

基礎施工

Methods of Foundation Engineering

原著者：Zdenek Bagant

譯述者：劉錫蘭



科技圖書股份有限公司

基 礎 施 工

原著者：Zdenek Bagant

譯述者：劉錫蘭

科技圖書股份有限公司

行政院新聞局登記證 局版台業字第 1123 號

版權所有 • 翻印必究

基礎施工

原著者：Zdenek Bagant

譯述者：劉 錫 蘭

發行人：趙 國 華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市重慶南路一段 49 號四樓之 1

電 話：3118308 • 3118794

郵政劃撥帳號 0015697-3

80 年 7 月 2 版

特價新台幣 220 元

ISBN 957-655-023-8

符 號

本書所用符號，經彙總分列如下。土壤力學方面所用符號係錄自1973年在莫斯科舉行的第八屆國際會議特別公報A。由“土壤力學及基礎工程國際協會”所出版。偶而採用的另星符號未列入本表中。

- a 長度。
- A 面積；反力。
- B 寬度。
- c 總凝集力； c' 有效凝集力； c_v 壓密係數。
- C 合凝集力； C_p 樁週長。
- d 距離；粒徑；樁或鑽井墩直徑； d_{10} 小於該粒徑部分的重量，佔總重量10%的粒徑值。
- D 深度；樁長； D_i ， i 層的地層厚度。
- e 孔隙比；偏心率。
- E Young 氏彈性模數； E_s 變形模數。
- f 極座標距離；撓度； f'_c 混凝土容許抗壓強度； f_y 鋼屈服強度。
- F 力； F_s 安全因數；邊坡穩定因數。
- g 重力加速度；均佈荷重。
- G 呆重；比重。
- h 壓力頭（水力）。
- H 高度；水平力；地層厚度； H_c 臨界高度； H_s 樣品厚度。
- i 水力坡。
- I 轉動慣量；係數； I_c 稠性指數； I_d 相對密度； I_p 塑性指數。
- k 透水係數； k_h 基層水平反作用係數； k_v 基層垂直反力係數。
- K 係數；剛性係數； K_a ， K_o ， K_p 土壓係數。
- L 長度； L_m Mohr 破壞包絡線。

- m 承載力縮減因數。
- M 力矩； M_0 單維度變形模數。
- n 孔隙率； n_n 基層水平反力常數。
- N 荷重垂直分力， N_γ ， N_q ， N_c 承載力因數； N_s 穩定數。
- p 土壓力；接觸壓力。
- P 壓力的合力； P_0 樁（墩）的端點承載力； P_n 負表面阻力； P_p 正表面阻力。
- q 均一接觸壓力； q_0 樁端點極限承載力； q_r 土壤極限承載力； q_c 容許承載力； q_s 抗壓強度； q_s 樁極限表面摩擦力； $\bar{q}$ 淨承載力。
- Q 剪力；總載荷量；流量； Q_{bu} 極限承載力； Q_c 樁沉陷載荷量； Q_r 樁破壞荷重； Q_p 建議樁承載力； Q_{su} 極限軸阻力； Q_u 樁承載力； Q_{yu} 極限屈服載荷量。
- r 半徑。
- R 反作用；外力的合力；距離；特性長度。
- s 樁的最後沉陷量。
- S 土壤壓力；樁的軸荷重；斷面模數；擴散度； S_r 飽和度； S'_z 收縮係數。
- t 時間。
- u 孔隙壓力。
- U 均勻係數；上舉力； U_c 壓密度。
- v 速度；離差係數。
- V 容積； V_0 容許樁載荷量； V_r 極限樁載荷量， V_s 極限樁結構載荷量。
- w 沉陷；垂直變形； w_0 彈性沉陷； w_n 含水量；對乾土重百分率； w_L 液性限度； w_p 允許沉陷量； w_p 塑性限度； w_s 收縮限度。
- W 重量。
- x 橫座標值。
- X 座標軸。

- y 直座標值；撓度。
 Y 座標軸。
 z 垂直座標值；深度。
 Z 座標軸。
 α 角度；係數；形狀及剛性係數；黏結因數。
 β 坡度與水平線間的夾角；基本荷重比。
 γ γ_s 乾土單位重； γ_n 包含孔隙水的土壤單位重； γ_s 固體顆粒單位重； γ_w 水單位重； γ' 浸水單位重。
 δ 角度；牆摩擦角。
 ε 線性應變； ε_v 垂直應變。
 η 黏滯性係數；力矩臂；機械效率；特性長度的倒數值（用於砂）。
 ν 坡度角。
 κ 係數。
 λ 特性長度的倒數值（用於粘土）； λ_n 樁的壓縮應變。
 μ μ_s 流量因數。
 ν Poisson 比。
 ξ 相對深度。
 σ 應力（總）； σ' 有效法應力； σ_x ， σ_y 垂直平面上的法應力； σ_z 水平面上的法應力； σ_1 ， σ_2 ， σ_3 主應力。
 τ 剪應力； τ_f 剪力強度。
 φ 角度；速度位能。
 Φ 內摩擦角（總）； Φ' 有效內摩擦角。
 ψ 樑撓角的角度。

換算因數

本書所用的 SI 制度量衡單位，為 1960 年國際標準組織 (ISO) 所推薦，並加一 [N] 項作為力的單位。

SI 制換算為英制

長度	1 m	= 3.28 ft = 1.094 yd
	1 cm	= 0.394 in.
	1 mm	= 0.0394 in.
面積	1 m ²	= 10.8 sq ft (sf) = 1.196 sq yd
	1 cm ²	= 0.155 sq in. (si.)
容積	1 m ³	= 35.3 cu ft = 1.308 cu yd
	1 l	= 0.264 gal (USA) = 0.220 gal (Imp)
	1 cm ³	= 0.061 cu in.
質量	1 t	= 1.10 ton = 2.20 kips = 2200 lb
	1 kg	= 2.20 lb
力	1 MN	= 225 kipsf
	1 kN	= 225 lbf = 0.225 kipsf
	1 N	= 0.225 lbf
應力	1 MN/m ²	= 1 N/mm ² = 10.45 tsf (short ton per sq ft)
	1 kN/m ²	= 0.01045 tsf
	1 kN/m ²	= 20.9 psf (lb per sq ft)
	1 kN/m ²	= 0.145 psi (lb per sq in.)
單位重	0.001 MN/m ³	= 1 kN/m ³ = 6.37 psf (lb per cu ft)
	1 N/mm ³	= 3690 pci (lb per cu in.)
重力加速度	9.81 m/s ²	= 32.2 ft per sec ²

英制換算為 SI 制

長度	1 mile	= 1.609 km
	1 yd	= 0.91 m
	1 ft	= 0.305 m = 30.5 cm
	1 in.	= 0.0254 m = 25.4 mm

面積	1 sq mile	= 2.59 km ²
	1 sq yd	= 0.836 m ²
	1 sf	= 0.0929 m ² = 929 cm ²
容積	1 sq in.	= 6.45 cm ²
	1 cu yd	= 0.765 m ³
	1 cu ft	= 0.0283 m ³
	1 cu in.	= 16.4 cm ³
	1 Imp gal	= 4545 cm ³ = 4.55 l
質量	1 gal (USA)	= 3785 cm ³ = 3.79 l
	1 ton (short)	= 0.9072 t = 907.2 kg
	1 kip	= 0.454 t = 454 kg
	1 lb	= 0.454 kg = 454 g
力	1 ton force (short)	= 8.90 kN = 0.0089 MN
	1 kip force	= 4.45 kN
	1 lb force	= 4.45 N
應力	1 tsf	= 95.7 kN/m ²
	1 psf	= 0.0479 kN/m ²
	1 psi	= 6.89 kN/m ²
單位重	1 pcf	= 0.157 kN/m ³
	1 pci	= 0.000 271 N/mm ³



符 號

換算因數

第一章 基礎施工綱要與範圍.....	1
1.1 定 義.....	1
1.2 基礎施工的類型.....	5
第二章 淺基礎的基脚面積計畫	10
2.1 緒 論.....	10
2.2 基礎深度.....	10
2.3 設計荷重.....	14
2.4 承載力的決定.....	15
2.5 容許承載力.....	16
2.6 極限承載力.....	22
2.7 基脚面積計算.....	31
第三章 一般基礎坑穴開挖法.....	41
3.1 緒 論.....	41
3.2 基礎坑穴設計.....	43
3.3 深坑穴邊坡計畫.....	49
3.4 邊坡的滲透穩定.....	60

3.5 基礎坑穴的變形	64
-------------	----

第四章 支撐 66

4.1 緒論	66
4.2 木構築	69
4.3 套板排樁構築法	76
4.4 錨碇	83
4.5 支撐分析	94

第五章 鈹樁牆與陸地圍堰 105

5.1 緒論	105
5.2 鈹樁牆類型	107
5.3 樁錘與打樁設備	113
5.4 打入、沖水、切截與拔除	117
5.5 陸地圍堰	125
5.6 永久性鋼鈹樁牆	132
5.7 鋼鈹樁牆分析	134

第六章 圍堰 155

6.1 緒論	155
6.2 平面設計與圍堰高度	158
6.3 土圍堰	169
6.4 木圍堰	174
6.5 鐵圍堰	178
6.6 混凝土圍堰	185
6.7 封閉河道與土堤的缺口	187
6.8 圍堰的分析	189

第七章 祛 水..... 196

- 7.1 緒 論..... 196
- 7.2 開敞抽水..... 200
- 7.3 降低地下水位..... 207
- 7.4 其他祛水系統..... 214
- 7.5 抽水機類型..... 215
- 7.6 穩定滲透分析..... 216

第八章 樁..... 224

- 8.1 緒 論..... 224
- 8.2 木 樁..... 234
- 8.3 預鑄混凝土樁..... 239
- 8.4 就地鑄造混凝土樁..... 249
- 8.5 鑽孔混凝土樁..... 254
- 8.6 鋼 樁..... 258
- 8.7 特殊樁..... 262
- 8.8 單樁承载力..... 264
- 8.9 容許樁載重..... 268
- 8.10 極限樁載重..... 271
- 8.11 樁試驗與檢查..... 281
- 8.12 群樁設計..... 296

第九章 鑽孔墩..... 316

- 9.1 緒 論..... 316
- 9.2 鑽孔墩施工..... 319
- 9.3 鑽孔墩基礎與鑽孔墩牆..... 325
- 9.4 鑽孔墩受軸負荷分析..... 330

9.5 鑽孔墩受橫向負荷的分析·····	347
----------------------	-----

第十章 隔 牆····· 380

10.1 緒 論·····	380
10.2 混凝土隔牆的施工·····	383
10.3 開挖用稀泥漿·····	387
10.4 混凝土隔牆·····	391
10.5 粘土隔牆·····	394
10.6 隔牆分析·····	398

第十一章 沉 箱····· 401

11.1 開口沉箱·····	401
11.2 壓氣沉箱·····	407

第十二章 土壤改良····· 414

12.1 緒 論·····	414
12.2 砂墊基礎·····	416
12.3 永久祛水·····	420
12.4 就地壓實·····	421
12.5 地層凍結法·····	430
12.6 灌漿法·····	432
12.7 土壤穩定·····	445
12.8 鹽基改變與加溫穩定法·····	447

第十三章 水中基礎····· 448

13.1 緒 論·····	448
13.2 水中灌注混凝土·····	444
13.3 匣式沉箱·····	458

13.4	模板內灌注的水中基礎·····	458
13.5	潛水伏在水中基礎的工作·····	461
第十四章 基礎加固 ·····		463
14.1	緒 論·····	463
14.2	基礎加固方法·····	467
14.3	側向基礎加固·····	473
14.4	基礎的擴大·····	475
14.5	橋式支承·····	477
14.6	結構物的遷移·····	478

第一章

基礎施工綱要與範圍

1.1 定義

基礎工程 (Foundation engineering) 為對基礎的選擇、設計與施工的一種科學 (兼論其技巧)。基礎 (foundation) 為結構物的支承部分，用來傳遞上部結構荷重到基層土壤或岩石。基礎，分為放寬 (spread) 基礎與深入 (deep) 基礎。放寬基礎 (spread foundation) 是將柱腳或牆腳放大，用來傳遞荷重，到指定面積內具有某種特性的離地面較淺的地層。深入基礎 (deep foundation) 是指當基礎地層未具所需的承載力，或其沉陷量將超過允許範圍，或無法排除其水分，作為支承基礎用。

本書介紹基礎類型的採擇、基礎結構計畫與施工有關資料。先敘述可確保線基礎 (shallow foundation) 開挖安全與基礎施工方法；但不包括鋼筋混凝土基礎設計。其次，用較長的篇幅敘述深基礎與特殊基礎的計畫與施工方法，並採相輔對照方式討論。

基礎設計與施工的首要條件，以土壤力學與工程地質所具備的知識，以瞭解地面下土層的情況。由於土層資料的獲得，與成本的考慮，對基礎施工的技巧尤重於科學。此乃何以經驗在基礎計畫與施工的決擇中，佔有重要地位，過去如此，將來亦復如此。

[1] 基礎施工採擇步驟

基礎施工要考慮的因素頗多，在未具有關基礎以往的經驗時，要用試驗作為參考。有時會有數種方案可循。

基礎類型的採擇，所含因素頗多。要求解答的問題計有；如何將上部結構荷重傳遞到下層土壤。當類型經決定後，基礎應如何施工，及

其所需成本是否合理等等。因之，執行基礎施工必需能履行其任務，不可導致上部結構發生有損害的變形，或在靜態荷重，動態荷重，滲透、沖刷諸情形下，導致下部土層或岩層失去承載能力。

採擇基礎施工方法時，一般均採取下列步驟：

- (1) 取得有關上部結構類型與應承受荷重等資料。
- (2) 取得地質鑽探資料。
- (3) 調查土壤的工程特性。
- (4) 研討常用的幾種基礎類型，與荷重或結構物間的關連，沉陷的極限，施工時遭遇的困難等等，並剔除不適合的類型。
- (5) 依據土壤力學資料中各項細節，加以計算，作為所採擇某型基礎的設計與施工。
- (6) 估計所需成本。
- (7) 評估施工所需工期。

就一般而言，可有數種解答，再由主持人選擇其中的一種。顯然，這是屬於一種折衷處理。由此而得結構的與經濟的要求，並據以設計與施工。當無先例可循時，作此種廣泛研究，尤屬必要。對一已具經驗的工程師而言，此項工作應能駕輕就熟。

在研究上述第(4)項問題時，通常所作的考慮如下：

- (a) 上部結構的類型。
- (b) 地質。
- (c) 基腳 (footing) 底部的深度。
- (d) 基礎在水位下的深度。

在基礎施工中，常將其所遭遇的土壤與岩石作為工程材料。混凝土及鋼料為人工製造材料，可按所需訂出其品質要求，但土壤與岩石的情形恰好相反，此係自然生存，且不期而遇。故基礎工程師的工作與混凝土及鋼結構工程師的情形恰好相反。要採用某種類型基礎以期

適合工地所具備的性質。因之，地層鑽探與土壤或岩石的工程性質，乃為成功的一項具決定性的重要因素。

地面下土層資料中，尚具有若干不定因素，工程師亦需冒此風險，Casagrande氏對此曾作廣泛分析。Casagrande氏將工程師所冒的各項風險加以區分，計有未知的與可估計的，以及人為的風險等三種。均由吾人全部承擔。未知風險，係由於不可知的工程因素發生。可估算的風險，係根據用來評估所需的經驗與判斷各項因素，逐一加以分析，經審慎考慮而得的一項風險，亦即在計畫與決策時，所設定的安全界限，概估其可能發生範圍的一項數值。人為風險，包括組織不當，引用知識不妥以及用人不適等等。若工程師經驗豐富，就可承擔較大的風險，所得的必較經濟。

〔2〕 本書主要內容

- (1) 說明基礎計畫與施工所遭遇的一般問題。
- (2) 敘述淺基礎施工（見圖 1.1）。第二章說明淺基腳的面積估計。第三章說明一般基礎坑開挖，其邊坡部分不需採用支撐者。第四章說明當基礎坑開挖時，邊坡直立，並用版樁、加斜撐與錨碇等情形。第五章說明較深基礎的開挖，用版樁牆與陸上圍堰諸情況。尤其位在地下水位以下的情形。第六章說明水中基礎開挖，加設河中圍堰的情形，第七章說明祛水情形。
- (3) 深基礎施工方法，用於傳遞荷重到較深地層，以期獲得所需的承

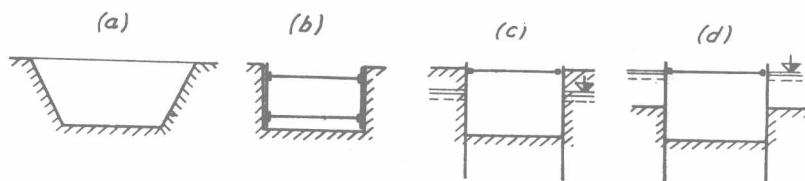


圖 1.1 淺基礎的開挖：(a) 一般基礎開挖；(b) 版樁；(c) 陸地圍堰；(d) 河上圍堰

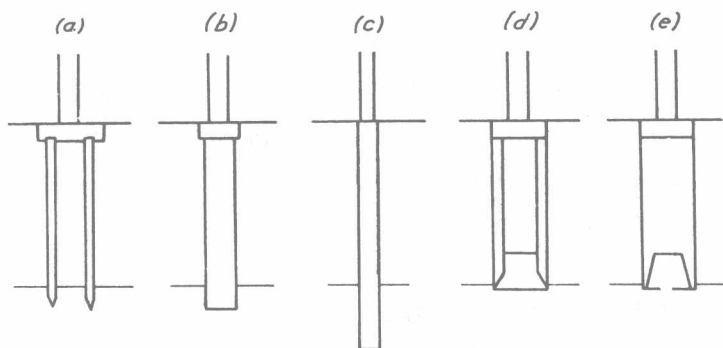


圖 1.2 深基礎：(a)樁；(b)墩；(c)隔牆；(d)開口沉箱；(e)壓氣沉箱

載力量（或）減少沉陷（見圖 1.2）。此項施工方法，計有用來承載較輕荷重的樁基礎（第八章），墩基礎（第九章）用來承載較重的負荷，隔牆基礎（第十章），以及開口與壓氣沉箱，用來承載大型結構物（第十一章）。

- (4) 敘述特殊基礎施工（見圖 1.3）。計有地面下土層的改良施工（第十二章），水中基礎施工（第十三章）以及原基礎加固施工（第十四章）。

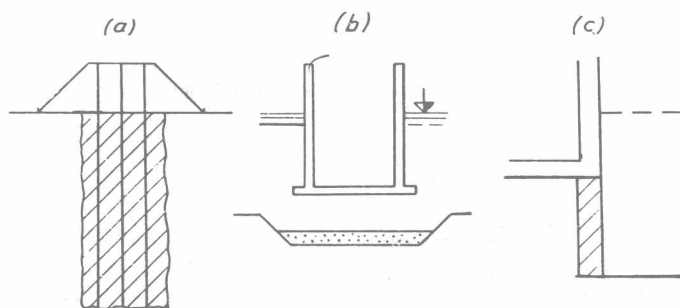


圖 1.3 特殊基礎施工：(a)土壤改良施工；(b)水中基礎施工；(c)原基礎加固施工