

木材の老化に関する研究 第Ⅵ報

ヒノキ材の強度の変化

小 原 二 郎*

JIRO KOHARA : Studies on the permanence of wood—VI. The change of mechanical properties of old timbers (*Chamaecypris obtusa* ENDLICHER)

I 緒 言

木材は長い歳月の間にどのように変化して行くのであろうか。この問題の解明のための一資料を得る目的で、今回はヒノキ古材の強度について試験した。強度は老化の過程において、かなり著しい差の現われる性質の一つであり、且つ実用的にも、古建築修理の際に最も必要とせられる項目の一つであるので、筆者は先に、法隆寺ほか 2,3のヒノキ古材について、また、燈明寺ほか若干のケヤキ古材についてその強度を試験した⁽⁶⁾。その結果、ヒノキとケヤキの強度変化の過程には、かなり異つた傾向のあることが知られた。それゆえ、今回はさらに多数の資料について、ヒノキ古材の強度を試験して、年代の経過に伴う変化の状態を明らかにせんとした。

貴重な資料を提供して戴いた京都府文化財保護課、奈良県古文化財保存課、滋賀県社会教育課に対し深甚の謝意を表する。

II 試験材料および試験方法

(1) 試験材料

ヒノキ古材の供試木として本試験に用いたのは、極楽院本堂の内法貫ほか7種である。これら古材の概要は第1表に掲げるとくである。たゞし法隆寺古材および燈明寺古材については、既に報告したところであるが、試験結果の比較の便宜のため、以下これをも含めて記載することとした。なお試験材の時代判定は、すべて京都府文化財保護課、奈良県古文化財保存課、滋賀県社会教育課の御指導によつて決定した。供試材はいづれもその表面層の2mm程は風化していたが、それより内部は、肉眼的には新材と何等の差異も見出されず、たゞ材の色が赤褐色に着色している点を異にするのみであつた。これから試験片を採取するに当つては、腐朽している部分はすべて取除き、肉眼的に健全と見做される部分のみから、木材試験法に準拠して、二方桁もしくは四方桁として木取つた。このさい、試験後の検討を便ならしむるために、試験片は出来る限り長い角柱に木取つて、同じ角柱から各種試験片を1個宛取るように心懸けた。なお念のため、試験片は培養試験によつて、木材腐朽菌の存在しないことを確めた。それゆえ、本試験は古材の健全な材部の強度についてのみ考察したものであつて、腐朽に関する事項は全く含まれていない。つぎに古材の比較のための新材には、先に法隆寺古材の際に用いたと同じ木曾産および奈良産ヒノキを選ん

* 西京大學農學部森林利用學研究室

なのであるが、今回はさらに高野産ヒノキをも追加して試験を行った。

(2) 試験の種類および方法

強度試験は、圧縮、曲げ、衝撃曲げ、硬度、剪断、割裂の6種について実施した。その方法は日本建築規格木材試験方法に準拠した。使用した試験機はアムスラー型4頓木材万能試験機である。

第1表 供 試 材

区 分	部 材 名	時 代	経 過 年 数	所 在 地
法隆寺古材	五重塔四層通肘木鼻	飛鳥時代	約 1,300 年	奈良 縣
極樂院古材	本堂, 内法貫	奈良時代	約 1,200 年	奈良 市
平等院古材	鳳凰堂, 種	平安時代 (永承年間)	約 900 年	宇治 市
大報恩寺古材	本堂, 柱	鎌倉時代 (安貞年間)	約 730 年	京都 市
蓮華王院古材	本堂, 貫	鎌倉時代	約 700 年	京都 市
燈明寺古材	本堂, 肘木	室町時代 (應永年間)	約 530 年	京都 府
高台寺古材	開山堂, 柱	桃山時代 (慶長年間)	約 350 年	京都 市
円満院古材	宸殿, 茅負	桃山時代 (慶長年間)	約 350 年	大津 市
教王護國寺古材	講堂, 柱	桃山時代 (慶長年間)	約 350 年	京都 市
木曾産新材	—	現 代	8 年	長野縣三殿營林署管内
奈良産新材	—	同 上	6 年	奈良營林署管内
高野産新材	—	同 上	5 年	高野 地 方

Ⅲ 試験結果および考察

(1) 圧縮試験

圧縮試験の結果は第2表に示すごとくである。この表から知られるように、新材の間の差は比較的僅少であるが、古材は何れも新材より大きな値を示し、その増加率は50~60%に達している。たゞしこゝに示した強度値は、気乾含水率時のものであつて、同一含水率時に換算した場合の強度の比較については、後に記述するところである。

破壊型においても、古材は新材と著しい対比を示し、先に報告した法隆寺材と同じ型に属するものが大部分で、破壊の形状からも、古材が新材よりも硬くなつてゐることを推察することが出来た。

(2) 曲げ試験

曲げ試験の結果は第3表に示すごとくである。新材のうち高野産材がやゝ高い値を示しているが、なお古材に比すればその差は少い。古材の強度増加率は約10~30%で、曲げについても圧縮の場合と同様に、古材の強度が増大していることが知られる。

破壊型もまた、古材は法隆寺材と類似のものが多く、硬くして、靱りの少いことを示し、新材

第2表 圧縮試験

区分	平均年輪巾 mm	秋材率 %	氣乾含水率 %	絶乾比重 ×100	壓縮強度		形質商	供試個數
					強度 kg/cm ²	比率		
法隆寺古材	2.9 2.0—4.1	4 2—8	11.9 11.2—13.1	42.0 38.0—45.8	454 374—515	145	9.9 8.4—10.9	20
極樂院古材	0.7 0.6—1.1	15 10—17	10.8 9.0—12.1	36.9 35.6—38.9	480 451—512	153	11.7 10.6—12.3	20
平等院古材	2.1 1.6—2.5	7 5—9	10.7 9.8—11.8	37.3 35.0—39.2	471 432—518	151	11.4 10.7—12.1	20
大報恩寺古材	0.9 0.6—1.1	15 8—20	10.3 9.4—11.1	38.3 35.7—41.3	440 397—510	140	10.4 9.3—11.1	15
蓮華王院古材	1.1 0.8—1.4	11 8—15	15.2 14.4—16.7	37.1 34.6—38.8	424 383—454	135	9.9 9.0—10.5	20
燈明寺古材	2.1 1.1—3.0	6 3—9	13.7 13.0—14.3	42.2 36.5—48.0	417 334—505	133	8.7 7.9—9.2	20
高台寺古材	1.1 0.8—1.7	18 11—37	13.2 12.5—13.9	41.5 39.6—44.8	503 485—520	161	11.5 11.1—11.8	20
円満院古材	1.5 1.3—1.6	8 6—14	13.3 12.3—14.4	40.3 37.7—42.7	447 405—488	143	9.8 8.4—10.7	20
教王護國寺古材	1.0 0.7—1.4	16 7—29	11.5 10.4—13.5	36.4 33.2—41.2	456 415—500	145	11.1 9.3—11.8	20
木曾産材	1.2 1.0—1.3	9 8—10	13.6 12.5—13.9	33.9 33.0—35.0	313 300—333	100	8.4 7.8—9.0	20
奈良産材	3.1 2.2—4.4	7 4—12	13.9 12.4—15.2	36.1 34.4—40.6	308 258—342	98	7.8 7.1—8.5	20
高野産材	1.2 0.8—1.5	10 7—12	14.0 13.2—15.0	38.0 35.8—41.0	326 295—357	104	8.0 7.8—9.2	20

備考：各欄の數字は平均，最小—最大を示す。

との間に明らかな差が見られた。

曲げヤング係数についても，曲げ強度と同様の傾向を示し，古材は約 5~30% 大となっている。

第3表 曲げ試験

区分	平均年輪巾 mm	秋材率 %	氣乾含水率 %	絶乾比重 ×100	曲げ強度 kg/cm ²	曲げ形質商	曲げヤング係數 kg/cm ² ×10 ⁴	供試個數
法隆寺古材	2.8 1.6—3.8	9 6—11	13.2 11.8—14.3	41.0 37.9—43.8	717 634—833	16.0 14.6—17.2	9.1 8.2—10.2	15
極樂院古材	0.9 0.5—1.1	15 13—20	10.8 9.5—12.5	41.7 37.8—48.6	833 753—917	18.0 14.5—20.5	8.9 7.1—10.4	15
平等院古材	2.4 1.7—3.0	9 6—12	10.8 8.7—11.3	38.3 36.2—41.1	743 669—792	17.1 15.6—19.2	9.5 8.2—10.1	15
大報恩寺古材	1.1 0.6—1.4	15 8—20	13.5 12.1—14.8	39.9 37.0—43.7	712 563—806	15.8 10.2—16.3	9.3 7.3—11.6	15
蓮華王院古材	1.1 0.8—1.2	11 8—15	14.3 13.6—15.3	38.8 36.2—40.7	778 688—853	17.6 15.2—17.6	10.0 9.3—10.7	15
燈明寺古材	2.0 1.1—3.0	6 4—9	15.2 14.2—16.3	43.6 35.0—49.2	752 588—894	15.0 12.5—17.5	7.3 6.5—8.2	15
高台寺古材	1.2 0.8—1.6	18 11—30	11.2 10.1—11.8	44.5 43.1—45.9	869 732—1038	19.3 18.4—20.9	11.9 11.2—13.1	15
円満院古材	1.4 1.3—1.5	11 7—15	13.3 11.5—15.3	40.5 36.7—43.6	742 651—797	16.1 14.9—16.9	10.0 8.2—10.8	15
教王護國寺古材	0.9 0.6—1.5	16 7—25	14.6 12.8—16.5	37.4 35.2—39.1	715 624—791	16.4 14.4—18.2	8.9 7.4—10.8	15
木曾産材	1.3 1.0—1.5	9 7—14	14.5 13.4—15.9	35.3 33.2—37.7	635 567—704	16.3 15.2—17.4	8.5 7.6—10.0	15
奈良産材	3.3 2.2—4.6	8 3—12	14.9 13.9—15.9	38.9 36.0—41.6	641 597—693	15.0 13.1—17.1	7.1 5.9—8.1	15
高野産材	1.4 1.1—1.6	11 8—14	13.8 12.8—14.5	38.2 36.5—40.5	676 612—740	17.0 15.0—19.4	8.1 7.1—9.5	15

(3) 衝撃曲げ試験

衝撃曲げ試験の結果を第4表に掲げた。新材の間に若干の差はあるが，古材はこれに比して，

いづれも著しい低下を示している。なお、その低下は年代の経過とほぼ比例的な関係にあつて、1,300年間に約 $\frac{1}{2}$ となつている。このような衝撃値の低下は、古材の最も著しい特長の一つであると云うことが出来る。

破壊型については、古材は一般に直角な平面状、または階段状に打折されるのに対して、新材は複雑な短繊維の刷毛状の破壊型をとるものが多く、曲げの場合と同様に、古材と新材との間にかなり著しい対比が見られた。

第4表 衝 撃 試 験

区 分	平均年輪巾 mm	秋 材 率 %	氣乾含水率 %	絶乾比重 ×100	衝 撃 値		動的形質商	供試個數
					吸收エネルギー kg. m/cm ²	比 率		
法隆寺古材	2.3 1.3—3.1	8 6—10	11.9 10.3—13.4	42.7 40.5—45.2	0.26 0.19—0.38	49	0.54 0.27—0.78	10
極樂院古材	0.8 0.7—1.0	12 8—14	9.8 8.2—10.8	41.0 37.9—43.5	0.36 0.25—0.44	68	0.90 0.64—1.02	15
平等院古材	2.1 1.6—3.0	7 6—10	10.9 9.0—11.5	37.7 35.2—41.1	0.31 0.25—0.38	59	0.75 0.63—0.89	15
大報恩寺古材	1.1 0.6—1.5	15 8—20	12.3 11.1—13.5	36.9 33.0—40.8	0.30 0.20—0.44	57	0.66 0.48—0.92	15
蓮華王院古材	1.1 0.8—1.4	11 7—14	14.9 14.3—15.4	38.2 36.2—40.4	0.30 0.24—0.41	57	0.81 0.55—1.11	20
燈明寺古材	1.5 1.1—3.0	7 3—11	13.7 13.1—14.5	43.0 37.2—52.7	0.27 0.17—0.38	51	0.54 0.24—0.74	20
高台寺古材	1.1 0.6—1.7	13 8—16	12.5 11.4—14.0	44.4 41.8—46.0	0.39 0.25—0.47	74	0.85 0.68—0.98	15
円満院古材	1.5 0.9—1.8	10 6—18	13.2 12.3—14.3	39.3 35.3—42.7	0.35 0.28—0.44	66	0.76 0.60—0.92	15
教王護國寺古材	0.9 0.7—1.4	13 7—20	13.4 12.1—14.6	37.0 33.1—42.5	0.33 0.21—0.49	62	0.79 0.60—1.09	15
木曾産材	1.4 1.1—1.6	10 8—13	13.3 12.3—14.8	36.7 35.8—38.2	0.53 0.38—0.71	100	1.32 1.11—1.44	10
奈良産材	3.4 2.0—4.7	8 4—13	15.4 14.0—16.1	38.5 36.0—40.2	0.46 0.28—0.64	87	1.09 0.82—1.32	10
高野産材	1.4 1.0—1.8	10 8—13	13.6 12.1—14.8	38.7 35.1—42.5	0.58 0.41—0.77	109	1.40 1.15—1.68	15

第5表 硬 度 試 験

区 分	平均年輪巾 mm	秋 材 率 %	氣乾含水率 %	絶乾比重 ×100	硬 度 kg/mm ²			供 試 個 數
					木 口	板 目	柱 目	
法隆寺古材	2.4 1.7—3.2	8 5—12	13.0 11.1—17.2	40.0 37.9—43.2	4.04 3.28—4.65	1.10 0.92—1.36	1.08 0.89—1.24	各15
極樂院古材	1.1 0.8—1.2	17 13—20	12.0 10.7—12.8	36.5 35.1—38.0	3.49 2.99—4.16	1.29 1.10—1.36	1.31 1.22—1.43	各10
平等院古材	2.2 1.7—2.5	13 8—18	11.6 10.8—12.7	38.1 37.0—39.8	3.56 3.27—4.08	1.26 1.10—1.62	1.23 1.07—1.36	各10
大報恩寺古材	1.0 0.7—1.4	21 12—28	12.0 10.7—13.8	39.0 37.2—41.9	3.69 3.13—4.26	1.39 1.30—1.53	1.40 1.35—1.60	各10
蓮華王院古材	1.1 0.8—1.3	11 8—15	13.6 13.1—14.0	38.7 36.2—40.7	3.60 2.87—3.86	1.01 0.91—1.09	1.10 0.93—1.21	各18
燈明寺古材	2.0 1.1—3.0	7 4—9	14.0 13.4—14.3	42.6 305.—52.7	3.84 3.24—4.37	1.36 1.02—1.65	1.23 0.97—1.46	各18
高台寺古材	1.1 0.8—1.6	19 13—28	13.1 12.2—13.9	42.2 39.8—45.0	4.24 3.68—4.80	1.52 1.30—1.73	1.48 1.27—1.70	各10
円満院古材	1.5 1.3—1.8	14 11—17	12.8 12.1—14.0	40.0 38.1—41.4	4.14 3.54—4.55	1.41 1.26—1.59	1.33 1.18—1.50	各10
教王護國寺古材	0.9 0.7—1.2	13 9—18	13.0 12.1—13.8	36.8 34.7—39.1	3.52 3.08—4.16	1.22 1.09—1.33	1.25 1.06—1.49	各10
木曾産材	1.4 1.3—1.5	7 6—7	14.5 12.5—16.7	34.9 34.2—35.6	3.11 2.82—3.73	0.87 0.80—0.93	0.79 0.75—0.81	各15
奈良産材	3.3 2.2—4.4	4 2—9	14.3 13.0—17.0	36.8 33.7—39.8	3.21 2.59—3.58	0.90 0.72—1.20	0.81 0.67—1.03	各15
高野産材	1.2 0.9—1.6	11 8—14	14.1 12.5—16.5	38.7 36.0—40.3	3.06 2.71—3.50	0.94 0.77—1.15	0.80 0.70—0.95	各15

(4) 硬 度 試 験

硬度試験の結果は第5表のごとくである。各断面とも古材は新材よりも高い値を示している。このように古材の硬度が高くなっているのは、圧縮強度、曲げ強度、曲げヤング係数の増加の傾向と相関聯するもので、古材の特性を示すものと云うことが出来よう。

第6表 剪断試験および割裂試験

区 分	含 水 率 %	剪 断 強 度		供試個數	含 水 率 %	割 裂 強 度		供試個數
		強 度 kg/cm ²	比 率			強 度 kg/cm	比 率	
法隆寺古材	10.7 9.3—12.6	62 48—71	93	10	10.9 10.3—13.0	12 6—18	75	14
極樂院古材	9.5 8.9—10.5	58 35—69	87	20	9.3 7.8—11.2	13 10—15	81	20
平等院古材	10.6 10.4—11.8	71 60—86	106	20	12.8 10.9—13.7	13 10—16	81	22
大報恩寺古材	10.7 9.5—11.4	76 61—88	113	10	12.6 11.9—14.5	14 11—17	87	10
蓮華王院古材	14.2 13.6—14.8	68 47—81	102	20	15.4 13.8—16.1	14 12—16	87	20
燈明寺古材	15.6 14.9—16.4	68 51—88	102	17	15.5 14.6—17.1	15 13—18	93	20
高台寺古材	12.3 11.1—14.6	67 58—77	100	15	11.3 10.7—12.2	14 12—15	87	15
円満院古材	13.8 12.6—14.7	71 68—80	106	10	12.5 12.0—13.4	15 12—17	93	10
教王護國寺古材	13.0 11.5—14.3	82 74—89	122	10	12.2 11.3—14.5	14 11—16	87	10
木曾産材	13.2 11.6—15.3	67 56—88	100	10	11.6 9.9—12.5	16 13—20	100	15
奈良産材	13.1 12.2—13.7	76 58—98	113	10	12.6 11.4—13.5	17 15—21	106	15
高野産材	13.9 12.8—15.3	78 65—92	116	10	13.5 12.1—14.8	17 14—22	106	15

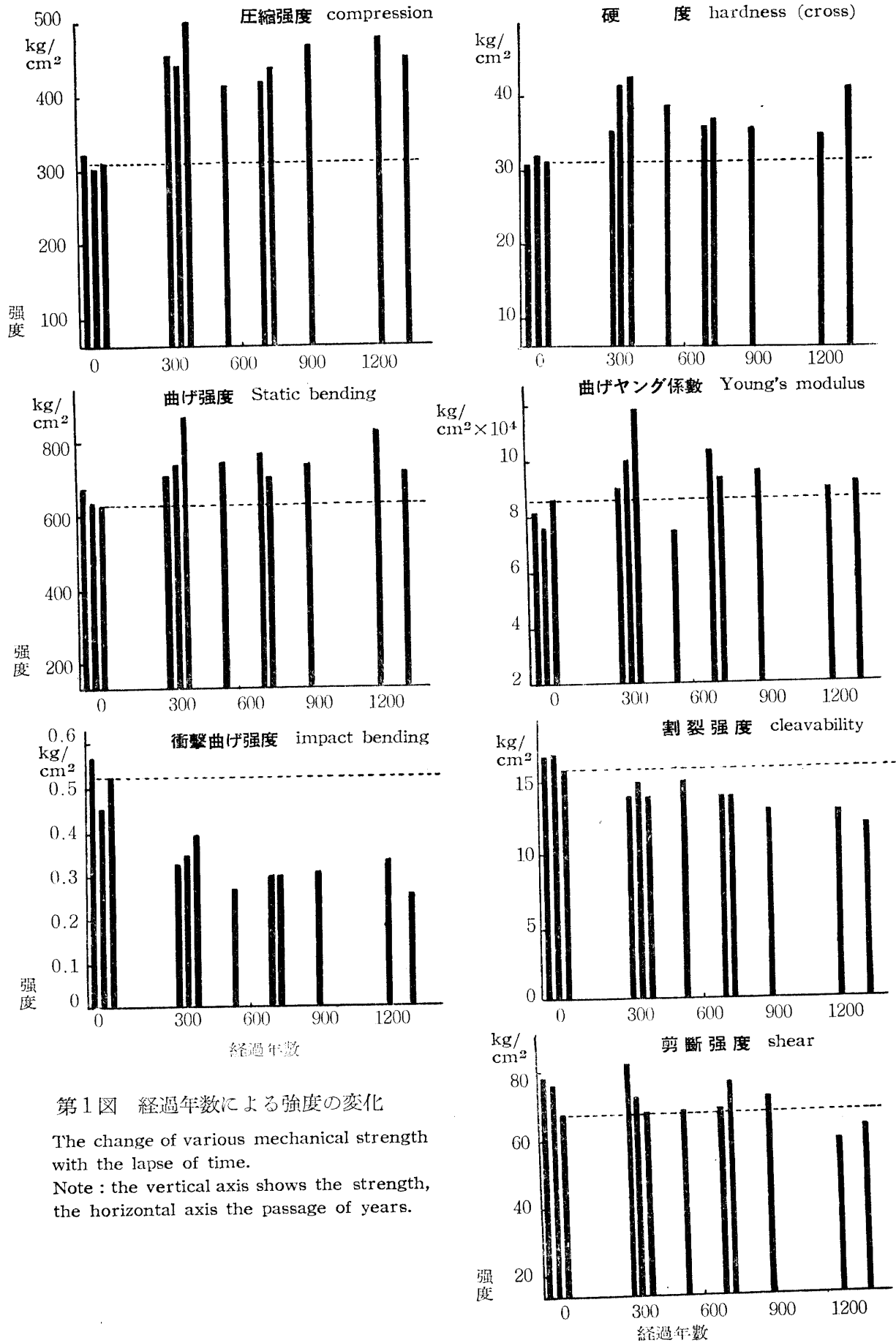
(5) 剪断試験および割裂試験

剪断試験および割裂試験の結果を第6表に掲げた。剪断強度の變化については余り明かでないが、歳月の経過に伴って、やゝ低下する傾向があるように考えられる。

割裂強度の變化についてはその低下率は少いが、老化によつて、ほゞ規則的に低下する傾向があると見做して差支ないであろう。

上述の各種強度試験の結果を一括して第7表に取纏め、また、経過年数と強度との関係を第1図に示した。比較材は先に述べた3種の新材で、左から高野産、奈良産および木曾産の順である。比較の便宜上、木曾材の強さを規準としてこれを点線で示した。以上の結果から、ヒノキは年代の経過につれて、次第に硬く強くなるけれども、靱性は逆に減少して、脆く割れ易くなつて行くことが知られた。このことは、木材が年代を経て枯れれば枯れるほど、硬くなつて粘り気が少くなると云う吾々の日常の経験とよく一致するものである。

さてこゝに、古材と新材との強度を比較するに当つて考慮を要することは、別の機会にも発表⁽⁶⁾したごとく、古材の吸湿性は新材よりも低下していると云うことである。それゆゑ、同一の温度および湿度の下で試験が行われたとすれば、古材は新材よりも約0~3%低い含水率時の強度値を示す筈である。実用的に古材と新材の強度を比較するには、むしろこの値によるのが妥当であろう。第1図はこの意味で、試験時の含水率における強度値によつて比較したものである。しかし、



第1図 経過年数による強度の変化

The change of various mechanical strength with the lapse of time.

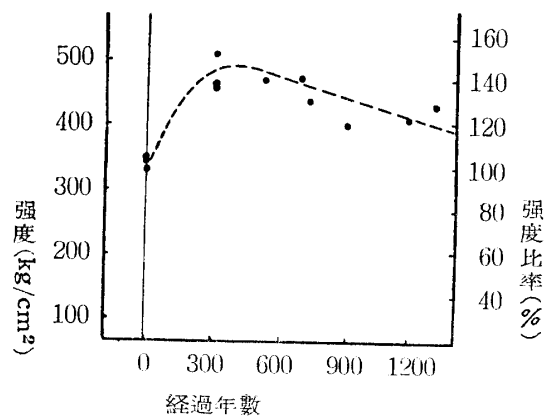
Note : the vertical axis shows the strength, the horizontal axis the passage of years.

第7表 古材および新材の各種強度 Various mechanical strength of the old timbers

区分 timbers	経過年数 年 lapse of time (year)	気乾含水率 % moisture content	絶乾比重 ×100 specific gravity	壓縮強度 kg/cm ² Compression	曲げ強度 kg/cm ² static bending	曲げヤング係数 kg/cm ² ×10 ⁴ Young's modulus	衝撃吸収 エネルギー /cm ² impact bending	硬度 (木口) kg/mm ² hardness (cross)	剪斷強度 kg/cm ² Shear	割裂強度 kg/cm cleavability
法隆寺古材	1.300	12.0	41.1	454	717	9.1	0.26	4.04	62	12
極樂院古材	1.200	10.2	38.2	480	833	8.9	0.36	3.49	58	13
平等院古材	900	11.1	37.6	471	743	9.5	0.31	3.56	71	13
大報恩寺古材	730	11.9	38.4	440	712	9.3	0.30	3.69	76	14
蓮華王院古材	700	14.6	37.8	424	778	10.0	0.30	3.60	68	14
燈明寺古材	530	14.6	42.6	417	752	7.3	0.27	3.84	68	15
高台寺古材	350	12.3	42.6	503	869	11.9	0.39	4.24	67	14
円満院古材	350	13.2	40.1	447	742	10.0	0.35	4.14	71	15
教王護國寺古材	350	12.9	36.8	456	715	8.9	0.33	3.52	82	14
木曾産材	8	13.5	35.6	313	635	8.5	0.53	3.11	67	16
奈良産材	6	14.0	37.9	308	641	7.1	0.46	3.21	76	17
高野産材	5	13.8	38.3	326	676	8.1	0.58	3.06	78	17

この研究に述べる古材の強度試験は、数年間に亘つて行われたものであるから、試験の行われた季節はまちまちであつた。それゆゑ気乾の条件が一様でなく、古材のうちのあるものは、本来の吸湿性は低くなつてゐるにも拘らず、新材よりも高い含水率を示しているものもある。第1図の観察に當つては、この点を考慮に入れる必要があらう。

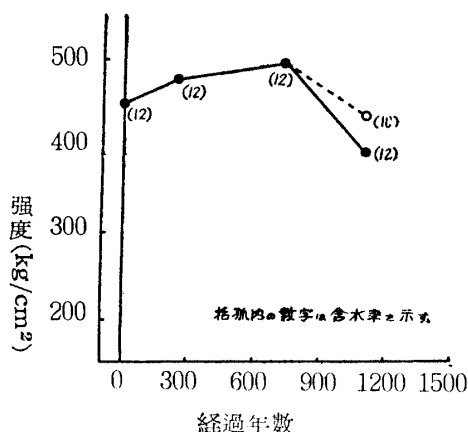
つぎに、同一含水率の状態において比較した場合に、強度の變化がどのような経過をたどるであらうかについて考察する。いま壓縮強度について、含水率13%時の値に換算して、これを図示すれば第2図のごとくなる。たゞしこゝに用いた換算率は、先に筆者が法隆寺古材および木曾材について、含水率と強度との關係を求めた際の実験結果⁽⁵⁾によつたもので、新材では含水1%の増減につき7%、古材では6%の減増の割合である。なお他の新材には木曾材の値を、また古材には



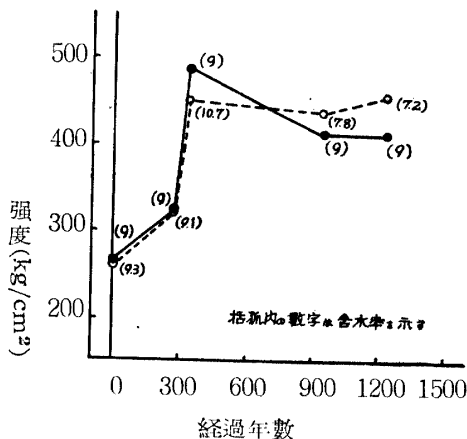
第2図 経過年数による壓縮強度の變化 (含水率13%)

法隆寺材の値を適用した。第2図によれば、壓縮強度は年代の経過につれて増大し、300~600年で最大となり、爾後再び低下することが知られる。なお法隆寺古材について、三好博士⁽⁶⁾ならびに久保博士⁽⁷⁾の行われた既往の研究のうち、壓縮強度について示せば、第3図および第4図のごとくである。これらはいづれも、筆者の試験した結果とほぼ同じ傾向を示すものと考えて差支ないであらう。

以上は壓縮強度について述べたのであるが、曲げ試験について、同一含水率時の強度に換算し



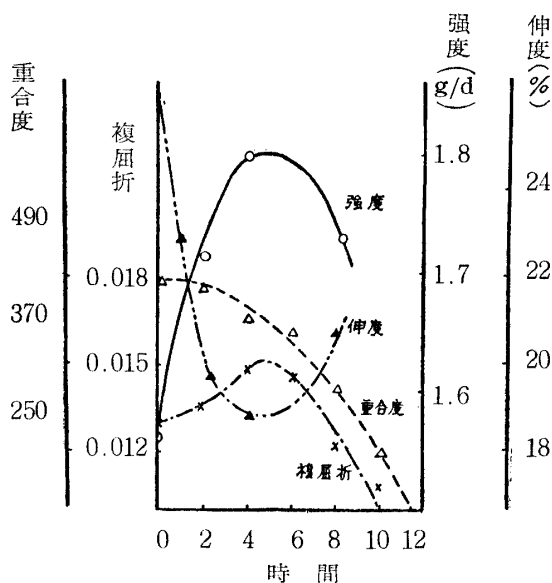
第3図 経過年数による圧縮強度の変化—法隆寺古材 (三好)



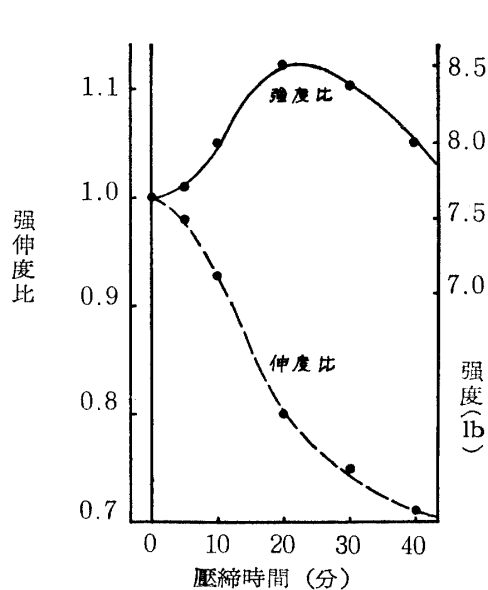
第4図 経過年数による圧縮強度の変化—法隆寺古材 (久保)

た結果も、これとほぼ同様の傾向を示している。なおまた、硬度の変化も、圧縮の場合と甚だ良く類似していることは、第1図からも直ちに理解されるところである。

このように、古材の強度が歳月の経過につれて、一旦増大して、その後再び低下する理由をどのように考えるべきであろうか。第5図は金丸博士が、⁽²⁾ ヴィスコース人造繊維を熱処理した場合に、その強度、重合度、複屈折率がどのように変化するかについて試験されたものである。また第6図は同様に本田博士が、⁽¹⁾ 絶乾再生繊維紡出糸を130°C、10kg/cm²の加圧条件のもとで、熱処理した場合における強度および伸度の変化を測定された結果である。いずれも熱処理によつて、繊維の強度は増大し、爾後再び低下することを示している。このように繊維を熱処理することによつて、その強度が一旦増大したのち、再び低下する理由について、金丸博士は、熱処理によつて結晶領域が増大して強さが大となる。それと同時に熱分解が生ずるから、これがために強度は弱くなるのであつて、この相反する2つの効果が同時に作用するために、このような曲線を描くのであると考えられている。また本田博士は、これを繊維の縫絡性が向上して固化するためであ



第5図 加熱処理によるヴィスコース人造繊維の強伸度複屈折重合度の変化 (金丸) 煮沸水 (100°C)

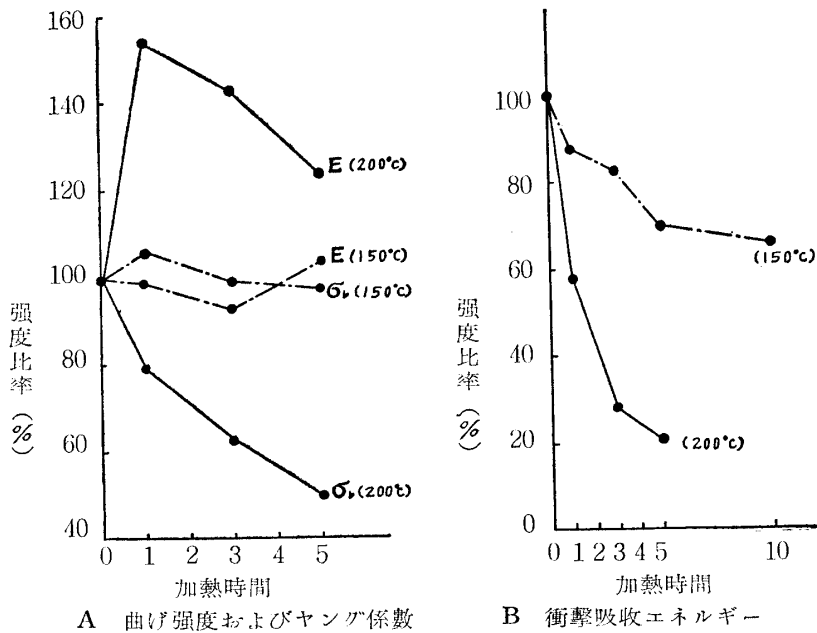


第6図 加熱圧縮による再生繊維素縫絡糸の強度比および伸度比の変化 (本田)

加熱温度 130°C
 圧縮壓力 10kg/cm²

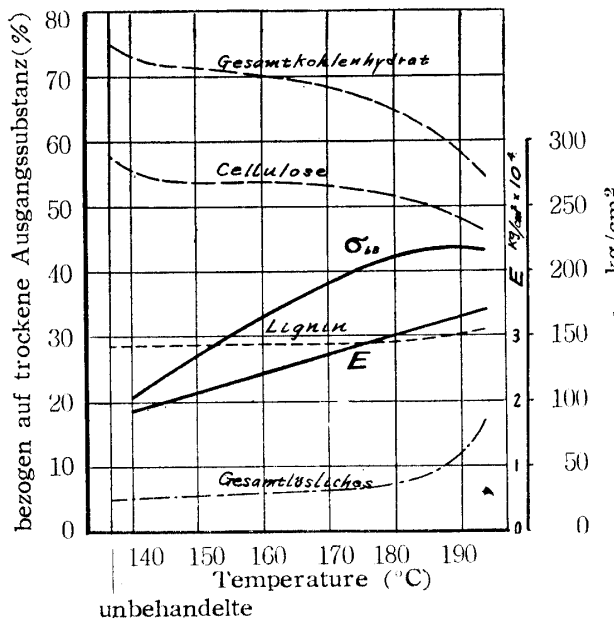
るとし、その後強度が低下するのは、漸次崩壊現象が現われて、縫絡性の効果を相殺するためであろうと述べられている。

さて、木材を熱処理した場合に、その強度がどのように影響されるかについて研究した北原氏等の試験結果を第7図に掲げた。試験材は木曾ヒノキである。これによれば、熱処理によつて衝撃値は急激に低下するが、曲げ強度ならびに弾性係数は増加する可能性のあることを示している。この結果は、先の金丸、本田両氏の試験結果と同じ傾向を示すものであり、なおまた、筆者の行つた古材の強度の變化ともよく似ていることは興味あることである。なお繊維板については、⁽⁹⁾RUNKELならびに⁽⁴⁾KLAUDITZの試験がある。第8図はRUNKELの試験結果を示した。以上の試験はいずれも処理温度の上昇に伴って強度は増大するが、さらに高温では、強度は再び低下するであらうことを示している。



第7図 加熱処理によるヒノキ材の強度の變化 (北原・中元寺)

この場合の強度の増大する理由を、RUNKELは Hemicellulose によると述べており、KLAUDITZは Polyuroniden Anteil によると考えているようである。恐らくは古材の場合も、上述の諸研究と類似の理由によつて、このような強度變化の経過をたどるのであらうと思われる。その原因がどれによるものであるかについては、



第8図 加熱処理による組成分および強度の變化 — Fichte (RUNKEL und WILKE)

なお今後の研究に俟たねばならぬところであるが、古材の強度の變化する経過が、加熱処理した場合の経過と、現象的によく似ていると云うことは、興味あることである。

以上述べたところは、すべてヒノキについてであつた。さきに筆者がケヤキ材について、強度の變化を試験した結果では、年代の経過につれて、ヒノキよりもかなり早い速度で、各強度はいずれもみな一様に低下することを示した。すなわちケヤキの場合には、老化によつて、材は柔かく弱く、且つ脆くなつて行くことを意味している。このようなケヤキの老化の過程は、こゝに

述べたヒノキの場合とは著しく異つた傾向を示すものである。この原因は、恐らくこのふたつの樹種の化学的組成の差に基因するものと思われるのであるが、この点については、なお今後の研究によつて明らかにし度い考えである。

IV 要 約

長い歳月の経過につれて、木材の強度がどのように変化して行くかを明らかにする目的で、飛鳥時代から現代に至る各時代のヒノキ材12種を選び、これらについて各種強度を試験した。その結果はつきのごとくである。

(1) ヒノキは老化するにつれて、圧縮、曲げ、曲げ弾性および硬度が一旦増加する。このうち増加の最も著しいものは圧縮で、約50%に及んでいる。

(2) 衝撃値および割裂は低下する。なかんづく衝撃値の低下は顕著で、1,300年の間に約 $\frac{1}{2}$ となる。

(3) 以上の結果から、ヒノキは歳月の経過につれて、硬く、強くなるけれども、靱性は逆に減少して、脆く割れ易くなることが知られた。

(4) 圧縮強度の変化の状態を見ると、年代の経過につれて強度は一旦増加し、さらに古くなると、再び低下する傾向を示す。このような経過は、硬度、曲げ、曲げ弾性についても、また同様に認めることが出来る。

(5) 老化によるヒノキ材の強度の変化は、ケヤキ材のそれと著しく異つた傾向を示すことが知られた。

終りに、実験にさいして、終始熱心に援助された江見理一氏に謝意を表す。

引 用 文 献

- 1) 本田隆一：硬質人造纖維板に関する研究，122 (1952) .
- 2) 金丸競，大門信利：工化，第45年会講演．金丸競，大門信利，大埜直吉：工化，**46**，1277 (1943) .
- 3) 北原覺一，中元寺昌之：日本林學會誌，**33**，12，414 (1951) .
- 4) KLAUDITZ W. und G. STEGMANN：Holzforschung, Heft 3, 68 (1951) .
- 5) 小原二郎：西京大學學術報告・農學，**2~4**，(1952~1953) .
- 6) ————：木材工業，**9**，8，4 (1954) .
- 7) 久保輝一郎：工化，**48**，12 (1945) .
- 8) 三好東一：御料林，73 (1934) .
- 9) RUNKEL R. O. H. und K. D. WILKE：Holz als Roh- u Werkstoff, Heft 7, 260 (1951) .

Summary

In this experiment the mechanical properties of old timbers were tested in comparison with new timbers to research the influence of age on the mechanical properties of wood. The materials used in the experiment have been 9 kinds of timbers taken from old temples in Japan. They have respectively been from 359 to 1,300 years old. These old temples are as follows. Horuji temple (about 1,300 years ago), Gokurakuin

temple (about 1,200 years ago). Byodoin temple (about 900 years ago). Daihoonji temple (about 730 years ago), Rengeoin temple (about 700 years ago), Tomyojii temple (about 530 years ago), Kodaiji temple, Enmanin temple, Kyoogokokuji temple (about 350 years ago) respectively. I have also used 3 kinds of new materials from different places for the comparison. The species used in this test are all of HINOKI (*Chamaecyparis obtusa* ENDLICHER). The results obtained by this test are as follows.

- (1) The various mechanical strength are shown on table 7.
- (2) The influence of age on the mechanical properties of wood are shown in Fig.1.
- (3) The progress of change closely resembles the condition of wood heated in low temperature.