

基礎工程

Foundation Engineering

(第二版)

原著者：Ralph B. Peck

Walter E. Hanson

Thomas H. Thornburn

譯述者：陳 奕 耿

複校者：趙 國 華

科技圖書股份有限公司

基 礎 工 程

Foundation Engineering

(第二版)

原著者：Ralph B. Peck
Walter E. Hanson
Thomas H. Thornburn

譯述者：陳奕耿

複校者：趙國華

科技圖書股份有限公司

RECEIVED

本書依據最新版本譯出，新增的內容計有岩石、膨脹性土壤、填土上設立基礎問題，以及柔性擋土結構物等新項目。原書自1953年出版以來先後經二十五年，迄今仍風行世界，咸推白眉。譯述者為台大土木研究所陳奕耿碩士。譯筆流暢忠實，將原書精髓傳神無稍差異，洵屬難得。

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：基礎工程

原著者：Peck 等

譯述者：陳 奕 耿

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

六十七年十二月初版 特價新台幣130元
六十八年十一月二版

第一版序言

就廣義言，基礎工程為選擇、設計及營造的技術、將結構物重量傳遞至下層土壤或岩石。但在實際施工，通常並非由負責設計的機構擔任。工程師的任務，大致為選擇基礎型式、下部結構設計、以及監督施工。編寫本書目的即在提供進行此項任務所需的基本資訊。

基礎工程技術難起源甚古，大約在 1920 年以前，這門技術並未涉及科學領域，僅藉着經驗的累積而予發展，達到一相當精確的程度。偶爾有些令人費解的破壞，指出人們並未適切了解經驗方法所受的限制。

1920 年代初期，展開了一項科學上的努力，以決定支持基礎的地下材料的物理法則。此一新領域，稱為土壤力學，至今仍吸引許多工作者的注意力。土壤力學提供了新方法，以選擇在某種情形下的適當基礎型式，並預測完工後的下部結構物行為。土壤力學已減低了長期累積經驗的重要性，劃清了傳統方法可應用的界限，並提供傳統方法無效情況下適用的新技術。

近年來，科學的功能日益明顯。昔日得自試誤法的大量知識的重要性，已有減少趨勢。許多工程學校改換基礎工程的內容，而代以用土壤力學為根據的基礎工程。最近意見以為土壤力學的細部內容必須超前，甚至基礎工程內容可以省掉，在在反應出此一趨勢。

就實質言，土壤力學僅為基礎工程所依賴的各種知識之一。如不設法研究其他方面的技術，將導致一種錯誤而危險的想法，即指所有的基礎工程問題，可按科學方法直接求解。不幸，自然界的多變與經濟的需求，常使此種可能性減少。

本書旨在導引大專學生進入基礎工程的領域，並提供分析及估計地下情形、選擇基址最合適的基礎型式、判斷各型基礎使用時的行為，以及設計最終選定基礎型式各部份結構的能力。在土壤力學中對以上計劃中有關部份予以引入。並不只提土壤力學而已。課堂的經驗指出，此一方式可使學生對成功的基礎工程實務，有一最適的領悟。

由於許多有關土壤特性的資訊與基礎、公路、鐵路、及機場等工程的

基礎工程

範疇相通。所以有些工程學校另安排土壤性質的基本課程。爲符合此種的需要，本書第一篇的討論，擴張到結構物基礎範圍以外。若僅對後面論題有興趣的學生，有經驗的教師可很輕易地爲學生刪減適當章節，而將注意力集中在後面的主題上。

沛克 Ralph B. Peck

亨生 Walter E. Hanson

桑朋 Thomas H. Thornburn

第二版序言

本版的整體編排及目的，與第一版並無不同。爲使本書對希望將土壤力學與基礎工程教材融合貫通的教師們更爲有用。本書擴充了應力 - 應變特性的闡述，並增加了流網、土壓力及斜坡穩定性的基本論述。

本書範圍已經擴大，其中包括岩石、膨脹性土壤，以及填土上設基礎的討論，同時增闢新的一章（二十七章），以討論構撐與後拉繫桿牆、及錨碇堤岸之類的柔性擋土結構物。打樁動力學予以現代化，並使達成實用階段，有關這些方面及其他方面的修正，其中包括增列若干幅設計插頁，更增本書對工程實務的用途。

書中附有參考資料，以利讀者查閱資料出處。各章末的建議讀物 (suggested reading) 將有數種功用，視其主題而定。某些參考資料可提供額外的細節或背景知識，但大多數的引用，均包括教本中所論原則或方法的應用。所有的參考讀物均加附註。

沛克 Ralph B. Peck

亨生 Walter E. Hanson

桑朋 Thomas H. Thornburn

誌 謝

E.J. Daily 及 H.O. Ireland 兩位對第一版原稿的討論有助於本書風格的建立。目前的版本仍反映出他們兩位的意見。與第一版一樣，許多資料出自 K. Terzaghi 及 Ralph B. Peck 合著的 *Soil Mechanics in Engineering Practice*。

有關岩石及岩石基礎章節內容得益於與 Don U. Deere 及 A.J. Hendron 的討論。大體言之，在推導打樁動力學及樁基礎處理方面，Jr.M.T. Davisson 的協助更是功不可沒。有關墩基礎章節內容係根據 T.R.Maynard 許多建設性的評論而擴充改訂的。

各章節及設計插頁均由 Hanson Engineers 公司的工程師們加以審閱。他們的批評及鼓勵對本版的擴充，大有貢獻。第四篇的設計插頁係接現行鋼筋混凝土實務校正，並配合 Narbey Khachaturian 所著的相關教本。所有設計插頁的繪圖工作，係由 Rodney A. Huffman 負責。

一再變更的手稿，係由 Mrs. Jane Dowding、Mrs. Grete Carlson 及 Mrs. Claudie Daniels 三位費心打字。

附誌感謝以上各位。

沛克 R.B.P.

亨生 W.E.H.

桑朋 T.H.T.

基礎工程

符 號

下列各種量的單位，為教本及實務上所常用者。基礎工程師常用公制及英制單位處理土壤力學，而結構工程各支系一般採用英制單位，此一情形導致單位混淆。自學術觀點而論，此一現象並不足取，隨國際制 (SI) 單位的採用日廣，此一混淆將大為減少。惟北美洲基礎實務，仍對國際制 (International System) 感到陌生，所以本版暫不採用該種體系。

下列關係簡化了英制與公制間的換算：

$$\begin{aligned} 1 \text{ ton/sq ft} &= 2 \text{ k.ps/sq ft} \approx 1 \text{ kg/sq cm} \approx 34 \text{ ft的水} \\ &= 15 \text{ lb/sq in} \end{aligned}$$

其中 ton 為 2000 lb 的短噸 (short ton)。其他有用的換算因數為 1 lb = 454 g，以及 1 ft = 30.5 cm。

如符號下不加因次，即表示為一純數：

$$A(\text{cm}^2 \text{ 或 } \text{ft}^2) = \text{面積}$$

$$A(\text{cm}) = \text{電極間距，電阻探測}$$

$$A_s(\text{cm}^2) = \text{鋼筋的斷面積}$$

$$A_p(\text{lb} \text{ 或 } \text{lb/ft}) = \text{錨定拉力}$$

$$A_r(\%) = \text{探樣管的面積比}$$

$$A_s(\text{in.}^2) = \text{拉力鋼筋的面積 (混凝土設計)}$$

$$a(\text{in.}) = \text{柱寬；壓應力塊的深度 (混凝土設計)}$$

$$a(\text{cm}^2 \text{ 或 } \text{ft}^2) = \text{面積 (豎管)}$$

$$a_c(\text{cm}^2/\text{g}) = \text{壓縮性係數}$$

$$B(\text{ft}) = \text{基脚或基礎的寬度；墩底的直徑}$$

$$B'(\text{ft}) = \text{矩形基脚調整後的寬度，供圖 23.2 之曲綫用}$$

$$b(\text{in.}) = \text{梁寬 (混凝土設計)}$$

基礎工程

C (任意因次) = 常數; 係數

$C(lb)$ = 總壓力 (混凝土設計)

C_o = 壓縮指數

C_N = 標準貫入試驗 N - 值的修正因數

C_r (%) = 採樣管淨內徑比

C_t = 次壓密係數

C_u = 均勻係數 = D_{60}/D_{10}

C_w = 地下水修正因素

C_u = 曲率係數 = $D_{30}^2/D_{10}D_{60}$

$c.g.$ = 重心 (設計插頁)

c (tons/ft²) = 凝聚力; 莫氏破裂圖破裂綫在垂直軸上的截距
; 不排水剪力強度

c (ft) = 自中立軸至最外端纖維的距離 (混凝土設計)

c (ft/sec) = 樁內應力波的速度

c_s (lb/ft²) = 墩的極限表皮摩擦力

c_b (lb/ft²) = 開挖底面以下的不排水剪力強度

c_a (cm²/sec) = 壓密係數

D (ft) = 深度; 嵌入深度

D_o (in.) = 採樣管的外徑

D_f (ft) = 基礎深度 (圖 18.16)

D_i (in.) = 切土靴尖內徑

D_{11} (in.) = 採樣管內徑

D_p (mm) = 粒徑曲綫上對應於 P 百分數的顆粒直徑

D_w (ft) = 至地下水面的深度

D_{10} (mm) = 有效粒徑 (以公厘表之)

DL (tons) = 靜載重 (設計插頁)

d (ft) = 距離; 自一樁至群樁重心的距離; 自版或梁的
頂面至拉力鋼筋中心的距離; 樁或墩的直徑

d_s (ft) = 墩鐘直徑

d_w (ft) = 水深

$E(\text{tons}/\text{ft}^2)$ = 彈性模數

$E(\text{volt})$ = 電壓

$E(\text{ft lb})$ = 樁錘每擊的能量

$E_1(\text{tons}/\text{ft}^2)$ = 初始切綫模數

e = 孔隙比

e_0 = 現地孔隙比

$e_{\max}$ = 最疏鬆狀態的孔隙比

$e_{\min}$ = 最緊密狀態的孔隙比

Δe = 孔隙比變化

$e(\text{ft})$ = 偏心距

F = 安全因數

$F(\text{lb})$ = 力

$F(\%)$ = 通過 No. 200 篩的百分數 (分類指數中)

$F_y(\text{lb}/\text{in.}^2)$ = 結構鋼的指定屈服強度

$f(\text{lb}/\text{in.}^2)$ = 最大纖維應力

$f'_c(\text{lb}/\text{in.}^2)$ = 混凝土的指定壓力強度

$f_s(\text{lb}/\text{in.}^2)$ = 鋼筋的容許應力

$f_y(\text{lb}/\text{in.}^2)$ = 鋼筋的指定屈服強度

G = 固粒成份的比重

$g(\text{cm}/\text{sec}^2)$ = 重力加速度

$H(\text{lb})$ = 水平總載重

$\Sigma H(\text{lb})$ = 合成水平載重

$H(\text{ft}$ 或 $\text{cm})$ = 距離；土層或填土的厚度，壓密理論所用者除外，此時， H = 頂用與底面排水土層的半厚

$H(\text{ft})$ = 打樁機夯錘的落高

$H_{cr}(\text{ft})$ = 斜坡的臨界高度

$H_s(\text{ft})$ = 固粒質的折減高度；加載的當量高度；相當於橋台後方輪載重的均勻加載高度

$\Delta H(\text{ft}$ 或 $\text{cm})$ = 位置水頭 (水力學)

基礎工程

h (ft 或 cm) = 水力水頭；高度；垂直距離

Δh (ft 或 cm) = 等勢下降

h_a (cm) = 毛管水升高高度

h_{ae} (cm) = 毛管水升完全飽和的高度

I (ft⁴) = 慣性距

I (amp) = 電流

I_d = 無凝聚性土壤的密度指數

I_L (%) = 液性指數

I_P (%) = 塑性指數

i = 水力比降

i_c = 臨界水力比降

i_p (g/cm³ 或 lb/ft³) = 壓力比降(水力學)

K = 土壓力係數

K (lb/ft) = 彈簧勁度，打樁分析用

k = 係數；柱或墊座最小寬度與基腳寬度之比

k (cm/sec) = 滲透係數

k (lb/in.³ 或 tons/ft³) = 地盤反力模數

K_A = 主動土壓力係數

K_h (lb/ft²/ft) = 土壓力水平分量係數

K_p = 被動土壓力係數

K_v (lb/ft²/ft) = 土壓力垂直分量係數

K_o = 靜止土壓力係數

L (ft 或 cm) = 長度；基腳長度

LL (tons) = 活載重(設計插頁)

l (ft 或 cm) = 長度

l_s (in.) = 鋼筋的伸展長度(混凝土設計)

l (ft 或 cm) = 弧長

$M(\text{ft lb}) = \text{總力矩}$

$\Sigma M(\text{ft lb}) = \text{合成總力矩}$

$M_u(\text{ft lb}) = \text{極限設計力矩 (鋼筋混凝土)}$

$m(\text{in./ft}) = \text{樁的斜度 (水平/垂直)}$

$m_v(\text{cm}^2/\text{g}) = \text{體積壓縮係數}$

$N = \text{標準貫入試驗每呎擊數}$

$N(\text{lb}) = \text{力之正向分量}$

$N_o = \text{承載力因數}$

$N_{oa} = \text{承載力因數}$

$N_d = \text{等勢位降數目 (流網)}$

$N_f = \text{流槽數目 (流網)}$

$N_q = \text{承載力因數}$

$N_s = \text{穩定因數}$

$N_r = \text{承載力因數}$

$N_{ra} = \text{承載力因數}$

$n = \text{孔隙率; 群樁數目}$

$n_b = \text{等於基脚短邊的中央寬度內的鋼筋數}$

$n_d = \text{深度比 (斜坡穩定)}$

$n_t = \text{基脚臨界斷面彎矩所需的鋼筋總數}$

$n_i = \text{成排的樁數}$

$P(\%) = \text{小於某一粒徑的百分比}$

$P(\text{lb}) = \text{總載重}$

$P(\text{ft}) = \text{群樁的周邊}$

$P_A(\text{lb/ft}) = \text{擋土牆每呎長的總主動土壓力}$

$P_h(\text{lb/ft}) = \text{擋土牆每呎長總主動土壓力的水平分量}$

$P_p(\text{lb/ft}) = \text{擋土牆每呎長的總被動土壓力}$

$P_u(\text{lb}) = \text{極限樁阻抗; 極限柱載重 (混凝土設計)}$

$P_v(\text{lb/ft}) = \text{擋土牆每呎長總主動土壓力的垂直分量}$

$p_w(\text{lb 或 lb/ft}) = \text{合成水壓力}$

$p(\text{tons/ft}^2) = \text{正向應力; 總壓力}$

基礎工程

- p (tons/ft²) = 有效壓力
 ΔP (tons/ft²) = 壓力變化；應力差
 Δp_r (tons/ft²) = 破壞時的應力差
 p_A (tons/ft²) = 主動土壓力
 p_{cr} (tons/ft²) = 土壤結構壓碎之臨界壓力
 p_h (tons/ft²) = 水平面上的有效覆土壓力；垂直面上的水平壓力
 p_q (tons/ft²) = 均勻加載引起的土壓力
 p_p (tons/ft²) = 被動土壓力
 p_s (tons/ft²) = 土壤在目前平衡狀態的壓力
 p_v (tons/ft²) = 水平面上的垂直壓力
 p_o (tons/ft²) = 原有的覆土壓力
 p_o' (tons/ft²) = 土壤前期壓密的最高壓力
 p_1 (tons/ft²) = 主要主應力
 p_3 (tons/ft²) = 次要主應力；圍壓

- Q (cm³) = 總流量（水力學）
 Q (lb) = 樁極限承载力；點形載重
 q (cm³/sec) = 每單位時間的流量（水力學）
 q (tons/ft²) = 每單位面積的載重；基腳下的土壤壓力
 q' (lb/ft) = 綫型載重
 q_a (tons/ft²) = 容許土壤壓力
 q_b (tons/ft²) = 總土壤壓力；接觸壓力
 q_d (tons/ft²) = 淨極限承载力
 q_d' (tons/ft²) = 基腳底面土壤能夠支持的最大載重強度
 q_n (lb/ft²) = 基腳結構設計用的淨土壤壓力（柱載重除以基腳面積）
 q_p (kg/cm²) = 荷蘭式錐阻抗
 q_s (tons/ft²) = 趾部壓力
 q_u (tons/ft²) = 無圍限抗壓強度

- R = 粒徑之比（濾層要求）
 R (lb) = 合力；樁動力貫入的阻抗

$r(\text{cm 或 ft})$ = 半徑；徑向距離

S = 基脚長短邊之比

$S(\text{ft})$ = 沉陷

$S(\text{lb})$ = 總剪力

$S(\text{in.}^3)$ = 斷面模數

$S_r(\%)$ = 飽和度

S_e = 靈敏度

$s(\text{ft})$ = 成排的樁距

$s(\text{in.})$ = 樁錘最終一擊下的樁貫入；箍筋間距（混凝土設計）

$s(\text{tons/ft}^2)$ = 單位面積的剪阻抗

$T(\text{lb})$ = 力之切綫分量；總拉力（混凝土設計）

$T_s(\text{g/cm})$ = 水的表面張力

T_v = 時間因素（壓密理論）

$t(\text{in.})$ = 鋼筋混凝土構件的總厚度

$t(\text{sec})$ = 時間

$t(\text{tons/ft}^2)$ = 剪應力

$U(\%)$ = 平均壓密度

$U_z(\%)$ = 深度 z 處的壓密度

$u(\text{tons/ft}^2)$ = 超額靜水壓力

$u_s(\text{tons/ft}^2)$ = 室壓

$u_d(\text{tons/ft}^2)$ = 相對於應力差 Δp 的孔水壓力

$u_{dr}(\text{tons/ft}^2)$ = 破壞時之 u_d 值

$u_w(\text{tons/ft}^2)$ = 孔水壓力

$V(\text{cm}^3 \text{ 或 } \text{ft}^3)$ = 總體積

$V(\text{lb})$ = 垂直總載重

$\Sigma V(\text{lb})$ = 合成垂直總載重

$V(\text{lb/ft})$ = 梁或擋土牆斷面上的總剪力

基礎工程

$V_g(\text{cm}^3 \text{ 或 } \text{ft}^3) = \text{氣體總體積}$

$V_s(\text{cm}^3 \text{ 或 } \text{ft}^3) = \text{固粒總體積}$

$V_u(\text{lb}) = \text{設計總剪力 (混凝土設計)}$

$V_v(\text{cm}^3 \text{ 或 } \text{ft}^3) = \text{孔隙總體積}$

$V_w(\text{cm}^3 \text{ 或 } \text{ft}^3) = \text{水份總體積}$

$u(\text{cm/sec 或 } \text{ft/sec}) = \text{流速 (水力學) 質點速度 (打樁時)}$

$u_s(\text{lb/in.}^2) = \text{混凝土強度設計之標稱容許剪應力}$

$u_s(\text{lb/in.}^2) = \text{標稱設計總剪應力 (混凝土設計)}$

$W(\text{g 或 } \text{lb}) = \text{總重量}$

$W_c(\text{lb/ft}) = \text{擋土牆混凝土重}$

$W_B(\text{lb}) = \text{打樁機夯錘重}$

$W_n(\text{lb}) = \text{樁分析中元體的重量}$

$W_s(\text{g 或 } \text{lb}) = \text{固粒的總重}$

$W_s(\text{lb/ft}) = \text{擋土牆踵部上方的土壤}$

$W_w(\text{g 或 } \text{lb}) = \text{水的總重}$

$W.T. = \text{水位 (設計插頁)}$

$w(\%) = \text{以乾重百分比表示的含水量}$

$w_L(\%) = \text{液性限度}$

$w_{opt}(\%) = \text{最佳含水量}$

$w_p(\%) = \text{塑性限度}$

$w_s(\%) = \text{縮性限度}$

$x(\text{ft}) = \text{距離}$

$x(\text{ft}) = \text{自參考綫至重心的距離}$

$y(\text{ft}) = \text{距離}$

$z(\text{cm 或 } \text{ft}) = \text{深度}$

α 度 = 角度；接觸角；一平面與主應力作用面間之角

α_1 = 墩表皮摩擦折減因數

α_2 = 樁表皮摩擦折減因數

β 度 = 角度；表面的斜坡角

r (g/cm³ 或 lb/ft³) = 單位重 (土壤、水份、及空氣)

r' (g/cm³ 或 lb/ft³) = 浸水單位重

r_d (g/cm³ 或 lb/ft³) = 水份完全被空氣取代的土壤單位重

r_{max} (g/cm³ 或 lb/ft³) = 一定壓實方法的最大乾密度

r_p (lb/ft³) = 樁材的單位重

r_s (g/cm³ 或 lb/ft³) = 固粒成份的單位重

r_{sat} (g/cm³ 或 lb/ft³) = 飽和土壤單位重

r_w (g/cm³ 或 lb/ft³) = 水單位重

r_s (g/cm³ 或 lb/ft³) = 零氣隙時乾單位重

δ 度 = 剪變形；牆摩擦角

ϵ = 應變

μ = 包生比

ρ (ohm cm) = 電阻

ρ (lb sec²/ft⁴) = 樁材的質量密度

ρ = 鋼筋面積與混凝土面積之比

Σ = 總加

ϕ 度 = 內摩擦角；剪阻抗角

ϕ_0 度 = 乾砂土的剪阻抗角；有效應力摩擦角



卡爾·德植基 (Karl Terzaghi) (1883-1963)

土壤力學的創立人與精神領導者，著名的工程地質家、與卓越的基礎工程師。為第一位從事土壤的工程性質作廣泛研究者。他發現為數極多的理論觀念，用以瞭解與預測土體的性能，並發明對基礎與土結構的科學方法而成為設計施工的主要技術。