

GPS/GIS/RS 科技整合應用於大高雄都會區
坡地社區環境潛勢災害防治技術之研究(二)

內政部建築研究所研究報告

094301070000 G3042

「GPS/GIS/RS 科技整合應用於大高雄都會區 坡地社區環境潛勢災害防治技術之研究(二)」

計畫主持人：何明錦 副所長（內政部建築研究所）

共同主持人：蔡光榮 教授（國立屏東科技大學）

協同主持人：陳建忠 組長（內政部建築研究所）

研 究 員：林金炳 副教授（國立屏東科技大學）

王弘祐 副教授（國立屏東科技大學）

李怡先 研究員（內政部建築研究所）

研究助理：許逸祥（國立屏東科技大學）

施政璋（國立屏東科技大學）

內政部建築研究所研究報告

中華民國九十四年十月

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

Application of GPS/GIS/RS Technology
on the Potential Hazard Mitigation for
the Community on Hillslope in
Kaohsiung Metropolitan (II)

BY

Ming-Chin Ho

Kuang-Jung Tsai

Chien-Chung Chen

Jin-Bing Lin

Hung-Yu Wang

Yei-Sain Lee

October, 2005

目次

表次	V
圖次	IX
摘要	XVII
英文摘要	XXI
第一章 緒論	1
第二章 調查工作內容	9
第一節 調查工作目的	9
第二節 調查作業流程	10
第三節 調查工作方法	11
第三章 坡地社區環境說明	19
第一節 地理地形	19
第二節 氣象水文	21
第三節 地質土壤	23
第四節 坡地社區	30
第四章 調查結果分析探討	39
第一節 調查資料彙整建檔	39
第二節 調查結果統計分析	44
第三節 GPS/GIS/RS 圖層建置	47

第五章 環境潛勢災害評估模式建立	59
第一節 環境風險評估原則研擬	59
第二節 潛勢災害評估模式建立	62
第三節 評估模式案例驗證	72
第四節 評估模式與系統整合	79
第六章 結果與建議	95
第七章 結論與建議	101
參考書目	103
附錄一 期初審查意見處理說明表	109
附錄二 期中審查意見處理說明表	113
附錄三 期末審查意見處理說明表	115

表次

表 1-1	高雄縣各坡地鄉鎮之基本資料統計表	4
表 1-2	高雄市各坡地行政區之基本資料統計表	5
表 1-3	大高雄地區各類型坡地社區發展型態統計表	5
表 2-1	大高雄地區坡地社區環境風險查核評估表	14
表 3-1	高雄地區氣象水文一覽表	22
表 3-2	研究區域所屬各雨量站之月平均雨量	22
表 3-3	大高雄坡地社區地質說明	24
表 4-1	本研究計畫所需之各類基本資料一覽	40
表 4-2	坡地社區環境潛勢災害查核評估表範例	43
表 4-3	大高雄五個坡地社區邊坡受損特徵統計表	46
表 5-1	環境風險評估之地形坡度分級及序數表	60
表 5-2	環境風險評估之地形坡度沖蝕分級表	60
表 5-3	環境風險評估之地質岩體工程性質分類表	60
表 5-4	環境風險評估之山坡岩層構造分類表	61
表 5-5	環境風險評估之工程土壤深度分級表	61
表 5-6	環境風險評估之地形與地質序數演算表	61
表 5-7	坡地社區環境敏感度分級表	62
表 5-8	多變量不安定指數分析 10 個因子統計結果表	68
表 5-9	多變量分析運算 10 個影響因子之權重值與變異係數對照表	70

表 5-10	多變量分析運算 9 個因子之混亂矩陣運算表	70
表 5-11	多變量回歸模式之各項因子測試表	71
表 5-12	大高雄地區坡地社區環境潛在風險防治技術(工法)受損風險評估驗證表	73
表 5-13	大高雄坡地社區 5 處邊坡案例驗證表	78
表 5-14	坡地社區環境潛勢災害資料圖層種類與型態	85
表 6-1	坡地社區擋土工法適用範圍統計表	97
表 6-2	坡地社區排水工法種類及其適用範圍統計表	98
表 6-3	坡地社區植生工法與其適用範圍統計表	98
表 6-4	五處坡地社區環境潛勢災害防治工法統計表	99
表 6-5	五處坡地社區環境潛勢災害型態統計表	99

圖次

圖 1-1	大高雄地區各類坡地社區型態分佈圖	3
圖 1-2	大高雄地區之地形分區圖	6
圖 1-3	大高雄地區行政區域圖	7
圖 2-1	本專案計畫之研究流程圖	13
圖 2-2	大高雄地區行政區域與地形圖	15
圖 2-3	高雄市壽山研究區域範圍圖	16
圖 2-4	高雄縣旗山研究區域範圍圖	16
圖 2-5	高雄市大坪頂研究區域範圍圖	17
圖 2-6	高雄縣岡山研究區域範圍圖	17
圖 2-7	高雄縣六龜美濃研究區域範圍圖	18
圖 3-1	高雄縣市地理位置圖	20
圖 3-2	高雄縣市地勢地形圖	20
圖 3-3	GPS 調查點位與徐昇式降雨網圖	23
圖 3-4	研究區域地層分佈圖	25
圖 3-5	研究區域斷層分佈圖	27
圖 3-6	研究區域土壤分佈圖	29
圖 3-7	研究區內各處坡地社區調查樣區分佈圖	33
圖 3-8	壽山區域範圍(1/25000 地形圖)	34
圖 3-9	大坪頂區域範圍(1/25000 地形圖)	35
圖 3-10	岡山區域範圍(1/25000 地形圖)	36
圖 3-11	旗山區域範圍(1/25000 地形圖)	37
圖 3-12	美濃六龜區域範圍(1/25000 地形圖)	38

圖 4-1 研究區內各調查 GPS 點位套疊於不同環境屬性之 GIS 圖層	41
圖 4-2 各類坡地社區護坡穩定工法配置流程圖	41
圖 4-3 坡地社區環境潛勢災害調查點套行政區域圖	45
圖 4-4 各社區邊坡災害型態統計圖	47
圖 4-5 旗山地區 3D 立體地形圖	48
圖 4-6 旗山地區數位高程圖	48
圖 4-7 旗山地區坡度圖	48
圖 4-8 旗山地區地質圖	48
圖 4-9 旗山地區土壤圖	48
圖 4-10 旗山地區坡向圖	48
圖 4-11 壽山地區 3D 立體地形圖	49
圖 4-12 壽山地區數位高程圖	49
圖 4-13 壽山地區坡向圖	49
圖 4-14 壽山地區坡度圖	49
圖 4-15 壽山地區土壤分佈圖	49
圖 4-16 壽山地區地質圖	49
圖 4-17 大坪頂地區 3D 立體地形圖	50
圖 4-18 大坪頂地區數位高程圖	50
圖 4-19 大坪頂地區坡向圖	50
圖 4-20 大坪頂地區坡度圖	50
圖 4-21 大坪頂地區土壤分佈圖	50
圖 4-22 大坪頂地區地質圖	50
圖 4-23 岡山地區 3D 立體地形圖	51
圖 4-24 岡山地區數位高程圖	51

圖 4-25	岡山地區坡向圖	51
圖 4-26	岡山地區坡度圖	51
圖 4-27	岡山地區土壤分佈圖	51
圖 4-28	岡山地區地質圖	51
圖 4-29	美濃地區 3D 立體地形圖	52
圖 4-30	美濃地區數位高程圖	52
圖 4-31	美濃地區坡向圖	52
圖 4-32	美濃地區坡度圖	52
圖 4-33	美濃地區土壤分佈圖	52
圖 4-34	美濃地區地質圖	52
圖 4-35	旗山區域 GPS/GIS/RS 整合圖層	53
圖 4-36	壽山區域 GPS/GIS/RS 整合圖層	54
圖 4-37	大坪頂區域 GPS/GIS/RS 整合圖層	55
圖 4-38	岡山區域 GPS/GIS/RS 整合圖層	56
圖 4-39	六龜美濃區域 GPS/GIS/RS 整合圖層	57
圖 5-1	坡地社區環境潛勢災害風險率演算圖	59
圖 5-2	多變量不安定指數分析流程圖	67
圖 5-3	9 項因子多變量分析運算結果對照圖	71
圖 5-4	壽山地區案例風險值分級圖	78
圖 5-5	旗山地區案例風險值分級圖	78
圖 5-6	岡山地區案例風險值分級圖	78
圖 5-7	美濃六龜地區案例風險值分級圖	78
圖 5-8	大坪頂地區案例風險值分級圖	78
圖 5-9	GPS 衛星訊號接收器	80
圖 5-10	GPS/GIS/RS 系統整合流程圖	82

圖 5-11	坡地社區環境潛勢災害評估模式流程圖	88
圖 5-12	資料庫前端系統起始畫面說明圖	89
圖 5-13	災情資訊管理子系統操作展示圖	90
圖 5-14	ArcView 地理資訊系統屬性查詢圖	91
圖 5-15	ArcView 地理資訊系統主題圖縮放比圖	91
圖 5-16	網際網路子系統鏈結重要網頁應用畫面	92
圖 5-17	旗山地區 3D 圖層模擬展示圖	93
圖 5-18	壽山地區 3D 模擬飛行展示畫面	94

摘 要

關鍵詞：都市防災、全球衛星定位系統、遙感探測、地理資訊系統

一、研究緣起

大高雄都會區地處台灣西南部，為南台灣之工商重鎮與經濟中心總面積達 2945.60 平方公里，其中高雄縣佔 2792 平方公里，高雄市為 153.60 平方公里，區域所轄平地資源有限，山坡地大多集中在高雄縣，其面積廣達 1970.62 平方公里，約佔全縣總面積之 70.58%，計涵括 21 個坡地鄉鎮市（一市三鎮 17 鄉），而高雄市轄 11 個行政區，坡地面積約 6.19 平方公里，大高雄都會區總人口數達 2,645,079 人，其中高雄市人口密集度較高，計有 1,508,379 人，而高雄縣幅員遼闊，共有 1,136,700 人。

近年來，因大高雄都會區之區域發展擴張，使得該都會區邊際山坡地因人為開發活動頻仍，造成坡地社區環境災害頻傳，如田寮鄉月世界風景區開發衍生之泥岩坡地沖刷災害，壽山與柴山地區之潛在地層滑動，半屏山與旗山地區之大規模坡地崩坍，以及田寮、燕巢、岡山等地區之典型泥岩坡地土砂災害等均屬之。又自 1999 年 921 集集地震後復遭受颱風豪雨侵襲，因而誘發之潛在坡地環境災害區域範圍逐漸擴大新增，對未來大高雄都會區之經建發展影響至鉅，遂研擬本計畫，對區域內重要開發區及具潛在環境災害之坡地社區進行調查分析，以期提供高雄縣(市)政府作為坡地社區防災與永續經營之管理依據。

二、研究方法及過程

GPS/GIS/RS 等 3S 科技整合應用於坡地社區環境潛勢災害基本特性之調查分析及防災技術之可行性評估，隨著防災資訊科技之精進，確實已漸趨成熟階段。有鑑於此，本研究擬以二年(2004~2005)為期限，運用 GPS/GIS/RS 之 3S 科技結合多媒體技術，將大高雄地區之坡地依其社區開發型態與規模、災害特性及主要岩層特徵(泥岩層、砂頁岩互層、礫石層、珊瑚礁石灰岩層與軟弱砂岩層等)，將其劃分為中央山脈山地、嶺口台地、大(小)岡山及鳳山之隆起珊瑚礁石灰岩等四類地形區，再依各不同地形區之災害型態及其主要岩層特徵，選定目前被高雄縣(市)政府列為重要開發區或具高潛能開發區者作為本研究專案之坡地社區調查樣區，93 年度(2004)選定高雄市壽山地區(珊瑚礁石灰岩層)與高雄縣旗山地區(泥岩層)二處中型坡地社區為調查重點。94 年度(2005)則篩選高雄市大坪頂地區(軟弱砂岩層)與高雄縣岡山(石灰岩層)及六龜美濃(礫石、砂頁岩互層)等三處中型坡地社區為本(94)年度之主要調查區域，計畫執行先期均對該五處坡地社區環境基本資料進行蒐集，及針對該五處坡地社區之環境潛勢災害空間分佈特性作差異性比對分析，進而再以全球衛星定位系統(GPS: Global Position System)作實地坡地社區之災害區踏勘複查，並將該五處坡地社區環境潛勢災害所在區位、地理座標(TM II)、及災害特性等相關資料結合地理資訊系統(GIS: Geographic Information Systems)與遙測技術(RS: Remote Sensing)分別作不同坡地社區環境潛勢災害資料圖層之建檔分類，災害影響因子之統計分析與災害防治技術可適性與風險性評估，俾期提供高

雄縣(市)政府作為其坡地社區環境潛勢災害防治方案規劃研擬之參考依據，且以此 5 處案例作為其坡地社區環境安全永續經營之重要範例。

三、重要發現

1. 以 GPS/GIS/RS 之 3S 科技建立大高雄都會區坡地社區之基本環境潛勢災害資料庫。
2. 建立大高雄地區坡地社區環境潛勢災害防治技術評估模式。
3. 完成區域內 5 處中型坡地社區典型案例之調查分析，並據以作為驗證該評估模式之主要案例。
4. 提供 GPS/GIS/RS 之 3S 整合科技應用於坡地社區環境潛勢災害之調查分析技術，俾期提供地方政府對鄰近都會區之坡地社區環境災害防治技術水準，並據以作為建立資訊化坡地社區防災體系之基礎，有益於整體國家防救災體系之整合建構。

四、主要建議事項

(一)立即性建議：

1. 本研究所建立之大高雄坡地社區環境潛勢災害 GPS/GIS/RS 資料庫，可基於高雄縣(市)政府之業務需要，由內政部建築研究所協商國立屏東科技大學作技術移轉與人力培訓。
2. 提供地方政府應用 GPS/GIS/RS 整合科技於在坡地社區永續經營管理層面，有助於未來坡地社區環境潛勢災害防治技術水準之提升與區域性防就災體系之加速建立。
3. 提供五處以 GPS/GIS/RS 科技應用在不同地形(質)區之坡地社區潛勢災害調查分析案例，可即時提供其他各縣市政府作

為坡地社區環境安全管理之參考範例與防災教育宣導教材。

(二)長期性建議：

1. 後續研究可增加其他縣市之坡地社區環境潛勢災害調查分析樣本數，並據以作為驗證與修正本研究所建立之潛勢災害防治技術評估模式，有助於模式應用層面之拓廣，而強化其在不同地區之可適性與合理性。
2. 經實例驗證後之坡地社區環境潛勢災害防治技術評估模式，可因應未來高雄縣市政府之業務需要，將本研究所研發之GPS/GIS/RS 資料庫系統和評估模式，依其業務執行需要性，以此五處案例進行必要之防災人力培訓和系統操作技術轉移，此將有利於地方政府都市災害體系之整體建立和未來作為即時性災情通報系統建構之基礎。

ABSTRACT

Keywords: Urban Disaster Prevention, GPS, RS, GIS

Potentially environmental disasters occurred at the communities on hillslope around Kaohsiung metropolitan areas have been recognized not only as a big issue today but also a serious public concern by the people lived at Kaohsiung city in the near future. The administration of Kaohsiung metropolitan containing the area of 2645.60 km² includes both Kaohsiung city and county governments. As a matter of fact, Most of hillslope area are located at Kaohsiung county with 1970.62 km². Highly weathered geological formation, uneven distribution of rainfall intensity and arrival precipitation, Serious Soil erosion resulted from steep geomorphology and intensive human activities have been identified as major predominated factors contributing to the environmental disasters happen at community on Kaohsiung slopeland in southwestern Taiwan.

Natural sediment disasters damaging properties facilities and human lifes can be serious all over Kaohsiung metropolitan area. To identify large scale soil mass movement, debris flow and runoff erosion by using satellite image process system and aerial photography interpretation should be required in this project. Applications of GIS integrated with GPS and RS technology would be also necessary for this research. Establishing an assessment model of Disaster database system used to evaluate the risk of community environment around the hillslope in Kaohsiung metropolitan. These results can give a positive guideline of disaster prevention. Finally ,We expect this guideline can help Kaohsiung city and county governments set up their own disaster prevention systems to keep urban safe and well development of regional economic systems in the near future.

第一章 緒 論

大高雄都會區總面積達 2945.60 平方公里，其中高雄縣為 2792 平方公里，高雄市有 153.60 平方公里，全區山坡地大多集中在高雄縣（如圖 1-1），面積廣達 1970.62 平方公里，約佔高雄縣轄面積之 70.58%，依行政區劃分，高雄縣共有 21 個坡地鄉鎮（如表 1-1），高雄市約有小港、鼓山、楠梓、左營四個主要行政區位居坡地（如表 1-2）。大高雄地區主要地形可分為山地、丘陵、平原三種（如圖 1-2），地勢由東北向西南傾斜，呈東高西低之系列地形排序，山地位於全區之東方，主要由厚層砂岩與薄層頁岩所組成，據此再向西傾斜，可分為大（小）岡山與鳳山二大丘陵區及嶺口台地，介於山地與平原間，偏北呈帶狀分佈者為大（小）岡山與鳳山丘陵，地層以泥岩、珊瑚礁石灰岩及砂頁岩互層為主，偏南地區呈塊狀分佈者為嶺口台地，主要由礫石層所構成，而高雄市全境地勢平坦，屬高屏沖積平原地形。

近年來，由於大高雄都會區工商業快速發展，人口密集度急速增加，依 2003 年 8 月統計資訊獲知全區人口已超 260 萬人，其中高雄市有 1,508,379 人，高雄縣則有 1,136,700 人（如表 1-3）。高雄市為台灣最南端之工商重鎮，轄有高雄港，素有海洋首都之稱，亦為台灣第一大商港，大高雄都會區人文氣息濃厚，區域內計有大學 7 所，近年來工商產業發展，已成為全國第 2 大都市，轄 11 個行政區，高雄縣則為一典型農業與工業綜合發展縣域，行政轄區劃分為 1 市 3 鎮 23 鄉 413 村里（如圖 1-3），依地理環境可分為鳳山、岡山與旗山三個地區，農產品以水稻、甘桔、鳳梨、番石榴、香蕉、

芋頭、蜂蜜、菸葉、烏魚、石斑、九孔、竹類、龍眼及蓮霧等為主，岡山與鳳山二地區因緊臨高雄市，近年來工商成長快速，境內工廠已達 7000 多家，並闢有鳳山、橋頭等工業區，全縣轄 27 鄉鎮市行政區，413 個村里，全為坡地鄉鎮，人口多密集於岡山、鳳山、楠梓。全縣廟宇眾多，以王爺信仰為最普遍。縣內教育普及，共有國小 241 所，國中 98 所，公私立高中職 56 所，大專院校 27 所，其中有 95 所學校位於山坡地(如表 1-3)。區域內水庫包括鳳山、澄清湖、崇德及阿公店等 9 座水庫，因而帶動全縣觀光產業，改變其經濟結構，促使坡地社區開發急速朝向多元化發展(如圖 1-1)，如壽山動物園、三和農場、鹿家庄休閒農場、旗山孔廟、田寮月世界、岡山土雞城、寶來與不老溫泉度假山莊、觀音山風景區、佛光山、彩蝶谷等大型集合住宅區均為典型坡地社區開發案例，因此其坡地穩定性與環境潛勢災害之防範與監控，已成為政府(中央與地方)重要防災政策之一，尤其高雄縣市內之特殊泥岩層與珊瑚礁石灰岩互層及礫石層地質構造，更不容忽視其坡地潛勢災害之存在與威脅，其中又以大型坡地社區；包括學校、廟宇、教會、遊樂區及集合式住宅區等人口密集區為最。尤其於每年颱風豪雨季節或遭受強烈地震時所面臨之沖蝕、崩塌、地滑與土石流等坡地災害，更不可不審慎防範。因此建立大高雄都會區之坡地社區環境潛勢災害評估模式與防治技術之可行性評估，據以協助高雄縣市政府防範坡地土砂災害，降低災害受損層面，縮小受災範圍，保障居民生命與財產安全，乃成為地方政府積極建立區域性國家防救災體系之重要措施之一。

。

圖 1-1 大高雄地區各類坡地社區型態分佈圖

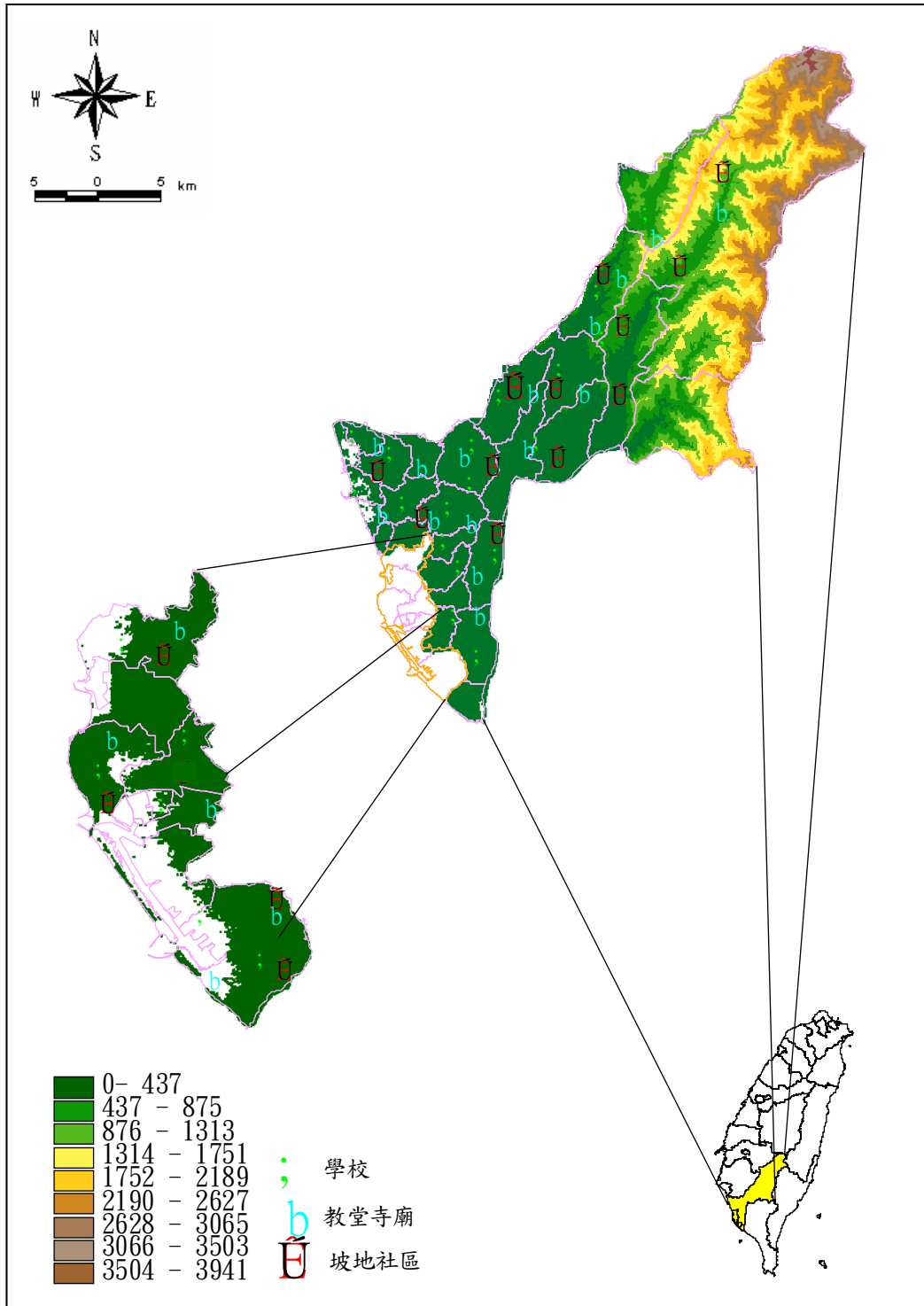


表 1-1：高雄縣各坡地鄉鎮之基本資料統計表

項目 行政區	位置	面積(ha)		地形		地質	土壤	年平均雨量(mm)	土地利用
		坡地	平地	海拔(m)	坡度(°)				
鳳山市	本縣之西南與大寮、鳥松鄉及高雄市為鄰	259.25	2,414.86	35~55	8~22	沖積層、紅土 台地堆積層	砂質粘壤土	1800	草地、水 稻、林木
大寮鄉	本縣之西南與鳥松鄉、林園鄉即鳳山，高雄市為鄰，東接屏東縣	1,824.75	5,279.62	40~80	5~28	沖積層、紅土 台地堆積層	砂質粘壤土 砂質壤土	2100	雜作、荔枝、 林木
林園鄉	本縣之最南端，東接屏東縣，北與大寮鄉，高雄市為鄰	521.25	2,707.35	0~50	8~25	沖積層、頭崙 山層	粘質粘壤土 砂質壤土	2250	木薯、荔枝、 鳳梨
大樹鄉	本縣之西南，東接屏東縣，西與大社、仁武、鳥松為鄰，北接旗山，南與大寮為界	5,057.38	1,643.73	45~150	5~22	沖積層、紅土 台地堆積層、 頭崙山層	砂質粘壤土 砂質壤土	2200	木薯、荔枝、 鳳梨
鳥松鄉	本縣之西南，與高雄市，鳳山市，大寮鄉，仁武鄉，大社鄉為鄰	1,641.87	817.40	40~120	8~25	紅土台地堆積 層、頭崙山層	砂質粘壤土 砂質壤土	1750	木薯、荔枝、 林木
仁武鄉	本縣之西南，與高雄市，大樹鄉，鳥松鄉大社鄉為鄰	1,205.88	2,042.20	45~210	8~30	卓蘭層、 頭崙山層	砂質粘壤土 砂質壤土	1850	木薯、荔枝、 林木
大社鄉	本縣之西南，與高雄市、仁武鄉、大樹鄉、燕巢鄉、橋頭鄉為鄰	921.25	1,737.23	50~220	8~22	卓蘭層、 沖積層	砂質粘壤土 砂質壤土	1800	木薯、荔枝、 芒果
旗山鎮	南接屏東縣，北接內門鄉，丁西各與美濃、田寮為界	5,099.73	4,361.49	55~320	5~30	卓蘭層、 沖積層	砂質粘壤土 砂質壤土	2500	木薯、荔枝、 林木
內門鄉	北接台南縣，南鄰旗山鎮，東西各與杉林、田寮為鄰	8,489.83	1,063.41	65~360	8~30	卓蘭層、 台地堆積層	砂質粘壤土 砂質壤土	2400	水稻、甘蔗、 竹類
田寮鄉	北接台南縣，與阿蓮、岡山、旗山、燕巢、內門為鄰	8,933.02	275.00	55~340	8~22	卓蘭層、 頭崙山層	砂質粘壤土 砂質壤土	1900	雜作、甘蔗、 竹類
燕巢鄉	本縣之西與田寮、岡山、橋頭、大社、旗山、大樹為鄰	3,833.86	3,155.64	50~320	8~25	沖積層、頭崙 山層	砂質粘壤土 砂質壤土	2100	雜作、芒果、 竹類、番石榴
岡山镇	本縣之西與永安、路竹、阿蓮、燕巢、田寮、橋頭、梓官、彌陀為鄰	506.25	4,287.96	45~250	8~25	沖積層、 卓蘭層	砂質粘壤土 砂質壤土	1900	芒果、木薯、 林木
阿蓮鄉	本縣之西、北接台南縣，南鄰岡山、燕巢，東西各以田寮、路竹為界。	318.75	3,142.89	50~350	12~28	卓蘭層、 沖積層	砂質粘壤土 砂質壤土	1850	龍眼、竹類、 林木
杉林鄉	本縣之中部，北接台南縣，南與美濃為界，東鄰甲仙、六龜，西鄰內門、旗山。	8,508.33	1,892.03	75~950	5~35	台地堆積層、 三峽群	砂質粘壤土 砂質壤土	2700	甘蔗、木薯、 林木
甲仙鄉	本縣之中北，北接台南縣，南鄰杉林、六龜，東接桃源、三民。	12,403.40		250~160 0	5~22	台地堆積層、 三峽群	砂質粘壤土 砂質壤土	3200	水稻、竹類、 林木
美濃鎮	本縣之中部，南鄰屏東縣，北接杉林，東西各與六龜、旗山為界。	4,848.58	7,154.53	60~750	8~30	台地堆積層、 三峽群	砂質粘壤土 砂質壤土	2900	水稻、竹類、 林木
六龜鄉	本縣之中部，南鄰屏東縣，北接甲仙，東與茂林、桃源為界，西與杉林、美濃為鄰。	14,880.59	4,535.25	250~125 0	5~30	廬山層、 三峽群	砂質粘壤土 砂質壤土	3100	水稻、木薯、 林木
茂林鄉	本縣之東，南鄰屏東縣，東接台東縣，北接桃源，西鄰與六龜為界。	19,400.00		180~265 0	6~30	廬山層、 四稜砂岩	砂質壤土 礫質壤土	4200	水稻、木薯、 林木
桃源鄉	本縣東北，東鄰花蓮、台東縣，北接嘉義、南投縣，南鄰六龜、茂林，西接杉林、甲仙。	92,898.00		450~380 0	8~30	廬山層、 四稜砂岩	砂質壤土 礫質壤土	3500	木薯、雜作、 林木
三民鄉	本縣東北，北接嘉義、台南縣，南鄰甲仙，東接桃源。	25,298.95		480~250 0	8~28	三峽群、 瑞芳群	砂質壤土 礫質壤土	3300	木薯、竹類、 林木
彌陀鄉	本縣之西，西靠台灣海峽，與梓官、岡山、永安為鄰	52.25	1,425.47	0~50	16~25	沖積層	砂質壤土 砂質壤土	1700	甘蔗、林木

表 1-2：高雄市各坡地行政區之基本資料統計表

項目 行政區	位置	面積(ha)		地形		地質	土壤	人口	土地利用
		坡地	平地	海拔 (m)	坡度 (°)				
楠梓區	本市最北,與左營及高雄縣梓官,橋頭,燕巢,大社,仁武相鄰	172.18	2356.58	0~189	0~20	沖積層	沖積土、雜地	160,010	魚池、工業用地、建築區
左營區	本市之北,與楠梓,鼓山,三民及高雄縣仁武相鄰	129.26	1809.62	0~185	0~20	頭嵙山層卑南山礫岩及其相當地層、沖積層	沖積土、雜地	177,299	水田、綠地、建築區
鼓山區	本市之西,與左營,三民,鹽埕相鄰	983.05	491.53	0~354	0~25	頭嵙山層卑南山礫岩及其相當地層、沖積層	沖積土、雜地	108,989	果園、樹林、工業用地、建築區
三民區	本市之東,與左營,鼓山,鹽埕,前金,新興,苓雅及高雄縣仁武,鳥松,鳳山相鄰	49.47	1929.19	0~50	0~15	沖積層	沖積土、雜地	361,307	綠地、建築區
鹽埕區	本市之中部,與鼓山,三民,前金,苓雅相鄰		141.61	0~5	0~3	沖積層	雜地	30,193	綠地、建築區
前金區	本市之中部,與鹽埕,三民,新興,苓雅相鄰		185.73	0~5	0~3	沖積層	雜地	31,800	建築區
新興區	本市之中部,與前金,三民,苓雅相鄰		197.64	0~8	0~4	沖積層	雜地	59,718	建築區
苓雅區	本市之中部,與鼓山,前金,新興,三民,前鎮,及高雄縣鳳山相鄰		815.22	0~17	0~10	沖積層	沖積土、雜地	195,644	綠地、建築區
前鎮區	本市之南,與苓雅小港及高雄縣鳳山相鄰		1913.09	0~10	0~8	沖積層	沖積土、雜地	202,762	綠地、工業用地、建築區
旗津區	本市之西南,東臨高雄港,西臨臺灣海峽	2.9	143.46	0~45	0~15	沖積層	雜地	29,962	綠地、建築區
小港區	本市之最南,與前鎮及高雄縣鳳山,大寮,林園相鄰	398.57	3587.16	0~143	0~20	沖積層、頭嵙山層卑南山礫岩及其相當地層、臺地堆積	沖積土、雜地	152,615	綠地、工業用地、建築區

表 1-3 大高雄地區各類型坡地社區發展型態統計表

(單位:處)

社區 型態 市縣	學 校				寺 廟	大型社區 遊 樂區及軍區	教堂	人口 (人)
	國小	國中	高中 (職)	大學				
高雄縣	53	12	7	7	10	27	29	1136700
高雄市	10	4	1	1	2	3	6	1508379
合計	63	16	8	8	12	30	35	2645079

圖 1-2 大高雄地區之地形分區圖

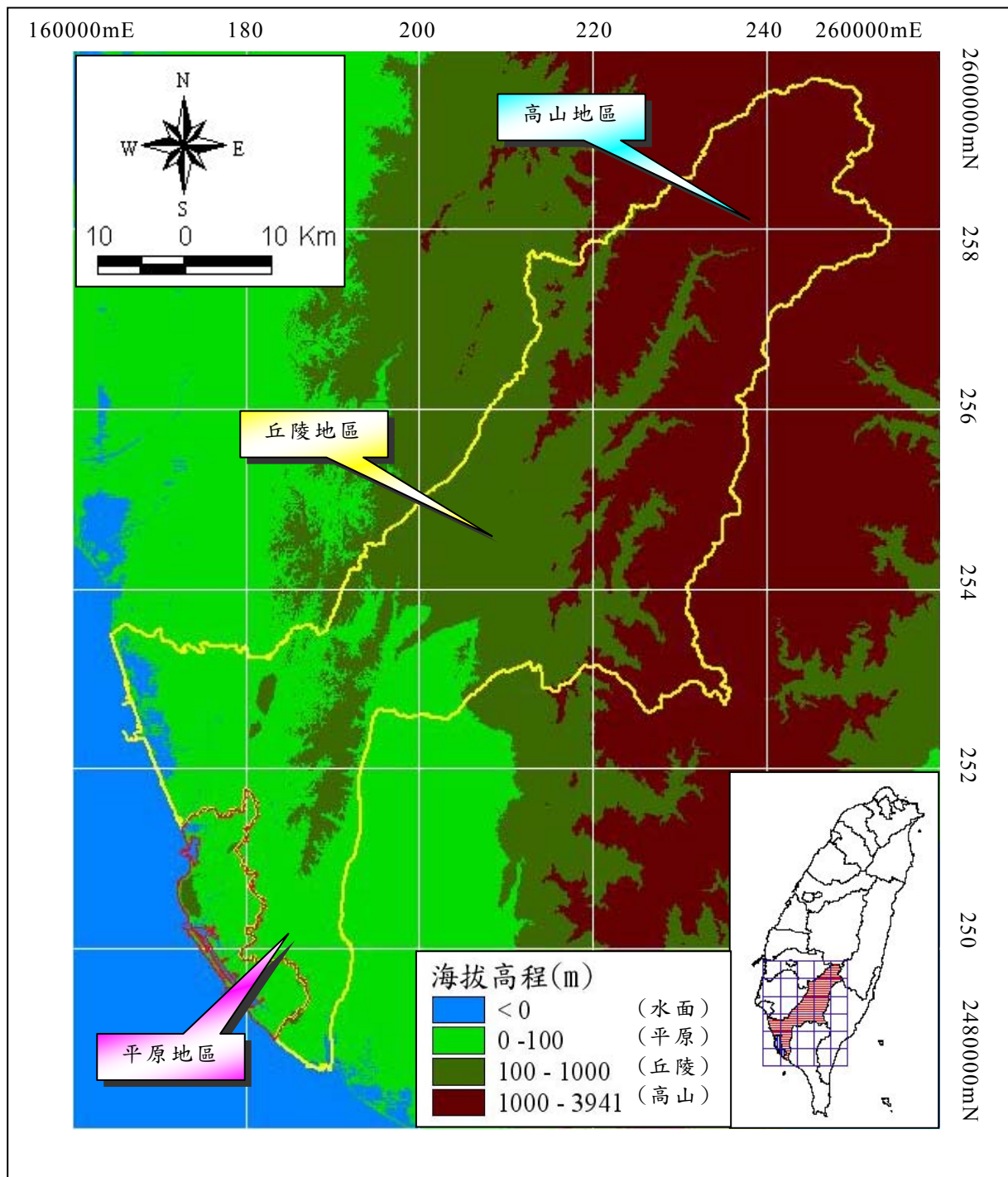
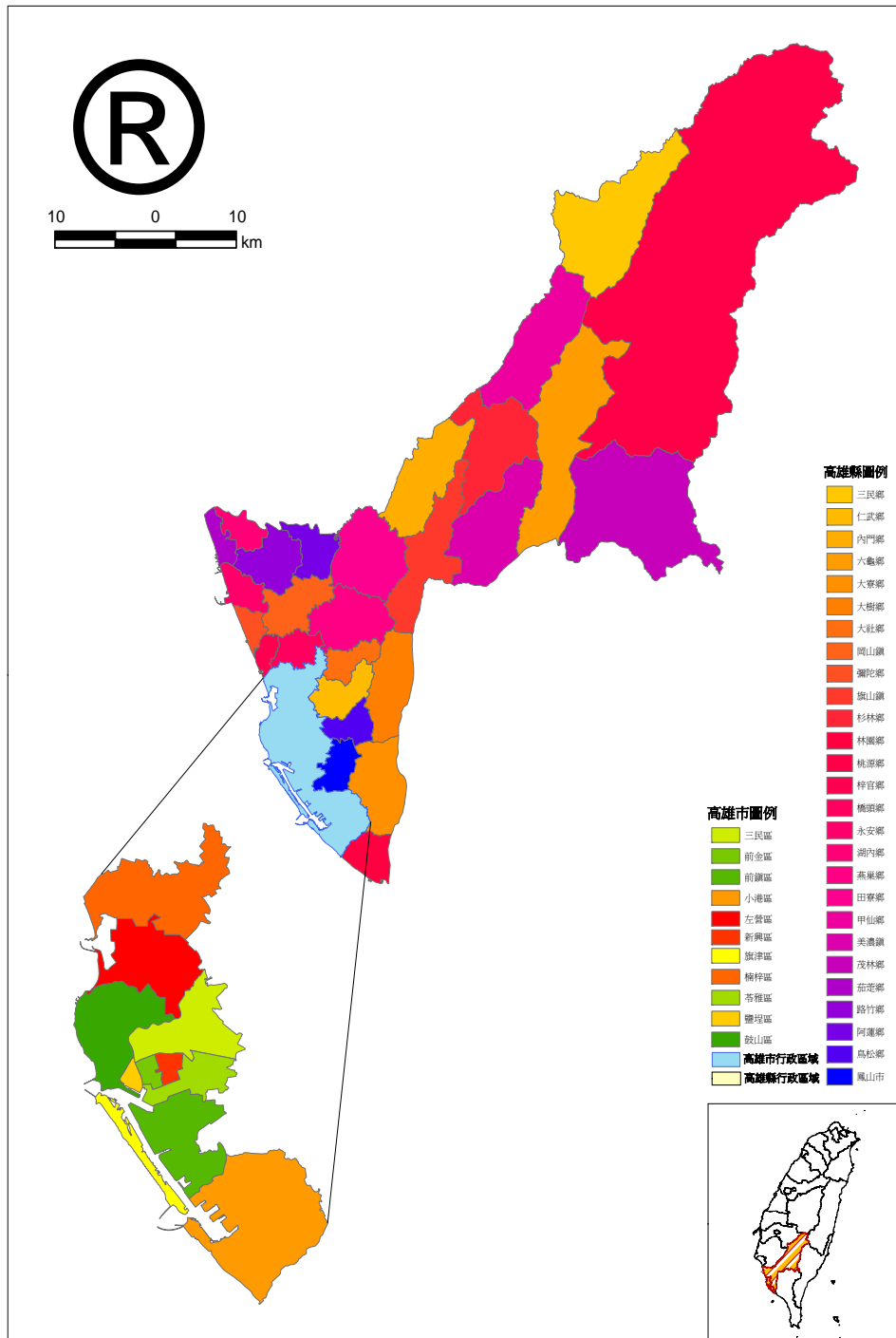


圖 1-3 大高雄地區行政區域圖



第二章 調查工作內容

第一節 調查工作目的

根據多年來國內外學者研究坡地環境災害所累積之工作經驗，可知大多數坡地環境災害，若能精確掌握其基本環境資料之建立，並預作災害（情）研判分析，便可有效加以預防而預作補強，進而降低災害程度與範圍，因此相關坡地環境災害特性在空間分佈資訊之建立，更顯得相當重要。近年來，各項資訊科技與災害調查新技術均有突破性發展，台灣亦於 1993 年 7 月完成衛星接收站之設立及資料接收，且於 2004 年發射福爾摩沙衛星二號（簡稱福衛二號）升空運轉，均使其資料之應用更具有即時性，而 GIS 技術因具備有空間資訊之儲存、更新、分析及展示能力，更成為目前及未來處理空間災害資料之有效工具之一。故本研究乃應用遙測（RS）衛星影像處理技術，配合數位地形（DTM：Digital Terrain Model）及 GPS 進行現場調查，再結合 GIS 科技建立大高雄地區坡地社區環境潛勢災害之空間分佈資訊，同時整合關聯式資料庫（RDBS：Relational Database System），予以建立鄰近大高雄都會區之坡地社區環境潛勢災害資訊與其相關防治技術評估模式，深信本研究結果將可對大高雄都會區之坡地社區環境潛勢災害防治、區域防救災體系建立及坡地環境水土資源之永續經營，兼具實務推廣應用與學術研究參考價值。故其主要研究目的可分述如下：

- 1) 探討遙測技術 (RS)、數位地形 (DTM)、全球衛星定位系統 (GPS) 在大高雄都會區坡地社區環境潛勢災害調查評估技術層面之聯合應用模式。
- 2) 結合地理資訊系統 (GIS)，研判大高雄地區坡地社區環境潛勢災害資料之空間分佈特性。
- 3) 完成大高雄都會區坡地社區之數位地形與衛星影像等資料之整合，並具體建立五處中小型坡地社區 (壽山、大坪頂、旗山、岡山與六龜美濃) 災害基本資料，計包括地形、坡度、坡向、水系、行政區域、土地利用、土壤、地質等重要環境 GIS 圖層，以供高雄縣、(市) 政府作為坡地社區環境潛勢災害監控與防範方案研擬之參考。
- 4) 依據 GPS 查勘所完成之實地調查結果，予以統計分析並建置上列五處中型坡地社區環境潛勢災害之 GPS/GIS/RS 圖層檔，及各處災害區之空間分佈資訊，以提供高雄縣市政府作為未來研訂坡地社區防救災應變方案之參考範例。
- 5) 建立區域災害在空間性及時間性之分佈特徵，據以完成坡地社區環境潛勢災害防治技術評估模式之建立，俾期提供地方政府作為建構區域內坡地社區環境潛勢災害防治技術引用之參考。

第二節 調查作業流程

台灣地區對於相關坡地環境災害研究已有數十年歷史，對於坡地環境災害之調查，台灣省農牧局 (現為農委會水土保持局) 及農林航空測量所，均曾完成全省崩塌地調查，同時亦有部份學者曾嘗試應用衛星影像分析技術，進行坡地環

境災害之調查，或有利用 GIS 之模擬分析能力，展示坡地環境災害發生前後之地景變化（Wu, 1991）。唯近年來，利用地理資訊系統整合遙測技術應用於坡地環境災害之監測管控已漸成趨勢，其研究內容包括以 GIS 結合 RS 技術應用於推測坡地環境災害敏感地帶（Jay, 1992），又有應用 GIS 繪製潛在坡地環境災害分佈圖（Robert, 1991），及應用數位地形（DTM）進行潛在環境崩坍災害之預測。唯將 GPS、GIS 與 RS 等科技相互整合，而進行坡地社區環境潛勢災害空間分佈資訊之建置，與其潛勢災害防治技術之評估分析，在國內仍屬於推廣應用階段，故值得積極嘗試。本專案計畫之主要研究流程及執行步驟列如圖 2-1 所示。

第三節 調查工作方法

一、基本資料彙整分析

1. 以大高雄地形分區（岡山丘陵、鳳山丘陵與嶺口台地）所在之不同主要地層（泥岩層、礫石層、珊瑚礁石灰岩、軟弱砂岩層及砂頁岩互層等）分佈和其坡地社區環境災害特性為研究範圍與主要課題。並集中以淺山丘陵地形區為主，進行必要之相關資料蒐集與野外 GPS 坡地社區環境潛勢災害區之定位與現況調查（如表 2-1）。
2. 以 GPS 進行上述 5 處坡地社區樣區之災害點座標定位與其環境現況調查，93 年度已完成壽山及旗山二地區，本(94)年度擬完成高雄大坪頂與高雄縣岡山及六龜美濃等三地區之調查，並擬運用法國 SPOT 衛星影像及航空照片進行區域環境之判釋分析，先行完成其潛勢災害點之空間地理位置標定後，逐步建立該 5 處坡地社區環境災害代表樣區主題

資料，據以作為其潛勢環境災害特性研判分析之依據。

二、GPS/GIS 主題圖層建置

利用數位高程 (DTM)、遙測衛星影像 (RS) 及現有 GIS 主題圖層，建立區域內坡地社區環境基本主題圖層計包括：坡度、坡向、地形、土壤、地質 (含岩層、岩性與構造)、土地利用、崩坍地、土石流、流域水系、集水區、行政區域、人口分佈及社區開發型態等相關基本圖層與屬性資料。

三、坡地社區樣區篩選

依大高雄都會區之坡地社區所在地形分區特性，篩選兩處坡地社區樣區，本 (94) 年度以區域內北方呈帶狀分佈之岡山丘陵 (大小岡山) 與六龜嶺口台地為主，分別於旗山斷層與六龜斷層間，再選定三處中小型集合住宅社區 (如高雄市大坪頂砂岩區與高雄縣六龜嶺口礫岩區、美濃砂頁岩區、大小岡山石灰岩區) 為研究重點 (如圖 2-2~2-7)，並進行與第一年 (93 年) 調查程序相同之樣區 GPS 定位、現況因子調查、相關資料蒐集和現地照相存檔 (平均每天以完成 3 個調查點位為目標)，進而建立其 GPS/GIS/RS 環境圖層，以及該五處坡地社區樣區之環境潛勢災害分佈圖，以俾作為野外調查用之參考圖層。

四、潛勢環境災害評估模式規劃

應用 GPS 從事實地坡地社區樣區之相關災害防治工程 GPS 座標定位，並以多變量不安定指數分析方法先行作影響坡地社區環境災害因子之篩選判定，再分別依其影響程度之重要性，經由統計檢定與因子變異性分析，進行因子差異性比對分析與其影響災害之權重值評定，循此分析結果，再據

以作為建構坡地社區環境潛勢災害防治技術風險評估模式之依據，另以本研究計畫所完成調查之 5 處不同地形地質區所屬各坡地社區樣區（高雄市壽山里、大坪頂與高雄縣旗山、岡山及六龜、美濃）作為該模式之驗證案例而加以修正，以提升該模式之實務應用價值。

圖 2-1 本專案計畫之研究流程圖

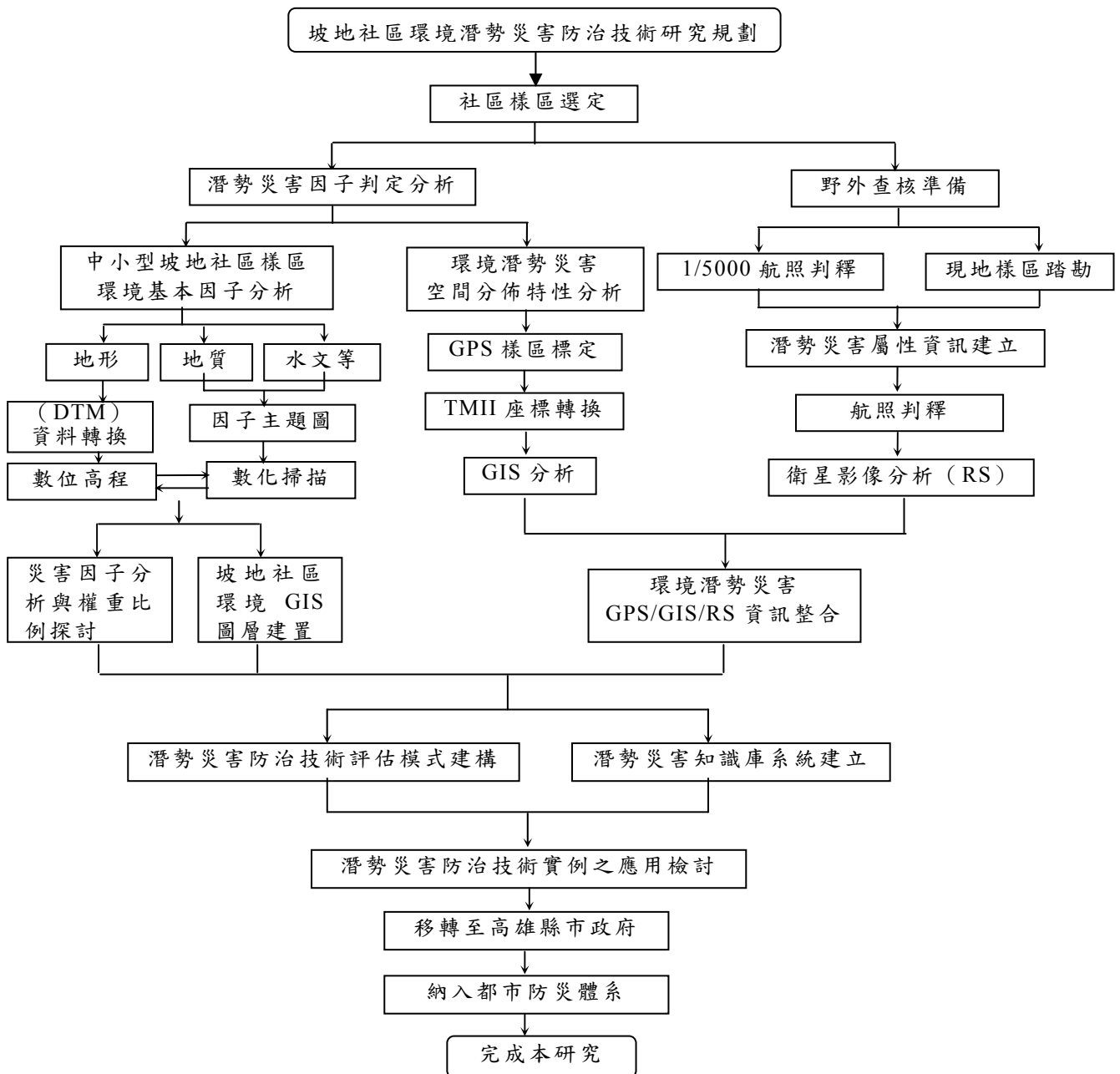


表 2-1：大高雄地區坡地社區環境風險查核評估表

大高雄坡地社區環境潛勢災害調查表 編號： <input type="text"/> 調查日期： <input type="text"/> 調查人員： <input type="text"/>	
點位名稱	<input type="text"/> GPS座標 N: <input type="text"/> E: <input type="text"/> 區位 縣市: <input type="text"/> 鄉鎮區: <input type="text"/>
地形因子	坡度 <input type="radio"/> <5% <input type="radio"/> 5%~15% <input type="radio"/> 16%~30% <input type="radio"/> 31%~40% <input type="radio"/> 41%~55% <input type="radio"/> 56%~100% <input type="radio"/> >101%
	坡向 <input type="radio"/> N <input type="radio"/> NE <input type="radio"/> E <input type="radio"/> SE <input type="radio"/> S <input type="radio"/> SW <input type="radio"/> W <input type="radio"/> NW
地質因子	岩石分類 <input type="radio"/> 沉積岩 <input type="radio"/> 火成岩 <input type="radio"/> 變質岩 岩層名稱 <input type="text"/>
	坡面類型 <input type="radio"/> 順向坡 <input type="radio"/> 逆向坡 <input type="radio"/> 斜交坡 <input type="radio"/> 非斜坡 <input type="radio"/> 破碎帶
	距斷層距離 <input type="radio"/> ≤500m <input type="radio"/> 500~1500m <input type="radio"/> 1500~4000m <input type="radio"/> >4000m
降雨因子	24hr累積雨量(mm) <input type="radio"/> 小雨(<50) <input type="radio"/> 大雨(50~130) <input type="radio"/> 豪雨(131~200) <input type="radio"/> 特大豪雨(201~350) <input type="radio"/> 超大豪雨(>350)
地震因子	地震震度 <input type="radio"/> 弱震(8~25gal) <input type="radio"/> 中震(25~80gal) <input type="radio"/> 強震(80~250gal) <input type="radio"/> 烈震(250~400gal) <input type="radio"/> 劇震(>400gal)
植生因子	植生覆蓋率 <input type="radio"/> 疏鬆(<30%) <input type="radio"/> 中等(30%~50%) <input type="radio"/> 密(51%~70%) <input type="radio"/> 極密(>70%)
土壤因子	表土種類 <input type="radio"/> 粉質土(M) <input type="radio"/> 粘質土(C) <input type="radio"/> 砂質土(S) <input type="radio"/> 礫石性(G)
	有效深度 <input type="radio"/> <20cm <input type="radio"/> 20~50cm <input type="radio"/> 51~90cm <input type="radio"/> >90m <input type="radio"/> 無法目視判斷
	土層厚度 <input type="radio"/> <1m <input type="radio"/> 1~4m <input type="radio"/> >4m <input type="radio"/> 無法目視判斷
	坡面沖蝕 <input type="radio"/> 平整 <input type="radio"/> 蝕痕 <input type="radio"/> 淺槽 <input type="radio"/> 深槽 <input type="radio"/> 舊崩塌地 <input type="radio"/> 新崩塌地
護坡工程	坡趾穩定 工程種類 <input type="checkbox"/> 自然植生邊坡 <input type="checkbox"/> 重力式擋土牆 <input type="checkbox"/> 半重力式擋土牆 <input type="checkbox"/> 三明治式擋土牆 <input type="checkbox"/> 懸臂式擋土牆 <input type="checkbox"/> 扶臂式擋土牆 <input type="checkbox"/> 疊式擋土牆 <input type="checkbox"/> 版格式擋土牆 <input type="checkbox"/> 加勁擋土牆 <input type="checkbox"/> 錨錠擋土牆 受損原因 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 不均勻沉陷 <input type="checkbox"/> 牆背淘刷 <input type="checkbox"/> 傾倒 <input type="checkbox"/> 滑動 <input type="checkbox"/> 變形 <input type="checkbox"/> 剪力破壞 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="text"/>
	坡面保護 工程種類 <input type="checkbox"/> 自然植生邊坡 <input type="checkbox"/> 打樁編柵 <input type="checkbox"/> 欄石柵 <input type="checkbox"/> 錨錠 <input type="checkbox"/> 格梁框 <input type="checkbox"/> 植生網 受損原因 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 植生覆蓋不良 <input type="checkbox"/> 坡度過陡 <input type="checkbox"/> 排水不良 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="text"/>
	邊坡排水 工程種類 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 縱向排水溝 <input type="checkbox"/> 橫向截水溝 <input type="checkbox"/> 排水管 受損原因 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 溝身斷裂 <input type="checkbox"/> 溝底淘空 <input type="checkbox"/> 排水管阻塞 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="text"/>
	土地利用 有害行為 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 加載 <input type="checkbox"/> 切坡 <input type="checkbox"/> 蓄水 <input type="checkbox"/> 濫墾
	損壞型態 <input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 沖蝕 <input type="checkbox"/> 地滑 <input type="checkbox"/> 土石/泥流
	受損面積比 <input type="radio"/> <30% <input type="radio"/> 30%~50% <input type="radio"/> 51%~70% <input type="radio"/> >70%
影響區位 <input type="checkbox"/> 社區內 <input type="checkbox"/> 社區邊 <input type="checkbox"/> 唯一聯外道路 <input type="checkbox"/> 可替代聯外道路 <input type="checkbox"/> 其他 <input type="text"/>	
安全距離 <input type="radio"/> 0m <input type="radio"/> 1m~5m <input type="radio"/> 6m~10m <input type="radio"/> >10m	
以往破壞紀錄 <input type="text"/>	
備註 <input type="text"/>	
上傳照片	<input type="text"/> 瀏覽... 重新設定 <input type="text"/> 瀏覽... 重新設定
	<input type="text"/> 瀏覽... 重新設定 <input type="text"/> 瀏覽... 重新設定
	<input type="text"/> 瀏覽... 重新設定 <input type="text"/> 瀏覽... 重新設定
	<input type="text"/> 瀏覽... 重新設定 <input type="text"/> 瀏覽... 重新設定
確定上傳 重新輸入	

圖 2-2 大高雄地區行政區域與地形圖

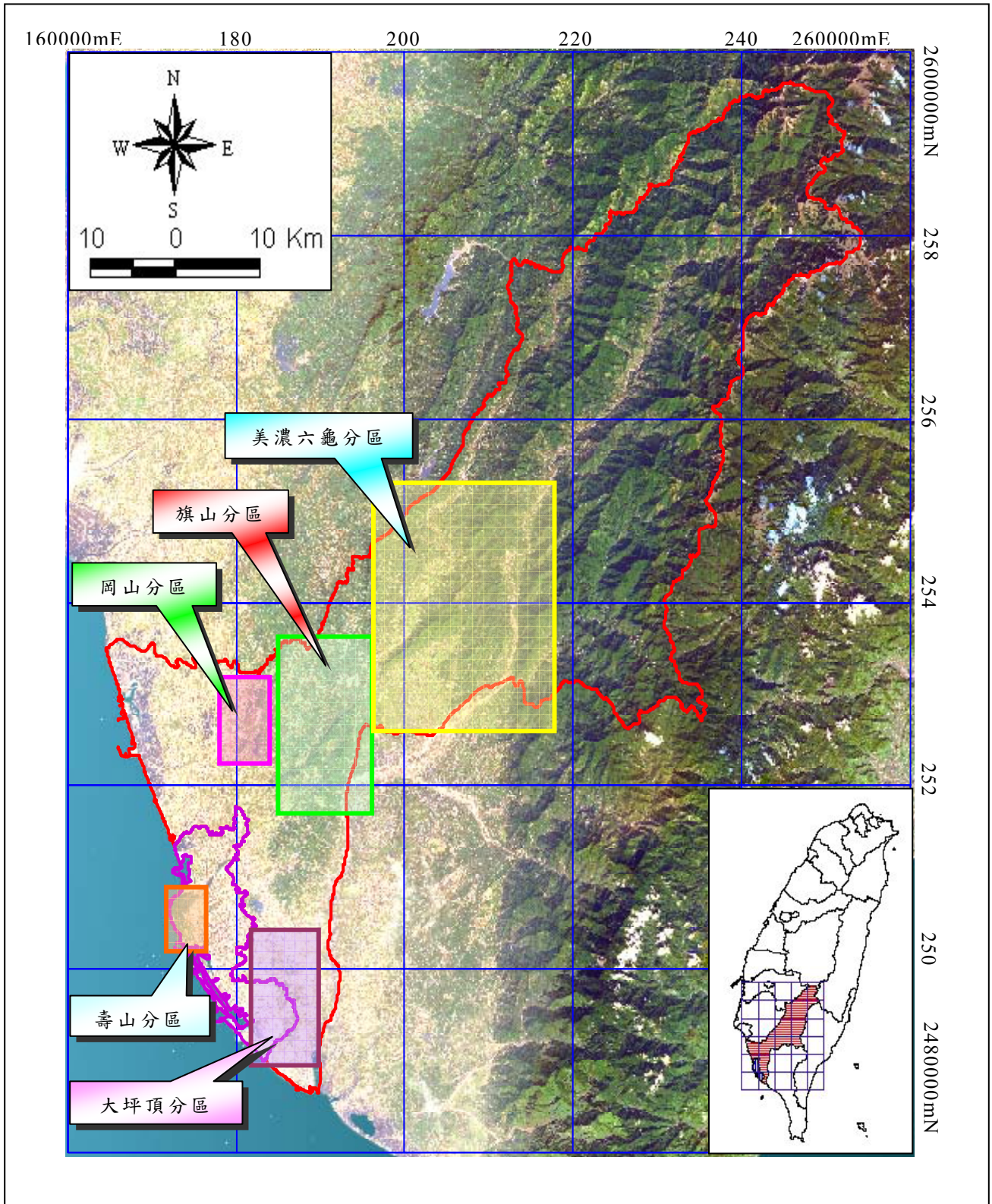


圖 2-3 高雄市壽山研究區域範圍圖

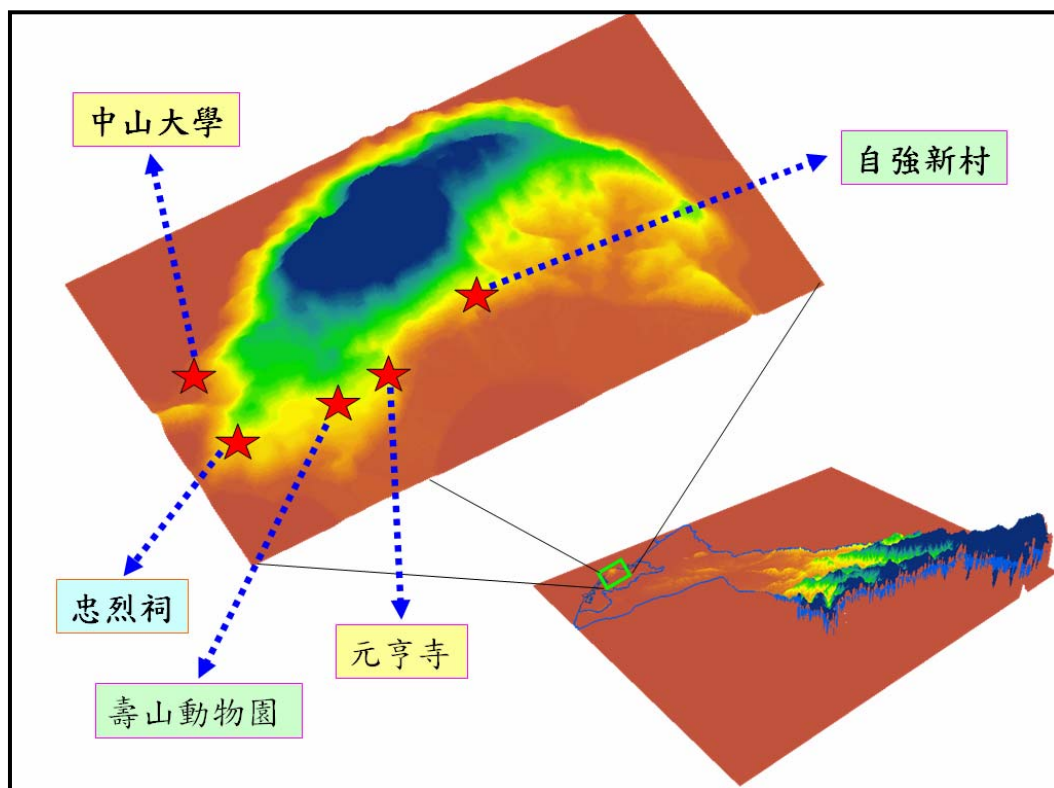


圖 2-4 高雄縣旗山研究區域範圍圖

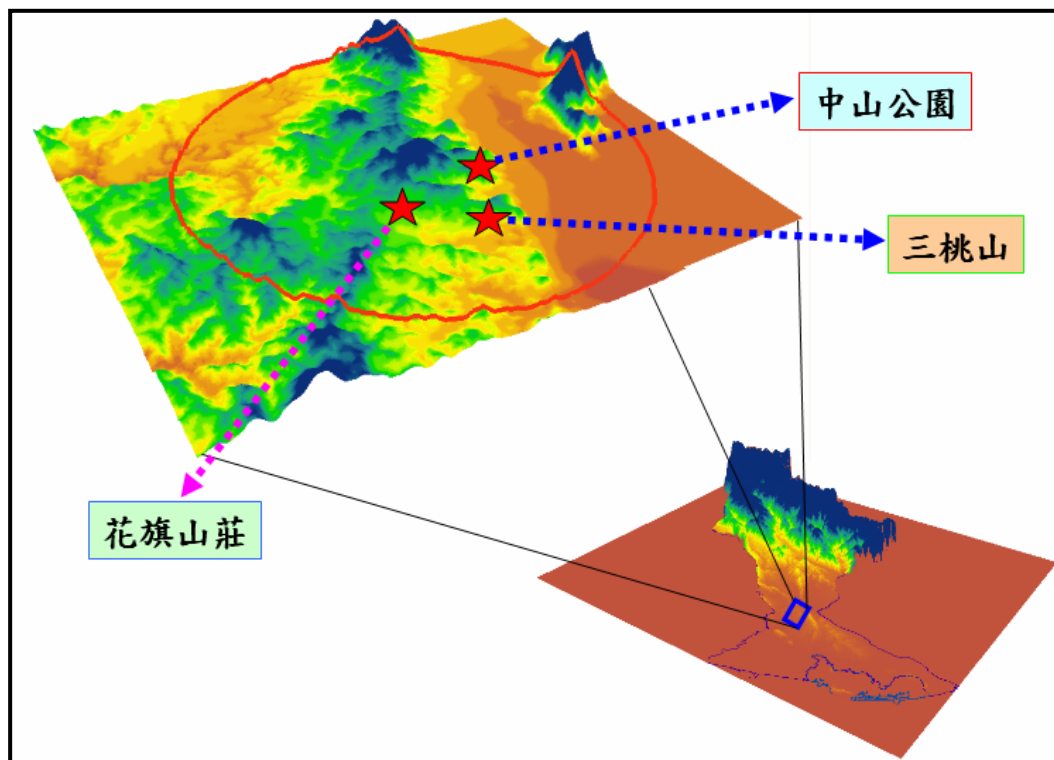


圖 2-5 高雄市大坪頂研究區域範圍

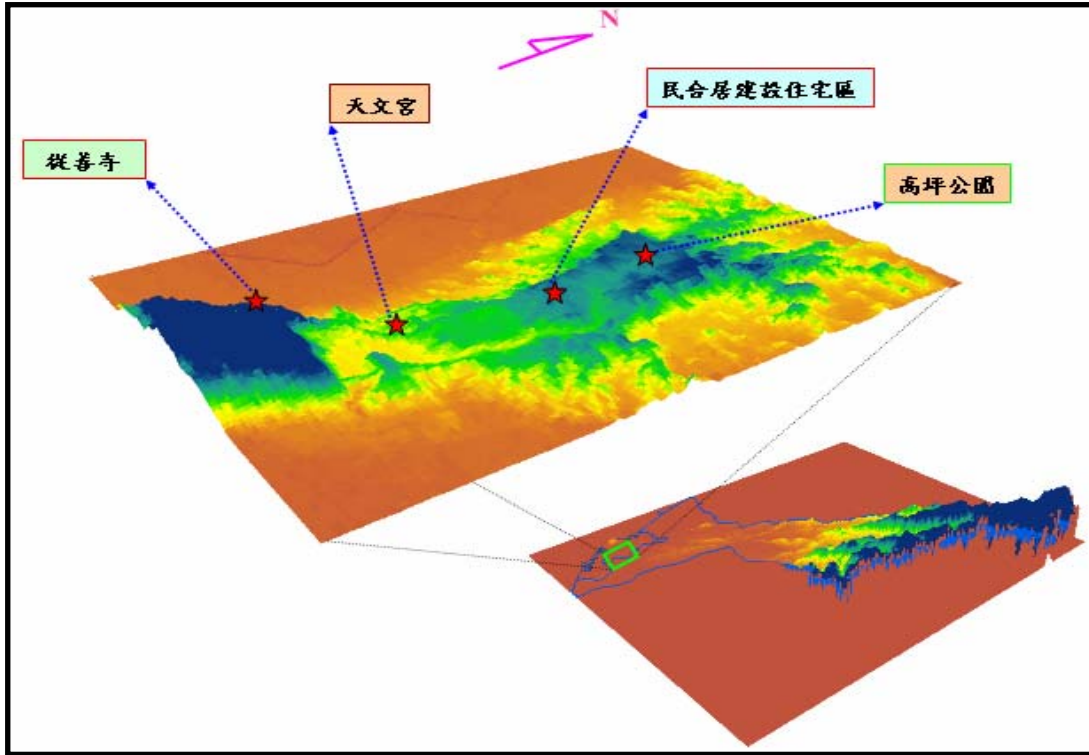


圖 2-6：高雄縣岡山研究區域範圍

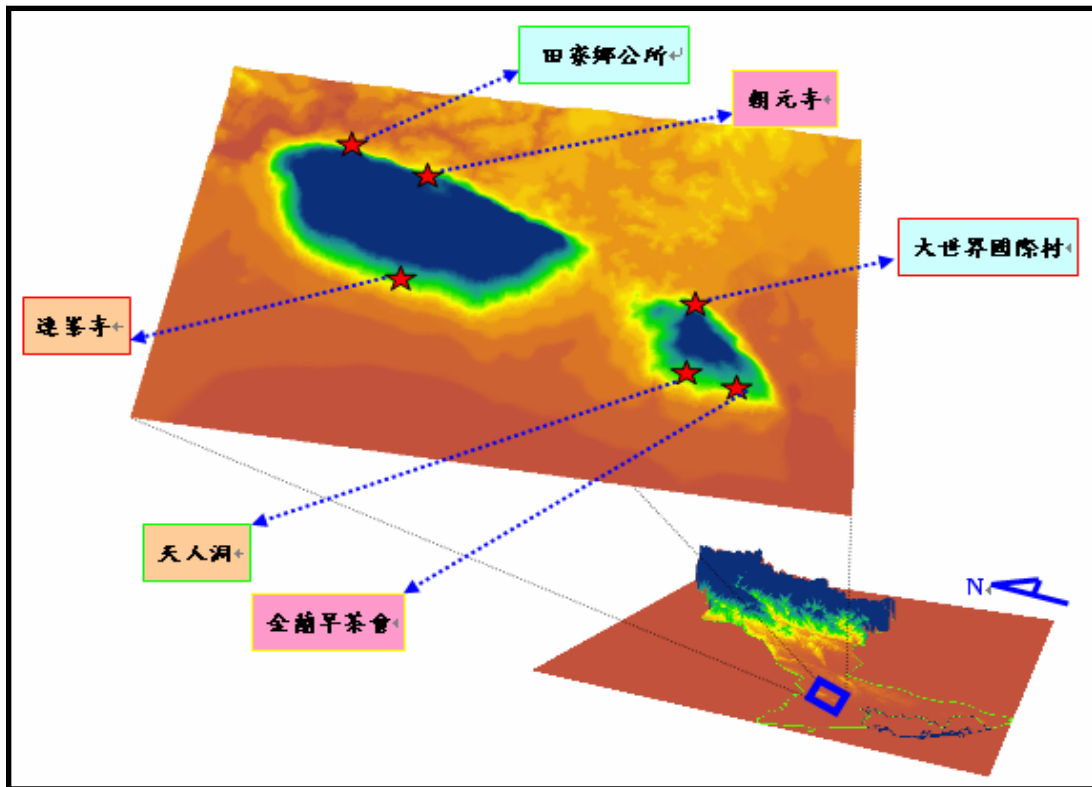
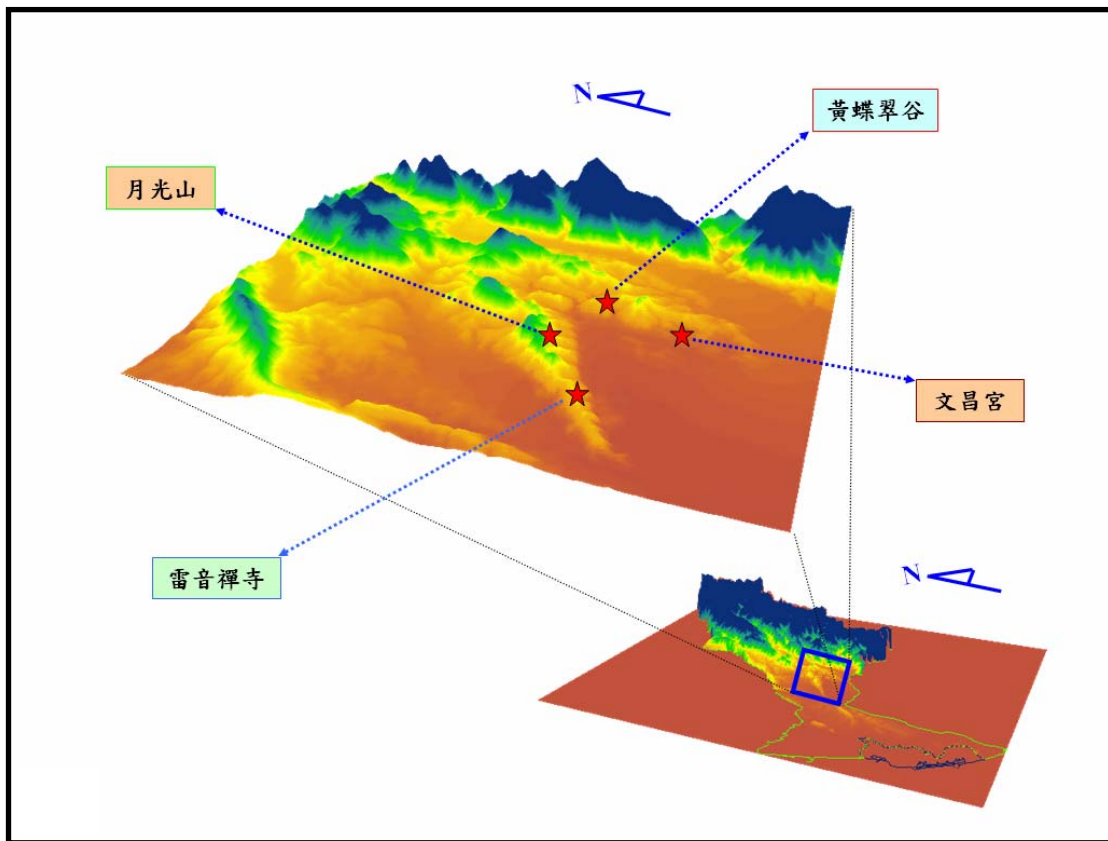


圖 2-7：高雄縣六龜美濃研究區域範圍



第三章 坡地社區環境說明

第一節 地理地形

高雄縣市位於本省西南部，北以二仁溪與台南縣市為界，東南以高屏溪和屏東縣為界，東北以中央山脈稜線和台東縣為界，西面臨海，西扼台灣海峽，南臨巴士海峽，高雄港為印度洋和東北亞航運中心重要轉運港，為國際第三大港（如圖 3-1）。大高雄都會區總面積達 2946.27 平方公里，其中高雄縣為 2792.66 平方公里，高雄市有 153.61 平方公里，全區山坡地大多集中在高雄縣，面積廣達 1976.81 平方公里，約佔全高雄地區面積之 67%，地勢由東北向西南傾斜，呈東高西低之系列地形排序，山地位於全區之東方，主要由厚層砂岩與薄層頁岩所組成，地形再向西傾斜，則可分為大（小）岡山與鳳山二大丘陵區及嶺口台地，此均介於山地與平原間，偏北呈帶狀分佈者為大（小）岡山與鳳山丘陵，偏南地區呈塊狀分佈者為嶺口台地。高雄市地勢平坦，全境多屬本研究區之高屏沖積平原（如圖 3-2），以瀉湖沉積地形和現代沖積層為主。

圖 3-1 高雄縣市地理位置圖

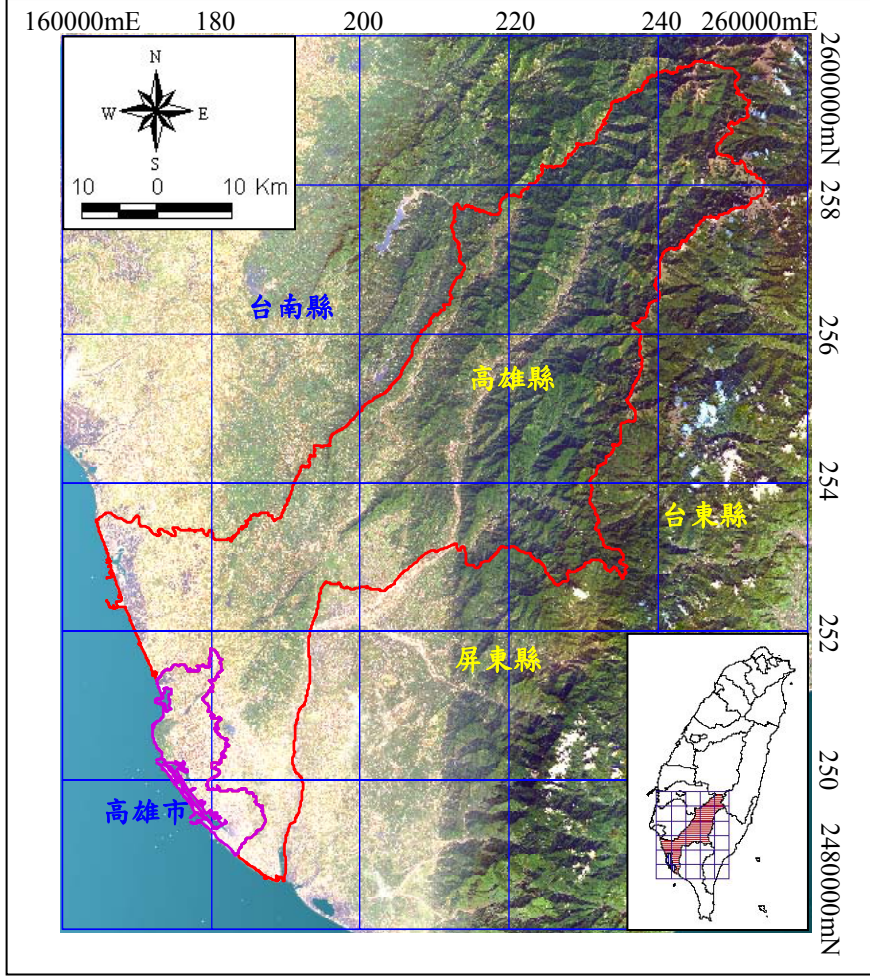
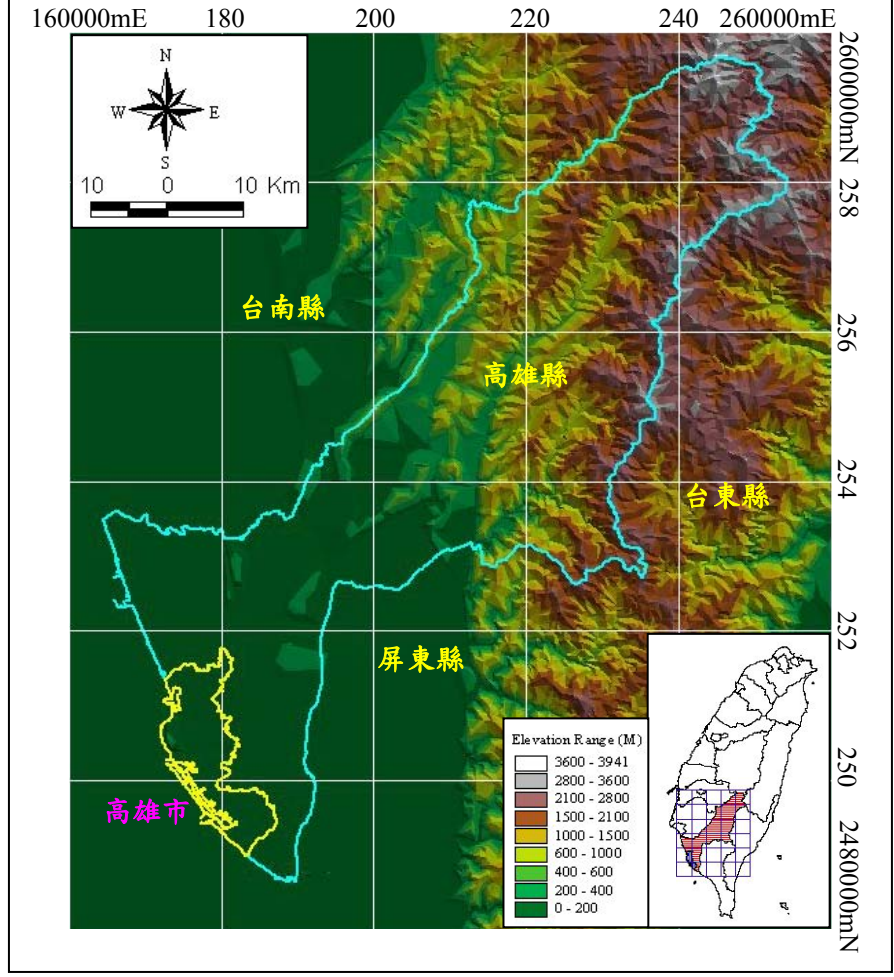


圖 3-2 高雄縣市地勢地形圖



第二節 氣象水文

本研究乃蒐集高雄地區氣象水文資料，作為後續研究區內之坡地社區環境潛勢災害風險評估模式建置之重要參考因子。由於中央氣象局各測站之觀測項目較為齊全，故其氣溫、平均雨量及相對濕度等資料可提供研究區內之各項相關氣候訊息（詳表 3-1~3-2）；而水利署之雨量測站較為密集，且測站分佈較接近調查樣本位置，故本研究選用水利署 16 處水文站之雨量資料進行分析，以提高研究區域降雨因子之可信度。在氣溫方面，根據交通部中央氣象局 1971~2004 年針對高雄地區所量測之氣候資料加以統計分析（詳表 3-1），獲知全區最高月平均溫為七月之 35°C，最低溫為一月之 12.5°C，而區域內之溫度隨著海拔之增加而呈現遞減之趨勢。在降雨方面，係以靠近東側，接近中央山脈之高海拔地區較大，最大年降雨量達 3345.4 公厘（御油山站，高程 1637m），西側低海拔地區則較低，最小年降雨量為 1543.7 公厘（三爺站，高程 35m）；研究區內之平均年降雨量介於 1500 公厘至 3350 公厘之間，但降雨分佈不均，大部份集中在每年 5~9 月之颱風梅雨季，約佔總降雨量之 88.12%，其中八月之平均降雨量為 513.2 公厘，高達全年平均降雨量 2093 公厘之 24.52%。本研究為期能選取適當之降雨量或降雨強度進行分析，乃以徐昇氏法（Thiessen Method）作為氣象水文資料分析工具。由水利署所設 16 處水文站，先繪製區域內之徐昇氏多邊形，並套疊各坡地社區環境潛勢災害點之分佈位置（如圖 3-3），以明確區分出調查區位之降雨分佈資料。

表 3-1 高雄地區氣象水文一覽表

項目	月份												平均(總計)
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	
月平均氣溫(°C)	19.4	20.6	23.0	25.9	27.8	28.5	29.3	29.0	28.0	26.5	23.9	20.8	25.2
月平均最高氣溫(°C)	27.9	28.5	29.9	32.0	33.4	33.7	35.0	34.3	33.1	31.7	30.9	28.4	31.6
月平均最低氣溫(°C)	12.5	13.7	15.8	19.5	23.1	24.1	24.7	24.5	23.7	21.9	17.1	12.8	19.4
月平均降雨量(mm)	27.4	8.4	15.6	43.0	270.2	292.7	316.7	279.7	287.8	23.3	14.7	49.3	135.7(1628.9)
月平均降雨日(天)	2.6	1.8	3.2	3.8	9.0	11.6	11.6	15.2	11.8	2.2	2.0	3.0	(77.8)
月平均相對溼度(%)	71.8	73.2	72.2	75.0	77.4	80.2	77.8	79.2	79.2	72.8	72.0	71.6	75.2

(交通部中央氣象局，1971~2004)

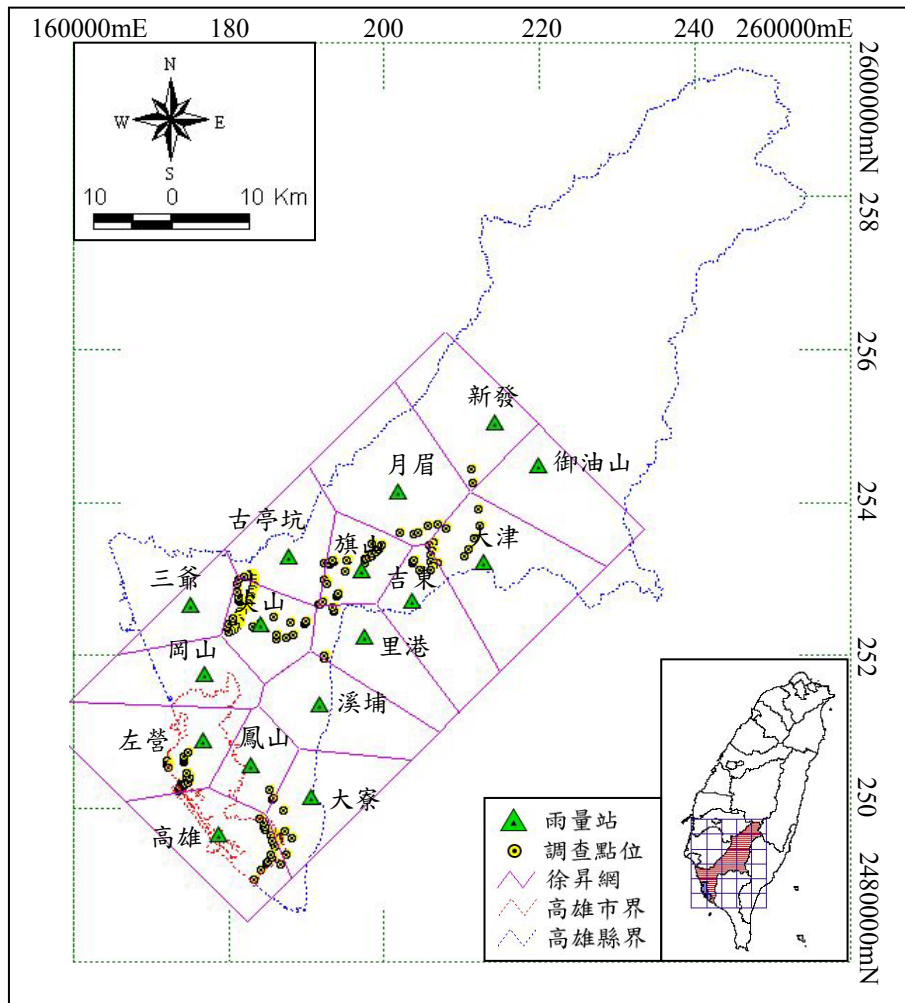
表 3-2 研究區域所屬各雨量站之月平均雨量

單位：mm

雨量站	月份												平均年雨量
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	
高雄站	20.6	22.0	42.3	76.7	192.9	353.2	384.0	364.2	204.8	48.6	11.3	24.1	1744.5
大寮站	21.8	21.0	23.6	54.7	236.6	374.1	380.9	481.9	215.2	57.1	13.0	20.8	1900.5
鳳山站	19.9	21.9	30.9	61.9	211.3	347.5	405.9	453.4	209.0	48.4	12.7	23.3	1846.3
左營站	17.1	20.4	27.0	59.7	175.6	332.1	373.5	404.9	176.5	33.7	9.1	22.0	1651.7
溪埔站	41.4	34.4	30.3	62.8	235.7	359.9	464.6	474.4	215.4	41.5	9.0	15.7	1985.1
岡山站	23.2	18.8	33.3	61.4	166.9	304.1	347.6	421.2	172.1	36.0	9.2	23.2	1616.7
里港站	18.8	23.3	30.0	60.9	254.0	339.8	442.3	502.5	214.5	50.1	10.7	16.8	1963.6
尖山站	17.9	19.3	29.4	56.2	219.3	291.9	444.0	473.9	208.2	39.0	9.0	20.1	1828.2
三爺站	14.2	16.3	21.7	55.6	183.5	279.6	373.0	396.3	148.6	27.2	7.0	20.6	1543.7
古亭坑站	17.2	22.5	28.8	65.2	220.7	311.7	414.2	511.7	224.0	37.3	8.9	20.2	1882.4
旗山站	37.3	33.6	27.9	77.4	237.6	348.7	484.8	563.4	251.5	40.2	8.1	22.0	2132.5
吉東站	18.2	23.8	30.0	73.7	256.9	350.4	488.0	562.5	273.6	88.3	10.4	16.8	2192.6
大津站	21.5	32.2	44.1	86.2	342.7	466.9	544.8	627.8	379.5	103.0	16.2	21.3	2686.3
月眉站	17.5	32.3	44.7	60.3	279.0	347.4	534.6	626.4	302.5	70.6	10.5	23.6	2349.5
御油山站	38.5	58.9	76.6	132.9	457.4	598.6	711.7	696.8	408.3	105.9	20.9	38.7	3345.4
新發站	23.1	42.5	46.0	99.7	384.6	471.0	619.5	650.3	351.0	90.4	14.1	27.3	2819.4

(經濟部水利署，1992~2004)

圖 3-3 GPS 調查點位與徐昇氏降雨網圖



第三節 地質土壤

一、地質

1. 岩層特性

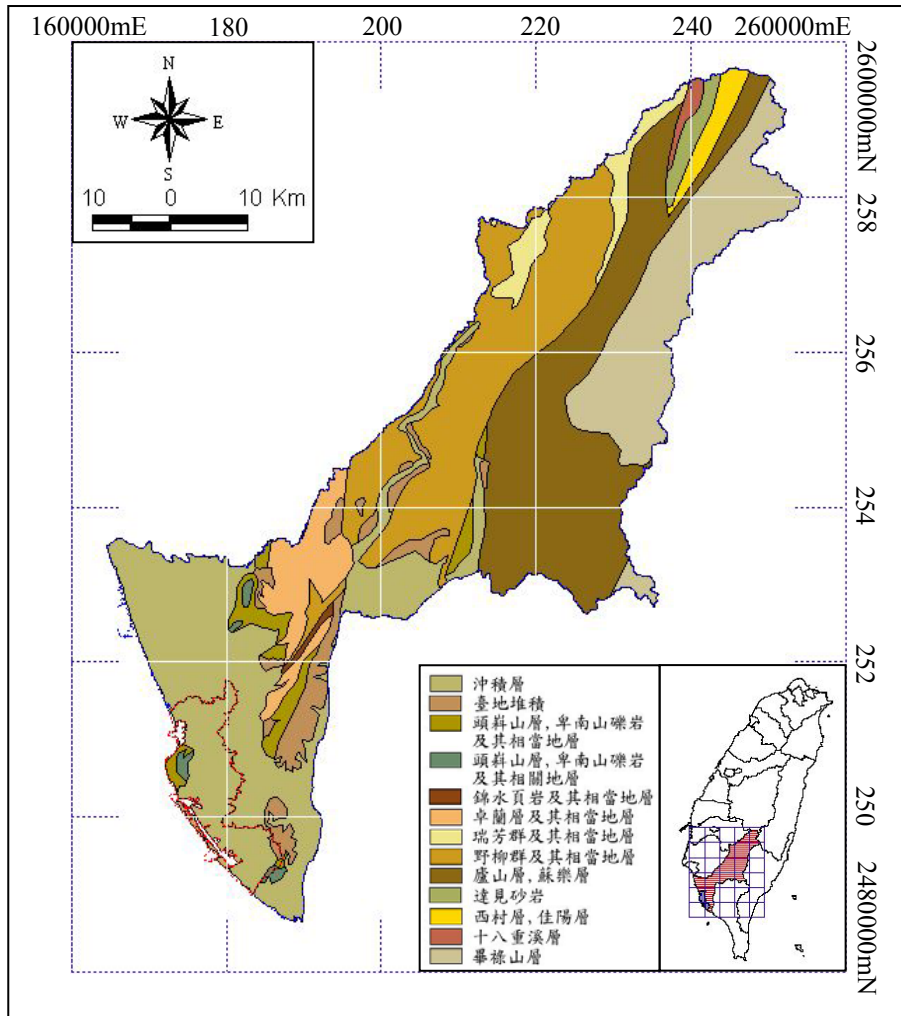
研究區域內之岩層分佈依其年輕至古老生成年代，分別由全新世之現代沖積層與臺地堆積層、更新世之嶺口礫岩層、六龜層、高雄石灰岩、岡山石灰岩、鳳山石灰岩、壽山石灰岩、崎腳層與坪頂層、上新世之崎頂層、南化泥岩、大窩細砂岩、古亭坑層與隘寮腳層、以及中新世之長枝坑層等所組成（如圖 3-4），各地層岩性之說明彙整如表 3-3 所示：

表 3-3 大高雄坡地社區地質說明

時代	地層	說明
全新世	現代沖積層	分佈於平緩的溪谷中或低平的沖積平原上，主要成份以黏土、粉砂、砂和礫石組成，大部份尚膠結不良，其最上部有相當大的部份常被風化成土壤。
	臺地堆積層	大多數由未經膠結的礫石及夾在其中平緩砂質或粉砂質凸鏡體組成，一般層理和淘選度都很差。主要成份是細粒碎屑(砂-粉砂-粘土)夾著少許礫石。
更新世	嶺口礫岩	本層為六龜層沉積以後古高屏溪河床及三角洲堆積，與六龜層之間為不整合接觸，由礫石所組成，局部含有黃色砂層及泥層，礫石之種類，大小，形狀與六龜層中者無甚差別，頂部紅土層之厚度為一至三公尺。
	六龜層	主體由礫岩組成，常夾極鬆之砂層及泥岩，砂與泥有時呈帶狀薄層，礫石以砂岩及石英岩為主，自北而南，礫石逐漸由大變小，礫岩膠結甚疏鬆，膠結物質以或粗或細之砂為主。黃色砂層及青灰色泥岩常夾於礫岩中，在嶺口以南出現漸多，與礫岩成互層。
	高雄石灰岩	主要係由多孔質珊瑚礁石灰岩所組成，其間偶夾有部份泥岩薄層，出露在壽山中西部者為最厚，可達 550 公尺，在其南北兩方則為最薄約 100 公尺。
	岡山石灰岩	岡山石灰岩為白色至淺黃，組織緻密堅硬。局部因多孔隙而鬆脆。由有孔蟲，珊瑚，貝類及石灰藻等化石遺骸組成。
	鳳山石灰岩	主要係由多孔質珊瑚礁石灰岩所組成，其間偶夾有部份泥岩薄層，分佈於大坪頂區之南部，岩層緻密，偶夾砂質頁岩。
	壽山石灰岩 (石灰岩崩積層)	局部出現在壽山東南，不整合堆積在崎腳層上，是疏鬆的石灰岩塊，厚約 20 公尺。此層是高雄石灰岩被抬升，受風化後的崩積物。
	崎腳層	主要分佈於壽山東南方，沈積在古亭坑層之上。以深灰色泥岩為主，夾數層細到中粒黃棕色而膠結疏鬆之砂岩層。出露厚度約 370 公尺。
	坪頂層	包含兩種主要不同的岩性，一以砂、礫為主，另一以厚層泥岩為主。砂、礫等較粗顆粒物質於陸相環境沈積，泥岩、粉砂等細粒物質於海相環境沈積，根據沈積環境的差異，將兩種主要不同的岩性劃分為高松段及新層段。
上新世	崎頂層	疏鬆細粒至粉砂質塊狀厚層淺灰色砂岩，夾青灰色泥岩。底部及頂部夾石灰岩層。局部含薄層礫岩。
	南化泥岩	底部為厚層塊狀細粒亞混雜砂岩，局部為長石質，有時為粉砂岩；砂岩結構疏鬆，可以手指捻碎，其中夾有薄層砂頁岩互層，此底部砂岩層總厚一百公尺以上，整合在錦水頁岩之上。本層之中部為塊狀青灰色至暗灰色泥岩，構成南化泥岩之主體。泥岩岩質鬆軟，雨季時在泥岩面上沖刷成許多灣壑，極易崩坍，形成惡地，成為水土保持上之嚴重問題。
	大窩細砂岩	主要以砂岩與砂頁岩互層為主，向上頁岩量增加，砂岩主要以細粒原石英砂為主。在下部者砂岩相當緻密，以灰色或灰白色厚層塊狀出露，向上其膠結漸變為較疏鬆，常風化呈黃褐色。
	古亭坑層	位於壽山底部，以青灰色泥岩為主，頂部有數層鬆散之砂岩，它廣泛分佈於台灣南部，在高雄市的地下和小琉球、阿蓮、燕巢、關廟都可見到。它和高雄石灰岩構成壽山之主體，厚約 1,100 公尺，底部未出露。富含孔蟲及超微化石，都源自海洋。
	隘寮腳層	本層主要由薄層的頁岩和粉砂岩所組成的帶狀互層。以頁岩中時夾不規則的葉狀砂岩體之紋層構造(laminated structure)為其特徵。砂岩含碳質物碎片，偶有波成波浪，水流波痕交錯層理，水道構造等。本層底部以厚層帶狀砂岩之出露作為其與鹽水坑頁岩之分界。本層出露厚度約 400~500 公尺。
中新世	長枝坑層	以青色或青灰色細粒砂岩或泥質砂岩與黑色頁岩所形成之帶狀互層為主，細粒砂岩厚約 10~80 公分。在互層中偶爾夾有數公尺至十公尺厚之具平行紋理厚層細砂岩。細砂岩之低角度交錯層理侵蝕面等沉積構造十分普遍，屬淺海沉積，砂頁岩之界面較不平整模糊，且常見圓丘狀交錯層理。本層在後堀溪剖面出露約 700~800 公尺(何春蓀，1956)。

資料來源：中央地質調查所(2000)

圖 3-4 研究區域地層分佈圖



2. 地質構造

由於早期造山運動影響，高雄縣至今仍有頻繁的地殼活動（吳皇旗，2000），而依據經濟部中央地質調查所 2000 年所訂定之斷層分布於旗山、潮洲、六龜、小岡山、仁武、鳳山及壽山等七處（如圖 3-5），分述如下：

1) 旗山斷層

目前被認為是存疑性活動斷層；通過高雄縣，為左移斷層，兼具逆移性質，呈東北走向。斷層由高雄縣三民鄉經甲

仙、杉林、旗山、燕巢至大社鄉，全長約 70 公里。

2) 潮洲斷層

目前被認為是存疑性活動斷層，屬逆移斷層兼具左移性質，呈南北走向。斷層由高雄縣寶來向南延伸，經瑪家、泰武至枋寮，長約 85 公里。斷層北段又稱土壟灣斷層，或荖濃溪斷層。

3) 六龜斷層

目前被認為是第二類活動斷層，位於六龜至新寮之間，屬一逆斷層，呈北東走向，全長約 17 公里，斷層西北側為昇側，出露地層為中新世下部達邦層，東南側則露出更新世下部之六龜層

4) 小崗山斷層

位於小崗山和阿蓮鄉間，呈北東至南北走向，全長 10.5 公里，為一逆斷層，斷層東側為昇側，地表可見斷層崖線，斷層面傾向東南。

5) 仁武斷層

位於高雄縣萬鑾附近，呈北北西走向，全長約 2 公里，斷層東側為昇側，為平原上之小斷層，其北端與旗山斷層相連，在地面上可見其斷層崖線，崖面向西傾斜，為現代斷層活動結果。

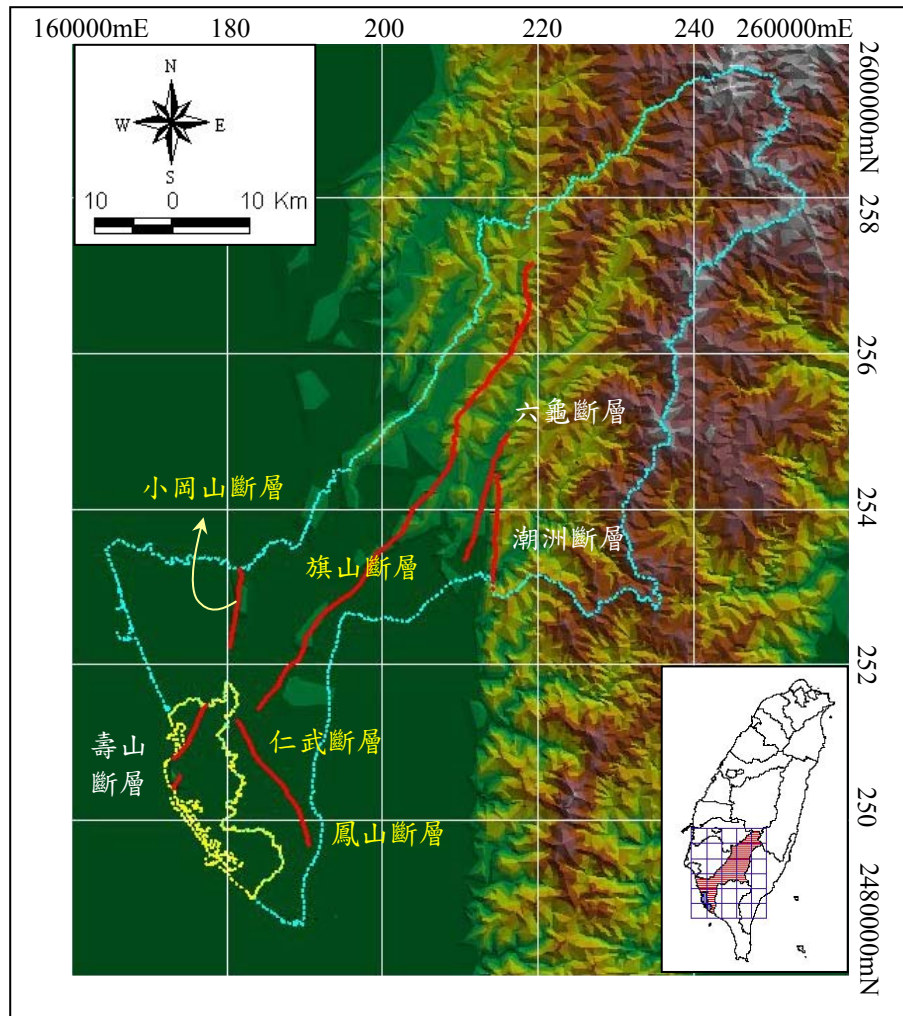
6) 鳳山斷層

由高雄鳳山延伸至林園附近，呈北北西走向，全長約 10 公里，為一逆斷層，東側為昇側，形成一明顯之斷層崖線，崖面向西側傾斜。

7) 壽山斷層

為一高角度逆斷層，在地表形成一長直深谷，可由航照圖及野外現象判識。走向北 30°東，斷面向東南傾斜 70°，位移小於 200 公尺

圖 3-5 研究區域斷層分佈圖



二、 土壤

依據美國於 1960 年代以前所建立之土壤分類系統，本研究區域內之土壤類別可分為石質土、暗色崩積土、淡色崩積土、黃壤、沖積土及黏土等六類（如圖 3-6）。各主要土壤類別分述如下：

1. 石質土：

此乃由母質經由簡單之物理、化學風化作用生成之土壤，通常很淺，為一具岩石性質之土壤，含石量超過 50% 以上，且未具明顯土壤化育剖面，其排水、通氣良好，唯土層淺、肥力低，大都分佈於山坡地或森林地之陡峭區，地形不穩定，甚易崩塌，不宜農牧用途，只宜造林、保育。此土壤依美國農部新土壤分類標準系統，可歸屬為新成土 (Entisol)。

2. 暗色或淡色崩積土：

此乃鄰近高山地區之土壤物質因崩塌或滑落等位移作用而生成者，新生成者表土有機物多，表層較暗者稱為「暗色崩積土」，堆積時間較久且其有機物已分解殆盡，顏色較淡，稱為「淡色崩積土」。基本上，土壤剖面未化育，多發生於山區坡度較緩和的崩積地形上，含石量約 25%，通氣、排水良好，可用作農牧地，但須做好水土保持工作。依美國農部新土壤分類可列屬為新成土。

3. 黃壤：

此乃母質經由弱度化育而生成之土壤，有時可因淋洗作用較強而使粘粒明顯往剖面下層移動，鉀、鈉、鈣、鎂等土壤肥力大多已流失而呈黃、黃棕或紅棕色，有明顯之土壤構造生成。多生成於丘陵地上之相對地形較安定、坡度起伏較緩和之處。土壤多呈酸性(pH 值約為 5.8~6.5)，肥力偏低，須做好肥培管理及水土保持，才可做農牧用地。此土壤依新土壤分類應列屬為幼育土 (Inceptisol) 或淋溶土 (Alfisol)。

4. 沖積土：

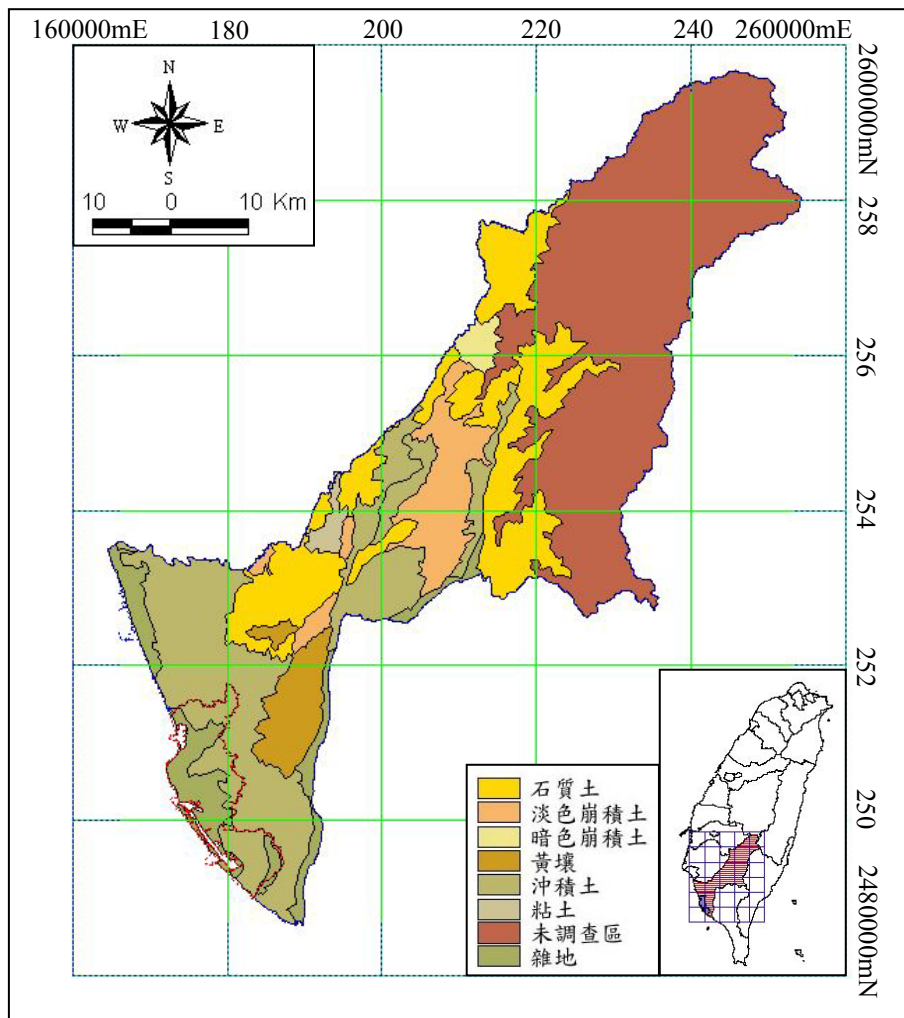
土壤物質經河流沖刷後帶至下游而漸次淤積成固定土壤者，其土壤顆粒排列較具方向性，且土壤中之肥力大多已被水流淘選流失，故其土壤呈貧瘠狀。分佈於臺灣西部之沖積土，大都由丘陵地上之砂頁岩沖積生成的。該土壤由於沖積及化育時間不同，因此土壤性質變化及差異很大，例如土層深淺、排水好壞、質地粗細、酸

齡度等均有不同，故有「新沖積土」與「老沖積土」之稱。一般而言，新沖積土在新土壤分類系統均屬新成土，而老沖積土則屬於幼育土。

5. 黏土：

主要分佈於西部山麓地帶前沿之低平台地上，此土壤之土層深厚，質地粘而緊密，呈塊狀或柱狀土壤構造，依新土壤分類系統可列屬為幼育土或淋溶土。

圖 3-6 研究區域土壤分佈圖



第四節 坡地社區

依其不同開發型態及不同地理地質區，可將本研究區域劃分為壽山、大坪頂、岡山、旗山及美濃六龜等五個調查樣區(如圖 3-7)。

一、壽山地區：

壽山地區之土地利用型態，由於受到高雄市大都會區之急速發展及平地人口密度之快速成長，迫使區域內之坡地大量被開發利用而傾向多元化且密集式土地利用型態，計包括國有林班地，果園開墾，公園綠地，休憩遊樂區開闢，寺廟與教會建造，學校用地，坡地住宅，軍事管制區及礦業用地等各種不同集約式土地利用模式(如圖 3-8 及照片 3-1~3-6)，無形中使原本安定之坡地，因其不當開發利用，而造成坡地不穩定而崩塌滑動，加以特殊珊瑚礁石灰岩地質、高降雨強度等自然因素影響，更易因而導致坡地社區環境之邊坡崩坍與地層滑動(蔡光榮，1992)。

二、大坪頂地區：

由於大坪頂位於高雄三大工業區(臨海、林園、大發)的中間地帶，向西連通臨海工業區，鳳山市、小港國際機場、東北以大寮鄉為鄰、南界林園鄉、交通相當便利，具有發展國際型的觀光景點潛能。且受到高雄市大都會區之急速發展及平地人口密度之快速成長，迫使區域內之坡地大量被開發利用而傾向多元化且密集式土地利用，型態包括林業經營，公園綠地，休憩遊樂區開闢，自來水廠、墓地、及坡地住宅建造等各種不同集約式土地利用模式(如圖 3-9 及照片 3-7~3-12)，無形中使原本安定之坡地，因其不當開發利用，而造成坡地不穩定而崩塌滑動，加以部份砂頁岩互層區，層面間因順向坡坡址斷裂，易造成坡地之滑移沿砂頁岩層面產生。

三、岡山地區：

自日劇時代即是台南府城至高雄左營南北往來之重要交通樞紐，近年來之都市發展以岡山鎮為中心向周圍蔓延，其土地利用型態以商業區、住宅區、農業區、工業及軍事區為主。盛產各式水果，夏天盛產龍眼，冬天水果以番石榴及蜜棗最知名。岡山平原上的大小崗山與阿公店水庫賦予岡山地區優美自然景緻，其人文景觀，古剎、寺廟林立，包含菩提大道、十八羅漢珊瑚礁石灰岩洞、天台山、半天橋、百景洞及超峰寺之飛瓦、七星石等，另有大世界國際村之休憩遊樂區（如圖 3-10 及照片 3-13~3-18）。惟亦因其境內坡地未能作有效適當開發利用，每於颱風豪雨來臨時，造成大量坡地沖刷形成土砂災害，迫使阿公店水庫淤積嚴重，間接造成阿公店溪水氾濫成災。

四、旗山地區：

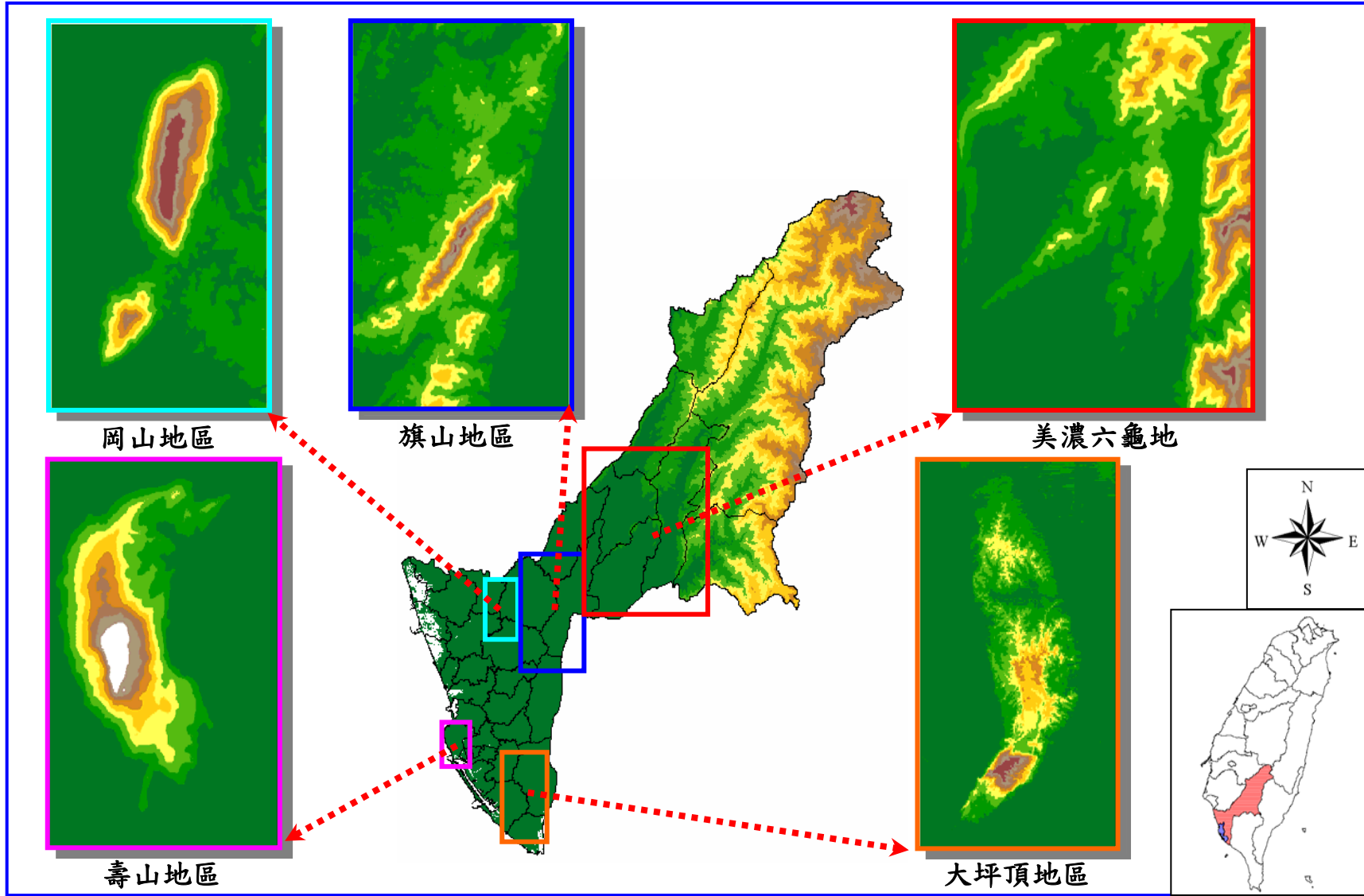
產業型態以農業為主，但由於區域內之泥岩性質，極易因受水蝕影響，使得本區之平原與丘陵地發展有限。唯近年來，由於產業發展快速，使得土地大面積開發，而危及泥岩邊坡安全，造成坡地崩塌滑落，致使裸露面積擴大。目前本區內之坡地利用型態已呈現多元化發展傾向，有湖山大鎮住宅區、花旗山莊、三桃山遊樂區、悟智樂園、旗山孔廟、和春工商專校、實踐大學內門校區等不同土地開發利用型態（如圖 3-11 及照片 3-19~3-24），亦促使其坡地社區環境潛勢災害倍受重視。

五、美濃六龜地區：

位於高雄東北部、山巒環抱間的客家小鎮美濃，至今依然保持著悠緩的農業步調，美濃溪流貫全境，支流眾多，為灌溉沃野的天

然水源，盛產稻米、菸草、板條及紙傘；六龜地區則位於荖濃溪兩岸，四面環山，山明水秀，氣候溫和，多以農林為業，地方特產有菸草、蓮霧、荔枝、芒果、茶、竹筍、愛玉子及水鹿，尤其「黑鑽石蓮霧」及「金煌芒果」品質優異於聞名全省。美濃六龜地區具豐富的自然生態，積極發展成為觀光勝地，美濃結合紙傘、陶藝、客家小吃、黃蝶翠谷、靈山、月光山等觀光資源；六龜之十八羅漢山、葫蘆谷、大智瀑布、彩蝶谷、不老溫泉、寶來溫泉、荖濃溪泛舟、妙崇寺等不同型態之坡地利用，已朝向多元化發展成坡地社區開發與遊憩活動最興盛之地區（如圖 3-12 及照片 3-25~3-30）。因此本區之未來坡地開發利用潛能相對重要，故不得不預作坡地社區潛勢環境災害風險度之有效適當管控。

圖 3-7 研究區內各處坡地社區調查樣區分佈圖





照片 3-1 桃源里山海宮



照片 3-2 桃源里聯外道路邊坡擋土



照片 3-3 中山大學旁舊崩坍地

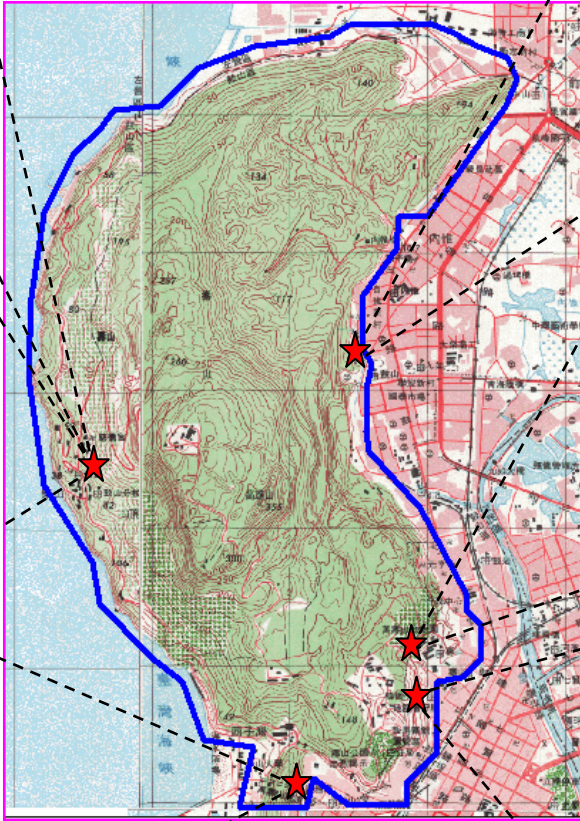


圖 3-8 壽山區域範圍
(1/25000 地形圖)



照片 3-4 自強新村



照片 3-5 動物園停車場下邊坡社區住宅



照片 3-6 壽山國小旁舊崩坍地



照片 3-7 孔宅社區



照片. 3-10 影劇七村社區



照片 3-8 民合居建設住宅



照片 3-11 新厝社區



照片 3-9 天文宮

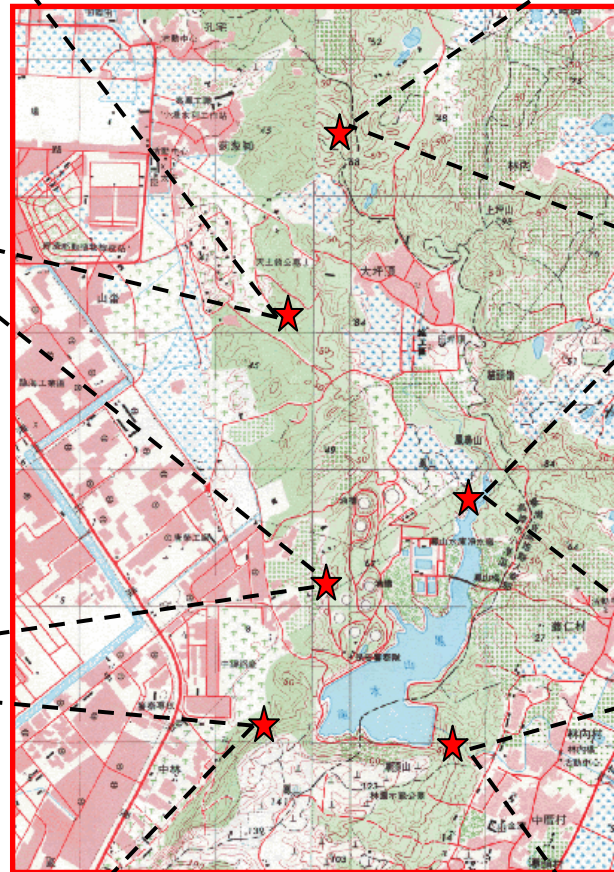
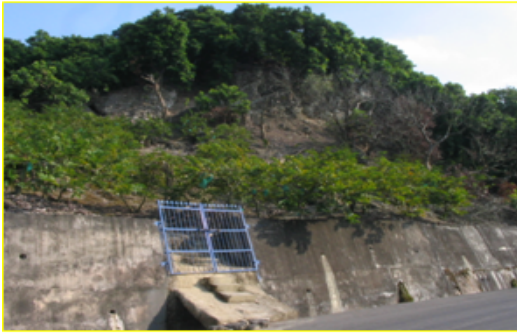


圖 3-9 大坪頂區範圍
(1/25000 地形圖)



照片 3-12 林內村社區



照片 3-13 連峯寺南側邊坡



照片 3-14 天人洞聯外道路



照片 3-15 金蘭早茶會東側邊坡

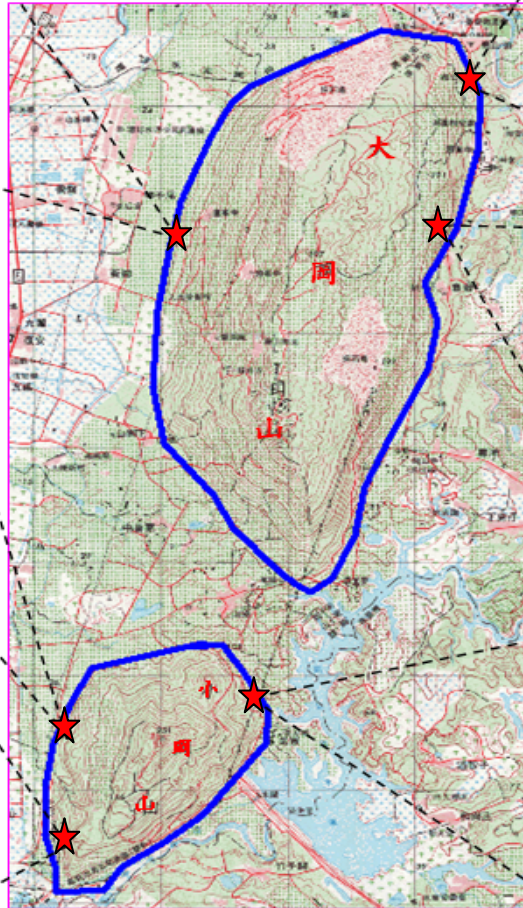


圖 3-10 岡山區域範圍
(1/25000 地形圖)



照片 3-16 田寮鄉公所西側邊坡



照片 3-17 朝元寺



照片 3-18 大世界國際村



照片 3-19 花旗山莊(一)



照片 3-18 花旗山莊(二)



照片 3-19 中山公園後山(一)

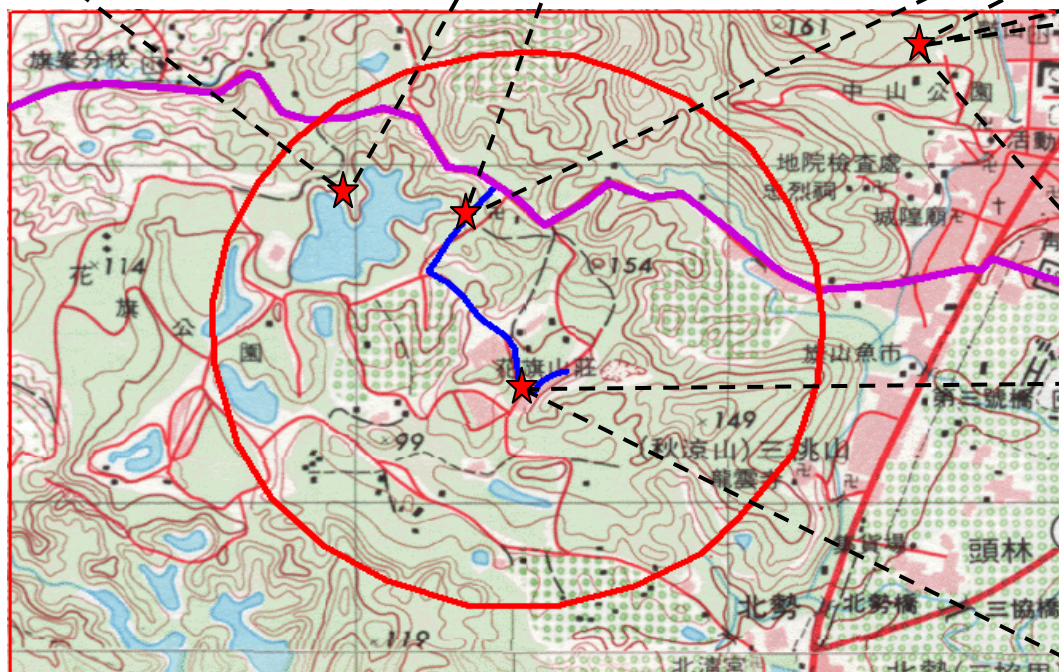


圖 3-11 旗山區域範圍(1/25000 地形圖)



照片 3-20 中山公園後山(二)

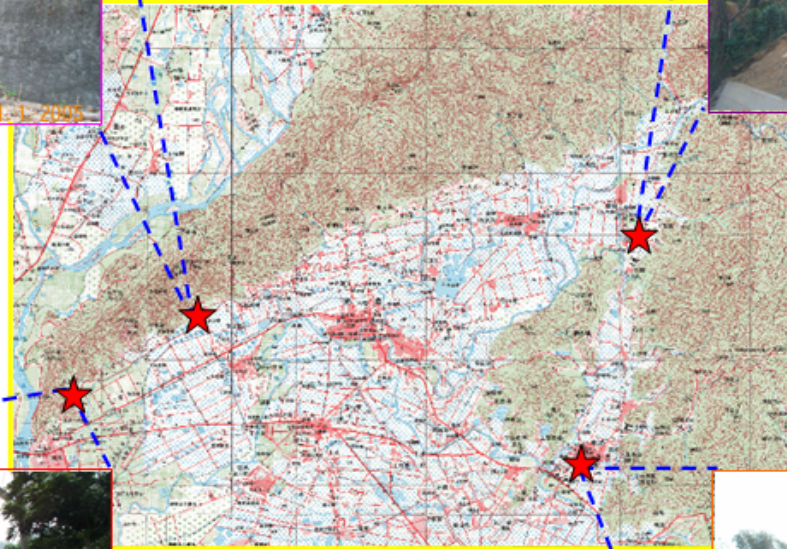


照片 3-21 花旗山莊(三)



照片 3-22
月光山聯外道路邊坡

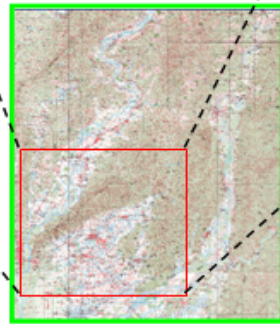
圖 3-12 美濃六龜區域範圍
(1/25000 地形圖)



照片 3-23
黃蝶翠古道路邊坡



照片 3-24 雷音禪寺



照片 3-25 文昌宮東北測邊坡

第四章 調查結果分析探討

第一節 調查資料彙整建檔

本計畫以大高雄地形分區之中央山脈山地地形區、大(小)岡山丘陵、鳳山丘陵與嶺口台地等四大地形分區作為研究區域劃分，採分年配合其區域坡地環境之人文、水文、地文特性與災害類型為研究重點，分析探討坡地社區環境潛勢災害防治之可適性。

本研究已完成高雄市鼓山區壽山里、大平頂地區、高雄縣旗山、岡山與六龜美濃地區等五外中型坡地社區環境之基本資料彙整分析(如表 4-1)，並以 DTM 結合 GIS 與 RS 技術完成鄰近五處坡地社區環境潛勢災害資訊圖層，且與遙測、航照及實地相片等影像作資料整合處理分析，終至建立以 GPS/GIS/RS 整合科技為主架構之坡地社區潛勢災害防治技術評估模式。

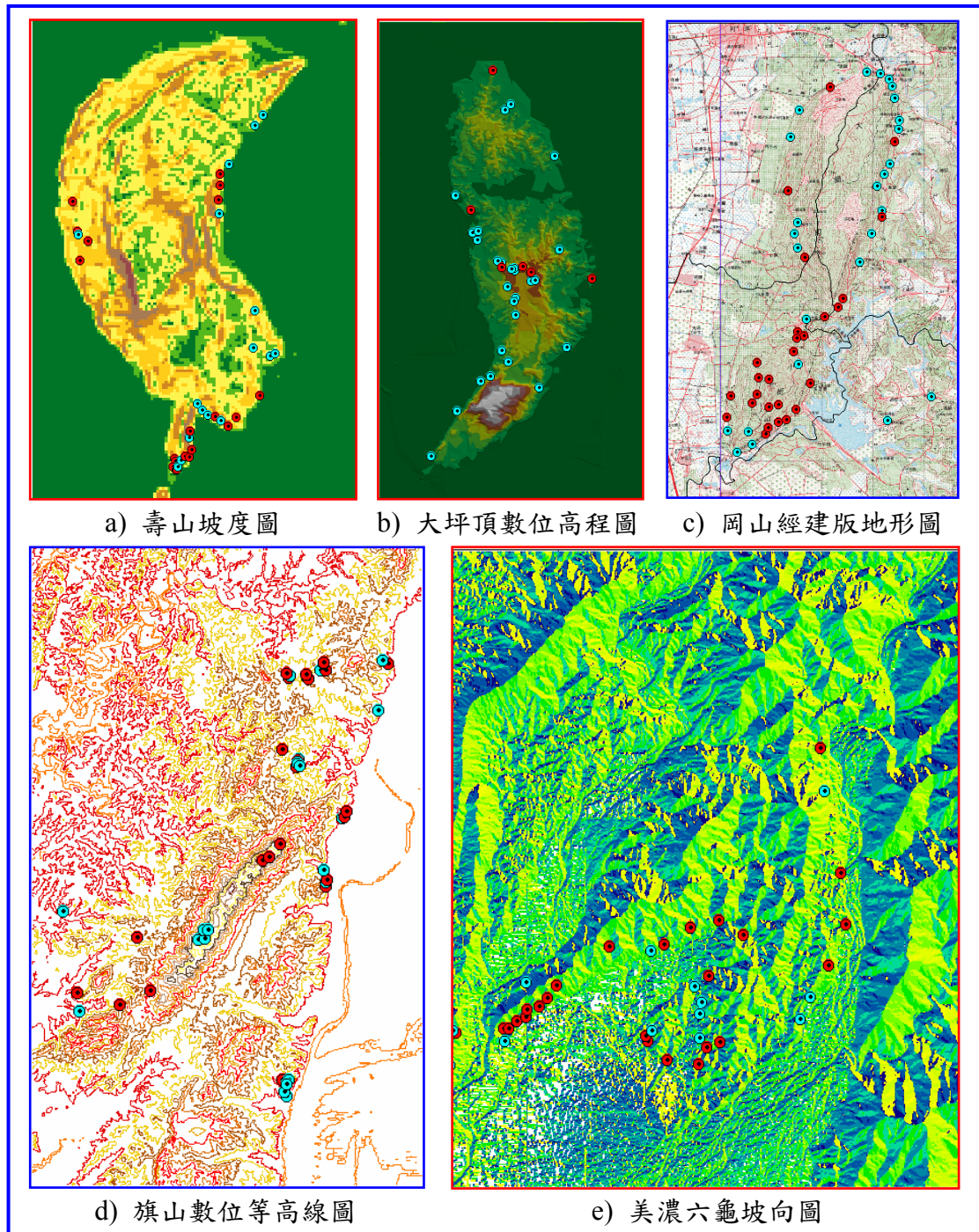
針對本調查計畫所完成之坡地社區環境潛在災害 201 處套疊各類 GIS 基本圖層(如圖 4-1)，進行各坡地社區環境潛勢災害樣區之實地現況查核與 GPS 定位後，均予以作數位化之實景拍攝(如照片 4-1~4-8)，且均就各地區現況查核資料進行建檔，其內容包括坡地社區環境之潛在災害所處地質岩性、地形地貌、社區型態與邊坡穩定工法(如圖 4-2)等相關資訊，同時於現地進行現地調查時，均繪製簡圖說明標記，且依序填報於調查評估記錄表中，另再依本調查結果進行各潛在災害區現況、災害影響程度、環境風險值估算、潛在危險分級等各項成果評估、比對與分析，同時一併於現地，直接進行各項坡地社區環境基本資料查核填報。其坡地社區環境潛勢災害調查建檔範例列如表 4-2，各項建檔資料格式計包括文

字、數據、影像及圖層等 4 類，另對其基本資料圖層與數位影像之展現方式則如圖 4-1 所示，據此已可充分掌握各調查樣區之 GPS/GIS 完整資訊，此將有利於後續作業之推展與成效之比對分析，目前研究區內各調查坡地社區環境災害防治工法彙整如圖 4-2 所示。

表 4-1 本研究計畫所需之各類基本資料一覽

資料類別	資料來源 (年度)
DTM 數值地形圖	內政部地政司 (1994、2000)
航照像片基本圖	農委會農林航測所 (1996、2000、2003)
衛星影像圖	中央大學衛星遙測中心 (2001、2002)
數化地質圖(台灣地區 1/50000)	中央地質調查所 (2000)
集水區水系圖(含編碼)	行政院農業委員會 (1998)
崩塌地暨土石流分佈地形圖	農委會 (1986、2001) 成大防災中心 (2000、2001)
地形圖(25000 及 50000 分之一)	內政部資訊中心 (1994)
坡地土壤圖 (五十萬分之一)	農委會水土保持局 (1998)
行政區域圖(含各鄉鎮)	內政部民政司 (2000)
高雄壽山與旗山坡地社區防治工法與崩塌地分佈位置	高雄市建設局與工務局 (2004)
高雄壽山與旗山坡地社區歷年治理報告	高雄縣建設局與農業局 (2004)
地震測站資料(高雄、九如、三地門、旗山、甲仙、桃源、永康、新化)	中央氣象局 (2004)
雨量站資料(高雄、大寮、鳳山、左營、溪埔、岡山、里港、尖山、三爺、古亭坑、旗山、吉東、大津、月眉、御油山、新發)	中央氣象局 (2004) 經濟部水利署 (2004)

圖 4-1 研究區內各調查 GPS 點位套疊於不同環境屬性之 GIS 圖層



照片 4-1 旗山鎮三協里社區南側



照片 4-2 旗山鎮三協里社區北側



照片 4-3 旗山鎮三協里社區西側



照片 4-4 旗山鎮三協里社區東側



照片 4-5 旗山鎮和平里東側邊坡



照片 4-6 旗山鎮和平里西側邊坡



照片 4-7 旗山鎮和平里南側邊坡



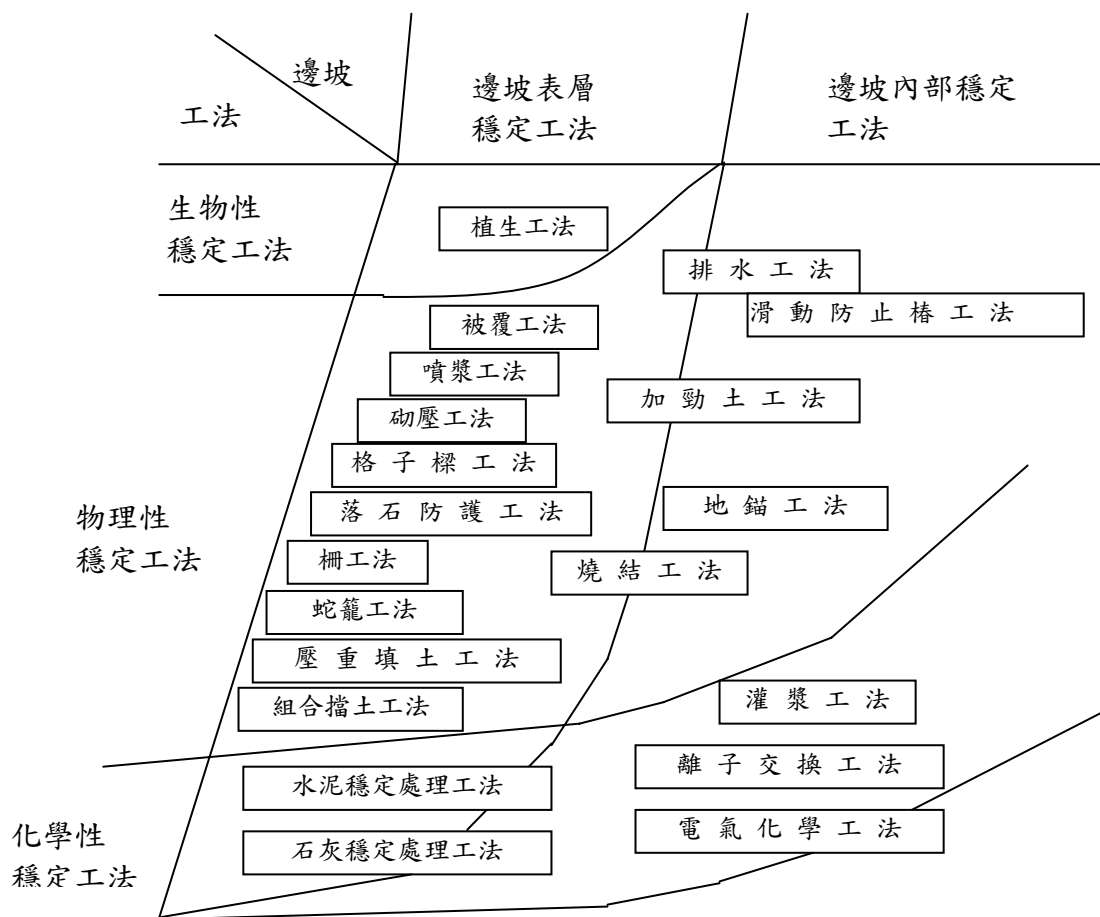
照片 4-8 旗山鎮和平里北側邊坡



表 4-2 坡地社區環境潛勢災害查核評估表範例

大高雄坡地社區環境潛勢災害調查表 編號: 82 調查日期: 2005/3/15 調查人員: 林金炳	
點位名稱	田寮鄉公所西側邊坡
GPS座標	N: 2530165 E: 183442
區位	縣市: 高雄縣 鄉鎮區: 岡山镇
地形因子	坡度 <input type="radio"/> <5% <input type="radio"/> 5%~15% <input checked="" type="radio"/> 16%~30% <input type="radio"/> 31%~40% <input type="radio"/> 41%~55% <input type="radio"/> 56%~100% <input type="radio"/> >101% 坡向 <input type="radio"/> N <input type="radio"/> NE <input checked="" type="radio"/> E <input type="radio"/> SE <input type="radio"/> S <input type="radio"/> SW <input type="radio"/> W <input type="radio"/> NW
地質因子	岩石分類 <input checked="" type="radio"/> 沉積岩 <input type="radio"/> 火成岩 <input type="radio"/> 變質岩 岩層名稱 岡山石灰岩 坡面類型 <input checked="" type="radio"/> 順向坡 <input type="radio"/> 逆向坡 <input type="radio"/> 斜交坡 <input type="radio"/> 非斜坡 <input type="radio"/> 破碎帶 距斷層距離 <input type="radio"/> ≤500m <input type="radio"/> 500~1500m <input checked="" type="radio"/> 1500~4000m <input type="radio"/> >4000m
降雨因子	24hr累積雨量(mm) <input type="radio"/> 小雨(<50) <input type="radio"/> 大雨(50~130) <input type="radio"/> 豪雨(131~200) <input checked="" type="radio"/> 特大豪雨(201~350) <input type="radio"/> 超大豪雨(>350)
地震因子	地震震度 <input type="radio"/> 弱震(8~25gal) <input type="radio"/> 中震(25~80gal) <input checked="" type="radio"/> 強震(80~250gal) <input type="radio"/> 烈震(250~400gal) <input type="radio"/> 劇震(>400gal)
植生因子	植生覆蓋率 <input type="radio"/> 疏鬆(<30%) <input type="radio"/> 中等(30%~50%) <input type="radio"/> 密(51%~70%) <input checked="" type="radio"/> 極密(>70%)
土壤因子	表土種類 <input type="radio"/> 粉質土(M) <input checked="" type="radio"/> 粘質土(C) <input type="radio"/> 砂質土(S) <input type="radio"/> 礫石性(G) 有效深度 <input type="radio"/> <20cm <input type="radio"/> 20~50cm <input type="radio"/> 51~90cm <input checked="" type="radio"/> >90cm <input type="radio"/> 無法目視判斷 土層厚度 <input type="radio"/> <1m <input checked="" type="radio"/> 1~4m <input type="radio"/> >4m <input type="radio"/> 無法目視判斷 坡面沖蝕 <input type="radio"/> 平整 <input checked="" type="radio"/> 蝕痕 <input type="radio"/> 淺槽 <input type="radio"/> 深槽 <input type="radio"/> 舊崩塌地 <input type="radio"/> 新崩塌地
護坡工程	坡趾穩定 工程種類 <input checked="" type="checkbox"/> 自然植生邊坡 <input type="checkbox"/> 重力式擋土牆 <input type="checkbox"/> 半重力式擋土牆 <input type="checkbox"/> 三明治式擋土牆 <input type="checkbox"/> 懸臂式擋土牆 <input type="checkbox"/> 扶臂式擋土牆 <input type="checkbox"/> 疊式擋土牆 <input type="checkbox"/> 版格式擋土牆 <input type="checkbox"/> 加勁擋土牆 <input type="checkbox"/> 錨錠擋土牆 受損原因 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 不均勻沉降 <input type="checkbox"/> 牆背淘刷 <input type="checkbox"/> 傾倒 <input type="checkbox"/> 滑動 <input type="checkbox"/> 變形 <input type="checkbox"/> 剪力破壞 <input type="checkbox"/> 其他
	坡面保護 工程種類 <input checked="" type="checkbox"/> 自然植生邊坡 <input type="checkbox"/> 打格編柵 <input type="checkbox"/> 欄石柵 <input type="checkbox"/> 錨錠 <input type="checkbox"/> 格梁框 <input type="checkbox"/> 植生網 受損原因 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 植生覆蓋不良 <input type="checkbox"/> 坡度過陡 <input type="checkbox"/> 排水不良 <input type="checkbox"/> 其他
	邊坡排水 工程種類 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> 縱向排水溝 <input checked="" type="checkbox"/> 橫向截水溝 <input checked="" type="checkbox"/> 排水管 受損原因 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 溝身斷裂 <input type="checkbox"/> 溝底淘空 <input type="checkbox"/> 排水管阻塞 <input type="checkbox"/> 其他
土地利用	有害行為 <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 加載 <input checked="" type="checkbox"/> 切坡 <input type="checkbox"/> 蓄水 <input type="checkbox"/> 濫墾
損壞型態	<input type="checkbox"/> 崩塌 <input type="checkbox"/> 沖蝕 <input type="checkbox"/> 地滑 <input type="checkbox"/> 土石/泥流
受損面積比	<input checked="" type="radio"/> <30% <input type="radio"/> 30%~50% <input type="radio"/> 51%~70% <input type="radio"/> >70%
影響區位	<input checked="" type="checkbox"/> 社區內 <input type="checkbox"/> 社區邊 <input type="checkbox"/> 唯一聯外道路 <input type="checkbox"/> 可替代聯外道路 <input type="checkbox"/> 其他
安全距離	<input type="radio"/> 0m <input type="radio"/> 1m~5m <input checked="" type="radio"/> 6m~10m <input type="radio"/> >10m
以往破壞紀錄	
調 查 照 片	
	
備 註	
<input type="button" value="上傳"/> <input type="button" value="重新輸入"/>	

圖 4-2 各類坡地社區護坡穩定工法配置流程圖



第二節 調查結果統計分析

本研究調查重著點重在淺山丘陵坡地，且人口密集活動之集合式住宅社區，本計劃選定高雄市壽山、鼓山、小港與高雄縣旗山、岡山、美濃、六龜等坡地社區進行其潛勢災害現況調查分析，其中高雄市鼓山區之調查處數計 36 處，小港區有 25 處，高雄縣旗山鎮 43 處，岡山鎮 26 處，美濃鎮 23 處，田寮鄉 18 處，阿蓮鄉 9 處，大寮鄉 8 處，六龜鄉 7 處，燕巢鄉 6 處，合計二年內(2004~2005)

之總調查樣本數達 201 處（如圖 4-3）。其中邊坡現況呈現受損狀態者有 100 處，約佔總調查處數之 49.75%，而未受損者有 101 處，約佔 50.25%。區域內自然邊坡之災害型態相當複雜，但於現地調查之 100 處現況受損者中，仍可將其歸納為沖蝕、崩塌、地滑及土石流/泥流等四類，分別佔總受損數之 73%、18%、7%及 2%（詳圖 4-4）。經由調查結果可將大高雄五個坡地社區之受損特徵，而以統計分析後列如表 4-3 所示，由表 4-3 中可知岡山地區之調查數達 53 處為最多，而美濃六龜地區之受損率為 70% 為最高。因此可推知不同地形地質分區所展現之坡地社區潛勢災害型態亦有所不同，故地質和地形因素則成為主控坡地社區環境潛勢災害發生之重要因子。

圖 4-3 坡地社區環境潛勢災害調查點套行政區域圖

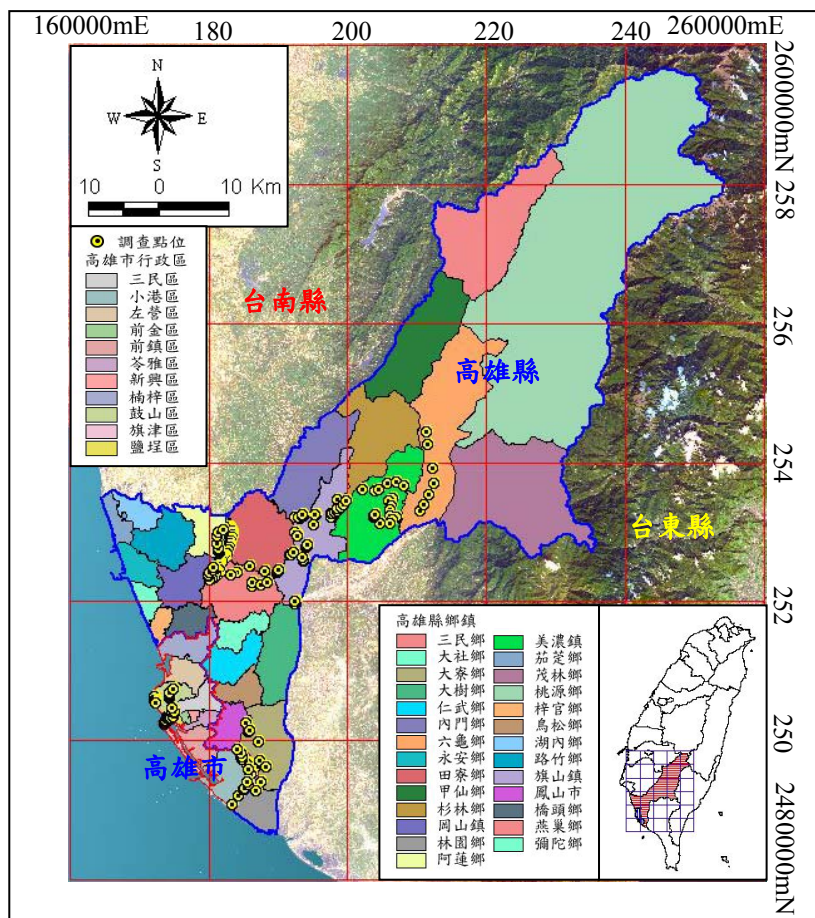


表 4-3 大高雄五個坡地社區邊坡受損特徵統計表

項目 地區	地質岩層	坡度	坡向	調查總數	受損數(率)	備註
壽山地區	石灰岩層	六級坡以上	西,東,南	36	20 (55.5%)	詳照片 4-9
旗山地區	泥岩層	五級坡以上	東,東南,南	49	26 (53.0%)	詳照片 4-10
岡山地區	石灰岩層 砂頁岩互層	五級坡以上	東,東南	53	27 (50.9%)	詳照片 4-11
美濃六龜 地區	礫岩層 砂頁岩互層	六級坡以上	南,東	30	21 (70%)	詳照片 4-12
大坪頂地區	砂岩層 石灰岩層	五級坡以上	西南,西	33	6 (18.18%)	詳照片 4-13

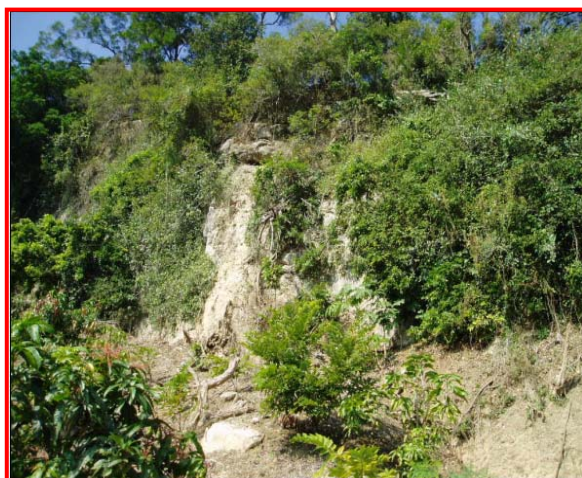
照片 4-9 壽山社區受損邊坡



照片 4-10 旗山社區受損邊坡



照片 4-11 岡山地區受損邊坡



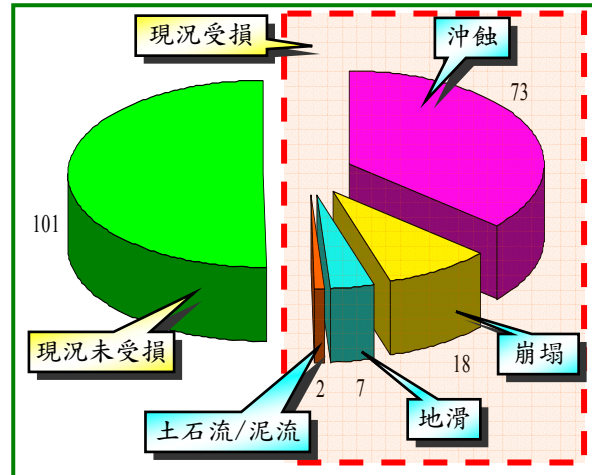
照片 4-12 美濃六龜社區受損邊坡



照片 4-13 大坪頂社區受損邊坡



圖 4-4 各社區邊坡災害型態統計圖



第三節 GPS/GIS/RS 圖層建置

本研究目前已完成之大高雄坡地社區 GPS/GIS/RS 主題圖層之建置，且均以座落於高雄市鼓山區壽山里之珊瑚礁石灰岩層及大坪頂地區之砂岩層、高雄縣旗山地區之泥岩層、岡山地區之石灰岩層及美濃地區砂頁岩互層與六龜地區之礫岩層等不同地質區之五處坡地社區樣區為主，所完成之主要基本環境 GPS/GIS/RS 圖層計有；衛星影像、航空照片、地質、地形 (2-D&3-D)、行政區域、坡度、坡向、土壤等各類基本圖層(如圖 4-5~4-34)，以及各調查坡地社區樣區分佈圖(如圖 4-1)，各相關圖層均可作為未來坡地社區環境潛勢災害評估分析之基礎圖層，因此對各圖層進行各圖層資料結構之重組與套疊等加值處理(如圖 4-35~4-39)，以便作為潛勢環境災害評估分析時所需之各項資訊，及野外查核作業之重要工作底圖。

圖 4-5 旗山地區 3D 立體地形圖

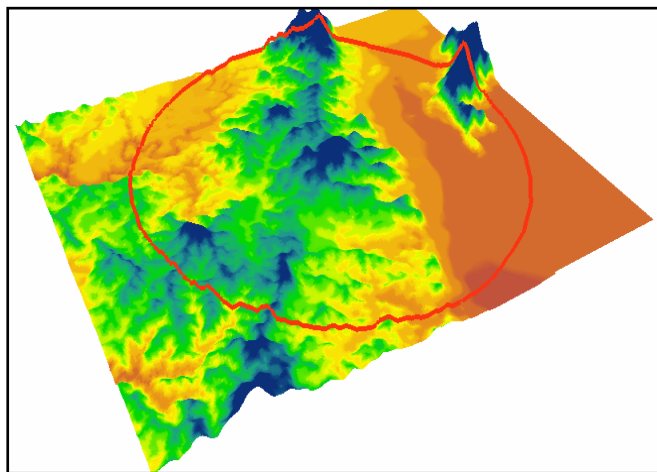


圖 4-6 旗山地區數位高程圖

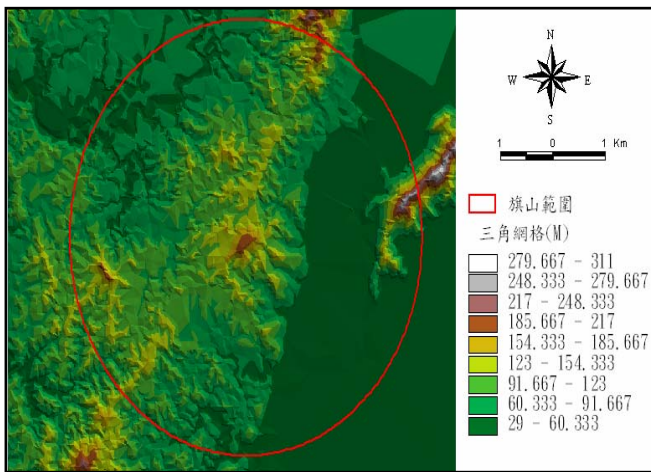


圖 4-7 旗山地區坡度圖

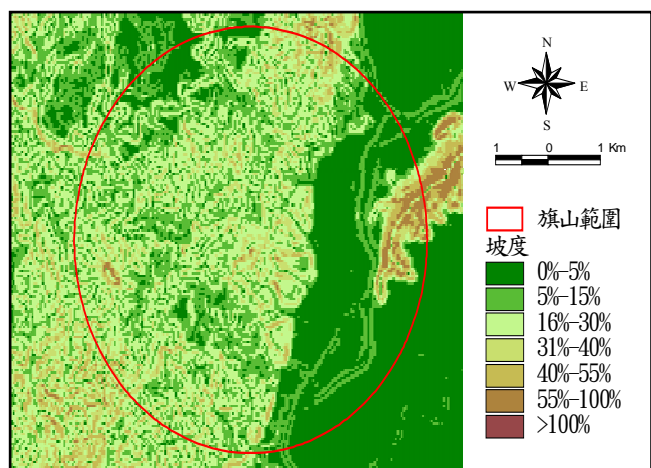


圖 4-8 旗山地區地質圖

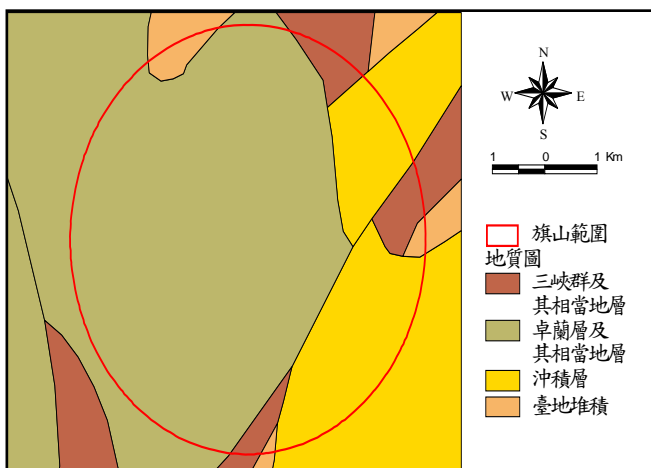


圖 4-9 旗山地區土壤圖

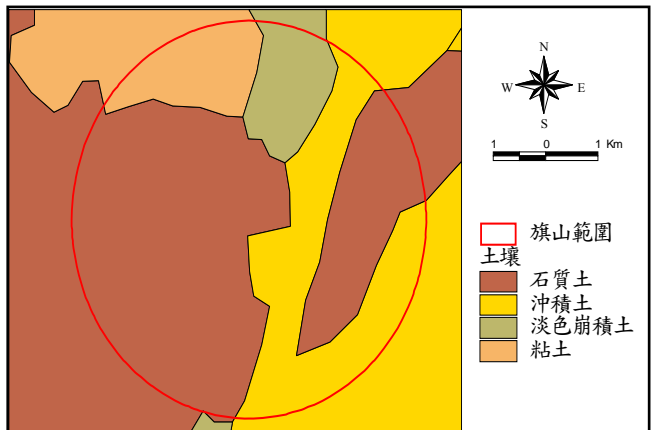


圖 4-10 旗山地區坡向圖

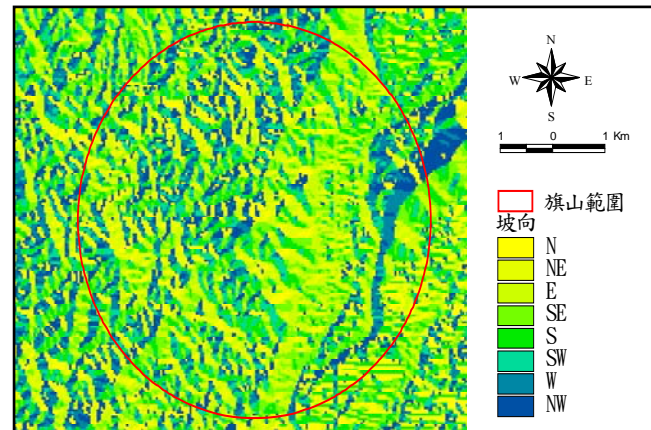


圖 4-11 壽山地區 3D 立體地形圖

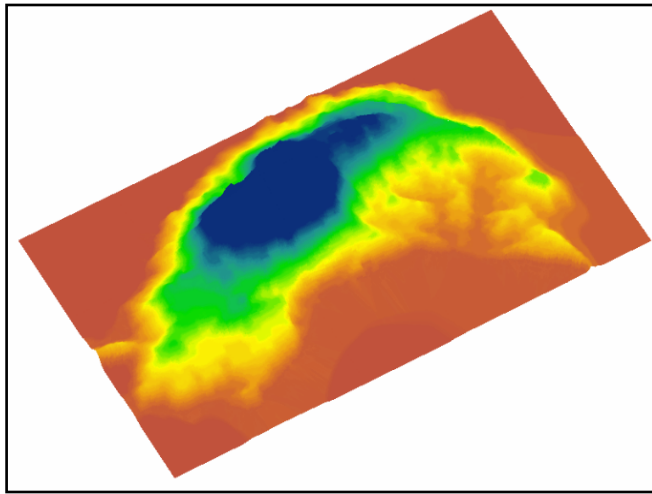


圖 4-13 壽山地區坡向圖

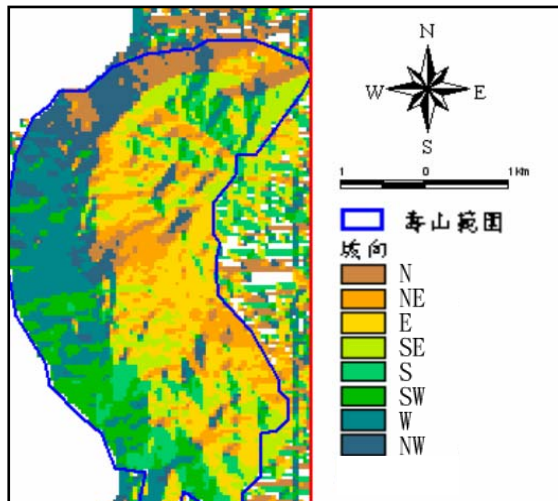


圖 4-15 壽山地區土壤圖

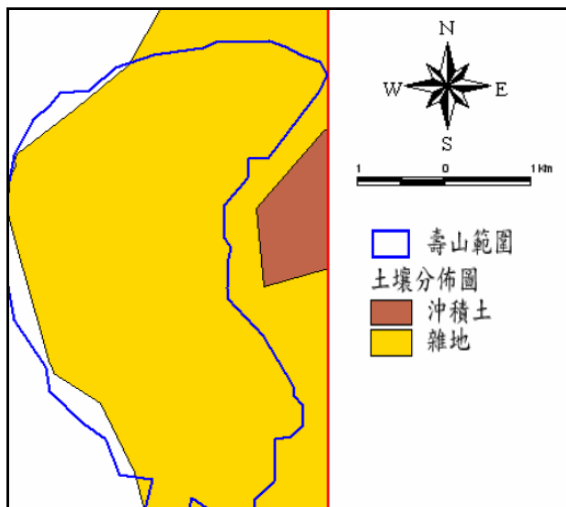


圖 4-12 壽山地區數位高程圖

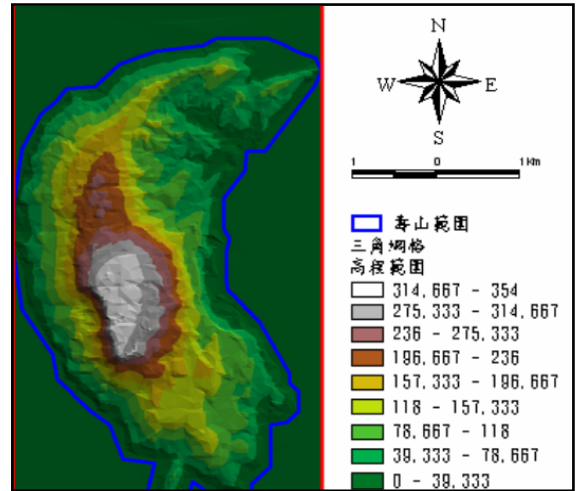


圖 4-14 壽山地區坡度圖

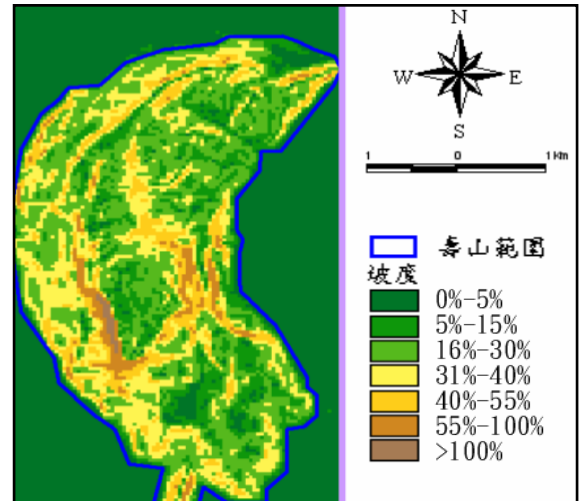


圖 4-16 壽山地區地質圖

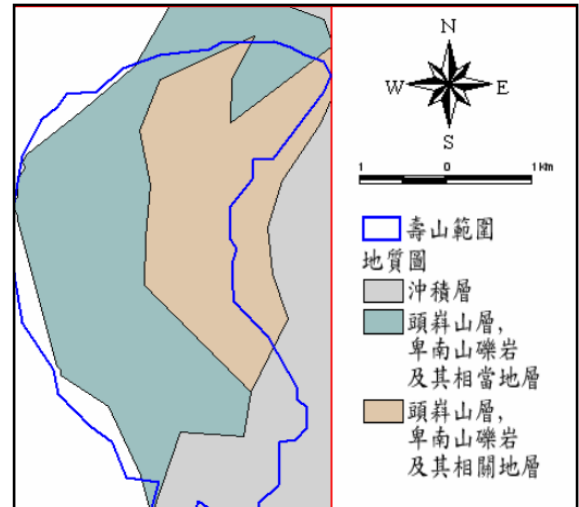


圖 4-17 大坪頂地區 3D 立體圖

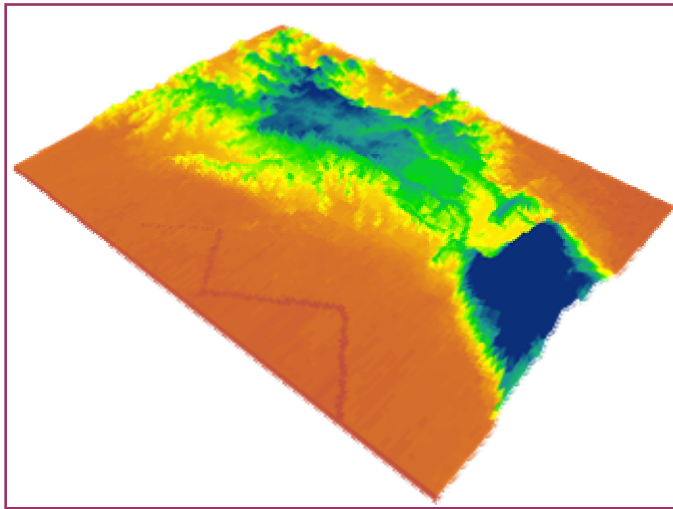


圖 4-18 大坪頂地區數位高程圖

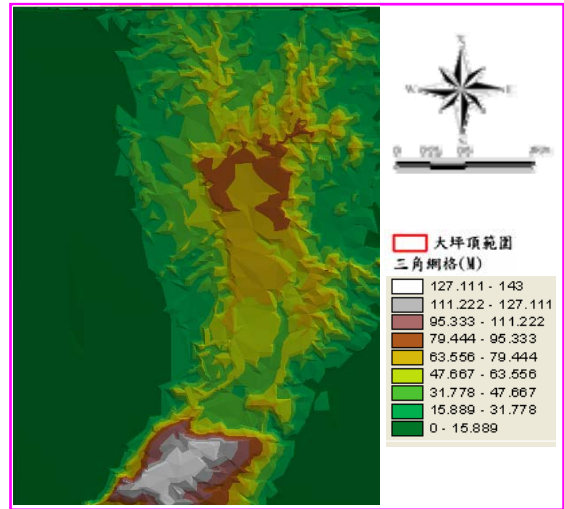


圖 4-19 大坪頂地區坡度圖

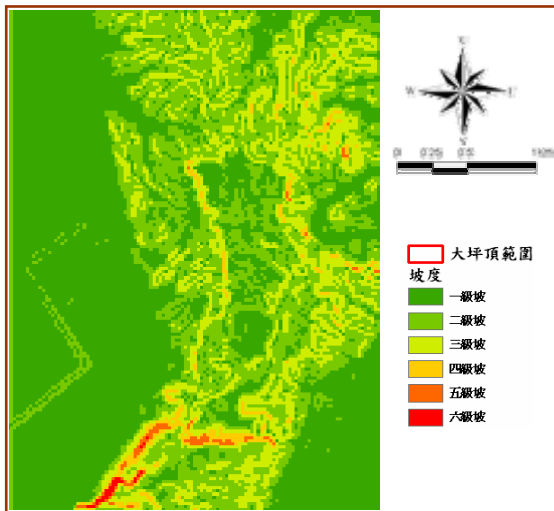


圖 4-20 大坪頂地區坡向圖

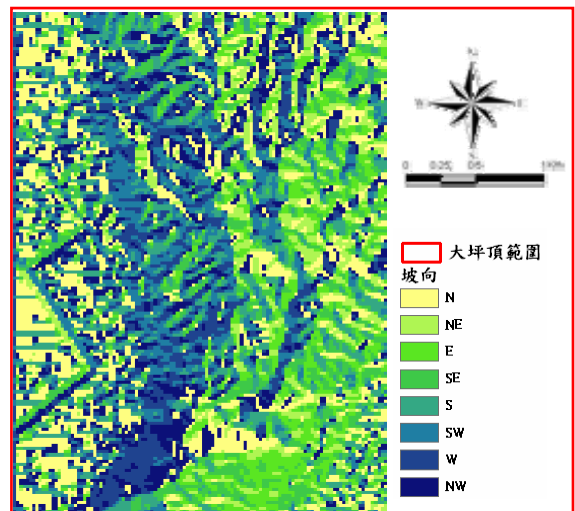


圖 4-21 大坪頂地區土壤圖

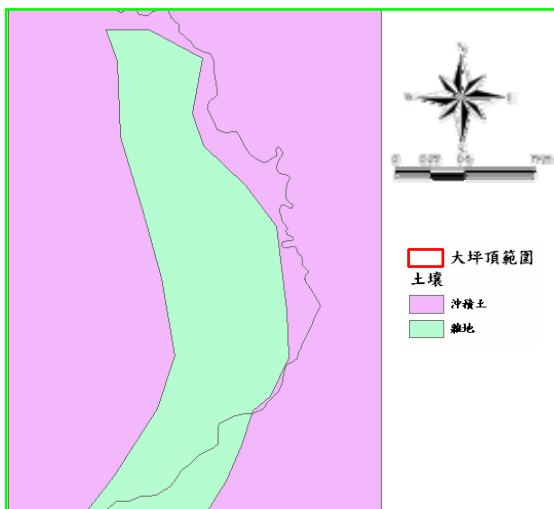


圖 4-22 大坪頂地區地質圖

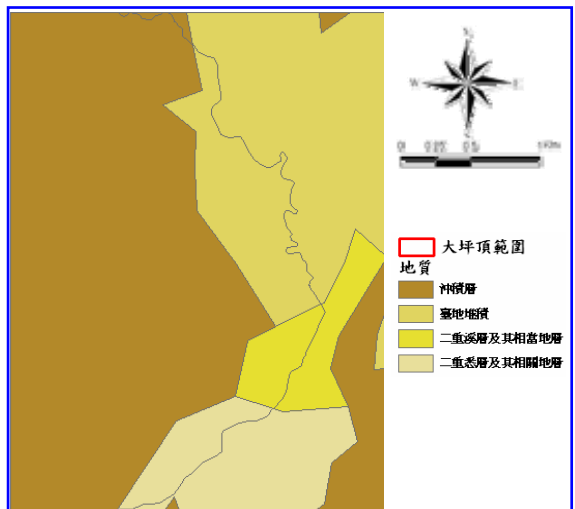


圖 4-23 岡山地區 3D 立體圖

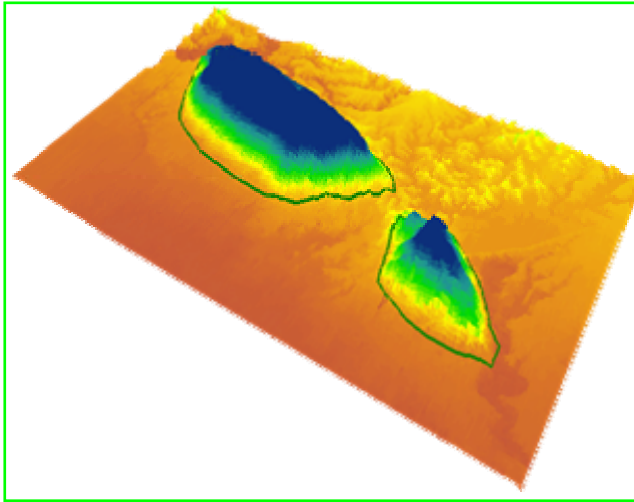


圖 4-24 岡山地區數位高程圖

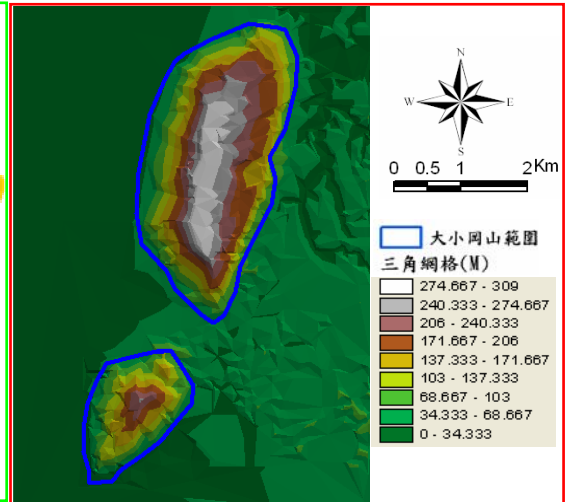


圖 4-25 岡山地區坡度圖

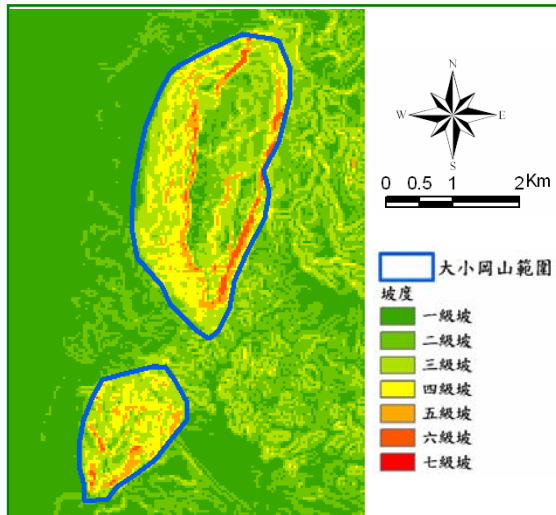


圖 4-26 岡山地區坡向圖

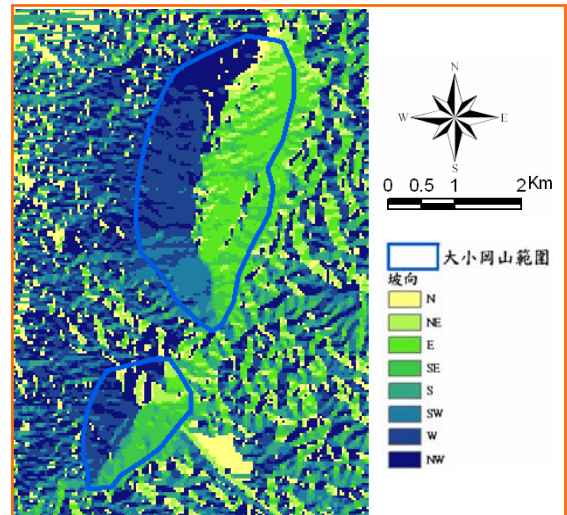


圖 4-27 岡山地區土壤圖



圖 4-28 岡山地區地質圖

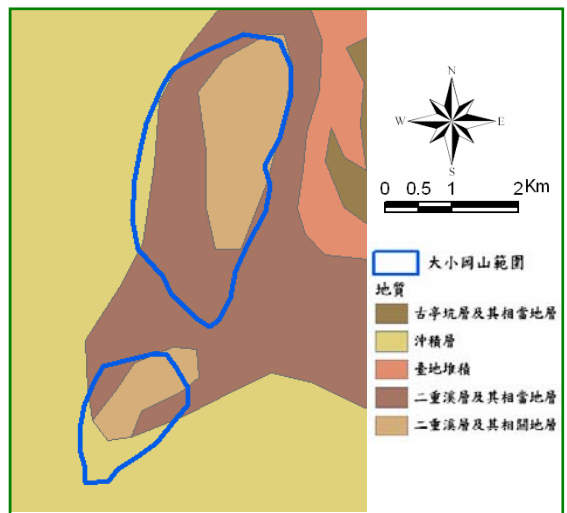


圖 4-29 六龜美濃地區 3D 立體圖

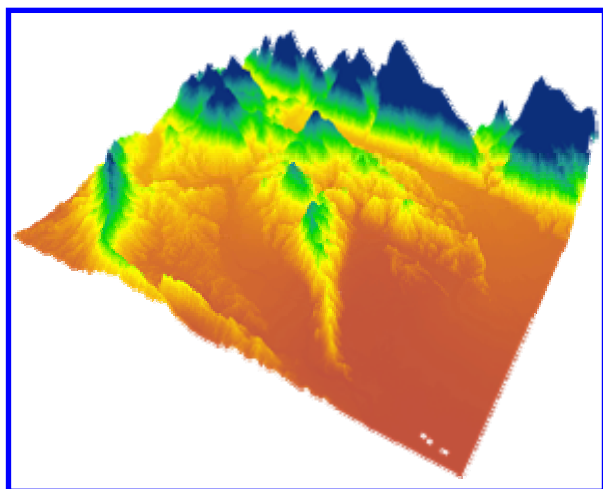


圖 4-31 六龜美濃地區坡度圖

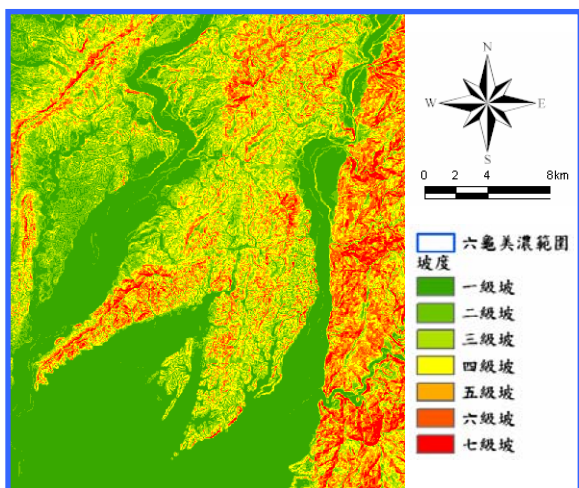


圖 4-33 六龜美濃地區土壤分佈

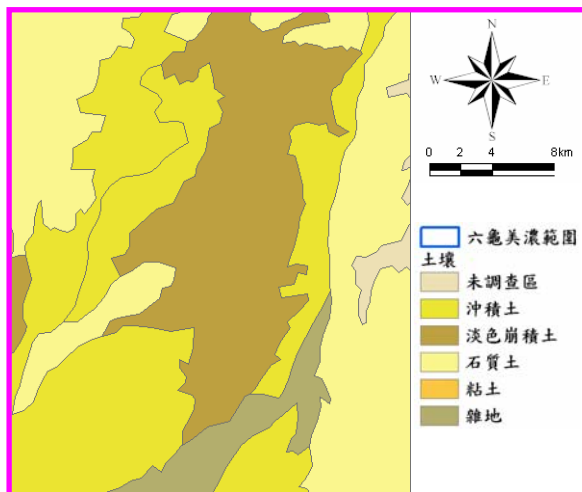


圖 4-30 六龜美濃地區數位高程圖

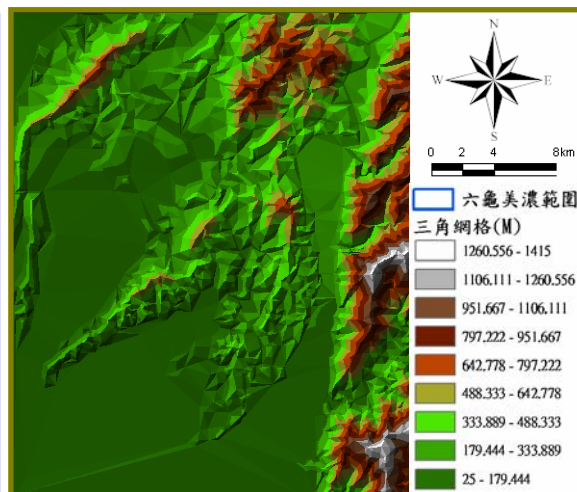


圖 4-32 六龜美濃地區坡向圖

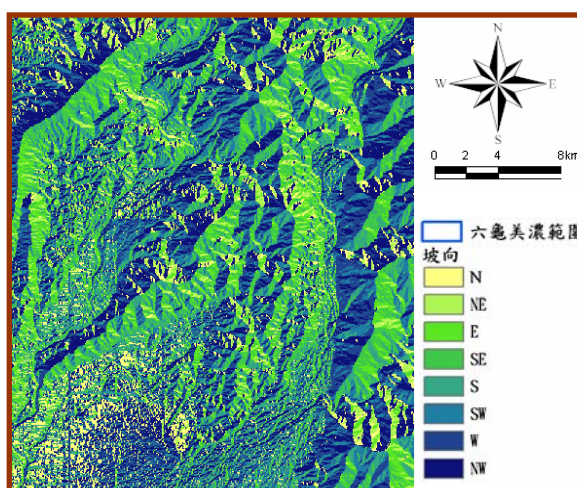


圖 4-34 六龜美濃地區地質圖

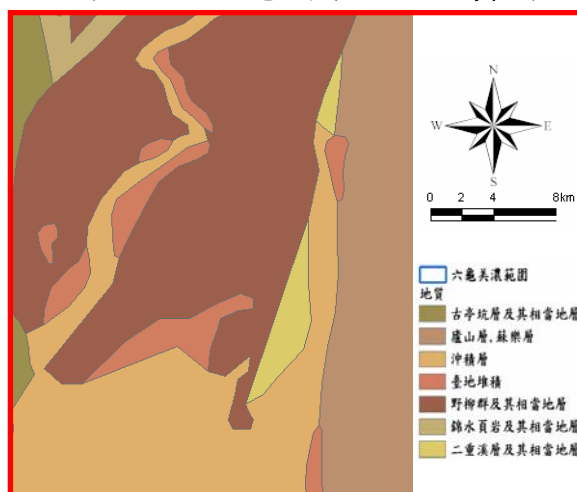


圖 4-35 旗山區域之 GPS/GIS/RS 整合圖層

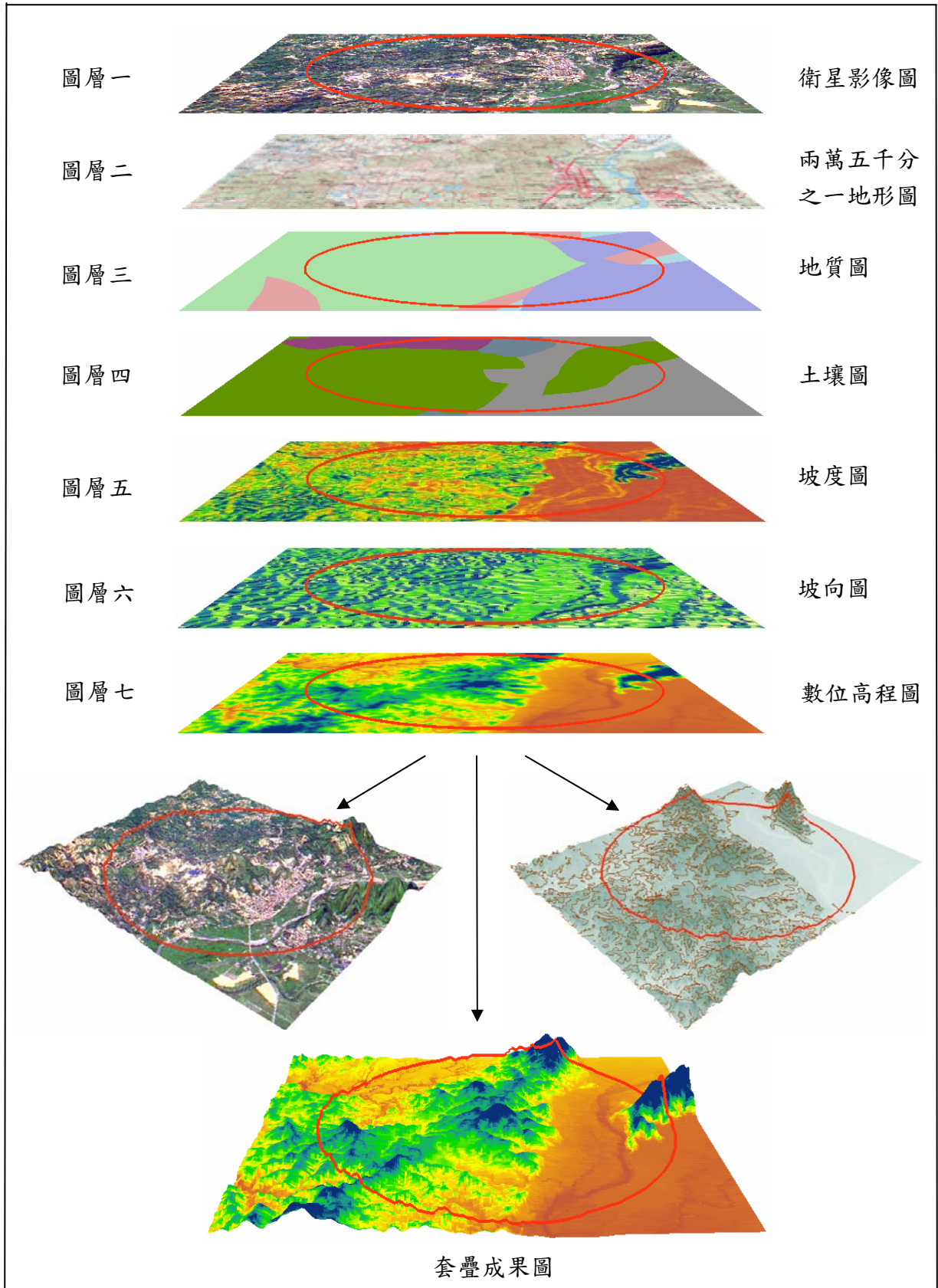


圖 4-36 壽山區域 GPS/GIS/RS 整合圖層

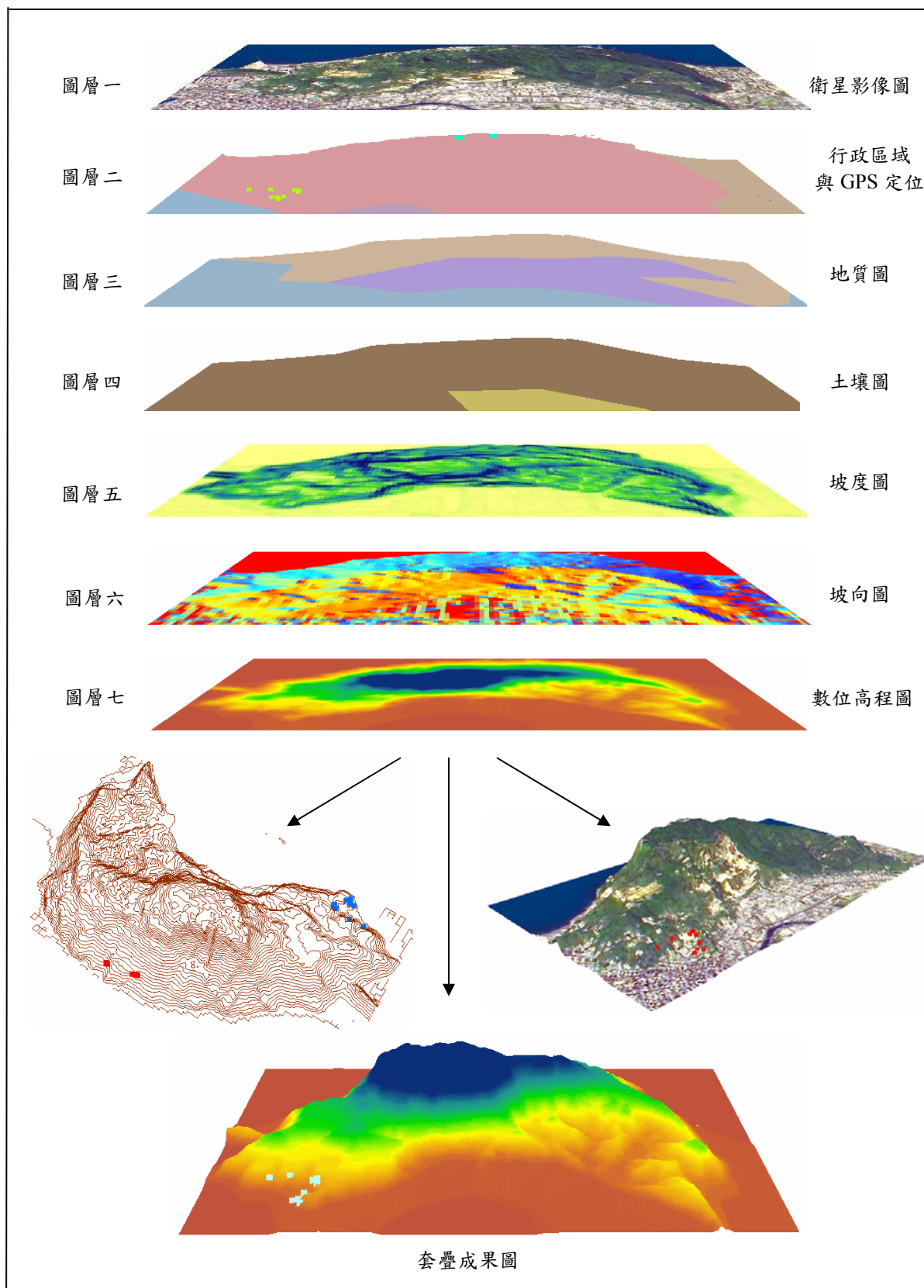


圖 4-37 大坪頂區域之 GPS/GIS/RS 整合圖層

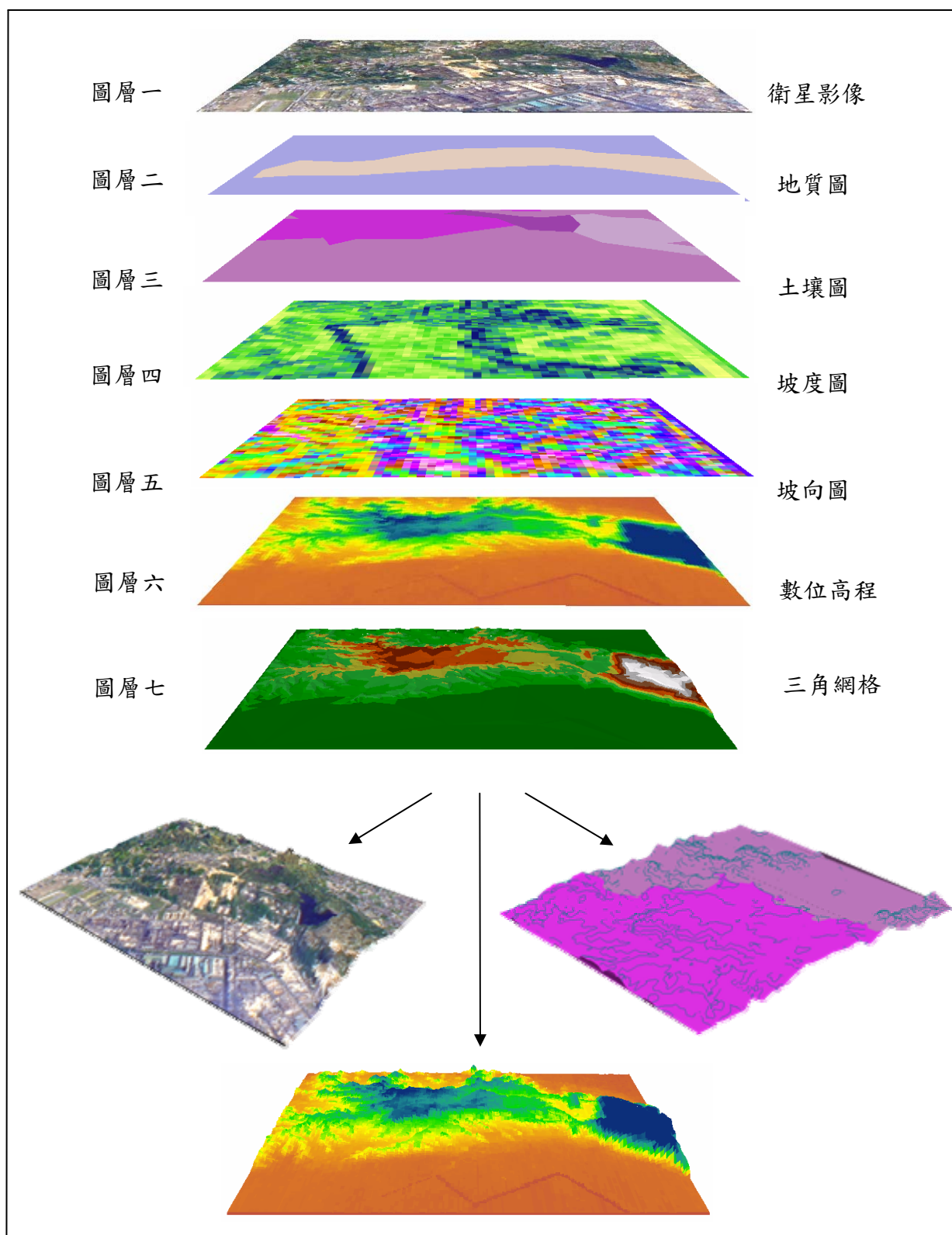


圖 4-38 岡山區域之 GPS/GIS/RS 整合圖層

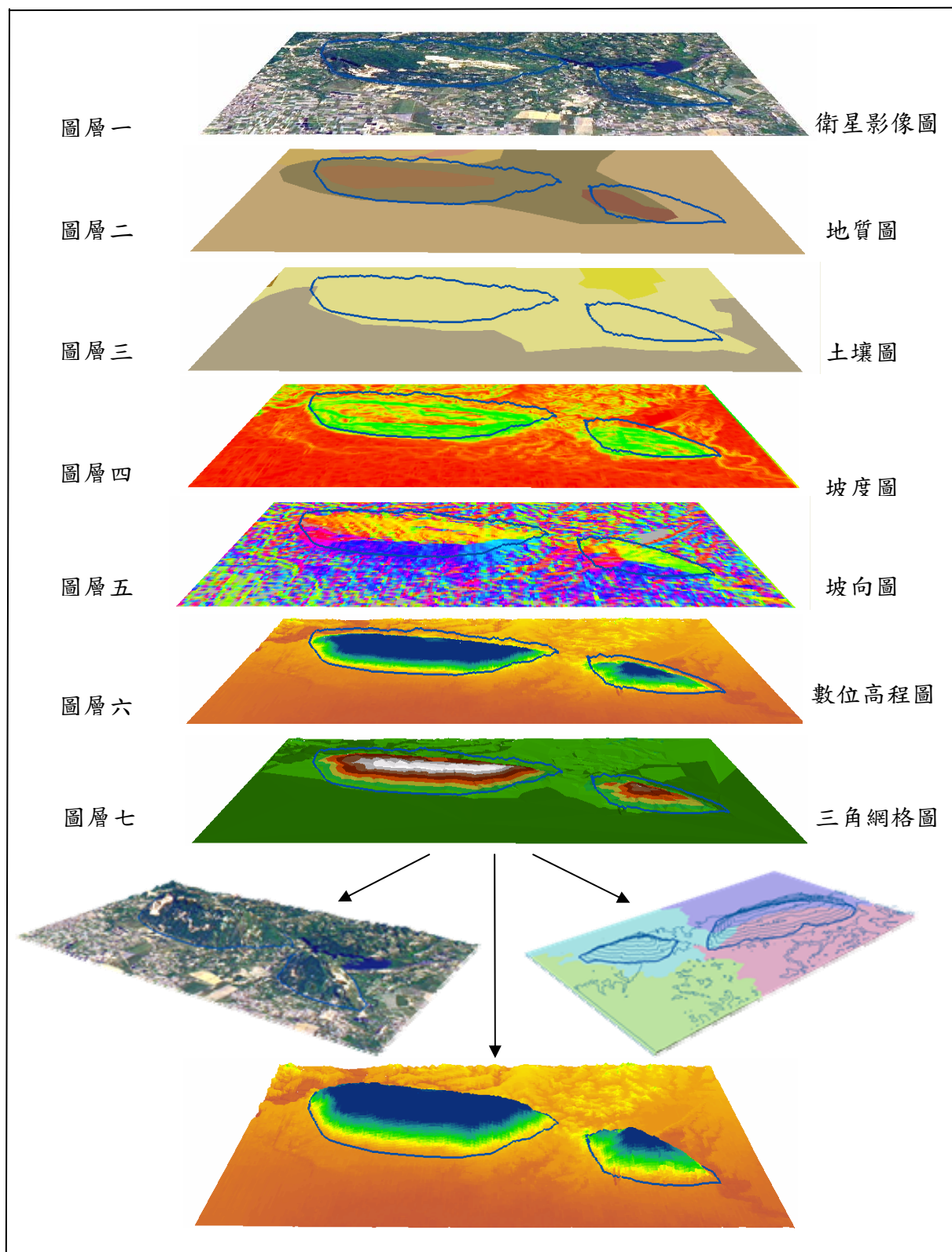
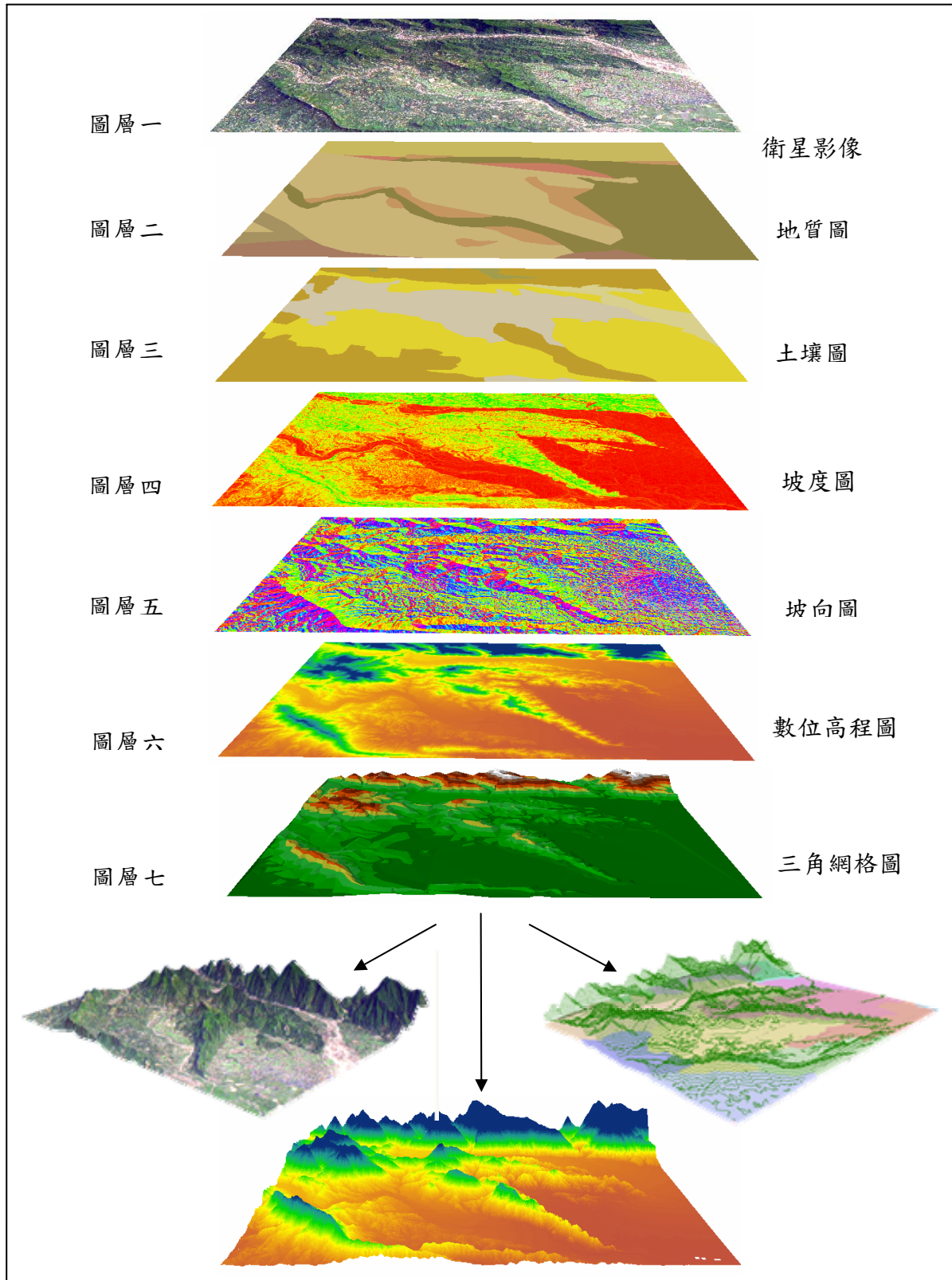


圖 4-39 六龜美濃區域之 GPS/GIS/RS 整合圖層

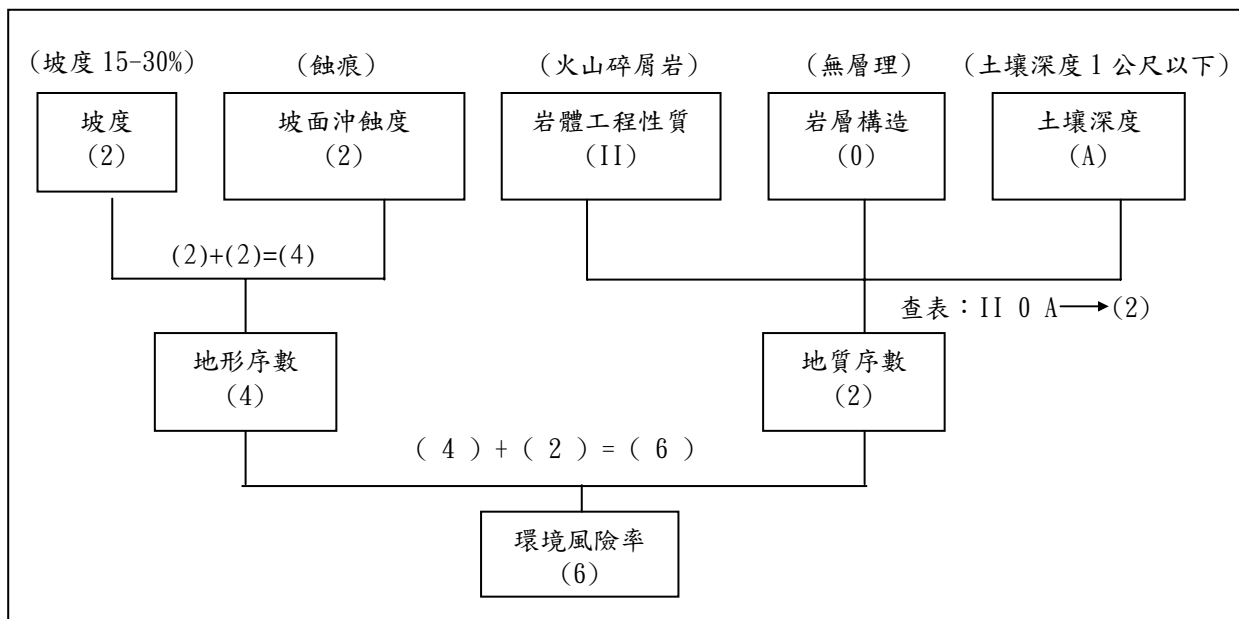


第五章 潛勢災害評估模式

第一節 環境風險評估原則研擬

依據坡地社區環境潛在災害特性；含地形、坡度、坡向、地質、岩性、土壤、流域、水系等社區環境因子之差異性與社區人口分佈型態，再依本研究之實地調查成果，分別依行政院農業委員會 2003 年 8 月 15 日農林字第 0921842339 號令修正之水土保持技術規範進行坡地社區各環境風險因子訂定，進而依表 5-1~5-7 中之因子分類，分別估算其環境風險率，並依該估算風險率（坡地社區環境潛在災害環境風險率演算示意流程圖如圖 5-1）予以分級後，再與本研究實地調查推估之災害風險值進行比對與分析，即可同時作為本研究之環境潛在災害防治技術或工法評估模式研訂依據，各相關環境風險因子之分級（類）均依水土保持技術規範第 327~328 條之規定列序，如表 5-6~ 5-7 所示。

圖 5-1 坡地社區環境潛勢災害風險率演算圖



（資料來源：水保技術規範, 2003）

表 5-1：環境風險評估之地形坡度分級及序數表

坡度序數	坡度級別	土地利用單元之坡度變域(分級範圍)
0	一級坡	坡度百分之五以下
1	二級坡	坡度超過百分之五至百分之十五
2	三級坡	坡度超過百分之十五至百分之三十
3	四級坡	坡度超過百分之三十至百分之四十
4	五級坡	坡度超過百分之四十至百分之五十五
5	六級坡	坡度超過百分之五十五至百分之一百
6	七級坡	坡度超過百分之一百

資料來源：水土保持技術規範第 327 條 (2003)

表 5-2：環境風險評估之地形坡度沖蝕分級表

序數	坡面沖蝕度	等高線彎曲度
1	平整	曲度 $>160^\circ$
2	蝕痕	$130^\circ < \text{曲度} \leq 160^\circ$
3	淺槽	$90^\circ < \text{曲度} \leq 130^\circ$
4	深槽	曲度 $\leq 90^\circ$
5	舊崩塌地、煤渣堆	
6	新崩塌地	

資料來源：水土保持技術規範第 327 條 (2003)

表 5-3：環境風險評估之地質岩體工程性質分類表

岩類	工程性質等級	岩石名稱及其代號	備註
沉積岩	I	堅硬砂岩 ($R>2$) (s)；緻密石灰岩 (l)；膠結良好之礫岩 ($r>2$) (c)	R=塊狀岩石 層狀岩石
	II	膠結不良之砂岩；砂頁岩互層 ($R<2$) (s)、頁岩 (b)、泥岩 (m)；多孔狀石灰岩 (l)；凝灰岩 (t)；高位台地礫石層或膠結不佳之礫岩 (c) ($r<2$)；硬岩之破碎者 (f)	
火成岩	I	熔岩、侵入岩體、固結良好之火山碎屑岩 (μ)	I：硬岩
	II	膠結不佳之火山碎屑岩 (μ)、熱液換質 (h)	
變質岩	I	片麻岩 (g)；大理岩 (m)；石英片岩 (q)；板岩、千枚岩 (k)、黑色片岩、綠色片岩 (n)	II：軟岩
	II	構造擾亂帶、破碎帶、劈理發達之板岩、千枚岩 (k)、黑色片岩、綠色片岩 (n)	

資料來源：水土保持技術規範第 327 條 (2003)

表 5-4：環境風險評估之山坡岩層構造分類表

代號	坡面類型（山坡岩層構造）
0	非斜交坡（無層環岩體）
1	斜交坡
2	反向坡（崖坡）
3	順向坡（傾斜坡）（岩層傾角超過十度）
4	破碎帶（不連續面發達，使地質構造因子不彰顯者）

資料來源：水土保持技術規範第 327 條（2003）

表 5-5：環境風險評估之工程土壤深度分級表

代號	土壤厚度
A	一公尺以下
B	超過一分尺至四公尺
C	超過四公尺

資料來源：水土保持技術規範第 327 條（2003）

表 5-6：環境風險評估之地形與地質序數演算表

地形	坡度 (%)	序數	沖蝕度	地質序數	地質因子
0	≤5	1	坡面平整	1	I 0A, I 1A, I 2A, 【I 3A（無自由端者）】
1	5~15	2	蝕痕	2	I 0B, I 1B, I 2B, 【I 3B（無自由端者）】 II 0A, II 1A, II 2A, 【II 3A（無自由端者）】
2	15~30	3	淺槽	3	I 0C, I 1C, I 2C, 【I 3C（無自由端者）】 II 0C, II 1C, II 2C, 【II 3A（無自由端者）】
4	30~40 40~55	4	深槽	4	I 3A, I 4A, II 0C, II 1C, II 2C, 【II 3B（無自由端者）】
6	55~100	5	舊崩塌地、煤渣堆	5	II 3A, II 4A, I 3B, I 4B
8	>100	6	新崩塌地	6	I 3C, I 4C, II 3B, II 4B, II 3C, II 4C

資料來源：水土保持技術規範第 327 條（2003）

表 5-7：坡地社區環境敏感度分級表

環境風險率	敏感度級數	環境敏感度
5 以下	1	極低
6 至 7	2	低
8 至 9	3	中
10 至 11	4	高
12 以上	5	極高

資料來源：水土保持技術規範第 328 條（2003）

第二節 潛勢災害評估模式建立

本研究共計調查高雄壽山地區之坡地社區環境潛勢災區 36 件、大坪頂地區 33 件、旗山地區者 49 件、岡山地區 53 件及六龜美濃 30 件，共計 201 件，均分別進行坡地社區潛勢災害區之工址 GPS 座標定位與環境現況調查後，確實掌握其坡地社區實況資訊，再對所施設之各類坡地穩定處理工法與其社區環境特性，以統計多變量分析理論(Multivariate Analysis Method)，進行各災害影響因子之變異性分析(Analysis of Covariance)與估算其對各類坡地穩定治理工法成敗之影響變異值，並依其變異值之大小排列判定其影響權重比例，而給予各類影響因子不同權重評分值，再據以進行多變量因子之變異性分析與複相關迴歸分析(Multiple Regression Analysis)，而推導出可適性高之統計計量評估數學模式如圖 5-2，進而計算各分類因子之不安定指數(D_t)值，其定義可列如式 5-1：

$$D_t = d_1^{w_1} \times d_2^{w_2} \times d_3^{w_3} \times \dots \times d_n^{w_n} \dots \dots \dots \text{式 5-1}$$

式中： D_t 為具潛在危險度之因子分類不安定指數($1 \leq D_t \leq 10$)。

$d_1 \dots d_n$ 為各變異影響因子之評分值。

$w_1 \dots w_n$ 為各變異影響因子之權重值。

其中 D_t 為影響工法破壞之因子分類不安定指數(Factorial

Instability Index)， d_n 為各因子之評分值。而 D_t 及 d_n 均以介於 1~10 間之相對等級評分值表示，其各因子之累積值越接近 10，即表示坡地穩定治理工法之受損機率越高，反之，則發生受損機率越小，而單一因子之級數評分值愈大，即表示該因子對工法之可適性影響愈大，而應必須納入評估模式中考量，反之，則可依其評分值多寡，而予以刪除，必要時，再循變異性分析檢測確認。 w_n 為表各變異因子權重值，代表各變異因子間對治理工法之成敗性影響指標。權重值為一指數形式，其值介於 0~1 之間，而各權重值和為 1，此可確保各因子分類不安定指數 D_t 介於 1~10 之間。若一因子之權重值為 0 時，則此因子評分值為 1(凡指數為零次方者，其值均為 1)，可列屬為影響無效因子，而權重值越大，則意涵該因子影響 D_t 值越大，即表示該變異因子對整體評估模式之影響性越趨重要，亦即表示其對治理工法之成敗相關性愈高，故其相關係數(R^2)亦愈高，應將其納入評估模式中之參數考量，方屬合理，而各變異因子之分級級數評分值計算方法可表如式 5-2 表 5-8~5-10 及圖 5-3：

$$\text{各因子分級之級數} = \frac{\text{各因子分級之工法受損件數}}{\text{各因子分級之有效調查件數}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{式 5-2}$$

破壞百分比(X_i)

將式 5-2 計算所得之影響工法成敗之各因子分級破壞百分比，再經式 5-3 估算各單一因子(d_1 、 d_2 、 \dots 、 d_n)之評分值：

$$d_n = \frac{9(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} + 1 \dots\dots\dots \text{式 5-3}$$

其中 X_i 為影響工法成敗之各因子分級破壞百分比， X_{\max} 與 X_{\min} 分別為同一影響因子中所屬各分級受損百分比值中之最大及最小值(如表 5-8)。為期正確決定各因子之最佳權重值，則需經由各單一因子中之不同分級破壞百分比計算各單一因子之變異係數

(Coefficient of Variaton)，列如式 5-4 所示：

$$v = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{式 5-4}$$

其中 σ 為標準偏差 (Standard Deviation)， \bar{X} 為各因子分級之破壞百分比平均值。變異係數 (v) 可代表各因子影響坡地穩定治理工法破壞或失敗機率的敏銳度，當其變異係數越小時，顯示同一因子之各分級影響工法失敗機率相近，此表示此因子之分級無法影響工法受損機率之高低風險評估值顯現，故可判定其非屬重要影響因子，反之，即可利用此因子分級而決定出最合理之同一因子分級級序，及研判該因子在某一特定級序對治理工法成敗之影響程度，而將其列屬為主要影響因子，而必須納入評估模式中之參數考量。最後再將各因子之變異係數除以全部因子之變異係數總和，即為該因子之有效權重值，可列如式 5-5 所示：

$$W_i = \frac{V_i}{V_1 + V_2 + \dots + V_n} \dots\dots\dots \text{式 5-5}$$

表5-8乃依調查結果，初步將可能影響工法成敗之10項變量因子予以作分級評分值、變異係數及權重值之計算結果。另由表5-9可知各變量因子對工法受損機率與風險評估值之影響排序，依表5-9中所列10項變量因子之變異係數值大小順序排列為平均坡度、24hr 累積雨量、值生覆蓋率、平均NDVI、平均SAVI、土壤種類、岩層、距斷層距離、地震震度與邊坡坡向等10項因子，進而求算因子分類不安定指數(D_t)在不同統計極限值下，可能產生與現實落差之誤判概率(如圖5-3&表5-8)，最後再選取誤判率最低者，作比對分析篩選，最後則選取誤判率最低且相關係數 (R^2) 較佳之因子，作為建立評估分析模式之主要依據。

經前述因子判定所選取之區別函數判定評估模式，一般均稱之為費雪線性區別分析(Fisher's Linear Discriminant Analysis)或稱為典型區別函數分析(Canonical Discriminant Analysis)，亦即將多變量 X_i 經複相關迴歸分析後，再組合簡化成式5-6：

$$y_i = b' \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots \text{式5-6}$$

式中： X_i 為區別變數向量

b' 為區別係數向量

n 為向量個數

式5-6中之 y_i 函數可將其認定為在第 i 個群體之期望值(μ_{iy})，而重新列如式5-7所示

$$\mu_{i,y} = E(y|i) = E(b'x|i) = b' \mu_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \dots\dots\dots \text{式5-7}$$

同時依統計推定理論，先假設 y 函數在各因子內之變異係數若均相等時，則表示 y 函數內之各項變異因子間之相互影響性均無顯著差異，而各因子之變異係數可依式5-8求算。

$$\sigma_{ar}(y|i) = \sigma_{ar}(b'x|i) = b' \sum_{i=1}^n b_i \dots\dots\dots \text{式5-8}$$

又 y 函數所含各變異因子間之平均數($\bar{\mu}_y$)與變異係數(σ^2)，可依式5-9&5-10求之；

$$\sigma_y^2 = b' \sum_{i=1}^n b_i \dots\dots\dots \text{式5-9}$$

$$\bar{\mu}_y = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g \mu_{iy} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g b' \mu_i = b' \bar{\mu} \dots\dots\dots \text{式5-10}$$

據此可知對 g 組因子間之 y 函數變異與因子群內之因子變異比值(F)，可依式5-11求之，此F值即可據以作為治理工法受損機率函數之推定依據，並將前述所篩選之10個因子導入 y 函數中運算分析而求得F函數，F函數即為所欲推導之評估數學模式：

$$F = \frac{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^n (\mu_{iy} - \overline{\mu}_y)^2}{\sigma_y^2} = \frac{b \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^n (\mu_i - \overline{\mu})^2}{b \sum b} = \frac{b \beta_0 b}{b \sum b} \dots\dots\dots \text{式5-11}$$

式中： $\beta_0 = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^n (\mu_i - \overline{\mu})(\mu_i - \overline{\mu})$

經由各選定變量因子或參數再進行共變異矩陣分析，再依循混亂矩陣理論之區別函數法則，先將本研究所列之24小時累積雨量等10個多變量因子(X₁、X₂、、、、)納入F函數中運算，再依序納入F函數中分析，及運算求出最佳之評估數學模式(即誤判率為最低者)，以本調查研究之有效調查件數201件而言，其變量因子逐次衰減至9個因子之綜合比較分析可列如表5-8及圖5-3，由圖5-3&表5-8中獲知選取9個因子作為複相關迴歸分析後，所推導出之評估數學模式應屬平均誤判率(6.96%)為最低(如表5-11)，但其相關係數R²=0.619為最合理之評估模式(如式5-12)，式中D_t值可表示坡地社區環境潛在災害防治技術(工法)可能受損之風險值。

$$D_T = S_s^{0.17} \times R_d^{0.15} \times N_d^{0.14} \times N_i^{0.11} \times S_i^{0.10} \times S_k^{0.08} \times F_d^{0.07} \times X_{ge}^{0.07} \times S_a^{0.04} \dots\dots\dots \text{式5-12}$$

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 式中；D _t ：工法受損風險值 | S _s ：平均坡度 |
| N _d ：植生覆蓋率 | S _a ：邊坡坡向 |
| S _k ：土壤種類 | R _d ：24hr累積雨量 |
| F _d ：距斷層距離 | N _i ：平均NDVI值 |
| S _i ：平均 SAVI 值 | X _{ge} ：融合岩層與地震因子 |

圖 5-2 多變量不安定指數分析流程圖

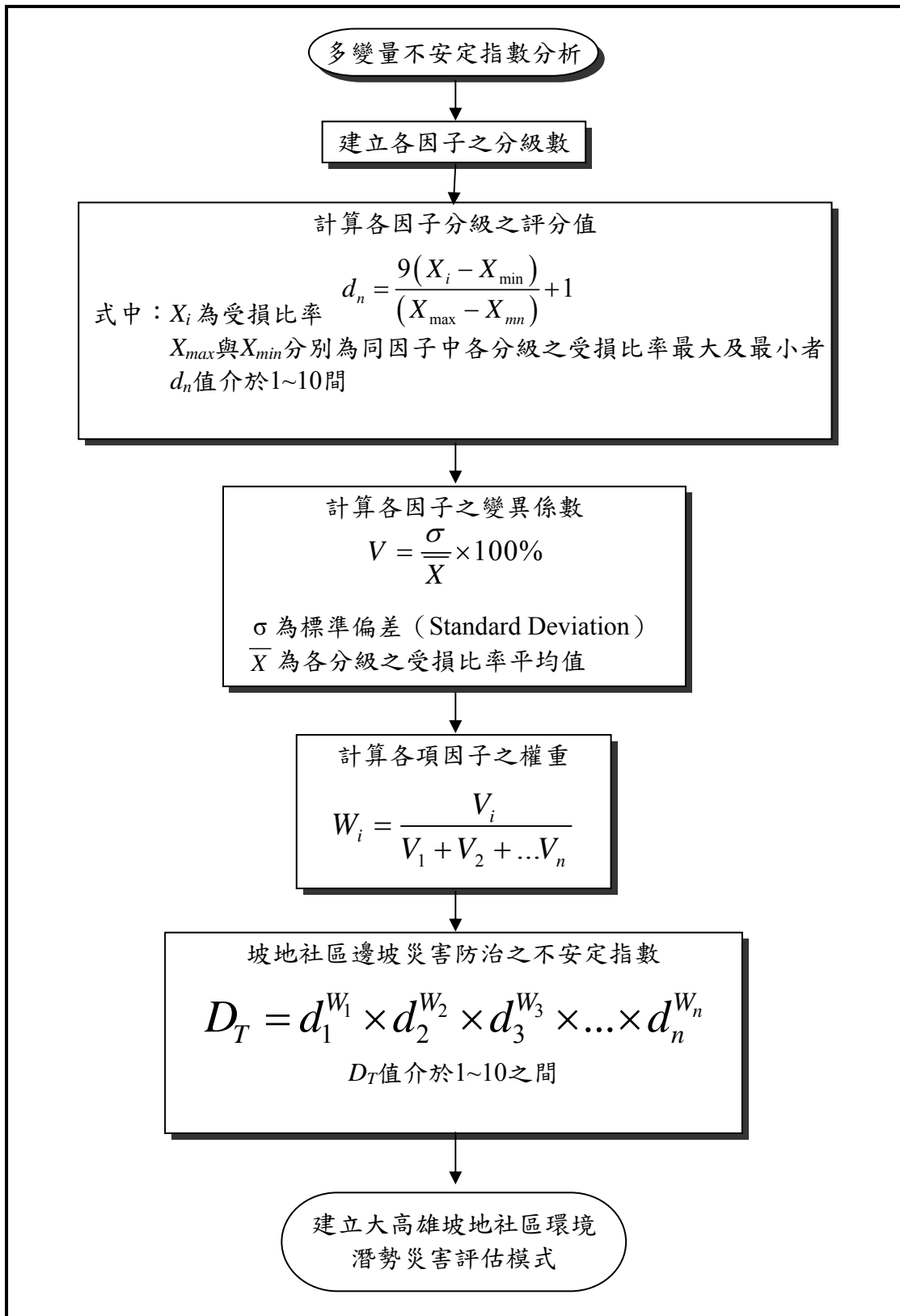


表 5-8 多變量不安定指數分析 10 個因子統計結果表

影響因子	因子分級	調查總數	受損個數	受損數量百分比	評分	
平均坡度	三級坡以下($\leq 30\%$)	29	0	0.00	1.00	
	四級坡(31~40%)	38	2	5.26	1.54	
	五級坡(41~55%)	49	27	55.10	6.67	
	六級坡(56~100%)	69	57	82.61	9.50	
	七級坡($>100\%$)	16	14	87.50	10.00	
	變異係數			90.24%		
	權重			0.17		
邊坡坡向	北(N)	11	5	45.45	5.89	
	東北(NE)	6	3	50.00	7.12	
	東(E)	40	23	57.50	9.13	
	東南(SE)	39	19	48.72	6.77	
	南(S)	28	17	60.71	10.00	
	西南(SW)	23	10	43.48	5.36	
	西(W)	32	17	53.13	7.96	
	西北(NW)	22	6	27.27	1.00	
	變異係數			21.27%		
權重			0.04			
岩層	砂岩層	30	7	23.33	1.00	
	石灰岩層	41	16	39.02	3.88	
	礫岩層	42	19	45.24	5.02	
	砂頁岩互層	59	37	62.71	8.22	
	泥岩層	29	21	72.41	10.00	
	變異係數			40.00%		
	權重			0.08		
距斷層 距離	$<500\text{m}$	44	31	70.45	10.00	
	500~1500m	40	21	52.50	6.11	
	1500~4000m	79	37	46.84	4.88	
	$>4000\text{m}$	38	11	28.95	1.00	
	變異係數			34.42%		
	權重			0.07		

表 5-8(續) 多變量不安定指數分析 10 個因子統計結果表

影響因子	因子分級	調查總數	受損個數	受損數量百分比	評分
地震震度	中震(25~80gal)	68	26	38.24	1.00
	強震(80~250gal)	120	65	54.17	5.63
	烈震(250~400gal)	13	9	69.23	10.00
	變異係數			28.77%	
	權重			0.06	
24hr 累積雨量	豪雨 (130~200mm)	41	7	17.07	1.00
	大豪雨 (200~350mm)	148	84	56.76	7.17
	超大豪雨 (>350mm)	12	9	75.00	10.00
	變異係數			76.01%	
	權重			0.15	
土壤種類	粉質土 (M)	36	24	66.67	10.00
	粘質土 (C)	58	38	65.52	9.74
	砂質土 (S)	92	34	36.96	3.32
	礫石性 (G)	15	4	26.67	1.00
	變異係數			41.34%	
	權重			0.08	
植生覆蓋率	疏鬆 (<30%)	23	22	95.65	10.00
	中等 (30~50%)	54	49	90.74	9.50
	密 (50~70%)	62	25	40.32	4.42
	極密 (>70%)	62	4	6.45	1.00
	變異係數			73.18%	
	權重			0.14	
平均 NDVI 值	<0	25	22	88.00	10.00
	0~0.15	56	39	69.64	7.55
	0.15~0.3	86	32	37.21	3.22
	≥0.3	34	7	20.59	1.00
	變異係數			56.71%	
	權重			0.11	
平均 SAVI 值	< 0	34	27	79.41	10.00
	0~0.25	51	30	58.82	7.10
	0.25~0.5	84	38	45.24	5.18
	>0.5	32	5	15.63	1.00
	變異係數			53.75%	
	權重			0.10	

表5-9 多變量分析運算10個影響因子之權重值與變異係數對照表

多變量不安定指數			
整體誤判率：6.96%~9.47%；R ² ：0.619			
排名	影響因子	變異係數	權重
1	平均坡度	90.24	0.17
2	24hr 累積雨量	76.01	0.15
3	植生覆蓋率	73.18	0.14
4	平均 NDVI 值	56.71	0.11
5	平均 SAVI 值	53.75	0.10
6	土壤種類	41.34	0.08
7	岩層	40.00	0.08
8	斷層距離	34.42	0.07
9	地震震度	28.77	0.06
10	邊坡坡向	21.27	0.04
※	融合地震與岩層	33.47	0.069

表 5-10 多變量分析 9 個因子之混亂矩陣運算

以上限 Dt = 4.6177 分界		最大誤判率		9.47%
現況	推估	推估損壞	推估未損壞	合計
	現況損壞	88	12	100
	現況未損壞	7	94	101
	合計	95	106	201
以上限分界				
以平均值 Dt = 4.4206 分界		最小誤判率		6.96%
現況	推估	推估損壞	推估未損壞	合計
	現況損壞	94	6	100
	現況未損壞	8	93	101
	合計	102	99	201
以平均值分界				
以下限 Dt = 4.2236 分界		平均誤判率		8.93%
現況	推估	推估損壞	推估未損壞	合計
	現況損壞	96	4	100
	現況未損壞	14	87	101
	合計	110	91	201
以下限分界				

圖 5-3 9 項因子多變量分析運算結果對照圖

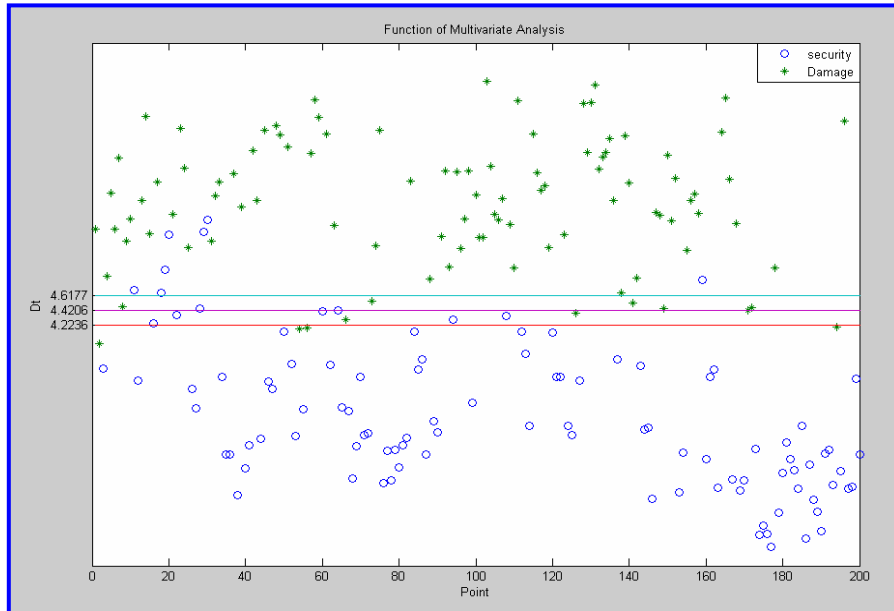


表 5-11 多變量回歸模式之各項因子測試表

因子測試	最小誤判率	平均誤判率	最大誤判率	R ²	顯著性
原 10 項因子	7.46%	8.93%	10.96%	0.60	31.83
剔除 NDVI 植生因子	7.98%	11.91%	11.92%	0.580	33.03
剔除 SAVI 植生因子	8.95%	11.42%	12.45%	0.582	33.41
剔除岩層因子	6.95%	7.46%	8.47%	0.607	37.02
剔除坡向因子	8.45%	8.93%	10.47%	0.593	34.92
剔除斷層距離因子	7.94%	7.96%	9.47%	0.605	36.73
剔除地震震度因子	7.44%	7.45%	9.48%	0.614	38.24
剔除表土種類因子	7.48%	8.95%	10.93%	0.559	30.38
融合岩層與地震因子*	6.96%	8.93%	9.47%	0.619	39.05*
剔除地震與岩性因子	6.94%	7.95%	9.97%	0.612	35.40

第三節 評估模式案例驗證

經由式5-13所建立之非線性治理工法受損風險機率評估數學模式，逐次依9個變量因子之分級級序，權重值與評分值轉換，並針對所調查之有效調查件數(201件)逐一作單件之受損風險評估檢測，進而求算該單件工作之受損風險率(Dt)值後，分別列如表5-12所示，在201件之有效調查工程樣本數中，若依現地勘查之工程受損實況進行多變量不安定指數分析後顯示其(Dt)值介於1.25~7.48間，平均值為4.42(如表5-12)，故取(Dt)值大於4.42者為現況受損之判定依據，雖其平均誤判率仍達6.96%，但仍有90%屬正確判定範圍，因此乃依據(Dt)平均值予以劃分為：受損風險率(Dt)值大於4.42，則屬現況受損；受損風險率(Dt)值小於4.42，則屬現況未受損，以實際調查潛釋災害點位第1處為驗證案例，將其各因子帶入受損風險率模式中運算，可得Dt值為5.51，應歸屬為高風險率，但由災害現況調查得知，該處確為現況已受損之區位點，仍然符合此受損風險率模式之評估結果；再以實際調查區位第3處做驗證案例，可得Dt值為3.64，可歸屬為低風險率，經現況驗證後確定該處並未受損。唯其中尚有14處經由模式評估與現況實例驗證仍有差距，約佔全調查數201件之7%，也據此顯示本評估模式之誤判率已達7%，確實已趨實務應用階段，而可作必要之技術轉移。

本研究將大高雄五個坡地社區邊坡中各選定1處作為風險評估模式之驗證，將5處之災害影響因子帶入多變量不安定指數模式進行分析，其分析結果如表5-13及圖5-4~5-8所示。結果顯示，多變量評估模式有1處之誤判。

表 5-12 大高雄地區坡地社區環境潛在風險防治技術(工法)受損風險評估驗證表

編號	鄉鎮區	研究分區	點位名稱	N	E	平均坡度	整體坡向	地質岩層	地震震度	距斷層距離(m)	24hr 累積雨量(2002~2004)	植生覆蓋率	savi	ndvi	土層種類	損壞面積(%)	危險評估	Dt 值	Dt 平均值	備註
1	鼓山區	壽山分區	山盟海誓東側邊坡	2506266	172336	(56~100%)	西(W)	泥岩層	(25~80gal)	1650	大豪雨	(50~70%)	0.484	0.286	粉質土(M)	30~50	1	5.51	4.42	
2	鼓山區	壽山分區	道路邊坡 1	2505839	172406	(>100%)	西(W)	泥岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(>70%)	0.399	0.306	粉質土(M)	30~50	1	3.97	4.42	※
3	鼓山區	壽山分區	道路邊坡 2	2505789	172419	(>100%)	西(W)	泥岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(>70%)	0.347	0.333	砂質土(S)	<30	0	3.64	4.42	
4	鼓山區	壽山分區	慈德宮東側邊坡	2505701	172549	(56~100%)	西(W)	泥岩層	(25~80gal)	1250	大豪雨	(<30%)	0.509	0.284	砂質土(S)	51~70	1	4.87	4.42	
5	鼓山區	壽山分區	山海宮東側邊坡	2505419	172444	(56~100%)	西(W)	泥岩層	(25~80gal)	1200	大豪雨	(50~70%)	0.109	-0.049	砂質土(S)	51~70	1	5.99	4.42	
6	鼓山區	壽山分區	十八王公左側道路邊坡	2502595	173792	(56~100%)	西南(SW)	泥岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(50~70%)	0.166	0.169	粉質土(M)	>70	1	5.51	4.42	
7	鼓山區	壽山分區	十八王公下邊坡	2502554	173800	(56~100%)	西(W)	泥岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(50~70%)	-0.061	0.105	粉質土(M)	>70	1	6.46	4.42	
8	鼓山區	壽山分區	大樁土牆	2502476	173763	(56~100%)	西(W)	泥岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(>70%)	0.275	0.216	粉質土(M)	>70	1	4.47	4.42	
9	鼓山區	壽山分區	海關宿舍西南側邊坡	2502429	173813	(>100%)	南(S)	石灰岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(50~70%)	0.000	0.174	砂質土(S)	30~50	1	5.35	4.42	
10	鼓山區	壽山分區	海關宿舍西北側邊坡	2502439	173826	(56~100%)	東南(SE)	石灰岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(50~70%)	0.170	0.146	砂質土(S)	30~50	1	5.65	4.42	
11	鼓山區	壽山分區	民房	2502472	173838	(41~55%)	東南(SE)	石灰岩層	(25~80gal)	1700	大豪雨	(50~70%)	0.341	0.229	砂質土(S)	<30	0	4.69	4.42	※
12	鼓山區	壽山分區	民房 2	2502571	173882	(31~40%)	東南(SE)	石灰岩層	(25~80gal)	1700	大豪雨	(50~70%)	0.237	0.169	砂質土(S)	<30	0	3.49	4.42	
13	鼓山區	壽山分區	冬天宮北側邊坡	2502629	173943	(56~100%)	南(S)	砂頁岩互層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(30~50%)	0.080	0.256	砂質土(S)	30~50	1	5.90	4.42	
14	鼓山區	壽山分區	落石區位	2502616	173999	(>100%)	南(S)	砂頁岩互層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(<30%)	-0.178	-0.059	砂質土(S)	>70	1	7.02	4.42	
15	鼓山區	壽山分區	舊崩塌地	2502723	174032	(56~100%)	東(E)	砂頁岩互層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(50~70%)	-0.118	0.195	砂質土(S)	51~70	1	5.44	4.42	
16	鼓山區	壽山分區	學生宿舍	2502893	173998	(>100%)	東(E)	石灰岩層	(25~80gal)	1400	大豪雨	(>70%)	0.298	0.284	砂質土(S)	<30	0	4.25	4.42	
17	鼓山區	壽山分區	中山大學隧道東口	2502983	174014	(>100%)	東(E)	石灰岩層	(25~80gal)	1350	大豪雨	(50~70%)	-0.054	0.098	砂質土(S)	51~70	1	6.14	4.42	
18	鼓山區	壽山分區	轉折點	2503374	174109	(56~100%)	東南(SE)	石灰岩層	(25~80gal)	1150	大豪雨	(>70%)	0.200	0.111	砂質土(S)	<30	0	4.66	4.42	※
19	鼓山區	壽山分區	中山大學教職宿舍東北側邊坡	2503287	174179	(56~100%)	西南(SW)	石灰岩層	(25~80gal)	1250	大豪雨	(50~70%)	0.263	0.169	砂質土(S)	<30	0	4.96	4.42	※
20	鼓山區	壽山分區	壽山公園西南側邊坡 1	2503218	174264	(41~55%)	南(S)	砂頁岩互層	(25~80gal)	1350	大豪雨	(50~70%)	0.080	0.020	砂質土(S)	<30	0	5.43	4.42	※
21	鼓山區	壽山分區	千光路邊坡	2503197	174363	(56~100%)	西南(SW)	石灰岩層	(25~80gal)	1450	大豪雨	(30~50%)	0.136	0.200	砂質土(S)	30~50	1	5.70	4.42	
22	鼓山區	壽山分區	千光寺東北側邊坡	2503138	174445	(56~100%)	西南(SW)	石灰岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(>70%)	0.251	0.058	砂質土(S)	<30	0	4.36	4.42	
23	鼓山區	壽山分區	千光路 46-24 號北側邊坡	2503060	174553	(>100%)	南(S)	石灰岩層	(25~80gal)	1650	大豪雨	(<30%)	-0.088	-0.103	砂質土(S)	51~70	1	6.85	4.42	
24	鼓山區	壽山分區	壽山自來水加壓站西北側邊坡	2503182	174671	(56~100%)	東南(SE)	石灰岩層	(25~80gal)	1750	大豪雨	(<30%)	0.093	0.133	砂質土(S)	30~50	1	6.33	4.42	
25	鼓山區	壽山分區	鼓山一路 119 巷 9 號西側邊坡	2503491	174999	(56~100%)	東(E)	石灰岩層	(25~80gal)	1950	大豪雨	(50~70%)	0.058	0.229	砂質土(S)	30~50	1	5.26	4.42	
26	鼓山區	壽山分區	壽山國中操場西側邊坡	2504176	174911	(31~40%)	西南(SW)	石灰岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(>70%)	0.115	0.074	砂質土(S)	<30	0	3.37	4.42	
27	鼓山區	壽山分區	壽山國小北側舊崩塌地	2504059	175155	(56~100%)	南(S)	砂頁岩互層	(25~80gal)	1800	大豪雨	(>70%)	0.510	0.303	砂質土(S)	<30	0	3.11	4.42	
28	鼓山區	壽山分區	壽山國小通往動物園邊坡	2504094	175222	(56~100%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(25~80gal)	1800	大豪雨	(>70%)	0.423	0.028	砂質土(S)	<30	0	4.44	4.42	※
29	鼓山區	壽山分區	元亨寺西側邊坡	2504713	174930	(41~55%)	東(E)	石灰岩層	(25~80gal)	1250	大豪雨	(50~70%)	0.170	0.114	砂質土(S)	<30	0	5.47	4.42	※
30	鼓山區	壽山分區	千光寺旁停車場邊坡	2506091	174424	(41~55%)	東(E)	石灰岩層	(25~80gal)	600	大豪雨	(50~70%)	0.000	-0.123	砂質土(S)	<30	0	5.63	4.42	※
31	鼓山區	壽山分區	清泉街 107 巷 11 號西側邊坡	2506288	174417	(56~100%)	東(E)	石灰岩層	(25~80gal)	700	大豪雨	(50~70%)	0.139	0.253	砂質土(S)	30~50	1	5.34	4.42	
32	鼓山區	壽山分區	清泉街登山步道	2506500	174432	(56~100%)	東(E)	石灰岩層	(25~80gal)	900	大豪雨	(30~50%)	0.126	0.200	砂質土(S)	30~50	1	5.95	4.42	
33	鼓山區	壽山分區	龍泉禪寺西北側邊坡	2506660	174440	(>100%)	東(E)	石灰岩層	(25~80gal)	1050	大豪雨	(50~70%)	-0.064	0.119	砂質土(S)	30~50	1	6.14	4.42	
34	鼓山區	壽山分區	鼓山三路 93 巷 17 號西北側邊坡	2506801	174564	(16~30%)	東南(SE)	石灰岩層	(25~80gal)	1200	大豪雨	(50~70%)	0.157	0.067	砂質土(S)	<30	0	3.52	4.42	
35	鼓山區	壽山分區	鼓山三路 161 巷 3 號西北側邊坡	2507355	174935	(16~30%)	東南(SE)	石灰岩層	(25~80gal)	1550	大豪雨	(>70%)	0.252	0.210	砂質土(S)	<30	0	2.49	4.42	
36	鼓山區	壽山分區	鼓山三路 185 巷 8-1 號西北側邊坡	2507504	175048	(31~40%)	東南(SE)	石灰岩層	(80~250gal)	1550	大豪雨	(>70%)	0.151	0.333	砂質土(S)	<30	0	2.49	4.42	
37	旗山鎮	旗山分區	新光里後厝巷 22 號西側邊坡	2525878	193733	(>100%)	東(E)	礫岩層	(80~250gal)	1350	大豪雨	(<30%)	-0.036	0.103	礫石性(G)	>70	1	6.25	4.42	
38	旗山鎮	旗山分區	新光里 22 號-35 號之間西側邊坡	2526010	193765	(6~15%)	東(E)	礫岩層	(80~250gal)	1250	大豪雨	(>70%)	0.548	0.367	礫石性(G)	<30	0	1.95	4.42	
39	旗山鎮	旗山分區	新光里後厝巷 35 號西側邊坡	2526059	193777	(56~100%)	東(E)	礫岩層	(80~250gal)	1250	大豪雨	(<30%)	0.256	0.172	砂質土(S)	30~50	1	5.81	4.42	
40	旗山鎮	旗山分區	中洲國小西南側邊坡	2526347	193697	(16~30%)	東北(NE)	礫岩層	(80~250gal)	950	大豪雨	(>70%)	0.417	0.280	礫石性(G)	<30	0	2.30	4.42	

表 5-12 大高雄地區坡地社區環境潛在風險防治技術(工法)受損風險評估驗證表(續)

41	旗山鎮	旗山分區	大山里中寮一路 24 號東北側邊坡	2527902	194235	(31~40%)	西南(SW)	礫岩層	(80~250gal)	50	大豪雨	(>70%)	0.239	0.161	礫石性(G)	重力式擋土牆	< 30	0	2.61	4.42
42	旗山鎮	旗山分區	旗楠路 90 號之 5 西北側邊坡	2527922	194310	(56~100%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	80	大豪雨	(30~50%)	0.191	0.182	粘質土(C)	半重力式擋土牆	30~50	1	6.56	4.42
43	旗山鎮	旗山分區	清水寺西北側邊坡	2528093	194349	(56~100%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	20	大豪雨	(50~70%)	0.195	0.225	粘質土(C)	重力式擋土牆	51~70	1	5.89	4.42
44	旗山鎮	旗山分區	三桃山	2531110	195304	(31~40%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	1850	大豪雨	(>70%)	0.293	0.196	礫石性(G)	自然植生邊坡	< 30	0	2.70	4.42
45	旗山鎮	旗山分區	和平里(中山公園北側)	2532479	195586	(56~100%)	北(N)	泥岩層	(80~250gal)	2500	大豪雨	(<30%)	0.073	0.147	粉質土(M)	自然植生邊坡	51~70	1	6.83	4.42
46	旗山鎮	旗山分區	和平里(舊廟埤地)	2532576	195442	(31~40%)	南(S)	泥岩層	(80~250gal)	2500	大豪雨	(>70%)	0.191	0.128	粉質土(M)	半重力式擋土牆	< 30	0	3.46	4.42
47	旗山鎮	旗山分區	大坑巷 15 號東北側邊坡	2529639	192546	(31~40%)	西南(SW)	泥岩層	(80~250gal)	2000	大豪雨	(>70%)	0.208	0.139	粘質土(C)	重力式擋土牆	< 30	0	3.37	4.42
48	旗山鎮	旗山分區	大坑巷 14 號西北側邊坡	2529598	192920	(56~100%)	東南(SE)	泥岩層	(80~250gal)	2000	大豪雨	(<30%)	0.017	0.011	粘質土(C)	半重力式擋土牆	> 70	1	6.90	4.42
49	旗山鎮	旗山分區	大坑巷 6-2 號南側邊坡	2529433	192890	(56~100%)	北(N)	泥岩層	(80~250gal)	2000	大豪雨	(30~50%)	0.045	0.061	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	6.77	4.42
50	旗山鎮	旗山分區	大坑巷 11 號西側邊坡	2529517	192908	(31~40%)	東(E)	泥岩層	(80~250gal)	2000	大豪雨	(>70%)	0.249	0.177	粘質土(C)	自然植生邊坡	< 30	0	4.14	4.42
51	旗山鎮	旗山分區	大坑巷 20 號北側邊坡	2529928	192468	(41~55%)	南(S)	泥岩層	(80~250gal)	2600	大豪雨	(<30%)	0.071	0.048	粘質土(C)	半重力式擋土牆	51~70	1	6.60	4.42
52	旗山鎮	旗山分區	大坑巷 11 號西北側邊坡	2529452	192968	(6~15%)	東南(SE)	泥岩層	(80~250gal)	2000	大豪雨	(>70%)	0.277	0.185	粘質土(C)	自然植生邊坡	< 30	0	3.70	4.42
53	旗山鎮	旗山分區	妙蓮寺東南側邊坡	2534613	198647	(31~40%)	西(W)	砂頁岩互層	(80~250gal)	750	大豪雨	(>70%)	0.350	0.235	砂質土(S)	自然植生邊坡	< 30	0	2.73	4.42
54	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 40 號西南側邊坡	2532073	192654	(31~40%)	東北(NE)	泥岩層	(80~250gal)	4250	大豪雨	(>70%)	0.139	0.093	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	4.17	4.42
55	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 49 號東南側邊坡	2532148	192697	(41~55%)	西北(NW)	泥岩層	(80~250gal)	4250	大豪雨	(>70%)	0.344	0.169	粘質土(C)	混合式擋土牆	< 30	0	3.10	4.42
56	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 55 號西側邊坡	2532212	192582	(41~55%)	東(E)	泥岩層	(80~250gal)	4250	豪雨	(30~50%)	-0.015	-0.010	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	4.18	4.42
57	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 23 號西側邊坡	2532072	192661	(56~100%)	東(E)	泥岩層	(80~250gal)	3850	大豪雨	(>70%)	-0.043	0.000	粘質土(C)	自然植生邊坡	51~70	1	6.52	4.42
58	旗山鎮	旗山分區	聖義宮西南側邊坡	2532052	193224	(>100%)	東北(NE)	泥岩層	(80~250gal)	3850	大豪雨	(30~50%)	-0.020	0.000	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	7.24	4.42
59	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 25 號西側邊坡	2532177	193159	(56~100%)	東(E)	泥岩層	(80~250gal)	3850	大豪雨	(30~50%)	0.147	0.099	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	7.01	4.42
60	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 14 號西北側邊坡	2532313	193600	(56~100%)	東南(SE)	泥岩層	(80~250gal)	3900	大豪雨	(>70%)	0.251	0.169	粘質土(C)	半重力式擋土牆	< 30	0	4.41	4.42
61	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 10-2 號東北側邊坡	2532298	193763	(56~100%)	西南(SW)	泥岩層	(80~250gal)	3900	大豪雨	(30~50%)	0.055	0.084	粘質土(C)	自然植生邊坡	> 70	1	6.78	4.42
62	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 8-1 號東南側邊坡	2532485	193676	(56~100%)	西北(NW)	泥岩層	(80~250gal)	3900	大豪雨	(>70%)	0.350	0.151	粘質土(C)	重力式擋土牆	< 30	0	3.69	4.42
63	旗山鎮	旗山分區	三協里旗亭巷 8 號東側邊坡	2532512	193684	(56~100%)	西北(NW)	泥岩層	(80~250gal)	3900	大豪雨	(30~50%)	0.306	0.133	粘質土(C)	半重力式擋土牆	30~50	1	5.55	4.42
64	旗山鎮	旗山分區	龍文巷 9 號西側邊坡	2519631	192586	(41~55%)	東(E)	礫岩層	(80~250gal)	3500	大豪雨	(50~70%)	0.000	0.056	礫石性(G)	重力式擋土牆	< 30	0	4.41	4.42
65	旗山鎮	旗山分區	藤口國小西側邊坡	2519753	192511	(31~40%)	東(E)	礫岩層	(80~250gal)	3500	大豪雨	(50~70%)	0.318	0.214	礫石性(G)	自然植生邊坡	< 30	0	3.12	4.42
66	旗山鎮	旗山分區	篤實巷 27 號東北側邊坡	2520113	192451	(41~55%)	西南(SW)	礫岩層	(80~250gal)	3000	大豪雨	(30~50%)	0.574	0.256	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	1	4.30	4.42
67	旗山鎮	旗山分區	篤實巷 37 號北側邊坡	2520110	192661	(16~30%)	南(S)	礫岩層	(80~250gal)	3500	大豪雨	(50~70%)	0.377	0.208	礫石性(G)	自然植生邊坡	< 30	0	3.07	4.42
68	旗山鎮	旗山分區	篤實巷 18 號東北側邊坡	2519967	192600	(31~40%)	西南(SW)	礫岩層	(80~250gal)	3500	大豪雨	(>70%)	0.257	0.347	礫石性(G)	重力式擋土牆	< 30	0	2.16	4.42
69	旗山鎮	旗山分區	中寮里中寮二路 90 號西側邊坡	2524275	189975	(31~40%)	東(E)	砂岩層	(80~250gal)	600	大豪雨	(50~70%)	0.564	0.326	砂質土(S)	半重力式擋土牆	< 30	0	2.60	4.42
70	旗山鎮	旗山分區	中寮里中寮二路 82 號東南側邊坡	2524314	190164	(56~100%)	西北(NW)	砂岩層	(80~250gal)	600	大豪雨	(>70%)	0.288	0.194	砂質土(S)	扶臂式擋土牆	< 30	0	3.53	4.42
71	旗山鎮	旗山分區	中寮里中寮二路 56-1 號東北側邊坡	2524565	190134	(31~40%)	西南(SW)	砂岩層	(80~250gal)	600	大豪雨	(>70%)	0.260	0.174	砂質土(S)	自然植生邊坡	< 30	0	2.75	4.42
72	旗山鎮	旗山分區	中寮國小東南側邊坡	2524575	190266	(16~30%)	西北(NW)	砂岩層	(80~250gal)	600	大豪雨	(50~70%)	0.298	0.200	砂質土(S)	半重力式擋土牆	< 30	0	2.77	4.42
73	旗山鎮	旗山分區	頂湖社區西北側邊坡	2526644	191874	(56~100%)	東南(SE)	砂岩層	(80~250gal)	350	大豪雨	(50~70%)	0.318	0.253	砂質土(S)	半重力式擋土牆	30~50	1	4.54	4.42
74	旗山鎮	旗山分區	中寮二路 7 號西北側邊坡	2526753	192077	(56~100%)	東南(SE)	砂岩層	(80~250gal)	350	大豪雨	(30~50%)	0.209	0.356	砂質土(S)	自然植生邊坡	51~70	1	5.29	4.42
75	旗山鎮	旗山分區	飽仔湖社區西側邊坡	2527133	192381	(>100%)	東(E)	砂岩層	(80~250gal)	350	大豪雨	(30~50%)	0.134	0.107	砂質土(S)	自然植生邊坡	> 70	1	6.83	4.42
76	阿蓮鄉	岡山分區	南峰 31-2 號南向邊坡	2530676	182888	(16~30%)	北(N)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1200	豪雨	(>70%)	0.316	0.235	砂質土(S)	半重力式擋土牆	< 30	0	2.10	4.42
77	田寮鄉	岡山分區	福德祠南側邊坡	2530646	183159	(31~40%)	北(N)	石灰岩層	(80~250gal)	1450	豪雨	(50~70%)	0.273	0.183	砂質土(S)	懸臂式擋土牆	< 30	0	2.53	4.42
78	田寮鄉	岡山分區	崗安路 94 號西南邊坡	2530545	183327	(31~40%)	東(E)	石灰岩層	(80~250gal)	1650	豪雨	(>70%)	0.201	0.190	砂質土(S)	自然植生邊坡	< 30	0	2.14	4.42
79	田寮鄉	岡山分區	崗安路 73 號西側邊坡	2530407	183398	(31~40%)	東(E)	石灰岩層	(80~250gal)	1750	豪雨	(50~70%)	0.252	0.184	砂質土(S)	重力式擋土牆	< 30	0	2.55	4.42
80	田寮鄉	岡山分區	田寮鄉公所西側邊坡	2530165	183442	(16~30%)	東(E)	石灰岩層	(80~250gal)	1800	豪雨	(>70%)	0.109	0.011	粘質土(C)	懸臂式擋土牆	< 30	0	2.32	4.42
81	田寮鄉	岡山分區	崗安路 57 號西側邊坡	2529722	183532	(16~30%)	東(E)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1900	豪雨	(50~70%)	0.146	0.098	砂質土(S)	重力式擋土牆	< 30	0	2.62	4.42
82	田寮鄉	岡山分區	崗安路 52-2 號西側邊坡	2529551	183521	(31~40%)	東(E)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1900	豪雨	(50~70%)	0.497	0.279	粘質土(C)	重力式擋土牆	< 30	0	2.71	4.42
83	田寮鄉	岡山分區	高 37 縣道 1K+500m 處邊坡	2529313	183444	(>100%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1800	大豪雨	(<30%)	0.353	0.237	粘質土(C)	自然植生邊坡	> 70	1	6.15	4.42

表 5-12 大高雄地區坡地社區環境潛在風險防治技術(工法)受損風險評估驗證表(續)

84	田寮鄉	岡山分區	高 37 縣道 1K+900m 處邊坡	2528870	183343	(41~55%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1850	大豪雨	(>70%)	0.318	0.121	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	4.14	4.42
85	田寮鄉	岡山分區	高 37 縣道 2K+100m 處邊坡	2528663	183241	(31~40%)	東南(SE)	石灰岩層	(80~250gal)	1750	大豪雨	(>70%)	0.088	0.023	粉質土(M)	自然植生邊坡	<30	0	3.63	4.42
86	田寮鄉	岡山分區	朝元寺西北側邊坡	2528433	183098	(41~55%)	東南(SE)	石灰岩層	(80~250gal)	1650	大豪雨	(>70%)	0.439	0.294	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	3.77	4.42
87	田寮鄉	岡山分區	高 37 縣道 2K+900m 處邊坡	2527938	183196	(16~30%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1800	大豪雨	(>70%)	0.410	0.275	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.49	4.42
88	田寮鄉	岡山分區	高 37 縣道 3K 處邊坡	2527826	183183	(56~100%)	東(E)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1800	大豪雨	(30~50%)	0.382	0.325	粘質土(C)	重力式擋土牆	51~70	1	4.84	4.42
89	田寮鄉	岡山分區	高 37 縣道 3K+200m 處邊坡	2527491	182992	(16~30%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1600	大豪雨	(50~70%)	0.404	0.326	粘質土(C)	自然植生邊坡	<30	0	2.93	4.42
90	田寮鄉	岡山分區	高 14 縣道 5K+850m 處邊坡	2526934	182751	(31~40%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1450	大豪雨	(50~70%)	0.587	0.393	粘質土(C)	重力式擋土牆	<30	0	2.79	4.42
91	田寮鄉	岡山分區	高 14 縣道 4K+900m 處邊坡	2526208	182420	(41~55%)	東(E)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1300	大豪雨	(30~50%)	0.298	0.229	粘質土(C)	半重力式擋土牆	30~50	1	5.40	4.42
92	田寮鄉	岡山分區	高 14 縣道 4K+700m 處邊坡	2526042	182326	(56~100%)	東(E)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1250	大豪雨	(30~50%)	0.382	0.256	粘質土(C)	半重力式擋土牆	51~70	1	6.28	4.42
93	岡山鎮	岡山分區	高 14 縣道 4K+400m 處邊坡	2525853	182069	(31~40%)	南(S)	砂頁岩互層	(80~250gal)	1000	大豪雨	(<30%)	0.222	-0.016	粘質土(C)	重力式擋土牆	30~50	1	5.00	4.42
94	岡山鎮	岡山分區	山隙路 105 巷 3 號東側邊坡	2525803	181699	(16~30%)	西(W)	砂頁岩互層	(80~250gal)	650	大豪雨	(<30%)	0.275	0.081	粘質土(C)	重力式擋土牆	<30	0	4.29	4.42
95	岡山鎮	岡山分區	山隙路 46 巷 33 號東南側邊坡	2525547	181524	(56~100%)	西北(NW)	砂頁岩互層	(80~250gal)	500	大豪雨	(<30%)	-0.015	0.000	粘質土(C)	重力式擋土牆	>70	1	6.28	4.42
96	岡山鎮	岡山分區	山隙路 96 巷道路邊坡 1	2525467	181657	(41~55%)	東(E)	砂頁岩互層	(80~250gal)	600	大豪雨	(50~70%)	0.251	0.200	粘質土(C)	重力式擋土牆	30~50	1	5.25	4.42
97	岡山鎮	岡山分區	山隙路 46 巷 36 號東北側邊坡	2525432	181513	(56~100%)	西南(SW)	砂頁岩互層	(80~250gal)	500	大豪雨	(50~70%)	0.382	0.256	粘質土(C)	半重力式擋土牆	30~50	1	5.64	4.42
98	岡山鎮	岡山分區	三和里大寮路 20 號之 20	2525163	181455	(41~55%)	東(E)	石灰岩層	(80~250gal)	450	大豪雨	(<30%)	0.157	0.205	粘質土(C)	自然植生邊坡	51~70	1	6.28	4.42
99	岡山鎮	岡山分區	莨寮路 20-2 號西側邊坡	2524915	181542	(41~55%)	東(E)	石灰岩層	(80~250gal)	600	大豪雨	(>70%)	0.520	0.326	粘質土(C)	自然植生邊坡	<30	0	3.18	4.42
100	岡山鎮	岡山分區	大世界國際村西北側邊坡	2524533	181779	(41~55%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80~250gal)	900	大豪雨	(30~50%)	0.121	0.161	粉質土(M)	重力式擋土牆	30~50	1	5.97	4.42
101	岡山鎮	岡山分區	莨寮路 1 之 2 號西北側邊坡	2524014	181493	(56~100%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	700	大豪雨	(30~50%)	0.441	0.304	粘質土(C)	自然植生邊坡	51~70	1	5.40	4.42
102	岡山鎮	岡山分區	大莊路道路邊坡 4	2523818	181312	(56~100%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	600	大豪雨	(30~50%)	0.497	0.383	粘質土(C)	重力式擋土牆	51~70	1	5.40	4.42
103	岡山鎮	岡山分區	大莊路 2 巷道路邊坡 3	2523773	181157	(56~100%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	450	大豪雨	(<30%)	0.163	-0.017	粘質土(C)	自然植生邊坡	>70	1	7.48	4.42
104	岡山鎮	岡山分區	大莊路 2 巷道路邊坡 2	2523535	180902	(56~100%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	250	大豪雨	(30~50%)	0.270	0.181	粘質土(C)	自然植生邊坡	>70	1	6.35	4.42
105	岡山鎮	岡山分區	大莊路 2 巷道路邊坡 1	2523666	180953	(56~100%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	250	大豪雨	(50~70%)	0.389	0.221	粘質土(C)	半重力式擋土牆	30~50	1	5.71	4.42
106	岡山鎮	岡山分區	大莊路 2 巷道路邊坡 4	2524058	180973	(56~100%)	東南(SE)	石灰岩層	(80~250gal)	250	大豪雨	(<30%)	0.497	0.348	粘質土(C)	自然植生邊坡	51~70	1	5.63	4.42
107	岡山鎮	岡山分區	大莊路 2 巷道路邊坡 5	2524110	181155	(41~55%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80~250gal)	350	大豪雨	(30~50%)	0.345	0.216	粘質土(C)	自然植生邊坡	51~70	1	5.92	4.42
108	岡山鎮	岡山分區	大莊路 2 巷金蘭早茶會東側邊坡	2523585	180562	(31~40%)	西(W)	礫岩層	(80~250gal)	100	大豪雨	(30~50%)	0.298	0.200	粘質土(C)	半重力式擋土牆	<30	0	4.34	4.42
109	岡山鎮	岡山分區	天人洞休閒區北側邊坡	2524139	180641	(41~55%)	西(W)	石灰岩層	(80~250gal)	50	大豪雨	(30~50%)	0.457	0.284	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	5.57	4.42
110	岡山鎮	岡山分區	大莊路 2 巷 72 號東南側邊坡	2524310	180725	(41~55%)	西北(NW)	石灰岩層	(80~250gal)	100	大豪雨	(30~50%)	0.350	0.235	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	4.99	4.42
111	岡山鎮	岡山分區	大莊路 2 巷 61 號西南側邊坡	2524610	180971	(56~100%)	東北(NE)	石灰岩層	(80~250gal)	80	大豪雨	(30~50%)	0.181	0.121	粘質土(C)	自然植生邊坡	51~70	1	7.23	4.42
112	岡山鎮	岡山分區	大莊路 3 號西北側邊坡	2523324	180641	(41~55%)	東南(SE)	礫岩層	(80~250gal)	50	大豪雨	(>70%)	0.199	0.140	礫石性(G)	自然植生邊坡	<30	0	4.13	4.42
113	岡山鎮	岡山分區	大莊路 22 號北側邊坡	2523169	180343	(16~30%)	南(S)	礫岩層	(80~250gal)	200	大豪雨	(50~70%)	0.034	-0.020	砂質土(S)	重力式擋土牆	<30	0	3.83	4.42
114	岡山鎮	岡山分區	大莊路 60 巷 30 弄 10 號東側邊坡	2523600	180150	(16~30%)	西(W)	礫岩層	(80~250gal)	450	大豪雨	(>70%)	0.326	0.218	粘質土(C)	自然植生邊坡	<30	0	2.88	4.42
115	岡山鎮	岡山分區	大莊路 60 巷 80 弄 10 號東側邊坡	2523860	180142	(41~55%)	西(W)	礫岩層	(80~250gal)	500	大豪雨	(30~50%)	0.126	0.023	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	6.78	4.42
116	岡山鎮	岡山分區	嘉新東路 2 段 12 號東側邊坡	2524281	180214	(56~100%)	西(W)	礫岩層	(80~250gal)	550	大豪雨	(<30%)	0.387	0.253	粘質土(C)	重力式擋土牆	>70	1	6.26	4.42
117	岡山鎮	岡山分區	華崗路 1 巷 3 弄 1-1 號南側邊坡	2524644	180768	(41~55%)	北(N)	石灰岩層	(80~250gal)	100	大豪雨	(<30%)	0.263	0.164	粘質土(C)	半重力式擋土牆	>70	1	6.03	4.42
118	岡山鎮	岡山分區	華崗路 1 巷道路邊坡 1	2524944	180730	(41~55%)	東(E)	砂頁岩互層	(80~250gal)	150	大豪雨	(<30%)	0.263	0.189	粘質土(C)	自然植生邊坡	51~70	1	6.09	4.42
119	阿蓮鄉	岡山分區	復安村道路邊坡 1	2527017	181667	(41~55%)	西(W)	砂頁岩互層	(80~250gal)	400	大豪雨	(30~50%)	0.484	0.342	粘質土(C)	自然植生邊坡	30~50	1	5.26	4.42
120	阿蓮鄉	岡山分區	復安村 216-30 號東北側邊坡	2527218	181532	(31~40%)	西南(SW)	砂頁岩互層	(80~250gal)	200	大豪雨	(50~70%)	0.419	0.227	粘質土(C)	半重力式擋土牆	<30	0	4.13	4.42
121	阿蓮鄉	岡山分區	復安村道路邊坡 2	2527491	181473	(16~30%)	西(W)	砂頁岩互層	(80~250gal)	100	大豪雨	(50~70%)	0.273	0.169	粘質土(C)	半重力式擋土牆	<30	0	3.54	4.42
122	阿蓮鄉	岡山分區	福全佛堂東側邊坡	2527717	181526	(16~30%)	西(W)	砂頁岩互層	(80~250gal)	100	大豪雨	(50~70%)	0.316	0.151	粘質土(C)	半重力式擋土牆	<30	0	3.54	4.42
123	阿蓮鄉	岡山分區	蓮峯寺南側邊坡	2528339	181342	(41~55%)	西(W)	砂頁岩互層	(80~250gal)	50	大豪雨	(30~50%)	0.298	0.164	粘質土(C)	半重力式擋土牆	30~50	1	5.43	4.42
124	阿蓮鄉	岡山分區	高 13 線道路邊坡 1	2529400	181393	(16~30%)	西(W)	砂頁岩互層	(80~250gal)	150	大豪雨	(>70%)	0.382	0.275	粘質土(C)	重力式擋土牆	<30	0	2.87	4.42
125	阿蓮鄉	岡山分區	高 13 線道路邊坡 2	2529934	181568	(16~30%)	西北(NW)	礫岩層	(80~250gal)	50	大豪雨	(50~70%)	0.429	0.307	粘質土(C)	自然植生邊坡	<30	0	2.75	4.42
126	阿蓮鄉	岡山分區	高 13 線道路邊坡 3	2530386	182176	(41~55%)	北(N)	砂頁岩互層	(80~250gal)	550	豪雨	(<30%)	-0.103	0.113	粘質土(C)	自然植生邊坡	51~70	1	4.38	4.42
127	旗山鎮	旗山分區	義民巷 1 號西北側邊坡	2532129	197714	(41~55%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80~250gal)	350	大豪雨	(>70%)	0.257	0.311	砂質土(S)	重力式擋土牆	<30	0	3.48	4.42
128	旗山鎮	旗山分區	義民巷 33 號北側邊坡	2532677	197680	(56~100%)	南(S)	砂頁岩互層	(80~250gal)	600	大豪雨	(30~50%)	0.209	0.084	粉質土(M)	自然植生邊坡	30~50	1	7.18	4.42

表 5-12 大高雄地區坡地社區環境潛在風險防治技術(工法)受損風險評估驗證表(續)

129	旗山鎮	旗山分區	義民巷道路邊坡 1	2532676	197903	(>100%)	南(S)	砂頁岩互層	(80-250gal)	400	大豪雨	(50-70%)	0.339	0.143	粉質土(M)	重力式擋土牆	51~70	I	6.53	4.42
130	旗山鎮	旗山分區	義民巷道路邊坡 2	2532955	198251	(56-100%)	南(S)	砂頁岩互層	(80-250gal)	250	大豪雨	(30-50%)	0.326	0.023	粉質土(M)	自然植生邊坡	51~70	I	7.21	4.42
131	美濃鎮	美濃六龜分區	福美路 648 號北側邊坡	2533127	198637	(56-100%)	南(S)	砂頁岩互層	(80-250gal)	0	大豪雨	(30-50%)	0.327	-0.013	粉質土(M)	自然植生邊坡	30~50	I	7.43	4.42
132	美濃鎮	美濃六龜分區	福美路 620 巷 18 號西北側邊坡	2533459	198696	(41-55%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(80-250gal)	50	大豪雨	(30-50%)	0.339	-0.010	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	6.31	4.42
133	美濃鎮	美濃六龜分區	福美路 608 號東北側邊坡	2533582	199200	(56-100%)	西南(SW)	砂頁岩互層	(80-250gal)	250	大豪雨	(30-50%)	0.457	-0.011	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	6.48	4.42
134	美濃鎮	美濃六龜分區	福美路 582 巷 17 號西北側邊坡	2533943	199567	(56-100%)	西(W)	砂頁岩互層	(80-250gal)	350	大豪雨	(<30%)	0.282	0.013	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	6.53	4.42
135	美濃鎮	美濃六龜分區	雷音禪寺西側邊坡	2534489	199988	(56-100%)	東(E)	砂頁岩互層	(80-250gal)	250	大豪雨	(30-50%)	0.372	-0.048	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	6.72	4.42
136	美濃鎮	美濃六龜分區	月光山道路邊坡	2536119	202293	(56-100%)	東(E)	砂頁岩互層	(80-250gal)	450	大豪雨	(50-70%)	0.497	0.111	砂質土(S)	重力式擋土牆	51~70	I	5.89	4.42
137	美濃鎮	美濃六龜分區	興隆三街 200 號西北側邊坡	2535926	204095	(41-55%)	東南(SE)	砂頁岩互層	(250-400gal)	1850	大豪雨	(50-70%)	0.530	0.400	粘質土(C)	疊式擋土牆	<30	0	3.77	4.42
138	美濃鎮	美濃六龜分區	廣興街 202 巷 120 號北側邊坡	2536200	204674	(56-100%)	南(S)	砂頁岩互層	(250-400gal)	2250	大豪雨	(50-70%)	0.600	0.065	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	6.66	4.42
139	美濃鎮	美濃六龜分區	大埤頭 96 之 1 號西側邊坡	2536938	205836	(56-100%)	東(E)	砂頁岩互層	(250-400gal)	3050	超大豪雨	(30-50%)	0.377	-0.055	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	6.76	4.42
140	美濃鎮	美濃六龜分區	潮元 8 號北側邊坡	2537229	207071	(41-55%)	南(S)	砂頁岩互層	(250-400gal)	4000	超大豪雨	(30-50%)	0.401	0.040	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	6.13	4.42
141	美濃鎮	美濃六龜分區	黃蝶翠谷聯外道路邊坡 1	2536600	208156	(56-100%)	西北(NW)	砂頁岩互層	(250-400gal)	3400	超大豪雨	(50-70%)	0.553	0.137	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	4.52	4.42
142	美濃鎮	美濃六龜分區	廣福街 116 巷 52 號東北側邊坡	2534888	206622	(41-55%)	西南(SW)	砂頁岩互層	(250-400gal)	4250	超大豪雨	(30-50%)	0.508	0.000	粉質土(M)	疊式擋土牆	30~50	I	4.85	4.42
143	美濃鎮	美濃六龜分區	廣福街 3 之 1 號西側邊坡	2534416	206017	(56-100%)	東(E)	砂頁岩互層	(80-250gal)	4300	大豪雨	(>70%)	0.225	0.422	粉質土(M)	重力式擋土牆	<30	0	3.67	4.42
144	美濃鎮	美濃六龜分區	龍東巷 117 號東側邊坡	2533772	206342	(41-55%)	西(W)	砂頁岩互層	(80-250gal)	4300	大豪雨	(>70%)	0.546	0.412	粉質土(M)	自然植生邊坡	<30	0	2.83	4.42
145	美濃鎮	美濃六龜分區	龍東巷 109 號東南側邊坡	2533272	206257	(41-55%)	西北(NW)	砂頁岩互層	(80-250gal)	4400	大豪雨	(50-70%)	0.509	0.342	粉質土(M)	自然植生邊坡	<30	0	2.85	4.42
146	美濃鎮	美濃六龜分區	龍東巷 69 號東南側邊坡	2532262	206248	(31-40%)	西北(NW)	砂頁岩互層	(80-250gal)	4550	大豪雨	(>70%)	0.288	0.301	砂質土(S)	疊式擋土牆	<30	0	1.90	4.42
147	美濃鎮	美濃六龜分區	茶頂街 5 號東側邊坡	2532074	207120	(56-100%)	西(W)	砂頁岩互層	(80-250gal)	3800	超大豪雨	(50-70%)	0.108	0.073	粉質土(M)	疊式擋土牆	30~50	I	5.73	4.42
148	美濃鎮	美濃六龜分區	茶頂街 15 號東側邊坡	2531861	206554	(56-100%)	西(W)	砂頁岩互層	(80-250gal)	4400	大豪雨	(30-50%)	0.157	0.077	砂質土(S)	重力式擋土牆	30~50	I	5.70	4.42
149	美濃鎮	美濃六龜分區	龍蘭街 9 號北側邊坡	2531164	206179	(41-55%)	南(S)	砂頁岩互層	(80-250gal)	5050	大豪雨	(>70%)	-0.022	0.073	粉質土(M)	重力式擋土牆	30~50	I	4.44	4.42
150	美濃鎮	美濃六龜分區	文昌宮東北側邊坡	2531321	204802	(56-100%)	西南(SW)	砂頁岩互層	(80-250gal)	5750	大豪雨	(30-50%)	-0.063	-0.046	粉質土(M)	重力式擋土牆	51~70	I	6.50	4.42
151	美濃鎮	美濃六龜分區	泰和路 4 號北側邊坡	2532110	203992	(56-100%)	南(S)	砂頁岩互層	(80-250gal)	4550	大豪雨	(30-50%)	-0.029	-0.051	礫石性(G)	半重力式擋土牆	51~70	I	5.62	4.42
152	美濃鎮	美濃六龜分區	成功路 380 巷 35 之 1 號北側邊坡	2532340	203884	(56-100%)	南(S)	砂頁岩互層	(80-250gal)	4300	大豪雨	(30-50%)	-0.020	-0.013	砂質土(S)	半重力式擋土牆	30~50	I	6.18	4.42
153	美濃鎮	美濃六龜分區	成功路 380 巷 49 號東南側邊坡	2532579	204147	(16-30%)	西北(NW)	砂頁岩互層	(80-250gal)	4300	大豪雨	(>70%)	-0.083	0.365	礫石性(G)	重力式擋土牆	<30	0	1.98	4.42
154	燕巢鄉	旗山分區	車瓜林五仙宮南側邊坡	2522145	186456	(6-15%)	西(W)	砂岩層	(80-250gal)	2700	大豪雨	(50-70%)	0.547	0.307	粉質土(M)	自然植生邊坡	<30	0	2.51	4.42
155	燕巢鄉	旗山分區	金山村 33 之 99 號東南側邊坡	2522700	186383	(41-55%)	西北(NW)	砂岩層	(80-250gal)	3200	大豪雨	(30-50%)	0.252	0.000	粉質土(M)	自然植生邊坡	51~70	I	5.23	4.42
156	燕巢鄉	旗山分區	麟麟巷 22 之 2 號東側邊坡	2522327	187636	(56-100%)	西(W)	泥岩層	(80-250gal)	2200	大豪雨	(30-50%)	-0.026	0.016	砂質土(S)	半重力式擋土牆	51~70	I	5.90	4.42
157	燕巢鄉	旗山分區	新養女湖南側邊坡	2522758	188545	(41-55%)	北(N)	泥岩層	(80-250gal)	1450	大豪雨	(50-70%)	-0.037	0.121	粉質土(M)	重力式擋土牆	30~50	I	5.97	4.42
158	田寮鄉	旗山分區	田埔 16 號北側邊坡	2524346	188156	(41-55%)	南(S)	泥岩層	(80-250gal)	2250	大豪雨	(50-70%)	0.398	0.133	粉質土(M)	自然植生邊坡	30~50	I	5.72	4.42
159	田寮鄉	旗山分區	牛路彎社區東側邊坡	2525117	185955	(41-55%)	西(W)	礫岩層	(80-250gal)	4500	大豪雨	(<30%)	0.509	0.113	粉質土(M)	重力式擋土牆	<30	0	4.82	4.42
160	燕巢鄉	岡山分區	尖山巷 124 號東南側邊坡	2524276	184162	(31-40%)	西北(NW)	礫岩層	(80-250gal)	3300	大豪雨	(50-70%)	0.520	0.326	粉質土(M)	自然植生邊坡	<30	0	2.42	4.42
161	燕巢鄉	岡山分區	和尚巷 106 號北側邊坡	2523804	183304	(31-40%)	南(S)	礫岩層	(80-250gal)	2500	大豪雨	(50-70%)	-0.048	0.312	粉質土(M)	自然植生邊坡	<30	0	3.53	4.42
162	六龜鄉	美濃六龜分區	新威村 167 號西側邊坡	2533064	210614	(41-55%)	東(E)	礫岩層	(250-400gal)	450	超大豪雨	(50-70%)	0.509	0.318	砂質土(S)	重力式擋土牆	<30	0	3.63	4.42
163	六龜鄉	美濃六龜分區	新威村 111 號西北側邊坡	2533972	211059	(16-30%)	東南(SE)	礫岩層	(250-400gal)	200	超大豪雨	(>70%)	0.533	0.357	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.05	4.42
164	六龜鄉	美濃六龜分區	聖德寶宮西北側邊坡	2535326	211867	(>100%)	東南(SE)	礫岩層	(250-400gal)	400	超大豪雨	(30-50%)	-0.072	-0.048	礫石性(G)	重力式擋土牆	30~50	I	6.80	4.42
165	六龜鄉	美濃六龜分區	二坡 55 號北側邊坡	2537058	212610	(56-100%)	南(S)	礫岩層	(250-400gal)	550	超大豪雨	(>70%)	-0.051	-0.035	砂質土(S)	自然植生邊坡	30~50	I	7.26	4.42
166	六龜鄉	美濃六龜分區	復興巷 49 號西北側邊坡	2539254	212426	(>100%)	東南(SE)	礫岩層	(250-400gal)	0	超大豪雨	(30-50%)	0.288	0.037	礫石性(G)	半重力式擋土牆	51~70	I	6.18	4.42
167	六龜鄉	美濃六龜分區	光明巷 26 號西南側邊坡	2542680	211718	(31-40%)	東北(NE)	礫岩層	(250-400gal)	1700	超大豪雨	(>70%)	0.629	0.429	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.16	4.42
168	六龜鄉	美濃六龜分區	育樂巷 17 號之 1 西側邊坡	2544498	211538	(41-55%)	東(E)	礫岩層	(250-400gal)	2350	超大豪雨	(50-70%)	-0.043	-0.029	砂質土(S)	半重力式擋土牆	30~50	I	5.58	4.42
169	小港區	大坪頂分區	新厝路 45 號北側邊坡	2496110	186614	(16-30%)	南(S)	礫岩層	(25-80gal)	4000	豪雨	(>70%)	-0.049	0.200	砂質土(S)	重力式擋土牆	<30	0	2.01	4.42
170	小港區	大坪頂分區	新厝路 1 號東北側邊坡	2496126	186740	(16-30%)	西南(SW)	礫岩層	(25-80gal)	4000	豪雨	(>70%)	0.088	-0.012	砂質土(S)	半重力式擋土牆	<30	0	2.15	4.42
171	小港區	大坪頂分區	新厝路 59 號東南側邊坡	2496383	186609	(56-100%)	西北(NW)	礫岩層	(25-80gal)	3900	豪雨	(30-50%)	-0.018	0.037	粉質土(M)	重力式擋土牆	30~50	I	4.42	4.42
172	小港區	大坪頂分區	大潭路 7 號東北側邊坡	2496550	186377	(41-55%)	西南(SW)	礫岩層	(25-80gal)	4150	豪雨	(30-50%)	-0.055	-0.037	粉質土(M)	重力式擋土牆	>70	I	4.46	4.42

表 5-12 大高雄地區坡地社區環境潛在風險防治技術(工法)受損風險評估驗證表(續)

173	小港區	大坪頂分區	大平路 57 號東北側邊坡	2496419	186123	(16~30%)	西南(SW)	砂岩層	(25~80gal)	4400	豪雨	(50~70%)	-0.223	0.165	粉質土(M)	重力式擋土牆	<30	0	2.56	4.42
174	小港區	大坪頂分區	山水(山產料理)西側邊坡	2496500	186087	(16~30%)	西(W)	砂岩層	(25~80gal)	4450	豪雨	(>70%)	0.502	0.227	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	1.42	4.42
175	小港區	大坪頂分區	高坪公園南側邊坡	2496467	186014	(31~40%)	北(N)	砂岩層	(25~80gal)	4450	豪雨	(>70%)	0.566	0.244	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	1.54	4.42
176	小港區	大坪頂分區	海(賞景廣場)西北側邊坡	2496663	185721	(31~40%)	西北(NW)	砂岩層	(25~80gal)	4750	豪雨	(>70%)	0.574	0.277	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	1.43	4.42
177	小港區	大坪頂分區	大坪路道路邊坡 1	2496708	185590	(16~30%)	西北(NW)	砂岩層	(25~80gal)	4850	豪雨	(>70%)	0.507	0.253	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	1.25	4.42
178	小港區	大坪頂分區	天主教旁南側邊坡	2496514	185723	(>100%)	西(W)	礫岩層	(25~80gal)	4750	豪雨	(30~50%)	-0.024	-0.016	粉質土(M)	自然植生邊坡	30~50	1	4.99	4.42
179	小港區	大坪頂分區	坪頂 25 巷 13 號西側邊坡	2495574	186151	(31~40%)	東(E)	砂岩層	(25~80gal)	4600	豪雨	(>70%)	0.528	0.284	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	1.71	4.42
180	小港區	大坪頂分區	民合居建設住宅區東北側邊坡	2495482	186093	(56~100%)	西南(SW)	砂岩層	(25~80gal)	4650	豪雨	(>70%)	0.517	0.227	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.24	4.42
181	小港區	大坪頂分區	高坪武路道路邊坡 1	2495071	186135	(41~55%)	西(W)	砂岩層	(25~80gal)	4750	豪雨	(50~70%)	0.502	0.213	砂質土(S)	半重力式擋土牆	<30	0	2.65	4.42
182	大寮鄉	大坪頂分區	圓通寺北側邊坡	2494086	187701	(41~55%)	南(S)	砂岩層	(25~80gal)	4000	豪雨	(>70%)	0.567	0.255	砂質土(S)	疊式擋土牆	<30	0	2.43	4.42
183	大寮鄉	大坪頂分區	林內路 2 巷 16 之 7 號南側邊坡	2492853	186856	(41~55%)	北(N)	石灰岩層	(25~80gal)	5450	豪雨	(50~70%)	0.508	0.362	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.28	4.42
184	小港區	大坪頂分區	山邊路 2 號之 1 東側邊坡	2490762	183593	(56~100%)	西(W)	石灰岩層	(25~80gal)	9250	豪雨	(>70%)	0.538	0.312	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.04	4.42
185	小港區	大坪頂分區	山邊路 5 之 5 號南側邊坡	2492136	184375	(56~100%)	北(N)	石灰岩層	(25~80gal)	7800	豪雨	(>70%)	-0.175	0.182	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.88	4.42
186	小港區	大坪頂分區	從善寺東南側邊坡	2493039	185096	(31~40%)	西北(NW)	石灰岩層	(25~80gal)	6650	豪雨	(>70%)	0.532	0.169	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	1.37	4.42
187	小港區	大坪頂分區	天文宮東南側邊坡	2493189	185374	(31~40%)	西北(NW)	石灰岩層	(25~80gal)	6350	豪雨	(30~50%)	-0.022	0.253	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.36	4.42
188	小港區	大坪頂分區	中油煉油廠南側邊坡	2493640	185916	(41~55%)	北(N)	砂岩層	(25~80gal)	5650	豪雨	(>70%)	0.532	0.264	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	1.88	4.42
189	小港區	大坪頂分區	高坪 3 街道路邊坡 1	2493978	185713	(31~40%)	西北(NW)	砂岩層	(25~80gal)	5600	豪雨	(>70%)	-0.039	0.255	砂質土(S)	半重力式擋土牆	<30	0	1.72	4.42
190	小港區	大坪頂分區	高坪 27 街 486 巷 47 號東北側邊坡	2495928	185893	(31~40%)	西南(SW)	砂岩層	(25~80gal)	4750	豪雨	(>70%)	0.535	0.326	粉質土(M)	半重力式擋土牆	<30	0	1.47	4.42
191	小港區	大坪頂分區	松泰街 138 號東北側邊坡	2497354	184997	(41~55%)	西南(SW)	砂岩層	(25~80gal)	5300	豪雨	(50~70%)	0.404	0.302	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.51	4.42
192	小港區	大坪頂分區	松崗路 47 號北側邊坡	2497588	184834	(31~40%)	南(S)	礫岩層	(25~80gal)	5450	豪雨	(30~50%)	0.365	0.244	砂質土(S)	錨定擋土牆	<30	0	2.55	4.42
193	小港區	大坪頂分區	松崗路 106 號北側邊坡	2497630	185013	(16~30%)	南(S)	礫岩層	(25~80gal)	5250	豪雨	(50~70%)	0.285	0.231	砂質土(S)	疊式擋土牆	<30	0	2.08	4.42
194	小港區	大坪頂分區	孔宅街 38 號西側邊坡	2498261	184785	(41~55%)	東(E)	砂岩層	(25~80gal)	5250	豪雨	(30~50%)	-0.136	-0.091	粉質土(M)	自然植生邊坡	51~70	1	4.20	4.42
195	小港區	大坪頂分區	東高街 1 號南側邊坡	2498718	184315	(16~30%)	南(S)	砂岩層	(25~80gal)	5500	豪雨	(50~70%)	0.311	0.208	粉質土(M)	重力式擋土牆	<30	0	2.27	4.42
196	大寮鄉	大坪頂分區	影劇七路 174 號東側邊坡	2502539	185454	(41~55%)	西(W)	砂岩層	(25~80gal)	2500	大豪雨	(<30%)	-0.201	-0.190	粉質土(M)	自然植生邊坡	>70	1	6.95	4.42
197	大寮鄉	大坪頂分區	水源路 357 號東南側邊坡	2501314	185826	(31~40%)	西北(NW)	砂岩層	(25~80gal)	2850	豪雨	(>70%)	0.399	0.217	砂質土(S)	半重力式擋土牆	<30	0	2.03	4.42
198	大寮鄉	大坪頂分區	新生街 12 號北側邊坡	2501503	186008	(31~40%)	西(W)	砂岩層	(25~80gal)	2650	豪雨	(>70%)	0.401	0.277	砂質土(S)	重力式擋土牆	<30	0	2.06	4.42
199	大寮鄉	大坪頂分區	鳳林三路 105 巷 24 弄 15 號西南側邊坡	2499912	187318	(41~55%)	東北(NE)	砂岩層	(25~80gal)	2300	豪雨	(30~50%)	0.298	0.273	礫石性(G)	自然植生邊坡	<30	0	3.50	4.42
200	大寮鄉	大坪頂分區	新厝路 130 號東南側邊坡	2497069	187466	(31~40%)	西北(NW)	砂岩層	(25~80gal)	2950	豪雨	(50~70%)	0.407	0.250	砂質土(S)	自然植生邊坡	<30	0	2.50	4.42
201	大寮鄉	大坪頂分區	新厝路 76-6 號東北側邊坡	2496176	188461	(56~100%)	西南(SW)	砂岩層	(25~80gal)	2200	豪雨	(<30%)	-0.162	-0.117	粉質土(M)	重力式擋土牆	51~70	1	5.39	4.42

表 5-13 大高雄坡地社區 5 處邊坡
案例驗證表

項目 地區	名稱	評估模式 輸出值	現況	備註
壽山	壽山國中 西側邊坡 1	3.37(低)	未損 壞	詳圖 5-4
旗山	旗亭社區 邊坡 1	5.55(中)	受損	詳圖 5-5
岡山	山隙社區 邊坡 1	6.28(高)	受損	詳圖 5-6
美濃 六龜	興隆社區 邊坡 1	3.77(低)	未損 壞	詳圖 5-7
大坪 頂	孔宅社區 邊坡 1	4.20(低)	受損	詳圖 5-8

圖 5-4 壽山地區案例風險值分級圖

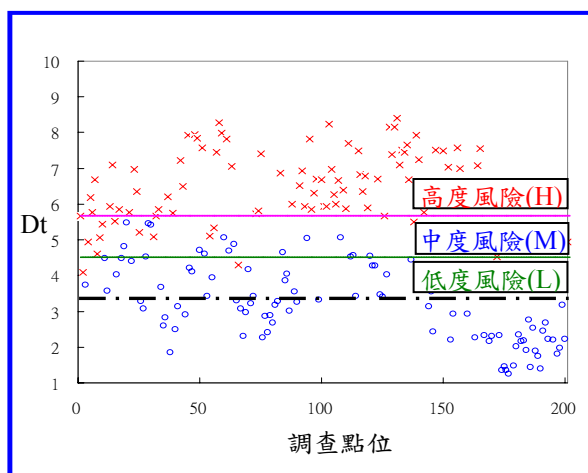


圖 5-5 旗山地區案例風險值分級圖

圖 5-6 岡山地區案例風險值分級圖

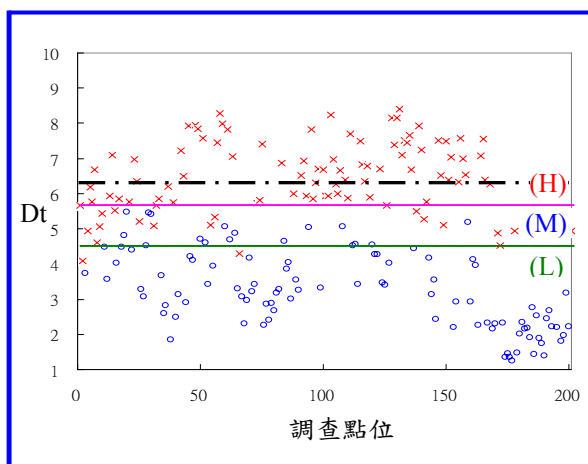
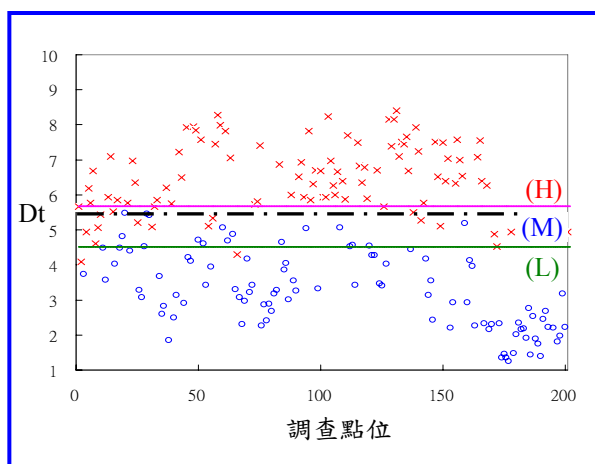
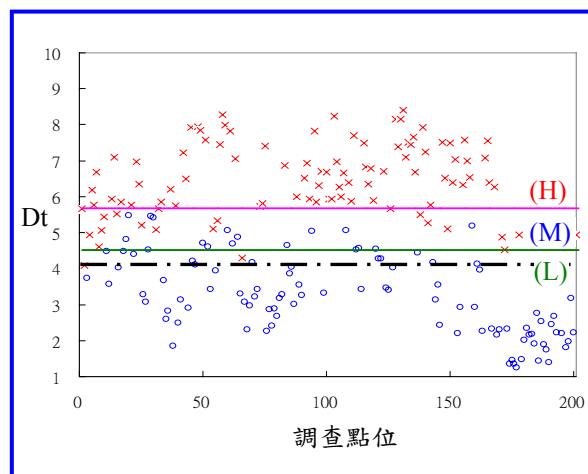
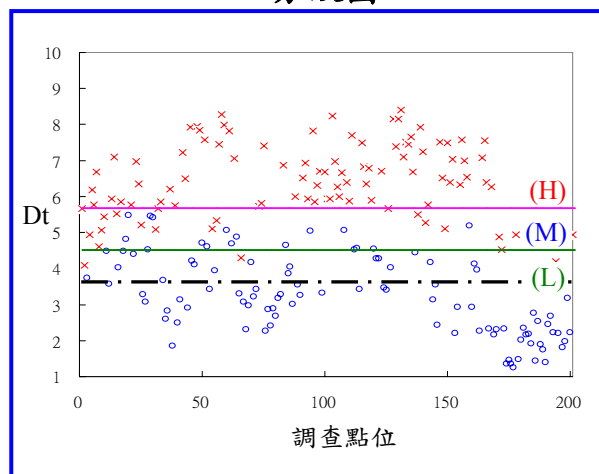


圖 5-7 美濃六龜地區案例風險值
分級圖

圖 5-8 大坪頂地區案例風險值
分級圖



第四節 評估模式與系統整合

一、GPS/GIS/RS 技術整合

坡地社區環境潛在災害之空間分佈資訊與屬性資料建檔，乃為本計畫之重點工作之一，其對相關資料之存取，將對於未來坡地社區環境安全管理扮演重要角色。近年來，全球衛星定位系統(GPS)成為目前大面積單位空間資料收集之最佳工具，其為美國國防部自1971年起費時近20年，花費超過120億美元，於1973年初始發展的一套精確藉由軌道衛星導航之空間地理座標位置定位系統，自1978年起開始發射第一枚衛星，並於1993年10月起正式以24顆軌道衛星作為全天候之地理座標三度空間定位。又GPS系統初研發乃美軍純以軍事航空器和飛機導航需要為主要需求，整個系統發展完成後，共有24顆人造衛星分佈在宇宙6個軌道上，以每12時繞行地球一週運轉，每個軌道間互呈55度角，因此可使得GPS的使用者在地球上的任何時間與地點，除有特殊地形、建物設施或森林遮蔽限制外，皆可不受天候影響，而直接接收到至少4~8顆衛星的訊號，而加以執行地表物相之座標定位，每顆衛星離地面高度約為20,000公里，屬繞極衛星，運行週期約11小時57分，其平均壽命約為15年。GPS系統架構一般可分為太空單元(Space Segment)，控制單元(Control Segment)及使用者單元(User Segment)等三部份，其中太空單元及控制單元屬於衛星發射單位掌管主控，使用者單元將因涉及資料接收之精度及即時時效而受到限制，但卻為一般使用者所關切。使用者單元乃指能夠接收GPS衛星訊號之接收器(如圖5-9)。由於GPS用途甚廣，使用者可依需求目的而異，選取採用不同功能及精度的接收器。例如應用於工程測量時，則至少應包括一部接收器、記錄器、顯示器、天線或外接天線、資料處理器及電力供應設備等。

圖 5-9 GPS 衛星訊號接收器

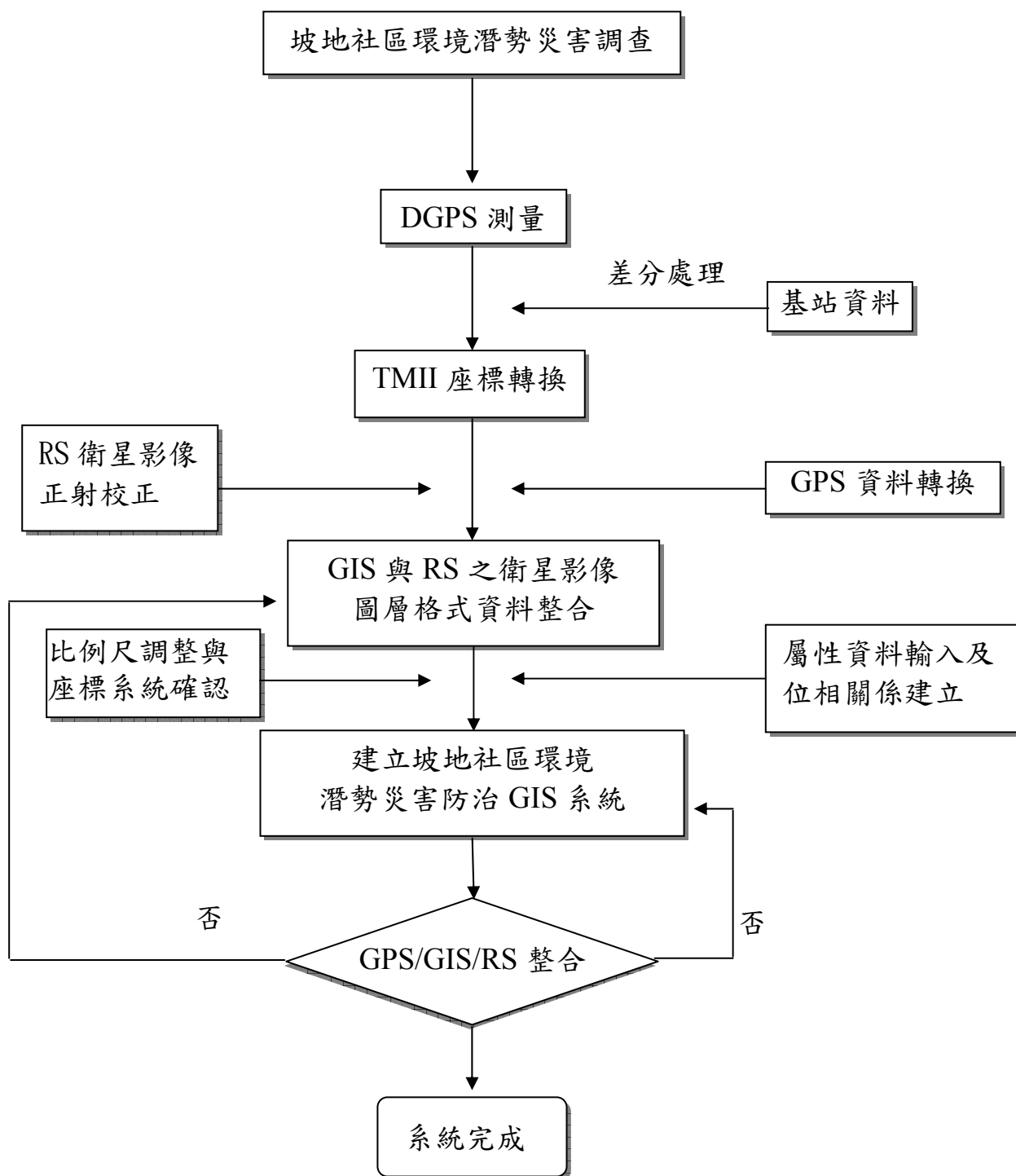


每種接收器端視其如何應用 GPS 訊號內之資料處理分析而有不同之設計方法；有些可接收電碼內所隱含資料及衛星訊息（所謂電碼接收器），而有些則不需要用到電碼（無電碼接收器）；前者可直接由衛星信息及電碼資料從事即時性導航定位，而後者則需要利用後處理之星曆做為輔助，故無法應用於即時性定位測量。另外若接收器可同時接收雙頻(L1 及 L2)之資料，則可用於消除電離層折射影響。早期由於美國國防部不公開 P 電碼(P-Code)，許多衛星接收器廠商在設計上皆刻意避開 p 電碼之使用，而發展出僅利用 C/A 電碼或不需電碼之接收器，以突破缺乏 p 電碼之限制，同樣擴大了許多 GPS 可應用之領域；如今美國國防部已適度開放 P 電碼供民間應用，其定位效能將更為快速而精確。

GIS 與 RS 技術乃是以資訊設備為作業系統接合地表地物地貌之空間分佈特性(含衛星影像分析，數位高程建立與航照判釋)及屬性資料，以提供各領域人員應用於調查區之相關地理資訊儲存、處理與分析，並經由 GPS 之快速精確獲取地物地理座標資料與高空

(衛星影像)、中低空(航空照片)等遙測技術之影像正射校正與判釋分析，而獲取大面積之地表地貌資訊，以提供自然資源之管理與天然災害之防治，近年來，更由於高解析度之衛星影像解析力福衛二號、Quick Bird 及 Ikonos 等大幅提升，更擴大遙測技術之應用層面與提高其判釋精確度，因此結合 GPS/GIS/RS 之 3S 科技對實地防災工程構造物之分佈調查與區位座標標定，均可迅速提供其所在地物地貌之精確空間分佈資訊，有助於調查工作之進行與調查技術之提升，達到省工省時績效，故本計畫先以 GPS 就實地坡地社區之防災工程構造物與其環境潛在災害點位進行地理座標定位，並以 GIS 與 RS 進行坡地社區環境潛在災害區之空間特性分析與其屬性資料(含文字、數據、影像、圖層)之整合，其系統整治作業流程可列如圖 5-10 所示。

圖 5-10 GPS/GIS/RS 系統整合流程圖



二、資料結構特性

1. 圖形資料庫

所謂圖形資料庫，係將治山防災構造物之空間地理分佈資料，藉由GPS進行數化而產生數值圖層，其他與工程有關之基本資料包括：水系、道路、地質、坡度、坡向、鄉鎮界、地形等。圖層資料依其結構可分為向量式(Vector)、網格式(Raster)及混合式(Hybrical)三種：

1) 向量式資料結構

向量式資料結構的基本邏輯單元是將地圖依自然邊界劃分，產生向量式資料，其位相關係被視為該物之屬性(Attribute)。此一資料結構之優點在於理論的發展較完整而易於了解，且資料精簡、佔用儲存媒體的空間小；但缺點為空間的位相關係無法全部納入，且在進行套疊分析時計算量過大。

2) 網格式資料結構

網格式資料結構的基本邏輯單元係將空間位置地理網格化，然後將網格當成資料收集與處理基本單元，同時將屬性資料記錄於網格中。此一資料結構之優點在於進行套疊與分析時較為簡便方便；但缺點則為資料量往往相當龐大。

3) 混合式資料結構

向量式與網格式資料結構各有優缺點，遂採用折衷變通辦法，即以網格式或向量式資料結構為主，再加上向量與網

格數據間之互換(Vector to Raster Conversion)功能。但其缺點為當資料過大時，資料轉換工作常成為作業瓶頸。此外，圖形資料除了結構有所不同外，資料型式也有所差別，一般來說，通常可以分成點圖層(Point)、線圖層(Arc)以及多邊形圖層(Polygon)三種。本計畫所採用之GIS/RS軟體係屬混合式資料結構，皆可處理網格式及向量式資料，且其相互間可提供圖層之相互轉換。

2. 屬性資料庫

除了圖形資料之外，非圖形之屬性資料通常記錄在屬性資料庫中，而其又因為設計之不同，可分為層次結構(Hierarchical Structure)、網狀結構(Network Structure)與關連式結構(Relational Structure)等三種。這三種資料庫雖然各有所長，然而關連式資料庫本身具有操作容易、資料獨立性高、資料結構清楚等優點，所以近幾年來在資料庫系統研發方面的發展，多以關連式資料結構為主，本計畫所採用之GIS軟體即屬於關連式資料結構，其未來更可與其他資料庫作相互整合而設計其分析處理功能。

3. 影像資料庫

圖形資料及屬性資料所表達之空間資訊，具有空間量化之能力，其在坡地社區環境災害之空間管理上，乃為提供空間特性模擬分析之主要資料來源，但此種空間資訊，其視覺化較差，因此建立視覺化較佳之影像資訊有其需要，故本計畫所建立之影像資料包括數位高程(DTM)、坡度、坡向坡地社區環境現況照片與高雄壽山及旗山二地區之航空照片及遙測衛星影像，其經

數化建檔後即可提供相關單位查閱，此可令使用者或管理者增加對坡地社區環境現況之瞭解與潛在災害防患之監控。上述各相關資料之內容如表5-14所示。之圖形資料與屬性資料，均以ARC/INFO GIS軟體進行圖層數化及資料格式轉換後，再將所需圖層加以建立，而數位高程則藉由ERDAS Imagine影像處理軟體，進行轉換與分析，產生應用性圖籍資料如坡度圖、坡向圖等，以供展示、套疊與分析用。以此三種軟體所建立之資料庫，不論是向量式或網格式的資料，皆以ArcView8.X軟體及以VB(Visual Basic)程式語言為介面進行整合，以供後續坡地社區環境之即時查詢、展示、分析及管理用。

表 5-14 坡地社區環境潛勢災害資料圖層種類與型態

自然環境		地工環境		坡地社區災害環境	
圖層種類	資料型態	圖層種類	資料型態	圖層種類	資料型態
土地利用	POLYGON	等高線	ARC	災害工程位置	POINT
等溫線	ARC	坡度	IMAGE	衛星影像	IMAGE
等雨量線	ARC	坡向	IMAGE	社區環境照片	IMAGE
水系	ARC	數位高程	IMAGE	潛在在害點	POINT
行政區界	ARC	地層	POLYGON	航空照片	IMAGE
水文站	POINT	斷層	ARC		
集水區	POLYGON	土壤	POLYGON		
植生分佈	IMAGE	道路	ARC		

三、評估模式系統化測試

本計畫所建立之資料圖層，因其資料型態包括圖形、影像及文(數)字資料，故進行系統整合，有利於進行圖層資料之製作、查

詢、統計、分析管理及快所建立之評估模式速正確經由系統聯結操作。本計畫採用WINDOWS作業環境之ArcView、ArcGIS軟體，並以物件導向語言開發使用者圖形界面(GUI；Graphical User Interface)，以提升使用者對系統模式連結操作能力，讓使用者能憑直覺，作即時正確的系統操作使用。因此所設計之人機系統交談介面，可用選單式(MENU)或圖示(ICON)功能，配合資料結構和GPS/GIS/RS系統運作，以展現其對坡地社區環境潛勢災害資料之查詢、展示與分析處理功能。

以ARC/INFO與ERDAS所建立之圖層與影像資料，因均屬關連式資料庫(RDBS)，且係屬一種以二維表列方式傳達各類資料特性，雖然具備嚴謹之數學理論基礎與結構化之查詢語言，但其空間資料與屬性資料係分開儲存，於進行空間查詢時，必需分別查詢空間資料與屬性資料，再將所欲查詢結果進行整合展示，此將影響執行效率，同時對未來資料更新亦易造成資料整合問題，近年來，所發展的物件導向資料處理模式，可輕易將空間資料與屬性資料進行整合，以物件啟動事件，對使用者圖形界面作開發，並達到同做(Concurrency)、安全(Security)與回復(Recovery)之多重系統展示功能。而ArcView與ArcGIS地理展示系統所提供之物件導向程式語言設計功能，將可構建物件導向模式之應用系統，且可藉由動態資料交換(DDE；Dynamic Data Exchange)啟動其它視窗軟體如Visual Basic所開發之應用系統，並與本研究所推導出之評估模式作電子化串聯操控，因此可更加速提高系統與模式之整合運作。本計畫基於以上理念，於使用者圖形介面開發時，乃以ARC/INFO圖層

為主體，以實例坡地社區潛式災害案例進行系統之測試構建與評估模式之應用檢討。其系統架構與模式整合可列如圖5-11~5-16

進入大高雄坡地社區邊坡環境潛勢災害防治技術資料庫系統之首頁，點選「進入系統」後即可進入主系統畫面而鏈結至：(1) 災情資訊管理、(2) 地理資訊查詢、(3) 網際網路及(4) 3D 模擬展示等各子系統（詳圖 5-12），分別敘述如下：

1. 災情管理子系統

該子系統內有四項功能，分別為基本資料顯示區、資料分類查詢區、現地照片展示區及風險評估區等，使用者可依其所需作查詢，藉由查詢控制項之第一筆、上一筆、下一筆及最後一筆等功能鍵，可循序查詢各項資料，也可切換頁面至現地照片影像展示，查看同一筆資料之其他照片；或可切換至資料分類查詢區，作個別需求查詢；若需要瞭解坡地社區邊坡現地之風險度高低，亦可藉由風險評估區之內建評估模式輸入控制參數計算得知（詳圖 5-13）。除此之外，管理者亦可使用新增、刪除、修改及儲存等功能進行資料更新，以提升資料庫之使用效能。

2. 地理資訊查詢子系統

該子系統讓使用者能依其需求而逐一進行各項主題圖層（坡度、坡向、地質、土壤、數位高程、流域水系、行政區域、衛星影像等）之套疊展示及屬性資料查詢，且藉由縮放功能可清楚瞭解坡地社區之環境資訊（詳圖 5-14~5-15）；亦提供使用者進行 GIS 主題圖製作與編輯，計包括圖例、比例尺、指北針、版面配置及字體字型等，以利主題圖之輸出。

3. 網際網路子系統

網際網路連結及資訊共享互通為現今資料庫發展趨勢，藉由本系統連接 WWW 網際網路，可提供使用者進行遠端資料下載及相關災情資訊之即時性查詢與傳輸，而作為坡地社區環境管理者進行防救災決策下達時之重要參考依據（詳圖 5-16）

圖 5-11 坡地社區環境潛勢災害評估模式流程圖

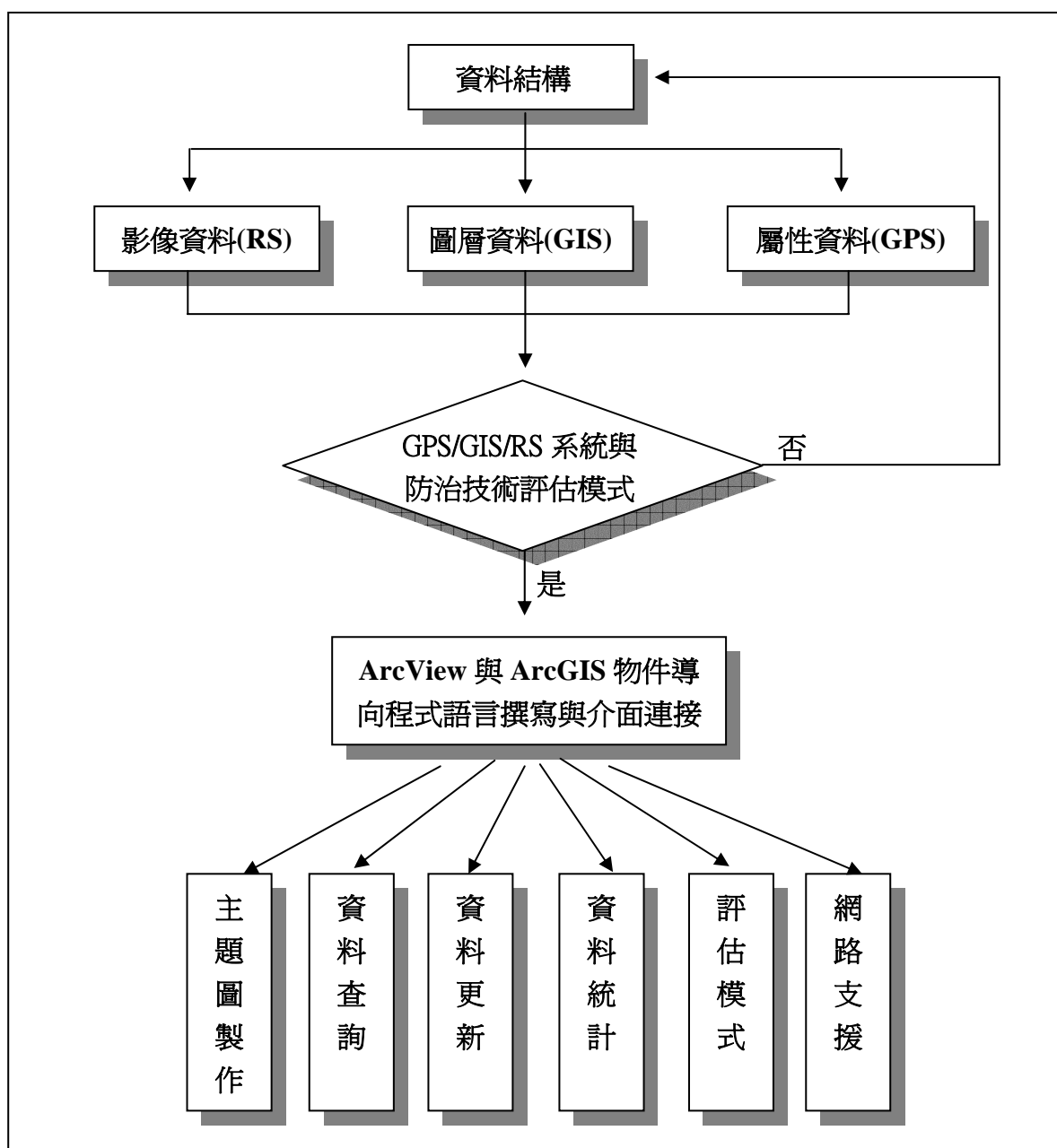


圖 5-12 資料庫前端系統起始畫面說明圖



圖 5-13 災情資訊管理子系統操作展示圖

The figure displays four main operational windows of the disaster information management system:

- a) 基本資料顯示區 (Basic Information Display Area):** This window shows a form for entering and viewing basic data for a specific location. Fields include:
 - 調查筆數: 1 筆
 - 縣市別: 高雄市
 - 鄉鎮別: 旗山區
 - 點位名稱: 山寮海寮東側邊坡
 - 座標E值: 2500266
 - 座標N值: 172336
 - 整體坡向: 西(N)
 - 主要岩性: 石灰岩
 - 斷層距離: 500-1500
 - 地震震度: 中震
 - 表土種類: 粉質土(細)
 - 平均坡度: 六級坡(56-100)
 - 24hr累積雨量: 大豪雨(200-350)
 - 平均SAVI值: ≥ 0.15
 - 平均NDVI值: ≥ 0.15
 - 植生覆蓋率: 密(50-70)
 - 安全距離: 0m
 - 受保護比例(%): 30-50
 - 受保護分: 保護
- b) 各類查詢選項 (Various Query Options):** This window provides a grid of dropdown menus for filtering search results based on various criteria like location, date, and geological factors.
- c) 現地照片展示區 (On-site Photo Display Area):** This window features a list of photo thumbnails on the left and a larger view of the selected photo on the right. A callout indicates the process of selecting a photo to open.
- d) 風險評估區 (Risk Assessment Area):** This window shows a risk assessment graph. The Y-axis is 'R值' (R-value) from 1 to 10, and the X-axis is 'Point' from 0 to 200. The graph is divided into three risk levels: 高度風險 (High Risk), 中度風險 (Medium Risk), and 低度風險 (Low Risk). A callout indicates that influence factors are input into the system.

Navigation buttons at the bottom center include: 第一筆 (First), 上一筆 (Previous), 下一筆 (Next), 最後一筆 (Last).

圖 5-14 ArcView 地理資訊系統屬性查詢圖

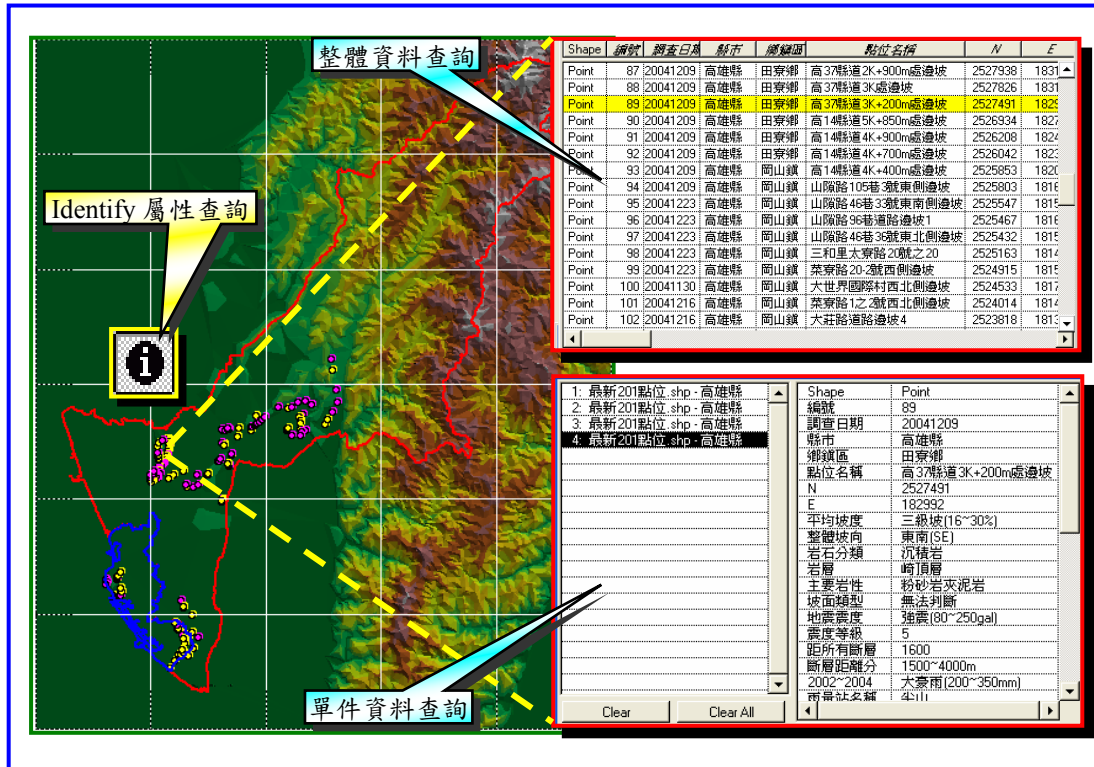


圖 5-15 ArcView 地理資訊系統主題圖縮放比對圖

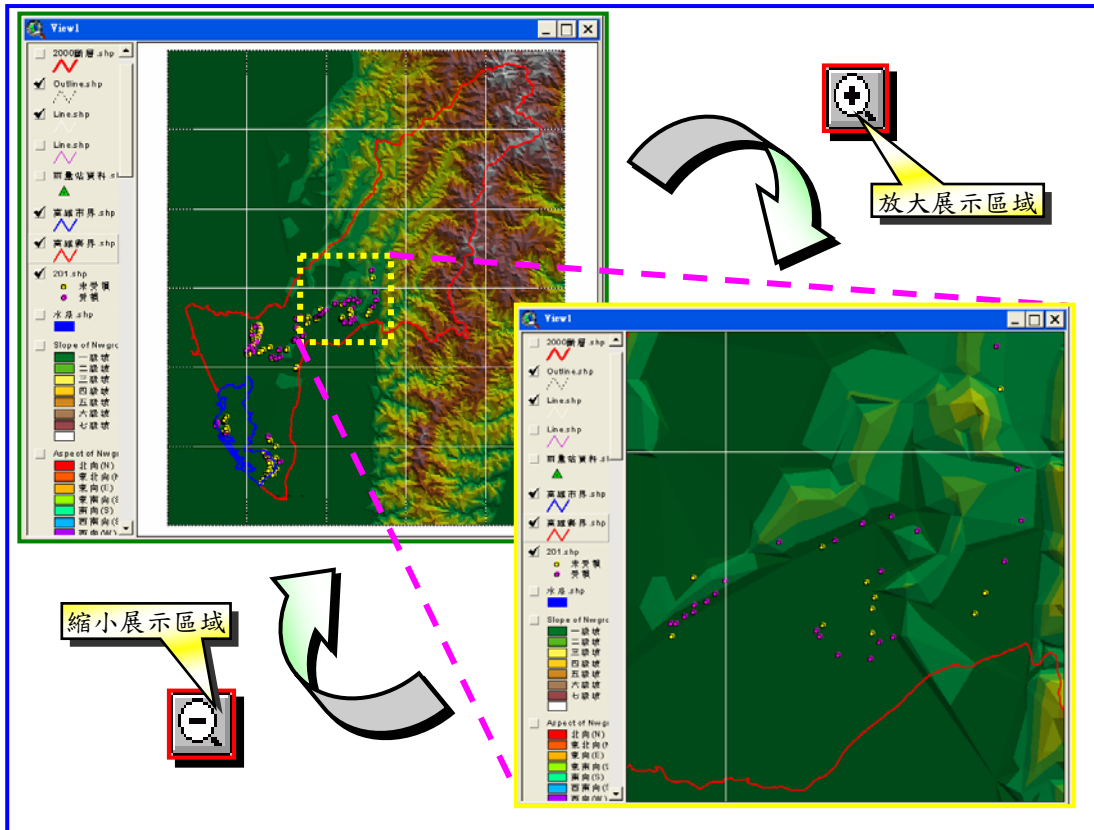


圖 5-16 網際網路子系統鏈結重要網頁應用畫面



4. 3D 模擬展示子系統

本系統鏈結 ArcScene 軟體進行三度空間虛擬實境展示，將所欲展示之圖層開啟及設定套疊參數後，即可讓使用者藉由滑鼠操控而進行 3D 圖層之放大、縮小及旋轉等各項展示功能（詳圖 5-17）；同時亦鏈結 Erdas Imagine 所製作之虛擬實境飛行模擬，以虛擬飛行方式藉由不同飛行參數設定（高度、視角、視野及速度），瞭解區域內潛勢災害之分佈特性（詳圖 5-18）。

圖 5-17 旗山地區 3D 圖層模擬展示圖

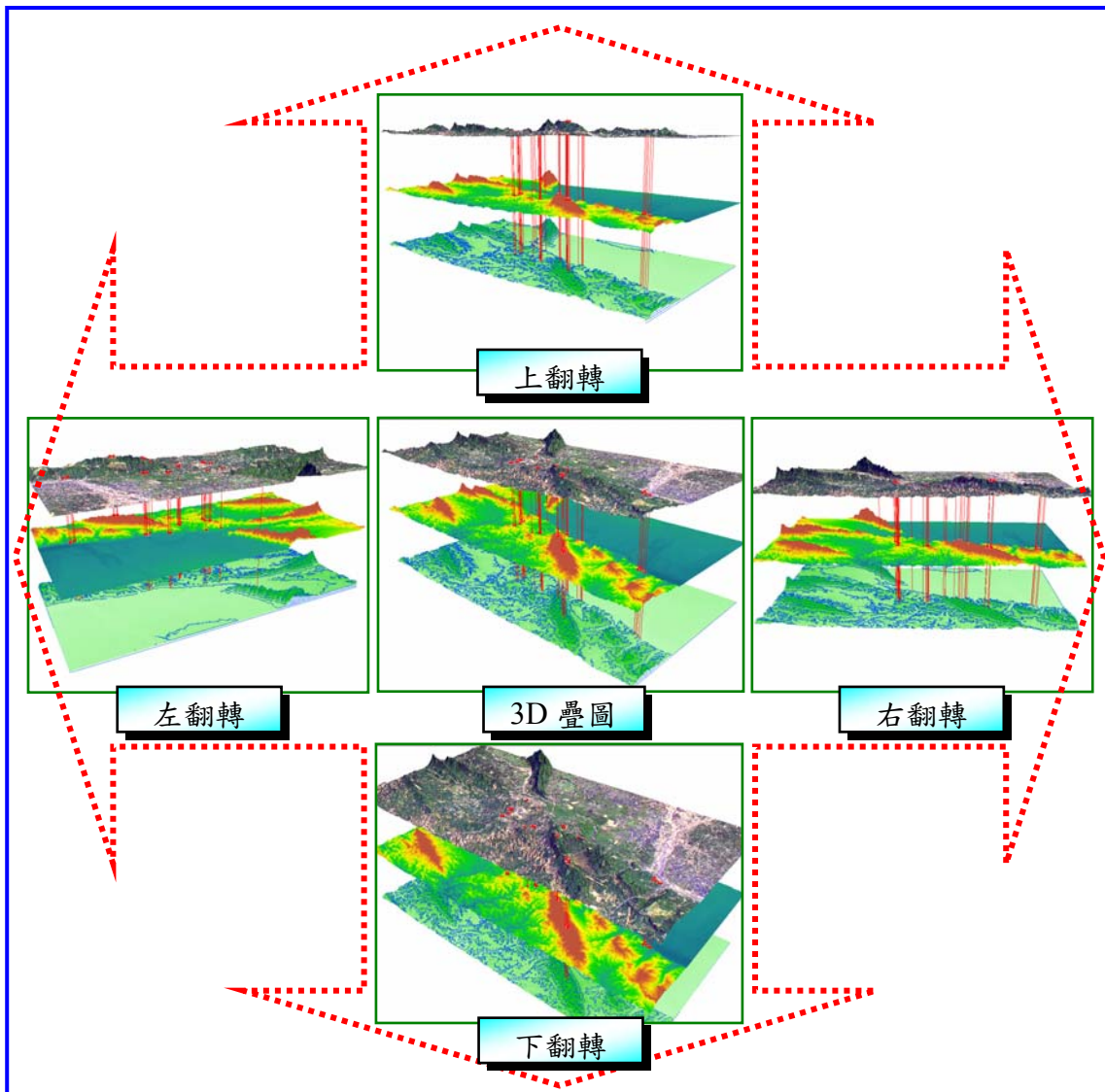
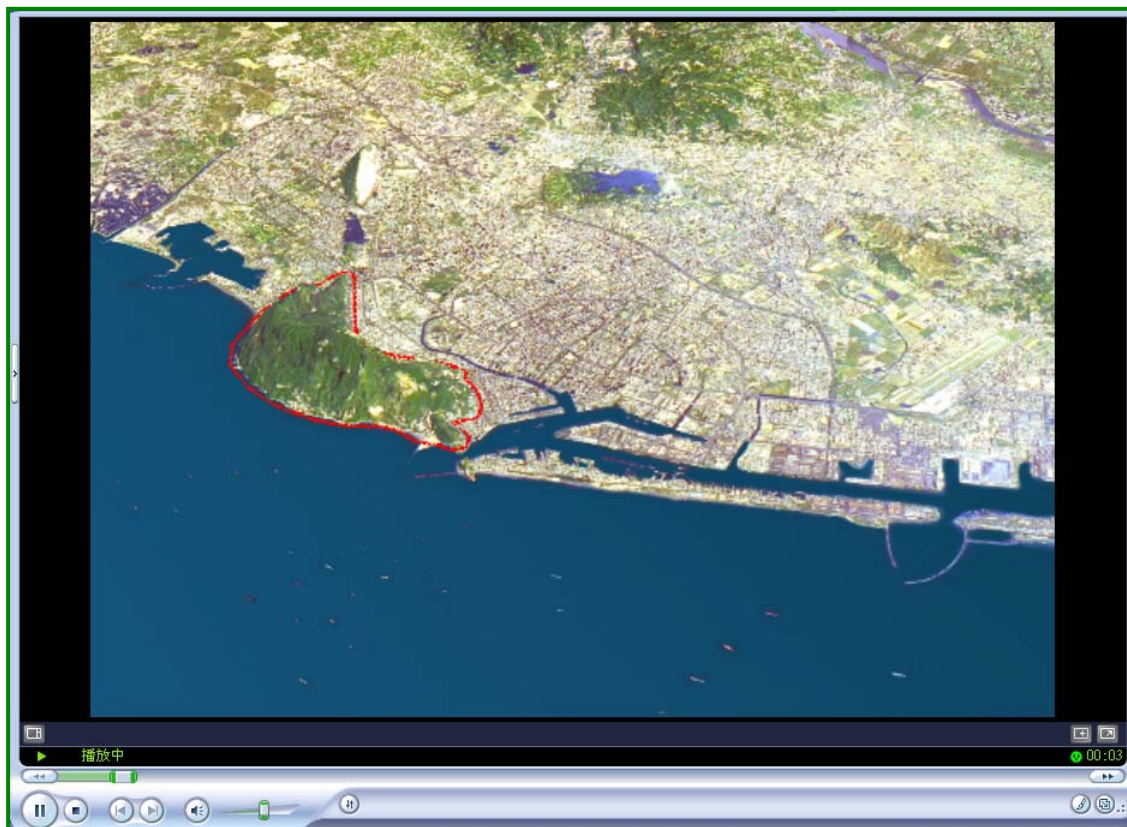


圖 5-18 壽山地區 3D 模擬飛行展示畫面



第六章 結果與討論

本研究目前共計完成高雄壽山、大坪頂與高雄縣岡山、美濃六龜、旗山等五組坡地社區環境潛勢災害調查處數達 201 件，其中位於珊瑚礁石灰岩地質區之壽山社區計有 36 件，泥岩地質區之旗山社區有 49 件、砂礫岩地質區之美濃社區有 30 件，砂頁岩地質區之大坪頂社區有 33 件及珊瑚礁石灰岩地質區之岡山社區有 53 件，在總數 201 件之潛勢災害樣品區中，發現有 14 件(7%)在本系統之評估模式有誤判情形，亦即實地調查現況與理論模式所推估研判者確有差異性判定結果，茲分別說明如下：

1. 本研究計劃第一年（93 年）所完成之調查樣本數僅 75 件，其樣本數取得仍嫌不足，故在本（94 年）再作 126 處補點或異常點之調（複）查，據此已顯示該模式可經由更多案例驗證後，獲知其最小與最大誤判率可降至 6.96~9.47%。
2. 所推導之評估模式中所涵括之參數或因子經各因子之統計檢定；如因子獨立性、融合性、相依性與一致性之因子交互檢定後，再進行模式之現地案例驗證與檢測修正，以促使該模式之推估平均誤判率由第一(93)年之 19.93% 下降至本(94)年之 6.96%，據此顯示該模式之實用價值已顯著提高，而進行必要之技術移轉。
3. 由於所篩選之坡地社區屬集中型之住宅群，因此其位址所在之地質、地形、土壤、雨量等不可改變之自然因子控制下，易有社區特性而使樣本分佈過度集中之現象，致使其在統計計量變異質太小，因此本 94 年度乃先以不同地形地質分區作為分別推定介面（如泥岩層、珊瑚礁石灰岩層、砂頁岩互層、礫石層及軟弱砂岩

層)，再行考量多場次暴雨事件之累積降雨量（如最大 24 小時累積降雨量）分區演算，並依中央氣象局之規定，增加地震震度（中震、強震及烈震等）及降雨分級（豪雨、大豪雨及超大豪雨等）二項因子納入模式中演算，此亦屬提升本研發模式精確性之主因之一。

4. 目前本模式對防治技術或工法之受損風險值判定，以現有 201 件調查樣數做驗證推定，已可達 90% 以上之判定，實質上已可反應模式之基本正確性和實地可適性。
5. 本模式之運算操作，已依模式中之參數或因子，分別以專家知識庫系統之自動判定理念，作為模式資料存取電子化、查詢展示資訊化與資訊傳輸網路化為研發主軸，目前本研究已完成系統介面研發、物件導向語言程式之撰寫、關聯式資料庫系統之導入與專家知識系統之串聯，確實已達可依高雄縣市政府之業務需要，而做必要之初期技術移轉，以落實本專案計畫之研究成果。
6. 就現地調查可獲知高雄壽山與岡山地區坡地社區環境潛勢災害型態大多以地層滑移為主，其滑移面則位於珊瑚礁石灰岩與泥岩之層面，此多因其坡地社區常年排放生活廢污水和每年颱風豪大雨滲入岩層介面而弱化其抗剪強度無所致。旗山地區則多以泥岩坡面之崩蝕和坡面逕流沖蝕為主要災害型態，六龜礫石層則以礫石層間之泥質膠結物受水蝕軟化流失，而造成落石或崩塌，大坪頂地區則以軟弱砂岩之風化作用造成岩層強度弱化，導致社區邊坡之不穩定性，美濃則以砂頁岩互層之層面，因順向坡受人為擾動造成坡趾斷裂所致。故其坡地之滑移均沿砂頁岩互層之層面產生。因此就目前本研究蒐集各相關技術手冊或規範所得之坡地穩工法可分為；1)坡址穩定 2)坡面排水及 3)植生護坡等三種主要

工法，經檢討分析後，可確知各種工法之適用性與限判性列如表6-1~6-3，因此就前述工法而言，五組坡地社區環境潛勢災害因位處不同地質區（壽山與岡山之珊瑚礁石灰岩區、六龜之礫石區、美濃之軟弱砂岩區及砂頁岩互層與旗山泥岩區），壽山與岡山地區之坡地社區環境管理，則應以地表排水與地下集（排）水為首要，並應對民生廢污水作有效處理排放，以及植生護坡工程之強化為宜，而旗山與六龜美濃地區則以泥岩之坡面逕流沖蝕控制，坡面蝕溝處理，泥岩坡趾之加固，軟弱砂岩層開挖坡面之風化防止處理，礫石層間膠結物之固化處理，及坡面植生復育為重，而大坪頂地區則應著重於順向坡滑移防制處理。此可由表6-4~6-5兩地區之坡地社區環境潛在災害型態獲知。

表6-1 坡地社區擋土工法適用範圍統計表

擋土工法	工程材料	設計經濟高度(m)		適用範圍
		挖方坡面	填方坡面	
三明治式	牆面混凝土砌塊石，背填混凝土及卵石	≤6	≤4	挖填方坡面
重力式	卵石混凝土或混凝土	≤6	≤6	挖填方坡面
半重力式	鋼筋混凝土	3-8	3-8	挖填方坡面
懸臂式	鋼筋混凝土	—	5-8	填方坡面
扶臂式	鋼筋混凝土	5~10	5~10	挖填方坡面
疊式	(1)鋁絲蛇籠裝填卵石	≤4	≤4	多滲透水坡面或基礎較軟弱不穩定區
	(2)箱型網籠填塊石	≤3	≤3	多滲透水坡面
	(3)格籠式 (預鑄混凝土桁條組構)	≤6	≤6	多滲透水坡面
	(4)加勁式 (土壤中鋪放地工加勁材)	—	—	基礎不穩定區
板樁式	(1)懸臂板構 (木質、鋼質、混凝土質板樁)	≤5	—	挖方坡面或 基礎開挖護牆
	(2)錨繫板樁 (木質、鋼質及混凝土質)	5~10	—	
錨定式	鋼筋混凝土	—	—	岩層破碎帶、節理發達或地滑區

表6-2 坡地社區排水工法種類及其適用範圍統計表

工法	種類	適用範圍
橫向排水	截水溝	凡需沿等高方向攔截上方逕流，以防治坡地沖蝕處
縱 32 向排水	縱向溝	一般於坡度大，流速快且在襯砌材料容許流速範圍內
	植草溝	草種為百喜草、假儉草與類地毯草等匍匐性草類。地表坡度 $\leq 30\%$ ，流速 $\leq 1.5\text{m/sec}$ ，溝長 $\leq 30\text{cm}$ ，溝寬 $\geq 2\text{m}$
	砌石溝	用於坡地排水速度較大且土壤易含水處飽和
	砌磚溝	用於地形複雜，溝底坡度變化大且缺少塊石區
	混凝土溝	用於溢洪道，道路邊溝及流速較大且土壤易受沖蝕處
	預鑄溝	用於施工缺水，運搬不便，工作困難之坡地
	土質溝	用於坡地土壤抗蝕性佳，團粒穩定度良好之緩坡坡地
跌水	A 型跌水	直線形入口、護坦式須連續構築不適用於高差及流量大者
	B 型跌水	直線形入口、靜水池式
	C 型跌水	箱形入口、靜水池式
	D 型跌水	弧形入口、靜水池式
	E 型跌水	箱形入口、靜水池式，受地形限制時靜水池長度 \geq 計算長度之 80%。上述各類跌水高 $< 3\text{m}$ ，但若為砌磚者高度 $< 2\text{m}$ ，而 RC 造者高度 $< 2\text{m}$ 者厚度採 12cm，高度 $\geq 2\text{m}$ 者，RC 厚度為 15cm
涵管	普通混凝土管	適用於農地排水，道路最大荷重限制為 H-10
	離心式混凝土管	適用於各種排水，道路最大荷重限制為 H-20
	箱涵	適用於農地排水，道路最大荷重限制為 HS-20

表6-3 坡地社區植生工法與其適用範圍統計表

工法	種類	適用範圍
播種	直播(含點播,條播,與撒播)	適用於自然崩塌地、粘質壤土及壤土等挖填方緩坡坡地
噴植	薄層噴植法	噴植厚度 0.1~3 cm，適用於土壤硬度小於山中式硬度測值 25 mm 之硬質坡面
	中層噴植法	噴植於鋪設鐵絲網坡面，噴植厚度 3~6 cm，適用於軟岩坡面
	厚層噴植法	噴植於鋪設鐵絲網坡面，噴植厚度 6 cm 以上，適用於硬岩坡面，並併隨粘著劑使用
植生帶	植生帶(含纖維&稻草)	適用於地形坡度 $< 45^\circ$ 土壤硬度小於山中式硬度計測值 25 mm 之一般土壤邊坡
土壤袋/包	植生土壤袋與土壤包	適用於框內植生、全面鋪植、擋土設施綠化與草溝排水等或於硬質土穴植育苗用
栽植	草苗栽植 (含開溝式與穴植式)	適用於中低海拔地區，邊坡基礎工程之裸露坡面，與新闢道路之挖方坡面或畸零地坡面長度不超過 7m，且其坡度在 45° 以下之地區
	容器育苗栽植(含塑膠袋、青苗盤及穴植管)	適用於土層淺薄，含礫石量多，沖蝕嚴重之坡地或棄土石地區及植生不易成長且需補植之地區
鋪植	草皮鋪植	適用於坡地地形度在 45° 以下之粘壤土挖方坡面或須快速覆蓋之填方坡面，以及草溝與路面植草區
打樁編柵		適用於坡度在 45° 以下之一般挖填方坡面與崩積土或淺層崩塌坡地

表 6-4 五處坡地社區環境潛勢災害防治工法統計表

地區		工法		
		護坡工程	排水工程	自然植生
壽山(件)	現有	25	17	11
	受損	13	9	7
旗山(件)	現有	23	17	26
	受損	9	6	17
岡山(件)	現有	27	20	26
	受損	13	9	14
大坪頂 (件)	現有	15	15	18
	受損	3	1	3
六龜美濃 (件)	現有	16	9	14
	受損	11	7	10
損壞百分比(%)		46.22	41.03	53.68

表 6-5 五處坡地社區環境潛勢災害型態統計表

地區	型態				
	坡面沖蝕	崩塌地	土石/泥流	現況安全	總計
壽山(件)	12	8	0	16	36
旗山(件)	21	5	4	19	49
岡山(件)	21	5	1	26	53
大坪頂(件)	5	1	0	27	33
六龜美濃(件)	14	7	0	9	30
合計	73	26	5	97	201

第七章 結論與建議

一、可立即執行之研究成果：

1. 本研究所完成之GPS/GIS/RS圖層均以台灣二度分帶座標系統(TMII)為主，可立即提供高雄縣市政府作為該五處不同地形地質區內坡地社區環境安全管理所需之基本圖層。
2. 所建立之防治技術(或工法)受損風險評估模式，確已達可提供作為現有坡地社區環境潛勢災害區護坡案例驗證之查核，亦可依使用者回饋機制之運作，作為後續本模式修正改進(善)之參考。
3. 目前所完成調查之各項坡地社區潛勢災害區計201處(包括壽山36處大坪頂33處、岡山53處、美濃六龜30處&旗山49處)，調查成果均已有TMII座標標定和紀錄其基本潛勢環境災害資訊，應可立即提供高雄縣市政府作為坡地社區環境安全監測管理之參考，亦可作為未來上列五處坡地社區環境水土資源開發利用審議之參考。

二、長期性之建議：

1. 本研究目前所發展之防治技術(或工法)之受損風險評估模式驗證，以及爰依水土保持技術規範(2003年)所訂之坡地社區環境風險率判定範例應用，均可作為未來其他縣市或地區之後續研究方向與重點，且可促使更多案例用以作為本模式檢測修正依據，以期提升本模式之實務應用價值。
2. GPS/GIS/RS整合技術應用於坡地社區環境潛勢災害防治技術之評估，對未來相關技師或高雄縣市政府所屬工程規劃設計

人員而言，將可提供一套完整以高雄坡地環境社區防災實例為導向之人力培訓教材，有助於其坡地社區環境災害防治技術水準之提升。

3. 本研究之調查研究成果，雖在防災技術或工法之評估模式已初步建立並具有可技術移轉之實用價值，且其平均精確率已可達90%以上(誤判率 6.96~9.47%)，但因侷限於時間、經費與坡地社區樣本區數限制，若能在後續研究再增加至少同地質區之潛在災害樣區調查案例，則可併同本調查研究成果，促使該模式之實用性更趨成熟，屆時再結合專家知識庫系統之建構，深信本研究成果應可作為未來都市防災技術之推廣與災情即時通報系統鍵結，而成為高雄縣市政府轄區內坡地社區環境安全管理和潛在環境災害監控之有效工具。

參考書目

附錄一：期初審查意見處理說明表

附錄二：期中審查意見處理說明表

附錄三：期末審查意見處理說明表

參考書目

中文部分

1. 中央地質調查所 2000 地質資料。http://www.moeacgs.gov.tw
2. 中央氣象局 2004 氣候資料。http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm
3. 水土保持局 2003 水土保持技術規範。行政院農業委員會，536 頁。
4. 何明錦、蔡光榮 2004 GPS/GIS/RS 科技整合應用於大高雄都會區坡地社區環境潛勢災害防治技術之研究。內政部建築研究所研究報告，84 頁。
5. 李森吉 1992 使用衛星影像做山區中大規模崩塌地之辨認 成功大學礦冶及材料科學研究所碩士論文 104 頁。
6. 余聖宏 2005 大高雄坡地社區環境潛勢災害風險評估模式之建立研究。國立屏東科技大學土木工程所碩士論文，指導教授：蔡光榮博士，184 頁
7. 林信亨、林美聆 2002 地理資訊系統及類神經網路應用於土石流危險溪流危險度判定。地工技術第 90 期：pp：73-84。
8. 林祥偉、孫志鴻、許巖璨 2002 Arcview 8.X 進階篇。崧旭資訊股份有限公司，1-1~6-54 頁。
9. 陳永寬、鄭祈全、賴晃宇 1994 數值地形模型應用於潛在崩塌地之預測 第四屆 ESRI & ERDAS User conference 論文集 P. 221-236。
10. 黃鎮台、張懋 1990 鯉魚潭水庫集水區之崩塌與沖蝕遙測研究 行政院國家科學委員會 研究報告 47頁。
11. 蔡光榮，1996，GIS 應於賀伯颱風災後新中橫公路邊坡破壞災害之調查分析，賀伯颱風災害調查研討會論文集，行政院國科會工程技術推展中心，台南，PP1-25。
12. 蔡光榮、宋益明、王弘祐、林金炳，1997，GIS/GPS 科技應用於新中橫公

- 路賀伯颱風之災害調查分析，地工技術第 57 期，pp:55-64
13. 蔡光榮、林金炳、陳旺志 1992 高雄壽山地區坡地災害特性之調查與其整治研究(I)-C 崩坍地之調查與潛在滑動地層之探討(3)。行政院國科會防災科研究報告 81-02 號，94 頁。
 14. 蔡光榮，陳朝圳，林金炳，王弘祐，1998，"台灣省集水區崩塌地資料調查與建檔-(1)花蓮地區"，行政院農業委員會林業特刊第 52 期，pp:397-412
 15. 蔡光榮、陳時祖、李德河、陳景文、邱創益,1998,"GPS/GIS/RS 整合科技應用於高雄旗山地區地工環境災害調查與資料庫系統之建立研究" 海峽兩岸空間資訊與防災科技研討會,民國 87 年 12 月 1-2 日,中華地理資訊學會,台北台大 pp:119-137
 16. 蔡光榮,1999,"水土保持工程科技在山坡地保育之應用",地工技術第 73 期,pp:45~56
 17. 蔡光榮，陳朝圳，林金炳，王弘祐,2000,"台灣省集水區崩塌地資料調查與建檔-(2)北部地區",農委會林業特刊第六十五號(民國 89 年 6 月),pp:489~511
 18. 蔡光榮、王弘祐、林孟賢、曹宏吉,2001,"南台灣地區坡地砂石資源特性與分佈之調查研究"，中國礦冶工程學會,礦冶雜誌,第 45 卷 第 1 期 pp:152-162
 19. 蔡光榮、許逸祥、余聖宏,2005,"高雄壽山坡地社區環境潛勢災害之空間分佈特性調查分析"，台灣鑛業學刊,中華民國鑛業協進會,第五十七卷 第二期,pp:14-30
 20. 盧炳志、倪勝火 2002 應用類神經網路由現場試驗結果預測與分析地工設計參數。地工技術第 91 期：pp:47-54
 21. 羅佳明 2003 GPS/GIS/RS 應用於地震災區坡地災害防治工程調查及其風險評估模式之建置與應用。國立屏東科技大學土木工程研究所碩士論文，指導教授：蔡光榮博士，218 頁

外文部分

1. Driss, Haboudane, John R. Miller, Nicolas Tremblay (2002) Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture Remote Sensing of Environment 82, pp:416-426
2. David, G. G. 1988. Thematic Mapper and SPOT Integration with a Geographic Information System. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54 (2) : 167-176.
3. Gilabert, M.A., J. Gonza'lez-Piqueras (2002) A generalized soil-adjusted vegetation index-Remote Sensing of Environment 82, pp:303-310
4. Jay G. 1992 Modeling Landslide Susceptibility from a DTM in Nelson County, Virginia : A Remote Sensing-GIS Approach.
5. Jibson, R.W. 2004 A method to produce GIS seismic landslide hazard maps. International Symposium on Landslide and Debris Flow Hazard Assessment, pp:B-1~B-18.
6. Kevin, M. J. 1987. Natural Resource Modeling in the Geographic Information System Environment. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 53 (10) : 1411-1415.
7. Lindholm R. C. 1994 Information Derived from Soil Maps : Areal Distribution of Bedrock Landslide Distribution and Slope Steepness. Environmental Geology 23 (4) : 271-275.
8. Reddy V. S., Singh J. S. 1993 Changes in Vegetation and Soil During Succession Following Landslide Disturbance in the Central Himalaya. Journal of Environmental Management. 39 (4) : 235-250.
9. Robert B. A. 1991 The Use of a Geographical Information System for Mapping Landslide Potential in the West Indies.
10. Skapura, D.M. 1995 Building Neural Networks. ACM Press, 2-18.

11. Stephen, J. W. 1985. Geographic Information Systems for Natural Resource Management. Journal of Soil and Water Conservation. 40 (2) : 202-205.
12. Tsai, K.J., Lo, C.M. and Hou, C.T. 2002 An Analysis and Investigation on the Geohazard Environmental Characteristics for the South Cross Island Highway in Taiwan. 5th Taiwan-Japan Joint Seminar on Natural Hazards Mitigation, pp:83-102.
13. Tsai, K.J., Yu, S.H. and Lu, C.K. 2004 Investigations on the Stability Analysis of Shou-Shan Landslides at Kaohsiung City in Southern Taiwan. International Symposium on Landslide and Debris Flow Hazard Assessment, pp:4-1~4-12.
14. Wu M. L., H. S. Yang, and D. R. Song 1991 Solid Modeling of Headwater Landslides for Management of a Watershed. 1991 ACSM-ASPRS Annual Convention Volume 4 250-256.
15. Xiao, Xiangming, Stephen Boles (2002) Characterization of forest types in Northeastern China using Multi-temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data, Remote Sensing of Environment 82, pp:335-348.

附錄一：期初審查意見處理說明表

期初審查意見	處理說明
一、林教授美聆：	
1.本專業研究工作項目與內容繁多(重)，執行單位相當辛苦，在有限經費與時間內能有如此研究成果，值得肯定。	謝謝林委員肯定及建研所對本專業之支持，本研究團隊深摯謝意。
2.本研究已將不同地質區作區隔劃分。但是否可得集水區之分區劃分亦納入，另本研究所研發之評估模式達 80%準確性已屬相當良好。	謝謝指正，第二年度將嘗試依農委會之集水區劃分標準進行套圖。試作其可行性，再次感謝對本研究模式之肯定。
3.建議：致災風險評估模式可參考非專業人士而作之分開說明 1)潛勢模式與 2)致災模式	未來若考量於技術移轉時，將納入模式中應用說明。
二、鄭教授富書：	
1.本研究在有限時間與經費下能有如此成果，確屬難得。	謝謝鄭委員之肯定
2.本研究計畫成果相當精緻，為相關促崩因子對坡地社區直接影響是否能直接展示，請執行單位參考。	謝謝指正，本研究團隊將審慎考量
3.本研究以 SPOT 影像作分析依據，可否考量建研所提供航照圖作比對分析。	若建研所可提供，本研究團隊極願意納入本年度執行。
三、張教授石角：	
1.本研究之成果展現和執行成效很好，值得肯定。	謝謝張委員對本研究成果之肯定。
2.山坡地社區並非全部有問題，可否對坡地社區之危險點作標示，以免造成社區居民恐慌，若能將問題侷限在某特定致災地點(散戶與社區做分開)則應可免除此疑慮。	本研究全遵照張委員之意見辦理，目前亦是朝此方向執行。
四、張協理吉佐：	
1.本專案計畫研究成果相當務實	謝謝張委員之肯定。
2.選點過程使否有依循一定規範(水土保持技術規範)執行南部地區之邊坡受損均與排水相關，可否根據不同破壞模式做不同地層之新研究。	張委員所提意見確屬南台灣之坡地穩定問題之一，唯因侷限於經費無法全面調查較多致災點位因此實很難依不同破壞模式，作不同地質之分割，若有充裕之經費支持，本研究群依張委員意見辦理，以力求模式應用之完整性。

五、陳董事長斗生：	
1.本研究成果相當良好，倍受肯定。	謝謝陳委員之讚賞與肯定。
2.用壽山石灰岩→推定大小岡山石灰岩之現況(驗證)	未來將直接選定大小岡山區域作為驗證。
3.影響因子之權重比例選定，在各層面如何選擇。	均依因子屬性，應用統計檢定分析方式作權重比之分配。
4.降雨延時亦屬重要因子，邊坡常因含水飽和後發生破壞。	降雨延時目前考量用最大 24hr 或 48hr。
5.操作手冊(簡易型)。	若有必要作技術移轉，則會依委託單位需要另行編列系統簡易操作手冊。
六、黃組長健政：	
1.因子之選定可否將坡度與岩性納入檢驗模式中，並做適當分析。	本研究已將其納入。
2.研究成果之檢驗及相互驗證。	本研究亦均以研究區內之實例作驗證。
七、台北市土木技師公會代表：	
1.所引用資料精度各不相同，於調查表中最好能增列其精度說明。	已作說明。
2.如何進行調查為影響本計畫調查成果之重要關鍵，計畫報告最好能對此加以說明。	已作詳細說明。
3.計畫所發展應用之資料庫，應用或讀取是否另需購買軟體。	本研究以 GIS 為系統作業環境平台執行，故還是需 GIS 軟體支援。
八、台灣省土木技師公會代表：	
1.請詳細說明表格使用方法及使用限制。	已作說明。
2.植生密度對於風險度評估影響甚大，是否可就植生密度之定義、影響因子(如深根性、淺根性、地形坡度、地形條件)作較詳細說明。	植生密度均回歸水土保持技術規範之規定說明之。
九、台北市大地技師公會代表：	
1.各地方政府每年均會針對山坡地社區辦理相關安全體檢活動，能否將相關資料列入應用。	本研究以大高雄地區為主，若高雄縣市政府有此意願，應可參考為之。
十、主席結論：	
1.本計畫以應用層面為導向，建研所本年度自行研究有 30~40 個，委辦部分則因所內同仁以專長不足，故在技術與人力不足時則採協同研	依建研所規定辦理。

附錄一：期初審查意見處理說明表

究，所內同仁均能實際參與研究之執行。	
2.風險及潛勢評估，地工結構物之風險受損調查，以集中在都市化程度之坡地社區為調查重點。	本研究將研究重點擺在中型坡地社區高密度部分。
3.期望能將各位委員之意見納入後續研究推動之參考。	遵造辦理。
4.本年度研究經費短缺，希望可以在未來本所統籌經費再作適當調整。	謝謝支持。
5.未來本專業研究所研發之專家知識庫系統，應可在地方政府有需求下提供高雄縣市政府作為轄區內坡地社區防災之參考依據。	若高雄縣市政府有需要，可商請建研所作細節協商後辦理，本校研究團隊會極力配合。
6.請納入李怡先研究員為本研究人員。	遵造辦理，並已納入。

附錄二：期中審查意見處理說明表

期中審查意見	處理說明
一、何副所長明錦：	
1. 評估模式中未列入人為影響因子，可考量加入防治工程構造物之調查評估，如 1) 排水設施 2) 植生工法 3) 擋土工程等。	於後續工作中會儘量考慮其能否客觀地併入模式中，唯目前之現地調查已有考量防治工程現況之調查分析。
2. GPS/GIS 應用之範疇相當廣濶，蔡教授將此技術引入，且運作相當成熟，值得肯定。	謝謝何副所長之鼓勵與肯定。
3. 本計畫研究範圍應界定在坡地密集社區為主，其他類型開發可暫不考慮。	遵照辦理，本研究確實集中以坡地中大型社區為調查研究重點。
二、土木技師公會代表：	
1. 本研究之期中報告相當完整亦達預期目標，值得肯定。	謝謝委員之肯定與期許。
三、張博士吉佐	
1. 誤判率達 20%，可否再考量模式中有哪些因子之影響程度較高或較低後，再作二次篩選，以降低其誤判率。	降低誤判率乃為本研究後續工作重點，目前已考量從兩方面著手： 1) 調查樣區數目擬再增加至少一倍，加上第一年（75 件），希望可達 150 件以上 2) 相關因子再作調整融合，並考量何副所長之建議客觀加入人為影響因子之可行性，以期未來能控制誤判率在 10% 以下。
2. 知識庫建立架構與內容相當完整，對工程實務有助益，本研究成果值得肯定。	謝謝委員之肯定與期許。
四、游教授繁結	
1. 本研究雖僅是期中報告，但已有具體成果展現，值得稱許。	謝謝委員之肯定與期許。
2. GPS/GIS/RS 等科技在本研究之應用相當透徹，各種環境因子之彙整亦相當完整，並朝坡地開發實務導向研發，值得肯定，確具實務應用之價值。	謝謝委員之肯定與期許。
3. 調查表中之工程受損比率訂定目前以受損面積為主，但其受損原因包括施工不當與品質管控不當，故其受損率之訂定可再考量有無其他更具代表意義者。	謝謝委員指正，後續工作可考慮此建議，唯其受損率確實涵蓋估算層面甚大，將施工不當與品質管控納入，雖屬正確，但唯恐此項分析檢討將對工程施作單位造成困擾，甚至引發檢調單位和民間相關團體作

	為負面操作平台，本研究團隊將會慎思為之。
4.地質因子中之地質岩性呈現不出來，可否以其岩性與順向坡構造方式再作分析檢討。	本案將接受委員寶貴意見再作考量。
五、李研究員怡先	
1.研究綱要中之防治技術可行性評估，是否應由專業技師進行評估，而不宜納入本研究案中，以免分散研究能量。	謝謝李研究員指正，本研究案會將此刪除，並朝研究合約所核定之內容發揮。
六、陳組長建忠	
1.本研究案之相關資料已可提供作做高雄縣市政府在坡地社區開發管理層面之初步應用與建議，值得肯定。	謝謝陳組長之肯定。
2.諮詢委員可考量邀請工程實務界人士共同參與(如：工研院營建署、水保局等)。	本次諮詢委員已邀請水保局前局長陳志清先生、現任副局長湯曉虞先生、工研院能資所王文能先生、成大防災中心謝正倫主任、中央地質調查所林朝宗所長等產官學界人士共同參與諮詢。
3.本研究案之坡地社區應索定住宅社區進行資料蒐集分析，如：大坪頂案等。	謝謝委員指正，本研究確已朝此研究方向努力中。
七、主席結論	
1.本研究案經各位委員作期中審查，大多肯定其研究成果，確屬難得。希望本研究之後續工作能再多參考各位委員之寶貴建議。	除了再次感謝各位委員對本研究案之肯定外，後續工作將儘量就實質可行性將委員之寶貴建議或意見納入，以使本研究成果更具實務應用價值。
2.本研究偏向自然環境方面，較欠缺人為環境層面之參考，至於研究範疇與應用層面之索定，請再作適度考量，或許可再經由本研究衍伸更好建議，作為本所後續可推動之重要研究議題。	謝謝主席之提示，本研究後續工作將朝主席之指示及各位委員之建議方向，再作努力。

附錄三：期末審查意見處理說明表

期末審查意見	處理說明
一、丁所長育羣：	
1.與水保局土砂災害資料庫是否連上-尤其南部地區之資料。	本研究中所引用之土石流與崩塌地(2002)等土砂資料均源自行政院農委會水土保持局相關土砂調查報告。
2.資料所提高雄縣市近年來枝開發失敗案例是否納入考量。	高雄縣市境內近年之坡地社區開發案例均有考量，如花旗山莊、中山大學、壽山動物園等。
3.921 地震以來，對高雄壽山地區之早期開發情形影響如何。	高雄壽山地區之社區開發皆屬 50 年代之老丙建，而高雄之大坪頂社區開發則屬近期，其相互影響與社區環境特性均不一樣，因此選定此二處作比較分析。
4.都市計畫地區與國土計畫之資訊如何做整合，應納入考量。	本研究所研發之 GPS/GIS/RS 資料庫系統與國土資訊計畫可相結合達到資訊共享互通，應可經由建研所作為橋樑，提供未來作為大高雄地區土地利用強度反應與坡地開發利用管制之審議參考。
二、陳斗生(富圓技術董事長)	
1.研究內容與成果相當豐碩，以 3S 科技整合應用於坡地社區管理與坡地災害防治，值得肯定，請建築研究所能考量再編列經費支持本項研究。	謝謝委員肯定、支持與鼓勵。
2.由於調查樣本數增加，各項影響權重因子可能與所佈設之工程位置有關，可再作慎思考量。	本項因子已納入模式中考量，惟因區域內工程位置繁多，部份均已失去其原規劃設計資料而難以確認。
3.目前已作不同地形區分，未來後續研究可再作更細部之區分。	將納入未來之後續研究考量其如何再作合理之細部地形地域分割。
4.本研究模式中仍欠缺人為因子，目前大多以自然環境因子為主，可否考量將人為因子作進一步評估後列入後續研究計畫中考量。	未來如有後續研究之執行，應可將土地利用及處理工法等人為因子，納入進行調查研究。
5.系統中之土壤分類系統與工程土壤分類系統不一樣可否作統一。	可考量將其統一，謝謝委員指正。
6.斷層距離分佈有上下盤之差異，本研究以氣象局之震度劃分作為評估甚為合理。	謝謝委員認同與支持。

7.P:63. 201 處調查樣本之評估，非用治理工法作評估，可考量另成立後續研究納入辦理。	如蒙建研所支持本研究之延續，本團隊定將該項建議納入後續研究重點之一。
8.表 5.9~5.11 之權重與誤判率經分析後作權重之比例分配，若權重值太小者，應可以再作刪減去。	本研究已將權重值太小者，經統計檢定分析方式作篩選，因此目前所列者均屬經刪減後，呈現誤判率最小且 R ² 最大之因子。
9.第 5 章作法甚為合理，是否可以南投地區為案例再作研究，因為有此方法將有益於重建工作之推展。	若有後續研究計畫之支持，本研究群將會與建研所再行研商後審慎考量。
三、廖瑞堂	
1.本研究報告內容與方法之容整性及充實性值得稱許與肯定。	謝謝委員鼓勵與肯定。
2.地震與暴雨因素是否納入考量，其實對工程實務而言，大多以此發生破壞為主，可將工法之回饋設計納入作為後續研究項目，並請建研所能再支持本研究，因其對相關技師之工程設計相當有助益。	由於地震與雨量因素之納入，乃依循期中審查委員建議，至於工法回饋設計納入系統考量，將依建研所所規劃之後續研究再行納入，並再次謝謝廖委員之肯定與期許。
四、梁教授漢溪	
1.評估項目中坡度 30%以上者亦納入分析，但一般而言，坡度大於 30%以上已納入作為限制性開發坡度，是否還有必要再將 30%之坡度分級納入系統中建置。	本系統乃著重於坡地社區之開發規劃階段，因此就整個坡地社區基地而言，由於必須作整地規劃，故將坡度依水土保持手冊之分級作規劃，確可有助益於坡地社區開發審議和評定其擾動區域範圍之依據。
2.本研究內容與成果應用價值甚高，其研究成果確實值得肯定。	謝謝委員肯定
3.未來若本系統作轉檔時之案例轉擋，必須作更新，因此未來系統 Update 與 Renew 之考量，請建研所應注意本計畫之具體落實，必要時應請建研所再考量作技術移轉時編列經費協助作更新維護。	謝謝寶貴建議，未來確實可配合受技術移轉至地方政府，並可編列人力培訓與教育訓練經費一併為之。
五、國家防救災科技中心代表	
1.用航照圖與衛星影像作判釋有相當大之差異，到底本研究以何種為主。	本研究兩者均考量後作比較分析，若發現有嚴重差異性，則以野外現地查核為主。

附錄三：期末審查意見處理說明表

<p>2.研究中之地形坡度係屬直接調查量測或用DTM求算，因DTM為40m*40m可能會有精確性問題。</p>	<p>本研究之地形坡度均以野外實地量測之平均坡度為主，非用DTM作分析</p>
<p>六、台北市土木技師公會代表龔先生：</p>	
<p>1.本技師公會對此研究成果感到相當實用而非常有興趣，可否請蔡教授能播冗做專題演講。</p>	<p>謝謝肯定，如技師公會有此需要，本人敬表謝意接受邀請，但仍請技師公會能一併函知建研所，以示尊重。</p>
<p>2.P:29 圖 3-4 與圖 3-6，應說明來源。</p>	<p>謝謝指正，一定遵照修正。</p>
<p>3.本研究成果各項基本資料甚為詳細且實用，其比例尺可否註明。</p>	<p>由於研究成果中所列各項基本資料均屬GIS電子化圖檔，其比例尺可在系統中直接顯示讀取後列印。</p>
<p>4.期中之風險查核，水保技術規範，植生覆蓋率或植生優勢度、土壤有效深度，可否再於文中作說明，尤其NDVI與SAVI可否中文化說明。</p>	<p>謝謝寶貴建議，本報告於定稿時，將一併修正說明。</p>
<p>5.本研究報告之內容與成果很充實，此題目是否會繼續。</p>	<p>謝謝肯定，本研究專案是否會繼續，均將視建研所之審議決定。</p>
<p>七、台灣省大地技師公會代表：</p>	
<p>1.本研究成果在實務應用上值得肯定，應請建研所在考量支持後續研究之進行。</p>	<p>謝謝支持與肯定。</p>
<p>八、建研所防災組陳組長：</p>	
<p>1.題目是否調整，可再議，但整體而言，其內容與方法、成果均值得肯定。</p>	<p>謝謝陳組長對本研究之嘉許與肯定</p>
<p>2.未來應先編撰系統操作手冊，方可作為技術移轉與系統操作。</p>	<p>本研究成果如有相關單位願接受技術移轉，本研究群將分別依使用者與管理者不同角色，編列系統簡易操作手冊，以利技術移轉，唯其編撰及技術移轉費用均可透過建研所安排後運作。</p>
<p>3.資料庫系統架構之上下區位關係與其因子是否相乘或其他組合模式，確實可再作進一步探討分析。</p>	<p>本研究對權重因子之篩選，確實已依統計檢定分析方法作因子相依性與獨立性檢定，並再作因子融合模式分析，由於侷限簡報時間未能作詳細說明，甚感抱歉，但在本文中均已做說明。</p>

