

臺灣產主要木材之解剖性質與 力學性質之關係

廖 坤 福

THE RELATIONS BETWEEN THE ANATOMICAL PROPERTIES AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOME IMPORTANT WOODS IN TAIWAN

by

Kun-fu Liao

一、緒 言

木材為一種不均勻之物質，乃由無數微小而且大小不同之細胞所組成。細胞與細胞之間，則靠細胞間質 (Intercellular substance) 膠着，每一個細胞均有一層定界壁 則細胞壁 (Cell wall) 包圍着細胞腔 (Cell Cavity)。木材能當做建築，土木工程，傢俱以及各種加工品等乃因木材中之細胞壁對外力有抵抗之力量。樹木之種類繁多，每樹種不同其木材之構造亦不同，因此各種樹材對於外力之抵抗力量自不同，則木材力學性質之優劣是由于其內部構造之不同所致。此種事實雖似被一般所了解，但到底如何細胞之構造與如何力學性質相對若更詳細究明，其解答更為困難。木材之強度是由木材細胞之大小，排列，細胞壁之厚薄，細胞腔直徑，一定面積中之細胞數，細胞壁所占面積之大小及細胞內容物質之量等各種複雜因子變成一體而表現其大小。此中以管胞 (Tracheid) 及木纖維 (Wood fiber) 之厚薄，細胞腔之直徑，單位面積內之細胞數等因子為影響木材強度之最重要因子。通常木材之各種性質依各種試驗之結果而判斷其優劣，但不同樹種或雖為同一樹種，依其產地，生育狀態等而異，因此難於由一種因素來判斷其性質之良否。例如傢俱用材時八仙山林場產之扁柏不如巒大林場產者是為其一例。如上述影響木材力學性質之最根本因子乃為木材內部構造之如何，因此欲判斷木材性質或更進一步發見其利用之途徑時其基礎上之智識雖有各種方法，但豫先究明其解剖性質而依此判斷木材性質之一般為最直接之方法也。

本試驗以本省產樹材中以最常用之商用木材為對象究明其解剖性質與力學性質之關係，俾供木材利用，加工，乾燥以及有關木材性質研究之參考，倉促成文，誤謬之處當所難免，尚希林學先進不吝指正是幸。

二、材料及試驗方法

1. 材 料

本試驗所用之木材為本省產最常用之商用木材，其樹種及材料之外觀性質略述于次：

扁 柏 (*Chamaecyparis taiwanensis* M. et S.)

邊心材之區別分明，邊材淡紅黃白色，心材淡黃褐色，具芳香與光澤，木理通直。

紅 檜 (*Chamaecyparis formosensis* Mats.)

材色較扁柏略帶淡紅色，具芳香，質稍軟，木理通直。

臺灣五葉松 (*Pinus formosana* Hay.)

邊心材區別明顯，邊材淡黃或黃紅色，心材黃褐色，具有水平及垂直樹脂溝。

馬尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.)

邊心材區別明顯，邊材淡黃色，心材赭褐色，年輪寬，具有水平及垂直樹脂溝。

杉 木 (*Cunninghamia lanceolata* Hook.)

材色淡黃色，邊心材不甚分明，心材淡黃色，略帶紅色，有香氣，質軟，木理通直。

臺灣杉 (*Taiwania cryptomerioides* Hay.)

木材邊心材區別分明，邊材淡紅黃色，心材帶紫褐色，木理通直，材質輕軟。

香 杉 (*Cunninghamia konishii* Hay.)

邊心材區別不明顯，木材淡黃色，具芳香。

鐵 杉 (*Tsuga chinensis* pritz.)

木材不具心材，材色為黃色或黃灰白色，在縱切面上有白色斑點之散在。

大葉楠 (*Machilus kusanōi* Hay.)

木材為淡黃褐色，年輪不明。

山黃麻 (*Trema orientalis* (L.) BL.)

無邊心材之分，淡褐色，年輪寬潤，其境界線不明，輕軟脆弱。

白 桐 (*Paulownia kawakamii* Ito.)

無邊心材之分，灰白色，年輪寬潤，質輕軟，肌理稍粗糙。

江 某 *Schefflera octophylla* (Lour.) Harms.)

木材淡灰白色，無邊心材之分，年輪稍不明，質輕軟，有絹絲光澤。

烏心石 (*Michelia formosana* Mas (*Michelia compressa* mas. var. *formosana* kane.)

邊心材區別明顯，邊材淡黃色，心材紅褐色或黃褐色，木材磨之生光澤。

龍 眼 (*Euphoria longan* Lam)

無心邊材之分，材色深褐色，木材緻密滑澤，重硬。

樟 (*Cinnamomum Camphora* (Linn.) Sieb.)

邊心材略有區別，鉋削時發生芳香氣味，紋理稍斜行。

木 荷 (*Schima superba* Gard. et Champ.)

無邊心材之分，材色淡紅色，堅硬，緻密。

銀 華 (*Grevillea robusta* A. Cunn.)

邊心材甚分明，邊材銀白色，心材深赭褐色，木理具光澤。

相思樹 (*Acacia confusa* Merr.)

年輪稍分明，有邊心材之分，邊材帶狹，黃褐色，心材寬潤，暗褐色，堅重而硬，木理稍斜行。

柚 木 (*Tectona grandis* Linn. F)

邊心材甚分明，邊材褐色，心材深赭褐色，似欂材，年輪分明，木材緻密，心材稍硬。

柯 仔 (*Shiia stipitata* kudo. et Masam.)

有邊心材之分，邊材黃白色，心材稍帶暗褐色，木質線粗大，材質重硬年輪為波狀。

青剛櫟 (*Quercus glauca* Thunb.)

邊心材之區別不大顯明，木材深褐色或灰褐色，木質線粗大，年輪為波狀。

臺灣櫟 (*Zelkova formosana* Hay.)

木材年輪分明，有邊心材之分，邊材淡紅褐色，心材鮮紅赭色材質粗糙堅硬，木質線細

微。

2. 試材之製作法及試驗方法

各種力學性質試材之製作法試驗法，以及解剖性質測定用切片之處理製作法各分述于次。

A. 力學性質試材之製作法及試驗法

a. 抗彎強：試材為 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 30\text{cm}$ (但跨間 Span 為 24cm)，用 Amsler 材料試驗機，每分鐘以 $\frac{120\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 之速度加壓至破壞為止。破壞後從最近于破壞部分鋸取 2cm 長之小試材以供製作切片之用。

b. 抗壓強：試材為 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 4\text{cm}$ ，用 Amsler 材料試驗機，每分鐘以 $\frac{100\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 之速度加壓至破壞為止。本試驗因加壓後試材受壓力而壓潰以致不便于製作切片。因此鋸取試材時，一節為加壓用試材，隣接之另一節為製作切片用試材。

c. 硬度：試材為 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$ 立方體，以 Seku 硬度試驗機用 10mm 直徑之鋼球加壓於橫切面及縱切面。加壓完了後以備有放大鏡之測徑計測定凹痕直徑。

d. 劈裂強：試材分為平行于年輪及垂直于年輪之二種。其大小為 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 1\text{cm}$ (破壞厚度)。以木竹材劈裂性試驗機利用小鉛球落下于容器之重量而加壓木材使木材劈開為止。

e. 抗張強：試材全長為 20cm ，兩端挾持固定長度各為 7cm ，中央破壞部分長度為 6cm ，厚度及寬度為 $1\text{cm} \times 0.5\text{cm}$ 。加壓速度為每分鐘 $\frac{120\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 。

f. 抗剪強：破壞斷面為 $5\text{cm} \times 3\text{cm}$ 加壓速度為每分鐘 $\frac{120\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 。

B. 切片之製作法

製作切片用試材則鋸成爲 1cm^2 ，長 2cm 之小木塊，置于鑄製軟化筒中，注入 70% 酒 (Alcohol) 2，甘油 (Glycerine) 1 之混合液，以螺旋式鐵製蓋緊封之。此種軟化筒再置于壓力釜中，以 130°C 之高溫加熱。針葉樹材及闊葉樹材之較軟者以 3~4 小時，如闊葉樹材中龍眼，青剛櫟，鷄油等較硬者乃以 6~8 小時，其加熱時間視試材之軟硬而異。已達軟化之木材以迴轉式切片機 (Rotary microtome) 切成爲 8μ 厚之切片。所得切片以染色劑 Fuchsin 染色後順次浸于 10%，30%，50%，70%，90%，100%，等各級濃度之酒精中每 20~30 分鐘使完全脫水後再浸于 Xylol 中使細微的氣泡完全消失而變成清澄之紅色後以 Canada balsam 膠封固以供解剖性質測定之用。

C. 解剖性質之測定

細胞壁厚度及細胞腔直徑之測定乃用能測定至 0.01μ 之迴轉式測微計 (Rotary micrometer) 測定之，單位面積內細胞數之測定乃於接眼鏡中裝備 5mm^2 之測微計而在此面積內計測細胞數量。

三、實驗結果及討論

1. 細胞壁厚度，細胞腔直徑，細胞數與單位面積內細胞壁所占斷面積，比重及強度之關係。

A. 細胞壁厚度與單位面積內 ($35156.25\mu^2$ ，以後所稱單位面積均以此數值為準) 細胞壁所占斷面積，比重及各種強度之關係若在同一樹種中，不同部位或不同樹體互相比較時隨其細胞壁厚度之增加而增大其單位面積內細胞壁所占斷面積，因此其比重及強度亦隨之而增大，但不同樹種之間此種現象乃不大明顯。例如表 1 所示，扁柏細胞壁厚度為 3.8μ ，但其細胞腔之直徑較大則為 29.2μ ，故減少單位面積內之細胞數，則春材部為 29，秋材部為 96，因此在單位面積內細胞壁所占斷面積僅為 $5379.5\mu^2$ 而已，同時其比重及各種強度亦小。

表 1：細胞壁厚度，細胞腔直徑，單位面積內細胞數及單位面積內細胞壁所占斷面積與比重及力學性質之關係。

Table 1: The thickness of cell wall, diameter of cell cavity, number of cell and sectional area of cell wall in unit area in relation to specific gravity.

樹種 species	細胞壁厚 度 thick- ness of cell wall	細胞腔 直 徑 diameter of cell cavity	單位面積內 細胞數 Number of cell in unit area.		單位面積內細 胞壁斷面積 Sectional area of cell wall in unit area (μ^2)	比 重 spec- ific grav- ity	抗彎強 度 Bend- ing stre- ngth kg cm ²	抗 壓 強 度 Compre- ssive strength kg cm ²	硬 度 Hardness		劈 裂 強 度 Cleavabili- ty kg cm ²		抗 張 強 度 Tensile strength kg cm ²	抗 剪 強 度 Shear- ing strength kg cm ²
	(μ)	(μ)	spring wood	summer wood					cross scet- ion	longi- tudi- nal sec- tion		+		
扁 柏	3.8	29.2	29	96	5379.5	0.420	548	314	6.34	3.52	33.99	27.29	859	69.5
紅 檜	3.5	34.0	30	64	5895.0	0.354	417	231	5.23	2.60	29.20	26.83	728	68.6
臺灣五 葉松	3.9	34.3	24	60	5280.0	0.411	571	275	6.21	4.36	35.55	26.14	882	55.7
馬尾松	5.4	37.2	23	33	7776.3	0.550	612	404	7.28	4.22	49.25	34.40	923	68.8
杉 木	3.1	31.2	34		5419.6	0.312	476	285	5.35	1.85	24.91	22.14	701	51.8
臺灣杉	5.3	39.5	24		8419.2	0.435	547	299	6.18	2.60	26.92	21.95	775	72.0
香 杉	2.3	73.2	12	50	3220.8	0.273	379	200	3.78	1.69	27.16	21.43	690	44.3
鐵 杉	2.2	32.6	32	56	3724.8	0.366	382	243	5.66	3.79	45.79	37.96	730	48.0
大葉楠	2.9	12.1	150	232	9255.0	0.551	496	373	7.54	4.06	43.00	41.19	850	71.8
山黃麻	1.7	25.4	64	140	4486.4	0.292	320	208	3.32	1.35	37.30	35.82	703	50.0
白 桐	1.2	26.0	66		3306.6	0.201	168	146	3.96	1.30		23.56	579	46.5
江 某	1.6	20.5	64	109	3430.4	0.339	360	248	5.20	1.77	26.65	24.38	690	47.5
烏心石	4.1	14.3	94		9888.8	0.509	551	373	7.28	3.39	42.62	40.10	892	66.2
龍 眼	3.8	6.3	240		11736.0	0.725	998	458	10.40	6.78	67.50	59.25	1210	132.8
樟	2.9	16.3	133		10746.4	0.428	568	342	6.78	2.83	28.40	31.01	885	89.0
木 荷	4.5	11.7	114		11240.4	0.560	720	368	8.73	4.00	30.75	32.00	1021	90.8
銀 華	3.4	7.4	192		9331.2	0.527	621	334	8.89	4.33	41.04	51.67	932	78.2
相思樹	2.3	7.0	295		8673.0	0.610	748	364	10.11	6.37	70.00	62.26	780	86.0
柚 木	3.3	10.8	121		7804.5	0.465	640	404	7.24	4.81	29.76	29.76	802	67.5
柯 仔	4.2	11.7	88		8008.0	0.596	702	416	8.50	8.73	65.00	58.25	860	80.5
青剛櫟	4.1	11.9	134		12033.2	0.732	1012	485	11.77	8.11	76.62	62.67	1323	135.5
鷄 油	4.6	5.1	266		14204.4	0.698	975	512	12.80	8.44	64.33	55.52	1286	131.6

龍眼之細胞壁厚度雖與扁柏相同，則為 3.8μ ，但其細胞腔直徑為 6.3μ ，因此在單位面積內之細胞數達240之多。故在單位面積內細胞壁所占斷面積亦大則為 $11736.0 \mu^2$ ，其比重及各種強度亦遠大于扁柏。又紅檜細胞壁厚度為 3.5μ ，但其細胞腔之直徑較大，則 34.0μ ，故在單位面積內之細胞數較少，則春材部為30，秋材部為64，其在單位面積內細胞壁所占面積僅為 $5895.0 \mu^2$ 而已，並其比重及各種強度亦小。銀華之細胞壁厚度反而小于紅檜 0.1μ ，則為 3.4μ ，但其細胞腔直徑僅為 7.4μ ，因此在單位面積內之細胞數多，而達 192，故在單位面積內之細胞壁所占斷面積亦大，則為 $9331.2 \mu^2$ ，其比重及各種強度較紅檜大。

B. 針葉樹材之細胞腔直徑均較大以使減少單位面積內之細胞數，則春材部為 23至 34之間，雖在秋材部，亦僅為33至 96之間。此種現象可證明針葉樹材之管胞為支持樹體及抵抗外力之外尚須輸導水分，因此其管胞之直徑較大。然而闊葉樹材之木纖維之細胞腔直徑較小，雖其細胞壁厚度不大，但在單位面積內所含細胞數較多，則在 64 至295之間。闊葉樹材木質部除了導管及薄膜細胞等之外，其木纖維所占木質部部分乃可謂緻密之部分。至於針葉樹材單位面積內細胞數之較多者為扁柏春材26，秋材96，紅檜春材30，秋材64，最少者為香杉春材12，秋材50。又闊葉樹材單位面積內細胞數之較多者為相思樹：295，鷄油：266，龍眼：240，而且其比重及各種強度亦隨之而大。反此山黃麻為64，白桐為66，江某為64，其比重及各種強度亦隨之而減少。由此得知木材在單位面積內之細胞數與其比重及各種強度乃有密接關係，由其細胞數之多少得知力學性質之優劣。

C. 平均每一個細胞之細胞壁斷面積於針葉樹材以臺灣杉： $350.8 \mu^2$ 及馬尾松： $238.2 \mu^2$ 較大，而以鐵杉： $116.4 \mu^2$ 及杉木： $159.4 \mu^2$ 較小，其他樹種乃在其中間。至於闊葉樹材則烏心石 $105.2 \mu^2$ 及木荷： $98.6 \mu^2$ 較大而相思樹： $29.4 \mu^2$ 及鷄油： $53.4 \mu^2$ 較小，其他略在其中間。由此得知針葉樹材之平均每一個細胞之細胞壁之斷面積較闊葉樹材者大，但如前述其細胞腔較大因此單位面積內之細胞數減少，故單位面積內細胞壁所占斷面積亦小。

D. 木材細胞構造之如何與比重及各種強度之關係須由細胞壁厚度，細胞腔直徑，單位面積內之細胞數等三種因子或單位面積內細胞壁所占斷面積之大小來決定。

2. 細胞腔之面積與細胞壁斷面積之比例

細胞腔之面積與細胞壁斷面積之比例由表 2 得知，則針葉樹材較闊葉樹材大，此種現象可表示針葉樹材之細胞腔較大而細胞壁面積較小。就以香杉： 15.67 為最大，鐵杉： 7.17 次之，其他針葉樹材略在其中間。闊葉樹材中除山黃麻： 7.22 ，白桐： 10.59 ，江某： 6.15 等較輕之樹種之外其細胞腔面積與細胞壁斷面積之比較小，就以鷄油： 0.38 ，龍眼： 0.64 ，銀華： 0.88 為最小，其他在 $1.0 \sim 3.0$ 之間。

表2：細胞腔面積與細胞壁斷面積之關係

Table 2 : The area of cell cavity in relatcon to the sectional area of cell wall

樹種 species	細胞腔面積 area of cell cavity (μ^2)	細胞壁斷面積 sectional area of cell wall (μ^2)	細胞腔面積與細胞壁斷面積之比 ratios area of cell cavity: sectional area of cell wall
扁柏	669.3	185.5	3.61
紅檜	907.4	196.5	4.61
臺灣五葉松	923.5	222.0	4.16

馬尾松	1086.3	338.2	3.21
杉木	764.1	159.4	4.79
臺灣杉	1224.7	350.8	3.49
香杉	4206.2	263.4	15.67
鐵杉	834.2	116.4	7.17
大葉楠	114.9	61.7	1.86
山黃麻	506.4	70.1	7.22
白桐	530.6	50.1	10.59
江某	329.8	53.6	6.15
烏心石	160.5	105.2	1.53
龍眼	31.1	48.9	0.64
樟木	208.5	80.8	2.58
木荷	107.4	98.6	1.09
銀華	42.9	48.6	0.88
相思樹	38.4	29.4	1.31
柚木	91.5	64.5	1.42
柯子	107.4	91.0	1.18
青剛櫟	111.6	89.8	1.24
鷄油	20.4	53.4	0.38

3. 單位面積內細胞壁所占斷面積與比重之關係

由表1及圖1得知，在單位面積內細胞壁所占斷面積之大小可直接影響比重之大小，換言之則有隨斷面積之增加而增大比重之現象。例如香杉 $3220.8 \mu^2$ ，白桐： $3306.6 \mu^2$ ，江某 $3430.4 \mu^2$ 此等樹材在單位面積內細胞壁所占斷面積均較其他樹種為小，並且其比重亦小，則各為0.273, 0.201及0.339。反此鷄油在單位面積內細胞壁所占斷面積頗大則為 $14204.4 \mu^2$ ，青剛櫟為 $12033.2 \mu^2$ 木荷為 $11240.4 \mu^2$ ，而且其比重亦大，則各為0.698, 0.732, 0.560。至於其他樹種在單位面積內細胞壁所占斷面積及比重各在其中間。

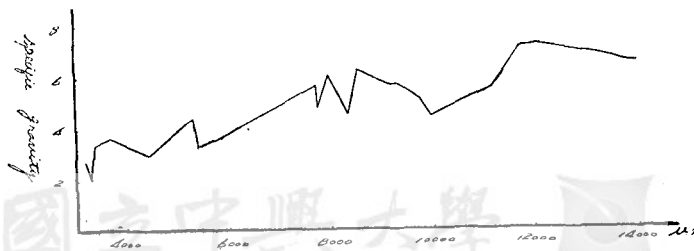


圖 1：單位面積內細胞壁斷面積與比重之關係。

Fig 1: The sectional area of cell wall in unit area in relation to specific gravity.

4. 單位面積內細胞壁所占斷面積與各種強度之關係

A. 與抗彎強之關係

單位面積內細胞壁所占斷面積與抗彎強之關係可由表 1 得知其一般，則單位面積內細胞壁所占面積小者，其抗彎強亦隨之而小細胞壁在單位面積內所占斷面積之大者其抗彎強亦大，例如各種樹種中抗彎強之較小者乃為白桐： 168kg/cm^2 ，山黃麻： 320kg/cm^2 ，江棗： 360kg/cm^2 ，而其單位面積內細胞壁所占斷面積亦小。抗彎強之較大者乃為漚葉樹材之青剛櫟： 1012kg/cm^2 ，龍眼： 998kg/cm^2 ，鷄油： 975kg/cm^2 ，而其單位面積內細胞壁所占斷面積亦大。其他樹種之抗彎強及單位面積內細胞壁所占斷面積均在其中間，此等關係可由圖 2 得知。



圖 2: 單位面積內細胞壁所占面積與抗彎強及抗壓強之關係。
 Fig. 2: The sectional area of cell wall in unit area in relation to bending strength and compressive strength.

B. 與抗壓強之關係

單位面積內細胞壁所占斷面積與抗壓強之關係可由表 1 得知，即白桐之抗壓強為 146kg/cm^2 香杉為 200kg/cm^2 ，山黃麻為 208kg/cm^2 ，而其數值均小，並且其單位面積內細胞壁所占斷面積亦小。青剛櫟為 485kg/cm^2 ，龍眼為 458kg/cm^2 ，則其數值均較大，而且其單位面積內細胞壁所占斷面積亦大。其他樹種之抗壓強及單位面積內所占面積亦略在中間而成比例。此等關係則由圖 2 得知其變化之程度。

C. 與硬度之關係

硬度依其木理方向分為橫切面之硬度及縱切面之硬度等二種。在各種樹材中硬度之較小者則山黃麻：橫切面 3.32 ，縱切面 1.35 ，香杉：橫切面 3.78 ，縱切面 1.69 ，白桐：橫切面 3.96 ，縱切面 1.30 。此等樹種在單位面積內細胞壁所占斷面積亦較小。反此硬度之較大者為龍眼：橫切面 10.40 ，縱切面 6.78 ，鷄油：橫切面 12.80 ，縱切面 8.44 ，青剛櫟：橫切面 11.77 ，縱切面 8.11 等而且此等樹種之單位面積內細胞壁所占斷面積亦較大。其他樹種之硬度及單位面積內細胞壁所占斷面積

積亦在中間，其變化以曲線表示之則如圖 3。



圖 3：單位面積內細胞壁斷面積與硬度之關係。

Fig 3: The sectional area of cell wall in unit area in relation to hardness.

D. 與劈裂強之關係

劈裂強由于加壓方向分為與年輪平行及與年輪垂直等二種。在各種樹種中劈裂強之較小者為杉木則與年輪平行：24.91kg/cm，與年輪垂直：22.14kg/cm，江某與年輪平行：26.65kg/cm，與年輪垂直：24.38kg/cm。臺灣杉與年輪平行：26.92kg/cm，與年輪垂直：21.43kg/cm。此等樹種在單位面積內細胞壁所占斷面積亦較小。反之劈裂強之較大者則為青剛櫟：與年輪平行者76.62kg/cm，與年輪垂直者62.67kg/cm。相思樹：與年輪平行者70.00kg/cm，與年輪垂直者62.26kg/cm。鷄油：與年輪平行者64.33kg/cm，與年輪垂直者55.52kg/cm。此等樹種在單位面積內細胞壁所占斷面積亦較大。其他樹種之劈裂強及單位面積內細胞壁所占斷面積均在中間，其關係則如圖 4。

針葉樹材雖有其他強度之大者，但劈裂強度以單位面積內細胞壁所占斷面積及與其他強度比較時其性質較低。其原因為針葉樹材橫切面上之細胞排列整齊，因此易於劈裂。闊葉樹材反之，則橫切面上細胞之排列甚不規則，以使不易劈裂。

各樹種之劈裂強度與年輪平行者大于與年輪垂直者。各樹種之平均則與年輪平行之劈裂強為44.25kg/cm，與年輪垂直者為37.60kg/cm，前者大于後者6.45kg/cm。其原因有二，一則木質線細胞之長軸方向與年輪垂直，因此對於年輪平行之方向不容易劈裂。二則細胞壁厚度受方向性之影響，如由表 3 得知則弦向細胞壁厚度較徑向細胞壁厚度大，以便增加與年輪平行（弦向）之劈裂強。就以針葉樹材之秋材部弦向細胞壁厚度與徑向細胞壁厚度之差異較大。

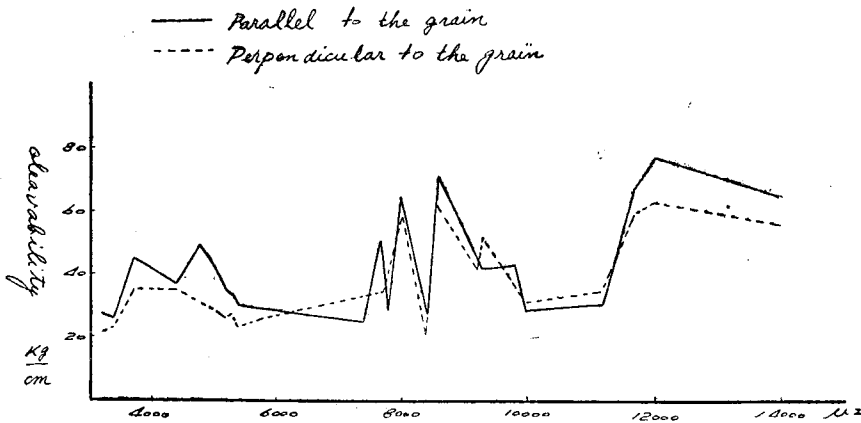


圖 4：單位面積之細胞壁斷面積與劈裂強度之關係

Fig 4: The section area of cell wall in unit area in relation to cleavability.

表 3：徑向細胞壁厚度及弦向細胞壁厚度與年輪平行及垂直之劈裂性之關係

Table 3: The thickness of cell wall on radiation and tangention in relation to cleavability of parallel to annual ring and perpendicular to annual ring

樹種 species	細胞壁厚度 thickness of cell wall				劈裂強 cleavability	
	radiation		tangention		parallel to annual ring (kg/cm)	perpendicular to annual ring (kg/cm)
	spring wood (μ)	summer wood (μ)	spring wood (μ)	summer wood (μ)		
	扁柏	3.8	3.7	3.3	5.6	33.99
紅檜	3.6	5.7	3.3	7.4	29.20	26.83
臺灣五葉松	3.8	5.4	4.0	12.6	35.55	26.14
馬尾松	4.8	7.3	5.9	14.0	49.25	34.40
杉木	3.1	4.4	3.0	8.4	24.91	22.14
臺灣杉	4.3	5.7	6.2	8.6	26.92	21.95
香杉	2.4	6.4	2.1	7.7	27.16	21.43
鐵杉	2.1	3.6	2.2	6.7	45.77	37.96
大葉楠	2.9		2.9		43.00	41.19
山黃麻	1.3		2.0		37.30	35.82
白桐	1.2	1.6	1.2	1.6		23.56
江某	1.3		1.9		26.65	24.38
烏心石	4.1	3.1	4.1	3.9	42.62	41.80

龍	眼	3.5		4.0		67.50	59.25
樟		3.2		2.6		28.40	31.01
木	荷	3.8		5.1		30.75	32.00
銀	華	3.3		3.4		41.04	51.67
相	思	2.3		2.3		70.00	62.26
柚	木	3.3	3.0	3.2	2.9	29.76	29.76
柯	仔	4.1	4.9	4.2	6.4	65.00	58.25
青	剛	3.7	3.8	4.5	3.9	76.62	62.67
雞	油	4.5		4.6		64.33	55.52

E. 與抗張強之關係

單位面積內細胞壁所占斷面積與抗張強之關係可由表 1 及圖 5 得知，則抗張強之較小者為白桐：579kg/cm²，江某：690kg/cm²，香杉：690kg/cm²，其單位面積內細胞壁所占斷面積亦小，青剛櫟：1323kg/cm²，雞油：1286kg/cm²，龍眼1210kg/cm²等較大，而且其單位面積內細胞壁所占斷面積亦大。其他樹種在中間。

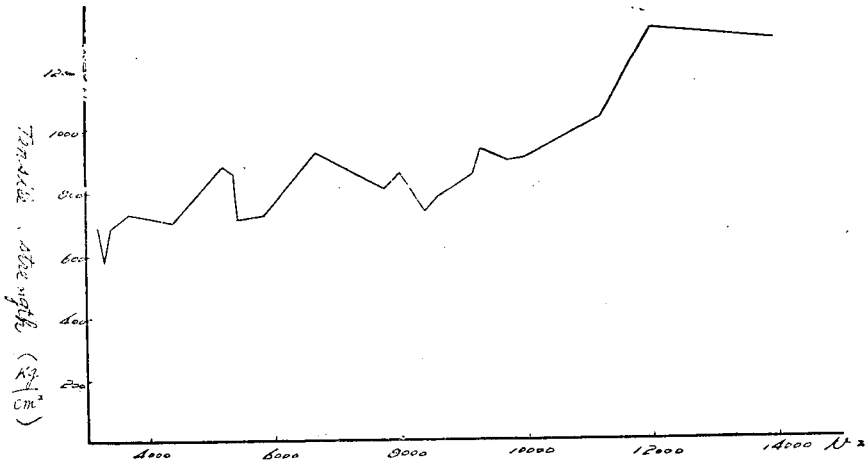


圖 5：單位面積內細胞壁所占面積與抗張強之關係。

Fig. 5: The sectional area of cell wall in unit area in relation to tensile strength



F. 與抗剪強之關係

由表 1 及圖 6 得知，抗剪強之較小者為香杉44.3kg/cm²。白桐46.5kg/cm²。江某47.5kg/ccm²，而此等樹種之單位面積內細胞壁所占斷面積亦小。青剛櫟 135.5kg/cm²，雞油131.6kg/m²等較大，而且其單位面積內細胞壁所占面積亦大。其他樹種之抗剪強及單位面積內細胞壁所占斷面積乃在中間。



图6: 單位面積內細胞壁斷面積與抗剪強度之關係

Fig. 6: The sectional area of cell wall in unit area in relation to shearing strength.

四、摘 要

(1) 管胞及木纖維之細胞壁厚度，細胞腔直徑，單位面積內細胞數為影響木材之比重及力學性質之重要因子。

(2) 細胞壁厚度，細胞腔直徑單位面積內細胞數等影響木材比重及力學性質之三個因子中，不能僅以一個因子來決定木材之比重及力學性質之大小，而須由三種因子之乘數來決定。

(3) 單位面積內細胞壁所占斷面積為決定木材比重及力學性質之最直接因子。

(4) 針葉樹材管胞之細胞腔直徑較大，因此其單位面積內所含細胞數及單位面積內細胞壁所占斷面積較小。

(5) 闊葉樹材木纖維之細胞腔直徑較小，因此其單位面積內之細胞數及單位面積內細胞壁所占斷面積較大，故與針葉樹材之細胞壁同一厚度之闊葉樹材，其單位面積內之細胞壁所占斷面積較針葉樹材大，因此其比重，力學性質亦大。

(6) 與年輪平行之劈裂強度大於與年輪垂直者，其原因為木質線細胞之長軸方向與年輪成垂直而增加弦向之劈裂抵抗之外，管胞及木纖維之弦向細胞壁厚度大於徑向細胞壁厚度以使增加弦向之劈裂抵抗。

五、參 考 文 獻

- (1) Brown Panshin and Forsaith: Text Book of wood Technology. (1949)
- (2) Koehler: The Properties and uses of wood. (1942)
- (3) Alexander L: Manual of the timber of world and their characteristics and uses. (1951)

-
- (4) George A Garrat MF: The mechanical properties of wood.
(1931)
 - (5) Harry Donold: Wood Technology constitution properties and uses
 - (6) Koehler and Thelen: Kiln drying of Lumber (1926)
 - (7) 山林暹：木材組織學 (1958)
 - (8) 長澤武雄：實驗觀測之計算法 (1932)
 - (9) 關谷文彥：木材強弱論 (1941)

THE RELATIONS BETWEEN THE ANATOMICAL
PROPERTIES AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOME
IMPORTANT WOODS IN TAIWAN

by

Kun-fu Liao

Summary

- (1) The thickness of cell wall, diameter of cell cavity, and number on cell in unit area are the important factors which influence on specific gravity and mechanical properties of woods.
- (2) The specific gravity and mechanical properties are not determined by only one factor mentioned above, it must be determined by multipliers of the three factors.
- (3) The sectional area of cell wall in the unit area is a direct factor for determining the specific gravity and mechanical properties of woods.
- (4) The cell cavity of tracheids in Softwoods is larger than that in hardwoods, therefore the number of cell in unit area and sectional area of cell wall in the unit area are to be decreased.
- (5) The cell cavity of wood fibers in hardwoods is smaller than that in softwoods, therefore the number of cell and sectional area of cell wall in the unit area are to be increased.
- (6) The cleavability parallel to the annual ring is larger than that perpendicular to the annual ring, because the major axis of ray cells is perpendicular to the annual ring and the thickness of cell wall on tangential is larger than that on radiation, so the cleavability parallel to the annual ring is to be increased.

國立中興大學 

National Chung Hsing University