98年度台灣省重要都會區環境地質資料庫建立計畫

期末暨年度成果報告

主辦單位：內　政　部　營　建　署

執行單位：財團法人工業技術研究院

中　華　民　國　９８　年　１１　月

計畫主要參與人員

內政部營建署

陳憲欽　　莊錫全

許志堅

工業技術研究院

謝德勇　　顏君揚

吳少明　　林東輝

陳敏祥　　黃佑婷

林明珠

摘　要

近幾年來自然災害接踵而來；自賀伯及溫妮颱風所造成之土石流與山崩災變及雲嘉大地震引起之地震災害，先後造成了數十條人命及上百棟住宅的嚴重損失，曾給政府與民眾帶來相當大的衝擊。民國 88 年 9 月 21 日凌晨南投集集地區規模 7.3 之強烈地震，強震搖撼全島，並造成南投縣全縣、台中縣市、卓蘭、雲林地區嚴重傷亡，且多處大樓、民宅倒塌、橋樑斷裂、山崩地裂及生命財產嚴重損失。然而颱風豪雨的破壞力更是驚人，民國 89 年象神颱風重創台北縣山區之道路與基隆河流域的聚落與都市，民國 90 年桃芝與納莉颱風幾乎癱瘓花蓮縣與南投縣山區之各溪流沿岸及其下游出口聚落，造成災害死亡人數及農業損失直逼四十餘年前之八七水災。民國 93 年敏都利颱風造成之七二水災與艾利颱風所帶來之暴雨成災對臺灣人口稠密的西半部影響尤鉅，上游山坡地崩塌與土石流，產生之大量土石淤積下游水庫，嚴重影響住民生活品質。由於上述發生災害之地區，部份村落人口集中，但不在都市計畫內，內政部營建署爲使政府及民眾瞭解各災害地區已發生各種地質災害之性質，及所具有潛在地質災害之分佈，乃委託能環所繼續辦理本年度各項調查工作。

全程計畫於 74 年度開始執行，至今已完成第 24 個年度的調查與評估工作，今年爲第 1 個年度更新調查報告。本年度計畫自 98 年 4 月 1 日開始執行至 98 年 12 月 31 日，依本案契約進度完成南投縣、台中縣、及高雄縣等三個縣市共 8 幅像片基本圖之環境地質調查資料更新。每張圖幅之調查成果均含環境地質圖、山崩潛感圖及土地利用潛力圖，並含調查報告一篇。

Natural disasters have costed Taiwan hundreds of million dollars each year. They include typhoon, flood, landslide, debris flow, earthquake, soil erosion, and land subsidence due to groundwater overpumpage. Except typhoon and flood, all the other natural disasters are related to geology. Although, it is impossible to prevent the natural disaster from happening, it is possible to diminish the consequence with detailed investigation and proper precaution measurement before it happened. The geological adversity does not occur everywhere. The type of potential geological adversity changes with different geology. The best way to prevent the damage caused by geological disaster is to avoid to develop the area of high disaster potential. The technology of the study of the environmental geology is to identify the potential of geological adversity. Combining with the reading of aerial photograph and the ground geological investigation, we can identify the potential locations of the geological disasters in the map. Integrating the lithology, topography and hydrology analyses, we are able to figure out the landslide potential. Base on the above-mentioned studies, we are able to classify the land development potential. Those results will provide the government and the societies references for land development management.

Since 1985, with the financial support from the Reconstruction Organization of Taiwan Province, EEL, ITRI has continued on the study of the environmental geology of the urban area around the major cities. A database of the project results was established on the internet. In FY 2008, investigation of areas, of about 4,900 hectares in total, of seven 1/5,000 quadrangle maps in six different regions (Nantou County, Taichung County and Kaohsiung County, etc) was completed. The copy right of the project report belongs to the Construction And Planning Administration of Ministry Interior, and the results of this project are open to the public.

98 年度「台灣省重要都會區環境地質資料庫之建立」
調查成果摘要表

調查區	調查成果摘要
廬山溫泉	1.廬山溫泉調查區地勢陡峭，在這些不利之地質條件影響下，全區土地利用潛力偏低。潛力較高的地方多集中在階地區域，將來之發展應以此爲重點。
	2 在開發利用前宜確定風化土層與崩積土層之厚度，陡坡上的侵蝕作用易發展成崩塌災害，故在任何區域發展，其上下邊坡皆應維持植生之保護作用，以防止邊坡破壞之發生。
	3 本區潛存有大量之熱水資源分佈面積達數平方公里， 溫泉區及其上游的河道侵蝕性強，兩岸不宜有結構物設置。廬山 溫泉圖幅內溫泉區以下之河道較爲寬濶，一些低位階地在颱風時仍然安全，雖有一些河岸侵蝕，但相對爲較安全之區位。故在將來的開發區位之選擇時應往下游之方向進行。
	4. 雲龍洞圖幅內廬山溫泉區下游方向之階地區域包括兩岸數個平坦階地發展需注意兩點，一是台十四線邊坡在階地下方發生崩塌，對階地邊緣產生威脅，發展時對這些區域宜作適當之後退或配置空地等安全要求較低之分區。二是階地下方河岸仍存在著一些侵蝕問題，發展之初便應早作出因應。
	5.本區在七十八年及八十一年完成調查，今年爲更新數化，本區十數年間新增加不少崩塌災害，共計 197 個大小不一及性質不同之崩塌，這些崩塌有 10 個位於先期評估之低利用潛力區，其餘 187 個皆落於很低利用潛力區。
谷關	1.谷關調查區地形陡峭，各種崩塌及侵蝕作用盛行，全區山崩潛感性普遍屬高，縱然是山崩潛感性低之區域亦必需注意其上邊坡所潛伏之威脅，對於陡峭或裸露之坡地應儘量避免過引接近而陷於危險之中。
	2.谷關調查區之交通仰賴台 8 線爲唯一之對外連絡孔道，往梨山方向已遭地震嚴重破壞，而往面通往東勢方向常因土石流而中斷於麗陽附近。重要道路在跨越河流或溪口時，應儘量令橋墩、基座或橋面板遠離洪水線，使用張力橋或拱橋可達以上目的。
	3.稍來溪圖幅內的龍谷遊樂區因地質構造影響，在 921 地震時發生大型崩塌，稍來溪又在近年來發生不少土砂問題，被列爲土石流敏感溪流，故此區不宜再作任向之開發利用。

調查區	調查成果摘要
谷關	4.稍來溪圖幅東南區之階地區域爲谷關地區主要觀光區域，道路兩旁分佈温泉旅館，業主在河岸邊坡填方構築建物，侵入河道邊緣。大甲溪侵蝕力強，河岸易受侵蝕後退造成破壞，其實自然河岸是景觀的一部份，保留它才能提昇環境品。
	5.谷關圖幅西南角温泉巷橋旁之高灘地受洪水淹沒，舊有建物設施受到破壞，該處原爲行水區，本有洪氾之可能，加上下游方向兩岸多有侵入河道之擴建，令河道更窄，淹沒之可能更高。該灘地應回復爲自然河道的一部份作爲旅客親水遊憩的一環。
	6.谷關圖幅南部數個高位階地，地形較爲平緩，景觀開闊，具有觀光農場發展之潛力，不過在利用時應後方漸陡之山坡爲早期崩積物所形成，基礎可能有沉陷之問題，後方亦有崩塌之潛伏問題，在開發時應謹慎挑選位址爲要。
甲仙	1.甲仙調查區中多爲山地地形，但仍有不少平緩之台地區域可供利用，在都市發展及開發利用方面，應把重點放在都市計劃區西側，即公館圖幅東南角公路兩側區域，公路西側應避免挖掘後方山坡，並作適當距離；公路東側則應與河谷距 150 公尺以上爲要。
	2.公館圖幅其東坡面爲順向坡，易產生平面滑動崩塌，因此將來坡地之開發利用，對於地面水的處理顯得相當重要。順向坡下方之開挖，最好以帶狀開挖法進行，且最忌採全面開挖，因其極可能造成地層滑動。另外在其北側野溪集水區，發生多個崩塌，造成下游淹沒，此區將來再發之可能性極高，附近只適宜農業使用，居住等活動宜往東北方遷徙。
	3.公館圖幅西南角稜線東側有數個指溝侵蝕區，破壞產業道路。在地形上有可能形成向源侵蝕區，在作物方面應選擇對水土保持較有幫助之樹種，做好坡面排水等工作。
	4.公館圖幅西北角之南 179 沿線位南化水庫上游集水區，因其岩性較軟弱破碎，大多落於向源侵蝕區內，所以道路上下邊坡發生侵蝕及淺層滑動之情況相當普遍。其整治應與水庫之水土保持配合一併考量將較爲有可能改善。
	5.甲仙圖幅中市區北側台 21 線因邊坡破壞而改道於楠梓仙溪岸兩側，舊線約有 1 公里左右受坡面崩塌影響。坡趾之水流及坡面之沖蝕需一併解决才能有效，不過與楠梓仙溪岸兩側之新路相比，舊線的確是可放棄的選擇。

調查區	調查成果摘要
甲仙	6.甲仙圖幅油礦溪在圖幅中央附近流路彎曲，產生河岸侵蝕並影響台 20 線之安全，侵蝕區之坡趾必需先解決掏挖的問題，上方才不會不停崩塌。
	7.甲仙市區在八八水災時亦出現淹水現象。主因是油礦溪在接近市區時河道縮減，加上上漲溪水受橋樑阻擋而造成。河道之寬度及橋樑規範應依水理調查成果並最少能通過 50 年重現期距降雨之設計流量。

目　錄

頁碼

壹、前言 1-0

貳、各論 2-0

一、南投縣廬山溫泉調查區 2-1-0

雲龍洞圖幅(原 78 年春陽溫泉地區圖幅)

廬山溫泉圖幅(原 78 年廬山地區圖幅)

雲龍洞南部圖幅(原 81 年春陽地區圖幅)

廬山溫泉南部圖幅(原 81 年廬山溫泉地區圖幅)

二、台中縣谷關調查區 2-2-0

捎來溪圖幅(原 77 年龍谷瀑布地區圖幅)

谷關圖幅(原 77 年谷關地區圖幅)

三、高雄縣甲仙調查區 2-3-0

甲仙圖幅(原 82 年甲仙地區圖幅)

公館圖幅(原 82 年公館地區圖幅)

參、附錄 3-0

附錄、環境地質總論 3-1-0

肆、附件 4-0

附件、98 年度「台灣省重要都會區環境地質資料庫之建立」
案期中、期末審查意見答覆表 4-1-0

壹、前言

壹、前 言

1983 年 10 月 李前總統登輝先生於臺灣省政府主席任內，鑒於環境地質對於山坡地開發安全及保護民眾生命財產的重要性，特別指示前臺灣省政府建設廳成立環境地質資料庫之建立計畫，委託工業技術研究院能源與資源研究所（現爲能源與環境研究所）執行。全程計畫於 1984 年 7 月開始執行，1999 年後由內政部營建署承接上述業務繼續辦理迄今，共完成 648 幅 1/5000 像片基本圖之環境地質資料（詳圖一），面積逾 43 萬公頃。

調查範圍包括山坡地之都市計畫及重要都會區鄰近之山坡地爲主，成果圖幅包含「環境地質圖」及「山崩潛感圖」、「土地利用潛力圖」3 種資料。「環境地質圖」包括地質(地層、岩性、構造)及地質環境(地形、崩塌、侵蝕、基礎性質)圖資，「山崩潛感圖」參考美國地質調查所早年(1972)在加州 San Meteo County 所作的山崩潛感性研究方法，補充臺灣地區常出現之問題，如地震帶、地區性的河岸侵蝕、開挖和植生覆蓋等，將山崩潛感性共分爲四個不同等級。「土地利用潛力圖」參考美國地質調查所於 1970 至 1976 年間在加州所作之研究結果(Laird and others, 1979)，再兼顧國內地狹人稠、土地資源稀少等情況，將標準稍加放寬，將各種地質災害根據其防治之難易或防治費用之高低加以分級，共分爲五個不同之土地利用潛力等級。

透過本計畫環境地質調查作業產生的環境地質圖中，標示有調查區的地質資料及各種地質災害的分佈範圍，可廣泛應用於山坡地建築管理、工程初步選址、公路初步選線以及都市規劃等各方面。進一步利用基本資料分析評估所衍生出來的山崩潛感圖和土地利用潛力圖，更可直接且明確地指出土地的經濟性與安全性，提供土地規劃者參考，即使使用該圖的人員絲毫不懂地質與工程，亦可將此圖的效用發揮到淋漓盡致。對於「避免誤用危險土地以預防災害損失」極具參考價值。

本資料庫所建立圖資早期爲紙本，1999 年起本計畫成果已經開始數值化，以便將來提供更精準的圖資。近年來由於歷經多次天災變故，原本的調查成果多有變動及不符現況之情形，自 2009 年起本計畫開始轉型，進行原有圖幅資料更新作

業；整合本計畫舊有圖資及圖幅現況，並配合經濟部中央地質調查所最新的全省環境地質調查成果予以加值，產出適用都市規劃及建築管理解讀的圖資，以供民眾及政府機關作爲都市規劃、山坡地開發利用之參考。

1998 年度以前(不含 1998 年度)調查之圖幅共 539 幅，涵蓋面積共約 37 萬餘公頃，包括大部份都市計畫區及風景特定區範圍。由於早期地理資訊尚未發紉，資料庫之格式無法在目前之資訊環境中使用，只能以紙本圖資方式呈現，影響使用之流通、便捷及效率。受限於預算限制，本年度數化更新 1998 年度以前之成果資料，以區域爲優先選定之考慮。本年度工作範圍包含台中縣谷關等 8 幅圖幅之數化更新調查及環境地質調查成果資料資訊化等主要項目。

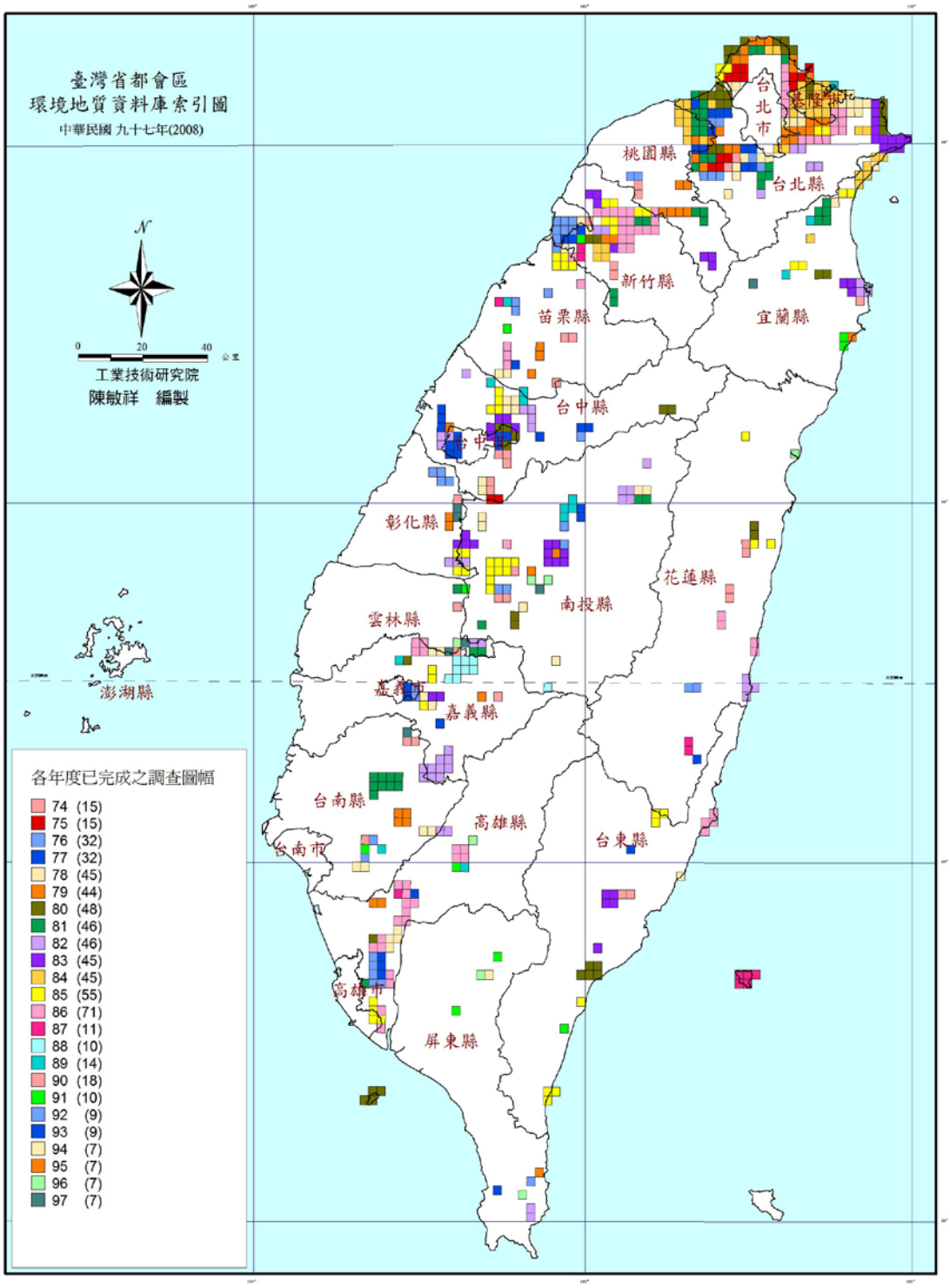


圖 1　已完成環境地質調查地區之分布圖

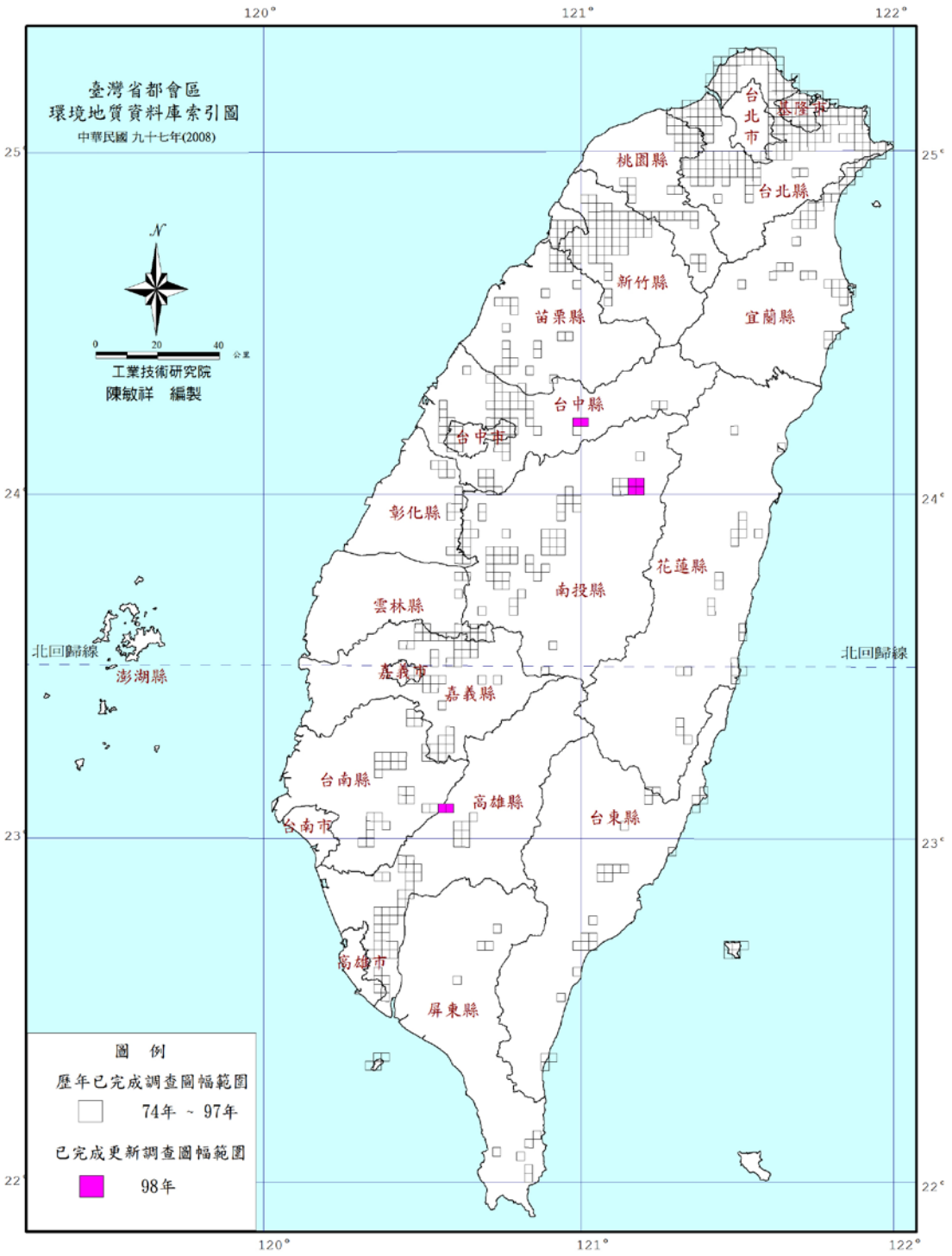


圖 2　已完成更新環境地質調查地區之分布圖

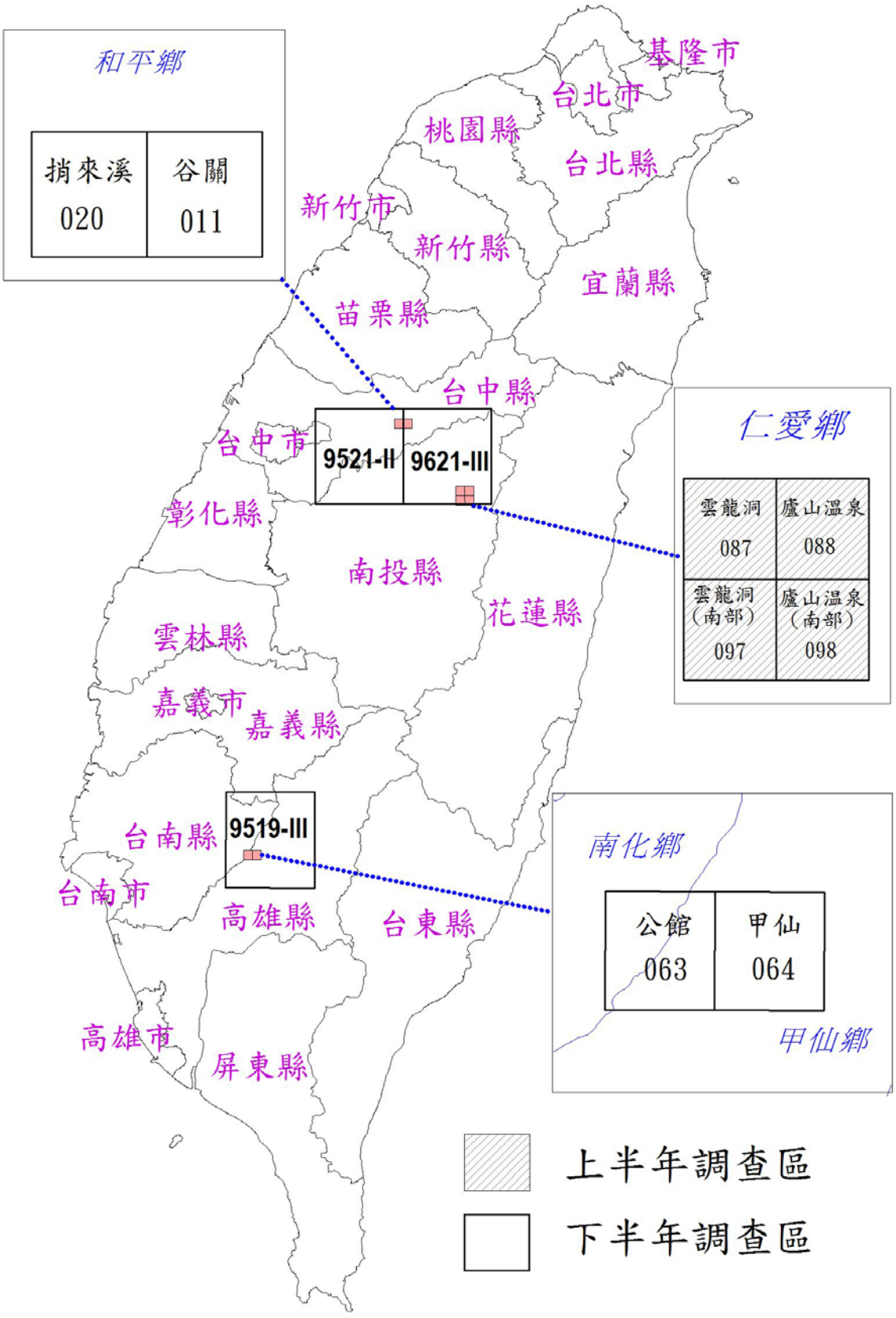


圖 3　97 年度調查區圖幅位置索引圖

環境地質資料庫 74 至 97 年度調查區圖名索引表(一)

圖名(號) / 縣市	調查年度								
	74 年度	75 年度	76 年度	77 年度	78 年度	79 年度	80 年度	81 年度	82 年度
台北縣	建安 (9622-Ⅰ-028) 內冷水坑(9622-Ⅰ-019)	北新庄 (9623-Ⅱ-020) 橫溪 (9622-Ⅰ-026) 楓樹湖 (9623-Ⅱ-030) 安子內 (9623-Ⅱ-019) 林子 (9623-Ⅱ-028) 鄒厝崙 (9623-Ⅱ-029) 粗坑仔 (9723-Ⅲ-026) 野柳 (9723-Ⅲ-018) 崁腳 (9723-Ⅲ-036) 玉田 (9723-Ⅲ-027) 頂埔 (9622-Ⅰ-017) 成福 (9622-Ⅰ-027) 土城(南) (9622-Ⅰ-018)	花園新城(9722-Ⅳ-022) 泰山 (9623-Ⅱ-077) 新寮 (9623-Ⅱ-076) 大埔 (9622-Ⅰ-035) 白雞 (9622-Ⅰ-036) 竹崙 (9622-Ⅰ-037) 頂城 (9722-Ⅳ-011)	嘉寶 (9623-Ⅱ-054) 圓通寺 (9622-Ⅰ-010) 二叭子 (9622-Ⅰ-030) 南勢角 (9722-Ⅳ-001) 直潭 (9722-Ⅳ-021) 陸光一村(9623-Ⅱ-067) 五股 (9623-Ⅱ-068) 林口 (9623-Ⅱ-066) 牛角坡 (9623-Ⅱ-086)	淡水 (9623-Ⅱ-038) 樹林口 (9623-Ⅱ-039) 瑞芳 (9723-Ⅱ-052) 深澳 (9723-Ⅱ-043) 瑞濱 (9723-Ⅱ-053) 侯硐 (9723-Ⅱ-063) 九份 (9723-Ⅱ-054) 九芎橋 (9723-Ⅱ-064) 濂洞 (9723-Ⅱ-055) 南港 (9723-Ⅲ-075) 昊天嶺 (9723-Ⅲ-076) 五堵 (9723-Ⅲ-067) 汐止 (9723-Ⅲ-077) 五城 (9622-Ⅰ-029) 鹿母潭子(9622-Ⅰ-039) 大茅埔 (9622-Ⅰ-020) 新店 (9722-Ⅳ-012) 大崎腳 (9722-Ⅳ-013)	白沙灣 (9723-Ⅳ-085) 老梅 (9723-Ⅳ-086) 石門 (9723-Ⅳ-087) 三芝 (9723-Ⅳ-094) 金山 (9723-Ⅲ-016) 萬里 (9723-Ⅲ-028) 埔尾 (9623-Ⅱ-010) 公埔子 (9623-Ⅱ-009) 磺港 (9723-Ⅲ-006) 丹鳳 (9623-Ⅱ-087) 深坑 (9723-Ⅲ-095) 楓子林 (9723-Ⅲ-096) 龍壽工業(9623-Ⅱ-096) 石壁子 (9723-Ⅲ-078) 土城 (9622-Ⅰ-008) 清水 (9622-Ⅰ-009) 鶯歌 (9622-Ⅰ-014) 三峽 (9622-Ⅰ-025) 舊莊 (9723-Ⅲ-085) 白匏湖 (9723-Ⅲ-086) 鹿窟 (9723-Ⅲ-087) 五坑 (9723-Ⅲ-088)	後厝村海濱 (9723-Ⅳ-092) 後厝 (9723-Ⅳ-093) 公王口 (9723-Ⅳ-084) 草里 (9723-Ⅳ-088) 竹子湖路口 (9723-Ⅳ-089) 噴水 (9723-Ⅳ-099) 跳石 (9723-Ⅳ-100) 下罟子 (9623-Ⅱ-045) 八里 (9623-Ⅱ-046) 大崁腳 (9623-Ⅱ-037) 觀音山 (9623-Ⅱ-047) 中坑 (9623-Ⅱ-057) 灰瑤子 (9623-Ⅱ-008) 龍形 (9623-Ⅱ-048) 成子寮 (9623-Ⅱ-058) 龍洞 (9723-Ⅱ-057) 和美 (9723-Ⅱ-067) 澳底 (9723-Ⅱ-077) 鹽寮 (9723-Ⅱ-087) 東和 (9622-Ⅰ-006) 樹林 (9622-Ⅰ-007)	阿四坑 (9622-Ⅰ-015) 山佳 (9622-Ⅰ-016) 三鶯大橋(9622-Ⅰ-024) 寶斗厝 (9623-Ⅱ-044) 太平嶺 (9623-Ⅱ-055) 雷公崎 (9623-Ⅱ-064) 頭湖 (9623-Ⅱ-065) 大湖 (9623-Ⅱ-074) 公西 (9623-Ⅱ-075) 下湖 (9623-Ⅱ-084) 大埔 (9623-Ⅱ-085) 大崎頭山(9722-Ⅳ-023) 龜山 (9722-Ⅳ-032) 大粗坑 (9722-Ⅳ-033) 忠治 (9722-Ⅳ-042) 大坑 (9723-Ⅳ-095) 七股 (9723-Ⅳ-096) 清水 (9723-Ⅲ-005)	烏塗窟 (9722-Ⅳ-006) 石碇 (9722-Ⅳ-007) 水柳腳 (9722-Ⅳ-028) 坪林 (9722-Ⅳ-029) 烏來 (9722-Ⅳ-052)
基隆市						基隆市 (9723-Ⅲ-050)	內寮 (9723-Ⅲ-038) 大武崙 (9723-Ⅲ-048)		
桃園縣	矮坪子 (9622-Ⅳ-047) 大北坑 (9622-Ⅳ-057)		楊梅 (9622-Ⅳ-036) 埔心 (9622-Ⅳ-037)	龜山 (9622-Ⅰ-004) 花瑤 (9622-Ⅰ-005)		大溪 (9622-Ⅰ-042) 虎豹坑 (9622-Ⅰ-043) 大灣坪 (9622-Ⅰ-071) 大溪坪 (9622-Ⅰ-072) 長興 (9622-Ⅰ-073) 石門水庫(9622-Ⅳ-080) 楓樹坑 (9623-Ⅱ-094)		復興 (9622-Ⅰ-074) 羅浮 (9622-Ⅰ-075) 小烏來 (9622-Ⅰ-085)	
新竹縣市	大窩浪 (9622-Ⅲ-034) 五指山 (9622-Ⅲ-044)		三姓橋 (9522-Ⅰ-087) 香山 (9522-Ⅰ-097) 牛埔 (9522-Ⅰ-088) 茄苳湖 (9522-Ⅰ-098) 青草湖 (9522-Ⅰ-089) 靈隱寺 (9522-Ⅰ-099) 中隘 (9522-Ⅱ-007)	雙溪 (9522-Ⅰ-100) 南隘 (9522-Ⅱ-008) 新城 (9522-Ⅱ-009)	光明新村(9522-Ⅰ-090) 金山面 (9622-Ⅳ-091)	油車窩 (9622-Ⅲ-003) 竹東 (9622-Ⅲ-004)	寶山 (9622-Ⅲ-001) 北坑 (9622-Ⅲ-002)	關西 (9622-Ⅳ-087) 湖肚 (9622-Ⅳ-088) 清泉 (9622-Ⅲ-064) 土場 (9622-Ⅲ-074)	二重埔 (9622-Ⅳ-092) 三重埔 (9622-Ⅳ-093)

圖名(號) / 縣市	調查年度								
	74 年度	75 年度	76 年度	77 年度	78 年度	79 年度	80 年度	81 年度	82 年度
宜蘭縣					礁溪 (9722-Ⅰ-061) 大溪 (9722-Ⅰ-026)		小埤 (9722-Ⅲ-049) 石頭戍 (9722-Ⅲ-050)	五峰旗 (9722-Ⅳ-070) 九龍山 (9722-Ⅳ-080) 龍潭 (9722-Ⅳ-090) 蛇仔崙 (9722-Ⅳ-079) 刺子崙 (9722-Ⅳ-089)	港口 (9722-Ⅱ-054) 蘇澳 (9722-Ⅱ-064) 蘇澳港 (9722-Ⅱ-065)
苗栗縣			伯公坑 (9522-Ⅱ-072) 大坪頂 (9522-Ⅱ-082) 明德水庫(9522-Ⅱ-066)		聖王崎下(9521-Ⅳ-060) 外庄 (9521-Ⅰ-051)	大湖 (9521-Ⅰ-025) 南湖 (9521-Ⅰ-035) 水流東 (9521-Ⅰ-054)			
台中縣市	坪林 (9521-Ⅲ-050) 蝙蝠洞 (9521-Ⅱ-051) 鳳山 (9521-Ⅲ-079) 峰谷 (9521-Ⅲ-089) 九層頭 (9521-Ⅱ-041)	象鼻坑(9521-Ⅲ-100) 象鼻橋(9521-Ⅲ-099)		沙鹿 (9521-Ⅲ-003) 埔子 (9521-Ⅲ-013) 水堀頭 (9521-Ⅲ-025) 馬龍潭 (9521-Ⅲ-035) 劉厝 (9521-Ⅲ-045) 虎寮埔 (9521-Ⅲ-034) 中台社區(9521-Ⅲ-044) 清水 (9521-Ⅳ-093) 大坑 (9521-Ⅲ-030) 廍子坑口(9521-Ⅲ-040) 清水巷 (9521-Ⅱ-021) 龍谷瀑布(9521-Ⅱ-020) 谷關 (9621-Ⅲ-011)	石岡 (9521-Ⅰ-081) 公老坪 (9521-Ⅰ-091) 石城 (9521-Ⅰ-082) 霧峰 (9521-Ⅲ-078) 光復新村(9521-Ⅲ-088) 社寮角 (9521-Ⅰ-092)		梨山 (9621-Ⅳ-100) 松柏村 (9621-Ⅰ-091) 滴底 (9521-Ⅲ-020) 水井 (9521-Ⅱ-011) 部子坑 (9521-Ⅱ-031) 新四村 (9521-Ⅱ-022)		新莊子 (9521-Ⅲ-023) 東海大學(9521-Ⅲ-024) 井子頭 (9521-Ⅲ-033) 東勢 (9521-Ⅰ-093) 中料 (9521-Ⅰ-094) 石角 (9521-Ⅱ-004) 大茅埔 (9521-Ⅱ-014) 鐵砧山 (9521-Ⅳ-056)
彰化縣	社口 (9521-Ⅲ-095) 同安寮 (9520-Ⅳ-009)		大竹庄 (9521-Ⅲ-063) 草子埔 (9521-Ⅲ-073) 彰化市 (9521-Ⅲ-062) 安溪寮 (9521-Ⅲ-074)			東山 (9520-Ⅳ-018) 林厝仔 (9520-Ⅳ-028)			
雲林縣								林內 (9520-Ⅳ-099) 楓仔崙 (9520-Ⅲ-067) 草嶺 (9520-Ⅲ-068) 外湖 (9520-Ⅲ-057) 內湖 (9520-Ⅲ-058)	
南投縣			鹿谷 (9520-Ⅰ-094) 大水崛 (9520-Ⅰ-095)		春陽溫泉(9621-Ⅲ-087) 廬山 (9621-Ⅲ-088) 中興新村(9520-Ⅰ-012) 內轆 (9520-Ⅰ-022) 東埔 (9520-Ⅱ-077)	溪頭(北)(9520-Ⅱ-022) 溪頭(南)(9520-Ⅱ-032) 日月潭 (9620-Ⅳ-051)		瑞龍瀑布(9520-Ⅲ-038) 春陽 (9621-Ⅲ-097) 廬山溫泉(9621-Ⅲ-098)	松柏坑 (9520-Ⅳ-070) 內三塊厝(9520-Ⅳ-068) 口寮 (9520-Ⅳ-069) 眉溪 (9621-Ⅲ-085) 清境 (9621-Ⅲ-086) 霧社 (9621-Ⅲ-095) 碧湖 (9621-Ⅲ-096) 翠峰 (9621-Ⅲ-058)

圖名(號) 縣市	調查年度								
	74 年度	75 年度	76 年度	77 年度	78 年度	79 年度	80 年度	81 年度	82 年度
嘉義縣市			灣橋 (9419-Ⅰ-010) 紅毛埤 (9419-Ⅰ-020)	山子頂 (9419-Ⅰ-009) 蘭潭水庫(9419-Ⅰ-019)	三美庄 (9520-Ⅲ-062) 梅山 (9520-Ⅲ-063) 轆子腳 (9519-Ⅳ-011) 社口 (9519-Ⅳ-022)		陳厝寮 (9420-Ⅱ-079)		大埔 (9519-Ⅳ-074) 茄苳腳 (9519-Ⅳ-084) 竹坑 (9519-Ⅳ-083) 石公 (9519-Ⅳ-092) 嘉義農場(9520-Ⅳ-093) 草嶺 (9520-Ⅳ-094) 風吹嶺 (9519-Ⅲ-002) 火燒寮 (9519-Ⅲ-003)
台南縣	仙草埔 (9419-Ⅰ-069) 關子嶺 (9419-Ⅰ-070)				玉山 (9519-Ⅲ-061) 溪東 (9519-Ⅲ-062)	豐里 (9419-Ⅱ-048) 玉井 (9419-Ⅱ-049) 望明 (9419-Ⅱ-058) 沙子田 (9419-Ⅱ-059)		南湖 (9419-Ⅱ-005) 尖山路口(9419-Ⅱ-006) 北勢坑 (9419-Ⅱ-007) 坪園子 (9419-Ⅱ-008) 嘉南村 (9419-Ⅱ-015) 東膏蚋 (9419-Ⅱ-016) 猴洞腳 (9419-Ⅱ-017) 大丘園 (9419-Ⅱ-018) 大崎 (9419-Ⅱ-025)	五義溝 (9519-Ⅳ-091) 曾文溪 (9519-Ⅲ-001)
高雄縣			仁美 (9418-Ⅱ-040) 觀音山 (9418-Ⅱ-009) 觀音湖 (9418-Ⅱ-019) 考潭 (9418-Ⅱ-029) 鳥松 (9418-Ⅱ-039)	柑宅巷 (9418-Ⅱ-010) 前埔厝 (9418-Ⅱ-020) 坪頂水廠(9418-Ⅱ-030)	雙底 (9418-Ⅰ-074) 嶺口 (9418-Ⅰ-084) 奧深水 (9418-Ⅰ-083) 生仙屹山(9418-Ⅰ-093)	崇德 (9418-Ⅰ-041) 古亭 (9418-Ⅰ-042)	燕巢 (9418-Ⅰ-081)	澄清湖 (9418-Ⅱ-038)	公館 (9519-Ⅲ-063) 甲仙 (9519-Ⅲ-064)
屏東縣							烏鬼洞 (9417-Ⅰ-064) 白沙尾 (9417-Ⅰ-055) 大寮 (9417-Ⅰ-065) 漁埕尾 (9417-Ⅰ-056)		欖仁溪 (9517-Ⅱ-084) 滿州 (9517-Ⅱ-094)
花蓮縣							鯉魚潭 (9720-Ⅳ-025) 鯉魚山 (9720-Ⅳ-035)		石門 (9620-Ⅱ-100) 港口 (9619-Ⅰ-010) 靜浦 (9619-Ⅰ-020) 石梯坪 (9719-Ⅳ-001)
台東縣							知本遊樂區 (9618-Ⅲ-024) 建岡 (9618-Ⅲ-015) 知本溫泉橋 (9618-Ⅲ-025) 知本 (9618-Ⅲ-016) 美和 (9618-Ⅲ-026)		

環境地質資料庫 74 至 97 年度調查區圖名索引表(二)

圖名(號) 縣市	調查年度								
	83 年度	84 年度	85 年度	86 年度	87/88 年度	89 年度	90 年度	91 年度	92 年度
台北縣	南雅 (9723-Ⅱ-056) 巫里岸 (9723-Ⅱ-066) 土地公嶺(9723-Ⅱ-076) 內厝 (9723-Ⅱ-086) 貢寮 (9723-Ⅱ-096) 下雙溪 (9723-Ⅱ-097) 福隆 (9723-Ⅱ-098) 桂安 (9723-Ⅱ-099) 卯澳 (9723-Ⅱ-100)	中福 (9723-Ⅲ-037) 烘內 (9723-Ⅲ-056) 川口 (9723-Ⅲ-066) 九芎林 (9723-Ⅳ-097) 坪林 (9723-Ⅳ-098) 指南宮 (9722-Ⅳ-004) 大崙腳 (9722-Ⅳ-005) 下福 (9623-Ⅱ-052) 麻埔 (9623-Ⅱ-053) 長道坑 (9623-Ⅱ-056) 山腳 (9623-Ⅱ-062) 頂社 (9623-Ⅱ-063) 外坪林 (9723-Ⅱ-084) 雙溪 (9723-Ⅱ-085)	淡海 (9623-Ⅱ-027) 興化店 (9623-Ⅱ-018) 崁頂里 (9623-Ⅱ-017) 石筍尖 (9723-Ⅲ-089) 平溪 (9723-Ⅲ-090)	滴水子 (9723-Ⅱ-061) 八分寮 (9723-Ⅱ-062) 五分山 (9723-Ⅱ-071) 新寮 (9723-Ⅱ-072) 十分寮 (9723-Ⅱ-081) 乾坑 (9723-Ⅱ-082) 石碇子埔(9723-Ⅲ-097) 大溪墘 (9723-Ⅲ-098) 菁桐 (9723-Ⅲ-099) 芋蓁林 (9723-Ⅲ-100) 南勢 (9723-Ⅲ-015) 磺山 (9723-Ⅲ-025) 富士坪 (9723-Ⅲ-035) 五指山 (9723-Ⅲ-045) 小溪 (9723-Ⅲ-055) 內溝 (9723-Ⅲ-065)					
基隆市		外木山 (9723-Ⅲ-039) 太白莊 (9723-Ⅲ-040) 七分寮 (9723-Ⅲ-046) 面桶寮 (9723-Ⅲ-047) 石皮瀨 (9723-Ⅲ-049) 友蚋 (9723-Ⅲ-057) 馬陵坑 (9723-Ⅲ-058) 八堵 (9723-Ⅲ-059) 暖暖 (9723-Ⅲ-060) 六堵工業區 (9723-Ⅲ-068) 七堵 (9723-Ⅲ-069) 東勢坑 (9723-Ⅲ-070) 安瀾橋 (9723-Ⅱ-041) 八斗子 (9723-Ⅱ-042) 四腳亭 (9723-Ⅱ-051)				和平島 (9723-Ⅱ-031)			
桃園縣	蘇樂 (9622-Ⅱ-025) 巴陵 (9622-Ⅱ-026) 光華 (9622-Ⅱ-036)	廟口 (9623-Ⅱ-072) 土地公坑(9623-Ⅱ-073) 大番仔窩(9623-Ⅱ-083) 大檜溪 (9623-Ⅱ-093) 嶺頂 (9623-Ⅱ-095)							

圖名(號) 縣市	調查年度								
	83 年度	84 年度	85 年度	86 年度	87/88 年度	89 年度	90 年度	91 年度	92 年度
新竹縣市	竹高屋 (9622-Ⅳ-051) 燒炭窩 (9622-Ⅳ-052) 義民廟 (9622-Ⅳ-062) 竹東南部(9622-Ⅲ-014)	北埔 (9622-Ⅲ-012) 大窩 (9622-Ⅲ-013) 南埔 (9622-Ⅲ-022) 二寮 (9622-Ⅲ-023)	新埔 (9622-Ⅳ-063) 蓮華山 (9622-Ⅳ-064) 店子岡 (9622-Ⅳ-077) 上三屯 (9622-Ⅳ-078) 芎林 (9622-Ⅳ-083) 水坑 (9622-Ⅳ-084) 石壁潭 (9622-Ⅳ-094)	新城 (9622-Ⅳ-097) 新富 (9622-Ⅳ-098) 錦山 (9622-Ⅳ-099) 十股寮 (9622-Ⅳ-079) 七寮 (9622-Ⅳ-089) 石岡子 (9622-Ⅳ-075) 寶石 (9622-Ⅳ-073) 東海 (9622-Ⅳ-072) 內立 (9622-Ⅳ-074) 茅子埔 (9622-Ⅳ-076) 下橫坑 (9622-Ⅳ-085) 上橫坑 (9622-Ⅳ-086) 芎蕉窩 (9622-Ⅳ-095) 老茶亭 (9622-Ⅳ-096) 五龍 (9622-Ⅲ-005) 鹿寮坑 (9622-Ⅲ-006) 橫山 (9622-Ⅲ-015) 九讚頭 (9622-Ⅲ-016)	富興頭 (9522-Ⅱ-020) 富興 (9522-Ⅱ-030)		關東橋 (9622-Ⅳ-081)	火燒崙 (9522-II-010)	
宜蘭縣	遠望坑 (9722-Ⅰ-007) 石城 (9722-Ⅰ-008) 鶯歌石 (9722-Ⅰ-009) 東城 (9722-Ⅱ-052) 新城 (9722-Ⅱ-053) 冀箕湖山(9722-Ⅱ-063)	大湖 (9722-Ⅲ-008) 石觀音 (9722-Ⅰ-016) 大裏 (9722-Ⅰ-017) 內大溪 (9722-Ⅰ-025) 坪溪 (9722-Ⅰ-034) 梗枋 (9722-Ⅰ-035) 外溪 (9722-Ⅰ-044)	大金面 (9722-Ⅰ-052) 頭城 (9722-Ⅰ-053) 三星 (9722-Ⅲ-036) 阿裏史 (9722-Ⅲ-037)			清水橋 (9722-Ⅲ-045) 大礁溪 (9722-Ⅳ-087)	圳頭坑 (9722-Ⅱ-074)	南澳 (9721-I-012) 澳尾 (9721-I-022)	
苗栗縣			土牛 (9522-Ⅱ-027) 鬥煥坪 (9522-Ⅱ-028) 瓦窯下 (9522-Ⅱ-037) 三灣 (9522-Ⅱ-038) 大銅鑼圈(9522-Ⅱ-039)	珊珠湖 (9522-Ⅱ-029) 南莊 (9522-Ⅱ-060) 雙草湖 (9521-Ⅰ-021) 三義 (9521-Ⅰ-031) 上湖 (9521-Ⅰ-041)	三湖 (9522-Ⅲ-080)	鴨母坑 (9522-Ⅱ-071) 卓蘭 (9521-Ⅰ-073) 吊神山 (9521-Ⅰ-083) 五崁腳 (9521-Ⅳ-069)	達觀 (9521-Ⅰ-067) 圓墩 (9521-Ⅰ-018) 上島 (9521-Ⅰ-019)	九湖 (9521-I-001)	頂埔 (9522-Ⅱ-017)
台中縣市	嘉仁村 (9521-Ⅲ-019) 軍功寮 (9521-Ⅲ-029) 東陽裏 (9521-Ⅲ-010) 坑頭 (9521-Ⅱ-001) 中興嶺 (9521-Ⅱ-012)		貓子坑 (9521-Ⅳ-080) 毘廬禪寺(9521-Ⅳ-090) 豐原(北部) (9521-Ⅳ-099) 翁社 (9521-Ⅳ-100)						麗陽 (9521-Ⅱ-030)
彰化縣	施厝坪 (9520-Ⅳ-040) 許厝寮 (9520-Ⅳ-049) 橫山 (9520-Ⅳ-050) 茄苳腳農場 (9520-Ⅰ-041)		赤水 (9520-Ⅳ-059) 竹圍 (9520-Ⅳ-060) 二水 (9520-Ⅳ-079) 源泉 (9520-Ⅳ-080)						

圖名(號) 縣市	調查年度								
	83 年度	84 年度	85 年度	86 年度	87/88 年度	89 年度	90 年度	91 年度	92 年度
雲林縣							楓樹湖 (9520-Ⅲ-015) 大尖山 (9520-Ⅲ-065)	坪頂 (9520-IV-096)	
南投縣	五城 (9520-Ⅰ-050) 水社 (9520-Ⅰ-060) 頭社 (9520-Ⅰ-070) 田螺汙 (9620-IV-041) 慈恩塔 (9620-IV-061) 公林 (9620-IV-052) 開法 (9620-IV-062)		濁水 (9520-Ⅰ-063) 龍泉 (9520-Ⅰ-064) 社寮 (9520-Ⅰ-073) 後埔仔 (9520-Ⅰ-074) 藤湖 (9520-Ⅰ-083) 半天寮 (9520-Ⅰ-093) 集集 (9520-Ⅰ-065) 柴橋頭 (9520-Ⅰ-066) 濁水吊橋(9520-Ⅰ-075)	中寮 (9520-Ⅰ-045)		烏牛欄 (9520-Ⅰ-008) 牛眠 (9520-Ⅰ-009) 牛相觸 (9520-Ⅰ-018) 福興 (9520-Ⅰ-099)	廣興村 (9520-Ⅱ-001) 中湖 (9520-Ⅲ-010) 溪埔仔 (9520-Ⅰ-072)		魚池 (9520-Ⅰ-048) 珠子山 (9529-Ⅰ-028)
嘉義縣/市	菜公店 (9519-IV-012) 番路 (9519-IV-013)		坑頭厝 (9520-Ⅲ-082) 竹崎 (9520-Ⅲ-092) 中埔 (9519-IV-021)	溝背 (9420-Ⅱ-060) 沙崙 (9420-Ⅱ-070) 油車店 (9520-Ⅲ-051) 崎腳 (9520-Ⅲ-061)	龜仔頭 (9520-Ⅲ-064) 掘尺嶺 (9520-Ⅲ-075) 外寮 (9520-Ⅲ-076) 瑞峰 (9520-Ⅲ-077) 塘湖 (9520-Ⅲ-085) 交力坪 (9520-Ⅲ-086) 瑞裏 (9520-Ⅲ-087) 水道頭 (9520-Ⅲ-094) 觀音瀑布(9520-Ⅲ-095) 茄苳仔 (9519-Ⅰ-006)	崙子頂 (9420-Ⅱ-098)	達邦 (9519-IV-020)		
台南縣						過嶺 (9419-Ⅱ-086)	那拔林 (9419-Ⅱ-074)	虎頭埤 (9419-II-084)	頭前溪 (9419-Ⅱ-075) 五甲勢 (9419-Ⅱ-094)
高雄縣			鳳山市南部 (9418-Ⅱ-059) 孔宅 (9418-Ⅱ-069) 高松村 (9418-Ⅱ-079) 大坪頂 (9418-Ⅱ-080)	石車 (9418-Ⅰ-024) 內門 (9418-Ⅰ-025) 回陸 (9418-Ⅰ-035) 旗山 (9418-Ⅰ-045) 鯪洲裏 (9418-Ⅰ-055) 旗尾 (9418-Ⅰ-046) 中湖 (9418-Ⅰ-064) 下洲 (9418-Ⅰ-065) 捆牛湖 (9418-Ⅰ-082) 橫山 (9418-Ⅰ-091) 牛食坑 (9418-Ⅰ-092) 南廓亭山(9519-Ⅲ-085) 竹腳寮 (9519-Ⅲ-086) 大寮山 (9519-Ⅲ-095) 土壟 (9519-Ⅲ-096) 拷潭 (9418-Ⅱ-070) 中厝村 (9418-Ⅱ-090) 大樹 (9518-Ⅲ-021) 九曲堂 (9518-Ⅲ-031)	觀音亭 (9418-Ⅰ-034)	六龜 (9518-IV-006)		大貢占山(9518-IV-005)	

圖名(號) 縣市	調查年度								
	83 年度	84 年度	85 年度	86 年度	87/88 年度	89 年度	90 年度	91 年度	92 年度
屏東縣								赤山 (9518-III-065) 霧臺 (9518-III-010)	分水嶺 (9517-Ⅱ-054)
花蓮縣			天祥 (9621-Ⅱ-030) 和平 (9720-Ⅳ-045) 崩崁 (9720-Ⅳ-047)	豐濱 (9720-Ⅲ-051) 豐上 (9720-Ⅲ-061) 香草場 (9620-Ⅱ-027) 光復 (9620-Ⅱ-037)	玉裏 (9619-Ⅳ-063) 玉裏大橋(9619-Ⅳ-073)		豐山右上(9620-Ⅰ-050) 豐山 (9620-Ⅰ-060) 鳳林北部(9620-Ⅰ-098) 鳳林 (9620-Ⅱ-008)		紅葉內 (9619-Ⅰ-003) 溫泉 紅葉 (9619-Ⅰ-004)
台東縣	紅葉 (9518-Ⅰ-039) 桃源 (9518-Ⅰ-040) 清水 (9518-Ⅰ-049) 龍過脈 (9518-Ⅰ-050) 東興 (9518-Ⅰ-098)		大武 (9517-Ⅰ-056) 大武東部(9517-Ⅰ-057) 大武漁港(9517-Ⅰ-066) 池上 (9619-Ⅲ-049) 冷水 (9619-Ⅲ-050) 錦園 (9619-Ⅲ-059) 太麻裏 (9618-Ⅲ-054)	白守蓮 (9619-Ⅱ-046) 成功 (9619-Ⅱ-055) 芝田 (9619-Ⅱ-056) 新港漁港(9619-Ⅱ-065)	南寮村 (9718-Ⅲ-023) 公館村 (9718-Ⅲ-023) 柚子湖 (9718-Ⅲ-023) 龜灣鼻 (9718-Ⅲ-023) 溫泉村 (9718-Ⅲ-023)		龍田 (9618-Ⅳ-035) 鹿野 (9618-Ⅳ-036)	金崙溫泉(9518-II-088)	

環境地質資料庫 74 至 97 年度調查區圖名索引表(三)

圖名(號) 縣市	調查年度								合計
	93 年度	94 年度	95 年度	96 年度	97 年度				
台北縣		雙溪 (9622-Ⅰ-058)							160
基隆市			姜子寮 (9723-III-079) 乾溪子 (9723-III-080)						21
桃園縣									24
新竹縣市									61
宜蘭縣			朝陽里左下 9721-I-013	梵梵左下 (9722-III-051)					35
苗栗縣	崩山下 (9521-Ⅰ-042)	深井 (9522-Ⅱ-018)							30
台中縣市	大坪角 (9521-Ⅱ-025)		台糖林晉農場 (9521-III-014)						52
彰化縣					同安寮(9520-IV-005) 湖子坑(9520-IV-015)				16

圖名(號) 縣市	調查年度								合 計
	93 年度	94 年度	95 年度	96 年度	97 年度				
雲林縣				苦苓腳 (9520-III-055)	樟湖(9520-III-056) 龜仔頭(9520-III-064)				9
南投縣	蜈蚣崙 (9520-Ⅰ-010) 鯉魚潭 (9529-Ⅰ-020)	田底 (9520-Ⅱ-013)	水里 (9520-I-078)	坪林 (9520-I-084) 人倫 (9520-I-086)	新山(9520-I-095)				53
嘉義縣/市		橫坑頭 (9519-Ⅳ-043)	樂野 (9519-IV-018)						40
台南縣		下湖 (9418-Ⅰ-003) 許厝湖 (9418-Ⅰ-004)			白河水庫(9419-I-059)				26
高雄縣	口隘 (9418-Ⅰ-045)			荖濃 (9518-III-077)					46
屏東縣	四重溪 (9517-III-070)	好茶 (9518-Ⅱ-029)	港仔山 (9517-II-049)	瑪家村 (9518-III-028) 長樂 (9517-II -067)					14
花蓮縣	安通 (9619-Ⅰ-084)			新城 (9721-III-046)					23
台東縣	崁頂 (9619-Ⅲ-086)	東河 (9618-Ⅰ-012)							31

計 648 幅

貳、環境地質調查各論

各論(之一)廬山溫泉調查區

雲龍洞圖幅(原 78 年春陽溫泉地區圖幅)

廬山溫泉圖幅(原 78 年廬山地區圖幅)

雲龍洞南部圖幅(原 81 年春陽地區圖幅)

廬山溫泉南部圖幅(原 81 年廬山溫泉地區圖幅)

各論(之一)廬山溫泉調查區

摘 要
1.地理概述
1.1 位置與交通
1.2 土地利用現況
1.3 地形
1.4 氣候
2.地質概述
2.1 地層
2.2 地質構造
3.環境地質評估
3.1 崩塌
3.2 基礎沉陷
3.3 河岸侵蝕
3.4 指溝侵蝕及向源侵蝕
3.5 洪水氾濫
3.6 土石流
4.山崩潛感性分析
5.土地利用潛力評估
6.結論與建議
參考文獻

附圖目錄

圖 1 南投縣廬山溫泉調查區位置及交通圖.....2-1-7

附表目錄

表 1 南投縣廬山溫泉調查區各級坡度分析統計表.....2-1-6
表 2 南投縣廬山溫泉調查區各級山崩潛感性分析表.....2-1-16
表 3 南投縣廬山溫泉調查區各級土地利用潛力分析表.....2-1-18

照片目錄

照片 1 鳥瞰廬山温泉旅館區腹地不多，部份旅館築於河床填土區之上。.....2-1-22
照片 2 廬山温泉後方坡地上，青山已成爲一畦畦茶園。.....2-1-22
照片 3 在廬山製茶所後側邊坡上可見之淺層滑動型崩塌，是早期道路開闢時所發生，現在仍會出現崩塌情形。.....2-1-22
照片 4 河岸陡受到雨水沖刷而產生表層土壤滑動之情形。.....2-1-22
照片 5 廬山賓館後方坡地上之產景道路在颱風時發生崩塌而損毀。.....2-1-22
照片 6 雲龍橋兩側皆出露大面積之板岩垂直陡坡，出現落石崩塌威脅往來人車之安全。.....2-1-22
照片 7 順向坡區域潛伏著平面型滑動崩塌之威脅。.....2-1-23
照片 8 台十四線路面下陷可能與平面型滑動崩塌有關。.....2-1-23
照片 9 建築物不宜過於接近河岸侵蝕區。.....2-1-23
照片 10 指溝侵蝕發展成崩塌災害，威脅下游旅館安全。.....2-1-23
照片 11 佔據河道之結果便是有可能被淹沒。.....2-1-23
照片 12 廬山溫泉區以下之河道較爲寬闊。.....2-1-23
照片 13 台大農場下方台十四線邊坡在颱風時發生之崩塌。.....2-1-24

照片 14 台大農場下方台十四線邊坡的舊崩塌。 2-1-24
照片 15 階地下方若有河岸侵蝕的問題存在，應儘早防治。 2-1-24

各論(之一)廬山溫泉調查區

雲龍洞圖幅(原 78 年春陽溫泉地區圖幅)
廬山溫泉圖幅(原 78 年廬山地區圖幅)
雲龍洞南部圖幅(原 81 年春陽地區圖幅)
廬山溫泉南部圖幅(原 81 年廬山溫泉地區圖幅)

摘　要

廬山溫泉調查區位於南投縣境之東北，區內之廬山溫泉爲台灣中部著名溫泉休憩區，調查總面積約 2,800 公頃，其中坡度大於 30%竟超過 80%。本調查區之地層以板劈理發達的廬山層爲主，區內主要地質構造爲一條東北方向延伸之逆斷層以及一組橫切本區主要構造軸線之北北西方向的橫移斷層。由於本區具有地勢較高、構造發達、地質材料破碎，風化作用十分強盛之自然背景，再加上人爲之開墾破壞土地之自然平衡，因而產生一些地質災害。調查區內已發生或潛伏之地質災害有崩塌、基礎沉陷、向源侵蝕、河岸侵蝕，指溝侵蝕、洪水氾濫與土石流等。

廬山溫泉調查區地勢陡峭，地質材料脆弱，全區土地利用潛力偏低，潛力較高的地方多集中在階地區域。在此不利之地質條件上開發利用前，陡坡上的侵蝕作用易發展成崩塌災害，加強邊坡穩定分析與基礎承載力分析，以防止邊坡破壞之發生。本區七十五年韋恩颱風來襲，曾造成溪水暴漲，旅館遭水淹沒流失之情形。民國九十七年辛樂克颱風之災情更加嚴重，溫泉區以下之河道較爲寬濶，相對爲較安全之區位。故在將來的開發區位之選擇時應往下游之方向進行爲要。廬山溫泉區下游方向之階地區域包括兩岸數個平坦階地，台十四線邊坡在階地下方發生崩塌，對階地邊緣產生威脅，發展時對這些區域宜作適當之後退或配置空地等安全要求較低之分區。階地下方河岸仍存在著一些侵蝕問題，發展之初便應針對此問題及早作出因應。

I.地理概述

1.1 位置與交通

本調查區位於南投縣境之東北，以廬山溫泉爲中心，涵蓋雲龍洞、廬山溫泉、雲龍洞(南部)及廬山溫泉(南部)四幅五千分之一像片基本圖範圍，調查總面積約 2,800 公頃(圖 1)。在圖幅名稱方面，民國七十八及八十一年調查本區時，採用農林航空測量所出版之第一版像片基本圖，本區所在位置爲比例尺一萬分之一之廬山圖幅，放大爲五千分之一後，各自取名爲春陽溫泉、廬山、春陽及廬山溫泉，及至本年度更新調查，農林航空測量所出版之像片基本圖已發行至第二版，比例尺已更新至五千分之一，使用時無需放大，但圖幅名稱業已正式名爲雲龍洞、廬山溫泉、雲龍洞(南部)及廬山溫泉(南部)，故本調查依照正式之圖名爲本次更新調查之圖名。在行政區劃分上，隸屬南投縣仁愛鄉管轄，其範圍西起於清境農場，東至屯原之西命，北界於平靜部落之南，南止於麻平暮山。本區對外交通以台 14 號公路爲主，由廬山溫泉至調查區東南側之霧社(仁愛)及萬大水庫僅四公里，由霧社往西可至埔里，往北可由台 14 甲號公路至大禹嶺接中橫公路。台 14 號公路往東至秀林，在廬山部落東可聯絡屯原部落，北經合作產業道路至平靜、靜觀等部落。由於地形險阻，區內聯絡多以人行小道，或運搬車道爲主，往來十分不便。

1.2 土地利用現況

廬山溫泉與春陽溫泉同爲南投縣著名的溫泉風景區，春陽舊名櫻社，在日據時代即以溫泉馳名，由於熱源不足，漸爲其東側之廬山溫泉取代。本地旅遊業十分發達，亦爲攀登奇萊山、能高山之起點，每到假日人潮洶湧，復以本區自春陽、廬山至塔羅灣溪沿線，地下熱源充沛(能礦所，1976 及蕭寶宗等，1980)發展觀光潛力十足，近來溫泉觀光尉爲風潮，致使旅館有增無減，旅館區多集中於溪谷兩側，非常擁擠(照片 1)。廬山溫泉、廬山溫泉(南部)地區近年來致力於高山茶之種種，耕種面積有逐年增加趨勢，並成爲本區最重要之經濟作物(照片 2)。在區內仍以茶及梅、桃、李、梨等溫帶水果之栽植爲主，高山蔬菜甚少，現有葱之種植，另有部份土地爲實驗林場及農場。區內擁有廬山風景特定區計劃，但在最近的颱風侵襲時受到重創，爲求安全起見，正進行計劃變更。

1.3 地形

廬山溫泉調查區位於台灣中部脊樑山脈西麓；脊樑山脈爲台灣之主分水嶺，北起蘇澳海岸南迄恆春半島，此主分水嶺因兩側谷頭向源侵蝕結果，呈齟齬狀稜線，南北全長約 340 公里。脊樑山脈三千公尺以上高峰林立，亦爲濁水溪之發源地。本調查區被濁水溪及其支流(塔羅灣溪及馬海僕溪)切割成四部份，依時針方向分別爲尾上山(2,681 公尺)、再生山(2,338 公尺)、武泠山(1,759 公尺)、立鷹山(2,217 公尺)等四座山頭組成，春陽及廬山溫泉兩溫泉正位於其中心之谷，地形景觀主要受塔羅灣溪及馬海僕溪切割所造成，形成一 U 字型河谷，U 型尖頂爲調查區外之麻平暮山(2,616 公尺)，兩端連接武冷山及再生山呈鉗狀，中間低平爲塔羅灣溪及馬海僕溪會流點，亦爲目前之廬山溫泉區。標高約海拔高度 1,050 公尺。由於本區地質材料脆弱，岩層受溪水經年之沖刷、刻蝕，在廬山溫泉以東支流谷深水急，崩崖處處，谷中巨礫危立，溪水至幹流處，河道漸寬，砂石淤積，受地殼間歇起降，溪谷兩側形成許多河階台地，其中以塔羅灣溪與濁水溪交匯處左岸之階地爲最大，右岸另有數個在調查區外較小之階地，其一爲春陽部落所在之處。調查區內地形之各坡度分級所佔之面積請參考表一。

表1 南投縣廬山溫泉調查區各級坡度分析統計表

坡度 / 百分比(%) 面積(公頃) / 圖幅名稱	Ⅰ級坡 坡　度 0～5%	Ⅱ級坡 坡　度 5～15%	Ⅲ級坡 坡　度 15～30%	Ⅳ級坡 坡　度 30～55%	Ⅴ級坡 坡　度 ＞55%
雲龍洞	6.0 42.0	2.2 15.4	7.6 52.4	19.1 131.7	64.9 447.1
廬山溫泉	2.7 18.9	1.2 8.8	3.7 25.8	20.7 144.9	71.5 498.9
雲龍洞(南部)	2.8 19.6	0.6 4.8	4.1 28.9	23.8 167.5	68.5 480.6
廬山溫泉(南部)	2.1 14.9	0.4 3.3	2.6 18.6	15.6 109.6	79.0 554.0

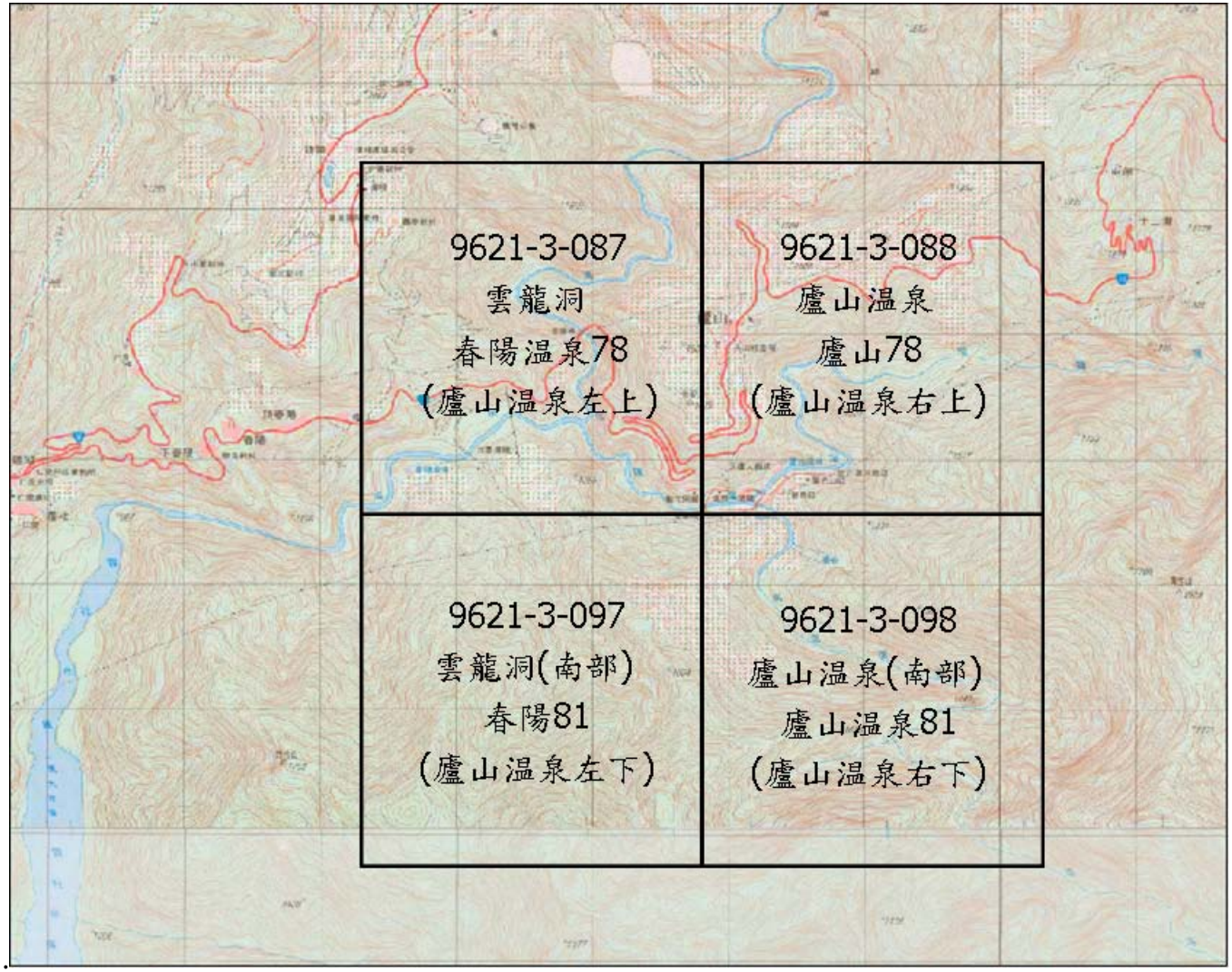


圖 1 南投縣廬山溫泉調查區位置及交通圖

1.4 氣候

根據中央氣象局民國 87 年至 96 年間統計資料顯示，廬山溫泉地區之年平均雨量爲 2,691 公厘，最大年雨量爲民國 94 年的 3,785 公厘，最小年雨量爲民國 91 年的 1,310 公厘。本區之雨量大多集中於每年的三月至九月份，十月至翌年二月間雨量較少，不過在二月及九月時亦有多雨之紀錄。平均年降雨日數爲 144 天，最大月雨量爲民國 95 年 6 月的 1,340 公厘，最大日雨量爲同年 6 月 9 日的 407 公厘，不過去年(97 年)9 月辛樂克颱風時，單日累積雨量達 486 公厘(9 月 14 日)。本區年平均同速每秒 1 公尺，多吹東風。

2.地質概述

2.1 地層

本調查區位於第三紀變質岩區，出露地層以新第三紀中新世中期的廬山層及第四紀河階台地及沖積層爲主。現將本區出露地層順序由老至新說明如后：

中新世

廬山層（MI）

廬山層即代表所有分佈在中央山脈的脊樑山脈內之中新世硬頁岩和板岩系(何春蓀，1986)。本層大部份由黑色到深灰色的硬頁岩、板岩及千枚岩和深灰色的硬砂岩互層組成，並含有零星散佈的泥灰岩團塊。根據化石之研究，認爲廬山層時代是中新世的早期至中期，它的全部厚度約數千公尺。根據詳細的地質調查，可以把廬山温泉、廬山温泉(南部)層的剖面分成上、中、下三段(張寶堂，1984)，現依先後順序說明如下：

A. 春陽段

本段爲廬山層之下段，以暗灰色板岩爲主，偶夾細粒變質砂岩或粉砂岩，並含有夾化石之泥質團塊，本段厚約 2,500 公尺，調查區內僅其上部出露，主要分佈於雲龍橋以西之地區。春陽段板劈理發達，其劈理面與地層面走向及傾斜一致。

B. 鳶峰段

本段整合在春陽段之上，主要岩性爲青灰色細粒變質砂岩及暗灰色砂質板岩組成。鳶峰段底部以一厚約 60 公尺之厚層變質砂岩與板岩之互層，並以此與春陽段爲界。 鳶峰段岩層之特徵爲較多之不規則方向延伸之石英脈出現，代表原未岩層受應力擠壓破裂後，造成石英脈貫入之現象。在廬山賓館後溪谷中可見一厚 6～10 公尺之富含石英脈砂岩，其上層板岩中並夾有三層 1～10 公分厚之砂岩薄層，此砂岩並出現於廬山部落東 500 公尺處露頭，可爲本段之指準層。鳶峰段主要分佈於雲龍橋以東至尾上山附近止。

C. 昆陽段

本段爲廬山層之上段，主要由葉理發育完整且具有絲絹光澤的千枚岩組成，偶夾薄層或厚層變質砂岩，主要出露於尾上山以東之地區，故未在本區出現。

更新世

階地堆積層 (Qt)

河階台地堆積大多數由未經膠結的礫石及夾在其中的砂、粉土等物質組成，一般層理和淘選度都較差，礫石直徑從數公分至二公尺以上，其形狀呈圓形或次圓形，礫石之母岩多爲石英砂岩、板岩及少量之石灰岩。台地堆積層覆蓋在廬山層之上，呈不整合接觸，其厚度在十數公尺以下，本區河階台地多分佈於濁水溪兩岸，其地形通常較緩。

全新世

沖積層 (Qa)

現代沖積層是由未經膠結的礫石、砂、粉土及黏土組成。由於本區地質材料破碎，加以溪流至廬山溫泉後流速漸緩，堆積作用漸明顯，故在溫泉以東之河床中巨礫分佈較多，溫泉以西巨礫較少，礫石之母岩多由硬砂岩、石英砂岩或板岩組成。本層主要分佈於濁水溪及其支流之河床上。

2.2 地質構造

廬山溫泉調查區主要之地質構造，爲沿著北東方向延伸之逆斷層以及橫切主要構造軸線並由剪力所造成之一組北北西方向之橫移斷層。現依序說明如下：

(1) 屯原斷層

屯原斷層於廬山溫泉東北面約 2,200 公尺處之塔羅灣溪谷中做東北—西南方向延伸，並爲橫移斷層橫切而錯斷，斷層兩側地層走向稍有差異，大致上仍呈北北東方向，向東傾斜 50～70 度。本斷層可能爲一東側爲升側之逆斷層，層位及落差不明。

(2) 雲龍橋斷層

本斷層以北 10 度西方向，通過雲龍橋附近，將鳶峰段底部向左錯移約 1,000 公尺。於雲龍橋西北側約 200 公尺處與 500 公尺處之濁水溪溪谷中，可見本斷層之露頭出露，並量得斷層走向爲北 12 度西方向，斷層傾向東北約 75 度。雲龍橋斷層爲一左移斷層，斷層兩側地層之位態相似。

(3) 平靜橫斷層組

本橫移斷層組爲一組出現於平靜部落一帶的斷層，該組斷層之走向大致呈北北西—南南東方向，斷面傾向東北約 75 度。斷層作用將兩側廬山層沿著斷層面走向發生水平方向的左右移動，斷面近於垂直。出露於本調查區之橫移斷層包括 A、B、C 等三條斷層，現依序自西至東分說明其出露之情形：

A 斷層：本斷層於清境北側之博望新村西北面約 500 公尺處之橫貫公路旁，得見寬約 30 公尺之斷層泥，其斷層之走向爲北偏西 22 度。A 斷層造成兩側地層相對位移量不大。

B 斷層：本斷層於博望新村東面約 700 公尺處之小谷中，得見斷層面，斷面走向爲北 25 度西，傾向東北約 80 度，在平靜西南方，即本調查區北側濁水溪溪谷中亦可見斷層泥。B 斷層使兩側地層相對位移約 150 公尺。

C 斷層：本斷層於平靜西南方約 500 公尺處之產業道路旁，可見斷層面，量得走向爲北偏西 22 度，傾向東北約 85 度，另在廬山温泉東北面約 2,300 公尺處之塔羅灣溪谷中，可見本斷層將薦峰段中之砂岩截斷。 C 斷層使兩側地層相位移約 600 公尺。

3.環境地質評估

廬山溫泉調查區地勢較高，風化作用強盛，加上地質材料破碎，受人為之開墾與自然作用雙重之影響，很明顯地產生一些地質災害，對附近的生態環境與居民之生命安全造成威脅，故在土地開發與利用之前，應先對區內已發生或潛伏的地質災害問題加以分析、評估，俾作最有效之利用。現將各種地質問題說明如下：

3.1 崩塌

在重力的影響下，斜坡上的土石不斷地向下坡方向移動，稱為塊體運動，或稱斜坡運動。山崩是一種快速斜坡運動，重力是其趨動力。通常而言重力的作用是永不停止，但是要使土石移動，必須重力大於土石的慣性才行。影響因素可分為內在和外在兩種，內在因素存在於土石本身，主要包括(1)礦物組成性質、(2)地質構造、(3)地下水的存在、(4)地形、(5)植生。外在因素是觸發山崩的劊子手，主要包括(1)岩層的風化、(2)孔隙水壓增加、(3)加重負載、(4)移去坡址支撐、(5)下伏地層垮塌、(6)地震、(7)其他。崩塌地是坡地開發須特別注意的一種地質災害，為最常出現也是分佈最廣泛之地質災害。本調查區之崩塌主要誘因，除受自然因素如地形、地質、雨水等所控制外，亦深受人為因素如道路開挖切除坡趾與擋土牆排水設計不良所影響。調查區內之崩塌型態有落石崩塌、平面型滑動與淺層滑動等三種型式出現，分別敘述如下：

3.1.1 淺層崩塌

淺層崩塌為發生於風化岩體或土體淺部的滑動現象，多發生於坡度大、不連續面發達、風化或固結不良的岩層、土層，如砂頁岩薄互層、頁岩或泥岩、崩積土、厚層土壤或煤礦棄渣堆積，於降雨作用下誘發滑動。因風化岩體或土體的膠結不良、疏鬆、孔隙大，遇雨吸水後，當其所承受重力大於岩體或土體間的摩擦力或抗剪力時，即一舉滑落，並於斜坡下方形成崖錐堆積。本區淺層崩塌主要發在斜陡之道路邊坡(照片 3)及河岸邊之陡坡(照片 4)，道路邊坡可能因開挖而殘留陡峭之坡面，坡面表層為厚層風化土或崩積土，在降雨集中時便容易引發淺層崩塌，去年辛樂克颱風時，廬山賓館後方山坡上之產業道路便因崩塌而完全損毀(照片 5)。而河岸邊緣則因侵蝕而形成之河岸地形本身便呈陡坡狀態，易因雨水集中下滲而引起表土之流失而

呈植生稀疏之狀態。

淺層滑動的規模通常不大，所造成的威脅一般也較輕，但如發生於道路上邊坡，則常使人、車交通受阻；發生於道路下邊坡，則會危及路基安全。其整治方法，視情況可採挖除法、植生、設擋土牆或以適當地工織物安定坡面。

3.1.2 落石崩塌

落石崩塌是指邊坡之石塊或岩屑與坡面分離，以自由落體之方式向下墜落而形成。本區屬山地地形，坡度陡峭，加上岩性之影響，又因道路開闢的關係，殘留邊坡非常陡峭，而板岩之劈理發達容易出現垂直之岩坡(照片 6)，經節理切割後便容易造成落石崩塌，影響往來人車安全。

落石崩塌之防治通常以攔石網或坡面噴漿之方式處理，但規模較大便不易處理，部份地區可採用人工清除方式處理，可達經濟與保留自然景觀之目的。

3.1.2 滑動崩塌

平面型滑動是滑動體沿著平面或近乎平面之緩起伏之表面向前或向下滑動，通常略具崩移之弧狀或向後傾之特性而滑離了原來的地面。平滑型崩塌常爲弱面構造所控制，如層面、斷層面、節理面、岩層間抗剪強度的變異處、或是岩盤與上覆岩屑之接觸面。若滑動體是沿傾斜的層面滑動，一般又可稱之爲順向坡滑動。調查區內在台十四線沿線有數個順向坡區域潛在著平面型滑動崩塌(照片 7)。在廬山溫泉區之南向坡面同樣是順向坡區，台十四線沿坡面而建，最近數次颱風後，路面皆出現下陷、位移及破壞情形(照片 8)，如出現大規模滑動情形，影響範圍非常廣大，該處正由中央地質調查所監測中，雨季時通行應多加注意安全。

3.2 基礎沉陷

在崩積土、斷層破碎帶或填土所組成的地質材料，多爲非均質、顆粒淘選極差、不易壓實、孔隙較大及抗剪力低的土石，如果在這些土石上興建屋舍時，應考慮斜坡之穩定性與基礎承載力，以避免建築物之重量超過土方之承載力，造成建築物龜裂、沉陷等危害。另外在建築物下爲非均質之基礎材料或基礎同時放置於岩盤填土之上時容易因基礎材料承載力不均勻，而產生不等量沉陷。此往往對建築物造成危

害。故在不良基礎材料之地區，土地在規劃利用前應施予地質鑽探，確定岩盤之位置與土層之深度並了解其承載能力，再根據實際之地質狀況設計適當之基礎，才可避免災變發生。本區不良土層多爲崩積土及人爲填土。崩積土出現在坡趾地形坡度變緩之處，填土區則須遠離河岸。

3.3 河岸侵蝕

在河道轉彎的地方，位於切割坡的河岸受到溪水強烈的侵蝕，若在被侵蝕的河彎有道路或建築物時，其基礎經常會遭到破壞，而河岸的邊坡亦常因河流侵蝕坡腳而造成崩塌(照片 9)。由於濁水溪及其支流流經本區時河流彎道特多，加上材質脆弱，造成彎道上方邊坡均發生許多嚴重之崩塌，台灣電力公司曾於 1953 年與日本 1937 年在塔羅灣溪所測之橫斷面比較，在 16 年間溪谷沖蝕深達 3 公尺餘，平均每年沖刷岩壁約 20 公分，可見河流侵蝕力量之鉅大，故在可能發生河岸侵蝕之地區，應避免使用，甚至需改善彎流之作用。廬山溫泉旅館區東端位於一河岸侵蝕區，避免在這種區域利用填土取得空間，去年(民國九十七)辛樂克颱風造成公主小妹旅館倒塌，肇因於旅館利用填土伸出河道，形成一河水沖擊之位置所致。

3.4 指溝侵蝕及向源侵蝕

鬆軟的風化岩層、土層及崩積土層容易受到逕流的沖刷作用，而在山坡上形成一條條的侵蝕溝。這些侵蝕溝會加速坡面的侵蝕與破壞，而濫墾山坡地往往會使侵蝕更加惡化，不但造成土壤流失，豪雨時還可能引起更嚴重的土石流或崩塌災害，主要分佈在坡度較大的台地邊坡、風化岩層、土層或崩積土堆積區。指溝侵蝕的整治首重坡地的排水，可利用排水工導引坡上逕流，以減少坡面的沖刷，避免侵蝕擴大，並配合植生穩定坡面。如有道路經過時，應設涵管導流，以免路基受到逕流的沖蝕破壞。位於河川上游的侵蝕溝，其持續往源頭延伸與擴張的結果會會把集水區的末端侵蝕或一湯匙狀的凹坡地形，其上緣並會持續不斷的崩落，是爲向源侵蝕作用。指溝侵蝕與向源侵蝕，在本調查區廬山溫泉北向坡面上有均極爲旺盛之發育，而成颱風季節發展成崩塌災害，由於水土保持不易，屢屢發生嚴重之崩塌及土石流災害(照片 10)。

3.5 洪水氾濫

洪水氾濫是指在暴雨期間，河水會淹沒河道兩側平時較爲不受影響之區域，河水對人工之結構物會道成破壞，但洪水之淹沒並不是經常發生，又因受氣候變異之影響，致使其可能淹沒區皆被忽略。而在河道旁以填土取得土地又是較爲便捷之作法，最後之結果爲河道變窄，河道淤積後暴雨來臨後，河水不易渲洩，致使廬山溫泉旅館區大部份被淹沒(照片 11)。近年來氣候異常，颱風威力及暴雨之強度大大的增加，民國 97 年克樂克颱風及薔蜜相繼來襲，造成本區在半月內兩次被洪水淹沒，故洪水週期之估算應趨於保守，以免造成重大生命財產之損失。

3.6 土石流

土石流是指由山間溪流內含大量水之土砂、礫石(有時候亦夾帶木材等)，因本身之重量以及水的潤滑作用而向下流動之現象。土石流發生的基本要因爲地質與地形，而豪雨則是最大的誘因。土石流最容易發生於持續性豪雨期，坡地上游發生山崩或人爲堆置未經處理大量廢棄土石，溪谷因而累聚了這些大量不穩定砂礫，當開始流動時，土石碎屑與水結成一體，具快速與高濃度土石向下傾流，並且沿途將所有大小物體或樹木灌叢捲進，聲勢浩大沖洩而下，而造成其下游區域嚴重損害。本區內有兩條土石流潛勢溪流，分別是投縣 DF031 及 030。投縣 DF031 是由塔羅灣溪及馬海僕溪所組成，兩溪匯流處就位於溫泉區，兩岸安全備受衝擊，極不宜大規模開發。投縣 DF030 位雲龍洞圖幅西南，台大農場東側之野溪，屬濁水溪支溪，河道陡峭但狹小，農場及溪流出口新建之橋樑應多加注意。

4. 山崩潛感性分析

山崩潛感性分析係考量調查區內之地形、地質、崩塌歷史及基岩性質等因素，經綜合研判後將區內各地發生崩塌之可能性分爲低、中低、中高及高潛感性四級。本調查區內各級山崩潛感性之分佈情形如表 2 所示，現將各級潛感區分述如后：

表2 南投縣廬山溫泉調查區各級山崩潛感性分析表

山崩潛感性 / 百分比(%) 面積(公頃) / 圖幅名稱	低	中 低	中 高	高	合 計
雲龍洞	5.8 40.7	8.9 62.9	15.3 107.1	68.2 477.9	98.2 688.6
廬山溫泉	2.5 18.0	4.7 32.9	17.7 123.9	74.4 521.0	99.6 695.8
雲龍洞(南部)	2.3 16.1	3.8 27.2	16.8 118.1	76.9 538.3	99.8 699.7
廬山溫泉(南部)	1.8 13.0	2.5 17.5	12.6 88.4	82.8 580.4	99.7 699.3

註：每張圖幅面積約爲 700 公頃，面積及百分比不足之數爲河流所佔。

(1) 低潛感區

山崩低潛感區在本調查區僅佔 88.5 公頃，主要分佈於本調查區濁水溪及其支流之河床堆積平台上，尤其在合流點以下，河道寬廣，上游沖積之土石，沈積於現今河道之兩側，形成相當大面積之平坦地，由於其地形平坦而未發生或潛伏有地質災害，故山崩潛感性偏低。

(2) 中低潛感區

本調查區內之山崩中低潛感區面積約 141.4 公頃，佔調查總面積的 5%，中低潛感區主要集中於雲龍洞附近之河階台地、廬山部落與其他階地一帶，其坡度多介於 5%~30%之緩斜坡，通常未發生地質災害，在本區中面積所佔雖不多但仍算

集中。

(3) 中高潛感區

本調查區內之山崩中高潛感區分佈面積約爲 438.1 公頃，佔調查總面積的15.6%。區內之中高潛感區多出現於二種範圍；一爲坡度較陡(坡度在 30%～55%)但未受地質災害影響之地區，另一爲坡度較緩(坡度在 5%～30%)但受到沖蝕與淤積侵害之地區或者是地質材料不良的地區如填土區、崩積土區等。

(4) 高潛感區

本調查區之山崩高潛感區分佈面積約爲 2118.3 公頃，佔調查總面積的75.6%。由於廬山溫泉調查區地質材料受強烈之應力擠壓而極破碎且風化作用強盛。在地形過於陡峭位置(坡度 55%)，即使地質材料爲岩盤亦很容易受到各種地質災害的侵襲，所以其發生山崩之可能性最高。又如果地形稍緩(30%～55%)，但地質材料若爲崩積土或填土時，亦屬高山崩潛感性。

(5) 與前期差異比較

與前期調查比較山崩低潛感區面積稍有增加,各圖幅在數公頃至十數公頃之間，主要來自河谷沖積區及臺地開發之改變。山崩中低潛感區面積減少共數十公頃，主要減少在一些低矮的稜線區。山崩中高潛感區大幅減少，各圖幅在數十公頃之間，山崩高潛感區則大幅增加，各圖幅在百公頃之間，其中變異主要來自主期等高線來自一萬分之一基本圖放大，精度稍爲不足，使坡度分級向下分佈，現使用精度高之地形資料，正確反應該區之地形現 況。加上近年崩塌數量有大幅增加之情況，致使山崩高潛感區同步增加。

5. 土地利用潛力評估

將廬山溫泉調查區內各種地質災害問題綜合歸納，並考慮土地開發與災害防治成本後，可以評估本區各土地供都市發展爲目的之利用潛力。評估結果區內各級土地利用潛力之面積及百分比如表 3 所示，不同潛力分級土地之分佈及特性分別說明如下：

表3 南投縣廬山溫泉調查區各級土地利用潛力分析表

土地利用潛力 / 百分比(%) 面積(公頃) / 圖幅名稱	很 高	高	中	低	很 低	合 計
雲龍洞	1.7 12.4	2.9 20.3	5.7 39.9	18.8 131.8	69.1 484.2	98.2 688.6
廬山溫泉	1.2 9.0	0.9 6.3	3.4 24.0	18.8 132	74.9 524.5	99.6 695.8
雲龍洞(南部)	1.3 9.5	0.6 4.3	3.4 24.4	17.2 120.7	77.2 540.8	99.8 699.7
廬山溫泉(南部)	1.7 12.2	0.9 6.3	1.6 11.5	12.6 88.3	83.0 581.5	99.7 699.3

註：每張圖幅面積約爲 700 公頃，面積及百分比不足之數爲河流所佔。

(1) 很高利用潛力區

本調查區內之很高土地利用潛力區分佈面積約爲 43.6 公頃，佔調查總面積的 1.5%。很高土地利用潛力區僅零星出現在區內山稜區或河谷旁未淹沒之地，雖然該處平坦、開闊，地盤穩固，無潛在或已發生之地質災害問題，土地利用潛力較高，不過開發時仍需注意鄰近區域之安全。

(2) 高利用潛力區

本調查區內之高利用潛力區分佈面積約爲 105 公頃，佔調查總面積的 7.5%。高利用潛力區多分佈於階地中央平坦之地，坡度較緩且無潛伏或已發生之地質災

害問題，如雲龍洞圖幅之高低位台地。

(3) 中利用潛力區

本調查區內之中土地利用潛力區分佈面積爲 100.3 公頃，佔調查總面積 3.5%。中利用潛力區僅分佈於少數坡度平緩但有潛在地質災害問題存在，利用時宜注意施工之品質與完善的排水措施。

(4) 低利用潛力區

本調查區內之低土地利用潛力區分佈面積爲 473.3 公頃，佔調查總面積 16.9%，低土地利用潛力區主要分佈在陡峭坡地或軟弱之地質材料及洪流氾濫地區，這些地區之坡地開發與災害防治成本可能倍於中利用潛力區。

(5) 很低利用潛力區

本調查區內之很低土地利用潛力區分佈面積約爲 2131.6 公頃，佔調查總面積的 76.1%。通常分佈於坡度 55%以上之地區，或地質結構不良，地層破碎或有邊坡滑動之可能性較高，這些地區依坡地開發建築管理法明訂爲禁建地區，且其山崩潛感性高，土地開發與災害防治成本均高。在上述之很低土地利用潛力區宜將其列爲保護區，避免開發，可降低地質災害問題。

(6) 與前期差異比較

與前期調查比較很高土地利用潛力區面積少幅增加十數公頃。高土地利用潛力區面積少幅減少，中土地利用潛力區面積少幅增加數公頃，低土地利用潛力區則大幅減少達數百公頃，很低土地利用潛力區大幅增加達 400 餘公頃，其中變異主要來自主山崩高潛感區之大幅增加。

6. 結論與建議

1.廬山溫泉調查區地勢陡峭，地質材料脆弱，受到強烈之應力作用下板岩劈理發達及產生一些橫移斷層，在這些不利之地質條件影響下，全區土地利用潛力偏低(很低及低利用潛力區佔總面積約 46.4%)。潛力較高的地方多集中在階地區域，將來之發展應以此爲重點。

2.在此不利之地質條件上開發利用前，宜確定風化土層與崩積土層之厚度，以近來災害之經驗來看，陡坡上的侵蝕作用易發展成崩塌災害，故在任何區域發展，其上下邊坡皆應維持植生之保護作用，加強邊坡穩定分析與基礎承載力分析，施工中及完工後宜注意坡地之排水，以防止邊坡破壞之發生。

3.本區早期經能礦所與中油公司探勘之結果，顯示本區潛存有大量之熱水資源分佈面積達數平方公里，宜妥善規劃、利用，旅館區不必一昧擠向溫泉頭，而引起不必要的環境地質災害。民國七十五年韋恩颱風來襲，曾造成溪水暴漲，旅館遭水淹沒流失情形。而民國九十七年辛樂克颱風之災情更加嚴重，顯示早期認爲 温泉區及其上游的河道侵蝕性強，兩岸不宜有結構物設置之結論仍可延用於今。廬山 温泉圖幅內温泉區以下之河道較爲寬濶(照片 12)，一些低位階地在辛樂克颱風時仍然安全，廬山温泉(南部)圖幅附近雖有一些河岸侵蝕，但相對爲較安全之區位。故在將來的開發區位之選擇時應往下游之方向進行。

4.雲龍洞圖幅內廬山温泉區下游方向之階地區域包括兩岸數個平坦階地，春陽部落位於右岸調查區範圍外，此區之發展需注意兩點，一是台十四線邊坡在階地下方發生崩塌，對階地邊緣產生威脅(照片 13,14)，發展時對這些區域宜作適當之後退或配置空地等安全要求較低之分區。二是階地下方河岸仍存在著一些侵蝕問題(照片 15)，發展之初便應早作出因應。

5.本區在七十八年及八十一年完成調查，今年爲更新數化，本區十數年間新增加不少崩塌災害，共計 197 個大小不一及性質不同之崩塌，這些崩塌有 10 個位於先期評估之低利用潛力區，其餘 187 個皆落於很低利用潛力區。

參考文獻

1.中央氣象局，1997~2007 氣象資料年報。

2.何春蓀，1986，台灣地質概論：中央地質調查所出版，第 40～70 頁。

3.張寶堂，1984，台灣區地熱資源探勘評估報告之一，廬山地熱區之地質：能礦所研究報告，第 207 號，第 4～16 頁。

4.蕭寶宗、曾長生與魏聲焜，1980，南投縣廬山區地質與地熱潛能：台灣石油地質，第 17 號，第 107～123 頁。

5.能礦所，1976，台灣地熱資源探勘工作報告之二，工業技術研究院礦研所：礦業研究所第 163 號報告，150 頁。

照片 1 鳥瞰廬山溫泉旅館區腹地不多，部份旅館築於河床填土區之上。

照片 2 廬山溫泉後方坡地上，青山已成爲一畦畦茶園。

照片 3 在廬山製茶所後側邊坡上可見之淺層滑動型崩塌，是早期道路開闢時所發生，現在仍會出現崩塌情形。

照片 4 河岸陡受到雨水沖刷而產生表層土壤滑動之情形。

照片 5 廬山賓館後方坡地上之產景道路在颱風時發生崩塌而損毀。

照片 6 雲龍橋兩側皆出露大面積之板岩垂直陡坡，出現落石崩塌威脅往來人車之安全。

照片 7 順向坡區域潛伏著平面型滑動崩塌之威脅。

照片 8 台十四線路面下陷可能與平面型滑動崩塌有關。

照片 9 建築物不宜過於接近河岸侵蝕區。

照片 10 指溝侵蝕發展成崩塌災害，威脅下游旅館安全。

照片 11 佔據河道之結果便是有可能被淹沒。

照片 12 廬山溫泉區以下之河道較爲寬闊。

照片 13 台大農場下方台十四線邊坡在颱風時發生之崩塌。

照片 14 台大農場下方台十四線邊坡的舊崩塌。

照片 15 階地下方若有河岸侵蝕的問題存在，應儘早防治。

各論(之二)臺中縣谷關調查區

捎來溪圖幅(原 77 年龍谷瀑布地區圖幅)

谷關圖幅(原 77 年谷關地區圖幅)

各論(之二)臺中縣谷關調查區

摘 要
1.地理概述
1.1 位置與交通
1.2 土地利用現況
1.3 地形
1.4 氣候
2.地質概述
2.1 地層
2.2 地質構造
3.環境地質評估
3.1 崩塌
3.2 基礎沉陷
3.3 河岸侵蝕
3.4 向源侵蝕
3.5 洪水氾濫
3.6 土石流
4.山崩潛感性分析
5.土地利用潛力評估
6.結論與建議
參考文獻

附圖目錄

圖 1 台中縣谷關調查區位置與交通圖 2-2-6

附表目錄

表 1 台中縣谷關調查區各級坡度分析統計表 2-2-7
表 2 台中縣谷關調查區各級山崩潛感性分析表 2-2-16
表 3 台中縣谷關調查區各級土地利用潛力分析表 2-2-18

照片目錄

照片 1 階地區以種植水果爲主。 2-2-22
照片 2 天輪霸爲此區附近數個水霸之一。 2-2-22
照片 3 谷關台電電廠。 2-2-22
照片 4 本區山地異常陡峭，岩壁裸露。 2-2-22
照片 5 台八線道路旁出露之達見砂岩。 2-2-22
照片 6 陡峭之河岸邊坡極易發生落石崩塌。 2-2-22
照片 7 河岸陡坡之落石現象 2-2-23
照片 8 風化土壤之崩塌現象 2-2-23
照片 9 大型淺層崩塌危害行車安全。 2-2-23
照片 10 順向坡面之滑動崩塌。 2-2-23
照片 11 填土區域之利用宜小心。 2-2-23
照片 12 河岸侵蝕嚴重之區域，上方公路基礎亦受到影響。 2-2-23
照片 13 高灘地上的設施全遭水破壞。 2-2-24
照片 14 橋墩上的擦痕顯示洪水高度頗高 2-2-24
照片 15 土石流敏感溪流對道路影響頗大。 2-2-24
照片 16 龍谷瀑布步道上方之大型崩塌地。 2-2-24

照片 17 河道被建物入侵。 2-2-24

各論(之二)台中縣谷關調查區

捎來溪圖幅(原 77 年龍谷瀑布地區圖幅)

谷關圖幅(原 77 年谷關地區圖幅)

摘　要

谷關調查區是中部橫貫公路沿線著名風景區,區內有溫泉瀑布、峽谷和峭壁，景色宜人。本調查區總面積約 1,400 公頃，其中絕大部份爲高山陡坡之地形，僅大甲溪兩側之台地上有較大片之平坦地。全區主要由始新世至漸新世之變質石英砂岩與板岩或硬頁岩所組成。本區構造線主要有二條北東—北北東方向之斷層，及一些與斷層同時或稍早形成之褶皺。由於構造線密集，地層之層態急劇變化，區內地層之傾角多在 70 度以上。因本區構造複雜、坡度陡峭、節理發達、風化劇烈，故地質災害以崩塌與侵蝕爲主，而填土及崩積土區有潛伏之基礎沈陷問題。

谷關調查區是中部橫貫公路最著名的風景區之一，潛伏著崩塌、基礎沉陷、河岸侵蝕、向源侵蝕、洪水氾濫及土石流。

谷關調查區地形陡峭，各種崩塌及侵蝕作用盛行，對於陡峭或裸露之坡地應儘量避免過引接近而陷於危險之中。本區之交通仰賴台 8 線爲唯一之對外連絡孔道，往面通往東勢方向常因土石流而中斷於麗陽附近。重要道路在跨越河流或溪口時，應儘量令橋墩、基座或橋面板遠離洪水線。稍來溪圖幅內的龍谷遊樂區在 921 地震時發生大型崩塌，此區不宜再作任向之開發利用。稍來溪圖幅東南區之階地區域爲谷關地區主要觀光區域，業主在河岸邊坡填方構築建物，侵入河道邊緣。大甲溪水量豐沛，侵蝕力強，河岸易受侵蝕後退造成破壞。谷關圖幅西南角溫泉巷橋旁之高灘地受洪水淹沒，該處原爲行水區，淹沒之可能高。該灘地應回復爲自然河道的一部份作爲旅客親水遊憩的一環。谷關圖幅南部數個高位階地，具有觀光農場發展之潛力，在利用時應注意後方漸陡之山坡爲早期崩積物所形成，在開發時應謹慎挑選位址爲要。

1. 地理概述

1.1 位置與交通

本調查區位於中部橫貫公路(台 8 線)台中段之中點，涵蓋捎來溪及谷關二幅五千之一像片基本圖範圍，總面積約 1,400 公頃。在圖幅名稱方面，民國七十七年調查本區時，採用農林航空測量所出版之第一版像片基本圖，本區所在位置爲比例尺一萬分之一之稍來山及谷關圖幅，放大爲五千分之一後，各自取名爲龍谷瀑布及谷關，及至本年度更新調查，農林航空測量所出版之像片基本圖已發行至第二版，比例尺已更新至五千分之一，使用時無需放大，但圖幅名稱業已正式名爲捎來溪與谷關，故本調查依照正式之圖名爲本次更新調查之圖名。在行政區域劃分上，本區隸屬台中縣和平鄉管轄。本調查區範圍主要在八仙山事業之南側，即稍來山之東南至馬崙山西側地區。從台中縣東勢鎮經中部橫貫公路進入本調查區約 34 公里，區內橫貫公路始於篤銘橋經谷關、台電谷關保線所止於映紅橋，全長約 4.5 公里。本區對外聯絡以中部橫貫公路爲主要道路，橫貫公路往西可通往麗陽、白冷、和平至東勢，東可通往青山、德基至梨山，但此路段在 921 地震時遭嚴重損壞且並無修復，現今只有工程車能通往青山電廠。本段公路彎道較多，路面較窄，從篤銘橋往西路況良好。在篤銘橋東南有一支線可通往佳保臺之八仙山森林遊樂區，另外在台電訓諫中心旁有一產業道路通往上方台地區域。綜觀全區，道路十分稀少，除橫貫公路外，道路狀況並不良好且使用量低，開發困難(圖 1)。

1.2 土地利用現況

谷關調查區之開發多沿橫貫公路發展，在日據時代谷關即爲著名的溫泉休憩區，泉質清澈，馳名中外，谷關溫泉出口多在汶山遊樂區至谷關飯店一帶，爲本區開發之集中區。近年來由於溫泉休憩再度興起，其鄰近土地利用有增多之趨勢，如谷關飯店一帶之上邊坡新建不少高級溫泉飯店。由於氣候適宜，本區之農產品以溫帶水果爲主，包括水蜜桃、梨、李、梅等種類(照片 1)，其栽培地點多集中於谷關圖幅西南之山坡地一帶。本區除農業與旅遊外，亦有不少資源開發，最重要是天輪霸蓄水供發電之用(照片 2)，臺電亦在本區設有訓練中心及眾多設施(照片 3)。谷關地區

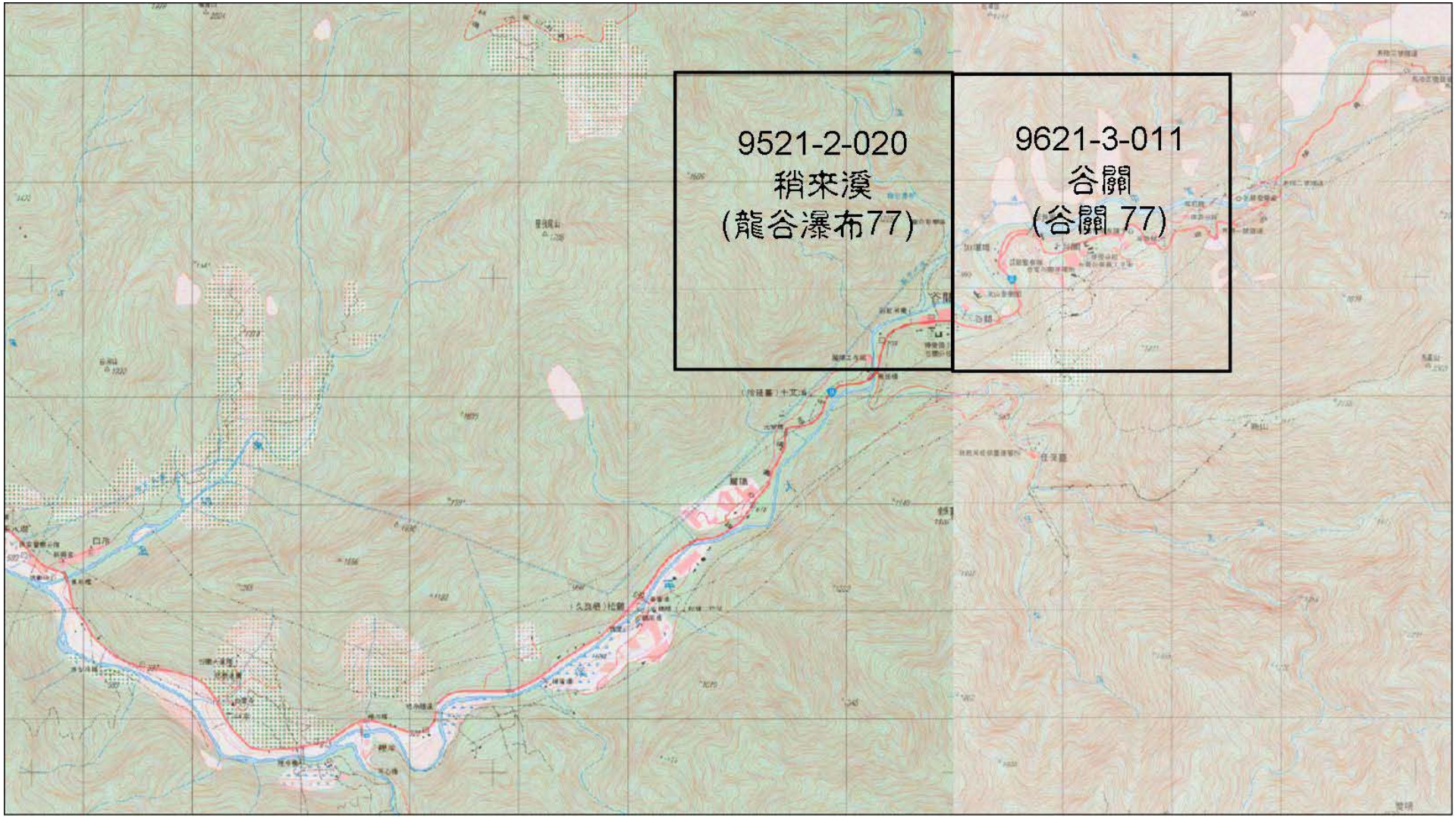


圖 1 台中縣谷關調查區位置與交通圖

最主要之天然資源仍以林木爲首，谷關兩側山坡之林地均被列爲保護區，不得砍伐。

1.3 地形

本調查區爲雪山山脈之一部份，雪山山脈爲台灣第二大山脈，地勢高亢，主要山嶺均在 3,000 公尺以上，其主峰雪山，高度爲海拔 3,885 公尺，全年積雪日數超過半數因而得名。本區位於雪山山脈之中部，受大甲溪及其支流之沖刷，處處懸崖深峽，刻蝕作用進行猛烈(照片 4)。谷關附近大甲溪兩側邊坡之山嶺均在 1,700 公尺以上，落差近 1,000 公尺。本區河谷受地殼間歇起降，在谷關附近有數階台地面；高階台地面在台電保線所附近上方，高度分別爲 1025 公尺、980 公尺及 825 公尺。而低階台地面，在谷關及麗陽一帶高度約 780 公尺。由於大甲溪及其支流水量充沛，除天輪霸外，在稍來溪溪口亦有一水壩蓄水供下游電廠發電。全區除大甲溪沿岸及南側爲緩坡外，其餘多爲 30%以上之陡坡地形。本區坡度分析結果詳如表 1 所示。

表 1 台中縣谷關調查區各級坡度分析統計表

坡度 / 百分比(%) 面積(公頃) / 圖幅名稱	Ⅰ級坡 坡　度 0～5%	Ⅱ級坡 坡　度 5～15%	Ⅲ級坡 坡　度 15～30%	Ⅳ級坡 坡　度 30～55%	Ⅴ級坡 坡　度 ＞55%
捎來溪	1.7 11.5	0.9 6.4	2.1 14.9	6.9 48.7	86.0 604.8
谷　關	2.7 19.1	3.8 26.5	5.4 37.7	11 77.6	73.5 517.0

1.4 氣候

根據中央氣象局民國八十七年至九十六年的統計資料顯示，本調查區年平均氣溫爲 23.7℃，平均最高氣溫爲 28.5℃，最低爲 19.9℃。本區絕對最高溫達 39.9℃(民國九十三年)，絕對最低溫在攝氏零度以下。谷關地區之年平均雨量爲 2,809 公厘，最大年雨量爲民國九十四年的 4,485 公厘，最小年雨量爲民國九十一年的 1,489 公厘。雨量大多集中在每年的三至九月份，十月至翌年二月份，罕有下雨。受高山地形影響，在颱風季節期間，本區之降雨量更多，甚至有單月降雨在 1500 公厘以上者(民國九十三年七月)，年平均風

速爲每秒 1.8 公尺，年平均相對濕度爲 75%。近兩年連續降雨可能已越越上述之各項降雨量，但資料統計仍未出版，故未能納入。

2. 地質概述

2. 1 地質

出露於谷關調查區之地層包括古第三紀的白冷層以及第四紀階地堆積層及沖積層，依地層時代之先後，自古至新分述如下：

始新世

白冷層 (Ep)

白冷層標準地點在大甲溪北岸谷關西側的白冷。其主要岩性爲白色或灰白色，細粒至粗粒的石英岩質砂岩。夾有灰色緻密砂岩和深灰色硬頁岩或板岩的互層。頁岩夾層在本層底部出露較多，砂岩的層厚從 20 公分至 2 公尺不等，也有成塊狀者。砂岩一般膠結緻密，質地堅硬，具有交錯僞層，局部成際岩狀砂岩，白冷層於本區多佈露於谷關西側，厚度在 2,000 公尺以上。根據陳肇夏(1977)之研究，認爲白冷層和其東側的眉溪砂岩、佳陽層以及達見砂岩三個地層相當。達見砂岩本地層原被認爲是白冷層的一部份，但是現在已經知道其層位較老，應在白冷層之下(何，1986)。達見砂岩所含之化石、生物遺痕較白冷層爲少，但矽化程度卻較白冷層爲高，通常在達見砂岩內可見石英脈之裂隙充填物。佳陽層爲上覆於達見砂岩之上的板岩層，總厚度達三千公尺，但在青山以西厚僅 1,400 公尺，且含有較多厚層至中層的砂岩夾層，砂岩大多屬中粒至組粒，層理發達。

更新世

階地堆積層 (Qt)

河階台地堆的腦大多由非涼鐵多結的礫石及夾在其中的砂質或粉砂質凸鏡體組成,一般層理和淘選度都很差。礫石直徑從數公厘至二公尺以上，其形狀呈圓形或半圓形，礫石之母岩多爲石英砂岩，板岩及石英岩亦不在少數。台地堆積層覆蓋在達見砂岩之上，呈不整合接觸，其厚度多在數公尺左右，台地堆積層多見於大甲溪兩岸。

全新世

沖積層 (Qa)

現代沖積層主要是由未經膠結的巨礫、礫石、砂、粉砂及粘土所組成，由於本調查區位大甲溪中游，河床間巨礫遍佈，其粒徑往往達十數公尺，這些巨礫主要由石英砂岩組成，具僞層構造並含礫石，質地堅緻。礫石之母岩則多爲上游之石英砂岩或板岩，其粒徑在數公分至二公尺以上，形狀呈角形或圓形。由於上游水壩之興建，本層物質多源自大甲溪支流岩盤經崩解沖積而成。

2.2 地質構造

褶皺

谷關調查區爲雪山山脈之一部份，雪山山脈屬第三紀亞變質帶，以板岩及變質砂岩爲主，其變質度往東漸高。雪山山脈通體經過褶皺，褶皺軸長度通常在數公里以上或更短，其軸向一般爲北東至北北東方向，褶皺之兩端均傾沒。茲由西往東將各褶皺分述如下，其位置詳見環境地質圖。

篤銘橋向斜—本向斜軸部出現於篤銘橋北側之大甲溪西北岸，出露於兩翼之地層俱爲白冷層，兩翼地層傾角均在 60 度以上，軸面幾近垂直。本向斜軸部被稍來溪斷層截切，因而使軸線之北段右移約 200 公尺。

龍谷背斜—本背斜位於稍來溪下游，露頭出現於龍谷橋下方。由於受到來自東南方向之大地應力作用，本背斜西翼地層在褶皺後，仍繼續向東昇起，而形成尖頂褶皺(chevron flod)，背斜之東翼地層有倒轉之現象。

谷關褶皺群—在谷關斷層附近發現許多較小型的褶皺，通常這些褶皺僅延伸數百公尺即傾沒。其褶皺排列多呈緊密，軸面亦多爲垂直。在褶皺群出現地區，地層傾角急劇變化，軸部附近變質砂岩與板岩接觸面有擦痕且砂岩節理發達。本褶皺群之軸均向爲東北方向，並平行谷關斷層，在谷關斷層附近分別有向斜與背斜各二。

博愛向斜—本向斜出現於博愛國小公誠分校之後側，呈北北東走向，兩翼地層傾角頗大，其軸部地層以達見砂岩之頂層爲主，因砂岩比例較多，岩層可塑性較小，故向斜軸部岩層破碎。在大甲溪北岸，天輪水庫邊，可見破碎帶形成之大崩塌。

穿雲橋背斜一本背斜緊臨博愛向斜之東，約呈北北東走向，出露於背斜軸部之地層爲達見砂岩，節理十分發達，且經過強烈風化。其西翼地層走向以北 25 度東爲主，向西傾斜 75 度以上；背斜東翼地層走向轉爲北 40～45 度東，傾角 40～50 度傾向東南，背斜軸面略向東南方向傾斜。

斷層

雪山山脈內之岩層，除形成褶皺外，進一步於l司一次造山運動中裂成許多大小不一之縱向及橫向斷層，縱向斷層之斷面大多傾向東南，斷層上盤逆行而上，衝向西北(詹新甫，1976)。雖然對大多數斷層之性質並非十分瞭解，但大致而言，東北向斷層多爲逆掩斷層，而西北向斷層則可能爲正斷層或走向橫移斷層。

谷關逆斷層

谷關逆斷層是本調查區內最主要斷層，本斷層自西北之八仙山事業區穿越汶山遊樂區，至谷關遊樂區南側斜出調查區，呈北東偏北之走向，與本省主要構造線方向平行。斷層之東南翼爲年代較老的達見砂岩，其西北翼爲自冷層，故本斷層爲一逆掩斷層，其軸面傾向東南 52 度。谷關斷層兩側之地層稍早或同時產生許多小型的褶皺，這些裙皺之走向均與斷層線平行。就汶山遊樂區下所見之斷層露頭顯示，斷層面多爲破碎的板岩或硬頁岩，斷層泥之厚度在 50～100 公分間。

稍來溪斷層

稍來溪斷層位於谷關逆斷層之西，其走向略呈南北，至篤銘橋南側方偏向西南。本斷層大致與稍來溪下游流向一致，故稍來溪之發育，或沿本斷層面形成。斷層在谷關西側將篤銘橋向斜一分爲二，並使向斜軸線右移約 200 公尺，在稍來溪西側另一支流之出口處有斷層之露頭，斷線兩側地層均爲白冷層，傾角均在 70 度以上，露頭兩側俱爲石英質砂岩，未發現斷層泥，而在篤銘橋西北所見之斷層露頭爲石英質砂岩與板岩互層帶，仍殘留部份較破碎的岩層，因道路開挖中，斷層帶厚度不易估計。

3. 環境地質評估

谷關調查區是中部橫貫公路最著名的風景區之一，大甲溪在谷閱附近形成一系列的台地，其地形平緩，開發容易。本調查區即包括谷關及鄰近地區，這些地區即位於大甲溪流域所沖刷、堆積及河流下切而形成的台地上，是本區土地利用之主要範圍。茲就谷關調查區開發利用可能遭遇到的地質災害問題說明如下：

3. 1 崩塌

在重力的影響下，斜坡上的土石不斷地向下坡方向移動，稱爲塊體運動，或稱斜坡運動。山崩是一種快速斜坡運動，重力是其趨動力。通常而言重力的作用是永不停止，但是要使土石移動，必須重力大於土石的慣性才行。影響因素可分爲內在和外在兩種，內在因素存在於土石本身，主要包括(1)礦物組成性質、(2)地質構造、(3)地下水的存在、(4)地形、(5)植生。外在因素是觸發山崩的劊子手，主要包括(1)岩層的風化、(2)孔隙水壓增加、(3)加重負載、(4)移去坡址支撐、(5)下伏地層垮塌、(6)地震、(7)其他。崩塌地是坡地開發須特別注意的一種地質災害，爲最常出現也是分佈最廣泛之地質災害。本調查區之崩塌主要誘因，除受自然因素如地形、地質、雨水等所控制外，亦深受人爲因素如道路開挖切除坡趾與擋土牆排水設計不良所影響。調查區內之崩塌型態有落石崩塌、平面型崩塌與淺層崩塌等三種型式出現，分別敘述如下：

3. 1. 1 落石崩塌

落石崩塌是指岩塊從陡坡或懸崖上迅速落下或滾動至坡趾之河床或公路上，墜落之速度極快(1 公尺/秒至 100 公尺/秒以上)，岩壁發生墜落之前，通常會發生大小不一的岩屑墜落，這些徵兆可提醒須緊急處理，並預做防範。對於岩坡的保護方式，可採取攔石溝、攔石網、柵、攔石牆或以岩棚及隧道方式迴避。谷關調查區山高水急，大甲溪兩岸經溪水之侵蝕與河谷解壓作用，岩壁節理十分發達：復以谷關附近構造頗多，岩石經強烈擠壓、彎曲、斷裂等作用後，相當破碎，因此河床兩側既長且陡之邊坡上經常可見搖搖欲墜之岩塊，或已失去支撐，或部份已脫離岩壁，隨時有墜落之可能(照片 6,7)，應速做處理，免生意外。經常發生墜落之地區大多出現在大甲溪兩岸陡直之河岸，因岩層有不少節理切割，地形又是垂直之坡面，風化後容易使岩屑及岩塊

分離而落下，有時候多爲岩屑，部份爲岩塊。另外在本區公路沿線，落石可能的區域不多，只有谷關圖幅西南角明隊道路段及東側過台電訓練所後之路段。

3.1.2 淺層崩塌

淺層崩塌爲發生於風化岩體或土體淺部的滑動現象，多發生於坡度大、不連續面發達、風化或固結不良的岩層、土層，如砂頁岩薄互層、頁岩或泥岩、崩積土、厚層土壤或煤礦棄渣堆積，於降雨作用下誘發滑動。因風化岩體或土體的膠結不良、疏鬆、孔隙大，遇雨吸水後，當其所承受重力大於岩體或土體間的摩擦力或抗剪力時，即一舉滑落，並於斜坡下方形成崖錐堆積。淺層崩塌最常多出現在坡面上仍覆蓋著植生處，且多爲植生下之風化土壤因下弓失去支撐而引發下滑令坡面裸露(照片 8)，發生淺層崩塌後坡面仍有表土殘留時，其將繼續發生淺層崩塌；若發生淺層崩塌後坡面沒有表土殘留時，則其後續可能轉爲落石崩塌，要視其邊坡情 況而定。在地形發育所形成之凹谷坡面上，因逕流集中及所產生之淺層崩塌則易一再的發生(照片 9)，規模可能不小，若有公路通過則容易危害行車安全。區內之龍谷瀑布遊樂區位於捎來溪內，其沿線道路在 921 地震時所引發之淺層崩塌所淹沒，上方崩塌情況嚴重，遊樂區已遭放棄。

3.1.3 滑動崩塌

滑動崩塌分爲旋滑及平滑兩種，旋滑多數發生在土壤邊坡或由未固結或破碎物質組成之岩坡，邊坡之坡腰及坡趾分佈著極厚之崩積土或台地堆積物質，這些鬆軟之物質易因雨水的滲入，使崩積土或未固結層在下滑應力提高與抗剪強度減弱的雙重影響下，沿著其與岩盤間的界面下滑崩移。平滑則多出現在順向坡之區域(照片 10)，其主要因岩層面與坡面一致而造一平坦之傾斜表面，土壤或岩塊順此表面下滑而形成。調查發現本區發生旋滑之地點多分佈在谷關對岸地區，對河谷的影響較大。

3.2 基礎沈陷

谷關風景區附近岩壁陡峭且腹地峽小，適來龍谷瀑布遊樂區興起，飯店競相設立，在山區土地難求的情況下，往往採取大挖大填方式整地(照片 11)。由於本區邊坡多陡峭且落差極大，填土不易夯實，造成填方與岩盤之工程性質差異，兩者之承載力及壓縮性

顯著的不同，填方下陷龜裂等問題層出不窮。尤其在公路基礎若填方未夯實，極易因車輛反覆輾壓而下陷。可能發生基礎沈陷之地區包括在主要溫泉附近之邊坡，或是台電訓練所附近階地邊緣區域都是因開發整地而潛伏基礎沈陷問題之所在之處。

3.3 河岸侵蝕

在本區大甲溪及其支流對沿岸邊坡之侵蝕作用十分強烈。雖然石英質砂岩與板岩強度較一般沈積岩爲高，但因爲強烈的地質作用，節理及劈理發達，故受河流之侵蝕，仍會不斷地崩落。尤其在河道轉變處，因坡趾受到河水之侵蝕而淘空，導致坡面上的岩塊向下崩落，甚至發生崩塌。區內發生河岸侵蝕之地區多集中在右岸區域，左岸區域對往來遊客較有影響則爲谷關圖幅西南角台八線上明隧道大方之處(照片 12)。不過若因開發將填方伸入河谷地帶者，其基礎亦將遭河水之沖擊而終至損毀。

3.4 向源侵蝕

谷關地勢較高，山勢陡峻，其地形發育尚在幼年期，處處懸崖深峽，河流之向源侵蝕作用正在猛烈地進行。根據前人之研究指出(Hsu，1974)，雪山山脈仍在繼續上升，相對地河岸侵蝕作用亦會加速刻蝕本區地塊。強盛的河岸侵蝕作用，往往使河流源頭處之岩壁不斷地崩解，堆積於溪谷中。崩解滾落之岩塊，體積十分龐大，對河流兩岸之工程設施深具威脅，尤其是遊樂區及水庫之安全。對於河流向源侵蝕嚴重地區，擋石壩之設立是必須且刻不容緩的。

3.5 洪水氾濫

洪水氾濫是指在暴雨期間，河水會淹沒河道兩側平時較爲不受影響之區域，河水對人工之結構物會道成破壞，但洪水之淹沒並不是經常發生，又因受氣候變異之影響，致使其可能淹沒區皆被忽略。而在河道旁以填土取得土地又是較爲便捷之作法，最後之結果爲河道變窄，河道淤積後暴雨來臨後，河水不易渲洩，致使谷關 溫泉區附近之高灘地區域被淹沒(照片 13)，此區在早期是河岸旁之堆積區，在長期堆積後較河道爲高，造成可開發利用之錯覺。近年來氣候異常，颱風威力及暴雨之強度大大的增加，民國 97 年克樂克颱風及薔蜜相繼來襲，98 年 88 水災再度造成影響，往後洪水高度可能不停增高(照

片 14)，故洪水週期之估算應趨於保守，以免造成重大生命財產之損失。

3.6 土石流

土石流是指由山間溪流內含大量水之土砂、礫石(有時候亦夾帶木材等)，因本身之重量以及水的潤滑作用而向下流動之現象。土石流發生的基本要因爲地質與地形，而豪雨則是最大的誘因。土石流最容易發生於持續性豪雨期，坡地上游發生山崩或人爲堆置未經處理大量廢棄土石，溪谷因而累聚了這些大量不穩定砂礫，當開始流動時，土石碎屑與水結成一體，具快速與高濃度土石向下傾流，並且沿途將所有大小物體或樹木灌叢捲進，聲勢浩大沖洩而下，而造成其下游區域嚴重損害。本區內並無水保局所公佈之土石流潛勢溪流，但在近年之各種災害下影響下，尤其是 921 地震所引發之土砂災害，致使本區附近出現不少土石流敏感溪流，調查區內共有 9 條之多，其中 7 條位於大甲溪右岸，對交通居住影響不大，其餘 2 條位谷關圖幅東部大甲溪左岸，影響臺 8 線之往來安全(照片 15)，不過這路段已經封開，無法通行。

4. 山崩潛感性分析

山崩潛感性分析係考量調查區內之地形、地質、崩塌歷史及基岩性質等因素，經綜合研判將區內各地發生崩塌的可能性分爲低、中低、中高及高潛感性四級。本調查區內各級山崩潛感性之分佈情形如表 2 所示。現將各級潛感區分述如后：

表 2 台中縣谷關調查區各級山崩潛感性分析表

百分比(%) 面積(公頃) 山崩潛感性 / 圖幅名稱	低	中 低	中 高	高	合 計
捎來溪	1.5 10.9	2.4 16.6	6.5 46.0	87.2 612.8	97.6 686.3
谷　關	2.6 18.3	7.1 49.7	10.4 73.1	76.3 536.8	96.4 677.9

註：每張圖幅以 700 公頃計算，面積及百分比不足之數爲海洋及河流所佔。

(1) 低潛感區

山崩低潛感區在本調查區僅 29.2 公頃，要分佈在捎來溪圖幅之東側、谷關圖幅之南側以及大甲溪兩側平坦之河階台地上。這些地區由於地形平緩且目前無地質災害，故山崩潛感性偏低。

(2) 中低潛感區

本調查區內中低潛感區分佈面積約爲 66.3 公頃，佔調查區總面積的 4.7%。主要分佈於坡度 5%～30%之緩坡地區。這些地區岩質堅緻，且無地質災害現象，惟因坡度稍陡，故其發生山崩之可能性稍高於平坦之台地。

(3) 中高潛感區

本調查區內中高潛感區分佈面積約爲 119.1 公頃。佔調查區總面積的 8.5%。其

分佈範圍多爲下列二種情形：一爲坡度 30%～55%，但無地質災害現象之強岩坡地。另一爲坡度中等(坡度在 5%～30%)但受表層沖蝕、河岸侵蝕或向源侵蝕之坡地，以及填土區、崩積土區等潛伏性地質災害分佈範圍。

(4) 高潛感區

本調查區內之山崩高潛感區分佈面積約爲 1290.7 公頃，佔全區總面積之 92.1%。顯示本區地形多陡峭，(坡度在 55%以上)且受地質災害侵襲有崩塌之虞的地區亦不在少數。

(5) 與前期差異比較

與前期調查比較山崩低潛感區面積變異不大。山崩中低潛感區面積減少數十公頃，主要減少在一些低矮的稜線區。山崩中高潛感區減少 200 多公頃，山崩高潛感區則增加一倍達 600 多公頃，其中變異主要來自主期等高線來自一萬分之一基本圖放大，精度稍爲不足，使坡度分級向下分佈，現使用精度高之地形資料，正確反應該區之地形現況。加上近年崩塌數量有大幅增加之情況，致使山崩高潛感區同步增加。

5. 土地利用潛力評估

將谷關調查區內各種地質災害問題綜合歸納，並考慮土地開發與災害防治成本後，評估本區各土地供都市發展之利用潛力，其結果如下。區內各級土地利用潛力面積及百分比如表 3 所示。

表 3 台中縣谷關調查區各級土地利用潛力分析表

土地利用潛力 / 百分比(%) 面積(公頃) / 圖幅名稱	很 高	高	中	低	很 低	合 計
捎來溪	1.1 7.5	1.0 7.0	1.4 10.2	6.5 45.8	87.6 615.8	97.6 686.3
谷　關	1.3 8.8	4.6 32.3	3.1 22.1	10.6 4.87	76.8 539.9	96.4 677.9

註：每張圖幅以 700 公頃計算，面積及百分比不足之數爲海洋及河流所佔。

(1) 很高利用潛力區

本調查區之很高土地利用潛力區僅佔 1.1%，其比例偏低。主要分佈於河階台地之較平坦處，也有很高利用潛力區出現平坦之山嶺或河床地帶。

(2) 高利用潛力區

本調查區內之高土地用潛力區亦僅佔總面積的 2.3%，主要分佈於河階台地及平坦之沖積層上。這些地區之土地開發與災害防治成本較低，若能注意護坡與排水問題，其發展潛力頗高。

(3) 中利用潛力區

本區之中土地利用潛力區約佔總面積的 2.8%。其主要分佈在坡度較緩(坡度在 5%～30%)之崖錐堆積區或平緩但受沖蝕及洪水威脅之谷地。由於上述地區潛伏著一

些地質災害問題，因此開發前應參考本區之環境地質圖，可了解災害種類與分佈範圍，做爲防治之依據。開發時，亦應考慮可能發生之基礎沈陷等問題。

(4) 低利用潛力區

本調查區內之低土地利用潛力區約佔總面積的 8.6%。主要爲坡度大於 30%受河岸侵蝕、向源侵蝕與表土沖蝕與表層沖蝕等地質災害侵襲的地區或崩積土覆蓋之坡地而有崩移下滑之虞者。

(5) 很低利用潛力區

很低土地利用潛力區於本調查區內分佈頗廣，其分佈約佔總面積之 82.5%，主要爲地形陡峭(坡度 55%以上)，岩層受應力作用弱面發達，易發生墜落或邊坡破壞之地區，這些地點潛在危險極高，宜保留爲林地或保護綠地。

(6) 與前期差異比較

與前期調查比較很高土地利用潛力區面積減少十數公頃。高土地利用潛力區面積改變不大，中土地利用潛力區減少 100 多公頃，低土地利用潛力區則大幅減少達 300 多公頃，很低土地利用潛力區大幅增加達 500 多公頃，其中變異主要來自主山崩高潛感區之大幅增加。

6. 結論與建議

1.谷關調查區地形陡峭，岩層裂隙發達，各種崩塌及侵蝕作用盛行，全區山崩潛感性普遍屬高，山崩潛感性較低之地區不多，縱然是山崩潛感性低之區域亦必需注意其上邊坡所潛伏之威脅，對於陡峭或裸露之坡地應儘量避免過引接近而陷於危險之中。

2.本區之交通仰賴台 8 線爲唯一之對外連絡孔道，往梨山方向已遭地震嚴重破壞，修復確有因難；而往面通往東勢方向常因土石流而中斷於麗陽附近，使本區形成孤島。重要道路在跨越河流或溪口時，應儘量令橋墩、基座或橋面板遠離洪水線，使用張力橋或拱橋可達以上目的，費用雖然較高，但可保平安。

3.稍來溪圖幅內的龍谷遊樂區因地質構造影響，早期便出現一些崩塌跡象，在 921 地震時發生大型崩塌(照片 16)，其主要沿河谷之通道被破壞，稍來溪又在近年來發生不少土砂問題，被列爲土石流敏感溪流，故此區不宜再作任向之開發利用。

4.稍來溪圖幅東南區之階地區域爲谷關地區主要觀光區域，道路兩旁分佈温泉旅館，爲爭取建築空間，不少業主在河岸邊坡填方構築建物，侵入河道邊緣。大甲溪水量豐沛，侵蝕力強，河岸易受侵蝕後退造成破壞，其實自然河岸是景觀的一部份，保留它才能提昇環境品。

5.谷關圖幅西南角温泉巷橋旁之高灘地受洪水淹沒，舊有建物設施受到破壞，該處原爲行水區，本有洪氾之可能，加上下游方向兩岸多有侵入河道之擴建(照片 17)，令河道更窄，淹沒之可能更高。該灘地應回復爲自然河道的一部份作爲旅客親水遊憩的一環。

6.谷關圖幅南部數個高位階地，地形較爲平緩，景觀開闊，具有觀光農場發展之潛力，不過在利用時應後方漸陡之山坡爲早期崩積物所形成，基礎可能有沉陷之問題，後方亦有崩塌之潛伏問題，在開發時應謹慎挑選位址爲要。

7.本區在七十七年完成調查，本年度爲更新數化，本區在十數年間新增加不少崩塌災害，共計新增 301 個大小不一及性質不同之崩塌，這些崩塌有 7 個位於先期評估之中利用潛力區，85 個位於低利用潛力區，其餘 219 個皆落於很低利用潛力區。

參考文獻

1. 中央氣象局，1998～2007，氣候資料年報。

2. 詹新甫民國 65 年台灣雪山山脈之褶皺與塊體運動，台灣省地質調查所彙刊，第 29 頁～第 30 頁。

3.陳肇夏 1977 台灣雪山山脈的一些地層問題，中國地質學會會刊第 20 號，第 61 頁～第 70 頁。

4.陳肇夏 1979 台灣中部橫貫公路沿線地質，中國地質學會專刊第 3 號，第 219 頁～第 236 頁。

5.何春蓀，1986 台灣地質概論，中央地質調查所 151 頁。

6.Hsu, T.L. 1974 Fluvial landforms of northern Taiwan and their neotectonic significance Bull . Ged. Surv, Taiwan, no. 24, pp.109～118.

7.E. Hoek & J .W. Bray, 198l Rock slope Engineering Institution of Mining and Metallurgy pp.199～244.

照片 1 階地區以種植水果爲主。

照片 2 天輪霸爲此區附近數個水霸之一。

照片 3 谷關台電電廠。

照片 4 本區山地異常陡峭，岩壁裸露。

照片 5 台八線道路旁出露之達見砂岩。

照片 6 陡峭之河岸邊坡極易發生落石崩塌。

照片 7 河岸陡坡之落石現象。

照片 8 風化土壤之崩塌現象。

照片 9 大型淺層崩塌危害行車安全。

照片 10 順向坡面之滑動崩塌。

照片 11 填土區域之利用宜小心。

照片 12 河岸侵蝕嚴重之區域，上方公路基礎亦受到影響。

照片 13 高灘地上的設施全遭水破壞。

照片 14 橋墩上的擦痕顯示洪水高度頗高。

照片 15 土石流敏感溪流對道路影響頗大。

照片 16 龍谷瀑布步道上方之大型崩塌地。

照片 17 河道被建物入侵。

各論(之三)高雄縣甲仙調查區

甲仙圖幅(原 82 年甲仙地區圖幅)

公館圖幅(原 82 年公館地區圖幅)

各論(之三)高雄縣甲仙調查區

摘 要

1.地理概述

1.1 位置與交通

1.2 土地利用現況

1.3 地形

1.4 氣候

2.地質概述

2.1 地層

2.2 地質構造

3.環境地質評估

3.1 崩塌

3.2 指溝侵蝕與向源侵蝕

3.3 河岸侵蝕

3.4 基礎沉陷

3.5 土石流

3.6 洪水氾濫

4.山崩潛感性分析

5.土地利用潛力評估

6.結論與建議

參考文獻

附圖目錄

圖 1 高雄縣甲仙調查區位置與交通圖.....2-3-7

附表目錄

表 1 高雄縣甲仙調查區各級坡度分析統計表.....2-3-6
表 2 高雄縣甲仙調查區各級山崩潛感性分析表.....2-3-14
表 3 高雄縣甲仙調查區各級土地利用潛力分析表.....2-3-16

照片目錄

照片 1 沖積層上之農業活動。.....2-3-21
照片 2 山地及台地爲本區主要之地形。.....2-3-21
照片 3 十六份頁岩之露岩情況。.....2-3-21
照片 4 淺層土壤受雨水入侵產生崩塌.....2-3-21
照片 5 崩積土淤滿野溪兩岸地區。.....2-3-21
照片 6 河岸崩塌情況嚴重。.....2-3-21
照片 7 舊台 21 線路段損毀嚴重。.....2-3-22
照片 8 楠梓仙溪右岸之大型平滑型崩塌。.....2-3-22
照片 9 道路下邊路受向源侵蝕影響破壞。.....2-3-22
照片 10 南化水庫集水區向源侵蝕嚴重影響水庫壽命。.....2-3-22
照片 11 指溝侵蝕穿越的道路，在颱風時擴大成崩塌區。.....2-3-22
照片 12 指溝侵蝕對坡面的破壞。.....2-3-22
照片 13 坡地受河岸侵蝕之情形。.....2-3-23
照片 14 市區南側台地下之河岸侵蝕。.....2-3-23

照片 15 公路旁之早期崩積土區。 2-3-23
照片 16 慈恩橋下游河道縮減。 2-3-23
照片 17 甲仙大橋附近之高灘地於水災後之情形。 2-3-23

各論(之三)高雄縣甲仙調查區

甲仙圖幅(原 82 年甲仙地區圖幅)

公館圖幅(原 82 年公館地區圖幅)

摘　要

甲仙調查區位處台南縣東側與高雄縣北端，爲南部橫貫公路之起點；調查範圍包括甲仙與公館二幅五千分之一像片基本圖所涵蓋之範圍，總面積約 1400 公頃。行政上主要隸屬高雄縣甲仙鄉及台南縣南化鄉所轄。

調查區所出露之地層，其生成年代，由老至新可分中新世之南莊層、關刀山砂岩、十六份頁岩，上新世之錦水頁岩，更新世之台地堆積層與現代之沖積層。

調查區內已發生或潛在環境地質災害主要有：崩塌、指溝與向源侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷、土石流及洪水氾濫等問題。

本調查區中多爲山地地形，仍有不少平緩之台地區域，在都市發展及開發利用方面，應把重點放在都市計劃區西側的公路兩旁，並與山坡及河谷作適當距離爲要。公館圖幅東側之順向坡易產生平面滑動崩塌，順向坡下方之開挖，最好以帶狀開挖法進行，且最忌採全面開挖。另外在其北側，在卡玫基颱風來襲時發生多個崩塌在其野溪集水區內，造成下游淹沒，此區將來再發之可能性極高，附近只適宜農業使用，居住等活動宜往東北方遷徙。公館圖幅西南角稜線東側有數個指溝侵蝕區，其一發展成崩塌災害。可能形成向源侵蝕區，在作物方面應選擇對水土保持較有幫助之樹種，做好坡面排水工作。公館圖幅西北角之南 179 沿線，道路上下邊坡發生侵蝕及淺層滑動之情況相當普遍。其整治應與水庫之水土保持配合一併考量。甲仙圖幅中市區北側台 21 線約有 1 公里左右受坡面崩塌影響。坡趾之水流及坡面之沖蝕需一併解決才能有效。甲仙圖幅油礦溪在圖幅中央附近流路彎曲，產生河岸侵蝕並影響台 20 線之安全，侵蝕區之坡趾必需先解決掏挖的問題，上方才不會不停崩塌。甲仙市區在八八水災時亦出現淹水現象。主因是油礦溪在接近市區時河道縮減，加上上漲溪水受橋樑阻擋而造成。河道之寬度及橋樑規範應依水理調查成果並最少能通過 50 年重現期距降雨之設計流量。

1.地理概述

1.1 位置與交通

本調查區包含甲仙及公館二張五千分之一像片基本圖，其位置約在高雄縣之中央偏北處，西與台南縣鄰接，其中甲仙圖幅全部區域與公館圖幅之右下半部區域於行政劃分上隸屬於高雄縣甲仙鄉，其餘地區則位在台南縣南化鄉的轄區。區內最重要的道路爲台20與21號省道，二條主要道路於甲仙之市街上相交，其中台20道路東接南部橫貫公路可達台灣東部地區；西邊則可通台南縣市；而台 21 路往南可經旗山到高雄，向北則沿著楠梓仙溪河谷可到小林及那瑪夏村 (圖1)。

1.2 土地利用現況

調查區內之土地使用情形，於公館圖幅除右下角台 20 號道路二側爲私有建地外，大部分爲國有林事業區，並以高雄、台南之縣界劃分成二個事業區，其中台南縣境內屬於玉井事業區，高縣境內則爲旗山事業區的一部分，林相以相思樹爲主，部分則種植竹林及芒果樹。此外甲仙圖幅部分因有楠梓仙溪及其支流通過，河流兩岸有面積較大之平緩台地，是人口居住與作物生產的集中地，甲仙鄉之行政與住宅中心即位於楠梓仙溪東側之河階台地上，而因此地位於南橫公路之起點，且出產聞名之芋頭產品，素有芋之鄉之稱謂。因此觀光人口不少，商業活動尚稱發達。本區之農作物除了芋頭外，在接近楠梓仙溪之沖積台地上，有水稻田及香蕉園分佈(照片 1)，地勢較高之台地則種植芒果、荔枝等果樹。區內之國有林亦約佔面積的一半，分屬於旗山與玉井事業林區。

1.3 地形

調查區之地形屬於山地與台地地形(照片2)，地面標高約在250至800公尺間，楠梓仙溪由甲仙圖幅之中央北端進入調查區向西南蜿延，由同圖幅之西南角出調查區，區內之台地大部分排列在溪之東側，西側之公館圖幅則幾乎全爲山地地形，而此一山地部分呈現走向山脊與走向河谷相間出現之地形，其排列方向大致與地層走向相同，約呈東北一西南走向；形成山脊部分通常是較堅便的地層(砂岩含量較高，如關刀山砂岩)，而形成河谷部分則爲較軟弱之地層(頁岩含量較高)。這種地形呈現一種特色即山脊之一側爲順著地層傾向且較緩較平整之順向坡，另一側坡度較陡即所謂逆向坡；形成明顯的走向山

脊。因此順向坡出現在山脊的東南側而一般而言，順向坡地形較易發生平面型滑動災害；逆向坡則較常造成崩落等災害。本調查區之坡度分析情形如表 1。

表 1 高雄縣甲仙調查區各級坡度分析統計表

坡度 / 百分比(%) 面積(公頃) / 圖幅名稱	Ⅰ級坡 坡　度 0～5%	Ⅱ級坡 坡　度 5～15%	Ⅲ級坡 坡　度 15～30%	Ⅳ級坡 坡　度 30～55%	Ⅴ級坡 坡　度 ＞55%
甲　仙	22.2 157.0	16.0 113.2	12.5 88.2	26.1 184.3	18.0 127.3
公　館	4.9 34.4	2.8 20.2	15.2 107.3	45.8 323.9	31.3 221.0

1.4 氣候

調查區近來之年平均溫度約 22.7℃，根據中央氣象局(1998-2007)之氣候資料年平均最高溫出現約 29℃，平均最最低溫 19.8℃，絕對最高溫出現在民國九十三年五月六日的 37.7℃，絕對最低溫出現在同年一日二十五日的 4.1℃。而除了一、二及十二月外，其他月份之平均溫度均超過 20℃。本區之降雨量多集中在 5-9 月份，年平均降雨量約 2868 公厘，最大月雨量爲 1,757 公厘出現在民國九十四年六月；最大日雨量爲 546 公厘出現在同年七月十八日。平均相對濕度約爲 82%。近兩年連續降雨可能已超越上述之各項降雨量，但資料統計仍未出版，故未能納入。

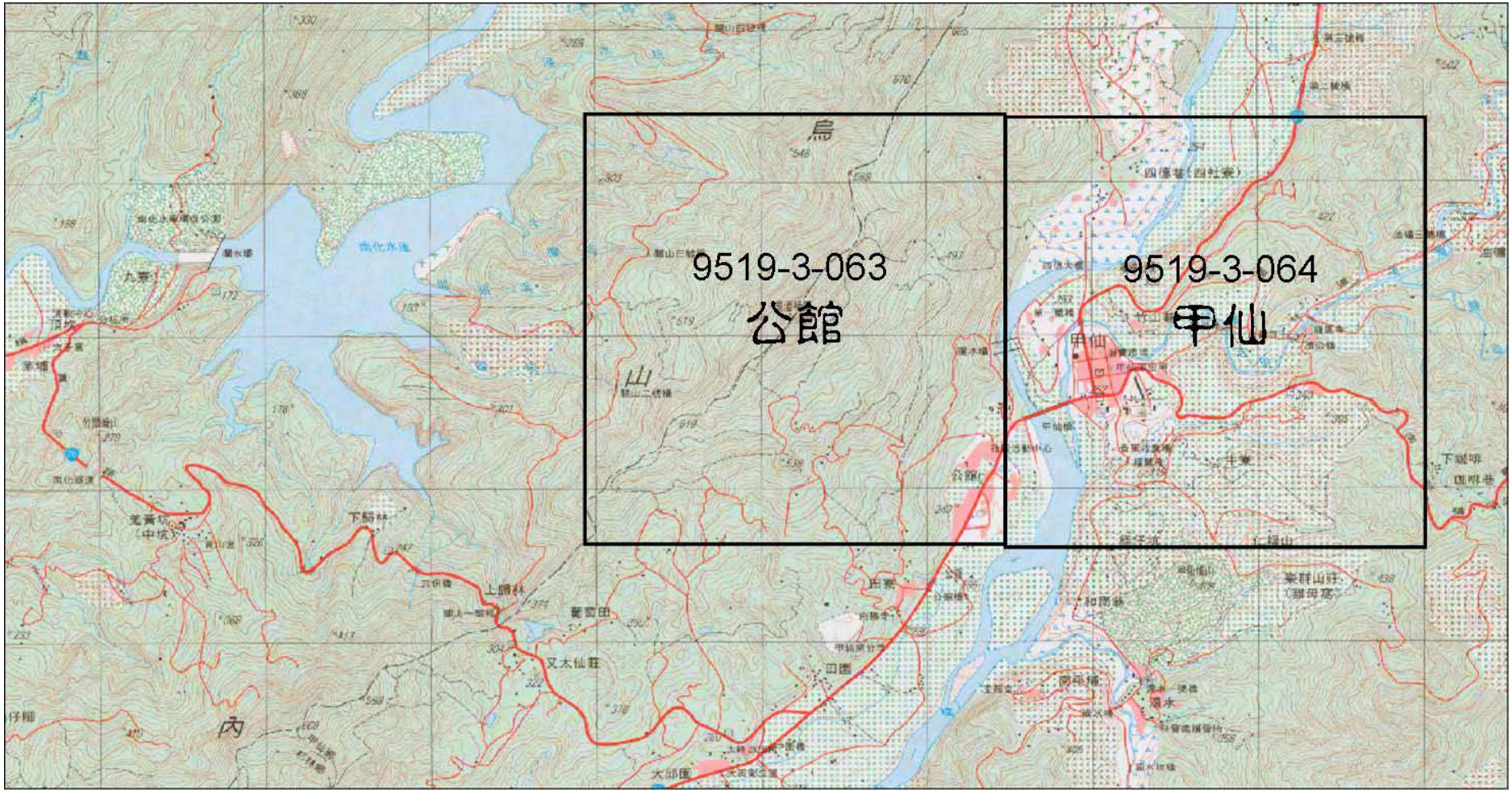


圖 1 高雄縣甲仙調查區位置與交通圖

2.地質概述

2.1 地層

本區出露之地層由老至新分別爲中新世之南莊層、關刀山砂岩、十六份頁岩，上新世之錦水頁岩及更新世晚期之台地堆積層與全新世沖積層。茲按由老至新之次序說明：

中新世

南莊層 (Mc)

南莊層爲出露於本區最老之地層，主要出露於公館圖幅之西北部，呈東北一西南走向之條形分佈，並以內門斷層與錦水頁岩接觸。主要爲黃褐色細粒砂岩，每層厚約 30 公分，偶夾薄層頁岩。南莊層分佈之地區通常形成較陡之山嶺，植生與其所接觸之錦水頁岩不同。錦水頁岩出露處多爲稀疏之雜林，而南莊層出露處則變爲茂密之闊葉林。

關刀山砂岩 (Mkk)

關刀山砂岩爲整合於南莊層之上地層(耿文溥，1967)，在本調查區又可稱之爲糖恩山砂岩，主要由青灰色細粒砂岩或泥質砂岩組成並夾灰黑色頁岩，且砂岩呈塊狀，爲屬於桂竹林層的主要岩石(何春蓀，1965)。在調查區內此岩層以東北一西南方向斜條形分佈於公館圖幅，分佈寬度約 1000～1500 公尺，而且因岩性較硬，形成陡峭之山脊，在本區出露之厚度約 700 公尺。

十六份頁岩 (Mks)

十六份頁岩整合覆蓋在關刀山砂岩之上，於本調區分佈甚廣，除了公館圖幅之東南方外，甲仙圖幅幾乎全爲十六份頁岩。此種頁岩根據文獻(耿文溥，1965)與北部之十六份頁岩並無顯著差別，因此不需分段命名。本區之頁岩爲青灰色至晴灰色之塊狀純淨頁岩，具有洋蔥狀剝理易破碎爲小片，且常夾薄層細粒淺灰色砂岩(照片 3)，富含有孔蟲化石。十六份頁岩之厚度據文獻上(耿文溥，1965)調查約爲 320 公尺，但是在甲仙一帶，因此層在地面連番褶皺，並未露出底部。

上新世

錦水頁岩 (Pc)

錦水頁岩爲上新世之地層，在台灣南部和此頁岩相當之地層爲台南縣之北寮頁岩，主要由青灰色至黑灰色塊狀頁岩組成，具洋蔥狀剝理，並夾有灰色細粒薄層砂岩。本層在公館西北方被內門斷層所截，正確厚度不詳。

更新世

台地堆積層 (Qt)

本調查區之台地堆積大多分佈在楠梓仙溪之兩側，由未膠結之礫石、砂及粘土所組成，並以不整合之方式覆蓋在較老地層之上。堆積物爲來自楠梓仙溪及各支流上游之岩層。

全新世

沖積層 (Qa)

調查區之沖積層散佈在河口及河道兩側，所佔之範圍較小，主要由礫石、砂及土所組成。

2.2 地質構造

調查區內主要有三條構造線通過，分別爲內門斷層、阿里關向斜及甲仙背斜，茲分述如下：

甲仙背斜

此褶皺位在甲仙圖幅之靠東側部分，軸線走向亦爲北東，由十六份頁岩組成，各翼傾角約 10～20 度，局部地區亦達 30～40 度，向西南方傾斜。此構造因在現場並無量得足夠之層態資料，故其延伸性並不十分瞭解。

阿里關向斜

阿里關向斜構造之軸線走向爲北東，位於甲仙圖幅之靠西部分由十六份頁岩

組成，其除在楠梓仙溪西岸關刀山砂岩處之傾斜角度較大外，褶皺各翼之傾角約10～20度。局部地區可達30～40度，向西南方向傾斜，此構造之北端在小林以北圈合，十六份頁岩、關刀山砂岩、南莊層次第出現；而後被東西向之平移斷層所截，向斜軸之南端於甲仙以北消失。

內門斷層

內門斷層全長52公里，北起茶山，南至旗山被旗山斷層所截(耿文溥，1965)，其由公館圖幅之西北角進入調查區，東北—西南走向而在同一圖幅之西側偏下方出調查區。斷層之東側爲中新世之南莊層，西側爲上新世之錦水頁岩，爲一萬角度之逆斷層。實地調查時，因爲斷層之露頭出露情況不佳，但在航照上斷層兩側岩性之差異及層態的變化上很明顯，(根據資料斷層西側爲錦水頁岩，層態爲走向北東38度，傾角42。向南，而東側爲南莊層，層態之走向爲北東41度，傾角48度向南)，因此推測出斷層之存在。

3. 環境地質評估

調查區內除台地分佈地區有聚落開發外，山地地區大部爲雜林、竹林、果園，尚無大規模之開發。所以可能發生之災害除了道路開闢引發之邊坡淺層滑動外即是由於降雨、水流、地質構造與地層特性所引發之地質災害。根據調查結果，調查區所發現或潛伏之地質災害有崩塌、河岸侵蝕、向源侵蝕、指溝侵蝕以及沉陷等。

3. 1 崩塌

本區之崩塌大致可分爲淺層崩塌、旋滑崩塌與平滑崩塌：

3. 1. 1 淺層崩塌

淺層滑動常發生於岩體或土體淺部的滑動現象，常發生在坡度大，不連續面發達或固結不良之岩石，於豪雨作用下誘發之滑動。淺層滑動常發生於道路旁之邊坡、舊崩塌土區、整坡地與棄填土坡；而並以新聞道路最爲顯著。調查區內屬於此型災害之分佈在楠梓仙溪兩岸最多，右岸和安村西側坡地(照片 4)在卡玫基颱風來襲引發較大型之崩塌災情，上游多處崩塌所產生之土石堆積下游野溪(照片 5)。另外在左岸地區沿舊 21 線公路下邊坡，有非常嚴重之崩塌情形(照片 6)，造成舊 21 線公路路基嚴重損嚴(照片 7)，維護困難。其開發利用需有適當之規畫、妥善之設計及有效之排水，方可減少滑動之發生。而其整治，視其規模及滑動體種類，可採挖除法、設擋土牆、植生或以適當地工織物安定坡面。必要時應以廻避方或處理。

3. 1. 2 旋滑型崩塌

旋滑型崩塌常見於由鬆軟物質組成之邊坡或較均質之土層。調查區內岩層多具洋蔥狀構造，易風化崩解而降低強度，加上區內曲流發達，對河岸產生侵蝕作用，使坡腳遭淘空，而坡腳上方之土壤或風化較深之岩層失去支撐而產生旋滑型崩塌。早期調查時發現此型崩塌少量地出現在舊 21 號公路上，本期調查時舊 21 號公路已無法通行。應避免將這些地區的坡腳挖除，而若如屬必要，則需構築擋土牆及加強排水工程。

3. 1. 3 平滑型崩塌

平滑型崩塌其滑動面多呈一平面，此平面可能爲層面、節理、斷層面或崩積上與岩盤之接觸面等(照片 8)。本調查區之地形因受構造及岩性控制，常出現順向坡，因爲溪水的侵蝕作用或道路工程將坡腳挖除，使其上岩層失去支撐而向下滑動，這些現象大多出現在楠梓仙溪右岸區域。平面型滑動之規模通常較大，整治較費事，對於下滑面上方之小規模鬆石清除方法較簡便，而落石溝、攔石溝、攔石牆與落石網亦適用。另外工程上之整治工法有岩錨固定、錨定擋土牆等，當然排水系統更是整治工法上不可或缺的工作。

3. 2 向源侵蝕及指溝侵蝕

河流會對河谷產生加深與加長作用，其中之加長作用即爲向源侵蝕的動力。而當河水不斷向上游沖蝕，使河不斷向上游延伸，造成向源侵蝕，若其上方有房屋或道路等建築，則其基礎將受到影響。本區之山地部分漸有開發情形，所以可能受到嚴重的威脅(照片 9,10)，尤其是在南化水庫集水區，即南 179 公路通過圖幅之處，向源侵蝕形成坡面之崩塌數量頗多，水土保持不易處理。

指溝侵蝕爲地表逕流對未受植生保護之上壤產生沖刷之結果；受到侵蝕的地表會出現一條條之侵蝕溝。此種侵蝕作用常會破壞道路與建築物之基礎(照片 11,12)，兩區分別位於稜緣附近及平地附近之矮坡上，有皆明顯之侵蝕溝發育，最後都發展成崩塌區域。因此開發時應有完善之排水系統，以防止逕流流向坡面。在公館圖幅東南角甲仙都市計劃區西側坡地，曾在颱風時，侵蝕溝引發一些泥流至坡趾區域。

3. 3 河岸侵蝕

河水在流動時會對河谷及河岸有侵蝕作用，尤其是河流轉彎處侵蝕更爲嚴重，調查區有河岸侵蝕的地方所在甲仙市區北側及南側(照片 13,14)，兩者皆爲楠梓仙溪左岸地區，北側侵蝕區對一般居民活動影響不大，南側侵蝕區則位一階地下方，現並無開發活動，但將來利用務必作安全之後退考量，對於分佈在河岸兩側之台地邊緣應該慎防受到破壞。對交通較有影響則位油礦溪過濟公橋後之河道轉彎處，引起坡面滑動向上源處破壞台 20 線之路基。

3.4 基礎沉陷

在崩積土、人爲填土區及斷層破碎帶，由於基礎多爲非均質且強度較弱，具孔隙大，不易壓實及抗剪力低等特性，當其承受之負載超過本身之抗剪強度時，易藉由基礎物質的壓縮或流動造成基礎面的下陷，使其上的道路或建物受到損害。本區有基礎沉陷之虞多爲崩積土區(照片 15)及部份填土或斷層破碎帶，這些地區地形可能較平坦，使用方便，但潛伏沉陷的問題，使用必需小心爲宜。

3.5 土石流

土石流是指由山間溪流內含大量水之土砂、礫石(有時候亦夾帶木材等)，因本身之重量以及水的潤滑作用而向下流動之現象。土石流發生的基本要因爲地質與地形，而豪雨則是最大的誘因。土石流最容易發生於持續性豪雨期，坡地上游發生山崩或人爲堆置未經處理大量廢棄土石，溪谷因而累聚了這些大量不穩定砂礫，當開始流動時，土石碎屑與水結成一體，具快速與高濃度土石向下傾流，並且沿途將所有大小物體或樹木灌叢捲進，聲勢浩大沖洩而下，而造成其下游區域嚴重損害。本區內共有兩條水保局公佈之土石流潛勢溪流，分別爲公館圖幅東緣甲仙都市計劃北側的兩小水系所組成的高雄 DF012，及甲仙圖幅北緣，和安村四德巷附近之野溪，此溪爲形成和安村沖積扇之溪流之一，顯示上游侵蝕強烈。

3.6 洪水氾濫

洪水氾濫是指在暴雨期間，河水會淹沒河道兩側平時較爲不受影響之區域，河水對人工之結構物會道成破壞，但洪水之淹沒並不是經常發生，又因受氣候變異之影響，致使其可能淹沒區皆被忽略。洪水之淹沒高度全看所遭遇之洪水頻率爲何，河道之暢通是另一重點。在卡玫基颱風時，甲仙市區東北區和安橋附近淹水(水保局 2009)，主要是油礦溪上游尚有 10 至 20 公尺之寬度，至慈恩橋後縮至 10 公尺以下(照片 16)，水位上昇，及至和安橋又被阻擋所至。另外在八八水災時，甲仙大橋所在的高灘地亦遭大水淹沒(照片 17)，此區本被設爲公園綠地，多年未受洪水影響，但在百年洪災下亦難逃一劫。

4. 山崩潛感性分析

山崩潛感性分析係依據坡度、基岩性質、風化程度及山崩歷史等四項因子，加以綜合評估，並依其比序分成低、中低、中高、及高潛感性四級，以顯示其發生山崩的可能性。各圖幅之各級山崩潛感分佈面積及百分比如表 2 所示，並略說如下：

表 2 高雄縣甲仙調查區各級山崩潛感性分析表

山崩潛感性 / 百分比(%) 面積(公頃) / 圖幅名稱	低	中 低	中 高	高	合 計
甲　仙	22.1 156.5	29.3 207.0	24.7 174.7	18.7 131.8	94.8 670.0
公　館	8.1 57.5	18.7 132.1	33.5 236.4	39.7 280.8	100.0 700

註：每張圖幅以 700 公頃計算，面積及百分比不足之數爲海洋及河流所佔。

(1) 低潛感區

低潛感區約佔總、調查面積之 15.2%(214.0 公頃)，主要分佈在無明顯地質災害發生或隱伏的平緩坡地、河階台地及沖積谷地，其發生山崩的機率很低。大多均爲楠梓仙溪所沖積而成。

(2) 中低潛感區

中低潛感區佔總調查面積之 24.2%(339.1 公頃)，主要分佈在坡度 5～30%而未受地質災害影響，或坡度平緩而正受輕微不良地質因子(如崩積土、指溝侵蝕)影響的地區。

(3) 中高潛感區

中高潛感區約佔總調查面積之 29.3%(411.1 公頃)，其分佈地區主要分爲兩種類型。一爲坡度介於 5%～30%，並正面臨河岸侵蝕、指溝侵蝕、崩塌等地質作用之威脅，或爲崩積土石堆積區；另一爲坡度大於 30%的坡地，其地盤未受擾動，

但坡面陡峭、整坡作業不易進行，且必須構築適當的工程設施，以防止因開挖而導致山崩災害的發生。

(4) 高潛感區

高潛感區約佔總調查面積之 29.4%(412.6 公頃)，多爲坡度大於 30%，並正面臨各種質災害威脅的地區，或雖未有地質災害發生，但坡度大於 55%的陡峻坡地。這些地區不但坡度較陡，且已受各種不良地質因子所影響，如再受擾動，發生山崩災害的機率極大，工程進行時，所需支付的整坡及防災成本亦高。

(5) 與前期差異比較

與前期調查比較山崩低潛感區面積甲仙圖幅變異不大;公館圖幅面積增加約六%，多分佈在稜線東側附近之農業坡地。山崩中低潛感區甲仙圖幅面積減少數十%，主要在圖幅南部坡地，其地形可能因侵蝕變異而產生；公館圖幅面積變異不大。主要減少在一些低矮的稜線區。山崩中高潛感區甲仙圖幅面積變異不大；公館圖幅面積減少 13%，主要出現在南化水庫集水區坡面，此區侵蝕面積有大幅增加之情況。，山崩高潛感區面積甲仙圖幅增加約 10%；公館圖幅面積增加約 7%，其中主要來自山區地形中所增加之崩塌及向源侵蝕。

5. 土地利用潛力評估

經考慮本區的環境地質因素及土地開發所需災害整治成本，分析得出本調查區土地供都市發展使用之潛力，並將之區分爲很高、高、中、低及很低等五級。各圖幅之各級土地利用潛力區所佔面積及百分比如表 3 所示，並說明如下

表 3 高雄縣甲仙調查區各級土地利用潛力分析表

土地利用潛力 / 百分比(%) 面積(公頃) / 圖幅名稱	很 高	高	中	低	很 低	合 計
甲　仙	15.5 109.2	22.3 157.8	3.9 27.5	29.9 211.5	23.2 164.0	94.8 670.0
公　館	3.8 27.2	7.5 52.9	19.2 135.4	24.2 170.9	45.3 320.4	100.0 700.0

註：每張圖幅以 700 公頃計算，面積及百分比不足之數爲海洋及河流所佔。

(1) 很高利用潛力區

很高利用潛力區約佔總調查面積之 9.7%(136.4 公頃)，主要爲地勢平坦、岩盤未受擾動而無災害發生的平緩坡地。因其發生山崩災害的機率很低，開發整地作業容易，花費也較低，故土地利用潛力很高。

(2) 高利用潛力區

高利用潛力區約佔總調查面積之 15%(210.3 公頃)，主要爲坡度稍陡(5～30%)而岩盤穩定，未受不良地質因子影響的地區。這些地區因受地形、地質因素的影響較小，發生山崩災害的機率較低，故土地利用潛力高，適合做中密度開發。

(3) 中利用潛力區

中利用潛力區約佔總面積之 11.6%(162.9 公頃)，主要爲坡度介於 5～30%並可能正受輕微不良地質因子影響的地區，或坡度大於 30%而岩盤穩定，未受地質

災害影響的地區。這些地區災害潛能偏高，不當的開發或移去植生覆蓋都會增加山崩災害發生的機率、規模和侵蝕的速率。

(4) 低利用潛力區

低利用潛力區約佔總調查區之 27.3%(382.4 公頃)，主要爲坡度大於 30%，並已發生各種崩塌、侵蝕災害的地區，或坡度平緩但有洪水氾濫之虞的低緩谷地。

(5) 很低利用潛力區

很低用潛力區約佔總調查面積之 34.6%(484.4 公頃)，多爲坡度超過 55%的陡峭坡地，或有嚴重侵蝕、崩塌災害的地區。這些地區的災害潛能極高，應儘量避免擾動或開發利用。

(6) 與前期差異比較

與前期調查比較很高土地利用潛力區面積減少數十公頃；多分佈於河谷地帶。高土地利用潛力區面積改變不大，中土地利用潛力區減少 30 多公頃；多分佈於多丘陵稜線附近受侵蝕或崩塌影響，低土地利用潛力區則大幅減少達 100 多公頃；多分佈於山區，減少面積多增加爲很低土地利用潛力區。

6. 結論與建議

1.本調查區中多爲山地地形，但仍有不少平緩之台地區域可供利用，在都市發展及開發利用方面，應把重點放在都市計劃區西側，即公館圖幅東南角公路兩側區域，公路西側應避免挖掘後方山坡，並作適當距離；公路東側則應與河谷距 150 公尺以上爲要。

2.公館圖幅於關刀山砂岩與十六份頁岩交接處形成之半面山，其東南坡面爲順向坡，易產生平面滑動崩塌，而排水不良是造成崩塌的主要因素，因此將來坡地之開發利用，對於地面水的處理顯得相當重要。另外根據國外之施工經驗，順向坡下方之開挖，最好以帶狀開挖法進行(工研院能資所，民國 78 年)，且最忌採全面開挖，因其極可能造成地層滑動。另外在其北側，在卡玫基颱風來襲時發生多個崩塌在其野溪集水區內，造成下游淹沒，此區將來再發之可能性極高，附近只適宜農業使用，居住等活動宜往東北方遷徙。

3.公館圖幅西南角稜線東側有數個指溝侵蝕區，其一發展成崩塌災害如照片 11 所示，破壞產業道路。在地形上有可能形成向源侵蝕區，在作物方面應選擇對水土保持較有幫助之樹種，做好坡面排水等工作。

4.公館圖幅西北角之南 179 沿線位南化水庫上游集水區，其區內出露錦水頁岩，因其岩性較軟弱破碎，大多落於向源侵蝕區內，所以道路上下邊坡發生侵蝕及淺層滑動之情況相當普遍。道路之選址本就值得商確，其整治應與水庫之水土保持配合一併考量將較爲有可能改善。

5.甲仙圖幅中市區北側台 21 線因邊坡破壞而改道於楠梓仙溪岸兩側，舊線約有 1 公里左右受坡面崩塌影響，岩性是其主要問題。坡趾之水流及坡面之沖蝕需一併解決才能有效，不過與楠梓仙溪岸兩側之新路相比，舊線的確是可放棄的選擇。

6.甲仙圖幅油礦溪在圖幅中央附近流路彎曲，產生河岸侵蝕並影響台 20 線之安全，侵蝕區之坡趾必需先解決掏挖的問題，上方才不會不停崩塌。

7.甲仙市區在八八水災時亦出現淹水現象。主因是油礦溪在接近市區時河道縮減，加上上漲溪水受橋樑阻擋而造成。河道之寬度及橋樑規範應依水理調查成果並最少能通過 50 年重現期距降雨之設計流量。

8.本區在八十二年完成調查，本年度爲更新數化，本區在十數年間新增加不少崩塌災害，共計新增 209 個大小不一及性質不同之崩塌，這些崩塌有 3 個位於先期評估之中利用潛力區，67 個位於低利用潛力區，其餘 139 個皆落於很低利用潛力區。

參考文獻

1.中央氣象局，1998～2007，氣候資料年報。

2.耿文溥，1965，台灣南部民生及甲仙間之地質，台灣省地質調查所彙刊第十六號。

3.耿文溥，1967，台灣南部甲仙及旗山間之地質，台灣省地質調查所彙刊第十九號。

4.何春蓀，民國 75 年，台灣地質概論台灣地質圖說明書，經濟部中央地調所出版。

5.台灣省重要都會環境地質資料庫，民國七十八年度報告，各論(之八)台南縣南化調查區(玉山、溪東圖幅) 。

6.水保局，2009，油礦溪集水區復建規劃成果報告書，行政院農業委員會水土保持局臺南分局。

照片 1 沖積層上之農業活動。

照片 2 山地及台地爲本區主要之地形。

照片 3 十六份頁岩之露岩情況。

照片 4 淺層土壤受雨水入侵產生崩塌。

照片 5 崩積土淤滿野溪兩岸地區。

照片 6 河岸崩塌情況嚴重。

照片 7 舊台 21 線路段損毀嚴重。

照片 8 楠梓仙溪右岸之大型平滑型崩塌。

照片 9 道路下邊路受向源侵蝕影響破壞。

照片 10 南化水庫集水區向源侵蝕嚴重影響水庫壽命。

照片 11 指溝侵蝕穿越的道路，在颱風時擴大成崩塌區。

照片 12 指溝侵蝕對坡面的破壞。

照片 13 坡地受河岸侵蝕之情形。	照片 14 市區南側台地下之河岸侵蝕。
照片 15 公路旁之早期崩積土區。	照片 16 慈恩橋下游河道縮減。
照片 17 甲仙大橋附近之高灘地於水災後之情形。	

參、附錄

目　錄

1.環境地質學概論 3-1-4
1.1 定義 3-1-4
1.2 本省山坡地常見之地質災害種類 3-1-4
1.2.1 斷層 3-1-5
1.2.2 崩塌 3-1-9
1.2.3 基礎沉陷 3-1-12
1.2.4 地盤下陷 3-1-13
1.2.5 河岸侵蝕 3-1-15
1.2.6 向源侵蝕 3-1-15
1.2.7 沖蝕與淤積 3-1-15
1.2.8 膨脹性土壤 3-1-16
2.研究方法 3-1-16
2.1 資料蒐集 3-1-16
2.2 航照判釋與野外調查 3-1-16
2.3 室內分析 3-1-17
2.3.1 山崩潛感性分析 3-1-17
2.3.2 土地利用潛力評估 3-1-23
2.4 山崩潛感圖與土地利用潛力圖之數值化處理 3-1-31
3.各種圖類之內容與用途 3-1-32
3.1 環境地質圖 3-1-32
3.1.1 圖幅內容 3-1-32
3.1.2 圖幅用途 3-1-40
3.2 山崩潛感圖 3-1-46
3.2.1 圖幅內容 3-1-46
3.2.2 圖幅用途 3-1-46
3.3 土地利用潛力圖 3-1-47
3.3.1 圖幅內容 3-1-47
3.3.2 圖幅用途 3-1-47
參 考 文 獻 3-1-50

圖 目 錄

圖 1　斷層帶內之組成物質。(a)斷層泥(b)剪裂帶(c)斷層角礫岩 3-1-6
圖 2 活動斷層之地形特徵(修改自 Wesson, et al., 1975) 3-1-8
圖 3　各種山崩型式：(A)墜落；(B)傾翻；(C)平滑；(D)旋滑；(E)側滑；(F)流動(潛移) 3-1-11
圖 4　石灰岩洞穴及落水洞 3-1-13
圖 5 煤層開挖寬度(W)與地盤下陷量(S)之關係 3-1-14
圖 6 地盤下陷量與煤層深度(D)、厚度(t)、及寬度(W)之關係 3-1-14
圖 7　河道轉彎處會受河水強烈的侵蝕而發生崩塌(箭頭處) 3-1-15
圖 8　最大下陷量(S)與開採深度(D)、開採寬度(W)、及煤層厚度(M)之關係曲線(仿 NCB，1975)。 3-1-30
圖 9　W/D 值小於最大下陷量發生之臨界值時，開採面中心點正上方地表之實際下陷量可由附圖一所得結果修正之(仿 NCB，1975) 3-1-30
圖 10　下陷範圍內之每個地點之下陷量可依該點與開採面中心點之水平距離(h)與深度(D)之比值求得 3-1-31
圖 11　土地利用潛力圖之製作程序(Laird and others, 1979) 3-1-33
圖 12　比例尺與地層描述精確性關係圖 3-1-34
圖 13　地層走向、傾斜與傾斜方向之關係示意圖 3-1-34
圖 14　一個褶皺的各部分名稱 3-1-36
圖 15　褶皺的傾沒與傾沒角 3-1-36
圖 16　主要的斷層種類(何春蓀，1980) 3-1-38
圖 17　褶皺軸附近所產的許多裂隙(Spencer, 1977) 3-1-39
圖 18　環境地質圖應用於分區規劃示意圖 3-1-41
圖 19　洪水平原管制區 3-1-43

表 目 錄

表一　斷層之活動度 3-1-7
表二　斜坡運動之分類(參考 Varnes, 1978) 3-1-9
表三　ISRM 岩石材料之強度分類標準 3-1-21
表四　ISRM 岩石風化程度分類標準 3-1-21
表五　山崩歷史評估準則 3-1-22
表六　山崩潛感性分析準則 3-1-23
表七　地質災害之防治成本指數 3-1-25
表八　依開發成本指數而分級之土地利用潛力 3-1-27
表九　崩塌地之利用準則 3-1-45
表十　山坡地土地利用可適性建議表 3-1-49

附　　錄
環境地質總論

1. 環境地質學概論

1.1 定義

「環境地質」一詞係美國伊利諾州地質調查所研究員 James E. Hackett 於 1964 年所創(Ivey, 1969)，他認爲土地利用，尤其是都市地區，必須以區域地質資料爲基本依據來進行都市計劃，此種因應規劃工作從事之地質調查，稱之爲環境地質學(Environmental Geology)。Ivey(1969)根據韋氏大辭典對環境(Environmental)和地質(Geology)兩字的定義，融合出環境地質學的定義爲研究影響人類生命與發展的所有地質狀況與地質作用的學問。引申這個說法，吾人可以認爲凡是從地質學的觀點來研究人類生存環境的安全與衛生的科學就稱爲環境地質學。

環境地質一詞有時會與工程地質互爲混淆。一般而言，若是以地質學的觀點來研究工程基址的地質與力學參數就稱爲工程地質學。因此，環境地質學著重在地質災害的研究，所謂地質災害乃是指影響人類生存環境的安全與衛生而受地質因素所控制的災害，其種類包括活動斷層、山崩、地盤下陷、基礎沉陷、侵蝕和沉積等，所以環境地質是先期性而且是區域性的研究，其資料是土地利用與災害防治所必需者；工程地質則重在土壤與岩石的工程性質的調查與試驗，其資料是工程規劃與設計所必需者，所以工程地質是後期性而且是局部區域的詳細調查。兩者的差異在於環境地質資料可供土地規劃或工程選址之用；而工程地質資料則可供工程設計之依據。以一套完整的工程選址與設計流程而言，兩者往往可以相輔相成。

1.2 本省山坡地常見之地質災害種類

本省可供開發爲建築用地之山坡地，主要係指中央山脈西側的麓山地帶其標高在一百公尺以上，而未超過五、六百公尺者，地形學上稱之爲麓山丘陵地。根據最新的板塊學說，台灣島係位於兩地殼板塊的接合處，其縫合線即爲今日之台東縱谷。縫合線以東稱爲海岸山脈，屬於菲律賓海板塊；縫合線以西爲中央山脈

和台灣西部地帶，屬於歐亞板塊。這兩個板塊相互擠壓，至今不輟。大約在距今兩百萬年以前(約在第三紀末至第四紀初期)，東部海岸山脈與中央山脈碰撞在一起，台灣不斷有地震發生，正是這兩板塊相互撞擠所造成的，可見台灣島的構造運動仍然相當活躍。上述地質活動造成西部麓山帶幾項地質特徵：(1)褶皺多，(2)斷層多，(3)岩層節理發達，(4)地盤上昇速率快，(5)岩性以砂頁岩互層爲主，並含有煤層。這些地質特徵均充分影響本省山坡的地質災害種類。

自然界的平衡係許多複雜的因素互相牽制與作用結果。如果其中某項因素有了變異，平衡狀態即可能遭到破壞，須俟其他因素再進行各種不同程度的調整後，始能邁向另一新的平衡。人類的活動會破壞自然界的平衡，將環境帶入不穩定的狀態，同時還會引入新的災害。犖犖之例如切挖山坡肇使崩塌、開礦或超抽地下水導致地盤下陷、大量開發山坡地增加洪患頻率等，不勝枚舉。現將開發山坡地時可能遭遇到的地質災害敘述如下：

1.2.1 斷層

斷層是岩層內的不連續面，其兩側的地層發生過錯動。假若兩側的地層無顯著的相對位移，則稱爲節理。斷層並非一個面，在地質圖上亦不是一條線，而是呈長條狀，寬度不一，隨斷層規模的不同，可能爲數公尺，亦可達數十公尺，稱爲斷層帶。斷層帶內爲被擾亂之岩層，可能由斷層泥(gouge)或斷層角礫(fault breccia)所組成，係斷層發生位移時，在強壓和高摩擦力之下，將岩層粉碎之結果。有時斷層帶內可能還出現一組與斷層大略平行的剪裂帶(shear zone)(圖 1)。斷層泥不具透水性，常阻滯地下水流而增加局部之地下水壓，降低斷層帶之剪力強度，容易發生滑動。同時斷層帶多由鬆軟且破碎之物質組成，除強度較弱外，也容易被壓縮，因此負以荷重後沉陷量將很大，須慎防不均勻沉陷。

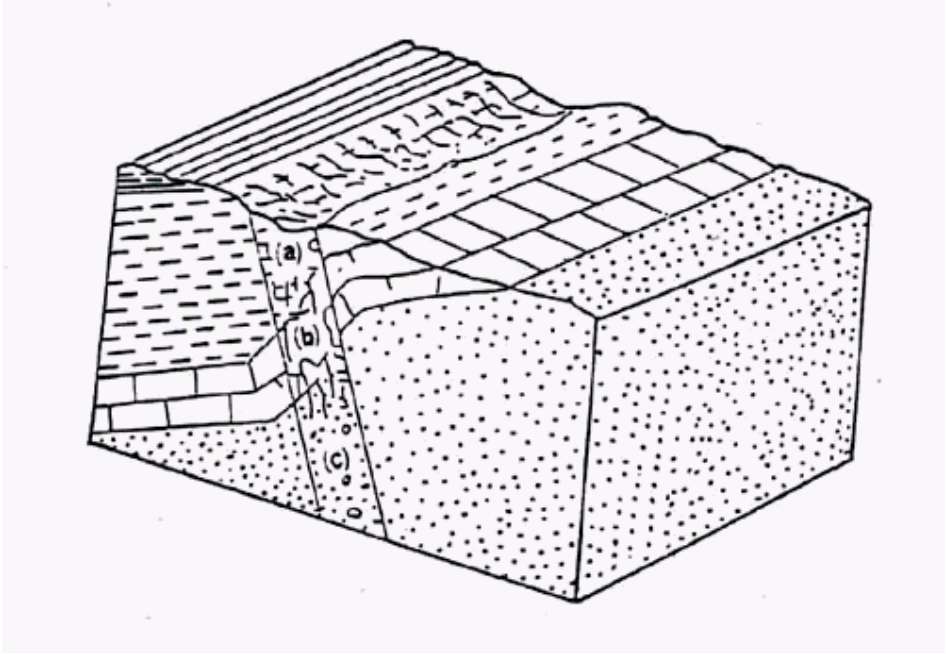


圖 1　斷層帶內之組成物質。(a)斷層泥(b)剪裂帶(c)斷層角礫岩

斷層之活動與火山類似，有死、活之分。而活動斷層亦稱活斷層(石再添，1983)或活性斷層(Tsai, et al., 1975)，其定義至目前爲止並沒有一致公認的說法。不過在學理上，一般地質學者大都認爲斷層發生時代愈新，其復活或再發生斷裂的可能性愈高。因此在第四紀(300 萬年前迄今)曾經有過活動的斷層，可稱之爲活動斷層；而在第四紀未發生活動的斷層則稱之爲死斷層或休止斷層(inactive fault)(Keller, 1979)。而加州礦產與地質委員會(California Mining and Geology Board)(1973)，則又進一步將活動斷層之斷層活動度(fault activity)分爲活動(active)與潛在活動(Possible active)兩類(表一)。若斷層曾在全新世(Holocene, 11,000 年前迄今)活動，則其斷層活動度爲〝活動〞；若斷層曾在全新世(Pleistocene, 11,000 年前至 3,000,000 年前之間)發生活動，則其斷層活動度爲〝潛在活動〞。而在實際工程之應用上，世界各國採用的活動斷層定義也略有不同。

日本活斷層研究會(1980)認爲在第四紀曾經反復活動，且推測將來可能再度活動的斷層，稱之爲〝活動斷層〞。然而依美國原子能委員會所訂定的活動斷層標準，則必須至少合乎下列其中一項條件：(1)在過去 35,000 年內曾在地表或地表附近至少發生一次之移動者或在過去 500,000 年內曾重複移動者，(2)以足夠精密的地震儀曾記錄有感地震(macroseismicity)，而此地震之發生與斷層有直接關連者，(3)與含有(1)或(2)項條件之斷層，具有地質構造相關性(structural relationship)之斷層，當其中之一發生移動現象時，亦可預期他日會有同樣的現象發生(Code of

Federal Regulations, 1978)。前者所訂之標準在實際認定的程序上容易發生困難。比如說一發生在全新世(即使是有詳細歷史記載)的斷層，若斷層並無適當的地層剖面能證明其有〝重複〞活動的現象，則不能認定是〝活動〞斷層，而後者所訂之條文則較爲明確，認定上較爲容易。但無論活動斷層定義爲何，其認定之標準應視該工程遭破壞後可能產生之後果而定。對核能或核子設施等具有高度危險性的工程，活動斷層之定義應採用較嚴格的標準(如美國原子能委員會所訂的)；而對一般建築及小工程而言，則可採用較實際的標準(如 CMGB 所訂的斷層活動度爲〝活動〞者)。

表一　斷層之活動度

斷層發生之地質年代			距今時間	斷層活動度
代	紀	世	(年)	
新生代		全新世	11,000	活動(active)
	第四紀	更新世	3,000,000	潛在活動 (possible active)
	第三紀	前更新世	65,000,000	休止(inactive)
地球年代			4,500,000,000	

另外，活動斷層可依其持續性或突發性的活動型態，分別稱之爲潛動(Creep)型及地震發生型活動斷層(垣見，1979)。美國的 San Andreas 斷層即屬於潛動型活動斷層，其潛動速度約每年 2.5 至 3.5 公分(Keller, et al., 1982)。而 1935 年台灣中部發生大地震時所產生的斷層，則屬於地震發生型的活動斷層(潘國樑，1983)。

一般而言，活動斷層的地質學認定方法須包括兩個步驟，其一爲地形異常或地形特徵的找尋，其二爲地層證據的發掘。第一個步驟可提供何處可以發覺地層證據、斷層延伸位置、伴隨斷層發生的地形及斷層移動方式等資料，對第二個步驟的進行將提供極有價值的資料；第二個步驟則是利用地層的證據證明斷層是否爲活動斷層。由於活動斷層爲斷層的一種，因此其在地形上的特徵與一般斷層類似，只是它發生的年代距離現代較近，特徵較容易保存下來。Coasta and Baker (1981) 所提出活動斷層的地形特徵主要有 10 種，包括斷層崖(fault scarp)、削切山嘴(faceted spur)、斷層崖上的懸谷(hanging valley)、斷層帶附近的窪地(ponding

drainage)、錯動河斷層池(sag pond)、斷層崖附近之隆起或扭曲的平台(warped tarrace)、斷層帶兩側之土壤、植生的差異、斷層線上的線狀河谷或凹槽(linear valley or trough)、及橫斷嶺(shatter ridge)等，其中大部份可由 Wesson, et al., (1975)研究的加州 San Andreas 斷層之地形特徵說明(圖 2)。

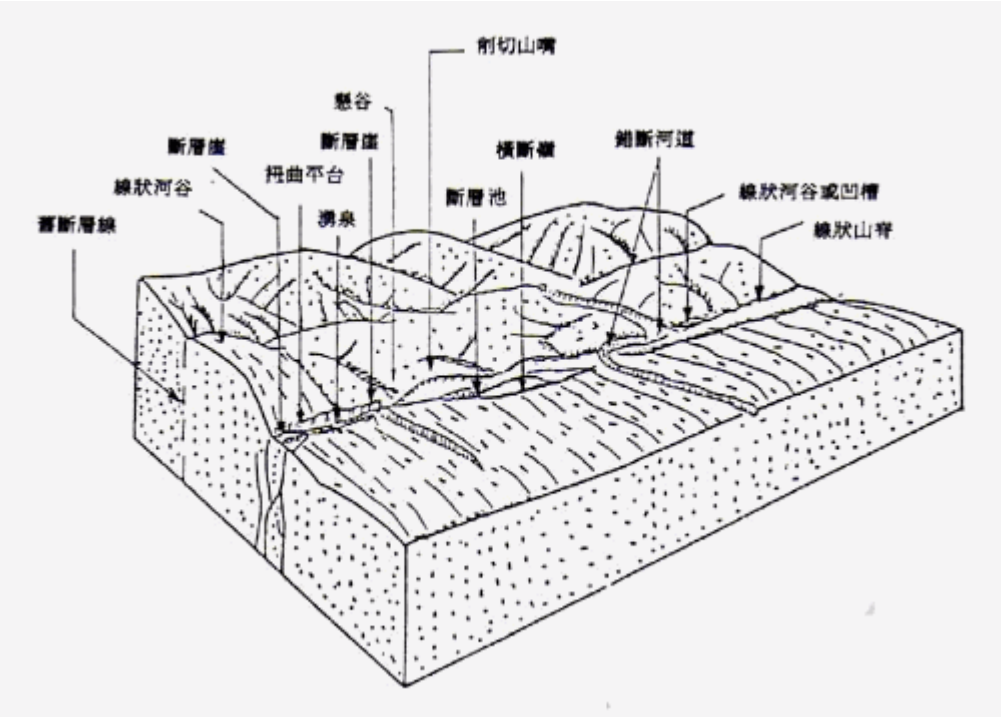


圖 2 活動斷層之地形特徵(修改自 Wesson, et al., 1975)

Keller, et al., (1982)也曾利用沖積扇的錯斷地形尋找到活動斷層。此外，其他的地形特徵還有湧泉(spring)、植生或線狀異常排列亦可能暗示斷層之存在。而所謂的地層證據則通常需要以野外地質探勘的方法取得斷層兩側之地層排列狀況資料，再採得適當的炭質物以放射性定年方法推測斷層發生的年代，及研判其是否有重複活動的現象。

台灣的地殼運動相當活躍，地震頻仍，且多斷層現象。就目前已知發生於第四紀之斷層就有 36 條之多(Hsu and Chang, 1979)，且愈近發生之斷層其將來再度活動的機會愈大(Bonilla, 1977)，因此確認活動斷層的存在與否是環境地質調查中的一項重要的工作。在美國，活動斷層上及其兩旁相當寬度內是絕對禁建的。

1.2.2 崩塌

在重力的影響下，斜坡上的土石不斷地向下坡方向移動，稱爲塊體運動(massmovement)，或稱斜坡運動(slope movement)。造成斜坡運動的地質作用即稱爲斜坡作用(slope processes)。山崩就是一種快速的斜坡運動。重力是斜坡運動的唯一驅動力，因此在月球上沒有水的情況下，斜坡運動也可以進行，只不過水會觸發及加速斜坡作用。重力的作用永不停止，但是要使土石移動，必須重力大於土石的慣性才行。自然界有很多因素可以減少土石的移動阻力而幫助斜坡運動的進行。影響斜坡運動的因素可以分爲內在或外在兩種，內在因素存在於土石本身，主要包括(1)礦物組成的性質、(2)地質構造、(3)地下水的存在、(4)地形、(5)植生。外在因素是觸發山崩的劊子手，主要包括(1)岩層的風化、(2)孔隙水壓增加、(3)加重負載、(4)移去坡趾支撐、(5)下伏地層垮塌、(6)地震、(7)其他因素，如地下採礦或石灰岩溶洞會造成地盤下陷等。

斜坡運動可依其移動方式而分爲墜落(falls)、傾翻(topples)、滑動(slides)、側滑(spreads)與流動(flows)等五大基本類型(圖 3)，這五種運動即一般統稱的山崩(landslide)。另有由兩種以上基本類型組合而成的複合型斜坡運動(complex slope movements)。發生移動的物質可分爲岩石(bedrock)和工程土壤(engineering soils)兩種，其中工程土壤又可細分爲顆粒較粗的土石(debris)和顆粒較細的土泥(earth)(表二)。

表二 斜坡運動之分類(參考 Varnes, 1978)

移動方式		移動物質		
		岩石	土壤	
			粗粒	細粒
墜落		岩石墜落	土石墜落	土泥墜落
傾翻		岩石傾翻	土石傾翻	土泥傾翻
滑動	旋滑	岩石崩塌	土石崩塌	土泥崩塌
	平滑	岩石滑動	土石滑動	土泥滑動
側滑		岩石側滑	土石側滑	土泥側滑
流動		岩石流動(潛移)	土石流動	土泥流動

(1)墜落

墜落是體積大小不一的岩塊或土石以自由落體的運動方式向下掉落，多發生於陡峭邊坡或懸崖，速度極快。有時發生在公路邊會傷及人車。砂頁岩互層構成的陡坡，會因差異侵蝕的影響，導致上覆的砂岩失去支撐而墜落。

(2)傾翻

傾翻是岩塊向下坡方向傾斜，然後發生滾落的一種方式；岩層被兩組垂直節理切割成柱狀的岩塊最容易在自由面上發生傾翻或崩移。在台灣由於風化與侵蝕作用非常嚴重，許多符合傾翻破壞的地質條件，在開始階段表層就已經風化、侵蝕而消失，故不容易發生傾翻破壞。但在岩層顯露或人爲邊坡，發生這種破壞的可能性則大幅增加，尤其在山區闢建的公路，常有非常高聳的邊坡，甚至半隧道的型式，在這種邊坡傾翻破壞時有發生。傾翻發生的場合通常有一組高傾角的不連續面(層面或節理面)向邊坡的內側傾斜，如圖 3(B)所示。

(3)滑動

滑動是一種剪切式的移動，是最常見的斜坡運動。它可分成兩種，一種稱爲平面式滑動，另外一種稱爲旋轉式滑動(或稱崩塌)。平滑的滑動面形狀近乎平面，如層面、節理面、斷層面或崩積土與岩盤的界面等是；旋滑的滑動面形成則是開口向上的曲面，有如正立的湯匙。平滑常沿著岩盤、層面、節理面或斷層面滑動，移動常因地層排水不良而觸動，但是也常因坡腳被除而引發，因此以發生在路邊山溝或河流的坡面最多。旋滑常發生於邊坡、河岸、公路旁及填土的地方，尤其是土層很厚或岩層破碎的地方，在滑動體內及冠部附近經常可見到張力裂縫。事實上，自然界的滑動很少有單一形式者，很多滑動均是在頭部爲旋滑，在趾部則轉變爲平滑或流動。

(4)流動

流動爲像可塑性流體一樣的移動，其速度可以從每秒數公分至每秒數百公尺。民國六十九年六月接近舊曆年關時，在北部濱海公路靠近基隆山山麓所發生的山崩即是屬於一種流動，乃是在一場豪雨之後，崩積土飽含水份而發生移動。稱之爲土石流(debris flow)流動不一定要含水，有的邊坡在重力的作用下也會

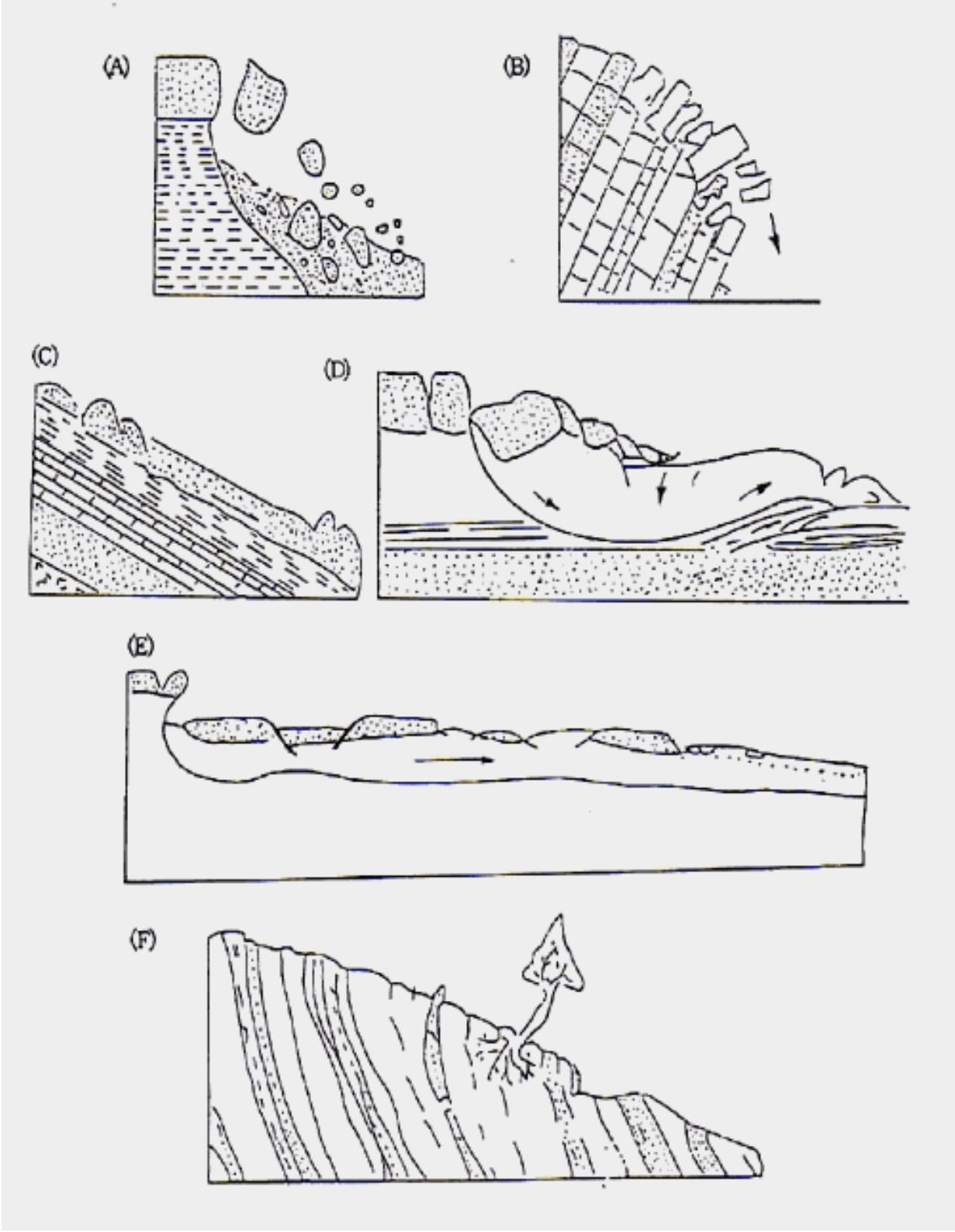


圖 3　各種山崩型式：(A)墜落；(B)傾翻；(C)平滑；(D)旋滑；(E)側滑；(F)流動(潛移)

慢慢地向下坡方向流動，稱爲潛移(creep)，其移動速度很慢，每年可能只有數公厘至數公分，但已足以威脅基礎的安全。潛移可分爲深、淺兩種，淺者只有表土部份發生滑動，深者會導致岩層彎曲。

(5)側滑

側滑幾乎是水平方向的滑動，滑動面底下通常是一軟弱的岩層，因軟弱岩層發生可塑性流動而影響上覆堅硬岩層。

總之，山崩是山坡地開發時須特別注意的一種地質災害。先進國家通常規定在山坡地開發之前要準備一幅山崩潛感圖(landslide susceptibility map)，對斜坡之穩定性分成不同等級，以便加以分區管制(Nilson and others, 1979)。

1.2.3 基礎沉陷

由填土、採礦廢石堆積、斷層破裂帶或崩積物所組成的物質，大都是非均質、顆粒淘選(sorting)極差、不易壓實、孔隙大、抗剪力低的土石。一般而言，若在土石上加蓋建築，而當建築物之重量超過土石之承載力時，由於基礎下的接觸壓力過大，並且超過土石之抗剪強度，因此土石會從基礎下沿著剪裂面被擠出，此時建築結構就持續地加速沉陷或傾斜，如果基礎下的物質爲均質，且建築結構的荷重均勻，則建築物之沉陷量在建築結構的中心最大，在建築物的邊緣最小。這種情況可利用不同形式的基礎結構或局部加強土石之承載力，以降低中心點的沉陷量，使建築物沉陷得以平衡，如此尚不會對建築物造成破壞。但是如果基礎下的物質爲非均質或建築物結構的荷重不均勻時，則會發生不等量沉陷，對建築危害至大。尤其是前述之填土、煤渣堆積、斷層破裂帶與崩積土更是屬於不良的基礎土層。其密度通常較低、含有大的空間、易於蓄水，極不適合作爲建築物的基礎。並且此種土層與岩盤缺乏緊密接觸，彼此之間磨擦力很小，若再加上雨水下滲與震動，則除了會發生不等量沉陷之外，還可能引起土層滑動，尤其是當其接觸面爲傾斜狀態時更容易發生，故應避免使用。

此外，在整坡的地方，如果建築物基礎有部份置於岩盤之上，而另一部份置於填土之上，由於岩盤與填土之承載力或壓縮性質差異極大，會產生相差甚大的不等量沉陷而危及建築物的安全。此種情況可以在進行精細的工程地質調查與力學試驗之後，利用靜力分析以求得可能之沉陷量分佈，而應用不同深度、寬度或

型式的基礎以平衡不均勻的沉陷量，或將堅岩挖除再用土壤回填方式，使沉陷量相等。

1.2.4 地盤下陷

地盤下陷可能自然造成，例如在石灰岩地區，地下水沿著節理或層面流動而將石灰岩慢慢溶解掉，形成很多地下洞穴，當洞穴擴大並接近地表時即發生陷落而變成落水洞(sinkhole)(圖 4)。高雄地區之石灰岩曾發現這種情形。這些潛伏在地下之溶洞可能經不起地面上的負載而塌陷。

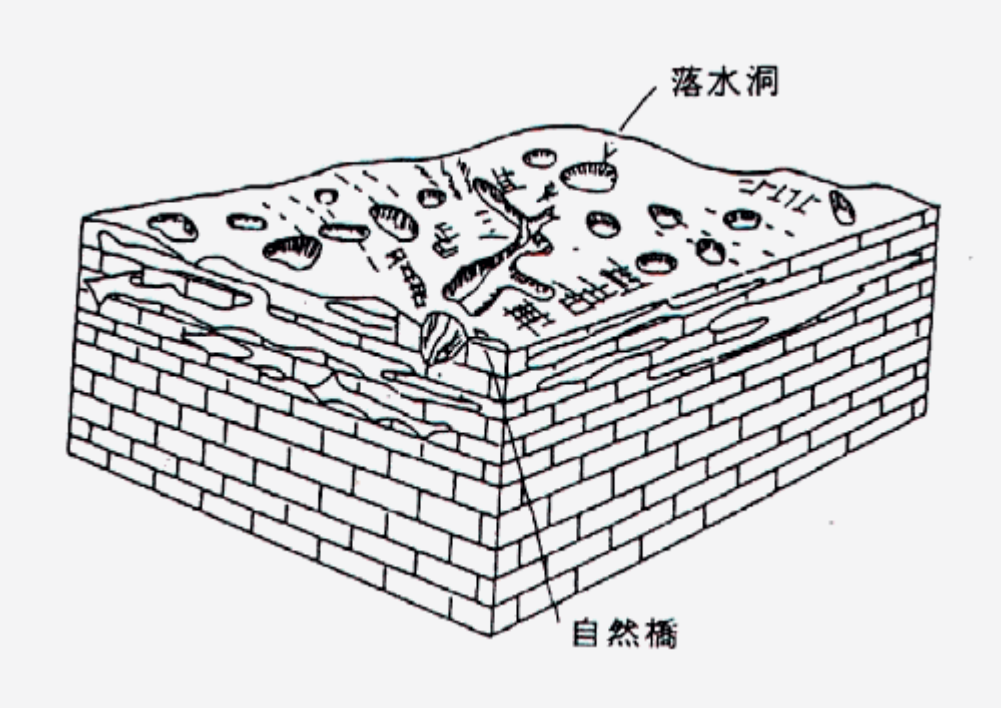


圖 4　石灰岩洞穴及落水洞

地盤下陷也可能由人爲因素所造成，例如因地下水超抽而引起(如台北市及本省蘭陽平原或西南海岸之養殖地區)或因地下採礦而引起(如本省北部之採煤地區)。本省北部山坡地因有許多重要煤田，將來山坡地逐漸開發之後，勢將面臨下陷問題，應即未雨綢繆。

根據英國人的研究指出，當煤層的挖空寬度(W)與煤層深度(D)之比小於 0.25 時，地盤下陷量微不足道(圖 5 及圖 6)；但當 W/D 大於 1.3 時，即可達到最大下陷量(約爲煤層厚度的百分之九十)；如果挖空寬度再擴大，最大下陷量仍維持不變，但下陷範圍則會擴張。本省煤層較薄且深，下陷情形是否與英國的相似，急需加以研究，方能獲得決定性的結論。久已廢棄的煤礦通常會被地下水所填滿，

由於地面上負載或抽取地下水會加速塌陷。爲防止災害發生，目前的技術是採用回填方式將採空部分局部填滿，煤礦上方之破裂地層則以灌漿方式穩定之。

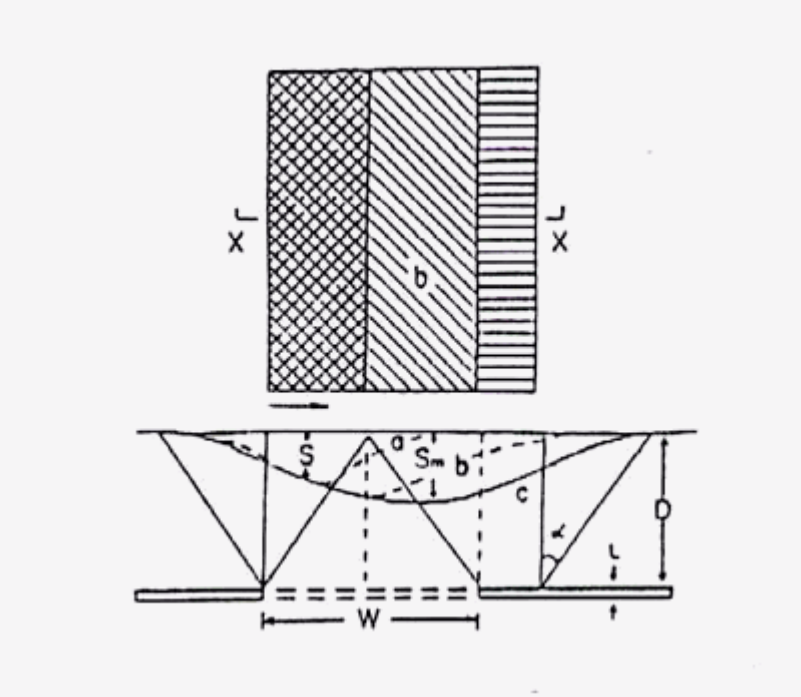


圖 5 煤層開挖寬度(W)與地盤下陷量(S)之關係

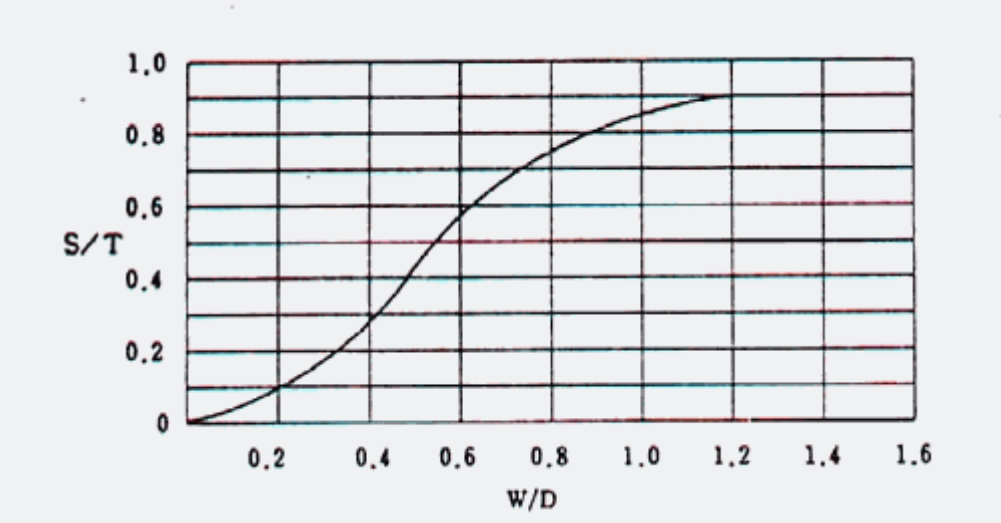


圖 6 地盤下陷量與煤層深度(D)、厚度(t)、及寬度(W)之關係

1.2.5 河岸侵蝕

在河道轉彎的地方，有一邊河岸會受河水強烈的侵蝕(切割坡)，而在另一岸則逐漸沉積河水所攜帶的泥砂顆粒(滑走坡)，若在被侵蝕的河彎有道路或建築物時，其基礎經常會遭到破壞。許多河岸邊坡亦常因河流侵蝕坡腳而肇使崩塌(圖7)。

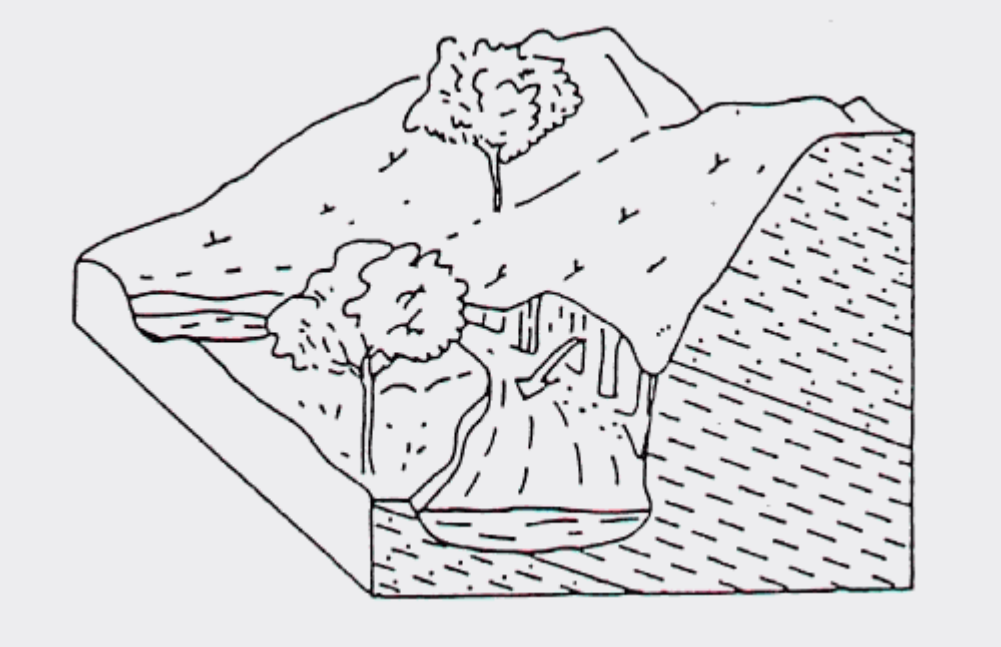


圖 7　河道轉彎處會受河水強烈的侵蝕而發生崩塌(箭頭處)

1.2.6 向源侵蝕

河川的侵蝕有加深、加寬與延長河道的趨勢。在河流(尤其是沖蝕溝)的源頭處，河流的下切(downcut)作用會使河溝逐漸向上游延伸，此種自然作用爲向源侵蝕(headward erosion)。河流的源頭支流不斷地向前端延伸，源頭處的碎石不斷崩塌、不斷地被搬運至下游地帶，此種歷程經年不輟，最後由支流造成一種湯匙形的凹坡地形。同時地面水及地下水均有向河溝的源頭匯集的趨勢，更容易促進向源侵蝕的發展。

1.2.7 沖蝕與淤積

就體積與重量而言，河水中之懸浮泥砂爲本省最大之污染物。這些泥砂均來自山坡地之不當開發及河岸兩旁之侵蝕崩塌。這些泥砂會使水庫壽命減短、河流及港口淤塞、洪患頻率增加、溪中及海濱的魚類死亡、自來水處理費提高、及沃土的喪失。

侵蝕率最快的地方是露天廣塌、道路開闢、及工程施工處。根據調查，美國某一 20 英畝大的房地，在建築期間之侵蝕量達 3,800 公噸，相當於將整個地區的表土剝除三公分。而本省建築施工期間較長、雨量又大，侵蝕量恐怕尤大於上述數字。山坡地開發若不注意水土保持，則房屋基礎有被雨水淘空之虞。此外，上坡部位開發之後，勢將增加逕流量而加速下坡部位之侵蝕；同時，山坡上因侵蝕作用所產生之泥砂將傾卸於坡腳下，可能將住屋掩埋。可見水土保持宜作全盤規劃，否則救了上坡而害了下坡。

1.2.8 膨脹性土壤

土壤中所含的粘土礦物，有些吸水後會膨脹，脫水後則收縮，尤其以蒙脫石(montmorillonite)爲最。鈉蒙脫石遇水後體積會膨脹 10 倍至 20 倍，其上舉力可以高達 160 至 600KN/M^2，足以將一間農舍舉起來。土壤的膨脹與收縮最容易在水份變化帶(soil moisture active zone)內發生。在這個變化帶裏，土壤內的水份會隨著季節改變，時乾時潮，因此土壤有時收縮，有時膨脹。本省的一些頁岩和凝灰岩可能具有膨脹性，值得進一步研究。

2. 研究方法

環境地質之調查可分(1)資料蒐集、(2)航照判釋與野外調查、及(3)室內分析三方面著手進行。其中室內分析包括山崩潛感性分析與土地利用潛力評估兩項工作。

2.1 資料蒐集

環境地質調查基本上必須從蒐集地質資料開始，對前人的調查結果加以研判與分析，如果前人資料不足，或精確度不夠，則需自行調查與研究。此外，涵蓋調查區之地形圖(比例尺 1:5,000)、航空照片、現有之地表水文資料，以及煤坑分佈資料等均必須於調查作業展開之前即蒐集完備。

2.2 航照判釋與野外調查

地質災害爲一種動態現象，而工程建設又時常改變地形與地物，若採用傳統方法從事調查，時效上恐有不逮，是故本研究以航空照片作爲原始資料與調查介質，利用航照判釋技巧，先在照片上進行各項廣域性研究。航空照片尚有提供立

體景觀之優點，從立體鏡向著照片觀視就是 3x3 平方公里的廣大地面，故對區域性之地形、水系與地質均可一目瞭然。從航照上辨認地質災害(不管是已存在的或潛伏的)如山崩、侵蝕等，比地面調查更容易、而且更有效率。但航照判釋之後仍須到野外進行實地核對。此因航照之利用有一定限度，當從航照上無法辨認某些地表現象或對判釋結果沒有充份把握時，均須在地面上做近距離觀察。這種次序有時候可倒轉過來進行，例如先在地面上定出地層界線或構造線的位置，然後才從航照上來追蹤。因此，本研究極度依賴航照判釋與野外實地調查的密切配合而相輔相成，如此不但可以加快調查速度而且可以增進調查精確度。

航照判釋與野外調查工作完成後，必須將各種已發生或潛伏的地質災害之分佈範圍，配合地質資料繪製於地形圖上，而完成環境地質圖。

2. 3 室內分析

2.3.1 山崩潛感性分析

邊坡上之土石均有因應重力而下滑的趨勢，其分力稱爲剪應力(shear stress)，但又受制於本身的抗剪強度(shear strength)而保持暫時穩定的狀態。一旦這種均勢遭到破壞，即剪應力增加或抗剪度減弱，就可能發生山崩。肇使這種變化的因素很多，但可歸納爲地質、地形和氣候三大類。山崩潛感性分析的目的即是要研判各種可能引發山崩的因素，經評估後，比較調查區內各部份發生山崩的相對難易程度。

山崩潛感性分析的第一步驟，必須對調查區的地形進行坡度計量。坡度計量的方法很多，而且各有優劣，本研究係採取合乎自然的等高線分區法，其方法如下：

(1)首先在比例尺 1/5,000 的像片基本圖上描繪出主要稜線與河谷，並區分其坡向。
(2)研判地形圖中等高線分佈之情形，然後依據等高線間距之均勻一致性而將之劃分　成若干區帶。基於精度之考慮，區帶面積大於一平方公分(圖上面積)者才繪於圖上。
(3)計算各區帶的坡度，即完成調查區的坡度計量。

採用此法進行坡度計量的最大優點有二：(1)考慮等高線間距之均勻一致性與坡向所劃出來的區域符合地形之自然分佈狀態。不似格子分割法過於僵化，且格子大小之取決又是一大困擾。(2)實際作業時較格子分割法便捷，精確度亦不差。此法較大的缺點在於區帶的界線可能會因人而稍有不同。但本研究曾根據三個實際作業先行試驗比較，發現在坡度分級範圍內其誤差可以不必考慮。本計畫將坡度分爲下列五級：(1)0%～5%(0°～3°)、(2)5%～15%(3°～8.5°)、(3)15%～30%(8.5°～17°)、(4)30%～55%(17°～28.8°)、(5)大於 55%(大於 28.8°)。

緊接著坡度計量之後，必須進行崩塌地與崩塌堆積分佈範圍的調查。從許多山崩的案例統計結果顯示，舊有崩塌地再度發生山崩的可能性較從未發生過崩塌的邊坡爲高，以台灣著名草嶺大崩山和阿里屏遮那崩塌地爲例，均是因爲舊有崩塌地復活而造成嚴重的山崩災害(洪如江，1980；屏遮那崩塌地治理概況報告，1983)。國外亦不乏舊崩塌地復活而造成嚴重災害的例子，如 Portuguese Bend, California (Marsh, 1978)。再者，崩積土內部的透水性佳，表面則不易透水，故常有較高的孔隙水壓。一般崩積土在平常情況，其安全係數約爲 1.0 到 1.2 之間，暴雨或地震時，孔隙水壓力大爲升高，安全係數顯著降低，可能因而引起山崩的復活(洪如江，1979)。民國七十二年初發生於曾文溪上游福山攔砂壩附近之崩塌，即是崩積土再度發生崩塌的例子(陳振華和王文能，1983)。因此了解調查區內崩塌地與崩積物質分佈的範圍，是山崩潛感性分析中很重要的一環。

崩塌地與崩塌堆積的調查工作，除了野外實地勘查外，爲了節省作業的時間，並提高工作效率，還必須利用航照判釋技巧輔助調查工作。尤其是舊有崩塌地往往因爲自然的風化作用或人爲開挖改變了地貌，以致在野外不易辨認，若利用航照判釋則可由許多地形不調和(physical incongruities)的現象，如波狀地形(hummocky terrain)，阻斷水系形態(blocked regional or local drainage patterns)，舊崩塌的崩崖(ancient slide scarps)和植生密度的不同(vegetation differences)等加以認定(Gedney & Weber, Jr. 1978)。調查工作完成後，必須將上述所有的資料標示於坡度計量圖上。

另一項會影響山崩潛感性的因素是岩石或土壤的種類以及岩體的構造，因爲邊坡的穩定性與組成邊坡物質的力學性質有很密切的關係，而土石的力學性質會因土石種類的不同而有所差異。因此了解調查區內基岩(bedrock)或土壤的種類與

分佈範圍，也是山崩潛感性分析過程中必備的基本資料。再者，岩層常包含許多弱面(weak planes)，沿此弱面剪力強度較低、透水容易、且易受風化。許多崩塌災害及工程意外事件，常常是因爲這些弱面而發。民國六十六年發生於汐止收費站附近的地層滑動，即是岩層弱面所引發的災害。弱面又稱不連續面(discontinuities)，依其成因，大致可分爲兩大類(洪如江，1983)：(1)原生弱面(primary weak planes)係指地層面，尤其是沉積岩在沉積當時就已形成之界面。原生弱面包括層面(bedding planes)及不整合面(surface of unconformity)；(2)次生弱面(secondary weak planes)係指地層固化成岩後所形成之弱面，次生弱面包括斷層帶(fault zone)、斷層(faults)、節理(joints)、劈理(cleavage)、片理(schistosity)、剪裂帶(shear zone)、張裂縫(tension cracks)、罅隙(fissures)、以及其他葉理(foliations)等。爲不連續面所切割之岩體(rock mass)，其強度遠遜於岩材(rock substance)(岩體內介於不連續面間之固結且膠結較好的礦物集合體)。通常，在火成岩或有些片岩中，岩材的強度大於岩體十倍或百倍以上，因此斜坡之破壞過程往往不包括岩材破壞；在沉積岩中，岩材強度較弱，斜坡之破壞過程常常包括部份岩材的破壞，不過較爲塊體或堅硬之沉積岩的破壞主要仍受不連續面的控制。因此不連續面的調查與分析遂成爲岩坡穩定分析中最具決定性的工作(Hoek and Bray, 1981; Goodman, 1980; Goodman, 1976)。在調查與分析不連續面時，除了統計其分佈之方位與組織外，若能注意下列數項不連續面的物理特性，將更有助於正確地分析邊坡的穩定性：

(1)不連續面之延續程度。

(2)不連續面之間距(spacing)。

(3)不連續面之粗糙度。

(4)不連續面區之開口大小(separation)。

(5)不連續面內之填料。

(6)不連續面之滲水情形。

(7)不連續面切割之岩塊之幾何形狀。

調查區內岩層之種類與分佈範圍(若局部地區有較厚之土壤覆蓋亦必須了解其性質與分佈)必須描繪在地形圖上，並附以地質構造，同時不連續面之方位與組數亦應示於同一圖中；至於不連續面的性質則可於山崩潛感性分析時供作參

考。

將上述三種基本資料—基岩的性質、坡度、以及崩塌地與崩塌堆積之分佈蒐集齊全後，即可著手進行較大區域(比例尺 1:125,000)的山崩潛感性分析(Nilson and others, 1979)，其理由有三：(1)這些都是控制邊坡穩定的重要因子，(2)這些資料所提供的情報可以涵蓋整個調查區，(3)這些資料可以有效地納入區域性的邊坡穩定分析中。但就大比例尺(1:5,000)的山崩潛感性分析而言，此法尚嫌粗略，因此 Marsh(1978)根據美國地質調查所早年(1972)在加州 San Meteo County 所作的山崩潛感性研究方法(Brobb and others, 1972)，再補充一些評估項目，如考慮地震帶、地區性的河岸侵蝕、開挖和植生覆蓋等，使得山崩潛感性分析的工作更趨於複雜與完備。另外，Petak 和 Atkisson(1982)提出不利地層(adverse formation)的觀念，並以三個假設做爲製作山崩潛感圖的指導方針：(1)曾經發生過崩塌的不利地層，假設在所有自然條件都保持不變的情況下，其再度發生崩塌的可能性仍然較高，(2)一地層如果在某一地區被證實是不利的，那麼在其他地區也應該被認爲是不利的，(3)在山崩潛感性分析中，被歸類爲某一級地區，其中仍可能有部份區域，其潛感性高於或低於此級。同文中，並考慮降雨量對山崩的影響。

本研究於進行山崩潛感性分析時，除了參照前述國外的作法和經驗外，還考慮國內的地質環境以及實際作業的可行性，而發展出一套適用於國內的山崩潛感性分析法。分析工作首先考慮坡度，根據研究期間的觀察，並參考日本全國陡坡地山崩災害調查結果(李三畏，1983)以及本省公路邊坡崩塌頻率之統計資料(陳淮松，1984)，本研究將調查區的坡度歸納爲四類：(1)坡度 0%～5%；(2)坡度 5%～30%；(3)坡度 30%～55%以及(4)坡度大於 55%。接著第二步驟必須考慮基岩的性質，基岩的山崩 潛感性評估可分爲強度、弱面間距與風化程度等三項加以考慮。其中岩石的強度係根據國際岩石力學學會(ISRM)公佈的標準(表三)，將之粗分爲三級，並給予評分。

第一級爲強岩，R5～R6，分數爲 0；第二級爲中強岩，R3～R4，分數爲 1；第三級爲弱岩，R0～R2，分數爲 2。弱面間距則參考 Bieniawski(1979)地質力學分類法之評分標準而將之分成三級，第一級之弱面間距大於 2 公尺，分數爲 0；第二級之弱面間距小於 2 公尺但大於 0.6 公尺，分數爲 1；第三級之弱面間距小於 0.6 公尺，分數爲 2。

表三　ISRM 岩石材料之強度分類標準

分類符號	分類	單軸抗壓強度 (MN/M^2)	野 外 簡 易 分 類 法
R0	極弱	0.25～1.0	大姆指甲僅略能壓出凹痕
R1	甚弱	1.0～5.0	可以地質錘細端敲碎；可以小刀切削之
R2	弱	5.0～25	用地質錘之細端可敲出淺痕；小刀難以切削
R3	中強	25～50	地質錘敲擊一次可裂；小刀無法切削
R4	強	50～100	地質錘敲擊一次以上始裂
R5	甚強	100～250	地質錘敲擊多次始裂
R6	極強	＞250	用地質錘猛敲僅見小碎片跳出，極難敲裂

表四　ISRM 岩石風化程度分類標準

分類標準	分　　類	風　　化　　程　　度
IA	新　鮮	岩石材料未見風化跡象
IB	極微風化	不連續而上稍見褪色
Ⅱ	微風化	全部岩材均已變色
Ⅲ	中度風化	一半以下的岩材分解或崩解爲土壤
Ⅳ	高度風化	一半以上的岩材已分解或崩解爲土壤
Ⅴ	全風化	所有岩材均已分解或崩解爲土壤，但岩層原結構仍清晰可見
Ⅵ	土　壤	所有岩材均已變爲土壤，連岩層原結構已不復見

至於岩石的風化程度係根據 Geological Society Engineering Group Working Party (1977)所公佈的風化程度分級標準(表四)而分爲三級。第一級爲新鮮岩石，(IA 與 IB)，分數爲 0；第二級爲中輕度風化岩石，(Ⅱ～Ⅲ)，分數爲 1；第三級爲高度風化岩石(Ⅳ～Ⅵ)，分數爲 2。綜合以上三項，以各單項之得分相加，可將岩體分爲三類：A，總分 0～2；B，總分 3～4；C 總分 5～6。受地質構造(斷層、褶皺等)影響之破碎岩體皆屬於 C 級。山崩分析的第三步驟必須考慮崩塌的歷史，包括各種新、舊崩塌及崩塌堆積物之範圍劃定，其又可分爲三種狀況，如表五。

表五　山崩歷史評估準則

	有	無	有	無	有	無	有	無
新、舊崩塌		▪		▪	▪		▪	
崩塌堆積		▪	▪			▪	▪	
狀況(代號)	a		b		c		c	

評估工作至止，山崩潛感圖之芻形已漸顯現，但爲使山崩潛感性分析更周全，必須再酌加考慮一些因素—河岸侵蝕(或向源侵蝕)(d)、表層沖蝕(e)與人爲因素(f)包括填土與礦渣/廢石堆積等)。綜合上述各項影響山崩潛感性的因素(坡度、基岩種類、山崩歷史、河岸侵蝕、表土沖蝕以及人爲因素)而予以組合，可將調查區內各部份發生山崩的機率分爲低、中低、中高以及高潛性四大類(表六)，並完成山崩潛感圖。

山崩潛感圖可以顯示調查區內有些地區較可能發生崩塌，那些地區則否，物色住宅區、建地或工程選址時，以尋覓低潛感性地區爲優先。但是在利用該圖時，必須具備一個概念—由於受到比例尺的限制，在山崩潛感性分析中，被歸納爲某一等級的地區，其中仍可能有部份區域，其潛感性高於或低於此級。換句話說，本研究所繪製的山崩潛感圖，其顯示的山崩潛感性係在五千分之一比例尺精度內之平均值，太過於狹小地區的潛感性無法在圖中表示出來。必須經過更詳細的調查(如比例尺在一千分之一以上)才能確定。另外，山崩潛感圖所顯示的山崩潛感性係在現階段自然的狀態下加以評估之結果，一旦另有其他人爲因素介入，則可能會因開挖不當而昇高其潛感性。爲防止此事情發生，一般建築管理辦法中均規定，於工址開發前需提出基地調查結果送審。因此，本計畫所稱的山崩潛感圖僅供分區規劃及建築管理初步審查參考用。基地調查報告則是第二層的防護。另外還有第三層的管制，稱爲敷地監核，國內尚未見諸實施。總之，坡地開發之管理需要政府層層監督，非一次審核即可有效防止災害的發生，此種管制程序中外皆然，它是科學的，也是幾十年的防災經驗才奠定的。

表六　山崩潛感性分析準則

山崩潛感性	評　估　因　素　組　合	災害分級	災害防治成本指數
低	IAa, ⅡAa, IAe, IBa, ICa	0	0
中低	IAb, IAc, IAd, ⅡAd, ⅡAe ⅢAa, IBb, IBc, IBd, IBe ⅡBa, ICb, ICe, ⅡCa, If*	1	5
中高	ⅡAb, ⅡAc, ⅢAb, ⅢAd, ⅢAe ⅣAa※, ⅡBb, ⅡBd, ⅡBe, ⅢBa, ⅢBb, ⅢBe, ICc, ICd, ⅡCb, ⅡCd, ⅡCe,ⅢCa, Ⅱf*	2	10
高	ⅢAc, ⅡBc, ⅢBc, ⅢBd,ⅡCc ⅢCb, ⅢCc, ⅢCd, ⅢCe Ⅲf*, ⅣB, ⅣC	3	20

符號說明

坡 度 %	基　岩　性　質 **	其　他　因　素
I.　0%～5% Ⅱ.5%～30% Ⅲ.30%～55% Ⅳ.大於 55%	A.強岩 B.中強岩 C.弱岩 **同時考慮強度、弱面間距與風化程度等三項因素	a.岩層未受擾動 b 堆積層分佈區 c.崩塌地 d.河岸侵蝕、向源侵蝕 e.表層沖蝕 f.廢棄土石、人爲填土

*人爲填土與礦渣廢石堆積，祇考慮其與坡度的關係。

※Ⅳ級坡之坡地除 A 種岩類之ⅣAa 屬中高潛感性之外，其他岩類皆納入高潛感性。

2.3.2 土地利用潛力評估

本省人口稠密，平地面積稀少，同時大部分是農田，因此以山坡地爲住宅用途之開發利用將成爲事實。對於如何合理且安全地利用山坡地的問題，首先必須先了解這些土地的過去、現在與未來，曾經或可能發生什麼災害，它們復發的可能性如何，肇使災害發生的誘因爲何，災害發生時會對人類產生何種影響，此等災害是否可以防治，防治的成本又是多少，這些問題都是規劃前須要解答的。如果單就某項環境災害問題來進行規劃，往往會忽略許多災害併存時的綜合效應，

以致規劃可能發生偏差。但各種災害的調查工作是一項專門技術，爲免除決策者、規劃者及一般民眾閱讀專門技術資料的困擾，本計畫所設計之土地利用潛力評估(land capability analysis)，乃將調查區內之各種地質災害問題總合歸納，並考慮土地開發與災害防治成本，以電腦分析而求得調查區之土地就都市發展或工址選擇之利用潛力。一地區所發生的災害愈少或甚至沒有災害發生，則災害防治成本必低，其利用潛力將愈高；反之，其利用潛力將降低。基於這個觀念，若能對土地的利用潛力先進行評估，然後再配合其潛力做適當的使用，則山坡地資源將可獲得合理的利用，而且災害發生率將降至最低。

(一)土地利用潛力之評估步驟

土地利用潛力之評估可依下列六項步驟進行：

(1)決定土地之利用型態—土地利用潛力之評估，首先必須決定土地的利用型態。本計畫僅就土地適合做都市發展或工程基址之用而加以探討，其他型態之土地利用潛力評估，只要將指數稍加更改，即可比照辦理。

(2)判定何種地質災害將會影響土地的利用價值，並圈定其分佈範圍—調查區內可能存在之地質災害有山崩、斷層、土壤侵蝕、基礎沉陷、地盤下陷等。其中某些地質災害的分佈範圍已標示於環境地質圖。但土壤侵蝕(土壤受蝕性)與基礎沉陷則必須另備資料基本圖。

(3)辨識不利地形條件之分佈範圍—地形太過陡峭的地區(本計畫採坡度大於 55%者)，在開發時挖填均較大，且容易引發地質災害，其開發與災害防治成本均偏高，作爲都市發展用地使用時既不經濟而且安全堪虞。民國七十二年七月內政部頒佈之〝山坡地開發建築管理辦法〞中亦明文規定坡度陡峭者，不得開發建築。

(4)將地質災害之嚴重程度分級(表附 9-5 第 2 欄)—各種地質災害可根據其防治之難易或防治費用之高低加以分級。本研究參考美國地質調查所於 1970 至 1976 年間在加州所作之研究結果(Laird and others, 1979)，再兼顧國內地狹人稠、土地資源稀少等情況，將標準稍加放寬。基本上每種災害之嚴重程度可分成三至五級，分別以 0,1,2,3,4 代表，其數值愈大則表示防治成本愈高，處理的難度亦增加。0 代表不需處理者，1 代表處理容

易者，2 代表處理稍難者，3 代表處理很難者，4 代表處理極難或甚至無法處理者，由於分析的步驟牽涉到地質資料數量化的轉換，較爲複雜。其詳細內容留待下一節說明。

(5)決定單項災害防治成本指數(表七第 3 欄)與坡地開發成本指數—各種災害分級一旦確定之後，可經由 Laird and others(1979)所創立之計算公式估算每單位面積內之地質災害防治成本。

表七　地質災害之防治成本指數

地質災害類別	災害嚴重等級	單項災害防治成本指數
邊坡破壞	0 1 2 3	0 5 10 20
土壤沖蝕	1 2 3	1 2 3
基礎沉陷	0 1 2 3	0 2 3 10
地盤下陷	0 1 2 3 4	0 2 3 10 20
坡度大於 55%	-	26

邊坡破壞防治成本的來源主要可分爲兩大類，一爲工程地質調查費用，包括□初步地質報告，含前人有關報告之研判、航照判釋、地表地質圖之製作及少數地物探勘之剖面；□地下地質調查，含挖掘明坑、明溝、取樣試驗、坡度穩定分析和綜合研判；□詳細之工址工程地質調查，含鑽探、土壤分佈圖及試驗、整坡工程與特殊之基礎設計。另一類爲減輕地質災害的費用，該費用之估計因坡地條件的不同，變化很大，約爲工程構築費用的 1%至 50%。在美國，經過實例查訪，並統計分析後，若以住宅區爲土地利用方式，其花費於防治邊坡破壞的成本，依據山崩潛感性的高低順序依次爲 200,000，100,000，50,000 及 9,000～0 美元，此種歸類可分別對應於本計畫中山崩潛感性分析之分級，由於國內並無類似的統計資料，本計畫遂

逕取其費用之比值，即 20、10、5、0，並稱之爲防治成本指數。

基礎沉陷的防治成本要花費於□地下地質調查費用、□整坡費用、□適當的回填及□特殊之基礎設計等。依據災害程序之高低順序，美國之統計數字(以住宅區爲土地利用方式)爲 100,000，30,000，20,000，2,000 美元，本計畫逕取其費用之比值，即 10、3、2、0。

Laird 等人(1979)的研究報告中，關於土壤侵蝕一項，係考慮因侵蝕所造成的耕土流失以及於沉積區將淤泥清除所需之費用。若以住宅區爲土地利用方式而言，其總費用僅約數百美元，與前兩項地質災害之防治成本實無法相較。但鑑於本省的雨量充沛，侵蝕作用旺盛，坡地開發時所造成的裸露坡地，必須實施水土保持工作，以抗侵蝕並穩定坡面，故將其地質災害防治成本之比值設定爲 3、2、1。

地盤下陷於本省山坡地主要是因地下採煤所造成，其防治成本主要發生在詳細之工程地質調查以及基礎改良與特殊之基礎設計，由於缺乏類似邊坡破壞防治成本之統計資料，本計畫依其可能發生下陷的程度設定災害防治成本比值爲 20、10、3、2、0。

若將同一地格(CELL)(本計畫係以25公尺 x25公尺爲單位)之各項災害防治成本指數總合起來，即得另一數值，可反應此地格之〝開發成本指數〞。

以上所謂的「災害防治成本指數」與「開發成本指數」之計算方法均採用國外之統計資料，國內尚無相關資料可資引用。因國情有所不同，若指數需要變更，祇要將電腦程式稍加更易，對本計畫的影響並不大。

(6)決定土地之利用潛力—將每一地格之開發成本指數按表八之分級，即可得到各地格之土地利用潛力值。計可分成很高、高、中、低、很低等五級。

表八　依開發成本指數而分級之土地利用潛力

土地開發成本指數之界限	土地利用潛力等級
1～5	很高
6～10	高
11～20	中
21～25	低
大於 25	很低

(二)地質災害之分級方法

地質災害之分級爲評估土地利用潛力的關鍵，此節將更進一步討論各項災害之分級原則。除土壤侵蝕與地盤下陷外，地質災害之分級原則大多參考 Laird and others (1979)的作法，再予以修飾而成。

(1)邊坡破壞

可分成 0、1、2、3 等四級，並直接與山崩潛感性分析結果相對應(表附 8-6)，各級邊坡之特性如下：

0—主要分佈於坡度 0～5%之平地，其坡高不高(低於 10～20 公尺)，地盤穩固，無邊坡滑動之虞，利用時不 5 須工程處理。

1—主要分佈範圍可歸納爲兩大類：(1)坡度 0～5%之平地，坡高高於 10～20 公尺，目前正受崩塌、河岸侵蝕或表層沖蝕等地質作用之侵襲，或爲廢棄土石、崩塌土石之堆積區，屬山崩潛感性中低者；利用時必須針對潛在災害的地質特性施行工程處理，但因地勢平坦，處理容易；(2)坡度 5%～30%之坡地，除抗蝕能力較強者，可能正受河岸侵蝕或表層沖蝕作用之侵襲(如ⅡAd，ⅡAe)外，其地盤穩固，發生邊坡滑動的可能性較低，屬中低潛感性者；因坡度較陡，利用時必須花費整坡並構築適當的護坡及排水工程，以防止因人爲開挖所可能誘發的地質災害。

2—主要分佈範圍可歸納爲兩大類：(1)坡度 5%～30%之坡地，目前正受河岸侵蝕或表層沖蝕作用之侵襲，或爲廢棄土石、崩塌土石堆積區，屬山崩潛感性中高者；利用時必須針對所遭遇的地質災害，先做詳細調查，了解其他地質情況及分佈範圍，然後施行工程處理，由於坡度較

陡，工程費用與處理難度均相對地提高；(2)坡度大於 30%之坡地，除抗蝕能力較強之岩層，可能正受河岸侵蝕或表層沖蝕作用之侵襲(如ⅢAd，ⅢAe)外，其地盤均未受過擾動，屬山崩潛感性中高者，但因坡度陡峭，整坡作業不易進行，花費較多，且必須構築適當的工程設施，以防止因人爲開挖所可能誘發的地質災害。同時，基岩非常軟弱，且曾經發生過崩塌或河岸侵蝕的平坦坡地(坡度 0～5%)，如 ICc，ICd，以及坡度大於 30%之強岩崩塌土石堆積區(如ⅢAb，ⅢBb)，亦皆併入此級。

3—主要分佈於岩性中弱且坡度大於 30%之坡地，目前正受崩塌、河岸侵蝕或表層沖蝕等地質作用之侵襲，其地盤受地質營力之影響，發生山崩的可能性極高，屬山崩潛感性高者；利用時必須先做詳細的調查，了解地質災害的種類、原因、與分佈範圍，然後再針對地質災害的特性，施行工程處理，且因坡度陡峭，施工困難，花費甚鉅，土地利用潛力甚低。同時，坡度 5%～30%之中弱岩坡地，如已有崩塌災害發生(ⅡBc，ⅡCc)以及坡度大於 30%之廢棄土石堆積，均併入此級。

(2)土壤侵蝕

填土與開挖均使土石暴露，如果沒有適當的水土保持措施，很容易引起土石流失，甚至沖刷地基，然後沉積在山溝或排水系統，阻塞流道。每逢下雨，逕流無法完全經由天然或人工流道排洩，乃造成山洪、沖毀房舍或其他建築工事與傷及人畜。

控制土壤侵蝕(soil erosion)的因子，依土壤通用侵蝕公式(USLE)(USDA, 1965 and 1978)計有：降雨侵蝕能力(R, erosivity)、土壤受蝕性(K, erodibility)、斜坡角度(S)、斜坡長度(L)、作物與植生經營(C)，與水土保持經營(P)等。土壤受蝕性爲其中一項重要因子，它代表土壤本身對侵蝕作用的抵抗能力，是爲土地利用方式或水土保持時應考慮的重要項目之一(王新傳和林登鴻，1970；黃俊德，1979)。

本計畫參考前人的研究成果(王新傳和林登鴻，1970)，並觀察實際之侵蝕狀況(如表土沖蝕和向源侵蝕)，將調查區的土壤受蝕性歸納爲三類，分別具有

下列特性：

1—受蝕性分級爲第 1 或第 2 級之地文土壤單位(潘國樑，1981；龔可珍，1983；Liu, 1982)，土壤較不易流失。

2—受蝕性分級爲第 3 級之地文土壤單位；或向源侵蝕作用輕微之地區；或有表土沖蝕現象之地區。

3—受蝕性分級爲第 4 或第 5 級之地文土壤單位，其土壤極易流失；或向源侵蝕作用旺盛之地區；或表土沖蝕嚴重之地區。

(3)基礎沉陷

可分成 0、1、2、3 等四級，其特性如下：

0—坡度小於 5%之坡地，且地盤穩固者，無需開挖整地，並已自然夯實。

1—坡度介於 5%～15%之坡地，且盤穩固者，須稍做整地，填平工程，但其挖填方較小。

2—坡度介於 15%～30%之坡地，且地盤穩固者，其挖填整地作業較 1 級花費高，且其基礎之材料與設計費亦較昂貴。

3—坡度大於 30%之坡地，且地盤穩固者，其挖填整地作業均極爲昂貴，且因填方較多，基礎之調查、分析、設計須十分精細；或任何坡度之不穩定地盤，如廢棄土石、崩積土、斷層破碎帶及擾動或軟弱之岩盤等，其須挖除原地表之堆積物，換填適當的材料，基礎結構亦須妥善設計。

(4)地盤下陷

坡地的地盤下陷主要與地下採煤有關。若煤層之厚度爲已知條件，則由煤層之開挖寬度(W)與開採深度(D)可預測地盤下陷之最大下陷量(NCB，1975)。若地盤下陷的發育已達臨界下陷量(Orchard, 1954)以上，亦即 W/D 值大於 1.3，則中圖 8 之預測曲線可得最大下陷量(位於開採面中心區之正上方地表)。若 W/D 之值小於 1.3，則由圖 8 所得之結果須按圖 9 修正之。而開採面中心點正上方地表以外之地點的下陷量，可依該位置與中心點之水平距離與開採深度之比值由圖 10 得知。地盤下陷可按下陷量對建築物之破壞程度分爲

0、1、2、3、4 等五級(NCB，1975)。各分級條件如下：

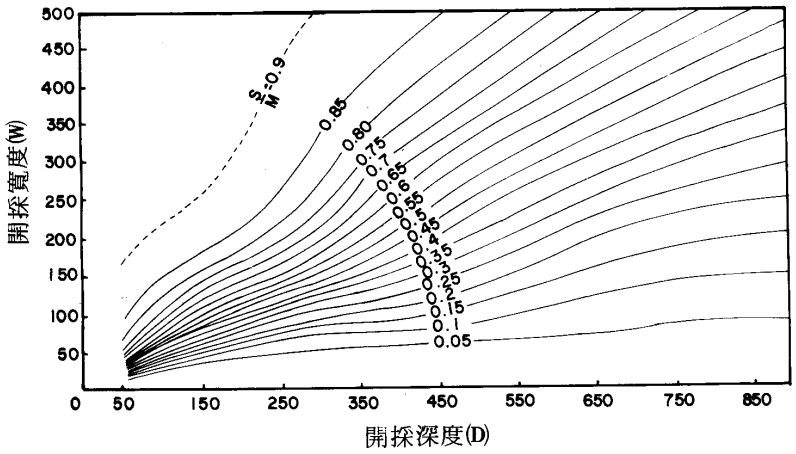


圖 8　最大下陷量(S)與開採深度(D)、開採寬度(W)、及煤層厚度(M)之關係曲線(仿 NCB，1975)。

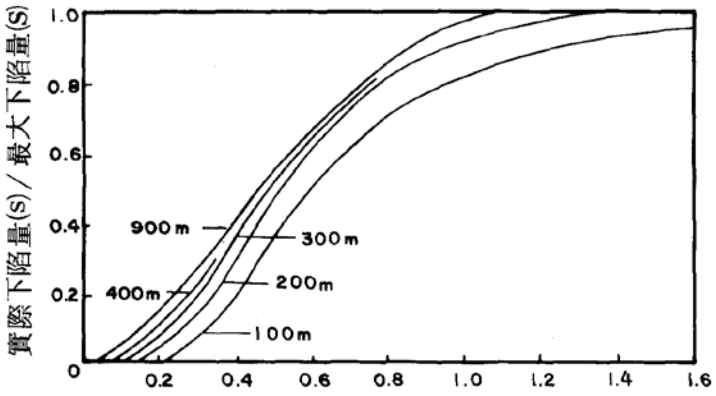


圖 9　W/D 值小於最大下陷量發生之臨界值時，開採面中心點正上方地表之實際下陷量可由附圖一所得結果修正之(仿 NCB，1975)

0—下陷量小於 3 公分。

1—下陷量介於 3 公分至 6 公分之間。

2—下陷量介於 6 公分至 12 公分之間。

3—下陷量介於 12 公分至 18 公分之間。

4—下陷量大於 18 公分。

(5)坡度大於 55%

坡度超過 55%之坡地即過於陡峭，不適於開發爲都市發展用地，其土地

利用潛力很低。

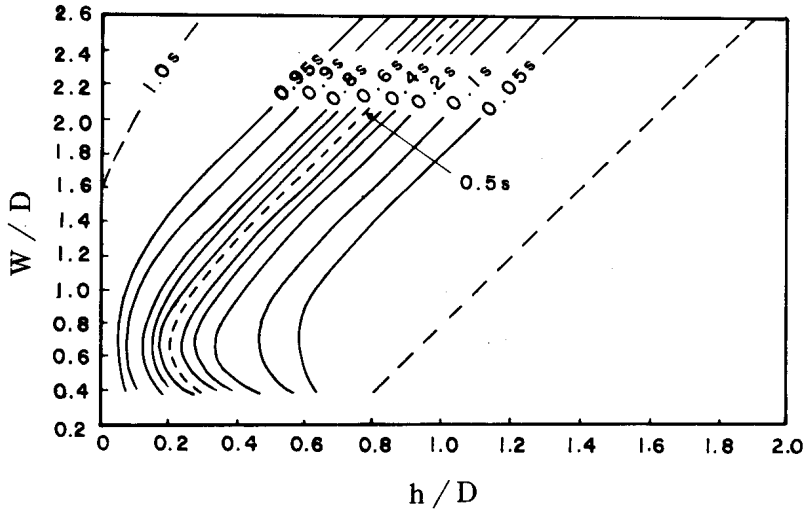


圖 10　下陷範圍內之每個地點之下陷量可依該點與開採面中心點之水平距離(h)與深度(D)之比值求得

2.4 山崩潛感圖與土地利用潛力圖之數值化處理

由於在分析山崩潛感性或評估土地利用潛力時，需將多種資料圖層加以疊合分析(圖 11)，因此數據資料極爲龐雜，若以人工計算，不但費時至鉅，且誤差較大，故必須借助於電腦之快速處理功能。全部處理作業過程，依序爲資料輸入、圖形網格化轉換、邏輯組合分析、與資料輸出等四個步驟。

3. 各種圖類之內容與用途

3.1 環境地質圖

3.1.1 圖幅內容

準備多種基本資料圖是進行土地利用潛力評估的首要步驟(圖 11)，這些基本資料圖包括坡度圖、地質圖、與山崩分佈圖等，視評估所需資料之多寡而定。而環境地質圖乃是將各種基本資料擇要編纂而成，因此環境地質圖中標示有地質(地層與地質構造)、地形(坡度)、以及地質災害之種類與分佈範圍等資料，可據以了解調查區的環境地質概況。

(1)地質資料

地質資料主要包括地層與地質構造。一般地質研究所繪製的地質圖，由於比例尺較小(1:25,000 或更小)，往往只著重在地層單位的劃分(如卓蘭層、頭嵙山層等)，鮮有考慮每一地層單位岩性(如砂岩、頁岩)之變化。本計畫所採用之調查底圖係五千分之一比例尺像片基本圖，精度不同於一般小比例尺地質圖，在地層描述方面，不但要說明地層單位，還要就各層中岩性之變化再加細分，因此在同一地層中，常會劃分出許多岩段(圖 12)。

要研究地殼變動所造成的地質構造現象，必須先知道岩層的幾何排列方式，稱爲層態(attitude)。係指岩層的層面和水平面的關係而言，層態可分爲走向(strike)和傾斜(dip)兩要素，它們可用來決定一個平面在空間的姿態。岩層的走向係指地層面與水平面相交線的方向，從北方量起。岩層的傾斜係指地層面和水平面的夾角，量測時須由垂直於走向線的垂直面上量得(如圖 13 的α角)。傾斜必須包含傾斜方向和傾斜角度兩要素。層面的傾斜方向必須和它的走向成直交(圖 13)。在地質圖上的符號爲〝$\angle\alpha$〞，斜長線爲地層走向，短線示傾斜方向，〝α〞表示傾角度數。在報告上常寫成(例如)走向爲北偏東 15° ，向南傾斜 30° ，或北 15° 東，向南傾斜 30° ，以符號表示時，則可寫成(N15° E，30° S)。坡向與地層傾向一致的坡面，稱之爲順向坡(dip slope)，環境地質圖中記載地層層態與地形(等高線)，對於順向坡的分佈自可一目瞭然。

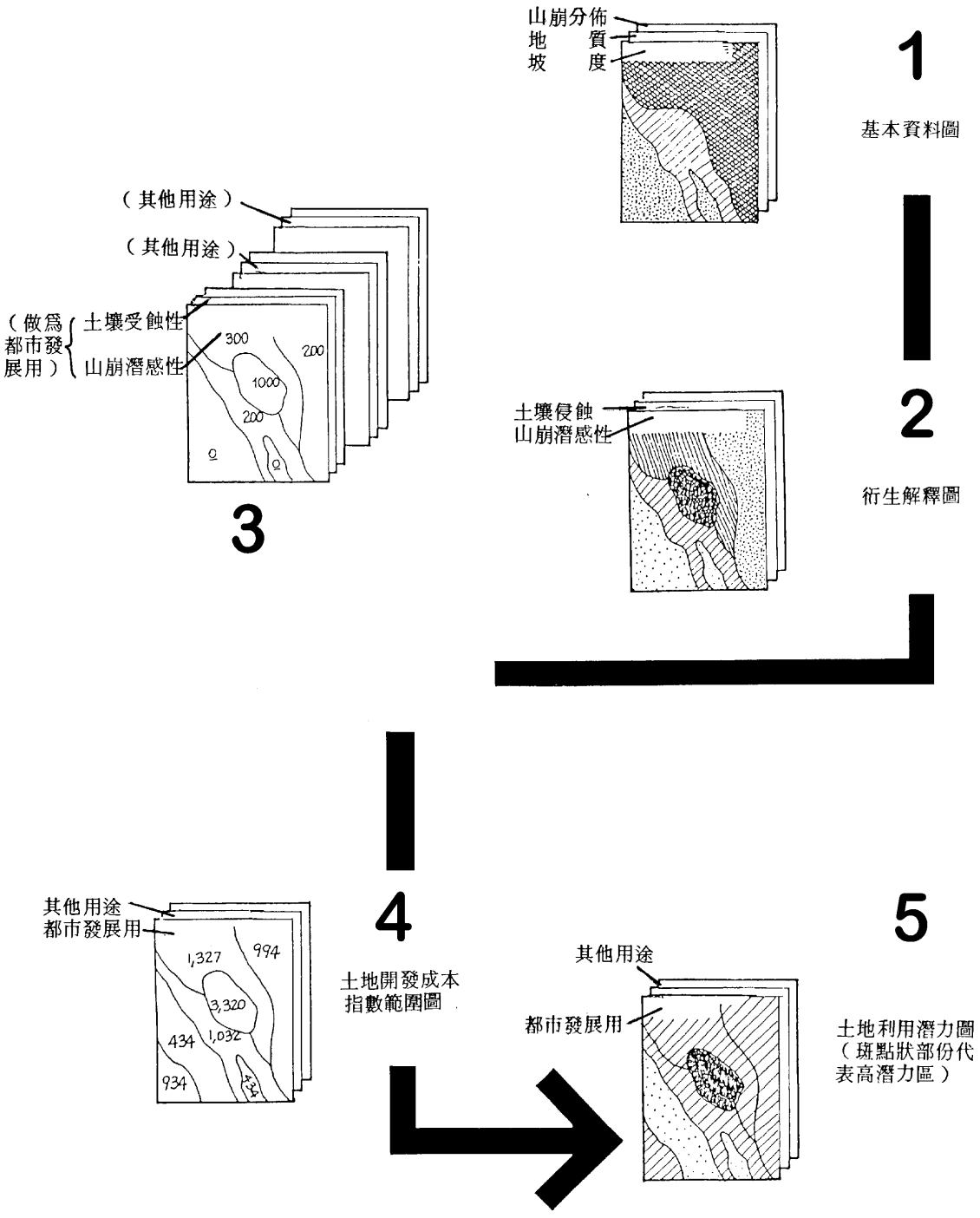


圖 11　土地利用潛力圖之製作程序(Laird and others, 1979)

圖 12　比例尺與地層描述精確性關係圖

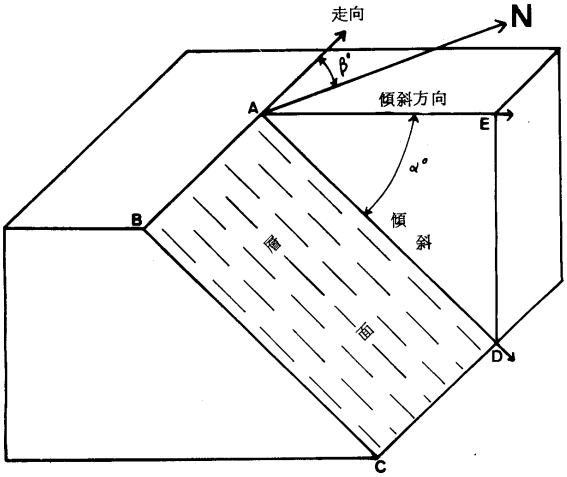


圖 13　地層走向、傾斜與傾斜方向之關係示意圖

岩石受擠壓後會發生傾斜或呈波浪狀的彎曲，稱爲褶皺或褶曲作用(folding)(何春蓀，1980)。岩石一經褶曲就永遠變形，不能再恢復原狀，所以褶皺作用代表一種可塑性的變形，也表示地殼運動有足夠的力量使岩層發生彎曲(一般係在地殼深處，溫度與壓力均高的情況發生)而超過其彈性限度，但尚未達到破裂階段。

褶皺(fold)的大小幅度不等，最小的只能在顯微鏡下看到，最大的寬度可能達到幾公里以上。褶皺的形狀也變化多端，有的呈狹長形，有的呈短圓形，也有的呈各種不規則形狀。褶皺爲隆起的山脈中最常見的構造現象，對礦體的形成和石油的積聚等也有重要的關係。如果有很多的褶皺相連在一起，接續出現，就造成一個褶皺帶(fold belt)，很多主要山脈的中間都有此現象。

一個褶皺的主要部份有下列各種：軸脊(hinge)或稱軸線(axis)是把一個褶皺中任何一個地層的彎曲度最大的各點連結起來所得的一條線，或是下面所說的軸面和任何一個地層面相交的一條線。軸面(axial plane)是盡可能把一個褶皺分成相互對稱兩半的一個面，或者軸面包括一褶曲中所有各地層軸線的一個假想面。軸面不一定都是幾何上的平面，多少有些彎曲，或許稱之爲 axial surface 比較妥當。一個褶皺的翼(flank; limb)就是從它的軸面連到相鄰一褶皺面的部份，一個褶皺的右翼即其相鄰一褶皺的左翼。一個褶皺中的最高點不一定就是它的軸脊或軸線，褶皺中的最高點名叫褶峰(crest)其最低點名叫褶谷(trough)，見圖 14。

如果一個褶皺的兩翼的角度大致相等，軸面垂直，就叫做對稱褶皺(symmetric fold)。如果褶皺的兩翼角度不相等，就叫做不對稱褶皺(asymmetric fold)，這時褶皺的軸面往往是傾斜而非垂直的。

岩層經過褶皺以後，可以向上凸出，也可以向下凹下，於是我們可以把褶皺分成兩大類。一種名爲背斜層(anticline)，構成背斜的岩層向上隆起，兩翼分向相反的方向傾斜，較老的岩層居(或出露)於褶皺彎曲中心。另一種叫做向斜層(syncline)其中的岩層向中間凹入，褶皺中的兩翼向同一中心傾斜，較新的地層居(或出露)於褶皺的彎曲中心。附圖七表示背斜層和向斜層的構造現象。在地質圖上背斜的符號〝 〞，向斜的符號〝 〞，斜長線表示軸線的走向，箭頭表示岩層的傾向。

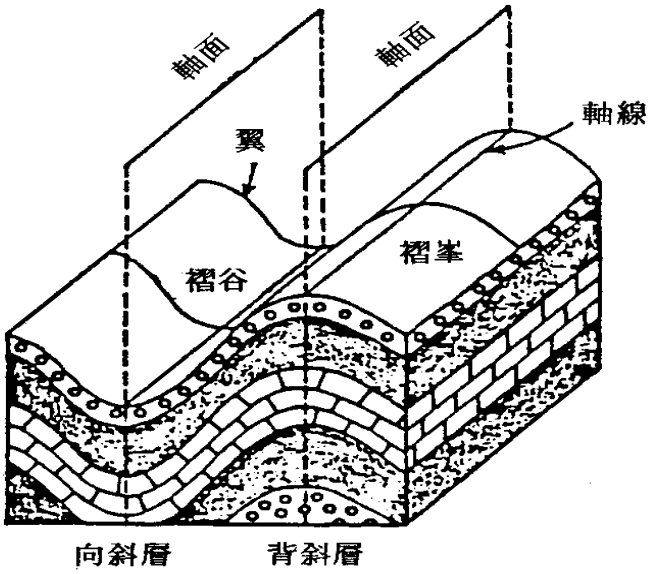


圖 14　一個褶皺的各部分名稱

褶皺的褶線有時不呈水平面而呈傾斜者，即造成傾沒褶皺(plunge fold)，傾沒的描述需要兩個要素：一爲傾沒角(plunge angle)，就是軸線和其水平面投影線間所成的夾角；另一是軸線的傾沒方向，見圖 15。

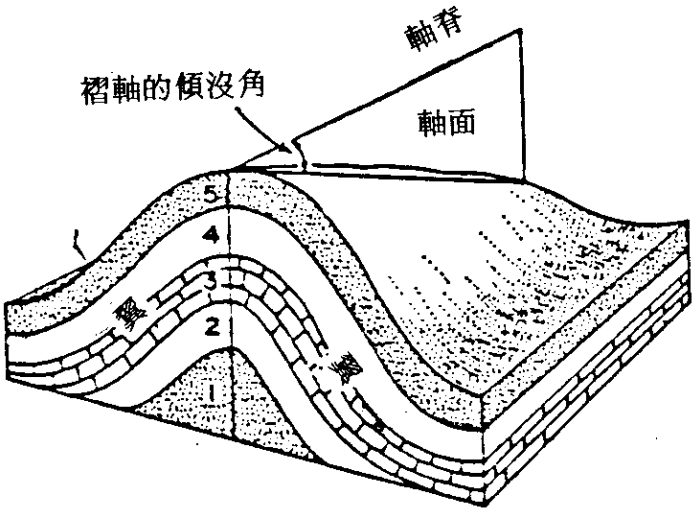


圖 15　褶皺的傾沒與傾沒角

在不傾沒的褶曲中，各岩層的走向大致和軸線平行；但是在傾沒的褶曲中，各岩層都在軸線閉合(converge)。在背斜層中，地層閉合的方向就是它的傾沒方向；在向斜層中，地層閉合方向和它的傾沒方向相反。一個褶曲的兩端如果都向下傾沒，就叫做雙傾褶曲(doubly plunging fold)。

除了背斜層和向斜層外，另外尚有幾種較重要的褶皺型式如下：

穹丘(dome)爲一個長和寬相等的背斜層，但是沒有兩翼的分別。所有岩層都

由中間最高點向各方向傾斜，好像一個倒置的碗。

構造盆地(basin)是一個四週皆向中心傾沒的向斜層，像一個內面向上的碗。

倒轉褶皺(overturned fold)褶皺中的兩翼向同一方向傾斜，其中一翼傾角超過九十度而成為倒轉翼(overturned limb)，另一翼為正常翼(normal limb)。

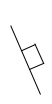
偃臥褶皺(recumbent fold)為一種倒轉褶皺，其軸面近乎水平，兩翼平臥。

等斜褶皺(isoclinal fold)褶皺中的兩翼幾近互相平行，軸面的傾角或平或直或傾斜均可。

單斜層(monocline)是兩端都是平緩的地層，但是中間有局部的陡急傾斜出現，就是地層發生局部的彎曲(bending)。

構造台地(structural terrace)是兩端都是較陡的岩層，中間部份突然平緩，狀如一級台階。

節理(joint)是岩石經過變形後到達破裂階段時所造成的一種破裂面，但是在破裂面兩側的岩層沒有沿著裂面發生相對的移動，可能只有與裂面近於垂直的運動。節理面大致是一個平面，但是也有呈彎曲的。節理面有的垂直，有的水平，也有的呈各種不同的傾角和傾向，都和岩層面呈一定角度相交。節理的大小寬深都隨地而有變化，沒有一定的規律。

節理在岩層中幾乎沒有單獨出現的，總是造成一群節理，彼此略相平行，這就叫做節理組(joint set)。每相鄰兩節理的間距有的僅數公分，有的可以寬達數公尺。如果兩組或者兩組以上的節理相交成一定的角度，這就構成了節理系 joint system)。節理在工程地質上的重要性已如前述(第1.3.1 節)，其在地質圖上的符號為〝  α〞斜長線表示節理面的走向，小正方形則指節理面的傾斜方向，α為其傾角。

斷層(fault)也是一種屬於破裂性的變形，不過在破裂面兩側的岩層曾沿著裂面發生相對的移動，或是上下移動，或是左右前後移動。斷層有時為一清晰明顯的斷裂破碎面，稱為斷層面(fault plane)，但通常都成為一個斷層帶(fault zone)，具有相當的寬度。斷層帶多由斷層兩側的破碎岩塊和碎土堆積膠結而成，其中有時尚含有若干小斷層，這時候要認識主斷面就比較困難。斷面可以作種種角

度的傾斜。在斷面上方的岩層稱爲上盤(hanging wall)，在斷面下方的岩層稱爲下盤(foot wall)。如果斷面垂直，就沒有上下盤的分別。

斷層兩側岩層所發生的移動都是相對的，因爲在斷層發生時究竟是上盤的岩層在移動，或者是下盤的岩層在移動，或者上下盤岩層均發生移動，已無法追究。所以主要斷層的分類是以斷層兩側岩盤所發生的相對移動爲準，而不是它的絕對移動。根據這種標準，可以把斷層分爲三大類(圖 16 即表示不同類型的斷層)：

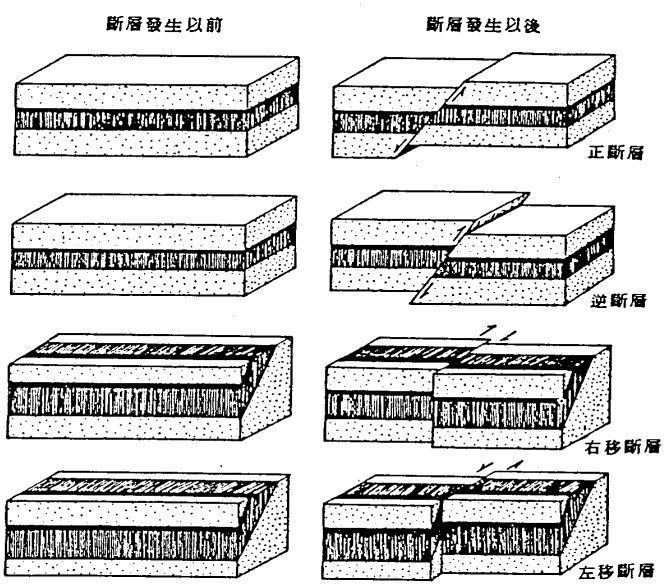


圖 16　主要的斷層種類(何春蓀，1980)

正斷層(normal fault)

這類斷層的上盤沿著斷面對著下盤相對地向下移動，常常代表地殼受到張力後沿著斷面向兩側拉裂所造成的斷面，或是地殼由下向上隆起所形成。正斷層主要是垂直方向的運動，在斷層移動後常常可以形成明顯的斷崖(fault scarp)，大部份的斷面傾角在 65 至 90 度間。正斷層的出現常不成一個單獨的斷面，而往往有一群相互平行的正斷層在同一地區出現。

逆斷層(reverse fault)

這類斷層的上盤沿著斷面對著下盤相對地向上移升，往往是地殼受到兩側壓力推擠所造成，代表著地殼受到側面的擠壓緊縮所造成的斷面，所以逆

斷層常和褶曲帶共同出現，也常常可以有極長距離的推移。有人把斷層面的傾角小於 45 度的逆斷層叫做逆衝斷層(thrust fault)有時斷面也可以近於水平。

橫移斷層(strike-slip fault)

這類斷層沿著斷面沒有上下垂直的移動，主要的是沿著斷層面走向發生水平方向的左右移動，斷面常近於垂直。橫移斷層主要也是由壓力所造成的，可以再分爲兩類：如果斷層左方的斷塊相對地向觀測者(他的視線和斷層走向平行)移近過來，這就叫做左移斷層(left lateral fault)。如果斷層右方的斷塊相對地向觀測者移近過來，這就叫做右移斷層(right lateral fault)。

岩層經褶曲作用而發生彎曲後，在軸部附近會產生許多裂隙，使得該處的岩層較爲破碎(圖 17)；斷層作用亦會造成一斷層破碎帶。因此在工程地質調查時，必須確認這些弱帶的存在。

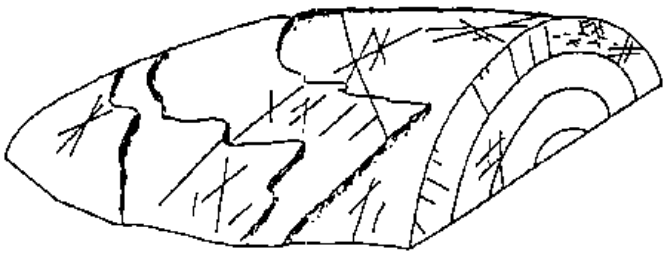


圖 17　褶皺軸附近所產的許多裂隙(Spencer, 1977)

(2)地形資料

坡度圖是進行土地利用潛力評估所需的多種基本資料之一。調查區的坡度經分析後將之分爲五級：　0～5%(0˚～3˚)，　5～15%(3˚～8.5˚)，　15～30%(8.5˚～17˚)，　30～55%(17˚～28.8˚)，　大於 55%(大於 28.8˚)。若將坡度分析資料全部描繪在環境地質圖上，會使圖幅顯得複雜而混亂，故本計畫僅將坡度小於 30%的坡地分佈範圍繪製於環境地質圖上。另外，做爲環境地質圖底圖的等高線，亦可提供詳盡的地形資料，不但顯示坡度陡緩，並可研判斜坡方向。若與地層的走向與傾斜符號配合分析，尙可決定邊坡爲順向坡或逆向坡。

(3)地質災害資料

環境地質圖中以不同符號標示出各種已發生的地質災害，如山崩、河岸侵蝕、向源侵蝕、廢棄土石或崩塌土石堆積區、現有下煤坑分佈範圍等。不但顯示災害的種類，而且其地點與分佈範圍亦可一目了然。它們均經過航照判釋與野外證實，資料極爲珍貴。

3.1.2 圖幅用途

(1)分區規劃

環境地質圖中明顯指出各種已發生的地質災害之分佈範圍。在分區規劃時憑藉該等圖類，可直接且迅速地了解欲規劃地區的環境地質資料。其危險性較大者可列爲保留地，不准擾動；其危險性中等或較小者，在合乎經濟原則下，經過確實的工程處理後，即可准予營建；其不見危險性的地區則可以高密度的開發。如此之土地利用方法，不但可減少災害發生，而且就規劃工作而言，亦可收事半功倍之效。本省有限的土地資源斯可獲得合理而經濟的利用。

圖 18 即爲一利用環境地質資料進行分區規劃的例子，(a)爲一區域地形圖，依地形進行規劃的結果如(b)所示；(c)爲經過環境地質調查後完成之環境地質圖，據以規劃的結果如(d)所示。(d)與(b)迥然不同，最大差異有四：(1)圖幅右中側爲一滑動面很深，而且很難處理的活動崩塌地，不適合開發爲建築用地，應規劃爲綠地；(2)圖幅中上部爲洪水淹沒區，並有活動斷層經過，不適合做爲機關及商業用地，亦應規劃爲公園綠地；(3)圖幅左下方爲一穩定山坡地，適合開發爲住宅區；(4)圖幅左中部分爲極穩定且無潛在災害之平地，應將重要的商業區與機關所在地放置於此。由此可見，環境地質圖對分區規劃作業的重要性。

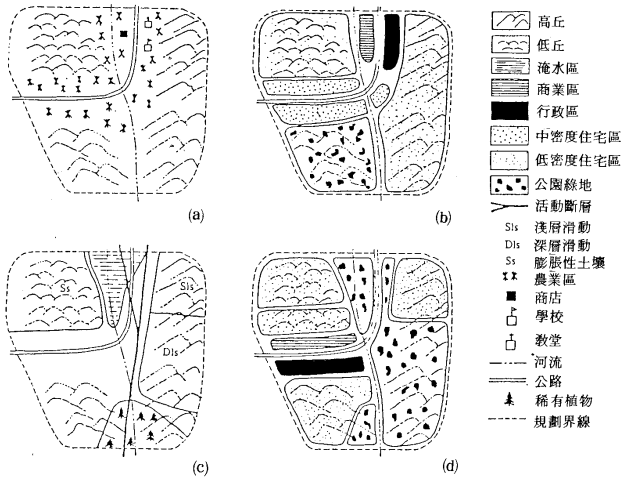


圖 18　環境地質圖應用於分區規劃示意圖

(2)山坡地建築管理

民國七十二年七月七日內政部頒佈實施及民國七十九年二月十四日修正之「山坡地開發建築管理辦法」中，在區位選擇一章裏規定山坡地有下列情形之一者不得開發建築(僅列與環境地質有關者)：

◎坡度陡峭者

◎地質結構不良、地層破碎、活動斷層或順向坡有滑動之虞者。

◎現有礦場、廢土堆、坑道及其周圍有危害安全之虞者。

◎有崩塌或洪患之虞者。

◎河岸侵蝕或向源侵蝕有危及基地安全者。

以上各項特殊情況均顯示於環境地圖內，且可由圖中覓得其確實之分佈範圍。因此境地質資料庫可直接且迅速地應用於山坡地的建築管理。

(3)工程選址與選線

工程營建當以安全基址或路線爲選擇目標，工程師非有絕對需要將不會選擇活動斷層通過，或活動崩塌地等不安全的地區做爲工程基址。例如核能電廠不准建於活動斷層帶上，路要避開大崩塌地或河流向源侵蝕區等。這些地質危險地區均顯示在環境地質圖上。籍此，選擇的工作將迅速而有所依據，如果需要工程處理時，亦因曉得地質危險的原因而知對症下藥。

(4)水土保持

環境地質圖中顯著標明調查區內之崩塌地、河岸侵蝕地段、及土地發生侵蝕的區域和種類。侵蝕作用會使土壤流失，如果發生在坡趾附近，則可能會因淘空坡腳而崩塌。此外，侵蝕區下游會淤積土石，造成另一種地質災害。因此必須在崩塌地及侵蝕較嚴重地區，實施水土保持工作。參考環境地質圖可迅速且正確地找出必須施行水保工作的區域，既省時又具實效。

(5)災害防治與地質危險帶之管制

山坡地是本省極爲珍貴的土地資源，爲了改善人們居住環境的品質而予以開發，實符合地盡其利的原則。但有些山坡地其地質具有危險性，開發時如果沒有良好的經營與管制辦法，很可能會引起嚴重的災害。災害的控制有預防、

防備、急救與修復等四法(Dynes and others, 1980)。防止災害的發生稱爲預防；若災害無法防止(如地震、颱風等)，則在災害來臨前(如果預測很準的話)應預爲準備，如成立防災中心，規劃避難程序，或準備警報系統等，即爲防備，預防與防備爲災害發生前之防災措施，俟災害發生後才採取之救災措施則可分爲立即與長期救災兩種，前者屬於急救，後者則爲災後之修復工作。急救措施包括提供食物、醫藥、或避難所給災民，調查損害情形，以及儘速恢復通訊與交通等。修復工作則屬長期措施，例如災區重建(在同一地方或易地爲之)或預防及防備借施的檢討與改進等是。在災害控制的四項任務中，防備與急救屬於警政與社會救濟的領域，修復牽涉到一些科技問題，只有預防係完全屬於科技的研究範疇。其中又以預防最爲重要，亦最有效。因此追蹤地質危險區之範圍並瞭解其地質特性(環境地質調查)，乃是減少災害損失的首要工作。

一般對於地質危險區所採取的預防措施有規避、土地安定化、建築物結構安全化、禁建與限建，以及裝設警報系統等五種。有效的土地利用需要有合理的經營與管理辦法，而合理的營管需要有明確的規劃與開發程序。根據美國的經驗，坡地之開發先後需經過五層管制，分別爲一般規劃(general plan)、分區規劃(zoning ordinance)、細分規則(subdivision ordinance)、工址開發規則(site development ordinance)、及建築法規(building code)，而每一層管制均須有可靠的環境的地質資料作爲依據。茲舉幾個美國的例子來討論如何將環境地質資料應用於地質危險帶之管制，頗值得參考。

□洪水平原之管制

洪水平原依其淹水程度而大略分爲兩區，稱爲洪流區(floodway district)及洪流邊緣區(floodway fringe district)，如圖 19 所示。洪流區是指 100 年頻率的洪水所淹沒的區域。在這個區域內只能設立農牧場、裝卸場、公園、高爾夫球場、網球場、射箭場、划舟、橋樑、懸空管線等。洪流邊緣區係指 100 年頻率洪水之最高水位至洪流區之間的淹沒區。其所允許之土地利用包括上述洪流區內所允許者，及住宅之附屬結構(但必須錨固以防漂浮)、有沖蝕保護設施之填土(坡度至少要百分之一以上)，及建築物的基礎(但必須錨固)等。儲存在地面上的易燃及易爆物品則絕對禁止置放。

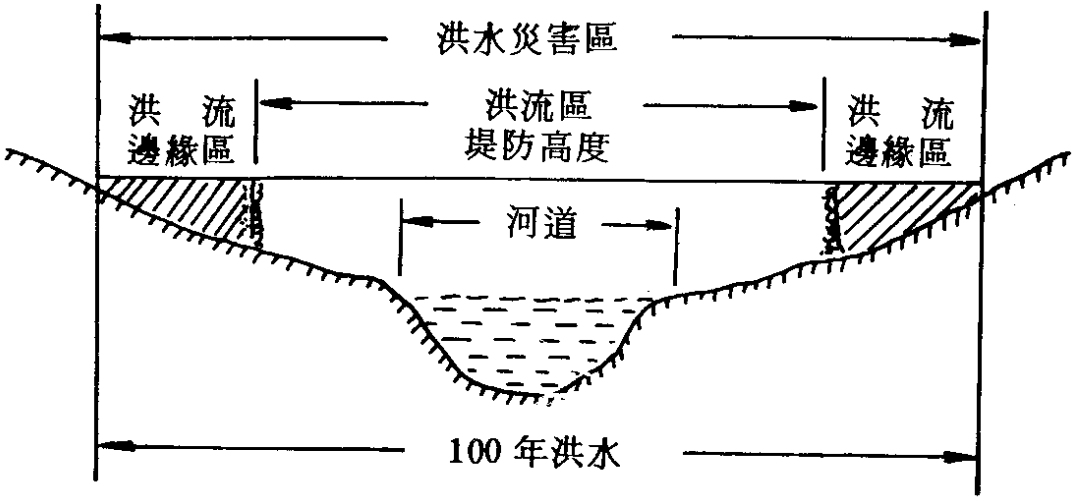


圖 19　洪水平原管制區

□活動斷層帶之管制

活動斷層指目前正在活動中，及曾經活動過目前呈休止狀態但未來可能再度活動的斷層。前者例如地震頻繁的花東縱谷斷層及本次發生烈震之中部地區有關之活動斷層，後者與其他不再活動之休止斷層主要之不同，即因其斷層機制仍在持續中(例如活動板塊邊界)，且短期之內不會終止，故推斷其未來可能會再度活動。在台灣最近的研究，大部分的活動斷層皆屬此類。

活動斷層對人類最主要的威脅主要爲：

(1)活動斷層常爲地震發源地

當斷層發生活動時會引發地震，其地震波地表加速度會造成鄰近地區房舍建物之損毀。

(2)斷層活動時造成地表錯動，直接造成跨坐其上之建物受損。

(3)具復發性。

由於活動斷層具有上述之危險性，故世界各先進國對於活動斷層地區皆有嚴格之限制建築規定。國內在 87 年初改版之建築技術規則－建築設計施工編－「山坡地建築章」第 262 條中亦針對活動斷層帶作了如下之限制：

歷史地震規模	不得開發範圍
M≧7	斷層帶二外側邊各 100 公尺
7＞M≧6	斷層帶二外側邊各 50 公尺

M＜6 或無記錄者　　斷層帶二外側邊各 30 公尺內

由上述規定可以得知要決定活動斷層帶之限建範圍必須先確定其歷史地震規模及斷層帶之位置。除了清末及日據時代以來至今所發生之活斷層因有歷史記載或地震記錄可得知其規模者外，大都爲無記錄者，此部分較易決定。至於活動斷層帶之位置則往往因不易由地表觀察，必須進一步地下探查才可得知。

國內過去對活動斷層之研究雖然很多，但因除一些近期曾發生地震之活動斷層外，無法確認其發生年代，故其是否具活動性不容易確定。中央地調所在去年(民國八十七年)正式出版了「台灣活動斷層分佈圖」由於是國內政府單位正式或發佈的資料，具法律地位。該項資料把台灣有文獻記載之活動斷層分成三類：

第一類活動斷層　　發生於全新世(距今一萬年內)者

第二類活動斷層　　發生於第四紀末期(距今十萬年以來)者

存疑性活動斷層　　需要進一步調查確認者(確認其是否爲上二類之一)

前二者爲確認之活動斷層，只是活動性有差異。本研究即根據此正式資料來研判斷層是否爲活動斷層，並依建築技術規則相關規定劃設禁建範圍作爲活動斷層敏感區。

統計資料顯示，震央發生在活動斷層帶上之機會相當大。斷層之真正位置若能十分確定，其管制帶應較嚴格。在禁建帶以外之土地並非即可興建密集式或高樓住屋。按照規定，其開發計畫書需經過專業技師之審查，看地層是否破裂或錯動，以及在斷層活動時是有否伴生褶皺現象。

□崩塌地之管制

加州 Town of Portola Valley 在 1969 時對崩塌地之管制即有一套具體辦法，現將其要點介紹如下，極具參考價值。

Portola Valley 地方政府爲制訂一個可行的管制辦法，曾召集一個由八人組成的委員會，成員包括三個地質師、兩個工程地質師、以及土壤工程師、律師、與規劃師各一名，由鄉鎮地質師(town geologist)任主席。該委員會所建議

之崩塌地限建準則如表九所示。

表九　崩塌地之利用準則

土地穩定度		道路		建築基地面積(公頃)			公用管線	水塔
		公有	私有	0.1	0.5	0.1		
穩定度降低	Sbr	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	Sun	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	Sex	〔Y〕	Y	〔Y〕	Y	Y	Y	〔Y〕
	Sls	〔Y〕	〔Y〕	〔N〕	〔Y〕	〔Y〕	〔Y〕	〔N〕
	Ps	〔Y〕	〔Y〕	〔N〕	〔Y〕	〔Y〕	〔Y〕	〔N〕
	Pmw	〔N〕	〔N〕	〔N〕	〔N〕	〔N〕	〔N〕	〔N〕
	Ms	〔N〕	〔N〕	N	N	N	N	N
	Pd	N	〔N〕	N	N	N	N	N
	Psc	N	N	N	N	N	N	N
	Md	N	N	N	N	N	N	N
	Pf	〔Y〕	〔Y〕	(使用活動斷層帶管制辦法)〔N〕				〔N〕

表中符號說明：

S　：穩定(Stable)
P　：潛伏性(Potential Movement)
M　：活動性(Moving)
Y　：可建
[Y]　：原則上可建，只要地質情況允許或工程處理可行
[N]　：原則上禁建，除非地質情況允許或工程處理可行
N　：禁建
br　：岩盤淺於一公尺(bedrock)
un　：緩坡上之未固結物質(unconsolidated material)
ls　：老崩塌地(ancient landslide debris)
s　：淺層崩塌(shallow landsliding)
mw　：陡坡上之塊體運動(mass wasting)，如落石
d　：深層崩塌(deep landsliding)
sc　：地層滑動，可見新鮮崩崖(scarp)

根據上表之分類，斜坡的穩定度可分爲三大類：穩定(以大寫 S 字頭表示)、有崩塌可能(以 P 字頭表示)、及活動性崩塌(以 M 字頭表示)。這些分類只適用於自然狀態下之斜坡，而不可適用於開發當中已受變動的坡地。一般

而言，穩定的地方(包括基盤很淺，緩坡等)均准許建築，除非遇到膨脹性土壤或老崩塌地，需要經過適當的工程處理方可使用。有崩塌可能之地帶，其較嚴重者如深層崩塌及地層滑動區完 全禁止建築；有落石之虞者，原則上禁建，除非實施穩固工程；而比較不嚴重的如淺層崩塌在經過挖除後即可使用。至於活動的崩塌地不管滑動面深淺則一律不准建築。

崩塌災害的預測應屬可行，其準確性相當高，一般可達百分之九十以上。

3.2 山崩潛感圖

土地利用潛力評估過程的第二個步驟，爲利用已知的基本資料分析歸納出衍生解釋圖(圖 12)，山崩潛感圖即是主要的衍生圖之一。

3.2.1 圖幅內容

山崩潛感圖乃是綜合坡度、基岩強度、破碎情形、風化程度、山崩歷史、河流侵蝕作用(包括河岸侵蝕和向源侵蝕)、表層沖蝕以及人爲因素等影響山崩潛感性的因子，經分析後繪製而成。圖中將調查區各部分在目前的自然狀態之下發生山崩的難易程度劃分爲低、中低、中高、高潛感性四級。

3.2.2 圖幅用途

山崩潛感圖可以顯示調查區內各部分在自然狀態之下發生山崩的機率(潛感性)。低潛感性多分佈於地勢平坦(坡度 0～5%)，地盤穩固、無邊坡滑動之虞、利用時不須複雜的工程處理，但在挖填方的情況下，則需符合工址開發的管理原則。中低潛感性之分佈區，一爲坡地低平(0～5%)，但正面臨崩塌、河岸侵蝕或表層沖蝕等地質作用之威脅，成爲廢棄土石、崩積土石之堆積區，利用時必須針對潛伏地質災害的特性，施行工程處理；另一爲坡度較陡(5%～30%)，但地盤穩固、發生邊坡滑動的可能性較低，利用時必須花費整坡並構築適當的護坡工程及排水設施，以防止因開挖而肇使災害發生。中高潛感性之分佈區，一爲坡度介於5%～30%的坡地，但正面臨河岸侵蝕或表層沖蝕等地質作用之威脅或爲廢棄土石、崩塌土石堆積區、利用時必須針對所遭遇的潛伏地質災害，先做詳細調查，然後施行工程處理，由於坡度較陡，工程費用或處理難度均會相對地提高；另一爲坡度大於 30%的坡地，其地盤未受過擾動，但因坡度較峭，整坡作業不易進行，

且必須構築適當的工程設施，以防止因開挖而肇使山崩災害的發生。高潛感性多分佈於坡度陡峭，且已有各種地質災害發生的坡地，利用時必須先做區域性的調查，甚至需要地下地質資料，然後再針對地質災害的特性，施行工程處理，由於坡度陡峭，施工不易，花費甚鉅，非不得已，實無利用之必要。

工程選址或規劃都市發展用地時，基於安全與經濟的考慮，自當優先利用山崩潛感性較低者。至於山崩潛感性較高之坡地，應儘可能避免利用爲建地，萬一不得已，非利用不可，則必須再經詳細工程地質調查，然後施行邊坡穩定及水土保持措施，方能減少災害的發生。

隨著山崩潛感性的昇級，邊坡的穩定性與土壤的沖蝕量將愈趨嚴重，故邏輯上，山崩潛感性愈高的地帶應儘量避免去動它。如果一定要將建築基地或路線的廊道放置於山崩潛感性高的地帶，則邊坡穩定與水土保持的費用將大幅增加，基每年維費也相當可觀，有時還可能發生嚴重的災害。總之，土地利用要適得其所，如果勉強使用，經濟上與安全上均須付出很大的代價。

3.3 土地利用潛力圖

土地利用潛力圖爲土地利用潛力評估過程的最終成果(圖附 1-4)。

3.3.1 圖幅內容

調查區供做都市發展或工址用地土地利用潛力經考慮邊坡破壞(山崩潛感性)、土壤侵蝕、基礎沈陷、地盤下陷、以及地形等因素後，可分爲很高、高、中、低、很低等五級，分別以不同的符別與頻色標示於五千分之一地形圖上，即本報告所稱的土地利用潛力圖。需要特別注意的是上述土地利用潛力之歸級，僅從環境地質及開發成本的觀點加以考慮，未及社會、經濟、文化等項因素。

3.3.2 圖幅用途

本計畫所繪製的土地利用潛力圖是以作爲都市發展或工址用地之可適性爲土地利用型態所做的評估結果。因此，土地利用潛力的高低將直接反應其做爲上述用途的可適性，可歸納如表十。一般而言，土地利用潛力愈高，可發展之密度亦愈高；土地利用潛力很低者則宜設定爲保護區，禁止作爲都市發展用地其土地利用潛力爲中等者，僅適合做低密度之開發或農業用地，同時必須注意潛在的地

質災害，開發前應做更詳細的工程地質調查，施工計畫應遵守山坡地社區開發與建築有關規則施工期間則應貫徹現場督導與勘驗的規定。

土地利用潛力圖除了可據以規劃都市發展或工址用地，及決定發展密度之外，尚可應用於其他土地利用方式的選擇，如表十所示。有關道路選線與環境地質的關係，請參閱表九的建議。

表十　山坡地土地利用可適性建議表

土地利用潛力	環境地質概況	土地利用可適性分析	開發建議事項	可能影響災害嚴重程度狀況
很高	1.地勢平坦(坡度 0～5%)，岩盤未受過擾動，無須複雜之開挖整地作業，並已自然夯實。 2.可能有土壤侵蝕問題。 3.參閱環境地質圖看是否有潛在地質災害。	容許高密度開發	A	1.坡度大於 30%時特別嚴重。 2.斜坡運動會受氣候或其他因素的影響。 3.不當之邊坡開挖會增加災害的次數和規模。 4.人為或自然因素使地表水份增加及地下水位昇高，會增力災害的嚴重程度。 5.移去植生會增加侵蝕及邊坡不穩定。 6.旺盛之河岸侵蝕或向源侵蝕作用會增加災害機會。 7.坡度降低會減少災害。
高	1.地勢平坦(坡度 0～5%)，稍受各種地質作用之侵襲。 2.坡度0～5%之廢棄土石或崩塌土石堆積。 3.坡度 5～30%之坡地，岩盤未受過擾動，若乏植生覆蓋，則必須考慮土壤侵蝕問題。 4.坡地附近有地下煤坑分佈，但地陷影響較小。 5.參閱環境地質圖，看是否有其他潛在地質災害。	1.容許中至低密度開發。	A,C,E	
		2.若要高密度開發，將使其開發成本增加，且須進行局部性整地與基礎工程。	A,B,C,D,E	
中	1.坡度 5～30%之坡地，正受各種地質作用之侵襲。 2.坡度 5～30%之廢棄土石或崩塌土石堆積。 3.坡地附近有地下煤坑分佈，但地陷影響較小。 4.參閱環境地質圖，看是否有其他潛在地質災害。	1.容許低密度開發。	A,B,C,D,E,G	
		2.若要中密度開發，會使開發成本增高，且須進行小規模整地與基礎工程。	A,B,C,D,E,F,G	
		3.若要高密度開發，其開發成本將更高，且須進行大規模整地與基礎工程。	A,B,C,D,E,F,G	
低	1.坡度大於 30%之坡地，岩性堅強，岩盤稍受各種地質作用之侵襲，或未受過擾動。 2.坡地附近有地下煤坑分佈，但地陷影響中等。 3.參閱環境地質圖，看是否有其他潛在地質災害。	1.容許單一房舍之建築。	A,B,C,D,E,F,G	
		2.若要低密度開發，其開發成本將很高，且須進行大規模整地與基礎工程。	A,B,C,D,E,F,G	
		3.不宜中、高密度開發，易引發地質災害。	不宜中、高密度開發。	
很低	1.坡度大於 30%之坡地，岩性軟弱，受崩塌、河岸侵蝕、表層沖蝕等地質災害之侵襲。 2.坡度大於 30%之廢棄土石或崩塌土石堆積。 3.坡地下方有煤坑分佈，可能造成嚴重之地盤下陷。 4.參閱環境地質圖，看是否有其他潛在地質災害。 5.坡度大於 55%之坡地。	不宜開發	不宜開發	

A：參閱環境地質圖，了解地質災害之種類與分佈範圍，開發時須按照地地開發技術規則施工，施工中並應受建管單位之監督與勘驗。

B：須做詳細之工程地質調查。

C：須做邊坡穩定，並注意排水與植生。

D：須開挖整地，並構築適當之護坡與排水設施。

E：須注意廢棄土石及崩塌土石之工程特性。

F：填方較多，基礎之調查與設計須十分精細。

G：有地盤下陷之虞，須設計特殊之基礎。

參 考 文 獻

王新傳和林登鴻，1970，台灣坡地主要土壤之沖蝕性；林學季刊 3(1)39-61。

黃俊德，1979，台灣降雨沖蝕指數之研究；中華水土保持學報 10(1)127-143。

洪如江，1979，地工技術在台灣山崩中之應用：邊坡穩定與坍山研討會論文專輯，第 147-172 頁。

垣見俊弘，1979，活斷層：月刊地球，vol.1，p.563-569。

洪如江，1980，草嶺大崩山之探討：工程環境會刊，第一期，第 29-39 頁。

何春蓀，1980，普通地質學：國立編譯館，630 頁。

潘國樑、陳振華、胡國興、龔可珍、劉進金、1981，台北內湖地區地質與環境地質研究：礦研所研究報告，第 189 號，34 頁。

石再添、張瑞津、黃朝恩、石慶得、楊貴三、孫林耀明，1983，台灣北部與東部活斷層的地形學研究：國立台灣師範大學地理系研究報告，第九期，p.20-72。

潘國樑、王文能、胡國興、顏滄波，1983，台灣中部 1935 年地震斷層之航照地質研究：行政院國家科學員會防災科技研究報告 72-20 號，48 頁。

屏遮那崩塌地(地滑)治理概況報告，1983，台灣省林務局玉山林區管理處。

陳振華和王文能，1983，曾文溪上游福山攔砂壩壩址附近崩塌之探討：洪水與泥砂災害學術研討會論文摘要彙集，第 30-32 頁。

洪如江，1983，岩體中之弱面：地工技術，第四期，第 111-118 頁。

李三畏，1983，日本陡坡地崩坍災害現況介紹(上)：現代營建，第三十七號，第 96-106 頁。

龔可珍，1983，台北南港地區之地質與環境地質研究：礦研所研究報告，第 198 號，44 頁。

陳淮松，1984，公路護坡工程設計與施工：七十三年度水土保持訓練班參考資料，37 頁。

Bieniawski, Z.T., 1979, The Geomechanics Classificationin Rock Engineering Application: Proc. Iltl. Cong. Rock Mech.Montoeux 2,p.40-48.

Bonilla.M.G., 1997, Summary of Quaternary faulting and elevation changes in Taiwan:Memoir of the Geol. Soc. china, No. 2,p.43-55.

Brobb, E.E., and others, 1972, Landslide Susceptibility in San Mateo Cunty, California; USGS, miscellaneous field studied map MF-360(Scale 1:62,500).

Code of Federal Regulation, 1978. Title 10, Energy; Part 100(10CFR 100), Reactor site criteria; Appendix a. Seismic and geologic siting criteria for nuclear power plants: Washington, D.C.,U.S. Nuclear Regulatory Commission.

Coasta, J.E., and Baker, V.R., 1981, Endogenic geologic hazard; Surficial Geology building with the Earth, Chapter 3, Earthquake; John Wiley & Sons, Inc.,p.87-93.

Dynes. R.R.,and others. 1980. A perspective on disaster planning: Disaster Research Center.Ohio State University. Columbus. Ohio.

Gedney. D.S., and Weber. Jr. W.G., 1978, Design and Gonstruction of Soil Slopes, in Schuster. R.L., and Krizek. R.J.(ed.). 1978, Landslides-analysis and control: U.S. National Academy of Sciences Special Report 176,p.172-191.

Goodman, R.E., 1976, Methods of Geological Engineering in Discontinuous Rocks: Reprinted in Taiwan,472p.

Goodman, R.E., 1980, Introduction to Rock Mechanics: Reprintes in Taiwan,478 P.

Hsu, T.L., and Chang. H.C.,1979, Quaternary faulting in Taiwan: Memoir of the Geological Society of China. No.3,p. 155-165.

Hoek, E. and Bray,J.W., 1981. Rock Slope Engineering: Reprinted in Taiwan, 358p.

Ivey, J.B., 1969, Definition of Enviromnental Geology and Purpose of the Conference:The Governor's Conference on Environmental Geology,p. 3-8.

Keller, E.A.,1979 Earthquake hazard reduction, in Environmental Goloy, chapter 6. Earthquake and related phenomena. charles e. Merrill Publishing Company.

Keller, E.A., Bonkowshi. M.S., Korsch, R.J., and Shelmax, R.J., 1982, Tectonic Geomorphology of the San Andreas Fault Zone in the Southern Indio Hills, Coachella Valley, California: Geologic Society of America Bulletin, Vol. 93, p.46-56.

Laird, R.T. and Others, 1979, Quantitative Land-Capability Analysis: U.S. Geologic Survey Professional Paper,945,115p.

Liu, J.K. 1982, A study of Soil Erodibility by Physiographic Analysis of Neihu Area. Taiwan: Proceedings of the First Intenational Symposium on Soil Geology and Landform Impact on Land-Use Planning in Developing Country, pp.A 10.1-A10.8.

Marsh, W.M. 1978, Environmental analysis: Reprinted in Taiwan, 292p.

Nilsen, T.H., and others, 1979, Relative slope stability and land use planning in the San Francisco Bay region, California: U.S. Geol, Survey Prof. Paper 944, 96p.

National Coal Board, 1975, Subsidence Engineers Hand Book.

Orchard, R.J., 1954, Recent developments in predicting the amplitude of subsidence, Jour. R.I.C.S., 86,p.864-876.

Petak, W.J.,and Atkisson, A.A., 1982, Natural Hazard Risk Assessment, "Springer-Verlag", 489p.

Spencer, E.W., 1977, Introduction to the Structure of the Earth, 640p.

Tsia, Y.B., Feng, C.C., Chiu, J.M., and Liaw, H.B., 1975, Correlation between micro-earthquakes and geologic faults in the Hsintien-Ilan area; Petroleum geology of Taiwan, No. 12,p. 149-167.

U.S.D.A., 1965, Rainfall erosion from cropland east of the Rocky Mountains: USDA AH-282.

U.S.D.A., 1978, Predicting rainfall erosion losses: USDA AH-537.

Varnes, D.J. 1978, Slop movement types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J. (ed.), 1978, Landslides analysis and control: U.S. National scademy of Scinces

Special Report 176,p. 11-33.

Wesson, R.L., Helley, E.J., Lajoie, K.R.,and Went-worth, G.M., 1975, Faults and future earthquake, in Borcherdt, R.D., ed., Studies for seismic Zonation in the San Francisco Bay region: U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 941-A, p.A5-A30.

肆、附件

98 年度「台灣省重要都會區環境地質資料庫之建立」案

期中審查意見答覆表

審查意見	審查意見答覆
一、內政部地政司	
1.報告中對資料更新成果與舊有調查資料不同處應可多作敘述。	業於各調查區之山崩潛感分析、土地利月潛力評估增列「與前期差異比較」表達之。
2.未來編纂年度成果報告書時，建議將各調查區成果概要納入摘要項目，俾具提綱挈領之效。	業將各調查區成果概要作成摘要表納入報告中。
二、經濟部中央地質調查所	
1.有關廬山溫泉北坡崩塌問題，本所有相關調查資料可供參考引用。	謝謝提供。
2.本年更新調查中之山崩潛感及土地利用潛力圖是否有更新？	各區域皆有更新。
3.等高線是否採用 5 公尺之 DTM 資料？	本計劃使用農林航空測量所出版的五千分之一相片基本圖之等高線資料。
4.是否有類似 75 年韋恩颱風災損規模之其他颱風資料？如有，建議納入報告中。	關於類似 75 年韋恩颱風災損規模之其他颱風資料，由於年代久遠，難以稽考，僅有 97 年辛樂克颱風災情資料，業納入盧山溫泉調查區內文。
5.環境地質圖中是否可考慮只標示現生崩塌地，排除舊圖幅中航照判釋崩塌地？	考慮舊圖幅中航照判釋崩塌地仍具高山崩潛感及低土地利用潛力影響，將其排除可能對新舊成果產生重大差異而影響民眾權益，故將其標示為航照判釋舊崩塌地以資區別。
三、南投縣政府	

1.是否可先提供廬山地區成果資料，供本府辦理該地區都市計畫通盤檢討先期作業之參考？	業已提供該地區成果資料予南投縣政府。
2.廬山地區通盤檢討案涉及旅宿地點之遷建及相關景點之規劃，而報告中指出春陽台地邊緣有崩塌及土石流分佈，將來若設置纜車作交通工具，其基座是否有安全問題？	緣本資料庫於工程上的應用，儘能提供工程初步選址或公路初步選線，致是否能興建纜車基座應進行更詳細之地質及鑽探調查以避開報告所指之崩塌及土石流分佈區或其他可能之災害問題。
四、行政院農業委員會水土保持局	
1.本局所發佈之土石流潛勢溪流數目已由 1420 條增加至 1503 條，請修正報告內之敘述。	業已更正。
五、主辦單位	
1.報告書及成果圖中新舊資料之表達方式宜再加強。	業於各調查區之山崩潛感分析、土地利用潛力評估增列「與前期差異比較」表達之。
2.報告中照片數量應酌予增加，以增加報告書之易讀性。	業已增加照片數量，並予以說明。
3.結論與建議部分除總體論述外，請加強個別圖幅部分之論述。	業已將加強個別圖幅部分納入本年度各調查區結論與建議篇幅。
結論	
1.各單位所提之意見頗具參考價值，請工研院整理後於期末簡報時提出具體回應。	業將具體回應納入本答覆表。
2.請工研院掌握契約內容中之工作進度及期末簡報之時程。	業掌握時程提出期末暨年度成果報告。

期末暨年度成果審查意見答覆表

審查意見	審查意見回覆
一、交通部公路總局	
1.谷關台8線有關往梨山方向橋樑因地震已遭嚴重破壞，橋樑建議使用張力橋或拱橋興建乙節，本局對受風災或震災影響之重要橋樑修復，皆有考量採用大跨距設計。	1.感謝交通部公路總局說明。
2.甲仙圖幅中有關河岸侵蝕影響台21線道路安全的情形，建議反應予河川局作為治理參考。	2.本調查資料報告每年皆有寄送相關政府機關,供規劃治理參考。
二、地政司	
1.貴單位的報告內容論述十分詳細，是否可以增加一些應用面的陳述？以供營建署分送各相關單位參考。	1.因為本計畫調查之性質屬大區域整體環境之調查，以提供相關單位在治理規劃時的參考。因此，在細部整治的應用方法方面，仍應請規劃或開發單位就實際可能遭遇問題，進行必須之地質鑽探及細部調查,以釐清工程之可行性。
三、臺中縣政府	
1.請問山崩高潛感區是否為不可開發區？	1.基本上，高山崩潛感區通常為開發成本較高之區域，並不表示全然不可開發。但開發前須有完整開發安全評估及必要工程措施，且需要經過開發許可單位審核通過。
2.谷關地區正在進行第三次都市計畫通盤檢討，希望	2.於成果報告完成印製後發送貴府參考。

提供調查所得相關資料供參。	
3. 本次谷關地區更新調查之結果中，是否有原為高土地利用潛力區變成低土地利用潛力區的區域？	3. 本次報告中僅就各不同土地利用潛力等級之區域面積變化量作比較，如貴府有需求，工研院可以對相關特定區域做前後等級變易範圍之比較。
4. 期末報告 2-2-5 節中，有關坡度統計表中的面積總和為何不是 100%。	4. 通常調查區域的面積統計會扣除河流、海洋等水體的面積，因此不一定是 100%。
四、主辦單位意見	
1. 請工研院調整目錄編排方式，以加強加新舊圖資標題之對應性與易讀性。	1. 業調整目錄編排方式，詳本報告書各章節。
2. 調查成果摘要表請調整至適當章節（例如中英文摘要之後），俾收提綱挈領之效。另請工研院注意表格之跨頁問題，俾收易讀之效。	2. 調查成果摘要表請調整至中英文摘要之後，至表格之跨頁問題業已修正。
3. 請工研院增加「已完成環境地質調查圖幅更新區域分布圖」，併註明更新區域與歷年完成調查區域之對照圖示。	3. 業增加「已完成環境地質調查圖幅更新區域分布圖」，詳本報告書圖 2。
4. 請工研院將期中報告、期末暨年度成果報告之簡報檔納入年度成果光碟，俾供參照。	4. 業將期中報告、期末暨年度成果報告之簡報檔納入年度成果光碟。
5. 請工研院將本次會議各單位意見整理後，納入年度報告中，並於 11 月 20 日	5. 業彙整各單位意見，納入年度報告中，詳本表，餘遵照辦理。

前完成年度調查報告（正本）提送本署，作印刷前最後確認。	
結論	
1.請工研院參考各單位所提供之寶貴意見，酌予修正補充並將辦理情形彙整後納入年度調查報告中。	1.業已參考各單位所提供意見依地質專業修正補充，並將辦理情形彙整後納入年度成果報告中。
2.請工研院儘速完成年度調查報告（正本）並函送本署，以便辦理後續成果驗收及結案。	2.遵照辦理。