

# 普通結構學

金寶楨 編著

中國科學圖書儀器公司

出版

# 普通結構學

金寶楨 編著

中國科學圖書儀器公司

出版

## 序 言

編著這本書的主要目的是想爲大專土木、水利和建築等系科的結構學(一)(二)搞出一個比較適當的教本。因爲中央教育部對於這門課程內容的規定是包括靜定結構和簡單的超靜定結構，爲了適合這個要求，所以在這本書裏前十章是以靜定結構爲主，最後兩章則專論關於計算結構偏度和分析超靜定結構的各種基本原理及其應用。就本書的前十章來講，第一與第二兩章是介紹了分析一般簡單結構的基本概念與原理；第三章是討論靜定結構的圖解原理與步驟，第四、第五與第九三章是講關於房屋方面的應力分析；第六、第七與第八三章是講關於橋梁方面的應力分析；第十章是論列靜定式空間構架的應力分析。在講房屋與橋梁應力分析的同時，凡關於結構本身的組織情況，靜重的估計，以及活重風力與衝擊力的規定等等，也都在適當的地方加以敘述，著者認爲這不僅是合理的，而且也是必要的。

許多結構的分析往往是根據若干理想的近似假定，這些假定的合理性和適用範圍是應該弄清楚的。其次，關於結構的穩定問題，如何可以獲得結構的外部穩定，又如何能使其內部穩定，這都是不能忽略的。復次，靜力平衡等式的靈活運用是解答任何結構最基本的課題。這個重要工具的內容雖然簡單，但是要想能夠掌握得好，除了多思考和多練習以外，更需要明確地認識結構在承荷載重

時之如何作用。以上各點都是著者在編寫這本書時所注意的地方。

著者很幸運地在脫稿時得到最近我中央鐵道部頒佈的鐵道橋涵標準載重制(1951年7月公佈)和中央交通部頒佈的公路橋涵標準載重制(1951年9月公佈)兩種資料,剛巧能夠把它們編入書內,以便參考。

這本書裏有一部分的計算例題和習題是從蘇鮑二氏“結構理論”〔見書末參考文獻(13)〕,葛氏“現代鋼結構理論”〔見參考文獻(4)〕和謝沃二氏“初等結構理論”〔見參考文獻(12)〕三書內選出來的,不過其中也有一部分在作圖步驟方面或計算程序方面,經過著者的修改或補充是與原來例題不大相同的。

著者認為這本書的內容和份量,差不多都能滿足大學結構學(一)(二)的需要;並且,在必修或選修結構學(三)(四)之前,也可以先讀這本書的前十章或前十一章然後再接讀另有專書的超靜定結構學,而仍可保持其連續性。對於專科學校的結構學,如果學時不夠多,這本書的材料是嫌多了一點;究竟應該精簡那一部分,這是因系科的性質而不同的,還是由任課教師們自己按照實際情況去決定吧。著者在講解各種結構原理和應用時,說理不厭周詳,並參加自己多年教學的體會,以期讀者容易了解。所以,這本書不但可以採作教本,同時也可以作為工程師們的參考書。

這本書編著的時間相當倉卒,其中的缺點一定會有,著者很誠懇地希望教師們和讀者們不吝地批評和指正。

金寶楨識於南京大學

一九五二年一月

# 目 錄

## 第一章 基本概念

|     |           |    |      |           |    |
|-----|-----------|----|------|-----------|----|
| 1-1 | 結構之定義及其分類 | 1  | 1-7  | 結構上之載重    | 11 |
| 1-2 | 結構肢       | 1  | 1-8  | 實際結構與理想結構 | 12 |
| 1-3 | 架結構       | 3  | 1-9  | 分析與設計之關係  | 13 |
| 1-4 | 力之效應及其特徵  | 6  | 1-10 | 剛體        | 14 |
| 1-5 | 力之合成與分解   | 7  | 1-11 | 割體圖線      | 14 |
| 1-6 | 靜力平衡等式之應用 | 10 | 1-12 | 解答問題之步驟   | 16 |

## 第二章 反力與應力

|      |                           |    |      |                       |    |
|------|---------------------------|----|------|-----------------------|----|
| 2-1  | 反力之定義                     | 17 | 2-11 | 虛位變法於反力, 剪力及<br>力矩之解求 | 40 |
| 2-2  | 支承之種類及其符號                 | 17 |      | 桁架之分析                 |    |
| 2-3  | 靜定反力, 超靜定反力及<br>結構外部之穩定問題 | 18 | 2-12 | 桁架之定義                 | 42 |
| 2-4  | 解求反力之要點                   | 22 | 2-13 | 桁架之穩定問題及其靜<br>定測驗     | 43 |
| 2-5  | 反力計算例題                    | 23 | 2-14 | 桁架分析之基本假定             | 46 |
| 2-6  | 梁內之剪力與力矩                  | 23 | 2-15 | 桁架分析之方法               | 47 |
| 2-7  | 剪力與力矩之向號                  | 31 | 2-16 | 桁架分析—計算例題             | 47 |
| 2-8  | 載重與剪力及剪力與力<br>矩之關係        | 31 | 2-17 | 複桁架之形成                | 53 |
| 2-9  | 剪力圖線與力矩圖線—<br>計算例題        | 23 | 2-18 | 複桁架之分析                | 55 |
| 2-10 | 虛位變法原理                    | 33 |      | 習題                    | 57 |

## 第三章 圖解靜力學

|     |    |    |     |      |    |
|-----|----|----|-----|------|----|
| 3-1 | 前言 | 64 | 3-2 | 鮑氏符號 | 64 |
|-----|----|----|-----|------|----|

|     |                                 |      |                           |
|-----|---------------------------------|------|---------------------------|
| 3-3 | 圖解法之理論基礎 . . . 65               | 3-10 | 作一平衡多邊形過三已知點 . . . . . 74 |
| 3-4 | 三個非平行力平衡時之<br>結論 . . . . . 66   | 3-11 | 力矩之圖解 . . . . . 76        |
| 3-5 | 同面交會力系平衡時之<br>圖解條件及其步驟 . . . 66 | 3-12 | 力矩圖解例題 . . . . . 77       |
| 3-6 | 同面非交會力系平衡時<br>之圖解條件及其步驟 . 67    | 3-13 | 馬氏圖線(應力圖線) . . 80         |
| 3-7 | 反力圖解例題 . . . . . 69             | 3-14 | 上節例題 . . . . . 82         |
| 3-8 | 三鉸拱上之反力 . . . . . 72            | 3-15 | 卡氏法 . . . . . 83          |
| 3-9 | 作一平衡多邊形過二已知點 . . . . . 73       | 3-16 | 重力壩內之壓力線 . . . 84         |
|     |                                 | 3-17 | 重力壩之穩定問題 . . . 86         |
|     |                                 |      | 習題 . . . . . 87           |

## 第四章 屋頂桁架

|     |                      |     |                                 |
|-----|----------------------|-----|---------------------------------|
| 4-1 | 屋頂桁架之式樣 . . . . . 92 | 4-6 | 屋頂桁架之分析 . . . . . 98            |
| 4-2 | 屋頂材 . . . . . 93     | 4-7 | 計算例題 . . . . . 100              |
| 4-3 | 屋頂之載重 . . . . . 94   | 4-8 | 三鉸拱式屋頂桁架之分<br>析(莫利特法) . . . 103 |
| 4-4 | 風之吸力 . . . . . 97    |     | 習題 . . . . . 106                |
| 4-5 | 各項載重之合併 . . . . . 98 |     |                                 |

## 第五章 廠房門架反樑架

|     |                                  |     |                                |
|-----|----------------------------------|-----|--------------------------------|
| 5-1 | 廠房構架概述 . . . . . 108             | 5-6 | 橫樑架之式樣 . . . . . 116           |
|     | 門架之應力分析                          | 5-7 | 橫樑架之分析(計算例<br>題) . . . . . 117 |
| 5-2 | 門架之分類及柱內變曲<br>點之位置 . . . . . 109 | 5-8 | 具有通風頂樑架之處理 123                 |
| 5-3 | 梁門架之分析 . . . . . 110             | 5-9 | 廠房中之斜支撐—計算<br>例題 . . . . . 124 |
| 5-4 | 桁門架之分析 . . . . . 111             |     | 習題 . . . . . 129               |
| 5-5 | 複門架之分析 . . . . . 114             |     |                                |
|     | 橫樑架之應力分析                         |     |                                |

## 第六章 橋梁桁架

|     |                  |     |                   |
|-----|------------------|-----|-------------------|
| 6-1 | 前言 . . . . . 132 | 6-2 | 橋梁之組成部分 . . . 132 |
|-----|------------------|-----|-------------------|

|      |                 |     |
|------|-----------------|-----|
| 6-3  | 橋梁桁架之式樣 . . .   | 135 |
|      | 橋面支承系之分析        |     |
| 6-4  | 橋面支承系之應力分析      |     |
|      | 一計算例題 . . . . . | 137 |
|      | 靜重應力之分析         |     |
| 6-5  | 橋重之估計 . . . . . | 141 |
| 6-6  | 靜重應力之分析—計算      |     |
|      | 例題 . . . . .    | 143 |
| 6-7  | 應力係數法 . . . . . | 145 |
|      | 活重應力之分析         |     |
| 6-8  | 前言 . . . . .    | 149 |
| 6-9  | 影響線之定義—梁內應      |     |
|      | 力函數之影響線 . .     | 149 |
| 6-10 | 具有橫梁跨徑中之影響      |     |
|      | 線 . . . . .     | 151 |
| 6-11 | 影響線內面積之物理意      |     |
|      | 義 . . . . .     | 15  |
| 6-12 | 平弦桁架內肢應力之影      |     |
|      | 響線 . . . . .    | 154 |
| 6-13 | 曲弦桁架之影響線 . .    | 157 |
| 6-14 | 影響線於最大應力之解      |     |
|      | 求—計算例題 . . .    | 159 |
| 6-15 | 桁架影響線之補充問題      | 161 |
| 6-16 | 公路橋涵之活重 . . .   | 162 |
| 6-17 | 鐵路橋涵之活重 . . .   | 167 |
| 6-18 | 衝擊力公式 . . . . . | 168 |
| 6-19 | 桁架中由於均佈活重及      |     |
|      | 額外集重之最大應力       |     |
|      | 一節間載重法 . . .    | 171 |
| 6-20 | 應力變向—逆肢之應用      | 173 |
| 6-21 | 節間載重法(計算例題)     | 176 |

由於機車載重之應力分析

|      |                |     |
|------|----------------|-----|
| 6-22 | 問題之性質及解答之途     |     |
|      | 徑 . . . . .    | 181 |
| 6-23 | 集重移位與應力變化之     |     |
|      | 關係 . . . . .   | 182 |
| 6-24 | 應用示例 . . . . . | 183 |
| 6-25 | 力矩表 . . . . .  | 184 |
| 6-26 | 力矩表之應用—計算例     |     |
|      | 題 . . . . .    | 114 |
| 6-27 | 應用影響線試驗法—計     |     |
|      | 算例題 . . . . .  | 186 |
| 6-28 | 代數準則之推導 . . .  | 150 |
| 6-29 | 應用代數準則試驗法—     |     |
|      | 計算例題 . . . . . | 191 |
| 6-30 | 簡支梁內之絕對最大力     |     |
|      | 矩 . . . . .    | 193 |
| 6-31 | 最大力矩, 最大端剪力    |     |
|      | 及最大橫梁反力 . .    | 195 |
| 6-32 | 等代均佈活重 . . . . | 198 |
| 6-33 | 等代均重於應力分析之     |     |
|      | 應用 . . . . .   | 201 |
| 6-34 | 等代均重圖線 . . . . | 204 |
| 6-35 | 等代均重計算例題 . .   | 204 |
| 6-36 | 重分節間桁架之需要及     |     |
|      | 其式樣 . . . . .  | 206 |
| 6-37 | 巴式桁架中靜重應力之     |     |
|      | 分析 . . . . .   | 207 |
| 6-38 | 巴式桁架之應力影響線     | 209 |
| 6-39 | 巴式桁架中最大肢應力     |     |
|      | 計算例題 . . . . . | 211 |
| 6-40 | 裴氏桁架中之靜重應      |     |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 力                     | 213 |
| 6-41 裴氏桁架中肢應力之<br>影響線 | 214 |
| 其他式樣之長跨橋              |     |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 6-42 K式桁架之分析(計算<br>例題) | 216 |
| 6-43 多腹系桁架             | 218 |
| 習題                     | 220 |

## 第七章 橋梁中之側應力及縱應力

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 7-1 橋梁所受之側力               | 226 |
| 7-2 側桁架之應力分析(計<br>算例題)    | 227 |
| 7-3 橋門架及橫撐架               | 231 |
| 7-4 風力對於主桁架之影響            | 232 |
| 7-5 曲弦桁架橋中側應力之<br>分析—計算例題 | 234 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 7-6 鐵路橋中之縱力                | 237 |
| 7-7 挽應力之分析(計算例<br>題)       | 238 |
| 7-8 挽應力於設計之應用              | 239 |
| 7-9 鋼塔架內之側應力及縱<br>應力(計算例題) | 240 |
| 習題                         | 246 |

## 第八章 靜定長跨橋

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 8-1 前言                | 248 |
| 8-2 拱之定義              | 249 |
| 8-3 三鉸拱橋之式樣           | 250 |
| 8-4 三鉸桁架拱之靜重應力        | 251 |
| 8-5 三鉸拱之反力影響線         | 251 |
| 8-6 三鉸桁架拱之應力影響<br>線   | 255 |
| 8-7 反力線於最大活重應力<br>之應用 | 257 |
| 8-8 三鉸實肋拱之應力分析        | 259 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 8-9 拱肋內力矩, 剪力及正<br>壓力之影響線 | 261 |
| 靜定懸臂橋                     |     |
| 8-10 懸臂橋之演成               | 264 |
| 8-11 靜定與超靜定懸臂橋            | 266 |
| 8-12 反力計算例題               | 269 |
| 8-13 懸臂橋之影響線              | 270 |
| 8-14 最大反力及肢應力計算<br>例題     | 272 |
| 習題                        | 274 |

## 第九章 多層風樑架之簡約分析

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 9-1 前言               | 276 |
| 9-2 風應力各項解法之共同<br>假定 | 277 |
| 懸臂法                  |     |

|              |     |
|--------------|-----|
| 9-3 懸臂法之補充假定 | 278 |
| 9-4 計算例題     | 279 |
| 9-5 懸臂法之改進   | 282 |
| 門架法          |     |

|      |                    |     |
|------|--------------------|-----|
| 9-6  | 門架法之補充假定           | 284 |
| 9-7  | 計算例題               | 285 |
| 9-8  | 門架法於間寬不等極架<br>之分析  | 287 |
| 9-9  | 懸臂法與門架法之比較         | 289 |
| 鮑氏法  |                    |     |
| 9-10 | 鮑氏法之補充假定及其<br>進行步驟 | 289 |
| 9-11 | 計算例題               | 291 |

## 第十章

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 10-1  | 前言                  | 305 |
| 10-2  | 空間構架之演成             | 305 |
| 10-3  | 空間靜力學               | 307 |
| 10-4  | 空間構架之穩定問題及<br>其靜定測驗 | 310 |
| 反力之決定 |                     |     |
| 10-5  | 計算例題                | 314 |

## 第十一章

|           |         |     |
|-----------|---------|-----|
| 11-1      | 前言      | 341 |
| 共軛梁法      |         |     |
| 11-2      | 共軛梁法之原理 | 342 |
| 11-3      | 共軛梁之支承  | 344 |
| 11-4      | 計算例題    | 346 |
| 實功及卡氏第一定理 |         |     |
| 11-5      | 實功      | 350 |
| 11-6      | 實功計算例題  | 352 |
| 11-7      | 卡氏第一定理  | 353 |
| 11-8      | 計算例題    | 354 |
| 虛功法       |         |     |

## 因數法

|      |                   |     |
|------|-------------------|-----|
| 9-12 | 因數法之進行步驟          | 294 |
| 9-13 | 計算例題              | 295 |
| 地震應力 |                   |     |
| 9-14 | 地震於地上建築之影響        | 300 |
| 9-15 | 風應力與地震應力          | 302 |
| 9-16 | 增進房屋對於地震抵抗<br>之要點 | 302 |
| 習題   |                   |     |

## 空間構架

## 桿應力之分析

|      |                 |     |
|------|-----------------|-----|
| 10-6 | 桿應力與其分應力之關<br>係 | 317 |
| 10-7 | 計算例題            | 319 |
| 10-8 | 代用反力法           | 332 |
| 10-9 | 拉力係數法           | 334 |
| 習題   |                 |     |

## 結構之偏度

|             |           |     |
|-------------|-----------|-----|
| 11-9        | 虛功通式之推導   | 355 |
| 11-10       | 計算偏度之虛功特式 | 357 |
| 11-11       | 計算轉角之虛功特式 | 358 |
| 11-12       | 虛功計算例題    | 361 |
| 角重法於桁架偏度之分析 |           |     |
| 11-13       | 基本概念      | 367 |
| 11-14       | 三角形之角變    | 368 |
| 11-15       | 角重之計算     | 370 |
| 11-16       | 計算例題      | 372 |
| 桁架偏度之圖解     |           |     |
| 11-17       | 韋羅位變圖線    | 374 |

|                          |     |                          |     |
|--------------------------|-----|--------------------------|-----|
| 11-18 莫爾迴轉圖線 . . . . .   | 379 | 11-21 馬氏交互偏度定律 . . . . . | 384 |
| 11-19 韋羅莫爾合成圖線 . . . . . | 380 | 11-22 拱度 . . . . .       | 387 |
| 11-20 圖解例題 . . . . .     | 382 | 習題 . . . . .             | 387 |

## 第十二章 超靜定結構之分析

|                                   |     |                                     |     |
|-----------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 12-1 前言 . . . . .                 | 391 | 12-11 計算例題 . . . . .                | 424 |
| 12-2 超靜定結構之成因 . . . . .           | 392 | 力矩分配法                               |     |
| 12-3 超靜定結構之特徵 . . . . .           | 393 | 12-12 基本要素 . . . . .                | 431 |
| 12-4 贅餘度之確定 . . . . .             | 395 | 12-13 力矩分配法之物理概念                    | 436 |
| 位變幾何法                             |     | 12-14 演算步驟 . . . . .                | 438 |
| 12-5 進行步驟及應用等式 . . . . .          | 397 | 12-15 計算例題 . . . . .                | 438 |
| 12-6 計算例題 . . . . .               | 399 | 力矩分配於橫移之分析                          |     |
| 最小功法                              |     | 12-16 固端柱內之剪力 . . . . .             | 441 |
| 12-7 最小功定理之證明及其<br>進行步驟 . . . . . | 407 | 12-17 豎柱簡樑架之橫移分析                    | 444 |
| 12-8 計算例題 . . . . .               | 409 | 12-18 計算例題 . . . . .                | 446 |
| 傾角偏度法                             |     | 12-19 斜柱簡樑架之橫移分析<br>一計算例題 . . . . . | 449 |
| 12-9 傾角偏度等式之推導 . . . . .          | 418 | 習題 . . . . .                        | 451 |
| 12-10 鉸鏈端之簡法 . . . . .            | 423 | 參考文獻 . . . . .                      | 455 |

# 第一章

## 基本概念

**1-1 結構之定義及其分類** 凡用工程材料築成之物體或通過適當方法拼成之合體而能抗荷一定之載重者，皆可謂之結構<sup>(1)</sup>。此一名詞可適用於大橋，亦可用於小梁；可適用於鋼屋架，亦可用於混凝土壩。

結構之種類甚多，其劃分方法亦不一致。有用材料分類者，如木結構，鋼結構，鋼筋混凝土（或簡稱為混凝土）結構，及圬工結構等是。有按照結構之用途分類者，如橋梁，房屋，水工結構及其他。亦有根據結構本身之作用而劃分者，此可主要的分為兩大類：一為架結構<sup>(2)</sup>，一為重力結構<sup>(3)</sup>；前者係依靠其組成部分之適當佈置承荷载重，後者則為依靠其本身之重量抵抗載重。惟此種分法並不完全，譬如以梁而言，既非架結構，又非重力結構，但實為一種最普通之結構。又如軸桿，亦可單獨地成一結構。

**1-2 結構肢** 組成架結構之單位為結構肢。根據結構肢所受理力之性質，其基本之形式不外下述四種：

(1) 拉力肢 拉力肢亦稱拉桿<sup>(4)</sup>。此項結構肢係在肢軸上受有一種單純之拉力，如圖 1-1 中之(a)所示。

---

(1) Structure

(2) Framed structures

(3) Gravity structures

(4) Tie

(2) 壓力肢 壓力肢亦稱支桿<sup>(1)</sup>，柱亦屬之。此項結構肢係在其肢軸上受有一種單純之壓力，如圖 1-1 中之(b)所示。

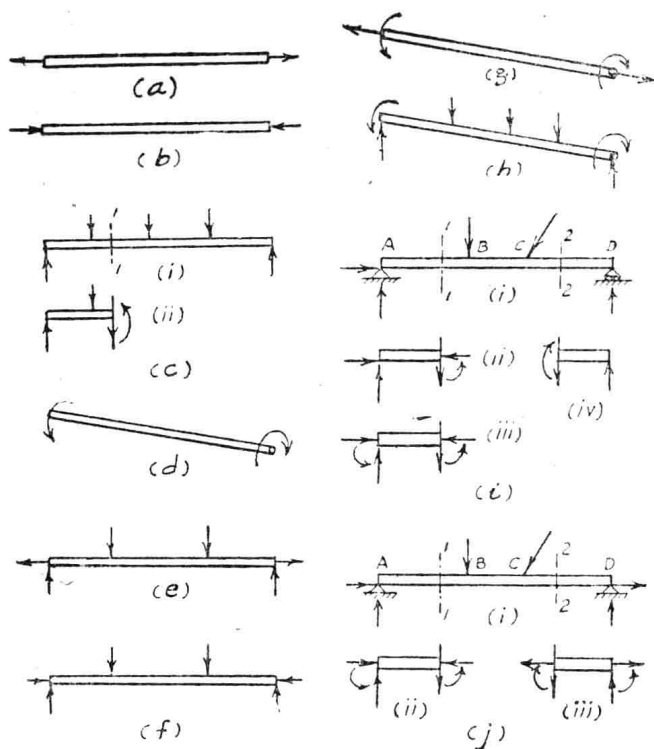


圖 1-1

(3) 梁 因此項結構肢所荷之載重係與肢軸垂直，故其內任一剖面所受之應力計包括剪力及力矩<sup>(2)</sup>兩種。從圖 1-1 (c), (ii) 示(i) 中剖面 1-1 以左部分之割體圖線，在該剖面上受有剪力及力矩。

(4) 軸桿<sup>(3)</sup> 此項結構肢內所受之應力為一單純之扭力，如圖 1-1 中之(d)所示。

(1) Strut (2) 凡有關結構作用之力矩皆指撓力矩而言。 (3) Shaft

應注意者，以上所述者僅爲結構肢之基本形式而已，其中較重要者當推前三種，第四種則不用於普通之結構中。實際架結構中之組成部分如不單獨屬於此四種，則必屬於其中兩種（甚至三種）所合成者。譬如在圖 1-1 中，圖(e)示梁與拉桿之合併，其中任一剖面係遭受剪力、力矩及軸拉力三種作用；圖(f)示梁與支桿之合併，其中任一點係遭受剪力、力矩及軸壓力三種作用；圖(g)示軸桿與拉桿之合併；圖(h)示軸桿與梁之合併。

圖 1-1 (i) 示一荷有豎向及斜向載重而單獨成一結構之梁。今假定此梁上斜向載重之水平分力完全由該梁左端支承擔負之，作剖面 1-1 並割離其左部，如該圖中之(ii)所示，則此一割體內所遭受之應力實爲梁及支桿之聯合作用；如由代替圖(ii)之圖(iii)視之，此點更爲明顯。圖(iv)示該梁內剖面 2-2 以右部分之割體圖線，此剖面上祇有剪力及力矩。設將此梁兩端之支承互換，命其右端之支承完全擔負梁上斜向載重之水平分力，則  $CD$  段內之任一剖面將遭受剪力、力矩及軸拉力， $AC$  段內之任一剖面祇遭受剪力及力矩。倘若梁上斜向載重之水平分力改由梁之兩端支承共同擔負之，如圖(j)中之(i)所示，則剖面 1-1 以左部分之割體等於梁與支桿之合併，剖面 2-2 以右部分之割體等於梁與拉桿之合併，各如該圖中之(ii)及(iii)所示。

**1-3 架結構** 架結構(或簡稱構架)可分爲兩大類：一爲桁架<sup>(1)</sup>，一爲剛架<sup>(2)</sup>。因所用地點之不同，前者又分爲屋頂桁架及橋梁桁架。從圖 1-2, (a) 示一屋頂桁架；(b) 示一下承式或穿越式橋梁

(1) Truss

(2) Rigid frame

桁架, (c) 示一上承式橋梁桁架, 蓋別於車輛通過之地位而言也。

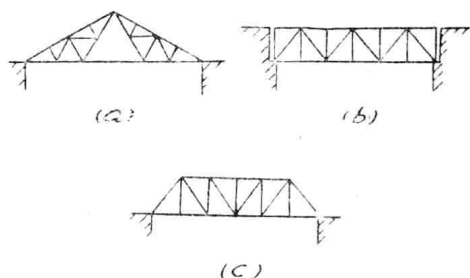


圖 1-2

圖 1-3 示一下承式鐵路桁架之上部輪廓及其各部分之名稱。此橋梁之主要部分有二：一為縱梁<sup>(1)</sup>與橫梁<sup>(2)</sup>組成之橋面支承系<sup>(3)</sup>；二為用以支持橋面支承系之兩個豎桁架。在此兩個主桁架之間，

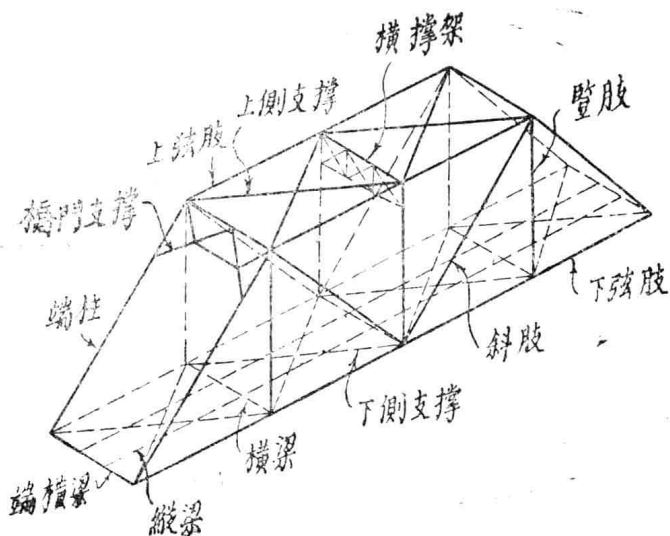


圖 1-3

(1) Stringer

(2) Floor beam

(3) Floor system

其上弦平面內係用上側支撐<sup>(1)</sup>聯繫之，其下弦平面內係用下側支撐<sup>(2)</sup>聯繫之，在其相對的每兩個豎肢之間有由抗搖支撐<sup>(3)</sup>及豎肢構成之橫撐架，在其相對的每二端柱之間有由橋門支撐<sup>(4)</sup>及端柱構成之橋門架，於是形成一種堅強的空間構架而能抵抗來自任何方向之外力。惟此種空間構架可以分成若干個平面桁架，同時每一平面桁架係負有其一定之任務並主要地担负一定方向之載重，故作應力分析時，爲簡捷計，可以考慮任一平面桁架單獨作用，而不必整個地當作空間構架也。在實際建築中，有不少空間構架係由兩個或多個平面桁架用各種支撐構成者，則其應力之分析亦可採用上述之步驟。譬如，在第七章圖 7-9 中所示之塔架即爲此種構架之一。

關於桁架之應力分析，無論其節點<sup>(5)</sup>實際接合之情形如何（栓接或鉚接，但不包括銲接），均係假定各節點處置有光滑之鉸鏈，故各肢桿內由於載重所生之應力，非單純之拉力，即單純之壓力。吾人須知此項假定不但不符合於鉚接桁架，即對於栓接桁架亦有相當之距離。所以採用此項假定者，一爲根據桁架內之主要結構作用仍爲產生軸應力，二爲應力分析之步驟可以藉此大爲簡化。由此所得之應力謂之主應力<sup>(6)</sup>，其由於考慮節點勁度或其他原因所得之應力謂之次應力<sup>(7)</sup>。本書內所論者均指主應力而言，至於次應力之分析則另詳拙著之“超靜定結構學”一書中。

剛架者乃具有剛節之構架也。所謂剛節係指可以抵抗力矩之節

- 
- |                      |                    |                    |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| (1) Upper laterals   | (2) Lower laterals | (3) Sway bracing   |
| (4) Portal bracing   | (5) Joints         | (6) Primary stress |
| (7) Secondary stress |                    |                    |

點。因連結此項節點之構肢在節點處係屬於一種整體之建築<sup>(1)</sup>，故在承荷載重而遭受變形之後仍能保持各肢間原有之角度，如圖 1-4 所示。

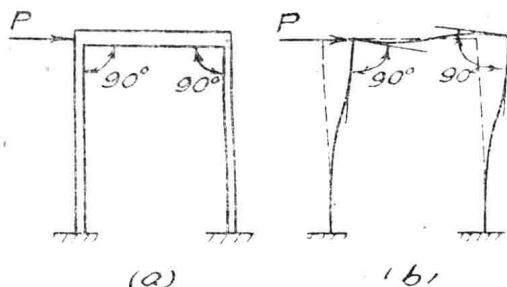


圖 1-4

**1-4 力之效應及其特徵** 力<sup>(2)</sup>者乃一物體對於另一物體所施之作用也。一般言之，此作用將使受力物體發生兩種效應：一為外效應，一為內效應。前者包括三種可能性：一為變化受力物體之運動狀態，二為使其支承<sup>(3)</sup>處產生反力<sup>(4)</sup>，三為上述二者兼而有之。但在結構學中，因結構上之各力需要維持靜止之平衡，則所得之外效應僅係屬於上述之第二種。所謂內效應係使受力物體之內部產生應力<sup>(5)</sup>及變形<sup>(6)</sup>，其主要之類別亦有三：一為由於直接應力使構肢所生之長度變化(伸長或縮短)；二為由於剪力使剖面兩邊所生之相互錯開；三為由於力矩所生之撓曲。在結構學中，上述第一種係發生於桁架內，後二種常同時發生於單獨成一結構之梁內(如梁上荷有斜向之載重，則其中某一段內將遭受直接應力、剪力及

- |                             |            |                 |
|-----------------------------|------------|-----------------|
| (1) Monolithic construction | (2) Force  | (3) Support     |
| (4) Reaction                | (5) Stress | (6) Deformation |

力矩三種作用),所有之三種則可完全發生於剛架內。

力之特徵有三: 即大小,方向(包括指向)及作用點。是以,力爲一有向量,因時常以一矢<sup>(1)</sup>示之,故又稱矢量。畫一矢量時,其開始之點謂之該矢量之起點,其終止之點謂之終點;在終點所畫之箭頭係示該矢量代表的力之指向,在矢量圖中自任一矢量起點至其終點之長度係示該矢量之大小。

凡代表一力之矢量,其畫在該力原來之位置者謂之定位矢量<sup>(2)</sup>;其畫在其他任意位置者謂之自由矢量<sup>(3)</sup>。

**1-5 力之合成與分解** 兩個或兩個以上之力可合成一力,此一力稱爲原有各力之合力<sup>(4)</sup>。此合力對於受力物體之外作用顯等於原有各力對於該物體所施之聯合作用。茲先按圖解法述之。從圖 1-5, (a) 示用平行四邊形定律求出力  $F_1$  (以矢量 0-1 示之) 及力  $F_2$  (以矢量 0-2 示之) 之合力  $R$  (如矢量 0-3 所示)。但實際上求相交二力之合力時,爲簡捷起見,不必作一平行四邊形。因 0-2 與 1-3 平行而相等,故可將圖(a)中之  $F_2$  移至 1-3 之位置而得 0-3, 如圖(b)所示。同理,亦可將圖(a)中之  $F_1$  移至 2-3 之位置而得

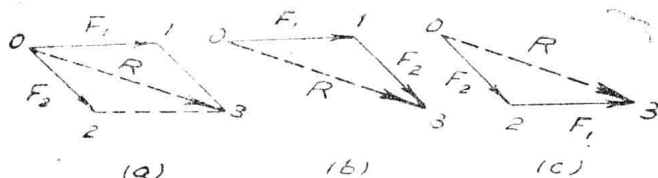


圖 1-5

(1) Vector

(2) Localized vector

(3) Free vector

(4) Resultant