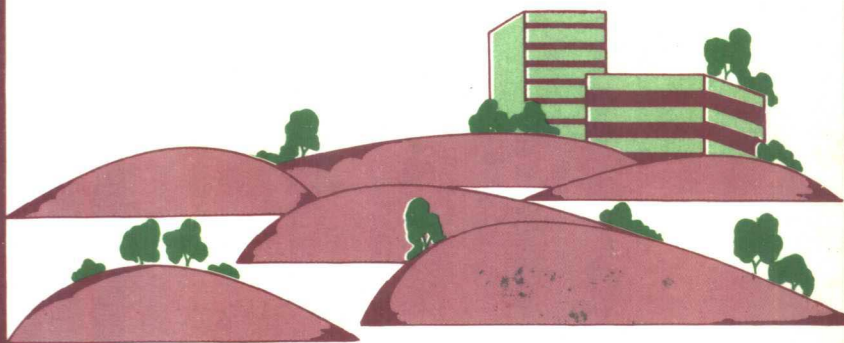


山坡地地質分析

潘國樑 編著

山坡地地質

- 災害與減輕途徑
- 調查與分析方法
- 環境與維護方法

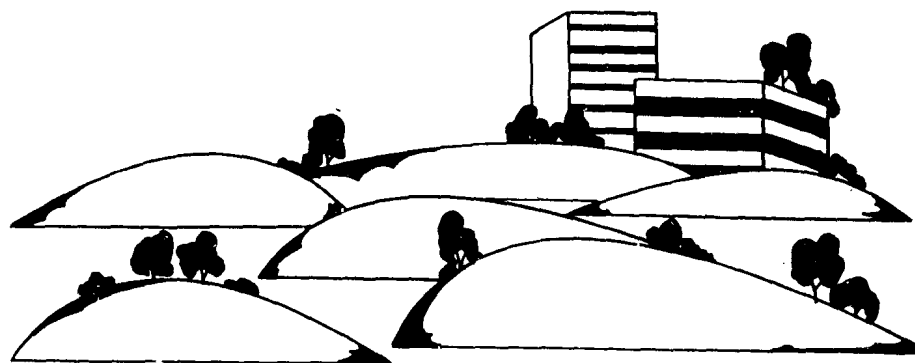


科技圖書股份有限公司

山坡地地質分析

山坡地地質

- 災害與減輕途徑
- 調查與分析方法
- 環境與維護方法



科技圖書股份有限公司

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：山坡地地質分析
編著者：潘國樑
發行人：趙國華
發行者：科技圖書股份有限公司
台北市重慶南路一段49號四樓之一
電話：3118308・3118794
郵政劃撥帳號 0015697-3

七十五年一月初版

特價新台幣150元

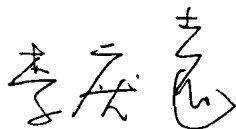
李 序

台灣地區有世界上很獨特的地質環境，目前台灣島正由兩個板塊沿着台東縱谷擠撞着，造成複雜的褶皺、斷層與多地震，同時地形峻峭、雨量集中，以致工程開挖常遭遇地質難題，甚或發生災變。因為我們常有機會碰到一些奇難雜症的工程問題，台灣遂成為研究工程地質與環境地質最適當的地區之一。

潘國樑博士自美引進環境地質的觀念與研究方法，從防災的觀點來做工程地質調查，使國內在土地利用與工程選址上能考慮到潛在地質災害，並預先加以防範，災害的發生頻率與損失因而可以降低。潘博士另外也開發利用遙測技術於工程地質的調查，它的優點是快速、經濟、可靠，能補地面調查之不足，此項技術頗受工程界的重視。

潘國樑博士先學工程，後攻地質，對遙測學亦有深入研究，返國後即不斷與慶遠共同為推動國內工程地質技術發展而努力，成績卓著。今潘君將最近五年之重要論文綴輯成書，頗具參考價值，為都市計劃、坡地管理、工程地質及環境維護等方面人士不可多得的一本參考好書，特書此序，並為推介。

行政院科技顧問

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely '李慶遠' (Li Qingyuan).

中華民國七十五年一月二十日於台北市

自序

人類常受天然災害的威脅，如火山爆發、地震、海嘯、山崩、地陷、颱風、洪水等，現在我們大都能瞭解這些災害的特性與發生原因，但卻很少去研究如何減輕這些災害的威脅。我們曾從災害中獲得教訓，但我們學得很慢，而忘得很快，以致災害損失年年釐昇。

人口膨脹的壓力促使我們需向山坡地發展，不過山坡地是敏感之地，盲目開發將降低邊坡穩定性、增加逕流量與沖蝕量，以及降低地下水面。坡地開發常遭遇或引起下列災害：崩塌、泥流、沖蝕、山洪、淤積、差異沉陷、地盤下陷及土壤膨脹等。目前科技對以上災害可以先予預測，並且將其可能發生的位置與範圍標示於地質圖上，稱之為環境地質圖（environmental geologic map）。此種圖說對山坡地之開發利用有一種預警作用，政府規劃單位可將危險地帶列為保留地或非住宅用地；土地開發者，若非加以利用不可，亦可依災害性質之不同而對症補強。此種做法為減輕坡地災害最有效率（efficient）及最有效能（effective）的方法，為先進國家歷經三十年以上痛苦的試誤與研究而得到的結論。

作者就過去五年來發表過的論文及授課的教材選擇 10 篇編輯成冊，其中四篇論及山坡地開發之環境地質問題，四篇談到調查與分析的方法，兩篇則談論礦山環境之維護問題，均與山坡地之開發利用有密切的關係。雖然有數篇曾受很多專家學者錯愛索閱或被雜誌社轉載，但因作者疏學寡聞，尤其環境與工程地質的觀念與技術不斷地在改進，故敬請讀者隨時不吝指正。

本書承蒙行政院科技顧問、地質耆宿李慶遠博士作序，敬致謝忱；又林明珠小姐協助繕校，一併誌謝。

潘國樑

中華民國七十五年一月十五日於台北市

山坡地地質分析

目 錄

李 序

自 序

第一篇 山坡地之地質災害與減輕途徑

第一章 從環境地質觀點——論本省山坡地之開發

1.1 前 言	1
1.2 本省山坡地之地質特性	2
1.2.1 褶綫多	2
1.2.2 斷層多	4
1.2.3 節理發達	5
1.2.4 地盤上昇	6
1.2.5 含有煤層	6
1.2.6 砂岩與頁岩互層	7
1.3 山坡地常見之地質災害	8
1.3.1 斷 層	8
1.3.2 山崩與地層滑動	9
1.3.3 不均勻沉陷	12
1.3.4 地盤下陷	13
1.3.5 土壤膨脹	14
1.3.6 沖 蝕	14
1.4 山坡地之經營與管制	14
1.4.1 洪水平原之管制	15
1.4.2 活動斷層帶之管制	16

2 山坡地地質分析

1.4.3 崩塌地之管制	17
1.5 本省山坡地開發建築管理辦法之檢討	20
1.5.1 斷層並不可怕	20
1.5.2 地質「不良」應有「量」的定義	21
1.5.3 不是所有崩塌地均危險	21
1.5.4 穩定的地方不一定安全	21
1.5.5 環境地質圖與地質圖同等重要	21
1.5.6 政府應儘速建立全國環境地質資料庫	22
1.6 結 論	22
參考資料	24

第二章 山坡地開發環境地質概論

2.1 前 言	25
2.2 山坡地之斜坡作用	26
2.2.1 斜坡作用	26
2.2.2 山坡地開發常見之地質災害	34
2.3 山坡地之開發規範	38
2.3.1 坡地開發規範之制定	38
2.3.2 挖填方之管制・坡地開發規範之補充	43
2.4 山坡地之資料蒐集	44
2.4.1 土壤報告	45
2.4.2 地質報告	45
2.4.3 水文報告	51
參考資料	51

第三章 從環境地質觀點——論減輕坡地災害損失

3.1 前 言	53
3.2 環境地質之定義	54
3.3 影響環境安全之地質災害	55
3.3.1 台灣地區常見之地質災害	55

3.3.2 地質災害之特性	59
3.4 減少地質災害損失之途徑	60
3.4.1 環境與工程地質調查	60
3.4.2 土地管理	61
3.4.3 工程防治	63
3.4.4 大眾教育	64
3.4.5 災害預測	64
3.5 在台灣實施地質災害防治之方法	64
3.6 結 論	65
參考資料	66

第二篇 山坡地地質調查與分析方法

第四章 山坡地環境地質調查與土地利用

4.1 前 言	67
4.2 環境地質之發展	68
4.3 環境地質之研究方法	69
4.3.1 資料蒐集	69
4.3.2 航照判釋與野外調查	69
4.3.3 環境危險性評估與土地利用潛力分析	71
4.4 地質災害概述	71
4.4.1 崩 塌	71
4.4.2 河岸侵蝕	76
4.4.3 向源侵蝕	76
4.4.4 基礎沉陷	77
4.4.5 地盤下陷	77
4.4.6 膨脹性土壤	77
4.5 環境地質圖之利用	78
4.5.1 土地利用與災害防治	78
4.5.2 建築管理	78

4 山坡地地質分析

4.5.3 分區管制	78
4.5.4 設定居住密度與建蔽率之依據	81
4.5.5 工程選址之依據	81
4.5.6 水土保持之依據	82
4.6 結 論	82

第五章 利用遙測、地質與地電資料分析1935年地震斷層

5.1 前 言	85
5.2 1935年地震斷層之遙測資料判釋	86
5.2.1 側視雷達影像	86
5.2.2 陸地衛星影像	86
5.2.3 航空照片資料	87
5.3 1935年地震斷層之野外地質證據	88
5.3.1 屯子腳地震斷層	88
5.3.2 紙湖地震斷層	89
5.4 1935年地震斷層之地電探勘結果與解釋	92
5.5 結 論	94
參考資料	94

第六章 工程地質之展望

6.1 前 言	97
6.2 工程地質之定義	97
6.3 工程地質之目的	98
6.4 工程地質之調查	98
6.5 工程地質之展望	99

第七章 工程地質資料之分析與研判

7.1 前 言	101
7.2 工程地質調查項目	102
7.2.1 基岩部份	102

7.2.2	地質構造部份	102
7.2.3	地表地質部份	103
7.2.4	水文部份	103
7.2.5	現行地質作用	103
7.3	地質資料之分析與研判	104
7.3.1	走向與傾斜	104
7.3.2	岩層深度與厚度	106
7.3.3	岩層寬幅	108
7.3.4	地層對比	109
7.3.5	地層說明圖	111
7.4	節理分析	113
7.5	結 論	114
	參考資料	115
第八章 遙測在工址調查之應用		
8.1	前 言	117
8.2	遙測之基本原理	118
8.2.1	電磁波軸射與反射	118
8.2.2	遙測影像之內涵	120
8.3	影像判釋技術	122
8.3.1	航空照片	122
8.3.2	熱紅外線影像	127
8.3.3	雷達影像	129
8.4	遙測資料之應用	129
8.4.1	遙測影像之選擇	130
8.4.2	遙測影像之應用方法	132
8.5	結 論	135
	參考資料	135

第三篇 山坡地礦山環境與其維護方法

第九章 礦山之環境維護與礦區整復

9.1	前 言	137
9.2	礦產資源之特性	138
9.2.1	礦產資源之政治性	138
9.2.2	礦產資源之耗竭性	138
9.2.3	礦產資源之稀有性	138
9.2.4	礦產資源之地域性	139
9.2.5	礦產資源之矛盾性	139
9.3	採礦對環境品質之危害	139
9.4	礦山環境之指導方針	140
9.5	開採中之環境維護	140
9.5.1	水污染之防治	141
9.5.2	空氣污染之防治	141
9.5.3	邊坡之穩定	142
9.5.4	覆土與廢石之棄置	142
9.5.5	地盤下陷之控制	145
9.6	礦區整復	145
9.6.1	工程整復法	145
9.6.2	植生整復法	146
9.7	採礦後之土地利用	147
9.8	結 論	147
	參考資料	148

第十章 陸上砂石場之公害防治與環境維護

10.1	前 言	149
10.2	採石作業的環境衝擊	149
10.3	採石期間的環境維護	151
10.3.1	土壤保存	151
10.3.2	景觀維護	151

10.3.3 廢石堆置	153
10.3.4 沖蝕控制	156
10.4 採掘跡的可能利用方式	157
10.5 採罄後的整復方法	157
10.5.1 舊廢石堆整復	157
10.5.2 採石面之美化	158
10.5.3 坑面之整復	159
10.5.4 排水與沖蝕控制	160
10.6 結 論	161
參考資料	161
附錄 I 山坡地開發建築管理辦法	163
附錄 II 山坡地保育利用條件暨施行細則	175

第一篇 山坡地之地質災害與減輕途徑

第一章

從環境地質觀點論本省山坡地之開發

摘 要

本省人口急速膨脹，生活程度不斷提高，都市之生活環境逐漸惡化，使得廣大之山坡地將成為重要的開發與活動目標。惟本省山坡地之地質構造極為複雜，常可發現山崩、地層滑動、活動斷層、不均勻沉陷、地盤下陷、侵蝕、淤積等地質災害。欲減少災害損失，需透過三條門徑，始可達成，以其有效性之高低順序依次為：法規限制、事先預防、與工程補救。唯必需先有信實可靠之地質與地質災害資料，方得進入門徑。建立全省完整之環境地質資料庫為迫不及待之工作，宜動員所有可用人力投入調查，速謀本省有限土地之經濟與安全利用方法。

1-1 前 言

本省土地資源非常有限，人口又大量向都市集中，於是都市範圍不斷擴張。但土地開發（尤其山坡地開發）常加速地質作用而造成各種災害，例如地層滑動、崩塌、水土流失等，這些災害均受地質因素之影響，故稱為地質災害。研究各種地質災害以保障人類生存環境之安全者，即稱為環境地質學（environmental geology）。

根據美國政府 1979 年的統計資料顯示：未做環境地質調查以前，房地的受災率為百分之十（例如將房子蓋在有地質危險地帶上而受災害毀損者）；從事環境地質調查後，因受預警作用，受災率突然降到百分之一；如果經過環境地質調查再加上分區規畫的實

施，受災率更降到百分之 0.15，全國因而可減少損失達每年 138 億美元；環境地質調查加上各種工程預防與補救措施的費用，每年只不過 24 億美元而已（Costa and Baker, 1981），其效益成本比幾達六倍。可見預先做好環境地質調查可減少生命財產的損失，自不待言。

本文將分成三大部份來敘述，即本省山坡地之地質特性，山坡地開發常見之地質災害，以及山坡地之經營與管制方法。最後將對本省山坡地開發建築管理辦法提出一些淺見，供建築管理單位及業者參考。

1-2 本省山坡地之地質特性

本省可供開發為建築用地的山坡地主要係指中央山脈西面的麓山地帶，標高在一百公尺以上，而未超過五、六百公尺者，在地形學上稱為麓山丘陵地。其地層在北部以中新世之砂、頁岩為主。另外，在北部尚有更新世之基隆火山群及大屯山火山群，其岩性以安山岩質為主。

根據最新的板塊構造學說，臺灣島係位於兩個地球板塊之接縫處，其縫合線即為今日之臺東縱谷。縫合線的東邊為海岸山脈，屬於菲律賓海板塊；縫合線的西邊為中央山脈及臺灣西部地帶，屬於歐亞板塊。這兩個板塊互相擠撞，至今不輟。大約在第三紀末期至第四紀初期（距今約兩百萬年以前），這兩個板塊碰撞在一起，因而造成東部海岸山脈與中央山脈。臺灣島不斷發生地震，正是這兩個板塊互相撞擠所造成者。可見臺灣島的構造運動仍舊相當活躍。上述地殼活動造成西部麓山地帶幾項地質特徵，現在分述於下：

1.2.1 褶皺多

當兩百萬年前海岸山脈與中央山脈相衝撞時，西部麓山帶的地層即發生變形，並且造成許多褶皺及斷層，互相平行排列（見圖 1）。褶皺軸的方向大約呈東北——西南向（約與山陵平行）。一般而言，褶皺呈現不對稱形狀，即褶皺的兩翼地層傾角不同，其向東南方向傾斜的地層傾角較緩，而向西北傾斜的地層傾角較陡，甚至呈垂直或倒轉（overturn）（如圖 2）。因為差異侵蝕的關係，砂岩的抗蝕力比頁岩強，所以砂岩在地形上比較突出，通常佔據山頭的位置；頁岩比較軟弱，通常佔據山谷的位置。向東南方向之緩坡與地層傾向一致，稱之為順向坡（dipslope）；向西北方向之陡坡，與地層傾向相反，稱之為逆向坡（scarp slope）（如圖 3 所示）。逆向坡較陡，其坡頂岩層風化後所產生之碎屑或岩塊受重力的影響逐漸向坡腳崩落而屯積在坡面上，這些屯積物稱為崩積「土」，或稱崖錐堆積（talus）。崖錐堆積之休止角大約是 34° 。

崩積物鬆軟而且多孔隙，平時靠重力作用即可向下坡方向潛移（creep），一旦飽含水份時，不加重量即很容易滑動。滑動面可能存在於崩積物裏面，但大都發生於崩積物與逆向坡之介面（即岩盤）上。順向坡通常係由堅硬岩類（如砂岩）所組成，坡面上僅有一層極薄的土壤覆蓋，有時則直接露出岩層。如果對順向坡的切挖不慎，極易引起地層滑動（圖 10a）。這種例子層出不窮，常造成很大損失。

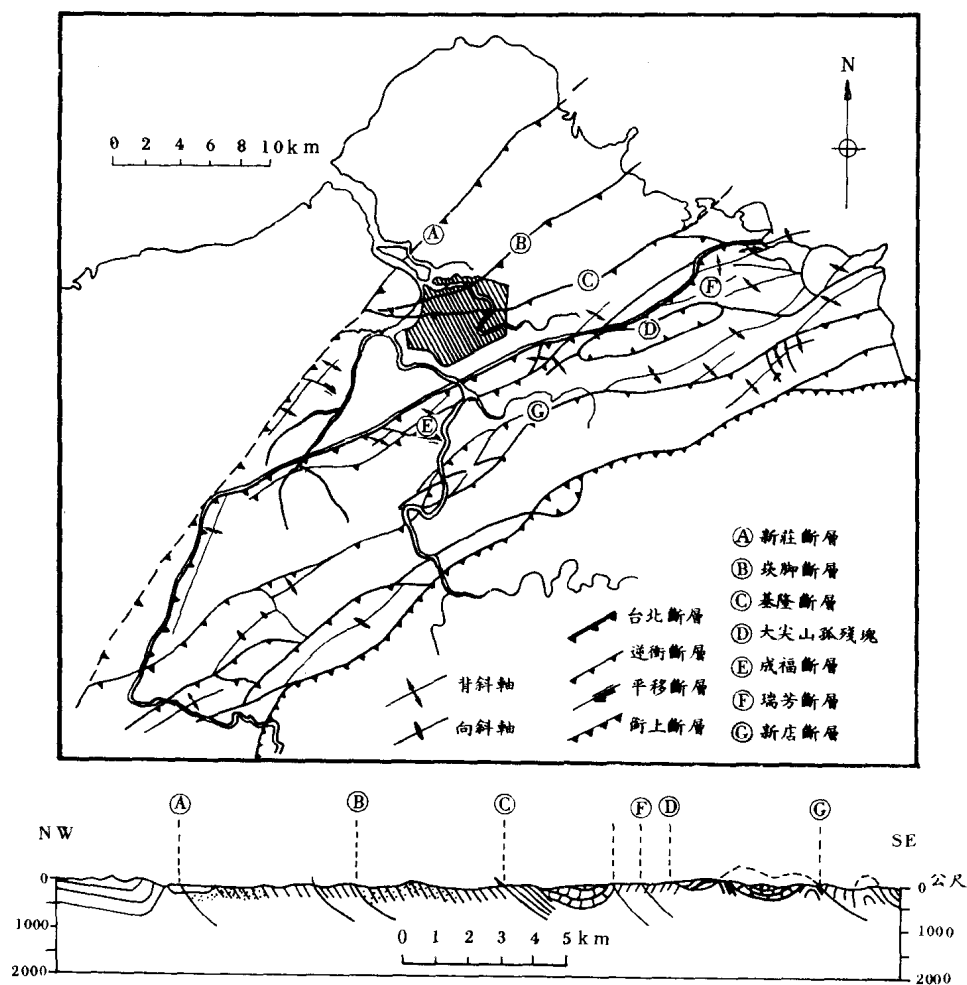


圖 1 臺灣西北部麓山地帶之地質構造圖 (Ho, 1974)

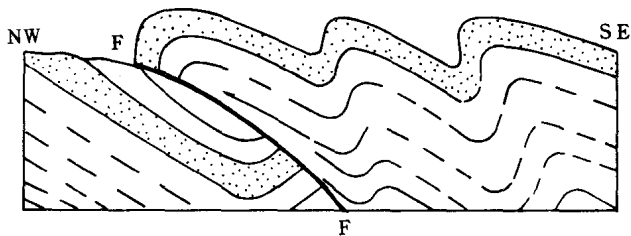


圖 2 不對稱褶皺。較陡的一翼常被剪斷，而形成逆衝斷層 F—F

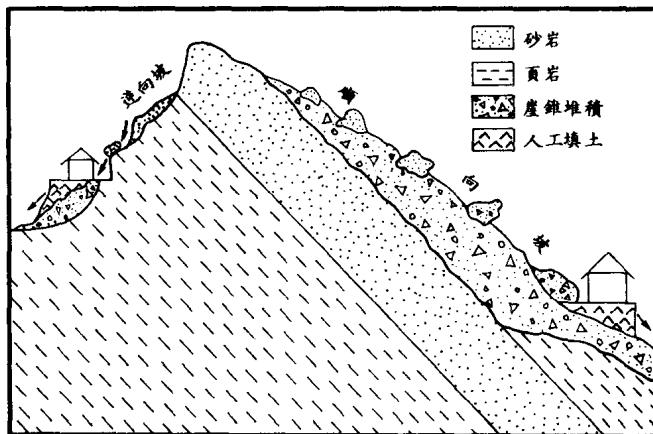


圖 3 順向坡與逆向坡示意圖

1.2.2 斷層多

上述平行排列的褶皺之西北翼（較陡的一翼）多半為斷層所拉裂，這些斷層也多半是延伸很長，互為平行之逆衝斷層。根據何春蓀先生的報告（Ho, 1974），特將通過臺北市附近的幾條主要斷層簡介如下（請參考圖 1）：

(一)新莊逆斷層

本斷層為本省西北部一主要構造線。東北起自金山海邊，向西南延伸，橫越大屯火山區，沿臺北盆地之西北緣（北投附近）通過，經新莊西北，再向西南延伸至臺北盆地

邊緣之廻龍（舊稱塔寮坑），而後進入丘陵山地。

(二) 崁脚逆斷層

崁脚斷層起自北海岸之萬里，大約沿着瑪鍊溪延伸至崁脚，然後進入臺北盆地內士林附近，全長約 20 公里。在接近地表的地方，本斷層之傾度大多是向東南 50° 。

(三) 基隆逆斷層

基隆斷層大約與崁脚斷層平行。東北起自基隆和平島附近，然後向西南延伸，在內湖附近進入臺北盆地，全長約 20 公里。

(四) 台北逆斷層

臺北逆斷層東北起自北海岸深澳附近，向西南延伸經臺北盆地之東南邊緣，經過中和、土城、橫溪、三峽而直達桃園之大溪，出露全長約達 60 公里。多數地點在地表所見之斷層多呈高角度傾斜。

(五) 成福逆斷層

本斷層位於臺北斷層之東南，相距自一至二公里餘不等，其兩端似均與臺北斷層相交。成福斷層東北起自南港大坑，而後向西南延伸，在頭城附近為右移斷層所切，而後即向南彎成弧形而通過三峽西南方之福德坑，可能延至大溪北方，越過大漢溪而與臺北斷層相交。全長約 40 公里。

(六) 新店逆斷層

新店斷層東北方起自北海岸澳底北方（蚊子坑附近），向西南延伸，通過武丹坑，東勢格，而至景美溪上游之大溪墘，沿大溪墘而下，至雙溪而越過石碇溪，再沿景美溪之南側山地直至新店，在切過大崎脚及灣潭一帶後即沿安坑通谷之東南山地向西南延伸，經全面山之北坡至草嶺山，在石門水庫壩址下方橫越大漢溪後即與新莊斷層相接。新店斷層在北部的傾角為 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ；在石門附近則為 $65^{\circ} \sim 70^{\circ}$ （Hsu, 1960）。

1.2.3 節理發達

節理常與褶皺及斷層相伴而生，因為這些地質構造現象均是岩體受力後所產生之變形與破裂情形。依成因分，節理通常可歸為三類：即剪切節理（shear joint），張力節理（extension joint）及解壓節理（release joint）。其相關位置如圖 4 所示。剪切節理常成雙出現，其夾角大約在 60° 附近，但有時幾近垂直。張力節理係與最大主應力的方向相平行，而解壓節理則與最大主應力的方向相垂直；後者是最大主應力消失後才形成者。不管是何種節理，均使岩體的強度降低。節理的開口使水分容易進入。水分不但在岩體內產生孔隙水壓（pore pressure），而且加速被節理切割得支離破碎的岩體之風化作用。因而更使岩體的強度降低。同時，開口的節理加上負載之後