

長柱の強度に就て

林業試験場技師 森 三 郎

目 次

緒 言	157
供 試 材	157
試験の方法	159
試験の成績	159
結 論	167

緒 言

長柱に壓力を其の纖維方向に沿て加ふるときは、長柱は彎曲を始める爲めに、短柱の場合に於けるが如く、其の斷面に於ける荷重が各部均等でないから、長柱の強度は短柱のものに比し遙に小さく、一般に其の破壊荷重は大約長さの自乗に反比例すと謂はれて居るのである。而して其の細長き程度が如何なるものより之れを長柱と稱するかに就ては學者に依て意見が異なるけれども、柱の斷面の最小環動半徑を以て其の長さを除したる商即ち柱の細長度 (Slenderness ratio) が、30以下のものを短柱、150 までを並長柱、150以上を細長柱と謂ふ様に分類するを適當と思惟せられるのである。就中並長柱は家屋及橋梁の構造に最も普通に用ひられるものであつて、細長柱は寧ろ特殊のものである。然り而して曩に高知營林局よりスギ外 4 樹種、青森營林局よりヒバ外 2 樹種、又林業試験場渡邊技師の斡旋に依り東京材木問屋同業組合外 6 組合及大湊木材株式會社よりヒノキ外 4 樹種の試験材の寄贈を受け、其等から長さ 0.85—2.00 m の並長柱を製作して試験を施行した所が、相當參考となる可き成績を得たから、茲に之を發表することとしたのである。

試験材を寄贈せられた、青森營林局及高知營林局を始め、東京材木問屋同業組合、武州西川材木商同業組合、天龍川材木商同業組合、名古屋材木商工同業組合、尾鷲會、吉野材木聯合會九州材木聯合會及大湊木材株式會社に對し深甚の謝意を表するのである。

供 試 材

長さ 2.0 及 1.9 m の長柱は高知營林局管内産スギ、ヒノキ、アカマツ、モミ及トガサハラの 5 樹種で何れも角面の長さを 7 cm となし、壓縮試験の際使用したる供試材兩端の臺座の高さが 7.0 cm であるから、之等の細長度は夫々 102 及 97 である。今各樹種に於ける供試材の本數竝

に心持及心去別本数を表示すれば次の如くである。

樹 種	心 持 材 本 数	心 去 材 本 数	總 数
ス ギ	3	4	7
ヒ ノ キ	2	2	4
ア カ マ ツ	4	4	8
モ ミ	2	7	9
ト ガ サ ハ ラ	2	4	6

次に長さ 90 cm の長柱は東京材木問屋同業組合外 6 組合及大湊木材株式會社より贈られた各地産スギ及ヒノキ、即ち 飯能産スギ、天龍産スギ、尾鷲産スギ、吉野産スギ、日田産スギ、八女産スギ、飯能産ヒノキ、天龍産ヒノキ、木曾産ヒノキ、尾鷲産ヒノキ、吉野産ヒノキで、尙ほ其の外青森産ヒバ、天龍産ツガ、アメリカマツ及アメリカツガであつて、之等の中木曾産ヒノキ、天龍産ツガ、アメリカマツ及アメリカツガは心持及心去材の 2 様に分け、其の他は皆心持材で、各々 10 本の供試材を作製した。而して各供試材の角面の長さは 8.0 cm 又供試材兩端の臺座の高さは 5.0 cm であるから細長度は 41 である。

又長さ 85 cm の長柱は、青森産ヒバ及東京深川市場より購入したる小角材より採材したるヒノキで、青梅産、西川産、秋父産、駿州産、新宮産、古座産、及尾鷲産のものである。尙ほ尾鷲地方に於て林地の地位上中下の各地位より林業試験場明永技師が採集せられた標準木、即ち上位の眞砂及樋の山産ヒノキ、中位の孝行地及長尾産ヒノキ、及下位の茶地岡及桐山産ヒノキ、外に深川市場から購入の樺太産カラマツ小角より長さ 85 cm の長柱を採つたのである。而して供試材の本数は各產地別樹種毎に 10 本で、青森産ヒバのみは心持及心去材の 2 様あつて其の他は皆心持材である。何れも角面の長さは 7.5 cm になる様に木取り、又供試材兩端の臺座の高さは 7.0 cm であるから細長度は 42 である。

以上 384 本の供試材は皆天然乾燥法に依り氣乾状態に達した後鉋削仕上を施して正確に其の大きさを寸法通りに合はせたもので、其の品等は心去材にありては商工省の告示せる木材規格の 1 及 2 等、又心持材は主として 3 及 4 等に該当するものである。又前述の如く供試材の細長度は 102 乃至 41 であつて、並長柱中細長度の比較的大なる長柱と其の較小なるものとであるから、並長柱の強度を研究する上に便益があるのみならず、建築構造に用ひられる普通樹種の產地別強度の比較又尾鷲産ヒノキの供試材の如き、同地方の地位別強度の比較にも適するものである。

尙ほ各供試材の短柱應壓強度を知らんが爲めに、長柱試験施行後 無瑕疵の部分より角面の長さ 2.5 cm 高さ 5 cm の短柱供試材を各長柱供試材 1 本から 2 箇宛つ製作したのである。

試 験 の 方 法

供試材の年輪密度、含水率及比重の測定は従來當場に於て慣用する方法に據つて行つたのである。

供試材中長さ 2.0 m 及 1.9 m の長柱は航空研究所備付合資會社明石製作所製「アムスラー」型長柱壓縮試験機（最大容量 30,000 kg. 最小感度 100 kg.）に之れを挟み、其の木口面より木目に沿て壓縮し、荷重 500 kg を増す毎に其の上下の壓縮量及左右の撓み（長柱の中央に於ける）を測定しつゝ破壊に至らしめたのである。但し供試材の兩端は直径 2 cm の鐵球に依り廻轉自在なる鐵製の臺座を以て之れを支持した。又荷重點の進む速度は 1 分間 4 mm としたのである。

次に長さ 90 cm 以下の長柱供試材は當場備付瑞西「アムスラー」會社製油壓式強弱試験機（最大容量 30,000 kg 最小感度 100 kg）に之れを挟み、前者と同様鐵製臺座を以て兩端を自在に保持して、荷重點の進む速度 1 分間 0.2 mm を以て木目に沿て壓縮し、自記々録装置に依り各荷重に對する壓縮量を記録しつゝ破壊に至らしめたのである。

又短柱供試材は當場備付瑞西「アムスラー」強弱試験機に之れを挟み、前者と同様鐵球臺座を以て兩端を自在に保持して、纖維方向に壓縮して其の強度を測定した。

先づ米國林産試験場の考案に係る並長柱公式 $\frac{P}{A} = S \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l}{Kd} \right)^4 \right\}$ （式中 P は長柱の破壊荷重(kg) A は斷面積(cm²) S は短柱應壓強度(kg/cm²) l は長柱の長さ(cm)即供試材の長さに供試材兩端に於ける臺座の高さを加へたるもの、K は係數、d は角面の長さ(cm)を示す）に依り K なる係數の値を算出した。

次にランキン氏公式 (Schwarz-Rankine formula) $\frac{P}{A} = \frac{S}{1 + 4\beta \left(\frac{l}{r} \right)^2}$ に於ける係數 β の値を算定したのである。式中 r は長柱の最小環動半徑である。

而して試験當時に於ける供試材の含水率は 10 - 18 % であつたから、普通に用ひられる比例法に依り、各比重及強度を標準含水率 15 % に於けるものに改算し、上記の公式に於ける係數の計算も亦供試材の強度の比較にも標準含水率に於ける強度を用ひたのである。

試 験 の 成 績

前項に述ぶる方法に依り施行したる試験の成績中、長さ 2.0 及 1.9 m の供試材のものを表示すれば第 1 表の如くである。而して一般に認められる如く、本試験に於ても長柱の強度は短柱の場合に比し個々の供試材に依る差異が遙かに尠かつたから、本成績表に於ては各樹種に就き心持及心去材別に平均したる數値を擧げたのである。

第 1 表

樹 種 Species	心持材及 心去材の別 Pith-bearing or non-bearing columns	寸 法 (cm) Dimension			年輪密度 (1cm間年輪數) Nos. of annual rings in 1 cm	試験當時に 於ける含水率 (%) Moisture content when tested	含水率 15 % に於ける比重 (100倍) Specific gravity at the standard moisture content 15% (×100)
		幅 Breadth	厚 Depth	長 Length			
ス ギ <i>Cryptomeria japonica</i> Don.	心 持 材 Pith-bearing	7.03	7.02	207.0	4.6	13.4	40.1
	心 去 材 Non-bearing	7.03	7.02	207.0	4.0	12.9	36.7
ヒ ノ キ <i>Chamaecyparis obtusa</i> S. et Z.	心 持 材 Pith-bearing	7.03	7.03	197.0	5.4	12.5	52.9
	心 去 材 Non-bearing	7.03	7.03	197.0	8.9	12.5	52.9
ア カ マ ツ <i>Pinus densiflora</i> S. et Z.	心 持 材 Pith-bearing	7.01	7.01	207.0	2.7	10.1	61.6
	心 持 材 Pith-bearing	7.01	7.01	197.0	2.2	10.1	61.6
	心 去 材 Non-bearing	7.01	7.01	207.0	4.5	12.9	62.7
	心 去 材 Non-bearing	7.01	7.01	197.0	4.6	12.9	62.7
モ ミ <i>Abies firma</i> S. et Z.	心 持 材 Pith-bearing	7.00	7.00	207.0	9.9	13.2	44.9
	心 去 材 Non-bearing	7.00	7.00	207.0	6.4	13.6	48.5
	心 去 材 Non-bearing	7.00	7.00	197.0	7.5	13.7	48.6
ト ガ サ ハ ラ <i>Pseudotsuga japonica</i> Shirasawa	心 持 材 Pith-bearing	7.00	7.00	207.0	9.1	10.1	59.0
	心 去 材 Non-bearing	7.00	7.00	207.0	4.3	10.6	54.5

含水率 15% に於ける短柱應壓強度 (kg/cm ²) Compressive strength of short columns at the standard moisture content 15%	實驗より求めたる長柱應壓強度 $\frac{P}{A}$ (kg/cm ²) Actual column strength	含水率 15% に於ける長柱應壓強度 $\frac{P}{A}$ (kg/cm ²) Column strength at the standard moisture content 15%	永國林産試験場公式の係数 (K) Values of the constant (K) in the Forest Products Laboratory column formula	ランキン氏公式の係数 (β) Values of the constant (β) in the Schwarz-Rankine formula	商工省告示木材規格品等 Grade in Japanese Engineering Standard	材面に表れたる節の供試材 1 本當り總數 Nos. of knots on four faces
352.4	72.50	68.14	23.63	$\frac{0.0001003}{1}$ 9,972	2 及 3	27.7
352.4	68.17	62.88	23.53	$\frac{0.0001107}{1}$ 9,035	1	3.0
457.5	111.35	101.23	22.66	$\frac{0.0000936}{1}$ 10,685	3 及 4	29.5
457.5	124.14	112.85	22.85	$\frac{0.0000812}{1}$ 12,313	1	2.0
511.6	90.76	75.89	23.48	$\frac{0.0001375}{1}$ 7,274	4	22.5
511.6	77.84	65.08	22.22	$\frac{0.0001814}{1}$ 5,513		
511.6	144.99	133.76	24.20	$\frac{0.0000676}{1}$ 14,785	2	8.5
511.6	134.31	123.90	22.92	$\frac{0.0000827}{1}$ 12,088		
391.3	92.75	86.52	22.76	$\frac{0.0000973}{1}$ 10,282	3 及 4	23.0
391.3	109.03	103.26	24.26	$\frac{0.0000666}{1}$ 15,014	1	3.2
391.3	99.49	94.57	22.98	$\frac{0.0000866}{1}$ 11,546		
488.0	92.75	77.55	23.49	$\frac{0.0001264}{1}$ 7,913	3	20.0
488.0	79.49	69.59	23.32	$\frac{0.0001485}{1}$ 6,733	1	1.5

第 2 表

樹 種 Species	心 持 材 及 心 去 材 の 別 Pith-bearing or non-bearing columns	寸 法 (cm) Dimension			年 輪 密 度 (1cm 間年輪數) Nos. of annual rings in 1 cm	試 驗 當 時 に 於 け る 含 水 率 (%) Moisture content when tested	含 水 率 15 % に 於 け る 比 重 (100 倍) Specific gravity at the standard moisture content 15 % (×100)
		幅 Breadth	厚 Depth	長 Length			
飯能産スギ <i>Cryptomeria japonica</i> from Hanno	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	3.0	13.9	41.1
天龍産スギ <i>C. japonica</i> from Tenriu	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	3.3	14.4	50.0
尾鷲産スギ <i>C. japonica</i> from Owase	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	5.4	14.8	35.2
吉野産スギ <i>C. japonica</i> from Yoshino	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	3.8	14.9	43.6
日田産スギ <i>C. japonica</i> from Hita	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	2.9	14.6	42.6
八女産スギ <i>C. japonica</i> from Yame	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	3.2	14.1	47.0
飯能産ヒノキ <i>Chamaecyparis obtus</i> from Hanno	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	5.0	14.8	46.8
天龍産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Tenriu	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	5.7	15.3	53.8
木曾産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Kiso	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	8.8	15.2	56.6
木曾産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Kiso	心 去 材 Non-bearing	8.00	8.00	95.0	8.9	16.0	45.3
尾鷲産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Owase	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	7.8	14.5	53.5
吉野産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Yoshino	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	9.7	14.9	50.1
青森産ヒバ <i>Thuopsis dolabrata</i> from Aomori	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	6.3	14.1	50.4
天龍産ツガ <i>Tsuga Sieboldii</i> from Tenriu	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	8.7	15.3	54.5
天龍産ツガ <i>T. Sieboldii</i> from Tenriu	心 去 材 Non-bearing	8.00	8.00	95.0	8.2	15.4	52.2
アメリカ マツ <i>Douglas Fir</i>	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	8.1	16.2	48.1
アメリカ マツ <i>Douglas Fir</i>	心 去 材 Non-bearing	8.00	8.00	95.0	4.3	15.2	50.7
アメリカツガ <i>Western Hemlock</i>	心 持 材 Pith-bearing	8.00	8.00	95.0	8.7	15.6	44.9
アメリカツガ <i>Western Hemlock</i>	心 去 材 Non-bearing	8.00	8.00	95.0	6.3	15.6	44.2

含水率 15% に於ける短柱應圧強度 (kg/cm ²) Compressive strength of short columns at the standard moisture content 15%	實驗より求めたる長柱應圧強度 $\frac{P}{A}$ (kg/cm ²) Actual column strength	含水率 15% に於ける長柱應圧強度 $\frac{P}{A}$ (kg/cm ²) Column strength at the standard moisture content 15%	米國林産試験場公式の係數 (K) Values of the constant (K) in the Forest Products Laboratory column formula	ランキン氏公式の係數 (S) Values of the constant (S) in the Schwarzs-Rankine formula	商工省告示木材規格品等 Grade in Japanese Engineering Standard	材面に表れたる節の供試材 1 本當り總數 Nos. of knots on four faces
348.7	232.5	222.7	11.64	0.0000837 $\frac{1}{11,941}$	3 及 4	9
368.2	239.4	233.8	11.61	0.0000851 $\frac{1}{11,751}$	4	12
501.0	354.5	351.7	12.21	0.0000629 $\frac{1}{15,909}$	3 及 4	13
392.4	263.6	262.6	11.90	0.0000732 $\frac{1}{13,652}$	2 及 3	4
427.2	265.0	260.8	11.42	0.0000950 $\frac{1}{10,526}$	4	13
423.8	272.6	263.1	11.50	0.0000904 $\frac{1}{11,064}$	4	13
508.8	329.8	327.2	11.67	0.0000822 $\frac{1}{12,164}$	3 及 4	6
420.0	293.0	296.6	12.25	0.0000617 $\frac{1}{16,220}$	4	10
405.2	259.7	261.8	11.70	0.0000811 $\frac{1}{12,325}$	4	17
488.5	310.6	323.5	11.84	0.0000755 $\frac{1}{13,243}$	1	1
552.9	396.0	388.2	12.21	0.0000628 $\frac{1}{15,920}$	3 及 4	10
455.2	321.1	319.8	12.22	0.0000625 $\frac{1}{15,997}$	1,2 及 3	4
497.1	318.3	307.2	11.48	0.0000915 $\frac{1}{10,929}$	4	11
472.7	325.5	329.5	12.16	0.0000644 $\frac{1}{15,535}$	4	14
579.3	363.7	369.6	11.63	0.0000840 $\frac{1}{11,906}$	1	1
431.7	288.7	303.3	12.17	0.0000627 $\frac{1}{15,943}$	4	20
460.7	308.1	310.6	11.94	0.0000716 $\frac{1}{13,973}$	1	1
415.0	280.5	287.4	12.12	0.0000657 $\frac{1}{15,216}$	4	19
494.9	310.8	318.4	11.68	0.0000820 $\frac{1}{12,189}$	1 及 2	8

第 3 表

樹 種 Species	心 持 材 及 心 去 材 の 別 Pith-bearing or non-bearing columns	寸 法 (cm) Dimension			年 輪 密 度 (1cm 間 年 輪 數) Nos. of annual rings in 1 cm	試 驗 當 時 に 於 ける 含 水 率 (%) Moisture content when tested	含 水 率 15 % に 於 ける 比 重 (100 倍) Specific gravity at the standard moisture content 15% (×100)
		幅 Breadth	厚 Depth	長 Length			
青森産ヒバ <i>Thuja plicata</i> from Aomori	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	4.3	15.9	48.5
青森産ヒバ <i>T. dolabrata</i> from Aomori	心 去 材 Non-bearing	7.50	7.50	92.0	4.8	15.6	46.1
青梅産ヒノキ <i>Chamaecyparis</i> <i>obtusata</i> from Ōme	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	3.0	14.6	53.1
西川産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Nishikawa	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	2.7	14.4	55.2
秩父産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Chichibu	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	2.3	14.0	52.3
駿州産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Suruga	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	2.5	15.3	55.1
新宮産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Shingu	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	2.8	15.2	58.9
古座産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Koza	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	3.5	15.8	55.7
尾鷲産ヒノキ <i>C. obtusa</i> from Owase	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	2.6	14.7	54.1
樺太産カラマツ <i>Larix dahurica</i> var. <i>japonica</i> from Saghalien	心 持 材 Pith-bearing	7.50	7.50	92.0	3.0	14.6	50.7

第 4 表

産 地 Habitats	地 位 Quality of site	寸 法 (cm) Dimension			年 輪 密 度 (1cm 間 年 輪 數) Nos. of annual rings in 1 cm	試 驗 當 時 に 於 ける 含 水 率 (%) Moisture content when tested	含 水 率 15 % に 於 ける 比 重 (100 倍) Specific gravity at the standard moisture content 15% (×100)
		幅 Breadth	厚 Depth	長 Length			
眞 砂 Masago	上 Superior	7.50	7.50	92.0	2.1	16.4	53.4
樋ノ山 Hinoyama	上 Superior	7.50	7.50	92.0	2.7	17.1	49.5
孝行地 Kōkōchi	中 Medium	7.50	7.50	92.0	2.9	18.0	49.9
長 尾 Nagao	中 Medium	7.50	7.50	92.0	3.2	18.0	53.8
茶地岡 Chachioka	下 Inferior	7.50	7.50	92.0	2.7	17.7	52.0
桐 山 Kiryama	下 Inferior	7.50	7.50	92.0	3.0	17.8	45.1

含水率 15% に於ける短柱應圧強度 (kg/cm ²) Compressive strength of short columns at the standard moisture content 15%	實驗より求めたる長柱應圧強度 $\frac{P}{A}$ (kg/cm ²) Actual column strength	含水率 15% に於ける長柱應圧強度 $\frac{P}{A}$ (kg/cm ²) Column strength at the standard moisture content 15%	米國林産試験場公式の係數 (K) Values of the constant (K) in the Forest Products Laboratory column formula	ランキン氏公式の係數 (β) Values of the constant (β) in the Schwarzs-Rankine formula	商工省告示木材規格 Grade in Japanese Engineering Standard	材面に表れたる節の供試材 1 本當り總數 Nos. of knots on four faces
469.8	244.0	253.1	11.31	$\frac{0.0001188}{1}$ 8,417.0	4	8.8
452.7	225.2	238.8	11.14	$\frac{0.0001133}{1}$ 7,493.1	3	2.9
398.5	228.3	224.7	11.47	$\frac{0.0001073}{1}$ 9,322.3	4	12.4
427.3	240.7	235.1	11.38	$\frac{0.0001135}{1}$ 8,814.1	4	14.7
397.9	232.9	224.0	11.46	$\frac{0.0001077}{1}$ 9,281.2	4	16.8
336.8	215.1	217.7	11.37	$\frac{0.0001141}{1}$ 8,761.8	4	21.9
478.3	265.7	267.8	11.44	$\frac{0.0001091}{1}$ 9,169.7	4	16.0
472.2	248.5	256.7	11.34	$\frac{0.0001165}{1}$ 8,581.9	3 及 4	14.9
453.6	252.0	249.0	11.37	$\frac{0.0001141}{1}$ 8,766.3	3 及 4	15.2
333.4	196.2	193.1	11.57	$\frac{0.0001008}{1}$ 9,920.5	4	22.0

含水率 15% に於ける短柱應圧強度 (kg/cm ²) Compressive strength of short columns at the standard moisture content 15%	實驗より求めたる長柱應圧強度 $\frac{P}{A}$ (kg/cm ²) Actual column strength	含水率 15% に於ける長柱應圧強度 $\frac{P}{A}$ (kg/cm ²) Column strength at the standard moisture content 15%	米國林産試験場公式の係數 (K) Values of the constant (K) in the Forest Products Laboratory column formula	ランキン氏公式の係數 (β) Values of the constant (β) in the Schwarzs-Rankine formula	商工省告示木材規格 Grade in Japanese Engineering Standard	材面に表れたる節の供試材 1 本當り總數 Nos. of knots on four faces
417.8	275.2	291.2	12.56	$\frac{0.0000604}{1}$ 16,568.3	4	22.3
367.1	262.6	286.7	13.62	$\frac{0.0000389}{1}$ 25,677.4	4	17.7
361.6	256.4	291.4	14.04	$\frac{0.0000335}{1}$ 29,880.3	4	23.7
456.6	307.6	349.5	13.39	$\frac{0.0000425}{1}$ 23,534.0	4	21.7
387.0	265.8	285.2	13.02	$\frac{0.0000495}{1}$ 20,194.0	4	18.3
344.7	208.4	234.7	12.40	$\frac{0.0000650}{1}$ 15,372.8	4	23.0

第1表に依れば 含水率 15%に於ける長柱強度 $\frac{P}{A}$ は、ヒノキ第1位を占め、アカマツ之れに亞ぎ、モミ、トガサハラ は其の次に位し、スギが最弱いのである。又各樹種につき心持材と心去材とを比較するに、スギ及トガサハラにありては心持材の方が強く、反之他のものは心去材の方が強い、殊にアカマツに於ては格段に心持材が弱いのである。今含水率 15%に於ける比重を各樹種に於て心持材と心去材とに就き比較して見ると、ヒノキを例外とする外、長柱強度と全く同様の關係に在る。又年輪密度に就て見るも、モミを例外とする外全く同様である。尙ほアカマツに於て心持材の格段に弱きは其の品等格段に劣るが故なりと思せられるのである。要之心持材と心去材と孰れが強いかは一概に之れを斷定し得ないものと思惟せられるのである。

而して米國林産試験場公式の係數 (K) 及ランキン氏公式の係數 (β) は孰れも樹種に依る差異の甚だ尠いものである。

次に長さ 90cm の供試材の試験成績を、産地及樹種別に、又心持及心去材の 2 種あるものは之れを分つて、各平均數値を表示すれば第2表の如くである。

第2表の示す長柱強度は、第1表のものに比し遙に大きく、又心持材に就て見るに其の強度は大體に於て比重に伴つて上下し、且つ大小の順位は、ヒノキ、ツガ、ヒバ、アメリカマツ、アメリカツガ、スギ、の順である。之等の中各地産スギ及ヒノキ供試材は産地に依り年輪密度及品等が不揃で各産地を的確に代表するものと謂ひ得ないから、此の成績に據り直に産地に強度の等級を附けることは出来ないけれども、各心持材に就き本試験成績の示す産地別強度の順位を示せば、スギにありては、尾鷲、八女、吉野、日田、天龍、飯能、の順 又ヒノキにありては、尾鷲、飯能、吉野、天龍、木曾の順である。(但し木曾ヒノキ心去材は優良なる成績を示して居る) 而して青森産ヒバ及天龍産ツガはヒノキの優良なるものに匹敵し、アメリカマツは稍々劣り、アメリカツガは尙一層劣るのである。

又木曾産ヒノキ、天龍産ツガ、アメリカマツ、及アメリカツガに就き、心持材と心去材との強度を比較すると、何れに於ても心去材の方が強いのである。之れ恐らく心持材の品等が心去材に比し格段に劣つて居ることが主なる原因と思せられるのである。

それから (K) 及 (β) の 2 係數の値は、樹種に依り大差なく、長さ 2.0 及 1.9m の供試材の場合に比し (K) は遙に小いが、(β) は稍小いと謂ふ位に止るのである。

次に長さ 85 cm の供試材の産地及樹種別成績を挙げれば第3表の如くである。

元來第3表の試験は青森産ヒバ小角と市販のヒノキ小角との強度を比較するを目的とし、供試材の年輪密度及品等の略同様のものを選んだのであるが、本成績に依るも青森産ヒバ小角はヒノキ小角中優良なるものに決して劣らぬ強度を有して居ると謂ふことが出来る。又青森産ヒバ心去材の強度の比較的小なるは、邊材部を交へたるものが多かつたことに主原因があると思はれる。

更にヒノキ小角中、新宮、古座、及尾鷲産のものが優良な成績を示し、西川、青梅、秩父、及駿州産のもの之れに亞ぎ、樺太産カラマツは最も劣つて居る。

而して(K)及(β) 2 係数の値は孰れも大體に於て長さ 90 cm の供試材の場合と比較して大差はないが、(β) は稍々大である。

尙ほ尾鷲産ヒノキ小角の地位別強度を比較したる試験成績を挙げれば第4表の如くである。

第4表に依れば尾鷲産ヒノキの長柱強度は地位中等なる孝行地及長尾産のもの最も強く、地位上等なる眞砂及樋ノ山産のもの之れに亞ぎ、地位下等なる茶地岡及桐山産のものが最も弱いのである。然し孝行地及長尾産のものゝ強いのは地位の割合に年輪密度が大きいことに主なる原因があるから、年輪密度同一なるものに就ては眞砂及樋ノ山産のものが之等に劣らないことは想像に難くない。而して地位下等なる茶地岡及桐山産のものになれば年輪密度が大であつても弱いのである。又比重に就て見るに、茶地岡産のものは樹脂が比較的多量であつた爲めに比重が割合に大きかつたのを例外として、其の他は強度と同一關係にあるのである。次に係数(K)及(β)の値は長さ 90 cm 供試材のものに比し大差ないが(K)は稍々大である。

結 論

前項に述べる成績を綜合して考ふるに、長柱の強度が其の細長度の大となる程小となることは之れに依るも明なる事實である。然し其の小くなる割合、即ち細長度と長柱強度との關係を論ずるには供試材料不足の爲め遺憾乍ら之れに論及するを得ないが、今並長柱に適當すと稱せられる米國林産試験場四乗公式を信賴して實驗値を同式に當て嵌め係数(K)の値を算出して見ると、細長度 102 及 97 の並長柱に於ては孰れも 20 以上の値を示すに拘らず、同じく並長柱の細長度 42 及 41 のものにありては其の値 14 乃至 11 を示すのである。然るに普通に用ひられるランキン氏公式に實驗値を代入して係数(β)を算出すると、テトマヤー氏が木材を一括して算出したる(β)の値(0.0000575)とは多少の差異はあるけれども、前者の如く細長度如何に依り格段の差異はないのである。故に並長柱の細長度と強度との關係は寧ろランキン氏公式の方が正確に表すものでないかと思惟せられるのである。又長柱強度が斯くの如く一定法則に従ひ難きは元來木材が有機的組織體である爲めに、各部の性質不均等であることや、油脂分及水分の含有量が其の弾性及強度に及ぼす影響の甚だ大きいこと等に歸因するものと考へられるのである。然れども建築等の設計の場合は安全率なる比較的大きな數値が算入せられるから、之等係数の値の中で適當のものを選んで使用して差支ないと信ずるのである。米國林産試験場公式に據る場合は次式を用ひて長柱の角幅を算出するが便利である。

$$d = \sqrt{\frac{P}{2S}} + \sqrt{\left(\frac{P}{2S}\right)^2 + 1/3 \left(\frac{l}{K}\right)^4}$$

次に長柱強度も短柱強度の如く、供試材の年輪密度、含水量、比重、及瑕瑾等に依り上下するものであるけれども、就中影響の大なる瑕瑾が供試材の大きい爲めに同種別の供試材にありては各個に於て互に平均せられ、供試材各個に依る強度の差が較小となるものと想像せられるのである。而して産地及樹種別に長柱強度を比較すると、高知産供試樹種中其の強きものより列記すれば、ヒノキ、アカマツ、モミ、トガサハラ、スギ、の順位である。又東京材木問屋同業組合外6組合から寄贈せられたヒノキ小角の強度が、東京市深川木場より購入したヒノキ小角の強度より大なるは、前者の年輪密度が比較的に大きいのみならず品等も優つて居る爲めである。

前述の如く各産地の供試小角が各産地を代表するものと謂へないから、産地に強度の等級を附けられぬけれども、尾鷲地方産のスギ及ヒノキ小角が孰れも格段に優秀な成績を示して居るのは、從來之等の強度に關する坊間の定評を證明するものである。且つ尾鷲産ヒノキ小角に就き地位上等なる林地に産せるものは下等地位に産せるものより強度は大である。而して青森産ヒバ及天龍産ツガの小角の強度は、ヒノキ小角の優良なものに劣らないが、アメリカマツは稍々劣り、アメリカツガ及樺太産カラマツは更に劣るのである。又心持材と心去材とは一概に孰れの強度が大なるかを斷定することは出来ない。之れ恐らく心持材中に包含せられる瑕瑾が多く且つ供試材各個に依る其の多寡の差が大きいからであると思考せられるのである。

(昭和十年二月稿)

参 考 文 献

- A. P. POORMAN; Strength of materials.
Dr. Ing. RUDOLF MAYER; Die Knickfestigkeit.
F. V. WARNOCK; Strength of Materials.
J. A. NEWLIN and J. M. GAHAGAN; Tests of Large timber columns and presentation of the Forest Products Laboratory column formula.
J. A. NEWLIN and J. M. GAHAGAN; Instructions for using Forest Products Laboratory formula for wooden columns.
OTTO WAWRGINIOK; Handbuch des Material prüfungswesens.
W. E. WINES; Strength of Materials.
大 藤 高 彦 共 著 構造強弱學
近 藤 泰 夫

On the strength of wooden columns (*Résumé*)

By. S. MORI.

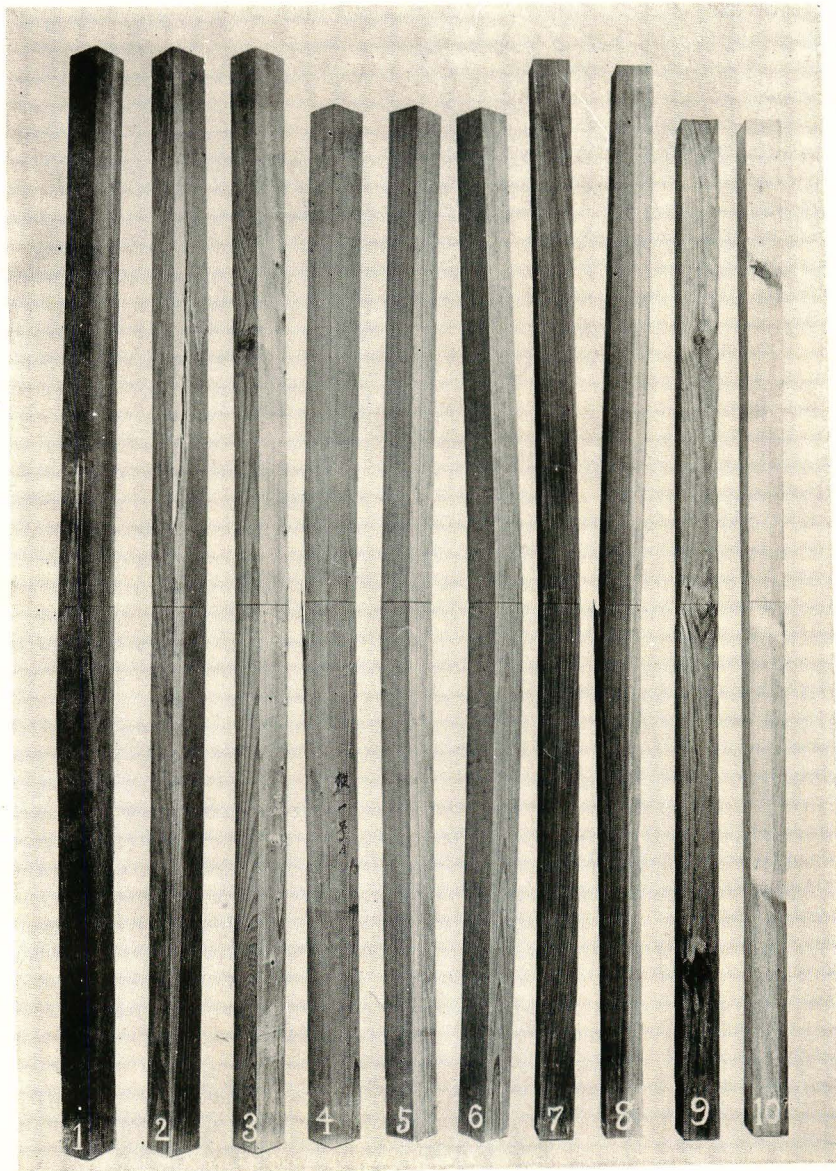
The test were conducted upon the intermediate columns of such wood species, most commonly used for structural timbers, as Sugi (*Cryptomeria japonica*, Don.), Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*, S. et Z.), Akamatsu (*Pinus densiflora*, S. et Z.), Momi (*Abies firma*, S. et Z.), Tsuga (*Tsuga Sieboldii*, Carr.), Togasawara (*Pseudotsuga japonica*, Shirasawa), Hiba (*Thujopsis dolabrata*, S. et Z.) from some famous habitats of small squares used for structural work in Japan, Karamatsu (*Larix dahurica*, Turcz. var. *japonica*, Maxim.), Douglas Fir (*Pseudotsuga Douglasii*, Carr.) and Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*, Sarg.). The column test of these material which air-seasoned, and consisted of thirty four 7 by 7cm by 2m and three hundred ninety 8 by 8cm by 1m timbers, was made by the vertical A. J. Amsler type testing machine capable of applying 30,000 kg under pin-ended bearings at the both ends of them. Among them, the test specimens which have the pith at these center, were in the third and the fourth grade of sawn squares in the grading rule of the Japanese Engineering Standard and those with no pith in the first and second grade. Furthermore, the test specimens for minor test, 2.5 by 2.5 by 5cm, were made of clear parts in each of them, and tested by the usual method.

Substituting the values of the results by above mentioned tests to the Forest Products Laboratory fourth power parabolic formula $\frac{P}{A} = S \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{l}{Kd} \right)^4 \right\}$ where P =Maximum load on columns, in kg/cm² A =Crosssectional area, in cm², S =Maximum crushing stress for short columns in kg/cm², l =unsupported length in cm, d =least dimension in cm, and K =constant for given species, grade, and condition of service, the values of K were found to be 22—24 for the longer columns, of which slenderness ratio were 102 and 97, and 11—14 for shorter columns, their slenderness ratio 41 and 42. But, the difference of K values due to wood species are considered to be very small. Substituting, similarly, the values of the results to the Schwarz-Rankine formula $\frac{P}{A} = \frac{S}{1 + 4\beta(l/r)^2}$ in which r = the least radius of gyration and β = constant for given condition of service, the values of β were found to be 0.0000666—0.0001814 for the longer columns, and 0.0000335—0.0001165 for the shorter columns; and these difference of the values due to species are considered to be very small. The relation between the strength values of long columns and each of wood species, their densities, water contents, numbers of annual rings etc, was nearly the same as in the case of short columns.

Sugi and Hinoki from Owase district were distinctly superior to those from other districts in the column strength, and Hinoki from Owase district that the quality of site was especially excellent, was strongest among them. And it was very difficult to determine which is stronger the pith-bearing column or non-bearing one.

長柱供試材の破壊状況

Manner of failures of columns.



- | | | | | | |
|----|-----|-------|-----|-----|------|
| 1. | 高知産 | トガサハラ | 6. | 高知産 | ヒノキ |
| 2. | ” | ” | 7. | ” | スギ |
| 3. | ” | モミ | 8. | ” | ” |
| 4. | ” | ” | 9. | ” | アカマツ |
| 5. | ” | ヒノキ | 10. | ” | ” |