

山坡地潛在地滑區土地利用可行性研究 -以臺中市大坑地區為例

洪詮斌⁽¹⁾ 鄭皆達⁽²⁾ 黃晴曉⁽³⁾ 黃育珍⁽⁴⁾

摘要

本研究嘗試應用臺中市大坑地區潛在崩場地勘定及防治對策與整治工程規劃設計之資料，從經濟及人文等角度來探討該區山坡地潛在地滑區土地利用之可行性，並以各項經濟效益參數分析整治工程之必要性與重要性，評估該地區政府應否再挹注鉅額經費改善，以期經費之投資報酬率達到最大化，更期於潛在危險區工程整治中，除使現地、現況得到良好的改善外，亦使大坑風景區之土地得到再發展的機會。期能藉由分析評估並提出具體之建議，以供台中市政府辦理山坡地管理與治山防洪業務之施政方針與政策決定之參考。

(**關鍵詞**：土地利用, 潛在地滑區)

A Study on Landuse Feasibilities of Areas with Landslide Potential in the Taken Region, Taichung City

Chiuan-Pin Hung⁽¹⁾, J.D. Cheng⁽²⁾, Ging-Xiao Huang⁽³⁾, Yu-Chen Huang⁽⁴⁾

Graduate Student(1)(3)(4) and Professor(2), Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402. R.O.C.

ABSTRACT

This study investigated the potential landslide sites in the Taken area of Taichung City for planning and designing conservation measures. The landuse feasibilities of these sites are also evaluated. Economics considerations with regard to maximizing investment benefits are used to determine the priorities for conservation works. The goals are to properly manage sloplands and to improve development opportunities of Taichung's Taken area.

(**Keywords** : Landuse Feasibilities, Conservation Measures, Landslide Potential Sites)

(1) (3) (4) 國立中興大學水土保持系研究生

(2) 國立中興大學水土保持系教授

前言

近年來台灣社會發展快速，人們對於土地資源的需求也就越來越大，但由於開發時忽略了環境的「容受力(Carrying Capacity)」，導致土地過度開發，嚴重破壞人與自然系統間的穩定，使得災害發生頻仍，不僅徒增開發的支出與救災、治災的社會成本，更可能損及各項環境資源的品質(黃書禮、李煌樟，1988；黃書禮，2000)，對於國家及社會的發展影響甚鉅。理論上，當集水區內土地的利用強度遠超過其容受力時，泥沙的生產量大，而容受力較低的土地，如果能維持高度的自然植被，其泥沙生產量自然不會增高(黃以方，2002)。

山坡地屬於自然環境敏感地帶，因人口聚集及土地需求致都會周緣之山坡地開發蓬勃發展，卻常於颱風或地震後肇生災害。黃鎮臺(1989)對於坡地防災依序有如下之建議：(1)地質調查與建立資料庫(2)災害預測(3)土地管理(4)工程防治。

台中市共有八個行政區域，其中僅三屯區(西屯、南屯及北屯區)轄內有山坡地分佈，依山坡地保育利用條例暨水土保持法劃定為山坡地範圍(含國有林事業區、國有財產局、省有林務局接管林班地、保安林地等)合計面積約 5500 公頃，約占臺中市總面積百分之三十，由此可見山坡地為臺中市相當重要土地資源。

本研究所稱之潛在地滑地係依台中市政府委託國立中興大學水土保持學系調查勘定，多年來經市政府等相關單位予以整

治後，除小部分地區外，大部分之滑動區已大致趨於穩定並收防治功效。基於「國土保安」及「環境復育」之理念，參酌相關資料與技術，以地理資訊系統為工具，探討集水區內潛在地滑土地利用之適宜性，提供集水區治理規劃之參考，使集水區的水資源、土地能達到永續發展、利用的目標。

文獻回顧

台中市大坑山坡地緊鄰市區，開發利用行為頻繁，且該地區受地形、地質、水文環境及斷層影響，若發生地震或於颱風豪雨季節，均會發生土壤沖蝕、山崩、地滑、溪床或溪岸沖刷毀損，甚而有房屋毀損或人員傷亡等事故，本研究乃彙整相關文獻予以綜合性之分析。

一、名詞定義

(一)山坡地

根據山坡地保育利用條例所稱山坡地，係指國有林事業區、試驗用林地及保安林地以外，經省(市)主管機關參照自然形勢，行政區域或保育、利用之需要，就合於左列情形之一者劃定範圍，報請行政院核定公告之公、私有土地：

1. 標高在一百公尺以上者。
2. 標高未滿一百公尺，而其平均坡度在百分之五以上者。

台灣省全島 3,598,976 公頃中，共有 2,650,774 公頃為山坡地，約占 73.3%。由於坡地管理範圍廣泛，因此牽涉的權責單位甚多，其中林務局辦理上游(1000 公尺以

山坡地潛在地滑區土地利用可行性研究-以台中市大坑地區為例：
洪詮斌、鄭皆達、黃晴曉、黃育珍

上)山地地區國有林班地及保安林地之治山工作；水土保持局辦理中、上游山坡地範圍之水土保持及野溪治理；內政部營建署負責山坡地開發建築管理。

(二)平均坡度

依「山坡地保育利用條例施行細則」之「山坡地土地可利用限度分類標準」，土地可利用限度分類上除了以坡度、母岩性質、土壤深度為考量因子外，土壤沖蝕程

度與崩塌、地滑亦為加強保育地之主要考慮之對象。

1.坡度：指一坵塊土地之平均傾斜比，以百分比表示之。

2.山坡地土地之可利用限度分類標準如表 1。

表 1. 山坡地土地之可利用限度分類
Table 1. Landuse capability classification of slopeland

土地可利用限度類別	土地等級		土地特性	備註
宜農牧地	一級地		甚深層之一級坡。 深層之一級坡。	依中央主管機關規定之水土保持技術規範實施水土保持。
	二級地		甚深層之二、三級坡。 深層之二級坡。 淺層之一級坡。	同上
	三級地		甚深層之四級坡。 深層之三級坡。 淺層之二級坡。	同上
	四級地	1	甚深層之五級坡。 深層之四、五級坡。 淺層之三、四級坡。 甚淺層之一、二、三級坡。	同上
	四級地	2	淺層之五級坡。 甚淺層之四級坡。	1. 土地利用僅限於種植常年地面覆蓋不須全面擾動土壤之多年生果樹或牧草。 2. 如必須栽種勤耕作物，應由主管機關指定其水土保持設施。
宜林地	五級地		甚深層、深層、淺層之六級坡。 甚淺層之五、六級坡。 淺層之五級坡，土壤沖蝕嚴重者。 甚淺層之四級坡，土壤沖蝕嚴重或下接硬質母岩者。	應行造林或維持自然林木或植生覆蓋，不宜農耕之土地，初期造林有沖蝕嚴重現象時，應配合必要之水土保持。
加強保育地	六級地		沖蝕極嚴重、崩坍、地滑、脆弱母岩裸露等，應加強保育處理，減免災害發生之土地。	依主管機關指定方式實施水土保持。

(三)潛在崩坍地

依我國現行「水土保持技術規範」之

定義(1996)，崩坍係指邊坡土石之崩落或滑動現象，主要分為山崩與地滑。不包括流動之方式移動者，如土石流與沖蝕等。

1.山崩：

(1)特徵：滑動體遭受嚴重破壞，成分崩離析狀態；另因滑動面於滑動後常裸露於地表，故易於判斷其型態與位置。

(2)發生條件：

- A.地形坡度較陡，一般大於 45°。
- B.滑動體之不連續面發達或固結不良，滑動時容易分散，如沙頁岩薄互層、頁岩或泥岩，崩積土或厚層土壤等。
- C.坡度大且岩體破碎或疏鬆處均有可能發生，無特殊地質條件之限制，故其分佈較為廣泛。

2.地滑：

(1)特徵：滑動體未受太大之破壞，仍維持其內部構造；另因滑動面深埋地底，滑動後大部分之滑動面仍為滑動體所掩蓋，判斷不易。

(2)發生條件：

- A.不佳的地質環境，如斷層、軟弱岩夾層等。
- B.地形坡度較緩，通常為 8°~30°。
- C.滑動邊坡為凸坡，上緩下陡，使滑動體有運動之空間。

3.土石流：

(1)特徵：泥、砂、礫及巨石等物質與水之混合物受動力作用後所產生之流動現象。

(2)發生條件：

- A.有大量崩積物或其他疏鬆之堆積物質。
- B.堆積處有一定之坡度或較小的截面積，足使該物質產生一定之流速。
- C.地表水驟增，使堆積物超過其液性限度(Liquid limit)。

(三)地滑之分類

對地滑地進行分類有助於區別各種不同性質之地滑現象，進而可以針對某一類之地滑作更深入的研究採取特別的防治措施。目前常用之分類如下：

1.Chowdhury(1978)

認為因為邊坡破壞原因地質條件不同，故滑動速率不同或破壞的力學機制不同，將其分類為(1)平面滑動破壞(2)傾倒破壞(3)落石(4)旋轉破壞(5)流動破壞。

2.Varnes D.J.(1978)

Varnes 以坡面材料種類及不同之移動型態，對坡面之移動行為加以分類，其分類法詳如表 2 所示：

山坡地潛在地滑區土地利用可行性研究-以台中市大坑地區為例：
洪詮斌、鄭皆達、黃晴曉、黃育珍

表 2 . Varnes 山崩之分類表(1978)
Table 2 . Classification of Landslide Types(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 Fal	岩屑墜落 Debris Fall	土墜落 Earth Fall
傾覆 Topples		岩石傾覆 Rock Topple	岩屑傾覆 Debris Topple	土傾覆 Earth Topple
滑動 Slides	轉動 Rotational	岩石崩移 Rock Slump	岩屑崩移 Debris Slump	土崩移 Earth Slump
	移動 Translational	岩塊滑動 Rock Block Slide	岩屑塊滑動 Debris Block Slide	土塊滑動 Earth Block Slide
		岩石滑動 Rock Slide	岩屑滑動 Debris Slide	土滑動 Earth Slide
側落 Lateral Spreads		岩石側落 Rock Spread	岩屑側落 Debris Spread	土側落 Earth Spread
流動 Flows		岩石流動 Rock Flow (深蠕動 Deep Creep)	岩屑流動 Debris Flow	土流動 Earth Flow
			(土蠕動 Earth Creep)	
複合運動 Complex		複合 2 種或 2 種以上之運動方式		

3.Hoek & Bray (1981)

以坡地破壞之幾何形狀來區分，可作以下 4 種分類

- (1)圓弧形破壞(Circular Failure)：發生在極軟弱、節理發達且破碎之岩坡或土坡。
- (2)平面破壞(Plane Failure)：主要發生在以層面為主之不連續面，其走向與坡面平行且向坡面傾斜的構造，亦即一般所謂之順向坡。
- (3)楔形破壞(Wedge Failure)：當兩發達之不連續面(層面或節理)交會於邊

坡，且其交線位於坡面並傾向坡底時，形成之岩楔塊體極易受外力而發生滑落。

- (4)傾倒破壞(Toppling Failure)：通常發生在具柱狀結構且傾角較大之硬岩，所形成不連續構造發達之邊坡。

研究區域

一、地理位置及地形

(一)大坑地區位於台中市東北隅，行政區域屬北屯區，為台中市東側之丘陵地

帶。東鄰新社鄉，西臨潭子鄉，南隔太平市，北接豐原市。主要聯絡道路為縣道 129 號公路，可通達台中市區及台中縣潭子鄉、太平鄉及新社鄉等鄉鎮。本區早期坡地利用以農業為主，然因其地勢高及景觀佳等因素吸引遊樂區、別墅、溫泉業與休閒農業等相關產業進駐，為台中市主要觀光遊憩地帶，主要之開發分佈於河岸階地與岸邊坡地。

(二)大坑地區為台中盆地北部東緣之丘陵山地，地勢上呈東高西低，海拔高度 160~859m，最高點是東側的頭料山。林朝榮(1957)稱台中盆地東側北緣之丘陵山地為豐原丘陵山地，屬於台灣西部衝上斷層山地，地質上為上新世砂岩與頁岩以及厚層泥質砂岩所構成之向斜山地。另江崇榮(1980)指出大坑地區東北側台地大致有 600m 及 500m 兩個階面，包含水井子、大南、水底寮等台地，係昔日大甲溪所形成古沖積扇之扇頂一部分。西側台地可能為大坑溪及廊子溪之古沖積扇。

二、地質

(一)本區地質在台灣地質分區上屬於台灣麓山帶地質區之外麓山帶；西部麓山帶在構造上屬於標準的褶皺衝斷帶，主要由新第三紀的沉積岩組成。台灣中部之外麓山帶東界為雙冬斷層西至海岸地帶，為屬褶皺構造比較展開之覆瓦狀逆斷層地質區(何春蓀，1982；陳振華，1993)。

(二)本區主要地質構造包括車籠埔斷層、雙冬斷層及頭料山向斜。

1.車籠埔斷層：位在本區西緣鄰台中盆地地帶。車籠埔斷層自南投民間至台

中豐原，約呈南北走向；斷層東側為昇側，出露地層為上新世之錦水頁岩及卓蘭層，西側則出露更新世頭料山層及現代沖積層。

2.雙冬斷層：為構在本地質區之東界。本斷層位於火炎山及頭料山之東，為一逆斷層，東側為昇側，約呈南北至北 30 度東走向；斷層東側出露地層為中新世晚期地層，西側地層為頭料山層，地層層位落差 3000m(徐鐵良，1992)。

三、地層

大坑地區出露地層包括有中新世之桂竹林層，上新世之錦水頁岩與卓蘭層，更新世之頭料山層、台地堆積層，以及全新世之沖積層等(羅偉、吳樂群、陳華玟，1999；何信昌，陳勉銘，2000)。

(一)桂竹林層下部由厚層青灰色細粒緻密砂岩、暗灰色頁岩、粉砂岩及砂頁岩互層所組成，局部夾有薄層煤及殼灰質砂岩。本層出露於本區東外側雙冬斷層之上盤。

(二)錦水頁岩以暗灰色砂質頁岩、青灰色頁岩、暗灰色泥質頁岩為主，夾有灰色或暗灰色硬質砂岩之薄層。本層岩質非常軟弱，容易被侵蝕，層理不完整。本層出露於本區之西側，為車籠埔斷層之上盤。

(三)卓蘭層主要以灰色泥質砂岩、砂質頁岩及頁岩之互層所構成，層理明顯。砂岩之厚度 30~60cm 居多，砂質頁岩較薄，砂岩比較堅硬，呈板狀，對風化的抵抗力較強，其層面在地面常常形成順向坡。本層出露於本區之西半部區域，幾佔

大坑之 2/3 區域。

(四)頭料山層依岩性不同，可分為香山相及火炎山相。本層以出露於本區之東側，前者在地形上屬於丘陵地形，而後者則為形成惡地狀之山地。

- 1.香山相：以細粒乃至粗粒之軟質砂岩為主，有時與頁岩互層，偶夾小粒或細粒之透鏡體。本相的砂岩呈淡青色乃至灰色，稍微泥質、塊狀，鬆軟脆弱而易碎。夾於砂岩中之頁岩層，呈青灰色，比較薄而有時與砂岩呈薄層互層。
- 2.火炎山相：以巨厚大的礫岩組成，礫岩呈次圓形，直徑以 30cm 以下為多，礫石以軟質灰色中粒及細粒砂岩，黃褐色砂岩、白色硬質之石英岩質砂岩、片岩、千枚岩、頁岩、脈石岩、石灰岩等而成，礫間之膠結甚鬆，膠結物為砂質、細礫質及淤泥質等。

(五)台地堆積層大多沿各大河流及其主流之兩岸形成之河谷台地。本層之層厚自數公尺乃至十餘公尺，成薄層狀覆蓋於較古之地層之上。台地之礫石大小不等，粗細相混，分級至劣。礫石層一部分為古河床之遺跡，一部份為支流進入主流處發生之沖積扇。本層出露於本區之西緣及東北緣之台地地形區。

(六)沖積層包括現代河床之沖積物與山坡堆積。此在本區各大河流之河床及西南端之盆地上均有分部。主要由粗礫、細砂、粉砂及泥土堆積而成，厚度不大。其來源一部份來自河流之岩層，一部份來自

河床兩側之山坡與台地堆積，經次生沖積而成。

四、水文氣象

台中地區屬夏季溫暖多雨、冬季少雨之亞熱帶氣候區，全年氣候溫和，平均溫約攝氏 23.2°C。一年之中以 7 月最高，約為 28.6°C，而以 1 月最低，約為 16.5°C。由於台灣位處於中央山脈之西，東北季風盛行期間雨量較少，西南季風期內則較豐沛，全年降雨大部分集中於 4 月至 8 月，7、8、9 月間則常遭雷雨及颱風豪雨侵襲，每年 10 月至翌年 3 月為乾旱期，雨量春季多於秋季，台中地區年雨量約 1841.5 公厘，平均降雨日數為 113 天。

台中地區除了夏季盛行風向為南風或西南風外，其餘各季盛行風向均為北風，各季平均風速變化不大，各月平均風速介於 1.4~1.7m/s，年平均風速則約為 1.5m/s。大致來說每年 10 月至翌年 3 月受西伯利亞高氣壓之影響，主要吹正北風，風速最高可達 15m/s，氣候乾燥涼爽；6 至 8 月則受太平洋高氣壓之影響，多吹南風，雨量充沛。夏季相對溼度較高，全年平均在 70~80%之間。

五、土地利用

台中市大坑地區以往即有大面積果樹農作栽種紀錄，以竹類製品與料理最負盛名，惟隨著經濟的發展與休閒風氣之盛行，都會區近郊開發為休閒遊憩與住宅區的情形激增。在人潮與車潮不斷擁入大坑地區的同時，山坡地安全的課題也逐漸受到重視。

大坑地區主要作物有麻竹筍、龍眼、柚子、荔枝及柑桔等，尤以竹筍已為大坑重要觀光農產品。休閒遊憩產業則有大型遊樂園、溫泉餐廳及休閒農園等。

結果與討論

一、大坑地區坡地調查與分析

政府部門對於大坑地區之整體治理規劃，歷經多年所投入頗為可觀之人力與財力，成果十分豐碩，本研究僅彙整其中與崩塌地治理相關者，分述如下：

(一)河川整體治理部分：

中華水土保持學會(1982)辦理「台中市大坑地區大坑溪及橫坑溪整體規劃報告」擬訂對此二溪之整治計畫，游繁點(1994)完成「台中市大坑地區清水坑、濁水坑檢討評估及芋園坑、北坑、甕仔坑溪流整體治理之調查規劃」報告，其要點摘述如下：

1.大坑溪：大坑溪主流發源於貳科山(標高 775 公尺)，集水區面積約 20 平方公里，自逢甲橋至源頭長約 10 公里；河段約略可分為二個主要河段(1)自東明橋至源頭，(2)廣興橋至東明橋，(3)逢甲橋至廣興橋等，茲分述如下：

(1)自東明橋至源頭段屬上游，河道蜿蜒曲折，溪流長度約 3.9 公里，河寬約 30 公尺，河床平均坡度約 9%，河道中堆滿砂石，沖刷嚴重，為砂石生產區；已興建防砂壩 4 座，一座已有損壞情形；原有整流及堤防工程約 1,200 公尺，惟部分已損壞，應儘速修復，以免損壞擴

大，造成河岸及河床之嚴重沖刷；河床質粒 $D_{50}=26\text{mm}$ ， $D_{75}=113\text{mm}$ 。

(2)廣興橋至東明橋段屬中游，河道較為平直，溪流長度約 2.5 公里，河寬約 80 公尺，河床平均坡度約 2.4%，河道中砂石堆積，沖刷程度中等，為砂石輸送區；已興建堤防或護岸工程約 2,000 公尺，惟部分亦有損壞情況，應予修復；河床質粒徑 $D_{50}=34\text{mm}$ ， $D_{75}=110\text{mm}$ 。

(3)逢甲橋至廣興橋段屬下游，河道較為平直，溪流長度約 3.6 公里，河寬約 100 公尺，河床平均坡度約 1.6%，河道中砂石堆積，為砂石堆積區；原有堤防、護岸工程約 1,300 公尺；河床質粒 $D_{50}=30\text{mm}$ ， $D_{75}=82\text{mm}$ 。

2.橫坑溪：橫坑溪發源於頭科山(標高 859 公尺)，集水區面積約 5 平方公里自逢甲橋附近之合流口至源頭長約 9 公里；河段約可分為三主要河段，即(1)連坑二號橋至源頭；(2)自保安橋至連坑二號橋；(3)自逢甲橋附近之合流口至保安橋等，茲分述如下：

(1)自連坑二號橋至源頭屬上游，河道蜿蜒曲折，溪流長度約 3.1 公里，河寬自 2 公尺至 25 公尺不等，以致洪水期狹窄河道由於水位提高，沖刷能量極大，雖然河床及兩岸大部份為岩盤，但沖蝕極為嚴重，有待加寬河道，以降低沖刷能量，暢通水流，以免造成河岸沖刷

引起崩坍，為砂石生產區；河床平均坡度約 13%，已建防砂壩一座，河床質粒徑 $D_{50}=40\text{mm}$ ， $D_{75}=112\text{mm}$ 。有崩坍地一處，急待處理。

- (2)自保安橋至連坑二橋屬上游，河道受山勢挾持，河道蜿蜒，溪流長度約 1.9 公里，河寬自 1 公尺至 20 公尺不等，部分河段河床基岩裸露，雖然河床坡度較為平緩，其平均坡度約 5.3%，惟因基岩之露出，顯示河床及河岸之沖別極為嚴重，有待拓寬河道，以減少沖蝕，為砂石輸送區；有崩坍地一處，急待處理，已興建防砂壩 5 座，護岸、堤防、擋土牆約 600 公尺；河床質粒徑 $D_{50}=25\text{mm}$ ， $D_{75}=80\text{mm}$ 。有崩坍地一處，急待處理。

- (3)自逢甲橋附近之合流口至保安橋段屬下游，河道較為平直，溪流長度約 4 公里，河寬自 10~40 公尺不等，河床平均坡度約 2.6%，河床砂石堆積甚多，為砂石堆積區，原有固床工 5 座，護岸、擋土牆約 700 公尺，兩岸地勢較為平坦，河床質粒徑 $D_{50}=23\text{mm}$ ， $D_{75}=59\text{mm}$ 。有崩坍地一處，急待處理。

橫坑溪由於河床狹窄，河寬自 8~40 公尺不等，將以整流並加設固床工或潛壩為宜，由於河道寬窄蜿蜒，有崩坍地二處，該二崩坍地之產生係河流寬度不足、水位提高、水流量增加，造成水流對河岸沖刷，為減低水流之能量，須加大河床斷面，加設擋土設施，以防止繼續崩坍。

(三)濁水坑溪:

濁水坑溪源自標高 516 公尺之分水嶺，集水區面積約 2.9 平方公里，中上游地區山勢陡峻，河谷狹窄游地區山勢較緩，河幅較寬；區內種植麻竹、龍眼等作物。濁水坑溪集水區之坡地，由於覆蓋及水土保持措短尚屬良好，因此少有嚴重之沖蝕者。

濁水坑溪中上游地區，河幅狹窄，河寬 4~10 公尺，河床坡度較陡，故河岸沖蝕、河床刷深較為嚴重，因此大部分河段雖實施整治，但尚有部分防砂壩固床工護岸等被破壞，下游地區河幅為 7~50 公尺，河床較為平坦，但仍有護岸破壞及固床工磨損之情形。本溪流中上游河段以護岸整治者較少，以防砂壩治理下游河段以護岸配合固床工整治者較多，少有以防砂壩處理者。

(四)清水坑溪:

清水坑溪源自標高 811 公尺之分水嶺，集水區面積約 2.1 平方公里；上游地區山坡地之坡度陡峻，河道反而寬廣；中游山坡地坡度較緩，河幅狹窄；下游地區山坡地坡度更緩，河道卻顯狹窄；與濁水溪合流後，成為濁水坑溪。

區內種植竹類、龍眼等作物。清水坑溪集水區之坡地雖早已開發，上游地區為林班地，其內有崩坍地，致泥砂堆積於上游河床，且該河段雖經實施治理，但成效似無法彰顯；而中游地區河道狹窄，河幅 2~20 公尺不等，致流路甚不穩定，加以河床平均坡度達 3.6%，甚為陡峻，為減少河岸沖蝕及穩定河床，需以整流工程實

施治理。

(五) 芋園坑溪

芋園坑溪源自亞哥花園之分水嶺，集水區面積約為 3.2 平方公里；上游地區雖陡，現已闢建為亞哥花園，其園內景觀布置甚為優美，為遊客遊憩之據點；中游地區山勢陡峻，惟仍有坡地闢建為住宅及廟宇，河幅狹窄；中下游地區河道蜿蜒，河幅狹窄。區內有精神療養院一處，且住家甚多，種植有竹林、果樹等作物。芋園坑溪中上游地區，因開闢道路通往亞哥花園，部分邊坡地表裸露，致易生沖蝕現象，且河幅狹窄，寬度為 6~7 公尺，河床平均坡度為 1.78%；河床質粒徑 $D_{50}=3.0\text{mm}$ ， $D_{75}=6.5\text{mm}$ ；部分河段已興建護岸，且在 0K+000~0K+300 河段，已興建箱涵，本溪流河床尚屬穩定。

芋園坑溪集水區之坡地，由於水土保持措施尚稱良好，坡面亦甚穩定而僅有局部之沖蝕現象但不嚴重，泥砂亦少流入河道堆積；但由於河道蜿蜒，水流對河岸之沖刷實為不可避免之正常現象，因此為減少水流對河岸之沖刷及穩定河床，有待以整流工程實施治理。

(六) 北坑溪:

北坑溪源自標高 550 公尺之分水嶺，集水區面積約 4.0 平方公里；上游地區山勢陡峻，河谷狹窄；中游地區山勢較緩；下游地區山勢為平坦，河幅甚狹窄。區內植竹林、龍眼等作物。北坑溪中上游地區，由於開闢道路，以致沖蝕之泥砂流入河床；其河幅狹窄，寬度約 6~8 公尺，河床平均坡度為 1.5%；河床質粒徑 $D_{50}=80\text{mm}$ ，

$D_{75}=120\text{mm}$ ；部分河段已興建護岸及潛壩等設施，且已建有防砂壩一座。下游地區河幅寬，寬度為 7~20 公尺，其河床平均坡度為 1.5%，河床質粒徑 $D_{50}=24\text{mm}$ ， $D_{75}=50\text{mm}$ ；部分河段已建有護岸及潛壩兩座，河床當屬穩定。

北坑溪集水區之坡地，由於覆蓋及水土保持措施良好，因此坡面甚為穩定而少有沖蝕之現象；泥砂輸入河道之情形並不嚴重，此可由河床甚少泥砂堆積得知，加以河床平均坡度為 1.5%，坡度相當平緩，因此水流對河床之沖淤變化並不顯著可證實；但由於河道蜿蜒，水流對河岸之沖刷則較為明顯，是以為防止水流直接對河岸之沖蝕及穩定河床，宜實施整流工程治理。

另李素馨(1998)於「台中大坑風景區野溪整治暨登山步道環境改善」計畫中提出下列結論與建議：(1)大坑地區山坡地之平均坡度為 45~54%之間，屬於易發生崩坍坡度；(2)土地私有率高，甚至部分河川整治用地亦為私有地，以大坑溪平均整治河寬約 40.8 公尺為例，其用地取得將十分困難；(3)大坑地區之河床質屬均勻粗礫石，對一般逕流具有保護河床作用，惟在颱風暴雨期間，其粗礫石易被移除，河床沖刷切割作用強烈，可能危及沿岸邊坡之穩定；(4)大坑溪自廣盛橋以上溪段，整治率為 85%，其他溪流則有待加強。

二、大坑地區聯外道路部分:

梁昇、顏正平(1985)於大坑產業道路邊坡穩定調查規劃中發現：大坑地區之道路崩坍災害主要係由多種原因加乘而形

成。其中以坡面陡削，負載減壓發脹、節理崩解、土中膨脹成份、層狀岩面、土中孔隙壓力、水力攻擊坡腳、水道阻塞、路面降雨匯集(道路施工不良)、蝕溝發育等為最顯著。其對策以闢建排水系統最有效，故截洩溝、涵洞、橋樑之興建應優先辦理，其他尚有緩坡、留置緩衝地、錨牆、擋土、植生控制等工法。

中華民國道路協會(1996)於台中市大坑風景區聯外道路(濁水巷、清水巷、橫坑巷、芋園巷、北坑巷及連坑巷等)路線檢討規劃工作中提出與本研究有關之結論與建議，共計八點摘要如下：

(一)根據實地調查，大坑地區之地質均屬於更新世卓蘭層之地層，依岩性、工程性質之不同，卓蘭層進一步區分為七個岩性地層單位，連同下方之錦水頁岩與上覆之頭料山層，計區分為九個不同的岩性地層單位。

(二)地質構造屬於頭料山向斜之西翼，構造單純；依不連續面統計分析，計有四組節理。

(三)地質敏感地區分八類，野外實際勘查測繪研判結果共計 44 處，其中多處於賀伯颱風來襲後呈現坍塌等之不穩定現象。

(四)順向坡平面破壞為本區最主要之邊坡破壞模式，需特別注意防範。其中有 4 處位於橫坑巷，1 處位於濁水巷，應為未來詳細設計中探查與防災設計之重點。

(五)根據實際履勘與探討評估本區地質條件並無形成土石流之基本條件；且於賀伯颱風暴雨後，亦無此類型成災之跡

象，故本區山坡形成土石流災害之可能性不高。

(六)各聯外道路地質狀況，連坑巷道路至少有八處於未來道路拓寬工程中應以適當之修坡或加設岩釘與掛網噴凝土護坡；濁水巷道路需注意順向坡平面破壞之可能路段，於未來之拓寬工程中均應針對開挖後之安定分析詳細評估；橫坑巷道路以順向坡平面破為主，至少有四處需於未來詳細設計中儘可能以修坡方式或設計適當之排水與擋土設施，避免災害擴大，部份需以預力岩錨固坡或以岩釘與掛網噴凝土護坡。芋園巷道路需注意加強老崩積層坡面水土保持設施。北坑巷道路需特別注意與廊子坑溪曲流外側交切之處，未來針對邊坡坡腳以及上方邊坡穩定處理仍需再加以評估。

(七)各停車場地質概況分析：第一停車場需注意表土及風化岩塊崩落之可能性，未來開發中應以適當之修坡與增設護坡工來加強防護。第二停車場需注意西側開挖邊坡可能造成之平面破壞，應以局部修坡與岩釘、排水孔等加強水土保持。第五停車場鄰近地質敏感地區，安全性堪慮，未來進一步探查中應配合鑽探再詳加調查。

(八)於進一步之詳細設計工作開始前，建議針對地質敏感區 44 處中較具規模之 20 處，進行地形測量與鑽探試驗，以作為詳細設計中護坡工程設計之參考。請業方審酌本區道路長期安全之重要性，寬列經費，俾便下一階段之詳細設計工作得以妥善辦理。

三、其他相關研究:

主要係個案研究部分，諸如中興嶺地滑地之研究(1980, 謝豪榮);光正地滑地之研究(1982, 謝豪榮);濁水巷地滑穩定分析(1992, 許中立);濁水坑 20 號之一地滑區治理調查規劃案(1995, 林親義、游繁結)及大坑潛在地滑勘定及防治對策(2001, 顏正平、林致遠)等, 茲將其重要之結論, 整理如下:

(一)光正地滑區:

本地滑地位於大坑溪北岸(右岸), 與南岸之青山社區相對立, 夾於光西吊橋與光明橋間凹谷中, 凹谷自成一小集水區, 總面積為 36.7 公頃。其中滑動面積約佔 15 公頃, 山坡走向近乎南北與地層走向一致, 為順向坡(dip slope), 坡度介於 15~30%間(局部到 30~45%)。滑動區部份為麻竹園外, 多半種植龍眼、柚子、荔枝等果園。自民國 66 年夏季初次引起大滑動, 使光正四號農路下陷三公尺後, 每逢暴雨均引起滑動, 阻礙交通與農產品之運輸, 影響民生至鉅。

本地滑地地層屬於上新世卓蘭層, 由砂岩與頁岩之互層所組成, 地層走向為北 5 度東至北 11 度東, 向東傾斜 18 度至 33 度, 岩石屬於低強度砂岩, 其風化崩解之岩屑堆積於順向坡岩盤上(岩屑厚度約 10 公尺)。造成本地區滑動的原因可歸納如下:

- 1.大坑溪順地層走向切過山坡坡趾, 引起橫向侵蝕 (lateral erosion)使溪岸崩坍及水流之淘刷其基腳, 而引起山坡之滑動。

- 2.山坡上之二條小溪因順地層傾斜面發展, 為地表水及地下水集中注入大里溪之主要途徑。由於逕流之集中與地下水之滲透使岩屑或覆蓋層引起滑動。

(二)濁水巷地滑地:

本地滑地係位於兩突出山脊間之細長窪地, 為一斜交坡坡向與岩層向略呈垂直。本區海拔標高約為 200 公尺至 280 公尺之間, 全區地形之長軸與坡向平行, 自北向南略偏東傾斜, 過坡面三分之二處再向南傾斜。平均坡度約為 40%。其滑動範圍因地層滑動之影響, 於北、東、西三側與鄰地交界處造成階段坍塌;以北端最為嚴重, 地表滑落深度達五公尺以上, 為一滑落崖地形。該區目前地表僅暫時穩定, 因而植物不易生長, 全面幾乎為五節芒所覆蓋, 而夾雜有新萌芽之相思樹、野牡丹與野桐或由兩側所崩落而暫存之竹叢所覆蓋。

(三)中興嶺地滑地:

本地區為台中市有名之大地滑地, 自民國 52 年軍方開闢公路後, 就相繼發生過數次地滑。可以說幾乎每達颱風暴雨來臨, 即引起該地大滑動, 不僅造成交通中斷, 更帶給附近居民莫大之生命財產威脅及損失。中興大學水土保持研究所曾於民國 69 年加以調查研究, 據其調查分析所得結果, 歸納出其造成崩坍之原因為:

- 1.上部地下水之下滲造成土壤之抗剪強度減低。
- 2.大車流量所造成之加載與震動, 減低土壤抗剪強度。

山坡地潛在地滑區土地利用可行性研究-以台中市大坑地區為例：
洪詮斌、鄭皆達、黃晴曉、黃育珍

3.地滑區下部由於梯田種植水稻，造成大量地表水滲入地下，增加孔隙水壓且減低抗剪強度。

本地滑地自民國 52 年道路完成後，分別在民國 54 年、59 年、61 年、63 年及 65 年等因颱風豪雨造成大規模之地滑。經地方政府展開大規模之地滑地整治工程後，迄今已暫時穩定，無重大災害傳

出。

四、大坑地區潛在地滑地案例

本研究係依據「台中市大坑山坡地潛在崩坍地勘定及防治對策研究報告」，選定編號 02、04 及 25 之山坡地潛在危險區進行調查與分析(如圖 1)，就其土地使用現況與防治對策規動作一探討。

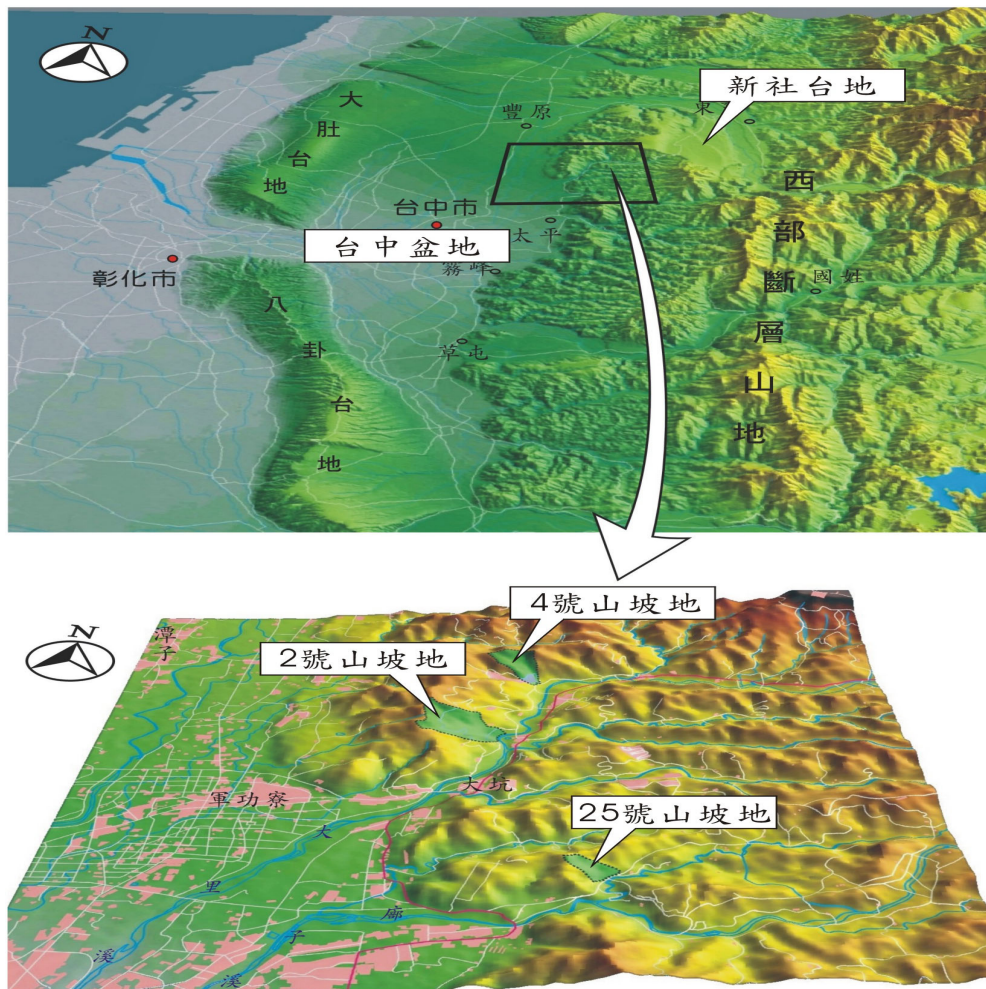


圖 1 . 潛在地滑地位置圖
Figure 1 . Location of Study Area

(一)編號 02 潛在地滑地

- 1.地理位置及地形：沿東山路一段往大坑方向上行 10 餘分鐘，經逢甲橋後進入光西巷再往上行約 10 餘分鐘即可到達本地滑地之趾部；滑動面積約 34 公頃，地形高度 190~370m，平均坡度約 27%，接近山脊部份則約 39%。
- 2.滑動原因：根據現地之路況，地質鑽探與各種觀測儀之觀測結果得知其滑動原因如下：
 - (1)受大坑溪溪流之側向侵蝕，使其河岸邊坡崩坍導致地滑地末端部之基腳在失去支撐與平衡的狀況下逐漸向源(上側)發展，因而影響到上邊坡的穩定，最終造成層狀型之滑動。
 - (2)本區域之地層走向大略成南北向，其傾角與坡面之傾角大致相同，為向東傾斜 20~30°，因而局部坡面較陡處則形成順向坡之滑動條件。
 - (3)經長久之地表變動，部分排水溝已斷裂、龜裂，因而造成逕流之漫流，加上現場既有排水系統斷面不足，排水功效不彰，因而在降雨時其雨水之入滲量急增，促使地下水位上升，導致孔隙水壓提高與剪力強度下降，因此誘發土體滑動。
- 3.地質：本地滑地屬層狀型之滑動面，據現勘地質鑽探與應變測定管之檢測，其主要滑動層位於崩積層或風化層破碎岩盤與卓蘭層之基岩交界面附近，深度約在地下 10~20m。

4.土地利用：為一凹狀地形，上坡段為闊葉林及果園，左側下坡段種植檳榔，在本地滑地趾部有一產業道路經過。

5.潛在地滑之影響：依據地形、地質及滑動等現象，可將光西巷產業道路之地層滑動區分成「般若學院」上下側邊坡之 A 與 B 不同滑動區。A 區滑動方向又分二個區塊，一個由西北朝東南方向滑動，另一區塊則由西朝東方向滑動；而 B 區之滑動區大致均由西朝東方向滑動。由現勘與鑽探資料可確定光西巷產業道路之地滑地，係為位於光西地滑地頭部之滑動體。於旱季時因地下水位低與大里溪之流量少，滑動情況較為緩和；惟就整體而言，整個地滑區仍是處於極為不穩定之狀態，如逢雨季邊坡之地下水位升高，以及邊坡趾部之坡面受大里溪之側向沖蝕而崩坍時，必向源延伸而影響上邊坡的支撐並再度引發其頭部之滑動體-光西巷產業道路之滑動。

6.防治對策：藉防治工程發揮抑止滑動之功效

- (1)防治工程應包括地表水排除、擋土牆、溪溝整治和邊坡處理等。
- (2)為避免地滑情形再度發生，應結合抑制工程與抑止工程並盡量配合生態及景觀並重之設計。
- (3)於地滑區內設立伸縮計、水準式傾斜儀、傾度盤及雨量計等監測系統，長期觀測變化量以供治理參考。

山坡地潛在地滑區土地利用可行性研究-以台中市大坑地區為例：
洪詮斌、鄭皆達、黃晴曉、黃育珍

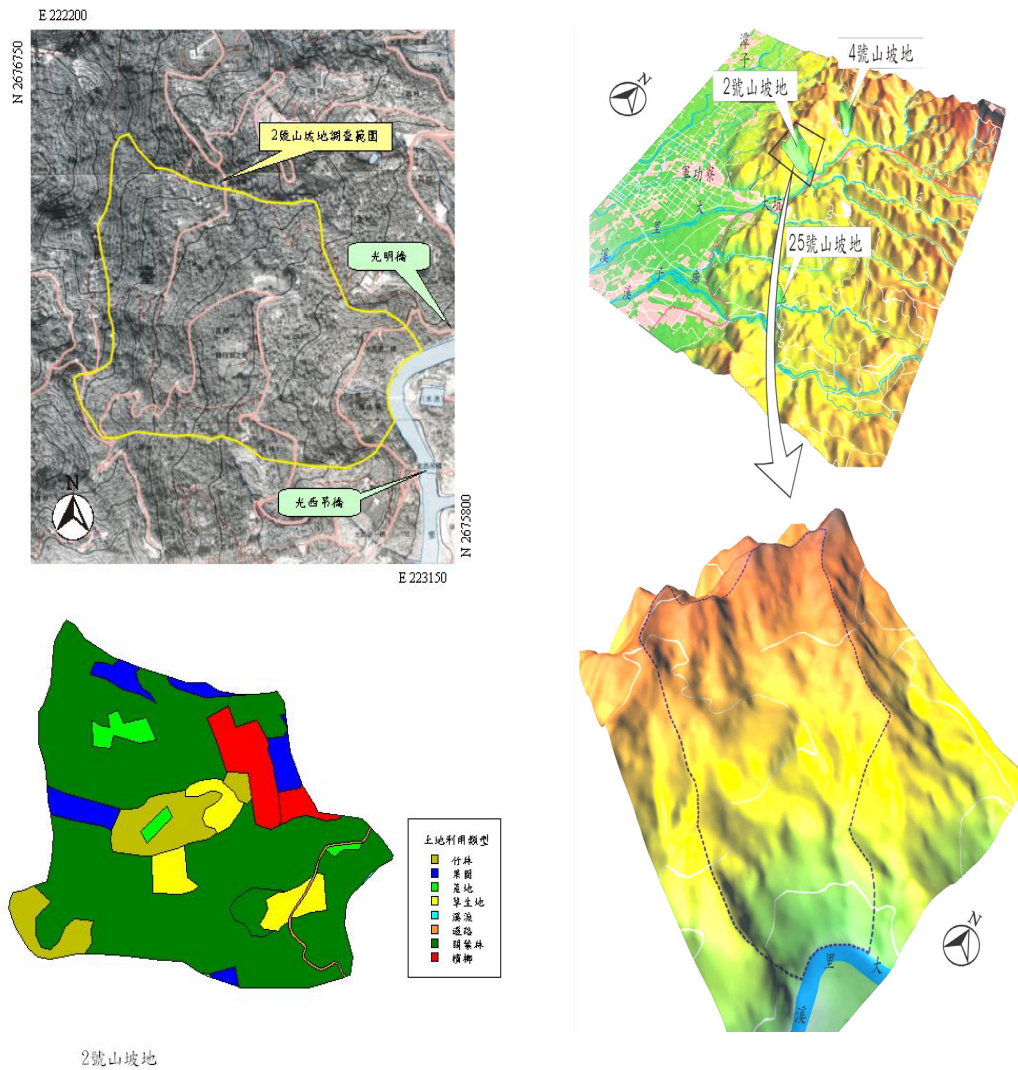


圖 2. 2 號山坡地及土地利用
Figure 2 . Location and Landuse of #2 Study Site

(二)編號 04 潛在地滑地

1.地理位置及地形：沿東山路一段往大坑方向上行 10 餘分鐘，經過大坑圓環後直行往中興嶺方向至光正國小前左轉經光正橋後，即可到達本地滑地之趾部；滑動面積約 25.3 公頃，地形高度

240~380m，平均坡度約 27%，目前下邊坡主要為一大型社區。

2.滑動原因：根據現地之路況，地質鑽探與各種觀測儀之觀測結果得知其滑動原因如下：

(1)社區座落於大坑溪西北側谷岸坡，

基地為開挖邊坡之坡腹至坡趾而成，基地上方尚包括谷坡等地形單元；本社區陡坡屬斜交坡面，在地質環境上為崩塌敏感區。

(2)社區基地範圍涵蓋二個順向坡地形區，其中北側基地順向坡顯著有坡趾開挖情形，目前這些開挖階段有擋土排樁等工程設施。

3.地質：地質基盤以上新世之卓蘭層為主，岩層走向約呈北 10°東至北 20°東之間，傾向東方，層面傾角約 30~40°，岩層無明顯節理且為順向坡面。

4.土地利用：為一凸凹狀地形，上坡段為墓地及竹林，下坡段為一坡地社區，另有一產業道路自左而右蜿蜒而上越過山脊向東行。

5.潛在地滑之影響：根據本區擋土排樁之傾斜長度(柱頂與柱基之傾斜距離)與傾斜角之觀測結果，各排樁都有近 2~4°之傾斜變形，且多處柱體已產生變位及裂縫。

6.防治對策：

(1)控制地下水位變動並有效將地表水排除在區外，結合抑制工程及抑止工程以避免再次滑動。

(2)規劃坑溝整治(包括跌水與流路工等)以防止溪溝縱橫向沖蝕。

(3)長期監測擋土排樁與地盤傾斜儀變化量，並配合降雨資料，探討邊坡滑動特性及嘗試預測邊坡滑動之可行性。

(三)編號 25 潛在地滑地

1.地理位置及地形：沿太原路三段往台中縣太平市方向上行，至北坑巷左轉約 2 分鐘即可到達本地滑地之趾部，位於裕大橋西南側約 300m 之道路上邊坡，為北坑溪匯入廊子溪口北側之高陡邊坡；滑動面積約 2 公頃，坡長約 80m，坡高約 40m。

2.滑動情形：本處坡面於 921 集集大地震時曾發生大規模崩塌，造成道路交通中斷，災害發生後以噴凝土格框護坡整治。現勘時發現道路北側漿砌卵石擋土牆局部有縱向及橫向開裂，南側之紐澤西護欄亦有多處縱向裂縫，寬度最大達 1~2m。

3.地質：地質基盤由第三紀上新世卓蘭層與上新世錦水頁岩組成為主，岩層走向約呈東北至西南，向東南傾斜約 30~45°。

4.土地利用：坡面現為噴凝土格框保護，東北側 300m 附近為台中國際高爾夫球場，坡頂及廊子溪畔種植麻竹、香蕉及檳榔等經濟作物。

5.潛在地滑之影響：根據本區擋土排樁之傾斜長度(柱頂與柱基之傾斜距離)與傾斜角之觀測結果，各排樁都有近 2~4°之傾斜變形，且多處柱體已產生變位及裂縫。

6.防治對策：

(1)控制地下水位變動並有效將地表水排除在區外，結合抑制工程及抑止工程以避免再次滑動。

(2)規劃坑溝整治(包括跌水與流路工等)以防止溪溝縱橫向沖蝕。

(3)長期監測擋土排樁與地盤傾斜儀變化量，並配合降雨資料，探討邊坡滑

山坡地潛在地滑區土地利用可行性研究-以台中市大坑地區為例：
 洪詮斌、鄭皆達、黃晴曉、黃育珍

動特性及嘗試預測邊坡滑動之可行

性。

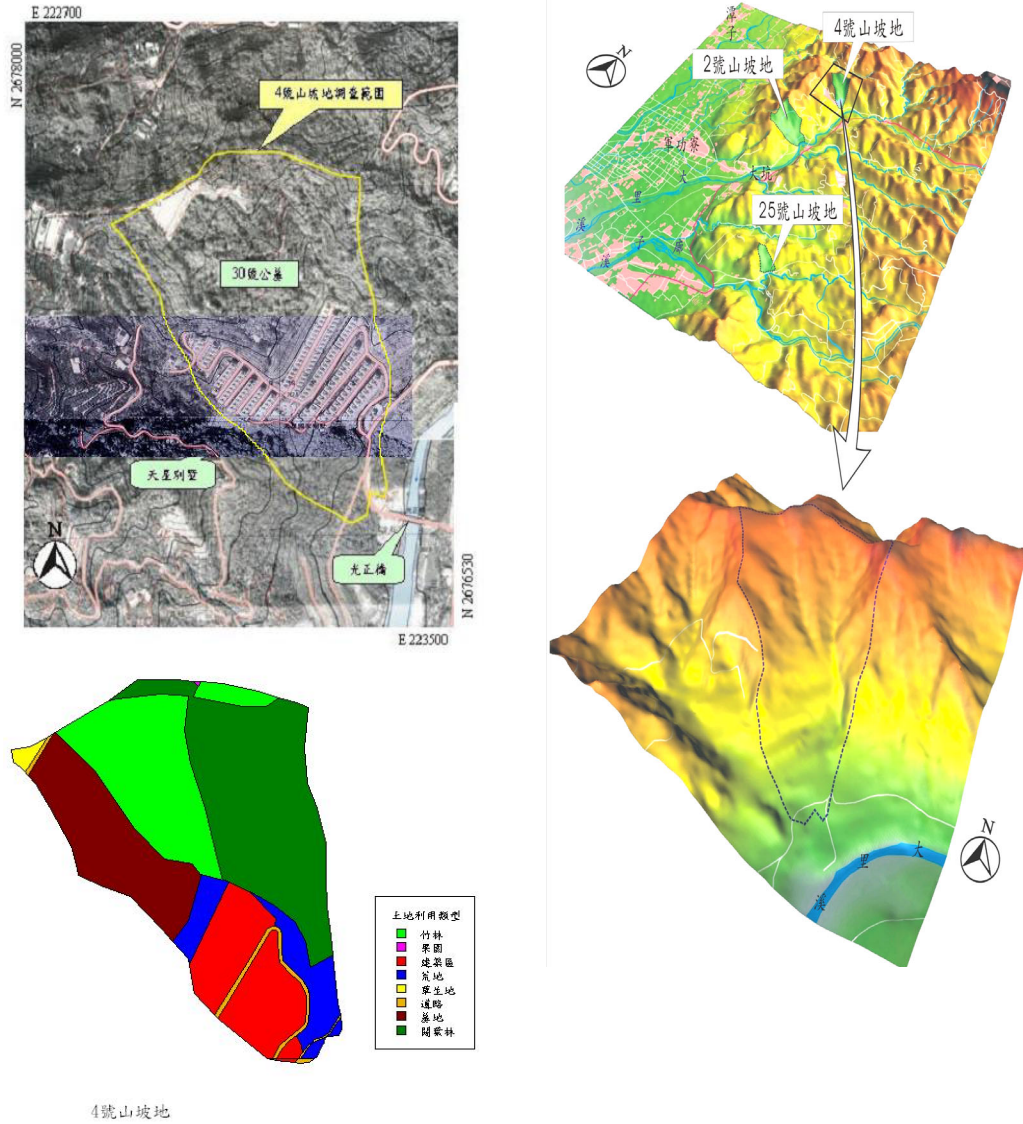


圖 3 . 4 號山坡地及土地利用
 Figure 3 . Location and Landuse of #4 Study Site

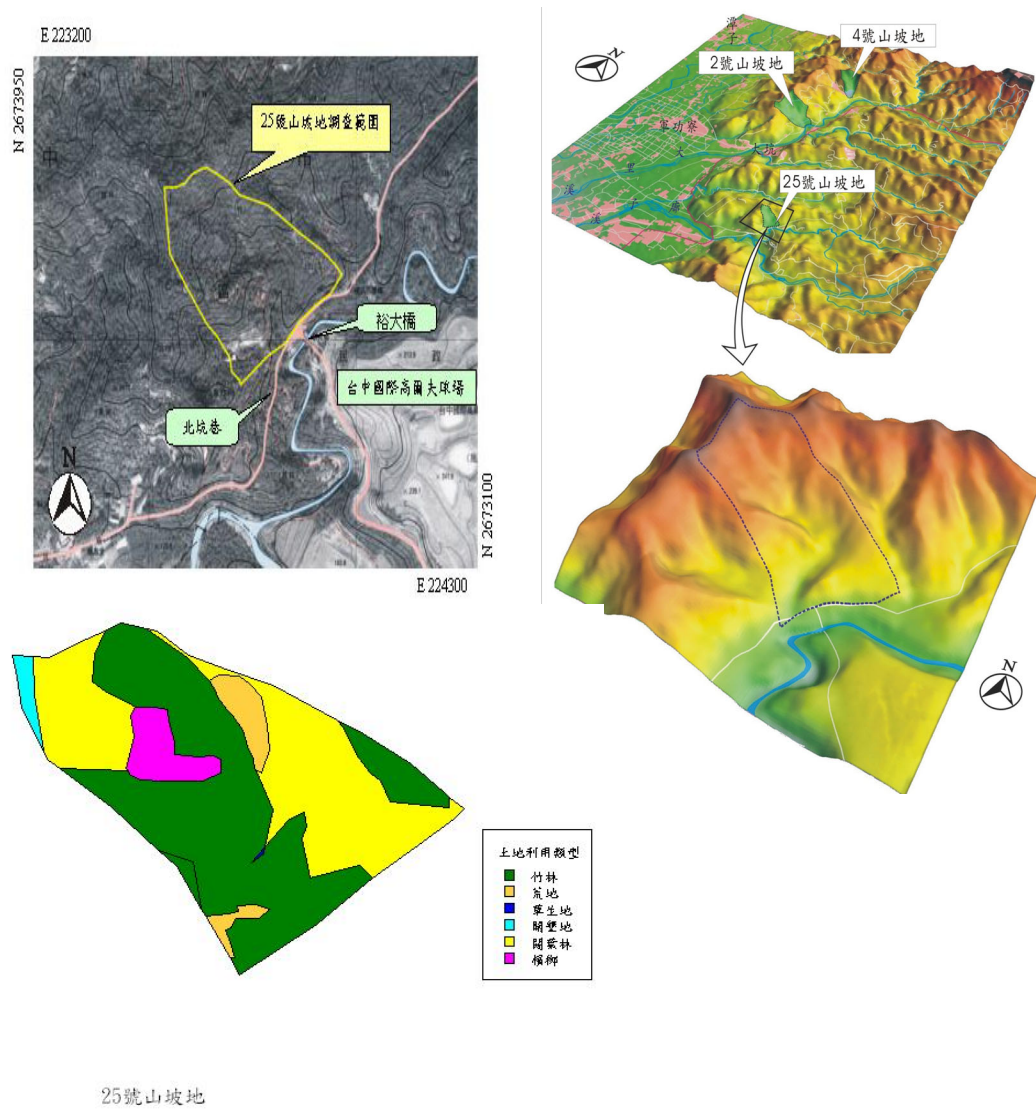


圖 4 . 25 號山坡地及土地利用
 Figure 4 . Location and Landuse of #25 Study Site

潛在地滑危險區土地利用對策

一、因受到自然界之營力如重力、降水、風力及地震力等之作用，使得山坡地之邊坡常發生滑動、崩壞、落石等現象；如民國 88 年 921 集集大地震，在許多地區造成公路邊坡崩塌以及草嶺、九份二山之大規模地層滑動等。邊坡也會因地質種類、構造、地形及地下水等因子較為特殊而具有較高之破壞潛能。惟這些自然因素所造成之邊坡破壞是較具周期性，發生的頻率亦較低，可視為在自然地形輪迴中的必然現象。

二、近年來因人口之驟增、社會發展急速，人類的活動及居住範圍逐漸自平坦地向山區擴展，特別是位於都會區周圍之淺山丘陵地區，及山區道路兩旁，坡地之開發利用更令人觸目驚心。隨著施工機具的自動化、大型化，短時間內即可在坡地上造成巨大的地形變動，其破壞之速度已遠超過坡地的自我療癒速度。因此在開發利用山坡地之同時應對防止坡地災害的發生，及監測坡地變動情形來作為判定安全與否之根據，乃是坡地水土保持工程所應注意的課題之一。以下針對坡地邊坡發生滑動、崩坍災害的原因及其預防之道以及如何監測其產生變動之行爲分別敘述如下：

(一)坡面破壞之原因

邊坡災害發生原因包含相當多之因素，主要包括人為開發、地質、地形、重力、降水及地震等，依其特性一般可分類如下：

1.自然與人為的原因。

2.先天的、內在的原因—素因，與後天的、外在的原因—誘因。

3.破壞邊坡力量增加造成的原因與抵擋破壞力量減少的原因。

以下就上述原因作討論：

(1)位在斷層帶、背斜構造、層理及片理發達等地質構造地區，邊坡災害較容易發生。

(2)根據 1977 年日本建設省於 5,600 個邊坡發生大規模地滑區所進行之調查結果顯示，坡地之地質屬第三紀層以及坡地處在破碎帶或溫泉地區時，其邊坡易發生大規模地滑災害：

A.第三紀層地滑佔 67.7%。

B.破碎帶地滑佔 27.8%。

C.溫泉地滑及其他佔 4.5%。

(3)通常邊坡發生大規模之地滑災害多屬於老地滑區之再次活動，因此於工程開發規劃階段如能判別老地滑區之地形特徵，將可避開可能發生地滑之區域，以降低災害之發生機率。

(4)對於崩坍發生規模較小之坡地，其較易發生之主要地形條件為坡面傾斜程度之增大、軟弱土層之發達及集水性的增加等。柏谷等人以 2km×2km 之方格內求出坡面的平均斜率與崩壞數之關係。在某一斜率以內之坡面是不會發生崩壞，而當斜率為 1：0.6(橫：縱)時崩坍數量最多。但在斜率極大時，崩壞率反而減少，此表示在高陡坡時表面侵蝕及落石

會較崩坍更易產生，亦即在高陡坡時坡面上較不易產生軟弱土層之故。另外坡面之集水性亦與坡面之破壞率有關，大規模之滑動與坡面較深處之地下水的集水性有關，其受地質構造的影響較大，然而表層崩壞則是受地表逕流或淺層地下水所誘發，因此具有谷型之坡面較易發生表層崩壞。

(5) 坡度較為平緩之邊坡，於發生坡地災害時較易產生規模較大地滑災害，由於滑動面之位置較深，平均約在地表下二十公尺，該處受地表氣象因素(如降雨強度)之影響較少，反而受地下水之影響較大。此外，坡地災害中規模較小的崩壞現象，由於破壞面在地表下只有數公尺之處，因此受地表氣象因素如降雨強度等之影響較大。同時破碎帶地滑之滑動面雖深，但由於滑動體之滲透性良好，其滑動行為亦非常明顯受降雨強度的影響。

(6) 挖方工程於人為因素中是相當重要的一項因素，其中包括興闢道路、土地開發以及土石採取等，皆會使坡地穩定性因大規模擾動而埋下災害發生之近因。特別是在老地滑區趾部、順向坡腳、風化岩坡及崩積岩坡之趾部進行不當開挖，必將導致嚴重之災害產生。

(7) 為使坡地上之建築開發用地或興闢道路時能爭取更多之平坦地空間，常採用填土方式來解決此一問題。惟填土工程使坡面將承受更大的載重，若

原土層強度不夠或擋土構造不足，則可能引發填土與表土之崩壞；若在老地滑區之頭部填土，亦可能造成老地滑區之重新活動。

三、邊坡地質災害之防治對策

綜上所述，造成邊坡發生災害之原因相當多且複雜，除了自然與人為原因外，尚可依促成破壞力量增加的原因及減少抵抗破壞力量的原因來做區分。因此若要從事坡地之土地開發利用，又要防止邊坡災害之發生，可依下列方式為之：

(一) 開發前之預防對策

1. 對影響邊坡安全的各項因素及其影響程度做充分瞭解。

2. 規劃設計階段，對開發區之地質、地形、水文、氣象、植生等條件詳加調查。依據開發區之條件、參考影響邊坡安全之因素及其影響程度，進行最佳之水土保持、挖方、填方、護坡排水等工程之設計與施工。

(二) 開發後之防治對策

1. 若工程施工期間或完工後，發現邊坡呈現不穩定現象，則應詳細調查其造成不穩定的原因，並從降低或排除其破壞力形成的原因，以及增加或改善坡地抵抗力之邊坡穩定方式處理。

2. 事後防止對策方可分二大項

(1) 抑制工法(control works)：亦稱為誘因去除法，即利用改善地形、土質與地下水等狀況，去除發生破壞的誘因或恢復邊坡平衡狀態之工法，如地表

排水與地下排水工程等。

(2)抑止工法(restrain works)：旨在藉抑止構造物調整滑動體之平衡狀態，以強制阻擋坡地之滑動，如擋土牆工法與基礎樁工法等。

3.此外尚可藉由特殊之地盤改良工法以增加邊坡之安全。然而崩塌或地滑之引發因素錯綜複雜，且地層滑動時所產生之龐大能量與推力，單以一種整治工法是難以阻擋其破壞力；有效之治理對策必須因地制宜且同時運用多種工法配合進行，方能收事半功倍之效

(三)實施邊坡安全監測

1. 在坡地開發的過程中必須進行數項必要的調查與監測，使瞭解邊坡之地質、地形、地下水、降雨情形以及邊坡是否滑動等特性進而提供邊坡災害之預警與整治的根據，。

2.所進行之調查通常包括地質構造調查、地質鑽探、降雨量及地下水位調查與地形測量等。而常實施之邊坡監測則是：

- (1)降雨量之監測－利用雨量計觀測。
- (2)地下水位監測－使用地下水位計或水壓計。
- (3)地表變動監測－使用定期地表測量(可用 GPS 或雷射距測儀)、地表伸縮計、地表傾斜計。
- (4)滑動面觀測－以地中傾斜計、地中伸縮計可定出滑動面之位置及其變動方向。

- (5)地下水流特性－流量計、流向計、導電度計。

結 論

一、為確保坡地開發工程之安全且降低災害發生頻率，在具有潛在性地滑或崩塌之山坡地開發所實施之規劃與整地，應在不同的開發階段予進行地層之穩定性監測與評估工作，。

二、坡面上除既有之房舍等構造物外應減少坡面上載重，必要設施之新設亦必須以低密度之地表擾動為原則，並加強坡面植生及排水工程。

誌 謝

感謝台中市政府資料提供，致使本研究順利完成，特此銘謝。

參考文獻

- 1.台中市政府 (2004)，台中市大坑山坡地潛在危險區整治工程委託調查規劃報告。
- 2.台中市政府 (2000)，台中市大坑山坡地潛在崩塌地勘定及防治對策研究報告。
- 3.台中市政府 (1982)，光正地滑地之研究報告。
- 4.水土保持技術規範，(1996)，台灣省水土保持局、中華水土保持學會與行政院農委會編印。
- 5.台中市政府 (1990)，台中市大坑風景區整體開發建設計畫。

水土保持學報 40 (2) : 247 - 268 (2008)

Journal of Soil and Water Conservation , 40 (2) : 247 - 268 (2008)

6.台中市政府 (1985),大坑產業道路邊坡穩定調查規劃總報告。

7.台中市政府 (1998),台中市大坑風景區野溪整治暨登山步道環境改善計畫。

8.邱豐裕 (2004),台中市大坑新巴克山莊潛在地滑區穩定性之探討,國立屏東科技大學水土保持學系碩士論文。

9.翁勳政、陳敏祥、柳志錫、黃鎮臺、歐陽湘 (2006),山坡地社區地形與地質之災害類型,2006 岩盤工程研討會論文集,台南,工業技術研究院能源與資源研究所。

10.陳志清、鄭皆達 (1997),台灣山坡地合理管理之問題及對策,台灣農業, pp.1-8。

11.李德河、林宏明 (2008),邊坡之滑動與崩壞,山崩與土石流專題。

12.Chowdhury, R.N. (1978) Slope Analysis , Elsevier Scientific Publishing Company.

13.Hoek, E. and Bray, J,W, (1978) Rock Slope Engineering, E & Fnspon, New York.

14.Varnes D.J. (1978) Landslide : Analysis and Control, National Academy of Sciences, Washington, pp.11-33.

97 年 4 月 10 日 收稿

97 年 5 月 3 日 修改

97 年 5 月 10 日 接受