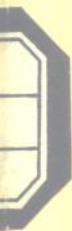


工程地質學

上 册

楊 金 漢 編著

新興圖書公司



工程地質學

上册

楊金漢編著

新興圖書公司

工程地質學 (上冊)

楊金漢 編著

出版：新興圖書公司

發行：時代圖書有限公司

香港九龍彌敦道 500 號一樓

3-308884

印刷：達高印刷有限公司

版權所有 * 不准翻印

1979年 4 月

工程地質學

上 冊 目 錄

第一章 概 論

1-1 地質與工程·····	1
1-2 工程地質學家應具備的條件·····	5
1-3 工程地質學家的職責·····	7

第二章 造岩礦物

2-1 礦物的物理性質·····	12
2-2 造岩礦物·····	21
2-3 五位數礦物鑑定法·····	31

第三章 黏土礦物

3-1 原子鍵·····	76
3-2 黏土礦物·····	79

第四章 土壤的工程性質

4-1 土壤水份·····	87
4-2 土壤粒子的大小·····	88
4-3 土壤粒子的形狀·····	92

4-4	土壤的構造型式	92
4-5	土壤的可塑性	96
4-6	土壤在工程上的分類	98
4-7	土壤的壓力變化	101

第五章 岩石的工程性質

5-1	抗壓強度與抗張強度	104
5-2	測定岩石其他自然性質的方法	110
5-3	火成岩	120
5-4	沉積岩	127
5-5	變質岩	135

第六章 岩石的風化

6-1	物理風化作用	143
6-2	化學風化作用	148
6-3	風化作用的深度	158

第七章 山崩與地陷

7-1	山崩的類型	160
7-2	落 下	162
7-3	滑 動	162
7-4	流 動	169
7-5	山崩的作用	174
7-6	山崩的預防	181
7-7	地 陷	184

第八章 地質構造

8-1 概 述	189
8-2 露 頭	190
8-3 褶 曲	191
8-4 斷 層	201
8-5 節 理	211

第九章 地下水

9-1 地下水的來源與地下水面	220
9-2 岩性對地下水狀況的影響	228
9-3 地質構造對地下水狀況的影響	234
9-4 泉 水	240
9-5 地下水的開發與保持	242

第十章 隧 道

10-1 概 說	246
10-2 隧道的種類	250
10-3 隧道構築的方法	251
10-4 隧道的支撐與襯砌	259
10-5 隧道工程與地質的關係	262

第十一章 水壩與蓄水庫

11-1 人類最古老的水壩	281
11-2 地質學與水壩工程的關係	283
11-3 水壩的類型	284
11-4 土 壩	288

11-5	填石壩	296
11-6	石工壩	296
11-7	洩洪道與出水工	300
11-8	壩址的選擇與岩石的性質	302
11-9	灌 漿	308
11-10	水 庫	309
11-11	水壩的損毀	315
11-12	著名水壩工程實例	328

第十二章 運輸路線：水圳與運河

12-1	灌溉水圳	342
12-2	航行運河	348

第十三章 運輸路線：公路

13-1	路線的選定	355
13-2	公路的種類	359
13-3	公路工程設計和地質的關係	361
13-4	路床的建造 —— 均夷	372
13-5	路床的建造 —— 排水	381
13-6	路床的建造 —— 路面	386

第十四章 運輸路線：鐵路

14-1	概 述	398
14-2	鐵路路線的選定與構築	403
14-3	鐵路工程和地質的關係	408
14-4	鐵路的維護	419

附圖目錄

2-1	結晶軸	13
2-2	結晶系統	14
2-3	矽氧四面體	22
2-4	雙矽酸塩構造的基本單位	23
2-5	環矽酸塩構造的基本單位	23
2-6	鏈矽酸塩構造的基本單位	24
2-7	片矽酸塩構造的基本單位	26
2-8	Bowen 氏反應系列	27
3-1	SiO_4 四面體和 $\text{Al}(\text{OH})$ 八面體的分子構造	80
3-2	高嶺石的構造	81
3-3	蒙脫石的基本構造單位	84
3-4	蒙脫石和伊利石的構造	85
4-1	毛細管水環產生接觸壓力的情形	88
4-2	各種土壤的標準粒子大小分布曲線	91
4-3	黏土膨脹壓力增加和時間的標準關係曲線	95
4-4	土壤物體的剪應力	102
5-1	無側束抗壓強度試驗	165
5-2	垂直的與切線的應力	118
6-1	矽酸塩類礦物的風化系列	158
7-1	山崩的類型	161
7-2	落石和落土	163
7-3	轉場的類別	164
7-4	作匙形的轉場	165
7-5	轉場的麓部變為土流的情形	166
7-6	塊狀滑移	167
7-7	岩屑直滑	167

7-8	發生在瑞士的一次土屑直滑	168
7-9	側方展開性的滑動	169
7-10	黃土的乾流	170
7-11	砂流	171
7-12	土屑崩流	171
7-13	土流	172
7-14	轉場和土流的關係	173
7-15	泥流	173
7-16	頭份珊瑚潭地塊滑移示意圖	178
7-17	八堵高速公路交流道山邊工地山崩示意圖	181
8-1	地層的走向與傾斜	191
8-2	走向與傾斜的度量	192
8-3	褶曲構造各部份的名稱	193
8-4	背斜與向斜	194
8-5	軸傾褶曲與非軸傾褶曲	195
8-6	圓丘	195
8-7	對稱褶曲	196
8-8	不對稱褶曲	196
8-9	轉倒褶曲	197
8-10	等斜褶曲	197
8-11	偃臥等斜褶曲轉變為逆斷層的情形	197
8-12	單斜褶曲	198
8-13	複向斜與複背斜	198
8-14	推覆體	199
8-15	背斜谷和向斜嶺	199
8-16	褶曲頂部為張裂所切割的情形	200
8-17	斷層的類別	201

8-18 地壘與地塹	202
8-19 平移斷層	203
8-20 構造的不連續	205
8-21 層面斷層	206
8-22 岩層經過斷層以後的重覆出現	206
8-23 斷層曳曲	207
8-24 斷層斷崖	208
8-25 三角面的形成	209
8-26 山脈構造爲斷層切斷的情形	210
8-27 均質物質均勻冷縮形成六角柱的情形	212
8-28 扭曲產生節理的情形	213
8-29 壓力產生節理的情形	214
8-30 力偶產生節理的情形	215
8-31 節理與地區構造的關係	215
8-32 火成岩的節理	216
8-33 節理構造不良的壩址	217
8-34 節理造成山崩的情形	218
9-1 地下水面	222
9-2 地下水面圖	224
9-3 陷落圓錐發生的情形	225
9-4 地下水在地內劃分成帶的情形	227
9-5 大顆粒間的孔隙爲細顆粒子所填塞的情形	229
9-6 沉積物固結後孔隙的減小	229
9-7 膠結物將孔隙減少的情形	230
9-8 地下構造對地下水狀況的影響	235
9-9 自流水發生的狀況	237
9-10 在海島下方地下水和海水接觸的情形	239

10-1	隧道各部份的名稱	249
10-2	隧道開鑿的坑台法	253
10-3	隧道開鑿的側坑法	254
10-4	隧道開鑿的多坑法	255
10-5	溝式隧道	257
10-6	用鋼材支撐隧道的方式	260
10-7	栓釘和標準的栓頂裝置	261
10-8	在岩石中的流道	265
10-9	隧道以平行方向通過向斜軸部的情形	270
10-10	隧道以平行方向通過背斜軸部的情形	270
10-11	隧道以平行方向通過褶曲一翼時的情形	270
10-12	隧道和褶曲直交時的情形 (I)	271
10-13	隧道和褶曲直交時的情形 (II)	271
10-14	隧道通過水平岩層時的情形	272
10-15	隧道與斷層的幾種關係位置	273
10-16	隧道穿過地質構造比較穩定的邊坡時的情形	275
10-17	隧道穿過地質構造不太穩定的邊坡時的情形	276
10-18	等地熱線在山嶺與山谷下面的分布	277
11-1	土壩堤面保護的方法	290
11-2	水力填土壩的建造方法	292
11-3	均質壩所使用的排水路	293
11-4	不透水帶的位置	295
11-5	實心重力壩的構造剖面	297
11-6	空心重力壩的構造切面	298
11-7	拱壩的型式	299
11-8	地下水位置與水庫水份流失的關係	310
11-9	水庫淤塞的作用	312

12-1	水圳的剖面	345
12-2	巴拿馬運河 Gaillard Cut 段的地下剖面	351
13-1	公路立體交叉方式	371
13-2	公路環形交叉方式	372
13-3	砂橋排水法	378
13-4	標準的 Proctor 密度曲線	380
13-5	具有良好排水設備的公路剖面	383
13-6	涵洞的類型與構築的材料	385
13-7	涵洞頭牆與尾牆的樣子	386
13-8	水泥混凝土路面接縫的情形	396
14-1	一標準軌距的單軌路床剖面	399
14-2	墊 飯	400
14-3	魚尾飯將鐵軌連接起來的情形	401
14-4	鐵路排水的一般設施	404
14-5	接軌的方式	405
14-6	軌 撐	406
14-7	尖形轉轆器	407
14-8	轆叉的構造	408
14-9	運用特殊鋼架將鐵路懸起通過的情形	410
14-10	京張鐵路平剖面圖	414
14-11	八達嶺隧道設計的情形	415

附表目錄

2-1	普通礦物的硬度	18
2-2	普通礦物的比重	19
2-3	矽酸鹽類礦物構造分類	25
2-4	普通矽酸鹽類造岩礦物	29

2-5	其他重要的普通造岩礦物	30
2-6	五位數礦物鑑定表	36
4-1	土壤大小分級標準	90
4-2	Atterberg 限度	97
4-3	土壤成份的大小範圍	98
4-4	土壤的統一分類	99
5-1	岩石的抗壓強度 (I)	107
5-2	岩石的抗壓強度 (II)	108
5-3	火成岩的性質	121
9-1	一般沉積物陷落圓錐的影響半徑	226
9-2	一般土石的孔隙率	228
9-3	沉積物平均滲透率係數	231
9-4	地下水在不同沉積物裏的平均流速	232
10-1	歐洲長隧道的平均地熱度數	278
12-1	巴拿馬運河挖掘土石的数量	350
13-1	公路工程等級分類標準	364
13-2	視距標準	365
13-3	平曲線最短半徑標準	365
13-4	最大超高度標準	366
13-5	最大縱坡度標準	366
13-6	豎曲線的最短長度標準	366
13-7	用地寬度標準	367
13-8	路基寬度標準	367
13-9	分向綠地寬度標準	368
13-10	路基邊坡標準	369
13-11	路面的種類	369
13-12	快車道路面寬度標準	370

工程地質學

上 冊

第一章 概 論

1-1 地質與工程

人類所從事的各類工程，因為都是位於地球的表面，受到地面的支持，因此都和地面有關，而受到地殼變動和地面的性質，例如地形、岩性和地質構造等等因素的影響。地質學因為正是對這幾個控制工程計劃的基本因素從事研究，所以便很自然地成爲了工程方面的基本智識。

舉例來說，台北盆地，在地質史上本來是個大湖泊。我們如果要在那裏興建大型的地上建築物，如高樓大廈和橋樑等，或者要興建各種的地下建築，比如地下電車道、地下鐵路、公路、隧道、地下人行道和地下商場等，首先要考慮的，便是地下的湖沉積物的來源、種類、性質、構造、負載能力、地下水面的狀況和有無流沙的現象等。把上述這些地質學上的因素加以通盤調查和研究之後，我們才能決定何種工程適宜進行和如何設計，以及何種工程不適宜進行。再從地質學的另一個角度來看，台灣正是位於環太平洋的地震帶之內，地震有時十分厲害。換句話說，我們從事工程建築，如果不把這一地震的因素考慮進去，而予以特別的防震設計，結果將會不堪設想。例如在民國五十七年八月三日早晨，菲律賓曾經發生大地震，這次地震的地點雖然不在台灣，但所發生的

悲慘結果，卻可以提供我們參考，因為它在馬尼拉市震塌七座六至八層的大廈，另在華僑區內震塌了一幢五層的公寓大廈，把一千五百多名華僑，從睡夢中壓埋在一大堆由水泥和鋼筋所形成的廢物之下，估計死傷了五、六百人之多。根據調查，這一大廈的建築，無論在材料的使用和建築的設計方面，都不合規格，水泥更劣得像「粉」一樣，至於所謂防震的設計，更不用談了。今天台北市高樓大廈林立，各種四、五層樓的公寓，到處濫建，至於它們的材料、設計和基礎怎樣，是否都合乎工程和地質學上的要求，將來一旦遇到地震，是否會像上述的例子一般的整棟倒塌，那恐怕就很難說了。

此外，我們可以再舉一個有關都市供水（Water Supply）的例子，以說明工程建築和地質學的關係。根據 Thornbury (1960, p. 555) 的報導，在美國 Indiana 的 Bloomington 地方，因為都市發展迅速，曾發生過嚴重的水荒。於是當地的市政官員便決定在市鎮西邊的一道泉水的下游建造水壩，以把泉水利用水庫貯蓄起來應用。可是等到花了鉅款把水壩造好之後，却從來沒見有水從水壩的溢洪道（Spillway）中流過，反之大部份的水却是從水壩的下面漏掉了。後來經過地質學家的研究，才知道那水壩是建築在一片由石灰岩所構成的 Karst 平原上面，地下到處充滿了由地下水所溶蝕出來的流道，使水份極易進入地下漏走。換句話說，那裏的地質條件，根本不適宜於水壩的興建。從這個例子看來，可見當時的市政官員，正欠缺了地質學最起碼的基本智識，所以才招致了這種工程上的無謂浪費，和供水計畫的澈底失敗。此外，Legget (1962, p. 492) 曾經指出，光是在一八六四到一八七六這十二年之間，世界各地即有數約一百個以上的水壩，因為壩基下方地層發生變化，而引起崩塌。為數之多，令人吃驚。於此我們便可以看出，地質的因素，是如何在左右着工程建設的成敗了。

不過另一方面，Schultz (1961) 則認為地質學對工程設計雖有所貢獻，但反過來，「如果我們說工程界對地質學的貢獻尤大，亦不算過

分誇張」。這番話是不錯的，好比把英倫最早的地質圖測量出來的William Smith，便是一位工程師。此外，有些種類的工程，還可以對地質學的推論加以考驗，而推動了純地質學（Pure Geology）的進步。例如二十世紀初期，在Alps山脈下方七千多呎處開鑿穿越Alps山脈的Lötchberg隧道（全長9.40哩），便曾經對地質學家的理論，加以無情的考驗。當時在工程開始之前，建造隧道的工程人員為求明瞭隧道計畫沿線的地質狀況，曾聘請了若干著名的地質學家從事調查。地質學家們根據調查結果所作成的異常複雜的地質剖面圖，經過後來工程進行時的印證，發覺竟然錯誤百出。例如地質學家認為隧道全程將要穿過堅固的花崗岩石，可是隧道開掘了還不到兩哩，便鑽進了一道充滿水積土的古老冰河峽谷裏，使隧道崩陷，並且有八千立方碼的土石衝進來把隧道填塞，二十五人喪生，結果隧道被迫改道而較預定的長出了半哩。此外，在台灣十大建設當中的北迴鐵路，據說，部份隧道在開挖的時候，也曾遭遇到地質方面種種的意外，使化費鉅資所購買的大約翰鑽挖機，無法發揮它們正常的效用，而大大地延誤了工程的進度，這便是工程考驗地質學家理論的一些最佳的例子。否則，地質學家所作的地質調查，和所繪製出來的地質剖面圖是否正確，那任誰也無法知道。可見工程和地質兩者，彼此要經常攜手合作，這樣一方面，我們從地質學的應用當中，可以大有助於工程的計劃和建造，使不致發生嚴重的錯誤而招致災禍與浪費。同時另一方面，我們根據工程挖掘與鑽探所得的地下資料，亦可以使地質學錯誤的理論有改正的機會，使地質學的本身，蒙受到極大的益處。

地質學早期之應用在工程方面的，都是屬於和岩石有關的。例如採礦，開鑿隧道和採掘建築材料等。自從一九四〇年以來，地質學的應用，已經迅速地向工程界的另一比較新的領域，即土壤力學（Soil Mechanics）方面發展，即是對黏土、淤泥、沙和石等等為工程師所習稱造土壤的，從事研究。這是因為地質學家在實際的工作經驗當中，發覺要

解決工程上的問題，光靠岩石學的智識是不夠的。例如我們知道，目前除了一些十分重的構造，例如石工壩（Masonry Dam）和大的橋墩（Bridge Piers）等，須要建築在岩石上面以外，事實上其他大多數的工程構造，可說都是建造在土壤物質的上面。由於在地質學中，我們並沒有研究土壤在受到重壓時如何變化的問題，因此一些有經驗的地質學家便覺得如要解決實際工程上的問題，便非要知道土壤力學的原理不可。關於土壤力學這一部門的智識，在開始的時候，本來僅是以研究土壤的複雜性質為主。可是後來慢慢發現，要充分瞭解從土壤研究當中所獲得的資料，非要知道此等物質的來源，和在大自然裏如何生成不可。換句話說，便是要應用地質學的智識來做基本。例如黏土，其在海洋和湖中沉積成的，在工程性質方面，和來自火山灰風化的，便大有不同。還有，其在淡水中沉積成的，和在海水中沉積的，在工程性質方面，亦有很大的差異。因此在最近的二三十年來，工程地質學和土壤力學這兩方面的智識，可說已經打成一片。

在實際工作的時候，我們間或發現工程師們未能從事地質調查的工作；另一方面，則若干地質學家，往往因為欠缺工程方面的智識，亦無法將地質學的智識有效地應用在工程的問題上面，使地質學的應用價值，大打折扣。像這樣的一個缺口，我們現在已經可以由一些兩者兼通的所謂工程地質學家（Engineer-Geologists）來彌補；這也等於是利用工程地質學的知識，來作為這兩者之間的橋樑。不過工程地質學家這門新興的職業，無疑仍然是以地質學的智識作為背景，而且事實上，所謂工程地質學家，實際上大多數都是地質學家。我們從這個角度來看，可知在工程人員方面，最好不要把地質學完全忽略，否則便將無法和工程地質學家們的思想溝通。

在這裏，我們須要把工程地質學的意義，以及它與地質學的區別，說明一下。所謂工程地質學（Engineering Geology），根據 Krynine 和 Judd 的說法，認為應該是一門「利用地質學的資料和實際經驗，來