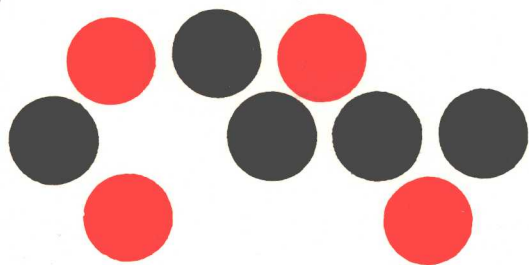


結構學

徐德修著

科學技術叢書 / 三民書局印行



學 構 結

徐 德 修 著

學歷：國立成功大學土木系

美國普渡大學

現職：國立成功大學土木系教授

三 民 書 局 印 行

中華民國七十五年九月初版

◎ 結 構 學

基本定價叁元柒角捌分



著者 徐 德 修
發行人 劉 振 強
出版者 三民書局股份有限公司
印刷所 三民書局股份有限公司

臺北市重慶南路一段六十一號
郵撥：〇〇〇九九八—五號

行政院新聞局登記證 局版臺字第〇二〇號

結構學 目次

編 輯 大 意

第一章 導 論

1- 1 概論.....	1
1- 2 結構分類.....	2
1- 3 載重型態.....	10
1- 4 SI單位.....	11
1- 5 單線圖.....	13

第二章 靜定結構之分析

2- 1 支承反力與理想化的結構.....	15
2- 2 重疊原理.....	21
2- 3 結構桿件之平衡.....	22
2- 4 鉸接結構之平衡.....	26
2- 5 穩定性與靜定性.....	37

第三章 結構桿件之內力分析

3- 1 特定點之內力.....	49
3- 2 剪力與彎矩.....	55
3- 3 梁的剪力與彎矩圖.....	60
3- 4 剛架的剪力與彎矩圖.....	83
3- 5 以重疊法建立彎矩圖.....	90

第四章 靜定桁架之結構分析

4- 1 普通型式的桁架·····	105
4- 2 簡單桁架·····	112
4- 3 結點法·····	114
4- 4 零力桿件·····	120
4- 5 斷面法·····	124
4- 6 組合桁架·····	132
4- 7 複式桁架·····	140
4- 8 靜定與穩定·····	144
4- 9 空間桁架·····	150

第五章 靜定結構之影響線

5- 1 影響線·····	171
5- 2 梁之影響線·····	184
5- 3 影響線之定性分析·····	190
5- 4 樓版大梁之影響線·····	202
5- 5 桁架之影響線·····	208
5- 6 橋梁的活載重·····	215
5- 7 一列集中載重所造成斷面的最大剪力與彎矩·····	217
5- 8 絕對最大剪力與彎矩·····	227

第六章 超靜定結構之近似分析

6- 1 近似法的使用·····	241
6- 2 桁架·····	242

6- 3 受垂直載重之建築構架·····	248
6- 4 門型剛架與桁架·····	253
6- 5 受側向載重之建築構架——門架法·····	263
6- 6 受側向載重之建築構架——懸臂法·····	268

第七章 結構物之彈性變形

7- 1 概論·····	281
7- 2 彎矩面積法·····	282
7- 3 共軛梁法·····	298
7- 4 外功及內功·····	313
7- 5 虛功方程式·····	317
7- 6 虛功法——桁架·····	318
7- 7 虛功法——梁及剛架·····	327
7- 8 卡氏定理·····	340
7- 9 卡氏定理——桁架·····	342
7-10 卡氏定理——梁及剛架·····	348

第八章 靜不定結構分析

8- 1 相合變位法的一般觀念·····	367
8- 2 馬克斯威氏撓度交換定理·····	371
8- 3 用相合變位法解靜不定梁·····	372
8- 4 用相合變位法解剛架·····	385
8- 5 用相合變位法解桁架·····	392
8- 6 組合結構·····	395
8- 7 三力矩公式·····	399

4 結 構 學

8- 8 靜不定梁之影響線..... 408

8- 9 剛架之影響線..... 421

附錄一

附錄二

第一章 導 論

這一章中，我們將說明結構物完成之諸項步驟，且定義各種結構類型，基本桿件及支承。最後對結構分析與設計時必須考慮的載重作概要介紹。

§1-1 概 論

何謂結構？凡物體能承受其它外物之施力，且能將之施力傳達於另一物體者，均可謂之結構，如房屋、橋梁、高塔、油庫、水壩……等。諸項結構物之完成，必須經過規劃 (planning)、分析 (analysis)、設計 (design)，及建造 (construction)。以下分別簡述之：

(1) 規劃——對構築一座供公眾使用的結構物而言，首先考慮的是選擇安全、美觀、經濟的結構形式，此步驟對整體結構工程而言是最重要也是最困難的一個環節。在決定合適結構形式（如拱、桁架、剛架等）之前，必須對不同的構架形式作獨立研究。當結構形式已探定，接著它的載重、材料及桿件的安排，尺寸的釐定都必須規劃定之。很明顯地，執行這種規劃的技術，一定要由具工程科學及藝術方面多年經驗及素養的人來擔當。

(2) 分析——對分析結構而言，應對桿件的支承及連接，作適當的理想化，再配合本書所討論結構力學理論，就可決定每個桿件受力及其變位。

2 結 構 學

(3) 設計——當桿件內部受力分析出後，桿件尺寸大小即可依規範內所規定容許應力及應變大小而決定之。進一步，各桿件間之接頭也可依據其合適之尺寸及受力情形設計出。

(4) 建造——此程序包括結構材料的訂購及現場結構物構築作業的策劃，使在建造過程中，能臻至設計圖所指定的成果。

§1-2 結構分類

對各種組合結構的桿件形式與其功能的認知，對結構工程師而言，是非常重要的。以下將一一討論之。

(1) 結構桿件——一些常見的結構組合桿件如下：

① 繫桿 (tie rods)：其桿件只承受張力。配合受力特性，繫桿成細長，斷面形狀有圓形、板形、角形、槽形等等，如圖 1-1。

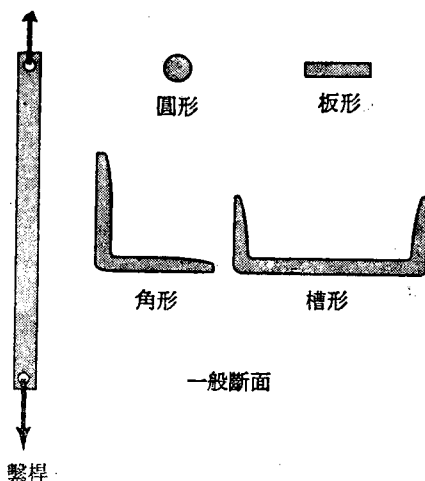


圖 1-1

② 梁 (beam)：其桿件具平直外形，主要用於承受垂直荷重，如

圖 1-2(a)所示，通常按它們受支承情形，可如圖 1-2(b)來分類之。

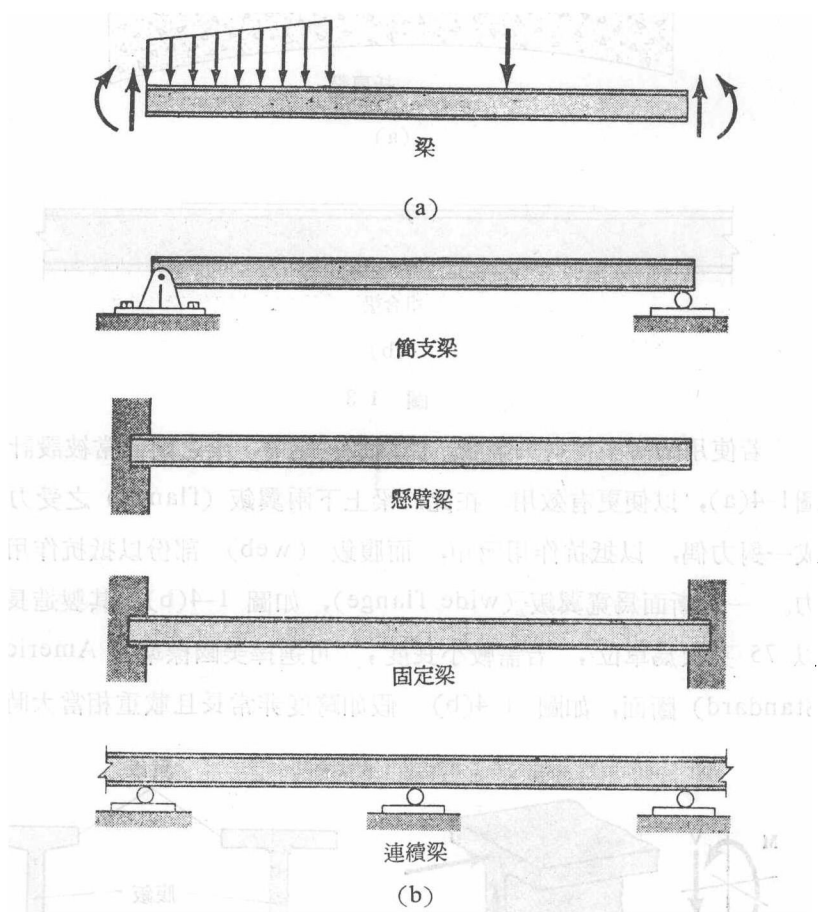


圖 1-2

但當梁斷面尺寸由中央向兩邊逐漸變大時，稱作托肩梁（haunched beam），如圖 1-3(a)，又梁斷面是靠上下加鈹組合而成者，稱組合梁，如圖 1-3(b)。就載重性質而言，梁通常被設計為抵抗彎曲，如圖 1-2(a)；然而，如果梁短且承受很大載重，則內部剪力可能變成相當大，造成剪力控制設計。

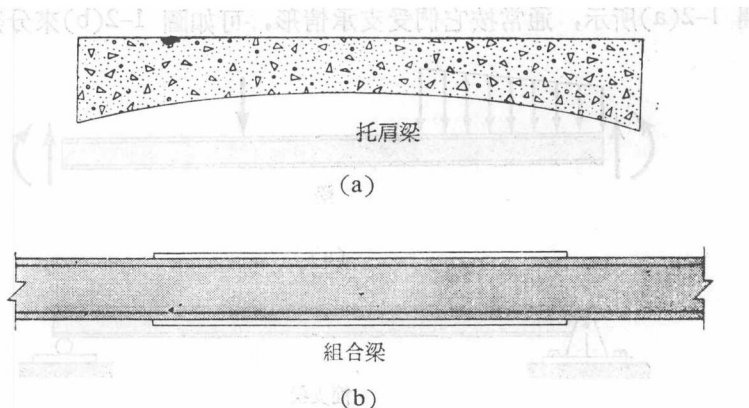


圖 1-3

若使用的構築材料為金屬，如鋼鐵、鋁等，梁之斷面常被設計如圖 1-4(a)，以便更有效用。在此，梁上下兩翼鈹 (flange) 之受力形成一對力偶，以抵抗作用彎矩，而腹鈹 (web) 部份以抵抗作用剪力。一般斷面為寬翼鈹 (wide flange)，如圖 1-4(b)，其製造長度以 75 英尺為單位，若需較小長度，可選擇美國標準 (American Standard) 斷面，如圖 1-4(b)。假如跨度非常長且載重相當大時，

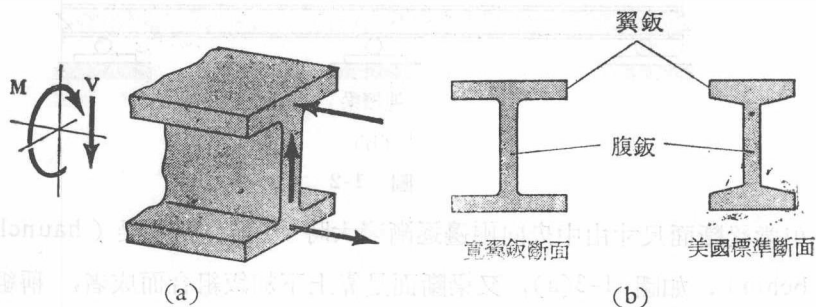


圖 1-4

梁的設計斷面採鈹梁形式，如圖 1-5(a)，以較大鈹作腹鈹，且利用焊接或螺栓固定方式與翼鈹連接。此種鈹梁通常以分節方式運送至工

地現場，故在承受彎矩較小處，設計續接點或鉸接點，如圖1-5(b)。

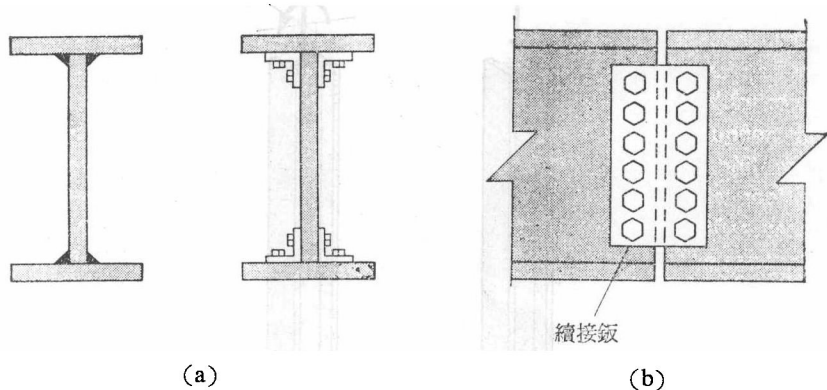


圖 1-5 鋼梁

因為混凝土梁直接在工地灌製易，故一般均為矩形斷面。又混凝土本身抗張力非常弱，必須加入鋼筋以抗其張力，如圖1-6(a)。預鑄混凝土梁或大梁以同樣方法在工廠做好，然後運送至工地。

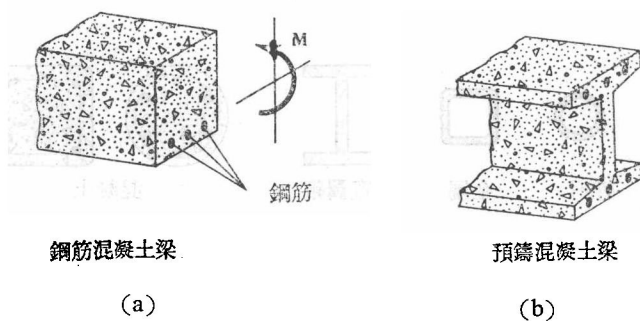
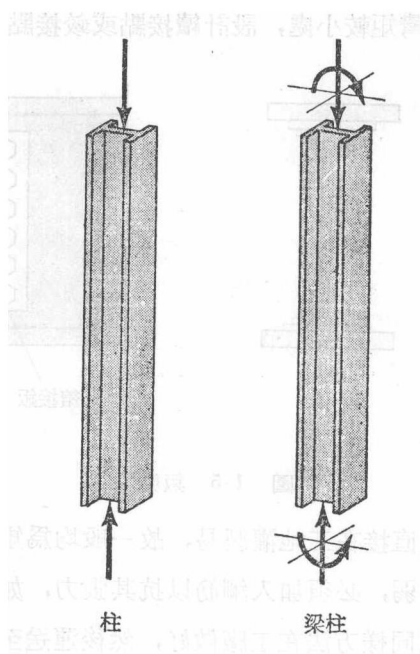


圖 1-6

©柱 (column): 通常為承受垂直且軸向壓力載重之桿件，謂之為柱，如圖1-7(a)。管形及寬翼鉸斷面一般用於金屬柱，而鋼筋混凝土柱通常為圓形或正方形斷面，如圖 1-7(b)。有時候，柱承受軸向力及彎矩，如圖1-7(a)，此種稱為梁柱 (beam column)。



(a)

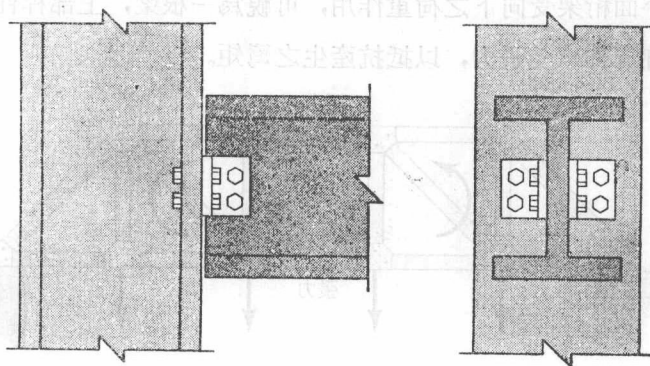


一般斷面

(b)

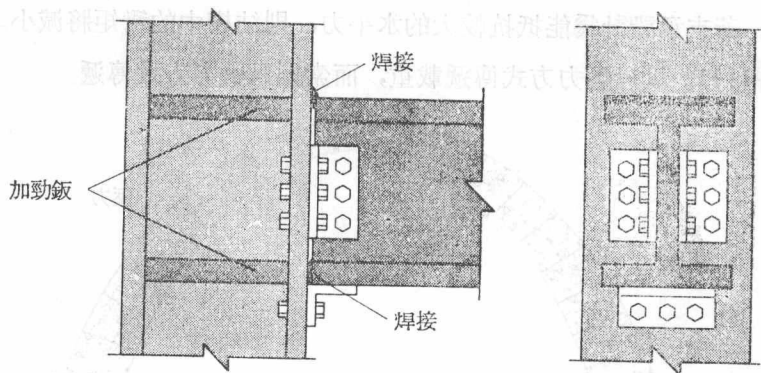
圖 1-7

①接頭(connection): 結構桿件之接頭有不同的型式, 一切依設計者的意圖決定之; 常用為鉸接頭及剛接頭。鉸接頭允許有輕微轉動的自由度, 形如圖 1-8, 而剛接頭不允許有任何轉動, 如圖 1-9。



鉸接頭

圖 1-8



剛接頭

圖 1-9

(2) **結構類型**——一般結構類型屬以下四種或其中兩種以上之結合。

① **桁架 (truss)**: 當結構需較長跨度且深度不受限制時, 可採桁架結構。在同平面者稱平面桁架 (planar truss), 常被使用於橋梁及屋頂支承。而衍伸三度空間者為空間桁架 (space truss), 適合於吊車及塔架等。桁架中之載重以桿件的壓力或張力傳遞之。例如圖1-10,

簡支承平面桁架受向下之荷重作用，可視為一根梁，上部桿件承受壓力，下部桿件承受張力，以抵抗產生之彎矩。

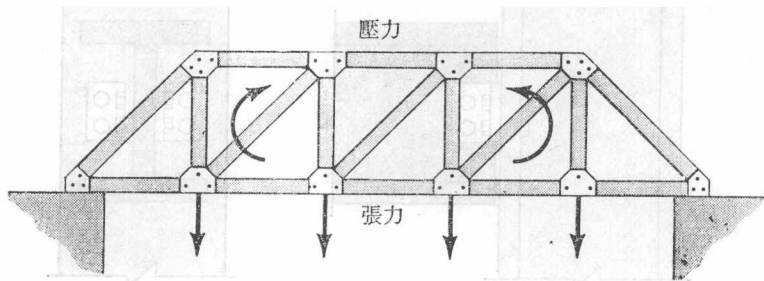


圖 1-10

⑥拱與索 (arch and cable): 另二種用於長跨度之結構為拱及索。若支承設計為能抵抗較大的水平力，則結構中的彎矩將減小。如圖 1-11，拱以壓力方式傳遞載重，而索則以張力方式傳遞。

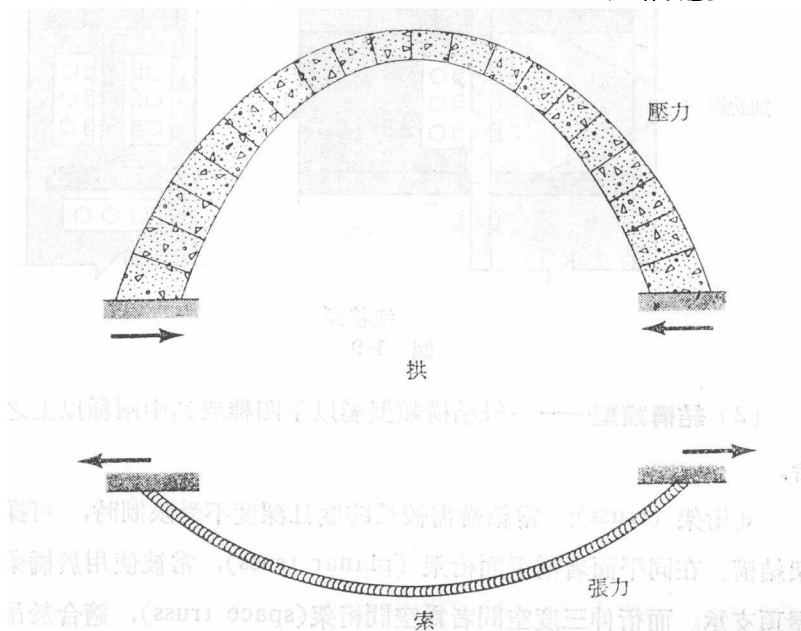


圖 1-11

③剛架 (frame): 剛架一般用於房屋結構，由梁與柱靠鉸接或剛接連接而成如圖1-12。剛架也同桁架一樣可伸展至二度或三度空間。由於剛接緣故，造成桿件承受彎矩，而形成結構靜不定問題。

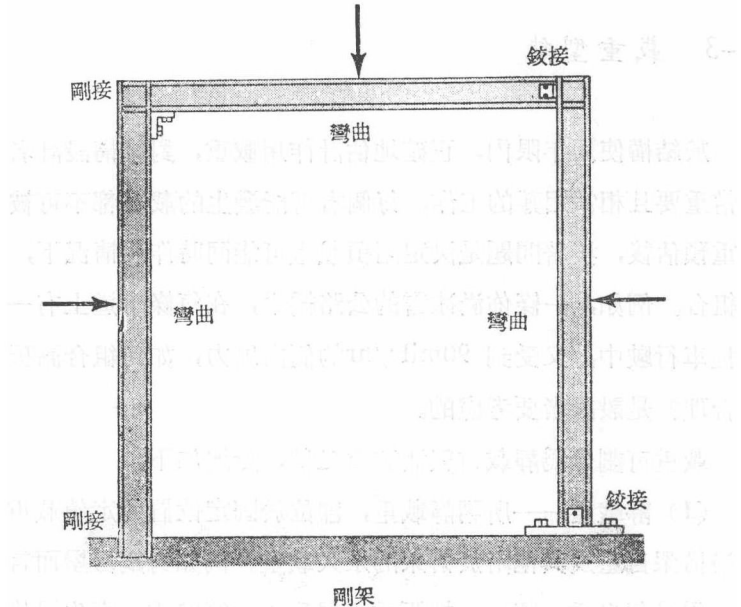


圖 1-12

④板與殼：承重結構也可能是整個面，像板或殼如圖1-13，特別

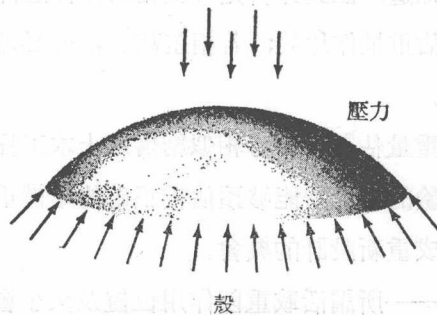


圖 1-13

是薄殼其作用與拱或索一樣，主要承受壓力或張力及僅少許之彎矩。除此之外，因為板、殼結構通常為三度空間幾何表面，故分析相當困難，該分析方法已超出本書討論範疇。

§1-3 載重型態

於結構使用年限內，正確地估計作用載重，對結構設計者來講是非常重要的且相當困難的工作。每個有可能發生的載重都不可被忽略。載重預估後，接著問題是決定諸項載重可能同時作用情況下，作最大的組合。例如，一條佈滿冰雪的公路橋梁，在每條車道上有一系列滿載拖車行駛中，又受到 90mile/hr 的側向風力，如何組合諸項載重較為合理？是設計者要考慮的。

載重可劃分為靜載重與活載重二種，分述如下：

(1) **靜載重**——所謂靜載重，即位於固定位置的定值載重，包括結構構架自重及其他附於構架的永久載重。例如對鋼房屋而言，其靜載重為構架自重、牆重、樓版重、屋頂重、管路重、衛生設備重等。

要設計結構物，預估在分析上有用的載重是必須的，然而正確的尺寸及重量並不知道，直到分析完成及結構桿件選擇之後。實際設計的重量必須與預估重量作比較；若相差甚大，就必須以較好的估計值重新分析及設計。

合理的結構重量估計可參考相似結構或土木工程手冊裏各種有用資料。一個有經驗的設計者能够預估較正確的結構重量，而減少因不恰當的預估，造成重新設計的機會。

(2) **活載重**——所謂活載重即作用位置及大小會改變的載重。其中靠本身動力移動之活載重被稱之為移動載重，例如卡車、人、吊車