

スギの1年輪内に於ける圧縮荷重分担機構及び材質の 差異

太田, 基

<https://doi.org/10.15017/14941>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 20, pp.103-126, 1952-08-10. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :

スギの1年輪内に於ける圧縮荷重 分担機構及び材質の差異

太 田 基

Motoi ŌTA :

On the Compressive Load Sharing Mechanism and the Differences of Mechanical and Physical Properties in the Radial Direction, in an Annual Ring of SUGI (*Cryptomeria japonica* D. Don)

I. 緒 言

暖帯以北に産する木材の1箇の年輪はその内側部の春材と外側部の秋材の2部分から構成されると看做し得る。その構成因子である春材と秋材とが夫々異つた比重及び強度を有する事は Chidester 及び McGovern¹⁾, Pew 及び Knechtges²⁾, Schafer³⁾, Kraemer⁴⁾, 或いは Wardrop⁵⁾ 等の報告に依つて既に明かにされて居る。故に円筒形で且つ外側部は内側部に比較して比重が大であり、従つて強度の大である点からよく竹材に類似して居る。併し乍ら竹材は比較的明瞭な境界に依つて4種類の構成因子に区別し得るに反して、木材に於ては2種類ではあるが春材と秋材とは層状を呈し境界は程度の差はあるが漸進的に変化して不明瞭である点が異なる。

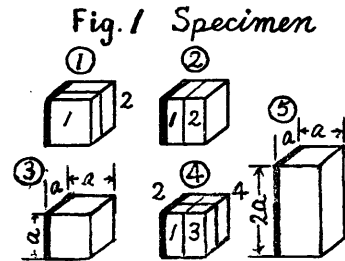
筆者⁶⁾は既に竹材に就て鉄筋コンクリート柱がその軸方向に圧縮荷重を受る場合の考え方を採用して、竹片が繊維方向に圧縮荷重を受る場合その構成因子の荷重分担機構に関して実験しその考え方を適用し得る事を報告した。従つて同様な考え方が木材にも適用し得られねばならないとの観点から、その適否を検討すると同時に1年輪内の部位に依る材質の変化を知る目的で本研究を行つた。併し乍ら境界の不明瞭な春材と秋材とを区分する事、並びに幅の狭い秋材部のみ就て圧縮試験を行う事は共に困難であるから、竹片の場合⁶⁾と同様に1年輪を春材のみの内半部と春材と秋材とを含む外半部とに分割して実験を行つた。

本研究に際し御指導を給つた渡辺教授並びに実験に協力した杉修吉教官に謝意を表する次第である。

II. 実験材料及び方法

1. 材料. 5 × 5 × 30cm の角材に木取りして永年実験室内に保存してあつたスギ材中年輪幅の特に広いものを3本使用した。

2. 試験片. 角材中の1箇の年輪を採り出してその年輪幅と同一幅に仕上げ横断面が殆んど正方形に近い角柱とし, その角柱から連続して第1図に示す5種類1組の試験片を5組計50箇を準備した. 但し小型試験片は一旦正方形に仕上げたものを割つた儘のものである. 従つて完全に1箇の年輪を含む試験片は①, ③及び⑤, 春材及び秋材を含む外半部の試験片は②-1, ④-1及び④-2又春材のみの内半部の試験片は②-2, ④-3及び④-4である.



3. 実験方法. オルゼン型 10ton 試験機の最大秤量を 2 ton に切換え最小目盛を 1 kg とし, 加重に際しては試験機附属の自記装置に依つて荷重-変形曲線を記録せしめた. より正確な荷重-変形曲線を得るために手動に依り徐々に加重して同時に加重速度の荷重に及ぼす影響を^{7,8)}減少せしめた. 荷重及び変形量は低倍率(約1.5倍)の顕微鏡を使用して荷重-変形曲線から求めた. 試験片の断面積は水銀測定器から求めた体積を試験片の高さで除した商で示した. 其他の実験方法は常法に依つた.

III. 実験結果

実験結果を総括して第1表に示す.

Table 1. Results of compression tests

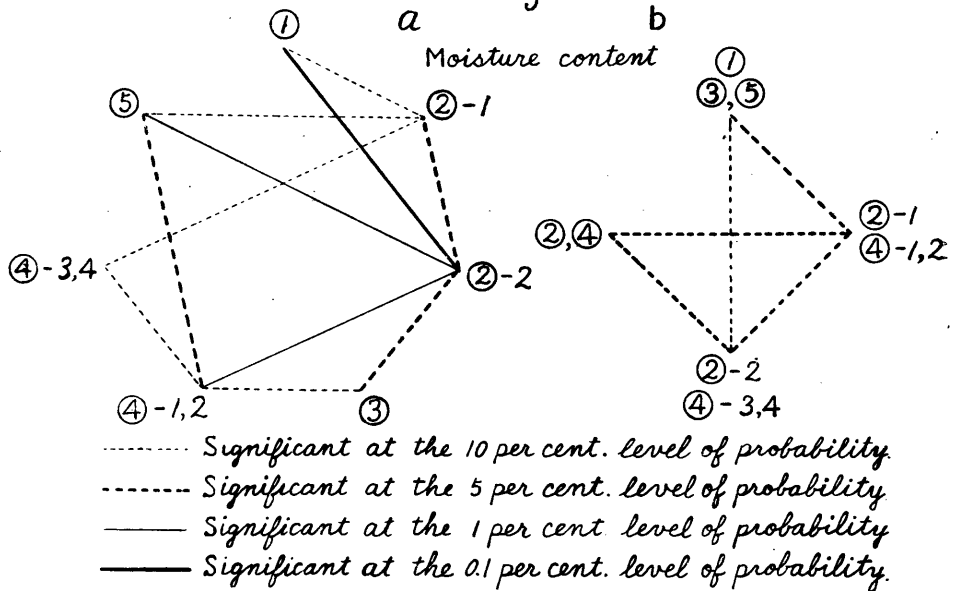
Specimen	Number of tests	Moisture content %	Specific gravity	Strain %	Strength kg/cm ²	Modulus of elasticity kg/cm ²
①-1, 2	10	14.7-16.9	0.349-0.399	1.6-4.2	476-675	30,000-104,000
②-1	5	14.9-16.0	0.438-0.507	1.6-2.4	667-903	76,000-114,000
②-2	5	15.1-18.3	0.274-0.294	2.4-3.2	346-413	20,000-34,000
③	5	15.0-17.4	0.372-0.391	2.4-3.3	487-701	43,000-80,000
④-1, 2	10	14.4-16.2	0.447-0.511	1.6-2.9	646-954	59,000-188,000
④-3, 4	10	14.5-18.4	0.269-0.298	2.4-5.9	315-431	11,000-57,000
⑤	5	14.5-16.7	0.359-0.383	2.0-2.4	468-595	53,000-119,000

1. 含水率. 実験材料は永く室内に放置してあつたが第1表に示すように最大・最小の差は全体では4%に達して居る. 又第2表のように同一組内に於てはその差は0.7~3.4%で含水率の変動は比較的大であるが1箇の年輪全部を含む試験片①, ③及び⑤のみに限定すればその差は0.4~1.0%で変化は少い. このように含水率に大きな差を生ずる原因は試験片の種類, 即ち1箇の年輪内に於ける部位の相異に求められるようである. 第2表から判断されるように各組を通じて春材のみの内半部(②-2, ④-3, 4)の含水率が大きで秋材と春材を含む外半部(②-1, ④-1, 2)の含水率が小である傾向が認められる. 今各種の試験片の含水率相互間の差を検定して第2a図に示す結果を得た

Table 2. Moisture content (%)

Specimen	A	B	C	D	E
①-1	16.7	16.7	16.0	15.5	14.7
①-2	16.6	16.4	16.0	15.6	14.8
②-1	16.0	15.4	15.2	15.3	14.9
②-2	18.3	18.0	16.9	17.9	15.1
③	16.7	17.4	16.0	15.9	15.0
④-1	15.8	15.2	16.2	15.2	14.5
④-2	15.6	15.5	15.9	15.0	14.4
④-3	16.1	17.7	16.5	18.4	14.5
④-4	17.1	17.8	16.0	17.6	15.0
⑤	17.1	16.7	16.4	16.3	14.5
①, ③, ⑤	16.8	16.9	16.1	15.8	14.8
②-1, ④-1, 2	15.8	15.4	15.8	15.2	14.6
②-2, ④-3, 4	17.2	17.8	16.5	17.7	14.9
(②+④)/2	16.5	16.6	16.1	16.6	14.7

Fig. 2



即ち有意水準を5%とすれば内半部型試験片②-2は他の型の試験片との間に於ては総て有意差が認められたが他の試験片では型を異にする試験片との間に有意差の認められないものがあつた。更に全年輪、外半部及び内半部の3種の試験片型の各々の平均値も内・外半部の平均値との相互間に於て同様に検定を行い第2b図の結果を得た。即ち各型試験

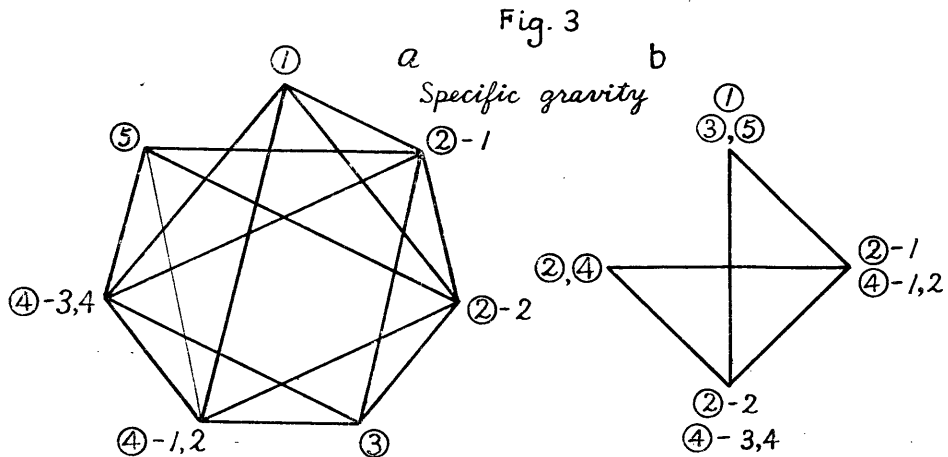
片群間には有意差（水準5%）が認められたが、全年輪型試験片群と内・外半部型試験片群の平均値との間には認められず近似値を示して居る事は第2表下段に明らかである。同様な結果を鈴木⁸⁾は竹材に於て認めて居る。

2. 試験時比重. 秋材は春材よりも比重が大であるから、秋材を含む外半部型試験片（②-1, ④-1, 2）の比重が春材のみの内半部型試験片（②-2; ④-3, 4）の比重よりも大である事は当然で第3表に明らかである。

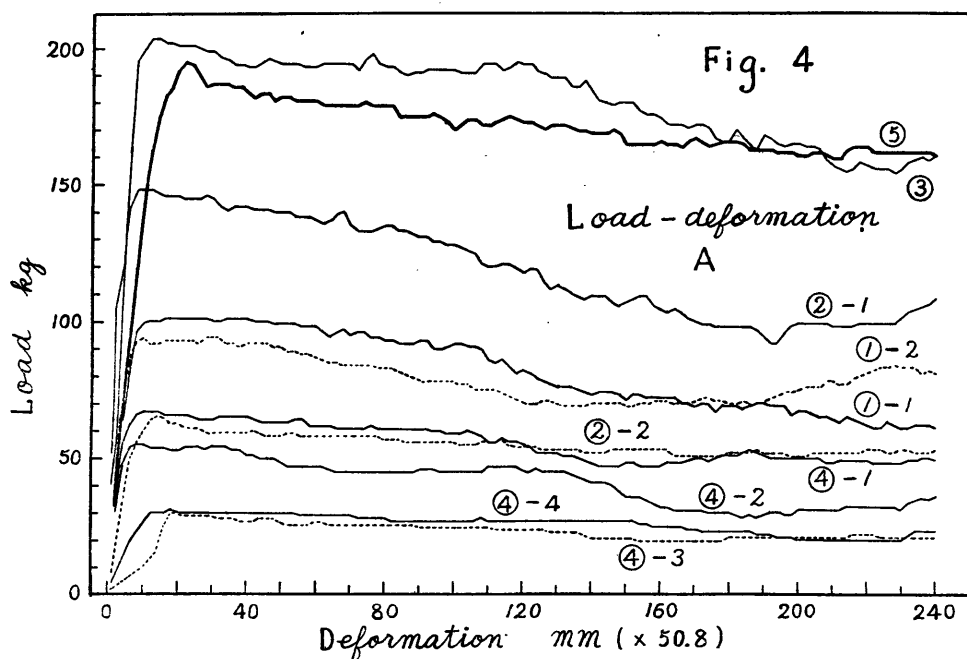
Table 3. Specific gravity (gr/cm³)

Specimen	A	B	C	D	E
①-1, 2	0,370	0,380	0,382	0,356	0,388
②-1	0,465	0,470	0,449	0,438	0,507
②-2	0,274	0,294	0,278	0,278	0,274
③	0,376	0,385	0,374	0,372	0,391
④-1, 2	0,457	0,457	0,461	0,448	0,501
④-3, 4	0,280	0,277	0,275	0,274	0,284
⑤	0,383	0,367	0,359	0,363	0,380
①, ③, ⑤	0,375	0,378	0,374	0,362	0,387
②-1, ④-1, 2	0,459	0,461	0,443	0,444	0,503
②-2, ④-3, 4	0,278	0,283	0,275	0,275	0,280
(②+④)/2	0,369	0,372	0,366	0,360	0,392

各種試験片の比重に就て相互間の差を検定して第3 a 図に示す結果を得た。即ち水準を1%とすれば各種試験片相互間に於て総べて有意差が認められた。又各々同一型試験片群の平均値及び内・外半部型試験片群の平均値の相互間に於ては第3 b 図のように全年輪型試験片群と内・外半部型試験片群の平均値の間には水準1%に於て有意差が認められず、第3表下段に示すように近似値を示す。併し乍ら他の間に於ては有意差が認められた。



3. 荷重—変形曲線. 此の曲線はその1例を第4図に示すように最初は直線的に急傾斜で上昇するが, 比例限界を越えてからは徐々に傾斜を減じて最大荷重点に達する. 最大荷重点に達した後は1時急に降下した後或いは最初から緩かに降下して極小荷重点に達した後は再び上昇する. 最大荷重点附近の緩傾斜部分は, 同一大きさの試験片間では, 外半部型試験片が内半部型試験片よりも小である. 又最大荷重点以後に於て竹片で見られた明瞭な曲線の起伏は⁶⁾認められなかつた. それはスギ材は春材部から秋材部への移行が緩慢で且つ不明瞭であるのに対し, 竹材では各構成因子の区別が明瞭である事に起因するものと考えられる.

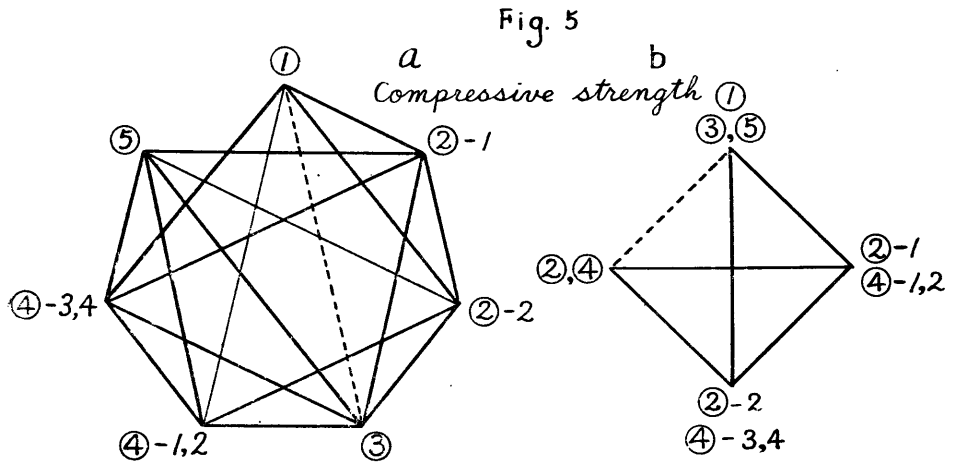


曲線の高さ即ち荷重は断面積の大な, 秋材部を含む, 高さの低い試験片が大である事は当然である. 又本曲線の比例部分の傾斜は同一大きさの試験片間では, 外半部試験片が内半部型試験片よりも急である.

4. 圧縮強度. 限られた範囲に於ては比重と正比例的な関係を有すると看做し得る圧縮強度が第1表及び第4表のように試験時比重と同一傾向を示す事は当然である. 各種試験片の圧縮強度相互間の差を水準1%で検定すれば第5a図のように同一型試験片以外に対しては夫々有意差が認められた. 但し③と⑤の間には有意差が認められたが第1図に示したように試験片の高さが⑤は③の2倍である事に基因するものであろう. ③と⑤との中間的な型の①は③及び⑤に対して有意差の認められなかつた事実もこれを裏書するものと考えられよう. 全年輪, 外半部, 内半部及び内・外半部の試験片の平均値相互間に於ては第5b図のように水準1%で全年輪と内・外半部との間以外には有意差が認められた.

Table 4. Compressive strength (kg/cm²)

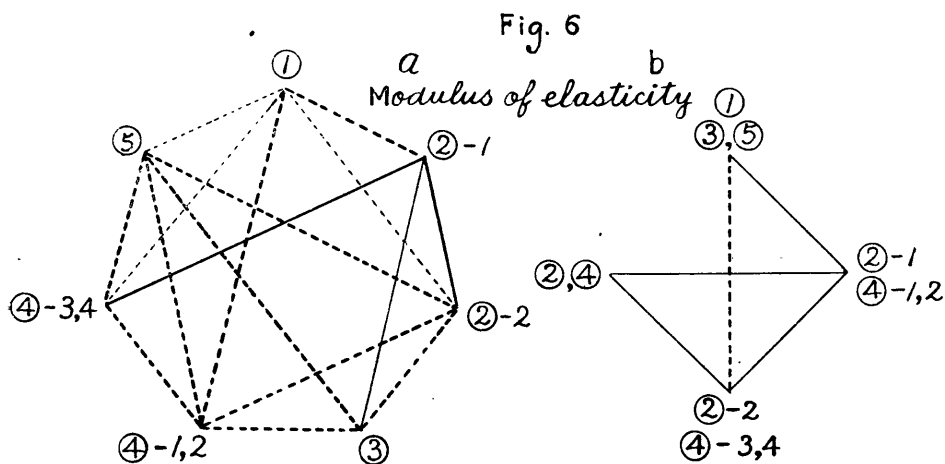
Specimen	A	B	C	D	E
①- 1, 2	527	551	499	510	567
②- 1	754	690	636	668	791
②- 2	345	359	337	355	362
③	540	538	540	550	610
④- 1, 2	660	660	679	672	812
④- 3, 4	339	340	318	327	371
⑤	528	468	517	512	595
①, ③, ⑤	531	527	514	521	585
②- 1, ④- 1, 2	691	670	681	670	805
②- 2, ④- 3, 4	341	346	324	336	368
(②+④)/2	516	508	503	503	586



5. 弾性係数. 外半部型試験片の弾性係数が最大で, 全年輪試験片が之に次ぎ, 内半部型試験片が最小値を示し, 試験時比重及び圧縮強度と同様な傾向のある事は第1表及び第5表に於て認められる. 各種試験片の弾性係数相互間の有意差を前項と同様に検定して, 第6a 図に示すように試験時比重及び圧縮強度よりもその傾向は明瞭でない結果を得た. 即ち試験片①と②, 及び④-3, 4との間には水準5%に於ても有意差が認められず, 又⑤と③との間には圧縮強度と同様に有意差が認められた. 更に全年輪, 外半部, 内半部及び内・外半部の試験片の平均値相互間に於ては第6b 図のように試験時比重の場合と同様に全年輪型試験片と内・外半部型試験片の平均値との間以外に於て有意差が認められた.

Table 5. Modulus of elasticity (kg/cm²)

Specimen	A	B	C	D	E
①-1, 2	50,000	46,000	35,000	56,000	100,000
②-1	95,000	76,000	93,000	114,000	107,000
②-2	34,000	21,000	33,000	23,000	20,000
③	51,000	43,000	65,000	53,000	80,000
④-1, 2	84,000	67,000	103,000	90,000	178,000
④-3, 4	36,000	22,000	19,000	21,000	15,000
⑤	53,000	54,000	90,000	71,000	119,000
①, ③, ⑤	51,000	47,000	56,000	59,000	100,000
②-1, ④-1, 2	88,000	70,000	96,000	98,000	155,000
②-2, ④-3, 4	35,000	21,000	23,000	21,000	17,000
(②+④)/2	61,000	46,000	61,000	60,000	86,000

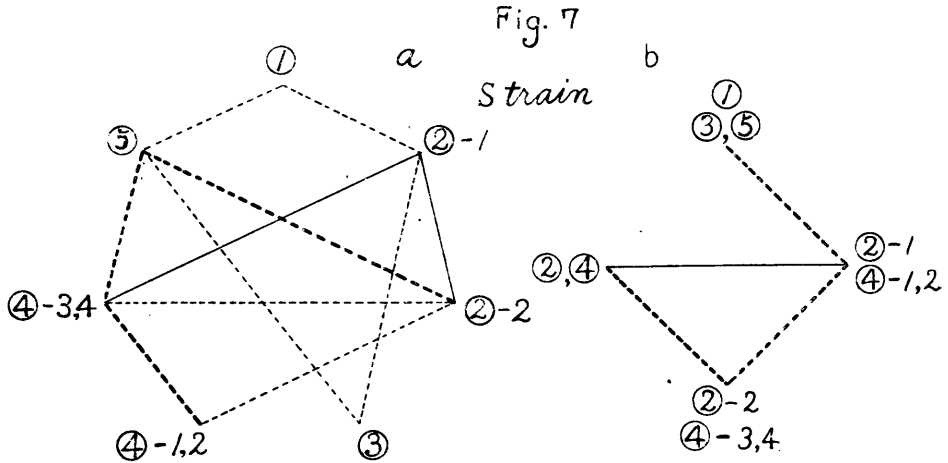


6. 歪み. 最大荷重時に於ける試験片の歪みは第1表及び第6表に見られるように外半部型試験片が最小で, 全年輪型試験片は中間にあり, 内半部型試験片が最大値を示し, 含水率と同一であるが, 試験時比重, 圧縮強度及び弾性係数とは反対の傾向を示して居る. 各種試験片の歪み相互間に

Table 6. Strain (%)

Specimen	A	B	C	D	E
①-1, 2	2.9	2.7	3.7	2.8	2.0
②-1	2.0	2.4	2.0	1.6	2.2
②-2	2.8	3.2	2.4	2.7	3.1
③	3.0	2.4	2.4	3.3	2.7
④-1, 2	2.2	2.4	2.7	1.9	1.7
④-3, 4	4.0	4.6	3.1	2.4	3.9
⑤	2.3	2.4	2.3	2.0	2.0
①, ③, ⑤	2.8	2.6	3.0	2.7	2.2
②-1, ④-1, 2	2.1	2.4	2.4	1.8	1.9
②-2, ④-3, 4	3.6	4.3	2.9	2.5	3.6
(②+④)/2	2.9	3.3	2.7	2.2	2.8

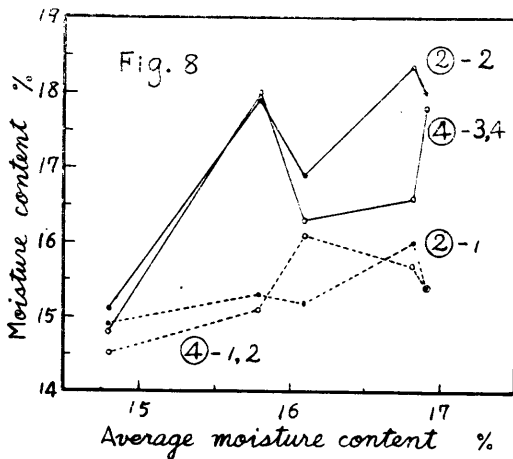
於て有意差の検定を行つた結果は、第7a, b 図に示すように明瞭な関係は見られなかつた。併し傾向としては前記のように外半部、全年輪及び内半部型試験片の順に大となる事は認め得られるであらう。



IV. 検 討

1. 全年輪の含水率に依る部位の含水率の変化。第2表に依れば外半部と内半部の含水率の差は全年輪型試験片の含水率の大であるA組の方が含水率の小であるE組よりも大である。全年輪型試験片の平均含水率に対して外半部及び内半部型試験片の含水率を図示すれば、第8図のように全年輪型試験片の含水率の増加に伴い外半部及び内半部型試験片の含水率は共に増加して居る。又その変化の割合は含水率の大である内半部型試験片が大である事が推察される。この事は絶乾状態に於ては各部分の含水率は0になり一致せねばならぬ点から当然ではあるが、その変化状態が直線的であるか否かは資料不足のために決定

は不可能である。



2. 内・外半部の含水量の差。秋材部と春材部とを含む1年輪の外半部と春材のみの内半部の含水率が異なる原因を追求するには各部位に於ける細胞壁の化学成分、細胞壁及び細胞の構造上の差異等の未だ不明瞭な種々の条件を考慮せねばならず、更に木材中の水分の決定方法にも尙検討す可き余地の存する事が認められるのである。従つて今直ちに1年輪の外半部と内半部の含水率の差異の根本原因を把握する事は困難である。

故に現象的な観点のみから更に本結果を分析するために気乾状態に於ける木材中の水分量の存在状態を巨視的に考えれば次の場合が概略的に考えられる。即ち

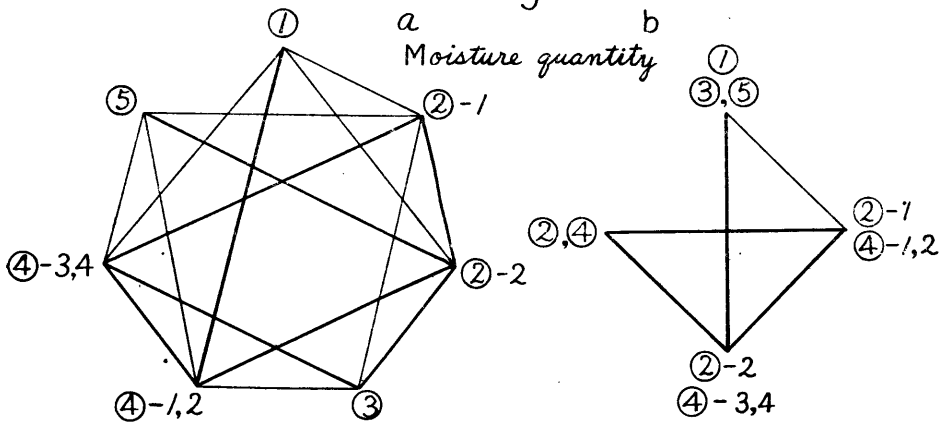
- i 水分量は外半部及び内半部共に均一に存在する。
- ii 水分量は外半部に多く内半部に少く含有されるが木材実質の重量の差の影響が大である。
- iii 水分量は外半部に少く内半部に多く含有され木材実質の重量の差が更に含水率の差を大とする。

今東¹⁰⁾の結果を借用して絶乾時に於ける単位体積 (cm³)中に含有される水の重量 (gr) を含水量として算出すれば第7表の結果を得る。即ち含水量は外半部型試験片 (0.0579~0.0658) が最大で内半部型試験片(0.0341~0.0445)が最小値を示し全年輪型試験片(0.0471~0.0508)は前二者の中間に位する。各種試験片の含水量相互間に於て有意差の検定を行い第9a 図に示す結果を得た。即ち水準1%に於て異型試験片相互間に有意差が認められるが、同一型試験片相互間には認められなかつた。又全年輪、外半部、内半部及び内・外

Table 7. Moisture quantity (gr/cm³)

Specimen	A	B	C	D	E
①-1	0,0522	0,0555	0,0509	0,0485	0,0510
①-2	0,0537	0,0529	0,0544	0,0471	0,0483
②-1	0,0644	0,0628	0,0593	0,0579	0,0658
②-2	0,0425	0,0445	0,0400	0,0422	0,0359
③	0,0539	0,0568	0,0515	0,0508	0,0510
④-1	0,0623	0,0605	0,0647	0,0590	0,0647
④-2	0,0624	0,0609	0,0629	0,0583	0,0617
④-3	0,0415	0,0416	0,0393	0,0426	0,0341
④-4	0,0402	0,0419	0,0376	0,0407	0,0392
⑤	0,0547	0,0523	0,0506	0,0509	0,0482
①, ③, ⑤	0,0536	0,0544	0,0519	0,0493	0,0496
②-1, ④-1, 2	0,0630	0,0614	0,0623	0,0584	0,0641
②-2, ④-3, 4	0,0381	0,0427	0,0380	0,0418	0,0364
(②+④)/2	0,0506	0,0520	0,0506	0,0501	0,0502

Fig. 9



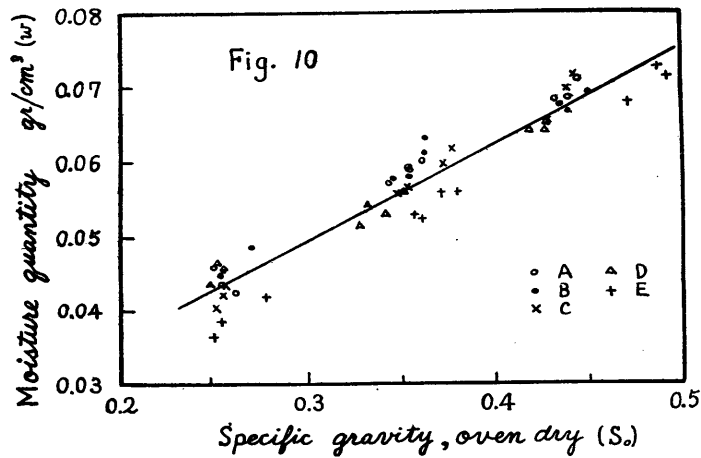
半部型試験片の含水量の平均値間に於て同様に検定を行い、第9b図のように全年輪型試験片と内・外半部型試験片との間を除く他の相互間には有意差が認められた。

即ち含水量は含水率とは反対に外半部に多く、内半部に少く、全年輪は前2者の平均値を示すものと認め得るであろう。

故に前記の ii の場合が木材の1箇の年輪中の水の存在状態を説明するに適當である。

3. 絶乾比重と含水量. 前項に於て絶乾比重の大である即ち単位体積中の木材実質の量の大である外半部の含水量が、絶乾比重の小である内半部の含水量よりも大である事は判明した。次には気乾状態に於ける木材実質中に存在する水分の状態を検討せねばならないのである。

東¹⁰⁾の結果を借用して実験値から算出した絶乾比重 (S_0) と含水量 (w) との関係を求めれば、第10図のようにこの実験の範囲に於ては正の直線関係が存在すると認め得られる。



両者間に於て相関及び回帰関係並びに実験式を求めて第8表上段の結果を得た。

Table 8. The correlation, regression and empirical formula

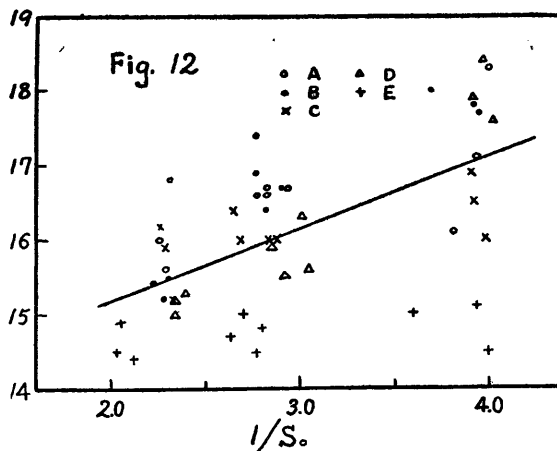
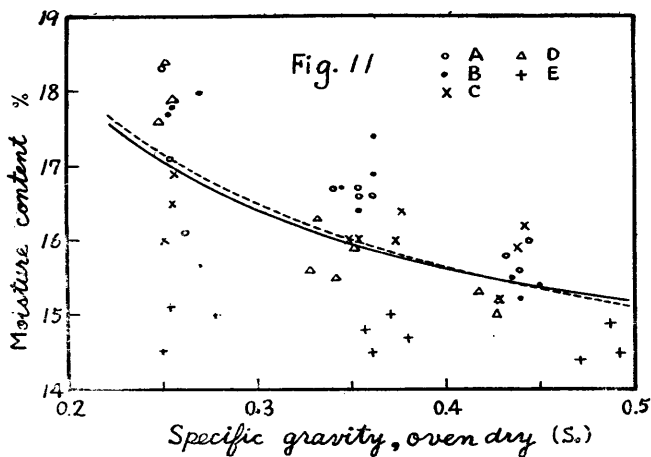
	Correlation coefficient r	Regression coefficient b	Empirical formula
$w - S_0$	0.964***	0.131***	$w = 0.0101 + 0.131 S_0$
$u - 1/S_0$	0.583***	0.942***	$u = 13.3 + 0.942/S_0$

*** Significant at the 0.1 per cent. level of probability

4. 絶乾比重と含水率. 含水率 (u) は含水量 (w) と絶乾比重 (S_0) との比の100倍即ち $u = 100 \cdot w / S_0$ で表わし得る。従つて前項3で求めた実験式から次の関係式が誘導される。

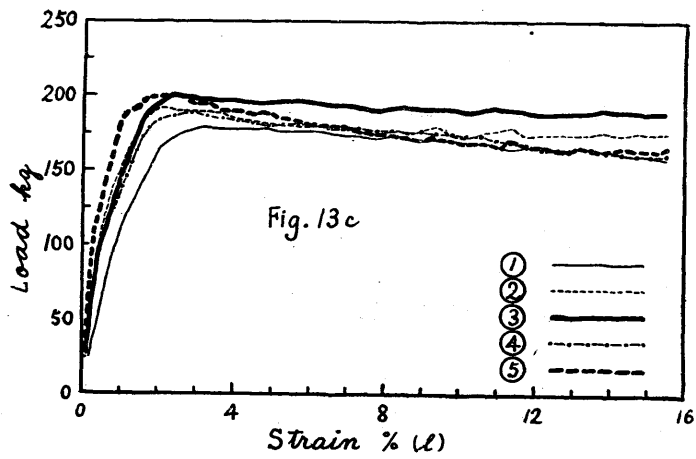
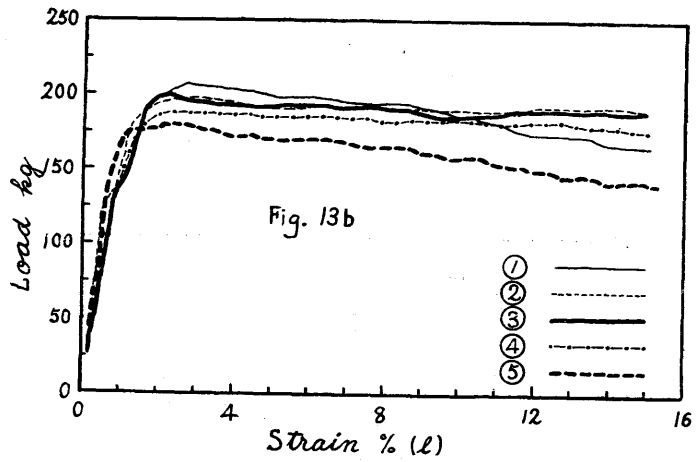
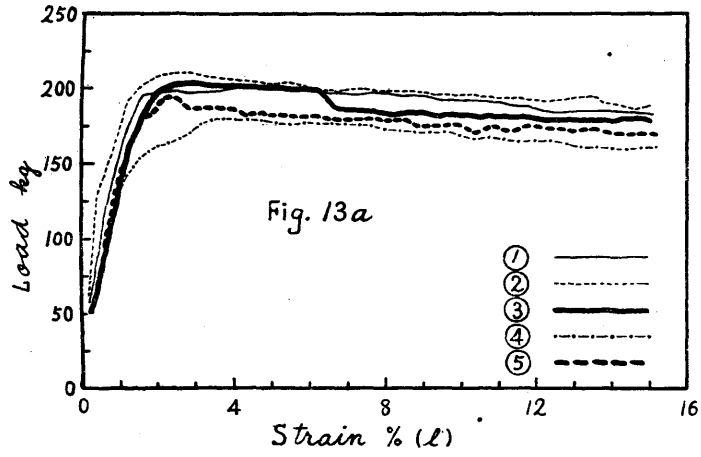
$$u = 13.1 + 1.01/S_0$$

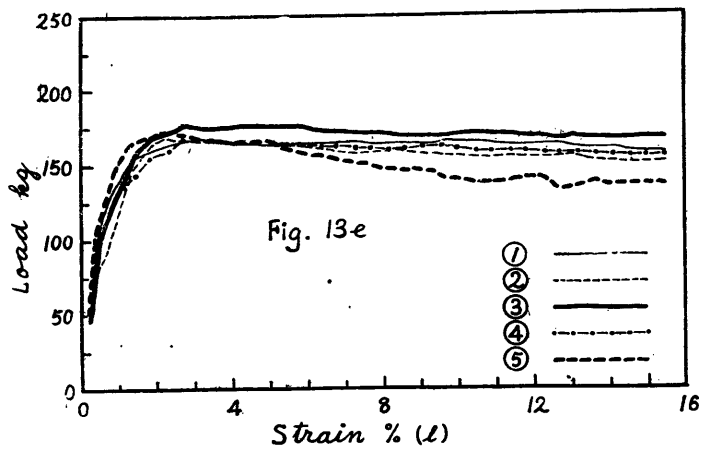
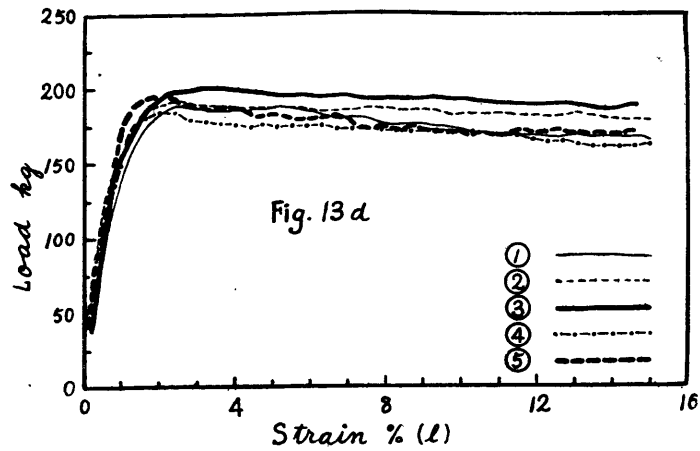
両者の関係を図示すれば第11図のように双曲線的な関係の存在が考えられるので ($u, 1/S_0$) を求めれば, 第12図に示すように両者は直線的と看做し得る.



両者間 ($u, 1/S_0$) に於て相関及び回帰関係並びに実験式を求めて第8表に示す結果を得た. 誘導式と実験式との常数を比較すれば共に類似した数値を示し, 両式間に大差の無い事は第11図にも明らかである. 従つて前記の絶乾比重と含水量との関係も当然是認めなければならない.

5. 荷重一歪み曲線の合成. 各組別に小割りした各試験片毎に荷重一歪み曲線を合成 $\{(1-1)+(1-2); (2-1)+(2-2)$ 及び $(4-1)+(4-2)+(4-3)+(4-4)\}$ し試験片③及び⑤の荷重一歪み曲線と比較すれば第13 a, b, c, d, e 図のようになる.



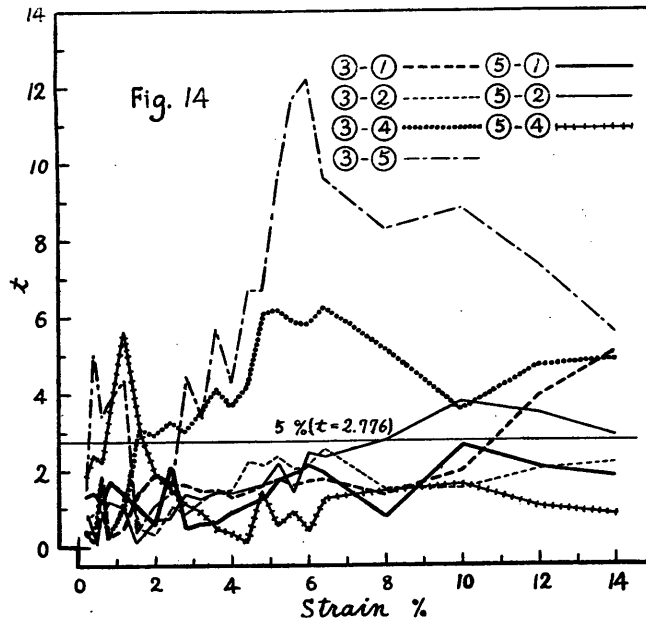


是等の曲線を比較する一手段として、一定間隔毎の歪みに対する荷重と同一歪みに於ける他型の試験片の荷重との差を水準5% (第14図中x軸に平行な直線 $t=2.776$)で検定すれば、第14図のように比例限界以外では試験片③と④及び⑤との間のみ有意差が認められた。これは試験片④及び⑤は共に標準型試験片である事に起因するものであろう。

更に有意差の認められない試験片型相互間の適合度を検定すれば、適合度の比較的大なものは試験片③と①及び②並びに④と⑤との2群に区分せられる。

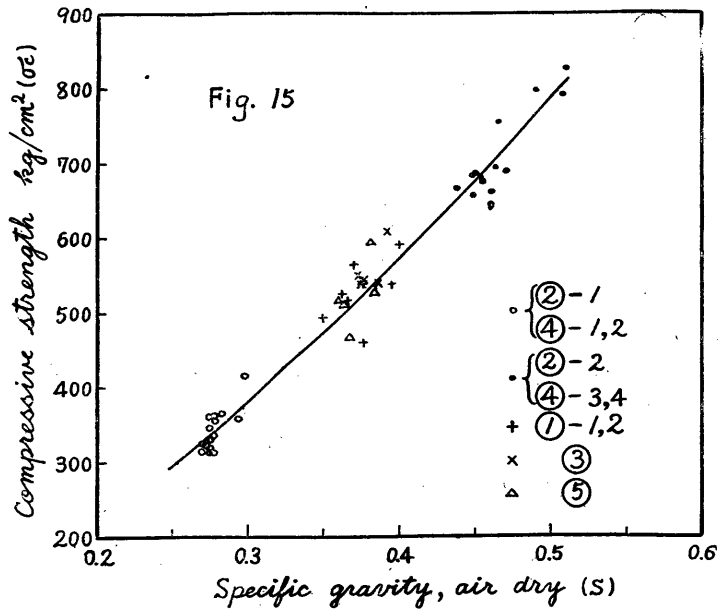
故に試験片の型が等しいか或いは類似であれば、スギ材が繊維方向に圧縮される場合の荷重の分担機構には、鉄筋コンクリート柱に於ける考え方が竹材⁶⁾に対すると同様に適用され得ると考えてもよい様である。

6. 圧縮強度と比重。年輪を数個有する木材に於ては、両者の関係^{11-12,13)}は既に多数の実験に依つて明らかにされて居る。従つて1個の年輪内に於ても同様な関係の存在する事は当然予想され得る。各種試験片を一括して圧縮強度(σ_c)と比重(S)との関係を含水



率12%の状態に換算した数値で示せば、第15図のように各種試験片を通じて連続的に拋物線的な関係が見られる。従つて $(\log S \cdot \log \sigma_c)$ を画けば第16図のように殆んど直線関係が認められる。

故に両者の相関及び回帰係数並びに実験式を求めて第9表の結果を得た。



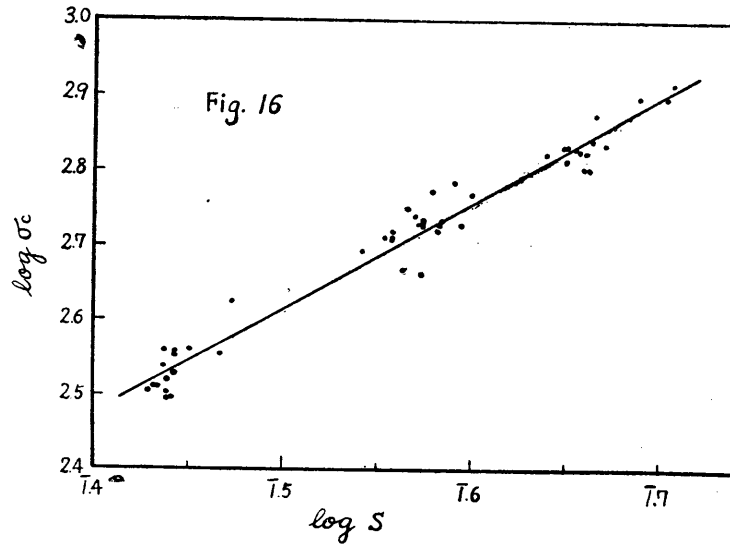
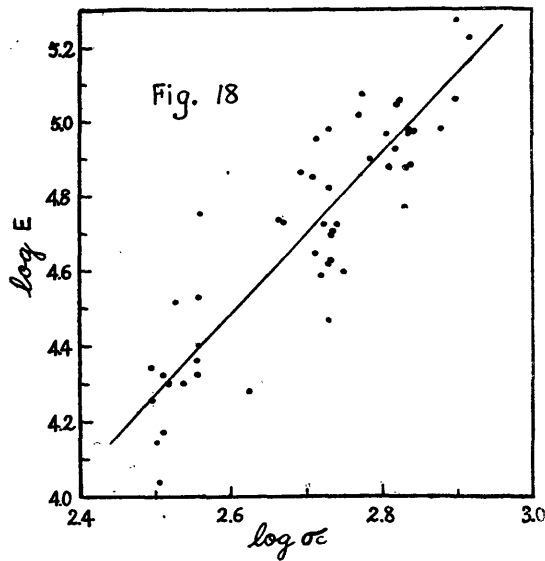
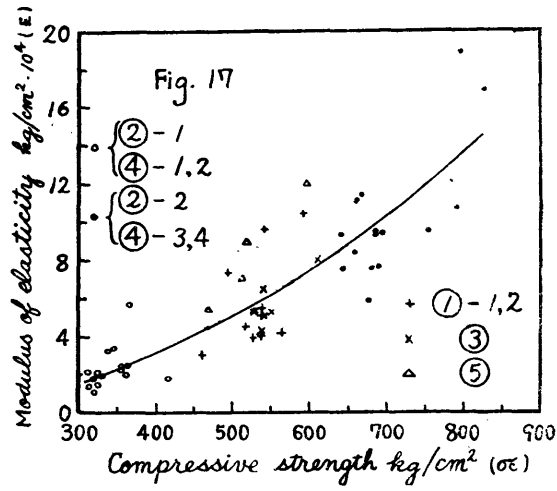


Table 9. The correlation, regression, and empirical formula

	Correlation coefficient r	Regression coefficient b	Empirical formula
S - σ_c	0.982***	1.411***	$\sigma_c = 2,100 S^{1.41}$
σ_c - E	0.897**	2.118***	$E = 0.0970 \sigma_c^{2.12}$
l - σ_c	-0.589***	-0.00162***	$l = 1.54 + 6.13e^{-0.0037 \sigma_c}$
E - S	0.867***	2.940***	$E = 50,700 S^{2.94}$
l - E	-0.676***	-0.00000699***	$l = 1.54 + 2.35e^{-0.000016 E}$
l - S	-0.658***	-3.586***	$l = 1.54 + 18.54e^{-8.26 S}$

7. 圧縮強度と弾性係数. 第4図で判明したように, 同一型試験片間に於ては最大荷重の大な即ち圧縮強度の大な外半部型試験片は, 圧縮強度の小さな内半部型試験片よりも荷重-変形曲線の直線部分の傾斜が急である. 従つて弾性係数 (E) は圧縮強度 (σ_c) の大となるに伴い大となる. 本関係に就ては既に N.H.Kloot¹³⁾ が直線式を提出して居るが, 本結果を図示すれば第17図のように全試験片を通じて連続的に圧縮強度と比重の関係と同一傾向を示して居る. 従つて ($\log \sigma_c, \log E$) を描けば, 第18図のように殆んど直線的關係が認められる. 故に両者の相関及び回帰係数並びに実験式を求めて第9表の結果を得た.

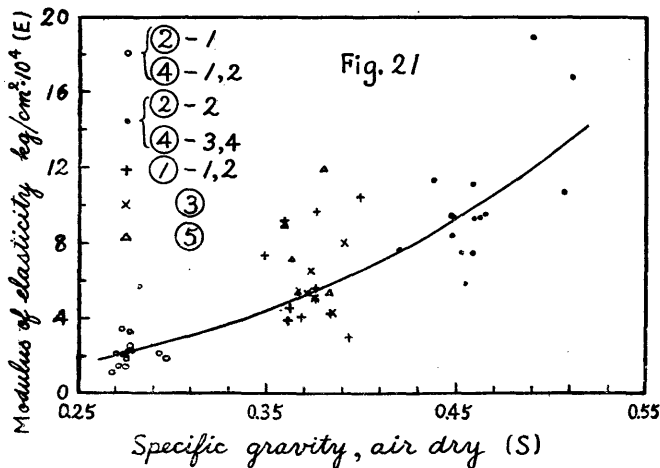
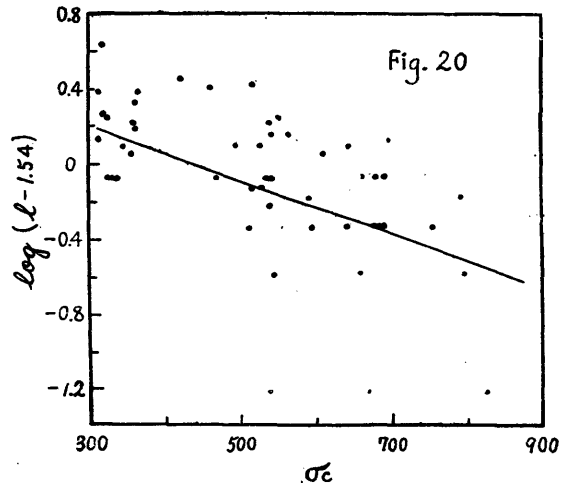
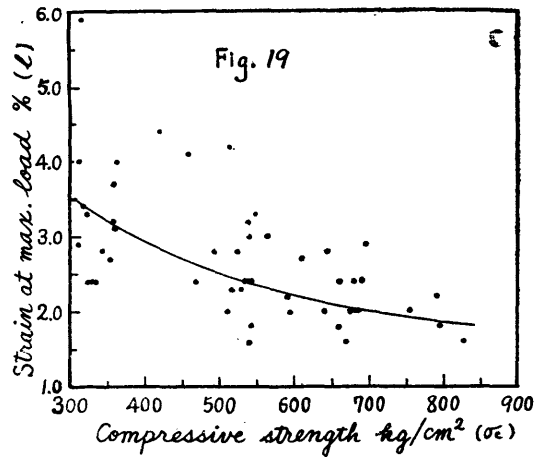


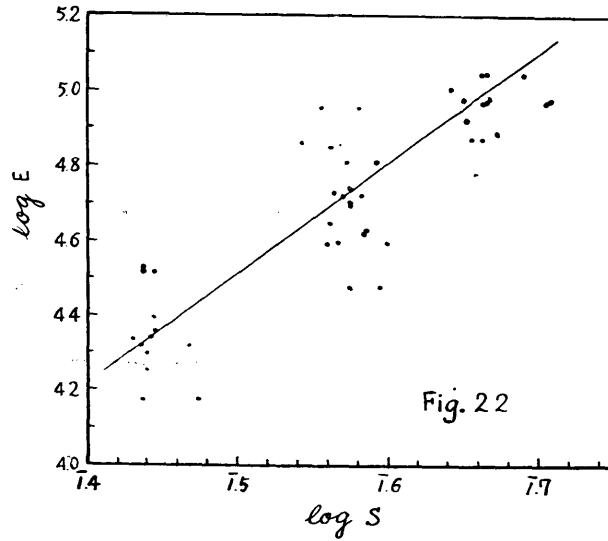
8. 圧縮強度と最大荷重時の歪み. 第1表及び第4図から知り得るように, 圧縮強度或いは最大荷重の大な試験片の最大荷重時の歪みは, 圧縮強度或いは最大荷重の小さな試験片のそれよりも小である. 両者の関係を図示すれば, 第19図のように圧縮強度 (σ_c) が大となれば最大荷重時の歪み (l) は小となり, 指数曲線関係の存在が予想される. 従つて $\{\log(l-1.54), \sigma_c\}$ を画けば, 第20図のように殆んど直線的な関係が認められる. 故に両者の相関及び回帰係数並びに実験式を求めて第9表の結果を得た.

9. 弾性係数と試験時比重. 第1表から知り得るように, 弾性係数 (E) は試験時比重 (S) の大となるに伴い大となる. 両者の関係を図示すれば, 第21図のように圧縮強度と試験時比重との関係と同様に拋物線的関係が予想される. 従つて (log S, log E) を画けば, 第22図のように殆んど直線的な関係が認められる. 故に両者の相関及び回帰係数並びに実験式を求めて, 第9表の結果を得た. 本実験式の乗数指数が試験時比重と圧縮強度との実験式のそれよりも大である事は, 圧縮強度と弾性係数とが直線的関係を有しない点からも当然であろう.

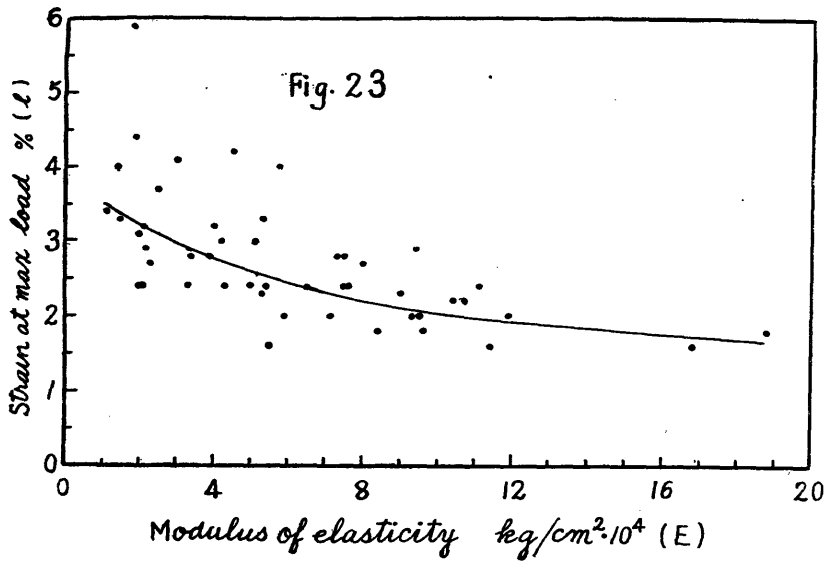
此の結果は F. Kollmann¹¹⁾ の呈出して居る直線的関係とは相違して居る.

10. 弾性係数と最大荷重時の歪み. 第1表並びに弾性係数と圧縮強度との関係及び圧縮強度と最大荷重時の歪みとの関係から, 弾性係数 (E) が大となれば最大荷重

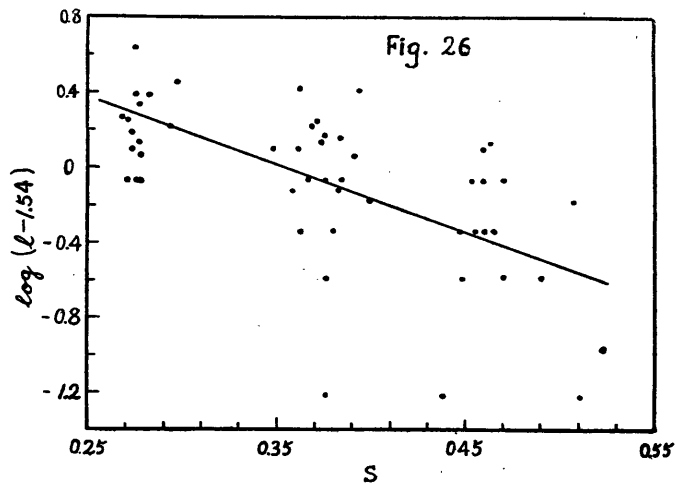
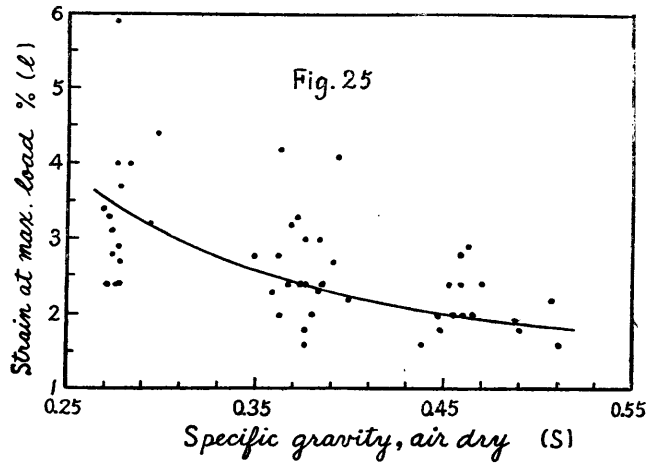
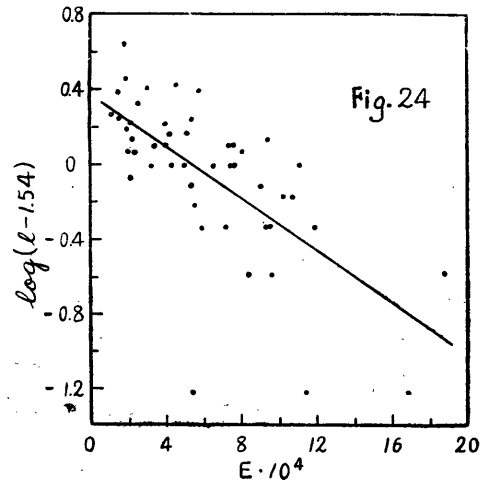




時の歪み (l) が小となる事は容易に予想される。両者の関係を図示すれば第23図のように指数曲線的関係の存在が考えられる。従つて $\{\log(l-1.54), E\}$ を画けば、第24図のように殆んど直線的な関係が認められる。故に両者の相関及び回帰係数並びに実験式を求めて、第9表の結果を得た。



11. 試験時比重と最大荷重時の歪み. 試験時比重は圧縮強度及び弾性係数に対して、限られた範囲内に於ては殆んど直線的で且つ正比例的な関係を有すると看做し得る事は前掲の通りである. 故に試験時比重 (S) と最大荷重時の歪み (I) との関係は圧縮強度及び弾性係数に於けると同様な傾向を有する可きであり、又第1表からも予想される. 両者の関係を図示すれば、第25図のように指数曲線的な関係の存在が考えられる、従つて $\{\log(I-1.54), S\}$ を画けば第26図のように殆んど直線的な関係が認められる. 故に両者の相関及び回帰係数並びに実験式を求めて、第6表の結果を得た、



V. 結 論

1. 含水率. 第8表及び第10図に示したように, 含水量と絶乾比重との間には直線的関係が存在するが, 両者の関係式には常数項が存在する. これは我々が現在絶乾と看做して居る状態に於ては尙水分が残留し, スギ材では約 $0.0101\text{gr}/\text{cm}^3$ である事を示すものである. 故に第2表に示す含水量から 0.0101 を減じた数値から含水率を逆算すれば第10表の結果となり, 各型試験片相互間に於ては水準5%で有意差は全然存在しなかつた. 又算出した含水率と絶乾比重との間には一定の関係は認められなかつた. 従つて部位に依る含水率の差異及び含水率と絶乾比重との間の双曲線関係の存在する原因の一つは, 所謂絶乾状態に於ける残留水分であり又気乾状態に於て外気の湿度と平衡状態にある木材中の水分は木材実質中にほぼ均一に含有されて居るものと解釈出来る.

Table 10. Moisture content (%)

Specimen	A	B	C	D	E
① - 1	12.3	12.5	11.7	11.2	10.8
① - 2	12.3	12.1	11.9	11.0	10.7
② - 1	12.2	11.7	11.5	11.4	11.5
② - 2	13.0	12.7	11.7	12.6	10.2
③	12.4	12.9	11.7	11.6	11.0
④ - 1	12.1	11.5	12.4	11.4	11.1
④ - 2	11.9	11.7	12.1	11.3	11.0
④ - 3	12.0	12.5	11.5	12.9	9.6
④ - 4	11.9	12.5	11.0	12.3	10.5
5	12.4	12.2	10.7	12.3	10.6

2. 荷重分担機構. 小割りした試験片の荷重一変形曲線は外半部と内半部或いは割り方に依つて夫々異つた形を示す(第4図). 夫等の曲線を合成すれば第13図のように, 夫々相似型或いは類似型の試験片間に於ては合成曲線は, 小割りしない試験片の荷重一歪み曲線に大差のない結果を得た. 又筆者等¹⁴⁾は5種類の木材に就て, 1個の年輪を単位として3個の年輪を有する試験片の最大荷重に就て同様な結果を得て居る.

従つて鉄筋コンクリート柱及び竹片⁶⁾に就てと同様に, 部分に依り異つた圧縮強度を有する木材が繊維方向に圧縮荷重を受ける場合, その木材の受持つ荷重は同一の歪みに於て各部分が夫々受持つ荷重の算術和である事が立証出来る. この考え方は合板, 積層木材或いは集成桁等にも適用され得るであろう.

3. 荷重一歪み曲線の形. 荷重一歪み曲線は最初直線的に上昇し比例限界を過ぎて傾斜は緩かになり曲線部に入り最大荷重点に達する, その後は緩やかに殆んど直線的に下降し極小点即ち試験片の圧潰し終つた点から再び上昇する.

試験時比重, 圧縮強度及び弾性係数の大な試験片の荷重一歪み曲線の最大荷重点附近の平坦部は狭く, 直線部分の傾斜は急又最大荷重時の歪みは小となる. 後者の関係は第9表及び第19, 23, 25図に示すように指数曲線式 ($y = a + be^{cx}$) で表わされる.

この結果は筆者未発表の竹片に関する結果と大体一致する。

4. 小木片の比重及び強度的性質相互間の関係. 通常木材として研究の対象となるものの大きさは、小型でもその木口に数個の年輪を有する木材試験方法¹⁵⁾に規定する試験片程度である。この程度の大きさの木材に就ては、既に多くの研究が行われ、比重及び強度的性質相互間の関係は一応明らかにされて居る。併し乍ら1個の年輪内に於ける研究結果には未だ接する機会を得なかつたのである。

前節6, 7及び9から明らかなように、1個の年輪幅全部、秋材と春材の一部及び春材の一部のみの試験片から得た数値を同一に取扱い相互関係を求めて連続的な図(第15, 17, 21図)を得た。夫等試験時比重、圧縮強度及び弾性係数相互間の関係式を求めれば、第9表のように既発表の諸結果に大体類似して居る。

故に小木片の試験時比重、圧縮強度及び弾性係数の相互関係は、標準型試験片に於ける関係と同一に取扱い得る事となる。

VI. 摘 要

鉄筋コンクリート柱がその軸方向に圧縮荷重を受ける場合の荷重分担機構の考え方が、竹片に就ても適用され得る事を筆者⁶⁾は確め得たので、更に進めて木材に就てもその考え方が採用され得るであろう事を立証するために、スギ材に就て圧縮試験を行い荷重一歪み曲線の形を研究した。同時に1年輪内の材質及び含水率の差異の存在、並びに比重、圧縮強度及び弾性係数の相互関係に就ても検討を加えた。

得られた結果は次の如し。

1. 1年輪を秋材と春材の一部とを含む外半部と春材のみの内半部に年輪に平行に2分すれば、外半部は試験時比重、圧縮強度及び弾性係数に於て内半部より大であるが、含水率及び最大荷重時の歪みは反対に内半部より小である。

2. 気乾状態で外気の湿度と平衡状態にある木材の1個の年輪の内・外半部の含水率の差は全年輪の含水率の大である程大である。含水量は絶乾比重に正比例して直線的に変化し、従つて含水率は絶乾比重に対しては双曲線的($y=a+b/x$)に変化する。

3. 圧縮荷重の分担機構に就ては、相似型及び類似型の試験片に関しては鉄筋コンクリート柱が圧縮荷重を受ける場合の考え方が採用され得る。

4. 荷重一歪み曲線の形は試験時比重、圧縮強度及び弾性係数が大となれば、最大荷重時の歪みは小となり、従つて直線部分の傾斜は急となる。又同時に最大荷重点附近の平坦部も狭くなる。

5. 試験時比重、圧縮強度及び弾性係数の相互関係は拋物線式($y=ax^b$)で示し得る。最大荷重時の歪みに対する試験時比重、圧縮強度及び弾性係数の関係は指数曲線式($y=a+be^{-cx}$)で示し得る。

以上の結果から得られた結論は次の如し。

6. 現行の木材試験法¹⁵⁾に依る絶乾状態に於ては未だ水分は木材中に残存して居る。従つて同一年輪内では絶乾比重の小である春材のみの内半部の含水率が秋材と春材とを含む絶乾比重の大な外半部より大となる。

7. 木材が繊維方向に圧縮荷重を受ける場合には、竹片⁶⁾と同様に鉄筋コンクリート柱の荷重分担機構に対する考え方が適用され得る。

8. 小木片に於ける試験時比重、圧縮強度及び弾性係数の相互関係は、標準型試験片に就ての関係と同一に取扱い得る。

参 考 文 献

- 1) G.H. Chidester and J.N. McGovern
Effect of Age and Growth Rate on Sulphite Pulp from Western Hemlock.
Paper Trade Journal. Vol. 107 1938.
- 2) J.C. Pew and R.G. Knechtges.
Cross-sectional Dimensions of Fibers in Relation to Paper-making Properties of Loblolly Pine.
Paper trade Journal Vol. 109 1939.
- 3) E. R. Schafer.
The Influence of Volume of Summerwood and Rate of Growth on the Specific gravity of Southern Pine Pulpwood.
Southern Pulp and Paper Manufacturer. 1949
- 4) J. Hugo Kraemer
Growth-Strength Relation of Red Pine.
Journal of Forestry Vol. 48, No. 12. 1950.
- 5) A.B. Wardrop.
Cell wall organization and the properties of the Xylem. 1.
Australian Journal of Scientific Research. Series B, Vol. 4, No.4, 1951.
- 6) 太田 基
竹材の性質に関する研究. 第6報.
第59回日本材学会大会講演集. 1951.
- 7) 福渡 七郎・太田 基
荷重速度の強度に及ぼす影響に関する研究.
大陸科学院彙報. 第4巻, 第5号. 1940.
- 8) J. A. Liska
Effect of rapid loading on the Compressive and flexural strength of wood.
Foust Products Laboratoy. No. R1767. 1950.
- 9) 鈴木 寧
竹材の吸湿性について.
第60回日本林学会大会に発表. 1951.
- 10) 東 巽
小杉単木の各部位に於ける圧縮強度に就て.
昭和14年度日本林学会春季大会講演集. 1939.
- 11) F. Kollmann.
Technologie des Holzes. 1936
- 12) 福渡七郎・太田基・山本亮齊

北部大興安嶺主要樹種の強度.

大陸科学院研究報告. 第6卷. 第3号. 1942.

13) N. H. Kloot.

Mechanical tests on small clear specimens of queensland maple.

The Journal of the Council for Scientific and Industrial Research. Vol. 21, No. 4
1948.

14) 太田 基・杉修吉

木材の圧縮強度に関する一考察.

日本材学会九州支部第4回大会に発表. 1951.

15) 工業技術庁

日本建築規格・木材試験方法. (JES 建築3107) 1949.

ON THE COMPRESSIVE LOAD SHARING MECHANISM
AND THE DIFFERENCES OF MECHANICAL AND PHYSICAL
PROPERTIES IN THE RADIAL DIRECTION, IN AN
ANNUAL RING OF SUGI (*CRYPTOMERIA JAPONICA*
D, DON).

(R é s u m é)

Motoi ŌTA

The writer had ascertained and reported in the previous report that the load sharing mechanism of the column of reinforced concrete loaded parallel to the axis, was applicable to the compression of a bamboo splint.

Judging from the previous report, this idea is supposed to be applicable to the wood.

The compression tests parallel to the grain have been made to confirm the presumption with specimens (Fig. 1) made of SUGI wood.

The form and number of one set of the specimens are shown in Fig. 1, and five sets of specimens are prepared. The specimens, which have the whole single annual ring, are ①-1, ①-2, ③ and ⑤, the specimens ②-1, ④-1 and ④-2 are made of the outer-part (including both late wood and early wood) of an annual ring and the specimens ②-2, ④-3 and ④-4 are of the inner-part (only early wood).

The load-deformation curve (Fig. 4) of each specimen was drawn by the testing machine in the compression tests.

This idea was examined by comparing the load-deformation curves (Fig's 1, 3).

The existence of the differences between the outer-part of an annual ring

and the inner-part, in the moisture content (u), the moisture quantity (w), the specific gravity (s), the compressive strength (σ_c), the modulus of elasticity (E) and the strain at maximum load (l), and in addition, the mutual relations between those properties of woods were studied.

The results of this study are as follows:

1. The moisture quantity (gr/cm^3), the specific gravity (gr/cm^3), the compressive strength (kg/cm^2) and the modulus of elasticity (kg/cm^2) of the outer-part of an annual ring are higher and stronger than the inner-part but the moisture content (%) and the strain at maximum load (%) are lower (Tables 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, and Fig's 2, 3, 5, 6, 7, 9).
2. The difference between the moisture content of the outer-part of an annual ring and the inner-part increases as the moisture content of an annual ring increases, as shown in Fig. 8. Since the plots of the moisture quantity against the specific gravity (oven dry) (s_0) are represented by the straight line ($y=a+bx$) as shown in Fig. 10 and Table 8, the moisture content has hyperbolic relation ($y=a-b/x$) with the specific gravity (oven dry) (Table 8 and Fig's 11, 12).
3. The higher the specific gravity, the compressive strength and the modulus of elasticity, the lower the strain at maximum load, and therefore the angle of inclination of the proportional portion of the load-strain curve increases and the width of its level portion decreases.
4. There are parabolic relations ($y=ax^b$) between the specific gravity, the compressive strength and the modulus of elasticity mutually as shown in Table 9 and Fig's 15, 16, 17, 18, 21, 22. There are exponential relations ($y=a+be^{-cx}$) between the strain at maximum load and the specific gravity, the compressive strength and the modulus of elasticity as shown in Table 9 and Fig's 19, 20, 23, 24, 25, 26.

The conclusions attained from these results are as follows:

5. Since there remains some moisture in the wood after drying enough in the oven at 103 C, the moisture content of the inner-part of an annual ring is higher than the outer-part.
6. The load sharing mechanism of the column of the reinforced concrete is applicable to the wood in the case of the compression parallel to the grain, as bamboo splint (Fig's 13, 14).
7. The specific gravity, the compressive strength and the modulus of elasticity of very small specimens of woods have the same mutual relations as the standard-size specimens.