

The species of test material was the same "Yezomatsu" (*Picea jezoensis* CARR.) as that used in testing in report I, and its related properties are represented in Table 1. The dimensions and the orientation of annual rings to the loading direction of specimens belonging to each group are represented in Table 2. The machine was the Amsler 4,000 kg hydraulic hand-power universal testing machine, and the speed of loading beyond the proportional limit was controlled at a uniform rate of stressing. The capacity at test, the increment of load and the average speed of loading are represented in Table 3. The compressive deformation to the depth of specimen was measured by a dial gauge (1/100 mm unit) set up to the machine head as shown in Phot. 1. The temperature and relative humidity at test are represented in Table 4. The results obtained from the tests are summarized as follows:

1) The typical curves on clear specimens belonging to each group are shown in Fig. 2, 3, 4, 5 and 6, respectively. The general types of curves may be not appreciably affected by the shapes and the dimensions of specimens, but be affected by the orientation of the annual rings to the direction of loading ( $\alpha$ ). Although there appears to be no well-definite difference in the shapes of curves when the rings are parallel ( $\alpha_0^\circ \approx$  tangential) and perpendicular ( $\alpha_{90}^\circ \approx$  radial) respectively to the direction of the applied load, the mode of transition, from the elastic stage to the plastic stage, of the latter curve is more sharp in contrast to the former one. In other words the yield point for the latter is recognized somewhat, but the yield point for the former is hardly recognized. When the rings are at an angle of  $45^\circ$  ( $\alpha_{45}^\circ$ ) to the direction of loading, the mode of transition is very gradual, in consequence, the yield point is more hardly recognized as shown in the each figure. In these tests, moreover, a true ultimate or maximum strength was not recognized.

2) Table 10 represents, for three different loading directions, data on specimens tested to determine the effect of length (L) on the stress-strain relations. Specimens are  $3 \times 3 \text{ cm}^2$  in cross section and of different lengths, and the loaded area is  $3 \times 3 \text{ cm}^2$  as shown in Table 2. At the case of  $\alpha_{90}^\circ$ , the values listed do not show significant differences with the increase of length, except  $\sigma_{10}$ . At the case of  $\alpha_0^\circ$ , the values listed increase somewhat, but the marked differences are not founded. At the case of  $\alpha_{45}^\circ$ , all values listed increase considerably with the increase of length.

3) Table 11 represents, for three different loading directions, data on specimens tested to determine the effect of depth (D) on the stress-strain relations. The modulus of elasticity (E) at the case of 4 cm depth is higher than the E at the case of 2 cm depth. Table 12, 13 and 14 represent, for three different loading directions, that the compressive deformation for a given load is greater with the increase of depth. But the deformation is not proportional to the depth. At the test which the depth was increased from 2 cm to 4 cm, the deformation was about 1.5 times as great in the elastic region.

4) Table 15 represents, for three different loading directions, data on specimens tested to check the effect of the similarity on the stress-strain relations. The dimensions and the loaded area of specimens belonging to each group are represented in Table 2. It seems that the stress-strain relations do not appreciably vary. But it is necessary to investigate the question stillmore. Table 12, 13 and 14, moreover, that the compressive deformation for a given load is greater with the increase of depth, but the strain at the same stresses is nearly equal in the elastic region.

5) Table 16 represents that the stress-strain relations are affected by the orientation of the annual rings to the direction of loading. At the case of  $\alpha_{45}^\circ$ , the marked lower values are obtained. The values of  $\sigma_p$  and E at the case of

$\alpha_{90^\circ}$  are greater than that at the case of  $\alpha_{45^\circ}$ . These results are of practical importance in timber design and use.

6) Fig. 7 shows the typical curves, for three different loading directions, obtained when the plate covered the entire surface of specimen,  $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ , and the results are compared with the results of specimens belonging to Group I. The values listed of the latter is remarkably higher than that of the former as shown in Table 23.

7) Phot. 2 and 4 show the manner of failure after about 10% compression. It is of interest that a splitting rupture is founded at the neighbourhood of cross sections of specimens belonging to Group II and Group III. The stress and the strain measured when such a phenomenon occurred are recorded in Table 19 and 20. Phot. 3 shows the manner of failure on the loaded surface of specimen compressed through a wooden plate. The stress-strain relations are represented in Table 21 and 22.

8) The recovery of deformation of specimen subjected to about 10% compression is shown in Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7 and Table 17. But the specimens belonging to Group V were subjected to about 5% compression. The recovery represented in Table 17 is the difference between the final compressive deformation and the permanent set after two weeks, and the value is represented by the percentage to the original depth of specimen. The greatest recovery is recorded at the case of  $\alpha_{45^\circ}$ .

附 表

Appendix Table 1 to 16.

Mark	性 質	Properties
b mm	平 均 年 輪 巾	Width of annual rings
S %	秋 材 率	Summer wood percent
$\alpha$ degree	年 輪 傾 角	Angle of annual rings to loading axis
a mm	平 均 年 輪 矢 高	Original sagitta of annual rings
$r_u$ g/cm <sup>3</sup>	試 験 時 比 重	Specific gravity at test
$R_1^*$ g/cm <sup>3</sup>	全 乾 比 重	Specific gravity, oven dry
u %	含 水 率	Moisture content
$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	比 例 限 応 力	Stress at proportional limit
$\epsilon_p$ %	比 例 限 歪	Strain at proportional limit
E kg/cm <sup>2</sup>	弾 性 係 数	Modulus of elasticity
$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	比 例 限 比 仕事 量	Work to proportional limit
$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	降 伏 点 応 力	Stress at yield point
$\epsilon_y$ %	降 伏 点 歪	Strain at yield point
$E_y$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_y/\epsilon_y$	$\sigma_y/\epsilon_y$
$\sigma_{1.5}$ kg/cm <sup>2</sup>	1.5% 歪における応力	Stress at 1.5% strain
$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	3% 歪における応力	Stress at 3% strain
$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	5% 歪における応力	Stress at 5% strain
$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	10% 歪における応力	Stress at 10% strain
$L_v$ kg/cm <sup>3</sup> /Min	平 均 荷 重 速 度	Average loading speed
$L_I$ kg	荷 重 の 刻 み	Load increment
T °C	試 験 時 温 度	Temperature at test
H %	試 験 時 湿 度	Relative humidity at test

\*  $R_1$  = Weight when oven dry/Volume at test

Table 1. Results on specimens belonging to Group I--1. ( $3 \times 3 \times 15 \text{ cm}^3$   $\alpha_{30} \approx T.$ )

No.	Related properties							Stress-strain relations							Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	a mm	$r_u$ g/cm <sup>3</sup>	R <sub>0</sub> g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	W <sub>p</sub> kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\sigma_2$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	L <sub>r</sub> kg/cm <sup>2</sup> /Min	L <sub>I</sub> kg	T °C	H %
1	3.6	8	5	1.2	0.373	0.327	14.2	26.5	0.586	4520	0.0776	54.5	60.3	75.5	6.4	30	20.5	84
2	3.3	12	7	1.1	0.412	0.361	14.4	29.9	0.727	4120	0.1099	59.0	67.4	87.4	6.8	30	20.5	84
3	3.4	8	4	0.7	0.381	0.333	14.2	33.2	0.885	3750	0.1468	53.6	59.3	74.0	6.6	30	21.2	85
4	3.0	10	0	0.9	0.381	0.334	14.1	33.4	0.814	4100	0.1358	52.8	60.2	77.2	6.6	30	21.4	85
5	3.6	8	3	1.7	0.363	0.318	14.2	26.5	0.712	3720	0.0944	47.3	53.8	67.2	6.6	30	21.9	85
6	3.3	11	4	1.0	0.399	0.349	14.1	33.4	0.846	3950	0.1413	58.7	66.4	82.5	6.6	30	22.0	85
7	4.1	14	0	1.8	0.375	0.328	14.4	26.5	0.675	3930	0.0895	48.3	65.4	67.9	6.6	30	22.5	85
8	3.9	10	0	1.4	0.376	0.329	14.5	26.6	0.616	4320	0.0820	51.0	57.2	69.9	6.7	30	23.5	80
9	3.6	11	1	1.9	0.374	0.326	14.6	26.5	0.661	4010	0.0876	52.0	58.9	74.2	6.6	30	23.6	80
10	3.4	9	1	1.4	0.408	0.357	14.2	36.6	0.882	4150	0.1615	62.6	70.6	87.3	6.6	30	24.0	81
11	3.2	9	3	0.6	0.402	0.348	15.5	23.3	0.618	3770	0.0720	51.7	56.8	73.4	6.7	30	24.0	76
12	3.4	10	3	1.5	0.385	0.334	15.1	23.4	0.699	3350	0.0818	44.8	50.2	67.0	6.7	30	24.0	81
13	3.4	10	2	0.9	0.411	0.355	15.7	30.0	0.794	3780	0.1191	56.6	64.6	81.8	6.7	30	23.7	81
14	3.1	13	1	1.0	0.407	0.354	14.7	26.8	0.657	4080	0.0880	64.6	63.2	81.9	6.9	30	24.6	81
15	3.1	13	0	1.1	0.408	0.355	15.0	27.1	0.708	3830	0.0959	52.5	59.9	78.0	6.8	30	24.5	81

木材の応力-歪曲線 (第2報) (山井)

Table 2. Results on specimens belonging to Group I—2. ( $3 \times 3 \times 15 \text{ cm}^3$   $\alpha_{45^\circ}$ )

No.	Related properties						Stress-strain relations							Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	$R_n$ g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\varepsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	$L_v$ kg/cm <sup>3</sup> /Min	$L_I$ kg	T °C	H %
1	3.1	11	50	0.398	0.343	16.1	16.7	1.14	1460	0.0952	29.7	35.8	44.3	6.5	30	24.6	86
2	3.2	12	53	0.384	0.331	15.9	20.0	1.23	1560	0.1230	31.1	36.0	46.0	6.7	30	24.5	86
3	3.3	10	40	0.384	0.331	16.1	20.0	1.44	1390	0.1440	29.6	35.3	44.5	6.7	30	24.6	86
4	2.9	12	45	0.391	0.336	16.1	20.1	1.42	1420	0.1427	30.4	35.6	45.0	6.7	30	24.5	86
5	3.0	9	50	0.393	0.338	16.2	20.0	1.34	1490	0.1340	30.7	36.2	45.7	6.7	30	24.5	90
6	3.5	10	40	0.373	0.322	16.1	20.1	1.24	1620	0.1245	30.5	36.0	45.6	6.7	30	24.5	86
7	3.6	11	41	0.383	0.331	16.0	20.0	1.23	1630	0.1230	32.0	37.6	46.8	6.7	30	24.5	90
8	2.9	13	43	0.401	0.344	16.2	20.0	1.33	1510	0.1330	30.9	36.3	45.7	6.7	30	24.5	86
9	3.2	11	47	0.393	0.338	16.4	20.1	1.28	1570	0.1286	29.9	34.9	45.3	6.7	30	24.5	90
10	3.3	12	51	0.387	0.334	16.0	16.7	1.09	1530	0.0910	30.0	34.9	45.3	6.6	30	24.4	86
11	3.6	9	41	0.375	0.337	14.7	23.3	1.28	1830	0.1490	34.7	40.7	51.2	6.7	30	21.3	85
12	3.7	10	47	0.375	0.327	15.0	23.3	1.39	1680	0.1619	32.9	38.6	48.8	6.7	30	21.3	85
13	3.7	8	52	0.373	0.326	14.7	23.3	1.35	1730	0.1573	33.8	39.7	49.9	6.7	30	21.3	85
14	3.5	10	39	0.384	0.331	16.1	20.1	1.20	1690	0.1206	30.7	36.9	47.0	6.7	30	24.4	86
15	3.2	11	41	0.391	0.336	16.0	20.0	1.32	1530	0.1320	29.0	35.6	44.5	7.1	30	24.3	86

Table 3. Results on specimens belonging to Group I—3. ( $3 \times 3 \times 15 \text{ cm}^3$   $\alpha_{90} \approx R$ .)

No.	Related properties							Stress-strain relations										Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	a mm	$r_u$ g/cm <sup>2</sup>	$R_D$ g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	$W_p$ kg-cm/ cm <sup>3</sup>	$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_y$ %	$E_y$ kg/cm <sup>3</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>3</sup>	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	$L_v$ kg/cm <sup>2</sup> / Min	$L_l$ kg	T °C	H %
1	3.5	8	90	0.9	0.378	0.324	16.0	39.3	0.612	6430	0.1203	46.4	0.945	4910	55.4	60.3	76.6	6.7	30	23.5	81
2	3.7	11	90	1.5	0.398	0.344	15.7	30.0	0.437	6860	0.0656	43.3	1.050	4120	55.8	62.1	77.4	6.7	30	20.5	89
3	3.6	12	89	0.9	0.394	0.341	15.6	36.6	0.525	6980	0.0961	43.3	1.010	4290	54.4	61.4	77.0	6.7	30	21.5	89
4	3.2	14	90	1.0	0.396	0.343	15.6	30.0	0.421	7130	0.0632	33.3	0.667	5000	46.9	55.2	74.6	6.7	30	21.7	89
5	3.5	9	89	1.2	0.364	0.314	15.7	30.1	0.492	6120	0.0740	36.8	0.933	3950	47.3	52.2	63.6	6.7	30	22.5	85
6	3.7	12	90	1.0	0.384	0.333	15.4	39.9	0.538	6310	0.1073	43.3	0.702	6170	52.9	60.1	76.0	6.7	30	22.6	85
7	3.5	11	89	1.0	0.393	0.341	15.4	40.3	0.593	6800	0.1195	40.3	0.652	6180	52.2	59.6	73.3	6.8	30	23.0	85
8	3.5	8	89	1.3	0.398	0.345	15.3	30.1	0.404	7450	0.0608	33.5	0.601	5580	52.4	60.8	77.4	6.7	30	23.0	85
9	3.3	11	90	0.9	0.395	0.343	15.1	36.9	0.554	6660	0.1022	40.2	0.773	5200	46.4	51.3	68.8	6.7	30	23.5	85
10	3.4	13	90	0.5	0.372	0.323	15.2	33.3	0.527	6330	0.0877	33.3	0.607	5490	49.5	57.3	71.8	6.7	30	24.5	81
11	3.7	13	85	1.0	0.372	0.323	15.4	40.0	0.559	7160	0.1117	46.7	0.827	5650	55.4	63.3	77.6	6.7	30	24.6	81
12	3.5	10	84	0.7	0.379	0.328	15.5	36.6	0.595	6150	0.1039	40.0	0.773	5170	48.9	53.7	64.0	6.7	30	24.6	81
13	3.5	16	86	1.3	0.392	0.340	15.1	30.0	0.509	5900	0.0764	33.3	0.567	5870	48.9	56.1	69.5	6.7	30	24.8	77
14	3.4	13	88	1.4	0.346	0.300	15.2	30.0	0.424	7080	0.0636	36.7	0.850	4330	45.1	50.4	62.2	6.7	30	25.0	77
15	3.3	11	86	1.1	0.379	0.329	15.1	36.9	0.531	6950	0.0980	46.9	0.833	5630	54.8	60.5	71.4	6.7	30	24.7	81

木材の応力—歪曲線 (第2報) (山井)

Table 4. Results on specimens belonging to Group II—1. ( $3 \times 3 \times 9 \text{ cm}^3$   $\alpha_{90} \approx T$ )

No.	Related properties							Stress-strain relations							Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	a mm	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	$R_0$ g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\varepsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	$L_v$ kg/cm <sup>3</sup> /Min	$L_f$ kg	T °C	H %
1	3.6	10	3	1.2	0.410	0.353	16.2	23.3	0.676	3450	0.0788	48.1	55.2	65.7	6.7	30	21.2	89
2	3.9	13	3	1.0	0.391	0.337	16.2	30.0	0.867	3460	0.1300	47.9	55.1	67.4	6.5	30	21.4	85
3	3.9	9	2	1.3	0.364	0.314	15.9	26.7	0.724	3690	0.0967	45.5	52.1	63.3	6.7	30	21.2	89
4	3.2	16	2	1.0	0.408	0.351	16.5	33.4	0.782	4270	0.1306	51.2	65.1	73.5	6.7	30	17.2	94
5	3.5	10	6	1.0	0.382	0.328	16.6	26.7	0.663	4020	0.0885	52.9	50.9	73.3	6.7	30	17.2	94
6	3.4	9	1	0.9	0.387	0.332	16.5	30.0	0.784	3830	0.1176	50.5	56.1	70.0	6.7	30	17.5	94
7	3.4	12	5	1.2	0.396	0.340	16.6	30.0	0.824	3640	0.1235	48.3	54.0	66.4	6.7	30	17.8	89
8	3.4	10	1	0.8	0.389	0.334	16.6	26.7	0.666	4000	0.0989	50.0	56.0	70.6	6.5	30	18.0	89
9	3.4	13	3	1.1	0.399	0.343	16.2	33.3	0.829	4020	0.1380	50.7	57.4	69.9	6.6	30	18.2	89
10	3.4	9	1	0.7	0.389	0.334	16.5	33.3	0.852	3910	0.1418	49.4	55.4	70.3	6.7	30	18.2	89

Table 5. Results on specimens belonging to Group II—2. ( $3 \times 3 \times 9 \text{ cm}^3$   $\alpha_{45}$ )

No.	Related properties						Stress-strain relations							Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	$R_0$ g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\varepsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	$L_v$ kg/cm <sup>3</sup> /Min	$L_f$ kg	T °C	H %
1	3.3	16	50	0.390	0.336	16.3	13.3	0.92	1450	0.0610	28.4	33.3	40.6	6.5	30	21.7	95
2	3.3	13	48	0.390	0.336	16.0	15.6	1.14	1360	0.0889	30.7	35.3	43.0	5.6	20	21.8	90
3	3.2	15	47	0.387	0.333	16.1	15.6	1.17	1340	0.0913	28.9	32.2	41.8	5.6	20	21.9	90
4	3.2	16	45	0.386	0.334	15.6	17.9	1.19	1500	0.1065	29.5	35.2	42.2	5.5	20	22.0	90
5	3.3	17	49	0.386	0.333	16.0	15.6	1.15	1360	0.0897	29.3	34.4	42.1	5.6	20	22.1	90
6	3.0	18	48	0.393	0.339	16.0	17.8	1.30	1370	0.1157	29.8	34.9	42.8	5.6	20	22.0	90
7	3.2	16	47	0.394	0.339	16.1	17.8	1.21	1470	0.1076	29.4	34.6	42.1	5.6	20	22.0	90
8	3.2	15	40	0.390	0.336	15.9	17.8	1.29	1380	0.1148	29.3	34.7	42.2	5.5	20	22.0	90
9	3.2	11	44	0.391	0.337	16.4	15.6	1.06	1470	0.0827	30.2	34.9	42.2	5.6	20	22.0	90
10	3.3	13	57	0.385	0.331	16.4	15.6	0.93	1670	0.0725	30.0	35.2	42.8	5.5	20	22.0	95



Table 6. Results on specimens belonging to Group II—3. ( $3 \times 3 \times 9 \text{ cm}^3$   $\alpha_{90} \approx R$ )

No.	Related properties							Stress-strain relations										Conditions			
	b	S	$\alpha$	a	$r_n$	$R_1$	u	$\sigma_p$	$\epsilon_p$	E	$W_p$	$\sigma_y$	$\epsilon_y$	$E_y$	$\sigma_3$	$\sigma_5$	$\sigma_{10}$	$L_p$	$L_I$	T	H
	mm	%	degree	mm	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg-cm/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>3</sup> /Min	kg	°C	%
1	3.9	12	86	1.0	0.401	0.347	15.5	36.6	0.601	6100	0.1100	40.0	0.777	5150	53.0	60.5	73.7	6.7	30	24.5	82
2	3.4	10	87	1.4	0.362	0.316	14.8	43.3	0.611	7090	0.1323	50.0	0.933	5360	53.8	58.8	71.9	6.7	30	24.5	82
3	3.8	13	87	1.3	0.372	0.325	14.8	29.9	0.492	6080	0.0736	33.3	0.798	4170	41.2	48.0	70.2	6.6	30	21.2	85
4	3.5	11	88	0.8	0.391	0.337	16.1	33.3	0.484	6880	0.0806	36.7	0.666	5500	45.8	51.0	68.8	6.7	30	21.2	85
5	3.8	13	89	1.0	0.394	0.339	16.3	36.6	0.558	6570	0.1021	40.0	0.706	5670	46.6	54.0	70.8	6.7	30	21.4	85
6	3.2	13	87	1.1	0.393	0.337	16.6	30.0	0.440	6820	0.0660	33.3	0.650	5120	42.8	52.7	68.9	6.7	30	21.4	85
7	3.1	12	90	0.9	0.393	0.338	16.4	30.0	0.497	6040	0.0745	40.0	0.850	4700	49.7	58.3	72.4	6.7	30	21.3	85
8	3.8	13	88	0.9	0.384	0.297	16.4	36.6	0.550	6660	0.1006	40.0	0.850	4700	49.7	57.0	70.0	6.7	30	21.4	85
9	3.4	10	87	1.1	0.401	0.346	15.8	30.0	0.441	6800	0.0662	33.3	0.643	5180	49.5	57.3	68.6	6.7	30	21.4	85
10	3.3	11	89	1.3	0.392	0.337	16.3	33.3	0.503	6620	0.0838	36.7	0.700	5240	44.6	52.7	70.0	6.7	30	21.3	85

Table 7. Results on specimens belonging to Group III—1. ( $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}^3$   $\alpha_{90} \approx T$ .)

No.	Related properties							Stress-strain relations							Conditions			
	b	S	$\alpha$	a	$r_n$	$R_1$	u	$\sigma_p$	$\epsilon_p$	E	$W_p$	$\sigma_3$	$\sigma_5$	$\sigma_{10}$	$L_p$	$L_I$	T	H
	mm	%	degree	mm	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg-cm/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>3</sup> /Min	kg	°C	%
1	3.6	13	3	1.5	0.405	0.348	16.3	26.7	0.781	3420	0.1043	48.6	54.0	55.4	6.7	30	20.5	89
2	4.0	10	4	1.3	0.379	0.325	16.3	26.7	0.851	3130	0.1136	45.9	52.4	57.4	6.5	30	21.0	89
3	3.3	12	6	1.0	0.397	0.341	16.5	23.3	0.692	3380	0.0806	47.2	53.0	56.7	6.7	30	21.0	89
4	3.9	9	3	1.7	0.376	0.323	16.0	26.7	0.789	3380	0.1053	47.0	52.8	56.7	6.7	30	21.4	85
5	3.4	13	5	1.1	0.406	0.348	16.5	26.7	0.737	3620	0.0984	53.0	60.0	66.7	6.7	30	21.5	89
6	3.4	13	4	1.4	0.405	0.347	16.7	26.7	0.803	3320	0.1072	48.9	54.0	59.3	6.5	30	21.6	89
7	4.0	10	3	1.3	0.371	0.319	16.4	26.7	0.830	3210	0.1108	44.1	48.4	55.3	6.7	30	21.8	85
8	3.4	12	3	1.7	0.400	0.343	16.7	26.7	0.784	3400	0.1046	47.6	52.0	55.1	6.6	30	22.0	85
9	4.2	8	2	1.4	0.361	0.310	16.1	26.7	0.800	3300	0.1068	47.2	51.1	54.0	6.7	30	22.5	85
10	3.5	13	4	0.9	0.402	0.348	15.7	30.1	0.865	3480	0.1301	50.8	54.8	63.0	6.4	30	22.7	85
11	3.5	13	0	1.0	0.390	0.334	16.6	30.0	0.907	3310	0.1360	47.3	52.7	58.4	6.7	30	23.0	85

木材の応力—歪曲線 (第2報) (山井)

Table 8. Results on specimens belonging to Group III—2. ( $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}^3 \quad \alpha_{15^\circ}$ )

No.	Related properties						Stress-strain relations							Conditions			
	b	S	$\alpha$	$r_u$	$R_1$	u	$\sigma_p$	$\epsilon_p$	E	$W_p$	$\sigma_3$	$\sigma_5$	$\sigma_{10}$	$L_r$	$L_l$	T	H
	mm	%	degree	$\text{g/cm}^3$	$\text{g/cm}^3$	%	$\text{kg/cm}^2$	%	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg-cm/cm}^3$	$\text{kg/cm}^3$	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2/\text{Min}$	kg	$^\circ\text{C}$	%
1	3.5	10	51	0.379	0.326	16.2	13.4	1.14	1180	0.0764	26.0	30.3	36.8	5.6	20	22.0	95
2	3.5	9	52	0.396	0.341	16.1	15.6	1.38	1130	0.1076	27.2	32.0	37.6	5.6	20	21.9	90
3	3.0	12	49	0.414	0.355	16.7	15.5	1.25	1240	0.0969	28.3	33.5	38.3	5.5	20	22.0	90
4	3.4	10	55	0.402	0.347	15.9	13.4	0.99	1350	0.0666	27.9	33.4	38.3	5.6	20	21.5	95
5	3.6	12	47	0.382	0.330	15.8	13.3	1.03	1290	0.0685	27.9	32.5	38.2	5.6	20	21.6	95
6	3.9	8	50	0.392	0.338	16.1	11.1	0.88	1260	0.0488	25.8	30.7	36.1	5.6	20	21.6	95
7	3.6	8	49	0.383	0.331	16.1	13.3	1.15	1160	0.0765	25.6	30.6	36.1	5.5	20	21.6	95
8	3.5	10	51	0.374	0.322	16.2	13.4	1.15	1160	0.0771	25.4	29.9	35.7	5.6	20	21.8	90
9	3.6	11	49	0.385	0.331	16.2	11.1	0.70	1580	0.0391	25.3	30.0	36.0	5.6	20	21.9	90
10	3.4	12	48	0.402	0.346	16.4	13.3	0.97	1380	0.0643	28.0	32.7	38.2	5.6	20	22.0	95

Table 9. Results on specimens belonging to Group III—3. ( $3 \times 3 \times 6 \text{ cm}^3 \quad \alpha_{90^\circ} \approx R.$ )

No.	Related properties							Stress-strain relations										Conditions			
	b	S	$\alpha$	a	$r_u$	$R_1$	u	$\sigma_p$	$\epsilon_p$	E	$W_p$	$\sigma_y$	$\epsilon_y$	$E_y$	$\sigma_3$	$\sigma_5$	$\sigma_{10}$	$L_r$	$L_l$	T	H
	mm	%	degree	mm	$\text{g/cm}^3$	$\text{g/cm}^3$	%	$\text{kg/cm}^2$	%	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg-cm/cm}^3$	$\text{kg/cm}^2$	%	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2$	$\text{kg/cm}^2/\text{Min}$	kg	$^\circ\text{C}$	%
1	3.8	8	90	1.4	0.380	0.325	16.9	36.6	0.524	6980	0.0959	43.2	0.805	5370	53.8	57.6	63.1	6.3	30	18.4	89
2	3.7	8	90	0.8	0.388	0.332	16.8	33.2	0.539	6170	0.0895	36.5	0.966	3780	49.2	54.6	67.3	6.6	30	18.4	89
3	3.4	10	90	1.4	0.402	0.344	16.8	36.6	0.513	7140	0.0939	43.3	0.685	6320	49.2	54.1	63.6	6.4	30	18.4	89
4	3.3	8	90	1.2	0.391	0.336	16.6	26.6	0.450	5910	0.0599	33.3	0.766	4350	44.0	52.4	63.3	6.3	30	18.5	89
5	3.3	11	85	1.1	0.399	0.342	16.5	36.6	0.539	6790	0.0987	40.0	0.783	5110	48.8	52.6	61.7	6.7	30	18.7	89
6	3.3	16	89	0.9	0.406	0.348	16.8	33.3	0.489	6820	0.0814	33.3	0.573	5810	51.4	57.4	62.2	6.7	30	19.2	89
7	3.5	11	87	1.3	0.380	0.325	16.8	36.7	0.613	5980	0.1125	40.0	0.843	4750	45.0	48.8	68.4	6.7	30	18.3	89
8	3.5	9	89	1.1	0.393	0.336	16.8	36.7	0.565	6480	0.1036	39.9	0.760	5250	48.8	56.6	63.3	6.6	30	18.6	89
9	3.5	11	89	1.0	0.380	0.325	16.8	26.8	0.400	6190	0.0536	36.8	0.766	4800	43.9	48.0	57.4	6.7	30	19.0	89
10	3.9	8	90	1.8	0.377	0.323	16.7	33.3	0.505	6600	0.0841	43.3	0.900	4810	53.4	58.7	62.7	6.7	30	19.5	89
11	3.4	11	84	1.1	0.416	0.356	16.7	36.7	0.611	6000	0.1121	36.6	0.766	6780	48.1	53.3	61.9	6.7	30	19.9	89
12	3.3	13	85	0.7	0.400	0.348	16.7	36.7	0.539	6800	0.0989	43.3	0.800	5410	51.6	51.1	62.0	6.7	30	20.0	89

Table 10. Results on specimens belonging to Group IV--1. ( $2 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$   $\alpha_0 \approx T.$ )

No.	Related properties							Stress-strain relations							Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	a mm	$r_u$ g/cm <sup>3</sup>	$R_0$ g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	$L_0$ kg/cm <sup>2</sup> /Min	$L_I$ kg	T °C	H %
1	4.3	9	3	1.0	0.389	0.339	14.9	27.7	0.707	3920	0.098	56.4	65.7	67.7	5.1	10	19.2	89
2	3.3	9	9	0.4	0.396	0.345	14.9	27.5	0.754	3650	0.104	54.2	66.8	82.0	5.0	10	18.5	83
3	4.2	9	8	0.9	0.367	0.320	14.7	27.7	0.741	3750	0.103	49.5	56.9	71.0	5.0	10	19.0	80
4	4.0	9	2	0.7	0.380	0.331	15.1	35.0	0.951	3680	0.166	54.5	62.2	78.8	5.0	10	19.2	83
5	3.8	8	3	0.4	0.383	0.333	15.0	30.0	0.763	3930	0.115	59.2	67.2	83.2	5.0	10	19.6	84
6	3.3	10	0	0.8	0.375	0.327	15.0	30.4	0.768	3960	0.117	54.4	61.8	76.0	5.1	10	20.1	79
7	3.4	9	3	0.5	0.365	0.318	15.0	32.6	0.757	4300	0.123	56.7	63.9	79.2	5.0	10	20.6	84
8	3.3	11	3	0.8	0.384	0.334	15.1	32.9	0.810	4060	0.133	56.8	64.1	78.5	5.0	10	21.0	84
9	3.0	8	2	0.2	0.383	0.333	15.1	33.1	0.767	4320	0.127	61.1	67.7	81.9	5.1	10	21.2	85
10	3.3	8	7	0.4	0.386	0.336	14.9	35.0	0.875	4000	0.153	57.5	65.2	80.0	5.0	10	21.8	80
11	3.3	10	7	0.8	0.379	0.329	15.2	32.7	0.829	3940	0.136	55.6	62.8	76.6	5.0	10	22.0	80
12	4.3	9	0	1.0	0.372	0.323	15.2	30.4	0.873	3480	0.133	54.0	60.3	70.9	5.1	10	22.0	80
13	3.4	14	1	0.4	0.368	0.320	15.0	35.3	0.931	3790	0.164	56.7	63.5	76.1	5.0	10	22.0	80
14	3.4	8	3	0.4	0.376	0.327	15.1	30.3	0.766	3960	0.116	57.3	64.6	76.6	5.1	10	22.0	80
15	3.2	9	2	0.6	0.386	0.336	15.0	35.1	0.882	3980	0.155	51.9	58.6	72.0	5.0	10	22.1	80
16	3.2	8	7	0.7	0.371	0.324	14.7	32.7	0.926	3530	0.151	52.0	58.0	68.6	4.9	10	22.0	85

木材の応力—歪曲線 (第2報) (山井)

Table 11. Results on specimens belonging to Group IV—2. ( $2 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$   $\alpha_{45^\circ}$ )

No.	Related properties						Stress-strain relations							Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	$R_1$ g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	$W_p$ kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	$L_v$ kg/cm <sup>2</sup> /Min	$L_I$ kg	T °C	H %
1	3.5	8	46	0.390	0.337	15.6	22.5	1.38	1640	0.1552	33.8	38.5	49.3	5.0	10	19.0	89
2	3.7	10	45	0.388	0.336	15.6	20.0	1.24	1620	0.1240	33.3	38.0	49.0	4.9	10	19.2	89
3	3.3	8	42	0.407	0.355	14.8	25.0	1.44	1740	0.1800	39.0	45.0	55.2	5.0	10	19.2	79
4	3.3	9	47	0.398	0.345	15.8	22.5	1.46	1540	0.1643	36.5	42.0	52.8	5.0	10	19.5	84
5	3.3	10	48	0.418	0.363	15.1	25.0	1.38	1820	0.1725	40.8	47.0	58.0	5.0	10	20.0	79
6	3.7	10	48	0.396	0.345	14.9	27.5	1.64	1680	0.2255	36.1	42.3	51.5	5.0	10	20.7	75
7	3.5	7	44	0.395	0.343	15.9	27.5	1.76	1560	0.2420	36.3	42.5	53.5	5.0	10	21.0	80
8	3.5	9	44	0.398	0.347	14.5	25.0	1.44	1730	0.1800	36.8	43.0	54.5	5.0	10	22.1	85
9	3.6	12	50	0.388	0.337	15.0	22.6	1.33	1710	0.1502	36.1	42.1	52.6	5.0	10	18.4	83
10	3.6	9	42	0.386	0.337	14.5	22.5	1.37	1650	0.1542	33.8	38.5	49.8	5.0	10	18.6	83
11	3.7	10	46	0.393	0.344	14.5	25.0	1.47	1700	0.1838	36.4	41.8	52.5	5.0	10	19.0	84
12	3.5	11	45	0.386	0.337	14.5	22.5	1.29	1750	0.1450	34.8	40.5	50.3	5.0	10	19.4	84
13	3.3	10	50	0.404	0.352	15.0	25.0	1.53	1630	0.1912	37.2	43.0	52.8	5.0	10	20.0	84
14	3.7	10	46	0.386	0.337	14.8	22.5	1.33	1700	0.1496	35.4	41.0	51.5	5.0	10	20.0	84
15	3.5	10	46	0.388	0.339	14.6	25.0	1.58	1590	0.1975	34.0	40.0	51.0	5.0	10	20.2	84
16	3.3	9	42	0.398	0.346	14.8	27.5	1.56	1770	0.2145	38.2	45.0	56.5	5.0	10	20.2	84

Table 12. Results on specimens belonging to Group IV—3. ( $2 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$   $\alpha_{99} \approx R.$ )

No.	Related properties							Stress-strain relations										Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	a mm	$r_u$ g/cm <sup>3</sup>	$R_D$ g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	$W_p$ kg-cm/cm <sup>2</sup>	$\sigma_y$ kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_y$ %	$E_y$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{10}$ kg/cm <sup>2</sup>	$L_{10}$ kg/cm <sup>2</sup> /Min	$L_I$ kg	T °C	H %
1	3.2	10	90	0.8	0.389	0.332	15.0	40.0	0.561	7130	0.1122	45.0	0.88	5110	56.2	62.5	74.3	5.0	10	18.4	89
2	3.1	7	86	0.5	0.379	0.329	15.2	42.7	0.674	6340	0.1439	50.2	1.03	4870	61.3	65.3	81.9	5.2	10	19.0	89
3	3.5	10	84	0.4	0.391	0.341	14.8	37.5	0.579	6480	0.1086	50.0	1.31	3820	58.3	66.0	79.0	5.0	10	16.8	88
4	3.3	10	85	0.6	0.385	0.332	16.0	40.0	0.600	6660	0.1200	55.3	1.25	4430	59.6	65.8	80.4	5.0	20	17.2	88
5	3.2	9	88	0.7	0.386	0.336	14.9	40.1	0.583	6880	0.1169	45.1	1.02	4420	57.0	65.4	86.5	5.0	10	17.5	88
6	3.3	8	81	0.4	0.398	0.343	15.9	32.5	0.514	6320	0.0835	42.5	1.20	3540	54.4	63.0	81.8	5.0	10	17.6	88
7	3.7	8	90	0.2	0.387	0.336	15.1	45.0	0.648	6940	0.1458	52.5	1.03	5010	60.5	65.0	85.0	5.0	10	17.7	89
8	4.0	8	88	0.8	0.380	0.328	15.8	37.5	0.674	5560	0.1264	40.0	0.87	4600	51.8	54.5	78.0	5.0	10	18.0	89
9	4.3	6	83	0.9	0.375	0.323	15.9	32.5	0.603	5390	0.0980	40.0	1.10	3640	59.5	65.8	79.8	5.0	10	18.4	89
10	4.3	7	88	1.0	0.372	0.322	15.3	35.0	0.484	7230	0.0847	42.5	1.14	3730	54.0	64.5	84.8	5.0	10	18.6	89
11	4.4	9	84	0.8	0.373	0.323	15.4	39.9	0.567	7040	0.1131	52.4	1.23	4260	61.1	66.6	81.8	5.0	10	18.8	89
12	4.0	9	88	0.9	0.376	0.326	15.3	37.4	0.577	6480	0.1079	39.9	0.90	4430	48.4	53.6	74.8	5.0	10	19.0	89
13	3.8	12	89	0.8	0.401	0.346	16.0	34.9	0.784	4450	0.1368	47.4	1.37	3460	59.1	64.8	77.6	5.0	10	21.5	92
14	3.4	12	89	0.7	0.402	0.346	16.2	35.0	0.649	5400	0.1135	40.0	1.14	3510	53.1	63.8	75.8	5.0	10	21.3	92
15	3.7	12	89	0.7	0.408	0.352	16.0	37.5	0.722	5200	0.1354	40.0	0.92	4350	53.1	64.0	74.0	5.0	10	21.4	92

木材の応力—歪曲線 (第2報) (山井)

Table 13. Results on specimens belonging to Group V—1. ( $4 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$   $\alpha_{90} \approx T$ .)

No.	Related properties							Stress-strain relations							Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	a mm	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	R <sub>D</sub> g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\varepsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	W <sub>p</sub> kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\sigma_{1.5}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	L <sub>v</sub> kg/cm <sup>2</sup> /Min	L <sub>I</sub> kg	T °C	H %
1	5.0	11	2	2.1	0.385	0.330	16.5	25.0	0.550	4550	0.0688	41.5	50.5	60.7	5.0	10	20.4	89
2	3.0	11	3	2.0	0.399	0.342	16.5	30.2	0.544	5540	0.0821	45.7	57.5	71.9	5.0	10	20.7	89
3	4.0	8	1	2.0	0.378	0.314	16.5	27.5	0.544	5060	0.0748	42.5	52.5	62.5	5.0	10	20.7	89
4	4.1	9	1	2.4	0.375	0.322	16.5	27.5	0.594	4630	0.0817	40.8	50.0	60.2	5.0	10	20.8	89
5	3.2	13	6	3.3	0.400	0.342	16.7	35.0	0.650	5380	0.1137	48.3	58.4	69.0	5.0	10	21.0	89
6	4.1	11	2	2.5	0.382	0.328	16.4	27.5	0.562	4900	0.0773	41.8	50.9	63.7	5.0	10	21.1	89
7	4.0	8	0	2.1	0.374	0.321	16.7	30.0	0.610	4920	0.0915	41.0	50.1	64.0	5.0	10	21.4	85
8	3.9	8	0	2.1	0.376	0.322	16.6	25.0	0.516	4850	0.0645	41.0	50.2	60.2	5.0	10	21.5	89
9	3.2	11	3	0.9	0.394	0.337	16.7	35.2	0.626	5620	0.1102	49.3	59.8	69.4	5.0	10	21.8	85
10	3.0	12	6	2.0	0.397	0.340	16.5	32.5	0.641	5070	0.1041	43.5	53.0	65.0	5.0	10	21.9	85
11	3.1	14	0	2.0	0.398	0.343	16.2	30.1	0.539	5580	0.0811	47.6	57.6	68.1	5.0	10	23.0	80

Table 14. Results on specimens belonging to Group V—2. ( $4 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$   $\alpha_{150}$ )

No.	Related properties							Stress-strain relations							Conditions			
	b mm	S %	$\alpha$ degree	$r_n$ g/cm <sup>3</sup>	R <sub>D</sub> g/cm <sup>3</sup>	u %	$\sigma_p$ kg/cm <sup>2</sup>	$\varepsilon_p$ %	E kg/cm <sup>2</sup>	W <sub>p</sub> kg-cm/cm <sup>3</sup>	$\sigma_{1.5}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_5$ kg/cm <sup>2</sup>	L <sub>v</sub> kg/cm <sup>2</sup> /Min	L <sub>I</sub> kg	T °C	H %	
1	3.5	12	46	0.383	0.328	16.6	25.0	1.29	1940	0.1612	27.2	37.2	45.0	5.0	10	22.0	85	
2	3.2	11	45	0.402	0.347	16.6	25.0	1.10	2280	0.1375	31.2	40.0	48.3	5.0	10	22.2	85	
3	3.2	10	45	0.398	0.341	16.8	22.5	1.10	2040	0.1236	28.5	37.5	45.8	5.0	10	22.5	90	
4	3.2	11	45	0.401	0.343	16.5	25.1	1.14	2200	0.1431	29.6	38.7	47.1	5.2	10	22.5	90	
5	3.5	11	48	0.393	0.336	16.7	22.5	1.10	2040	0.1237	28.2	37.2	44.2	5.0	10	22.7	90	
6	3.2	11	47	0.398	0.341	16.7	25.0	1.20	2080	0.1500	28.2	38.0	46.3	5.0	10	23.0	85	
7	3.2	11	45	0.400	0.343	16.5	22.5	1.04	2160	0.1170	29.5	39.2	46.3	5.0	10	23.1	85	
8	3.3	10	48	0.389	0.333	16.7	20.0	1.03	1940	0.1030	26.4	34.9	42.4	5.0	10	23.1	85	
9	3.4	9	48	0.384	0.329	16.7	20.0	0.99	2030	0.0985	28.2	37.2	45.0	5.0	10	23.5	85	
10	3.2	12	44	0.406	0.348	16.7	25.0	1.05	2390	0.1313	31.5	42.3	50.5	5.0	10	23.6	90	
11	3.2	12	42	0.410	0.351	16.8	25.0	1.14	2200	0.1425	29.7	40.0	48.0	5.0	10	24.5	86	

Table 15. Results on specimens belonging to Group V—3. ( $4 \times 2 \times 10 \text{ cm}^3$   $\alpha_{91} \approx R.$ )

No.	Related properties							Stress-strain relations										Conditions			
	b	S	$\alpha$	a	$r_n$	$R_1$	u	$\sigma_p$	$\varepsilon_p$	E	$W_p$	$\sigma_y$	$\varepsilon_y$	$E_y$	$\sigma_{1.5}$	$\sigma_3$	$\sigma_5$	$L_r$	$L_I$	T	H
	mm	%	degree	mm	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg-cm/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup> /Min	kg	°C	%
1	3.5	8	85	0.6	0.395	0.338	16.7	28.2	0.332	8500	0.0468	30.8	0.490	6290	41.7	57.7	68.5	5.1	10	21.7	89
2	3.5	9	83	0.7	0.398	0.340	16.6	28.1	0.334	8420	0.0469	30.6	0.606	5050	46.9	58.7	71.7	5.1	10	22.0	85
3	3.1	11	88	0.6	0.387	0.333	16.0	35.5	0.407	8740	0.0723	43.2	0.874	4940	50.8	60.9	70.6	5.1	10	22.2	90
4	3.7	9	89	0.7	0.389	0.334	16.6	40.8	0.428	9530	0.0873	48.5	0.682	7110	57.0	64.5	71.7	5.1	10	22.3	85
5	3.7	8	90	0.4	0.387	0.333	16.2	38.4	0.399	9620	0.0766	46.0	0.754	6100	51.8	58.1	68.1	5.1	10	22.5	85
6	3.6	9	90	0.5	0.392	0.335	16.6	40.8	0.447	9140	0.0912	48.5	0.857	5660	54.9	63.3	71.7	5.1	10	22.6	85
7	3.5	8	86	0.5	0.390	0.335	16.5	35.7	0.394	9070	0.0703	40.8	0.675	6040	49.3	57.4	72.2	5.1	10	22.7	90
8	3.3	10	84	0.7	0.398	0.341	16.5	35.8	0.404	8860	0.0723	38.4	0.605	6340	52.4	59.6	73.4	5.1	10	22.7	90
9	3.8	11	90	0.5	0.394	0.338	16.4	38.4	0.419	9170	0.0805	40.9	0.606	6750	50.9	57.7	66.8	5.1	10	22.7	85
10	3.5	10	90	0.5	0.389	0.334	16.4	38.3	0.453	8460	0.0868	45.9	0.906	5070	53.1	64.4	72.5	5.1	10	22.7	85
11	3.5	13	89	1.0	0.392	0.335	16.8	40.0	0.465	8600	0.0930	50.0	0.825	6060	60.5	68.7	78.8	4.9	10	21.3	92
12	4.0	12	89	0.7	0.391	0.336	16.3	35.0	0.382	9160	0.0669	42.5	0.593	7170	52.1	63.5	70.3	5.0	10	21.5	92
13	3.5	12	90	0.8	0.387	0.327	16.6	37.5	0.453	8280	0.0849	52.5	0.850	6180	58.8	66.2	78.8	5.0	10	21.6	92
14	3.3	9	89	0.7	0.365	0.313	16.4	30.7	0.510	6020	0.0783	33.2	0.650	5100	46.5	53.7	67.0	5.1	10	21.7	92

Table 16. Results on specimens compressed through a wooden plate.

No.	Related properties					Stress-strain relations							Conditions			
	b	S	$r_n$	$R_1$	u	$\sigma_p$	$\varepsilon_p$	E	$W_p$	$\sigma_3$	$\sigma_5$	$\sigma_{10}$	$L_r$	$L_I$	T	H
	mm	%	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg-cm/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup> /Min	kg	°C	%
1	3.4	11	0.379	0.326	16.2	26.6	0.826	3220	0.1098	47.2	54.2	68.2	6.0	30	20.0	95
2	3.4	11	0.398	0.342	16.4	30.0	0.860	3490	0.1290	53.4	59.7	76.0	6.6	30	20.0	94
3	3.4	10	0.386	0.332	16.2	26.9	0.833	3230	0.1120	44.6	52.1	68.3	6.3	30	21.0	89
4	3.4	13	0.402	0.345	16.6	30.1	0.919	3270	0.1383	52.2	59.1	75.4	6.7	30	21.4	90
5	3.5	12	0.384	0.330	16.7	26.6	0.902	2950	0.1200	48.0	55.8	71.5	6.1	30	21.5	90

木材の応力—歪曲線 (第2報) (山井)