

大學叢書

基礎工程學

余家洵著

商務印書館發行

大學叢書
基礎工程學

余家洵著



商務印書館發行

中華民國三十六年五月初版
中華民國三十八年六月三版

◆(64113)

大學叢書
基礎工程學一冊

基本定價壹元貳角

印刷地點外另加運費

版 翻
權 印
所 必
有 究

著 者 余 家 洵

發 行人 陳 懋 解
上海河南中路

印 刷 所 商務印書館
印刷廠

發 行 所 商務印書館
各地

弁 言

建築物之有基礎，猶若樹木之有根株，夫未有根株枯萎而枝葉能鬱茂者。基礎不固，建築物亦烏得無恙，雖其本身結構堅強，又何所補。

揚子方言：『基，據也，在下，物所依據也。』基礎工程乃一切工程之依據，工無鉅細，莫不有基，惟基礎工程則因建築物之龐大而艱鉅。龐大之建築物，可得而舉者，若：船閘，船塢，堰壩，岸牆，禦浪堤，是皆水工建築物也，其基礎之設計恆屬於計劃時主要工作之一。基礎之建於水中者，其施工最難，陸上建築物之基礎，其深者亦多及於地下水，故可謂基礎工程實爲與水工有莫大之關係者。

英美工程書籍，習將基礎工程與圬工相提並論，余竊以此種編制法爲未可，蓋基礎不獨圬工有之，亦非盡屬圬工，例如木構鋼構皆有基礎，而基礎之用木樁者，當不能列爲圬工也。

本書之作，冀能供大學工科學生及從事實際工作者之參考，故着重於設計之方法，並儘量供給設計之資料，插圖表示基礎工程之結構。惟本書寫成於二次世界大戰期中，著者每日工作之勞形，與乎生活問題之縈懷，精神有限，欠缺難免，讀者幸教正之。

中華民國三十三年工程師節余家洵識。

目 錄

弁言

第一篇 緒論	1
第一章 打基之功用	1
第二章 地基	2
第一節 各種土壤之性質	2
1. 概要	2
2. 岩石	2
3. 砂礫	2
4. 砂	3
5. 粘土	3
6. 砂性粘土, 粘性砂土	3
7. 壤土, 炭泥, 沼澤, 泥濘及堆土	3
8. 多種土壤錯雜	3
第二節 地基之探討	4
1. 概要	4
2. 開掘及鑽探	4
3. 鑽孔之分佈	6
4. 確定地下水流性質	6
5. 土樣保留與地層繪出	6
第三節 地基荷重能力之測定	6
1. 荷重能力與容許載重	6
2. 地基載重能力之測定	10
第四節 地基抗力及填土壓力對於建築物之影響	10
1. 概要	10

2. 作用於基礎壁上之力	11
(a) 土壓力	11
(b) 土壓力及水壓力	17
3. 作用於基礎底之力	17
(a) 垂直力之影響	17
(b) 水平力之影響	19

第二篇 各種打基法

第一章 緒論

第二章 陸上打基法

第一節 淺基礎

第二節 深基礎

1. 使土壤變為密實

2. 樁基

(a) 混凝土樁

(b) 鐵樁

3. 用井筒打基法

第三章 水下基礎

第一節 概要

第二節 保留原來水面

1. 使土壤變為密實

2. 堆沙法

3. 堆石法

4. 打樁填石法

5. 木箱填石法

6. 水下築置混凝土法

(a) 水下築置之混凝土之質地

(b) 袋盛法

(c) 沉入半凝結之混凝土法

(d) 灌注洋灰漿法	36
(e) 用盒築置法	36
(f) 用活動漏斗築置法	37
(g) 用固定漏斗築置法	40
(h) 用唧機壓灌法	43
7. 樁基礎	43
(a) 木樁	43
(1) 打木樁法	44
(2) 木樁之接長	45
(b) 樁基之構造	45
(1) 低樁台	45
(2) 高樁台	46
(c) 樁之位置	47
(d) 樁台之種類	47
(1) 木樁台	47
(2) 混凝土樁台	48
(3) 鋼筋混凝土樁台	48
(e) 樁基計算法	48
(1) 作用之力	48
(2) 低樁台之計算法	49
(3) 高樁台之計算法	49
(4) 求樁之粗度	60
(5) 例題	60
(f) 混凝土樁及鋼筋混凝土樁	69
(g) 鐵樁	70
(h) 特種樁	70
(i) 樁之拔出及鋸斷	71
8. 井筒	71
(a) 概要	71
(b) 形狀	72
(c) 構造	72

(d) 施工法	74
(e) 計算法	76
(f) 應用範圍	76
第三節 降低水位	77
1. 直接抽水	77
(a) 應用範圍	77
(b) 抽水設備及其佈置	77
(c) 抽水機之轉數及其功率	77
(d) 基礎坑之形狀及大小	79
(e) 基礎坑之圈圍及防漏	79
(1) 木板樁	80
(2) 鋼板樁	82
(3) 鋼筋混凝土板樁	84
(4) 土埂	85
(5) 木箱形埂	86
(6) 鐵箱形埂	87
(7) 混凝土埂	88
(f) 圍埂計算法	88
(1) 板樁計算法	89
(2) 埂之計算法	99
2. 降低地下水位	105
(a) 應用範圍及利弊	105
(b) 井之分佈及構造	106
(1) 井之距離及井數	106
(2) 井之構造	107
(c) 抽水設備, 抽水機	107
(1) 吸筒	107
(2) 吸水管, 壓水管	108
(3) 抽水機	108
(d) 降低地下水位法之計算	109
第四節 利用高氣壓排水法	112

1. 高壓氣箱	113
(a) 高壓氣箱之構造	113
(b) 高壓氣箱之計算	114
(1) 鐵箱	114
(2) 磚石砌築之箱及鋼筋混凝土箱	115
(c) 高壓氣箱之沉降	115
(d) 沉降用具	116
2. 潛水工作罩	116
3. 應用高氣壓工作須知	118
(a) 工作時應遵守之規律	118
(b) 高壓氣體之供給	119
 第四章 凍結地基法	121
第一節 應用範圍	121
第二節 施行法	121
第三節 凍結土壤之強度	122
第四節 凍結體內混凝土之灌築	123
 第五章 地震區域建築物之基礎	124
 第六章 鑛區建築物之基礎	125
第一節 概要	125
第二節 鑛區建築物基礎之設計	125
 第七章 地下建築物之防護	128
第一節 防地下水之滲入	128
第二節 防沼澤水之浸蝕	129
第三節 防海水	129
 第八章 機器基礎	130
第一節 概要	130
第二節 作用之力	130

1. 靜力	130
2. 動力	130
3. 動力代替值	130
第三節 機器基礎之計算	131
1. 纜索升降機	131
2. 錘基	132
參考書籍	133

基礎工程學

第一篇 緒論

第一章 打基之功用

連繫建築物與地基之部分，謂之基礎；施行此項工程，謂之打基。

基礎須能承受作用於建築物上之力，並將其傳諸地基。

地基有能壓縮與不能壓縮二種：前者如健全之岩石；後者如沙，粘土等。吾人打基，不在避免基礎任何之移動，而在求其無害於建築物。是故凡不能耐彎曲之建築物，苟求其不罅裂，必須使建築物各部之移動一律（在不失其平衡狀態下）。今日工程技術之邁進，建築基礎之方法，已甚精良；特施行之範圍，恆受限制，要在合乎經濟之原則而已。

此外，基礎尚須能抵抗空氣，土壤，地下水及其所含化學物質，與微生物之侵蝕，故選擇材料，務須審慎。凡陸地，河內（橋墩），海中（岸牆，船閘，船塢，禦浪堤，燈塔等）之打基，均屬於基礎工程。不論在陸上抑在水中，必須達到適當之地基，故於此須分別淺基與深基二種。上述建築物之種類，地基之性質，以及材料之抵抗能力，乃純粹技術方面之標準。他若施工時之工具，工人之程度，工費及施工之時間，亦深足左右吾人對於打基方法之選擇也。

第二章 地基

第一節 各種土壤之性質

1. 概要

凡能直接承載建築物之土壤，可稱為良好土壤。惟此種性能，不僅係於土壤之性質，局部之情形，對於其影響亦甚大，例如：

土質及礦質之組織；

水位之變動及水質；

土內所含侵蝕性之物質。

是故欲普遍判定土壤之優劣，殆不可能；祇能確定何種土壤在何種條件下，可目為良好之土壤；受何種影響，則為不良好者。

2. 岩石

健全而未風化之整體岩石 其岩層近乎水平，厚度在 3 至 4 公尺者，乃良好之地基。

反之，有下列情形之一者，若不經過相當措置，不宜於直接承受建築物：

已風化或易風化之岩石 在施工前，須將已風化者剷去，其未風化者，加以保護。

非整體而罅裂之岩石 打基前，須詳覓空隙，將其填滿；如不可能，則須穿過此罅裂岩層，以抵於整體岩石層上。

傾斜之岩層 對於岩石下或各層間之地層，須詳加研究，苟水能侵入各層之間，而各岩層復不能透水，則其上面之岩層，有滑陷之虞。

薄岩層之下為較軟之岩石 基礎須穿過此軟岩層。岩層之下，因地下流水之沖刷，或因開礦而致空虛，打基時將空處填滿，或穿過之，或令建築物能承受不可避免之沉陷。

3. 砂礫

純粹砂礫，不含易溶解之成分，厚度約 3 至 4 公尺，積壓甚緊者，可視為良好之地基。施工時須慎防砂層之鬆動，並須防其凍結。

4. 砂

純粹之砂，其性質與砂礫相仿，惟更須切防其鬆動，尤忌與流動之水接觸；蓋砂顆之重量甚微，不能禦水之冲刷也。若含水甚多，則砂將完全隨水流動，而成所謂流砂。此種性質，與砂顆之形狀及大小暨水之分量及流速均有關。1公厘大之砂粒，亦具有此種性質。若能阻砂之流動，則可成為良好之地基，否則不合用。砂之彈性頗大，受重則壓縮，去重又復伸長。

5. 粘土

含水少而厚度在3至4公尺之粘土，乃良好之地基。惟粘土受壓則縮，建於粘土上之工程，應計及其沉陷，此種沉陷苟係均勻者，則不足為慮。

若含水量增多，則壓於建築物下之土壤，將漸變為粘性之液體，致失其荷重能力。故若基址為含水甚多之粘土層，頗為危險，蓋其承重能力之薄弱，須經過長時間始能發現也。

凡粘土地基，須慎防荷重地層之濕透；但若過分乾燥，則粘土將因縮而發裂，致令基礎動搖，亦頗為危險。至土壤因凍結而致鬆動，亦須加以防止。

6. 砂性粘土，粘性砂土

是項土壤為砂與粘土混合而成，若粘土之成分較多，則其性質近乎粘土；反之則近乎砂土。

7. 壤土，炭泥，沼澤，泥濘及堆土

此類土壤，均係惡劣之地基，如其下有較佳之地層可以達到，則最好將基礎建於其上；否則須於打基前，人工工作固之。

8. 多種土壤錯雜

建築基礎處之地層組織，恆為多種不同之土壤，層積而成，尠有僅為一種土壤者。故於選擇打基之地層時，應注意之點如下：

良好而薄弱之地層下，如為惡劣之厚層，則不適於承載重大之建築物。良好而透水之地層下，如為不透水之地層，其表面為滲漉水之侵潤而軟滑，則須將基礎打於不透水層上，苟建於上層，則有滑陷之虞，尤以在承受與基底平行之力時為甚。例如岸牆之承受土壓力及船隻纜索之牽引力；水庫牆之承受水壓力及土壓力等。若不能達到不透水層，則須有阻止滑動之措施如配置拉條及使基底作成鋸齒狀是。

第二節 地基之探討

1. 概要

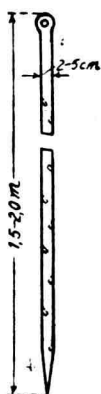
凡重要之基礎工程，其地層之厚度及組織以及水流情形，必須加以探討。土壤之探測法，有掘洞及鑽孔兩種。

2. 開掘及鑽探

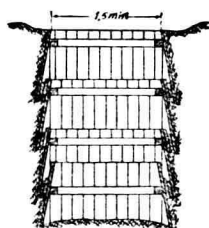
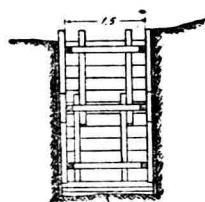
不甚厚之軟土壤，可用探測鐵條考察之。此種探測鐵條直徑約 2 至 5 公分，長 1.5 至 3 公尺（第 1 圖），刻有向上之深痕，用手旋入至相當深度，復行抽出，由留於痕內之土壤，即可察知其厚度及組織情形。惟此法僅能探知其大略，重要之建築，仍須兼作掘洞或鑽孔探測也。

掘洞甚深時，須加以支撐（第 2 圖），必要時，須用唧機排水。若深度更大，泉水湧湧時，則用鑽探法（第 3 圖）。

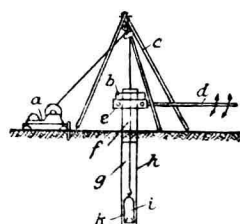
鑽之形狀，視土壤之種類而定（第 4 圖 a 至 f），第 4 圖 a



第 1 圖

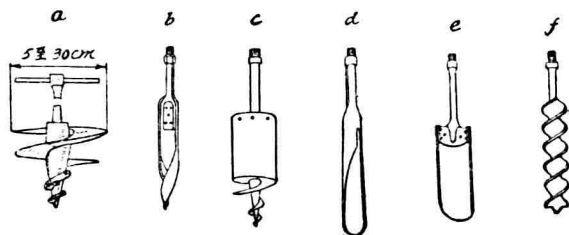


第 2 圖



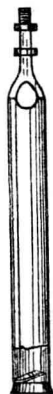
- | | |
|---------|-----------|
| a 電動起重機 | f 正面 |
| b 壓重物 | g 切面 |
| c 三腳架 | h 套管 |
| d 轉桿 | i 鑽頭 |
| e 轉盤 | k 5 公厘之間隔 |

第 3 圖



第 4 圖

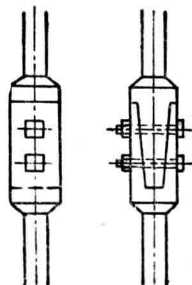
所示者適用於鬆沙土及粘土其鑽孔深度不大者，粘性土壤亦常用第 4 圖 *b* 所示者探測之，深度如大則用第 4 圖 *c, d, e* 所示者，而第 4 圖 *c* 所示者尤適用於軟土壤，土壤極硬時則用第 4 圖 *f* 所示者以鬆動之。在流動之土壤內，如泥濘，含水甚多之細沙，則用圓筒形之鑽，其底有一活閥，於插入土中時閥門開啓，土壤進入筒內，拔出時閥門關閉，阻土壤之墮出（第 5 圖）。如遇堅硬岩石或粗大卵石，則用第 6 圖所示之鑿形鑽，岩石之硬度適中，用第 6 圖 *a* 所示者，硬度大，用 Z 形或 I 形者（第 6 圖 *b, c*），在罅裂之岩石內，用十字形者（第 6 圖 *d*），岩石乾須於鑽孔內加水，鑽孔內之泥濘用第 5 圖所示具有活閥之鑽筒取出，並藉以得知所經過岩層之種類，蓋此種鑿形鑽不能將所鑽之土壤帶出也。



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖

上述之鑽，連於一鐵桿上，其橫斷面爲正方形，鑽與桿之結合或用螺旋，或用第 7 圖所示之法，前種結合法僅能向一方轉動，不若後種之能向兩方轉動也。鑽桿則用鐵索懸於一三脚架上，可以升降。套管之直徑，習爲 100 至 250 公厘，套管之內直徑，須較鑽之直徑大 5 至 10 公厘。土層堅厚，鑽探艱難者，套管之直徑，至少須爲 150 公厘。

沙土之探測，可用沖洗法。先將空筒打入地中，復插一細管於空筒內，然後將水自細管中壓入，則泥土及水由兩管間向上冒出。此法之弊，在土壤被沖洗後，已失其原來之性質。

新式探測法，係將空心鐵樁（直徑 26 公分，長度達 78.5 公尺）打入土中，然後取出，則地層原來之組織，可不致攪亂。

如爲樁基，可打試驗樁，並用 7.5 倍於實際載重之試驗載重，以測樁之荷重能力，藉補土壤探測之不足。

3. 鑽孔之分佈

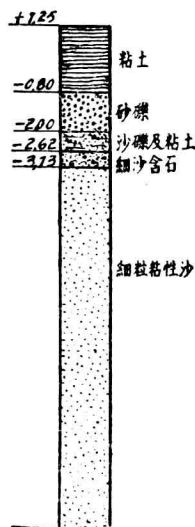
鑽孔之距離與其適當之分佈，無普遍之規定，惟其位置應不影響於打基工作。苟打基時須降低地下水位，則鑽孔切不可在將來之圍堰內。蓋下層之水，將因毛細管之作用而上冒，不易堵塞也。若地層組織簡單，變動不大，則鑽孔之距離可以較大。如鑽得結果不一，則須添鑽至能明瞭各地層之形狀爲止。普通若僅欲得地層大略情形，鑽孔距離可爲 20 至 50 公尺，惟當地層變化時，在上述距離內，恆能發現甚劇之斷層。

4. 確定地下水流性質

鑽孔內之水位，應常加觀測，同時以附近河流及水井內之水位作比較，可略知打基處地下水流情形（靜止或流動）。當孔內水位突變時，尤須特別加以注意。設不透水之地層被鑽穿，則該層下之水，每突然上湧，視其湧出之高，可大概計算其壓力之大小。又如堤後鑽孔，堤外水面如高出堤後水面，水亦每自孔內冒出，但有時堤後地層之水，亦能因毛管作用而溢出孔外，與堤外水面之高低無關也。凡鑽孔內取出之水，應加以化驗，鑑定其化學成分，蓋是項水中，每含有危險性之鹽類，影響於材料之選擇甚大也。

5. 土樣保留與地層繪出

由各地層鑽出之土樣，須保存於一分格之盒內，並註明其取出之地點及深度。各格均應裝滿至與邊緣齊，俾能由含水之土壤，於水分蒸發後之消縮，察知其大概所含之水分。各鑽孔之位置，須於平面圖內註明，而鑽得之結果，應繪圖表示之（第 8 圖）。



第 8 圖

第三節 地基荷重能力之測定

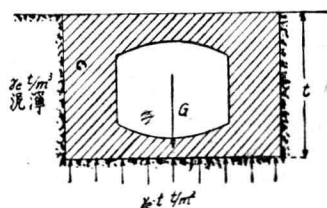
1. 荷重能力與容許載重

荷重能力者，乃地基面積單位上所能負之臨界載重，不致破壞其內之平衡者也。爲安全計，地基之許可載重，祇得爲荷重能力之分數。

按土壤之荷重能力，可概別之為三種，即堅固土壤(岩石)，半液體土壤(泥濘，流沙等)及能堆積之土壤(沙礫，石子等)，介乎三種之間者尚甚夥。

堅固土壤(岩石) 堅固土壤之荷重能力，係於其所含岩石之受壓強度，前者之許可載重，即後者之耐壓力，若其值不高於基礎材料之耐壓力，即按以定基礎之尺寸。否則地基之載重，不得超過材料之耐壓力。

半液體土壤 半液體土壤之荷重能力，與液體相仿，等於半液體土壤作用於基底單位面積上之抗力，外加基礎周圍與土壤之摩擦力，如第 9 圖， G 為建築物之本身重， F 為底之面積，若不計基礎周圍之摩擦力，欲保持其平衡狀態(即令其浮於半液體土壤中)，必須：



第 9 圖

$$G = \gamma_e \cdot t \cdot F$$

式中 t = 基底深度，

γ_e = 半液體土壤之體積重(t/m^3)。

如遇此種土壤，應力避建基於其上，蓋建築物全賴浮力支持，如船在水中，地基荷重一不均勻，即將傾斜，苟必須於此種土壤上建築基礎時，則當力求載重之均勻。

能堆積之土壤 其荷重能力係於：

1. 土壤之性質，以各分子間之摩擦係數 $\tan \varphi$ (φ = 摩擦角) 及體積重 γ 標識之。
2. 各土壤顆粒之大小，混合比例及所含空隙。
3. 荷重層在地面下之深度。
4. 荷重面積之大小及形狀。
5. 載重之種類。

φ 及 γ 係於土壤之組織，成層之鬆緊，及其所含水分。

土壤之耐壓力，可用下列二公式求之：

$$K_0 = C \cdot S \text{ (kg./cm.}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

$$K_0 = T/n \text{ (kg./cm.}^2\text{)} \dots\dots\dots (2)$$

公式(1)內之 $C = \frac{\text{載重 (kg./cm.}^2\text{)}}{\text{沉陷深度 (cm.)}}$ ，其單位為(kg./cm.^3)，其數值