

# 山 崩

李文禮  
台北市立建國高級中學

## 前言

山崩 (*Landslides*) 是許多國家和地區經常發生的自然災害，對鐵公路、橋樑、隧道開挖等工程建設危害頗鉅，甚且嚴重威脅人民之生命安全，如民國79年6月間，花蓮銅門村的土石流災害曾造成29人死亡的慘劇；而民國85年7月31日賀伯颱風造成的土石流及山崩，光是陳有蘭溪沿岸也造成了當地27人死亡及重大的財產損失。為免日後類似的悲劇重演，做好整治工作與建立預警系統，應是研究山崩極重要的課題。

由於坡地不穩所影響的範圍極大，若要能使整治與預警功能發揮最大的成效，航照判釋、現場調查、瞭解滑動類型、研究崩滑機制等工作，是十分切要且需力求符合現地的真實狀況。

民國79年4月25日，因大量的豪雨造成湖口台地西南緣約12公頃的坡地崩滑，道路路面因而陷落，甚至中斷，而崩塌的土方也向鳳山溪河岸凸出約八十公尺，使河道縮減了四十公尺（圖1，圖2）。今即以此案例分析，希望能介紹給教師和學生，配合地球科學課程，對崩塌地的調查工作有初步瞭解。

本區的年平均降雨量約1800公釐，月平均降雨量以3-6月最多，可達200公釐以上，主要是由春雨和梅雨所帶來的雨量，颱風次之；而以10月至翌年1月的平均降雨量最少，不足100公釐，乾濕季節非常明顯。民國79年4月10日至26日的大量降雨，使該月月平均降雨量高達563.4公釐，佔該年總降雨量的四分之一強（表1），故豪雨應是此次崩滑的主因。

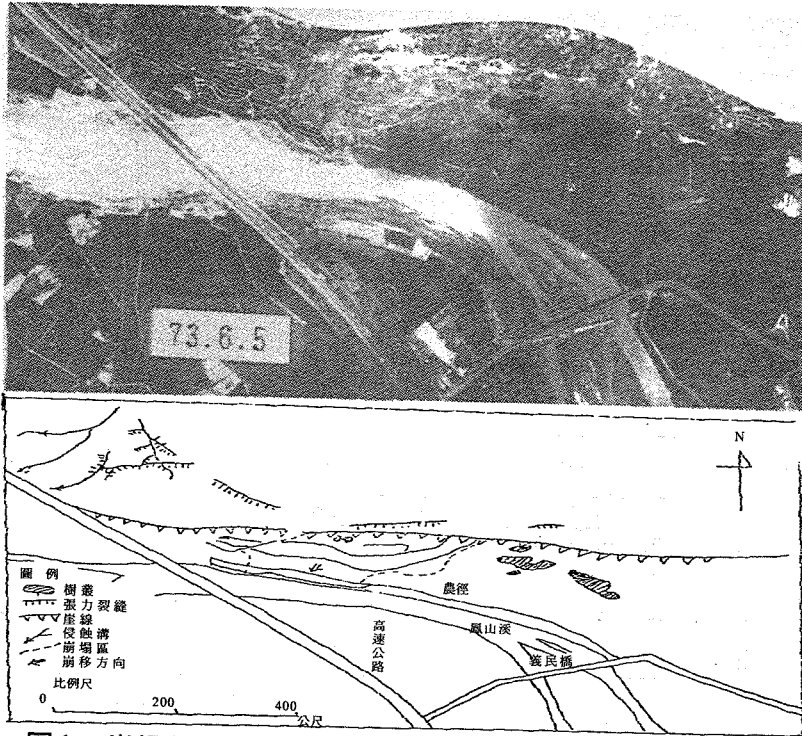


圖1 崩塌前研究區航空照片與描繪圖(73年6月5日)

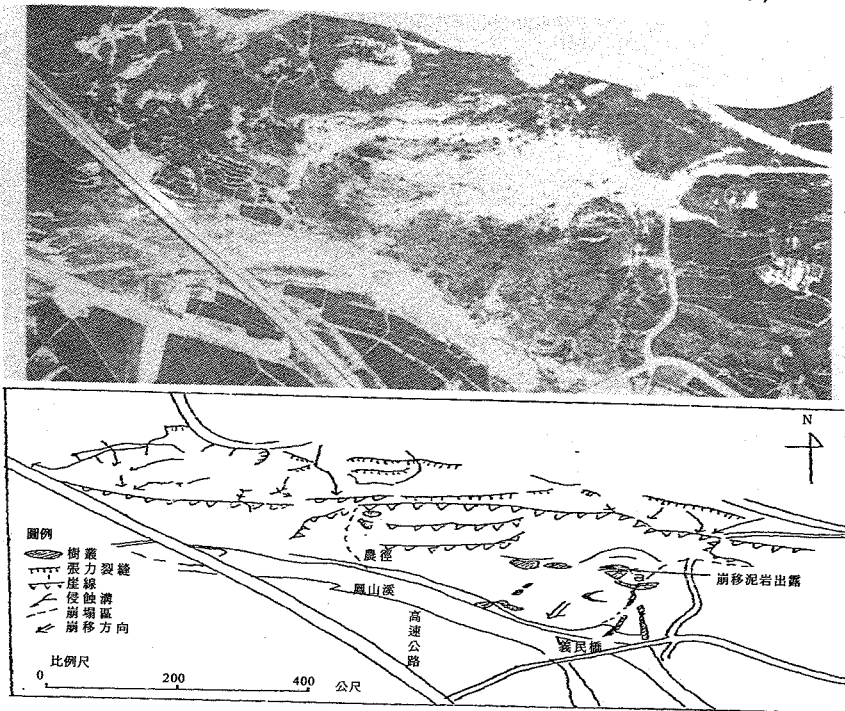


圖2 崩塌後研究區航空照片與描繪圖(79年5月31日)

表1 新竹測站逐日降雨量表 ( 79年 )

單位：mm

月 日	一 月	二 月	三 月	四 月	五 月	六 月	七 月	八 月	九 月	十 月	十一 月	十二 月
1	13.3	1.1	1.3	1.3	0	1.3	0	37	5.9	0	0	0
2	2.4	2.4	0	4.4	0.4	0	0	44.6	0	0	0	0
3	0.2	1.3	26.1	2.3	0	15	0	11	38	0	0	0
4	0	0.7	28	0.6	3.6	25.7	0	46.1	2	1.9	0	0
5	0	0	4.3	0	24.3	2.7	0	0	1	0	0	0
6	0.3	0.1	0.2	0	0	0	0	0	6.6	0	0	0
7	1.1	0	0	0	0	2.2	0	0	27.2	0	0	0
8	3.8	0	0	3.3	0	0	0	0	19.9	0	0	0
9	0	0	0	0	0.7	89.4	0	0	6.5	0	0.2	0
10	0	0	0	40.5	0	73.6	86.6	0	2.6	0	0.6	0
11	0	0	0	38.5	0	0	0	0	4.4	0	0	0
12	0	0	0	24.6	1.2	0	0	0	0.2	0	0	0
13	0.8	0	0	1.2	0.8	0	0	0	0	0	0	0
14	14.7	0	0	6.1	0	0	0	0	0	0	0	0
15	27.4	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	64.8	0	4.8	8.8	0	0	0	0	0
17	0	0	0	11.9	0	0.8	0	36.9	0	0	0	0
18	7	0.8	0	4.4	21.9	0.8	0	38.1	0	0	0	0
19	5.4	16.5	15.9	67.5	20.6	0	0	156.8	0	0	0	0
20	5.1	0	0	5.2	1.5	0	0	15.5	0	0	0	0
21	9.2	0.5	0	41.1	0	0	0	6	0	0	0	0
22	10.2	0	0	80.7	0	2.2	0	4.4	0	0	0	0
23	18.8	9.2	0	30.1	0.5	53.2	0	0	0	0	0	0
24	0	14.9	0	55.4	5.6	18.7	0	17.2	0	0.3	0	0
25	2.3	27.6	26.9	17.5	3.4	0	0	0	12.5	11	0	0
26	0.4	13.9	0	26	6	0	17.9	0	0	0	0	0
27	0.7	11.6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
28	0	80.4	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0
29	0		0	0	0	83.2	0	4.4	0	0.5	10.3	0
30	0		0.2	0	0	1.1	9.9	74.3	0	0	0	3.8
31	3.7		2.7		0		7.9	0.6		0		3.4
累計	119.8	178.6	110	563.4	90.1	374.7	123.3	501.7	126.8	13.7	13.6	7.2

資料來源：中央氣象局

STN.; 467570 ITEM:A691

LA:244808N,LO; 1205810E,ALT:0034M

### 文獻回顧

Hoek & Bray (1977) 曾對岩坡破壞分四類型 (圖3) :

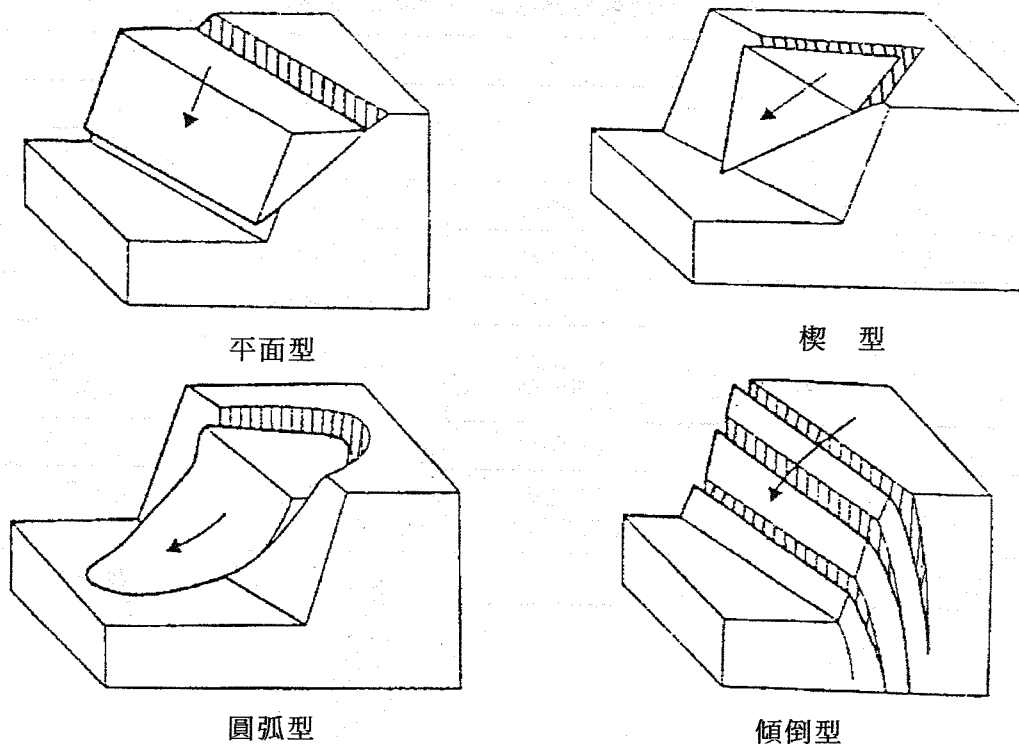


圖3 岩坡破壞分類(Hoek & Bray, 1977)

- (1) 平面坡壞 (*Plane failure*)：易發生於較弱的不連續面，如層面；或若沿平行坡面走向，順傾角方向開挖，皆易產生。
- (2) 楔型破壞 (*Wedge failure*)：當有兩不連續面產生斜交，且交線出露 (*daylight*) 於坡面。
- (3) 圓弧破壞 (*Circular failure*)：易發生於不連續面極發達，非常破碎的岩體，或強度極弱的土坡。
- (4) 傾倒破壞 (*Toppling failure*)：柱狀的岩體或當近乎垂直的節理發達時。

Varnes (1978) 也依據土體種類：岩石 (*rock*)，岩屑 (*debris*)，土壤 (*earth*)，和土體運動型式：墜落 (*falls*)，傾倒 (*topples*)，側移 (*lateral spreads*)，流動 (*flows*)，複合型 (*complex*)，繪製成表 (表2)。

Varnes (1978) 也以滑動—土流的地貌，示意崩塌區各部名稱及所在位置 (圖4)，主要分為冠部 (*crown*)，主場壁 (*main scarp*)，頭部 (*head*)，次場壁 (*minor scarp*)，足部 (*foot*)，趾部 (*toe*) 等。

表2 崩滑型態分類表(Varnes, 1978)

運動類型			物質種類		
			基岩	工程土壤	
				粗粒	細粒
墜落			岩石墜落	岩屑墜落	土墜落
傾倒			岩石傾倒	岩屑傾倒	土傾倒
滑動	轉動	間歇	岩石崩移	岩屑崩移	土崩移
	側移		連續	岩塊滑動 岩石滑動	岩屑塊滑動 岩屑滑動
移坍			岩石移坍	岩屑移坍	土移坍
流動			岩石流動 (深蠕動)	岩屑流動	土流動 (土壤潛移)
複合型			複合兩種或兩種以上的運動類型		

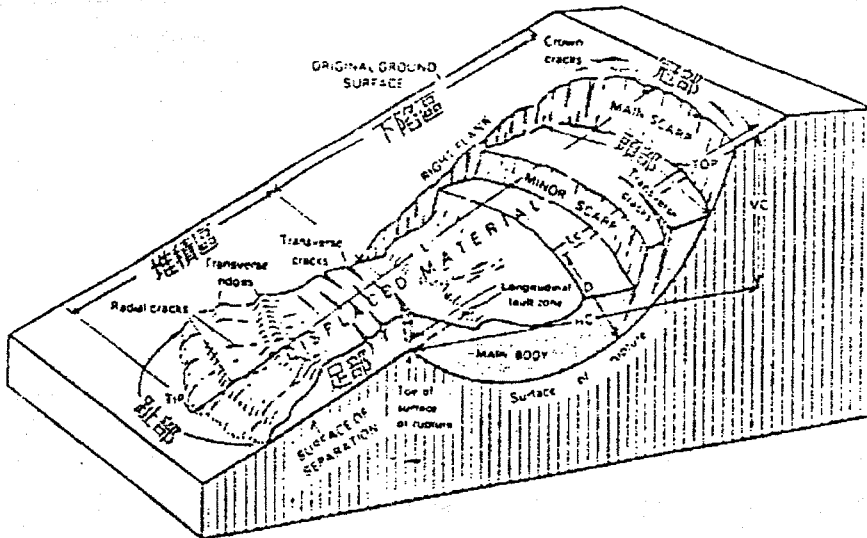


圖4 圓弧滑動與土流動複合型剖面的各部名稱示意圖 (Varnes, 1978)

Sowers & Royster (1978) 也描述了塌陷區的平面特徵及相對位置，如裂縫 (cracks) ，隆起部 (bulldges) ，塌壁 (scarps) ，滲水 (springs) (圖5) 。

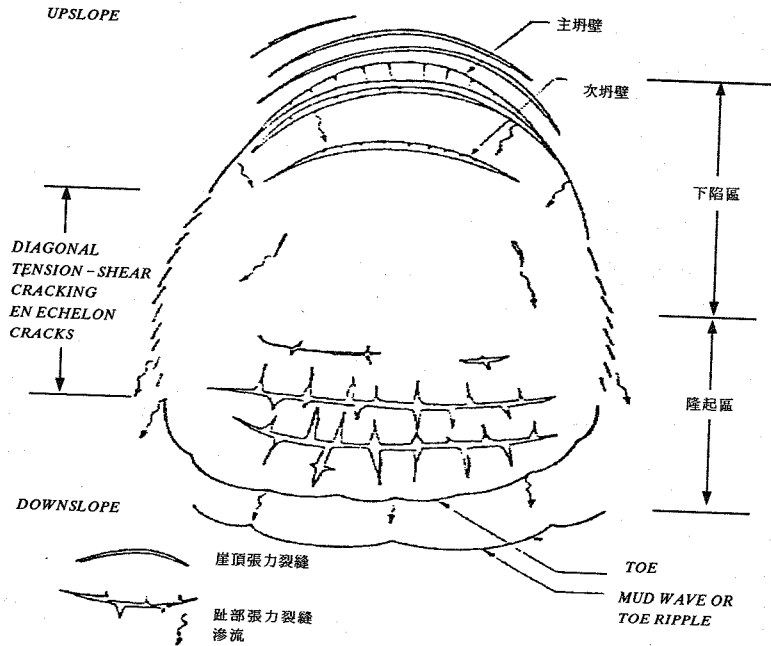


圖5 場陷區的鳥瞰（上視）地貌特徵 (Sowers & Royster, 1978)

### 應用航照調查崩場地的原理

遙測 (*Remote sensing*) 是利用感應設備，不直接接觸目標物而從事調查工作，包含由力場，音波或電磁能分布所造的變化。目前大多是指感應電磁波的判釋工作，包括近體攝影，航空照片，雷達影像，衛星影像等；優點是範圍大，頻段多，具時序監視。若針對崩場地的調查或確認，航照判釋是非常有效的工具，可做 3 - D 大範圍鳥瞰，判讀出崩塌區的大小，追蹤地面或近地表水道、地形、地物的變化。

針對崩場地或可能產生的崩滑區，*Rib & Liang (1978)* 提出了以下的航照判釋準則：

1. 坡地的坡腳受蝕 (*Undercut*)。
2. 陡坡上有大量疏鬆土壤或破碎岩塊。
3. 頭部有陡崖 (*Scarp*) 線形或張力裂縫。
4. 崖下的塌方土體有圓丘狀表面。
5. 不自然的地形，如台地有匙狀的槽出現。
6. 滲水帶。
7. 較濕潤的區內有長條狀的沉陷。

8. 密集的排水道。
9. 排水道或山谷有岩屑聚集。
10. 淡色調的出現，因其植生尙未復原。
11. 淡色調與暗色調變化明顯，暗色調的含水量較高。
12. 不同的植生顯示含水量的變化。
13. 因潛變造成樹木的傾斜或圍籬，圍牆的錯移。

## 判釋結果

根據上述準則，綜合判釋鳳山溪河岸崩塌前後之航空照片，結果如下：

1. 本區由於受鳳山溪的坡腳侵蝕 (*Under cut*)，故長期以來即處於不穩定狀態，尤其在河流曲率最大處，其侵蝕能力最強，最易造成崩滑。
2. 若由一系列航空照片可判釋出在本次主要崩滑 (79年) 之前，即有71年的一次崩滑，和67年的一次小崩滑，以及65年位於此處的高速公路邊坡破壞；崩滑的面積是越來越大，可見本區的邊坡極易崩滑，也印證了“小崩滑是大崩滑的前兆”。
3. 配合降雨量資料，由於這些崩滑時都有較高的降雨量，我們可以推斷豪雨應是造成崩滑的導火線。
4. 崖頂張力裂縫呈凸向北的圓弧形，而趾部張力裂縫卻呈凸向南的圓弧形，且趾部中央隆起較高。反凸的等高線 (圖6)；實際現場則為圓丘狀的趾部隆起，崩塌土方於最末端物質擴散凸向河岸且具流動線形特徵，我們也看到道路因崩滑而毀損中斷，崖頂的連線道路呈波浪狀線形。利用崩滑前後 (71年與81年) 的地形圖繪出隆起區與下陷10公尺以上區 (圖7)，看出趾部隆起高達5公尺，而主崩崖下下陷至少10公尺以上，很明顯地分出兩區了。

其中主要的崩崖是發生在等高線50至70公尺左右，東西沿伸可長達600公尺，落差由數十公分至一公尺左右，裂隙多呈開口達數公分至十數公分之寬；崖下約有30公尺寬的平坦區而在等高線約45公尺處有崩移泥岩及礫石出露，形成高約4公尺的小崖階；從等高線45公尺以下至20公尺河岸處則為坡地堆積區，地勢平緩，坡度約5度，此處礫石、砂、泥夾雜。

## 討論與結論

本研究於調查湖口崩塌地的整個研究過程中，從文獻收集，航照判釋，野外地質踏

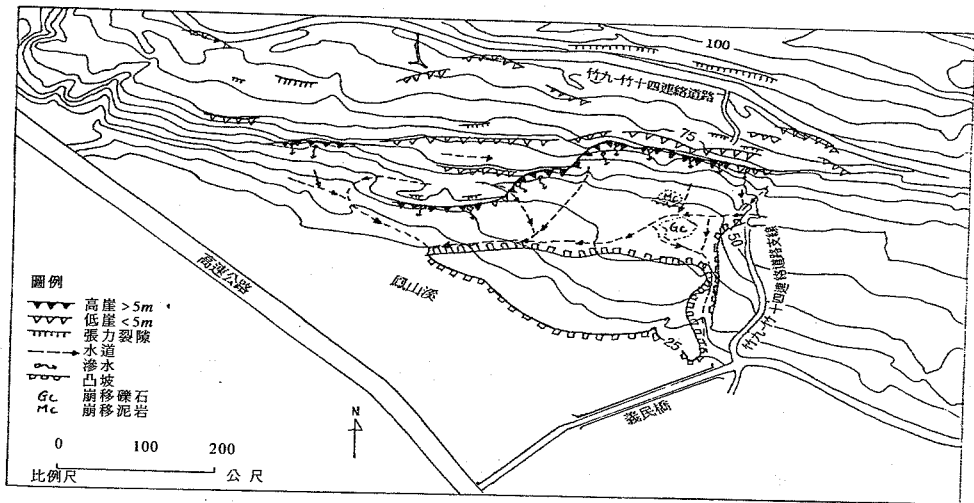


圖6 崩滑後研究區之地貌表徵(81年)

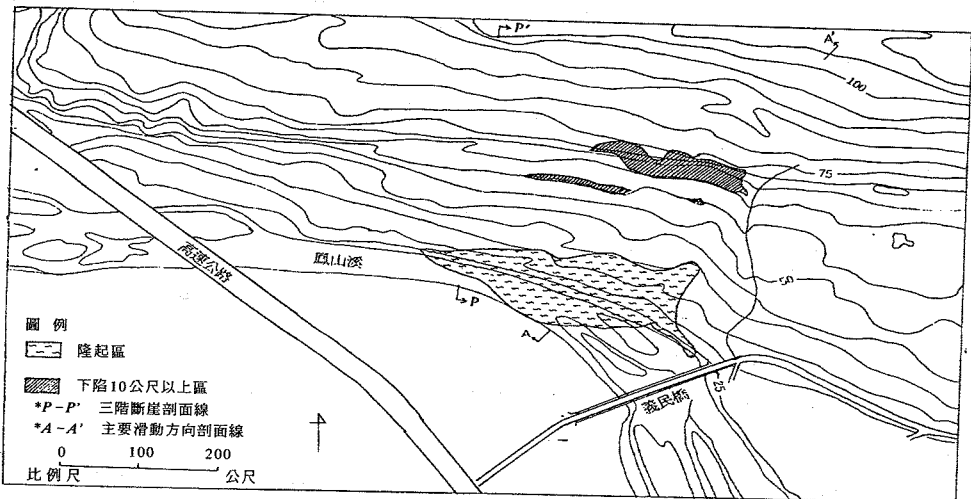


圖7 79年崩滑後之隆起區與下陷10公尺以上區

勘與地貌觀察，獲得以下幾點結論：

- (一)本區的邊坡破壞不完全屬於岩坡破壞，也類似土坡破壞的特性，受其強度參數影響頗大，本區在湖口背斜南翼，處於順向坡，且受鳳山溪長期的坡腳侵蝕，故先天上即為坡地不穩區。
- (二)航照判釋可發現民國79年大崩滑前會有許多小崩滑發生，如民國65、67年與71年等，且這些崩滑都具有圓弧型破壞的特徵，崖頂常見有許多的張力裂縫，而根據降雨量資料顯示，在這些崩滑發生時的月平均降雨量都很高，故豪雨應是造成崩滑的誘因。



(三)目前的狀態雖暫時穩定，但是目前的崖頂常見到許多的張力裂縫，陷落，垃圾，廢土傾倒，排水不良，且崖頂道路的交通流量頗大，故崖頂仍有崩滑的可能，應該加以注意並繼續監測，建立預警系統，以免將來造成重大災害。

## 參考文獻

1. 李文禮 1995 湖口崩塌地區的調查與分析 國立中央大學應用地質研究所 碩士論文 100p.
2. 林詠健 1993 湖口台地崩塌特質之調查與研究 國立台灣大學森林學研究所碩士論文 77p.
3. 吳偉特 1980 邊坡穩定之分析方法與運用 100p.
4. 陳榮河 1984 場方類型之現地研判 土工技術 第7期 pp.13-19
5. 費立沅，紀宗吉 1992 新竹縣新埔鎮湖口台地南緣崩塌調查與整治方案規劃 中央地質調查所年報 pp.51-55
6. 費立沅，紀宗吉，賴典章 1993 湖口崩塌區工程地質調查 環境地質研討會論文集 pp.77-79
7. 傅建華 1991 湖口鄉鳳山村第四紀地層之工程性質及邊坡穩定性研究 國立臺灣大學地質學研究所碩士論文 105p
8. Hoek E. & Bray J.W. 1977 *Rock Slope Engineering, 2nd ed. London: Institute of Mining and Metallurgy* pp.28-34
9. Ku C. C. 1963 *Photogeologic study of terraces in north-western Taiwan Pro. Geol. Soc. China No.6* pp.51-60
10. Rib T.H. & Liang Ta 1978 *Recognition and identification, (Landslides analysis and control, Schuster R. L. & Krized R. J. ed.) National Academy of Sciences, Special Report 176, Washington D.C.* pp.34-80
11. Sower G.F. & Royster D. L. 1978 *Field investigation, (Landslides analysis and control, Schuster R. L. & Krized R. J. ed.) National Academy of Sciences, Special Report 176, Washington D.C.* pp.81-111
12. Saure E. K. 1983 *The Denholm lanslide, Saskatchewan. Part II:analysis Can. Geotech. J. No.20* pp.208-220
13. Varnes D. J. 1978 *Slope movement types and processes, (Landslides analysis and control, Schuster R. L. & Krizek R. J. ed.) National Academy of Sciences, Special Report 176, Washington D. C.* pp.11-33