

# 99年度台灣省重要都會區 環境地質資料庫

(99年度調查報告)

(民國99年4月1日至民國99年12月31日)

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 99 年 12 月

# 計畫主要參與人員

## 內政部營建署

陳憲欽      莊錫全      許志堅

## 工業術研究院

謝德勇      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、臺中縣市、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 年象神颱風重創臺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，內政部營建署為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，今年為第 2 個年度更新調查報告。本年度計畫自 99 年 4 月 1 日開始執行至 99 年 12 月 31 日，依本案契約進度完成新竹縣、嘉義縣、台南縣及台東縣等四個縣市共 13 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 (Hsinchu County, Chiayi County, Tainan County and Taitung 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.

99 年度「台灣省重要都會區環境地質資料庫之建立」  
年度成果摘要表

調查區	年度成果摘要
新竹縣	1. 本區多為丘陵地形，主要為沖積層和紅土階地及砂頁岩互層，其中紅土階地多開發為科學園區，可供利用之平緩台地區域已經不多，不過丘陵區地形並不複雜，擴張並不困難。
	2. 本區有柑子崎向斜及寶山背斜出露，與高速公路約略同向。
	3. 金山面圖幅北側是科學園區的範圍，其逐漸向紅土階地的邊緣擴張，早期一些谷地內的指溝侵蝕及崩塌地被開發工程所掩蓋或挖除，使災害數量有所下降。
	4. 金山面圖幅南半部有數個大型住宅社區，其大多以坡地挖填方式取得建地，但可能引起不均勻沉陷問題，
	5. 雙溪圖幅中雙溪聚落位於客雅溪兩岸。客雅溪流路彎曲，在轉彎處常出現河岸侵蝕之現象，無論是道路或建物部可能受其破壞，幸而客雅溪流量很低而且本區位於溪流之下游，侵蝕作用相對較不旺盛。
	6. 本區地層岩性較軟弱，邊坡土石受雨水沖蝕後，容易有流失情形，須慎防侵蝕擴大造成山崩災害，各邊坡應注旁坡面逕流收集及排放，確保階地邊緣之穩定。
	7. 順向坡區域易因人為開挖其趾部而引發平面滑動崩塌，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。最好以跳島開挖法進行，且最忌採全面開挖。必需施以永久穩定之工法，以減低維護之需求及日後安全之疑慮。
	8. 本區多數災害區域已被人工構造物所取代，但仍需注意其後排水及穩定問題，以收長遠之計
	9. 本區靠近新城斷層，在地震之時，可能導致基礎不穩。故在建設之初時，對地礎盤的穩定及建物防震之設計必需確實才能維護建物的安全。
	10. 客雅溪雖然流量不大，但颱風時仍可能影響河岸道路，在河道內加強護岸之工程對本區是異常有效之投資。
嘉義縣	1. 嘉義調查區經航照判釋及現地調查，已發生或潛伏的地質災害種類有淺層崩塌、指溝侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷及洪水氾濫等。
	2. 本區的災害分布變化不大，新增的災害主要為牛稠溪及濁水溪沿岸的幾處河岸侵蝕，均為民國 98 年八八水災期間的洪流所造成，也導致多處堤防及公共設施的損壞。
	3. 本區所見的淺層崩塌主要多與河岸侵蝕有關，如牛稠溪沿岸的幾處崩塌現象，都位在河流轉彎的侵蝕坡，與溪流的沖蝕有直接的關聯。

調查區	年度成果摘要
	<p>4. 本區有洪水氾濫之虞的地區主要為油車店圖幅華興溪台 3 號公路以下的河段，以及竹崎地區牛稠溪沿岸的高灘地。</p> <p>5. 通過崎腳一帶的梅山地震斷層是在 1906 年嘉義大地震時伴隨地震所產生，屬於第一類活動斷層。根據建築技術規則「山坡地開發章」中之規定，坡地開發時與活動斷層之安全距離不得小於 50 公尺。另根據黃明哲等 (1985) 之研究結果指示，梅山地震斷層可能與臨近之小斷層組成一寬約 1.5 公里之活動斷層帶。</p> <p>6. 崎腳及竹崎地區分別於 86 及 85 年度完成首次環境地質調查，本年度為更新調查。十餘年來災害的分布變化不大，甚至有部分實地確認崩塌地在此次的更新調查時已不復見到，植被復育的情況極為良好。新增的災害 1 處為油車店圖幅華興溪畔的填土，其餘 15 處均為牛稠溪及濁水溪的河岸侵蝕。</p>
	<p>7. 由於部分高灘地已被闢為停車場或休閒用地，在颱風豪雨期間須注意洪水氾濫的威脅。並限制人員在某種情況下必需撤離。</p> <p>8. 梅山地震斷層通過的沿線區域進行土地開發利用時，應慎防斷層活動或地震可能帶來之影響。建物之基礎雖審慎設計，以防建物倒塌。</p> <p>9. 河岸侵蝕區使用時需有一段緩衝距離，以防洪水來時之突發災害的影響。</p>
臺南縣	<p>1. 本調查區大部份皆為平坦地，可利用發展面積相當廣，而目前這盈地區之利用以農耕為主，然近年觀光產業的開發，帶給本區另一種高價值的土地利用。</p> <p>2. 由於本區河流之側蝕作用強烈，故極易影響農耕地，容易引起耕地流失及財產損失。</p> <p>3. 本區之泥岩山丘易受雨水沖蝕而形成惡地地形，利用之潛力極低。</p> <p>4. 曾文溪及其支流在本區流路彎曲，兩側之台地區域是本區之主要腹地。近年來天候異常，造成洪水災禍不斷，本區在早期發展集中在台地與丘陵之間，遠離河谷地帶，在八八水災時，並未受洪水影響。</p> <p>5. 八八水災後，慈濟在本區興建大愛村供災民居住，所在地在位於望明圖幅台 20 線道旁，此處為台地區域，基地本身為農田，基礎為階地堆積，而地形坡度為平緩麓山地帶，在土地利用潛力等級屬很高利用潛力。</p> <p>6. 本區有部份區域具有垂直之邊坡，其所潛伏可能為落石崩塌或淺層崩塌，其下方多為崩積物所構成之平緩地形，這些地區可能在將來發展時被利用。</p> <p>7. 旅遊及其他類型之坡地開發是一種壓力，無論是填土擴展基地，或是崩積土區的利用，都需要注意基礎承載能力及建物之基礎平衡的安全問題。</p> <p>8. 對於河流之河岸侵蝕應加重注意，並應與河岸侵蝕區保持一段安全的後退距離及構築護岸工程，以防止河岸侵蝕繼續擴大及河流改道。</p>

調查區	年度成果摘要
	<p>9. 在八八水之後，河道兩岸皆有多處明顯出現侵蝕的區域，其實在河岸邊緣利用方面就應避免與水爭地，河岸利用都應以非永久性為主，當河水暴漲時，避免停留當地。</p> <p>10. 在八八水之後，河岸之災害問題在對於將未開發在選址利用選擇時，提供明確之訊息，應以距河拔較高之處為要，才能避免洪水及河岸侵蝕所造成之影響。</p> <p>11. 崩積物區域的使用最要注意的是，崩積物之性質是否適作為建物之基礎，以及後方所潛伏之崩塌危機。</p>
臺東縣	<p>1. 臺東調查區經航照判釋及現地調查，已發生或潛伏的地質災害種類有淺層崩塌、墜落、指溝侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷及洪水氾濫等，範圍內無已知活動斷層存在。</p> <p>2. 知本森林遊樂區及知本溫泉橋圖幅所見的淺層崩塌主要多與河岸侵蝕有關，如知本溪沿岸的幾處崩塌現象，都位在河流轉彎的侵蝕坡，與溪流的沖蝕有直接的關聯。</p> <p>3. 知本地區有洪水氾濫之虞的地區主要為知本溪下游龍泉至溫泉橋之間的高灘地。</p> <p>4. 在知本森林遊樂區圖幅的內溫泉地區，由於缺乏平坦的沖積地，河岸多見填土整地的利用方式，除易受洪流沖蝕外，也要注意基礎沉陷或不均勻沉陷作用的影響。</p> <p>5. 在八八水災期間倒塌的金帥飯店周邊地區係位於堤防內之高灘地，其北側堤防因位在河流的攻擊坡，有河岸侵蝕的現象，在颱風期間受高漲之洪水沖毀。</p> <p>6. 太麻里圖幅的災害分布變化不大，新增的兩處崩塌均位在東-42 公路的上、下邊坡，此處雖未見河岸侵蝕或洪水氾濫的影響，由於坡度陡峭的因素，在 85 年調查時其土地利用潛力也呈現為很低利用潛力區。</p> <p>7. 太麻里圖幅南側，德其里以南至南太麻里橋間的地區，雖有堤防防護，卻在八八水災的期間，因溪底田附近的堤防潰堤，導致太麻里溪北岸大面積的農田及部分民宅遭受洪流侵襲，鐵、公路也蒙受嚴重損失。</p> <p>8. 知本及太麻里地區分別於 80 及 85 年度完成首次環境地質調查，本年度為更新調查。十餘年來災害的分布變化不大，甚至有部分實地確認崩塌地在本次的更新調查時已不復見到，植被復育的情況極為良好。新增的崩塌災害，在知本森林遊樂區有 4 處，均位在很低利用潛力區，其中 2 處為河岸侵蝕所造成，2 處為地表逕流沖蝕引起。知本溫泉橋圖幅無新增崩塌地或其它災害。太麻里圖幅新增 2 處崩塌地，均位在太麻里溪左岸的陡峭坡趾，屬於很低利用潛力區。</p> <p>9. 由於知本溪這個河段的河谷較為開闊，部分高灘地已被闢為停車場或休閒用地，在颱風豪雨期間須注意洪水氾濫的威脅。</p>

調查區	年度成果摘要
	10. 知本部份路段具有墜落之潛勢，有必要加強警告往來人車在途徑該處時需加速前行切莫逗留。
	11. 在八八水災後，管理單位已核定河川之治理規劃線，本計畫以此作為洪氾界線加以評估較符合現狀。同時，金帥飯店原址 30 年前曾遭受類此之災禍，顯示此處雖然獲堤防保護，但在極端氣候仍具有危險。
	12. 太麻里溪堤防遭沖毀其肇因雖與洪流的河岸侵蝕作用有關，但亦與太麻里溪在溪底田附近的轉折過大有關，故在堤防的規劃設計上可以朝向維持水流順暢的適當曲度來考量，以降低堤防所承受的水流侵蝕力。

# 目 錄

	頁碼
壹、前言.....	1-0
貳、各論.....	2-0
一、新竹縣調查區.....	2-1-0
雙溪圖幅(原 77 年雙溪地區圖幅)	
金山面圖幅(原 78 年金山面地區圖幅)	
二、嘉義縣調查區.....	2-2-0
油車店圖幅(原 86 年油車店地區圖幅)	
崎腳圖幅(原 86 年崎腳地區圖幅)	
坑頭厝圖幅(原 85 年坑頭厝地區圖幅)	
竹崎圖幅(原 85 年竹崎地區圖幅)	
三、臺南縣調查區.....	2-3-0
豐里圖幅(原 79 年豐里地區圖幅)	
望明圖幅(原 79 年望明地區圖幅)	
玉井圖幅(原 79 年玉井地區圖幅)	
沙子田圖幅(原 79 年沙子田地區圖幅)	
四、臺東縣調查區.....	2-4-0
知本森林遊樂區圖幅(原 80 年知本森林遊樂區地區圖幅)	
知本溫泉橋圖幅(原 80 年知本溫泉橋地區圖幅)	
太麻里圖幅(原 85 年太麻里地區圖幅)	
參、附錄.....	3-0
附錄、環境地質總論.....	3-1-0
肆、附件.....	4-0
附件一、臺南縣關山村環境地質研究.....	4-1-0
附件二、99 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.....	4-2-0

# 壹、前言

# 壹、前言

1983 年 10 月李前總統登輝先生於台灣省政府主席任內，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，特別指示前台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（現為能源與環境研究所）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為主，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 Mateo 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，將山崩潛感性共分為四個不同等級。「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，共分為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布範圍，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為紙本，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為都市規劃、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，以區域為優先選定之考慮。本年度工作範圍包含新竹縣金山面等 13 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。

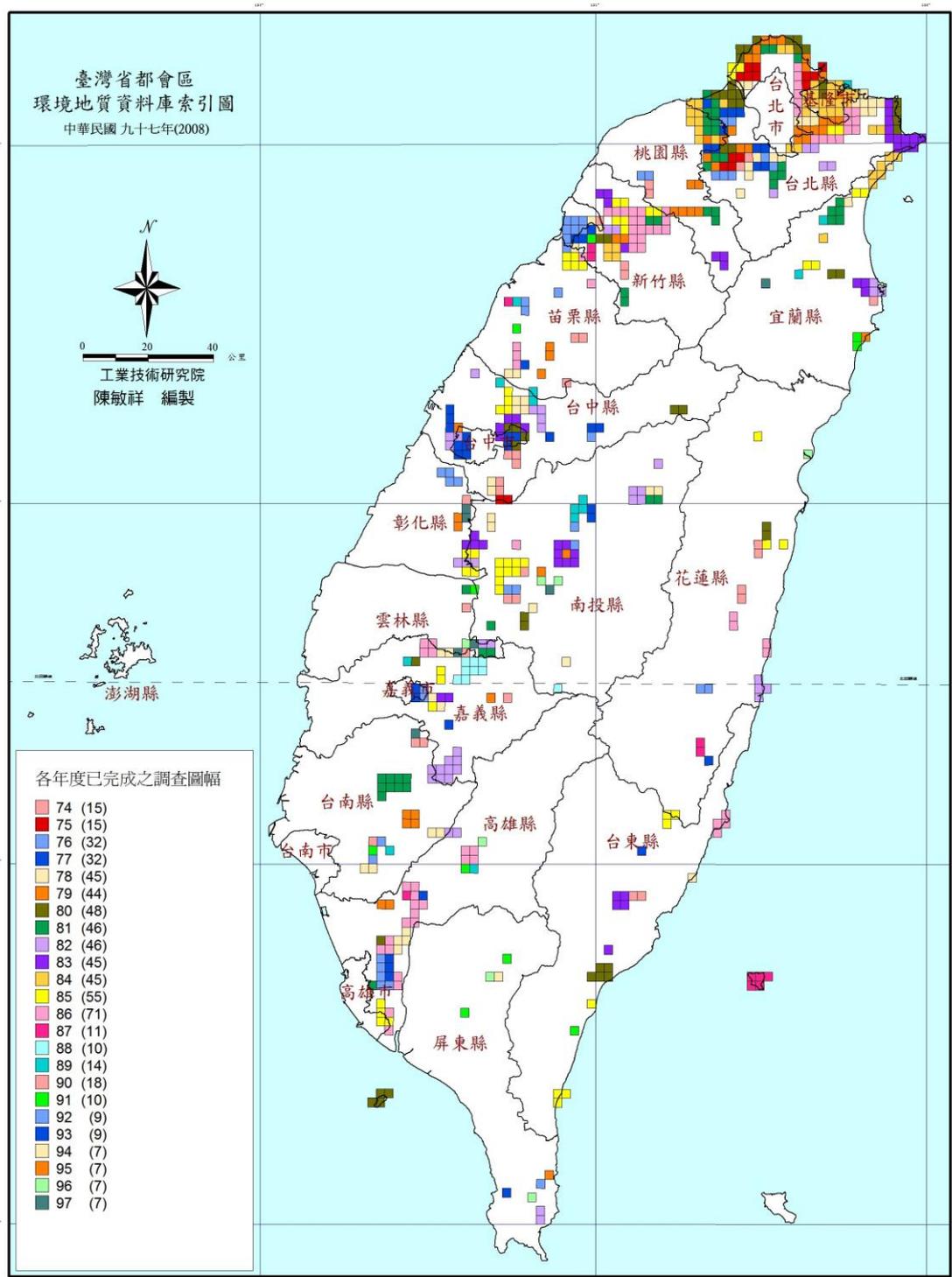


圖 1 已完成環境地質調查地區之分布圖

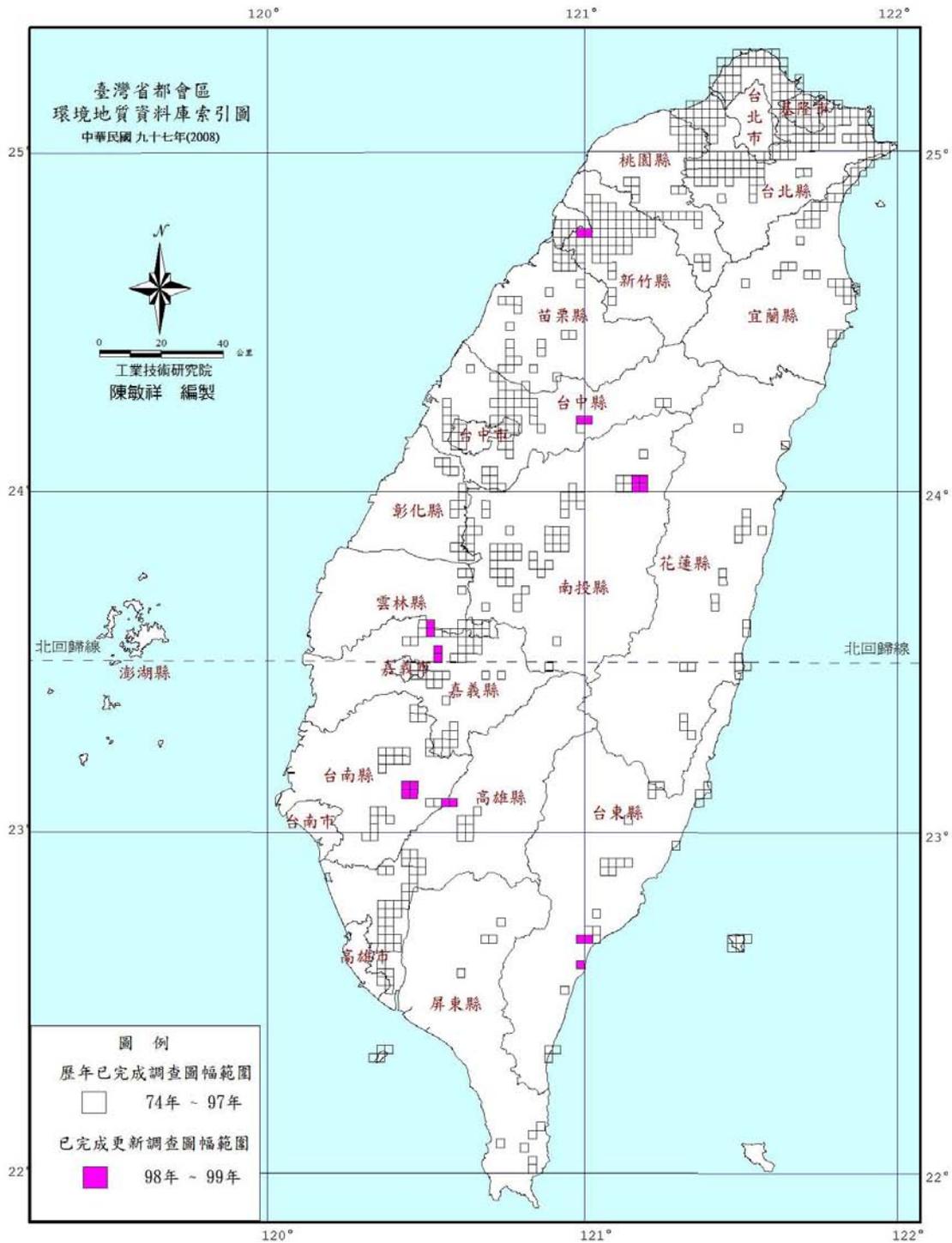


圖 2 已完成更新環境地質調查地區之分布圖

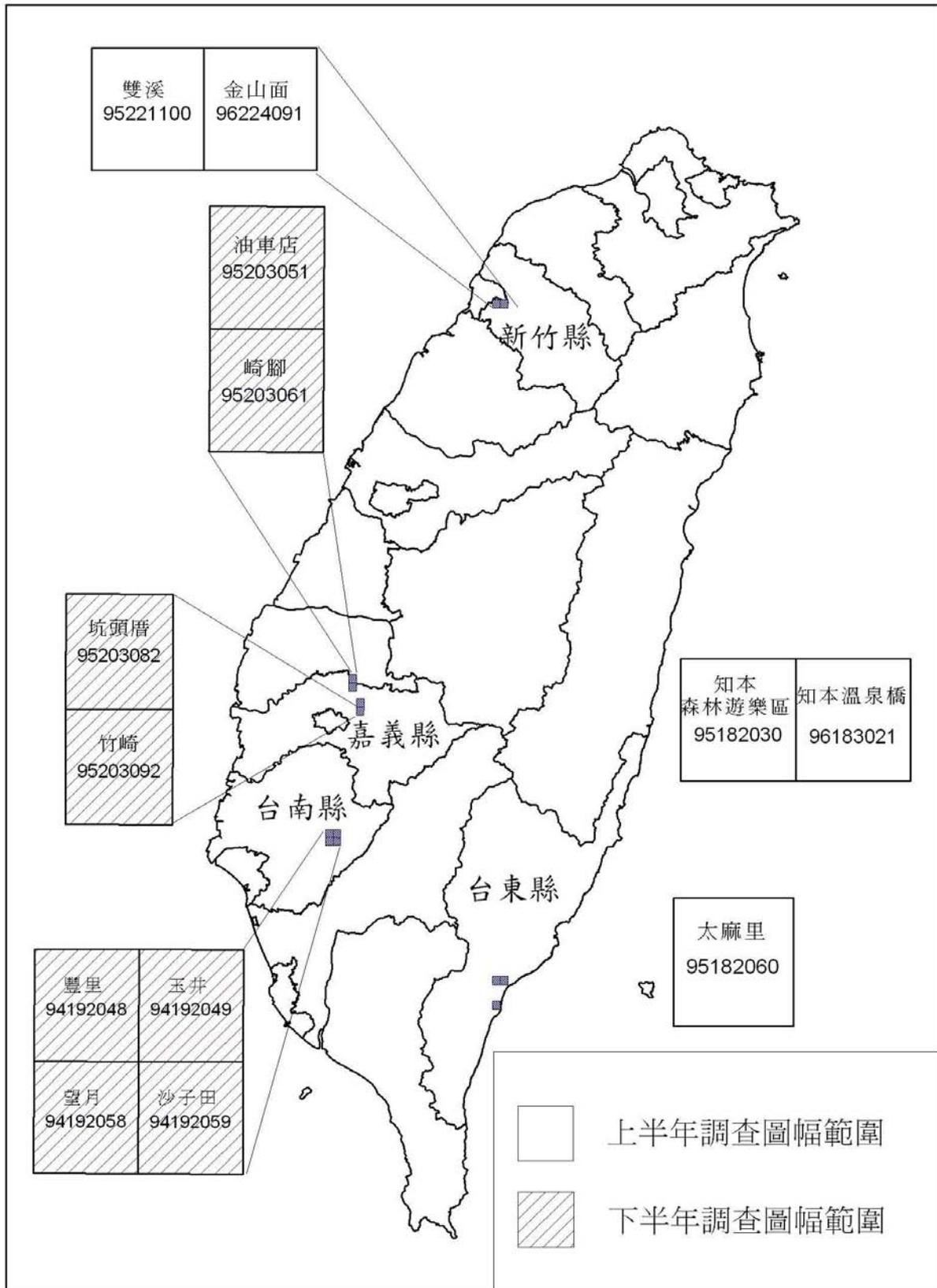


圖 3 99 年度調查區圖幅位置索引圖

環境地質資料庫 74 至 97 年度調查區圖名索引表(一)

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

縣市	圖名(號)									
	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) 石頭戙 (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)				
臺中縣市	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) 南底 (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) 大水堀 (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)	

縣市	圖名(號)		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)		陳晉寮 (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)	
臺南縣	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) 前埔晉 (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) 生仙坑山(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)	
臺東縣							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)

縣市	圖名(號)								
	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
臺北縣	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) 石笋尖 (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) 芋藜林 (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) 友蚶 (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)							

縣市	圖名(號)										
	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) 糞箕湖山(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) 門煥坪 (9522-II-028) 瓦寮下 (9522-II-037) 三灣 (9522-II-038) 大銅鑼圈(9522-II-039)	珊瑚湖 (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)		
臺中縣市	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) 毘盧禪寺(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) 茄荖腳農場 (9520-I-041)		赤水 (9520-IV-059) 竹圍 (9520-IV-060) 二水 (9520-IV-079) 源泉 (9520-IV-080)								

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) 田螺子 (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)	審子頂 (9420-II-098)	達邦 (9519-IV-020)		
臺南縣						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) 鯤洲裏 (9418-I-055) 旗尾 (9418-I-046) 中湖 (9418-I-064) 下洲 (9418-I-065) 摺牛湖 (9418-I-082) 橫山 (9418-I-091) 牛食坑 (9418-I-092) 南廓亭山(9519-III-085) 竹腳溪 (9519-III-086) 大寮山 (9519-III-095) 土壠 (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)	

縣市	圖名(號)		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) 崩坎 (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)	
臺東縣	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)

縣市	圖名(號)								調查年度	合計
	93 年度	94 年度	95 年度	96 年度	97 年度					
臺北縣		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
臺中縣市	大坪角 (9521- II -025)		台糖林厝農場 (9521-III-014)							52
彰化縣					同安寮(9520-IV-005) 湖子坑(9520-IV-015)					16

縣市	圖名(號)								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
臺南縣		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)			荖農 (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
臺東縣	茨頂 (9619- III -086)	東河 (9618- I -012)								31

計 648 幅

環境地質資料庫 98 至 99 年度更新調查區圖名索引表

縣市	圖名(號)	調查年度							合計
	98 年度	99 年度							
新竹縣市		雙溪 (9522-I-100) 金山面(9622-IV-091)							2
臺中縣市	捐來溪 (9521-II-020) 谷關 (9621-III-011)								2
南投縣	雲龍洞(9621-III-087) 廬山溫泉 (9621-III-088) 雲龍洞(南部) (9621-III-097) 廬山溫泉(南部) (9621-III-098)								4
嘉義縣/市		坑頭厝(9520-III-082) 竹崎(9520-III-092) 油車店(9520-III-051) 崎腳(9520-III-061)							4
臺南縣		豐里(9419-II-048) 玉井(9419-II-049) 望明(9419-II-058) 沙田子(9419-II-059)							4
高雄縣	公館(9519-III-063) 甲仙(9519-III-064)								2
臺東縣		知本森林遊樂區 (9518-II-030) 知本溫泉橋 (9618-III-021) 太麻里(9618-III-054)							3

## 貳、環境地質調查各論

## 各論(之一) 新竹縣調查區

雙溪圖幅(原 77 年雙溪地區圖幅)

金山面圖幅(原 78 年金山面地區圖幅)

# 各論 (之一) 新竹縣調查區

## (雙溪、金山面圖幅)

### 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 淺層崩塌
- 3.2 基礎沉陷
- 3.3 河岸侵蝕
- 3.4 向源侵蝕
- 3.5 指溝侵蝕
- 3.6 活動斷層

#### 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 新竹縣調查區位置與交通圖.....	2-1-5
-----------------------	-------

## 附表目錄

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

## 照片目錄

照片 1 園區三期發展迅速。.....	2-1-21
照片 2 丘陵間平原仍有水稻田分布。.....	2-1-21
照片 3 起伏不定之竹東丘陵區。.....	2-1-21
照片 4 淺層崩塌常出現在道路旁。.....	2-1-21
照片 5 舊崩塌位置常被開發利用。.....	2-1-21
照片 6 填土區多成為社區。.....	2-1-21
照片 7 被廢棄之開發區。.....	2-1-22
照片 8 園區旁之填土區。.....	2-1-22
照片 9 河岸侵蝕區多已穩定。.....	2-1-22
照片 10 主要道路旁之河岸侵蝕多以護岸保護。.....	2-1-22
照片 11 向源侵蝕區部份植生保護。.....	2-1-22
照片 12 指溝侵蝕區部份被整建為道路。.....	2-1-22

# 各論 (之一) 新竹縣調查區

## (雙溪、金山面圖幅)

### 摘 要

本調查區位於新竹市西南隅，屬竹東丘陵的一部份，包括雙溪、金山面等兩張五千分之一像片基本圖幅，總面積約 1,400 公頃。本區位於竹東丘陵西南隅，海拔高度在 280 公尺以下，一般地勢由東往西遞降，起伏量頗大。出露於本區之地層主要為上新世的卓蘭層，更新世的頭料山層，紅土台地堆積層以及全新世沖積層。本區之主要地質構造有新城斷層、柑子崎向斜及寶山背斜，其中新城斷層被歸類為活動斷層。

本區經調查發現已發生或潛伏性地質災害有崩塌、基礎沈陷、表層沖蝕、河岸侵蝕與向源侵蝕等，皆標示於環境地質圖上。調查區中多為丘陵地形，主要可供利用之平緩台地區域已經不多，各邊坡應注意坡面逕流收集及排放，確保階地邊緣之穩定。惟開發時，審慎規劃，並確實依據規範施工，方可減少坡地災害的發生。柑子崎向斜及寶山背斜出露，走向與高速公路同向。順向坡區域易因人為開挖其趾部而引發平面滑動崩塌。順向坡下方之開挖，最好以跳島開挖法進行。另外必須施以永久穩定之工法，以減低維護之需求及日後安全之疑慮。金山面圖幅北側是科學園區的範圍，其逐漸向紅土階地的邊緣擴張，早期一些谷地內的指溝侵蝕及崩塌地被開發工程所掩蓋或挖除，但仍需注意其後排水及穩定問題。金山面圖幅南半部有數個大型住宅社區，多以坡地挖填方式取得建地，可能引起不均勻沉陷問題，本區靠近新城斷層出露，不同性質之基礎物質會有不同之行爲反應，對地礎盤的穩定及建物防震之設計必需確實才能維護建物的安全。雙溪圖幅中客雅溪兩岸流路彎曲，轉彎處常出現河岸侵蝕之現象，影響都市發展，幸而客雅溪流量很低，侵蝕作用相對較不旺盛。在河道內加強護岸之工程對本區是異常有效之投資。

# 1.地理概述

## 1.1 位置與交通

本調查區位於新竹市西南隅，屬竹東丘陵的一部份，包括雙溪、金山面等兩張五千分之一像片基本圖幅，總面積約 1,400 公頃。在行政區域劃分上大部份隸屬於新竹縣寶山鄉，僅雙溪圖幅西北角及金山面圖幅之北側隸屬新竹市管轄。調查範圍北起新竹科學園區，往南至比佛利社區附近，西起新竹市高峰里，東止於科學園區三期之東緣(圖 1)。

國道 1 號由雙溪圖幅東北隅科學園區附近進入調查區，斜切雙溪圖幅中部，國道 3 號則由金山面圖幅東側進入調查區，橫越兩圖幅後，在雙溪圖幅西側邊緣與國道 1 號相互交匯後出調查區。高速公路雖為調查區內之主要幹道，但在本區內並無交流道可供行車出入。竹 40 號公路由科學園區三期向南通往各社區連接竹 43 號公路貫穿雙溪圖幅，同時與市竹 2 公路及竹 47 公路連通，上述之公路其主線與支線構成區內的主要交通網路。竹 47 號公路可銜接高速公路及至新城，市竹 2 公路可至青草湖，竹 43 號公路可至寶山或三峰。區內道路網非常密集，大體而言，本區交通尚稱便利，惟多數產業道路路面狹窄，較不利於都市發展。

## 1.2 土地利用現況

本調查區內土地以工業用地和農業用地為主，在金山面圖幅之北半部，幾乎都成為科學園區第三期發展的用地，目前已有眾多高科技廠房進駐(照片 1)。科學園區之西面有雙溪，為區內最大之聚落，另外在園區南側國道三號兩旁有數個大型社區分布，包括愛迪生、比佛利等。其餘土地以農業用地為主，一些小型聚落散居在山谷或坡度較平緩之平原及台地上。就農作物種類而言，現代沖積平原大都闢為水稻田(照片 2)；坡度較緩之山坡地上多半種植果樹，以龍眼、橘子、荔枝等為大宗；坡度較陡的坡地大多為相思樹林或竹林；紅土台地則以種植茶樹為主，不過科學園區之擴張，令茶園幾不可見。另有畜牧業零星散布於區內各山坡地。目前在觀光休憩方面，調查區內金山面圖幅東緣有馬場、青草湖和靈隱寺等新竹地區著名的遊樂區。此外，經由本調查區往南可至寶山水庫，近來有大量庭園餐廳及民宿出現，加上近年單車風潮興起，丘陵小徑聚集眾多車友，觀光遊樂區協助本區農業地帶邁向繁榮。

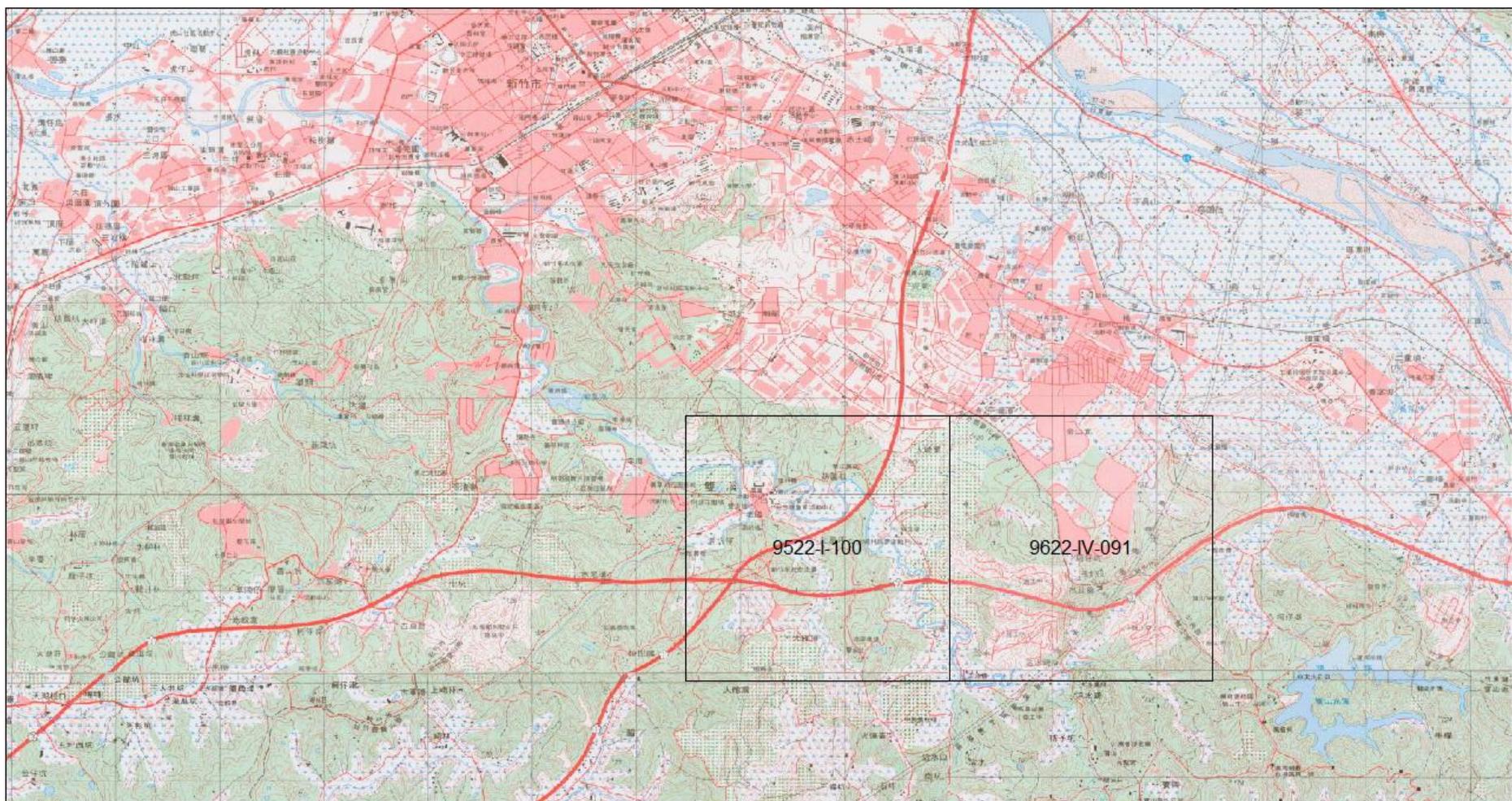


圖 1 新竹縣調查區位置與交通圖

### 1.3 地形

本區位於竹東丘陵西南隅，海拔高度在 280 公尺以下，一般地勢由東往西遞降，起伏量頗大，僅金山面圖幅北半面及雙溪圖幅最北邊之紅土台地地勢較平坦。本區地形大致受區域地質構造及岩層差異侵蝕之影響，在厚硬岩層出露地區常形成山脊，而軟弱岩層出露處則多為谷地(照片 3)。新城斷層以東，岩性以砂頁岩互層為主，地層傾斜較大，故單面山發達；斷層以西，岩性雖亦以砂頁岩互層為主，惟因地層趨於水平，故山脊之延伸較不規則，鮮有單面山發育。紅土台地台面平坦，台面邊緣多因雨水沖蝕而呈明顯的鋸齒狀，台地面積亦因邊緣受侵蝕，而有逐漸縮小的趨勢；台地邊緣之邊坡沖蝕溝發達。本區溪流源頭處，向源侵蝕頗為劇烈，常呈湯匙型凹坡。客雅溪為區內之主要水系，客雅溪發育於雙溪附近，往西流經青草湖、牛埔附近時，有數條小溪流灌入，再往西流，於浸水附近入海。一般時候客雅溪之水流平緩，流量亦不大，故沈積作用盛行，河谷兩岸均有階地發育。

**表 1 新竹縣調查區各級坡度分析統計表**

百分比(%) 面積(公頃) 圖幅名稱	坡度				
	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%
雙溪	36.2 253.2	19.3 135.4	18.2 127.2	16.1 112.6	8.6 60.0
金山面	35.0 244.7	20.2 141.6	18.6 130.3	16.7 116.6	9.0 62.9

### 1.4 氣候

本區年平均溫度為 20.6℃。最高月平均溫度出現在 7 月份，為 28.7℃，最低在一月份為 14.8℃，月平均溫度超過 20℃ 者計有 7 個月(4 月~10 月)，其餘 5 個月則介於 14.9℃ 至 19.9℃ 之間。絕對最高氣溫為民國 89 年 7 月 5 日之 38.0℃，絕對最低氣溫為民國 94 年 1 月 1 日之 5.1℃。根據近 10 年來之紀錄，本區年平均雨量為 1,800.0 公厘，最大年雨量為民國 94 年之 2,384.2 公厘，最小年雨量為民國 92 年的 877.7 公厘。降雨量多集

中在 5、6 月間之梅雨季節，最少月降雨量出現在 10 月份至隔年 2 月間。一日最大降水量為民國 90 年 9 月 18 日之 397.0 公厘，年平均降雨日數為 115 天。年平均濕度約 77%。

## 2.地質概述

### 2.1 地層

出露於本區之地層主要為上新世的卓蘭層，更新世的頭嵛山層，紅土台地堆積層以及全新世沖積層。卓蘭層主要分布於新城斷層東南側；頭嵛山層主要分布於新城斷層西北側，涵蓋調查區之大部份地區；紅土台地堆積層分布於雙溪及金山面圖幅北部部份地區；沖積層則普遍發育於主要河床附近。現將各地層的岩性敘述如下：

#### 上新世

##### 卓蘭層(Pc)

本區出露之卓蘭層主要分布於新城斷層東南側，柑子崎向斜西北翼之地區，由下而上可再細分為 a、b 二個岩段，a、b 兩岩段皆由砂岩、粉砂岩和頁岩互層組成，砂岩呈淡青灰色或淡灰色，頁岩呈青灰色或深灰色。惟 b 岩段內之岩層層面發育較佳，且有明顯的厚砂岩層出現，而在下之 a 岩段則少見岩層層面，並乏厚層砂岩。由於砂岩和頁岩之抗蝕力不等，所以在傾斜互層地區常形成單面山(cuesta)或豬背嶺(hogback)地形，成為本地層一個重要的地形特徵(何春蓀，1986)。竹東三重埔地區鑽井資料顯示(中油公司，1970)，竹東丘陵一帶之卓蘭層厚度可達 1,080 公尺，本區內出露者僅為其中之一部份，厚約 200 公尺。

#### 更新世

##### 頭嵛山層(Qs)

本層廣泛分布於新城斷層西北側，以及柑子崎向斜的軸部地區，整合覆於卓蘭層之上。出露於本區之頭嵛山層屬香山相，主要由膠結不佳，塊狀至厚層，細粒至粗粒，青灰色至灰色砂岩或泥質砂岩、薄層砂岩與頁岩之互層以及暗灰色頁岩所組成，偶夾有礫岩，部份砂岩鐵染成黃棕色。

##### 紅土台地堆積層(Qld)

紅土台地堆積層出露於金山面圖幅北部地區，不整合於頭嵛山層之上。紅土只是

一層厚約 1 至 5 公尺的表土覆蓋在礫石層的頂部，礫石層厚 10 至 20 餘公尺，有砂、粉砂及紅土充填其間，礫石大小不一，但以粒徑 10 至 20 公分者最為常見。在一個完整的剖面中，紅土僅為頂部的一層表土，往下漸變為礫石間的充填物，再往下就變為不含紅土的礫石層。

## 全新世

### 沖積層(Qa)

現代沖積層主要分布於調查區內河流之河床及其兩側。主要由淘選度差，未膠結之礫石、砂及粘土所組成，河床中以礫石居多，河床兩側則以砂、粘土為主。沖積層厚度不一，不整合於老地層之上。

## 2.2 地質構造

出露於本區之地質構造主要有柑子崎向斜、寶山背斜與新城斷層。一般而言，本區之地層多呈北東走向，向東南傾斜，僅柑子崎向斜東南翼地層向西北傾斜。現分別敘述如下：

### 柑子崎向斜

本區出露的向斜構造為柑子崎向斜的北段，位於金山面圖幅東南隅，延伸約 2 公里。其向斜軸呈東北—西南走向，向斜軸部出露之地層為頭料山層，兩翼為上新世的卓蘭層。向斜兩翼岩層之走向大約一致，均呈北偏東約 60 度；西北翼地層向東南傾斜約 10 至 20 度，東南翼地層向西北傾斜 20 度。關東橋地區震測資料(中油公司，1972)顯示，柑子崎向斜軸部略向西南方向傾沒；往東北方向在關東橋附近與寶山背斜合而為一，成為一同斜構造(homocline)。

### 寶山背斜

寶山背斜僅有一小部份位於金山面圖幅之東南角落，背斜軸呈東北—西南走向。其軸部略向東北方向傾沒，並逐漸消失而與柑子崎向斜合而為一。

### 新城斷層

新城斷層因其通過新城(新竹縣寶山鄉的一個村落)而得名。新城斷層為一低角度逆衝斷層，斷層線呈東北－西南走向，其東南地塊沿著斷層面逆衝於西北地塊之上。出露於新城斷層東南側之地層主要為上新世的卓蘭層，西北側為更新世頭料山層及紅土台地堆積層。三重埔地區鑽探資料顯示；於地下 1485 公尺鑽遇之新城斷層，其斷層面向東南傾斜約 48 度，再往深處幾可達 60 度，但在地表附近，其傾角僅約 20 度。台大地質系陳文山教授曾於 91 年於新竹市關東橋篤行營區作開挖，新城斷層露頭清晰可見。由野外斷層露頭及地形面對比，可合理推論斷層活動過多次，且推論其切過非紅土之台地，顯示斷層可能在全新世活動過，依活動斷層分類標準，列為第一類活動斷層(林啓文等，2003)。

### 3.環境地質評估

本區地層主要由上新世的卓蘭層、更新世的頭料山層、台地堆積層以及現代沖積層所組成，由於地層較新，成岩作用較不完全，易受風化侵蝕而崩解，複因受新城斷層之影響，使得斷層附近之岩體較為破碎。這些地質背景均可能提高本區發生地質災害的可能性。本區經調查發現已發生或潛伏性地質災害有崩塌、基礎沈陷、表層沖蝕、河岸侵蝕與向源侵蝕等。現分述如下：

#### 3.1 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 4)及河岸邊之陡坡，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，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。

在早期對本區調查時，雙溪及金山面兩張圖幅內共有 22 個大小不等之崩塌，包括航照判釋及現地確認之區域。由於本區發展迅速，地形坡度不大，崩塌地發育緩慢，有很多區域被整建為工業用地(照片 5)，故崩塌個數減少為 18 個，而新出現之崩塌地只有 2 個，顯示本區崩塌活動並不活躍。區內比佛利山區後方社區之側面邊坡，但開挖殘留陡坡，每逢下雨使發生岩屑之崩落，數量並不龐大但影響居民出入。此處是區內較為活躍之崩塌地，另外在雙溪圖幅南部之文英山莊旁曾於 83 年艾莉颱風時發生大規模走山，範圍剛落於調查區外，但顯示此區坡度雖不大，但在極端候下仍常發生重大災害。

#### 3.2 基礎沈陷

坡地開發為爭取建地，往往採挖填方式整地，由於填方與岩盤之工程性質差異甚大，如果將建築物的基礎部份築於岩盤之上，部份築於填土之上，因挖方和填方的承載

力及壓縮性顯著的不同會產生不等量沈陷，對建築物之危害極大。此外，完整與破碎之岩體，對荷重的反應亦差異甚大，故在新城斷層附近興建重大工程，亦須慎防不等量沈陷。防止不等量沈陷的方法除將填方壓實外，更講究者，還將挖方部份挖除，改填以工程性質與填土相近之物質。類似的整坡地，應慎防不等沈陷災害的發生。

在早期對本區調查時，雙溪及金山面兩張圖幅內共有 9 個較大型之填方區域。近期則新增 4 個挖填方區，主要是因應住屋之需求而開發之社區(照片 6)、開發途中被棄置(照片 7)或位於園區邊緣之填土區域(照片 8)

### **3.3 河岸侵蝕**

本調查區內，部份崩塌現象與河岸侵蝕有密切的關係，這些地區都是位於河道轉彎處，因坡腳受到河水強烈的侵蝕而使基礎被淘空，導致坡面上的岩塊向下崩落，將來開發這些地區時，應於河岸侵蝕位置構築堅強之護坡工程，以阻止崩塌災害的發生。

在早期對本區調查時，雙溪及金山面兩張圖幅內共有 9 個河岸侵蝕區域，因為河流量不大，這些河岸侵蝕區並無進一步擴大的跡象(照片 9)，相反是因已有人工保護措施而趨於穩定(照片 10)，故並無新出現之侵蝕區。

### **3.4 向源侵蝕**

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，是為向源侵蝕作用。向源侵蝕在本調查仍然分布不多，但大部份指溝侵蝕都可能發育成向源侵蝕。紅土台地邊緣的坡地受地表逕流沖蝕，向源侵蝕作用相當劇烈，台地面亦因侵蝕作用而不斷後退。若不予抑止恐會危及地面上之道路或建築。

本區因地形關係，向源侵蝕範圍較小，侵蝕作用在植生出後便減緩。在早期對本區調查時，雙溪及金山面兩張圖幅內共有 49 個向源侵蝕區，在開發挖填及植生後(照片 11)，向源侵蝕區減為 10 個。

### **3.5 指溝侵蝕**

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，主要分布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。

在早期對本區調查時，雙溪及金山面兩張圖幅內共有 8 個指溝侵蝕區域，在逐漸開發之過程中，部份成爲人工結構的一部份(照片 12)，總數減少爲 4 處。

### 3.6 活動斷層

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。活動斷層易引發山崩、地震、土壤液化(liquefaction)和建物之龜裂倒塌。因此建築物應避免興建於斷層帶上，或進行詳細的調查，定其位置，如此可提高土地的使用面積。其中地震是由於地層經劇烈震動，所放出來的能量十分強大，其所產生環境地質問題包含：地震動破壞、地面斷裂破壞、地基破壞及邊坡災害等(潘國樑，1993)。新城斷層雖出露在本區，未來若有土地開發時仍需注意地震之影響。地震動破壞效應是地震力直接引起的建築破壞，影響因素除地震力之性質外，亦受地質因素之影響，通常基盤受震害最小，其次是台地，而沖積平原最爲嚴重，本調查區內部份爲台地區域，而新城斷層可能延伸至台地之範圍內，地震動之破壞可能使區內房舍受損。故所有建物必須加入防震之設計，但由於斷層附近的地動特性與離斷層較遠處的地動特性並不相同，規劃設計者還必須考慮斷層附近增加的地震力而將建築物的耐震標準提高(葉旭原等，1997)。同時新城斷層通過園區範圍，應注意填土區域之地盤問題及建物之耐震能力。

## 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布面積及百分比如表 2 所示，並略說如下：

**表2 新竹縣調查區各級山崩潛感性分析表**

圖幅名稱	山崩潛感性		低	中低	中高	高	合計			
	百分比(%)	面積(公頃)								
雙溪	35.9	251.1	37.1	259.5	16.5	115.7	8.9	62.2	98.3	688.5
金山面	33.2	232.4	35.4	248.2	19.3	134.9	11.5	80.6	99.4	696.1

### (1) 低潛感區

低潛感區約佔總調查面積之 34.5%(483.5 公頃)，主要分布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。

### (2) 中低潛感區

中低潛感區佔總調查面積之 36.2%(507.7 公頃)，主要分布在坡度 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 17.9%(250.6 公頃)，其分布地區主要分為兩種類型。一為坡度介於 5%~30%，並正面臨河岸侵蝕、指溝侵蝕、崩塌等地質作用之威脅，或為崩積土石堆積區；另一為坡度大於 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 10.2%(142.8 公頃)，多為坡度大於 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雙溪圖幅面積增加約 8%；金山面圖幅面積增加約 13%，主要是因為附近大型社區開發及科學園區之整地挖填將地形變平坦。山崩中低潛感區雙溪圖幅與公館圖幅面積皆減少 3%，主要在階地邊緣地形變異所造成。主要減少在一些低矮的稜線區。山崩中高潛感區雙溪圖幅與金山面圖幅面積皆減少 7%，其中主要來自山區地形中所減少之崩塌及向源侵蝕。山崩高潛感區面積雙溪圖幅增加約 5%；金山面圖幅面積變化不大，主要是挖方後出現少量陡坡的原因。

## 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，並將之區分為很高、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 新竹縣調查區各級土地利用潛力分析表**

圖幅名稱	土地利用潛力		中	低	很低	合計
	百分比(%)	面積(公頃)				
雙溪	34.8	243.6	0.8	16.6	10.2	98.3
金山面	31.9	223.4	3.0	17.9	12.1	99.4
			5.5	116.3	71.1	688.5
			20.9	125.1	84.7	696.1

### (1) 很高利用潛力區

很高利用潛力區約佔總調查面積之 33.3%(467 公頃)，主要為地勢平坦、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 35.4%(495.7 公頃)，主要為坡度稍陡(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 1.7%(24.7 公頃)，主要為坡度介於 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 17.2%(241.5 公頃)，主要為坡度大於 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 11.1%(155.7 公頃)，多為坡度超過 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增加 160 公頃；多分布於階地附近區域。高土地利用潛力區面積增加 200 公頃，中土地利用潛力區減少 270 多公頃；低土地利用潛力區則大幅減少達 110 多公頃；多分布於多丘陵稜線附近受侵蝕或崩塌影響之變異，很低土地利用潛力區增加 50 公頃。

## 6.結論與建議

### 6.1 結論

1. 本調查區中多為丘陵地形，主要為沖積層和紅土階地及砂頁岩互層，其中紅土階地多開發為科學園區，可供利用之平緩台地區域已經不多，不過丘陵區地形並不複雜，擴張並不困難。
2. 本區有柑子崎向斜及寶山背斜出露，走向東北—西南，與高速公路約略同向。
3. 金山面圖幅北側是科學園區的範圍，其逐漸向紅土階地的邊緣擴張，早期一些谷地內的指溝侵蝕及崩塌地被開發工程所掩蓋或挖除，使災害數量有所下降。
4. 金山面圖幅南半部有數個大型住宅社區，其大多以坡地挖填方式取得建地，但可能造成建築物地基座落於不同性質之基礎之上，可能引起不均勻沉陷問題。
5. 雙溪圖幅中有雙溪聚落，位於客雅溪兩岸。客雅溪流路彎曲，在轉彎處常出現河岸侵蝕之現象，而河岸侵蝕常影響都市發展，無論是道路或建物部可能受其破壞，幸而客雅溪流量很低而且本區位於溪流之下游，侵蝕作用相對較不旺盛。
6. 本區在七十七及七十八年完成調查，本年度為更新數化，本區在十數年間崩塌數量減少，舊崩塌從 22 個減少至 18 個，另外共計新增 2 個新崩塌，這些崩塌有 1 個位於先期評估之低利用潛力區，其餘 1 個落於中高利用潛力區。

### 6.2 建議

1. 本區地層岩性較軟弱，邊坡土石受雨水沖蝕後，容易有流失情形，須慎防侵蝕擴大造成山崩災害，各邊坡應注旁坡面逕流收集及排放，確保階地邊緣之穩定。
2. 順向坡區域易因人為開挖其趾部而引發平面滑動崩塌，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，最好以跳島開挖法進行，且最忌採全面開挖，因其極可能造成地層滑動。另外必需施以永久穩定之工法，以減低維護之需求及日後安全之疑慮。
3. 雖然災害被人工構造物所取代，但仍需注意其後排水及穩定問題，以收長遠之計。

4. 本區靠近新城斷層，在地震之時，不同性質之基礎物質會有不同之行爲反應，可能導致基礎不穩。故在建設之初時，對地礎盤的穩定及建物防震之設計必需確實才能維護建物的安全。
5. 客雅溪雖然流量不大，但颱風時仍可能影響河岸道路，在河道內加強護岸之工程對本區是異常有效之投資。

## 參考文獻

1. 中央氣象局，1998～2007，氣候資料年報。
2. 何春蓀，1986，臺灣地質概論臺灣地質圖說明書，經濟部中央地調所出版。
3. 潘國樑，1993，應用環境地質學，地景企劃股份有限公司。4. 林啓文等，2003，地震地質與活動斷層九十一年調查報告—新城斷層、彰化斷層、車籠埔斷層、梅山斷層與新化斷層，九十一年度防救災專案計畫成果研討會論文集，防災國家型科技計畫辦公室。
5. 葉旭原、張嘉祥，1977，斷層附近學校建築耐震安全研究—新化斷層沿線七所學校之耐震規劃評估，中華民國建築學會第十屆建築研究成果發表會論文集，97-100 頁。
6. C.H.Tang And C .H. Hsu, 1970, Subsurface Geology and Petroleum Deposits in the Hsinchu Area; PETROLEUM GEOLOGY OF TAIWA, No.7, P.89-P.101.



照片 1 園區三期發展迅速。



照片 2 丘陵間平原仍有水稻田分布。



照片 3 起伏不定之竹東丘陵區。



照片 4 淺層崩塌常出現在道路旁。



照片 5 舊崩塌位置常被開發利用。



照片 6 填土區多成為社區。



照片 7 被廢棄之開發區。



照片 8 園區旁之填土區。



照片 9 河岸侵蝕區多已穩定。



照片 10 主要道路旁之河岸侵蝕多以護岸保護



照片 11 向源侵蝕區部份植生保護。



照片 12 指溝侵蝕區部份被整建為道路。

## 各論 (之二) 嘉義縣調查區

油車店圖幅(原 86 年油車店地區圖幅)

崎腳圖幅(原 86 年崎腳地區圖幅)

坑頭厝圖幅(原 85 年坑頭厝地區圖幅)

竹崎圖幅(原 85 年竹崎地區圖幅)

# 各論 (之二) 嘉義縣調查區

## (油車店、崎腳、坑頭厝、竹崎圖幅)

### 目 錄

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
  - 3.1.1 淺層崩塌
  - 3.1.2 墜落
- 3.2 河流侵蝕
  - 3.2.1 指溝侵蝕及向源侵蝕
  - 3.2.2 河岸侵蝕
- 3.3 基礎沉陷
- 3.4 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

## 圖目錄

圖 1 嘉義縣調查區位置與交通圖.....	2-2-6
-----------------------	-------

## 表目錄

表 1 嘉義縣調查區各級坡度分析表.....	2-2-7
表 2 嘉義縣調查區各級山崩潛感性分析表.....	2-2-16
表 3 嘉義縣調查區各級土地利用潛力分析表.....	2-2-18

## 照片目錄

照片 1 竹崎地區位於低矮的嘉義丘陵，後方高聳的山嶺為西部麓山帶。.....	2-2-22
照片 2 台地區早期的土石採取業，目前均已停採。.....	2-2-22
照片 3 鳳梨是大埔美一帶最主要的經濟作物之一，栽種面積極廣。.....	2-2-22
照片 4 開發中的「嘉義縣香草藥草生物科技園區」。.....	2-2-22
照片 5 開發中的「嘉義縣大埔美智慧型工業園區」。.....	2-2-22
照片 6 竹崎親水公園是由牛稠溪的高灘地規劃利用而成。.....	2-2-22
照片 7 竹崎親水公園內一處因道路切坡而引起的淺層崩塌。.....	2-2-23
照片 8 河岸侵蝕形成的陡直邊坡，會隨著侵蝕及自然崩解而逐漸崩塌後退。.....	2-2-23
照片 9 已有崩塌現象的邊坡，應儘量維持坡趾的穩定，使邊坡得以自然植生復育。 .....	2-2-23
照片 10 風化土層及崩積土層容易受到逕流的沖刷而在山坡上形成侵蝕溝。.....	2-2-23
照片 11 八八水災期間的洪水造成華興溪的河岸侵蝕災害，堤防損毀嚴重。.....	2-2-23
照片 12 八八水災期間的洪水造成牛稠溪的河岸侵蝕災害，堤防損毀嚴重。.....	2-2-23
照片 13 鹿寮窟附近的濁水溪多曲流，須注意豐水期的河岸侵蝕及洪水氾濫等影響。 .....	2-2-24
照片 14 竹崎親水公園的部分設施在八八水災期間遭洪水沖毀。.....	2-2-24
照片 15 華興溪畔的一處民宅部分基礎為填土，存在基礎沉陷、洪水氾濫及河岸侵蝕等	

隱憂。 .....2-2-24

照片 16 由於牛稠溪遭土石淤積，竹崎親水公園對岸的聚落也遭溢流的洪水侵襲。

.....2-2-24

# 各論 (之二) 嘉義縣調查區

## (油車店、崎腳、坑頭厝、竹崎圖幅)

### 摘要

嘉義縣調查區包含了崎腳及竹崎兩個地區，調查範圍為 1/5000 比例尺的油車店、崎腳、坑頭厝、竹崎等四張圖幅，總面積約 2,800 公頃。交通聯絡方面，主要依賴國道 3 號公路、台 3 號公路及其他地區道路的聯結，形成便捷的公路網。此外，也有阿里山森林小火車可通往阿里山及嘉義。整體的交通聯絡極為便捷。

本區位在臺灣中南部麓山帶西緣，小梅丘陵及嘉義丘陵與嘉南平原接壤的地帶。地形以沖積平原、台地及丘陵為主，全區之高程介於海拔 35 公尺至 163.4 公尺之間。主要的溪流有華興溪及牛稠溪。經航照判釋及現地調查，已發生或潛伏的地質災害種類有淺層崩塌、落石崩塌、指溝侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷、洪水氾濫等，以及活動斷層—梅山地震斷層。其中新增的災害現象主要為華興溪及牛稠溪沿岸的河岸侵蝕。

與前期調查比較，山崩潛感性及土地利用潛力的分布都呈現向「高」及「低」兩端變遷的趨勢，其間的變異主要來自地形圖的精度差異。前期分析所使用之地形底圖為 1/5,000 像片基本圖，本年度所使用之地形底圖為新版 5 公尺 數值等高線。

# 一、地理概述

## 1.1 位置與交通

嘉義縣調查區包含了崎腳及竹崎兩個地區，調查範圍為 1/5000 比例尺的油車店、崎腳、坑頭厝、竹崎等四張圖幅，總面積約 2,800 公頃。其中，油車店與崎腳圖幅為在大林、梅山之間，在行政區劃分上大部分屬嘉義縣大林鎮，僅油車店圖幅之東北側(華興溪東北)部分地區屬雲林縣古坑鄉所轄。坑頭厝與竹崎位在嘉義市的東北方，屬於嘉義縣竹崎鄉。

在交通方面，國道 3 號公路約呈北北東走向穿經油車店及崎腳圖幅，經由梅山交流道及竹崎交流道連接 162、166 號縣道、台 3 號公路及其他地區道路，形成便捷的公路網。台 3 號公路約呈南北向穿經油車店、崎腳、坑頭厝及竹崎圖幅，往北可通往斗六、古坑地區，往南經梅山、竹崎可抵番路、中埔一帶。此外，阿里山森林小火車途經竹崎，由竹崎火車站搭森林火車亦可通往阿里山及嘉義。整體而言，本區各級公路及產業道路均甚為發達，對內及對外的交通聯絡均極為便捷。

## 1.2 地形

調查區內之地形以沖積平原、台地及丘陵為主，全區之高程介於海拔 35 公尺至 163.4 公尺之間，地勢則由西北側向東南緩緩昇高，於崎腳圖幅之東緣過山村一帶達到最高點，續往東南則轉為山脊、溪谷分明之丘陵區。

本區位在臺灣中南部麓山帶西緣，其中，由車店及崎腳位在小梅丘陵與嘉南平原交接地帶，除東南側之丘陵區外，地勢平坦，地形主要受岩性控制，河川沖積層及紅土台地區地勢平坦，丘陵區則因岩層以膠結疏鬆砂岩及泥岩為主，雖然海拔不高，但山脊、溪谷密布。坑頭厝與竹崎屬於嘉義丘陵（照片 1），係阿里山山脈西麓的一部份，阿里山山脈至此高度已降，地形也漸緩，高程在海拔 1000 公尺以下。牛稠溪源於竹崎鄉與梅山鄉的分水嶺—四大王山（1488 公尺），在水道頭以西的河段，由山地區進入流低矮的丘陵區後，流速減緩，流域變寬，河流的下切作用轉而形成側切作用，遂於牛稠溪兩旁形成開闊的沖積平原。沖積平原上偶可見地勢稍高之小丘，錯落於竹崎一帶，高程介於海拔 150~230 公尺之間。本區坡度分析結果如表一所示：

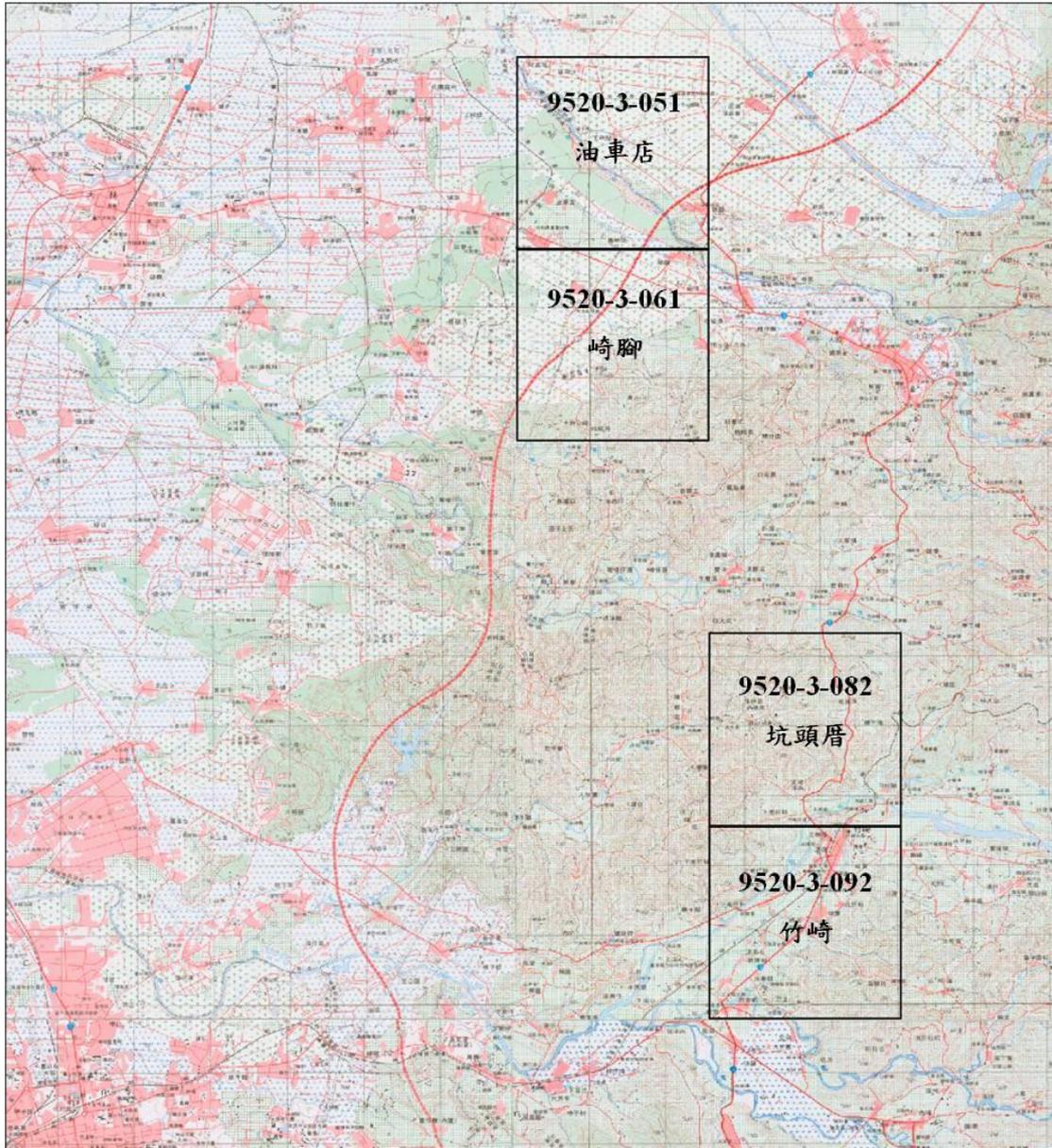


圖 1 嘉義縣調查區位置與交通圖

**表1 嘉義縣調查區各級坡度分析表**

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%	
	油車店	85.6 603.7	8.4 59.1	1.7 12.0	1.4 10.2	0.6 4.4				
崎腳	50.1 353.6	17.3 122.0	12.9 91.3	14.6 102.9	4.3 30.4					
坑頭厝	24.6 173.8	7.7 54.0	16.0 112.8	32.7 230.8	18.2 128.5					
竹崎	47.7 336.3	12.1 85.1	10.3 72.4	21.7 153.0	6.9 48.8					

### 1.3 土地利用現況

油車店、崎腳地區的土地利用向來以聚落、農業及軍事用地為主，早年還有部分砂石採取作業（照片 2），但目前以停採。主要聚落有石仔寮、油車店、嘉和新莊、開元後等，多由傳統農村發展而成，散佈於沖積平原或紅土台地上。農業以鳳梨、香蕉及甘蔗為主要生產大宗（照片 3），廣泛種植於區內平坦的階地及沖積平原。崎腳一帶的山坡地則以檳榔、柑橘類果樹為主要作物。

近年來，嘉義縣政府委發展地方科技產業，也在積極推動科技園區的設立，如嘉義縣在香草、藥草、精油及菇菌類產量已佔全省70%以上，為建立香草藥草產銷體系，結合輔導成立香草藥草生產區，增加農民收益，在國道三號公路梅山交流道的東側規劃有「嘉義縣香草藥草生物科技園區」開發案（照片4），採「促進民間參與公共建設(BOT)」方式辦理。在梅山交流道的西側，大林鎮大美里、過溪里一帶也有開發中的「嘉義縣大埔美智慧型工業園區」（照片5），計畫以科技產業為主，引進農業生物科技、半導體後段製程、機械設備、應用生物科技之污染防治等產業。

坑頭厝、竹崎地區之土地利用以農業用途為主，僅在竹崎圖幅內之台3公路沿線有零星工廠分布。其商業則集中在人口較為稠密的聚落，如竹崎、中埔，以及中埔圖幅內台18公路兩側發展。

農作物分布在牛稠溪、八掌溪及赤蘭溪等溪流之氾濫平原上，其種類以水稻、柑橘、鳳梨及香蕉為主，而在坡度稍陡的坡地上則以檳榔、葡萄柚、柳丁、龍眼等旱作為大宗。調查區內之坡地大部份均已利用，低緩的丘陵地在本區內除闢成果園之外，部份亦做為公共墓地使用。本區之景觀充滿田園野趣，在休閒娛樂方面除了有牛稠溪畔的竹崎親水公園提供附近民眾休憩（照片6），也有民間開發的度假村，提供烤肉、露營及住宿餐飲等服務。阿里山森林小火車途經竹崎，想上阿里山的遊客亦可從竹崎火車站搭森林火車上山遊玩；另外，由台18公路往東亦可通往阿里山。

## 1.4 氣候

根據中央氣象局出版的氣候資料年報，嘉義農試所(G2L020)近十年來(1999~2008)的統計資料顯示；本調查區的年平均氣溫為23.6℃，月平均最高溫度為28.5℃，出現在七月份；而月平均最低溫度為1月的19.6℃。絕對最高氣溫曾在民國88年5月24日創下40.5℃的紀錄，絕對最低溫度為民國88年12月22日的2.4℃。

本區之年雨量平均為2920.1公厘，最高年雨量為民國93年的6098.9公厘，年平均降雨日數約88天，以六、七、八月間雨量較多。最大月平均雨量為民國93年8月的2947.0公厘，單日最大降雨量出現在民國93年8月25日的985.0公厘，每年10月至翌年2月間雨量較少，甚至有整月未雨的記錄。本區年平均濕度82.2%，平均風速約為0.7m/s。

## 2.地質概述

### 2.1 地層

本區出露之地層包括更新世中、早期的頭料山層，更新世晚期的紅土礫石層與台地堆積層，以及全新世的沖積層。各地層之特性分述於后：

#### 更新世

在臺灣中南部地區的地質文獻中，和頭料山層相當的更新世地層多採用中國石油公司地質師所命名的崁下寮層(Stach,1975)、二重溪層(Stach,1957)和六雙層(張錫齡,1962)三個地層，其標準地點皆在臺南縣新營以東的曾文溪流域中。崁下寮層位於最下，由砂岩和頁岩的互層組成，全厚五百四十到一千公尺，但砂岩的成分向北增加。中間的地層名二重溪層，厚約四百四十公尺，由頁岩和細粒到中粒砂岩的互層組成，砂岩內含有豐富的海相貝類化石和漂木碎塊。最上部的地層為六雙層，厚約一千零四十公尺，大部分由暗灰色至青灰色泥岩和夾有砂岩和粉砂岩互層的頁岩組成，本層的上部和下部也含有少數較厚的砂岩層，此外本層還含有豐富的有孔蟲化石以及漂木碎塊。

依據前述的岩性特徵，頭料山層在本區由下而上可區分為Qs1、Qs2及Qs3等三個岩性單位，其中Qs1即崁下寮層，Qs2為二重溪層，而Qs3則是六雙層。各層的岩性特徵說明如下：

#### 崁下寮層(Qs1)

本層出露於竹崎圖幅東南側及坑頭厝圖幅東側小部份，其餘大部份都被沖積層所覆蓋。由於此單位之露頭不佳、風化極深，不易精確判斷其岩性特徵。但由零星的露頭研判，本單位主要是由灰色至青灰色之粉砂岩或泥質砂岩與灰色頁岩互層所組成。頁岩厚度不大，多在40公分以下。在竹崎圖幅內本層之野外露頭尚佳、但因受構造影響，局部常可見小型的褶皺或斷層錯動，使得走向傾斜變化很大，但傾角都較緩，出露厚度約100公尺左右。

#### 二重溪層(Qs2)

本層出露於竹崎圖幅之西北角及坑頭厝幅西南一角，其岩性主要是由青灰色頁岩與黃褐色細至中粒砂岩的互層所組成。本層之野外露頭良好，互層厚度可達八、九米以上，層內常見貝類化石碎屑。岩層位態大致為東北走向，向北傾斜，傾角約在10度上下，出露厚度約為300~350公尺厚。

### 六雙層(Qs3)

本層岩性為暗灰色至青灰色泥岩和夾有砂岩和粉砂岩互層的頁岩，砂岩中含有孔蟲化石，在本區分布於坑頭厝圖幅及竹崎圖幅西北角，下部以一厚層塊狀粗粒砂岩與二重溪層相接觸，可以做為區分兩地層的指準層。由於植生茂密與風化強盛之故，本層之野外露頭不佳。岩層位態大致呈東北走向，向北傾斜，在本區出露厚度約為400~450公尺。

### 紅土礫石層(Qld)

本層出露於油車店、崎腳一帶，小梅丘陵的西側，為古河流造成之沖積扇或階地堆積層，屬陸相古期紅土礫石層，其紅土厚度約1至3公尺，礫石層則厚約5、6公尺至10餘公尺不等，礫石主要由砂岩及石英質砂岩構成，礫徑多在15公分以下呈次圓形。

### 台地堆積層(Qt)

台地堆積層主要分布在竹崎圖幅牛稠溪兩側的舊河床上，主要是由未膠結之礫石、粉砂、砂、粘土所組成，不整合地覆蓋於頭料山層之上。

## 全新世

### 沖積層(Qa)

沖積層主要分布於華興溪、牛稠溪及其支流所形成之沖積平原及河床上，由礫石、砂、泥所組成，膠結不佳。

## 2.2 地質構造

本區出現的褶皺構造有圳頭坑向斜，另有三條斷層通過，分別倒孔山斷層、梅山地震斷層及桐樹湖斷層，其中梅山地震斷層為活動斷層，各斷層的特性及分布說明如下：

## 圳頭坑向斜

本向斜出現於坑頭厝圖幅西側，向斜軸約略成東北走向，由坑頭厝圖幅西南的圳頭坑處進入調查區，往東北延伸約2.5公里左右後向東北傾沒。向斜兩側之岩層均為更新世的六雙層，傾角較緩，約在10度左右。

## 倒孔山斷層

本斷層乃中油台探總處(1986)根據區域地質調查結果所研判之斷層構造，斷層約成東西走向通過崎腳圖幅之北側，走向略與梅山地震斷層平行，因被紅土臺地堆積層所覆蓋，故性質不詳。

## 梅山地震斷層

根據大森的記載(Omori, 1907)，梅山地震斷層乃伴隨 1906 年嘉義大地震發生的斷層，為右移斷層，成東北東走向。斷層由嘉義梅山的三美庄一帶沿伸至民雄，向西可能以潛伏斷層形式沿伸至新港附近。在開元后附近之最大水平位移量約為 2.4 公尺，最大垂直位移量為 1.8 公尺。根據黃明哲等(1985)之野外調查結果，三美庄北方呈東西走向的線型田埂即為 1906 年地震時發生的斷層崖。依據中央地質調查所對活動斷層的分類，梅山地震斷層屬於第一類活動斷層。

## 桐樹湖斷層

桐樹湖斷層由北而南呈南北走向穿經坑頭厝圖幅的東側，往南延伸在竹崎附近逐漸轉成東北西南走向，沿牛稠溪的沖積谷地向西南延伸。本斷層在中油(1978)出版的二萬五千分之一比例尺嘉義縣內埔背斜地質圖中，為一由東往西逆衝之逆斷層，斷層面在接近地表處之傾角為向東35度，斷層東側為上盤，出露地層為崁下寮層，地層位態呈東北東走向，向東傾斜。斷層西側為下盤，出露地層為六雙層，走向多成東北向，向西傾斜。本斷層在竹崎圖幅內由於受到沖積層覆蓋，且斷層作用所造成之錯斷距離不大，不易由實地查證。

### 3.環境地質評估

嘉義縣調查區經航照判釋及現地調查，已發生或潛伏的地質災害種類有淺層崩塌、落石崩塌、指溝侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷、洪水氾濫及活動斷層等。

#### 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的現象，稱為塊體運動，或稱斜坡運動。山崩是一種快速的斜坡運動，重力是其驅動力。通常而言，重力的作用是永不停止，但是要使土石移動，必須土石所受重力大於其本身的慣性才行。影響山崩發生的因素可分為內在和外在兩種，內在因素和土石本身有關，主要包括(1)岩性、(2)地質構造、(3)地形、(4)植生。外在因素包含非常廣泛，主要有(1)岩體風化、(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)降雨及其他，這些因素都是觸發山崩的劊子手。崩塌是最常見的地質災害，也是坡地開發須特別注意的地質災害，依其運動的方式及發生的機制，可分為多種型態，常見的包括墜落、淺層崩塌、平面型滑動及弧型滑動，本區所見者均為淺層崩塌。

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磨擦力或抗剪力時，即可能自坡面滑落，並於坡面下方形成崖錐堆積。

油車店及崎腳地區，由於多為平緩的臺地或沖積平原，僅在崎腳圖幅南側的丘陵區可見到幾處淺層崩塌，但規模均小，多為地表逕流沖刷所致。竹崎、坑頭厝地區多丘陵，淺層崩塌較為常見，除自然沖蝕所引起之外，也有因道路切坡而形成，如竹崎親水公園內的一處道路邊坡（照片 7），道路開闢時切除部分邊坡坡腳，陡邊坡上的土石便容易在自然沖蝕的情況下發生滑落的現象。另一種常見的崩塌是由河岸侵蝕所造成，如牛稠溪在竹崎大橋至和樂橋間的河段，二重溪層的厚層砂頁岩互層，坡腳遭河水侵蝕掏空後形成陡直的崩塌邊坡，這些裸露邊坡除了會隨著河岸侵蝕的發育而逐漸崩塌後退，膠結不佳的厚砂岩也容易因解壓節理的發育而逐漸崩解（照片 8）。在已有崩塌現象發生的

地方，應避免再去擾動，並儘量維持坡趾的穩定，使邊坡得以自然復育（照片 9）。

## 3.2 河流侵蝕

水因受重力的影響而往低處流，在這種流動過程中，水產生動能而侵蝕地表或河岸，並且可以推動鬆散的砂石產生撞擊力及摩擦力，加速侵蝕的速度，這種作用稱為河流之侵蝕作用。調查區河流侵蝕的種類，包括坡地上野溪的指溝侵蝕、向源侵蝕，以及主要溪流沿岸的河岸侵蝕，說明如下。

### 3.2.1 指溝侵蝕與向源侵蝕

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。一般而言，指溝侵蝕現象較容易發生在坡度較大的台地邊坡、風化岩層、土層或崩積土堆積區，或集中在溪流向源侵蝕作用較活躍的源頭地區，如知本森林遊樂區圖幅的鉛板厝一帶。

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把集水區的末端侵蝕成一湯匙狀的凹坡地形，其上緣並會持續不斷的崩落，是為向源侵蝕作用。

本區為地勢低矮的丘陵地，或是平坦的臺地或沖積地，航照判釋及現地調查均未發現明顯的向源侵蝕地形。坡地上偶有坑溝或侵蝕溝的發育，但規模都不大（照片 10）。

### 3.2.2 河岸侵蝕

河流於河道轉彎或流經軟弱岩層時，常會侵蝕河岸坡腳，造成河岸邊坡的後退及坡上岩層或土方的崩落，不但會造成河道淤積，有時還會危及河岸上建物或道路的安全。本區須注意河岸侵蝕影響的地區主要有油車店地區的華興溪（照片 11），以及竹崎地區的牛稠溪（照片 12）與濁水溪（照片 13）沿岸一帶。這幾條溪流在民國 98 年八八水災期間，均因超大的集中降雨形成洪流，致使多處河岸的水利設施及農田蒙受嚴重損失。牛稠溪畔的竹崎親水公園的部分設施也遭洪水沖毀（照片

14)。

### 3.3基礎沉陷

在填土及崩積土及斷層破碎帶分布地區，其地表組成材料多為非均質且強度較弱，具孔隙大，不易壓實及抗剪力低等特性。在其上興建道路或其它建物時，若所承受之負載超過基礎本身之抗剪強度時，易藉由基礎物質的壓縮或流動，造成基礎的不等量沉陷，而使其上的道路或建物受到損害。

本區潛在的基礎沉陷主要來自填土及斷層破碎帶的影響。由於土地利用程度不高，常見的山坡地挖填整地在本區並不多見，所見者多為河岸浮覆地的填土整地，如竹崎圖幅榮民醫院南側及興產橋東側的濁水溪左岸的填土。油車店圖幅的華興溪畔，一處民宅的部分基礎為填土，因緊臨溪畔且部分為高灘地，同時缺乏堤防護坡（照片 15），除填土材料的基礎沉陷特性之外，也容易遭受洪流的侵蝕掏空。

此外，斷層破碎帶具有抗剪力低的特性，在油車店、崎腳圖幅有倒孔山斷層及梅山地震斷層，在坑頭厝、竹崎圖幅有桐樹湖斷層，在斷層所穿經的沿線，若有重要的建設工程規劃時，須留意斷層破碎帶的工程特性。

### 3.4洪水氾濫

河川的經常行水區通常只佔了河床之一小部分，其餘較高位之河床可能常年未受河水沖刷，逐漸形成草生地，或甚至有灌木開始生長，常被鄰近居民利用做為農耕或其他使用。但在颱風或豪雨來臨時，大量之降水可能造成山洪暴發，由平常之行水區漫流開來，並挾帶上游沖刷下來的泥砂或礫石，淹沒河道內經常行水區以外的旱地，造成沿岸或下游地區的農作損失或其他災害。所以，在洪氾區內應避免開發利用。

本調查區有洪水氾濫之虞的地區主要為華興河流域台 3 號公路以西河段的高灘地，目前多為草生地所覆蓋，但在洪流出現時會全數遭到淹沒，包含前段所述之溪畔民宅，在民國 98 年八八水災期間均曾受到漫流的河水所淹沒。

此外，竹崎地區的牛稠溪，在八八水災期間也因河道遭到洪流所攜帶的土石淤積，致使排水斷面不足，導致洪水溢流過堤防，造成竹崎親水公園對岸的聚落淹水的情形（照

片 16)。

### 3.5 活動斷層與地震災害

根據美國原子能委員會所訂定的標準，臺灣活動斷層應可包括：(一)地震斷層(在 10,000 年內發生)；(二)現代斷層(斷層在 10,000 年內發生或切穿現代堆積層)；(三)現代再活動斷層層(此指更新世斷層或更古遠時期發生之斷層於現代有明顯之再活動痕跡者(徐鐵良，1993)，根據上述條件、大森的記載(Omori, 1907)、黃明哲等(1985)及葉義雄等(1984)之研究結果顯示，梅山地震斷層應為活動斷層。梅山地震斷層於調查區內約呈 N75°E 走向，其總延伸距離約 13 公里，於調查區內之延伸距離則約 4 公里。

活動斷層與一般斷層最主要的差異在於前者具活動性，故活動斷層在工址選擇之考慮上具有相當重要的意義，因它除了破碎帶之基礎承載力不足外，當它再活動可能引起地盤錯動，而傷及位於其上之工程結構物。此外，活動斷層亦意味者該斷層可能引發地震，並在該斷層沿線上產生地表斷裂及地表強烈的震動。根據葉義雄等(1984)之研究結果亦指出，嘉義梅山地區平均每年約有一至二次  $ML \geq 6.0$  的地震，且多數震源發生於地表下 20 公里內，並與梅山斷層有密切的關連，有鑑於此本區之土地利用應與梅山地震斷層保持適切的後退距離，根據建築技術規則「山坡地開發章」中之規定，坡地開發時與活動斷層之安全距離不得小於 50 公尺。但根據黃明哲等(1985)之研究結果指示，梅山地震斷層可能與臨近之小斷層組成一寬約 1.5 公里之活動斷層帶，故於梅山地震斷層通過的沿線區域進行土地開發利用時，應慎防斷層活動或地震可能帶來之影響。

## 4.山崩潛感性分析

山崩潛感性分析主要考慮坡度、基岩性質、風化程度及山崩歷史等因素，加以綜合評估，並將之分成低、中低、中高和高潛感性四級，來顯示發生山崩的可能性。油車店、崎腳、坑頭厝及竹崎圖幅經山崩潛感性分析後，各級山崩潛感性分布面積及百分比如表 2 所示，其分布情形詳如山崩潛感圖，並略加說明如下：

**表2 嘉義縣調查區各級山崩潛感性分析表**

圖幅名稱	山崩潛感性				合計
	低	中低	中高	高	
油車店	85.6 603.8	10.1 70.9	1.4 10.2	0.6 4.5	97.8 689.4
崎腳	50.1 353.3	30.0 211.8	14.3 100.7	4.9 34.4	99.3 700.2
坑頭厝	24.3 171.4	23.4 165.2	32.6 230.2	18.9 133.0	99.2 699.8
竹崎	47.0 331.5	22.0 154.9	22.1 155.8	7.6 53.4	98.6 695.6

註：面積及百分比不足之數為河流所佔。

### (1) 低潛感區

低潛感區主要分布在無明顯地質災害發生或潛伏的平坦地上，如油車店、崎腳一帶的紅土力蝕臺地與沖積層，以及竹崎地區牛稠溪的氾濫平原，佔總調查面積的 51.8%(1460.0 公頃)。這些地區因地勢平坦，發生山崩或其它地質災害的機率極低。

### (2) 中低潛感區

中低潛感區主要分布在坡度 5~30%，而未有地質災害發生的緩坡地上，佔總調查面積的 21.4%(602.8 公頃)，零散地分布在丘陵山坡地的坡趾地帶，坡度較緩，開挖擾動發生山崩災害的機率較低。

### (3) 中高潛感區

中高潛感區主要分布在坡度 30~55%，而未受明顯地質災害影響或坡度稍緩(5~30%)，但已受崩塌、指溝侵蝕河岸侵蝕等災害影響的地區，佔總調查面積的 17.6%(496.9 公頃)。這些地區目前多作為種植檳榔或果樹之用，由於開挖擾動發生山崩災害的潛能較高，且坡度較陡，整坡作業不易進行，如需進一步作為結構物基礎使用時，必須針對可能面臨的致災因子進行詳細的地質調查與工程處理，以避免因開挖或擾動而引發山崩災害。

### (4) 高潛感區

高潛感區主要分布在坡度大於 55%，或坡度 30~55%，並正受崩塌、指溝侵蝕或崩積土堆積等地質災害或不良地質因子影響的地區，佔總調查面積的 8.0%(225.3 公頃)。這些地區目前多為未利用的雜林地或災害地，由於坡度較陡，受擾動後發生山崩災害的機率極大，應盡量避免開發使用。

### (5) 與前期差異比較

與前期調查比較，低潛感區面積增加 34.1 公頃，中低潛感區減少 104.2 公頃，中高潛感區減少 30.9 公頃，高潛感區增加 114.7 公頃。由於前後期的災害變化不大，地形上亦無明顯改變，但分析結果顯示無論是單一圖幅統計比較或是全區合計比較，山崩潛感性的分布都呈現向「高」及「低」兩端變遷的趨勢，其間的變異主要來自地形圖的精度差異，其中最明顯是坑頭厝圖幅高潛感區增加 50 多公頃，最主要是因為丘陵區頂部坡度較陡，在新版的坡度圖有精確的計算。前期分析所使用之地形底圖為 1/5,000 像片基本圖，本年度所使用之地形底圖為新版 5 公尺數值等高線。

## 5. 土地利用潛力評估

經調查本區各種已發生或潛伏之地質災害，考慮土地開發所須災害防治成本，評估出本調查區之土地利用潛力，並依本計劃標準將之區分為很高、高、中、低及很低利用潛力等五級，以供土地開發與都市發展之參考。油車店、崎腳、坑頭厝及竹崎圖幅各級土地利用潛力區所佔面積及百分比，詳如表 3 所示，各級利用潛力區分布情形詳如土地利用潛力圖，並略加說明如下：

**表3 嘉義縣調查區各級土地利用潛力分析表**

圖幅名稱	土地利用潛力					合計
	很高	高	中	低	很低	
油車店	83.3 587.1	7.3 51.4	1.6 10.9	3.7 26.3	1.9 13.7	97.8 689.4
崎腳	49.5 348.9	16.7 118.0	12.7 89.4	14.0 98.8	6.4 45.0	99.3 700.2
坑頭厝	23.2 163.9	6.5 45.6	16.5 116.2	33.3 234.6	19.8 139.5	99.2 699.8
竹崎	45.6 322.1	10.8 76.2	11.4 80.3	22.4 158.3	8.3 58.7	98.6 695.6

註：面積及百分比不足之數為河流所佔。

### (1) 很高利用潛力區

很高利用潛力區主要位在坡度 5% 以下，而無災害發生的緩坡或平坦沖積地上，佔總調查面積的 50.5% (1426.1 公頃)，主要分布在油車店、崎腳圖幅的紅土台地區及沖積平原，在竹崎、坑頭厝圖幅則分布於牛稠溪與濁水溪的氾濫平原。

### (2) 高利用潛力區

高利用潛力區主要分布在坡度 5~30%，岩盤穩定而未受災害影響的坡地，佔總調查面積的 10.0% (281.1 公頃)。在油車店、崎腳一帶主要分布在丘陵與臺地接壤得緩

斜過度帶及不同高程的沖積地間接觸帶，在竹崎、坑頭厝一帶主要分布在牛稠溪及其支流兩岸的一些高位沖積地或階地。這些地區坡度平緩，且地質穩定，發生山崩災害的機率低。

### (3) 中利用潛力區

中利用潛力區佔總調查面積的 11.1%(312.2 公頃)。分布地區主要為坡度 30%以下，但稍受崩塌或土壤沖蝕等災害侵襲的地區，如崎腳圖幅開元後、簡氏墓園一帶，竹崎圖幅的竹崎國中一帶的台地邊緣，以及濁水溪沿岸的幾處填土區，開發利用應注意邊坡沖蝕與基礎沉陷地問題。

### (4) 低利用潛力區

低利用潛力區可以分為兩類主要位在坡度 30~55%，而未有地質災害發生的地區，佔總調查面積的 18.4%(519.2 公頃)。這些地區零星散布於區內的丘陵區，大都與中利用潛力或高利用潛力區交雜，多作為種植檳榔或果樹之用；有的易受洪流侵襲、有的坡度較大，雖目前並無明顯地質災害發生，但因本區風化作用強盛，風化土層厚，開挖或擾動易引發沖蝕或崩塌等地質災害，土地使用需格外小心。

### (5) 很低利用潛力區

很低利用潛力區主要分布於坡度大於 55%，或坡度 30~55%且已有崩塌、指溝侵蝕、向源侵蝕、或有崩積土分布的地區。低利用潛力區佔總調查面積的 8.7%(246.4 公頃)。這些地區依坡地開發建築管理辦法明訂為禁建區，山崩潛感性與開發之災害防治成本均高，開挖擾動招致崩塌災害的機率也很高，宜避免使用。

### (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增加 142.3 公頃，高土地利用潛力區減少 330.7 公頃，中土地利用潛力區增加 171.5 公頃，低土地利用潛力區減少 24.7 公頃，很低利用潛力區增加 55.3 公頃。這些變異主要來自山崩潛感性的改變，與所使用的地形底圖版次有關。另外很高土地利用潛力區面積增加較多主要來自油車店圖幅，其洪水淹沒區因年近數次洪水期之淹沒範圍皆較早期評估之範圍小而衍生而來。

## 6.結論與建議

### 6.1 結論

- (1) 嘉義調查區經航照判釋及現地調查，已發生或潛伏的地質災害種類有淺層崩塌、指溝侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷及洪水氾濫等。
- (2) 本區的災害分布變化不大，新增的災害主要為牛稠溪及濁水溪沿岸的幾處河岸侵蝕，均為民國 98 年八八水災期間的洪流所造成，也導致多處堤防及公共設施的損壞。
- (3) 本區所見的淺層崩塌主要多與河岸侵蝕有關，如牛稠溪沿岸的幾處崩塌現象，都位在河流轉彎的侵蝕坡，與溪流的沖蝕有直接的關聯。
- (4) 本區有洪水氾濫之虞的地區主要為油車店圖幅華興溪台 3 號公路以下的河段，以及竹崎地區牛稠溪沿岸的高灘地。
- (5) 通過崎腳一帶的梅山地震斷層是在 1906 年嘉義大地震時伴隨地震所產生，屬於第一類活動斷層。根據建築技術規則「山坡地開發章」中之規定，坡地開發時與活動斷層之安全距離不得小於 50 公尺。另根據黃明哲等(1985)之研究結果指示，梅山地震斷層可能與臨近之小斷層組成一寬約 1.5 公里之活動斷層帶，
- (6) 崎腳及竹崎地區分別於 86 及 85 年度完成首次環境地質調查，本年度為更新調查。十餘年來災害的分布變化不大，甚至有部分實地確認崩場地在此次的更新調查時已不復見到，植被復育的情況極為良好。新增的災害 1 處為油車店圖幅華興溪畔的填土，其餘 15 處均為牛稠溪及濁水溪的河岸侵蝕。

### 6.2 建議

- (1) 由於部分高灘地已被闢為停車場或休閒用地，在颱風豪雨期間須注意洪水氾濫的威脅，並限制人員在某種情況下必需撤離。
- (2) 故於梅山地震斷層通過的沿線區域進行土地開發利用時，應慎防斷層活動或地震可能帶來之影響，建物之基礎雖審慎設計，以防建物倒塌。
- (3) 河岸侵蝕區使用時需有一段緩衝距離，以防洪水來時之突發災害的影響。

## 參考文獻

- (1).中央氣象局，1999—2008，氣候資料年報。
- (2).何春蓀，1986，臺灣地質概論，臺灣地質圖說明書（增訂第二版）。經濟部中央地質調查所出版，146 頁。
- (3).李春生、張寶堂 1984 臺灣區地熱資源探勘評估報告之二工研院能礦所。
- (4).林朝宗、塗明寬、陳文政，1981，臺灣南迴鐵路地質調查報告一(二)東段地區(中央隧道口-太麻里)，經濟部中央地質調查所。
- (5).詹新甫、張徽正、洪志成、賴典章、侯秉承、李承輝、莊德永，1978，臺灣南迴鐵路預定線東段地區地質調查報告，台灣省地質調查所。



照片 1 竹崎地區位於低矮的嘉義丘陵，後方高聳的山嶺為西部麓山帶。



照片 2 台地區早期的土石採取業，目前均已停採。



照片 3 鳳梨是大埔美一帶最主要的經濟作物之一，栽種面積極廣。



照片 4 開發中的「嘉義縣香草藥草生物科技園區」。



照片 5 開發中的「嘉義縣大埔美智慧型工業園區」。



照片 6 竹崎親水公園是由牛稠溪的高灘地規劃利用而成。



照片 7 竹崎親水公園內一處因道路切坡而引起的淺層崩塌。



照片 8 河岸侵蝕形成的陡直邊坡，會隨著侵蝕及自然崩解而逐漸崩塌後退。



照片 9 已有崩塌現象的邊坡，應盡量維持坡趾的穩定，使邊坡得以自然植生復育。



照片 10 風化土層及崩積土層容易受到逕流的沖刷而在山坡上形成侵蝕溝。



照片 11 八八水災期間的洪水造成華興溪的河岸侵蝕災害，堤防損毀嚴重。



照片 12 八八水災期間的洪水造成牛稠溪的河岸侵蝕災害，堤防損毀嚴重。



照片 13 鹿寮窟附近的濁水溪多曲流，須注意豐水期的河岸侵蝕及洪水氾濫等影響。



照片 14 竹崎親水公園的部分設施在八八水災期間遭洪水沖毀。



照片 15 華興溪畔的一處民宅部分基礎為填土，存在基礎沉陷、洪水氾濫及河岸侵蝕等隱憂。



照片 16 由於牛稠溪遭土石淤積，竹崎親水公園對岸的聚落也遭溢流的洪水侵襲。

## 各論 (之三) 臺南縣調查區

豐里圖幅(原 79 年豐里地區圖幅)

望明圖幅(原 79 年望明地區圖幅)

玉井圖幅(原 79 年玉井地區圖幅)

沙子田圖幅(原 79 年沙子田地區圖幅)

# 各論 (之三) 臺南縣調查區

## (豐里、望明、玉井、沙子田圖幅)

### 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 河岸侵蝕
    - 3.3 向源侵蝕
    - 3.4 表層沖蝕
    - 3.5 基礎沉陷
    - 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

## 圖目錄

圖 1 臺南縣調查區位置與交通圖.....	2-3-6
-----------------------	-------

## 表目錄

表 1 臺南縣調查區各級坡度分析統計表.....	2-3-7
表 2 臺南縣調查區各級山崩潛感性分析表.....	2-3-13
表 3 臺南縣調查區各級土地利用潛力分析表.....	2-3-15

## 照片目錄

照片 1 調查區內土地利用多以農業為主。.....	2-3-19
照片 2 區內部份農地發展旅遊業。.....	2-3-19
照片 3 區內泥岩分布區易生惡地形.....	2-3-19
照片 4 南化泥岩易受侵蝕。.....	2-3-19
照片 5 道路邊坡之崩塌。.....	2-3-19
照片 6 泥岩邊坡之淺層崩塌。.....	2-3-19
照片 7 陡坡之崩塌屬性分類不易。.....	2-3-20
照片 8 淺層崩塌與侵蝕有關。.....	2-3-20
照片 9 類似單面山之地形被河流切蝕後之情形。.....	2-3-20
照片 10 河岸侵蝕令階地邊緣出現後退現象。.....	2-3-20
照片 11 河道轉彎處，河岸侵蝕嚴重。.....	2-3-20
照片 12 谷地區域受到侵蝕影響，會出現蝕溝及崩塌。.....	2-3-20
照片 13 泥岩邊坡受雨水影響形成大面積之沖蝕。.....	2-3-21
照片 14 泥岩惡地區水土保持甚難處理。.....	2-3-21
照片 15 填工區大多為建物所致。.....	2-3-21

照片 16 崩積工區除注意基礎問題外，亦要注意崩塌的影響。.....	2-3-21
照片 17 曾文溪兩旁多少受八八水災影響。.....	2-3-21
照片 18 部份河岸除受洪氾影響外，河岸亦受破壞。.....	2-3-21

# 各論 (之三) 臺南縣調查區

## (豐里、望明、玉井、沙子田圖幅)

### 摘 要

本調查區位於臺南之東南隅，包括豐里、望明、玉井及沙子田等四張五千分之一像片基本圖，總面積約 2,800 公頃。地形大致為河階台地及河階台地邊緣之平緩丘陵所組成。出露之岩層包括上新世大窩細砂岩、錦水頁岩、南化泥岩，更新世台地堆積及現代沖積層。區內最主要之地質構造為玉井向斜，向斜軸大致呈北偏東 5 度走向，向南傾斜 10 度。調查區內已發生或潛伏的地質災害有崩塌、河岸侵蝕、向源侵蝕、表層沖蝕與基礎沉陷等。

本調查區大部份皆為平坦地，目前農耕為主，近年觀光產業的開發，對坡地開發是一種壓力，無論是填土擴展基地，或是崩積土區的利用，都需要注意基礎的安全問題。由於本區河流之側蝕作用強烈，故極易影響農耕地，八八水災之後，河道兩岸皆有多處明顯出現侵蝕的區域，河岸邊緣利用方面應避免與水爭地，非永久性為主，當河水暴漲時，避免停留當地。本區之泥岩山丘易受雨水沖蝕而形成惡地地形，利用之潛力極品，深具旅遊發展潛力。曾文溪及其支流在本區流路彎曲，兩側之台地區域是本區之主要腹地。在八八水災時，並未受洪水影響，由此可見，在工地利用選擇時，應以距河拔較高之處為要。八八水災後，慈濟在本區興建大愛村供災民居住，所在地在位於望明圖幅台 20 線道旁，此處為台地區域，較無洪水淹沒之顧慮。其實這也是所有選擇基地的一般性原則。本區有部份區域具有垂直之邊坡，其所潛伏可能為落石崩塌或淺層崩塌，這些地區可能在將來發展時被利用。要注意的是，崩積物之性質是否適作為建物之基礎，以及後方所潛伏之崩塌危機。

# 1.地理概述

## 1.1 位置與交通

調查區位於臺南縣境東南隅之玉井鄉區域，包括豐里，望明、玉井及沙子田等四張五千分之一像片基本圖幅，總面積約 2,800 公頃。行政上主要隸屬玉井鄉管轄，僅望明圖幅之西北及豐里圖幅之西北和西南隸屬於大內鄉管轄，玉井圖幅之東北角區域則隸屬楠西鄉管轄。

本區主要以台 20 號及台 3 號公路及 84 號公路為對外交通主要孔道(圖 1)，台 20 號公路由玉井斜貫望明圖幅可至臺南市。台 3 號公路以玉井為樞紐向北可達曾文水庫，向南穿越沙子回圖幅可至南化。84 號公路由玉井向西經豐里圖幅可連接國道三號及至麻豆。主要公路皆有客運行駛，為居民對外之主要運輸線。另外本調查區居民以從事果園為主，故產業道路之開發相當發達，並可與各主道路聯繫，交通十分便利；近年休閒旅遊業興起，亦得益於此。

## 1.2 土地利用現況

本調查區內目前土地利用方式大多為農業及住宅，另有少許的工廠、墓地及畜牧場。農業用地最廣，以果園及農田為主(照片 1)，果園方面種植有蕃石榴、楊桃、木瓜、鳳梨、棗子、荔枝、龍眼、芒果、西瓜及柳橙類等種類繁多，其中以芒果為最大宗。一般山坡地以種植芒果及蕃石榴，河流沖積地則以往種植西瓜為主，現不多見；河階台地則普遍種植各類水果及甘蔗。住宅用地以聚落方式散居各圖幅中，其中最大聚落位於調查區中心，亦為玉井鄉之文教行政中心地區，居民以從事農耕為主，工廠則以電子、成衣等加工業居多，另有製磚廠及台糖製糖廠位於調查區內。畜牧方面以養雞場、養鴨場及農舍養豬場為主，散佈於各聚落中。墓地主要分布於望明圖幅南邊之台 20 號公路附近地區的山丘上。近年興起的民宿餐廳風潮亦出現在本區(照片 2)。另外於望明圖幅之曾文溪及後掘溪旁有砂石廠採取河邊砂石，不過現已停止。綜合整體而言，本調查區之土地利用可謂為高度利用地區。

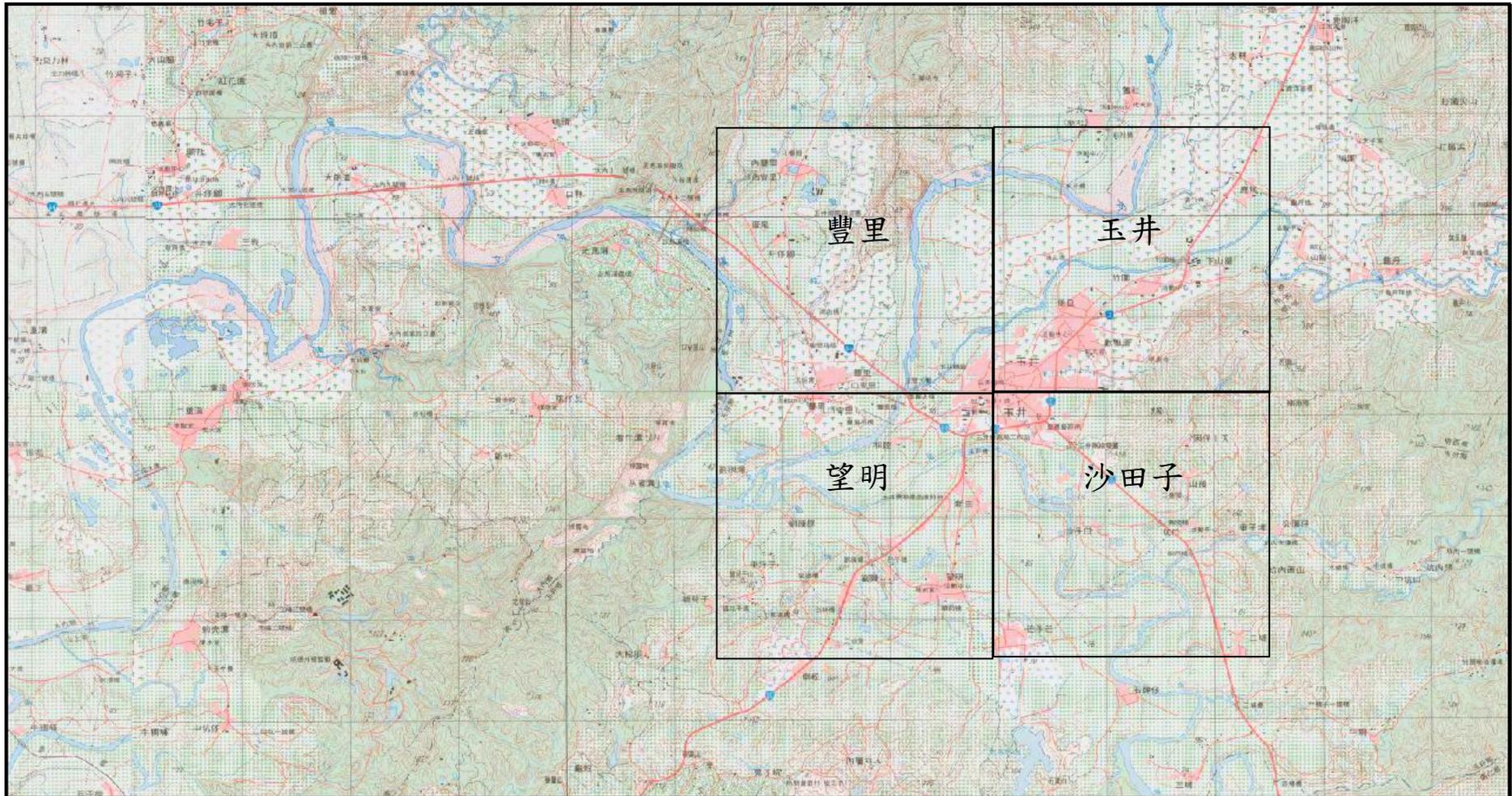


圖 1 臺南縣調查區位置與交通圖

### 1.3 地形

調查區內主要曾文溪和後掘溪及其支流所形成之階地及其邊緣之低緩丘陵組成。丘陵主要分布於調查區之東、西南、西北方之邊緣地區，其中以東邊之虎頭山為最高。由於受岩性之影響，於玉井圖幅東南邊及豐里圖幅東北邊常形成峭壁，於豐里圖幅西南邊及望明西邊則為泥岩地，易受風化侵蝕成惡地地形(照片 3)。

本區河流主要為曾文溪、後掘溪及其支流。曾文溪和後掘溪之河流沉積量目前不大，故河流沖積地區不多；但下切營力較大，故溪道一直在加深中。其支流則因下切營力大，形成河流受侵蝕成深溝。另外，各河流曲流非常發達，在河道轉彎處常侵蝕並加速彎曲，若此作用持續進行，在彎曲過甚處河段，於彎曲溪道間狹窄嶺線之頸部會因河流激烈沖刷剝蝕，最後河流終將取道最短的路徑改道，亦即所謂的「截流作用」。

河岸沖積地只分布於曾文溪及後掘溪沿岸和河階台地構成調查區中之平坦地，另外各山丘內大多已開發成果園，故坡度亦轉趨平緩，其坡度分析結果請參考表 1。

**表 1 臺南縣調查區各級坡度分析統計表**

百分比(%) 面積(公頃) 圖幅名稱	坡度				
	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%
豐 里	50.6 354	20 140	6.6 46.2	10 69.8	9.4 65.9
望 明	63.7 445.7	15.9 111.6	7.3 51.3	6.8 47.7	2.2 15.2
玉 井	74.7 522.9	11.8 82.5	4.9 34.5	4.6 32.3	2.9 20.4
沙子田	64.7 452.9	14.1 98.9	9.4 65.7	9.0 62.7	2.1 14.9

## 1.4 氣候

本區之年平均溫度為 24.1℃，最高月平均溫度為 7 月之 29.2 度，最低月平均溫度為 2 月之 21.3 度，除 1 月、2 月外，其他各月份之月平均氣溫皆超過 20 度，絕對最高溫出現在 2005 年 5 月 15 日之 36.6 度；絕對最低溫出現在 2007 年 1 月 29 日之 3.7 度。年平均雨量為 2132.3 公厘，大多集中在 5 至 9 月，最大月雨量為 2005 年 6 月的 1409.5 公厘；最大日雨量為 2005 年 6 月 14 日的 362 公厘，11 月至整年 1 月雨量最少，低於 10 公厘。本區乾旱季頗長，每年 10 月至翌年 4 月間為旱季，雨量稀少，有時有暴雨，故土壤易被沖刷，年平均濕度 73%。(資料來源：中央氣象局，1999~2008 年)

## 2.地質概述

### 2.1 地層

本調查區出露之地層包括上新世之大窩細砂岩、錦水頁岩和南化泥岩、更新世之台地堆積及全新世沖積層。各地層之岩性由老到新依序敘述如下：

#### 上新世

##### 大窩細砂岩(Mkt)

大窩細砂岩位於錦水頁岩以下，以砂岩及頁岩互層為主。本層出露於調查區內豐里圖幅之西北角區域，為灰色泥質砂岩夾薄層灰黑色頁岩及黃灰色細粒砂岩與灰色砂質頁岩互層，砂頁岩厚薄不一。本層於本調查區中只出露一部份，出露厚度約二百餘公尺左右，而實際全部厚度可達 700 公尺。

##### 錦水頁岩(PK)

錦水頁岩覆蓋於大窩細砂岩之上，兩者呈整合關係，出露於豐里圖幅之西北邊區域，主要以層狀或塊狀之青灰色至暗灰色頁岩為主，局部為泥岩(耿文溥，1981)，頁岩具有發育良好的球狀剝離構造，通常夾有暗灰色凸鏡狀砂岩體以及粉砂岩和泥岩的薄層(何春蓀，1986)。本層因局部被台地堆積所覆蓋而沒有完全出露，出露之厚度約 150 公尺左右。

##### 南化泥岩(Pcn)

南化泥岩為臺南以東丘陵區分布面積最廣之岩層。南化泥岩之岩性從下而上可分為三段，南化泥岩之下段(Pcn1)為厚層塊狀細粒亞混濁砂岩為主，局部為長石質，有時為粉砂岩。砂岩結構疏鬆，可以手指捨碎。每層砂岩厚數公尺至十餘公尺，常形成峽谷及峭壁。其中夾有薄層砂岩及頁岩互層。砂岩常呈凸鏡體狀，極易尖滅。此底部砂岩層總厚一百公尺以上，整合在錦水頁岩之上。本層中段(Pcn2)為塊狀青灰色至暗灰色泥岩，構成南化泥岩之主體。泥岩岩質鬆軟，雨季時在泥岩面上沖刷成許多溝墊，極易崩塌，形成惡地。此為本層在地形表現上之特色(照片 4)。泥岩中常夾少量薄層砂岩或粉砂岩，有時與泥岩成薄條帶狀緊密互層。本層砂岩類皆延

展不遠即告尖滅，鮮少超過一百公尺者。本層上段(Pcn3)為砂岩及泥岩之互層，乃南化泥岩與其上以砂岩為主之關廟層間之過渡層。此互層中之砂岩為薄層至塊狀厚層、細粒、灰色至黃棕色，岩性鬆軟，其中夾有石灰岩，散佈各岩層中。

調查區內南化泥岩出露之岩段只有上段和中段出露。上段出露之地區有豐里圖幅之西北角、望明圖幅之東南角、玉井圖幅之東南角及沙子田圖幅之東部等區域。中段出露之地區有豐里圖幅之東南角及望明圖幅之西北角和西南等區域。各段部份被台地堆積層所覆蓋，故沒有完全出露。

## 更新世

### 台地堆積層(Qt)

台地堆積都由未經膠結之礫石、砂及粘土所組成，分布在曾文溪和後掘溪及其支流所構成之溪流兩側台地，以不整合之方式覆蓋在較老地層之上。

## 全新世

### 沖積層(Qa)

沖積層散佈於曾文溪、後掘溪及其支流之河道兩側，所佔範圍較小，主要由礫石、砂及粘土所組成。

## 2.2 地質構造

玉井向斜為本區主要地質構造，向斜構造縱貫玉井圖幅及沙子田圖幅。軸部為南化泥岩地層，大部份被台地堆積層所覆蓋，只有部份南化泥岩上段出露，兩翼為錦水頁岩及大窩細砂岩。向斜軸走向為北偏東約 5 度，向南作 10 至 15 度之傾斜。

### 3.環境地質評估

調查區內除台地分布之地區有聚落聚集外，其他坡地皆為農耕地。因農耕地之開發規模不大，故人為因素所引起之災害並不顯著，而降雨、河流與地質構造等因素所可能引起之地質災害則不可忽視。根據調查結果，本區已發生或潛伏的地質災害有崩塌、河岸侵蝕、向源侵蝕、表層沖蝕與基礎沉陷等。茲分述如后：

#### 3.1 崩塌

本區內岩層主要為膠結鬆散之砂岩與泥岩所組成，故容易受風化而降低強度，又加上區內曲流特別發達，對河岸不斷產生侵蝕作用，使坡腳遭淘空，以致坡腳上方之土壤或風化較深之岩層失去支撐而發生崩塌，崩塌的形式同樣受上述之因素而多樣又混亂。在道路旁邊坡多發生淺層崩塌，如豐里圖幅西北角之產業道路旁(照片 5)或是泥岩分布之侵蝕邊坡(照片 6)。而在丘陵山稜附近的崩塌又多呈陡直之邊坡，以坡度來看屬落石崩塌(照片 7)，但其崩落之物質較傾向於岩屑大小(照片 8)。另外在豐里圖幅東部有接近單面山地形，但坡面上卻沒有順向坡滑動之情形(照片 9)。

與前期比較崩塌新增加約 36 個，主要出現在豐里圖幅東側山稜，其受到曾文溪沖擊及侵蝕影響，坡趾及坡頂皆出現不小之崩塌，可能是由小的沖蝕慢發展而成。

#### 3.2 河岸侵蝕

河流之侵蝕作用可使河道加深及加寬，尤其於河流轉彎外側，因受到河水強烈的側蝕作用，基礎被淘空，而造成崩塌(照片 10)。本區內曲流發達，河岸侵蝕作用強烈及頻繁，故凡河道轉彎處皆有或多或少之侵蝕發生。無論是水量大之曾文溪或是水量小之無名溪流，其轉彎處都令附近岸坡造成破壞(照片 11)。

河岸侵蝕在本區數量不少，與前期比較數量增加頗為明顯，從 30 個增為 47 個，與八八風災不無關係，多集中在曾文溪兩岸。

#### 3.3 向源侵蝕

向源侵蝕為河流源頭的支流不斷的向前延伸，源頭處的碎石不斷崩塌及不斷被搬運至下游地帶，致造成嚴重破壞，並提高河流源頭地區發生崩塌之可能性。

如豐里圖幅、玉井圖幅、沙子田圖幅之坡地等地區(照片 12)。與前期比較從 11 個增為 15 個，與崩塌之增加有一定之相關，因為崩塌集中之稜線區便成向源侵蝕區。向源侵蝕整治不易，如必須利用該區時，最好能與之保持一段安全後退距離，並於溪流源頭上方構築砌塊石階狀駁坎等保護設施。

### 3.4 表層沖蝕

本區岩性以砂岩及泥岩為主，然因砂岩膠結鬆散及果園之開墾使表土鬆散，若長期受雨水侵蝕易造成表土之流失(照片 13)。泥岩岩質鬆軟，雨季時易被沖刷成許多溝壑，極易崩塌，形成惡地，致使一切植物皆難以生長，雨水及河流之侵蝕破壞，亦使得山坡地表層不斷崩塌，成為水土保持上之嚴重問題(照片 14)。另外，坡地開挖與填土，亦可致土石裸露，造成表層沖蝕，產生侵蝕溝。

### 3.5 基礎沉陷

基礎沉陷常發生在未經夯實之填土、崩積土及斷層破碎帶等地區，因這些地區大多由非均質、淘選不良、不易壓實且抗剪力低的土石組成，而容易發生不等量沉陷，還可能引起土層的滑動崩塌。本區內填土區(照片 15)和崩積土區(照片 16)雖然不多，但隨著發展步闕，使用之機會隨之增加，必需要注意整體的安全。

### 3.6 洪水氾濫

河川的經常行水區通常只佔了河床之一小部分，其餘較高位之河床可能常年未受河水沖刷，逐漸形成草生地，或甚至有灌木開始生長，常被鄰近居民利用做為農耕或其他使用。但在颱風或豪雨來臨時，大量之降水可能造成山洪暴發，由平常之行水區漫流開來，並挾帶上游沖刷下來的泥砂或礫石，淹沒河道內經常行水區以外的旱地，造成沿岸或下游地區的農作損失或其他災害。所以，在洪氾區內應避免開發利用。

本調查區有洪水氾濫之虞的地區主要為曾文溪及其支流兩岸區域(照片 17)。在八八水災時雖未造成兩岸台地大面積淹沒，但仍有部份區域河岸受損(照片 18)。將來暴雨之機會增高後，影響的範圍可能擴大，故在河岸附近區域利用時應以距河岸一段距離及高程比河床高 10 公尺以上較為安全。

## 4.山崩潛感性分析

由坡度、基岩強度、風化程度，破碎情形、山崩歷史，河流侵蝕，表層沖蝕及各種已發生或潛在之災害等因素，綜合研判分析而得調查區內發生山崩機率的高低。經電腦分析後，將本調查區依照自然狀態下發生山崩之難易程度分為：低、中低、中高、高潛感性四級，其分布面積與百分比由表 2 所示，並說明如后：

### (1) 低潛感區

本區之低山崩潛感區主要分布於地勢平坦之河床沖積平原及河階台地上，佔總調查面積之 63.1%(1768.1 公頃)。由於這些地區地勢平坦(坡度 0%~5%)，沒有崩塌現象，地盤穩固，無邊坡滑動之虞，故山崩潛感性低。

**表2 臺南縣調查區各級山崩潛感性分析表**

圖幅名稱	山崩潛感性				合計
	低	中低	中高	高	
豐里	50.5 353.7	26.3 183.7	9 62.9	10.8 75.7	96.6 676
望明	63.3 443.4	23.4 164.2	6.8 47.7	2.4 16.5	95.9 671.8
玉井	74.4 521.2	16.1 112.6	4.4 31.1	4 27.9	98.9 692.8
沙子田	64.2 449.8	23.3 162.6	7.9 55.4	3.9 27.2	95.4 667.8

註：每張圖幅以 700 公頃計算，面積及百分比不足之數為河流所佔。

### (2) 中低潛感區

中低潛感區分布於坡度 5%~30%地區，在本調查區內主要為河階台地、已開墾的較平緩的山坡及河流兩岸坡度起伏稍大(5%~30%)但無地質災害現象之邊坡，佔總調查面積之 22.2%(623.1 公頃)。這些地區發生邊坡滑動的可能性較低，但利用時則應

注意防止因人爲開挖可能誘發的崩塌災害。

### (3) 中高潛感區

中高山崩潛感區在本調查區主要分布在坡度 5%~30%且目前正受到崩塌、河岸侵蝕、表層沖蝕及向源侵蝕，或坡度在 30%~55%之間，而無地質災害存在的地區，佔總調查面積之 7.0%(197.1 公頃)。

### (4) 高潛感區

本調查區之高潛感區主要分布在坡度大約 30%，且會有過新舊崩塌、河岸侵蝕、表層沖蝕及向源侵蝕等地質災害，及坡度大於 55%的陡峭地區，且本區岩性膠結鬆散，泥質含量甚多，故無論有無地質災害，均屬於高潛感區，佔總調查面積之 5.2%(147.3 公頃)。

### (5) 與前期差異比較

與前期調查比較山崩低潛感區面積全部圖幅面積減少，主要是河流水體所佔增加之故。山崩中低潛感區全部圖幅面積微幅增加 3~10%，主要是地形坡度中第二級坡增加所致。山崩中高潛感區玉井圖幅減少 3%；沙子田圖幅增加 2%，其中主要來自山區地形中所增加之崩積土及河岸侵蝕。山崩高潛感區面積變化不大，陡坡區出現崩塌地其山崩之潛感性變化不大。

## 5. 土地利用潛力評估

綜合本調查區之坡度、地質資料與災害資料，從環境地質觀點評估，經電腦處理後，所得土地利用潛力分析結果如表 3 顯示，，低土地利用潛力區佔 5.2%(145.6 公頃)，很低土地利用潛力區佔 4.5%(120.8 公頃)。其分布和特性分別說明如下：

**表3 臺南縣調查區各級土地利用潛力分析表**

圖幅名稱	土地利用潛力		中	低	很低	合計
	百分比(%)	面積(公頃)				
豐里	46.4	324.4	19.6	12.9	14.4	96.6
			137.5	90.5	100.6	676
望明	52.7	369.2	16	17.2	6.9	95.9
			112.3	120.2	48.5	671.8
玉井	70.2	491.2	11.5	8.3	5.8	98.9
			80.5	58.4	41	692.8
沙子田	61.7	431.8	14.9	9.9	5.9	99.3
			104.6	69.3	40.8	695

註：每張圖幅以 700 公頃計算，面積及百分比不足之數為河流所佔。

### (1) 很高土地利用潛力區

本調查區很高土地利用潛力區主要分布於地勢平坦(坡度<5%)且未有災害的沖積平原及河階台地，本調查區很高土地利用潛力區約佔 57.5%(1616.6 公頃)

### (2) 高土地利用潛力區

高利用潛力區主要分布於坡度 5%~15%之河階台地及已開墾的山坡等，但無地質災害現象的地區，高土地利用潛力區佔 15.5%(434.9 公頃)。

### (3) 中利用潛力區

中利用潛力區主要分布於坡度 15%~30%的坡地上或潛在災害的平坦地等地區，

中土地利用潛力區佔 4.0%(114.7 公頃)。

#### (4) 低利用潛力區

低利用潛力區約佔總調查區之 12.0%(338.4 公頃)，主要為坡度大於 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 8.2%(230.9 公頃)，多為坡度超過 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 270 公頃；多分布於河谷附近區域，主要為洪氾區及坡度改變之影響。高土地利用潛力區面積減少 80 公頃，主要在階地區域河岸侵蝕區之增加所致。中土地利用潛力區增加 50 多公頃，主要在丘陵坡趾附近崩積土及填土區之影響，其大部份為開墾農作及農舍之興建所致；低土地利用潛力區則增加 120 多公頃，多為洪氾影響之區域，很低土地利用潛力區增加 95 公頃，與坡地頂端及河岸之崩塌增加有關。

## 6.結論及建議

### 6.1 結論

- (1) 本調查區大部份皆為平坦地，可利用發展面積相當廣，而目前這盈地區之利用以農耕為主，然近年觀光產業的開發，帶給本區另一種高價值的土地利用。
- (2) 由於本區河流之側蝕作用強烈，故極易影響農耕地，容易引起耕地流失及財產損失。
- (3) 本區之泥岩山丘易受雨水沖蝕而形成惡地地形，利用之潛力極低。
- (4) 曾文溪及其支流在本區流路彎曲，兩側之台地區域是本區之主要腹地。近年來天候異常，造成洪水災禍不斷，本區在早期發展集中在台地與丘陵之間，遠離河谷地帶，在八八水災時，並未受洪水影響。
- (5) 八八水災後，慈濟在本區興建大愛村供災民居住，所在地在位於望明圖幅台 20 線道旁，此處為台地區域，基地本身為農田，基礎為階地堆積，而地形坡度為平緩麓山地帶，在土地利用潛力等級屬很高利用潛力。
- (6) 本區有部份區域具有垂直之邊坡，其所潛伏可能為落石崩塌或淺層崩塌，其下方多為崩積物所構成之平緩地形，這些地區可能在將來發展時被利用。

### 6.2 建議

- (1) 旅遊及其他類型之坡地開發是一種壓力，無論是填土擴展基地，或是崩積土區的利用，都需要注意基礎承載能力及建物之基礎平衡的安全問題。
- (2) 對於河流之河岸侵蝕應加重注意，並應與河岸侵蝕區保持一段安全的後退距離及構築護岸工程，以防止河岸侵蝕繼續擴大及河流改道。
- (3) 在八八水之後，河道兩岸皆有多處明顯出現侵蝕的區域，其實在河岸邊緣利用方面就應避免與水爭地，河岸利用都應以非永久性為主，當河水暴漲時，避免停留當地。
- (4) 在八八水之後，河岸之災害問題在對於將未開發在選址利用選擇時，提供明確之訊息，應以距河拔較高之處為要，才能避免洪水及河岸侵蝕所造成之影響。
- (5) 崩積物區域的使用最要注意的是，崩積物之性質是否適作為建物之基礎，以及後方所潛伏之崩塌危機。

## 參考文獻

- (1)中央氣象局，1999～2008，氣候資料年報。
- (2)何春蓀，1986，臺灣地質概論，中央地質調查所，第 100 頁。
- (3)耿文溥，1981，中央地質調查所彙刊，第一號，第 1～31 頁。



照片 1 調查區內土地利用多以農業為主。



照片 2 區內部份農地發展旅遊業。



照片 3 區內泥岩分布區易生惡地形



照片 4 南化泥岩易受侵蝕。



照片 5 道路邊坡之崩塌。



照片 6 泥岩邊坡之淺層崩塌。



照片 7 陡坡之崩塌屬性分類不易。



照片 8 淺層崩塌與侵蝕有關。



照片 9 類似單面山之地形被河流切蝕後之情形。



照片 10 河岸侵蝕令階地邊緣出現後退現象。



照片 11 河道轉彎處，河岸侵蝕嚴重。



照片 12 谷地區域受到侵蝕影響，會出現蝕溝及崩塌。



照片 13 泥岩邊坡受雨水影響形成大面積之沖蝕。



照片 14 泥岩惡地區水土保持甚難處理。



照片 15 填工區大多為建物所致。



照片 16 崩積工區除注意基礎問題外，亦要注意崩塌的影響。



照片 17 曾文溪兩旁多少受八八水災影響。



照片 18 部份河岸除受洪氾影響外，河岸亦受破壞。

## 各論(之四) 臺東縣調查區

知本森林遊樂區圖幅(原 80 年知本森林遊樂區地區圖幅)

知本溫泉橋圖幅(原 80 年知本溫泉橋地區圖幅)

太麻里圖幅(原 85 年太麻里地區圖幅)

# 各論(之四)臺東縣調查區

(知本森林遊樂區、知本溫泉橋、太麻里圖幅)

## 目 錄

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
  - 3.1.1 淺層崩塌
  - 3.1.2 墜落
- 3.2 河流侵蝕
  - 3.2.1 指溝侵蝕及向源侵蝕
  - 3.2.2 河岸侵蝕
- 3.3 基礎沉陷
- 3.4 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

## 圖目錄

圖 1 臺東縣調查區位置與交通圖.....	2-4-6
-----------------------	-------

## 表目錄

表 1 臺東縣調查區各級坡度分析表.....	2-4-7
表 2 臺東縣調查區各級山崩潛感性分析表.....	2-4-16
表 3 臺東縣調查區各級土地利用潛力分析表.....	2-4-18

## 照片目錄

照片 1 知本是本省著名的溫泉區，也是臺東地區重要的觀光產業之一。.....	2-4-23
照片 2 廬山層是以板岩為主的地層，間夾部分薄至中層的變質砂岩。.....	2-4-23
照片 3 白玉瀑布附近的 Y 斷層破碎帶露頭。.....	2-4-23
照片 4 知本溪河岸侵蝕所引起的淺崩塌在八八水災後多有擴大的現象。.....	2-4-23
照片 5 太麻里溪潰堤的洪流造成東-42 縣道下邊坡的崩塌及道路流失。.....	2-4-23
照片 6 東-42 縣道上邊坡的厚層風化土層受颱風豪雨影響發生弧形滑動崩塌。.....	2-4-23
照片 7 知本地區的落石敏感區多與道路切坡有關。.....	2-4-24
照片 8 緊臨河岸的填土區受河岸侵蝕而流失，其上之民宅岌岌可危。.....	2-4-24
照片 9 長樂橋南側的崩積土區地勢平緩，目前主要作為農業使用。.....	2-4-24
照片 10 知本溪右岸的緩坡地民宅較為聚集，其基礎多為填土整地而成。.....	2-4-24
照片 11 知本溪河岸侵蝕造成潰堤及飯店倒塌的意外事件。.....	2-4-24
照片 12 太麻里溪潰堤所造成之洪水氾濫。.....	2-4-24

# 各論(之四) 臺東縣調查區

## ( 知本森林遊樂區、知本溫泉橋、太麻里圖幅 )

### 摘要

臺東縣調查區包含了知本及太麻里兩個地區，調查範圍為 1/5000 比例尺的知本森林遊樂區、知本溫泉橋及太麻里圖幅，總面積約 2,100 公頃。

本區位在臺東平原的南方，屬於中央山脈南段東翼麓山區與海岸沖積平原接壤處，地形上主要由山地地形、河階地形、河谷地形、沖積平原及沖積扇地形所構成。在地質分區上，本區位在中央山脈南段的東麓，出露的地層為廬山層，但岩性與標準地點南投縣廬山溫泉的標準露頭有異，含有較多的砂岩夾層，故也曾被另名為知本層，但在岩段的區分上缺乏較一致的看法，故本文仍以廬山層來代表。

調查發現，調查區內已發生或隱伏之環境地質災害主要有：崩塌（墜落、淺層滑動、弧型滑動）、指溝侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷及洪水氾濫等。區內所見的新增崩場地及侵蝕災害主要多與知本溪或太麻里溪的河岸侵蝕有關。

調查區經山崩潛感性分析結果顯示，低山崩潛感區佔總調查面積的 10.7% (228.4 公頃)，中低山崩潛感區佔 22.4% (478.0 公頃)，中高山崩潛感區佔 31.5% (672.2 公頃)，高山崩潛感區佔 33.0% (703.6 公頃)。以災害防治的觀點評估本區土地供都市發展之土地利用潛力結果顯示，很高利用潛力區佔總調查面積的 10.2% (218.5 公頃)，高土地利用潛力區佔 21.4% (456.3 公頃)，中利用潛力區佔 1.0% (21.8 公頃)，低利用潛力區佔 31.6% (673.1 公頃)，很低利用潛力區佔 33.4% (712.6 公頃)。

# 一、地理概述

## 1.1 位置與交通

臺東縣調查區包含了知本及太麻里兩個地區，調查範圍為 1/5000 比例尺的知本森林遊樂區、知本溫泉橋及太麻里圖幅，總面積約 2,100 公頃。

其中，知本森林遊樂區及知本溫泉橋圖幅位在知本溪的下游沿岸一帶，範圍大致由知本橋以西至知本森林遊樂區，包含了著名的知本內、外溫泉區在內。在行政區的劃分上，知本溪以北屬臺東縣卑南鄉，知本溪以南則屬太麻里鄉所轄。太麻里圖幅位於太麻里溪口的北岸，北距知本約 10 公里，距臺東市約 25 公里，行政區隸屬臺東縣太麻里鄉。

本區對外交通主要倚賴南北向的台 9 號公路，台 9 號公路分別穿經知本及太麻里地區，是東部地區最主要的公路聯絡幹道，往北可抵臺東市，往南經大武繞經南迴路段可抵屏東縣楓港與西部主要幹線銜接。在鐵路方面，由於環島的鐵路環線已經完成，在知本及太麻里也均有設站，通往全省各縣市均甚為方便，相對於公路交通的冗長路程，鐵路運輸的便捷也日益顯現。

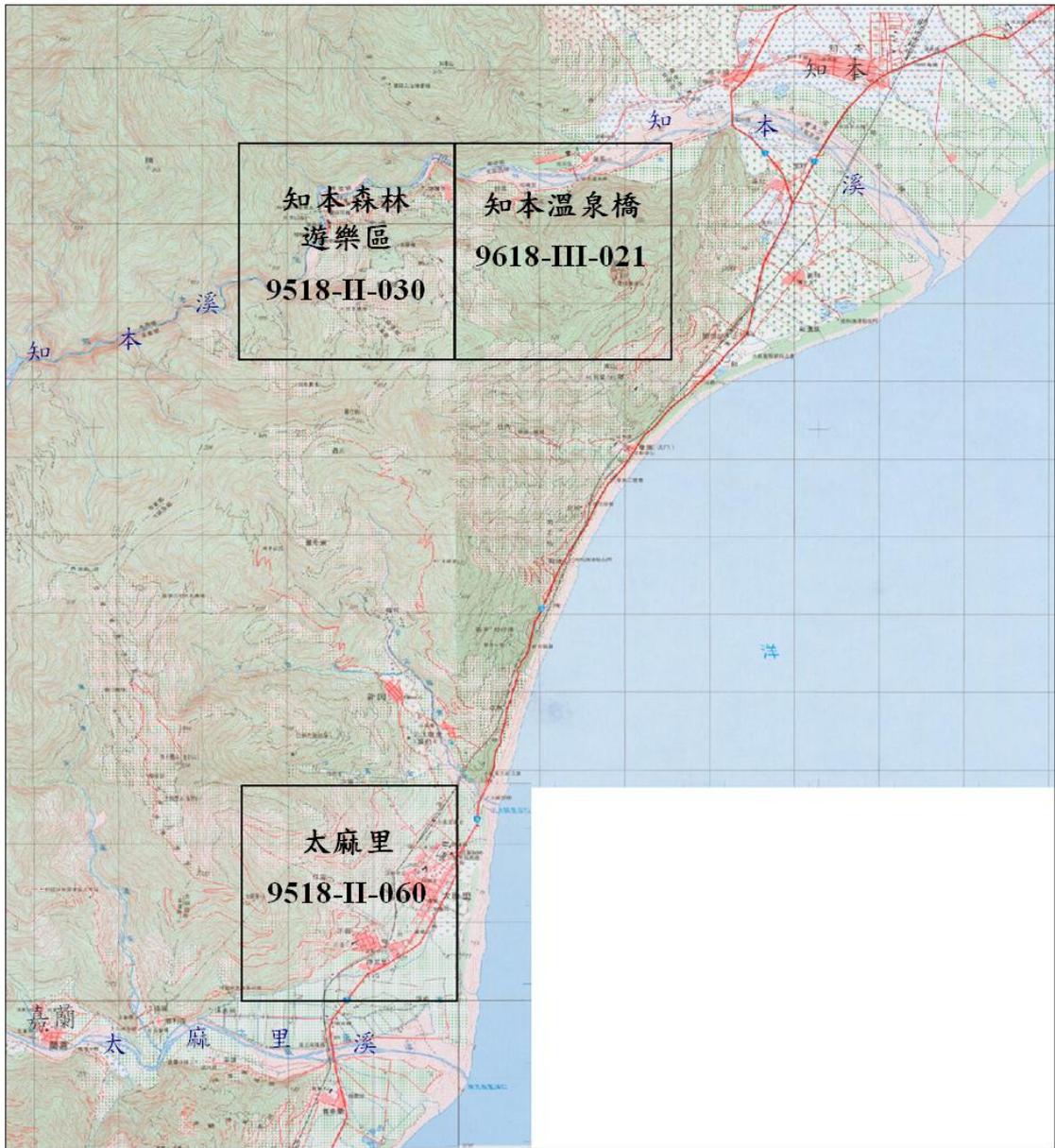
在地區性的交通聯絡方面，台 11 乙公路在知本村與台 9 公路相交，往東經由濱海可至台東，往西則沿知本溪兩岸可抵知本溫泉及知本森林遊樂區。區內山坡地另有知本林道及多條產業道路蜿蜒其間。在太麻里圖幅，東-42 縣道沿太麻里溪北岸西行可抵嘉蘭，東-43 縣道由太麻里北行可至新興；此外，佳崙產業道路、正興產業道路蜿蜒於太麻里西側山地，均可通往太麻里山(金針山)。整體而言，知本及太麻里地區雖遠踞於本省的東南隅，但在對內及對外的交通聯絡上尚稱便利。

## 1.2 地形

知本及太麻里地區均位於臺東平原的南方，屬於中央山脈南段東翼麓山區與海岸沖積平原接壤處，本區主要由山地地形及沖積河谷或沖積扇地形所構成。其中，知本森林遊樂區及知本溫泉橋位在知本溪的下游，知本溪發源於霧頭山(2735 公尺)，向東流入本區，因流域短，坡降大，河谷多深切成狹谷狀。在知本森林遊樂區以東的河段，溪谷才逐漸開闊。知本地區的山地被知本溪切分為南、北兩段，山形均陡峭險峻，山嶺走向與

河谷相近，均呈東北走向。北段山嶺由喀達拉山(1665 公尺)、追分山(1221 公尺)至射馬干山(944 尺)，南段則由規那山(1397 公尺)、太麻里山(1339 公尺)至西川山(535 公尺)，山嶺高度由西向東下降。知本溪流過荒野後即進入太平洋，在河口地帶沖積成一平原地帶，與北部之其它溪流共同構成臺東平原。

太麻里地區的地形分區包括山地、麓山沖積扇及沖積平原。圖幅西北半部為太麻里山東南斜面，地形坡面朝向東或東南方，地勢陡峭，坡度多在四級以上，屬於山地地形。最高點位在圖幅西北角的稜線上，標高約為海拔 675 公尺。在山地地形區的東及東南側，太麻里山與海岸沖積平原的接壤處，為由太麻里山板岩碎屑所沖積而成的沖積扇。本區有兩個較大的沖積扇，一在太麻里的北側，一在太麻里的東南，兩者在太麻里相連，扇頂高度皆在海拔 250 公尺左右，扇緣則約海拔 10 公尺至 20 公尺之間，向東至東南方向傾斜。調查區的南及東南邊緣，分別為太麻里溪沖積平原及海岸沖積平原，海拔高度在 30 至 10 公尺以下。



**圖 1 臺東縣調查區位置與交通圖**

**表1 臺東縣調查區各級坡度分析表**

百分比(%) 面積(公頃) 圖幅名稱	坡度				
	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%
知本森林遊樂區	2.6 18.5	4.2 29.8	10.6 75.7	36.9 262.3	41.7 296.3
知本溫泉橋	9.9 70.6	5.8 41.5	16.8 119.6	35.3 251.0	28.9 205.5
太麻里	20.9 148.7	24.0 171.0	10.5 74.7	28.4 201.7	16.2 115.2

### 1.3 土地利用現況

知本調查區為本省東部著名風景區之一，以溫泉著名。風景區範圍包括知本溪谷及兩岸坡地，溪谷有自然溫泉，假日戲水人潮不少，在南岸有數量頗多之溫泉旅館設立（照片 1），亦有林務局之森林遊樂區配合溫泉之設立。在風景區範圍外兩岸山坡上有截然不同之土地利用，北岸為林務局之造林地，包括樟樹闊葉林和光臘樹，南岸則大部份開墾種植果樹，最大宗為檳榔，其次有釋迦、木瓜及鳳梨。在河口附近之沖積平原則有水稻田、西瓜等，下建和附近之沖積扇則有鳳梨及藥用之山茄子種植。

太麻里地區的土地利用型態以農業為主，聚落主要分布於面海的緩斜沖積扇扇緣，主要聚落包括太麻里與正興村。太麻里有台-9 號公路通過其間，主要機關及商業活動都集中在此，為本區最大聚落。正興村位於太麻里西南方，為一規劃整齊之原住民聚落。其餘地區則僅有零星散戶分布於田野、山間。本區位於臺灣東南部沿海，屬於熱帶地區，所植栽之農作以熱帶果樹及水稻為主。在緩斜的沖積扇及山坡地上，除坡度較陡的地方多為未開發之雜林外，許多地方已開闢為果園，主要種植作物包括檳榔、釋迦、鳳梨、芒果、甘蔗等，其中尤以釋迦為本區特產。在平坦的沖積平原上，則仍以水稻為主要農作，少部份地區種植甘蔗、蔬菜。在近太麻里溪出海口處有民間業者開設的砂石廠。另外，本區西北方的太麻里山嶺線一帶盛產金針，也是本區特產，每當金針花盛開時節，滿山遍野的橘黃花海甚為壯麗，故太麻里山也素有“金針山”之稱。

## 1.4 氣候

根據臺東區農業改良場卑南鄉農業氣象觀測站（72S590）民國 87 年至 96 年間的氣象統計資料顯示，本區年平均氣溫為 22.9℃，月平均溫度在 12.5~35.6℃之間，絕對最高溫出現於民國 96 年 6 月 14 日之 39.5℃，絕對最低溫出現於民國 89 年 10 月 21 日之 2.3℃。本區年平均降雨量 2,174 公厘，年平均降雨日數為 133 天。最大的雨量紀錄出現在民國 87 年 10 月的瑞伯颱風襲台期間，10 月 15 日在臺東卑南創下 539 公厘的單日最大雨量，當月也累積了 1,437 公厘的最大月雨量。最小月雨量為 95 年 11 月的 3.5 公厘。

## 2.地質概述

### 2.1 地層

本區出露地層包括中新世的廬山層、更新世的階地堆積層，以及全新世的沖積層、沖積扇等，由老至新分述如下：

#### 中新世

##### 廬山層(M1)

廬山層代表所有分布在中央山脈的脊樑山脈帶內中新世的硬頁岩和板岩系，其分布範圍極為廣泛，從宜蘭縣的蘭陽平原開始沿中央山脈嶺線南延至恆春半島幾乎都有它的蹤跡。廬山層主要由黑色到深灰色的硬頁岩、板岩及千枚岩和深灰色硬砂岩的互層所組成，含有零星散佈的泥灰岩團塊，標準地點位在南投縣的廬山溫泉。在標準地點附近的廬山層可以分成春陽段、鳶峰段及昆陽段等三個岩段，各段之岩性分別以板岩、變質砂岩及千枚岩為主。但在臺灣東部知本、大武間一帶山區的廬山層，岩性和標準地點所見者具有相當大的差別，所含砂岩較多，故曾被另名為知本層(李春生、張寶堂，1984)，並可以交替出現的變質砂岩及硬頁岩、板岩或千枚岩區分成六個岩段，全厚至少五千公尺以上。也有人將本區相當於知本層的地層分成七個岩段(胡賢能、詹新甫，1984)，仍舊以變質頁岩和變質砂岩的交替出現作為分段依據，不過頁岩的變質度較低，很多只有硬頁岩的程度。

知本及太麻里地區調查範圍內所出露的岩層均為廬山層，出露岩性主要為硬頁岩，部份為板岩，並夾有薄至中層變質砂岩及砂岩與硬頁岩或板岩的薄互層(照片 2)。另在知本溫泉附近的廬山層中也可發現局部出露的火成岩體，岩體呈灰綠色，構成礦物主要為角閃石、斜長石及綠泥石，主要出現在知本溪的兩岸一帶。

#### 更新世

##### 階地堆積層(Qt)

階地堆積主要由膠結不佳的礫石、砂及土壤等物質所組成，一般淘選度都較差，

礫石粒徑從數公分至十數公分，呈次圓形。階地堆積分布於知本溪兩岸，數量不多，佔地亦不大，不整合覆蓋在廬山層之上。

## 全新世

### 沖積扇(Qaf)

沖積扇堆積呈帶狀分布於太麻里圖幅東北部至正興村一帶，事實上，它是由兩個向東堆積的沖積扇所構成，一在太麻里的北方，一在太麻里西南方的正興村一帶，由於相距不遠，其扇緣部份已連接在一起。這兩個沖積扇的型態極為類似；除了方向相近之外，扇頂的高度也都在海拔 250 公尺左右，扇緣高度在海拔 10 公尺至 20 公尺之間，南側略高於北側；平均坡降相近，約為 1：10，通常近扇頂處較近扇緣處略陡。沖積扇的組成包括巨礫、礫石、板岩碎屑、砂、黏土，淘選度差，無膠結。

### 沖積層(Qa)

沖積層分布於知本溪及太麻里溪的沖積河谷、沖積平原或沖積三角洲，岩性主要由板岩碎屑、礫石、砂、黏土所組成，淘選度差，無膠結。

## 2.2 地質構造

本調查區最主要的構造有見晴斷層、Y 斷層以及射馬干山斷層。茲分述如下：

### 見晴斷層

本斷層在知本溪之南岸可見其露頭，斷層面走向約呈北偏西 75 度，斷層面兩側兩側出露地層均為廬山層。本斷層為一其左移性質之斷層，斷層面向西傾斜 80 度。斷層往東南方向延伸至白玉瀑布附近即可能斷距漸減而消失。

### Y 斷層

Y 斷層是地形變化及兩側地層層態之差異而判斷其可能存在，在航空照片上亦可明顯察覺此一線形構造。斷層面走向北偏東 80 度從知本溫泉橋南側山坡向西延伸過長樂橋後進入知本溪谷，依溪谷之形態分析，可能斷層往西延伸，其性質不明，可能為一正斷層。在知本溫泉橋圖幅白玉瀑布附近的產業道路上，可見到岩體剪裂破碎的

露頭出現，應與見晴斷層的破碎帶有關（照片 3）。

太麻里圖幅並無明顯的斷層或褶皺等地質構造，但硬頁岩或板岩受到強烈大地應力的擠壓，劈理構造型態則頗為複雜多變，大致上以向東北、東、至東南方向為主，傾斜角度多在二十餘度以下。地層的節理構造豐富而明顯，在一些較新鮮的露頭可以觀查到許多相互交錯的節理構造，其所形成的楔型破壞是造成邊坡破壞或滑動的主要因素之一。

## 3.環境地質評估

臺東調查區經航照判釋及現地調查，已發生或潛伏的地質災害種類有淺層崩塌、墜落、指溝侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷及洪水氾濫等，範圍內無已知活動斷層存在。

### 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的現象，稱為塊體運動，或稱斜坡運動。山崩是一種快速的斜坡運動，重力是其驅動力。通常而言，重力的作用是永不停止，但是要使土石移動，必須土石所受重力大於其本身的慣性才行。影響山崩發生的因素可分為內在和外在兩種，內在因素和土石本身有關，主要包括(1)岩性、(2)地質構造、(3)地形、(4)植生。外在因素包含非常廣泛，主要有(1)岩體風化、(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)降雨及其他，這些因素都是觸發山崩的劊子手。崩塌是最常見的地質災害，也是坡地開發須特別注意的地質災害，依其運動的方式及發生的機制，可分為多種型態，常見的包括墜落、淺層崩塌、平面型滑動及弧型滑動，本區所見者多為淺層崩塌，以及局部發生的弧形滑動與墜落。

#### 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，即可能自坡面滑落，並於坡面下方形成崖錐堆積。

知本及太麻里地區所見的淺層崩塌主要多與河岸侵蝕有關，如知本溪沿岸的幾處崩塌現象，都位在河流轉彎的侵蝕坡，與溪流的沖蝕有直接的關聯。本年度更新調查得結果，舊有的崩塌多有擴大的現象（照片 4），應與 98 年八八水災期間知本溪的洪流有關。新增的淺層崩塌有 4 處，都位在知本森林遊樂區圖幅，其中 2 處為地表逕流沖時所引起，2 處為河岸侵蝕所造成。

太麻里地區的崩塌多為航照判釋崩場地，位在太麻里山的山腹一帶，目前植被

覆蓋良好，並無明顯的變化。新增的 1 處淺層崩塌位在圖幅的西南隅坡趾，通往嘉蘭的東-42 縣道下邊坡，在八八水災期間，由於太麻里溪的潰堤，洪流沖向左岸的太麻里山側，而造成坡趾及道路的流失（照片 5）。

### **3.1.2 弧形滑動**

弧型滑動為岩體或土體沿一下凹曲面向下快速移動的一種崩塌現象，多發生在厚層的土層、填土區或深度風化岩體。如太麻里圖幅西南隅東-42 公路上邊坡所發生的山崩，即是由廬山層厚層風化岩體的弧型滑動現象（照片 6），其肇因可能是在持續豪雨的情形下，大量地表水滲入並累積在土體內部導致土體軟化所引發。也可能與東-42 公路切坡造成坡趾支撐性不足有間接的關係。

### **3.1.3 墜落**

墜落係指任岩石塊體從陡坡或懸崖分離而驟然墜下，通常發生於陡直的逆向坡或斜交坡面地帶。尤其是當岩層具有發達的節理或劈理等弱面時，會因水的滲入而加速風化作用的進行，終至分離成大小不等的岩塊而墜下。墜落發生的速度極快，經常突如其來，令人防不勝防，尤其是開挖道路所造成的陡峭邊坡，即常潛伏此種落石災害。如新倫橋東側的上邊坡，層狀的白冷層砂岩因構造的擠壓而具有發達的節理，在自然風化及差異侵蝕的作用下，風化岩塊偶有零星落石的現象發生。

本調查區有落石災害的地點都位在知本森林遊樂區圖幅，主要為坡向東北至西北的陡峭邊坡，如龍泉以西通往內溫泉的路段（照片 7），以及內溫泉南方坡地的產業道路邊坡。其成因除逆向坡或斜交坡岩體受節理切割外，亦多受道路開挖形成裸露的陡坡所致。

## **3.2 河流侵蝕**

水因受重力的影響而往低處流，在這種流動過程中，水產生動能而侵蝕地表或河岸，並且可以推動鬆散的砂石產生撞擊力及摩擦力，加速侵蝕的速度，這種作用稱為河流之侵蝕作用。調查區河流侵蝕的種類，包括坡地上野溪的指溝侵蝕、向源侵蝕，以及主要溪流沿岸的河岸侵蝕，說明如下。

### 3.2.1 指溝侵蝕與向源侵蝕

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。一般而言，指溝侵蝕現象較容易發生在坡度較大的台地邊坡、風化岩層、土層或崩積土堆積區，或集中在溪流向源侵蝕作用較活躍的源頭地區，如知本森林遊樂區圖幅的鉛板厝一帶。

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把集水區的末端侵蝕成一湯匙狀的凹坡地形，其上緣並會持續不斷的崩落，是為向源侵蝕作用。如本區太麻里南北的兩個沖積扇，就是由太麻里山東斜面的兩個向源侵蝕區的發育所形成。

### 3.2.2 河岸侵蝕

河流於河道轉彎或流經軟弱岩層時，常會侵蝕河岸坡腳，造成河岸邊坡的後退及坡上岩層或土方的崩落，不但會造成河道淤積，有時還會危及河岸上建物或道路的安全。本區須注意河岸侵蝕影響的地區主要在知本溪的沿岸一帶，主要是自森林遊樂區遊客中心的南側至溫泉橋間，因河道多曲流，沿岸的利用程度也較高，沿岸的道路及構造物大多面臨程度不一的威脅。其中尤以東台飯店東北方的填土區須特別注意（照片 8），緊臨河岸的填土基礎在八八水災期間，受知本溪高漲的洪流沖蝕而導致基礎流失，危及鄰近的民宅。而溫泉橋西側的金帥飯店，雖有堤防保護仍擋不住洪水的侵襲而倒塌（照片 9），可見洪流的侵蝕作用不容忽視，河岸侵蝕區的土地利用須格外小心。

## 3.3 基礎沉陷

在填土及崩積土及斷層破碎帶分布地區，其地表組成材料多為非均質且強度較弱，具孔隙大，不易壓實及抗剪力低等特性。在其上興建道路或其它建物時，若所承受之負載超過基礎本身之抗剪強度時，易藉由基礎物質的壓縮或流動，造成基礎的不等量沉陷，而使其上的道路或建物受到損害。

本調查區潛在的基礎沉陷主要來自崩積土或填土的影響。崩積土一般存在崩塌地的崩崖的下方、侵蝕區或溪流出口處的堆積區，通常地形坡度相較於周遭坡地會較為平緩，且整地容易，故常被利用作為住宅或社區用地。如知本森林遊樂區圖幅的鉛板厝附近，幾個舊崩塌地的崩塌土石累積形成一片附近少有的緩坡地（照片 10），目前為農業使用。另外，在龍泉以西的內溫泉地區，由於缺乏平坦的沖積地，河岸多見填土整地的利用方式（照片 11），除易受洪流沖蝕外，也要注意基礎沉陷或不均勻沉陷作用的影響。

此外，斷層破碎帶也具有抗剪力低的特性，在知本森林遊樂區及知本溫泉橋圖幅見晴斷層及 Y 斷層通過的沿線，若有重要的建設工程規劃時，也須注意斷層破碎帶的工程特性。

### **3.4 洪水氾濫**

河川的經常行水區通常只佔了河床之一小部分，其餘較高位之河床可能常年未受河水沖刷，逐漸形成草生地，或甚至有灌木開始生長，常被鄰近居民利用做為農耕或其他使用。但在颱風或豪雨來臨時，大量之降水可能造成山洪暴發，由平常之行水區漫流開來，並挾帶上游沖刷下來的泥砂或礫石，淹沒河道內經常行水區以外的旱地，造成沿岸或下游地區的農作損失或其他災害。所以，在洪氾區內應避免開發利用。

本調查區有洪水氾濫之虞的地區主要為知本溪下游龍泉至溫泉橋之間的高灘地。由於知本溪這個河段的河谷較為開闊，部分高灘地已被闢為停車場或休閒用地，在颱風豪雨期間須注意洪水氾濫的威脅。

此外在太麻里圖幅南側，德其里以南至南太麻里橋間的地區，雖有堤防防護，也在八八水災的期間，因溪底田附近的堤防潰堤，導致太麻里溪北岸大面積的農田及部分民宅遭受洪流侵襲，鐵、公路也蒙受嚴重損失（照片 12）。

## 4.山崩潛感性分析

山崩潛感性分析主要考慮坡度、基岩性質、風化程度及山崩歷史等因素，加以綜合評估，並將之分成低、中低、中高和高潛感性四級，來顯示發生山崩的可能性。知本森林遊樂區、知本溫泉橋及太麻里圖幅經山崩潛感性分析後，各級山崩潛感性分布面積及百分比如表 2 所示，其分布情形詳如山崩潛感圖，並略加說明如下：

**表2 臺東縣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				合計
	低	中低	中高	高	
圖幅名稱					
知本森林遊樂區	2.0 14.0	11.7 83.3	34.7 246.7	47.6 338.5	96.0 682.6
知本溫泉橋	9.6 68.4	21.7 154.1	34.8 247.3	30.7 218.6	96.8 688.3
太麻里	20.5 146.0	33.8 240.6	25.1 178.2	20.6 146.5	100.0 711.3

### (1) 低潛感區

低潛感區主要分布在無明顯地質災害發生或潛伏的平坦地上，除陳有蘭溪的氾濫平原外，僅在人倫山的緩脊上有零星的分布，佔總調查面積的 10.7%(228.4 公頃)。這些地區因地勢平坦，發生山崩或其它地質災害的機率極低。

### (2) 中低潛感區

中低潛感區主要分布在坡度 5~30%，而未有地質災害發生的緩坡地上，佔總調查面積的 22.4%(478.0 公頃)，主要位在坡地上的幾處緩斜老侵蝕面或階地，坡度較緩，開挖擾動發生山崩災害的機率較低。

### (3) 中高潛感區

中高潛感區主要分布在坡度 30~55%，而未受明顯地質災害影響或坡度稍緩(5~

30%)，但已受崩塌、指溝侵蝕河岸侵蝕等災害影響的地區，佔總調查面積的 31.5%(672.2 公頃)。這些地區目前多作為種植檳榔或茶葉之用，由於開挖擾動發生山崩災害的潛能較高，且坡度較陡，整坡作業不易進行，如需進一步作為結構物基礎使用時，必須針對可能面臨的致災因子進行詳細的地質調查與工程處理，以避免因開挖或擾動而引發山崩災害。

#### (4) 高潛感區

高潛感區主要分布在坡度大於 55%，或坡度 30~55%，並正受崩塌、指溝侵蝕或崩積土堆積等地質災害或不良地質因子影響的地區，佔總調查面積的 33.0%(703.6 公頃)。這些地區目前多為未利用的雜林地或災害地，由於坡度較陡，受擾動後發生山崩災害的機率極大，應儘量避免開發使用。

#### (5) 與前期差異比較

與前期調查比較，低潛感區面積增加 4.4 公頃，中低潛感區減少 28.8 公頃，中高潛感區減少 169.2 公頃，高潛感區增加 190.6 公頃。由於前後期的災害變化不大，地形上亦無明顯改變，分析結果的變異主要來自地形圖的精度差異。前期分析所使用之地形底圖為 1/10,000 像片基本圖所放大，本年度使用之地形底圖為新版 5m 數值等高線。

## 5. 土地利用潛力評估

經調查本區各種已發生或潛伏之地質災害，考慮土地開發所須災害防治成本，評估出本調查區之土地利用潛力，並依本計劃標準將之區分為很高、高、中、低及很低利用潛力等五級，以供土地開發與都市發展之參考。知本森林遊樂區、知本溫泉橋及太麻里圖幅各級土地利用潛力區所佔面積及百分比，詳如表 3 所示，各級利用潛力區分布情形詳如土地利用潛力圖，並略加說明如下：

**表3 臺東縣調查區各級土地利用潛力分析表**

圖幅名稱	土地利用潛力					合計
	很高	高	中	低	很低	
知本森林遊樂區	1.7	10.7	2.1	34.2	47.7	96.0
	12.2	75.8	14.9	242.9	336.8	682.6
知本溫泉橋	7.4	19.4	0.9	36.2	32.95	96.8
	52.6	138.1	6.1	257.7	233.8	688.3
太麻里	20.5	33.8	0.1	25.3	20.3	100.0
	146.0	240.6	0.4	179.8	144.5	711.3

### (1) 很高利用潛力區

很高利用潛力區主要位在坡度 5%以下，而無災害發生的緩坡或平坦沖積地上，佔總調查面積的 10.2%(218.5 公頃)，在知本森林遊樂區圖幅僅分布於東台飯店南側的台地上，以及零星散布平緩脊線。在知本溫泉橋圖幅主要分布溫泉橋以東知本溪兩岸的平坦沖積地。在太麻里圖幅則廣泛分布於圖幅南至東南側的太麻里溪沖積平原及海岸沖積平原。

### (2) 高利用潛力區

高利用潛力區主要分布在坡度 5~30%，岩盤穩定而未受災害影響的坡地，佔總調查面積的 21.4%(456.3 公頃)。在知本森林遊樂區及知本溫泉橋圖幅主要分布於知本溪兩岸的幾處河階地上，目前溫泉旅館的開發大多落在這些區位，雖然土地利用潛力

高，但因鄰近知本溪，仍須提防河岸侵蝕或洪水氾濫的潛在威脅。Y 斷層以南的多處緩坡地也屬高利用潛力區，除部分散戶外主要作為農業利用，須注意的表層沖蝕或逕流沖蝕的問題。在太麻里圖幅則分布於太麻里山沖積平原區間的兩個緩斜沖積扇，太麻里的聚落區主要位於其上。這些地區坡度平緩，且地質穩定，發生山崩災害的機率低。

### (3) 中利用潛力區

中利用潛力區佔總調查面積的 1.0%(21.8 公頃)。分布地區主要為坡度 30%以下，但稍受崩塌或土壤沖蝕等災害侵襲的地區，如知本森林遊樂區圖幅知本溪右岸的幾處填土區，開發利用應注意基礎沉陷地問題。

### (4) 低利用潛力區

低利用潛力區可以分為兩類主要位在坡度 30~55%，而未有地質災害發生的地區，佔總調查面積的 31.6%(673.1 公頃)。這些地區除陳有蘭溪的行水區外，多作為種植檳榔或茶葉之用；有的易受洪流侵襲、有的坡度較大，雖目前並無明顯地質災害發生，但因本區風化作用強盛，風化土層厚，開挖或擾動易引發沖蝕或崩塌等地質災害，土地使用需格外小心。

### (5) 很低利用潛力區

很低利用潛力區主要分布於坡度大於 55%，或坡度 30~55%且已有崩塌、指溝侵蝕、向源侵蝕、或有崩積土分布的地區。低利用潛力區佔總調查面積的 33.4%(712.6 公頃)。這些地區依坡地開發建築管理辦法明訂為禁建區，山崩潛感性與開發之災害防治成本均高，開挖擾動招致崩塌災害的機率也很高，宜避免使用。

### (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 3.4 公頃，高土地利用潛力區增加 204.9 公頃，中土地利用潛力區減少 238.6 公頃，低土地利用潛力區減少 167.5 公頃，很低利用潛力區增加 201.6 公頃。這些變異主要來自山崩潛感性的改變，與所使用的地形底圖版次有關。

## 6.結論與建議

### 6.1結論

1. 臺東調查區經航照判釋及現地調查，已發生或潛伏的地質災害種類有淺層崩塌、墜落、指溝侵蝕、河岸侵蝕、基礎沉陷及洪水氾濫等，範圍內無已知活動斷層存在。
2. 知本森林遊樂區及知本溫泉橋圖幅所見的淺層崩塌主要多與河岸侵蝕有關，如知本溪沿岸的幾處崩塌現象，都位在河流轉彎的侵蝕坡，與溪流的沖蝕有直接的關聯。
3. 知本地區有洪水氾濫之虞的地區主要為知本溪下游龍泉至溫泉橋之間的高灘地。
4. 在知本森林遊樂區圖幅的內溫泉地區，由於缺乏平坦的沖積地，河岸多見填土整地的利用方式，除易受洪流沖蝕外，也要注意基礎沉陷或不均勻沉陷作用的影響。
5. 在八八水災期間倒塌的金帥飯店周邊地區係位於堤防內之高灘地，其北側堤防因位在河流的攻擊坡，有河岸侵蝕的現象，在颱風期間受高漲之洪水沖毀。
6. 太麻里圖幅的災害分布變化不大，新增的兩處崩塌均位在東-42公路的上、下邊坡，此處雖未見河岸侵蝕或洪水氾濫的影響，由於坡度陡峭的因素，在85年調查時其土地利用潛力也呈現為很低利用潛力區。
7. 太麻里圖幅南側，德其里以南至南太麻里橋間的地區，雖有堤防防護，卻在八八水災的期間，因溪底田附近的堤防潰堤，導致太麻里溪北岸大面積的農田及部分民宅遭受洪流侵襲，鐵、公路也蒙受嚴重損失。
8. 知本及太麻里地區分別於80及85年度完成首次環境地質調查，本年度為更新調查。十餘年來災害的分布變化不大，甚至有部分實地確認崩塌地在此次的更新調查時已不復見到，植被復育的情況極為良好。新增的崩塌災害，在知本森林遊樂區有4處，均位在很低利用潛力區，其中2處為河岸侵蝕所造成，2處為地表逕流沖蝕引起。知本溫泉橋圖幅無新增崩塌地或其它災害。太麻里圖幅新增2處崩塌地，均位在太麻里溪左岸的陡峭坡趾，屬於很低利用潛力區。

### 6.2 建議

1. 由於知本溪這個河段的河谷較為開闊，部分高灘地已被闢為停車場或休閒用地，在颱風豪雨期間須注意洪水氾濫的威脅。
2. 知本部份路段具有墜落之潛勢，有必要加強警告往來人車在途徑該處時需加速前行切莫逗留。
3. 在八八水災後，管理單位已核定河川之治理規劃線，本計畫以此作為洪氾界線加以評估較符合現狀。同時，金帥飯店原址30年前曾遭受類此之災禍，顯示此處雖然獲堤防保護，但在極端氣候仍具有危險。
4. 太麻里溪堤防遭沖毀其肇因雖與洪流的河岸侵蝕作用有關，但亦與太麻里溪在溪底田附近的轉折過大有關，故在堤防的規劃設計上可以朝向維持水流順暢的適當曲度來考量，以降低堤防所承受的水流侵蝕力。

## 參考文獻

- (1).中央氣象局，1998～2007，氣候資料年報。
- (2).何春蓀，1986，臺灣地質概論，臺灣地質圖說明書（增訂第二版）。經濟部中央地質調查所出版，146 頁。
- (3).李春生、張寶堂 1984 臺灣區地熱資源探勘評估報告之二工研院能礦所。
- (4).林朝宗、塗明寬、陳文政，1981，臺灣南迴鐵路地質調查報告一(二)東段地區(中央隧道口-太麻里)，經濟部中央地質調查所。
- (5).詹新甫、張徽正、洪志成、賴典章、侯秉承、李承輝、莊德永，1978，臺灣南迴鐵路預定線東段地區地質調查報告，台灣省地質調查所。



照片 1 知本是本省著名的溫泉區，也是臺東地區重要的觀光產業之一。



照片 2 廬山層是以板岩為主的岩層，間夾部分薄至中層的變質砂岩。



照片 3 白玉瀑布附近的 Y 斷層破碎帶露頭。



照片 4 知本溪河岸侵蝕所引起的淺崩塌在八八水災後多有擴大的現象。



照片 5 太麻里溪潰堤的洪流造成東-42 縣道下邊坡的崩塌及道路流失。



照片 6 東-42 縣道上邊坡的厚層風化土層受颱風豪雨影響發生弧形滑動崩塌。



照片 7 知本地區的落石敏感區多與道路切坡有關。



照片 8 緊臨河岸的填土區受河岸侵蝕而流失，其上之民宅岌岌可危。



照片 9 長樂橋南側的崩積土區地勢平緩，目前主要作為農業使用。



照片 10 知本溪右岸的緩坡地民宅較為聚集，其基礎多為填土整地而成。



照片 11 知本溪河岸侵蝕造成潰堤及飯店倒塌的意外事件。



照片 12 太麻里溪潰堤所造成之洪水氾濫。

## 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.....	3-1-47
3.3 土地利用潛力圖.....	3-1-48
3.3.1 圖幅內容.....	3-1-48
3.3.2 圖幅用途.....	3-1-48
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	崩場地之利用準則.....	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)，他認為土地利用，尤其是都市地區，必須以區域地質資料為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，稱之為環境地質學 (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為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，吾人可以認為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為環境地質學。

環境地質一詞有時會與工程地質互為混淆。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為工程地質學。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

本省可供開發為建築用地之山坡地，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，地形學上稱之為麓山丘陵地。根據最新的板塊學說，台灣島係位於兩地殼板塊的接合處，其縫合線即為今日之台東縱谷。縫合線以東稱為海岸山脈，屬於菲律賓海板塊；縫合線以西為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)岩性以砂頁岩互層為主，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，則稱為節理。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，可能為數公尺，亦可達數十公尺，稱為斷層帶。斷層帶內為被擾亂之岩層，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。

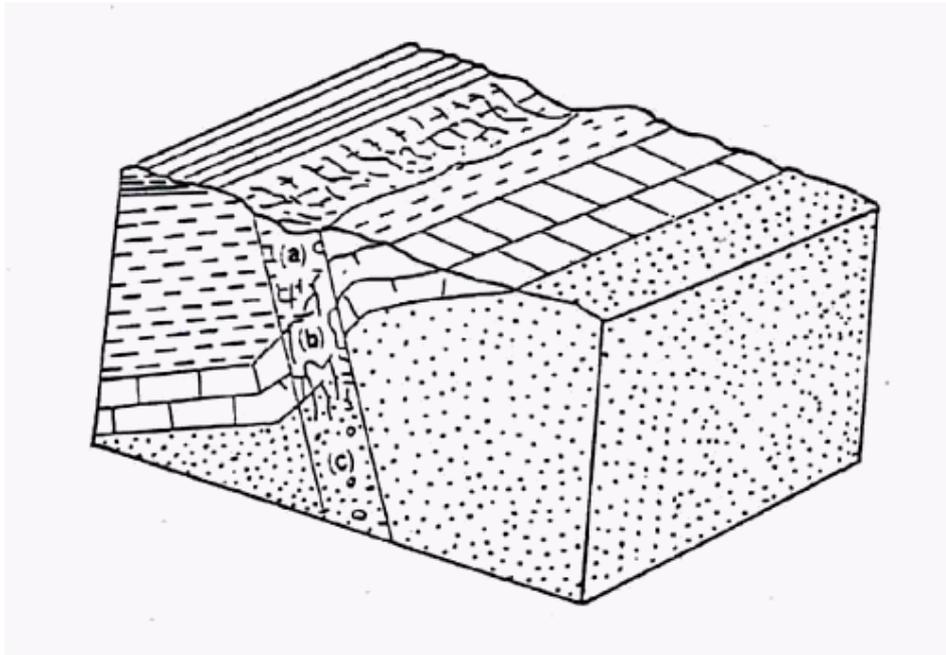


圖 1 斷層帶內之組成物質。(a)斷層泥(b)剪裂帶(c)斷層角礫岩

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)，其定義至目前為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為斷層發生時代愈新，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，可稱之為活動斷層；而在第四紀未發生活動的斷層則稱之為死斷層或休止斷層(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)分為活動(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，則其斷層活動度為“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，則其斷層活動度為“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)認為在第四紀曾經反復活動，且推測將來可能再度活動的斷層，稱之為“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為明確，認定上較為容易。但無論活動斷層定義為何，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 所訂的斷層活動度為“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		潛在活動 (possible active)
	第三紀	前更新世	3,000,000	休止(inactive)
			65,000,000	
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，分別稱之為潛動(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，其一為地形異常或地形特徵的找尋，其二為地層證據的發掘。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為活動斷層。由於活動斷層為斷層的一種，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 terrace)、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)。

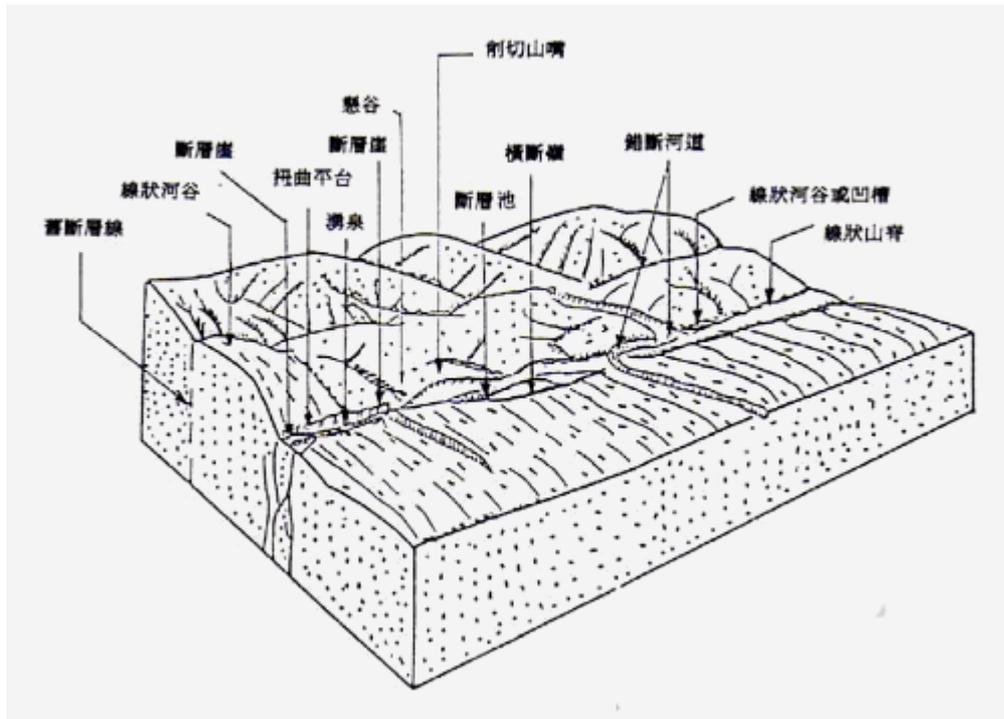


圖 2 活動斷層之地形特徵(修改自 Wesson, et al., 1975)

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，稱為塊體運動(mass movement)，或稱斜坡運動(slope movement)。造成斜坡運動的地質作用即稱為斜坡作用(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為內在或外在兩種，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為墜落(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為岩石(bedrock)和工程土壤(engineering soils)兩種，其中工程土壤又可細分為顆粒較粗的土石(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。但在岩層顯露或人為邊坡，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，一種稱為平面式滑動，另外一種稱為旋轉式滑動(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為旋滑，在趾部則轉變為平滑或流動。

### (4)流動

流動為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。稱之為土石流(debris flow)流動不一定要含水，有的邊坡在重力的作用下也會

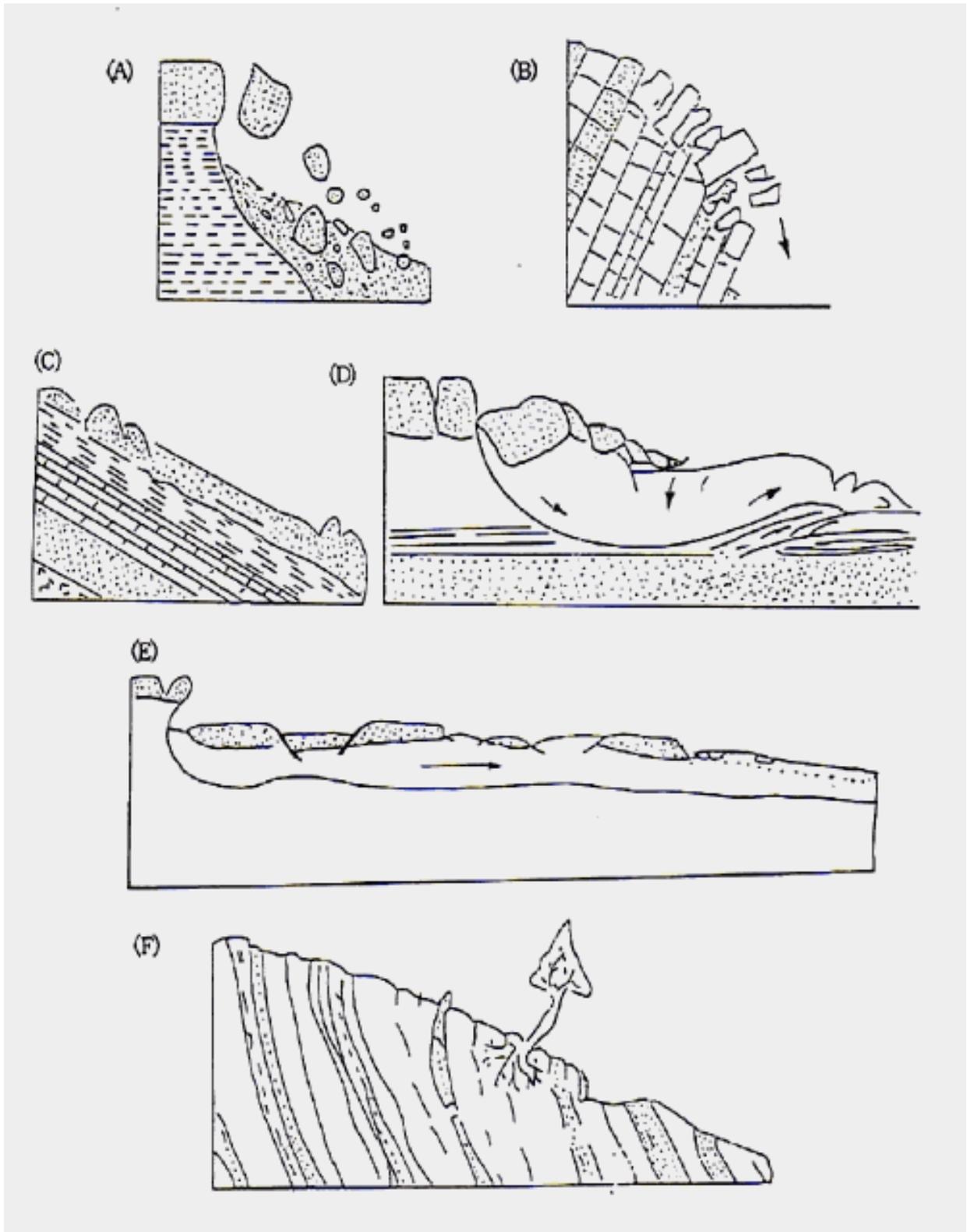


圖 3 各種山崩型式：(A)墜落；(B)傾翻；(C)平滑；(D)旋滑；  
(E)側滑；(F)流動(潛移)

慢慢地向下坡方向流動，稱為潛移(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。潛移可分為深、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，如果基礎下的物質為均質，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為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，極不適合作為建築物的基礎。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，尤其是當其接觸面為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。

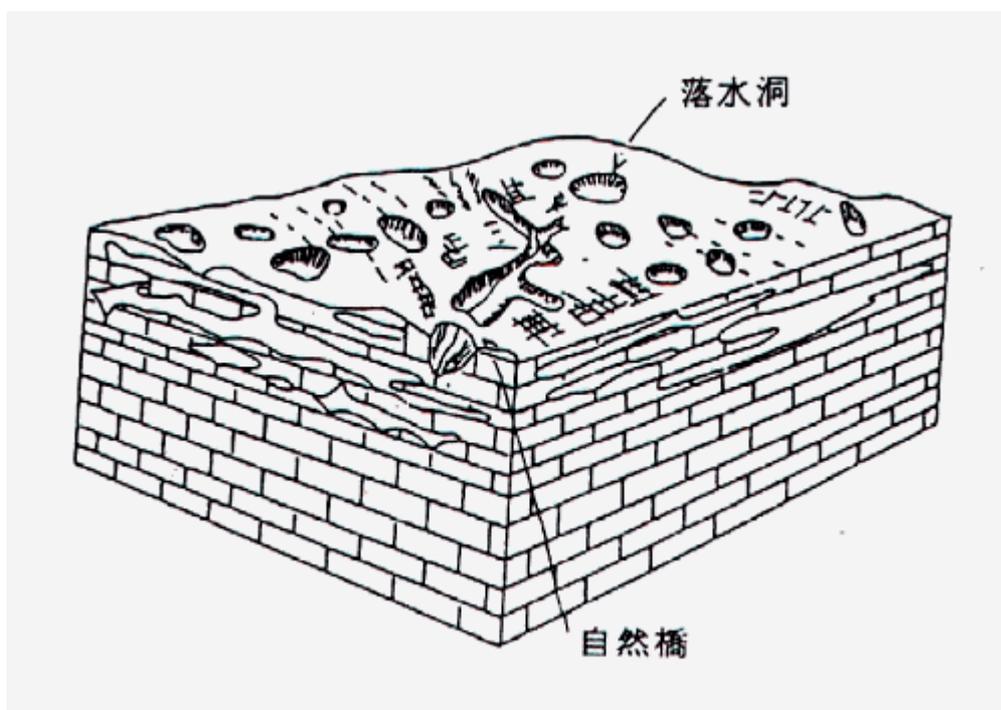


圖 4 石灰岩洞穴及落水洞

地盤下陷也可能由人為因素所造成，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(約為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。為防止災害發生，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。

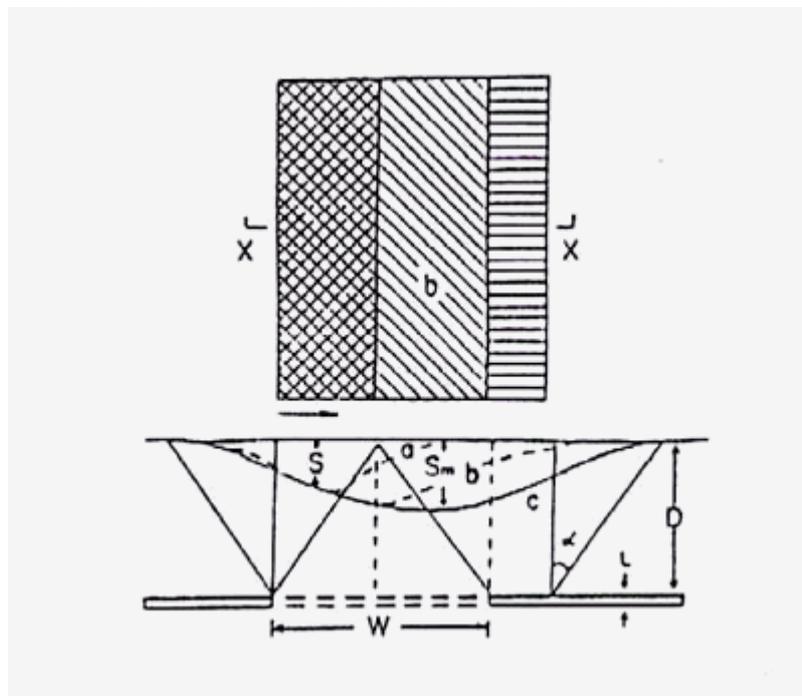


圖 5 煤層開挖寬度(W)與地盤下陷量(S)之關係

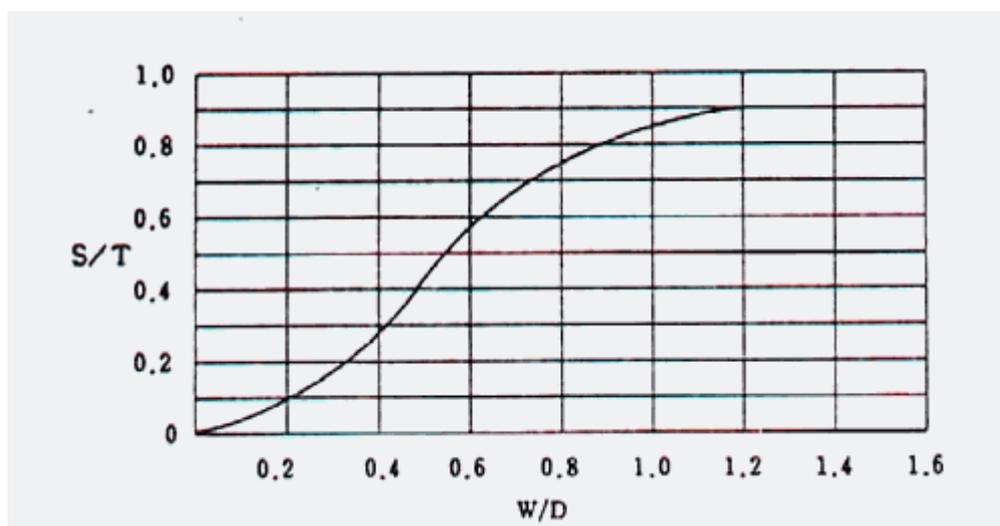


圖 6 地盤下陷量與煤層深度(D)、厚度(t)、及寬度(W)之關係

### 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)。

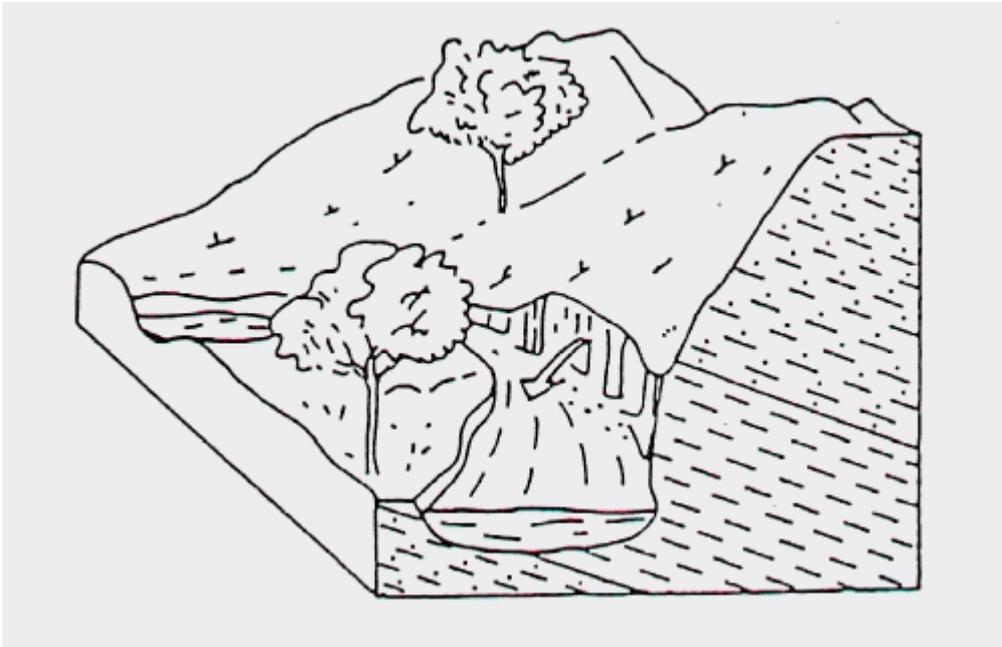


圖 7 河道轉彎處會受河水強烈的侵蝕而發生崩塌(箭頭處)

### 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，此種自然作用為向源侵蝕(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，河水中之懸浮泥砂為本省最大之污染物。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場、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) 為最。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<sup>2</sup>，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

地質災害為一種動態現象，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為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，其分力稱為剪應力(**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，但可歸納為地質、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。本計畫將坡度分為下列五級：(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，必須進行崩場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，舊有崩場地再度發生山崩的可能性較從未發生過崩塌的邊坡為高，以台灣著名草嶺大崩山和阿里屏遮那崩場地為例，均是因為舊有崩場地復活而造成嚴重的山崩災害(洪如江，1980；屏遮那崩場地治理概況報告，1983)。國外亦不乏舊崩場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，其安全係數約為 1.0 到 1.2 之間，暴雨或地震時，孔隙水壓力大為升高，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場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。

崩場地與崩塌堆積的調查工作，除了野外實地勘查外，為了節省作業的時間，並提高工作效率，還必須利用航照判釋技巧輔助調查工作。尤其是舊有崩場地往往因為自然的風化作用或人為開挖改變了地貌，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，因為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，常常是因為這些弱面而發。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，大致可分為兩大類(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。為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，不過較為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為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、以及崩場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 Mateo 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，並以三個假設做為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為是不利的，(3)在山崩潛感性分析中，被歸類為某一級地區，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為四類：(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為強度、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)，將之粗分為三級，並給予評分。

第一級為強岩，R5~R6，分數為 0；第二級為中強岩，R3~R4，分數為 1；第三級為弱岩，R0~R2，分數為 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，分數為 0；第二級之弱面間距小於 2 公尺但大於 0.6 公尺，分數為 1；第三級之弱面間距小於 0.6 公尺，分數為 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 <sup>2</sup> )	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為土壤
IV	高度風化	一半以上的岩材已分解或崩解為土壤
V	全風化	所有岩材均已分解或崩解為土壤，但岩層原結構仍清晰可見
VI	土壤	所有岩材均已變為土壤，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)而分為三級。第一級為新鮮岩石，(IA 與 IB)，分數為 0；第二級為中輕度風化岩石，(II ~ III)，分數為 1；第三級為高度風化岩石(IV ~ VI)，分數為 2。綜合以上三項，以各單項之得分相加，可將岩體分為三類：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，其又可分為三種狀況，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，但為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)與人為因素(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、表土沖蝕以及人為因素)而予以組合，可將調查區內各部份發生山崩的機率分為低、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為優先。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，被歸納為某一等級的地區，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，本研究繪製的山崩潛感圖，其顯示的山崩潛感性係在五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，一旦另有其他人為因素介入，則可能會因開挖不當而升高其潛感性。為防止此事情發生，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，稱為敷地監核，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, II Aa, IAe, IBa, ICa	0	0
中低	IAb, IAc, IAd, II Ad, II Ae III Aa, IBb, IBc, IBd, IBe II Ba, ICb, ICe, II Ca, If*	1	5
中高	II Ab, II Ac, III Ab, III Ad, III Ae IV Aa※, II Bb, II Bd, II Be, III Ba, III Bb, III Be, ICc, ICd, II Cb, II Cd, II Ce, III Ca, II f*	2	10
高	III Ac, II Bc, III Bc, III Bd, II Cc III Cb, III Cc, III Cd, III Ce III f*, IVB, IVC	3	20

符號說明

坡度 %	基岩性質 **	其他因素
I. 0%~5%	A.強岩	a.岩層未受擾動
II .5%~30%	B.中強岩	b.堆積層分佈區
III .30%~55%	C.弱岩	c.崩場地
IV.大於 55%	**同時考慮強度、弱面間距與風化程度等三項因素	d.河岸侵蝕、向源侵蝕 e.表層沖蝕 f.廢棄土石、人為填土

\*人為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IV Aa 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，因此以山坡地為住宅用途之開發利用將成為事實。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為何，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，為免除決策者、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，作為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，較為複雜。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	0
	1	5
	2	10
	3	20
土壤沖蝕	1	1
	2	2
	3	3
基礎沉陷	0	0
	1	2
	2	3
	3	10
地盤下陷	0	0
	1	2
	2	3
	3	10
	4	20
坡度大於 55%	-	26

邊坡破壞防治成本的來源主要可分為兩大類，一為工程地質調查費用，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。另一類為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，約為工程構築費用的 1% 至 50%。在美國，經過實例查訪，並統計分析後，若以住宅區為土地利用方式，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為 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，並稱之為防治成本指數。

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(以住宅區為土地利用方式)為 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。若以住宅區為土地利用方式而言，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為 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為 20、10、3、2、0。

若將同一地格(CELL)(本計畫係以 25 公尺 ×25 公尺為單位)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

地質災害之分級為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，利用時不須工程處理。

1—主要分佈範圍可歸納為兩大類：(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，或為廢棄土石、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 II Ad，II Ae)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，以防止因人為開挖所可能誘發的地質災害。

2—主要分佈範圍可歸納為兩大類：(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，或為廢棄土石、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Ⅲ Ad，Ⅲ Ae)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，以防止因人為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Ⅲ Ab，Ⅲ Bb)，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(Ⅱ Bc，Ⅱ Cc)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。土壤受蝕性為其中一項重要因子，它代表土壤本身對侵蝕作用的抵抗能力，是為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為三類，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:

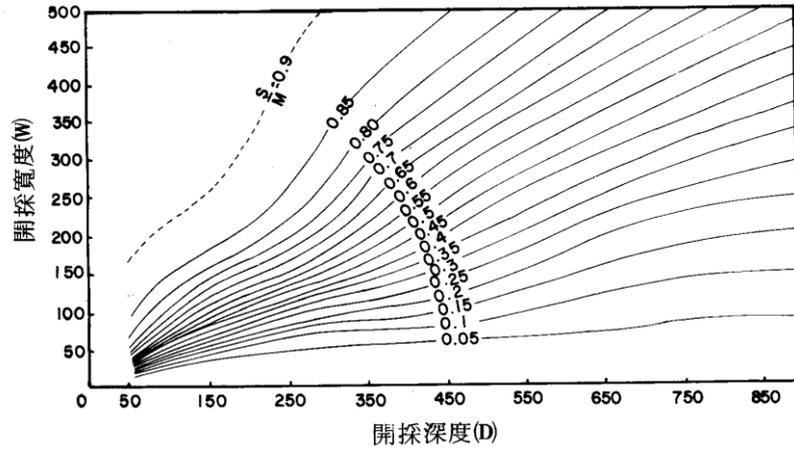


圖 8 最大下陷量(S)與開採深度(D)、開採寬度(W)、及煤層厚度(M)之關係曲線(仿 NCB, 1975)。

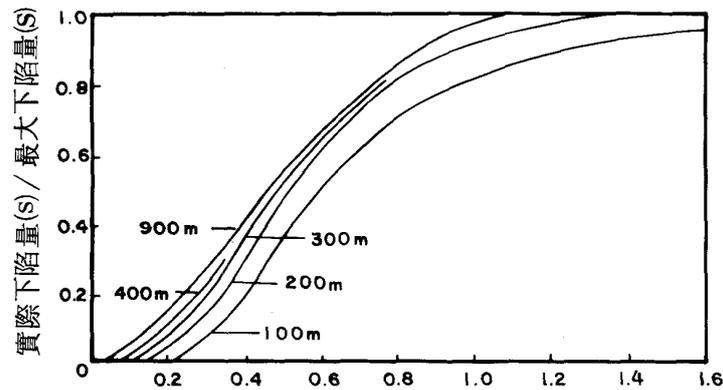


圖 9 W/D 值小於最大下陷量發生之臨界值時，開採面中心點正上方地表之實際下陷量可由附圖一所得結果修正之(仿 NCB, 1975)

- 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，不適於開發為都市發展用地，其土地利用潛力很低。

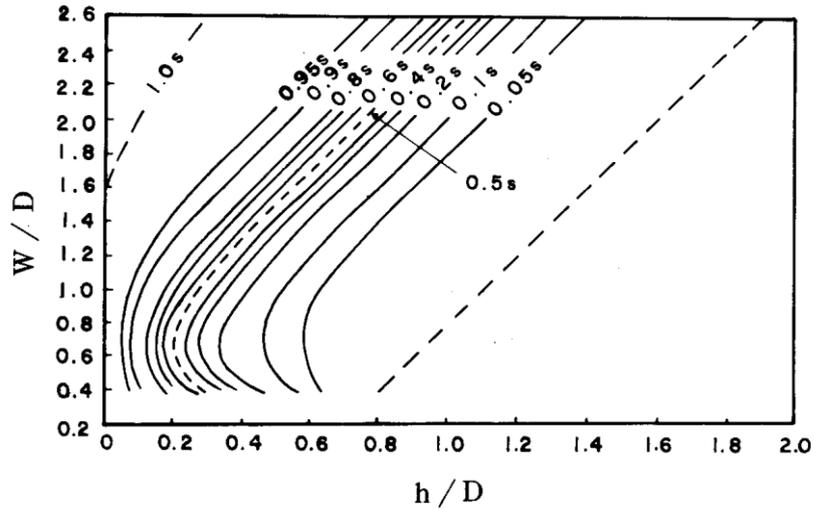


圖 10 下陷範圍內之每個地點之下陷量可依該點與開採面中心點之水平距離(h)與深度(D)之比值求得

#### 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)，因此數據資料極為龐雜，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，依序為資料輸入、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环境地質概況。

##### (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、頭料山層等)，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，稱為層態(attitude)。係指岩層的層面和水平面的關係而言，層態可分為走向(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 $\alpha$  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)。在地質圖上的符號為“ $\alpha$ ”，斜長線為地層走向，短線示傾斜方向，“ $\alpha$ ”表示傾角度數。在報告上常寫成(例如)走向為北偏東  $15^\circ$ ，向南傾斜  $30^\circ$ ，或北  $15^\circ$  東，向南傾斜  $30^\circ$ ，以符號表示時，則可寫成(N $15^\circ$  E,  $30^\circ$  S)。坡向與地層傾向一致的坡面，稱之為順向坡(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。

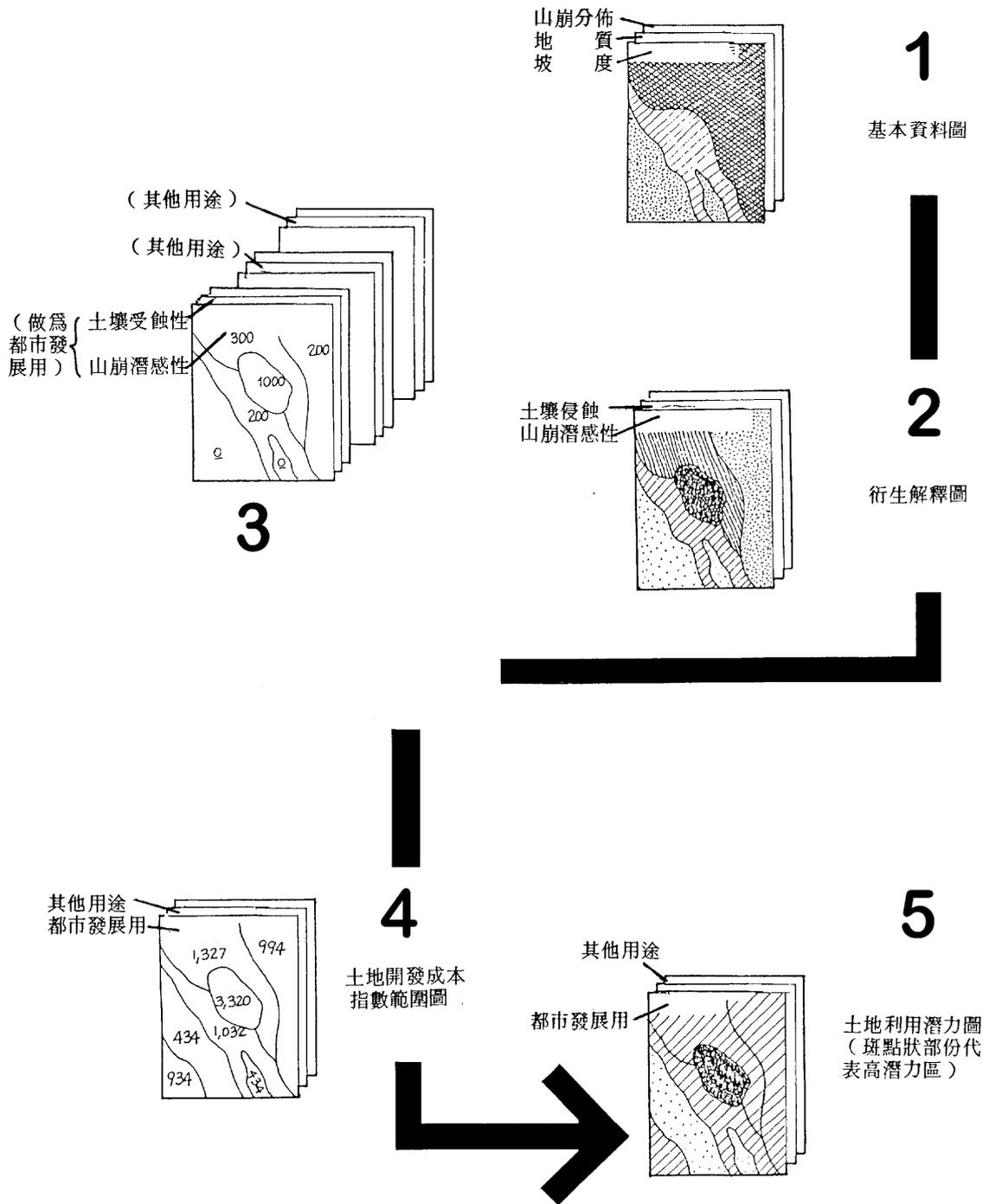


圖 11 土地利用潛力圖之製作程序(Laird and others, 1979)

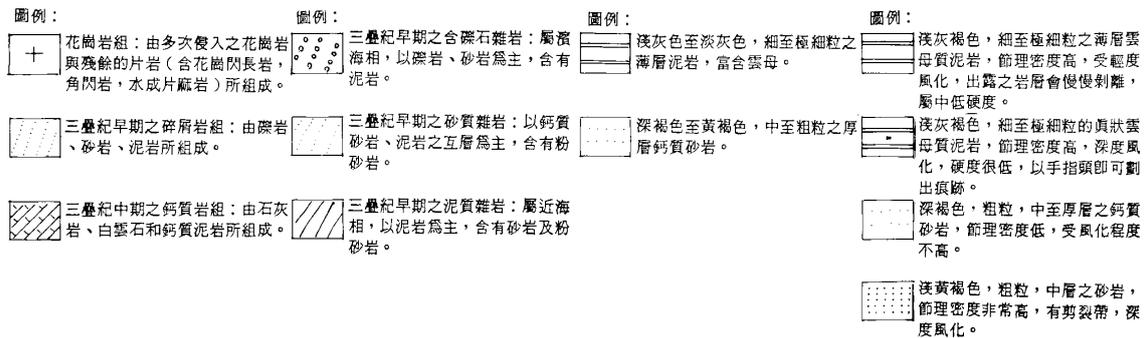
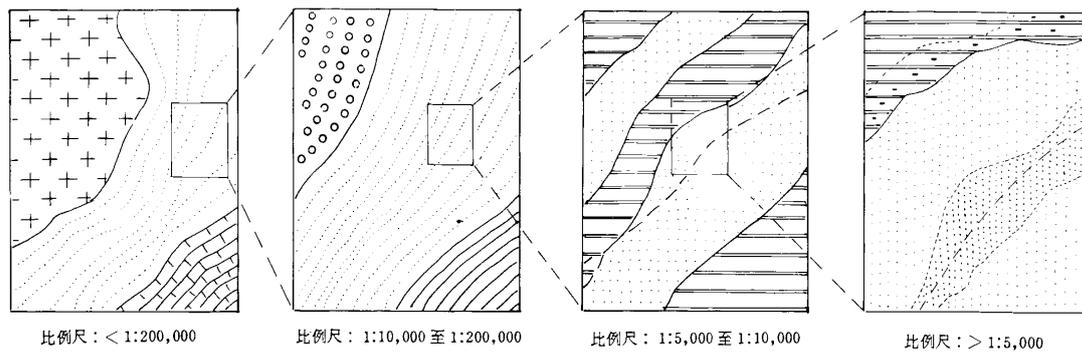


圖 12 比例尺與地層描述精確性關係圖

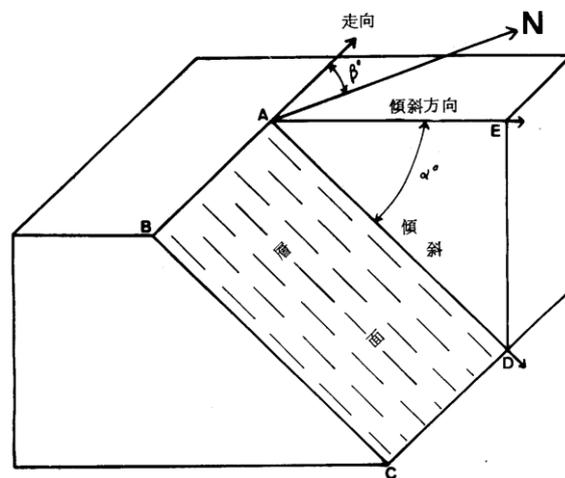


圖 13 地層走向、傾斜與傾斜方向之關係示意圖

岩石受擠壓後會發生傾斜或呈波浪狀的彎曲，稱為褶皺或褶曲作用(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。褶皺為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。軸面不一定是幾何上的平面，多少有些彎曲，或許稱之為 axial surface 比較妥當。一個褶皺的翼(flang; 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。一種名為背斜層(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。

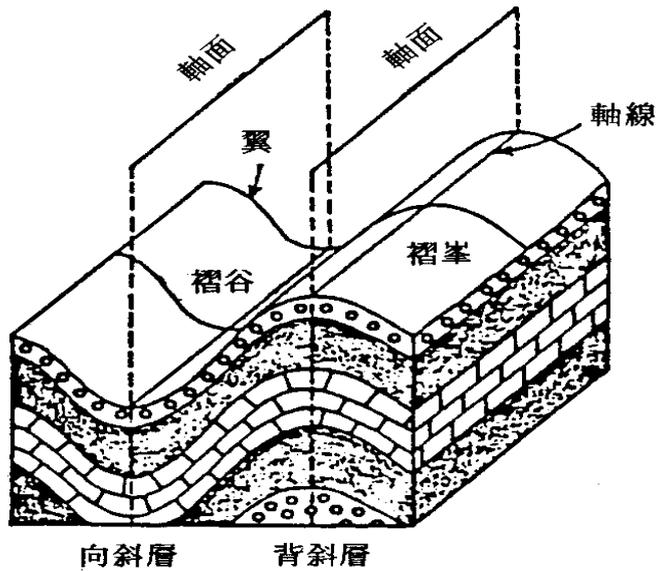


圖 14 一個褶皺的各部分名稱

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：一為傾沒角(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。

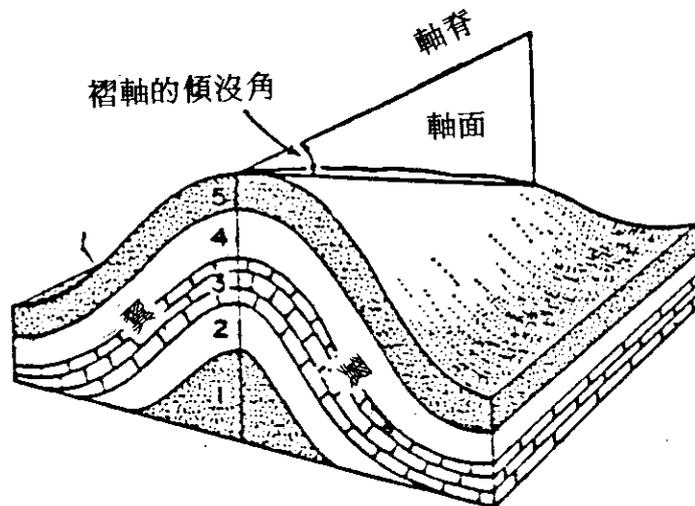


圖 15 褶皺的傾沒與傾沒角

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)為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131節)，其在地質圖上的符號為“ $\alpha$ ”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， $\alpha$ 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為上盤(hanging wall)，在斷面下方的岩層稱為下盤(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，因為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為準，而不是它的絕對移動。根據這種標準，可以把斷層分為三大類(圖 16 即表示不同類型的斷層)：

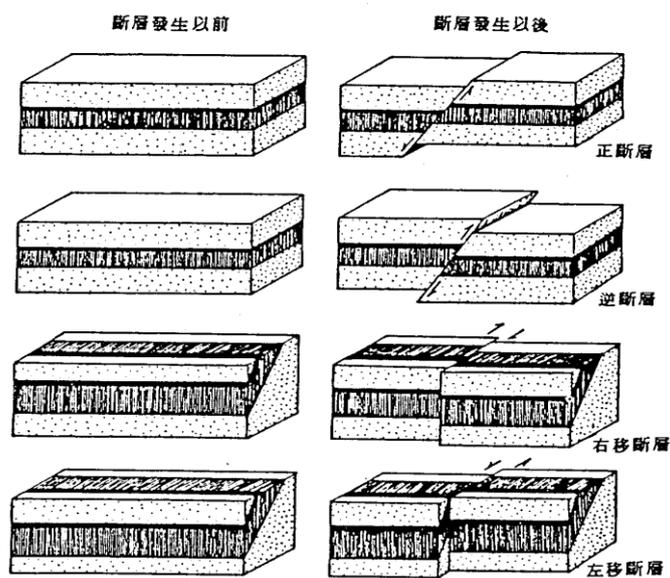


圖 16 主要的斷層種類(何春蓀，1980)

### 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，可以再分為兩類：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，使得該處的岩層較為破碎(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為五級： 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，做為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，

尚可決定邊坡為順向坡或逆向坡。

### (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，資料極為珍貴。

#### 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為保留地，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 即為一利用環境地質資料進行分區規劃的例子，(a)為一區域地形圖，依地形進行規劃的結果如(b)所示；(c)為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)圖幅右中側為一滑動面很深，而且很難處理的活動崩場地，不適合開發為建築用地，應規劃為綠地；(2)圖幅中上部為洪水淹沒區，並有活動斷層經過，不適合做為機關及商業用地，亦應規劃為公園綠地；(3)圖幅左下方為一穩定山坡地，適合開發為住宅區；(4)圖幅左中部分為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。

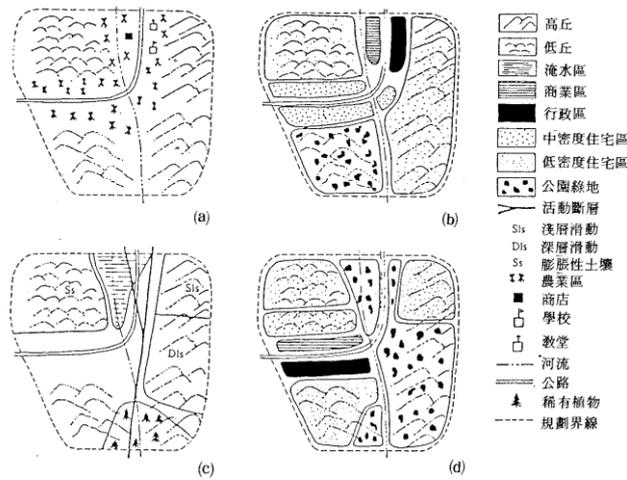


圖 18 環境地質圖應用於分區規劃示意圖

## (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為選擇目標，工程師非有絕對需要將不會選擇活動斷層通過，或活動崩場地等不安全的地區做為工程基址。例如核能電廠不准建於活動斷層帶上，路要避開大崩場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

山坡地是本省極為珍貴的土地資源，為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)。防止災害的發生稱為預防；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)應預為準備，如成立防災中心，規劃避難程序，或準備警報系統等，即為防備，預防與防備為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為立即與長期救災兩種，前者屬於急救，後者則為災後之修復工作。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(在同一地方或易地為之)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。其中又以預防最為重要，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，分別為一般規劃(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為依據。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為兩區，稱為洪流區(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。

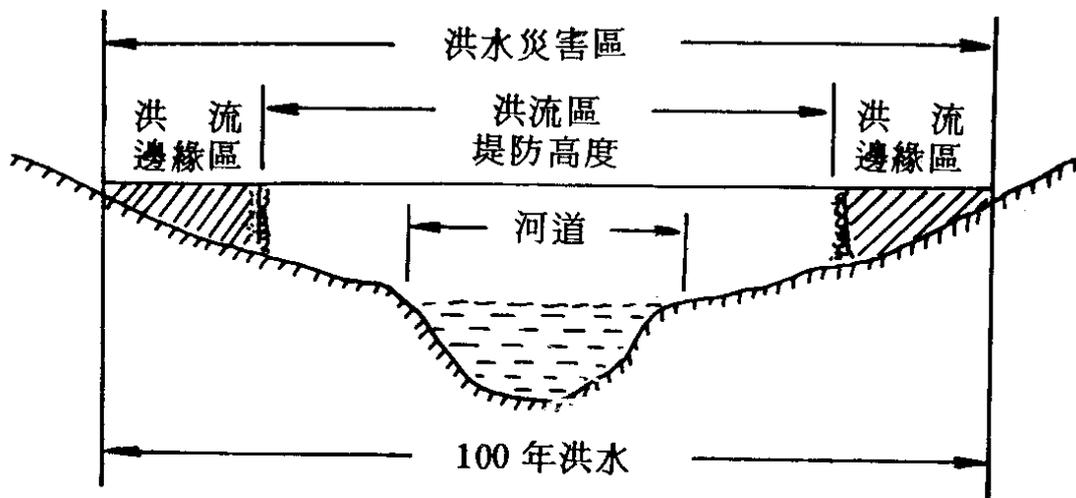


圖 19 洪水平原管制區

## □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為：

- (1)活動斷層常為地震發源地

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：

<u>歷史地震規模</u>	<u>不得開發範圍</u>
$M \geq 7$	斷層帶二外側邊各 100 公尺
$7 > M \geq 6$	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，大都為無記錄者，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(確認其是否為上二類之一)

前二者為確認之活動斷層，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為活動斷層，並依建築技術規則相關規定劃設禁建範圍作為活動斷層敏感區。

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。

#### □崩場地之管制

加州 Town of Portola Valley 在 1969 時對崩場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 地方政府為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場地限建準則如表九所示。

**表九 崩場地之利用準則**

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 : 原則上禁建，除非地質情況允許或工程處理可行
- br : 禁建
- un : 岩盤淺於一公尺(bedrock)
- ls : 緩坡上之未固結物質(unconsolidated material)
- s : 老崩場地(ancient landslide debris)
- mw : 淺層崩塌(shallow landsliding)
- d : 陡坡上之塊體運動(mass wasting)，如落石
- sc : 深層崩塌(deep landsliding)
- : 地層滑動，可見新鮮崩崖(scarp)

根據上表之分類，斜坡的穩定度可分為三大類：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場地，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。至於活動的崩場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，為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)、表層沖蝕以及人為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

難易程度劃分為低、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，一為坡地低平(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，成為廢棄土石、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；另一為坡度較陡(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，一為坡度介於 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為廢棄土石、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；另一為坡度大於 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，應儘可能避免利用為建地，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，其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

土地利用潛力圖為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，可分為很高、高、中、低、很低等五級，分別以不同的符別與顏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為都市發展或工址用地之可適性為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為上述用途的可適性，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為保護區，禁止作為都市發展用地其土地利用潛力為中等者，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 力	環 境 地 質 概 況	土地利用可適性分析	開發建議事項	可達影響 嚴重程度
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。
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	4.人為或自然因素使地表水份增加及地下水位升高，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。
		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：行政院國家科學委員會防災科技研究報告 72-20 號，48 頁。
- 屏遮那崩場地(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 Classification in Rock Engineering Application: Proc. Intl. Cong. Rock Mech. Montoieux 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 County, 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 Enviromntal 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 International 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, Slope movement types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J. (ed.), 1978, Landslides analysis and control: U.S. National academy of Sciences 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 Borchardt, 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

# 附錄(之一)臺南縣關山村環境地質研究

## 目 錄

- 一、前言
- 二、地理概述
- 三、地質概述
- 四、環境地質評估
- 五、結論與建議
- 六、參考資料

## 一、前言

民國 98 年臺灣地區連續遭遇莫拉克及喬蜜兩個颱風之侵襲，在各地造成居民生命及財產之嚴重損失。南化鄉關山村範圍內有數條農委會所公告之土石流潛勢溪流分布，對聚落構成威脅，故臺南縣政府在莫拉克災後曾與原住民召開說明會，徵詢遷村之意願，但居民意願低落。

由於土石流對本區仍會造成威脅，臺南縣政府仍希望依政府所公佈之「八八水災災區劃定特定區域安置用地勘選變更利用及重建住宅分配辦法」向行政院經濟建設委員會提報劃定特定區域。

本研究特針對關山村土石流分布附近之地形條件、地質條件、災害現象及潛在問題進行探討。透過土石流發生地區之地形特性，提供一些居民在颱風來臨時可供因應之措施，希望儘量降低土石流發生時所可能產生之災害。

## 二、地理概述

臺南縣關山村位於臺南縣之東南隅與高雄縣甲仙鄉接壤之處，位南化水庫上游之後堀溪兩岸。本調查範圍北起平坑匯流後堀溪之交匯口，南至公田的 11 號橋之南。東起石牙之東，西達狗寮溪上游，面積約 450 公頃。區內主要由嘉南 149 號公路南北貫通(圖 1)。嘉南 149 公路南起台 20 號公路又大仙莊附近，向北繞過南化水庫東側至本區，在合水仔附近可轉平坑產業道路翻越稜線後可至高雄縣之那瑪夏；若繼續往北則可連接曾文水庫旁大茅埔附近之台 3 號公路。

本區地形主要由岩性及構造所控制，主要是砂頁互層及一系列斷層及褶皺所形成。而山稜與河谷之走向與構造皆呈東北－西南之方向。在本區後堀溪流域內，山脈之東側斜坡多為順向坡(照片 1)，河流淺蝕於斜坡上呈順向河，縱向之河谷形成羽毛狀水系，短促又陡直，縱谷多發育在較軟弱的頁岩與砂頁岩互層出露之處，形成低緩又零碎之地形。

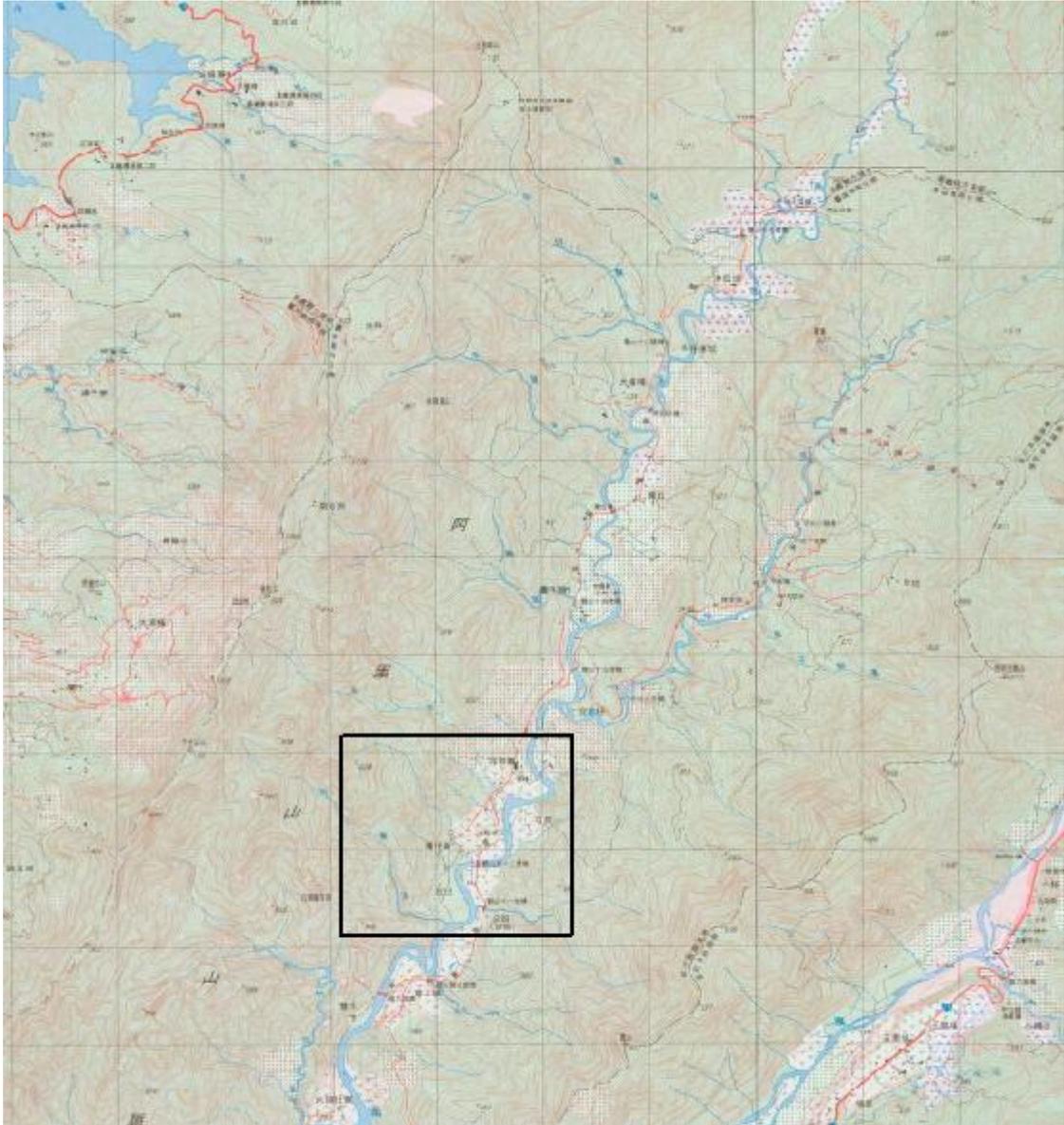


圖 1 臺南縣關山村位置圖

區內主要以農業為主之土地利用形態，利用區域多分布在區內河階台地之上，居民則散居在農地之間。由於區內缺乏特殊之地形景觀，故近年興起之旅遊風潮並未為本區帶來發展。

### 三、地質概述

#### 地層

出露於關山村調查範圍之地層包括上新世茅埔頁岩、竹頭崎層及北寮頁岩，更新世之階地堆積層及全新世之沖積層。茲由老至新分述如下：

#### 上新世

##### 茅埔頁岩(Pmp)

茅埔頁岩是由張錫齡和鍾振東(1956)所提出在隘寮腳層與竹頭崎層之間的頁岩相地層特其重新命名。其標準地點在後堀溪南岸之茅埔村。茅埔頁岩是以暗灰色頁岩為，夾有薄層之細粒砂岩和泥質頁岩。岩性膠結不良，層中富含孔蟲化石及貝類化石。茅埔頁岩出露在本調查範圍之西北角之山稜位置。

##### 竹頭崎層(Pct)

竹頭崎層其取名為後堀溪南岸之竹頭崎村。竹頭崎層沿著後堀溪西側河岸呈狹長帶狀分布，主要由淡灰色至灰色細粒塊狀泥質砂岩，以及泥質砂與暗灰色頁岩互層(照片 2)。泥質砂岩帶呈凸鏡狀之厚度變化或尖滅。層內富含化石包括有孔蟲、貝類、螃蟹及鮫魚齒等。在地形上本層在本區常形成豚背脊地形。出露在調查區內後堀溪西岸坡面，東向之坡面多為順向坡。竹頭崎層整合覆蓋於茅埔頁岩之上。

##### 北寮頁岩(Ppl)

北寮頁岩的名來自後堀溪北岸之北寮村。廣泛分布在後堀溪河谷一帶。以暗灰色或青灰色頁岩和砂質頁岩為主，偶夾薄層黃褐色泥質砂岩(照片 3)，砂岩層時有不規則之變化，地層層面不易判斷，頁岩常有洋蔥狀剝理，並含有孔蟲、軟體動物、單體珊瑚及螃蟹化石等。本層出露在後堀溪東岸，多屬逆向坡的區域。

#### 更新世

##### 階地堆積層(Qt)

階地堆積層由泥、砂及礫石所組成，是由後堀溪帶來之沉積物堆積而成。分布在調查範圍內後堀溪兩岸，河流之內灣處皆有寬廣之階地出現。

## 全新世

### 沖積層(Qa)

由後堀溪所帶來之礫石、砂和泥所組成，大多尚未膠結。

## 地質構造

本區位於平溪斷層與竹頭崎斷層之間的地塊，構造線皆未通過本區內，地層單純向東傾斜，並沒甚大之變化。兩斷層間有頂平林向斜出露在調查範圍之東側外，接近平溪斷層，在草人埔附近被平溪斷層所截。

## 四、環境地質評估

出露在本區之地層，岩性多屬細粒之砂岩或砂質頁岩，其岩性較弱，非常容易變成侵蝕作用影響，在風化後形成非常細顆粒之堆積物。本區產生之環境地質問題包括：

### 4.1 淺層崩塌

本區出露之岩層特性為易受侵蝕之砂頁岩層。在河流東岸為逆向坡，受河水或雨水侵蝕而產生淺層崩塌(照片 4)，而河流西岸多為順向坡，常發生坡面上之土體滑動(照片 5)。這些淺層崩塌較多集中在兩岸接近稜線的區域，或是較大規模之全坡面破壞形式(圖 2)，最為集中區域包括北勢園附近西岸、亞美坑橋北側及檳仔崙西側稜線附近。其皆與侵蝕作用有莫大之關係。

### 4.2 河岸侵蝕

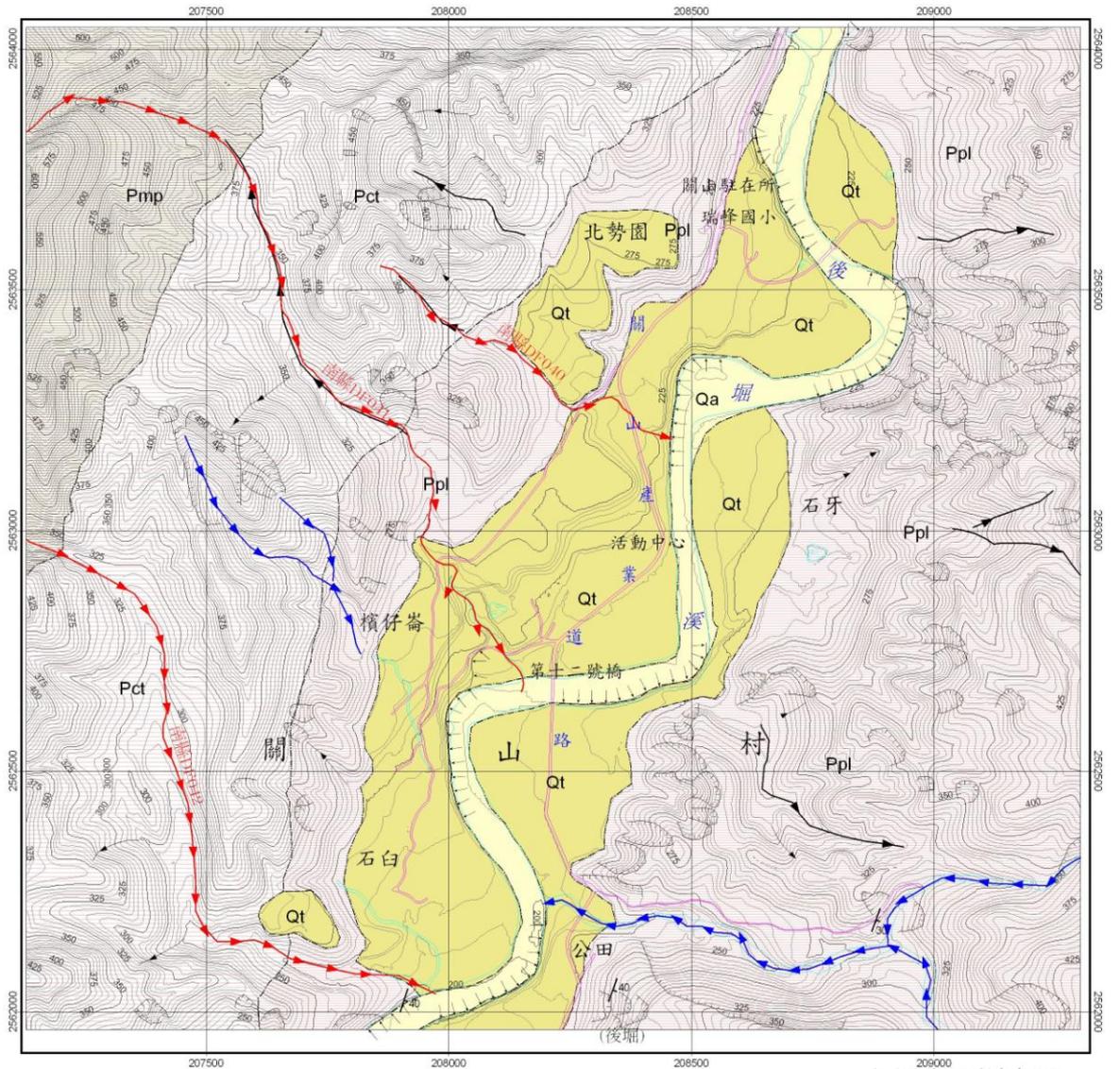
本區主要溪流為後堀溪，其流路異常彎曲，在其轉彎之處，常出現河岸侵蝕之現象，造成其坡面產生崩塌(照片 6)，形成大面積之坡面裸露，這些坡面不停受河水侵蝕，不易復原。另外在河流轉彎的地區如遇階地分布的區域，同樣因侵蝕而形成階地邊緣之侵蝕現象(照片 7)。令階地後退，若階地上有房舍分布時，則容易產生破壞。調查區北側之瑞峰國小便是位於階地之上(照片 8)，其邊緣同樣受河岸侵蝕影響，在接近邊緣的建物可能受到影響，幸而其位於較高程位置則比較安全，故在河階利用時，仍以遠離河岸及高程較高之處為首要之選擇。

### 4.3 土石流

在本調查範圍內共有 3 條農委會公佈之土石流潛勢溪流，以及 2 條土石流敏感溪流。本區內面積只有約 400 公頃，區內便有 5 條土石流分布。其中南縣 DF040 在北勢園西側，長約 500 公尺，其谷口地區河道已整治，河道內並無堆積物分布(照片 9)，位於兩旁之住戶要注意水土溢流所帶來之影響。南投 DF041 則位檳仔崙上游，集水面積較大，但集水區內崩積狀況屬並不嚴重，在河口之處卻有崩塌出現(照片 10)，位河道兩側之居民可往較高處之階地遷移。南縣 DF042 位於本區最南端之仁耀橋旁，其溪流出口對居民影響不大，但仁耀橋位於僅距約 50 公尺處，若發生土石流，可能對橋樑有一定影響。另外兩

條土石流敏感溪流，一位於 DF041 之南側河谷，流路短小且小面積之集水區，但上游卻分布非常多的崩塌地，同時此溪之河口有一土堤形之堆積，顯示早期亦曾發生土石流堆積事件。另一土石流敏感溪流則位後堀溪東岸美坑橋上游，此溪上游由兩個集水區組成，兩區皆有大型崩塌(照片 11、12)，在八八水災時曾將亞美坑橋沖毀，顯示其土石流之敏感性頗高，日後橋樑之重建需注意高度及橋墩的位置。另有一條非屬土石流溪流位於瑞峰國小之對岸，其溪流短小，但上游有數個崩塌發育，河口為一階地區域，有居民居住。現今房舍之位置屬安全區域，注意往後利用請遠離河口。

# 台南縣關山村地區環境地質圖



圖例

全新世	沖積層	<b>Qa</b>	土、砂、礫石	地層界線	淺層崩塌
更新世	階地堆積層	<b>Qt</b>	土、砂、礫石	層理之走向及傾斜	向源侵蝕
上新世	北寮頁岩	<b>Ppl</b>	砂質頁岩夾薄層砂岩	南縣DF04	土石流潛勢溪流
	竹頭崎層	<b>Pct</b>	淡灰色細粒泥質砂岩及砂頁岩互層	土石流敏感溪流	河岸侵蝕
	茅埔頁岩	<b>Pmp</b>	暗灰色頁岩夾薄層砂岩		指溝侵蝕

本圖版權供規劃參考使用  
圖幅接合表

二層坪 95130023	北勢園 95130024	牛坑仔 95130025
大竹坑 95130030	石牙 95130034	五里埔 95130035
大塊埤 95130043	十八間 95130044	南庄 95130045

內政部營建署委託  
工業技術研究院能源與環境研究所繪製  
中華民國九十九年六月

圖 2 臺南縣關山村環境地質圖

## 五、結論與建議

### 5.1 結論

1. 本區域內出現之環境地質災害，主要是與侵蝕相關，其中河岸侵蝕對邊坡之破壞頗為嚴重，對下游之南化水庫亦造成影響，另外坡面上的侵蝕造成崩塌之發生，進而形成土石流之潛在災害，所以在居住安全之前題下，首重要避開以上兩種災害區域。
2. 瑞峰國小位於階地之上，此階地北邊受後堀溪流路之影響，侵蝕嚴重，八八水災時，洪水淹沒下方通往對岸之便橋。階地的低高程邊緣位置有被洪水淹沒及河岸侵蝕之危險。故利用時應以距河床高程較高之位置為佳。
3. 本區內共有 3 條土石流潛勢溪流，2 條土石流敏感溪流及 1 條值得關注之野流。其中 DF040 及 DF041 具有保全對象，而 DF042 則有橋樑之安全值得注意。檳仔崙之敏感溪流無保存對象，亞美坑橋之敏感溪流已經發生土石流把橋樑沖毀。瑞峰國小對岸的野溪是值得關注之溪流。

### 5.2 建議

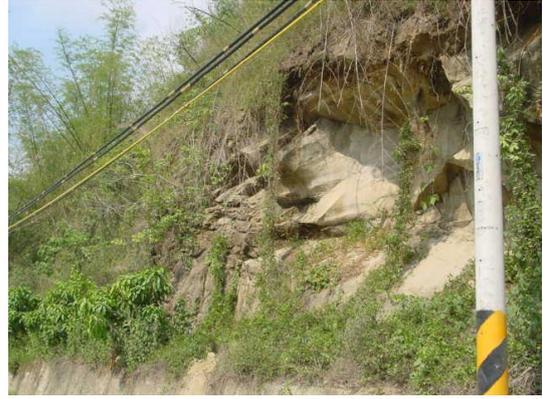
1. 第十二號橋在八八水災時被洪水沖毀，其西側之低位階地是洪水可能侵擾之區域，同時它位於 DF041 土石流潛勢溪流之河口，可能受到影響，故利用時應避開河口附近並以避開洪之高程位置為佳。
2. 土石流主要是對河口地帶之建物造成破壞，在上述溪流旁之居民應選擇河口與河口間之山嘴地帶，同時高程應選同一塊階地中較高之位置，便可避開土石流及河岸侵蝕之困擾。
3. 本區階地面積廣大，但受河岸侵蝕及土石流之潛在威脅。居民可以在考慮將房舍之位置遷往上述距離不遠之較安全地帶，在颱風暴雨來臨便可避免臨時避難或是陷入是否大規模遷村之種種爭論之中。

## 六、參考文獻

1. 中央氣象局，1996～2007，氣象資料年報。
2. 鍾振東、張錫齡，1956，臺南縣竹頭崎構造之地質，中國石油公司十週年紀念臺灣石油地質討論會論文專輯，第 237-245 頁。
3. 宋國城、林慶偉、林偉雄、林文正，2000，臺灣地質圖說明書，第 51 號，甲仙圖幅，經濟部中央地質調查所。



照片 1 河流右側多為順向坡



照片 2 竹頭崎層之砂岩



照片 3 北寮頁岩風化剝落情形



照片 4 坡面上常有淺層崩塌



照片 5 河岸邊的順向坡區域



照片 6 河岸侵蝕所形成的崩塌現象



照片 7 洪水造成的階地邊緣之侵蝕



照片 8 瑞峰國小所處之階地邊緣遭侵蝕現象



照片 9 DF040 土石流潛勢溪流之河道情形



照片 10 DF041 土石流潛勢溪流河口有崩塌現象



照片 11 亞美坑橋與河道上游崩塌情形



照片 12 亞美坑橋上游另一集水區河道堆滿土石

**附錄(之二)99 年度「台灣省重要都會區環境地質資料庫之建立」案  
期中成果審查意見答覆表**

審查意見	審查意見回覆
一、新竹縣寶山鄉公所	
1.報告 P2-2-5 頁所指馬場及猴園已經關閉，請修正。	1.馬場實際上仍在經營，猴園確已關閉，報告中已修正。
2.報告 P2-1-7 頁所敘交通南可至大埔水庫是否指寶山水庫，請釐清。	2.報告中所指交通南至大埔水庫是因當年調查範圍較大，道路的確可至。現報告中已修正為寶山水庫。
3.報告中所指崩塌數量減少，其數據之來源請說明。	3.崩塌數量是以航照中可判釋之大小為準，本區常有數公尺以內之淺層崩塌，在發生後數月又被植生覆蓋復原，這些小崩塌多未包括在統計中。
二、臺東縣政府	
1.請說明調查成果資料如何與都市計畫圖作套疊？供都市計畫規劃時之參考。	1.計劃成果與都市計畫圖之套疊，簡單來說，使用土地利用潛力圖，將計畫範圍內各分區與潛力等級作比對，再依照報告中對各種潛力等級之開發建議作調整。將重要建物區域安排在潛力等級較高，次要區域安排在潛力中等區等為重要原則。
2.已倒塌知本金帥飯店附近一帶土地，為水利單位近期將發布之河川治理線範圍內，當地居民希望原址重建其可行性如何？請針對上述問題於年度報告作更詳細之建議。	2.河川治理線為政府公佈之法定範圍，環地分析等應尊重此線作為洪水淹沒之標準。報告已作出較詳細之說明。
三、臺南縣政府	
大愛永久屋位望明村圖幅內，希望在期末報告中有詳細之調查結果可供參考。	大愛永久屋之環境地質情形在期末報告中有詳細之說明。
四、農委會水土保持局	
請問調查成果資料是否公開？要如何取得？	各年度調查成果之圖幅可在查詢網站上獲得。數值化之資料則在各年度所付之光碟中儲存。

五、交通部公路總局	
1.新竹縣調查區中高速公路之標示有誤，請修正。	1.新竹縣區域之高速公路在簡報資料中標示錯誤，但在報告並無。謝謝指正。
2.調查成果否可在網路上套疊。	2.網路上為影像檔，無法套疊。
六、計畫審議科	
進行都市計畫審議時，在考量是否避開環境敏感地區因子時，都市計畫委員會會參考中央地質調查所的相關資料及貴計畫的成果，如能夠把歷史災害所造成影響納入報告書中，相信對都市計畫土地使用計畫及防災規劃具有一定助益。	各年調查時，皆會將所能獲得之歷史資料記載在報告中，但常因資料取得並無一定之管道，故會形成部份資料取得有運氣之成份。
七、作業單位	
1.報告書中有關臺東調查區部分請補充「與前期差異比較」之分析內容，及增加該調查區相片數量。	1.臺東調查區已增加「與前期差異比較」及相片數量。
2.簡報中工作進度表之野外調查項目內容有誤，請修正。	2.簡報內容已修正。
3.簡報中環境地質調查區選定原則有誤，請修正。	3.簡報內容已修正。
4.環境地質評估中新舊調查中地質災害之消長情形，請多加說明。	4.在期末及年終調查報告將會加以說明。
5.文中一些事件記載名稱請統一。	5.事件名稱已修正。
結論	
1.各單位所提意見至為寶貴，請工研院整理後於期末簡報時提出具體回應。	1.業已依各單位意見逐一回覆，納入本表辦理。
2.請工研院掌握本計畫之進度及期末簡報之時程。	2.業已依合約時程辦理。

**99 年度「台灣省重要都會區環境地質資料庫之建立」案  
期末暨年度成果審查意見答覆表**

審查意見	審查意見回覆
<b>臺南縣政府</b>	
1. 調查區圖幅之坡地植生分佈情形，是否可能以不同顏色標示（如以原生植被、人為作物分類），供農業單位參考使用。	1. 植生之調查並不屬於地質因子之範圍，將來若將此計畫作資料庫之形式，可考慮增加此一圖層。
2. 本縣東山鄉及南化鄉受土石流影響地區，希望明年能納入調查範圍。	2. 貴府意見納入本計畫明（100）年度選定調查區圖幅之參考。
<b>嘉義縣政府</b>	
1. 本計畫之成果資料，希望可取得電子檔。	1. 各年成果報告書中皆附有電子檔之光碟。
<b>新竹縣寶山鄉公所</b>	
1. 有關 2-1-5 頁位置與交通之公路路線之描述有誤，請更正。	1. 交通路線之描述採用農航所出版之像片基本圖內之標示，該路號與鄉公所地圖標示不一致，暫用鄉公所資料。
2. 雙溪圖幅部分，文英山莊附近 93 年曾發生走山情形，請於相關圖說補充之。	2. 該山崩位於調查區外，但仍將該事件補充於成果報告內文。
3. 金山面圖幅部分，五福宮、比佛利山莊附近一帶發生崩塌，請於相關圖說補充之。	3. 業已將該事件補充於成果報告內文。
<b>計畫審議科</b>	
1. 於都市計畫審議時，環境地質因素為審查重要依據之一，故於審核摘要表中亦有「是否有做過環境地質調查」之項目，併此敘明。	1. 本資料庫調查成果含環境地質圖、山崩潛感圖及土地利用潛力圖，目標為瞭解調查範圍之地質背景，評估各調查區在目前自然狀態之下發生山崩之可能性及從環境地質觀點評估其土地利用潛力之高低，以供民眾及政府機關作為都市計畫規劃、山坡地開發利用之參考。
2. 貴資料庫之成果，如能將歷史災害所造成之影響納入報告書中，相信對都市計畫土地使用計畫及防災規劃具有一定助益。	2. 各年調查時，皆會將所能獲得知歷史資料記載在報告中，但常因資料取得無一定之管道，故會形成部分資料取得有運氣之成分。
<b>作業單位</b>	
1. 有關調查區部分之山崩潛感及土地利用潛力分析中與前期比較之敘述，部份變異之可能原因請予以敘明。	1. 山崩與土地利用之面積變異並非正向關係，在報告會加強敘述背後可能之原因。
2. 臺南縣調查區之結論，請就慈濟大愛村所處位置針對其環境地質專業（或因子）作分析與建議，請修正。	2. 業已在報告中就其所處位置針對其環境地質問題作分析與建議。
3. 有關臺東縣調查區之結論，土地作何種利用係地方政府權責，本報告應敘明所涉及之土地利用強度之分析，供地方政府參考。	3. 業已在報告中修正敘述之方式。

4. 未來可否加入雨量納入山崩潛感之評估之因子，擴大本資料庫之應用範圍，請妥予研析。	4. 雨量之影響非常複雜，同時為動態性，不易納入本計劃，並影響其一致性。不過可考慮在明年計劃中作一相關之探討。
5. 查詢系統之檢索方式似乎不夠人性化，是否可以修改。	5. 查詢系統業已進行修改，往後以直覺式之查詢方法為主。
6. 報告中缺已更新之圖幅範圍資料及分佈圖。	6. 業已增修在年度報告中。
7. 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 日前完成年度調查報告（正本）提送本署，作印刷前最後確認。	7. 業彙整各單位意見，納入年度報告中，詳本表，餘遵照辦理。
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. 業依結論 2 儘速將年度調查報告送貴署，以便辦理後續作業。