

部定大學用書

工程材料試驗

吳柳生編著

國立編譯館出版
正中書局印行

部 定 大 學 用 書

工 程 材 料 試 驗

吳 柳 生 編 著

國 立 編 譯 館 出 版
正 中 書 局 印 行

版權所有



翻印必究

中華民國三十四年八月初版
中華民國六十七年五月臺五版

部 定 工程材料試驗
大學用書

全一冊 基本定價二元五角五分

(外埠酌加運費匯費)

編 著 者	吳	柳	生
出 版 者	國	立	編 譯 館
發 行 人	黎	元	書
發 行 印 刷	正	中	書 局

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第〇一九九號(1882)金
(500)

正 中 書 局

CHENG CHUNG BOOK COMPANY

地址：臺灣臺北市衡陽路二十號

Address: 20 Heng Yang Road Taipei, Taiwan, Republic of China

經理室電話：3821145 編審部電話：3821147

業務部電話：3821153 門市部電話：3822214

郵政劃撥：九九一四號

海 外 總 經 銷

OVERSEAS AGENCIES

香港總經銷：集成圖書公司

總辦事處：香港九龍油蔴地北海街七號

電話：3—886172—4

日本總經銷：海風書店

地址：東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地

電話：291—4345

東海書店

地址：京都市左京區田中門前町九八番地

電話：791—6592

泰國總經銷：集成圖書公司

地址：泰國曼谷薩華力路233號

美國總經銷：華強圖書公司

Address: 41 Division St., New York, N.Y. 10002 U.S.A.

歐洲總經銷：英華圖書公司

Address: 14 Gerrard Street London W.L. England

加拿大總經銷：嘉華圖書公司

Address: China Court, Suite 212, 208 Spadina Avenue, Toronto,
Ontario, CANADA M5T 2G2

例 言

1. 所用各種譯名，多數根據劉仙洲先生之機械工程名詞，譯名之後均附註英文，以免誤解。
2. 度量衡採用公制為標準，但亦有用英制之處，因來源之不同，編者不加轉變，譬如引用英美之試驗結果時即用英制。
3. 書中之插圖務求指明各種機械之構造原理，故力避載印像片以免含混之弊。
4. 為求教學便利計，書中列有試驗指導，此項指導僅包括普通試驗之一部，教授者參照該校之設備，選擇書中之若干試驗指導編為一學期之課程；或根據書中原理，另編指導以適應該校之設備或需要。
5. 本書之寫成，所參考之西文書籍及期刊甚夥，於特殊之著作均於註腳中詳細註明，以便讀者參考原著。其較普通者則概不列舉，下頁附主要西文參考書之目錄。
6. 材料試驗與其他學科有不同之處，此科因各校設備及系別之不同而異其教材，為使能作為各校工學院共同必修科目用書計，故篇幅較長，包括亦廣而富有伸縮性。

序 言

材料試驗爲發展工程事業之基本工作。不知試驗即無法利用本國材料。從事於工程者，若僅知用舶來品則價值既昂，且利權外溢，而工程事業焉能發達。現吾國各工程學校皆設有材料試驗一課，各大工廠亦附設有材料試驗室，固知所注重，但材料試驗之中文課本尚未之見。吾國與歐美各國情形不同，是課施教之方法及材料，亦不能盡以歐美成法爲準繩，故作者本七年教授之經驗，寫成是書，以應工程界之需要。

寫是書有三種困難：第一、工程材料種類繁多，不能盡述；第二、試驗方法因科學進步而改變，適於今者未必適於將來；第三、吾國尚未有規定材料規範，是以本書之所取材，偏重於原理原則之討論，而以各重要材料之最新試驗方法及機器之運用爲闡明原理之實例，俾讀者能了解各種試驗之基本原理。各種試驗之基本原理既能了然，則材料種類雖多，無庸盡述，而自能進行試驗。試驗方法容或有改進而原理不變，吾國雖無規定材料規範，亦不致徒知墨守歐美規範，而不能通權達變。編者之主旨如此，惟意切文拙，恐有不逮，讀。幸垂教焉。

吳 柳 生 序

三十年八月二日

目 次

第一章	通論	...	...	...	...	...	...	...	...	1
第二章	材料之性質及其抗力	...	...	...	...	...	...	...	...	7
第三章	全能機	...	...	...	...	...	...	...	...	38
第四章	變形測量器	...	...	...	...	...	...	...	...	60
第五章	拉力試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	82
第六章	壓力試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	111
第七章	剪切及扭轉試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	121
第八章	撓曲及冷彎試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	132
第九章	撞擊試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	140
第十章	硬度試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	162
第十一章	持久試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	187
第十二章	金屬材料試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	208
第十三章	混凝土骨料之檢驗	...	...	...	...	...	...	...	...	223
第十四章	水泥及其他膠性材料試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	229
第十五章	沙漿及混凝土試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	247
第十六章	磚石等試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	288
第十七章	木材試驗	...	...	...	...	...	...	...	...	301
附 錄(一)	硬度值表	...	...	...	...	...	...	...	...	322
附 錄(二)	度量衡表	...	...	...	...	...	...	...	...	336

試驗指導目次

甲 金屬材料試驗

甲——1	鋁及鐵之拉力試驗	...	...	...	...	...	...	...	339
甲——2	鑄鋼或鑄鐵之拉力試驗	...	...	...	...	...	...	...	341
甲——3	用自動繪圖儀作拉力試驗	...	...	...	...	...	...	...	341
甲——4	用引伸計之拉力試驗	...	...	...	...	...	...	...	343
甲——5	金屬壓力試驗	...	...	...	...	...	...	...	345
甲——6	金屬剪切試驗	...	...	...	...	...	...	...	346
甲——7	扭力試驗	...	...	...	...	...	...	...	347
甲——8	金屬橫梁試驗	...	...	...	...	...	...	...	349
甲——9	撞擊試驗	...	...	...	...	...	...	...	351
甲——10	硬度試驗	...	...	...	...	...	...	...	352
甲——11	鋼索試驗	...	...	...	...	...	...	...	353
甲——12	螺形彈簧之壓力試驗	...	...	...	...	...	...	...	355
甲——13	工字鋼梁之撓曲試驗	...	...	...	...	...	...	...	357
甲——14	棘克惠爾硬度試驗	...	...	...	...	...	...	...	358

乙 混凝土骨料之檢驗

乙——1	沙之篩分	...	...	...	...	...	...	...	360
------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

	目	次	iii
乙——2	沙石之潔淨試驗	...	362
乙——3	定細骨料內空隙之百分比	...	365
乙——4	求骨料之單位重	...	367
乙——5	求骨料之比重	...	369
乙——6	沙之體積與含水量之關係	...	373

丙 水泥及其他膠性材料

丙——1	水泥細度試驗	...	376
丙——2	定水泥漿之標準流動性	...	377
丙——3	凝結時間	...	377
丙——4	水泥耐固試驗	...	379
丙——5	水泥沙漿拉力試驗	...	380
丙——6	壓力試驗	...	381

丁 沙漿及混凝土試驗

丁——1	沙漿膠力試驗	...	383
丁——2	求粗細骨料之粗細係數	...	384
丁——3	混凝土骨料最高密度之配合法	...	385
丁——4	混凝土之流動性試驗	...	386
丁——5	混凝土之壓力試驗	...	387
丁——6	鋼筋混凝土梁試驗	...	390
丁——7	鋼筋混凝土柱試驗	...	393
丁——8	鋼筋混凝土之抗拔力	...	394

第一章 通 論

1—1 工程材料試驗之目的 (甲)以試驗的方法證明材料力學上之原理，使學生對該原理易於明瞭及確信，(乙)取材料試驗之結果作設計之根據。若不顧實際情形，妄用書本所載之安全應力，則設計工作毫無用處。(丙)購買材料時，採取若干樣品，依據材料規範，作合格試驗以定取舍。(丁)用試驗方法研究材料之特性，新材料之應用，製造材料方法之改進，合格試驗方法之採用，規範之訂定及其他工程上之問題等。

1—2 工程材料試驗分類 按其目的之不同，可分二類，即研究試驗及標準試驗已如上述。根據方法之不同又可分為三類：(甲)機械試驗——用機械的方法，加載荷於試件以求其應力及應變。定材料之強弱，有拉力，壓力，剪力，撓曲及扭轉等試驗。由材料之引伸度及變位定其抽引性。定材料之堅脆性，有撞擊試驗。定重續應力(Repeated stress)有持久試驗。此外有硬度試驗及抗擦試驗等。此類試驗為材料試驗之主要部分。(乙)顯微鏡或 x 光檢驗——材料的結構，纖維，及瑕疵等，非目力所能見者，須用顯微鏡檢驗之，此試驗乃用以補機械試驗之不足者。(丙)化學試驗——化學試驗，用以分析材料所含之各種成分，或求材料內之有害成分，或各成分之分布是否適當。本書以論述機械試驗為主。

1—3 試驗情形 機械試驗加荷重之方法，皆使試件發生單純應力 (Simple stress)，而材料在實際應用時所發生者為複合應力 (Combined stress)，故試驗之情形與實際不符，但兩者之間係有一定規律。

加荷重之方法，有靜力 (Static) 及動力 (Dynamic) 兩種。靜力試驗其荷重是連續漸加或分次漸加的。動力試驗其加荷重是急速的，如撞擊試驗。加荷重之速度足以影響試驗結果，如作標準試驗，加荷重之速度，亦須有一定標準。

試驗時之氣溫，普通皆在室溫，但亦有作高溫或低溫試驗者。空氣之潮濕度，有時亦是影響試驗結果。要之，凡足以影響試驗結果之一切情形，皆應加以注意或使之標準化。

1—4 學生應注意各點

(1) 注意材料受試驗時之一切經過情形，因此種情形與材料之性質有關。此種知識對於工程設計及監工等工作，甚為有益。

(2) 須熟悉各種材料的試驗方法，有此種智識即可瞭解他人之試驗報告。

(3) 熟悉機器及儀器之使用法，並養成精確小心習慣。

(4) 不忘所學的應用力學，材料力學之原理。以原理解析試驗結果，以試驗結果證明原理，如此互相印證，得益甚大。

(5) 報告書必須形式整潔，語句明確，記錄有系統。報告書之重要，不減於試驗工作。(報告書格式見第 1—7 節)。

(6) 將試驗結果與通用的材料規範相比較，如有出入，則應討論其相差之原因及影響等。

1—5 材料試驗工程師 社會日漸進步，材料試驗之重要，亦與日俱增。而試驗工程師之責任，隨益重大。橋樑，房屋，舟車，機器及道路之安全，試驗工程師實負全責。新材料之發現及設計方法之改進，皆有賴於試驗工程師。其責任如此之大，故非學識淵博，人格高超者，難以勝任。言工程師之人格，則須公正，誠實，勇敢。對於其試驗報告，能擔保其真確，不受金錢賄賂，不懼勢力壓迫。言工程師之學識，則須熟悉試驗方法，力學，材料學，材料規範，以及其他工程學識。試驗工程師須有上述人格與學識，始能盡其職責為社會服務。

1—6 報告書之格式

(1)試驗名稱 用簡略字句將報告書內容表示明確。

(2)目的 簡述作試驗之目的，譬如為某某公司作合格試驗，或研究材料之某項特性等。

(3)材料 將材料之經過情形及現在狀況記述詳盡。材料之種類，式樣，尺寸等皆需一一記載之。有時須將試件繪一簡圖。若在附錄或他項內有關係材料之記錄者在此亦須註出。

(4)器械 將所有機器的製造公司，式樣，載荷量及其精確度等記錄。如有重要特別儀器應附詳細圖解及使用說明等。若在其他項下有關於器械之記載在此亦須註出。

(5)試驗方法 將試驗手續依次敘述，詳簡適宜。一般手續與其他試驗相同者，如尺寸之測量等可以簡略。若為此試驗所特有，則不厭其詳。何者宜詳，何者宜簡，視個人之決斷能力而定。總之，應使看報告者明瞭該試驗結果之由來，意義，及其精確度而信任此試驗結果。

(6)試驗結果 將試驗之簡要結果,作有系統紀錄,或列一表。簡要結果務必精確。若為數結果之平均數,則須註明此平均數的由來。至於試驗時之詳細記錄及曲線等,則詳於附錄內。

(7)討論 解析試驗曲線(如應力應變線)之意義及試驗經過情形,將試驗結果與各國之材料規範,或他人之試驗結果相比較。(引用他人結果時,務必註明來源)。關於此試驗之意義及其理論亦須探討詳盡。

(8)結論 由上述試驗結果及討論,下一簡要結論,着重於材料之品質及試驗方法之精確度等。此外如差誤之由來(人的差誤與機器的差誤等)亦應說明。

- (9)附錄
1. 試驗時之詳細記錄及曲線等。
 2. 引用之公式及計算格式。
 3. 儀器之詳細圖解。
 4. 試件斷裂形態之圖及照片等。
 5. 其他。

1—7 應力應變線繪法 以應力為縱座標,以應變為橫座標,繪一曲線,即為應力應變線。有時以荷重為縱座標,以引伸或其他變形為橫座標,繪成曲線,即稱荷重引伸線或其他曲線;性質與應力應變線相同,惟單位不同耳。試驗機上附有自動繪圖儀者,能自動將荷重引伸線繪出。普通方法,是將每次所加荷重與其相對而生之應變,依次記錄之。根據此項記錄,以荷重為縱座標,以應變為橫座標繪成應力應變線。預備試驗時,須先決定每次所加之荷重應為若干,使所得之紀錄足繪一準確的應力應變線。第 1—1 圖示應力應變線之三

種不同畫法。(a)圖是根據每次加等荷(S)的試驗記錄所繪。此圖之缺點，即線之彎曲處(The “knee” of the curve)記錄不足，且此段為全曲線中之最重要者。(b)圖是根據等應變(e)的試驗記錄所繪。由此圖可見此曲線較(a)圖為準確。但平時試驗根據等加荷重記錄者多，而根據等應變者少，實因等應變不易記錄及估計。普通試驗方法均為先估計，到曲線之彎處，試件能承受若干荷重，將此載荷量分為十等分，即為每次可加之荷重。至於用等應變，則此值不易估計。

另一方法，是根據上法估計等加荷重(S)之值。俟此等荷重加過數次，即加較少之等荷(S')。(c)圖即是根據此法所得之荷重應變線。此法之缺點是：(1)作一試驗，加荷重次數增加甚多；(2)有時改用較少加荷量時，因估計不準，曲線之彎處已過。

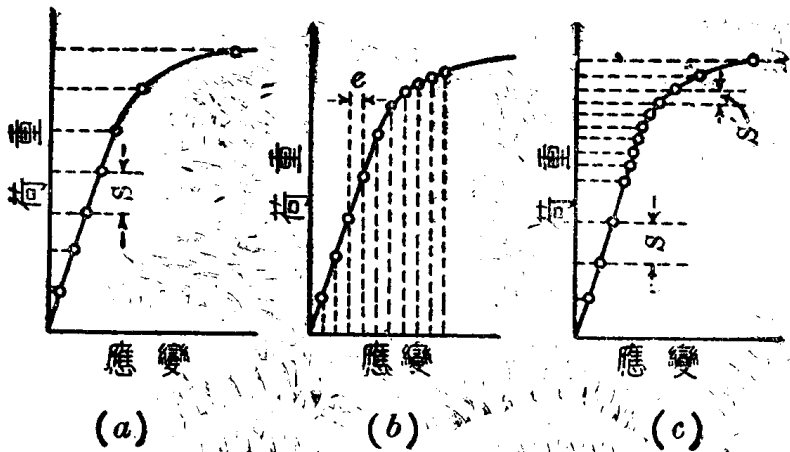


圖 — 1

計算每次所加等荷之最妥方法如下。依前述估計到曲線彎處試件所能承受之荷重，則每次可加之荷重(S)，即為其十分之一。第一

次,加等荷重(S),觀察所發生之應變(e),其餘試驗,即根據此應變(e)之值,用等應變(e)法求記錄.等應變之值,可用應變計(Strainometer)上整數,與(e)相近之值.

有時試驗,先加一初荷重(Initial load),不記錄試件之應變.如此則應力應變線不能經過圖之原點,而所得之總應變亦與實際不符.改正之方法如下:第1—2圖(a)為未改正之應力應變線,將此線引伸與橫軸交於 O' 點,則 $O'O$ 之值即為試件受初荷 Od 時之應變,亦即應力應變線 A 之改正值(Correction). (b)圖即為已改正後之應力應變線.

繪應力應變線應用繪圖墨水.先繪出縱橫軸線,註明縱橫座標

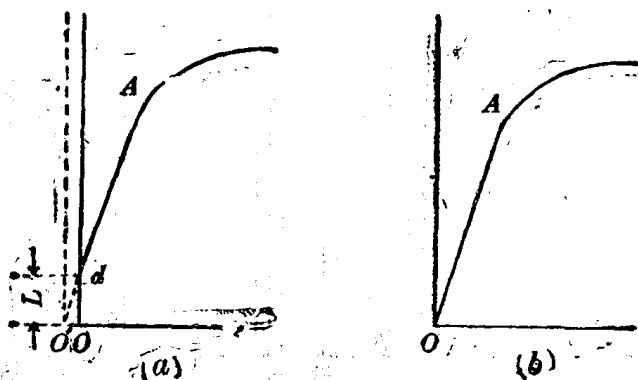


圖 1—2

之單位及縮尺,將各記錄點繪出,用曲線板繪一連續曲線,經過各記錄點之平均值.並應在圖上將試驗項目,曲線名稱,試件尺度,材料名稱,試驗日期及試驗者等,在適當之地位寫明.

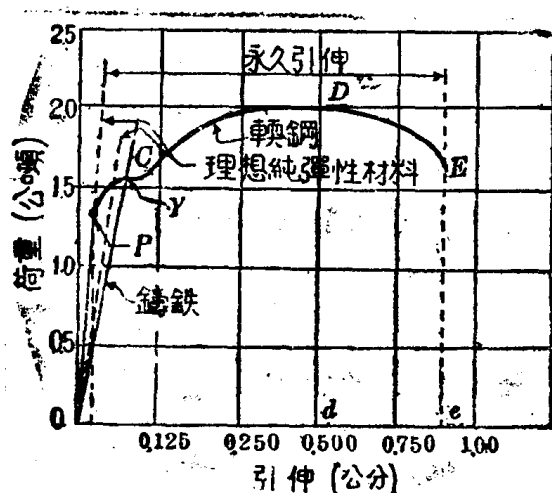
第二章 材料之性質及其抗力

2—1 抽引性及堅脆性之材料 工程材料可大別爲二類 即抽引性(Ductile)與堅脆性(Brittle)材料是。此二類之分界並不明顯。若干材料經處理後可變其性質。抽引性材料能忍受極大應變而不斷裂。其大部應變屬於感服性(見 2—3 節)。堅脆性材料斷折時極少應變或無應變。

2—2 應力(Stress) 將受荷重之材料作一想像的剖開,分佈在兩剖面內,相等且相對之力,謂之應力。應力可分爲:(1)正應力(Normal stress),其方向與剖面垂直。正應力或爲拉力(Tensile+)發生引伸的變形;或爲壓力(Compressive-)發生縮短的變形。(2)剪應力(Shearing stress)發生剖面角度的變形。應力之單位爲公斤。單位應力爲剖面內單位面積上之應力,其單位爲公斤每平方公分。有時簡稱應力。

2—3 應變(Strain) 材料試驗之主要目的,是求材料受荷重而發生之變形,此變形即稱應變。通常指單位應變而言,即引伸被原長除或縮短被原長除等。變形有屬於彈展性者(Elastic deformation),此種變形因材料受荷重而發生,除去荷重時,變形(在彈展極限以內)即消除。有屬於感服性者(Plastic deformation),此種變形,不因荷重除去而消除。

1—4 荷重-變形線 (Load-deformation curve) 與應力-應變線 設將一圓柱形之試件裝置機器上，漸加荷重，用應變計量兩標點 (Gage points) 間距離之引伸 (或縮短)，可求得在某一荷重時，相對之變形。以荷重為縱座標，以變形為橫座標，繪一曲線，即得荷重變形線。由此線可知材料受試驗之經過情形。以應力為縱座標，以應變為橫座標，將試驗結果繪一曲線，即得應力應變線。荷重變形線與應力應變線形狀相同，惟縮尺不同而已。第 2—1 圖即示荷重引伸線。



2-1

2—5 純彈展性與純感服性材料之荷重變形線 第 2—2 圖，以拉荷重爲正，以壓荷重爲負，以引伸爲正，縮短爲負；圖內之 COT 線爲純彈展性材料之荷重變形線；即示荷重與變形成定率比例。若此線稍離直線即示此材料含有感服性。