

國立臺灣大學理學院地理環境資源學所

碩士論文

Graduate Institute of Geography

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

應用衛星影像探析土地利用型態與崩塌之關聯性

—以臺北地區為個案研究



林智勇

Lin, Chih-Yung

指導教授：朱子豪 博士

中華民國 99 年 8 月

Aug. 2010

國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

應用衛星影像探析土地利用型態與崩塌之關聯性
以臺北地區為個案研究

Application of Satellite Images to Studying Correlation
between Landslides and Land Use in the Taipei
Metropolitan Area

本論文係林智勇君 (R97228009) 在國立臺灣大學地理環境資源學系、所完成之碩士學位論文，於民國 98 年 06 月 23 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明。

口試委員：

朱子豪

(簽名)

黃傳英 (指導教授)

陳哲銘

一常想走完這階段後，帶給你什麼又獲得了什麼，等到今天回頭一望，才發現每一步都有自己的足跡，都曾有過自己的點滴，原來不是你想獲得什麼而是你留下了什麼，這才彌足珍貴—

能夠完成這本論文感謝朱老師邏輯上的疏導與相關資源提供，沒有老師的指導與支持，這本論文萬不能完成，更謝謝老師在生活上給予很多思考哲理，總令人豁然開通地省思自身。謝謝口委黃偉英老師的討論與建議，讓我的論文範疇與方法更清晰，也感謝您在課堂中的知識傳授，讓學生時刻感受到您「research」的熱忱；感謝陳哲銘老師的討論與建議，看見老師字字斧正的字跡與提點，學生感激在心，甚是可惜過去無緣成為課堂座上學生。

感謝研究所認識了徐董逸祥，常在技術卡關時很痛快地伸出他的腳把我往前踢，謝謝你！感謝家豪學長，在我帶助教期間協助教材甚多，也常幫我解答問題，可以讓課程順利進行你功不可沒；最常待的七樓，每當自己苦惱困頓時，常有想去撞牆跳樓或想賴在地上打滾吶叫的種種莫名衝動，這時候就要謝謝敏真姊姊適時抓我去吃樓下商店或半夜的麥當勞紓壓，讓我得以繼續繁雜的影像處理與思考研究。謝謝欣倩、小da和瑋真，能跟你們再續同學之緣真的很感謝，碩二常想找個爽飯咖還真的很難找！感謝鈺淳，其實我最愛聽你爆料了，害我常想念你那精闢見血的措詞；感謝林雅在我慌悶時，總讓我去你研究室晃晃，雖然常是深夜但我知道總會有人在五樓跟我一起打拚。

雖然曾多走了一段路，但是我認為這是自己人生中最棒、最美的一段風景。佳芃感謝你常提點我所謂研究的當下，也分享很多生活與旅程點滴，讓我對於世界有更多視野。感謝千凌，一樣在撰寫與苦惱最能夠分享跟傾瀉情緒，謝謝你扮演這重要的腳色。感謝師大R96的同學，每次聚會我都會有種很熱鬧窩心的感動，我一直記得離開時送的那張深具意義的大卡片，我真的好愛你們。

研究所每學期都很充實，兼課帶過的高中學生現在都變小大一了，更不用說當學期折磨我的B95課程，整個就是充實到擠爆。話說跟你們接觸太頻繁，害我常想回去重溫大學生生活，你們洋溢的活力一直讓我心情很好；謝謝我來臺北求學期間，常麻煩的小姑全家，讓我感受家庭的溫暖，是我台北第二個家；感謝常相聚出遊的好咖—姚屁，更贊助小筆電陪我征戰研討會；謝謝圈圈，常讓我用「請回撥」招數付錢聽我講話，那以後也要唷；人在澳門的燕燕，感謝你時常關心我。我近兩年的室友翊綸，感謝這一年多來與你開心共處生活。

最後這一段是給我親愛的家人，對我殷殷企盼的阿嬤，每次回家都讓我感受到你很開心喜歡我回家，有求必應的菜餚讓我在台北時時想念；感謝小叔一家，常是我回家駐足用餐的地方；我爸，常在外面辛勞洽商撐起家庭；感謝我姐姜瑜在台北幾年生活中處處照顧我，我哥智仁辛苦你國外工作，而你大概也是同學間最好奇的神秘人物了；最後感謝我最辛苦的媽媽，沒有你的付出就沒有今天讓我寫這謝辭，這條路上也是最常給我支持的力量，終不負大家期望，我完成它了。此頁會結束，但感謝我的人生能繼續與你們相伴，迎向新的扉頁。

我好愛你們大家。

智勇 2010/8/16 於長興太子宿舍

應用衛星影像探析土地利用型態與崩塌之關聯性 —以臺北地區為個案研究

林智勇^a

摘要

本研究討論臺灣台北地區崩塌災害與土地利用型態間之間關聯性。研究取徑係採用福衛二號影像以及 2007 年由國土測繪中心陸續完成的台北地區土地調查資料。衛星影像採 2006 年冬季、2007 夏季、2007 冬季三個時期影像，以 2006 冬季與 2007 冬季影像為基礎萃取 NDVI 值，估算兩者影像上植生遷異點取得年度植生遷異點。另外為精確崩塌樣本的精確性，資料處理透過影像的雲層繪製、監督式分類影像、匯入坡度等資料刪除誤判的崩塌樣本。

完成 2007 年變遷圖層後，著手兩個方向研究：一為臺北地區的崩塌環境趨向：坡度、高度、坡向；二重新分類年國土調查資料架構：農業、林業、交通、建築、礦業以及自然土地，透過各變項比例分佈與卡方檢定分析土地型態與崩塌的相關性與否。

本研究成果在臺北地區崩塌具有明顯的集中特性，將統計資料依據環境特性正規化後，坡向集中三個方向東、東南與南向；而崩塌則以第一級坡至第二級坡區間(0%-15%)變動為主；高度方面則崩塌點為集中在 500 公尺以下，此意味多數環境變遷相當集中此區。在土地利用型態與崩塌的檢定分析上，五類的土地使用方式皆崩塌有密切相關，僅在坪林至東海岸區區域的農業類別與崩塌現象無關聯，從研究區環境推估應是自然環境起伏較大，令產業分佈亦較為零星因素，使得農業使用上並不與崩塌發生關聯性。

在小尺度的區域驗證，先行依據四群集劃分，可以有效並細緻的分析小尺度的環境。本研究案例中，建築用地、交通設施與崩塌現象分別在中高、中低、低風險區中皆具崩塌的關聯性，有關單位應該注意這些土地型態的開發。

關鍵詞：相關性檢定、衛星影像、災害、國土保育

^a 國立臺灣大學地理環境資源所碩士生

Application of Satellite Images to Studying Correlation between Landslides and Land Use in the Taipei Metropolitan Area

Chih-Yung Lin^a

Abstract

This research deals with the correlation between landslide hazards and land use types in the Taipei metropolitan area, northern Taiwan. Research approach is mainly use of Formosa Satellite images and land-use survey data in 2007. Satellite images were collected in the winter of 2006, the summer of 2007 and the winter of 2007. The NDVI were extracted from the images collected in the 2006 and 2007 winters. In order to secure accuracy, misinterpreted landslide samples were deleted by comparison with supervision classification images, cloud shapes and slope data.

With annual variation data available, this research proceeded in two directions. One direction is environmental characteristics of landslides in the Taipei metropolitan area: slope, elevation, aspect; the other is the correlation between land-use types and landslides. Normalized statistical data show that most landslides are in eastern, southeastern and southern aspects as well as in slopes I and slope II (0%-15% slope) with elevations below 500 meters. Five categories of land use, i.e., forestry, transportation, built areas, mining and natural land, are in close correlation with landslides, while agriculture is not and this may be due to significant variation in physical attributes and wide distribution of farming land.

In addition, analysis for smaller areas is based on government-defined four clusters in terms of landslide risks. The research finds that built areas and transportation facilities are obviously correlated with landslides in potential landslide zones with mid-high, mid-low and low risks. The government should be careful for land development in such landslide-correlated areas .

Keywords : Correlation test 、 Formosa Satellite Images 、 Hazard 、 Land Conservation

^a Graduate student, Department of Geography, National Taiwan University.

目 錄

口試委員審定書.....	I
謝 辭.....	II
中文摘要.....	III
英文摘要.....	IV
第壹章 緒論.....	1
第一節 研究動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究範圍.....	2
第四節 研究限制.....	6
1-4-1 光學影像誤差校正.....	6
1-4-2 討論變項.....	7
第貳章 文獻回顧.....	8
第一節 臺灣土砂災害特性研究.....	8
2-1-1 崩塌(地滑)的定義與孕育條件.....	8
2-1-2 土石流的定義與孕育條件.....	15
第二節 崩塌致災因子與土地利用關係之研究.....	17
第三節 衛星影像地物判釋相關研究與應用案例.....	19
2-3-1 地物判釋.....	19
2-3-2 衛星影像應用災害監測.....	20
第五節 小結.....	22
第參章 研究架構與方法.....	23
第一節 研究架構.....	23
第二節 研究方法與流程.....	25
3-2-1 研究方法—卡方檢定(Chi-Square Distribution).....	25
3-2-1 研究流程.....	27

第三節 資料前處理	28
3-3-1 研究材料	28
3-3-2 NDVI 植生指標分析	30
3-3-3 重新分類國土調查資料	31
第四章 崩塌點位分析成果.....	35
第一節 崩塌點位的分佈特性	36
研究區一：臺北盆地西部至金山、大安、新店	36
研究區二：金山、大安、新店至雙溪、坪林	41
研究區三：雙溪、坪林至東海岸	46
第二節 土地利用型態與崩塌相關性	51
研究區一：臺北盆地西部至金山、大安、新店—像元素分佈概況	52
研究區一：臺北盆地西部至金山、大安、新店—土地型態與崩塌相關檢定	54
研究區二：金山、大安、新店至坪溪、坪林像元素分佈概況	57
研究區二：金山、大安、新店至坪溪、坪林—土地型態與崩塌相關檢定	61
研究區三：雙溪、坪林至東海岸—像元素分佈概況	64
研究區三：雙溪、坪林至東海岸—土地型態與崩塌相關檢定	66
第三節 小結	69
4-3-1 崩塌點位的環境特性	69
4-3-2 土地利用型態與崩塌關聯性	70
第五章 小尺度區域驗證.....	72
第一節 驗證區域選定	72
第二節 驗證分析	73
5-2-1 分析流程說明	73
5-2-2 不同風險群集下崩塌點的土地使用概況	74
5-2-3 不同風險群集下土地使用型態與崩塌相關性分析	77
第三節 小結	81
第六章 結論與建議.....	82
第一節 結論	82

第二節 建議	83
引用文獻.....	84



圖 目 錄

圖 1-1 臺北地區行政區圖	3
圖 1-2 臺北地區坡度圖	4
圖 1-3 1971-2000 年臺灣崩塌案例分布圖	5
圖 1-4 1971-2000 年臺灣三十年崩塌災害比例	5
圖 2-1 正應力與剪應力關係圖	10
圖 2-2 重力與摩擦力的滑動關係	11
圖 2-3 土石流運動特性示意圖	16
圖 2-4 監督式分類流程圖	19
圖 2-5 衛星影像應用火災後林地重建評估示意圖	21
圖 3-1 研究概念圖	23
圖 3-2 研究架構圖	24
圖 4-1 本研究劃訂之分區示意圖	35
圖 4-2 研究區一崩塌像元分佈(部份).....	36
圖 4-3 研究區一：各坡向崩塌量分佈比例	37
圖 4-4 研究區一：正規化各坡向崩塌量變化	38
圖 4-5 研究區一：各坡度崩塌量分佈比例	39
圖 4-6 研究區一：正規化各坡度崩塌量變化	40
圖 4-7 研究區一：各高度崩塌量分佈比例	40
圖 4-8 研究區二崩塌像元分佈(部份).....	41
圖 4-9 研究區二：各坡向崩塌量分佈比例	42
圖 4-10 研究區二：正規化各坡向崩塌量變化	43
圖 4-11 研究區二：各坡度崩塌量分佈比例.....	43
圖 4-12 研究區二：正規化各坡度崩塌量變化	44
圖 4-13 研究區三：各高度崩塌量分佈比例	45
圖 4-14 研究區三崩塌像元分佈(部份).....	46
圖 4-15 研究區二：各坡向崩塌量分佈比例	47
圖 4-16 研究區三：正規化各坡向崩塌量變化	48

圖 4-17	研究區三：各坡度崩塌量分佈比例	49
圖 4-18	研究區三：正規化各坡度崩塌量變化	50
圖 4-19	研究區三：各高度崩塌量分佈比例	50
圖 4-20	相關性檢定操作畫面	51
圖 4-21	研究區一：各土地型態崩塌像元比例	53
圖 4-22	研究區一：各土地型態上之各土地型態非崩塌比例	53
圖 4-23	研究區二：各類土地型態之崩塌像元素比例	60
圖 4-24	研究區二：各類土地型態之未崩塌像元素比例	60
圖 4-25	研究區三：各類土地型態之崩塌像元素比例	65
圖 4-26	研究區三：各類土地型態之未崩塌像元素比例	65
圖 5-1	象頭埔區域示意圖	73
圖 5-2	驗證分析流程圖	74
圖 5-3	不同風險分級下崩塌點位的土地使用概況	76



表 目 錄

表 2-1	VARNES MASS MOVEMENT 分類表	9
表 2-2	各研究者的採用的崩塌型態比較	12
表 2-3	HANSEN 歸納各崩塌孕災因素	13
表 3-1	本研究採用之資料屬性	29
表 3-2	本研究修正之土地類型	32
表 4-1	研究區一：各坡向崩塌量分佈比例	37
表 4-2	研究區一：正規化各坡向崩塌量分佈比例	38
表 4-3	研究區一：各坡度崩塌量分佈比例	39
表 4-4	研究區一：正規化各坡度崩塌量分佈比例	39
表 4-5	研究區二：各坡向崩塌量分佈比例	42
表 4-6	研究區二：正規化各個坡向累積崩塌量比例	42
表 4-7	研究區一：各坡度崩塌量分佈比例	43
表 4-8	研究區二：正規化各坡度崩塌量分佈比例	44
表 4-9	研究區三：各坡向崩塌量分佈比例	47
表 4-10	研究區三：正規化各坡向崩塌量分佈比例	47
表 4-11	研究區三：各坡度崩塌量分佈比例	49
表 4-12	研究區三：正規化各坡度崩塌量分佈比例	49
表 4-13	研究區一：各土地型態上之崩塌像元素分佈	52
表 4-14	研究區一：土地利用型態與崩塌之關聯性檢定	54
表 4-15	研究區一：農業與崩塌之關聯性檢定	54
表 4-16	研究區一：林業與崩塌之關聯性檢定	55
表 4-17	研究區一：道路系統與崩塌之關聯性檢定	55
表 4-18	研究區一：建築用地與崩塌之關聯性檢定	56
表 4-19	研究區一：自然地與崩塌之關聯性檢定	56
表 4-20	研究區一：各檢定項目成果與分析數值	57
表 4-21	研究區二：各土地型態上之崩塌像元素分佈	58
表 4-22	研究區二：土地型態與崩塌相關性檢定	61

表 4-23	研究區二：農業型態與崩塌相關性檢定	61
表 4-24	研究區二：林業型態與崩塌相關性檢定	62
表 4-25	研究區二：交通系統與崩塌相關性檢定	62
表 4-26	研究區二：建築用地與崩塌相關性檢定	62
表 4-27	研究區二：自然用地與崩塌相關性檢定	63
表 4-28	研究區二：各檢定項目成果與分析數值	63
表 4-29	研究區三：各土地型態上之崩塌像元素分佈	64
表 4-30	研究區三：土地利用型態與崩塌關聯性檢定	66
表 4-31	研究區三：農業與崩塌關聯性檢定	66
表 4-32	研究區三：林業與崩塌關聯性檢定	67
表 4-33	研究區三：交通系統與崩塌關聯性檢定	67
表 4-34	研究區三：建築用地與崩塌關聯性檢定	67
表 4-35	研究區三：自然用地與崩塌關聯性檢定	68
表 4-36	研究區三：各檢定項目成果與分析數值	68
表 5-1	臺北市環山區域崩塌量統計表	72
表 5-2	不同風險群集下各土地型態的面積比例	74
表 5-3	不同風險群集下土地型態項目統計	77
表 5-4	中高風險：交通系統與崩塌相關性檢定	79
表 5-5	中高風險：建築用地與崩塌相關性檢定	79
表 5-6	中低風險：林業與崩塌相關性檢定	79
表 5-7	中低風險：交通系統與崩塌相關性檢定	80
表 5-8	中低風險：建築與崩塌相關性檢定	80
表 5-9	低風險：建築與崩塌相關性檢定	80

第壹章 緒論

第一節 研究動機

...統計有九家(廬山地區)涉嫌占用河川用地部分，則是屬於都市計畫法中的「土地使用分區」規定，權責單位在縣府。檢方將透過中央單位提供十年來該溫泉區空照圖，比對地形、地物及地貌之間因開發所產生的變化，釐清災害發生的背後有無不法情節。...(2008-09-19：自由時報)

...寶山鄉公所表示，坍塌路段為填方土地，曾 5 度進行修復，都因未達穩定地質又再塌陷，過去因經費短缺，只能頭痛醫頭、腳痛醫腳，日前開始的修復工程，獲縣府全力支持，將開挖至穩定地質，徹底解決路段坍塌的問題...(2008-07-24：自由時報)

...接連颱風導致斷橋、土石流，讓民眾怵目驚心，國內學者昨天提出警訊，認為清境農場已過度開發，有可能成為下一個廬山。同時，九二一地震迄今已過了九年，但國土復育尚未完成，尤其是中橫更不應該在民代的施壓下復工...(2008-10-04：自由時報)

近年來每當臺灣發生天然災害，社會即會屢屢出現檢討土地使用的呼聲。土地是人類與自然環境之間重要的連結，人類賴土地為生，在合理使用的尺度下共存共榮；而當土地一旦超限使用，不僅環境與背後生態群落皆遭受破壞，人類社會環境也會因此遭受摧毀與破壞，這些代價往往是超限使用獲取的短期利益所無法彌補。

臺灣環境開始隨著高度都市化發展，人口逐漸增多，在經濟發展與環境災害兩者下如何使用土地就變成重要且刻不容緩的議題，然而這些當土地使用越來越精細，開始觸動當地環境造成環境變動，社會上更據這些災害與變動引發一連串種種國土保育及防災等議題，讓我們思考究竟我們的土地利用的方式錯了嗎？或者是這些大災變之下，無論怎樣人力施為其實都無法影響環境變動？因此釐清我們對土地使用的方式與環境之間的關聯性是當下刻不容緩的環境議題。

第二節 研究目的

本研究目的在於釐清土地使用型態與崩塌災害之間的關係，進而歸納討論不同土地使用型態在崩塌上的權重因子，以利往後更多崩塌研究或進一步國土規畫上一個合理的依據使用。

據上述研究動機，本研究之研究目標將針對崩塌與土地利用型態的人為影響因素做科學實證與討論並達到下列兩點目標：

- 一、釐清台北地區崩塌與土地型態之間的關係，以量化與統計方式實證之針對崩塌的土地利用型態的相關程度，了解人類在土地之上的種種產業與崩塌現象之間的相關性，在其背後提供量化與統計的實證基礎。
- 二、透過衛星影像萃取的數年崩塌點位資料，以崩塌的空間點位為基礎，進一步針對其上的產業型態、坡度、坡向等自然環境條件，歸納台北地區崩塌的趨向。

第三節 研究範圍

本研究區域依據內政部訂立的台北都會區範圍，此涵蓋台北縣與台北市兩縣市。臺北縣共計十市：板橋市、三重市、中和市、永和市、新莊市、新店市、土城市、蘆洲市、樹林市、汐止市；四鎮：鶯歌鎮、三峽鎮、淡水鎮、瑞芳鎮；十五鄉：五股鄉、泰山鄉、林口鄉、深坑鄉、石碇鄉、坪林鄉、三芝鄉、石門鄉、八里鄉、平溪鄉、雙溪鄉、貢寮鄉、金山鄉、萬里鄉、烏來鄉。

台北市為 12 區：中正區、萬華區、大同區、中山區、松山區、大安區、信義區、內湖區、南港區、士林區、北投區、文山區。台北都會區面積共計 2,271 平方公里(台北市：271.7997 平方公里、台北縣：2,052.5667 平方公里)，人口已達六百四十餘萬人，此都會區已佔臺灣人口四分之一。

起伏最高達海拔兩千一百公尺，此外台北市區內也有達海拔一千兩百餘公尺；整體都會區其坡度由平地零度爬升至 53° ，這些提供風災積水與暴雨崩塌等災害基礎(圖 1-2)，其中尤以崩塌與土石坍方更直接危害到社會與人類建物安全的災害。

據國內學者張石角調查，在 1969-1989 年間台灣重大山崩災害的 251 個案例中以台北縣與基隆市最多；此外據林雪美調查 1971-2000 年間的崩塌災害空間分布特性台北縣為崩塌災害最嚴重地區，南投縣居次，第三後則為花蓮縣、宜蘭縣(林雪美，2004)(圖 1-3、圖 1-4)。此兩者調查時間雖有不同，但仍可顯示出臺北地區在全臺灣是主要的崩塌災害區，兩位學者也指出崩塌災害極有可能與都市開發的人為活動密切相關。

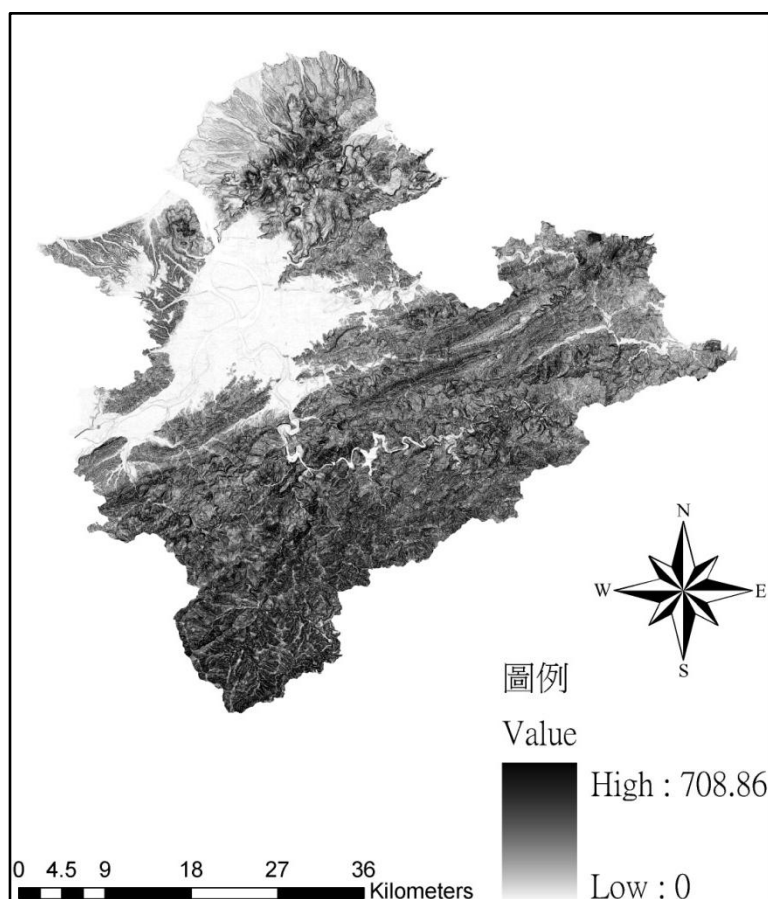
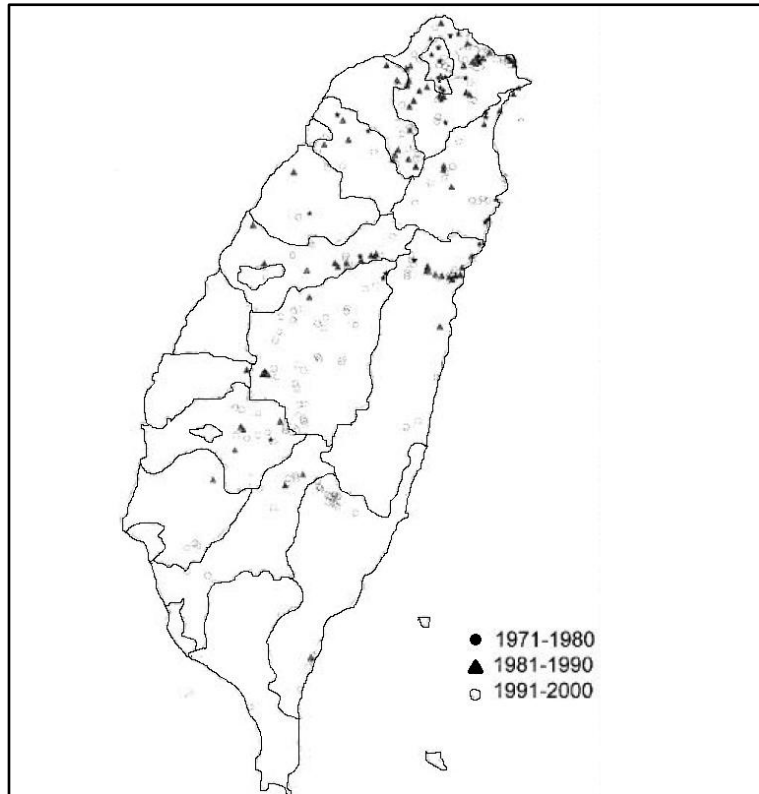
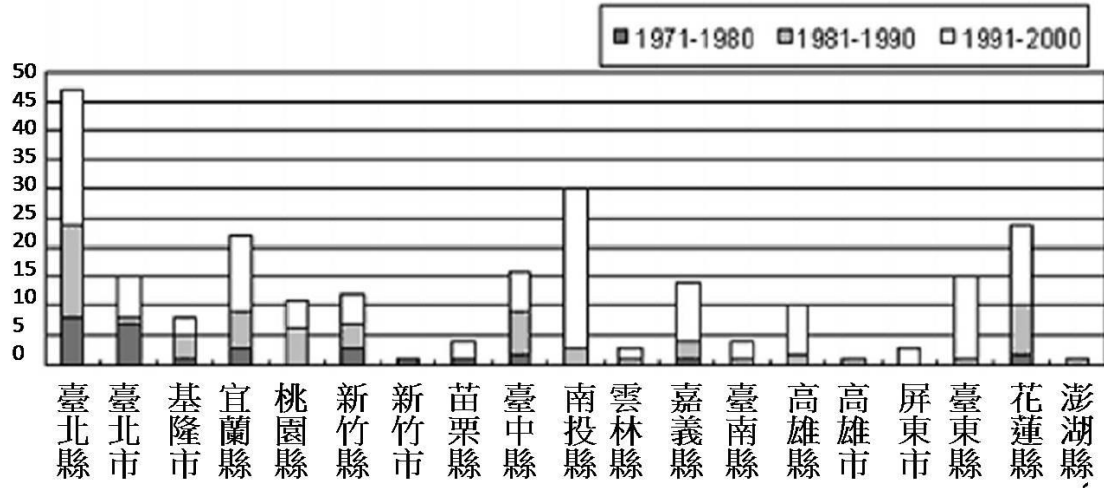


圖 1-2 臺北地區坡度圖



資料來源：林雪美，2004

圖 1-3 1971-2000 年臺灣崩塌案例分布圖



資料來源：林雪美，2004

單位：崩塌次數

圖 1-4 1971-2000 年臺灣三十年崩塌災害比例

三、具完整的土地規劃與制度

台北居於全國政治與經濟重鎮，相關的土地制度與管理規劃自日治時期奠下基礎，這些悠長的都市規劃歷史與經驗都讓臺北都會區的土地使用狀況清楚明瞭，不僅常切合國際趨勢同時也可以成為臺灣其他都市規劃的典範。

第四節 研究限制

本研究採用的研究材料為福爾摩沙二號衛星影像(1A)及 2007 年發佈國土調查資料。在研究材料與處理流程中，有些必然的材料限制與技術局限，而導致研究成果有些限制不盡完善，在此先行說明其研究限制。

1-4-1 光學影像誤差校正

衛星影像可以完成監測大範圍的大地監測與變遷任務，然而即使當前最新科技與演算法之發展仍不能完全避免光學影像的缺陷。光學衛星本身被動地接受太陽光源成像，相當容易受到雲霧水氣而干擾成像，加上臺灣地理環境位於亞熱帶海洋國家，地形起伏亦變化劇烈，山區常有雲霧山嵐。因此崩塌點區位選取將真實世界的地物資訊完整呈現，讓判釋成果不致誤判導致崩塌點位不當增加(雲霧影響)或減少(陰影遮蔽)等情形。

衛星影像使用上必須經過兩部分的校正誤差，一是大氣輻射校正(atmosphere correction)，二是大地校正(geometric correction)。在大氣校正方面，本研究採用福衛二號影像等級 1A 之影像，其影像已經由原始所接收到的資料進行輻射的相對及絕對校正處理，另外也進行查核補遺資料，感測器的偏移(offset)與均化(equalization)處理。因此影像完成的大氣校正及輻射資料補遺處理後，本研究中還需另行針對影像材料做大地校正處理。

大地校正方面由於衛星影像屬 2D 影像要完整呈現真實世界 3D 情形，像素呈現上必有些扭曲與壓縮而有失真情形，因此本研究先行透過佈設大量均勻的影像控制點(ground control points：一張影像依地區特性約 30-40 點不等)，讓影像重要地物資訊與真實世界的路網資料能鑲嵌完整。因此在細部誤差仍一定存在，整體而言在山區影像其誤差會略大於平地，本研究校正之精度表可參見附錄二。除控制點佈標及路網資料校對外，研究材料上更配合數值地形模型(20 公尺)、坡度、坡向、相關演算法(normalized difference vegetation index)：NDVI 及人工檢核去除雲霧區塊等方式，讓本研究的崩塌點位篩選至最精確情況(附錄

三)。

1-4-2 討論變項

在討論這些土砂型災害之觸動因子，無法將所有變項列為考慮。在第二章文獻回顧中可以獲知牽涉因素相當多樣。本研究鑒於討論尺度範圍相當大，無法細部去討論個別案例崩塌觸動因子為何，如雨量因素在現實環境中取得每個案例中時分尺度的降雨資料相當困難。再者，本研究課題著重於大尺度的崩塌分佈與特性研究，以及討論塌與土地利用型態之關聯性。因此綜何上述，本研究將選取大尺度的影響因素進行分析，單一案例之細部單點的崩塌動力機制，則不在討論範疇內。



第貳章 文獻回顧

第一節 臺灣土砂災害特性研究

根據臺灣政府部門分類，目前在臺灣地區常見的土砂災害類型有土石流、坡腳侵蝕、落石與崩塌(地滑)四類(行政院農業委員會水土保持局，2002)，而本節依據研究目的將歷來關於崩塌與土石流特性的研究分敘如下。

2-1-1 崩塌(地滑)的定義與孕育條件

崩塌(landslide)研究一直是自然科學領域非常側重的研究主體，其本身是自然環境變動的重要特徵之一，而往往在發生的當下也常蘊有破壞性，在現今的社會中深具威脅，因此瞭解其運作機制依據其變動特性從中避免危害。崩塌一詞在臺灣有許多不同的稱謂，如地滑、崩山、山崩、崩坍、坍方、塊體運動等，而在英文稱謂上亦常用 mass movement、landslide 等詞彙指稱，然無論何種字詞，其字義皆不脫：「斜坡組成物質在重力的作用下，具有有向下與向外的運動型態」(USGS, 2004；行政院農業委員會水土保持局，2002；吳杰穎等，2007)。崩塌在諸多前人研究中，Varnes 首先在 1978，依據塊體運動形式劃分幾類主要型態(Mass movement)：墜落(fall)、滑動(slide)、流動(flow)、緩滑(solifluction)和潛移(creep)等類型(表 2-1)，其後相關研究學者研究或簡化或細分，但主要仍不脫這樣的分類方式(Crozier, 1986; Dikau, 1996；石再添、鄧國雄等，2008；何春蓀，1990；張石角，1985；詹錢登，2000)，另外相關政府部門亦以此分類基礎作為教育素材(USGS, 2004；行政院農業委員會水土保持局，2002)。然而在其他相關研究上也有因研究主題殊異與學科差異等因素，亦常有不同分類細目出現在相關的研究中，如溝蝕(gully erosion)、翻轉(topples)、平面滑動(rotational slides)、旋轉滑動(translational slides)、側向滑動(lateral spreads)與複合型(complex)(張石角，1985；張杏枝，1993)等，但由這些文獻爬梳中，仍可發現多以 Varnes 的動力型態的分類為主(表 2-2)。

表 2-1 Varnes Mass Movement 分類表

Type of Movement		Type of Material		
		Bedrock	Engineering soil	
			Predominantly coarse	Predominantly fine
Falls		Rock fall	Debris fall	Earth fall
Topples		Rock topple	Debris slide	Earth topple
Slides	Rotational	rockslide	Debris slide	Earth slide
	translational			
Lateral spreads		Rock spread	Debris spread	Earth spread
Flows		Rock flow (deep creep)	Debris flow (soil creep)	Earth flow
Complex		Combination of two or more principal types of movement		

資料來源：USGS, 2004; Varnes, 1958

除了上述採用運動型態劃分外，亦有以不同分類標準劃分，例如有依氣候型態、搬運物質、物質均一性、物質大小、地質、運動速度、水/空氣/冰、觸發機制與型態屬性(morphological attribute)等各類方式等不一(表 2-3)(Hansen, 1984)。國內學者也曾出現依據崩塌後構成的形狀為依據進行崩塌分類，並從而劃分出如樹枝狀、槽狀、蝌蚪狀等七類不同的崩塌類型(張石角，1992)。

崩塌型態與分類情形已有諸多學者討論，而針對崩塌的觸發機制亦有許多學者針對此有相關的研究。一般來說，國內外發生之崩塌的觸因大致上被劃分為幾項：

- 一、降雨特性或人為影響增加土塊的荷重，使邊坡的剪力增加
- 二、地震活動(短暫應力)增加土塊瞬間的剪力
- 三、邊坡的幾何形狀改變(坡腳侵蝕、人為改變坡度、坡長、坡高等)
- 四、水文活動的改變(孔隙水壓增加等)
- 五、人為挖土、減少土壤支持力
- 六、土壤的風化作用(影響其土壤厚度與特性)

七、滲流(如溶解等)

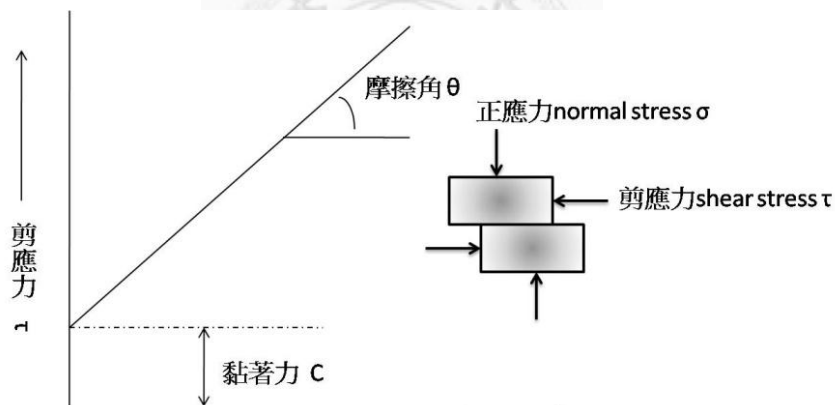
簡言之，上述這些作用力與機制皆為「地表高度降低並使坡面趨於穩定，是重力與剪應力彼此間的平衡作用」；而在具體的發生機制中，除了上述種種觸發因子外，在文獻中討論其運動的機制，最常見的庫倫法則(coulomb's law)重力作用下的滑動機制，以下便對此兩類略做說明：

一、庫倫法則(coulomb's law)

任何物質的性都決定於其組成的物質和結合力等二因素。不同的組成物質有不同特性，而相同的物質在不同結合狀態也會顯示不同性質。

在邊坡穩定有關的物質性質有：1.摩擦力(friction)、2.黏著力(cohesion)、3.密度(density)等三項。組成物質若相同結合力越大者，其密度也越大工程性質也越佳。故密度是土壤和岩石物理和工程性質的重要指示參數。

土壤和岩石的摩擦力和黏著力則可以剪應力(shear stress τ)和正應力(normal stress σ)之關係曲線表示(圖 2-1)。

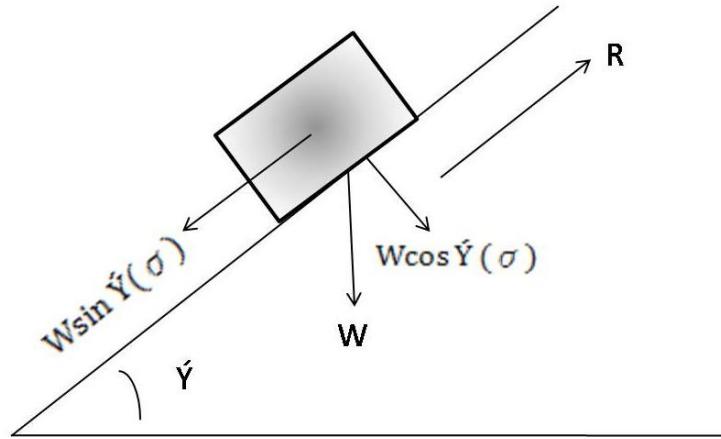


資料來源：張石角，1993

圖 2-1 正應力與剪應力關係圖

二、重力作用下的滑動機制

設傾角為 γ 之斜面上，有一重量為 W 之物體(圖 2-2)，據庫倫法則應有其下的極限平衡(limiting equilibrium)關係：



資料來源：張石角，1993

圖 2-2 重力與摩擦力的滑動關係

$$W \sin \gamma = CA + W \cos \gamma \cdot \tan \phi \dots \dots \dots (1)$$

式中 A 為斜面上物體之底面積。

設 $C = 0$,則(1)為：

$$W \sin \gamma = W \cos \phi \cdot \tan \phi \dots \dots \dots (2)$$

$$\gamma = \phi \dots \dots \dots (3)$$

由於岩石層面間一定有黏著力(C)之存在，所以 γ 通常大於 ϕ 。摩擦角之大小與組成顆粒稜角度、級配和緻密度成正比。

表 2-2 各研究者的採用的崩塌型態比較

崩塌型態 研究者	墜落 (Fall)	傾覆 (Topple)	滑動 (Slide)	側滑 (Spread)	流動 (Flow)	潛移 (Creep)	土石流 (Debris flow)	溝蝕 (Gully erosion)	緩滑 (Solifluction)	複合型 (Complex)
Crozier, 1989	V	V	V	V	V					
Dikau, 1996	V	V	V	V	V					
USGS, 2004	V	V	V	V	V					V
Varnes, 1978	V	V	V	V	V					V
石再添, 2008	V	V			V	V			V	
水土保持局, 2002	V		V				V	V		
何春蓀, 1990	V		V		V					
張石角, 1987	V	V	V		V	V	V	V		
張杏枝, 1993	V	V	V		V	V	V	V		
詹錢登, 2000	V	V	V	V	V					

資料來源：本研究整理

表 2-3 Hansen 歸納各崩塌孕災因素

Author	Climate (5)	Material moved (6a)	Coherence of material (6b)	Size of material (6b)	Geology (7)	Type of movement (8)	Speed of movement (9)	Water/air/ice (10)	Triggering mechanism (11b)	Morphological attributes (12a and 12b)	Complex group
Blong (1973a,b)				o+		ox				x	oP
Coates (1977)		x	+	+		x	+				A
Crozier (1973)						ox				x	A
Hutchinson (1968)						x					A
Ladd (1935)					x				+		A
Sharpe (1938)						x	+	x			A
Varnes (1978)		x				x	+	+			P

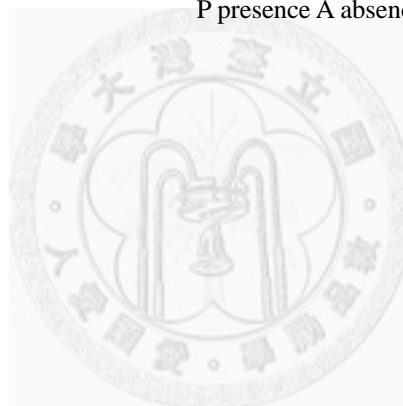
(續表 2-3)

Ward (1945)	+	+				x		+			A
Zaruba and Mencl (1969)		x	x		+	+					A

x main factors + Secondary factors o Factors used in comparative classifications

P presence A absence * bracketed numbers refer to list of basic discriminating factors

資料來源：Hansen, 1984



2-1-2 土石流的定義與孕育條件

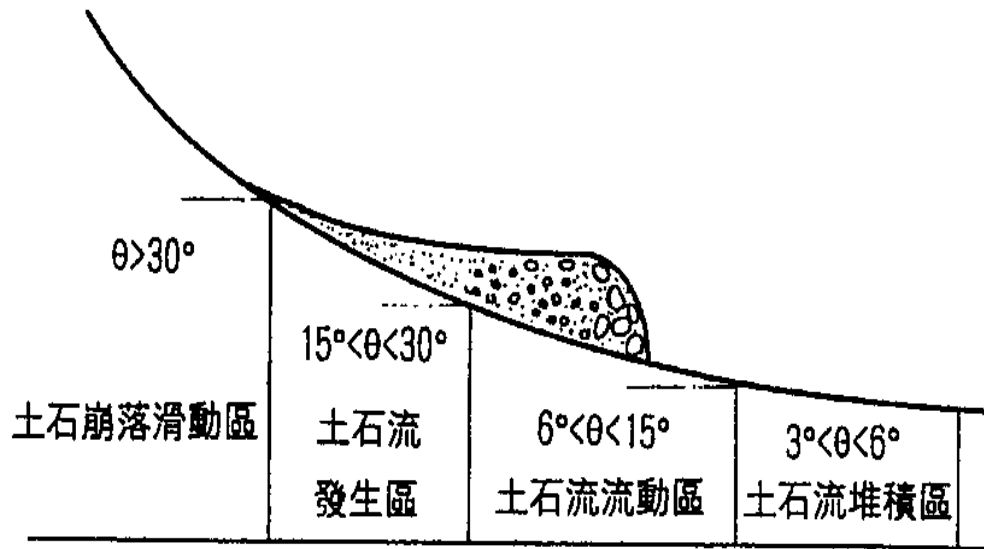
過去土石流並不常見於臺灣社會，近幾年由於新聞媒體的報導下，無形之間也加深社會大眾對於土石流的印象。然，現今對土石流(solifluction)此詞的原始定義與大眾認知上有所差距，土石流一詞在專業上其意義為「高緯地區凍土解凍泥流沿斜坡向下緩慢移動的現象」，自2000年後媒體開始大量使用與報導後在定義與限像上開始混淆使用；今日的土石流災害中，在學術上詞彙英應稱為岩屑流(debris flow)才是正式稱法，此外在國外相似的研究課題與災害中常見使用mudflow、rocky mudflow、mud slide、earth flow等不一而足(Johnson, 1984；何春蓀，1990；林雪美，2004)。但因臺灣所使用的土石流一詞已代指為普遍的岩屑流(debris flow)現象，甚至近來坊間的專業書籍也有將debris flow一詞定為土石流(吳杰穎等，2007)，因此在之後的論述行文中「土石流」一詞即意指岩屑流(debris flow)。

何氏認為岩屑流之運動形式應為上部先發生的塊體運動，可能是由於崩移作用而形成半月形崩崖，在崩崖下堆積的地質材料會沿著坡度的傾斜向下流動，於外貌上形成狹長的舌狀。如果此流動體中地質材料有一半以上超過砂粒粒徑的大小（大於2mm），或含有多量粗礫（即岩石碎屑），此即為岩屑流(何春蓀，1990)；詹錢登認為在土石流是屬於一種流體，當中蘊含泥、砂、石與水不同材質，此會隨重力作用岩著自然坡面流下(圖2-3)。

現今研究中已確定土石流在發生時，會有相當的明確運動特性，依據運動特性的不同劃為三區：發生區、流動區以及堆積區(圖 2-3)(Johnson, 1984；陳宏宇，1998；詹錢登，2000)。至於土石流觸發因素亦不外乎影響前述庫倫法則以及剪應力間平衡的因素。由於土石流發生因素相當複雜，例如有些學者認為植被因素可能會影響有助於穩定，但也有認為如植被覆蓋情形可能不影響土石流的發生，因為在許多案例中可以看到土石流也會發生在森林等區域(Johnson, 1984)，多數土石流雖肇因於塊體運動(mass movement)，然高速的豪雨沖刷而

發生的土石流亦可見之。

但絕多數認為土石流的發生必須要符合三類條件：一、鬆散土石、二、水分條件、坡度條件；陳宏宇則另外認為除了上述條件外，地質材料之間的穩定性條件亦必須考量，此外 Johnson 還認為能否有足夠的空間(channel)助於土石流延展是一個相當重要的條件(Johnson, 1984；陳宏宇，1998；詹錢登，2000)。



資料來源：詹錢登，2000

圖 2-3 土石流運動特性示意圖

第二節 崩塌致災因子與土地利用關係之研究

崩塌的作用因子目前大致被劃歸三類(何春蓀, 1990), 內部因素(崩塌週遭自然環境)、外部因素(加諸剪應力之變動因素, 如: 土地利用、雨量等)以及臨時應力(如地震或道路震動等)。舉例來說: 地質脆弱且雨量豐沛地區, 常造成崩塌產生, 若再輔以居住地居民因為土地道路等開發行為, 加之無足夠知識增設安定環境工程(擋土牆等), 造成一旦土砂塊體遷移就會產生相當大的危害。

依據國內研究成果, 張石角認為崩壞的山坡地質和地形條件適當組合有利邊坡活動(張石角, 1993); 張杏枝(1993)亦以崩塌調查整理崩塌涉及原因, 如: 在滑動力增加因素上: 一、移除側面與底部支撐力(水、坡腳軟弱層的風化、滲流、人為切除坡腳等), 二、增加擾動力(水、雪、崩積物的自然加積), 三、短暫地體應力(地震、沉重卡車經過等); 在抗滑動力減少因素: 一、物質本身: 岩盤斷層、節理破碎等, 二、風化改變: 降低有效的凝聚力及孔隙水壓增加。陳信雄則以崩塌面積、位置、海拔高度、坡度、坡向、種類、土地利用、植生度、活動性、地質、土壤等因素做為判斷崩壞特性與機制。

然而, 土地利用型態與崩塌之間的相關性為何? 許多學者相當關注於崩塌本身的自然物理特性, 歸納出坡度、雨量等諸多受自然因素的觸發機制(Carrara, 1992; Crozier, 1986; Johnson, 1984; Varnes, 1958; 石再添、鄧國雄等, 2008; 何春蓀, 1990; 林雪美, 2004; 張子瑩、徐美玲, 2004; 張石角, 1992、1993、1995; 陳宏宇, 1998; 詹錢登, 2000)。土地利用的方式是否觸發崩塌這樣的問題, 相較於多數自然機制的研究確實較少。一來土地利用調查建檔耗時甚久, 而崩塌災害發生卻相當迅速, 因此往往在土地利用調查結束, 崩塌環境當下可能已不是先前調查型態。另外人為活動因素交錯複雜難以歸類, 因此大多崩塌研究的觸發因子中仍以自然變項為主, 間或有考慮到人為活動, 對於此相較於自然機制研究較少。但即使如此部分研究者指出人為活動與崩塌兩者間是密切相關。

如彭軒明等在西藏研究地質災害與趨勢分析時發現其地區崩塌與地表工程活動，其發現兩者分佈情形類似，關連相當密切(彭軒明等，2006)。而國內針對一些頻繁發生崩塌地區，一些學者亦投入這些區域做相關研究。民國八十五年賀伯颱風侵台期間，南投許多山區發生嚴重崩塌與災害，即有許多學者指出此次災害與土地不當利用有密切關係(林美玲，1997；張長義、蔡博文，1998；陳時祖，1996；陳逸彥，1996；蔡光榮，1996)。張長義以細部大比例尺數值土地利用資料庫搭配現地調查資料，以土地利用面積與崩塌面積兩個變數進行皮爾遜相關分析，然由於地質與地形這類大範圍因素未列入考慮，且細部崩塌點容易受到超量雨量影響導致成果與過去經驗研究有所差異。

另外在石門水庫集水區中有國內學者關注其崩塌災害研究，林俊全、吳榮瑜在此區研究中指出道路使用也會造成沖刷與崩塌的現象，如北部橫貫公路及農業與林務用的產業道路等，這些道路使用皆呈樹枝狀延伸到集水區，一些之字形的產業道路出現許多沖刷的現象(吳榮瑜、黃宏斌，2005；林俊全，2006)

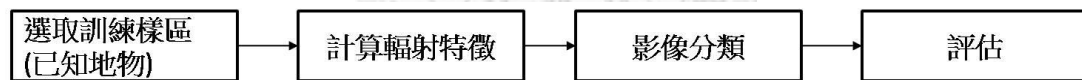
第三節 衛星影像地物判釋相關研究與應用案例

2-3-1 地物判釋

常見的衛星影像判釋方式分為兩類：非監督式影像分類(unsupervised classification)與監督式影像分類(supervised classification)，而這些都要經過地物的分類、辨識、描述與檢核，兩者差別只取決於是否輔以相關地理資訊或人工判釋協助分類。在分類成果完善後才能進一步佐以相關地理資料討論災害的特性。

所謂非監督式影像是以光譜特徵為基礎，依據光譜輻射值直接聚集分類，判釋成果較為不佳。而監督式影像分類則因為加入空間屬性資料或人工判釋一一予以分類，相較於非監督式分類效果最佳，因此本研究也採以監督式分類影像做為分類方法。

所謂監督式分類是先學習後分類的方法，在已知地物類型的前提下，所進行的分類，大多分四個步驟進行，大致如圖 2-4：



資料來源：本研究繪製

圖 2-4 監督式分類流程圖

洪皓仁在對鳳山西集水區進行影像分類研究利用類神經網路分類法、監督式分類、非監督式分類，進行三種分類方法比較。研究成果顯示非監督式分類法只單以光譜特徵進行分類，結果最差，而監督式分類則因為納入空間屬性資料為樣本，所以效果相較於非監督分類好(洪皓仁，2000)。

此外，相關影像判釋與分類研究中指出在一些常用的分類演算法如最大概似法(the maximum likelihood)、平行桿分類(parallelepiped classification)、或最短距離法(nearest distance)，當中以最大概似法分類效果最佳也是較為常使用的演算法(楊永安，2007；劉晃丞，2006)。因此本研究除了以監督式分類為分類

方式，也採以最大概似法進行影像分析，最後在進行人工判釋與評估分類情形優劣。

2-3-2 衛星影像應用災害監測

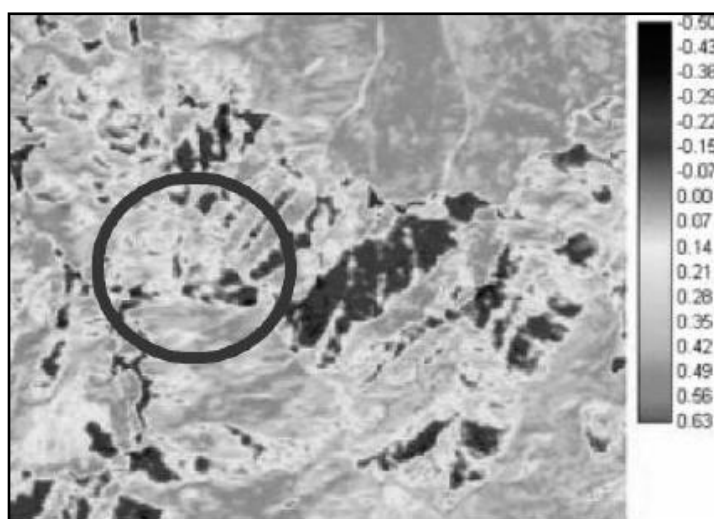
衛星影像(Satellite images)本身具有不同解析度特性：空間解析度(Spatial resolution)、時間解析度(Temporal resolution)等，可以交錯運用在不同尺度的環境監測。在 Kerle 等的研究中，便同時利用光學衛星與雷達影像監測尼加拉瓜火山所造成的土石流災害。不僅使用的常見的光學影像外，也搭配使用雷達影像，而雷達影像能令雲層干擾降低並輔以光學影像而達到最佳效果(Kerle and van Wyk de Vries, 2001)。

除了不同衛星影像應用外，Nichol 及 Wong 的研究中，採用不同空間解析度的光學影像 SPOT 和 IKONOS 判釋崩塌地，其利用最大相似法對低解析度的 SPOT 影像進行地物分類，可監測約 70% 的崩塌地；小尺度監測則用高解析度的 IKONOS 影像，並與 1：10000 的航照影像作比較；該研究結合此兩種不同空間解析度的影像進行崩塌地的監測與分析(Nichol and Wong, 2004)。

Karslia 在 2004 年採用多重時間尺度(multi-temporary scale)分析，在土耳其地區利用七年間距的航照比對，從土地形態的變化進行環境監測。此研究大大凸顯出遙測影像時間尺度的考量優點，並且得以整合過去歷史邊坡資料和實際田野調查，最後研究以立體攝影測繪軟體評估並歸納崩塌地特性。

在國內，高解析度衛星影像近年來也多被應用在相關的自然環境議題研究。黃兆吟(2006)透過 SPOT 影像分析溪頭地區植生指標(Normalized Difference Vegetation Index：NDVI)與裸露地間關係，發現在 NDVI 值越低地區其裸露地崩塌情形較為頻繁並透過研究成果檢視人工造林之必要性檢討；而衛星影像也扮演著重要政府策略實行的輔助角色，尤以災後重建等工作評估。謝禮丞等利用 SPOT、IKONOS、MODIS 三類影像對南投地區森林火災分析(圖 2-5)並透過影像針對災害面積、程度等檢視現行監測與管理政策(謝禮丞、樂家敏和顏添明，

2004)。



資料來源：謝禮丞，2004

圖 2-5 衛星影像應用火災後林地重建評估示意圖

除自然環境的崩塌地與災變等事後決策支援外，衛星影像亦有應用於事前監測與災害防範。楊永安在石門水庫地區透過衛星影像、航照判讀與實地調查，進行崩塌的判釋分析，歸納出石門水庫集水區崩塌熱點，以防範過度開發。此外也針對研究方式中三類常用監測方式提出相關優劣評估：以衛星影像尺範圍大、快速、成本低；航照判讀則精確、時間成本較高；最後實地調查耗費成本時間最高，但精確度最佳，其評比不失為之後相關研究參考(楊永安，2007)。

然災害不僅只侷限 GIS 與 RS 個別運用，許多學者亦多透過兩者的結合進一步分析區域崩塌地或對土石流主題採用相關計量或運算模式歸納出當地的坡地災害的區域特徵，而這些往往也常為國家區域發展重要的決策參考。

(Carrasco, Pedraza, Martin-Duque, Mattera, Sanz, and Bodoque, 2003; Delmonaco, Leoni, Margottini, Puglisi, and Spizzichino, 2002)。此外相關的災害學者亦積極透過這些技術改善增進果研究侷限和屢屢發表新的研究發現與改善技術方式讓崩塌災害評估與遙測影像和 GIS 的結合研究更為多元且精確(Carrara, 1992; Wadge, 1988)。

第五節 小結

由前述崩塌災害的相關文獻回顧中，崩塌類型與相關動力機制在各研究主題中或有不同，因此崩塌定義相當繁複並在各家見解分析形態上皆有所不同，因此「崩塌」一詞使用下必須針對本研究的主題定下一個明確定義，本研究據上述之各種崩塌表現的特徵，配合研究上所採用的衛星影像材料，將本研究的研究崩塌主題定義為「地表上不具明顯植生覆蓋且表面有裸露土壤且坡度在 0 度以上的地表現象」，只要符合上述條件的裸露像元點位，即為本研究之崩塌點位。

研究素材採取衛星影像是現今監測環境與大地變遷預測的一項新興技術，在偵測同區不同時間的研究下節省相當多的時間與物力，衛星影像可以迅速達到大範圍資訊蒐集與獲取無法抵達的區域的資訊，補齊過去研究不足的面向。而透過地理資訊整合多方資料(如：DTM、地質、土地調查等)，更可以讓研究成果臻於完善，同時也透過分類判釋與精確度評估讓成果更為可信。

在研究崩塌的文獻回顧中，在土砂型災害中無論是崩塌、土石流皆有許多共同之觸動因素，如外部因素有雨量、道路震動等，內部因素則含有地形、坡度等條件。但這些現象研究多數皆過於關注小區研究致使單一變項影響相當大，常導致成果不如預期(張長義、蔡博文, 1998)。本研究試圖把焦點放在崩塌環境裡大尺度變動的因素：如坡度、坡向與土地利用型態分佈等，透過相關性分析檢定釐清特定環境中各項因素與崩塌現象間是否具有關聯，期望能針對小區研究的方式之外提供一個可能的研究取徑。

第參章 研究架構與方法

第一節 研究架構

透過前述文獻回顧，目前利用衛星影像在崩塌地的環境監測已經逐漸成熟，更透過地方脈絡與資源，整合當地的地理資料，可以讓這樣的監測工作不再僅是被動型式的觀看，更可以透過多方的資源彙整進行環境評估與預防災害等功能。

本研究擬採用衛星影像技術協助研究區的崩塌地觸發特性研究並進一步了人類與環境彼此間互動的關係是否會造成環境的變動，更可能劇烈地產生災害造成相當的危險。本研究概念以 2006 年冬季至 2007 年冬季的影像變遷分析為基礎，納入數值地形模型(DTM)先行分析在研究區中，崩塌點位所處的位置特性(Sites)為何。透過國土測繪中心發佈的 2007 年國土調查資料進一步驗證推導是否因鄰近土地使用型態的不同區位環境(Location)，而造成環境上的劇烈變動(見圖 3-1)，從中理解土地型態、坡度、坡向與高度這樣大尺度的環境因素，與崩塌的關係就是本研究的概念。

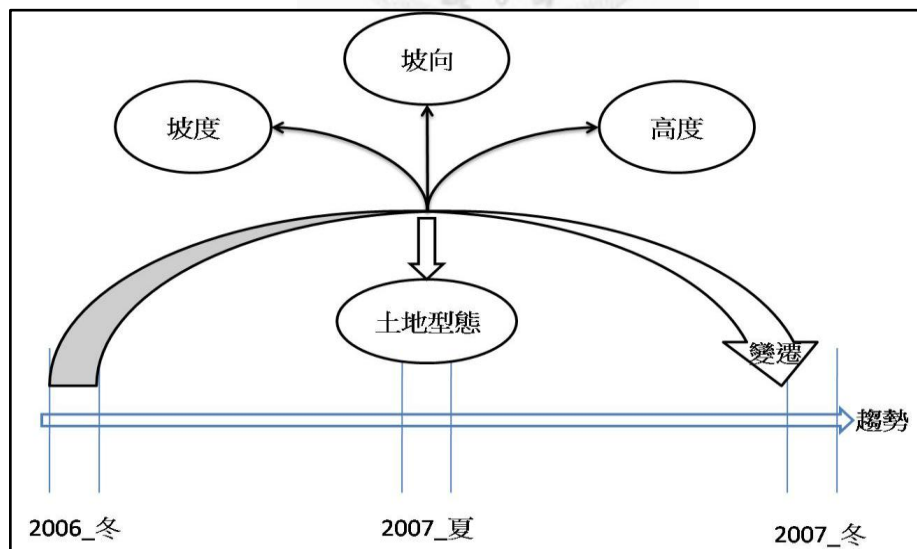
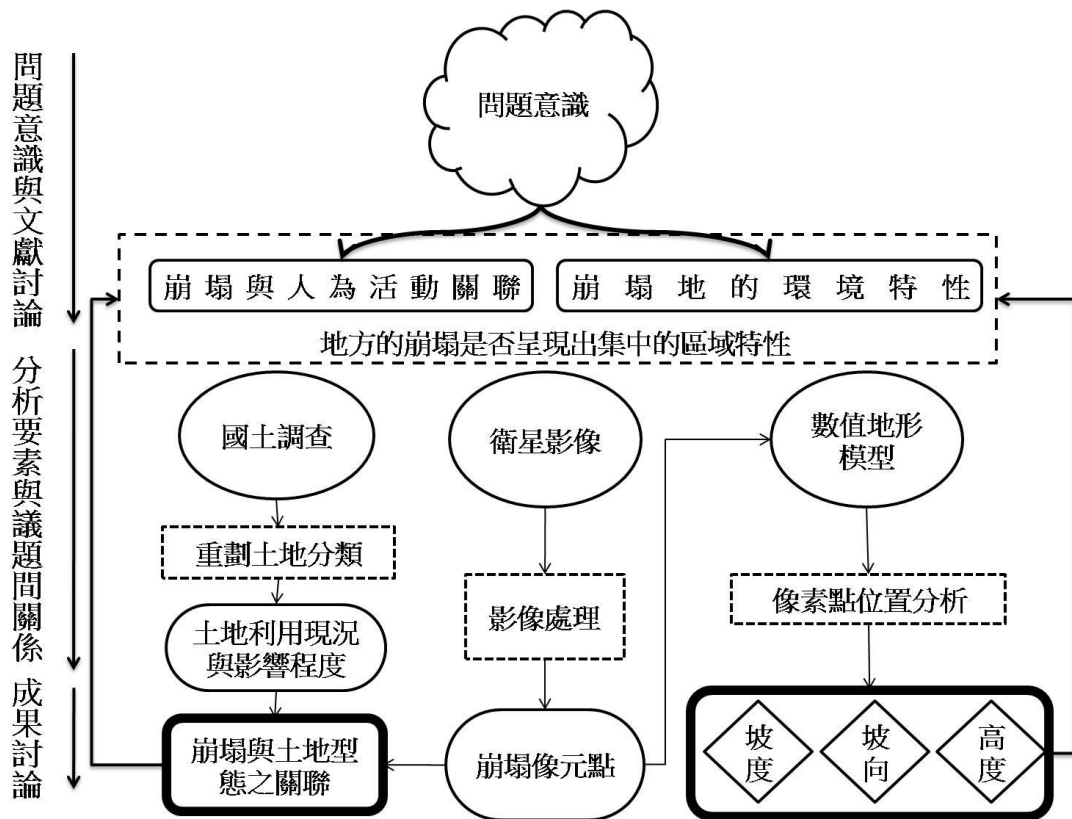


圖 3-1 研究概念圖

透過研究概念圖(圖 3-1)並結合緒論提出的研究問題與研究材料的整合，將

本研究架構繪製如下(圖 3-2)：



資料來源：本研究繪製

圖 3-2 研究架構圖

首先從研究的文獻回顧與問題意識導出本研究想試圖了解的兩個問題：一是崩塌與人為活動是否具有相關性存在？二是在區域中的崩塌會具有一定的環境特性？而此兩個研究問題本質上都是導向同一問題，即地方的崩塌是否呈現類似的集中特性，從區域尺度上了解的崩塌災害特性，也離清崩塌是否具有一種地方性格？這樣的成果可以讓政府管理單位會制訂良好的環境策略或管制相關產業開發。因此接著依據此課題發出的在提問，從既有材料中如國土查資料與衛星影像中，分析出兩個重要資料：土地利用現況與崩塌像元點資料。崩塌像元點資料與土地利用現況的檢定分析可回應本研究的第一個問題，另外在崩塌像元點與數值地形模型的整合更可以進一步討論區域內崩塌分佈的幾點自然特性。最後整合兩者為研究區內崩塌情況的集中情形做一整合性的討論(圖 3-2)。

第二節 研究方法與流程

3-2-1 研究方法—卡方檢定(Chi-Square Distribution)

本研究方法採取卡方檢定中獨立性檢定(test of independence)，討論現有國土調查土地分類資料並結合 2005 年迄今的崩塌分布上的彼此之間的關聯性與影響程度。此統計檢定方式是針對類別型式資料，可以從不同類別項目資料中求取彼此類別之間的相關與否。

卡方檢定屬統計學中假設檢定(Hypothesis testing)，主要利於類別資料的資料分析，例如：不同品牌的市場占有率是否有顯著關係、性別與產品喜好度關聯、教育程度與薪資待遇關係等。依據不同卡方檢定可以作為三類檢定：一、適合度檢定(goodness of fit)：檢定母體是否為某一特定分配之檢定方法；二、獨立性檢定 (test of independence)：檢視兩定性變數是否相互獨立之檢定方法；三、齊一性檢定(test of homogeneity)：檢定不同母體是否具有相同的分配或相同比例之檢定方法。

而本研究所取用與設計資料型態正與卡方檢定方式中的獨立性檢定之資料設計相當符合，即在不同土地類別下，依據崩塌像元素(是與否)的項目與內部統計量做檢定與測試項目間的相關性。

獨立系檢定可以將類別資料予以表列方式陳列，這種方式稱為列聯表檢定(test of contingency table)

因子分類		B		合計
		B1	B2	
A	A1	A	b	a+b
	A2	C	d	
合計		a+c	b+d	N

由機率的概念中，二分類的獨立定義必須聯合機率為個別邊際機率之相乘

積，亦即為 $P(A_i \cap B_j) = P(A_i) \cdot p(B_j)$

以此決定二重分類之標準是否為獨立隨機變數，即透過假說測試 (hypothesis test) 可以得知觀測值(崩塌量)與母體(整體土地利用情況)之間分布的差異。進行測試前必須先假設虛無假說 H_0 (null hypothesis)，假設觀測值與母體分布相同以及替代假說 H_1 (alternative hypothesis) 觀測值與母體分布不同，若其觀測與母體間的差異不大則接受虛無假說，反之則推翻虛無假說由替代假說之假設成立。

當母體期望值已知時，可由觀測事件發生的頻率與母體期望值的差異獲得卡方值，其公式如下：

$$\chi^2 = \sum \frac{(N_i - n_i)^2}{n_i} \dots\dots\dots(4)$$

其中 χ^2 為兩組資料的卡方值， N_i 為觀測值在第 i 個事件的頻率， n_i 為已知分布的期望值在第 i 個事件所出現的頻率。

由(4)式可得到卡方值，若其值很小，代表觀測值與母體間的期望值差異相當小，此即代表觀測值與母體分布相似性高；反之則代表兩者分布相似性低。

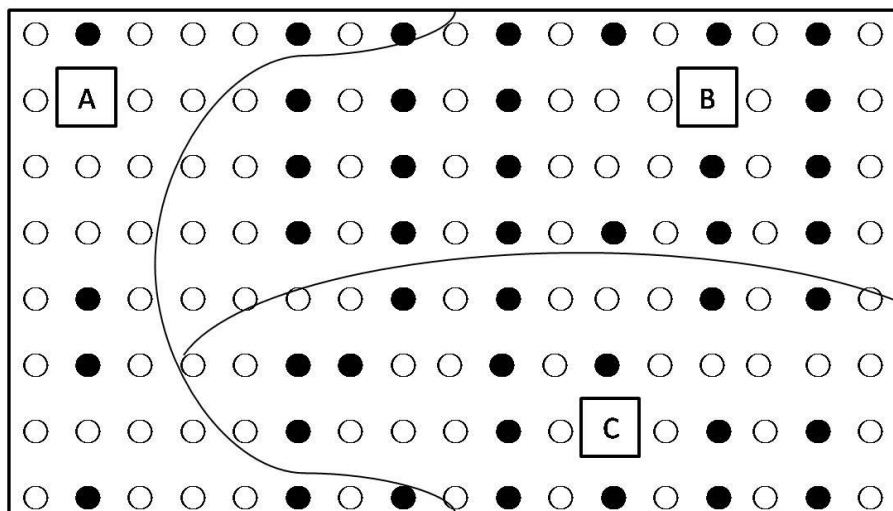


圖 3-3 獨立性檢定類別相關示意圖

圖 3-3 中有 A、B、C 三類土地型態，在影像中的崩塌與未崩塌則以像元點進行區劃，實質發生崩塌位置則觀測值為黑點，未崩塌的像元點則為白色，從兩者之間的變項數量中可確立兩個假說，即假設觀測值黑點與期望值相符，則崩塌與土地利用型態具相關性；反之，若觀測值與期望值不符，崩塌與土地利用則無相關性。透過這樣的統計檢定方式，本研究將尺度範圍由四個研究小區特性整合歸結臺北縣市的整體土地利用型態與崩塌關聯性，在哪些土地利用發展下與崩塌彼此之間不具/或具相關性，進而建議相關單位在哪幾類型的土地利用方式須多加評估或予以關注。

3-2-1 研究流程

透過前兩章的研究動機與目的及相關崩塌主題的文獻回顧，本研究準備 2007 年臺灣國土利用調查資料(內政部國土測繪中心：臺北縣與臺北市區域)，同時整理當年度(2007)福爾摩沙二號衛星之影像資料(2006 冬季-2007 冬)，為使衛星影像能夠有準確的位置資訊，並減少地形產生像素形變造成崩塌地等相關環境資訊與點位資料判釋困難，在研究的開始前必須經過適當的大地校正 (geometrics correction) 並賦予適當的研究區座標系統(TWD97)，此部分資料處理涉及研究方法與研究成果，因此將在第三節後續資料前處理一節加以詳敘。

在完成影像處理後，影像將透過監督式分類的自動化判釋並輔以人工檢核判釋品質優劣，取得 2007 年當年度之臺北地區崩塌分布情況，而在此過程下已可初步取得崩塌點位相關資訊，茲將上述研究方法步驟規畫本研究流程於圖 3-4。

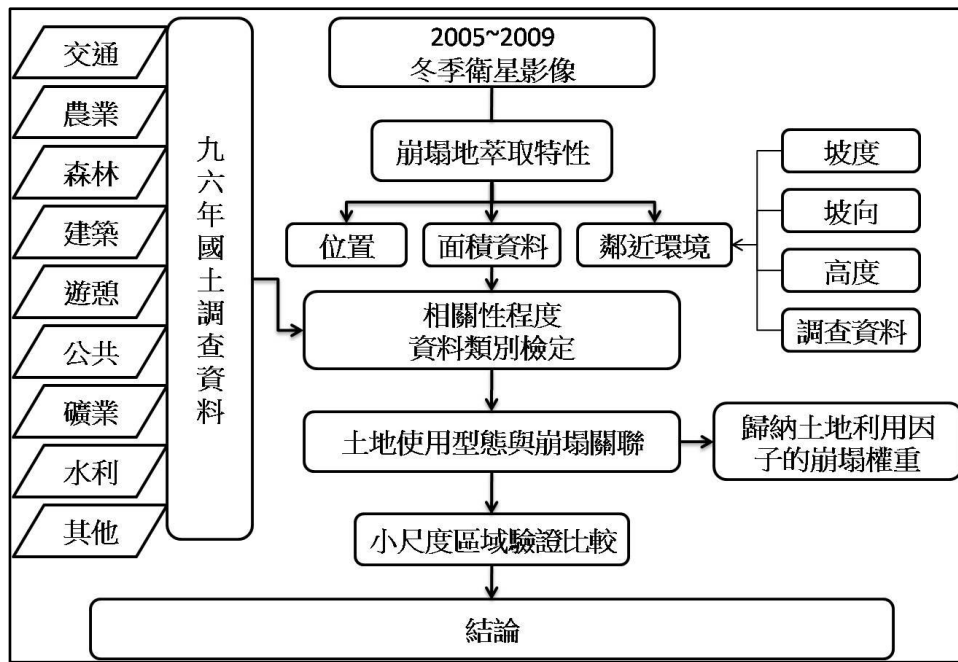


圖 3-4 研究流程圖

第三節 資料前處理

3-3-1 研究材料

本研究資料以內政部於 2007 年所公布的國土利用調查資料並取 2006 年冬季至 2007 年冬季區間的福衛二號衛星影像，此區間影像橫跨 2007 年所調查的國土實地調查資料，合乎本研究區在台北地區陸續所發佈的時間，使得影像與實地測繪資料能相互搭配使用。再者臺灣身處亞熱帶氣候區天候多雲霧，為生產適合且精確的崩塌資料，影像時間調查資料自冬季起始至冬季完成取樣區間，其氣候條件相對夏季較佳而崩塌現象也相較穩定。

而在第陸章驗證部分，沿用第五章變遷分析方式外，並輔以臺北市環境地質資料庫的山崩潛感圖調查資料進行小尺度區域驗證分析。山崩潛感圖是委由工研院能源與環境研究所權責調查製作，在 2004 年完成後發佈，在原資料庫網頁說明其山崩潛感的風險分級是依據崩塌機率劃分為四級：高、中高、中低、低四級，解析度為 10x10 公尺，而依據 2006 年臺北市環境宣導手冊說明，此山崩潛感圖製成考慮地形坡度、基岩強度、破碎情形與風化狀況、山崩歷史、河

流侵蝕作用(包括河岸侵蝕和向源侵蝕)、表層沖蝕及人為堆積等因素為基礎，彼此元素組合後納入災害分級與災害防治成本指數考量劃分四級距。

將本研究所採用的資料屬性表列於下(表3-1)：

表 3-1 本研究採用之資料屬性

資料名稱	時間	屬性	承辦單位
福衛二號 衛星影像	2006 年12月 至 2007年12月	空間解析度 Pan 2公尺 MSS 8公尺	國立臺灣大學 空間資訊研究中心
		時間解析度 24小時	
		光譜波段	
		0.45~0.52 μm (B)	
		0.52~0.60 μm (G)	
		0.63~0.69 μm (R)	
		0.76~0.90 μm (NIR)	
		輻射解析度8 bit	
數值地形模型 (DTM)		20x20公尺解析度	國立臺灣大學 空間資訊研究中心
		土地利用型態 共計九大類 一百零三類小項	內政部國土測繪中心
2007年 國土利用調查資料	臺北地區 2007年陸續發佈完成	採實地探勘與相片基本圖對照比對製圖，誤差主要來自相片資本圖，而基本圖圖面誤差容忍為2.5公尺	國立臺灣大學 地理資訊中心
臺北市環境地質資料 山崩潛感圖	臺北地區於 2004年完成 測繪調查並發佈	依據發生機率劃分 四級風險 高、中高、中低、低 解析度為10x10公尺	臺北市大地工程處

3-3-2 NDVI 植生指標分析

植生指標(NDVI)採用植物本身在近紅外光(Near Infrared)強烈反射的特性透過 NDVI 之演算法，可以瞭解植物分布情形，換言之透過 NDVI 植生指標可以檢視地表綠度覆蓋狀況，並可分出裸露地與綠地兩者之間截然不同的地物差異(見式 5)，而影像材料與處理崩塌點位流程可見圖 3-5。

$$N.D.V.I. = \frac{NIR - R}{NIR + R} \dots\dots\dots(5)$$

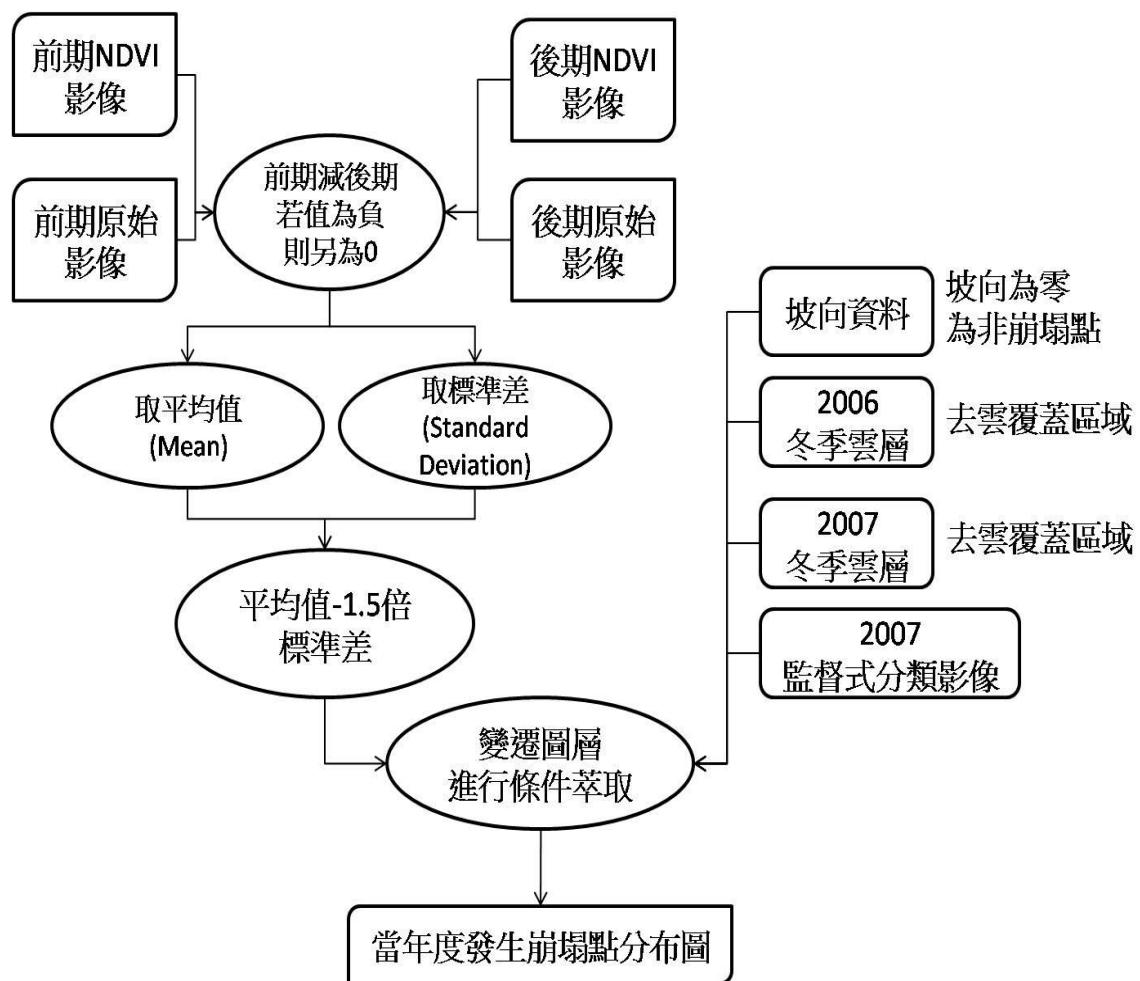


圖 3-5 崩塌點位萃取流程

本研究將影像處理流程簡述於下：透過前期影像與後期影像的 NDVI 分布情況加入前後期影像光譜數值彼此對照，可直接將研究區具有光譜數值進行分析，而在研究區外之影像則不予分析，可加速影像硬體處理速度。

透過兩個不同時期前後影像植生指標彼此相減取其標準差與平均值，透過數學式(Mean - 1.5 個 Stander division)，讓影像數值呈現屬常態分佈之左側(見圖 3-6)，此即意味植生指標在兩時期間發生改變，其改變意義為植生指標具明顯減少情形。

植生指標變化之變遷影像透過幾個條件式選取較為精確的崩塌點位。一為坡向資料，如前述，針對本研究崩塌之定義，其必須要在具有坡度的條件下才能夠發生，所以未避免將都市內裸露地或人為因素而造成誤判情形發生，透過坡度條件刪除，以增加本研究之崩塌樣本精確性；在本研究材料中定坡向屬性欄位為零者，即現實中坡度為零)。

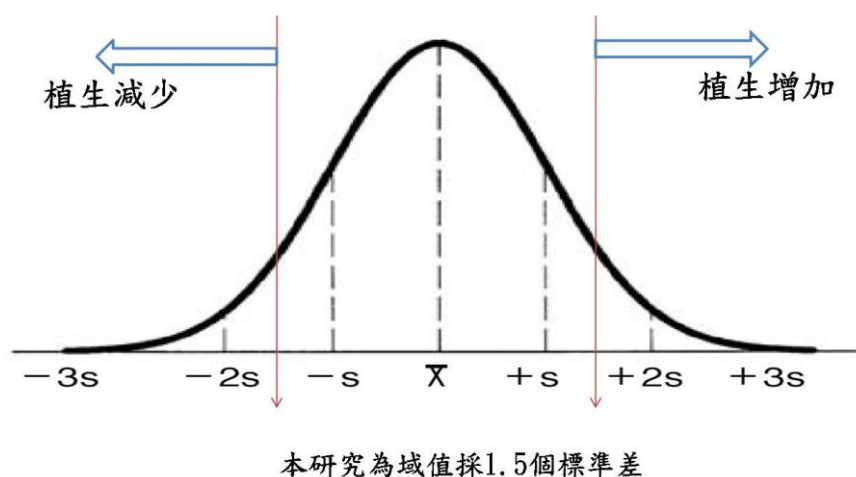


圖 3-6 植生指標萃取示意圖

而在條件刪除除了本身環境坡度外，亦以監督式分類完成之 2007 年影像成果與前、後期雲層覆蓋資料皆納入資料分析，務使 2007 年之變遷圖層崩塌點位選取更為精確。

3-3-3 重新分類國土調查資料

九十六年公佈之國土調查資料，依層級式樹狀結構共劃分三級。第一級共分為九類，第二級則在依第一級之劃分再行細分 41 類，而第三級則依第二級 41 類目下分 103 類土地利用型態，各類土地型態之劃分皆有其代碼編號越細之類目則編號個數越多(圖 3-7)。然而，在一些土地利用分類細目卻不盡然符合本

研究使用。如，農業項目中不僅包含一般農作型態(水稻、旱作等)，同時也包括農舍、水產畜牧等；水利項目中除了有自然形構的河川溪流外，亦包括渠道、運河水利設施等人為設施，諸如此類的這些分類細目彼此間屬性迥異，若貿然以原國土分類架構討論分析，則在人類與自然因子混雜不清情形下，分析成果必然會缺失。因此，本研究基於原國土調查資料的架構下，將欲分析之土地利用型態抽取並另行分類於下表(表 3-2)。

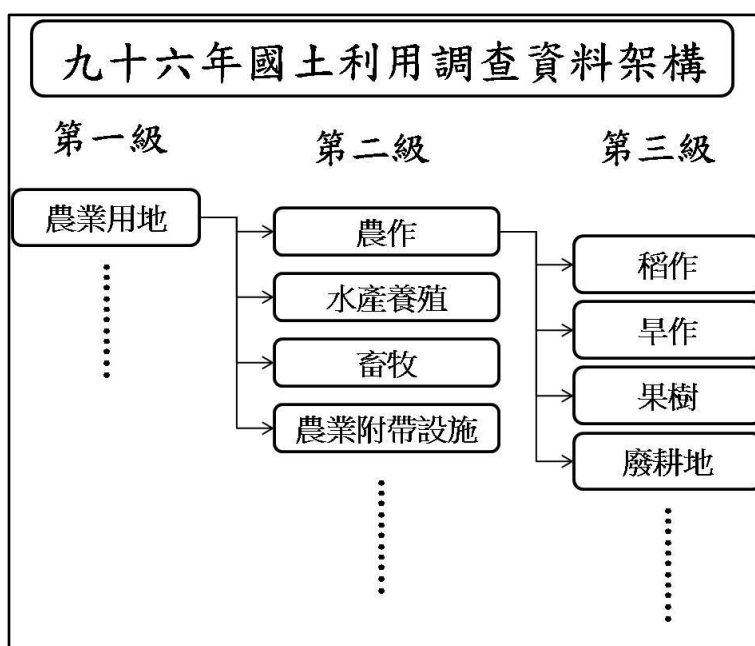


圖 3-7 國土利用調查資料架構

表 3-2 本研究修正之土地類型

第 I 級		第 II 級		第 III 級	
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼
農業使用土地	01	農作	0101	稻作	010101
				旱作	010102
				果樹	010103
森林使用土地	02	天然林	0201	天然針葉樹純林	020101
				天然闊葉樹純林	020102
				天然竹林	020103
				天然竹針闊葉混淆林	020104
		人工林	0202	人工針葉樹純林	020201
				人工闊葉樹純林	020202
				人工竹林	020203
				人工竹針闊葉混淆林	020204
交通使用土地	03	鐵路	0302	一般鐵路	030201

		道路	0303	國道	030301
				省道、快速道路	030302
				一般道路	030303
				道路相關設施	030304
建築使用土地	05	商業	0501	零售批發	050101
				服務業	050102
		住宅	0502	純住宅	050201
				兼工業使用住宅	050202
				兼商業使用住宅	050203
				兼其他使用住宅	050204
		工業	0503	製造業	050301
				倉儲	050302
		其他建築用地	0504	宗教	050401
				殯葬設施	050402
				興建中	050403
				其他	050404
	06	政府機關	0601	政府機關	060100
		學校	0602	幼稚園	060201
				小學	060202
				中學	060203
				大專院校	060204
				特種學校	060205
		醫療保健	0603	醫療保健	060300
		社會福利設施	0604	社會福利設施	060400
		公用設備	0605	氣象	060501
				電力	060502
	瓦斯			060503	
	自來水			060504	
			加油站	060505	
	環保設施	0606	環保設施	060600	
	07	文化設施	0701	法定文化資產	070101
				一般文化設施	070102
其他文化設施				070103	
休閒設施		0702	公園綠地廣場	070201	
			遊樂場所	070202	
		體育場所	070203		
自然土地	09	空置地	0908	人工改變中土地	090802
		空置地	0908	未使用地	090801
		溼地	0902	溼地	090200
		草生地	0903	草生地	090300
		裸露地	0904	灘地	090401
		草生地	0903	礁岩	090403
		裸露地	0904	裸露空地	090404
		灌木荒地	0905	灌木荒地	090500
		災害地	0906	災害地	090600
		營建剩餘土石方	0907	營建剩餘土石方	090700
		河道	0401	河川	040101

本研究以 2007 年國土資料調查結構基礎下，予以重新劃分五類：農業、林業、交通、建築以及自然土地。此劃分異動主要是調整在細目下不適宜整體分析的土地類型。如，前述水利用地包含自然河川與人為渠道等，另外利用率相當低的如荒地、草生地等土地型態，在本研究則皆歸類於「自然土地」下，與本類別劃歸的標準是以低度使用並多維持自然型態，因此其它類目下的「裸露空地」、「未使用地」也併計於此。



第肆章 崩塌點位分析成果

本研究之研究範圍跨越台北縣、市，從福衛二號航道劃分情況來看，共計有五條航帶經過此區(其中一條航帶僅切過東北角，另一條則切劃部分林口台地)。為避免資料經多次轉換而影響精確性以及資料處理速度考量下，本研究將研究區域依航道帶為三區，此三區涵蓋絕多數臺北地區範圍，在三個研究小區中各自討論內部的環境特性與土地型態關聯性與否(圖 4-1)。

在本章研究的設計中第一節先行討論崩塌點位本身環境特性，以大尺度角度著手，將研究區因素選定為坡度、坡向與高度，試著透過較大尺度的崩塌點位樣本蒐集，窺看台北地區的崩塌環境特性與趨勢。第二節則著重於土地利用型態與崩塌相關性與否，透過卡方檢定統計驗證手段，讓台北地區的土地利用型態與崩塌間關聯性具有科學根據與討論。最後本章第三節將整合此三區之分析成果後歸結臺北縣市崩塌的自然特性。

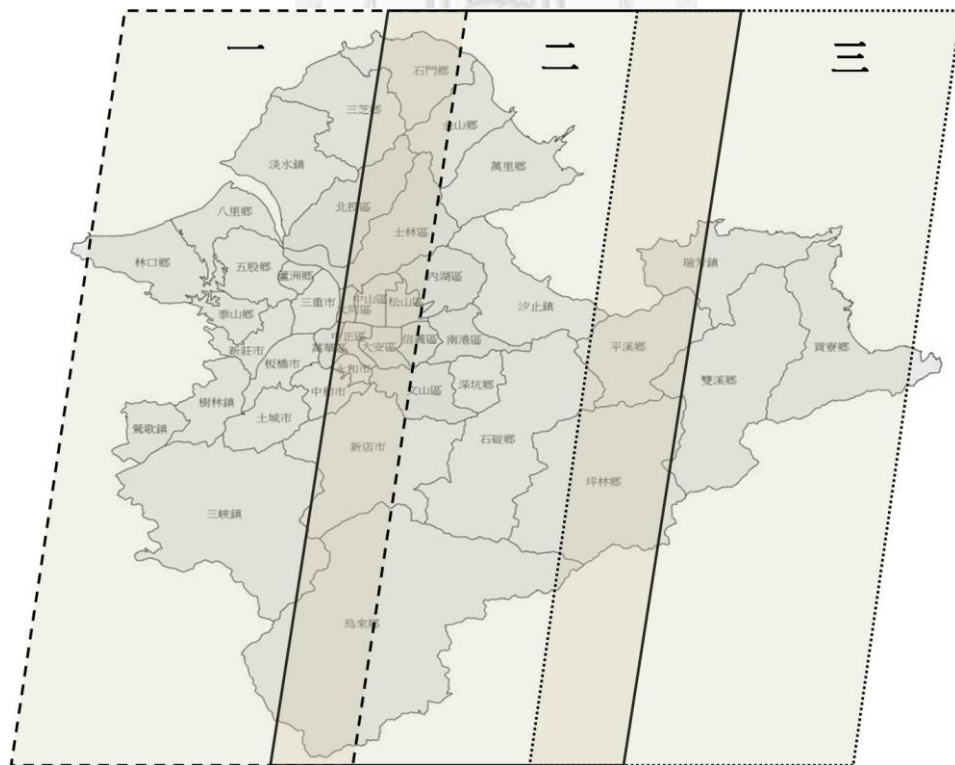


圖 4-1 本研究劃訂之分區示意圖

第一節 崩塌點位的分佈特性

本節以崩塌點位所屬的環境特性進行分析，以崩塌所處的高度、坡度與坡向三項崩塌因素整合，從中獲取臺北地區容易崩塌的環境傾向。

在分析因素項目，參酌過去研究者及水土保持局定立的標準將坡向、坡度與高度各訂立一標準，以協助分析資料。

坡度	六級距	0-5%；5-15%； 15-30%；30-40%； 40-55%；>55%	行政院農業委員會 水土保持局，2002
高度	五百公尺為級距	0-500；500-1000； 1000-1500；1500-2000	張子瑩，2004
坡向	以八方位畫分	N；E；W；S；NE；NW； SE；SW	常用畫分坡度方法

研究區一：臺北盆地西部至金山、大安、新店



資料來源：本研究繪製

圖 4-2 研究區一崩塌像元分佈(部份)

在研究區一中經由初步統計分析(見表 4-1 及圖 4-3)，此區崩塌點相當集中於兩個坡向：東向與東南向，兩者合計比例已逾半數(50%)。

表 4-1 研究區一：各坡向崩塌量分佈比例

	North	North-East	East	South-East	South	South-West	West	North-West
崩塌點	54	37	104	114	53	30	37	21
整體比例	12%	8%	25%	25%	12%	7%	8%	5%

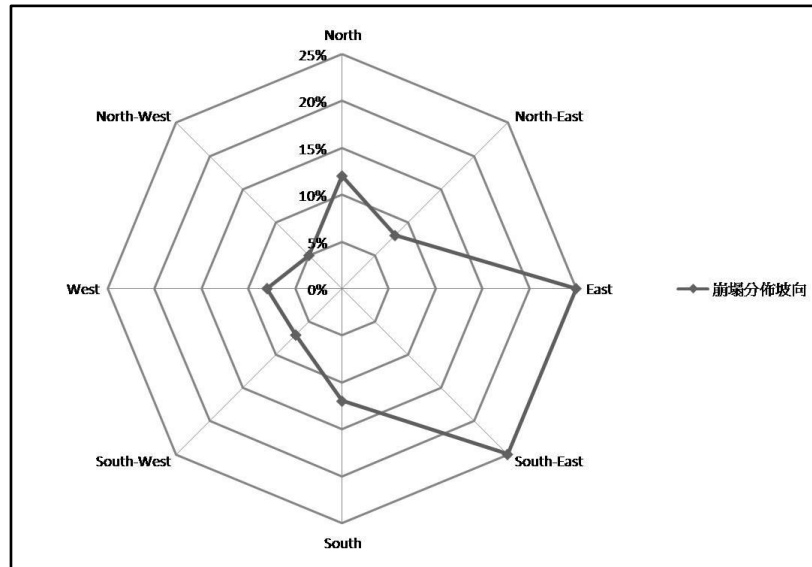


圖 4-3 研究區一：各坡向崩塌量分佈比例

然而，上述圖表大量呈現與集中東向與東南向，為避免區域內過多同坡向影響分析成果而有誤判情形，必須進行正規化。本研究採取的正規化方式是求取在相同單一面積的情況下，在八個坡向上是否崩塌也同樣呈現集中的趨勢。

在經過表 4-2 統整計算，研究區一的像元素分析中以北向為分布最多之坡向，而其他七個方位大致相等，像元素多在九萬至十萬區間徘徊。而與各坡向間的崩塌像元素進行單位面積計算正規化比較後，本研究區中以東南向居高，東向與南向的崩塌量則次之。透過圖 4-4 比較可窺見經正規化後，研究區一仍以東南向最高，而東區則依舊不變，大體而言經過正規化後，與原先統計量未有明顯差異。

表 4-2 研究區一：正規化各坡向崩塌量分佈比例

	North	North-East	East	South-East	South	South-West	West	North-West
各坡向總 像元素數	541905	182714	145856	164950	228202	192086	176807	198153
面積(m ²)	34681920	11693696	9334784	10556800	14604928	12293504	11315648	12681792
崩塌像元素	22	76	278	514	427	115	22	17
每平方尺 崩塌數量 (pixels/m ²)	54	37	104	114	53	30	37	21

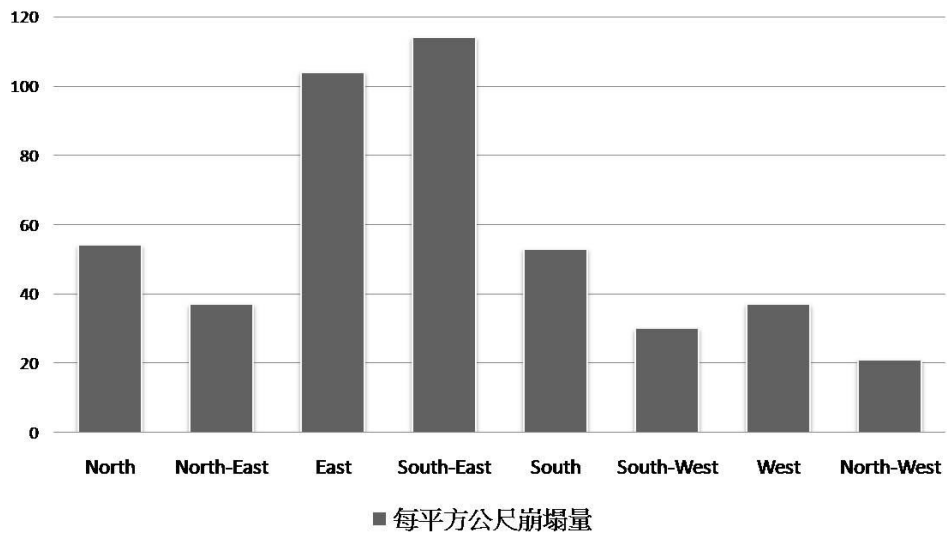


圖 4-4 研究區一：正規化各坡向崩塌量變化

而在研究區一的六級坡度中在原始統計情形下，主要集中在一級至三級坡，分布情形達到七成(見表 4-3、圖 4-5)。

表 4-3 研究區一：各坡度崩塌量分佈比例

	一級坡 <5%	二級坡 5-15%	三級坡 15-30%	四級坡 30-40%	五級坡 40-55%	六級坡 >55%
崩塌點	123	106	98	44	48	31
比例	27.33%	23.56%	21.78%	9.78%	10.67%	6.89%

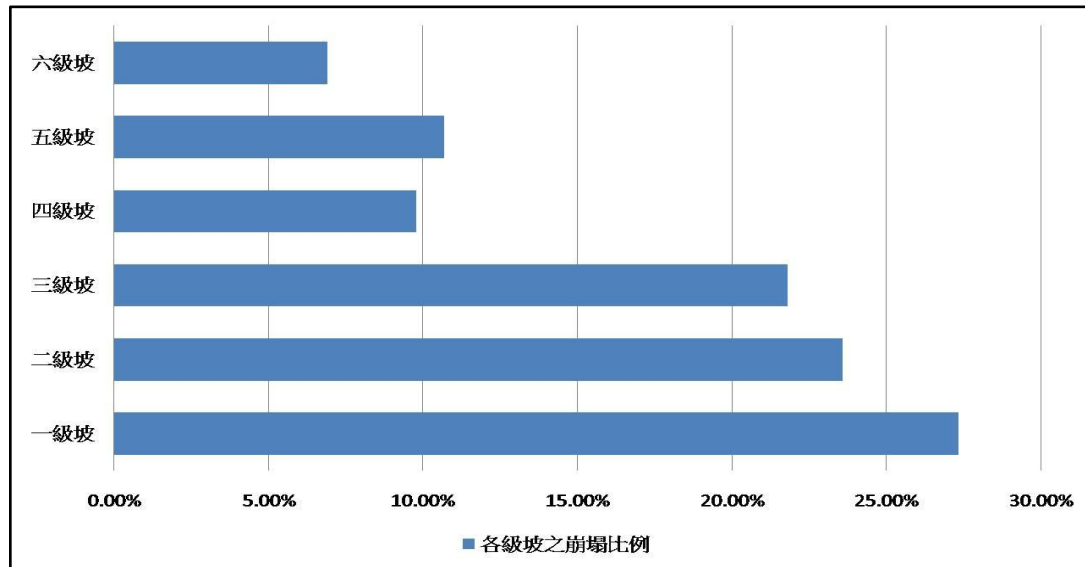


圖 4-5 研究區一：各坡度崩塌量分佈比例

然而，同樣在坡度處理上必須依據區域內各級坡本身的比例去正規化讓崩塌能正確反映現實情形，表 4-4 與圖 4-6 級是正規化後的資料，可以見到在正規化後，崩塌比例在一級坡至二級坡之間有一個高峰隨後趨緩降低，代表本區的崩塌量在 5% 至 15% 是相當容易崩塌的坡度，隨著坡度的增高則崩塌量的情形則漸趨緩。

表 4-4 研究區一：正規化各坡度崩塌量分佈比例

	一級坡 <5%	二級坡 5-15	三級坡 15-30%	四級坡 30-40%	五級坡 40-55%	六級坡 >55%
各級坡度 總像元素數	814691	327436	410123	268726	316831	335009
面積(m ²)	52140224	20955904	26247872	17198464	20277184	21440576
崩塌像元素	123	106	98	44	48	31
每平方尺 崩塌數量 (pixels/m ²)	150.9775	323.7274	238.9527	163.7356	151.5003	92.53483

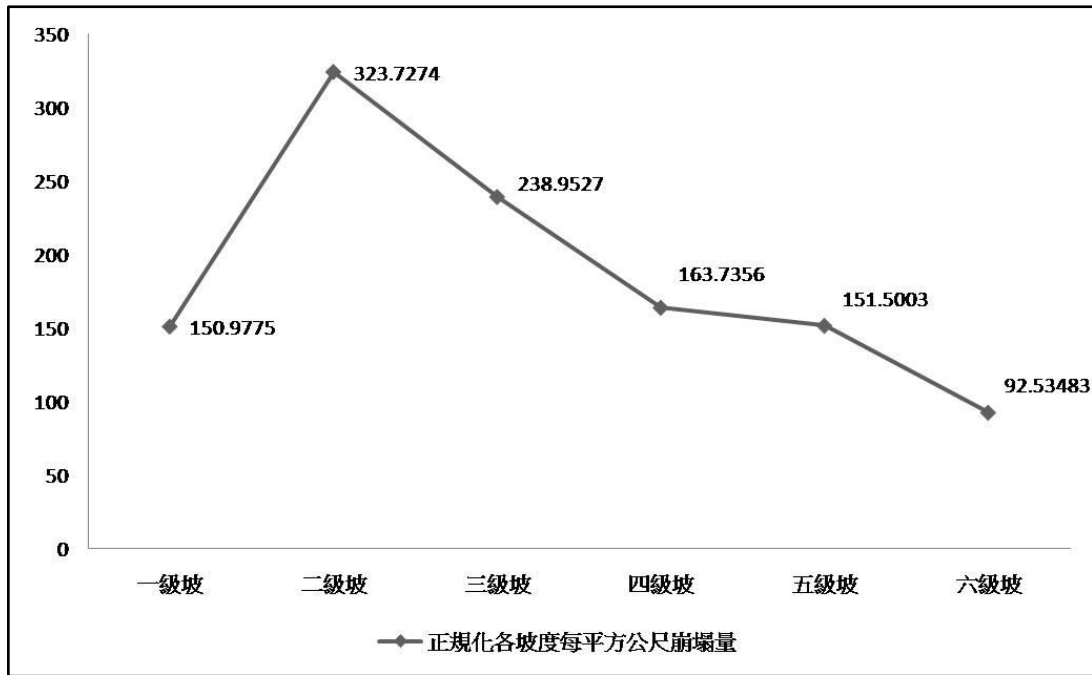


圖 4-6 研究區一：正規化各坡度崩塌量變化

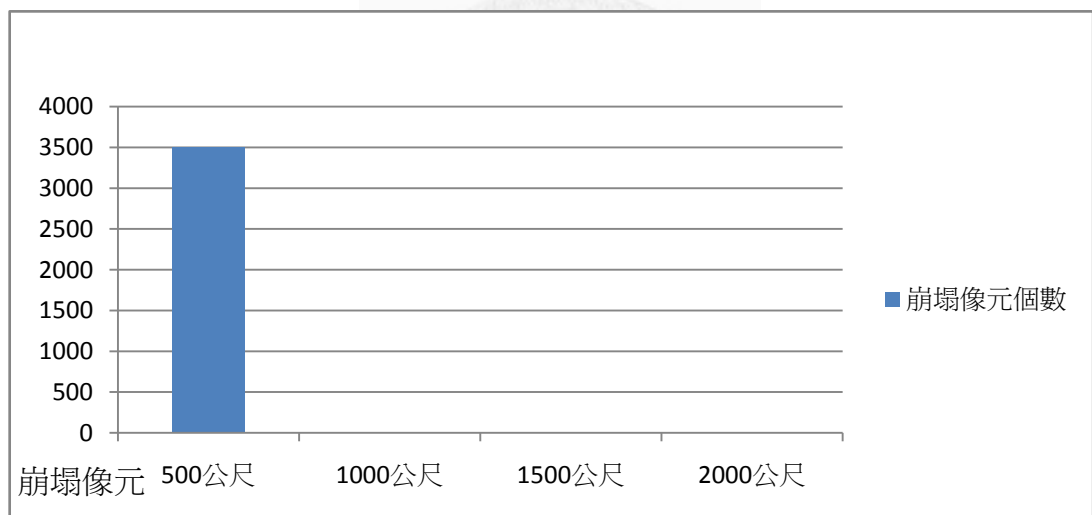


圖 4-7 研究區一：各高度崩塌量分佈比例

而在高度分布的情況(圖 4-7),研究區一幾乎是集中在高度五百公尺以下,換言之本研究區越過五百公尺的地區即鮮少有崩塌發生,即使依據區域的高度所佔的比例予以正規化也是如此。

研究區二：金山、大安、新店至雙溪、坪林



資料來源：本研究繪製

圖 4-8 研究區二崩塌像元分佈(部份)

研究區二範圍橫跨金山、大安與新店區域，部分地區跨越山區延至坪林與雙溪。本區的崩塌像元在各坡向分布情形，從原始資料顯示相當集中東南向與南向(表 4-5、圖 4-9)。經過正規化處理後，與原始資料並無呈現差異，仍以東

南向與南向為崩塌分佈的主要坡向(表 4-6、圖 4-10)。

表 4-5 研究區二：各坡向崩塌量分佈比例

	North	North-East	East	South-East	South	South-West	West	North-West
崩塌點	260	331	548	847	840	407	219	186
整體比例	7.1%	9.1%	15.1%	23.3%	23.1%	11.2%	6.0%	5.1%

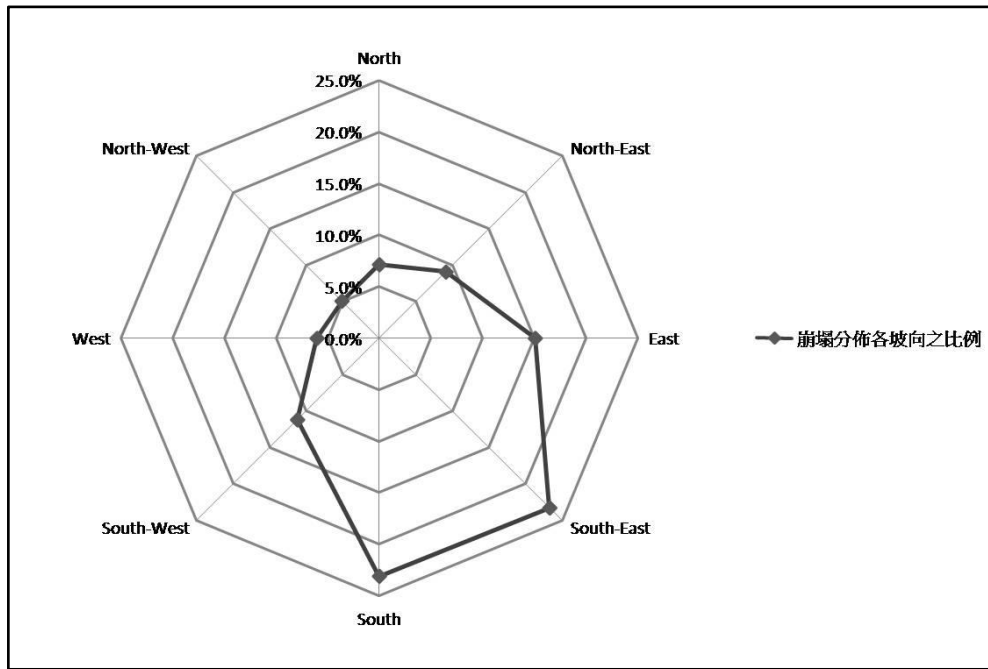


圖 4-9 研究區二：各坡向崩塌量分佈比例

表 4-6 研究區二：正規化各個坡向累積崩塌量比例

	North	North-East	East	South-East	South	South-West	West	North-West
各坡向總像元素數	377300	377300	269381	243811	252070	263539	242272	261118
面積(m ²)	24147200	17240384	15603904	16132480	16866496	15505408	16711552	16713536
崩塌像元素	260	331	548	847	840	407	219	186
每平方尺崩塌數量 (pixels/m ²)	689.1068	1228.743	2247.643	3360.178	3187.384	1679.93	838.7013	712.2371

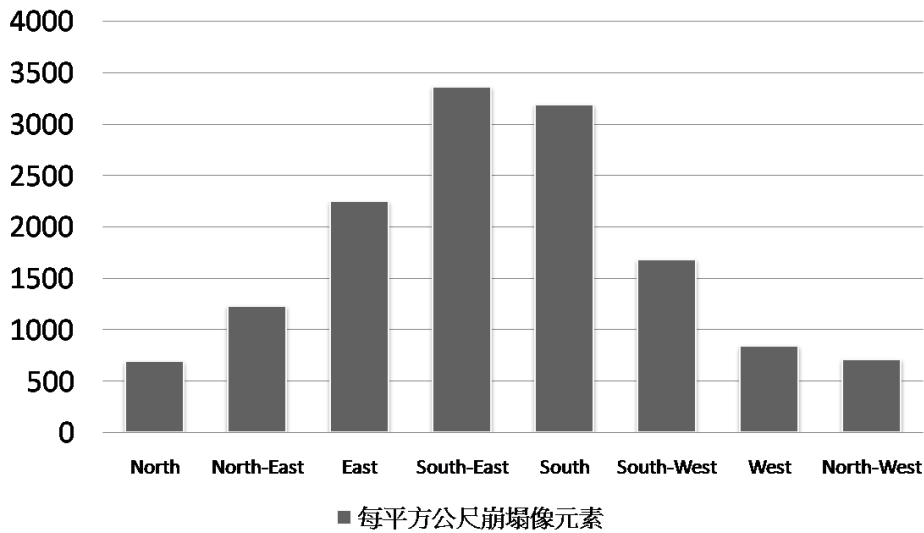


圖 4-10 研究區二：正規化各坡向崩塌量變化

在坡度的崩塌分布情形上，自原始統計資料顯示研究區二是以三級坡為主要的崩塌坡度，其崩塌量遠高於其他坡度，而一級坡至二級坡則呈現較劇烈的波動增加(表 4-7、圖 4-11)。

表 4-7 研究區一：各坡度崩塌量分佈比例

	一級坡	二級坡	三級坡	四級坡	五級坡	六級坡
崩塌點	284	703	1171	687	552	241
比例	7.81%	19.32%	32.19%	18.88%	15.17%	6.62%

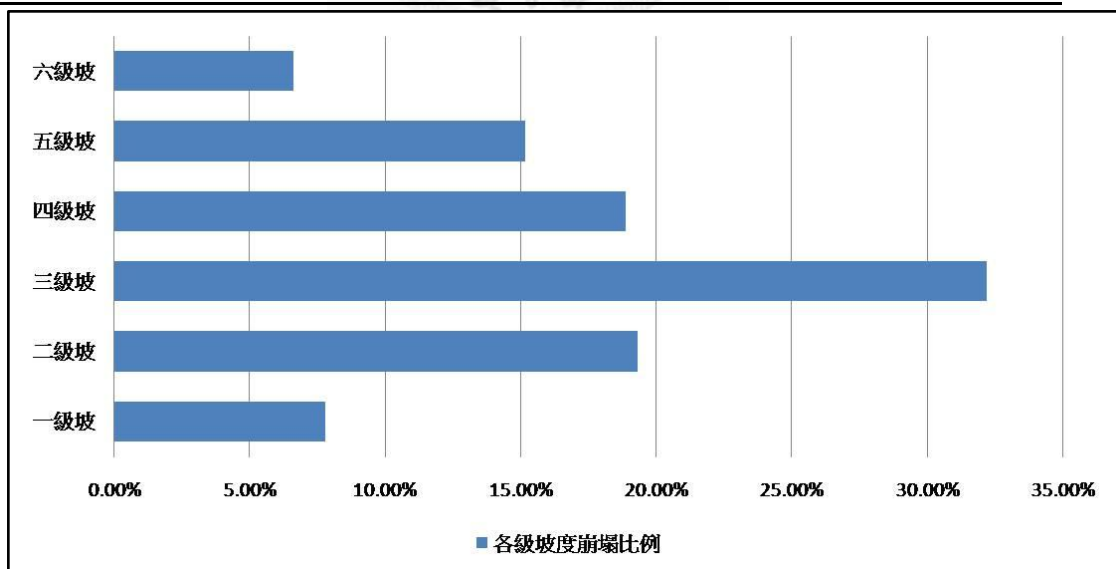


圖 4-11 研究區二：各坡度崩塌量分佈比例

然而經過正規化後，正規化資料與原始資料則呈現截然不同的意義。原始資料中第三級坡度是本區最高的崩塌分布情形，經過正規化後，第三級坡則不是崩塌分布最多的級距而是第二級坡度，同樣與研究區一的分析成果在第一級坡度至第二級坡度區間呈現劇烈的增加情形。及至越過第二級坡後，研究區二的崩塌像元隨著坡度的增加而漸趨緩(表 4-8 與圖 4-12)。

表 4-8 研究區二：正規化各坡度崩塌量分佈比例

	一級坡 <5%	二級坡 5-15%	三級坡 15-30%	四級坡 30-40%	五級坡 40-55%	六級坡 >55%
各級坡度 總像元素數	289357	204021	416246	333560	426777	500679
面積(m ²)	18518848	13057344	26639744	21347840	27313728	32043456
崩塌像元素	284	703	1171	687	552	241
每平方公尺 崩塌數量 (pixels/m ²)	981.4865	3445.724	2813.24	2059.599	1293.416	481.3463

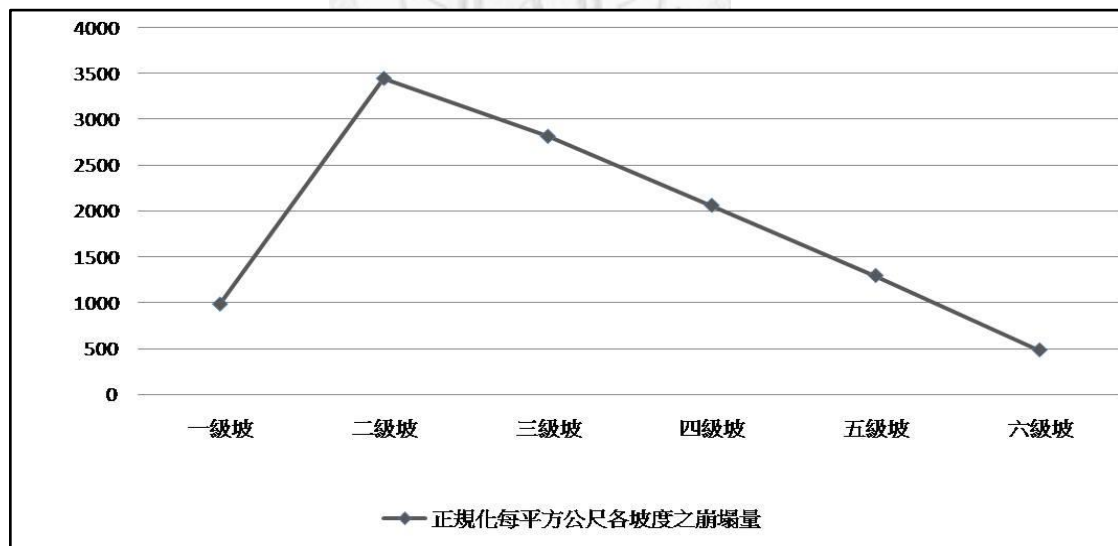


圖 4-12 研究區二：正規化各坡度崩塌量變化

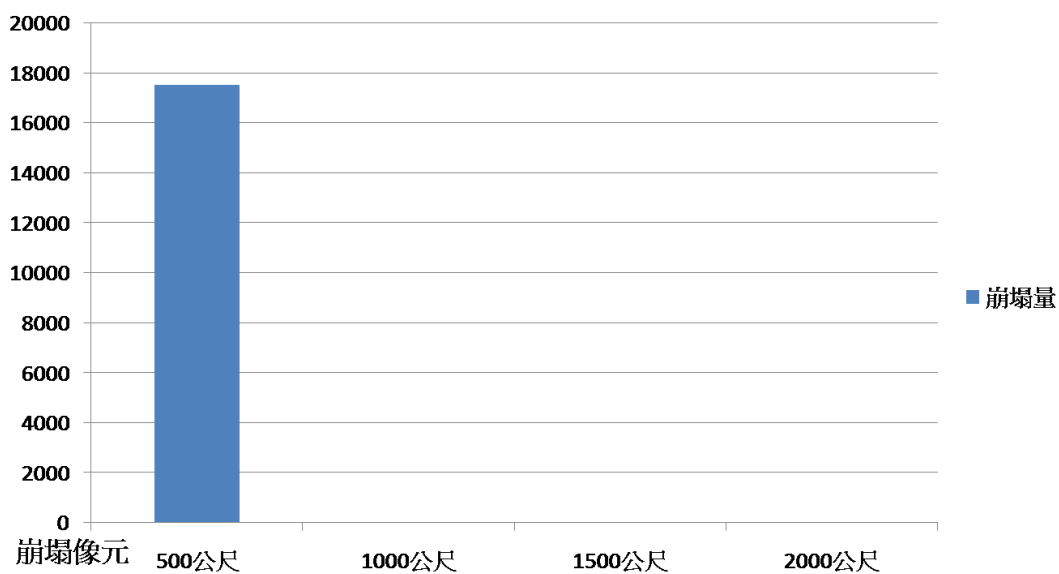
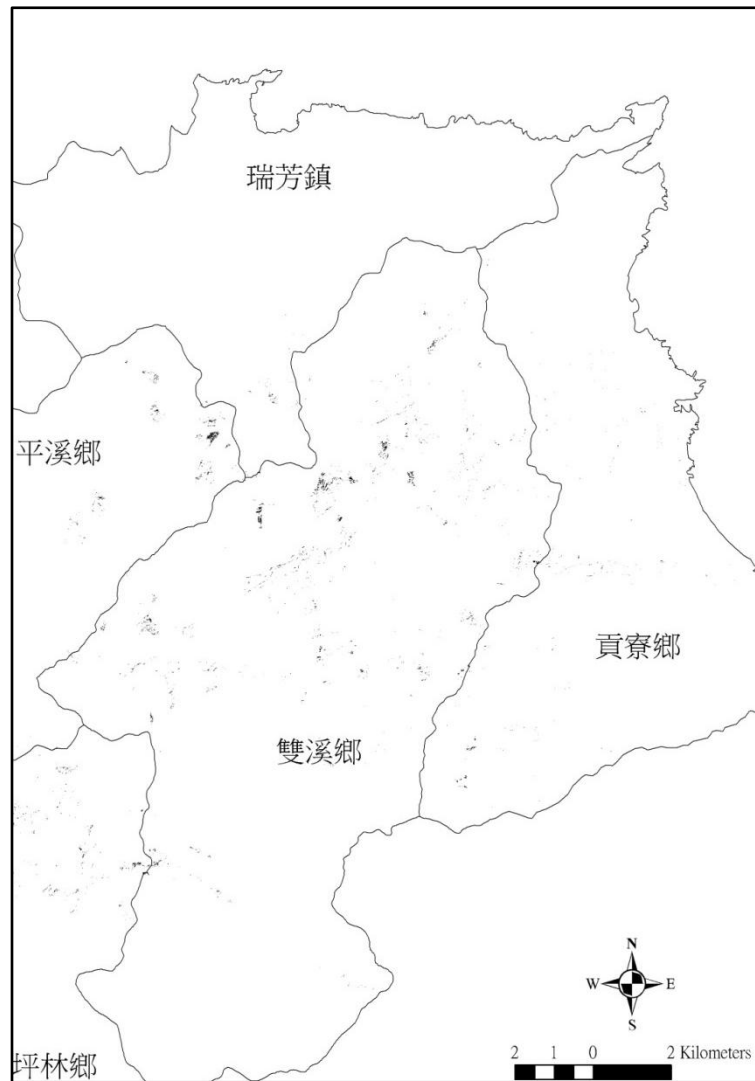


圖 4-13 研究區三：各高度崩塌量分佈比例

研究區二的崩塌像元在高度分佈上亦同前一區分析，集中在海拔五百公尺左右。換言之在研究區二的崩塌狀況一旦越過了五百公尺即鮮少出現崩塌的現象(圖 4-13)。

研究區三：雙溪、坪林至東海岸



資料來源：本研究繪製

圖 4-14 研究區三崩塌像元分佈(部份)

在研究區三中經由原始統計分析，此區崩塌點相當集中於兩個坡向：東南向與南向，兩者合計比例已逾六成（見表 4-9 及圖 4-15），而在原始統計資料中東向比例亦相當高。

表 4-9 研究區三：各坡向崩塌量分佈比例

	North	North-East	East	South-East	South	South-West	West	North-West
崩塌點	22	76	278	514	427	115	22	17
整體比例	1.5%	5.17%	18.9%	34.94%	29.03%	7.82%	1.5%	1.16%

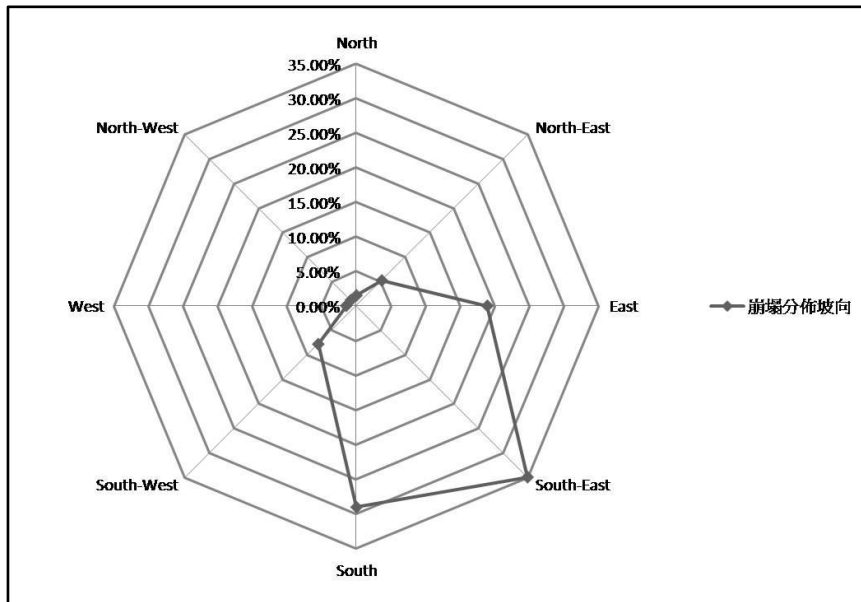


圖 4-15 研究區二：各坡向崩塌量分佈比例

而同樣需將原始資料依據區域內坡向的比例予以相同比例的增減，進行正規化以達到反映真實環境的情形。從表 4-10 與圖 4-16 的正規化資料來看崩塌情形同樣集中在東南向與南向，此與原始資料無差異。

表 4-10 研究區三：正規化各坡向崩塌量分佈比例

	North	North-East	East	South-East	South	South-West	West	North-West
各坡向總像元素數	120124	104322	107142	105537	89670	90304	102218	106006
面積(m ²)	34681920	11693696	9334784	10556800	14604928	12293504	11315648	12681792
崩塌像元素	22	76	278	514	427	115	22	17
每平方尺崩塌數量 (pixels/m ²)	183	729	2595	4870	4762	1273	215	160

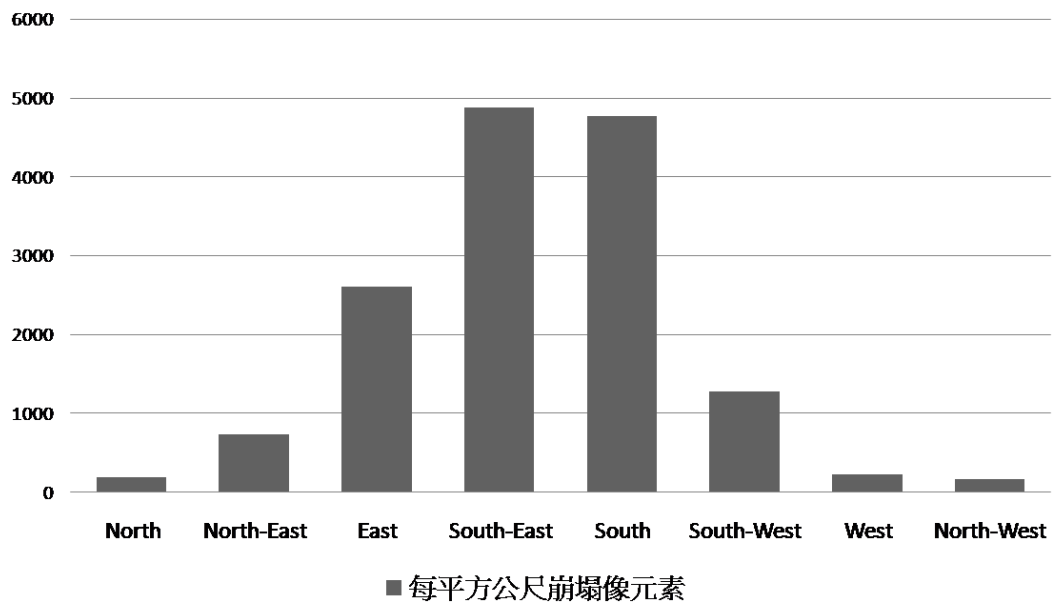


圖 4-16 研究區三：正規化各坡向崩塌量變化

而在各級坡度崩塌的情況，在原始資料統計上呈現第二級跨越第三級坡度區間具有相當明顯增加(近 10%)，坡度整體崩塌量則集中在第五、第六級坡度 (30%-55%)，僅此兩坡級崩塌累積數已達總體 61%。(表 4-11、圖 4-17)

表 4-11 研究區三：各坡度崩塌量分佈比例

	一級坡 <5%	二級坡 5-15	三級坡 15-30%	四級坡 30-40%	五級坡 40-55%	六級坡 >55%
崩塌點	49	85	213	218	360	546
比例	3.33%	5.78%	14.48%	14.82%	24.47%	37.12%

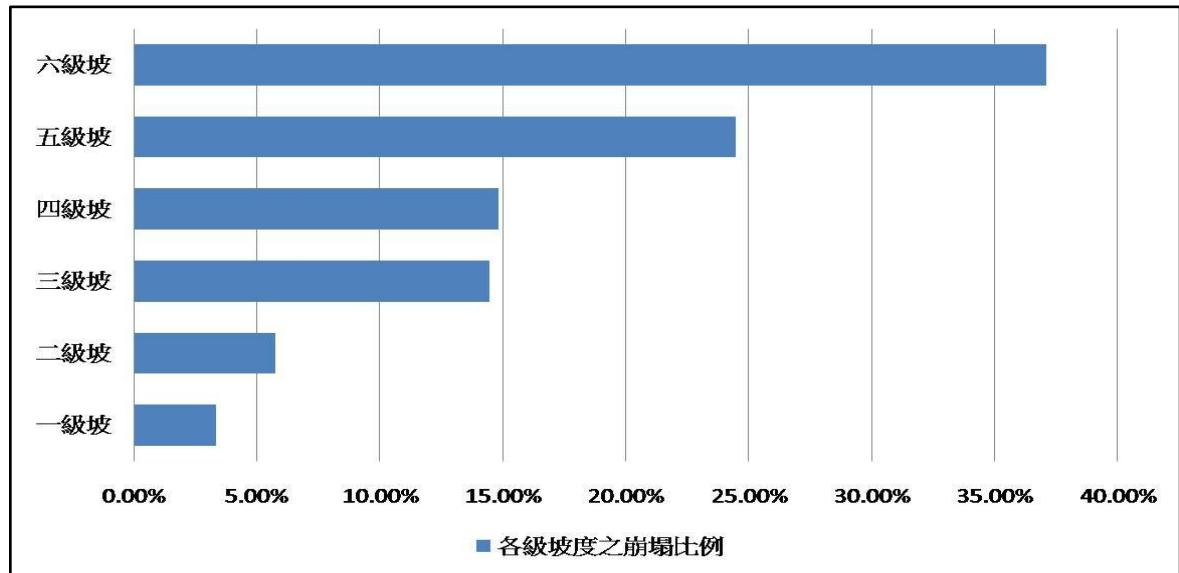


圖 4-17 研究區三：各坡度崩塌量分佈比例

原始資料的呈現同樣需經過正規化的處理，研究區三正規化後的變化情形資料可見表 4-12、圖 4-18。與原始資料相較出現較大的差異是崩塌情形是一級坡最多，轉至二級坡時則趨緩在第四級坡後則緩慢增加。由此正規化情況來看，本區的崩塌是集中在一級坡，即坡度在 5% 以內最常發生崩塌，二級坡雖趨緩，但仍有一定的崩塌情形，而原始資料上在三級坡出現劇烈波動增加的情形，經過正規化後，卻為本研究區中崩塌比例最低的一個級距。

表 4-12 研究區三：正規化各坡度崩塌量分佈比例

	一級坡 <5%	二級坡 5-15%	三級坡 15-30%	四級坡 30-40%	五級坡 40-55%	六級坡 >55%
各級坡度 總像元素數	19660	59642	173460	152372	195562	224627
面積(m ²)	1258240	3817088	11101440	9751808	12515968	14376128
崩塌像元素	49	85	213	218	360	546
每平方尺 崩塌數量	2492.3703	1425.17	1227.949	1430.709	1840.848	2430.696

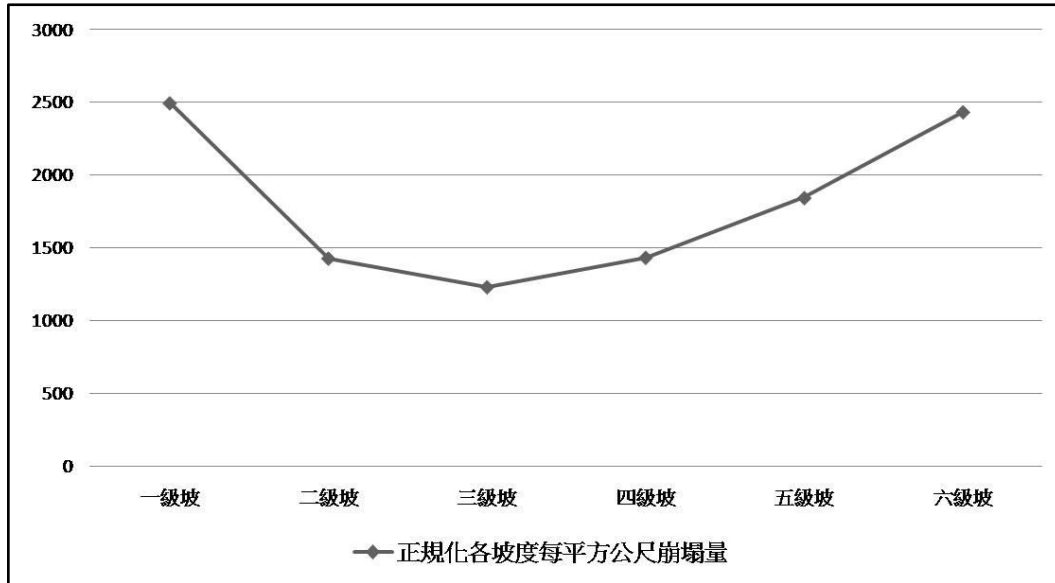


圖 4-18 研究區三：正規化各坡度崩塌量變化

在高度呈現上研究區三的高度分布情形類似研究區一(見圖 4-19)，幾乎全集中在五百公尺以下，代表在越過高度五百公尺的情況下，研究區三是少有崩塌情形發生。

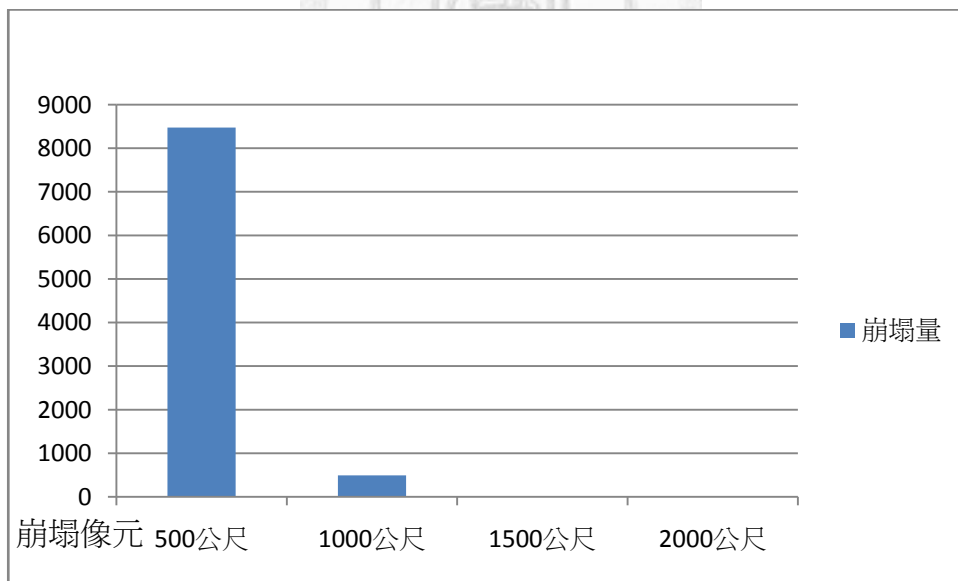


圖 4-19 研究區三：各高度崩塌量分佈比例

第二節 土地利用型態與崩塌相關性

本節討論土地利用型態與崩塌關聯性與否，乃透過卡方檢定檢視崩塌與非崩塌間像元素比例檢核土地利用型態是否與崩塌相關並從中推知在研究區中何樣的產業型態需予以較多評估與考核，盡量使土地能合理適切使用。

以下以林地土地的相關性因子評估舉例說明，林地下的計數種類別型態(此例為八類)，將每一類型態下非崩塌與崩塌像元素個別統計，取得兩項評估數值，此例中共六類，則計有12類林地類型評估因子。從此12類中再行統計其卡方值與自由度比，從中得知林地土地是否與崩塌具有關聯性。

	非崩塌元素個數(pixels)	崩塌像元個數(pixels)
天然針葉樹純林	837	0
天然闊葉樹純林	40495	109
天然竹林	6392	0
天然竹針葉闊葉混淆林	3514072	7623
人工針葉樹純林	92636	38
人工闊葉樹純林	30982	19
人工竹林	19445	7
人工竹針闊葉混淆林	129594	69

本研究卡方檢定訂有兩個虛無假設， H_0 ：選定之兩個變項 A 與 B 無關聯；

H_1 ：選定兩個變項 A 與 B 有關聯。

	林業型態	崩塌量	像元素
1	天然針	1.00	837.00
2	天然針	2.00	0.00
3	天然闊	1.00	40495.00
4	天然闊	2.00	109.00
5	天然竹	1.00	6392.00
6	天然竹	2.00	0.00
7	天然竹	1.00	3514072.00
8	天然竹	2.00	7623.00
9	人工針	1.00	92636.00
10	人工針	2.00	38.00
11	人工闊	1.00	30982.00
12	人工闊	2.00	19.00
13	人工竹	1.00	19445.00
14	人工竹	2.00	7.00
15	人工竹	1.00	129594.00
16	人工竹	2.00	69.00

圖 4-20 相關性檢定操作畫面

研究區一：臺北盆地西部至金山、大安、新店—像元素分佈概況

研究區一透過變遷圖層之像元素分析共有三千九百餘個崩塌像元素，其分佈在 31 類不同土地利用型態上(見表 4-13)。

表 4-13 研究區一：各土地型態上之崩塌像元素分佈

土地型態	稻作	旱作	果樹	天然闊葉樹純林	天然竹針闊葉混淆林	人工闊葉樹純林	人工竹林
崩塌像元素	23	239	42	26	874	69	5
整體比例	0.905512	9.409449	1.653543	1.023622	34.40945	2.716535	0.19685
土地型態	人工竹針闊葉混淆林	一般鐵路	國道	道路相關設施	河川	零售批發	服務業
崩塌像元素	21	2	4	12	8	20	59
整體比例	0.826772	0.07874	0.15748	0.472441	0.314961	0.787402	2.322835
土地型態	兼工業使用住宅	兼商業使用住宅	製造業	倉儲	宗教	殯葬設施	興建中
崩塌像元素	3	7	263	259	12	24	38
整體比例	0.11811	0.275591	10.35433	10.19685	0.472441	0.944882	1.496063
土地型態	其他	政府機關	小學	中學	大專院校	環保設施	一般文化設施
崩塌像元素	11	9	5	3	5	11	1
整體比例	0.433071	0.354331	0.19685	0.11811	0.19685	0.433071	0.03937
土地型態	公園綠地廣場	遊樂場所	體育場所	草生地	未使用地	人工改變中土地	
崩塌像元素	41	84	35	201	117	7	
整體比例	1.614173	3.307087	1.377953	7.913386	4.606299	0.275591	

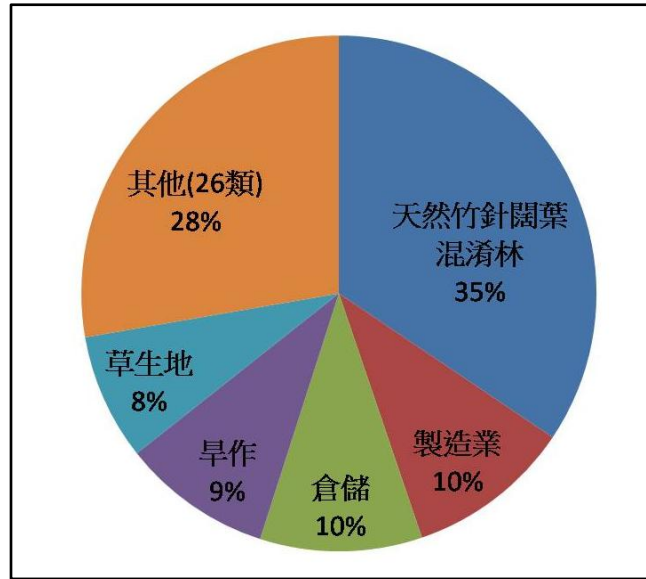


圖 4-21 研究區一：各土地型態崩塌像元比例

由圖 4-21 得知，在研究區一中，崩塌比例為「天然竹針闊葉混淆林」土地型態，高達 35%，其次則為「草生地」佔 8%。而圖 4-22 則是取未崩塌像元筆數，第一依舊是「天然竹針闊葉混淆林」，而「住宅區」則次之。

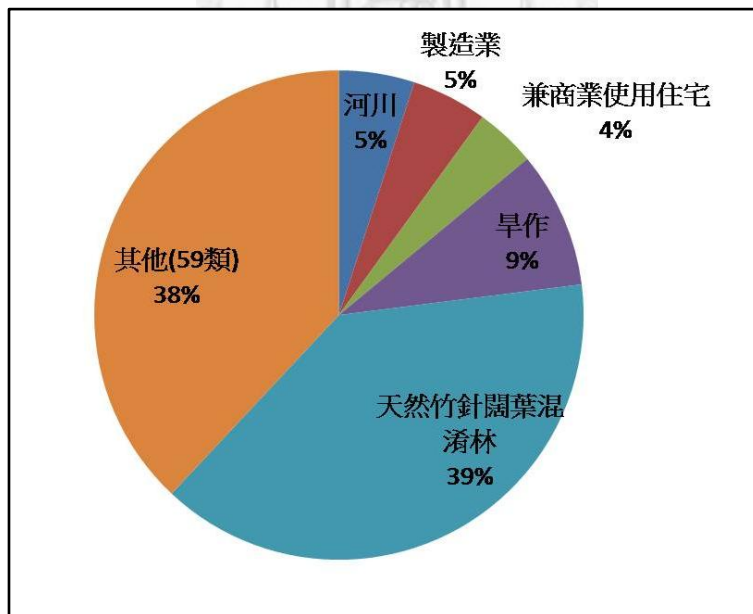


圖 4-22 研究區一：各土地型態上之各土地型態非崩塌比例

另研究區一之未崩塌像元素像元素高達九百餘萬個單元，其中土地利用型態上仍以「天然竹針闊葉混淆林」為多，比例降為 39%，其次則屬「旱作」此農業類別的土地型態佔全體比例 9%。

相較圖 4-21 與圖 4-22，崩塌像元點與非崩塌像元點兩者在研究區二的單元分佈情形上，可推知研究區一之土地型態皆以「天然竹針闊葉混淆林」此型態居首，這代表在研究區一中具有相當面積。然，仍必須依據各土地利用型態的崩塌與非崩塌之間像元素的比例做進一步統計分析才能確切得知「土地利用型態」與「崩塌現象」兩個變項間是否具有關聯。

研究區一：臺北盆地西部至金山、大安、新店—土地型態與崩塌相關檢定

為研究區一所抽取的各土地類型上的崩塌與未崩塌像元量，依據本研究重新劃定之國土調查資料予以重整進行卡方檢定，檢定兩者變項是否具關聯性。

表 4-14 研究區一：土地利用型態與崩塌之關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	2555.650	58	.000
概似比	1796.614	58	.000
有效觀察值的個數	9642163		

由卡方檢定土地利用型態與崩塌像元素兩個變項關係，卡方值(χ^2)為 2555.65 大於自由度 58，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中土地利用型態與崩塌之間有關聯性存在(表 4-14)。

表 4-15 研究區一：農業與崩塌之關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	17.048	2	.000
概似比	18.667	2	.000
有效觀察值的個數	1304005		

由卡方檢定檢視農業與崩塌像元素兩個變項關係，卡方值(χ^2)為 17.048 大於自由度 2，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中農業利用與崩塌之間有關聯性存在(表 4-15)。

表 4-16 研究區一：林業與崩塌之關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	66.579	7	.000
概似比	68.467	7	.000
有效觀察值的個數	4276409		

由卡方檢定檢視林業型態與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 66.579 大於自由度 7，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中林業利用與崩塌之間有相關聯(表 4-16)。

表 4-17 研究區一：道路系統與崩塌之關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	10.238	3	.017
概似比	14.792	3	.002
有效觀察值的個數	311695		

由卡方檢定檢視道路系統與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 10.238 大於自由度 3，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中道路系統與崩塌之間有關聯性存在(表 4-17)。

表 4-18 研究區一：建築用地與崩塌之關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	787.180	32	.000
概似比	446.440	32	.000
有效觀察值的個數	2871391		

由卡方檢定檢視建築用地與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 787.180 大於自由度 32，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中道路系統與崩塌之間有關聯性存在(表 4-18)。

表 4-19 研究區一：自然地與崩塌之關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	38.423	7	.000
概似比	70.303	7	.000
有效觀察值的個數	308412		

由卡方檢定檢視自然用地與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 38.423 大於自由度 7，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中道路系統與崩塌之間有關聯性存在(表 4-19)。

依據上述 SPSS 分析，透過實際崩塌與未崩塌的像元素，先行採用卡方檢定研究區一土地利用型態是否與崩塌有否關聯，再依據本研究的土地分類項目對各土地類別分群集，合計共進行六項檢定項目，將研究區一之各項關聯性與數值整理於下(表 4-20)：

表 4-20 研究區一：各檢定項目成果與分析數值

	與崩塌是否相關		卡方值	自由度
	是	否		
土地類型	V		2555.650	58
農業	V		17.048	2
林業	V		66.579	7
道路系統	V		10.238	3
建築用地	V		787.18	32
自然用地	V		38.423	7

研究區二：金山、大安、新店至坪溪、坪林像元素分佈概況

研究區二透過植生變遷的像元素分析，統計共有兩萬兩千七百二十四個崩塌像元素，其分布在 74 類不同土地利用型態上(見表 4-21)。由表中資訊可以得知在研究區二中崩塌像元素比例中，逾 10%的土地使用型態上以「天然竹針闊葉混淆林」與「旱作」土地使用型態最高(12%)，隨後「殯葬設施」、「住宅區」、「道路設施」等土地型態亦多分布在 10%上下，此五類土地型態已佔本區的崩塌像元素整體比例達 57%(見圖 4-23)。綜合幾類特色，此區居民生活具有強烈的都市與郊區的明顯交錯地帶。混淆林與殯葬設施多在郊區出現，而住宅區與道路設施的比例高於研究區一、二，成為比例相當重的土地型態即代表此區是有相當開發程度的區域，再者此區在崩塌像元素分析上，其分布類型占 74 類，是一、三區未能及上(一、三區在同項統計分析上僅分別為 32 類與 24 類土地利用方式)。

表 4-21 研究區二：各土地型態上之崩塌像元素分佈

土地利用型態	天然竹針闊葉混淆林	純住宅	旱作	殯葬設施	一般道路	河川
崩塌像元素	2834	2832	2643	2447	2240	988
整體比例	12.4714	12.46259	11.63087	10.76835	9.857419	4.347826
土地利用型態	未使用地	草地	環保設施	宗教	人工改變中土地	果樹
崩塌像元素	966	922	693	628	422	397
整體比例	4.251012	4.057384	3.049639	2.763598	1.857067	1.747052
土地利用型態	水道砂洲灘地	倉儲	稻作	製造業	服務業	公園綠地廣場
崩塌像元素	391	385	370	356	274	223
整體比例	1.720648	1.694244	1.628234	1.566626	1.205774	0.981341
土地利用型態	道路相關設施	遊樂場所	電力	省道、快速道路	兼商業使用住宅	大專院校
崩塌像元素	210	204	181	144	118	116
整體比例	0.924133	0.897729	0.796515	0.633691	0.519275	0.510474
土地利用型態	小學	土石採取場	裸露空地	人工闊葉樹純林	國道	中學
崩塌像元素	108	96	96	91	84	84
整體比例	0.475268	0.422461	0.422461	0.400458	0.369653	0.369653
土地利用型態	天然闊葉樹純林	灘地	體育場所	倉儲設施	人工竹針闊葉混淆林	其他蓄水池
崩塌像元素	74	64	59	57	57	56
整體比例	0.325647	0.281641	0.259637	0.250836	0.250836	0.246435
土地利用型態	一般鐵路	社會福利設施	溝渠	零售批發	人工竹林	一般文化設施
崩塌像元素	52	49	48	48	47	44
整體比例	0.228833	0.215631	0.21123	0.21123	0.20683	0.193628

續表 4-21

土地利用型態	興建中	畜禽社	自來水	廢耕地	礦場	其他
崩塌像元素	43	41	40	39	38	37
整體比例	0.189227	0.180426	0.176025	0.171625	0.167224	0.162823
土地利用型態	堤防	政府機關	其他文化設施	土石相關設施	礁岩	加油站
崩塌像元素	36	34	32	23	19	17
整體比例	0.158423	0.149622	0.14082	0.101215	0.083612	0.074811
土地利用型態	人工針葉樹純林	專用港	水利其他設施	法定文化資產	醫療保健	灌木荒地
崩塌像元素	16	16	16	15	8	7
整體比例	0.07041	0.07041	0.07041	0.06601	0.035205	0.030804
土地利用型態	水產養殖	氣象	瓦斯	牧場	鐵路相關設施	湖泊
崩塌像元素	6	6	6	5	4	4
整體比例	0.026404	0.026404	0.026404	0.022003	0.017603	0.017603
土地利用型態	兼工業使用住宅	兼其他使用住宅	溫室	抽水站	崩塌地	其他設施
崩塌像元素	4	4	3	2	2	1
整體比例	0.017603	0.017603	0.013202	0.008801	0.008801	0.004401
土地利用型態	天然竹林			幼稚園		
崩塌像元素	1			1		
整體比例	0.004401			0.004401		

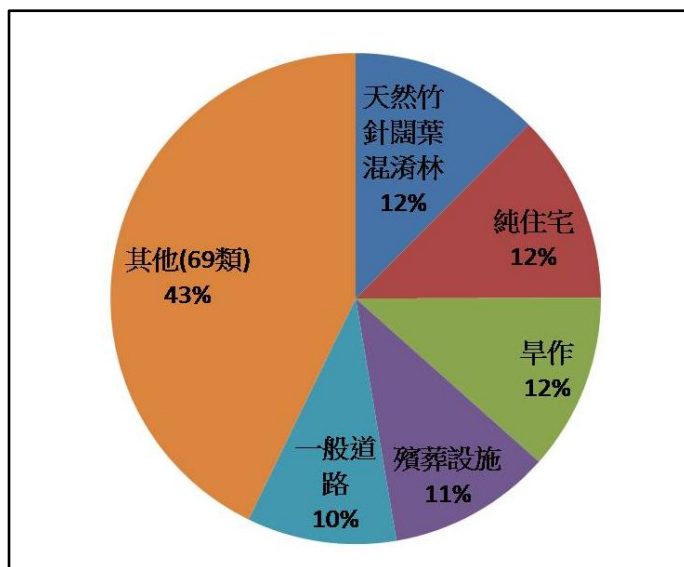


圖 4-23 研究區二：各類土地型態之崩塌像元素比例

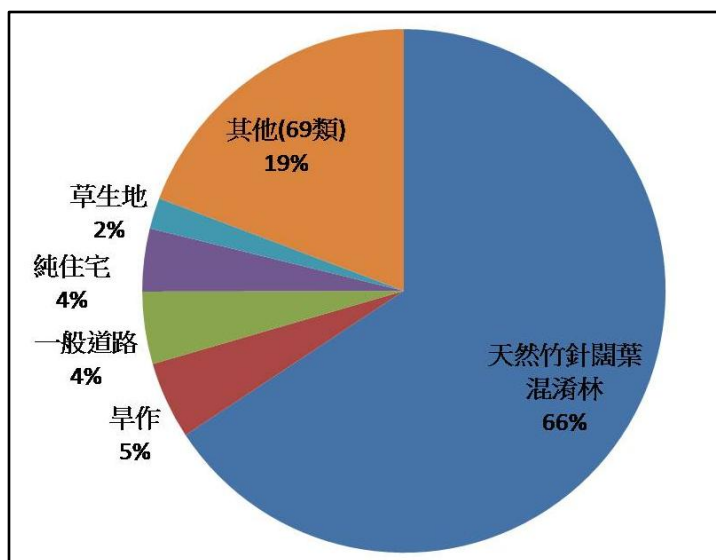


圖 4-24 研究區二：各類土地型態之未崩塌像元素比例

在非崩塌像元素分佈統計上計有九百餘萬個像元素(圖 4-24)，這些像素分佈在 80 類土地利用型態上，其中以「天然竹針闊葉混淆林」所佔比例最高，佔 66%，再次則分別為「旱作」、「一般道路」及「純住宅」，各佔整體比例約 3%。與崩塌像元統計量相互比較後，同樣以「天然竹針闊葉混淆林」最高，在研究區二中顯示此區以此類土地利用型態最多。

研究區二：金山、大安、新店至坪溪、坪林—土地型態與崩塌相關檢定

在進行研究區二的分析前，必須先確定研究區二的土地使用型態與崩塌是具有相關性存在，先行確定本區是否與土地使用型態相關後，才得以進行之後細目的土地型態檢定。

表 4-22 研究區二：土地型態與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	63764.646	72	.000
概似比	38008.385	72	.000
有效觀察值的個數	9750981		

由卡方檢定先行檢定土地型態與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 63764.646 大於自由度 72，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，其意義在研究區中土地利用型態與崩塌之間確實有關聯性存在(表 4-22)。

表 4-23 研究區二：農業型態與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	267.842	2	.000
概似比	289.316	2	.000
有效觀察值的個數	647964		

由卡方檢定檢視農業與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 267.842 大於自由度 2，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中農業型態與崩塌之間有關聯性存在(表 4-23)。

表 4-24 研究區二：林業型態與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	737.001	6	.000
概似比	348.302	6	.000
有效觀察值的個數	6577481		

由卡方檢定檢視林業型態與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 737.001 大於自由度 6，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中林業與崩塌之間有關聯性存在(表 4-24)。

表 4-25 研究區二：交通系統與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	207.746	5	.000
概似比	277.054	5	.000
有效觀察值的個數	596998		

由卡方檢定檢視交通系統與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 207.746 值大於自由度 5，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中交通系統與崩塌之間有關聯性存在(表 4-25)。

表 4-26 研究區二：建築用地與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	6877.383	29	.000
概似比	5776.956	29	.000
有效觀察值的個數	1388115		

由卡方檢定檢視建築用地與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 6877.383 值大於自由度 29，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中建築用地與崩塌之間有關聯性存在(表 4-26)。

表 4-27 研究區二：自然用地與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	387.388	6	.000
概似比	264.091	6	.000
有效觀察值的個數	333267		

由卡方檢定檢視自然用地與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 387.388 大於自由度 6，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中自然用地與崩塌之間有關聯性存在(表 4-27)。

依據上述統計分析結果，透過與崩塌與未崩塌像元素的兩變項，先行採用卡方檢定評估本研究區二土地利用型態是否與崩塌有否關聯，再次之則依據本研究的土地分類項目分群集，合計共進行六項檢定項目，將本研究區之各項關聯性與數值整理於下(表 4-28)：

表 4-28 研究區二：各檢定項目成果與分析數值

	與崩塌是否相關		卡方值	自由度
	是	否		
土地類型	V		63764.646	72
農業	V		267.842	2
林業	V		737.001	6
道路系統	V		207.746	5
建築用地	V		6877.383	29
自然用地	V		387.388	6

研究區三：雙溪、坪林至東海岸—像元素分佈概況

研究區三透過植生變遷的像元素分析，統計共有八千九百二十七個崩塌像元素，其分布在 24 類不同土地利用型態上(見表 4-29、圖 4-25)。由圖表中資訊可以得知在研究區三中崩塌像元素多分佈於「天然竹針闊葉混淆林」此類土地利用型態，佔全體比例 85%，次之則為「草生地」佔全體比例 6%。

表 4-29 研究區三：各土地型態上之崩塌像元素分佈

土地型態	稻作	旱作	果樹	天然闊葉樹純林	天然竹針闊葉混淆林	人工針葉樹純林	人工闊葉樹純林	人工竹林
崩塌像元素	29	261	52	109	7623	38	19	7
整體比例	0.3%	2.9%	0.6%	1.2%	85.4%	0.4%	0.2%	0.1%
土地型態	人工竹針闊葉混淆林	一般鐵路	一般道路	河川	服務業	純住宅	宗教	殯葬設施
崩塌像元素	69	2	59	33	3	10	2	7
整體比例	0.8%	0.0%	0.7%	0.4%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%
土地型態	小學	電力	公園綠地廣場	遊樂場所	草生地	裸露空地	未使用地	人工改變中土地
崩塌像元素	2	5	3	37	544	1	11	1
整體比例	0.0%	0.1%	0.0%	0.4%	6.1%	0.0%	0.1%	0.0%

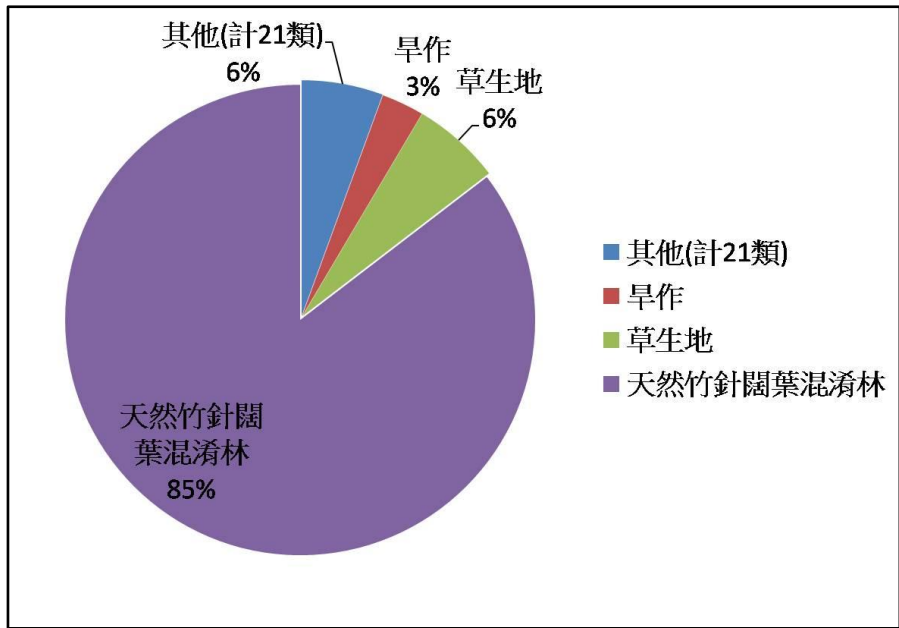


圖 4-25 研究區三：各類土地型態之崩塌像元素比例

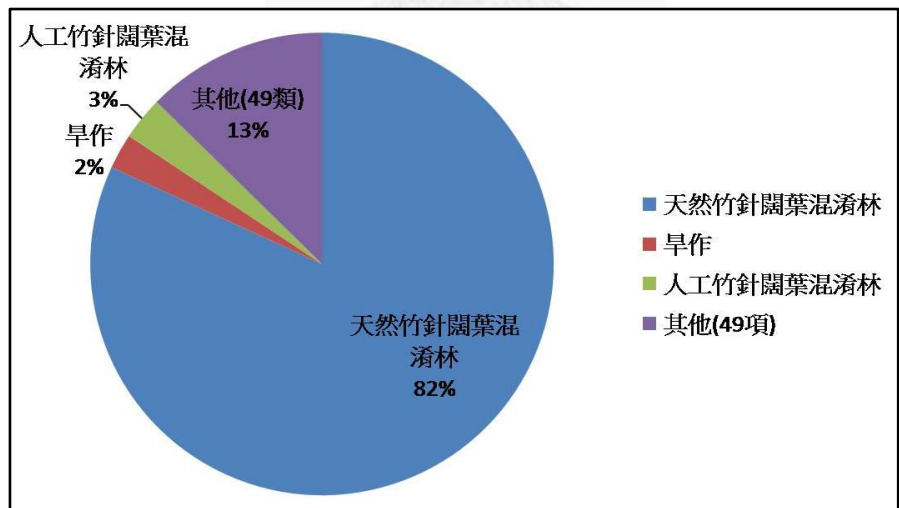


圖 4-26 研究區三：各類土地型態之未崩塌像元素比例

而在非崩塌像元素分佈上其共有四百餘萬個像元素(圖 4-26)，這些像素分佈於 52 類土地利用型態上，其中以「天然竹針闊葉混淆林」所佔比例最高，佔 82%，再次則分別為「旱作」、「人工針葉樹純林」及「草生地」，各佔整體比例約 3%。與崩塌像元素分布比較後，同樣以「天然竹針闊葉混淆林」最高，可見在研究區三中仍以此類土地利用型態最多。而從兩者分佈情形來看，在「草生地」在兩個分佈比例皆具相當的比重，因此「草生地」可能為較易崩塌之土

地利用型態，或許說當年「草生地」可能多為崩塌或遷異後，在原處具有植被復原情況。

研究區三：雙溪、坪林至東海岸—土地型態與崩塌相關檢定

先行檢定本區土地利用型態是否與崩塌具有關聯性，後才得以一一進行不同土地利用型態的細目分析。

表 4-30 研究區三：土地利用型態與崩塌關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	1354.512	51	.000
概似比	1442.134	51	.000
有效觀察值的個數	4302154		

由卡方檢定土地利用型態與崩塌像元素兩個變項關係，卡方值(χ^2)為 1354.512 大於自由度 51，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中土地利用型態與崩塌之間有關聯性存在(表 4-30)。

表 4-31 研究區三：農業與崩塌關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	.235	2	.889
概似比	.232	2	.890
有效觀察值的個數	139024		

由卡方檢定檢視農業與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 0.235 小於自由度 2，接受兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區三中農業土地型態與崩塌之間並沒有關聯性存在(表 4-31)。

表 4-32 研究區三：林業與崩塌關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	372.287	7	.000
概似比	533.559	7	.000
有效觀察值的個數	3842318		

由卡方檢定檢視林業型態與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 372.287 大於自由度 7，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中道路系統與崩塌之間有關聯性存在(表 4-32)。

表 4-33 研究區三：交通系統與崩塌關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	9.659	3	.022
概似比	16.637	3	.001
有效觀察值的個數	60301		

由卡方檢定檢視交通系統與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 9.659 大於自由度 3，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中道路系統與崩塌之間有關聯性存在(表 4-33)。

表 4-34 研究區三：建築用地與崩塌關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	147.857	27	.000
概似比	118.108	27	.000
有效觀察值的個數	80354		

由卡方檢定檢視建築用地與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為

147.857 大於自由度 27，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中道路系統與崩塌之間有關聯性存在(表 4-34)。

表 4-35 研究區三：自然用地與崩塌關聯性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson 卡方	435.704	7	.000
概似比	526.918	7	.000
有效觀察值的個數	179438		

由卡方檢定檢視自然用第與崩塌像元素兩個變項間關係，卡方值(χ^2)為 435.704 大於自由度 7，拒絕兩個變項無相關之虛無假設 H_0 ，確定在研究區中道路系統與崩塌之間有關聯性存在(表 4-35)。

依據上述統計分析結果，透過與崩塌與未崩塌像元素的兩變項，先行採用卡方檢定評估本研究區三土地利用型態是否與崩塌有否關聯，再次之則依據本研究的土地分類項目分群集，合計共進行六項檢定項目，將本研究區之各項關聯性與數值整理於下(表 4-36)：

表 4-36 研究區三：各檢定項目成果與分析數值

	與崩塌是否相關		卡方值	自由度
	是	否		
土地類型	V		1354.512 ^a	51
農業		V	0.235 ^a	2
林業	V		372.287 ^a	7
道路系統	V		9.659 ^a	3
建築用地	V		147.857 ^a	27
自然用地	V		435.704 ^a	7

第三節 小結

4-3-1 崩塌點位的環境特性

在臺北地區三個研究小區的分析中，坡度、坡向和高度有類似的集中情形。

先以坡向來看，研究區一、研究區二與研究區三個經過正規化後，研究區一崩塌情形相當集中於東向與東南向；研究區二的坡向呈現同研究區一，皆集中在東向與東南向；研究區三雖略有差異但也在東南向與南向方向呈現集中的趨勢。

在坡度方面，若單從崩塌的集中程度來看，研究區一以第一級坡最高，且區內的崩塌現象在坡度 30% 以下達至七成。然而經過正規化後，研究區一轉以二級坡(5%-15%)最高，坡度在一級坡至二級坡有呈現增加趨勢後隨著坡度加劇，崩塌現象漸為趨緩。

而研究區二的坡向在原始資料呈現以三級坡最高分立兩旁的二級坡與四級坡則次之，然經過正規化後，以二級坡為主呈現一個高峰，變化趨勢與研究區一相當類似，皆是越過二級坡後，便隨著坡度加大崩塌情形就開始減少。

在研究區三的坡度情形上，若以原始統計資料分佈來看，以六級坡(>55%)區間最高，一級坡則為最低，經過正規化後則以一級坡單位面積崩塌現象最高，及至三級坡是漸為趨緩，但越過三級坡後則開始有增加的情形，從分布狀況來看研究區三在四級坡以上應該是裸露地較多，需多加注意。

高度此三區皆是相當一致，集中在五百公尺以下，換言之臺北地區在海拔五百公尺以上的環境相當少見崩塌情形。

綜合上述三研究區的坡度、坡向與高度來看，坡向相當集中於東向與東南向。從研究材料分析此結果，福衛影像取像時間在上午，東南、東與南向資料分析清晰易得，在背影處確實較不易取得，然本研究透過大地校正及衛星影像的大氣校正等方式，盡可能去除其影響，因此此區的分佈特性應可進一步深究

三個坡向的地質層面討論。坡度層面來看，無論是研究區一與研究區二皆共同呈現的一級與二級間的波峰或研究區二的單位面積最高的一級坡，綜三區結果得知臺北地區的崩塌集中坡度係以第一級與第二級坡度為主，亦即臺北地區坡度在 0%~15% 是主要崩塌地集中的區域，必須多加關注。

4-3-2 土地利用型態與崩塌關聯性

以下依據三個不同研究區依序做一整理：

研究區一：臺北盆地西部至金山、大安、新店區

在崩塌的像元素多集中在「天然竹針闊葉混淆林」，再次之則為「草生地」，多是較為自然未受干擾的土地型態。無論統計崩塌像元與非崩塌像元，皆以「天然竹針闊葉混淆林」為首要的土地型態，這意謂在研究區一是以此類土地面積最為廣泛。

透過土地型態的區塊統計崩塌與未崩塌像元比例關係，確認在研究區一中，土地利用型態是與崩塌間具有關聯性；再進一步依本研究重劃的國土調查分類，將土地使用類別劃出五大類，即農業型態、林業型態、建築設施、交通系統與自然地五類。在研究區一中透過統計證實即使此五大類具有不同開發程度也會與崩塌之間具有關聯性。

研究區二：金山、大安、新店至坪溪、坪林區

研究區二中崩塌與非崩塌像元素皆是以天然竹針闊葉混淆林為主，代表此類土地型態面積占有此研究區一定面積。但由統計的土地型態類別來看，此區共計涵蓋 74 類土地使用型態，是一、三區(分別為 32 項、24 項)遠遠不及。另外本區還有特別的「殯葬設施」，其統計崩塌像元比例高達 57%，由這些資訊中莫不彰顯研究區二是土地利用相當繁複的一區，都市開發較為完善，同時居民也可能生活在都市與郊區的明顯交錯地帶。

在土地型態的檢定分析下，研究區二的崩塌與土地型態具有相關，連同農業型態、林業型態、建築設施、交通系統與自然地檢定出的成果亦是正向，代

表此區五類的土地使用型態皆與崩塌環境密切相關。

研究區三：雙溪、坪林至東海岸區

在崩塌與非崩塌的像元素多集中天然竹針闊葉混淆林此土地型態，比例皆達 85%，同樣意謂此土地型態面積在研究區三相當廣。

先行檢定土地型態與崩塌的相關性，確認研究區中的土地型態與崩塌確實有關聯後，再依據五大類土地利用型態進一步分析。在研究區三的檢定分析證實林業型態、建築設施、交通系統與自然地皆與崩塌具有相關，然而本研究區的農業型態檢定顯示並不與崩塌具有關連性。從研究區環境來看，此區多山區且農業型態不若平原開闊，這樣產業的零星分布是應該本區農業土地不與崩塌發生直接關聯的主要因素。



第五章 小尺度區域驗證

此章節之設計是探討台北地區小尺度區域的土地型態與崩塌的相關性。由於前章討論區域尺度橫跨縣市，使得這樣的分析成果能呈現臺北地區整體的崩塌分布特性與大尺度人為變動的營力與崩塌關係。而本章則透過小尺度區域成果驗證與第五章縣市尺度的分析成果彼此比較，讓同一性質研究區具有整體綜觀的分析外亦具有小尺度的細緻驗證討論。本章研究資料來源係透過臺北市山坡地質環境資料庫的山崩潛感圖之風險分析成果為基礎，先行統計各區中在何區的崩塌量最多，在崩塌樣本數是否充足的考量下選定分析區域後，再依據山崩潛感圖的網頁截圖轉繪自地理資訊系統，讓每個崩塌點都能夠具有嚴謹的風險程度分級屬性，先行將崩塌點樣本依據四類分級劃分群集，在由此四群集下分設定的土地利用型態後，再行檢定區域內不同土地利用型態下與崩塌之間的相關性。

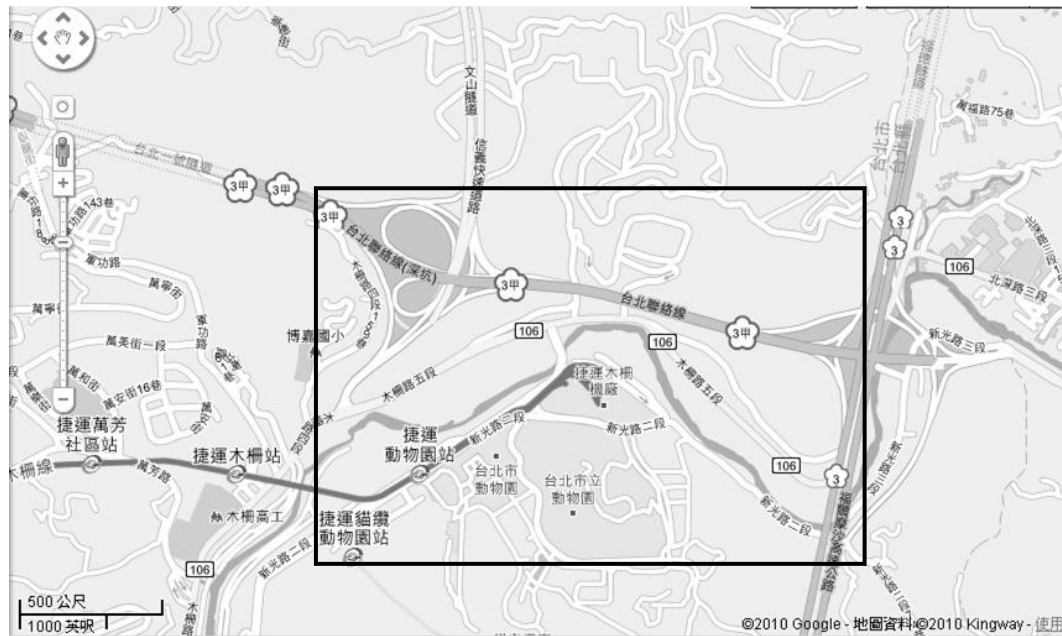
第一節 驗證區域選定

小區域驗證分析在樣本數是否充足的考量下，優先選取崩塌點位分佈較多的區域。在目前發佈的網站資料上僅以臺北市建構完整，因此先行以統計在臺北市環山地區中進行樣本量的統計，在選定的十八個區域統計樣本量於下表(表 5-1、圖 5-1)：

表 5-1 臺北市環山區域崩塌量統計表

圖名	士林	大直	港墘	內湖	內溝
崩塌數量	0	0	21	187	93
圖名	松山	內湖交流道	南港	五分埔	拇指山
崩塌數量	0	0	0	0	12
圖名	舊莊	公館	軍功坑	象頭埔	深坑
崩塌數量	292	14	322	1487	0

由上表可見，在臺北市十多個區域統計分析中以「象頭埔」的崩塌樣點最多且遠高於其他區域，因此在本章驗證選擇的區域便以「象頭埔」進行區域驗證。



資料來源：Google Map (2010，七月)

圖 5-1 象頭埔區域示意圖

第二節 驗證分析

5-2-1 分析流程說明

在驗證分析上，除已進行區域選定外，另外配合分析基礎資料山崩潛感圖將選定之區域的崩塌樣本點先行劃分四群集：高、中高、中低、低風險，透過2007年發佈的國土調查資料，將分析崩塌樣點依所處的土地型態予以統計分類，先行釐清這些既存發生的崩塌點上本身的土地利用型態為何，隨後再以卡方檢定去檢驗區域內崩塌與土地間是否具有實質關聯性，本研究操作流程可見(圖5-2)。

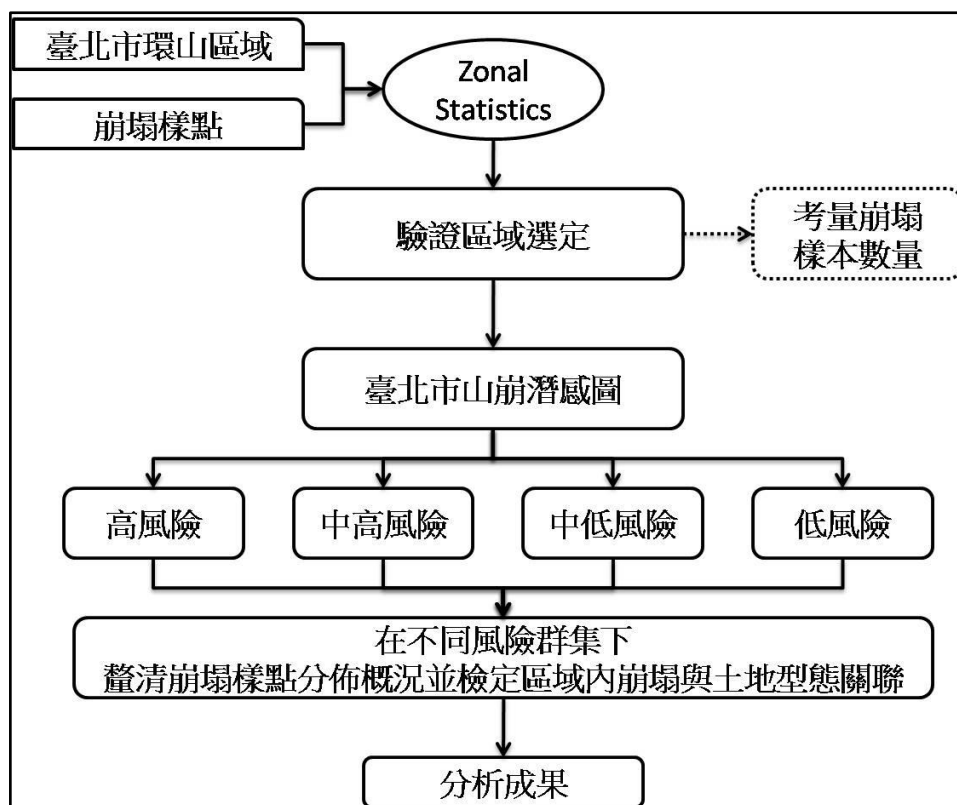


圖 5-2 驗證分析流程圖

這樣的操作方式可以達到兩個目的，第一能比較在不同風險群集下，怎樣的土地型態較可能發生崩塌，第二利用統計檢定這些崩塌點是否與土地使用型態確實具有關聯性，以提供量化數據的驗證基礎。

5-2-2 不同風險群集下崩塌點的土地使用概況

結合崩塌樣本分佈情形與國土調查資料，本研究將分別製成表 5-2 與圖 5-3 於下，在四個群集分布比例中，高風險區計有 5 類，中高風險有 13 類，中低風險計有 35 類，低風險則有 12 類。

表 5-2 不同風險群集下各土地型態的面積比例

象頭埔	風險分級	土地使用型態	崩塌面積 (平方公尺 m ²)
	高風險		天然竹針闊葉混淆林
		一般道路	128
		殯葬設施	1408
		環保設施	256
		省道快速道路	64

	中高風險	果樹	384
		天然竹針闊葉混淆林	1792
		人工闊葉樹純林	640
		國道	256
		省道、快速道路	64
		一般道路	2816
		河川	64
		純住宅	256
		宗教	768
		殯葬設施	35008
		環保設施	512
		公園綠地廣場	448
		未使用地	192
		象頭埔	中低風險
廢耕地	64		
天然闊葉樹純林	128		
天然竹針闊葉混淆林	1152		
人工闊葉樹純林	320		
國道	384		
一般道路	3200		
道路相關設施	384		
堤防	128		
其他蓄水池	64		
純住宅	448		
製造業	832		
倉儲	256		
宗教	320		
殯葬設施	27904		
環保設施	2688		
公園綠地廣場	1280		
遊樂場所	64		
未使用地	320		
低風險	果樹		128
	廢耕地	640	
	國道	128	

	一般道路	1024
	純住宅	256
	人工竹林	64
	製造業	768
	殯葬設施	7808
	環保設施	704
	公園綠地廣場	1664
	未使用地	512
	省道、快速道路	64

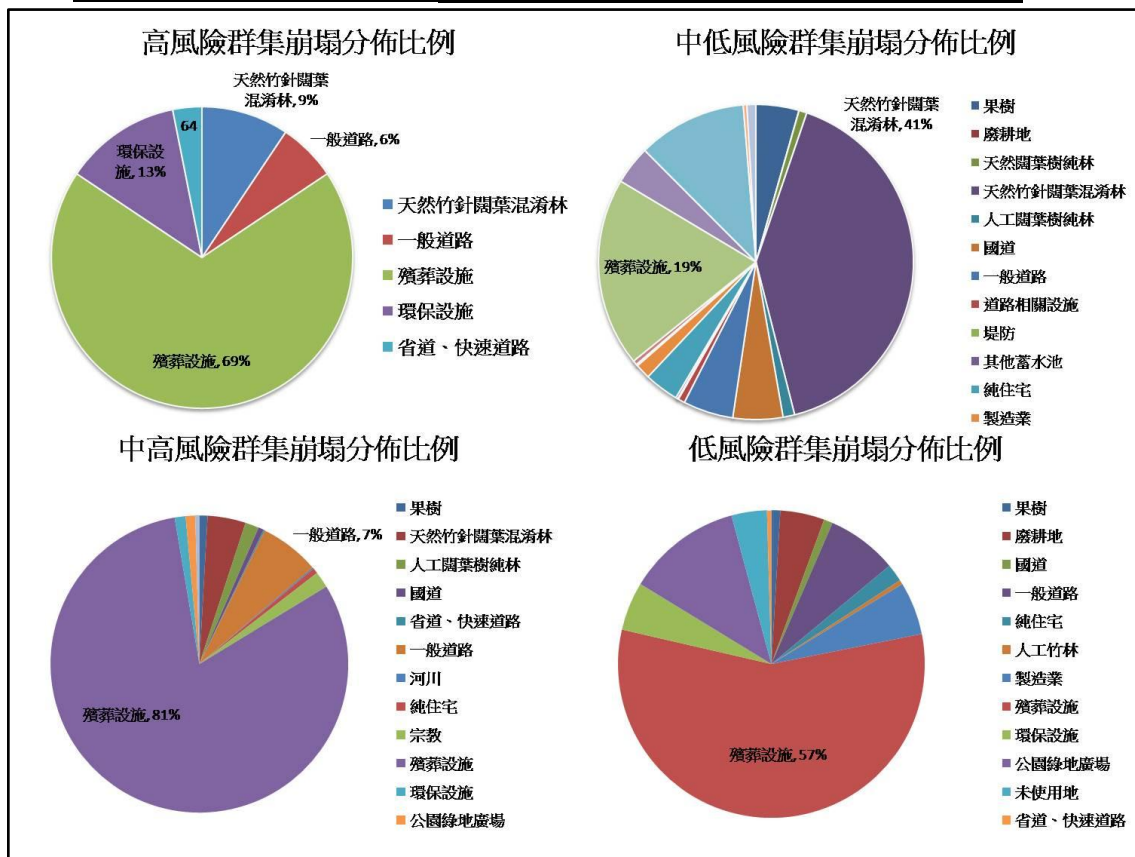


圖 5-3 不同風險分級下崩塌點位的土地使用概況

由表 5-2 與圖 5-3 可見，在象頭埔地區中，僅能得知以墓地或墳場這樣的設施分佈最多，而在裸露地的像元點分佈上是否與不同風險群集的各土地利用型態產生關聯性則再下步進一步分析。

5-2-3 不同風險群集下土地使用型態與崩塌相關性分析

本驗證小區的風險分級共劃分為四級，每一級皆涵蓋崩塌像元點：高風險區有 32 個崩塌點，中高風險區有 675 個崩塌點，中低風險有 630，而低風險區則有 215 個崩塌點。

但由於崩塌點位屬小區分析，類別資料需要同屬性至少三項以上才得以進行小區檢定分析，因此在本區的相關性檢定採取本研究所劃定五大分類將土地型態先行區劃同性質之土地使用細項，若樣本數足夠才能進行檢定(表 5-3)。

表 5-3 不同風險群集下土地型態項目統計

	土地型態	崩塌像元素	未崩塌像元素	類別
高風險	天然竹針闊葉混淆林	3	14177	林業
	一般道路	2	1790	交通
	殯葬設施	22	6737	建築
	環保設施	4	1373	建築
	省道、快速道路	1	264	交通
中高風險	果樹	6	1530	農業
	天然竹針闊葉混淆林	28	14177	林業
	人工闊葉樹純林	10	415	林業
	國道	4	1778	交通
	省道、快速道路	1	264	交通
	一般道路	44	1790	交通
	河川	1	400	自然
	純住宅	4	1223	建築
	宗教	12	155	建築
	殯葬設施	547	6737	建築
	環保設施	8	1373	建築
	公園綠地廣場	7	3884	建築
	未使用地	3	320	自然
中低風險	果樹	6	1530	農地
	廢耕地	1	5	農地
	天然闊葉樹純林	2	285	林業
	天然竹針闊葉混淆林	18	14177	林業

	人工闊葉樹純林	5	415	林業
	國道	6	1778	交通
	一般道路	50	1790	交通
	道路相關設施	6	237	交通
	堤防	2	34	建築
	其他蓄水池	1	72	建築
	純住宅	7	1223	建築
	製造業	13	538	建築
	倉儲	4	58	建築
	宗教	5	155	建築
	殯葬設施	436	6737	建築
	環保設施	42	1373	建築
	公園綠地廣場	20	3884	建築
	遊樂場所	1	129	建築
	未使用地	5	320	自然
低 風 險	果樹	2	1530	農業
	廢耕地	10	5	農業
	國道	2	1778	交通
	一般道路	16	1790	交通
	純住宅	4	1223	建築
	人工竹林	1	569	林業
	製造業	12	538	建築
	殯葬設施	122	6737	建築
	環保設施	11	1373	建築
	公園綠地廣場	26	3884	建築
	未使用地	8	320	自然
	省道、快速道路	1	264	交通

由分類情況來看，高風險幾類並不足以進行類別相關性檢定，而中高風險、中低風險與低風險分別可進行數項類別檢定。茲將類別檢定成果與說明表列於下：

表 5-4 中高風險：交通系統與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	11.005 ^a	2	.004
概似比	12.332	2	.002
有效觀察值的個數	3851		

在中高風險區域中交通系統與崩塌的檢定表中其卡方值為11.005大於自由度2，得以拒絕虛無假說 H_0 ，透過統計量的檢驗在驗證區域內交通系統與崩塌是具有相關性(表5-4)。

表 5-5 中高風險：建築用地與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	40.845 ^a	4	.000
概似比	44.659	4	.000
有效觀察值的個數	13930		

在中高風險區域中建築用地與崩塌的檢定表中其卡方值為40.845大於自由度4，得以拒絕虛無假說 H_0 ，透過數值統計量的關係確認在驗證區域裡高風險區中建築用地與崩塌是具有相關性(表5-5)。

表 5-6 中低風險：林業與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	32.449 ^a	2	.000
概似比	15.270	2	.000
有效觀察值的個數	14902		

在中低風險區域中林業用地與崩塌的檢定表中卡方值為32.449大於自由度2，得以拒絕虛無假說 H_0 ，透過數值統計量的關係確認在驗證區域裡中低風險區中林業用地與崩塌是具有相關性(表5-6)。

表 5-7 中低風險：交通系統與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	33.784 ^a	2	.000
概似比	39.742	2	.000
有效觀察值的個數	3867		

在中低風險區域中交通系統與崩塌的檢定表中卡方值為33.784大於自由度2，得以拒絕虛無假說 H_0 ，透過數值統計量的關係確認在驗證區域裡低風險區中交通系統與崩塌是具有相關性(表5-7)。

表 5-8 中低風險：建築與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	276.547 ^a	9	.000
概似比	334.508	9	.000
有效觀察值的個數	14734		

在中低風險區域中建築用地與崩塌的檢定表中卡方值為276.547大於自由度9，得以拒絕虛無假說 H_0 ，透過數值統計量的關係確認在驗證區域裡低風險區中建築用地與崩塌是具有相關性(表5-8)。

表 5-9 低風險：建築與崩塌相關性檢定

卡方檢定			
	數值	自由度	漸近顯著性 (雙尾)
Pearson卡方	29.385 ^a	3	.000
概似比	31.706	3	.000
有效觀察值的個數	12703		

在中低風險區域中建築用地與崩塌的檢定表中卡方值為29.385大於自由度3，得以拒絕虛無假說 H_0 ，透過數值統計量的關係確認在驗證區裡低風險區內的建築用地與崩塌是具有相關性(表5-9)。

第三節 小結

在小尺度的區域驗證中，可以看出更能細緻的去討論小區內不同型態的土地面積比例。本驗證區納入了山崩潛感圖的地理資料，先行將崩塌像元依據不同風險等級分群後再進行分析，這樣的方式補充縣市範圍的大尺度分析所忽視自然變動因素，讓分析成果更加細緻。另外這樣的小區驗證，除幫助分析更加精確，彰顯出區域的環境特色，進一步提供城市或區域產業的治理規劃。

在本驗證案例—象頭埔地區，很明顯看出此區多為墳地墓場且多集中在郊區並具一定坡度環境，在檢定分析成果顯示「建築」與「交通」類型在中高風險區與中低風險區中同樣檢定出是與崩塌裸露地密切相關，換言之建築與交通設施在本區是共同影響崩塌像元分佈的主要因素，而這兩項土地使用方式是管理當局應當該加以管理與規範，以應變下次可能促發的災害。



第陸章 結論與建議

第一節 結論

回顧本研究在進行之初所提的幾點問題，本研究期望能夠了解本研究區(臺北地區)是否具有一定的崩塌傾向以及怎樣的土地利用方式會與崩塌災害發生關聯，以下便針對研究問題意識，整理本研究成果總結具文於下：

一、在臺北地區的崩塌上，它的分布是否具有一定的環境特性或觸發的條件？

在蒐集數年衛星影像及完成跨年度的變遷分析後，透過坡度、坡向與高度三類顯見的崩塌影響因素做為分析的角度。在三個研究區中坡度、坡向以及高都皆有類似的集中趨向。

以坡向來看，研究區一、研究區二以及研究區三，三個區域分析成果經過正規化處理後，研究區一集中在東向與東南向(逾 50%)；研究區二則集中在冬南向與南向，佔 63%；而研究區三則以東南向與南向最為集中，佔有 46%。雖然研究區二略有不同，但研究發現多數逾半的比例皆集中在此三個坡向：東向、東南向與南向。本研究已針對衛星影像材料進行一連串的技術校正與評估處理，將衛星影像取像時間點的影響降至最低，因此此成果的分佈趨勢特性，可以進一步針對點位的地質因素進一步確定地質或土壤等是否具均一性的特徵。

在坡度方面，若單從崩塌的集中程度來看，研究區一經過正規化後，以二級坡(5%-15%)最高，坡度在一級坡至二級坡有一波峰高漲的現象之後則漸為趨緩；在研究區二的坡度經過正規化統計後以一級坡單位面積崩塌現象最高，隨坡度增加崩塌漸緩，但越過三級坡後則有增加的情形；而研究區三的坡度資料經過正規化後，以二級坡最高並在二級坡呈現一高峰，變化趨勢與研究區一相當類似，同樣越二級坡後，隨著坡度加大崩塌情形就開始減少。因此整合三區的分析情形，在第一級坡與第二級坡為崩塌分布的波度區間，亦即坡度在

0%-15%之間是臺北第區崩塌現象最為集中的坡度區間。

而由高度因素劃分，此三區皆相當一致，集中在五百公尺以下，換言之臺北地區在海拔五百公尺以上的環境是鮮少有崩塌現象。

二、土地利用型態是否與崩塌現象間具有關聯性或是怎樣的土地利用會容易跟崩塌發生關聯？

在整個研究區中，除了研究區二的農業型態檢定成果不與崩塌有關聯性，其餘研究小區中，不論是農業、林業甚至破壞度較小自然地都與崩塌具有相關性。提出的可能解釋或許是因為臺北地區本身即是高度開發，即是是自然地區，也多有人跡出沒，決不會完全排除人為活動。透過研究區二的農業例子中，其自然環境與當地產業分布上或許能夠成為借鏡，瞭解怎樣的農業生產或配置型態讓研究區二的農業處在一個較為安全的環境下生產與使用。

第二節 建議

本研究依據研究成果給予幾點建議：

一、臺北地區的崩塌趨向，坡向方面相當集中東向、東南向與南向；坡度則集中在0%-15%發生；高度方面則多集中在五百公尺以下，五百公尺鮮少有崩塌現象，因此未來在具有這些環境特性上做開發必需要多所評估。

二、未來在此類的環境議題再行延伸討論，在第伍章所採用的山崩潛感圖可以讓分析成果更為細緻，在評估檢定方面也可做為大尺度的分析成果做補充。

引用文獻

網站資料

臺北市山坡環境地質 GIS 資訊系統：

<http://gisweb.ed.taipei.gov.tw/gisweb/map/index.htm> (Jun. 2010)

慧科新聞資料庫：<http://concertwiseneventsnetw/ses/maindo> (Jun. 2010)

教育部學術名詞查詢系統：http://termsnict.govtw/search_bphp (Feb. 2010)

國土利用調查成果資訊網：<http://lui.nlsc.gov.tw/LUWeb> (Jun. 2010)

中文文獻

石再添等、林雪美編 (2008) 地學通論 (自然地理概論)，臺北：臺灣師大地理系地形研究室。

行政院農業委員會水土保持局 (2002) 台灣地區山坡地的土砂災害：行政院農業委員會水土保持局。

何春蓀 (1990) 普通地質學，臺北：五南圖書出版有限公司。

吳杰穎等 (2007) 災害管理學辭典，臺北市：五南圖書出版有限公司。

吳榮瑜、黃宏斌 (2005) 石門水庫土石流災害治理對策之研究，農業工程研討會論文集。

林金炳、王弘祐、王凱玄 (2003) 臺灣花蓮地區治山防災構造物空間分部特性之調查分析，2003 年全國土地管理與開發學術研討會。

林美玲 (1997) 土木工程防災教育改進計畫—天然災害與防治：坡地防災，教育部顧問室。

林雪美 (2004) 台灣地區近三十年自然災害的時空特性，師大地理研究報告，41(6): 99-128。

林鴻洲、于玉貞、李廣信、陳天健 (2006) 坡地地質災害的減災策略—以降雨預警基準為例，水科學進展，17(4): 490-495。

- 柯勇全、陳樹群（2005）天然災害土地管理策略評析，全球變遷通訊雜誌，(46): 25-32。
- 洪皓仁（2000）衛星影像分類方法之研究—以鳳山溪上游集水區為例，台中市：國立中興大學水土保持研究所碩士論文。
- 洪鴻智、陳一杰、簡長毅（2008）土地使用變遷之地震風險分析—以新竹市為例，都市與計畫，(35): 361-380。
- 唐川、沖村孝（2006）基於RS/GIS的城市泥石流災害綜合評價研究--以中國昆明市東川城區為例，地理學報，(44): 1-22。
- 張子瑩、徐美玲（2004）暴雨與地震處發崩塌發生區位之比較：以陳有蘭溪為例，地理學報，(35):1-16。
- 張石角（1985）臺灣地區地質災害個研究計畫報告，臺北市：國立臺灣大學地理學系。
- 張石角（1992）臺灣各地質分區邊坡崩坍類型與其預測方法（一），臺北市：國立臺灣大學地理學系。
- 張石角（1993a）山坡地調查規劃、評估及其崩坍預測與治理（初稿），臺北市：行政院農業委員會。
- 張石角（1993b）台灣過去二十年重大崩山災害及其對受影響地區知自然和社會環境之影響，台北市：行政院國家科學委員會。
- 張石角（1995）臺灣東部之環境地質分區與崩塌類型，工程環境會刊，(14): 59-85。
- 張杏枝（1993）臺北木柵老泉里崩塌地崩塌機制之研究：行政院農業委員會專題研究，臺北市：國立台灣大學地理學系。
- 張長義、蔡博文（1998）土地利用與環境災害關係之探討—以南投信義鄉為例（No. NSC 88-2625-Z002-046）：行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。

- 許有鵬、李立國、蔡國民、張立峰、李景才（2004） GIS 支持下中小流域洪水風險圖系統研究，地理科學，24(4): 452-457。
- 陳宏宇（1998） 土石流，地球科學園地，(6)。
- 陳信雄、邱祈榮、康恬慎（2001） 地理資訊系統於石門水庫集水區崩塌地特性分析之研究，國立台灣大學農學院實驗林研究報告，(3): 203-222。
- 陳時祖（1996） 賀伯颱風造成山區道路嚴重受損之成因及減輕未來災害之探討—以新中橫公路為例，賀伯颱風災害調查研討會論文集。
- 陳添水（2005） 應用地理資訊系統於九九峰九二一地震崩塌分析，特有生物研究，7(1): 69-87。
- 陳逸彥（1996） 從航測調查談賀伯颱風造成南投縣災害責任歸屬，臺灣林業，22(8): 6-34。
- 彭軒明、鄔道平、黃波林（2006） 西藏與鄰區地質災害分部與發展趨勢，華南地質與礦產，(3): 61-69。
- 黃兆吟（2006） 溪頭地區崩塌裸露地歷史變遷及植生恢復監測，臺北市：國立臺灣大學森林環境暨資源學系碩士論文。
- 楊永安（2007） 應用衛星影像進行坡地災害自動判釋與災因分析，臺北市：國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。
- 詹錢登（2000） 土石流概論，臺北市：科技圖書出版社。
- 劉希林、莫多聞（2003） 泥石流風險評價，中國：四川科學技術出版社。
- 蔡光榮（1996） GIS 應用於賀伯颱風災後新中橫公路邊坡破壞災害知調查分析，賀伯颱風災害調查研討會論文集。
- 謝禮丞、樂家敏和顏添明（2004） 衛星影像在天然災害損失評估與應用之研究—以森林火災為例(研究報告)，臺中市：內政部消防署委託研究報告。

外文文獻

- Carrara, A. (1992) Uncertainty in assessing landslide hazard and risk, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2(3-4):172-180.
- Carrasco, R. M., Pedraza, J., Martin-Duque, J. F., Mattera, M., Sanz, M. A., and Bodoque, J. M. (2003) Hazard Zoning for Landslides Connected to Torrential Floods in the Jerte Valley (Spain) by using GIS Techniques, *Natural Hazards*, 30(3): 361-381.
- Cromley, E. K. (2003) GIS and disease, *Annual review of public health* 24: 7-24.
- Crozier, M. J. (Ed.) (1986) classification of slope movements, *Landslides, Causes, Consequences & Environment*.
- Dai, F. C., Lee, C. F., and Ngai, Y. Y. (2002) Landslide risk assessment and management: an overview, *Engineering Geology*, 64(1): 65-87.
- Delmonaco, G., Leoni, G., Margottini, C., Puglisi, C., and Spizzichino, D. (2002) Large scale debris-flow hazard assessment: a geotechnical approach and GIS modelling, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, (3).
- Deyle R. E., S. P. F., R. B. Olshasky and R. G. Paterson (1998) the factual basis for planning and mitigation. In R. J. Burby (Ed.), *Cooperating with Nature: Confronting Natural Hazards with Land Use Planning for Sustainable Communities*, Washington, D.C.: Joseph Henry Press.
- Dikau, R. (1996) *Landslide Recognition: Identification, movement and causes*
- GA Tobin, B. M. (1997) *Natural hazards : explanation and integration*, New York: New York : Guilford Press.
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., and Reichenbach, P. (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy, *Geomorphology*, 31(1-4): 181-216.

- Hansen, M. J., D. Brunsten (Ed.) (1984) Strategies for classification of landslides, *Slope Instability*.
- Johnson, A. M. (1984) Debris flow. In D. Brunsten and D. B. Prior (Eds.), *Slope Instability*, Chichester: John Wiley & Sons.
- Karslia, F., Yalcina, A., Atasoya, M., Demira, O., Reisa, S., and Ayhan, E. (2004). *Landslide Assessment by Using Digital Photogrammetric Techniques*, Paper presented at the XXth ISPRS Congress.
- Kerle, N., and van Wyk de Vries, B. (2001) The 1998 debris avalanche at Casita volcano, Nicaragua -- investigation of structural deformation as the cause of slope instability using remote sensing, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 105(1-2): 49-63.
- Kim, D. R. A., Mohammad Thiem, Vu Dinh Park, Jin-Kyung von Seidlein, Lorenz Clemens, John (2008) Geographic analysis of shigellosis in Vietnam, *Health & Place*, 14(4): 755-767.
- Maskrey, A. (1989) *Disaster mitigation: a community based approach*, Oxfam.
- Nichol, J., and Wong, M. S. (2004) Satellite remote sensing for detailed landslide inventories using change detection and image fusion, *International Journal of Remote Sensing*, 26(9): 1913-1926.
- Parise, M. (2001) Landslide mapping techniques and their use in the assessment of the landslide hazard, *Physics and Chemistry of the Earth, Part C: Solar, Terrestrial & Planetary Science*, 26(9): 697-703.
- Romeo, R., Floris, M., and Veneri, F. (2006) Area-scale landslide hazard and risk assessment, *Environmental Geology*, 51(1): 1-13.
- Shidawara, M. (1999) Flood hazard map distribution. *Urban Water*, 1(2): 125-129
- Temesgen, B., Mohammed, M. U., and Korme, T. (2001) Natural hazard assessment

- using GIS and remote sensing methods, with particular reference to the landslides in the Wondogenet Area, Ethiopia. *Physics and Chemistry of the Earth, Part C: Solar, Terrestrial & Planetary Science*, 26(9): 665-675.
- UNDRO, U. O. o. t. D. R. C.-O. (1991) *Mitigating natural disasters : Phenomena, effects and options : A manual for policy makers and planners*, Department of Humanitarian Affairs.
- USGS (2004) *Landslide Types and Processes*,(online handbook).
- Varnes, D. J. (1958) Landslide types and processes. *Landslides and Engineering Practice*, 29(3): 20-45.
- Wadge, G. (1988) The potential of GIS modelling of gravity flows and slope instabilities. *International Journal of Geographical Information Science*, 2(2): 143 – 152.
- Westen, C. v. (2005) Landslide hazard and risk assessment, *Unpublished Refresher Course International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation*.
- Yalcin, A., and Bulut, F. (2007) Landslide susceptibility mapping using GIS and digital photogrammetric techniques: a case study from Ardesen (NE-Turkey). *Natural Hazards*, 41(1): 201-226.
- Záruba, Q. V. Mencl (Ed.) (1982) Classification of slope movement, *Landslides and their control*, Prague.
- Zerger, A. (2002) Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling. *Environmental Modelling & Software*, 17(3): 287-294.

附錄

附錄一 本研究採用之福爾摩沙衛星二號影像資料

福爾摩沙衛星二號影像資料 (2006-2008)		
2008 年度影像資料		
編號 Segment ID	覆雲率	時間
59AA4E	5 %	2008-11-15
5CF218	3 %	2009-01-14
5B161E	2 %	2008-12-11
5AA659	6 %	2008-12-03
5AB403	2 %	2008-12-04
2007 年度影像資料		
編號 Segment ID	覆雲率	時間
476609	0 %	2007-12-17
47666F	0 %	2007-12-17
46F601	3 %	2007-12-09
479E02	10 %	2007-12-21
48003A	7 %	2007-12-28
48463D	2 %	2008-01-02
44AA09	2 %	2007-10-28
2006 年度影像資料		
編號 Segment ID	覆雲率	時間
316A40	0%	2006-11-10
32E41B	2 %	2006-12-07
33C41E	8 %	2006-12-23
302801	2 %	2006-10-18
33E057	2 %	2006-12-25

附錄二 本研究採用影像評估精度表

影像名稱	拍攝日期 GMT	影像等級	PAN/MS	解析度 (M)	RMS	RMS (X)	RMS (Y)	使用控制 點數	座標系統
FS2_100502009_1A_0001_MS.tif	2006-11-10	Level_1A	MS	8	1.28	1.23	0.99	34	TWD 97
FS2_100502022_1A_0001_MS.tif	2007-01-29	Level_1A	MS	8	1.72	0.85	1.50	19	TWD 97
FS2_100502015_1A_0001_MS.tif	2006-12-07	Level_1A	MS	8	2.75	1.76	2.12	23	TWD 97
FS2_100502026_1A_0001_MS.tif	2007-01-30	Level_1A	MS	8	11.73	2.43	11.48	54	TWD 97
FS2_100502036_1A_0001_MS.tif	2007-12-17	Level_1A	MS	8	1.83	1.66	0.77	29	TWD 97
FS2_100502040_1A_0001_MS.tif	2007-12-09	Level_1A	MS	8	3.83	3.65	1.14	46	TWD 97
FS2_100502037_1A_0001_MS.tif	2007-12-17	Level_1A	MS	8	1.29	1.01	0.80	22	TWD 97
FS2_100502030_1A_0001_MS.tif	2007-10-28	Level_1A	MS	8	3.03	2.70	1.36	19	TWD 97

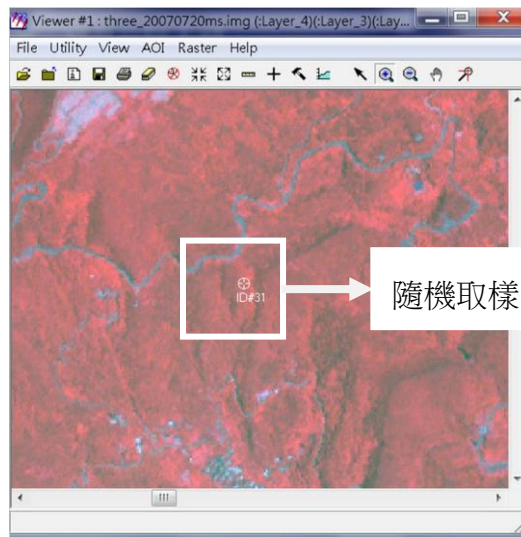
附錄三

地物判釋成果評估

說明：判釋係依據衛星影像軟體 EARDAS 在其研究區中各類別以隨機方式選取 100 個點，從此 100 個點內，據判釋結果與地真資料各劃分屬崩塌/裸露地與非崩塌/裸露地兩，從中計算其精度評估，精確度評估分為生產者精度與使用者精度，另外也檢附 Kappa 值以供本研究分類精確度參考。

判釋資料：福衛二號 MS 影像

判釋工具：EARDAS 光譜及人工判釋輔助



生產者使用精度(producer's accuracy)：代表單類別的精確度。以某一類別中，分類正確的數量除以參考數量中此類別的所有元素總和，即矩陣誤差矩陣中同一種類別中對角線的數值除以行中所有數值之總和所產生的百分比，

使用者精確度 (user's accuracy)：同生產者精確度是針對單一類別的精確度的表示。某一類別中，分類的正確數量除以分類後被歸為此類別的總和，即依據每一分類，將對角線的數值，除以列中所有數值相加總和，所產生的百分比。

研究區一

地真資料					
		崩塌	非崩塌	總計	生產者精度
分類結果	崩塌	82	5	87	94.25%
	非崩塌	18	95	113	84.07%
	總計	100	100	200	
使用者精度		82.00%	95.00%		88.50%
kappa 值					0.77

研究區二

地真資料					
		崩塌	非崩塌	總計	生產者精度
分類結果	崩塌	86	2	88	97.73%
	非崩塌	14	98	112	87.50%
	總計	100	100	200	
使用者精度		86.00%	98.00%		92.00%
kappa 值					0.84

研究區三

地真資料					
		崩塌	非崩塌	總計	生產者精度
分類結果	崩塌	79	3	82	96.34%
	非崩塌	21	97	118	82.20%
	總計	100	100	200	
使用者精度		79.00%	97.00%		88.00%
kappa 值					0.76

附錄四 民國九十六年土地使用分類系統表

一、本土地使用分類系統整體為層級式樹狀結構，共分為3級。第一級共分為9大類，第二級就第一級之劃分再細分41類、第三級則就第二級之架構再分為稻作等103類，均分別給予編碼並闡明第三級分類項目之說明。(詳見表1至表9)

二、編碼方式主要依循民國82年土地使用分類系統之阿拉伯數字編碼，第一級分類項目給予2碼，編碼自01開始，第二級及第三級分類項目亦給予2碼；第二級及第三級分類項目代碼以尾數「0」代表與上1層級之類別相同。第一級9大類別分別為：

「農業使用土地」：編碼01

「森林使用土地」：編碼02

「交通使用土地」：編碼03

「水利使用土地」：編碼04

「建築使用土地」：編碼05

「公共使用土地」：編碼06

「遊憩使用土地」：編碼07

「礦鹽使用土地」：編碼08

「其他使用土地」：編碼09



(一) 農業使用土地

農業使用土地下第二級共分為 4 類，第三級分為 11 類。第三級細分類項目係配合「農業統計年報」中農業生產統計分類進行修訂，以利相關調查資料之更新，如表 1 所示。

附錄表 1 農業使用土地分類系統表

第 I 級		第 II 級		第 III 級		
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	說明
農業使用土地	01	農作	0101	稻作	010101	係指從事稻米栽培之土地。包括水稻、陸稻
				旱作	010102	係指從事雜糧作物、特用作物及園藝作物栽培之土地。雜糧作物包括小麥、黑麥、蕎麥、紅豆、大豆、玉米、粟(小米)、大麥、甘藷、花豆、綠豆、薏仁、落花生、蜀黍(高粱)；特用作物包括係指從事纖維料、油料、糖料(甘蔗)、嗜好料、香料、藥料及工業原料等特用作物栽培之土地。包括棕櫚、苧麻、亞麻、大甲蘭、苎苳(三角蘭)、向日葵、油菜籽、葛鬱金(粉薯)、甜菜、茶葉、菸草、胡椒、花椒、香茅草、芥末籽、杭菊、除蟲菊、枸杞、黃耆、麥門冬、桑樹、棉花、瓊麻、黃麻、洋麻(鐘麻)、芝麻、蓖麻籽、樹薯、甜菊、咖啡、可可豆、蛇麻、茴香、仙草、洛神葵、薄荷、魚藤、當歸、山藥、柴胡、牧草、綠肥作物；園藝作物包括蔬菜、食用菌菇類(包括木耳、香菇、草菇、食用菌菇類菌種、靈芝、洋菇、金針菇)及花卉(包括盆花植物、觀葉植物、切花植物)
				果樹	010103	係指從事水果及乾果種植、栽培而以收穫其果實為目的之土地。包括李、杏、柿、栗、枇杷、橄欖、木瓜、楊桃、鳳梨、檳榔、葡萄、椰子、柑桔類、番石榴、梅、桃、棗、梨、芒果、胡桃、蘋果、龍眼、香蕉、蓮霧、荔枝、番荔枝、百香果
				廢耕地	010104	係指原為從事 010101 至 010103 分類項目栽培之使用，因廢耕而為草生之土地。如為從未栽植農作物及林木之草生荒地應屬 090300「草生地」
		水產養殖	0102	水產養殖	010200	係指水產養殖所使用之土地
		畜牧	0103	畜禽舍	010301	係指飼育家畜、家禽所使用之土地
	牧場			010302	係指放牧家畜、家禽之土地	
		農業附帶設施	0104	溫室	010401	係指有固定基礎之透明採光設施。
	倉儲設施			010402	係指供糧食、肥料、資材存放之設施。	
	農產品展售場			010403	係指供農產品之集貨、包裝、運銷、展售等設施。	
	其他設施			010404	係指供農作、畜牧、漁業、休閒農業生產或經營所需之栽培場、機房、資材室、冷藏或冷凍庫、育苗作業室等之設施。	

附錄表 2

(二) 森林使用土地

森林使用土地下第二級共分為 3 類，第三級分為 12 類。第二級及第三級細分類項目係配合「國有林事業區檢定調查手冊」中林地分類，以利相關調查資料之更新，如表 2 所示。

附錄表 3 森林使用土地分類系統表

第 I 級		第 II 級		第 III 級		
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	說明
森林使用土地	02	天然林	0201	天然針葉樹純林	020101	係指天然針葉樹純林，其蓄積或株數至少佔 75%
				天然闊葉樹純林	020102	係指天然闊葉樹純林，其蓄積或株數至少佔 75%
				天然竹林	020103	係指各類竹林或竹林佔全林冠 75% 以上
				天然竹針闊葉混淆林	020104	係指天然針、闊葉樹、竹混淆林，其針（或闊）葉樹種蓄積總和或株數總和至少佔 25% 以上，75% 以下
		人工林	0202	人工針葉樹純林	020201	係指人工針葉樹純林，其蓄積或株數至少佔 75%
				人工闊葉樹純林	020202	係指人工闊葉樹純林，其蓄積或株數至少佔 75%
				人工竹林	020203	係指各類竹林或竹林佔全林冠 75% 以上
				人工竹針闊葉混淆林	020204	係指人工針、闊葉樹、竹混淆林，其針（或闊）葉樹種蓄積總和或株數總和至少佔 25% 以上，75% 以下
	其他森林使用土地	0203	伐木跡地	020301	林木伐採後尚未完成更新造林者	
			苗圃	020302	培育林木之園區及附帶道路、建物等相關設施之總括	
			防火線	020303	為防止森林火災蔓延擴展，於山稜脊線設置以清除所有地表植生之帶狀裸露林地	
			土場	020304	木材自林地搬出途中暫時存放之場所，在林道末端者稱為土場	

(三) 交通使用土地

交通使用土地下第二級共分為 4 類，第三級分為 12 類，如表 3 所示。

附錄表 4 交通使用土地分類系統表

第 I 級		第 II 級		第 III 級		
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	說明
交通使用土地	03	機場	0301	機場	030100	包括航空站、航空貨運站、飛行場、航空貨物集散站及機場相關設施如助航設施（導航台、助航台、儀降系統及塔台）及其他設施（空中廚房、飛機製造修理場等）。如為軍用機場應屬 090100「軍事用地」，但如為軍民合用之機場以及山區與離島之直昇機緊急停機坪亦屬本分類
		鐵路	0302	一般鐵路	030201	包含一般鐵路線（供一般使用之鐵路線）、專用鐵路線（運糖、運鹽或運木材）及捷運鐵路線之類別
				高速鐵路	030202	供高鐵使用之路線
				鐵路相關設施	030203	包括鐵路車站、機廠及機務段、裝卸場、調車場、維修場、機電房及其他鐵路相關設施
		道路	0303	國道	030301	係指道路系統分級為國道者
					030302	係指道路系統分級為省道者
				一般道路	030303	4 米以上，但不包含 030301 及 030302 以外，之道路，包括縣道、鄉道、市區道路和其他道路（堤防兩側道路視為水利用地，不屬於此類）
				道路相關設施	030304	包括公路車站、停車場、車輛調度場、車輛檢修場、客貨運轉運站、服務區、休息站、監理機構及其他公路相關設施
		港口	0304	商港	030401	包括碼頭、修造船廠、倉棧設施及其他公共設施；軍港不在此限，如為軍商合用港亦歸屬於本分類
					030402	包括碼頭、修造船廠、倉棧設施及其他公共設施
				專用港	030403	係指軍、商、漁港以外之港口，但不包含海洋遊憩設施之遊艇港
				其他港口相關設施	030404	包括獨立燈塔

(四) 水利使用土地

水利使用土地下第二級共分為 7 類，第三級分為 17 類。第三級細分類項目修改自「各河川流域、海岸沿岸土地利用現況資料庫建置」中水利土地使用分類，如表 4 所示。

附錄表 5 水利使用土地分類系統表

第 I 級		第 II 級		第 III 級					
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	說明			
水利使用土地	04	河道	0401	河川	040101	係指江、河川、溪等水流經過之地域			
				減河	040102	係指專為疏分本水道一定地段超量洪水而開闢之另一水道			
				運河	040103	係指為便利水運所開鑿之水道			
				堤防	040104	包括河堤、海堤及離岸堤（含設計之消波塊）			
	溝渠	0402	溝渠	040200	包括灌溉、排水、給水及相關設施，其寬度 5M 以上者				
					蓄水 池	0403	水庫	040301	係指建立堰壩所形成之水域及其附屬設施
							湖泊	040302	係指該水域在當地以湖、泊稱之者
							其他蓄水池	040303	包括池、埤、溜、潭等；如專供養殖使用者，應歸屬於 010200「水產養殖」類
	人工湖	040304	係指作為水源使用者之人工湖泊，形狀整齊，有輸水幹管等相關設施。						
	水道沙洲灘地	0404	水道沙洲灘地	040400	水利法 81 條，凡與水流宣洩或洪水停駐有礙之地區，包括湖沼、河口之海埔地與三角洲及指定之洩洪區				
	水利構造物	0405			水閘門	040501	水閘門		
					抽水站	040502	抽水站		
					水庫堰壩	040503	水庫堰壩		
					地下取水井	040504	地下取水井		
					其他設施	040505	包括水土保持處理與維護施做之攔沙壩、跨河橋樑保護工程及其他設施等		
	防汛道路	0406	防汛道路	040600	係指位於堤內緊鄰堤防供防汛使用之道路，及堤外便道等				
	海面	0407	海面	040700	包括海面及海面上之附屬設施				

(五) 建築使用土地

建築使用土地下第二級共分為 4 類，第三級分為 12 類，如表 5 所示。

附錄表 6 建築使用土地分類系統表

第 I 級	第 II 級		第 III 級		
	類別	代碼	類別	代碼	說明
建築使用土地	05	商業	零售批發	050101	係指從事買賣貨品活動之土地，包括零售、批發及量販店，如百貨公司、商店、市場、大型量販店和購物中心。其中零售業之銷售對象以一般民眾為主，批發業（意旨從事有形商品批發、經紀及代理）批發業係以銷售大宗商品為主，其銷售對象多為機構或產業（如中盤批發商、零售商、工廠、公司行號等）。相關細項業別包括農、畜、水產品業、食品什貨、布疋、衣著、服飾品、家庭電器、設備及用品零售（批發）業、藥品、化粧品及清潔用品、文教、育樂用品、鐘錶、眼鏡、首飾及貴金屬、建材、機械器具、汽機車及其零配件、用品、綜合商品及其他商品之零售或批發
			服務業	050102	係指提供個人或工商服服務務使用之土地包括住宿（如賓館、旅館、旅社、汽車旅館、民宿、觀光旅館、招待所）、餐飲（如餐廳、食堂、小吃店、速食店、鐵板燒店、日本料理店、飯館、麵店、快餐店、牛排館自助火鍋店、飲酒店、啤酒屋）、運輸通信（如路上運輸、水上運輸、航空運輸、旅行、報關、郵政、電信、快遞）、金融保險（如銀行、信用合作社、農會、漁會信用部、信託投資）、不動產租賃、專業、科學及技術服務業（如法律及會計服務、建築及工程技術服務、專門設計服務、電腦系統設計服務業、資料處理及資訊供應、研究發展服務業、廣告、其他專業、科學及技術服務業（如市場研究及民意調查、攝影、翻譯服務、獸醫、環境檢測服務）、教育服務（如補習班、才藝班）、文化服務（如出版、電影製作、廣播電視、藝文及運動服務業）及其他服務（如洗衣、理髮及美容、殯葬服務、家事服務業、相片沖洗、浴室、駕訓班）
	住宅	0502	純住宅	050201	係指整體建築專供住宅使用者，不含其他使用之土地
			兼工業使用住宅	050202	係指一樓供工業使用，其餘供住宅使用樓層比例超過 50%
			兼商業使用住宅	050203	係指一樓供商業使用，其餘供住宅使用樓層比例超過 50%
			兼其他使用住宅	050204	係指一樓供住宅、商業或工業以外之其他使用且其餘供住宅使用樓層比例超過 50%

工業	0503	製造業	050301	係指從事製造業使用之土地。包括食品、飲料、菸草、紡織、成衣、服飾品、皮革、毛皮、木竹製品、家具、裝設品、紙漿、紙製品、印刷、化學材料、化學製品、石油、橡膠、塑膠、非金屬礦物、金屬、機械設備、電腦、通信、電子、電力機械、運輸工具、精密光學、醫療器材、鐘錶等製造業，製造品零組件之組裝（裝配業）亦歸於本類	
		倉儲	050302	從事經營租賃取酬之製造業相關原料、產品之堆棧、棚棧、倉庫、保稅倉庫等用地均屬之（不包括農業、林業場地儲存活動所使用之土地）	
	其他 建築 用地	0504	宗教	050401	包括供寺廟、教（會）堂和其他宗教建築使用，但不包含 070101 法定文化資產項目之土地
			殯葬設施	050402	包含墓地、殯儀館、火化場和骨灰（骸）存放設施
興建中			050403	已興建地下層或地面層但在現況調查年度內無法建築完成者	
其他	050404		係指宗教、殯葬設施、興建中以外之其他建築用地，包括人民團體、財團法人等類別		



(六) 公共使用土地

公共設施使用土地下第二級共分為 6 類，第三級分為 14 類，如表 6 所示。

附錄表 7 公共設施使用土地分類系統表

第 I 級		第 II 級		第 III 級			
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	說明	
公共設施使用土地	06	政府機關	0601	政府機關	060100	包含政府機關、民意機關、國際組織、外國使領館、其他外國機構等	
		學校	0602	幼稚園	060201	學校內如同時包括幼稚園、小學、中學等使用，以最高級之使用為主。如為托兒所則歸於 060400 社會福利設施	
				小學	060202	供國民小學使用之土地	
				中學	060203	供國民中學、高中（職）使用之土地	
				大專院校	060204	供大專院校使用之土地	
				特種學校	060205	包括啟聰學校、盲啞學校、感化院、輔育院等	
				醫療保健	0603	醫療保健	060300
		社會福利設施	0604	社會福利設施	060400	包括兒童、少年、老人、婦女及身心障礙福利機構、社會救助機構、社區活動中心及其他社會福利設施，如為托兒所屬兒童福利機構之類別	
		公用設備	0605	氣象	060501	包括測候站、雷達站、地震、海象、天文等觀測站及相關措施，但氣象局應屬機關分類	
				電力	060502	包括火力、水利、核能、風力、潮汐、溫差、潮流發電廠、變電所、輸配電鐵塔及連接站及其他電業相關設施	
				瓦斯	060503	包括煤氣、天然氣整（加）壓站、分裝場及接收站	
				自來水	060504	包括自來水廠和抽水站、加壓站、配水池、其他自來水設施	
				加油站	060505	加油站及附屬設施	
		環保設施	0606	環保設施	060600	包括污水處理廠、污水抽水站、雨水及污水截流站、垃圾處理廠及垃圾掩埋場、廢物處理、空氣、噪音監測處理設施、資源回收設施	

(七) 遊憩使用土地

遊憩使用土地下第二級共分為 2 類，第三級分為 6 類。如表 7 所示。

附錄表 8 遊憩使用土地分類系統表

第 I 級		第 II 級		第 III 級		
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	說明
遊憩使用土地	07	文化設施	0701	法定文化資產	070101	係指具歷史、文化、藝術、科學等價值並經指定或登錄之古蹟、歷史建築、聚落、遺址、文化景觀、自然地景等土地
				一般文化設施	070102	包括博物館、演藝廳、音樂廳、文化中心、史蹟陳列館、藝術館、紀念館、美術館、文物陳列館、工藝陳列館、圖書館、博物館、劇院
				其他文化設施	070103	包括教育部主管之社會教育館、動植物園、海洋生態館、海洋公園、科學館等
	休閒設施	0702	公園綠地廣場	070201	係指非營利性且供一般民眾休憩之土地，包括公園、綠地、廣場、花園及相關園藝設施	
			遊樂場所	070202	包括室內遊樂場（電影院、電子遊樂場、保齡球館、撞球場、上網專門店、釣蝦場）及戶外遊樂場（高爾夫球場、營利性公園、森林樂園、海底樂園、森林遊樂區、露營野餐地、海上樂園、海水浴場）之類別	
			體育場所	070203	包括巨蛋、體育館、體育場、球場及游泳池	

(八) 礦鹽使用土地

礦鹽使用土地下第二級共分為 3 類，第三級分為 6 類，如表 8 所示。

附錄表 9 礦業使用土地分類系統表

第 I 級		第 II 級		第 III 級		
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	說明
礦鹽使用土地	08	礦業	0801	礦場	080101	包括金屬礦場、非金屬礦場、石油、天然氣採集場、礦業堆積場
				礦業相關設施	080102	包括礦業開採設施、附屬設施及其他必要設施
	土石	0802	土石採取場	080201	包括土石採取作業場所及其所需土石堆積場	
			土石相關設施	080202	包括土石採取場以外之土石加工及其他必要設施	
	鹽業	0803	鹽田	080301	包括堆積場	
			鹽業相關設施	080302	包括鹽廠及食鹽加工廠、辦公廳等相關設施	



(九) 其他使用土地

其他使用土地下第二級共分為 8 類，第三級分為 13 類，如表 9 所示。

附錄表 10 其他使用土地分類系統表

第 I 級		第 II 級		第 III 級		
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	說明
其他使用土地	09	軍事用地	0901	軍事用地	090100	包括軍事機關、軍事院校、軍用機場、軍港等相關軍事設施
		溼地	0902	溼地	090200	溼地、沼澤和紅樹林
		草生地	0903	草生地	090300	從未栽植農作物及林木之草生荒地
		裸露地	0904	灘地	090401	沙灘、海灘、潮間帶等地
				崩塌地	090402	係指水利用地以外之裸露地，包括落石、翻覆、滑動、側滑、流動等五類，涵蓋坍方、山崩、崩塌等土地
				礁岩	090403	礁岩、海蝕平台、裸露岩石等地
				裸露空地	090404	裸露空地
		灌木荒地	0905	灌木荒地	090500	灌木雜生之生荒地
		災害地	0906	災害地	090600	係指低海拔地區已發生災害之地區，包括因海水倒灌、土壤污染等無法利用之土地
		營建剩餘土石方	0907	營建剩餘土石方	090700	係指堆積、處理營建廢棄土之場所
		空置地	0908	未使用地	090801	係指土地空置，且尚無特定用途者
				人工改變中土地	090802	係指已整地或正整地準備開發利用為某特定用途者，包含海埔新生地
				測量標	090803	依「測量標設置保護條例施行細則」第七條規定之永久測量標使用者，包括覘標、標石、標架、標桿、標尺、水尺、航用燈標、航用浮標等