

基 礎 工 程

朱 振 德 編 著



上海科学技术出版社

基 礎 工 程

朱 振 德 編 著

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本書寫作方面着重于介紹施工技術和操作經驗，可作為土建、水利及鐵路中等技術學校和同性質專修科的教学課本之用；也可供工地技術員施工員自修閱讀之用。

內容方面：首先闡述最基本的基土及基坑問題；在第三章內為一般土建詳盡地介紹房屋建築基礎設施；在第四章內介紹樁基工程；在第五至七章內敘述沉井、浮箱及沉箱筑基方法（如水利、海港及橋工等）；第八、九兩章簡略地敘述擋土牆及橋台與橋墩，對路工方面讀者很需要的；第十章內敘述的特殊筑基方法，將在祖國大規模建設中都會一一嘗試的。

基 礎 工 程

朱振德 編著

*

上海科學技術出版社出版

（上海南京西路2004號）

上海市書刊出版業營業許可證出093號

商務印書館上海廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

開本850×1168 1/32 印張5 24/32 字數140,000

（原大東，科技版印3,500冊 1954年6月第1版）

1959年10月第1版 1959年10月第1次印刷

印數1—1,000

統一書號：15119·262

定價：（十二）0.82元

引 言

連繫建築物與地基部分，稱為基礎。基礎接受上層建築的支力，再繼續傳送到基土中去。所以、基礎也就是建築物和地基中間的媒介結構。普通也有稱基土為基礎者，但指基土的基礎，不屬本書範圍，乃是土壤力學的問題。

基礎設計，就是如何使基礎本身能承受支力，具有足夠的材強；且能妥善地完成傳導工作，不使基土發生損裂或過量的與不均勻的沉陷。

一個建築物的好壞，不僅看它本身結構得完善與否，更要看它的基礎構造得如何。如果基礎構造未臻妥善，則不論上層建築設計得如何週密、結構得如何美滿，也屬舍本求末，對整個建築物的安全是無所裨益的。

基礎發生不圓滿後果：如擋土牆、溝渠和山洞傾坍了，因對土壓力的計算及分佈情形的估計不夠準確；高樓大廈因基土不均勻下沉，致使牆壁傾裂，門窗不能啓閉。歷史上的教訓是不勝列舉的。所以興建較大工程，事先須進行基土鑽探，並試驗土質，以供基礎設計時作為數據。近代土壤力學的研究與試驗猛進，對土壤的沉陷、剪力、黏結性以及土壓力理論等均有顯著收穫，予基礎設計和施工很多幫助。可是，土壤不像其他材料，很是缺乏均勻性的，它的性質是變化無窮的。因此，處理基土與基礎問題，必須非常謹慎，面面考慮。

目 錄

引 言

第一章 基土	1
(1.1)基土種類和有關基礎設計的性質	1
(1.2)基土耐壓力	5
(1.3)基土載重試驗	8
(1.4)基土鑽探	9
(1.5)基土內的計算應力	15
第二章 基坑	22
(2.1)一般敘說	22
(2.2)基坑支棚工程	24
(2.3)保持基坑乾涸問題	27
(2.4)水中築基的防護工程	31
(2.5)板樁	35
(2.6)水中混凝土	42
第三章 擴展基礎	48
(3.1)基礎砌置深度	48
(3.2)基礎底面積的決定	49
(3.3)磚石及混凝土基礎	51
(3.4)鋼筋混凝土基礎	54
(3.5)枕架基礎	75
第四章 樁基	80
(4.1)樁的載重	80
(4.2)樁的製造	89
(4.3)打樁	95
(4.4)樁基佈置	100
(4.5)樁基計算	102
(4.6)樁頂鑲接	106
第五章 沉井築基	109

(5·1)一般敘說	109
(5·2)沉井構造和施沉方法	111
第六章 浮箱築基	118
(6·1)一般敘說	118
(6·2)浮箱構造和施沉方法	118
第七章 氣壓沉箱	123
(7·1)一般敘說	123
(7·2)氣壓沉箱的構造	125
(7·3)沉箱的施工機具	127
(7·4)氣壓沉箱的施工方法	128
第八章 擋土牆	132
(8·1)一般敘說	132
(8·2)土壓力	133
(8·3)重力牆	139
(8·4)鋼筋混凝土擋土牆	145
第九章 橋台與橋墩	157
(9·1)一般敘說	157
(9·2)橋台的構造	158
(9·3)橋台的穩固問題	160
(9·4)橋墩的構造	164
(9·5)橋墩的穩固問題	165
第十章 特殊築基及基土加固法	169
(10·1)潛鐘築基法	169
(10·2)基土凍結法	170
(10·3)鋪墊沙石築基	171
(10·4)沙土樁	173
(10·5)壓注水泥漿法	174
(10·6)瀝青灌注法	174
(10·7)矽酸灌注法	175
(10·8)電氣砂化法	176

第一章 基 土

(1.1) 基土種類和有關基礎設計的性質

從事基礎工程者必須徹底認識基土，這樣、才能闡明土壤性質的多種多樣作用，也才能預見可能發生的危險。基土的詳細分析和試驗是土壤試驗室的工作，這裏不擬敘述了。但野外實地觀察，對一般土壤的材料鑑別、性質說明和負重後的作用估計，能適當地用感性去判斷，也是非常需要的。

土壤是下面幾種作用的產品：

- (1) 物理(力學)崩解：磨損、碎裂等；
- (2) 化學分解：氧化和水化；
- (3) 植物或生物的作用。

力學作用和化學作用總起來也叫做風化。所謂滲濾就是靠雨水和基水的流竄作用，從土壤內流去可以溶解的物質。崩解的土料可能留在原處，也可能為風、水、冰川迭經移運而成沖積土壤。土壤的結構和水分的有無或多少，都很影響基土性質和強度的。

茲將基土分為若干類，分別敘述其對基礎設計有關的性質如後。這裏必須指明：屬同一類的材料，又可能因壓實情況、含水量和物理構造的不同而使性質懸殊。

岩石類土壤 是大片的、堅硬的、幾乎不可壓縮的、抗水的、膠結而留在原處的岩石，亦稱層岩。它的下面盡是岩石，並無其他材料。層岩的地質組成可能是花崗岩、閃綠岩、砂岩、石灰岩、礫岩等。板岩、頁岩、

石膏、鹽岩、石膏質礫石等或則強度較次，或則不能抗水，稱為半岩石類土壤。層岩不是用鐵鏟所能挖掘的，而須爆炸的。也有岩層已經折斷，斷縫內積有碎石和黏土似的材料。

層岩能抵抗任何來自人造石的壓力，它總是強於水泥混凝土。縱然如此，還是須要了解岩石的類別、裂隙和岩層的傾度等；有時也須檢查岩石的質料，以測定它的化學和物理穩定性。石灰岩作為壩基，沿滲水縫易於水化。頁岩一經着水易於崩解；板岩和砂岩也不穩定。鑿掘岩石基址時，如岩層直對基坑傾斜，風化後可能向下崩塌。

漂礫 是已脫離層岩的碎塊石。有被移運，也有仍留在母岩上面的，但一般講的漂礫是指已移運者，它是經冰川、流水推運磨損。漂礫的尺寸，普通最小為 20 公分，大至數公尺或數十公尺不等。漂礫支承大荷重是不可靠的，因為在它下面和周圍是較弱的材料，可能使它側傾。打樁和沉箱碰到藏在塑劣土壤內的漂礫引起嚴重困難。有時寧把漂礫移去，也有時寧可另覓適當基址。

礫土 是 7.5 公分（也有最大自 20 公分算起）至 2 公厘的圓粒石料。普通由各種混合尺寸級配存在的；也常混合或多或少的砂粒。細礫土自 2 公厘至 6 公厘稱為碗礫土。一般所稱碎石則指人工或機器擊碎的角狀碎石。

礫土是極好的基礎材料，如果它下面不是弱土層，也不會被疏刷空虛。基水存在，對配合很好的礫土尚不致改小強度。頁岩質的礫土當然不屬這範圍。礫土內毛細作用極微。

沙土 是細小的或圓或角的岩粒。依據不同種的顆粒分類法粒徑可自 2 至 0.05 以至 0.02 公厘不等。進一步的分類是：

細沙	0.05—0.2 公厘
中沙	0.2 —0.6 公厘
粗沙	0.6 —2.0 公厘

沙土原是優良基礎材料。但如顆粒微細，則強度和內摩擦均降低；又如顆粒極細，再飽和了水分，就變成流沙。流沙承負小荷重也會流竄、極不穩定。基址中發現流沙是一個嚴重問題。如果四周用板樁圍住，壓實後還可充作基礎。相反的、普通濕細沙因表面張力作用可能比乾透的要強，這正如我們在沙灘走路所體會到的。中沙土和粗沙土不拘乾濕、強度各約相等。

淤泥 是由 0,05 至 0,005 公厘細粒組成。含有有機物質的淤泥稱為有機淤泥，發出很壞的氣味。河底或湖底常有這類土壤。

淤泥因易壓縮是一種極不好的基礎，內部摩擦力極低。乾燥時強度也極低。因具有強烈的毛細作用，所以很容易遭受凍結破損。挖土時容易流入基坑。就是沿坑壁已經加襯，基水漏出時仍帶有相當淤泥，故常使隣近土地底部疏空而致沉陷。淤泥處在靜水頭下有起浮現象。

黏土 由極細的無機顆粒組成，粒徑小於 0,005 公厘。土粒是扁鱗狀似的，固結得也不太完善。也有由季節性的沉澱變化造成帶有微薄層次的黏土沉積。

黏土內常含有相當水分。乾燥後則很堅硬。乾固中起收縮並開裂；再潤濕時重又膨脹。在濕的狀態下很是塑性和可壓縮的；如長期在壓力下，也會慢慢流動的。

黏土也視含水量多少和原先固結情況可分為軟、中、硬三類。它的不透水性是很寶貴的，因此挖土時，水不能很快流入坑內。有些黏土可以承載較大荷重。但黏土用為基土，必須通過仔細研究和考慮。

黏土類土壤的孔隙大小遠遠超過土壤本身的粒徑；並在天然狀態下，用肉眼可以看得見孔隙時，叫做大孔性土壤。大孔土按其在載重和浸水狀態下的變動分為下沉性質的與非下沉性質的兩種。下沉性大孔土作為建築物地基時，須採取專門措施；如妥善排水，儘使地基土壤不

受水浸；或預先浸濕基坑，排夯堅實，以達成修築基礎前將基底壓縮的目的；或用其他人工方法加固基土*。

硬盤土 是沙和礫的混合，並含有些黏土或淤泥。因在強烈壓力下（如冰川）所造成，故密度較大。一部分顆粒已經黏結，可能雜有漂礫。也有稱在地面下相當深度的壓實黏土為硬盤土。工程上挖土至硬盤土而止，稱為“已挖到底”。硬盤土能承負較大壓力，即使浸水也不致潮軟。但是適當的防護還是必要的。

壩場 是沙和淤泥或黏土的混合，並含有些有機物質——腐植土，對農作物頗有價值的。有時稱為頂層土，以資和少含或不含有有機物質的下層土有所區別。壩場作為基礎是不可靠的。質弱而易壓縮。一般情況應完全挖去，不宜用為基礎。

極肥土 是一種極細的黏土材料，含有少量的沙土。受潮後變為油滑，是極壞的基礎。如果遇到這類土壤，設計者應特別小心，並考慮是否用浮筏基礎來減少沉陷，還是根本挖除之。

泥炭土 是半腐爛的有機物質，如在沼澤中所見到的。泥炭土是不能作為基礎的，也不能作為路基的填料的。

腐泥土 是有機物質和無機物質的混合，腐泥土僅稍比泥炭土好一些。

黃土 是風力沉積，風雪似的降落而成的。顆粒細小均勻，內部微有膠結作用，所以黃土層可以挖成直壁，作為基礎還有相當價值。但可能以耐壓強度和壓縮性不能到處一致，而引起不均勻的沉陷。又黃土浸水，膠結也便消失。

混合土壤的種類很多，也有附加前置形容詞來標明混合中的次要材料，例如沙黏土、黏沙土、淤黏土和礫黏土等。但是一般所稱的沙壩

* 參照第十章中所敘的沙土樁法及砂化法。

是指一種以沙質材料爲主的壩埧。

工程製圖中表達基土剖面，還沒有定出統一的標準記號，圖 1.1 僅示一般慣用的記號，以供參考。

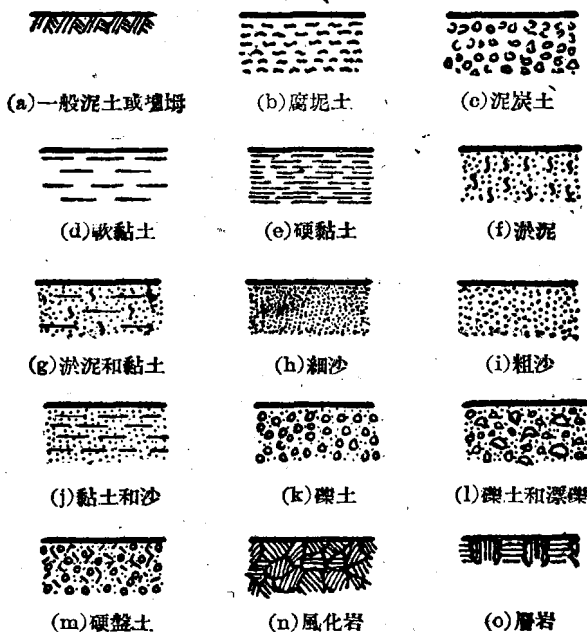


圖 1.1

(1.2) 基土耐壓力

基土耐壓力視土質而異，並與土層厚度和斜度有關。耐壓力就是單位面積上的載重能量，按噸/平方公尺或公斤/平方公分計算。設基土的最大耐壓強度爲 k ，則安全耐壓力 $\sigma = \frac{k}{n}$ ， n 就是安全率。故具有 F 底面積的基礎能承負最大載重爲 $K = F \cdot k$ ；或它的安全載重爲 $P = \frac{K}{n} = F \cdot \sigma$ 。

依據力學原理，在基礎底面 BD (圖 1.2) 下的基土抵抗力應等於自

建築物傳來的載重 P 。土壤如能承受上層的壓力，則不致壓碎或沉陷（過量的沉陷）。壓應力與沉陷的關係示如圖 1.3。初期沉陷極慢，但當壓力到達某項一定數值後，沉陷急速增加。此時的載重就是基土的最大耐壓強度。實際設計時，祇用最大耐壓強度的半數或三分之二為準許或安全耐壓力。機器基礎因震動及衝擊關係，甚至僅取三分之一至六分之一為準許耐壓力。

一般土壤的准許耐壓力列示如後表：

表 1.1

土壤准許耐壓力

項目	基 土 種 類	准許耐壓力 公斤/平方公分	附 註
1	堅韌岩石	20—100	
2	較柔岩石(如砂石、石灰石等)	7—20	
3	堅實礫石(含黏性成份少)	5—7	} 含水足以減少耐壓力
4	堅實砂土(顆粒尖銳)	3—5	
5	中等細沙	2—3	
6	流 沙	0—2	若不流動(如在較大深度或用板樁包圍)可作基址
7	泥 灰 石	3—4	
8	沙性黏土及硬黏土	2—3	祇不與水接觸時
9	潮濕黏土	0,5—1,0	視含水多寡而異
10	堆土、沖積土	0,5—1,0	視堆積情形、年代而異
11	原 壤 土	0,5	不適於做永久性建築物的基礎
12	泥澤泥濘	0	

上海市基土的准許耐壓力規定為 0,8 公斤/平方公分，相當於第 10 項的土質。

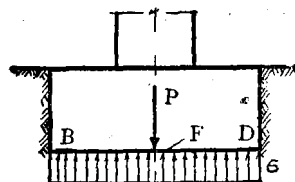


圖 1.2

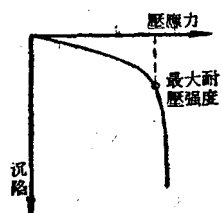


圖 1.3

表 1.1 中所列的數值*, 僅適用於離地面 2,0 公尺處。如果基礎很深, 則准許耐壓力也可加大。假定某種土壤在 2,0 公尺深度的准許耐壓力查表 1.1 為 σ_0 , 則在 z 深度處每單位面積上多負擔了自 2 公尺至 z 深度土柱的重量。茲如挖去土柱代以基礎材料, 因兩種材料的比重參差無幾, 並不太影響土壤的原來狀況。故土壤在 z 深度的准許耐壓力應由普通耐壓力再加土柱的重量而得:

$$\sigma_z = \sigma_0 + \gamma_e (z - 200) \quad (1.1)$$

根據地基土壤類別的不同, 上式的後項一般還須乘上一個係數 K :

$$\sigma_z = \sigma_0 + K\gamma_e (z - 200) \quad (1.2)$$

式中 γ_e 是土壤單體積的重量, 公斤/立方公分; z 是從原地面標高算起的砌置深度, 公分; K 的數值如下:

表 1.2 K 值

礫土及砂類土壤	$K = 2,5$
砂質壤土、砂質黏土、很濕的大孔性土壤	2,0
黏 土	1,5
稍濕的大孔性土壤	1,0

舉例 根據圖 1.4 所示的土壤情況, 求在 8 公尺深度平面上的耐壓力。

查表 1.1 得礫土的 $\sigma_0 = 5,0$ 公斤/平方公分; 查表 1.2 得 $K = 2,5$ 。設沙每立方公尺重 1800 公斤, 即每立方公分重 $1800/100^3$ 公斤。應用公式 (1.2) 得:

$$\begin{aligned} \sigma_z &= 5,0 + 2,5 \frac{1800}{100^3} (800 - 200) \\ &= 5,0 + 2,7 = 7,7 \text{ 公斤/平方公分} \end{aligned}$$

如果從整平地面算起, 基礎砌置深度不足 2,0 公尺時, 則土壤的准許耐壓力應乘下表的

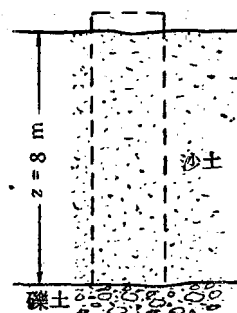


圖 1.4

* 嚴格分類的土壤的准許耐壓力可參考蘇聯工業與民用建築物及構築物天然地基設計標準及技術規範(НСТу-6-48)——顧景田譯。

修正係數來減小之：

表 1.3 2 公尺以上土壤准許耐壓力修正係數

砌置深度 (公尺)	修正係數
0,5	0,65
0,75	0,69
1,00	0,75
1,25	0,81
1,50	0,87
1,75	0,93
2,00	1,00

(1.3) 基土載重試驗

探測土質，除挖掘土坑或鑽探外，於較小工程，也常採用載重試驗以測定基土強度。試驗方法簡單，在工地很容易舉辦。

載重試驗，以在擬建基礎底標高或地下水面高度處執行最為適當。試驗方法：先澆 1 公尺見方的混凝土板，上面砌磚墩（或全部用混凝土澆成），墩上擱置鐵軌或工字鋼為試驗荷重。此項重量應等於基礎應受壓力（設計載重）的 $1\frac{1}{2}$ 倍。在一定長的時間內（例如冬季停工時期），測驗所起沉陷，並記錄之。沉陷超過 25 公厘已認為不合格。測量沉陷可用水準儀或用圖 1.5 的裝置。在墩上立一根測尺，當測尺隨墩子下沉時，接齊架子橫木可以讀出沉陷。

圖 1.6 也是一種簡便方法。用 1 或 2 平方英尺底面的立柱，置於試驗窟內，柱頂架設平台。平台上堆放等於設計載重的磚塊或鐵錠，經 24 小時後，基土並無破裂，沉陷似也不再繼續，總沉陷不超過 $\frac{3}{4}$ 英寸（19 公厘），然後增添 50% 載重。再經 24 小時，如仍無破裂，沉陷又告終止；又增加 50% 載重後，所增加的沉陷也不超過當設計載重時沉陷的 60%，這樣，試驗結果，認為合格。

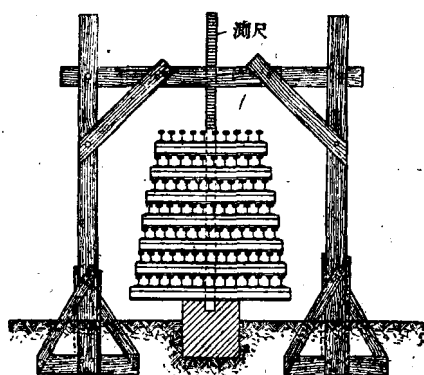


圖 1.5

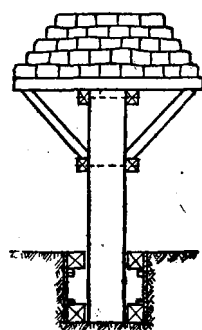


圖 1.6

(1.4) 基土鑽探

計劃重要建築，如橋梁、閘壩和重型廠房等，敷設基礎，必須與實地情況相適合。地下土質應須事前了解。探討基地土質和強度的方法，除用上述的載重試驗外，可用下列各種方法。

(一) 挖掘坑洞

挖掘坑洞是最現實的基土檢查方法。可以在坑底及兩壁直接檢察土壤的實在狀況。但挖掘方法所達深度有限，一般小於 2.0 公尺。若土質鬆軟，或須挖掘較大深度時，邊土隨挖隨坍，勢必挖成平坦邊坡，或隨挖隨檢查，並隨加支棚。坑洞寬度，約需 1.5 公尺，以便工作人員入內檢查。此法的挖土工作很費，且坑底以下的土壤還是不能瞭解，仍須進一步用其他方法來輔助之。

(二) 探針(圖 1.7)

考察不太厚的鬆軟土壤常用探針。探針直徑約 2 至 5 公分，長約 1.5 至 3 公尺，周圍刻有向上開口的深痕。用手壓入土壤；土質稍硬，則鎚擊入土。在相當深度旋轉探針，拔出後，痕內帶出土樣，憑以檢察土

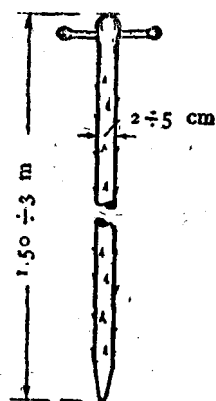


圖 1.7

壤組織情形。又按探針入土難易，可以估計土壤的密實程度。固然，此法僅能探知土壤的大概情形，但有經驗工作人員的執行結果還是相當可靠的。觸到岩層，立可覺察。有時遇到的可能僅是塊石，故須就四周隣近重行探測，視探針是否仍在原深度受阻，以鑑別到底是岩層，還是塊石。

(三)鑽探法

實地鑽探，可知實際情形。取得各層土樣，進行土壤試驗，作為設計基礎時的準則。鑽孔中還採取土壤標本，分層貯入玻璃管或木盒內，註明鑽孔編號和層次標高。按此記錄，可以畫出地層剖面，圖 1.8 和 1.9 是一個例子。

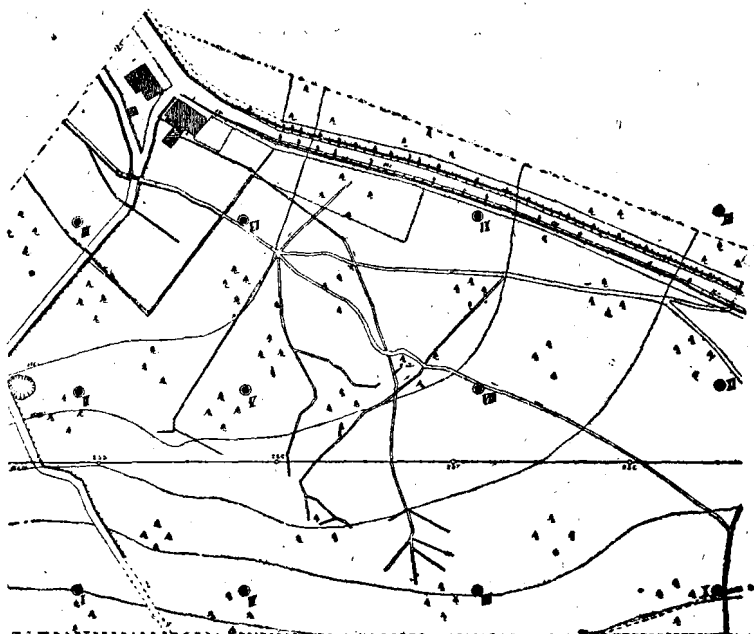


圖 1.8

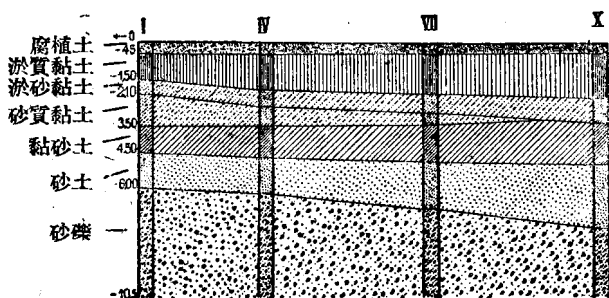


圖 1-9

鑽探獨立房屋基地，常在四角附近；較大房基也常沿兩主軸每隔20公尺舉行一次。不均勻土層的堤壩基址沿軸線至少每30公尺鑽探一次，並在土層轉折點加打輔助鑽孔；軸線太長或地層變化不大時，可延長間距至60（甚至150）公尺。建造大橋時，常須橫跨河道進行鑽探，並畫出河床下的地層全圖。鑽孔間距則視擬建橋墩的間距和土層組織的複雜程度而定。至鑽探深度，預先無法規定。假使一工程基址下很可能有軟土層存在時，應先按照建築物的重量計算最大的沉陷影響深度（在土壤的附加壓應力等於土壤自重壓應力的百分之二十處——參照下節圖1-26）。根據這深度進行第一次鑽探，以後鑽探至初次鑽探所遇到最深黏土層的3公尺以下。如果在地區一般調查時，已查明離地面最近的、有載重能量的緊密土層，則鑽孔深度至該層頂面下1至2公尺即可。建築面積很寬時，每隔3—4孔，但至少相隔200公尺，在最可能表現地質特徵的地點，直鑽至岩盤。低層民用建築與同類結構和相似受力的工業建築、緊密土層離地面不深時，鑽孔深度應自基礎底部標高以下至三倍的基礎寬度。一般沙土基址，鑽探7至10公尺即可；全部黏土基址，鑽探深度有時應大於整個構築物的寬度。

鑽探設備示如圖1-10，是由三腳架和鑽具組成。三腳架是用8公