

- 572312

5(3)8

7/0862

土壤工程施工法

SOILS IN CONSTRUCTION



成都科学技术大学图书馆

基本馆藏

5(3)3

7/0862

5(3)3

7/0862

5(3)3

土壤工程施工法

SOILS IN CONSTRUCTION

江苏工业学院图书馆
藏书章

土壤工程施工法

目 錄

第一篇 土壤材料

第一章 土壤成份之物理特性

1.1 風化過程	3
1.2 粗粒土壤之特性	3
1.3 細粒土壤之特性	6
1.4 摘要	10

第二章 土壤之天然沉積

2.1 土壤結構	13
2.2 沉積土壤之來源	15
2.3 摘要	20

第三章 土壤指數性質

3.1 粗粒土壤成份	23
3.2 細粒土壤成份	25
3.3 土壤團塊的指數	27
3.4 摘要	31

第四章 土壤分類

4.1 組織分類	35
4.2 統一土壤分類法	36
4.3 AASHTO 分類系統	44
4.4 摘要	47

第五章 土壤的工程性質

5.1	滲透性	51
5.2	壓縮性	55
5.3	土壤強度	61
5.4	摘要	65

第六章 土壤的夯壓

6.1	含水量 - 壓密關係	69
6.2	夯壓土壤的性質	71
6.3	實驗室中的夯壓程序	73
6.4	摘要	76

第二篇 施工合約中有關土方工程

第七章 契約及契約文件

7.1	合約的組成	79
7.2	合約文件內容	80
7.3	投標準備	81
7.4	合約之執行	83
7.5	摘要	88

第八章 土壤報告之闡釋

8.1	現場鑽探	91
8.2	地下水情況	93
8.3	土壤工程報告	99
8.4	其它資料來源	99
8.5	摘要	102

第九章 路堤之施工與控制

9.1	夯壓規範	105
9.2	淺置土之夯壓機具	109
9.3	夯壓控制試驗	111

9.4	砂之深夯壓	118
9.5	摘要	120

第十章 排水工程

10.1	水下開挖	125
10.2	明排水坑	129
10.3	井及點井系統	131
10.4	特殊技術	135
10.5	排水作業計畫	137
10.6	摘要	139

第十一章 開挖支撐

11.1	規範	143
11.2	開挖的完全性	144
11.3	開挖之邊坡	145
11.4	淺壕溝的支撐	150
11.5	深開挖的支撐	150
11.6	開挖支撐計畫	157
11.7	摘要	159

第十二章 基礎打樁

12.1	樁之施工要求	163
12.2	樁的種類	165
12.3	打樁用錘及輔助設備	169
12.4	樁基承载力之決定	176
12.5	施工時的問題	181
12.6	摘要	187

附 錄 土壤試驗方法

第一種試驗 已擾動土壤及土石樣品在試驗前乾燥準備

標準規範	189
------------	-----

第二種試驗	土壤機械分析標準試驗	193
第三種試驗	土壤液限標準測定方法	199
第四種試驗	土壤塑性限度及塑性指數標準測定方法	203
第五種試驗	以 2.5 kgf 夯錘、落距 305 mm 決定土壤含水 量與密度關係	205
第六種試驗	土壤比重標準試驗方法	212
第七種試驗	粒料中小於 0.075 mm 之含量標準試驗方法 ...	215
第八種試驗	用砂錘法測定土壤工地密度標準試驗方法	216
第九種試驗	用 4.5 kgf 夯錘、落距 457 mm 決定土壤含水 量與密度關係之標準試驗方法	220

土壤工程施工法

SOILS IN CONSTRUCTION

編著者 W. L. SCHROEDER
Corvallis Oregon

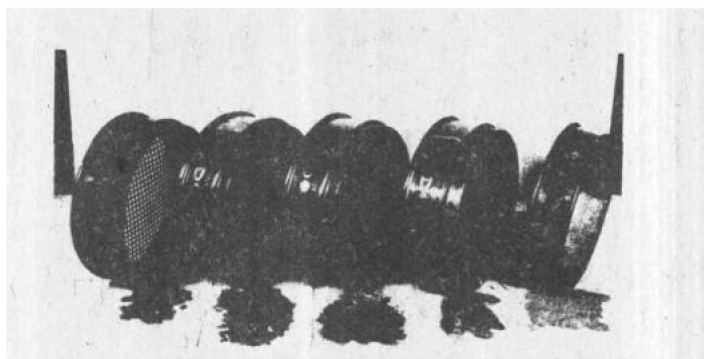


圖 1.1 篩分析所得土壤各部份，每一部份所示者為通過次-大篩而停留在所示篩上之顆粒大小

第一篇 土壤材料

第一章 土壤成份之物理特性

土壤被定義為，岩石經物理性與化學性分解後所產生的固體顆粒之聚集。它可能含有有機成份及水。這個廣義的定義可應用在不同的地方甚至同一特殊地方。土壤為一種物理成份和行為（behavior）變化很大的施工材料。本章將述及各種土壤成份的性質，與它們是如何從母岩生成的。對於土壤成份的物理特性的認識，為了解土壤在施工時的行為所必需的。

研讀本章將帶給讀者

1. 土壤材料成份的定義及其來源。
2. 關於各種不同土壤顆粒粒徑及其他控制土壤行為的因素之敘述性資料。
3. 各種細粒土壤間不同行為的基本原因。

1.1 風化過程

由大自然物理性及磨損性的力量，使大塊岩石分解成更小更細的顆粒。這些力量可能是因熱力或重力所引起的。母岩的物理性風化將造成像礫石及砂等較粗的土壤顆粒及像沉泥等較細的顆粒。這些由於物理性風化所造成的土壤顆粒其形狀大略都是三維度的。

岩石中較不穩定的物質經過長時間後也會產生化學變化。此種化學性風化造成大部份為晶體形狀（crystalline form）的細小顆粒。這些顆粒通常是二維度或即扁平形狀。化學性風化作用會造成粘性土壤（clayey soils），其特性決定於母岩的性質、風化的環境以及化學變化的時間等。

1.2 粗粒土壤之特性

整個土壤固體物質可以粒徑大小而分成許多類，如表 1.1 所列，即為一種分類法。表中的粒徑範圍是隨意定的。但是與一般最常用的土壤名詞相對照。圖 1.2 為實驗室篩分析用以畫分土壤成不同粒徑部份（見附錄第二種試驗）的一例。粗粒土壤部分可能為砂、礫石或卵石；細粒土壤部份

篩分析數據及顆粒大小曲線

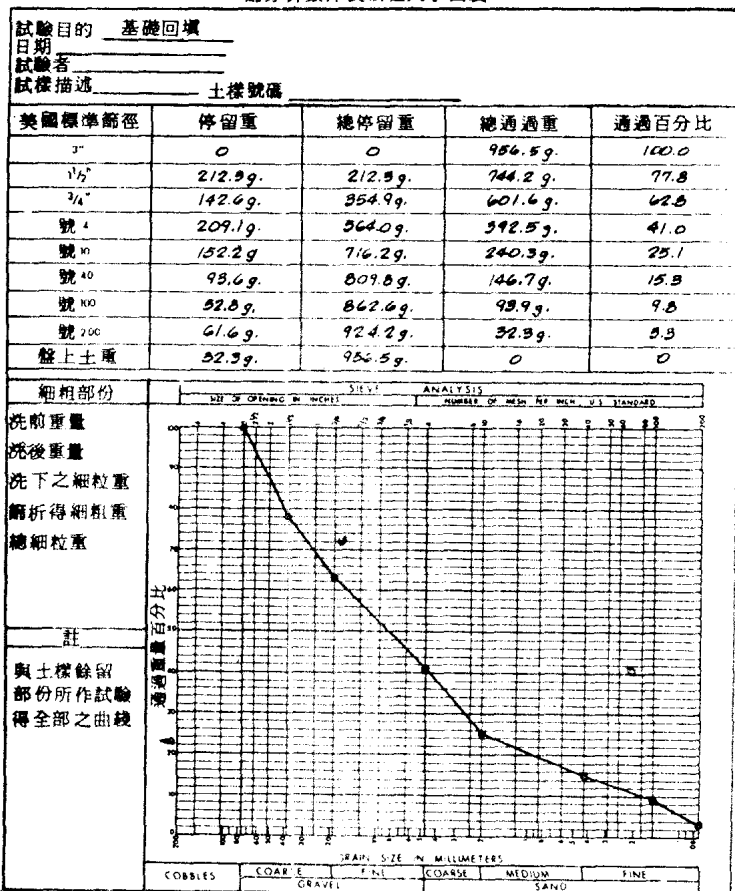


圖 1.2 實驗室篩分析數據及結果

包括下節要講的沉泥和粘土。

表 1.1 土壤粒徑分類

成份	美國標準篩號	篩孔徑
卵石	超過 3 吋	3 吋
礫石		
粗	3 — ¾ 吋	¾ — ¾ 吋
細	¾ 吋 — 4 號	¾ 吋 — 4.76 公厘
砂		
粗	4 號 — 10 號	4.76 — 2.00 公厘
中	10 號 — 40 號	2.00 — 0.42 公厘
細	40 號 — 200 號	0.42 — 0.074 公厘
沉泥及粘土	小於 200 號	0.074 公厘

表 1.1 顯示粗粒土壤部份根據個別顆粒粒徑大小再細分下去。顆粒的其他性質對於選擇是否適合作為施工材料亦很重要。例如土壤顆粒的形狀其稜角性 (angularity) 會大大的影響粒狀或粗粒土壤顆粒間的鑲合 (interlock) 能力。

圖 1.3 即顯示了稜角性的程度。土壤顆粒可能稜角形 (有尖銳明顯的邊) 或圓形。半稜角形 (subangular) 的顆粒有明顯而圓的邊、半圓形 (subround) 的顆粒是平滑的但是不等方位的 (nonequidimen-



圖 1.3 砂顆粒之角狀變化

sional)；粗粒土壤顆粒的尖銳程度，與稜角性愈大，其穩定性亦愈大。

一物質的比重被定義為

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

式中 γ_s 為該物質的單位重， γ_w 為在參考溫度 4°C 時水的單位重。一般

— 6 — 土壤工程施工法

所說的土壤成份比重，都是指外視比重（*apparent specific gravity*）。圖 1.4 說明了外視比重與絕對比重（*absolute specific gravity*）的不同。在量度比重時，為便於計算密度，固體部分的體積與重量也都測了出來。量度比重正規的方法（附錄第六種試驗）在量度體積時不包括水份。因為不透水的孔隙無法用此法填實。因此一般所得的比重常較絕對比重為低。但此項差異較不重要。大部分土壤成份的比重約在 2.7 左右。

圖 1.5 為實驗室量度比重的一例。

粗粒土壤除了粒徑及比重重外，顆粒的韌性（*toughness*）及耐久性（*durability*）也是重要的因素。作為某一特殊用途的岩石的品質，經常要合乎公認的標準，以能抵抗物理性或化學性的分解。被廣泛使用中的洛杉磯磨損試驗（*Los Angeles abrasion test*; ASTM C131）及利用硫酸鈉或硫酸鎂做骨材的健全性（*soundness*）試驗（ASTM C88）等，都是為了這些目的。在這些試驗中，代表性的試樣受到激烈的物理性或化學性作用，並量度所損失的重量。這些再與規範上註明合格的材料所作的試驗相比較，以決定其是否合格。

粗粒土壤的其他性質如表面組織及表面化學性質等亦可控制其可接受性（*acceptability*）。這些對於用作混凝土或瀝青的骨材，尤為重要。

1.3 細粒土壤之特性

細粒土壤，包括沉泥（*silt*）及粘土（*clay*）（見表 1.1）。沉泥通常類似粗粒土壤，只是粒徑小得多，而為物理性風化所造成的。粘土，是由化學性風化所造成。由於二者來源不同，故其行為上有很大的差異。

粘土，通常是由特殊且互有獨特關係的結構單位（*structural units*）所組成的含水鋁 - 矽酸鹽（*hydrrous aluminum silicates*）。此

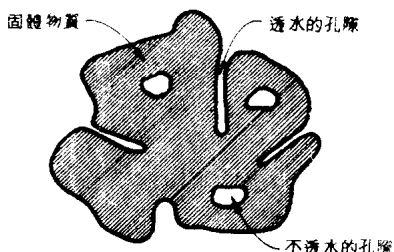


圖 1.4 比重一體積關係。對於外視比重而言，顆粒體積包括固體物質與不透水的孔隙；對於絕對比重而言，顆粒體積只包括固體物質

比重試驗

試驗目的 _____				
試驗者 _____ 日期 _____				
土樣描述 _____				
試驗號數		2	3	4
瓶數	5	5		
(瓶+水+土壤)重 (W_1)	676.72	675.81		
試驗溫度 $t^{\circ}\text{C}$	22.8	23.2		
(瓶+水)重 (W_2)	643.13	643.09		
蒸發皿號數	5A12	5M4		
(皿+乾土)重	824.58	860.00		
皿重	774.99	798.90		
乾土重 (W_s)	49.59	51.10		
水在 t 之比重 (G_t)	0.9976	0.9975		
土壤之比重 (G_s)				
註 _____				
$G_s = \frac{G_t W_s}{W_s + W_2 - W_1}$ 1. $\frac{0.9976 \times 49.59}{49.59 + 643.13 - 676.72} = 2.72$ 2. $\frac{0.9975 \times 51.10}{51.10 + 643.09 - 675.81} = 2.77$				

圖 1.5 比重試驗結果與計算

基本的結構單位為如圖

1.6中所示的四面體 (

tetrahedral) 及八

面體 (octahedral)

離子排列。這些單位成

片狀組成且都與其基面

(basal plane) 平

行。矽離子單位是與在

角隅的共同氧離子組合

而成一片狀，基面的所

有氧離子都與相鄰的矽

離子共用一個電子。在

因四個氧造成的負八價

中，三價與相鄰的矽離

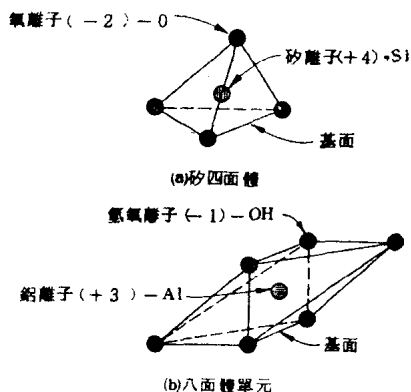


圖 1.6 基本粘土單位結構
(自 Grim, 1953)

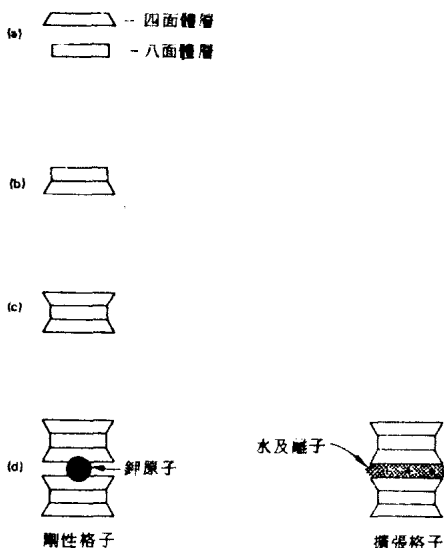


圖 1.7 圖示粘土礦物結構 (a)基本單位 (b) 1 : 1 粘土礦物結構
(c) 2 : 1 粘土礦物結構 (d)標準 2 : 1 粘土格子結構

子共用而呈平衡。四價為中央的矽離子所中和。因此，每單位的淨電價為 -1 。八面體的單位為由三個單位共用一個氫氧根所組成。因六個氫氧根造成的負六價為三個單位所共用。因此每單位淨電價為 $+1$ 。

上述的四面體片或八面體片由很多方式相互吸引且結合，而造成多種粘土礦物基本的二維度結構（two-dimensional structure）。圖 1.7 中所示為幾種常見的形式。這些結構在平的那一邊帶有過剩的電荷，而於尖端則帶有正電荷。

高嶺土（kaolinite）的結構如圖 1.7b 所示。四面體單位結構基層中的氧與八面體單位結構中的氫原子相互吸引，造成相鄰的單位結構以相當弱的氫鍵連結，一個個上下的堆在一起（見圖 1.8）。高嶺土性質上很穩定，通常都是在風化過程中最後才形成的。與其他粘土礦物比起來，由於它有較大的顆粒粒徑及較少的表面電荷。因此也具較少的物理化學活性（physico-chemical activity）。

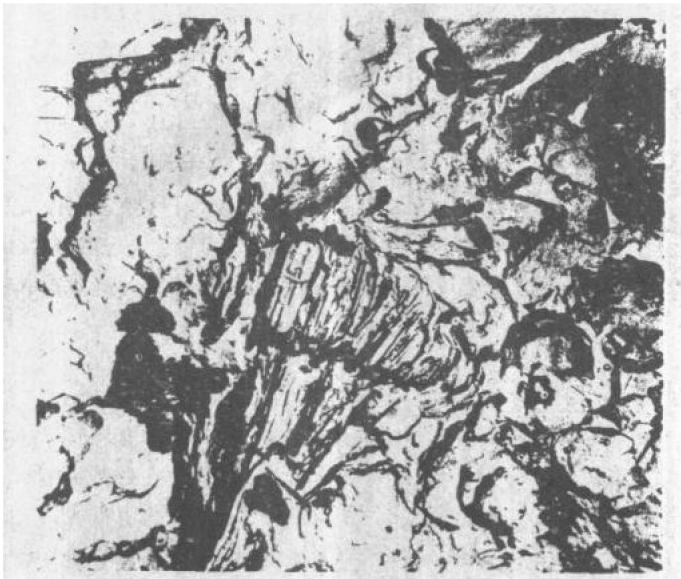


圖 1.8 在一粘土土壤中顆粒平行堆積——粘土羣
（放大率 25,000 倍）

— 10 — 土壤工程施工法

伊利土 (Illite) 是種常見的粘土礦物，具有中度的物理化學活性。層間的鉀原子與片狀矽中的氧原子形成一弱的離子結合鍵。缺鉀的結果，會造成更高的未飽和電價，相對的也造成更大的活性。

第三種特殊的粘土礦物是蒙脫土 (Montmorillonite)。因為缺乏像在伊利土構造中的層間鍵結。所以各層間的空間可以擴展。通常這些空間都充滿着水。在乾或濕的時候，視此空間的缺水或充滿水，其體積會有很顯著的變化。在有水的時候，這些東西總是特別麻煩，而且是粘土礦物中具有最大活性者。就大部份的施工來說，它是可用土壤中最劣質的。蒙脫土的化學性質很不穩定，是化學性風化最早生成者之一，主要都是火山岩物質在濕潤的環境中造成的。

其他粘土礦物亦有在施工中佔重要的特殊性質。例如霍洛土 (Halloysite)，構造上類似於高嶺土，只是顆粒不是片狀而為管狀，此種形狀可能由於層間吸附水之存在，使四面體與八面體片狀結構中的氫鍵結合力量減弱而造成。霍洛土乾燥後不會回復到原來的樣子，而比原來狀態更不像粘土。在實驗室中，如需先乾燥再作試驗，則可能會因此而有錯誤的結果，亦常常造成包商的損失。

無定形 (amorphous) (非結晶質) 礦物，是種常見的土壤，這種土壤像粘土，但是不具結晶狀粘土的簡單結構。很細的非結晶型式 (amorphous forms) 常常像膠一樣，如有足量的話，它會包住其他礦物。如此，它就成了控制行為的物質。無定形礦物對某些人雖為有興趣的土壤，但對施工工程師而言，要分辨是否為非結晶質材料，則屬學術性的問題。

1.4 摘要

本章述及土壤可為粗粒或為細粒材料。粗粒土壤如砂及卵石，細粒土壤則為沉泥及粘土。一個土壤顆粒，就以粗粒土壤來說，分割開來後，其表面積增加而體積不變，若再細分下去，其表面積成幾何級數增加，而總體積或重量仍不變。砂的顆粒，如果細分得足夠，可分成很多粘土粒徑範圍的顆粒。如果我們定義土壤的比表面 (specific surface) 為每單位重量顆粒的表面積，則我們可得一指數以說明顆粒大小對表面積的影響。參看表 1.2。

表 1.2 土壤的比表面 (資料來源：參考書 1.3)

土壤	比表面 (m^2/g)
砂 (0.1mm)	0.03
高嶺土	10
伊利土	100
蒙脫土	1000

粘土礦物的表面帶有電化學電荷 (electrochemical charge)。因此，由上表很明顯的可以看出，當顆粒粒徑減小時，這個電荷的存在對於決定土壤行為的重要性愈形增加。在觀察粗粒及細粒土壤的差異時，很多都可用此來解釋。粗粒土壤之行爲主要是由土壤顆粒的重量來控制，而細粒土壤，特別是粘土，由於原始的靜電荷而生成的顆粒間物理化學力量，常造成惹人麻煩的性質。

讀者至此應當

1. 能由土壤顆粒粒徑來分辨土壤的成分。
2. 知道如何解釋細粒土壤顆粒上表面電荷的來源。