

建築靜力學基礎

COMMON STATICS

舒 言 著・香港萬里書店出版

建築靜力學基礎

舒 言 著

香港萬里書店出版

建築靜力學基礎

舒 言 著

出版者：香港萬里書店

香港北角英皇道486號三樓

(P. O. BOX 15636, HONG KONG)

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：劬華文化服務社

九龍觀塘偉業街——六號二樓

定價：港幣十元

版權所有 * 不准翻印

(一九七四年四月版)

前 言

記得在學校讀書時，對力學一課最沒興趣。不獨其中的名詞難懂，就是它的內容也是非常抽象。老師講來講去，還是像上數學堂一樣。臨到應用時，也不外套套公式，查查手冊，此外就甚麼都不用管了。

後來有一次跟木匠工友去旅行，見到一座相當簡單的中國式木架涼亭，工友們不約而同地就涼亭的結構方法討論起來。當時我以為這麼簡單，隨便三言兩語便可以說個明白。不料我越說越使人胡塗，終於工友們都陸續散去，餘下自己獨個兒在發呆。

這個情景，就夠發人深省了。以一個滿腦子都是書本上的抽象理論，怎能跟實踐經驗豐富的工友們有共同語言呢？讀死書就是有這個弊病——空口講白話。

本來書本上的理論，也是積累了前人不斷實踐所得的經驗，掌握了事物的自然規律，用推理方法，找出它的本質，提出結論而已。自從理論和實踐分家之後，理論就越搞越專門化，幾乎變得神秘起來，反為不受實踐者歡迎，對一般人來說，更不願一聽了。

無可否認，拿紙筆的和拿工具的，兩者對事物的認識都會陷於片面性。假如有誰能夠把這些抽象理論重新換回我們一般語言，讓理論與實踐再嫁接過來，該是何等好事！

這個主觀願望既已冒頭了，現在惟有自己動手來嘗試。但是非常遺憾，憑着一點膚淺認識，雖經大力搜集資料和消化，拼不出一些像樣的東西來。這裡只能涉及最簡單的理論，避開較高級的數學推算，着重圖解方法；在不得已時亦只好附上一些簡單公式。一切問題，都從我們身邊事例說起，但願對普及和實用方面能有些微貢獻，則是最大滿足了。至於內容錯漏之處，更驕望讀者嚴加批評，感甚幸甚。

舒言 1974年3月

目次

前言	1
1. 從力談起	1
力的分類	1
內應力	3
分力、合力和反力	6
重心和力矩	8
力的圖示方法	12
2. 支承反力	15
索多邊形圖解法	24
荷重	29
解決均佈荷重的辦法	30
連樑的支承反力	32
3. 彎曲和彎曲力矩	37
集中荷重下的彎矩	41
均佈荷重下的彎矩	48
混合荷重下的彎矩	52

彎矩的正負	52
抗彎曲力矩	60
橫樑的剪力	63
4. 豎柱	67
軸心荷重和偏心荷重	68
5. 擋土牆和壩的建造原理	77
笨重的物體並不笨	77
重心和物體穩定的關係	79
調動笨重的物體來給我們服務	84
一個金魚缸就是一個水庫	87
6. 怎樣可以把一個物體縛穩呢？	99
小艇的三個自由度	99
怎樣才縛得穩	101
「空間體系」	106
7. 桁架	107
三角形有什麼了不起？	107
三角形在力學裏的問題	109
桁架結構的好處	116
先此聲明	120
解析桁架的方法	121
桁架中的零桿	138
桁架的力多邊形合併圖解法	144
橋樑桁架	152
8. 拱	167
計算拱應力的圖解法	172
不對稱拱解析法	184
門窗拱	188

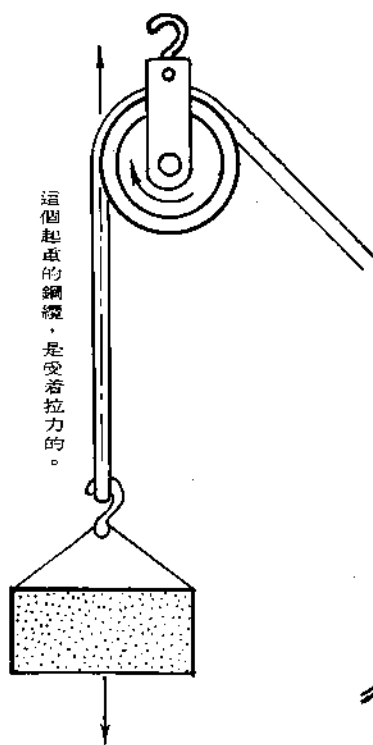
1. 從力談起

說起「力」這一個字，似乎誰都能懂。但是爲了以後方便說明各種問題，這裏還得說一說。

通俗地說，靜力學中所說的「力」(Force)，大概多是由物體的重量而產生（不能說完全是）。所以力的大小，以磅或公斤來計算，就非常方便。力除了有大小之外，也有一個趨向，例如山坡上有一塊大石，大雨後它可能跌下來，這塊大石的重力就是有傾斜向下的趨勢。我們就說這是一個「力向」。一個力也必然有一個「着力點」，就以這塊大石來說，假如它真的從山上滾下來，撞向一座大廈去，那麼，被撞着的地方，就是着力點。

力的分類

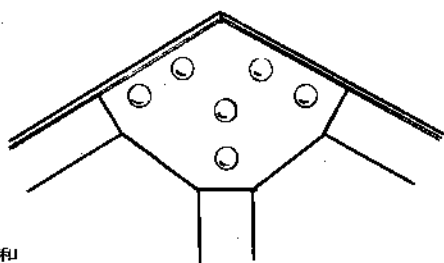
一般上可以分「壓力」、「拉力」和「剪力」三



這個起重的鋼纜，是受着拉力的。



人坐在椅子上，椅墊首先受到壓力，被壓凹下去了。



鋼架中，鋼板和鋼樑多用鉚釘聯結，在這種聯結中，鋼板和鋼樑如果彼此相反方向移動，鉚釘就要受到剪力。



類。

壓力(Compression)最簡單的解釋，正如其一個100磅重的人，坐在一張椅子上，這椅子就是受到100磅壓力。我們也見過小輪泊岸時，船員用一枝竹桿頂住碼頭，以免船身碰壞。這時竹桿也是受到壓力的。同樣道理，房屋的堅柱，要支承上蓋的重量，地基要承擔整個建築物由上向下的重量，這些都是要受壓力的。

拉力(Tension)，最明顯的例子就是拔河遊戲。當雙方運動員用力向左右兩方拉開時，那條本來柔軟的大麻繩，却像一枝鋼筋似的挺直。

剪力(Shear)就是剪刀一樣，由兩片刀口貼着進行。在建築工程中的實例，可以從鋼架結構上看到許多用帽釘把鋼板和角鐵接駁起來。如果鋼板和角鐵在接駁處的位置發生移動，則帽釘便要受到剪力了。

根據日常生活的經驗就已經知道，物體在受到壓力時，一定會縮短；在受拉力時要伸長；受剪力的會破開。因此，也可以倒轉來說，凡是物體受力時變短了，就可以斷定它所受的必是壓力；變長了是受拉力；斷開的是受剪力。再將我們日常見到各種事物的表面現象，去蕪求菁地總結成爲一個定義：

凡是兩個力在同一直線上相向進行的是壓力。

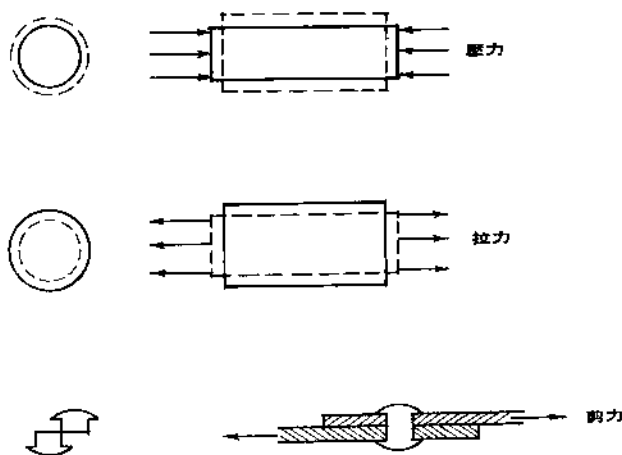
凡是兩個力在同一直線上相背進行的是拉力。

凡是兩個力在同一直線上靠貼進行的是剪力。

內應力

人們口頭上常常也會說：那裏有壓迫，那裏就有反抗。這個真理在力學方面也適合。

物體受到外力侵犯時，它本身內部必會產生一個抵抗力，如果外力停止了，內力也跟着不起反應。所



一根桿兩端受到壓力時，會縮短及變肥。兩端受到拉力時就伸長及變瘦。用來接駁鋼板的帽釘受到剪力時，會把帽釘剪為兩段。

圖2

以我們叫物體的內力為「內應力」(Stress)。內應力是根據外力的性質來決定。比如受到的外力是壓力時，物體就產生「抗壓應力」的內力來抵抗；其他如拉力和剪力等也是一樣。

這裏所謂物體可以說為建築材料。建築材料種類很多，質地各又不同，所以內應力就各有強弱。有些材料的抗壓應力很強，而抗拉應力却很弱。有些抗拉應力很大，却又不能用來抵抗壓力。

內應力的強度是有一定的。比如拔河遊戲吧，我們也有過把繩索拉斷的經驗。當參加的人愈來愈多，這等於外力不斷加大，逐漸超過了繩索的抗拉應力，而終於被拉斷。除非換上一條直徑更大的繩索，才可以供這麼多人參加。亦即是說要增多材料，才能抵抗得着這麼大的外來拉力。

從經驗上知道，鋼鐵的內應力比木材強得多；花崗石也比磚硬。這些從經驗得來的認識是對的，不過太籠統，不能拿來實用。有人作過試驗，發覺花崗石的抗壓強度比磚大30倍。但是如果以為用30塊磚疊起來就可以代替花崗石，那就大錯特錯了。因為磚的質地，不能多用幾十塊就會變得像花崗石一樣結實的。

內應力的強度，是以每一平方吋的面積能抵抗多少磅外力來計算。例如把一塊紅磚，放在壓力試驗機上來施加壓力。當壓力逐漸增大到恰好超過2,025磅時，磚塊便開始破爛了。於是這個2,025磅的壓力，

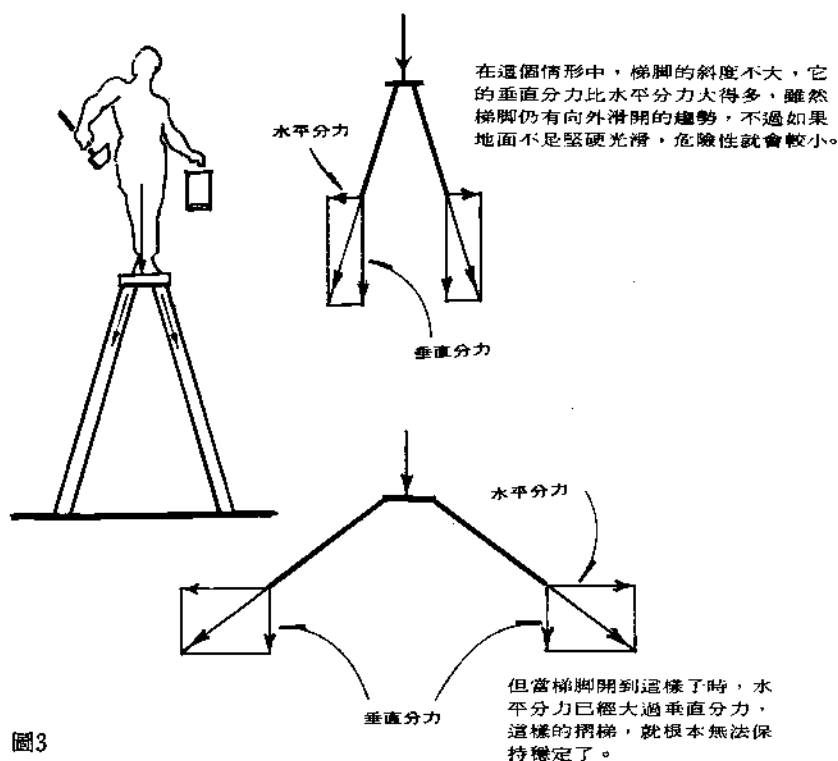


圖3

就是這塊紅磚的「極限強度」(Ultimate strength)。這紅磚面積是9吋乘 $4\frac{1}{2}$ 吋，等於40.5平方吋。每一平方吋的極限強度為 $2025 \div 40.5 = 500$ 磅。在實際應用中，當然不可能把建築材料，用到極限強度的，一般只許用到它的極限三兩成而已。

分力、合力和反力

一個力往往可以分爲兩個或幾個「分力」(Component)，而幾個力亦可合成爲一個「合力」(Resultant)。

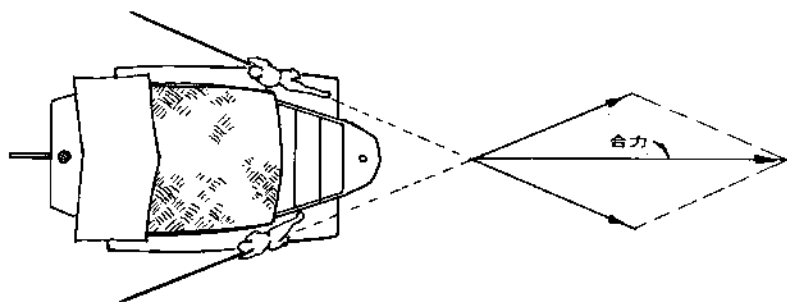
建築工人常用的人字梯，大家都會知道，如果不把梯腳扣好便爬上去工作，是很危險的。什麼理由會使到兩梯腳滑開呢？這就是「分力」在作怪。因爲站在梯頂上工人的體重，就是一個壓力，這個壓力會平均分爲兩個分力，沿着梯腳方向，傳到地面。這時每個分力又再分爲兩個分力，一個垂直向下，另一個沿着地面向外。兩隻梯腳之所以會向外滑開，完全是由這兩個沿地面向外的分力引起的。梯腳開得越濶，那兩個水平分力就越大，這把梯也就越容易滑下來了。

有時工人也會沒把梯腳扣好就登上梯去，也不會跌下來，這是由於地面凹凸不平，有着很大摩擦力，足以把兩個不很大的水平分力抵銷罷了。不過這畢竟是一種冒險舉動，還是把梯腳扣好爲上。

人們在日常生活中，最容易懂得應用合力。如果有一塊大石頭，一個人移動不了，很自然會動員多幾個人來，合力把大石搬走的。其他如推車、撐船等等，雖然幾個力的「着力點」和「力向」都不相同，但所組成的「合力」，只有一個，所以就能把車或船向前推進。

反力(Reaction)雖然有點像內應力一樣，要先有外力之後才出現反力。不過它不是指建築材料。比如撐船的竹篙，用100磅力頂着岸邊或河底，則岸邊就有100磅力反應回來，才使船推進。又如橋板擱在溪邊兩岸，兩岸就定有同等的反力把橋板支承着。如果把竹篙或橋板拿起，就根本再沒有什麼反力了。

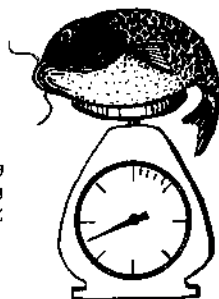
圖4



撐船的力，是沿着竹篙方向進行，於是通過這兩個方向的交點，組成一個合力。

圖5

只要這條魚的重心落在盤內，就能稱出它的全部重量。



重心和力矩

凡是物體，不論大小，都必定有重量，泰山的重量大得很，這是誰都知道了，至於風吹得起的鴻毛，依然有很輕微重量的。

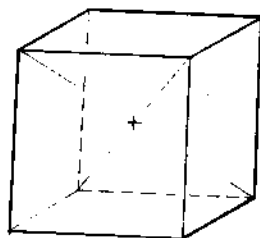
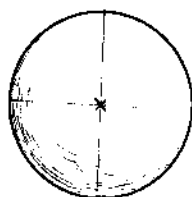
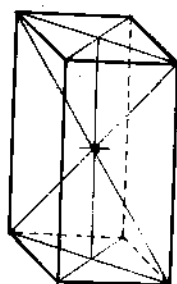
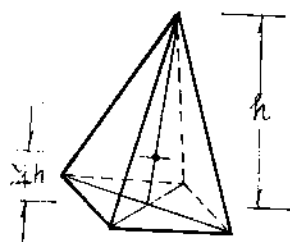
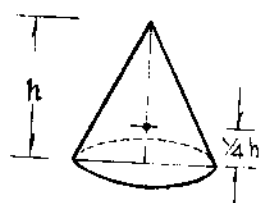
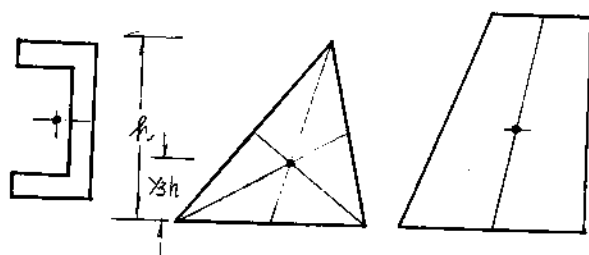
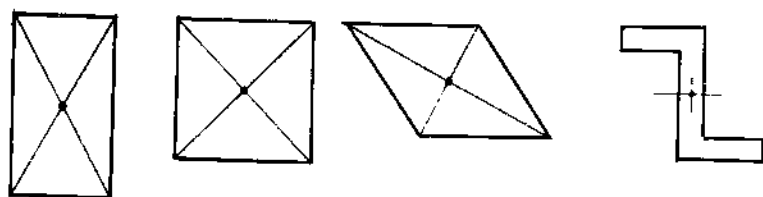
圖 5 的魚頭和魚尾都沒放進磅盆之內，但是這條魚的重量，並不會因此而減輕。不過為什麼沒有放進盆裏那些部份，仍然能夠磅出它的重量來呢？

原來凡是有重量的物體，必定有一個「重心」(Center of gravity)，只要這個重心是落到磅盆內，就可以得到整體重量了。所以在力學上就可以說：凡是由物體的重量所產生的重力，都算是由它的重心而來的。

重心的位置，是根據物體的形狀來決定。什麼樣子的物體，它的重心便固定在什麼位置，無論把這物體怎樣移動，翻側或者倒轉，它的重心位置，也永遠不改變。圖 6 便是各種形狀的物體的重心位置。

以前曾聽過一些人在談論「力」的時候，往往提出了一個所謂「四兩搏千斤」的名詞來，但是又沒有人能夠把這個名詞的具體內容說得清楚。如果照字面意思，是以小力戰勝大力的話，那麼都很接近「力矩」(Moment)的原理。

應用力矩原理最明顯的例子，要算一把秤了。一個較輕的秤鉈，可以把較重的東西抬高。因為秤鉈在秤桿上可以移動，如果東西很重，只要把秤鉈移得遠些便行。秤鉈是一個重力，秤鉈跟秤繩的距離是力臂，秤鈎跟秤繩的距離也是力臂，不過這兩個力臂的長度相差很大，所以在秤鉈方面，能夠產生較大的力矩。



各種形狀的體物，它的重心必然固定在一個位置，不論如何顛倒，都不會改變的。

圖6

