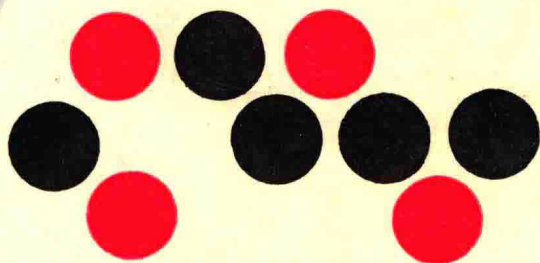


工程地質學

蔡攀鰲 著

科學技術叢書 / 三民書局印行



工 程 地 質 學

蔡 攀 鰲 著

學歷：國立成功大學土木工程學系工學士
美國奧克拉荷馬州立大學土木研究
所工學碩士

國立成功大學土木研究所畢業、國
家工學博士

現職：國立成功大學土木工程學系教授

三 民 書 局 印 行

◎ 工程地質學

作者 蔡肇鰲

發行人 劉振強

出版者 三民書局股份有限公司

印刷所 三民書局股份有限公司

地址／臺北市重慶南路一段六十一號

郵撥／〇〇〇九九八—五號

初版 中華民國六十年七月
六版 中華民國七十七年六月
增訂初版 中華民國七十八年八月

編號 S 44151

基本定價 柒元叁角叁分

行政院新聞局登記證局版臺業字第〇二〇〇號
著作權執照臺內著字第三九四五號



原 序

任何一項土木水利工程，都與地殼發生關係，而地殼係由各種岩石所構成。所以地殼的構造，對工程基礎的設計、構造的影響甚鉅。例如臺灣省的石門大壩，原先擬定建築拱壩，後經地質鑽探的結果，認為壩址的地質不適建築拱壩，因之才改成現在的土石壩；北基公路的中興隧道，其八堵的入口端，在施工期間，曾因地質欠佳，發生不穩定的大量崩塌。因此，不得不修改設計，將路線右移6公尺，移出滑動範圍；蘇花公路近蘇澳的一段路基於民國五十九年底，整個崩坍，而致計劃將該段改線；再者土木建築材料之土、砂、粒石等亦都係採取自地殼之岩石，能否就地取材，影響工程費用，施工期限頗大。故從事土木水利工程者，必需要有工程地質的基本知識，以決定工程之設計、施工的方式、工程材料的來源等等之規劃。

書中各章多為一般學識的介紹。

由於航空攝影的長足進步，對工程範圍內之工程地質已可事先藉空照圖來研判，以減少初期在野外的勘察地質工作。如此不但可節省時間，且收經濟之效，因此特闢第十四章介紹其研判的原則。

各種岩石的物理及力學性質，可藉試驗方法檢定之，以作為選擇適當基礎及材料的標準。各項試驗法可參閱有關工程材料試驗書籍，但為便於對此等特性有初步瞭解起見，於第十五章特列岩石之主要試驗法。致於土壤的試驗可參閱土壤力學試驗書籍。

書中之部份圖片承王學勤先生代為攝製，特此誌謝。

本書之編撰，參考各專門書刊甚多，敬列於後，並對原著者，謹致謝忱。

編者學驗有限，又付梓之時，雖經多次校訂，舛誤之處，在所難免，尚祈諸位先進，不吝隨時惠予指正，俾再版時得加以訂正。

蔡 攀 鰲 謹識

民國六十年五月二十二日

於成功大學土木工程學系

修訂版序

本書再版係針對初版本加以修訂，遵照教育部大專院校土木、水利科系工程地質教材標準重新增修，除對一般性的地質作有系統的介紹外，並加強對土木、水利工程之應用，再提出臺灣地區之地質概況與工程石料，可以使學習土木、水利工程的學生及從事工程者，領悟地質作用的基本知識及其應用。

工程地質學在我國大專院校土木、水利工程科系，早被列為必修科目；工程地質也是影響工程建設成敗之重要因素，其重要性與日俱增。一位土木、水利工程師，必須具備工程地質學的背景，才能與地質師充分配合，有效針對區域地質特性與工程結構物間的相互關係，將有關地質結構與區域構造的演變，岩石分類特性及其力學特性、以及目前地盤種種活動情況的地質學，作有系統的應用，本乎經濟原則，作工程規劃、工程設計、工程地點選定、施工方法擬定、工程安全、施工期間可能遭受困難的事先防患、以及地質資料整理與保存等等，作合適的決斷。

本書再版之編撰，也多參考引用各專門書刊甚多，敬列於後，並對原著者謹致謝忱。舛誤之處，也祈諸位先進不吝隨時惠予指正，俾再版時得加以訂正。

蔡攀鰲 謹識

民國七十八年四月六日
於國立成功大學土木研究所

目次

原序

增訂版序

第一章 緒論	1
1.1 地質學與工程地質學	1
1.1.1 地質學	1
1.1.2 工程地質學	2
1.2 地球之成因	3
1.2.1 太陽系	3
1.2.2 太陽系之生成	4
1.2.3 地球之形成	5
1.3 地球構造及組成	6
1.3.1 地球形狀	6
1.3.2 地球內外圈	6
1.3.3 地球內部構造與組成	8
1.3.3-1 地殼	10
1.3.3-2 地函	11
1.3.3-3 地核	11
1.4 地殼運動	12
第二章 礦物	13

2 工程地質學

2.1 礦物	13
2.2 礦物之晶體	14
2.3 礦物之晶系	15
2.4 礦物之物理性質	20
2.4.1 硬度	20
2.4.2 解理	21
2.4.3 光澤	23
2.4.4 條痕	24
2.4.5 顏色	24
2.4.6 斷口	25
2.4.7 比重	26
2.4.8 結構	27
2.4.9 韌性	29
2.4.10 透光性	29
2.5 礦物之鑑定	29
2.6 造岩礦物	35
2.6.1 矽酸鹽類	35
2.6.1-1 無水矽酸鹽類	35
2.6.1-2 含水矽酸鹽類	42
2.6.2 氧化物類	44
2.6.3 碳酸鹽類	48
2.6.4 硫酸鹽類	49
2.6.5 硫化物類	51
2.6.6 磷酸鹽類	52

第三章 岩石	53
3.1 岩石	53
3.2 岩石之分類及其成因	54
3.3 火成岩	55
3.3.1 侵入岩	55
3.3.2 噴出岩	59
3.3.3 火成岩概論	60
3.3.3-1 火成岩之化學成分與礦物成分	60
3.3.3-2 火成岩之組織	62
3.3.3-3 火成岩之結構	63
3.3.3-4 火成岩之節理	63
3.3.4 火成岩各論	66
3.3.4-1 侵入岩 (粗粒火成岩)	66
3.3.4-2 噴出岩 (細粒火成岩)	69
3.3.4-3 玻璃質火成岩	71
3.3.4-4 斑岩	72
3.3.4-5 火山碎屑岩	73
3.4 水成岩	73
3.4.1 水成岩成因	74
3.4.2 水成岩之結構	75
3.4.3 水成岩之組織	78
3.4.4 水成岩之成分	78
3.4.5 水成岩之分類	78
3.4.6 水成岩各論	80

3.5	變質岩	85
3.5.1	變質作用之要素及種類	86
3.5.2	變質岩之組織	87
3.5.3	變質岩之成分	88
3.5.4	變質岩之分類	89
3.5.5	變質岩各論	89
3.6	岩石之循環	93
3.7	岩石之物理性質	94
3.8	岩石之硬度及變形性質	99
3.8.1	岩石之強度	99
3.8.1-1	抗壓強度	99
3.8.1-2	抗張強度	101
3.8.1-3	抗剪強度	103
3.8.2	岩石之變形性質	104
3.8.2-1	膨脹特徵	104
3.8.2-2	彈性變形	105
3.9	岩石之開挖	107
3.10	岩石之可鑽性	108
3.11	岩石開挖之體積變化	108

第四章 構造地質 109

4.1	構造地質	109
4.1.1	走向與傾角	109
4.1.2	構造地質對工程之影響	110
4.2	褶曲	111

021	4.2.1	褶曲之形式	111
021	4.2.2	褶曲種類	112
121	4.2.3	褶曲對工程之影響	113
221	4.3	節理	114
	4.3.1	節理之形成	114
021	4.3.2	節理之種類	114
021	4.4	斷層	117
101	4.4.1	斷層之形成	117
101	4.4.2	斷層種類	119
101	4.4.3	斷層形成之地形	120
301	4.4.4	斷層特徵	121
301	4.4.5	斷層對工程之影響	121
301	4.5	不整合	122
601	4.6	野外觀測	124
601			
	第五章	地質圖	129
801	5.1	平面地質圖	129
801	5.2	地質剖面圖	131
001	5.3	工程地質圖	133
001	5.4	地質圖之繪製	134
001	5.5	航照在地質圖調查製作之應用	137
171	5.6	地質圖之判讀	138
171	5.7	臺灣地質	143
171	5.7.1	臺灣地形	143
071	5.7.2	臺灣地質圖	147

5.7.3	臺灣岩石種類及分佈	150
5.7.3-1	水成岩	150
5.7.3-2	變質岩	153
5.7.3-3	火成岩	155
第六章 地質探查		159
6.1	地面探查	159
6.2	地下探查	161
6.2.1	試坑及試溝探查	161
6.2.1-1	試坑、試溝探查之優缺點	161
6.2.1-2	試坑	162
6.2.1-3	試溝	162
6.3	橫坑	162
6.4	鑽孔及採樣	163
6.4.1	土鑽探法	163
6.4.2	沖水鑽探法	165
6.4.3	取土器取樣	168
6.4.3-1	分裂式取土器取樣	168
6.4.3-2	薄管取土器取樣	169
6.5	岩心鑽探	169
6.5.1	岩心鑽探	169
6.5.2	岩心鑽取率	171
6.5.3	鑽石鑽頭	173
6.5.4	鋼珠鑽	174
6.6	鑽探資料之記載	176

6.7 地球物理探查	177
6.7.1 震動折射法	177
6.7.2 電阻測探法	179
6.8 地質探查計畫及其佈置	180
6.9 地質探查評估	182
6.10 由地質探查資料繪製地質剖面圖	184
第七章 岩石之物性及力學性質測試	187
7.1 岩石之室內試驗	187
7.1.1 強度試驗	187
7.1.1-1 抗壓強度試驗	187
7.1.1-2 抗張強度試驗	188
7.1.1-3 抗剪強度試驗	190
7.1.2 壓縮性試驗	192
7.1.3 透水性試驗	193
7.1.3-1 縱向透水性試驗	193
7.1.3-2 徑向透水性試驗	194
7.1.4 指數及分類試驗	196
7.1.4-1 岩石分類	196
7.1.4-2 指數性質之分類試驗	199
7.1.5 土木建築工程之石料試驗	202
7.2 岩石之現場試驗	207
7.2.1 直接剪力試驗	207
7.2.2 平鉸載重試驗	209
7.2.3 透水性試驗	211

7.2.3-1	開底試驗	211
7.2.3-2	墊塞試驗	213
第八章 岩石風化與土壤生成		217
8.1	岩石之物理性風化作用	217
8.2	岩石之化學性風化作用	220
8.3	岩石風化之速度	222
8.4	風化對工程之影響	223
8.4.1	風化對工程之影響	224
8.4.2	工程石料之風化影響	225
8.5	風化帶調查	226
8.6	土壤之生成	227
第九章 地下水		231
9.1	地下水位	231
9.2	地下水位圖	232
9.3	地質與含水層	233
9.4	地質構造與地下水	235
9.5	地下水之流動	238
9.6	泉	239
9.7	井	242
9.8	地下水之地質作用	243
9.9	地下水與工程之關係	245
9.10	臺灣之地下水	246

第十章 邊坡滑動及崩坍	251
10.1 坍方分類	251
10.1.1 崩落	253
10.1.2 傾翻	254
10.1.3 滑動	255
10.1.4 側滑	258
10.1.5 流潰	259
10.1.6 慢流型	262
10.1.7 複合型	265
10.2 產生土石滑動及崩坍之因素	266
10.3 地陷	268
10.4 坍方對工程破壞性之影響	268
10.5 坍方之防止	270
10.5.1 坍方區域之研判	270
10.5.2 坍方之防止	271
10.6 山坡地之開發	273
10.6.1 常見之山坡地災害	274
10.6.2 不適開發之山坡地	274
10.6.3 山坡地社區開發之規畫步驟	275
第十一章 河川之侵蝕與沉積	277
11.1 排水系統	277
11.2 河川之生成及演進	278
11.3 河谷之發育	279

11.3.1	河谷之加寬	279
11.3.2	河谷之形狀	279
11.3.3	河谷之延展	280
11.4	河川之侵蝕作用與防止	281
11.4.1	河川之侵蝕作用	281
11.4.2	河川侵蝕之防止	282
11.5	河川之搬運	282
11.6	河川之沈積	283
11.6.1	河川沈積之原因	283
11.6.2	沖積扇	284
11.6.3	氾濫平原	285
11.6.4	河川臺地	287
11.6.5	河川三角洲	288
11.7	河川與工程之關係	290
11.7.1	沈積地型與工程	290
11.7.1-1	沖積扇	290
11.7.1-2	氾濫平原	290
11.7.1-3	河川臺地	291
11.7.1-4	三角洲	292
11.7.2	河川與防洪工程	293
11.7.3	河川與水庫工程	294
11.8	臺灣之河川	294
第十二章 湖泊		299
12.1	湖泊之種類	299

12.2	湖泊之成因	299
12.3	湖泊之作用	300
12.4	湖水之溫度及其成分	301
12.5	湖泊之消滅	302
12.6	湖泊與工程之關係	302
第十三章 風之侵蝕作用與沉積		305
13.1	風之侵蝕作用	305
13.2	風之搬運	306
13.3	風之沈積	307
13.4	砂丘	308
13.4.1	縱砂丘	308
13.4.2	橫砂丘	310
13.4.3	新月砂丘	310
13.4.4	拋物線砂丘	312
13.4.5	各類砂丘發育要素	313
13.4.6	砂丘之工程性質	313
13.5	黃土	313
第十四章 冰川之侵蝕作用與沉積		315
14.1	冰川之成因	315
14.2	冰川之種類	316
14.3	冰川之侵蝕	319
14.4	冰川沈積	320
14.5	冰川地形	321