

鋼筋混凝土基礎

Reinforced Concrete
Foundations

原著者：Brian J. Bell

譯述者：王 舜 英

科技圖書股份有限公司

鋼筋混凝土基礎

Reinforced Concrete
Foundations

原著者

江苏工业学院图书馆

譯述者

王 藏 书 章

科技圖書股份有限公司



本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：鋼筋混凝土基礎

原著者：Brian J. Bell

譯述者：王 舜 英

發行人：趙 國 華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市博愛路185號二樓

電話：3 1 1 0 9 5 3

郵政劃撥帳號15697

六十七年四月初版

特價新台幣60元

六十八年十月二版

原 序

本書主要是寫給準備參加結構工程師學會會員資格攷試用的，自然也適合於參加國家高等技師攷試及市鎮指導員執照攷試之用。吾們亦可證明本書將有助於需要一種簡潔方式以處理基礎設計的標準方法的實際工程師。所有的範例都錄自結構工程師學會及國家高等技師執照攷試委員會多年來的命題，當然這一類的命題，不可能有肯定的唯一答案，那是因為命題的本質上可由幾個方向去着手解題，因而都有幾個不同的答案。本書全部採用國際制單位（SI 單位）。僅在開始作簡介時提及英制單位，作為比較說明之用。

謝辭略！

B. J. Bell 貝爾

南堤技術學院房屋營造系

譯 者 誌 言

這是英國麥唐納，伊文思書局出版一系列的工程師與營建師攷試叢書的一種，專為基礎工程作一簡明扼要的說明，以供參加結構工程師學會會員資格及國家高等技師執照攷試者的參考。由於攷試項目繁多，各項的範圍又廣，參加攷試者急切需要的不是體系完整的鉅著，而是對該科的基本原理作一清晰而簡單的指引，包括基本原理與一連串逐步高昇的範例，以顯示這些基本觀念如何廣泛地用於實際的試題中。像這樣的書籍，在英國各大書局均有出版。這是其中的一本，也可顯示出版這類攷試用的參考書並無害處，只求出的是對讀者真能得益而非斂財騙人者。

本公司先後曾出版「熱力學精義」及「應用力學精義」等，亦屬同一性質，但均不附本國的攷試試題。

科技圖書公司編輯部 謹識

簡 介

鋼筋混凝土彈性設計，換算為國際制 (SI) 單位

為了符合國際上的一致行動，傳統的度量衡英制單位改由一套稱為國際制單位 (Système Internationale d'Unités, 縮寫為 SI) 的新公制所取代。自引入一般的公制以來，這套國際性的換算法已有 150 年的歷史，因而也讓這套國際制單位有完全被人了解的時間。英國標準局計畫從 1969 年 1 月開始更換，定於 1972 年 12 月完成。事實上世界其他國家，包括已在使用一般公制 (cgs) 者，也在同樣期間採用新制單位。

SI 制只包涵部份的一般公制，其中新制的幕次只保留對一特定單位的 10^3 或 10^{-6} 。其附加的字頭符號如下：

10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ

結構及土木工程師所用基本 SI 單位是：

量	單位	符號
長度	公尺	m
質量	公斤	kg
時間	秒	s
功，能量	焦耳	J
力	牛頓	N

若干導出單位需要稍加解釋如下表：

量	單位	符號
面積	平方公尺	m^2
體積	立方公尺	m^3
密度	公斤／立方公尺	kg/m^3

鋼筋混凝土基礎

較少為人知的單位為牛頓 (newton)，是所有計算力 (force) 和壓力 (pressure) 的基本單位，並須將密度換算成重。例如，混凝土密度換算成某結構物計算用的自重。1 牛頓被定義為將 1kg 質量加速至 1m/s^2 所需的力。自由落體的標準加速度的正確值是 9.80665m/s^2 (簡化為 9.8m/s^2)。因此，將 1kg 質量加速至標準的地心引力所需的力是 9.8 牛頓，或 $1\text{kg 力} = 9.8\text{ N}$ 。

對外行人而言，“重量”的單位無疑仍是公斤 (kg)，因為商店買賣，都以這個單位來計量貨物。但是，對設計師來說，結構物上所有承受的材料都是作用在該結構物上的力，故必須用牛頓來量度。因此，欲換算成這種單位必須從開始設計時着手。因為，結構上的計算並不需要太精確，此乃由於分析理論中的基本假設所致。本書計算時採用 $1\text{kg 力} = 10\text{ N}$ 對設計計算而言，已夠精確，並有簡化換算之利。應力和壓力的單位，將採用 N/mm^2 或 N/m^2 。但當數量太大時，亦可使用 kN/mm^2 (例如彈性模數用)。

傳統方法中，用點作為十進位的記號，用逗點作為千位數的記號。在國際制中，不用逗點改用空出半格來表示，本書仍保留傳統方法。在從事國際性工作時，需加留意。

這些注意將有助於讀者了解 SI 制。但進一步完整的解釋，應參考專門書籍。為便於讀者認識該制的使用。下面將同時用英制及 SI 制單位設計一簡單的版和樑來示範。至於書內各章則不用英制單位，使讀者能直接用 SI 制單位來思考和計算。

所有版的計算均採用 300 mm 為單位寬。這個單位寬不僅有助於採用 SI 單位，也能為讀者提供一種方法；以核算現行熟悉的英制標準。因此計算版時，密度須為 300 mm 寬 / mm 深 / m 長。

水的密度 γ_w 為 62.4 lb/ft^3 ，等於 $1,000\text{ kg/m}^3$ ，或化為作用力時為 $10,000\text{ N/m}^3$ ，或 10 kN/m^3 。

由 198 頁的換算表，可見 $1\text{ lb 質量} = 0.454\text{ kg}$ ； $1\text{ ft} = 0.305\text{ m}$ ； $1\text{ ft}^2 = 0.093\text{ m}^2$ ； $1\text{ ft}^3 = 0.0283\text{ m}^3$ 。因此：

$$1\text{ lb/ft}^3 = \frac{0.454\text{ kg}}{0.0283\text{ m}^3} = 16\text{ kg/m}^3 = 160\text{ N/m}^3$$

對混凝土

$$\begin{aligned}\gamma_c &= 150 \text{ lb/ft}^3 = 150 \times 16 \text{ kg/m}^3 = 2,400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 24,000 \text{ N/m}^3 = 24 \text{ kN/m}^3\end{aligned}$$

樑的尺寸單位為 mm × mm，因此 γ_c 必須為 kN/mm/mm/m。版則須化簡為標準單位寬 300 mm。因此

$$\begin{aligned}\gamma_c &= 24 \times 10^{-3} \times 300 \text{ N/300 mm/mm/m} \\ &= 7.2 \text{ N/300 mm/mm/m}\end{aligned}$$

在這種原子時代，應求記憶簡單，故將應力單位換算成

$$1 \text{ lbf/in}^2 = 0.007 \text{ N/mm}^2$$

設計基礎時，用到模數比 (modular ratio) 或彈性法 (elastic method)，均採用模數比 15。以下樑及版的例題均採用這個方法。但須記住，荷重因數 (load factor) 或臨界態 (limit state) 設計等，常被採用於高層結構的計算中。

例：版計算的換算

試設計一簡支版，跨距 10 ft (3.05m)，承受活荷重 80 lbf/ft²，及呆重 10 lbf/ft²。

(a) 英制單位

$$\text{版之厚度} = \frac{L}{30} = \frac{(10 \times 12)}{30} = 4 \text{ in.}$$

設混凝土的，28 日強度 $U_w = 3,000 \text{ psi}$ ，鋼筋為軟鋼。

版單位寬為 1 ft

$$\begin{aligned}p_{st} &= 20,000 \text{ lbf/in}^2; & n_1 &= \frac{d_n}{d_1} = 0.429; \\ p_{cb} &= 1,000 \text{ lbf/in}^2; & a_1 &= \frac{L_a}{d_1} = 0.857; \\ \text{模數比} &= 15; & Q &= \frac{p_{cb}}{2} n_1 a_1 = 184\end{aligned}$$

荷重

$$(\gamma_c = 150 \text{ lbf/ft}^3)$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{自重} = 50 \\ \text{外荷重} = 90 \end{array} \right\} 104 \text{ lbf/ft run/ft 寬}$$

$$\text{彎力矩} = 140 \times 10^2 \times 1.5 = 21,000 \text{ lbf in.}$$

$$d_1 \text{ 所需的} = \sqrt{\frac{M}{bQ}} = \sqrt{\frac{21,000}{12 \times 184}} = \sqrt{9.5} = 3.08 \text{ in.}$$

鋼筋混凝土基礎

可用 $\frac{1}{2}$ in 直徑的鋼筋及 $\frac{1}{2}$ in 保護層

$$\begin{aligned}\text{總厚} &= 3.08 + 0.25 + 0.5 \\ &= \underline{3.83 \text{ in.}}\end{aligned}$$

小於假設的 4 in

$$d_1 \text{ 提供的} = 4 - (0.25 + 0.5) = 3.25 \text{ in.}$$

$$A_{st} \text{ 所需的} = \frac{M}{p_{st} L a} = \frac{21,000}{20,000 \times 0.857 \times 3.25} = 0.378 \text{ in}^2/\text{ft 寬}$$

$\frac{1}{2}$ in 直徑的鋼筋中心距離 6 in 為 $0.393 \text{ in}^2/\text{ft 寬}$

$$0.15\% \text{ 的分佈鋼筋} = \frac{0.15}{100} \times 12 \times 4 = 0.072 \text{ in}^2/\text{ft 寬}$$

$\frac{1}{4}$ in 直徑的鋼筋，中心距離 8 in 可合用，但 $\frac{1}{4}$ in 直徑，中心距離 6 in 可適於安置。

(b) 國際制單位

$$\text{跨距} = 3.05 \text{ m}$$

$$\text{外荷重} = 90 \times 48.82 \text{ N/m}^2$$

$$\text{由 C. P. 114 之版厚} = \frac{L}{30} = \frac{3.05 \times 10^3}{30} = 101.8 \text{ mm 試用 } 100 \text{ mm}$$

$$\text{自重} / 300 \text{ mm 單位寬} = 101.8 \times 7.2 = 732 \text{ N/m}$$

$$\begin{aligned}\text{外荷重} / 300 \text{ mm 單位寬} &= 90 \times 48.82 \times 10^{-3} \times 300 \text{ N/m} \\ &= 1,330 \text{ N/m}\end{aligned}$$

$$\text{總荷重} / 300 \text{ mm 單位寬} = 2,052 \text{ N}$$

至此可以常用的英制單位作簡單的驗算，因此

$$140 \text{ lbf/ft} = 140 \times \frac{4.54}{0.305} \times \frac{300}{305} = 2,052 \text{ N}$$

$$p_{st} = 140 \text{ N/mm}^2; p_{cb} = 7 \text{ N/mm}^2; \quad \text{模數比} = 15$$

顯然 n_1 和 a_1 都同前，但阻力矩因數會改變，因此

$$Q = \frac{7}{2} \times 0.857 \times 0.429 = 1.29$$

不同級的混凝土及鋼筋的設計常數示如表 23，201 頁)

$$\text{抗力矩} = M_{rc} = 1.29 b d_1^2 \text{ N mm}$$

$$M = 2,052 \times 3.05 \times 3.05 \times \frac{1,000}{8} = 2,390,000 \text{ N mm} =$$

$$2,390 \text{ kN mm} = 2.39 \text{ N m}$$

$$d_1 \text{ 所需的} = \sqrt{\frac{2,390,000}{300 \times 1.29}} = \sqrt{6170} = 78.5 \text{ mm}$$

假設用 12 mm 直徑的鋼筋及 12 mm 的保護層

$$\text{總厚} = 78.5 + 12 + 6 = \underline{96.5 \text{ mm}}$$

小於 100 mm

$$d_1 \text{ 提供的} = 100 - 18 = 82 \text{ mm}$$

$$A_{st} \text{ 所需的} = \frac{2,390,000}{140 \times 0.857 \times 82} = 243 \text{ mm}^2/300 \text{ mm 寬}$$

由表 22 (200 頁), 12mm 直徑的鋼筋, 中心距離 125mm 為 270mm²

$$\text{分佈鋼筋 } 0.15/100 \times 100 \times 300 = 45 \text{ mm}^2$$

$$6\text{mm 直徑的鋼筋, 中心距離 } 150\text{mm} = 56.6 \text{ mm}^2$$

必須記住鋼筋的直徑也換成新的標準尺寸, 如表所示。

梁設計的換算

設計簡支梁跨距為 20 ft, 承受均勻分佈之外荷重為 100 ibf/ft

(a) 英制單位

同樣用 300psi 混凝土與軟鋼, 深度試用 $L/20$, 即 12in, L/b (跨寬比) ≥ 30

$$\therefore \text{最小寬度} = \frac{20 \times 12}{30} = 8 \text{ in.}$$

$$\text{試用 } 12 \times 8\text{-in. 梁, 自重} = \frac{96}{144} \times 150 = 100 \text{ lbf/ft}$$

$$\text{梁上總荷重} = 200 \text{ lbf/ft}$$

$$M = 200 \times 20^2 \times 1.5 = 120,000 \text{ lbf in.}$$

$$d_1 \text{ 所需的} = \sqrt{\frac{120,000}{8 \times 184}} = \sqrt{81.6} = 9.02 \text{ in.}$$

加上 1 in 直徑鋼筋及 1 in 保護層

$$\text{總厚} = 9.02 + 1.5 = 10.52 \text{ in.}$$

小於假設的 12in

$$d_1 \text{ 提供的} = 12 - 1.5 = 10.5 \text{ in.}$$

$$M_{rc} = 184 \times 8 \times 10.5^2 = 162,000 > 120,000; \text{ 或 } \frac{M}{bd_1^2} = 136$$

小於 184.

因此不需要壓力鋼筋, 而鋼箍的吊桿鋼筋也是標稱 (少量) 的, 為 $\frac{1}{2}$ in 直徑。

$$\text{桿臂 } L_a = 0.857 \times 10.5 = 9 \text{ in.}$$

$$A_{st} \text{ 所需的} = \frac{120,000}{20,000 \times 9} = 0.667 \text{ in}^2$$

$$2 \text{ 根 } \frac{3}{4}\text{-in. 直徑的鋼筋 (0.884 in}^2\text{)}$$

$$\text{剪力: 最大剪力 } F_{max} = 200 \times \frac{20}{2} = 2,000 \text{ lbf}$$

$$\text{最大剪應力 } q = \frac{2,000}{8 \times 9} = 27.8 \text{ lbf/in}^2$$

小於容許的 100 lbf/in²

鋼筋混凝土基礎

$$A_w \text{ 所需的 } (0.15\%) = \frac{0.15}{100} \times \frac{27.8}{100} \times 8 \times 12 = 0.404 \text{ in}^2$$

單用 $\frac{1}{4}$ -in.-直徑的鋼箍

$$A_w = 0.096 \text{ in}^2$$

$$\text{所需的間距} = \frac{A_w p_{st} L}{F} = \frac{0.96 \times 20,000 \times 9}{2,000} = 8.62 \text{ in.}$$

採用 $\frac{1}{4}$ -in.-直徑的鋼箍，單系統由端點至跨距中央的中心距離為 8 in 至 12 in

$$\text{握裹力 } q_{b \text{ local}} = \frac{F}{La \Sigma o} = \frac{2,000}{9 \times 2 \times 2.36} = 47 \text{ lbf/in}^2$$

小於容許值 180 lbf/in²

(b) 國際制單位

$$\text{跨距} = 6.10 \text{ m} = 6,100 \text{ mm}$$

$$1 \text{ lbf} = 0.454 \text{ kg} = 4.54 \text{ N}$$

$$\therefore \text{荷重/ft 長} = 454 \text{ N/ft} = \frac{454}{0.305} = 1,485 \text{ N/m}$$

取相同的跨/深比，即 $L = 20D$ ，

$$\text{所需的深度} = \frac{6,100}{20} = 305 \text{ mm (試 } 300 \text{ mm)}$$

$$\text{跨/寬比 } L = 30b, \quad \text{最小寬度} = \frac{6,100}{30} = 203 \text{ mm (試 } 200 \text{ mm)}$$

梁的尺寸 300 mm × 200 mm

$$\text{自重} = 7.2 \times \frac{2}{3} \times 300 \text{ N/m} = 1,440 \text{ N/m}$$

$$\text{總荷重} = 2,925 \text{ N/m}$$

$$\text{總荷重} = 2,925 \times 6.1^2 \times 125 = 13,600 \text{ kN mm}$$

$$M = \frac{wL^2}{8}; \quad \text{因此單位為公尺的長度 } L \text{ 之乘數} = \frac{1,000}{8} = 125$$

$$d_1 \text{ 所需的} = \sqrt{\frac{13,600 \times 10^3}{1.29 \times 200}} = \sqrt{52,500} = 229 \text{ mm}$$

加上 25 mm 鋼筋及 25 mm 保護層，當總深 = 229 + 13 + 25 = 267 mm，小於假設的 300

$$d_1 \text{ 提供的} = 300 - 38 = 262 \text{ mm}$$

$$M_{rc} = 1.29 \times 200 \times 262^2 = 17,800 \text{ kN mm}$$

大於所需的 13,600 kN

(只用標稱的吊桿鋼筋，設為 12 mm 直徑)

$$A_{st} \text{ 所需的} = \frac{13,600 \times 10^3}{140 \times 0.857 \times 262} = 432 \text{ mm}^2$$

二根 20 mm 直徑的鋼筋為 628 mm²

保留相同的保護層，水準臂減為

$$0.857(300 - 25 - 10) = 0.857 \times 265 \text{ mm}$$

剪力：
$$F_{max} = (1,485 + 1,440) \frac{6.1}{2} = 8,940 \text{ N}$$

$$q = \frac{8,940}{200 \times 0.857 \times 262} = 0.145 \text{ N/mm}^2.$$

小於最大容許值 0.7 N/mm^2

$$A_w \text{ 所需的} = \frac{0.15 \times 0.145 \times 200 \times 300}{100 \times 0.7} = 18.7 \text{ mm}^2$$

設為 0.15% 比率

6mm 直徑的鋼筋截面積為 28.3 mm^2 或二根時為 56.6 mm^2 。

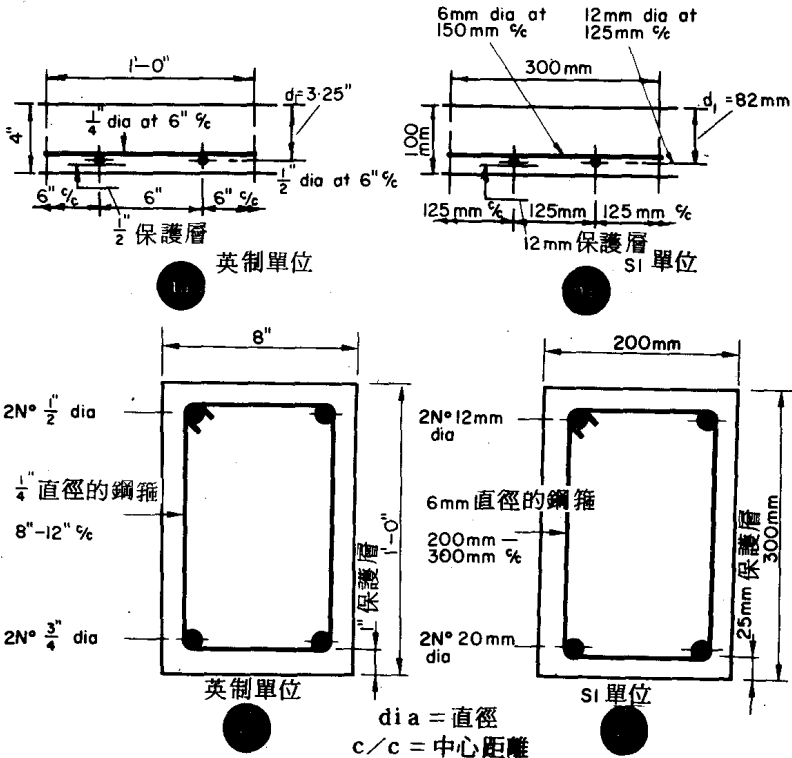
$$\text{所需的間距} = \frac{56.6 \times 140 \times 0.857 \times 265}{8,940} = 201 \text{ mm}$$

(設從端點至跨度中央的間距為中心距離 200-300mm)

$$\text{握裹力 } q_{b \text{ local}} = \frac{8,940}{0.857 \times 265 \times 2 \times 62.8} = 0.313 \text{ N/mm}^2$$

小於容許值 1.26 N/mm^2

比較用的版及梁之明細分別示於圖 1 及圖 2。



鋼筋混凝土基礎

由此可見，換算成 SI 制單位時，將使英制單位中的大數目變小，反之亦然。只有常數 n_1 及 a_1 以及模數比完全相同。

同時，當重量從 tonf 改成 lbf 時需乘以 2,240，若將呎換成吋，乘數是 12。所有使用 SI 制單位，其唯一乘數是 10^3 。

我們也見到，跨距乘數也改變了，這也是該注意的。

目 錄

原序

編輯者言

簡介

第一章 基礎簡介

1.1 基礎的型式及其個別的用途	1
1.2 基礎的深度	12
1.3 土壤與承力	12
1.4 沉陷問題	17

第二章 承受軸荷重的獨立柱基

2.1 混凝土塊上的擴大基脚	19
2.2 鋼筋混凝土基脚	22

第三章 各方向產生彎曲的獨立基礎

3.1 土壤的壓力狀況	26
3.2 彎曲力矩式	27

第四章 在一特定平面內產生彎曲的基礎

4.1 偏心共容方程式	35
4.2 造成擋土牆破壞的因素	41
4.3 各種擋土牆設計要點	44
4.4 扶壁牆基礎的基脚	54

第五章 條形基脚

5.1 連續荷重下的基礎	58
--------------------	----

5.2 柱間距相等的矩形樑基脚	62
5.3 柱間距相等的T形樑基脚	65
5.4 兩柱的基脚	69

第六章 聯合梯形基脚

6.1 設縱向脊樑的版基	78
6.2 橫樑上的連續版基	87

第七章 平衡基脚

7.1 利用鄰柱的平衡基脚	98
7.2 用混凝土作抵銷平衡物的平衡基脚	106

第八章 筏式基礎

8.1 平版結構	114
8.2 連續剛構分析	123
8.3 樑版結構	127
8.4 深細胞型筏基結構的設計條件	144
8.5 不對稱荷重排列	147

第九章 樁基礎

9.1 傳統式打樁法：預鑄打入式	151
9.2 傳統式打樁法：現場灌鑄式	158
9.3 大口徑樁	162
9.4 樁群的安定性	164
9.5 樁帽的設計	167
9.6 承受偏心荷重的樁群	169
9.7 繫樁組	184

附 錄	198
-----------	-----

第一章

基礎簡介

“基礎”(foundation)被定義爲，與結構物直接接觸，並將荷重傳遞給土壤的部份。另一種定義是，結構物的開始部份；因爲結構物從基礎豎立起來，而其穩定性也完全仰賴它。這種說法，可能不會被審查其美感及上層結構物線條的外行人所欣賞。但是，如果一開始沒有作廣泛的土壤鑽探及試驗，則上層結構物就無法保持其美觀與長久。

設計與營造任何重要結構物基礎的工程師，總要時時顧慮着可能的判斷錯誤，至少經過一年復一年，一直到整個結構物已成功地擊破所有困擾它的危險因素。雖然不見得全是如此，但這個故事有它真理的一面。位於天然地層內的各層，並不全具均質彈性的固體，所有土壤的性質常有很多變化，尤其是自然作用力，常會產生許多形式複雜的荷重。其影響的大小與方向大多是未知的。巧妙地推測這種造成基礎損害的作用力是土壤力學的範圍。能將此點銘記在心，就可合理地避免不妥的設計。彈性或模數比設計法，一直用於任何基礎的計算。

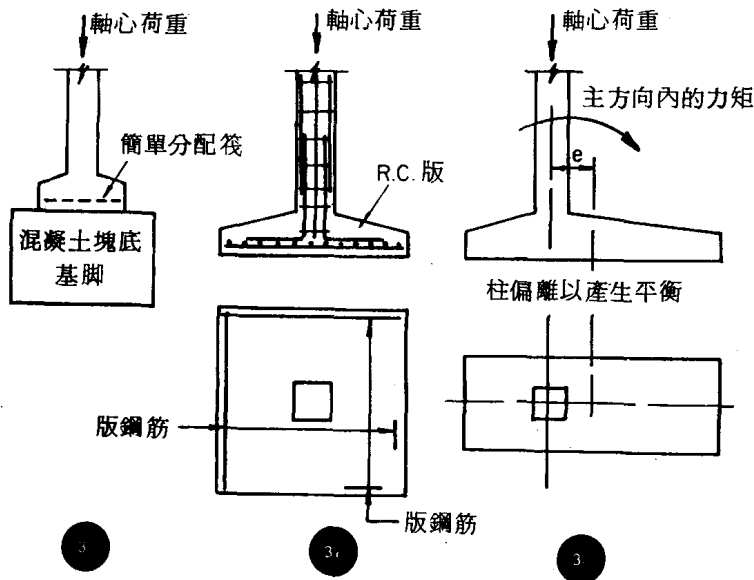
1.1 基礎的型式及其個別的用處

基礎，必須將上層結構物的呆荷重和活荷重傳遞到下層土層而不致產生或多或少的沉陷而對上層結構物產生不利的影響。選擇最適宜結構物的基礎型式，將取決於承力土層的深度、土壤上層荷重一致的基脚尺寸、土壤的承力與均度，及上層結構物的型式。

2 鋼筋混凝土基礎

1. 獨立基脚

這種基脚，是將柱荷重傳遞到土層的基礎中最簡單的一種。它是從原始的石塊、圬工或純混凝土墊塊發展而來的。在柱受的軸心荷重，若比土壤的安全承載力甚小時，簡單的墊塊基是值得讚許的。通常基脚面都是正方形，可用稍微擴大的放脚基〔見圖 3(a)〕。



對於受較大荷重，以及荷重從一個以上的特定方向產生彎力矩（如；風荷重）時，就需一種正方形的鋼筋混凝土脚基〔見圖 3(b)〕。不論是在直交軸(orthogonal axes)或是對角軸(diagonal axes)，最大的合壓力都須保持在土壤承受壓力的極限範圍以內，同時對土壤的最小合“壓力”亦應為壓力，因為土壤無法承受拉應力。

在特定方向上產生大彎力矩處，基脚應在該方向上延長而形成矩形平面〔見圖 3(c)〕。換句話說，增加該方向的模數以減少力矩壓力（moment pressure）。將柱偏離基脚面的重心，使軸荷重“ P ”在柱上起一偏心率“ e ”，以產生相對抗力矩，因而有助於保持對土壤完全施壓狀況，可平衡因彎曲而產生的很大變化。圖 3 說明這類基脚的演變。