

木材の長時間引張試験

南 義 夫^{*}

Tensile Creep Tests on Woods

By Y. Minami.

Summary—In the previous paper the author dealt with the problem of the relation between the time and the deflection in the bending test of wood. In the present one, the author made a study of, in the tensile test of wood, (1) the effect of time on the strain under the constant load, and (2) the relation between the applied load and the time required to rupture. The materials used are “Hino-ki” (*Chamaecyparis obtusa* S. et Z.) and Sitka Spruce. General conclusions are as follows:—

(1) Even at stresses of amount 15~20% of the ultimate tensile strength, the strain increases gradually with time, and the strain-time curves obtained under various constant loads are analogous to the creep curves of the metals.

(2) The strain-time curves can be expressed approximately by the formula $e=e_1+k\log t$ ($t>1$) where t , the time, e_1 and e , the strain at times $t=1$ and $t=t$ and k is the function of the applied load.

(3) The strain-time relation curves are influenced by the temperature and humidity and it appears that in general the effect of the latter is more predominant than of the former.

(4) Under the stresses up to the amount about 500 kg/cm², the wood fibres extend or contract in accordance with the increase or diminution of the moisture content produced by the variation of humidity.

(5) Apparent increase in tensile strain with time under the constant load is partly elastic and partly plastic.

(6) The time required to rupture under the constant load at first gradually and then sharply increases with the decrease in load applied.

1. 緒 言

先に著者は木材に就て長時間曲げ試験⁽¹⁾を行ひ、撓と時間との關係及び撓に及ぼす濕度、溫度等の影響を研究した。その結果から時間の経過に伴ふ撓の増加は、大部分壓縮側に於ける歪に基く、換言すれば引張歪に對するよりも、壓縮歪に對する時間の影響が大なることを推論した。従つて、引張及び壓縮の兩試験を別個に行ひ、各に對する時間の影響を研究することの必要を説いたが本論文はその中の引張試験に對する研究である。

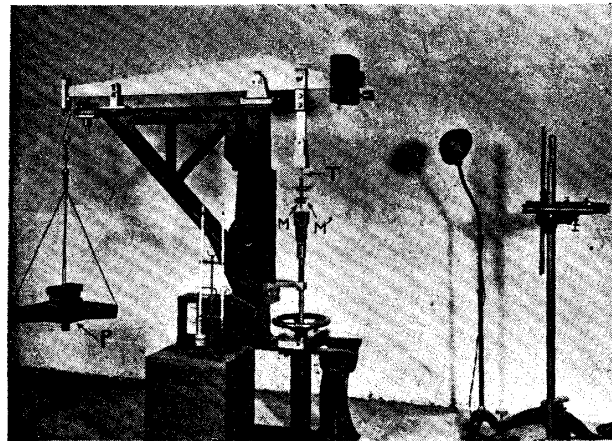
* 前囑託。

(1) 航空彙報. 第 136 號 (昭和 10 年 12 月)。

2. 試験方法

試験機としては特に本試験に適する様に考案、作製せる第1圖に示すものを使用した。兩腕の長さの比は5:1、容量は500kgである。

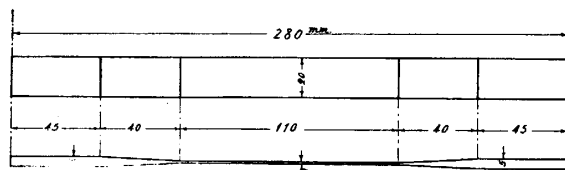
木材に於ては試験片の寸法、殊に平行部の寸法が大なるときは、内外部の含水量に相當に差を生じ、従つて實驗結果に面白い影響を與へる。この缺點を除く爲には、出来るだけ試験片の厚さを薄くする必要がある。これと反對に、木材は性質が均一で



第1圖 試験機

なく、春材部と秋材部とで著しく強さが異なるから各試験片の試験結果のむらを少なくする爲には試験片断面が出来るだけ多くの年輪を含む方がよい、換言すれば厚さが厚い方がよい。此の二つの相反する事柄の爲に、目的に應じて適當な寸法を選ぶ必要がある。次に破壊迄の實驗を行ふとき、試験片の形が適當でないと試験片平行部に於て破斷しない。平行部に於て破斷する爲には擱部と平行部との寸法が適當であり、又兩者の境界即ち肩の部分の形狀が大切である。

本實驗に於ては試験片表面と内部の含水量の差を少からしめ、且外界濕度の影響を内外一様に鋭敏に感ぜしむる目的の爲に、試験片を出来るだけ薄くする必要があるであつたので、第2圖



第2圖 試験片

に示す如き寸法の試験片（標點距離 100 mm）を選んで使用した。従つて後述の如く破壊迄實驗を行つた場合の試験結果は可成り著しいむらを示し、又試験片は肩の部分で切れてゐるものが多い。これは上述の

如く肩の部分の形に關係するが、木材に於ては肩部の仕上げが特に困難であるといふことが又一因である。

試験材としては常溫にて自然乾燥せるスプルース及びヒノキ（檜）を選び、又試験片は何れも板目のものを使用した。

實驗は二つの場合に就て行つた。一は應力の低い場合であり、他は應力が引張強さに近い場合である。應力、換言すれば荷重の小さな場合には、試験片は鏡伸張計を取付け一定荷重を加へたる後、時間に對する伸の變化を測定した。荷重の大なる場合には、鏡伸張計を取付けると試験片破斷の際これを破損する危険を伴ふので鏡伸張計を取付けず、一定荷重を加へて放置し破斷を起す迄の時間を計測した。

試験機近傍に乾濕球濕度計を備へ、實驗時室内の溫度並に濕度を記録した。

3. 靜的試験結果

長時間引張試験を行ふに先立ち普通の靜的引張試験を行つた。第1圖に於て T が試験片、 M , M' が伸測定用鏡、 P が重錘 W を載せる台である。試験片を取付け、これに鏡伸張計を

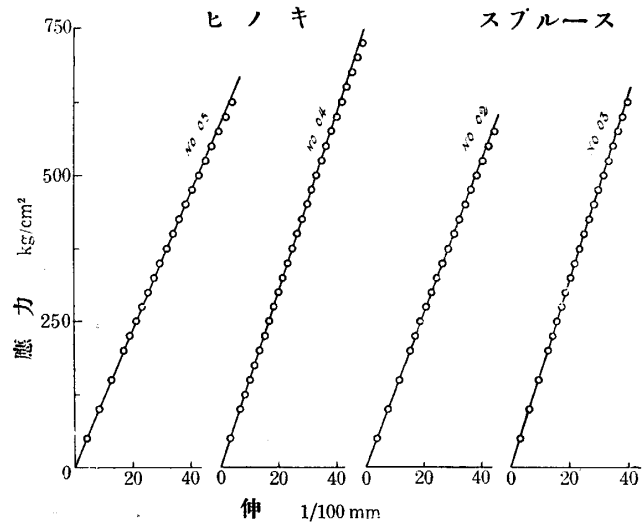
準備したる後、一定の荷重速度⁽²⁾で荷重を加へこれに対する伸を測定した。順次に荷重を加へ、適當に荷重——伸曲線が得られたる後伸張計を取去り更に荷重を増加して遂に破壊せしめた。

試験片平行部の厚さが薄い爲に、兩面に於ける伸が比較的一様である。

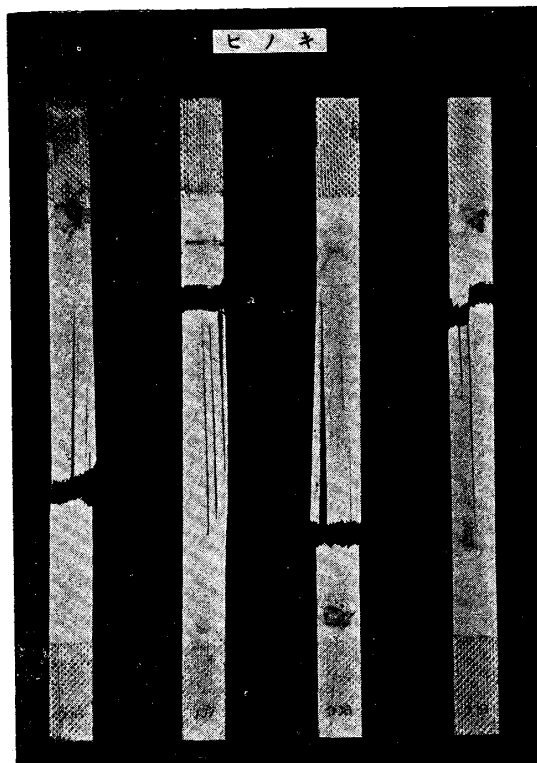
靜的試験結果を第1表及び第3圖に示す。第1表の結果を一見して強さには可成り著しい

第 1 表

試験材	試験片番 号	引張強さ kg/cm ²	ヤング率 kg/cm ²
ヒノキ	04	1550.7	1.45×10^5
	05	1021.4	1.11 „
	13	1094.2	—
スプルー	02	842.7	1.27×10^5
	03	991.4	1.54 „
	05	794.8	—
	12	716.8	—
	22	961.5	—
	24	924.5	—
	29	1895.4	—
	30	904.8	—



第3圖 靜試験結果

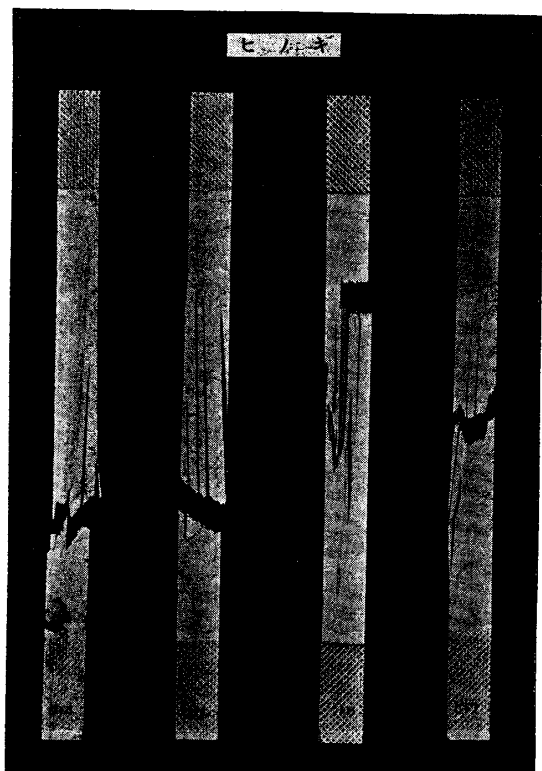


第 4 圖 (1)



第 4 圖 (2)

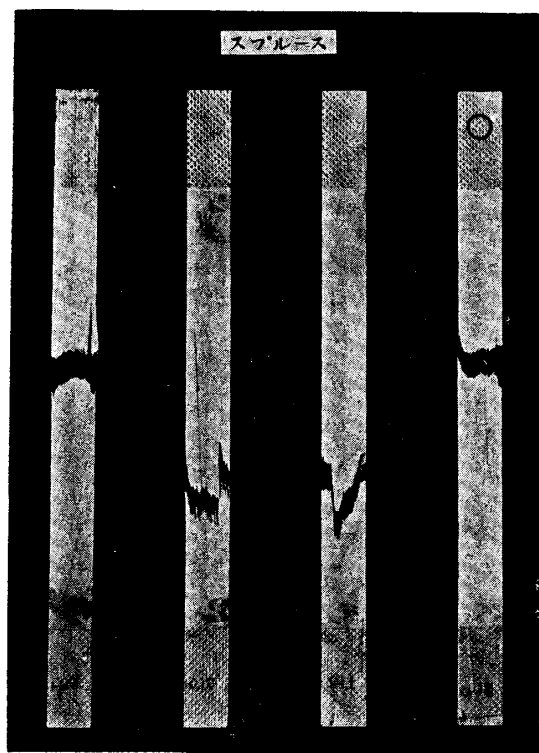
(2) 重錘を 15 sec. に 1 kg の割合で加へた。歪速度にして凡そ 0.001 cm/min/cm である。



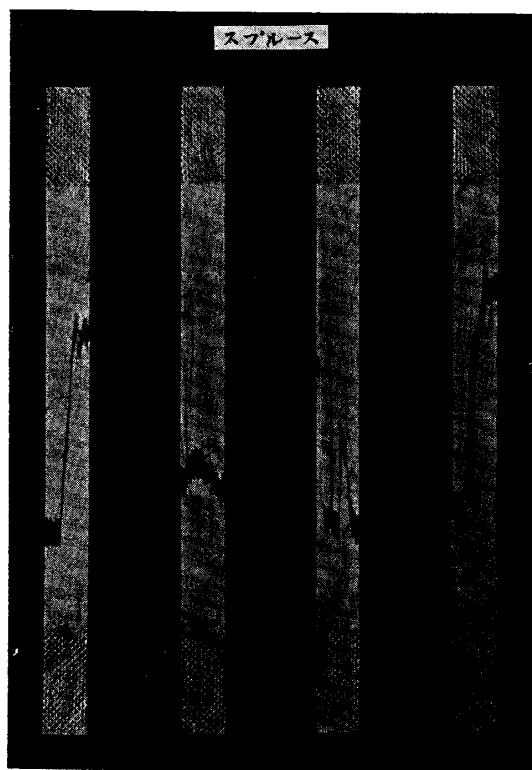
第 4 圖 (3)



第 5 圖 (1)



第 5 圖 (2)



第 5 圖 (3)

むらのあることがわかる。又荷重——伸の曲線は壓縮試験、曲げ試験の場合のそれと異り、相當大なる應力に達する迄殆んど直線的關係を保つことを示す。この結果から見て、曲げ試験に於ける荷重——撓の關係が比較的低い應力に於て直線關係から離れる現象は壓縮側の歪に基くものなることが明らかである。

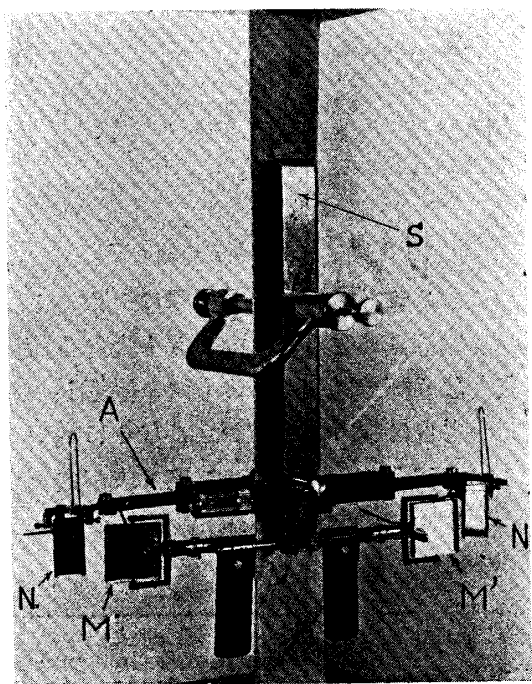
第4圖及び第5圖に、靜的試験後の破斷せる試験片を長時間引張試験後の試験片と對比して示す。圖中○印の試験片は靜的試験のものである。

4. 長時間試験及び結果の考察

a. 荷重の小なる場合

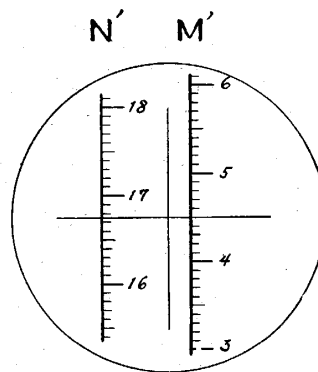
靜的試験の場合と同じく試験機に試験片を取付けた後、前述の荷重速度で荷重を加へ、一定荷重を加へ終つた瞬間から読みを取り始めた。

木材は金屬と異り柔い爲に摑部に於て潰れ易い。此の爲に長時間の實驗を行ふに際し普通の鏡伸張計では不都合な點があるのでこれに多少の附屬物を取付けて實驗の目的に適ふ様に



第6圖 伸張計

した。第6圖に於て M , M' が普通の鏡伸張計の鏡に相當する。この他に伸張計の測定桿 S に N , N' なる鏡を取付けた。この鏡は A なる腕によつて前後の位置及び左右の向きを加減することが出来る。試験片に伸張計を取付けた後試験片の前方適當の位置に据えつけた二個の望遠鏡の視野内に M , N 及び M' , N' による尺度の讀みが第7圖の如く夫々並んで見える様にする。荷重を加へる時は M 及び M' による尺度の讀みは伸びに應じて變り、 N 及び N' による讀みには殆んど變化が無い。一定の荷重を加へたる後放置する



第7圖 望遠鏡の視野

時、時間の経過に伴つて生ずる伸びの變化は勿論 M 及び M' による讀みの變化によつて測るのであるが、 N , N' の役目は望遠鏡と試験片若くは伸張計との相對的の關係を知るにある。即ち、前述の如く木材は潰れ易いから摑部で潰れて試験片の位置、從つて鏡の位置が上下に移動する恐れがあるので、この移動があつた場合にはその移動量を知るにある。此の移動が小なる場合は大した不都合はなく、又鏡が望遠鏡の視野を脱れる心配はないが、移動が大になると鏡が望遠鏡の視野の外に出る場合も起り得る。この場合には望遠鏡の軸を水平軸の周りに適當に上下に廻轉して鏡をとらへ、移動前後の M , M' 及び N , N' の讀みの差から移動の量及び移動に關係のない時間に對する伸の變化の量を知ることが出来る。數時間の實驗の

場合には摺部の潰れに基く上下の移動は杞憂に過ぎなかつたが、後述の如く数日間續けて實驗を行ふ場合には此の固定鏡 N , N' が非常に役に立つてゐる。

ヒノキを材料として低い荷重で数時間の實驗を行つた場合の各試験片の試験時の條件を第2表に示す。又その結果を圖示したものが第8圖であつて各曲線の右端の數字はその曲線に

對應する應力の概略の値を示す。木材は金屬に比して等質性に乏しく従つて試験片平行部に於ける年輪の有無等によつて強さが著しい影響を受けることは前述したが、第8圖の如き

第2表
試験材 ヒノキ

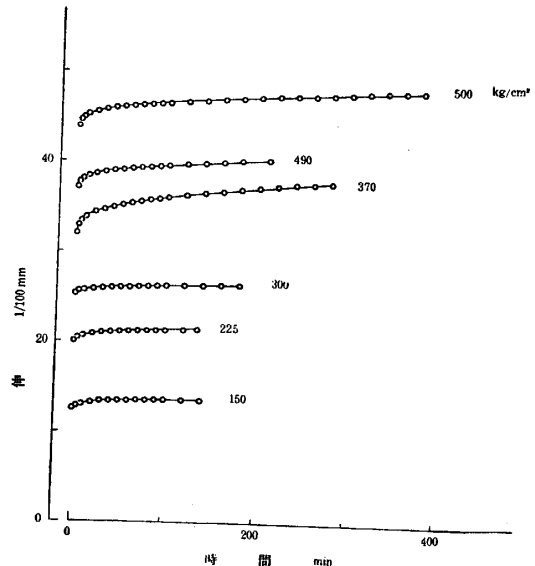
試験片番 号	試 験 片 重 gr	應 力 kg/cm ²
4	5.8	368.8
5	6.0	489.0
6	5.8	296.0
01	7.2	223.0
02	7.8	502.0
03	7.5	149.3

はよくこれを示してゐる。即ち各荷重に對して別個の試験片を用ひる時は各應力に比例した伸を生ぜず、又時間の變化に伴ふ伸の變化の曲線も甚だ不規則な結果を示す。依つて同一試験片を使用して次の如き方法で實驗を行ふことゝした。先づ試験片に小なる一定荷重を加へて放置

し、此の間、伸の時間に對する變化を測定し、適當なる時間を経過したる後荷重を取除く。而してこれを或る時間（本試験に於ては10~15時間）休息させたる後、前よりも大なる荷重を加へて再び同様の實驗を行ふ。この様にして順次大なる荷重に就てこの方法を繰返し、各荷重に對するクリープ曲線を求めるのである。この場合に於ては荷重が大となるに従つて永久歪を生ずる様になるから、此の點に考慮を拂ふ必要がある。第3表及び第4表が夫々ヒノキ及びスプルースに對する實驗結果であり、これを圖示したものが第9圖及び第10圖である。而して右端に示せる數字は前と同様に各曲線に對應する應力の概略の値を表はす。

曲げ試験に於ては應力を取除く時殘留する撓の量は時間と共に次第に減少するが、引張試験の場合に於ても同様の現象が認められるものと考へ、各荷重除去後伸快復の狀況を觀測した。第11圖及び第12圖は、夫々ヒノキ及びスプルースに於けるこの現象を圖示したものであり、又各荷重に對する永久歪の大約の値を第3表及び第4表に記載した。但し荷重除去の際の歪速度は各荷重

ヒノキ



第8圖 伸と時間との關係圖

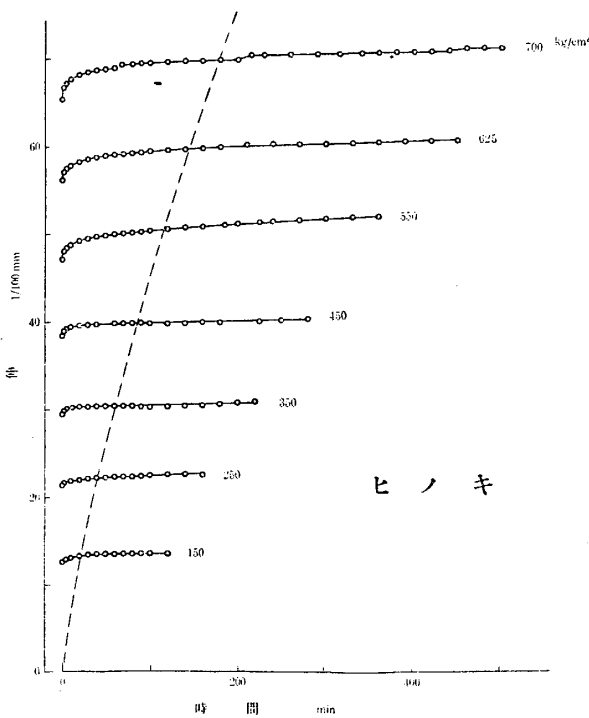
第3表
試験材 ヒノキ

荷 重 kg	應 力 kg/cm ²	荷重除去後の永 久歪 1/100mm
30	148.8	—
50	248.0	—
70	347.2	—
90	446.4	—
110	545.6	2.17
125	620.0	3.83
140	694.3	6.80

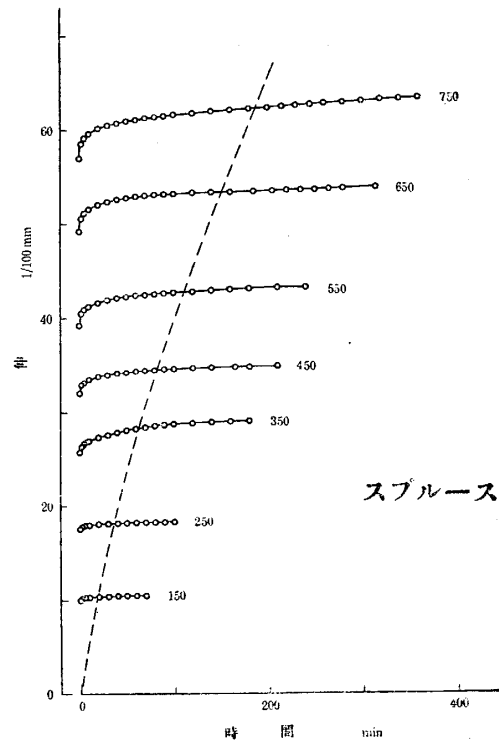
第4表
試験材 スプルース

荷 重 kg	應 力 kg/cm ²	荷重除去後の永 久歪 1/100mm
30	148.6	—
50	247.6	—
70	346.6	—
90	445.7	—
110	544.7	1.72
130	643.8	2.21
150	742.8	2.31

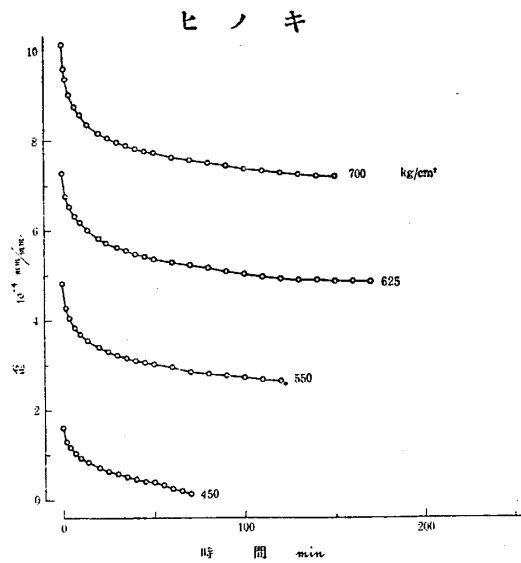
様の現象が認められるものと考へ、各荷重除去後伸快復の狀況を觀測した。第11圖及び第12圖は、夫々ヒノキ及びスプルースに於けるこの現象を圖示したものであり、又各荷重に對する永久歪の大約の値を第3表及び第4表に記載した。但し荷重除去の際の歪速度は各荷重



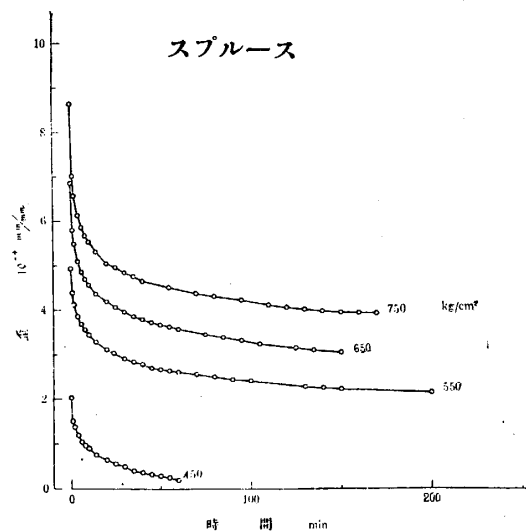
第9圖 伸と時間との関係圖



第10圖 伸と時間との関係圖



第11圖 歪の快復状況



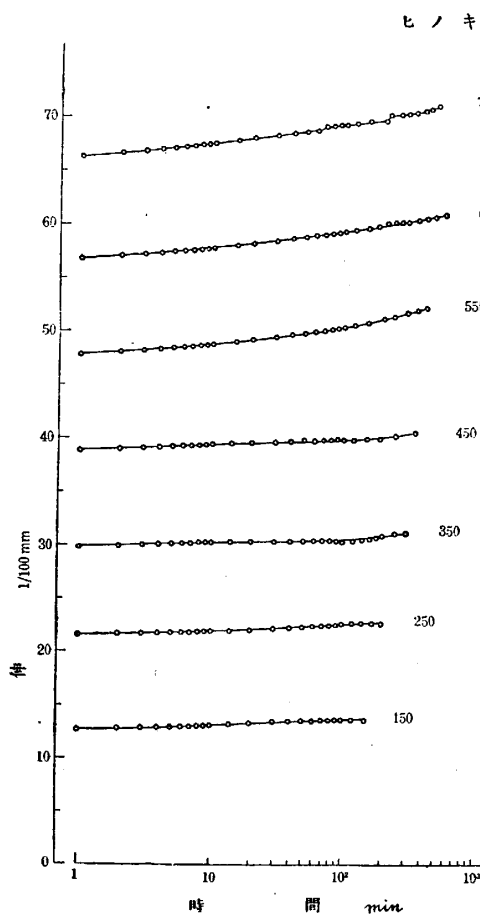
第12圖 歪の快復状況

とに對して一定ではない。同表の永久歪の欄中、數字の記載なきものは永久歪が零と見做し得るものである。而して永久歪を生ずるに至りたる後は、より大なる應力に對する第7圖及第8圖の歪中にはこの永久歪をも含むものである。

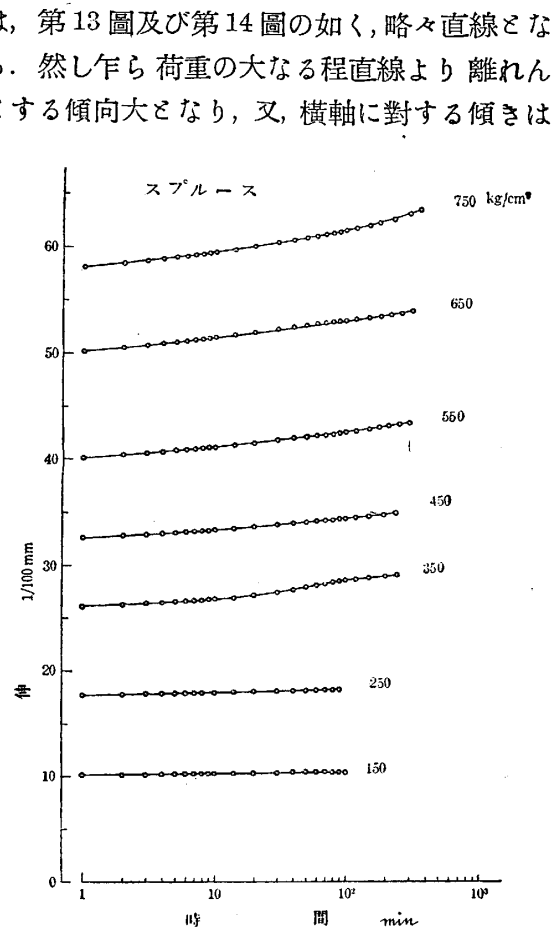
クリープ試験結果の取扱方法に關しては從來幾多の研究⁽³⁾がある。著者は本試験結果によ

(3) 例へば、科學。第2卷第11號、450頁(昭和7年11月)。 Jour. Applied Mech. Vol. 3, No. 2, June, 1936, p. 62. Arch. Eisenhüttenwes., 9 Jahrg., Heft 9, März, 1936. S. 441.

り、本材の長時間引張試験に於ては、歪と時間の関係は略、對數曲線によつて表はされることを見出した。即ち第9圖及第10圖の結果を縦軸に歪、横軸に時間の對數をとつて表はす時は、第13圖及び第14圖の如く、略々直線となる。然し乍ら荷重の大なる程直線より離れんとする傾向大となり、又、横軸に對する傾きは



第13圖 伸と時間の關係



第14圖 伸と時間の關係

大となる。又、本試験に於ては温度、濕度を一定に保つ方法を講じてゐないから、時間の経過に伴つて歪速度が小となつて來る結果、歪に對する時間の影響よりも温度、濕度等の影響が著しく現はれて來てその爲に不規則な曲線となる。

今、或る應力 σ に對する直線の傾きを k とおけば、

$$\frac{d\epsilon}{d\log t} = k \dots\dots\dots (1)$$

これより $\epsilon = \epsilon_1 + k \log t$ (但し $t > 1$) $\dots\dots\dots (2)$

こゝに ϵ : 荷重を加へてから t 時間後の歪
 ϵ_1 : 荷重を加へてから單位時間後の歪
 t : 時間

を表はす。

第13圖及び第14圖より、各應力に對する直線部分の傾き $\frac{d\epsilon}{d\log t}$ を求め、これを應力に對して圖示すれば第15圖の如くになり、ヒノキ及スプルスに共通するものとして、圖の如き曲線をひくことが出来るから $k = \varphi(\sigma)$ なる形で表はすことが出来る。又、 ϵ_1 は勿論 σ の函數であるから、これを $\epsilon_1 = f(\sigma)$ と表はすことゝすれば、一般に任意の應力に對して任意

の時刻に於ける歪は次式の如くなる。

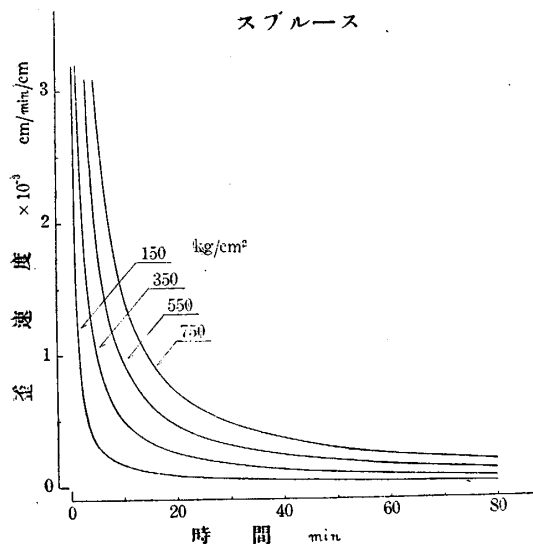
$$\epsilon = f(\sigma) + \varphi(\sigma) \log t$$

(但し $t > 1$) (3)

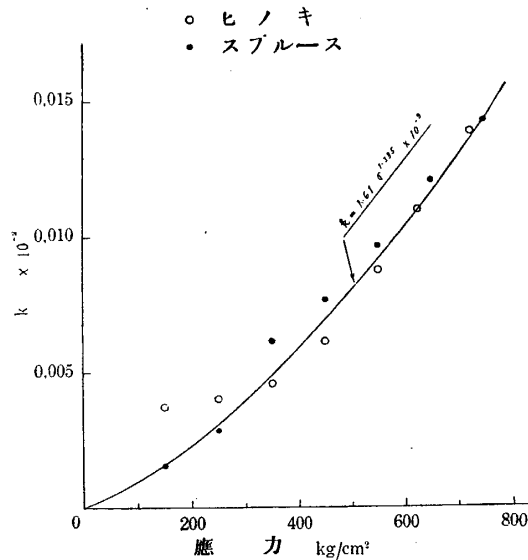
(1) 式より

$$\frac{d\epsilon}{dt} = \frac{k}{t} \text{ (4)}$$

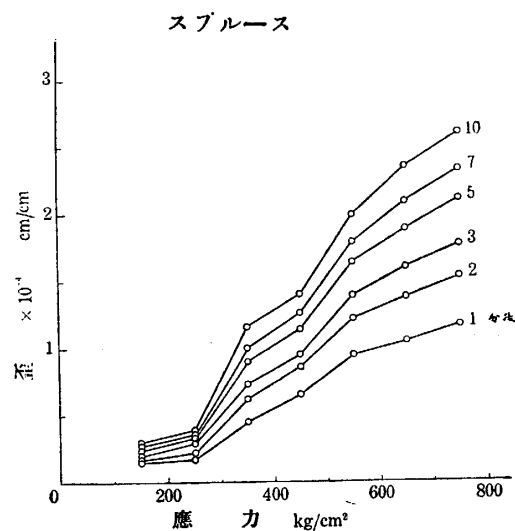
これによつて簡単に歪速度を求めることが出来る。第9圖及び第10圖に於ける點線はかくして同じ歪速度 (2×10^{-6} cm/min/cm) の點を見出して結んだものである。更に各應力に対して $d\epsilon/dt$ を求めて、時間に對して圖示したものが第16圖である。即ち、歪速度は時間の経過に伴ひ急激に減少する。これはスプールの結果であるが、ヒノキに對しても略々同様である。



第16圖 歪速度と時間の関係



第15圖

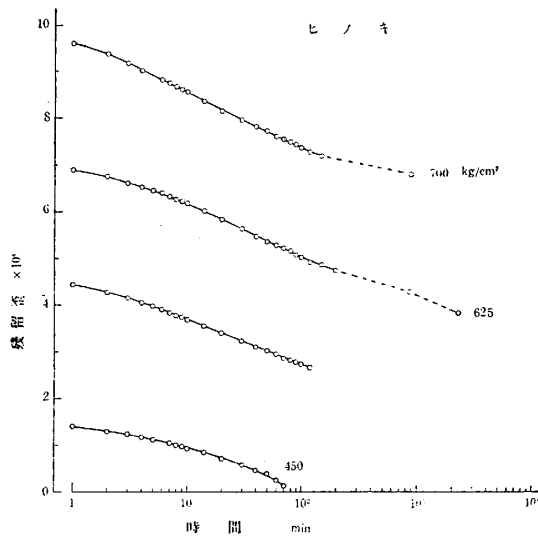


第17圖 歪と應力との関係

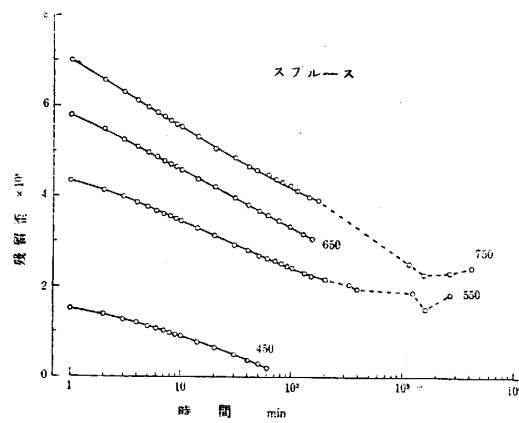
又第17圖は種々の時間後に於ける全歪のスプールの對する測定結果を示す。

第11圖及び第12圖の結果を上と同様に $\epsilon - \log t$ の形で表はすと、第18圖及び第19圖となる。應力の小なる時、從つて又歪の小なる時には荷重除去後歪は間もなく零となるが、應力が大なる時には荷重を取去つても歪は容易に消失しない。圖に見る如く、歪と時間の對數との間に何處迄も略々直線的關係が成立するものとすれば歪が全部消失する迄に1年以上、或るものは數年の月日を要する。然し乍ら實驗結果によれば點線で示す如く或る時間後には略々一定量を永久歪として残すこととなる。

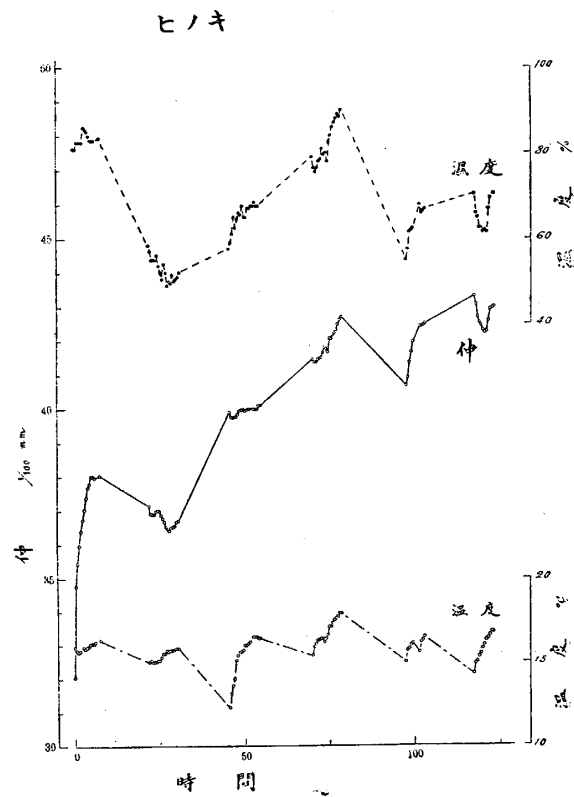
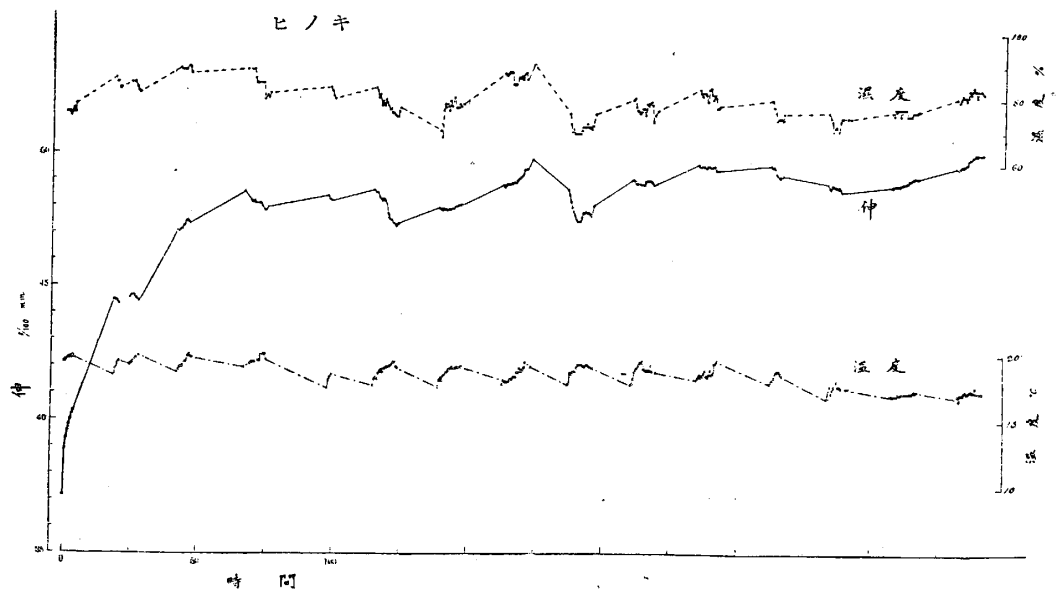
次に數日間の繼續實驗を行つた。即ち一定荷重を加へて數日間放置し、此の間繼續して伸の變化を觀測したのであるが、その結果が第20及び第21圖である。兩圖ともヒノキを材料



第 18 圖 歪の快復状況

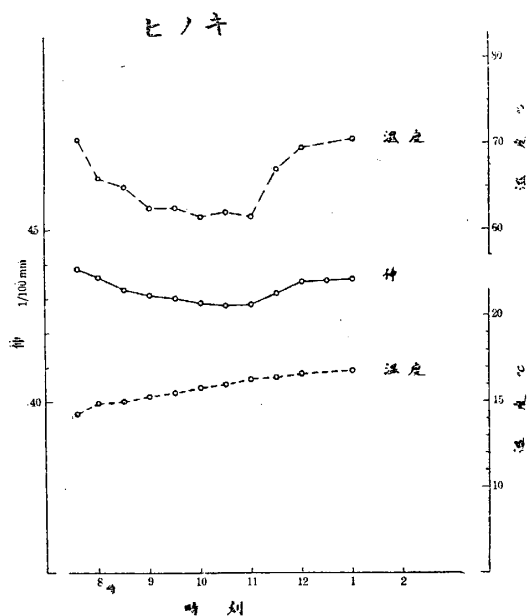


第 19 圖 歪の快復状況

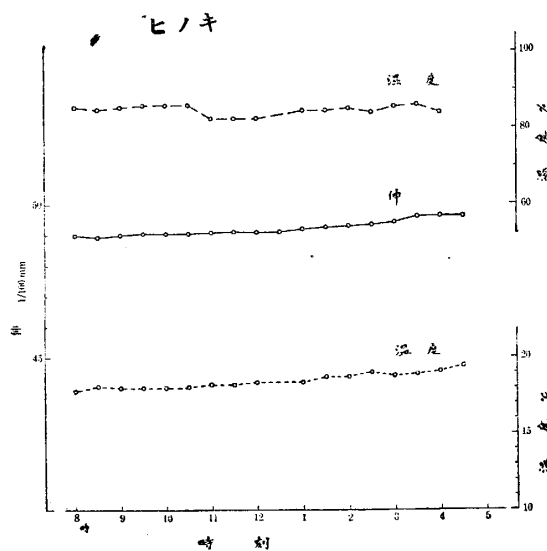
試験片番號 4
應力 370 kg/cm²第 21 圖 試験片番號 5 應力 490 kg/cm²

した場合の結果であつて應力は夫々 370 kg/cm^2 及び 490 kg/cm^2 である。これらの結果も亦曲げ試験の結果と一致する。即ち湿度の増減につれて伸測定用鏡による尺度の読みが増減する。これは應力を受けてゐる状態に於ても、湿度の増減により含水量に變化を來しその結果木繊維に伸縮を生じ、而もその伸縮の量が歪に對する時間の影響よりも遙かに大きい爲である。而して第20圖又は第21圖に見る如く望遠鏡による尺度の讀みの變化が可成り激しいので、望遠鏡が動いたのではないか、或は試験片が摺部で潰れた爲ではないか等の疑念も起るのであるが前述した如く伸張計(第3圖)の鏡 M, M' 及び N, N' による尺度の讀みを比較對照することによつて湿度の變化に基く木繊維の伸縮であることがわかつた。

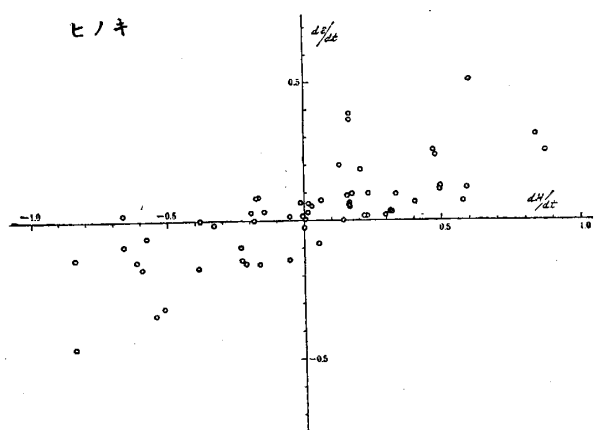
第22圖及び第23圖は第20圖及び第21圖中の或る一日の望遠鏡による尺度觀測値の變化並に湿度、溫度の狀況を精細に示したものである。これ等の圖によれば試験片平行部が比較的



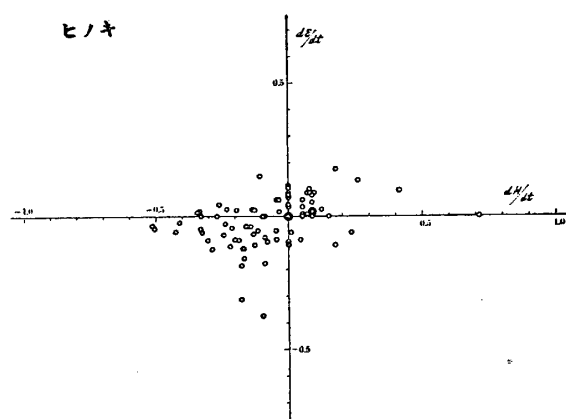
第 22 圖



第 23 圖



第 24 圖



第 25 圖

薄い爲に湿度の變化と尺度の讀みの變化との間には時間的に大した遅れがない。依つて各々の日に對して第22圖又は第23圖に相當するものを畫き、 ϵ , H 及び t を夫々尺度の読み、

湿度及び時間とする時、その圖上から各々對應する $\Delta\epsilon/\Delta t$ 及び $\Delta H/\Delta t$ を測定し、 $\Delta\epsilon/\Delta t$ と $\Delta H/\Delta t$ を夫々兩軸にとつて兩者の關係をあらはした結果第24圖及び第25圖を得た。兩圖ともヒノキに對する結果であるが、この圖からは $\Delta\epsilon/\Delta t$ と $\Delta H/\Delta t$ との間に何等かの明らかな關係が存在すると認めることは出来ない。然し乍ら次の如き考察を下し得ることは興味深い事柄である。即ち、觀測點が第1及び第3象限に多數位置するのは當然であるが、第2及び第4象限の點に就て考へてみるにこれ等の點は湿度の變化とそれの影響との間に時間の遅れがあることを示す。而して第4象限に比べて第2象限に遙かに多くの點の存在することは湿度が減少しつつあるにも拘らず伸は尙増加しつつあることを示すものにして、クリープの存在を立證するものといふことが出来る。

b. 荷重の大なる場合

荷重の小なる場合と同様に一定の荷重速度にて荷重を加へ、或る荷重をかけ終つた瞬間から破壊迄の時間を計測した。時間の計測には電氣時計を使用した。勿論秒針を備へたものであるが普通の時計では午前午後の區別があつて實驗上不便を感じたので短針が文字面を一晝夜に一廻轉する如くに改造し、同時に文字盤には24時間を刻んだ。而してその電氣時計の回路を試験機に連絡し試験片が切斷する時は回路が開いて時計が止る様に裝置したものである。ヒノキ及びスプルスに對する試験結果を第5表及び第6表に示す。これを圖示したものが

第5表
試験材 ヒノキ

試験片 番 號	試験片 重 量 gr	應 力 kg/cm ²	應力/引 張強さ %	切 斷 迄 の 時 間 min
06	5.7	973.2	79.9	120
07	5.6	1101.9	90.4	1.9
08	5.9	998.6	81.9	4.6
09	5.9	1039.7	85.3	11.1
10	5.8	1045.1	85.8	53.1
11	5.9	974.3	80.0	225
12	6.1	1139.3	93.5	18.9
14	6.0	1057.2	86.8	0.9
15	5.9	1006.7	82.6	1.5
16	6.7	1031.1	84.6	× 2940
17	6.1	994.7	81.6	× 400
18	6.0	1021.5	83.8	16.4
20	5.9	964.8	79.2	15.9

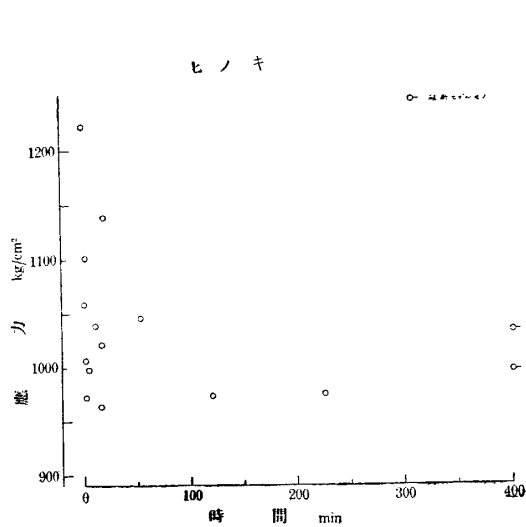
×印を附せるものは記載の時間迄に切斷せざりしものを示す。

第6表
試験材 スプルス

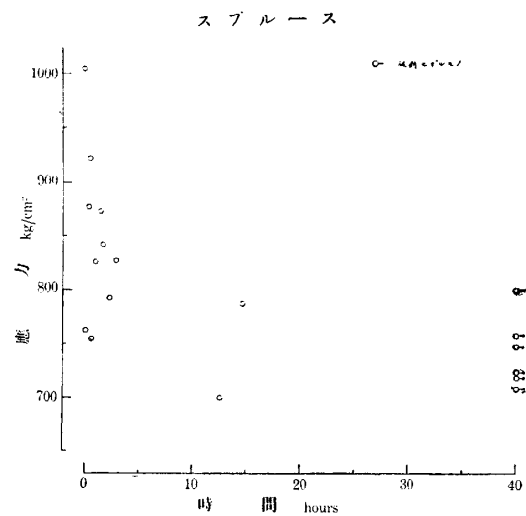
試験片 番 號	試験片 重 量 gr	應 力 kg/cm ²	應力/引 張強さ %	切 斷 迄 の 時 間 min
06	7.4	755.0	73.5	29.7
07	6.4	700.0	68.1	750
08	8.0	787.0	76.6	873
10	7.3	827.8	80.5	175
11	7.3	762.3	74.1	1.7
13	7.2	708.2	68.9	4759
14	8.2	792.5	77.1	135
15	8.0	723.6	70.4	7346
16	7.8	747.5	72.7	6265
17	7.0	757.9	73.8	3477
18	7.2	718.3	69.9	7190
19	7.1	841.8	81.9	983
20	7.2	872.2	84.9	840
21	7.1	921.9	89.7	26.9
23	7.2	1005.9	97.9	1.9
26	7.4	876.8	85.3	19.6
27	7.1	826.9	80.5	555
31	7.1	799.6	77.8	30720

第26圖及び第27圖である。金屬と異り木材は一樣な性質を持たないから結果も一樣なものを得られないとの豫想はつくが、前述の理由で試験片を薄くしたので目切れを生ずることもむらの一因となつてゐる。又肩部で切れてゐるものが相當にあるのは仕上げの困難さを示すものである。

試験材中、ヒノキは良質にして年輪がよく通つてゐたがスプルスは年輪の通りが比較的

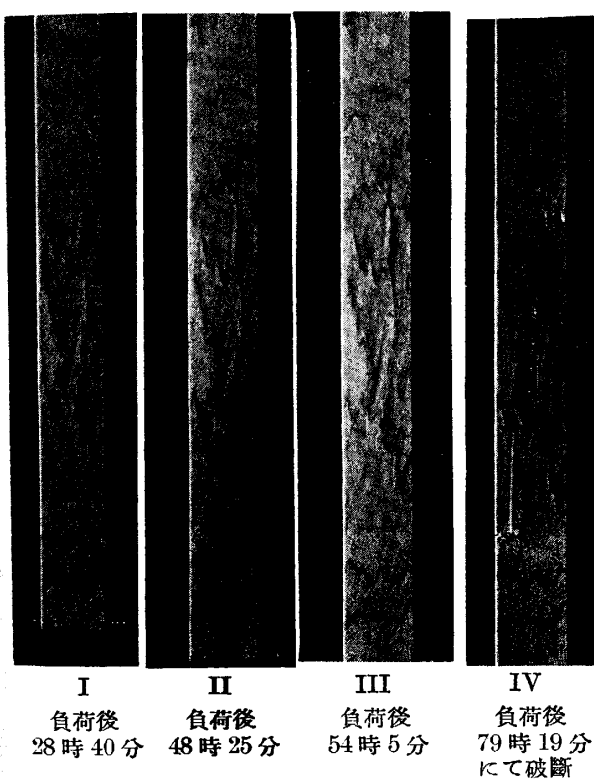
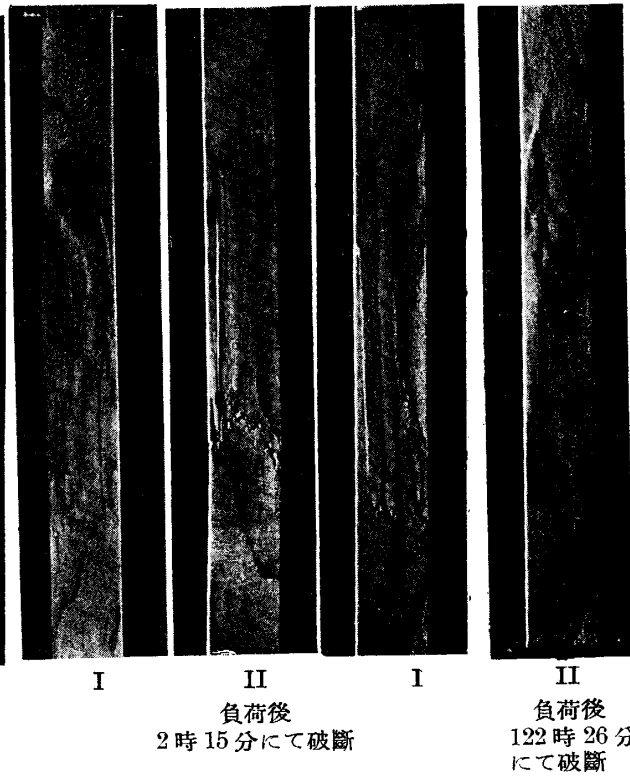


第 26 圖 應力と破壊迄の時間との関係



第 27 圖 應力と破壊迄の時間との関係

悪く、従つて平行部に屢々目切れが現れたために、荷重が大なる場合には、應力に對して生ずる春材部と秋材部の歪が異なる爲に試験片表面に年輪の目切れに沿ふて異様な凹凸を生ずる。第 28 圖がその一例である。これは第 6 表中の 13 なる番號の試験片であつて應力は 708.2 kg/cm^2 である。同圖中 I, II 及び III は荷重を加へたる後夫々 28 時 40 分、48 時 25 分及び 54 時 5 分を経過したる時の状況を撮影したものである。而してこの試験片は 79 時間 19 分にして遂に破斷した。この歪模様の現象は初に行つたヒノキの實驗の際には平行部に目切

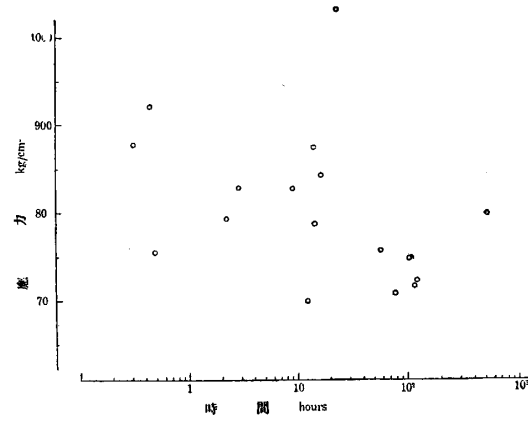
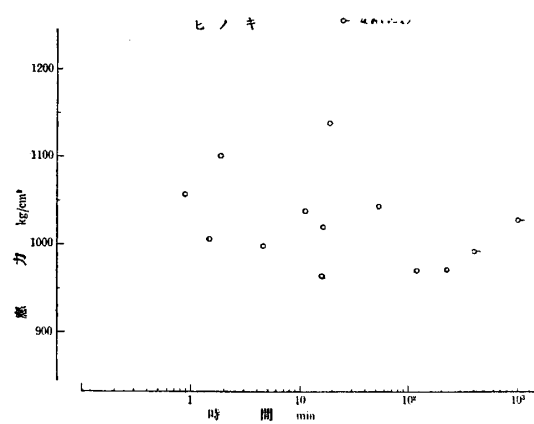
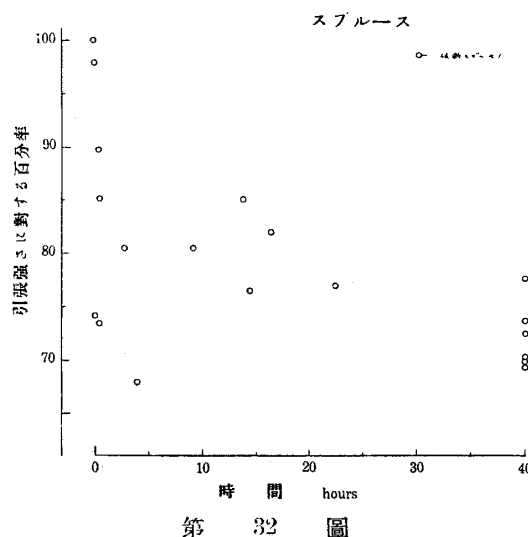
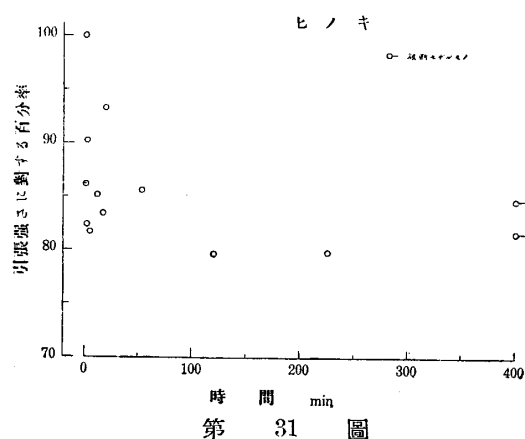
第 28 圖 試験材 スプルース
應力 708.2 kg/cm^2 第 29 圖 試験材スプルース
應力 792.5 kg/cm^2 第 30 圖 試験材スプルース
應力 723.6 kg/cm^2

れを生ずることが少なかった爲に気付かなかつた事柄であるが、スプルースに於けるこの現象に気付いた後に実験した二、三のヒノキの試験片に於ては注意して観察したが、スプルースに於ける程著しい現象を示さなかつた。

第28圖について見るに、時間の経過に伴ひ歪の凹凸に著しい差を生ずるとは見えないが、而も右端 IV の破断後の試験片に於ては凹凸の模様が消失してゐるのと對照して面白い現象である。

第29圖及び第30圖は夫々 14, 及び 15 なる番號の試験片に就て同様の對照を示したものである。

應力と破壊迄の時間の關係に就て、木材に關しては、J. B. Johnson⁽⁴⁾、其他の研究がある。而して何れも結果を表示するに當つては普通試験の結果を基準としこれに對する百分率であらざるを普通とするが、本試験結果をこの方法で表はしたものが第31圖及び第32圖である。一般に荷重が小になると破壊迄に相當長時間を要するので時間に普通の尺度をとる時は不便であるから時間の對數を横軸にとる場合がある。第33圖及び第34圖は本試験結果をこの方法で表はしたものである。是等の結果をみ



第 33 圖 應力と破壊迄の時間との關係

第 34 圖 應力と破壊迄の時間との關係

(4) J. B. Johnson, Materials of Construction, 7th edit., p. 206, 1930. Tech. Rept. Adv. Comm. for Aeronaut., 1917-18, p. 974. Proc. Inst. C. E., vol. 71, p. 428.

ると、餘りに甚しいむらの爲にある曲線を以て結果を表すことは出来ない。然し乍ら、これによつて大體の傾向を知ることが出來、従つて、實用上必要な時間を定めて、それに對應する許容應力の目安とすることが出来る。

5. 總 括

(1) 常溫にて自然乾燥せるヒノキ及びスプルーを使用して常溫室内に於て長時間引張試験を行ひ、一定應力に於ける歪に對する時間の影響及び強さに對する時間の影響を研究した。

(2) 引張強さの15~20%の應力に於ても時間と共に歪は増加し、種々の一定應力に對する歪-時間の關係圖は金屬の場合と類似したものである。而してこの場合に於ける歪と時間との關係は略々 $\epsilon = \epsilon_1 + k \log t (t > 1)$ によつて表はすことが出来る。

(3) 荷重を加へたる後少時の間は時間の影響が大なる爲他の影響はわからないが、時間の影響が減少すると共に室内の溫度、濕度等の影響が現れてくる。殊に數日間繼續して實驗した場合に顯かである。而して濕度の影響が溫度のそれに比べて著しい。

(4) 含水量の増減により木材の細胞は伸縮するが、應力を受けてゐる状態に於ても含水量の變化に基いて略々規則正しく伸縮する。曲げ試験の場合には測定裝置の精度の關係上應力の大なる場合には伸縮の状態は不明であつたが、本實驗に於ては精密なる測定により應力の大なる場合にも伸縮することが明らかとなつた。

(5) 一定の引張應力を受ける木材に於て増加する歪は一部分彈性的のものであり、一部分永久的のものである。

(6) 引張應力と之に對應する破壊迄の時間との關係を求めた。この結果は必要なる耐久時間に對する許容應力を選択する目安とすることが出来る。

本實驗は著者が航空研究所囑託として、同所材料部勤務中行つたもので、その間終始懇ろなる御指導を賜はつた恩師井口所員に衷心感謝の意を表し、併せて、試験機の製作其の他に盡力された材料部佐野益太郎氏に感謝して筆を擱くこととする。