

科學圖書大庫

基礎工程

譯者 黃民仁 陳東華

徐氏基金會出版

譯 序

基礎工程是土木工程的重要課題，其應用範圍相當廣泛，舉凡房屋建築、道路、橋樑、港灣工程、機場、水利設施等，皆須慮及；而其牽涉問題又極複雜，如地質、土壤、水文、力學、結構、物理、化學等。本書對於初學者提供基礎工程的基本知識，及一般設計原則；對從事實際工作之工程人員，則建議簡捷設計步驟及施工法則，以求工程之穩固、安全及經濟。

全書分爲五篇：首篇簡介基礎工程，次篇說明開挖及圍堰，第三、四篇分別討論淺基和深基，末篇則爲特殊問題之研討。將有關知識條分縷析，並以淺顯實例，使讀者易於了解及應用，資料相當廣泛而深入。

譯者才疏，不敢對原書妄加增補刪減，僅將其中少許疏漏更正，餘則求忠實表達作者原意。末尾另附中英名詞，俾利讀者查考。

本書之出版，全賴徐氏基金會之贊助，師長之鼓勵，朋友之襄助。謹此誌謝。

黃民仁
陳東華 謹識

中華民國六十五年五月

原 序

本書之編寫，在做爲初、高等基礎工程，一學期之教科書。爲求建築物基礎及其構件之安全及經濟，今日之基礎工程非需要廣泛之基本觀念及原理不可；故本書之目標，在讓學者對重要原理及設計方法，獲得初步之了解。本書之取材配合實用土壤力學。

由於篇幅限制，無法敘及基礎工程之全部及許多設計細節；但相信本書已包含基礎工程基本知識介紹之最低要求：

1. 基礎工程重要歷史之回顧。
2. 陸地上砌置基礎所需之開挖、圍堰等準備工作。
3. 淺基原理。
4. 深基分析——開口、浮式及壓氣沉箱，樁基等。
5. 基礎工程之部份特殊問題：橋墩附近之河床淘刷、地震對基礎之影響等。

具備大學程度之數學及力學等基本知識之學者，當不難掌握並了解基礎設計之原理；本書採用基本分析觀念，以提供設計基礎之正確根據。

雖然本書原爲土木工程學生而寫，亦可供工程人員現地應用，或做爲自修及實際應用之參考。每章皆有現成之設計例，並列舉有關之參考資料。

寄望本書有助於讀者獲得基礎訓練之初步知識，並鼓勵其繼續此方面之研究；工程需要不斷的進步。

ALFREDS R. JUMIKIS

目 錄

譯 序

原 序

第一篇 基礎工程簡介	1	3-3 基礎設計的一般步驟	18
第一章 導論	1	參考資料	20
1-1 土木工程師的法定責任	1	習題	21
1-2 為什麼要研究基礎工程	1	第四章 作用力	25
1-3 基礎的定義	2	4-1 作用於基礎上的力	25
1-4 基礎的目的	2	4-2 側向土壓力	26
1-5 基礎的術語	2	4-3 土壤單位重	28
1-6 基礎工程	3	4-4 內摩擦角，粘性，牆摩擦	29
1-7 基礎的一般分類	4	4-5 上揚壓力，自流水壓力， 滲流壓力	32
第二章 基礎工程簡史	6	4-6 冰壓力	37
2-1 一般摘要	6	4-7 震動力	38
2-2 古代的基礎工程	6	4-8 土壤和岩層的安全承載力	40
2-3 羅馬時代的基礎	7	4-9 承載力	41
2-4 中古時期的基礎	10	4-10 極限承載力方程式的特化	43
2-5 十五～十七世紀的基礎	10	4-11 深基礎的土壤承載力	45
2-6 十八世紀至現代的基礎	10	4-12 土壤容許承載力	45
2-7 基礎工程簡史結語	11	4-13 標準貫入試驗	46
參考資料	11		
第三章 基礎的選擇	12		
3-1 基礎的要求	12		
3-2 基礎的選擇	12		

4-14 砌於砂土的基礎·····	50
4-15 砌置於粘土的基礎：淺基礎、單一基脚·····	57
4-16 砌置於粉土的基礎：淺基礎、單一基脚·····	62
4-17 砌置於岩層上的基礎·····	64
4-18 基礎工程的安全係數·····	65
參考資料·····	71

第二篇 開挖及圍堰 ····· 75

第五章 開挖····· 75

5-1 開挖—砌置基礎的重要因素·····	75
5-2 階段式開挖的最大無支撐深度·····	77
5-3 開挖壩堤的保護·····	80
5-4 版樁·····	81
5-5 對版樁的側向土力壓力·····	84
5-6 等軸向壓力支撐的間距·····	91
5-7 支撐的靜力學·····	92
參考資料·····	94
問答·····	94
問題·····	94

第六章 版樁····· 97

6-1 引論·····	97
6-2 版樁的分析·····	97
6-3 錨定版樁·····	100
6-4 自由懸臂版樁的計算（傳統的方法）·····	101
6-5 自由懸臂版樁的計算·····	103
6-6 受主動土壓力的懸臂版樁·····	105
6-7 根據 Blum 計算受主動土壓	

力的懸臂版樁·····	107
-------------	-----

6-8 錨定版樁·····	110
6-9 自由土壤支撐法·····	111
6-10 壓力·····	112
6-11 力矩的折減·····	117
6-12 固定土壤支承法·····	119
6-13 等似樑的觀念·····	120
6-14 反力 R_j 之決定·····	120
6-15 d_i 的決定·····	121
6-16 彎曲力矩·····	123
6-17 TSCHEBOTARIOFF	

的錨定版樁系統·····	123
--------------	-----

6-18 錨定張力·····	124
6-19 錨墩的安置·····	125
6-20 作用於錨定牆之力·····	128
6-21 作用於土楔垂直邊上之摩擦力 R_L ·····	131
6-22 版樁—錨定牆—土壤系統之穩定性·····	131
6-23 錨定長度·····	132
6-24 橫撐·····	133
參考資料·····	133
習題·····	134

第七章 圍堰····· 137

第7-1 定義、分類·····	137
7-2 土圍堰、填石圍堰·····	138
7-3 土圍堰的穩定要求·····	139
7-4 單壁版樁圍堰·····	140
7-5 地面圍堰·····	143
7-6 雙壁版樁圍堰·····	143
7-7 水中澆置混凝土·····	149
7-8 砌置於岩層上的圍堰·····	153
7-9 土壤上的圍堰·····	156

7-10 版樁的打入深度.....	161	參考資料.....	240
7-11 版樁的撓度.....	162	習題.....	243
參考資料.....	165		
習題.....	166		
第八章 細胞形圍堰.....	167	第三篇 淺 基	245
8-1 細胞形圍堰的型式及用途.....	167	第十章 淺基與基脚.....	245
8-2 隔板式細胞形圍堰.....	167	10-1 基礎與基脚之分類.....	245
8-3 圓柱式細胞形圍堰.....	169	10-2 淺基分類.....	245
8-4 圓柱式細胞形圍堰設計 所需的資料及靜力系統	171	10-3 淺基深度.....	250
8-5 岩層上的細胞形圍堰.....	173	10-4 基礎最小(臨界)深 度計算.....	254
8-6 砌置於沈積砂層上細胞 形圍堰的穩定.....	183	10-5 淺基砌置.....	255
8-7 厚層均質粘土上之細胞 形圍堰之穩定性.....	184	10-6 集中荷重純混凝土正 方形基脚計算.....	259
8-8 荳蔻葉式細胞形圍堰.....	192	10-7 偏心荷重基脚之計算.....	261
參考資料.....	196	10-8 斜向荷重.....	266
問答.....	197	10-9 抗滑動穩定性.....	267
習題.....	197	10-10 雙向偏心.....	273
第九章 開挖時的排水.....	198	參考資料.....	276
9-1 排水的方法.....	198	習題.....	277
9-2 水的滲入量.....	200	第十一章 方形純混凝土基脚計算.....	278
9-3 降低地下水位.....	204	11-1 設計步驟.....	278
9-4 抽水機容量.....	213	11-2 臨界斷面.....	280
9-5 電滲法.....	219	11-3 力矩計算.....	283
9-6 水力震動土壤緊密法.....	222	11-4 剪力臨界斷面.....	286
9-7 土壤穩定.....	224	11-5 剪應力計算.....	287
9-8 灌漿.....	225	11-6 方形純混凝土基脚.....	292
9-9 土壤的化學固結法.....	227	11-7 純混凝土牆基.....	292
9-10 土壤的人工凍結法.....	231	11-8 巨積純混凝土階式或 錐形帶狀基脚.....	298
9-11 稀泥溝渠方法.....	237	參考資料.....	304
9-12 砂樁.....	239	習題.....	305
		第十二章 方形鋼筋混凝土基 脚及筏形基礎之設	

計.....	306	12-22 鋼格床.....	366
12-1 集中荷重正方形鋼筋 混凝土基脚.....	306	12-23 平梁.....	367
12-2 集中荷重方形鋼筋混 凝土基脚.....	311	參考資料.....	370
12-3 集中荷重鋼筋混凝土 帶狀基脚.....	314	問答.....	370
12-4 偏心荷重鋼筋混凝土 基脚.....	317	問題.....	371
12-5 偏心荷重鋼筋混凝土 牆基.....	320	第十三章 圓形基脚計算.....	374
12-6 樁上基脚.....	321	13-1 圓形基脚.....	374
12-7 產權線限制之基礎.....	332	13-2 靜力系統.....	374
12-8 產權線上之梯形基脚.....	337	13-3 計算均勻厚度集中對 稱荷重圓形基脚之方 程式.....	376
12-9 聯合基脚.....	340	13-4 均勻厚度、偏心荷重 圓形基脚.....	381
12-10 產權線上之聯合梯 形基脚.....	340	參考資料.....	391
12-11 連梁基脚.....	343	第四篇 深 基.....	393
12-12 連續基礎；筏式基 脚.....	344	第十四章 開口沈箱.....	393
12-13 筏式基礎之用途.....	345	14-1 定義及緒言.....	393
12-14 筏式基礎設計.....	345	14-2 沈箱型式.....	394
12-15 筏基下面之土壓分 佈.....	348	14-3 開口沈箱.....	395
12-16 剛性筏基傳統設計 步驟.....	349	14-4 開口沈箱之優點及缺 點.....	396
12-17 依靜力學設計剛性 ，均勻厚度筏基.....	350	14-5 開口沈箱之構件.....	396
12-18 承受靜水上揚力之 筏基.....	358	14-6 開口沈箱之形狀.....	397
12-19 基礎防水.....	360	14-7 開口沈箱尺寸.....	398
12-20 格床.....	366	14-8 開挖；開口沈箱之下 沈.....	398
12-21 木格床.....	366	14-9 切脚形狀.....	399
		14-10 混凝土封底之厚度.....	400
		14-11 浚渫井開口沈箱.....	402
		14-12 圓頂沈箱.....	406
		參考資料.....	409
		第十五章 開口沈箱靜力學.....	411

15-1 開口沈箱上之力.....411	第十八章 樁.....472
15-2 圓形開口沈箱壁殼...415	18-1 樁之功用..... 472
15-3 方形開口沈箱壁厚...417	18-2 樁之分類..... 473
15-4 作用於垂直圓筒形沈 箱上之側向土壓力...418	18-3 負表面摩擦力..... 476
15-5 切脚周圍壓力分佈(土 壤反力).....418	18-4 樁之材料..... 476
15-6 開口沈箱之靜力狀況420	18-5 木樁..... 476
15-7 人工砂島.....421	18-6 混凝土樁..... 481
15-8 特殊沈箱..... 423	18-7 鋼筋混凝土管樁..... 485
15-9 問題..... 423	18-8 場鑄混凝土樁..... 485
參考資料..... 425	18-9 金屬樁..... 490
習題..... 426	18-10 組合樁..... 495
第十六章 浮式沈箱..... 429	參考資料..... 496
16-1 緒言..... 429	問答..... 497
16-2 沈箱浮力..... 430	習題..... 497
16-3 懸浮物體之穩定性... 431	第十九章 樁之承載力..... 499
16-4 浮式沈箱下水..... 434	19-1 決定樁承力之方法... 499
16-5 沈箱基礎之完成..... 436	19-2 關於動力打樁公式... 500
16-6 Little Belt橋之沈箱437	19-3 打樁..... 500
16-7 浮式沈箱靜力計算... 440	19-4 動力打樁公式摘要... 501
參考資料..... 451	19-5 樁之密西根研究..... 506
第十七章 壓氣沈箱..... 452	19-6 樁靜承載力之理論計 算..... 507
17-1 概論..... 452	19-7 作用於樁之諸力..... 508
17-2 壓氣沈箱之建造..... 454	19-8 樁點之承載力..... 514
17-3 壓氣沈箱之組成部份 455	19-9 考慮土壤側向阻抗時 樁點之承載力..... 517
17-4 壓氣沈箱內之工作... 457	19-10 最小樁點阻抗..... 519
17-5 壓氣沈箱計算..... 459	19-11 考慮土壤臨界壓力 時，圓錐形樁點之 承載力..... 520
17-6 壓氣沈箱之優點及缺 點..... 466	19-12 靜力樁承載力公式 522
參考資料..... 468	19-13 經驗規則..... 524
其他參考資料..... 468	19-14 樁之安全承載值... 524
習題..... 468	

19-15 拉力樁.....	524	問答.....	584
19-16 震動埋樁.....	530	習題.....	585
19-17 電滲法打樁.....	533		
參考資料.....	534	第五篇 特殊論題	589
問答及習題.....	535	第二十一章 淘刷.....	589
第二十章 樁基	538	21-1 橋基.....	589
20-1 樁基之應用.....	538	21-2 橋墩及橋台上之荷重	589
20-2 樁之排列.....	538	21-3 河床淘刷.....	590
20-3 群樁之樁效率.....	543	21-4 基礎之防淘刷.....	593
20-4 群樁設計的一些考慮	543	21-5 淘刷流速.....	593
20-5 拉力樁及斜樁.....	544	21-6 淘刷深度.....	595
20-6 靜力群樁.....	548	參考資料.....	604
20-7 靜定系.....	549	習題.....	604
20-8 靜不定樁系.....	553	第二十二章 深基側向土壓力	606
20-9 Culmann's 法.....	554	22-1 緒論.....	606
20-10 梯形法求樁上荷重		22-2 假設.....	606
之分佈.....	557	22-3 拋物線側向土壓力分	
20-11 垂直樁上，由垂直		佈.....	608
荷重合力造成之偏		22-4 平衡方程式.....	610
心荷重.....	561	22-5 最大及最小邊緣壓力	611
20-12 樁基承力及穩定...	564	22-6 切向摩擦力T及水平	
20-13 磨擦樁之理論最小		力H.....	611
間距.....	566	22-7 旋轉點O之位置.....	612
20-14 樁基沈陷.....	569	22-8 側向土壓力座標.....	612
20-15 群樁沈陷摘要.....	572	22-9 臨界荷重.....	613
20-16 樁之彈性應變.....	572	22-10 埋入深度.....	613
20-17 樁排架頂之水平變		22-11 深基土壤承載.....	614
位.....	574	參考資料.....	614
30-18 群樁之精密計算...	576	習題.....	615
20-19 離岸塔.....	576	第二十三章 疊式牆圍堰（或	
20-20 高建築物基礎.....	579	框籠牆圍堰）.....	616
參考資料.....	583	23-1 填石木質框籠.....	616
		23-2 疊式牆之穩定性.....	618

23-3 框籠構件上作用力...	619	響.....	632
參考資料.....	620	參考資料.....	634
習題.....	621	其他參考資料.....	634
第二十四章 地震對基礎之影		習題.....	635
響.....	624	附錄 I 希臘字母.....	636
24-1 地震加速度.....	624	附錄 II 符號說明.....	637
24-2 地震對建築物、基礎		附錄 III 單位換算.....	653
及土工之影響.....	625	附錄 IV 常用土壤試驗及其應用	668
24-3 地震對擋土牆之影響	626	附錄 V 參考書目.....	673
24-4 地震作用對橋墩之影		中英名詞對照.....	676
響.....	627		
24-5 震動對箱形結構物後			
面砂土之影響.....	628		
24-6 機械基礎之機械震動	628		
24-7 防震設計之有效措施	628		
24-8 三藩市——奧克蘭港			
橋墩設計之地震考慮	631		
24-8 水對大壩之振擊之影			

第一篇 基礎工程簡介

第一章 導 論

1—1 土木工程師的法定責任

基礎結構需要在安全與經濟上作智慮的設計。在法定意義上，表示土木工程師有雙重的責任：

1. 結構物的用途，安全，及穩定上的設計與施工。
2. 根據大部分工程許可的要求——使用這些結構物的人們生命有安全保障。因此土木工程師非但要熟悉結構理論，設計方法，施工材料的強度及性質，而且也要對自然物如水及土有相當的認識。當在地下水位下砌置基礎時，地下水可能引起基礎及土木作業上的種種困難。因此基礎工程師不僅對基礎工程要有豐富的知識，也要對土壤力學有相當的研究。

1—2 為什麼要研究基礎工程

基礎工程訓練內容包括基礎設計、施工的理論與技術上問題。這個時代的土木和水利工程日趨高大，因此需要更强或具有永久性的基礎。因為結構物的壽命依其承載基礎的土壤或岩盤的強度而定，因此基礎必須妥善的設計與砌置。關於這方面，常可聽到基礎沒有承載土壤重要，結構物沒有基礎重要，因為結構物建造在土壤上，由此可知支承土壤的重要了。

基礎設計的重點是如何評估基礎對整個結構物的重要性，預估基礎全部或部分破壞所產生的後果，而且必須要知道如何去補救或避免這些破壞。幾乎很少由錯誤的理論或對數據錯誤的評估而造成錯誤的設計，而大部分是對於分析、設計、施工原理的疏忽或失察所致。工程上的失敗往往是發生在設

計者忽視以前的經驗，對於基礎設計和施工，應該去發現危險的情況，而去克服它，補救它，甚至重新設計它，而不要因為避免反覆設計的困窘，和費用昂貴，而堅持以前的設計。不良基礎及其造成的上部結構損害很難修復。

Sir, Francio Bacon 有句名言“為自己的疏忽而辯護是人類最大的缺點”。

由以上的討論，基礎工程最大的關鍵為：安全第一，經濟其次，然而並不是表示不能建造經濟且安全的構造物，參考破壞情形，就可做到既安全且經濟的結構物。基礎工程不是一門真正的工程科學，基礎設計通常不像上部結構（super structure）所引用的資料真確，所有施工材料必須符合某些規範，基礎面下的土壤如同其天生性質，與其位置不同而有異，且不易理出規劃，必須在理論分析外加上不可預期的不可抗拒力量，因為它不遵循建築規範或設計標準。

1—3 基礎的定義

結構物通常由上部結構（如橋之桁架）及下部結構（橋墩）組成。廣義的基礎是傳導上部結構之所有載重至支承土壤或岩盤上。基礎是連接結構物與土壤之間的構造物。基礎源自於拉丁語，即建造，安置建築物的意思，因此基礎是埋置於地面下的人工構造物。工程師所說的基礎是人工構造物的構件之一，及砌置基礎，包括橋墩及水力結構物等水下構造物。

1—4 基礎的目的

基礎是結構物中特別重要的一部份，其目的為：

1. 接受上部結構重及外力並傳遞至地面下某一深度的土壤。
2. 均布應力於基礎底面上，而使土壤支承力在許可值內。

基腳（footing）是傳導結構荷重的一個設計單位。

1—5 基礎的術語

為有效研究基礎工程，必須熟悉基礎通用的名詞，通用名詞如圖 1-1 所示，此圖為底承帶狀基礎（direct, shallow strip foundation）。底承一詞表示基礎或基腳直接置於土壤上（無樁）。在土壤——基礎系統中，呆荷重（Dead load）與活荷重（Live load）作用於上部結構而傳至其下部結構（基礎、牆、柱）。樁基（Piling foundation）、墩基（Pier foundation）和其他基礎名詞在以後第一次碰到時再補充說明。

基礎或基腳的底面，接觸土壤而傳佈應力至土壤。

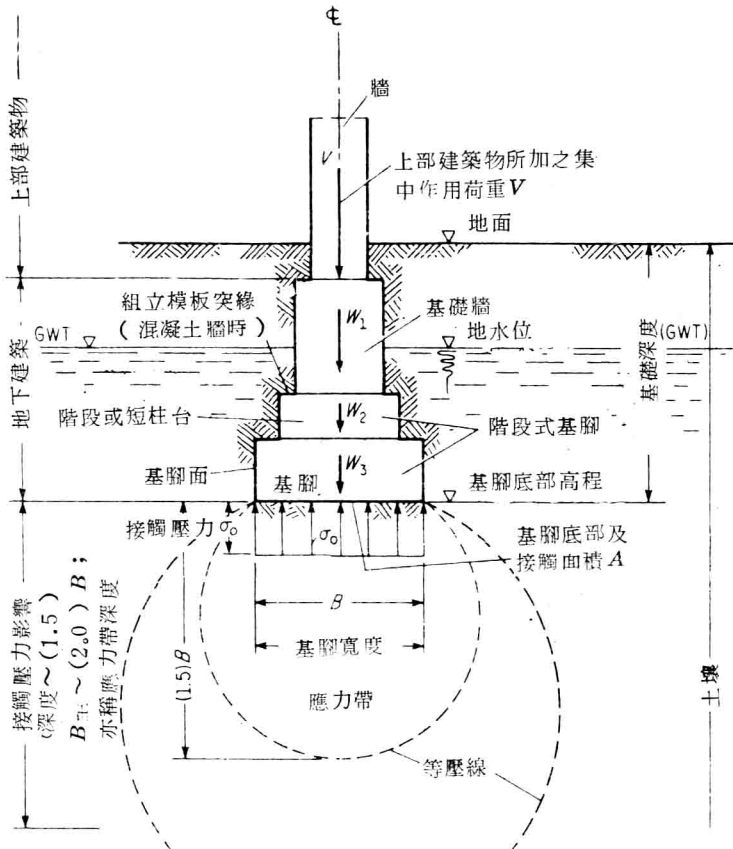


圖 1-1 基礎術語示意圖

1-6 基礎工程

基礎工程是土壤支承力與基礎設計施工的問題，即視土壤——基礎系統為一個整體單位的交互作用，土重是土壤與基礎系統視成一體的結合帶。

土壤——基礎系統的穩定性，不僅與基礎的強度有關，同時與基礎底面的土壤與岩石亦有關；土壤的承力變化很大，因此成功的基礎工程，必須對支承基礎的土壤與岩層性質有相當的知識與瞭解；也需有豐富的地質知識，對土壤情形、圍堰、土壤動力學（震動和地震），和水力學（地下水流動、滲流壓力、孔隙水壓力），亦需了解。因此，基礎工程是討論到學術——理

論——技術——實際的事物。“基礎工程”包含結構物砌置的各種安全經濟的科學和技術，已為國際上接受。

為了解決基礎工程問題，不僅必須對結構物有施工的訓練，同時也要有施工方法的管理與技巧；而且必須有工程地質、水力學、土壤力學，及相關聯的工程訓練，這是說：基礎工程討論到土壤——基礎系統中的交互影響，較其他施工需要更多工程知識的合成，且包括最大的工程技術與經驗。基礎的砌置有時是一個工程中最困難的問題。

由以上討論知基礎工程是複雜的，對工程師而言，只有經過多年理論與實際的經驗，才可洞悉其奧秘。

1-7 基礎的一般分類

為研究與分類起見，基礎大部可分成三大類：

- (A)淺基礎（或普通基礎）（ Ordinary or shallow foundation ）
- (B)深基礎（ deep foundation ）
- (C)特殊基礎（ Special foundation ）

淺基礎 這種基礎有時稱為放腳基礎（ Spread foundation ），基礎深度距地面相當淺，可在地下水位上或下面。淺基礎可分為(a)基腳（ footing ）(b)筏基（ mat ）。

基腳是設計傳導安全荷重至土壤與岩盤的基礎單位，特別的基腳是牆或柱底之擴大，分佈荷重至土壤而不超過土壤容許承力。

筏基是一個簡單版直接砌置於土壤上，通常是混凝土澆灌成均勻厚度，承受柱式或牆式荷重。

聯合基腳（ Combined footing ）是介於單基腳與筏基之間，本質上是由許多單基腳合成為一個小筏基，多個基腳由版或樑以直線連接可稱為帶狀基腳（ Strapped footing ）。

深基礎 深基礎砌置於距地面相當深度以下，我們必須瞭解一點，此種分類是相對的；淺基礎亦可能被區分為深基礎，因為兩者之間沒有明顯界限。深基礎通常是明挖，或在水面上開挖，深基礎包括有開口沉箱（ open caisson ），壓氣沉箱（ Pneumatic caisson ），浮式沉箱（ Floating caisson ），樁基（ Pile foundation ）。

特殊基礎 可區分爲下列數種：

- 高構造物基礎（烟囪，電波塔）
- 下部結構的基礎
- 近海或海港構造物的基礎
- 機械基礎
- 交通或流水隧道
- 特殊性質的特殊基礎

基礎型式的選擇視土壤承力而定，不僅與基腳的底面有關，而且也得視下層土壤的情況而定。

第二章 基礎工程簡史

2-1 一般摘要

爲了說明基礎工程，必須簡明的回顧其歷史發展；研究歷史不僅是用來回顧人類的過去，同時也爲人類未來努力定出方向；研究基礎工程的歷史，可使我們瞭解基礎演化的程序。在引用力學之先，需要並已採用某些重要的結構工程方面的數學理論，但引用此理論於設計方面之進展仍然緩慢少成就。

目前土木工程師所用的土壤力學，仍然相當複雜，因土壤本身的性質太複雜。然而，因果關係能使今日工程師們探討土壤——基礎系統中的相互關係。除了每天可獲知新的技術知識，利用短短的時間，回顧以前的基礎工程，是很有趣的。

2-2 古代的基礎工程

參考古埃及文化和聖經上，可得關於基礎重要性的資料，可推論出基礎對結構的穩定是重要的。記載上寫着：“房屋必須建於岩石基礎上”，岩石可用於基礎，聖經時代已成爲當然的事。舊約中，所羅門王建造他的王宮於杉木樁上，有趣的事是聖經上提到“基礎”，達165次之多，史前湖邊居民建造他們的巢居於打入湖底的樁上。我們亦可發現早期文明的大城市中，大廈及城堡之基礎如同今日的基礎一樣複雜，由於人類文明提高及文化活動的頻繁，人類定居於水邊及河流邊，他們不僅建築於岩盤上，同時也必須建築於砂土、粘土、粉土上——良好的土壤及不良土壤——視其碰到的土壤種類而定。山由於侵蝕及夷平作用細粒土壤由水携運至海中，這些細粒土壤通常可在河流之三角洲中發現，在此流速減小，細粒土壤沉積而成沖積扇。歷史上，人類定居於三角洲上，文明於此發生，在其發展過程中，必須建造結構的基礎，因此便會遭到土壤——基礎的問題。利用土壤與結構物的沉陷和土壤的破壞來決定其安全荷重。

直到現在，尚有東、西方古老的結構物存在，而且保存良好，這完全由

於基礎的成功。最有趣的為埃及在西元前 2,000 年的切脚沉箱 (cutting-edge cassion) 穿過砂層及礫層，切脚是以圓的石灰版鑽孔而成，開口沉箱的下沉是利用其本身的磚牆重，爲了減小貫入的摩擦力，沉箱外表面做成光滑的。Cheops 金字塔底面積 750 ft × 750 ft，480 ft 高，建於西元前 3,000 年前 (參考資料 2)，以石灰石塊爲筏基，建築於石灰岩上。這個說明了古埃及以及其他國家的建造者皆知道在良好的岩石上建築，較在鬆土上建築結構物穩定。

第一個河底隧道約在西元前 2,180 ~ 2,160 年間在巴比倫完成。波斯的地下隧道在西元前 800 年完成，其長度數千哩，用來輸送地下水，排除地面水等。巴比倫的漢姆拉比法典 (Babylon's Hammurabi laws) 中規定對建造者採取嚴厲的要求，其條文中規定：“假若建造者爲人們造房子，若有倒塌或因倒塌而使房子所有人死亡，建造者應處死刑”，這表示建造者必須具有某些建造安全建築物的技術。

根據 Steiman 和 Watson (參考資料 5) 的資料，中國的橋墩 (西元前 200 年 ~ 西元 220) 建造如下：“部份河流利用竹製的雙排式圍堰 (Double-row Cofferdam)，用繩子繫牢，竹筏基置於每排樁上，中間空隙填滿粘土，整個圍堰對水壓方向是成曲線形，水是由粗略的水車抽出”。中國古代亦解決了在急流中移去河床淤泥，改良砂土，安置橋墩的技術問題。

古希臘亦有建築海港、隧道、輸水管及水利構造物的工程技術。最有趣的是古代不像我們有科學的工程知識，而能完成其工程；這些技術在後來有的失傳，有的再發現出來。

2-3 羅馬時代的基礎

衆所皆知的羅馬人完成許多有名的工程，如海港、防波堤、輸水管、橋樑、大劇院、公共建築物、污水管、及公路網 (參考資料 6)。關於基礎，羅馬工程師 Vitruvius (西元前一世紀) 在他的著作 “ Ten Books on Architecture ” 上寫着 (參考資料 7) “假若可挖掘至堅硬地質時，基礎建於其上，假如無堅硬地質，則必需開挖，利用機器打入橄欖木樁或其他木樁，其中間填滿木炭”。對此，J. Gwilt (參考資料 8) 加一句重要的註腳“重基礎必須砌置於此種基地上”。

羅馬時代，臨海結構物的建築被認爲最偉大的成就，水中基礎的施工使用單牆及混凝粘土圍堰，水利用螺旋型泵浦或升降桶抽水，因此可在乾土上砌置基礎或偶而在水中砌置基礎。圖 2-1 表示羅馬的單牆圍堰，1684 年由