

MOTC-IOT-101-H1DB007b

山區道路易致災路段調查評估、風險 分析及監測預警管制技術之研發(2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 102 年 1 月

MOTC-IOT-101-H1DB007b

山區道路易致災路段調查評估、風險 分析及監測預警管制技術之研發(2/4)

著者：謝明志、張道光、曾志民、黃敏郎
許錕安、汪彙信、何岱杰

交通部運輸研究所

中華民國 102 年 1 月

山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)

著 者：謝明志、張道光、曾志民、黃敏郎、許錕安、汪彙信、何岱杰

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版> 中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 102 年 1 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：全套 一 冊 300 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1 • 電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN： ISBN： (全套:平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，

須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)			
國際標準書號 (或叢刊號) ISBN (平裝)	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號 MOTC-IOT-101-H1DB007b
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：張道光 聯絡電話：04-26587174 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會 計畫主持人：曾志民 研究人員：黃敏郎, 許錕安, 何岱杰, 汪彙信 地址：臺南市東區大學路一號 聯絡電話：06-3840251	研究期間 自 101 年 01 月 至 101 年 10 月	
關鍵詞：山區道路、崩塌、監測、易致災性			
<p>摘要：</p> <p>本計畫以台 24 線三地門至阿禮段之山區道路為研究對象，以集水區坡面為分析單元，結合環境地質敏感區概念，依據地形、地質與災害特性，進行山區易致災路段劃分。同時進行山崩目錄置、重大災例蒐集與大規模山崩判釋等方式建置災害區位，並分析其災害潛因(水文、地形與地質)，透過證據權法進行山崩潛勢分析，並結合誘因(降雨)分析，進行災害危害度與損失程度分析，建立山區道路災害風險分析模式，以為後續山區道路災害監測預警與營運管理基礎。</p> <p>本年度主要完成之內容包括：1.山區道路重大災例蒐集、成因、特性與復建措施分析；2.選取示範山區道路邊坡歷史山崩目錄建置、災因分析與邊坡山崩潛感分析；3.透過計畫區災前及災後高解析度影像之搜集，運用影像判釋分類技術，獲取相關致災因子及災害資訊，並建立研究區災害空間及屬性資料庫；4.運用地理資訊系統軟體繪製降雨引致之研究區道路山崩潛勢圖；5.探討山區道路邊坡致災因子、誘發因子(降雨)及道路邊坡破壞與否間之關係，並建立分析模式；6.選取示範山區道路進行大規模滑動區位判釋、成因、特性分析。</p> <p>本期研究成果與效益有：1. 採用坡面單元結合地質敏感區進行易致災路段劃分，此方法可清楚界定各易致災路段的範圍、主要災害類型與災害特性、警戒基準與風險估算。2. 已初步完成山區道路之災害風險評估模式，可提供路管單位於提前應變措施參考。3.本計畫之執行經驗及成果可做為本所後續相關研究之基礎。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
102 年 1 月	286	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>限閱 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>(解密【限】條件：<input type="checkbox"/> 年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附錄抽存後解密， <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Developed a technique for mountain road to investigate risk assessment, risk analysis, landslide prewarning management(2/4)			
ISBN(OR ISSN) ISBN	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER MOTC-IOT-101-H1DB007b
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang, Tao-kuang PHONE: (04) 26587174 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM : February 2012 TO : October 2012
RESEARCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tseng, Chih-Ming PROJECT STAFF: Huang, Min-Lang, Hsu, Kun-An, Ho, Tai-Chieh, Wang Hui-Shen ADDRESS: No.1, University Road., Taiwan, R. O. C. PHONE: (06) -3840251			
KEY WORDS: : mountain road 、 landslide 、 monitor 、 vulnerability			
ABSTRACT: <p>This project selected Provincial highway Route 24 from Sandimen to Adiri as study area in this year. The concept of slope unit combined with environmental geology features was conducted to map hazardous road sections in our study area. This mapping mainly based on the landslides risk estimated by the weight of evidences method. In addition, the vulnerability of mountainous road is also considered. The analysis results could be the base for the following monitoring planning and operation management. The work accomplished in this year including: 1.data collection of major disaster events, 2.landslide inventory setup and hazard potential analysis of landslides, 3.establishment of database, 4.establishment of hazard potential map for rainfall-induced landslides, 5.influences of environmental factors and rainfall on mountain roads, 6.interpretation for large scale landslide.</p> <p>Finally, benefits of this project are expected to: 1. The concept of slope unit has been proven an efficient way to quantitatively evaluate hazard potential for mountain roads. 2. The hazard risk evaluation method proposed in this project could be the reference for the road management agency for disaster preparedness. 3. The study results of this project could be the base for the following related research</p>			
DATE OF PUBLICATION January, 2013	NUMBER OF PAGES 286	PRICE 300	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測 預警管制技術之研發(2/4)

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	VII
表目錄.....	XIII
第一章 前言.....	1-1
1.1 研究計畫背景、目的與重要性.....	1-1
1.2 研究範圍與工作項目.....	1-3
1.2.1 研究範圍.....	1-3
1.2.2 工作項目.....	1-3
第二章 計畫執行方法.....	2-1
2.1 工作流程與執行方法.....	2-1
2.2 計畫前期作業.....	2-2
2.2.1 研究示範區域之選定.....	2-2
2.2.2 易致災路段劃分.....	2-3
2.3 相關研究文獻之回顧與整理.....	2-5
2.4 山區道路易致災路段之調查評估.....	2-5
2.4.1 歷史山崩目錄建置.....	2-5
2.4.2 邊坡山崩潛感分析.....	2-7

2.4.3	重大災害案例蒐集分析	2-19
2.4.4	大規模滑動區位判釋與分析	2-21
2.4.5	地質敏感地區資料蒐集與分析	2-23
2.4.6	易致災路段分析	2-24
2.4.7	易致災路段調查與評估	2-25
2.5	山區道路易致災路段風險分析	2-27
2.5.1	山區道路邊坡致災因子、誘發因子分析	2-27
2.5.2	易致災路段風險分析	2-29
2.6	計畫成果提送	2-30
2.6.1	成果圖製作	2-30
第三章	文獻回顧	3-1
3.1	山區道路災害類型	3-1
3.2	易致災路段劃分方法	3-2
3.3	山區道路風險分析	3-3
3.4	山區道路災害潛勢評估	3-4
3.5	監測預警管制	3-4
3.6	山區道路邊坡整治工法	3-6
第四章	山區道路易致災路段調查評估	4-1
4.1	台 24 線山區道路基本特性分析	4-1
4.1.1	台 24 線山區道路路線概況	4-1
4.1.2	台 24 線山區道路水文及氣候概況	4-2
4.1.3	台 24 線山區道路地質概況	4-3
4.2	地質敏感地區資料蒐集與分析	4-4

4.3 歷史山崩目錄建置	4-6
4.3.1 判釋方法	4-7
4.3.2 判釋成果	4-10
4.4 山區道路坡面單元劃分	4-16
4.4.1 研究區坡向分析	4-16
4.4.2 研究區坡度分析	4-17
4.4.3 研究區水系分析	4-19
4.4.4 研究區坡面單元劃分	4-20
4.5 邊坡山崩潛感分析	4-21
4.5.1 山崩潛感分析結果	4-21
4.5.2 山崩高潛勢發生位置篩選	4-24
4.6 重大災例蒐集蒐集	4-25
4.7 大規模滑動區位判釋、成因、特性分析	4-38
4.8 易致災路段分析	4-41
4.8.1 易致災路段劃分	4-41
4.8.2 易致災路段災害類型分析	4-51
4.8.3 易致災路段邊坡區位與地形區位分析	4-53
4.8.4 易致災路段災害潛勢分析	4-54
4.9 重大災例成因、特性與復建措施分析	4-57
4.9.1 重大災害案例成因、特性分析	4-57
4.9.2 重大災害案例復建措施分析	4-59
第五章 山區道路易致災路段風險分析	5-1
5.1 災害潛勢分析	5-1

5.2 山區道路邊坡致災因子、誘發因子分析.....	5-6
5.3 易致災路段損失程度分析.....	5-12
5.4 易致災路段風險分析.....	5-14
第六章 資料庫建置成果展現.....	6-1
6.1 資料庫建置.....	6-1
6.2 成果圖製作.....	6-2
第七章 結論與建議.....	7-1
7.1 結論.....	7-1
7.2 建議.....	7-3
參考文獻.....	參-1
附錄一 工作會議紀錄.....	附錄1-1
附錄二 期中報告審查意見處理情形表.....	附錄2-1
附錄三 期末報告審查意見處理情形表.....	附錄3-1
附錄四 期末報告簡報資料.....	附錄4-1
附錄五 山崩目錄建置成果.....	附錄5-1
附錄六 山崩潛感因子資料.....	附錄6-1
附錄七 易致災路段風險分析結果.....	附錄7-1
附錄八 台24線道路山崩潛感圖.....	附錄8-1
附錄九 台24線道路環境地質敏感區圖.....	附錄9-1
附錄十 台24線道路風險圖.....	附錄10-1

圖目錄

圖 1.1 以等間距劃分易致災路段所產生的問題.....	1-2
圖 2.1 本年度研究內容及步驟流程圖.....	2-1
圖 2.2 研究示範區-台 24 線三地門至阿禮段之山區道路圖	2-2
圖 2.3 山崩潛感分析單元比較圖。(a)網格單元;(b)坡面單元	2-3
圖 2.4 本計畫易致災路段劃分流程.....	2-4
圖 2.5 福衛二號影像圖.....	2-6
圖 2.6 山崩潛勢評估流程圖.....	2-7
圖 2.7 山崩與因子關係圖.....	2-10
圖 2.8 卡方檢定列聯表.....	2-11
圖 2.9 卡方檢定結果示意圖.....	2-12
圖 2.10 成功率曲線示意圖.....	2-13
圖 2.11 Dikau(1989)坡形分類.....	2-16
圖 2.12 山崩潛勢圖製作流程.....	2-18
圖 2.13 新增山崩示意圖(新增山崩=新生山崩+舊有擴大山崩).....	2-19
圖 2.14 本研究擬採行之山區道路大規模滑動區位判釋流程圖	2-22
圖 2.15 各類型大規模滑動區案例圖.....	2-23
圖 2.16 地質敏感地區分布範例圖(以三地門圖幅為例).....	2-24
圖 2.17 山崩之致災因子與誘發因子.....	2-27
圖 2.18 成果圖電子檔製作範圍.....	2-31
圖 2.19 出圖版面設計示意圖.....	2-32
圖 4.1 研究區域路線概況圖.....	4-1

圖 4.2 台 24 線山區道路水文及氣候概況圖.....	4-2
圖 4.3 台 24 線地質概況圖.....	4-4
圖 4.4 台 24 線山區道路坡面範圍內地質敏感地區分布圖.....	4-4
圖 4.5 台 24 線三地門至阿禮典型地質敏感地區特性圖(以 30K 為例) ..	4-5
圖 4.6 衛星影像崩塌地判釋流程.....	4-9
圖 4.7 0612 豪雨後崩塌地分布情形.....	4-11
圖 4.8 海棠颱風後崩塌地分布情形.....	4-11
圖 4.9 瑪莎颱風後崩塌地分布情形.....	4-11
圖 4.10 泰利颱風後崩塌地分布情形.....	4-11
圖 4.11 凱米颱風後崩塌地分布情形.....	4-12
圖 4.12 柯羅莎颱風後崩塌地分布情形.....	4-12
圖 4.13 米塔颱風後崩塌地分布情形.....	4-12
圖 4.14 卡玫基颱風後崩塌地分布情形.....	4-12
圖 4.15 辛樂克颱風後崩塌地分布情形.....	4-13
圖 4.16 莫拉克颱風後崩塌地分布情形.....	4-13
圖 4.17 0725 豪雨後崩塌地分布情形.....	4-13
圖 4.18 凡那比颱風後崩塌地分布情形.....	4-13
圖 4.19 梅姬颱風後崩塌地分布情形.....	4-14
圖 4.20 0719 豪雨後崩塌地分布情形.....	4-14
圖 4.21 南瑪都颱風後崩塌地分布情形.....	4-14
圖 4.22 1001 豪雨後崩塌地分布情形.....	4-14
圖 4.23 歷史山崩面積與數量統計圖.....	4-15
圖 4.24 歷史山崩新增崩塌面積與數量統計圖.....	4-15

圖 4.25 研究區坡向分布圖	4-16
圖 4.26 研究區坡向統計圖	4-17
圖 4.27 研究區坡度分布圖	4-18
圖 4.28 研究區坡度統計圖	4-18
圖 4.29 研究區水系分布圖	4-19
圖 4.30 研究區坡面單元分布圖	4-20
圖 4.31 研究區坡面單元內地質敏感區數量統計分布圖	4-21
圖 4.32 辛樂克颱風潛勢分析及成功率曲線	4-22
圖 4.33 莫拉克颱風潛勢分析及成功率曲線	4-23
圖 4.34 梅姬颱風潛勢分析及成功率曲線	4-23
圖 4.35 研究區域高潛感坡面單元篩選	4-24
圖 4.36 台 24 線近年重大災害案例空間分布圖	4-30
圖 4.37 台 24 線 26K+0 於莫拉克颱風期間道路阻斷情形	4-31
圖 4.38 台 24 線 26K+800 於南瑪都颱風期間預警性封閉	4-31
圖 4.39 台 24 線 28K+30 於莫拉克颱風期間道路阻斷情形	4-31
圖 4.40 台 24 線 30K+100 於 0609 豪雨事件道路阻斷情形	4-31
圖 4.41 台 24 線 31K+400 於 0609 豪雨事件道路阻斷情形	4-31
圖 4.42 台 24 線 31K+500 於莫拉克期間道路阻斷情形	4-31
圖 4.43 台 24 線 31K+500 於莫拉克颱風期間道路阻斷情形	4-32
圖 4.44 台 24 線 32K+890 於芭瑪颱風期間道路阻斷情形	4-32
圖 4.45 台 24 線 32K+890 於 0523 豪雨事件道路阻斷情形	4-32
圖 4.46 台 24 線 32K+890 於 0528 豪雨事件道路阻斷情形	4-32
圖 4.47 台 24 線 32K+890 於 0528 豪雨事件道路阻斷情形	4-32

圖 4.48	台 24 線 32K+890 於 0726 豪雨事件道路阻斷情形	4-32
圖 4.49	台 24 線 32K+890 於 萊羅克 颱風期間道路阻斷情形	4-33
圖 4.50	台 24 線 32K+890 於 莫蘭蒂 颱風期間道路阻斷情形	4-33
圖 4.51	台 24 線 32K+890 於 凡那比 颱風期間道路阻斷情形	4-33
圖 4.52	台 24 線 32K+890 於 梅姬 颱風期間道路阻斷情形	4-33
圖 4.53	台 24 線 32K+890 於 0718 豪雨事件預警性封閉	4-33
圖 4.54	台 24 線 32K+890 於 0718 豪雨事件預警性封閉	4-33
圖 4.55	台 24 線 32K+890 於 0824 豪雨事件預警性封閉	4-34
圖 4.56	台 24 線 32K+890 於 0609 豪雨事件便道毀損情形	4-34
圖 4.57	台 24 線 33K+800 於 0923 豪雨事件道路阻斷情形	4-34
圖 4.58	台 24 線 35K+000 於 梅姬 颱風期間道路阻斷情形	4-34
圖 4.59	台 24 線 35K+200 於 0609 豪雨事件道路阻斷情形	4-34
圖 4.60	台 24 線 35K+300 於 0923 豪雨事件道路阻斷情形	4-34
圖 4.61	台 24 線 36K+000 於 0609 豪雨事件道路阻斷情形	4-35
圖 4.62	台 24 線 37K+000 於 0523 豪雨事件道路阻斷情形	4-35
圖 4.63	台 24 線 45K+600 於 0420 豪雨事件道路阻斷情形	4-35
圖 4.64	台 24 線 46K+000 於 莫拉克 颱風期間道路阻斷情形	4-35
圖 4.65	台 24 線 2008 ~ 2012 年期間實際道路中斷點位之分布情形	4-37
圖 4.66	研究區域內之大規模滑動區位空間分布圖	4-38
圖 4.67	大規模滑動區位編號 LS02 現地照片	4-39
圖 4.68	大規模滑動區位編號 LS03~LS04 現地照片	4-40
圖 4.69	大規模滑動區位編號 LS06 現地照片	4-40
圖 4.70	大規模滑動區位編號 LS05 現地照片	4-41

圖 4.71 台 24 線山區道路易致災路段劃分成果圖.....	4-42
圖 4.72 台 24 線山區道路易致災路段主要災害類型分布圖.....	4-52
圖 4.73 易致災路段災害潛勢與主要災害類型.....	4-54
圖 4.74 台 24 線山區道路易致災路段危險度評估結果圖.....	4-55
圖 4.75 台 24 線山區道路易致災路段上、下邊坡危險度評估結果圖..	4-56
圖 4.76 重大災害案例與易致災路段災害類型疊合分布圖.....	4-57
圖 4.77 台 24 線山區道路重大災例復建措施工程現況圖.....	4-60
圖 4.78 樁號 26K+000 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖	4-64
圖 4.79 樁號 28K+300 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖	4-65
圖 4.80 樁號 31K+500 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖	4-66
圖 4.81 樁號 32K+890 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖	4-67
圖 4.82 樁號 35K+400 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖	4-68
圖 5.1 機率式土石流發生降雨警戒曲線模式示意圖.....	5-9
圖 5.2 台 24 線沿線坡面單元誘發崩塌之降雨指標關係.....	5-9
圖 5.3 台 24 線誘發災害造成道路中斷之降雨指標關係.....	5-10
圖 5.4 坡面單元崩塌災害發生降雨基準.....	5-12
圖 5.5 莫拉克風災台 24 線長期復建工程劃分圖.....	5-13
圖 5.6 台 24 線易致災路段風險圖.....	5-15
圖 6.1 台 24 線道路山崩潛感圖範例.....	6-3
圖 6.2 台 24 線道路環境地質敏感區圖範例.....	6-4
圖 6.3 台 24 線道路風險圖範例.....	6-5

表目錄

表 2-1 研究區域內山崩目錄及影像列表	2-6
表 2-2 AUC 評估成效表	2-13
表 2-3 福衛 2 號衛星影像使用日期	2-14
表 2-4 山崩潛勢圖分析資料	2-14
表 2-5 坡形分類名稱對照表	2-16
表 2-6 研究區域證據權重法分析事件資料	2-19
表 2-7 本計畫蒐集之災害事件與雨量時間範圍一覽表	2-20
表 2-8 本研究擬採行之山區道路大規模滑動類型分類表	2-22
表 2-9 日本建設省道路局深層滑動潛勢評估項目一覽表	2-25
表 2-10 易致災路段潛勢評估項目一覽表	2-26
表 2-11 研究區域各地層對應地質分區表	2-28
表 2-12 計畫成果圖一覽表	2-30
表 3-1 邊坡破害類型分類一覽表	3-2
表 3-2 邊坡破害類型與環境地質敏感區對應表	3-2
表 4-1 三地門氣候站 2010 年逐月平均溫度一覽表	4-2
表 4-2 上德文、阿禮氣候站 2010 年逐月雨量一覽表	4-3
表 4-3 台 24 線經過之坡面範圍內之地質敏感地區數量統計一覽表	4-5
表 4-4 歷史山崩目錄建置選用之福衛二號影像列表	4-6
表 4-5 裸露地人工檢核項目與內容一覽表	4-8
表 4-6 台 24 線各期崩塌地個數與面積統計	4-10
表 4-7 南化水庫集水區各事件成功率曲線及預測率曲線表	4-22

表 4-8 台 24 線近年重大災害案例彙整	4-26
表 4-9 台 24 線 2008~2012 年期間實際因災害發生中斷案例彙整表..	4-36
表 4-10 台 24 線 2008~2012 年期間災害次數統計表	4-37
表 4-11 研究區域內之大規模滑動區發生成因與特性統計表	4-39
表 4-12 台 24 線山區道路易致災路段劃分成果一覽表	4-43
表 4-13 台 24 線山區道路易致災路段主要災害類型統計表	4-53
表 4-14 台 24 線山區道路易致災路段所處地形區位統計表	4-53
表 4-15 台 24 線山區道路重大災害案例災害類型一覽表	4-58
表 4-16 台 24 線山區道路重大災例復建措施工程現況一覽表	4-61
表 4-17 研究區域內水利署第七河川局施作之復建措施工程一覽表 ...	4-69
表 5-1 台 24 線易致災路段之災害潛勢指標一覽表	5-1
表 5-2 台 24 線道路中斷位置所在之坡面單元降雨指標彙整	5-8
表 5-3 屏東阿禮雨量站各重現期之降雨強度-延時公式係數.....	5-11
表 5-4 台 24 線搶修及復建計畫之復建經費資料一覽表	5-13
表 5-5 台 24 線易致災路段中風險最高的前十個路段資料一覽表 ...	5-15
表 6-1 空間資料庫建置項目一覽表	6-1
表 6-2 易致災路段圖層欄位規劃表	6-2

第一章 前言

1.1 研究計畫背景、目的與重要性

民國 97 年卡玫基颱風與辛樂克颱風襲台對山區道路重創，民國 98 年莫拉克颱風帶來驚人的雨量，更摧毀南部眾多重要山區的連外道路，此突顯出山區道路安全警戒的重要性。由上所述國內缺乏有效的易致災路段(容易發生邊坡山崩、水流淘刷路基流失、土石流、河道土砂淤埋、...等事件而導致道路中斷或毀損，且可能危及人車安全之路段)系統分析、風險管理與監測預警系統建置。有鑑於此，本研究希望透過資料蒐集、前人研究分析與現場調查結果，針對道路所處環境的自然環境基本資料與災害歷史資料，建立風險管理的評估架構，並且檢討現行道路監測預警系統，提出創新構思與監測管理與養護巡察措施，並研發新的預警措施，以提高國內道路整體安全的使用。

臺灣地區因地文條件不佳，加以山區地形陡峻，每逢颱風或暴雨來襲，就容易因集中性降雨而引發不穩定區的山崩與衍生土石流的現象，並造成土石災害。近年來國內外已有多位學者針對相關土砂災害之致災因子進行調查與探討，正如其他自然災害與其地質之特性息息相關，每個山崩地區各其有特殊的因素所造成的，且往往是由好幾個可能之影響因子所構成，其中包括潛因(如地質、地形、水文等)及誘因(如降雨、地震、人為因素等)。

而地質因素可分為岩性、構造狀態、覆蓋情形等；地形因素又可分為坡度、坡向、位置等。至於人為因素則如林木砍伐、道路建設、土地開發、採礦、改變地表植被等。過去許多研究都嘗試利用不同的因素、從不同的方法來評估或推估影響山崩的潛在因子，其大多考量各單一因素與山崩類型之關聯程度，並針對單因子與山崩地種類關聯程度加以分析。然各項可能致災因子中仍存在一些不確定性因素，對擬解決之問題尚有部分難予完全掌握，但其對於山崩之潛勢發展與規模大小之預估卻可提供舉足輕重之資訊。

以往針對山區道路的易致災特性分析普遍採用機率法，以等間距劃分易致災路段，再依據歷史災害各項因子進行災害機率統計。然而此方式卻存在許多問題：

1. 同一路段發育不同災害，增加統計難度：採等間距劃分易致災路段，可能產生同一路段有不同災害發育，無法針對各種災害分進行因子計算，增加統計難度。



圖 1.1 以等間距劃分易致災路段所產生的問題

2. 新增歷史災害需再進行重新統計：因統計結果受歷史災害資料數量與位置控制，所以當有災害新增時需再進行重新統計。
3. 僅得到各個路段之災害機率值：依據統計方式，僅得到各個路段之災害機率值，無法確實指出處路段真正之災害類型與發生特性。

有鑑於此，本年度計畫選定台 24 線之山區道路進行災害案例蒐集，並以集水區坡面為分析單元，探究道路邊坡致災因子，期規劃建置合理之整合性山區道路邊坡山崩潛勢評估流程與方法。本計畫同時運用證據權法進行道路邊坡災害潛勢分析，並對各項自然環境及邊坡開發等致災潛勢因子進行其權重值之量化分析，以此建置災害潛勢模式。本研究並將結合地理資訊系統繪製山區道路邊坡災害之潛勢圖、環境地質敏區圖與易致災路段風險圖，並探討山區道路邊坡致災因

子、降雨及道路邊坡破壞與否間之關係，以期建立降雨引致之道路邊坡山崩之量化分析模式。研究中亦將影像判釋技術應用於大規模滑動區位之判釋，並分析其滑動成因與特性。預期本研究之成果可提供公路總局及相關單位在山區道路坡地災害防治之參考與應用，做為後續相關研究之基礎。

1.2 研究範圍與工作項目

1.2.1 研究範圍

本(101)年度工作範圍為依據第一季工作會議決議，選定台 24 線三地門至阿禮段之山區道路為研究對象。

1.2.2 工作項目

本年度預期完成的研究工作項目包括：

1. 山區道路重大災例蒐集、成因、特性與復建措施分析。
2. 選取示範山區道路邊坡歷史山崩目錄建置、災因分析與邊坡山崩潛感分析。
3. 透過計畫區災前及災後高解析度影像之搜集，運用影像判釋分類技術，獲取相關致災因子及災害資訊，並建立研究區災害空間及屬性資料庫。
4. 運用地理資訊系統軟體繪製降雨引致之研究區道路山崩潛勢圖。
5. 探討山區道路邊坡致災因子、誘發因子(降雨)及道路邊坡破壞與否間之關係，並建立分析模式。
6. 選取示範山區道路進行大規模滑動區位判釋、成因、特性分析。

第二章 計畫執行方法

2.1 工作流程與執行方法

本年度計畫主要著重在山區道路易致災路段之調查與評估方法建立，與初步風險分析，據此本計畫以四階段流程完成各項工作，分別為計畫前期作業、山區道路易致災路段之調查評估、山區道路易致災路段風險評估與計畫成果提送等四階段。

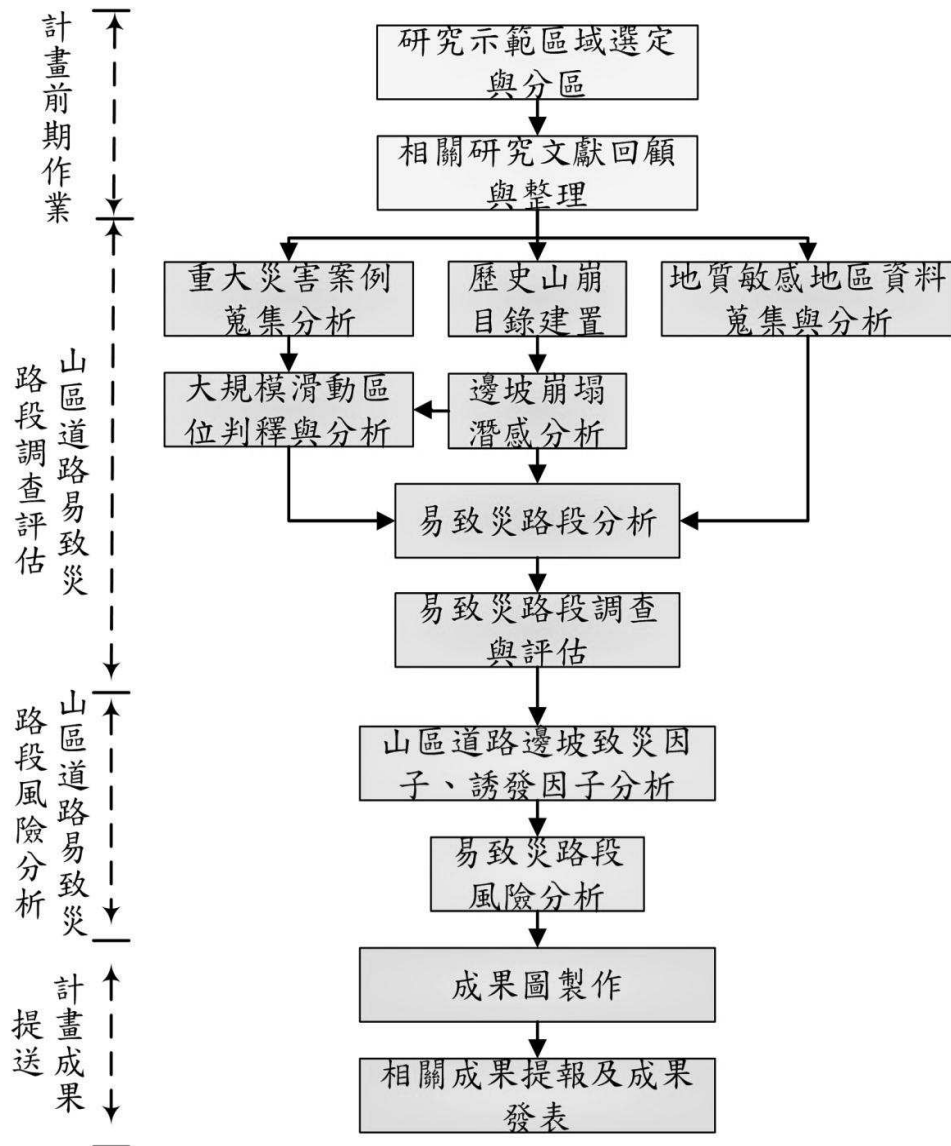


圖 2.1 本年度研究內容及步驟流程圖

其中計畫前期作業之工作內容包括：(1)示範研究區域選定與分區；(2)相關研究文獻之回顧與整理。山區道路易致災路段之調查評估之工作內容包括：(1)歷史山崩目錄建置；(2)邊坡山崩潛感分析；(3)重大災害案例蒐集分析；(4)大規模滑動區位判釋與分析；(5)地質敏感地區資料蒐集與分析；(6)易致災路段分析；(7)易致災路段調查與評估。而山區道路易致災路段風險評估之工作內容包括：(1)山區道路邊坡致災因子、誘發因子分析；(2)易致災路段風險分析，而計畫成果提送之工作內容包括：(1)成果圖製作；(2)與相關成果提報及成果發表。而細部之工作方法列述如下：

2.2 計畫前期作業

2.2.1 研究示範區域之選定

依據第一季工作會議決議選定台 24 線三地門至阿禮段之山區道路為研究對象。因該道路沿線有相當多原著民聚落，同時為三地門鄉、霧台鄉各村主要之聯外道路，扮演相當重之運輸角色，在以往之研究則相對較少，因此可以此一路線為研究區域，以擴增山區道路相關之災害案例與研究範圍。

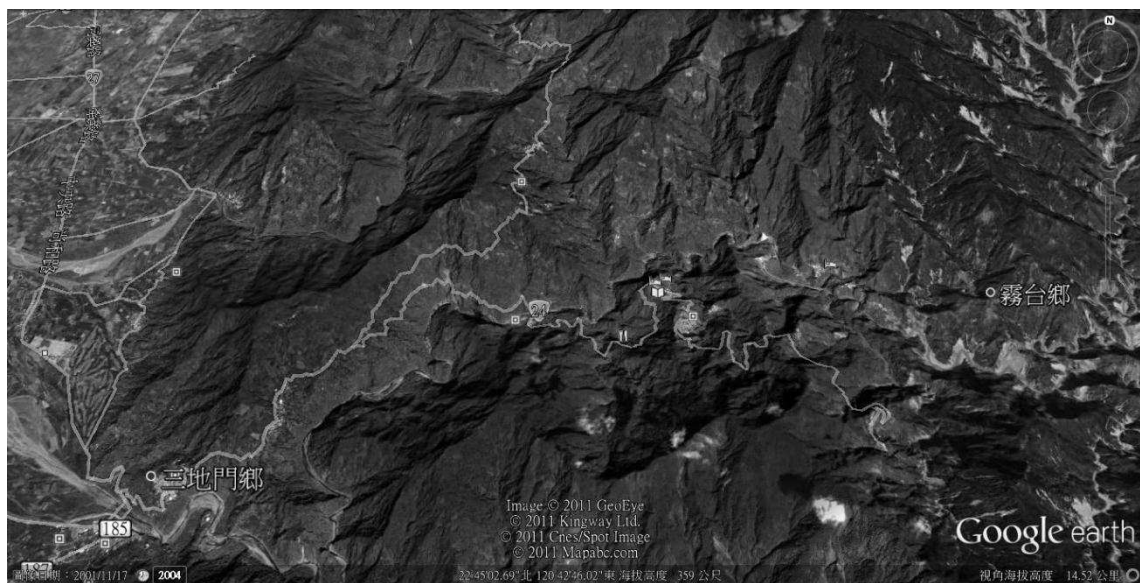


圖 2.2 研究示範區-台 24 線三地門至阿禮段之山區道路圖

2.2.2 易致災路段劃分

以往易致災路段大部分採固定里程進行劃分，此方式劃分結果有可能發生同一災害橫跨不同路段的現象，同時也會造成後續災害相關統計的困擾。因此本計畫納入坡面單元進行山區道路之分區。在坡面單元相關之研究方面，在過去的研究中，一般都採用網格式數值高程模型資料（圖 2-2,a）進行山崩潛勢分析，以國內國內為例最常用之尺寸為 40 米與 5 米。

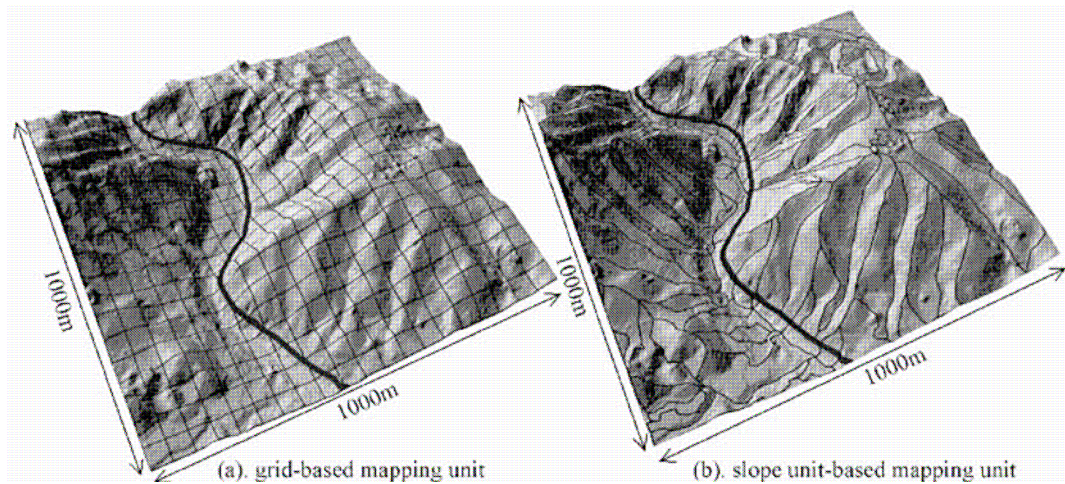


圖 2.3 山崩潛感分析單元比較圖。(a)網格單元;(b)坡面單元

註：資料來源 XIE et al.(2004)

因網格式的 GIS 資料單元小，且空間分布零碎，不易應用於坡地災害管理，因此國內中央地質調查所(以下簡稱地調所)引用義大利(Carrara et al., 1983)之山崩潛勢分析概念，以坡面單元(slope unit)（圖 2-2,b）作為山崩潛勢分析之基本單元，因其有較完整之地形分區邊界，在地形及地質上相較網格分析單元更具意義，且有利於主管機關進行坡地災害管理。另外，坡面單元可透過 GIS 軟體進行編輯與管理，並登錄圖層屬性，內容包括山崩目錄與地形地文潛勢因子等相關資訊，可供山崩潛勢分析之用。坡面單元基本上有兩種不同的定義：一是指斜坡縱斷面上被變坡點(slope break)分割的最小單元，另一是指侵蝕基準以上的整個斜坡系統。第一種定義較常被地理學者用來區分一個斜

坡上的各個小單元，例如：崩崖、崖錐等。第二種定義則較常被運用在山崩災害研究上，一個小集水區的水系兩側斜坡各被視為一個坡面單元(Guzzetti et al., 1999)。本計畫採用第二種定義，將示範區道路以坡向進行坡面單元劃分，在劃分方法上（如圖 2-4），因地質特性會反映在地形表徵上面，同時也會照程不同之坡向與坡度，同時亦會有不同之邊坡壞特性，因此坡面單元劃分首先採用坡向進行劃分，若山區道路非位於坡面上，則依據其所處之地形特徵（如河階台地、沖積扇、崖錐堆積...等）再進行坡面單元區分，如此同一坡面單元有相近之地質、地形特性。

而在易致災路段劃分方法上，首先套疊道路圖層，將道路依據坡面單元加以切割，再結合災害特性，針對流動型災害(如土石流或蝕溝)區位以水系資料與環境地質敏感區資料再進行細分，如此可明確律定易致災路之主要災害類型，再透過水系分析將土石流,蝕溝等流動型災害進行細分，以與滑動型災害進行區隔，以利後續之災害統計與分析，最後完成易致災路段之劃分作業。經由上述之方法，易致災路段亦會記錄主要災害特性、地形特性，後續再透過資料蒐集與現地查核方式，針對道路排水或相關工程等重要區位導對災害發生與影響進行細部調查，以完整易致災路段之分析作業。

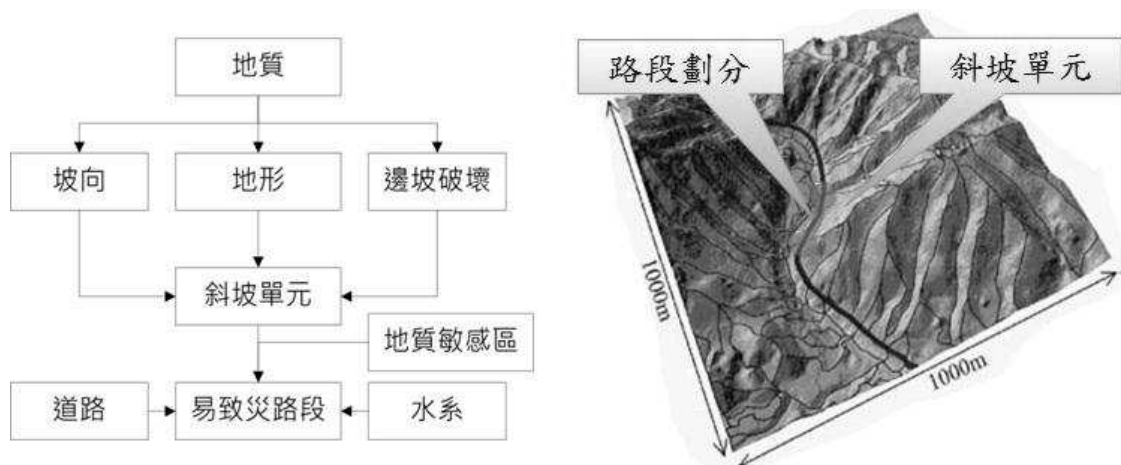


圖 2.4 本計畫易致災路段劃分流程

2.3 相關研究文獻之回顧與整理

針對計畫工作需求，本研究蒐集國內外更多關於道路邊坡災害致災因子之相關文獻，包括人為或自然相關因素所造成災害類型特性之分類彙整與分析、風險評估模式、道路邊坡破壞預警機制等，進行回顧與分析探討。

2.4 山區道路易致災路段之調查評估

2.4.1 歷史山崩目錄建置

本研究參考港研中心山區道路歷史災害及現地調查資料庫，配合本研究預計蒐集示範研究區道路災害案例，輔以衛星影像判釋技術，建置示範區道路邊坡歷史山崩目錄。此外，將再針對示範區道路進行歷史災害特性分析及復建措施探討。

本計畫以台 24 線山地門至阿禮之山區道路為範圍，利用計畫區之歷年航照影像及高精度衛星影像進行山崩目錄建置。本計畫蒐集自 2004 年至 2010 年之福衛二號影像，列表如表 2-1。

表 2-1 研究區域內山崩目錄及影像列表

影像類型	影像解析度(m)	影像時間	主要影響事件	資料來源
福衛二號	8	2005/07/10, 2005/07/01	0612 豪雨	本團隊產製
福衛二號	8	2005/08/01, 2005/07/25	海棠颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2005/08/07, 2005/08/16	馬莎颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2006/02/01, 2006/01/31	泰利颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2006/09/13, 2007/03/10	凱米颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2007/10/26, 2007/11/20	柯羅莎颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2008/02/17, 2007/12/21	米塔颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2008/07/23, 2008/08/24	卡梅姬颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2009/01/14, 2008/12/21	辛樂克颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2009/05/09, 2009/05/10	-	本團隊產製
福衛二號	2	2009/08/17, 2009/09/02	莫拉克颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2010/08/10, 2010/08/27	0725 豪雨	本團隊產製
福衛二號	8	2010/09/23, 2010/10/10	凡那比颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2010/11/21, 2010/11/01	梅姬颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2011/05/08, 2011/06/13	-	本團隊產製
福衛二號	8	2011/08/17, 2011/07/23	0719 豪雨	本團隊產製
福衛二號	8	2011/09/17, 2011/09/26	南瑪都颱風	本團隊產製
福衛二號	8	2011/10/24, 2011/10/21	1001 豪雨	本團隊產製

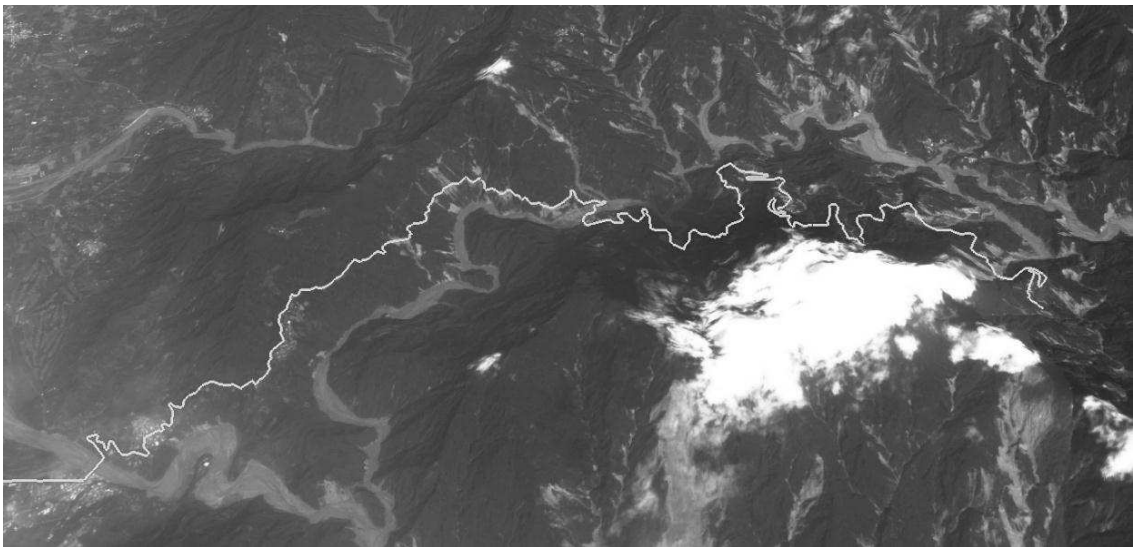


圖 2.5 福衛二號影像圖

註：影像拍攝日期：2011/10/24

2.4.2 邊坡山崩潛感分析

針對全流域山崩發生潛勢，本計畫透過上節建置之山崩目錄為基礎，採用證據權重法，製作山崩潛感圖，藉以劃定山崩發生之高潛勢區，以進行全研究區域深層滑動區位篩選之參考。在山崩目錄選定上，本計畫用研究區域內莫拉克災後，產生大量山崩之颱風豪雨事件，進行後續證據權重法分析。其流程主要包括因子權重值計算、因子檢定與成功率驗證與山崩潛勢評估結果(圖 2.6)。

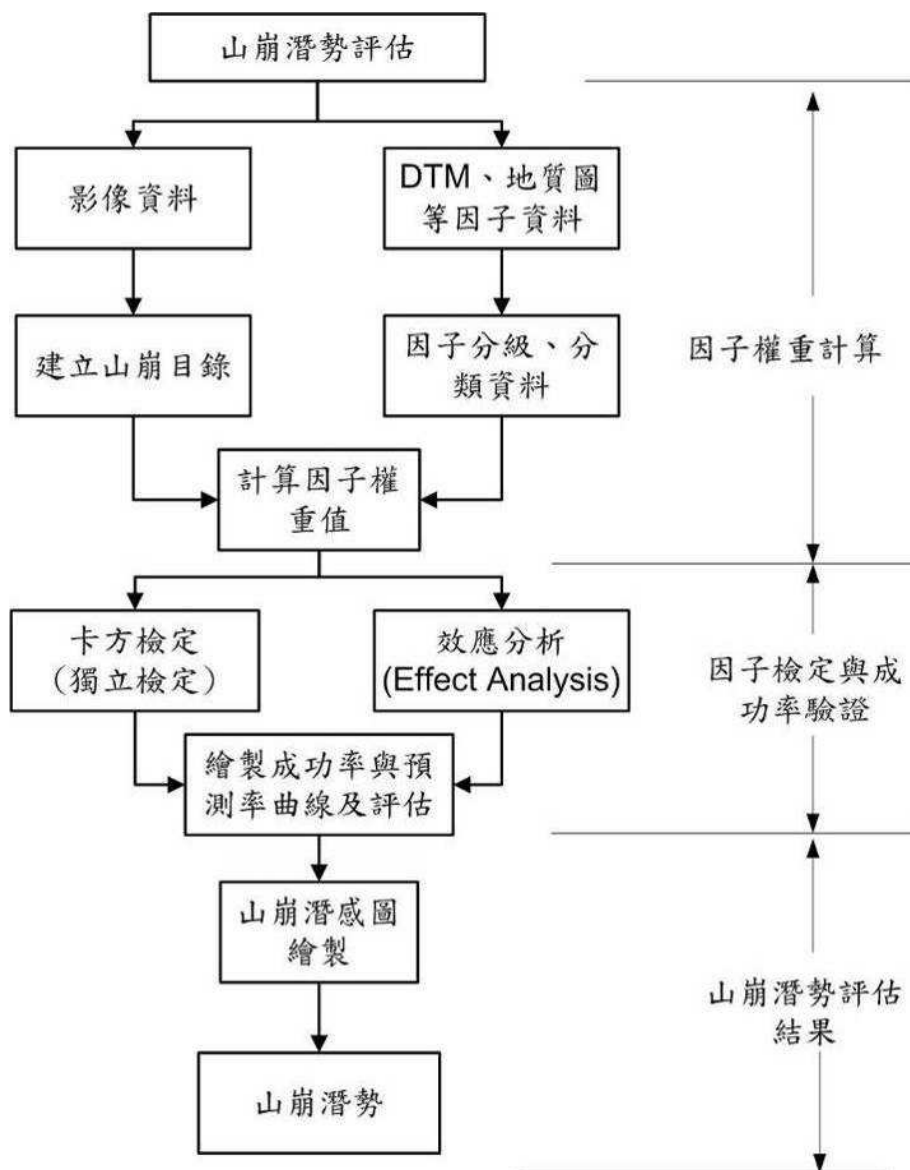


圖 2.6 山崩潛勢評估流程圖

1. 因子權重計算

本計畫之山崩因子權重計算採用證據權重法進行之，選擇此方法主要理由因其簡單易懂，本方法在山崩潛感分析之成效，已有甚多國外文章予以驗證。證據權重法是應用貝式定理(Bayes' theorem)與勝算比(odds ratio)對各因子量化及計算各因子的權重值，再分別對各因子做條件獨立檢定，選定獨立因子群進行權重加總並繪出該群因子的山崩潛勢圖，最後利用成功率曲線(Success rate curves)找出最好的因子群得到最好的潛勢圖。此法的優點為方法簡單、容易使用且不費時，直接利用圖層的堆疊就能計算出不同地區的潛感值。

(1)證據權重法

近十年來，證據權重法結合地理資訊系統被廣泛的用於山崩潛感分析上並得到不錯的成效(Van Westen, 1993; Sentz and Ferson, 2002; Lee et al., 2002; Van Westen et al., 2003; Thiery et al., 2004; Mathew et al., 2007; Neuhäuser and Terhorst, 2007; Thiery et al., 2007; Dahal et al., 2008)，除了山崩潛感分析外，證據權重法也被應用在礦藏預測(Bonham-Carter et al., 1988; Agterberg, 1992; Bonham-Carter, 2002)。

(2)因子勝算比計算

崩塌發生潛勢評估首重因子之選取取權重配比，再因子選取方法，本計畫採用貝氏定理進行各因子之勝算比計算，貝氏定理源自於十八世紀英國數學家湯瑪斯·貝耶斯(Thomas Bayes)，通常，事件 A 在事件 B(發生)的條件下的機率，與事件 B 在事件 A 的條件下的機率是不一樣的；然而，這兩者是有確定的關係，貝氏定理就是這種關係的陳述。

假設 $P(A)$ 和 $P(B)$ 分別代表事件 A 和 B 發生的機率， $P(A|B)$ 就是在已知 B 事件發生的情況下，A 事件發生的機率， $P(B|A)$ 就是在已知 A 事件的情況下，B 事件發生的機率，依據貝釋定理，

我們可將這四個機率寫成下列關係式(式 1)。

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \dots\dots\dots (1)$$

簡單的說，透過貝氏定理，我們可以因為新證據的出現修改原本已有的看法。

勝算(Odds)和勝算比多用在醫學上比較兩個樣本的特質，其中勝算是指在一群人中具有某項特質與不具有此特質的比值，例如：一群中有病的比例為 p，沒病的比例為 1-p，故這群人的勝算即為 $\frac{p}{1-p}$ 。而勝算比就是以倍數來量兩組勝算差異，例如 A 群人得病的勝算為 1，B 群人得病的勝算為 0.2，故 A、B 兩群人的勝算比為 $\frac{1}{0.2} = 5$ ，也就是說，A 群人得病的可能性比 B 群人高了 5 倍。應用此概念於山崩潛勢分析上，分別算出選並因子與非選定因子之勝算比，即可判斷選定因子是否容易發生山崩。

(3)證據權重法因子勝算比計算

證據權重法利用貝氏定理與勝算比對因子進行量化，其因子權重值計算公式如式 2、3(公式推導參照-證據權法公式推導)：

$$W^+ = \ln \frac{\frac{N_1}{N_1 + N_2}}{\frac{N_3}{N_3 + N_4}} = \ln \frac{N_1(N_3 + N_4)}{N_3(N_1 + N_2)} \dots\dots\dots (2)$$

$$W^- = \ln \frac{\frac{N_2}{N_1 + N_2}}{\frac{N_4}{N_3 + N_4}} = \ln \frac{N_2(N_3 + N_4)}{N_4(N_1 + N_2)} \dots\dots\dots (3)$$

W^+ 表示當因子存在時，發生山崩的權重值， W^- 表示當因子 B 不存在時發生山崩的權重值， N_1 為在因子內的山崩區域， N_2 為在

因子外的山崩區域，N3 為因子內未發生山崩之區域，N4 為因子外未發生山崩之區域(圖 2.7)。

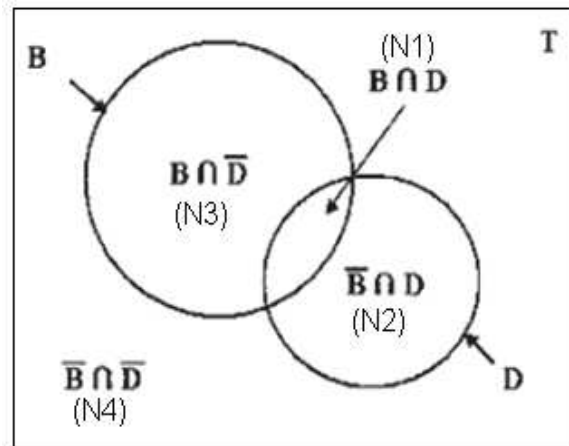


圖 2.7 山崩與因子關係圖

註:B 為因子，D 為山崩(Lee and Choi, 2004)

計算完各因子 W^+ 與 W^- 兩個權重值後，再將兩個值相減，可得到一對比值(contrast)C，此值可作為指示因子與山崩之間關聯性的指標(式 4)。

$$C = W^+ - W^- \dots\dots\dots (4)$$

當 C 大於 0 時，表示因子存在時發生山崩的機率大於因子不存在時發生山崩的機率，也就是山崩與此因子相關；當 C 等於 0 時，表示因子存在與不存在時，發生山崩的機率相等，反應山崩與此因子無顯著關連性；當 C 小於 0 時，代表因子存在時發生山崩的機率小於因子不存時發生山崩的機率，也就是山崩與此因子不相關。

(4)權重值加總

將所有因子量化後，可於地理資訊系統平台上把所有量化因子圖層進行疊加的動作，加總所有對比值，此加總對比值即為山崩潛感指標(Landslide susceptibility index, LSI)(式 5)。

$$LSI = \sum C_{ij} \dots\dots\dots (5)$$

然而在證據權重法公式推導過程中，由於在連結多個因子時，假定因子彼此之間相互獨立，故最後才能夠將因子權重值加總，所以在加總權重值前須先對因子做條件獨立檢定。

2. 因子檢定與成功率驗證

(1) 因子檢定

在前人研究中，條件獨立的檢定方法多為使用「卡方檢定」(Lee and Choi, 2004; Regmi et al., 2009)，在執行卡方檢定前，須先建立一張列聯表(contingency table)(圖 2-8)將兩個因子間所有可能排列出來，再利用地理資訊系統將因子彼此疊加，計算各部份所觀察到的山崩面積，依據公式(6)與(7)將 X² 值與自由度 df 算出，並查表找出 X² 臨界值，當計算的 X² 值小於 X² 臨界值，表示兩因子彼此獨立(圖 2.9)。

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (6)$$

$$df = (r-1)(c-1) \dots\dots\dots (7)$$

r = 列聯表列之數目，*c* = 列聯表行之數目

		Binary pattern <i>F</i> ₁		Totals
		Present	Absent	
Binary pattern <i>F</i> ₂	Present	$O_1 = \{F_1 \cap F_2 \cap L\}$ $(E_1 = \{F_2 \cap L\} * \{F_1 \cap L\} / \{L\})$	$O_3 = \{\bar{F}_1 \cap F_2 \cap L\}$ $(E_3 = \{F_2 \cap L\} * \{\bar{F}_1 \cap L\} / \{L\})$	$\{F_2 \cap L\}$
	Absent	$O_2 = \{F_1 \cap \bar{F}_2 \cap L\}$ $(E_2 = \{\bar{F}_2 \cap L\} * \{F_1 \cap L\} / \{L\})$	$O_4 = \{\bar{F}_1 \cap \bar{F}_2 \cap L\}$ $(E_4 = \{\bar{F}_2 \cap L\} * \{\bar{F}_1 \cap L\} / \{L\})$	$\{\bar{F}_2 \cap L\}$
Totals		$\{F_1 \cap L\}$	$\{\bar{F}_1 \cap L\}$	$\{L\}$

圖 2.8 卡方檢定列聯表(Regmi et al., 2010)

	Slope	Aspect	Curvature	Texture	Material	Drainage	Effective thickness	Topography	Forest type	Timber diameter	Timber age	Timber density	Forest Geology	Lineament
Aspect	0.0641													
Curvature	6.1048	3.2896												
Texture	3.1405	1.6269	0.9211											
Material	7.9449	1.2489	0.2758	83.1289										
Drainage	7.1501	0.9458	0.0955	101.304	465.6250									
Effective thickness	9.7385	2.0121	0.9454	63.3431	447.7937	431.6851								
Topography	0.2588	0.2439	0.2457	113.965	308.2038	319.7046	285.7385							
Forest type	0.2768	1.3246	0.0247	6.1255	17.3288	13.8176	13.6763	5.7700						
Timber diameter	2.7316	6.6313	1.4608	7.1600	19.7605	17.5799	17.7578	4.3711	117.9402					
Timber age	0.0296	0.0119	0.1124	3.2196	0.5772	0.4371	0.2707	0.5250	17.8871	93.3190				
Forest density	0.3920	1.5451	2.4781	8.7177	17.7970	15.8834	15.3392	5.5386	57.1622	277.9595	110.638			
Geology	0.0191	1.9198	0.7841	1.2977	0.7028	2.3818	1.3737	0.1228	16.8855	5.8013	1.9420	0.7434		
Lineament	2.9679	5.4479	0.0638	1.3507	0.8797	0.7897	0.6203	2.5814	6.3919	0.2058	0.9795	1.0951	5.4377	
Land cover	3.9526	11.7421	0.0026	0.5305	0.8361	0.2120	0.3985	0.5819	11.9879	0.4725	4.9109	0.2823	10.1691	4.0301

O_i 為觀測到塌面積，E_i 為期望山崩面積

圖 2.9 卡方檢定結果示意圖(Lee and Choi, 2004)

卡方檢定完成後，列出所有的獨立因子群，每個獨立因子群內的因子彼此間必須獨立，再對各獨立因子群進行驗證，以找出最佳因子群。

另外，也有學者不進行條件獨立檢定，而是透過效應分析 (Effect analysis) 來找出對預測成效有較大影響的因子或因子群 (Dahal et al., 2007; Dahal et al., 2008)，其為直接將因子分群或是排除部份因子進行權重值加總，比較此時與全因子加總之預測成效，假如預測成效有明顯變化，即表示被排除的因子對預測成效有較大的影響。

(2) 成功率驗證

成功率驗證的方式是使用成功率曲線 (Success rate curves)，繪製方法式將潛感值切割成若干個等間距區間，由大到小累加，計算各區間山崩面積佔總山崩面積的比例與各區間面積佔總面積的比例，最後所繪製的曲線。在繪製時使用訓練資料繪製稱為成功率曲線 (Chung and Fabbri, 1999)，使用驗證資料所繪製稱為預測率曲線 (prediction rate curve) (Chung and Fabbri, 2003) (圖 2.10)。

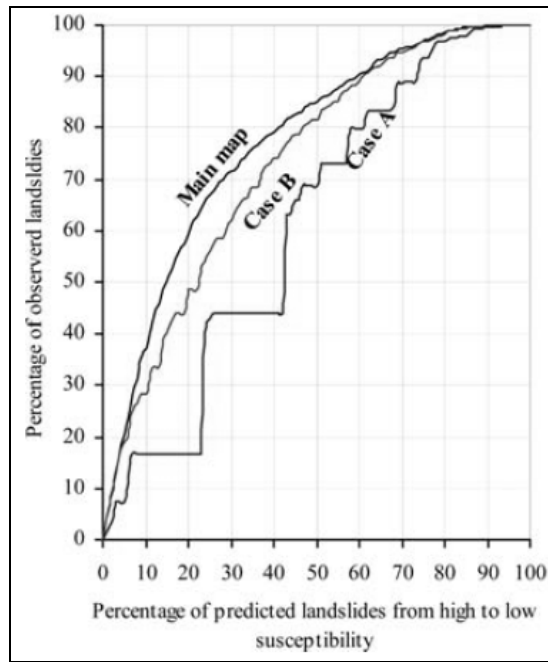


圖 2.10 成功率曲線示意圖(Dahal et al, 2007)

曲線下的面積總和(the area under the curve, AUC)的大小，為判定該結果好壞的依據，其值在 0 到 1 之間，當面積為 1 時，表示少數的高潛感地區就可以百分之百包含目標事件，當面積為 0 時，表示整個沒有包含目標事件，當面積越接近中間值 0.5 左右，則表示該結果不會比隨機的結果好(Chung and Fabbri, 2003)，圖 2.9 中指出同一區域，所選出的因子群不同其成功率也不同，在本研究的因子全之選定主要是以卡方獨立性檢定所篩選。

對於 AUC 值的評估成效，Lee et al.(2008b)則有提出如表中之建議(表 2-2)：

表 2-2 AUC 評估成效表

AUC	評估效果
$AUC \geq 0.9$	極佳(excellent)
$0.9 > AUC \geq 0.8$	佳(good)
$0.8 > AUC \geq 0.7$	可(fair)
$0.7 > AUC \geq 0.6$	差(poor)
$AUC < 0.6$	極差(very poor)

3. 山崩潛勢評估

本計畫之山崩發生潛勢評估流程包括用資料選定、因子處理分析、山崩潛勢圖製作與山崩潛勢檢定與驗證，茲將初步成果分述如下：

(1) 使用資料選定

製作山崩潛勢圖所使用的資料有：福衛 2 號衛星影像(各事件影像時間列於表 2-3 中)、內政部出版之 5 米網格數值地形模型、經濟部中央地調所出版 1/50,000 地質圖與計畫內相關地質報告、內政部國土測繪中心製作土地利用圖層 (表 2-4)，因上述資料規格不同，於蒐集分析因子資料後便進行資料之重新取樣，將網格解析度統一取樣為 5 米 X5 米網格，再進行後續之山崩潛感分析。

表 2-3 福衛 2 號衛星影像使用日期

事件	事件日期	事件前影像日期	事件後影像日期
辛樂克颱風	2008/09/11~2009/09/16	2008/07/23~2008/08/24	2008/12/21~2009/01/14
莫拉克颱風	2009/08/05~2009/08/10	2009/05/07~2009/05/09	2009/08/24
梅姬颱風	2010/10/21~2010/10/23	2010/09/23~2010/10/10	2010/11/01~2010/11/21

表 2-4 山崩潛勢圖分析資料

	名稱	規格	註備
分析 因子 資料	坡度、坡向、 高程、坡型	5m*5m 網格	由內政部出版 5 米 DTM 在 GIS 平台下進行空間分析取得
	岩性	8m*8m 網格	地調所五萬分之一數值流域地質圖 研究區域相關地質報告
	NDVI	8m*8m 網格	由事件前期衛星影像計算取得
	河道距離、構 造距離	8m*8m 網格	在 GIS 平台下進行環域分析取得
	土地利用	8m*8m 網格	內政部國土測繪中心土地利用圖層

(2) 因子處理分析

分析因子的選定參考(溫振宇, 2005)統計 85 到 94 年間共 43 篇與山崩製圖相關之文獻所選取因子統計，選取被多數研究所選用的潛在因子，選定坡度、坡向、高程、坡形、順向坡、岩性、河道距離、構造線距離、常態化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)、土地利用共十個因子進行分析。

a. 坡度、坡向、高程、坡形、順向坡

此五個因子使用內政部出版之 5 米網格數值地形模型於 ArcGIS 中進行空間分析(Spatial Analyst)，再對其做分級，以下列出各因子分級。

- 坡度：利用以每 5 度為間距等距分級成 0~5 度、5~10 度、10~15 度、15~20 度、20~25 度、25~30 度、30~35 度、35~40 度、40~45 度、45~50 度、50~55 度、55~60 度，61 度以上，共十三級。
- 坡向：分成北(337.5~22.5 度)、東北(22.5~67.5 度)、東(67.5~112.5 度)、東南(112.5~157.5 度)、南(157.5~202.5 度)、西南(202.5~247.5 度)、西(247.5~292.5 度)、西北(292.5~337.5 度)與平坦，共九類。
- 高程：以 100 米為間距，南化水庫集水區等間距由 0 米分級至 1200 米，1200 米以上為一級，共十三級；士文水庫集水區等間距由 0 米分級至 1700 米，1700 米以上為一級，共十七級。
- 坡形：依據 Dikau(1989)的分類法，依平面曲率(tangential curvature)與剖面曲率(profile curvature)分成九類(圖 2.11)，分別為：凸脊型、直脊型、凹脊型、凸直型、平直型、凹直型、凸谷型、直谷型和凹谷型(表 2-5)。

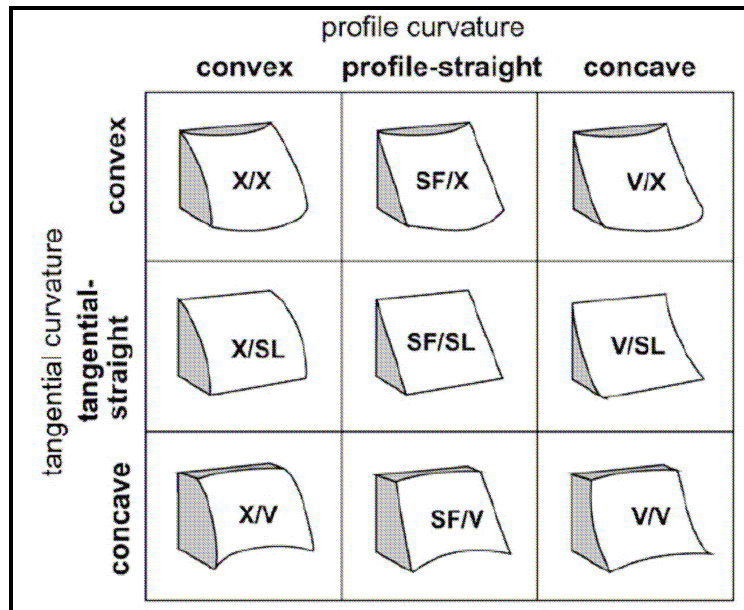


圖 2.11 Dikau(1989)坡形分類

表 2-5 坡形分類名稱對照表

	分類名稱		分類名稱		分類名稱
X/X	凸脊形	SF/X	直脊形	V/X	凹脊形
X/SL	凸直形	SF/SL	平直形	V/SL	凹直形
X/V	凸谷形	SF/V	直谷形	V/V	凹谷形

- 順向坡：利用 5 米解析度的高程模型轉換成研究區域之坡向圖及等高線，並參考地調所所出版的 1/50,000 的地質圖中之位態資料，將其位態方向與坡面方向交角小於 20 度者分為順向坡，而交角大於 70 度者為逆向坡，介於 20 度至 70 度之間則為斜交坡。

b. 岩性

區域內的地質資料來源為地調所 1/50,000 地質圖。

c. 構造距離

使用地調所出版之 1/50,000 地質圖的斷層、背斜與向斜之褶皺資料，在 ArcGIS 平台中做環域分析(Buffer)，並以距構造

線每 50 米為間距，等間距將距構造線距離之區域進行分級，分析至 500 米，500 米以上為一級，共分十一級。

d.河道距離

使用 5 米網格數值地形模型，透過 ArcGIS 中的 ArcHydro tool 9.2 執行水文分析，繪製集水區內之河道圖層，再進行環域分析(Buffer)建立河道距離圖層，以 50 米為間距，等間距將距河道距離之區域進行分級，等距分析至 450 米，450 米以上為一級，共分十級。

e.常態化植生指標(NDVI)

在 ArcGIS 利用衛星影像中的紅光(Red)與近紅外光波段(NIR)，依據下列式子進行運算，即可得到影像的 NDVI 值，分析時各事件所用之 NDVI 資料是使用事件前衛星影像運算取得，分級則以 NDVI 值 0 以下為一級，0 以上每 0.1 為一級，0.5 以上為一級共分為 7 級。

$$NDVI = \frac{[NIR] - [Red]}{[NIR] + [Red]}$$

，其中[NIR]與[Red]分別為近紅外光波段與紅外光波段之反射強度

f.土地利用

將內政部國土測繪中心所製作之土地利用圖層，在 ArcGIS 平台上數化，再將土地利用分為非人為開墾之自然林地、人為開墾地及河川地三類，以去除人為開墾之裸露地對於山崩潛勢計算所造成的誤差。

(3)山崩潛勢圖製作

將所有因子經過證據權重法的量化後，可將所計算出來的權重套疊至各因子的分級圖層中，以山崩地分布的情形進行評估山崩潛勢圖的成功率曲線及預測率曲線，進而繪製出山崩潛勢圖，再將結果進行討論(圖 2.12)。

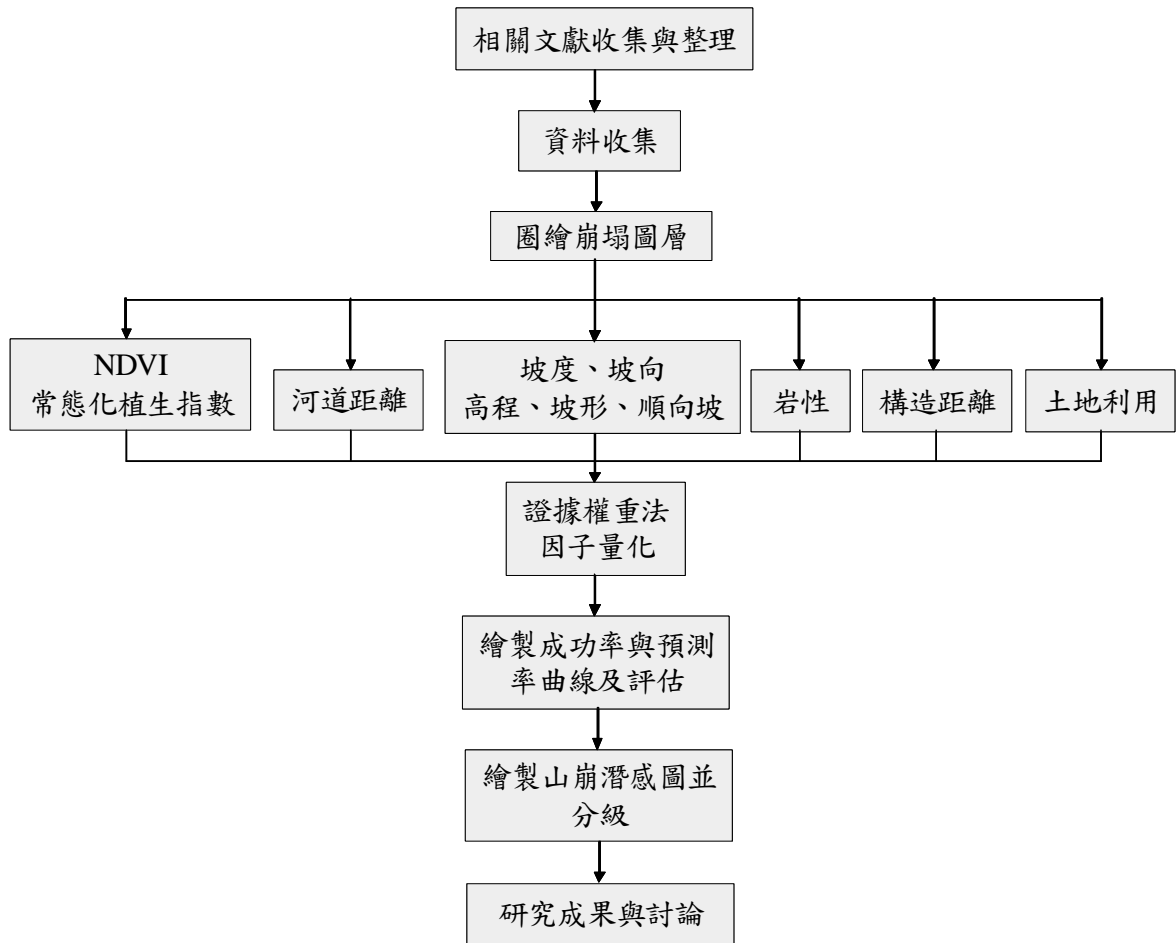


圖 2.12 山崩潛勢圖製作流程

(4)山崩潛勢檢定與驗證

本研究區面積約 10,924.63 公頃，除去主要河道之面積後，集水區面積約為 3,889.79 公頃，在本次的證據權重法所選用的降雨事件為 2008 年辛樂克颱風、2009 年莫拉克颱風及 2010 年梅姬颱風，在本研究區域內所造成的新增崩塌(圖 2.13)比例(如下式)分別為 0.41%、8.14%與 1.95%，在此選定三個新增崩塌比例差異較大的事件作為證據權重法量化其因子後，將所繪製出的崩塌潛勢圖相互作為檢定比較，分析資料如下(表 2-6)：

$$\text{新增崩塌比} = \frac{\text{新增崩塌面積}}{\text{區域總面積} - \text{影像缺失及雲遮蔽與陰影部份}} \times 100\%$$

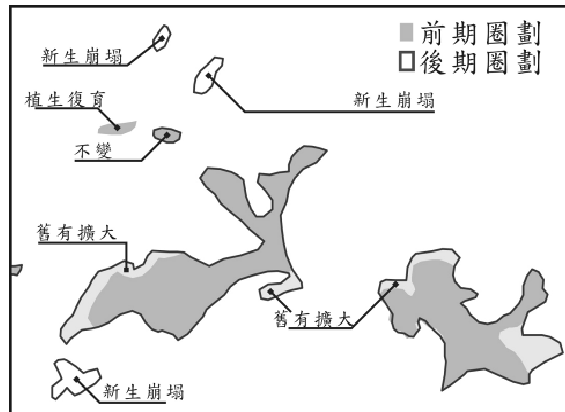


圖 2.13 新增山崩示意圖(新增山崩=新生山崩+舊有擴大山崩)

表 2-6 研究區域證據權重法分析事件資料

新增崩塌地目錄		
名稱	新增崩塌比	事件日期
訓練事件-辛樂克颱風	0.41%	2008/09/11~2009/09/16
驗證事件-莫拉克颱風	8.1%	2009/08/05~2009/08/10
驗證事件-梅姬颱風	1.95%	2010/10/21~2010/10/23
訓練事件-莫拉克颱風	8.14%	2009/08/05~2009/08/10
驗證事件-辛樂克颱風	0.41%	2008/09/11~2009/09/16
驗證事件-梅姬颱風	1.95%	2010/10/21~2010/10/23
訓練事件-梅姬颱風	1.95%	2010/10/21~2010/10/23
驗證事件-辛樂克颱風	0.41%	2008/09/11~2009/09/16
驗證事件-莫拉克颱風	8.14%	2009/08/05~2009/08/10

2.4.3 重大災害案例蒐集分析

重大災害案例之定義，主要依據交通部公路防救災資訊系統 (<http://bobe.thb.gov.tw/index.aspx>)內之道路災害資訊為主，並以此案例資料與位置進行致災成因、特性與復建措施之分析與資料庫之建置。

1. 山區道路災害案例蒐集

本研究參考港研中心資料庫與交通部公路防救災資訊系統，完成歷史災害資料建置除災害情況紀錄外，另亦蒐集包括水文、氣象、地震及區域地質等基本資料，以作為本研究後續在分析災害發生成因、特性與復建措施時之資料來源。

2. 降雨資料之蒐集

本研究預計將配合災損之歷史資訊，蒐集示範研究區造成嚴重山區道路邊坡破壞之颱風或降雨延時期間，氣象局之劇烈天氣監測系統 QPESUMS (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor) 時雨量資料，並運用地理資訊系統及統計方法，分析研究區域降雨量之空間及時間分布特性。針對雨量資料部份，預計將採 6 小時為萃取時序的雨量空間分布方式，亦即預計將以最大時雨量、最大 24 小時或 72 小時累積雨量及事件之有效累積雨量等為方式為推算基準。此外，亦可考量其他雨量分布採計方式，以期獲致較佳之山崩潛勢量化分析結果。

表 2-7 本計畫蒐集之災害事件與雨量時間範圍一覽表

項次	事件	雨量時間範圍(起-迄時間)
1	0612 豪雨	2005/06/11~06/18
2	海棠颱風	2005/07/16~07/20
3	馬莎颱風	2005/08/03~08/06
4	0609 豪雨	2006/06/08~06/12
5	凱米颱風	2006/07/23~07/26
6	柯羅莎颱風	2007/10/04~10/07
7	米塔颱風	2007/11/26~11/27
8	卡玫基颱風	2008/07/16~07/18
9	鳳凰颱風	2008/07/26~07/29
10	辛樂克颱風	2008/09/11~09/16
11	薔蜜颱風	2008/09/26~09/29
12	莫拉克颱風	2009/08/05~08/10
13	0725 豪雨	2010/07/25~08/01
14	凡那比颱風	2010/09/17~09/20
15	梅姬颱風	2010/10/21~10/23
16	100 年基期	2011/04~2011/07
17	0719 豪雨	2011/07/18~07/20
18	南瑪都颱風	2011/08/27~08/31
19	1001 豪雨	2011/10/01~10/03

3. 圖層之蒐集、數化與建置

為建立空間資料庫所需之數化圖層，本研究所蒐集之研究示範區環境資料圖(圖形、影像)，均須加以數值化，以做為系統空間資訊套疊、分析及評估模式之基本資料輸入之用。此些圖面包括示範區道路破壞場址之地質圖、地形圖、歷年破壞及土石流位置詳圖、航照圖或衛星影像圖等。

4. 地理資訊系統基本資料庫之建置

本研究將運用地理資訊系統，將前述所蒐集彙整之研究區範圍所在之環境資料、坡地使用調查資料、防護工程與空間圖層等相關基本屬性資料與電子化圖層資料加以建檔。

2.4.4 大規模滑動區位判釋與分析

為探究研究示範區山區道路疑似大規模滑動之區位，本計畫以潛在山崩面積大於 10 公頃者為潛在山區道路邊坡大規模滑動區位之必要條件，利用影像判釋分類之技術，結合有利山崩發生之各項自然環境或人為利用等因子分析方式，有系統地探究示範山區道路各類型之疑似大規模滑動區位。

本研究基於遙測影像或航照判釋與相關自然環境區位特性分析之需求，首先預計將示範區山區道路疑似大規模滑動之區位，依據有無大規模山崩發生之歷史、是否為大規模山崩發生潛勢高之區位、山崩區域內裸露與植生復育之程度、或是否存在人為開發利用等因素，將山區道路疑似大規模滑動區分為各種不同類型(表 2-6)，並逐一探討期發生原因與區位特性。

本研究預計針對各類型疑似山區道路大規模滑動區位(亦即潛在山崩面積大於 10 公頃者)之判釋流程如圖 2.14 所示。判釋流程中，首先進行衛星影像之判釋(若有航照則輔以確認)，主要判釋是否有早期或近期山崩歷史之裸露地發育，若有則代表該區域已有滑動歷史；接續則進行山崩地形特徵及植生復育判釋，如果該區域為具山崩滑動之地形

特徵並有植生復育現象，則判定為早期發生之滑動（類型 I）；反之，若該區域為具山崩滑動之地形特徵，且具明顯裸露現象，則可判定為近期發生之滑動（類型 II）。

表 2-8 本研究擬採行之山區道路大規模滑動類型分類表

滑動類型編號	大規模滑動發生歷史	山崩發生潛勢	裸露與植生復育之程度	人為開發利用
I	早期	已發生	已植生復育	
II	近期	已發生	明顯裸露	
III	未發生	具滑動特徵之高潛勢但未大規模崩壞		
IV	未發生	未具滑動特徵但具不佳之自然環境條件		有
V	未發生	未具滑動特徵但具不佳之自然環境條件		無

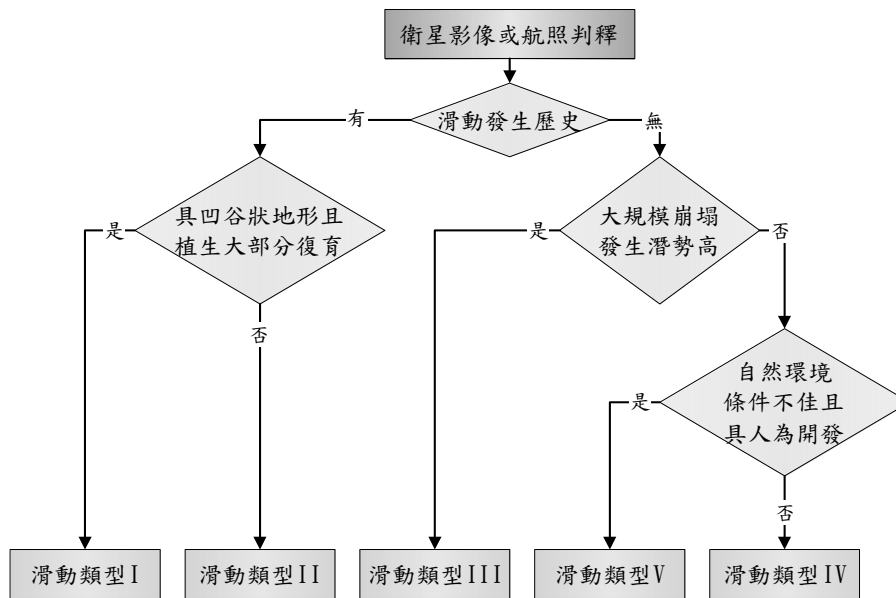
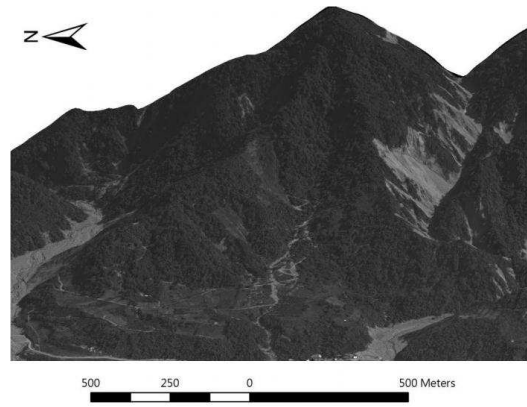
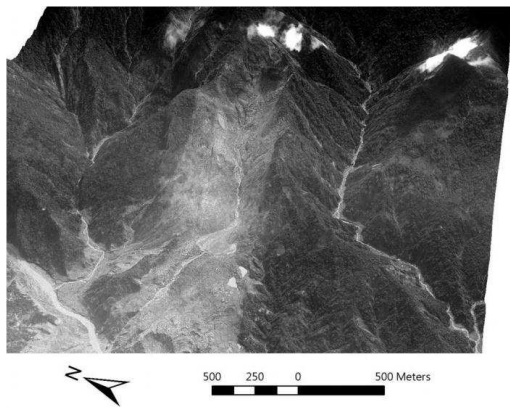


圖 2.14 本研究擬採行之山區道路大規模滑動區位判釋流程圖

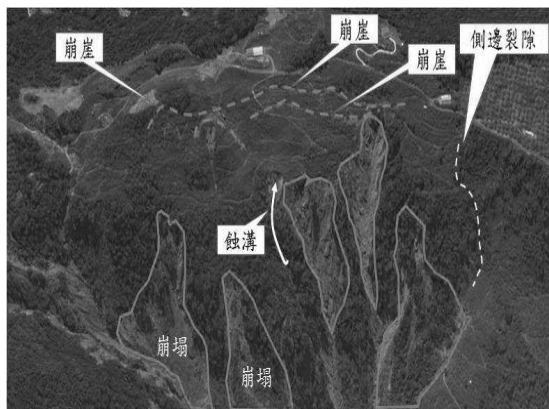
若不易判釋已經滑動的地形特徵，則輔以數值地形產製日照陰影圖進行判釋，經判釋具有崩崖、側邊裂隙、橫向裂縫、坡趾隆起等高滑動潛勢徵兆，則該區域判定為具滑動地形特徵之潛在大規模滑動（類型 III）。此類型相對於其他類型之滑動，因已具有滑動徵兆，且坡面土方尚未完全崩落，因此可能具較高的山崩潛勢。

而經山崩微地形判釋無滑動徵兆者，則進行自然環境不利因子(如地質因子、坡腳破壞因子)分析或人為土地利用因子(如礦區、大規模作物)，探究山崩高潛勢區(含以上)中具不佳自然環境因子且具人為開發情況之區域(類型 IV)，以及高山崩潛勢區中具不佳自然環境因子，但未具人為開發情況之區域(類型 V)。此類型之山崩亦屬尚未滑動，因此不利之因子越多，則越容易造成大規模滑動。相關案例如圖 2.15。



型 II (例: 高雄市甲仙區小林聚落)

類型 I (例: 高雄市那瑪夏區民生聚落)



類型 III (例: 高雄市六龜區竹林聚落)

類型 IV (例: 南化水庫)

圖 2.15 各類型大規模滑動區案例圖

2.4.5 地質敏感地區資料蒐集與分析

除山崩災害外，本研究認為山區道路災害與所在之地質敏感地區有關，而依據經濟部地調所之地質敏感地區之相關調查研究，共包括山崩、土石流、順向坡、河岸侵蝕與向源侵蝕五大類，而上述區位皆

會造成山區道路災害，因此本計畫擬增加地質敏感地區資料之蒐集與分析工作，以釐清山區道路所處之坡面單元內各種災害之類型與相互影響之關係。

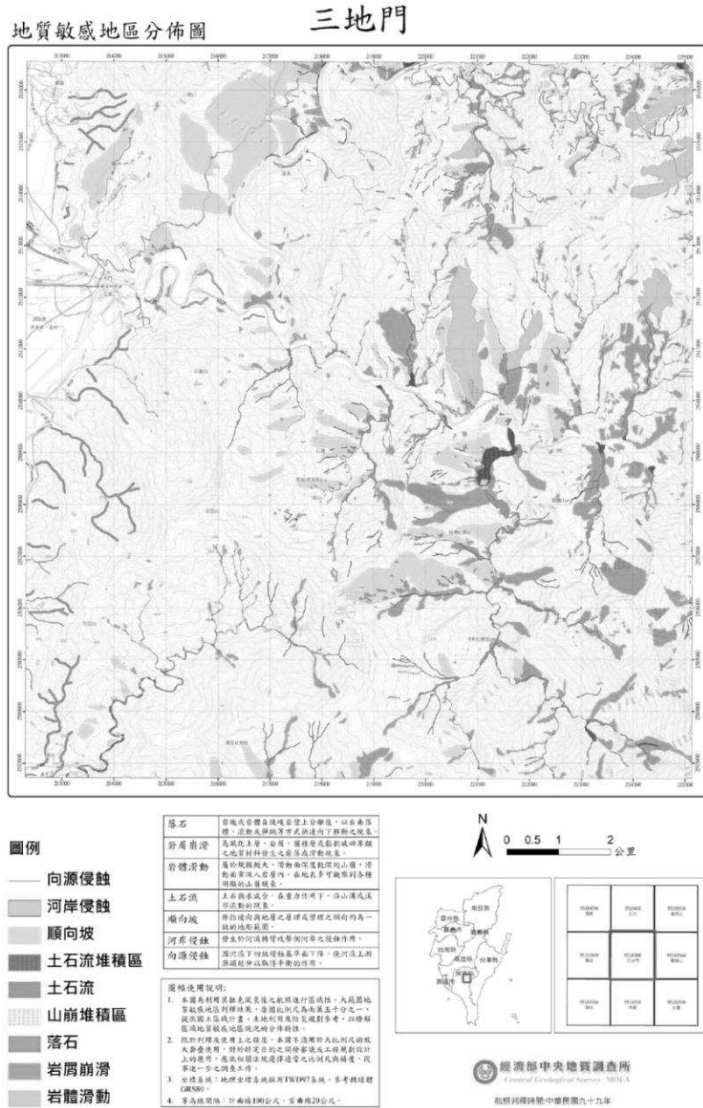


圖 2.16 地質敏感地區分布範例圖（以三地門圖幅為例）

資料來源：地調所

2.4.6 易致災路段分析

易致災路段分析目的為從示範山區道路中，透過上述各節之山崩目錄、山崩潛感、重大案例、潛在大規模滑動與環境地質敏感區資料蒐集與分析，將易致災之山區道路單元與主要之災害種類篩選出並進

行相對之分級，以進行後續調查評估、與風險分析之依據。初步之易致災路段分級構想以不同災害類型之災害歷史、災害規模與災損程度進行分級，災害歷史越多、災害規模越大災損程度越高代表該類災害等級越高。

2.4.7 易致災路段調查與評估

易致災路段分析完成後，則進行現地調查作業，除驗證分析結果外，另針對每一個路段進行災害潛勢評估。本計畫參考日本建設省道路局(1990)之地滑潛感評估方法(表 2-9)，表中發現所列之項目則給與適當之配分，而當配分總和 ≥ 4 則為高潛勢，配分總和界於 2~3 分之間則為中潛勢， ≤ 1 則為低潛勢。

表 2-9 日本建設省道路局深層滑動潛勢評估項目一覽表

查核評估項目	是	否
1. 曾經滑動過	1	0
2. 週遭構造物發生異樣	3	0
3. 出現下陷、隆起、裂隙、坍方	4	0
4. 位於斷層或破碎帶、岩層受強烈風化或換質	1	0
5. 順向坡	1	0
6. 有滲水、泉水、湧水等現象	1	0
7. 易於匯集地表水之地形	1	0
8. 呈現明顯之地滑地形	2	0
合計	T(14)	

高潛感度： $T \geq 4$ 中潛感度： $3 \geq T \geq 2$ 低潛感度： $T \leq 1$

資料來源：日本建設省道路局，1990

易致災路段調查與評估，主要以現地查核方式確認易致災路段之災害狀況，透過各種查核評估項目之調查，進行易致災路段之潛勢評估(表 2-10)，評估項目包括災害歷史、地質不利因素、地形不利因素、水文不利因素、山崩不利因素與危險因子，除了災害歷史與危險因子之週遭構造物發生異樣配分為 3 分外，各因子配分皆為 1。

本研究認為有發生災害歷史或有週遭構造物與復建措施發生異樣則具有較高之災害發生潛勢，此評估方式為一相對值，代表整個路段之災害相對潛勢狀況，而當配分總和 ≥ 6 則為高潛勢，配分總和界於3~5分之間則為中潛勢， ≤ 2 則為低潛勢，若評估之路段有發生災害歷史且週遭構造物有發生異樣則所得之配分為6分，此顯示本路段則具有高災害發生潛勢。此評估完成後則再以本計畫蒐集之重大災害案例及現地查方式進行檢驗及修正。

表 2-10 易致災路段潛勢評估項目一覽表

潛勢評估項目	評估細項	評分	
		是	否
災害歷史	災害歷史	3	0
地質不利因素	順向坡地形	1	0
	緊鄰地質構造	1	0
	岩體弱面發達	1	0
	厚層砂頁岩互層	1	0
地形不利因素	陡坡地形	1	0
	崖錐堆積地形	1	0
	鄰河階陡坡	1	0
	舊山崩凹谷狀地形	1	0
	扇狀地	1	0
	緊鄰河岸	1	0
水文不利因素	有地表水（常流水河道、蝕溝）	1	0
	有地下水（湧水）	1	0
山崩不利因素	坡面山崩發育	1	0
	崩崖	1	0
	橫向裂隙	1	0
	側邊裂隙	1	0
	趾部隆起	1	0
	坡面存在大型塊狀基岩	1	0
危險因子	位於河岸侵蝕側	1	0
	人為切割坡腳	1	0
	週遭構造物發生異樣	3	0
合 計		T(24)	

高潛感度： $T \geq 6$

中潛感度： $5 \geq T \geq 3$

低潛感度： $T \leq 2$

2.5 山區道路易致災路段風險分析

2.5.1 山區道路邊坡致災因子、誘發因子分析

山區道路邊坡主要為山崩所造成之各類邊坡災害，而針對造成山崩之致災因子與誘發因子如圖 2.17 所示。於致災因子中，主要為地質、地形與地下水條件，而於誘發因子部分則包括降雨、侵蝕、地震及人為因素。

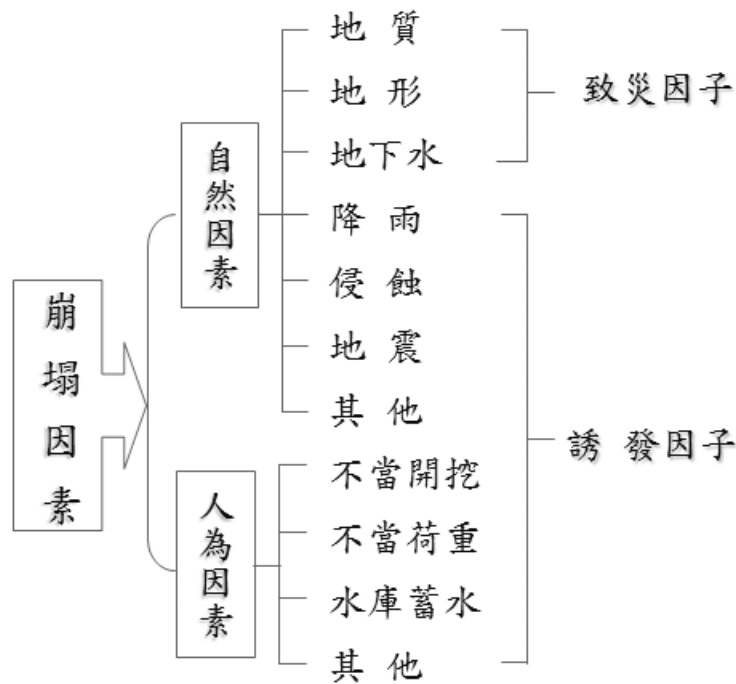


圖 2.17 山崩之致災因子與誘發因子

資料來源:奧園誠之, 1986

而山區道路邊坡之地形皆以坡地地形為主，因此地質條件與地下水狀況為不同易致災路段山崩之主要致災因子，其中地質條件易由既有之地質資料進行評估，而地下水狀況則受降雨與地下之地質與土壤狀況影響。因此本年度首先針對道路邊坡進行地質分區，再依據不同之地質分區分析其因導致山崩之降雨條件，以嘗試建立不同山區道路單元之降雨條件。

在地質分區方面，在本研究依據地調所五十萬分之一地質圖，以

各地層分布岩性之機械性質將之分為七個地質分區(如表 2-11),包括(1)沖積層；(2)紅土台地堆積、階地堆積與頭嵙山層之火災山相及其相當地層為礫岩區；(3)卓蘭層、錦水頁岩及其相當地層為鬆散砂岩與頁岩區；(4)桂竹林層、南莊層、南港層、石底層、大寮層、木山層、澳底層，五指山層及其相當地層為堅硬砂岩與頁岩；(5)廬山層、大桶山層、乾溝層、水長流層及其相當地層、西村層、佳陽層、畢祿山層與十八重溪層為板岩區；(6)四稜砂岩、眉溪砂岩、白冷層與達見砂岩為變質砂岩區；(7)大南澳片岩(黑色片岩、綠色片岩、燧石、大理岩)為大南澳片岩區。

表 2-11 研究區域各地層對應地質分區表

年代	地層名稱	地質分區
現代	沖積層	沖積層
更新世—現代	紅土台地堆積	礫岩
更新世—現代	階地堆積	
更新世	頭嵙山層及其相當地層(火災山相)	
上新世—更新世	卓蘭層、錦水頁岩及其相當地層	鬆散砂岩與頁岩
中新世—上新世	桂竹林層及其相當地層	堅硬砂岩與頁岩
中新世	南莊層及其相當地層	
中新世	南港層、石底層及其相當地層	
中新世	大寮層、木山層、澳底層及其相當地層	
漸新世	五指山層及其相當地層	
中新世	廬山層及其相當地層	板岩
始新世	畢祿山層	
始新世	十八重溪層	
始新世—漸新世	西村層、佳陽層	
漸新世	大桶山層、乾溝層、水長流層及其相當地層	
始新世—漸新世	四稜砂岩、眉溪砂岩、白冷層	變質砂岩
始新世	達見砂岩	
古生代晚期 —中生代	大南澳片岩(黑色片岩、綠色片岩、燧石、大理岩)	大南澳片岩

而在降雨資料方面，本研究透過水利署及中央氣象局之雨量測站取得研究區附近之颱風或豪雨資料，並統計分析研究區域降雨量之空間及時間分布特性。針對雨量資料部份，預計將採 6 小時為萃取時序的雨量空間分布方式，亦即預計將以最大時雨量、最大 24 小時或 72 小時累積雨量及事件之有效累積雨量等為方式為推算基準。本研究所預計推算之有效累積雨量擬參考前人之研究，採前期間接雨量與直接雨量之和。前期間接雨量定義為主雨場往前推算 7 天的雨量，直接雨量為道路邊坡破壞發生時之該場連續降雨量，於主雨場的第一個降雨量累計到邊坡災害發生時的累積雨量。推算有效累積雨量及不同降雨延時之累積雨量後，本研究運用地理資訊系統的內插推估計算功能，推求得研究區全域之雨量。此外，本研究亦未排除運用其他雨量空間分布量化方式，以期獲致較佳之山崩潛勢量化分析結果。並繪製成一降雨引致之道路邊坡山崩影響臨界曲線，進而藉以探討致災因子、降雨及道路邊坡破壞間之關係。

2.5.2 易致災路段風險分析

在風險評估方面，鄭明淵（2007）以台 18 線案例資料進行統計分析以「觀光損失評估模式」，結合「生命損失評估模式」及「交通運輸損失評估模式」建立道路邊坡山崩潛勢分析及災損風險評估模式，而考蘇文瑞等人(2010)以災害潛勢 (Susceptibility)、發生災害之機率 (Probability) 與損失程度等三部分進行風險評估，本計畫參考蘇文瑞等人(2010)之研究方法，將災害風險表示為下式 [1]、[2]：

$$R(\text{災害風險})= S(\text{災害潛勢})\times P(\text{發生機率})\times L(\text{損失程度}) \quad [1]$$

$$R(\text{災害風險})= H(\text{危害度})\times L(\text{損失程度}) \quad [2]$$

式子[1]中 S 代表災害潛勢，P 代表發生機率，而兩者相乘為危害度 H。

本研究以降雨導致之山崩風險計算為例，山崩風險計算分為兩個部分，分別是山崩災害的危害度，與災害發生時對道路所造成的損失程度，藉由此兩者的結合而得到山崩風險值，最後藉由 GIS 分級工具 u

依據等數量間距進行分級。

山崩災害的危害度為 $S(\text{災害潛勢}) \times P(\text{發生機率})$ ，其中 S 為本計畫之山崩潛勢分析結果，其值域為 0 至 1，1 為損害程度最高 100%，依等級可依序訂為 0.25、0.5、0.75、1 分。而 P 為要達警戒雨量值之機率，可藉由各縣市 24 小時降雨量對應之重現期及超越機率（表 2-12）以內插之方式，間接獲得不同警戒雨量值之年超越機率。依此土石流之危害度以式 [3] 表示：

$$H_{\text{andslide}} = S_{\text{andslide}} \times \text{警戒雨量值之年超越機率} \quad [3]$$

而在 $L(\text{損失程度})$ 部分，本計畫初步考量單位長度所需修復之經費，計算每一坡面單元內之道路長度，並蒐集既有工程與經費資料，計算單位長度道路之復建單價與該單元內道路之損失，最後求得每一致災路段之山崩風險。

2.6 計畫成果提送

2.6.1 成果圖製作

本計畫將以 1:5000 比例尺 A1 尺寸，製作山區易致災路段坡面單元成果圖電子檔共 11 幅，其範圍如圖 2.18，而成果圖圖電子檔共分為三部分，除委託工作項目要求之道路山崩潛感圖外，另進行道路環境地質敏感區圖與道路風險圖製作。各類成果圖詳細之內容規劃如表 2-12。

表 2-12 計畫成果圖一覽表

成果圖名稱	版面尺寸	出圖比例尺	圖幅數	主題圖層	基本圖層
道路山崩潛感圖	A1	1:5,000	11	山崩潛感圖	圖幅框、行政區界圖、交通路網圖、水系、地名、地標、正射航照、地形等高線、坡面單元
道路環境地質敏感區圖	A1	1:5,000	11	環境地質敏感區	
道路風險圖	A1	1:5,000	11	風險圖	

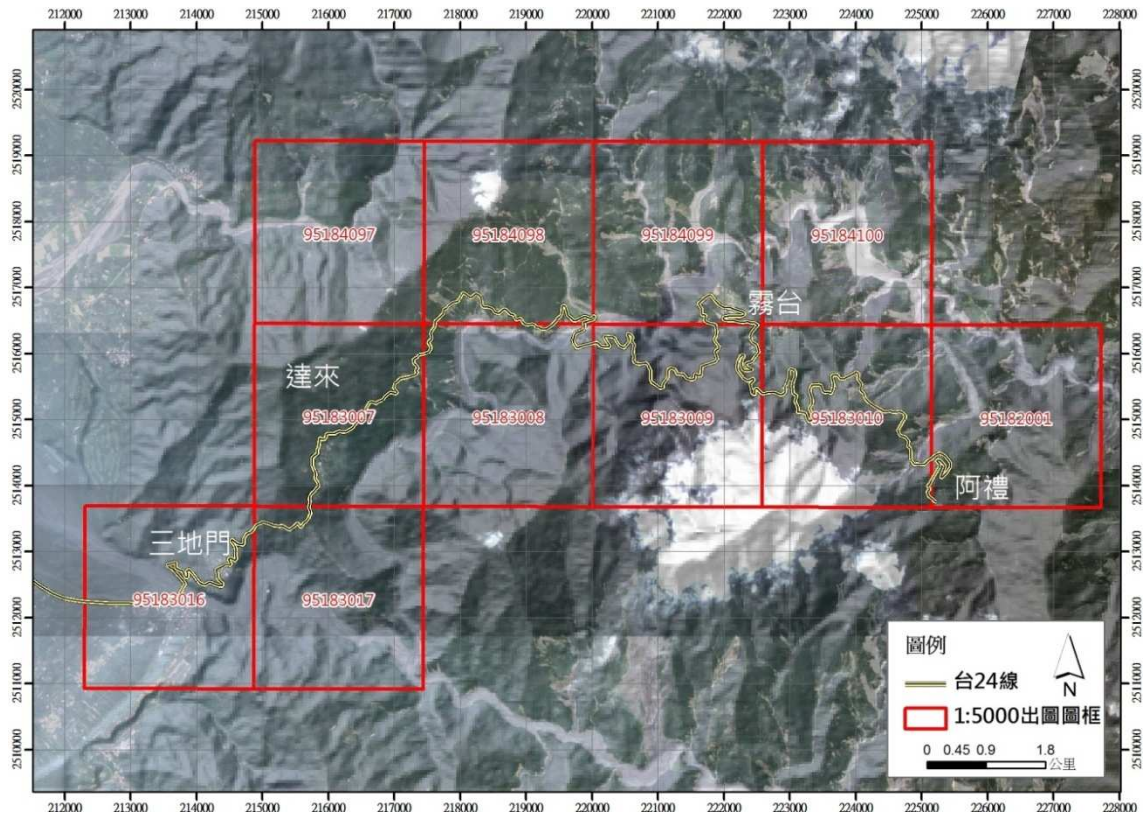


圖 2.18 成果圖電子檔製作範圍

1. 道路山崩潛感圖：主題圖層為利用本計畫依據山崩目錄分析之山崩潛感圖。
2. 道路環境地質敏感區圖：主題圖層選用經局部重點區域現地調查修正後之地質敏感地區判釋成果（包括山崩、土石流、順向坡、向源侵蝕、河岸侵蝕等圖層），疊合基本圖層進行製作。
3. 道路風險圖：主題圖層選用以易致災路段之風險值呈現方式，疊合基本圖層進行製作。

出圖版面的內容如圖 2.19，包括主題圖名稱、圖幅名稱、圖號、主圖區、圖例、使用限制說明、比例尺與指北、位置索引圖等，詳細說明如下：

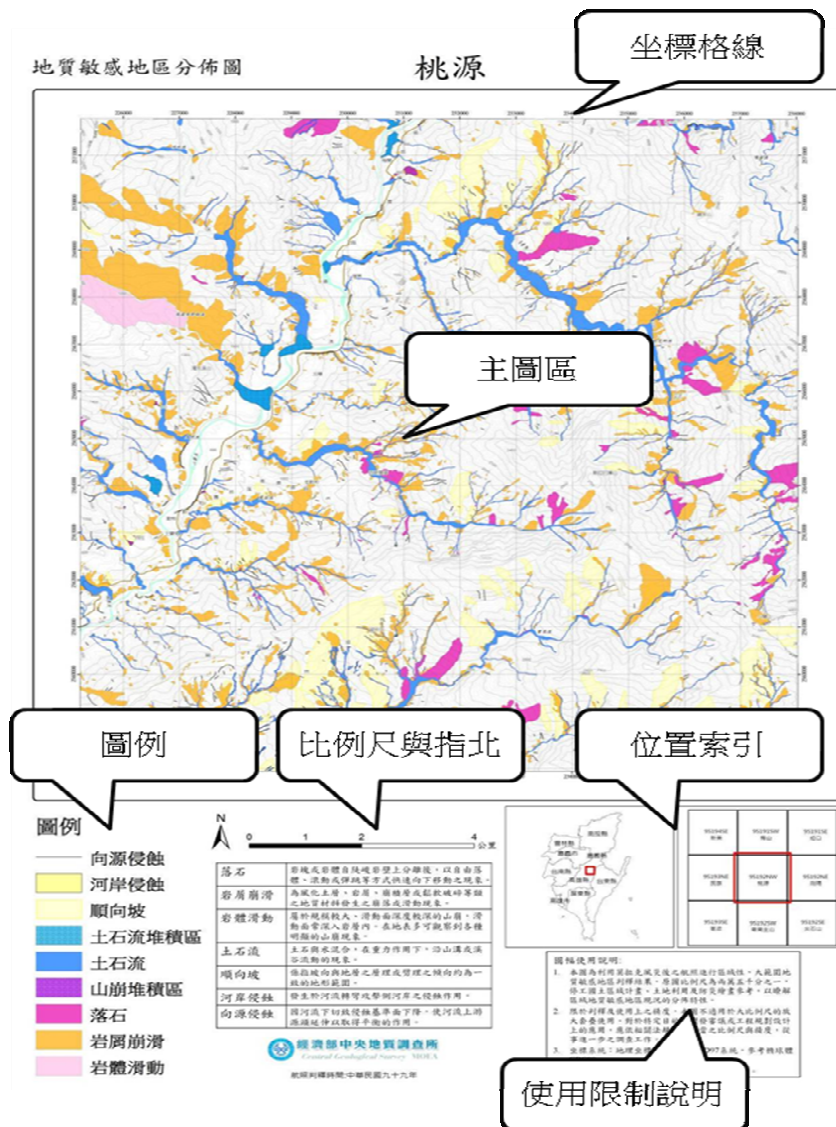


圖 2.19 出圖版面設計示意圖

1. 主題圖名稱：說明此圖之主題，例如地質敏感地區分布圖。
2. 圖幅名稱：為 1/5,000 圖幅之名稱。
3. 圖號：為 1/5,000 圖幅之圖號。
4. 主圖區：包含本計畫四大類成果圖之內容，依成果圖內容選定不同主題圖層與基本圖層，依出圖規格進行設計展現。
5. 圖例：為主圖區的內容說明，說明各主圖區之符號或圖形代表之意

義，定義或其他圖示說明，視各主圖區之需求編排不同內容。

6. 使用限制說明：此部分說明各主題圖使用時需注意之事項與限制及基本圖說，受限於篇幅展示範圍，圖幅使用說明與限制係重點式的提示。
7. 比例尺與指北：依成果圖規格標註圖紙之比例，並以指北標註地圖方位。
8. 位置索引圖：包含該圖幅相對於流域集水區及縣市之位置，以及本圖幅周圍其他圖幅之圖號及圖名。

各成果圖以 ArcMap9.3 軟體進行製作，並儲存製作檔 mxd 供後續出圖與研究之用，而成果圖電子檔則依據表 2-12，將成果圖要求之版面尺寸與出圖比例尺利用 ArcMap9.3 軟體將製作檔輸出成具空間坐標之 JPG2000 格式，以利空間套疊與應用。為突顯本計畫之成果，易讀，並突顯資料的特性，出圖設計包含下列幾項原則：

1. 圖資內容採用最新之圖資資訊，以能符合現地實況。
2. 儘量以影像為底圖，以補足向量圖資之空間資訊不足。
3. 主題圖需可清楚判讀空間資訊。
4. 在資料之展現上，則以不同符號或顏色區分圖層所包括之屬性特性(如侵蝕、淤積)，並以文字標註方式展現分析成果之數值量體。
5. 統一前述資料庫、展示以及成果圖幅之圖例、圖示，清楚表示簡圖以及所需資訊，以利於使用者查詢與閱讀。

第三章 文獻回顧

在山區道路相關之研究方面，主要依據山區道路災害類型、易致災路段調查評估、風險分析與監測預警管制等四部分進行歸納與整理，茲分述如下：

3.1 山區道路災害類型

邊坡破壞模式之分類方法甚多，國內公路系統習於參考歐美方法，認為道路邊坡破壞種類依據材料可分為岩坡與土坡；依據運動型態則可區分為墜落(fall)、傾覆(topple)、滑動(slide)、側移(spread)、流動(flow)及複合型(Varnes, 1984)。水土保持界則將邊坡破壞綜合名之為崩塌並概分為山崩、地滑、潛移、土石流與沖蝕等(水土保持局、中華水土保持學會, 2005。)

依據臺灣地區山區道路規劃設計參考手冊(2006)，山區道路之邊坡破壞類型，主要依據上、下邊坡分別進行分類，上邊坡破壞類型主要為沖刷破壞與崩坍破壞，其中崩坍破壞依土砂之運動方式細分為墜落型、滑動型與流動型三類，而下邊坡破壞類型除無上述之墜落型外，其餘類型皆與上邊坡一致。

本計畫為使用地調所之環境地質敏感區進行後續之分析，因此將臺灣地區山區道路規劃設計參考手冊中之邊坡破壞類型與地調所之環境地質敏感區進行對應，對應結果如表3-2。其中，環境地質敏感區中之河岸侵蝕與順向坡並未出現在邊坡壞類型中，而本研究亦將此兩種敏感區類型納入，以完整進行分析。

表 3-1 邊坡破壞類型分類一覽表

邊坡破壞類型		調查重點			
上邊坡	沖刷破壞	1.尖峰逕流量	3.集水區面積	5.土壤剪力強度參數	
		2.降雨強度	4.土壤一般物理性質	6.地層種類及其分佈	
	崩塌破壞	墜落型	1.坡度與坡形	3.節理面狀況	5.岩石強度
		滑動型	2.岩層種類構造特性	4.岩層弱面位態	6.落石尺寸與規模
下邊坡	崩塌破壞	滑動型	1.地層種類及其分佈	3.岩土材料剪力強度參數	5.滑動面位態與深度
		流動型	2.岩土材料一般物理性	4.岩層弱面位態	6.地下水水位分佈與孔隙水壓
下邊坡	沖刷破壞	1.岩土材料一般物理性質	3.河川尖峰流量水位變化、水力特徵	4.集水區面積	
		2.岩土材料剪力強度參數			
	崩塌破壞	滑動型	1.地層種類及其分佈	3.岩土材料剪力強度參數	5.地下水水位分佈與孔隙水壓
		流動型	2.岩土材料一般物理性質	4.滑動面位態與深度	
崩塌破壞	滑動型	1.地層種類及其分佈	3.岩土材料剪力強度參數	5.降雨強度	
	流動型	2.岩土材料一般物理性質	4.尖峰逕流量	6.岩土耐沖蝕能力	

資料來源：臺灣地區山區道路規劃設計參考手冊(2006)

表 3-2 邊坡破壞類型與環境地質敏感區對應表

臺灣地區山區道路規劃設計參考手冊	地調所環境地質敏感區
邊坡壞類型	環境地質敏感區
沖刷破壞	蝕溝
墜落型	崩塌(落石)
滑動型	崩塌(岩屑崩滑、岩體滑動)
流動型	土石流
其他	河岸侵蝕
	順向坡

3.2 易致災路段劃分方法

國家災害防救科技中心 (2008、2009)的技術報告，曾針對十條易致災省道 (台8、台20、台21、台9、台7、台7 甲、台18、台14、台24、台27)，進行道路警戒分段與致災比率分析，其易致災路段之分段主要

依據(a)災點分佈、(b)縣市分界、(c)村里分界、(d)替代道路、(e)影響人口數等五項劃分原則，同一道路劃分約以6~7 段為限。

本計畫之前期計畫「山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發 (1/4)」採用等距離方式將將臺18線與臺21線山區道路每500公尺分成一段，進行後續危害度及易致災性因子分析。

而本年度計畫易致災路段之劃分方法，將山區道路所在邊坡之地質、地形等致災因子，以坡面單元概念劃分，在以此坡面單元之地質敏感區特性，進行易致災路段之劃分，以確立個易致災路段之區位與災害類型，後續再進行降雨誘發因子之分析，並嘗試建立個易致災路段之警戒基準。

3.3 山區道路風險分析

在山區道路災害潛勢評估的相關研究方面，陳韻如等人(2011)以Kendall 等級相關性統計分析方法，評估降雨因子造成道路邊坡崩塌災害的相互間關係，得知山區道路災害與總雨量以及最大時降雨量其相關性較高與有顯著相關，進而以此兩個因子進行邏輯式迴歸，建立道路崩塌潛勢的機率模式。

在山區道路的風險評估主要以崩塌的風險分析為主，李維峰等人(2010)，蒐集歷史崩塌資料結合現地調查，搭配山區道路沿線自然環境地文水文資訊，利用邏輯司法進行風險分析，並以台14線為例，建立可供公部門參考之簡易評估模式。

鄭明淵(2005~2006)進行道路邊坡崩塌潛勢分析及災損風險評估研究，以(1)生命損失風險評估模式；(2)交通運輸損失風險評估模式，評估每年道路邊坡崩塌之生命損失風險及交通運輸損失風險值，並對各道路邊坡案例進行風險評等。

3.4 山區道路災害潛勢評估

山區道路災害潛勢評估以往前人研究主要針對崩塌為對象進行評估。有關崩塌潛勢(Landslide Hazard)之定義，Varnes (1984)及 Guzzettiet al.(1999)對於崩塌潛勢之定義為「某地區於特定時間及規模之下，崩塌發生之可能性」。

美國地質調查所(USGS)在2000年所出版的National Landslide Hazards Mitigation Strategy 中指出，崩塌潛勢圖是建構機率式崩塌危害度圖及進行風險評估時不可或缺的基礎資料。Toshiyuki Kurahashi (2008)分析日本1990~2004年期間1310個公路崩塌災點，發現約有90%的崩塌災害是因為降雨造成的，且80%是表層破壞造成的崩塌。吳從龍(2009)藉由問卷調查方式得知地震及颱風豪雨來襲時對山區道路邊坡破壞最大，其次則是道路開闢的影響。

過去國內許多研究針對特定區域土石流與邊坡崩塌，多是由崩壞資料與其對應的雨量資料建立臨界降雨模式，藉以獲得導致崩壞的降雨特性，進一步分析其與未發生崩壞的降雨之間的差異，分析的雨量因子分別有臨前降雨、降雨強度、降雨延時、24小時雨量及累積雨量等。

蘇吉立等人(2008)分別對台18、台21、台8、台16和台9線等山區道路研擬道路邊坡崩塌判定和預警基準值，並建立區域性之道路邊坡崩塌機率之評估模式，以及建立預估崩塌土方量和降雨引致邊坡崩塌時間之預測模式。

3.5 監測預警管制

在道路邊坡之監測預警部分，目前國內所採用之道路邊坡監測系統(儀器)種類繁多，依據逢甲大學執行山區道路邊坡監測系統自動化及緊急臨時通報系統研發計畫中，建議應針對邊坡之可能破壞模式及風險性之不同進行分級，對於風險性較低或較穩定之邊坡，可選擇簡易

及較經濟之監測系統加以監測，對於風險性較高或較不穩定之邊坡，則需選擇較完整之監測系統，以期能充份掌握邊坡之整體行為，並將各種監測儀器作一經濟評析，使儀器效能及風險損失降至最低。

黃安斌等人(2002)認為道路邊坡之安全監測涉及三個環節：(1) 確保安全監測所得之物理量為合宜之參考物理量；(2) 妥善進行監測所得物理量之詮釋；與(3) 訂定合宜之預警基準應用於管理層次。結合參考物理量、物理量之詮釋及預警基準，道路防災管理方能落實。邊坡之安全監測常包括變形與水壓等物理量之量測，傳統監測之方法，需人工定時施測並擷取資料，效率與經濟效益不彰。近年來自動化監測系統逐漸受到重視，但自動化監測系統之價格昂貴、且儀器設備容易故障。該研究認為光纖感測(Fiber Optic Sensor, FOS)和時域反射法(Time Domain Reflectometry, TDR)使用上孔(Up-hole)電子儀器，不容易故障且方便維修。因此該研究透過多點式的光纖光柵感測器配合應變管之原理進行自動化，長時間、連續性地層變形監測，其基本原理是將貼有光纖光柵之塑膠軟管放入地下傾斜管內或直接以灌漿的方式固定於地層內，做長期之監測而無須取出。而在TDR 監測技術方面，該研究則研發完成包括地層錯動、水位監測、線性伸張以及雨量計等之TDR 監測儀器系統。

在監測資料之傳輸部份，李秉乾(2004)透過現地實測的結果，為能降低系統複雜度，各項感測單元的傳輸方式以TCP 為佳，盡量避免異質傳輸規格的整合，以減少系統不穩定性。而在相同的傳輸協定下，資訊傳輸介質可依地形需要進行不同的規劃，如RS485、TCP 或是802.11b 之方式。該研究亦指出山區道路邊坡監測系統在整體架構上，是以監測路段現地資料的接收及整合為主要目的，經由無線傳輸技術將監測資料傳回資料接收中心並儲存於資料庫。所有資料經過加值與整合成資訊，即可反應現地邊坡的狀況，若加上直覺式資訊呈現、簡易圖表瀏覽等方式進行監測現況了解，若監測數據達到警戒標準，應變小組人員如何進行防災準備處理，以及發生災害時要如何快速應變，因此緊急臨時通報系統的建置，是將預防災害及災害通報等作業

進行整體性規劃，並運用網路技術及最新電腦語言技術能力，統合為具有即時應變能力的通報系統。

本計畫之前期計畫研究認為，道路邊坡之監測系統可概分為人工記讀系統以及自動化系統，自動化系統其組成包括：(1)感測單元；(2)資料擷取單元；(3)資料傳輸單元；(4)資料儲存、展現或分析單元；以及(5)電源供應等五個單元。其中感測單元感測現地物理量(如位移)或環境條件(如雨量)之變化，由資料擷取系統收集、記錄、篩選、判讀並經由資料傳輸單元送達遠端之資料儲存單元儲存、展現或分析資料，必要時並可發送現地警報、簡訊通知守視人員或保全戶。而電源供應單元則負責供應現地或遠端設備所需之穩定電流。如何考量致災因子的重要程度，選擇合適的監測設備，是不可或缺的一環。

而在管制作為部分，陳進發(2011)指出公路單位為積極保全用路人，已納入風險管理概念，評估選出致災風險較大之山區公路及降雨因素作為重點監控路段及觀測指標，應用風險管理概念，降低人員罹災之機率。目前公路總局已律定山區公路汛期重點監控路段 64 處，重點監控橋梁 48 座。於防汛期間將依據「公路總局封橋封路標準業程序(SOP)」相關規定，參照新設定特徵雨量預警值、警戒值及行動值，執行汛期封橋封路作業。

3.6 山區道路邊坡整治工法

在山區道路邊坡整治工法相關研究方面，吳淵洵、周南山(2006)指出山區道路邊坡災害發生後，在確定整治方案之前，應即執行緊急搶修以維持當地基本交通與安全需求。對於一般邊坡災害，緊急處理工法包括執行現場踏勘與調查、施作簡易地表及地下排水、修整坡頂或坡趾、築造垛牆或排樁結構，以及鋪設坡面防護等。對於棄土與回填料之處理，文中亦建議以拌製控制性低強度材料之方式，解決棄土無處傾倒，回填土品質難以控制之困境。

邊坡災害防治措施一般可分為抑制工及抑止工兩大類，依據日本經驗，當邊坡滑動速度在1mm/日以上時，先行以抑制工處理，若是滑動情形無法緩解時則以抑止工進行整治。其基本原則則分為三方向，分別為避開、降低下滑力、提高抗滑力等（何泰源等，2000）。

1. 避開

對規模較大、造成災害較嚴重者最好能避開。若無法避開，則可考慮移除不會向上及兩側發展之不穩定之小滑動體土方，但僅限於土方量不太大之情況。

2. 降低下滑力

滑動體之下滑力主要是以重力為主，理論上即減輕滑動體之重量；主要方法包括削坡減重、台階式邊坡、減少開挖深度、避免地表堆積載重、地表及地下排水與輕質材料充填等。例如 EPS 工法、地下排水工法等。

3. 提高抗滑力

穩定邊坡提高抗滑力是從外部給予助力設置擋土結構，或增強其內部抗剪強度；例如抗滑樁、土釘工法、鋼製格框式擋土牆工法等。

第四章 山區道路易致災路段調查評估

4.1 台24線山區道路基本特性分析

4.1.1 台24線山區道路路線概況

台24線又稱之為「新南橫公路」，起點在屏東市，預計終點在台東縣知本，行政院於2011年3月28日公告解編阿禮至知本路段。本路線自三地門(22.6K)，開始進入山區道路路段，目前僅通車到霧台鄉阿禮(48.5K)，全長約24.9公里，海拔自三地門標高約為130公尺自阿禮標高約為1,240公尺，全段山區道路高差約為1,210公尺，台24線養護單位為交通部公路總局第三區養護工程處潮州工務段段。

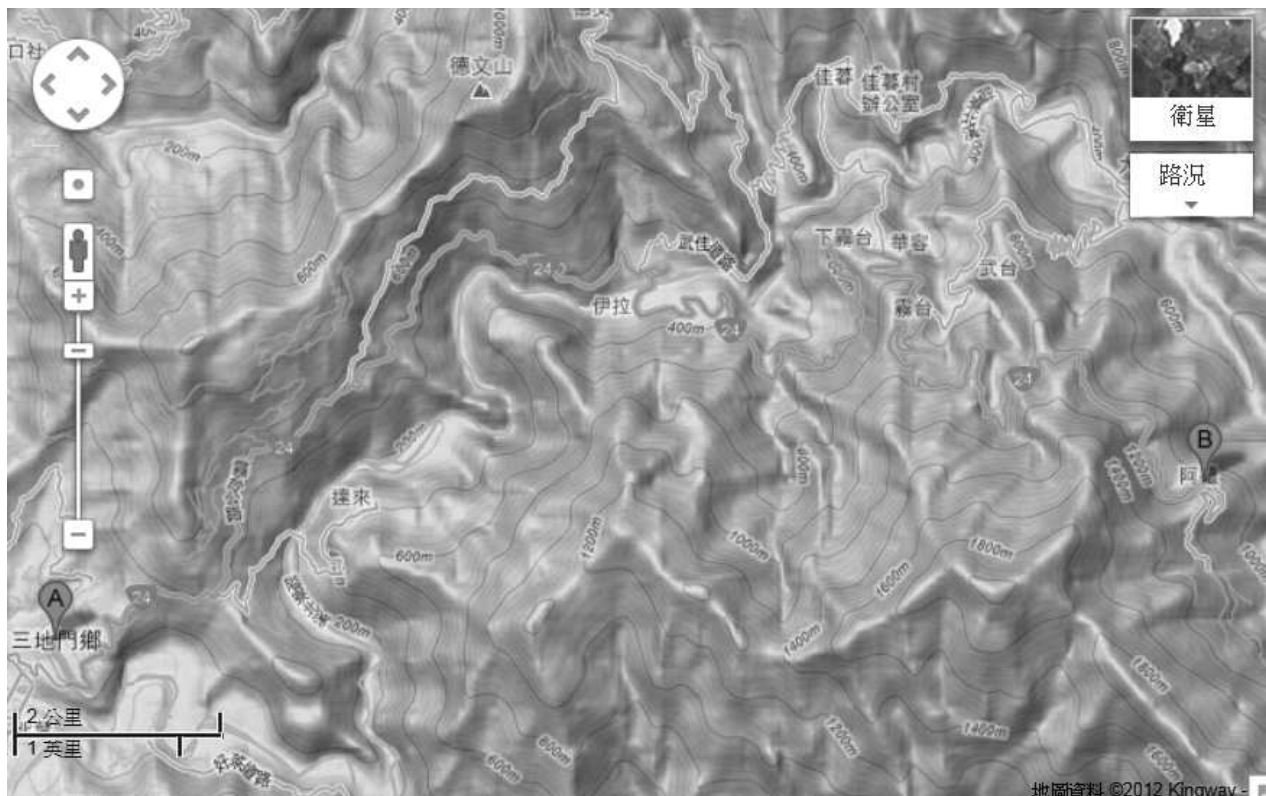


圖 4.1 研究區域路線概況圖

4.1.2 台 24 線山區道路水文及氣候概況

台24線山區道路所在集水區為隘寮溪，依據水利署之子集水區資料本區之子集水區包括白賓山、隘寮北溪、德文、好茶北部、戶亞羅、霧台、東川巷、神趾山、亞泥流山、霧台等10個子集水區(圖4.2)。

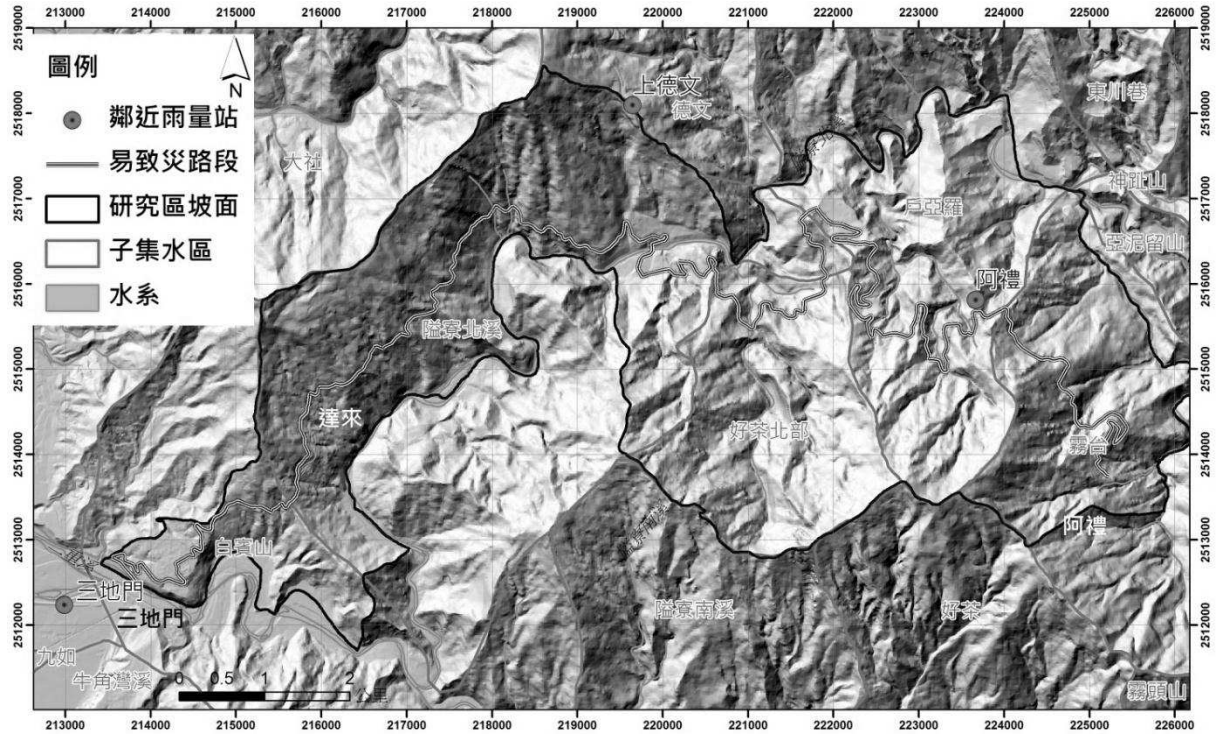


圖 4.2 台 24 線山區道路水文及氣候概況圖

而本區鄰近之氣象局氣候站包括三地門、上德文與阿禮，依據2010年氣象局氣候資料年報顯示，三地門氣候站2010年逐月平均溫度中，最高為七月平均溫度為28.2度，平均溫度為24.8度(表4-1)。

表 4-1 三地門氣候站 2010 年逐月平均溫度一覽表

單位：公厘

測站 編號	站名	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平 均
COR150	三地門	19.9	21.8	23.5	24.7	27.7	27.3	28.2	28.1	26.9	25.8	23.0	20.1	24.8

依據 2010 年逐月雨量資料顯示，上德文氣候站 2010 年之總雨量約 3,593.5 公厘，其中以九月份的雨量為最多，達 1,234.5 公厘。阿禮氣候站 2010 年之總雨量約 2,629 公厘，其中以九月份的雨量為最多，達 665 公厘(表 4-2)。

表 4-2 上德文、阿禮氣候站 2010 年逐月雨量一覽表

單位：公厘

測站編號	站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總雨量
C1R120	上德文	12.5	35.5	9.5	65.0	631.5	486.5	582.5	203.5	1,234.5	277.5	28.0	27.0	3593.5
C1R130	阿禮	13.0	30.0	9.5	63.0	476.0	434.0	450.0	159.0	665.0	284.0	26.5	19.0	2629.0

4.1.3 台 24 線山區道路地質概況

本區域在地層方面主要出露潮州層與河道沖積層(圖4.3)。潮州層由六角兵吉和牧山鶴彥(1934)所命名。標準地點位於枋山溪。本層以硬頁岩或板岩為主，間夾透鏡狀砂岩體，約可對比脊樑山脈之廬山層。潮州層確實厚度不詳，不過可量測之厚度約為1500 公尺。本流域內之潮州層劈理構造有由南向北逐漸發達之趨勢，岩體受風化後之野外特徵為具有洋蔥狀剝蝕及鉛筆構造，且普遍存在著與沈積作用同時的崩移構造，在口社至阿禮一帶有幾處較具規模的潮州層透鏡狀砂岩體(Cos) 出露。在地層位態方面，潮州層之板岩劈理位態於達來至伊拉路段約為北偏東40度向東頃約50度左右，位態變化不大。而於伊拉至阿禮路段板岩劈理位態約為北偏東70度至90度，向南頃約40度左右，位態變化較大。

在構造方面，本流域範圍內之褶皺構造多呈北北東走向，主要褶皺構造自西而東包括華容向斜、霧台背斜等。

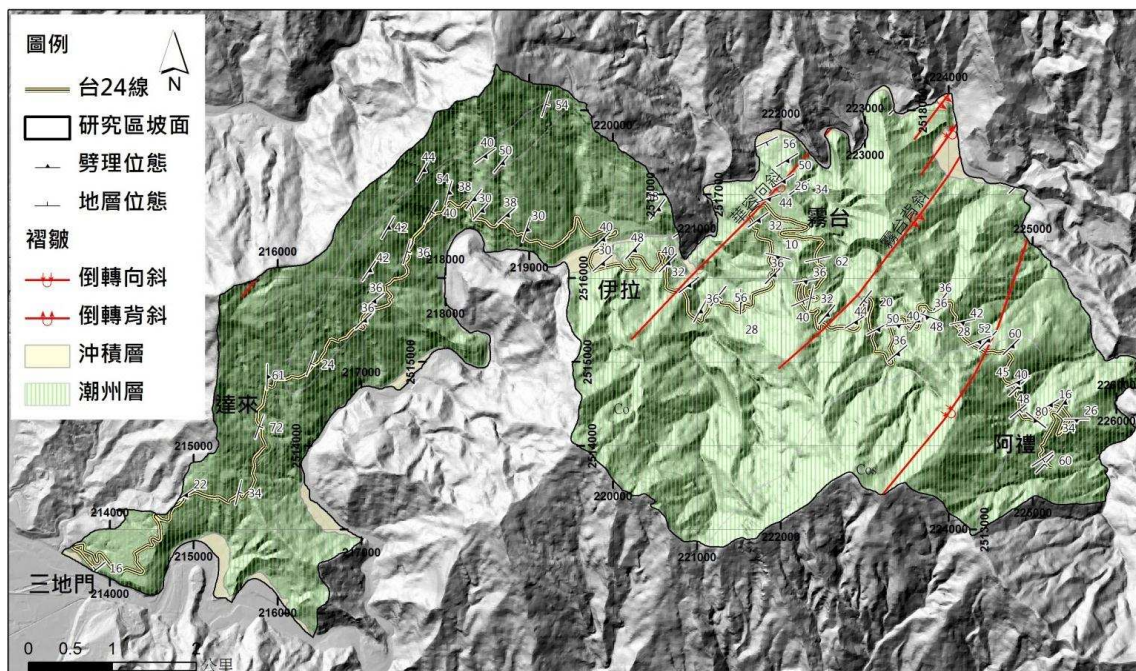


圖 4.3 台 24 線地質概況圖

4.2 地質敏感地區資料蒐集與分析

本計畫蒐集台24線經過之坡面範圍內之地質敏感地區資料 (99年)，在各地質敏感地區之資料統計方面，崩塌共計313處，合計面積約790.16公頃、土石流共計12處、順向坡共計27處，合計面積約777.8公頃、蝕溝共計54處、河岸侵蝕共計16處(圖4.4 表4-3)。

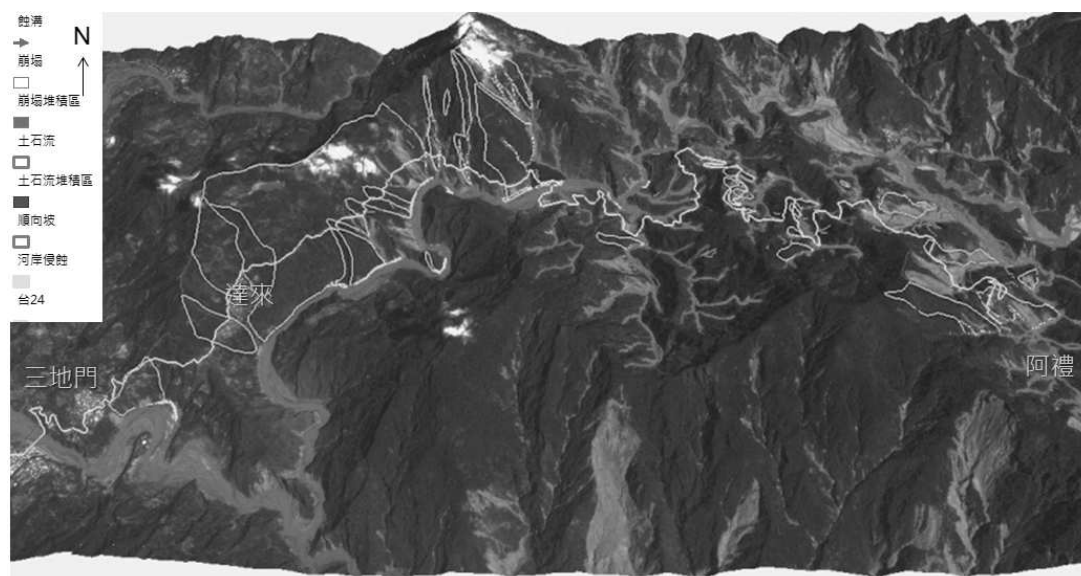


圖 4.4 台 24 線山區道路坡面範圍內地質敏感地區分布圖

表 4-3 台 24 線經過之坡面範圍內之地質敏感地區數量統計一覽表

類型	數量	類型	數量
崩塌	313	蝕溝	54
土石流	12	河岸侵蝕	16
順向坡	27		

經初步現地勘查，發現台24線三地門至阿禮沿線，典型地質敏感地區為位處順向坡地形且下方有河岸侵蝕現象，所引發之大規模崩塌(圖4.5)。而除崩塌為本路段共同之災害外，三地門至伊拉路段間主要之地質敏感區為順向坡、蝕溝，而伊拉至阿禮路段之土石流數量明顯多於三地門至伊拉路段。

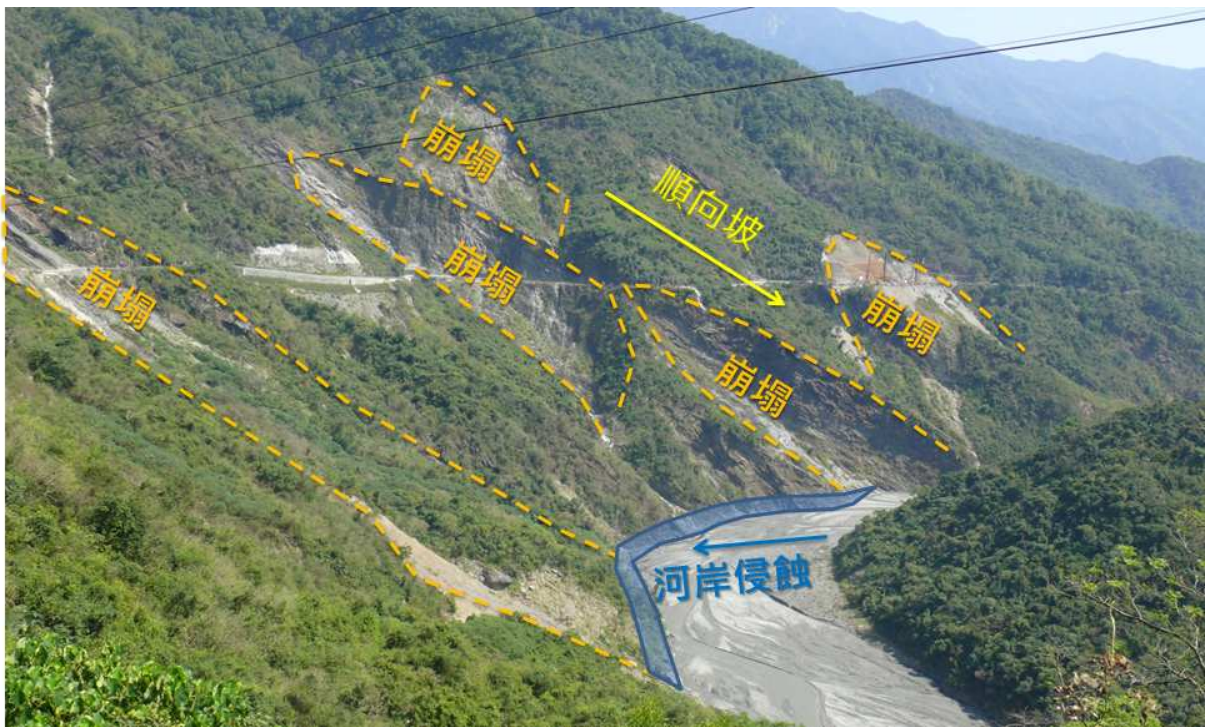


圖 4.5 台 24 線三地門至阿禮典型地質敏感地區特性圖(以 30K 為例)

4.3 歷史山崩目錄建置

本計畫以台24線三地門至阿禮間山區道路為研究範圍，利用計畫區歷年航照影像及高精度衛星影像建置歷史山崩目錄。在進行區域內崩塌地判釋之前，必須挑選合適的衛星影像，包括時間條件、雲覆條件及姿態條件符合的影像，選擇在區域內有重大降雨的颱風或豪雨事件前後且雲覆少及衛星拍攝的角度較小的影像作為崩塌判釋的底圖，目前本計畫已蒐集完成的福衛二號影像共有18期，整理如表4-4，判釋事件包括自2005年至2011年之16次颱風豪雨事件。

表 4-4 歷史山崩目錄建置選用之福衛二號影像列表

影像編號	影像類型	影像解析度(m)	影像時間	主要影響事件
03	福衛二號	8	2005/07/10, 2005/07/01	0612豪雨
04	福衛二號	8	2005/08/01, 2005/07/25	海棠颱風
05	福衛二號	8	2005/08/07, 2005/08/16	馬莎颱風
06	福衛二號	8	2006/02/01, 2006/01/31	泰利颱風
09	福衛二號	8	2006/09/13, 2007/03/10	凱米颱風
13	福衛二號	8	2007/10/26, 2007/11/20	柯羅莎颱風
14	福衛二號	8	2008/02/17, 2007/12/21	米塔颱風
15	福衛二號	8	2008/07/23, 2008/08/24	卡玫基颱風
16	福衛二號	8	2009/01/14, 2008/12/21	辛樂克颱風
98	福衛二號	8	2009/05/09, 2009/05/10	-
17F	福衛二號	2	2009/08/17, 2009/09/02	莫拉克颱風
19	福衛二號	8	2010/08/10, 2010/08/27	0725豪雨
20	福衛二號	8	2010/09/23, 2010/10/10	凡那比颱風
21	福衛二號	8	2010/11/21, 2010/11/01	梅姬颱風
22	福衛二號	8	2011/05/08, 2011/06/13	-
23	福衛二號	8	2011/08/17, 2011/07/23	0719豪雨
24	福衛二號	8	2011/09/17, 2011/09/26	南瑪都颱風
25	福衛二號	8	2011/10/24, 2011/10/21	1001豪雨

4.3.1 判釋方法

1. 衛星影像裸露地自動判釋

衛星影像之裸露地判釋流程如圖4.6所示，本項工作項目係利用 ArcMap的空間分析模組(Spatial Analysis)與自行研發撰寫的電腦程式，以光譜特徵、地形條件進行裸露地篩選，之後再以人工檢核進行誤判修正，最終即可得崩塌地判釋結果。判釋程序方法分述如下：

(1)光譜特徵篩選：

以正規化植生指數(NDVI)的統計結果為劃定植生指數門檻值依據。利用綠色植物具吸收藍光、紅光及強烈反射近紅外光之特性，可判別植生反射量之多寡，用紅光及近紅外光波段之比值或差值計算出 NDVI，分析植生變化情況； $NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$ ，其中 NIR 為近紅外光輻射值，R 為紅光輻射值。NDVI 值介於±1 之間，數值越高代表綠色植物越多。因此可初步設定一數值(門檻值)以上為植生區域，而以此方法可區分出低植被的裸露區域(例如 $NDVI \leq 0.1$)，再以每期影像根據光譜強度資料濾除掉高亮度白雲雲霧區以及低亮度的陰影區，其中光譜強度資料為多光譜影像各波段 DN 值之總和，白雲雲霧區為光譜強度總和值較高區域，反之陰影區則為總和值較低的區域。利用 NDVI 值與 DN 值進行濾定，便能依照光譜特徵篩選得到初步裸露地篩選結果。若判釋結果有過判或少判的現象，則修正各光譜特徵參數後重新判釋，完成此步驟後即可去除植被、雲和陰影的影響。

(2)地形條件篩選：

以地形坡度大於 10 度與 24m×24m(以福衛二號多光譜 8m 解析度影像 3×3 網格為可判釋最小單元，最小判釋投影面積為 0.0576 公頃)面積大小為門檻值進行地形條件的篩選，初步排除部份人為開墾地與建築物的誤判，即可完成裸露地自動判釋。

2. 裸露地人工檢核

利用衛星影像進行裸露地自動判釋時，因為影像光譜值隨日照、大氣品質及地表本身植被與土壤溼度變化而有差異，雖然以地形條件進行篩選可排除部份人為開墾地與河道的誤判，但是還是有部分與崩塌地光譜相近的地表特徵會被誤判成崩塌地，如雲及陰影區。因此程式自動判釋結果需再進行人工檢核（表4-5），藉由前後多期影像、航照、裸露地形狀、顏色、聚落、主要道路等，綜合研判是否為人為開發開墾地，此外，人為開發開墾地形多較為方正，且多位於平坦區域。將誤判區以人工方式進行剔除，以提高資料正確性。自動判釋完成後，再以1:5,000地形圖圖框範圍為檢核單元，以判釋者之判釋習慣與圖幅內地形特性，以畫面可容納最大裸露地為範圍，將視窗縮放至適當大小，以進行剔除工作。

表 4-5 裸露地人工檢核項目與內容一覽表

人工檢核項目	檢核內容說明
是否為人為建物	人為開發開墾地形多較為方正，且多位於平坦區域，可透過形狀進行剔除。
是否為雲遮蔽區及陰影區	以人工檢視影像上族醫進行判釋與剔除

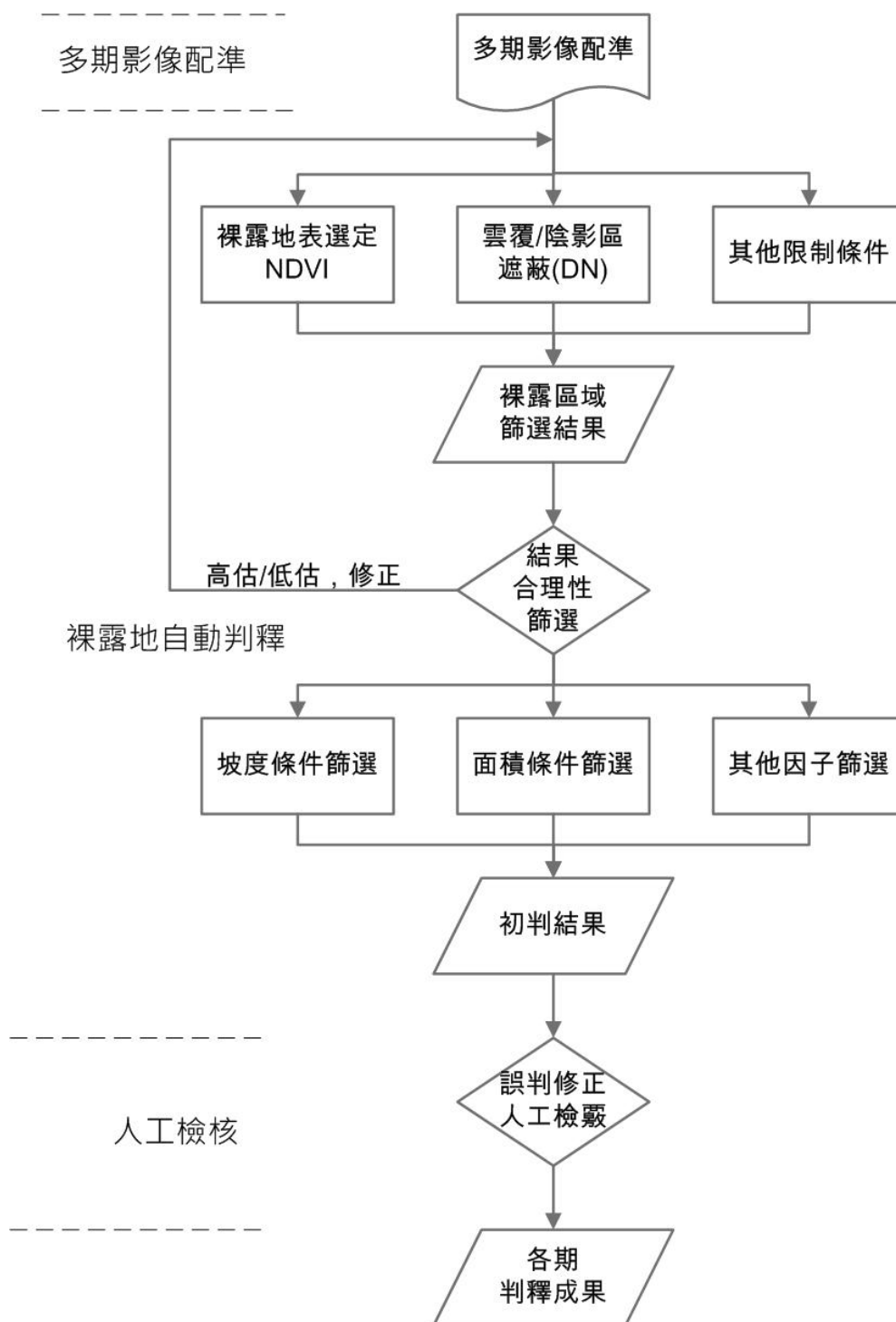


圖 4.6 衛星影像崩塌地判釋流程

4.3.2 判釋成果

台24線在16次颱風豪雨後之崩塌地分布縮圖如圖4.7 ~ 圖4.22所示，各期崩塌地面積個數與面積整理如表4-6。應用多時序影像可以得到不同重大降雨事件前後的山崩發生位置分布資料，經由山崩分布空間資料的變異分析，將不同時期之同地衛星影像判釋出的山崩圖層套疊，透過空間關聯性分析（Spatial Intersection）可進一步進行歷史山崩變化分析。而山崩目錄建置成果如附錄五所示。

在各個重大的降雨事件中所判釋出的崩塌面積及數量統計結果顯示(圖4.23)，歷史山崩面積與數量自2008年米塔颱風後，有逐年增加的趨勢，而2009年莫拉克颱風則顯示極端降雨事件所導致崩塌面積與數量急遽增加的現象(圖4.24)。自梅姬颱風後的事件，崩塌面積與數量變化不大，推斷這些事件降雨中心並不在本計畫研究範圍內所致。

表 4-6 台 24 線各期崩塌地個數與面積統計

歷史事件	衛星影像取像日期	總崩塌個數	總崩塌面積(公頃)
0612豪雨	2005/07/10, 2005/07/01	127	70.7
海棠颱風	2005/08/01, 2005/07/25	348	235.4
馬莎颱風	2005/08/07, 2005/08/16	303	266.6
泰利颱風	2006/02/01, 2006/01/31	368	244.6
凱米颱風	2006/09/13, 2007/03/10	235	1720.1
柯羅莎颱風	2007/10/26, 2007/11/20	155	253.1
米塔颱風	2008/02/17, 2007/12/21	187	192.1
卡玫基颱風	2008/07/23, 2008/08/24	240	194.9
辛樂克颱風	2009/01/14, 2008/12/21	252	252.4
莫拉克颱風	2009/08/17, 2009/09/02	481	1112.0
0725豪雨	2010/08/10, 2010/08/27	455	777.5
凡那比颱風	2010/09/23, 2010/10/10	581	808.6
梅姬颱風	2010/11/21, 2010/11/01	603	888.9
0719豪雨	2011/08/17, 2011/07/23	388	1115.9
南瑪都颱風	2011/09/17, 2011/09/26	392	1117.6
1001豪雨	2011/10/24, 2011/10/21	392	1117.6

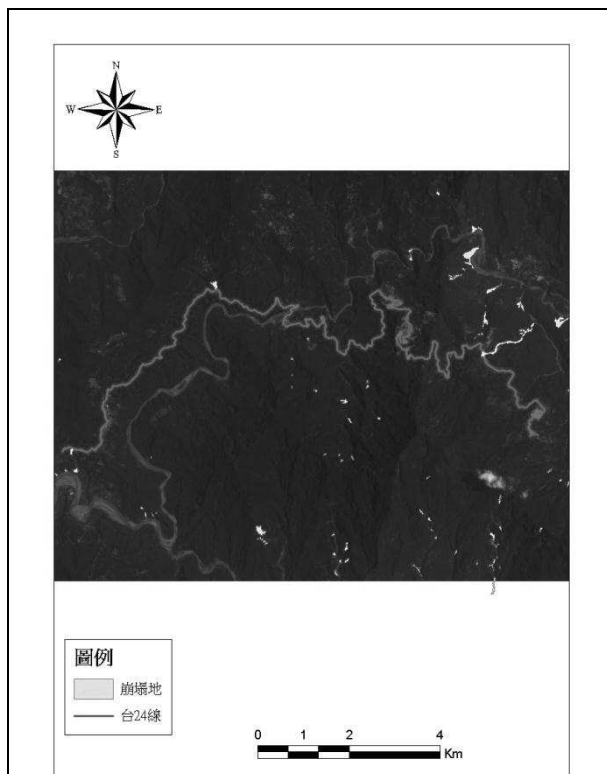


圖 4.7 0612 豪雨後崩塌地分布情形

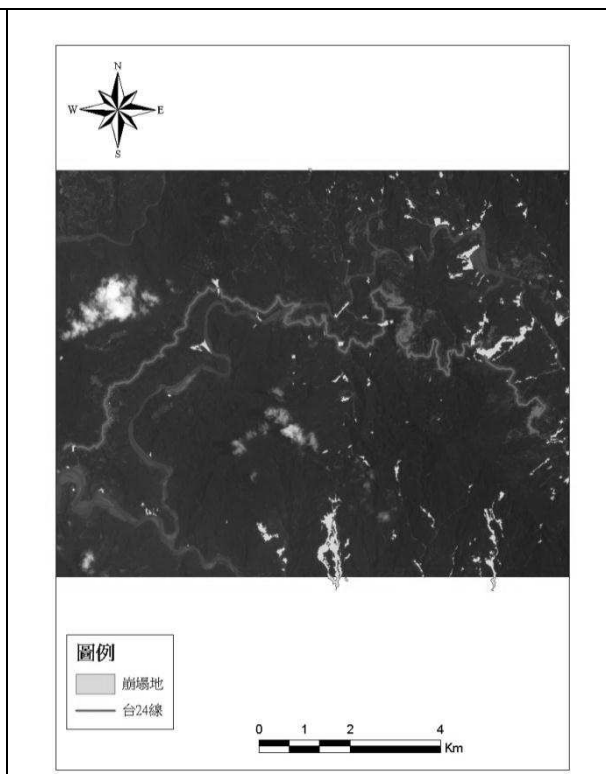


圖 4.8 海棠颱風後崩塌地分布情形

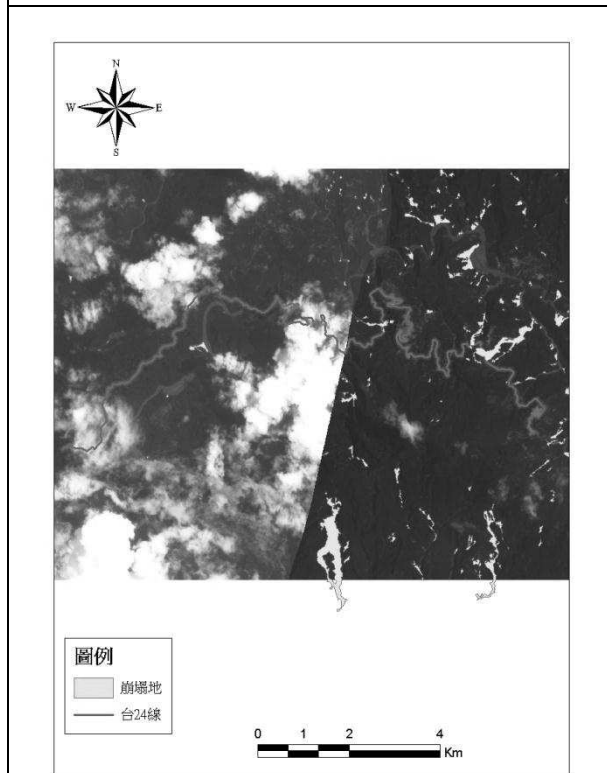


圖 4.9 瑪莎颱風後崩塌地分布情形

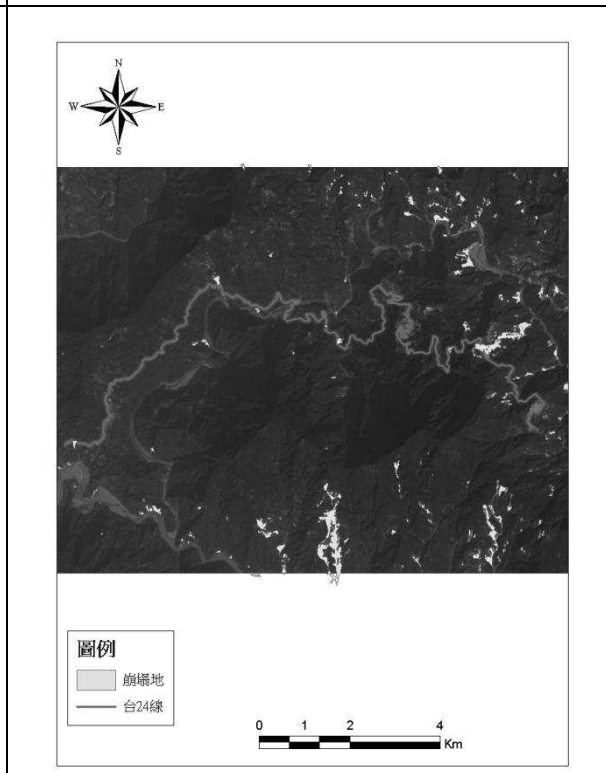


圖 4.10 泰利颱風後崩塌地分布情形

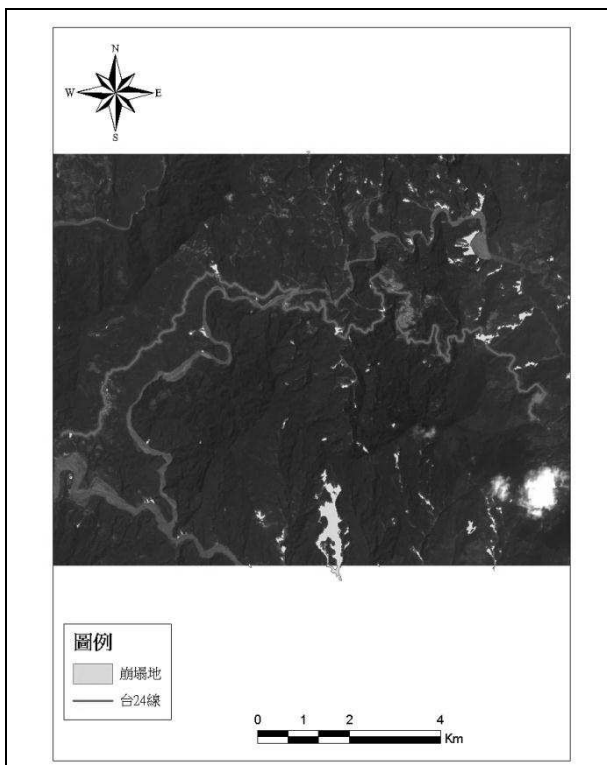


圖 4.11 凱米颱風後崩塌地分布情形

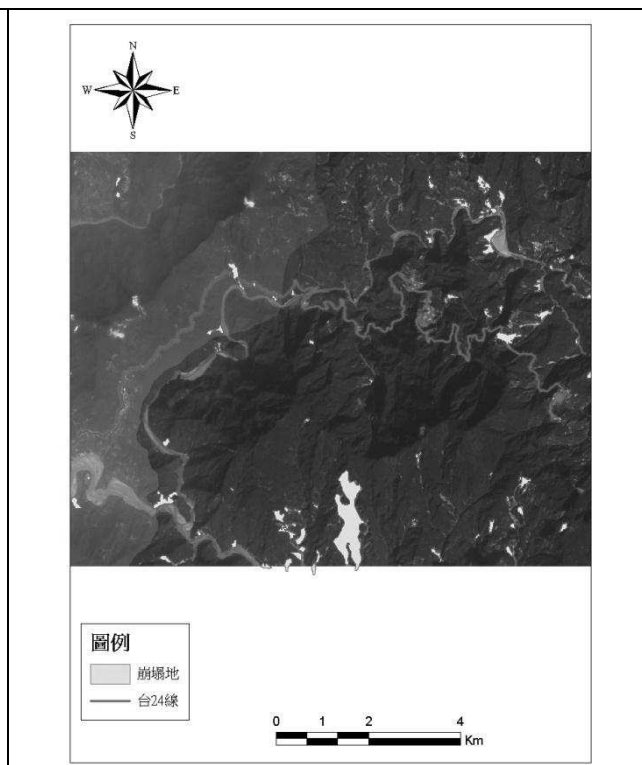


圖 4.12 柯羅莎颱風後崩塌地分布情形

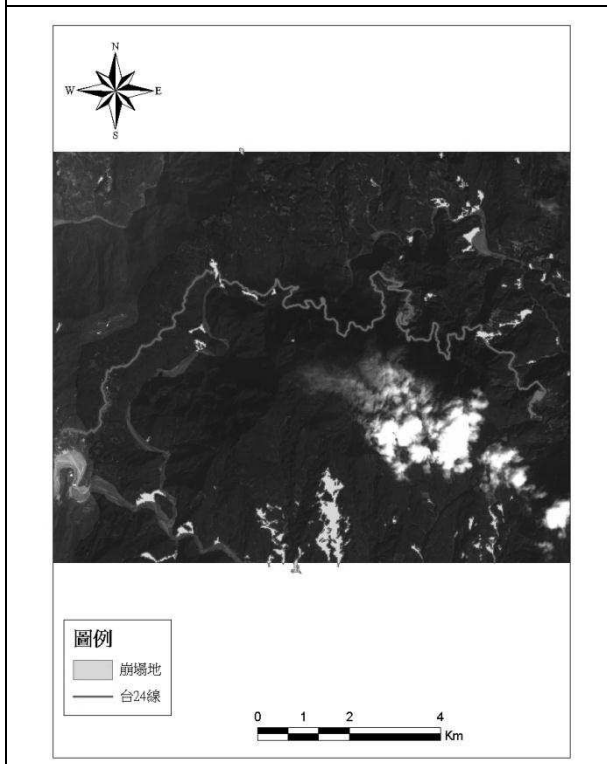


圖 4.13 米塔颱風後崩塌地分布情形

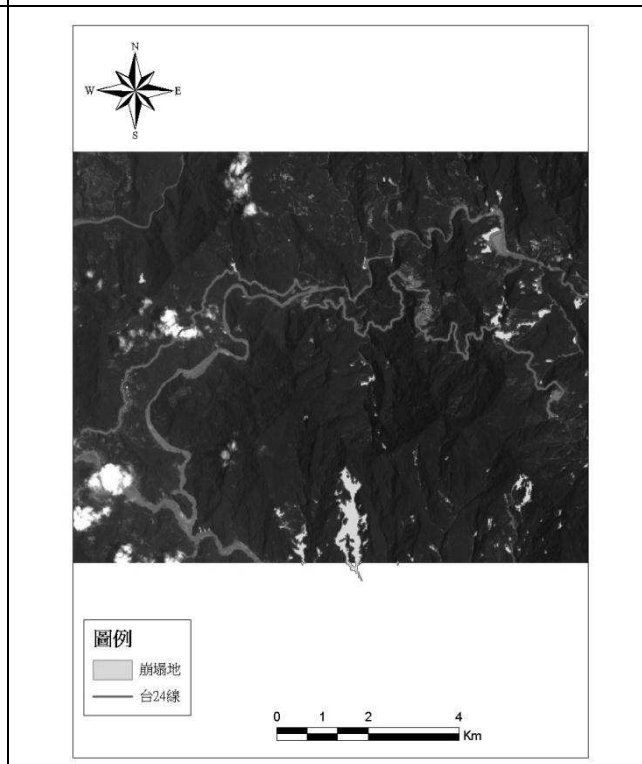


圖 4.14 卡孜基颱風後崩塌地分布情形

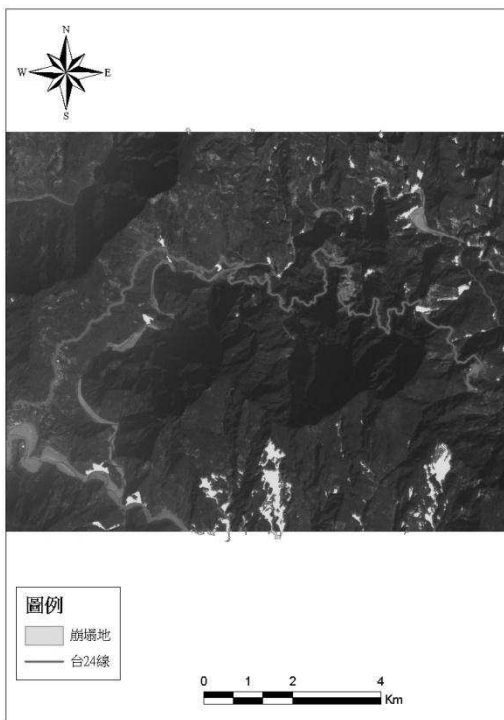


圖 4.15 辛樂克颱風後崩塌地分布情形

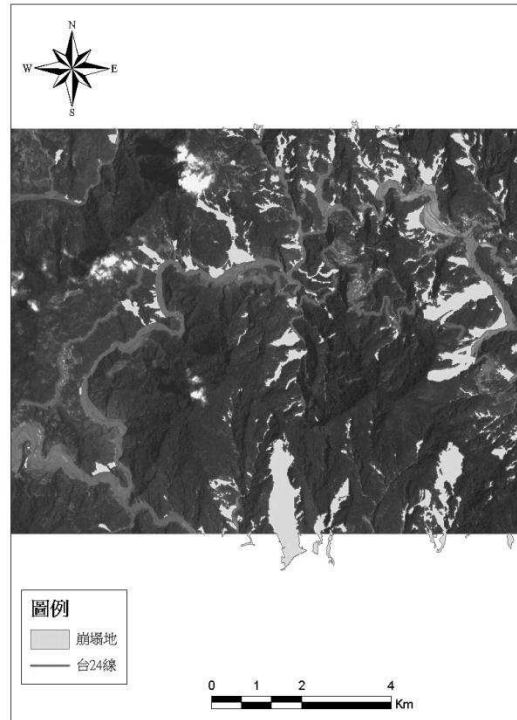


圖 4.16 莫拉克颱風後崩塌地分布情形

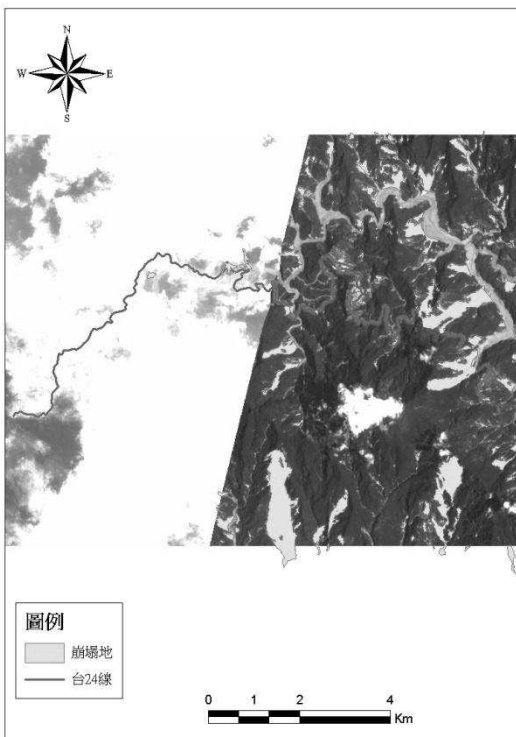


圖 4.17 0725 豪雨後崩塌地分布情形

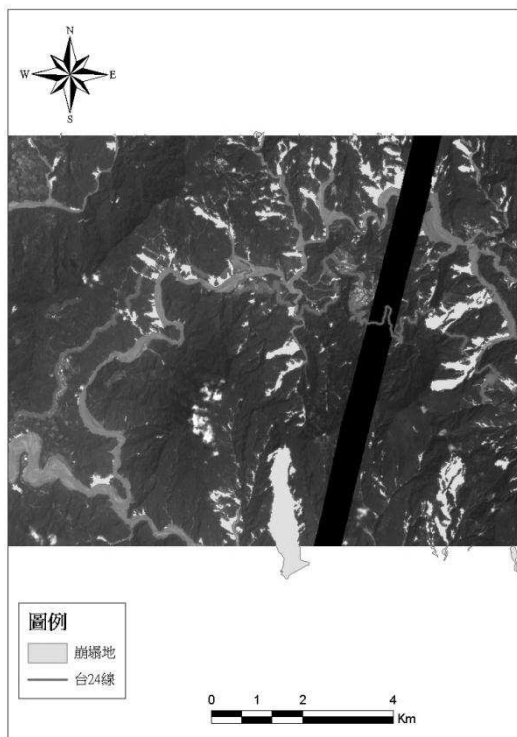


圖 4.18 凡那比颱風後崩塌地分布情形

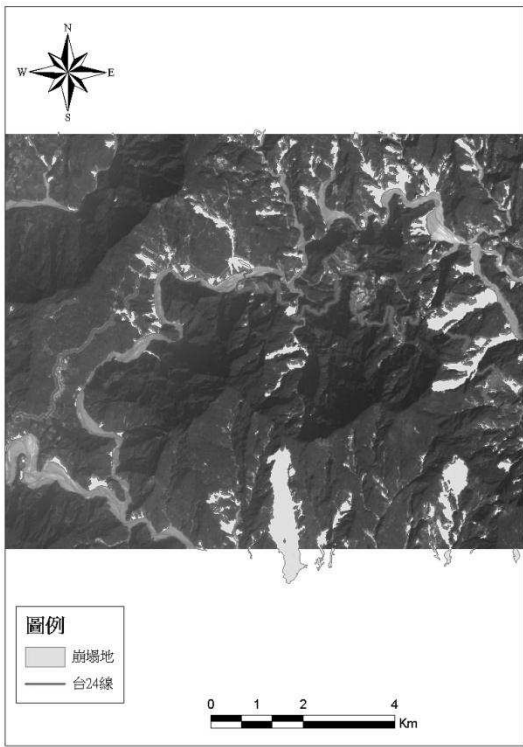


圖 4.19 梅姬颱風後崩塌地分布情形

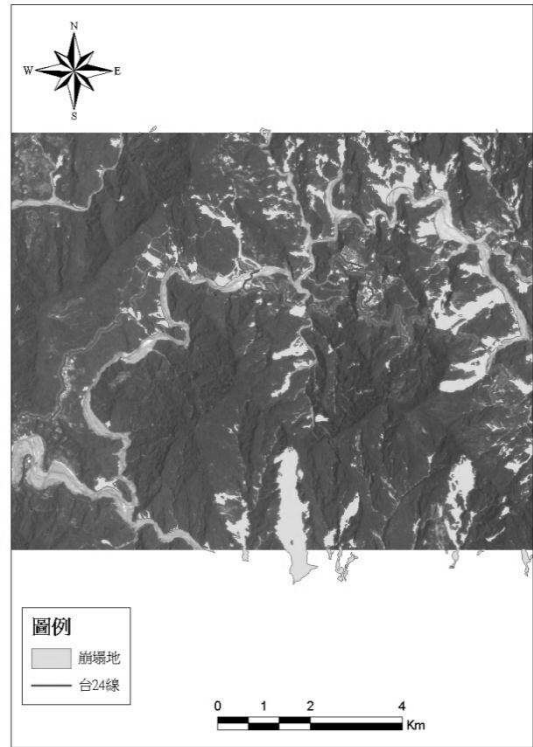


圖 4.20 0719 豪雨後崩塌地分布情形

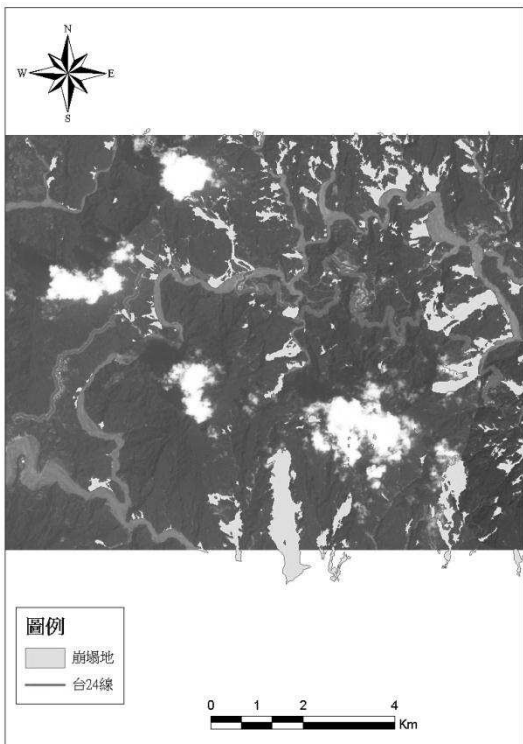


圖 4.21 南瑪都颱風後崩塌地分布情形

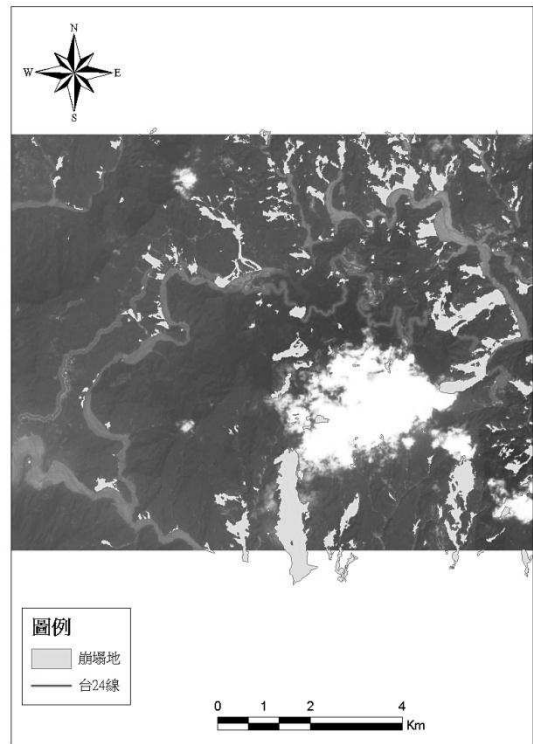


圖 4.22 1001 豪雨後崩塌地分布情形

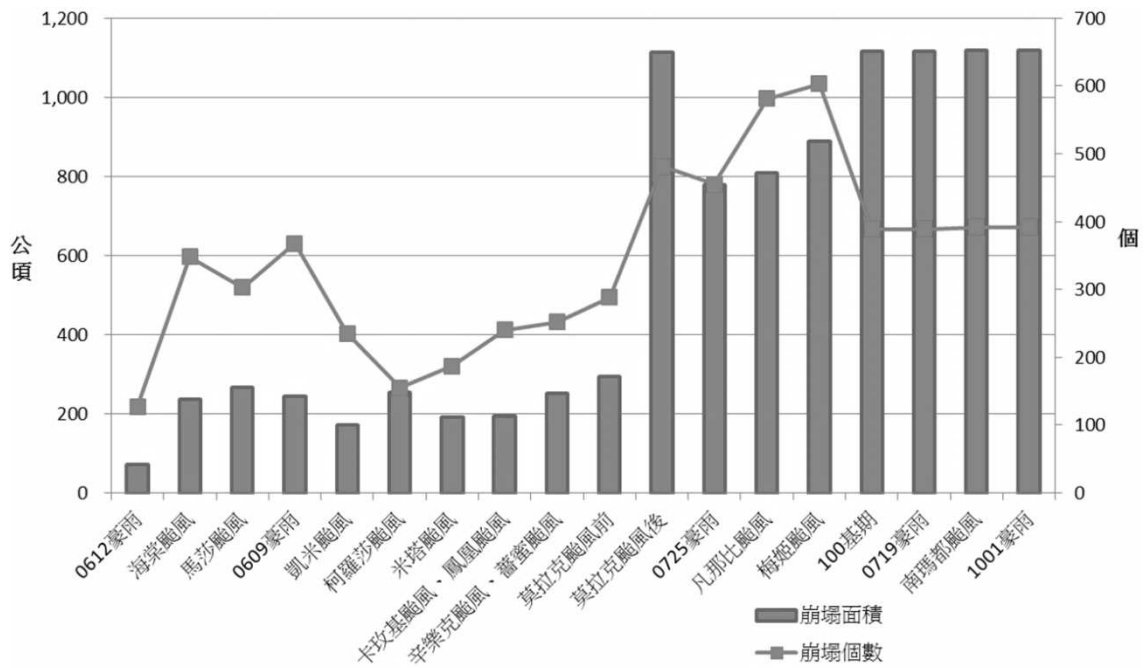


圖 4.23 歷史山崩面積與數量統計圖

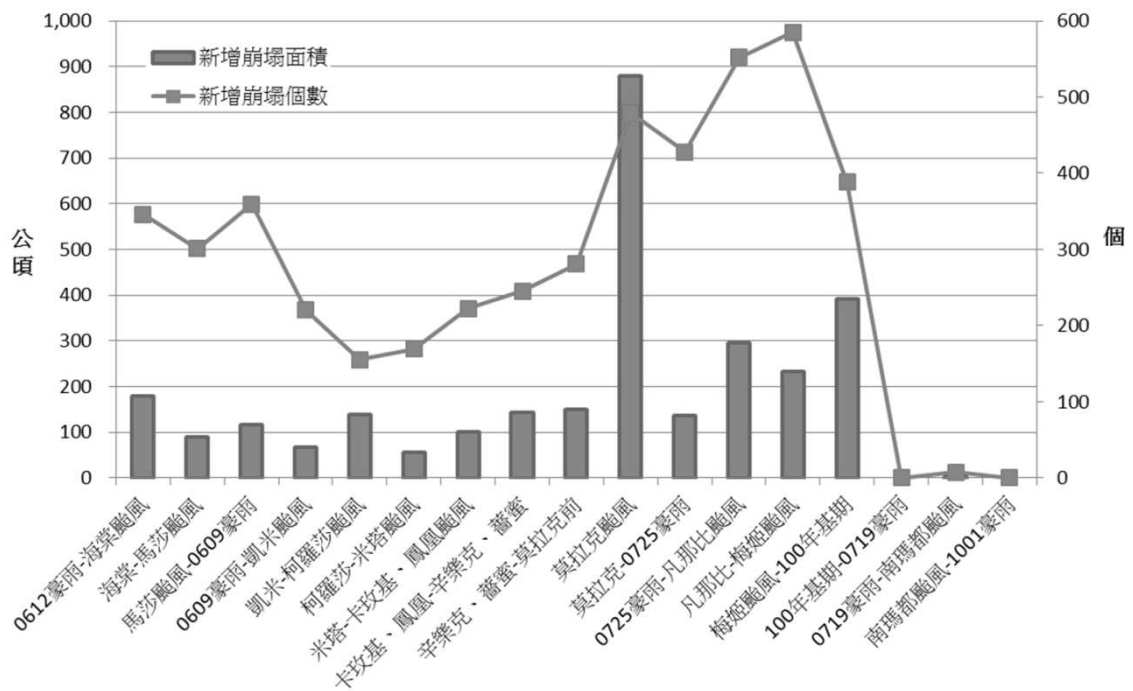


圖 4.24 歷史山崩新增崩塌面積與數量統計圖

4.4 山區道路坡面單元劃分

本研究以內政部資訊中心之5公尺網格解析度數值地形為分析材料，依據坡向與地形分析結果，進行坡面單元劃分。以下就影響台24線坡面之坡向分析、坡度分析、水系分析與坡面單元劃分結果進行說明：

4.4.1 研究區坡向分析

影響台24線坡面約3,890公頃左右(圖4.25，黑色線範圍)，就此範圍內進行坡向分析，將坡向分別以八方向(北、東北、東、東南、南、西南、西、西北)進行統計(圖4.26)，整體而言，明顯以北方順時針至東南方的坡面為最多。而自三地門至伊拉之坡向主要以東-東南向之坡面為主。伊拉至阿禮之坡向則以西-西北的坡面為主。因本區之板岩劈理位態主要傾向東南方，因此在順向坡之分布上，三地門經達來至伊拉之路段多位處順向坡地形，而伊拉經霧台至阿禮路段之順向坡規模明顯少於三地門至伊拉間路段，以逆向之陡坡與斜交坡為主。

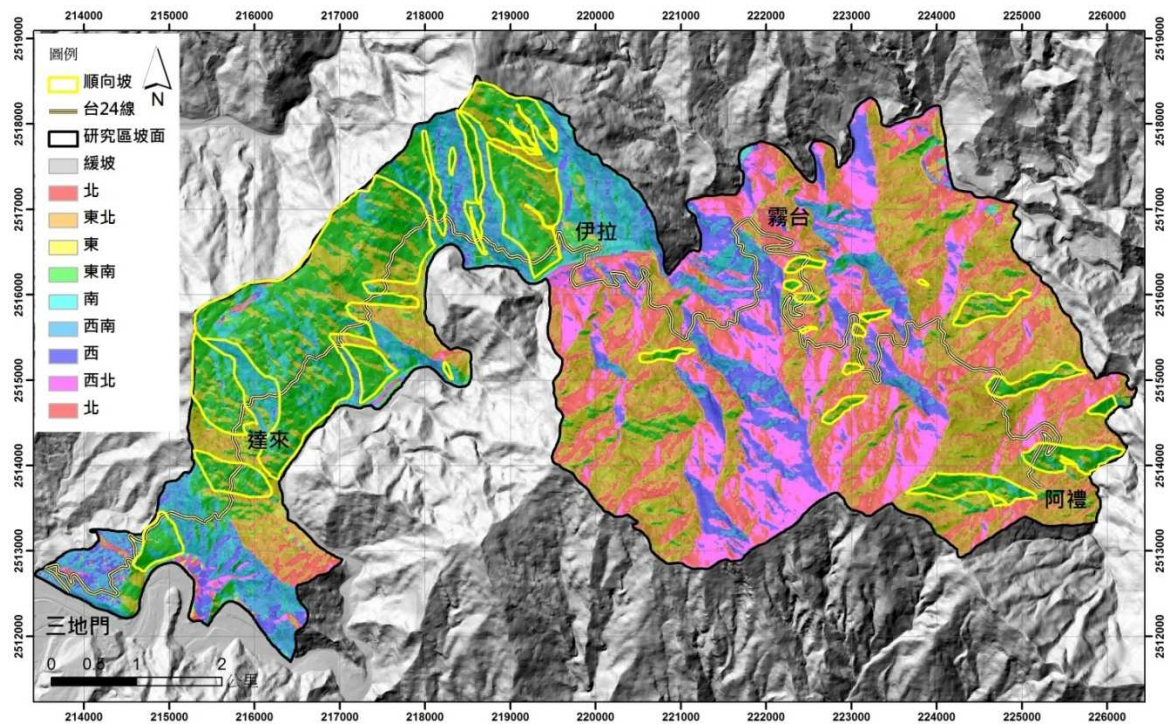


圖 4.25 研究區坡向分布圖

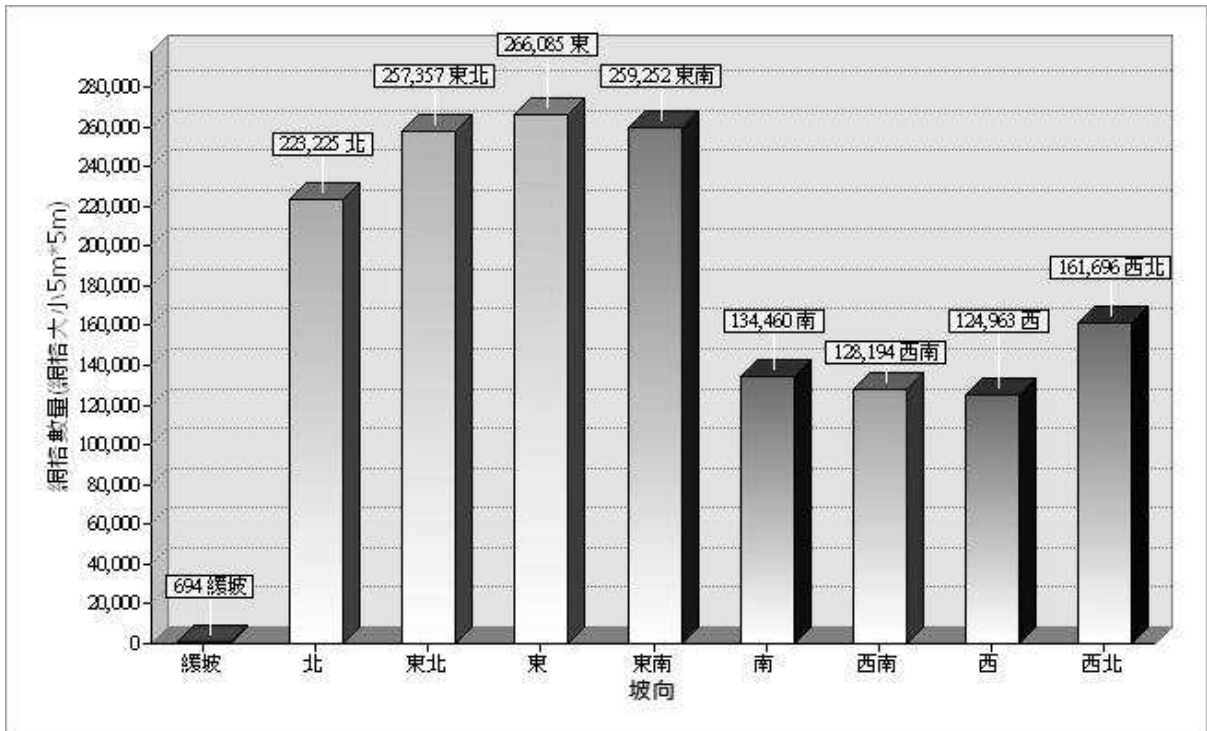


圖 4.26 研究區坡向統計圖

4.4.2 研究區坡度分析

將坡度以10度間隔進行分析統計(圖4.27、圖4.28)，整體而言以30~40度間距為最多，佔面積為1,265公頃左右，而研究區域之坡面主要集中在20~50度間，顯示研究區域內主要為陡坡地形，不利於邊坡穩定狀況。而就空間分布的狀況，三地門經達來至伊拉區域之坡度，相對較伊拉經霧台至阿禮路段為緩，此條件反映在地質環境敏感區的特性上，伊拉經霧台至阿禮路段會有較多落石、與崩塌的災害。

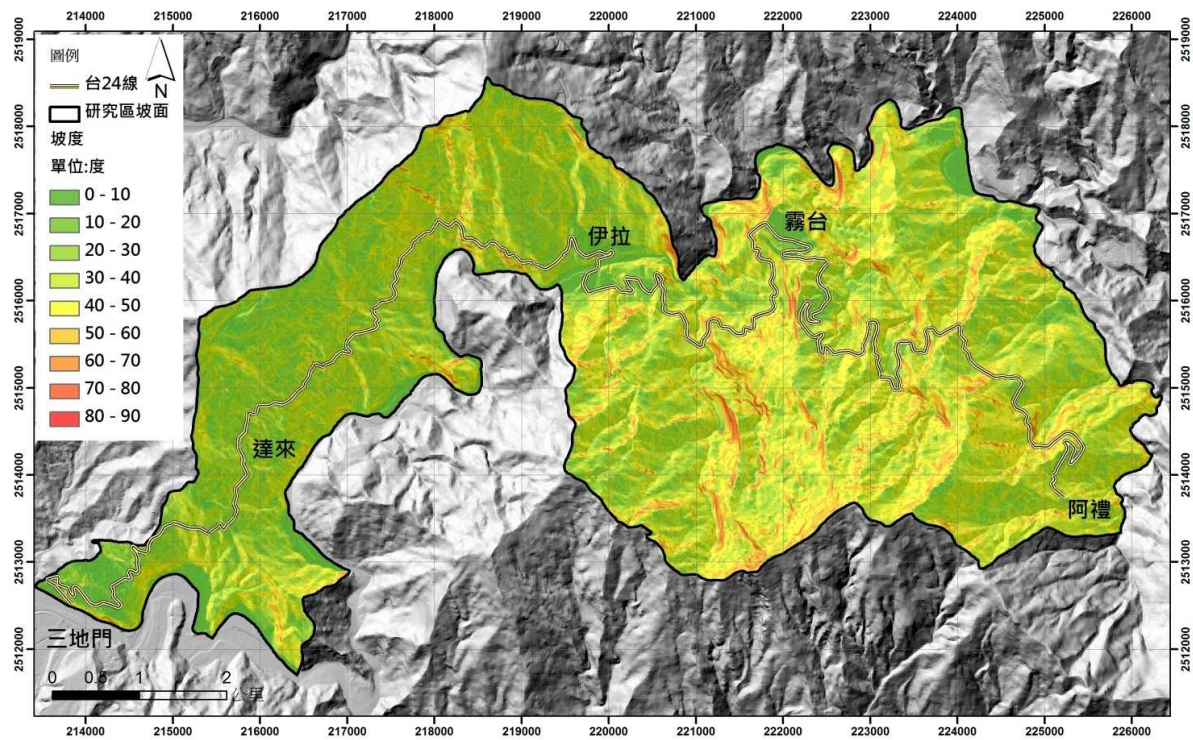


圖 4.27 研究區坡度分布圖

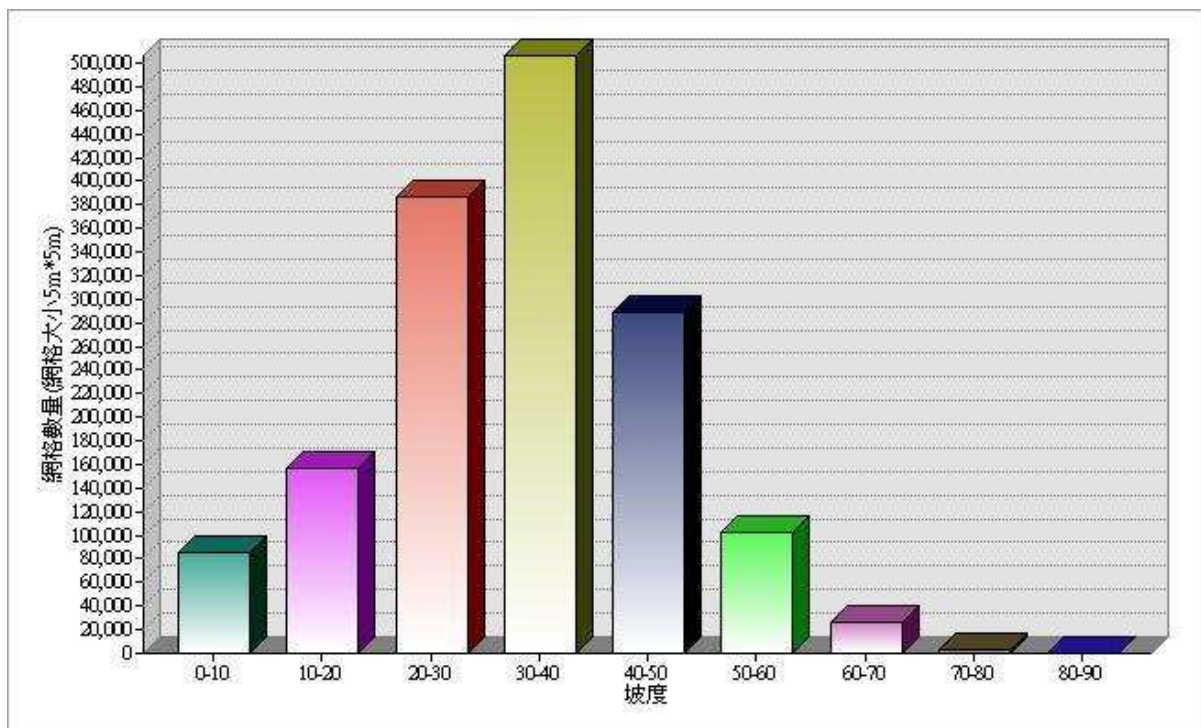


圖 4.28 研究區坡度統計圖

4.4.3 研究區水系分析

水系分布狀況影響道路邊坡排水甚鉅，亦為土石流與蝕溝災害，甚至誘發上、下邊坡崩塌災害之主要發生位置，因此易致災路段之劃分除參考坡向與坡度外，需再參考水系的位置，將道路雨水系相交的區位找出，在特別針對這些土石流與蝕溝影響範圍區位進行確認，以完成易致災路段之劃分作業。

本研究以內政部資訊中心2005年產製之5公尺網格解析度數值地形，利用ESRI公司ArcGIS 軟體ArcHydro模組，進行研究區與內之水系分析，以土石流有效集水區面積(3公頃)為水系起算門檻，其分析結果如圖4.29。經計算，台24線三地門至阿禮路段共有57處被水系截切。

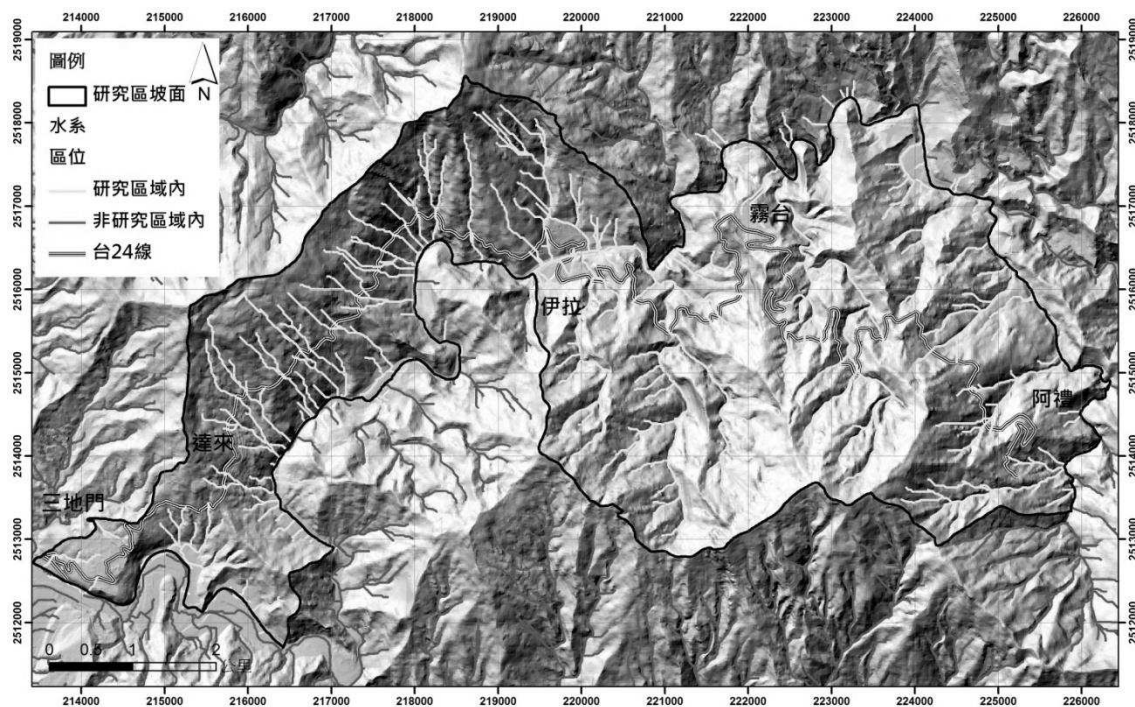


圖 4.29 研究區水系分布圖

在水系特性分析部分，從圖中可以看出達來至伊拉路段沿線之水系流向大致由西北流向東南，水系約略呈平行狀發育，此顯示受順向坡與板岩節理弱面所控制。而由伊拉至阿禮路段沿線之水系則呈樹枝狀，由南往北流。

4.4.4 研究區坡面單元劃分

綜合坡向、地形分析結果，台24線自三地門至阿禮路段，共劃分出119個坡面單元(圖4.30)。若將地質敏感區進行疊合分析，坡面單元內有崩塌發育者共計60處，土石流發育者共計70處，河岸侵蝕發育者共計17處，向源侵蝕發育者共計33處，順向坡發育者共計61處。

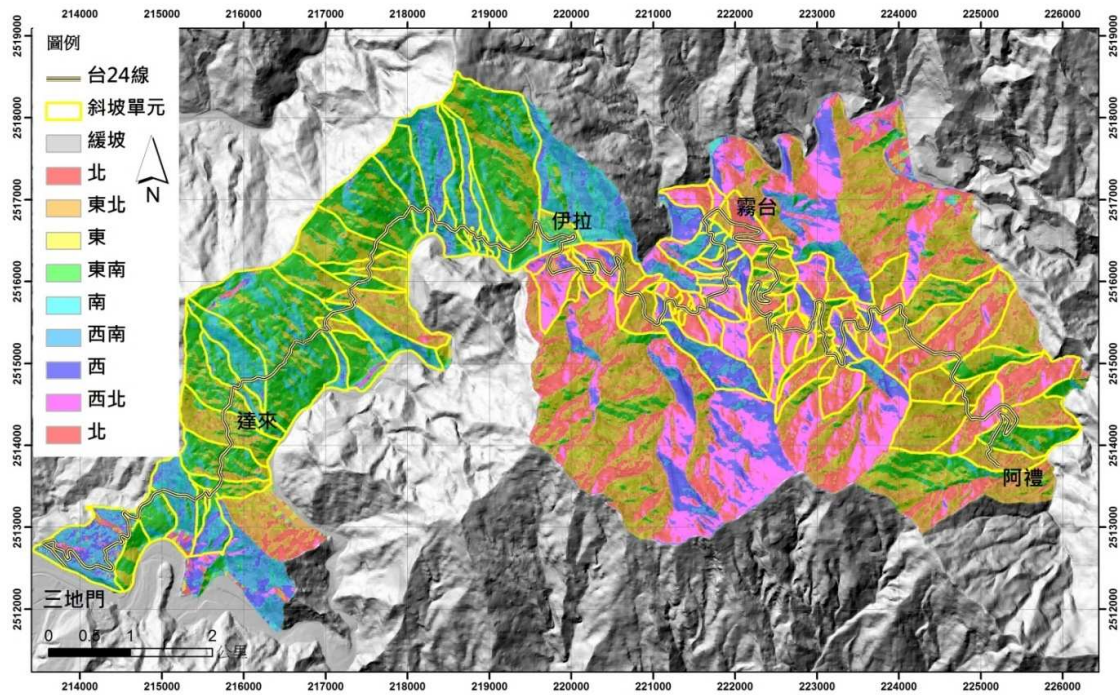


圖 4.30 研究區坡面單元分布圖

上述坡面單元中，同時具有5種地質敏感區發育者共計3處，就空間分布而言主要集中在達來至伊拉路段，而同時具有4種地質敏感區發育者共計18處，同時具有3種地質敏感區發育者共計23處(圖4.31)。

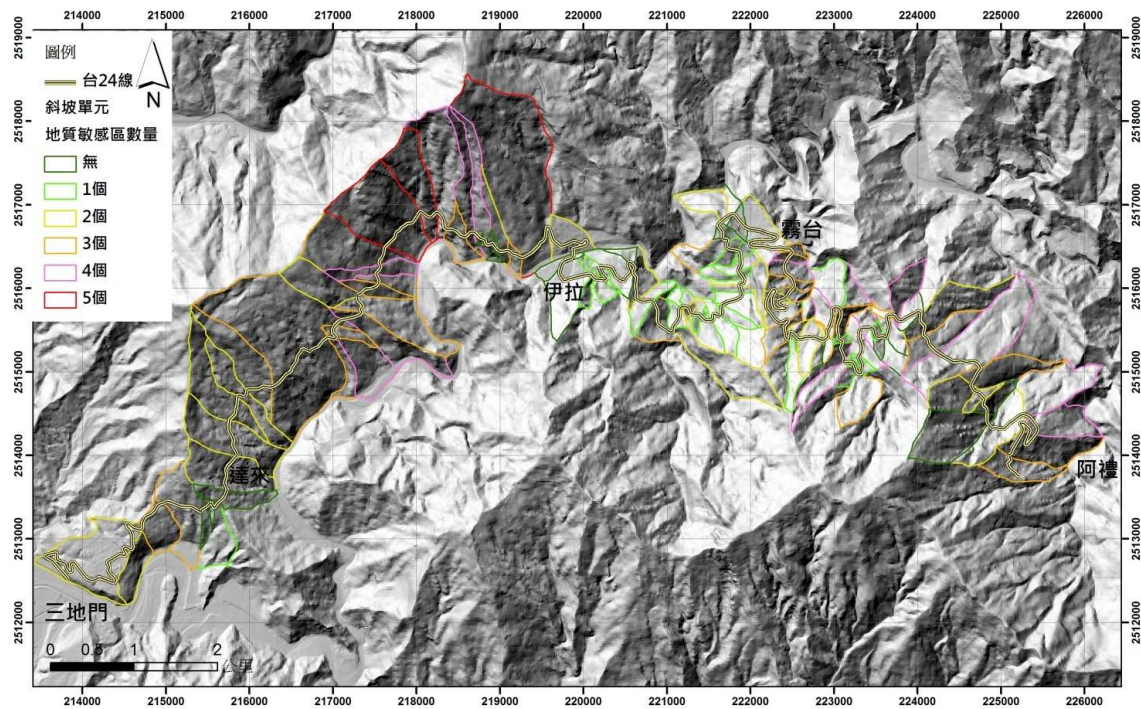


圖 4.31 研究區坡面單元內地質敏感區數量統計分布圖

4.5 邊坡山崩潛感分析

本研究採用證據權重法進行山崩潛勢分析，分析結果將提供後續道路鄰近坡面崩塌潛勢評估作為參考：

4.5.1 山崩潛感分析結果

挑選研究區域內較近期且山崩比例適當的降雨事件來製作山崩潛勢圖，並以AUC成功率曲線及預測率曲線來做山崩潛勢圖正確性的檢驗(如圖4.32~4.34)，其中各事件除莫拉克颱風事件之外其AUC成功率曲線檢驗皆在88.30%以上，而預測率曲線皆在70.88%以上，表示高潛感及超高潛感的區域可以預測大部分的山崩發生之位置(表4-7)。

表 4-7 南化水庫集水區各事件成功率曲線及預測率曲線表

辛樂克颱風	成功率曲線辛樂克颱風	88.90%
山崩比例	預測率曲線莫拉克颱風	61.16%
0.41%	預測率曲線梅姬颱風	70.88%
莫拉克颱風	成功率曲線莫拉克颱風	73.45%
山崩比例	預測率曲線辛樂克颱風	71.10%
8.14%	預測率曲線梅姬颱風	69.60%
梅姬颱風	成功率曲線梅姬颱風	88.30%
山崩比例	預測率曲線辛樂克颱風	83.85%
1.95%	預測率曲線莫拉克颱風	79.43%

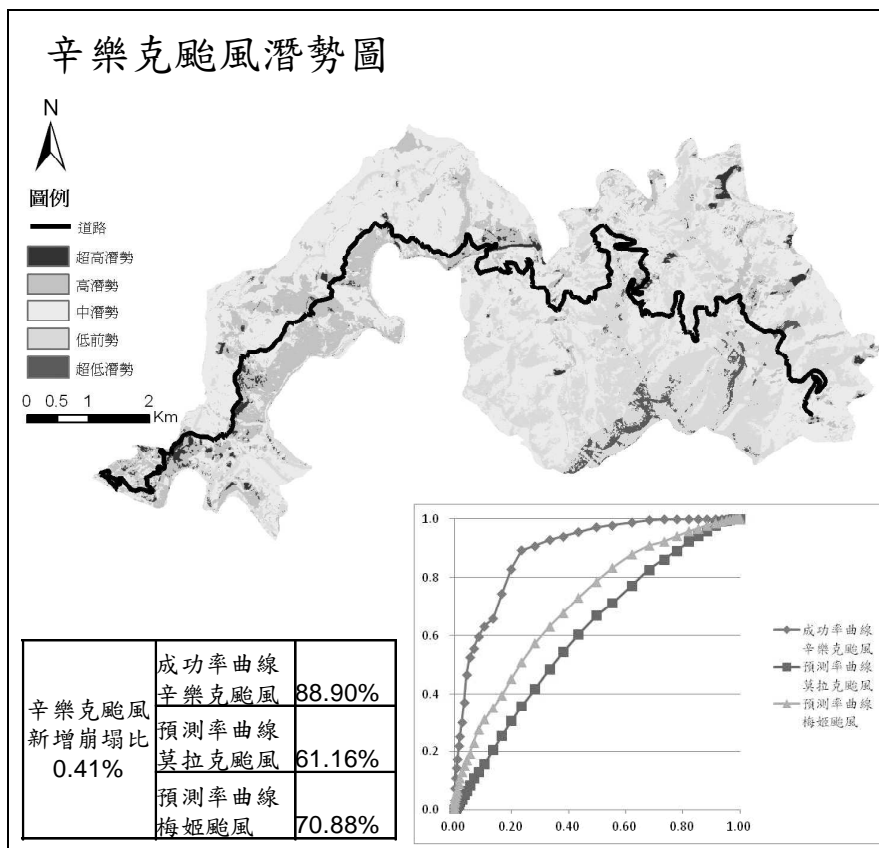


圖 4.32 辛樂克颱風潛勢分析及成功率曲線

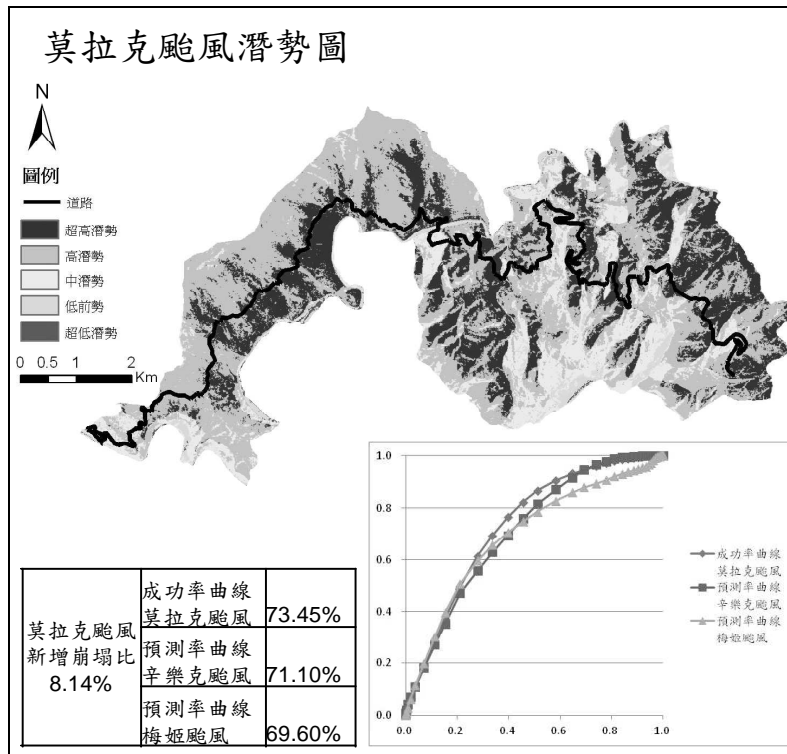


圖 4.33 莫拉克颱風潛勢分析及成功率曲線

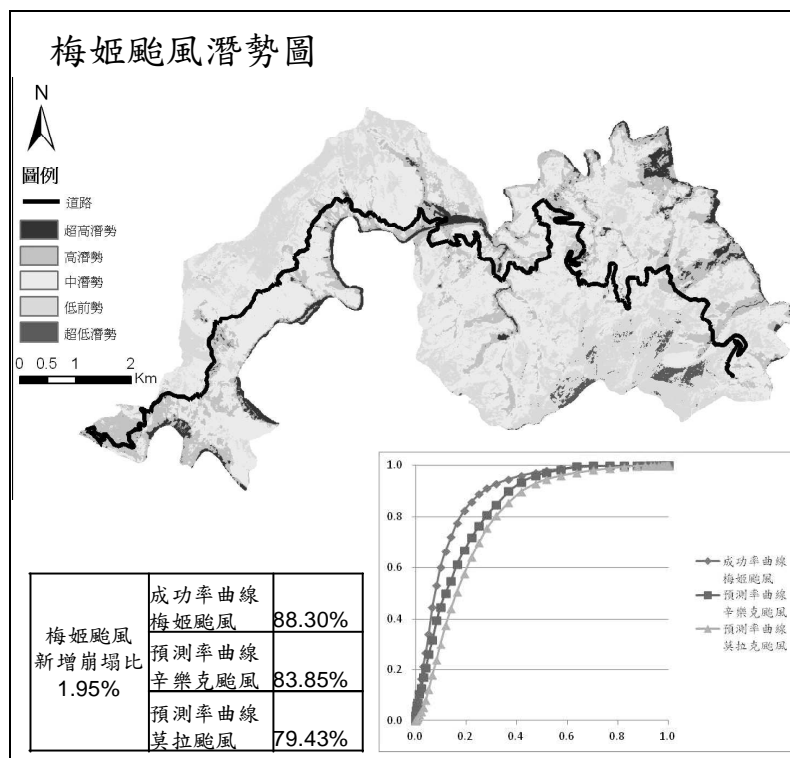


圖 4.34 梅姬颱風潛勢分析及成功率曲線

在研究區域內山崩潛感圖超高潛感區域主要分布於主河道攻擊坡及道路經過的地區，此外，順向坡也是影響本區域的主要因子之一。

4.5.2 山崩高潛勢發生位置篩選

利用證據權重法所計算出來山崩潛感圖的圖層-梅姬颱風事件，配合山坡坡面單元進行較高潛勢的坡面單元計算，目的將提供後續道路經過坡面山崩潛勢之參考。

在研究區域中，所挑選出的較高潛勢的目標有59個坡面單元(圖4.35)，主要集中在主要河道的攻擊坡及順向坡處，其中有人為開發也是容易發生山崩的區域，在高潛勢的坡面單元中，共有26個坡面有道路通過。

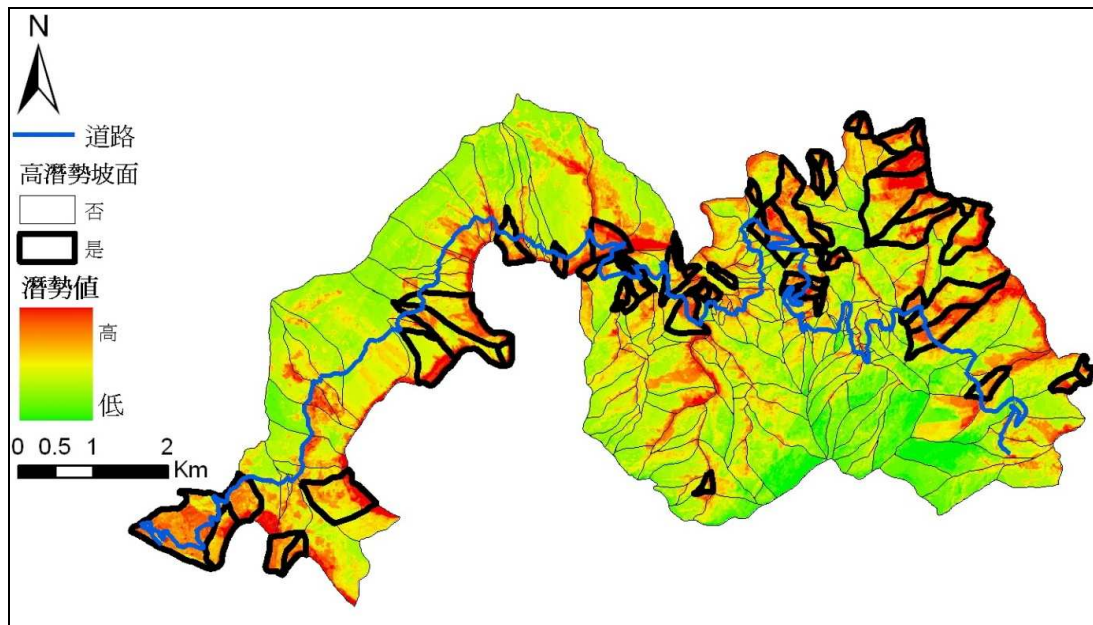


圖 4.35 研究區域高潛感坡面單元篩選

4.6 重大災例蒐集蒐集

本計畫之重大災例蒐集自交通部公路防救災資訊系統 (<http://bobe168.tw/index.aspx>)之災情資料，依交通部公路防救災資訊系統之災情資料顯示，台24線近年重大災害案例共計39個，災害類型主要以邊坡崩塌或土石流造成局部路段或橋樑損壞為主。2008年迄今各路線樁號、致災事件、致災類型及阻斷時間整理如表4-8，受損情形如圖4.36～圖4.64所示，部分路段在颱風豪雨期間係因雨量超過警戒值而採預警性封閉，並非已發生災害導致道路中斷，實際因災害導致道路中斷情形如表4-9。

表4-10統計災害案例時間為2008年9月至2012年6月，其中導致中斷的災害類型可分為土石流阻斷、路基流失、邊坡坍方和橋樑沖毀，而封閉類型皆為預警性的封閉，未必有發生中斷的情形。若以每10K為統計單元分析災害次數，30K～40K災害次數最多，共發生22次的道路中斷或封閉，分別位於30K+100、31K+400、31K+500、32K+890、35K+200、35K+300、36K+000及37K+000等8處。

其中32K+890處之伊拉橋不論在中斷或是預警性封閉類型中，皆為次數最頻繁之處，在12次颱風豪雨期間皆曾出現因災害而導致之道路損毀中斷或預警性封閉。其次在20K～30K處發生共10次的道路中斷或封閉，分別位於20K+183、26K+000、26K+800、28K+000、28K+300及30K+000等6處，其中30K+000處在2008年9月27日薔蜜颱風及10月3日豪雨2次事件中，皆發生土石流阻斷道路之情形。

在40K～50K處共發生7次的道路中斷或封閉，分別位於45K+000、45K+600、46K+000、46K+200、46K+500及48K+000等6處，在此路段中，未發生預警性封閉的狀況，皆為災害造成道路中斷的類型。

表 4-8 台 24 線近年重大災害案例彙整

路線樁號	致災事件名稱	縣市鄉鎮	附近地名	災害類型及受損情形	阻斷時間	相片
20K+183	2009/08/08 莫拉克颱風	屏東縣 三地門鄉	三地門橋	道路，土石流阻斷。 三地門橋達封橋水位。	2009/8/8 00:00~ 2009/8/9 18:00	
25K+100	2010/09/19 凡那比颱風	屏東縣 內埔鄉	三地門	橋梁，預警性封閉。水位達封橋行動值預警性封閉。	2010/9/19 14:30~ 2010/9/20 18:00	
26K+000	2009/08/08 莫拉克颱風	屏東縣 三地門鄉	三地門鄉	道路，土石流阻斷。	2009/8/8 13:20~ 2009/8/9 18:00	圖 4.37
26K+700	2009/10/05 芭瑪颱風	屏東縣 三地門鄉	三德檢查哨	道路，土石流阻斷。	2009/10/4 06:00~ 2009/10/10 15:00	
26K+800	2011/08/30 南瑪都颱風	屏東縣 霧台鄉	伊拉部落	道路，預警性封閉。	2011/8/28 20:00~ 2011/8/31 18:00	圖 4.38
27K+600	2010/10/21 梅姬颱風	屏東縣 三地門鄉	德文路口	道路，預警性封閉。德文路口至阿禮(27K-48K)路段邊坡因莫拉克颱風影響抗災性低，受梅姬颱風雨量影響，預警性封閉。	2010/10/22 10:00~ 2010/10/24 18:00	
28K+000	2010/05/28 豪雨事件	屏東縣 三地門鄉		道路，土石流阻斷。台 24 線 28k.0、35K.5、46K.7、48K.0 等 4 處因落石坍方交通阻斷。	2010/5/29 06:00~ 2010/6/2 18:00	
28K+300	2009/08/08 莫拉克颱風	屏東縣 三地門鄉	伊拉	道路，路基流失。	2009/8/9 17:40~ 2009/8/20 18:00	圖 4.39
30K+000	2008/09/27 蕃蜜颱風	屏東縣 霧台鄉	德文	道路，土石流阻斷。 道路邊坡坍方、交通阻斷。	2008/9/29 07:00~ 2008/9/29 17:00	
	2008/10/03 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	德文	道路，土石流阻斷。 坍塌土方 200 立方公尺	2008/10/3 17:30~ 2008/10/4 12:00	

路線樁號	致災事件名稱	縣市鄉鎮	附近地名	災害類型及受損情形	阻斷時間	相片
30K+100	2012/06/09 豪雨事件	屏東縣 三地門鄉	伊拉	道路，邊坡坍方。 邊坡坍方 300 立方公尺道路阻斷。	2012/6/10 16:00~ 2012/6/13 18:00	圖 4.40
31K+400	2012/06/09 豪雨事件	屏東縣 三地門鄉	伊拉	道路，邊坡坍方。 邊坡坍方 1000 立方公尺道路阻斷。	2012/6/11 09:00~ 2012/6/13 18:00	圖 4.41
31K+500	2009/08/08 莫拉克颱風	屏東縣 霧台鄉	伊拉	道路，邊坡坍方。 邊坡坍方 100 立方公尺道路阻斷。	2009/8/7 07:00~ 2009/8/7 18:00	圖 4.42
		屏東縣 三地門鄉	伊拉	道路，土石流阻斷。	2009/8/8 18:00~ 2009/8/20 18:00	圖 4.43
32K+890	2009/08/08 莫拉克颱風	屏東縣 霧台鄉	伊拉	橋梁，橋梁沖毀。 台 24 線一號橋橋台沖毀。	2009/8/8 23:00~ 2009/8/24 18:00	
	2009/10/05 芭瑪颱風	屏東縣 霧台鄉	第 1 號橋	橋梁，預警性封閉。	2009/10/6 13:00~ 2009/10/10 15:00	圖 4.44
	2010/05/23 豪雨事件	屏東縣 三地門鄉	伊拉	道路，其他。便道涵管 25 道被沖 毀 22 道。	2010/5/23 17:10~ 2010/5/27 18:00	圖 4.45
	2010/05/28 豪雨事件	屏東縣 三地門鄉		道路，土石流阻斷。 台 24 線伊拉橋溪底便道因河水暴 漲，溪底便道沖毀。	2010/5/28 18:00~ 2010/6/3 18:00	圖 4.46~47
	2010/07/26 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	伊拉	道路，預警性封閉。 溪底便道沖毀。	2010/7/26 15:20~ 2010/8/1 17:00	圖 4.48
	2010/09/01 萊羅克颱風	屏東縣 霧台鄉		道路，預警性封閉。 台 24 線 32+890 伊拉橋溪底便道沖 毀。	2010/9/1 08:00~ 2010/9/5 18:00	圖 4.49
	2010/09/09 莫蘭蒂颱風	屏東縣 霧台鄉	伊拉	道路，預警性封閉。 水位達滿水位沖毀。	2010/9/9 18:00~ 2010/9/12 18:00	圖 4.50

路線樁號	致災事件名稱	縣市鄉鎮	附近地名	災害類型及受損情形	阻斷時間	相片
	2010/09/19 凡那比颱風	屏東縣 霧台鄉	伊拉	道路，預警性封閉。 便道遭沖毀 50 公尺。	2010/9/19 08:00~ 2010/9/27 18:00	圖 4.51
	2010/10/21 梅姬颱風	屏東縣 三地門鄉	伊拉	道路，預警性封閉。 便道遭沖毀 50 公尺。	2010/10/22 15:00~ 2010/10/25 18:00	圖 4.52
	2011/07/18 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉		橋梁，預警性封閉。 雨量達封橋行動值。	2011/7/19 20:00~ 2011/7/20 06:00	圖 4.53
		屏東縣 霧台鄉	伊拉部落	道路，預警性封閉。	2011/7/20 20:00~ 2011/7/21 06:00	圖 4.54
	2011/08/24 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	伊拉	道路，預警性封閉。	2011/8/24 20:00~ 2011/8/25 06:00	圖 4.55
	2012/06/09 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	伊拉	道路，其他。 主河道型鋼支柱傾斜數支。	2012/6/13 16:00~ 2012/6/18 07:00	圖 4.56
33K+800	2010/09/23 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	伊拉	道路，預警性封閉。 路基缺口 20m 已搶通。	2010/9/23 14:00~ 2010/9/30 18:00	圖 4.57
35K+000	2010/10/21 梅姬颱風	屏東縣 霧台鄉	神山	道路，預警性封閉。 谷佳聯絡道替代道路坍塌。	2010/10/22 15:00~2010/10/26 18:00	圖 4.58
35K+200	2012/06/09 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	霧台	道路，路基流失。 路基缺口長 40 公尺。	2012/6/10 18:00~ 2012/6/13 18:00	圖 4.59
35K+300	2010/09/23 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	霧台	道路，路基流失。路基缺口 100m。	2010/9/23 14:30~ 2010/10/10 18:00	圖 4.60
35K+450	2010/12/16 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	伊拉部落 (第二號橋)	道路，預警性封閉。冬雨造成台 24 線 35K+450~+700 處崩塌地間歇性 落石。	2010/12/16 15:00~2010/12/18 17:00	

路線樁號	致災事件名稱	縣市鄉鎮	附近地名	災害類型及受損情形	阻斷時間	相片
36K+000	2012/06/09 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	霧台	道路，路基流失。 道路，路基下陷道路阻斷。	2012/6/11 16:30~ 2012/6/13 18:00	圖 4.61
37K+000	2010/05/23 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	霧台	道路，邊坡坍方。 37k-48k 多處坍方。	2010/5/23 15:00~ 2010/5/27 18:00	圖 4.62
45K+000	2008/09/27 薔蜜颱風	屏東縣 霧台鄉		道路，土石流阻斷。 邊坡坍方、道路阻斷。	2008/9/29 07:00~ 2008/9/29 17:00	
45K+600	2011/04/20 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	吉露村	道路，邊坡坍方。 坍方 500 立方公尺。	2011/4/20 11:00~ 2011/4/20 18:00	圖 4.63
46K+000	2008/09/11 辛樂克颱風	屏東縣 霧台鄉	吉露村	道路，邊坡坍方。 邊坡坍方 50 立方公尺。	2008/9/14 16:00~ 2008/9/15 17:00	圖 4.64
	2009/08/08 莫拉克颱風	屏東縣 霧台鄉	吉露	道路，土石流阻斷。 邊坡坍方 100 立方公尺。	2009/8/7 07:20~ 2009/8/7 18:00	
46K+200	2008/07/26 鳳凰颱風	屏東縣 霧台鄉	吉露	道路，土石流阻斷。 邊坡落石坍方、路基下陷缺口，造 成交通中斷。	2008/7/27 15:00~ 2008/8/2 17:00	
46K+500	2009/06/19 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉		道路，土石流阻斷。 邊坡坍方落石造成電桿折斷橫躺 路面。	2009/6/19 11:30~ 2009/6/19 18:00	
48K+000	2010/06/10 豪雨事件	屏東縣 霧台鄉	阿禮村	道路，邊坡坍方。	2010/6/10 15:30~ 2010/6/25 18:00	

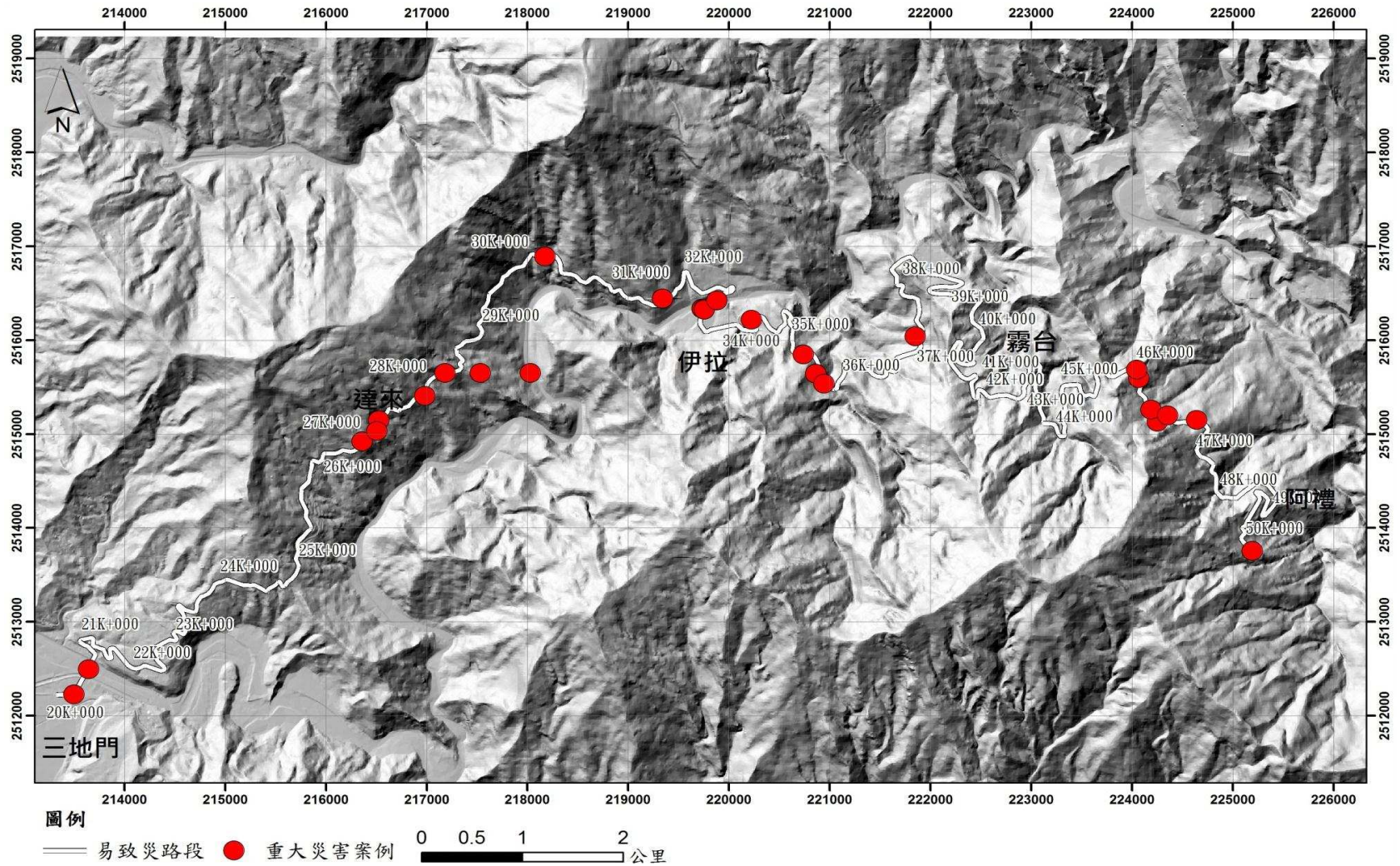


圖 4.36 台 24 線近年重大災害案例空間分布圖



圖 4.37 台 24 線 26K+000 於莫拉克
颱風期間道路阻斷情形



圖 4.38 台 24 線 26K+800 於南瑪
都颱風期間預警性封閉



圖 4.39 台 24 線 28K+300 於莫拉克
颱風期間道路阻斷情形



圖 4.40 台 24 線 30K+100 於 0609
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.41 台 24 線 31K+400 於 0609
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.42 台 24 線 31K+500 於莫拉
克期間道路阻斷情形



圖 4.43 台 24 線 31K+500 於莫拉克
颱風期間道路阻斷情形



圖 4.44 台 24 線 32K+890 於芭瑪
颱風期間道路阻斷情形



圖 4.45 台 24 線 32K+890 於 0523
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.46 台 24 線 32K+890 於 0528
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.47 台 24 線 32K+890 於 0528
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.48 台 24 線 32K+890 於 0726
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.49 台 24 線 32K+890 於萊羅克
颱風期間道路阻斷情形



圖 4.50 台 24 線 32K+890 於莫蘭
蒂颱風期間道路阻斷情形

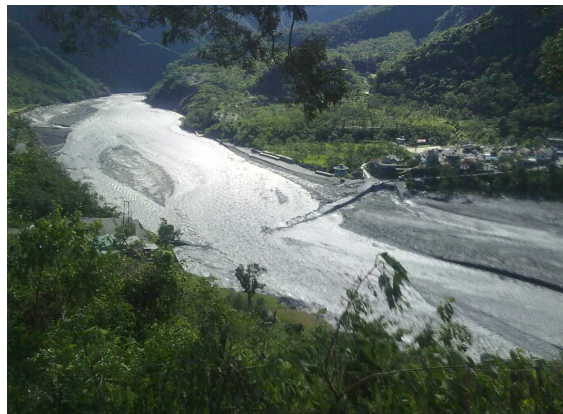


圖 4.51 台 24 線 32K+890 於凡那比
颱風期間道路阻斷情形



圖 4.52 台 24 線 32K+890 於梅姬
颱風期間道路阻斷情形



圖 4.53 台 24 線 32K+890 於 0718
豪雨事件預警性封閉



圖 4.54 台 24 線 32K+890 於 0718
豪雨事件預警性封閉



圖 4.55 台 24 線 32K+890 於 0824
豪雨事件預警性封閉



圖 4.56 台 24 線 32K+890 於 0609
豪雨事件便道毀損情形



圖 4.57 台 24 線 33K+800 於 0923
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.58 台 24 線 35K+000 於梅姬
颱風期間道路阻斷情形



圖 4.59 台 24 線 35K+200 於 0609
豪雨事件道路阻斷情形

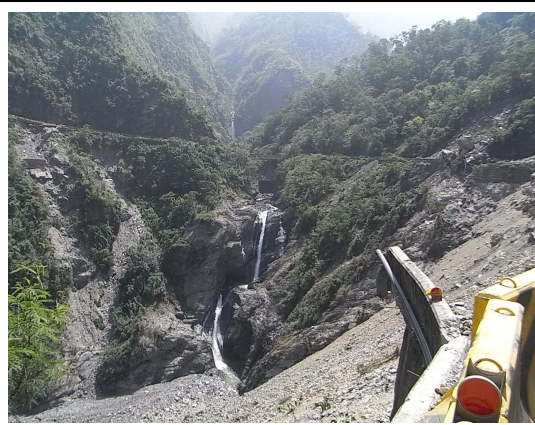


圖 4.60 台 24 線 35K+300 於 0923
豪雨事件道路阻斷情形

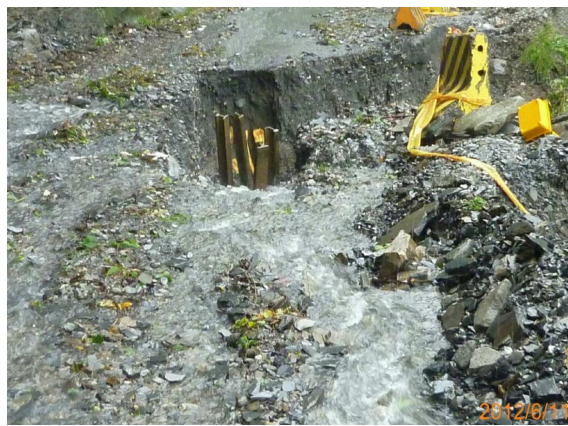


圖 4.61 台 24 線 36K+000 於 0609
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.62 台 24 線 37K+000 於 0523
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.63 台 24 線 45K+600 於 0420
豪雨事件道路阻斷情形



圖 4.64 台 24 線 46K+000 於莫拉
克颱風期間道路阻斷情形

表 4-9 台 24 線 2008 ~ 2012 年期間實際因災害發生中斷案例彙整表

編號	路線樁號	災害名稱
1	20K+183	2009/08/08 莫拉克颱風
2	26K+000	2009/08/08 莫拉克颱風
3	26K+700	2009/10/05 芭瑪颱風
4	28K+000	2010/05/28 豪雨事件
5	28K+300	2009/08/08 莫拉克颱風
6	30K+000	2008/09/27 薔蜜颱風
7		2008/10/03 豪雨事件
8		2009/08/08 莫拉克颱風
9	31K+500	2009/08/08 莫拉克颱風
10	32K+890	2009/08/08 莫拉克颱風
11		2010/05/23 豪雨事件
12		2010/05/28 豪雨事件
13		2010/07/26 豪雨事件
14		2010/09/01 萊羅克颱風
15		2010/09/09 莫蘭蒂颱風
16		2010/09/19 凡那比颱風
17		2010/10/21 梅姬颱風
18	33K+800	2010/09/23 豪雨事件
19	35K+000	2010/10/21 梅姬颱風
20	35K+300	2010/09/23 豪雨事件
21	35K+450	2010/12/16 豪雨事件
22	37K+000	2010/05/23 豪雨事件
23	45K+000	2008/09/27 薔蜜颱風
24	45K+600	2011/04/20 豪雨事件
25	46K+000	2008/09/11 辛樂克颱風
26		2009/08/08 莫拉克颱風
27	46K+200	2008/07/26 鳳凰颱風
28	46K+500	2009/06/19 豪雨事件
29	48K+000	2009/06/19 豪雨事件

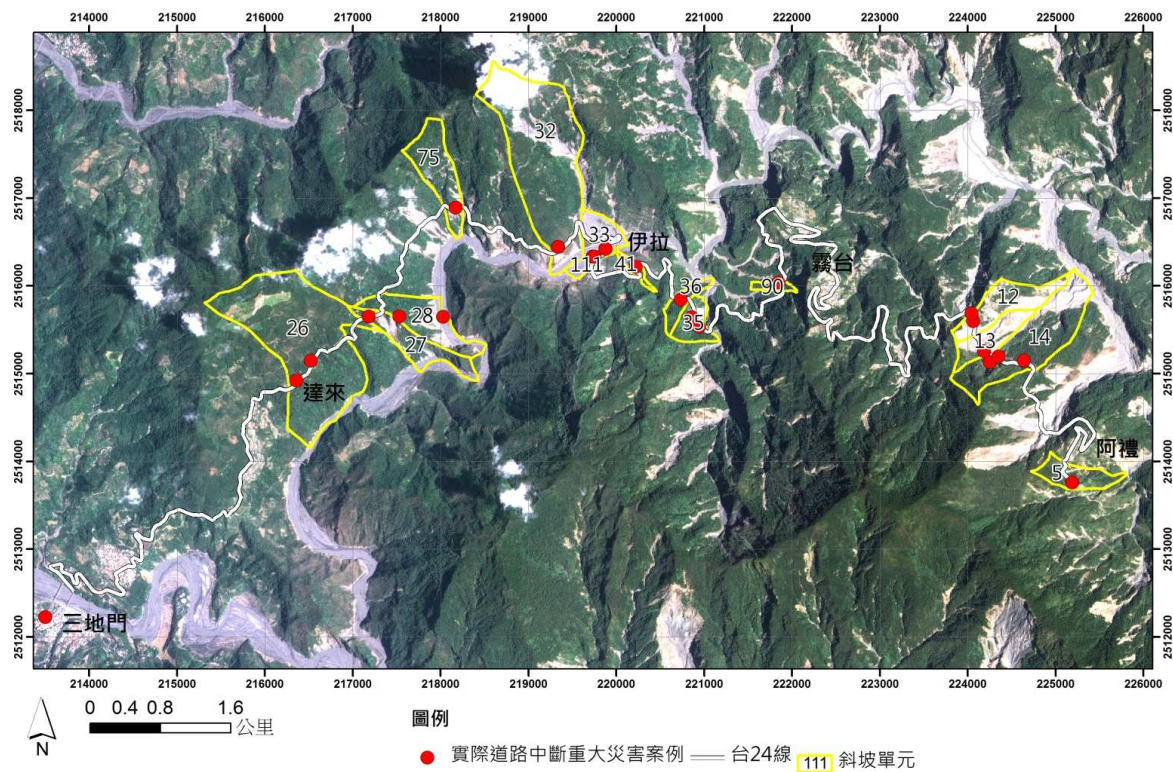


圖 4.65 台 24 線 2008 ~ 2012 年期間實際道路中斷點位之分布情形

表 4-10 台 24 線 2008 ~ 2012 年期間災害次數統計表

路線樁號	災害次數	災害類型
台 24 線 20K~30K	10	中斷：5
		預警性封閉：5
台 24 線 30K~40K	22	中斷：18
		預警性封閉：4
台 24 線 40K~50K	7	中斷：7
		預警性封閉：0

4.7 模滑動區位判釋、成因、特性分析

經資料蒐集、判釋與現地調查結果，顯示研究區域內之大規模滑動區位共計有7處(圖4.66，編號LS01~LS07)，細部之統計資料如表4-11。依據本計畫大規模滑動區之類型分類，屬於類型II者共計3處(LS01、LS02、LS06)、屬於類型III者共計1處(LS05)、屬於類型V者共計3處(LS03、LS04、LS07)。在發生的特性與成因分析部分，地質構造方面皆為板岩區，而在地質敏感區部分，除了LS06外有6處位處順向坡、有2處具河岸侵蝕特性(LS04、LS05)、有2處具蝕溝侵蝕影響(LS02、LS06)。

在崩塌面統計部分以LS05的面積為最大，約381.5公頃。在坡度之統計部分，以LS02的坡度最陡，約37度左右。而各大規模滑動區，細部說明如下：

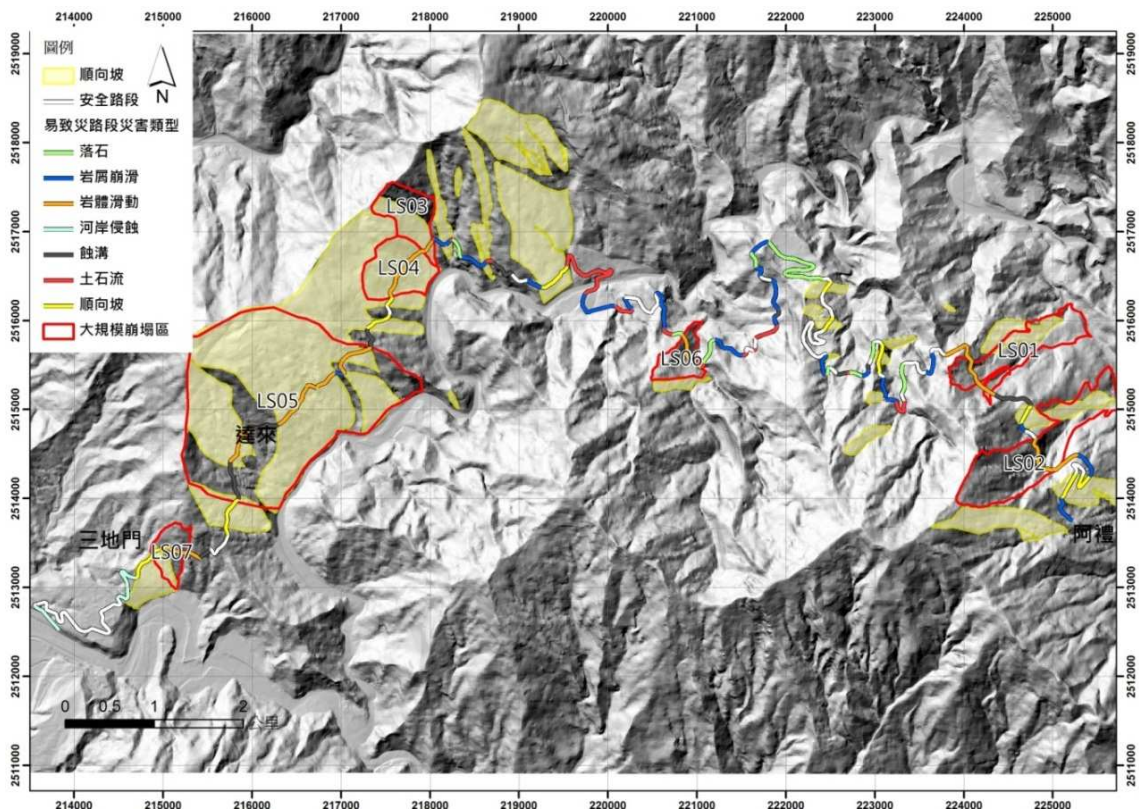


圖 4.66 研究區域內之大規模滑動區位空間分布圖

表 4-11 研究區域內之大規模滑動區發生成因與特性統計表

編號	地質分區	X 坐標 (97 坐標)	Y 坐標 (97 坐標)	平均坡向	平均坡度(度)	面積 (公頃)	地質不利因素	滑動類型
LS01	板岩區	224,626	2,515,674	東	28	53.6	順向坡	II
LS02		224,815	2,514,561	東	37	90.9	順向坡 蝕溝	II
LS03		217,763	2,517,183	東南	36	33.4	順向坡 河岸侵蝕	V
LS04		217,633	2,516,568	東南	33	42.5	順向坡 河岸侵蝕	V
LS05		216,288	2,515,085	東南	27	381.5	順向坡 河岸侵蝕	III
LS06		220,814	2,515,566	東	34	20.1	蝕溝	II
LS07		215,091	2,513,401	南	28	19.8	順向坡	V



圖 4.67 大規模滑動區位編號 LS02 現地照片



圖 4.68 大規模滑動區位編號 LS03~LS04 現地照片



圖 4.69 大規模滑動區位編號 LS06 現地照片



圖 4.70 大規模滑動區位編號 LS05 現地照片

4.8 易致災路段分析

4.8.1 易致災路段劃分

易致災路段劃分方法主要以坡面單元劃分結果(共119個坡面單元)為基礎，結合環境地質敏區特性與水系分析結果，再將明顯產生土石流與蝕溝災害區位這兩類較易限縮災害於水系內之影響範圍進行細分，最後進行現地查核確認及風險評估。

結果共將台24線自三地門至阿禮路段劃分為138段(如圖4.71)，其細部屬性包括編號(由西向東依序編號)、起始樁號、結束樁號、主要災害類型、影響坡面、地形區位、潛勢值、路段災害潛勢等資料如表4-12。

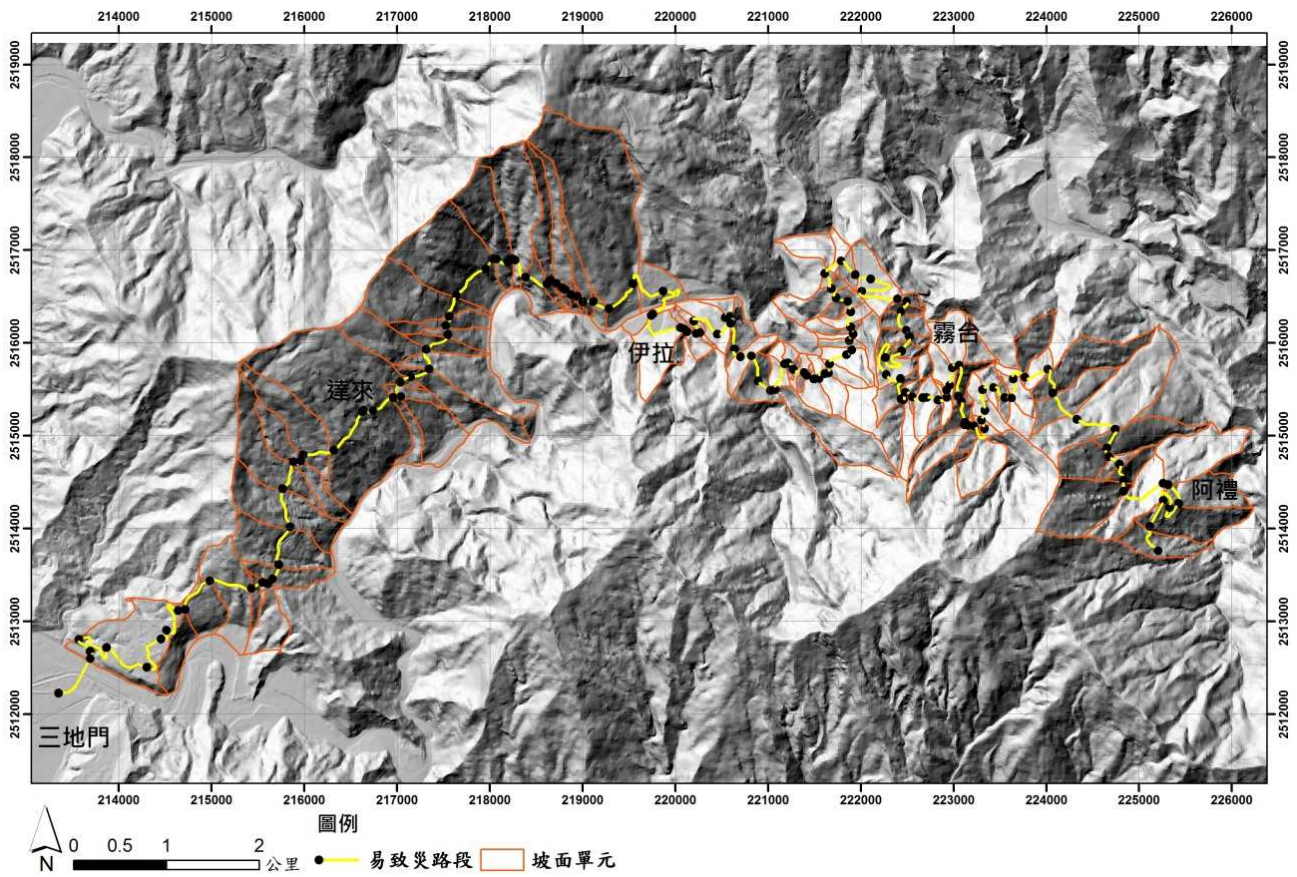


圖 4.71 台 24 線山區道路易致災路段劃分成果圖

表 4-12 台 24 線山區道路易致災路段劃分成果一覽表

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	影響坡面	地形區位	上邊坡 潛勢值	下邊坡 潛勢值	上邊坡災害 潛勢	下邊坡災害 潛勢
1	20K+000	20K+800	800	河岸侵蝕	下邊坡	緊鄰河岸	2	7	低	高
2	20K+800	20K+950	150	河岸侵蝕	下邊坡	河階台地	2	2	低	低
3	20K+950	23K+085	2,135	無	全坡面	河階台地	1	1	低	低
4	23K+085	23K+600	515	河岸侵蝕	下邊坡	鄰河階陡坡	2	4	低	中
5	23K+600	24K+010	410	順向坡	下邊坡	順向坡	5	9	中	高
6	24K+010	24K+500	490	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	4	4	中	中
7	24K+500	24K+640	140	蝕溝	全坡面	陡坡地形	2	2	低	低
8	24K+640	24K+730	90	無	全坡面	陡坡地形	1	1	低	低
9	24K+730	24K+800	70	無	下邊坡	陡坡地形	1	1	低	低
10	24K+800	24K+980	180	無	全坡面	陡坡地形	1	1	低	低
11	24K+980	25K+500	520	順向坡	全坡面	陡坡地形	6	6	高	高
12	25K+500	25K+900	400	蝕溝	全坡面	陡坡地形	7	7	高	高
13	25K+900	26K+230	330	岩體滑動	全坡面	順向坡	6	6	高	高
14	26K+230	26K+310	80	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	6	6	高	高
15	26K+310	26K+400	90	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	6	6	高	高
16	26K+400	26K+740	340	蝕溝	全坡面	陡坡地形	6	6	高	高
17	26K+740	27K+340	600	岩體滑動	全坡面	順向坡	7	7	高	高

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	影響坡面	地形區位	上邊坡 潛勢值	下邊坡 潛勢值	上邊坡災害 潛勢	下邊坡災害 潛勢
18	27K+340	27K+460	120	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	6	6	高	高
19	27K+460	27K+730	270	岩體滑動	全坡面	順向坡	9	9	高	高
20	27K+730	27K+830	100	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	5	6	中	高
21	27K+830	28K+000	170	岩體滑動	下邊坡	陡坡地形	2	5	低	中
22	28K+000	28K+120	120	岩體滑動	全坡面	順向坡	6	6	高	高
23	28K+120	28K+350	230	岩體滑動	全坡面	順向坡	8	6	高	高
24	28K+350	28K+510	160	蝕溝	下邊坡	陡坡地形	5	5	中	中
25	28K+510	28K+950	440	順向坡	全坡面	順向坡	5	5	中	中
26	28K+950	29K+060	110	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	2	4	低	中
27	29K+060	29K+180	120	順向坡	全坡面	順向坡	6	6	高	高
28	29K+180	29K+430	250	岩體滑動	全坡面	順向坡	6	6	高	高
29	29K+430	29K+880	450	岩體滑動	全坡面	順向坡	13	13	高	高
30	29K+880	30K+000	120	岩體滑動	全坡面	順向坡	13	13	高	高
31	30K+000	30K+050	50	土石流	全坡面	緊鄰河岸	6	6	高	高
32	30K+050	30K+200	150	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	6	6	高	高
33	30K+200	30K+260	60	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	6	6	高	高
34	30K+260	30K+290	30	土石流	全坡面	緊鄰河岸	12	12	高	高
35	30K+290	30K+430	140	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	7	7	高	高
36	30K+430	30K+690	260	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	10	10	高	高

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	影響坡面	地形區位	上邊坡 潛勢值	下邊坡 潛勢值	上邊坡災害 潛勢	下邊坡災害 潛勢
37	30K+690	30K+750	60	岩屑崩滑	全坡面	順向坡	12	12	高	高
38	30K+750	30K+830	80	土石流	全坡面	緊鄰河岸	8	8	高	高
39	30K+830	30K+900	70	蝕溝	下邊坡	陡坡地形	5	8	中	高
40	30K+900	30K+940	40	蝕溝	下邊坡	陡坡地形	2	4	低	中
41	30K+940	31K+000	60	蝕溝	全坡面	陡坡地形	4	4	中	中
42	31K+000	31K+085	85	蝕溝	全坡面	陡坡地形	4	4	中	中
43	31K+085	31K+175	90	無	下邊坡	陡坡地形	2	2	低	低
44	31K+175	31K+295	120	無	下邊坡	陡坡地形	2	2	低	低
45	31K+295	31K+500	205	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	12	12	高	高
46	31K+500	31K+900	400	順向坡	全坡面	緊鄰河岸	13	13	高	高
47	31K+900	32K+700	800	土石流	全坡面	扇狀地	12	14	高	高
48	32K+700	33K+100	400	河岸侵蝕	下邊坡	緊鄰河岸	2	11	低	高
49	33K+100	33K+650	550	岩屑崩滑	下邊坡	河階台地	3	2	中	低
50	33K+650	33K+700	50	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	3	2	中	低
51	33K+700	33K+800	100	土石流	全坡面	緊鄰河岸	8	8	高	高
52	33K+800	33K+900	100	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	3	3	中	中
53	33K+900	33K+950	50	土石流	全坡面	緊鄰河岸	7	7	高	高
54	33K+950	34K+060	110	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	5	7	中	高
55	34K+060	34K+400	340	無	上邊坡	河階台地	1	1	低	低

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	影響坡面	地形區位	上邊坡 潛勢值	下邊坡 潛勢值	上邊坡災害 潛勢	下邊坡災害 潛勢
56	34K+400	34K+650	250	無	上邊坡	河階台地	1	1	低	低
57	34K+650	34K+735	85	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	3	3	中	中
58	34K+735	34K+820	85	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	4	4	中	中
59	34K+820	35K+110	290	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	5	5	中	中
60	35K+110	35K+235	125	土石流	全坡面	緊鄰河岸	9	9	高	高
61	35K+235	35K+350	115	岩屑崩滑	上邊坡	陡坡地形	9	9	高	高
62	35K+350	35K+640	290	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	11	11	高	高
63	35K+640	35K+810	170	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	11	11	高	高
64	35K+810	35K+870	60	土石流	全坡面	緊鄰河岸	5	5	中	中
65	35K+870	36K+180	310	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	10	10	高	高
66	36K+180	36K+210	30	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	5	5	中	中
67	36K+210	36K+320	110	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	5	5	中	中
68	36K+320	36K+500	180	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	6	6	高	高
69	36K+500	36K+585	85	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	5	5	中	中
70	36K+585	36K+680	95	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	7	7	高	高
71	36K+680	36K+740	60	土石流	全坡面	緊鄰河岸	10	10	高	高
72	36K+740	36K+865	125	無	全坡面	陡坡地形	1	1	低	低
73	36K+865	36K+900	35	土石流	全坡面	鄰河階陡坡	7	7	高	高
74	36K+900	36K+950	50	無	全坡面	陡坡地形	1	1	低	低

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	影響坡面	地形區位	上邊坡 潛勢值	下邊坡 潛勢值	上邊坡災害 潛勢	下邊坡災害 潛勢
75	36K+950	37K+170	220	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	7	7	高	高
76	37K+170	37K+250	80	土石流	全坡面	緊鄰河岸	7	7	高	高
77	37K+250	37K+350	100	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	5	7	中	高
78	37K+350	37K+440	90	蝕溝	下邊坡	緊鄰河岸	5	7	中	高
79	37K+440	37K+500	60	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	7	7	高	高
80	37K+500	37K+680	180	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	9	9	高	高
81	37K+680	37K+800	120	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	9	9	高	高
82	37K+800	37K+940	140	無	全坡面	陡坡地形	1	1	低	低
83	37K+940	38K+085	145	岩屑崩滑	下邊坡	緊鄰河岸	5	6	中	高
84	38K+085	38K+275	190	落石	全坡面	陡坡地形	3	3	中	中
85	38K+275	38K+450	175	岩屑崩滑	下邊坡	鄰河階陡坡	5	6	中	高
86	38K+450	38K+670	220	無	上邊坡	河階台地	1	1	低	低
87	38K+670	39K+500	830	落石	上邊坡	河階台地	1	1	低	低
88	39K+500	39K+950	450	落石	上邊坡	河階台地	6	4	高	中
89	39K+950	40K+050	100	落石	全坡面	陡坡地形	4	4	中	中
90	40K+050	40K+200	150	順向坡	全坡面	順向坡	5	5	中	中
91	40K+200	40K+500	300	順向坡	全坡面	舊山崩凹谷狀地形	8	8	高	高
92	40K+500	40K+570	70	順向坡	下邊坡	陡坡地形	5	6	中	高
93	40K+570	40K+760	190	順向坡	全坡面	順向坡	6	6	高	高

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	影響坡面	地形區位	上邊坡 潛勢值	下邊坡 潛勢值	上邊坡災害 潛勢	下邊坡災害 潛勢
94	40K+760	41K+820	1,060	無	全坡面	舊山崩凹谷狀地形	2	2	低	低
95	41K+820	42K+000	180	岩屑崩滑	全坡面	舊山崩凹谷狀地形	6	6	高	高
96	42K+000	42K+265	265	岩體滑動	全坡面	緊鄰河岸	10	10	高	高
97	42K+265	42K+280	15	土石流	全坡面	緊鄰河岸	10	10	高	高
98	42K+280	42K+375	95	落石	上邊坡	陡坡地形	2	3	中	低
99	42K+375	42K+475	100	無	下邊坡	陡坡地形	2	2	低	低
100	42K+475	42K+600	125	蝕溝	全坡面	緊鄰河岸	3	3	中	中
101	42K+600	42K+630	30	土石流	全坡面	緊鄰河岸	6	6	高	高
102	42K+630	42K+770	140	落石	上邊坡	陡坡地形	3	2	中	低
103	42K+770	42K+875	105	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	9	9	高	高
104	42K+875	42K+950	75	蝕溝	下邊坡	陡坡地形	2	2	低	低
105	42K+950	43K+000	50	無	全坡面	陡坡地形	2	2	低	低
106	43K+000	43K+190	190	落石	上邊坡	陡坡地形	4	2	中	低
107	43K+190	43K+285	95	無	下邊坡	陡坡地形	2	2	低	低
108	43K+285	43K+640	355	順向坡	全坡面	順向坡	9	9	高	高
109	43K+640	43K+710	70	落石	全坡面	陡坡地形	2	2	低	低
110	43K+710	44K+000	290	岩屑崩滑	全坡面	順向坡	13	13	高	高
111	44K+000	44K+010	10	土石流	全坡面	緊鄰河岸	13	13	高	高
112	44K+010	44K+070	60	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	5	13	中	高

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	影響坡面	地形區位	上邊坡 潛勢值	下邊坡 潛勢值	上邊坡災害 潛勢	下邊坡災害 潛勢
113	44K+070	44K+135	65	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	13	13	高	高
114	44K+135	44K+415	280	土石流	全坡面	緊鄰河岸	12	12	高	高
115	44K+415	44K+515	100	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	5	6	中	高
116	44K+515	44K+625	110	落石	上邊坡	陡坡地形	4	2	中	低
117	44K+625	44K+855	230	落石	全坡面	陡坡地形	4	6	中	高
118	44K+855	45K+000	145	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	2	4	低	中
119	45K+000	45K+200	200	岩屑崩滑	全坡面	舊山崩凹谷狀地形	4	4	中	中
120	45K+200	45K+275	75	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	9	9	高	高
121	45K+275	45K+550	275	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	11	11	高	高
122	45K+550	45K+750	200	無	全坡面	陡坡地形	2	2	低	低
123	45K+750	46K+000	250	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	12	12	高	高
124	46K+000	46K+300	300	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	14	14	高	高
125	46K+300	46K+700	400	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	14	14	高	高
126	46K+700	47K+050	350	蝕溝	下邊坡	陡坡地形	5	8	中	高
127	47K+050	47K+200	150	順向坡	全坡面	順向坡	10	10	高	高
128	47K+090	47K+500	410	蝕溝	全坡面	緊鄰河岸	12	12	高	高
129	47K+500	47K+645	145	落石	下邊坡	緊鄰河岸	5	7	中	高
130	47K+645	47K+845	200	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	15	15	高	高
131	47K+845	47K+965	120	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	15	15	高	高

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	影響坡面	地形區位	上邊坡 潛勢值	下邊坡 潛勢值	上邊坡災害 潛勢	下邊坡災害 潛勢
132	47K+965	48K+490	525	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	15	15	高	高
133	48K+490	48K+550	60	岩屑崩滑	上邊坡	陡坡地形	3	3	中	中
134	48K+550	48K+810	260	岩屑崩滑	上邊坡	陡坡地形	3	3	中	中
135	48K+810	49K+115	305	順向坡	全坡面	順向坡	7	7	高	高
136	49K+115	49K+440	325	無	全坡面	陡坡地形	2	2	低	低
137	49K+440	49K+755	315	順向坡	全坡面	順向坡	10	10	高	高
138	49K+755	50K+100	345	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	9	9	高	高

4.8.2 易致災路段災害類型分析

若將上述之易致災路段綜合上述之基本特性歸納、地質敏感地區資料分析、歷史山崩目錄建置、坡面單元劃分、山崩潛感分析、重大災害案例蒐集分析、大規模滑動區位判釋、成因、特性分析結果，進行易致災路段災害特性分析，分析結果如圖4.72。

各易致災路段之災害類型統計結果顯示(表4-13)，138個路段中，有42個路段以岩屑崩滑為主、22個路段以岩體滑動為主、15個路段以土石流為主、13個路段以蝕溝為主、13個路段以順向坡為主、11個路段以落石為主、4個路段以河岸侵蝕為主、18個路段則無顯著災害。

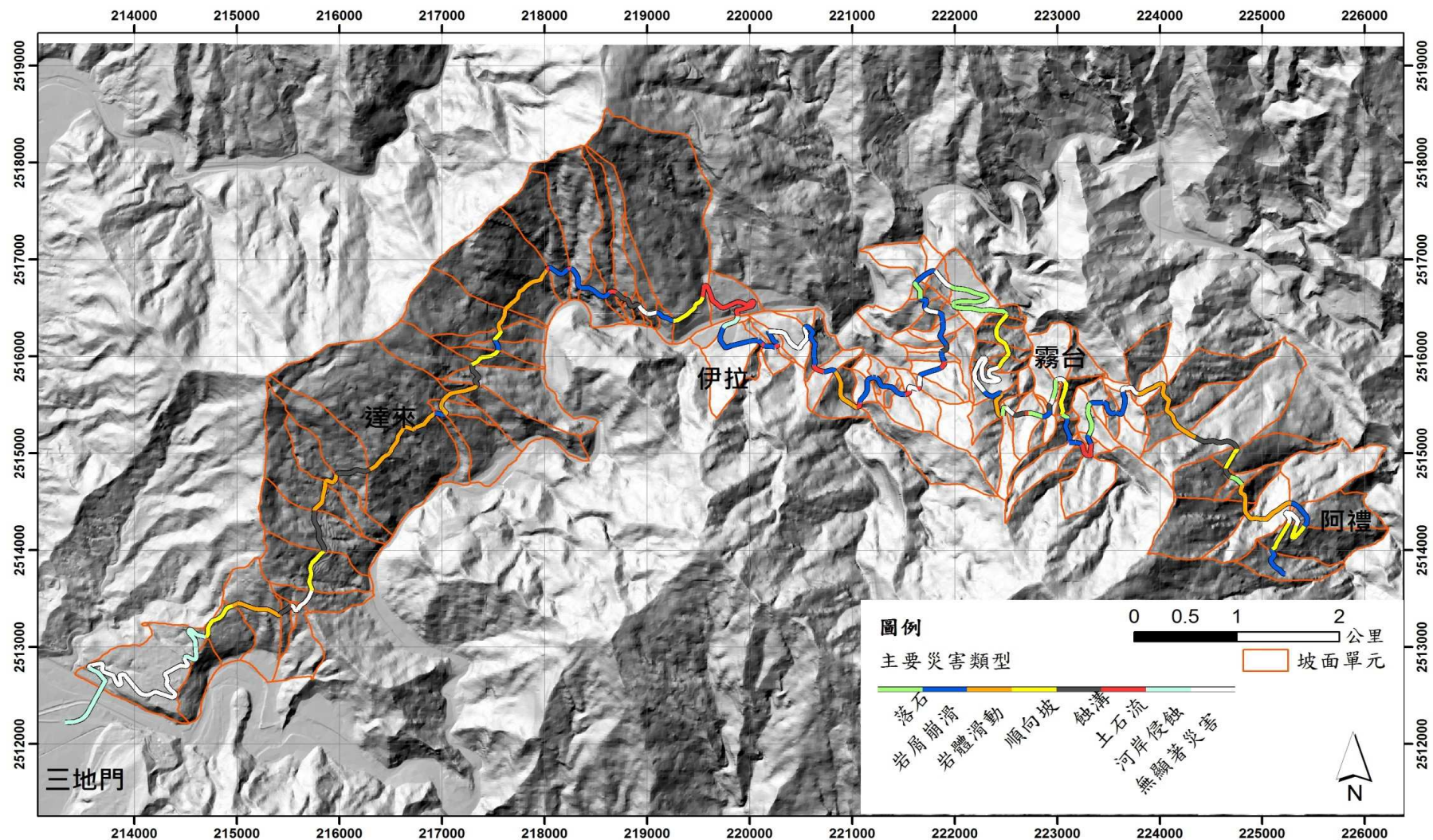


圖 4.72 台 24 線山區道路易致災路段主要災害類型分布圖

表 4-13 台 24 線山區道路易致災路段主要災害類型統計表

災害類型	數量	災害類型	數量
岩屑崩滑	42	順向坡	13
岩體滑動	22	落石	11
土石流	15	河岸侵蝕	4
蝕溝	13	無顯著災害路段	18

其中18個路段則無顯著災害路段，相對於其他路段而言，屬於安全路段，此代表依據目前之資料現況、分析方法與災害歷史，並無明顯之災害特徵，因此這些路段就災害防救作為而言，可考量建構臨時駐車與避難空間，供用路人於災害來時避難使用。

4.8.3 易致災路段邊坡區位與地形區位分析

若將上述之路段進行災害發生之邊坡區位分析，發生於上邊坡者共計有12處，而發生於下邊坡者共計30處，屬全坡面發育者共有96處佔絕大多數，此顯示本路段之地質環境不佳，易造成全坡面之崩壞災害。再者，若依據易致災路段所處之地形區位進行分析，其結果如表 4-14，超過50%以上的路段位於陡坡地形，共計72個路段，其次為緊鄰河岸與位於順向坡。

表 4-14 台 24 線山區道路易致災路段所處地形區位統計表

所處地形	數量	所處地形	數量
陡坡地形	72	鄰河階陡坡	3
緊鄰河岸	31	舊山崩凹谷狀地形	4
順向坡	19	扇狀地	1
河階台地	8		

4.8.4 易致災路段災害潛勢分析

易致災路段劃分完成後，隨即進行現地查核並填寫各路段之災害潛勢評估表，進行易致災路段之災害潛勢分析（圖4.73、圖4.74），同時依據上、下邊坡之特性再分別進行評估（圖4.75）。分析結果顯示，災害潛勢高者共有83個路段、災害潛勢中者共有30個路段、災害潛勢低者則有25個路段。

分析易致災路段主要災害類型與災害潛勢資料可以發現（圖4.73），岩屑崩滑在各災害潛勢等級中之數量皆為最高（除低潛勢內之無主要災害類型除外），其次，在高潛勢路段中以岩體滑動及順向坡災害為次要災害，而中潛勢路段中，則以落石與蝕溝為次要災害。從表中的統計資料亦可發現，土石流、岩屑崩滑、岩體滑動與順向坡有較高之災害潛勢，而落石其發生潛勢為中。

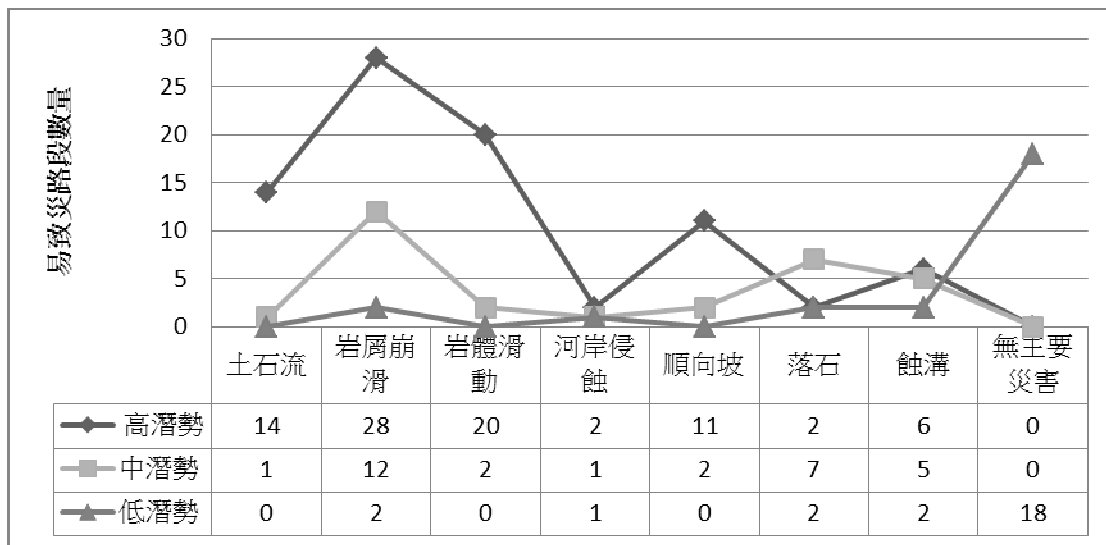


圖 4.73 易致災路段災害潛勢與主要災害類型

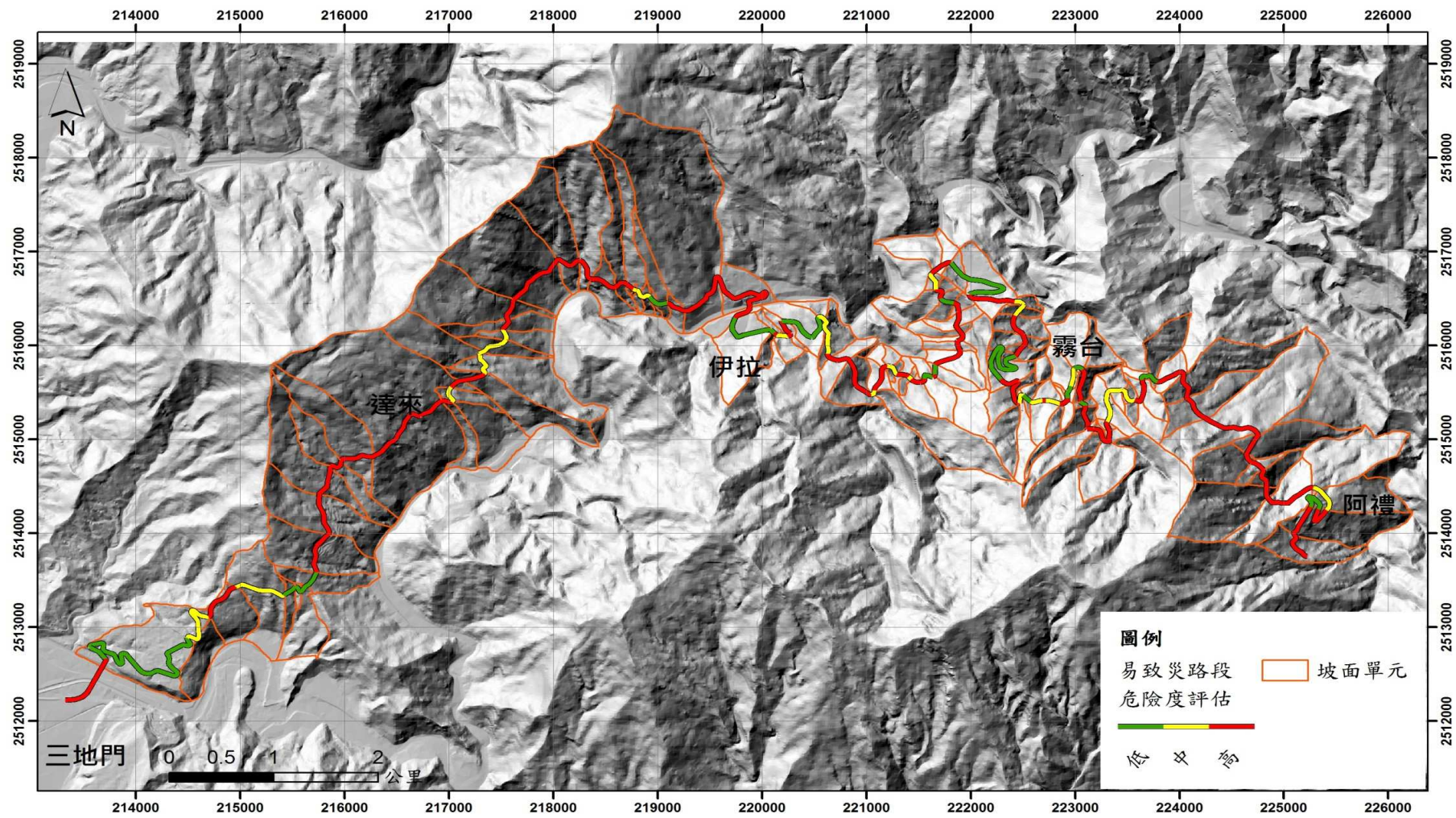


圖 4.74 台 24 線山區道路易致災路段危險度評估結果圖

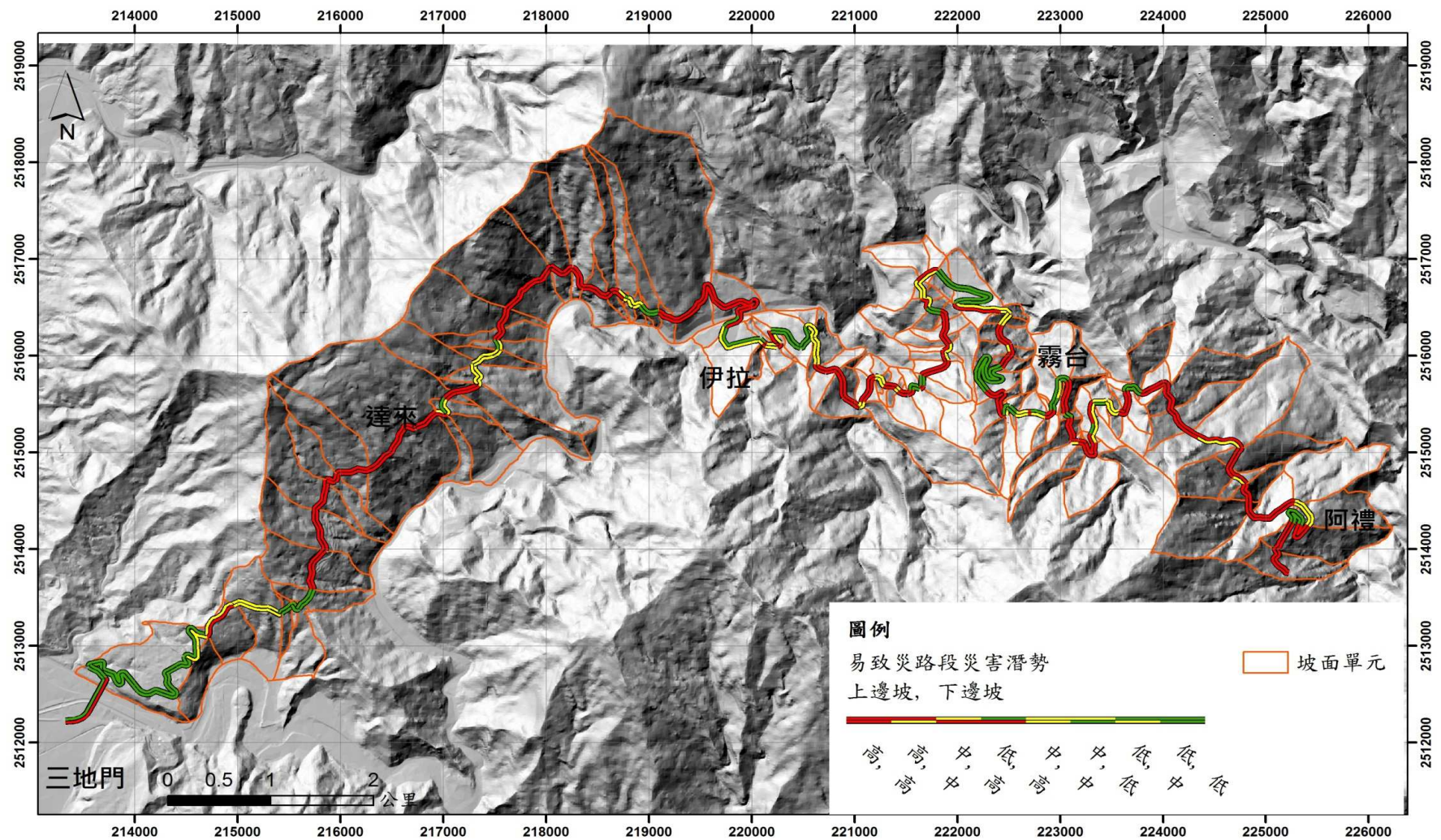


圖 4.75 台 24 線山區道路易致災路段上、下邊坡危險度評估結果圖

4.9 重大災例成因、特性與復建措施分析

4.9.1 重大災害案例成因、特性分析

若將本計畫蒐集重大災害案例疊合本計畫之易致災路段（圖 4.76），可將具有發生之重大災害案例進行分析，以提供後續易致災路段災害評估之依據。目前分析結果共計有23個路段發生過重大災害，而此23個之災害潛勢分析結果皆為高。

而29處實際發生阻斷之重大災害案例，其路線樁號、地點、災害名稱與災害類型如表4-15所示。上述處重大災害案例中，以河岸侵蝕為最多共計10次，其中共有8次皆為32K+890的伊拉橋產生的交通阻斷，其次為岩體滑動共計9次、岩屑崩滑共計6處、蝕溝共計2處、其餘為順向坡及落石災害。

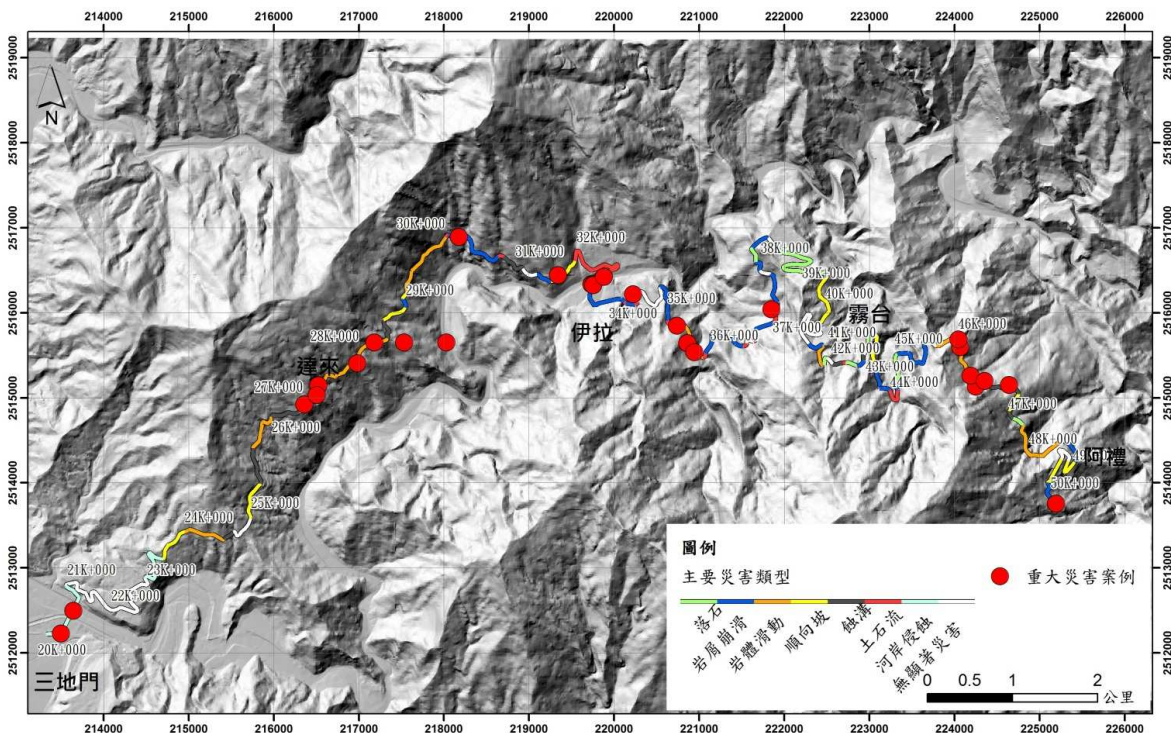


圖 4.76 重大災害案例與易致災路段災害類型疊合分布圖

表 4-15 台 24 線山區道路重大災害案例災害類型一覽表

編號	路線樁號	災害名稱	災害類型
1	20K+183	2009/08/08 莫拉克颱風	河岸侵蝕
2	26K+000	2009/08/08 莫拉克颱風	岩體滑動
3	26K+700	2009/10/05 芭瑪颱風	岩體滑動
4	28K+000	2010/05/28 豪雨事件	蝕溝
5	28K+300	2009/08/08 莫拉克颱風	岩體滑動
6	30K+000	2008/09/27 薔蜜颱風	岩屑崩滑
7		2008/10/03 豪雨事件	岩屑崩滑
8		2009/08/08 莫拉克颱風	岩屑崩滑
9	31K+500	2009/08/08 莫拉克颱風	順向坡
10	32K+890	2009/08/08 莫拉克颱風	河岸侵蝕
11		2010/05/23 豪雨事件	河岸侵蝕
12		2010/05/28 豪雨事件	河岸侵蝕
13		2010/07/26 豪雨事件	河岸侵蝕
14		2010/09/01 萊羅克颱風	河岸侵蝕
15		2010/09/09 莫蘭蒂颱風	河岸侵蝕
16		2010/09/19 凡那比颱風	河岸侵蝕
17		2010/10/21 梅姬颱風	河岸侵蝕
18	33K+800	2010/09/23 豪雨事件	河岸侵蝕
19	35K+000	2010/10/21 梅姬颱風	岩屑崩滑
20	35K+300	2010/09/23 豪雨事件	岩體滑動
21	35K+450	2010/12/16 豪雨事件	落石
22	37K+000	2010/05/23 豪雨事件	岩屑崩滑
23	45K+000	2008/09/27 薔蜜颱風	岩體滑動
24	45K+600	2011/04/20 豪雨事件	岩體滑動
25	46K+000	2008/09/11 辛樂克颱風	岩體滑動
26		2009/08/08 莫拉克颱風	岩體滑動
27	46K+200	2008/07/26 鳳凰颱風	岩體滑動
28	46K+500	2009/06/19 豪雨事件	蝕溝
29	48K+000	2009/06/19 豪雨事件	岩屑崩滑

4.9.2 重大災害案例復建措施分析

本研究透過現地勘查與填寫復建設施現況調查表進行本路段工程復建措施分析，其結果共調查完成29處復建設施（如圖4.77），其細部工程內容包括樁號、災害名稱、施作工程、工程現況等摘要如表4-16。

本路段採用主要之工法，在坡面整治面主要以擋土牆配合錨釘工法、掛網植生與型框工法等複合性工法進行處理，在土石流與蝕溝部分則以梳子壩、輪胎防砂壩與箱涵為主。

依據調查結果顯示29處復建措施工程現況中，13處既有工程、5處新建工程與11處緊急工程。在13處既有工程中，有1處全部毀損、有7處部分毀損、有5處運作良好，此顯示有超過一半以上之既有工程設施有持續受破壞的情形。

工程現況中有5處新建工程皆為莫拉克颱風後之復建工程，其影響坡面皆為全坡面，此亦顯示全坡面之整治區域需耗費比較多的時間，因尚未完成，其復健成效須待後續年度計畫持續觀察及評估。另有11處緊急工程有8處位於伊拉橋以東區域、有5處位於霧台以東，此亦說明莫拉克颱風後台24線復建重點為三地門至霧台段。

而以下就重要之工程案例進行檢討分析：

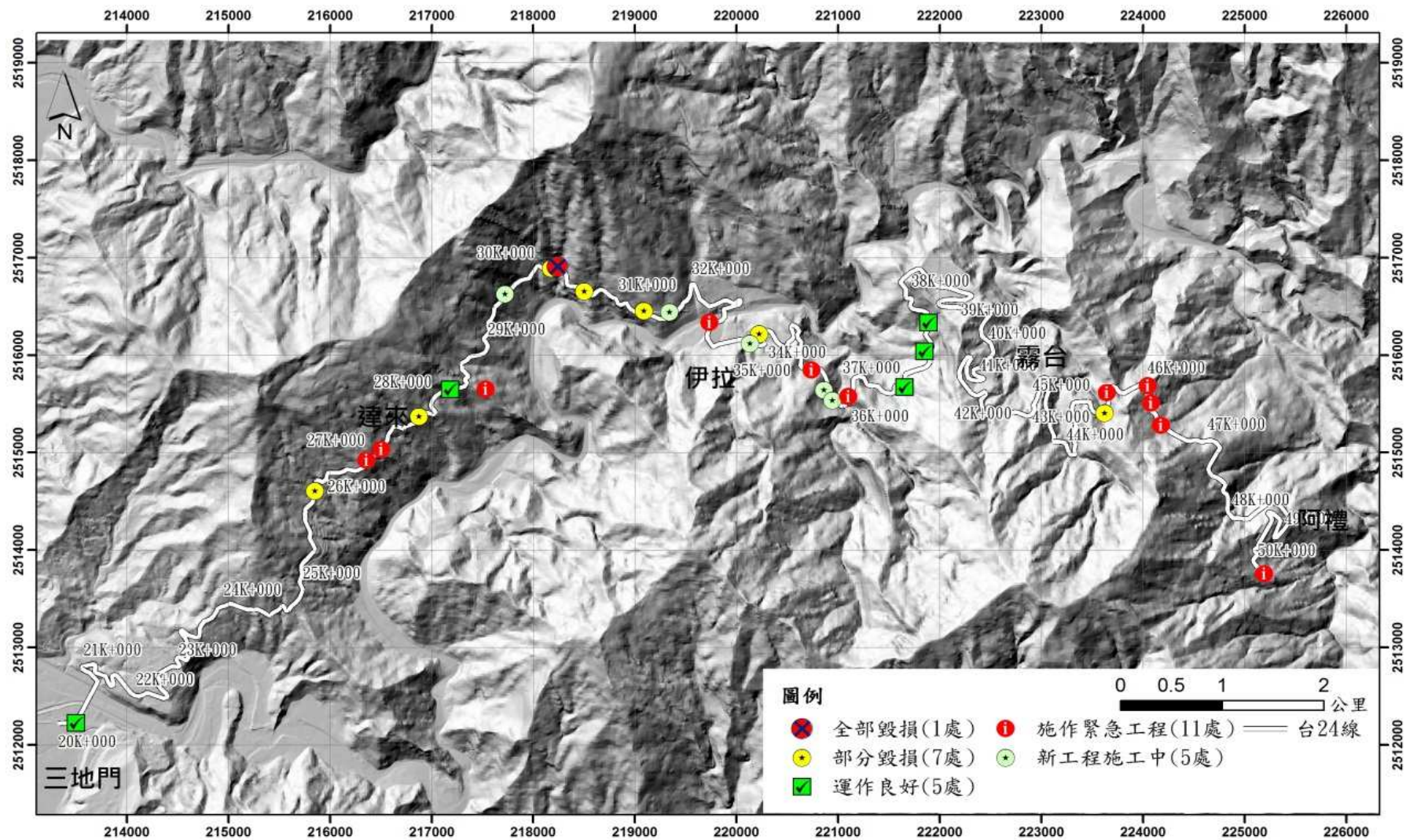


圖 4.77 台 24 線山區道路重大災例復建措施工程現況圖

表 4-16 台 24 線山區道路重大災例復建措施工程現況一覽表

路線樁號	災害名稱	災害類型	影響坡面	地形區位	施作工程	工程現況	說明
20K+183	980808 莫拉克颱風	河岸侵蝕	下邊坡	河階台地	緊急工程	運作良好	無
26K+000	980808 莫拉克颱風,1010609 豪雨	岩體滑動	全坡面	順向坡	擋土牆,錨釘工法,箱涵	部分毀損	路基流失,已施作緊急工程,豪雨恐再次坍塌
26K+700	981003 芭瑪颱風	岩體滑動	全坡面	順向坡	緊急工程	施作緊急工程	無
26K+800	100 年南瑪都颱風	岩體滑動	全坡面	順向坡	緊急工程	施作緊急工程	無
27K+600	991021 梅姬颱風	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	擋土牆	部分毀損	順向坡滑動,導致擋土牆及道路破壞
28K+000	0528 豪雨	蝕溝	下邊坡	陡坡地形	緊急工程	施作緊急工程	無
28K+300	980808 莫拉克颱風	岩體滑動	全坡面	順向坡	擋土牆,型框工法,掛網植生	運作良好	位處順向坡地形,易致災
29K+650	莫拉克颱風	岩體滑動	全坡面	順向坡	擋土牆,型框工法,錨釘工法,掛網植生,坡面噴漿	新工程施工中	順向坡導致土石坍方
30K+000	970927 蕃蜜颱風,97 年 10 月災情,980808 莫拉克颱風	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	擋土牆,型框工法	部分毀損	型框工法拱起,有再破壞跡象
30K+100	莫拉克颱風	土石流	全坡面	緊鄰河岸	輪胎防砂壩	全部毀損	土石淤滿,淨空不足,輪胎防砂壩全部毀損

路線樁號	災害名稱	災害類型	影響坡面	地形區位	施作工程	工程現況	說明
30K+600	莫拉克颱風	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	擋土牆,型框工法	部分毀損	型框工法有再破壞跡象
31K+400	莫拉克颱風	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	擋土牆,型框工法, 坡面噴漿	部分毀損	型框工法有再破壞跡象
31K+500	980808 莫拉克颱風	順向坡	全坡面	緊鄰河岸	擋土牆,型框工法, 坡面噴漿	新工程施工中	位處順向坡,易產生破壞
32K+890	980808 莫拉克颱風,100年08月災情	土石流	全坡面	扇狀地	高架橋樑	施作緊急工程	高架橋樑預計102年7月底完工
33K+800	99年09月災情	土石流	全坡面	緊鄰河岸	防砂壩	新工程施工中	土石流漫流路面造成交通中斷
34K+100	路基下陷	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	擋土牆	部分毀損	已有崩塌發育,導致路基下陷
35K+200	1010609 豪雨事件	岩屑崩滑	上邊坡	陡坡地形	鋼板樁	施作緊急工程	路基流失,已施作緊急工程,豪雨恐再次坍塌
35K+300	99年10月災情	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	擋土牆,掛網植生, 坡面噴漿	新工程施工中	有大規模崩塌發生,須注意新建工程之狀況
35K+450	99年12月災情	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	擋土牆,掛網植生, 坡面噴漿	新工程施工中	有大規模崩塌發生,須注意新建工程之狀況
36K+000	20120609 豪雨	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	鋼板樁	施作緊急工程	路基流失,已施作緊急工程,豪雨恐再次坍塌
36K+900	980808 莫拉克颱風	土石流	全坡面	緊鄰河岸	梳子壩,箱涵	運作良好	土石流淹沒路面
37K+000	0523 豪雨	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	擋土牆	運作良好	邊坡坍塌,已施作擋土牆
37K+800	980808 莫拉克颱風	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	擋土牆,錨釘工法,	運作良好	因陡坡蝕溝下刷,造成土石坍塌方路

路線樁號	災害名稱	災害類型	影響坡面	地形區位	施作工程	工程現況	說明
					排水工程,導水工程		基下陷與產生缺口
45K+200	980808 莫拉克颱風	岩屑崩滑	全坡面	緊鄰河岸	擋土牆	部分毀損	全坡面坍方,造成交通阻斷,下邊坡尚未整治
45K+600	20110420 豪雨	岩屑崩滑	下邊坡	陡坡地形	臨時性護欄	施作緊急工程	目前僅放置臨時性護欄,護欄亦有掉落情形,後續崩塌將再擴大
46K+000	辛 樂 克 颱 風 (97.9.11)	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	緊急工程	施作緊急工程	大規模崩塌,再發性高
46K+200	鳳凰颱風	岩體滑動	全坡面	陡坡地形	緊急工程	施作緊急工程	大規模崩塌,再發性高
46K+500	98年06月災情	蝕溝	下邊坡	陡坡地形	緊急工程	施作緊急工程	大規模崩塌,再發性高
48K+000	0726 豪雨	岩屑崩滑	全坡面	陡坡地形	緊急工程	施作緊急工程	大規模崩塌,再發性高

1. 26K+000 岩體滑動

樁號26K+000處之岩體滑動位於三地門與達來間，位處順向坡與凹谷地形，曾於98年8月8日莫拉克颱風與101年6月9日豪雨，因雨水漫流並匯集至凹谷，造成下邊坡路基下刷流失與上邊坡崩塌之全坡面破壞情形，下邊坡路基流失後可見順向坡岩體出露。目前已施作擋土牆、錨釘工法、箱涵等工程。

由現地之復建工程措施現況發現道路上邊坡擋土牆有壞現象，雖經緊急修補後亦有龜裂情形，因本區位與凹谷與順向坡地形，因此與水易於匯集而產生崩壞，因此建議可加強排坡面與道路之排水工程以避免災害再次發生。



圖 4.78 樁號 26K+000 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖

2. 28K+300 岩體滑動

樁號28K+300處之岩體滑動位於達來與伊拉間，位處順向坡地形，曾於98年8月8日莫拉克颱風，因雨水漫流，造成全坡面崩塌破壞情形，造成28K+100至28K+400之路段流失，下邊坡路基流失後可見順向坡岩體出露。其致災原因為位處順向坡地形，雨水入滲後，增加順向坡及弱面之孔隙水壓，而導致全坡面破壞，目前已施作擋土牆、錨釘工法、型框工法等工程，工程總長約300公尺，高度約30公尺，坡面保護面積達75%以上。

由現地復建工程措施現況進行觀察，目前工程現況運作良好，因此處工程屬剛完工階段，後續仍需持續評估其工程效益。



圖 4.79 樁號 28K+300 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖

3. 31K+500 岩體滑動

樁號31K+500處之岩體滑動位於達來與伊拉之間，位處順向坡地形，曾於98年8月8日莫拉克颱風造成全坡面崩塌破壞情形，導致31K+300至31K+800之路段流失，下邊坡路基流失後可見順向坡岩體出露。其致災原因為位處順向坡地形，同時下邊坡坡趾位處河岸攻擊坡，持續河岸侵蝕作用下，坡趾土石持續流失，而導致坡面下滑破壞。目前道路邊坡施作排樁擋土牆、型框工法與坡面噴漿等工程，工程總長約100公尺，高度約20公尺，坡面保護面積達約在50~75%以上，同時水利署亦於河岸侵蝕側施作護岸工程，以保護坡趾避免持續流失擴大災害。

由現地復建工程措施現況進行觀察，目前道路邊坡擋土牆上方型框工法有破壞現象，而下邊坡坡面持續呈裸露狀態，極有可能再次產生災害。因此建議儘速進行下邊坡保護工程以避免再次產生災害。



圖 4.80 樁號 31K+500 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖

4. 32K+890 河岸侵蝕

樁號32K+890處之河岸侵蝕位於伊拉橋，位處隘寮北溪之河岸侵蝕測，於98年8月8日莫拉克時造成伊拉橋沖毀情形造成交通中斷。其致災原因為位處河岸侵蝕側，加上隘寮北溪流量大掏刷橋墩及橋台之基礎，而導致整座牆破壞而流失，之後雖施作便橋，但後續颱風多次將便橋再沖毀。目前公路除架設便橋維持交通不致中斷外，另施作長跨距之高架橋樑，新設計的橋樑總長度為440公尺，比舊橋(原長53.5公尺)長了約8倍之多，河道的橋墩高達75公尺，其兩側的跨徑各長140公尺，預定102年7月底完工，總投入經費高達6億2800萬元。同時水利署亦於河岸侵蝕側施作護岸工程，以保護坡趾避免持續流失擴大災害。

目前便橋隨時可能會因後續之豪雨或颱風造成毀損而交通中斷，待長跨距高架橋樑完成後將可避免河岸侵蝕之影響。



圖 4.81 樁號 32K+890 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖

5. 35K+400 岩體滑動

樁號35K+400處之岩體滑動位於伊拉與霧台之間，位處陡坡地形，曾於99年12月16日豪雨事件造成全坡面崩塌破壞情形，導致35K+450~+700處崩塌地間歇性落石。其致災原因為位處順向坡地形，同時為陡坡地形，雨水入滲後，增加順向坡及弱面之孔隙水壓，而導致全坡面破壞。目前道路邊坡正在施作擋土牆、型框工法、掛網植生、坡面噴漿等工程，工程總長約100公尺，高度約20公尺，坡面保護面積達75%以上。

由現地復建工程措施現況進行觀察，因尚未完工，因此需再持續進行觀察與評估。



圖 4.82 樁號 35K+400 岩體滑動災害狀況與復建工程現況圖

除公路總局第三區工程處外，水利署第七河川局亦針對本研究區域之隘寮溪於95年後陸續進行災搶與復健工程（表4-17），而主要地點集中在隘寮溪三地門橋上游左岸、隘寮北溪伊拉護岸與隘寮北溪大武段護岸。

表 4-17 研究區域內水利署第七河川局施作之復建措施工程一覽表

年度	工程類別	工程名稱	工程地點	工程概述	決算工程費(千元)	開工日期	完工日期
95	河川環境改善工程	隘寮溪三地門橋上游左岸河川環境改善工程	屏東縣瑪家鄉	以塊石及蛇籠工興建護岸，長度 750 公尺	368	2006/4/10	2006/7/30
95	河川環境改善工程	隘寮溪三地門橋上游左岸河川環境改善工程（二工區）	屏東縣瑪家鄉	環境改善工 750 公尺	11,363	2006/10/22	2007/2/8
96	河川環境改善工程	隘寮溪三地門橋上游左岸河川環境改善工程	屏東縣三地門鄉	護岸工 250 公尺	9,634	2007/12/18	2008/3/2
97	防災減災工程	隘寮溪隘寮堰上下游右岸防災減災工程	屏東縣霧台鄉	護岸 150m, 2m 雙孔排水管	10,399	2008/6/21	2008/11/17
98	防災減災工程	隘寮北溪大武一號橋下游護岸防災減災工程	屏東縣霧台鄉	護岸，長度 150 公尺	3,437	2009/5/1	2009/5/1
100	災修及應急工程	隘寮北溪大武段護岸應急工程	屏東縣霧台鄉		3,520	2011/4/13	2011/6/10
101	災修及應急工程	隘寮北溪伊拉護岸復建工程	屏東縣霧台鄉	護岸工 600 公尺	26,160	2012/1/28	2012/8/4
101	防災減災工程	隘寮溪口社護岸及三地門橋下游右岸護岸防災減災工程	屏東縣霧台鄉		15,100	2011/12/2	2012/4/29
101	災修及應急工程	隘寮北溪大武段護岸應急工程	屏東縣霧台鄉		3,577	2012/1/8	2012/3/7

第五章 山區道路易致災路段風險分析

本研究區域台 24 線之山區道路易致災路段風險主要依據第 2.5.2 節公式[1]進行災害潛勢(S)、發生機率(P)與損失程度(L)進行評估分析，而結果說明如下：

5.1 災害潛勢分析

本計畫透過坡面單元與環境地質敏感區概念完成易致災路段劃分，分析各路段之主要災害類型，並透過現地調查方式進行災害潛勢評估，再依據災害潛勢的潛勢值，進行各路段主要災害之潛勢評估與評分(表 4-12)，再將評估值範圍（0 分至本路段最高分）重新設定其值域為 0 至 1，重新設定後各路段主要災害類型與其發生之災害潛勢結果如表 5-1，其中 1 為損害程度最高 100%。

表 5-1 台 24 線易致災路段之災害潛勢指標一覽表

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害 類型	上邊坡災害潛勢 (正規化)	下邊坡災害潛勢 (正規化)
1	20K+000	20K+800	800	河岸侵蝕	0.13	0.47
2	20K+800	20K+950	150	河岸侵蝕	0.13	0.13
3	20K+950	23K+085	2,135	無	0.07	0.07
4	23K+085	23K+600	515	河岸侵蝕	0.13	0.27
5	23K+600	24K+010	410	順向坡	0.33	0.60
6	24K+010	24K+500	490	岩體滑動	0.27	0.27
7	24K+500	24K+640	140	蝕溝	0.13	0.13
8	24K+640	24K+730	90	無	0.07	0.07
9	24K+730	24K+800	70	無	0.07	0.07
10	24K+800	24K+980	180	無	0.07	0.07
11	24K+980	25K+500	520	順向坡	0.40	0.40
12	25K+500	25K+900	400	蝕溝	0.47	0.47
13	25K+900	26K+230	330	岩體滑動	0.40	0.40
14	26K+230	26K+310	80	岩體滑動	0.40	0.40

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害 類型	上邊坡災害潛勢 (正規化)	下邊坡災害潛勢 (正規化)
15	26K+310	26K+400	90	岩體滑動	0.40	0.40
16	26K+400	26K+740	340	蝕溝	0.40	0.40
17	26K+740	27K+340	600	岩體滑動	0.47	0.47
18	27K+340	27K+460	120	岩體滑動	0.40	0.40
19	27K+460	27K+730	270	岩體滑動	0.60	0.60
20	27K+730	27K+830	100	岩屑崩滑	0.33	0.40
21	27K+830	28K+000	170	岩體滑動	0.13	0.33
22	28K+000	28K+120	120	岩體滑動	0.40	0.40
23	28K+120	28K+350	230	岩體滑動	0.53	0.40
24	28K+350	28K+510	160	蝕溝	0.33	0.33
25	28K+510	28K+950	440	順向坡	0.33	0.33
26	28K+950	29K+060	110	岩屑崩滑	0.13	0.27
27	29K+060	29K+180	120	順向坡	0.40	0.40
28	29K+180	29K+430	250	岩體滑動	0.40	0.40
29	29K+430	29K+880	450	岩體滑動	0.87	0.87
30	29K+880	30K+000	120	岩體滑動	0.87	0.87
31	30K+000	30K+050	50	土石流	0.40	0.40
32	30K+050	30K+200	150	岩屑崩滑	0.40	0.40
33	30K+200	30K+260	60	岩屑崩滑	0.40	0.40
34	30K+260	30K+290	30	土石流	0.80	0.80
35	30K+290	30K+430	140	岩屑崩滑	0.47	0.47
36	30K+430	30K+690	260	岩屑崩滑	0.67	0.67
37	30K+690	30K+750	60	岩屑崩滑	0.80	0.80
38	30K+750	30K+830	80	土石流	0.53	0.53
39	30K+830	30K+900	70	蝕溝	0.33	0.53
40	30K+900	30K+940	40	蝕溝	0.13	0.27
41	30K+940	31K+000	60	蝕溝	0.27	0.27
42	31K+000	31K+085	85	蝕溝	0.27	0.27
43	31K+085	31K+175	90	無	0.13	0.13
44	31K+175	31K+295	120	無	0.13	0.13
45	31K+295	31K+500	205	岩屑崩滑	0.80	0.80
46	31K+500	31K+900	400	順向坡	0.87	0.87

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害 類型	上邊坡災害潛勢 (正規化)	下邊坡災害潛勢 (正規化)
47	31K+900	32K+700	800	土石流	0.80	0.93
48	32K+700	33K+100	400	河岸侵蝕	0.13	0.73
49	33K+100	33K+650	550	岩屑崩滑	0.20	0.13
50	33K+650	33K+700	50	岩屑崩滑	0.20	0.13
51	33K+700	33K+800	100	土石流	0.53	0.53
52	33K+800	33K+900	100	岩屑崩滑	0.20	0.20
53	33K+900	33K+950	50	土石流	0.47	0.47
54	33K+950	34K+060	110	岩屑崩滑	0.33	0.47
55	34K+060	34K+400	340	無	0.07	0.07
56	34K+400	34K+650	250	無	0.07	0.07
57	34K+650	34K+735	85	岩屑崩滑	0.20	0.20
58	34K+735	34K+820	85	岩屑崩滑	0.27	0.27
59	34K+820	35K+110	290	岩屑崩滑	0.33	0.33
60	35K+110	35K+235	125	土石流	0.60	0.60
61	35K+235	35K+350	115	岩屑崩滑	0.60	0.60
62	35K+350	35K+640	290	岩體滑動	0.73	0.73
63	35K+640	35K+810	170	岩體滑動	0.73	0.73
64	35K+810	35K+870	60	土石流	0.33	0.33
65	35K+870	36K+180	310	岩屑崩滑	0.67	0.67
66	36K+180	36K+210	30	岩屑崩滑	0.33	0.33
67	36K+210	36K+320	110	岩屑崩滑	0.33	0.33
68	36K+320	36K+500	180	岩屑崩滑	0.40	0.40
69	36K+500	36K+585	85	岩屑崩滑	0.33	0.33
70	36K+585	36K+680	95	岩屑崩滑	0.47	0.47
71	36K+680	36K+740	60	土石流	0.67	0.67
72	36K+740	36K+865	125	無	0.07	0.07
73	36K+865	36K+900	35	土石流	0.47	0.47
74	36K+900	36K+950	50	無	0.07	0.07
75	36K+950	37K+170	220	岩屑崩滑	0.47	0.47
76	37K+170	37K+250	80	土石流	0.47	0.47
77	37K+250	37K+350	100	岩屑崩滑	0.33	0.47
78	37K+350	37K+440	90	蝕溝	0.33	0.47

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害 類型	上邊坡災害潛勢 (正規化)	下邊坡災害潛勢 (正規化)
79	37K+440	37K+500	60	岩屑崩滑	0.47	0.47
80	37K+500	37K+680	180	岩屑崩滑	0.60	0.60
81	37K+680	37K+800	120	岩屑崩滑	0.60	0.60
82	37K+800	37K+940	140	無	0.07	0.07
83	37K+940	38K+085	145	岩屑崩滑	0.33	0.40
84	38K+085	38K+275	190	落石	0.20	0.20
85	38K+275	38K+450	175	岩屑崩滑	0.33	0.40
86	38K+450	38K+670	220	無	0.07	0.07
87	38K+670	39K+500	830	落石	0.07	0.07
88	39K+500	39K+950	450	落石	0.40	0.27
89	39K+950	40K+050	100	落石	0.27	0.27
90	40K+050	40K+200	150	順向坡	0.33	0.33
91	40K+200	40K+500	300	順向坡	0.53	0.53
92	40K+500	40K+570	70	順向坡	0.33	0.40
93	40K+570	40K+760	190	順向坡	0.40	0.40
94	40K+760	41K+820	1,060	無	0.13	0.13
95	41K+820	42K+000	180	岩屑崩滑	0.40	0.40
96	42K+000	42K+265	265	岩體滑動	0.67	0.67
97	42K+265	42K+280	15	土石流	0.67	0.67
98	42K+280	42K+375	95	落石	0.13	0.20
99	42K+375	42K+475	100	無	0.13	0.13
100	42K+475	42K+600	125	蝕溝	0.20	0.20
101	42K+600	42K+630	30	土石流	0.40	0.40
102	42K+630	42K+770	140	落石	0.20	0.13
103	42K+770	42K+875	105	岩屑崩滑	0.60	0.60
104	42K+875	42K+950	75	蝕溝	0.13	0.13
105	42K+950	43K+000	50	無	0.13	0.13
106	43K+000	43K+190	190	落石	0.27	0.13
107	43K+190	43K+285	95	無	0.13	0.13
108	43K+285	43K+640	355	順向坡	0.60	0.60
109	43K+640	43K+710	70	落石	0.13	0.13
110	43K+710	44K+000	290	岩屑崩滑	0.87	0.87

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害 類型	上邊坡災害潛勢 (正規化)	下邊坡災害潛勢 (正規化)
111	44K+000	44K+010	10	土石流	0.87	0.87
112	44K+010	44K+070	60	岩屑崩滑	0.33	0.87
113	44K+070	44K+135	65	岩屑崩滑	0.87	0.87
114	44K+135	44K+415	280	土石流	0.80	0.80
115	44K+415	44K+515	100	岩屑崩滑	0.33	0.40
116	44K+515	44K+625	110	落石	0.27	0.13
117	44K+625	44K+855	230	落石	0.27	0.40
118	44K+855	45K+000	145	岩屑崩滑	0.13	0.27
119	45K+000	45K+200	200	岩屑崩滑	0.27	0.27
120	45K+200	45K+275	75	岩屑崩滑	0.60	0.60
121	45K+275	45K+550	275	岩屑崩滑	0.73	0.73
122	45K+550	45K+750	200	無	0.13	0.13
123	45K+750	46K+000	250	岩體滑動	0.80	0.80
124	46K+000	46K+300	300	岩體滑動	0.93	0.93
125	46K+300	46K+700	400	岩體滑動	0.93	0.93
126	46K+700	47K+050	350	蝕溝	0.33	0.53
127	47K+050	47K+200	150	順向坡	0.67	0.67
128	47K+090	47K+500	410	蝕溝	0.80	0.80
129	47K+500	47K+645	145	落石	0.33	0.47
130	47K+645	47K+845	200	岩體滑動	1.00	1.00
131	47K+845	47K+965	120	岩體滑動	1.00	1.00
132	47K+965	48K+490	525	岩體滑動	1.00	1.00
133	48K+490	48K+550	60	岩屑崩滑	0.20	0.20
134	48K+550	48K+810	260	岩屑崩滑	0.20	0.20
135	48K+810	49K+115	305	順向坡	0.47	0.47
136	49K+115	49K+440	325	無	0.13	0.13
137	49K+440	49K+755	315	順向坡	0.67	0.67
138	49K+755	50K+100	345	岩屑崩滑	0.60	0.60

5.2 山區道路邊坡致災因子、誘發因子分析

台 24 線三地門至阿禮路段之地層為中新世之潮州層，本流域內之潮州層劈理構造有由南向北逐漸發達之趨勢，岩體受風化後之野外特徵為具有洋蔥狀剝蝕及鉛筆構造，且普遍存在著與沈積作用同時的崩移構造，在口社至阿禮一帶有幾處較具規模的潮州層透鏡狀砂岩體(Cos) 出露。本研究區域出露之潮州層相當於廬山層，因此在地質分區上屬板岩區。因整個研究區域皆位於板岩區，後續之雨量分析，不依地質區進行分群，而採整體評估方式進行之。

而在降雨資料方面，本研究蒐集 2008 年迄今中央氣象局劇烈天氣監測系統(Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor, QPESUMS)之空間網格降雨資料，並運用地理資訊系統的內插推估計算功能，分析研究區域各坡面單元在歷史颱風豪雨期間之降雨歷程。本計畫進一步依據各坡面單元之降雨歷程歸納該坡面單元之降雨延時、總累積雨量、尖峰時雨量、最大 6 小時雨量及最大 12 小時雨量等降雨指標，並繪製成降雨引致之道路邊坡山崩影響臨界曲線，藉以探討致災因子、降雨及道路邊坡破壞間之關係。

QPESUMS 之網格大小約為 1.3 公里，每一網格皆有完整之降雨歷程記錄。本計畫利用網格中心位置與各坡面單元之形心位置之空間關係，以距離平方反比法(IDW)內插計算求得各坡面單元之降雨歷程，再進一步分析坡面單元內不同降雨指標。表 5-2 為台 24 線道路中斷位置所在之坡面單元降雨指標彙整，其中平均降雨強度係以總累積雨量除以降雨延時而得。表 5-3 顯示近年造成台 24 線中斷颱風事件除 2010/10/21 梅姬颱風降雨規模較小(尖峰時雨量 13.1mm/hr;總累積雨量 189.7mm)以外，其餘致災規模尖峰時雨量至少大於 30mm/hr 以上，總累積雨量則至少大於 400mm 以上。

在致災雨量基準方面，依據水土保持局(2003)在「以降雨因子進行土石流警戒基準訂定」研究中指出，採用雙曲線模式($IR_t = C$)可將待定係數由線性模式($R_t + aI = C$)兩個(a 與 C)降為一個(C)，有助於建立土石

流發生降雨基準，其中 R_t 為總累積雨量， I 為平均降雨強度，圖 5.1 為雙曲線模式示意圖。本計畫比照類似概念初步分析台 24 線沿線坡面單元誘發崩塌之降雨規模，將颱風豪雨期間出現新增崩塌之坡面單元總累積雨量與尖峰時雨量關係繪如圖 5.2，若以多數資料點之下緣包絡線初步視為易導致坡面崩塌之降雨基準($I_p R_t = 8000$)，則本區總累積雨量 300mm 以上，尖峰時雨量約 30mm/hr 以上即有機會出現坡面崩塌災害。

圖 5.3 係將表 5-1 中總累積雨量 R_t 與尖峰時雨量 I_p 繪如雙曲線模式。圖 5.3 中長延時、強降雨特性之莫拉克颱風明顯位於圖中右上方，若以多數資料點之下緣包絡線初步視為易導致道路中斷之降雨基準($I_p R_t = 14000$)，則總累積雨量 400mm 的規模時，尖峰時雨量約 35mm/hr 即有機會出現土石流或崩塌等足以造成道路中斷之災害。但圖 5.3 中有一重要特性值得討論，圖中落於左下角資料點為 2010/10/21 梅姬颱風造成台 24 線 32K+890 位置便道沖毀案例。梅姬颱風降雨中心主要集中在東北部宜蘭地區，因此南部區域降雨規模並不大，惟尖峰時雨量 13.1mm/hr 且總累積雨量僅 189.7mm 仍造成道路中斷，其原因應係當年 9 月 19 日有另一降雨中心集中在南部地區之凡那比颱風影響，因此本研究區土壤含水量仍屬高度飽和狀態，因此不須太多外在降雨即有可能致災。同樣特性亦可由 2008 年 3 個颱風加以說明，2008/07/26 鳳凰颱風致災降雨指標不論總累積雨量或尖峰時雨量都明顯大於後續 2008/09/11 辛樂克颱風及 2008/09/27 薔蜜颱風。

由上述說明可知，道路邊坡災害之誘發降雨基準除具有受到地質分區影響之空間分布特性外，亦具有時序之時間特性。某年度第一場颱風或豪雨來臨前之災害誘發降雨基準相對較高，至於後續誘發降雨規模則視後續事件與前一場事件之時間間距而異。因此以本區域而言，若為當年度第一場颱風豪雨事件之災害誘發降雨，尖峰時雨量約大於 40mm/hr 以上，累積雨量約為 600mm 以上應屬合理。

表 5-2 台 24 線道路中斷位置所在之坡面單元降雨指標彙整

路線 樁號	颱風 事件	災害 類型	降雨 延時 (hr)	累積雨 量(mm)	尖峰 時雨量 (mm/hr)	最大 6 小時雨 量(mm)	最大 12 小時雨 量(mm)	平均 降雨強度 (mm/hr)
26K+000	2009/08/08 莫拉克	土石流 阻斷	90	1892	85.5	327.9	554.2	21
28K+300	2009/08/08 莫拉克	路基 流失	90	1851.4	77.9	306.9	529.7	20.6
30K+000	2008/09/27 薔蜜	土石流 阻斷	22	597.9	28	226.9	402.1	27.2
31K+500	2009/08/08 莫拉克	邊坡 坍方	93	1950.9	71.7	311.1	548.5	20.9
32K+890	2009/08/08 莫拉克	橋樑 沖毀	93	1908.5	69.1	281.6	484.1	20.5
	2010/09/19 凡那比	便道 沖毀	25	807.4	55.7	309	533.3	32.3
	2010/10/21 梅姬	便道 沖毀	15	189.7	13.1	68.1	72.9	12.6
45K+000	2008/09/27 薔蜜	土石流 阻斷	33	410.1	31.2	161	263.2	12.4
46K+000	2008/09/11 辛樂克	邊坡 坍方	47	534.9	28.8	156.7	292.4	11.4
	2009/08/08 莫拉克	土石流 阻斷	93	1201.2	41.4	243.4	422.8	12.9
46K+200	2008/07/26 鳳凰	土石流 阻斷	33	848.3	48.9	252.4	408	25.7

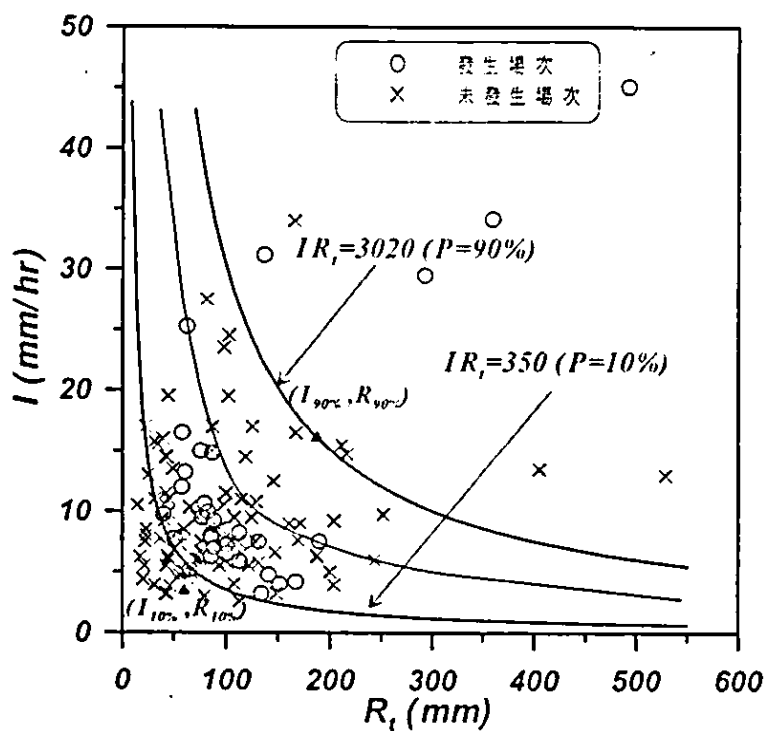


圖 5.1 機率式土石流發生降雨警戒曲線模式示意圖

資料來源：「以降雨因子進行土石流警戒基準訂定」，水土保持局，2003。

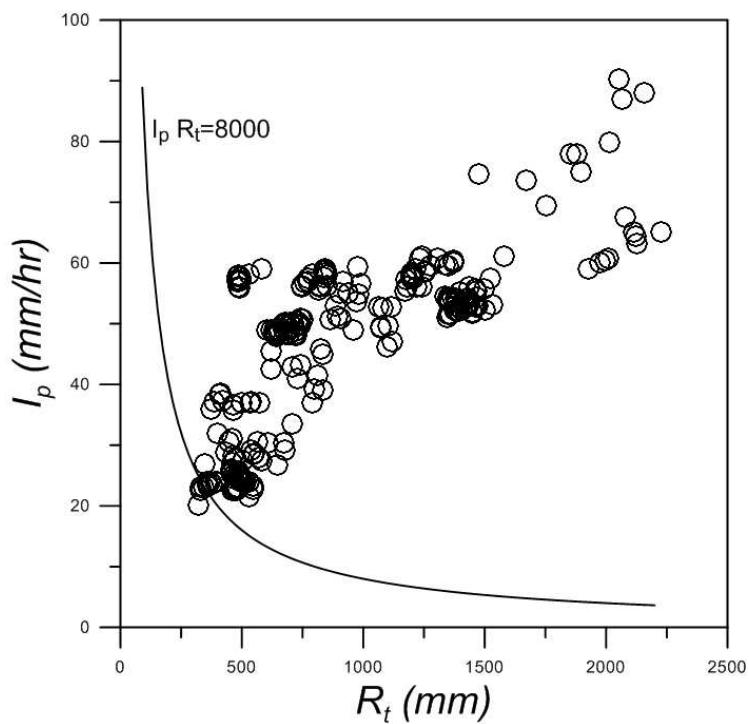


圖 5.2 台 24 線沿線坡面單元誘發崩塌之降雨指標關係

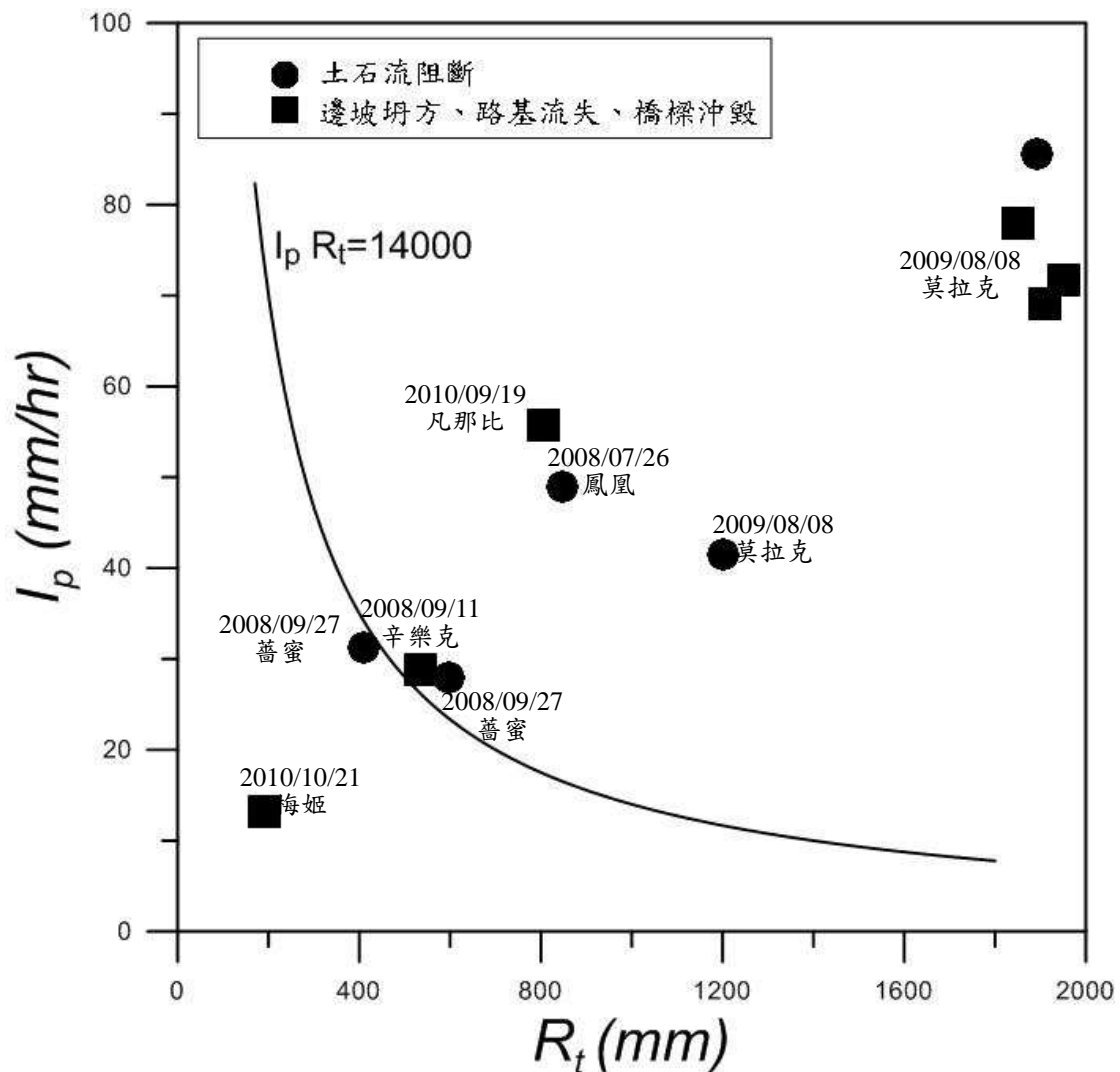


圖 5.3 台 24 線誘發災害造成道路中斷之降雨指標關係

有關各路段災害發生機率方面，主要係以降雨為考量基準。依據造成道路中斷之坡面單元災害類型(崩塌或土石流)，分別訂定災害致災雨量基準，再推估此雨量基準之重現期(發生機率)。土石流災害方面，水土保持局(2003)依據 5.2 節所述方法針對三地門鄉建立之土石流發生降雨基準為 $IR_t = 3750$ ；本計畫針對 2008 年迄今主要颱風暴雨事件建立坡面單元崩塌災害之雨量基準為 $IR_t = 2000$ ，如圖 5.4 所示。

水利署(2001)以臺灣地區雨量紀錄年限超過 20 年之測站資料(水利署 87 站，臺灣電力公司 39 站，中央氣象局 18 站)，利用頻率分析推求各站最適合的降雨機率分布，再以 Horner 公式之型態，建立不同重現期之降雨強度(I)-延時(t)公式如下：

$$I = \frac{a}{(t+b)^c}$$

其中 I 為平均降雨強度(mm/hr)； t 為降雨延時(min)； a, b, c 為待定係數。以阿禮雨量站為例，各重現期之係數如表 5-3 所示。本計畫將各坡面單元之致災雨量，以 12 小時短延時為依據，將滑動型（岩體滑動、岩屑崩滑、順向坡、河岸侵蝕）與流動型（土石流、蝕溝）的致災雨量與阿禮站各重現期雨量相比較，再內插找出最接近的重現期，此重現期的倒數即為發生機率，以作為估算發生機率之基礎。經計算結果滑動型發生機率為 1/6，流動型發生機率為 1/25，而各路段災害發生機率完整列表如附錄七。

表 5-3 屏東阿禮雨量站各重現期之降雨強度-延時公式係數

重現期 係數	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
a	458.35	698.63	963.05	1474.16	2027.86	2759.70	3709.51
b	10.78	23.55	34.42	49.75	61.35	72.11	81.66
c	0.4270	0.4434	0.4683	0.5080	0.5404	0.5730	0.6052
R^2	0.9977	0.9931	0.9873	0.9764	0.9660	0.9539	0.9402

資料來源：「暴雨水文設計應用手冊」，經濟部水利署，2001。

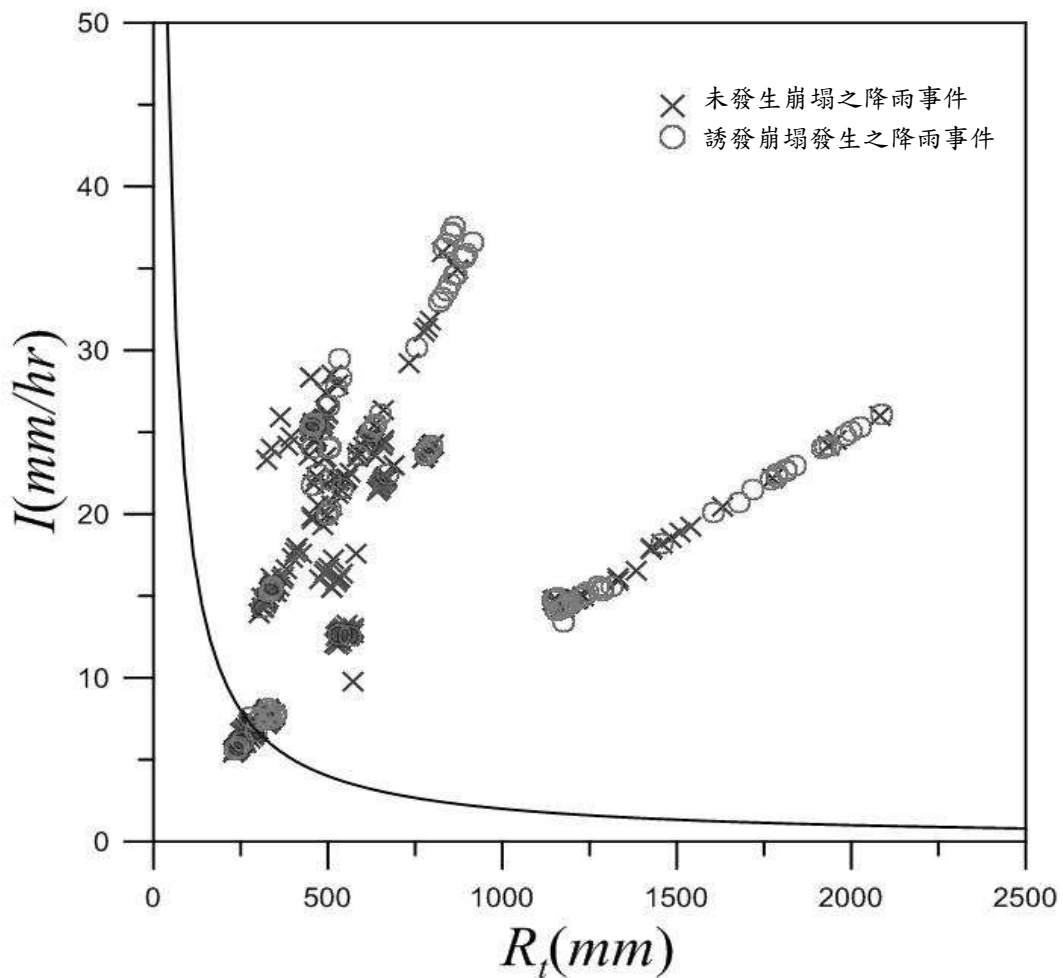


圖 5.4 坡面單元崩塌災害發生降雨基準

5.3 易致災路段損失程度分析

在易致災路段的損失程度部分，本計畫蒐集歷年各台 24 線之災害路段與其復建經費，並依據本計畫易致災路段進行單位長度之復建經費乘以該路段長度進行估算，再予以正規化以為該路段災害損失程度之依據。單位長度之復建經費計算原則，若路段中有重複部分，則以經費最高者為該路段之單位損失程度，若路段中無復建經費資料，則以所蒐集資料中復建經費最低者為該路段之單位損失程度，待後有新設工程時再進行復建經費之蒐集。本計畫蒐集 95 年 0609 豪雨與莫拉克颱風災害台 24 線搶修及復建計畫之復建經費資料如表 5-4，而莫拉克颱風災害台 24 線搶修及復建計畫各標之空間位置如圖 5.5。

表 5-4 台 24 線搶修及復建計畫之復建經費資料一覽表

工程名稱	經費 (千元)	里程	工程性質	路段長度 (公尺)	單位長度復 建經費 (千元/公尺)
95 年 0609 豪雨災害搶修工程	1480	23K~42K	搶修工程	19,000	0.08
95 年 0609 豪雨災害搶修工程	11,426	23K+960~24K+090	復建工程	130	87.89
95 年 0609 豪雨災害搶修工程	10,950	30K+150~250	復建工程	150	73.00
95 年 0609 豪雨災害搶修工程	27,919	35K+555~625	復建工程	70	398.84
95 年 0609 豪雨災害搶修工程	4,713	42K+005~060	復建工程	55	85.69
莫拉克颱風災害台 24 線搶修及 復建計畫(第一標)	122,200	24K+960~29k+305	復建工程	4,345	28.12
莫拉克颱風災害台 24 線搶修及 復建計畫(第二標)	247,000	29K+520~30k+840	復建工程	1,320	187.12
莫拉克颱風災害台 24 線搶修及 復建計畫(第三標)	209,260	33K+720~40k+680	復建工程	6,960	30.07
莫拉克颱風災害台 24 線搶修及 復建計畫(第四標)	628,000	32K+890	復建工程 (伊拉橋)	140	4485.71
莫拉克颱風災害台 24 線搶修及 復建計畫(第五標)	237,000	41K+750~48K+420	復建工程	6,670	35.53



圖 5.5 莫拉克風災台 24 線長期復建工程劃分圖

(資料來源：交通部公路總局第三區養護工程處)

分析 95 年 0609 豪雨與莫拉克颱風災害復建經費資料可發現，單位長度之復建經費以 32K+890 伊拉橋之復建工程經費 4,485.71（千元/公尺）為最高，因此為高架長跨距橋梁，相對復建工程較高，其次為 95 年 0609 豪雨災害搶修工程 35K+555~625 之復建工程經費 398.84（千元/公尺）。依據各易致災路段進行易致災路段損失程度正規化分析結果，其完整列表如附錄七之損失程度(L)。

5.4 易致災路段風險分析

結合上述各節之分析結果，台 24 線易致災路段之風險值如附錄七。分析結果顯示以 32K+700 至 33K+100 伊拉橋之河岸侵蝕風險為最高，其次為 35K+350 至 35K+640 之岩體滑動風險為次之。因 32K+700 至 33K+100 伊拉橋復建工程為高架長跨距橋梁，相較於其他路段之復建經費高出許多。

台 24 線易致災路段中風險最高的前十個路段（表 5-5）為編號 48 路線樁號 32K+700~33K+100 之河岸侵蝕、編號 62 路線樁號 35K+350~35K+640 之岩體滑動、編號 29 路線樁號 29K+430~29K+880 之岩體滑動、編號 36 路線樁號 30K+430~30K+690 之岩屑崩滑、編號 5 路線樁號 23K+600~24K+010 之順向坡、編號 30 路線樁號 29K+880~30K+000 之岩體滑動、編號 132 路線樁號 47K+965~48K+49 之岩體滑動、編號 96 路線樁號 42K+000~42K+265 之岩體滑動與編號 125 路線樁號 46K+300~46K+700 之岩體滑動。

若將 138 個路段之風險值由小大至大排序後，可將風險依據等數量間距劃分成低、中、高等三類，其結果如圖 5.6。

表 5-5 台 24 線易致災路段中風險最高的前十個路段資料一覽表

編號	起始樁號	結束樁號	路段 長度 (公尺)	主要災害 類型	上邊坡 潛勢	下邊坡 潛勢	損失 程度	發生 機率	上邊坡 風險	下邊坡 風險
48	32K+700	33K+100	400	河岸侵蝕	0.13	0.73	1.00	0.17	0.182	1.000
62	35K+350	35K+640	290	岩體滑動	0.73	0.73	1.00	0.17	1.000	1.000
29	29K+430	29K+880	450	岩體滑動	0.87	0.87	0.73	0.17	0.860	0.860
36	30K+430	30K+690	260	岩屑崩滑	0.67	0.67	0.42	0.17	0.382	0.382
5	23K+600	24K+010	410	順向坡	0.33	0.60	0.31	0.17	0.142	0.255
30	29K+880	30K+000	120	岩體滑動	0.87	0.87	0.19	0.17	0.229	0.229
132	47K+965	48K+490	525	岩體滑動	1.00	1.00	0.16	0.17	0.220	0.220
96	42K+000	42K+265	265	岩體滑動	0.67	0.67	0.20	0.17	0.178	0.178
125	46K+300	46K+700	400	岩體滑動	0.93	0.93	0.12	0.17	0.156	0.156

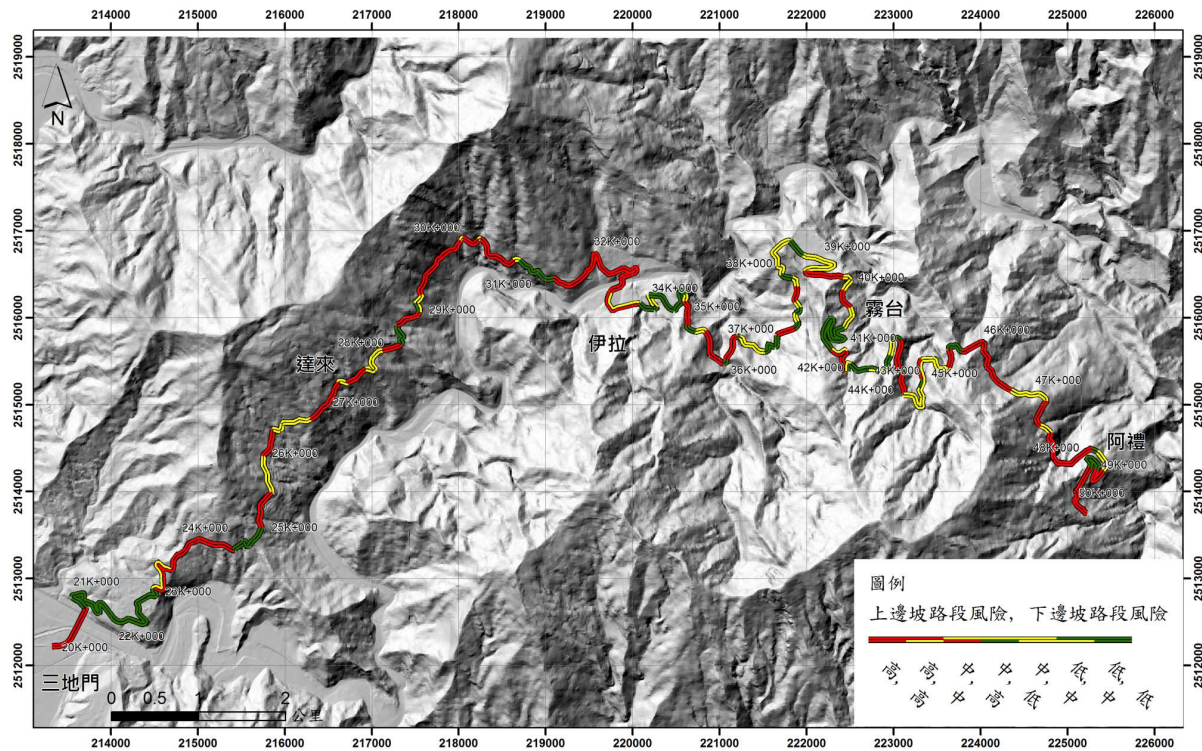


圖 5.6 台 24 線易致災路段風險圖

第六章 資料庫建置成果展現

6.1 資料庫建置

本案之研究主要為山區道路易致災路段調查評估、風險分析之成果，為使計畫成果能提供後續系統建置之使用並進行成果展現，因此本計畫將具空間資訊之成果建置成空間資料庫，以供後續計畫與相關單位之使用。而空間資料庫建置項目(如表6-1)主要為基本資料、地質資料與災害資料。基本資料包括水系、道路、子集水區與坡面單元，地質資料則包括地層與構造，而災害資料則包括山崩潛感、環境地質敏感區、山崩目錄、易致災路段、重大災害案例與大規模崩等。而上述之shapefile格式本計畫另轉存成KML格式以供後續資料之整合應用所需。

表 6-1 空間資料庫建置項目一覽表

資料類型	資料名稱	資料格式	資料類型	精度
基本資料	水系	shapefile	多邊形	1:5000
	道路	shapefile	線段	1:5000
	子集水區	shapefile	面	1:5000
	坡面單元	shapefile	面	1:5000
地質資料	地層	shapefile	面	1:50000
	構造	shapefile	線段	1:50000
災害資料	山崩潛感	raster	網格	5m
	環境地質敏感區	shapefile	\	1:5000
	山崩目錄	shapefile	面	8m
	易致災路段	shapefile	線段	1:5000
	重大災害案例	shapefile	點	10m
	大規模崩塌	shapefile	面	1:5000

其中易致災路段為本計畫主要之成果圖資，於屬性資料中(表6-2)紀錄本計畫各項分析成果包括:路線起迄樁號、主要災害類型、山崩潛

感值、所在地形區位、災害發生區位、重大災害案例簡述、易致災路段危險度評估、降雨警戒基準與災害風險評估值等。

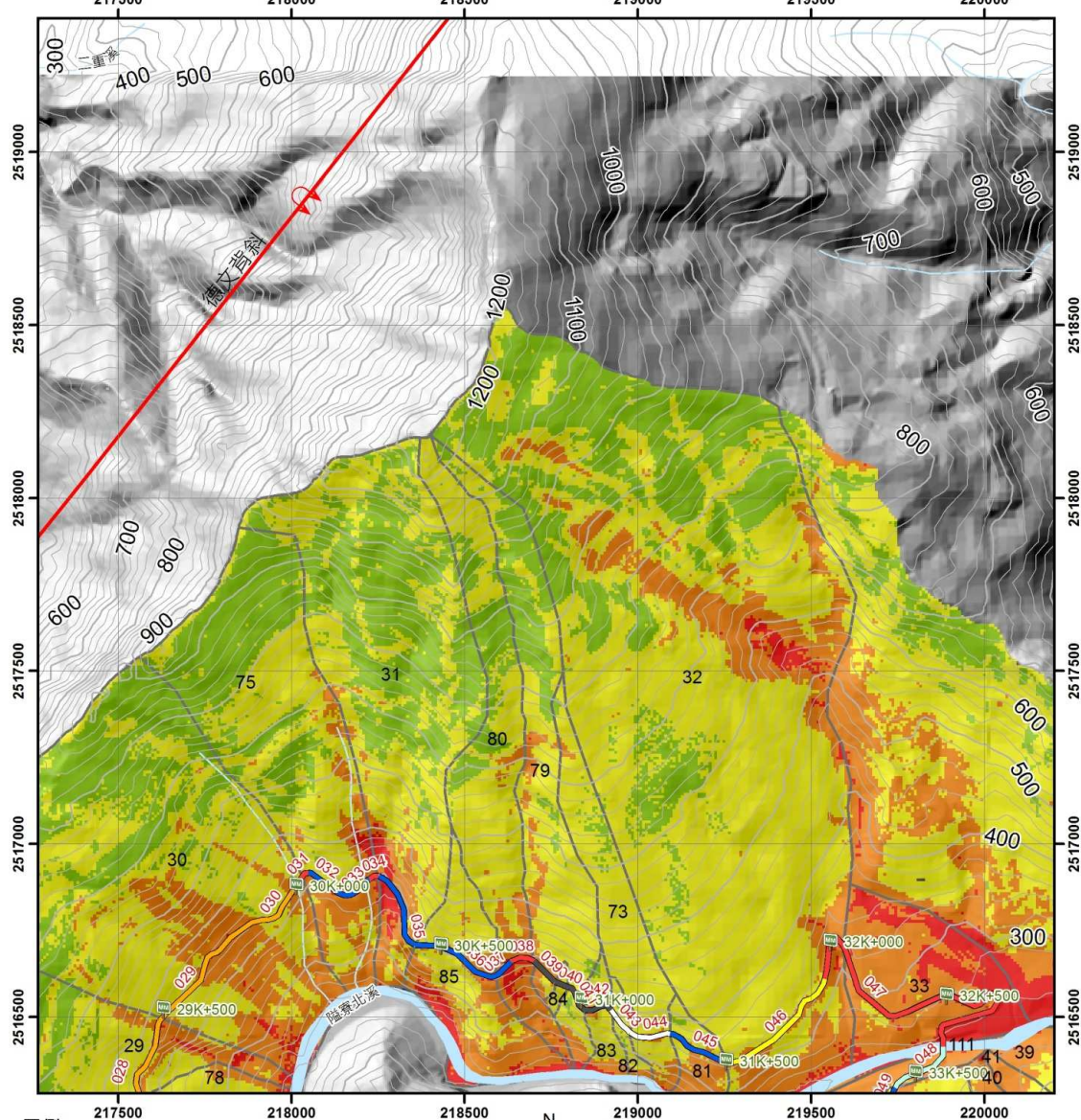
表 6-2 易致災路段圖層欄位規劃表

檔案名稱		資料名稱	易致災路段
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
ID	路線編號	C(10)	例: T24_001
FNode	路線起始樁號	C(10)	例:30K+500
TNode	路線終止樁號	C(10)	例:31K+300
HazType	主要災害類型	C(10)	岩屑崩滑、順向坡、岩體滑動 落石、土石流、河岸侵蝕 蝕溝、安全路段
SP	山崩潛感值	C(10)	高、中、低
TLoc	所在地形區位	C(20)	陡坡地形、鄰河階陡坡、緊鄰河岸、舊山崩凹谷狀地形、順向坡扇狀地、河階台地
HLoc	災害發生區位	C(10)	上邊坡、下邊坡、全坡面
HazDesb	重大災害案例簡述	C(255)	
DLevel	易致災路段危險度評估	Date	高、中、低
RainThrd	降雨警戒基準	N(4.1)	例: 400mm
S	災害潛勢	N(6.3)	0~1
L	災害損失程度	N(6.3)	0~1
P	災害發生機率	N(6.3)	0~1
R	災害風險值	N(6.3)	0~1
DDate	資料建置日期	Date	符合西元年yyyymmdd格式

6.2 成果圖製作

本計畫之成果圖包括道路山崩潛感圖、道路環境地質敏感區圖與道路風險圖，以1:5000比例尺A1尺寸製作，各11幅，而成果範例如圖6.1~6.3，成果如附錄八~附錄十。

圖號：95184098 省道台24線易致災路段山崩潛感圖

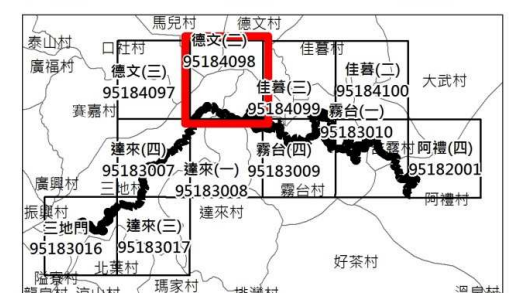


圖例

72 斜坡單元 易致災路段 032	梅姬颱風山崩潛感圖
褶皺	主要災害類型
倒轉向斜	落石
倒轉背斜	岩屑崩滑
等高線	岩體滑動
水系圖	順向坡
	蝕溝
	土石流
	河岸侵蝕
	無顯著災害

超低潛勢
低潛勢
中潛勢
高潛勢
超高潛勢

0 0.125 0.25 0.5 公里



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研發發展基金會

圖 6.1 台 24 線道路山崩潛感圖範例

圖號：95184098 省道台24線道路環境地質敏感區圖

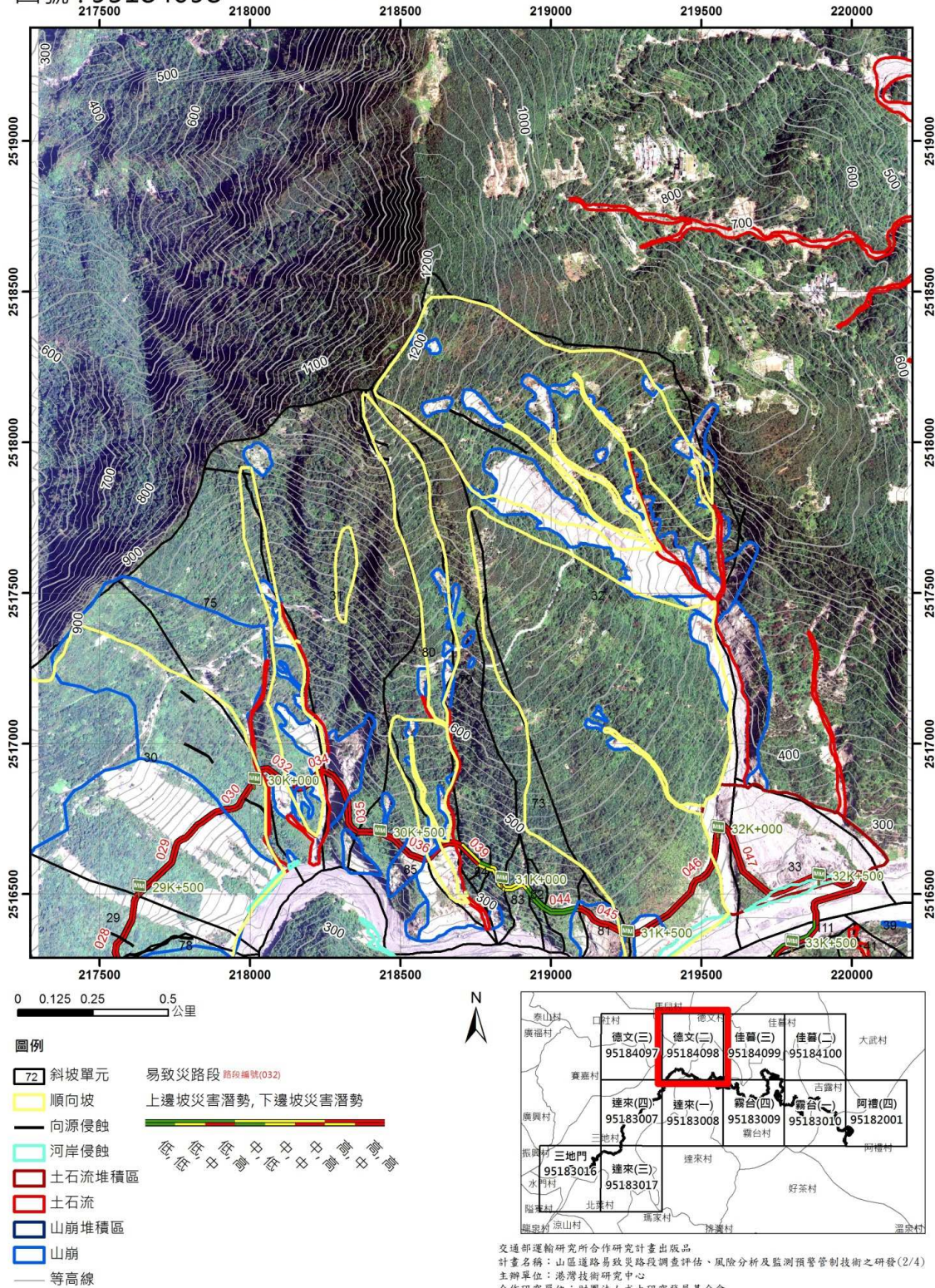


圖 6.2 台 24 線道路環境地質敏感區圖範例

圖號: 95184098 省道台24線道路環境地質敏感區圖

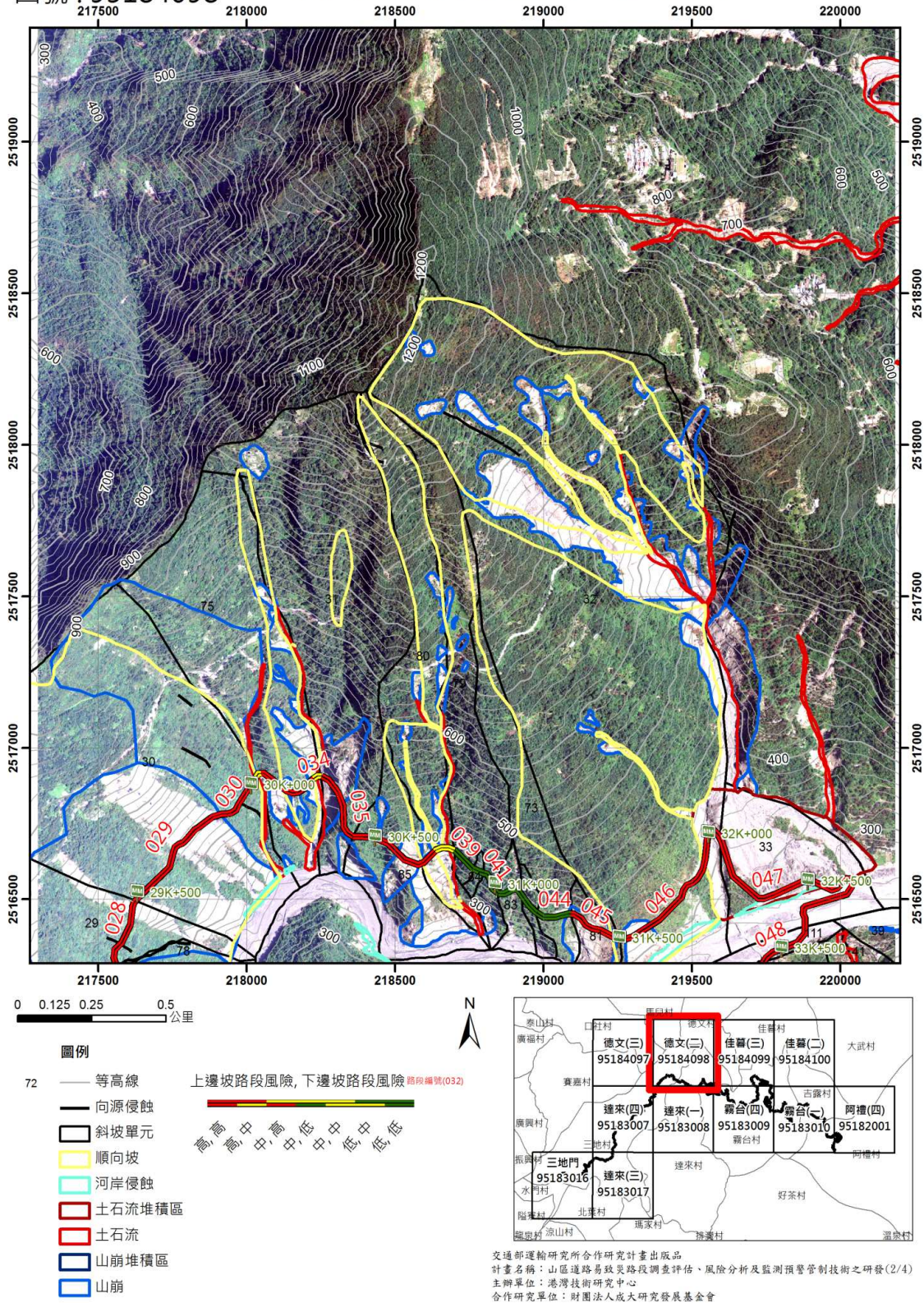


圖 6.3 台 24 線道路風險圖範例

第七章 結論與建議

本計畫以台24線三地門至阿禮段之山區道路為研究對象，以集水區坡面為分析單元，結合環境地質敏感區概念，依據地形、地質與災害特性，進行山區易致災路段劃分。同時進行山崩目錄置、重大災例蒐集與大規模山崩判釋等方式建置災害區位，並分析其災害潛因（水文、地形與地質），透過證據權法進行山崩潛勢分析，並結合誘因（降雨）分析，進行災害危害度與損失程度分析，建立山區道路災害風險分析模式，以為後續山區道路災害監測預警與營運管理基礎。

7.1 結論

1. 本研究使用自 2005 年至 2011 年之颱風豪雨事件的福衛二號影像 18 幅，所判釋出的崩塌面積及數量統計結果顯示，歷史山崩面積與數量自 2008 年米塔颱風後，有逐年增加的趨勢，而 2009 年莫拉克颱風顯示極端降雨事件造成崩塌面積與數量急遽增加的現象。
2. 本計畫蒐集重大災害案例共 39 處，其中有 29 處實際發生阻斷，以河岸侵蝕為最多共計 10 次，其中共有 9 處皆為 30K+890 的伊拉橋產生的交通阻斷，其次為岩體滑動共計 9 次。在重大災害案例復建措施分析結果方面，依據調查結果顯示 29 處復建措施工程現況中，13 處既有工程、5 處新建工程與 11 處緊急工程。在 13 處既有工程中，有 1 處全部毀損、有 7 處部分毀損、有 5 處運作良好，此顯示有超過一半以上之既有工程設施有持續受破壞的情形。
3. 本研究以 5 公尺網格解析度數值地形為分析材料，依據坡向與地形進行坡面單元劃分，共劃分出 119 個坡面單元。若將地質敏感區進行疊合分析，同時具有 5 種地質敏感區發育者共計 3 處，就空間分布而言主要集中在達來至伊拉路段，而同時具有 4 種地質敏感區發育者共計 18 處，同時具有 3 種地質敏感區發育者共計 23 處。

4. 易致災路段劃分方法主要以坡面單元劃分結果(共 119 個坡面單元)為基礎，結合環境地質敏區特性與水系分析結果，共將台 24 線自三地門至阿禮路段劃分為 138 段，這些路段在災害類型統計方面以岩屑崩滑為主共有 42 個路段，其次為岩體滑動共有 22 個路段，而有 18 個路段則無顯著災害路段，相對於其他路段而言，屬於安全路段，可考量建構臨時駐車與避難空間，供用路人於災害來時避難使用。若將上述之路段進行災害發生之邊坡區位分析，屬全坡面發育者共有 96 處佔絕大多數，此顯示本路段之地質環境不佳，易造成全坡面之崩壞災害。再者，若依據易致災路段所處之地形進行分析，超過 50% 以上的路段位於陡坡地形，共計 72 個路段，其次為緊鄰河岸與位於順向坡。而在易致災路段災害潛勢調查與分析成果部分，災害潛勢高者共有 83 個路段、災害潛勢中者共有 30 個路段、災害潛勢低者則有 25 個路段。
5. 在大規模滑動區位判釋、成因、特性分析上，經資料蒐集、判釋與現地調查結果，顯示研究區域內之大規模滑動區位共計有 7 處。依據本計畫大規模滑動區之類型分類，屬於類型 II 者共計 3 處、屬於類型 III 者共計 1 處、屬於類型 V 者共計 3 處。在發生的特性與成因分析部分，地質構造方面皆為板岩區，而在地質敏感區部分，大部分位處順向坡、有 2 處具河岸侵蝕特性、有 2 處具蝕溝侵蝕影響。
6. 山區道路易致災路段風險主要依據災害潛勢(S)、發生機率(P)與損失程度(L)進行風險評估，分析結果顯示台 24 線易致災路段風險值，以 32K+700 至 33K+100 伊拉橋之河岸侵蝕風險為最高，其次為 35K+350 至 35K+640 之岩體滑動風險為次之。因 32K+700 至 33K+100 伊拉橋復建工程為高架長跨距橋梁，相較於其他路段之復建經費高出許多，因此也影響風險分析結果。

7.2 建議

採用坡面單元結合地質敏感區進行易致災路段劃分，為新的劃分方法，針對計畫之成果應用與後續研究方向則有以下建議：

1. 採用坡面單元結合地質敏感區進行易致災路段劃分，各路段具相近物理特性與災害發生機制，有利於掌握災害特性、進行預警、管制等對策研擬。此劃分方法可確立各易致災路段之區位、致災因子與誘發因子，後續建議可擴及各山區道路進行實際劃分與驗證，並協請各相關單位(如農委會、經濟部、交通部等)提供所需之致災因子資料，以提升本方法劃分精度。
2. 易致災路段之風險分析有待詳細之災害發生時間與當時雨量資訊，本年度使用氣象局雨量站之雨量資料，因其空間解析度低，因此影響降雨機率的計算結果與風險分析效益，因此建議後續可針對重大災害案例路段進行簡易自計式雨量站設置，再視經費擴及至各路段以提升風險分析之精度。
3. 為有效進行道路管理，建議可以用現有之 LiDAR 測繪車科技，進行公路上下邊坡之地形、道路與設施之蒐集管理作業，建立道路結構物與附屬設施、地形、地物等基本資料庫，並建立道路管理系統。同時定期利用測繪車進行公路上下邊坡之資料蒐集作業，針對不同時期之道路結構物與附屬設施，透過分析軟體進行差異比對，找出設施狀況變化區域，供巡查人員於巡察時參考，針對不同時期之道路上下邊坡進行變易分析，找出經常變易區位與易致災路段資料庫，做為後續治理與防救災依據

本期研究成果與效益有：1. 採用坡面單元結合地質敏感區進行易致災路段劃分，此方法可清楚界定各易致災路段的範圍、主要災害類型與災害特性、警戒基準與風險估算。2. 已初步完成山區道路之災害風險評估模式，可提供路管單位於提前應變措施參考。3. 本計畫之執行經驗及成果可做為本所後續相關研究之基礎。

參考文獻

1. Keefer, D. K., 1984, "Landslides caused by earthquakes," Geol Soc Am Bull , Vol.95 , pp. 406-421.
2. Koukis, G. and Ziourkas, C., 1991, "Slope instability phenomena in Greece: A Statistical analysis," Bulletin of the International Association of Engineering Geology , Vol. 43 , pp. 47-60.
3. Mora, S. and Vahrson, W. 1993 "Macrozonation methodology for landslide hazard Determination," Bulletin of the International Association of Engineering Geology.
4. Fernandez, C. I., Castillo, T. F., Hamdouni, R. E. and Momtero, J. C., 1999 "Verification of Landslide Susceptibility Mapping:A Case Study," Earth Surface Processes and Landforms 24, pp. 537-544 .
5. Popescu, M. E., 2002, "Landslide causal factors and landslide remedial options," Keynote Lecture, Proceedings 3rd International Conference on Landslides, Slope Stability and Safety of Infra-Structures, Singapore , pp. 61-81.
6. Bernhardsen, T., 1999, Geographic Information System : An Introduction, 2nd.ed., John Wily & Sons.
7. Drummond, J. E., 1991, "Determining and Processing Quality Parameters in GISs," University of Newcastle upon Tyne, Ph.D. Thesis.
8. WFPB(Washington Forest Practice Board),1993, Standard Methology for Conducting Watershed Analysis, Version2-0, WFPB, p. 85.
9. Wu, W. and Sidle, R. C., 1995, "A Distributed Slope Stability Model for Steep Forested Basins," Wat. Resour. Res.31, pp. 2097-2110.
10. Miller, D. J. and Sias, J., 1998, "Deciphering Large Landslides:Linking Hydrological,Groundwater and Slope Stability Models Through GIS,"

Hydrological Processes 12, pp. 923-941.

11. Lin, W. T, Chou, W. C., Lin, C.Y., Huang, P.H. and Shyan, T.J., 2005, "Vegetation recovery monitoring and assessment at landslides caused by earthquake in Central Taiwan".
12. Nikolakopoulos, K. G., Vaiopoulos, D. A., Skianis, G. A., Sarantinos, P. and Tsitsikas, A., 2005, "Combined use of remote sensing, GIS and GPS data for landslide mapping," Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '05 Proceedings, IEEE international, pp. 5196-5199.
13. Lin, C. W., Liu, S. H., Lee, S. Y. and Liu, C. C., 2006, "Impacts of Chi-Chi earthquake on subsequent rainfall-induced landslides in central Taiwan," Engineering Geology 86, pp. 87-101.
14. Liu, H. Y., Gao, J. X. and Li, Z. G., 2001, "The advances in the application of remote sensing technology to the study of land covering and land utilization," Remote Sensing for Land and Resources, Vol. 4, pp. 7-12.
15. Coppin, N. J. and Richards, I. G., 1990, Use of Vegetation in Civil Engineering, pp.23-36.
16. Goh, A. T. C., 1994, "Seismic Liquefaction Potential Assessed by Neural Networks," Journal of geotechnical engineering, ASCE, 120(9), pp.1467-1480.
17. Lee, S., Ryu, J.H., Lee, M.J., and Won, J.S., 2003, "Use of an artificial neural network for analysis of the susceptibility to landslides at Boun, Korea," Environmental Geology 44, pp. 820-833.
18. Lee, S., Ryu, J. H., Won, J. S. and Park, H. J., "Determination and application of the weights for landslide susceptibility mapping using an artificial neural network," Engineering Geology 71, 2004, pp. 289-302.
19. Kanungo, D. P., Arora, M. K., Sarkar, S. and Gupta, R. P., 2006, "A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide

- susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas,” *Engineering Geology* 85, pp. 347-366.
20. Bishof et al., 1992, “Multispectral Classification of Landsat Images Using Neural Network,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, pp. 482-490.
 21. Jarvis, C. H. and Stuart, N., 1996, “The Sensitivity of a Neural Network for Classifying Remotely Sensed Imagery,” *Computers and Geosciences*, 22(9),pp. 959-967.
 22. Yoshida,T. and Omatu, S., “Neural Networks Approach to Land CoverMapping,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32(5), pp. 1103-1109.
 23. Holland, J. H., 1975, *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Ann Arbor: The University of Michigan Press.
 24. Goldberg, D. E., 2007, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison- Wesley, Reading.
 25. Sexton, R. S. and Dorsey, R. E., 1998, “Toward global optimization of neural network: A comparison of the genetic algorithm and backpropagation,” *Decision support system*, Vol.22, pp. 171-185.
 26. Sexton, R. S. and Gupta J. N., 2000, “Comparative evaluation of genetic algorithm and backpropagation for training neural networks,” *Information Sciences*, Vol.129, pp. 45-59.
 27. Blanco, A., Delgado, M. and Pagalajar, M. C., 2001, “A real-coded genetic algorithm for training recurrent neural network,” *Neural Network*, Vol.14, pp. 93-105.
 28. Chen, Y. R., Hsieh, S. C. and Liu, C. H., 2010, “Simulation of Stress-Strain Behavior of Saturated Sand in Undrained Triaxial Tests Based on Genetic Adaptive Neural Networks,” *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, EJGE, Vol. 15, Bund. Q, pp.1815-1834.
 29. Haralick, R.M., Shanmugam, K. and Dinstein I., 1973, “Textural Features for Image Classification”, *IEEE Trans. On Syst., Man, and*

- Cybern., 3(3):610-620.
30. ESRI, ArcGIS 9-Using ArcGIS Desktop 2006, Environmental Systems Res. Inst.
 31. ERDAS Worldwide Headquarters, 2001, ERDAS IMAGINE Tour Guide, ERDAS.
 32. MATLAB, User Guide 2008, The Mathworks.
 33. Miller, D. J. and Sias, J., 1998, "Deciphering Large Landslides: Linking Hydrological, Groundwater and Slope Stability Models Through GIS," Hydrological Processes 12, pp. 923-941.
 34. Chen, Y. R., Chen, J. W., Shih, S. C. and Ni, P. N., 2009, "The Application of Remote Sensing Technology to the Interpretation of Land Use for Rainfall-induced Landslides Based on Genetic Algorithms and Artificial Neural Networks," IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (JSTARS), Vol. 2, No. 2, pp. 87-95.
 35. Varnes, D.J., 1984, "Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice". UNESCO Press, Paris, p. 63.
 36. 陳繼藩、徐守道、陳世旺，1997，「應用非監督性類神經網路於 SPOT 衛星影像，分類之研究」，航測及遙測學刊。
 37. 陳信雄，1995，山崩地調查與分析，渤海堂。
 38. 李錦育，1996，集水區經營，睿煜。
 39. 陳信雄、李錦育，1986「山坡地災害調查及其相關因子之研究」，中華林學季刊，18（4），頁.37~43。
 40. 張石角，1987，「山坡地潛在危險之預測及其在環境影響評估之應用」，中華水土保持學報 18（2），頁 41~62。
 41. 謝正倫，2000，「臺灣地區土石流資料庫之建置與應用」，集水區土石災害防治與資料庫技術應用推廣研討會論文集，頁 77-92。
 42. 周天穎、簡甫任、雷祖強，2003，"知識庫輔助都市地區土地利用

- 變遷偵測之應用”，航測及遙測學刊，第八卷，第一期，頁 67-90。
43. 邵泰璋、史天元，2000，「類神經網路於多光譜影像分類之應用」，航測及遙測學刊，卷 5：1，頁 1-15。
 44. 葉怡成，2000，類神經網路模式應用與實作，儒林，臺北。
 45. 蘇木村、張孝德，2001，機器學習：類神經網路、模糊系統以及基因演算法則，二版，臺北市，全華。
 46. 行政院農業委員會水土保持局，2003，遙測技術在山崩地、土石流及坡地管理應用計畫，頁 3-5。
 47. 瀨尾克美、船崎昌繼（1973），「土砂害(主に土石流的被害)と降雨量について」,砂防学会誌(新砂防),26(2)(通卷 89 号): pp.22-28.
 48. 陳怡睿，陳景文，謝舜傑，倪柏寧，2008，「類神經網路與基因演算法應用於土地開發因子與坡地土砂災害之評估模式建置」，第六屆海峽兩岸山地災害暨環境保育學術研討會論文光碟，逢甲大學，臺中。
 49. 陳怡睿、陳景文、謝舜傑、倪柏寧、陳盈秀，2009，「基因演算法自動演化類神經網路技術應用於坡地土砂災害評估模式之建置」，2009 臺灣地理資訊學會暨學術研討會論文集光碟。
 50. 陳怡睿，謝舜傑，陳景文，倪柏寧，2010，「基因演算法自動演化類神經網路應用於山崩災害之評估」，Journal of Chinese Soil and Water Conservation, 中華水土保持學報，第 41 卷，第 1 期，pp. 61-72。
 51. 鄭明淵，2007，「臺灣山區道路邊坡災害防治最佳化之研究---子計畫：道路邊坡山崩潛勢分析及災損風險評估(III)」，行政院國家科學委員會補助專題研究計畫，計畫編號：NSC 96— 2625—Z—011—002。
 52. 蘇文瑞、蔡元芳、林立偉、陳怡臻，2010，「國民小學天然災害風險評估之研究—以土石流、洪水、地震為例」，華岡地理學報，第 25 期，pp. 21-35。

53. 國家災害防救科技中心，2008，『精進颱風災害應變預警技術技術報告』。
54. 國家災害防救科技中心，2009，『颱風災害風險評估方法之建立技術報告』。
55. 陳韻如、林聖琪、王俞婷、李宗融，2011，「山區道路崩塌災害潛勢評估」，臺灣公路工程，第 37 卷「第 1 期」，pp.5-24。
56. 李維峰、林秉賢、李漢鑑、連惠邦，2010，「山區道路崩塌風險前世評估-以台 14 線為例」，港灣報導。
57. 國道新建工程局，2000，「邊坡坍塌案例回饋設計之研究」，臺北。
58. 水土保持局、中華水土保持學會，2005，「水土保持手冊-工程篇」。
59. 交通部公路總局第三區養護工程處，2010，「台 24 線 24K~48K（三地門鄉達來村至霧臺鄉阿禮村）簡報」。
60. 陳進發，2010，「從橋梁之流域管理與山區公路之風險管理談公路總局之百年防汛」，臺灣公路工程第 37 卷第 6 期。
61. 吳淵洵、周南山，2000，「臺灣山區道路邊坡災害及搶修處理工法之探討」，臺灣公路工程第 32 卷第 12 期。
62. 何泰源，2006，「臺灣山區公路建設與環境保護之工程技術」，臺灣公路工程期刊，第 32 卷第 15 期。
63. 黃安斌、林志平、董家鈞、廖志中、潘以文，2002，「道路邊坡高效能監測系統研發與崩塌預警基準制訂」，交通部研究計畫。
64. 李秉乾、許盈松、許懷後，2004，「山區道路邊坡監測系統自動化及緊急臨時通報系統研發」，交通部。

附錄一

工作會議紀錄

第一季工作會議

壹、計畫名稱：「山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)」

貳、計畫編號：MOTC-IOT-101-H1DB007b

參、會議時間：民國 101 年 02 月 09 日（星期四）上午 10 時 30 分

肆、會議地點：長榮大學土地管理與開發學系會議室

伍、主持人：港研中心 邱永芳 主任

陸、記錄：

柒、出席單位及人員：

	簽名
財團法人成大研究發展基金會	
	曾志良
	楊淑郎
本所港研中心	
	邱永芳
	謝明芳
	張道光

工作會議紀錄

編號：001

採購案編號：MOTC-IOT-101-H1DB007b

採購案名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)

時間：101年2月9日 上午 09:30

地點：長榮大學土地管理與開發學系會議室

出席者：港研中心：

財團法人成大研究發展基金會：

記錄：

討論議題：

1. 計畫使用的高精度數值地形之原始資料因密度不足可能會導致重大崩塌判釋果錯誤，同時高精度數值地形之取得成本是符合需求，亦須進一步進行評估。
2. 利用坡面單元進行易致災路段之劃分之精度問題可否滿足公路養換單位所需，是否與現有劃分方法進行比較？
3. 本計畫主要關注公路上下邊坡之災害狀況，而與所在邊坡之關係需進一步釐清。
4. 示範道路選定問題討論。
5. 降雨基準與警戒的問題討論。

主要結論：

1. 建議研究團隊提出不同大規模崩塌判釋材料之優劣比較，並提出依本案具體可行之方案，供公路實務單位參考。
2. 在易致災路段劃分方面，建議研究團隊細分坡面單元，並進行公路易致災點之位置比較，嘗試整併這兩種資料，達到最佳化的劃分結果。同時參考前計畫方法進行評估，以延續計畫成果。
3. 研究團隊在進行山崩潛感分析時，應著重在道路上、下邊坡，以避免分析結果失去代表性。
4. 原則同意本年度選定台 24 線為示範區，以團隊提出之方法建立完整之作業流程，後續計畫則應依本中心選定之示範道路進行不同方法之分析比較，以提升計畫之實用性與效益。
5. 本中心另有崩塌降雨基準相關之研究案，後續可將結果提供團隊參考。

第二季工作會議

壹、計畫名稱：「山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)」

貳、計畫編號：MOTC-IOT-101-H1DB007b

參、會議時間：民國 101 年 06 月 05 日（星期二）上午 10 時 00 分

肆、會議地點：本所港研中心 5 樓會議室

伍、主持人：港研中心 謝明志 科長

陸、記錄：

柒、出席單位及人員：

	簽名
財團法人成大研究發展基金會	何世生
	曹叙郎
本所港研中心	謝明志
	林玲煒
	方善道光
	胡哲文

工作會議紀錄

編號：002

採購案編號：MOTC-IOT-101-H1DB007b

採購案名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)

時間：101年6月5日 上午 10時

地點：本所港研中心5樓會議室

出席者：港研中心：謝明志、張道光、林玲煥、胡啟文

財團法人成大研究發展基金會：黃敏郎、何岱杰

記錄：黃敏郎

討論議題：

1. 前期計畫成果的引用
2. 易致災路段之劃分方式
3. 崩塌降雨基準的分析材料採用時雨量與累積雨量的問題
4. 計畫成果的展現方式
5. 期中報告格式討論

主要結論：

1. 請研究團隊參考本計畫第一年度之計畫成果，以避免前後期計畫成果差異太大。
2. 建議研究團隊將道路工程整治納入致災因子考量，以評估工程效益。
3. 請團隊補充說明計畫成果之展現方式，如何提供工務段人員實務應用參考。
4. 本計畫之崩塌降雨基準建議考量時雨量與累計降雨量，以提升評估之精度。
5. 建議團隊莫拉克颱風之極端事件所產生大規模崩塌，對於易致災段劃分之影響。
6. 目前本計畫易致災路段之劃分方式較以往具客觀性，惟請團隊參考上一年度計畫之道路破壞程度分類-"未損壞"、"輕微"、"中度"、"嚴重"等方式進行後續之成果展現。
7. 建議團隊加強道路防救災策略之研擬作為。
8. 請依本所報告的格式編排。

第三季工作會議

壹、計畫名稱：「山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)」

貳、計畫編號：MOTC-IOT-101-H1DB007b

參、會議時間：民國 101 年 09 月 24 日（星期一）下午 03 時 00 分

肆、會議地點：本所港研中心 5 樓會議室

伍、主持人：港研中心 謝明志 科長

陸、記錄：

柒、出席單位及人員：

	簽名
財團法人成大研究發展基金會	謝志宏
	黃敏郎
本所港研中心	謝明志
	張道光

工作會議紀錄

編號：003

採購案編號：MOTC-IOT-101-H1DB007b

採購案名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)

時間：101年9月24日 下午3時

地點：本所港研中心5樓會議室

出席者：港研中心：謝明志、張道光

財團法人成大研究發展基金會：曾志民、黃敏郎

記錄：黃敏郎

討論議題：

1. 易致災路段劃分結果討論。
2. 重大災害案例復建措施討論。
3. 易致災路段危險度討論。
4. 易致災路段風險分析討論。
5. 期末報告格式討論。

主要結論：

1. 請研究團隊依據期中報告委員意見內容進行期末修正，並充實參考文獻章節內容。
2. 易致災路段危險度請依據道路上、下邊坡分別呈現分析結果。
3. 易致災路段風險分析所需工程經費，請研究團隊再進行蒐集。
4. 易致災路段劃分結果已有道路里程資訊，請研究團隊再補充路段編號資訊。
5. 請依本所報告的格式編排規定，於指定期限內完成期末報告書撰寫。

附錄二

期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)

合作單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
中興大學土木工程學系 林炳森 教授(共 15 項)		
1.工作項目：為山區道路重大災例蒐集成因特性與復建措施分析→對復建措施說明較少。	1.謝謝委員意見，後續將行文取得交通部公路總局第三區養護工程處相關復建措施以完成此分析工作。	同意
2.P2-15 山崩潛勢圖分析所用網格(1)河道距離採8mX8m，但在 P2-18 卻為5mX5m。(2)岩性採8mX8m，但坡度採5mX5m→建議應採用相同網格。	2.謝謝委員意見，此僅說明資料之解度，最後分析皆以5mX5m進行山崩潛感分析。	同意
3.易致災路段分析(1)應考慮破壞機制之種類，(2)分數 ≥ 6 為高潛勢，3~5為中潛勢， < 2 為低潛勢，其依據為何？(3)另有災害歷史為3分，應考慮其復建措施之影響。	3.謝謝委員意見，各易致災路段將納入破壞機制之分析探討，潛勢評分依據與復建措施之影響將於成果報告中進行細部說明。	同意
4.P4-39 在報告中有多處受河岸侵蝕影響，但水利署正在進行河段整治與保護，應蒐集水利署未來規劃整治工程。	4.謝謝委員意見，將嘗試蒐集水利署相關之整治資料進行分析。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
5.P2-1 流程圖中，歷史山崩建置少一個箭頭。	5.謝謝委員意見，已進行更正。	同意
6.P2-3 GIS 應說明網格尺寸。	6.謝謝委員意見，網格式 GIS 資料之尺寸視產製之數值地形而定，並無固定尺寸，以國內為例最常用之尺寸為 40 米與 5 米。	同意
7.P2-31 地震因子說明較少。	7.謝謝委員意見，本計畫工作項目「探討山區道路邊坡致災因子、誘發因子(降雨)及道路邊坡破壞與否間之關係，並建立分析模式」中，主要探討之誘發因子為降雨，因此針對地震因子並未多加強調。	同意
8.P3-1，Varnes1984 應列入後面 P 參-1，參考文獻內。	8.謝謝委員意見，已依據委員意見進行更正。	同意
9.P3-2，表 3-1 應列出處。	9.謝謝委員意見，已依據委員意見進行更正。	同意
10.P4-7，以地形坡度大於 10 度與 24mX24m → 應與 P2-15，表 2-4 一致。	10.謝謝委員意見，已依據委員意見進行更正。	同意
11.P4-37，表 4-10，之斜坡編號應畫在圖 4-65 上。	11.謝謝委員意見，已依據委員意見進行更正。	同意
12.P4-39，表 4-11，LS03 在圖 4-68 亦有河岸侵蝕。	12.謝謝委員意見，已依據委員意見進行更正。	同意
13.P5-3，表 5-1，缺最大 24hr 雨量。	13.謝謝委員意見，已依據委員意見進行更正。	同意
14.P5-6，圖 5-3，卡梅姬與莫拉克和其他颱風不一	14.謝謝委員意見，已依據委員意見進行更正。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
致，故應分第一項降雨或第二項降雨。		
15.P7-1，結論重大災害案例 36 項→與 P4-37，39 項不一致。	15.謝謝委員意見，重大災害案例應為 39 項，已依據委員意見進行更正。	同意
臺北科技大學土木工程系 施邦築 教授(共 5 項)		
1.示範區的過去災例蒐集尚完整，但緊急修復重建的工法蒐集及其有效性分析，建議再加強。	1.謝謝委員意見，後續將行文向交通部公路總局第三區養護工程處取得相關緊急修復重建的工法蒐集及其有效性分析以完成此分析工作。	同意
2.斜坡單元乃依據坡度、坡向、水系，建議包括地質，以將本研究計畫成果適用於全臺灣。	2.謝謝委員意見，本研究認為坡度、坡向、水系皆會反映出地質特性，因此已將地質納入考量，後續將以其他區域之特性進行斜坡單元劃分方法之驗證與修正。	同意
3.斜坡單元的記錄表單裏，應含單元內路段的公路里程，以適用於公路管理者。	3.謝謝委員意見，後續將向交通部公路總局第三區養護工程處取得公路里程資訊，以增加本計畫成果之實用性。	同意
4.公式 $R=S.P.L$ ，其中 L 為道路單位長度所需修復經費，但不同斜坡單元有不同道路長度，修復工法相當多，費用及有效性亦不同，如何決定？發生機率 P 代表達山崩警戒雨量值之機率，是否其他坡	4.謝謝委員意見，L 部分將再進行細部之探討，並於期末報告前提出具體方案。發生機率 P 代表各類災害之警戒雨量值之機率，因此不同之災害有不同之警戒雨量值機率。而警戒雨量值建議須逐年	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
地災害類型亦適用？而警戒雨量值會因地震颱風豪雨事件之後而變動，如何處理？	修正，以此建立不同路段之警戒降雨模式。	
5.建議整體四年計畫過程中，多瞭解(1)其他地在公路的適用性，(2)公路管理者的使用性，以利以後推廣應用。	5.謝謝委員意見，將透過實務單位之諮詢方式，瞭解本計畫成果之公路適用性與後續之推廣方式。	同意
清雲科技大學土木工程系 許書王 教授(共 6 項)		
1.現有第 3 章文獻回顧共 4 頁，相對於本研究內容而言，似不符合比率原則，宜更擴大蒐集相關文獻充實本報告之內涵。	1.謝謝委員意見，將擴充文獻回顧內容，以充實本報告之內涵與並收斂本計畫之研究主軸。	同意
2.報告中有多處錯、漏字部分，例如 2-29、2-13、4-7...，請研究團隊再加覆核，維護報告品質。	2.謝謝委員意見，將再詳加檢查報告內容。	同意
3.災後形成之堰塞湖，往往成為復舊難易或再次災害之潛勢因子，本研究既為易制災之調查「評估」，因此對於易致災之狀況建議考量延伸前述之因子與後續分析建議。	3.謝謝委員意見，本計畫後續可嘗試利用已蒐集之資料進行堰塞湖發生區之初步判定，以提供後續分析參考。	同意
4.本研究之資料庫建置等資訊系統，建議考量配合港研中心或防災相關單位之格式，以利未來整合應用。	4.謝謝委員意見，將依據委託單位之要求，依規定完成各項資料之建置作業	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
5.P4-7 對於因不同因素影響而易遭誤判之區域，並需人工修正部分，建議於期末報告時表列供參。	5.謝謝委員意見，人工修正部分，將於期末報告時表列供參。	同意
6.由於天候及人類活動問題，持續性之坡地變化將為常態，本研究結果是否將受時間影響，進而導致使用單位誤判，若然，建議請考量因應措施例如調查頻率、因子、權重等之建議。	6.謝謝委員意見，本研究認為斜坡單元之主要災害不易隨天候及人類活動而導致災害類型改變，但卻可加速或擴大災害發生頻率與規模。因此建議可提高資料更新頻率，以提升計畫成果精度。	同意
交通部公路總局養路組 何鴻文 副組長(共 6 項)		
1.台 24 線阿禮~知本段已解編，莫拉克颱風後復建重點為三地門~霧台段，後續研究之工作項目之復建措施分析，請以該路段為研究重點。	1.謝謝委員意見，將依委員意見將重點放置於三地門~霧台段進行分析。	同意
2.研究採用之分析事件中，梅姬颱風之主要影響範圍並非台 24 線，建議是否改以其他颱風或豪雨進行分析。	2.謝謝委員意見，本研究認為非極端降雨所導致的災害，對於警戒值律定極為關鍵，因此建議仍納入考量。	同意
3.XIII 頁"若為當年度第一場豪雨....累積雨量約為 600mm 以上...."，請註明累積雨量之歷時；另臺灣地區豪雨來源非僅颱風，請修正。	3.謝謝委員意見，已依據委員意見進行更正。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
4.研究報告內有關重大災害案例之數字不一致，請再查核，並請針對重大災害案例作明確定義。	4.謝謝委員意見，由於重大災害案例納入本年度之資歷進行統計，導致案例之數字不一致，此錯誤將於期末報告前進行修正。	同意
5.斜坡單元、大規模滑動區、安全路段等請標註公路樁號，以利參考。	5.謝謝委員意見，後續將向交通部公路總局第三區養護工程處取得公路里程資訊，以增加本計畫成果之實用性。	同意
6.本案題目"山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發"，除傳統所謂監測預警系統及公路總局目前預警管制作為外，期望能有更符合科學驗證之預警管制技術研發出來。	6.謝謝委員意見，預警管制技術研發為本計畫之重點項目，本年度已有初步之構想，將於期末報告進行說明，並為後續計畫年度之執行參考。	同意
前交通部公路總局養護組 吳鎮封 組長(共 8 項)		
1.四年計畫重點僅在所謂示範區台 24 線調查評估，是否可作為全省山區道路之代表，比率是多少。	1.謝謝委員意見，本計畫為研發性之計畫，因此在尚未完成驗證前，建議仍以目前每年一條示範區方式進行研究。而示範區選取原則，則考量具區域代表性與重大災害路線為依據。	同意
2.以斜坡單元評估災害與以往不同，如何使路管單位接受，其日後如何能建立資料(庫)，如何調查，路管單位有能力做嗎？	2.謝謝委員意見，本研究將提供可供實務操作之研究成果供路管單位使用，而無須自行調查與分析。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
3.建議提供簡便之調查表(格式選擇化)提供路管單位使用。	3.謝謝委員意見，本計畫並未規劃路管單位之調查作業，而提供分析結果供路管單位參考。	同意
4.衛星圖研判之準確度夠嗎？與實際之差異多大。	4.謝謝委員意見，衛星圖僅為本計畫之資料來源之一，除衛星影像外，本計畫綜合納入正射航照與數值地形等資訊進行分析。	同意
5.監控巡察預警均為養路單位極頭痛的問題，如何能推動。	5.謝謝委員意見，本計畫已有初步之監控、巡察、預警構想，將於期末報告中提出具體作法。	同意
6.示範路段分類後，建請就全省山區道路就同類型分別列舉以利參考運用。	6.謝謝委員意見，本以每年度選定一示範路段進行分類方法的確立，因工作量大，恐無法於後續計畫中同時進行全省山區道路之劃分。	同意
7.地下水造成坍方地很多是否考慮納入。	7.謝謝委員意見，地下水狀況已納入易致災路段之危險度評估表中，並透過現地調查工作進行地下水狀況蒐集。	同意
8.建議邱主任的說明納入前言，較易讓以後審查委員瞭解運研所之企圖。	8.謝謝委員意見，前言中將納入邱主任的說明。	同意
國科會災害防救應用科技方案 辦公室謝其泰 博士(共 4 項)		
1.在 3.4 監測預警管制文獻，陳進發(2011)在參考文獻未列入。	1.謝謝委員意見，已補列陳進發(2011)在參考文獻。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2.訓練與驗證事件是否可以再增加(梅雨)，以增加其可靠度。	2.謝謝委員意見，依據本計畫蒐集之 16 次事件雨量，挑選較佳之 3 次事件進行分析，目前本計畫之訓練與驗證結果皆達七成以上，應具有可信度。	同意
3.利用斜坡單元進行易致災單元的劃分，精度如何評估	3.謝謝委員意見，本計畫採用 5 米解析度之數值地形進行分析，斜坡單元之劃分精度取決於數值地形之解析度。	同意
4.大規模崩坍如何定義？	4.謝謝委員意見，本計畫大規模崩坍之定義參考地調所相關之計畫，以崩塌面積大於 10 公頃者視為大規模崩坍。	同意
交通部運輸研究所 林信得 副所長(共 2 項)		
1.請說明利用斜坡單元進行易致災路段之劃分與其他方法劃分的比較與優缺點。	1.謝謝委員意見，本研究認為不同之地質、坡度、坡向與水系發育狀況會反映不同之災害特性，而同一斜坡單元則具有相近之地質、坡度、坡向與水系特性，依據斜坡單元劃分易致災路段，可清楚界定之各路段之主要災害類型，以此可更精確進行後續路段之降雨基準、風險評估等分析，提升養路單位對易致災段之狀況掌握。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2.研究成果將來是否可全面性應用到其他公路上。	2.謝謝委員意見，全面性應用到其他公路上為本計畫之努力目標，而目前已見初步成效，仍待後續計畫進行驗證與落實。	同意
交通部運輸研究所臺灣技術研究中心謝明志 科長(共3項)		
1.目前以斜坡單元來劃分易致災路段是一個較符合物理現象來分段的好方法，但為配合工程或防救之需要，建議能在GIS圖形上標示里程數，以能應用於實務。	1.謝謝委員意見，後續將向交通部公路總局第三區養護工程處取得公路里程與坐標對照資訊，並建置成空間資料圖層，以增加本計畫成果之實用性。	同意
2.致災誘發因子標示降雨是一重要項目，文中也討論到前期降雨的影響，前期降雨包括雨量、強度、時間間距等因素，這些如何納入風險推估或預測，請在文內說明。	2.謝謝委員意見，後續工作中將加強前期降雨的影響分析並於成果報告中說明。	同意
3.成果圖的展示規劃中，有一項是道路風險圖，建議劃分上下邊坡來做呈現，因上邊坡較屬於山坡破壞，而下邊坡會和路基較有關係，宜分別呈現風險。	3.謝謝委員意見，將遵照委員意見進行成果圖的修正。	同意

附錄三

期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)

合作單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
中興大學土木工程學系 林炳森 教授(共 4 項)		
1.研究內容與成果尚符合工作項目。	1.謝謝委員意見。	同意
2.期中報告意見應加強說明：1.福衛航照圖精度 8m×8m 或 5m×5m, 2m×2m 應統一。2.P4-52,4.9.2 重大災害案例復建措施應加強說明。	2.謝謝委員意見，山崩潛勢圖分析所用網格，最後皆以 5mX5m 進行分析，詳如 2.4.2 節第 3 小節，P2-14 頁。P4-52,4.9.2 重大災害案例復建措施已選擇重要之工程案例加強說明，詳如 4.9.2 節，P4-63~4-67 頁。	同意
3.監測預警管制技術應再加強說明（雨量、地下水...等）。	3.謝謝委員意見，已加強監測預警管制技術相關文獻之蒐集與整理，詳如 3.5 節，P3-5~P3-6 頁。	同意
4.報告需修改部分： (1)P4-56，表 4-16，緊急工程應說明。 (2)P4-60，32K+890，預訂 101 年 7 月底完工，應修正。 (3)P5-3，表 5-1 災害潛勢值如何評估，應說明依	4.謝謝委員意見，已依委員意見進行報告書更正，詳如 P4-60~P4-62，P4-66，P5-1，P5-15，P6-5，P7-1。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
<p>據？</p> <p>(4)P5-13，32K+700，因經費太多未列入，建議經費應正規化。</p> <p>(5)P6-3，阿禮亦是易致災路段，圖 6.1 亦應列出道路圖。</p> <p>(6)P7-1，第二段，福衛 2 號採用 2004 年~2010 年與 P4-6，2005 年~2011 年不一致。</p>		
<p>台北科技大學土木工程系 施邦築 教授(共 4 項)</p>		
<p>1.分析中以 5m×5m 為坡地單元，易致災路段的長度(或單元數目)，可否呈現？</p>	<p>1.謝謝委員意見，已加入易致災路段的長度資料，詳如表 4-12，P4-42~4-49 頁。</p>	<p>同意</p>
<p>2.風險計算 $R=S \cdot P \cdot L$，其中 S 經正規化，值域為 0 至 1，P 與 L 為何不經正規化？另 S 的正規化計算式為何？L 為單位長度之復建經費，建議改用路段的復建經費，再經正規化計算。</p>	<p>2.謝謝委員意見，已更正計算方式，詳如表 5-5，P5-16 頁。</p>	<p>同意</p>
<p>3.$R=S \cdot P \cdot L$，主要為復建的風險計算，可否轉算為行車安全的風險。</p>	<p>3.謝謝委員意見，本年度並未考量行車相關之資料，於後續年度將加強風險的估算方式。</p>	<p>同意</p>
<p>4.以台 24 線為研究區，轉用到其他山區道路的適用性如何？</p>	<p>4.謝謝委員意見，本年度之研究方法可轉用到其他山區道路，於後續年度亦將選定其他山區道路進行實作並評估其適用性。</p>	<p>同意</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
逢甲大學運輸科技與管理系 徐耀賜 教授(共 6 項)		
1. 崩坍多次後之穩定性必然增加，故雨量之影響亦有改變，易致災之可能性愈來愈低，致災因子亦將改變。	1. 謝謝委員意見，本計畫將陸續蒐集各年度研究區之災害資料，並持續更新致災因子，以檢驗研究成果之實用性。	同意
2. 某些情況下或可建議改線或建 bridge。	2. 謝謝委員意見，後續工程建議將納入改線或建橋方案，因地制宜適時提出適當之工程建議。	同意
3. 岩體滑動不見得與雨量有關。	3. 謝謝委員意見，本研究初期針對目前可蒐集之資料進行警戒評估與風險估算，而目前雨量為可操作及評估資料之一。	同意
4. “重大災例區位於高災害潛勢路段”意指台 24 本身設置位置不佳，不見得代表評估方法可行。	4. 謝謝委員意見，重大災例區位於高災害潛勢路段僅為台 24 線之檢驗結果，本評估方法尚待後續研究之案例進行驗證。	同意
5. 交通維持計畫或可加入考量。	5. 謝謝委員意見，將於後續計畫中強化風險分析之災損評估項目，其中交通維持計畫將納入考量。	同意
6. 地下水之影響宜納入考慮。	6. 謝謝委員意見，地下水之影響已納入表 2-10 中，P2-28 頁。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
交通部公路總局養路組 何鴻文 副組長(共 6 項)		
1.1-2 節第三行“造成救援延誤而死傷慘重”與事實有所出入，請刪除。	1.謝謝委員意見，已將該文字予以刪除，如 1-2 節第三行，P1-1 頁。	同意
2.名詞斜坡單元或坡面單元請統一。	2.謝謝委員意見，已統一為坡面單元。	同意
3.伊拉橋橋號為 32K+890，報告內有標為 30K+890 者，請修正。交通阻斷文字說明為 9 次，惟表 4-15 為 8 次，請再查明。	3.謝謝委員意見，已修正文字描述，如 4.9.1 節，P4-56 頁。	同意
4.表 4-6 歷史颱風事件請修正為歷史事件，並註明發生時間。	4.謝謝委員意見，已進行修正，如表 4-6，P4-10 頁。	同意
5.災害風險(R)=災害潛勢(S)×發生機率(P)×損失程度(L)之各因子建議均予正規化，以避免如伊拉橋因復建經費較高而災害風險偏高之情形。	5.謝謝委員意見，已更正計算方式，詳如表 5-5，P5-16 頁。	同意
6.各易致災路段之致災因子如有需跨部會通力合作者(如農委會、經濟部)，請於報告內補充說明。	6.謝謝委員意見，已於建議中進行說明，如 7.2 節，P7-3 頁。	同意
前交通部公路總局養護組 吳鎮封 組長(共 8 項)		
1.依照管路多年來的經驗，山區道路邊坡大坍塌之主要原因多為地下水及山溝向源侵蝕所造成，建議納入研究。	1.謝謝委員意見，地下水及山溝向源侵蝕之影響已納入表 2-10 中，P2-28 頁。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2.表 4-17 為水利單位工程，表名應修正。	2.謝謝委員意見，已進行修正，如表 4-17，P4-68 頁。	同意
3.多項處理情形未註明修正後的對照頁數。	3.謝謝委員意見，已進行補充與對應如附錄二。	同意
4.處理情形 1：每年一條示範區進行研究，往後還有嗎？而其他道路如何做。	4.謝謝委員意見，後續將以每年一條示範區的方式進行研究，並持續蒐集既往之研究區域相關資料與更新研究成果。	同意
5.處理情形 2：實務操作？如何做未見說明，如時程...	5.謝謝委員意見，本計畫之實務操作部分為本研究之各項研究成果，於計畫結束前將送交各項研究成果予委託單位，再由委託單位對外提供。	同意
6.處理情形 4：正射航照及數值地形如何取得，其可靠性如何研判。	6.謝謝委員意見，正射航照及數值地形為本團隊歷年相關計畫之蒐集成果，主要資料來源為農林航空測量所，其資料精度應具有可靠性。	同意
7. 7.2 節建議易致災路段劃分雖有需要也有困難度，路管機關可否執行應探討。	7.謝謝委員意見，路管機關無須自行進行易致災路段劃分，本研究已完成研究區域易致災路段劃分，並可提供路管機關參考使用。	同意
8.易致災地區設置自計式雨量計應有需要，可參考台 18 線五彎仔自設雨量計及	8.謝謝委員意見，在後續計畫之創新監控部分將納入考量。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
地下水位模式傳送到接收網站，隨時擷取參考。		
交通部運輸研究所 林信得 副所長(共 2 項)		
1.有關結論與建議中監測管理與養護巡察措施，看似可行，但需要有具體可行的做法。	1.謝謝委員意見，後續計畫中會持續進行相關監測管理與養護巡察措施實作案例之資料蒐集，並實作以確立此方法之可行性。	同意
2.在結論與建議中提到，這個計畫確實可行，可擴及各山區道路進行實際劃分與驗證，但是在其他山區道路的地質地形的情况都不同，如果可擴及及應用，則接下來的計畫就不需再研究，所以這部分結論與建議是有落差的，也請注意。	2.謝謝委員意見，已修正結論與建議部分，目前此方法已初步獲得驗證，而後續須再持續進行其他地質區之研究以確認此方法具體可行與普遍適用。	同意
交通部運研所港研究中心 謝明志 科長(共 3 項)		
1.斜坡單元是本研究一個區域劃分很好的方法，但斜坡單元的影響對上邊坡影響較大，道路下邊坡也有影響，但受河道沖蝕的影響也極大，建議如道路風險圖還是分上下邊坡來繪製，會更實用。	1.謝謝委員意見，已重新製作道路下邊坡風險圖如附錄十。	同意
2.結論提到重大災害皆位於本研究高災害潛勢路段，顯示潛勢分析方法的可行，這點值得肯定。而此	2.謝謝委員意見，高災害潛勢路段分析項目為致災因子之分析，此部分透過現地調查可掌	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
方法的評估因子(評估細項)，幾乎都是用表層狀況來推估，建議後續研究能夠納入雨量分析，收集歷年降雨量，來做不同雨量造成之災害潛勢，好做為公路單位封路管制的依據。	握災害潛勢。而降雨則為誘發因子，可透過歷史資料之蒐集進行各路段之災害發生機率計算，此兩部分之乘積為危害度，而此已納入本年度計畫之易致災路段風險分析項目中。	
3.研究未來計畫要設計監測系統，最好還是能配合力學穩定概念來監測及設計，也就是從降雨，地下水的影響，推估安全係數，好配合目前的權重法評估結果，來做推算及預警。	3.謝謝委員意見，後續計畫將以雨量監測為基礎，輔以力學穩定分析進行安全係數之推估，其建立整體預警監測之分析模式。	同意

附錄四

期末報告簡報資料

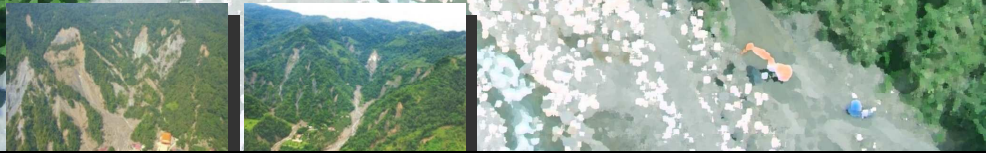
「山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)」 期末簡報

計畫主持人：曾志民 副教授

委託單位：交通部運輸研究所 港灣技術研究中心

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

DP **RC** 成功大學 防災研究中心
National Cheng-Kung University
Disaster Prevention Research Center
2012-11-13



簡報大綱

- 壹、計畫概述
- 貳、期中報告重要意見回覆
- 參、工作成果報告
- 肆、結論與建議



2

壹、計畫概述-前言

- 本研究為四年期計畫，主要進行山區道路山崩等災害目錄建置、災害潛勢分析、潛在大規模滑動區位判釋與重大災害案例蒐集等工作。
- 以集水區坡面為單元，劃分山區道路易致災路段，並探究其致災因子、危害度與損失程度等，同時進行各易致災路段之災害風險分析，依據各種災害類型與風險等級檢討現行道路監測預警系統，提出創新構思與監測管理與養護巡察措施，並研發新的預警措施，以提高國內山區道路整體安全的使用。
- 本年度為四年期之第二年計畫，**在本年度計畫主要著重在山區道路易致災路段調查與評估方法建立。**

3

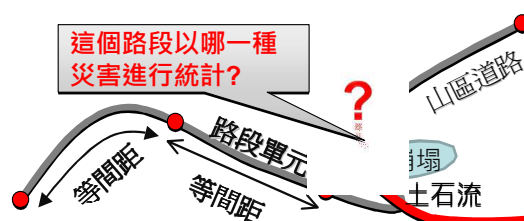
易致災路段劃分-以往研究

作法

*以往針對山區道路的易致災特性分析採用**機率法**，以**等間距**劃分易致災路段，再依據歷史災害各項因子進行災害機率統計。

存在問題

- *同一路段發育不同災害，增加統計難度。
- *統計結果受歷史災害資料數量與位置控制。
- *新增歷史災害需再進行重新統計。
- *僅得到各個路段之災害機率值。



4

易致災路段劃分-本研究概念

* 斜坡單元結合地質敏感區劃分概念

* 斜坡單元分析

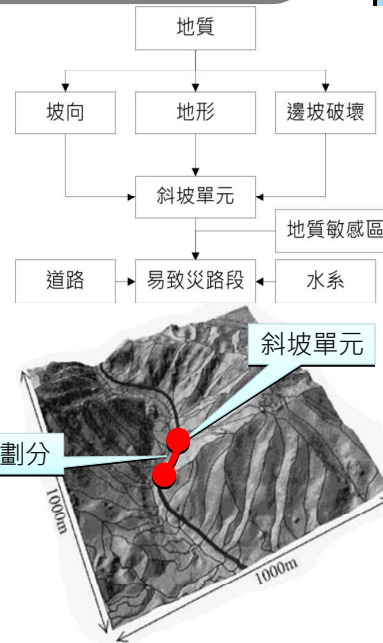
↓ * 同一斜坡單元有相近之地質、地形特性

* 易致災路段劃分

- * 斜坡單元-主要依據
- * 地質敏感區-(分析各路段主要災害類型)
- * 水系-(細分土石流、蝕溝等流動型災害)

具體效益

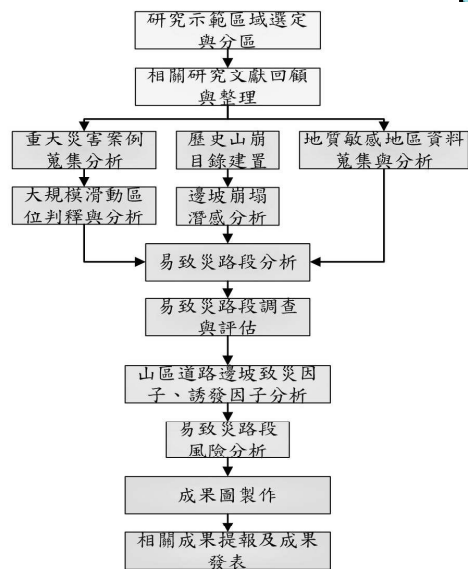
- * 各路段具相近物理特性與災害發生機制，有利於掌握災害特性、進行預警、管制等對策研擬。



壹、計畫概述-工作項目及工作流程

- 山區道路重大災例蒐集、成因、特性與復建措施分析
- 選取示範山區道路邊坡歷史山崩目錄建置、災因分析與邊坡山崩潛感分析
- 運用地理資訊系統軟體繪製降雨引致之研究區道路山崩潛勢圖
- 探討山區道路邊坡致災因子、誘發因子(降雨)及道路邊坡破壞與否間之關係，並建立分析模式
- 選取示範山區道路進行大規模滑動區位判釋、成因、特性分析
- 參考國科會格式，就本計畫成果之特性，選填合適績效指標項目，並以量化或質化方式，說明本計畫主要研究成果及重大突破

計畫前期作業
↓
山區道路易致災路段調查評估
↓
山區道路易致災路段風險分析
↓
計畫成果
↑
提送



貳、期中報告重要意見回覆

委員重要意見	提出委員	處理情形
計畫成果推廣與應用	施教授邦築、何副組長鴻文 吳組長鎮封、林所長信德	1. 建立易致災路段劃分方法 2. 提送成果至公路總局資訊室
調查成果需加註公路里程	施教授邦築、何副組長鴻文 謝科長明志	1. 已透過現地清查方式完成公路里程及坐標清查 2. 成果如圖6.1~6.3·附錄光碟
降雨基準律定	施教授邦築、謝博士其泰 謝科長明志	1. 依據歷年鄰近雨量站之降雨短延時推估重現期雨量 2. 如報告書5-2節·p.5-10
復建工程措施蒐集	林教授炳森、施教授邦築	1. 已完成29處復健設施資料蒐集 2. 如報告書4.9.2節·p.4-52~4-62
重大災例資料檢查與確認	林教授炳森、何副組長鴻文	1. 已確認29處實際阻斷案例 2. 如報告書4.9.1節·p.4-50~4-51
道路監控巡查方法與技術	何副組長鴻文、吳組長鎮封	1. 建議採用LiDAR測繪車進行工程、地形變異偵測與分析 2. 如報告書7.2節·p.7-3
文獻蒐集需再增加	林教授炳森、許教授書王	1. 文獻蒐集內容如報告書第三章

7

參、工作成果報告

- 一、台24線山區道路基本特性分析
- 二、歷史山崩目錄建置
- 三、山區道路斜坡單元劃分
- 四、邊坡山崩潛感分析
- 五、重大災害案例蒐集分析與復健措施分析
- 六、易致災路段劃分
- 七、易致災路段風險分析
- 八、資料庫建置與成果圖展現

8

一、台24線山區道路基本特性分析(1)

類型	數量	類型	數量
崩塌	313	蝕溝	54
土石流	12	河岸侵蝕	16
順向坡	27		



9

一、台24線山區道路基本特性分析(2)

- 典型地質敏感地區為位處順向坡地形且下方有河岸侵蝕現象，所引發之大規模崩塌。
- 三地門至伊拉路段間主要之地質敏感區為順向坡、蝕溝。
- 伊拉至阿禮路段之土石流數量明顯多於三地門至伊拉路段。



10

二、歷史山崩目錄建置(1)

- 以衛星影像進行山崩判釋

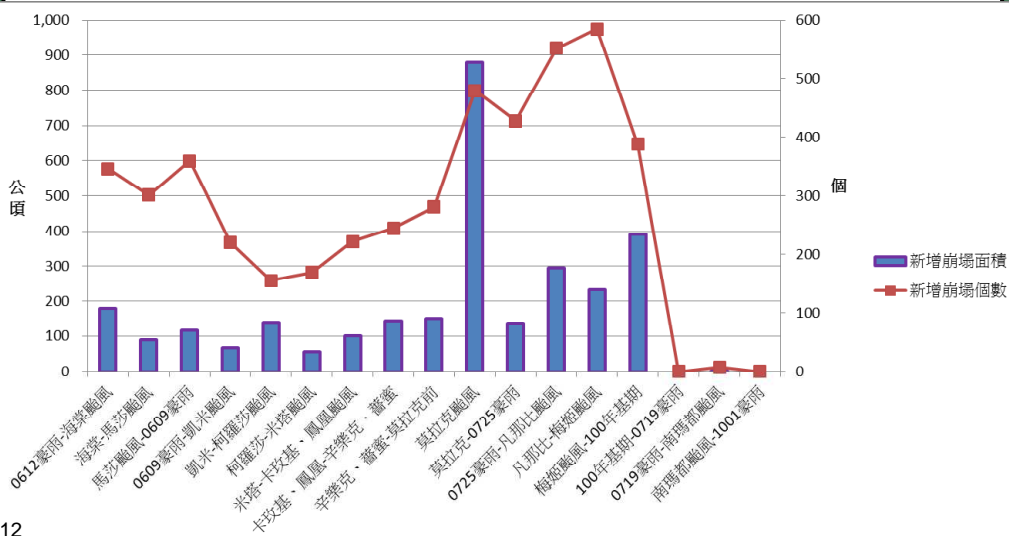
山崩目錄 · 共16期

影像類型	解析度 (m)	影像時間	事件	總崩塌個數	總崩塌面積 (公頃)
福衛二號	8	2005/07/10, 2005/07/01	0612豪雨	127	70.7
福衛二號	8	2005/08/01, 2005/07/25	海棠颱風	348	235.4
福衛二號	8	2005/08/07, 2005/08/16	馬莎颱風	303	266.6
福衛二號	8	2006/02/01, 2006/01/31	泰利颱風	368	244.6
福衛二號	8	2006/09/13, 2007/03/10	凱米颱風	235	1720.1
福衛二號	8	2007/10/26, 2007/11/20	柯羅莎颱風	155	253.1
福衛二號	8	2008/02/17, 2007/12/21	米塔颱風	187	192.1
福衛二號	8	2008/07/23, 2008/08/24	卡梅姬颱風	240	194.9
福衛二號	8	2009/01/14, 2008/12/21	辛樂克颱風	252	252.4
福衛二號	2	2009/08/17, 2009/09/02	莫拉克颱風	481	1112.0
福衛二號	8	2010/08/10, 2010/08/27	0725豪雨	455	777.5
福衛二號	8	2010/09/23, 2010/10/10	凡那比颱風	581	808.6
福衛二號	8	2010/11/21, 2010/11/01	梅姬颱風	603	888.9
福衛二號	8	2011/08/17, 2011/07/23	0719豪雨	388	1115.9
福衛二號	8	2011/09/17, 2011/09/26	南瑪都颱風	392	1117.6
福衛二號	8	2011/10/24, 2011/10/21	1001豪雨	392	1117.6

11

二、歷史山崩目錄建置(2)

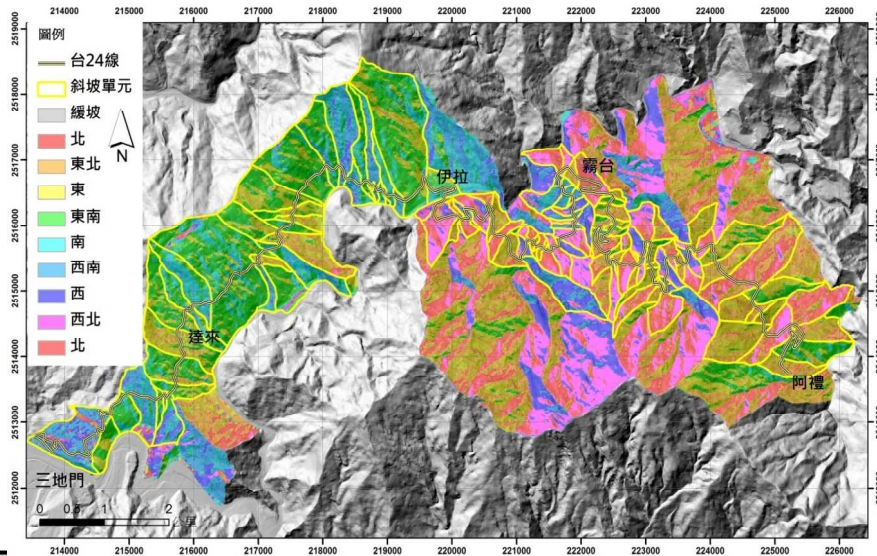
- 歷史山崩面積與數量自97年米塔颱風後，有逐年增加的趨勢



12

三、山區道路斜坡單元劃分(1)

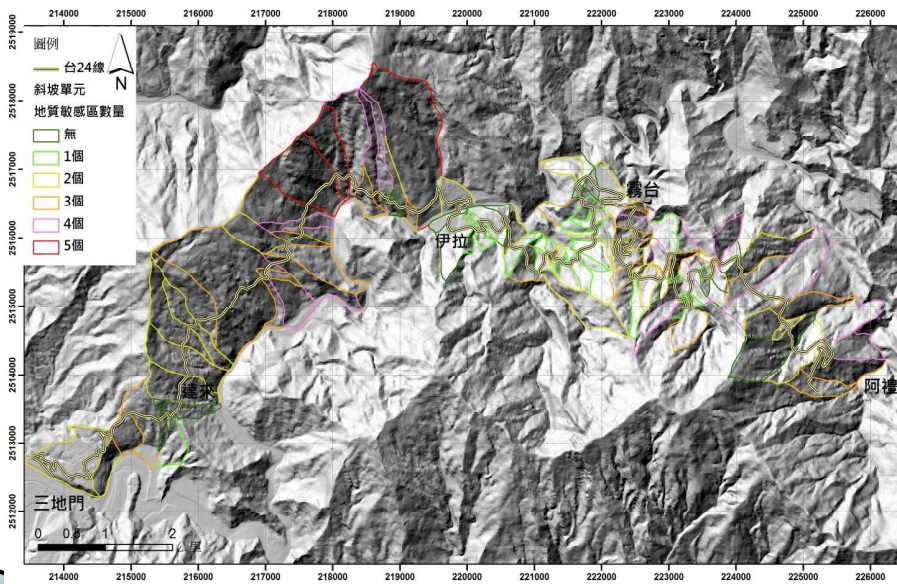
依據**坡度**、**坡向**與**水系**分析結果進行山區道路**斜坡單元**劃分。
台24線自三地門至阿禮，共劃分出**119**個斜坡單元。



13

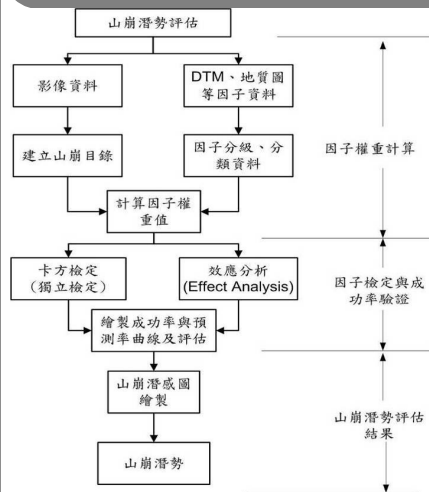
三、山區道路斜坡單元劃分(2)

同時具有5種地質敏感區發育者共計**3**處，同時具有4種地質敏感區發育者共計**18**處，同時具有3種地質敏感區發育者共計**23**處



14

四、邊坡山崩潛感分析(1)

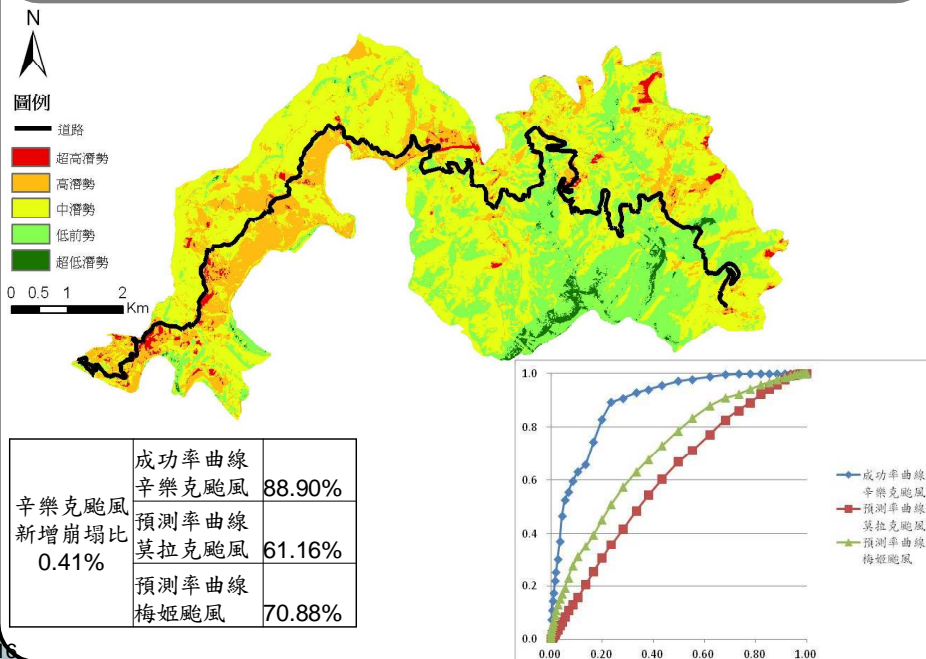


本計畫利用證據權重法進行山崩潛感評估，其流程主要包括各類因子勝率計算、因子權重值計算、卡方檢定、效應分析、成功率與預測率曲線評估與深層滑動潛感圖製作。

使用事件資料列表

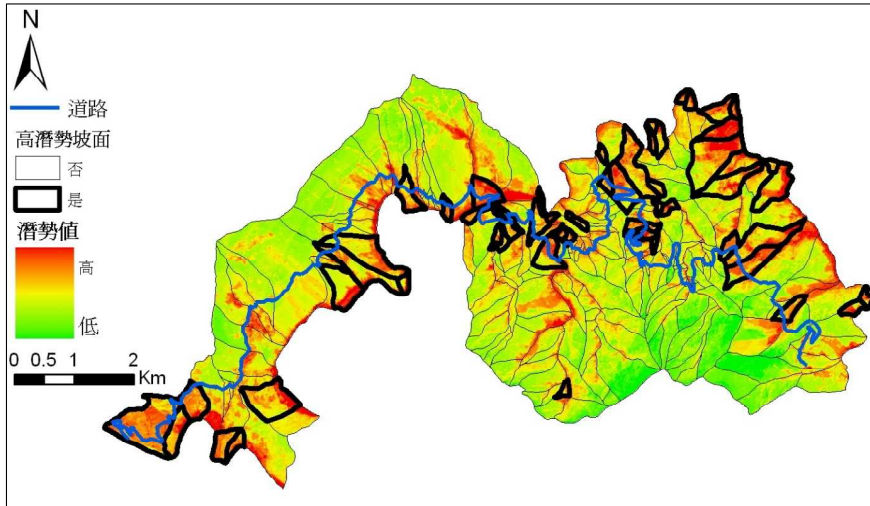
事件	事件日期	事件前影像日期	事件後影像日期
辛樂克颱風	2008/09/11~2009/09/16	2008/07/23~2008/08/24	2008/12/21~2009/01/14
莫拉克颱風	2009/08/05~2009/08/10	2009/05/07~2009/05/09	2009/08/24
梅姬颱風	2010/10/21~2010/10/23	2010/09/23~2010/10/10	2010/11/01~2010/11/21

辛樂克颱風潛勢圖



坡面單元山崩潛感分析結果

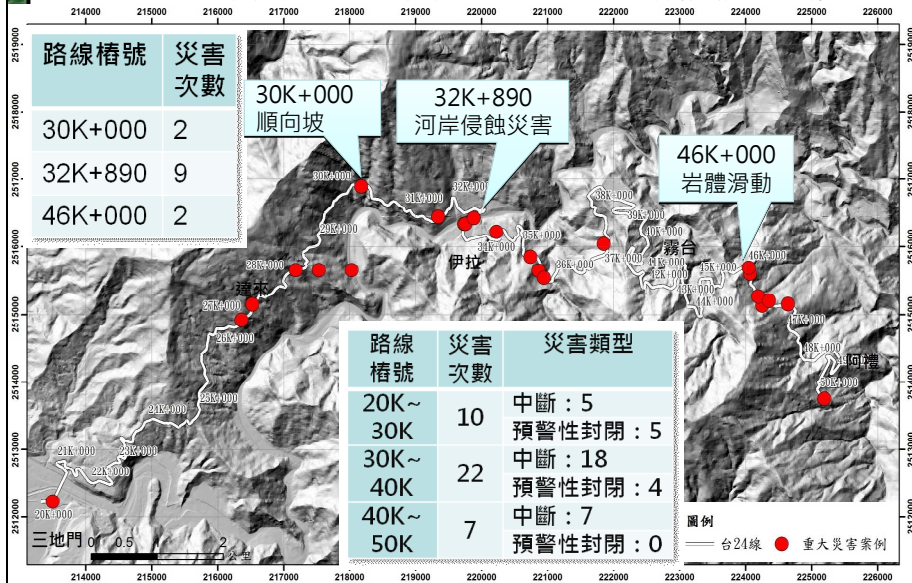
- 較高潛勢的坡面單元有**59處**
- 集中在河道攻擊坡及順向坡，人為開發區亦為易發山崩區域
- 高潛勢的斜坡單元中，共有**26個坡面有道路通過**。



17

五、重大災害案例蒐集分析與復健措施分析

- 蒐集公路防救災資訊系統資料(<http://bobe.thb.gov.tw/index.aspx>)。
- 2008年迄今共39筆，其中29處實際造成交通中斷



18

重大災害案例蒐集分析

31K+500 980805莫拉克颱風順向坡



2009/08/11

37K+890 20100523豪雨土石流



35K+300 99年10月岩體滑動

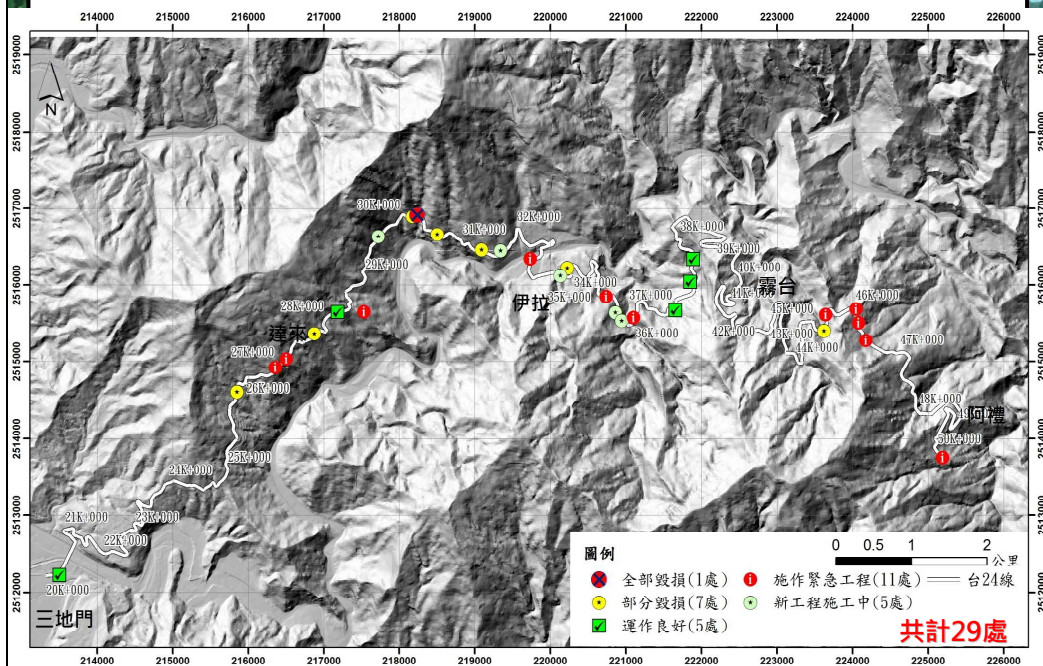


46K+0 980805莫拉克颱風岩體滑動



19

復健措施分析



26K+000岩體滑動

致災事件 - 98年莫拉克颱風, 1010609豪雨

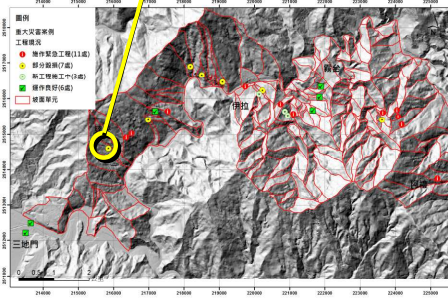
980808莫拉克颱風狀況



工程現況(1)



擋土牆, 錨釘工法, 箱涵



工程現況(2)



路基流失, 已施工程, 但部分毀損, 豪雨恐再次坍塌

21

28K+300岩體滑動

致災事件 - 98年莫拉克颱風

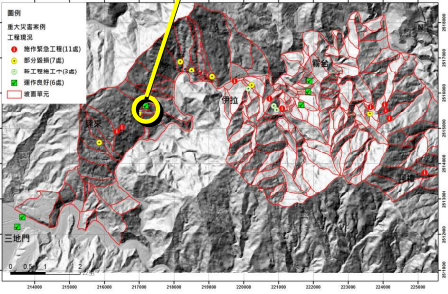
980808莫拉克颱風狀況



工程現況(1)



掛網植生, 型樁工法, 擋土牆



工程現況(2)



設施功能正常

22

**31K+500 順向坡岩體滑動
致災事件 - 98年莫拉克颱風**

980805莫拉克颱風狀況

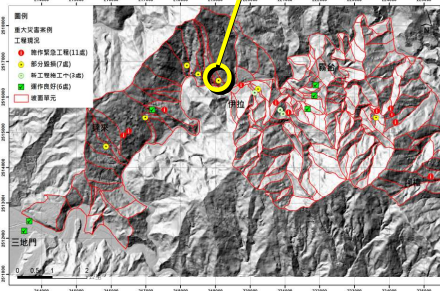


2009/08/11

工程現況(1)



型框工法,坡面噴漿,擋土牆



工程現況(2)



位處順向坡,易產生破壞

23

**32K+890 河岸侵蝕
致災事件 - 98年莫拉克颱風**

980808莫拉克颱風狀況

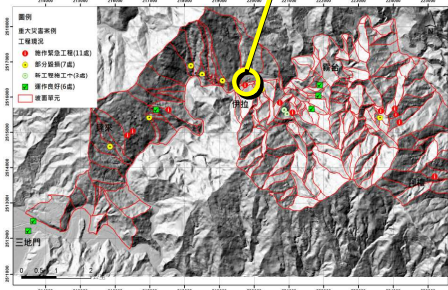


2009/08/12

工程現況(1)



施作緊急工程



工程現況(2)



高架橋樑施作中

24

35K+300 河岸侵蝕 致災事件 - 99年10月災情

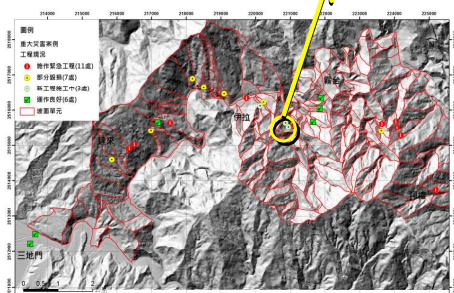
99年10月災情狀況



工程現況(1)



接續植生, 擋土牆, 坡面噴漿

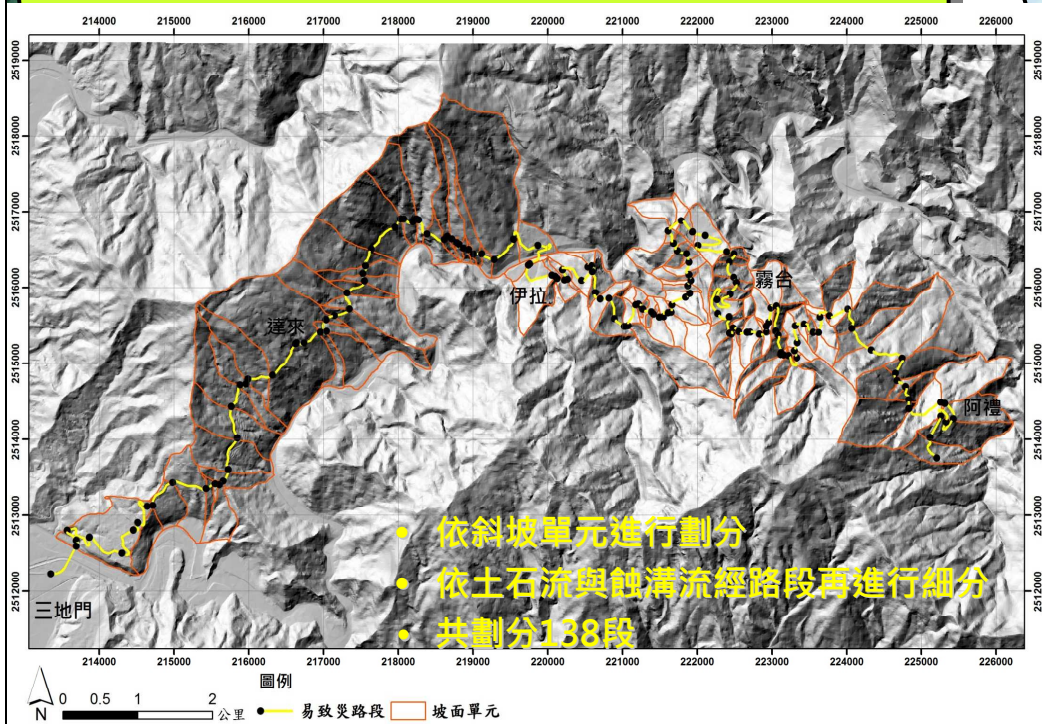


工程現況(2)

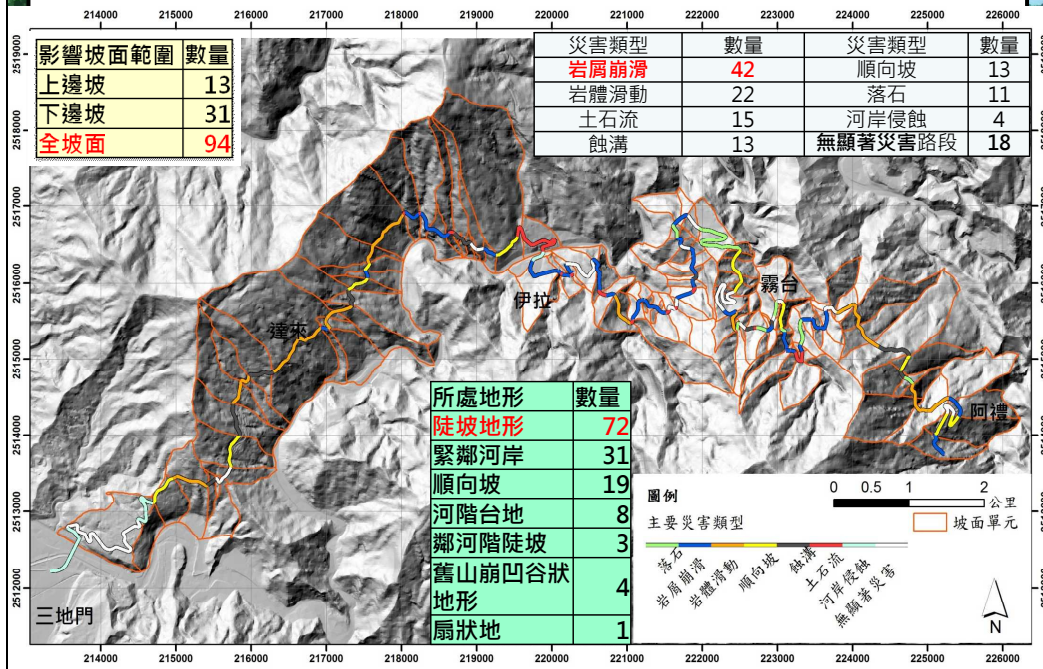


有大規模崩塌發生, 須注意新建工程之狀況

六、易致災路段劃分



易致災路段災害類型分析



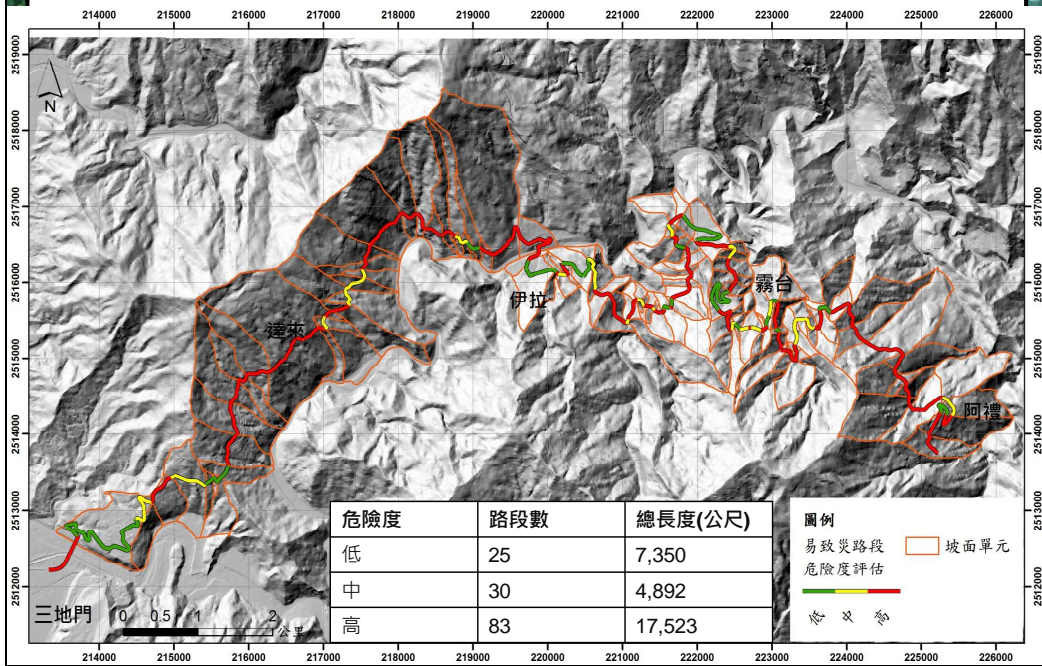
易致災路段災害潛勢分析方法

- 以現地查核方式進行調查與評分
- 以重大災害案例進行檢核驗證

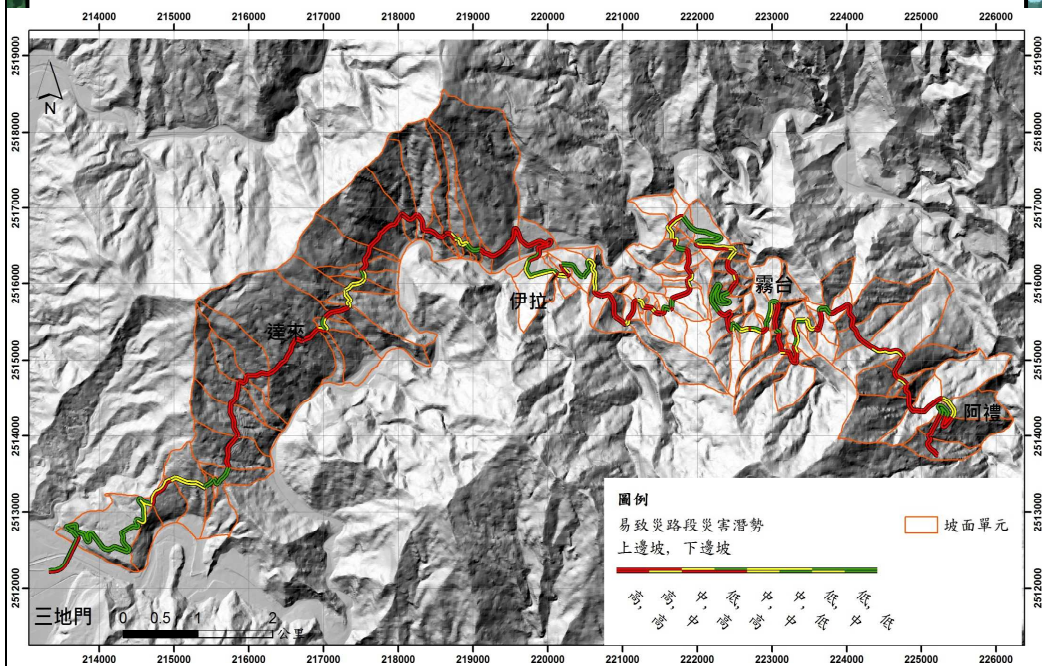
配分總和	潛勢
≥6分	高潛勢
3~5分	中潛勢
≤2分	低潛勢

潛勢評估項目	評估細項	評分	
		是	否
災害歷史	災害歷史	3	0
	順向坡地形	1	0
	緊鄰地質構造	1	0
	岩體弱面發達	1	0
	厚層砂頁岩互層	1	0
地質不利因素	陡坡地形	1	0
	崖錐堆積地形	1	0
	鄰河階陡坡	1	0
	舊山崩凹谷狀地形	1	0
	扇狀地	1	0
	緊鄰河岸	1	0
水文不利因素	有地表水(常流水河道、蝕溝)	1	0
	有地下水(湧水)	1	0
山崩不利因素	坡面山崩發育	1	0
	崩崖	1	0
	橫向裂隙	1	0
	側邊裂隙	1	0
	趾部隆起	1	0
	坡面存在大型塊狀基岩	1	0
危險因子	位於河岸侵蝕側	1	0
	人為切割坡腳	1	0
	週遭構造物發生異樣	3	0
合 計		T(24)	

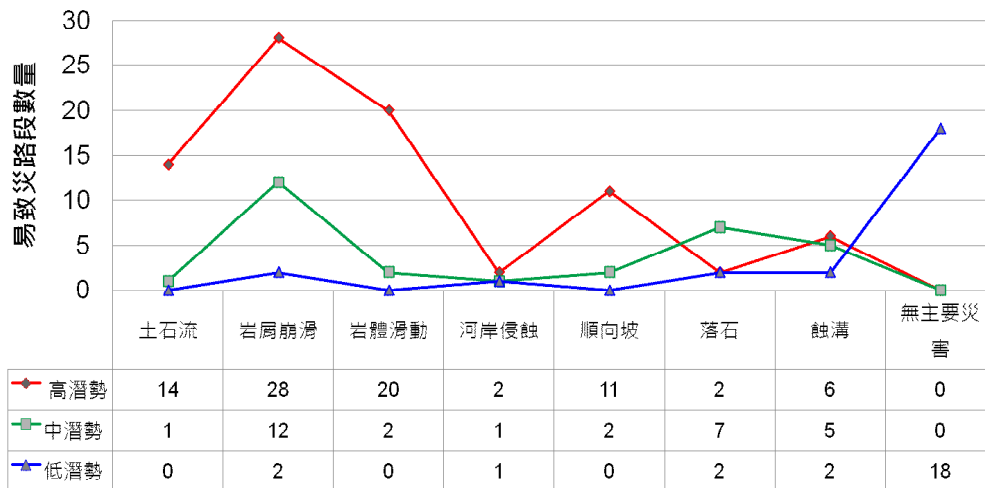
易致災路段潛勢分析結果(1)-全坡面



易致災路段潛勢分析結果(2)-上、下邊坡



易致災路段潛勢分析結果(3)-依災害類型統計



31

七、易致災路段風險分析

- $R(\text{災害風險}) = S(\text{災害潛勢}) \times P(\text{發生機率}) \times L(\text{損失程度})$
- $S(\text{災害潛勢})$
 - 分析各路段之主要災害類型，災害潛勢評估，再將災害潛勢值範圍重新設定其值域為0至1
- $P(\text{發生機率})$
 - 依據造成道路中斷之坡面單元災害類型(滑動型或土流動型)，分別訂定災害致災雨量基準
 - 再推估此雨量基準之重現期(發生機率)
- $L(\text{損失程度})$
 - 蒐集歷年台24線災害路段與復建經費，進行單位長度之復建經費估算，以為該路段災害損失程度之依據
 - 若路段中有重複部分，則以經費最高者為該路段之單位損失程度，
 - 若路段中無復建經費資料，則以經費最低者為該路段單位損失程度
 - 待後有新設工程時再進行復建經費之蒐集

32

各易致災路段災害潛勢分析結果

編號	起始樁號	結束樁號	主要災害類型	災害潛勢	編號	起始樁號	結束樁號	主要災害類型	災害潛勢
1	20K+000	20K+800	河岸侵蝕	0.5	16	26K+400	26K+740	蝕溝	0.4
2	20K+800	20K+950	河岸侵蝕	0.1	17	26K+740	27K+340	岩體滑動	0.5
3	20K+950	23K+085	無	0.1	18	27K+340	27K+460	岩體滑動	0.4
4	23K+085	23K+600	河岸侵蝕	0.3	19	27K+460	27K+730	岩體滑動	0.6
5	23K+600	24K+010	順向坡	0.6	20	27K+730	27K+830	岩屑崩滑	0.4
6	24K+010	24K+500	岩體滑動	0.3	21	27K+830	28K+000	岩體滑動	0.3
7	24K+500	24K+640	蝕溝	0.1	22	28K+000	28K+120	岩體滑動	0.4
8	24K+640	24K+730	無	0.1	23	28K+120	28K+350	岩體滑動	0.5
9	24K+730	24K+800	無	0.1	24	28K+350	28K+510	蝕溝	0.3
10	24K+800	24K+980	無	0.1	25	28K+510	28K+950	順向坡	0.3
11	24K+980	25K+500	順向坡	0.4	26	28K+950	29K+060	岩屑崩滑	0.3
12	25K+500	25K+900	蝕溝	0.5	27	29K+060	29K+180	順向坡	0.4
13	25K+900	26K+230	岩體滑動	0.4	28	29K+180	29K+430	岩體滑動	0.4
14	26K+230	26K+310	岩體滑動	0.4	29	29K+430	29K+880	岩體滑動	0.9
15	26K+310	26K+400	岩體滑動	0.4	30	29K+880	30K+000	岩體滑動	0.9

以20K+000~30K+000為例

33

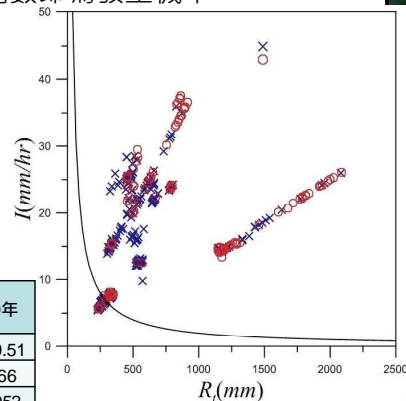
各易致災路段發生機率分析結果

• 分析方法

- 將各坡面單元之致災雨量，以12小時短延時為依據
- 將**滑動型**（岩體滑動、岩屑崩滑、順向坡、河岸侵蝕）與**流動型**（土石流、蝕溝）的致災雨量與雨量站各重現期雨量相比較
- 內插找出最接近的重現期，此重現期的倒數即為發生機率
- 以阿禮雨量站為例

• 分析結果

- 滑動型發生機率為1/6
- 流動型發生機率為1/25



重現期 係數	2年	5年	10年	25年	50年	100年	200年
a	458.35	698.63	963.05	1474.16	2027.86	2759.70	3709.51
b	10.78	23.55	34.42	49.75	61.35	72.11	81.66
c	0.4270	0.4434	0.4683	0.5080	0.5404	0.5730	0.6052
R ²	0.9977	0.9931	0.9873	0.9764	0.9660	0.9539	0.9402

34

各易致災路段損失程度分析結果

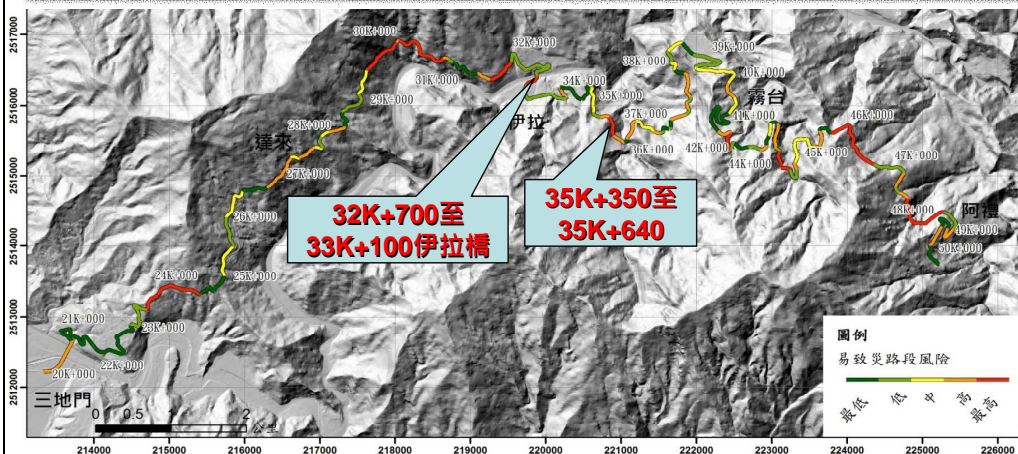
工程名稱	經費(千元)	里程	工程性質	路段長度(公尺)	單位長度復建經費(千元/公尺)
95年0609 豪雨災害搶修工程	1,480	23K~42K	搶修工程	19,000	0.08
	11,426	23K+960~24K+090	復建工程	130	87.89
	10,950	30K+150~250	復建工程	150	73.00
	27,919	35K+555~625	復建工程	70	398.84
	4,713	42K+005~060	復建工程	55	85.69
莫拉克颱風災害台24線搶修及復建計畫(第一標)	122,200	24K+960~29K+305	復建工程	4,345	28.12
(第二標)	247,000	29K+520~30K+840	復建工程	1,320	187.12
(第三標)	209,260	33K+720~40K+680	復建工程	6,960	30.07
(第四標)	628,000	32K+890	復建工程(伊拉橋)	140	4485.71
(第五標)	237,000	41K+750~48K+420	復建工程	6,670	35.53

- 單位長度之復建經費以32K+890伊拉橋復建工程經費4,485.71(千元/公尺)為最高，因此為高架長跨距橋梁，相對復建工程較高
- 其次為95年0609 豪雨災害搶修工程35K+555~625之復建工程經費398.84(千元/公尺)



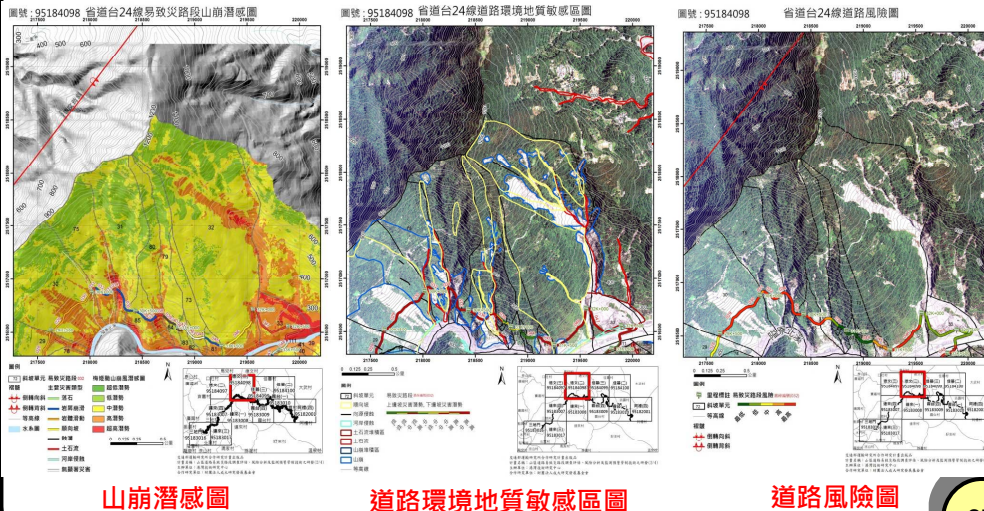
易致災路段風險分析結果

- 台24線易致災路段之風險值介於0.06至524.385之間
- 其中以32K+700至33K+100伊拉橋之河岸侵蝕風險值524.38為最高
- 其次為35K+350至35K+640之岩體滑動風險值為46.62。



八、資料庫建置與成果圖展現

- 成果圖包括道路山崩潛感圖、道路環境地質敏感區圖與道路風險圖，以1:5000比例尺A1尺寸製作，各11幅



37

肆、結論與建議(1)

- 本計畫依據斜坡單元與環境地質敏感區進行山區道路劃分，經現地查核後確認後，與災害類型現況吻合，有利於路段災害之管理作為。
- 本計畫蒐集重大災害案例共39處，其中有29處實際發生阻斷，以河岸侵蝕為最多共計10次，其中共有9處皆為30K+890的伊拉橋產生的交通阻斷，其次為岩體滑動共計9次。
- 重大災例皆位於高災害潛勢路段，顯示本評估方法可行。
- 目前之復建工程大多為新設，初步評估全坡面整治之工程現況皆維持良好，後續仍須持訊監測工程現況。
- 目前仍多達11處重大災害地點施作緊急工程，需加強害監控工作。
- 台24線易致災路段風險值介於0.06至524.38，以32K+700至33K+100伊拉橋之河岸侵蝕風險值524.38為最高，其次為35K+350至35K+640之岩體滑動風險值524.38為46.62為次之。

38

肆、結論與建議(2)

- 易致災路段之劃分方法確立
 - 本計畫確實可行，後續建議可擴及各山區道路進行實際劃分與驗證，以提升本方法劃分精度。
- 易致災路段設置簡易自計式雨量站
 - 建議後續可針對重大災害案例路段進行簡易自計式雨量站設置，再視經費擴及至各路段以提升風險分析之精度。
- 監測管理與養護巡察措施新構思
 - 建議可以用現有之LiDAR測繪車科技，進行公路上下邊坡之地形、道路與設施之蒐集管理作業，建立道路結構物與附屬設施、地形、地物等基本資料庫，並建立道路管理系統。
 - 定期利用測繪車進行公路上下邊坡之資料蒐集作業，針對不同時期之道路結構物與附屬設施，透過分析軟體進行差異比對，找出設施狀況變化區域，供巡查人員於巡察時參考。

39

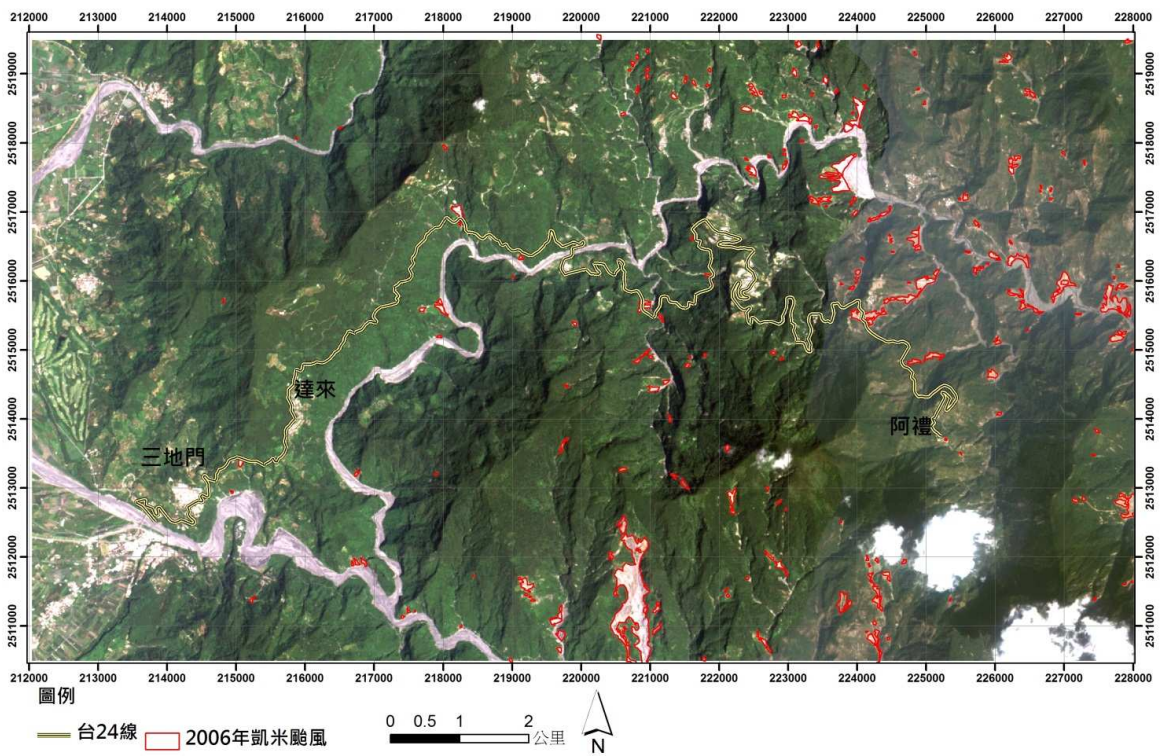
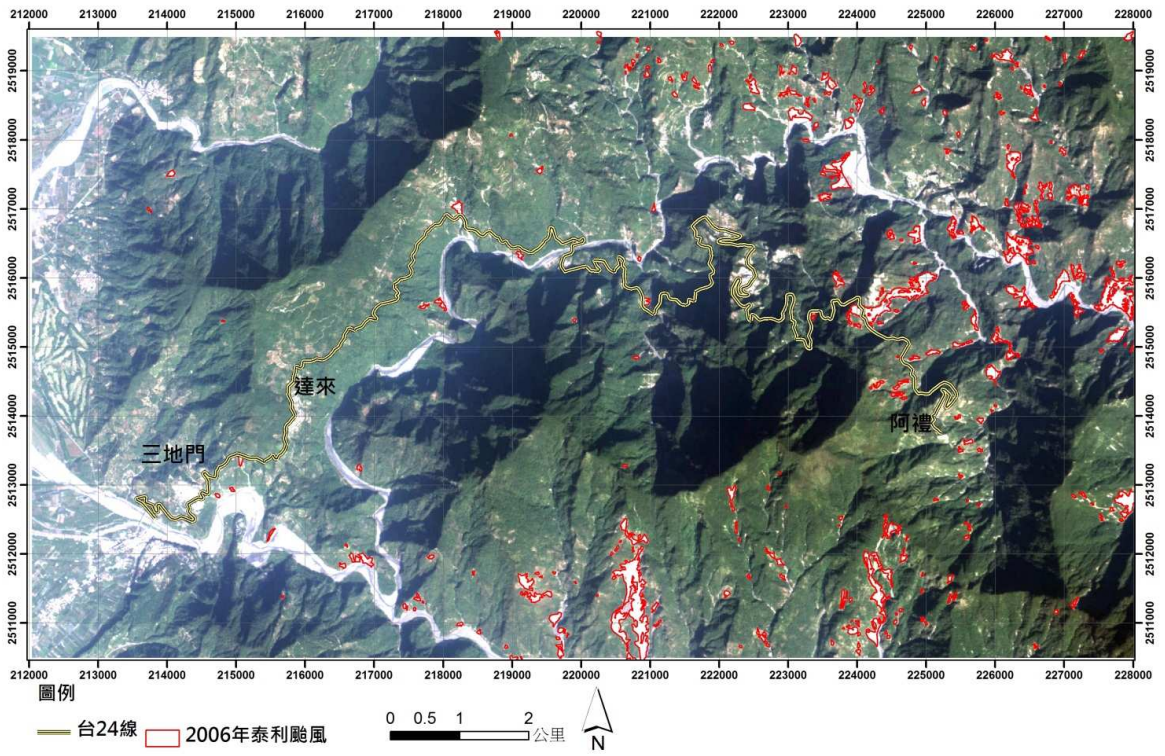
簡報完畢

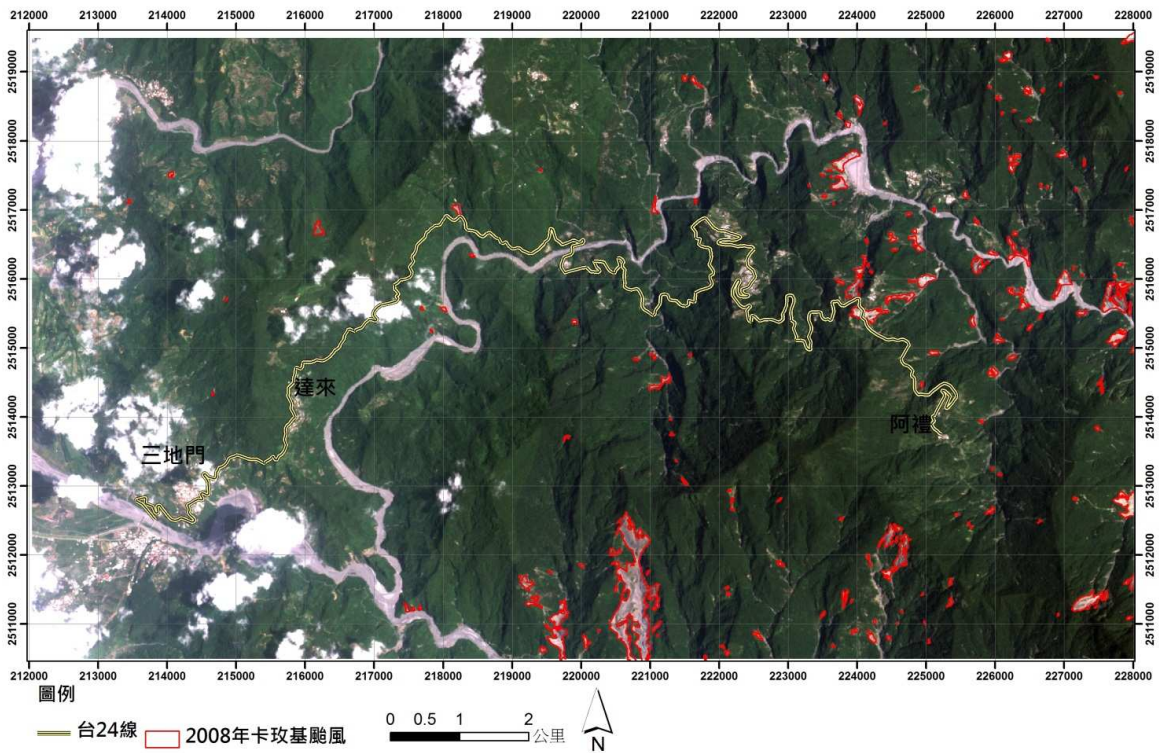
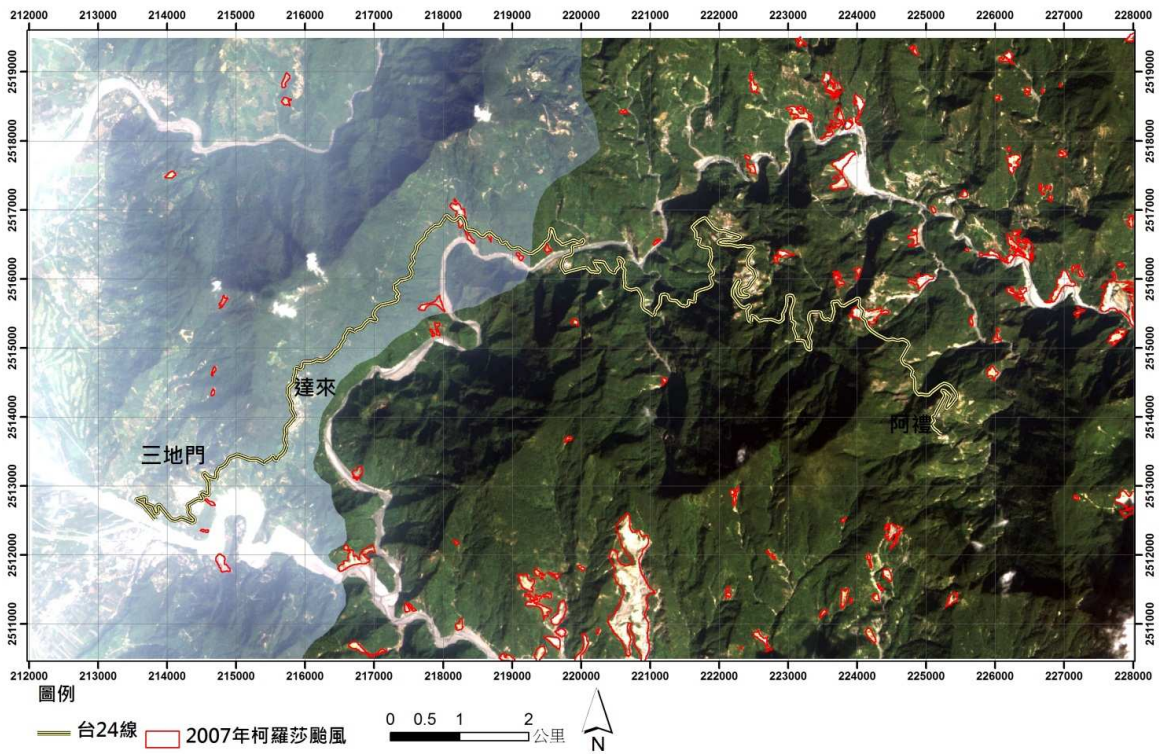


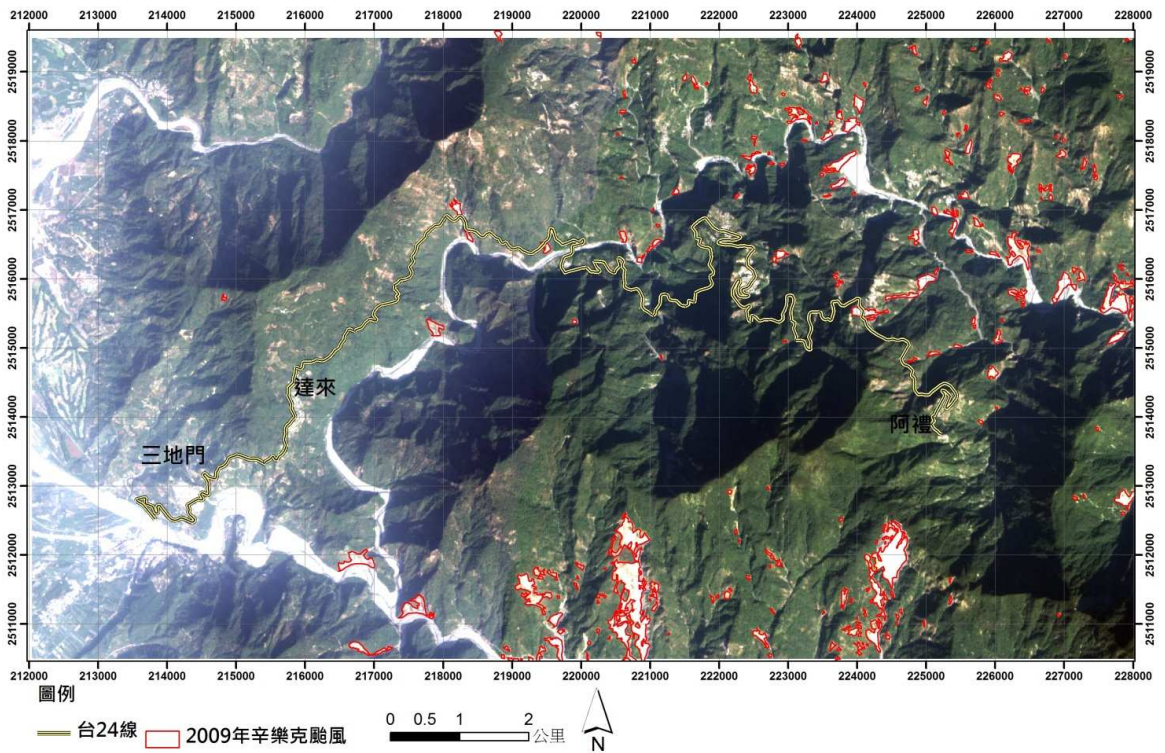
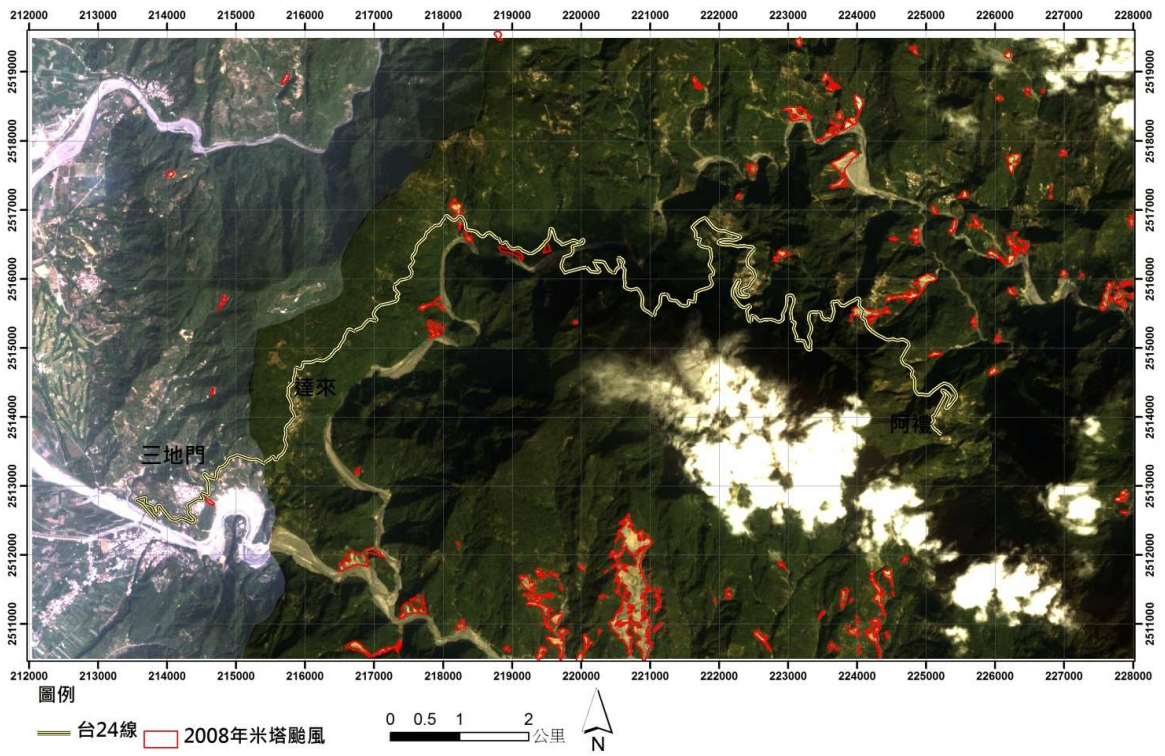
40

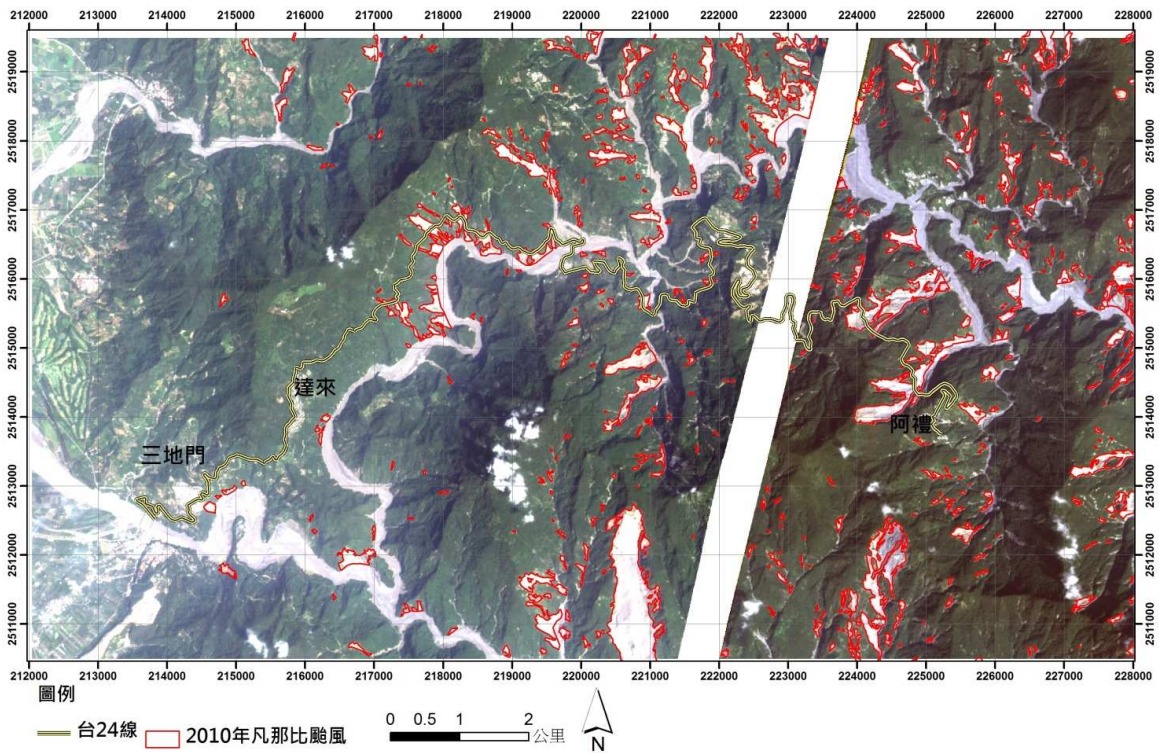
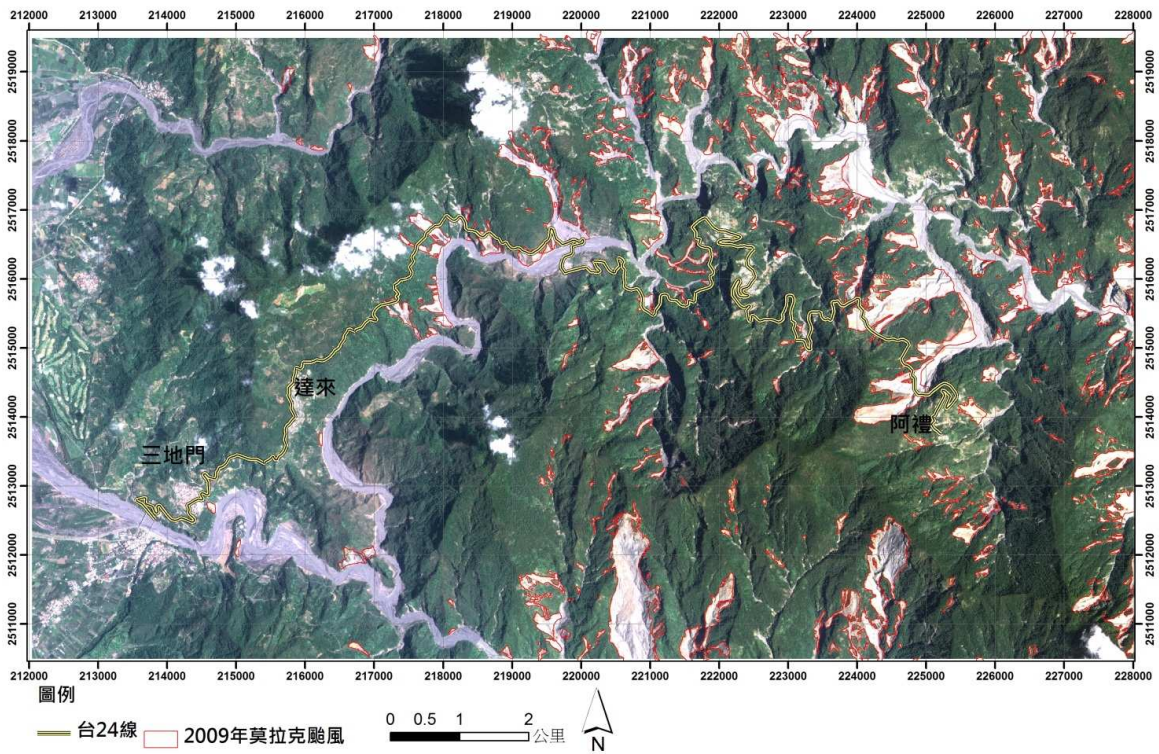
附錄五

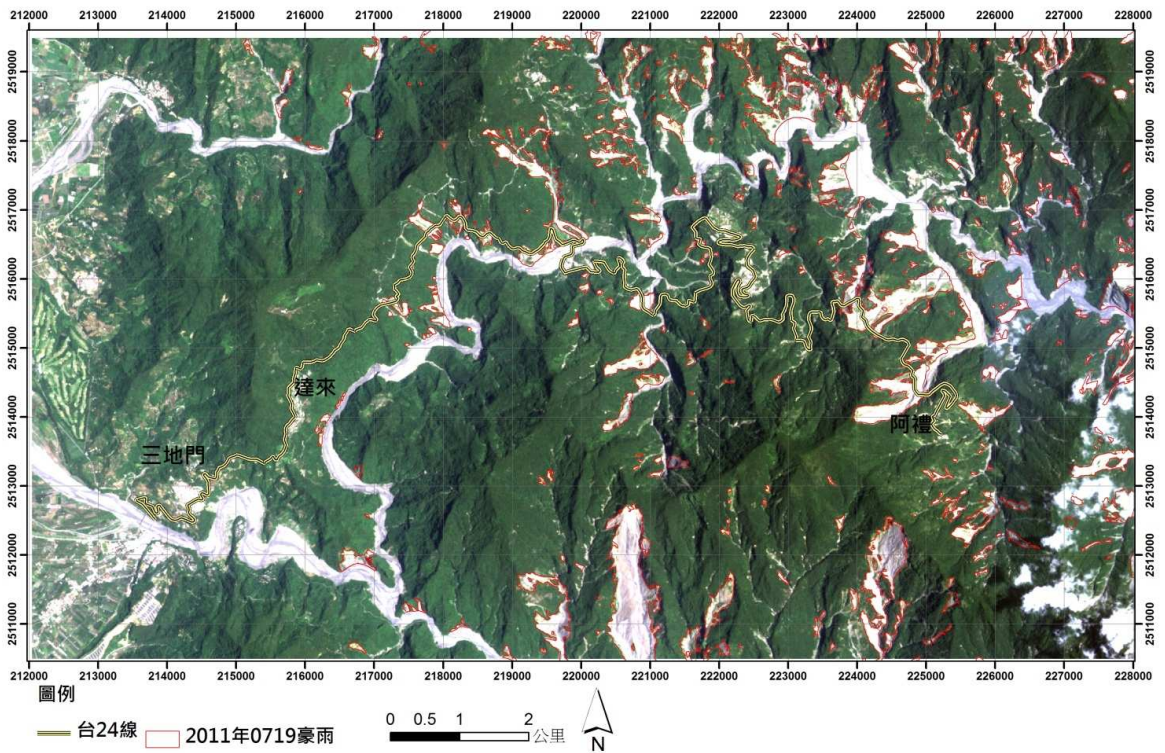
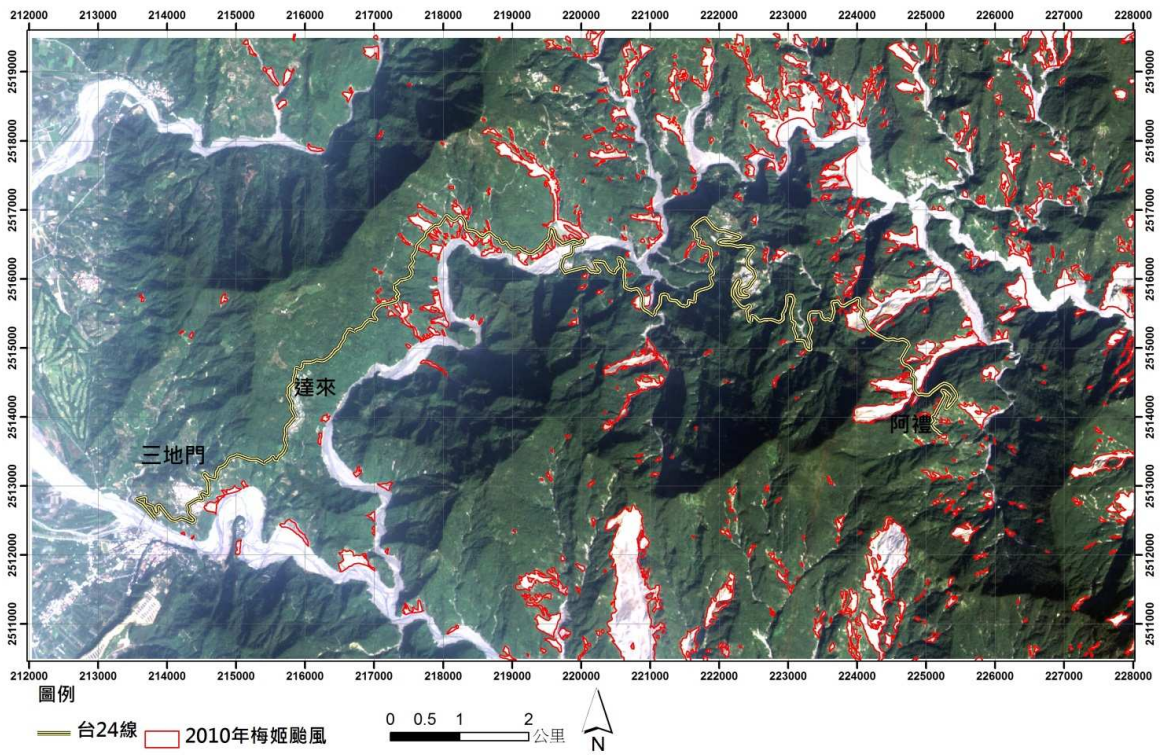
山崩目錄建置成

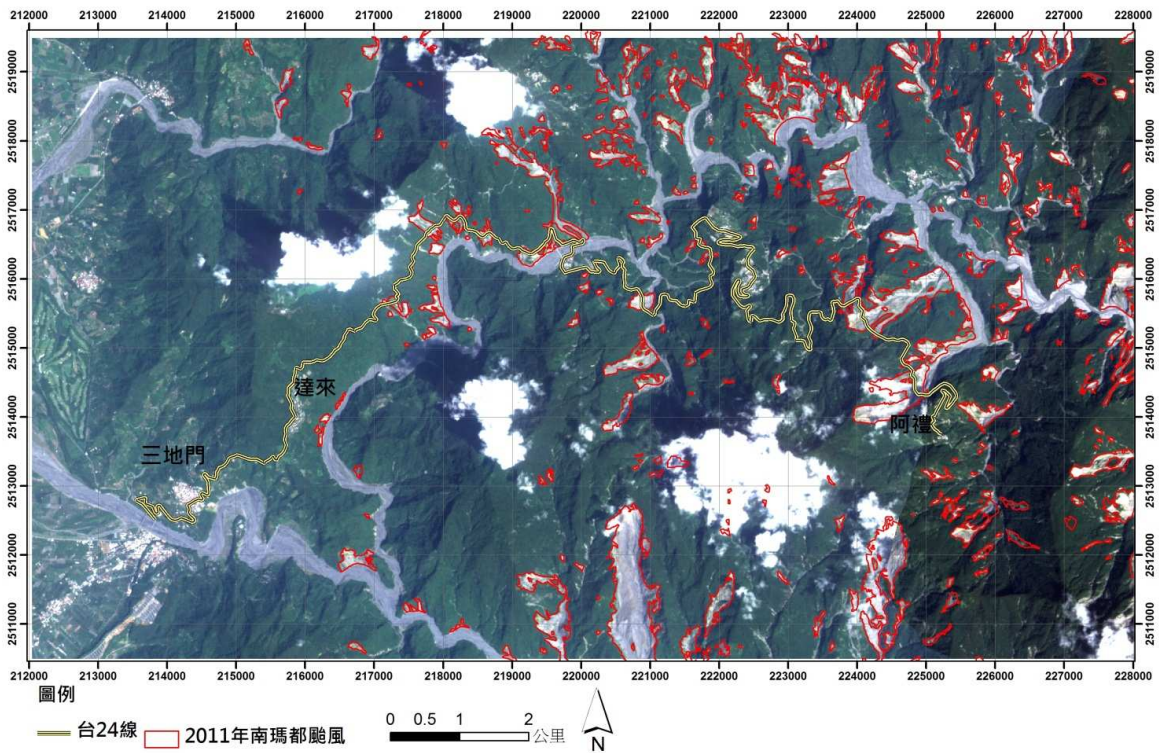
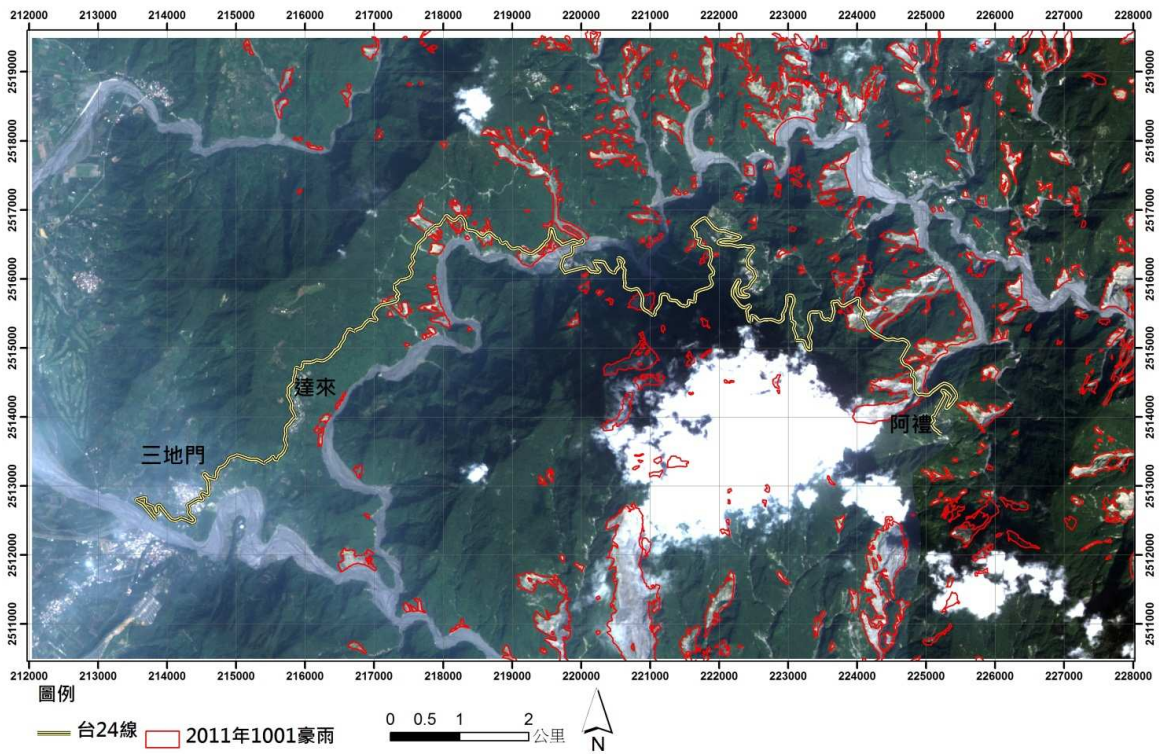












附錄六

山崩潛感因子資料

附表 3-1 辛樂克颱風山崩潛感因子資料表

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
坡度	<5	113.1525	0.0252	0.04%	-2.35836
	5-10	102.2925	0.1404	0.24%	-0.52174
	10-15	143.1175	0.144	0.18%	-0.84337
	15-20	251.2575	0.4932	0.35%	-0.16185
	20-25	404.03	0.7164	0.32%	-0.27988
	25-30	561.225	1.1772	0.37%	-0.09931
	30-35	656.4575	1.5552	0.42%	0.04425
	35-40	608.7575	1.6524	0.48%	0.20904
	40-45	438.7075	1.2384	0.50%	0.24326
	45-50	281.6725	0.8748	0.55%	0.33731
	50-55	164.7	0.378	0.41%	0.00499
	55-60	90.515	0.2592	0.51%	0.23320
	>60	73.93	0.2304	0.55%	0.31929
坡向	北	559.4525	0.27	0.09%	-1.68272
	東北	642.8875	0.558	0.15%	-1.08644
	東	665.17	2.376	0.64%	0.57354
	東南	648.375	2.5704	0.70%	0.71410
	南	336.5275	2.4264	1.28%	1.38761
	西南	320.5925	0.6156	0.34%	-0.18850
	西	312.7825	0.0144	0.01%	-3.99083
	西北	404.0275	0.054	0.02%	-2.94636
坡形	凸脊形	1318.7875	2.664	0.36%	-0.18123
	凸直形	1.7225	0.0036	0.37%	-0.08923
	凸谷形	606.5775	1.3752	0.40%	-0.00890
	直脊形	18.505	0.0108	0.10%	-1.37110
	平直形	43.98	0.1044	0.42%	0.03910
	直谷形	20.23	0.0072	0.06%	-1.86695
	凹脊形	583.425	1.3932	0.42%	0.05270
	凹直形	1.71	0	0.00%	0.00000
	凹谷形	1294.8775	3.24	0.44%	0.14053
高程	<200	133.14	0.0468	0.06%	-1.90464
	200-400	713.3225	3.798	0.95%	1.20805
	400-600	689.0225	2.0988	0.54%	0.36400

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
	600-800	707.68	1.674	0.42%	0.04310
	800-1000	625.035	0.684	0.19%	-0.83345
	1000-1200	385.625	0.4968	0.23%	-0.62152
	1200-1400	286.4925	0	0.00%	0.00000
	1400-1600	179.55	0	0.00%	0.00000
	1600-1800	114.905	0	0.00%	0.00000
	>1800	55.0425	0	0.00%	0.00000
岩性	板岩	3131.136	8.2044	0.47%	1.07511
	砂頁岩	216	0.3852	0.32%	-0.26128
	礫石、砂	542.5728	0.216	0.07%	-1.87658
距構造線 距離	50	121.1328	0.324	0.48%	0.16408
	50-100	124.7616	0.504	0.72%	0.59920
	100-150	127.5776	0.648	0.90%	0.84671
	150-200	119.5456	0.3456	0.51%	0.24515
	200-250	117.8496	0.1836	0.28%	-0.39388
	250-300	119.7696	0.108	0.16%	-0.95103
	300-350	121.088	0.5688	0.84%	0.75999
	350-400	124.6784	0.5148	0.73%	0.62255
	400-450	128.3712	0.1836	0.25%	-0.48243
	450-500	130.4512	0.2304	0.31%	-0.26598
	>500	2654.4832	5.1948	0.35%	-0.42480
距河道距 離	<50	699.6416	2.8116	0.71%	0.75088
	51-100	622.4704	2.1852	0.62%	0.54027
	101-150	549.8048	1.5156	0.49%	0.22362
	151-200	488.16	1.0512	0.38%	-0.06741
	201-250	400.9024	0.6804	0.30%	-0.32732
	251-300	323.7312	0.4068	0.22%	-0.63963
	301-350	258.3232	0.1116	0.08%	-1.72491
	351-400	196.0384	0.0432	0.04%	-2.38919
	>400	350.3552	0	0.00%	0.00000
正規化植 生指數	<0	156.3776	0.9936	1.13%	1.10821

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
	0-0.1	53.1712	0.576	1.93%	1.62543
	0.1-0.2	52.2048	0.594	2.02%	1.67797
	0.2-0.3	77.2864	0.648	1.49%	1.36720
	0.3-0.4	114.9184	0.846	1.31%	1.24974
	0.4-0.5	199.8016	1.3392	1.19%	1.19548
	>0.5	3235.9488	3.8088	0.21%	-1.89835
土地利用	林地	3288.9728	5.2596	0.28%	-1.33597
	人為開墾	520.0576	3.4524	1.18%	1.42432
	水利地	80.6784	0.0936	0.21%	-0.68986
層面關係	順向坡	933.0752	3.7728	0.72%	0.85368
	斜交坡	2382.7968	5.0328	0.38%	-0.19162
	逆向坡	458.1824	0	0.00%	0.00000
	其他	115.6544	0	0.00%	0.00000

附表 3-2 莫拉克颱風山崩潛感因子資料表

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
坡度	<5	113.15	1.38	1.22%	-2.00302
	5-10	102.29	7.95	7.77%	-0.05356
	10-15	143.12	12.42	8.68%	0.07107
	15-20	251.26	17.56	6.99%	-0.17724
	20-25	404.03	31.36	7.76%	-0.05946
	25-30	561.23	50.21	8.95%	0.11968
	30-35	656.46	70.50	10.74%	0.37644
	35-40	608.76	63.03	10.35%	0.31900
	40-45	438.71	36.44	8.31%	0.02295
	45-50	281.67	16.04	5.70%	-0.41031
	50-55	164.70	5.95	3.61%	-0.88835
	55-60	90.52	2.73	3.02%	-1.06401
	>60	73.93	1.54	2.09%	-1.44255
	坡向	北	559.45	25.41	4.54%
東北		642.89	75.83	11.79%	0.51016
東		665.17	100.92	15.17%	0.91177
東南		648.38	59.01	9.10%	0.14611
南		336.53	22.14	6.58%	-0.25103
西南		320.59	18.79	5.86%	-0.38186
西		312.78	8.67	2.77%	-1.19679
西北		404.03	6.34	1.57%	-1.81447
坡形	凸脊形	1318.79	102.95	7.81%	-0.07070
	凸直形	1.72	0.12	7.06%	-0.15591
	凸谷形	606.58	46.09	7.60%	-0.09017
	直脊形	18.51	0.99	5.36%	-0.45101
	平直形	43.98	3.07	6.98%	-0.16904
	直谷形	20.23	1.18	5.82%	-0.36360
	凹脊形	583.43	49.57	8.50%	0.05324
	凹直形	1.71	0.12	7.11%	-0.14806
	凹谷形	1294.88	113.03	8.73%	0.11359
高程	<200	133.14	1.17	0.88%	-2.33673
	200-400	713.32	67.65	9.48%	0.20648
	400-600	689.02	71.54	10.38%	0.33223

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
	600-800	707.68	59.77	8.45%	0.04722
	800-1000	625.04	51.08	8.17%	0.00320
	1000-1200	385.63	31.86	8.26%	0.01603
	1200-1400	286.49	15.33	5.35%	-0.48023
	1400-1600	179.55	10.66	5.93%	-0.35565
	1600-1800	114.91	7.01	6.10%	-0.32070
	>1800	55.04	1.05	1.91%	-1.53061
岩性	板岩	3131.14	259.04	8.27%	0.08403
	砂頁岩	216.00	14.50	6.71%	-0.22096
	礫石、砂	542.57	43.50	8.02%	-0.02116
距構造線 距離	50	121.13	8.31	6.86%	-0.19167
	50-100	124.76	8.96	7.18%	-0.14166
	100-150	127.58	12.90	10.11%	0.24539
	150-200	119.55	11.61	9.71%	0.19865
	200-250	117.85	9.58	8.13%	-0.00321
	250-300	119.77	10.41	8.69%	0.07177
	300-350	121.09	10.46	8.64%	0.06565
	350-400	124.68	13.06	10.48%	0.28674
	400-450	128.37	13.36	10.40%	0.27902
	450-500	130.45	12.67	9.71%	0.19958
	>500	2654.48	205.72	7.75%	-0.16549
距河道距 離	<50	699.64	94.67	13.53%	0.73598
	51-100	622.47	72.28	11.61%	0.48349
	101-150	549.80	49.45	8.99%	0.12610
	151-200	488.16	34.20	7.01%	-0.18577
	201-250	400.90	21.48	5.36%	-0.49201
	251-300	323.73	15.97	4.93%	-0.57498
	301-350	258.32	11.28	4.37%	-0.70054
	351-400	196.04	8.28	4.22%	-0.72772
	>400	350.36	9.42	2.69%	-1.23717
正規化植 生指數	<0	156.38	3.85	2.60%	-1.23239

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
	0-0.1	53.17	5.98	9.36%	0.15358
	0.1-0.2	52.20	11.01	10.46%	0.28284
	0.2-0.3	77.29	18.04	9.85%	0.21920
	0.3-0.4	114.92	29.52	8.42%	0.03805
	0.4-0.5	199.80	72.92	6.94%	-0.23301
	>0.5	3235.95	175.72	8.84%	0.18903
土地利用	林地	3288.97	265.56	8.07%	-0.06672
	人為開墾	520.06	50.76	9.76%	0.23134
	水利地	80.68	0.72	0.89%	-2.31313
層面關係	順向坡	933.08	89.95	9.64%	0.24819
	斜交坡	2382.80	214.96	9.02%	0.30993
	逆向坡	458.18	12.14	2.65%	-1.27642
	其他	115.65	0.00	0.00%	0.00000

附表 3-3 梅姬颱風山崩潛感因子資料表

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
坡度	<5	113.15	4.91	4.34%	0.86061
	5-10	102.29	4.99	4.87%	0.98668
	10-15	143.12	6.42	4.49%	0.90926
	15-20	251.26	4.60	1.83%	-0.07000
	20-25	404.03	6.93	1.72%	-0.14647
	25-30	561.23	10.78	1.92%	-0.02018
	30-35	656.46	13.38	2.04%	0.05214
	35-40	608.76	11.71	1.92%	-0.01825
	40-45	438.71	7.07	1.61%	-0.21788
	45-50	281.67	3.03	1.07%	-0.64154
	50-55	164.70	1.25	0.76%	-0.98625
	55-60	90.52	0.59	0.65%	-1.12877
	>60	73.93	0.33	0.44%	-1.51754
	坡向	北	559.45	6.92	1.24%
東北		642.89	15.52	2.41%	0.26534
東		665.17	20.47	3.08%	0.59514
東南		648.38	17.75	2.74%	0.43077
南		336.53	6.69	1.99%	0.01937
西南		320.59	4.81	1.50%	-0.29023
西		312.78	2.44	0.78%	-0.97990
西北		404.03	1.38	0.34%	-1.85622
坡形	凸脊形	1318.79	23.39	1.77%	-0.14561
	凸直形	1.72	0.06	3.34%	0.55229
	凸谷形	606.58	11.81	1.95%	-0.00341
	直脊形	18.51	0.65	3.49%	0.60100
	平直形	43.98	1.55	3.52%	0.61497
	直谷形	20.23	0.72	3.54%	0.61627
	凹脊形	583.43	10.75	1.84%	-0.07008
	凹直形	1.71	0.05	2.99%	0.43810
	凹谷形	1294.88	27.01	2.09%	0.10213
高程	<200	133.14	5.11	3.84%	0.73117
	200-400	713.32	20.38	2.86%	0.50164
	400-600	689.02	20.95	3.04%	0.58399

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
	600-800	707.68	12.87	1.82%	-0.08825
	800-1000	625.04	7.64	1.22%	-0.54747
	1000-1200	385.63	4.97	1.29%	-0.46079
	1200-1400	286.49	2.92	1.02%	-0.69626
	1400-1600	179.55	0.36	0.20%	-2.34199
	1600-1800	114.91	0.54	0.47%	-1.46743
	>1800	55.04	0.23	0.42%	-1.56732
岩性	板岩	3131.14	66.55	2.13%	0.54636
	砂頁岩	216.00	2.40	1.11%	-0.59821
	礫石、砂	542.57	6.23	1.15%	-0.60593
距構造線 距離	50	121.13	1.70	1.41%	-0.34388
	50-100	124.76	3.58	2.87%	0.41122
	100-150	127.58	7.51	5.89%	1.21680
	150-200	119.55	4.22	3.53%	0.63386
	200-250	117.85	2.40	2.04%	0.04396
	250-300	119.77	1.99	1.66%	-0.16933
	300-350	121.09	1.99	1.64%	-0.18082
	350-400	124.68	2.15	1.72%	-0.13066
	400-450	128.37	1.31	1.02%	-0.67862
	450-500	130.45	1.34	1.03%	-0.67053
	>500	2654.48	46.99	1.77%	-0.28777
距河道距 離	<50	699.64	35.07	5.01%	1.40197
	51-100	622.47	14.38	2.31%	0.20768
	101-150	549.80	8.51	1.55%	-0.27076
	151-200	488.16	5.15	1.05%	-0.69123
	201-250	400.90	3.93	0.98%	-0.75617
	251-300	323.73	3.74	1.16%	-0.56926
	301-350	258.32	1.57	0.61%	-1.22701
	351-400	196.04	1.11	0.56%	-1.29263
	>400	350.36	1.72	0.49%	-1.47158
正規化植 生指數	<0	156.38	44.38	8.14%	2.22911

	分類	區間面積(ha)	崩塌面積(ha)	崩塌率(%)	權重值
	0-0.1	53.17	7.67	2.97%	0.46950
	0.1-0.2	52.20	6.44	2.26%	0.16400
	0.2-0.3	77.29	5.53	1.98%	0.01521
	0.3-0.4	114.92	5.72	1.56%	-0.25135
	0.4-0.5	199.80	4.49	0.69%	-1.18307
	>0.5	3235.95	1.74	0.12%	-3.31979
土地利用	林地	3288.97	50.25	1.53%	-1.05880
	人為開墾	520.06	22.23	4.27%	1.01325
	水利地	80.68	2.70	3.35%	0.56863
層面關係	順向坡	933.08	21.82	2.34%	0.24975
	斜交坡	2382.80	51.12	2.15%	0.26818
	逆向坡	458.18	1.24	0.27%	-2.10860
	其他	115.65	1.00	0.86%	-0.84487

附錄七

易致災路段風險分析結果

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	上邊坡災害 潛勢(S)	下邊坡災害 潛勢(S)	損失程度(L)	發生機率(P)	上邊坡災害 風險(R)	下邊坡災害 風險(R)
1	20K+000	20K+800	800	河岸侵蝕	0.13	0.47	0.19	0.17	0.035	0.124
2	20K+800	20K+950	150	河岸侵蝕	0.13	0.13	0.04	0.17	0.007	0.007
3	20K+950	23K+085	2135	無	0.07	0.07	0.52	0.02	0.006	0.006
4	23K+085	23K+600	515	河岸侵蝕	0.13	0.27	0.13	0.17	0.023	0.046
5	23K+600	24K+010	410	順向坡	0.33	0.60	0.31	0.17	0.142	0.255
6	24K+010	24K+500	490	岩體滑動	0.27	0.27	0.37	0.17	0.135	0.135
7	24K+500	24K+640	140	蝕溝	0.13	0.13	0.03	0.04	0.001	0.001
8	24K+640	24K+730	90	無	0.07	0.07	0.02	0.02	0.000	0.000
9	24K+730	24K+800	70	無	0.07	0.07	0.02	0.02	0.000	0.000
10	24K+800	24K+980	180	無	0.07	0.07	0.04	0.02	0.000	0.000
11	24K+980	25K+500	520	順向坡	0.40	0.40	0.13	0.17	0.069	0.069
12	25K+500	25K+900	400	蝕溝	0.47	0.47	0.10	0.04	0.015	0.015
13	25K+900	26K+230	330	岩體滑動	0.40	0.40	0.08	0.17	0.044	0.044
14	26K+230	26K+310	80	岩體滑動	0.40	0.40	0.02	0.17	0.011	0.011
15	26K+310	26K+400	90	岩體滑動	0.40	0.40	0.02	0.17	0.012	0.012
16	26K+400	26K+740	340	蝕溝	0.40	0.40	0.08	0.04	0.011	0.011
17	26K+740	27K+340	600	岩體滑動	0.47	0.47	0.15	0.17	0.093	0.093
18	27K+340	27K+460	120	岩體滑動	0.40	0.40	0.03	0.17	0.016	0.016
19	27K+460	27K+730	270	岩體滑動	0.60	0.60	0.07	0.17	0.054	0.054
20	27K+730	27K+830	100	岩屑崩滑	0.33	0.40	0.02	0.17	0.011	0.013

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	上邊坡災害 潛勢(S)	下邊坡災害 潛勢(S)	損失程度(L)	發生機率(P)	上邊坡災害 風險(R)	下邊坡災害 風險(R)
21	27K+830	28K+000	170	岩體滑動	0.13	0.33	0.04	0.17	0.008	0.019
22	28K+000	28K+120	120	岩體滑動	0.40	0.40	0.03	0.17	0.016	0.016
23	28K+120	28K+350	230	岩體滑動	0.53	0.40	0.06	0.17	0.041	0.030
24	28K+350	28K+510	160	蝕溝	0.33	0.33	0.04	0.04	0.004	0.004
25	28K+510	28K+950	440	順向坡	0.33	0.33	0.11	0.17	0.049	0.049
26	28K+950	29K+060	110	岩屑崩滑	0.13	0.27	0.03	0.17	0.005	0.010
27	29K+060	29K+180	120	順向坡	0.40	0.40	0.03	0.17	0.016	0.016
28	29K+180	29K+430	250	岩體滑動	0.40	0.40	0.06	0.17	0.033	0.033
29	29K+430	29K+880	450	岩體滑動	0.87	0.87	0.73	0.17	0.860	0.860
30	29K+880	30K+000	120	岩體滑動	0.87	0.87	0.19	0.17	0.229	0.229
31	30K+000	30K+050	50	土石流	0.40	0.40	0.08	0.04	0.011	0.011
32	30K+050	30K+200	150	岩屑崩滑	0.40	0.40	0.24	0.17	0.132	0.132
33	30K+200	30K+260	60	岩屑崩滑	0.40	0.40	0.10	0.17	0.053	0.053
34	30K+260	30K+290	30	土石流	0.80	0.80	0.05	0.04	0.013	0.013
35	30K+290	30K+430	140	岩屑崩滑	0.47	0.47	0.23	0.17	0.144	0.144
36	30K+430	30K+690	260	岩屑崩滑	0.67	0.67	0.42	0.17	0.382	0.382
37	30K+690	30K+750	60	岩屑崩滑	0.80	0.80	0.10	0.17	0.106	0.106
38	30K+750	30K+830	80	土石流	0.53	0.53	0.13	0.04	0.023	0.023
39	30K+830	30K+900	70	蝕溝	0.33	0.53	0.02	0.04	0.002	0.003
40	30K+900	30K+940	40	蝕溝	0.13	0.27	0.01	0.04	0.000	0.001

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	上邊坡災害 潛勢(S)	下邊坡災害 潛勢(S)	損失程度(L)	發生機率(P)	上邊坡災害 風險(R)	下邊坡災害 風險(R)
41	30K+940	31K+000	60	蝕溝	0.27	0.27	0.01	0.04	0.001	0.001
42	31K+000	31K+085	85	蝕溝	0.27	0.27	0.02	0.04	0.002	0.002
43	31K+085	31K+175	90	無	0.13	0.13	0.02	0.02	0.000	0.000
44	31K+175	31K+295	120	無	0.13	0.13	0.03	0.02	0.001	0.001
45	31K+295	31K+500	205	岩屑崩滑	0.80	0.80	0.05	0.17	0.054	0.054
46	31K+500	31K+900	400	順向坡	0.87	0.87	0.10	0.17	0.115	0.115
47	31K+900	32K+700	800	土石流	0.80	0.93	0.19	0.04	0.051	0.059
48	32K+700	33K+100	400	河岸侵蝕	0.13	0.73	1.00	0.17	0.182	1.000
49	33K+100	33K+650	550	岩屑崩滑	0.20	0.13	0.13	0.17	0.036	0.024
50	33K+650	33K+700	50	岩屑崩滑	0.20	0.13	0.01	0.17	0.003	0.002
51	33K+700	33K+800	100	土石流	0.53	0.53	0.03	0.04	0.005	0.005
52	33K+800	33K+900	100	岩屑崩滑	0.20	0.20	0.03	0.17	0.007	0.007
53	33K+900	33K+950	50	土石流	0.47	0.47	0.01	0.04	0.002	0.002
54	33K+950	34K+060	110	岩屑崩滑	0.33	0.47	0.03	0.17	0.013	0.018
55	34K+060	34K+400	340	無	0.07	0.07	0.09	0.02	0.001	0.001
56	34K+400	34K+650	250	無	0.07	0.07	0.06	0.02	0.001	0.001
57	34K+650	34K+735	85	岩屑崩滑	0.20	0.20	0.02	0.17	0.006	0.006
58	34K+735	34K+820	85	岩屑崩滑	0.27	0.27	0.02	0.17	0.008	0.008
59	34K+820	35K+110	290	岩屑崩滑	0.33	0.33	0.08	0.17	0.034	0.034
60	35K+110	35K+235	125	土石流	0.60	0.60	0.03	0.04	0.006	0.006

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	上邊坡災害 潛勢(S)	下邊坡災害 潛勢(S)	損失程度(L)	發生機率(P)	上邊坡災害 風險(R)	下邊坡災害 風險(R)
61	35K+235	35K+350	115	岩屑崩滑	0.60	0.60	0.03	0.17	0.024	0.024
62	35K+350	35K+640	290	岩體滑動	0.73	0.73	1.00	0.17	1.000	1.000
63	35K+640	35K+810	170	岩體滑動	0.73	0.73	0.04	0.17	0.044	0.044
64	35K+810	35K+870	60	土石流	0.33	0.33	0.02	0.04	0.002	0.002
65	35K+870	36K+180	310	岩屑崩滑	0.67	0.67	0.08	0.17	0.073	0.073
66	36K+180	36K+210	30	岩屑崩滑	0.33	0.33	0.01	0.17	0.004	0.004
67	36K+210	36K+320	110	岩屑崩滑	0.33	0.33	0.03	0.17	0.013	0.013
68	36K+320	36K+500	180	岩屑崩滑	0.40	0.40	0.05	0.17	0.026	0.026
69	36K+500	36K+585	85	岩屑崩滑	0.33	0.33	0.02	0.17	0.010	0.010
70	36K+585	36K+680	95	岩屑崩滑	0.47	0.47	0.02	0.17	0.016	0.016
71	36K+680	36K+740	60	土石流	0.67	0.67	0.02	0.04	0.003	0.003
72	36K+740	36K+865	125	無	0.07	0.07	0.03	0.02	0.000	0.000
73	36K+865	36K+900	35	土石流	0.47	0.47	0.01	0.04	0.001	0.001
74	36K+900	36K+950	50	無	0.07	0.07	0.01	0.02	0.000	0.000
75	36K+950	37K+170	220	岩屑崩滑	0.47	0.47	0.06	0.17	0.036	0.036
76	37K+170	37K+250	80	土石流	0.47	0.47	0.02	0.04	0.003	0.003
77	37K+250	37K+350	100	岩屑崩滑	0.33	0.47	0.03	0.17	0.012	0.017
78	37K+350	37K+440	90	蝕溝	0.33	0.47	0.02	0.04	0.003	0.004
79	37K+440	37K+500	60	岩屑崩滑	0.47	0.47	0.02	0.17	0.010	0.010
80	37K+500	37K+680	180	岩屑崩滑	0.60	0.60	0.05	0.17	0.038	0.038

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	上邊坡災害 潛勢(S)	下邊坡災害 潛勢(S)	損失程度(L)	發生機率(P)	上邊坡災害 風險(R)	下邊坡災害 風險(R)
81	37K+680	37K+800	120	岩屑崩滑	0.60	0.60	0.03	0.17	0.026	0.026
82	37K+800	37K+940	140	無	0.07	0.07	0.04	0.02	0.000	0.000
83	37K+940	38K+085	145	岩屑崩滑	0.33	0.40	0.04	0.17	0.017	0.021
84	38K+085	38K+275	190	落石	0.20	0.20	0.05	0.17	0.013	0.013
85	38K+275	38K+450	175	岩屑崩滑	0.33	0.40	0.05	0.17	0.021	0.025
86	38K+450	38K+670	220	無	0.07	0.07	0.06	0.02	0.001	0.001
87	38K+670	39K+500	830	落石	0.07	0.07	0.22	0.17	0.020	0.020
88	39K+500	39K+950	450	落石	0.40	0.27	0.12	0.17	0.064	0.043
89	39K+950	40K+050	100	落石	0.27	0.27	0.03	0.17	0.009	0.009
90	40K+050	40K+200	150	順向坡	0.33	0.33	0.04	0.17	0.018	0.018
91	40K+200	40K+500	300	順向坡	0.53	0.53	0.08	0.17	0.057	0.057
92	40K+500	40K+570	70	順向坡	0.33	0.40	0.02	0.17	0.008	0.010
93	40K+570	40K+760	190	順向坡	0.40	0.40	0.05	0.17	0.027	0.027
94	40K+760	41K+820	1060	無	0.13	0.13	0.33	0.02	0.007	0.007
95	41K+820	42K+000	180	岩屑崩滑	0.40	0.40	0.06	0.17	0.030	0.030
96	42K+000	42K+265	265	岩體滑動	0.67	0.67	0.20	0.17	0.178	0.178
97	42K+265	42K+280	15	土石流	0.67	0.67	0.00	0.04	0.001	0.001
98	42K+280	42K+375	95	落石	0.13	0.20	0.03	0.17	0.005	0.008
99	42K+375	42K+475	100	無	0.13	0.13	0.03	0.02	0.001	0.001
100	42K+475	42K+600	125	蝕溝	0.20	0.20	0.04	0.04	0.003	0.003

編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	上邊坡災害 潛勢(S)	下邊坡災害 潛勢(S)	損失程度(L)	發生機率(P)	上邊坡災害 風險(R)	下邊坡災害 風險(R)
101	42K+600	42K+630	30	土石流	0.40	0.40	0.01	0.04	0.001	0.001
102	42K+630	42K+770	140	落石	0.20	0.13	0.04	0.17	0.012	0.008
103	42K+770	42K+875	105	岩屑崩滑	0.60	0.60	0.03	0.17	0.026	0.026
104	42K+875	42K+950	75	蝕溝	0.13	0.13	0.02	0.04	0.001	0.001
105	42K+950	43K+000	50	無	0.13	0.13	0.02	0.02	0.000	0.000
106	43K+000	43K+190	190	落石	0.27	0.13	0.06	0.17	0.021	0.011
107	43K+190	43K+285	95	無	0.13	0.13	0.03	0.02	0.001	0.001
108	43K+285	43K+640	355	順向坡	0.60	0.60	0.11	0.17	0.089	0.089
109	43K+640	43K+710	70	落石	0.13	0.13	0.02	0.17	0.004	0.004
110	43K+710	44K+000	290	岩屑崩滑	0.87	0.87	0.09	0.17	0.105	0.105
111	44K+000	44K+010	10	土石流	0.87	0.87	0.00	0.04	0.001	0.001
112	44K+010	44K+070	60	岩屑崩滑	0.33	0.87	0.02	0.17	0.008	0.022
113	44K+070	44K+135	65	岩屑崩滑	0.87	0.87	0.02	0.17	0.024	0.024
114	44K+135	44K+415	280	土石流	0.80	0.80	0.09	0.04	0.022	0.022
115	44K+415	44K+515	100	岩屑崩滑	0.33	0.40	0.03	0.17	0.014	0.017
116	44K+515	44K+625	110	落石	0.27	0.13	0.03	0.17	0.012	0.006
117	44K+625	44K+855	230	落石	0.27	0.40	0.07	0.17	0.026	0.039
118	44K+855	45K+000	145	岩屑崩滑	0.13	0.27	0.04	0.17	0.008	0.016
119	45K+000	45K+200	200	岩屑崩滑	0.27	0.27	0.06	0.17	0.022	0.022
120	45K+200	45K+275	75	岩屑崩滑	0.60	0.60	0.02	0.17	0.019	0.019

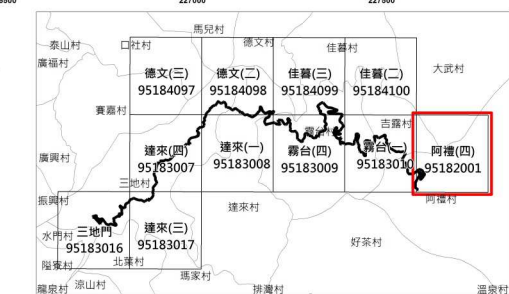
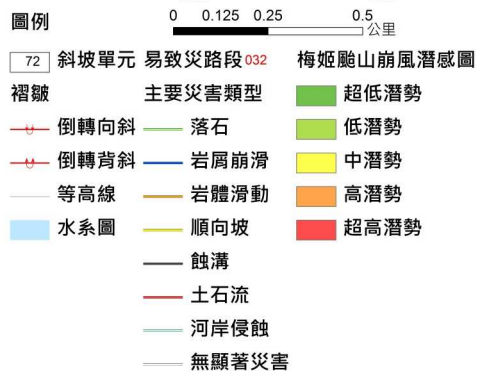
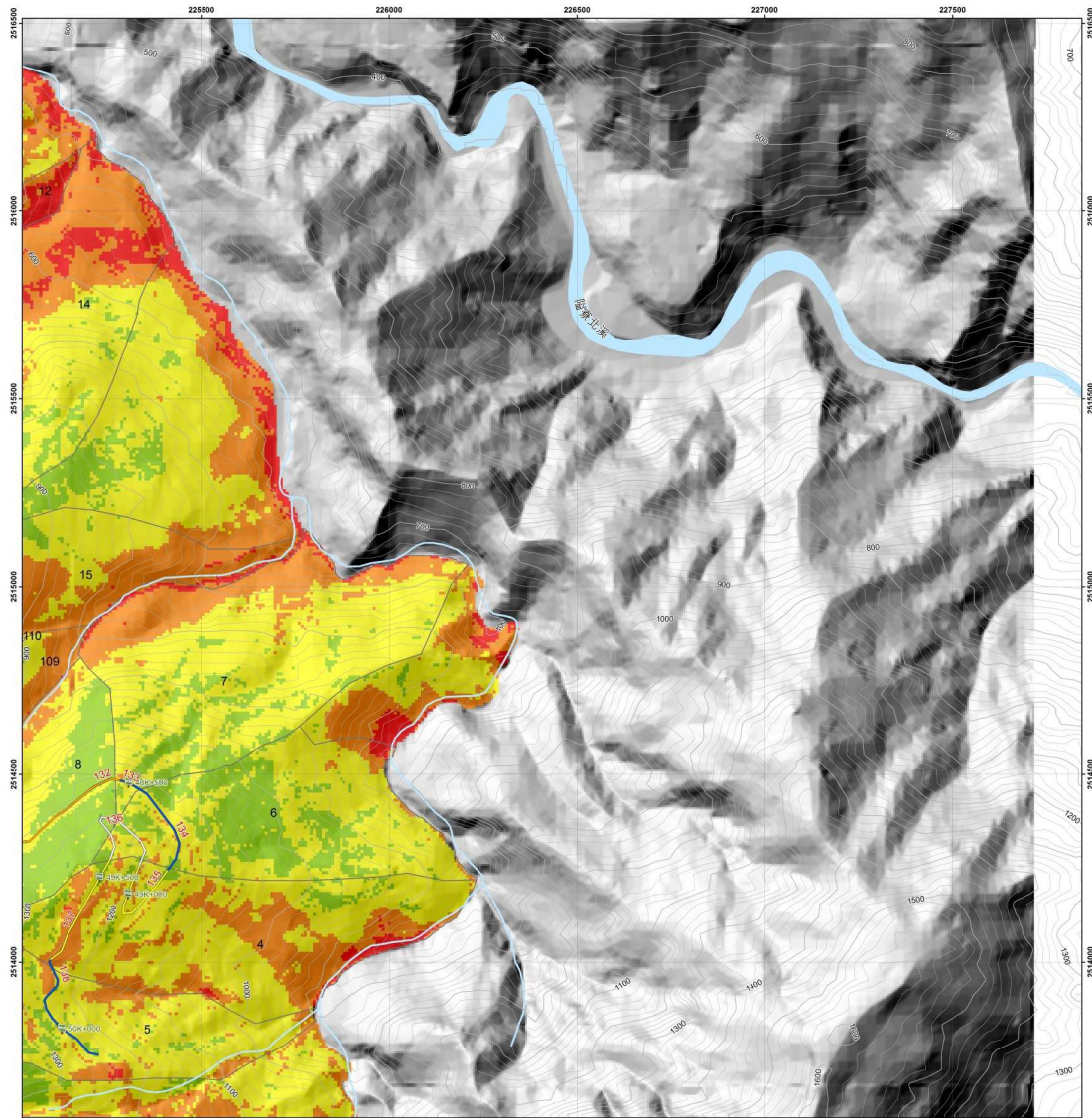
編號	起始樁號	結束樁號	路段長度 (公尺)	主要災害類型	上邊坡災害 潛勢(S)	下邊坡災害 潛勢(S)	損失程度(L)	發生機率(P)	上邊坡災害 風險(R)	下邊坡災害 風險(R)
121	45K+275	45K+550	275	岩屑崩滑	0.73	0.73	0.08	0.17	0.084	0.084
122	45K+550	45K+750	200	無	0.13	0.13	0.06	0.02	0.001	0.001
123	45K+750	46K+000	250	岩體滑動	0.80	0.80	0.08	0.17	0.084	0.084
124	46K+000	46K+300	300	岩體滑動	0.93	0.93	0.09	0.17	0.117	0.117
125	46K+300	46K+700	400	岩體滑動	0.93	0.93	0.12	0.17	0.156	0.156
126	46K+700	47K+050	350	蝕溝	0.33	0.53	0.11	0.04	0.012	0.019
127	47K+050	47K+200	150	順向坡	0.67	0.67	0.05	0.17	0.042	0.042
128	47K+090	47K+500	410	蝕溝	0.80	0.80	0.13	0.04	0.033	0.033
129	47K+500	47K+645	145	落石	0.33	0.47	0.04	0.17	0.020	0.028
130	47K+645	47K+845	200	岩體滑動	1.00	1.00	0.06	0.17	0.084	0.084
131	47K+845	47K+965	120	岩體滑動	1.00	1.00	0.04	0.17	0.050	0.050
132	47K+965	48K+490	525	岩體滑動	1.00	1.00	0.16	0.17	0.220	0.220
133	48K+490	48K+550	60	岩屑崩滑	0.20	0.20	0.02	0.17	0.005	0.005
134	48K+550	48K+810	260	岩屑崩滑	0.20	0.20	0.08	0.17	0.022	0.022
135	48K+810	49K+115	305	順向坡	0.47	0.47	0.09	0.17	0.060	0.060
136	49K+115	49K+440	325	無	0.13	0.13	0.10	0.02	0.002	0.002
137	49K+440	49K+755	315	順向坡	0.67	0.67	0.10	0.17	0.088	0.088
138	49K+755	50K+100	345	岩屑崩滑	0.60	0.60	0.11	0.17	0.087	0.087

註：各因子皆為正規化結果

附錄八

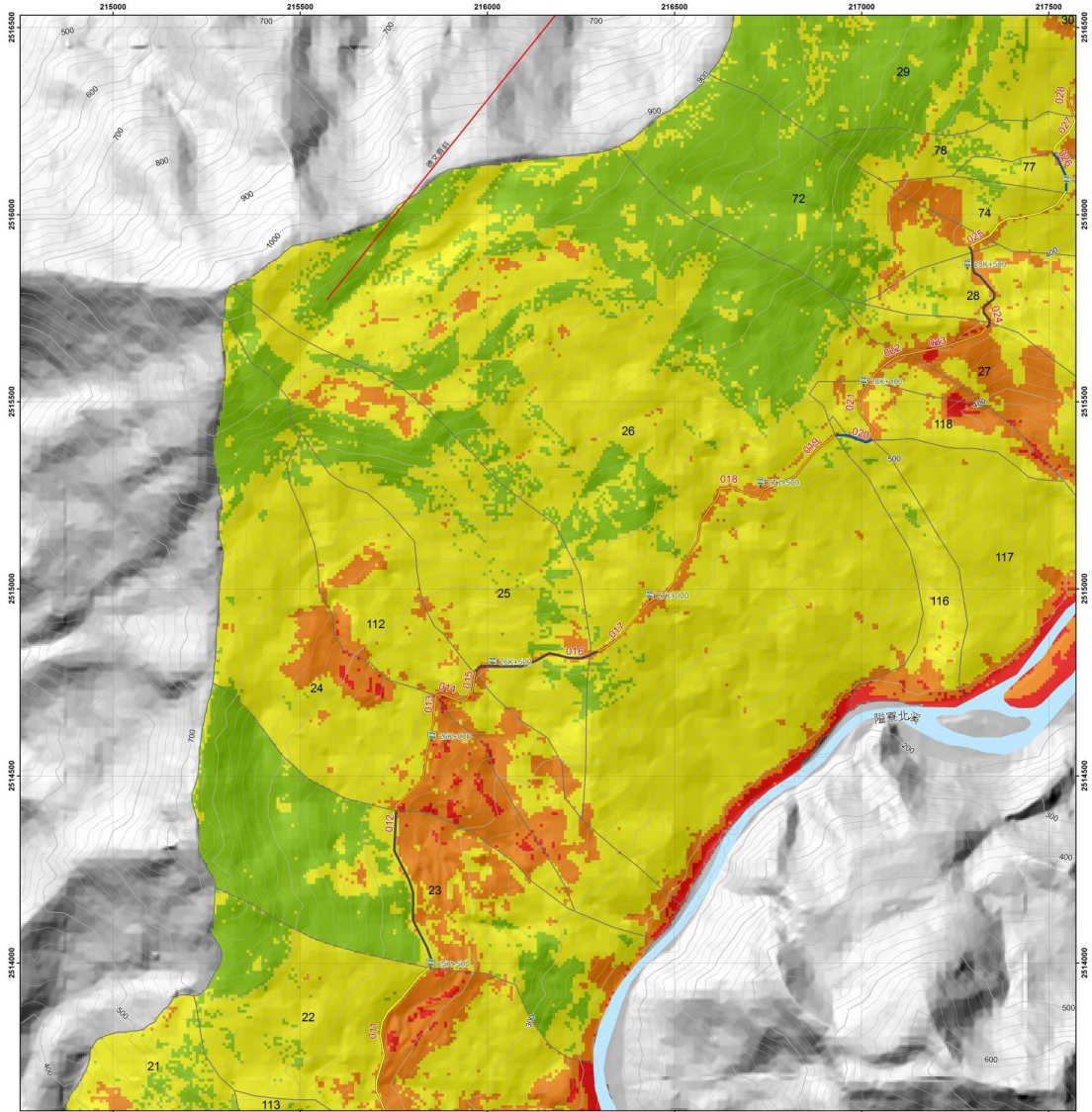
台 24 線道路山崩潛感圖

圖號：95182001 省道台24線易致災路段山崩潛感圖

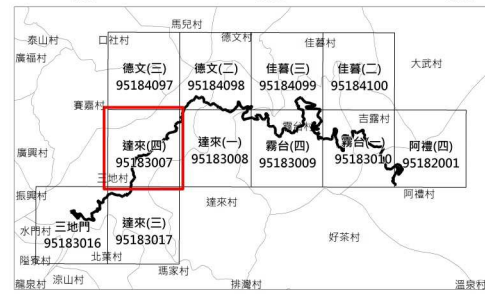


交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183007 省道台24線易致災路段山崩潛感圖

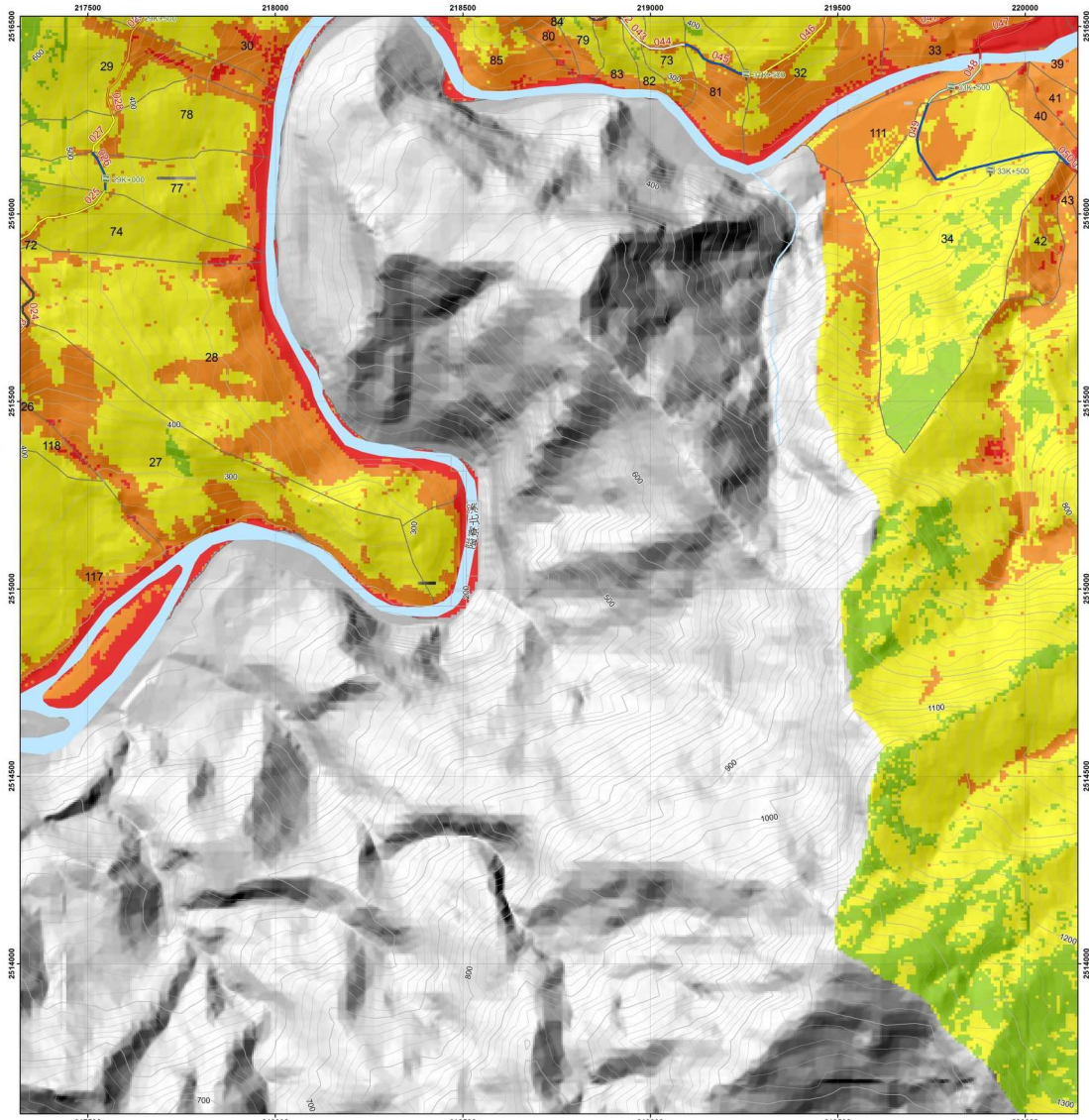


- 圖例**
- 0 0.125 0.25 0.5 公里
- | | |
|-------------------|-----------|
| 72 斜坡單元 易致災路段 032 | 梅姬颱風崩風潛感圖 |
| 褶皺 | 主要災害類型 |
| 倒轉向斜 | 落石 |
| 倒轉背斜 | 岩屑崩滑 |
| 等高線 | 岩體滑動 |
| 水系圖 | 順向坡 |
| | 蝕溝 |
| | 土石流 |
| | 河岸侵蝕 |
| | 無顯著災害 |
| | 超低潛勢 |
| | 低潛勢 |
| | 中潛勢 |
| | 高潛勢 |
| | 超高潛勢 |

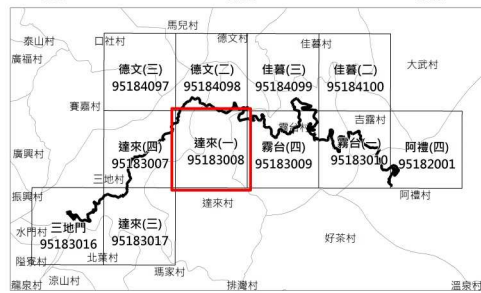


交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183008 省道台24線易致災路段山崩潛感圖

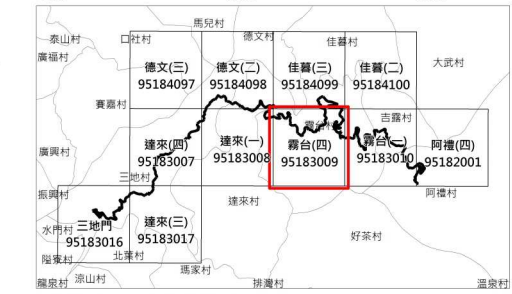
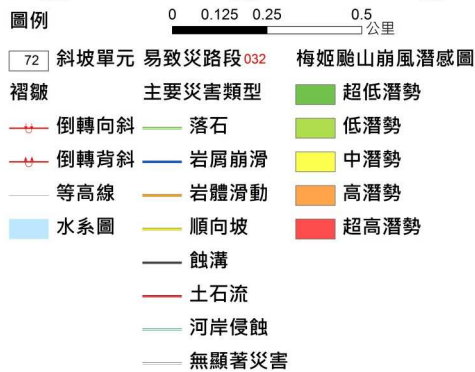
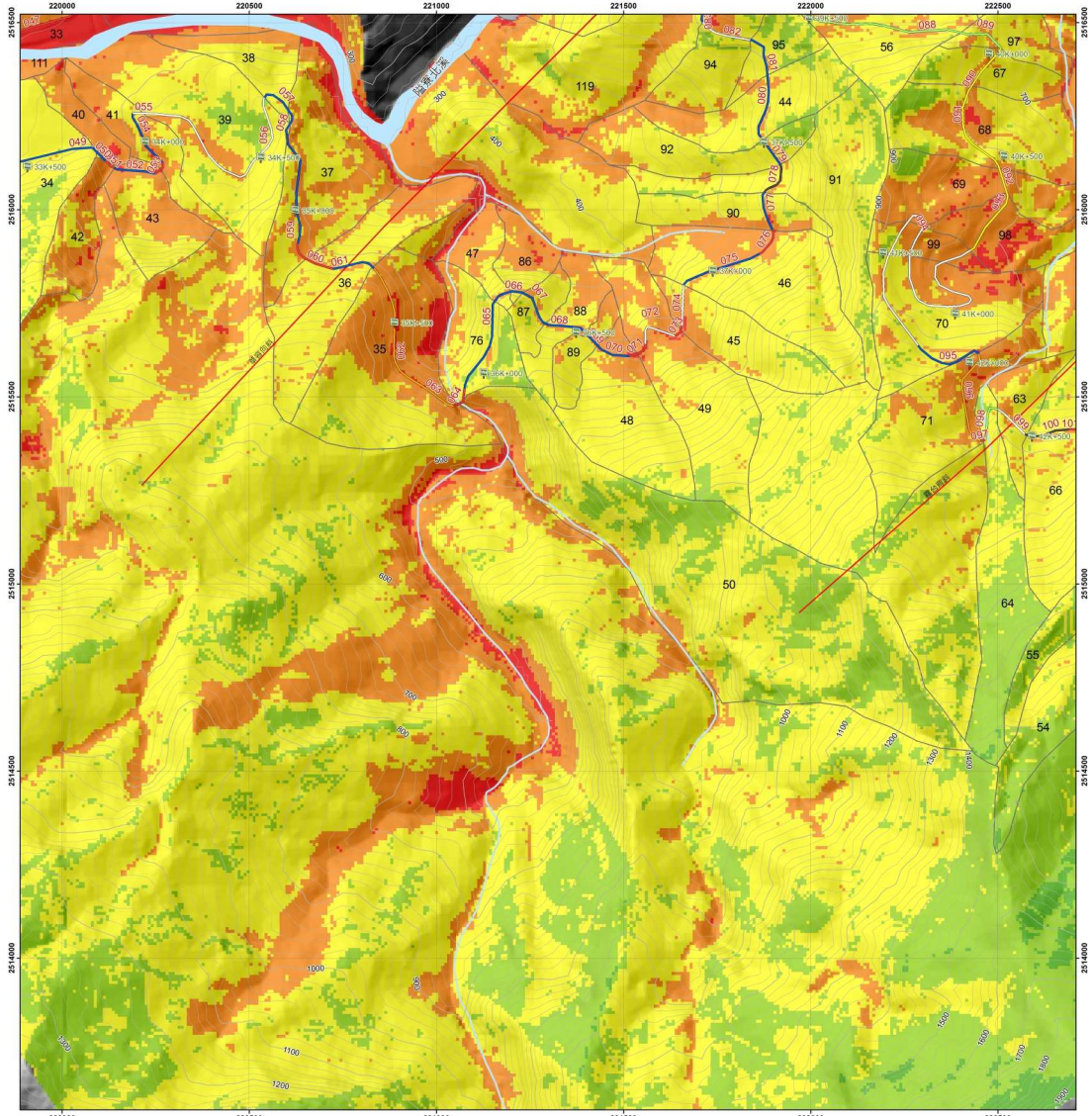


- 圖例**
- | | | |
|-------------------|-----------|------|
| 72 斜坡單元 易致災路段 032 | 梅姬颱風崩風潛感圖 | |
| 褶皺 | 主要災害類型 | 超低潛勢 |
| 倒轉向斜 | 落石 | 低潛勢 |
| 倒轉背斜 | 岩屑崩滑 | 中潛勢 |
| 等高線 | 岩體滑動 | 高潛勢 |
| 水系圖 | 順向坡 | 超高潛勢 |
| | 蝕溝 | |
| | 土石流 | |
| | 河岸侵蝕 | |
| | 無顯著災害 | |



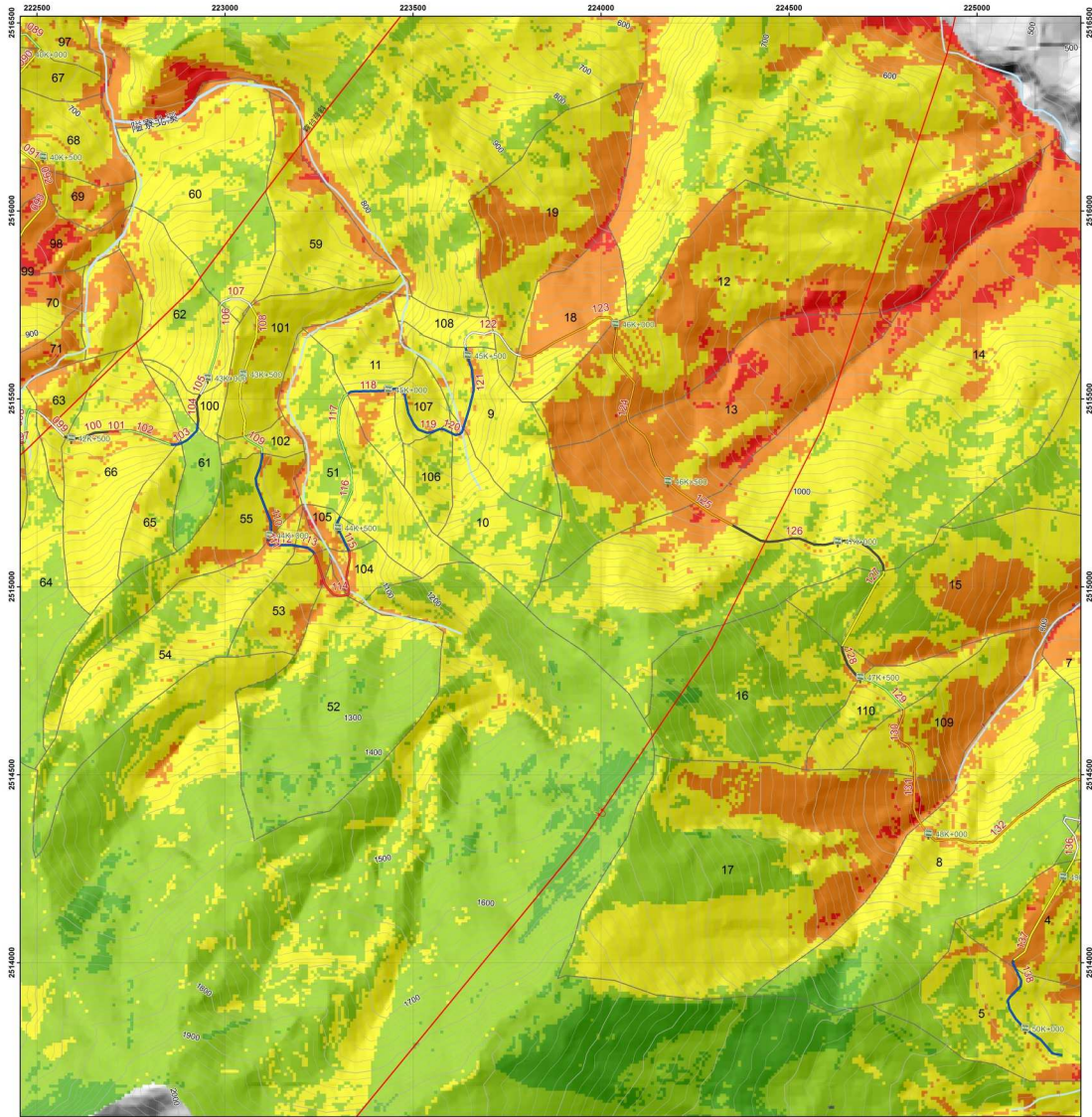
交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：港灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183009 省道台24線易致災路段山崩潛感圖



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：港灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183010 省道台24線易致災路段山崩潛感圖

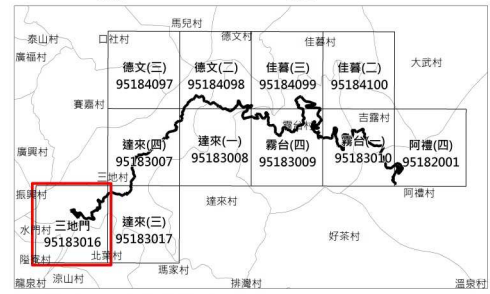
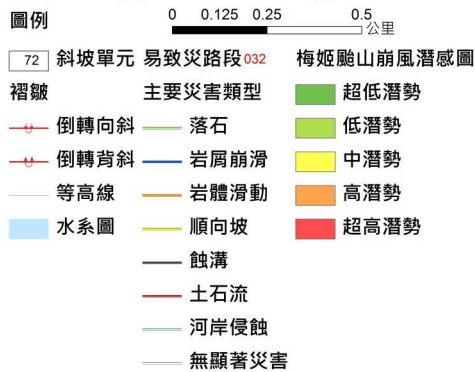
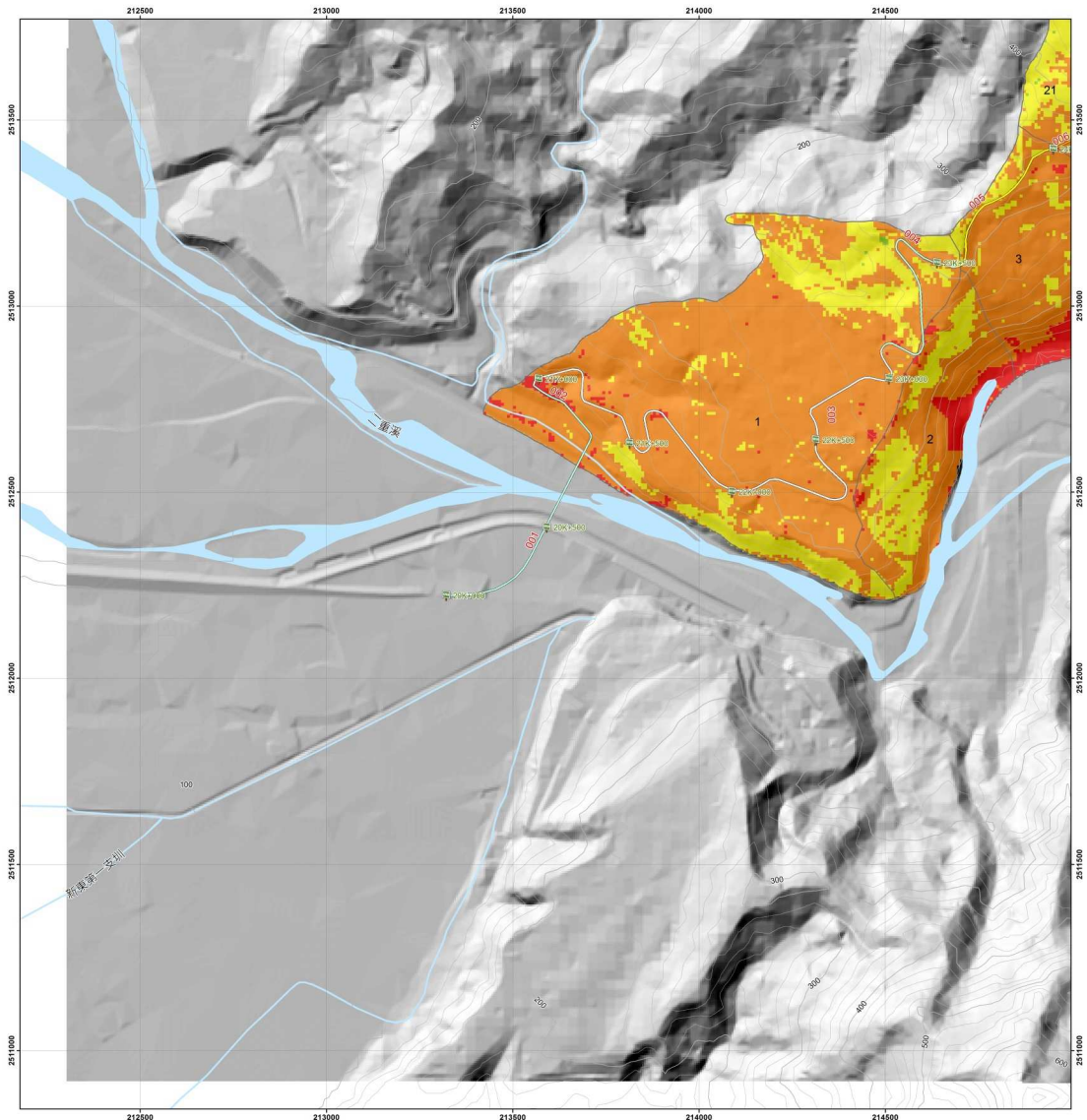


- 圖例**
- | | |
|-------------------|-----------|
| 72 斜坡單元 易致災路段 032 | 梅姬颱風崩風潛感圖 |
| 褶皺 | 主要災害類型 |
| 倒轉向斜 | 落石 |
| 倒轉背斜 | 岩屑崩滑 |
| 等高線 | 岩體滑動 |
| 水系圖 | 順向坡 |
| | 蝕溝 |
| | 土石流 |
| | 河岸侵蝕 |
| | 無顯著災害 |
| | 超低潛勢 |
| | 低潛勢 |
| | 中潛勢 |
| | 高潛勢 |
| | 超高潛勢 |



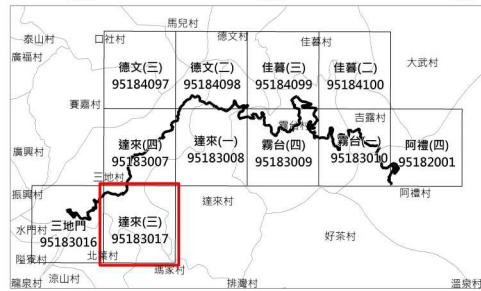
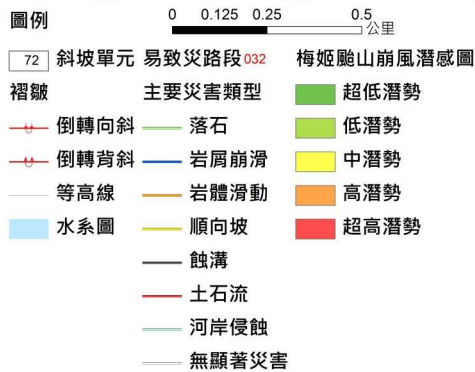
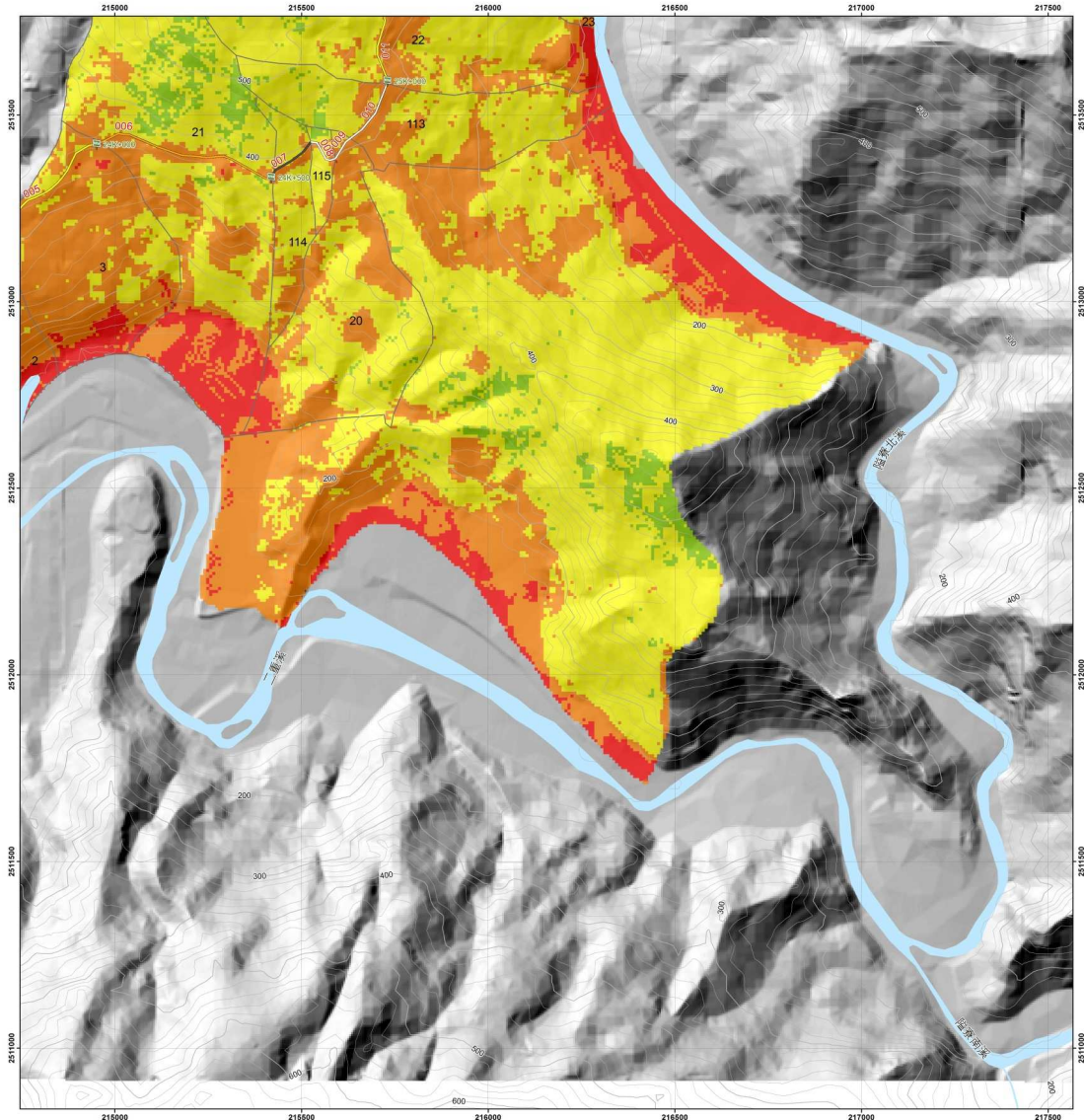
交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183016 省道台24線易致災路段山崩潛感圖



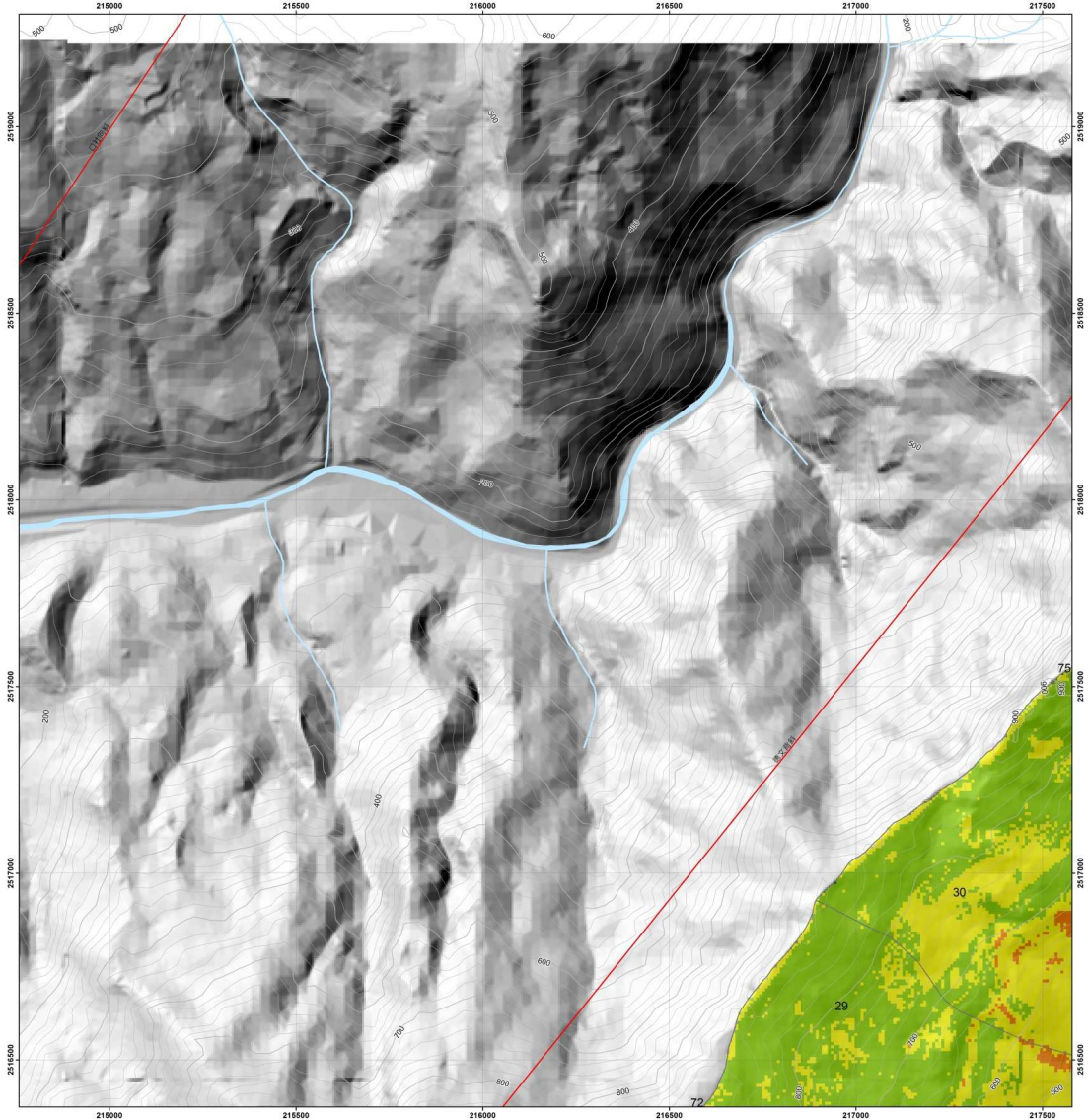
交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：港灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183017 省道台24線易致災路段山崩潛感圖

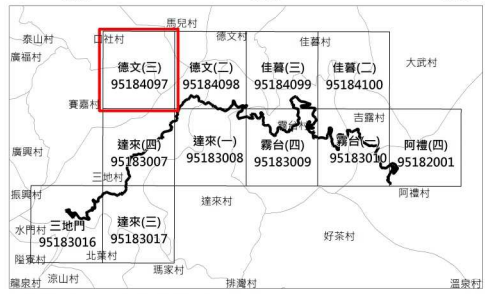


交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184097 省道台24線易致災路段山崩潛感圖

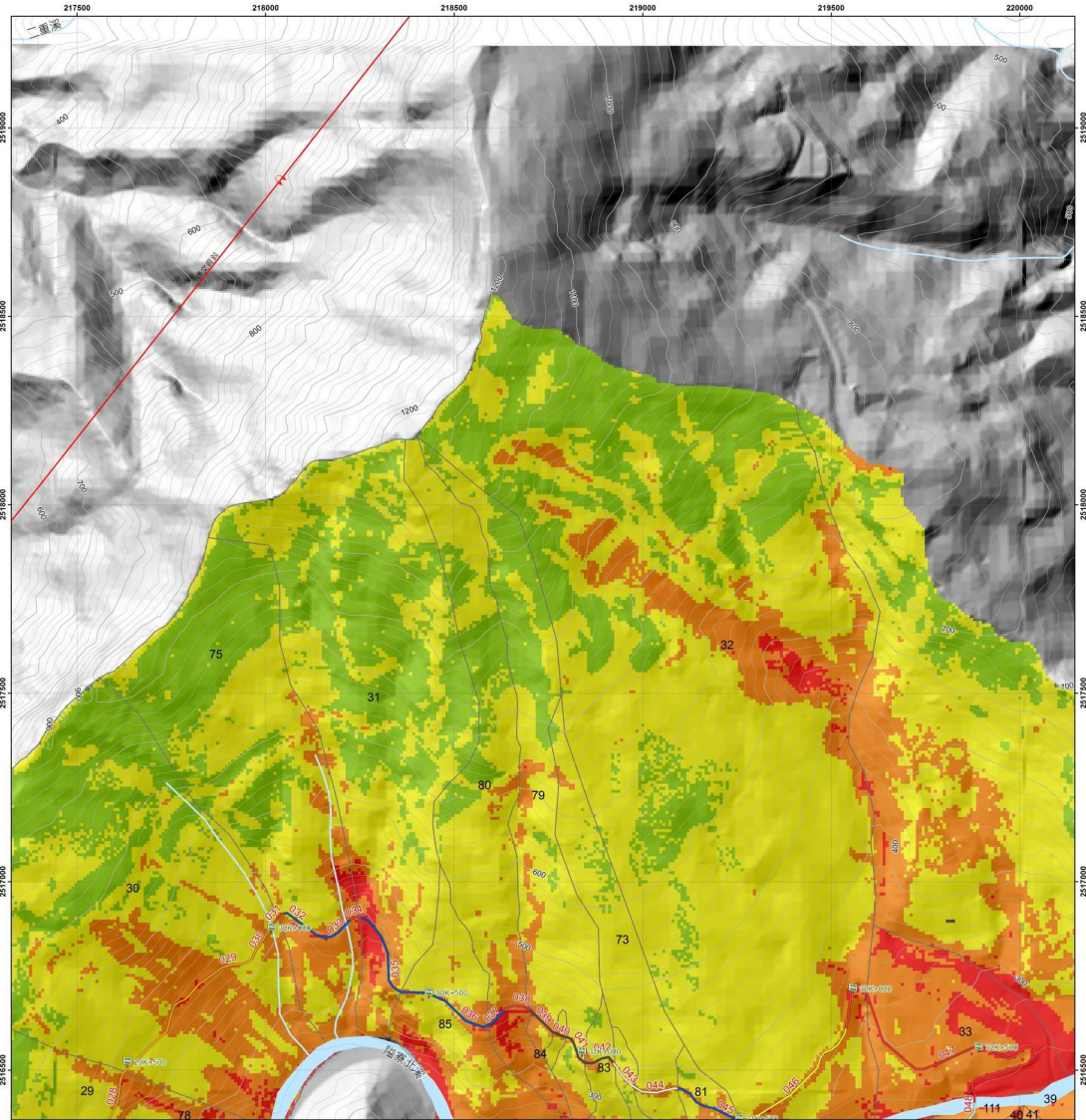


- 圖例**
- 0 0.125 0.25 0.5 公里
- | | | |
|-------------------|-----------|------|
| 72 斜坡單元 易致災路段 032 | 梅姬颱風崩風潛感圖 | |
| 褶皺 | 主要災害類型 | 超低潛勢 |
| 倒轉向斜 | 落石 | 低潛勢 |
| 倒轉背斜 | 岩屑崩滑 | 中潛勢 |
| 等高線 | 岩體滑動 | 高潛勢 |
| 水系圖 | 順向坡 | 超高潛勢 |
| | 蝕溝 | |
| | 土石流 | |
| | 河岸侵蝕 | |
| | 無顯著災害 | |



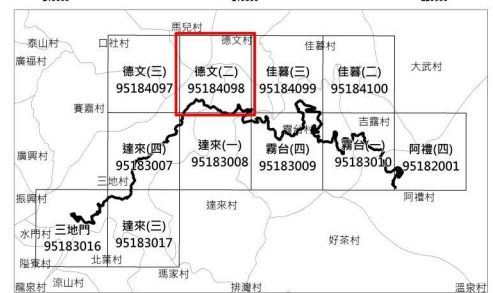
交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、风险分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184098 省道台24線易致災路段山崩潛感圖



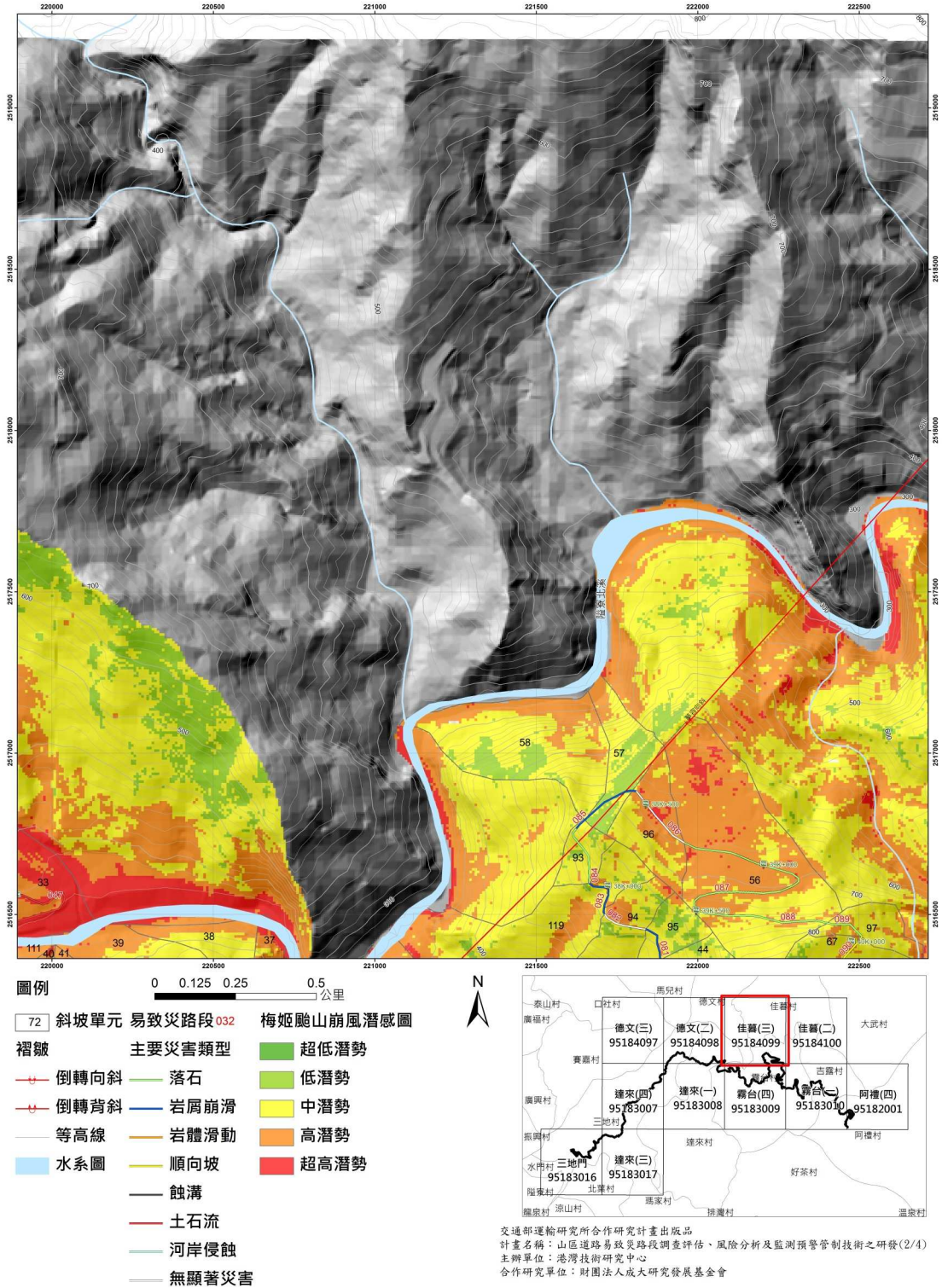
圖例

72 斜坡單元 易致災路段	032 梅姬颱風崩風潛感圖
褶皺	主要災害類型
倒轉向斜	落石
倒轉背斜	岩屑崩滑
等高線	岩體滑動
水系圖	順向坡
	蝕溝
	土石流
	河岸侵蝕
	無顯著災害
	超低潛勢
	低潛勢
	中潛勢
	高潛勢
	超高潛勢

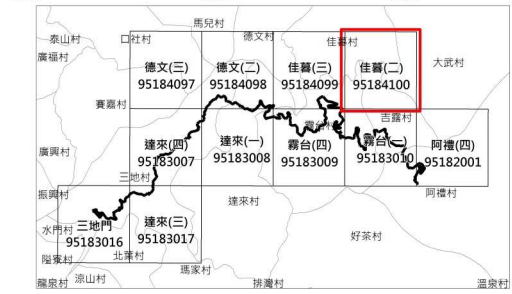
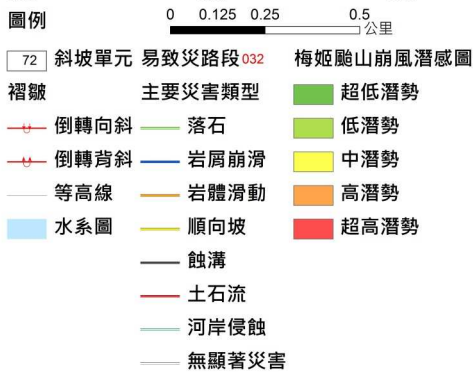
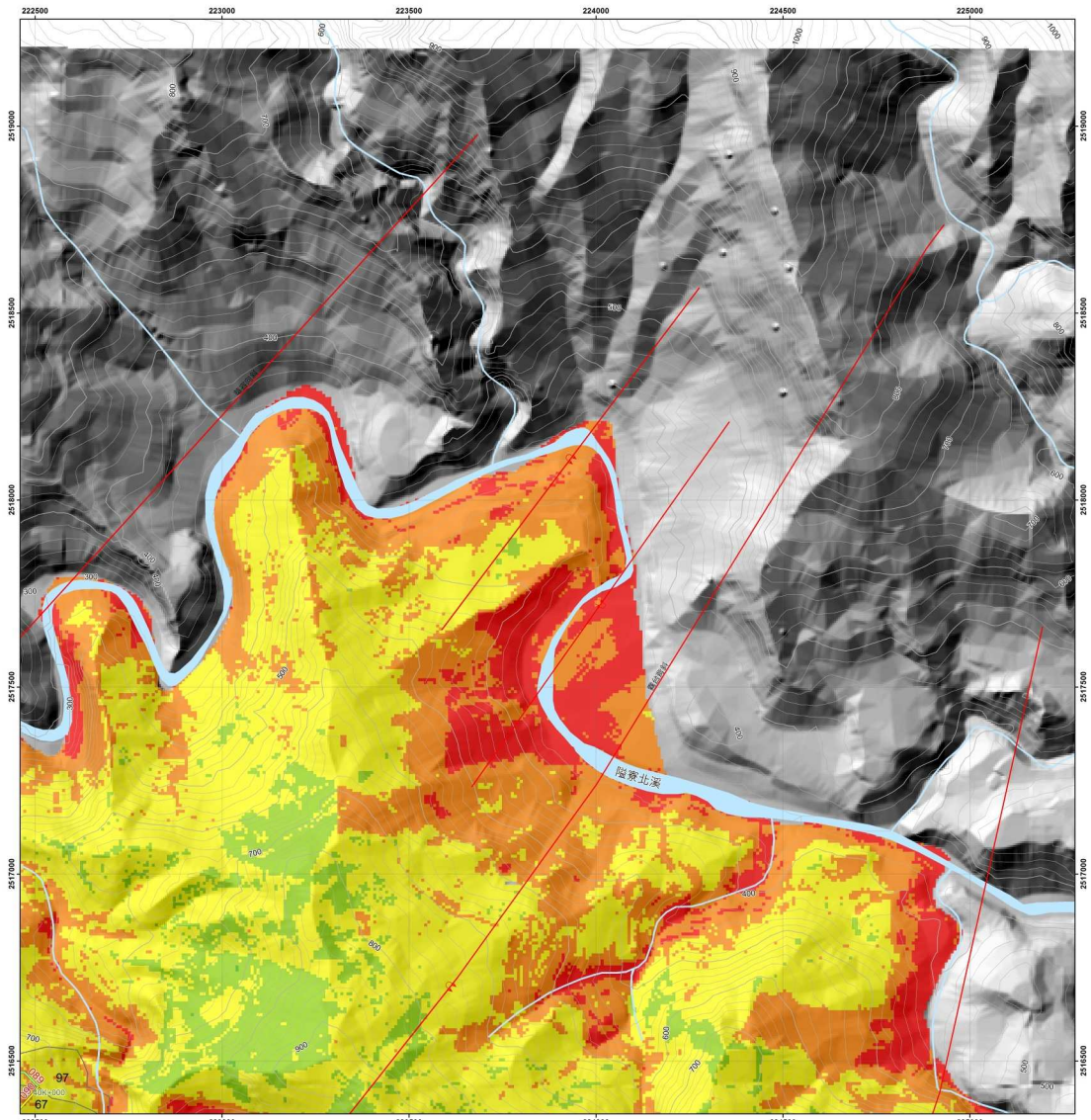


交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184099 省道台24線易致災路段山崩潛感圖



圖號：95184100 省道台24線易致災路段山崩潛感圖

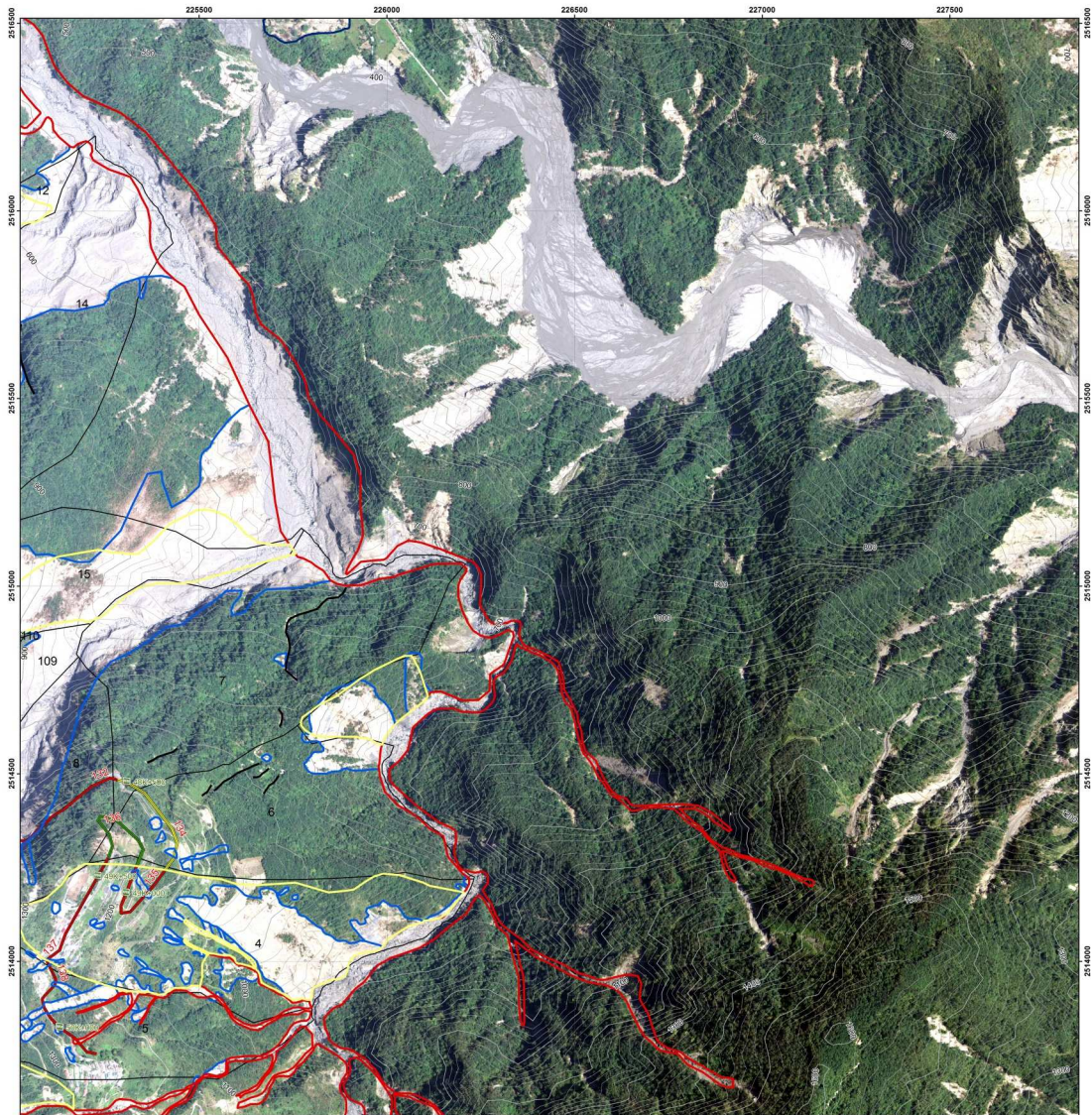


交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：港灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

附錄九

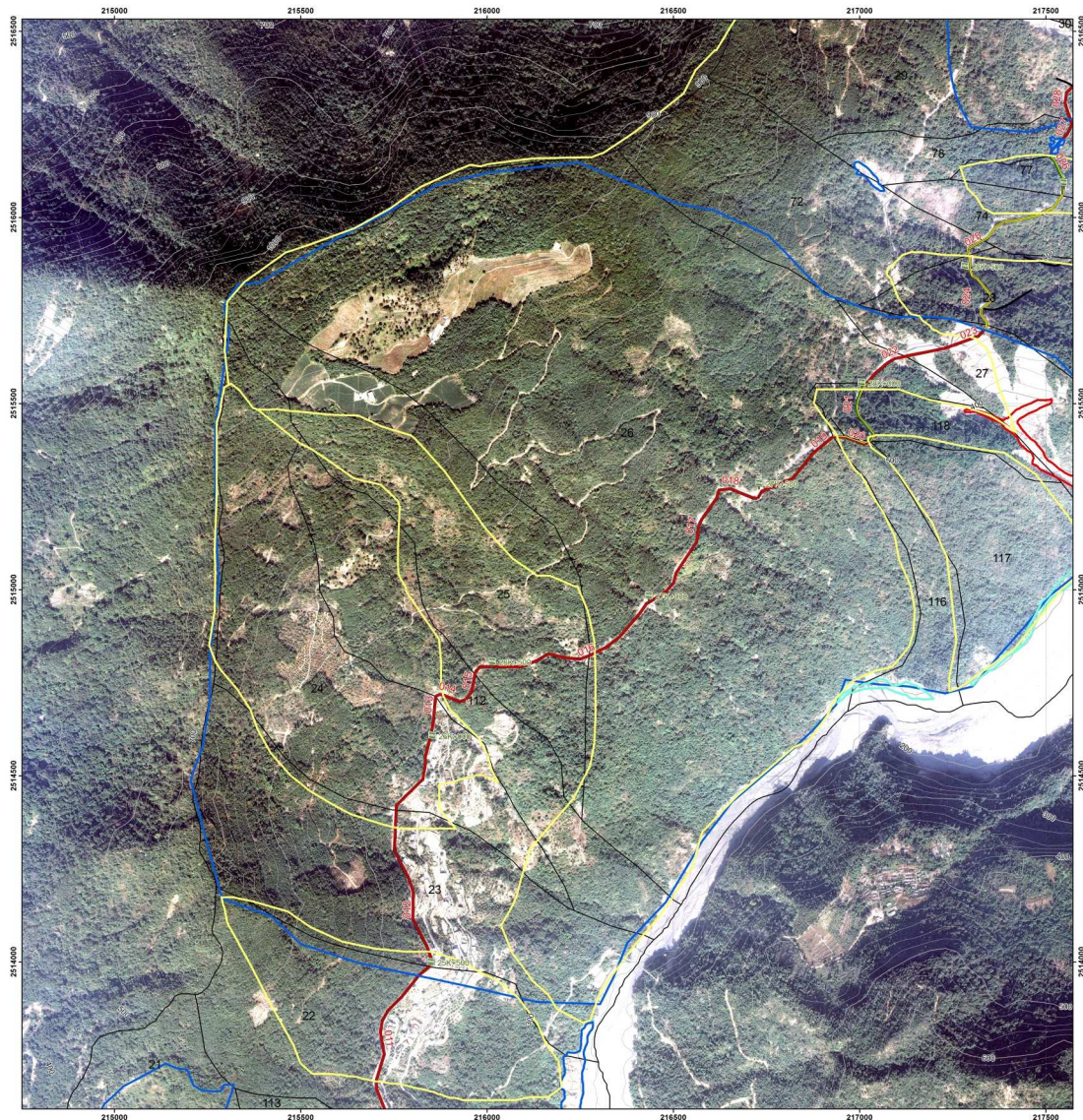
台 24 道路環境地質敏感區圖

圖號：95182001 省道台24線道路環境地質敏感區圖



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

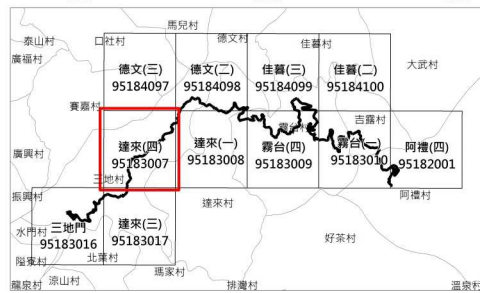
圖號：95183007 省道台24線環境地質敏感區圖



0 0.125 0.25 0.5 公里

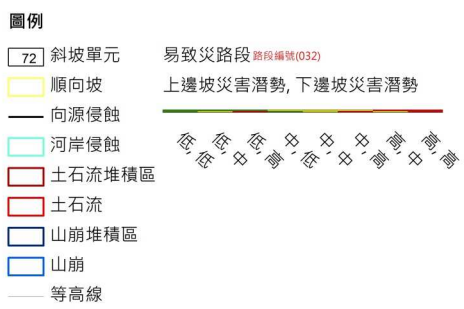
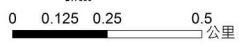
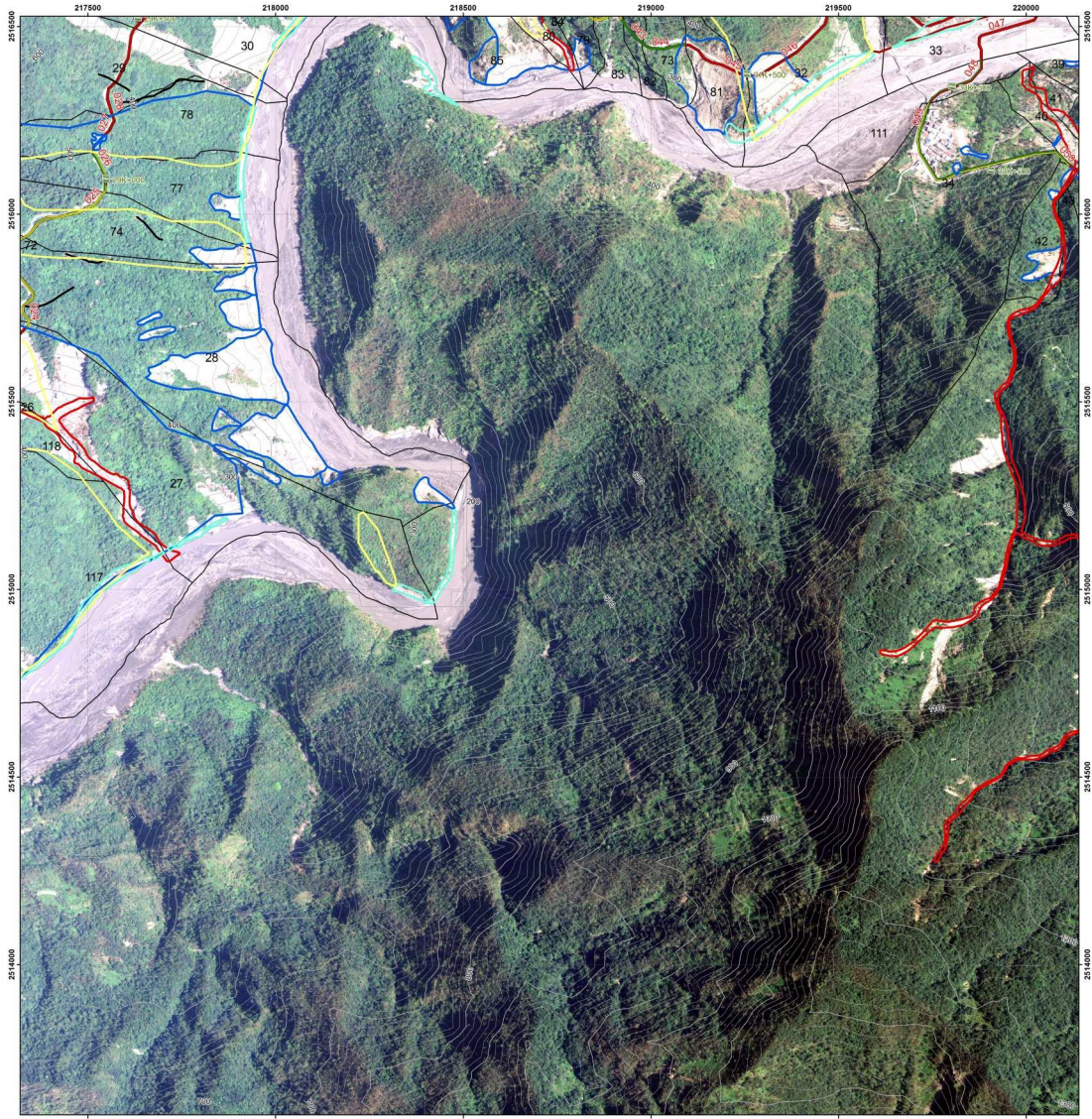
圖例

- 72 斜坡單元
 - 順向坡
 - 向源侵蝕
 - 河岸侵蝕
 - 土石流堆積區
 - 土石流
 - 山崩堆積區
 - 山崩
 - 等高線
- 易致災路段 路段編號(032)
- 上邊坡災害潛勢, 下邊坡災害潛勢
- 低 低 低 中 中 中 高 高 高



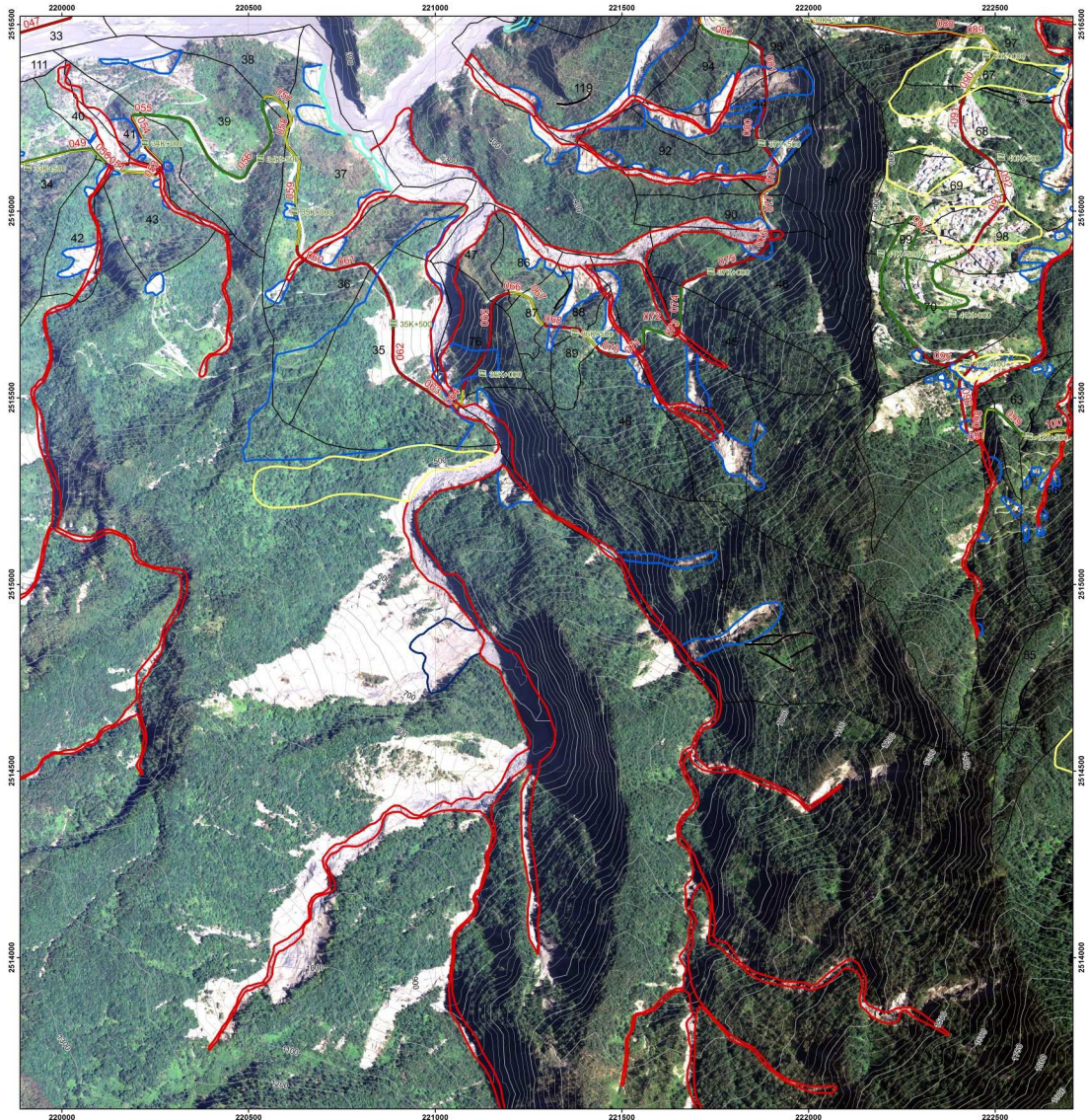
交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183008 省道台24線道路環境地質敏感區圖



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

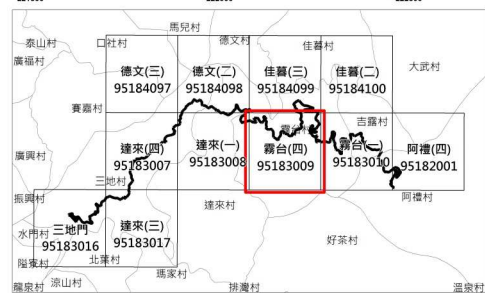
圖號：95183009 省道台24線道路環境地質敏感區圖



0 0.125 0.25 0.5 公里

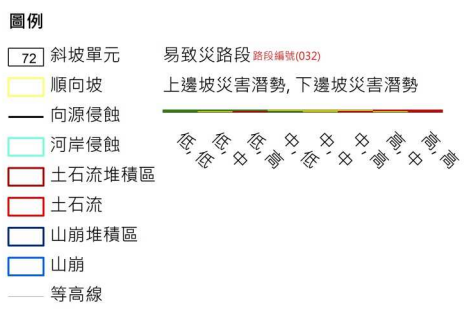
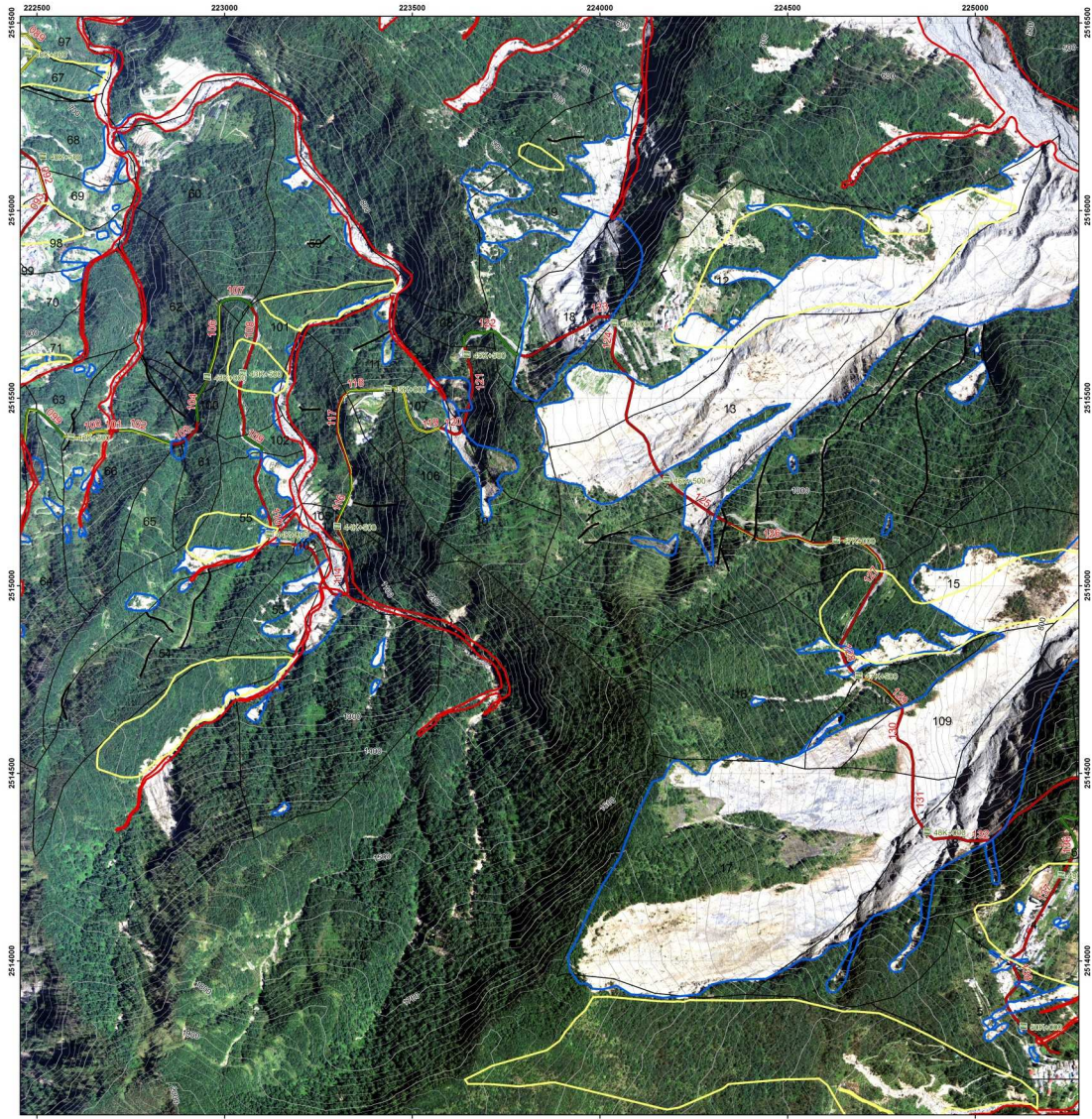
圖例

- 72 斜坡單元
 - 順向坡
 - 向源侵蝕
 - 河岸侵蝕
 - 土石流堆積區
 - 土石流
 - 山崩堆積區
 - 山崩
 - 等高線
- 易致災路段 路段編號(032)
- 上邊坡災害潛勢, 下邊坡災害潛勢
- 低 低 中 中 中 高 高



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183010 省道台24線道路環境地質敏感區圖



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：臺灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研發發展基金會

圖號：95183016 省道台24線道路環境地質敏感區圖



0 0.125 0.25 0.5 公里

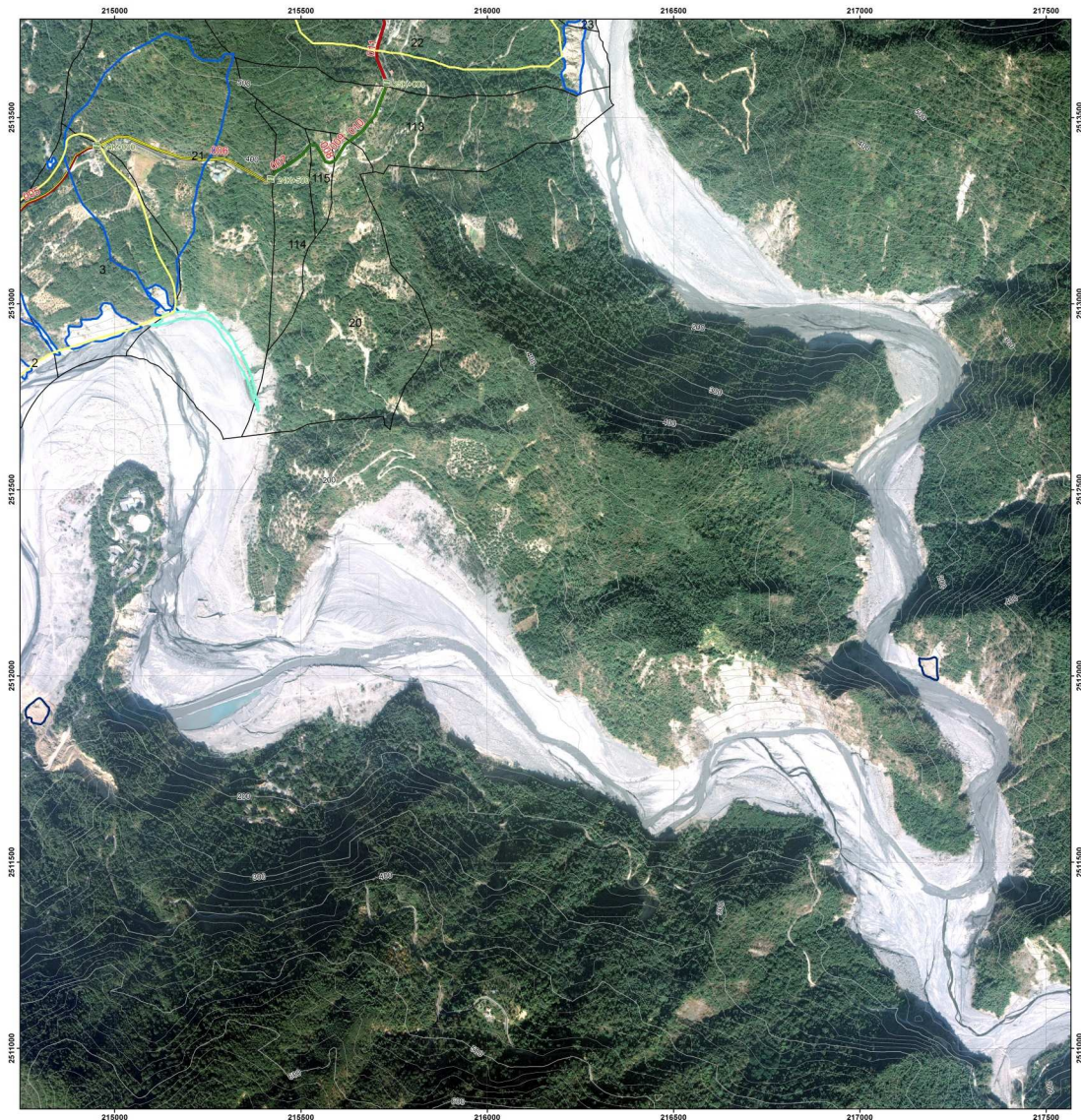
圖例

- | | | | |
|--|--------|--|-------------------|
| | 斜坡單元 | | 易致災路段 路段編號(032) |
| | 順向坡 | | 上邊坡災害潛勢, 下邊坡災害潛勢 |
| | 向源侵蝕 | | 低 低 低 中 中 中 高 高 高 |
| | 土石流堆積區 | | |
| | 土石流 | | |
| | 山崩堆積區 | | |
| | 山崩 | | |
| | 等高線 | | |



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183017 省道台24線環境地質敏感區圖



0 0.125 0.25 0.5 公里

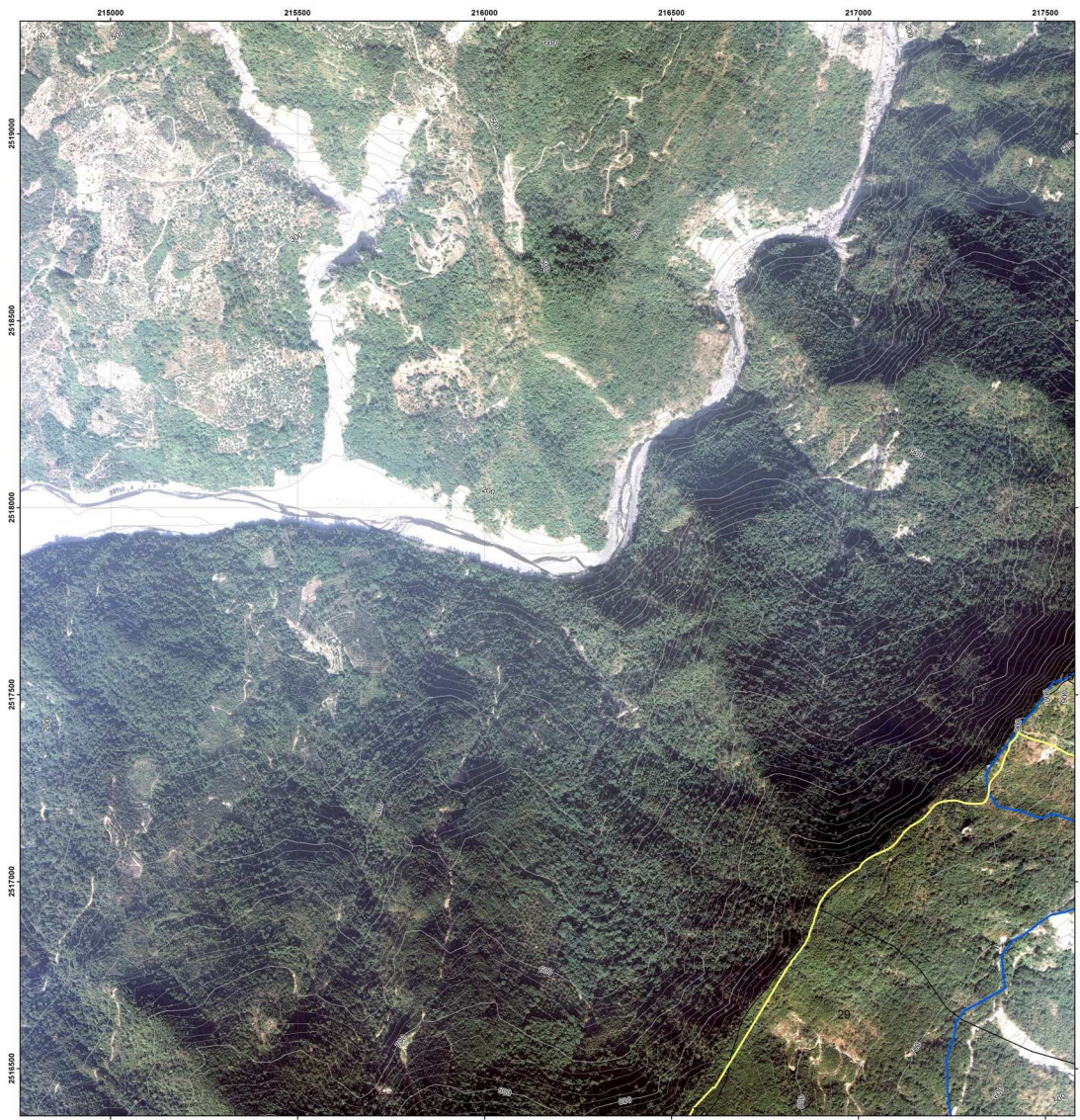
圖例

- | | |
|---------|-------------------|
| 72 斜坡單元 | 易致災路段 路段編號(032) |
| 順向坡 | 上邊坡災害潛勢, 下邊坡災害潛勢 |
| 向源侵蝕 | 低 低 低 中 中 中 高 高 高 |
| 河岸侵蝕 | |
| 土石流堆積區 | |
| 土石流 | |
| 山崩堆積區 | |
| 山崩 | |
| 等高線 | |



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：港灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184097 省道台24線道路環境地質敏感區圖



0 0.125 0.25 0.5 公里

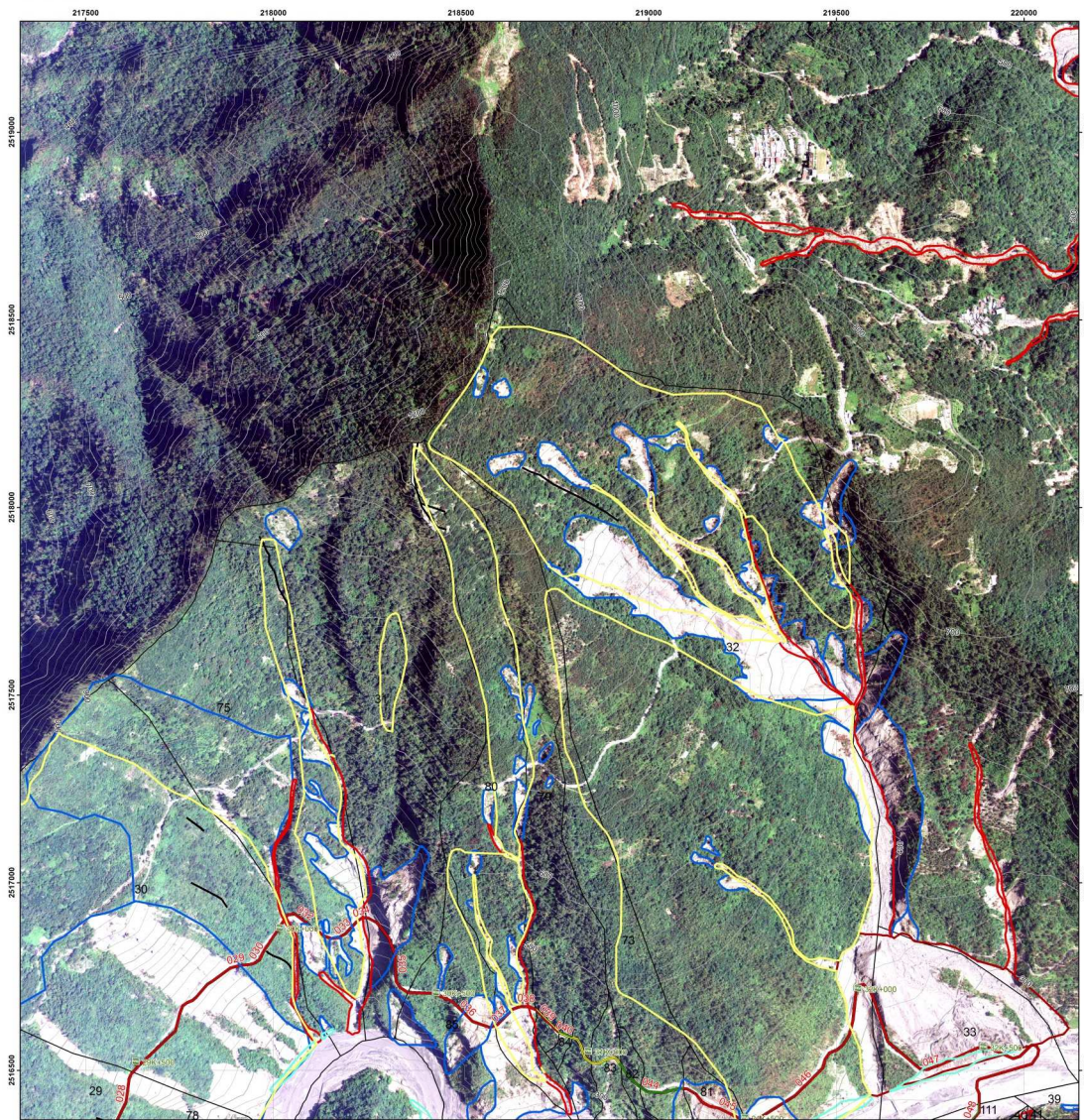
圖例

- 72 斜坡單元
 - 順向坡
 - 向源侵蝕
 - 河岸侵蝕
 - 土石流堆積區
 - 土石流
 - 山崩堆積區
 - 山崩
 - 等高線
- 易致災路段 路段編號(032)
- 上邊坡災害潛勢, 下邊坡災害潛勢
- 低 低 中 中 中 高 高



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：臺灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184098 省道台24線道路環境地質敏感區圖



0 0.125 0.25 0.5 公里

圖例

- 72 斜坡單元
 - 順向坡
 - 向源侵蝕
 - 河岸侵蝕
 - 土石流堆積區
 - 土石流
 - 山崩堆積區
 - 山崩
 - 等高線
- 易致災路段 路段編號(032)
- 上邊坡災害潛勢, 下邊坡災害潛勢
- 低, 低, 低, 中, 中, 中, 高, 高, 高



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

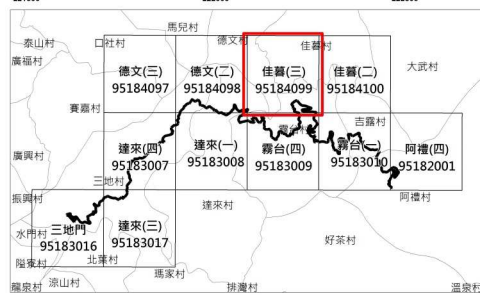
圖號：95184099 省道台24線道路環境地質敏感區圖



0 0.125 0.25 0.5 公里

圖例

- | | |
|--------|------------------|
| 斜坡單元 | 易致災路段 路段編號(032) |
| 順向坡 | 上邊坡災害潛勢, 下邊坡災害潛勢 |
| 向源侵蝕 | 低 |
| 河岸侵蝕 | 底 |
| 土石流堆積區 | 底 |
| 土石流 | 中 |
| 山崩堆積區 | 中 |
| 山崩 | 高 |
| 等高線 | 高 |













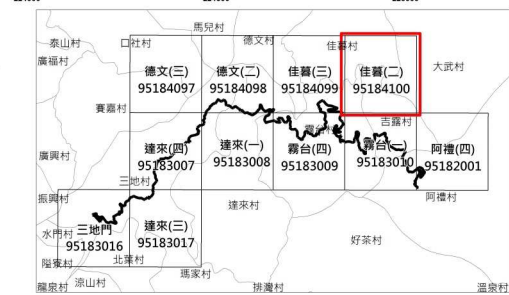
交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184100 省道台24線道路環境地質敏感區圖



圖例

- | | |
|--|---|
|  斜坡單元 | 易致災路段 路段編號(032) |
|  順向坡 | 上邊坡災害潛勢, 下邊坡災害潛勢 |
|  向源侵蝕 |  |
|  河岸侵蝕 | |
|  土石流堆積區 | 低 低 中 中 中 高 高 |
|  土石流 | |
|  山崩堆積區 | |
|  山崩 | |
|  等高線 | |



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

附錄十

台 24 線道路風險圖

圖號：95182001

省道台24線道路風險圖



圖例

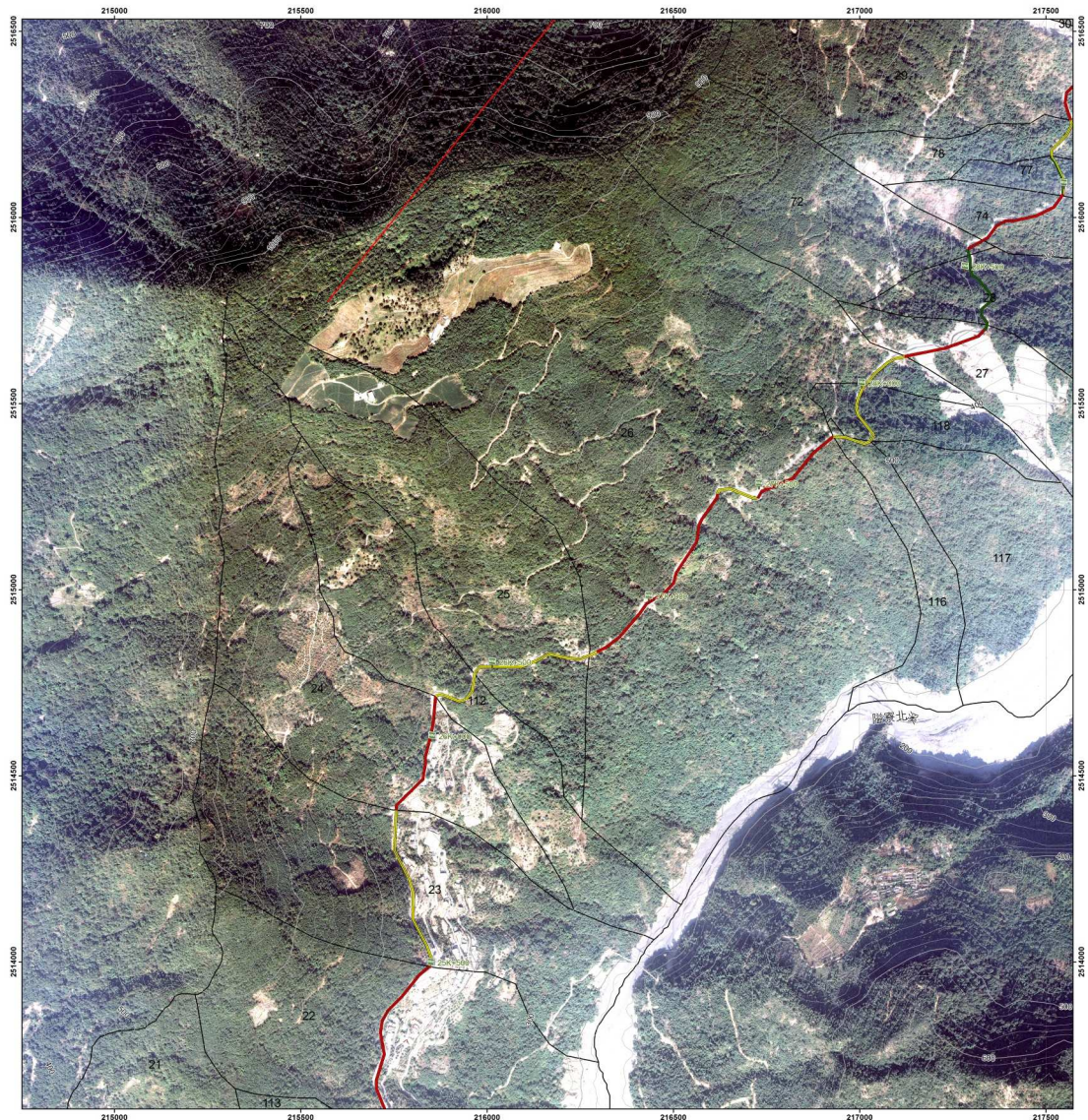
- 72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)
- 等高線
- 褶皺
- 倒轉向斜
- 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：港灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

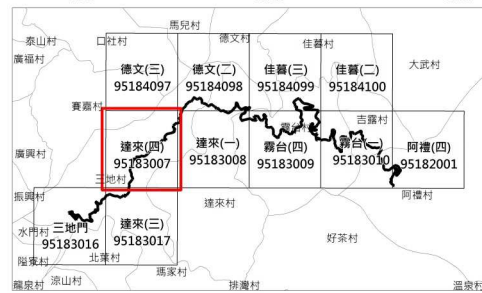
圖號：95183007

省道台24線道路風險圖



圖例

- 72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)
- 等高線
- 褶皺
- 倒轉向斜
- 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183008

省道台24線道路風險圖



圖例

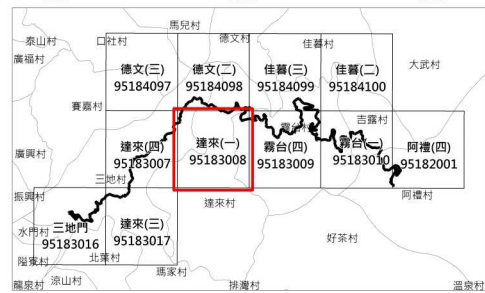
72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)

— 等高線

褶皺

— 倒轉向斜

— 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183009

省道台24線道路風險圖



圖例

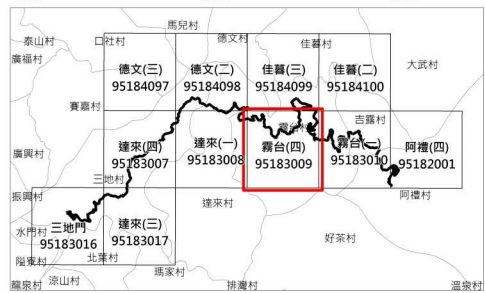
72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)

— 等高線

褶皺

— 倒轉向斜

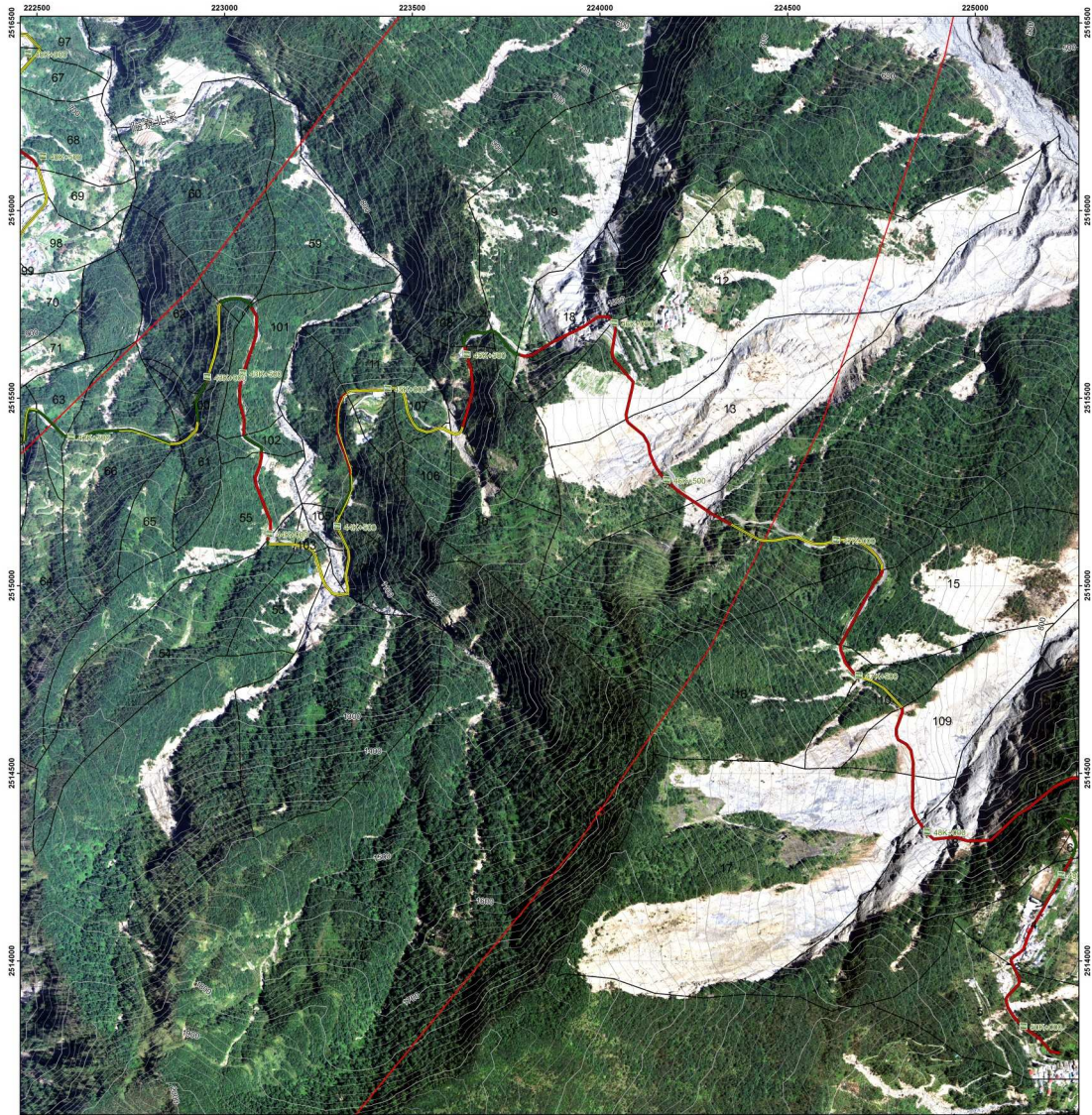
— 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：臺灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183010

省道台24線道路風險圖



圖例

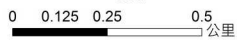
- 72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)
- 等高線
- 褶皺
- 倒轉向斜
- 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：臺灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183016

省道台24線道路風險圖



圖例

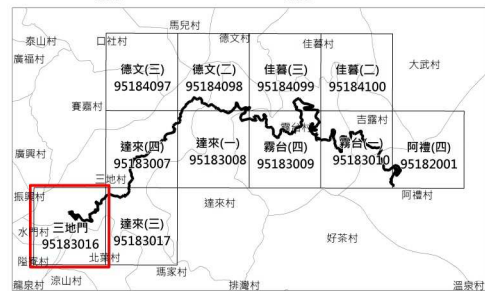
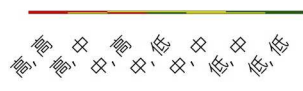
72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)

— 等高線

褶皺

— 倒轉向斜

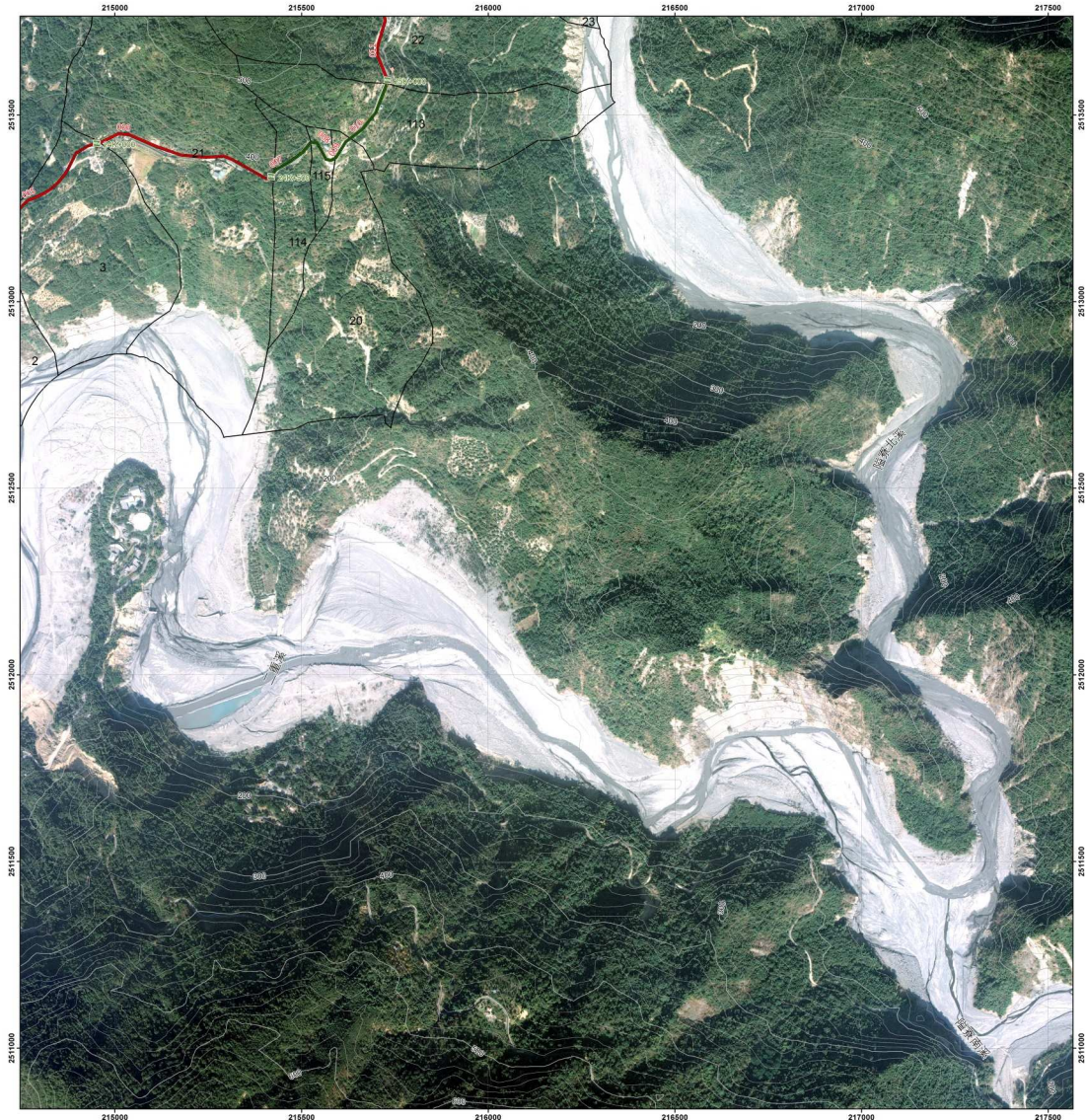
— 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研發發展基金會

圖號：95183017

省道台24線道路風險圖



0 0.125 0.25 0.5 公里

圖例

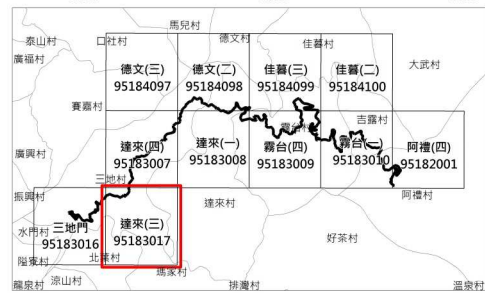
72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)

— 等高線

褶皺

— 倒轉向斜

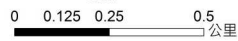
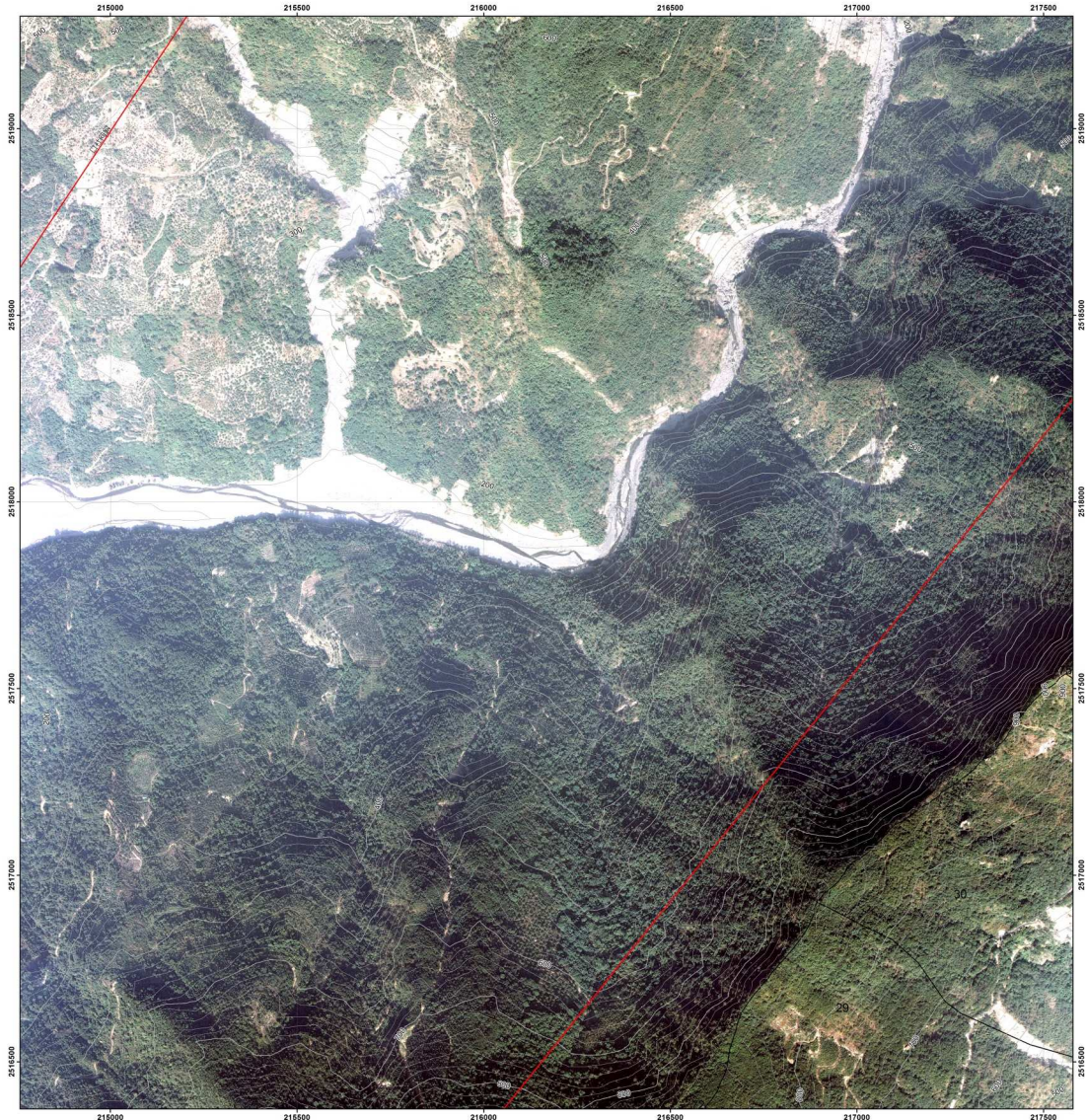
— 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：港灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184097

省道台24線道路風險圖



圖例

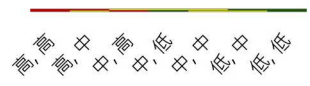
72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)

— 等高線

褶皺

— 倒轉向斜

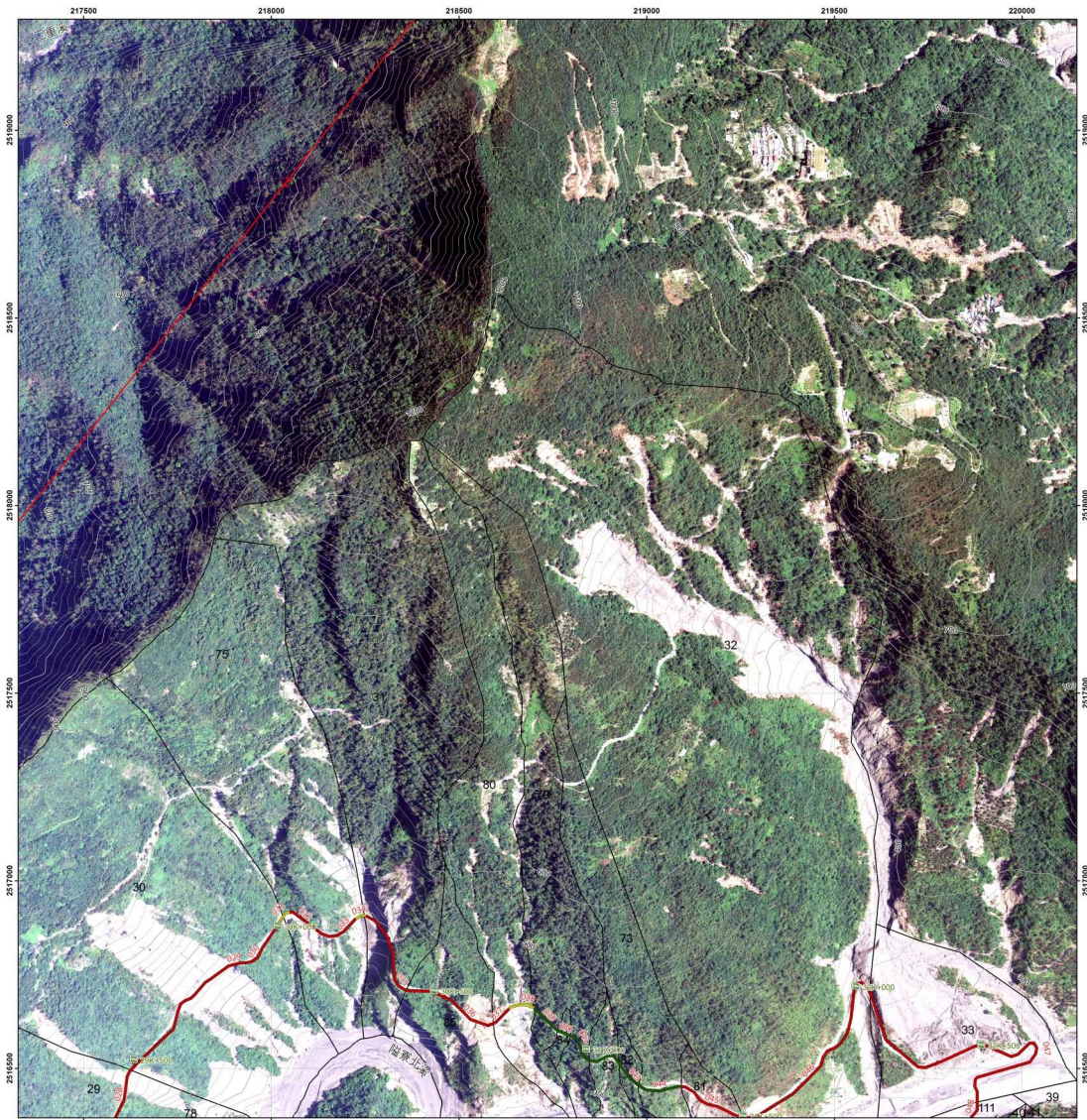
— 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、风险分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：港灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184098

省道台24線道路風險圖



圖例

72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)

— 等高線

褶皺

↔ 倒轉向斜

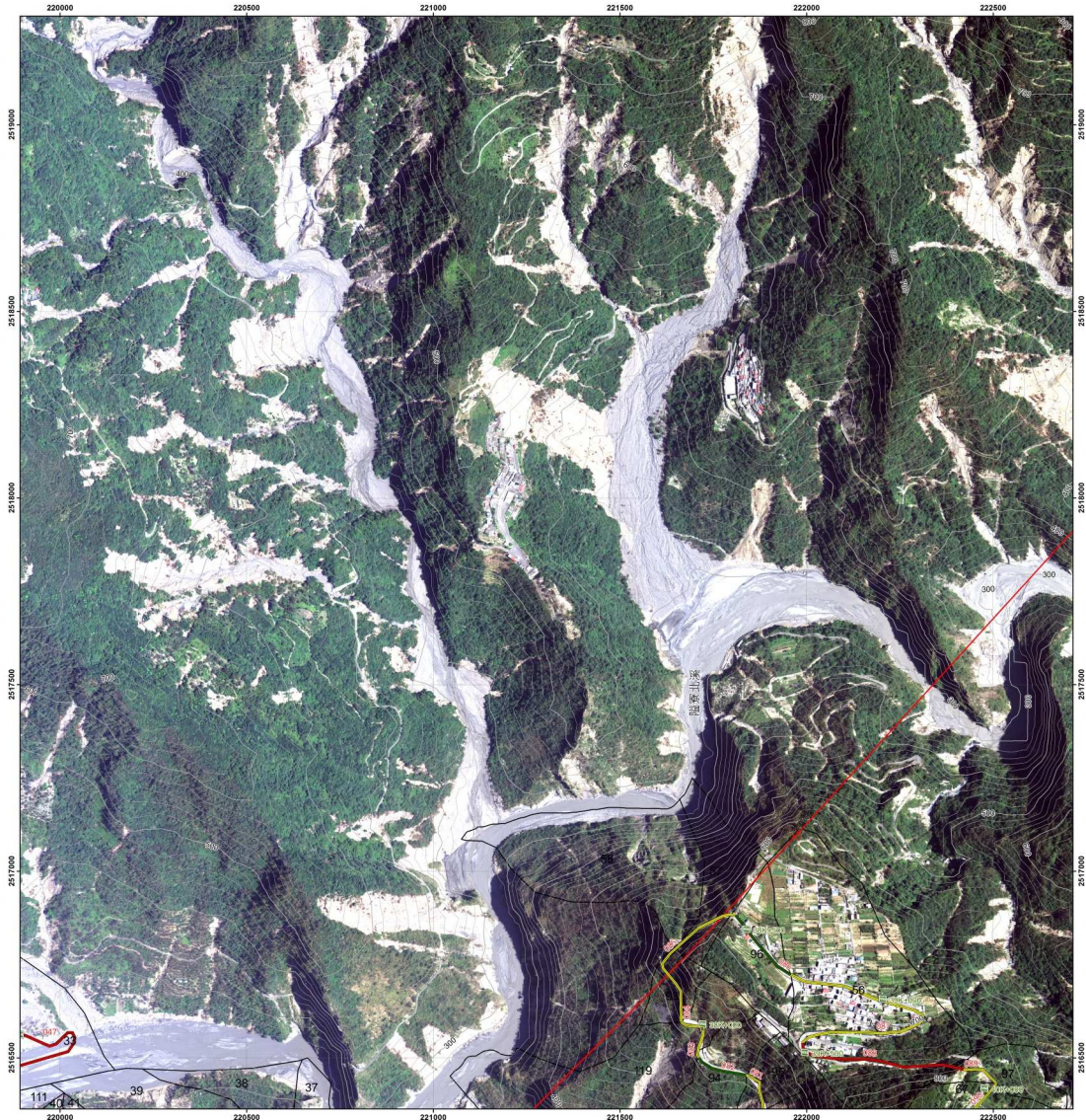
↔ 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95183009

省道台24線道路風險圖



圖例

- 72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)
- 等高線
- 褶皺
- 倒轉向斜
- 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
 計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
 主辦單位：臺灣技術研究中心
 合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

圖號：95184100

省道台24線道路風險圖



圖例

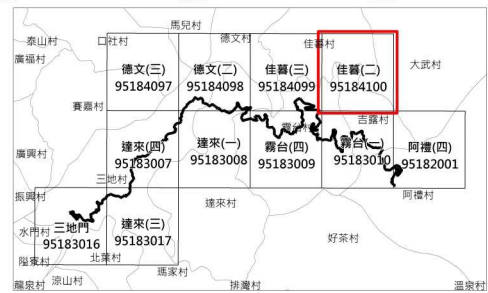
72 斜坡單元 上邊坡路段風險, 下邊坡路段風險 路段編號(032)

— 等高線

褶皺

— 倒轉向斜

— 倒轉背斜



交通部運輸研究所合作研究計畫出版品
計畫名稱：山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(2/4)
主辦單位：臺灣技術研究中心
合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會

