

土石工程大意



呂 謹 編 著



土石工程大意

呂 謙 編 著

商務印書館出版

(364110)

土石工程大意

★版權所有★

編著者	呂	謀
出版者	商務印書館	
	上海河南中路二一號	
發行者	三聯中華商務開明聯合組織	
	中國圖書發行公司	
	北京誠報館同六十六號	
發行所	北京上海天津各地分公司	
	三聯書店 中華書店	
	商務印書館 開明書店	
	聯營書店 各地分店	
印刷者	商務印書館印刷廠	

1951年12月初版 定價人民幣5,000元

(京)1-7000

目 錄

第一章 概 論

1. 土石工的重要性.....	1
2. 土壤的特性.....	2
3. 土壤的靜角和自然斜坡.....	4
4. 土壤的重量.....	5
5. 土壤的漲縮.....	6
6. 石的膨脹.....	7
7. 土石的區別.....	7
8. 填方與挖方.....	8
9. 坡度與坡度線.....	9
10. 邊坡.....	9
11. 公路路基寬度.....	10
12. 鐵路路基寬度.....	11

第二章 土石方的測量

13. 中線測量.....	13
14. 縱斷面測量.....	14
15. 縱斷面圖.....	14

16. 橫斷面測量	16
17. 手水準觀測法	18
18. 橫斷面測量記載法	19

第三章 土方數量的計算

19. 橫斷面積的計算	21
20. 土方數量的計算	28
21. 土方表	33

第四章 土方施工

22. 邊溝與天溝	39
23. 取土坑	40
24. 沉落土	41
25. 求邊樁的位置	43
26. 設置中樁及邊樁	46
27. 工作的進行	47
28. 挑運與車運	48
29. 人工打礮	50
30. 填土的壓實	52

第五章 挖土的機械

31. 一般工具的說明	54
-------------	----

32. 犁.....	55
33. 拖箕.....	56
34. 挖土箕.....	57
35. 平土箕.....	58
36. 機鏟.....	60
37. 拖箕挖機.....	62
38. 運土設備.....	63
39. 水中浚機.....	64

第六章 石方的開鑿

40. 開鑿的程序和效果.....	66
41. 石質和石層的鑑定.....	66
42. 爆破的理論.....	67
43. 鑽眼.....	68
44. 裝炸藥.....	71
45. 土藥的製造.....	73
46. 黃炸藥的製造.....	74
47. 燃炮.....	75
48. 搬運.....	75
49. 水中鑿石.....	76

第七章 施工規範

50. 總則.....	78
51. 挖方工程.....	80
52. 填方工程.....	83
53. 土方計價.....	85
54. 水溝工程.....	86

土石工程大意

第一章 概 論

1. 土石工的重要性

土石工在土木工程中，是一種最基本最重要的工作，無論是築堤修壩，開河挖溝，或是建築道路，無一件事不需要土石工。土石工純粹是一種勞動力的表現，小之僅須二三十個人工，便可完成那件工作，大之也許要動員成千上萬的民衆，經時好幾個月，甚而要一兩年，方能完成任務。例如開挖一條運河，修築一條鐵路，土石方動輒有幾百萬幾千萬公方之多，假如一個人工平均每天完成三公方，則幾百萬公方的土石方，便需用一兩百萬個人工。故土石工實是一種羣衆性的工作，必須有很好的組織，有完善的計劃，方能按着步驟，順利進行。

再者，土石工也就是一種土壤的處理工作，處理得當，可以順利成功，處理不當，可能遭致失敗，所以負責督導土石方工程的人，對於土壤的性質，必須首先要明瞭。

2. 土 壤 的 特 性

土壤的定義，就工程立場而言，却包括很廣：自堅實的石塊，礫石以至於土塵皆為土壤。同一土壤，因其所含水份不同，或所受處理不同，或其所含粒實大小不同，或其形狀不同，因之，其性質也各有不同。有遇乾燥後而收縮的，有受水而成漿狀的，有遇濕而脹的，有遇水而分裂的，情形非常複雜，假如不能慎重處理，常會遭致失敗。往往有建築物造成之後，發生龜裂或下陷的現象，或者是兩旁的土壤發生崩場的情形，這都要增加工程上的困難的。

土壤的廣泛定義可以說是：由於各種天然作用，使地殼岩石崩解及分解所成的較鬆不緊密的材料，牠的組織主要的有以下數種：

砂土：砂土為鬆散粒狀，顆粒清楚可見。乾時用手團之，鬆手則立即散開，在潮濕時可團成模，但若把牠輕觸一下，立即破碎。這種土壤築成路堤易被地面水所冲刷。

砂土質壤母：砂土質壤母含有多量砂土，和相當數量的粉砂與黏土，稍見黏性，土壤顆粒清楚可見。乾時可團成模，但很易破碎。在濕時團成之模，若小心移動，不致破碎。砂土與砂土質壤母皆可按其顆粒大小，分為粗砂，中砂，細砂及極細砂，四種。

壤母：壤母為砂土，粉砂土與黏土均勻組成的混合料，觸手有融和含砂感覺，並很柔軟，稍具塑性。在乾時團成之模，小心

移動，不致破碎，在濕時團成之模，則可任意移動，不致破碎。

粉砂質壤母：粉砂質壤母含有適量的細砂，少量黏土，其餘過半數的顆粒皆屬於粉砂。乾時表面呈塊狀，但很易破碎。研碎的粉末觸手有柔軟末狀的感覺。濕時很容易化於水中，乾時或潮濕時可團成模，並可任意移動，不致破碎。捏於兩指之間，不能成連續帶狀。

黏土質壤母：黏土質壤母為細組織土壤。乾時易碎，碎塊堅硬，濕時捏於兩指之間，則成薄帶狀，惟薄帶僅能支承本身重量，極易斷折。具塑性，可團成堅固之模，壓於掌中，則成餅狀，仍不致破碎。

黏土：黏土為細組織土壤，乾時成極硬的塊狀，濕時捏於兩指之間，可成柔軟的長條。

堅隔土：以上各種土壤如滲雜以相當數量的卵石或礫石，可稱為堅隔土。

硬土層：硬土層為一種堅密黏合的土壤堆築層，牠的外表有如岩石，不致被水軟化。

硬黏土層：硬黏土層為緊密堅硬不易透水的黏土層。

腐泥土：腐泥土全為腐爛的有機物及含相當礦質的土壤，大都為黑色，並含纖維狀，乾時或焚化時發生臭味，常發現於池沼等處，很易鑑別，有時也含少量的砂或粉砂土。這種土壤最不宜於鋪築路堤，如原地面是這種土壤組成，最好把牠完全挖去，另填以適宜的材料，否則路堤築成之後，定要發生沉陷現象，那時

再逐漸增加上層填土材料，但是否能遷移下部的腐泥，實在是一個疑問。

3. 土壤的靜角和自然斜坡

凡一種粉狀或顆粒狀的物體，如任其自然堆置時，牠一定要成一種稜錐形體，與水平面交成一定的斜坡，稱為自然斜坡。這個斜坡與水平面交成的角度，則稱為靜角，又稱安息角。假如我們很勉強地把牠堆成任何其他形狀，使牠的邊坡小於自然斜坡，例如圖 1 中所示：abcd 則日久之後，經過雨露風雪的影響，牠

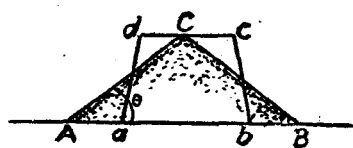


圖 1

的粒子之間，含有多量的水分，一定要發生滑動現象，而致成崩坍，仍然走到自然斜坡的路子，變成如圖中所示的 ABC 的形狀。圖中的 θ 便稱為靜角。

現在且將一般土壤的靜角和自然斜坡列表於下：

表一 土壤的靜角和自然斜坡

土 壤 種 類	狀 態	靜 角	自 然 斜 坡
普 通 土	乾 燥	$35^{\circ} \sim 40^{\circ}$	1.4~1.2
	半 濕	45°	1.0
	飽 和	27°	2.0
黏 土	乾 燥	28°	2.0
	半 濕	45°	1.0

砂	飽 和	17°	3.2
	乾 燥	30°~35°	1.7~1.4
	半 濕	40°	1.2
	飽 和	30°	1.7

圖 2 表示邊坡的意義。凡豎向的比例為 1，橫向也為 1 的，便稱為 1:1 的邊坡，如圖之(一)。如豎向為 1 橫向為 1.5 的，便

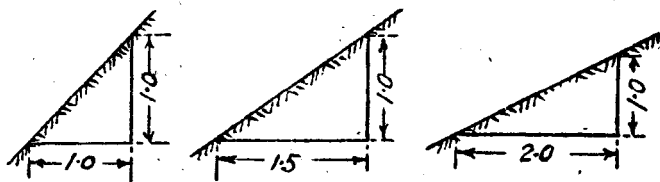


圖 2

稱為 1.5:1 的邊坡，如圖之(二)。如豎向為 1，橫向為 2 的，便稱 2:1 的邊坡，如圖之(三)。

4. 土 壤 的 重 量

土壤的組成既有上面所說的各種不同，而且每種土壤裏面所含的水分又各有不同，因之，牠們的單位重量也是參差不一。現在且將一般土壤的單位重量，即每一立方公尺(簡稱公方)的重量等於若干公斤，列表於下：

表二、土壤的重量

種 類	狀 況	重量 公斤 / 公方
	乾 燥	1153~1282

普 通 土	半 濕	1121~1218
	飽 和	1666~1794
砂	乾 燥	1442~1698
	半 濕	1890~2067
礫 石		1442~1698

5. 土 壤 的 漲 縮

土壤挖出後，牠的體積便要膨脹起來，等到堆積成堤後，又漸漸收縮起來，膨脹的程度要看挖掘以前，土質結實不結實而定；收縮的程度則看所取填土的方法而定：若完全聽其自然，不加滾壓或夯打，則其收縮雖隔一兩年，甚至幾年，也許還不能停止；假若很好的加以滾壓，則收縮可以很小。

土壤的收縮有不能恢復到原有體積的，也有縮到原有體積以下的，嚴格地說來，我們似乎不宜對於土壤的收縮遽下斷語，說是某種土壤的收縮率為百分之幾。大概的說，我們可假定一個結論如下：

(1) 挖出的土方(稱為上方)可較自然的土(稱為下方)增多體積自 14% 到 50%。

(2) 平均的說，淨砂淨礫可膨脹 14%；壩堤及壩母性的砂礫可膨脹 20%；緊黏土自 33% 到 50%。

(3) 若想依靠降雨來把所填鬆土逐漸結實，却須很長時間，大約要一年之久，但牠的體積仍比下方要膨脹。

(4) 若土堤是用單馬車或裝輪土箕造成的，則於完工以後，牠的體積將比下方減少 5% 到 10%，其後數年內可收縮 2% 上下。

(5) 若土堤是用大馬車或小鐵路和斗車運填的，則完工的次年，可以垂直收縮 3% 到 10%，以後便很少收縮。

(6) 若土堤是用黏土或墪母與礫石妥為混合，築造時分為薄層，並洒水滾壓或打夯，則完成之後，牠的重量可較鬆土增加 1 $\frac{1}{2}$ 倍。

6. 石 的 膨 脹

我們開鑿石方，若把開出的大小石塊，堆成長方形的體積，而後再丈量之，就要發覺牠的體積，比原來估計的岩石體積要大得多。這是因為岩石是一個整體，開成大小石塊再堆集起來，則石塊中間的空隙很大，是無法彌補的。一般的情形，開出的石塊裝入車輛時常有 40% 到 50% 的空隙，換言之，就是牠的體積膨脹了 40% 到 50% 之多。碎石機中所出的統塊含有 35% 的空隙，但若把大小塊子篩分為數種時，則每種的空隙可達 45% 到 48%。

7. 土 石 的 區 別

在土石方挖掘工程中，常有堅石，軟石，與土的三種區別，而土質又有堅隔與鬆土之分，牠們的區別，一般多規定如下：

(1) 鬆土——包括所有土質，可用尋常工具挖掘者。凡土

中雜有小卵石，或鬆動塊石，體積不超過一立方公尺者，概作鬆土計算。

(2) 堅隔——包括所有堅硬土質，須用洋鎬開掘者。凡開掘時如遇大批碎磚瓦礫，經久凝固，或多數樹根難於開挖者，得作為堅隔計算。

(3) 軟石——包括風化及未成岩石，開鑿時不用火藥轟炸者。

(4) 堅石——包括所有石層或大塊石，其體積超過一立方公尺，而必須用火藥或炸藥轟開，方可搬運者。

8. 填 方 與 挖 方

土石方工程包括着兩種工作：一種是填方，一種是挖方。所謂填方，就是就原地面，按着規定的形式，用土填築成一種土堤，有如圖3中的(A)，圖中 b 表示土堤的寬度， h 表示填土的高度。所謂挖方，就是就原地面，按着規定的形式，挖掘成一種溝槽，有

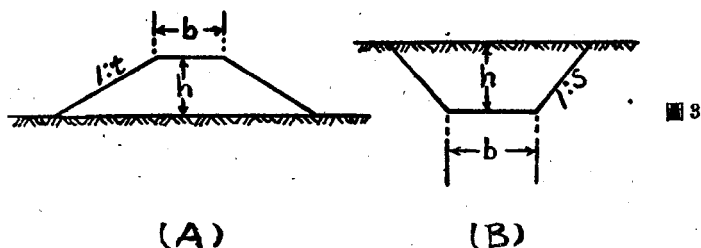


圖 3

如圖3中的(B)，圖中 b 表示溝槽的寬度， h 表示挖土的深度。在挖方中可能有開鑿岩石的工作，故一般所稱土工，實也包含着

開挖石方面言。

9. 坡度與坡度線

修築一條公路或鐵路，理想的路線最好能既平又直，不過因路線的兩終點，相距常在數十百里，在這長距離之間，不特兩終點的高度絕不能相等，就是中間各點的高度也不能相同。高度不同，而要求一平直的路線，這是不可能的事。將高度不同的兩點，以直線連結之，這條直線便稱為“坡度線”，這直線的傾斜度便稱為“坡度”。但在這兩終點之間，欲求一個均一的坡度，也是不可能的。

坡度普通多以百分率表示之，就是每百尺的水平距離，垂直變化共有幾尺，並加以正負號的註明。例如有一上坡道，每百尺高起二尺，則這坡度便稱為百分之二的上坡道，以 $+2.0\%$ 表示之。又如有一下坡道，每百尺降低一尺五寸，則這坡度便稱為百分之一點五的下坡道，以 -1.5% 表示之。這裏所稱上坡下坡，是指由路線的起點向終點的方向而言。

10. 邊 坡

無論挖土或填土，路基邊坡皆應當具有相當的斜度，以防坍塌。斜坡的寬度，因土壤的種類，地質的層次，與當地的氣候情形而不同，斜坡的傾角最好不應大於土壤的靜角。砂土和礫土的靜角為 $33\frac{1}{2}$ 度，鬆石的靜角為 45 度，換言之，就是斜坡的高度與

寬度之比爲 1.5:1 和 1:1。堅石可用矗立邊坡，但普通皆用 4:1 的邊坡。下表爲各種土壤最適當的邊坡。

表三 各種土壤最適當的邊坡

土 壤 種 類	氣 候 狀 況			
	乾 燥 地 域		雨 霜 劇 烈 地 域	
	挖	填	挖	填
粗 砂	1:1	1:1	$1\frac{1}{2}:1$	$1\frac{1}{2}:1$
細 砂	$1\frac{3}{4}:1$	$1\frac{3}{4}:1$	3:1	3:1
礫 石	1:1	$1:1 \sim 1\frac{1}{2}:1$	$1\frac{1}{4}:1 \sim 1\frac{1}{2}:1$	$1\frac{1}{4}:1 \sim 1\frac{1}{2}:1$
壩 堤(緊)	$1:1 \sim 1\frac{1}{4}:1$	$1:1 \sim 1\frac{3}{4}:1$	$1\frac{3}{4}:1$	2:1
壩 堤(鬆)	$1\frac{1}{4}:1 \sim 1\frac{3}{4}:1$	$1\frac{1}{4}:1 \sim 2:1$	$1\frac{3}{4}:1$	2:1
黏 土(硬)	1:1	1:1	2:1	$3\frac{1}{2}:1$
黏 土(軟)	$1\frac{1}{2}:1$	$1\frac{1}{2}:1$	$2\frac{1}{2}:1$	5:1
風 化 石	$\frac{1}{2}:1$	$1\frac{1}{2}:1$	$\frac{1}{2}:1$	$1\frac{1}{4}:1$
片 岩	$\frac{1}{2}:1$	$1\frac{1}{2}:1$	$\frac{1}{2}:1$	$1\frac{1}{4}:1$
堅 石	$\frac{1}{4}:1$ 或直立	1:1	$\frac{1}{4}:1$	1:1

又圖 2 表示 1:1, 1.5:1 和 2:1 三種邊坡的定義。

11. 公 路 路 基 寬 度

修築公路或鐵路，首先要決定的就是路基的寬度。公路路基寬度應爲路面寬度加路肩（就是路面兩旁所餘路基）寬度之和，見圖 4。路面的寬度視車道的數目而定，我國目前尙無修