

43582

土工試驗手冊

中央人民政府水利部
南京水利實驗處編

商 務 印 書 館

323

40

土工試驗手冊內容提要

對於基本建設以及水利、鐵道、公路工程，關於土壤的科學知識是十分重要的。本書幫助讀者認識土壤的各種工程特性，從而能加以準確的利用。書中包括測定土壤物理性質、工程性質和化學性質的種種設備、原理及試驗程序，並且附有土工試驗常用名詞及符號表。本書的讀者對象是高等學校及中等技術學校土木系科的員生以及土木工程工作者。

土 工 試 驗 手 冊

中央人民政府水利部
南京水利實驗處編

★版權所有★

商 務 印 書 館 出 版
上海河南中路二一一號

中國圖書發行公司 總經售

商 務 印 書 館 上 海 廠 印 刷
⊕(64105)

1951年10月南京水利實驗處出版 印數1—2,500

1953年11月本館第1版 印數1—6,000

定價¥16,500

上海市書刊出版業營業許可證出○二五號

序

在大地上，除掉空氣和水，土壤就是人類最經常接觸的東西了。就工程建築而言，土壤也是人類最早和最常使用的工程材料。從遠古到現在，絕大部份的建築物，不是建築在土壤上，便是建築在土壤中，或是建築物的本身就是土壤造的。可是在現今通用的建築材料中，人類對於這最古老和最常遭遇的土壤的各種工程特性，却知道得最有限。

我們很容易從工程書籍中，找到有關鋼鐵、混凝土、木材、磚石之類工程材料的各種工程特性的資料，並且它們的各種工程特性也可以做幾個很簡易的標準試驗去決定。工程師根據這些資料，就可以去設計建築物，而很少發生安全問題。即使安全有問題，問題也往往不在此類建築物的本身，而在於他們有關土壤的部份。幾百里長的水泥路面碎裂了，原因是因為忽視了路基內土壤中水分變化的影響。擋土牆、隧道、溝管的傾圮，開壩、堤防的塌陷，往往是由於土壤的抗剪強度估計錯誤而發生。他如對於土壤的固結性估計不確，開壩、房屋等類建築物就免不了因過分的不均勻沉陷而致傾圮或發生裂縫。諸如此類問題的發生，都是因為我們對於土壤的特性認識模糊所致。

土壤是一種極複雜的物質。它是岩石經一度或數度風化作用後所生成的土粒和水分以及其他雜質的混合物。土粒和雜質的大小、形態與成分以及水分的多寡如不同，土壤的性質即隨之而異。世界上找不出二處完全相同的土壤，就是在同一處上下左右相隔數尺，性質也許就完全不同。土壤是自然物，它們的組織、成分以及它們產生的歷史過程，對於它們的工程性質都有極大影響。因此，土壤的各種特性遠較其他一般工程材料為複雜、為不一致、為不易認識，同時也需要發明一套新的試驗方法去檢定它們的性質。

在二三十年前，工程師們對於土壤僅僅有一種感性的認識。雖然在幾千百年的實踐過程中，吸取了很多的由於失敗而得的經驗教訓，但是這些經驗教訓是片斷的、零碎的，從未經過系統的分析、研究和總結，因此始終沒有能提高到理性認識的階段。

最近三十年來，由於興建大型開壩及高級公路需要，土壤工程已發展成爲一種新的專門科學。對於土壤的各種工程性質，亦已建立了比較可靠的試驗方法。因此，目前我們已有可能通過土壤試驗來認識土壤的特性，同時把這些試驗結果應用到實際去設計工程建築物。

在毛主席和共產黨領導下的新中國，正在展開大規模的經濟建設。工程師們必須抗起與大自然鬥爭的一部份責任。在這個偉大的鬥爭中，工程師們對於土壤特性的正確認識，將是獲取鬥爭勝利的一個重要因素。

這本手冊的目的，在幫助我們去認識土壤。它的內容包括測定土壤各種物理性質、工程性質和化學性質的種種試驗設備、原理及試驗程序，並且附有土工試驗常用名詞及符號表。手冊的編著工作是由我處土工試驗室主任蔣彭年同志主持的，經范家驊、盛崇文兩同志先後擔任編輯，並經土工試驗室全體同志分組討論、集體校核和修正後付梓。由於土壤性質的複雜，試驗方法尙未能標準化，因此，這本手冊還祇能當做一種初步草案，掛漏錯誤，在所不免，深望讀者批評指正。

黃 文 熙 一九五一年八月於南京水利實驗處

土工試驗常用名詞及符號表

符 號	中 文 名 詞	英 文 名 詞
A	(cm ²) 面積	area
a	(cm) 浸潤線之出水點與壩趾間之距離	distance on earth dam from breakout point of top flow line to toe.
a _v	(cm ² /gm) 壓縮性係數	coefficient of compressibility
b	(cm) 寬度	breadth or width
C	(gm) 總凝聚力	resultant cohesion
Ca	石灰質含量	calcium carbonate content
C _c	壓縮指數	compression index
C _e	膨脹指數	expansion or swelling index
C _u	均勻係數	uniformity coefficient
C _p	沉陷係數	coefficient of settlement
c	(gm/cm ²) 單位凝聚力	cohesion per unit of area
c _v	(cm ² /sec) 固結係數	coefficient of consolidation
D	(cm) 顆粒直徑，粒徑	grain size
D ₁₀	(cm) 有效粒徑	effective grain size
D _r	緊密度	relative density of cohesionless soil
E	(gm/cm ²) 彈性係數	modulus of elasticity
E _h	(gm/cm ²) 迴環彈性係數	hysteresis modulus of elasticity
E _i	(gm/cm ²) 開始時之切線彈性係數	initial tangent modulus of elasticity
E _s	(gm/cm ²) 割線彈性係數	secant modulus of elasticity
e	孔隙比	void ratio
	自然對數之底	base of natural logarithms
e _c	臨界孔隙比	critical void ratio
F	(gm) 總內力	force, total internal
	壓縮度	compressibility
F 及 F _t	(gm) F 之正向及切向分力	normal and tangential component of F respectively
f	(gm/cm ²) 內應力	force per unit area, internal
f _n 及 f _t	(gm/cm ²) f 之正向及切向分力	normal and tangential component of f respectively
F	(gm) 有效內力	effective force, total internal
F _n 及 F _t	(gm) F 之正向及切向分力	normal and tangential component of F respectively
f	(gm/cm ²) 有效內應力	effective force per unit area, internal
f _n 及 f _t	(gm/cm ²) f 之正向及切向分力	normal and tangential component of f respectively
F _s	安全因數	factor of safety
G _{Hg}	水銀比重	specific gravity of mercury
G _s	土粒比重	true specific gravity of soil particles

符 號	中 文 名 詞	英 文 名 詞
g (cm/sec ²)	重力加速度	acceleration of gravity
H (cm)	厚度, 高度, 深度	thickness, height, depth
H_s (cm)	真高, 土粒高度	reduced height
H_u	有機質含量	organic matter content
h_c (cm)	毛管水水頭	height of capillary rise, capillary head
I_c	稠密度, 稠性指數	relative consistency, consistency index
I_f	流性指數	flow index
I_p	塑性指數	plasticity index
I_R	靈敏度, 非原狀指數	degree of sensitivity, remolding index
I_T	韌性指數	toughness index
i	水力坡降	hydraulic gradient
J (gm)	總滲透力	resultant seepage force
j (gm/cm ³)	滲透壓力	seepage force per unit volume
K	側壓力係數, 或土體內 某一點水平與垂直之 壓力比	ratio between intensities of horizontal and vertical pressure at a given point in a mass of soil
k (cm/sec)	滲透係數	coefficient of permeability
L (cm)	爬徑長度, 長度	length of line of creep; length
L_a (cm)	弧長	length of arc
L_c (cm)	弦長	length of chord
L_{LE}	野外線脹	lineal expansion limit
L_{LS}	野外線縮	lineal shrinkage limit
L_s	線縮	lineal shrinkage
M (gm-cm)	力矩	moment
m (gm)	周剪力	perimeter shear
m_v (cm ² /gm)	體積壓縮性係數	coefficient of volume compressibility
N_ϕ	流值	flow value
n	孔隙率	porosity
n_a	絕對孔隙率	absolute porosity
n_j	流網內位槽數	number of potential channels in a flow net
n_f	流網內流槽數	number of flow channels in a flow net
P	小於某直徑之七重百分 數	percent of grains smaller than given size
P (gm)	總力或總荷重	force, total, or load, total
P_r	壓實指數	index of compaction
p (gm/cm ²)	壓力或單位面積上之荷 重	force per unit area, or load per unit area
p_a (gm/cm ²)	主動土壓力	active earth pressure
p_c (gm/cm ²)	限制壓力	confined pressure
p_p (gm/cm ²)	被動土壓力	passive earth pressure
p (gm/cm ²)	載土壓力	overburden pressure
Q (cm ³ /sec)	流量	total discharge per unit of time

符 號	中 文 名 詞	英 文 名 詞
Q (gm)	總阻力	total resistance
Q _a (gm)	一樁之許可荷重	allowable load on a pile
q (cm ³ /sec/cm)	單位長度內流量	rate of discharge per unit length
q (gm/cm ²)	均佈荷重；單位面積上之超荷重	uniformly distributed load, surcharge per unit of area
q _a (gm/cm ²)	許可載重量	allowable bearing capacity
q _c (gm/cm ²)	限制抗壓強度（三軸剪力試驗）	confined compressive strength (triaxial shear test)
q _d (gm/cm ²)	最後載重量	ultimate bearing capacity
q _u (gm/cm ²)	不限制抗壓強度（允許旁限壓力試驗）	unconfined compressive strength (unconfined compression test)
R _s	收縮比	shrinkage ratio
r (cm)	半徑	radius
S _a	空孔比	air space ratio
S _w	飽和度	degree of saturation
s (gm/cm ²)	抗剪強度	shearing strength
T (°C)	溫度	temperature
T (°C)	絕對溫度	absolute temperature
T _v	時間因數	time factor
t (sec)	時間	time
t (gm/cm ²)	剪應力	shearing stress
U (gm/cm ²)	總含水壓力	total neutral pressure
U	固結百分數	degree of consolidation
u (gm/cm ²)	超靜水壓力	excess hydrostatic pressure
u _w (gm/cm ²)	含水壓力	neutral pressure per unit area
u _s (gm/cm ²)	靜水壓力	hydrostatic pressure
V (cm ³)	土壤之總體積	total volume of soils
V _a (cm ³)	土壤內空氣之總體積	total volume of air in soil
V _c	體變	volume change
(V _c) _f	野外體變	volume change when the field moisture equivalent is used
V _o (cm ³)	縮性限度時乾土塊之體積	volume of dry soil pat at shrinkage limit
V _s (cm ³)	土粒體積	volume of soil particles
V _v (cm ³)	土壤內孔隙之總體積	total volume of void in soil
V _w (cm ³)	土壤內水之總體積	total volume of water in soil
v (cm/sec)	流速	discharge velocity
v _s (cm/sec)	滲速	seepage velocity
W (gm)	土壤之總重量	total weight of soil mass
W _{da} (gm)	風乾後土粒重量	airdry weight of soil particles
W _s (gm)	土粒重量（烘乾後）	weight of soil particles
W _w (gm)	土壤內水之重量	weight of water in soil
w	含水量，以乾土重計	water content in percent of dry weight

符 號	中 文 名 詞	英 文 名 詞
w_1	含水量，以總土重計	water content in percent of total weight of soil mats
w_2 (100gm/cc)	含水量，以土塊之總體積計	water content in percent of total volume of soils
w_{cme}	離心含水當量	centrifuge moisture equivalent
w_f	浮性限度	flocculation limit
w_{fme}	野外含水當量	field moisture equivalent
w_h	吸着含水量	absorbed water content
w_L	流性限度	liquid limit
w_{op}	最優含水量	optimum water content
w_p	塑性限度	plastic limit
w_s	縮性限度	shrinkage limit
α ($^\circ$)	角度	angle
α' (cc/gm)	含水量指數	index of moisture
β ($^\circ$)	斜坡之角度	slope angle
γ (gm/cm ³)	土壤之重	unit weight (soil, water and air)
γ' (gm/cm ³)	土壤浮重	submerged saturated unit weight of soil mass
γ_d (gm/cm ³)	土壤乾重	unit weight of soil if water is entirely replaced by air
γ_f (gm/cm ³)	土壤之飽和重	unit weight of soil if air is entirely replaced by water
γ_s (gm/cm ³)	土粒之重	unit weight of soil particles
γ_w (gm/cm ³)	水之重	unit weight of water
γ_{w0} (gm/cm ³)	4°C 水之重	unit weight of water at 4°C
δ	變形	total deformation
ϵ	應變	unit strain
ϵ_v ($^\circ\text{C}^{-1}$)	比重瓶之體膨脹係數	coefficient of volume expansion of the flask
λ	Poisson 比	Poisson's ratio
μ (gm-sec/cm ²)	動力粘滯係數	absolute or dynamic viscosity
μ (1/1000mm)	公忽	micron
ν (cm-sec)	動粘滯係數	kinematic viscosity
ν	集中因數	concentration factor
ρ (cm)	沉陷量；落錘每次夯擊下樁之貫入深度	settlement; penetration of a pile per blow of hammer
ρ_a (cm)	許可沉陷量	allowable settlement
ρ_s (gm/cm ³)	土粒之密度	density of soil particles
ρ_u (cm)	最後沉陷量	ultimate settlement
ρ_w (gm/cm ³)	水之密度	density of water
σ 及 τ (gm/cm ²)	單位面積上之正向與切向分力	normal and tangential component of internal force per unit area respectively
$\bar{\sigma}$ 及 $\bar{\tau}$ (gm/cm ²)	單位面積上之正向與切向有效分力	normal and tangential component of effective internal force per unit area respectively
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ (gm/cm ²)	主應力	principal stress
ϕ ($^\circ$)	內摩擦角	angle of internal friction

土工試驗手冊

目 錄

土工試驗常用名詞及符號表

Sa001	-51	土樣之製備
Sa002	-51	比重試驗
Sa002.1	-51	比重瓶之校正
Sa003	-51	含水量試驗
Sa003.1	-51	簡捷含水量試驗
Sa004	-51	么重試驗
Sa005	-51	孔隙率及孔隙比試驗
Sa006	-51	緊密度試驗
Sa007	-51	顆粒大小分析試驗
Sa007.1	-51	比重計分析之理論及校正
Sa007.2	-51	常水頭部份沉澱法顆粒大小分析試驗
Sa008	-51	流性限度試驗
Sa009	-51	塑性限度試驗
Sa010	-51	縮性因數試驗
Sa011	-51	野外含水當量試驗
Sa012	-51	離心含水當量試驗
Sa013	-51	毛管水水頭試驗
Sa014	-51	擊實與貫入試驗
Sa014.1	-51	簡捷擊實試驗
Sa015	-51	滲透試驗
Sa016	-51	固結試驗
Sa017	-51	應力控制剪力試驗
Sa018	-51	允許旁脹壓力試驗
Sa019	-51	三軸剪力試驗
Sa020	-51	載重比試驗
Sa021	-51	土壤石灰質測定試驗
Sa022	-51	土壤有機質測定試驗

土 樣 之 製 備

南京水利實驗處 Sa001-51

§ 1. 概 論

野外採取之土樣，其土粒常粗細俱有，而一般物理性試驗均採用通過 4 號粗篩之土樣，故試驗前首先篩除大於 4 號篩之礫石并將大土塊打碎，取通過 4 號篩之土樣供各項試驗之用。其大於 4 號篩之礫石等，常棄而不用；但有時亦需將大於 4 號篩粗料與小於 4 號篩細料合併，以備特種試驗之用。

土樣製備程序，常視所需試驗而異，故宜在土樣製備前，擬訂一套土工試驗計劃。

密封之不擾動土樣常根據試驗之目的而處置。除試驗時必需將此等土樣啓封與不可避免擾動外，試驗前決不可啓封與擾動。如在擬訂土工試驗計劃前，認為必須舉行土壤之鑑別與分類，則在求取所需資料時，應使土樣愈少擾動為愈佳。且在檢驗後，宜迅速封閉，并妥為貯藏。有關不擾動土樣之製備，將分別於其他試驗中另述之，如滲透、固結等試驗。

§ 2. 設 備

1. 粗篩一套 粗篩一套包括 6 吋、3 吋、1½ 吋、¾ 吋、¾ 吋及 4 號（或 3/16 吋）篩各一只，又 40 號細篩一只。
2. 勻土器一架 勻分土樣，以取代表性土樣之用，見圖 1-1。
3. 台秤一具 載量 100 公斤，秤桿 500 克，刻度 0.5 克。
4. 木槌一只及碎土機一套 打碎大土塊，繼而使之軋碎之用。
5. 研鉢及包有橡皮之槌各一 作研碎小土塊之用。
6. 天平一架 感量 0.1 克。
7. 烘箱一具 可保持溫度 110°C。
8. 其他 乾燥器、乾燥盤、有蓋鉛桶、標簍、500 立方公分廣口瓶等。

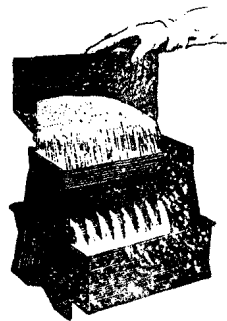


圖 1-1 勻土器

§ 3. 製備程序

1. 稱野外採回土樣之總濕土重，并記錄之。
2. 以木槌及碎土機，將土塊打碎或軋碎，并以 6 吋、3 吋、1½ 吋、¾ 吋、¾ 吋及 4 號等粗篩篩析之。篩析後記載留於各篩上之土重及通過 4 號篩之土重。若土樣相當潮濕，則須測定土樣之含水量，以便計算乾土重。其法為：(a) 自通過 4 號篩土樣內取出一部份濕土，重約 200 至 400 克，稱其濕重，然後放於烘箱內，烘至其重量不變，以定其含水量及乾土重。(b) 再自 4 號篩以上之土樣內至少取出具有代表性之土樣 500 克，用同樣方法定其含水量及乾土重。所取土樣必須代表礫石之各級大小，故對於含有礫石級配良好之土樣或需重至 2 或 5 公斤。以上兩部乾土重之和即為總乾土重。乾土重之計算方法如下：

$$\text{乾土重} = \frac{\text{濕土重}}{1 + \text{以小數計之含水量}}$$

若土樣中礫石含量少於20%，則不需測定4號篩以上土樣之含水量，蓋所生誤差甚小。

3.校對各粗篩上及通過4號篩土樣重量之和是否與土壤之總重量相等。

4.如有一部份土壤附著於礫石上，除按程序(2)將土樣分開後，再以礫石部份置於4號篩上沖洗，並將沖洗通過4號篩土樣與原來通過4號篩之土樣合併，並徹底拌合，以期均勻。若留於4號篩上之土樣不超過20%，則不需沖洗，蓋所生誤差甚小。

5.將徹底拌合後且通過4號篩土樣先放於空氣中，使達完全風乾。如需要，再放於研鉢內，以包有橡皮之玻璃槌將尚成塊狀之土樣研碎，再拌和均勻。次取出足夠各項試驗用量而具有代表性之試樣，分置於500立方公分廣口瓶內，並於廣口瓶上繫一鐵皮標籤，上註明工程計劃、土號、所需試驗項目及試驗者簽名等。若含有多量粗砂及少量細粒土壤（如泥沙或粘土）之土樣，應加水潤濕後，用連續四分對角取樣法取出代表性之試樣。若土樣為淨砂，則可用勻土器取得代表性試樣。

至於各項試驗所須試樣之重量如下：

(1) 顆粒大小分析及比重試驗

顆粒大小分析試驗所須試樣必須通過4號粗篩（4.75公厘），如為砂土，重約100克，如為泥沙或粘土重約50克。

比重試驗用30克（普通比重瓶）至50克（長頸比重瓶）。

(2) 稠性限度及含水當量試驗

此等試驗所須試樣必須通過40號細篩（0.420公厘），其重量分別為

流性限度試驗	80克
塑性限度試驗	15克
縮性指數試驗	30克
離心含水當量試驗	10克
野外含水當量試驗	50克

6.取出以上各項試驗所須試樣後，將剩下之土樣放入有蓋鉛皮桶（直徑8公分、高9公分）內貯藏，以備其他試驗之用。

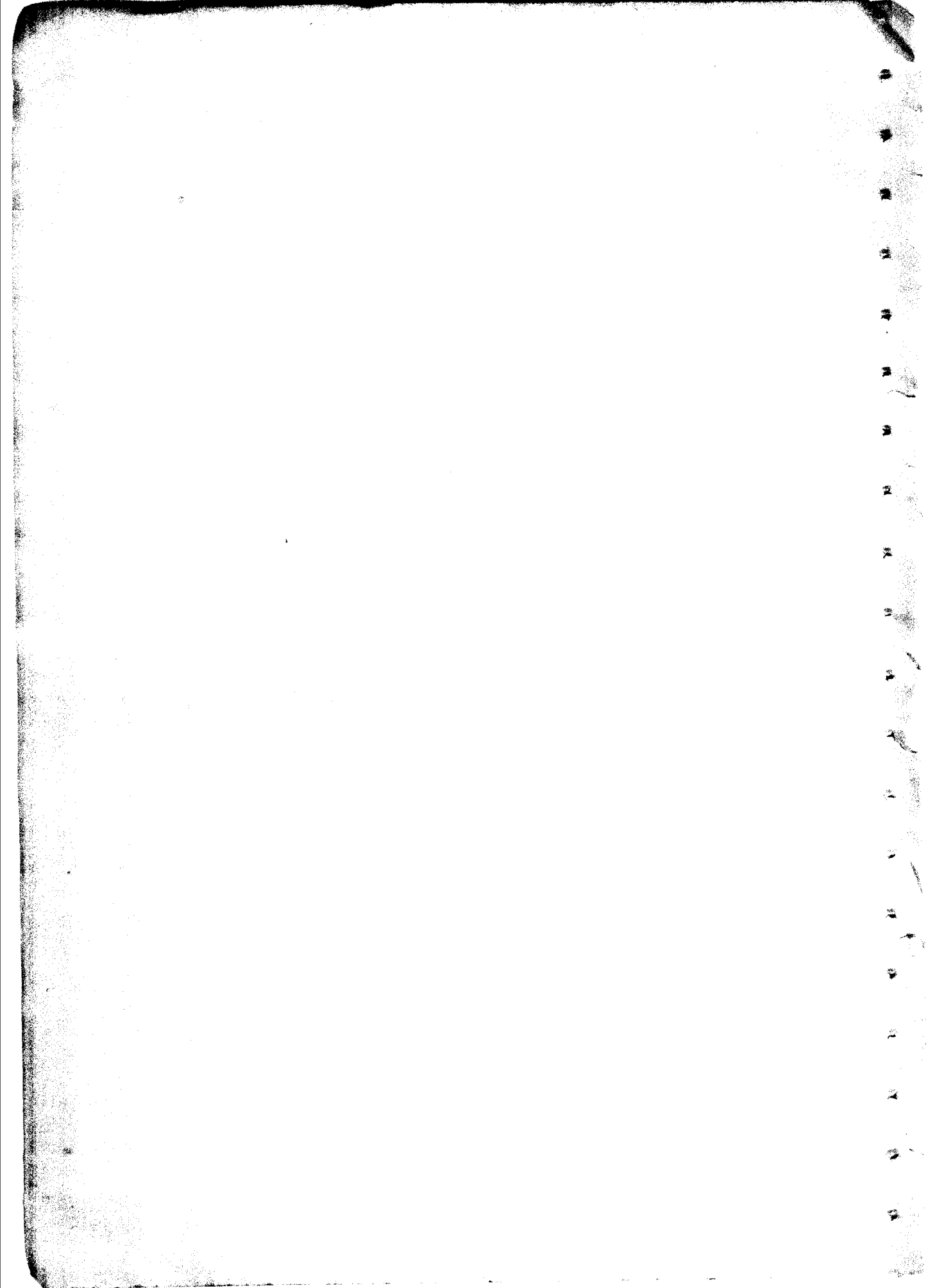
7.篩析時，應將所有可能通過之土粒，徹底篩下，此點務須特別留意，以免影響土粒之代表性。

§ 4. 記錄

見第 1—3 頁。

§ 5. 參考文目

1. Bureau of Reclamation, "Laboratory Procedures in Testing Soil Materials for Foundation and Construction Purposes," July 1946, pp. 36—38.



比 重 試 驗

南京水利實驗處 Sa002-51

§ 1. 目的

本試驗之目的在於測定土壤內土粒之比重，藉供孔隙率、縮性因數、比重計分析、固結試驗以及其他研究之用。

§ 2. 解釋

土粒之比重 G_s 爲在空氣中之乾土重 W_s 與其同體積攝氏 4 度時之蒸餾水在空氣中重量之比；即：

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_{w_0}} \quad (2-1)$$

式中 V_s = 土粒之體積，以立方公分計，及 γ_{w_0} = 攝氏 4 度時蒸餾水之比重（單位體積之重量），以克/立方公分計。

設 W_b = 比重瓶之重量，以克計；

W_1 = 溫度攝氏 T_1 度時，比重瓶盛裝蒸餾水至一定標記之總重量，以克計；

W_2 = 溫度攝氏 T_2 度時，比重瓶盛裝乾土和蒸餾水至一定標記之總重量，以克計；

W_2' = 溫度攝氏 T_2 度時，比重瓶盛裝蒸餾水至一定標記之總重量，以克計；

γ_{w_1} = 溫度攝氏 T_1 度時，蒸餾水之比重，以克/立方公分計；

及 γ_{w_2} = 溫度攝氏 T_2 度時，蒸餾水之比重，以克/立方公分計。

則溫度攝氏 T_1 時，比重瓶內蒸餾水之重量爲 $W_1 - W_b$ ；及該溫度時，比重瓶之容積 V_b 爲：

$$V_b = \frac{W_1 - W_b}{\gamma_{w_1}} \quad (2-2)$$

在溫度攝氏 T_2 度時，比重瓶盛裝乾土和蒸餾水至一定標記時，其中蒸餾水之容積 V 爲：

$$V = \frac{W_2 - W_b - W_s}{\gamma_{w_2}} \quad (2-3)$$

而溫度攝氏 T_2 度時，比重瓶之容積 V_b' 爲：

$$V_b' = V_b [1 + e_v (T_2 - T_1)]$$

或

$$V_b' = \frac{W_1 - W_b}{\gamma_{w_1}} [1 + e_v (T_2 - T_1)] \quad (2-4)$$

式中 e_v 爲玻璃之體膨脹係數，以 $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 計，故盛於瓶內之土粒體積 V_s 爲：

$$V_s = V_b' - V \quad (2-5)$$

則土粒在 4°C 時之比重為：

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_{w0}} = \frac{W_s}{(V_b' - V) \gamma_{w0}} \quad (2-6)$$

以 (2-3) 及 (2-4) 兩式代入 (2-6) 式，則得：

$$G_s = \left(\frac{W_s}{W_2' + W_3 - W_2} \right) \cdot \left(\frac{\gamma_{w2}}{\gamma_{w0}} \right) \quad (2-7a)$$

$$W_2' = W_b + (W_1 - W_b) \cdot \frac{\gamma_{w2}}{\gamma_{w1}} \left[1 + \epsilon_v (T_2 - T_1) \right] \quad (2-7b)$$

式 (2-7a) 及 (2-7b) 為土粒比重之普遍公式，式中 W_2' 及 γ_{w2} 可自圖 2.1-1 及表 2-1 分別檢得，因此在舉行試驗時祇須測定 W_s 、 W_2 與 T_2 即可根據式 (2-7a) 算出土粒比重 G_s 。每一比重瓶在試驗前必須繪製此比重瓶之溫度校正曲線，其方法見 Sa002.1-51 比重瓶之校正。

§ 3. 設備

1. 比重瓶一只 比重瓶有兩種：一為長頸比重瓶 (Lechatelier flask)，其容積為 250 立方公分，見圖 2-1；另一種為普通比重瓶 (Pycnometer)，其容積為 50 或 100 立方公分，見圖 2-2；其塞子與瓶係同一材料製成，塞之中心有一細管，以洩瓶中空氣或過剩之水分。一般測定粗粒土壤比重，多採用長頸比重瓶。

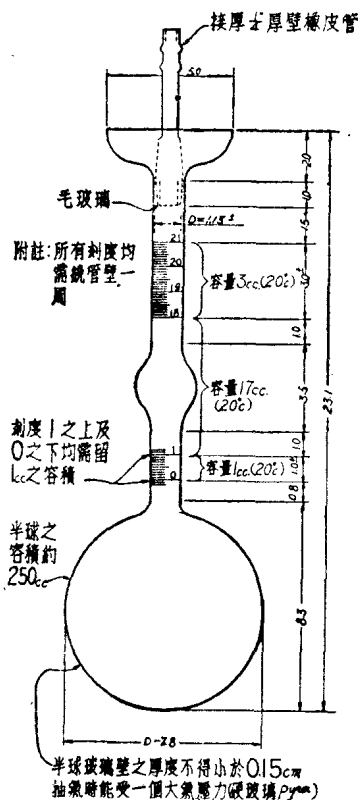


圖 2-1 長頸比重瓶

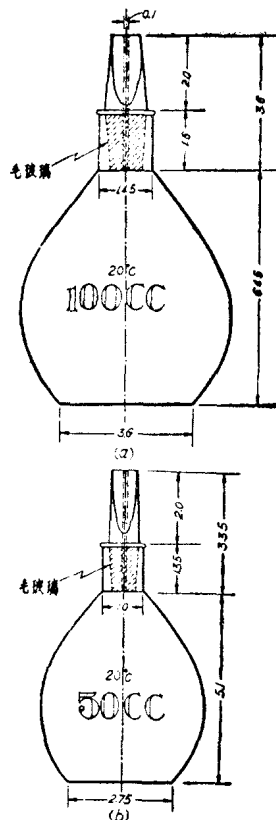


圖 2-2 普通比重瓶 (耐熱玻璃)

2. 天秤一架 感量 0.01 或 0.001 克。
3. 溫度計一只 刻度自攝氏 0 至 50 度，每格刻度為攝氏 0.1 度。
4. 抽氣器一只 水力抽氣器（見圖 2-3）或電動抽氣機一具。
5. 水銀測壓計或真空錶一具。
6. 攪拌機一具 見圖 7-1。
7. 乾燥器一具 直徑 30 公分。
8. 烘箱一具 可保持溫度 110°C 。
9. 其他 厚橡皮管、蒸餾水、稱量瓶、點滴管、小漏斗、酒精燈等。

§ 4. 土樣

1. 比重試驗所用土樣，可用自然狀態者或烘乾者。長頸比重瓶所用乾土重量至少 50 克；普通比重瓶通常 100 立方公分者用 30 克，50 立方公分者用 20 克。

2. 如試驗所用土樣為自然狀態者，則於試驗完成後，置於烘箱內在溫度 110°C 下，烘至其重量不變，以定其乾土重 W_s 。如土樣屬粘土，則在放入比重瓶前，應先放在燒杯中，加蒸餾水，并用攪拌機攪拌 15 分鐘，使顆粒分散。

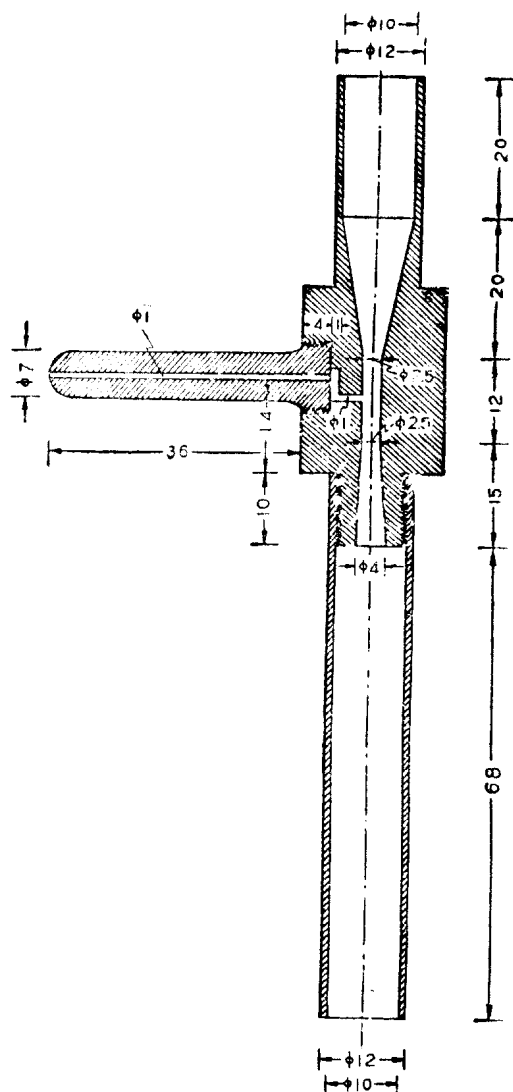
3. 如試驗所用土樣為烘乾者，則在試驗前應將土樣在 110°C 烘箱內，烘至其重量不變時為止（約 16 小時）。然後放於乾燥器內令其冷卻，冷卻後稱其乾土重 W_s 。

§ 5. 試驗程序

1. 將土樣傾入比重瓶內後，稱出土樣與比重瓶之總重，或將已知重量之土樣以小漏斗傾入比重瓶內，但務必不使土樣散失。次加蒸餾水於比重瓶內，如用長頸比重瓶，則約達其容積之 $\frac{3}{4}$ ；如用普通比重瓶，則約達容積之 $\frac{1}{2}$ ，土樣放入比重瓶，并注入蒸餾水後，至少浸潤 12 小時。

2. 比重瓶所盛土樣和蒸餾水內之空氣，可用下列兩法驅除之：（1）使土樣和蒸餾水受負壓力（瓶內壓力達 700 公厘水銀柱高）至瓶內沒有氣泡發生為止，通常沙土約需 15 分鐘，粘土約需 1 小時，如後者加少量雙氧水，則可減少抽氣時間。欲使土樣和水受負壓力，其法可將水力抽氣機或電動抽氣機，直接接於比重瓶，或接於可盛許多比重瓶之半真空皿內。當抽氣時，某類土壤常劇烈翻騰，因此必須慢慢抽氣，或用較大之比重瓶。又對於含有腐植質甚多之土樣，必須以酒精燈加熱去除氣體，但受熱之土樣，必待其冷至室溫後進行抽氣。（2）加熱煮沸，為時至少 10 分鐘，并不時轉動比重瓶，以助空氣之逸出。

3. 瓶內土壤及水內之空氣驅除後，以點滴管注蒸餾水達比重瓶校驗時之標記（普通比重瓶則齊



單位：公厘

圖 2-3 水力抽氣器

瓶塞之頂)，并以乾淨布將瓶外拭抹乾淨。次稱出比重瓶、盛水及土樣之總重 W_2 ，并測記是時水之溫度 $T_2^\circ\text{C}$ 。

§ 6. 計算

溫度 4°C 時土壤之比重，可按下式計算之：

$$G_s (4^\circ\text{C}) = \frac{W_s}{W_2' + W_s - W_2} \cdot \frac{\gamma_{w2}}{\gamma_{w0}} \quad (2-7a)$$

式中 W_s = 供乾土樣之重量，以克計；

W_2' = $T_2^\circ\text{C}$ 時比重瓶盛水之總重，以克計，此值由圖 2.1-1 檢得；

W_2 = $T_2^\circ\text{C}$ 時比重瓶盛水及土樣之總重，以克計；

γ_{w2} = $T_2^\circ\text{C}$ 時水之比重，此值由表 2-1 檢得；

及 γ_{w0} = 4°C 時水之比重 = 1 克/立方公分。

§ 7. 記錄

見第 2-6 頁。

§ 8. 參考文目

1. A. Casagrande and R. E. Fadum, Copies of "Notes on Soil Testing for Engineering Purposes," Soil Mechanics Series No. 8, Graduate School of Engineering, Harvard University, 1940, pp. 7-15.

2. American Society for Testing Materials, "Procedures for Testing Soils," 1947, pp. 44-46.

3. International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Technology, Vol. III, 1928.

4. D. W. Taylor, "Fundamentals of Soil Mechanics," 1948, pp. 24-25.