

# 木材の圧縮に関する研究\*

助 教 授    北    原    覚    一  
                  蕪   木   自   輔  
                  村   木   正   男

Kakuichi KITAHARA, Jisuke KABURAGI and Masao MURAKI :

A Study on Compression of Wood.

目	次
緒 言.....	1
第1部 実 験 法.....	2
〔A〕 機械的研究に於ける実験法.....	2
a) 圧縮応力による変形および歪み測定法.....	2
b) 供試材.....	3
c) 試験片.....	3
d) 試験片の諸性質の測定.....	4
e) 試験機.....	4
f) 本実験に使用せる歪計.....	4
g) 本実験に於て定義した歪み.....	5
h) 歪みの測定.....	5
〔B〕 解剖学的研究に於ける実験法.....	6
a) 供試材.....	6
b) 解剖用截片の爲のブロック採取.....	7
c) ブロック軟化方法および プレパレート作製方法.....	7
〔C〕 X線の研究に於ける実験法.....	7
a) 供試材および試験片採取法.....	7
b) 装 置.....	9
c) ミセル平行度および傾斜角の測定法.....	10
第2部 実験結果および考察.....	11
〔A〕 荷重—歪み曲線および弾性限度.....	11
a) 荷重—歪み曲線に於ける変曲点.....	11
b) 弾性限度.....	18
〔B〕 残 留 歪 み.....	19
a) 歪みの回復.....	19
b) 残留歪みの定義.....	20
〔C〕 繰返し負荷による歪み増減曲線.....	20
a) 繰返し負荷による歪量の測定.....	20
b) 春材部, 秋材部並に 荷重の大小による相違.....	21
c) 年輪幅並に秋材率の大小による相違.....	29
d) 春材部, 秋材部相互の影響.....	30
e) 繰返し荷重の大きさを増減せる場合.....	32
f) 時効現象.....	33
〔D〕 荷重—残留歪率曲線.....	34
a) 荷重の大きさと残留歪量および 残留歪率.....	34
b) 荷重—残留歪率曲線.....	35
第3部 総 括.....	38
附図および附表.....	45

## 緒 言

木材が弾性的性質を有すると同時に、塑性的性質を有することは相当以前より論ぜられて来た処である。然るにわれわれが木材を工業材料として使用する場合には多く弾性理論に立脚した計算式を用いるのが常である。然し木材の塑性的性質も使用時に決して抄略出来ないものである。

多くの種類の金属に於ては塑性的性質が相当大なる荷重に於て始めて現れるが、木材に於ては

\* 東京大学農学部木材々科学教室業績第 109 号

如何なる範囲の荷重に於て認められるか、又塑性的な歪みを生じた後木材はその機械的性質を何のように変化して行くかと云うことは木材の工業材料としての根本的性質として重要である。

本実験に於ては木材の繊維方向に対して単一荷重および繰返し荷重を加え、それぞれに対する歪みに就て探究したが、試験片の数を多くして、その実験結果を平均し、普遍的意味を持つ値を求めることは木材の性質のムラの為に却つて真の木材の姿を把握し難いと考え、同一条件で十数個の試験片を用いて実験し、その中から典型的な値および傾向を持つものを選び出して論ずることとした。従つて本実験報告に於て記述せられる値そのものは実用的利用に供し得るとは限らないが、これらを総括的に観察するときは、そこに一つの体系化された一般的法則——例え一義的に定められなくとも——を見出し得る。

小さな荷重による木材の圧縮試験、又繰返し負荷、特に圧縮荷重の繰返しによる試験に関する文献は極めて少く、引張圧縮の繰返し負荷と変形量との関係を定性的に取扱つたものが見られる(1),(2),(3),(4)。唯金属材料および糸について多少はある(5),(6),(7),(8),(9),(10),(11),(12),(13),(14)。

本実験に於ては結論に普遍性を与える為にストレインメーターによる機械的歪み測定と解剖学的探索およびX線による木材細胞壁の微細構造上等からの究明により考察を試みて見た。

本実験に当り種々御指導を賜われた平井教授に厚く感謝する。又本実験は文部省科学研究費によるものである。

## 第 1 部 実 験 方 法

### 〔A〕 機械的研究に於ける実験方法

a) 圧縮応力による変形および歪み測定法 一般に物体に対して外力が加わるときは外力は物体に対して仕事をなし、その仕事は全部又は部分的に歪みの位置エネルギーと熱エネルギーに変る。次にこの外力を漸次減少して行けば完全に又は部分的に初めの状態に戻り、その間に物体内に蓄積されていた位置エネルギーは外部に対する仕事として回収出来る。

今第1図のような、即ち長さ  $l$ 、断面積  $f$  なる試験片に外力  $P$  が加えられた場合、試験片は圧縮されて、その長さが  $l$  より  $l'$  に縮少し、断面積はポアソン比によつて  $f$  より  $f'$  に増加する。故に任意の荷重の作用するときの物体内に生ずる圧縮応力はその荷重をそのときの断面積で割つた値を取るが、一般の応力の表し方としては荷重の作用しないときの断面積で割つた値を取るから、実際に生じている応力はその値より小さい値を取る。故に応力—歪み曲線は荷重が大きくなるにつれて真の応力—歪み曲線と異つて来る。

又圧縮歪みは  $(l-l')/l \times 100(\%)$  で表わされるが、短柱が圧縮荷重によつて、従つて圧縮応力によつて圧縮歪みを生ずる場合に、その圧縮荷重が

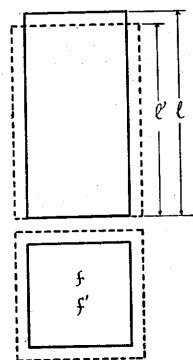


Fig. 1.  
Deformation by  
compressive stress.

理想的に試験片の上底および下底に均等に分布しながら作用するとしても、上底と下底とが加圧盤との間で摩擦しながら変移しなければならないので、自由な変移は出来ず、従つて第2図のよ

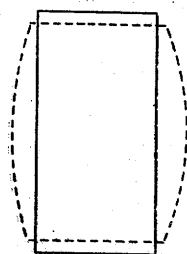


Fig. 2. True deformation by compressive stress

うな形に変形する。故にわれわれの行う圧縮試験に於ける圧縮歪みは極めて複雑な性質を有することになり、真の圧縮歪み又はそれに近い歪みを測定することは困難である。

歪みの測定法には種々の原理のものが存在する<sup>(15),(16),(17),(18),(19),(20),(21),(22),(23)</sup>。木材に於てはその材面が金属のように硬くないから、なるべく軽量のストレインメーターを用いてその標点の刃の材面への喰込みを少くし、誤差を小さくする必要はあるが、本実験に於ては後述のストレインメーターを使用した。

然しこのストレインメーターの標点の刃は材面に或る程度喰い込み、又荷重による試験片の変形の為にその傾向が強くなり、従つて標点距離に誤差を生じて来るので、標点距離を 20 mm とし、その誤差の程度をなるべく小さなものとした。

**b) 供試材** 本実験に於ては主としてスギ (*Cryptomeria japonica* D. DON) を用い、機械的研究 (ストレインメーターによる歪みの研究) に於ては、参考資料として、ツガ (*Tsuga Sieboldii* CARR) およびシラベ (*Abies Veitchii* LINDL.) を用いた。スギを主として用いた理由は X 線による繊維図が相当良く撮影出来る為である。

以上三種の樹種の本実験に供した材の一般的性質は次の第1表のようなものである。

**c) 試験片** 上記の供試材より試験目的によつて適当なものを選定木取り試験片を作つた。

木材の圧縮に関する諸性質に対して含水率が著しく影響を及ぼすことは云う迄もないことであるが、本実験に於ては実用的な値を求めることを目的とするものではなく、木材の圧縮に関する定性的な研究を目的とするものであるから、含水率を厳重に規制することなく、気乾状態と云う漠然たる条件下に於て試験した。

試験体の形状は第3図のように  $3.0 \times 3.0 \times 6.0$  cm の短柱とした。試験片作製に当つては出来る限り直方体とし、殊に上下面木口を正確に仕上げ、木口面の不齊の為に試験機の圧縮盤が均等に圧縮外力を試験片に加えず、従つて歪みが試験片全体に一樣に起らないことのないようにした。

この試験片の繊維方向、即ち長軸方向に圧縮外力が加えられる。試験片は完全二面柱とし、柱目面で歪みを測定した。

本実験に於ては後述するように試験片の相対する二面に夫々一つのストレインメーターを設定する為に、両木口が平行でない場合は二つのストレインメーターの読みに差異を生ずるので、殊に上記の点に注意を払つた。

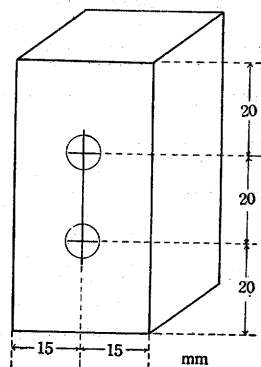


Fig. 3. Standard points

第1表 供試材の一般的性質

樹 種	ス ギ		ツ ガ	シ ラ ベ
	吉 野	千 葉	大 井 川	大 井 川
年 輪 幅 (mm)	0.95~2.95	2.95~6.30	0.88~1.43	0.35~0.42
含 水 率 (%)	12.0~15.0	13.0~15.0	13.0~14.0	13.5~15.0
乾 比 重	0.37~0.46	0.35~0.51	0.61~0.69	0.47~0.49
全 乾 比 重	0.31~0.41	0.31~0.45	0.54~0.61	0.41~0.43
圧 縮 強 さ ( $\text{kg/cm}^2$ )	350~380	290~370	350~470	480~510
圧 縮 ヤ ン グ 係 数 ( $\text{kg/cm}^2$ ) $\times 10^{-4}$	5.0~10.0	4.0~11.0	5.0~9.5	6.5~8.5
試 験 片 数	148	41	17	14

## d) 試験片の諸性質の測定 各試験片に就ては試験直前の状態に於て次の項目につき測定

した。

(1) 含水率  $u(\%)$ 

$$u = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100$$

ここに  $W$  は試験時、即ち気乾状態に於ける重量、 $W_0$  は  $100 \sim 105^\circ\text{C}$  の恒温器による全乾重量である。

## (2) 比 重

$$\text{気乾比重 } r = \frac{W}{V}$$

$$\text{全乾比重 } r_0 = \frac{W_0}{V}$$

ここに  $V$  は気乾状態に於ける体積である。 $W$  および  $W_0$  は (1) と同じ。

## (3) 平均年輪幅

平均年輪幅は試験片木口面の全体に含まれる全年輪幅の平均値をもつて表わし、その単位は mm とした。なお秋材率は試験の種類により肉眼的に求めた。従つて春材部より秋材部への移行部分の境界は極めて曖昧であり、秋材率も大略の値に過ぎない。

## e) 試験機 本実験に於て使用した試験機はアムスラー堅型 30 トン圧縮試験機である。

使用した目盛盤は 3 トンおよび 6 トンである。本実験に於て採用した荷重の範囲はこの試験機の容量に比して多少小さ過ぎるが、試験に先立ち dead load により目盛盤の読みを確めて、試験機の誤差が許容される範囲であることを確めたので、本試験機とその 3 トンおよび 6 トンの目盛盤を使用したのである。

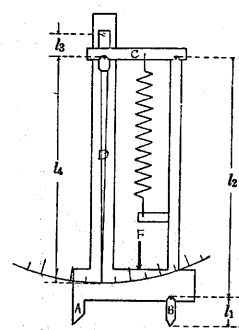
圧縮試験に当つては常に試験片の下に球座を設け、荷重速度はストレインメーターの読み取りの都合から  $100 \sim 150 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{min}$  とした。

## f) 本実験に使用された歪計

本実験に於て使用された歪計は挺子による機械的拡大歪計に属する OKHUIZEN's *Extensometer* 式のもので、この原理は第 4 図に示すようなものである。図に於て A は一端に刃形を有し、目盛盤と他端に指針 D を有しており、B は一端が刃形で、途中 A の刃形座と B の刃形により連絡され、他端に連絡棒 C があつて、A の指針 D と B とが連絡され

ている。*Spring E* は常にある力をもつてCをDおよびBの刃形に接せしめる。このストレインメーターを試験片に取付けるにはFなる箇所を *Spring* で反対側にある同じ型のストレインメーターと共に固定する。このストレインメーターは刃形と挺子を利用したものであるから、倍率は腕の比  $l_1/l_2 \times l_3/l_4$  の逆数で表わされる。大体の割合は  $l_1=3, l_2=150, l_3=5, l_4=100$  位であるから 1000 倍の倍率を有することになる。目盛盤に 1/1000 mm 迄読み得るが、鏡によつて 1/5000 mm 迄は読み得られた。

なおAの刃形の中は約 20 mm, Bの刃形の中は 0.68 mm である。



Distance of Gauge Points

Fig. 4. Principle of strainmeter

g) 本実験に於て定義した歪み 本実験に於て定義した歪みは試

験片の側面の中央垂線上に設定せられた2個の標点間の距離の変化量である(第3図参照)。即ち

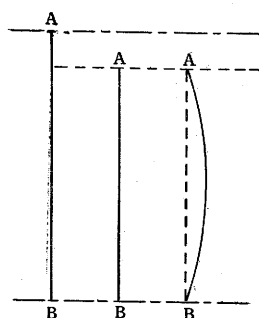


Fig. 5. Definition of compressive strain.

2標点を結ぶ線分の長さである原標点距離が荷重によつて短縮せしめられたとき歪みが生じたと見做し、その距離の変化量を歪みと定義した。従つて第5図に示すように原標点間を結ぶ線分が弯曲することなく、直線のまゝ短縮せられると、或は又原線分が弯曲せられることによつてその距離が短縮せられようと関係せぬことになる。

更に又本実験に於て用いられたストレインメーターの刃形は相当の中を有するから、設定せられた標点は厳密には点ではなく、ある長さを有する線分であるから、この2線分の間に含まれた部分の垂直方向の変移量をもつて歪みと定義したことになる。

h) 歪みの測定 歪みの測定に際しては前記のストレインメーター2個を試験片の相対する2側面の中央垂線上に、その刃形が良く標点と一致するように、1本の支柱によつて同時に同じ力をもつて固定する。このようにストレインメーター2個を装置された試験片を球座の上に設置し、試験機により圧縮荷重を加え、それぞれの荷重に対するストレインメーターの読みを読み取る。除荷に当つては負荷の場合と同じ荷重速度をもつて荷重を取り除き、荷重を0にして2個のストレインメーターの読みを見る。

このようにして荷重—歪み図を得る。この場合試験片の形が完全に立方体でないことにより荷重の分布が均等ではなく、従つてストレインメーターの読みが両側面に於て同一荷重の下でも異つて来る。故に本実験に於てはなるべく正確に試験片を作製するよう努力したことは前に述べた通りであるが、今試験片の両側面の2個のストレインメーターの読みの状態を一例をもつて示せば第2表のようになる。但し樹種はツガで、試験片の寸法は  $2.97 \times 2.99 \times 5.99$  cm, 平均年輪幅は 1.25 mm, 気乾比重は 0.68, 全乾比重は 0.60, 含水率は 13.6%, 標点距離は 20 mm である。この例は試験片が余りよく作製されては居らず、従つて荷重分布が余り均等でない場合であ

る。

第2表 相対する面の歪みの差

荷 重		(A) ストレイン メーターの読み			(B) ストレイン メーターの読み			平 均	
kg	kg/cm <sup>2</sup>	読み	増加量	歪み	読み	増加量	歪み	増加量	歪み
0	0	83.0	—	0	85.2	—	0	—	0
100	11.3	80.3	2.7	2.7	81.1	4.1	4.1	3.4	3.4
200	22.6	76.4	3.9	6.6	75.8	5.3	9.4	4.6	8.0
300	33.8	72.6	3.8	10.4	70.8	5.0	14.4	4.4	12.4
400	45.1	67.7	4.9	15.3	64.9	5.9	20.3	5.4	17.8
500	56.4	63.7	4.0	19.3	59.9	5.0	25.3	4.5	22.3
0	0	80.8	-17.1	2.2	82.0	-22.1	3.2	-19.6	2.7

この場合2個のストレインメーターの読みの平均を取れば第2表の最後の欄および第6図のようになるが、本実験の大部分は試験片に2個のストレインメーターを設置し、始めに2個のストレインメーターの読みの差により荷重分布の均等か否かを検討し、余り読みの差がなくて、荷重分布も均等であると考えられる場合に1個のストレインメーターの読みのみを読み取った。その理由は第一が実験助手の都合からであり、第二が既に述べたように本実験の目的が普遍性をもつた木材の値を求めることにはないものであるから、余りに不均等な荷重分布でない場合には2個のストレインメーターの読みを平均しても本実験の目的に沿うものではなく、唯1個のストレインメーターの読みによつて歪みの性状を探索し、木材圧縮歪みの定性的究明を行つた方がより賢明であると考えたからである。但し前述のように試験片作製上の不備により荷重分布が不均等になり、木材圧縮歪みの変則的变化を生じ、実験結果より導き出す定性的結論に対して決定的なる誤謬を差込むことになるから、試験の始めに於て2個のストレインメーターによつて荷重分布の均等性を検討してから1個のストレインメーターの読みを取つたのである。

又この場合荷重は kg/cm<sup>2</sup> に換算してもその値が真の応力を与えるものではないことは前に述べた通りであるので、荷重をそのまま記載し、kg/cm<sup>2</sup> の値は補助的に記載しておいた。

なお歪みも歪率とはせず、即ち標点間の距離で歪量を割つた値を求めず、ストレインメーターによる歪量をそのまま記載することにした。

#### 〔B〕 解剖学的研究に於ける実験法

a) 供試材 供試材は千葉県産スギを用い、その試験時の含水率は気乾状態で 12~15% である。

これから 3.00×3.00×6.00 cm の試験片を取り、長軸方向を繊維方向に取つた。この試験片に 500 kg, 1000 kg, 1500 kg, 2000 kg, 2500 kg の5段階の荷重を加えた。圧縮に用いた試験機は機械的研究の場合と同じアムスラー型圧縮試験機である。この場合の平均年輪幅は第3表の通りである。

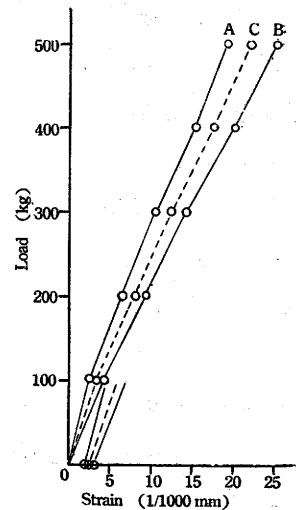


Fig. 6. Strains by two strainmeters  
(C: mean value)

b) 解剖用截片の為のブロック採取 上記の方法によつて圧縮荷重を試験片に加えた後、試験片の相隣れる両側面およびその共有する稜を有する部分より縦にブロックを採取した。この場合柾目面および板目面がこのブロックに存在するように元の試験片を作製した。このブロックの大きさは木口面約  $0.8 \times 0.8$  cm, 長さ約 1.2 cm である。

第3表 供試材平均年輪幅

試験片番号	平均年輪幅 (mm)	荷重 (kg)
1	1.92	500
2	1.62	1000
3	1.64	1500
4	1.62	2000
5	1.95	2500

c) ブロック軟化法およびプレパラート作製方法 グリセリン1と水1との割合の液の中で約 10~15 時間煮沸して軟化した。軟化に際して圧縮歪みの回復が当然考えられるが、本実験に於ては歪みの絶対量を検討するのではなくして、歪みの生じた原因の状態を定性的に観察することを目的としているのであるから、ブロックをそのまま液の中で軟化した。

軟化したブロックをマイクロームによつて厚さ 20~30  $\mu$  の截片とし、染色して永久プレパラートを作製した。その方法は次の通りである<sup>(24),(25)</sup>。

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| (1) Sections in 95% alcohol.   | (7) 50% alcohol, 1 minutes. |
| (2) Safranin, 10~15 minutes.   | (8) 70% " "                 |
| (3) 50% alcohol, until colour is right generally about 2~10 minutes. | (9) 95% " "                 |
| (4) Water, 5 minutes, changing frequently.                           | (10) 100% " "               |
| (5) Delafield's Haematoxylin, 5~20 minutes.                          | (11) " " 5 minutes.         |
| (6) Water, 5~10 minutes, changing frequently.                        | (12) Xylol, 1~5 minutes.    |
|  | (13) Mount in balsam.       |

#### [C] X線的研究に於ける実験法

a) 供試材および試験片採取法 千葉県産スギを取り、なるべく年輪幅の広いものを選んだ。これの辺材部と心材部との境界線から樹心に向つて2年目から4年目迄の年輪部分を採取した。この部分に於ける3年輪幅は 6.0~8.0 mm である。

一本の樹木に於ては半径方向の位置によつてミセル傾斜角  $\varphi$  の値がスギの場合に於ては第7図のように変つて来る。即ち試験片の採取位置によつて全く異つた値を取る<sup>(26)</sup>。又年令によつ

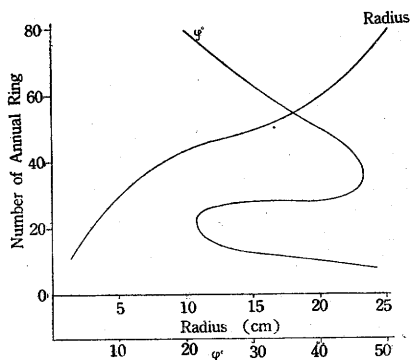


Fig. 7<sup>(25)</sup>. Relation of micell's inclination angle and position on radial direction.

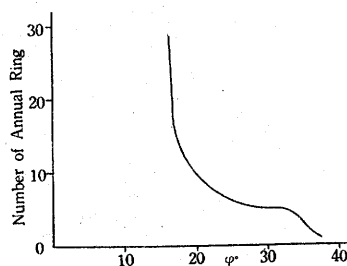


Fig. 8<sup>(27)</sup>. Relation of micell's inclination angle and annual ring.

てもミセルの傾斜角は第7図のようになり<sup>(27)</sup>, その値が1年輪内で第9図のように変化しながら, しかも年輪数によつても変つて行くから<sup>(28)</sup>, 異つた年輪内で試験片を採取しても比較値を求めることは出来ない。

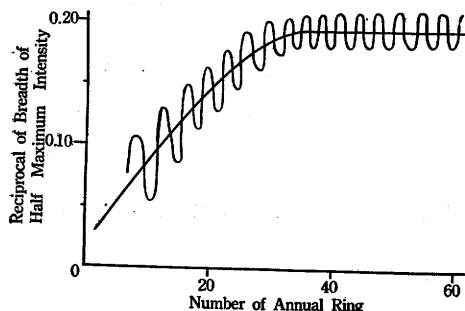


Fig. 9<sup>(28)</sup>. Relation of reciprocal of breadth of half maximum intensity and annual ring.

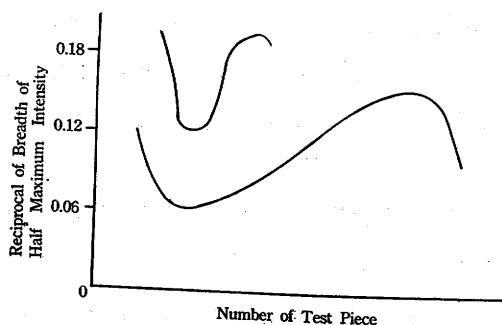


Fig. 10<sup>(28)</sup>. Relation of reciprocal of breadth of half maximum intensity and position in an annual ring.

1年輪内に於ても春材から秋材に移行するに従つてミセルの傾斜角は第10図のように変化して来る<sup>(23)</sup>。但し第10図はスギではなく、エゾマツに就ての実験結果であるが、スギに於ても同様な傾向は例え見えなくとも、その値が変化するであろうことは容易に考えられる処である。

故に樹体中の位置が変ればミセルの傾斜角は変化するから、本実験に於ては第11図のように木取りし、A部分から取つた試験片は荷重をかけずそのままとし、即ち virgin とし、それから春材部および秋材部より半径方向に対して厚さ約 1 mm のX線用試験片を採取した。換言すれば春材部に於てはその略中央と思われる部分に於て、半径方向に変移を与えることなく切線方向

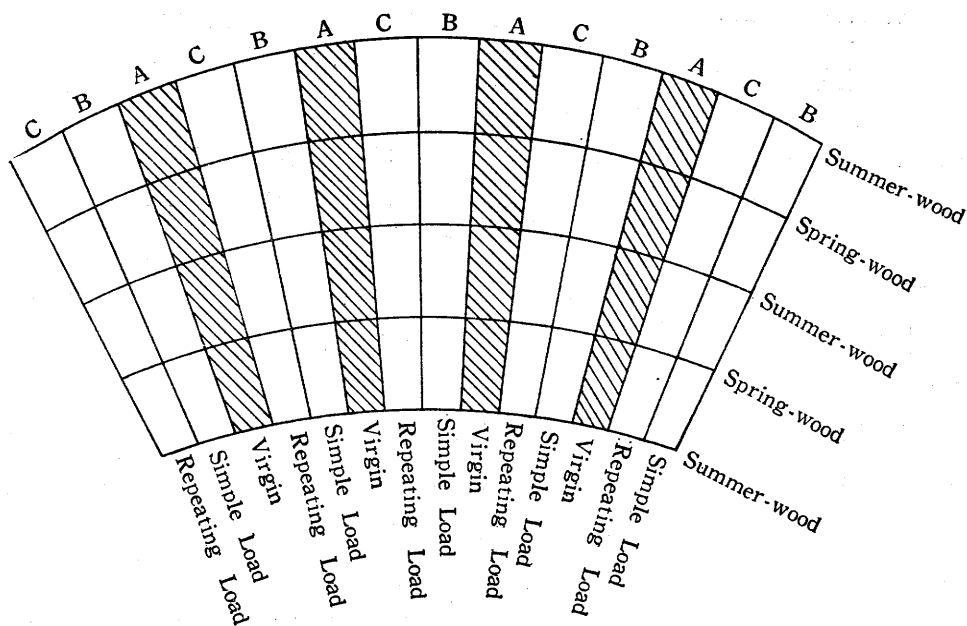


Fig. 11. Method of sampling test pieces.





23 kV, 電流は 7 mA, 露出時間は 12 時間とした。  
使用したフィルターはニッケルである。

c) ミセル平行度および傾斜角の測定法 上記の方法によつて撮影されたフィルムの *Debye-Scherrer ring* の中心を中心とし

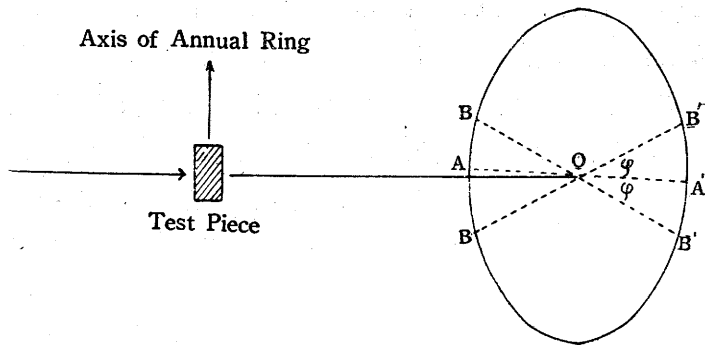


Fig. 13. Relation of test piece and projecting direction of X-ray.

ながら廻転し, Microphotometer で中心角およびそれに対応する *Debye-Scherrer ring* 上の点

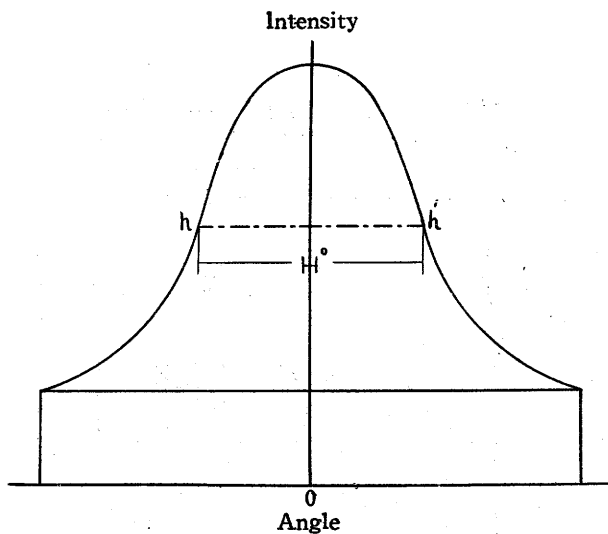


Fig. 14. Relation of central angle and intensity of X-ray (I).

この場合久保・呉は中心角—感光度曲線の頂点附近にスギ春材部に於て凹みを有する場合がありますと報告しているが<sup>(28)</sup>, 本実験に於ては殆んどそれが認められず, 2, 3 第 15 図のような型のものが認められたに過ぎなかった。

然しこれらは投射X線が木材を通過するとき干渉によつて生ずる繊維図によるものであるから, 細胞壁の量的に最大構成要素である

第二次膜の性質を主として表わすものであるが, 量的に最大要素であるので, 第二次膜が木材の

の感光度 (Intensity) を測定した。

それらの値を中心角の大きさを横軸に, その感光度を縦軸に取つて図に描けば第 14 図のようになる。感光度の中央値の所の山の中を  $H^\circ$  とすれば, この  $H^\circ$  が半価巾であり, その場合の平行度  $\pi$  は次の式によつて計算される。

$$\pi = \frac{180^\circ - H^\circ}{180^\circ} \times 100$$

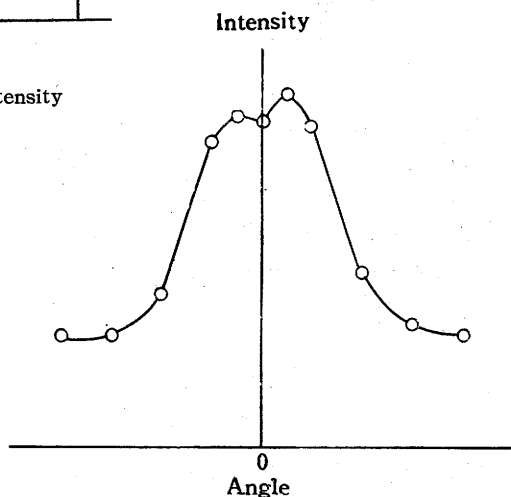


Fig. 15. Relation of central angle and intensity of x-ray (II).

機械的性質を大きく左右するものと考えられる。勿論中間層、第一次膜の性質も抄略出来ないが、これらは他の方法、例えば化学的方法によらねばならない。

傾斜角は第13図に於ける  $\varphi$  とし、Debye-Scherrer ring の上で、Microphotometer により  $B$  および  $B'$  点の最強点を求め、 $A$  点の最強点とこの点を中心に対してなす角を測定した。

## 第2部 実験結果および考察

### 〔A〕 荷重—歪み曲線および弾性限度

a) 荷重—歪み曲線に於ける変曲点 木材の繊維に平行に圧縮荷重を加え、荷重の大きさとこれに相應する歪量とを測定して得られる荷重—歪み曲線は一般に或る限度迄は一次的関係、即ち直線関係にあり、荷重がある限度を越えれば、直線関係が破れて荷重の増加の割合に対して歪みの増加の割合が大となると云われている<sup>(30)</sup>,<sup>(31)</sup>,<sup>(32)</sup>,<sup>(33)</sup>,<sup>(34)</sup>,<sup>(35)</sup>。即ち第16図の上図のような荷重—歪み図になるのである。然し本実験に於ては多くのものがこのような荷重—歪み図を与えず、その程度の差はあるけれども第16図の下図のような荷重—歪み図を与えた。即ち比較的小さな荷重によつて曲線の傾斜が緩くなり、荷重がより大になれば又傾斜が急になつて、そこに一つの変曲点を持つことを例外なく示している。スギ、シラベ、ツガに於て実験例を示せば第17図、第18図および第19図のようになる。但し実験条件は次の通りである。

〔附—1表〕

#### スギ

標点設定部： 春—秋—春材部  
試験片寸法：  $2.98 \times 3.00 \times 6.01$  cm  
平均年輪幅： 1.27 mm  
気乾比重： 0.38  
全乾比重： 0.33  
含水率： 14.8%

〔附—2表〕

#### シラベ

標点設定部： 年輪幅狭き為ニ春材部、秋材部の区別不可能  
試験片寸法：  $3.00 \times 2.97 \times 6.07$  cm  
平均年輪幅： 0.38 mm  
気乾比重： 0.48

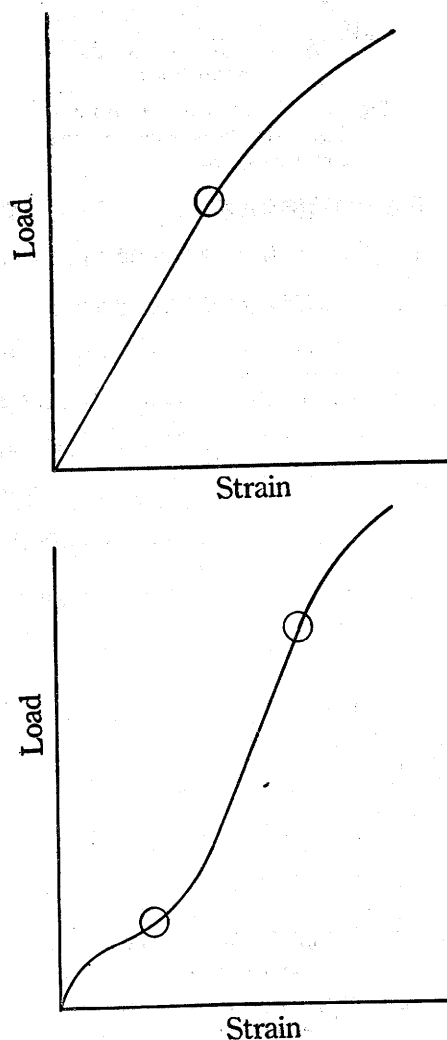


Fig. 16. Load-strain diagram.

全乾比重: 0.42

含水率: 14.3%

【附一三表】

ツガ

標点設定部: 秋材部

試験片寸法:  $2.98 \times 2.98 \times 5.96$  cm

平均年輪幅: 1.12 mm

気乾比重: 0.69

全乾比重: 0.60

含水率: 13.8%

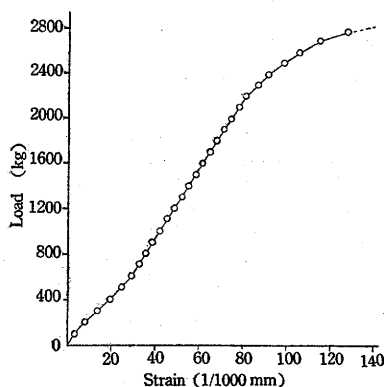


Fig. 17. Load-strain diagram of Sugi, standard point: Spring-summer-spring.

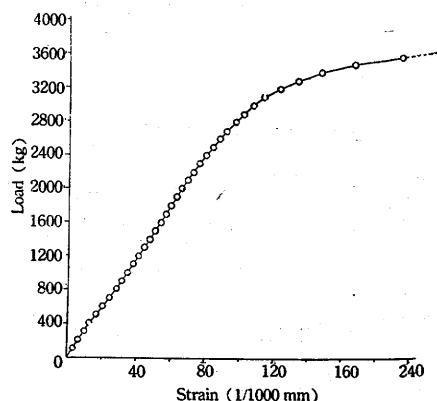


Fig. 18. Load-strain diagram of Shirabe, standard point: No distinction of spring and summer.

これらの実験結果に示されたように、比較的小きな荷重に於て明かに変曲点を有する荷重—歪み曲線が得られるが、その変曲点の位置は樹種および試験体個々によつて異なるようである。この変曲点について論及している文献は木材については殆んど見当らず、唯 W. J. KOMMERS<sup>(36)</sup>が曲げ試験に於ける荷重—撓み図にてその初期荷重の所でこの傾向を有するように実験値を図上にプロットしているが、氏はその部分に直線を当て、その傾向には全く触れていない。又有働<sup>(37)</sup>は spruce 材の圧縮試験を行い、その応力—歪み図が金属の場合と異り、本実験

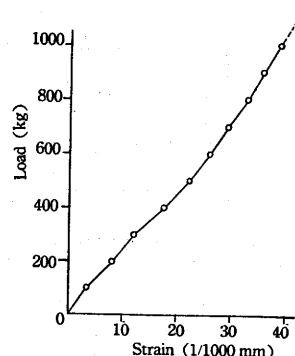
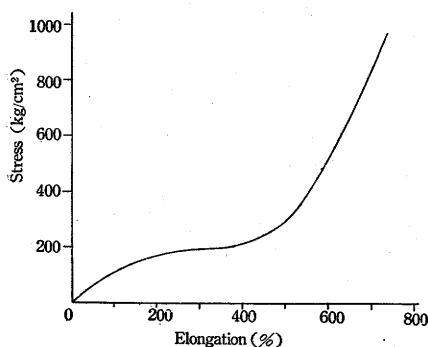


Fig. 19. Load-strain diagram of Tsuga, standard point: summer.

Fig. 20<sup>(40)</sup>. Stress-strain diagram of cellophane.

に於て認められた

のと全く同様な傾向を認め、その原因を実験の粗悪さ、或は又不正確さによるものではなく、木材本来の特性によるものと推定し、解剖学的に、即ち本実験に於ける解剖学的探究と同様な方法により究明している。

この外 布施<sup>(33)</sup>は木材の圧縮試験に於ける荷重—歪み曲線に於てこの傾向を実験値の上で認められるような傾向を出しているが、このことには全く説明

されていない。

以上の変曲点が木材の圧縮荷重—歪み曲線に存在すると云う事実は木材がセルローズと云う高分子物質よりなる構造体である故に、高分子物質たるセルローズの特性が仮導管壁に於て例え常に互にプラスに働かなくとも、総合されて木材に現れて来ることから考えて当然と思われる。何故ならばセルローズより構成されているセロファンに於ても、viscose rayon に於てもこの傾向、即ち変曲点をもつた荷重—伸び曲線が現れている（第20図<sup>(39),(40)</sup>）。この引張の場合の変曲点の現れる原因としては次のようなことが考えられている。即ちミセルの方向が荷重方向と一致していないときは荷重が作用し始めるとき先づミセルが荷重方向に向きを変え、そのとき荷重に比して割合大きな伸びが現われ、ミセルが荷重方向に大体向き直つて了えば強度的に異つた性質を示して来る。故に初期荷重と破壊荷重に近い終期荷重とでは内部構造に大きな変化がもたらされ、その内部構造の変化に伴つて機械的性質が異つて来る。このことは一般高分子物体に特有な性質である。以上のことは引張応力についてであるが当然圧縮応力の場合に於てもその性状は異つてもミセルの配列の変化により初期応力と終期応力又は中期応力に相應する歪みの性状が異つて来ることが当然考えられる。

今セルローズが上述のような性質を自身に有するならば、その構造物である仮導管および木村そのものがそのような性質に類似した性質を示すことは想像出来る処である。

木材の細胞壁のミセル構造が上述のように初期荷重によつて変化し、又ミセル構造以上のマクロな構造単位、例えばフィブリルのようなものの構造が変化し、その為に新たな、換言すれば今

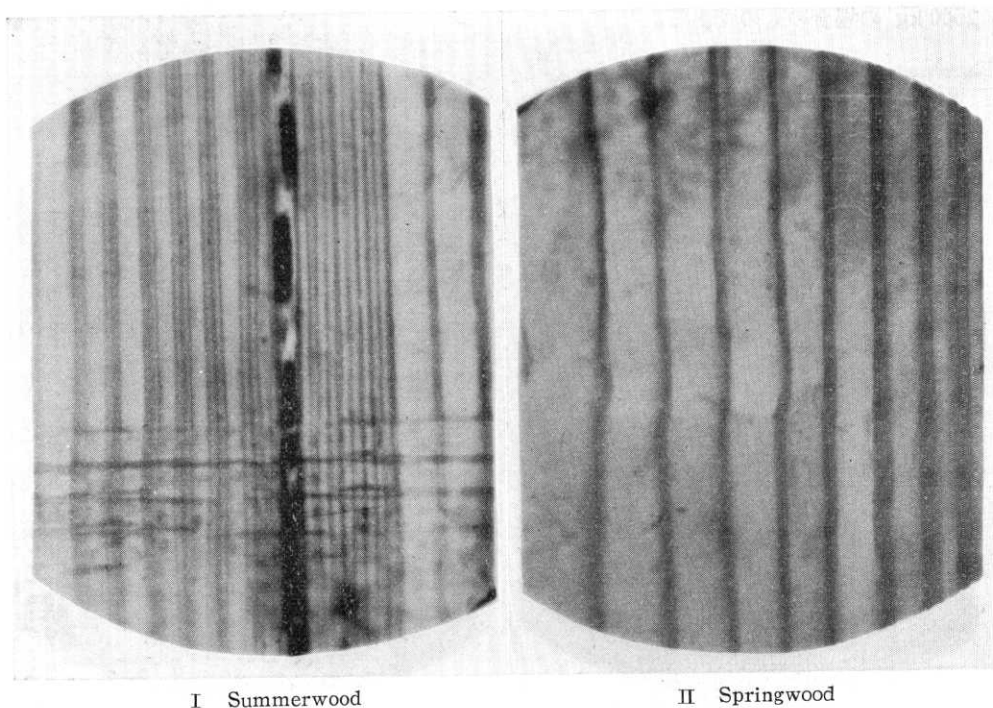


Fig. 21. Sugi in air dry, load; 500 kg.

迄と異つた性質を持つ木材となり、従つて荷重—歪み曲線も荷重に対して処女である木材とは異つた性状のものとなり、その結果変曲点を持つものと考えられる。

次に解剖学的に見れば第 21 図のように圧縮強さの約  $\frac{1}{5}$  の 55 kg/cm<sup>2</sup> に於て既に仮導管壁に *slip line* が認められ、春材部から初期秋材部に至り挫屈(*buckling*)および皺曲(*crinkling*)が認められる。この初期秋材部の *buckling* は *slip line* の所に於て起つている。又第 21 図 II によれば春材部より秋材部への移行部に於て初期秋材部の仮導管壁の *buckling* が春材部仮導管壁の *crinkling* に移行することを示している。そしてこの場合に初期秋材部の仮導管壁に於ては *slip line* および *buckling* が重縁孔紋の位置に起る傾向が強い。このことは重縁孔紋の附近に於て第 22 図のように第二次膜のフィブリルの配列が乱れることから考えても当然である。

又荷重が大きくなれば *slip line* は著しくなり、その状態は、第 23 図、第 24 図、第 25 図、第 26 図、第 27 図のようになる。殊に第 27 図に於ては荷重が大きいのので末期秋材部に迄 *buckling* が及んでいる。但し第 23 図および第 24 図は荷重が 1000 kg、第 25 図は荷重が 1500 kg、第 26 図は荷重が 2000 kg、第 27 図は荷重が 2500 kg の場合のものである。

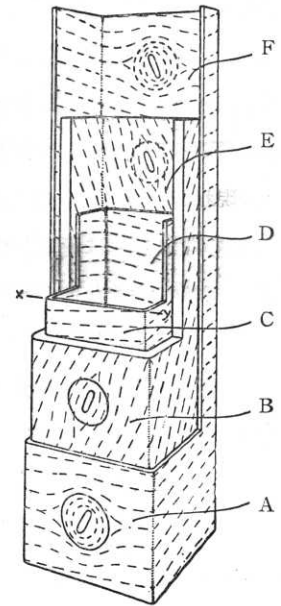


Fig. 22<sup>(41)</sup>.  
Orientation of fibrils  
in the secondary wall  
of coniferous tracheid.

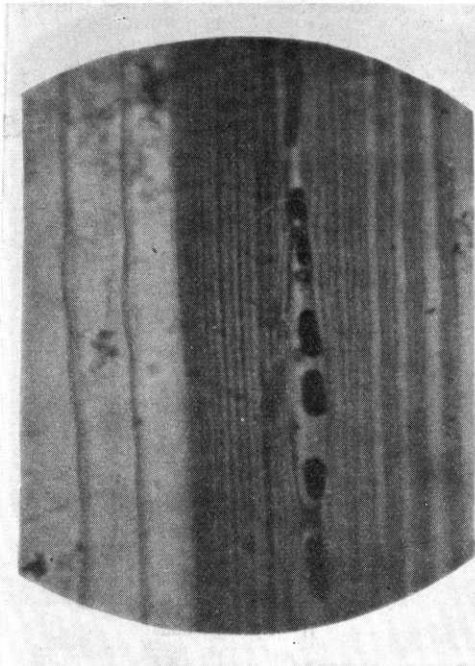


Fig. 23. Sugi air dry, load; 1000 kg.

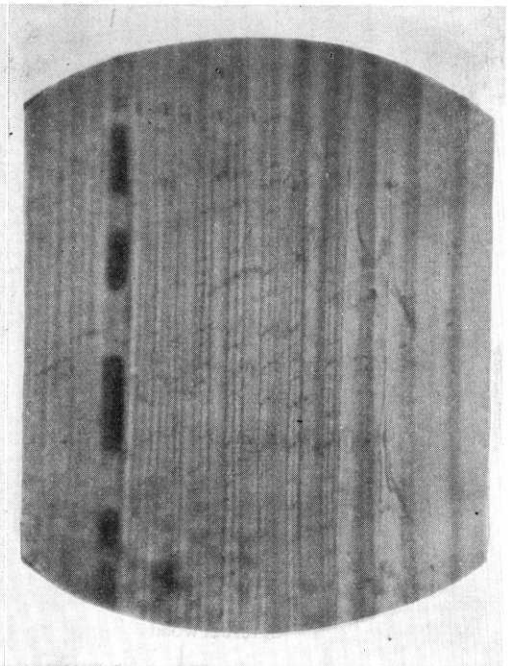


Fig. 24. Sugi in air dry, load; 1000 kg.

なお関谷<sup>(42)</sup>によれば W. ROBINSON は木材の細胞壁が荷重によつて *buckling* や *crinkling* の現れる以前に於て、微小なる変化が現れることを認め、仮導管壁に微細な *crack* 状の *slip line* 又は *slip plane* が現れると報告している。又この原因を次のように説明している。即ち脆弱な物質の結晶が外力の為に變形を受けるときは、この結晶はその或る面上に起る *slip* 又は *slip* の過程によつて新しい形成に應ずるのである。

木材がこのような古典的ミセル構造論によつてその變形、即ち荷重—歪み關係を説明付けられなくとも、新しい房状ミセル構造論によつても結晶部分が非結晶領域より強度的に強いことは言をまたない処であるから、又纖維が破壊するときは第 28 図のように分子鎖の末端に於て引抜かれるような形で行われると云われている<sup>(43)</sup>から、当然破壊荷重の以前に於ても分子鎖相互の、又結晶領域相互の、変移又は転位が考えられる。

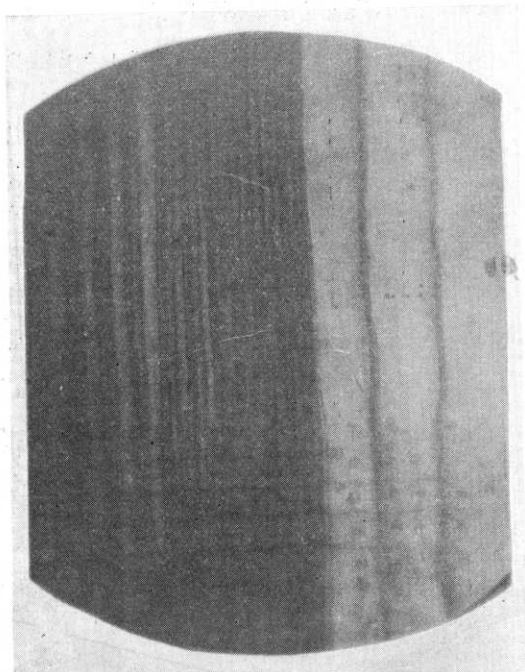


Fig. 25. Sugi in air dry, load; 1500 kg.

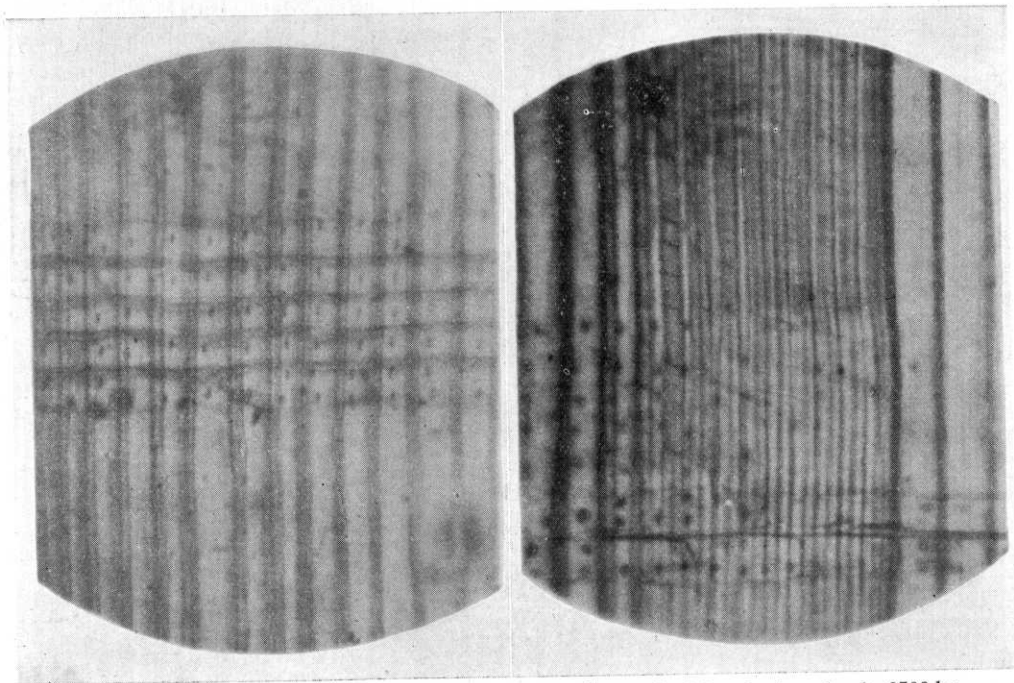
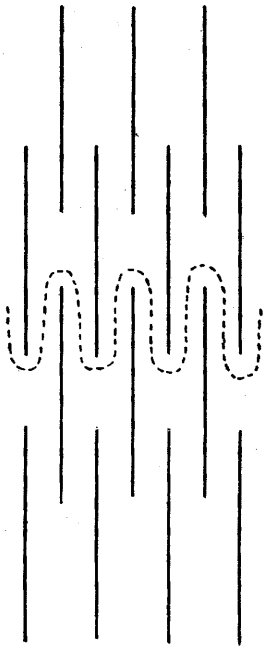


Fig. 26. Sugi in air dry, load; 2000 kg.

Fig. 27. Sugi in air dry, load; 2500 kg.

なお荷重が破壊荷重に近付けば第 29 図および第 30 図のように仮導管壁に大きな皺曲が現われて来る<sup>(44)</sup>。但しこれらの図は乾燥トウヒに就てある。



.....Area of Rupture  
Fig. 28<sup>(43)</sup>. Plan showing process of rending resulting from sliding.

次に X 線の実験結果によれば、第 31 図および第 32 図のようになる。

各段階の荷重を受けた木材について

の繊維図は巻末附録を参照されたい。第 31 図および第 32 図によつて見るに荷重を段階的に変化させた場合にはミセルの平行度および傾斜角は変化は受けるが、それは秋材部に於ては殆んど平行度は変化せず、傾斜角は変化する。即ち、結晶部分が皆同じ程度に同じ方向に廻転している。然るに前に述べた通り解剖学的に見れば *slip line* が生じているのであるから、圧縮応力によつて微細構造上では結晶部分が傾斜したに過ぎず、非結晶領域およびよりマクロな部分で迂つて、その荷重に対応することが結論付けられるわけである。

これに対して春材部に於ては平行度および傾斜角が  $10 \text{ kg/cm}^2$  程度の初期荷重によつても変化し、平行度は著しく減少し、傾斜角は増加して来る。又破壊荷重の約  $1/2$  の値である  $166 \text{ kg/cm}^2$  迄の範囲に於ては荷重が増加するに従つて平行度は再び増加し、傾斜角はより大となる傾向を有する。故に初期荷重によつてミセルの配列は乱れ、しかもその傾斜角は増加して来る。又より大なる荷重によつてはミセルの配列は再びよくなり、即ち *Orientation* が良くなるが、傾斜角は

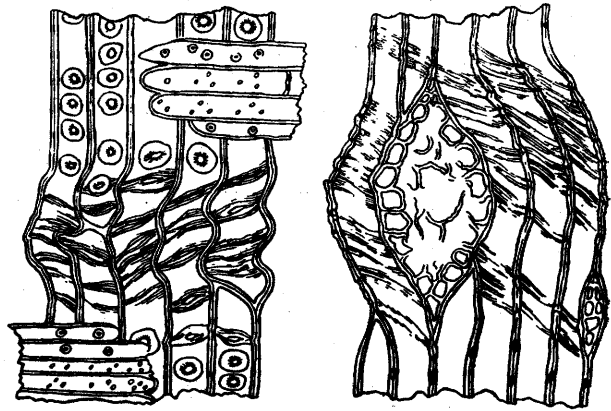


Fig. 29<sup>(44)</sup>. Compressive rupture of Spruce.

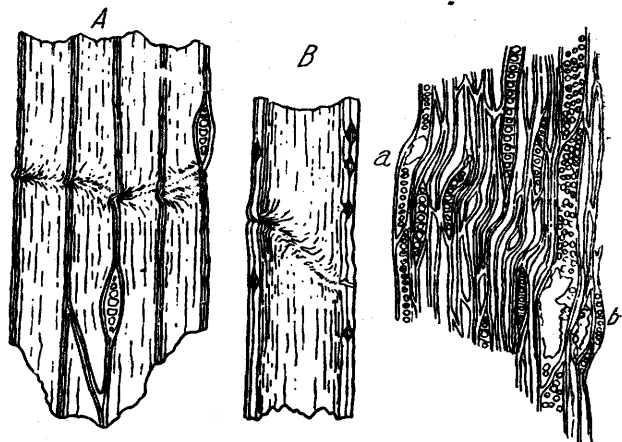


Fig. 30<sup>(44)</sup>. Buckling and crinkling of Spruce.



ますます大となる。然るに解剖学的には *crinkling* が認められるのであるから、春材部の圧縮応力による変形は極めて複雑なものである。

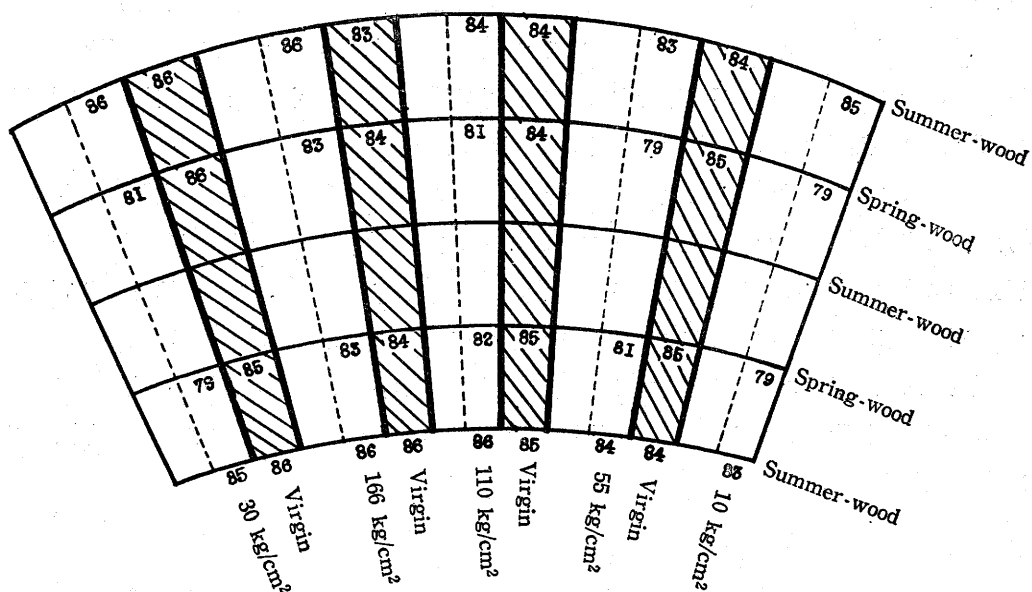


Fig. 31. Alteration of parallel of micell by single load.

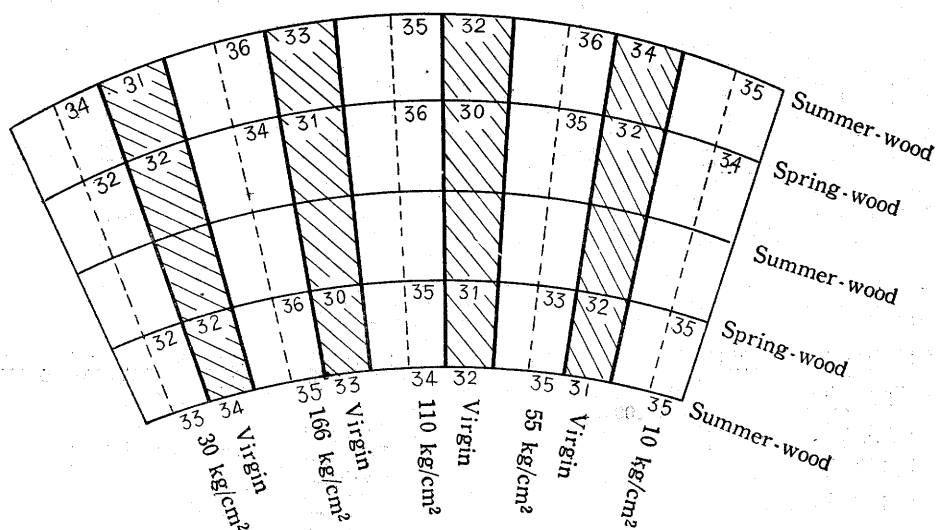


Fig. 32. Alteration of orientation angle of micell by single load.

又残留歪みの項（第2部C—b）に於て論ずるように春材部と秋材部とでは残留歪みの性状が極めて異なるけれども、両者共初期荷重によつて残留歪みを残すことから考えても、極めて初期荷重によつても春材部、秋材部共に各自異つた変化を受け、新たな性質を賦与されるので、その結果圧縮荷重—歪み曲線に変曲点が現れて来るのである。

**b) 弾性限度** 弾性限度を求める為には一般には試験片に階段的に増加する圧縮荷重を反復負荷し、各荷重毎に除荷して歪みが残留するか否かを検し、始めて歪みが残留する所をもつて弾性限度とするのであるが、本実験の結果に於ては約  $10 \text{ kg/cm}^2$  程度の極めて小さい荷重によつても既に残留歪みを生じ、この残留歪みは1~2日では消滅しない。このことは沢田<sup>(45)</sup>も認めているが、既に述べたようにX線的研究によつても初期荷重による微細構造上の変化および解剖学的観察による初期荷重による細胞壁の変化から考えても当然である。

或る荷重によつて木材は歪みを生ずるが、その荷重を取除けば歪みは徐々に回復する。然し本実験に於て使用したストレインメーターによれば、その読みの上では5分間程経過すれば殆んど安定状態に達する。それ以上の時間を経過してもなかなか回復しないが、これに就ては第2部B—aの項に於て述べる。従つて本項に於ては荷重除去5分間後に於て残留した歪みを残留歪みとして測定した。スギおよびシラベに就ての実験結果を示せば第33図および第34図のようになる。但し何れも試験片11個の中から典型的なものを示したものである。又これらの実験条件は次の通りである。

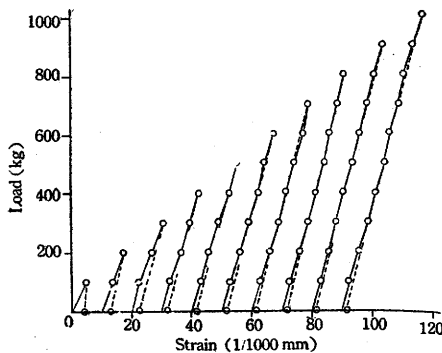


Fig. 33. Relation of residual strain and repeating load, Sugi.

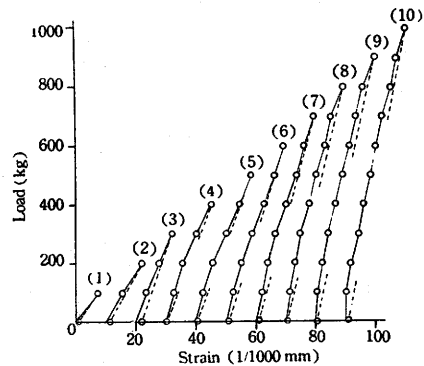


Fig. 34. Relation of residual strain and repeating load, Shirabe.

〔附一4表〕

**スギ**

標点設定部： 春材部  
試験片寸法：  $3.00 \times 3.00 \times 6.00 \text{ cm}$   
平均年輪幅：  $5.45 \text{ cm}$   
気乾比重：  $0.35$   
全乾比重：  $0.31$   
含水率：  $13.0\%$

〔附一5表〕

**シラベ**

標点設定部： 年輪幅狭き為春材部と秋材部の  
区別不可能  
試験片寸法：  $2.99 \times 2.99 \times 6.11 \text{ cm}$   
平均年輪幅：  $0.42 \text{ mm}$   
気乾比重：  $0.48$   
全乾比重：  $0.41$   
含水率：  $14.8\%$

この実験結果によれば、各段階の荷重の負荷毎に新しく生ずる歪量に変化があることが認められ、又各回毎に新しく残る歪量にも変化がある。

なお荷重—歪み図に於ける曲線の傾斜は漸次大となる傾向がある。

## 〔B〕 残留歪み

a) 歪みの回復 或る大きさの荷重を加えて或る大きさの歪みを生ぜしめた後にその荷重を取り除くときは、その歪みは除荷の速度に相應する速度でもつて大部分回復するが、完全に荷重を0にしても完全に元の状態には戻らず、その量の大小はあつても歪みの一部分が残留して来る。

荷重を0にしてからは極めて徐々に歪みを回復するが、これは弾性余効に属するものである。

本実験結果によれば弾性余効に属すべき歪みの回復状態は荷重の大小、年輪幅、春材部、秋材部の別、秋材率、繰返された荷重の回数等の大小等によつて影響される。

一般にこの種の歪みの回復は第35図のような曲線によつて示され、数分にして略一定値を取り、或る安定した状態に到達する。この安定した状態に到達するに要する時間の大小は又上述のような種々の木材および実験条件によつて影響されるが、大体の一般的傾向としては次のようなことが云い得る。

第1に荷重が大きい程安定に要する時間を多く必要とし、

又回復する歪量も

大きくなり、この関係は第36図のようになる。

第2に年輪幅狭く、かつ秋材率の小さいものは春材部、秋材部の別に

よつても大差はなく、次の第4表のようになる。但し樹種は

スギであつて、その平均年輪幅は1.00~1.50 mmのものである。

第4表 荷重と残留歪みの安定に要する時間との関係

荷重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	安定に要する時間(分)
110 (11)	0.5
1000~2000 (111~222)	1~2

はその回数が増加するに伴つて安定に要する時間は大となる。この場合に年輪幅狭く、秋材率の小さなものは春材部、秋材部の差による安定に要する時間の相異は殆んど認められず、第6表および第37図のようになる。但し樹種はスギであつて、その平均年輪幅は、

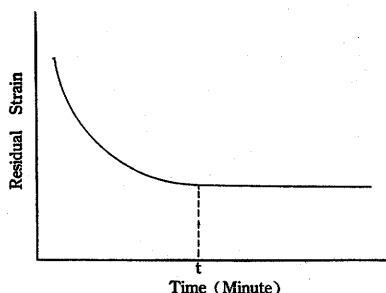


Fig. 35. Relation of time and residual strain.

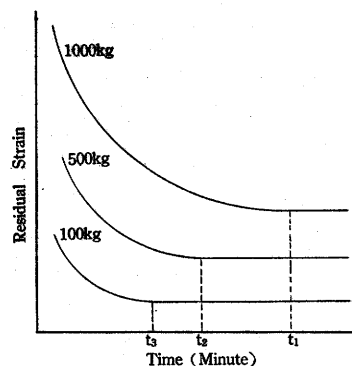


Fig. 36. Relation of time and residual strain by parameter of load.

次に年輪幅広く、かつ秋材率の大きいものにあつては、春材部、秋材部の別によつて相異を示し、第5表のようになる。但し樹種はスギであつて、その平均年輪幅は、4.00~6.00 mmのものである。

第3に繰返し負荷の場合に、同一荷重の繰返しのととき

第5表 荷重と残留歪みの安定に要する時間との関係

荷重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	安定に要する時間(分)	
	春材部	秋材部
100 (11)	1~1.5	0.5~1
500(55)~1000(111)	2~3	1~3

1.00~2.00 mm, 荷重は 500 kg ( $55 \text{ kg/cm}^2$ ) の場合である。

第6表 繰返し負荷回数と残留歪みの安定に要する時間との関係

繰返し負荷回数	安定に要する時間(分)
1	0.5
30	2~2.5
60	2~3

これに反して年輪幅大にして、しかも秋材率大なるものにあつては春材部、秋材部の別によつて安定に要する時間が異なり、第7表および第

38 図のようになる。但し樹種はスギであつて、その平均年輪幅は 4.00~6.00 mm, 荷重の大きさは 500 kg ( $55 \text{ kg/cm}^2$ ) である。

第7表 繰返し負荷回数と残留歪みの安定に要する時間との関係

繰返し負荷回数	安定に要する時間(分)		回復歪量(1/1000mm)	
	春材部	秋材部	春材部	秋材部
1	3	1	2	1
10	3	—	3	—
15	—	5	—	1
20	2	—	3	—
30	2	5	3	2
40	2	5	3	2

#### b) 残留歪みの定義

上述のように或る荷重により生じた応力に伴つて現れた歪みは荷重を完全に取り除いた後も直ちに歪みを完全に回復しないで徐々に回復を続ける。この弾性余効に属すべき歪みの回復状態は試験片個々に就て差異はあるが、本実験に於ては如何なる場合に於ても最大5分以内にストレインメーターによる測定値の上では完全に安定状態に達し、それ以後は残つた歪みを残し続ける。即ち荷重除去後5分以後15時間に亘つてストレインメーターを設置したまま試験片を放置したが、ストレインメーターの読みの変化は認められなかつた。然しこゝに残つた歪みがいわゆる *permanent set* であることは直ちに断定することは出来ず、本実験の精度 1/1000 mm の範囲内に於てである。

故に本実験に於ては荷重を取り除いてから5分間放置して安定状態に到達したときの歪みをもつて残留歪みと定義した。従つて今後本報告に於て残留歪みと称する場合にはこのように定義されたものを意味する。

#### 〔C〕 繰返し負荷による歪み増減曲線

a) 繰返し負荷による歪量の測定 1個の試験体に同じ大きさの荷重を繰返し負荷および除荷する場合に生じたり、回復したり、或は残留したりする歪量の変化の状態を観察した。便宜

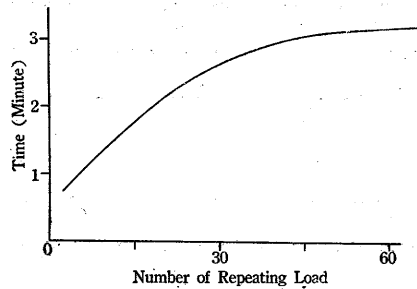


Fig. 37. Relation of repeating load and time, at which strain is stable.

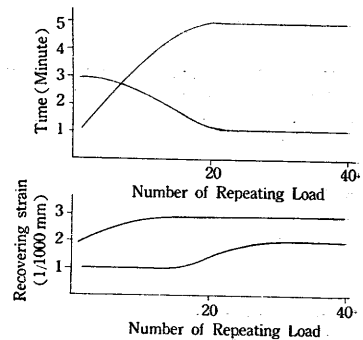


Fig. 38. Relation of repeating load and time, at which strain is stable, at wood of large summerwood and large annual ring.

上各回毎に新しく生ずる歪量を“全歪み”と称し、前に定義付けした各回毎に残留する歪量を、“残留歪み”と云い、回復せる歪量、即ち全歪みと残留歪みとの差を“回復歪み”——従つてこれには弾性余効に属すべき回復歪みの量も多少含まれる——と定義した。

このような種々の歪みと繰返し負荷回数との関係を実験的に求めたのであるが、以上の定義からしても当然に測定方法としては、荷重を完全に取り除いてから5分間放置して残留歪みを測定し、その直後再び荷重を加えて又荷重を取り除き、これを繰返した。

**b) 春材部、秋材部並に荷重の大小による相違** 木材の大きな構成要素である春材部と秋材部とではその具有する性質が異なることは木材の常識より考えても又第2部B—a項で述べた歪みの回復の春材部と秋材部との相違から考えても認識出来るが、本実験に於ては肉眼的に春材部と秋材部とに区別し、そこにストレインメーターを設置し、同じ大きさの荷重を繰返し負荷して歪量を測定した。

勿論木材の春材部から秋材部への移行部分は秋材部から春材部への移行部分程明瞭ではなく、その境界線の定め方は細胞壁の厚さの変異点による方法も行われているが、樹種により不明瞭なものもあり、一義的に決定することは出来ない。

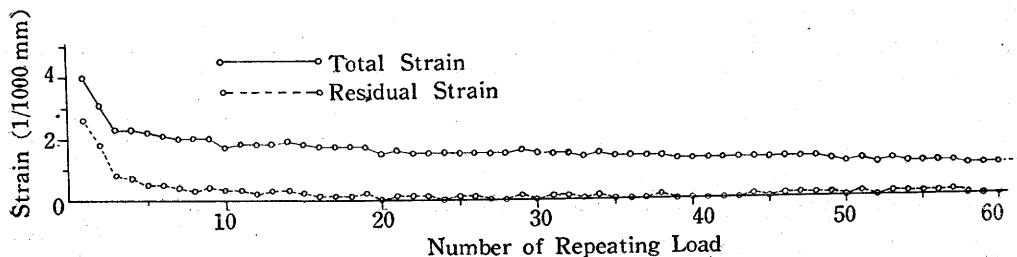


Fig. 39. Relation of repeating load and strain, at springwood of Sugi.

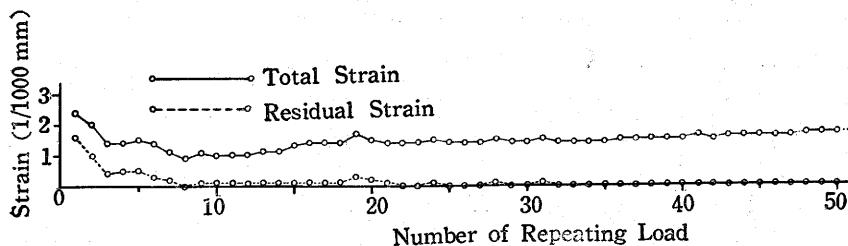


Fig. 40. Relation of repeating load and strain, at summerwood of Sugi.

先づ比較的小さい荷重、即ち圧縮強さの  $1/30 \sim 1/35$  である  $11 \text{ kg/cm}^2$  程度の荷重を加えた場合であるが、繰返し負荷に伴う歪量の変化は春材部と秋材部とでは全く対蹠的な傾向を明かに示す。次に実験例 21 の中から典型的なものを示せば第 39 図および第 40 図のようになる。但し第 39 図および第 40 図の場合の実験条件は次の通りである。

〔附一六表〕

樹	種： スギ
標点設定部：	春材部
荷	重： 100 kg (11 kg/cm <sup>2</sup> )
繰返し負荷回数：	60 回
試験片寸法：	3.01×3.02×5.98 cm
平均年輪幅：	1.87 mm
気乾比重：	0.38
全乾比重：	0.31
含水率：	14.6%

〔附一七表〕

樹	種： スギ
標点設定部：	秋材部
荷	重： 100 kg (11 kg/cm <sup>2</sup> )
繰返し負荷回数：	50 回
試験片寸法：	3.00×2.99×6.08 cm
平均年輪幅：	2.65 mm
気乾比重：	0.44
全乾比重：	0.39
含水率：	12.5%

これらの図によつて見るに春材部に標点を設定して繰返し負荷せる時は全歪みは初め相当急激に減少し、それ以後繰返し負荷の回数の増す毎に漸次減少し、緩慢となり、遂に constant に近付く。又毎回毎の残留歪みは初め最も大きく、全歪みの 65% を占め、繰返し負荷回数の増す毎に漸次減少して行くがなかなか消滅しない。

これに対して秋材部に標点を設定して繰返し負荷する場合には初めからかなり急激に全歪みが減少することは春材部の場合と同様であるが、繰返し負荷回数の増すに伴つてやゝ減少して後、再び漸次増加し、それ以後漸次緩慢となり、遂に constant に近付く。この傾向は全く春材部の場合と対蹠的なものである。

又残留歪みは初め最も大きく、全歪量の 65% 程度であり、繰返し負荷回数の増加と共に漸次減少して行くことは、春材部の場合と同様であるが、その消滅が春材部より遙かに早い時に現れる。

このように春材部にあつては比較的小さい荷重の場合にはその歪み増減曲線は低下し、秋材部に於ては逆に上昇する傾向を有するのであるが、この低下又は上昇の程度の多少は個々の試験体自身の性質および荷重の大きさ等によつて異なるが、その中で最も著しい例は第 50 図に示すように比較的小さい繰返し負荷回数によつて全く歪みが 0 になると云う極端な場合もある。

今 X 線による実験結果を示せば第 41 図および第 42 図のようになる。これらの図によつて見れば、例えば 11 kg/cm<sup>2</sup>、10 回繰返し負荷の例を見ても分るように、春材部と秋材部とではミセルの平行度および傾斜角の繰返し負荷による変化の程度が異なる。即ち平行度で見れば春材部に於ては減少し、傾斜角は増加して来るが、秋材部に於ては大した変化は認められない。X 線による研究に於ては比較的小さい荷重の場合は 11 kg/cm<sup>2</sup>、10 回だけであるので、上記のストレインメーターによる研究結果と直接結び付け難いが、10 回に於ては荷重に対して virgin である木材に於けるよりも春材部はミセルの平行度が小さくなつて、即ちミセルの配列が乱れて、しかも繊維の軸方向に対する傾きが増加して来るので、あたかも錯雑したスプリングの集団を圧縮するような状態になつて、全歪みが繰返し負荷回数の増加につれて constant になり、又残留歪みもなかなか消滅しないのである。

これに対して秋材部に於てはミセルの平行度は殆んど変化せず、傾斜角が多少大となつてい

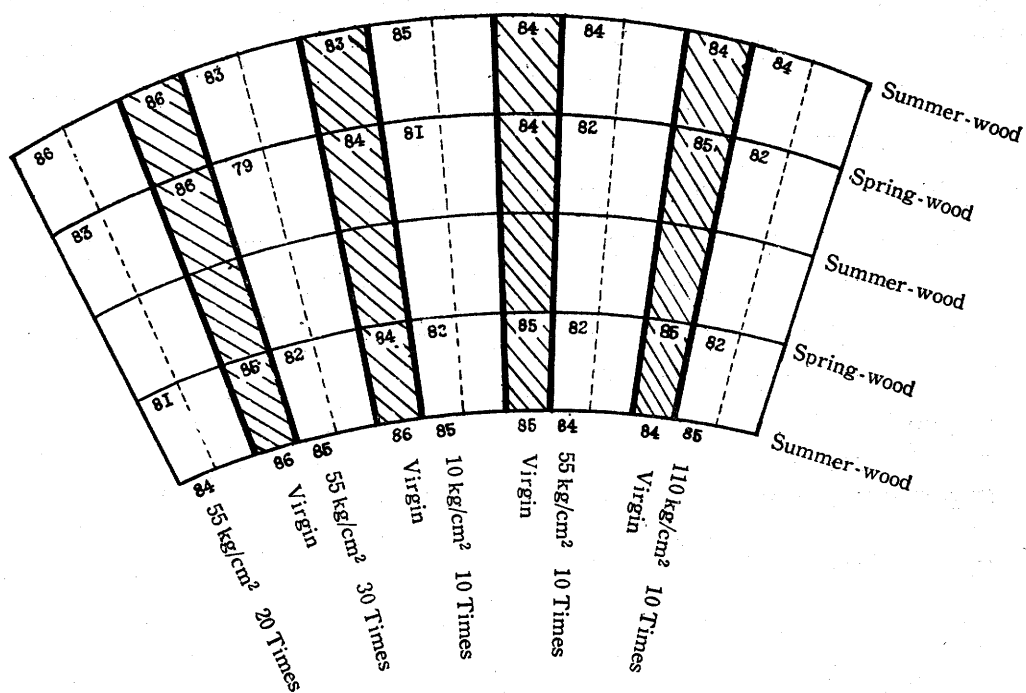


Fig. 41. Alteration of parallel of micell by repeating load.

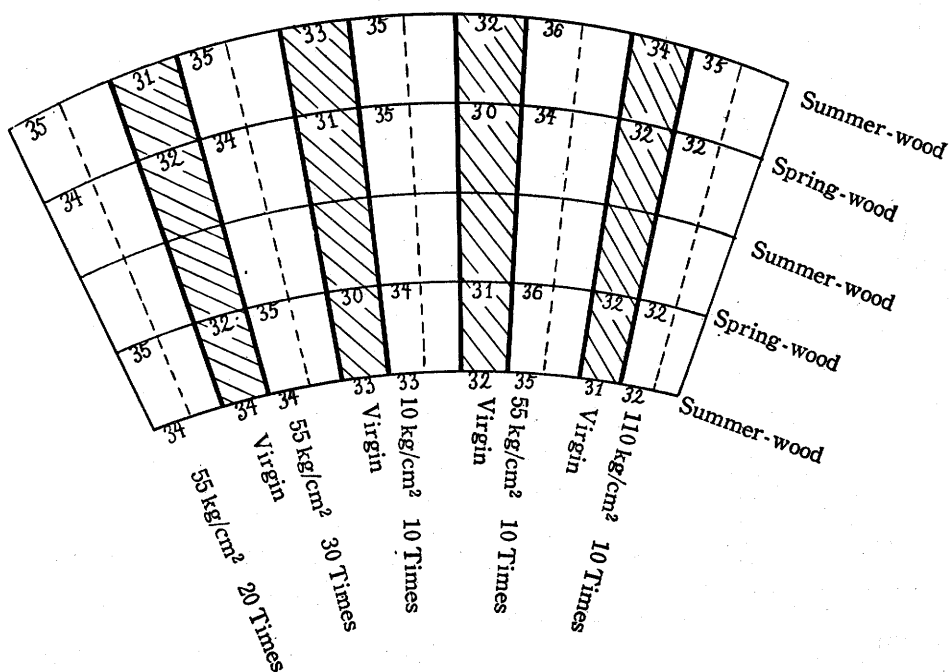


Fig. 42. Alteration of orientation angle of micell by repeating load.

のであるから、単一荷重の場合と同じように、微細構造上ではその傾斜角が多少変化したに過ぎず、しかも解剖学的には *slip line* および *buckling* が生じていることは単一荷重の場合から考

えられるから、細胞壁に迂りが生じ、これらの為に試験片は弱くなり、従つて全歪量は繰返し負荷回数の増加に伴つて増加し、なお回数が増加すれば荷重の大きさが一定であるので一応安定した状態になり、constant に近付くのである。又残留歪みは *slip line, buckling* の為に安定した状態になり、早期に消滅するのである。

次に稍大なる荷重、即ち圧縮強さの  $1/7 \sim 1/6$  程度の  $55 \text{ kg/cm}^2$  の荷重を繰返し負荷した場合に得られる歪み増減曲線は前の比較的小さな荷重である  $11 \text{ kg/cm}^2$  の場合と少し趣を異にするが、春材部と秋材部との傾向の相違は明かに見られる。

春材部に標点を設定した場合の例を供試片 18 個中の典型的なものによつて示せば第 43 図のようになる。但しこの場合の実験条件は次の通りである。

[附一八表]

樹 種: スギ  
標点設定部: 春材  
荷 重:  $500 \text{ kg}$  ( $55 \text{ kg/cm}^2$ )  
繰返し負荷回数: 55 回

試験片寸法:  $3.00 \times 3.01 \times 6.00 \text{ cm}$   
平均年輪幅:  $2.91 \text{ mm}$   
気乾比重:  $0.44$   
全乾比重:  $0.39$   
含 水 率:  $12.3\%$

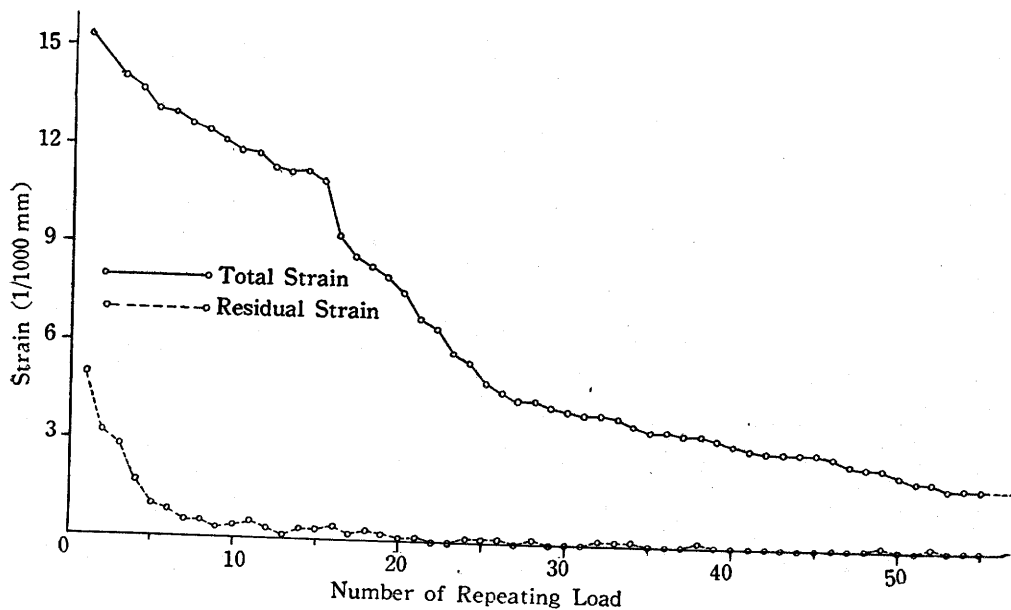


Fig. 43. Strain-repeating load diagram at springwood of Sugi.

次に秋材部に標点を設定して繰返し負荷した場合の例を示せば第 44 図のようになる。この場合の実験条件は次の通りである。

[附一九表]

樹 種: スギ  
標点設定部: 秋材部  
荷 重:  $500 \text{ kg}$  ( $55 \text{ kg/cm}^2$ )  
繰返し負荷回数: 45 回

試験片寸法:  $2.98 \times 3.02 \times 5.97 \text{ cm}$   
平均年輪幅:  $2.76 \text{ cm}$   
気乾比重:  $0.46$   
全乾比重:  $0.41$   
含 水 率:  $13.7\%$



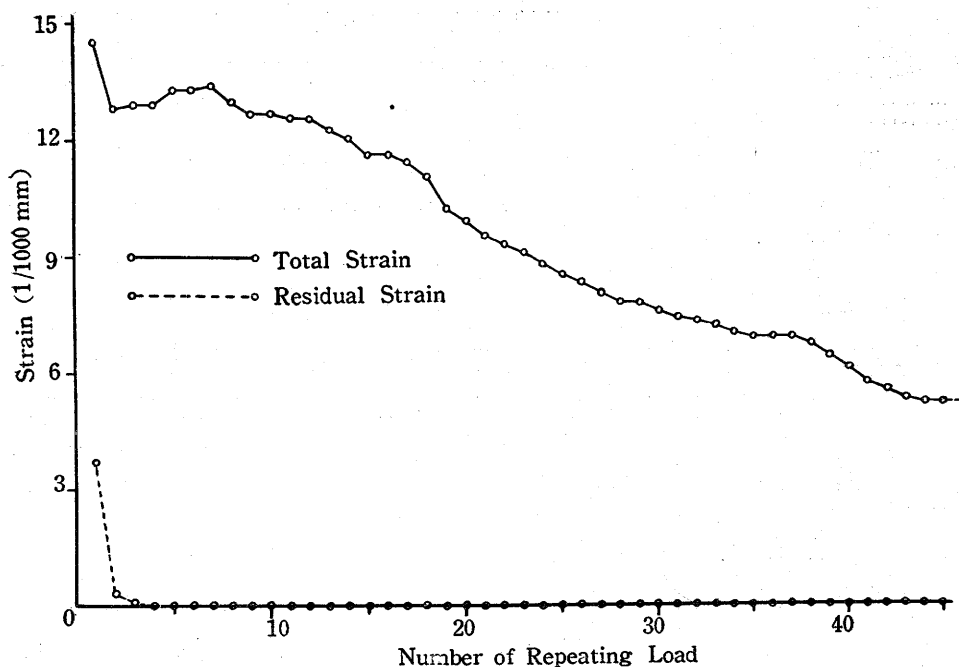


Fig. 44. Strain-repeating load diagram at summerwood of Sugi.

これらの図によれば春材部にあつては全歪みは繰返し負荷回数の増加と共に漸次減少し、又それ以上の負荷回数の増加と共に漸次緩慢となり、遂に constant に近付き、残留歪みは初め大きく、全歪みの 28% を占め、繰返し負荷回数の増加に伴つて漸次減少するが、なかなか消滅しないことは比較的荷重の小さい場合の春材部の場合と同様である。

これに対して秋材部にあつては全歪みが繰返し負荷回数の増加と共に減少することは春材部の場合と同様であるが、残留歪みは数回にして皆無となる。又一般に全歪みの漸次減少する程度は春材部のそれより緩慢である。

然し春材部に於ける歪み増減曲線は常に繰返し負荷回数の増加に伴つて漸次減少して行き、秋材部にあつては上述のように漸次緩慢

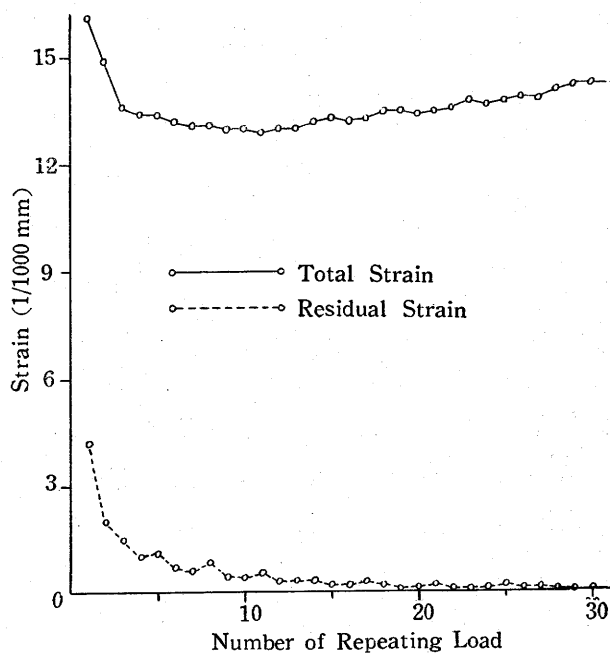


Fig. 45. Strain-repeating load diagram at summerwood of Sugi.

となり、遂に constant に近付くが、比較的小さい荷重の場合と同じように漸次増加すること  
もその実験例は少いがあることはある。この場合を図示すれば第 45 図のようになる。このとき  
の実験条件は次の通りである。

〔附—10 表〕

樹 種： スギ  
標点設定部： 秋材部  
荷 重： 500 kg ( $55 \text{ kg/cm}^2$ )  
繰返し負荷回数： 30 回

試験片寸法：  $3.00 \times 3.00 \times 6.01 \text{ cm}$   
平均年輪幅： 2.85 mm  
気乾比重： 0.45  
全乾比重： 0.40  
含水率： 14.1%

以上を要言すればこの程度の大きさの荷重を繰返し負荷する場合には春材部の全歪みは漸次減少するが、秋材部に於ては漸増する場合と、漸減する場合とがある。然し漸次減少する場合も春材部と異なる点は残留歪みが早期に消滅することおよび繰返し負荷回数と全歪みとの曲線が春材部の場合より緩慢になることである。

X線による実験結果は第 41 図および第 42 図に示すようであり、その中で  $55 \text{ kg/cm}^2$  は繰返し負荷回数を 10 回、20 回、30 回としている。この  $55 \text{ kg/cm}^2$  の荷重の場合に於ても各段階の回数に於て常に春材部と秋材部とではミセルの平行度および傾斜角が共に変化の状態を異にしている。

春材部に於てはミセルの平行度が繰返し負荷によつて小さくなるが、その程度は繰返し負荷の回数の大小とは密接な関係にはない。又ミセルの傾斜角は繰返し負荷によつて増加しているが、その程度は繰返し負荷の回数の大小によつて影響されない。故に春材部に於てはミセルの配列度が乱れて来、かつ又繊維軸となす傾斜角が大になるのであるが、比較的小さい  $11 \text{ kg/cm}^2$  程度の繰返し荷重の場合よりも微細構造上からも、よりマクロな部分に於てもより材質が複雑化し、錯雑したスプリング塊のような性状を有するに至り、従つて全歪みは減少して来、又残留歪みはなかなか消滅しないのである。又繰返し負荷回数が大になつてもミセルの平行度および傾斜角が変化しないことから考えて、繰返し負荷の初期に於てこれらの現象が起きて、それ以後は余り変化がないことが分る。そして又その繰返しの初期と云つても、殆んど最初の荷重によつてこれらの現象が起きているものと第 46 図および第 47 図によつて知ることが出来る。

然るに秋材部に於ては殆んどミセルの平行度は変化せず、傾斜角は多少変化している。この X 線の実験に供されたスギが繰返し負荷回数の増加に伴つて全歪みが漸次増加したものか、或は減少したものかは不明であるけれども、X 線の実験結果ではミセルの平行度は変化せず、多少傾斜角は変化したのであるから、細胞壁のミセル配列の度合は変化せず、唯傾斜角が変化したに過ぎないことが分るのである。然し解剖学的には  $55 \text{ kg/cm}^2$  の単一荷重によつても第 21 図 I および II のように春材部に於ては *crinkling* が、秋材部には *slip line* および *buckling* が生じているから、秋材部に於ては相当マクロな部分で起つていることになる。その程度は  $11 \text{ kg/cm}^2$  の場合よりも相当進み、従つて材の傷められ方もより著しくなり、極めて不安定な状態で止つてい

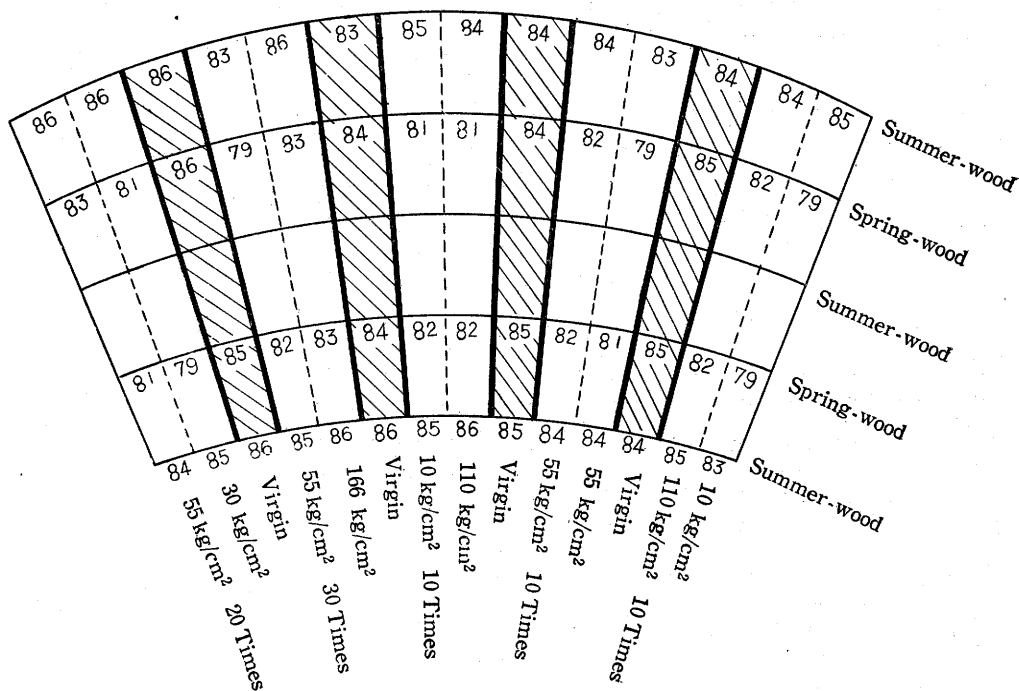


Fig. 46. Alteration of parallel by single and repeating load.

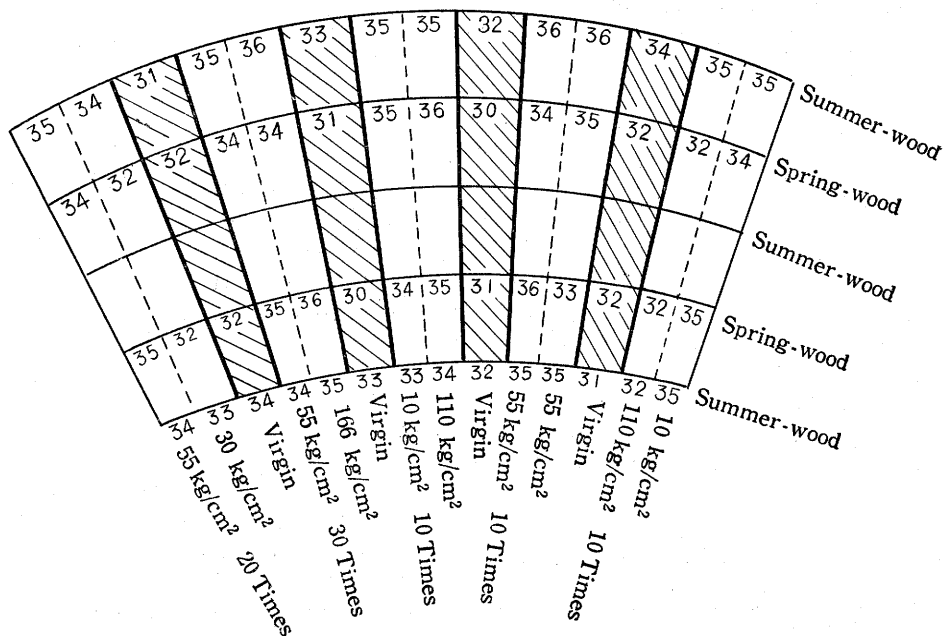


Fig. 47. Alteration of orientation angle of micell by single and repeating load.

れば繰返し荷重によつて全歪みは漸次増加し、又その状態が繰返し荷重によつて木材の圧縮されて安定しつゝあるものなれば材は緻密となり、荷重の大きさが同じであればそれが繰返し負荷されても全歪みは少なくなつて行くのである。何れの場合に於ても春材部よりはより早期に、より安

定した状態になり、従つて残留歪みも早期に消滅する。然し全歪みが漸次増加する場合には減少する場合より不安定な状態に止つているのであるから、残留歪みは全歪みが漸次減少する場合より遅く消滅するのである。

次に比較的大きな荷重、即ち圧縮強さの  $2/6 \sim 2/7$  である  $1000 \text{ kg}$  ( $110 \text{ kg/cm}^2$ ) を繰返し負荷せしめた場合の繰返し負荷回数と全歪みおよび残留歪みとの関係は第 48 図のようになる。但し試験片 12 個の中の典型的なものを選んだのである。但しこの場合の実験条件は次の通りである。

〔附一11 表〕

樹 種: スギ

標点設定部: 春材部および秋材部 (同一試験片にて同時に測定)

荷 重:  $1000 \text{ kg}$  ( $110 \text{ kg/cm}^2$ )

繰返し負荷回数: 42 回

試験片寸法:  $3.00 \times 3.03 \times 5.99 \text{ cm}$

平均年輪幅:  $2.75 \text{ mm}$

気乾比重:  $0.43$

全乾比重:  $0.38$

含水率:  $13.8\%$

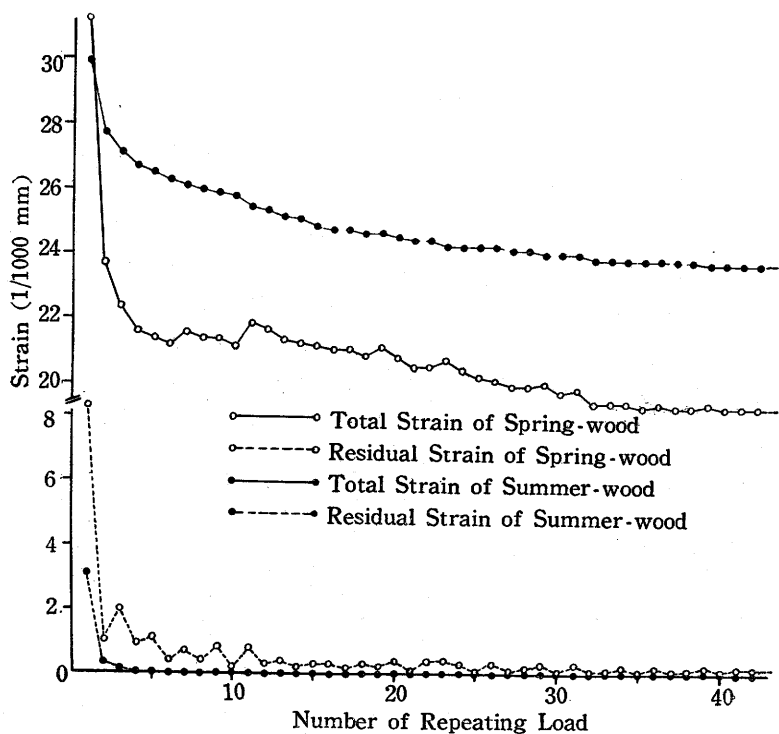


Fig. 48. Relation of total strain, residual strain and repeating load.

この図によれば比較的大きな荷重を繰返し負荷せしめた場合には繰返し負荷回数の増加に伴つて歪み増減曲線は春材部、秋材部共に漸次減少して来るが、残留歪みは春材部に於てはなかなか消滅しないのに対して、秋材部ではより早く消滅してう。

X線的研究によれば  $110 \text{ kg/cm}^2$ , 10 回繰返し負荷した場合には第 41 図および第 42 図によれば春材部に於てはミセルの平行度は多少変化しているが、繊維軸に対する傾斜角は殆んど変化

しない。これに対して秋材部に於ては両者共殆んど変化していない。

春材部と秋材部との全歪みおよび残留歪みについての相違は、上記のX線による研究によつて  $55 \text{ kg/cm}^2$  の荷重を繰返した場合と同様に解析出来るが、繊維軸に対する傾斜角が春材部に於て変化していないのは相当荷重が大きくなつた為偶然に荷重に対して virgin であるものと一致する位迄材が変化したためと考える。

**c) 年輪幅並に秋材率の大小による相違** 以上述べて来た傾向は年輪幅比較的狭く、かつ秋材率小なるものに於ての実験結果であるが、これらの傾向の著しいか否かは年輪幅、殊に春材部および秋材部自体の幅および秋材率の大小によつて著しい影響を受ける。このことは第2部B—aの歪みの回復の項に於ける実験結果からも考えられる処である。即ち年輪幅広く、かつ秋材率大なるものにあつてはこの傾向が著しい。今試験片数 17 個の中より典型的なものを撰んで春材部および秋材部のものを示す第 49 図および第 50 図のようになる。但しこの場合の実験条件は次の通りである。

〔附—12 表〕(第 49 図)

樹 種: スギ  
標点設定部: 春材部  
荷 重: 500 kg  
( $55 \text{ kg/cm}^2$ )  
繰返し負荷回数: 24 回  
試験片寸法:  
3.01×3.00×5.99 cm  
平均年輪幅: 6.55 mm  
秋 材 率: 40~50%  
気 乾 比 重: 0.39  
全 乾 比 重: 0.34  
含 水 率: 14.9%

〔附—13 表〕(第 50 図)

樹 種: スギ  
標点設定部: 秋材部  
荷 重: 500 kg ( $55 \text{ kg/cm}^2$ )  
繰返し負荷回数: 30 回  
試験片寸法:  
2.99×3.00×5.61 cm  
平均年輪幅: 6.30 mm  
秋 材 率: 40~50%  
気 乾 比 重: 0.40  
全 乾 比 重: 0.36  
含 水 率: 13.7%

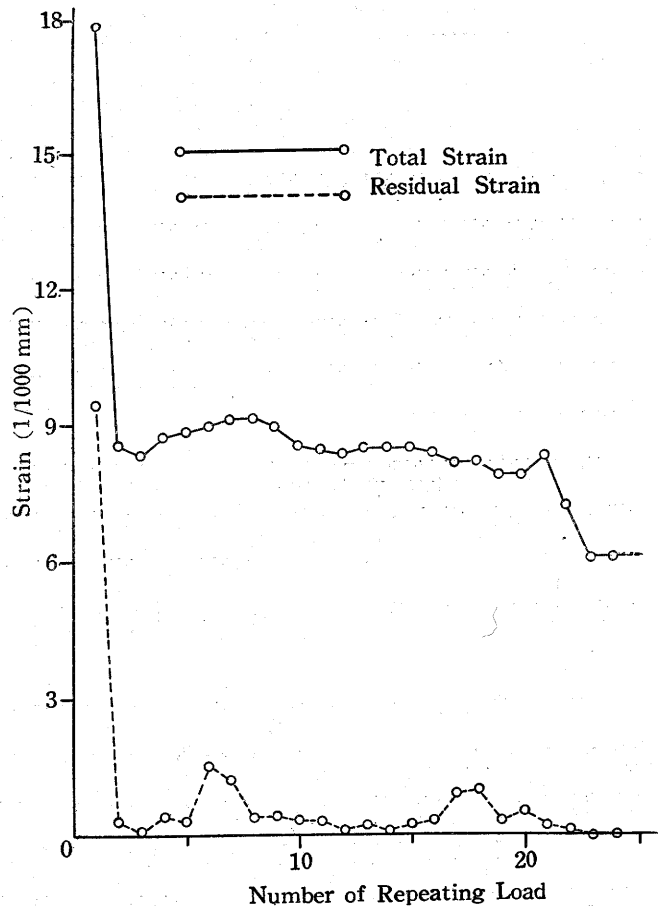


Fig. 49. Strain-repeating load diagram at springwood of Sugi.

これらの図によつて見れば年輪

巾広く、かつ秋材率の高いもの、換言すれば春材部および秋材部自体の幅の広いものに於ては、

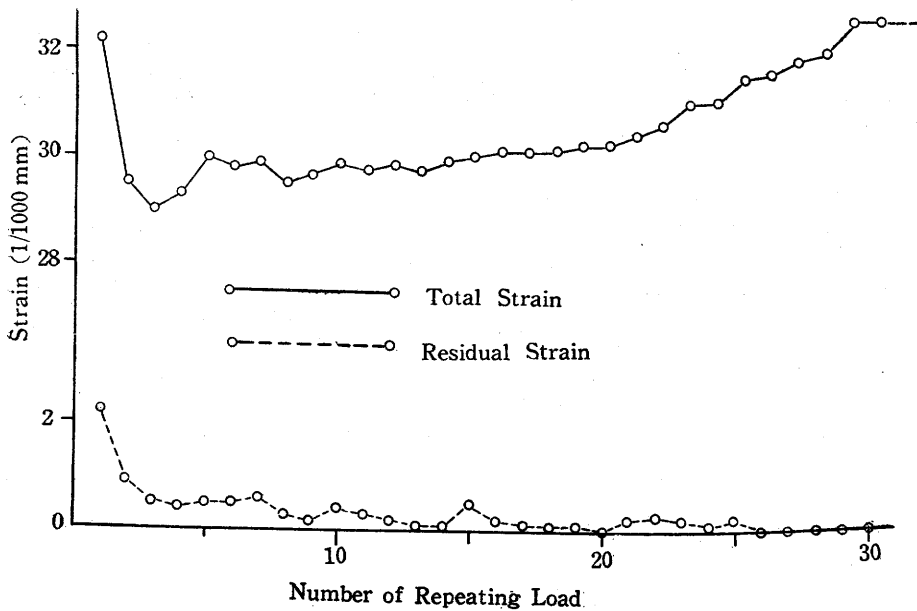


Fig. 50. Strain-repeating load diagram at summerwood of Sugi.

C—bの項で述べた春材部と秋材部との相異がより著しく現れて来る。結局春材部自体の巾の広いものは春材部の傾向がより顕著に現われ、秋材部自体の巾の広いものは秋材部の傾向がより顕著に現われて来る。従つて春材部に於ける最初的全歪量の激減および残留歪みの量の増減は春材部自体の巾が広ければ広い程著しくなる傾向をもっている。

**d) 春材部、秋材部相互の影響** 上述のように春材部と秋材部とは全く対蹠的な傾向を有するが、この春材部と秋材部とが交互に配列している木材に於ては春材部が秋材部に、秋材部が春材部に相互に影響し合っていることはC—cの項を見ても明かである。

この影響を見る為に板目面に於て春材部の巾又は秋材部の巾を変化せしめて測定するか、或は同一年輪に就て板目面と柁目面とを比較するかして実験を試みた。即ち第 51 図のように木取りしたのである。No. 1 の試験片の場合は柁目の春材部になるべく秋材部に接して標点を設定するのである。この場合標点は春材部より秋材部に移行する部分に設定するのであつて秋材部より春材部に移行する部分に設定するのではない。又 No. 2 は No. 1 と同

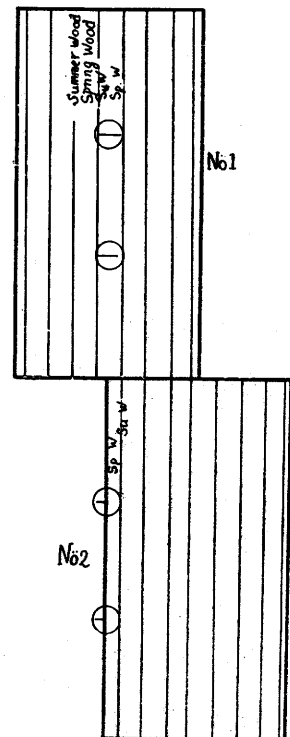


Fig. 51. Position of standard point.

一年輪の秋材部を削り取つて春材部を最外部に出したものである。故にこの最外層の春材部は—

方にだけ秋材部が存在しているようにした板目であつて、この板目の中央部に標点を設定したものである。

このような試験片によつて実験した結果を示せば No. 1 の場合には第 52 図のようになる。但しこの場合の実験条件は次の通りである。

〔附—14 表〕

樹 種： スギ  
標 点 設 定 部： 春材部、但し柱目にて両側に  
秋材部が接する  
荷 重： 500 kg ( $55 \text{ kg/cm}^2$ )  
繰返し負荷回数： 50 回

試 験 片 寸 法：  $3.01 \times 3.01 \times 5.99 \text{ cm}$

平 均 年 輪 幅： 1.92 mm

気 乾 比 重： 0.36

全 乾 比 重： 0.32

含 水 率： 15.0%

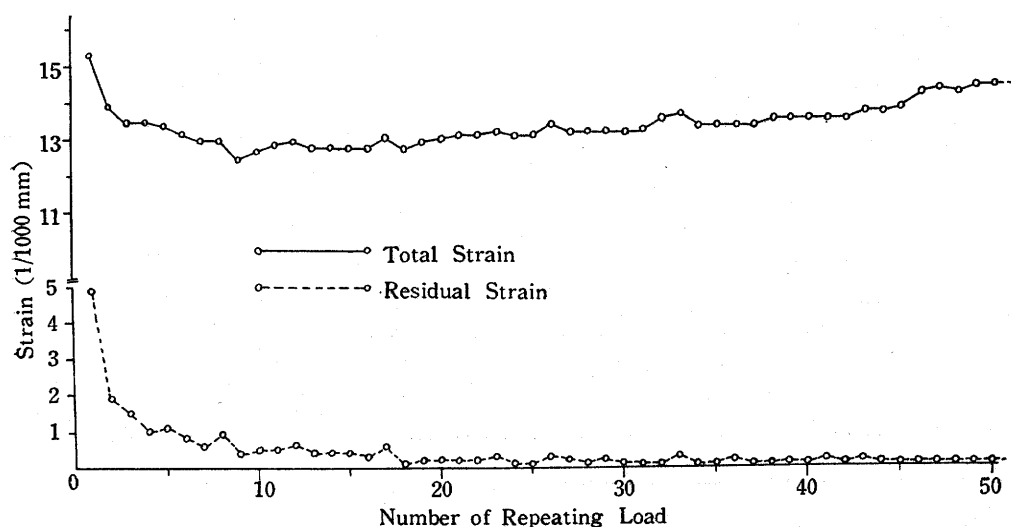


Fig. 52. Strain-repeating load diagram by No. 1 test piece in Fig. 51.

又 No. 2 の試験片による実験結果は第 53 図のようになる。但しこの場合の実験条件は次の通りである。

〔附—15 表〕

樹 種： スギ  
標 点 設 定 部： 春材部、但し板目  
荷 重： 500 kg ( $55 \text{ kg/cm}^2$ )  
繰返し負荷回数： 50 回

試 験 片 寸 法：  $3.00 \times 3.01 \times 6.01 \text{ cm}$

平 均 年 輪 幅： 1.90 mm

気 乾 比 重： 0.38

全 乾 比 重： 0.33

含 水 率： 15.0%

これらの実験結果より次のことが分る。即ち第 52 図は柱目面に於て秋材部に接する春材部に標点を設定した場合であるから、繰返し負荷回数の増加に伴つて残留歪みを残しながら全歪みが漸次増加する秋材部のような傾向を示している。これに反して第 53 図は板目面に於てその最外層が春材部であり、この春材部が一方の側にだけ秋材層が存在する場合であり、しかもこの春材部の厚さを出来るだけ厚くした場合であるから、繰返し負荷回数の増加に伴つて全歪みが漸次減少する春材部そのものの傾向を示している。故に明かに秋材部が春材部に影響を与えているので

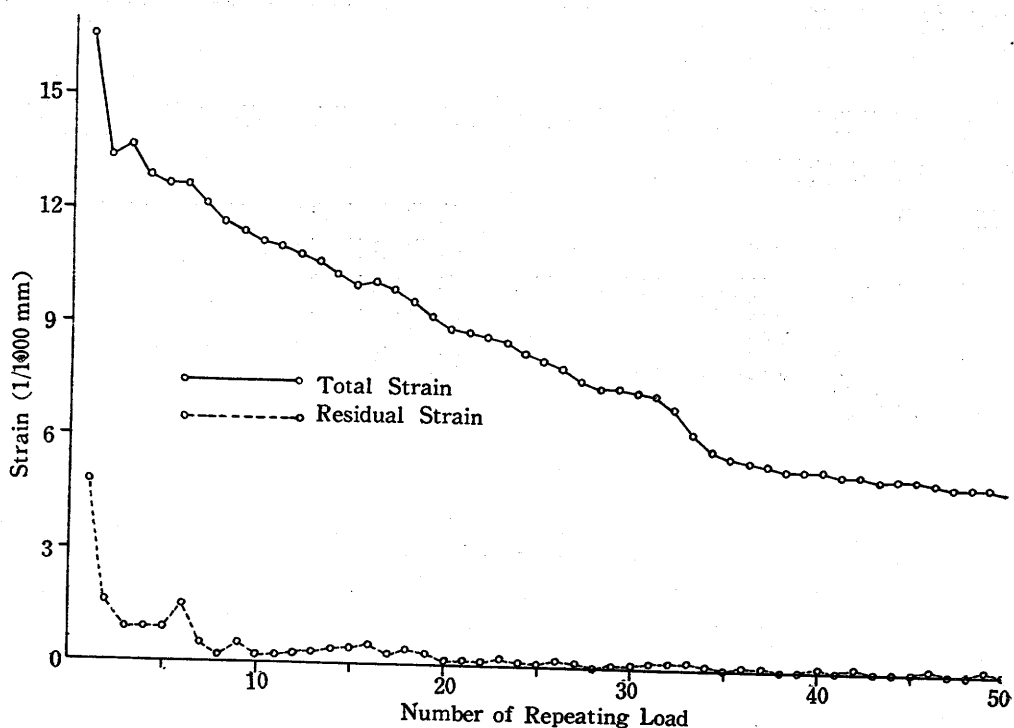


Fig. 53. Strain-repeating load diagram by No. 2 test piece in Fig. 51.

ある。

この場合試験片にある荷重を加えて後その荷重を取り除き、歪みが安定した状態に於ては春材部には引張の、秋材部には圧縮の残留応力が存在しているように考えられる。

e) 繰返し荷重の大きさを増減せる場合 或る大きさ  $a$  なる荷重を或る回数繰返し負荷した後、その荷重を増加又は減少せしめて  $b$  なる大きさの荷重にし、その  $b$  なる荷重を繰返し負荷せしめた場合に得られる歪み増減曲線はその試験片に最初から  $b$  なる大きさの荷重を繰返し負荷して得られる歪み増減曲線と異なることは当然考えられるが、本実験に於てはそれを確かめて見た。

本実験に於ける試験片 33 個の中の典型的なものを示せば第 54 図のようになる。この場合の実験条件は次の通りである。

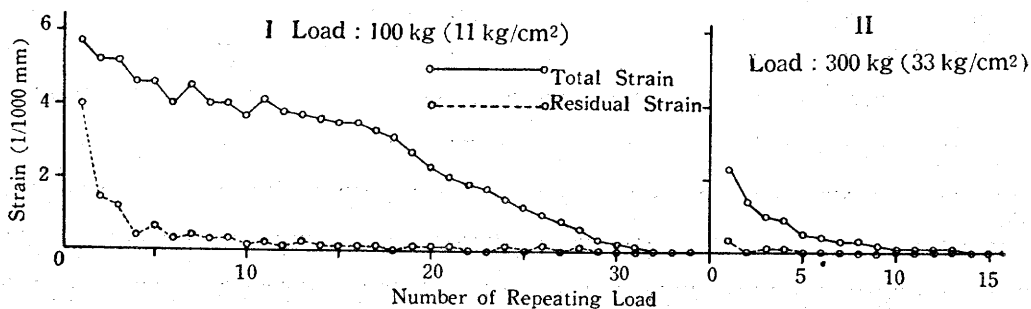


Fig. 54. Strain-repeating load diagram when the load is changed.



[附-16 表]

樹 種: スギ

標 点 設 定 部: 春材部

荷 重: 100 kg ( $11 \text{ kg/cm}^2$ ) 後に  
300 kg ( $33 \text{ kg/cm}^2$ )

繰返し負荷回数: 34 回, 後の荷重で 16 回

試 験 片 寸 法:  $3.00 \times 3.01 \times 6.02 \text{ cm}$ 

平 均 年 輪 幅: 2.50 mm

気 乾 比 重: 0.44

全 乾 比 重: 0.38

含 水 率: 14.1%

この実験結果によれば一般に a なる大きさの荷重を繰返し負荷した後, その荷重を増加又は減少して b なる大きさの荷重にし, その荷重を繰返し負荷した場合に得られる歪み増減曲線は春材部, 秋材部, 荷重の大きさの如何に拘らず, 初めより b なる大きさの荷重を繰返し負荷した場合に得られるであろう処の歪み増減曲線より常にその程度を減少する傾向を持つ。換言すれば前者は常に後者の縦軸および横軸の縮尺を小さくした状態になる。これを総括的に示せば第 55 図のようになる。図に於て I は a なる大きさの荷重による歪み増減曲線, II は I に次いで b なる大きさの荷重を繰返して負荷した場合に得られる歪み増減曲線, III は a なる大きさの繰返し荷重を与えず, 初めより b なる荷重を繰返し負荷せしめた場合に得られるであろう処の歪み増減曲線である。

然し第 54 図は極めて顕著な場合であつて, 一般にはこれ程著しくはない。(附-6, 7, 8 表参照)

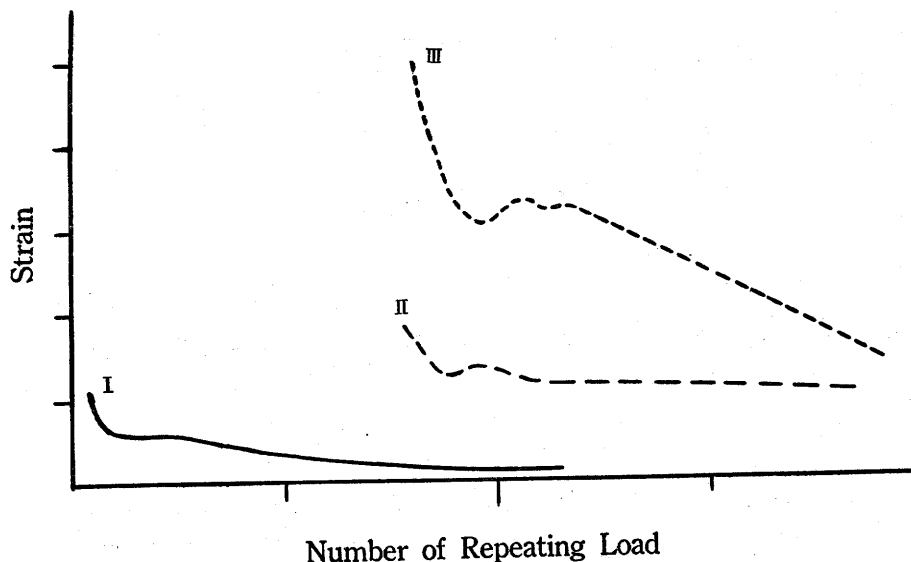


Fig. 55. Schematic drawing of strain-repeating load diagram when the load is changed.

f) 時効現象 金属に於けると同じように木材に於てもその機械的性質を考える場合には時効現象を考える必要があり, 従つて本実験に於ても時効現象を考慮に入れなければならない。即ち繰返し負荷せる場合に得られる歪み増減曲線に及ぼす時間の影響を追究せねばならない。

本実験に於て今迄記述して来た繰返し荷重を負荷せしめる場合には, 荷重を完全に取り去つた

後、本実験に於て定義付けた残留歪みを測定し、その直後に次の荷重を作用せしめたのであるが繰返し負荷の或る回数の処で次の荷重を加える迄ある時間を置いた場合には、或る時間を置かない場合とは異つた全歪量および残留歪みを与える。即ちこの放置しておく時間の中にはストレインメーターの読みの変化は認められないにも拘らず、次の負荷を行う迄の時間の長短によつて全歪量および残留歪みの値が異つて来る。

試験片 7 個の中から典型的なものを撰び出して示せば第 56 図のようになる。但しこの場合の実験条件は次の通りである。

〔附-17 表〕

樹 種: スギ  
標点設定部: 春材部  
荷 重: 300 kg (33 kg/cm<sup>2</sup>)  
繰返し負荷回数: 30 回  
試験片寸法: 2.99×3.01×6.00 cm

平均年輪幅: 2.15 mm

気乾比重: 0.42

全乾比重: 0.37

含水率: 13.8%

繰返し負荷回数 10 回と 11 回の間および 20 回と 21 回との間に 5 時間の放置時間を置く

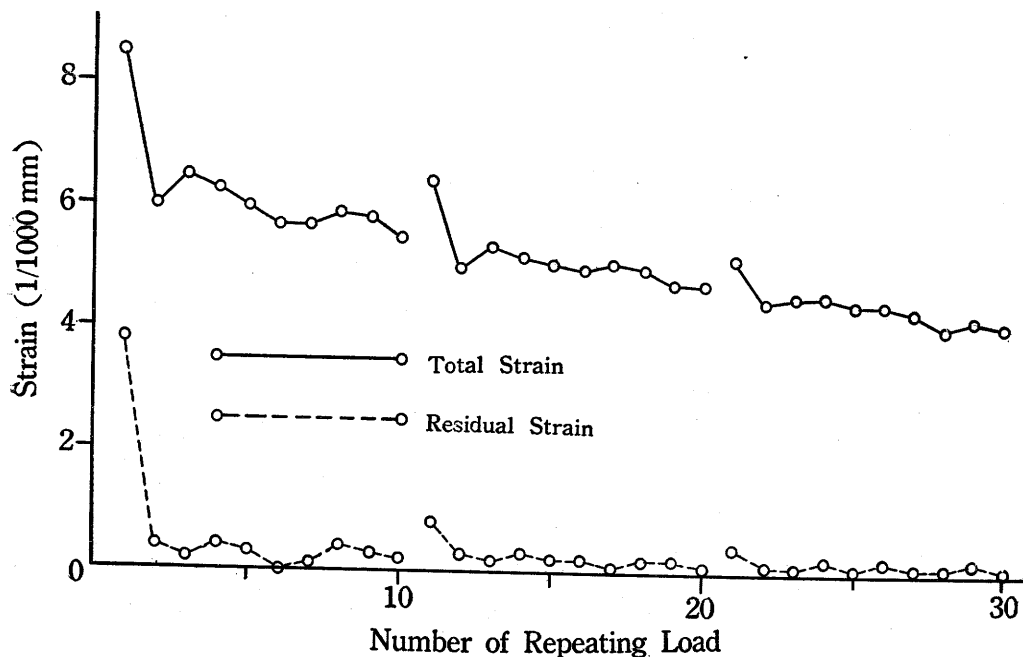


Fig. 56. Time effect at repeating load.

一般に残留歪みが安定した後、短くない時間を置いて次の荷重を加えた場合には丁度荷重に対して virgin なる試験片に始めて負荷する場合に得られる歪み増減曲線の初期の傾向、即ち繰返し負荷回数の初めに全歪量および残留歪み共に著しく減少すると云う傾向を示すが、その程度は荷重に対して virgin である試験片程には著しくない。

#### 〔D〕 荷重—残留歪率曲線

a) 荷重の大きさと残留歪量および残留歪率 本報告に於ける解剖学的探究およびX線的研究では残留歪みを持った材について研究したのであるから、荷重の大きさと残留歪量又は残留

歪率との関係を追究する必要がある。

荷重に対して virgin である試験片に或る大きさの荷重を加えた場合、その荷重の大きさと残留歪みとの関係は一般に加えた荷重が大なるに従つて残留歪みも大となる。

一個の試験片にたとえ相当小さな荷重でも一度加えれば、その試験片はその性質を相当変化せしむることは上記の種々の実験結果で知ることが出来た。故に同一試験片によつて荷重の大きさを変えて残留歪みを測定することは残留歪みの性状が夫々の荷重に対して異つて来るので、荷重の大きさと残留歪量又は残留歪率との関係を究明するのに困難を伴つて来る。然し異なる試験片を用いれば試験片の個々のムラが入つて、その結果種々の因子に左右された全歪量および残留歪量を測定することになる。

従つて荷重の大きさと残留歪量との定量的関係を知る為には出来るだけ性質が近似と思われる試験片を多数用いなければならない。試験片の性質で全歪みおよび残留歪みに影響を与えるものとしては今迄の実験結果より春材部および秋材部自体の巾、荷重の大きさ等である。

然し本実験に於ては限られた試験片の数によつて定量的な結論を導き出す危険を犯さず、定性的に比較することに止めた。即ち比較的近似せる性質を有すると思われる試験片については或る荷重によつて生ずる全歪量に対する残留歪量の百分率を求めれば略一定の近似せる値を与える。

換言すれば全歪量又は残留歪量それ自身の値は試験片個々によつて区々ではあるが、その全歪量に対する残留歪量の割合は略一定であると言う事実を実験により知り、この百分率を“残留歪率”と称し、この残留歪率と荷重の大きさとの関係をなるべく近似せる試験片によつて求めた。

81	11	51	22	62	33	73	44	15	55	26	66	37	77	48	
	21	61	32	72	43	14	54	25	65	36	76	47	18	58	
	31	71	42	13	53	24	64	35	75	46	17	57	28	68	
	41	12	52	23	63	34	74	45	16	56	27	67	38	78	82

Fig. 57. Sampling test pieces at the test of load-residual strain.

近似せる試験片の採取方法としては上質の吉野スギから第 57 図に示すように木取つた。即ち各番号の 10 の位の数字は夫々各組に属すべき番号で、種々の性質のムラを一組に集中するのを避け、各組の試験片を均等に散在せしめた。又 No. 81 および No. 82 を用いて荷重—歪み図を求め、残留歪率との関係を究明した。この試験片の諸性質のムラは次の通りである。

年輪幅： 1.14~1.29 mm

全乾比重： 0.33~0.38

気乾比重： 0.38~0.42

含水率： 13.0~14.5%

これらの試験片について柢目面中央に秋材部 1 本を挟んで、春—秋—春材部に標点を設定した。これに一回の荷重を加え、その大きさと全歪量および残留歪量を求め、残留歪率を計算した。

b) 荷重—残留歪率曲線 この実験結果を示せば第 58 図のようになる。但しこの場合の実験条件は次の通りである。

〔附一10 表〕

樹 種： スギ  
 標点設定部： 春—秋—春材部  
 試験片寸法： 3×3×6 cm

これによつて見れば各試験片の示せる全歪量および残留歪量は相当偏差が大きい、残留歪率の値は図のように余り偏差はない。又残留歪率は荷重によつて変化し、荷重の小さい場合と大きい場合とでは大なる値を取り、中央に於て小なる値を取る。即ち初期荷重によつて材質は著しい変化を受け、荷重 100 kg より 500 kg にかけて残留歪率は急激に低下し、2000 kg を超えると急激に上昇する。

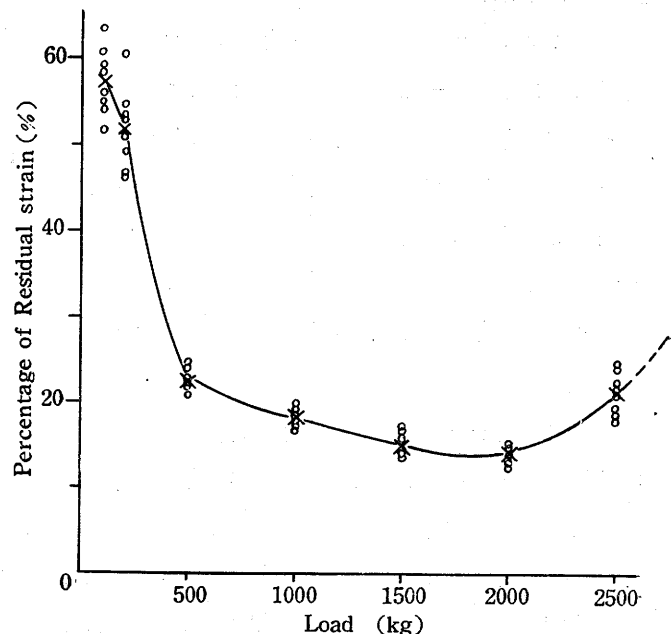


Fig. 58. Load-percentage of residual strain diagram.

この曲線に現れた 500 kg 附近と 2000 kg 附近に於ける特異点と No. 81 および No. 82 によつて求められた第 59 図のような荷重—歪み曲線とを比較して見る。この第 59 図には第 2 部 A—

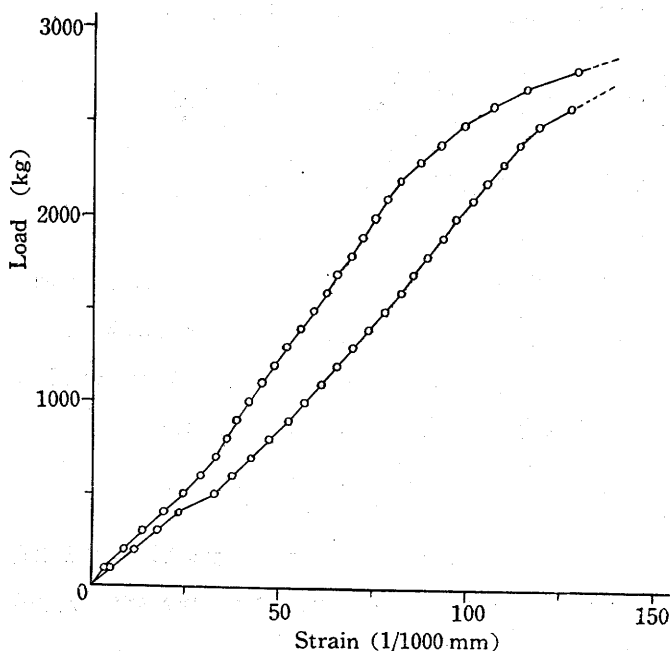


Fig. 59. Load-strain diagram of No. 81 and No. 82 test piece in Fig. 57.

a に於て述べた変曲点が明かに現れ、しかもその荷重の大きさが荷重残留歪率曲線の特異点に相当している荷重の大きさと略一致している。この事実から考えれば、圧縮荷重によつて生ずる歪みは比較的初期荷重によつて残留すべき歪みの全歪みの中に占める部分が多く、荷重を増すと共に回復すべき歪みの占める部分が急激に多くなり、或る大きさの荷重に達すれば残留すべき歪みの部分が一定になり、更に荷重が大きくなれば残留

すべき歪みの部分が再び急激に大きくなる。

故に全歪量の中に残留すべき歪みと回復すべき歪みとの荷重に対する関係は、模式的に示せば第 60 図のようになる。又その初期荷重の所を拡大して示せば第 61 図のようになる。この交点が大体 200 kg 前後ではないかと考えられる。

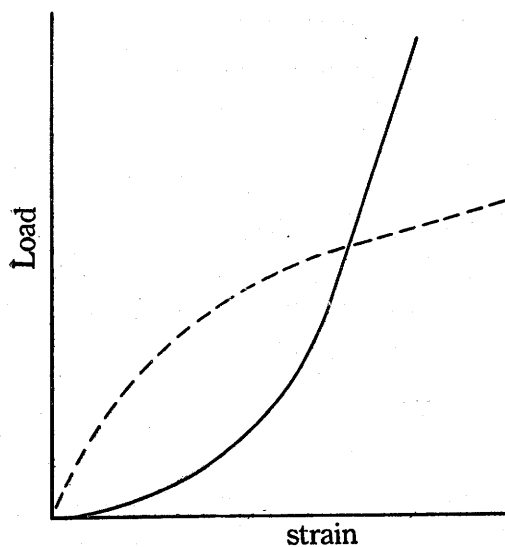


Fig. 60. Load-residual strain and recovering strain diagram.

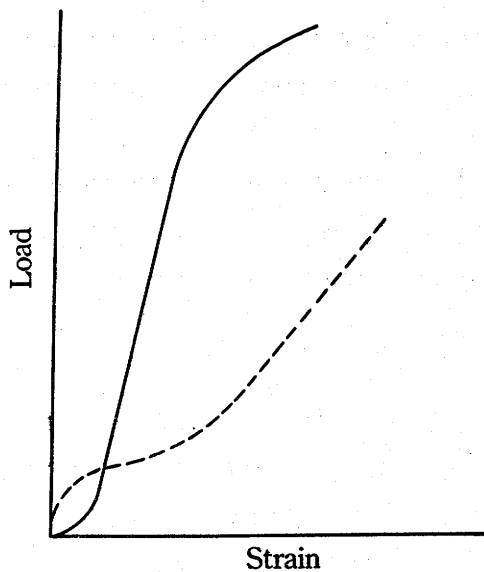


Fig. 61. Initial load-residual strain and recovering strain diagram.

### 第 3 部 総 括

含水率 12~15% の気乾状態に於けるスギ材を主にした圧縮試験をストレインメーターによる機械的研究、解剖学的研究およびX線繊維図による細胞壁微細構造的の研究によつて、その本質を探るべく定量的探究を避けて、定性的探究を行つたが、その結果を総括的に纏めれば次のようになる。

(1) 一般に行われている圧縮試験の場合のように連続的に荷重を増加して行き、それに対する歪みを求めて得られる荷重—歪み曲線は比較的小さい荷重に於て変曲点を有し、その荷重より大きい荷重の範囲に於ては略直線となり、再び荷重の増加割合に対して歪みの増加割合が大となつて、彎曲して来る。これが原因として考えられることはスギ材に対して極めて小さい荷重、例えば  $10 \text{ kg/cm}^2$  程度の荷重によつても春材部仮導管壁には *crinkling* が現われ、又X線的に見ればミセルの平行度および傾斜角に変化を来し、即ち平行度は著しく減少し、傾斜角は増加して来る。又破壊荷重の約  $1/2$  の値である  $166 \text{ kg/cm}^2$  迄の範囲に於ては荷重が増加するに伴つて平行度は再び増加し、傾斜角はより大となる。これに対して秋材部仮導管壁には *slip line* が生じミセルの平行度は変化せず、傾斜角は多少変化して来る。故に小さな荷重によつて春材部、秋材部共に非結晶領域およびよりマクロな部分で材質的に変化を受け、新たな性状を賦与されるから荷重—歪み曲線に変曲点が現われ、それ以後の荷重に対しては今迄と異つた性状の歪みが生じて来るのである。

(2) 圧縮応力によつて生ずる歪みはその応力を生ぜしめた荷重を取り除いても常にある量の歪みを残留する。この残留歪みは 1~2 日では消滅しない。これは初期荷重によつて春材部、秋材部共にその受ける影響の性質は異つても、それぞれ微細構造的に又解剖学的に変化を受けることは(1)に於て述べた通りであるから、残留歪みが極めて小さい荷重から生ずることは考えられる。従つていわゆる弾性限度なるものは殆んど存在しない。

(3) この残留する歪みは数分にして安定状態に達し、少くとも 15 時間以内に於ては  $1/1000 \text{ mm}$  精度のストレインメーターによつてはその安定状態から脱しない。安定状態に達するに要する時間の大小は荷重の大きさ、年輪幅、春材部、秋材部の別、秋材率等によつて影響されるが、荷重が大きいとその時間も大になり、年輪幅狭く、秋材率の小さいものは春材部と秋材部とではその時間に大差なく、年輪幅広く、秋材率の大なるものは春材部の方が秋材部より大なる時間を要する。これは春材部に於ては荷重の作用によつて仮導管壁に *crinkling* が生じ、又ミセルの平行度が低くなり、傾斜角が大になり、錯雑した構造になるのに反して、秋材部では仮導管壁に *slip line* が生ずるが、ミセルの平行度は変化せず、傾斜角が多少大になるに過ぎないから当然考えられる現象である。

この安定した状態に達するに要する時間は如何なる場合に於ても、本実験に主として使用した

スギおよび補助的に使用したツガ、シラベに就ては5分で充分であつた。

(4) この残留歪みが弾性余効に属すべき性質の歪みであるか、又は永久歪みとしてのものであるか、或はその両者が混合しており、その占める割合は如何なるものであるかの問題は春材部と秋材部とでは異つて来る。即ち前述のように春材部に於ては解剖学的に見れば仮導管壁に緩い *crinkling* が生じていることが認められ、X線的に見ればミセルの平行度および傾斜角が処女材のそれらと異つて来ることから考えて、仮導管壁の微細構造上の変化も、又それよりマクロな部分に於ける構造上の変化も起り、全体的に錯雑化しているが、*slip line* は秋材部のように認められないから、残留歪みの中には永久歪みの性質のものが大きな部分を占めるであろうが、弾性余効に属するものも多少は存在するであろう。これに対して秋材部に於ては解剖学的に見れば初期荷重によつても仮導管壁に *slip line* が認められ、*crinkling* は認められず、又X線的研究によればミセルの平行度は変化せず、傾斜角が多少変化するだけに過ぎないから、ミセルはその方向を乱すことなく同じ方向に同じ程度傾いたに過ぎず、結晶部分の迂りによる変化ではなく、非結晶部分およびよりマクロな部分に於ける迂りが生じているのであろう。故にこの場合の残留歪みは永久歪みの性質のものであると考えられる。

(5) 繰返し荷重の場合には繰返し負荷の回数の増加に伴つて歪みの変化を示す歪み増減曲線は下降曲線となり、その性状は春材部と秋材部とでは対蹠的な相異を示す。即ち春材部に於ては荷重によつて生ずる全歪みは初期に相当急激に減少し、それ以後回数の増加に伴つて漸次減少し緩慢となり、遂に *constant* に到達する。この場合の残留歪みは初め最も大きく、全歪量の 65% を占め、漸次減少するが、なかなか消滅しない。これに対して、秋材部では初期に全歪みは減少し、後やゝ減少してから再び漸次増加し、遂に *constant* に到達する。又この場合の残留歪みは初め最も大きく、全歪量の 65% に達するが、繰返し負荷回数の増加に伴つて漸次減少して春材部より早く消滅する。

解剖学的に見れば単一荷重の場合でも小さな荷重によつて春材部の仮導管壁に緩い *crinkling* が生じていることから考えて、繰返し荷重によつても *crinkling* が生じているであろうことは容易に考えられ、又X線的に見れば繰返し負荷によつて春材部のミセル平行度および傾斜角が荷重に対して *virgin* である処のそれらより変化しているから、繰返し負荷によつて結晶部分の乱れと廻転が生じ、又その程度が繰返し負荷の回数によつて著しくなり、従つて全歪量が減少して来るが、残留歪みは微細構造上の乱れによつて春材部がスプリングの錯雑した塊のような性質を具有するに至る為になかなか消滅しない。これに反して秋材部に於ては単一荷重によつて仮導管壁に *slip line* が生じていることから考えて、繰返し荷重によつても同様に仮導管壁に *slip line* が生じているであろうことは当然考えられ、又X線的に見ても繰返し負荷によつてミセルの平行度および傾斜角が余り変化しないのであるから結晶部分の乱れは起らず、非結晶部分およびよりマクロな部分での迂りが生じて来るのである。故に比較的小さな荷重の繰返しの場合には全歪み

はそれらの迂りによつて増加し、荷重が比較的大なる場合にはそれらの迂りが相当進んで、その木材が新しい材料として出発し、全歪量は漸次減少するが、残留歪みは数回にして皆無となるのである。

(6) 春材部および秋材部の幅、即ち秋材率の大なる試験片に於ては春材部および秋材部の特質が顕著に現われる。

即ち春材部は隣接の秋材部によつて、応力により歪みの生ずる状態に就て影響を受ける。又逆に秋材部は隣接の春材部によつて、応力により歪みの生ずる状態に就て影響を受ける。従つて春材部および秋材部の幅の広いものはその中央に於てはそれらの本来の性質を示し、隣接の他の部分に近いものは隣接部の影響を受け、両方の傾向が混合したような傾向を示す。

(7) ある  $a$  なる大きさの荷重を繰返し負荷せしめた後  $a$  と異なる大きさの  $b$  なる荷重を続けて繰返し負荷せしめた場合には、初めより  $b$  なる大きさの荷重を繰した場合に得られるであろう歪み増減曲線より常にその傾向が弱くなる。

(8) 繰返し負荷の途中で、荷重と次の荷重との間に短くない時間を置けば、荷重に対して virgin である試験片に始めて負荷する場合に得られる歪み増減曲線の初期の傾向、即ち繰返し負荷回数の初めに全歪量および残留歪み共に著しく減少すると云う傾向を示すが、その程度は荷重に対して virgin である試験片の場合程著しくない。

(9) 荷重の大きさを变化させた場合、全歪みに対する残留歪みの百分比で示された残留歪率は minimum curve を描き、初期荷重によつては大に、又荷重が大きくなれば再び大となり、その中間では小となる。激減する点に相当する荷重は約 200 kg および 2000 kg であつて、この場合の試験片の寸法は  $3 \times 3 \times 6$  cm であるから、荷重 200 kg は圧縮荷重—歪み曲線の変曲点に相当する荷重と略一致している。

#### 参 考 文 献

- (1) KOLLMANN, F.: Über die Abhängigkeit einiger mechanischen Eigenschaften der Hölzen von der Zeit, von Kerben und von der Temperature. Erste Mitteilung; Der Einfluss der Zeit auf die mechanischen Eigenschaften der Hölzer. Holz als Roh- und Werkstoff. **10—5**, 187—197 (1952).
- (2) KOMMERS, W. J.: Effect of the Repetitions of Stress on the Bending and Compressive Strength of Sitka Spruce and Douglas fir. Rep. F. P. L. No. 1320 (1943).
- (3) KOMMERS, W. J.: Effect of Single Reversal of Stress on the Static and Impact Bending Strength of Sitka Spruce and Douglas fir. Rep. F. P. L. No. 1325 (1943).
- (4) 沢田 稔: 木材の繊維方向に於ける変形. 木材工業, **6—12**, 549—551 (1951).
- (5) 金丸 競・祖父江 寛: 高分子構造論, 中巻, (1948).
- (6) SUGIMURA, I.: Elasticity of Cast Iron at Ordinary and Elevated Temperature. 機誌, **29—112**, 439—480 (1926).
- (7) 中原益治郎: 鉛の機械的性質について (I), 機誌, **31—136**, 391—408 (1928).
- (8) 中原益治郎: 鉛の機械的性質について (II), 機誌, **32—144**, 157—170 (1929).



- (9) 中原益治郎：鉛の機械的性質について (Ⅲ)，機誌，32—145，242~256 (1929)。
- (10) 中原益治郎：鉛の機械的性質について (Ⅲ)，機誌，32—150，421~428 (1929)。
- (11) 中原益治郎：鉛の機械的性質について (Ⅳ)，機誌，34—175，1562~1571 (1931)。
- (12) 藤野 清久：糸の縦弾性係数について，日本機械論文集，6—23，4~4 (1940)。
- (13) 俣野仲次郎：繊維物理学 (1944)。
- (14) 武藤俊之助他：塑性変形の理論と応用 (1950)。
- (15) 佐野益太郎：ストレインメーター (1940)。
- (16) 仁 二郎：弾性及び音響 (1941)。
- (17) 山田良之助：材料試験法 (1933)。
- (18) 清水 篤磨：金属材料実験法 (1946)。
- (19) 松村 鶴造：伸張試験に於ける弾性的伸の測定について，機誌，29—112 (1926)。
- (20) SUGIMURA, I.：前出
- (21) 小林 韓治：抵抗線歪計について，機械の研究 4—1，46~48 (1952)。
- (22) 小林 韓治：金属抵抗線歪計について，機誌，54—394，465~470 (1951)。
- (23) HYDE, J. H.：Mechanical Testing (1931)。
- (24) 島倉巳三郎：木材の解剖学的研究法 (1934)。
- (25) CHAMBERLAIN, C. J.：Methods in Plant Histology, 91 (1931)。
- (26) 田中晋輔・室 善助：木材組織のX線的研究 (後報)，日本学報，XIII—3，457~461 (1938)。
- (27) 田中晋輔・室 善助：木材組織のX線的研究 (後報)，日本学報，XII—1，42~48 (1937)。
- (28) 久保輝一郎・呉 裕吉：木材組織のX線的研究，工業化誌，XLIV—522，651~655 (1941)。
- (29) 久保輝一郎・呉 裕吉：木材組織のX線的研究，工業化誌，VLIV—522，653 (1941)。
- (30) KOLLMANN, F.：Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe 1Bd, 577~575 (1951)。
- (31) RECORD, S. J.：The Mechanical Properties of Wood, 4 (1914)。
- (32) GARRAT, G. A.：The mechanical Properties of Wood, 4 (1931)。
- (33) 東 巽：木材の圧縮強度に就きての一考察，林誌，22—12，678~692 (1940)。
- (34) 関谷 文彦：木材強弱論，95~96 (1934)。
- (35) 関谷 文彦：木材の弾性限度決定について，日本木材工芸，2—2，525~526 (1934)。
- (36) KOMMERS, W. J.：前出
- (37) 有働 敬郎：顕微鏡下に於ける飛行機用木材の強度試験，機械，12—4 (1934)。
- (38) 布施 忠司：試験法が木材の強度値に及ぼす影響について，満鉄技研報，236 (1943)。
- (39) HERMANS, P. H.：Physics and Chemistry of Cellulose Fiber, 266~273 (1949)。
- (40) 岡 小天・大川 章哉：高分子物理学序説，30~31 (1948)。
- (41) PANSIN, A. J., BROWN, H. P. & FORSAITH, C. C.：Textbook of Wood Technology, 93 (1949)。
- (42) SEKIYA, F.：Experimental Study on the Static Ball Indentation of Wood. Bull. MIE IMP. COLL. AGR. FOR. (1936)。
- (43) HERMANS, P. H.：前出
- (44) TIEMANN, H. D.——KOLLMANN, F.：前出 720。
- (45) 沢田 稔：前出

### Résumé

In this experiment, the authors studied on the compression of wood in air dry, 12~15% moisture content, chiefly of Sugi-wood (*Chryptomeria japonica* D. DON.) by mechanical method with strainmeter, anatomy and X-ray. But they intended to study its essential qualities qualitatively, not quantitatively by averaging their experimental data.

The obtained results are as follows:

(1) There is a point of inflexion in stress-strain diagram at initial load which is gained by continuous increasing load as ordinary compressive testing method. The diagram at larger load is nearly straight and at larger load it begins to curve, for the ratio of strain per stress becomes larger (Fig. 17, 18, 19). They explain this phenomena as follows: Crinklings appear in springwood tracheid of Sugi (Fig. 21), parallel of micell evidently decreases and orientation angle increases in X-ray photographs, even though with very small stress, for instance  $10 \text{ kg/cm}^2$ . When the load increases the parallel and orientation angle of micell much more increase with about one half of compressive strength,  $166 \text{ kg/cm}^2$  (Fig. 31, 32).

On the other hand, slip lines (or slip planes) appear in summerwood tracheid of Sugi (Fig. 21) and the parallel of micell does not change, but the orientation angle slightly changes even though with small initial stress.

And the properties of springwood and summerwood are changed by small initial stress with the changes in amorphous part or more macrostructure of wood. Consequently, the property of wood differs from that of virgin wood and a point of inflexion appears in stress-strain diagram.

(2) Any part of strain which is brought by stress, residual strain, remains even when the load is taken off. The residual strain does not disappear in 1~2 days. As mentioned in (1), both springwood and summerwood change their properties even with initial small stress in microstructure and much more macrostructure of cellwall, admitting that their received effects are different with each other, so residual strain may exist even with small stress.

After all, there is almost no limit of elasticity in wood as in steel.

(3) The residual strain reaches to stable stage in a few minutes and does not change within 15 hours with strainmeter which has  $1/1000 \text{ mm}$  accuracy. The time at which residual strain becomes to be stable is affected by load, width of annual ring, springwood or summerwood and percentage of summerwood (Fig. 35, 36, 37, 38). When the load is larger, the time is longer. When the width of annual ring is narrow and the percentage of summerwood is small, the time hardly differs at springwood and summerwood with each other. But the width and the percentage are larger, the time is longer in springwood. They are caused by the facts as follows; under stress on springwood tracheid there appear crinklings, the parallel and the orientation of micell become poor and the micro- and macrostructures of cellwall become complex. But in summerwood slip lines appear and the parallel hardly changes and the orientation only becomes slightly larger.

The time enough in which the residual strain reaches to stable stage is always 5 minutes on Sugi, Shirabe and Tsuga.

(4) Should the residual strain above mentioned belong to elastic after-effect or to permanent strain and how are their percentages when they are compounding?

These problems change their conditions in springwood and summerwood. In springwood micro- and macro- structures of tracheid change with stress as mentioned in (1) and (3), and become complex. So the residual strain in springwood shall consist chiefly of permanent strain and only partially of elastic after-effect. On the other hand, crinklins do not appear and only slip lines appear in summerwood. Then, the parallel of micell does not change and the orientation slightly changes, so strain shall not be caused by sliding in crystalline part, but in amorphous part and macrostructure as mentioned in (1). Consequently, the residual strain in summerwood shall consist of permanent strain.

(5) The relation of repeating stress times and strain is indicated by falling curve (Fig. 39, 40). The curves have very evident contrasting properties in springwood and summerwood. In the former the total strain decreases remarkably at initial number of repeating load times and the decrease continues with the increase of the times. At last it reaches to constant. The residual strain is larger at initial number of the times, taking 65% of total strain and decreases the percentage with the repeating load times, but does not disappear easily.

In summerwood, on the other hand, the total strain decreases at initial number of repeating load times and increases again after gradual decrease. At last it reaches to constant. In this case the residual strain is the largest at initial times, taking 65% of total strain, and decreases the percentage with the repeating load times, then disappears at smaller times than in springwood.

From the anatomical standpoint, there should be slack crinklins in springwood tracheid by repeating small load, for there are slack crinklins in it by small single load. And from the X-ray studying standpoint, the parallel and the orientation of micell differ from those of virgin wood by repeating load, and the microstructure becomes complex. It becomes conspicuous with the increase of repeating load times. As the result, property becomes as that of complex mass of steel spring, so the residual strain hardly disappears.

On the other hand, there should be slip lines in summerwood tracheid by repeating load, as it occurs by single load, and the parallel and the orientation of micell hardly change in X-ray study. So crystalline part remains in same condition and sliding in amorphous part and macrostructure should occur. When the repeating load is small the total strain increases by the sliding. When the repeating load is larger, the sliding becomes conspicuous and the wood gets new property, differing from virgin wood. As the result, the total strain decreases gradually, but the residual strain disappears in a few times of repeating load.

(6) When springwood and summerwood are wide, the properties of them become evidently in themselves, for the former is affected with neighbouring the latter and the latter is affected with neighbouring the former in their strain. And their properties are natural at the middle point of them and their properties

mix with each other at the point near other wood (Fig. 50, 51, 52).

(7) When any repeating load of  $b \text{ kg/cm}^2$  is exercised on wood after other repeating load of  $a \text{ kg/cm}^2$ , less than that, the curve of repeating load times-strain diagram is not evident as that which should be gained only by  $b$  repeating load.

(8) When there is a long resting time while repeating loads, the curve of repeating load times- strain diagram has same property as that which should be gained at the virgin wood (Fig. 55).

(9) When the load is changed, the relation of load and the percentage of residual strain (the ratio of residual strain to total strain) is indicated by minimum curve. The load at conspicuous curving point of the curve coincides with that of inflexion of stress-strain diagram (Fig. 57, 58, 59).

附 表
-----

(歪計の読みは総て 1/1000 mm 単位)

第1表 スギ, 荷重—歪み曲線

荷 kg	重 kg/cm <sup>2</sup>	歪計の読み	歪みの増加
0	0	0	
100	11.2	3.6	3.6
200	22.4	8.2	4.6
300	33.6	13.7	5.5
400	44.8	19.8	6.1
500	56.0	24.8	5.0
600	67.2	29.0	4.2
700	78.4	32.3	3.3
800	89.6	35.4	3.1
900	100.8	38.6	3.2
1000	112.0	41.9	3.3
1100	123.2	45.2	3.3
1200	134.5	48.6	3.4
1300	145.7	51.9	3.3
1400	156.9	55.3	3.4
1500	168.1	58.5	3.2
1600	179.3	61.8	3.3
1700	190.5	64.9	3.1
1800	201.7	68.1	3.2
1900	212.9	71.4	3.3
2000	224.1	74.6	3.2
2100	235.3	77.8	3.2
2200	246.5	81.1	3.3
2300	255.7	86.3	5.2
2400	268.9	91.8	5.5
2500	280.1	98.1	6.3
2600	291.3	105.6	7.5
2700	302.5	114.7	9.1
2800	313.7	128.0	13.3

第2表 シラベ, 荷重—歪み曲線

荷 kg	重 kg/cm <sup>2</sup>	歪計の読み	歪みの増加
0	0	0	
100	11.2	3.0	3.0
200	12.5	6.1	3.1
300	33.7	9.2	3.1
400	44.9	12.7	3.5
500	56.2	16.5	3.8
600	67.5	20.2	3.7
700	78.7	24.0	3.8
800	89.9	27.7	3.7
900	101.2	31.1	3.4
1000	112.4	34.6	3.5
1100	123.7	37.8	3.2
1200	134.9	40.9	3.1
1300	146.1	44.2	3.3
1400	157.4	47.2	3.0
1500	168.6	50.2	3.0
1600	179.9	53.6	3.4
1700	191.1	56.6	3.0
1800	202.4	59.7	3.1
1900	213.6	62.7	3.0

2000	224.9	65.8	3.1
2100	236.1	69.0	3.2
2200	247.3	72.2	3.2
2300	258.6	76.1	3.9
2400	269.8	79.8	3.7
2500	281.1	83.8	4.0
2600	292.3	87.8	4.0
2700	303.6	91.7	3.9
2800	314.8	96.4	4.7
2900	326.0	101.9	5.5
3000	337.3	107.0	5.1
3100	348.5	113.8	6.8
3200	359.8	122.8	9.0
3300	371.0	133.8	11.0
3400	382.3	148.0	14.2
3500	393.5	167.0	19.0
3600	404.7	194.8	27.8

第3表 ツガ, 荷重—歪み曲線

荷 kg	重 kg/cm <sup>2</sup>	歪計の読み	歪の増加
0	0	0	
100	11.3	3.2	3.2
200	22.6	8.0	4.8
300	33.8	12.0	4.0
400	45.1	17.5	5.5
500	56.4	22.1	4.6
600	67.7	25.8	3.7
700	79.0	29.0	3.2
800	90.2	32.4	3.4
900	101.5	35.2	2.8
1000	112.8	38.5	3.3
0	0	4.3	-34.2

第4表 スギ, 歪みの履歴曲線

繰返し回数	荷 kg	重 kg/cm <sup>2</sup>	歪計の読み	歪の増加
(1)	0	0	0	
	100	11.1	4.9	
	0	0	4.6	0
(2)	100	11.1	8.5	3.9
	200	22.2	12.3	7.7
	0	0	8.2	3.6
(3)	100	11.1	10.8	2.6
	200	22.2	15.6	7.4
	300	33.3	19.4	11.2
(4)	0	0	10.7	2.5
	100	11.1	13.9	3.2
	200	22.1	17.5	6.8
	300	33.3	20.7	10.0
	400	44.5	23.9	13.2
	0	0	12.8	2.1
				-11.1

繰返し回数	荷重 kg	重 kg/cm <sup>2</sup>	歪計の読み		歪の増加
(5)	100	11.1	15.9	3.1	3.1
	200	22.2	19.3	6.5	3.4
	300	33.5	22.5	9.7	3.2
	400	44.5	25.9	13.1	3.4
	500	55.6	28.8	16.0	2.9
	0 <sub>5</sub>	0	14.7	0 1.9	-14.1
(6)	100	11.1	17.8	3.1	3.1
	200	22.2	21.2	6.5	3.4
	300	33.3	24.0	9.3	2.8
	400	44.5	27.1	12.4	3.1
	500	55.6	30.0	15.3	2.9
	600	66.8	32.8	18.1	2.8
0 <sub>6</sub>	0	16.6	0 1.9	-16.2	
(7)	100	11.1	19.6	3.0	3.0
	200	22.2	23.2	6.6	3.6
	300	33.3	25.9	9.3	2.7
	400	44.5	28.9	12.3	3.0
	500	55.6	31.8	15.2	2.9
	600	66.8	34.4	17.8	2.6
700	77.9	36.8	20.2	2.4	
0 <sub>7</sub>	0	18.4	0 1.8	-18.4	
(8)	100	11.1	21.3	2.9	2.9
	200	22.2	24.8	6.3	3.4
	300	33.3	27.6	9.2	2.9
	400	44.5	30.7	12.3	3.1
	500	55.6	33.4	15.0	2.7
	600	66.8	35.8	17.4	2.4
700	77.9	38.2	19.8	2.4	
800	89.0	40.9	22.5	2.7	
0 <sub>8</sub>	0	20.0	0 1.6	-20.9	
(9)	100	11.1	22.7	2.7	2.7
	200	22.3	26.1	6.1	3.4
	300	33.3	28.9	8.9	2.8
	400	44.5	31.9	11.9	3.0
	500	55.6	34.7	14.7	2.8
	600	66.8	37.1	17.1	2.4
700	77.9	39.4	19.4	2.3	
800	89.0	42.0	22.0	2.6	
900	101.1	44.9	24.9	2.9	
0 <sub>9</sub>	0	20.7	0 0.7	-24.2	
(10)	100	11.1	23.4	2.7	2.7
	200	22.2	26.8	6.1	3.4
	300	33.3	29.8	9.1	3.0
	400	44.5	32.7	12.0	2.9
	500	55.6	35.7	15.0	3.0
	600	66.8	38.3	17.6	2.6
700	77.9	40.7	20.0	2.4	
800	89.0	43.2	22.5	2.5	
900	101.0	46.1	25.4	2.9	
1000	112.2	49.1	28.4	3.0	
0 <sub>10</sub>	0	21.9	0 1.2	-27.2	

第5表 シラベ, 歪の履歴曲線

繰返し回数	荷重 kg	重 kg/cm <sup>2</sup>	歪計の読み		歪みの増加
(1)	0	0	0		
	100	11.2	7.2		7.2
	0	0	0.7	0	-6.5
(2)	100	11.2	6.4	5.7	5.7
	200	22.4	12.3	11.6	5.9
	0	0	1.9	0 1.2	-10.4
	100	11.2	5.7	3.8	3.8
	200	22.4	9.5	7.6	3.8
	300	33.6	14.2	12.3	4.7
	0	0	3.8	0 1.9	-10.4
	100	11.2	6.1	2.3	2.3
	200	22.4	9.6	5.8	3.5
	300	33.6	14.0	10.2	4.4
(3)	400	44.8	18.8	15.0	4.8
	0	0	4.0	0.2	-14.8
	100	11.2	6.5	2.5	2.5
	200	22.4	9.9	5.9	3.4
	300	33.6	14.0	10.0	4.1
	400	44.8	18.8	14.8	4.8
	500	56.0	22.8	18.8	4.0
	0	0	4.0	0	-18.8
	100	11.2	6.5	2.5	2.5
	200	22.4	9.0	5.0	2.5
(4)	300	33.6	12.7	8.7	3.7
	400	44.8	16.7	12.7	4.0
	500	56.0	20.8	16.8	4.1
	600	67.2	23.5	19.5	2.7
	0	0	4.4	0 0.4	-19.1
	100	11.2	6.4	2.0	2.0
	200	22.4	8.2	3.8	1.8
	300	33.6	10.9	6.5	2.7
	400	44.8	14.9	10.5	4.0
	500	56.0	17.8	13.4	2.9
(5)	600	67.2	20.8	16.4	3.0
	700	73.4	24.0	19.6	3.2
	0	0	4.8	0.4	-19.2
	100	11.2	6.1	1.3	1.3
	200	22.4	7.7	2.9	1.6
	300	33.6	9.2	4.4	1.5
	400	44.8	13.0	8.2	3.8
	500	56.0	14.7	9.9	1.7
	600	67.2	18.1	13.3	3.4
	700	78.4	20.2	15.4	2.1
(6)	800	89.6	24.6	19.8	4.4
	0	0	5.0	0.2	-19.6
	100	11.2	5.8	0.8	0.8
	200	22.4	7.4	2.4	1.6
	300	33.6	9.0	4.0	1.6
	400	44.8	12.0	7.0	3.0
	500	56.0	14.5	9.5	2.5
	600	67.1	16.9	11.9	2.4
	700	78.4	18.9	13.9	2.0
	800	89.6	21.1	16.1	2.2
(7)	900	100.8	25.2	20.2	4.1
	0	0	5.7	0.7	-19.5
	100	11.2	6.1	0.4	0.4
	200	22.4	7.6	1.9	1.5
	300	33.6	9.2	3.5	1.6
	400	44.8	11.9	6.2	2.7
	500	56.0	14.0	8.3	2.1
	600	67.2	16.0	10.3	2.0
	700	78.4	18.1	12.4	2.1
	800	89.6	20.6	14.9	2.5
(8)	900	100.8	23.0	17.3	2.4
	1000	112.0	25.9	20.2	2.9
	0	0	5.9	0.2	-20.0

第5表 シラベ、歪の履歴曲線

繰返し回数	荷重 kg	重 kg/cm <sup>2</sup>	歪計の読み		歪みの増加
(1)	0	0	0		
	100	11.2	7.2		7.2
	0	0	0.7	0	-6.5

第6表 スギ春材部、繰返荷重による歪量の増減

荷 重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪み	残留歪み	回復歪み
0	104.4			
100(11)	100.4	4.0		
0 <sub>1</sub>	101.8		2.6	1.4
100	98.7	3.1		
0 <sub>2</sub>	100.0		1.8	1.3
100	97.7	2.3		
0 <sub>3</sub>	99.2		0.8	1.5
100	96.9	2.3		
0 <sub>4</sub>	98.5		0.7	1.6
100	96.3	2.2		
0 <sub>5</sub>	98.0		0.5	1.7
100	95.9	2.1		
0 <sub>6</sub>	97.5		0.5	1.6
100	95.5	2.0		
0 <sub>7</sub>	97.1		0.4	1.6
100	95.1	2.0		
0 <sub>8</sub>	96.8		0.3	1.7
100	94.8	2.0		
0 <sub>9</sub>	96.4		0.4	1.6
100	94.8	1.7		
0 <sub>10</sub>	96.1		0.3	1.4
100	94.3	1.8		
0 <sub>11</sub>	95.8		0.3	1.5
100	94.0	1.8		
0 <sub>12</sub>	95.6		0.2	1.6
100	93.8	1.8		
0 <sub>13</sub>	95.3		0.3	1.5
100	93.4	1.9		
0 <sub>14</sub>	95.0		0.3	1.6
100	93.2	1.8		
0 <sub>15</sub>	94.8		0.2	1.6
100	93.1	1.7		
0 <sub>16</sub>	94.7		0.1	1.6
100	93.0	1.7		
0 <sub>17</sub>	94.6		0.1	1.6
100	92.9	1.7		
0 <sub>18</sub>	94.5		0.1	1.6
100	92.8	1.7		
0 <sub>19</sub>	94.3		0.2	1.5
100	92.8	1.5		
0 <sub>20</sub>	94.3		0.0	1.5
100	92.7	1.6		
0 <sub>21</sub>	94.2		0.1	1.5
100	92.7	1.5		
0 <sub>22</sub>	94.1		0.1	1.4
100	92.6	1.5		
0 <sub>23</sub>	94.0		0.1	1.4
100	92.5	1.5		
0 <sub>24</sub>	94.0		0.0	1.5
100	92.5	1.5		
0 <sub>25</sub>	93.9		0.1	1.4
100	92.4	1.5		
0 <sub>26</sub>	93.8		0.1	1.4
100	92.3	1.5		
0 <sub>27</sub>	93.8		0.0	1.5
100	92.3	1.5		
0 <sub>28</sub>	93.8		0.0	1.5
100	92.2	1.6		
0 <sub>29</sub>	93.7		0.1	1.5
100	92.2	1.5		
0 <sub>30</sub>	93.7		0.0	1.5
100	92.2	1.5		
0 <sub>31</sub>	93.6		0.1	1.4
100	92.1	1.5		
0 <sub>32</sub>	93.5		0.1	1.4
100	92.1	1.4		
0 <sub>33</sub>	93.5		0.0	1.4
100	92.0	1.5		

0 <sub>34</sub>	93.4		0.1	1.4
100	92.0	1.4		
0 <sub>35</sub>	93.4		0.0	1.4
100	92.0	1.4		
0 <sub>36</sub>	93.4		0.0	1.4
100	92.0	1.4		
0 <sub>37</sub>	93.4		0.0	1.4
100	92.0	1.4		
0 <sub>38</sub>	93.3		0.1	1.3
100	92.0	1.3		
0 <sub>39</sub>	93.3		0.0	1.3
100	92.0	1.3		
0 <sub>40</sub>	93.3		0.0	1.3
100	92.0	1.3		
0 <sub>41</sub>	93.3		0.0	1.3
100	92.0	1.3		
0 <sub>42</sub>	93.3		0.0	1.3
100	92.0	1.3		
0 <sub>43</sub>	93.3		0.0	1.3
100	92.0	1.3		
0 <sub>44</sub>	93.2		0.1	1.2
100	91.9	1.3		
0 <sub>45</sub>	93.2		0.0	1.3
100	91.9	1.3		
0 <sub>46</sub>	93.1		0.1	1.2
100	91.8	1.3		
0 <sub>47</sub>	93.0		0.1	1.2
100	91.7	1.3		
0 <sub>48</sub>	92.7		0.1	1.2
100	91.7	1.2		
0 <sub>49</sub>	92.8		0.1	1.1
100	91.7	1.1		
0 <sub>50</sub>	92.8		0.0	1.1
100	91.6	1.2		
0 <sub>51</sub>	92.7		0.1	1.1
100	91.6	1.1		
0 <sub>52</sub>	92.7		0.0	1.1
100	91.5	1.2		
0 <sub>53</sub>	92.6		0.1	1.1
100	91.5	1.1		
0 <sub>54</sub>	92.5		0.1	1.0
100	91.4	1.1		
0 <sub>55</sub>	92.4		0.1	1.0
100	91.3	1.1		
0 <sub>56</sub>	92.3		0.1	1.0
100	91.2	1.1		
0 <sub>57</sub>	92.2		0.1	1.0
100	91.2	1.0		
0 <sub>58</sub>	92.2		0.0	1.0
100	91.2	1.0		
0 <sub>59</sub>	92.2		0.0	1.0
100	91.2	1.0		
0 <sub>60</sub>	92.2		0.0	1.0

200 22)	87.2	5.0		
0 <sub>1</sub>	91.1		1.1	3.9
200	86.3	4.8		
0 <sub>2</sub>	90.5		0.6	4.2
200	86.2	4.3		
0 <sub>3</sub>	90.1		0.4	3.9
200	86.0	4.1		
0 <sub>4</sub>	89.8		0.3	3.8
200	85.7	4.1		
0 <sub>5</sub>	89.5		0.3	3.8
200	85.3	4.2		
0 <sub>6</sub>	89.2		0.3	3.9
200	85.1	4.1		
0 <sub>7</sub>	89.0		0.2	3.9
200	85.1	3.9		
0 <sub>8</sub>	88.8		0.2	3.7
200	84.8	4.0		
0 <sub>9</sub>	88.6		0.2	3.8

荷 重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪み	残留歪み	回復歪み
200	84.7	3.9		
0 <sub>10</sub>	88.4		0.2	3.7
200	84.5	3.9		
0 <sub>11</sub>	88.2		0.2	3.7
200	84.2	4.0		
0 <sub>12</sub>	88.0		0.2	3.8
200	84.2	3.8		
0 <sub>13</sub>	87.9		0.1	3.7
200	84.1	3.8		
0 <sub>14</sub>	87.8		0.1	3.7
200	84.0	3.8		
0 <sub>15</sub>	87.7		0.1	3.7
200	83.8	3.9		
0 <sub>16</sub>	87.5		0.2	3.7
200	83.7	3.8		
0 <sub>17</sub>	87.4		0.1	3.7
200	83.6	3.8		
0 <sub>18</sub>	87.3		0.1	3.7
200	83.4	3.9		
0 <sub>19</sub>	87.2		0.1	3.8
200	83.3	3.9		
0 <sub>20</sub>	87.1		0.1	3.8
200	83.3	3.8		
0 <sub>21</sub>	87.0		0.1	3.7
200	83.2	3.8		
0 <sub>22</sub>	86.9		0.1	3.7
200	83.1	3.8		
0 <sub>23</sub>	86.8		0.1	3.7
200	83.0	3.8		
0 <sub>24</sub>	86.7		0.1	3.7
200	83.0	3.7		
0 <sub>25</sub>	86.6		0.1	3.6
200	82.9	3.7		
0 <sub>26</sub>	86.5		0.1	3.6
200	82.8	3.7		
0 <sub>27</sub>	86.4		0.1	3.6

第7表 スギ秋材部、繰返し負荷による  
歪量の増減

荷 重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪量	残留歪	回復歪み
0	91.1			
100(11)	88.6	2.4		
0 <sub>1</sub>	89.4		1.6	0.8
100	87.4	2.0		
0 <sub>2</sub>	88.4		1.0	1.0
100	87.0	1.4		
0 <sub>3</sub>	88.0		0.4	1.0
100	86.6	1.4		
0 <sub>4</sub>	87.5		0.5	0.9
100	86.0	1.5		
0 <sub>5</sub>	87.0		0.5	1.0
100	85.6	1.4		
0 <sub>6</sub>	86.7		0.3	1.1
100	85.6	1.1		
0 <sub>7</sub>	86.5		0.2	0.9
100	85.6	0.9		
0 <sub>8</sub>	86.5		0.0	0.9
100	85.4	1.1		
0 <sub>9</sub>	86.4		0.1	1.0
100	85.4	1.0		
0 <sub>10</sub>	86.3		0.1	0.9
100	85.3	1.0		
0 <sub>11</sub>	86.2		0.1	0.9
100	85.2	1.0		
0 <sub>12</sub>	86.1		0.1	0.9

100	85.0	1.1		
0 <sub>13</sub>	86.0		0.1	1.0
100	84.9	1.1		
0 <sub>14</sub>	85.9		0.1	1.0
100	84.6	1.3		
0 <sub>15</sub>	85.8		0.1	1.2
100	84.4	1.4		
0 <sub>16</sub>	85.7		0.1	1.3
100	84.3	1.4		
0 <sub>17</sub>	85.6		0.1	1.3
100	84.2	1.4		
0 <sub>18</sub>	85.5		0.1	1.3
100	83.8	1.7		
0 <sub>19</sub>	85.2		0.3	1.4
100	83.7	1.5		
0 <sub>20</sub>	85.0		0.2	1.3
100	83.6	1.4		
0 <sub>21</sub>	84.9		0.1	1.3
100	83.5	1.4		
0 <sub>22</sub>	84.9		0.0	1.4
100	83.5	1.4		
0 <sub>23</sub>	84.9		0.0	1.4
100	83.4	1.5		
0 <sub>24</sub>	84.8		0.1	1.4
100	83.4	1.4		
0 <sub>25</sub>	84.8		0.0	1.4
100	83.4	1.4		
0 <sub>26</sub>	84.8		0.0	1.4
100	83.4	1.4		
0 <sub>27</sub>	84.8		0.0	1.4
100	83.3	1.5		
0 <sub>28</sub>	84.7		0.1	1.4
100	83.3	1.4		
0 <sub>29</sub>	84.7		0.0	1.4
100	83.3	1.4		
0 <sub>30</sub>	84.7		0.0	1.4
100	83.2	1.5		
0 <sub>31</sub>	84.6		0.1	1.4
100	83.2	1.4		
0 <sub>32</sub>	84.6		0.0	1.4
100	83.2	1.4		
0 <sub>33</sub>	84.6		0.0	1.4
100	83.2	1.4		
0 <sub>34</sub>	84.6		0.0	1.4
100	83.2	1.4		
0 <sub>35</sub>	84.6		0.0	1.4
100	83.1	1.5		
0 <sub>36</sub>	84.6		0.0	1.5
100	83.1	1.5		
0 <sub>37</sub>	84.6		0.0	1.5
100	83.1	1.5		
0 <sub>38</sub>	84.6		0.0	1.5
100	83.1	1.5		
0 <sub>39</sub>	84.6		0.0	1.5
100	83.1	1.5		
0 <sub>40</sub>	84.6		0.0	1.5
100	83.0	1.6		
0 <sub>41</sub>	84.6		0.0	1.6
100	83.1	1.5		
0 <sub>42</sub>	84.6		0.0	1.5
100	83.0	1.6		
0 <sub>43</sub>	84.6		0.0	1.6
100	83.0	1.6		
0 <sub>44</sub>	84.6		0.0	1.6
100	83.0	1.6		
0 <sub>45</sub>	84.6		0.0	1.6
100	83.0	1.6		
0 <sub>46</sub>	84.6		0.0	1.6
100	83.0	1.6		
0 <sub>47</sub>	84.6		0.0	1.6
100	82.9	1.7		
0 <sub>48</sub>	84.6		0.0	1.7
100	82.9	1.7		



荷 重 kg(kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪量	残留歪み	回復歪み
0 <sub>49</sub>	84.6		0.0	1.7
100	82.9	1.7		
0 <sub>50</sub>	84.6		0.0	1.7
500(56)	74.7	9.9		
0 <sub>1</sub>	83.5		1.1	8.8
500	74.7	8.8		
0 <sub>2</sub>	83.4		0.1	8.7
500	74.7	8.7		
0 <sub>3</sub>	83.3		0.1	8.6
500	74.7	8.6		
0 <sub>4</sub>	83.3		0.0	8.6
500	74.7	8.6		
0 <sub>5</sub>	83.3		0.0	8.6
500	74.7	8.6		
0 <sub>6</sub>	83.2		0.1	8.5
500	74.7	8.5		
0 <sub>7</sub>	83.1		0.1	8.4
500	74.7	8.4		
0 <sub>8</sub>	83.1		0.0	8.4
500	74.7	8.4		
0 <sub>9</sub>	83.0		0.1	8.3
500	74.7	8.3		
0 <sub>10</sub>	83.0		0.0	8.3
500	74.7	8.3		
0 <sub>11</sub>	83.0		0.0	8.3
500	74.7	8.3		
0 <sub>12</sub>	83.0		0.0	8.3
500	74.7	8.3		
0 <sub>13</sub>	83.0		0.0	8.3
500	74.7	8.3		
0 <sub>14</sub>	82.9		0.1	8.2
500	74.7	8.2		
0 <sub>15</sub>	82.9		0.0	8.2
500	74.7	8.2		
0 <sub>16</sub>	82.9		0.0	8.2
500	74.7	8.2		
0 <sub>17</sub>	82.9		0.0	8.2
500	74.7	8.2		
0 <sub>18</sub>	82.9		0.0	8.2

第8表 スギ春材部繰返し負荷による  
歪の増減

荷 重 kg(kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪量	残留歪み	回復歪み
0	82.7			
500(55)	67.4	15.3		
0 <sub>1</sub>	77.7		5.0	10.3
500	64.5	13.2		
0 <sub>2</sub>	74.5		3.2	10.0
500	60.4	14.4		
0 <sub>3</sub>	71.7		2.8	11.3
500	78.0	13.7		
0 <sub>4</sub>	70.0		1.7	12.0
500	56.9	13.1		
0 <sub>5</sub>	69.0		1.0	12.1
500	56.0	13.0		
0 <sub>6</sub>	68.2		0.8	12.2
500	55.5	12.7		
0 <sub>7</sub>	67.7		0.5	12.2
500	55.2	12.5		
0 <sub>8</sub>	67.2		0.5	12.0
500	55.0	12.2		
0 <sub>9</sub>	66.9		0.3	11.9
500	55.0	11.9		
0 <sub>10</sub>	66.5		0.4	11.5

500	54.7	11.8		
0 <sub>11</sub>	66.0		0.5	11.3
500	54.6	11.4		
0 <sub>12</sub>	65.7		0.3	11.1
500	54.4	11.3		
0 <sub>13</sub>	65.6		0.1	11.2
500	54.3	11.3		
0 <sub>14</sub>	65.3		0.3	11.0
500	54.3	11.0		
0 <sub>15</sub>	65.0		0.3	10.7
500	55.7	9.3		
0 <sub>16</sub>	64.6		0.4	8.9
500	55.9	8.7		
0 <sub>17</sub>	64.4		0.2	8.5
500	56.0	8.4		
0 <sub>18</sub>	64.1		0.3	8.1
500	56.0	8.1		
0 <sub>19</sub>	63.9		0.2	7.9
500	56.3	7.6		
0 <sub>20</sub>	63.8		0.1	7.5
500	57.0	6.8		
0 <sub>21</sub>	63.7		0.1	6.7
500	57.7	6.0		
0 <sub>22</sub>	63.7		0.0	6.0
500	57.9	5.8		
0 <sub>23</sub>	63.7		0.0	5.8
500	58.2	5.5		
0 <sub>24</sub>	63.6		0.1	5.4
500	58.7	4.9		
0 <sub>25</sub>	63.5		0.1	4.8
500	58.9	4.6		
0 <sub>26</sub>	63.4		0.1	4.5
500	59.0	4.4		
0 <sub>27</sub>	63.4		0.0	4.4
500	59.0	4.4		
0 <sub>28</sub>	63.0		0.1	4.3
500	59.1	4.2		
0 <sub>29</sub>	63.3		0.0	4.2
500	59.2	4.1		
0 <sub>30</sub>	63.3		0.0	4.1
500	59.3	4.0		
0 <sub>31</sub>	63.3		0.0	4.0
500	59.3	4.0		
0 <sub>32</sub>	63.2		0.1	3.9
500	59.3	3.9		
0 <sub>33</sub>	63.1		0.1	3.8
500	59.4	3.7		
0 <sub>34</sub>	63.0		0.1	3.6
500	59.5	3.5		
0 <sub>35</sub>	63.0		0.0	3.5
500	59.5	3.5		
0 <sub>36</sub>	63.0		0.0	3.5
500	59.6	3.4		
0 <sub>37</sub>	63.0		0.0	3.4
500	59.6	3.4		
0 <sub>38</sub>	62.9		0.1	3.3
500	59.7	3.2		
0 <sub>39</sub>	62.9		0.0	3.2
500	59.8	3.1		
0 <sub>40</sub>	62.9		0.0	3.1
500	59.9	3.0		
0 <sub>41</sub>	62.9		0.0	3.0
500	60.0	2.9		
0 <sub>42</sub>	62.9		0.0	2.9
500	60.0	2.9		
0 <sub>43</sub>	62.9		0.0	2.9
500	60.0	2.9		
0 <sub>44</sub>	62.9		0.0	2.9
500	60.0	2.9		
0 <sub>45</sub>	62.9		0.0	2.9
500	60.1	2.8		
0 <sub>46</sub>	62.9		0.0	2.8
500	60.3	2.6		

荷 重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪量	残留歪み	回復歪み
0 <sub>47</sub>	62.9		0.0	2.6
500	60.4	2.5		
0 <sub>48</sub>	62.9		0.0	2.5
500	60.4	2.5		
0 <sub>49</sub>	62.8		0.1	2.4
500	60.5	2.3		
0 <sub>50</sub>	62.8		0.0	2.3
500	60.7	2.1		
0 <sub>51</sub>	62.8		0.0	2.1
500	60.7	2.1		
0 <sub>52</sub>	62.7		0.1	2.0
500	60.8	1.9		
0 <sub>53</sub>	62.7		0.0	1.9
500	60.8	1.9		
0 <sub>54</sub>	62.7		0.0	1.9
500	60.8	1.9		
0 <sub>55</sub>	62.7		0.0	1.9
1000 111)	44.4	18.3		
0 <sub>1</sub>	61.8		0.9	17.4
1000	45.7	16.1		
0 <sub>2</sub>	60.7		1.1	15.0
1000	45.7	15.0		
0 <sub>3</sub>	90.3		0.4	14.6
1000	45.7	14.6		
0 <sub>4</sub>	60.2		0.1	14.5
1000	45.8	14.4		
0 <sub>5</sub>	60.0		0.2	12.2
1000	45.9	14.1		
0 <sub>6</sub>	59.9		0.1	14.0
1000	46.0	13.9		
0 <sub>7</sub>	59.8		0.1	13.8
1000	46.6	13.2		
0 <sub>8</sub>	59.7		0.1	13.1
1000	47.0	12.7		
0 <sub>9</sub>	59.6		0.1	12.6
1000	48.2	11.4		
0 <sub>10</sub>	59.5		0.1	11.3
1000	48.5	11.0		
0 <sub>11</sub>	59.4		0.1	10.9
1000	48.8	10.6		
0 <sub>12</sub>	59.3		0.1	10.5
1000	48.8	10.5		
0 <sub>13</sub>	59.3		0.0	10.5
1000	48.8	10.5		
0 <sub>14</sub>	59.2		0.1	10.4
1000	49.5	9.7		
0 <sub>15</sub>	59.2		0.0	9.7
1000	50.2	9.0		
0 <sub>16</sub>	59.1		0.1	8.9
1000	50.2	8.9		
0 <sub>17</sub>	59.1		0.0	8.9
1000	50.2	8.9		
0 <sub>18</sub>	59.1		0.0	8.9
1000	50.2	8.9		
0 <sub>19</sub>	59.1		0.0	8.9
1000	50.2	8.9		
0 <sub>20</sub>	59.1		0.0	8.9
1000	50.2	8.9		
0 <sub>21</sub>	59.0		0.1	8.8
1000	50.2	8.8		
0 <sub>22</sub>	59.0		0.0	8.8
1000	50.2	8.8		
0 <sub>23</sub>	59.0		0.0	8.8
1000	50.2	8.8		
0 <sub>24</sub>	59.0		0.0	8.8
1000	50.2	8.8		
0 <sub>25</sub>	59.0		0.0	8.8

第9表 スギ秋材部、繰返し負荷による歪量の増減

荷 重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪量	残留歪み	回復歪み
0	88.7			
500	74.2	14.5		
0 <sub>1</sub>	85.0		3.7	10.8
500	72.2	12.8		
0 <sub>2</sub>	84.7		0.3	12.5
500	71.8	12.9		
0 <sub>3</sub>	84.6		0.1	12.8
500	71.7	12.9		
0 <sub>4</sub>	84.6		0.0	12.9
500	71.3	13.3		
0 <sub>5</sub>	84.6		0.0	13.3
500	71.3	13.3		
0 <sub>6</sub>	84.6		0.0	13.3
500	71.2	13.4		
0 <sub>7</sub>	84.6		0.0	13.4
500	71.6	13.0		
0 <sub>8</sub>	84.6		0.0	13.0
500	71.9	12.7		
0 <sub>9</sub>	84.6		0.0	12.7
500	71.9	12.7		
0 <sub>10</sub>	84.6		0.0	12.7
500	72.0	12.6		
0 <sub>11</sub>	84.6		0.0	12.6
500	72.0	12.6		
0 <sub>12</sub>	84.6		0.0	12.6
500	72.3	12.3		
0 <sub>13</sub>	84.6		0.0	12.3
500	72.5	12.1		
0 <sub>14</sub>	84.6		0.0	12.1
500	72.9	11.7		
0 <sub>15</sub>	84.6		0.0	11.7
500	72.9	11.7		
0 <sub>16</sub>	84.6		0.0	11.7
500	73.6	11.0		
0 <sub>17</sub>	84.6		0.0	11.0
500	73.9	10.7		
0 <sub>18</sub>	84.6		0.0	10.7
500	74.3	10.3		
0 <sub>19</sub>	84.6		0.0	10.3
500	74.6	10.0		
0 <sub>20</sub>	84.6		0.0	10.0
500	75.0	9.6		
0 <sub>21</sub>	84.6		0.0	9.6
500	75.2	9.4		
0 <sub>22</sub>	84.6		0.0	9.4
500	75.4	9.2		
0 <sub>23</sub>	84.6		0.0	9.2
500	75.7	8.9		
0 <sub>24</sub>	84.6		0.0	8.9
500	76.0	8.6		
0 <sub>25</sub>	84.6		0.0	8.6
500	76.2	8.4		
0 <sub>26</sub>	84.6		0.0	8.4
500	76.5	8.1		
0 <sub>27</sub>	84.6		0.0	8.1
500	76.7	7.9		
0 <sub>28</sub>	84.6		0.0	7.9
500	76.7	7.9		
0 <sub>29</sub>	84.6		0.0	7.9
500	76.9	7.7		
0 <sub>30</sub>	84.6		0.0	7.7
500	77.1	7.5		
0 <sub>31</sub>	84.6		0.0	7.5
500	77.2	7.4		
0 <sub>32</sub>	84.6		0.0	7.4
500	77.3	7.3		
0 <sub>33</sub>	84.6		0.0	7.3

荷 重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪量	残留歪み	回復歪み
500	77.5	7.1		
0 <sub>34</sub>	84.6		0.0	7.1
500	77.6	7.0		
0 <sub>35</sub>	84.6		0.0	7.0
500	77.6	7.0		
0 <sub>36</sub>	84.6		0.0	7.0
500	77.6	7.0		
0 <sub>37</sub>	84.6		0.0	7.0
500	77.8	6.8		
0 <sub>38</sub>	84.6		0.0	6.8
500	78.1	6.5		
0 <sub>39</sub>	84.6		0.0	6.5
500	78.4	6.2		
0 <sub>40</sub>	84.6		0.0	6.2
500	78.8	5.8		
0 <sub>41</sub>	84.6		0.0	5.8
500	79.0	5.6		
0 <sub>42</sub>	84.6		0.0	5.6
500	79.2	5.4		
0 <sub>43</sub>	84.6		0.0	5.4
500	79.3	5.3		
0 <sub>44</sub>	84.6		0.0	5.3
500	79.3	5.3		
0 <sub>45</sub>	84.6		0.0	5.3

第 10 表 スギ秋材部、繰返し負荷による  
歪量の増減

荷 重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	歪計の読み	全歪量	残留歪み	回復歪み
0	55.0			
500(56)	38.9	16.1		
0 <sub>1</sub>	50.8		4.2	11.9
500	35.9	14.9		
0 <sub>2</sub>	48.8		2.0	12.9
500	35.2	13.6		
0 <sub>3</sub>	47.3		1.5	12.1
500	33.9	13.4		
0 <sub>4</sub>	46.3		1.0	12.4
500	32.9	13.4		
0 <sub>5</sub>	45.2		1.1	12.3
500	32.0	13.2		
0 <sub>6</sub>	44.5		0.7	12.5

500	31.4	13.1		
0 <sub>7</sub>	43.9		0.6	12.5
500	30.8	13.1		
0 <sub>8</sub>	43.1		0.8	12.3
500	30.1	13.0		
0 <sub>9</sub>	42.7		0.4	12.6
500	29.7	13.0		
0 <sub>10</sub>	42.3		0.4	12.6
500	29.4	12.9		
0 <sub>11</sub>	41.8		0.5	12.4
500	28.8	13.0		
0 <sub>12</sub>	41.5		0.3	12.7
500	28.5	13.0		
0 <sub>13</sub>	41.2		0.3	12.7
500	28.0	13.2		
0 <sub>14</sub>	40.9		0.3	12.9
500	27.6	13.3		
0 <sub>15</sub>	40.7		0.2	13.1
500	27.5	13.2		
0 <sub>16</sub>	40.5		0.2	13.0
500	27.2	13.3		
0 <sub>17</sub>	40.2		0.3	13.0
500	26.7	13.5		
0 <sub>18</sub>	40.0		0.0	13.3
500	26.5	13.5		
0 <sub>19</sub>	39.9		0.1	13.4
500	26.5	13.4		
0 <sub>20</sub>	39.8		0.1	13.3
500	26.3	13.5		
0 <sub>21</sub>	39.6		0.2	13.3
500	26.0	13.6		
0 <sub>22</sub>	39.5		0.1	13.5
500	25.7	13.8		
0 <sub>23</sub>	39.4		0.1	13.7
500	25.7	13.7		
0 <sub>24</sub>	39.3		0.1	13.6
500	25.5	13.8		
0 <sub>25</sub>	39.1		0.2	13.6
500	25.2	13.9		
0 <sub>26</sub>	39.0		0.1	13.8
500	25.1	13.9		
0 <sub>27</sub>	38.9		0.1	13.8
500	24.8	14.1		
0 <sub>28</sub>	38.9		0.0	14.1
500	24.6	14.3		
0 <sub>29</sub>	38.9		0.0	14.3
500	24.6	14.3		
0 <sub>30</sub>	38.9		0.0	14.3

第 11 表 同一試験片によるスギ春材部、秋材部に於ける繰返し荷重による歪量の増減

荷 重 kg (kg/cm <sup>2</sup> )	春 材 部				秋 材 部			
	歪計の読み	全歪量	残留歪み	回復歪み	歪計の読み	全歪量	残留歪み	回復歪み
0	104.5				96.5			
1000(110)	73.3	31.2			66.6	29.9		
0 <sub>1</sub>	96.3		8.2	23.0	93.4		3.1	26.8
1000	72.6	23.7			65.7	27.7		
0 <sub>2</sub>	95.3		1.0	22.7	93.1		0.3	27.4
1000	72.9	22.4			66.0	27.1		
0 <sub>3</sub>	93.3		2.0	20.4	93.0		0.1	27.0
1000	71.7	21.6			66.3	26.7		
0 <sub>4</sub>	92.4		0.9	20.7	93.0		0.0	26.7
1000	71.0	21.4			66.5	26.5		
0 <sub>5</sub>	91.3		1.1	20.3	93.0		0.0	26.5
1000	70.1	21.2			66.7	26.3		
0 <sub>6</sub>	90.9		0.4	20.8	93.0		0.0	26.3
1000	69.3	21.6			66.9	26.1		
0 <sub>7</sub>	90.2		0.7	20.9	93.0		0.0	26.1
1000	68.8	21.4			67.0	26.0		

荷 重 kg(kg/cm <sup>2</sup> )	春 材 部				秋 材 部			
	歪計の読み	全 歪 量	残留歪み	回復歪み	歪計の読み	全 歪 量	残留歪み	回復歪み
0 <sub>8</sub>	89.8		0.8	21.0	93.0		0.0	26.0
1000	68.4	21.4			67.1	25.9		
0 <sub>9</sub>	89.0		0.2	20.6	93.0		0.0	25.9
1000	67.8	21.2			67.2	25.8		
0 <sub>10</sub>	88.8		0.8	21.0	93.0		0.0	25.8
1000	66.9	21.9			67.5	25.5		
0 <sub>11</sub>	88.0		0.3	21.1	93.0		0.0	25.5
1000	66.3	21.7			67.6	25.4		
0 <sub>12</sub>	87.7		0.4	21.4	93.0		0.0	25.4
1000	66.3	21.4			67.8	25.2		
0 <sub>13</sub>	87.3		0.4	21.0	93.0		0.0	25.2
1000	66.0	21.3			67.9	25.1		
0 <sub>14</sub>	87.1		0.2	21.1	93.0		0.0	25.1
1000	65.9	21.2			68.1	24.9		
0 <sub>15</sub>	86.8		0.3	20.9	93.0		0.0	24.9
1000	65.7	21.1			68.2	24.8		
0 <sub>16</sub>	86.5		0.3	20.8	93.0		0.0	24.8
1000	65.4	21.1			68.2	24.8		
0 <sub>17</sub>	86.3		0.2	20.9	93.0		0.0	24.8
1000	65.4	20.9			68.3	24.7		
0 <sub>18</sub>	86.0		0.3	20.6	93.0		0.0	24.7
1000	64.8	21.2			68.3	24.7		
0 <sub>19</sub>	85.8		0.2	21.0	93.0		0.0	24.7
1000	64.9	20.9			68.4	24.6		
0 <sub>20</sub>	85.4		0.4	20.5	93.0		0.0	24.6
1000	64.8	20.6			68.5	24.5		
0 <sub>21</sub>	85.3		0.1	20.5	93.0		0.0	24.5
1000	64.7	20.6			68.5	24.5		
0 <sub>22</sub>	84.9		0.4	20.2	93.0		0.0	24.5
1000	64.1	20.8			68.7	24.3		
0 <sub>23</sub>	84.5		0.4	20.4	93.0		0.0	24.3
1000	64.0	20.5			68.7	24.3		
0 <sub>24</sub>	84.2		0.3	20.2	93.0		0.0	24.3
1000	63.9	20.3			68.7	24.3		
0 <sub>25</sub>	84.1		0.1	20.2	93.0		0.0	24.3
1000	63.9	20.3			68.7	24.3		
0 <sub>26</sub>	83.8		0.3	19.9	93.0		0.0	24.3
1000	63.8	20.2			68.8	24.2		
0 <sub>27</sub>	83.7		0.1	19.9	93.0		0.0	24.2
1000	63.7	20.2			68.8	24.2		
0 <sub>28</sub>	83.5		0.2	19.8	93.0		0.0	24.2
1000	63.4	20.1			68.9	24.1		
0 <sub>29</sub>	83.2		0.3	19.8	93.0		0.0	24.1
1000	63.4	19.8			68.9	24.1		
0 <sub>30</sub>	83.1		0.1	19.7	93.0		0.0	24.1
1000	63.2	19.9			68.9	24.1		
0 <sub>31</sub>	82.8		0.3	19.6	93.0		0.0	24.1
1000	63.3	19.5			69.1	23.9		
0 <sub>32</sub>	82.7		0.1	19.4	93.0		0.0	23.9
1000	63.2	19.5			69.1	23.9		
0 <sub>33</sub>	82.6		0.1	19.4	93.0		0.0	23.9
1000	63.1	19.5			69.1	23.9		
0 <sub>34</sub>	82.4		0.2	19.3	93.0		0.0	23.9
1000	63.0	19.4			69.1	23.9		
0 <sub>35</sub>	82.3		0.1	19.3	93.0		0.0	23.9
1000	62.8	19.5			69.1	23.9		
0 <sub>36</sub>	82.1		0.2	19.3	93.0		0.0	23.9
1000	62.7	19.4			69.1	23.9		
0 <sub>37</sub>	82.0		0.1	19.3	93.0		0.0	23.9
1000	62.6	19.4			69.1	23.9		
0 <sub>38</sub>	81.9		0.1	19.3	93.0		0.0	23.9
1000	62.4	19.5			69.2	23.8		
0 <sub>39</sub>	81.7		0.2	19.3	93.0		0.0	23.8
1000	62.3	19.4			69.2	23.8		
0 <sub>40</sub>	81.6		0.1	19.3	93.0		0.0	23.8
1000	62.2	19.4			69.2	23.8		
0 <sub>41</sub>	81.4		0.2	19.2	93.0		0.0	23.8
1000	62.0	19.4			69.2	23.8		
0 <sub>42</sub>	81.4		0.2	19.2	93.0		0.0	23.8

第12表 スギ春材部, 繰返し負荷による歪量の増減  
年輪幅の広い場合, 荷重 500 kg

繰返し負荷回数	全 歪 量	残留歪み	回復歪み
1	17.9	9.4	8.5
2	8.5	0.3	8.2
3	8.3	0.1	8.2
4	8.7	0.4	8.3
5	8.8	0.3	8.5
6	8.9	1.5	7.4
7	9.1	0.7	8.4
8	9.1	0.4	8.7
9	8.9	0.4	8.5
10	8.5	0.3	8.2
11	8.4	0.3	8.1
12	8.3	0.1	8.2
13	8.4	0.2	8.2
14	8.4	0.1	8.3
15	8.4	0.2	8.2
16	8.3	0.3	8.0
17	8.1	0.9	7.2
18	8.1	1.0	7.1
19	7.8	0.3	7.5
20	7.8	0.5	7.3
21	8.2	0.2	8.0
22	7.1	0.1	7.0
23	6.0	0.2	5.8
24	6.0	0.0	6.0

第13表 スギ秋材部, 繰返し負荷による歪量の増減  
年輪幅の広い場合, 荷重 500 kg

繰返し負荷回数	全 歪 量	残留歪み	回復歪み
1	32.2	2.2	30.0
2	29.5	0.9	28.6
3	29.0	0.5	28.5
4	29.3	0.4	28.9
5	30.0	0.5	29.5
6	29.8	0.5	29.3
7	29.9	0.6	29.3
8	29.5	0.3	29.2
9	29.7	0.2	29.5
10	29.9	0.4	29.5
11	29.8	0.3	29.5
12	29.9	0.2	29.7
13	29.8	0.1	29.7
14	30.0	0.1	29.9
15	30.1	0.5	29.6
16	30.2	0.2	30.0
17	30.2	0.1	30.1
18	30.2	0.1	30.1
19	30.3	0.1	30.2
20	30.3	0.0	30.3
21	30.5	0.2	30.3
22	30.7	0.3	30.4
23	31.1	0.2	30.9
24	31.1	0.1	31.0
25	31.6	0.2	31.4
26	31.7	0.0	31.7
27	31.9	0.0	31.9
28	32.1	0.0	32.1
29	32.7	0.0	32.7
30	32.7	0.0	32.7

第14表 スギ春材部, 繰返し負荷による歪量の増減  
秋材部に接して標点設定, 荷重 500 kg (55 kg/cm<sup>2</sup>)

繰返し負荷回数	全 歪 量	残留歪み	回復歪み
1	15.3	4.9	10.4
2	13.9	1.9	12.0
3	13.5	1.5	12.0
4	13.5	1.0	12.5
5	13.4	1.1	12.3
6	13.2	0.8	12.4
7	13.0	0.6	12.4
8	13.0	0.9	12.1
9	12.5	0.4	12.1
10	12.7	0.5	12.2
11	12.9	0.5	12.4
12	13.0	0.6	12.4
13	12.8	0.4	12.4
14	12.8	0.4	12.4
15	12.8	0.4	12.4
16	12.8	0.3	12.5
17	13.1	0.6	12.5
18	12.8	0.1	12.7
19	13.0	0.2	12.8
20	13.1	0.2	12.9
21	13.2	0.2	13.0
22	13.2	0.2	13.0
23	13.3	0.3	13.0
24	13.2	0.1	13.1
25	13.2	0.1	13.1
26	13.5	0.3	13.2
27	13.3	0.2	13.1
28	13.3	0.1	13.2
29	13.3	0.2	13.1
30	13.3	0.1	13.2
31	13.4	0.1	13.3
32	13.7	0.1	13.6
33	13.8	0.3	13.5
34	13.5	0.1	13.4
35	13.5	0.1	13.4
36	13.5	0.2	13.3
37	13.5	0.1	13.4
38	13.7	0.1	13.6
39	13.7	0.1	13.6
40	13.7	0.1	13.6
41	13.7	0.2	13.5
42	13.7	0.1	13.6
43	13.9	0.2	13.7
44	13.9	0.1	13.8
45	14.0	0.1	13.9
46	14.4	0.1	14.3
47	14.5	0.1	14.4
48	14.4	0.1	14.3
49	14.6	0.1	14.5
50	14.6	0.1	14.5

第15表 スギ春材部(板目), 繰返し負荷による  
歪量の増減, 荷重 500 kg

繰返し負荷回数	全 歪 量	残留歪み	回復歪み
1	16.6	4.8	11.8
2	13.4	1.6	11.8
3	13.7	0.9	12.8
4	12.9	0.9	12.0
5	12.7	0.9	11.8

繰返し負荷回数	全 歪 量	残留歪み	回復歪み
6	12.7	1.5	11.2
7	12.2	0.5	11.7
8	11.7	0.2	11.5
9	11.5	0.5	11.0
10	11.2	0.2	11.0
11	11.1	0.2	10.9
12	10.9	0.3	10.6
13	10.7	0.3	10.4
14	10.4	0.4	10.0
15	10.1	0.4	9.7
16	10.2	0.5	9.7
17	10.0	0.3	9.7
18	9.7	0.4	9.3
19	9.3	0.3	9.0
20	9.0	0.1	8.9
21	8.9	0.1	8.8
22	8.8	0.1	8.7
23	8.7	0.2	8.5
24	8.4	0.1	8.3
25	8.2	0.1	8.1
26	8.0	0.2	7.8
27	7.7	0.1	7.6
28	7.5	0.0	7.5
29	7.5	0.1	7.4
30	7.4	0.1	7.3
31	7.3	0.2	7.1
32	7.0	0.2	6.8
33	6.3	0.2	6.1
34	5.9	0.1	5.8
35	5.7	0.0	5.7
36	5.6	0.1	5.5
37	5.5	0.1	5.4
38	5.4	0.0	5.4
39	5.4	0.0	5.4
40	5.4	0.1	5.3
41	5.3	0.0	5.3
42	5.3	0.1	5.2
43	5.2	0.0	5.2
44	5.2	0.0	5.2
45	5.2	0.1	5.1
46	5.1	0.0	5.1
47	5.0	0.0	5.0
48	5.0	0.0	5.0
49	5.0	0.1	4.9
50	4.9	0.0	4.9

第 16 表 スギ春材部, 繰返し負荷による歪量の増減  
100 kg, 34 回 ~ 300 kg, 16 回

繰返し負荷回数	全 歪 量	残留歪み	回復歪み
1	5.7	4.0	1.7
2	5.2	1.4	3.8
3	5.2	1.2	4.0
4	4.6	0.4	4.2
5	4.6	0.6	4.0
6	4.0	0.3	3.7
7	4.5	0.4	4.1
8	4.0	0.3	3.7
9	4.0	0.3	3.7
10	3.7	0.1	3.6
11	4.1	0.2	3.9
12	3.8	0.1	3.7

13	3.7	0.2	3.5
14	3.6	0.1	3.5
15	3.5	0.1	3.5
16	3.5	0.1	3.4
17	3.3	0.1	3.2
18	3.1	0.0	3.1
19	2.7	0.1	2.6
20	2.3	0.1	2.2
21	2.0	0.1	1.9
22	1.8	0.0	1.8
23	1.7	0.0	1.7
24	1.4	0.1	1.3
25	1.2	0.0	1.2
26	1.0	0.1	0.9
27	0.8	0.0	0.8
28	0.6	0.1	0.5
29	0.3	0.0	0.3
30	0.2	0.0	0.2
31	0.1	0.0	0.1
32	0.0	0.0	0.0
33	0.0	0.0	0.0
34	0.0	0.0	0.0
35	2.3	0.2	0.1
36	1.4	0.0	1.4
37	1.0	0.1	0.9
38	0.9	0.1	0.8
39	0.5	0.0	0.5
40	0.4	0.0	0.4
41	0.3	0.0	0.3
42	0.3	0.0	0.3
43	0.2	0.0	0.2
44	0.1	0.0	0.1
45	0.1	0.0	0.1
46	0.1	0.0	0.1
47	0.1	0.0	0.1
48	0.0	0.0	0.0
49	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0

第 17 表 スギ春材部, 繰返し負荷による  
歪量の増減, 時効現象

繰返し負荷回数	全 歪 量	残留歪み	回復歪み
1	8.5	3.8	4.7
2	6.0	0.4	5.6
3	6.5	0.2	6.3
4	6.3	0.4	5.9
5	6.0	0.3	5.7
6	5.7	0.0	5.7
7	5.7	0.1	5.6
8	5.9	0.4	5.5
9	5.8	0.3	5.5
10	5.5	0.2	5.3
5 時間放置			
11	6.4	0.8	5.6
12	5.0	0.3	4.7
13	5.4	0.2	5.2
14	5.2	0.3	4.9
15	5.1	0.2	4.9
16	5.0	0.2	4.8
17	5.1	0.1	5.0



荷 重 kg(kg/cm <sup>2</sup> )	試 験 片 の 性 質				全 歪 量	残 留 歪 量	回 復 歪 量	残 留 歪 率 (%)
	No.	気 乾 比 重	全 乾 比 重	含 水 率 %				
2000	61	0.38	0.33	13.5	85.1	11.0	74.1	12.9
	62	0.38	0.33	13.9	67.1	8.6	58.5	12.8
	63	0.38	0.34	13.6	70.9	9.9	61.0	13.9
	64	0.38	0.33	13.0	69.3	9.1	60.2	13.1
	65	0.40	0.35	14.2	61.5	8.3	53.2	13.6
	66	0.40	0.36	13.2	77.4	10.9	66.5	14.1
	67	0.42	0.36	14.0	74.8	9.9	64.9	13.2
	68	0.39	0.33	13.1	59.9	9.1	50.8	15.2
							平 均	13.6
2500	71	0.38	0.33	14.0	106.1	23.3	82.8	21.9
	72	0.42	0.37	13.8	103.4	23.8	79.6	23.0
	73	0.41	0.36	14.2	111.5	22.0	89.5	19.7
	74	0.42	0.38	13.3	96.9	23.5	73.4	24.3
	75	0.39	0.34	13.1	98.7	18.7	80.0	18.9
	76	0.39	0.34	13.9	100.3	25.1	75.2	25.0
	77	0.40	0.35	14.1	114.4	24.6	89.8	21.5
	78	0.40	0.34	13.0	117.4	22.3	95.1	19.0
							平 均	21.7

第 19 表 スギ、荷重—歪み曲線、標点  
設定位置 春—秋—春材部

荷 kg	重 kg/cm <sup>2</sup>	歪計の読み	歪の増加				
0	0	0		1000	111	56.6	4.5
100	11	5.0	5.0	1100	122	60.9	4.3
200	22	11.2	6.2	1200	134	65.0	4.1
300	33	17.8	6.6	1300	145	69.0	4.0
400	45	26.3	8.5	1400	156	73.1	4.1
500	56	32.1	5.8	1500	167	77.1	4.0
600	67	37.1	5.0	1600	178	81.1	4.0
700	78	42.2	5.1	1700	189	85.0	3.9
800	89	47.2	5.0	1800	200	88.9	3.9
900	100	52.1	4.9	1900	213	92.9	4.0
				2000	223	96.8	3.9
				2100	234	100.7	3.9
				2200	245	104.7	4.0
				2300	256	108.7	4.0
				2400	267	112.6	3.9
				2500	278	118.0	5.4
				2600	289	126.2	8.2

第 20 表 ミクロフォトメーターの読み  
(半価幅の測定しないものは写真上明かに不良と認められたるもの)

試験片の種類	角 度	0	5	10	20	30	40	50	半 価 幅 (°)
秋 A <sub>1</sub> の外	右 { + -	2.37	2.19 2.42	2.01 2.33	1.68 1.95	1.62 1.67			28
	左 { + -	2.13	1.96 2.15	1.78 1.99	1.56 1.68	1.56 1.60	1.56(35°)		—
秋 A <sub>1</sub> の内	右 { + -	2.53	2.54 2.34	2.44 2.14	1.97 1.86	1.91 1.75			
	左 { + -	3.22	2.42 2.03	2.47 1.95	1.86 1.85	1.80 1.76			28
春 A <sub>1</sub> の外	右 { + -	1.98	1.78 2.02	1.72 1.93	1.52 1.76	1.40 1.68	13.2 1.67	1.31(45°) 1.58(45°)	
	左 { + -	1.64	1.67 1.55	1.52 1.38	1.34 1.27	1.23 1.14	12.6 1.22		27



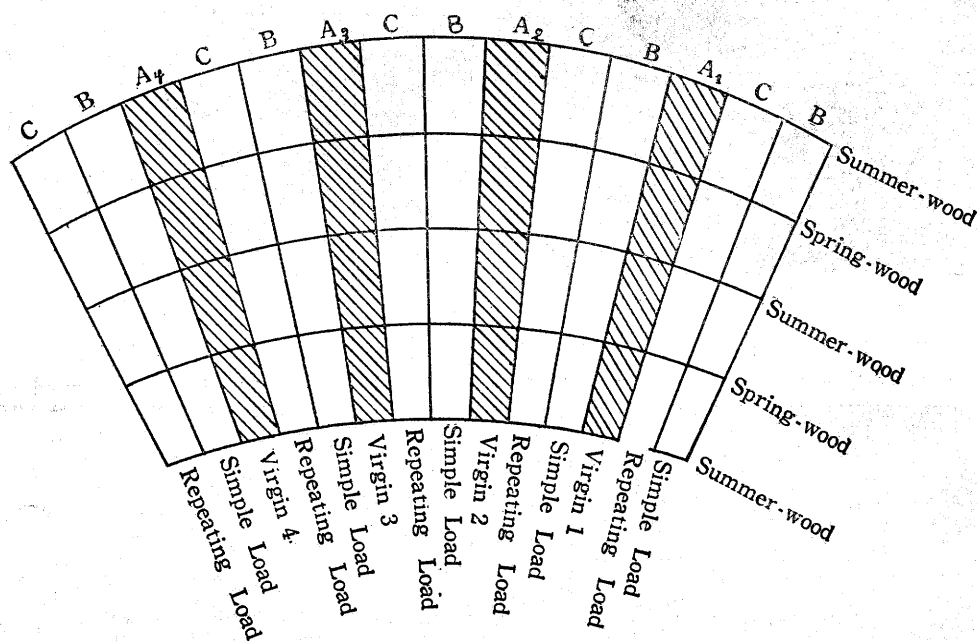
試験片の種類	角 度	0	5	10	20	30	40	50	半 価 幅 (°)
春 A <sub>1</sub> の内	右 { + - }	1.45	1.29 1.54	1.17 1.53	0.98 1.23	0.94 1.10	0.86 0.92	0.84(45°) 0.96( " )	27
	左 { + - }	1.65	1.51 1.61	1.39 1.54	1.24 1.32	1.15 1.14	1.07 1.07	1.08( " ) 1.07( " )	—
秋 A <sub>2</sub> の外	右 { + - }	2.31	2.05 2.32	1.92 2.24	1.82 2.13	1.84 1.92	1.85 1.78		28
	左 { + - }	2.24	2.27 2.14	2.24 2.02	2.08 2.08	1.87 1.75	1.78 1.80		
秋 A <sub>2</sub> の内	右 { + - }	1.96	1.88 1.97	1.73 1.94	1.52 1.69	1.39 1.53	1.29 1.38	1.30	—
	左 { + - }	2.00	2.03 1.82	1.88 1.62	1.58 1.40	1.39 1.38	1.34 1.36	1.30 1.28	27
春 A <sub>2</sub> の外	右 { + - }	2.42	2.33 2.35	2.16 2.20	1.86 1.98	1.70 1.83	1.60 1.68		28
	左 { + - }	2.26	2.24 2.20	2.12 2.15	1.96 2.10	1.83 1.92	1.76 1.80		
春 A <sub>2</sub> の内	右 { + - }	1.78	1.59 1.72	1.48 1.56	1.22 1.32	1.08 1.22	1.08 1.22	1.18(45°)	27
	左 { + - }	1.80	1.81 1.66	1.73 1.53	1.45 1.33	1.28 1.23	1.22 1.23	1.22	
秋 A <sub>3</sub> の外	右 { + - }	2.02	1.83 2.03	1.70 1.93	1.48 1.62	1.33 1.52	1.33 1.48	1.50	30
	左 { + - }	1.95	1.98 1.74	1.88 1.62	1.61 1.51	1.46 1.27	1.52 1.47	1.44	—
秋 A <sub>3</sub> の内	右 { + - }	1.57	1.51 1.33	1.28 1.17	0.95 0.85	0.82 0.75	0.87 0.75		23
	左 { + - }	1.47	1.36 1.25	1.12 1.06	0.70 0.65	0.75 0.65	0.70 0.75		
春 A <sub>3</sub> の外	右 { + - }	1.75	1.70 1.67	1.57 1.52	1.28 1.27	1.12 1.12	1.08 1.02		29
	左 { + - }								
春 A <sub>3</sub> の内	右 { + - }	1.70	1.60 1.70	1.52 1.57	1.32 1.42	1.17 1.25	1.10 1.25		29
	左 { + - }	1.74	1.68 1.61	1.58 1.52	1.37 1.30	1.24 1.17	1.21 1.22		
秋 A <sub>4</sub> の外	右 { + - }	1.70	1.67 1.14	1.52 1.43	1.19 1.22	1.05 1.12	1.04 1.22		26
	左 { + - }								
秋 A <sub>4</sub> の内	右 { + - }	2.22	2.03 2.05	1.76 1.78	1.44 1.53	1.38 1.40	1.32 1.36	1.34 1.33	—
	左 { + - }	2.02	1.85 1.94	1.63 1.75	1.35 1.44	1.22 1.34	1.23 1.24		25
春 A <sub>4</sub> の外	右 { + - }	1.65	1.51 1.57	1.40 1.38	1.08 1.10	1.02 1.98	0.94 0.92	0.93	26
	左 { + - }	1.52	1.56 1.40	1.48 1.26	1.20 1.05	1.04 1.05	1.04		







試験片の種類	角 度	0	5	10	20	30	40	50	半 価 幅 (°)
55 kg/cm <sup>2</sup> 20 回 春 内	右 { + -	2.65	2.60 2.65	2.58 2.57	2.33 2.38	2.26 2.27	2.20 2.23	1.98	34
	左 { + -								
55 kg/cm <sup>2</sup> 30 回 秋 外	右 { + -	2.38	2.28 2.47	2.18 2.30	1.97 2.10	1.86 1.97	1.83 1.88	1.84 1.85	29
	左 { + -								
55 kg/cm <sup>2</sup> 30 回 秋 内	右 { + -	2.56	2.71 2.45	2.57 2.42	2.35 2.28	2.30 2.23	2.24	2.24	27
	左 { + -								
55 kg/cm <sup>2</sup> 30 回 春 外	右 { + -	1.85	1.78 1.85	1.73 1.82	1.62 1.75	1.50 1.66	1.51 1.65	1.55	38
	左 { + -								
55 kg/cm <sup>2</sup> 30 回 春 内	右 { + -	2.65	2.60 2.57	2.43 2.55	2.20 2.29	2.11 2.19	2.08 2.15	2.08 2.10	32
	左 { + -	2.55	2.64 2.46	2.67 2.42	2.35 2.23	2.21 2.20	2.19 2.15	2.12	

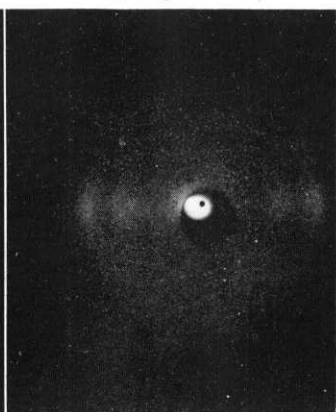


These photographs belong to the lowest summer-wood and spring-wood.

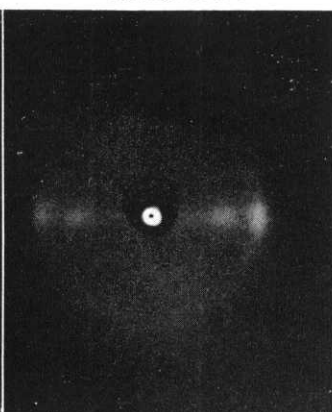
**Fig. 1.** Virgin,  
springwood 2



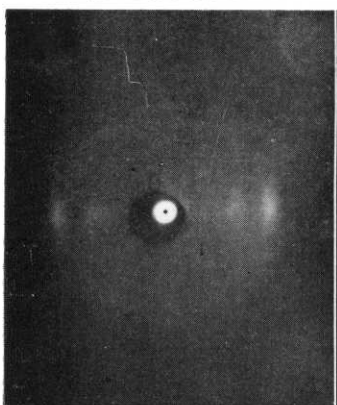
**Fig. 2.** Virgin,  
springwood 3



**Fig. 3.** Virgin,  
springwood 4



**Fig. 4.** Virgin,  
summerwood 2



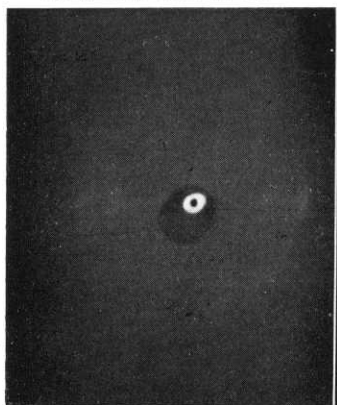
**Fig. 5.** Virgin,  
summerwood 3



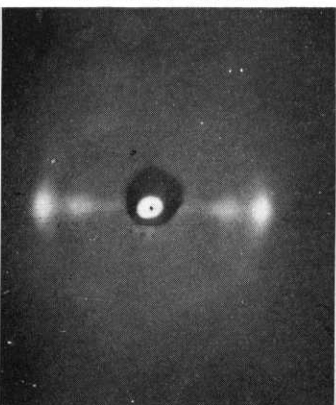
**Fig. 6.** Virgin,  
summerwood 4



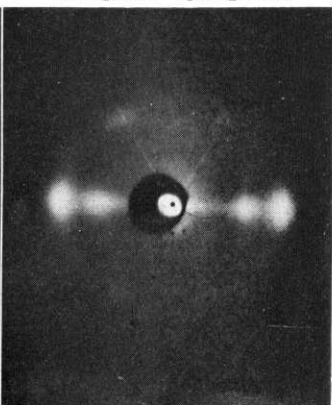
**Fig. 7.** Stress :  
10 kg/cm<sup>2</sup>, springwood



**Fig. 8.** Stress :  
10 kg/cm<sup>2</sup>, summerwood



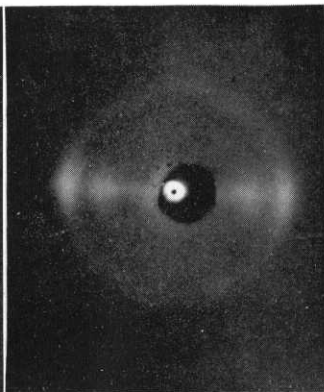
**Fig. 9.** Stress :  
30 kg/cm<sup>2</sup>, springwood



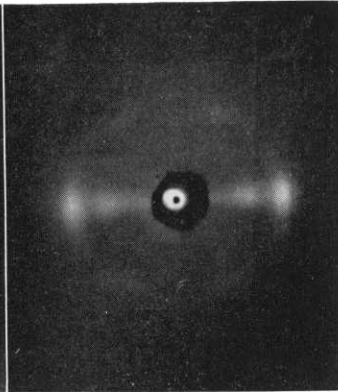
**Fig. 10.** Stress :  
30 kg/cm<sup>2</sup>, summerwood



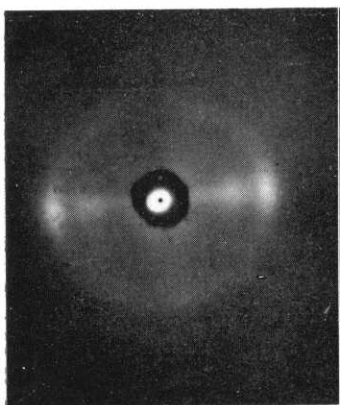
**Fig. 11.** Stress :  
55 kg/cm<sup>2</sup>, springwood



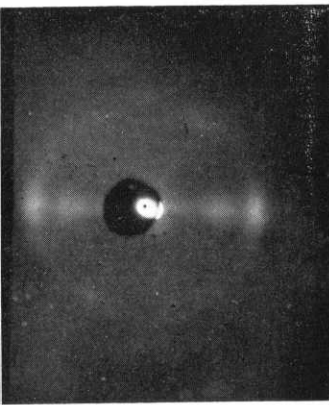
**Fig. 12.** Stress :  
55 kg/cm<sup>2</sup>, summerwood



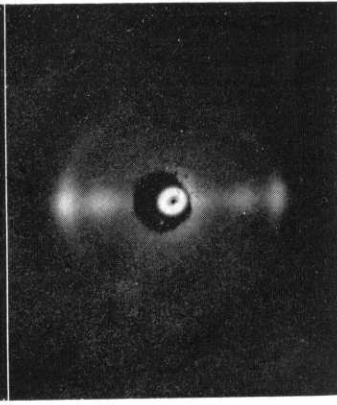
**Fig. 13.** Stress :  
110 kg/cm<sup>2</sup>, springwood



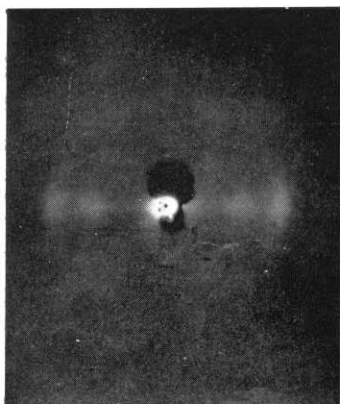
**Fig. 14.** Stress :  
110 kg/cm<sup>2</sup>, summerwood



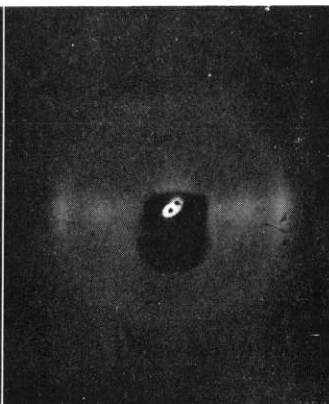
**Fig. 15.** Stress :  
166 kg/cm<sup>2</sup>, springwood



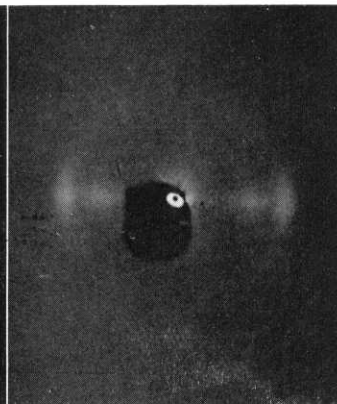
**Fig. 16.** Stress :  
166 kg/cm<sup>2</sup>,  
summerwood



**Fig. 17.** Stress :  
11 kg/cm<sup>2</sup>, repeating load:  
10 times, springwood



**Fig. 18.** Stress :  
11 kg/cm<sup>2</sup>, repeating load:  
10 times, springwood

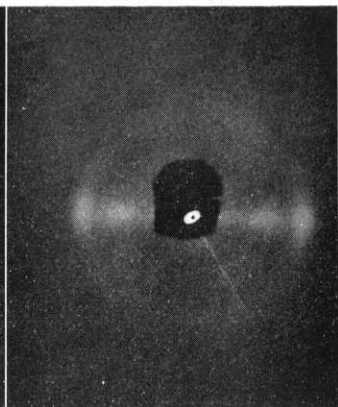


**Fig. 19.** Stress :

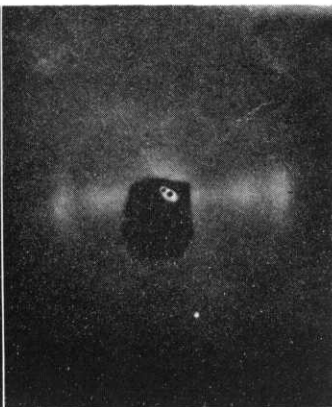
55 kg/cm<sup>2</sup>, repeating load:  
10 times, summerwood

**Fig. 20.** Stress :

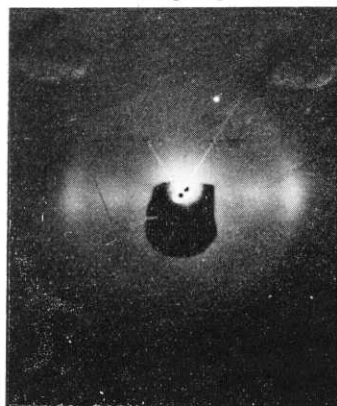
55 kg/cm<sup>2</sup>, repeating load:  
20 times, springwood

**Fig. 21.** Stress :

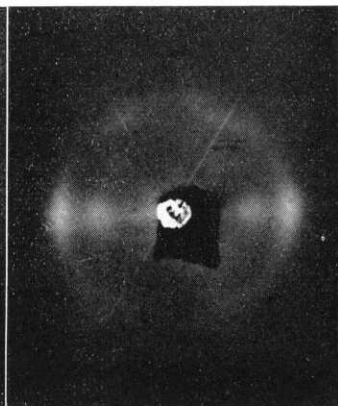
55 kg/cm<sup>2</sup>, repeating load:  
20 times, summerwood

**Fig. 22.** Stress :

55 kg/cm<sup>2</sup>, repeating load:  
30 times, springwood

**Fig. 23.** Stress :

110 kg/cm<sup>2</sup>, repeating load:  
10 times, springwood

**Fig. 24.** Stress :

110 kg/cm<sup>2</sup>, repeating load:  
10 times, summerwood

