

# 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)

Developed a technique for mountain road to investigate risk  
assessment, risk analysis, landslide prewarning management(2/4)

主管單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心<sup>1</sup>

邱永芳<sup>1</sup>

謝明志<sup>1</sup>

張道光<sup>1</sup>

Chiu, Yung-Fang

Hsieh, Ming-Jyh

Chang, Tao-Kuang

曾志民<sup>2</sup>

黃敏郎<sup>3</sup>

許錕安<sup>3</sup>

Tseng, Chih-Ming

Huang, Min-Lang

Hsu, Kun-An

財團法人成大發展基金會<sup>2</sup> 聚禾工程顧問有限公司<sup>3</sup>

## 摘要

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。

研究成果包括：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。

**關鍵詞：**山區道路、崩塌、監測、易致災性

## Abstract

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.

**Keywords : mountain road 、 landslide 、 monitor 、 vulnerability**

## 一、前言

本計畫選定台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。

## 二、研究地區與研究方法

本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。

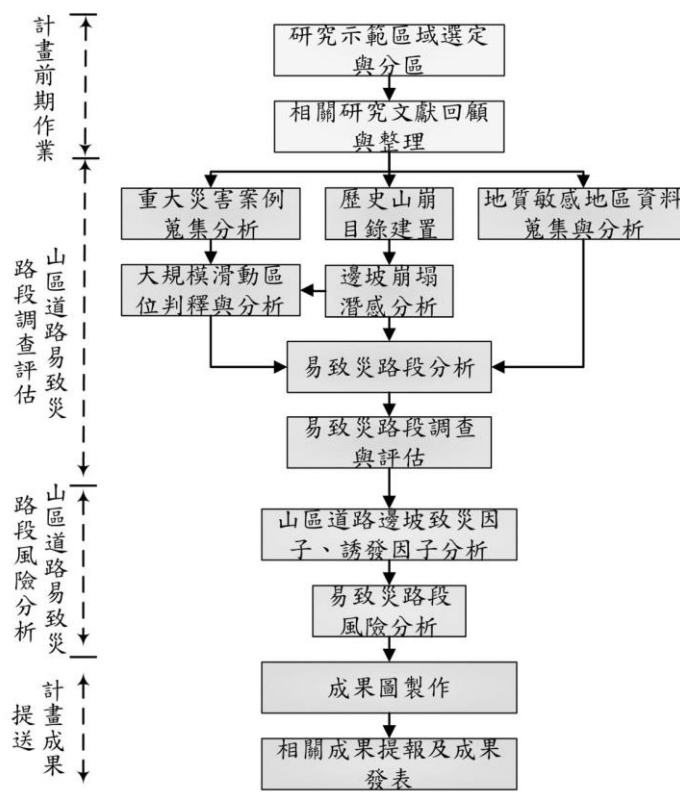


圖1、本研究內容及步驟流程圖

## 2.1 計畫前期作業

本計畫選定台24線三地門至阿禮段之山區道路為研究對象。

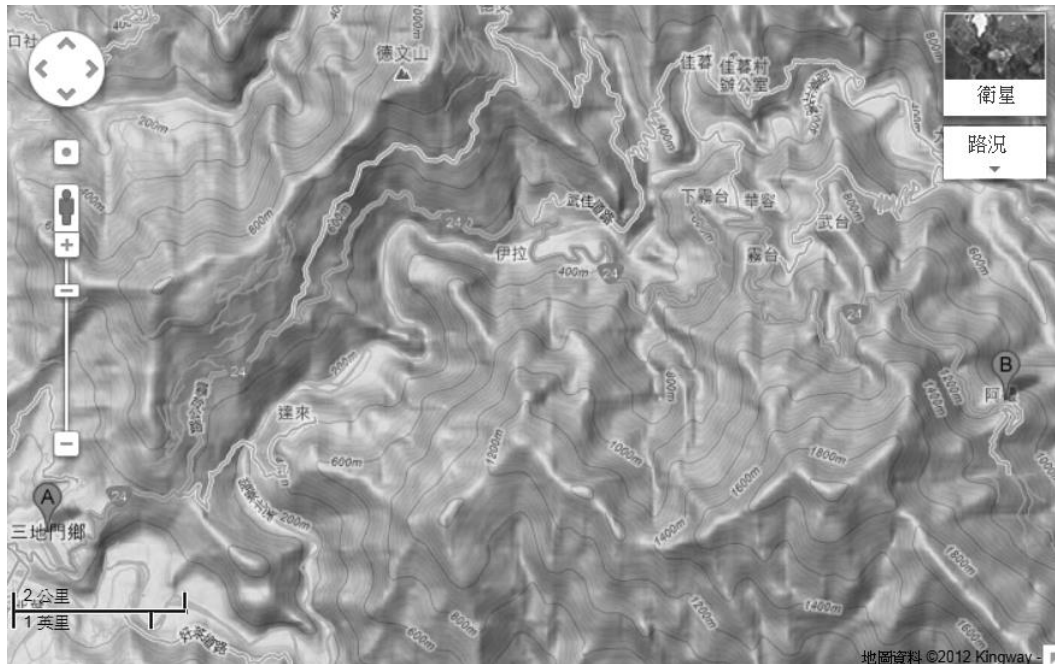


圖2、本計畫研究對象-台24線三地門至阿禮段之山區道路

本計畫納入坡面單元進行山區道路之分區。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。

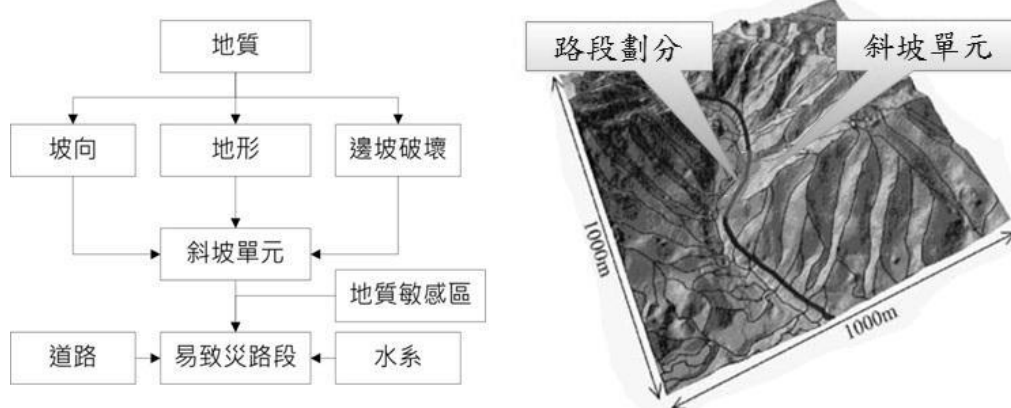


圖3、本計畫易致災路段劃分流程

## 2.2 山區道路易致災路段之調查評估

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。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。

同時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。

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。

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。此外，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。

### 2.3 山區道路易致災路段風險分析

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4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。

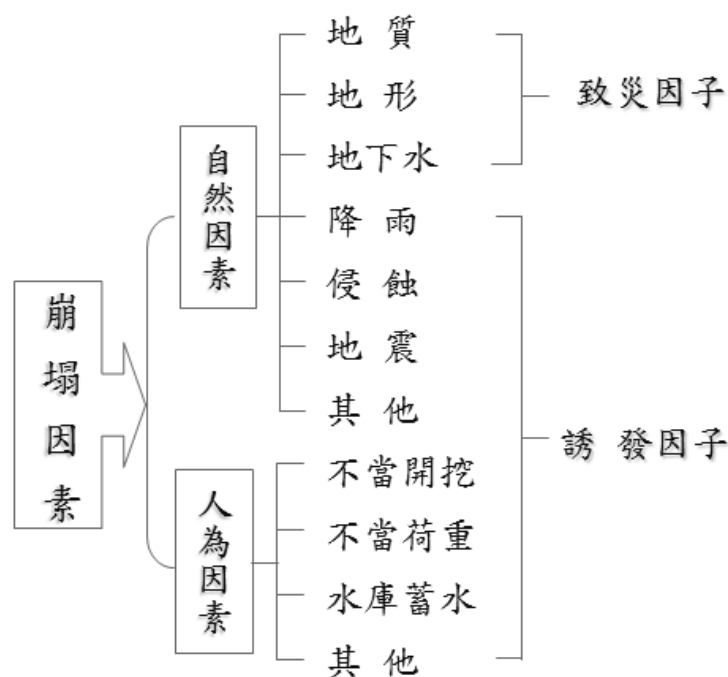


圖4、山崩之致災因子與誘發因子

資料來源:奧園誠之, 1986

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。

### 三、研究成果

#### 3.1 山崩目錄建置

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。

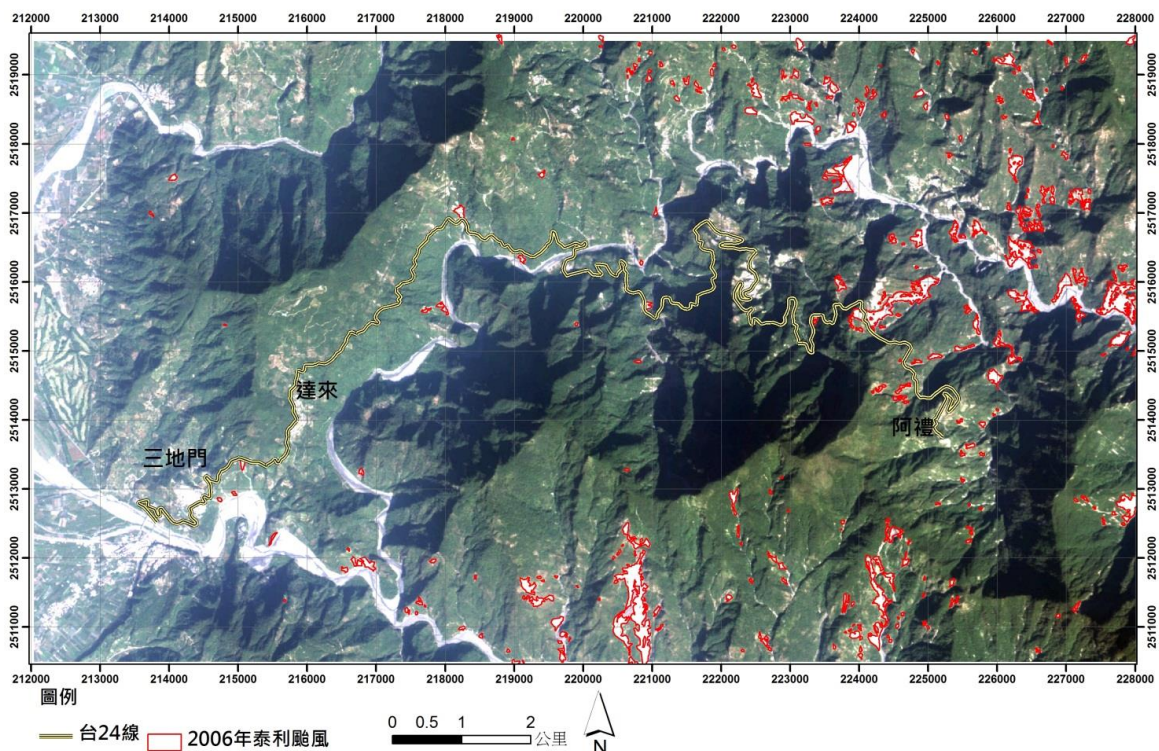


圖5、山崩目錄建置成果(以2006年泰利颱風為例)



### 3.2 山區道路重大災例蒐集、成因、特性與復建措施分析

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。

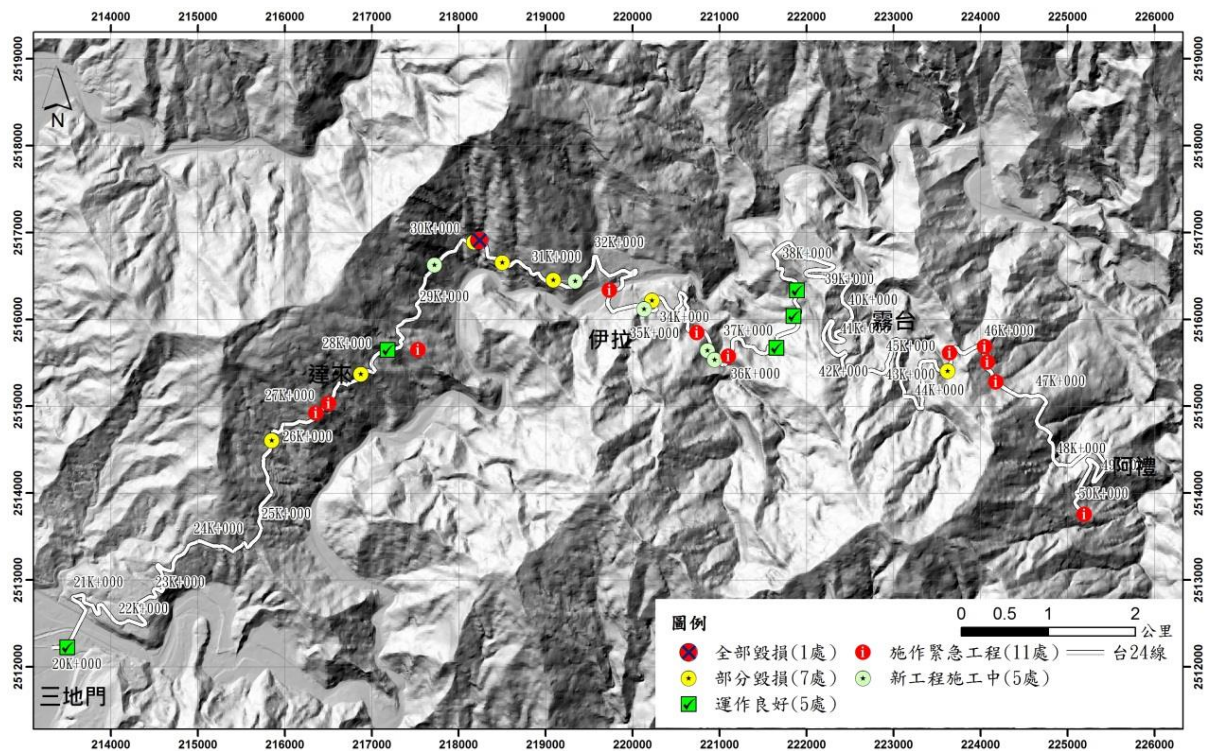


圖6、台24線山區道路重大災例復建措施工程現況圖

### 3.3 易致災路段分析

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。



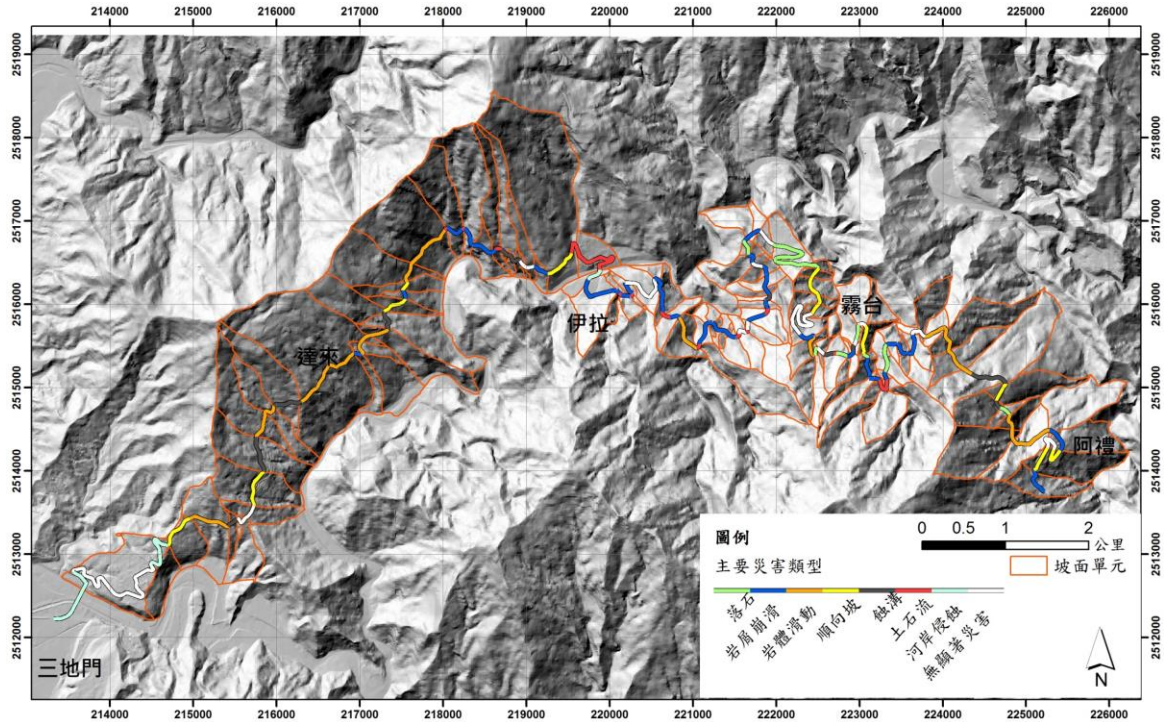


圖7、台24線山區道路易致災路段主要災害類型分布圖

### 3.4 山區道路易致災路段風險分析

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。

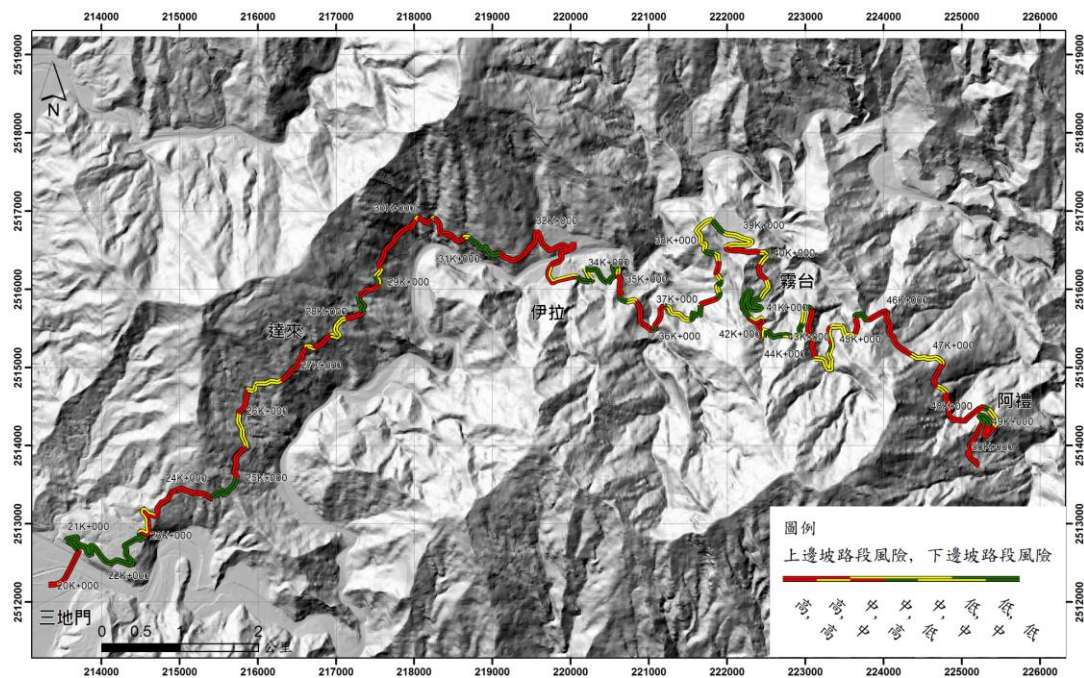


圖8、台24線易致災路段風險圖

#### 四、結論與建議

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。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。

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。

#### 參考文獻

1. 鄭明淵，(2007)，「台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。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。
2. 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」。
3. 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」。
4. 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。
5. 李維峰、林秉賢、李漢鑑、連惠邦，(2010)，「山區道路崩塌風險潛勢評估-以台 14 線為例」，港灣報導。