

土木施工法講義

第一回

504891-1



社團法 人 考友社 出版發行

第一講 基礎工程與開挖工法

命題重點

一、基礎工程

(一)基礎

1. 定義

基礎係將構造物上部結構的載重，包括靜載重、活載重、風力、地震力、雪載重、衝擊力等，傳至土壤岩層等支持層之結構體，以保持建築物之穩定及防止不均勻沉陷破壞，為土壤與上部結構之間傳遞力量的聯繫部份。

2. 依建築技術規則規定基礎形成可分：

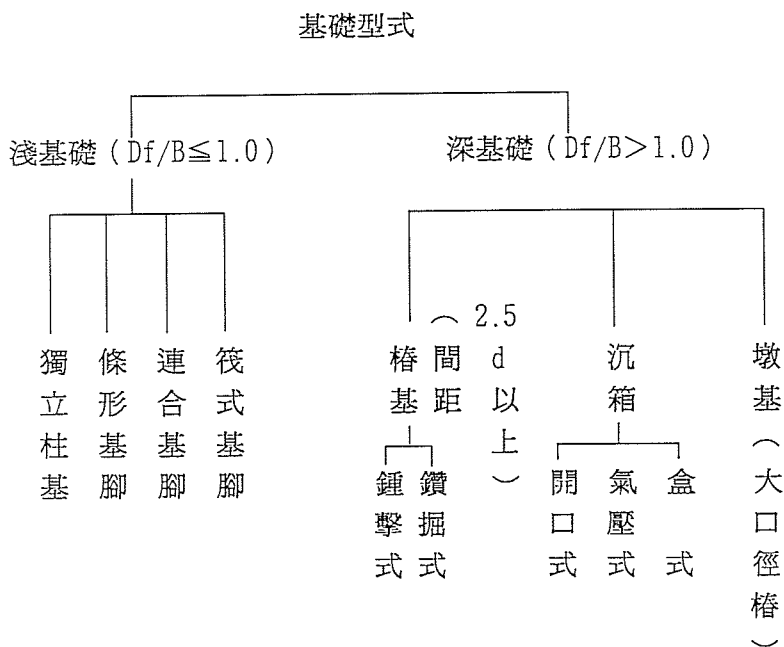
(1) 版基（淺基）：係用基礎版將建築物各種載重均勻傳佈於地基土壤。

(2) 樁基（深基）：係用基樁將建築物之載重傳佈於土壤中。

(3) 墩基（深基）：係用墩柱或沈箱承載建築物各種載重傳至於堅黃土壤中。

3. 依基礎所在位置、結構型式及施工方法可將其分類如下表所示。

基礎型式分類表



基礎的種類			適用範圍
(1)獨立基礎	適用淺基礎	不適用的軟弱地盤	獨立柱的基礎。地盤支承力大且沉陷限小的大跨度基礎。
(2)聯合基礎			建築物外柱有偏心載重，爲了減輕外柱負擔，而將外柱及內柱的基礎版聯成一體。或相鄰接兩柱以上，間隔太近，不易用獨立基礎而採用此種基礎而採用此種基礎。
(3)連續基礎			構造物主要牆壁（承重牆）配置在兩柱間，或兩柱的間隔較近所採用的基礎。
(4)筏式基礎	適用較深	適用的軟弱流地性盤	高層建築或重量較大的建築物基礎，軟弱地盤上構造物的基礎。設有地下室且地下水位較淺的基礎。

(二)擴展基腳

1. 定義

擴展基腳（spread footing）係將建物之柱或牆基予以局部擴大，俾使建物荷重傳至擴大之支承面積上以滿足土壤承載力之限制者，屬於此類之基礎如表中之獨立柱基、條形基腳、連合基腳，最常用爲擴展基腳之材料爲鋼筋混凝土。

2. 鋼筋混凝土基腳之施工步驟

- (1)開挖：先行將基坑，開挖至頂定深度下約10公分左右。
- (2)排卵石或打基底混凝土：於加挖10公分深度處，可打混凝土或排卵石，其目的在防止因地下水湧出而影響鋼筋排列及施工。
- (3)紮筋：依設計圖樣排置鋼筋，並注意鋼筋保護層有否放置塊石或混凝土塊予以支撐。
- (4)立模板：注意模板位置之正確性及支撐是否足夠，以免澆注混凝土時，由於支撐不足而倒坍。
- (5)搭設混凝土施工鷹架。
- (6)打混凝土並給予適當之振動，以免有蜂窩之出現。
- (7)拆模。

(三)筏式基礎

1. 定義

係為利用全面開挖將建築物底下全部，以厚版築成整體性的基礎，將構造物所有的柱子支承於同一基礎版上。

2. 用途

在於使用於較大規模或高層建築物之地下室構築。

3. 特性

- (1)基礎承载力很低時：此時將各獨立基腳連成一整塊，不僅可以減低淨基礎壓力，而且可以提高承载力，此因入土深度計算可以較獨立基腳者深（如圖所示），而且基礎寬度增加。
- (2)地下土層軟硬分佈不均或有岩石孔穴存在時，則可以筏式基礎跨過軟土層或孔穴以減低差異沉陷。
- (3)需要支持高靈敏度機械之基礎，可用筏式基礎以減低差異沉陷形成之不利影響。
- (4)地下水位面下地下室，需要封閉之筏式基礎以防止水分滲入。
- (5)柱載重很大以致所需獨立基腳面積超出建築面積50%以上時，使用筏式基礎可以較為經濟。
- (6)為了控制沉陷量，可以藉開挖以平衡建築物載重，即採用浮式基礎設計之概念。
其缺點為若建築物高低不一或單位荷重有變化時，要作承载力的平均分配不容易。

4. 筏式基礎適用情形

- (1)獨立基腳之底面積約超過建築物總平面面積之1/2者。
- (2)自建築物周界分佈荷重至全體建築面積者。
- (3)因筏式基礎具有甚大的結構強度及較佳的防水性能，故當基礎承受大的靜水壓力作用時，採用此種基礎最為理想。
- (4)將發生過大的差異沈陷者。
- (5)因地基承载力小，使用其他形式之淺基，不能支承荷重者。
- (6)必須抵抗向上的靜水壓力（即上揚力）作用者。
- (7)基礎沿鄰近基地或建築物而建造者。
- (8)欲防止或減低硬土層內部基底壓力之集中者。
- (9)地表面下方土層內部含有孔洞或性質複雜難以定義之壓縮性土壤者。

5. 筏式基礎依結構形式之分類：

(1)平版式

筏基本身為厚度均勻的混凝土平版，支柱荷重小時採用。

(2)加厚的平版式

由平版式在支柱下方增加厚度以補強者。

(3)雙向梁版式

筏基本身建造成雙向配置鋼筋的一種梁版結構。

(4)附設柱腳的平版式

在筏基平版與支柱之間，設置柱腳，以使支柱荷重經由柱腳而分佈於較大的面積上者。

(5)剛構式

筏基本身形成一鋼構，可被用做地下室牆壁者。欲利用地下室空間時，可採用此種形式的筏基。地下室牆壁可被用做為深梁（deep beam）。

(6)格子結構式

A. 筏基本身造成一種中空或填砂狀態的格子結構，其鋼筋係用雙向配置。

B. 格子結構係由細胞形組織及結構鋼桁架造成。

C. 格子結構式筏基於承受極大的支柱荷重時適用。

6. 筏式基礎之施工要點

(1)筏式基礎幾乎皆用鋼筋混凝土建造而成。

(2)為防止過大的收縮裂縫（shrinkage cracks）之發生，筏基平版應作小面積的灌注，普通係在30ft×30ft（或10m×10m），之左右。

(3)施工縫（construction joints）應謹慎的使位於剪應力小的斷面。普通的習慣是沿支柱之間的中心線段設置施工縫。

(4)鄰近地區的二次混凝土澆注之間，至少應經過24小時。

(5)補強鋼筋應連續橫過施工縫。若鋼筋需要續接，則應準備24倍鋼筋直徑長度之重疊。

(6)混凝土應具有足夠的強度，以傳遞剪應力越過接縫。普通可沿接縫設置在一剪力樁頭（shear key）以達成此項功用。

(7)剪力樁頭通常佔有基礎平版中間的1/3厚度，並應依最大的剪應力而設計之。必要時，平版可加厚，以便在接縫內部提供充分的強度。

(四)基礎破壞之原因

1. 基礎之不均勻沉降。

(1)主要原因

A. 土壤之容許支承力不均。

B. 基礎版載重有顯著不同。

(2)補救方法為：

A. 換土、灌漿或打樁。

B. 基礎版放寬至足夠承載面積。

2. 軟弱地質的側向崩塌。

軟弱地質如流砂層、軟泥層，一經載重壓縮，易向側向崩塌。其防止辦法為採取採取板樁阻擋，以預防土壤側向崩塌。

3. 傾斜基地之土壤滑動

在傾斜地或山坡處，當載重後，載重分力大於地層摩擦力時，土壤易傾斜滑動。防止辦法：

(1)採用板樁。

(2)砌護坡。

(3)做擋土牆。

4.土壤失水乾縮。

土壤因失水而乾縮，導致基礎下陷，其防止方法，為避免抽地下水。

5.氣候之影響。

在冰寒地區，由於氣溫變化，土壤所含有水份結冰膨脹或解凍、收縮之現象，其防止辦法為基礎埋設在冰凍飽和線以下。

6.側壓力之影響

側壓多力如“風力”、“地震力”、“水壓力”、“土壓力”，常促使基礎產生扭轉而沉陷。其防止方法為“加寬基腳面積”。

(五)優良的基礎必備條件

一個優良的基礎，必須具備下列的安全條件與經濟條件：

1.安全條件

(1)基礎應設置於適當深度之位置

- A.不受流水之沖刷。
- B.不受凍結作用之影響。
- C.不受地下水變化及土壤含水量變化之影響。
- D.不受鄰近建築物或結構物施工之影響。

(2)基礎應具有最大的承載力

地基土層不發生破壞性的剪力，亦即不發生剪力破壞。

(3)基礎應具有最小的沉陷量

地層不發生過大的變形或有害的沉陷而不能適合建築物或結構物之目的。

(4)基礎之存在不會構成建築物或結構物破壞之原因。

若基礎不能滿足上述條件，則將發生地層滑動，結構物傾斜及結構物沉陷等事故。

2.經濟條件

(1)基礎應能以目前通用之施工方法，施工設備築造完成。

(2)基礎應能在規定期限內迅速施工完成。

(3)基礎之施工不影響鄰近建築物或結構物之安全。

(六)基礎施工考慮項目

基礎施工應考慮之事項如下：

1.一般性之調查包括：

- (1)構造物之設計條件。
- (2)鄰近之構造物，地下埋設物地上諸設施，交通條件等現場的地區選定條件。
- (3)已有之文獻資料和施工資料。
- (4)法令之限制條件。

2.地盤之調查

根據現場之鑽探資料及土壤試驗，確定支持地盤之地質狀態，以得知地盤之沉

陷量、地力、樁力、土壓力，做為設計與施工之參考資料。

3. 施工方式之選擇

根據地基調查結果，可作為挖土機之選擇，開挖方法、排水方式、排土方式、擋土方法等之檢討及選擇資料。

(七) 基礎施工觀測系統

1. 基礎施工過程中，除了提高工程施工的技術外，必須配合一嚴密的品質管制工作，監督施工過程產生的各項問題，能及早發現及糾正，以確保施工之安全性，同時於施工過程中將實際之觀測資料回饋至設計單位，可達到最經濟之基礎。此即建立完善的施工觀測系統。

2. 觀測系統的重要性

(1) 於施工前完整而確實的提供現場土壤的某些工程性質資料。

(2) 施工中可由觀測所得之各項數據，配合土壤的專業知識控制工程進行，確保施工的安全。

(3) 藉分析施工中獲得之土壤各項參數變化之資料，回饋至設計過程以瞭解設計時所假設之各項土壤參數值與現場實測值間之差距，作為爾後工程之參考，俾提高設計水平，設計最經濟之基礎。

(4) 每一現場觀測工作如同大型試驗觀測儀器如同施工單位之眼睛，經由參與而實質瞭解基礎施工對土壤的影響，累積此種實際經驗減少爾後基礎施工的失敗。

3. 基礎工程所需之觀測項目

(1) 水壓計：觀測實際的地下水位變化，及孔隙水壓對結構體之影響。

(2) 土壓計：土壓力之計算均參照理想化之地層狀況依據理論計算，實際之土壓力常因地層之不均勻性，地層之變化而產生極大差異，加以施工過程中之外加荷重，擋土結構體之位移，孔隙水壓及水壓力之變化，支撐情況之變化等均會改變土壓力之大小，故需埋設土壓計測得實際各點土壓變化，維護擋土結構體之安全。目前使用者多為採用氣壓平衡或電子換能裝置。

(3) 應變計：因觀測項目及裝置位置不同，若安裝於支撐鋼樑上，主要觀測鋼樑之支撐應力及彎曲應力者為支撐應變計；安裝於鋼筋上埋設於結構體中，觀測混凝土及鋼筋之應變—應力變化為主稱為鋼筋計。

(4) 傾斜儀：傾斜儀主要觀測結構體各點之側位移變化量，若觀測高樓地下室BW牆山坡地邊坡，擋土結構體等的土壤側位移情形，設定安全邊界，而以精密儀器觀測於破壞前謀補救之時效，確保施工安全。

(5) 隆起計：裝設隆起計之目的即在觀測開挖面土層之隆起量，控制施工之安全。

(6) 沉陷計：深開挖過程中，常導至鄰近地區地層下陷現象，為確保施工中鄰近結構體及自身之安全，於鄰近結構體及地面適當位置埋設沉陷規測釘，以觀測地層下陷情形。

二、開挖方法

(一)建築技術規則中有關地基鑽探的規定

1. 地基鑽探孔應均勻分佈於基地內，每600M²鑽一孔，每一基地至少2孔。
2. 如基地面積超過5000M²得另定孔數。
3. 鑽探孔深如為用版基時，應為建築物最大基礎版寬之兩倍以上，或建築物寬度之1.5倍至2倍，若為樁基或墩基時，至少應達預計樁長加3公尺。
4. 各鑽孔中至少應有一孔之鑽探深度為前項鑽孔深度之1.5倍至2倍。
5. 5層以上或供公眾使用建築物均應鑽探。

(二)地質探勘的方法及目的

1. 方法

(1)試掘法

- A. 獲得土壤地下狀況可靠資料的最好方法，因為可檢視自然狀態而未經干擾的土壤。
- B. 費用大。
- C. 坑穴必須大到足以讓一個人在裏面工作。
- D. 坑空須加支撐以防倒塌，遇鬆土時必須加襯板。

(2)探（測）桿法

- A. 探桿包括一根鋼桿或鋼管直徑大約3 / 4吋，每節長度大約為5呎，用標準耦接頭連接，下端為尖形。
- B. 用一大鎚或跌落的重量以人工敲入土中。
- C. 用插入鐵桿所需敲擊的次數，可感覺到土壤的本質，繼續敲擊直至桿無法再深入為止。
- D. 當探測停止後，將鐵桿用槓桿和鏈子或其他用具拉出來。
- E. 這種方法得不到被探測土壤的樣品，但可因桿的進行判斷出不同深度的土壤狀況。

(3)土壤鑽探

- A. 用手、馬力、或汽油機旋轉土鑽在土壤鑽孔。
- B. 鑽子有各種形式，視被鑽的物質和所用力的種類而定。
- C. 被穿的土壤黏附於鑽上則檢視土壤後，對其性質就可得到完美的概念。
- D. 在地下水位以下的砂或淤泥中，用抽泥筒來除去土壤，而且有時這種用具必須在地下水位以上使用，加水至洞內與欲除去土壤混合。
- E. 假如遇到了孤石，可用衝擊鑽鑽入。

(4)衝擊鑽探

- A. 衝擊鑽探或乾式衝擊鑽探與沖洗鑽探是相同的，除了移去切割物的方法不同。
- B. 用足以填滿洞的底部的水，切割物在衝擊進行時和鑽桿抽回的時間裡，開始與這種水混合。
- C. 切割物和水用伸入洞內的推砂機或抽泥筒取出。
- D. 這種方法用於土壤、孤石和岩石。

(5)物理探測法

A. 彈性波探測法

以炸藥或重物錘擊等人造震動傳入地下，再以測微儀器測得其震波之傳遞速度及強弱等，以判定地層之組織情形及土質之強硬組成位置等。

B. 電阻法

在地盤中以電流作用，並以儀器測得各點之電位差，以判別土壤中岩盤位置及地下水等。

2. 目的

(1)在設計上

- A. 了解土壤的層次與物理性質，用以選擇基礎的形式與深度。
- B. 決定基礎設計的土壤承載力。
- C. 預測基礎可能發生的沉陷量。
- D. 測定地下水位的高程，以作為排水或抽水系統的設計。
- E. 估計土壤的側壓力。
- F. 作為基礎適當且經濟設計的依據。

(2)在施工上

- A. 探查基地周圍現有構造物的安全性，作為施工上預防措施的依據。
- B. 用以預測或提供施工期間現場可能發生的困難與危險。
- C. 提供施工前假設工程施工計劃的資料。
- D. 提供防止鋼樁腐蝕的對策。

(三)土壤試驗之種類及目的 (如下表)

土壤試驗之種類	試驗之目的
1. 以土壤分類為目的之試驗 (1) 土粒之比重試驗 篩分析 (2) 顆粒分析 比重計分析 (3) 含水量試驗 (4) 原狀土樣之單位重試驗 (5) Atterberg 限度試驗： A. 液限試驗 B. 塑限試驗 C. 縮限試驗	(1) 顆粒分析需用 (2) 求土壤的粒徑分佈 (3) 求土壤的自然含水量 (4) 求黏性土壤的單位重 (5) 求土壤的液限，塑限，縮限供土壤分類之用等
2. 求土壤的工程性質之試驗 (1) 壓密試驗 (2) 剪力試驗 { A. 直接剪力試驗 B. 單軸壓縮試驗 C. 三軸壓縮試驗 (3) 透水試驗 { A. 定水頭透水試驗 B. 變水頭透水試驗 C. 壓密透水試驗	(1) 求土壤的壓縮性 (2) 求土壤的剪力強度供基礎地盤，斜坡及擋土牆等之穩定檢討分析之用。 (3) 分別求高滲透性土壤，低滲透性土壤及黏土之滲透係數。

(4)壓實試驗 (5)室內CBR試驗	(4)求壓實之最佳含水量及含水量—乾密度關係。 (5)測定壓實後之土壤在浸水狀態及非浸水狀態下之貫入抵抗。
3. 野外特殊試驗 (1)野外密度試驗 (2)野外透水試驗 { A. 抽水法 B. 注水法 (3)野外剪力試驗 (4)平板載重試驗 (5)標準貫入試驗 (6)樁基承載力試驗 (7)野外CBR試驗 (8)地基反力係數試驗	(1)求野外土壤之密度大小，供壓實控制用。 (2)求基礎地盤之滲透係數，地下水位高時用抽水法，地下水位低時用注水位。 (3)求軟黏土之剪力強度。 (4)求基礎地盤之承載力—沉陷關係。 (5)求貫入抵抗 N 值，用以間接推定土層之相對密度，稠度及承載力大小。 (6)求樁基之承載力大小。 (7)求野外路基承載率大小，供柔性鋪面設計之用。 (8)求地基反力係數大小，供剛性鋪面設計之用。

(四)標準貫入試驗

1. 定義

依此試驗結果，可估計粗粒土壤的相對密度與抗剪角大小，由於自粗粒土壤內部取得未受擾動試樣極為困難，故必須利用貫入試驗間接測定粗粒土層之剪力強度及承載力大小。

2. 試驗方法

利用64kg (140 lb)重的落錘與76cm (30 in)的落距所產生的打擊，將直徑約50mm (2 in)的標準裂管採樣器打入地層內部，此時先將採樣器打入孔底土壤內部15cm (6 in)然後記錄再打入30cm (12 in)時所需的打擊次數(N)，此項打擊次數被稱為標準貫入抵抗。標準貫入試驗所測定的打擊次數愈多，即表示精粒土層的相對密度及抗剪角愈大，因此代表精粒土層的剪力強度及承載力愈多。

3. 試驗結果之用途

標準貫入試驗雖然全憑經驗，但由於多數試驗得到的經驗，已使 N 值與某些土壤性質間建立了數種合理可靠的相互關係，并可將此等關係應用於基礎的承載力及沉陷量大小之預測。

此 N 值可用來判斷土壤之強度。同時，取樣器內之土樣則為土壤剖面圖製作上之重要資料。

一般在建築工程上，可利用 N 值來選擇建築物之支撐地盤，及判斷工程作業之難易程度。

(五)鑽探

1. 鑽探方法屬於一般性之調查，其使用之範圍亦較廣泛。鑽探時常用水泥漿或套

管使鑽孔穩定，不致崩坍。

(1)沖洗鑽探

係先用外套管打入土中，繼用一小管，端套鐘形鑽頭，衝入套管內，沿內外兩管間留有之隙縫，利用泵壓送灌水，另將小管板動使之上下衝擊，如是鐘形鑽頭，將底下之泥土攪拌，渾泥水由隙縫向上冒，另在地面附近接上丁字管將冒出渾水接住導入容器，經沉澱後取樣觀察推定土壤類別。套管逐漸打入，小管亦繼續加深。此法使用在泥土、軟黏土、砂與沉泥交互層等較軟質土壤時，深度可達 30m，此法價廉而快速，在本省使用最為普通，但因不能取得土壤之正確成分，不能判斷該地盤之實際硬軟程度。

(2)衝擊鑽探

係先將外套管打入土內，繼用取土鑽頭沿套管中心打入土中，利用其上下衝擊鑽挖，再從取土管內取出土樣。

(3)旋轉鑽探

係利用鑽桿之旋轉，以其先端之中空鑿具鑽孔，而採取土樣。因圓筒狀之土壤為自然狀態，故土壤成份之正確性較前二者高。

(4)螺旋鑽探

係利用螺旋鑽之旋轉與施加之推動力，將鑽桿打入土中而取出土樣。有人力法與機械法二種。

(5)連續取樣

係連續執行取樣之鑽探方法。一般採用長度 1m 左右之採樣品連續取樣。

2. 常用鑽探方法之特徵及適用性如下表所示。

3. 土壤剖面圖之製作取樣之整理

鑽孔內取得之土樣經由技工之觀察而製成土壤剖面圖。剖面圖內除了記載土層之狀況外，其他如顏色、含水狀態、硬軟程度及孔內水位等觀察事項亦應有所記載。製作圖時，不免摻雜有技工個人誤差，故在提出土壤剖面圖時，應同時將標本箱一起提出，以作為判斷之參考。

常用鑽探方法之特徵及適用性

鑽探方法	特 徵	對土壤之干擾程度										備 註
		可				靠 性						
		砂 質 土	黏 性 土	顏 色	深 判 別	夾 層	代 土 表 性 樣	標 入 進 試 實 驗	不 土 擾 動 樣			
緊 密	疏 鬆	堅 實	軟 弱	色	度 別	層	性 樣	實 驗	動 樣			
沖洗鑽探	<ul style="list-style-type: none"> 裝置簡單、經濟。 適合黏土質、沉泥質或砂質土砂。不適合堅硬土壤。 經常使用 	小	中等 ~小	中等 ~小	小	可	可	可~ 困難	可	可	可	使用穩定液時，常對顏色辨別困難，夾層土壤容易忽略。
	<ul style="list-style-type: none"> 通常採用套管或穩定液保護孔壁。 											使用穩定液時，對顏色辨別困難