

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

Technique Developed on Investigation, Risk Analysis, Monitoring, and Early Warning for Vulnerable Mountain Roads

主管單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

邱永芳¹
Chiu,
Yung-Fang
雷祖強²
Lei,
Tsu-Chiang

謝明志¹
Hsieh, Ming-Jyh
廖為忠²
Liao,
Wei-Chong

張道光¹
Chang, Tao-Ku
ang
謝孟勳²
Hsieh,
Meng-Hsun

張智元²
Chang,
Chih-Yuan
張晏魁²
Jhang,
Yan-Kuei

¹交通部運輸研究所港灣技術研究中心

²逢甲大學建設學院營建及防災研究中心

摘要

山區道路因受到自然與人為災害的侵襲，如颱風、地震、地滑、土石流、破碎地質與不適當的土地利用開發等，極易產生道路的危害問題。本研究針對省道臺 18 線、臺 21 線山區道路進行致災因子分析與風險推估。研究中利用邏輯斯迴歸模式，考量崩塌區位、崩塌量體、土砂災害及區域降雨量進行分析。目的在提升現有風險評估的精度，改善山區道路災害管理的不足。本研究首先針對山區道路災害類型進行彙整、分類與特性分析。考量其致災原因及模型後，再利用所調查之歷史災害發生資料進行山區道路之危害度分析及易致災路段分析。研究結果顯示，結合主要致災驅動力(累積降雨量)與易致災區域脆弱性因子之危害度分析，可合理的作為易致災路段之分析方法。本研究之成果將可提供山區道路管理單位規劃易致災路段監測及應變計畫之基礎。

關鍵詞：山區道路、崩塌、監測、易致災性

Abstract

In Taiwan, the issue of high frequency disaster of mountain road often caused from some natural or artificial hazards, as typhoons, earthquakes, landslides, debris flow, fragile geological and inappropriate land use and so on. In the study, Logistic Regression Estimation Method has to analysis the hazard factors and risk estimation for high occurrence disaster on Route 18 and 21. In this year, some work had finished, including (1)collection and classification different disaster event, (2) investigation of vulnerability road, (3) risk analysis, (4) vulnerability analysis, (5) monitor system planning. The results of study show that the integrating disaster driving force (accumulation rainfall) and regional vulnerability variables could be reasonability to analysis vulnerable mountain road. The achievements of this work could be utilized for monitor system planning and emergency program planning in the further.

Keywords : mountain road 、 landslide 、 monitor 、 vulnerability

一、前言

臺灣地區山高水深且地質脆弱，於颱風、豪雨與地震的侵襲下，道路邊坡的崩塌極易危害生命財產安全。由過去工程的經驗，道路建設常因天然災害或人為疏失導致工法失敗，進而導致災害。而由過去的研究顯示，降雨量及降雨強度是導致坡地災害發生的重要因素。其中颱風所帶來豐沛之降雨，極易對道路邊坡引致崩塌，甚至周邊工程結構、設施造成破壞。所以評估道路破壞之可能性及其風險，進而了解該如何進行監控管理，成了山區道路邊坡災害管理極為重要的議題。

本研究主要延續民國 96-99 年度之研究成果，除了持續進行臺 18、臺 21 線之災損、搶修與復建工程資料進行蒐集調查外，並將延續前一期研究成果，透過持續資料的更新及邏輯斯迴歸模式，針對崩塌區位、崩塌量體、土砂災害及區域降雨量，提升、加強與改善現有風險管理的精度。並針對崩塌潛勢高低，在不同等級的保護規模條件下進行監測、管理以及預警的規劃準備。在本工作中亦期望研擬合適之山區道路災後調查表格，以提高研究因子資料蒐集之效率，並針對災後道路應變計畫進行檢討並提出未來改進對策，以發揮災時應變效率。

二、國內山區道路災害類型彙整、分類與特性分析

道路邊坡破壞可分上邊坡與下邊坡，上邊坡一般為挖方邊坡，下邊坡一般為填方邊坡，無論開挖之規模與範圍，均可能因自然或人為因素之交互作用產生災害。而山坡地坍方主要破壞模式可概分為沖刷及崩塌二大類。沖刷破壞則是因為邊坡在雨水之衝擊與沖蝕作用下，沿坡面逕流方向形成無數蝕溝，若未加以任何防護措施，蝕溝逐漸擴大，若延伸至坡趾即造成坡面之陷落或坍滑。而邊坡崩塌依據運動型態區分為墜落(fall)、傾覆(topple)、滑動(slide)、側移(spreads)及流動(flow)等五種基本類型。而導致崩塌發生的因素，一般可分為潛因(inherent causes)與誘因(initiating causes)。潛因是指坡地本身的基本條件，主要由地質與地形等自然因子所組成；誘因則泛指可誘發坡地崩壞之外在因素，如颱風、降雨、地震、人為擾動等，當土壤或岩石的抗剪強度不足以支撐上覆重量時，便會發生崩塌。

本研究之範圍為臺 18 線與臺 21 線，圖 1 為臺 18 線及臺 21 線區位示意圖。本計畫彙整其中發生過的災害類別。由於原始資料中各個轄區工務段與公路防救災資訊系統，對於災害類別及受損情形的敘述方式過於繁瑣。本研究將其歸納成上邊坡的土石坍方、道路本身的路基下陷或缺口以及下邊坡的路基流失三種道路災害類型資料進行統計，如表 1 與表 2 所示。統計結果顯示，臺 18 與臺 21 線發生土石坍方比例最高，而發生路基流失比例最少。其沿線右線段災害次數較高，統計資料本研究繪製如圖 2~3 所示。此二線道較高頻率之災害路段各切分為數個路段，於臺 18 線為 15K~30K、30K~45K、45K~60K、60K~75K 及 75K~90K，於臺 21 線為 0K~20K、80K~100K、100K~120K 及 120K~140K。各路段災害出現頻率較高的位置分別為臺 18 線之 20K、42.5K、55K、63.5K 以及 80K 處，臺 21 線之 6K、12K、95K、114K 以及 127K 處。

三、山區道路易致災路段分類與危害度分析

以邏輯斯迴歸模式來進行道路崩塌潛勢分析首先將臺 18 線與臺 21 線山區道路每 500 公尺分成一段，將可能造成危害度及易致災性之因子之原始資料進行分組評分。

1. 危害度因子：包括道路邊坡坡度、道路邊坡坡向角度、地層條件、溪流區位、土石流潛勢溪流、植生狀況及事件累積降雨量等七類。
2. 易致災因子

應用邏輯斯迴歸模式所得之機率作為權重，將配合風險分析的概念，以評點法考量某些脆弱度因子進行分組評分。然後將各脆弱度因子之評分加總後乘以危害度(權重)，作為各路段易致災性的評分結果。易致災因子評估項目包括坡面保護工程及累計崩塌次數兩項。其中坡面保護工程為人為環境影響因子，配合累計崩塌次數進行易致災性評分。當危害度與人為環境影響因子發生交集時，該路段便具有「易致災性」。危害度分析結果的評分，再乘上坡面保護工程與累計崩塌次數評分結果的總合，即得該路段崩塌潛勢易致災性分析之總分，即：

$$\text{易致災性} = \text{脆弱因子} \times \text{危害度} = (\text{坡面保護工程} + \text{累計崩塌次數}) \times \text{危害度} \quad (1)$$

3. 崩塌地因子

主要表示該路段是否發生崩塌，若該段道路有發生崩塌為 1，沒有發生崩塌則為 0，代入邏輯斯迴歸模式求出各因子對應之係數。研究中參考吳傳威(1999)對於南橫公路進行之研究的評分方式。自然環境影響因子之主要項目包括地層條件、道路邊坡坡向角度、與道路附近的溪流區位以及植生狀況等，為可能引發道路災害之發生機制的先天條件，可視為構成該路段危害度的一部份參數，即潛因。每一項因子皆依數值大小劃分為四個等級(共七項，如圖 4 所列)。在分析中各項因子配合「事件累計降雨量」作為道路崩塌危害度分析中之共變量，各路段是否發生崩塌則為依變相。危害度分級方式建議根迴歸所得之機率作為危害度分級，區分為高、中、低潛勢三類路段。

3.1 危害度分析

危害度分析利用各項評估參數為輸入因子，同時部分因子也會作為後續易致災性分析時之使用條件。目前透過前述公路局歷年搶修與復建工程記錄的登錄，配合自然環境資料與相關統計，沿續所使用之邏輯斯模式進行道路崩塌潛勢敏感分析。基本上山區道路易致災路段在危害度建置分析時影響參數考量為：1. 去除人為環境影響參數；2. 保留自然環境影響參數以及 3. 考量災害事件的驅動力(在此本研究考慮事件累計降雨量)。其後再針對評估的崩塌潛勢因子進行深入探討，以確立之完整性及有效性。

3.2 邏輯斯迴歸模式

邏輯斯迴歸模式其特性為應變數是二元分類變數(即成功或失敗)，而自變數則可為分類性變數或連續性變數。若假設應變數 Y (值為 0 或 1)，自變數 $\tilde{X} = (X_1, X_2, \dots, X_k)$ 而令 $\pi(x) = E(Y|\tilde{X}) = 1 \times P(1|\tilde{X}) + 0 \times P(0|\tilde{X}) = 1 \times P(1|\tilde{X})$ ，則邏吉斯迴歸模型將可表示如下：

$$\log it(\pi) = \log\left(\frac{\pi}{1-\pi}\right) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (1)$$

其中 α 為常數項， β 為相關係數， X 為各種變數。所以 $\pi = \pi(x)$ 即為 $X = (X_1, X_2, \dots, X_k)$ 下成功的機率，而邏吉斯模式即為此成功率的 Logit 轉換所表現之線性型態。將邏吉斯迴歸模式表示為成功率 $\pi(x)$ 的型態，即為：

$$\pi = \frac{\exp(\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)}{1 + \exp(\alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)} \quad (2)$$

由於輯斯迴歸模型求解參數是採用最大概似法(maximum likelihood)，因此其迴歸方程式的整體檢定是透過概似值進行。因為概似值介於(0,1)間，因此設定以 0.5 做為崩與未崩的分界，即潛感值若大於 0.5，則表示預測發生；反之，則表示預測未發生。

3.3 易致災性分析

本計畫以上高、中、低潛勢區域與易致災區域脆弱性因子間之關係，以評點法分為高易致災性地區、中易致災性地區及低易致災性地區三大類型，將脆弱性因子的評分加總後再乘以危害度，當總分超過 0.89 分者為高易致災性地區，0.89 分以下至 0.23 分者為中易致災性地區，0.23 分以下為低易致災性地區，各脆弱性因子評分如表 3~4 所示。

1. 高易致災性地區：經由豪雨或是颱風過後，山區常有崩塌、土石流等災害發生，而在易發生崩塌或是土石流區域通常會有不同之工程設施，目的在於防止二次災害發生。因此，若此路段位於高潛勢區域，沒有工程設施且經常發生崩塌，表示其處於高致災性區域。
2. 低易致災性地區：若此路段位於低潛勢區域，有工程設施且該路段的歷史資料顯示很少發生崩塌，表示其處於低致災性區域。

四、結果分析與討論

本研究採用有發生災害事件來資料庫建置，針對道路上下邊坡 25m 的坡度進行統計。研究區以每 500m 為分析單元，臺 18 線劃分為 388 個分析單元，採用 8 場颱風共有 3,104 筆資料。臺 21 線劃分為 588 個分析單元，採用 7 場颱風資料共 4,116 筆。資料庫建置選取颱風及豪雨事件共 10 場，臺 18 線於其中 8 場颱風與豪雨事件有發生災害，分別為卡玫基、辛樂克、莫拉克、凡那比颱風及 0609 豪雨、0604 豪雨、0726 豪雨以及 0718 豪雨。臺 21 線於卡玫基、辛樂克、莫拉克、凡那比以及南瑪都颱風及 0523 豪雨、718 豪雨兩場事件有發生災害。

模式訓練及驗證採用歷史災害場次如表 5 所示，臺 18 線分析訓練資料採用六場歷史災害，臺 21 線則採用五場歷史災害，以三種不同方法選取訓練資料，方法如下：

1. 方法一：採用歷史災害全部資料筆數作訓練，凡那比颱風及 718 豪雨事件作驗證。
2. 方法二：以隨機採樣方法在兩分析路段分別篩選出各 1500 筆資料，其他筆資料作為驗證。

3. 方法三：以空間分析觀點來選取資料，在 500 公尺為單位的道路記錄資料中依序編號以等值方式選取資料，並以連續 5 筆資料中取 4 筆資料訓練，1 筆資料驗證。

邏輯斯迴歸模式透過三種不同選取訓練資料方法之分析結果於表 6 所示。臺 18 線分析整體預測準確率分別為 88.9%、88.1%、88.5%，其結果相差不大。臺 21 線迴歸整體預測率為 90%、89%、90.1%。表 7~表 12 為臺 18 線及臺 21 線之三種邏輯迴歸結果。由表中觀察在正確率中，雖然整體預測率高，但無法反應在實際發生崩塌路段的正判率上。可能為在訓練資料中，事件的發生崩塌筆數占整體筆數來說，比例占少數；因此，在邏輯斯迴歸模式中對於非崩塌特性資料明顯的比崩塌資料來的明顯。另外，在分析時研究路段採用以 500 公尺為單位，對於崩塌記錄來說，崩塌特徵與各路段特徵屬性明確度降低。在崩塌地質部分，目前未考量地質順、逆向坡。也是可能影響因素之一。

崩塌與未崩塌之統計劃分以預測機率 10% 為單位，臺 18 線及臺 21 線採三種方法之驗證結果筆數於表 13 及表 14 所示。臺 18 線及臺 21 線預測機率最高皆達 30%~40%，因此劃分等級分為 4 等。由統計崩塌與未崩塌處數表 13 及表 14 之數量可計算發生率，發生率計算方法為預測等級內實際發生崩塌處及總處數之比值(實際崩塌處數及未崩塌處數之總和)。將發生率計算後繪製如圖 5 及圖 6。圖 5 為臺 18 線預測機率與實際發生比率對應圖，雖然整體預測機率偏低，但由實際崩塌與預測機率分佈比較，可觀察出方法二在預測及實際崩塌對應上隨機率越高，發生率也增加。圖 6 為臺 21 之三種方法之結果，在三種方法中以方法二結果為佳，方法一發生率只分布於預測機率 0~10%，而方法三之趨勢不一致。表 15 為兩分析區域之最佳方法各參數迴歸係數。

在危害評估上，本研究分別使用辛樂克颱風與今年 718 豪雨事件來進行危害度的案例分析，718 豪雨兩線潛勢分布如圖 7 及圖 8。在兩圖中發現潛勢分布皆為低潛勢，可能原因為 718 豪雨事件累計降雨量約分布在 400 毫米以下；相較於颱風事件降雨，明顯較小。

五、結論與建議

4.1 結論

本研究配合邏輯斯迴歸評估模式，採用三種不同方式選取事件資料。將分析結果中驗證資料的預測崩塌機率以 10% 為界進行分組，並與實際崩塌資料繪圖比較。選取最能表現機率趨勢的方法，作為危害度及易致災性的模式。結果顯示可適切的表現各目標降雨量下之易致災性。此外，危害度與易致災性分布圖取中高危害度，並與高易致災性路段分布與歷史災害事件發生頻率較高處比對。結果顯示本模式對於危險路段判定有一定可靠性，將可做為擬定監測預警系統之降雨量管理標準。

4.2 建議

本計畫就歷史災情統計預判可能致災點，惟仍有一定之風險存在，例如對於山形陡峭之山區公路上邊坡數百公尺高，任何外在因素或邊坡內部之潛移均可能造成坍方落石砸落路面。因此在 500 公尺長度的路段中，各個影響因子的變化於本研究中均以平均值代表之，這方面尚有改進空間。此外，各地複雜之地質條件再加上氣候之急遽變遷下，並非可全然掌握山區道路何處會崩塌，或是不會崩塌。公路單位為積極保全用路人，建

議未來可以風險管理概念評估選出致災風險較大之山區道路及降雨因素作為重點監控路段及觀測指標。

參考文獻

1. 吳傳威、范正成、鄭大偉、吳銘塘、陳嘉明、王玉瑞、翁祖炘、歐辰雄(1999),「台灣區道路落石坍方危險度資訊系統建構(二)」,交通部科技顧問室。
2. 胡婷雅,(2002),921地震崩塌地植生復育與坡面泥沙產量之研究,國立中興大學水土保持系碩士論文。
3. 陳幸欣,(2006),地理資訊系統應用於大甲溪事業區森林火災危險度製圖,屏東科技大學森林系碩士論文。
4. 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台灣地理資訊學會暨學術研討會論文集,逢甲大學,台中。
5. 張弼超,(2005),運用羅吉斯迴歸法進行山崩潛感分析—以臺灣中部國姓地區為例,國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
6. 黃文仁,(2004),崩塌地邊坡穩定分析方法之比較研究—以泰源崩塌地為例,國立屏東科技大學森林系研究所碩士論文。
7. 黃仕先,(2008),茂林國家風景區潛在崩塌災害分析與災情衝擊評估,國立臺南大學社會科教育學系碩士論文。
8. 黃靖柏,(2008)運用地理資訊系統結合邏輯斯迴歸進行崩塌潛勢之評估研究,逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士論文。
9. 童煜翔,(2008),山崩引致之堰塞湖天然壩穩定性之量化分析,國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
10. 楊育瑄,(2010),降雨變異對土石流發生數量與發生機率影響之研究:以陳有蘭溪流流域為案例,華梵大學環境與防災設計學系碩士論文。
11. 廖吾軒,(2000),集集地震誘發之山崩,國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
12. 廖洪鈞,林郁欽,2001,鑑別分析法於社區邊坡崩塌機率之應用與評估,土工技術雜誌,第87期,第59-72頁。計畫編號: NSC89-2211-E-011-083。
13. 魏倫璋,鄭錦桐,黃春銘,紀宗吉,蘇品如,謝寶珊,沈哲緯,楊樹榮,羅佳明,(2011),全臺都會區周緣坡地山崩潛勢評估,中華民國地球物理學會與中華民國地質學會100年年會暨學術研討會期刊論文,第293頁。
14. 鐘意晴,(2009),區域性山崩潛感分析方法探討-以石門水庫集水區為例,國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
15. Hus, L.T. (1996) Model land use change in human dominated landscapes: a case study of urbanization in an Indiana watershed [dissertation]. West Lafayette (IN): Purdue Univ. 255p.
16. Mark R.K. and Ellen S.D. (1995) Statistical and simulation models for mapping debris-flow hazard, Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards, 93-106.

17. Ohlson, J. (1980) Financial Ratios and the Probabilistic Prediction of Bankruptcy, *Journal of Accounting Research*, 18, Spring, 109-131.
18. Schowengerdt, R.A. (1997) *Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing* (2nd Ed.), Academic Press.

表 1、民國 85-99 年間省道臺 18 線災害類別統計

省道臺 18 線	土石坍方	路基下陷或缺口	路基流失
民國 85 年(1996)	120	38	3
民國 86 年(1997)	無資料	無資料	無資料
民國 87 年(1998)	2	0	0
民國 88 年(1999)	無資料	無資料	無資料
民國 89 年(2000)	42	1	0
民國 90 年(2001)	126	18	0
民國 91 年(2002)	無資料	無資料	無資料
民國 92 年(2003)	無資料	無資料	無資料
民國 93 年(2004)	40	3	0
民國 94 年(2005)	108	2	5
民國 95 年(2006)	37	5	1
民國 96 年(2007)	7	0	0
民國 97 年(2008)	29	0	0
民國 98 年(2009)	144	4	3
民國 99 年(2010)	7	0	0
總計	542	71	12
發生比例	86.72%	11.36%	1.92%

(資料來源：交通部公路局五區工程處及本計畫整理)

表 2、民國 85-99 年間省道臺 21 線災害類別統計

省道臺 21 線	土石坍方	路基下陷或缺口	路基流失
民國 85 年(1996)	無資料	無資料	無資料
民國 86 年(1997)	無資料	無資料	無資料
民國 87 年(1998)	14	2	0
民國 88 年(1999)	無資料	無資料	無資料
民國 89 年(2000)	144	5	0
民國 90 年(2001)	52	11	0
民國 91 年(2002)	無資料	無資料	無資料
民國 92 年(2003)	無資料	無資料	無資料
民國 93 年(2004)	330	21	15
民國 94 年(2005)	125	18	6
民國 95 年(2006)	無資料	無資料	無資料
民國 96 年(2007)	56	1	0
民國 97 年(2008)	290	7	0
民國 98 年(2009)	5	1	13
民國 99 年(2010)	33	0	3
總計	1049	66	37
發生比例	91.06%	5.73%	3.21%

(資料來源：交通部公路局二區與第三區工程處及本計畫整理)

表 3、山區道路易致災性評估工程設施評分

分數	工程設施	有	無
	得分	1 分	3 分

表 4、山區道路易致災性評估累計崩塌次數評分

分數	累積崩塌次數	0	1~4	5~8	9 以上
	得分	1 分	2 分	3 分	4 分

表 5、本研究採用之歷史災害

年份	歷史災害事件	訓練資料	
		臺18線	臺21線
97	卡玫基	○	○
97	辛樂克	○	○
98	莫拉克	○	○
99	凡那比		
100	南瑪都		○
95	0609豪雨	○	
96	0604豪雨	○	
99	0523豪雨		○
99	0726豪雨	○	
100	0718豪雨		

表 6、邏輯斯迴歸模式分析結果

	臺 18 線			臺 21 線		
	方法一	方法二	方法三	方法一	方法二	方法三
準確率(%)	88.90%	88.10%	88.50%	90%	89%	90.10%
R ²	0.252	0.252	0.26	0.08	0.08	0.03

表 7、邏輯斯迴歸模式分類誤差矩陣(臺 18 線方法一)

		預測結果		正確率(%)
		崩塌組	非崩塌組	
觀測資料	崩塌組	0	212	0
	非崩塌組	0	1696	100
	整體			88.9

表 8、邏輯斯迴歸模式分類誤差矩陣(臺 18 線方法二)

		預測結果		正確率(%)
		崩塌組	非崩塌組	
觀測資料	崩塌組	0	178	0
	非崩塌組	0	1322	100
	整體			88.1

表 9、邏吉斯迴歸模式分類誤差矩陣(臺 18 線方法三)

		預測結果		正確率(%)
		崩塌組	非崩塌組	
觀測資料	崩塌組	0	175	0
	非崩塌組	0	1350	100
	整體			88.5

表 10、邏吉斯迴歸模式分類誤差矩陣(臺 21 線方法一)

		預測結果		正確率(%)
		崩塌組	非崩塌組	
觀測資料	崩塌組	0	293	0
	非崩塌組	0	2647	100
	整體			90.0

表 11、邏吉斯迴歸模式分類誤差矩陣(臺 21 線方法二)

		預測結果		正確率(%)
		崩塌組	非崩塌組	
觀測資料	崩塌組	0	164	0
	非崩塌組	0	1333	100
	整體			89.0

表 12、邏吉斯迴歸模式分類誤差矩陣(臺 21 線方法三)

		預測結果		正確率(%)
		崩塌組	非崩塌組	
觀測資料	崩塌組	0	233	0
	非崩塌組	0	2119	100
	整體			90.1

表 13、臺 18 線模式之預估機率以及實際是否發生災害統計

方法	方法一		方法二		方法三	
	未崩塌	崩塌	未崩塌	崩塌	未崩塌	崩塌
0~10	575	2	866	77	229	19
10~20	379	0	342	76	224	45
20~30	22	2	57	26	1	0
30~40	10	0	2	0	0	0

表 14、臺 21 線模式之預估機率以及實際是否發生災害統計

方法	方法一		方法二		方法三	
	未崩塌	崩塌	未崩塌	崩塌	未崩塌	崩塌
0~10	776	9	308	28	238	11
10~20	0	0	66	6	21	1
20~30	0	0	0	0	44	17
30~40	0	0	0	0	41	8

表 15、邏吉斯迴歸模式參數

崩塌潛勢因子	臺 18 線迴歸係數	臺 21 線迴歸係數
道路邊坡坡度	0.27	-1.56
道路邊坡坡向角度	0.35	-0.52
地層結構	66.38	1.00
溪流區位	4.86	0.54
土石流潛勢溪流	63.04	-0.41
植生狀況	0.69	-0.12
事件累計降雨量	2.05	1.20
常數	-47.50	-2.39

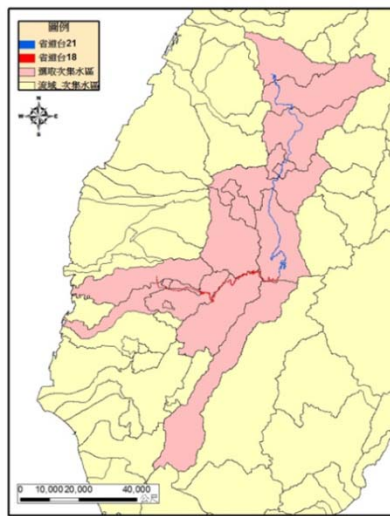


圖 1、臺 18 線及臺 21 線區位示意圖

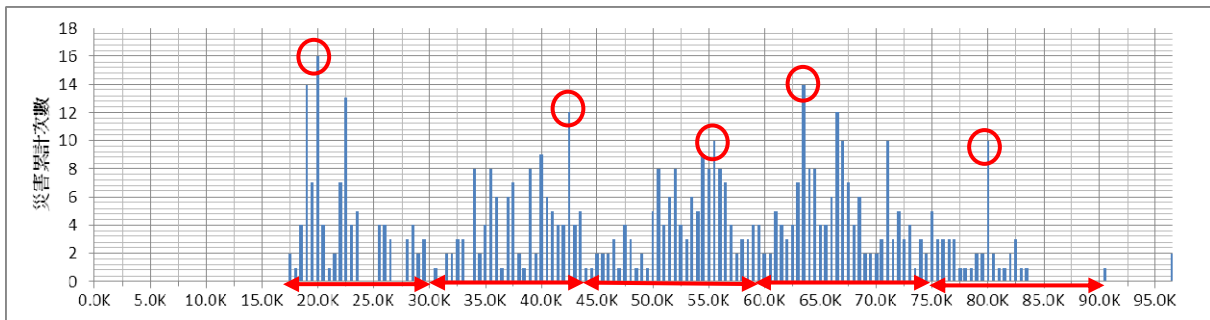


圖 2、臺 18 右線道路災害累計次數

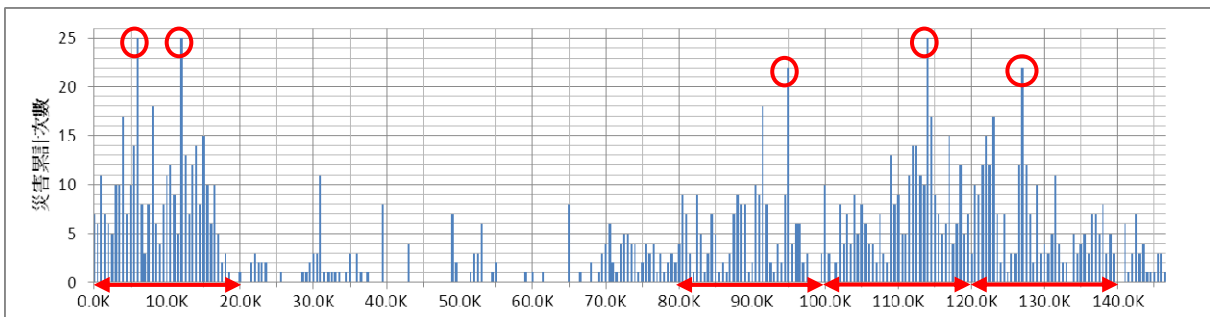


圖 3、臺 21 線左線道路災害累計次數

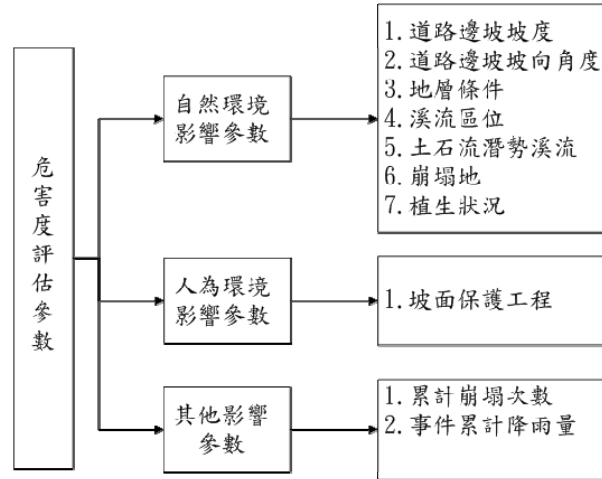


圖 4、危害度評估參數

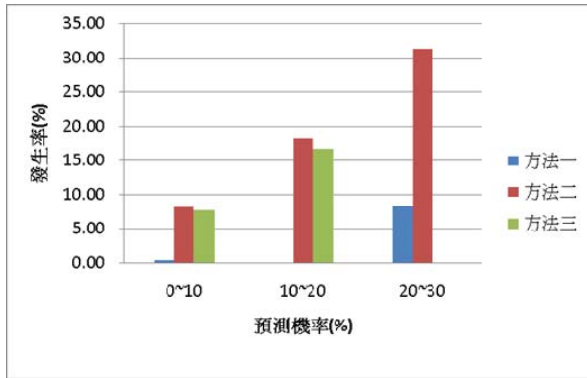


圖 5、臺 18 線預測機率與實際發生比率之對應關係

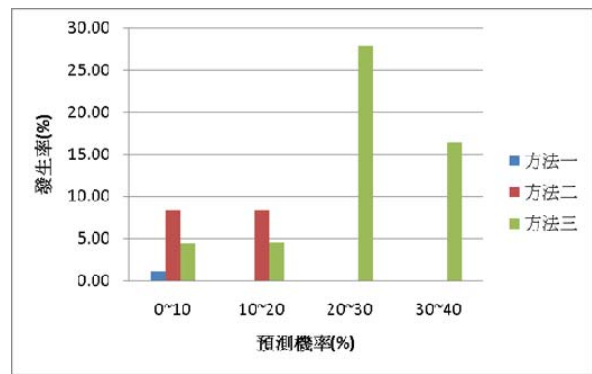


圖 6、臺 21 線預測機率與實際發生比率之對應關係



圖 7、臺 18 線危害度評估示意圖-以 718 豪雨為例



圖 8、臺 21 線危害度評估示意圖-以 718 豪雨為例