



地質災害調查報告

第一號

台灣山崩災害專輯(一)



經濟部中央地質調查所

中華民國八十九年六月



封面說明：山崩災害的夢魘。

民國八十八年八月九日嘉義梅山太平村一處道路
邊坡坍方，土石越過道路，沿著茶園一路而下，
最後衝進山下民宅，摧毀整個家園。

(照片/文 紀宗吉/鄒佩珊)

地質災害調查報告

第一號

台灣山崩災害專輯(一)



經濟部中央地質調查所
中華民國八十九年六月

序

有鑑於本省山崩災害頻仍，民國八十五年七月賀伯颱風與八十六年八月溫妮颱風期間，短短一年內即相繼發生二次重大災變，造成近百人死亡之慘劇，本所遂決定將歷年山崩調查結果彙集成冊，一方面作成紀錄，留供後人參考，一方面則藉此提請國人注意山崩之為害，因而對自身居住環境之安危知所防範。

本所曾於半年前出版九二一地震地質調查報告一冊，堪稱本所第一本地質災害調查報告，惟因未能及時給予編號，故而將此專輯作為本系列之第一號。本專輯共彙集國內近十餘年來十七個山崩災害之調查案例，以山崩類型區分，落石災害計有四篇，包括太極峽谷、內雙溪聖人瀑布、觀音山凌雲禪寺與基隆中山二路落石災害，其中以太極峽谷傷亡最重。由順向坡滑動造成災害者有四篇，包括中寮雙坑地區、林肯大郡、台電326電塔、與九份二山山崩，均曾造成社會極大之震撼，其中九份二山山崩系由九二一地震所引發。與土石流災害有關者計四篇，包括賀伯颱風所引發陳有蘭流域神木村的土石流、台北內湖路土石流、新店北宜路土石流，亦均造成生命與財產之慘重損失。其它尚有由地震引起的三峡白雞自然清境社區崩坍事件以及梨山、新竹湖口台地、龍崎兵仔舍、梅山太平村等大小崩坍事件。

本專輯係依山崩災害發生年份順序編排，雖已彙集十七個案例，疏漏在所難免，如有謬誤之處尚祈讀者一併給予指正。

所長

陳肇夏

謹識

台灣山崩災害專輯(一)

目錄

序

太極峽谷落石災害	賴典章	1
新竹湖口台地滑崩災害	紀宗吉、費立沅、邱禎龍、曾俊傑、賴典章	11
梨山地滑災害	賴典章	23
觀音山凌雲禪寺落石災害	紀宗吉	33
內雙溪聖人瀑布落石災害	費立沅	39
三峽白雞自然清境社區地震引發流滑山崩災害	李民、邵屏華	41
陳有蘭河流域山崩之地質特性	李民、張徽正、劉憲德、陳宏仁、高銘健	47
中寮雙坑地區滑崩災害	紀宗吉、劉桓吉	69
林肯大郡岩滑災變探討	紀宗吉、林朝宗、劉桓吉、費立沅	77
神木村土石流災害	劉憲德、曾俊傑	91
基隆中山二路落石災害	紀宗吉、陳文政、劉桓吉	101
台北市內湖路土石流災害	陳文政	105
新店北宜路土石流災害	紀宗吉、陳文政、劉桓吉、林朝宗	111
左鎮326電塔滑移倒塌災變	紀宗吉、劉桓吉、林朝宗	119
龍崎兵仔舍滑崩災害	紀宗吉、林朝宗、許智鈞	125
小坍方釀大禍－梅山太平村土石崩災害	紀宗吉、林朝宗	133
國姓鄉九份二山大崩山	黃鑑水、陳勉銘、曹恕中、許銘義	139

太極峽谷落石災害

賴典章

災害簡述

太極峽谷位於南投縣竹山鎮，為一新興的森林遊樂區，由於其自然景觀奇特壯麗，一經報導後，聲名遠播，吸引大批的觀光客前往觀賞遊憩。據統計在民國七十年至七十五年間，前往遊歷的人數超過 12 萬人次，最旺季時，甚至日夜遊人絡繹於途。然而，民國七十五年五月二十五日中午 12 時 30 分左右，該峽谷卻發生了一次意外山崩事件，造成 28 名遊客死亡，30 餘名輕重傷的慘劇，為台灣地區當時罕見的旅遊災難事件。筆者在山崩後曾兩度前往現場調查，並檢討山崩原因（賴，1986）。太極峽谷亦因此一山難事件遭到暫時封閉，林務局預定在此區域發展的森林遊樂區計畫，也因此中斷。

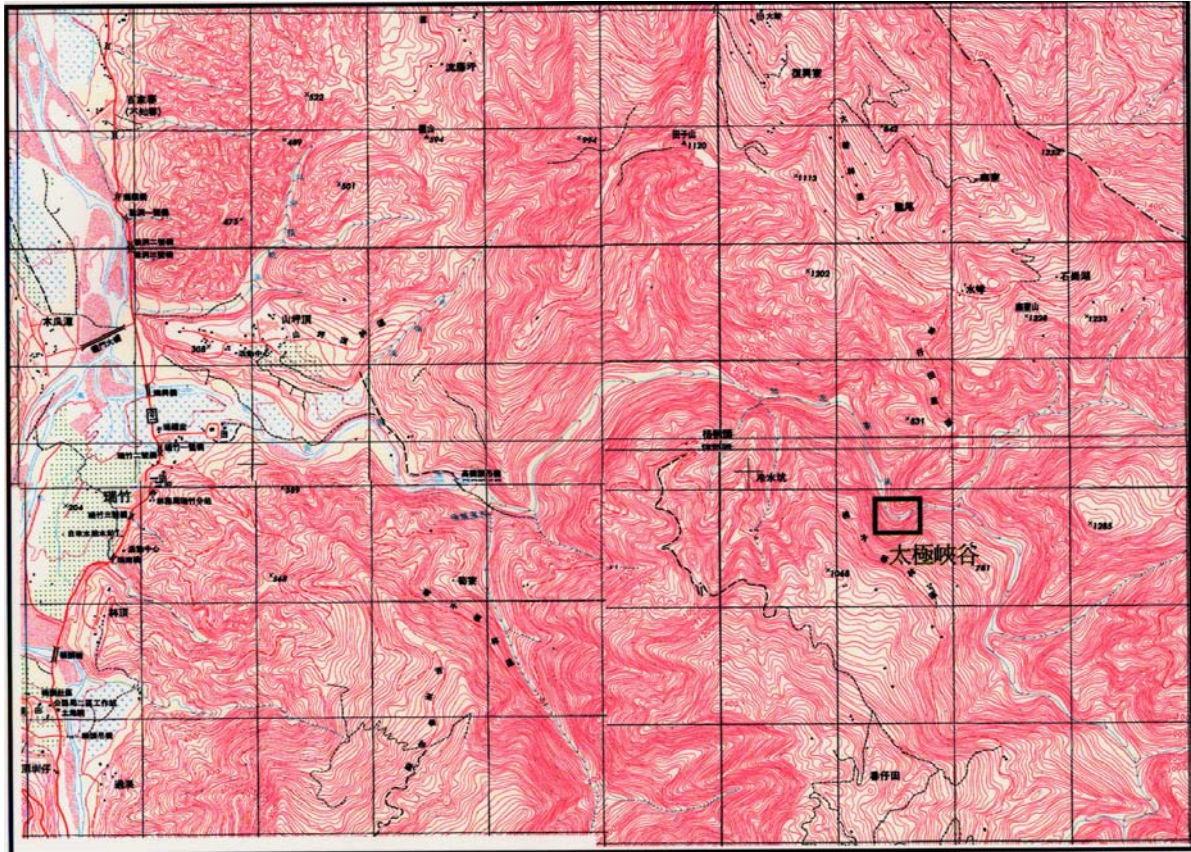
太極峽谷位於清水溪支流加走寮溪之上游，距離最近的市鎮為竹山鎮，太極峽谷即在竹山鎮之南南東方約 13 公里處。由竹山經由中心崙林道、流藤坪林道或大人凍林道可通至復興寮，復興寮為距離太極峽谷最近的一個村落，前往太極峽谷遊



太極峽谷地形景觀。

覽的旅客，大多在此駐足。

復興寮因太極峽谷之興起，而增加了好些個山莊，由於災難事件的發生，旅客驟減，這些山莊受嚴重的打擊而趨沒落。由竹山至復興寮的路段，由於開鑿時間較長，路基大致安定，路面維護良好。過了復興寮後，僅有大鞍林道可通往太極峽谷。大鞍林道首先大致東行，經大鞍附近轉折向南，至大鞍山之東側鞍部後，再轉接向南往河谷之新開林道，大約 3 公里之路程才到達太極峽谷之入山口處。此處標高約 1050 公尺，由入山口順大致呈西南



太極峽谷位置圖。

地形、地貌與地質概述

陸地地形依其受侵蝕的深淺可以分為幼年期、壯年期與老年期。幼年期是一個準平原或河階，被陸昇作用抬高而形成，其特徵是有相當的高度，在其上為一相當平緩的廣大區域，而此區域與平原之間有明顯的坡地，因此最標準的幼年期陸地地形為高原、台地等。壯年期則因侵蝕作用旺盛，所有高原的痕跡都已被侵蝕而消失，而坡地與起伏之山丘到處可見。老年期則因侵蝕與堆積作用使大部份地區都夷為平地，一個平原終於形成。太極峽谷可見之地區，僅見陡坡與高聳之山峰，前一侵蝕輪迴之侵蝕均夷面已不復可見，因此

屬於壯年期早期之陸地地形。

河谷地形也因侵蝕作用與堆積作用之不同而分為幼年期、壯年期與老年期之河谷地形。幼年期之河谷，河川侵蝕作用大於堆積作用，由於侵蝕作用較強，因此岩盤露頭在河谷之兩岸，甚至河床到處可見。因為侵蝕作用很強，河水之向源侵蝕、河岸侵蝕作用等都很強烈，因此山崩經常伴隨而生，山崩造成之巨形岩塊也經常在此段河谷可見。而河床侵蝕作用則形成比降很大的河床，急湍、瀑布、峽谷、壺穴等河谷地形為幼年期河谷的特殊地形景觀。壯年期之河谷地形由於堆積作用與侵蝕作用相同，因此以礫石堆積為主，河

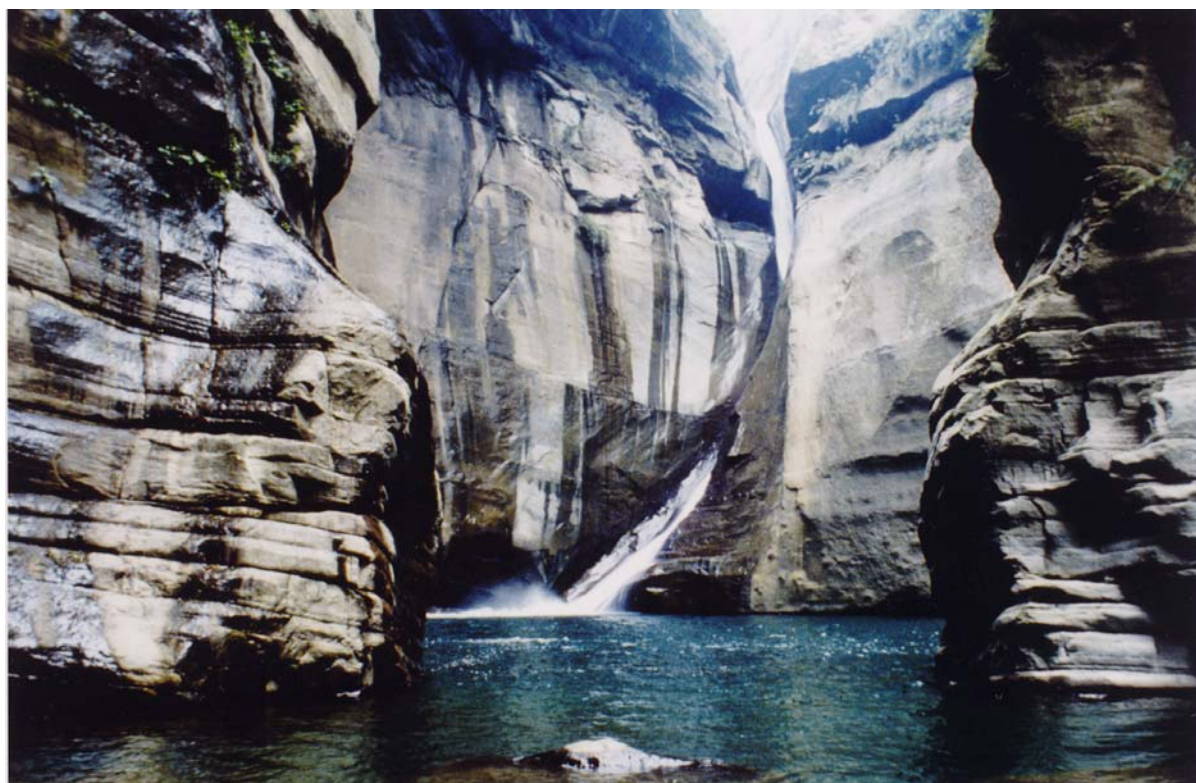
川開始蜿蜒而流，曲流現象開始發生，河谷寬度與曲流寬度大致相同，而較流水之寬度為大。老年期河床則以堆積作用為主，因此曲流更為複雜，泛濫平原開始形成，河川一再改道，在泛濫平原上形成的廢河道、牛軛湖等到處可見，是為老年期河床之特色。太極峽谷的河谷瀑布、深潭（壺穴）、急湍比比皆是，狹小高聳之河岸形成的峽谷更是其特色，因此太極峽谷為一標準之幼年期河谷地形。

太極峽谷附近出露的地層為厚層塊狀砂岩，早期被認為是中新世大窩砂岩（耿，1987），最新的詳細地質調查將此地區的大窩砂岩再加以細分，即河床部份為關刀山砂岩，其上有十六份頁岩，而河

岸上部才是大窩砂岩（劉與李，1998）。關刀山砂岩以細粒至粉砂質砂岩為主，呈薄層以至厚層塊狀，與所夾頁岩常呈薄互層，但延展不遠即尖滅。砂岩相當堅硬緻密，岩質純淨，局部含泥質團塊，顏色以淺灰至中灰為主，風化後呈黃棕色，偶有洋蔥狀風化。在薄層砂岩面上，可見水流造成之波痕，及由波痕造成之交錯層。向上頁岩成份增多，岩質由堅硬緻密逐漸變為疏鬆，而漸變為十六份頁岩層。上部大窩砂岩的岩性與關刀山砂岩類似，砂岩中常含石灰質砂岩層或結核，厚數公分至數十公分。在砂岩中節理較發達，偶有兩組出現，在砂岩底部層面上時見管狀生痕化石。



太極峽谷出露的厚層砂岩。



加走寮溪切割太極峽谷河床形成之瀑布。

砂岩由於岩質堅密，抗蝕性較強，溪谷發展主要受構造控制，大多順節理發育，因此河道多轉折，有點類似格子狀水系，且在河道中與河岸上常因河水深切河床而形成懸崖、瀑布、急湍、深潭等。加走寮溪即切割大窩砂岩、十六份頁岩與關刀山砂岩而形成峽谷與懸崖、瀑布等地形，形成聞名的太極峽谷。

出露於本區之構造包括峽谷東側的石炭湖背斜與峽谷西側未命名的向斜構造。兩褶皺軸大致互相平行，走向約為北東 45° ，屬於開敞平緩的褶皺。地層之傾斜，除局部地區外，皆甚平緩，由 8° 至 30° 之間，而以 8° 至 18° 最為常見。

山崩模式及過程

太極峽谷河道略呈轉折，主要分為兩段，下游段河道走向為北 20° 西，兩側河岸高聳，高度在 300 至 400 公尺之間，而其中較接近河床的部份，坡角在 70° 至 80° 之間，坡高則在 50 公尺左右。在河床面附近，局部地區河岸有倒懸現象，形成半隧道的河岸，此種現象是因為幼年期河谷的河岸侵蝕作用所形成。上游段之河道走向呈北 80° 西，兩側河岸高聳，河岸高度也在數百公尺，但河谷稍寬，不若下游段河道之狹窄，接近河床附近之河岸坡角也在 70° 至 80° 之間，坡高在 50 公尺左右，此段河道有兩處瀑布，高度在 10 至 20 公尺左右。兩處瀑布之下都有深潭形成，此係瀑布沖蝕與磨蝕河床形成之壺穴發展而成。深潭之寬度與河谷寬度相當，長度在

20 至 30 公尺之間，深度據垂釣者以鉛錘與魚絲估測，在 18 公尺左右。在兩瀑布之間有數處急湍，有些急湍流道轉折，可以明顯看出河水深切河床之痕跡。兩瀑布之間可發現一處乾枯瀑布與其下呈死水之深潭瀑布，高度約十餘公尺，深潭略呈圓形，直徑約 20 公尺左右。在夏季溪水充沛時，此瀑布自然復活，在冬季乾枯時，溪水都流經其南側新的河道，即現在的流水道，兩者相距僅約 20 公尺，高差則在 10 公尺左右。此現象顯示太極峽谷受到台灣激烈的隆起作用，而使溪水深切河床所致。

在太極峽谷出現之岩層以砂岩為主，岩性屬細粒之砂岩，膠結良好，岩質堅硬，顏色呈灰至白灰色。出露於河岸的露頭都呈新鮮至輕度風化，屬於良好的基盤岩層。本區域主要的不連續面有兩種，一為層理，另一為節理。根據野外調查結果顯示，太極峽谷地區大多呈厚層狀的砂岩，因此層理不很發達，岩層傾角在數度至十餘度之間。由於岩層平緩，因此走向量測較困難，測值時有變化。層理局部地區較發達，在通過峽谷之索道附近，約 20 公分有一條層理，形成狹窄之河岸階段，成為行人步行落腳之自然階梯。在其餘地

山崩分類表 (Varnes, 1978)

運動種類 Type of Movement		物質種類 (Type of Material)		
		基 岩 (Bedrock)	工程土壤 Engineering Soils	
			粗粒為主	細粒為主
墜落 Falls		岩石墜落 Rock Fall	岩屑墜落 Debris Fall	土墜落 Earth Fall
傾覆 Topples		岩石傾覆 Rock Tumble	岩屑傾覆 Debris Tumble	土傾覆 Earth Tumble
滑動 Slides	轉動 Rotational	岩石崩移 Rock Slump	岩屑崩移 Debris Slump	土崩移 Earth Earth
	移動 Translational	岩塊滑動 Rock Block Slide (Glide) 岩石滑動 Rock Slide	岩屑塊滑動 Debris Block Slide 岩屑滑動 Debris Slide	土塊滑動 Earth Block Slide (Glide) 土滑動 Earth Slide
側滑 Lateral Spreads		岩石側滑 Rock Spread	岩屑側滑 Debris Spread	土側滑 Earth Spread
流動 Flows		岩石流動 Rock Flow (深蠕動 Deep Creep)	岩屑流動 土流動 Debris Flow Earth Flow	
複合運動 Complex		複合兩種或兩種以上之運動		

點則經常數公尺才可見一層理，層理面大多起伏，表面光滑至粗糙，時有漣紋構造；層理大多閉口，在部分河岸，有受風化而開口者，開口在 1 至 2 公分之間，層理的延伸也隨地點而異，有些可見延伸在數十公尺。節理在太極峽谷也不很發達，節理密度時而數公尺一條，由墜入河谷中的巨型岩塊，經常邊長在 2 至 3 公尺可見，但在河道轉折處則較發達，因此岩層較破碎，河道易順此破碎岩層發育。由野外調查結果顯示，節理散佈，無明顯之節理組，但幾乎所有的節理都呈高角度傾斜，傾角在 70° 至 90° 之間，其中有些節理與河岸完全平行，且有開口現象，可能是因河谷解壓所形成。節理面大多起伏，節理面粗糙，這是許多倒懸河岸能暫時穩定的主要原因。節理延展大多良好，經常可達數十公尺，太極峽谷之下游段，河岸即順節理發育而成。在河道轉折處，節理較密，延展性反而較差，但經常有兩組產生，使岩壁剝落形成洞穴。節理面大都受不等深度的風化，一般而言，節理發達的地點，風化較深。節理部分開口，部分封閉，在倒懸河岸所形成的半隧道頂上，經常可見開口在 2 至 3 公分的開口節理。

山崩的分類有許多，其中以 Varnes (1978) 的分類較為明

確，此種分類以山崩時被搬移之物質與搬移方式為分類的指標。搬移物質則分為岩石、碎屑、土壤、水以及上四項之混合物；搬移方式則分為墜落、滑動、流動與上三種之混合形式，因此根據 Varnes 的方法可以區分各種山崩類型。

Hoek 與 Bray (1981) 爲了分析岩坡之穩定性，以滑移面之幾何形態來分類，將岩坡破壞分為平面型、楔型、圓弧型與翻覆型，其中前三者 Hoek 和 Bray 提出了



太極峽谷岩塊崩落至平坦之岩層面後破碎，部份停留在岩層面上，部份崩落河谷，造成傷亡。

一套分析方法，而翻覆型則為墜落，至於流動則未提及。換言之，目前能以定量方法加以分析的，仍侷限於滑動而已。

由太極峽谷的崩塌情形來看，在下游段的狹窄河谷兩岸，時有倒懸之半隧道河岸存在，在半隧道底部河床上，可見大小岩塊堆積之岩塊堆，某些巨型岩塊的大小，邊長可達數公尺，其稜角尖銳，顯見未受河水之搬移磨蝕，再從其上方倒懸之岩壁觀察，節理的密度，粗糙情形與下方之岩塊相當，再加上節理開口，顯然這些岩塊都由其上方直接墜落而來，為標準之岩石墜落型崩塌，而且墜落的時間並不太久。

民國七十五年五月二十五日的山崩地點正處於河道轉折處，南側為瀑布與深潭，而北側面即出事地點為岩層所形成的一處較寬廣之平台面，有上下兩階，兩階之間高差約 4 公尺，在兩階平台上仍可見巨大岩塊散佈並未被溪水完全搬移。其中有一塊岩塊長約 2 公尺，寬約 1 公尺餘，高約 2 公尺，其下伏面為一節理所形成之平面，而上覆面則成一圓弧形，在圓弧面上有明顯之貝殼形擦痕。而在此岩塊上方之平台邊緣正好有一缺角，形狀與岩塊吻合，表面亦具有相同之貝殼形擦痕，顯見岩塊係由平台邊緣之岩層破裂而來。

破裂之擦痕與圓弧形破裂面，與岩層爆破時之裂痕相似，可見此岩塊是由於上方墜落之岩塊沖擊而破裂，由此也可想見崩落岩塊之沖擊能量相當巨大。在岩塊堆積之上方未見任何崩落之新痕；而在南側

深潭對岸之河岸上，則可見岩石擦過之痕跡，一些樹木與野草被損壞，但岩壁上無岩塊剝落或滑動之痕跡；但在擦痕上方約 40 公尺之平台上有些新崩落的岩塊，而在此岩塊之西北側則有一處寬度約 10 公尺之岩石剝落痕跡，估計此剝落岩片之寬度約 5 公尺（上端約 10 公尺，下端 1 公尺）、厚度約 3 公尺、高度約 40 公尺，體積在 600 立方公尺左右。此岩片剝落翻覆至與其基腳大致等高之岩石平台上而碎裂，碎裂後部份停留在岩石平台上，大部份則墜入太極峽谷之中，造成遊客傷亡。

山崩原因分析

太極峽谷山崩因素複雜，高角度傾斜甚至倒懸之河岸是主要造成岩壁不安定的地形因素，而節理的切割使厚層砂岩變成分離之岩片，增加其自由度是構造上的不利因素，而上寬下窄的岩片，更促進其翻覆的可能性。另外植物根系深入節理，使節理開口增大，造成裂隙側向壓力；長期下雨使底部層面形成水壓上揚力以及節理面上形成裂隙水壓；風化、風力等都可能直接或間接的促使岩片不安定。

太極峽谷之上游段河谷，寬度稍大，河床上雖有巨型岩塊堆積，但其稜角都已圓滑，顯見經過溪水搬運或相當時間之磨蝕；而兩側河岸植生良好，岩層表面也有相當風化發生，顯示較其下游段河谷為穩定。

穩定可行性探討

由太極峽谷下游段、崩場地點及上游段觀察，可見山崩的型式都是屬於岩石墜落，而本次墜落岩塊的體積在 600 立方公尺左右，屬於小型的山崩，但災害卻是相當嚴重。由於岩石墜落的崩塌不像岩石滑動的情形，無法以量化的「安全係數」加以評估其穩定性，因此評估相當困難，僅能由岩層之不連續面等地質構造加以評定「可能」與「不可能」墜落，如果由這個角度來看，較此次規模更大的岩塊墜落仍然很有可能，至於「何時」會崩落，則由於自然因素如豪雨、風力、地震、侵蝕、風化、植生等自然因素太多、太過複雜，難做詳細的評估；另外人為活動的影響也使評估工作更為不容易。

雖然定量性的穩定性評估非常困難，但穩定措施就技術層面而言並非不可能，尤其理論上一定可行。可能可以使用的�方法包括清除、錨定、鋼網與噴漿等措施，所謂清除是將危險的岩塊以人工方法加以清除，清除時可用的方法則包括人工、鑿岩機甚至施炸等方式；錨定是指對可能崩落的岩塊，使用岩錨固定在較穩定的岩層中，錨定時可能使用各種岩錨；鋼網則是將鋼網固定在河床上較破碎的岩壁上，一方面防止岩塊崩落，另外一方面也避免岩塊直接墜落河床，傷及遊客；噴漿則是在較破碎的岩壁上以水泥砂漿用壓力噴注，使其表面形成一個整體的保護層，而使岩壁安定。除以上所談的各項方法外，可能還有一些方法可以採用來穩定岩壁。不管採用何種方法，甚至混合數種方法都需要

進一步研究經濟上的可行性、環境的可能衝擊以及景觀的維護等各項因素，這些因素可能大幅降低太極峽谷穩定措施的可行性。

在考慮經濟因素、環境影響與景觀維護等各項因素後，如果穩定措施之可行性不高時，為使壯麗的景觀不致棄之於野，尚可使用若干管理措施，使愛山者得以進入此一地形景觀雄偉之天然教室。管理措施雖然不能增高河岸的穩定度，但卻可以大幅降低災難的風險率。管理措施可以由兩方面來進行，一方面將太極峽谷之地形、危險地區加以標示說明，並印製成說明書，使進入者在進入之前與現場都可清楚知道危險地區，而快速通過，如此將可使風險有效降低。另外一方面，一般民眾進入太極峽谷旅遊，應以團體進入為宜，每個團體應有對峽谷地區非常了解的嚮導引導，才可進入，如此才可有效防止災難發生。

參考文獻

- 耿文博（1987）台灣中部竹山及嘉義間之地質，經濟部中央地質調查所彙刊第4號，第1～26頁。
- 劉桓吉、李錦發（1998）雲林—台灣地質圖福第三十八號，經濟部中央地質調查所。
- 賴典章（1986）太極峽谷崩塌之地質因素探討，民國七十五年科技整合研討會論文集，第177～186頁。
- Hoek E. and J. Bray（1981）Rock Slope Engineering, Inst. Min. &

新竹湖口台地滑崩災害

紀宗吉 費立沅 邱禎龍 曾俊傑 賴典章



民國七十九年四月新竹湖口台地發生大規模山崩，造成竹九一竹十四連絡道路主線多處陷落，支線中斷。山崩範圍相當廣，估計約有二十公頃，大多數的崩塌土石滑入附近的鳳山溪內。

前言

民國七十九年四月二十三日凌晨，新竹縣湖口台地南緣山坡地發生大規模的山崩，同時造成竹九一竹十四連絡道路主線多處陷落及支線中斷，一輛行至該處的汽車墜落崩崖下方，幸人員及時逃出。此次山崩的範圍面積甚廣，估計約二十公頃，崩塌的材料滑入鳳山溪，堵塞河道，鳳山溪河道縮減達六十公尺。山崩發生時，本區曾降雨不斷，截至山崩發生前，已經連續降下十多日的雨量。

經調查發現，此處過去以來，即為一處活動的崩塌地，但因土地利用程度低，

住民少，一直未受到注意。此次發生如此大規模的山崩，已威脅到竹九-竹十四聯絡道路、鐵路、高速公路等重要公共工程設施，因此才受到有關單位的重視。經濟部中央地質調查所曾於災後派員赴現場勘查後，建議應進行有系統的調查研究，以瞭解山崩機制，並規劃出有效的處理對策。最後，由前台灣省水土保持局邀請中央地質調查所，並會同其它調查單位成立湖口崩塌地調查小組，進行山崩調查與整治規劃事宜。本文是根據當時之調查結果加以重新整理，主要內容著墨在山崩調查與機制分析方面，提供國人對山崩始因，有更進一步清楚的認識。

山崩發生時造成道路破壞，一輛正行經該處的汽車隨之墜落崩崖下方，車內民眾幸好及時逃出。



崩塌下來的大量土石，堵塞鳳山溪河道，使其河道約縮減了六十公尺。



湖口台地地形與地質

1. 地形

湖口崩塌地在地形分區上屬於湖口台地，湖口台地整體大致呈東高西低的地形，高程由台地東側的三百公尺向西側漸降至海岸。崩塌區位於義民橋附近的鳳山溪北岸至台地之間的台地邊緣斜坡，地形高程由北側平均高度約一百公尺的台地面，向南緩降至二十公尺的鳳山溪床，高差有八十公尺。鳳山溪在義民橋附近由西向北轉折，造成北岸坡腳侵蝕不斷，因此區內山崩地形特徵顯著。崩塌區西側侵蝕

溝及二側陡崖甚為發達，過去也有發生多次山崩的記錄；東側地形坡度傾緩，坡面亦較完整，無明顯侵蝕溝與陡崖地形發育。

2. 地質

湖口台地主要地質構造有湖口背斜，出露之地層為第四紀更新世地層。湖口背斜為東北東走向分佈，在軸部附近出露楊梅層照鏡段，往北往南各出現照門段地層，呈對稱分佈，原台地面保存良好區域為店子湖層所覆蓋。崩塌區下部為照門段岩層，多出露於台地邊緣之崩崖或侵蝕谷。照門段岩性以砂岩及泥岩為主，含有

礫石夾層及貝殼碎片等。地層位態呈北西走向，向南傾斜，且因本區靠近背斜軸部附近，傾角甚為平緩，在 $2^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 之間。砂岩為黃棕色泥質細至中粒厚層砂岩，膠結不佳，強度低，以手輕捏即碎，偶夾有氧化鐵薄層、薄碳層、黏土層。砂岩為良好透水層，崖壁上常見到地下水自此層滲出，即使乾季也是水流不斷；泥岩層為灰色，岩性緻密，透水性差，地下水不易往下滲流。

店子湖層為湖口台地面分布最廣的岩層，不整合於楊梅層之上，主要岩性為礫石層與表層之紅土。在紅土與礫石層之間

常呈不規則的凸鏡體交錯疊置狀，此層的傾角相當平緩，但是在台地邊緣有隨地形變化之情形。店子湖層的厚度各處不同，崩塌區附近依據鑽井資料，最厚可達 17.5 公尺。

另在崩塌區泥岩崖面上所量得之節理，大致可分為二組，一組走向為北 18° 西，向南傾斜 86° ；另一組約為北 82° 西，向南傾斜 84° ，本組走向與崩崖延展方向平行。二組節理傾角均近乎垂直，此種垂直節理有助於崖壁上岩塊墜落，加速崩崖之垂直後退。

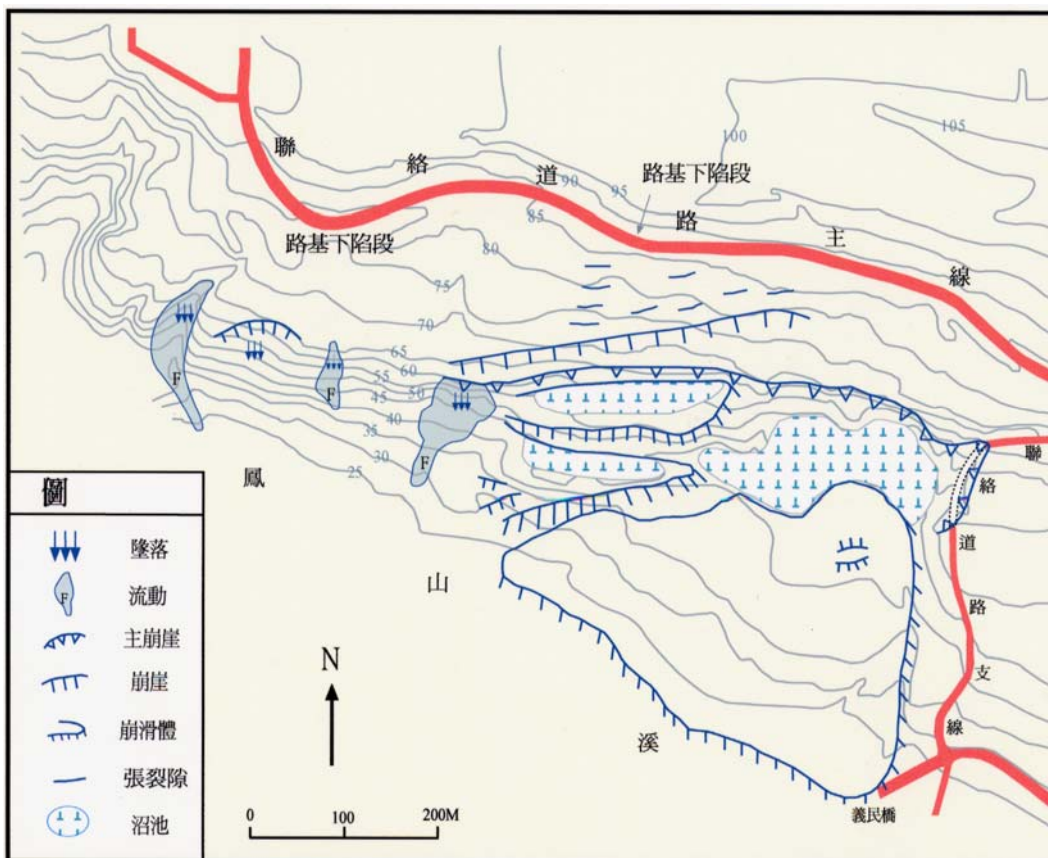


崩塌區內下部出露的為照門段岩層，以砂岩和泥岩為主，在台地邊緣之崩崖或侵蝕谷常見到露頭。砂岩為膠結不佳、強度低的黃棕色泥質厚層砂岩，偶夾氧化鐵薄層、薄碳層和黏土層。泥岩層呈灰色，岩性緻密，透水性差，最上方則為紅土礫石層。

歷年山崩與地形演化

民國七十九年發生山崩的範圍甚廣，北以竹九一竹十四連絡道路為界，南以鳳山溪，東側大致以竹九一竹十四連絡道路支線，西至鳳山崎村，東西長約 1300 公尺，南北方向則東寬西窄，東側最寬處約有 500 公尺，崩塌面積約計有 20 公頃，屬於大型的崩塌地。崩塌區在七十九年大崩塌之前曾經發生過五次的崩塌記錄，原因則多與豪雨有關，茲將相關調查結果詳述如下：

1. 從當地居民的訪談調查得知，本地區在民國二十四年及四十二年（也可能四十三）曾發生過兩次較大規模的崩塌，都發生在四、五月梅雨季節時。
2. 民國六十五年五月初，於崩塌區西側之高速公路北上 86k+800 ~ 87k+400 間發生邊坡滑動，原因是由連續幾場的豪雨所造成。
3. 從民國六十七年的航空照片可以看出，崩塌區內並沒有顯著的山崩活動跡象，除在中央處有一疑似東西走向的小崖外，東西二側坡面並無異狀。
4. 民國七十一年所攝之航照發現在崩塌區中央偏西處曾發生一次較小規模的山崩，崩塌物質滑入鳳山溪，堵塞部份河道，同時此東西走向崖線已向東延伸，

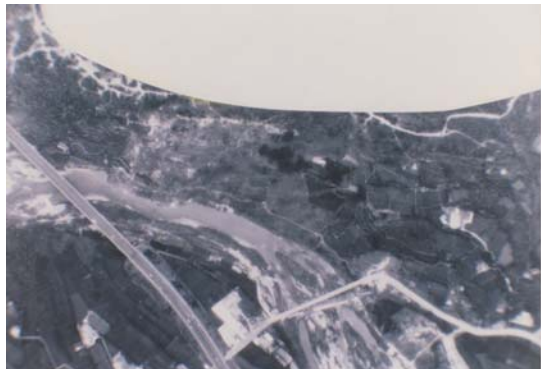


民國七十九年發生的山崩範圍約有20公頃，屬於大型崩塌地。山崩後出現一系列崩崖、裂隙和沼地。

崖高也逐漸擴大。動，從現場復原情形從照片上的崩塌地貌來看，山崩的類型為階狀旋轉滑



民國六十七年拍攝。崩塌區內有疑似小崩崖的明顯線形，東西二側坡面並無異狀。



民國七十一年拍攝。崩塌區中央偏西處發生小規模山崩，崩塌物質滑入鳳山溪中，東西向崖線向東延伸，崖高逐漸擴大。



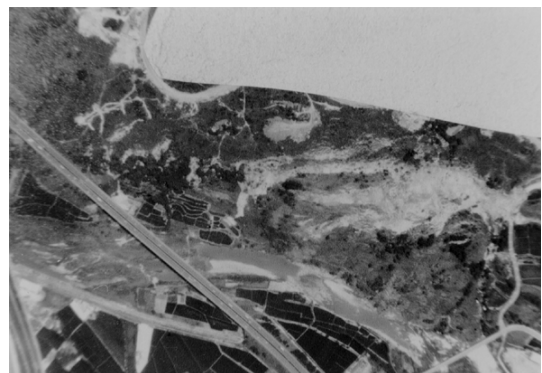
民國七十三年拍攝。滑入鳳山溪的崩塌物質明顯減少，此段河岸外型逐漸圓滑。

5. 上述的山崩在七十七年的航空照片上，其形貌已漸不清楚，堵塞河道的崩塌物質被河水所完全侵蝕，崩塌區內地貌、河道也恢復為民國六十七年六月時的情形，但東西走向的小崖已延伸至崩塌區的東緣附近。



民國七十七年拍攝。堵塞鳳山溪的崩塌物質已被完全侵蝕，東西向的崖現已延伸至崩塌區東緣。

6. 至民國七十九年四月再度發生大規模的山崩，山崩範圍主要在崩塌區東側，另西側也有些小型山崩的分佈。山崩的類型有圓弧型滑動、墜落型與流動型等三種，及其它一些地表張裂隙。圓弧型滑動位在崩塌區東側，為此次山崩最大規模者，也是造成災害的主要原因。墜落型主要發生在崩塌區西側的陡崖與侵蝕溝，墜落的物質包括礫石層與泥岩層，在連續降雨飽含水份下轉為流動。



民國七十九年崩塌發生後拍攝。地表有疑似舊崩塌崖的明顯線形，東西二側坡面無異狀。

7. 山崩後最明顯的地貌是出現一系列的崩崖、裂隙與沼地，主崩崖延伸達 570 公尺，崖高約 10 公尺左右，崖壁上地下水滲流不斷，在崩崖下方的後傾低陷區積水成沼地。主崩崖後方至竹九一竹十四連絡道路間出現多處張裂帶，上覆之紅土礫石層也因無側向支撐，遇雨則經常產生滑動現象。

民國七十九年山崩型態探討

民國七十九年的湖口台地山崩，主要是由一處大規模的滑動所引發，由於崩塌範圍極廣，滑動的類型不易窺其全貌，因此早期對山崩類型的看法可能不一。有關本區山崩的類型、運動過程、滑動面的位置等，湖口崩塌地調查規劃小組曾進行多項調查工作，包括地形測量、地表地質與山崩調查、航照判識、地下地質鑽探調查



主崩崖延伸約570公尺，崖高約10公尺左右。崖壁上有地下水滲流現象，於崩崖下後傾低陷區多積水成沼地，照片左下角相思樹已近淹沒。



竹九一竹十四連絡道路下方的紅土礫石緩坡之山崩類型，主要以淺層滑動為主，造成道路路基位移塌陷，路面因而龜裂。

等工作，以下綜合其調查結果分析說明如下：

1. 山崩分佈與類型

民國七十九年的湖口台地山崩地點有多處，依地形條件可區分為三類，第一類是竹十四線連絡道路主線與南側斷崖之間的紅土礫石緩坡，屬於紅土礫石材料的淺層滑動，滑動面為與下伏泥岩之不整合面。地下水遇泥岩無法下滲，導致泥岩軟化與潤滑作用，形成滑動面。飽和含水的紅土礫石在主崩塌後，失去側向支撐，向主崩崖方向滑動、墜落。由於這一類滑動緊鄰竹九一竹十四連絡道路下方，因此連帶造成路基位移塌陷。

第二類位於崩塌區西側之陡崖與侵蝕溝二側崩崖，因坡度陡直，山崩的類型為墜落型，山崩的材料為構成本區陡崖的泥岩與上覆的紅土礫石層。墜落後的材料仍具極高的地形坡降，在持續降雨飽含水後，轉化為土石流或泥流向下流動。

第三就是本次最大規模的滑動，發生的位置含蓋鳳山溪至主崩崖間的斜坡範圍。崩滑的材料包括上覆的紅土礫石層、早期的崩積層與下伏的楊梅層。崩滑體於滑動後，呈東西二側不同形貌，西側斷為



崩塌區西側陡崖與侵蝕溝二側崩崖，由泥岩與紅土礫石層組成，山崩屬於墜落型。



崩塌區西側陡崖上墜落的土石，在飽含水後，成為土石流或泥流向下流動。

四階不連續的崩滑體，屬於標準的階梯狀漸進式圓弧型滑動，崩滑體由主崩崖向前發展；東側崩滑體完整連續，滑距較遠，是屬於圓弧型兼具平移性質的滑動。

2. 圓弧型滑動面位置

為了將來崩塌地整治規劃的需要，需要進一步了解圓弧型滑動面的位置深度，才能進行相關的配置設施。圓弧型滑動面僅頂部的主崩崖與趾部露出地表外，其他部份均深埋於地下，因此需配合地質鑽探及傾斜管的監測，加以分析研判。七十九年發生崩塌的滑動面不止一個，而且性質複雜。由航空照片看出來，主滑動區地表顯現兩種不同滑動體型貌，西側除了主滑動面，還有數個次滑動面，東側應為單一的滑動面。由鑽井岩心並未發現清楚的錯動面，但在地下二十餘公尺，有疑似擦痕



位在鳳山溪至主崩崖間的斜坡，是此次規模最大的滑動區。主崩滑體西側是屬於標準的階梯狀漸進式圓弧型滑動。

東側介於鳳山溪與主崩崖間之崩滑體也屬於圓弧型滑動，但滑動距離較遠，滑動體完整。



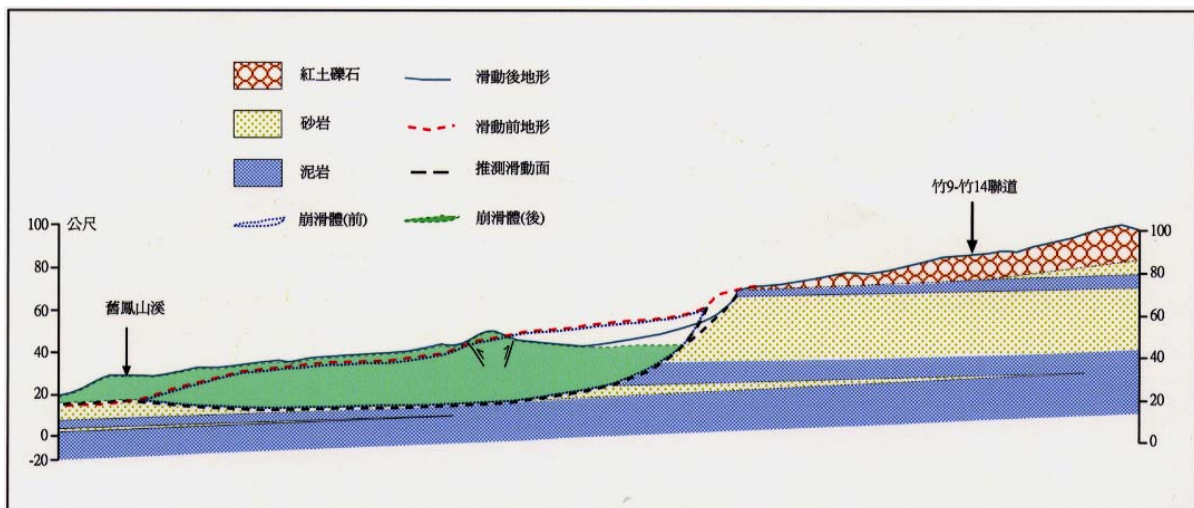
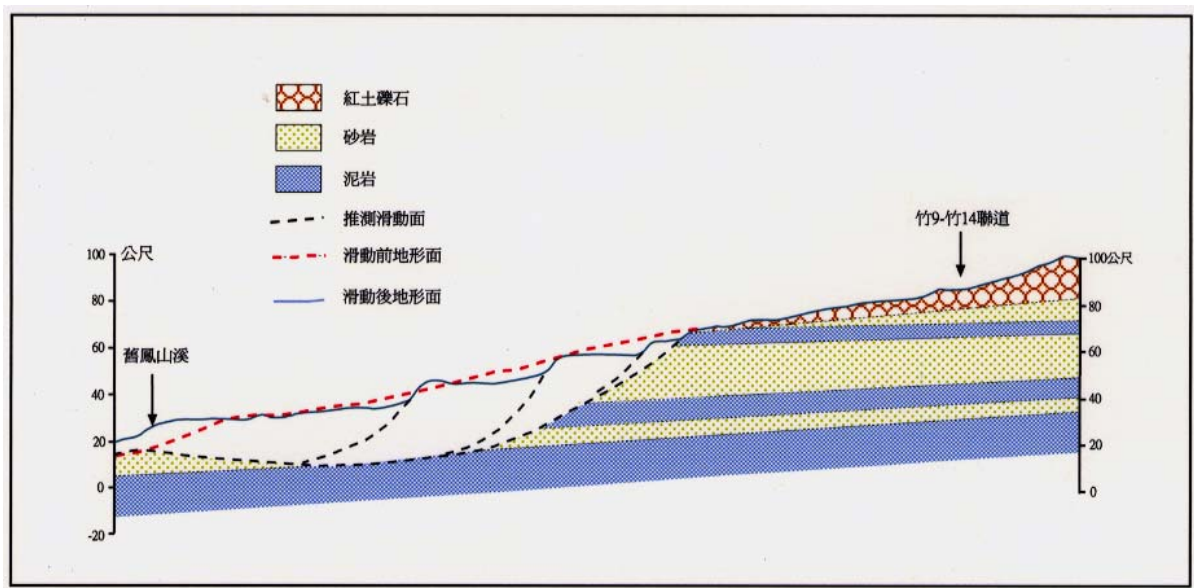
由航空照片來看（底圖為民國七十七年拍攝），民國七十九年發生崩塌的主滑動區地表顯現兩種不同的形貌（白線）。西側除主滑動面外，還有數個次滑動面；東側只有單一個滑動面，由地物的比對，可看出滑動為南偏西的方向。

的痕跡；由井內傾斜管之監測資料，約在 25~35 公尺深處仍有位移的現象；由地下水調查，水位約在地表下 15~26 公尺間。綜合各種資料及滑動剖面分析，滑動面最有可能在地表下 20~30 公尺間，滑動方向經由一些崩塌前後參考點的比對，為向南偏西方向滑動。

山崩原因分析

綜合調查結果得知，造成七十九年山崩的原因可歸那下列幾點：

1. 本區地形屬於台地邊緣斜坡，平均坡度為 15° ，從早期的航空照片可以得知主崩塌區西側地形為民國七十一年山崩後殘餘後地形；東側地形較六十七年的原地形面低陷，應是早期曾經發生山崩，及長期處於不穩定的結果。



主滑動區西（上圖）、東（下圖）兩側滑動體剖面圖。西側斷為四階不連續的崩滑體，屬於標準的階梯狀圓弧型滑動；東側崩滑體完整連續，但同屬圓弧型滑動。

2. 本區位於湖口背斜南翼，地層向南傾斜，地表紅土礫石層與砂岩層富含地下水，遇下方泥岩不透水層，形成地下水流，流向本區。
3. 在民國六十七年本區中央已出現裂隙，至七十九年滑動前，已延伸至崩塌區東緣，主崩崖儼然已形成，崖高落差已達數公尺，顯示長期以來，正以緩慢速度在滑動。
4. 在七十九年四月二十三日凌晨二時崩塌發生前，該地累積降雨量為 435.8 公釐，而且已經連續降雨十三天，其間又以 22 日晚上 11~12 時之間降下 41.2 公厘最。由崩塌發生前的雨量分析，長期累積的降雨應是此次湖口發生崩塌的主要原因。
5. 竹九一竹十四連絡道路山溝排水，由涵管導入崩塌區，導致區內水源增加，軟化地質材料，不利穩定。
6. 鳳山溪右岸強烈側蝕作用，可以很明顯的在調查區歷年航空照片中看出，例如民國七十一年照片中所見，滑入鳳山溪河床的材料，在民國七十三年航照中已被侵蝕殆盡。強烈側蝕作用會造成坡腳移除，失去支撐力量，這也是七十九年發生崩塌的一項重要因素。

結語

湖口崩塌地位處偏僻，至今幸未傳出重大災情。本地是一處山崩活動相當頻繁的大型崩塌地，最早發生山崩的時間可能極為久遠。民國七十九年發生山崩之後，根據調查小組的調查結果，本區內仍處於不穩定的狀態，在民國八十二年及八十六年，竹九一竹十四聯絡道路還有持續滑動

下陷情形。湖口崩場地是一處典型的崩塌地，發生的原因包括內在的因素 (地形、地質) 與外在因素 (河流的側蝕、水文條件) 與誘因 (降雨、地震) 等多樣因素。區內山崩的類型也極為多元，山崩地貌特徵顯著，不失為一處山崩研究的戶外教室。近年政府已著手進行崩塌區監測與穩定設施增加本區穩定。

參考文獻

- 忻賢中 (1979) 工程地質應用於邊坡穩定性研究，礦冶第 23 卷，第一期，第 94 ~ 98 頁。
- 鄭世楠、葉永田 (1989) 西元 10604 至 1988 年台灣地區地震目錄。中央研究院地球科學研究所，共 255 頁。
- 緒六武歲 (1938) 台灣大年表 (四版)。台灣經世新報社編輯局，共 241 頁。
- 楊碧川 (1988) 臺灣歷史年表。自立晚報出版社，第 158 頁。
- 古兆禎 (1963) 臺灣西北部臺地之空照地質學的研究，中國地質學會會刊，第 6 號，第 51~ 60 頁。
- 塗明寬、陳文政 (1990) 五萬分之一臺灣地質圖說明書，圖幅第七號一中壢，中央地質調查所，第 23 ~ 37 頁。
- 經濟部中央地質調查所 (1994) 新竹縣新埔鎮湖口台地南緣崩塌調查與整治方案規劃計畫報告，台灣省政府農林廳水土保持局，共 244 頁。

梨山地滑災害

賴典章



梨山地滑全貌（王文能 攝）。

災害簡述

民國七十九年四月十五日，梨山地區因連續降雨發生地層滑動，造成梨山賓館、國民旅舍、公路局車站等重要建物嚴重受損，並導致橫貫公路宜蘭支線路基坍塌，交通中斷，使得此中部橫貫公路上的觀光旅遊勝地，一夕之間，成為地滑危險地區，震驚全國。

地滑發生後，台灣省政府立即進行交通、排水、防砂及社區整治等緊急處理計畫，並委託工研院能資所進行地層滑動調查與整治方案規劃。能資所於民國八十年三月開始進行調查與規劃，並於八十二年三月完成報告。經能資所（1993）調查，地滑區的破壞包括：建築物、擋土牆與道路龜裂、下陷與變形，以及地下管線破裂或斷裂。

整治方案經行政院核定於八十四年二月交由水土保持局開始執行，為全國首次大規模地滑整治的個案。自八十四年至八十八年，整治時間歷時四年餘，相關地表排水、橫向集水管、集水井、防砂工程及監測系統等已大部分完成，但尚有最重要的排水廊道仍在施工中。相關的效果評估與管理準則也已在進行。在此期間曾歷經賀伯、溫妮等颶風，然而未再發生明顯災害，值得慶幸。

地形、地貌與地質

梨山位於台中市東北東方約 100 公里之中央山脈中，為中部橫貫公路及其宜蘭支線的交會點。地滑區面積約 230 公頃，呈倒三角形，地勢由南向北遞降，終而沒入德基水庫。大甲溪由東向西流經地滑區之北緣。



梨山管理所活動中心因地滑造成建築物損壞。（王文能 攝）



梨山地滑造成多處路面沈陷龜裂。（王文能 攝）

梨山地滑區構造物主要受損情形一覽表（能資所，1993）

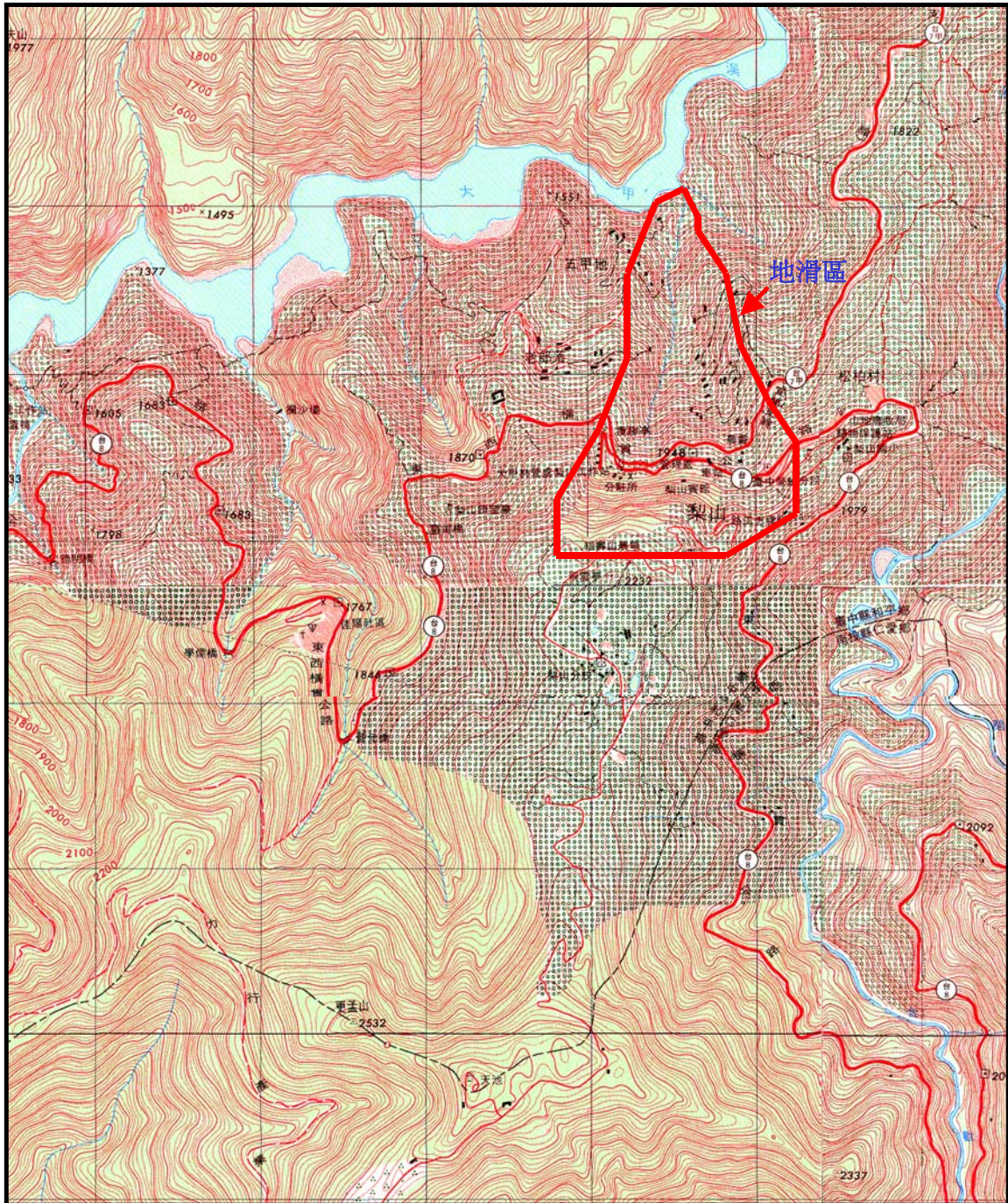
構造物	受損情形	地點
建築物	1.牆壁龜裂	梨山賓館餐廳、車庫及員工宿舍；梨管所活動中心；國民旅舍；舊水源地；台汽車站；電信局
	2.地板龜裂、下陷、隆起等	清心閣、梨山賓館、梨管所、國民旅舍、舊果菜市場、台汽車站、公廁、梨山小築
	3.傾斜、變形、倒塌	台七甲公路73k+150附近工寮、梨管所活動中心
擋土牆	1.下陷、變形	梨管所東側、果菜市場對面
	2.龜裂	國民旅舍附近、台汽車站兩側及對面、台七甲公路72k+500
	變形	梨山小築附近、台七甲公路72k+500
	1.路基全毀	台七甲公路73k+150
蛇籠	2.下陷	梨管所附近、郵局前、國民旅舍聯絡道、台七甲公路72k+500
道路	3.龜裂	國民旅舍聯絡道路
	1.地下電話電纜線斷裂	台八公路83k+450，82k+610
	2.自來水輸水幹管斷裂	清心閣前、台汽車站前、梨管所前、郵局前、廣場至國民旅舍道路前
地下管線		

地滑區內有兩條主要溪流，分別匯集西區集水區（梨山小築附近）與東南區集水區（梨山賓館至榮民醫院附近）的水，並在調查區中央偏北處匯合後，向北流入大甲溪。依河流切割之侵蝕型態，尚屬壯年期之河谷地形，下切作用顯著。

沿大甲溪兩岸常有呈東北-西南走向，坡度約為 15° 至 30° 之山脊相互交錯排列。河谷兩岸靠近河床之坡面，偶有岩盤裸露，坡度較陡，約 30° 至 50°，但在河谷上部接近山脊處，偶爾顯露出幼年期地

形特徵，留有前期侵蝕或沉積的遺跡。山腰則分佈著起伏的大小滑動土體，呈標準的地滑地形。

地滑區位於中央山脈地質區之脊樑山脈西側邊緣附近，出露之地層屬於中新世廬山層。廬山層在標準地點（南投縣仁愛鄉東側的廬山溫泉附近）主要是千枚岩（Phyllite）、硬頁岩（Argillite）及深灰色硬砂岩互層所組成，偶有零星散佈之泥灰岩團塊，劈理相當發達。但在本地滑區內出露之岩層僅板岩一種，其地層呈 N15°



梨山地滑區位置圖

至 45° E 走向，向東南傾斜 15° 至 35° 。在河谷處之層面及劈理的傾斜角度近乎垂直，但在稜線或山坡上則略轉平緩，此一現象可能是因岩性軟弱及河谷解壓，造成山脊頂部岩層潛移翻倒所致。

本滑動區內，覆蓋於新鮮岩盤上之滑

動層，主要係由風化板岩塊與板岩屑，夾雜黏土質土壤所構成，組織不甚緊密，粒度分佈不均，膠結差，強度低，透水性極高，是屬於風化岩地滑。本區岩層全是較軟弱的板岩，劈理面發達，加上地形、河谷解壓、氣候等自然環境因素的影響，岩

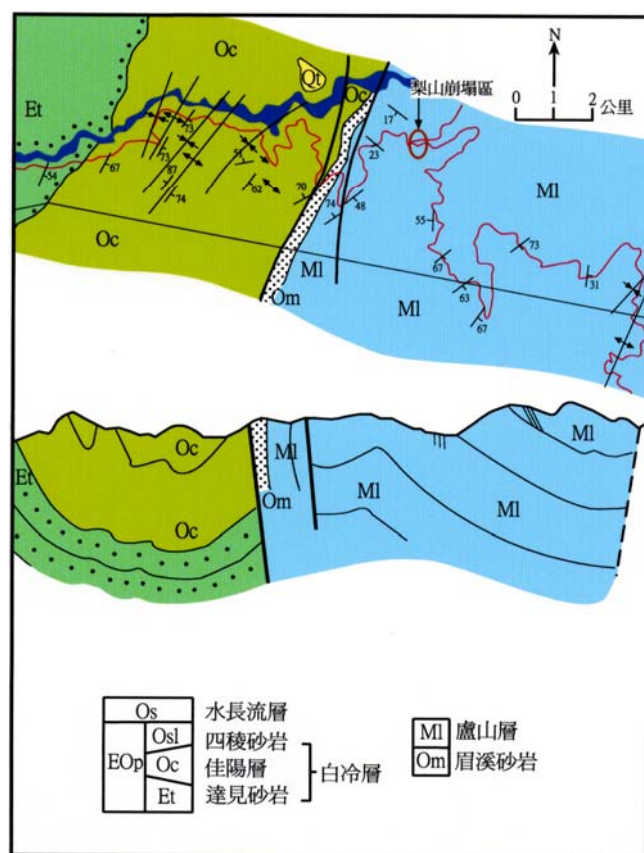
盤風化相當深，因此本區之地質剖面應可依其風化程度，再加以細分。

地滑模式及過程

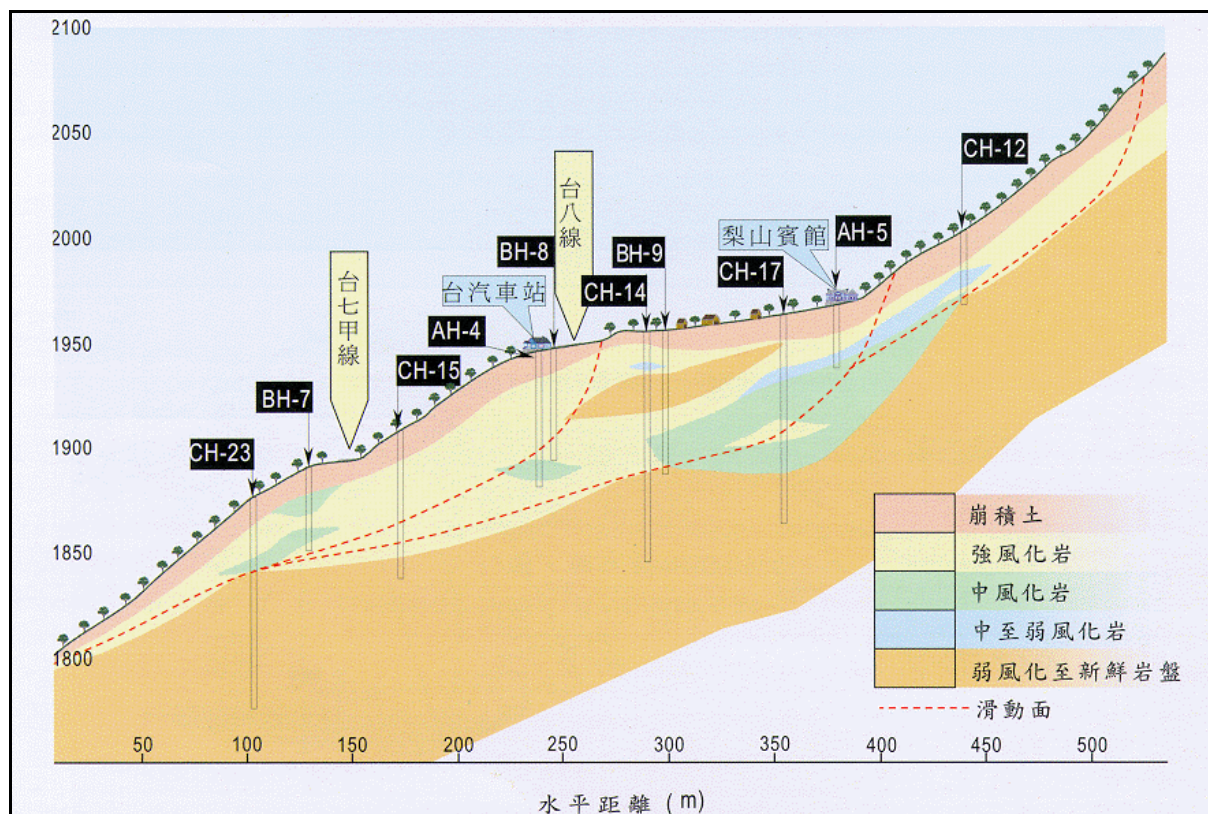
綜合地形、地質與滑動現象等因素，能資所（1993）以集水區內之主要河谷為界，將梨山地滑區由西而東大致劃分為西區、東南區及東北區三個地滑區。各區以西區最大，面積約 76 公頃；東南區次之，面積約 57 公頃；東北區最小，約 49 公頃，三地滑區合計面積約 182 公頃，而梨山地區主要的建築物大多在東南區中。福壽山農場可能集水至地滑區的最大面積約 155 公頃，此區域並未列入調查與整治規劃計畫中，但其面積與地滑區相當，且位於地滑區上方，值得加以重視。能資所再進一步將西地滑區分為 A-1 ~ A-9 九個滑

動土體；東南地滑區分為 B-1 ~ B-14 等十四個滑動土體；東北地滑區分為 C-1 ~ C-10 等十個滑動土體。各土體並依藤原明敏（1979）的分類，區分為危險度 A、危險度 B 與危險度 C 三級。其後，中華顧問工程司調查（1999），西區滑動土體增加了 A-10 ~ A-13 四個；東南區增加了 B-15 ~ B-31 十七個；而東北區則未增加。同時對各土體的危險度分級，亦略有調整。

各滑動土體的邊界，在地表上多由裂隙或地形特徵加以界定，至於各滑動土體下之滑動面，則以鑽探採樣的研判方式為主。能資所（1993）在調查地滑時共進行了 28 孔鑽探，由於梨山地區主要由板岩組成，岩性單調，分層不易，因此能資所採用藤原明敏（1979）以岩心破碎、風化程度與顏色為分層的基準，並將褐色系強風化岩（w1'）及中風化岩（w2'）視為滑動層；原岩色的強風化岩（w1）與中風化岩（w2）為準滑動層；弱風化岩（w3）及岩盤（Rf）為穩定層；但如有弱風化岩（w3）或岩盤（Rf）位於崩積土（Dt）、強風化岩（w1）或中風化岩（w2）上時，則視為過去的移動岩體。除岩心判釋外，能資所並採用孔內傾斜儀、管式應變計及簡易測管等研判可能滑動面。而經研判結果，各孔之可能滑動面由一至六個不等，深度由 2 公尺至 61 公尺不等。中華顧問工程司（1999）的研判方式大致相同，尤其以岩心判釋為主。其後集水井與排水廊道的設計單位，雖加上不同觀點的剖面製作，以研判可能滑動面，但大致仍採用岩心判釋方式為推定滑動面的依據。



梨山附近地質圖（修改自陳肇夏，1979）。



梨山地滑剖面圖。

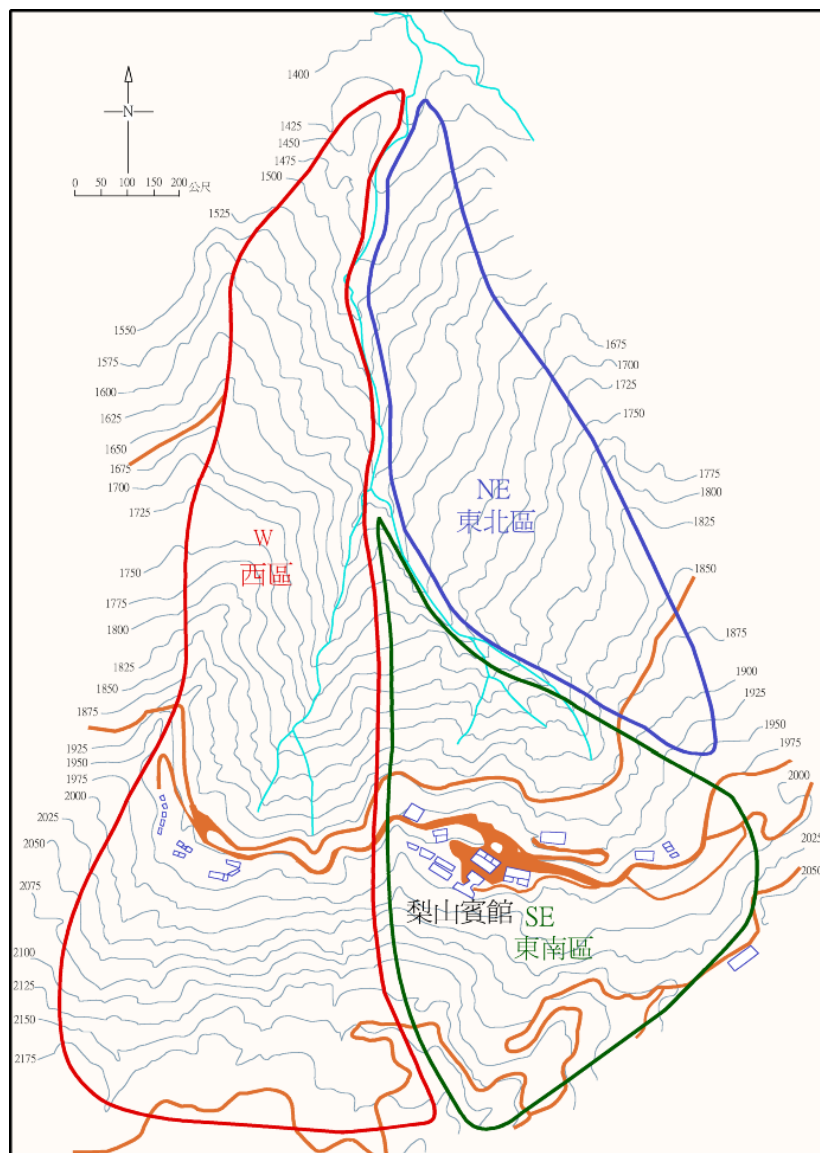
地滑原因分析

根據能資所（1993）調查結果，推測梨山地滑區在過去曾發生過大規模的岩盤地滑，造成一馬蹄形陡坡（古滑落崖）下之凹地內，有一向北延伸出之平緩小山脊（古滑動體），形成凸狀台地型之地滑地形。古滑動體的材料較周圍岩層破碎，易受地表水、地下水或降雨等所滲透而風化或黏土化，而發展成一系列十數個較小的滑動體，再度活動，形成現在之風化岩地滑。

各滑動體趾部附近，除了偶爾出現壓力裂隙外，地表並未見有明顯的上拱或隆起現象，表示其破壞面並非弧形，而是為一椅子形。且由於位移量大於下陷量，因此於頭部易出現陷落型張力裂隙帶。

本地滑區位於一易於匯集地表逕流之凹地形內。構成滑動體之材料，係以風化而破碎的板岩為主體，夾雜黏土質土壤，組織疏鬆，透水性極佳。滑動面多發育於地表下 30 ~ 60 公尺左右的風化岩層內，在地滑分類上，可歸為風化岩地滑。

隨著邊坡的滑動，滑動體頭部因受張力作用，裂隙較發達，透水性亦較佳，及至趾部因受壓縮之故，透水性則較差，因此地下水體常易沿頭部張力裂隙帶、側方裂隙（side crack）等分佈，且地下水位變化較大。由水質分析結果得知，地表水與地下水的水質相近，表示本區之地下水補注，係來自近距離內的地表水。另外，由地表監測儀器的觀測結果，發現滑動量與降雨亦有密切的關係，顯示地表張力裂隙及滑動面相連通，雨水易由張力裂隙入



梨山地滑分區圖。

滲，產生水壓力，並可迅速傳遞到滑動面，產生推移作用。

由七十九年四月十九日發生災害前後之降雨資料分析，得知該月份之最大日雨量為十九日的 155.5 mm，發生頻率為 1.87 年，日雨量並不算大；但以四月十日至二十日間之累積雨量 (566.0 mm) 及四月份總雨量 (968.0 mm) 與歷年者相比較，均為最大值，降雨頻率均超過五十年，因此可知持續性降雨，可提供足量雨水貯存在滑動體內，成為導致該區發生災害的主要誘因之一。此外，雨水除了可直接由區內

地表或裂隙滲入地下外，更可沿著背後陡坡匯集涵養本區之地下水，提昇滑動面之孔隙水壓，降低土壤有效應力，破壞邊坡穩定性。因此，雨水與地下水可說是造成本風化岩地滑的主要誘因。

整治措施

地滑整治工程，大致可分為抑制工程與抑止工程兩類。抑制工程係指改變邊坡之地形或地下水等自然環境條件，以穩定邊坡的工程，包括整坡、地表排水、地下排水、河川構造物等。而抑止工程則指以

地滑地質分類準則表（藤原明敏，1979）

名稱	岩心形狀	符號	說明
崩積土	土、砂狀	Dt	夾雜礫石之土、砂、及受擾動之土壤等，呈褐色。
強風化岩	粘土狀 原岩色	W1	與原岩石呈同一色調之粘土、粉砂或砂質土等，且仍保持岩層之原組織。若呈褐色者，以 W1 表之
中風化岩	礫狀 (徑 2-30mm)	W2	與原岩石呈同色調之碎塊岩心，地表之露頭富含裂隙。若呈褐色時，以 W2 表之。
弱風化岩	圓片狀 (徑 5-10mm)	W3	呈原岩色調之圓形或片狀岩心，但地表之露頭為新鮮岩盤。若呈褐色時以 W3 表之。
岩盤	棒狀 (長 > 50mm)	Rf	新鮮岩盤，不論何種岩性均可取得棒狀 (長度大 50mm) 之岩心。

工程結構物來抑止邊坡滑動的工程，包括樁、深基礎樁、岩錨、擋土牆等。能資所（1993）的整治工法包括抑制與抑止工法，其工程項目、經費與比率列表如下。其中可見不同於一般邊坡穩定所採用擋土牆、岩錨等抑止工法，能資所的規劃案中多偏重於地表排水、地下排水的抑制工法。其中較主要的抑止工法，僅有鋼管樁一項，但其工程費達 2 億 2 千多萬元，占全部經費的 15.6%，其作用僅能保護台七甲線公路位於 C-2 滑動土體中之一段公路。因此，抑止工程在治理大規模地滑案件時，除需考慮景觀與環境問題外，單就經濟因素考量，其可行性即很低。事實上，此項規劃工程在八十八年亦被梨山地滑整治技術諮詢委員會，變更為增設排水設施及其他工程，但是尚未實施。

據能資所建議，整治工程之施工順序

應為：

- (1) 進行六處橫向集水管工程、二座集水井工程及地滑區外圍地表排水工程。
- (2) 修建地滑區內地表排水。
- (3) 建造集水井。
- (4) 觀測並進行其他邊坡保護及防砂工程。
- (5) 台七甲復舊與排水廊道。
- (6) 打樁（視情形需要而定）。
- (7) 再觀測。

(1) ~ (3) 三項工程希望能同時施工。整治工程至目前為上，除 (6) 打樁工程變更外，大致依此順序進行。能資所原整治構想中有三階段的概念，每階段視觀測評估成效再檢討下階段的需要性。但是在實際執行時，因預算編列、設計與施工等各

環節之間搭配難如預期，因此中間觀察時間太短，加以規劃階段觀測資料與施工階段資料間斷，使整治成效難以即時評估，加上工程繼續推動，遂形成多項工程重疊施工的現象。至目前為止，除排水廊道外，規劃中的工程幾乎都已完成。

參考文獻

中華顧問工程司（1999）八十五年度坡地災害整治計畫梨山地區地層滑動基本設計與補充調查委託技術服務期末報告，水土保持局第二工程所。

水土保持局第二工程所（1999）梨山地層滑動整治計畫簡介，共 16 頁。

能源與資源研究所（1993）梨山地區地層滑動調查與整治方案規劃，水土保持局，共 163 頁。

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

藤原明敏（1979）地滑解析與防止對策，理工圖書株式會社，共 601 頁。



正在施工中的排水廊道整治工程。

觀音山凌雲禪寺落石災害

紀宗吉



觀音山凌雲禪寺後方山坡山崩全景。總計重達數千噸以上的石塊自山頂直奔而下，衝毀部分寺廟。

災害簡述

民國八十一年九月九日凌晨時分，五股觀音山凌雲禪寺後方山坡，總計重達數千噸以上的大小石塊，突然自山頂直衝入後殿，因衝擊力量極大，造成後殿樑柱折斷、外牆開裂等現象，所有殿內之聖物亦遭擠壓迸出殿外。本次雖未造成人員傷亡，但後殿建築已一夕全毀，不堪使用。

發生落石的地方恰位於凌雲禪寺正後方的山峰，岩塊則是來自接近山頂的一處岩壁。在發生落石後，岩壁上遺留有一處高約七十公尺、最寬有五十公尺、深約數公尺的巨型凹洞。根據寺方人員表示，災害的現場在數年前亦曾發生同樣的落石壓毀後殿的事件，但規模較小，損失情形也

遠不如這次嚴重。本次落石發生當時，並無特殊的天候狀況，但在數日以前，曾有連日的豪雨和地震發生。



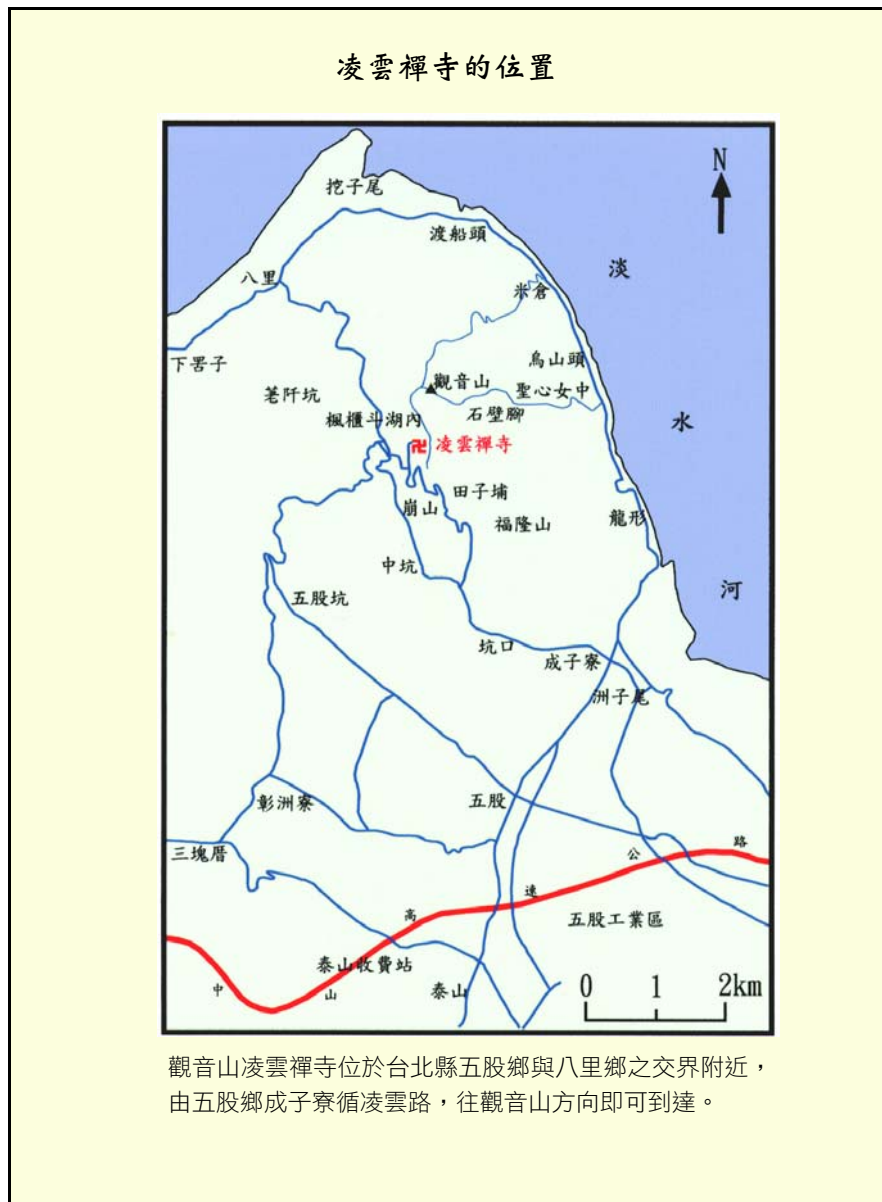
凌雲禪寺後殿外牆因受石塊撞擊，造成龜裂情形，照片前方石塊為衝入殿內的岩塊。

觀音山區地形

本區域屬於觀音火山區。觀音山總共由十八座連峰所構成，山嶺陡峻。主峰硬漢嶺海拔高度 608.9 公尺，為本區之最高點，以此為中心，向四方逐漸降低，而觀音山凌雲禪寺正位於距觀音山主峰南方約 800 公尺之一座獨立山峰南面。凌雲禪寺附近一帶峰頭林立，懸崖峭壁，地形險峻，發生山崩之獨立峰頭，海拔高度 500 公尺，北側經一鞍部連接觀音山主峰山

脊，南面則為懸崖峭壁地形，凌雲禪寺位於於此峭壁之下方，與峰頂高差約 200 公尺。

凌雲禪寺所在地形為一崖錐地形，崖錐是由過去所掉落的岩塊逐漸累積加高而成，凌雲禪寺即建於此崖錐之中段部份。凌雲禪寺上方崖錐坡度甚陡，平均達 35° ，斜坡長度達 200 公尺以上。受災的凌雲禪寺後殿即是開挖此中段斜坡坡腳，並緊臨坡腳處興建成。



觀音山區地質

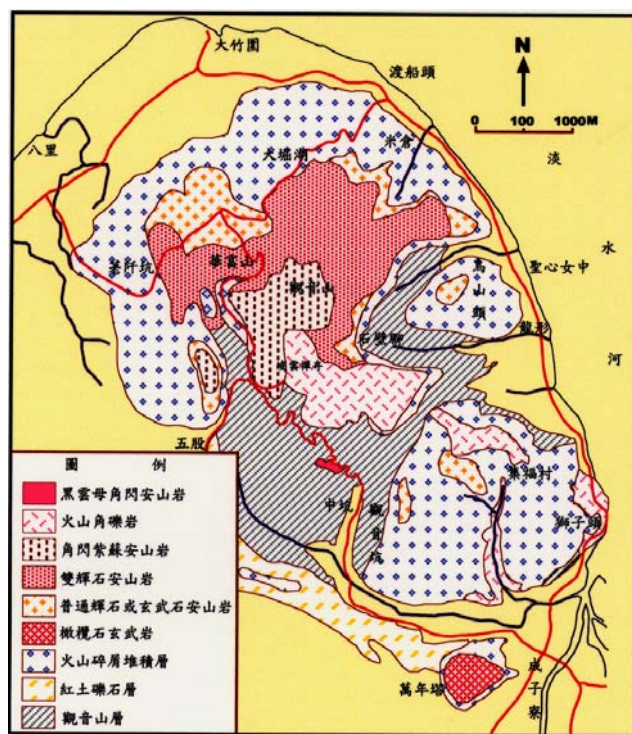
觀音山位於臺灣最北端，約於第四紀更新世（約二百萬年前）時，經數次火山噴發活動而成。火山噴發的原因可能是由於菲律賓海板塊碰撞歐亞板塊，隱沒至其下方所引起的火山作用。觀音山火山主體是一座中央噴發之錐狀火山，錐體半徑約1~2 公里，噴發中心在觀音山主峰之東南方。目前在石壁腳附近，呈馬蹄狀之半圓形凹陷地形，可能是火山口所在，但火山口之東壁已經因爆破或塌陷而崩潰破壞。

觀音山地區所噴出之熔岩流成份以安山岩為主，僅在成子寮地區有橄欖石玄武岩分佈。安山岩呈灰、灰黑或灰紫色，多呈斑狀結構，即是由結晶較大之斑晶散佈在石質細密之石基中，斑晶礦物以鐵鎂礦物為多。本區安山岩依噴發之先後，由下而上可分為三層：下層是普通輝石安山岩，主要露出於火山錐體之中心地帶，包

括石壁腳及其東側之米倉村、烏山頭，至福隆山等地；中層為兩輝安山岩，是觀音山中露佈面積最廣的熔岩，主要分佈於觀音山主峰北之山坡；上層為紫蘇輝石安山岩與一部份角閃石紫蘇安山岩為甚特徵，主要分佈在火山中央之頂部，由觀音山主峰至崩山一帶。

本區火山碎屑岩類包括火山角礫岩及火山碎屑堆積層等，火山角礫岩由大小不一的安山岩角礫密集膠結而成。火山碎屑堆積層為火山岩塊經再次搬運堆積者，其中大部份已紅土化，呈褐黃色至紅色，多分布於火山外緣低坡之上。

本區最老的基盤岩為觀音山層，觀音山層以淺灰色的疏鬆砂岩與粉砂岩或泥岩二者之互層為主，本層因火山噴出而被穹起，岩層走向以東北、西南為主，傾向西北或東南，主要分佈於中坑至石壁角一帶。



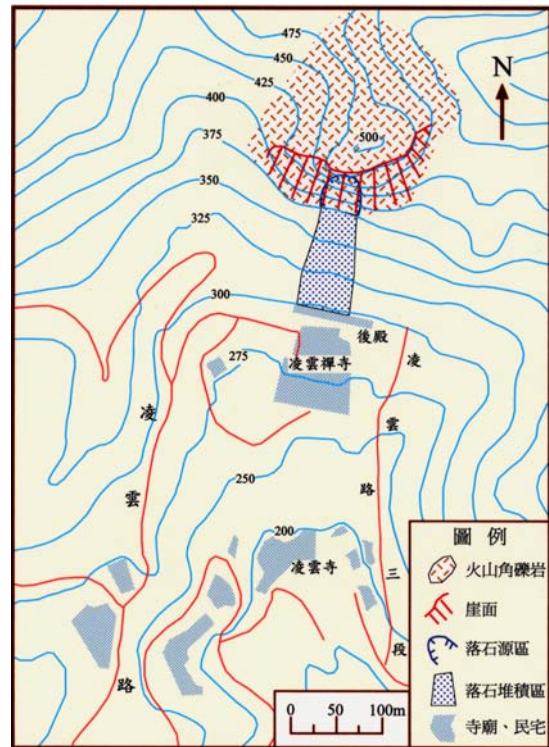
觀音山地區地質圖（重繪自陳培源，1987）。



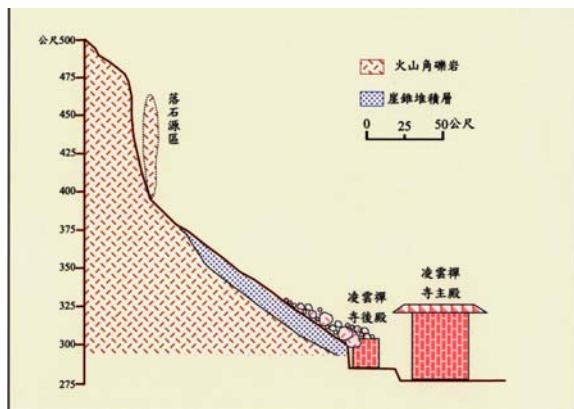
構成凌雲禪寺北方山峰的火山角礫岩，含有大小不同的安山岩塊；因風化使岩體強度有顯著降低的現象。

落石運動過程分析

落石來自凌雲禪寺後方崖壁上的一巨大分離的岩塊，岩塊的高程介於 400 公尺與 470 公尺之間。由殘存的凹洞估計，岩塊整體的長度約有七十公尺，最寬處有五十公尺，厚達數公尺，略呈圓板型，總重量約有數千噸以上。落石處除了可見到明顯的弧型分離面外，並沒有發現其它明顯的節理或岩體破碎的情形。此分離面幾乎垂直且向內凹斜，因此判斷岩塊自分離後便向前翻覆墜落，再於撞及坡面後，碎裂為各種大小不同的岩塊及岩屑，向下方拋射散落。較小的岩屑塊，因能量低，不易在粗糙不平的坡面上滾動，因此多停留在斜坡上；較大的岩塊因有足夠的動能，不



凌雲禪寺山崩範圍。



易受坡面起伏的影響，故可持續向坡下滾落，直至撞及凌雲禪寺後殿為止。由於斜坡度只有 35° 左右，因此岩塊滾動速度並非極快速。

凌雲禪寺落石示意剖面圖。



巨石碎裂後，較小的岩塊不易滾動，仍停留於坡面上的情形。



凌雲禪寺後殿為巨大石塊衝擊壓毀後殘留之情形。

落石原因

造成山崩的原因不外乎是長期降雨、地震搖動、山坡開挖變陡及坡頂的荷重增加等，但這次的落石事件乃是驟然發生，發生當時上述的常見因素並不存在。不過，在發生落石之數日前曾有颱風豪雨與小規模的地震發生。雖然在當時沒有造成山崩落石的現象，但或多或少，對引發此事件有相當程度的影響。

另外，本區地質為火山角礫岩，岩體似完整，並無原生的構造弱面存在。發生落石的高陡絕壁地形，會因為坡體應力分佈的關係，產生與岩壁坡面平行的裂面，即為解壓節理。解壓節理在自身重力與山體潛變的作用下，會進一步加深、加寬，促使坡腳主應力增強；或是坡體潛變進一步加劇，使得下部支撐力減弱，岩體破壞，最後造成節理面貫穿整個岩塊，使岩塊與岩體分離，並在重力下翻覆崩落。崩落後之陡坡又存在良好的發育條件，使得解壓節理面、落石情形不斷重複發生，促使岩壁逐次後退。

結語

觀音山凌雲禪寺後方之獨立峰頭，高聳陡峭，具有發生落石山崩之良好地形條件，而凌雲禪寺所在的位置屬於崖錐堆積層，即為過去落石崩落堆積的地方，目前仍潛具有極高的落石災害危險。實際上，類似凌雲禪寺這樣的例子為數不少，例如民國七十九年中橫公路上的長春祠，八十一年內雙溪瀑布也發生落石事件，造成多名遊客傷亡。由於落石的發生事先多無徵兆，難以預測，本文旨在希望國民對落石災害有多一分的認識，爾後如在類似地方從事活動，應多加注意自身之安全。

參考文獻

- 肖樹芳、楊淑碧 (1987) 岩體力學。地質出版社。
- 紀宗吉、陳宏宇 (1997) 落石運動軌跡之現地調查與模擬分析案例介紹。地工技術雜誌，第 64 期，第 59～68 頁。
- 陳培源 (1987) 觀音山地質簡介。臺灣北部十條地質實習考察路線沿線地質簡介，第 5～17 頁。

內雙溪聖人瀑布 落石災害

費立沅



聖人瀑布與發生落石之陡壁（瀑布左側上方為落石處）。

災害簡述

台北市內雙溪聖人瀑布崖壁，於民國八十二年五月三十日中午 12 點 7 分發生落石，造成當時正在瀑布下方烤肉的學生，有 2 人死亡、26 人受傷的慘劇。

現場地形、地質

現場是一處在假日常擠滿遊人的瀑布區，許多人就近於瀑布下方之河岸邊烤肉。瀑布位在陽明山國家公園內，但產權屬於私人所有，土地徵收問題尚未解決，所以雖曾做好相關防治措施的規劃，但實際上卻無法由公園管理處直接管理。

瀑布附近出露的地層屬於大寮層，崩塌區的岩性主要是砂頁岩互層所構成。影響崩塌之不連續面中，層面位態呈北 40° 東，向東南傾斜 3° ，節理面包括兩組剪力節理（ $N40^{\circ} \sim 70^{\circ} E / 80^{\circ} N$ ； $N02^{\circ} \sim$

$06^{\circ} E / 90^{\circ}$ ）及一組張力節理（ $N55^{\circ} W / 90^{\circ}$ ），而落石岩壁邊坡延展的方向，係沿著張力節理的走向。

落石運動過程分析

災害係由瀑布崖壁崩落的石塊所造成。落石崩落處高於河床約 15 ~ 20 公尺，壁面呈高角度傾斜，坡向為南偏西 35° 。在懸壁上可見到清楚的風化節理面且仍存在著不穩定的凸出砂岩。落石體積估計為 2 公尺 \times 0.5 公尺 \times 0.5 公尺，換

算成重量約 1.25 噸，崩落撞擊到地面後，碎裂成小塊四處飛散，造成當時在崖壁下方及附近烤肉學生的傷亡。

山崩原因分析

以工程地質觀點來看，一組剪力節理及一組張力節理的組合，易造成落石岩塊與岩體原先未完全密接的情形。當地表水入滲進岩塊，將增加重量，使剪應力增加；若地表水入滲進入節理，除增加填充物之重量之外，同時也會降低節理面的抗剪強度，此時崩塌悲劇終因存在地質不連續面的潛因與入滲水的誘因的合併而發生。

結語

類似聖人瀑布風景區的形成，均係因為存在著特殊的地質條件（水平狀態之砂頁岩互層，將岩層切割成岩塊的層面及節理）所致，但是同樣的地質條件也可能潛存著相當大的危險，所以如何能在確保遊人安全的前提下，提升國人休閒生活的品質，不僅管理單位有管理及教育的責任，從事旅遊活動的人，更應具備基本明辨安危的知識，也即是需要了解基本的地質常識。如此才能保障平安的旅遊。



聖人瀑布位置圖。



落石處可見風化之節理面。

三峽白雞自然清境社區 地震引發流滑山崩災害

李民 邵屏華



三峽白雞自然清靜社區房屋滑動現場，二棟白色樓房自後方擋土牆處滑移至現在位置。

前言

民國八十四年六月二十五日下午，發生於宜蘭附近規模 6.5 之地震，其震波產生之加速度引發臺北縣三峽白雞地區自然清境社區大規模崩塌，結果造成位於河谷上方之住宅地基嚴重滑移，不僅住宅毀壞，道路亦隨之剪碎及流失。

隨著國人生活水準的提昇，人的活動空間逐漸向郊區發展，山坡地大量開發成住宅別墅群，然而往往美麗的口號及外表

下潛伏著極大的危機。山坡地並非完全不能開發，政府亦訂有相關開發之法令規定，但往往業者未能瞭解其中的地質狀況，或輕忽地質調查的重要性，或因商業利益的著眼點，而在未能克服地質災害發生的可能性前題下，輕忽配合地質狀況之基礎工程的重要性，造成日後的工程災害，而這些災害的發生，卻往往被誤認為天然之地質災害。然而事實上，許多的災害是因人為設計或施工不當所造成，在技術上是可儘量避免的，但目前的工程建設往往缺乏地質專業素養，種下禍因而不自

知，此實為國人日後應努力的方向。

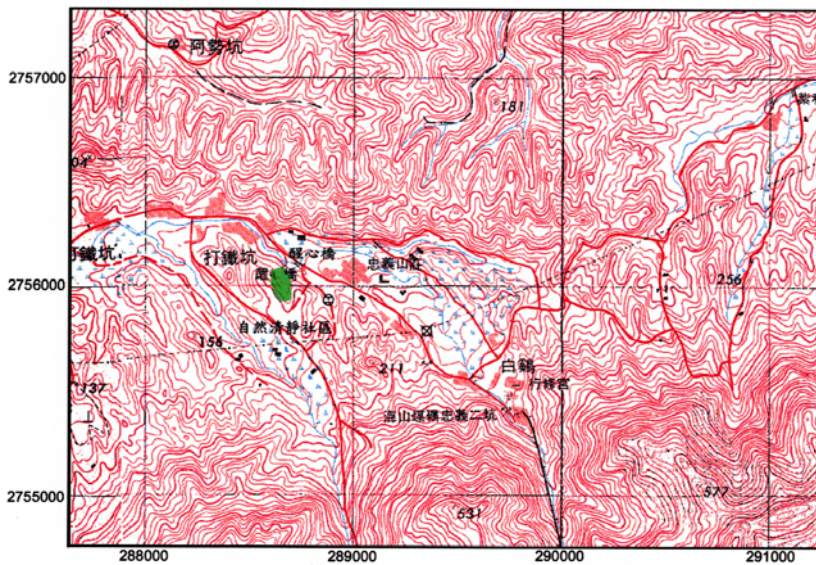
雖說亡羊補牢，猶未晚矣，但畢竟公共災害耗費大量的社會成本。本研究即以地質的觀點，說明自然清境社區因工程未能緊密配合地質狀況所導致之災害，期能藉此發揮拋磚引玉之效。

地理位置及地質背景

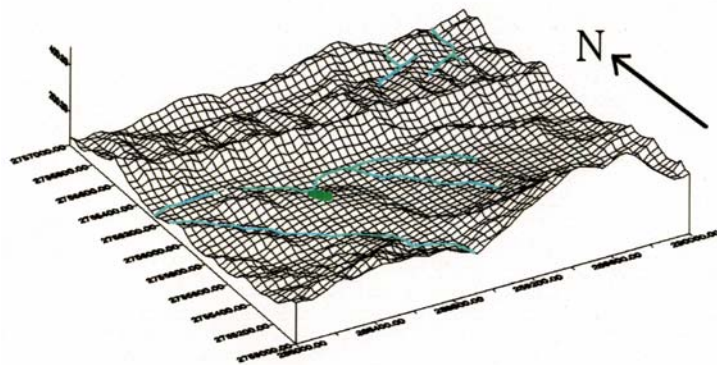
研究區域位於台北縣三峽鎮白雞地區之山坡地，由省道台三線公路接北 108 號縣道，過醒心橋後，往南直上社區道路，可抵達研究區域。本區域包括「自然清境」、「合歡」與「萬代福」三個不同的社區，於民國六十九年即獲得三峽鎮公所

核發之雜項執照，其後陸續進行各項土地開發工作。

經由五千分之一之像片基本圖，以每 40 公尺取一高程值之網格三維 DTM 資料分析顯示，本區大部份之坡度為二級至四級坡，並非為一般山坡地開發管制相關法令所訂定不可開發之陡峭山坡地（即坡度大於 55%）。就地質上而言，本區地層岩性為桂竹林層之泥質砂岩與泥岩互層，上覆沖積層，地層走向約為北 80° 西，向南傾斜 60°，故此社區群基地乃位處於反向坡（或俗稱倒插坡）上，應無大規模因順向坡而造成滑動之虞。



自然清境社區位置圖（二度分帶座標，綠色區域為崩塌地）。



三維高程DTM資料顯示崩塌地區之地理位置特徵（藍色為河流，綠色為崩塌地區）。

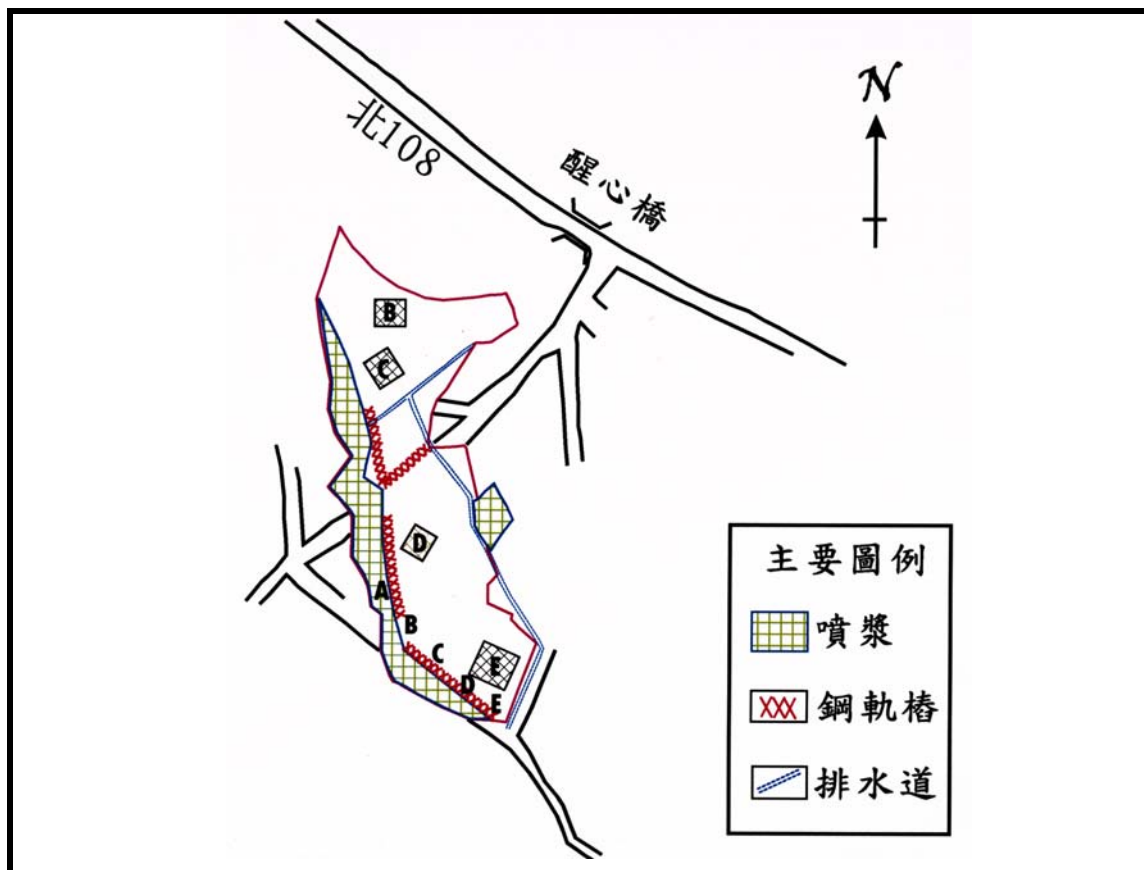
地質工程之潛在危機

離基地最近且較具規模之斷層，僅為距南方約一公里處之新店斷層，因此並無基地位於斷層或構造脆弱帶之上的威脅。綜合地質觀點而言，此地應屬於不易發生地質災害之區域。然而，因人為的開發不當，採用大規模挖山填谷（cut-and-fill）之方式，山谷中之填方材料即為就地取材之挖方材料，既未經篩選，又未予分層夯實，地表與地下排水設施不是付之闕如，即是因太過簡陋而早已損壞。加上基地填築時並未考慮原山谷地形面可能構成土方之滑動面，且滑動面長及滑動體大，在山谷之出口（經填平後即為坡地之坡腳），不僅是應力集中處（最大剪應力發生處）

，且是曲流凹岸（under-cut slope），為侵蝕沖刷之嚴重地帶，僅採用擋土牆兼護岸之防治崩塌工程，實屬不當。

經由精確測量，基地崩塌範圍面積約為 8,900 平方公尺、周界約 530 公尺。由滑動體本身之範圍與破壞情形觀察，建物於滑動體上滑行的距離頗長，可知滑動體是兼具深層與淺層破壞之混合式滑動。再由破壞發生是由上方建物開始（張力裂隙仍在持續發生），且坡腳護岸業已破壞的情形來看，此滑動體之滑動力學又為「上方推落式」與「下方牽引式」之混合式滑坡。

綜合言之，本基地發生崩塌的原因



自然清靜社區崩塌區域，其中A、B、C、D為原建築物位置。方框為滑移後之位置，紅色外框為崩塌範圍。

有：填方材料選用與填築方式不當、缺乏地表與地下排水設施、河岸侵蝕與擋土抗滑工程不良等因素。故當地震發生時，震

波加速度惡化了山谷填方之地基承载力與邊坡穩定性，進而觸發崩塌之發生。



自然清境社區內之別墅沿舊河谷崩塌滑落，望之觸目驚心。



別墅房舍沿回填土之河道下滑，圖中後棟白色建築物部份亦有沉陷現象發生。

破壞機制與現象

由災害發生現場之實地勘查，再配合發生破壞的情形研判，破壞機制可歸納出下列五項，各項機制皆有其直接或間接證據的現象發生，簡述如下：

1. 地表水的入滲及地下水之影響

在土壤邊坡或泥質岩層邊坡地區，當雨水滲入或地下水位升高時，會使得岩土軟化、孔隙水壓增加，造成岩土抗剪強度減低，因而降低邊坡之穩定性。當地下水由邊坡岩土體中排出時，由於有一定的水力梯度，形成之動力壓力，不僅增加了沿地下水滲流方向的滑動力，同時在不均質岩土中，帶走較細粒之材料，造成原有裂隙因淘空而擴大。

現場調查之結果如下：

- (1) 基地全區缺乏地表排水設施，遑論造價更貴之地下排水設施。居民指出下雨時，會有地表逕流四處漫流之情形。
- (2) 崩塌區正南方小山脊上之高壓電塔下設有社區水塔。此水塔之水是由山脊後方溪谷抽取而來，因無法自動切斷抽水設備，故水塔內的水往往日夜溢流而出，因而提供雨水以外之地表入滲來源。
- (3) 崩塌區上緣除滑坡後壁外，新的張力裂縫又已產生，皆為地表水入滲之良好通道。去年颱風豪雨時，社區部份住宅地基即已發生張力裂縫，爾後每次下雨時，雨水下滲之速度都很快。

2. 河流侵蝕作用

河流於彎曲處，因水流之離心力，使得凹岸產生側向侵蝕，河岸被淘空，引起

岸坡之滑動。為保護河岸應構築護岸，其基礎應深入河床下 1~2 公尺，並於凹岸基腳加混凝土塊或蛇籠等阻水設施，以減低河水侵蝕作用。

現場調查基地出口處一帶（即原山谷之出口），可見溪流蜿蜒而過，凹岸即是填土山谷之擋土牆位置，擋土牆（護岸）已崩壞。

3. 填方材料選用及施工不當

為避免因基礎承载力不足，或因地震而引發土壤液化之危險，用於填方材料的級配是非常重要的。一般來說，中、粗粒砂，礫石和廢渣等都可用為填料。填料最好不含粉砂粒，但粒徑太大亦不合適，且填築時應分層夯實。

崩塌現場四處皆是泥、粉砂及細砂，且夾雜著角礫狀泥質砂岩塊，未見經過篩選之良好填料，此粗細不均又未分層之雜亂填料，極易因滲透水壓而使得原有裂隙擴大。

4. 擋土抗滑設施不當

基地因邊坡角度不陡，不適用預力地錨擋土牆；若滑動面深，滑動體長，亦不適用其它各式之擋土牆。較佳的方式是於填方接近坡腳處，置入數排抗滑樁，且樁應有 1/4~1/3 長度打入滑動面下，以穩固岩層，再配合灌漿以穩定滑動體。

現場觀察基地僅使用簡單之漿砌卵石擋土牆，在上方側向土壓力及下方河流侵蝕之雙重作用下，擋土能力顯然是不足的。

5. 地震的影響

富含飽和地下水之砂土在地震發生時受到強烈振動而喪失其抗剪強度，致使砂

粒處於懸浮狀態，導致地基承載失效的現象，即為土壤液化。其危害發生情形有 (1) 地表塌陷；(2) 地基承載力喪失；(3) 地面流滑。另外，地震震波產生之垂直與水平加速度，亦會造成邊坡的不穩定，甚至破壞邊坡。

現場基地四周並未發現有噴砂冒水的狀況，或出現圓形或橢圓之陷坑。從建物於地表上順坡長距離滑動，且有建物沉陷的情形研判，由地震造成含飽和地下水之填土地基承載力喪失，發生地面流滑，應是本次發生崩塌之最重要因素。

結論

土地開發及利用應著重地質調查，配合地質條件與特性，來建立工程施工原則及方法。本崩塌區雖非為易發生地質災害的區域，且於各項改善不良地質條件之工程方法亦不難施工之情況下，仍然發生規模不小的公共災害事件，追究其主要原因仍屬法令訂定不周延，審查與施工期間監督之人力與專業素養不足所造成。若能藉此次災害之發生，引起國人對因地質災害引發公共安全問題的重視，從相關立法及國土地質災害調查上多所努力，必能減少日後發生此類災害，提高國人居住品質。



護坡雖已崩毀，但從遺留尚完整的護坡中明顯觀察到並未設置有任何地下排水管設施。

崩毀房舍地基部份僅見少許民生使用之水管管路系統。



陳有蘭溪流域山崩 之地質特性

李民 張徽正 劉憲德 陳宏仁 高銘健



豐丘土石流經上方狹窄流動區而下，於小溪溝溝口形成一規模相當大的沖積扇。

前言

民國八十五年七月三十一日至八月一日，賀伯颱風由台灣東北角頭城附近登陸，造成全台地區 51 人死亡、22 人失蹤、463 人受傷，及二百八十多億元的產業損失（行政院，1996）。受災情形以南投縣水里鄉及信義鄉最為嚴重，在陳有蘭溪流域內觸發多處山崩及土石流，造成 27 人死亡及重大財產損失。災後各界分別從降雨、地形、地質、及土地利用等不同角度探討災變，歸納之原因不外乎豪雨集中

（降雨強度大且延時長）、地質破碎、地形陡峭、河岸沖刷嚴重、人為不當開發（包括新中橫及山區產業道路興築、山坡地濫墾）等。其中，地質破碎、地形陡峭、與河岸侵蝕均直接與當地之地質特性相關。而地質特性則深受台灣所處地體構造環境所控制。

台灣位處菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊碰撞之縫合帶上，目前菲律賓海板塊正以每年約 7 公分之速率，由東南向西北碰撞歐亞大陸板塊（Seno, 1977）。台灣陸地

的上升率是全世界最高的一個，最近九千年內台灣南部與海岸山脈之平均上升率是每年 5 ± 0.7 公厘 (Peng et al., 1977)；中央山脈的平均侵蝕率大約是每年 5.5 公厘 (Li, 1976)。由於上升與侵蝕已達均衡狀態 (Suppe, 1981)，故上升率亦等於侵蝕率，此即地殼內營力（如板塊碰撞擠壓）與外營力（風化、侵蝕及沈積）之交互作用，使地形不斷演化的一種自然過程。

地殼碰撞擠壓不僅造就了台灣高聳的山地地形，提供了旺盛的地表均夷動力，同時也使擠壓帶上的巨厚地層發生區域變質作用與變形作用，岩層因褶皺、斷層、節理與劈理等不連續面普遍發育，又彼此交叉、貫穿，使得岩體結構破碎。因此，以地質角度而言，地殼運動不僅於地殼深處醞釀了巨厚受變質與變形作用的地層，在地表亦推擠出了高聳坡陡的山地地形，



(A)



(B)

土場附近陳有蘭溪右岸小支流形成之冲積扇 (A) 及新中橫公路草坪橋附近之階地冲蝕溝形成之錐狀堆積物 (B)。前者為十八重溪層風化之岩屑沿山谷向下流動而堆積在與主流合流處之階地面。後者為源自階地礫石層受冲蝕及側蝕作用，於冲蝕溝口堆積而成。

提供地表侵蝕（包括向源侵蝕與河岸冲刷）及堆積之重力條件。

此外，地震往往也於山區觸發山崩，崩落之土石即堆積於山腹或山谷中，形成天然的土石壩。當山區降雨強度大或延時長等氣象水文條件，超過引發土石流之閾值時，飽含水份之土石即可形成土石流衝出山谷，於谷口堆積成沖積扇。故山崩與土石流是地表均夷過程中的一種天然現象，在有人類活動的地區，可能造成危害（hazard），甚或災難（disaster）。

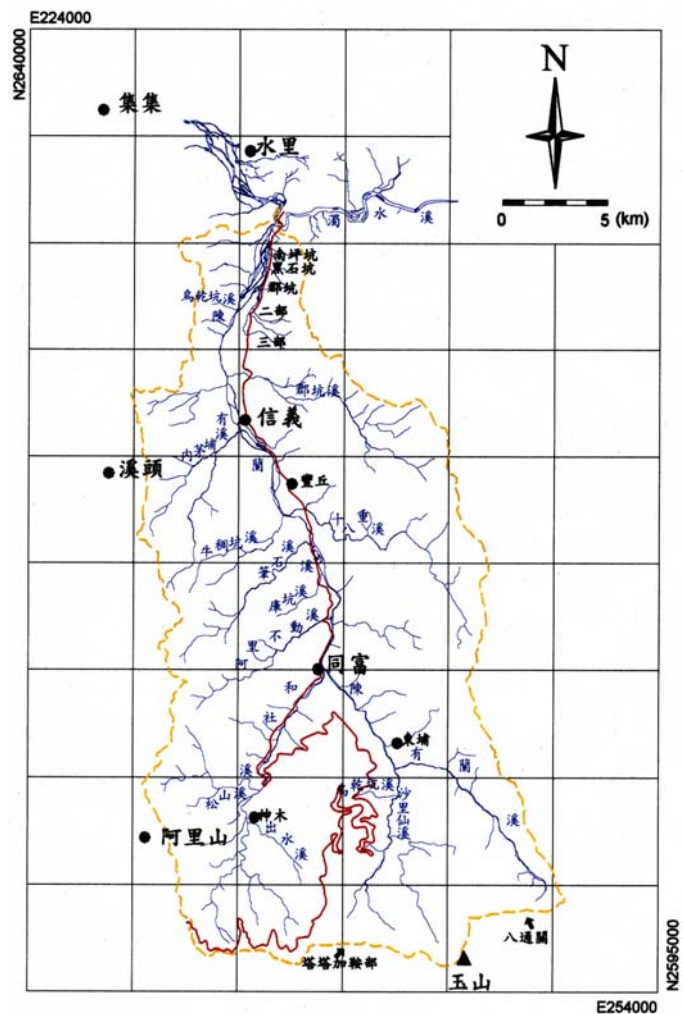
陳有蘭溪谷中普遍發育如阿里不動、筆石等之沖積扇，均具有離河床上百公尺之高崖，可見早在人類大規模開發活動前，類似賀伯風災之土石流即已一幕幕不斷發生，使河口沖積扇越堆越高，形成今日之規模。本文以地體構造運動之觀點切入，就地形、地質部分，來探討賀伯風災於陳有蘭溪流域引發之山崩類型與其地質特性，以做為推動台灣地區山崩地質調查與山崩危害度分析之先驅研究基礎。

地形與水系

陳有蘭溪為濁水溪主要支流之一，以金門峒為發源地，河長 42 公里，流域面積 448 平方公里。集水區內匯集玉山北坡面、阿里山脈東坡面與郡大山脈西坡面之水朝北流，為一斷層線縱谷。

流域呈狹長形，主流由南向北流，坡降高達 6.1%；支流分別由東、西兩側山地平行注入主流。西岸共有 20 條支流，其中兩大支流為和社溪及沙里仙溪，其又分別擁有 11 條及 7 條次支流。東岸共有 23 條支流，其中以郡坑

溪、十八重溪規模較大。就平均坡降而言，除陳有蘭溪及和社溪坡降在 10% 以下外，較大的支流如內茅埔溪、郡坑溪、牛稠坑溪、筆石溪、十八重溪、阿里不動溪及沙里仙溪等均在 10%~25%。但上游小支流的坡降甚至可高達 40%~60%。至於流域面積，除幾條主要支流的面積較大外，85% 的支流流域面積在 10 km² 以下，其中 50% 在 2 km² 以下。另由河流等級觀之陳有蘭溪為五級河，支流中除和社溪為四級，白不仔、內茅埔、筆石、阿里不動、松山、沙里仙、郡坑諸溪為三級外，85% 的溪谷為一級或二級河。流域內各支流大



陳有蘭溪流域地理位置圖。

多為坡陡流急的小集水區（張瑞津，1997）。

由於上游支流短、水流急，向源侵蝕旺盛，主、支流向下游供應大量土石。根據玉山國家公園管理處之監測，民國七十六年至八十一年間，金門峒一帶之崖坡後退速率達每年 5.75 ~ 8.89 公尺（陳隆陞，1992）。

依據內政部「非都市土地開發審議規範」之標準，本流域內之土地依坡度可分為六級。坡度小於 40% 的土地面積僅有 72.85 km²（含河川面積）。坡度大於 40% 之土地面積佔全區之 83.73%。依「山坡地保育利用條例施行細則」明訂坡度大於 55% 之山坡地必須列為保育地，本區達到此項標準之土地占全區之 69.23%。陳有蘭溪谷略成直線狀，幾無曲流發育。從濁水溪本流合流點往南 15 公里之下游段，河床寬廣。全段河谷之堆積作用發達，河床堆積物深厚。本流域在地形上之主要特徵為地形高差大（3000 公尺以上）、坡降陡、主流河床寬（1 公里以上）、崩塌地多，而且河谷沖積扇發達。依據李錫堤（1996）之研究，陳有蘭溪為台灣本島河谷沖積扇發育最為發達的數條河川之一，這代表其沖刷量大，隱含了地質變動快速的意義。

區域地質

陳有蘭溪斷層是本區最重要的構造線，往北與往南分別可延伸至屈尺斷層與荖濃斷層。在本調查區內，斷層線沿陳有蘭溪谷大致由水里經信義、和社、東埔，然後沿沙里仙溪至塔塔加鞍部。以陳有蘭溪斷層為界，其西側為中新世瑞芳群及三峽群等以砂岩、頁岩為主之地層；東側則屬古第三紀亞變質岩之地層，以硬頁岩、

板岩、千枚岩、變質砂岩與石英岩為主。雖然陳有蘭溪為一斷層線谷，但因河川垂直向下切割時，由東往西逆衝之斷層位置會因侵蝕面降低，而逐漸往東偏離河谷位置，故於本區郡坑溪口至十八重溪口之間的陳有蘭溪東側，亦出現有中新世的關刀山砂岩。

地層

調查區內古第三紀亞變質岩區的地層，有屬於玉山斷塊、年代為始新世之十八重溪層、達見砂岩與佳陽層，和屬於雪山山脈始新世至漸新世之白冷層與漸新世的水長流層。屬於新第三紀地層的為中新世的和社層（南港層），中新世晚期的南莊層、關刀山砂岩、十六份頁岩、大窩細砂岩等地層。

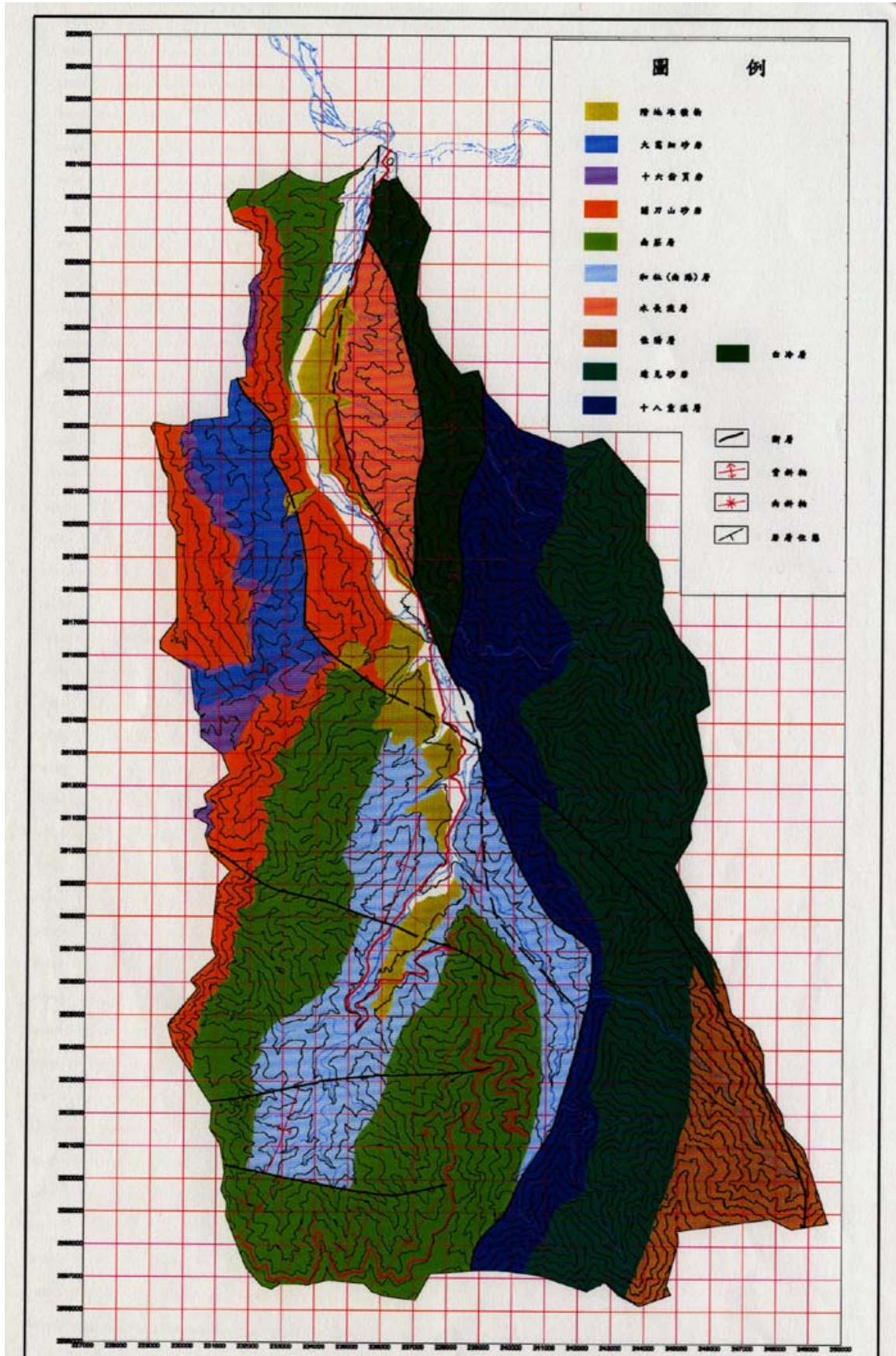
玉山斷塊地質區

十八重溪層

早於始新世晚期的十八重溪層是本調查區內最老的地層，以黑色或黑灰色板岩為主，偶夾數公分至數十公分之石英砂岩或石灰質砂岩。板岩有發育良好之劈理，或與砂岩呈薄紋層，是本層內一個很好的岩性指準層（王文能與陳清義，1978）。岩層大致是東北走向，均向東南傾斜，傾角 20° 至 40°。十八重溪層於本區的分布範圍，為自北方的人倫苗圃往南呈帶狀延伸至塔塔加，以在十八重溪出露之地層最為完整，故李春生（Lee, 1979）首先命名為十八重溪層。

達見砂岩

本層是由陳肇夏（Chen, 1977）所命名，標準剖面在中橫公路達見附近。向南延伸至玉山西山略西之處，經過郡坑溪、十八重溪及陳有蘭溪之中、上游。砂岩呈



陳有蘭溪流域地質圖。

白色或淺灰色，為中粒至粗粒，偶夾礫狀石英砂岩及薄層板岩。在夾有板岩薄層的砂岩中，層面常有波痕，粗粒至礫狀白色石英砂岩具有交錯層，表示本層之沉積環境為淺海相。本層底部常出露之綠色砂岩夾層為其特徵，有助於與風化後呈粉紅色砂岩之白冷層上段區分開來。

佳陽層

本層也是由陳肇夏（Chen, 1977）所命名，標準剖面在中橫公路達見與梨山之間。主要為單調的暗灰色板岩或千枚岩所構成，整合在達見砂岩之上。本層在調查區僅出現於東南角。李春生（Lee, 1979）將本層下段出露於玉山主山附近，與構成西巒大山、郡坑山、郡大山、北山及玉山主山之一套砂、板岩互層之地層，獨立出來稱之為「玉山主山層」。又將前述出露於玉山斷塊內之地層與眉溪砂岩（未出露於本區）合稱為「新高群」。

雪山山脈斷塊地質區

白冷層

本層出露於人倫林道，郡坑溪下游，向南延伸至十八重溪口南岸。本層之東西兩側均以斷層為界，分別與十八重溪層及水長流層接觸。依岩性出露不同又可分為三段（丹桂之助，1944）或兩段（Lee, 1979）。兩段分法是將三段分法之上段（H₃段，為不超過 50 公尺厚的漸移帶）併入水長流層，而原先以粗礫砂岩夾薄層板岩或炭質物的中段，稱為上段（H₂），下段（H₁）則為砂質板岩與砂岩之互層構成。

水長流層

岩性以硬頁岩及板岩為主，出露於人

倫林道、郡坑溪三十甲附近，向南經九層坑溪延伸至十八重溪口。硬頁岩風化後呈針狀或鉛筆狀，為本層之主要特徵。年代為漸新世晚期。

西部麓山帶地質區

和社層

本層係劉占江（1971）首創，並將其分為三段，主要由暗灰色至暗黑色頁岩構成，偶夾灰色至暗灰色細粒砂岩薄層。除了有砂岩夾層出現，一般層面不易辨識。本層出露在陳有蘭溪、沙里仙溪之河床低窪地帶，以及倉庫溪下游往南經阿里不動溪中、下游，在沿和社溪兩岸至郝馬戛班溪之中游被兒玉斷層所截，本層年代為中新世。

南莊層

本層主要由淺灰色砂岩與灰色頁岩之互層組成。砂岩為中粒至細粒，多為淺灰色、局部白灰色，厚度由數公分至數公尺不等。偶爾可在砂岩與頁岩之互層中發現煤跡。出露於本區北端陳有蘭溪西側，同富山向斜之兩側，筆石溪中游往南經阿里不動溪、三號溪（新興橋）、松山溪之中、上游至郝馬戛班溪，及出水溪之上游。而且在本區阿里山公路（台 18 線）兩側出露之地層，也皆為南莊層。

關刀山砂岩

淡青灰色細粒砂岩是組成本層的主要岩石。砂岩呈塊狀，具有不規則節理，時常形成陡崖或深谷，層理不清晰。砂岩含不少泥質，常夾有許多深灰色頁岩和灰色砂質頁岩。關刀山砂岩、與十六份頁岩、大窩細砂岩合而為桂竹林層，在本區主要出露於陳有蘭溪之西北側，但有小部份關

刀山砂岩在郡坑溪口至十八重溪口之間，亦出露於陳有蘭溪之東側。

十六份頁岩

主要部份為深灰色頁岩，夾少許細粒砂岩與泥質砂岩，頁岩稍具條帶狀組織。此頁岩單位是一個很好的層準，因為它通常形成低凹地形，並且含有豐富的化石。

大窩細砂岩

本層以砂岩為主，但含有較多頁岩夾層。砂岩呈淡灰色，層面常不清晰，且漸變為頁岩或泥岩。

第四紀階地沖積層

分布在陳有蘭溪主流與主要支流交會處。堆積物主要成份包括砂岩、頁岩、板岩、變質砂岩、石英岩與火成岩等。碎屑物粒徑大小不等，磨蝕程度有圓形、次圓形、角粒狀等多種。

構造

本區主要之大構造有和社背斜、同富山向斜、陳有蘭溪斷層（包括水裡坑斷層及沙里仙溪斷層）及地利斷層。

和社背斜位於同富（和社）之西的和社層內，背斜軸呈東北—西南走向，背斜軸之西側出現許多小規模緊密褶皺，但未在其東側出現。同富山向斜位於同富山之東側，因受東西向左移斷層之截切，向斜軸走向由西北—東南向轉為東北—西南向。

陳有蘭溪斷層由本區北方沿水長流層之西界，南延至土場轉東南延伸至父子斷崖，再順沙里仙溪東側山腰間，向南延伸至塔塔加鞍部，斷層傾角約 80° ，向東傾斜。地利斷層是分隔雪山山脈斷塊與玉山

斷塊之斷層構造。在本區郡坑溪中游，可見十八重溪層與白冷層以本斷層接觸。斷層屬逆斷層，往南延伸與陳有蘭溪斷層合併。

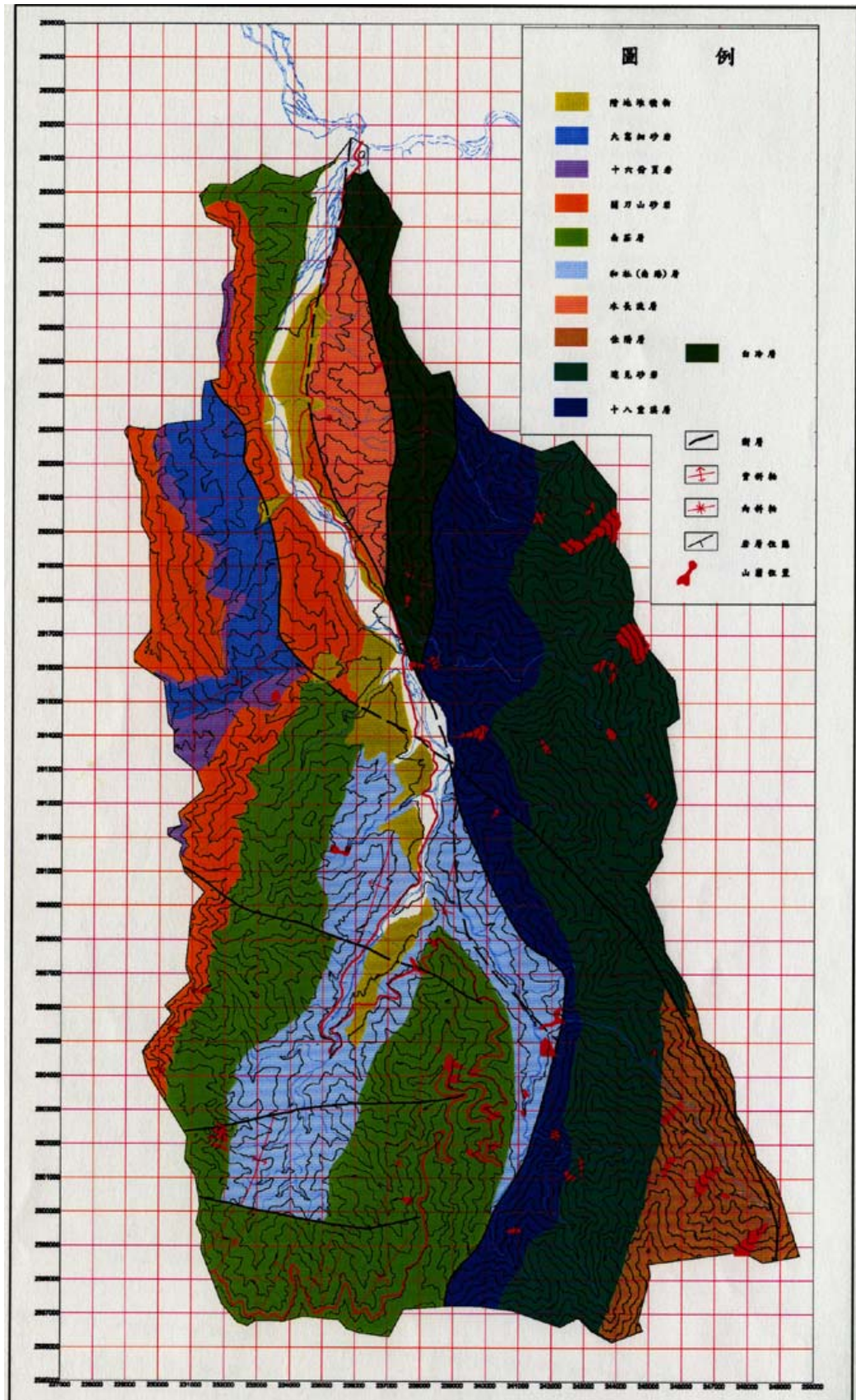
山崩

山崩地質特性

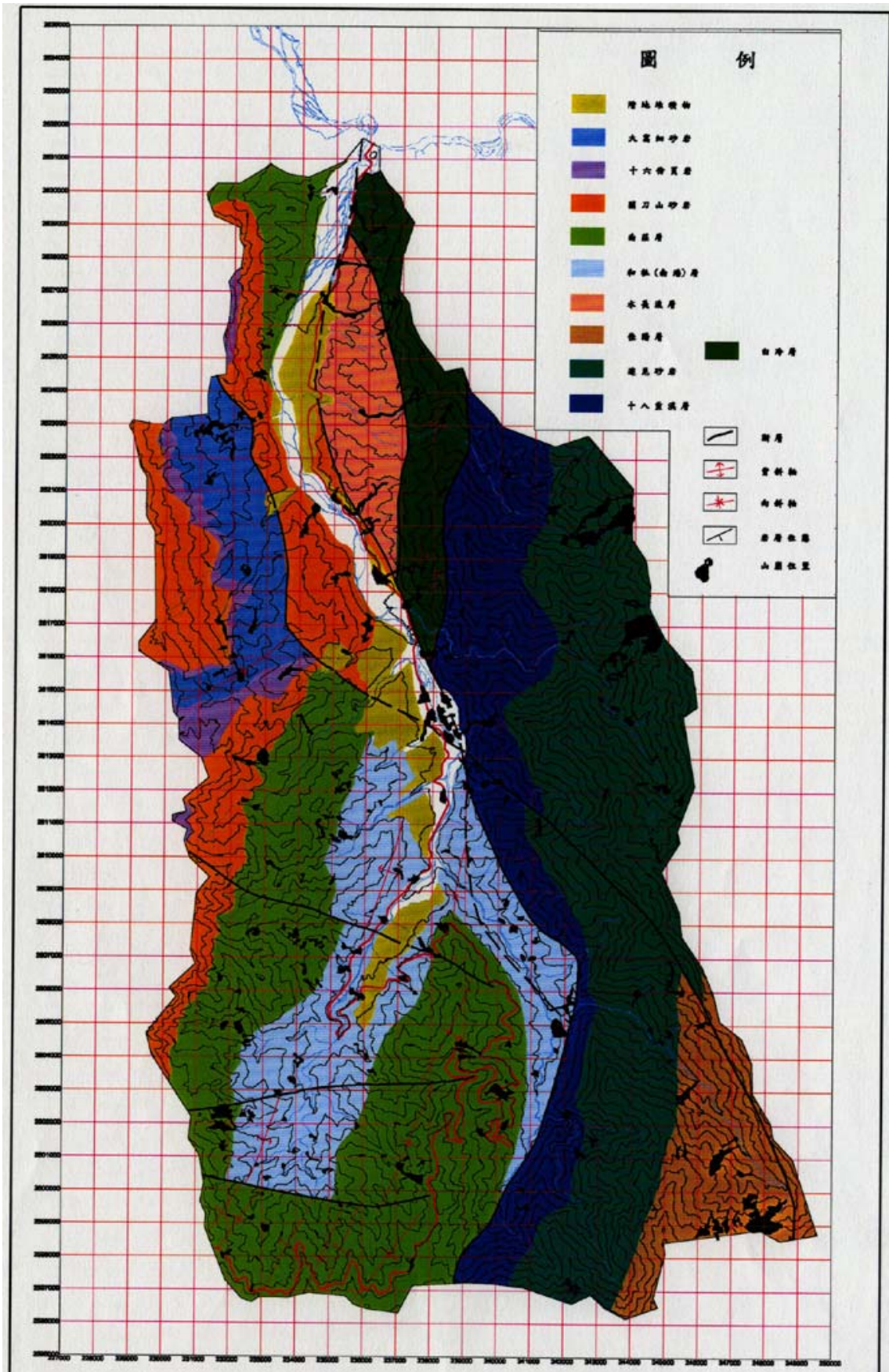
地質與崩塌地之發育關係至為密切，主要的影響因素為岩性與構造。岩性控制岩體之機械強度與抗風化能力。當岩性近似時，地層的構造（包括褶皺、斷層及其他各種不連續面之密度與位態）則成為控制邊坡是否穩定的重要因子。層面之位態若與地形面吻合而形成順向坡，往往易於因坡腳失去支撐，而引發大規模順向坡滑動。反之，若為逆向坡，則翻覆型崩落（toppling）與落石會不斷發生。層面與其它不連續面如斷層、節理與解理等，亦會使岩體結構破碎。岩體裂縫貫入地表水後，不僅加大風化深度，亦會因飽和水份而增加重量，減低抗剪強度，產生不穩定。

本區之岩性，其機械強度由高至低依次為石英岩、變質砂岩、板岩、砂岩、硬頁岩與頁岩。若其它條件相似，則石英岩與變質砂岩將有較高密度的破裂面發育（林慶偉，1996）。陳有蘭溪流域之變質岩區地層包括十八重溪層、達見砂岩、佳陽層、白冷層與水長流層，岩性之機械強度均較中新世地層高，故不連續面亦較發達，理應會有較多的山崩發生。

將賀伯風災前兩個月之衛星遙測影像資料套疊於本區地質圖上，即可証實風災前本區主要崩塌地大部份發生在變質岩區。而中新世南莊層內之崩塌地，除了對



賀伯風災前山崩分佈。



賀伯風災後山崩分佈。

高山與出水溪上游一處外，大多與新中橫興築之棄土有關。將賀伯風災後（當年 8 月 18 日）之衛星影像資料套疊，可見崩塌大部份發生在地形最陡峭處，顯示岩性因素已因氣象水文條件超強（姜善鑫，1996）而不明顯（但十六份頁岩仍然較少崩塌），而主要由地形坡度與構造因素控制，即向源侵蝕與谷溝侵蝕所導致。套疊風災前、後崩塌分佈對比之影像圖，顯示老崩場地有極高之復發能力。

於新中橫公路自水里至玉山國家公園遊客中心路段上，及陳有蘭溪集水區內河谷所量得之節理位態顯示，本區岩體內有三組傾角頗陡的節理發育，第一組的走向為北 20° 至 80° 西，傾角向北 70° 至 87°；第二組為北 70° 至 80° 西，傾角向南 60° 至 80°；第三組為北 14° 至 60° 東，傾角向東南 85°。此三組節理有助於向源侵蝕與谷溝侵蝕所造成之崩塌。

陳有蘭河流域山崩分類

本區山崩（包括土石流）類型可歸納出下列五項：

- (1) 集水區上游支谷陡坡發生岩崩或滑移（平面型、楔型、翻覆型或複合型），崩動材料沿窄小溝谷形成土石流，並以側蝕或切蝕方式沖刷，帶動原堆積在溝谷側（天然土石壩或老土石流堆積物）的材料向下游流動，並堆積於河道轉彎處或谷口。南平坑、黑石坑（新山橋）、郡坑口及二部、與豐丘等均是此種滑移流動類型。
- (2) 淺層（一般為表土風化層）邊坡滑

動，其滑動體常因豪雨使含水量升高，旋即成流動狀態向下游流動。此類型山崩分佈最廣，惟規模相對較小，但仍可能造成生命財產之損失，如三號溪（新興橋）右岸陡坡及同富附近陳有蘭溪右岸之崩塌。此種山崩可歸為滑移一流動型態。

- (3) 豪雨造成河水流量增大、流速增高，並因動能增加而使河床堆積物向下游移動（流動、跳動、滾動等）。此類型以郡坑溪、陳有蘭溪主流與和社溪之諸多支流（特別是出水溪）為代表，屬河谷土石流型態。此類溪谷與第一類之差異在於輸送區（流動區）較長，坡度較緩，溪谷較為寬廣。
- (4) 原河階地之砂礫層受主河道側蝕造成崩落，或受河階地上發育之沖蝕溝沖蝕與側蝕作用，致使沖蝕材料堆積於谷口或公路上，或形成沖積扇，如台 21 號公路 95K 附近及新鄉之階地。
- (5) 順向坡發育地區坡腳，因河流側蝕淘空或因公路興築開挖切斷，導致支撐力不足，而發生風化層沿層面下滑之順向坡滑動，如台 21 公路 107K 附近。此處因岩層傾角大，整個大邊坡破壞呈不連續之階梯狀。

結 論

本研究綜合野外調查與分析結果，可獲得如下數項結論：

1. 由於台灣位於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊碰撞之縫合帶上，地殼上升率與侵蝕率皆很高。加上地震多、地質

(A)



(B)



南平坑山崩全景 (A) 及南平坑上游平面滑移型山崩之近景 (B)。南平坑之山崩現象屬於滑移流動型態。上游白冷層砂岩發生平面滑移後，碎裂之滑動體沿山谷向下流動，並側蝕及切蝕下游地區谷側堆積之舊土石流堆積物。本次流動之材料均流入陳有蘭溪，並未在南平坑下游堆積。

(A)



(B)



黑石坑口舊土石流堆積物受陳有蘭溪側蝕之狀況 (A) 及黑石坑下游之側蝕現象 (B)。本坑之山崩現象與南平坑相同。



郡坑口（郡平橋）山崩全景（A）及河谷中游舊土石流堆積物之側蝕現象（B）。本坑之山崩現象與南平坑相同。



(A)



(B)



郡坑二部山崩全景 (A) 及堆積現象發生在河道轉向之中下游地區 (B)。其山崩現象屬流動型態，上游舊土石流堆積物沿山谷向下流動並發生側蝕及切蝕，於河道轉向後陸續發生堆積。

(A)



(B)

(C)



豐丘山崩全景 (A)、上游陡坡岩體崩移之近景 (B) 及下游堆積區之近景 (C)。豐丘之山崩現象屬岩崩流動型態。陡坡上之白冷層砂岩體沿節理及層理發生崩落後，碎裂之岩塊沿山谷向下流動，並於下游之沖積扇階地上堆積。

(A)



豐丘山崩之河谷輸送區近景（A、B）。輸送區出露之岩層為白冷層，因岩體堅硬，故側蝕及切蝕不顯著。

(B)





(A)

(B)



新興橋附近之淺層山崩，壓毀其下緣之民宅並造成多人死亡 (A) 及同富附近陳有蘭溪右岸之淺層山崩 (B)。此類山崩主要發生在風化層中。降雨快速入滲到風化層形成暫態棲止水位面，並進而引起飽和含水風化層內平行坡面之滲流，終而造成邊坡的破壞。此山崩現象可歸為滑移—流動型態。

(A)



(B)

(C)



和社溪支流出水溪河床上土石流之堆積現象 (A)、出水溪上游之山崩現象 (B) 及陳有蘭溪支流郡坑溪河床上土石流之堆積現象 (C)。此山崩現象屬河谷土石流型態，河流上游之崩積材料及河床堆積物受豪雨造成之河水流量流速增加而沿河谷向下游移動（包含流動、跳動及滾動等）。

(A)



(B)



信義附近（台21線公路95K地區）陳有蘭溪右岸階地崖沖蝕溝發育狀況（A）及新鄉階地受陳有蘭溪側蝕作用形成垂直之階地崖，而原來之沖溝則成懸谷現象（B）。階地礫石層的地形演化現象也是邊坡穩定調查中重要的一環。

(A)



(B)



同富附近和社溪左岸出露之和社層呈順向坡地形 (A) 及和社層順向坡之近景 (B)。產業道路之開發及其他人類活動，常造成風化層沿層面向下滑動。惟因地層傾角大，邊坡之破壞呈不連續之階梯狀。

構造複雜、岩體破碎，故長久以來山崩是造成地表均夷作用之自然現象。若其影響了人類活動，則形成了一種危害，甚至造成災難。

2. 陳有蘭河流域各主、支流河床坡降高，大多數支流為一級或二級河。山坡地坡度小於 40% 之面積僅佔 16.27%，超過 69.23 % 之坡地其坡度大於 55%（為加強保育地）。陳有蘭溪河谷沖積扇頗為發達，顯示河川之沖刷量大，且隱含了地質變動快速的意義。
3. 大致沿陳有蘭溪河谷沿伸的陳有蘭溪斷層，將本區地質縱分成兩部份：東側是以石英岩、變質砂岩、板岩、硬頁岩為主的古第三紀亞變質岩區；西側是以砂岩、頁岩及其互層為主的新第三紀沈積岩區。
4. 由賀伯風災前之山崩分佈顯示，本區東側變質岩區較西側沈積岩區易發生山崩。賀伯風災時因氣象水文條件超強，故全區皆普遍發生山崩，岩性控制因素已不明顯。再由向源侵蝕與谷溝侵蝕盛行的情形可証實，主要控制山崩的因素為地形坡度與構造。三組傾角頗陡之節理，對向源侵蝕與谷溝侵蝕造成崩塌之貢獻很大。
5. 本區山崩（包括土石流）可歸納出五種型式。第一種是於集水區上游發生岩崩，崩動材料沿窄小溝谷形成土石流，沿途沖刷舊堆積材料並堆積於谷口，如郡坑口及豐丘。第二種是淺層邊坡滑動，此類山崩分佈最廣但規模較小，如三號溪右岸陡坡之崩塌。第三種是豪雨造成河水流量及流速增大，並使河床堆積物向下游移動，如出水溪。第四種為河階地受主河道側蝕而崩落，或因其上沖蝕溝之沖蝕作用而形成沖積扇，如台 21 線 95K 附近。第五種為順向坡滑動，如台 21 線公路 107K 附近。

參考文獻

- 丹桂之助（1944）烏來統諸地層之討論並特論四稜砂岩層、白冷層、新高層之同時性。台灣博物學會會報，第 34 卷，第 250 號，第 215 ~ 223 頁。
- 王文能、陳清義（1978）東埔一南玉山間之沿線地質概述。礦業技術，第 16 卷，第 7 期，第 382 ~ 390 頁。
- 行政院（1996）賀伯颱風災情檢討及復健報告，共 58 頁。
- 林慶偉（1996）南投縣和社地區崩場地發育之地質影響因子。地工技術，第 57 期，第 5 ~ 16 頁。
- 李錫堤（1996）從地形學的觀點看陳有蘭溪的賀伯風災。地工技術，第 57 期，第 17 ~ 24 頁。
- 姜善鑫（1996）賀伯颱風南投地區之降雨量。水與土通訊，第 29 期，第 7 ~ 11 頁。
- 張瑞津（1997）陳有蘭河流域的地形環境與自然災害之關係。中國地理學會會刊，第 25 期，第 43 ~ 64 頁。
- 陳隆陞（1992）玉山國家公園金門峒斷崖崩塌速率及演化趨勢之研究。玉山國家公園研究叢刊，第 2001 號，第 122

頁。

劉占江（1971）臺灣南投和社背斜之地質。台灣石油地質，第9號，

Chen, C. H. (1977) Some Stratigraphic problems of the Hsuehshan Range of Taiwan. Proceedings of the Geological Society of China, 20, p. 61-70.

Lee, C. S. (1979) Paleogene rocks of the Yushan-Shuili area, Nantou, Central Taiwan. Memoir of the Geological Society of China, 3, p. 237-247.

Li, Y. H. (1976) Denudation of Taiwan island since the Pliocene Epoch. Geology 4, p. 277-311.

Peng, T. H, Li, Y. H. and Wu, T. T. (1977) Tectonic uplift rate of the Taiwan island since the Early Holocene. Memoir Geological Society China, 2, p. 57-70.

Seno, T. (1977) The instantaneous rotation vector of the Philippine Sea Plate relative to the Eurasian Plate. Tectonophysics, 42, p. 209-226.

Suppe, J. (1981) Mechanics of mountain building and metamorphism in Taiwan. Memoir of the Geological Society of China, 4, p. 67-90.



豐丘山崩的形式是於集水區上游發生岩崩後，土石由小溝谷沿途沖刷舊堆積材料，最後堆積在谷口附近。

中寮雙坑地區滑崩災害



紀宗吉 劉桓吉

南投縣中寮鄉復興村雙坑山區，於民國八十六年七月一日所發生的大規模山崩，造成民房倒塌、道路損毀。

山崩地裂

民國八十六年七月一日深夜，南投縣中寮鄉復興村雙坑山區，發生大規模的山崩，造成二戶民宅倒塌全毀，雙坑產業道路柔腸寸斷滑落溪谷，雙坑對外交通完全中斷，數十戶居民受困山區的地質災害。災害發生之月前，本區即降雨不斷，86年6月降雨日數已達25日以上，加上7月1日當天降雨量更高達110公釐，沒想到當夜即發生地層滑動。根據一位世居當地的居民表示，災害現場過去從未有類似山崩的記錄。滑動區範圍屬農牧用之山坡地，當地居民主要以種植香蕉、柑橘、檳榔等經濟作物為生。

山崩地點

山崩的地點位於中寮鄉復興村7鄰，即中寮東北方約2公里處。自南投市東郊沿139號公路，東行至中寮轉向東北，續行2公里至暗坑，再循雙坑產業道路北行約1公里即達。

地形

依據台灣地形區劃分（林朝棨，1957），本地區屬於西部衝上斷層山地地形分區中加裡山山地之南投山地。南投山地南端被濁水溪所截斷，東邊則以斷層與集集大山山脈相接觸。南投山地之海拔高度在400公尺以下，與卓蘭丘陵、東勢山

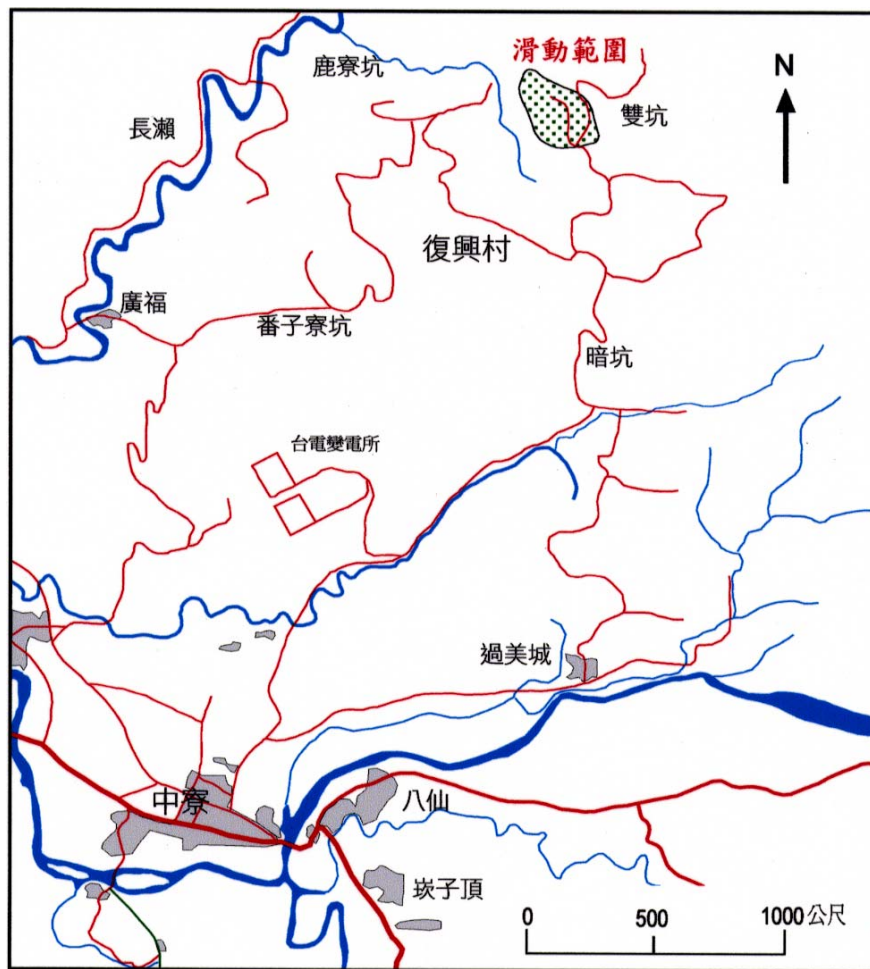


雙坑產業道路因山崩而滑入溪谷中，對外交通中斷。當地居民在滑動區附近多種植檳榔、香蕉和柑橘等淺根性經濟作物，

來自上方的大量土石滑落至溪谷中，將河道阻塞，形成一小堰塞潭。



民宅隨著地層滑動而下陷損毀。



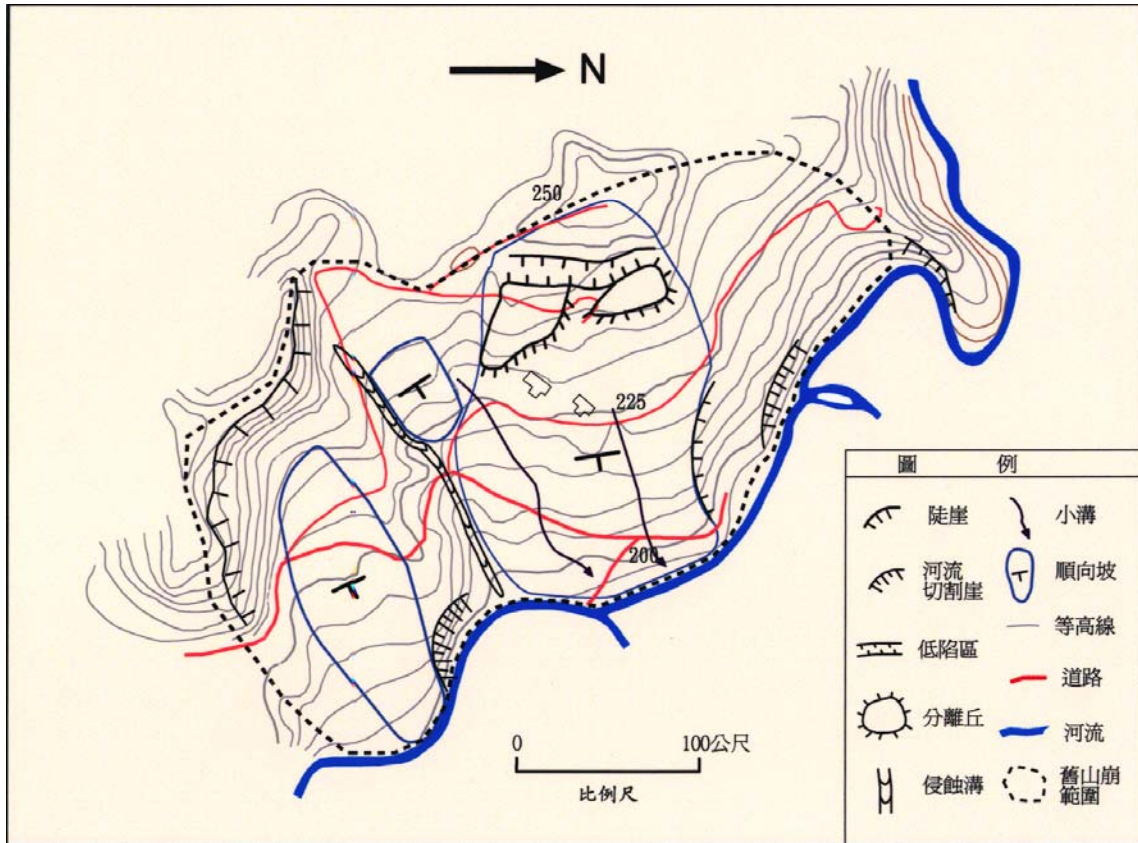
中寮復興村雙坑地區山崩災害地點及滑動範圍。

地、豐原山地同樣曾經被紅土緩起伏面覆蓋，此地形面除頂城之東仍有一小塊殘餘區域外，其餘均被侵蝕殆盡。本區河流多呈樹枝狀，谷間山地低矮，曲流非常發達。本區另一項地形特徵即豬背脊地形發育顯著，東斜面為坡度較緩之順向坡地形，西斜面為坡度陡峻之逆向坡。

滑動區域地勢低緩，海拔高度在 180 公尺至 300 公尺之間，由東向西遞減。根據民國七十三年航空照片研判，本區具有許多舊山崩所遺留之地形特徵，包括一系列的陡崖或崩崖、低陷區、分離丘、河流切割崖等。陡崖或崩崖代表過去滑動的

冠部，主要分佈於本區域之北側與南側，以南側較為發達。分離丘為老崩滑體，代表過去位在斜坡上部的坡體發生滑動，雖滑動至較低位置，但其地形高度仍明顯較周圍高。低陷區則介於崩崖與崩滑體間之張裂帶，為滑動時的拉張現象，使得地表發生下陷。

本區域北側有一規模極大的舊圓弧型滑動體，雖然為農作所覆蓋，不過外形仍然可辨。本滑動體滑動後可能一度堵塞河谷，但因受河流側向侵蝕作用，於滑動體下方造成切割崖。從這些過去的滑動特徵分佈，顯示本區舊山崩範圍相當遼闊。



中寮復興村雙坑附近之舊山崩範圍與地形特徵（據民國七十三年之航空照片研判）。

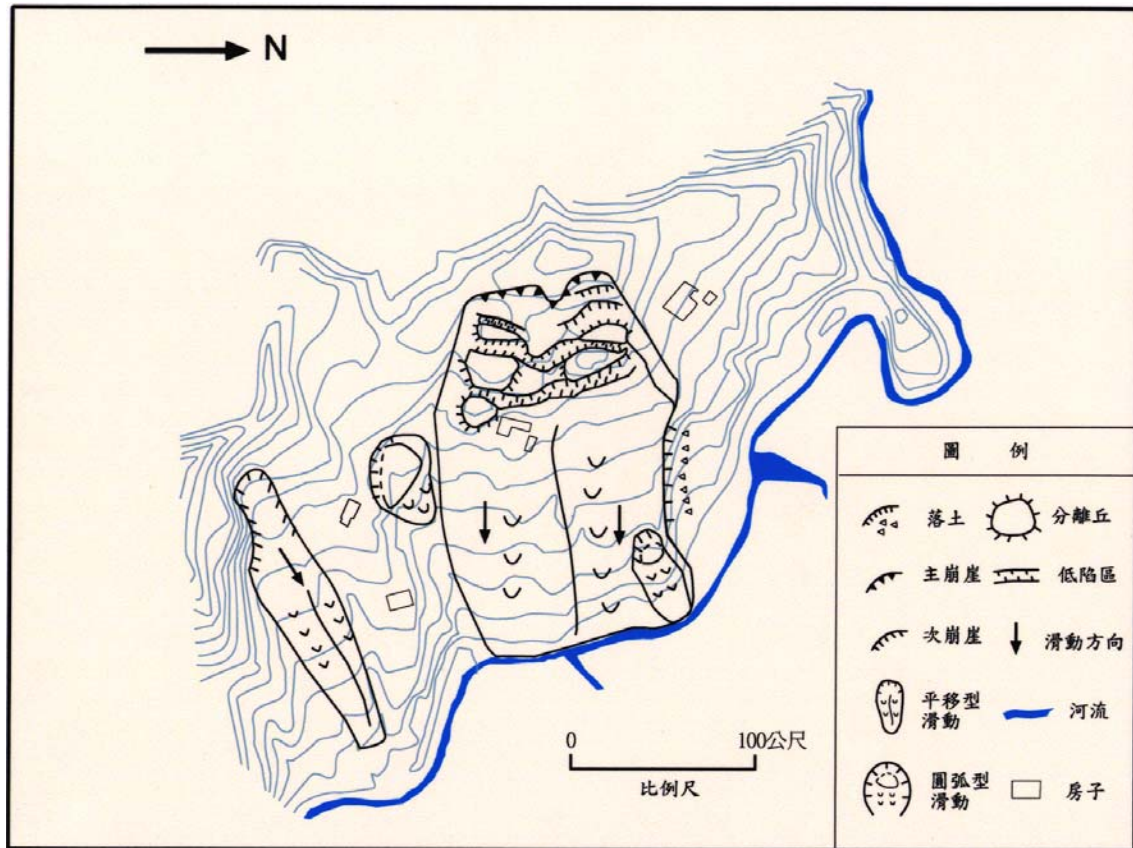
地質

滑動區域出露之地層屬於更新世頭料山層香山相砂頁岩，主要以厚層淡灰色細至中粒之疏鬆砂岩夾薄層頁岩或泥岩為主。砂岩之膠結性差，強度低，風化之砂岩手搓之即鬆散，遇水亦容易消散，但透水性佳。泥岩為細粒材料，不透水，遇水容易軟化。根據能資所（1998）地質鑽探岩心鑑定結果，本區自地表至地表下 3 ~ 7 公尺處，均為黃棕色表土層與黃棕色風化砂岩，為風化岩層；再往深處，轉為灰色砂岩或粉砂岩與頁岩之互層，為新鮮岩盤。本區一般地層位態較為平緩，近乎南北走向，傾角多在 20° 以內。

災後地貌與山崩特性

依現場的地質與山崩特徵，可將本區劃分為南北兩個獨立的滑動區。北滑動區呈寬闊的方形平面外觀，東西長 250 公尺，南北寬 200 公尺，坡度向東傾斜 10° 左右；南滑動區呈狹長外觀，東西長 230 公尺，南北寬 50 公尺，坡度向東傾斜 10° 左右。

北滑動體冠部東側有兩階落差 3~10 公尺高之崩崖，其中前方（東側）之崩崖，係八十六年七月一日的滑動所造成。同月下旬，地滑再度活動，形成後方之崩崖。該後方之崩崖又因連續降雨，先後於八十七年二月十九日及六月三日，再度後退數十數公尺。兩崩崖東緣均有 1~10



民國86年雙坑地區的山崩範圍與特徵。此區可分成南北兩個獨立滑動區，北側滑動區範圍寬廣，呈方形，南側滑動區則外觀狹長。

公尺寬之溝狀低陷帶，大略呈南北走向，斷斷續續延伸百餘公尺。本區滑動方向主要是朝東滑動，山崩類型為平面形滑動；災害發生時，沿著低陷帶發現有數處湧水現象。

低陷帶之東側有高 3 ~ 5 公尺，長約 20 公尺，寬 3 ~ 10 公尺之小土丘，是為分離小丘，分離小丘以東的坡面，出現許多長短不一的裂隙。出現在上段邊坡地表之裂隙為張力裂隙，寬十數公分至數十公分，外形多為張口且有上下錯動或下陷現象，裂隙方向較規則，主要為南北向。出現在下段邊坡地表之裂隙為壓力裂隙，寬數公分至十數公分，外形雖亦多為張口，但上下錯動現象不明顯，裂隙方向較不規則，大致為東西至西北方向。崩崖北端，

有一呈東北走向之側方裂隙，下陷數十公分至一、二公尺，長約 70 公尺。災害發生時，在前述下陷帶及各種裂隙內，曾發現有多處積水、地下水流動、或湧水等現象，湧水量為 50 ~ 300 ml/sec，表示發生地滑時，地下水位已相當接近地表面（能資所，1998）。

南滑動體規模較小，除了在道路兩端及滑動體趾部，分別有較明顯的側方裂隙與壓力裂隙外，其他地方並未發現明顯的地表滑動現象。另外，在本滑動體頭部略靠南側，時有滲水，植生茂盛，似為一沼澤地（濕地），推測該處地下水相當豐富。

本次仍屬舊山崩範圍內的滑動，根據



位於崩崖與崩滑體間之低陷區，因滑動時拉張，而使得地表發生下陷。此張力裂隙寬約3~5公尺，深約4~5公尺。本區上部為黃棕色表土和風化砂岩組成的風化岩層，下部為灰色砂岩或粉砂岩與頁岩互層的新鮮岩盤（照片左下）。（王文能 攝）

山崩的分類，本次發生山崩的類型可以分為平面型、淺層圓弧型滑動與表土墜落等三類。平面型滑動是本區主要滑動類型，滑動方向平行於地層傾斜方向，即北偏東 75° 。淺層圓弧型滑動雖然有多處，但範圍均較小，主要發生在滑動冠部、張力裂隙邊緣與靠河岸坡趾處。表土崩落則發生在北側舊圓弧型滑動崩崖，從現場的植生情形研判，崩崖下方似乎無滑動的跡象，但崩崖面及崖下區域，幾為鬆散的表土所掩蓋，故為來自崩崖上方滑動時造成表土滑落所致。本區滑動，係先從主冠部開始，逐漸往下邊坡擠壓，終於造成整個山坡滑動，主崩崖亦逐漸往後方發展為目前情況。

山崩原因探討

本區山崩的原因可以歸納如下：

1. 地質構造因素

本區域地層的傾斜與山坡傾斜的方向一致，傾角約 15° ，構成標準順向坡地形。過去發生山崩之後，雖暫時平靜，不過仍為一不穩定區域，才會再次發生滑動。

2. 地質材料因素

本區山坡地質材料可以分為表層的表土、風化砂岩與其下的泥質岩層。砂岩透水及儲水性均佳，加上過去受到滑動的作用，已產生許多張力裂隙，更有利於地下水的流通。泥岩層為一不透水層，但遇水迅速軟化，抗滑動的剪力強度降低，易於滑動。因此，砂岩層與泥岩層之間，自然成為最佳的滑動面。



淺層圓弧型滑動一般範圍較小，圖上白色虛線為靠河岸坡趾處的滑動範圍。



本山崩區內以平面型滑動為主，滑動方向與地層傾斜方向平行。白色虛線為滑動面，上層為鬆散的表土，部份崩落至崖面下方堆積，滑動面以下為岩盤。

3. 坡趾受河流側向侵蝕

鹿寮坑溪上游支流流經本滑動區東側，對本滑動區造成側蝕及下切作用，形成陡崖，給予地層滑動的自由空間。

4. 降水

根據中央氣象局的資料統計結果，八十六年六月四～三十日間的累積降雨量為 648.5 公釐，加上七月一日當天有 110 公釐降雨量，共累積達 760 公釐左右的降雨量，致使本區發生大規模的地層滑動。根據能資所的調查報告，降雨量與滑動有極密切的關係，八十六年九月上旬以後，至翌（八十七）年一月上旬間，幾無降雨，地表亦未發現滑動現象；八十七年二月四日～十九日及五月十九日～六月三日間的累積降雨量，分別為 488 公釐及 370 公釐，而於二月二十日及六月三日，分別再度發生明顯的滑動。因此，連續降雨量可謂是本區地滑的主要誘因之一。滑動區因長期降雨，使得表層砂岩富含地下水，而減低砂岩強度及產生滑動面間的上舉升力，並降低剪力強度，最後導致地層的滑動與崩解。

5. 濫墾

本滑動區主要植物為香蕉與檳榔等經濟作物，少有其它天然植被。此二者均屬淺根性植物，無水土保持功能。此外除草、翻鬆土壤等耕作行為，加強地表水下滲作用，對滑動區的穩定尤為不利。

結語

近幾年來每逢颱風豪雨，中寮地區就有山崩事件發生，例如在民國八十八年七～八月間福盛村、和興產業道路、雙文產

業道路與暗坑等地區也相繼發生山崩滑動。雖然颱風豪雨所帶來大量雨水，地質材料疏鬆、河流侵蝕等現象是無法改變的自然因素，但是山坡地的濫墾、種植作物不利水土保持或水土保持設施不良、欠缺等，則是人為因素所造成。山崩雖然是一種自然的作用，但是如何避免加速其發生及造成災害，則需要我們自我反省與向大自然學習的能力。

誌謝

水土保持局工程組李木青組長、謝元森先生提供報告資料，工研院能資所王文能先生提供照片，特此感謝。

參考文獻

- 工業研究院能源與資源研究所（1998）南投縣中寮鄉雙坑路尾地層滑動調查分析治理規劃報告。台灣省農林廳水土保持局第三工程所。
- 林朝棨（1957）台灣地形。台灣省文獻委員會，第 231～246 頁。

林肯大郡岩滑災變探討



紀宗吉 林朝宗 劉桓吉 費立沅

林肯大郡地層滑動災變現場。

災變說明

民國八十六年八月十七日深夜，溫妮颱風挾帶著豐沛的雨量，侵襲台灣本島；十八日上午 8 時 30 分，汐止林肯大郡後方邊坡瞬時之間產生滑動，造成樓房被衝毀、倒塌的災變。此次災變總計造成房屋 80 戶全毀、20 戶半毀，居民死傷近百人的重大慘劇。

災變中以林肯大郡第 3 區靠近山坡的一排大樓受創最為嚴重，整排大樓受到地層滑動的衝擊力量，向南折斷傾倒，結構體本身亦嚴重龜裂扭曲。大樓地下停車場與一樓牆面、樑柱，受到擠壓而斷裂，大樓往下陷落，造成一樓居民遭到活埋。另外屬於第 2 區的 74、76、150、152 號等一

至三樓住戶，亦遭滑下的土石衝入屋內，同樣造成極大傷亡。

基地地形演化

林肯大郡邊坡滑動的範圍，東西寬約 150 公尺，南北長約 60 公尺，滑動面積約 0.9 公頃，滑動之高程界於 56 至 86 公尺之間。滑動區位於一略呈東西走向的小山脊之南向斜坡。根據農林航測所民國七十五年出版的五千分之一航空像片基本圖，顯示原基地後方山脊的高程為 100 公尺，整體斜坡上方的坡度約 30° ，與地層傾斜角度一致；斜坡下方的坡度則較為平緩，約在 20° 左右，推測應是上方舊崩滑材料所堆積而成的崩積坡。其上並無明顯的水系發育，坡面大致完整。從民國八十三年

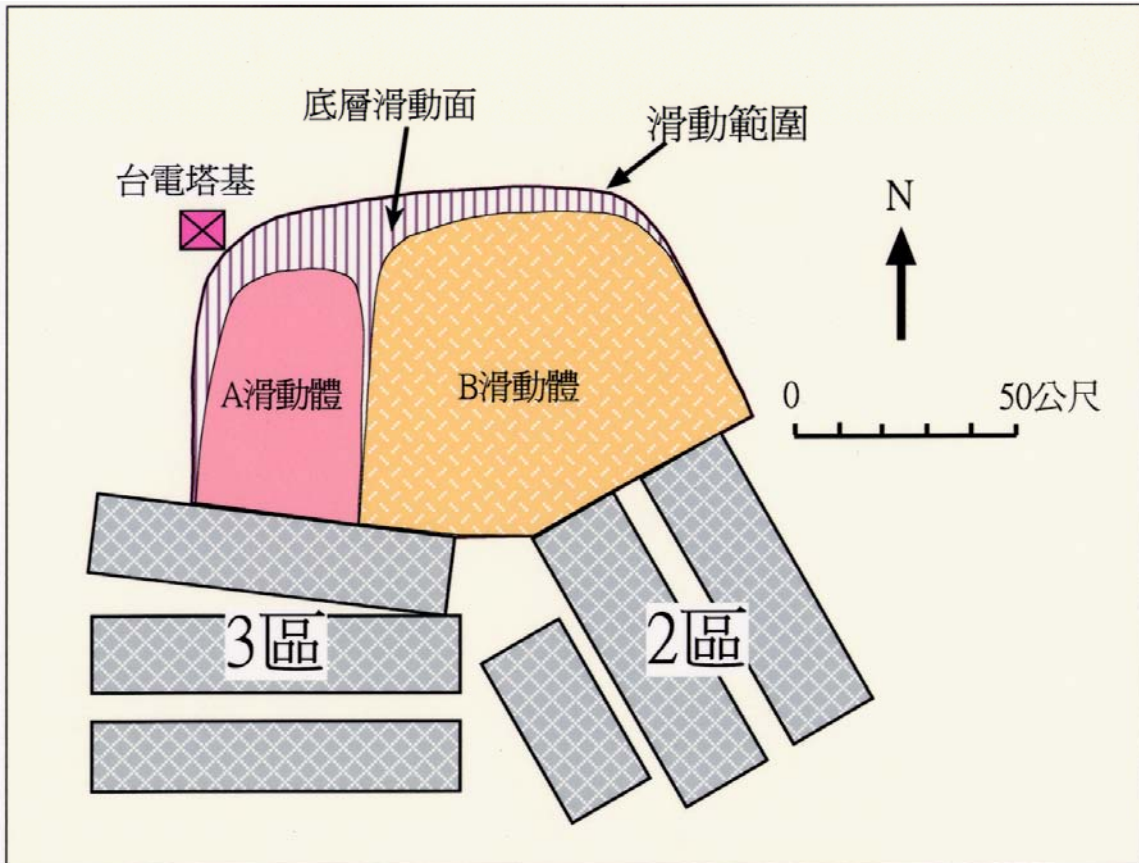


第3區的大樓受到地層滑動的衝擊，房屋結構本身嚴重龜裂扭曲。

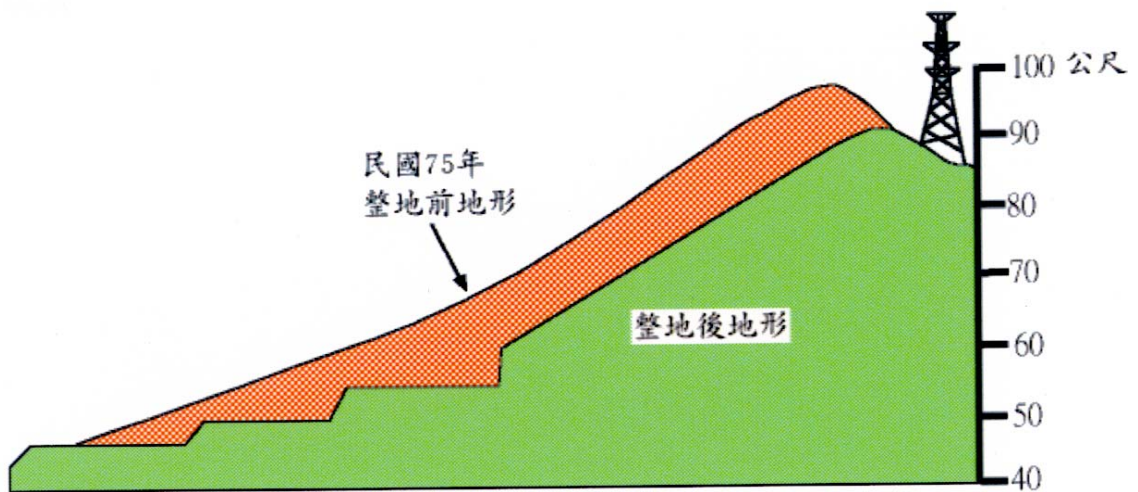


大樓往下陷落，造成一樓居民遭到活埋的慘劇。

第2區的大樓遭滑下的土、石衝入室內情形。



林肯大郡邊坡滑動範圍。



林肯大郡開發前後的地形比較。

航空像片基本圖顯示，本區正在進行大規模的挖填方工程，後方山脊的高程已由 100 公尺降為 90 公尺。

另外，判讀航測所於民國六十八年所拍攝的航空照片，得知在斜坡頂部有一些殘存的舊崩崖，不過以當時植生茂密的情形推測，似無活動的跡象。

災變區地質

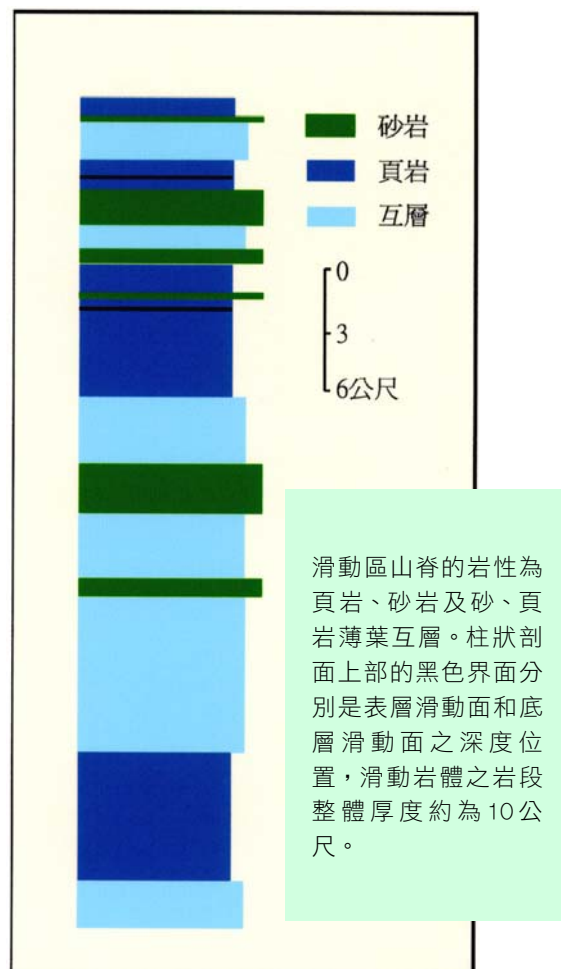
林肯大郡位於基隆河北岸，基隆河北岸至五指山嶺間的地層，主要為中新世的沉積岩層所分佈，包括五指山、木山、石底三個陸相地層，與大寮、南港二個海相地層。整體來看，地層大致呈一向南傾斜的豚背脊構造。

滑動區的地質屬石底層的底部岩段，岩性由頁岩、砂岩及砂、頁岩薄葉互層所構成，由於岩性軟弱，容易受風化及侵蝕作用影響，因此出露地區常成為谷地地形。頁岩一般呈暗灰至灰黑色，有時富含有機物，成為炭質頁岩。薄葉互層由白色粉砂岩與黑色頁岩所構成，所含砂岩最大厚度約 1 公尺，但通常在 30 ~ 40 公分以下，最薄者僅約數公分。整個岩段的頁岩較砂岩發達，且往上漸出現粉砂岩與頁岩的薄紋層，這種粉砂岩與頁岩成薄層狀交互出現的地層，一般抗風化的能力較差，尤其是頁岩遇水容易軟化，因此非常容易形成潛在的滑動面，一旦坡腳被河流侵蝕或遭人為切除，便可能順著頁理面而滑動。滑動岩體之總厚度約為 10 公尺，整體來說，岩性相當單純，以頁岩及砂岩、頁岩的互層與薄葉互層為主，間夾薄至中層砂岩。

從滑動面所量得的層面位態為北偏東 78°，向南傾斜 29°，與基隆河北岸汐止

地區的區域性地層位態大致上相近，顯示滑動區的地質並未受到斷層或褶皺的擾動。

在本區量測得的節理組有三組，一組走向為北東 30° 至 35° 間，傾角幾近垂直狀態；另一組走向是北 55° 至 60° 西，也呈幾近垂直。節理密度自 10 ~ 20 公分至 1 ~ 2 公尺，前一組多出現於砂、頁岩互層中的薄砂岩層，另一組則多在頁岩中，不過此二組節理一般展距不長，和滑動的關係不大。另一組節理為南北走向的縱向節理，傾角陡直，此組節理延展良好，為本區域較明顯的節理。A、B 二滑動岩體即沿此節理分離。





滑動區的地質材料主要是薄頁互層夾薄層砂岩，風化後即呈鬆散軟弱。

山崩類型與過程

1. 地層滑動特徵概述

從現場崩塌後的地形可以很清楚的辨認出，地層滑動的模式是屬於順地層面的滑動，滑動面為頁岩材料，滑動的冠部緊臨台電高壓鐵塔下方。根據現場地層滑動的特徵，本區又可以分為 A、B 二個滑動體，二個滑動體均位在同一底滑動面上，主要滑動的方向為南偏東 10° 左右。

A 滑動體的滑動距離約在 20 公尺左右，岩體厚度約 6 ~ 7 公尺，主要由風化較為輕微的砂、頁岩互層組成。坡面上之地錨格樑並未因滑動而損壞，滑動面則深入大樓的地下車庫。滑動後所造成的衝擊力，以 3 區後排中間二棟大樓受損的情形最為嚴重，顯示受到衝擊作用最為強烈，此與 A 滑動體滑動的方向極為吻合。



滑動岩塊上所造成之數條開口裂隙。



主要由輕微風化的砂、頁岩互層組成的A滑動體，快速向下滑動，直接衝擊第3區大樓，滑動體甚至深入地下樓層。



滑動面深入大樓地下車庫的情形。



第3區中間二棟大樓受損的情形最為嚴重，說明受到衝擊的力量最為強烈。

B 滑動體以一縱向之張力裂隙與 A 滑動體分隔，張力裂隙開口的寬度，在滑動面最頂部附近約 3 ~ 4 公尺，向坡下逐漸縮小密合。張力裂隙的形成主要是受到一組南北走向的節理所控制，且該節理的延展在本區極為良好。

B 滑動岩體的厚度共約 10 公尺，與 A

滑動體不同的是，在 B 滑動體除了有相同的底層滑動面外，還出現表層滑動現象。表層滑動面上方滑動岩體的厚度約 3.8 公尺，此滑動面是造成第 2 區災變的原因，滑動面上下均為頁岩所組成。在本滑動體上所覆蓋的地錨格樑結構物均同時滑落，衝入民宅，未料穩定用的地錨設施反而成為災害的幫凶。



分隔A、B滑動體之縱向張力裂隙，照片右側為A滑動體，左側為B滑動體。

在B滑動體出現的表層滑動情形。

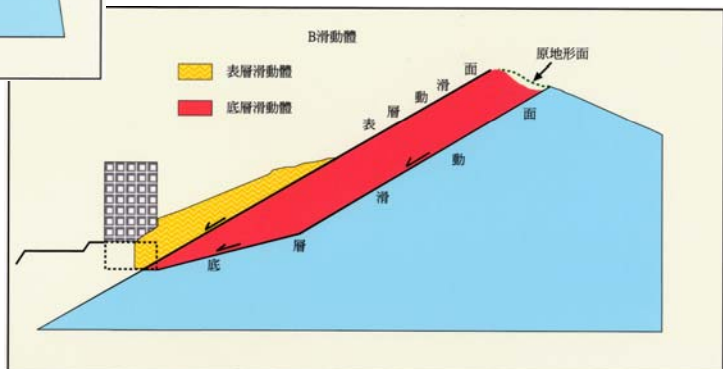
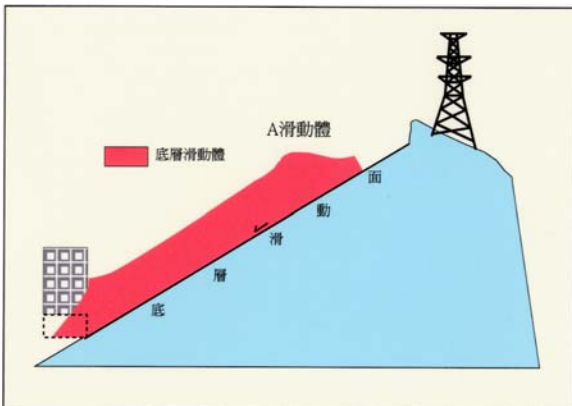
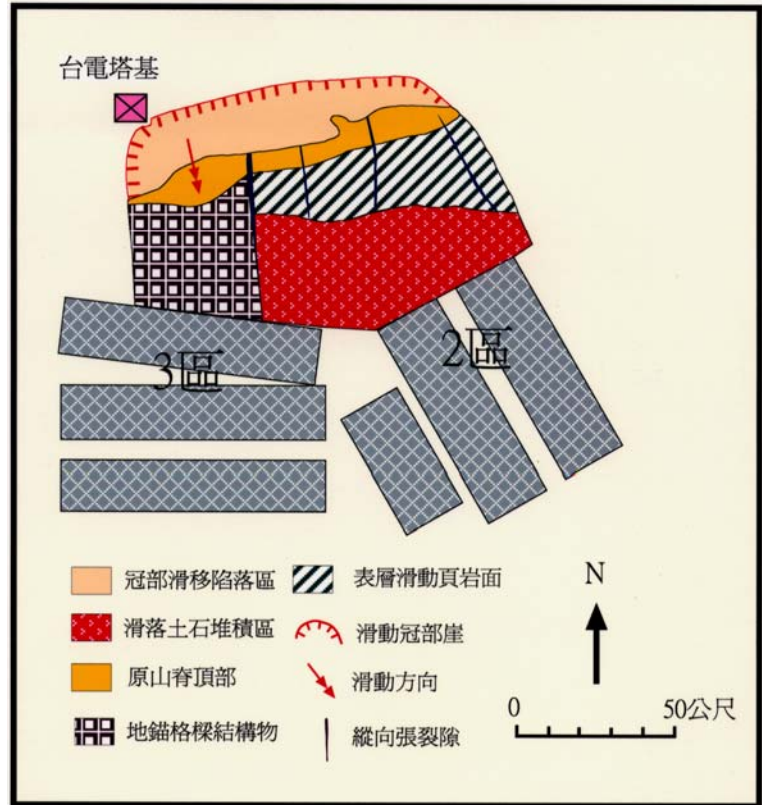


覆蓋在B滑動體上的地錨格樑因表層滑動，而滑落衝入民宅，成為2區災變的主要原因。

B 滑動體的底層滑動距離較 A 滑動體小，最大距離約 7 ~ 8 公尺，向東側則逐漸減少至約 1 ~ 2 公尺。B 滑動體的表層滑動，由於有較大的滑動空間，滑動距離

遠達 30 公尺。B 滑動體本身又為數條縱向裂隙所切割，裂隙開口寬度由西向東逐漸為減小。

滑動後地表特徵。



A滑動體與B滑動體滑動剖面示意圖。

2. 地層滑動過程分析

地層的滑動始自底層滑動開始，滑動冠部位於稜線後方的反向坡，滑動方向與地層傾斜方向一致，約南偏東 10°。根據滑動面的位態，滑動面在 3 區靠西側大樓的地下車庫中完全出露，滑動面以上地層的坡腳完全被切除，因此有較大的自由滑動空間。由 3 區往 2 區方向，其滑動面深度漸漸加深，至 2 區大樓的位置，滑動面已位於地下車庫下方。底層滑動面以上的地層，在近 2 區部分地層坡腳並未完全遭切除，此為底層滑動在 2 區不明顯的原因。

底層滑動面滑動之後，A 滑動體因為有較大的自由空間，滑動的距離較遠，達二十公尺；滑動體愈往東側，滑動的自由

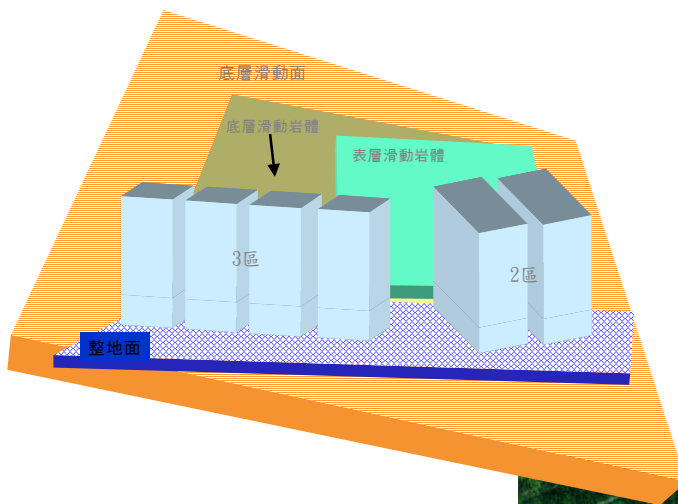
空間漸小，而且受限於東側坡角未開挖的限制，使得滑動距離逐漸縮短。由於底層滑動在東側受到侷限，滑動體於滑動的同時，產生反時鐘方向的旋轉效應，並造成一系列縱向張力裂隙開口；愈往西側，旋轉效應愈大，張力裂隙開口寬度亦愈寬。

當底層滑動停止後，由於慣性作用，使得 B 滑動體坡面上的風化砂、頁岩層，在轉瞬間沿著表層滑動面衝破擋土牆向下滑衝。由於表層滑動面具有相當大的滑動自由空間，因此滑動距離可達三十公尺遠。

滑動機制分析

1. 滑動運動學分析

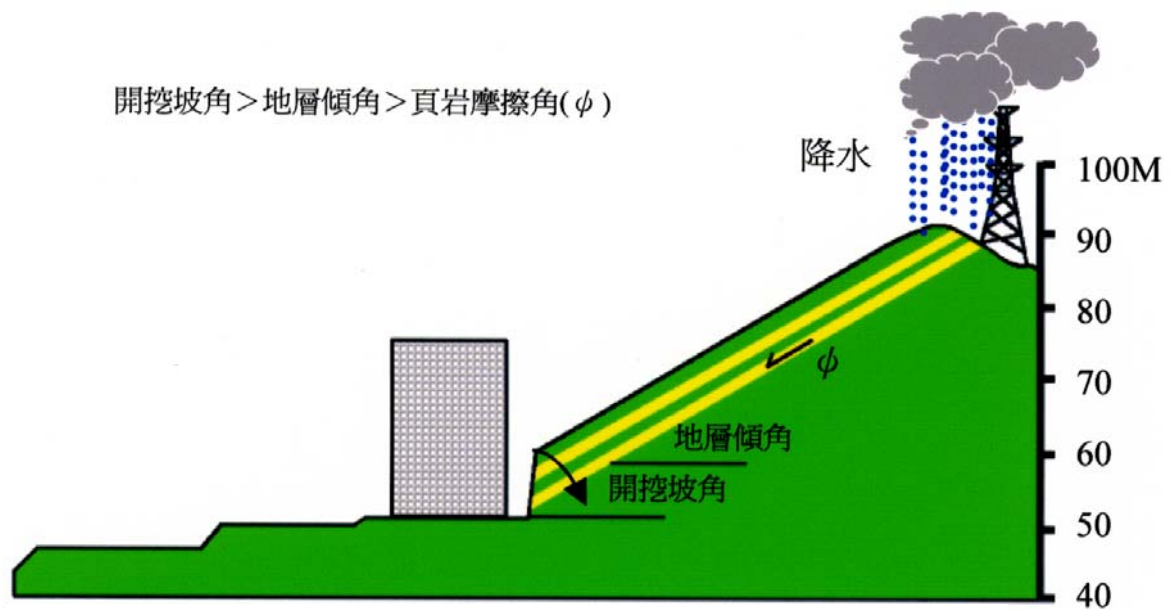
通常發生平面型滑動的基本要件包



地層滑動岩體空間關係立體示意圖。底層滑動體在3區坡腳已遭坎斷，在2區則深入地下；表層滑動體僅出現在2區，坡腳亦遭坎斷。

滑動體以逆時鐘方向旋轉，所造成的一系列縱向張力裂隙，愈往西側（照片左側），旋轉效果愈大，裂隙開口寬度愈寬。（紫色區域為滑動面範圍；黃色區域為表層滑動之崩塌材料堆積區）。





括：斜坡坡角需大於地層的傾斜角度，且兩者走向間的夾角需在 20° 以內。符合前述條件時，滑動面才有機會露出於坡面透空，否則岩層將呈大角度插入地下；另外一項條件就是，滑動面的傾斜角度需大於岩層的摩擦角，才可能在剪應力超過其抗剪強度的情況下發生滑動 (Hook & Bray, 1981)。由現場基地擋土牆護坡的傾角估計，開挖坡角約為 75° 至 80° 左右，走向為北 80° 東。而岩層走向為北 78° 東與開挖坡的走向一致，傾角為 29° ，較開挖坡角為小，因此形成潛在的滑動面有露出之機會，符合發生滑動的第一項條件。

由於林肯大郡的兩個滑動面都發生在頁岩層內部，表示頁岩的力學性質與此次滑動有極大的關係。頁岩的摩擦角在乾燥與飽和含水的情形下差異極大，新鮮乾燥的頁岩摩擦角為 27° 至 32° (Rahn, 1986)；在飽和含水情形下的摩擦角，尖峰摩擦角為 24° ，殘餘摩擦角為 13° 至 16° (張文

清, 1998) 遠低於岩層的傾斜角。因此，要滿足前述的第二項滑動條件時，滑動的頁岩面必需是處在長期飽和含水情形下，這也就是說，水的存在是造成滑動的另一項重要條件。

在兩個滑動面冠部發生張力裂隙的地點，所殘留之分離崩崖（原位於反向坡），表層為厚約 1 公尺高度土壤化之砂、頁岩互層，掩覆在其下的為中度風化的頁岩，緊接著就是成為滑動面的新鮮頁岩。土壤與風化岩層都是良好的透水岩層，而新鮮頁岩為低滲透性的岩層，因此在兩者之間，形成一個物理性質與力學強度顯著差異的界面。當在逆向的坡面上有豐富地表水（如颱風豪雨），順著地表土壤與風化岩層逐漸下滲，遇到新鮮頁岩時，就無法繼續向下流動而流滯，最後漸漸軟化頁岩，並升高地下水壓力與上舉升力，造成頁岩抗剪強度降低，同時加上現場支撐結構物相繼失效後，則引發滑動。

2. 高速型滑動

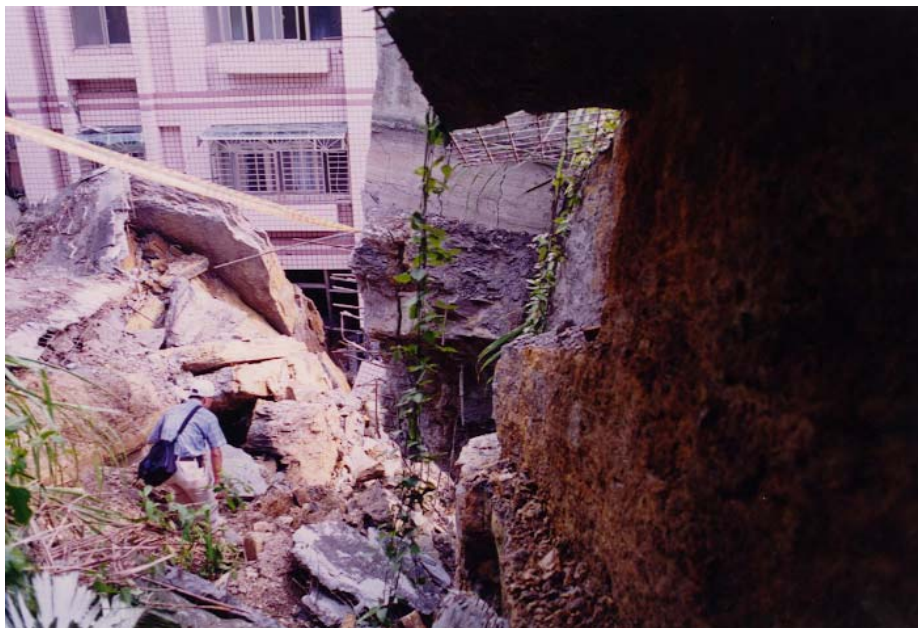
另外值得注意的一點是，這次造成第 3 區嚴重破壞的 A 滑動體，在滑動當時的速度應是相當快速，才能產生如此巨大的衝擊動量。地層滑動與自然界中任何物體的運動一樣，是以一定的加速度離開原始平衡位置向前滑移。開始的瞬間，由靜至動，一旦進入動態的界限，滑動體便以一定的加速度離開原始位置，順坡下滑，滑速不斷增加，後又降低，最後停止滑動。依此，滑移過程可分為三段：啟動、運行、停滯。又按啟動的特徵可以區分為緩動式與劇動式，緩動式滑動緩慢發生，加速度極小，地表無明顯徵兆及感覺。劇動式滑動為驟然發生，迅速崩滑，一開始便具有相當大的加速度（胡廣韜，1995）。

在災變發生前，崩塌現場即開始出現不穩的徵兆，滑動坡面上的地錨發生多次錨頭脫落現象，顯示滑動體已在啟動的階段，但因受制於地錨束縛，以致未發生位移。但隨著時間的進行，受地錨束縛的滑



殘留之分離陡崖表層為厚約一公尺之高度土壤化砂、頁岩互層（照片右側），掩覆在其下者為中度風化的頁岩，緊接著為新鮮頁岩滑動面。

動體遂逐漸累積其彈性應變能量，當應變能量超過束縛能時，地錨瞬間完全鬆脫，造成滑動岩體回彈現象，同時發生地鳴現象（根據現場目擊者說明，滑動時曾聽到地鳴聲音出現），並產生極高的加速度後快速向下滑動，才造成如此巨大的衝擊力量。根據過去國外文獻資料，滑動的速度最少達每秒 5 公尺以上（Cruden and Varnes, 1996），相當於每小時 18 公里，才能造成如此的破壞力量。



A滑動體西側邊界由本區的縱向節理所構成。節理面均有鐵染現象，顯示在未滑動前，岩體已呈分離狀態。

災變原因

綜合上述調查與分析結果，造成此災變的原因歸納如下：

1. 滑動區屬於標準的順向坡地形，過去亦曾有類似的滑動情形發生。

從民國六十八年的航空照片可以發現，本基地原地形面大致與地層走向、傾斜一致，屬於標準的順向坡地形。因此只要斜坡的坡角大於地層傾斜的角度，便具有滑動的潛勢。從過去滑動後殘留的崩崖依然存在的情形，顯示該處屬於不穩定的山坡地。

2. 滑動邊坡的坡腳遭挖除，滑動面出露，在支撐力不足的情況下，造成地層滑動。

本基地為取得較大的建築面積，而進行相當大規模的開挖整地，所開挖坡腳的高度，估計最大可達十公尺以上。擋土牆後方岩體的滑動面出露，在失去原有的支撐力下，才造成本次地層的滑動。

3. 擋土牆、岩錨失效，無法承受地層滑動的推力。

由現場擋土結構的破壞情形來看，擋土牆完全無法承受地層滑動的推力。A 滑動體所覆蓋的地錨格樑大致上並無損壞的情形，其原因似乎是地錨設計拉力不足所致。

4. 地下水無法有效排出，地下水壓升高、頁岩軟化，降低頁岩的抗剪強度。

由現場留存的擋土牆來看，其地下水排出不易，以致造成地下水壓的升高，軟化頁岩，及降低頁岩面間抵抗滑動的強度，為造成地層滑動的另一重要因素。

5. 建築物配置與擋土牆安全距離不足。

依據現場調查，建築物與擋土牆之間最短的距離只有 1.5 公尺。由於缺乏一緩衝地帶，以致由建築物本身直接來承受滑動的衝力。

6. 建築物配置方向與地層走向相近，破壞最大。

本次發生災變最嚴重的 3 區，其建築物配置方向與地層走向相近，因此受到衝擊的範圍最大，抵抗力最小，導致二排建物毀損、人員嚴重傷亡。相較下，2 區建物的配置，使衝擊的範圍則明顯較小，建物與人員毀傷較輕。

結語

以往山坡地社區開發失敗的例子為數不少，例如民國七十九年十月二十五日米蘭山莊及八十四年六月二十五日宜蘭地震造成三峽自然清靜社區房屋滑動。然而林肯大郡災變可算是歷年來山坡地社區災害傷亡最為慘重的一個案例。林肯大郡災變的發生，雖然先天的地質環境不良，但人為的疏失才是主要原因。以往山坡地社區開發常不盡理想，是眾所週知之事，這和整個社會環境與政府開發管理作業缺失有極大關係。投資者「唯利是圖」的觀念，只注重美觀，而忽略與基地安全有關的各種調查及必要的工程設施。少數建築業總攬承包山坡地開發作業、專業技師借牌、濫簽書圖、偽造鑽探報告等，甚至幫業主謀取最大利益，結果東省西扣，危害到建築安全；政府建照審核人員專業知識不足，缺乏有效管理法令等，都是造成當今山坡地社區問題層出不窮的原因。

林肯大郡災變數月前，即陸續有擋土



B滑動體表層滑動情形，地錨格樑已滑落，地錨鋼纜殘留於坡面上，顯示錨頭鬆脫所致。

牆變形、龜裂、地錨鬆脫的現象，遺憾的是無人提出警告，採取有效防範措施，終至釀成災難。住在坡地住宅的居民，人人也應充當義工，平時做好社區安全檢查工作，發現異狀，即應請專家協助，為大家服務，也保障自己身家安全。

參考資料

- 台灣電力公司台北供電區營運處 (1997) 345 KV 核二～汐止線 #35 塔基基礎鑽探工程地質鑽探暨試驗報告。
- 胡廣韜 (1995) 滑坡動力學。地質出版社。
- 李咸亨 (1998) 山坡地建築開發管理法規探討。山坡地開發技術，內政部營建署台灣營建研究院，第 1～10 頁。
- 田永銘 (1998) 林肯大郡地質災變後記與檢討。地質，第 18 卷，第 1 期，第 59～82 頁。
- 紀宗吉、林朝宗、劉桓吉 (1998) 林肯大郡地層滑動災變原因之探討。地質，第 18 卷，第 1 期，第 43～58 頁。
- 張文清 (1998) 林肯大郡砂頁岩互層之剪力性質探討。國立台灣科技大學營建工程技術研究所，碩士論文。
- Cruden D. M. and D. J. Varnes (1996) Landslide types and processes. *Landslides: Investigation and Mitigation*, p. 36-90.
- Hoek E. and J. W. Bray (1981) Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, p. 23.
- Rahn P. H. (1986) Engineering Geology. (An Enviromental approach) Elsevier, p. 86.

神木村土石流災害

劉憲德 曾俊傑



87年5月9日神木村再度發生土石流，神木國小首當其衝，連外橋樑遭損毀。現場勘查土石流之材料主要由正前方的出水坑溪供應，右側郝馬嘎班溪則溪水清淨。（87年5月16日拍攝）

前言

民國八十七年五月九日，南投縣信義鄉神木村午後一場雷陣雨，將神木國小前之神木林道霍薩溪橋沖毀流失，再次引發村民對土石流危機之意識。為瞭解整個災害情形與土石流的發生機制，乃於五月十六日至十八日進行實地勘查，並配合相關地質資料，就勘查結果詳述如次。

土石流災害

民國八十五年七月三十一日賀伯颱風

過境，於阿里山地區帶來達 1000 公釐的日降雨量，以致引發陳有蘭溪與八掌溪上游主、支流的土石流災害，造成生命財產嚴重損失。之後，經由媒體實地報導土石流發生過程，才廣為大眾所知悉。由現況報導顯示，當土石流發生時，其河水中所挾帶之土石粒徑最大可達五公尺以上，且洶湧而至，無堅不摧，令人慄然。因此，此後一有土石流發生，大家無不聞聲而竦立。

信義鄉神木村於民國八十五年七月三十一日亦受到賀伯颱風之蹂躪，大量土石自出水坑溪、郝馬嘎班溪、愛玉子溪等上游翻滾而至，匯集於神木國小附近，再往和社溪中、下游而去，匯入陳有蘭溪。首當其衝的神木國小即遭土石掩埋，鄰近之入山檢查哨、神和橋均遭沖毀，沿線河床巨石磊磊，觸目驚心，所幸時值暑假，並未釀成人員重大傷亡。

八十七年五月九日下午五時許，神木國小前之霍薩溪橋因出水坑溪再次發生土石流現象，而遭土石衝擊流失，又引發大眾對土石流災害之恐慌；而且眼見颱風季節將至，由賀伯颱風所堆置於河床中之巨量土石，恐有再次崩流之虞慮，因此災害

危機意識升高。

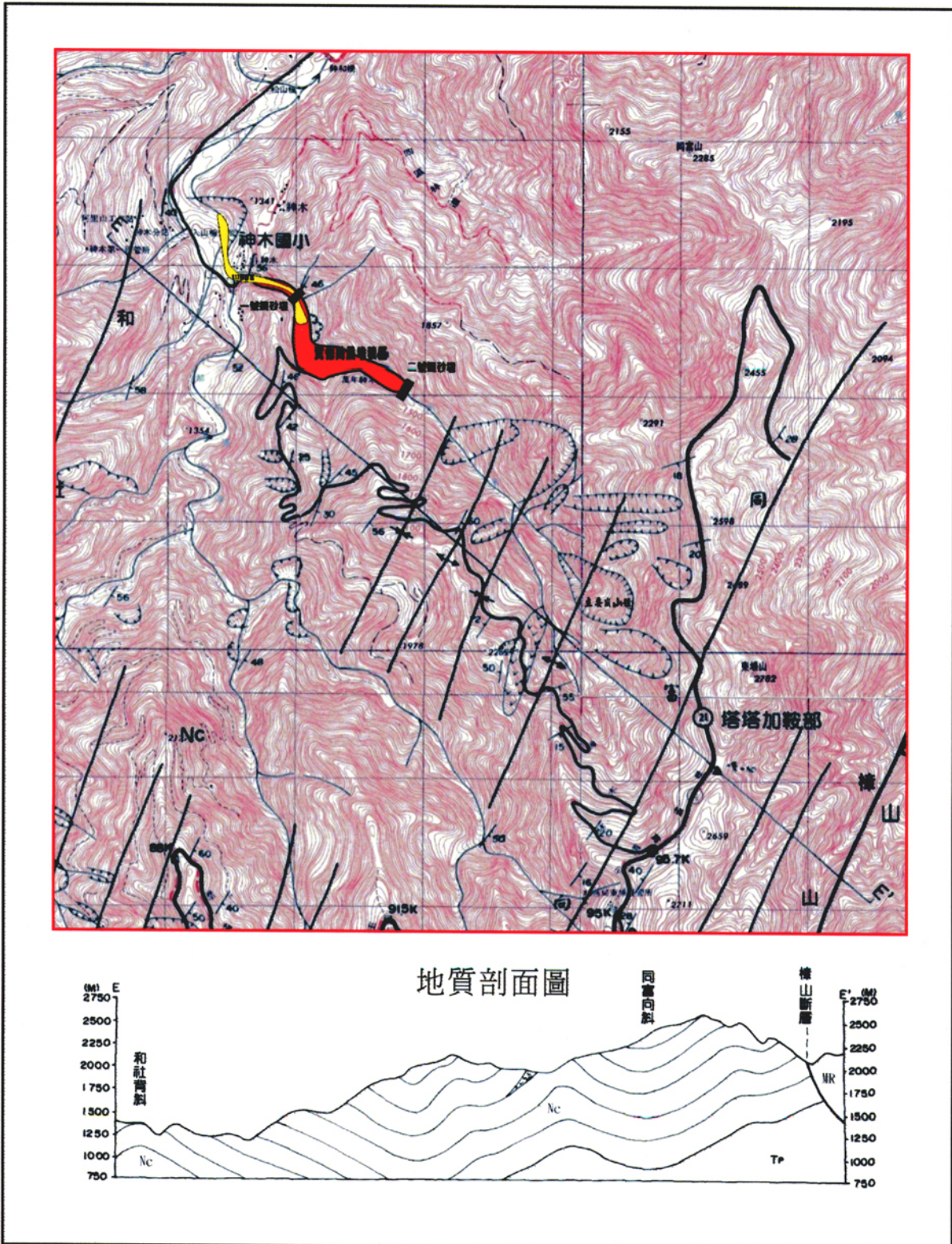
區域地質、地形

神木村附近之地質環境屬於臺灣麓山丘陵地質區內帶，主要由中新世晚期南莊層之砂、頁岩互層構成，間夾一火山凝灰岩體。由於岩層遭受強烈擠壓褶曲與變形，岩體不連續面相當發達。歷年來山崩範圍廣泛，先前賀伯颱風造成之山崩體則位於出水坑溪之源頭，而此次發生土石流之地理位置在神木林道霍薩溪橋附近。

霍薩溪橋跨越於郝馬嘎班溪與出水坑溪匯流口下游 5 公尺處，郝馬嘎班溪由西南往東北流，出水坑溪由東南往西北流，神木國小位於合流口下游約 20 公尺之霍薩



土石流發生前之霍薩溪橋，橋下空間尚約有1.7公尺。左側為神木國小，正前方野溪為出水坑溪，右側為郝馬嘎班溪，二者於橋右約五公尺處會合後往左流入和社溪。(86年12月14日拍攝)



神木林地質與歷年山崩分布圖。紅色區域為85年賀伯颱風過境時土石分布的範圍，山崩體位於出水坑溪之源頭；黃色區域為87年土石流分布範圍，此次土石流來源僅止於出水坑溪下游。

溪橋東北側。神木林道沿出水坑溪北岸東進約五百公尺跨過出水坑溪（郝馬嘎班溪橋）後，沿其南岸至萬年神木，再轉折攀蜒南進至塔塔加鞍部。霍薩溪橋係民國七十七年構築，郝馬嘎班溪橋則於八十五年賀伯風災後構築，另在出水坑溪河床上亦構築二座攔砂壩，攔砂壩間河道寬廣，最寬約 150 公尺，面積達七萬平方公尺以上，並堆積著賀伯颱風過境時由上游帶來之巨量土石。

根據現地調查結果，此次發生土石流之材料來源僅止於出水坑溪下游，鄰側之郝馬嘎班溪與愛玉子溪流水則相當清澈。在霍薩溪橋與郝馬嘎班溪橋間約 400 公尺之出水坑溪河床上，目前則有多量之竹頭與砂土堆置，並有局部砂土溢出堆積於霍

薩溪橋面上，厚度約達 20 公分。由郝馬嘎班溪橋至一號攔砂壩間之 50 公尺範圍，主要由粒徑數公分以內之砂土及礫石堆置，礫石含量約 40% 以內。一號攔砂壩以上約 200 公尺範圍間之河床巨石表面上，則有泥沙堆置，更上游至二號攔砂壩間之河床巨石表面則相當乾淨，雜草生長良好，沒有流水現象。而在二號攔砂壩壩體南岸則有一面積約 35×50 平方公尺之新崩塌地產生，崩落材料以 10 公分以下之粉砂岩與頁岩屑為主，淤滿攔砂壩。目前在一號與二號攔砂壩間之河床東北側有一人工清理出一寬 10 公尺以內、深度達 10 公尺的深豁。而溪谷二側之巨量土石上則已有雜草生長，礫石大小多在數 10 公分以內，局部可達 5 公尺左右者，1 公分以上之粗顆粒



由郝馬嘎班溪上游鳥瞰斷橋，中間偏右房舍為神木國小；目前於郝馬嘎班溪上積有一 10×50 m，水深 5m 之水潭。



出水坑溪河水混濁，河床中之泥石粒徑多在10 cm以下，具淘選現象。左側為斷橋，右上方為跨於出水坑溪之郝馬嘎班溪橋，民國85年賀伯風災後建築。



一號攔砂壩以下緊臨神木國小之出水坑溪河床表面，多堆積細顆粒砂土，具流動現象，河床上亦堆置為量不少之竹頭與木塊。



跨於出水坑溪之「郝馬嘎班溪橋」下巨石磊磊，表面上有砂土殘積，前側之結構體為一號攔砂壩。



一號攔砂壩上多堆置細顆粒砂土，砂石粒徑多在10 cm以內，含礫量約40%，在巨石上則有砂土殘積。

材料約占 65% 以上，以砂岩塊為主，估計目前暫存於二號攔砂壩間之土石量達 70 萬立方公尺以上。

經由訪談村民獲知，發生土石流當天的主要降雨時間為下午四點至五點之間，（阿里山工作站神木分站所量得之降雨量為 36 公釐），下午五點五十分發生土石流時，架設於二號攔砂壩之土石流預警系統並未適時發揮作用；另據聞，霍薩溪橋於土石流發生前，橋面與河床間之空間僅剩一公尺餘。由個人於八十六年十二月拍得之照片亦顯示，數月來已有多量砂土淤積於霍薩溪橋下。

土石流成因探討

綜合現地調查與訪談結果，此次土石流僅及於霍薩溪橋以上 600 公尺之出水坑

溪，更上游地區並無土石流動之跡象。而在土石流發生範圍內，雖然橋面底下有數十公分以上之土石發生流動，但在出水坑溪河床面上發生流動之土石粒徑則均在數公分以下，並且在巨粒砂石塊上有泥砂淤積。因此可以推測，當豪雨發生後，在出水坑溪上游集水區（面積達 6 平方公里）匯集之雨水挾帶泥砂，溢過二號攔砂壩順延河道而下，並且通過一號攔砂壩，來到郝馬嘎班溪會流口，由於霍薩溪橋下空間逐漸淤滿，形成一臨時性攔水壩，以致無法完全渲泄出水坑溪與郝馬嘎班溪二條河流突來之大水，因此開始回淤，而上游沖下來之泥水則溢過霍薩溪橋面。

由於橋樑之橋面僅跨架在橋墩上，無法承受水平剪應力作用，而且泥水密度比雨水大許多，因此當泥水溢過霍薩溪橋面



一號攔砂壩以上之河床亦堆積細顆粒砂土，但在照片上半部以上之河床，則雜草叢生，並無砂土堆積與流水現象。



由上游向下游拍攝之砂土堆積情形。由河床植生處以下到一號攔砂壩間約距離200公尺。



更上游之河床表面砂石相當乾淨，並無砂土置積，植生亦未受影響。



遠眺二號攔砂壩及目前河道流路，河床右岸尚堆置賀伯風災帶來之巨量土石。



二號攔砂壩以上，土石堆置並未流失，壩體右側為土石流監測與發報儀器，於此次土石流發生時未適時發揮作用。

時，可能同時使橋面浮起，導致整個臨時壩體破壞，造成潰壩效應而形成土石流，此時回淤於出水坑溪之泥水得以適時渲泄，而在局部石塊上殘留土石。但在郝馬嘎班溪上游，僅於距離霍薩溪橋上游約 50 公尺處，形成一潭面積約 10×50 平方公尺、水深約五公尺之蓄水池。

此次降雨量遠低於賀伯颱風時之每小

時最大降雨量 200 公釐，降雨強度與水量不足，因此淤積於二攔砂壩間之巨量土石並未流動，而且上游河床堆置之土石與主要山崩體亦無持續崩塌移動之跡象，因而未釀成重大災害。

唯目前一號與二號攔砂壩均已淤滿土石，郝馬嘎班溪亦有一水潭淤積，再次引發土石流之潛在危險則尚未消失。



於86年12月14日拍攝之出水坑溪上游主要崩山體，因賀伯颱風過境造成崩山，巨量石塊渲洩而下造成嚴重之土石。



於87年5月16日拍攝之出水坑溪上游主要崩坍地，此次豪雨並未大量崩塌。

基隆中山二路落石災害

紀宗吉 陳文政 劉桓吉



基隆市中山二路落石災害現場，巨大石塊自山壁崩落而下，壓毀三棟民宅，導致居民一死一傷的慘劇。

災害概述

民國八十七年九月四日上午，位在基隆市中山二路旁的一處山坡，數顆巨大石塊突然自山頂崩落而下，直接壓毀崖下三棟民宅，居民閃避不及，造成一死一傷，房屋三間全毀，一間半毀的落石山崩災害。

災害發生的地點是一處陡峭山坡，坡頂更為一處斷崖懸壁，基岩裸露。根據附近居民表示，此地區過去為一採石場，所採石塊用於填築基隆港，陡峭的懸壁即為當時的採石掘壁，採石完後，即殘留至今。隨著基隆地區的發展，人口逐漸湧

入，此地區的房舍也由山下逐漸往山頂擴增，直逼斷崖懸壁下方。位在此地的房舍亦都是簡陋的木造房屋，甚至無法抵擋巨石的力量，以致釀成災害的發生。

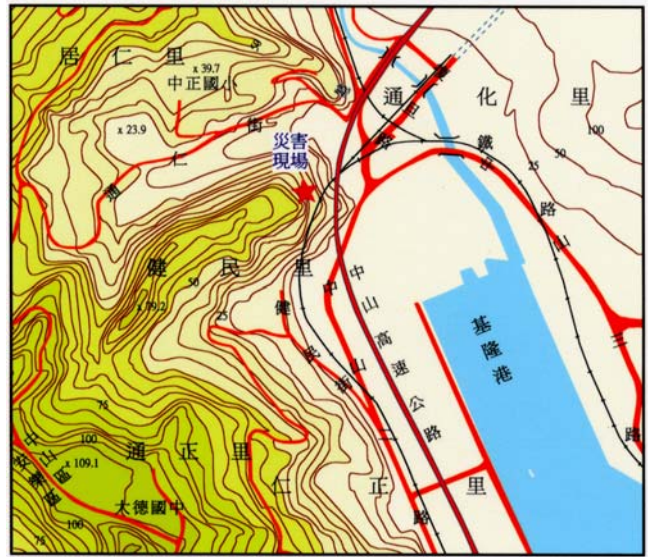


巨石崩落直接壓毀下方木造平房，照片中巨石底下之民房已被夷為平地。

災變區地形與地質

災害區位於基隆港西方之一小山脊，山脊呈東北—西南走向，縱長約 500 公尺，橫寬 200 公尺，高有 80 公尺，外貌呈豚背脊地形。從地層位態與地形的關係，西北向的坡面屬於逆向坡，坡度甚陡，約 40 度；東南坡面則與地層的傾斜一致為順向坡面。發生災害的地點位於此山脊之東北坡面，即側向坡，山壁的走向為北 10° 西，岩壁陡直，向坡內傾斜約 80°，形成倒懸坡型，極不穩定。

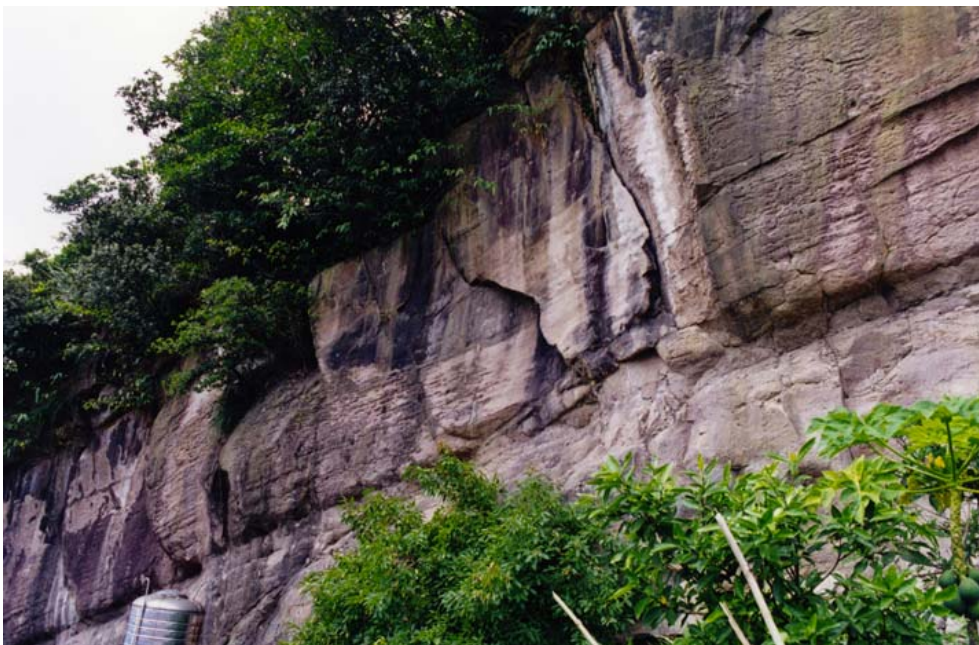
構成此山脊的地質材料屬於大寮層上部所夾厚層塊狀砂岩，層理並不發達，地層位態約為東西走向，向南傾斜 24°，出露在岩壁上砂岩層的厚度估計至少在 6 ~ 7 公尺以上。此岩壁的型態主要受到層理與節理所控制，以致岩壁上參差不平，有岩塊突出山壁，下方失去支撐的情形。



落石災害現場位置圖。

山崩類型與原因分析

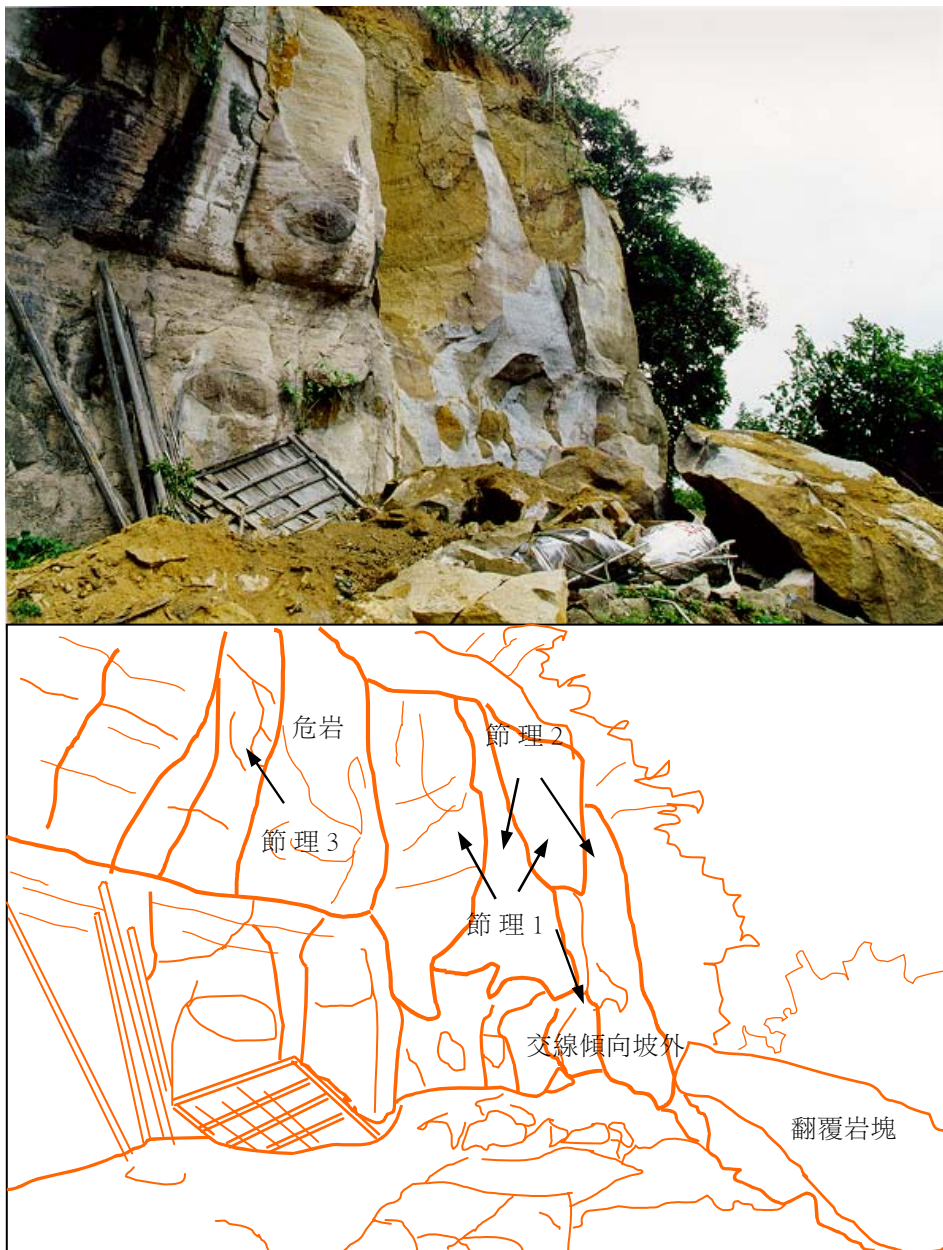
依據 Varnes (1978) 的山崩分類，本次山崩乃包含二種塊體運動的複合型落石山崩，首先是岩塊的翻覆型運動，接著是屬於滾動的落石型運動。



落石的山壁由大寮層厚層塊狀砂岩構成，受到二組節理所控制，呈菱塊狀，岩塊部份突出山壁，下方失去支撐。

而造成落石發生的主要原因與岩體本身的地質結構有極大關係。破壞岩體中除了層面外，另外有三組節理，其中二組，節理 1，北 26° 西，向北傾斜 86° 與節理 2，北 45° 東，向北傾斜 78°，構成一楔型破壞面，二面的交線傾向坡外方向，傾角相當陡直，使得岩塊在與岩壁分離後，瞬間即掉落。節理 3 為北 10° 西，向南傾

斜 83°，本組為控制此陡崖岩壁發育的因素，節理面平整，延展良好。由於傾向坡內，突出岩塊如沿此節理面分離，即造成翻覆。此三組節理間距甚寬，皆在一公尺以上，因此所造成的岩塊體積最大可達十數立方公尺以上，也是造成這次災害的主要原因。



岩塊翻落處上部可見棕色風化面，為已開裂的節理部份，新鮮灰色為本次新的破裂痕跡，照片右下角巨石為翻覆的岩塊。

根據現場岩塊崩落處的觀察，破壞前岩塊上部已有節理的分離面產生，而下部並未被節理面所貫穿，故整體岩塊完全靠此支撐而暫時穩定。採石掘壁在歷經數十年之後，隨著時間之進行，該處應力的逐漸累積增加，岩體受到風化，強度減弱，終於造成岩體破壞而分離。

由於岩塊翻覆後，即產生翻滾，因撞及下方民宅而停住，未再持續向下運動，否則以此巨大的岩塊所產生的衝擊力量，如危及下方民宅，後果恐將更為嚴重。

後語

本處是一處廢棄的採石場，當時並未

進行任何人工穩定，而一般民眾也對此種具有潛在災害的地區常無所警覺。一般來說，縱使開挖良好之岩壁，會暫時穩定一段時期；但隨著時間的增加，原有潛在的節理或裂縫，由於坡面應力逐漸累積而擴大破壞，短者數月或數年，如發生在林肯大郡的落石山壁；長者達數十年，如本案例，但發生時間目前仍無法有效預測。因此對於所有的開挖或陡峭岩壁，如有危及生命財產者，均應採取適當防範措施。目前本區仍有民宅暴露於危岩的下方，宜請地方政府僅速辦理遷移或進行危岩清除與穩固措施，以避免類似災害的再度發生。



林肯大郡社區邊坡開挖不到數年後，在溫妮颱風期間造成落石崩塌，幸未釀成災害。

位在落石地點南側，懸壁下方仍有密集の木造平房，可以預見落石災害可能再度發生。



台北市內湖路土石流災害

陳文政

位於臺北市內湖路一段四十七巷底，建築於山谷北側斜坡下方之數棟民宅，於民國八十七年十月十六日下午 5 時 41 分在瑞伯颱風之豪雨侵襲下，發生土石崩塌，掩埋 24 號及 24-2 號兩棟民宅，五位居民慘遭到活埋。經濟部中央地質調查所為瞭解災害之狀況，派員前往勘查，依據現場勘查所得，特提出本文以供社會大眾參考。

崩塌地位置及地形

崩塌地位於四十七巷底之小溪凹谷，崩積物自海拔 40 公尺之斜坡開始滑落至谷底。崩塌範圍長達 50 公尺，最寬處約 30 公尺，下緣溝口寬約 5~10 公尺。崩塌範圍上部較寬，下方則較窄。崩塌地冠部原為一平台，軍方靶場或連集合場，長約 40 公尺，寬約 30 公尺。目前集合場地已廢棄，部分地區由附近居民於其上種植蔬菜。東側之竹園長約 30 公尺、寬約 10 公尺。

崩塌地上方平台為人工整地所造成，整地之確實時間不詳，但由現有之林務局農林航空測量隊出版之第一版五千分之一地形圖（民國六十七年二月十六日航空攝影）顯示，於民國六十七年未完全整地，地形等高線間距較平均且疏密一致，表示該



內湖路一段四十七巷災變位置圖。



崩塌區及土石流位置圖。



崩塌地上方至下邊坡之狀況，外貌呈上寬下窄。

崩塌地西側之集合場。



崩塌地東側之竹園，部份竹子已崩落。

處仍為一平緩斜坡。然而圖像成白色部份，代表其正在整地階段，無植物生長，這與有植物生長區之灰黑色圖像是迥然不同。其後第四版之五千分之一地形圖（民國八十三年七月八日航空攝影），則是未發生崩塌前之地形，可看出整地後之平台（當時平台海拔高度約 40 公尺），下方地形等高線間距變密，即其坡度變陡。由地形圖研判，平台外緣部份應為開挖平台內側土方，向外側填築而成。平台上有一明

顯之凹谷，此一凹谷原與崩塌地所在之凹谷屬同一流路之凹谷。在平台填築後上方凹谷之排水為平台之排水設施所截，但目前平台上方之谷口有土崩現象，可能阻塞排水流路，因此凹谷之雨水越過土堤後在平台上形成漫流。從現場可見，有一、二條明顯流路流向崩塌地，推測可能部份地表水匯集至該處，其餘之漫流，則向西南流出後，順集合場之階梯溢流至小溪。

山崩類型

崩塌地週邊出露之基岩屬五指山層，岩性以塊狀砂岩為主。在下緣谷口西側岩壁所量得之岩層走向呈東西向，向南傾斜 44° ；節理走向呈北 10° 東，向西北傾斜 85° 。節理部分有開口，部分則緊密，延伸長約 2 ~ 5 公尺。此岩壁為一順向坡，無覆蓋土層，草木生長於節理裂隙中。崩塌地中下方最窄處之土層厚約 2 ~ 3 公尺。往上近主崩崖附近之土層較厚，厚度約 7 ~ 10 公尺，屬於填土材料物質。

崩塌材料以土層為主，石塊較少。崩

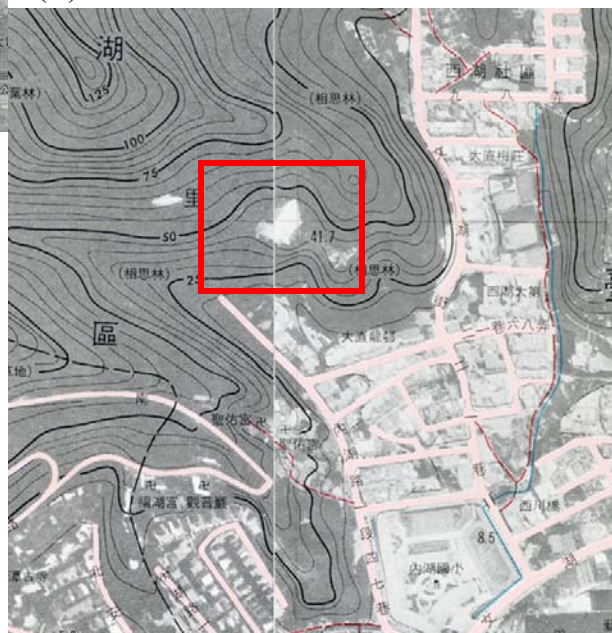
(A)



(A) 崩塌地在未完成整地前之地形。「林務局農林航空測量隊出版之五千分之一地形圖，民國67年12月16日航空攝影」。

(B) 崩塌地位置及崩塌前地形。「林務局農林航空測量隊出版之五千分之一地形圖，民國83年7月8日航空攝影」。

(B)





集合場旁之凹谷狀況。

平台上有一、二條明顯流
路流向崩場地。



塌地上緣（崩崖）為土層崩移（slump）現象，滑移之土層含飽和水，致滑動後形成土石流，快速向下流動並侵蝕地表，形成寬約 5 ~ 10 公尺之流道，土石於坡腳處堆積埋沒民宅。

崩塌因素研判

1. 豪雨

颱風侵襲時，在短時間內會帶來豪雨。依據中央氣象局台北站八十七年十月十五日至十六日記錄之降雨量分別為 218 公釐、191 公釐，如此大量的雨水未能經由排水系統有效宣洩的情況下，易造成漫流及形成逕流侵蝕，入滲至土層中。

2. 土石材料及擋土設施

比較不同時間所繪製之地形圖，可見



崩塌地中下方最窄處之土層厚約2~3公尺，其下之岩盤已出露。



崩塌地之上緣土層崩移情形。

滑移之土層含飽和水形成土石流掩埋民房及當時救災情形。



崩塌地上方之平台外緣填方區，為平台內側開挖之土石直接堆置於斜坡下方所形成。雖然因坡度不大，其上植生覆被逐漸形成，而暫趨安定，但因堆土下方無擋土設施保護，加上堆積的土石較為疏鬆，在劇烈的外因誘發下仍可能發生崩移。

3. 排水設施

集合場部份已廢棄數年，原有之截水排水設施漸漸失去功能，故暴雨時地表水在平台上形成漫流，滲入土層內，加上平台上種植竹子及蔬菜，更加快地表水下滲的速度。瑞伯颱風挾帶的大量雨水在平台上漫流，部分地表水匯集於崩塌處之小山窪，使填方土石含飽和水，不但軟化其中的土質部分，而且增大孔隙壓力，使填方部分的穩定性降低，使得土體成流動狀態開始滑移，而快速沿小山溝下滑。

建議

1. 臺北都會區週邊土地利用情形，與一、二十年前不可同日而語。以災變區附近的西湖社區來看，以往屬低密度之未開發地區，現今為高密度之住宅區。平地週邊之山坡地濫墾、濫建或廢土傾倒等人為破壞行為，均是造成當地邊坡不穩定之因素，尤其在豪雨與地震侵襲下，更容易發生崩塌或土石流，影響下游人口密集社區之安全。
2. 民國八十六年賀伯颱風過後，各縣市政府針對山坡地社區部分已做了安全體檢。然而本案及類似之個案，則暴露出各級政府對山坡地管理之死角：例如早期民眾在山坡地上建民宅時，常將整地之挖方直接堆置於山坡外緣，缺乏適當

的擋土措施，年代久遠後，居民常於其上擴建房舍或其它設施，在劇烈的外因如地震、豪暴雨等誘發下，則易發生崩塌，如此不但其上方房舍損毀，亦波及下方民眾之生命財產。由於此類建築或整地零散分佈於各山坡地，不易管理，以達到事先防範之效。為亡羊補牢，各級政府除了應針對山坡地的濫墾、濫建、傾倒廢土等行為予以有效防堵外，並要儘速針對山坡地之排水、崩塌地、廢土區、挖填方區（建地、非建地）、道路等進行調查與評估，做出改善對策。

3. 坡地社區於開發前有各級政府的審查，開發後有管理委員會的運作，因此在安全上較易監督管理。但散見於山坡地上的民宅，則缺乏直接有效的管理。政府應加強對民眾宣導山坡地居住安全的重要性，隨時注意災害發生前各種警訊，提昇民眾的防災意識。

新店北宜路土石流災害

紀宗吉 陳文政 劉桓吉 林朝宗



北宜路二段265巷災害現場滿地堆積的黃泥（分佈圖 p-1）。

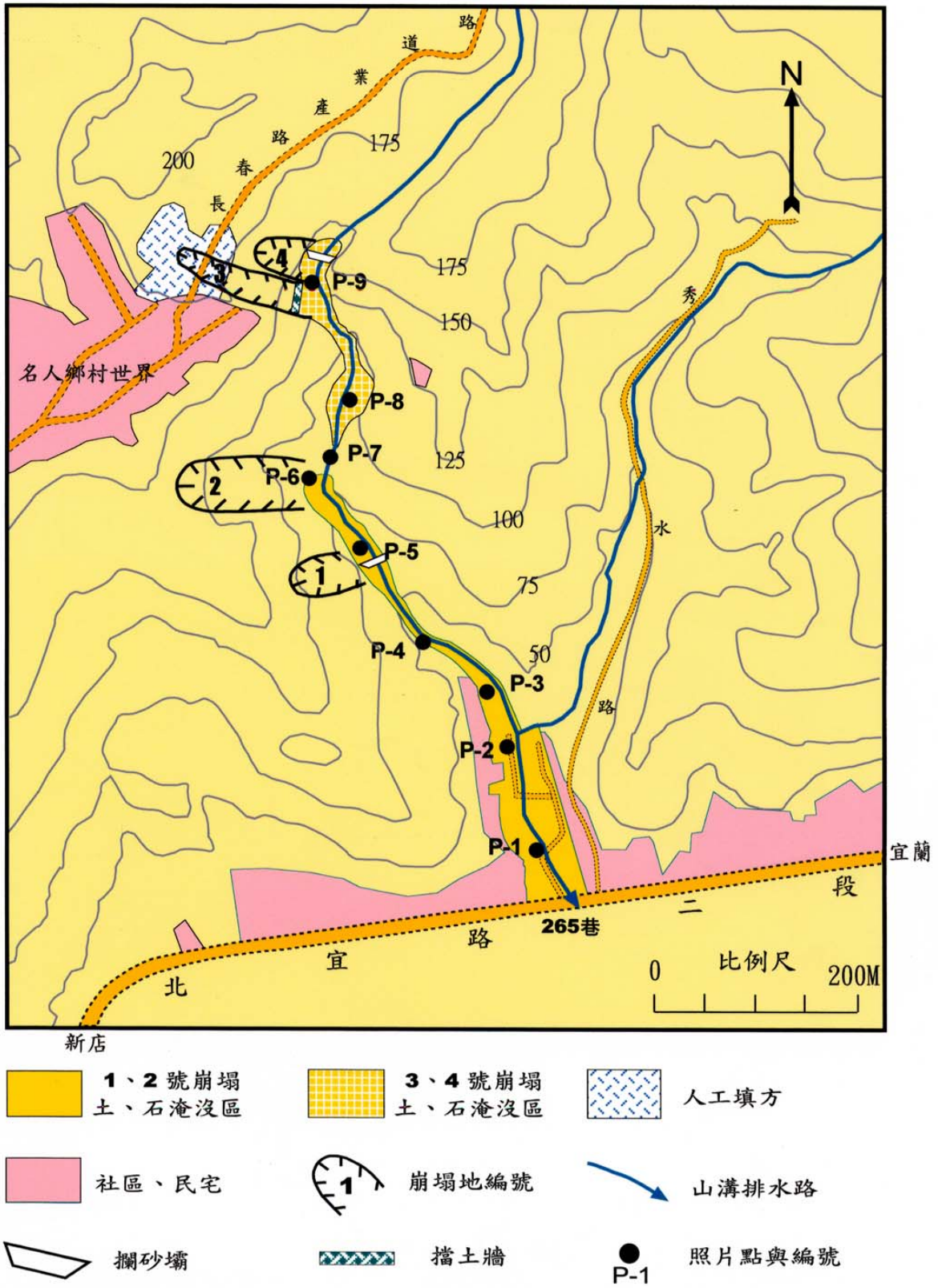
前言

87年10月26日凌晨，芭比絲颱風過境台灣，新店市北宜路二段265巷（美潭里）一帶，溪水夾帶土石、泥漿，從社區後方山溝，沖瀉而出，造成當地近百餘戶民宅，遭受土石、泥漿侵入，幸居民及時逃生，致未釀成傷亡。有關造成這次土石流災害的原因，經當地政府初步勘驗認為與長春路產業道路的坍方有關。由於本次災害影響的範圍甚大，經濟部中央地質調查所為了解是否仍具有發生土石流之潛在危險，再次造成當地災害，遂派員前往調查土石流原因，以提供有關單位防災整治之參考。

災害現場

新店北宜路二段265巷一帶的土石流災害分佈調查結果如下圖所示，由北宜路二段進入265巷，映入眼簾，滿地黃泥淹沒的痕跡（分佈圖 p-1）。有些民宅內仍有大量急待清除的泥漿，從外牆沾附的泥漿估計，淹沒的深度幾達盈尺。根據居民描述，泥漿、土石瞬間湧至，就連家中財物都來不及收拾，倉促逃生。

265巷的住戶沿排水溝二側比鄰而建，與排水溝爭地的結果，導致水溝寬度狹窄。上游二條山溝流至山腳匯集，排水溝並未擴大，致排水量縮減（分佈圖 p-



新店北宜路二段土石流分佈圖。

2) ，當排水溝為上游沖下之土石所淤滿時，溪水即氾濫成災。

265 巷 34 號位於山溝下游出口之溪谷中，土石流沖瀉而下時，首當其衝（分佈圖 p-3），遭土石流淹沒高度幾達 2 公尺深。土石流的組成主要以泥、砂及較小粒徑的風化岩屑為主，受淹沒的房舍外部未見明顯損壞。

土石流調查

由山溝出口往上游進入山區，舉頭所

見，溝谷二側林木橫臥、土石淺蓋，溝底則為土石、雜木所淤填（分佈圖 p-4）。往上游，則土、石材料淤填情形逐漸減少。在經過一處小型攔砂壩後，溝中呈現大量的土石堆積物（分佈圖 p-5）。第 1 處崩塌地緊鄰攔砂壩的西側，崩塌範圍寬約 30 公尺，高約 20 公尺，崩塌的類型屬於風化崩積土的圓弧型滑移（分佈圖 p-5）。目前在崩塌的趾部仍有大量的滑移土石堆積於河道上，在下次的颱風或豪雨時，有可能成為引發土石流材料的來源。



山坡上游二條溪溝流至山腳匯集，排水溝並未擴大，致排水量縮減（分佈圖 p-2）。

265巷34號位於山溝下游出口之溪谷中，土石流沖瀉而下時，首當其衝，遭土石流淹沒高度幾達2公尺深（分佈圖 p-3）。





溝谷二側林木橫臥、溝底則為土石、樹木所淤填（分佈圖 p-4）。



攔砂壩後，溝中可見有大量的土石堆積物（分佈圖 p-5）。



位於攔砂壩西側第1處崩塌地，崩塌的範圍寬約30公尺，高約20公尺，為風化岩屑的圓弧型滑移（分佈圖 p-5）。



第2處崩塌地距一號崩塌地上游約五十公尺，崩塌地的規模甚大，崩塌範圍由山頂至溝底，高差有五十公尺以上，縱長在一百公尺以上，寬有三、四十公尺，滑動的材料屬於風化的土、岩屑塊為主（分佈圖 p-6）。

第 2 處崩塌地距第 1 處崩塌地上游約五十公尺，此崩塌地的規模甚大，崩塌範圍由坡頂至溝底，高差有五十公尺以上，縱長在一百公尺以上，寬有三、四十公尺，滑動的材料為人為填方的土石（分佈圖 p-6）。本崩塌地根據當地居民口述，前後曾經發生過二次的崩塌，此與崩塌地的目前的形貌極為吻合。第一次崩塌是發生在瑞伯颱風期間，崩塌的位置在下部，不過當時並未造成土石流。第二次則發生在芭比絲颱風期間，崩塌的位置為第一次崩塌上方至坡頂處。崩塌的類型是圓弧型滑移，滑移的物質鬆散，滑動後即崩散堆積於坡趾處。

在經過第 2 處崩塌地之後，山溝向北轉折前往上游，此段山溝狹窄，坡度亦陡，溝中並無新的堆積物，但在距此處前方不遠，見大量土石堆積物出現。越過此處，地形上為一窄谷的出口，山溝更為寬擴，坡度也相當的平緩。在此一開擴的山谷中到處堆滿混雜的堆積物，包括土、石、樹木、建築廢棄物與各種家庭廢棄物等，應是來自上游，而暫棲於此地（分佈圖 p-7）。由本處再前往上游，在越過一段落差達二十公尺的山谷後，隨即又出現相連二處的崩塌地，也就是第 3 和第 4 處崩塌地，溝內則佈滿大小不同的岩塊，和崩落的土、石材料與破壞的擋土結構（分佈圖 p-8）。



在一處開擴的山谷中到處堆滿由各種混雜的堆積物，包括土、石、樹木、建築廢棄物與各種家庭廢棄物等（分佈圖 p-7）。

位於第3和第4處崩塌地下方溝內，佈滿大小不同的岩塊，和崩落的土、石材料與破壞的擋土結構（分佈圖 p-8）。



第 3 處崩塌地（分佈圖 p-9）的崩塌頭部位於長春路產業道路的上方邊坡，以致造成道路產生坍塌的情形（分佈圖 p-9）。崩塌地的外形狹長，落差約五十公尺，長度可達一百公尺以上，崩落的材料屬於人工的填方材料、雜物等。崩塌的底部曾設置擋土牆，亦因上方崩塌而傾倒。本崩塌地依據外形研判，崩塌區的頭部為圓弧型的滑移，之後崩塌物質為順著原地形面的滑動。

第 4 處崩塌地緊臨著三號崩塌地東側（分佈圖 p-9），崩塌的範圍較第 3 處崩塌地小，高度雖僅約十數公尺，但寬度約有四、五十公尺，崩落的物質主要為高度風化的表土。由此二崩塌所造成的崩積物，目前仍大量遺留於溝中，等待下次的豪雨

伺機而動。由此往上游，越過攔砂壩，溝內植生茂密，則未見任何新的河床堆積情形。

災害原因

造成 265 巷社區土石流的災害，主要是第 1 與第 2 處號的崩塌地所造成，大量的崩塌物質堵住山溝後，形成土堤阻擋溪水，當溪水不斷上漲，最後越過土堤，造成土堤崩潰，溪水瞬間沖瀉而下，致居民倉促逃生。隨後，這些崩落的土石也在浸泡軟化的情況下，形成土石流向下游流動，淹沒民宅。

至於第 3 與第 4 處崩塌地的崩塌材料所引發的土石流，流動不遠後，即在下游一處較為寬擴的河道中堆積，並未至下游



第3與第4處崩塌地位置，左側為第3，右側為第4（分佈圖 p-9）。



三號崩塌地的頭部位於長春路產業道路的上方斜坡，以致造成道路產生坍塌的情形（分佈圖 p-9）。

造成災害。

265 巷發生的災害與長春路產業道路的崩塌關係不大。由第 3 處崩塌地的崩塌材料可知，崩塌區內原為一工程棄土堆置場，後來又為家庭廢棄物所堆置，在未作好水土保持的情況下，導致在颱風豪雨期間崩塌。

結語

經過本次現場的勘查結果可以發現，新店北宜路二段 265 巷社區後方山溝，在芭比絲颱風過境期間，共有發生四處的崩塌地，除造成本次土石流的災害，在山溝內仍殘存大量的崩積物，這些崩積物在下

一次颱風豪雨季節，又成為土石流的來源，土石流將再度肆虐，淹沒社區與水溝。事實證明，民國八十八年六月的端午節，北部地區連日豪雨，災害再度重演，265 巷 34 號又一次被土石流所淹沒。

建議相關單位應儘速採取必要措施，以防止土石流災害發生，而首要工作，應防止崩積物的下移與產生新的崩積物。對於已發生崩塌的山坡應以蛇籠或檔土牆的穩定方式，中下游山溝則可興建攔砂壩等工程將崩積物阻擋、穩定於河床上，同時可以減緩山溝測蝕作用，穩定二側谷壁。下游淹沒區則應疏導排水流路，興建防護堤以防止土石、泥漿溢出河道二側。

左鎮 326 電塔滑移倒塌災變

紀宗吉 劉桓吉 林朝宗



倒塌之326號電塔，塔頂為高壓線所牽住，塔基向西北西方向滑移約二十餘公尺。

全台大停電

民國八十八年七月二十九日晚上 11 點 31 分，台灣全島發生五十年來最嚴重的停電事件，台南以北地區均受到此次大停電的波及。造成大停電的原因，在經過台電公司漏夜檢查的結果，是因位在左鎮鄉澄山村山豹地區的 326 號超高壓線電塔倒塌，導致連接龍崎到嘉民以及龍崎到中寮的兩條超高壓電線掉落地面，無法進行輸電所致。而電塔倒塌的原因，經台電工程人員初步判定是由當地發生山崩滑動所引起。中央地質調查所特派員至災變現場勘

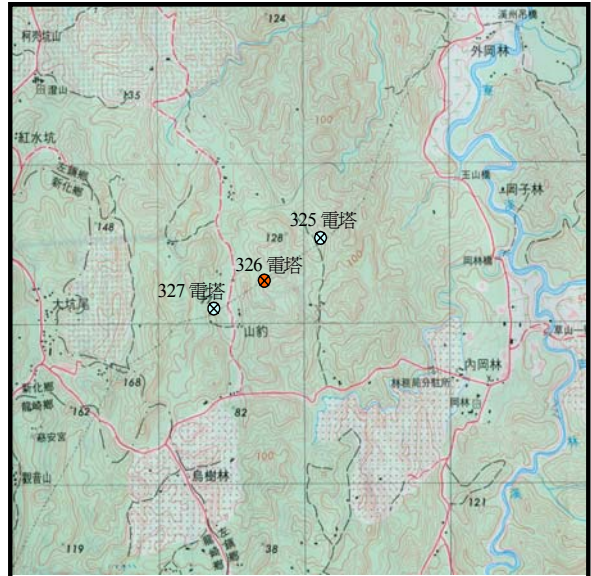
查，以進一步了解造成此一重大災變的原因，供大眾了解，並希望有助於政府相關單位對此災變事件之補救工作參考。

326 電塔位置

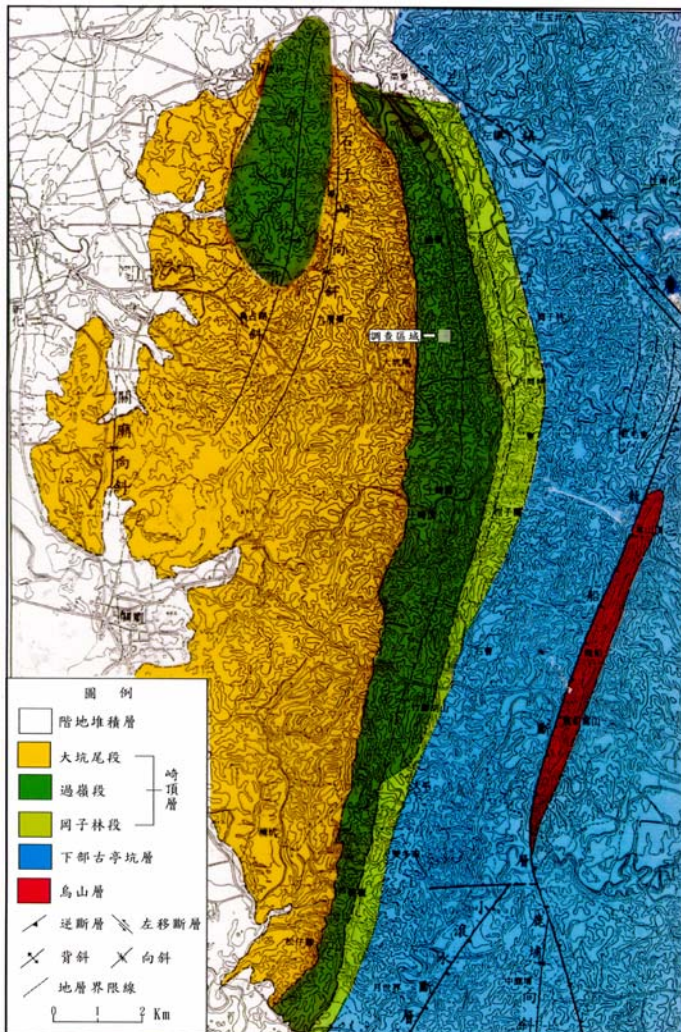
326 電塔倒塌地點位在台南縣左鎮鄉澄山村山豹村落，即新化市東南東方約十公里；左鎮南方五公里處。自台南市沿台 20 線公路東行，至左鎮前 1 公里折向南行，經產業道路即可到達現場。或自新化沿南 168 公路東行，過烏樹林約 500 公尺之慈媽宮折向北行，約 1 公里可抵達。

塔基地形、地質

台電 326 電塔基所在地形屬於台南丘陵地形區，台南丘陵北自曾文溪，南迄高雄嶺口與楠梓間，南北長 43 公里，東西寬約 16 公里。台南丘陵以東側地形高度較高，海拔高度達七百餘公尺，由此向西南逐漸遞降，至左鎮、龍崎一帶，丘陵高度已降至百餘公尺，至關廟附近則漸沒入平原。本區岩石膠結不佳，結構鬆散，抗侵蝕力極低，因此侵蝕谷地極為發達，分水嶺亦呈狹窄。本區主要稜脈大致呈南北走向，地層走向亦略近南北，向西傾斜 20°



326電塔位置。



左鎮地區地質圖（謝凱旋提供）。

至 30° ，因此西向斜坡普遍都發育為順向坡地形，東側如受河流的側蝕作用，則呈現斷崖地形。台電 326 號電塔座在一東西方向山脊西側末端之斜坡面，坡面平整，坡度約 28° ，與地層傾角一致，故為順向坡。西側山谷中有一山溝，由南向北流經，對坡腳造成侵蝕作用。

台南丘陵地區地層分佈主要為上新世烏山層、下部古亭坑層與上新-更新世之崎頂層。丘陵東半部呈惡地形區即為下部古亭坑層之泥岩所構成；西半部丘陵地層分佈以崎頂層為主，崎頂層由下而上分為三段，災變區地層即屬於過嶺段，相當於中油公司的二重溪層，主要岩性為黃棕色細粒疏鬆砂岩與泥岩或頁岩的互層。地層位態為南北走向至北偏西 10° ；向西傾斜 25° 至 30° 。326 電塔基礎為一厚 3 ~ 4 公尺砂岩，下方緊接厚約 2 公尺的頁岩，再其下為一厚塊狀砂岩，膠結均不佳，易於風化與崩解。



出露於326塔基下方之頁岩及厚砂岩層，膠結均不佳，易於風化與崩解，頁岩上方的厚砂岩已滑落，露出滑動面情形。

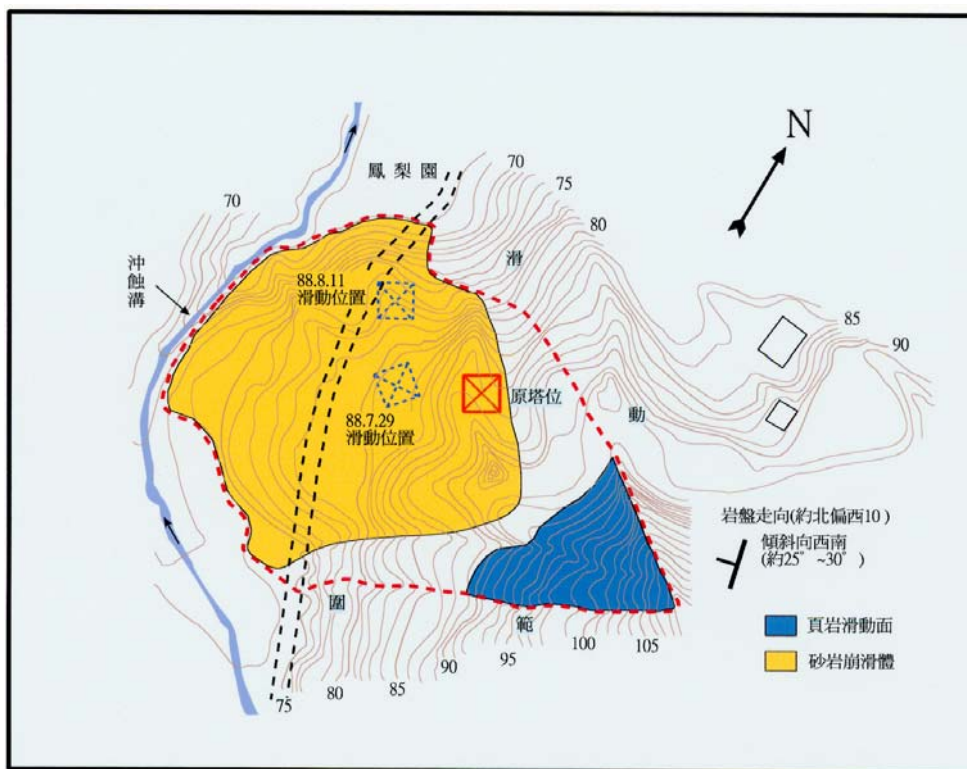
電塔倒塌原因

電塔倒塌的原因為山崩作用所造成。326 號電塔的基礎為厚層疏鬆砂岩，下為頁岩，此次即是上覆的砂岩沿著頁岩層表面向西順層滑動，地層滑動的滑距約 22 公尺。326 號電塔由於基礎在植入地盤不深的情況下，基腳便隨著下滑的岩體而下移，但塔頂因有電纜拌住，因而使整座電塔呈”ㄣ”字型折倒。同時由於 326 與 327 電塔間距離縮短，電纜鬆弛落地而導致停電事故，滑動後砂岩層暫停於坡腳

處，並逐漸崩解。因現場興建臨時塔基施工及持續豪雨，於同年 8 月 11 日塔基再次向北發生滑動位移。



326電塔現場滑動後地形及原地搭建之臨時塔基。



326電塔滑動後山崩地形特徵（地形為台電公司分別於88年8月1、17、19日測量）。

山崩原因分析

台電 326 號電塔座落在一向西傾斜 28° 度的順向坡上，基礎雖為厚層砂岩，但下方緊接一層厚頁岩，形成一個潛在的滑動面、疏鬆容易滲水的砂岩與連日的豪雨，都是造成這次滑動的主要因素。因此導致此次地層滑動的因素可歸那如下：

- 一、本電塔建築在具有潛在順向坡滑動區，地層傾角約 25° 至 30° ，易於發生滑動。
- 二、塔基地質材料為疏鬆砂岩，下方為頁岩，砂岩容易滲水，雨水滲入遇頁岩層即不易下滲而留滯在頁岩表面，長期造成頁岩面軟化，利於滑動。
- 三、近日南部地區連日豪雨致使地層中飽和含水量增加，造成孔隙水壓上昇，

潛在滑動面抗剪強度降低，引發地層下滑。

- 四、原本暫時安定的順向坡，其坡腳可能因長期冲刷或開墾，砂岩層在坡腳處漸失去支撐而下滑。

結語

本次順向坡滑動的規模雖然不大，但卻造成的全島嚴重的災害，直接的產業損失超過百億，間接的民心震盪、生活不便等無形損失更是大家始料未即。每次發生工程災害有人便把它歸為地質條件不良，其實應是長久以來，許多工程建設未重視地質環境與大自然的力量所致；另一方面也顯示社會上普遍對地質的了解極為不足，這可能是地質工作者仍需再努力的地方。



326電塔築於膠結疏鬆的厚砂岩上，基礎淺，隨著這次砂岩滑動而下移。



滑動面為上覆砂岩與頁岩界面，頁岩面上仍殘留有砂岩與滑動擦痕，滑動方向為右上向左下滑動。

龍崎兵仔舍滑崩災害

紀宗吉 林朝宗 許智鈞



龍崎兵仔舍山崩現場全景。照片中右側房舍於八月八日山崩時部份塌陷損毀，左側農舍亦於八月十三日第二次山崩時已完全滑落谷中。

災害概述

民國八十八年八月八日傍晚，也就是左鎮台電 326 電塔基發生地層滑動後不久，台南縣龍崎鄉崎頂村兵仔舍，再度發生大規模的山崩，造成一棟民舍、器具、果園等跌落山谷，幸無人傷亡。未料，十三日清晨 7 時，現場又再度發生崩塌，使得另一間農舍與產業道路滑落、塌陷。根據房舍倒塌的受難業主表示，房舍興建至今已二十餘年，以往地面雖出現龜裂現象，但從未有如此大規模滑動情形。自八月七日起，南部地區即豪雨不斷，至八日傍晚 6 時左右，房舍的水泥牆壁開始出現龜裂，傍晚 7 時，突然傳出巨響，屋旁的

果園與竹林隨即陷落深達數十公尺的谷中。由於地基陷落，房舍失去支撐，鋼架結構隨之傾倒、扭曲變形，大批器具同時跌落谷底，地面到處龜裂。



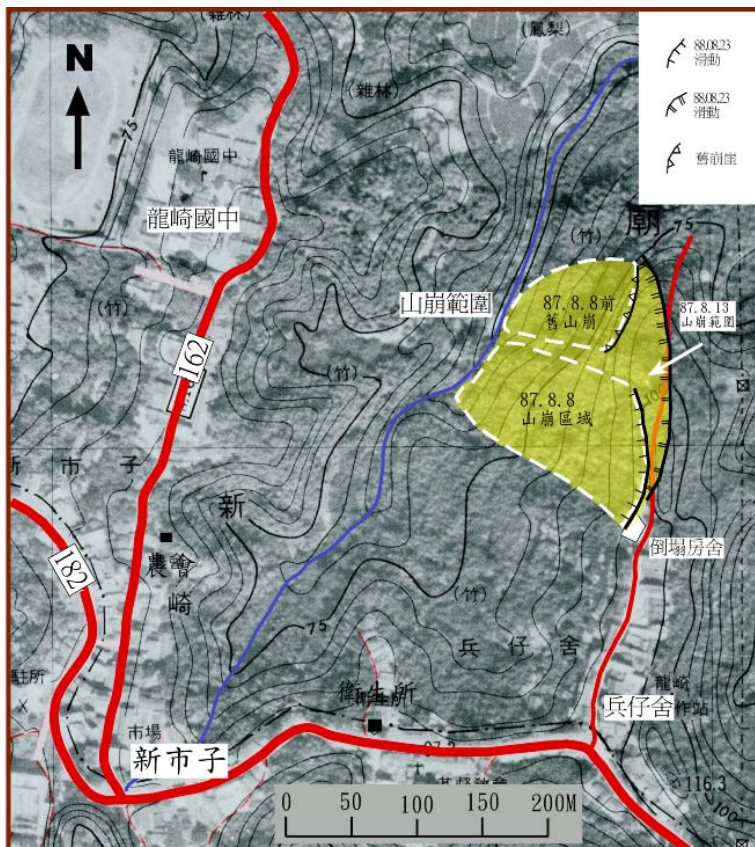
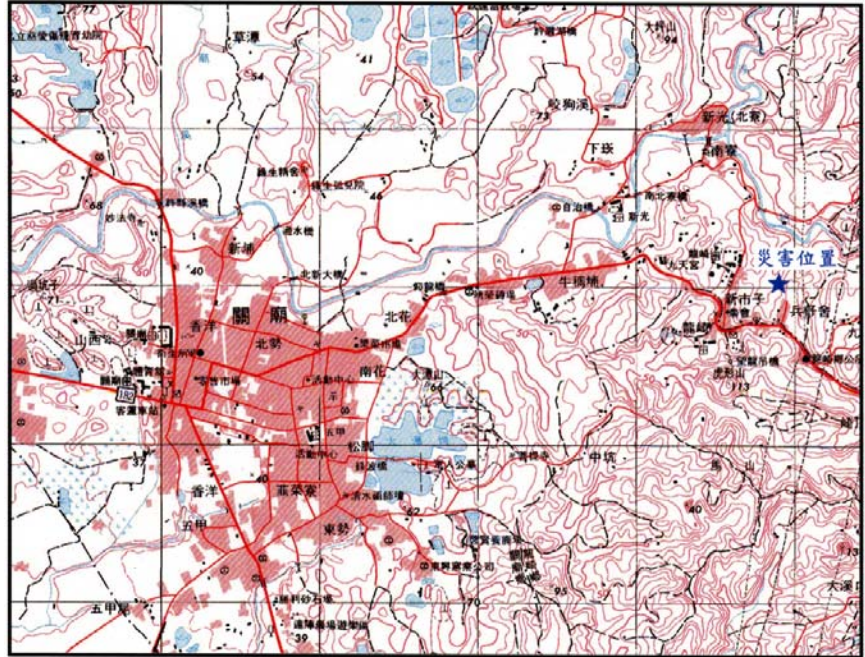
龍崎兵仔舍地層滑動引發房舍倒塌跌落谷中。

山崩地點

山崩地點位在台南縣龍崎鄉崎頂村兵仔舍部落的一條產業道路上，自中山高速公路仁德交流道循 182 縣道東行，過關廟

鎮後再前行 2 公里達兵仔舍部落，遇產業道路左轉進入即可達。山崩範圍初步估計，面積約 1~2 公頃。

龍崎兵仔舍山崩災害位置。



龍崎兵仔舍地層滑動範圍。

區域地形與地質

本地區與發生滑動的台電 326 電塔基均屬於台南丘陵地形區。台南丘陵北起自曾文溪，南迄高雄嶺口與楠梓間，南北長 43 公里，東西寬約 16 公里。台南丘陵東側地形高度較高，海拔高度達七百餘公尺，由此向西南逐漸遞降，至龍崎一帶，丘陵高度已降至一百公尺，至關廟附近則漸沒入平原。

台南丘陵地區地層分佈主要為上新世下部古亭坑層及上部古亭坑層，上新-更新世之二重溪層、六雙層。丘陵東半部呈惡地形區即為下部古亭坑層之泥岩所構成；西半部丘陵地層以六雙層為主，本滑動區地層即由本層所構成。六雙層以塊狀細粒至粉砂質原石英砂岩為主，夾薄層砂岩及

青灰色泥岩之互層。砂岩厚者每層五至二十公尺，砂岩膠結不佳，結構鬆散，抗侵蝕力極低，因此本區河谷二側砂岩受侵蝕情形極為嚴重。本區地層大致呈北北東走向，傾角甚小，向西傾斜約十餘度。同斜山脊地形極為發達，山脊之西側為順向坡地形，多由厚層砂岩所構成，東側如受河流的側蝕作用，則呈斷崖地形。

崩塌區地形與地質

崩塌區位於南北向山脊之西面斜坡，山脊頂部地形狹長，起伏甚緩，有數戶民宅沿山脊頂部排列，發生倒塌的房舍則是位在最北側的一棟建築。崩塌區冠部崩崖濱鄰產業道路下方，崩塌趾部已滑至山溝，二者高程差約近 50 公尺。崩塌前上方



山溝中所出露之厚層砂岩與下層泥岩，泥岩之頂面即構成本區之滑動面。

坡度較緩，約 10° 左右，與地層傾角一致；坡腳處因受河流冲刷侵蝕作用，坡度較稍陡，約在 20° 。崩塌區內尚發現過去發生順向坡滑動之殘遺地形特徵。

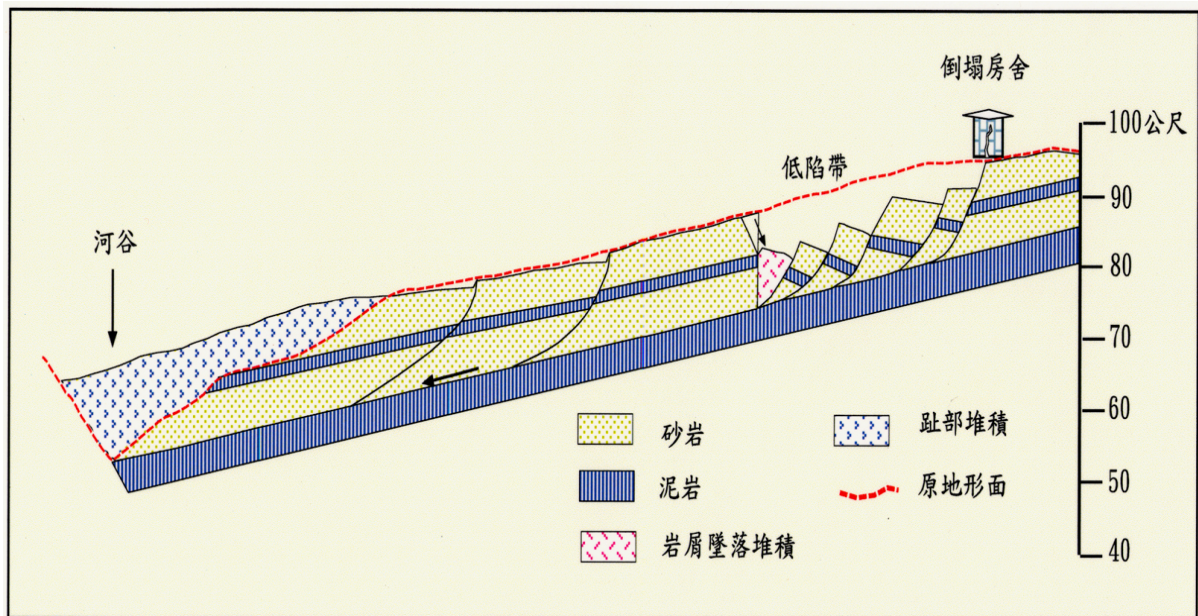
本區位在台南丘陵西半部，地質層位上屬六雙層，由厚層砂岩與青灰色泥岩互層組成，在山溝西岸邊可見厚層砂岩出露之陡崖，厚度約五公尺，其下有一層青灰色泥岩，因未完全出露故厚度不詳。從這次主要崩滑岩體露出之剖面來看，最上層是風化的砂岩層，其下為厚約三公尺之青灰色泥岩，再下則為山溝中所出露之厚層砂岩，至於最底部的泥岩由於層位與高程均較低，並未完全出露。

山崩類型

兵仔舍崩塌造成的崩崖長約 200 公尺，趾部約 150 公尺，面積約 2 公頃。依 Varnes (1978) 的山崩分類，崩塌區內發生多種的山崩類型，包括平移-旋轉的複合型 (complex)，多階式 (multiple) 旋轉型與翻倒（墜落）-流動型等三種。整體來說，兵仔舍的山崩是屬於混合式 (compound) 的山崩。

八月八日山崩

八月八日所發生的山崩，主要就是平移-旋轉複合型的多複式滑動所造成，也是崩塌區內最大的崩滑體。滑動的距離估計有 20 ~ 30 公尺遠，崩滑體的趾部滑入山溝，堵塞河道。岩體滑動後與主崩崖間造成一條深達數公尺的低陷帶。低陷帶二側



八月八日地層滑動剖面示意圖。

崖壁陡直，在無法維持穩定的情況下，東側崖壁相繼發生數階的旋轉崩塌崩崖，並向後發展，致使房舍地基塌陷、破壞。本次滑動現場情形與過去舊崩塌的特徵類似，因此研判二者的滑動面相同，也就是最下層泥岩層。崩滑體北側舊崩崖上之砂岩與泥岩塊也有局部翻覆墜落，並在高含水量情況下轉為流動，堆積於山溝中。

八月十三日山崩

八月十三日南部持續降雨，再度造成主崩崖與舊崩崖向後發展。連續的旋轉崩塌，使崩崖後退達數十公尺，造成崩塌區內 2 棟農舍與道路塌陷、破壞。

山崩原因分析

造成本次山崩的原因可說是與台電



平面型滑動後造成一低陷帶，其東側（左側）陡崖發生連續多階式旋轉崩塌，西側（右側）為岩屑墜落。



本次崩塌與早期舊崩塌的特徵類似，皆是以最下層的泥岩層為滑動面進行滑移。

舊崩崖上再度崩塌的砂岩與泥岩塊，因含水量高而向下流動，堆積於山溝中。





八月八日龍崎兵仔舍發生山崩的現場，路旁農舍岌岌可危。



八月十三日因連日降雨不斷，於上述地點再次發生山崩，崩崖後退數十公尺，使得原先路旁農舍隨之滑陷。



八月十三日龍崎兵仔舍再度山崩，崩崖已向後發展至稜線後方，造成另一棟農舍的破壞。

326 電塔滑動的原因如出一轍，歸納如下：

1. 發生滑動的斜坡原本即為一順向坡地形，雖然地層傾角較為平緩，但坡腳受到河流沖刷侵蝕，使得坡度變陡，滑動面透空，岩體失去側向支撐，因此而極具滑動的潛勢。
2. 滑動區地質材料為厚層疏鬆砂岩與泥岩互層，砂岩容易滲水，地下水滲入遇泥岩層後，即不易下滲而留滯在泥岩表面，造成泥岩軟化，有利於滑動。
3. 近日南部地區連日豪雨致使砂岩中飽和含水量增加，使岩體重量增加，即增加下滑的驅動力，同時泥岩面軟化、孔隙水壓上昇，抗剪強度降低，引發地層的下滑。本區目前仍極不穩定，隨時有再產生滑動的危險，應避免任何的經濟活

動。

結語

台南縣左鎮與龍崎地區在連續兩次的豪雨之下，相繼造成許多嚴重的山崩災害，危及多處的高壓電塔。龍崎鄉全鄉發生山崩、路基流失者亦近五十處，顯示本區為極高危險的潛在山崩地區。本區除了順向坡地形高度發育，地質材料鬆軟、抗蝕力低、河道下蝕容易、地層傾角約十至三十餘度，這些都是造成地層滑動的內在因素。而這次近二個月來的連日豪雨，則是引發山崩的外在因素。本區雖然是丘陵地區，但人口與經濟活動高，為保障民眾生命財產安全，當務之急，應建立本區潛在地質災害地區資料，以收事先防範之效降，低災害發生。

小坍塌釀大禍 -

梅山太平村土石崩災害

紀宗吉 林朝宗



嘉義梅山太平村山崩現場，大量土石直衝而下，不幸沖毀山下一棟三合院宅。

土石滾滾而下

民國八十八年八月九日上午，嘉義梅山鄉太平派出所後方茶園，突然發生山崩。土石自山上滾滾而下，直衝山下一棟三合院，屋主一家十一口，走避不及，身陷土石堆中，幸賴警方即時搶救，無人傷亡，但整座三合院已為傾瀉而下的土石所沖毀。災害發生時，台灣中、南部地區連日豪雨不斷，累積降雨量已多達一、二百公釐。根據當地居民表示，災害現場在前不久的一場颱風，也曾發生類似山崩的事



崩塌的土石順著三合院後方茶園的蝕溝，直接衝到山下，甚至湧至前院，整座三合院幾乎為土石所淹沒。

件，造成當地一戶民宅損毀。

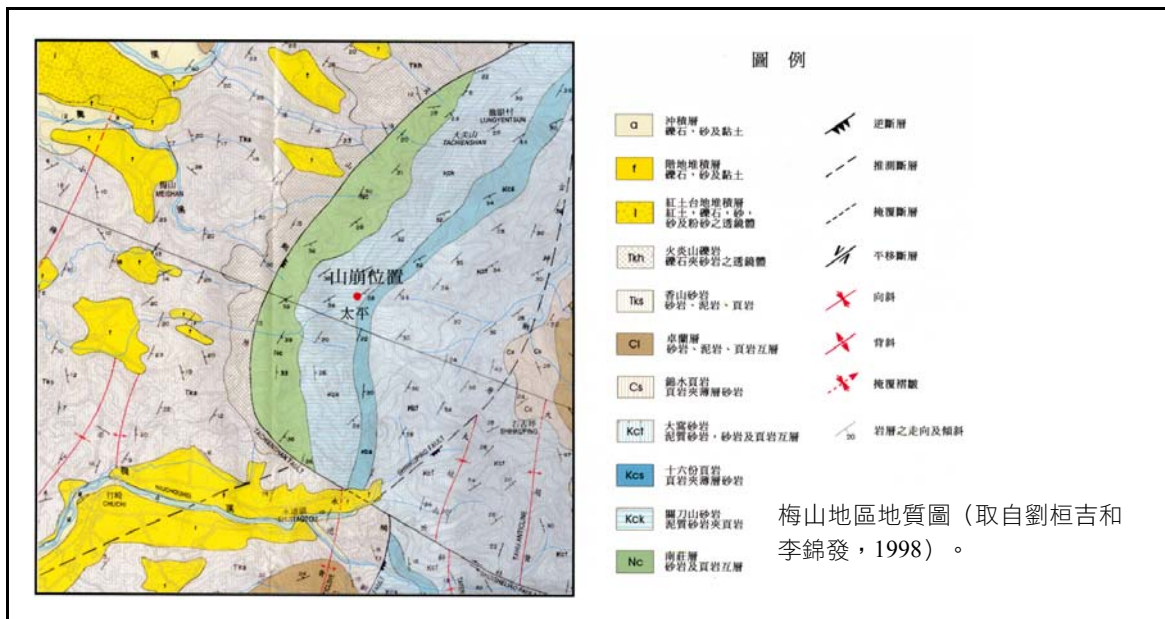
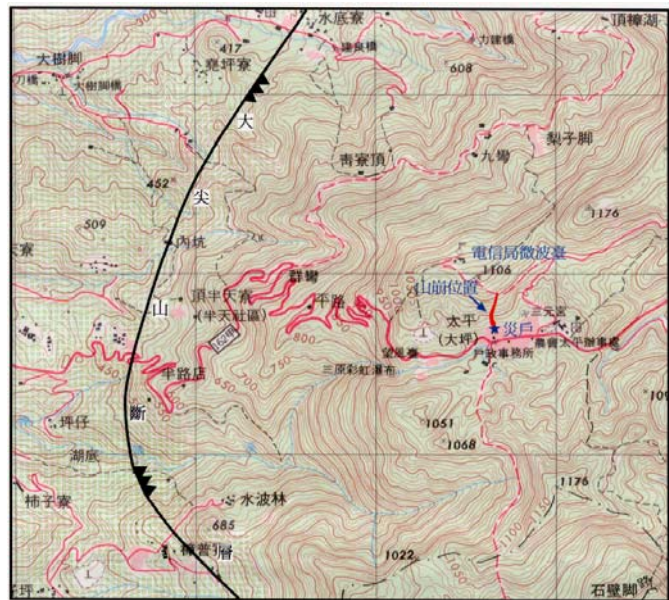
太平村地形與地質

嘉義梅山地區地形上以大尖山斷層（觸口斷層）為界，分為東、西兩部分。斷層以西為低矮之梅山丘陵，海拔高度約在 500 公尺以下；斷層以東為崇山峻嶺區，海拔高度約在 1000 公尺以上。梅山太平村即位於大尖山斷層東側之大尖山山脈，本區山地海拔高度為 500~1200 公尺。

大尖山山脈在本區呈東北—西南走向，主峰位於太平村東北方，海拔高度為 1265 公尺。山脊高度向西南緩降，至太平村一帶，山脊高度已降為 1107 公尺，過太平村後，地形坡度則驟降，至半路店一帶，海拔高度已降為 500 公尺。

大尖山斷層以東地區出露之地層全屬第三紀淺海相地層，包括中新世與上新世的南莊層、桂竹林層、錦水頁岩與卓蘭層。斷層以西為上新世晚期和第四紀濱海

梅山鄉太平村山崩災害地理位置圖。



及海退性堆積物，主要以頭崙山層及台地堆積層為主。

山崩現場地形與地質

山崩現場為一處茶園陡坡，脊頂處海拔 1107 公尺，坡腳海拔為 960 公尺，高差約有 150 公尺。茶園山坡的坡度平均變化在 25° 至 35° 之間，斜坡面上有數條淺溝

發育。災後，受災房舍後方茶園，形成一條寬 3 ~ 4 公尺，深約 1 ~ 2 公尺的槽溝，槽溝的源頭可溯自高程 1060 公尺之山腰處。從槽溝剖面可以發現，山坡表層為風化崩積層與風化的破碎岩塊，厚約 1 ~ 2 公尺。山坡的基盤岩是由關刀山砂岩所構成，砂岩風化、破碎，層理發達。岩層走向與大尖山脊一致，約為北東走向，向



受災房舍後方茶園由山腰處，形成一條長220公尺，寬34公尺，深1~2公尺的侵蝕槽溝，崩滑的土石即是順此槽溝一路沖毀茶園、人工磊石土牆和山下的房舍。槽溝右側(長草處)為上次崩滑者。



由槽溝剖面可知，山崩現場表層1~2公尺為風化的崩積層和破碎岩塊，基盤是關刀山砂岩。砂岩層理發達，走向與地形一致，為一容易發生滑動的順向坡。

南傾斜，傾角為 20° 至 40° ，構成容易滑動的順向坡型。

山崩類型與原因分析

造成太平村這次山崩災害，竟然是由一處不起眼的道路邊坡坍方所引起。坍方地點位於太平村連接電信局微波臺之連絡道路上，該路段恰位於受災戶正上方高程約 1060 公尺之山腰處。坍方路段所在地形坡度甚陡，道路是以半挖填的方式修築而成，邊坡開挖的部份，並未設置任何擋土結構。邊坡表層是由厚約 1 ~ 2 公尺的高度風化表土與風化岩屑組成，下方是輕至中度風化的厚層砂岩，岩體稍有破碎。造成坍方的部份是以表層物質為主，坍方後出露的滑動面即為砂岩層面，因此坍方的類型即為順層面的滑移。道路邊坡坍方的

範圍不大，具有約 5 公尺，底寬 5 公尺，厚約 1 ~ 2 公尺之三角型區域。坍方後，土石越過路面掉落，滾滾而下。之後，順著原來淺溝，一路沖毀茶園及人工磊石土牆。由於土石發生區的地形坡度陡峭，因此一開始便具極高的動能。土石沿途沖蝕坡面，加深蝕溝深度，磊石塊與蝕溝材料亦一併被挾帶，大量土石直衝山下。侵蝕槽溝總長達 220 公尺，高度落差 100 公尺。

根據 Varnes (1978) 及 Hutchinson (1988) 的山崩分類，山崩的類型由最初的土石滑崩 (debris slide)，轉為運動速度極快的土石崩 (debris avalanche)。土石崩一般發生在坡度 25° 至 45° ，以及發育有長而狹窄的沖蝕槽溝的陡坡地帶 (Soeters and van Westen, 1996)。



造成此次山崩災害的源頭，起初僅是由太平村連接電信局微波台的連絡道路發生邊坡坍方。此坍方為表層高度風化的土壤與岩屑，順著砂岩層面滑動。



邊坡坍方的土石越過道路，滾滾而下。人立處即為道路坍方位置，下方為部份殘留在坡面上的坍方岩塊。

造成本次太平村山崩災害的原因，包括自然因素與人為因素。台灣中、南部地區連日的豪雨，累積多達 100 ~ 200 公釐的降雨量，造成聯絡道路邊坡坍方，也間接引發土石沖瀉山崩，此為自然因素。道路開挖邊坡未設置擋土牆；發生土石沖瀉的茶園山坡，已經被完全開墾，缺乏天然林保護及水土保持功能；另受災房舍位於陡坡下方，缺乏安全緩衝距離，致發生災害，都是人為因素所造成。

結語

梅山太平村落主要集中在 162 甲線公路北側的茶園陡坡下方山腳一帶，由山脊至山腳間原有的陡坡，原屬天然林地已經完全被開墾為茶園作物。同時根據地質與坡形可知，茶園所在的山坡為順向坡，坡面上覆蓋 1 ~ 2 公尺厚的崩積土層與風化岩塊。從這兩次災害經驗，可以得到一個簡單的結論，只要有颱風豪雨侵襲本地，隨時都有發生山崩，直接衝擊山腳下村民的可能。太平村可說是山崩災害的高危險地區，為維護村民安全，當務之急，應加強山坡地水土保持措施，以防止土石坍塌。另一方面，在村落與陡坡之間，應設

置安全緩衝地帶，以阻擋土石的直接衝擊。

參考文獻

- 劉桓吉、李錦發 (1998) 雲林圖幅。五萬分之一台灣地質圖圖幅第三十八號，經濟部中央地質調查所。
- Hutchinson, J. N. (1988) General Report: Morphological and Geotechnical Parameters of Landslides in Relation to Geology and Hydrogeology. In *Proc., Fifth International Symposium on Landslides* (C. Bonnard, ed.), A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1, p. 3-35.
- Soeters, R. and C. J. van Westen (1996) Slope instability recognition, analysis, and zonation. *Landslides: Investigation and Mitigation*, p. 129-177.
- Varnes, D. J. (1978) Slope movement types and processes. In *Special Report 176: Landslides: Analysis and Control* (R.L. Schuster and R.J. Krizek, eds.), TRB, National Research Council, Washington, D.C., p. 11-33.

國姓鄉九份二山大崩山

黃鑑水 陳勉銘 曹恕中 許銘義



九份二山大崩山全景。崩滑區的左上方尚有部份岩體已脫開，仍屬不穩定狀態。（由南往北遠眺）。

災害概述

九二一大地震在國姓鄉北山坑溪支流澀子坑溪的九份二山地區引發大規模山崩，造成該區山坡上的屋舍、農園、道路等滑落至澀仔坑溪谷，崩積物並堰塞澀子坑溪與韭菜湖溪。據當地居民表示，主崩塌體在地震發生後瞬間傾瀉而下，崩滑距離最遠達 2 公里。但是，北側靠近大平角部分則延遲至清晨三時多才滑移；大平角西北側部分則以傾覆及滾動方式滑落分水嶺之北側小溪溝中。據聞，在地震發生時，當地人曾聞山谷有強烈爆炸聲，並有土石由山谷往上衝出。主崩塌區附近原住

二十餘戶人家共有二十餘人遭活埋，而深埋部份挖出之機會渺茫。初步估算，崩塌地總面積約二百公頃，崩移土石體積約三千萬立方公尺。

區域地形與地質

災變地區位於台灣西部麓山帶地質區的內麓山帶東緣，主要地質構造包括南北延伸的大岸山向斜及水里坑斷層，大岸山向斜南段軸部地區由桂竹林層構成，不整合覆於樟湖坑頁岩之上，其兩翼因桂竹林層堅硬鈣質砂岩之出露而造成陡崖絕壁。九份二山為本地區之最高峰（海拔 1172 公

尺），即由向斜西翼之鈣質砂岩所形成；但此向斜軸因岩性關係反而發展成韭菜湖溪之溪谷。

大岸山向斜北段向南傾沒，致未有桂竹林層出露；南段所形成山脊向北延伸後，因受澀仔坑溪的侵蝕而致地形高度降低，山脊不再連續。澀仔坑溪下游向東橫切岩層走向，在切蝕貫穿石門層之厚層砂岩後形成峽谷，最終向東排入北山坑溪。澀仔坑溪向西通過向斜軸部後改向南，沿層理方向發展延伸。

由於野外調查時發現，大岸山向斜北端圈合部份之石門層厚砂岩沿向斜軸線有約 400 公尺之錯移，故大岸山向斜向北在通過長石巷後（向斜傾沒部份），可能沿軸線發展成一斷層，斷層線與軸線一致。

大岸山向斜軸部由桂竹林層構成，向兩翼依次出露樟湖坑頁岩、石門層及炭寮地頁岩，地質年代均屬中新世。此向斜西翼岩層傾角較平緩，東翼較陡。水里坑斷層則為東側的雪山山脈地質區與西側的麓山帶地質區間的界線。

滑動區地形與地質

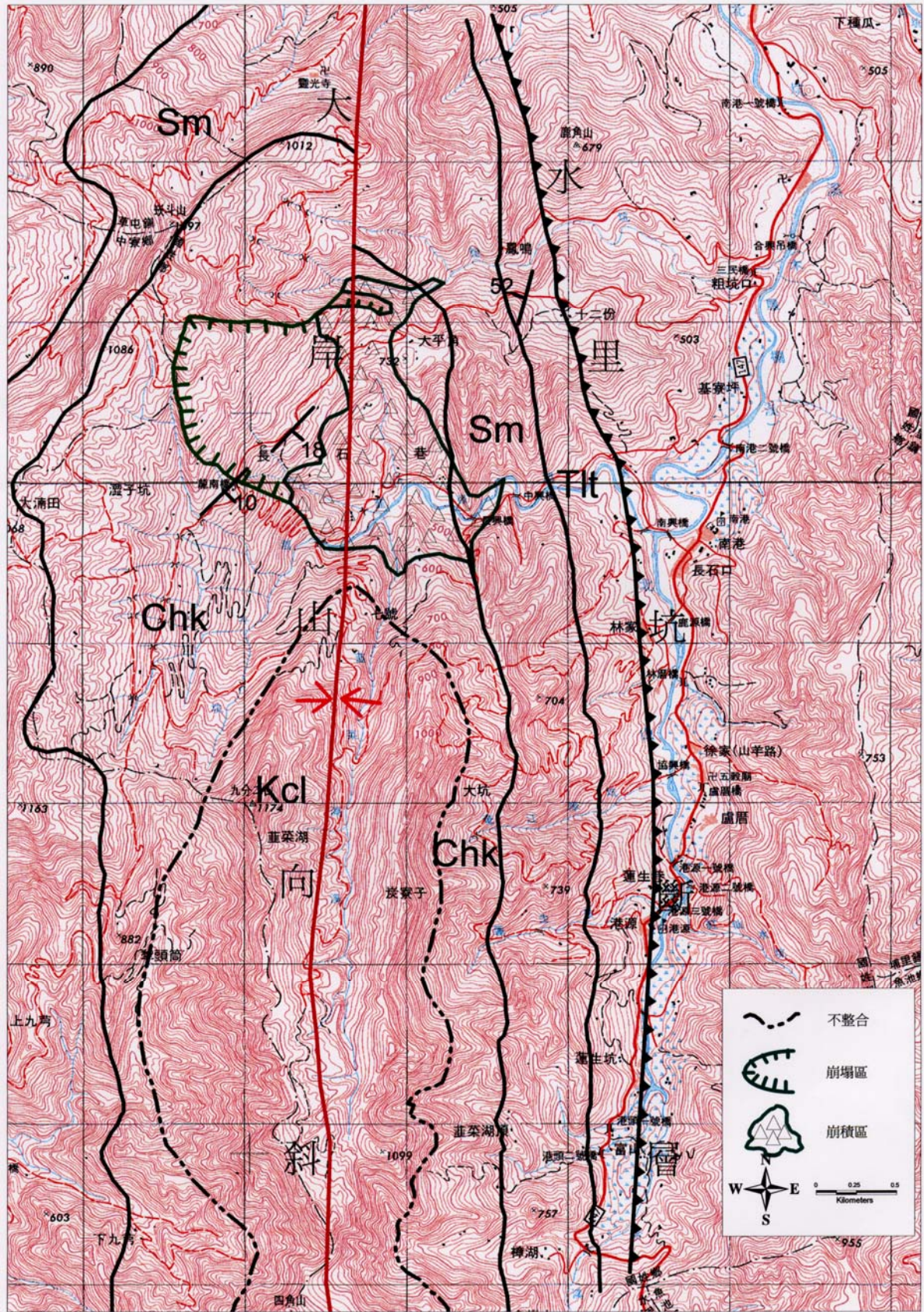
九二一大地震引發的山崩位處於大岸山向斜之西翼，東距水里坑斷層約 2 公里，西距雙冬斷層約 6 公里。大岸山向斜軸線呈南北向延伸，軸部由桂竹林層所構成，其下伏為平行不整合之樟湖坑頁岩，再下為整合之石門層、炭寮地頁岩等中新世地層。向斜東翼岩層呈南北轉北西走向，向西傾斜約 50° ；西翼岩層呈南北轉北東走向，向東傾斜約 20° ，因此為一不對稱向斜，東翼較陡，西翼較平緩，同時

向斜軸微向南傾沒。此外，向斜之北段由於兩翼岩層在軸部似有錯移而不圈合的現象，故推測向斜軸部有小規模斷裂，向斜軸向北漸變為一斷層。

崩塌區地層由樟湖坑頁岩之厚層頁岩夾砂岩組成，向東傾斜約 24° ，原為一順向坡地形，此次受地震強大震動力影響而致整個順向坡岩體沿層理面脫離破裂而瀉下，崩塌區高程從海拔五百公尺至一千公尺，崩塌面積約七十五公頃，深度 30 至 50 公尺，崩塌體積約三千萬立方公尺以上。崩落之土石以極高之速度傾瀉而下，並在東南側下方之石門峽谷（石門層厚砂岩構成，為向斜之東翼）受阻而堆積。岩層平均滑衝距離約 1 公里，形成天然土石壩，壩頂平均高程為海拔 620 公尺，距原峽谷地面海拔 445 公尺，共堆高 175 公尺，並堵塞澀仔坑溪及 菜湖溪，而形成兩個堰塞湖。目前因逢乾季致湖水尚未快速上昇。本崩塌地之崩移區及堆積區總面積約二百公頃。現今崩塌地坡上仍留有岩層下滑之清晰擦痕，壩頂兩側原地面植物呈現吹襲傾倒現象，研判係岩體極快速下瀉，引致強烈風塵吹襲而造成。本崩塌地附近原住二十餘戶人家共有二十餘人遭活埋，深埋部份挖出之機會渺茫。據聞當地人在地震發生時，曾聞山谷有強烈爆炸聲，並有土石由山谷往上衝出。事實上此係由順向坡上的岩層受地震強大震動力影響，導致破碎脫離而傾瀉下山谷，部份土石反彈上昇，並伴有強烈塵爆吹襲，最終土石於峽谷受阻而造成天然土石壩。

山崩的類型與原因分析

此次崩塌幾乎是沿層理面滑下，崩滑



九份二山地區地形地質及崩塌位置圖。
 Tlt 炭寮地頁岩 Sm 石門層 Chk 樟湖坑頁岩 Kcl 桂竹林層

崩積頂面上崩落土石與草木混雜，崩塌岩體約有三千萬立方公尺，崩積深度達150公尺以上。



石門峽谷北岸壩體，土石崩積處原為澀子溪峽谷，921地震引發大規模山崩，此處共堆高175公尺。右側為石門層頂部的厚層砂岩。

由高傾角的石門層厚層砂岩所形成的峽谷地形，大量土石受阻而成土石壩，上方壩頂兩側之原地面上草木呈現襲傾倒現象。





大山崩造成之土堤，填塞整個河谷（由澀仔坑溪下游往上看到的崩積景象）。

材料包括黃棕色之表土及崩積層，以及其下之灰色頁岩夾砂岩層，表土崩積層及岩層各佔約一半。從堆積區觀察得知，大部分岩層已崩解分離成大小不一之岩塊及細小之岩屑，可見崩塌物質經過長距離搬運且快速衝下。另一方面，可觀察到崩塌基腳處有一呈南北延長狀之撞擊凹地，可知崩塌物質快速衝下之強大撞擊力，使得下滑物質反彈上衝至下方堆積區。由這些特性可知，本崩場地屬於岩塊及岩屑滑移。堆積區堵塞形成韭菜湖溪和澀子坑溪兩個堰塞湖。

本崩場地之滑崩分二階段，主崩塌體在地震發生瞬間傾瀉而下，但北側靠近大平角部分則延遲至清晨三時多才滑移。此部分北臨一小溪溝，可能在南側主崩塌體

下滑後，因側向壓力解除，在岩體中心逐漸產生一張力裂隙並擴展，終於三時許沿張力裂隙分離。南側部分沿層理傾斜方向向東滑移，因受大平角附近穩定岩層（向斜東翼）之阻擋而致部分基腳隆起，故崩塌形式屬於岩塊滑移 (rock slide)。北側部分則以傾覆及滾動方式滑落分水嶺之北側小溪溝中。

由於崩移區與堆積區之界線約略與向斜軸線或斷層一致，也就是斷層以西之邊坡岩體下滑，因此此一向斜軸部斷層可能為造成山崩先天條件之一。也就是因為斷層帶破碎軟弱，在強大地震震動力的觸發下首先破裂而失去其支撐力，終使整個順向坡之上邊坡岩體沿層理面脫離而下滑，造成全區之大山崩。



滑動邊坡上之材料：黃棕色為表土及崩積層，其下為灰黑色頁岩夾砂岩。



崩積區南緣的韭菜湖溪堰塞湖，湖後方即為山崩造成之土堤。

崩積區西南緣的澀子坑溪堰塞湖。





右側小丘為大平角，來自西側（照片左側）崩塌區的崩積物質，部份受大平角阻擋而堆積於其西側（照片中左處）。



岩體翻落至上圖大平角後方（北側）之山溝，岩壁上露出向西緩傾斜的樟湖坑頁岩，崩落物質亦多為該層的厚層頁岩夾薄砂層岩塊。

結語

目前崩塌地之北側（大平角）、頂部及西南側仍有大量之崩積層及岩層已鬆動或處在滑動面之上，當下雨或地震來臨時仍可能會繼續崩落，仍具相當危險性。崩滑區中央正修築中的道路區域，應嚴加管制車輛通行，避免工作人員長時間駐足。

另外，堰塞湖目前因適逢乾季水位並未快速上漲，相關單位應儘速疏通，避免明年梅雨挾帶大量雨水時，使得由崩積土石堆積的天然土堤潰決，再造成另一次的土石流災害。

地質災害調查報告第一號

台灣山崩災害專輯（一）

發行人：陳肇夏

發行所：經濟部中央地質調查所

地址：臺北縣中和市235華新街109巷2號

郵箱：臺北市第968號信箱

電話：(02)2946-2793

傳真：(02)2942-9291

主編：林朝宗

編輯：紀宗吉、鄒佩珊

經銷處：中華民國政府出版品展售中心

地址：臺北市衡陽路2號3樓

電話：(02)2382-1394

劃撥帳號：00099145

經濟部中央地質調查所員工消費合作社

地址：臺北縣中和市235華新街109巷2號

劃撥帳號：18433683

印刷者：漢大印刷股份有限公司

地址：板橋市中山二路4656巷81號

電話：(02)2951-4406

中華民國八十九年六月初版

GEOHAZARD REPORT NO. 1

LANDSLIDE DISASTERS OF TAIWAN

VOLUME ONE

Published by

CENTRAL GEOLOGICAL SURVEY, MOEA
TAIPEI, TAIWAN, REPUBLIC OF CHINA

JUNE 2000

ISBN 957-02-5929-9

GPN : 008414890020