

職業教科書委員會審查通過

材料強弱學概要

薛祉鎬 著



商務印書館發行

321

88

職業學校教科書

材料強弱學概要

薛祉鎬編著

商務印書館發行

版 翻
權 印
所 必
有 究

職業學校教科書
材料強弱學概要

(64918)

定價 國幣 叁元

印刷地點外另加運費

編著者 薛 社 鎬

發行人 朱 經 農

上海河南中路

印刷所 商務印書館

發行所 各地書館

（校對者：鍾鈞）

集

編印職業教科書緣起

我國中等教育，從前側重於學生之升學，但事實上能升學者，究佔少數；大部分不能不從事職業。故現在中等教育之方針，已有漸重職業教育之趨勢。近年教育部除督促各省市教育行政機關擴充中等職教經費，並撥款補助公私立優良職業學校，以資鼓勵外，對於各類職業學校之教學，亦擬有改進辦法。其最重要者，為向各省市職業學校徵集各科自編講義，擇尤刊印教本，供各學校之採用。先後徵得講義二百餘種，委託敝館組織職業教科書委員會，以便甄選印行。敝館編印中小學各級教科書，已歷多年，近復編印大學叢書，供大學教科參考之用。關於職業學校教科書，亦曾陸續出版多種，並擬有通盤整理之計畫。自奉教育部委託，即提前積極進行。經於二十五年春，聘請全國職業教育專家及著名職業學校校長組織職業學校教科書委員會。該會成立後，一面參照教育部印行之職業學校課程表及教材大綱，釐訂簡明目錄，以便各學校之查

考；一面分科審查教育部徵集之講義及敝館已出未出之書稿。一年以來，賴各委員之熱忱贊助，初審複審工作，勉告完成。計教育部徵集之講義，經委員會選定最優者約達百種，自廿六年秋季起，陸續整理印製出版。本館已出各書，則按照審查意見徹底修訂，務臻妥善，其尚未出版者，亦設法徵求佳稿，以求完備。委員會又建議，職業學校之普通學科，內容及分量，均與普通中學不同，亟應於職業學科外，編輯普通學科教本，以應各校教學上之迫切需要。敝館謹依委員會意見，聘請富有教學及編著經驗之專家，分別擔任撰述。每一學科，並分編教本數種，俾各學校得按設科性質，自由選用。惟我國各省職業環境不同，課程科目亦復繁多，編印之教科書，如何方能適應各地需要，如何方能增進教學效率，非與各省實際從事職業教育者通力合作不為功。尚祈全國職業教育專家暨職業學校教師，賜以高見，俾敝館有所遵循，隨時改進。無任企幸之至。

中華民國二十六年七月一日 王雲五

目 錄

第一章	總論	1
第一節	引言	1
第二節	外力及應力種類，強度種類	4
第三節	安全應力	7
第二章	拉及壓	10
第一節	變形	10
第二節	拉應力之計算	12
第三節	壓應力之計算	12
第三章	剪	19
第一節	剪應力之計算	19
第二節	變形	21
第四章	彎	27
第一節	引言	27
第二節	樑受彎力距時之計算法	30
第三節	軸脩率及軸抵率之計算法	33
第四節	彎力距之計算	35
第五章	壓折	62
第一節	受力情形	62

第二節	壓折之計算	63
第六章	扭轉	70
第一節	扭力距，分子之抵抗	70
第二節	扭轉變形	72
第三節	傳動軸之計算	76
第七章	內力之混合作用	80
第一節	拉或壓及彎	80
第二節	拉或壓及剪或扭	81
第三節	彎及扭	82
第八章	彎形物體之計算	123
第一節	近似計算法	123
第二節	準確計算法(圖解)	124
第九章	彈簧	135
第一節	彈簧之種類	135
第二節	彈簧之計算	135
第十章	球形及筒形物體之計算	142
第一節	總論	142
第二節	球形物體	142
第三節	直圓筒形物體	146
華德名詞對照表		148
德華名詞對照表		151

材料強弱學概要

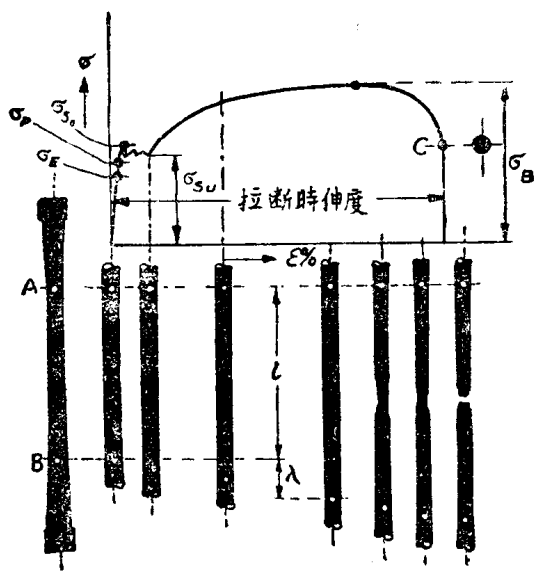
第一章 總論

第一節 引言

吾人設計機件或建築物，應使其於受力時，不得變形太劇或破裂。鐵橋於火車行駛其上時，起重機吊起重量時，均須有充分安全；研究物體受力時之變形，並由此以測物體受力時之安全，為習材料強弱學之主要目的。

物體受着外力 (äussere Kräfte)，其內部分子間即發生內力 (innere Kräfte)，以與外力相持而得平衡，故吾人可視物體分子間之內力為材料對於外力之抵抗力。物體斷面單位所發生之抵抗力，稱為應力 (Spannung)。此抵抗應力之大小，隨材料之強度而異，若外力超過物體分子間所能發生之抵抗應力，則物體即斷裂矣，故在設計時須使加於物體之力，勿得超過某種限度。欲對於各種材料測知此限度之數值，須先知其力與變形 (Formänderung) 間之關係。

有一鋼條，於其中間取一定長 l ，逐漸加力拉之，則 l 逐漸伸長，受拉時，斷面單位所受之力稱為拉應力，普通以 σ_z 表之，伸長數 λ (Verlängerung) 與原長 l 之比稱為縱伸度 (Dehnung)，以 ε 表之，故 $\sigma_z = \frac{\text{力}}{\text{面積}}$ 公斤/公分²， $\varepsilon = \frac{\lambda}{l} \%$ ；若於做拉長試驗時，以伸度 ε 為橫標 (abscisse)，以應力 σ_z 為縱標 (ordinate)，畫圖，則得第 1 圖所示之 $(\sigma_z - \varepsilon)$ 圖，茲說明之如下：



第 1 圖

- (一) 在 $\sigma_z = 0$ 時， $\varepsilon = 0$ ；即受力尚未開始， l 仍為原長。
- (二) σ_z 由零增加至 σ_E ，此時 σ_z 與 ε 間之關係為一直線，

換言之，即伸度 ε 與拉應力 σ 成正比例，即變形完全依照霍克定律 (Hookesches Gesetz) 而進行。不但此也，若復去外力，使 σ_z 仍爲零，則鋼條仍能回復其原有之長度，即此時材料完全有彈性，故稱 σ_E 之數值爲該鋼條之彈性限界 (Elastizitätsgrenze)。

(三) 若力再增大， σ_z 增加至 σ_p ，此時鋼條仍能依照霍克定律 伸長，即 ε 與 σ_z 仍成正比例；但若 σ_z 復回至零，則鋼條不能隨其回至原長，即材料已失去一部份彈性，不過其伸數與應力仍成比例耳。故稱 σ_p 爲該鋼條之比例限界 (Proportionalitätsgrenze)，

(四) 若 σ_z 由 σ_p 增至 σ_{so} ，則此時伸度之增加較速於 σ_z 之增加，即不復依照霍克定律 矣。不但此也，當 σ_z 增加至 σ_{so} 時，則鋼條於應力 σ_z 不再繼續增大時，亦能自動伸長，材料分子自行流動，待伸長至應力等於 σ_{su} 時，應力方復漸漸增高，但此後伸長頗速。 σ_{so} 稱爲上流限 (obere Fließgrenze)， σ_{su} 稱爲下流限 (untere Fließgrenze)。

(五) 應力由 σ_{su} 漸漸增高至 σ_B ，越此而過乃復下墜，及至 C 點，鋼條乃斷而爲二， σ_B 稱爲拉強度 (Bruchfestigkeit)，即該材料受拉時之最高強度。

(註) 上述之應力 σ_z ，均指鋼條之原有斷面面積而言。

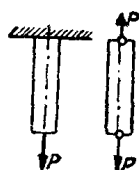
由上所述，可知，欲保機件或建築物之安全，其所受之應力

斷不能超過彈性限界 σ_E 。況物體在應用時所受之力常有一部份未克於設計時完全計及，故更應有充分安全度也。不獨對於物體受拉時應如此，對於受壓受彎受剪等時，均須以較小之數作為物體所能受之應力。

第二節 外力及應力種類，強度種類

物體受力情形之種類，可分為下述七種：

(一) 受拉 若力作用於物體之重心線方向內而欲使其分子分離，謂之拉 (Zug)，如第 2 圖所示，斯時，外力稱為拉力，



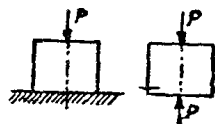
第 2 圖

物體斷面單位上之內力稱為拉應力 (σ_z)，若欲物體安全，則拉應力不得超過安全拉應力 (k_z)，拉斷時之最大拉應力稱為拉強度

(σ_B)。

(二) 受壓 若力作用於物體之重心線方向內而欲使其分子緊縮，謂之壓 (Druck)，如第 3 圖所示，

斯時，外力稱為壓力，物體斷面單位上之內力稱為壓應力 (σ)，若欲物體安全，則壓應力不得超過安全壓應力 (k)，壓裂時之最大

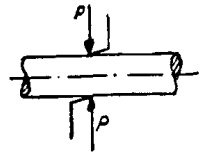


第 3 圖

壓應力稱為壓強度 (σ_{-B})。

(三) 受剪 第 4 及第 5 圖示物體受剪 (Abscherung) 之情

形，外力 P 作用於二個鄰接之斷面內，使其欲在相反方向內離移。斯時外力稱為剪力，物體斷面單位上之內力稱為剪應力 (τ_s)，若欲物體安全，則剪應力不得超過安全剪應力 (k_s)，剪斷時之最大剪應力稱為剪強度 (τ_B)。



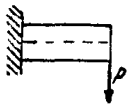
第 4 圖

(四)受彎 外力作用垂直於重心軸線謂之彎 (Biegung)，如第 6 及第 7 圖所示。

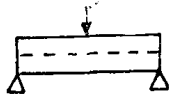


第 5 圖

斯時，外力稱為彎力，物體斷面單位上之內力稱為彎應力 (σ_b)，若欲使物體安全，則彎應力不得超過安全彎應力 (k_b)，彎折時之



第 6 圖



第 7 圖

最大彎應力稱為彎強度 (σ_B')，物體受彎時，凹面受壓，壓應力垂直於斷面，凸面受拉，拉應力亦垂直於斷面，故彎應力含有拉

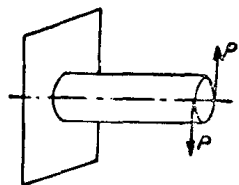
應力及壓應力二種。

(五)受壓折 若物體細長且在軸線 (Achse) 方向受壓力，則物體除受壓外，並有向旁彎折之虞，故謂之壓折 (Knickung)，如第 8 圖所示。斯時，外力稱為壓折力 (P_k)，物體斷面單位上之內力稱為壓折應力 (σ_k)，物體須視其細長度 ($\lambda = l:i$ 見第五章) 之大小有相當安全度 (S)。



第 8 圖

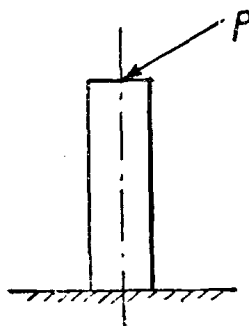
(六)受扭轉 若偶力平面垂直於軸之中心線，則該軸受扭轉 (Verdrehung)；軸之各鄰接斷面，相對的在與偶力平面並行之平面方向內呈扭轉之勢，如第 9 圖所示，



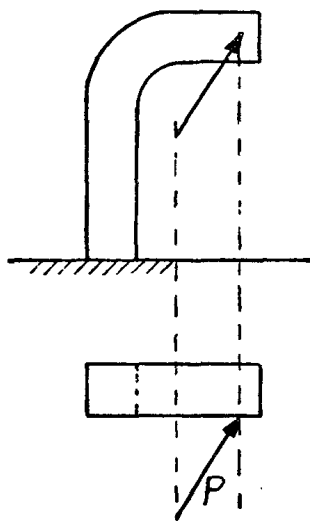
第 9 圖

斯時，外力稱為扭轉力，軸之斷面單位上之內力稱為扭應力 (τ)，若欲物體安全，則扭應力不得超過安全扭應力 (k_d)，扭裂時之最大扭應力稱為扭強度 (τ_B')。

(七)受集合力 若物體受力，如第 10 圖及 11 圖所示，則其



第 10 圖



第 11 圖

分子間同時引起二種以上之內應力，故設計時須由其各項應力計算其複應力 (ideelle Spannung)，複應力為拉、壓、扭等應力之集合數，其值不得超過安全應力。

第三節 安全應力 (zulässige Anstrengungen, 或 zulässige Spannungen)

機件或建築物應有安全度，故須用安全應力以計算物體之尺寸，安全應力為最大應力（強度）之一部，其間之比數，即為安全度，安全度之大小視荷重情形 (Art der Anstrengung) 而異，普通所用安全應力之數值，如第一表及第二表所示：

第一表 安全應力表（以公斤/公分²計）

受力種類及荷重情形		軟 鋁	鋼 鋁	鋼 鑄	鋼 鑄 鐵	軋 紫 銅
受 拉 k_a	I 靜	900-1200	1200-1800	600-1200	300	600
	II 變	540-700	700-1080	360-720	180	360
	III 活	450-600	600-900	300-600	150	
受 壓 k	I 靜	900-1200	1200-1800	900-1500	900	
	II 變	540-700	700-1080	540-900	500	
受 彎 k_b	I 靜	900-1200	1200-1800	750-1200		
	II 變	540-700	700-1080	450-720		
	III 活	450-600	600-900	375-600		

受 剪 k_s	I 靜	720-1000	1000-1440	480-960	300	
	II 變	430-560	560-860	290-580	180	
	III 活	360-480	480-720	240-480	180	
受 扭 k_d	I 靜	600-1000	1000-1440	480-960		
	II 變	360-560	560-860	290-580		
	III 活	300-480	480-720	240-480		

第二表 鑄鐵之安全彎應力及安全扭應力表

		斷 面 		斷 面 		斷 面 工	
		無 鑄 皮	有 鑄 皮	無 鑄 皮	有 鑄 皮	無 鑄 皮	有 鑄 皮
受 彎	I 靜	615	510	510	420	435	360
	II 變	370	300	340	250	260	215
	III 活	300	250	250	210	220	180
受 扭	I 靜	300		420		420	
	II 變	180		250		250	
	III 活	150		210		210	

荷重情形分三種，茲述之如下：

I. 力不變其大小 (ruhende Belastung)，以後簡稱爲第一種，此種力稱爲靜力。加靜力於材料而測其適能承受不生斷裂危險之應力，所得之應力數值謂之該材料之靜強度 (Dauerstandfestigkeit)，以 σ_D 表之。

II. 力之大小在最大與零之間變動 (schwellende Be-

lastung) 以後簡稱為第二種，此種力稱為變力。物體受變力，其適所能受之應力（即力變動極多次數，而物體適能不斷）稱為原強度（Ursprungsfestigkeit），普通以 σ_u 表之。

III. 力之大小在正負最大間變動（wechselnde Belastung）以後簡稱為第三種，此種力稱為活力。此第三種受力情形最為危險，但在機械上最為普遍。物體受活力，其適所能受之應力，稱為震擺強度（Schwingungsfestigkeit），普通以 σ_w 表之。

建築物荷重情形，普通屬於第一種，機械荷重情形多屬於第二及第三種，屬於第三種時最危險，安全度須較大。

第二章 拉及壓

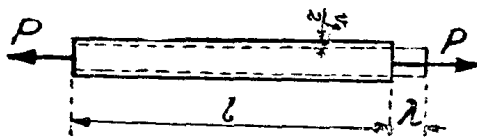
第一節 變形

物體純粹受拉或受壓時，其應力必均佈於斷面上，且必垂直於斷面，故亦稱為垂直應力 (Normalspannung)，設 P 為拉力或壓力， F 為斷面面積，則應力之數值為：

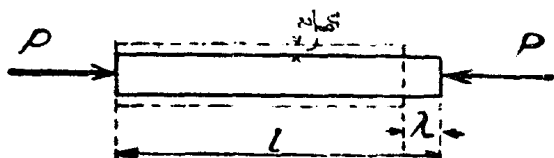
$$\sigma = \pm \frac{P}{F}$$

普通以正號表示拉，負號表示壓。

假定有一柱體，原長 l 公分，直徑 d 公分，用 P 力拉之，如第 12 圖所示，或壓之，如第 13 圖所示，則即伸長或縮短 λ 公



第 12 圖



第 13 圖