

請
正

經 濟 部 中 央 木 材 試 驗 室
工 業 試 驗 所

特 刊

第 五 六 號 中 華 民 國 二 十 九 年 五 六 月

木 材 之 力 學 試 驗

經 濟 部 中 央 木 材 試 驗 室 印 行
工 業 試 驗 所 農 產 促 進 委 員 會

SKBC
HG
S781.2
4/2

MG
S781.2
4/2

木材之力學試驗

唐 耀

目 次

- (一) 弁言 一、木材力學之意義，試驗之態度，目的及困難。
- (二) 木材試驗簡史
- (三) 木材試驗方式之改進
 - 甲• 英國木材試驗會之木材力學試驗之建議
 - 乙• 法國木蘭氏對木材力學試驗之建議
 - 丙• 國際森林協會木材研究所之建議
 - 附 (A) 澳洲科學實業院林產部之意見書
 - (B) 加拿大林產研究所之意見書
 - (C) 美國林產試驗所之意見書
 - (D) 一九二九年之議決案
- (四) 中國重要木材力學試驗應採取之方針



3 1795 8567 8

一、 弁 言

1. 木材力學強度之意義：木材亦如他種材料，在同一種 Species 中，其抗壓，抗拉，抗彎等之力學強度，并無聯鎖之關係。因是欲比較兩種木材之力學強度，須分別對何種力學強度 Strength 而言。材之強於抗縱向壓力者，未必強於硬度。故不能講此種木材強於彼種木材。欲判別一種木材之特種用途，必就所需一種或數種之木材力學強度，加以考慮。如強於縱向壓力者，宜為短柱，強於硬度者，用做地板，可經磨擦也。

2. 木材力學強度之重要：木材之用途，有恃其力學強度為主者，如飛機翼之柱，板之托梁等是。有須某類強度兼他種需要，如能耐腐者，若枕木，電杆，橋柱等是。

欲決定某種木材，最適於某種用途，除視其力學強度外，尚需試驗其乾燥，抗蟲，施工，定釘，膠漆之反應，收縮等性質等。但木材之力學強度，不特能為計算材料之標準，亦為多種用途上，選擇木材之指針，實最重要性質之一。

3. 木材力學強度試驗之態度：木材力學強度之試驗，可由下列三種不同之觀點以進行：

(1) 物理學家的：其試驗視木材為一種物質，目的在科學上之探討，無意於適用者。

(2) 工程師的：其試驗視木材為一種建築上之材料，目的在求得該試材之負重若干，因之可以記算尺寸者。

(3) 林產利用家的：其試驗視木材為有機體之產品，目的在求得某一種 Species 樹之等級，用歸納方法，求得變異上之關係，以期定為通則，鑒定商用材之等級 Grade 者。

木材試驗室之工作，大部屬於第三類。其試驗之方式，有與第一類甚或第二類不同者。反之，試驗適於第一類或第二類，常因試驗時之限制，不適於通常 Routine 之試驗者。因此各試驗之方式，務求專一，以求得某一性質。各種試驗之記載，更需用統計智識，及敏慧之見地，根據木材構造以解釋之。

4. 木材力學強度試驗之目的：木材試驗室之目的，既在求得各種間之均值，用一定

方式，加以試驗，以資比較；故其所用試材，須能正確定名，無節，裂開，腐敗等缺點之試材，生長之速度適中。更就建築材之有缺點者，加以試驗，以期推論各種缺點與木材力學強度之關係。至於試驗之原則，約可分為兩大類。第一類試驗之目的，在欲決定木材某一種性質，如受壓受拉受折等，單一之力學強度，而用精確之科學方式表示之。此諸供縱向拉力之試材，須慎重考慮試材之形狀及加重於試材之狀態，使試材各部分，均勻受有該種外力是。第二類之試驗，主在顯明特種用途上之比較，試驗之結果，不能用單一之性質以解釋，如劈開硬度試驗是。

5. 木材力學強度試驗之困難：木材為天然產物，係多數死細胞之胞膜所組成，胞膜及其中間之空隙，在木材初伐下時，大部分充滿水分，其功用就植物之本體言，為輸導及支持。各種Species樹木所產之木材，有各種之排列及結構。故木材本身，非為均一體Isotropy。其力學性質，依細胞膜之如何及木材之構造而定。

木材非若金屬為均一之物質，故甚難設計適當之試材，由之而得所期之破壞。蓋試驗木材時，所加外力，有時發生他種副力，使木材破壞，而與所欲試驗之性質無關。

如抗拉試驗在金屬為一極簡單之試驗，在木材則甚困難之一種，尤以縱向抗拉之試驗為著。

木材之力學強度，在木材縱向 Longitudinal，徑向Radial弦向 Tangential 變異殊大。此種困難，在金屬試驗則無之。木材之各種力學強度，在各方向亦有所不同。

木材之縱向抗拉，大於弦向及徑向者數倍。木材各種徑向之力學強度，通常大於弦向者。但此非各種木材如此。

木材之試驗，因木材中含有水分，更為複雜。蓋木材之力學強度及彈性 Elasticity 與水分之關係殊大。就通常言，木材之力學強度及堅性 Stiffness 通常因水分減少（在水分不過於相當限度內，所謂纖維飽和度 Fiber Saturation Point。通常約為25%，然在各種Species中有異），而漸漸增加。因之，木材之試驗，除選材外在纖維飽和度以上，必須決定每一試材之含水量。并須由實驗決定每一樹種之纖維飽和度，並各種力學強度與水分不同之關係。

二、 木材試驗簡史

木材之力學強度，與水分之關係，在所謂纖維飽和度之下，關係殊大，既如上述。

加之，木材為一有機體與環境之關係殊大。故木材之力學強度及物理性質之試驗，若不加以規定，其結果殊少價值。木材之試驗，雖在十八世紀初頁至十九世紀中葉，即有不少之法國科學家，注意于此。及1848年 Cherandier werohein，發表其對於 Vosges mountains 木材及之試驗。並述明木材之歷史及試驗之方式，是為木材試驗有系統的研究之始。多種近代式之木材試驗，始源于 Dr. H. Nordlinger。彼發表其研究結果于1830年。其後 Ba uchinger 試驗德國黑松林 Black Forest 之木材，分析木材生長之環境，伐木之時期與力學強度之關係。在美國方面，麻省理工之 G. Lanza 教授，對木材亦進行不少之試驗。農部森林處 T. P. sharples，曾試驗四百餘種木材之初步力學強度。此等試驗，因忽略水分與木材力學強度之關係，僅可當為歷史上之記載。

及1891年，美國農部森林處 Forest service，美人借鏡 B. S. Ferrow，對木材試驗，草一計劃，並略述歐美各國以前所做關於木材之力學強度試驗。在1891年前，德普魯士政府曾草一木材力學強度試驗之綱要及工作計劃。據佛氏之報告，謂該兩國之計劃，實質上頗為相同。惟美國較注意於實際之應用。自1891—1893年，美國森林處任 J. B. Johnson 教授指導之下，就森林中，採得之木材卅餘種三百餘株木材之試驗，試驗次數共約四萬五千次。決定木材構造，比重，水分及他種之力學強度。惟此項大規模之試驗不幸中輟，直至1903年，始能恢復試驗工作，由森林處與耶魯林校，波得大學 Purdue，加尼羅尼亞大學，奧尼工大學 Oregon，華盛頓大學等合作。在1906年，W. K. Hatt 博士，更發表木材試驗一文 (Instructions to Engineers of Timber Tests, (U. S Forest Service Circular no. 38. 1916, 1909, revised.) 自1910年後，美國之林產試驗所成立，對於木材之試驗始有大規模之研究。職是木材力學強度之有系統的研究，不過近卅年事。目下各國之木材試驗及方式，就實際言，可謂濫觴于美國之森林處及林產所。該室經十餘年試驗之結果，至1920年，由美國森林處與材料試驗協會 American Society of Testing Material，釐定小而無疵木材力學強度試驗之標準。

其方式至1925年，更為英國科學實驗部所設之林產研究所，及澳洲科學實驗研究院之林產部所採納。前於此，美國所定之標準，實質上已為加拿大之林產研究所，印度之森林研究所等所採用。其他若馬來，瑞士，波蘭，日本等國，亦多少採用之。英美試驗木材力學強度之靜曲試材，規定為 $2 \times 2 \times 30$ 吋，且須精選無疵之木材，至少試驗及

議用輕車削製成之紡錘式爲佳。在試驗時，載重板 Loading plates 相互動作，須平行於試材之軸，而載重板在試驗時，須相互平行。

(4) 橫向壓力試驗 Compression perpendicular to the grain: 此項試驗，通行之方式，僅試材中部受壓，兩端則否。英國木材試驗會之意見，該試驗應加壓於相對兩面之全體。因是每邊二吋之立方體，受壓平均於試材之相對兩面，爲較適合。當試驗時，須保證受壓板始終維持平行，無側向之移動。

彼等更建議在二吋高之試材上，受壓之深，須至0.1吋。若相當之最大壓力，在該點以前已達到時，須紀錄其壓力及深度。試材至 0.1 材深度時所加之壓力亦須紀錄。

木材徑面及端面之抗壓普通既有不同。橫壓試驗，須就此兩方面分別進行。據英林產研究所之經驗，橫壓試驗之結果與用「簡加球之壓痕試驗」"Janka" Indentation Test, 有甚密切之關係。若欲分別木材之等級，木材之橫壓試驗，可用較簡便「簡加球之嵌入試驗」以代之。

(5) 縱向剪力試驗 Shear along the grain: 欲加重於一物體，使某切面受純粹之剪力，殊爲困難。英木材會曾用光彈性 Photoelastic, 試驗透明模式，證明英國工程標準會所定之縱向剪力試材，依其方式試驗，則應剪力之分佈，甚爲不勻。且產生相當大之拉力 Tensile strength,。延木材斜紋理 Cross-grain 之方向。

用通常方法試驗縱向剪力，試材破壞之主要原因，既多爲拉力，此種試材之形狀及加重之方式，不適於剪力之試驗。若試材爲一立方體，沿對角之上下二方向，由二 L 形之剪力試驗附件加重。據英國木材會研究之結果，由此種方式，所得之結果，近于純粹之抗剪力。且與該會設計之特種試材，所測得之剪力相近。其法將木材之紋理，與紡錘之長軸成一相當之角度(詳見該會報告29—30頁)，使試材受壓，測知該木材之抗剪力，頗爲圓滿。但因試材之預備不易，不適于一般之試驗。上述用立方體之試材，英林產研究所，已採用之，其結果亦爲可靠。

普通木材力學強度試驗之附件多未注意移動部分摩擦力之減少。關於剪力試驗附件，英林產室所設計者，對此有顯然之改進。

(6) 靜曲試驗 Static Bending Test: 據經驗所示，靜曲試驗法，由中心荷重

Central loading 者，不若「雙荷重」Four Point loading之準確。其原因有二，(1) 最大荷重之破壞(由之計算破壞量 Modulus of Rupture) 可受中心荷重板之大小及形狀之影響。(2) 在彈性限度時之荷重之彎曲(由之計算彈性量 Modulus of Elasticity) 有因副作用剪力所生之彎曲。故欲求彈性量及破壞量之精確須用「雙荷重」法。若為通常之試驗比較木材抗折之強度，為分辨木材之等級者，可用中心荷重，蓋此法較「雙荷重」為簡便易行。因是該委員會建議木材之靜曲試驗之中，荷重法，可如供上述有限制之應用。又破壞量一名詞之應用，應嚴格的限制，應用於長方形之柱。此值乃人為之規定并非測算真正之力學強度。苟用於非為方形之柱體，甚易誤解。用於柱之切面為 I 形及匣形者，亦不合法。

(7) 動曲試驗 Impact Bending: 當一物質為遲緩的或甚快的受擊時，該物之韌性 Toughness 甚屬重要。各種木材之比較韌度與所加外力之速度有關。當木材受靜曲試驗時，至破壞時之全體工作量 Total Work，可測知木材之韌性。

用衝擊試驗 Impact，以測知一木材之韌性，而記出其所需能力為一甚有用之試驗。但直至現在，無一種最佳之試驗可資介紹，而摒絕其餘。若用 Hatt-Turner 機試驗時，應逐漸加高鐵錘 By Increment-drop method，僅記載最後之高度。若用白式衝擊機一次將木材破壞時計算由傳力鐵錘所失之能力。此種試驗機在原則方面，為較適合。

(8) 「硬度試驗」Hardness: 由所需壓力，將圓鐵球壓入木材各面一定之深度以測「硬度」。據英國木材試驗會之意見，實係測知木材局部之阻力，而非木材一般之硬度。此種試驗，為比較木材之力學強度計有實際上之功用。為一般之試驗可以保留。但試驗名稱應改為「簡加氏壓痕試驗」Janka Indentation Test。

木材之橫壓試驗與「簡加氏之壓痕試驗」，其結果有甚大之聯鎖。若木材之橫向抗壓力，已有較詳之試驗，則壓痕試驗可代通常之照例橫壓試驗，蓋前者為較簡也。

(9) 磨損試驗 Abrasion Test: 磨損試驗，為一種甚有用之特種試驗，可以測知木材之用為地板或見磨損之用途是否相宜。

(乙) 法國木蘭氏對木材力學試驗之建議

法國航空部木材研究室主任才蘭氏 M. Monnin 自廿世紀初葉後，即進行法國木材

十次，以求均值。若樹木直徑不大，費材頗多。目下各國木材之力學強度試驗，與美制取材不同者，為法國制。創始於約二十年前法國航空研究所木材試驗室之木蘭氏 M. Monnin，釐定木材力學強度等試驗之方式及標準，至今法國人沿用之。其靜曲試材，為 $2 \times 2 \times 30$ 公分，且於每種木材，多求得含水量 15% 時之比重及力學強度，由之計算各種比率，如抗壓率 $=C/100D$ ；抗壓係數 $=C/100D^2$ ；直向凝聚係數 $=F$ (單位面積抗折)/ C (單位面積抗壓)；彎曲係數 $=F$ (每方公分破壞時之壓度)/ $100D$ ；堅性率 $=L$ (試材長度)/ f (破壞時曲度)；動折係數 $=K$ (每方公分之絕對值)/ D^3 ；橫向凝聚之劈開係數 $=T$ (劈開)/ $100D$ ；抗拉係數 Tr (抗拉)/ $100D$ ；及硬度係數 $=H$ (硬度)/ $100D$ 。法國木材之力學強度試驗，南美如巴西，歐洲如意大利均採用之。德國之木材試驗，除 Tharandt 之殖民地林產研究所及 Eberswa'de 之普魯士林產研究室外，集中於國家之材料試驗所 Material Prufung amt，其方式略與法國相近。蘇聯自工業建設後，對於木材利用上之研究，頗著成效。對木材之力學強度試驗之方式，一本法國。就上所言，木材之試驗，可大別為美國及法國兩大類。

英自林產研究所成立以後，對其殖民地及本國之木材，有大規模之力學強度試驗。其初關於木材之搜集，及試驗之方式，悉採美國之標準；經多年之經驗，對於木材試驗，有不少之改進。溯當1920年，英人簡進 C. T. Jenkin 主持軍部航空研究會技術科之材料組，刊布航空材料一書，On The Materials of Const'ruction Used in Aircraft and Aircraft Engines H. M. S. O. 1920，詳論金屬及木材。該報告第十篇，專論木材之試驗，甚有心得。木材經英國航空研究會及林產研究所之探討，對於美國所定標準，有更正之必要，乃於1929年，就英國科學實業部內組一木材力學強度試驗委員會包括有關專家，討論并研究木材力學強度，試驗之方式。至1934年出版一報告，Report on The Mechanical Testing of Timber (H. M. S. O., London)，討論木材試驗，應加修改之點。本年三月，世界林業試驗會，集會倫敦，英國林產研究所，後藉此機會，邀集各票木材試驗專家，集會該研究所，商討木材試驗之國際標準。其主要目的，在調和美國及法國試材之差異。

三． 木材試驗方式之改進

甲、英國木材力學強度試驗委員會，對於木材力學強度試驗之建議：根據英國木材

試驗會館經1934年之報告，對木材力學強度試驗，有下列之建議：

(1)縱向拉力試驗 Tension along the grain：木材之縱拉強度，在設計木材之構造上需要甚少。在通常 Routine test 之試驗，亦不進行。惟此種基本知識，有時需要。縱向試材，該會設計用一新法製成，可免除製作時之意外彎折，并使製作之手續較為簡單，因之亦可用手工製造。據該會之試驗，用此法製成之試材，與通常試材較，在測縱向拉力，有顯然之改進。

(2)橫向拉力及劈開試驗 Tension perpendicular to the grain及劈開 Cleavage試驗：依英國科學 Cooper 教授，用光彈性 photoelastic 試驗通常形式之橫向應拉力，顯明拉力，橫過試材之頸部時，分布不勻。而最大拉力，不在試材橫面之最小部分。就此項試驗，顯明當破壞時之應拉力，除以最小之橫切面，可與真正橫向應拉力，相差甚大。因之該會曾議決此項普通試材，不適於決定木材之橫向應拉力。

更以試驗「劈開」之試材，與橫向應拉之試驗較，知前種試材之破壞，與後者較，其破壞相同。實即橫拉試驗，為劈開試驗，此點曾由光彈性試驗透明之模式及木材經兩種試驗之結果，有甚顯著之關係而證明之。

試驗木材定釘時，可非比較木材劈開之難易，有實際上之價值，但不能測知木材之某一種性質。數種類似之試驗如劈開，可以保留。該會贊助保存目下通用之單劈開試驗。若有時欲決定真正橫向應拉力，該會建議，用紡錘式。其中部之平行面，約二倍于直徑，負重加于試材端向之鉗上 Axial loading grips。

(3)縱向壓力試驗 Compression along the grain：英國木材試驗會根據英國工程標準學會 British Standard Institute 所規定縱向壓力之兩種試材形式，加以比較，證明紡錘狀試材之負重，大於方柱形者。因之，紡錘狀試材為較佳。

該會曾試用多法，以防止方柱形試材之端部所發生之副作用，但并無滿意者。紡錘式之試材，該會曾用不同長短之試材（其平行部分1—1½倍于直徑）。其結果建議紡錘狀試材之平行部分，至少須 1½倍于直徑。若該平行部分，僅等于直徑，有時兩端受不適當之支持。

在通常之試驗，如欲判別木材之等級，為實際上之比較，方柱形之試材，已夠精確。不過端部須甚平行，長與寬之比，至少為4:1。若欲精確決定縱向抗壓，該會建

力學強度系統的研究。渠曾規定木材試驗之方式發表于航空署技術組彙報 *Essais Physiques Statiques et Dynamiques des Bois*, Bull, 29, 30, 1919, 至今法國之木材力學試驗, 多根據之。渠于 1931 年在瑞士開會之國際材料試驗會發表木材力學強度之國際標準 *Normalisation Internationale des Essais de Bois* 一文頗足為吾人之參攷, 茲述其大意如下。

(1) 討論靜曲試材之大小, 解釋法國採用 $2 \times 2 \times 30$ 公分之利益。

(2) 討論木材各種試驗之記載在分析結果時所應注意之因子如水分比重 (材性指數 *Indices of Quality*) 體積及長度之收縮係數 (*Coefficient of Shrinkage*), 節及材之他種缺點與曲折力之關係; (形狀指數 (*Indices of Form*))。

(3) 討論木材試驗之結果及表示之方式不足顯明真確之材性者。縱向抗拉試驗之不切實用。簡加氏試驗不足試驗硬度; 此項試驗由產生副作用之壓力及剪力, 使之複雜。決定木材之縱向硬度, 法國用查謨東氏 *Chalais-mendon* 法, 用三公分徑之圓柱 *Cylinder*, 加壓力于材之徑面如是硬度之試驗, 直接由于橫壓及橫剪之和。比例限度 *Proportional Limit* (即彈性限度 *Elastic Limit*) 及彈性量 *Modulus of Elasticity* 之價值法國以破壞時之堅態 (堅性率) *Stiffness of Rupture* 以代彈性量。對加重之面與生長輪為橫向抑縱向; 影響于木材力學強度之關係, 該文亦加討論。

(4) 討論動曲或衝擊試驗之重要。據謂此種試驗可表示多種材性之總和為決定木材材性最好之標準。蓋木材在實用上多由衝擊或相似外力所破壞。

(5) 敘述木材之外形與木材力學強度之關係。木材之來源與植物學上之定名及木材紋理 *Grain* 與結構 *Texture* 之重要。

(6) 木材之材性可歸納為下列數方面: 木材審美上, 化學上 (如耐腐), 物理上 (水分收縮比重), 木質學上 (如紋理結構, 缺點鋸板之方式及大小油漆等) 及力學強度上 (硬度抗壓抗擊抗拉等) 之性質。

(7) 附錄總結法國對木材試驗之方法。并附有四種表格第一表, 述木材強度及相關之試驗方式, 載明試驗之次數, 試材之大小及預備, 試驗之記載計算及水分之更正。第二表, 述木材力學強度及其相關性質之標準。第三表, 述航空用木材至少之需要。第四表述各項記載之表格等。

(丙) 國際森林研究協會木材研究組之建議

英國林產試驗所對木材試驗方式之國際標準，促進頗力。當1939年，國際材料試驗會在倫敦開會時曾邀集歐美木材試驗專家集議于英國林產研究所，討論試驗小而無底木材之標準方式，對於試材大小傾向于折中美國式及法國式之間，曾同意試材切面，最小應為 2.5×2.5 公分或 1×1 吋。縱壓試材之高至少三倍，至大五倍于材寬。

1939年四月，英林產所復利用國際森林研究會 International Union of Forest Research Organisations 在倫敦開會之便，邀集各國木材試驗專家集議于林產所商討國際標準。到會者有美國林產所之 L. G. Markwardt, 加拿大林產所之 G. H. Rochester; 法國農部新立之木材試驗室之 G. Campredon, 及木材專校之 J. Collaspet; 德國普魯士木材研究所之 T. Kollmann; 明興森林學校之 R. Trendelenburg; 印度森林研究所之 H. Trotter 等十一國之重要專家，頗稱一時之盛。英林產所 C. J. Chaplin 等，更就 0.8×0.8 吋, 1×1 吋及 2×2 吋 橫切面不同大小之試材，就數種木材作系統之比較。試驗所得證明(1) 靜曲試驗破壞量 Fiber Stress at maximum Load 即美之 Modulus of Rupture 無甚差異。但彈性量(英林產所更名為堅性係數 Coefficient of 'stiffness') 在不同大小之試材。則有差別，且無顯然之規則。(2) 縱壓之最大負重在三種試材，亦無規則，但試材之小者，較易有不正確之結果。(3) 簡加氏壓痕試驗 Janka Indentation Test 其數值與受壓面之高及寬有關。(4) 剪力試驗就 $2 \times 2 \times 2$ 吋及 $2 \times 2 \times 1$ 吋比較，(後者之受剪面為一吋寬二吋沿木紋方向)。由統計學上之分析在兩種試驗之針葉材，無顯著之分別；兩種闊葉材，則差別顯著。(5) 劈開試驗，就美國標準及與標準等長等高，及寬度一半之試材作比較。試驗之兩種闊葉材無顯著之差異，兩種針葉材則差別顯著。(6) 在靜曲試驗由中心荷重及雙荷重 Four Point Loading, 所求得之彈性量(在中點負重時，應稱為堅性係數)，在試材 2×2 吋 橫切面為最固定；較小之試材常易得不正確之結果。就此情形此項性質，甚難得一完滿之更正因子，以資比較。(7) 就 2×2 吋及 0.8×0.8 吋之試材，作縱壓試驗試材之半數下部用 Bearing block, 相對半數用 Compression "Cage", 其最大抗壓力在後者有時多3--6%。(8) 彈性量由(a)縱壓，(b)雙荷重之靜曲，(c)有向及橫向之剪曲震動 Flexural Vibration 等試驗所得之數值，加以比較。就擇木所得結果證明由(a)

所得者通常小于(b)者，由縱向彎曲震動所得者，與(b)甚近。

以下為各重要林產室在1939年開會時，所提之意見書，茲擇錄如後，以資比較：

(A) 澳洲科學實業院之林產部對於原提案之意見：該部力學試驗組主任 J. Langlands 致木材力學研究會之備忘錄多數贊同美國之主張。(1) 試材一靜曲及抗壓試材之橫切面，用1×1吋或25×25公分。壓痕試驗，剪力及劈開，用2×1吋橫切面。(2) 靜曲試驗用中心荷重法為通常試驗，雙荷重為特種試驗，以求得真確之彈性量。(此值除飛機製造外，在通常建築上之設計不甚重要)。如(3) 動曲試驗，渠建議將 Hatt-Turner 之動曲試驗不包括于通常之試驗內而代以用白式衝擊機之韌性試驗。此種試驗若將試材等稍加變更，可與法國之動曲試驗之結果相近。彼不同意于木蘭氏所說此種試驗之重要，但木材之用于震動度者，韌性試驗實簡便而有用。Hatt-Turner 試驗機，價值極貴，試驗之結果不較白式衝擊機為有用，但因此種試驗機在英美印，加等林產所已設置之，因之包括于通常試驗內。(4) 縱壓試驗之試材誠如英林產所所云，兩端須平行，與主軸垂直試驗機之加壓板須相互平行，在試驗時，須無側向移動。據澳洲林產部之試驗用一年平方橫切面之試材，或需縱壓附件 Compression Cage 但即無此，試驗機之加壓板，亦無側向或不規則之移動。(5) 簡加壓痕試驗，在生長甚快之木材，此種試驗，甚易得不正確之結果。渠同意于法國 Monnin 氏及 Campredon 氏對此種試驗之批評，用 Chalais Mendon 法，似較合宜。(6) 橫壓試驗甚有助於建築上之設計，澳林產部認為一種甚有用之試驗。(7) 橫向拉力試驗，其結果易引入歧途，不應列入通常之試驗。(8) 劈開試驗，應保留為通常之試驗，其結果雖非科學的，但可表示木材之某種用途。(9) 縱向拉力試驗，雖不應列入通常試驗，但應規定一國際標準，在飛機材之設備，常需明瞭木材之正確抗縱向拉力。

(B) 加拿大林產試驗所之提議如下：(1) 反對試材大小之變更，其原因(a) 木材試驗，在美國加拿大，澳洲，南非，印度，歐洲之英國，芬蘭，瑞典均沿用2方吋橫切面之試材。(b) 此項記載，欲與較小之試材比較，甚為費事。在未明瞭各試驗之相互關係前，甚難得更正之因素 Correlation Factors。在試材之用二方公分橫切面之國家，亦有同樣之困難。彼等主張與其縮小試材之大小，不如增加試驗之材料。

(2) 硬度試驗，該所亦覺此項試驗既受木材所生阻力之影響，且與木材面之光滑與銹球

之磨擦力有關。因此在釐定國際標準上甚難佔重要之地位。對於極壓試驗，(僅加壓于中部者)與木材側部壓痕試驗，無顯著之關係。倘依英國木材會所建議，將壓力加于側面之全體，其結果若證明較已前者為圓滿，加拿大林產研究所可採納之。(3) 彼等贊同取消橫拉力試驗通常之試驗。(4) 在靜曲試驗，英林產所主用中心荷重為通常之試驗，為木材力學強度之比較。用變荷重為求彈性量 E 數值，但據加林產所依加拿大皇家空軍 Royal Canadian Air Force 所規定用變荷重求彈性量，正與英林產所木材試驗部主任 Chaplin 氏所遇之困難相同。加林產所謂苟有改良之器械，用變荷重之動曲試驗求得彈性量，彼等亟願用之，但在現在狀態，勢仍用中心荷重之動曲試驗求得之。(5) 縱壓試材之形狀：據加拿大 Vancouver 分室對數種雲杉及落葉松之試驗，用紡錘式者，所得數值在溼材時，約高于柱形者10%。在氣乾時(含水量12%)，紡錘形之雲杉試材高于柱形者7%，落葉松1.7%。氣乾時之試驗，毀于端部破壞93%，毀于剪力者7%。落葉松柱形試材，有86%，毀于端部受壓，有64%毀于剪力。但在紡錘式之試材，在氣乾者，均毀于剪力。此種試驗，尚未能得正確之結論，但水分之關係，似與紡錘式試材之反抗縱壓較強有關。在未明瞭縱壓試材形狀與力學強度之關係前，加拿大林產所將仍沿用方柱形之試材，其寬與高之比為一與四。(6) 關於動曲試驗，加林產所謂 Hatt-Turner 試驗，雖非絕對完滿，究能精確決定木材對於此種特殊衝擊試驗之抗力。該木材所曾設法求得 Hatt-Turner 式與擺式衝擊機試驗結果之關係，以期用後者代替前種較費之試驗，但尚未有正確之結論。加林產所甚願採用一種簡單之白式衝擊試驗，倘該試驗之方式有一定之標準，試驗機械之設計，能使求得之結果愈近于科學之真理。(7) 該所同意對剪力，劈開及壓痕試驗之試材面，仍依原定標準。(8) 加林產所更建議對各種之標準試驗所得數值，應規定計算之方式，并應將現有之重要試驗，化為一般之標準。

(C) 美國林產試驗所欲討論試驗木材力學強度及其相關性質之方式，勢宜明瞭木材試驗之目的。此項試驗，約可分為三大類：

- a, 在決定木材之基本性質，用以比較各種木材之強度者。
- b, 在決定建築材料上之設計者。
- c, 在決定影響木材力學強度之諸因子者，如樹之生長狀態，水分，各種防腐

之方法及其步驟，合成樹脂 Synthetic resins 以注射及溫度因子與力學強度之關係。

後兩項之木材力學強度試驗，依問題及材料之性質，常需不同大小之試材及方式。因是欲詳細規定此等試驗之方式，殊不可能。但第一類試驗則應有一定之方式，如試材之大小，加重之速度等而使所得結果，可以比較。

在1909年前，美國林產試驗所未成立前，美國森林處，曾對世界各處木材試驗之方式，用歷史家的眼光，加以詳盡的分析。該時歐洲德法等國，對木材試驗，有不少著名之研究家。在美國方面，昔日用 4×4 吋橫面之試材。自農部進行木材試驗後，漸改用 2×2 吋橫面之試材，并規定木材力學強度試驗之初步方式。及1906年，森林處根據過去經驗，出版木材力學強度須知(Instructions to Engineers in Timber Tests, U.S. Forest Circular, no. 38. Feb. 13, 1906)。此項指導錄，經修正及增刪後，實為美國以後大規模進行木材試驗之南針。并為美國標準學會，美國材料試驗會及其他各國之林產所所採用。用此項標準進行之試驗，在美國即有二十五萬餘次之多，獲得美國重要木材百六十餘種之力學強度及其相關性質之比較。此項記載，并用穿孔卡片 Punch-Cards，分類記載，以便分析，故用於 2×2 吋橫面之木材力學強度試驗之經費為值頗巨。

據美國林產試驗所之經驗，此項大小之試材，通行於多數國家。其利益在宜於製造，不受稍有刀痕等傷害之影響，不受材面上早材遲材多少之影響。反對此項試材之主要原因，為樹之直徑大小，不能獲得足夠試驗之材料。據美國林產試驗所之意見，應增加試材之株樹，不應減小試材，蓋試材之消耗，在全體試驗上，僅佔一小部分。

甲、標準試驗之普通原則：英國林產所提議者，有(a)試驗之式及器械，須使試驗之結果，愈合乎科學需要愈佳，且須盡量避免僅憑經驗的試驗 Empirical Tests，但有時此等試驗，目下仍應包括在標準試驗內。(b)試驗須盡量不受試驗機器之影響。(c)試驗之方式，須盡量避免必需規定試材之精確大小及形狀。美國林產所願增加一項如下：試材之大小及形狀須盡量避免在預備時使試材受損，而影響於木材之力學強度。

乙、辦法：(a)供木材力學之試材，應採納為 2×2 吋橫切面者主標準。

(b)應策劃次標準，此項試材之橫面，可較小，以 1×1 吋或 2.5×2.5 公分者，為較合式。但後種試材所得之結果，須能與主要標準者比較。(c) 通過 2×2 吋橫切面之試材現行標準，可就各研究所之提議，及英國前組之木材力學強度會所建議各點，加以修改。(d) 依主要標準及次標準之試驗，應擴大包括下列各種試驗：——

(1) 縱壓：試材以柱體為主，紡錘狀者為輔。前者長與寬之比以四為適當。

(2) 靜曲：試材長30吋，用中心荷重法試驗，直至試材之完全破壞為止。支距為28吋。彈性量之決定，須用較長試材，由變荷重求得，試至比例限度內Proportional limit (Elastic limit) 為止。

(3) 動曲：試材長30吋，用 Hat-Turner 之動曲試驗機。逐次增加壓之高度。試材之曲度，比例限度及彈在量等項之記載與否，隨各研究所之便。

(4) 韌性：試材之橫切面，小於 2×2 吋；支距與材厚之比為14。試材不需要刻一凹痕 Notched form。

(5) 硬度：用簡加球Janha method法，球之面積為一方公分。

(6) 橫壓：試材之大小(a)為一立方體，加壓於全面。(b)長六吋，用二方吋鉄板，加壓于材之中部表面。

(7) 縱壓：用英國木材會所建議者，在90吋半徑上，最小之橫面，應為 $5/16$ 吋(或0.8公分)此項試材，端部應為一方吋或較大，試材中部之有均勻橫切面者邊 $2\frac{1}{2}$ 吋。可用為決定彈性量者。

(8) 橫拉：(a)紡錘狀之試材，端部膠黏于紡錘體。(b)橫切面方形之試材其端部以較大為佳，長度須夠決定彈性量之用。

(9) 剪力：在未證明立方體之試材，其抗剪力亦似均質之物有均勻之分布前，該所仍用舊日之規定。

(10) 縱向劈開：仍用舊日之規定。

(11) 包森氏比例 Poissons Ratio：試材橫切面為 2×2 ，任何相當之長度。

(12) 拉力 Torsion：標準試材待規定。

(13) 比重：方柱長六吋，體積用排水法測定。

(14) 收縮：體積之收縮，試材長六吋。徑面及弦面收縮 $1 \times 4 \times 1$ 吋。較長之

面，爲試驗收縮之用。

以上爲主標準 2×2 吋或 5×5 公分之試材。次標準之試材，其試驗之項目同上。惟試驗之方式，須加以研究，使所得之結果可與主標準大小之試材直接比較其結果。數種試驗，如縱拉，可與主標準同樣試材及方法。其他試材如靜曲，支距及負重等，須加以研究，使兩種試材所得重要性質（包括「工作」至最大負重時）可以比較。各種試材大小之結果，各林產試驗所雖有甚多之研究工作，但靜曲試驗若用次標準之試材，尚須詳加研究。

D. 1939年議決案：根據上列各項之建議與討論，上述1939年國際森林研究協會木材研究組 Timber Research Committee，除修正德國代表 Treudenbury 氏對樹木及木材材性研究之綱要一文，作爲該會對森林會之建議外，對於木材力學強度試驗，有下列之提議及決定。

1. 試材之大小：該會建議在縱壓及靜曲試驗，試材之橫切面須爲方形，其面積最小爲 2×2 公分，最大爲 5×5 公分，最好有 2×2 公分， 2.5×2.5 公分，及 5×5 公分三種。

2. 縱壓試驗：該會建議縱壓試材，長與寬之比，須不小于三或大于四。

3. 靜曲試驗：該會同意(1)在靜曲試驗，採用中心荷重法 Central loading；若試材之橫切面小於 5×5 公分，須就試材之徑面試驗。不論試材之大小用力之方向，須加說明。(2) loading head之半徑，須一倍於試材之高，試材兩端，須支持于 ball bearing chairs上。(3)在中心荷重之靜曲試驗，支距與試材高度應爲 14:1。該會認爲木材真正之彈性量 Modulus of Elasticity 不能由第三項之方式求得，并建議用他種方法求得之。通常由中心荷重之靜曲試驗求得之彈性量，該值僅可視爲彈性量之約值 Approximate Modulus of Elasticity。該會建議國際森林研究協會，致函國際材料試驗會促其決定，該項數值之名稱。

4. 加重之速率 Rate of loading：該會同意此項問題之討論，須保留至下年度之會議。(作者註：英美與德法之木材力學強度試驗，對加重之速率有顯然之不同)。

5. 剪力試驗：同上

6. 劈開試驗：該會同意仍用現行之方式。但應就 Monnin 氏之方法進行比較用 2.5 公分及 2 公分試材之結果。

7. 動曲試驗：該會同意(1)取消Izod test，因所得結果，不圓滿。(2)用擺式機之動曲試驗其試材之橫切面，應為2×2公分，大小之差別可為±1%。支距與試材之寬度為2:1，在試材之徑切面試驗之。結果用每方公分試材吸收之能力Kg—M或相等等單位表示之。

8. 橫壓試驗：該會建議用立方體之試材，就柱面及徑面分別加以試驗，并保留為通常試驗。立方體之大小及應記載之性質，尚待研究與討論。

9. 硬度試驗：該會建議木材側面之硬度，就下列各法，作比較試驗作為討論之基礎：a. Janka hardness, b. Modified Brinell, c. Chalais-meudon method (Cylinder), d. Penetration by a metal plate covering part of the surface of the wood.

10. 橫拉試驗：該會建議橫拉試驗，若須標準試材，其形狀，用近于(紡錘形)如英國標準會第二七三標準條規 Specification No. 273—1928。但橫切面之形狀，尚須加以研究。

11. 縱拉試驗：該會建議對縱拉試驗若須標準試材，其形狀用近于德國標準 DIN DVM 2187，但試材須有較寬之徑面，各部之大小，亦需加以研究。

(四)中國重要木材力學強度試驗應採取之方針

中國木材之力學上及相關物理性質，如收縮及比重等性質亟應舉行大規模并有系統的試驗與研究，久為國人所盼望。世界各國在此等試驗上，已有不少經驗可資參考。然若入苟將各方報告，一加分析，則知木材之力學強度試驗，待詳細研究之問題甚多，即就通常試驗 Routine test 如用小而無疵之木材 Small and clear Specimen，用以比較各種間 Species 之差異，并規劃商用材等級 Grading of Commercial Timbers 而論，亦尚無各國一致之標準。有待于研究之問題尚多。

為明瞭吾國木材之力學性質，及相關之物理性質起見，宜先集中力量，試驗最重要之株木，俾可釐定國產商用材之等級，以便計算材料，及審定木材用途上之參考。更就木材試驗上待決之問題，加以試驗與研究。

木林為一有機體，變異性殊大，非若鋼鐵之為均質，且與水分之關係，在近於氣乾後(通常約25%)關係殊大，已如前述。木材力學強度不特與試材之大小形狀，試驗之方

式，加重之方法與速率，該樹種可遺傳之性質等有關。木材缺點之認識，如各種之節，裂開，橫紋理，寄生菌類等項，在試驗時均須加以摒棄。同一種樹之各個體變異性殊大，在同種各株上，可大于異種之差異。故對於能影響于力學強度之諸因子，如比重，生長快慢，含水量，等項須儘量避免及劃一可變之因素，始可求得均值。每種樹之每種試驗常須數百乃至數千次，吾人最後之目的，在求得愈近于該樹種 Species 之均值愈佳。（甚難說每種樹應加若干次之試驗。惟試驗之次數愈多，則平均值愈近于試樹之真正平均值之數值）。如此始可說此樹之木材強于某種性質，弱于某種性質，最適于某種用途。

此篇所述，僅就通常試驗 Routine test 之項目，試材之大小形狀及試驗之方式，根據最近有關此方面之國際情形及吾人對於木材試驗應採取或摒棄之項目，加以分析。至于供試驗用木材採集上應注意之點及影響木材力學強度之缺點等問題，當另文介紹之。

就木材通常之試驗言 Routine test，採用 5×5 公分或 2×2 公分之試材均有前述可備。前者用 30 吋或 70 公分長之試材為靜曲及動曲之試驗，勢非有三呎直徑之木段五或六株，不足供試驗之用。若採用 2×2 公分橫面者，在多種試驗，受生長節寬狹及遲材 Late or Summer wood 之關係，自必較著。硬度，剪力劈開之試材，所用材料不多在未規定詳細手續前勢宜仍循 2×2 吋之橫面為便於比較。（1）縱壓試驗儘量最大負重 Maxium Crushing strength（英法均如此）實為力學強度試驗上最可靠之一性質。在通常試驗勢宜省去決定在比例限度 Load at proportional Limit。（2）用白式衝擊機 Pendulum Impact testing machine 試驗木材之韌性，實為輕而易舉，并極有用之性質（尤以試驗某種木材能否適宜于飛機上之製造）。（3）中心荷重 central loading 之靜曲試驗及由之求得彈性量之近值 Approximate Modulus of Elasticity (or Coefficient of Stiffness by British Forest Products Laboratory) 自應深為通常試驗。（4）剪力試驗前英國木材會所改進之試材及試驗附件，顯較以前英美所規定者為合理，宜採用之。（5）劈開試驗宜用英美通行式。（6）硬度試驗宜暫用 Janka Indentation test，兼用法國通用之 Chalais-Mendon method 為比較。（7）橫壓試驗（英法在通常試驗均無此）誠如澳洲及加拿大林產所所述有其相當用途，勢宜保存。試驗時應記載壓至 0.1 吋深至最大負重。試材及試驗之方式：宜兼英美兩式。（8）動曲之用槌式衝擊機，對材

價值少不應列為通常之試驗。(9)橫拉試材，美國以前所定者，實為變形試驗，觀美國1939年所提意見書，亦承認應加改良。此種試驗自應不列入通常之試驗。(10)縱拉試驗扭力試驗Torsion及磨損試驗Abrasion等，應視為特種試驗，審度情形，就特種之木材試驗之。

主要之參考資料

1. British Standards Institute: A.S.T.M. Standards method of Testing Small Clear Specimens of Timber (D-143-27) New York.
2. British Standard Specification for Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber(No 373 revised edition London 1929.
3. Collardet, M. J : *Etude Physique et Mecanique des Bois Coloniaux*, Monograph no. 1. Comite National des Bois Coloniaux, Paris 1931.
4. Forest Products Research Laboratory : *Empire Timbers* new edition, H.M. S.O. 1939.
5. Garratt, G.A : *mechanical Properties of Woods*, John Wiley and Sons, New York, 1931.
6. Markwardt, L.T. and T.R.C. Wilson : *Strength and Related Properties of Woods Grown in the United States*. U.S.D.A. Technical Bull. 479. Sep. 1935.
7. Munnin M. : *Normalisation Internationale des Essais de Bois, Methode Française des Essais de Bois*. Report of the Association International of Material Testing Congress of Zurich 1931.
8. Olmstead, F.E : *Tests on the Physical Properties of Timber* year. U.S.D.A. year Book P.P. 533—553. 1902.

表

頁	行	德文	中文
3	21	Wasser	水
	23	Wasser	水
4	3	wandern	旅行
	9	shepales	牧羊人
	15	Wasser	水
5	11	Prüfungsausschuss	考試委員會
	17	Aircraft	飛機
	18	Abstand	距離
		Engines	引擎
	23	1939年	1939年
6	12	德意志	德意志
8	3	德意志	德意志
	16	德意志	德意志
	24	德意志	德意志
	25	德意志	德意志
10	13	maximum	最高
11	4	備忘錄	備忘錄
	8	備忘錄	備忘錄
	10	備忘錄	備忘錄
	11	備忘錄	備忘錄
12	14	備忘錄	備忘錄
	19	備忘錄	備忘錄
	23	備忘錄	備忘錄
	27	備忘錄	備忘錄
14	13	Janka	堅度
	17	堅度	堅度
15	3	堅度	堅度
	16	and	and
	27	25%	25%
17	18	樣式	樣式

表

頁	行	德文	中文
	21	Wasser	水
	23	Wasser	水
	3	wandern	旅行
	9	shepales	牧羊人
	15	Wasser	水
	11	Prüfungsausschuss	考試委員會
	17	Aircraft	飛機
	18	Abstand	距離
		Engines	引擎
	23	1939年	1939年
	12	德意志	德意志
	3	德意志	德意志
	16	德意志	德意志
	24	德意志	德意志
	25	德意志	德意志
	13	maximum	最高
	4	備忘錄	備忘錄
	8	備忘錄	備忘錄
	10	備忘錄	備忘錄
	11	備忘錄	備忘錄
	14	備忘錄	備忘錄
	19	備忘錄	備忘錄
	23	備忘錄	備忘錄
	27	備忘錄	備忘錄
	13	Janka	堅度
	17	堅度	堅度
	3	堅度	堅度
	20	and	and
	27	25%	25%
	18	樣式	樣式

