100-47-7532
MOTC-IOT-99-H1DB010

山區道路坡地災害防治技術整合研究(4/4)

交 通 部 運 輸 研 究 所
中 華 民 國 100 年 4 月

100-47-7532
MOTC-IOT-99-H1DB010

山區道路坡地災害防治技術整合研究(4/4)

著　者：張道光、蘇人煇、李維峰、連惠邦
葉昭憲、林秉賢、王昭雯

交 通 部 運 輸 研 究 所
中 華 民 國 100 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

山區道路坡地災害防治技術整合研究(4/4)
/張道光等著. --初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，
民 100.04
面 ；　公分
ISBN 978-986-02-7407-3 (平裝)

1. 防災工程 2. 坡地開發

445.5　100004827

山區道路坡地災害防治技術整合研究(4/4)

著　者：張道光、蘇人煇、李維峰、連惠邦、葉昭憲、林秉賢、王昭雯
出版機關：交通部運輸研究所
地　址：0548 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 100 年 4 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定　價：400 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：1010000557　ISBN：978-986-02-7407-3 (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。

100

山區道路坡地災害防治技術整研究(4/4)

交通部運輸研究所

GPN：1010000557
定價 400 元

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：山區道路坡地災害防治技術整合研究(4/4)</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN978-986-02-7407-3 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010000557</td><td>運輸研究所出版品編號
100-47-7532</td><td>計畫編號
99-H1DB010</td></tr>
<tr><td>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：04-26587119
傳真號碼：04-26564418</td><td colspan="2">合作研究單位：逢甲大學
計畫主持人：蘇人煇
研究人員：李維峰、連惠邦、林秉賢、王昭雯
地址：407 臺中市西屯區文華路 100 號
聯絡電話：04-24517250</td><td>研究期間
自 99 年 3 月
至 99 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：山區道路、崩塌、監測、統計學、作業草案</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：

延續前三年研究成果，除了持續蒐集降雨量與山區道路崩塌事件關係外，本年度研究主要彙整前面三年成果，將邊坡崩塌機制、監測資料(水位、降雨量)、監測方法、易崩區位環境資料以及歷年災損與工程復建資料進行蒐集(含省道臺 8、臺 14、臺 16、臺 18、臺 20、臺 21 等路線)，並透過統計迴歸的方式，將重要路段建立完整的降雨與崩塌潛勢預警模式，並開發完成其管理系統與資料庫，最後藉由前三年研究成果對於易致災路段提出道路邊坡安全監測與預警作業、崩塌災害處理作業草案編定。此外，由於本案配合坡地道路防救災系統建立之研究，整合其他四件研究四年研究成果，於 11/23 完成辦理整合後之研討會，透過研討會方式發表研究成果，提供公路橋梁管理單位在邊坡安全監測，崩塌預警、土石流橋梁安全及資訊傳輸等工作做為日後公路防災管理之參考。</td></tr>
</table>

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
100 年 4 月	526	400	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。

機密等級：

□密 □機密 □極機密□絕對機密

（解密條件：□ 年 月 日解密，□公布後解密，□附錄抽存後解密，

□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）

■普通

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: Integrated Study on Remedial Measures for Slopes along Mountain Roads (IV)

ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN978-986-02-7407-3 (pbk)	1010000557	100-47-7532	99-H1DB010

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang Tao-kuang
PHONE: (04) 26587119
FAX: (04) 26564418

PROJECT PERIOD
FROM March 2010
TO December 2010

RESEARCH AGENCY: National Taiwan University of Science and Technology
PRINCIPAL INVESTIGATOR: So Len-hwei
PROJECT STAFF: W. F. Lee, H.P. Lien, B.S. Lin, C. W. Wang,
ADDRESS: 100 Wenhwua Road, Taichung 407, Taiwan, R. O. C.
PHONE: (04) 24517250-3090

KEY WORDS: ：Mountain road, Landslide, Monitor, Statistics, Operation draft

ABSTRACT:

Following the accomplishments of the past three years, besides collecting data regarding the rain fall amount and mountain road landslide events, this year we continue to set up a landslide mechanism, monitor data (including groundwater levels and rainfall), monitor methods, the environmental data of frequent landslide sites, and construction data of Provincial Highway Nos. 8, 14, 16, 18, 20 and 21. Through statistic analysis, we set up the rainfall and landslide early warning system for important mountain sections, and finished developing the management and database system mentioned above. Finally, we proposed the operation draft for mountain road slope stability and safety monitoring and early warning and landslide process. We also held a conference meeting for the four-year integrated research of a mountain road disaster rescue system, and hope that the progress of research can improve the hazard management of highway slopes and make examples for the future safety monitoring of mountain roads, early warning landslide management, the safety of debris flowing across bridges, and information communication.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
April 2011	526	400	☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

第一章 緒論

1.1 前言

延續前三年研究成果，本年度研究主要針對山區道路邊坡災害防治成果彙整，包括編訂道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定、編訂崩塌災害處理作業草案擬定、編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程、建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫，架構於既有之道路邊坡管理系統下、建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞之降雨量資料庫。研究主要目的為將交通部歷年研究成果予以實務化，確實落實於山區道路之災害防制。

於研發適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統課題，研究團隊將比較人工監測與自動化監測系統之差異，並彙整分析各種系統之適用性與使用限制，提出邊坡崩塌監測預警之最適方案之評估與規劃準則。於持續道路邊坡現地崩塌事件蒐集彙整、建置與分析工作，研究團隊計畫對省道臺 14、臺 18、臺 20 和臺 21 線等山區道路進行資料彙整，並持續擴充系統分析功能與強化已蒐集之資料分析與應用，提供道路邊坡崩塌判定和預警基準值研擬之使用。而相關資料的彙整，也將結合雨量觀測資料，進行道路邊坡致災因子(雨量)空間分析，期能提升以雨量監測研判道路崩塌潛勢之效能。研究成果預期能增近山區道路邊坡之防災效能。

1.2 計畫目的

本研究之主要目的，除了研發道路邊坡崩塌監測預警自動化系統、不斷提升邊坡整治技術能力、研提適合區域性之邊坡崩塌預測方式與可行之因應對策外，並將持續落實應用相關研究成果至工程基層單位。期望可以充分利用國內防救災方面現有之有限資源，搭配最適切之因應對策與有效之執行技術，確實將山區道路邊坡之災害減少至最低外，若確實將此計畫之研究成果落實應用，將可提升山區道路管

理效能，延展道路之服務年限，期能達到維護國土保安與水土資源永續利用之目標。

1.3 計畫內容

本計畫為期四年，第一年(96年度)的研究理念主要為透過資料蒐集與現地調查作業，研提適合國內區域性道路邊坡監測儀器之崩塌判定與預警基準之標準，並依據蒐集彙整來之道路邊坡相關資料，擴建改版既有之道路邊坡管理系統。第一年度已經完成之工作項目如下所述：

1. 研提適合國內區域性道路邊坡監測儀器之崩塌判定與預警基準之標準；
2. 道路邊坡現地崩塌事件及相關資料之蒐集彙整、建置與分析；
3. 道路邊坡致災因子(雨量、地下水)空間分析。

第二年度為本研究計畫執行除延續第一年之研究成果，並期擬透過氣象局之雨量資料和現地之監測作業，整合研發適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統，且選定一區域性道路為示範路段，擬研發一套道路邊坡崩塌預警監測自動化系統於現地進行實設測試。第三年完成之工作項目如下所述：

1. 研提適合國內區域性道路邊坡監測儀器之崩塌判定與預警基準之標準。
2. 道路邊坡現地崩塌事件及相關資料之蒐集彙整、建置與分析。
3. 道路邊坡致災因子(雨量、地下水)空間分析。

今年為最後一年，本(99)年度的工作項目如下：

1. 編訂道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定。
2. 編訂崩塌災害處理作業草案擬定。
3. 編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程。

4. 建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫，架構於既有之道路邊坡管理系統下。
5. 建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞之降雨量資料庫。
6. 整合交通部運輸研究所辦理之「坡地道路防救災系統建立之研究」五個子計畫。
7. 辦理山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會。

1.4 研究範圍與對象

全國各山區道路皆有其特殊之自然環境、地質條件、水文特性、交通運輸、人文特性等條件因素，而考量前述之特性因素對山區道路邊坡之穩定狀況皆有其影響之狀況下，實在無法建置一套全國山區道路邊坡通用之道路邊坡崩塌監測預警自動化系統，以及適合各地區應用之邊坡崩塌預測方式與可行之因應對策等。

有鑑於此，研究團隊擬將整合臺灣地區道路邊坡崩塌發生機制及防治效益評估方法研究與應用、道路邊坡高效能監測系統研發與崩塌預警基準制訂、山區道路邊坡崩塌防治工法最佳化研究、山區道路邊坡監測系統自動化及緊急臨時通報系統研發、臺灣地區道路邊坡崩塌災損擋土結構功能評估、臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究、坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究等歷年交通部相關部會委託辦理之山區道路坡地災害防治技術相關研究成果，重新檢討其合理性與適用性。

然研究團隊在過去承接道路邊坡相關之研究案件過程中，亦曾以省道臺18線(阿里山公路)為案例對象，於此路段進行相關之研究成果與監測資源整合，並將此路段設立為臺灣山區之示範監測試驗道路。除此之外，研究團隊亦規劃於執行期間擬將相關成果延伸至95年0609豪雨、97年間卡玫基颱風薔蜜颱風以及98年莫拉克颱風所挾帶的颱風豪雨侵襲即會引發重大坡地災害之省道臺14線(彰化南投段)、臺18(阿里

山公路中部路段)與臺21線(新中橫公路)線為示範路段 (如圖1.1、圖1.2及圖1.3所示)，進行沿線坡面環境與歷史崩塌點位相關資訊的蒐集與整合，以作為研究成果之驗證作業。



圖 1.1 臺 14 全線衛星影像圖(資料來源：本計畫製作)



圖 1.2 臺 18 全線衛星影像圖(資料來源：本計畫製作)

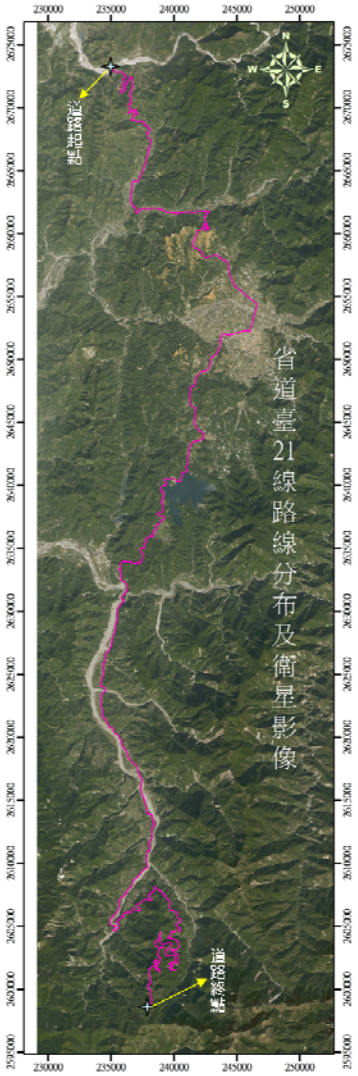


圖 1.3 臺 21 全線衛星影像圖(資料來源：本計畫製作)

1.5 國內外有關本計畫之研究情況

本研究主要著重於道路上下邊坡發生崩塌的環境分析以及誘發災害發生的因子作為評估、監測與預警的研究，而國內外對於坡面崩塌的誘因與危害度的分析進行相當多的研究，而與本研究相關之計畫研究，大致可歸類以下幾種：

1.5.1 崩塌地發生潛勢

綜觀國內外之崩塌潛勢分析研究，不外乎以兩種原則進行分析，

分別為統計(Statistics)與力學(Mechanics)兩種原則。以下針對過去前人對邊坡崩塌發生機制與崩塌潛勢分析之研究，進行文獻歸納與整理。

1. 邊坡崩塌發生機制

張石角 (1989)提出造成邊坡崩塌的因素相當複雜，大致可分為基因與誘因兩種。要在基因與誘因兩項因子的相互配合下，才會有崩塌的行為。誘因即在上述所指造成崩塌的主要機制；而基因乃指邊坡本身的內在因子，包括坡度、地表切蝕程度、岩質軟硬度、坡面之地質構造、土壤厚度等。

Fuchu et al. (1999)在火成岩地區的研究中發現，邊坡坡度介於30度至40度間最容易發生崩塌，而15度至30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度間則為次之。而又因植生的發展有利於邊坡的穩定，因此在自然森林覆蓋之邊坡較少有崩塌的發生。

徐美玲 (1995)提出以穩定狀態的水文模式所計算出來的孔隙水壓以計算其與地形之關係，並提出結論－當上游集水區面積愈大之地點，其孔隙水壓上升愈快，又因孔隙水壓的上升，將會造成邊坡的抗剪強度降低，進而導致邊坡的不穩定。

李德河 (1996)針對阿里山公路低海拔路段的調查發現，自然邊坡發生崩壞處大約介於30度到70度間，其中以40度至44間最多，45度到59度間次之。而經過人工開後整地後的邊坡崩塌處較少，但崩塌地的發生坡度卻有降低的趨勢，以30度到34間最多。

Van Asch (1999)進行降雨型崩塌地之回顧時發現，降雨後所造成的淺層崩塌(1 ~2公尺深)，主要是受到降雨後土壤水飽和導致土體抗剪強度下降所造成；而深層崩塌(5 ~ 20 公尺深)主要是受到地下水面上升導致滑動的孔隙水壓上升而產生崩塌。亦即豪雨過後大量之孔隙水壓上升，將容易導致崩塌的發生。因此當二地區有同等的上坡坡長，凹坡會較凸坡或直坡擁有較大之集水面積，因此山凹處

較易聚集水流，常被評為邊坡不穩定之地區。然而真實中，地下水並非經常維持穩定狀態，因此簡言之，豪雨可能造成邊坡上淺層土壤的孔隙水壓上升，使土壤強度降低而引發崩塌。

林新皓(2006)將學者Terzaghi(1950)、Brunsden(1979)、竹內篤雄(引自吳佐川，1993)及張石角(1989)、薛祖淇(2001)等人，對邊坡崩塌發生機制之相關研究歸納，彙整於下列數點。

(1)降雨、降雪或人為影響增加土體的荷重，使邊坡的剪力增加；

(2)地震活動增加土塊瞬間之剪力；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

(3)邊坡幾何形狀的改變，如河川的坡腳侵蝕及人為改變坡度、坡高及坡長等；

(4)降雨造成邊坡內水文活動的改變，如孔隙水壓增加造成土體間抗剪強度的減少；

(5)人為開挖後，土體支撐力減少；

(6)土壤內外的風化作用；

(7)滲流侵蝕，如溶解、管流等。

2. 統計方法

統計在崩塌潛勢分析的應用方法，主要是利用集水區內各種相關因子，針對崩塌發生與各項因子的相關性進行統計運算，經計算後獲得之結果進行參數迴歸分析，以建構崩塌與參數間的相關式。其中最常使用的方法為多變量分析。

李德河 (1999)調查高雄市楠梓區邊坡結果共計 190 處邊坡647筆調查資料，分別以多變量統計分析法及類神經網路先建立邊坡破壞潛能分析模式，再配合全區潛感分析輸入因子資料庫之建立，進行邊坡破壞潛能分析，分析結果再根據航照崩塌地判釋資料進行檢驗。

陳時祖 (2000)將南橫公路沿線影響公路邊坡穩定性之工程地質因子做一調查，並與崩塌地滑記錄比較後作統計分析，並用多變數分析以及類神經網路作一個定量式的評估以了解影響邊坡穩定之主要工程地質因子。

童啟哲 (2001)利用地理資訊系統(GIS)及多變量分析軟體，對九二一地震山崩龐大資料進行空間屬性處理及多變量分析，以建構各項因子與崩塌間的相應關係。

劉雲漢 (2001)藉由實際判釋與計算子集水區內之各項地文因子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及地貌特性，找出其中之各項特徵變量，進行量化及標準化之工作。之後利用多變量分析中之群集分析方法，將賀伯颱風後發生土石流之26個子集水區分類為4群。並利用主成份分析之方法，將6項影響土石流發生之因子歸類為：流域規模與植生、流域崩塌侵蝕狀況及流域高程差這三項主成份。其中，又以集水區面積、主要河川長度及崩塌比例等三項影響因子最為相關。

陳蕙華(2005)利用艾利颱風前後兩個時期之福爾摩沙二號衛星影像，搭配植生強烈反射近紅外光之特性，採以常態化差異植生指標進行崩塌地判釋。研究發現，坡度、地質與高程三因子對研究區域內邊坡穩定性影響較大。且整個研究範圍多分佈於中潛感危險區域範圍內，而高潛感區主要分佈於河川附近範圍。

3. 力學分析

崩塌地的產生，根據其本身的力學機制及環境面上的物理條件，探究發生的主要原因，來自於土壤的下滑力大於阻抗力。而目前國內外最常使用的崩塌潛勢分析模式，主要為切片分析法及無限邊坡理論兩種。以下針對此二種崩塌潛勢分析模式進行文獻之歸納彙整。

(1)切片分析法

切片分析法是目前使用時間最久，應用範圍最廣且為工程界

常採用之邊坡穩定分析方法。而不同的切片分析方法種類也相當的多，較常為一般分析上所使用的切片分析方法簡述如下：

Fellenius (1927)提出普通切片法，並不考慮切片間之作用力，每一單獨切片之力平衡可由垂直及水平方向之平衡而得。

Bishop (1955)提出Bishop 簡化法，特點乃在於假設切片間之力為沿水平方向，亦即不考慮切片間之垂直剪力，但與嚴謹之切片法比較，誤差常在0%~6%間，是工程界廣泛使用之分析法。

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Spencer (1967)認為由兩垂直方向的力平衡方程式推導出一安全係數Ff，亦由力矩平衡方程導出另一個安全係數Fm，並假設切片間剪力與正向力間有一關係式tanθ=XL/EL=XR/ER 存在，故其嘗試找出一個θ值使得Ff=Fm，即為所求的安全係數。

Janbu (1973)提出Janbu簡化法，其假設與Bishop 簡化法相同，只考慮切片正向力作用而剪力為零，如此的假設造成所得的方程式數目多於未知數的數目，故雖其滿足了兩相互垂直方向的力平衡方程，但不滿足力矩平衡方程，此法特點在於可處理較複雜之土層情況，亦可用於對非圓弧形破壞面的分析。

(2)無限邊坡理論

主要依據力學的觀點，分析作用於無限邊坡均勻厚度土層上之土層推移力及其阻抗力，並以土層沿坡面之重量分量(土層之推移力)大於等於土層阻抗力作為判定崩塌發生之基準。本節中針對過去學者對於無限邊坡理論，進行其假設條件之研究文獻彙整。

Takahashi (1977)、Harris (1977)、Sidle (1985) 、江永哲(1986)及林炳森(1993)等人，分別針對一無限邊坡厚度均勻之堆積土體，並且假設土體無粘聚性的情況，以靜力學平衡的觀點，考慮地下水位與堆積面齊平。其中Takahashi (1977)、江永哲(1986)及林炳森(1993)考慮有地表逕流產生，故綜合邊坡厚度均勻之堆積土體與土體無粘

聚性兩種情形，採飽和土體進行平衡分析，求得土石流發生之臨界坡度。

劉岫雲(2005)依照極限平衡法求取安全係數的概念，假設無地表水流以及地下水滲流方向跟坡面平行的狀況下，對坡面穩定性進行分析。

陳本康(2005)當斜坡為無凝聚性材料，邊坡之臨界破壞機制一般為淺層破壞滑動面，若斜坡內殘留土壤為相當薄且座落於較堅實之土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層或岩盤上，臨界破壞機制之破壞滑動面，係沿著斜坡並平行於堅實土層或岩盤之平面，上述兩種情況之淺層平面滑動，一般稱為無限邊坡破壞，依照極限平衡法求安全係數的概念，當地下水滲流方向跟坡面平行時，推求坡地穩定平衡公式。

王昭雯(2005)在不考慮地表逕流之影響，以及地下水滲流方向與邊坡斜面土體平行等條件下，以無限邊坡理論為基礎，求得邊坡斜面土體崩壞係數關係式。

1.5.2 邏輯斯迴歸法

1. 國內文獻

陳信洲(2005)嘗試利用坡度、坡向、坡高等九項因子，針對臺18 線沿線邊坡之崩塌潛感進行分析，藉由量化邊坡崩塌潛感，以分辨沿線邊坡之危險程度。分析方法則是利用多變量不安定指數法、費雪線性區別分析以及邏輯斯迴歸等三種方法來探討邊坡崩塌潛感，並比較各方法所得成效，找出適用的潛感分析評估模式。分析結果中影響最大的三個因子分別為坡度、基岩岩性和坡型。

張弼超(2005) 以臺灣中部的南投國姓地區為例，將研究區以雙冬斷層為界，分為東邊之高山區及西邊之淺山區，分區進行各因子崩壞比統計，接著找出崩壞比迴歸式，將因子值轉換為崩壞比值，最後將崩壞比值正規化至0 至1，做為因子內部評分之分數。對於山

崩組及非山崩組，以亂數取樣的方式選取相同的格網數目的資料，輸入SPSS 統計軟體進行邏輯斯迴歸分析並建置迴歸模型。分析結果顯示，四次事件之總體準確率結果從72.5%至90.6%，且經套疊實際山崩比對，山崩大部分位於高潛感區，預測成效尚稱滿意。

杜岳峻(2006)嘗試以香港土力工程處(Geotechnical Engineering Office，GEO)之邊坡專家風險評估法(The New Priority Classification Systems)與邏輯式迴歸分析法(Logistic Regression Analysis)，分析臺灣山區山崩潛感特性，研究區域為基隆市與臺北市。在邏輯式迴歸分析法方面，參考香港使用之影響因子，應用在臺北市與基隆市之山崩潛感分析可得不錯的結果，臺北市之山崩潛感總體正判率為73.69%，基隆市之總體正判率達77.74%，兩者均與邊坡資料完整之香港所得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之74.4%總體正判率相近，顯示邏輯式迴歸分析法可適用在臺北與基隆。

黃漢淨(2006)以德基水庫為範圍，利用邏輯斯迴歸模型配置崩塌地分布模式，全區域區分為低潛感、中潛感、高潛感及極高潛感四個等級。藉由敏督利颱風所造成的崩塌來做驗證，由崩塌潛感圖與土地利用型交叉比對，農耕地坐落於高及極高潛感區域內之比例佔有56.8%。

2. 國外文獻

Atkinson and Massari(1998)最早運用邏輯斯迴歸法進行山崩研究，其針對義大利中部亞平寧(Apennine)地區，建立山崩和各因子間的關係，並計算潛感值，繪製山崩潛感圖。其使用岩性、坡度、地層位態、坡向、線型密度等因子，研究發現岩性及坡度為最顯著之因子，但並未公布分析結果的因子間係數為一缺失。Dai et al.(2001)研究香港大嶼山的山崩，最後計算出山崩潛感值，並將潛感值劃分為非常低、低、中等、高及非常高等五個等級，最後依此五個等級

繪製山崩潛感圖，其使用岩性、坡度、坡向、高程、植被狀況、河道距等因子，但亦未公布分析結果的因子間係數。

Lee and Min(2001)進行韓國Yongin 地區之山崩研究，使用岩性、地表地形、水系分布形狀、土壤深度、土壤種類、森林型態、土地利用等因子，最後將潛感值劃分成十個等級，每個等級占有相同面積。Ohlmacher and Davis(2003)對美國堪薩斯州東北地區的山崩進行研究，最後繪製出山崩潛感圖，其只使用岩性及坡度兩個因子進行分析，而研究結果亦指出此兩個因子為最顯著因子。

Süzen and Doyuran(2004a, 2004b)進行土耳其Duzce 省的山崩研究，並將邏輯斯迴歸分析之結果與二變量分析的結果進行比較。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。Dai et al.(2003, 2004)再以香港大嶼山為研究區，使用岩性、坡度、坡向、高程、坡型、土地使用等因子，較之前不同的是考慮了兩次暴雨誘發山崩的事件，選擇最大24 小時累積雨量(maximum 24 h rainfall)做為促崩因子，最後繪製香港大嶼山地區不同再現期雨量的山崩潛感圖。Ayalew and Yamagishi (2005)研究日本中部Kakuda-Yahiko 山區的山崩，使用岩性、基岩與坡度的關係、線型、高程、坡度、坡向與道路距等因子進行分析，研究結果指出道路距為最顯著之因子，最後將潛感值分成五個等級，繪製出山崩潛感圖。

1.5.3 監測預警系統

在監測預警系統上，除了針對國內既有之崩塌地進行地下水位，地層淺變以及 GPS 定位的長期監測外，搭配降雨逕流模式的開發，整併成為預警模式。以農委會水土保持局為例，曾針對梨山地滑(2000-2010)、九份二山(2000-2008)崩塌地結合土石流防災技術的開發進行現地監測與預警模式。中央地質調查所亦針對廬山地滑地區(2008-2010)亦有長期的監測評估。交通部自民國 91 年度起，分別委託國立交通大學、逢甲大學、國立臺灣科技大學，以及財團法人臺灣營

建研究院進行先進邊坡監測系統研發、自動化傳輸系統之開發、邊坡崩塌防治最佳化，以及擋土構造物災損評估等研究，並已完成道路邊坡崩塌監測手冊之撰寫。除此之外，交通部整合上述研究資源，共同於省道臺 18 線阿里山公路沿線以及五彎仔路段，進行邊坡自動化監測、傳輸與預警，上述研究成果對於道路安全管理極具正面之意義。

對於預警模式，國內最常見的模式則以降雨對土石流誘發的影響，以目前農委會水土保持局所採用的降雨量警戒值，以黃色與紅色警戒雨量作為全國 1420 條土石流潛勢溪流緊急疏散與避難的依據。除了之外，日本亦利用相關降雨資訊作為局部土石流、火山以及崩塌區域。

1.6 研究方法及進行步驟

1.6.1 採用之方法

針對臺灣山區道路坡地災害防治進行技術整合研究，並編定「道路邊坡安全監測與預警作業手冊」、「崩塌災害處理作業手冊」與「道路邊坡崩塌潛勢制定流程」等相關研究成果，對於我國交通土木工程建設安全科技之提昇與強化具前導作用，面對意涵如此重要之研究課題，為期能有效達成計畫目標，以期有益於我國於二十一世紀初期於交通土木工程建設科技研發推動工作，針對本研究計畫之執行內容與步驟均應深入思考，並做整體性之規劃考量。

圖 1.4 所示為本研究團隊針對前述各年度之工作項目所進行規劃全期四年(96~99 年度)之研究作業流程，第一年規劃之執行步驟為先透過相關資料之蒐集彙整與現地調查作業，將相關資料予以建檔，並持續擴充既有之道路邊坡管理系統，利用已建檔之相關資料，協助提擬適合國內區域性道路邊坡監測儀器之崩塌判定與預警參考基準值，而目前業已完成此階段之相關作業。於計畫執行之第二、三年間，除持續擴建道路邊坡管理系統相關資料與功能開發外，亦擬透過第一年期蒐集彙整之相關文獻與現地調查資料，結合現地降雨量、土壤含水量

等監測調查工作執行，研發適合區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統；除此之外，亦將持續統計分析崩塌事件與降雨量特性之關係式，以及崩塌機率與現地降雨之關係式，並藉以開發不同區域道路邊坡崩塌潛勢分析模式。最後，期擬透過選定之研究對象進行相關成果之驗證作業，並依據驗證結果予以修正。在計畫執行之最後一年度，期擬透過「山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會」之辦理，確實推廣本案編定之道路邊坡安全監測與預警作業手冊、崩塌災害處理作業手冊、道路邊坡崩塌潛勢制定流程，以及開發建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫系統等相關研究成果。

1.6.2 採用本方法之原因

本研究主要工作在於透過過去歷史資料的蒐集與統計，將崩塌地相關自然環境與致災資料予以彙整及分析，透過簡易的參數量測與地理資訊系統之沿用，可以有效提高對過去本研究無法解決之崩塌地判別發生潛勢度與致災規模之探討，並藉由高科技圖形化介面的展示，可以提供管理單位更清晰的道路環境之瞭解。

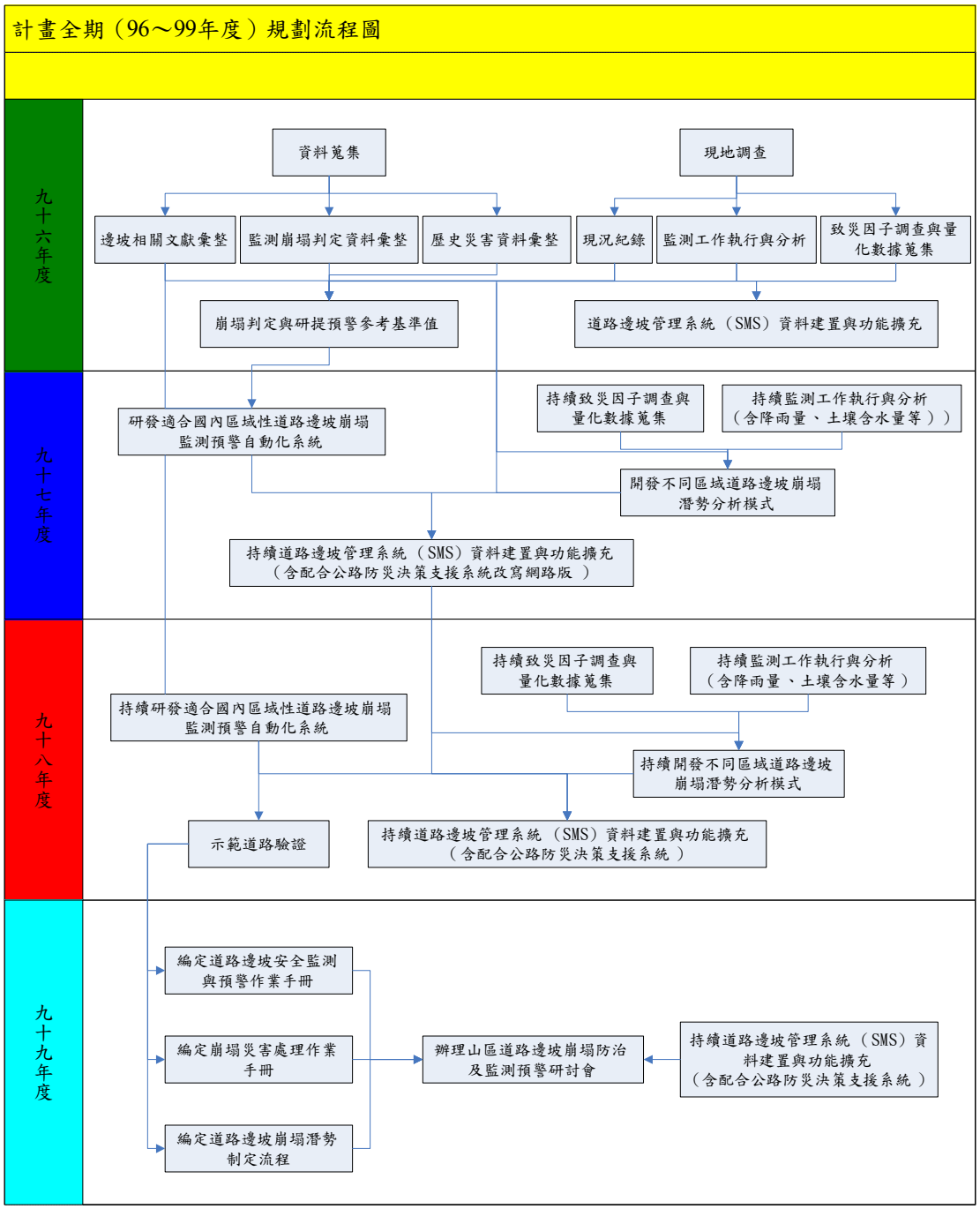


圖 1.4 計畫全期(96~99 年度)規劃流程圖

1.7 成果、效益及其應用

1. 成果

(1)充實道路邊坡管理系統之基本、工程、災損、監測、雨量與地下水等資料。

(2)編訂道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定。

(3)編訂崩塌災害處理作業草案擬定。

(4)編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程。

(5)建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫

2. 效益及其應用

(1)效益

a.建立一套臺灣山區道路專屬之邊坡管理系統，提昇臺灣山區道路之維護管理效能與防災技術，延展道路之服務年限。

b.發展道路邊坡崩塌簡易危害度分析模式，以及研擬道路邊坡崩塌安全管控程序,此項效益將可確實掌控山區道路之崩塌潛勢。

c.透過與國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統之成果結合，將更有效地降低臺灣山區道路之災害發生，達到國土永續發展之目的。

(2)應用

a.本研究研發建立之管理系統提供公路局及相關單位在山區道路坡地災害防治之參考與應用，提昇臺灣山區道路之維護管理效能與防災技術。

b.本計畫之執行經驗及成果可做為交通部運輸研究所後續相關研究之基礎。

第二章　道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定

2.1 道路邊坡安全監測與預警作業資料蒐集

根據本研究前面三年資料統計與研究，於第一年(民國 96 年)針對落石、土石流、地滑以及人工保護邊坡的監測方法與監測項目，結合第二年(民國 97 年)及第三年(民國 98 年) 將國內手動、自動監測系統與相關成果進行資料蒐集與統整。

監測規劃涵蓋不同專業領域之整合，專業人士之意見實屬重要，工程人員必須依照其規劃之特性與內容，諮詢專業顧問機構或學術機關之建議，以發揮預期之成效。監測系統規劃程序包括先期規劃與監測規劃：經由專業顧問機構或學術機關針對特定路段實施整體性之調查與評估，提出監測先期規劃報告，工程人員可參考其建議，進行後續之監測規劃。工程人員可依照其對象與特性，參考下列要項之部份或全部程序進行規劃，然而對於委外事項，仍須具備相關程序之基本概念。不同崩塌機制監測物理量即有所不同，根據主要監測物理量之不同，道路邊坡監測物理量規劃分類如表 2-1 所示。

至於道路邊坡危害度等級劃分部份，由於不同運動型態之邊坡，其可能有不同之危害度分析邏輯，以下將依落石、土石流、地滑以及人工保護邊坡之四大危害度等級提出分項說明。

道路所屬管理單位根據落石風險性評估結果，將具有落石災害潛能之邊坡區分為數個危害度之等級，不同分析方式等級之區分即應有所不同。然而仍建議根據不同來源之危害度分析分級方式，將落石邊坡危害度等級，簡併區分對應於以下三類邊坡：(1)低危害度落石邊坡，(2)中危害度落石邊坡，以及(3)高危害度落石邊坡。

表 2-1 道路邊坡監測分類以及預警方法建議

項次	崩塌模式	材料破壞機制	監測徵兆物理量	感測器選擇	主要預警方法
I	落石	張力破壞為主，剪力破壞為次	岩塊墜落(位移、旋轉)、張力裂縫產生之聲射、降雨特性	位置確定危險浮石：傾斜計、伸張計、裂縫計、聲射感知器、位移影像放大盒、鋼索感知器、全測站經緯儀、攝影儀 位置不明確之落石：雨量計、攝影儀	位移與聲射變化率預警、臨界雨量線預警模式、事發後預警
II	土石流	流動至摩擦類型之剪力破壞為主	土石流運動(位移、流速)、土石堆積物孔隙水壓、運動時之聲射、降雨特性	事發前：雨量計、水壓計、聲射感知器 事發後：光遮斷感知器、鋼索感知器、旋轉感知器、加速度感知器、磁簧感知器 觀測：流速計、水位計、攝影儀	臨界雨量線預警模式、事發後預警
III	地滑	摩擦類型之剪力破壞為主，張力破壞為次	地滑運動(地表與地下位移與旋轉)、地下水位或水壓、降雨特性	地表位移：裂縫計(可用 LVDT)、地滑計、地表傾斜計(僅適用於旋滑)、全測站經緯儀與反射菱鏡、3-D 紅外線掃描儀、DGPS、攝影儀 地下位移：伸張計、傾斜觀測管、管式應變計 地下水及雨量：水壓計、觀測井與雨量計	位移速率、降雨特性與地下水相互搭配解釋之綜合性預警模式、根據監測資料配合潛變模式進行即時崩塌時間預測與即時預警、事發後預警
IV	人工保護邊坡	視構造物受力變形條件而定	構造物之位移與應力	位移計、應變計、荷重計	工程設計條件
		—	地下水位或水壓	水壓計與觀測井	工程設計條件
		—	與自然邊坡考慮相同	與自然邊坡考慮相同	與自然邊坡考慮相同

吳傳威(1999) 利用南橫公路經過完整實地調查與資料蒐集後，首先應用參考美國R o c k fall Hazard Rating System(RHRS)之傳統方法，並以國內道路的實際現況進行修定之準則，進行落石坍方危險度評估，評估項目包括：(一)道路邊坡之地形特徵；(二)路段之地質狀況；(三)邊坡及坡頂之土地利用及植生狀況；(四)氣象(包括降雨量與地震)

；(五)落石坍方發生次數歷史；(六)每次落石坍方事件之土石方量及最大土石尺寸；(七)路段之交通流量狀況；(八)路段之道路寬度及腹地；(九)路段現有之防護設施。其中第(一) 至(三) 項為道路實質狀況，屬於落石坍方災害之靜態潛勢評估項目，(五)至(九)項為道路之行車風險評估項目，第(四)項則為動態觸發評估因子。每一項再依數值大小劃分為四個等級，評分則以3的冪次為主。(如表2-2)

表 2-2　落石坍方危險度評估表

評分因子		評分準則與分數			
		3 分	9 分	27 分	81 分
地形【取平均】(A1)					
坡高		5m~15m	15m~25m	25m~35m	35m 以上
坡度		40~50 度	50~60 度	60~70 度	70 度以上
地質(A2)					
第一類	節理組數	2 組	3 組	2 組	3 組
	節理方位	無不利方位	無不利方位	有不利方位	有不利方位
	閉合情形 風化情形	閉合 無銹染	閉合、不平 無銹染	開口、平坦 有銹染	夾泥 有銹染
	間距	≧2m	>2m	2~3m	≧3m
第二類	地質材料特性	塊狀結晶質岩石如大理岩、石英岩	粗顆粒岩石膠結良好如塊狀礫岩、砂岩層	泥岩石如泥岩、頁岩、板岩、片岩及砂頁岩互層	崩積層及斷層帶
土地利用(A3)					
土地利用		原始林地	人工造林	草地及短根植物	裸露
氣象(A4)					
前期有效累積降雨量(mm)		30 以下	30~60	60~180	180 以上
震度		2 以下	2~2.49	2.5~3.5	3.5 以上
近五年落石歷史(B1)		1 次以下	2 次	3 次	3 次以上
落石尺寸及規模【取大者】(B2)					
落石尺寸(m)		0.3	0.6	0.9	1.2
規模大小(m^3)		200 以下	200~499	500~1000	1000 以上
交通狀況(行車風險)【取平均】(B3)					
日平均交通量		5000 以下	5000~9999	10000~20000	20000 以上
主要車輛種類		大貨車	小貨車	小客車	大客車
道路寬度腹地有無(B4)		12m 以上 有腹地	9m 以上 無腹地	9m(含)以下 有腹地	9m(含)以下 無腹地
防護設施加權(C1)					
加權乘子		0.7	0.8	0.9	1
防護設施成效		有兩項防護設施且成效良好	有一項防護設施且效果佳	有一項防護設施且效果不佳	無防護設施

落石邊坡崩塌危害度分析法，考慮將其評分結果於 219 分以下者，列為低危害度落石邊坡；220~329 分者，列為中危害度落石邊坡；330 分以上者則列為高危害度落石邊坡。

1. 土石流邊坡危害度等級劃分

根據農委會公告，土石流危險溪流之潛勢可分為低、中、高，此一潛勢劃分已將保全對象納入考慮，故屬危害度分級。因此，道路邊坡崩塌機制屬土石流者，可參考此一分級方式，將危害度等級劃分對應於以下三等級：(1)低危害度土石流危險溪流，(2)中危害度土石流危險溪流，(3)高危害度土石流危險溪流。另外，Morgan 等人(1992)採取所謂的整體風險觀念(total risk concept)來評估土石流對人命損失的威脅，此觀念亦可作為土石流對於道路危害度分級之依據。

2. 地滑邊坡危害度等級劃分

運動型態屬地滑之道路邊坡危害度等級劃分，建議可參考亞新工程顧問公司(1987)依據監測案例，透過地質環境因子、水文環境因子以及土地利用強度因子進行評估，所制定之危害度得分分級表，將 1、2 級(得分＜35)簡併，與第 3 級(35≦得分＜45)、第 4 級(得分＞45)對應於以下三等級：(1)低危害度地滑邊坡，(2)中危害度地滑邊坡，(3)高危害度地滑邊坡。

除了根據上述利用邊坡危害度，進行運動型態屬地滑之邊坡崩塌危害度等級劃分外，緣於地滑地之徵兆明顯以及運動緩慢，亦可考慮以下三種情況之邊坡進行監測規劃：

(1)地形、地質條件研判具邊坡滑動潛勢之邊坡。

(2)有地表徵兆之邊坡。

(3)根據定性或定量評估達地滑標準之邊坡。

其中關於邊坡是否滑動的定性和定量標準，可考慮根據日本高速道路調查會(1988)提供之判斷標準(如表 2-3 所示)。

3. 人工保護邊坡危害度分級劃分

對於人工保護邊坡危害度等級劃分，可依據邊坡保護措施之成效作為重要參考。建議將人工保護邊坡危害度等級劃分可對應於以下三類：(1)工程措施分析設計時不確定性較高之邊坡，(2)有保護措

施效能降低跡象之邊坡，以及(3)保護措施效能明顯降低之邊坡。

監測之規劃與預警應考慮邊坡之危害度，建議根據邊坡危害度之低、中、高，將監測規劃劃分為三個等級：

(1)第一等級規劃(低危害度邊坡)

此一等級監測以巡查為主，觀察邊坡之變化，必要時可設置簡易之監測設施，並加強注意其各項徵兆，其環境因素徵兆物理量常為此一階段監測之預警基準。

(2)第二等級規劃(中危害度邊坡)

此一等級監測以設置手動或半自動監測系統為主，必要時方可設置全自動化監測系統。

(3)第三等級規劃(高危害度邊坡)

此等級監測以自動化監測系統為主，預警基準之發布通常需要更有把握，因此，反應時間通常較短，故自動化監測、傳輸，以及監測資料即時分析與即時預警之先期規劃相當重要。

表 2-3 日本高速道路調查會地滑之判定基準(1988)

監測方法	監測管理基準		
	注意	警戒	危險
地表伸縮計	0.5~10mm/day	＞10mm/day	＞50mmday
地表傾斜儀	5~10″/day	—	10~50″/day
管內傾斜儀	0.5~1mm/day	2~3mmday	—
降雨強度 (累積降雨強度)	—	10~20mm/h (50mm)	＞20mm/h (100mm)
地表現象	● 頭部出現裂隙或下陷。 ●電桿、圍牆等發生變形。 ●開挖面上出露層面或滑動面。 ●邊坡出現湧水。	●邊坡上緣之張力裂縫互相連通，且裂隙寬度與錯動不斷增大。 ●滑動體趾部出現隆起、放射狀壓力裂隙、小規模塌方等。 ●趾部突然出現湧泉，或是已有之泉水變濁或乾涸等。 ●地體震動、地鳴、沒颱風但樹林的枝葉卻沙沙作響、電桿搖動等動物異常反應等。 以上各種前兆一般多與不正常的集中降雨量有關。	

若監測結果發現徵兆往有利方向發展且對於道路危害程度較預期為低時，應考慮降低監測等級，反之，則應提升監測等級。

道路邊坡崩塌預警基準之訂定所牽涉的問題複雜程度極高，每一處道路邊坡因重要性不同(國道、省道、縣道、鄉道、山區產業道路…)、應用監測之時機不同(調查、施工安全管理、長期管理維護…)、環境條件不同(包括地形、地質、氣候…)、破壞模式不同、發生速度不同、破壞規模及影響範圍不同等等，在安全管理值之訂定應有不同之思考邏輯。

針對山區道路內道路邊坡，進行相關監測與預警作業之探討。依據彙整歷年相關監測規劃與預警之研究計畫成果，初擬邊坡崩塌監測管理值之制定程序為：(1)前置決策；(2)邊坡調查與評估；(3)資料蒐集；(4)監測資料分析與評估；(5)監測管理基準值訂定；(6)監測管理基準值之調整，擬定制定流程如圖 2-1 所示。

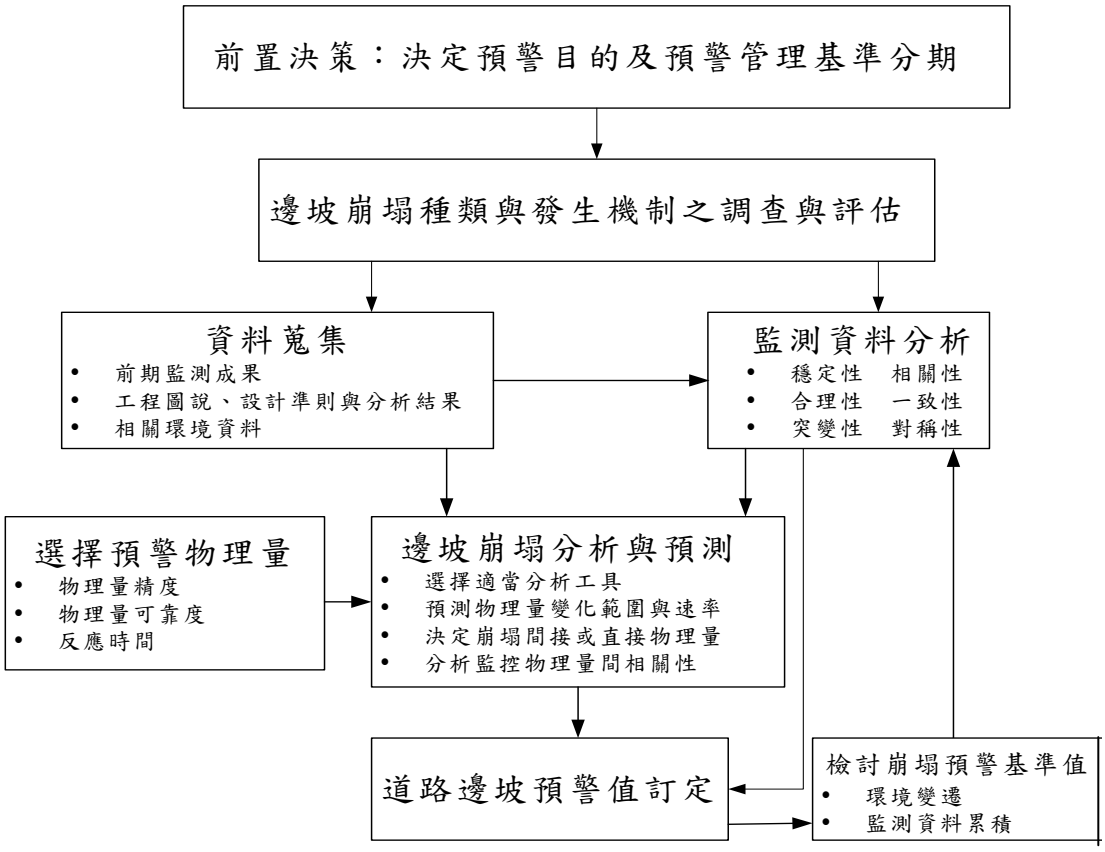


圖 2.1 道路邊坡崩塌監測管理值制定建議程序

另外，歸納所蒐集國內外相關道路邊坡監測儀器制定案例，並分析其差異性，可將制定方法分類為：(1)經驗法則；(2)根據長期監測資料統計分析；(3)現象模擬與預測－直接根據位移之預測訂定預警基準；(4)現象模擬與預測－間接根據與位移或崩壞相關之物理量訂定預警基準；(5)多項徵兆物理量組合制定預警基準。茲將說明如下：

1. 經驗法則

由過去經驗或案例作為預警基準訂定之參考，臺灣傳統之邊坡崩塌預警基準主要多透過此一方式制定。一般預警基準值可以位移量、位移速度以及位移加速度為訂定標的。臺灣過去長期監測資料累積案例有限，若欲透過經驗法則訂定監測預警基準時，應特別注意其適用性。未來應將持續累積本土化之監測經驗，以作為預警基準制定之之參考標準。

2. 根據長期監測資料統計分析法

由以往監測資料之統計變動範圍，找出合理、正常之監測曲線包絡線，可作為預警基準訂定之參考。監測資料統計分析主要係根據各項監測值所繪過程曲線之穩定性、相關性、合理性、一致性、突變性及對稱性加以研判評估。

(1)穩定性

當監測量過程曲線變化之規律與趨勢成穩定狀態，則屬正常；若原因量不變而效應量之趨勢隨時間不斷向不利方向增長，則屬不穩定之異常狀態。

(2)相關性

平常監測值中原因量與效應量都會成一定之相關性，如其相關性較以往有所改變，則屬異常。

(3)合理性

監測量之變化趨勢符合自然界之物理現象則屬正常，否則屬

異常。

(4)一致性

在相同條件下(即原因量相同)，效應量之變化形態應為一致或相似；同一位置使用不同儀器所量測之同一物理量亦應符合一致性，則屬正常，否則屬異常。

(5)突變性

監測量之變化過程中，如有不符合預期中或不按規律之突變，則屬異常。如為單一之突變，則可能屬人為之錯誤；如為重複或連續之突變，則可能屬儀器或系統之故障或結構已有異常現象。

(6)對稱性

如監測儀器埋設於具對稱之位置，則其監測量之變化亦應具對稱性，否則應為異常。

3. 直接根據位移之預測訂定預警基準

(1)趨勢預測法

透過經驗統計或由潛變模式計算位移之趨勢，預測崩壞發生之時間歷程，可作為預警基準訂定之參考，此一方法定出之預警值多為地盤之位移速率或累積位移值，由位移速度與崩壞時間之相關性即可提供作預警基準訂定參考，預警基準訂定應同時考慮各管理值對應之處理手段及處理手段對應之所需時間。

(2)建立力學模式預測變位量

確知變形特性掌握將使得此一方法變為可能，對於屬於漸進式破壞控制之邊坡而言，位移之增加將伴隨安全係數之降低，因此變形量即可望成為預警基準訂定之徵兆物理量。有限元素法或有限差分法等數值方式可作為變位預測之有效工具，若有滲流問題時，亦應一併分析。此一力學分析模式亦可考慮材料之不確定性、地下水位高低不確定性，以及其他內、外在因素之不確定性。

4. 間接根據與位移或崩壞相關之物理量訂定預警基準

(1)孔隙水壓或地下水位

邊坡破壞屬於地質材料受剪破壞，因此地質材料受剪膨脹或收縮時，孔隙水壓將可能有急遽變化，所以孔隙水壓急遽變化可視為邊坡崩壞之重要徵兆。根據實驗室與現場紀錄發現，崩壞發生前10~20 分鐘將有孔隙水壓急遽上升之情況(日本高速道路調查會，1988)。此一現象對於不排水條件下施工階段之路堤填築預警有相當之適合性，且廣泛應用於水壩填築過程中施工品質及安全監控之指標之一。然一般而言，此一現象發生後，距離崩壞之剩餘反應時間則相對較短。

另一方面，孔隙水壓上升將造成有效應力下降，因而誘發位移或崩塌。利用物理模式之建構(如極限平衡法、有限元素法或有限差分法)，可適度建立地下水位或水壓與崩壞之相關性，另外，累積大量邊坡崩壞或位移資料與水位間之相關性，亦可提供作為預警基準訂定之參考。原因為降雨後地下水位未必能即時表現，因此降雨量亦未必能即時表現地下水位提升，所以由地下水訂定滑動預警基準值較為準確，往後，便可由地下水位高程，得知安全係數，進而求得各個基準值。此類模式受限於地下水文條件之瞭解相當不易，水壓或水位資料之可靠度應注意與檢核。再者，以孔隙水壓作為預警基準訂定標準時，應特別注意水壓觀測系統之反應時間。

(2)累積降雨量或降雨強度

邊坡崩塌與降雨息息相關，此一影響基於地表逕流之沖刷以及雨水入滲增加水壓力、降低有應力。此一方面預警基準訂定可分為兩個層次，一乃利用經驗值統計迴歸降雨量與邊坡崩塌之關係，藉以訂定預警基準，惟此一方法需累積地區性經驗，且與監測邊坡之地質、水文、氣象等條件相當有關。另一方式為建立該邊坡降雨與地下水壓或水位上升之物理模式，再利用水位或水壓與邊坡崩塌之相關性，訂定預警基準。

(3)建立降雨、水位與道路邊坡崩塌間相關性模式制定預警基準

建立降雨與地下水位上升間之相關性，以及地下水位上升與邊坡安全性相關性，可利用降雨作為預警基準。依前人之研究，以水壓、位移量測值以及降雨資料，確定區域性之崩積層滑動區地下水位與邊坡穩定之變化，皆與降雨有極密切之關係。

(4)多項徵兆物理量組合之預警基準制定

預警基準可由降雨、地下水位與各種變形量等單項或多項組合來訂定。

綜合上述研擬之管理值制定程序及制定方法，針對國內區域性道路邊坡預警基準之制定，若以埋設監測儀器，如伸縮計、傾斜儀及應變計等直接監測其變位與應力之直接方法制定，其所制定之預警管理值僅侷限於儀器所埋設之點位，難以縱觀整條山區道路邊坡之變化，因此，本研究考慮節省人力、物力與經費，對於預警基準之研究，擬採以「雨量」資料統計分析之間接方法，進行預警基準之制訂，並規劃相關之研究項目，包含不同區位之累計降雨量、降雨強度與相關降雨資訊進行草案之研擬，並參考前面三年計畫研究成果，進行應用分析評估。

2.2 道路安全監測與預警作業(草案)初稿

第一章　總則

一、本作業要點依據公路法第四章第五十八條，針對公路安全管理中，對於公路主管機關為維護公路之安全及暢通，應於必要地點設置標誌、標線、號誌、護欄及行車分隔設施等交通安全工程設施之精神，對於山區道路邊坡穩定與預警作業提出相關作業草案。

二、依據公路養護巡察手冊第二章針對養路巡察方式、調查頻度、巡察內容與注意事項，第三章有關路基與邊坡養護原則與方法以及

第八章有關交通安全設施之養護，可以瞭解到，公路單位對於既有設施的養護與與巡察的重視，但仍須針對既有設施養護後需透過適當方法進行監測與安全預警評估，以做為除了工程措施以外的軟體配套措施。

三、山區道路坡地災害種類甚多，除了坡面本身所造成之崩塌與滑動外，山區道路所跨越或緊鄰之河川可能在天然事件前、中或過後造成不同程度之影響，需要透過日常養護與巡察以及適當之科技進行評估與監測，並透過這些成果，以不同管理方式提醒警告用路與管理人員，以達到用路安全的原則，因此設定此作業要點，做為參考。

四、系統監測的主要目的是為監測有可能發生坡地災害的變因，得以及早避免災害並予以因應。監測為利用監控設備針對監測對象以定時段的時間隔讀取數據化資料。若監測設備設置得宜，並能連接警示系統，將有助於災害的避免。

五、監測系統依自動化程度可分為半自動監測或儀控監測方式。目前仍以半自動監測者居多，但部分也有引進儀控式監測並連結警示系統，其運作甚為便利。一般坡地工程系統監測設置的目的包括以下四項：

1. 設計條件的調查及確認－包括地下水位及滑動面的調查。

2. 施工安全的掌握－包括擋土護坡及邊坡施工中的穩定性。

3. 長期行為的驗證－包括擋土牆及地層長期的穩定性研判。

4. 回饋分析設計－包括驗証原設計假設條件的合理性。

第二章　坡地災害種類

山坡地災害之類型經常須視外在地震、雨量、風力及氣候等誘因及本身地形、地質等基因條件而定，其成因、運動形態及反應機制相當複雜，很難以單一標準給予分類，若僅從運動形態之外在觀點，則

可概略區分為、落石(rock fall)、地滑 (complex landslide)、山崩(landslide)、土石流(debris flow)及潛移(creep)等類型，以下將依此5 種運動形態介紹：

一、落石：當坡面過於陡峭或因覆蓋表層嚴重風化及岩體破碎時，大小不一的土石或岩塊將因重力牽曳作用而鬆脫，一旦達其臨界狀態時便失去平衡而以自由落體或沿坡面滾動的方式向下墜落；其力道大且殺傷力強，凡在其運動範圍內的人和財物都有受重創的高度風險。就地形的觀點，峽谷、峭壁及斷崖常是落石的潛在危險區。

二、地滑：地層材料因重力或外力作用產生滑動而下移的現象，即滑落。山崩與地滑的差異在其變形的連續與否 ，且山崩是呈張力破壞，而地滑則是呈剪力破壞。尤其一般山崩其崩落物破裂崩解，而地滑較接近塊體的運動(rigid body movement)。或可以破壞後滑動面是否裸露來區分，山崩後表面即為破壞面，地滑則破壞面仍隱藏在地下。

三、山崩：山崩的成因及形成機制與地滑大致相同，兩者統稱為崩塌，一般最簡單之區別方式為：當坡面因自然或人為因素而突然失去平衡，進而導致土石崩落的現象，稱之為山崩；至於因地下水或節理、斷層等滑動面之存在，迫使地面往下方或側邊以緩慢速度移動的現象，則稱之為地滑。山崩之破壞形態則往往又依地質狀況及組成等條件而定，常見者計有圓弧形滑動(circular slide)、平面破壞(plane failure)、楔形滑動(wedge slide)、傾倒翻覆(toppling failure)以及複合形態等類型。

四、土石流：地層材料受水力的推動或衝擊，造成液化的現象，喪失其安定性而移動。

五、潛移(潛變，Creep)：地層材料因重力或外力作用產生滑動的現象而下移，但並未超過其極限強度，小應變產生長期緩慢的變形累積。

第三章　監測儀器

監測系統的規劃，原則上應由設計者就其監測目的、未確定性因素的掌握程度及可能造成風險損失等三項因素，加以考量而做適當的設置。以護坡工程設計為例，監測目的大都著重於設計條件的調查及確認、長期行為的驗証等兩大項，由於山坡地的地層變化較平地更為複雜，許多潛在可能滑動面在地質調查時不易察覺，地下水狀況不易掌握，為彌補地質調查時的不足，並校核原設計的假設，監測系統的設置，對於已有滑動徵兆的邊坡或重要性較高的邊坡都是十分必要的。故坡地護坡工程監測系統的主要觀測項目包括以下幾點：

1. 觀測滑動面位置，確認破壞規模及破壞原因。
2. 觀測位移速率及滑動方向，瞭解邊坡穩定情形。
3. 觀測地下水壓，校核水壓力是否超出原設計的假設條件。
4. 觀測結構物或地錨等擋土措施的應力，避免發生擋土結構破壞。

降雨常為坡地發生災害的重要誘因，另一方面，在許多邊坡滑動的問題中，滑動體內的孔隙水壓也是重要參數。尤其是在有互層的情況下，過量的靜態孔隙水壓可能存在於某些岩層之中而造成邊坡破壞。因此雨量、水位與水壓監測相當重要。目前常用的雨量、水位與水壓監測儀器以及其他相關儀器有：

1. 水位觀測井(observation well)：監測水位變化，特別是豪雨。
2. 水壓計：量測地下水壓

   開口式水壓計(open standpipe piezometer)

   壓氣式水壓計(pneumatic piezometer)

   電子式水壓計(electrical piezometer)
3. 流量計(flowmeter)：量測流量
4. 雨量計(raingage)：雨量觀測，遇豪雨時可自動啟動監測

5. 傾斜計

6. 土壓計

7. 土伸縮儀

8. 影像觀測機

邊坡滑動必然有移動發生，移動的總量、速度及分佈通常是所需要量測的物理量中最重要的。邊坡破壞現象可分為地表與地層的移動，地表的垂直、水平位移、裂縫的擴張、及坡趾的隆起都可做為監測對象，因此可從邊坡表面的特性來判斷地層移動的嚴重性，但是最能夠顯示邊坡滑動即將發生的重要指標通常還是來自於土壤或岩層內部微量的移動。只靠坡面的觀察來決定邊坡的穩定是不足的，必須要與邊坡內部行為的監測相互配合。目前常用的應變或位移監測儀器說明如下：

1. 地滑計(surface extensometer)：地表水平變位的監測
2. 沉陷觀測點(settlement mark)：地表或構造物沉陷量的監測
3. 沉陷計(extensometer)：地層垂直變位的監測
4. 裂縫計(crack gauge)：地表或構造物裂縫寬度變化的監測
5. 應變計(strain gauge)：構造物受力變形產生應變的監測
6. 傾斜管(inclinometer)：地層滑動面的深度、位移量及速度監測
7. 傾度盤(tiltmeter)：地表、結構物或擋土護坡構造物傾斜變位的監測。

應力包括地層的現地應力與擋土構造物所受的應力，應力監測可檢討構造物的設計條件。如擋土結構所承受的主動與被動土壓力與設計所假設者常有出入，藉由裝設監測儀器可以測得擋土結構體所承受的總土壓力與有效土壓力，以作為在施工過程中分析擋土結構安全度的重要資料。

1. 土壓計(earth pressure cell)：量測土、岩壓力

2. 鋼筋計(rebar stressmeter)：量測擋土結構主鋼筋應力

3. 地錨荷重計(load cell)：監測擋土設施地錨的荷重變化

第四章　災害類別規劃與預警

一、落石之監測規劃與預警

無法預知崩落位置之落石邊坡落石邊坡崩塌速度一般較快，且大多數發生時間與地點具有較高之不可預測性，應以廣域路段為目標，透過降雨特性作為徵兆物理量以及預警之基準。此類落石邊坡三個等級監測之規劃建議如下：

(一)監測第一等級

以定期巡查為主，除非有明顯之崩塌徵兆，不特別針對此類邊坡進行預警。

(二)監測第二等級

應於各該路段設置固定式落石警告標誌，且　監測物理量以最近或最具代表性之雨量站降雨特性為主，並以臨界降雨線作為預警基準。

預警之對象以廣域路段為主，且以長期而非即時預報為主。然因各道路地形地質水文條件各有不同，因此作為預警參考之臨界雨量線，應事前根據各路段之崩塌以及降雨特性間之相關性，進行統計分析後訂定之。

(三)監測第三等級

應於各該路段設置固定式落石警告標誌，並另行於適當位置設置自動化警告系統。監測物理量則建議以降雨特性以及監控崩塌是否已發生為主。

至於降雨特性監測部份，若現有雨量站之雨量資料不足以反應

該路段之降雨特性時，建議考慮設置自動化雨量計，並以臨界降雨線作為預警基準，預警將以固定路段為對象。

於崩塌是否已發生之監測部份，建議設置鋼索感知器或其他類似原理之自動化感測單元，以偵測某一可能危及行車安全之坍方量，並適時警告通行車輛停止。

監測第三等級之落石邊坡，預警可包括三階段：根據雨量預測進行長期預報。根據自動化雨量監測結果，進行短期預報，並即時啟動該路段之自動警告系統之預警功能，警告來往車輛。根據事發結果，即時啟動該路段之自動警告系統之遮斷功能，並禁止車輛通行。

然而，考量臺灣山區降雨具有明顯地形效應之關係，對於第三階段之預警臨界雨量線，建議先以既有雨量站資料分析結果訂定之臨界降雨線為預警基準，於該路段設置自動化雨量站後，應根據該路段崩塌情況以及自動化雨量計監測成果，進行該路段之統計分析，並逐步修正為該路段之預警基準值之臨界降雨線。

(四)預知崩落位置之落石邊坡

針對巨大孤石，應考量是否可以直接移除，倘若無法移除，為了避免因為墜落而造成災損，可以運用定點監測與崩落預測之技術，如：伸張儀、裂縫計、測傾儀、聲射感知器、CCD 影像擷取等，對於偵測孤石之墜落應屬有效。孤石之監測可由低至高不同之危害度，分為經常性檢視、以影像分析為主，以及完整佈設位移監測設施。

此類邊坡之預警，可分為三階段：

a.路段設置固定警告標誌。

b.根據位移與聲射資料，進行即時分析與短期預報，並即時啟動該路段之自動警告系統之預警功能，警告來往車輛或禁止車輛通行。

c.根據事發結果，即時啟動該路段之自動警告系統之遮斷功能，並禁止車輛通行。

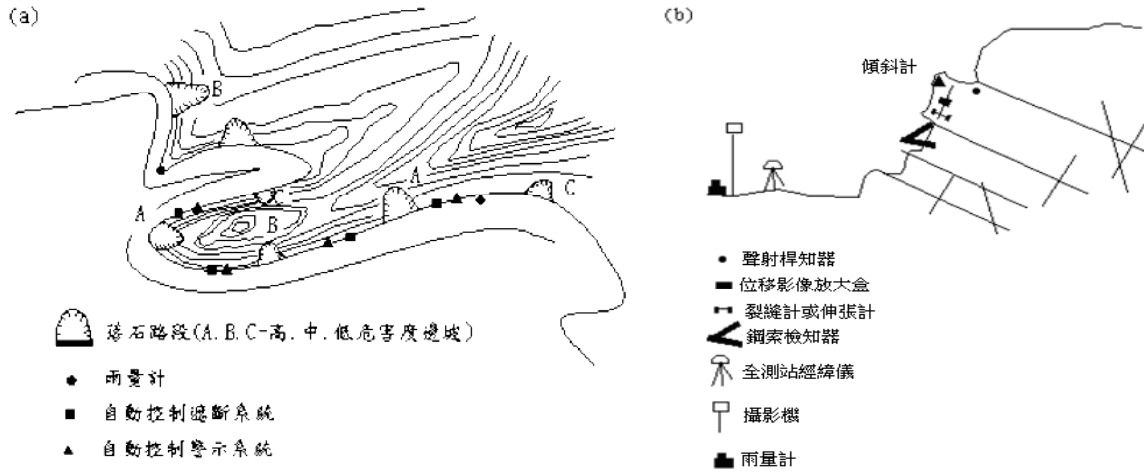


圖 2.2 落石邊坡崩塌監測規劃示意圖

二、土石流之監測規劃與預警

(一)溪床型土石流

土石流監測可分為長、中、短期之監測與預警，不同潛勢之土石流危險溪流之監測與預警，應有不同之考量，各級考量原則分述如下：

a.監測第一等級(低潛勢土石流危險溪流)

以加強巡視為主，巡視重點為危險溪流集水區上游堆積區土砂材料堆積情況。除非有明顯之徵兆或跡象，不特別針對此類道路路段進行預警。

b.監測第二等級(中潛勢土石流危險溪流)

應於各該路段設置固定式土石流警告標誌，必要時可於臨道路側設置簡易雨量監測設備或其他簡易偵測土石流流動之設施。以最近或最具代表性之雨量站降雨特性為預警基準，預警以長期、非即時預報為主。

長期監測與預警多以降雨特性代表土石流發生誘因作為預警方法，因各道路地形地質水文條件各有不同，因此作為預警參考之臨界雨量線，建議應事前根據各路段之崩塌與降雨特性間之相關性，進行統計分析後訂定之。

c.監測第三等級(高潛勢土石流危險溪流)

應全面設置土石流監測與監視系統，並視需要規劃自動化監測與監視系統。

長期監測與預警：以降雨特性代表土石流發生誘因作為預警，預警方法如「監測第二等級」所述。應於各該路段設置固定式土石流警告標誌，並於適當位置設置自動化警告系統。若現有雨量站之雨量資料不足以反應該路段之降雨特性時，建議考慮設置自動化雨量計。長期預報初期將根據雨量站雨量資料分析所得臨界雨量線為預警基準，然而隨著自計式雨量站監測資料之累積，應逐步修正預警基準值。

中期監測與預警：因溪床型土石流發生之條件與堆積區土石材料流動逐漸發展較為相關，故以土石流發生流動前之徵兆作為主要對象，如堆積區之孔隙水壓激增或聲射特徵均可成為徵兆物理量。可於堆積區設置水壓計或於其附近設置聲射感知器，另外可偵測堆積區土砂材料移動徵兆之感測器均可選用。應於各該路段設置固定式土石流警告標誌，並於適當位置設置自動化警告系統。

短期監測與預警：以土石流發生之實際物理現象作為監測對象，如鋼索檢知器、光遮斷感知器、立桿式旋轉感知器、加速度感知器以及磁簧式感知器均可佈設於適當位置以偵測土石流之移動。應於各該路段設置固定式土石流警告標誌，且於適當位置設置自動化警告系統，並於適當時機啟動該路段之遮斷功能，禁止車輛通行。

(二)坡面崩塌型土石流

對於崩塌型土石流而言，因為觸發機制與溪床型土石流極為不同，因此利用降雨特性以及臨界雨量線作為監測對象與預警基準有其適用性上之困難。以及，觸發地點難以掌握，故以土石流發生流動前之徵兆作為監測對象之中期監測亦有困難。因此，對於坡面崩塌型土石流，監測與預警均以短期土石流發生之實際物理現象作為監測對象。由於坡面崩塌型土石流觸發地點難以掌握，類似無法預知崩落位置之落石邊坡，其監測規劃亦可參考前述「無法預知崩落位置之落石邊坡」之規劃建議。不同監測等級之監測規劃建議如下：

a.監測第一等級(低潛勢土石流危險溪流)

以加強巡視為主，巡視重點為土石流危險溪流集水區之坡面是否有崩塌跡象。除非有明顯之徵兆或跡象，不特別針對此類道路路段進行預警。

b.監測第二等級(中潛勢土石流危險溪流)

仍以降雨特性作為長期監測與預警之重要參考，惟訂定預警基準時，應特別注意不可使用溪床型土石流為資料基礎，以求得臨界降雨線。簡易且易於維護之土石流發生感知器可考慮酌予佈設於溪床附近，以彌補坡面崩塌型土石流對於以雨量特性作為預警相關知識之不足。應於各該路段設置固定式土石流警告標誌，預警以長期配合短期偵測土石移動之預報為主。

c.監測第三等級(高潛勢土石流危險溪流)

應全面設置土石流監測與監視系統，並視需要規劃自動化監測與監視系統。以短期偵測土石流之移動作為監測規劃與預警之重要基礎，此一部份之說明參閱溪床型土石流之短期監測部份。

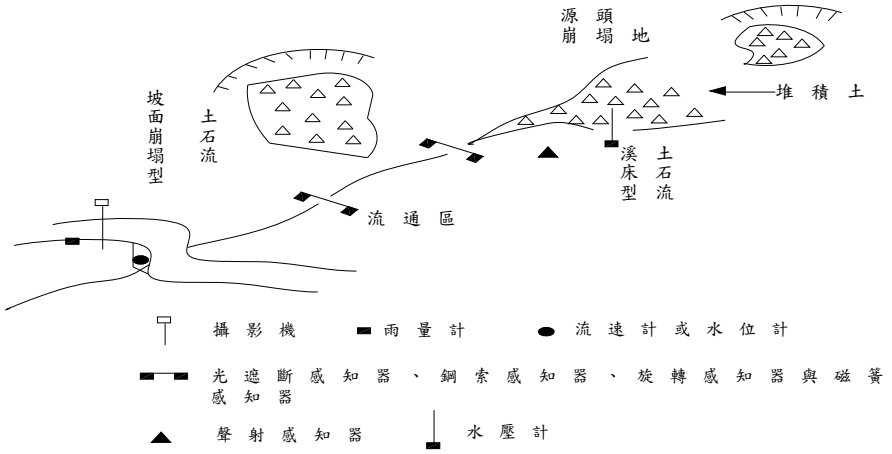


圖 2.3 土石流監測規劃示意圖

三、地滑之監測規劃與預警

(一)平面型或楔型岩層滑動

平面型之順向岩層邊坡崩塌與楔型破壞，相較於其他旋滑型之地層滑動，速度明顯較快。此類邊坡破壞主要控制條件為地質構造，尤其是不連續面，因此不連續面之詳細調查最為重要。

a.監測第一等級

以持續觀察並檢視地表徵兆為主，巡視重點為邊坡坡趾之地質作用營力(如河岸或向源侵蝕)或人為開發，是否有逐漸造成弱面或弱面交線「見光」(daylight)之情況。此類道路邊坡原則上不進行預警，然若有明顯之徵兆或跡象時，則應立即提升監測等級。

b.監測第二等級

以半自動化搭配自動化監測設備為主，監測目標與預警若欲依據位移作為徵兆物理量，應選擇自動化監測設備。若監測目標擬利用崩塌誘因(如雨量)作為搭配之預警基準，將可有效增加預警反應時間。監測過程中若發現邊坡活動性不高，應考慮逐漸降低監測需求，若發現活動性偏高，則應考

慮提升監測等級，甚至應考慮進行邊坡整治。

c.監測第三等級之地滑邊坡

以自動化監測設備為主。監測可依據位移或利用崩塌誘因(如雨量)作為搭配之預警基準徵兆物理量。監測過程中若發現活動性偏高，則應考慮進行邊坡整治，此類邊坡縱使經過整治，仍建議繼續監測。

(二)非屬上述型態之地層滑動

崩積層與填土構成之邊坡為本類典型之破壞運動型態，因其多屬旋滑型，一般移動速度較為緩慢。因徵兆明顯，此類地滑之監測多屬定點監測，監測物理量應以地表位移、地下位移與地下水位、水壓監測為主，雨量監測為輔。此類邊坡，尤其是崩積層與填土邊坡，不同材料介面深度為其調查之重點。

a.監測第一等級

以加強巡視為主要方法。因此類邊坡之滑動，常伴隨明顯之地表現象，需特別注意之地表現象包括：滑動體頭部出現裂隙或下陷、電桿與圍牆等發生變形、邊坡出現湧水、擋土構造物產生裂縫、邊坡上緣之張力裂隙互相連通，且裂隙寬度與錯動不斷增大、滑動體趾部出現隆起、放射狀壓力裂隙等，以及趾部突然出現湧泉，或是已有之泉水變濁或乾涸等、擋土構造物牆面裂縫穩定發展等。

b.監測第二等級

一旦地表有滑動之徵兆，應儘量利用各類調查方法決定地滑範圍與深度。　監測可以地表位移或旋轉監測為主，若有必要可搭配少數之地下位移監測。地下水條件嚴重影響此類地滑之發生，手動記錄之水位觀測井或立管式水壓計，為適當之監測設備選擇。預警應以位移為主。

c.監測第三等級

應完整包括地表與地下位移監測、地下水位與水壓監測，以及雨量監測。地表位移監測可利用伸張計、地滑計、地表傾斜計、全測站經緯儀等進行自動化監測。地下位移則可利用應變管或傾斜觀測管配合自記式傾斜計(IPI)進行自動化監測，惟應變管應注意其耐久性與穩定性。地下水位或水壓則可利用電子或機械式水壓計進行自動化監測，惟應注意電子式水壓計之耐久性。雨量計則應以自計式為主。

此類邊坡崩塌與地下水位或水壓相關性甚高，因此建立地下水位或水壓與安全之相關性作為監測目標與預警亦為有效。若能長期監測建立位移監測資料，利用以日本為主之位移速度預警經驗值作為預警基準具有可行性。根據潛變模式進行破壞時間預測，對於重要路段之預警亦屬可行(惟需依賴自動化監測資料方屬可行)。對於不確定崩塌位置之大規模崩積層，廣域路段利用降雨特性預警較為可行，適當之模式選擇應以誘發崩積層位移之間接物理量為主，如降雨特性，臨界降雨線之模式經實例驗證具可行性，唯適量之位移監測(地表或地下位移)與地下水位或水壓監測對於現象之詮釋仍屬必要。

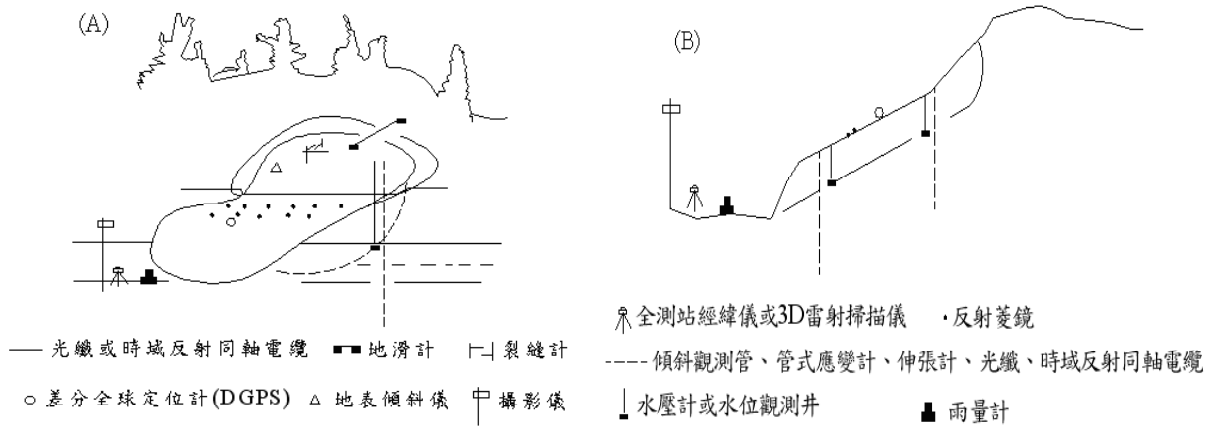


圖 2.4 地滑邊坡監測規劃示意圖

四、人工保護邊坡監測與預警

將人工保護邊坡監測與預警概分穩定工法與排水工法兩大類進行敘述：

(一)穩定工法：

邊坡監測預警應以工程設計條件為主，並綜合構造物之位移與應力作為預警之徵兆物理量。屬坡面保護措施者，以其坡面保護功能性(防沖蝕或降低入滲量)檢測為主，尤其是目視檢視更形重要。剛性擋土措施者，如重力式或懸臂式擋土牆，則可考慮邊坡之重要性，規劃設置傾度盤，並定時以傾斜計量測或自動記錄構造物傾斜量。屬半剛性或柔性擋土牆或構造物深埋地下者(如擋土排樁與土釘)，地盤位移速率(或地盤與地下構造物複合體)仍為主要監測對象，並作為主要預警基準。

內穩定之保護措施中，地錨為相當特殊之結構原件，其監測重點為地錨之預力損失情況，故地錨荷重計為必要之監測設施，而預警則應以地錨設計條件為主。因人工構造物可能造成邊坡崩塌之發生加速、加劇，因此地盤位移速度或旋轉之預警標準應適度考慮此一效應。設計條件中凡包括假設地下水位或水壓者，亦可考慮監測地下水位，以作為預警之輔助徵兆物理量。

(二)排水工法：

地下水位監測為重要監測方法，且監測結果除作為預警目的外，並應列為排水成效評估之重要依據。

五、監測頻度

針對不同致災規模、保全對象以及天然事件提出各項監測項目之頻度，其說明如下：

第一類監測：

此類監測主要針對已經發生坡地災害的處所，為避免二次災害的

發生，監測主要針對預報降雨前開始針對現地影像、降雨量、地下水位以及坡面上下滑動位移量為主要監測項目，且因為保全對象明確，且致災規模可能較大，此時應伴隨疏散避難為主。

第二類監測：

此類監測主要針對未發生坡地災害，但有明顯坡面滑動或是河道有明顯土砂堆積的處所，為避免災害的發生，監測主要透過巡察的回報以及即時的監測資料的回傳，設定警戒值作為通報。

第三類監測：

此類主要針對具有潛在坡地災害的區位進行監測，並同樣透過降雨資料、地下水位監測、影像變遷變化等進行判釋，並可針對變化較大之區域，提出工程治理的建議。

中華水土保持學會(1999)整理日本預警基準值相關資料與國內相關案例，建議各類監測儀器於地滑狀況之基準值可發現預警基準值之範圍相當廣泛，原因是此預警基準值是累積不論汛期或平時之實測資料所建立的，故僅適用於與統計資料條件相同之邊坡。至於內政部營建署所建議之山坡地工程監測參考管理值，與廖瑞堂(2001)有關山坡地工程穩定判斷之建議管理值，其制定方式同樣是以綜合相關案例資料及參考國外相關文獻所建立而成。

表 2-4 邊坡維護階段管理基準(中華水土保持學會，1999)

監測方法	管理區分		
	注　意	警　戒	疏　散
地表伸縮計 地表變位速度	0.5~25mm/日	5~100mm/日	50~500mm/日
地盤傾斜計 地表面傾斜速度	5~10 秒/日	—	10~50 秒/日
管內傾斜計管 內變位速度	0.5~1mm/日	2~5mm/日	＞10mm/日
地中伸縮計 地盤變位速度	1~10mm/日	10~100mm/日	＞100mm/日
降雨量 (累積降雨量)	—	10~20mm/hr 10~50mm	20mm/hr 100mm

表 2-5 山坡地工程監測參考管理值(內政部營建署)

觀測項目	需考量之因素	預警值	警戒值	行動值
地層移動	1.位移量 2.位移速度	2.0mm/月 (有一定位移傾向)	2.0~10.0mm/月 (有一定位移傾向)	＞10.0mm/月 (有一定位移傾向)
地下水位	設計地下水位	設計水位	—	—
地下水壓	設計地下水壓	設計水壓	—	—
建物傾斜量	容許傾斜量	1/500	1/360	1/250
裂縫增量	容許裂縫寬度	1mm	—	—
地面沉陷	容許沉陷量	沉陷量不影響結構之使用性	—	—
建物(鄰房)沉陷	1.容許沉陷量 2.差異沉陷量	沉陷量不影響結構之使用性 1/500	1/360	1/250
擋土牆及抗滑樁變位	位移量	—	—	—
地錨荷重	1.設計拉力 2.鋼腱容許拉力	設計拉力×1	±設計拉力×1.2	鋼腱容許拉力
擋土牆鋼筋應力	1.鋼筋降伏應力 2.鋼筋容許應力	設計應力	容許應力(考慮臨時結構短期應力可提昇 1.2 或 1.5 倍)	降伏應力

表 2-6 邊坡穩定判斷建議之管理值(廖瑞堂，2001)

觀測項目	考量之因素	預警值	警戒值	行動值
地層移動	1.位移傾向 2.位移速率	略有位移傾向 0.5mm/月	有一定位移傾向 2.0mm/月	有一定位移傾向 ＞10.0mm/月
地下水位及水壓	設計地下水位及水壓	設計水壓	—	—
地面沉陷	容許沉陷量	不影響使用性	—	—

六、災害預警

針對不同預警的觀測目標，如降雨量、坡面位移量及速率、水位變化、地底震動等徵狀分等級進行事後應變的參考：

第一類等級

此類主要針對曾發生過坡地災害的區段針對所觀測之數據提出警告，並且提早通知保全對象與管理機關，準備進行疏散與避難，此外

亦可作為臨時防災措施工程處理建議與坡面目示監測管理。

第二類等級

此類主要針對未曾發生過坡地災害的區段，針對所盼別之等級提出後續災害防治的可能性，並且針對潛在危險區域進行適當程度之預警觀測對象之規劃。

第三類等級

此類主要針對暫時性一般性公路常態監測與預警規畫，針對歷史施作工程現況環境預測與觀測之依據。

透過降雨量與各項監測成果作為崩塌潛勢判別依據，並利用各公路轄區維護與管理機關，配合管區進行山區道路易崩區安關管制，其程序說明如下：

1. 建立各路段在不同降雨條件下的崩塌潛勢，並且將里程樁區段的黃色中潛勢與紅色高潛勢的累計降雨量羅列出來，以 6 小時累計雨量超過 200mm 作為發佈標準。

2. 當氣象局發佈路上颱風警報及豪大雨特報時，各路管單位應即時監測各路段所屬降雨資料，並於適當地點準備設置封鎖設備，備妥中機械於易致災區前後 1 公里處或鄰近聚落進行待命。

3. 觀察各路段所屬雨量站時雨量變化趨勢，連續三小時時雨量超過 30mm 並在到達各預測降雨量警戒值前 3 小時或預測雨量超過警戒雨量區域時，通知路管單位及管區進行交通封鎖以及清運機械之待命，可酌量設置小型機動性山貓或怪手作為搶通道路之使用。

4. 降雨趨緩後，各路段所屬雨量站三小時累計雨量低於 10mm 時，通知管制單位，並派遣重型機具巡察無虞後回報各路管單位解除封鎖。

5. 針對易致災區域分為黃色潛勢區於平時進行每 2 月定期巡檢工作，並針對坡面狀況、構造物狀況進行檢查若有問題者進行通報與處理

。針對紅色警戒區則建議於平時進行每 3-4 週定期巡檢工作，並於每次下雨後進行現地檢查，同樣有問題時進行回報，而對於綠色低潛勢區域，則進行每 3 個月定期檢查工作，並隨時檢討潛勢等級。

6. 針對不同潛勢區域，建議設置不同數量與規模之救難與清除葬愛物設施與工具，並且編列經費定時維修保養。

七、災害預警通報、傳輸與管理

針對上述不同監測等級，提出通報傳輸的管理建議。

第一類等級

此類主要針對已發生較大規模土砂災害及保全對象明顯的處所，因此針對所監測的項目資料，因危害潛勢較高，因此監測資料與現地影像應立即傳輸到管理單位，以作為立即道路封閉之依據。

第二類等級

此類監測資料，主要可以透過既有監測資料的立即傳輸設定，並配合長時間預計監測警戒數值的趨勢設定作為封路依據。

第三類等級

此類資料主要可以透過現地監測資料庫的儲存，並定時取資料回來分析，並針對具有危險潛勢的數值，訂定警戒，並示保全對象的多寡與危害能力，去增加監測處所與區位，以利針對不同項目去追蹤管理。

第三章　編訂崩塌災害處理作業草案擬定

根據前述幾年針對山區道路崩塌災害調查經驗與成果,並透過道路邊坡崩塌災害搶修、復建之防治對策研擬，除了需將國土永續發展、整治工程規劃執行，以及資源統合運用之外，防救災體系之調整也是一項重要的考量因素。崩塌災害發生之後，包括自然環境、人為防災設施，以及救災路線都會有明顯變動，例如七二水災後，各大河川受創流域河道的淤積、變動與坡地的崩塌、沖刷等自然環境的改變，各地防災設施如堤防的損毀，以及道路與橋梁的中斷與受損等。這些變動對後續防救災功能之影響，都應於往後復建工作的規劃中，予以審慎考量並回饋於防救災體系之調整。

政府防救災體系相關單位自九二一地震後即積極著手規劃建置颱風、土石流、洪氾與地震等大型天然災害之防救災體系，其中包括在軟、硬體上都投入相當可觀的人、物力與經費。然九二一地震後的桃芝、納莉，甚至敏督利等一連續的風災，對相關防救災體系的建置與運作給予相當嚴厲的考驗，但卻也是最佳的學習與調整經驗。以民國九十三年敏督利颱風所引致之七二水災而言，雖然在居民人命損失與危險區域的緊急疏散撤離工作上，現有之防救災體系確有發揮相當功效，但在面臨短時間內無法復原之自然環境與設計施工條件驟變的工程環境,反觀目前的防救災體系與災害防治對策實有其調整之必要性。

3.1 崩塌災害處理作業草案資料準備

有鑑於此,道路邊坡崩塌緊急搶修至復建之系統防治對策規劃,主要應包含災前預防、災中搶修，以及災後復建等三階段：

1. 災前預防階段

災前階段主要之考量在於預防災害之發生，其主要之處理對策在於例行性之維護管理作業、既有資源整合管理，以及防治技術

等，故此階段之執行，主要透過平日的調查作業，結合基本、巡查、災損等相關資料之記錄彙整，進行可能災害之預測，用以瞭解災害防治之重點，並回饋防救災工作規劃調整。

2. 災中搶修階段

災中階段之主要考量在於迅速救助受困民眾並且維護或恢復交通，並防止二次災害之發生，故其主要之整治重點在於減少交通阻斷時間、維持交通順暢。然災害發生過程中，若能透過簡易之監測儀器配置，確實掌控災情，並進行合宜之搶救災工作，則可降低災害之擴大，發揮搶修工程之效能。

3. 災後復建階段

災後復建階段之對策考量，主要在於穩定邊坡，以及恢復道路原有之通車功能，故完整的災後復建工作應包含系統化勘災，既存抗災能力評估，復建工作規劃、評估、執行，以及研擬中、長期監測預警規劃等。

山區道路邊坡災害發生後常因各項主、客觀因素之影響無法迅速加以完善處理。然而山區道路交通為當地民眾生活之所繫亦悠關使用民眾之安全，因此當道路邊坡災害發生後，在確定整治方案之前，應執行緊急搶修以維持當地基本交通與安全需求。所謂緊急搶修對策係指道路邊坡災害發生時或發生後所進行的各種緊急措施，用以阻止或緩解破壞趨勢，俾可將災害程度降至最低程度，並使道路之基本交通功能在安全之前提下得以維持。

一般緊急處理對策之內容包括現場踏勘與調查、排水、修坡、結構，以及坡面防護等。大規模或影響安全極為嚴重之災害處理對策則應委由專家執行專案調查與評估研選後方可定案。

3.1.1 現場勘查與調查

道路邊坡災害發生後應儘可能於第一時間至現場踏勘並執行必要

之調查。觀察、紀錄並繪製現場地形、地貌及地物之變化，同時亦應採取土石樣品進行工程性質辨識。針對地表裂隙之分佈與各種地表變形、水文異常現象，以及破壞範圍、破壞特徵等尤應加以注意。依據調查結果審慎判斷破壞類型，由此推估致災原因，作為選擇後續處理對策之依據。

3.1.2 排水法

1. 緊急地表排水

邊坡若為降雨後發生之破壞，則地表逕流必為致災之重要因素。此時應立即執行緊急地表排水，避免災情之繼續擴大。執行內容建議如次：

(1)坍方所產生之裂隙，應儘速覆以塑膠布或以混凝土、控制性低強度填料 (controlled lowstrength material, CLSM) 等低透水性材料予以封填。

(2)設置縱橫交錯之臨時排水系統用以截洩或引離來自滑動區內外之地表水，以防止其滲、流入滑動之土體內，誘發進一步之滑動。緊急排水系統可以砂包或拍漿溝為之。排水溝斷面一般寬度約為0.4~0.6m，深度約為0.6~0.8m，坡度大於3%。若滑動範圍廣闊，則應依水土保持相關法規於適當地點設置跌水、沉砂、滯洪等水保設施。

(3)排除滑動區內及其附近窪地、池塘或蓄水池內之積水，以避免大量滲流持續注入地層，誘發進一步之滑動。

2. 緊急地下水排除

一般而言，地下水常是誘發邊坡破壞之重要因素，而地下水之存在往往亦是造成邊坡破壞之主要條件，所以排除滑動體內，以及截斷和引出滑動面周邊之地下水，為整治邊坡破壞之必要措施。坍方發生後，對淺層(深度小於2m)之地下水可於滑動區頭部外緣設置

盲溝，用以截斷、引離地下水，洩除地下水壓。地下水分佈狀況未知或滑動體前緣出現滲水時，則於滑動體前緣施以一至二排橫向排水孔。一般而言，橫向排水孔之坡度應大於10%，仰角5~10°左右，孔徑100~130mm，孔間距5~10m，其鑽設長度應穿越推測滑動面至少5~10m。若滑動面位置不詳時，則其鑽設長度以頭部裂隙下方10~15m 處為目標。

3.1.3 修坡法

1. 緊急挖方(坡頂減載)

方可以減輕邊坡滑動體自重，降低滑動體之下滑力，使邊坡趨於穩定。開挖部位應位於邊坡之致滑段(一般皆位於滑動邊坡之上部)。本法較適用於推移式或坍陷式之邊坡滑動，而且滑動體後緣及兩側之地層亦較穩定,不致因削坡而誘發邊坡向後或兩側再次滑動。

2. 緊急填方(坡趾堆載)

伴隨地層滑動，而在邊坡底部或趾部的地表有拱起或隆起現象時，可於邊坡阻滑段(一般皆位於滑動邊坡之趾部)附近予以填重處理。一般而言，若地形條件許可，填重可以土方直接堆填，惟若使用空間有限則可以貨櫃或土石籠裝填土石之方式為之。以20 英呎貨櫃計算，每只貨櫃裝填土石後總重約為54 公噸；而1.0m^3 之土石籠裝填土石後重量則約為2.0公噸。一般而言，填重約為滑動土重之1/20~1/10 即可見效。田永銘、孫思優(2000)建議將填重後適當數量之貨櫃堆疊於坡底至1/4 坡高處,即可達到安全係數大於1.0 之緊急減災要求。挖方與填方均為道路邊坡災害處理最直接且有效的方法，惟其施作部位應由專家謹慎判別，否則可能進一步惡化邊坡之滑動。在一般情況下，減載和堆載阻滑均只能減小滑動體之下滑力或增加阻滑力，並未完全消除邊坡發生破壞之原因及其下滑之趨勢，因此就長期穩定而言，仍須與後續整治措施配合使用。

3.1.4 結構法

對於一般規模或範圍不大的破壞，施以簡易的結構支擋工程，即可維持基本的交通與安全需求，相關內容說明如次。

1. 垛墻

上邊坡崩落於路面之土石如直接清除，形同切除崩積土之坡趾，極可能誘發再次滑動。此外，豪雨引致之流動型破壞，其坍落土石含水量極高，亦不利直接清除，增加道路修復之困難度與危險性。此種狀況之搶修應以先撐後移之方式進行，視道路工作範圍之大小，將現場坍落土石填入貨櫃或土石籠，於坡趾處構築臨時簡易重力式垛墻，並以跳島方式施工，即挖即填，逐層堆置，直至垛墻完成為止。此時路面之土石即可安全且迅速的加以清除，在安全之前提下，恢復部份交通功能。

2. 排樁

下邊坡路基流失或因擋土牆損毀所造成之路基陷落，均可以打設臨時擋土排樁之方式予以搶修。排樁之種類一般多使用鋼軌樁、H 型鋼樁或鋼鈑樁。於道路外側界線打設排樁，打設貫入深度應至少為設計擋土深度之1.3~1.5 倍或入岩至少3m。若為鋼軌樁或H 型鋼樁，則其樁間距一般約為0.25~0.50m。樁與樁之間可鋪設鋼鈑或木板以增加圍束土壤之功能。使用排樁除具有側向保護作用外，亦可避免路基於暴雨或洪水再次侵襲時流失。為節省邊坡整治成本，上述臨時擋土排樁亦可與永久性擋土牆合併不另取出，以增加邊坡之穩定性，惟若擋土排樁未深入穩定之地盤，則其擋土功效不佳，坍方仍可能再次發生。

3. 坡面防護

雨水之衝擊及逕流之沖刷對邊坡之穩定影響甚鉅，故欲避免或抑止災害之惡化，除應立即執行前述地表及地下排水工法外，另應執行坡面之保護。傳統坡面之防護方法以植生為主，利用植物之表

面阻滯及根系之握持力，達到防護之目的，惟植物之生長需要時間，因此較不利邊坡災害之搶修時效需求。使用地工合成材料製作之地工防沖蝕網墊(geomat)及地工格框(geocell)則可以具體改善此種缺點。將防沖蝕網墊以錨釘固定，鋪設於邊坡坡面之上並配合噴植工法，可防止坡面草籽和客土因雨水而大量流失，增進植生之著根性，其適用範圍包括礫石或高度風化岩石之坡面、表層不穩定之坡面、需鋪網以利藤類植物攀緣生長之岩石或水泥噴漿坡面、邊坡陡峭表土淺薄之岩石坡面，以及環境因素不利植草之初期成長或坡面易受沖刷之邊坡。防沖蝕網墊須緊貼坡面鋪設，其長度須超過坡頂1m 以上並設置凹槽加以確實固定。接縫處應重疊至少10cm以上並以錨釘固定。錨釘密度以每平方公尺1 支以上為原則，通常每100平方公尺使用主錨釘(直徑13mm、長度45cm)30支，副錨釘(直徑9mm、長度35cm)70支以上。坡面凹凸起伏處，需適度增加錨釘固定。於軟質土壤不易固定時，則須增加錨釘長度與數量。邊坡穩定性較低時，防沖蝕網墊可以鋼索網覆蓋並以土釘(soil nailing)或岩栓固定。地工合成材料構材亦可與抗拉強度較高之地工加勁格網合併編織，用以抑止坡面較為鬆散之土石或坡度較為陡峭，防沖蝕網強度要求較大之坡地。

4. 棄土與回填料之處理

山區道路災害發生後，無論是崩落之土石或流失之路基，其所需挖填粒料之處理均造成施工單位極大之負擔與困擾。災害規模愈大，處理之困難度愈高，尤其是颱風豪雨之後的土石，含水量極高，其處理更為棘手。傳統處理方式，對於崩落之土石及損毀之混凝土結構均視同廢棄物運棄，不但增加處理成本，同時在搶修時程之壓力或合法棄土場難覓之情況下，工務單位無法完全管控棄碴之流向，造成棄碴就近傾倒於下邊坡或沿線隨意傾倒，成為日後下邊坡流動型破壞之源頭。

對於路基回填所需之填方材料，傳統作法均為外購砂石級配料，除良好砂石級配料資源日益減少，增加材料成本外，其運送亦

延誤搶災時效；而施工週邊環境條件及山區氣候因素往往亦使回填料之「分層回填、逐層夯實」徒具虛名。填築不實之後果除造成隨之而來的路面下陷，亦成為日後再次坍方之禍根。控制性低強度材料(CLSM)亦稱流填料(flowable fill)，係美日等國為提昇填方品質，以水、固化劑及粗、細粒料依配比設計拌合而成之特殊材料。依據美國混凝土學會(ACI)229R-94 之定義，CLSM為一具有自硬性之膠結性材料，可用以取代傳統需夯實之填方材料。與傳統回填土壤相較，品質良好之CLSM 具有自流性、免夯實、高承載力、低沉陷量等優良工程性質。CLSM 於國外使用至今已近30年，國內相關研究與推展亦已超過十年，應用技術漸趨成熟，已成功的將剩餘土石方與此技術結合，應用於路基、管溝及擋土牆等結構之回填。公共工程委員會亦已頒訂綱要規範(03377章)供業界參考遵循。國人亦已研發適用於道路工程之高度機動性自走式拌合及回填機具，不但提昇拌合品質同時亦可降低生產成本，因此若以棄碴拌製CLSM 並以之應用於路基坍陷及擋土牆之回填，對於棄碴之處理及回填品質之提昇均具有極大之助益。

傳統上，臺灣道路管理單位對於道路之崩塌災害處置分為緊急搶修與復建兩個主要階段，其多以維持交通順暢與經濟成本為考慮因素。然在此兩大考量因素下，往往搶救災作業大多僅考量災情，以復原原有設施為整治標準，對於災後自然環境的改變與短時間內再有災害發生的抗災、救災功能皆無完善的考量，更遑論對國土保安進行整體通盤的規劃。

有鑑於此，擬訂較為完善之搶修復建方案，遏阻崩塌災害蔓延，同時於無形中降低復建之社會與經濟成本，實為當務之急。故本報告將依據上述三階段之作業流程，彙整納入交通部近幾年來之相關研究成果，研擬系統化之邊坡崩塌防治對策，期擬此項成果可降低現地二度災害之發生，並使現今有限之資源發揮其最大之效益。

3.2 崩塌災害處理作業草案初稿

第一章　總說明

一、本作業草案依據民國 97 年 12 月 30 日公路修建養護管理規則之第四章養護管理中第 35 條 第 39 條及第 40 條精神以及民國九十一年五月二十九日災害防救法有關搶險、搶修以及復建與災害預防及管理之內容與精神訂定之

二、本文內容分為

第一章　總說明

第二章　災前預防

第三章　災中應變與搶救

第四章　災後復建

第五章　維護管理

第二章　災前預防

為減少災害發生或防止災害擴大，各級政府應依權責實施下列事項：

1. 崩塌土石流等災害防救計畫之訂定、經費編列、執行與檢討。
2. 崩塌土石流等災害防救教育、訓練及觀念宣導。
3. 災崩塌土石流等害防救科技研究成果之應用。
4. 治山、防洪及其他國土保全。
5. 道路沿線重要據點災害防救設施、設備之檢查、補強、維護之改善。
6. 崩塌土石流等災害防救上必要之氣象、地質、水文及其他相關

邊坡穩定與養護資料之觀測、蒐集、分析及建置。

7. 以科學方法進行災害潛勢、危險度及境況模擬之調查分析，並適時公布其結果。
8. 地方政府及公共事業災害防救相互支援協定之訂定，。
9. 道路沿線防救團體、民間災害防救志願組織之成立及其活動之促進、輔導、協助及獎勵。
10. 崩塌土石流等防救災害防救組織之整備與演練
11. 災害監測、預報、警報發布及其設施之強化。
12. 災情蒐集、通報及指揮所需通訊設施之建置、維護及強化。
13. 災害防救物資、器材之儲備及檢查。
14. 災害防救設施、設備之整備及檢查。
15. 妨礙災害應變措施事項之改善。
16. 國際救災支援之配合事項。

第三章　災中搶救

在颱風暴雨發生前與災害發生後有必要在各地區災害應變中心之成立，為預防災害或有效推行災害應變措施，當災害發生或有發生之虞時，直轄市、縣(市)及鄉(鎮、市)災害防救會報召集人應視災害規模成立災害應變中心，並擔任指揮官。前項災害應變中心成立時機、程序及編組，由直轄市、縣(市)政府及鄉(鎮、市)公所定之。災害發生或有發生之虞時，為處理災害防救事宜或配合各級災害應變中心執行災害應變措施，災害防救業務計畫及地區災害防救計畫指定之機關、單位或公共事業，應設緊急應變小組，執行各項應變措施。

為有效執行緊急應變措施，各級政府及相關公共事業，平時應實施下列準備工作：

一、崩塌災害防救組織之整備。

二、崩塌災害防救訓練演習。

三、崩塌災害監測、預報、警報發布及其設施之強化。

四、崩塌災情蒐集、通報及指揮所需通訊設施之建置、維護及強化。

五、崩塌災害防救物資、器材之儲備及檢查。

六、崩塌災害防救設施、設備之整備及檢查。

七、妨礙災害應變措施事項之改善。

八、國際救災支援之配合事項。

九、其他緊急應變準備事宜。

1. 搶險：

(1)災害發生期間，公路設施已發生險象或局部損害，如出現滲漏、滑坡、坍塌、裂縫或淘刷等，對公路設施所作緊急封堵、強固或救險，以避免損害發生或擴大之臨時權宜措施。

(2)災害現場危險建築物、工作物之拆除及對公共設施有危害之堆積土體、塊石、構造物或漂流物之移除。

(3)疏導水路但土石不運離河川並置於不影響水流處，避免洪水阻塞不通或沖擊村落等情形之措施。

(4)若有人車受困先行疏導或與中央救難單位聯繫派遣救難人員、機具或設備進行搶救。

2. 搶修：

(1)對局部遭受損害之公路路面及周邊公共設施，於非全面之復原重建下，進行緊急修復，避免損害再次發生或持續擴大。

(2)對外連絡道路遭阻斷之搶通或修築便道、便橋之措施。

(3)對災後臨時維生管線之緊急修築。

(4)將嚴重影響居民及河防安全之河道加以疏通，並將土石運離河川

使洪水暢洩不造成災害之措施。

3. 避難：

災害發生或有發生之虞時，為保護人民生命、財產安全或防止災害擴大，直轄市、縣(市)政府、鄉(鎮、市、區)公所應勸告或指示撤離，並作適當之安置。

4. 其他應變

各級政府及相關公共事業應實施災害應變措施，其實施項目如下：

一、警報之發布、傳遞、應變戒備、災民疏散、搶救與避難之勸告及災情蒐集與損失查報等。

二、消防、防汛及其他應變措施。

三、受災民眾臨時收容、社會救助及弱勢族群特殊保護措施。

四、受災兒童、學生之應急照顧事項。

五、危險物品設施及設備之應變處理。

六、消毒防疫、食品衛生檢驗及其他衛生事項。

七、警戒區域劃設、交通管制、秩序維持及犯罪防治。

八、搜救、緊急醫療救護及運送。

九、罹難者屍體及遺物之相驗及處理。

十、民生物資及飲用水之供應與分配。

十一、水利、農業等災害防備、搶修。

十二、鐵路、公路、捷運、航空站、港埠、公用氣體與油料管線、輸電線路、電信、自來水等公共設施之搶修。

第四章　災後復建

1. 現場勘查與調查

2. 排水法

(1)緊急地表排水

邊坡若為降雨後發生之破壞，則地表逕流必為致災之重要因素。此時應立即執行緊急地表排水，避免災情之繼續擴大。執行內容建議如次：

(A)坍方所產生之裂隙，應儘速覆以塑膠布或以混凝土、控制性低強度填料(controlled lowstrength material, CLSM)等低透水性材料予以封填。

(B)設置縱橫交錯之臨時排水系統用以截洩或引離來自滑動區內外之地表水，以防止其滲、流入滑動之土體內，誘發進一步之滑動。緊急排水系統可以砂包或拍漿溝為之。排水溝斷面一般寬度約為0.4~0.6m，深度約為0.6~0.8m，坡度大於3%。若滑動範圍廣闊，則應依水土保持相關法規於適當地點設置跌水、沉砂、滯洪等水保設施。

(C)排除滑動區內及其附近窪地、池塘或蓄水池內之積水，以避免大量滲流持續注入地層，誘發進一步之滑動。

(2)緊急地下水排除

一般而言，地下水常是誘發邊坡破壞之重要因素，而地下水之存在往往亦是造成邊坡破壞之主要條件，所以排除滑動體內，以及截斷和引出滑動面周邊之地下水，為整治邊坡破壞之必要措施。坍方發生後，對淺層(深度小於2m)之地下水可於滑動區頭部外緣設置盲溝，用以截斷、引離地下水，洩除地下水壓。地下水分佈狀況未知或滑動體前緣出現滲水時，則於滑動體前緣施以一至二排橫向排水孔。一般而言，橫向排水孔之坡度應大於10%，

仰角5~10°左右，孔徑100~130mm，孔間距5~10m，其鑽設長度應穿越推測滑動面至少5~10m。若滑動面位置不詳時，則其鑽設長度以頭部裂隙下方10~15m 處為目標。

3. 修坡法

(1)緊急挖方(坡頂減載)

方可以減輕邊坡滑動體自重，降低滑動體之下滑力，使邊坡趨於穩定。開挖部位應位於邊坡之致滑段(一般皆位於滑動邊坡之上部)。本法較適用於推移式或坍陷式之邊坡滑動，而且滑動體後緣及兩側之地層亦較穩定，不致因削坡而誘發邊坡向後或兩側再次滑動。

(2)緊急填方(坡趾堆載)

伴隨地層滑動，而在邊坡底部或趾部的地表有拱起或隆起現象時，可於邊坡阻滑段(一般皆位於滑動邊坡之趾部)附近予以填重處理。一般而言，若地形條件許可，填重可以土方直接堆填，惟若使用空間有限則可以貨櫃或土石籠裝填土石之方式為之。以20 英呎貨櫃計算，每只貨櫃裝填土石後總重約為54 公噸；而1.0m^3 之土石籠裝填土石後重量則約為2.0 公噸。一般而言，填重約為滑動土重之1/20~1/10 即可見效。田永銘、孫思優(2000)建議將填重後適當數量之貨櫃堆疊於坡底至1/4 坡高處，即可達到安全係數大於1.0 之緊急減災要求。挖方與填方均為道路邊坡災害處理最直接且有效的方法，惟其施作部位應由專家謹慎判別，否則可能進一步惡化邊坡之滑動。在一般情況下，減載和堆載阻滑均只能減小滑動體之下滑力或增加阻滑力，並未完全消除邊坡發生破壞之原因及其下滑之趨勢，因此就長期穩定而言，仍須與後續整治措施配合使用。

4. 結構法

對於一般規模或範圍不大的破壞，施以簡易的結構支擋工程，

即可維持基本的交通與安全需求，相關內容說明如次。

(1)垛墻

上邊坡崩落於路面之土石如直接清除，形同切除崩積土之坡趾，極可能誘發再次滑動。此外，豪雨引致之流動型破壞，其坍落土石含水量極高，亦不利直接清除，增加道路修復之困難度與危險性。此種狀況之搶修應以先撐後移之方式進行，視道路工作範圍之大小，將現場坍落土石填入貨櫃或土石籠，於坡趾處構築臨時簡易重力式垛墻，並以跳島方式施工，即挖即填，逐層堆置，直至垛墻完成為止。此時路面之土石即可安全且迅速的加以清除，在安全之前提下，恢復部份交通功能。

(2)排樁

下邊坡路基流失或因擋土牆損毀所造成之路基陷落，均可以打設臨時擋土排樁之方式予以搶修。排樁之種類一般多使用鋼軌樁、H 型鋼樁或鋼鈑樁。於道路外側界線打設排樁，打設貫入深度應至少為設計擋土深度之1.3~1.5 倍或入岩至少3m。若為鋼軌樁或H 型鋼樁，則其樁間距一般約為0.25~0.50m。樁與樁之間可鋪設鋼鈑或木板以增加圍束土壤之功能。使用排樁除具有側向保護作用外，亦可避免路基於暴雨或洪水再次侵襲時流失。為節省邊坡整治成本，上述臨時擋土排樁亦可與永久性擋土牆合併不另取出，以增加邊坡之穩定性，惟若擋土排樁未深入穩定之地盤，則其擋土功效不佳，坍方仍可能再次發生。

(3)坡面防護

雨水之衝擊及逕流之沖刷對邊坡之穩定影響甚鉅，故欲避免或抑止災害之惡化，除應立即執行前述地表及地下排水工法外，另應執行坡面之保護。傳統坡面之防護方法以植生為主，利用植物之表面阻滯及根系之握持力，達到防護之目的，惟植物之生長需要時間，因此較不利邊坡災害之搶修時效需求。使用地工合成材料製作之地工防沖蝕網墊(geomat)及地工格框(geocell)則可以

具體改善此種缺點。將防沖蝕網墊以錨釘固定，鋪設於邊坡坡面之上並配合噴植工法，可防止坡面草籽和客土因雨水而大量流失，增進植生之著根性，其適用範圍包括礫石或高度風化岩石之坡面、表層不穩定之坡面、需鋪網以利藤類植物攀緣生長之岩石或水泥噴漿坡面、邊坡陡峭表土淺薄之岩石坡面，以及環境因素不利植草之初期成長或坡面易受沖刷之邊坡。防沖蝕網墊須緊貼坡面鋪設，其長度須超過坡頂1m以上並設置凹槽加以確實固定。接縫處應重疊至少10cm以上並以錨釘固定。錨釘密度以每平方公尺1 支以上為原則，通常每100 平方公尺使用主錨釘(直徑13mm、長度45cm)30支，副錨釘(直徑9mm、長度35cm)70 支以上。坡面凹凸起伏處，需適度增加錨釘固定。於軟質土壤不易固定時，則須增加錨釘長度與數量。邊坡穩定性較低時，防沖蝕網墊可以鋼索網覆蓋並以土釘(soil nailing)或岩栓固定。地工合成材料構材亦可與抗拉強度較高之地工加勁格網合併編織，用以抑止坡面較為鬆散之土石或坡度較為陡峭，防沖蝕網強度要求較大之坡地。

(4)棄土與回填料之處理

山區道路災害發生後，無論是崩落之土石或流失之路基，其所需挖填粒料之處理均造成施工單位極大之負擔與困擾。災害規模愈大，處理之困難度愈高，尤其是颱風豪雨之後的土石，含水量極高，其處理更為棘手。傳統處理方式，對於崩落之土石及損毀之混凝土結構均視同廢棄物運棄，不但增加處理成本，同時在搶修時程之壓力或合法棄土場難覓之情況下，工務單位無法完全管控棄碴之流向，造成棄碴就近傾倒於下邊坡或沿線隨意傾倒，成為日後下邊坡流動型破壞之源頭。

第五章　維護管理

針對因災害搶修與復建之區域及其周遭經評估易發生崩塌致災之

路段依據公路養護手冊中第二章養路巡查內容與管理頻度進行整體維護管理。

第四章　編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程

本研究利用圖4.1之各項評估參數，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，整個評估模式利用邏輯斯迴歸之方法，將各項所需應用到的分析模式進行理論分析，並針對各項分析理論之流程進行說明，以確立各項分析理論之完整性及有效性。其分析流程如圖4.2所示。

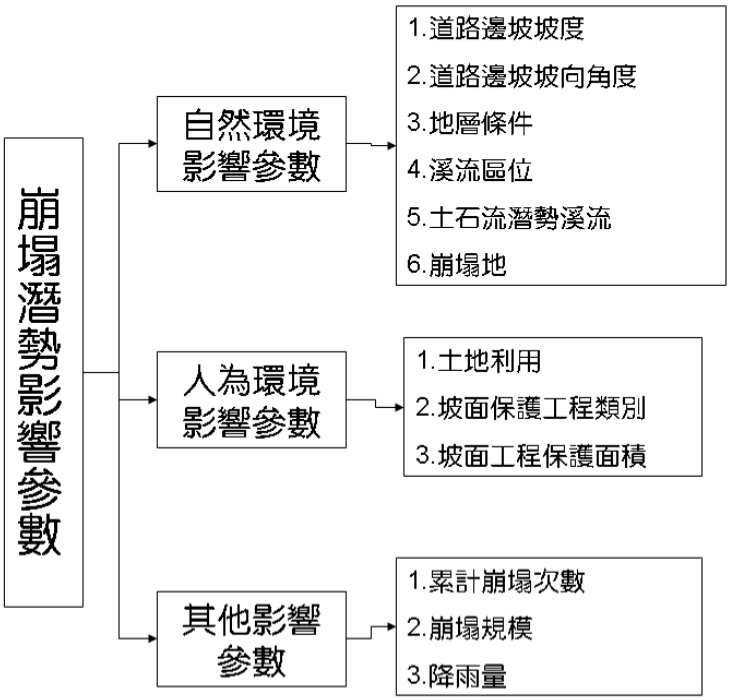


圖4.1 崩塌潛勢評估參數

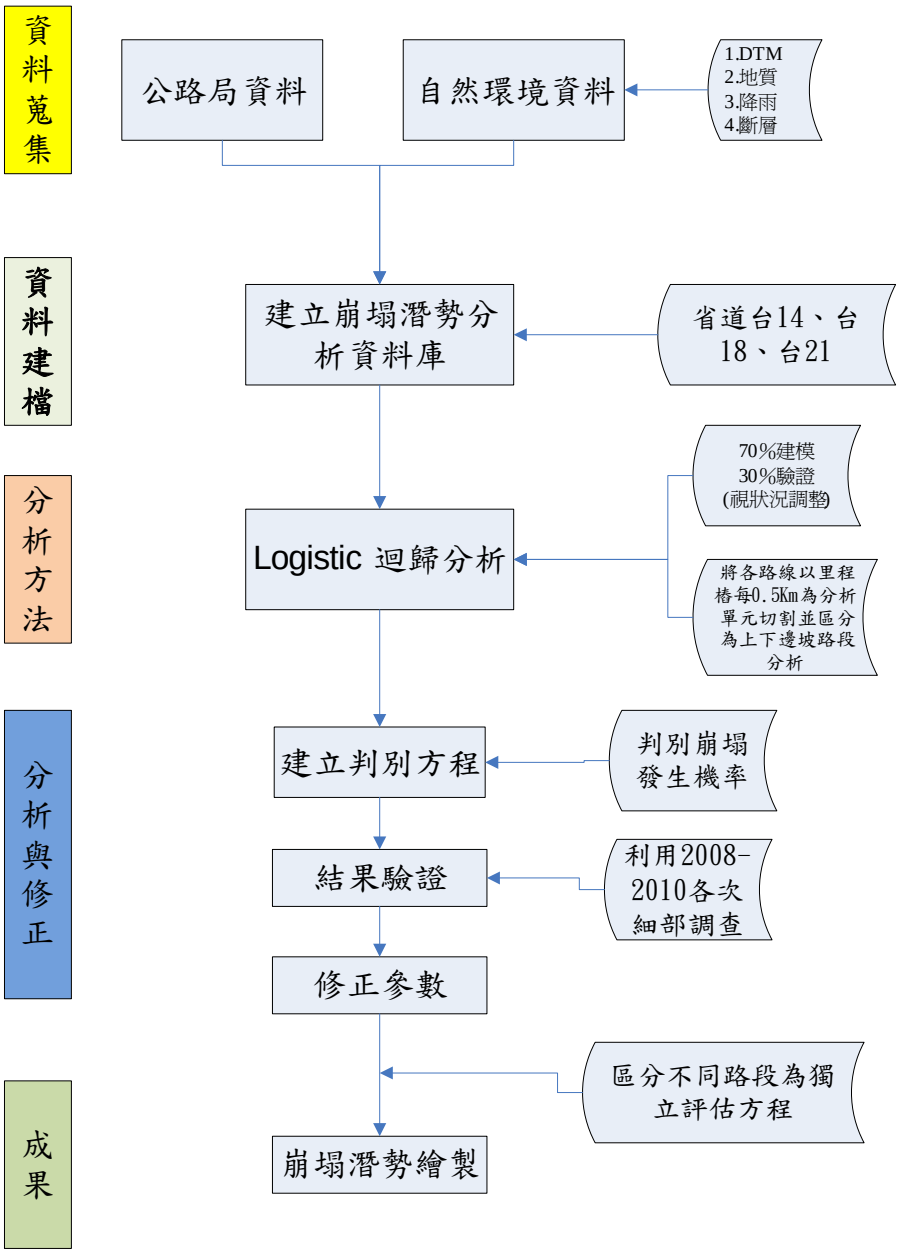


圖4.2 模式分析流程

根據上述流程，針對不同路段製作不同分析模式，由於今年度所蒐集的資料僅以臺 14 線、臺 18 線以及臺 21 線區為主，因此就這些資料(包含崩塌清除量體、崩塌地點、一日最大降雨量)以及所處環境之基本資料(坡度、坡向、地質、與河道位置、植生狀況)以及相關人為因子(工程設施、設施狀況)進行統計迴歸，並利用 SPSS 進行邏輯斯迴歸分析。

4.1 評估參數

1. 自然環境參數

(1)坡度(X1)

針對道路上下邊坡 25m 的坡度進行統計，並將邊坡區分左右區段，並將研究區每 500m 為平均分析單元予以統計，針對不同區間之最低門檻值以下所佔整個分析區的百分比作為該區間之權重評分。

(2)坡向(X2)

主要將研究區塊之平均坡向區分為八個方位，其中受太陽日照較多的東北方與北方坡面風化程度較大、其次為東南跟西北方，在其次為東西向，最後為西南跟南向，並按照所在位置之平均坡向，按照區位所佔比例給分。

(3)地質(X3)

其分級方式是以統計研究調查區內各類地質予以區分，如臺地堆積層、礫石層、南莊層、石底層等地層條件，依照分析單元找出各區段代表地層。

(4)河溪位置(X4)

本向主要針對河道位置與道路邊坡關係，針對河道專灣攻擊腳與緊鄰道路(水平距離<25m 者)以及垂直貫穿與無河道者予以區分。

(5)土石流潛勢溪流(X5)

依據農委會水土保持局公告之 1552 條土石流潛勢溪流及其影響範圍與各路段分析單元關係，觀察是否有通過。

(6)崩塌地(X6)

本處是以現地調查時是否有產生崩塌為判釋依據。

2. 人為影響參數

(1)土地利用(X7)

本處以公路山區道路 500m 為分析單元，瞭解各單元之平均土地利用類型，作為判別影響或促發崩塌的誘因分析。

(2)工程設施類別(X8)

針對現場調查成果，找出坡面保護工程的類別，如擋土牆、型框、拍漿、植生保護工、打樁編柵或其他生態工法，甚至無保護工程等。

(3)保護面積(X9)

針對現場調查成果，在有工程保護的條件下，其保護的百分比，以每 25%為單元進行分析。

3. 其他參數

(1)崩塌次數(X10)

主要針對歷史災害(1996-2009 年)的總數量在個別單元內發生的總次數進行統計。

(2)崩塌總量體(X11)

由年歷次崩塌總規模統計，以瞭解雨前像工作的關係。

(3)事件累計降雨量(X12)

由於降雨量在不同區域有其大小的分布，且每次災害發生的降雨量皆有所不同，針對分析區域，將發生災害的該場事件進行 24 小時、48 小時與 72 小時累計降雨量進行統計。

4.2 研究方法

本研究內容將針對山區道路資料庫建立與邏輯斯迴歸之方法，將

各項所需應用到的分析模式進行理論分析，並將各項分析理論之流程進行說明，以確立各項分析理論之完整性及有效性。

1. 資料蒐集

本研究蒐集所需之相關資料，山區道路之崩塌潛勢評估參數邊坡坡度、道路邊坡坡向角度、地質條件、溪流區位、土石流潛勢溪流、崩塌地、坡面保護工程類別、坡面工程保護面積、累積崩塌次數、累計崩塌規模及降雨量等資料，經過資料整理，利用邏輯斯迴歸方法計算出各因子分數。

2. 觀測站雨量警戒值與參考雨量站

3. 資料匯整評分

蒐集完崩塌評估資料，首先針對戶外調查內各因子之狀況評斷給予評分。在評估參數「邊坡坡度」、「邊坡坡向角度」、「地層條件」、「溪流區位」、「土地利用」、「土石潛勢溪流」、「保護工程」、「保護工程面積」等因子評分方式以各因子內各因子等級與各公路實際發生崩塌來做比較，統計結果如表一所示，依其發生比率畫分四個等級，分別為 0%＜發生比率≦10%、10%＜發生比率≦30%、30%＜發生比率≦45%及發生比率＞45%。其他評估參數「崩塌規模」、「崩塌次數」依影響崩塌大小由小至大給 0.03、0.09、0.27、0.81。「降雨量」則由參考的一日累積雨量再除以連續 24 小時最大降雨量，「崩塌地」則依據實地調查結果來標註，有崩塌處標註為 1，無崩塌地區則標註為 0。

表 4-1 崩塌因子等級與實際發生率統計表

省道路線		臺 14 縣				臺 18 縣				臺 21 縣			
因子項目	因子等級	評分	統計數量	災害次數	發生比率	評分	統計數量	災害次數	發生比率	評分	統計數量	災害次數	發生比率
平均坡度	≦30 度	0.09	353	67	0.190	0.09	269	74	0.275	0.27	438	168	0.384
	30~50 度間	0.81	43	21	0.488	0.81	119	59	0.496	0.81	149	84	0.564
	x≧50 度	0	0	0	0.000	0.03	0	0	0.000	0.81	1	1	1.000
邊坡坡向角度	北	0	0	0	0.000	0.03	0	0	0.000	0.03	0	0	0.000
	西北	0.81	8	4	0.500	0.03	0	0	0.000	0.03	2	0	0.000
	西	0.27	32	10	0.313	0.81	12	6	0.500	0.81	35	15	0.429
	西南	0.09	74	22	0.297	0.27	79	33	0.418	0.81	158	76	0.481
	南	0.09	153	23	0.150	0.27	215	66	0.307	0.81	229	94	0.410
	東南	0.09	103	20	0.194	0.27	72	25	0.347	0.81	125	56	0.448
	東	0.09	21	6	0.286	0.09	10	3	0.300	0.27	39	12	0.308
	東北	0.81	5	3	0.600	0.03	0	0	0.000	0.03	0	0	0.000
地質條件	大桶山	0.81	20	10	0.500	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
	臺地	0.03	61	6	0.098	0.03	4	0	0.000	0.27	58	17	0.293
	四陵	0.09	22	5	0.227	0	0	0	0.000	0.27	183	71	0.388
	石底	0.09	36	10	0.278	0	0	0	0.000	0.81	118	70	0.593
	沖積	0.03	92	1	0.011	0.03	75	0	0.000	0.09	44	11	0.250
	南莊	0.09	4	1	0.250	0.27	54	20	0.370	0.81	104	56	0.538
	乾溝	0.27	40	14	0.350	0	0	0	0.000	0.27	81	28	0.346

省道路線		臺 14 縣				臺 18 縣				臺 21 縣			
因子項目	因子等級	評分	統計數量	災害次數	發生比率	評分	統計數量	災害次數	發生比率	評分	統計數量	災害次數	發生比率
	廬山	0.27	106	41	0.387	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
	頭嵙山層	0.03	15	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
	桂竹林	0	0	0	0.000	0.27	255	113	0.443	0	0	0	0.000
溪流區位	cross	0.09	99	18	0.182	0.03	46	1	0.022	0.81	26	15	0.577
	side	0.27	32	10	0.313	0.03	9	0	0.000	0.81	14	7	0.500
	無	0.09	265	60	0.226	0.27	333	130	0.390	0.27	548	231	0.422
土地利用	建築地	0.09	41	6	0.146	0.09	29	4	0.138	0	0	0	0.000
	闊葉林	0.27	109	46	0.422	0.27	72	25	0.347	0.81	237	105	0.443
	針葉林	0.81	2	2	1.000	0.81	108	56	0.519	0.81	22	14	0.636
	灌木區	0.27	3	1	0.333	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
	林業	0.81	1	1	1.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
	建築區	0.03	59	5	0.085	0.03	24	1	0.042	0.27	94	34	0.362
	草生地	0.09	12	2	0.167	0.81	8	4	0.500	0.81	12	6	0.500
	草生林	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000	0.81	7	6	0.857
	水田	0.03	28	0	0.000	0.03	2	0	0.000	0	0	0	0.000
	伐木地	0.81	1	1	1.000	0.03	2	0	0.000	0	0	0	0.000
	景觀區	0.03	2	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
	雞豬舍	0.03	4	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
	荒地	0.09	47	7	0.149	0.09	9	1	0.111	0.27	47	13	0.277
	沼澤	0.03	2	0	0.000	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000

省道路線		臺 14 縣				臺 18 縣				臺 21 縣			
因子項目	因子等級	評分	統計數量	災害次數	發生比率	評分	統計數量	災害次數	發生比率	評分	統計數量	災害次數	發生比率
	旱田	0.03	35	3	0.086	0.03	10	1	0.100	0.81	16	10	0.625
	香蕉園	0.27	3	1	0.333	0	0	0	0.000	0	0	0	0.000
	檳榔(園)	0.09	21	5	0.238	0.09	47	10	0.213	0.27	72	24	0.333
	茶園	0.09	9	2	0.222	0.81	21	10	0.476	0.81	19	10	0.526
	竹林	0.81	1	1	1.000	0.81	42	20	0.476	0.81	4	2	0.500
	果園	0.09	15	4	0.267	0.03	13	0	0.000	0.27	46	21	0.457
	開闊地	0	0	0	0.000	0.81	1	1	1.000	0	0	0	0.000
	崩塌地	0.81	1	1	1.000	0	0	0	0.000	0.81	12	8	0.667
土石潛勢溪流	有	0.27	43	17	0.395	0.03	12	0	0.000	0.81	65	35	0.538
	無	0.09	353	71	0.201	0.27	376	133	0.354	0.27	523	218	0.417
保護工程	有	0.27	142	55	0.387	0.81	54	31	0.574	0.81	348	161	0.463
	無	0.09	254	33	0.130	0.27	334	102	0.305	0.27	240	92	0.383
工程面積(%)	無	0.09	270	38	0.141	0.27	335	102	0.304	0.81	252	98	0.389
	<30	0.27	26	8	0.308	0	0	0	0.000	0.81	112	46	0.411
	30~50	0.27	32	10	0.313	0.81	2	2	1.000	0.81	108	45	0.417
	50~70	0.27	38	13	0.342	0.81	29	16	0.552	0.81	76	41	0.539
	>75	0.81	30	19	0.633	0.81	23	13	0.565	0.81	40	23	0.575
崩塌量(m3)	≦50	0.03				0.03				0.03			
	50<x≦500	0.09				0.09				0.09			
	500<x≦5000	0.27				0.27				0.27			

4-8

省道路線		臺 14 縣				臺 18 縣				臺 21 縣			
因子項目	因子等級	評分	統計數量	災害次數	發生比率	評分	統計數量	災害次數	發生比率	評分	統計數量	災害次數	發生比率
	x≧5000	0.81				0.81				0.81			
崩塌累積次數	無發生崩塌者	0.03				0.03				0.03			
	低頻度(1-3次)	0.09				0.09				0.09			
	中頻度(4-6)	0.27				0.27				0.27			
	高頻度(≧7)	0.81				0.81				0.81			

4. 操作步驟

本計畫中邏輯斯迴歸分析是使用統計軟體 SPSS 來操作，將所蒐集須的各類因子匯整出一張 EXCEL 試算表，將 EXCEL 試算表之資料匯入 SPSS，進而操作計算出邏輯斯迴歸方程式。在使用 SPSS 分析前須將資料數據做標準化動作，將各因子之數值除以各因子內數值的最大值，因參數數據可能具有極大差異，經標準化後可將原數值作等比縮小參數，並無改變其性質。

在標準化動作後，開啟 SPSS 統計分析程式在軟體操作頁面點選上方功能列中的「分析」功能，再選擇「迴歸方法」中的「二元 Logistic」，即可叫出邏輯斯迴歸功能之視窗，如下圖 4.3 所示。視窗如圖 4.4 所示，在依變數及共變數欄位分別輸入實際崩塌及其餘崩塌潛勢影響因子，確定後即可得邏輯斯迴歸後結果。其結果為一邏輯斯迴歸判別式，輸入某一組因子數值可透過此判別式之函數轉換及可求得組因子下之潛勢機率。

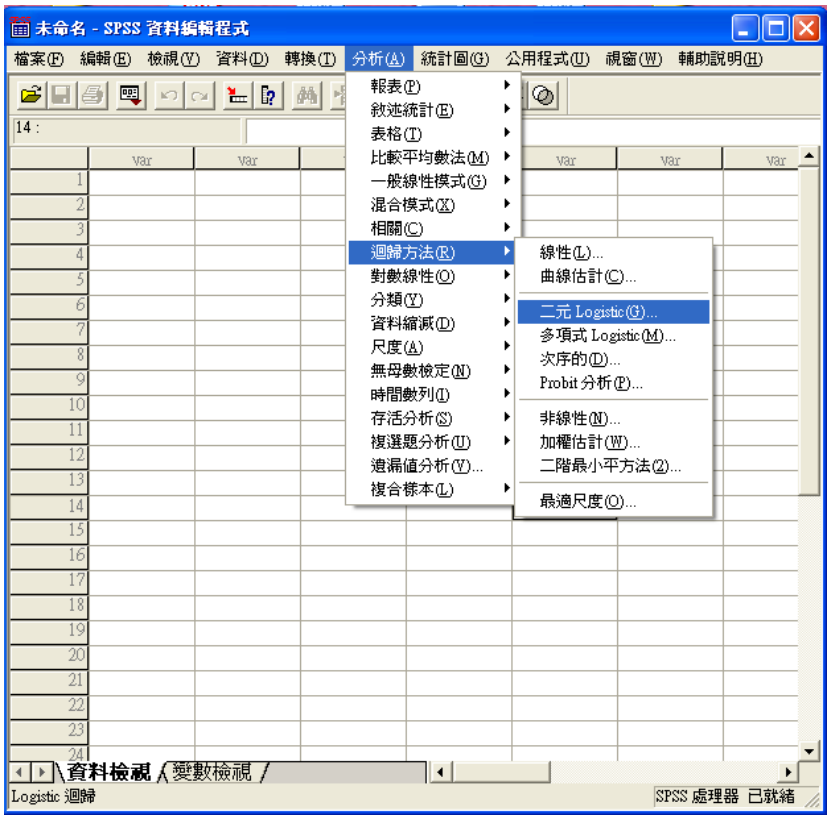


圖 4.3　SPSS 之「邏輯斯迴歸」分析功能

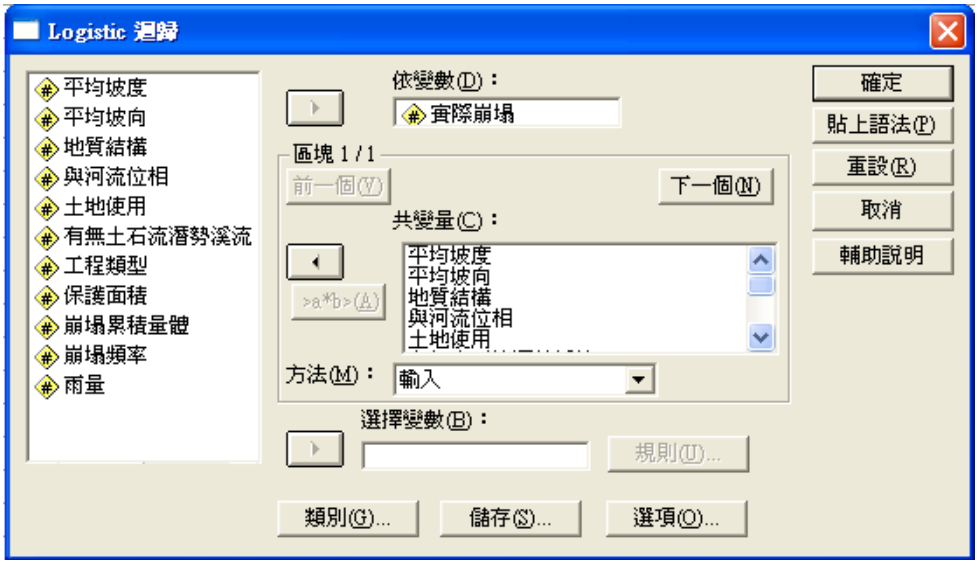


圖 4.4　SPSS 邏輯斯迴歸示意圖

模式摘要

步驟	-2 對數概似	Cox & Snell R 平方	Nagelkerke R 平方
1	466.627[a]	.432	.581

a. 因為參數估計值變化小於 .001，所以估計工作在疊代數 7 時終止。

分類表[a]

觀察			預測		
			實際崩塌		
			.00	1.00	百分比修正
步驟1	實際崩塌	.00	289	51	85.0
		1.00	40	207	83.8
	概要百分比				84.5

a. 分割值為 .500

變數在方程式中

		B	S.E.	Wald	自由度	顯著性	Exp(B)
步驟 1[a]	平均坡度	.521	.307	2.877	1	.090	1.683
	平均坡向	-.105	.642	.027	1	.870	.900
	地質結構	2.764	.556	24.669	1	.000	15.861
	與河流位相	1.169	.637	3.365	1	.067	3.219
	土地使用	1.265	.401	9.938	1	.002	3.543
	有無土石流潛勢溪流	3.791	.689	30.240	1	.000	44.299
	工程類型	1.316	.735	3.203	1	.074	3.728
	保護面積	-.718	.796	.814	1	.367	.488
	崩塌累積量體	32.679	13.136	6.189	1	.013	1.558E+14
	崩塌頻率	2.617	2.319	1.273	1	.259	13.691
	雨量	7.849	1.299	36.535	1	.000	2563.071
	常數	-13.252	1.468	81.503	1	.000	.000

a. 在步驟 1 中選入的變數：平均坡度, 平均坡向, 地質結構, 與河流位相, 土地使用, 有無土石流潛勢溪流, 工程類型, 保護面積, 崩塌累積量體, 崩塌頻率, 雨量.

圖 4.5 邏輯斯迴歸結果示意圖

$$Y_{14} = -14.32 + 1.25 * X_1 + 1.69 * X_2 + 2.28 * X_3 + 1.07 * X_4 + 1.26 * X_5 + 3.71 * X_6 + 0.44 * X_7 + 2.18 * X_8 + 288.14 * X_9 + 29.44 * X_{101} + 1.38 * X_{11}$$

$$Y_{18} = -23.43 + 0.9 * X_1 + 1.54 * X_2 + 75.87 * X_3 + 70.7 * X_4 + 0.18 * X_5 + 4.7 * X_6 - 33.88 * X_7 - 1.33 * X_9 - 299.71 * X_{10} - 4.82 * X_{11}$$

$$Y_{21} = -0.05 + 0.22 * X_1 + 0.72 * X_2 + 1.19 * X_3 - 1.51 * X_4 + 0.38 * X_5 + 1.08 * X_6 - 0.01 * X_7 - 0.54 * X_8 - 1.44 * X_9 + 1.12 * X_{10} - 0.56 * X_{11}$$

X_1:平均坡度 ； X_2:平均坡向 ； X_3:地質結構

X_4:與河流位相 ； X_5:土地使用 ； X_6:有無土石流潛勢溪流

X_7:工程類型 ； X_8:保護面積 ； X_9:崩塌累積量體

X_{10}:崩塌頻率 ； X_{11}:雨量 ； Y：崩塌潛感值

5. 模試驗證

使用邏輯斯迴歸分析結果，利用各變數之對應係數可組成邏輯斯迴歸模式(如上式)。求得 Y 值可轉換 Logistic 迴歸模型即為此成功率：

$$\pi = \frac{\exp^{(\alpha+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\cdots+\beta_k X_k)}}{1+\exp^{\alpha+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\cdots+\beta_k X_k}}$$

其中α為常數項，β為相關係數，X 為各種變數，其發生崩塌災害之機率高於 50%，而判讀為預測會出現崩塌，假設應變數 Y(值為 0 或 1)，則 Y 表示為 1；相反地，Y 值小於零則顯示 0。此結果與最初崩塌評估資料項目中的崩塌地情況來做對比，即可驗正準確性。

臺 14、臺 18 及臺 21 根據上試判別方法，將崩塌潛勢在不同降雨條件下計算成果如附錄 1-附錄 3 所示，以臺 18 線示範段作為示意(如圖 4.6-4.8 所示)，分別就累計降雨量達 300mm、450mm 及 600mm 之坡面崩塌潛勢進行展示。

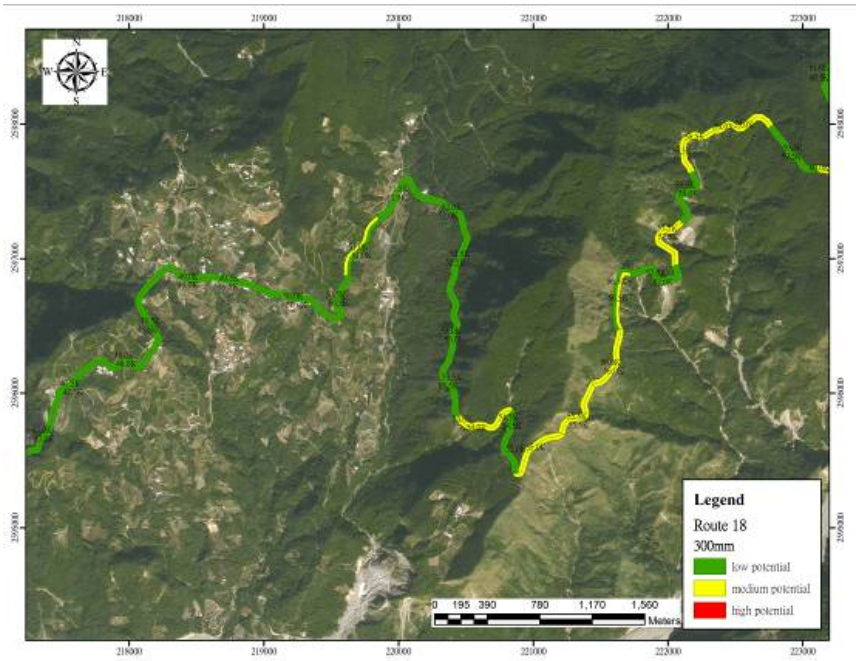


圖 4.6　臺 18 示範段累計降雨量崩塌潛勢(300mm)

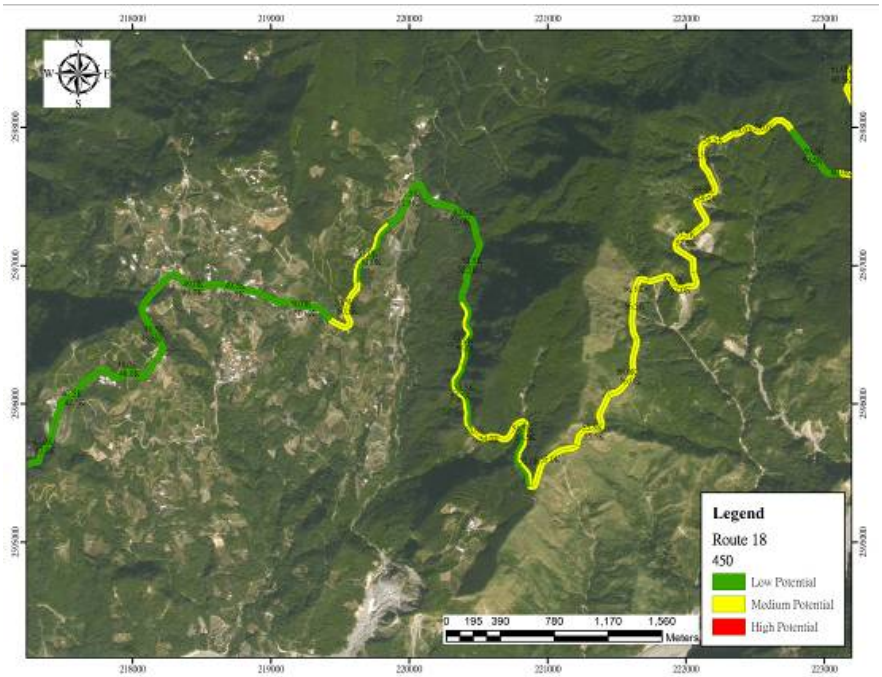


圖 4.7　臺 18 示範段累計降雨量崩塌潛勢(450mm)

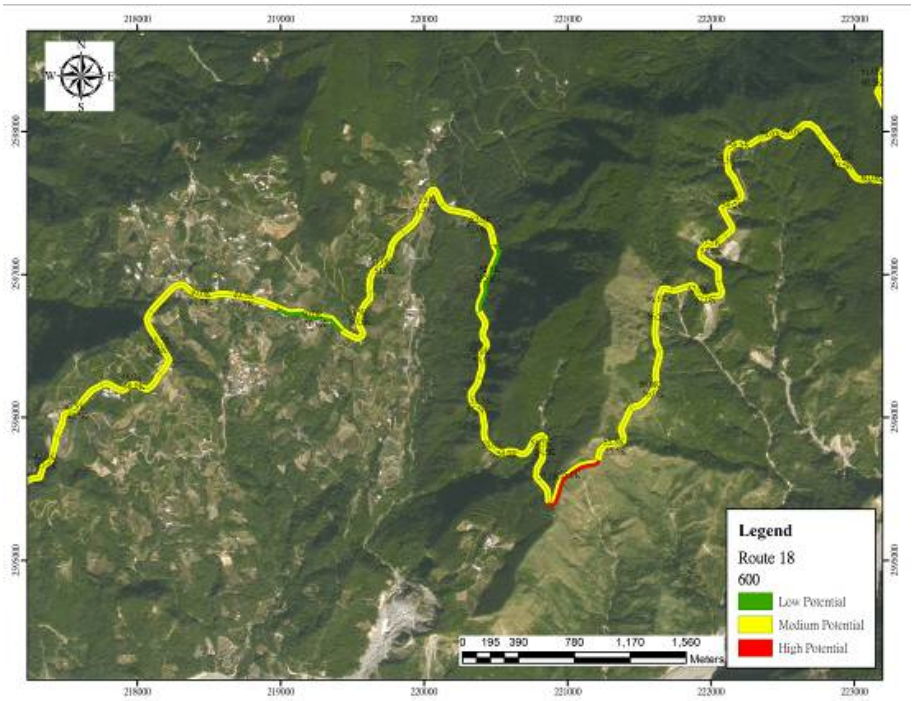


圖 4.8　臺 18 示範段累計降雨量崩塌潛勢(600mm)

第五章　建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫，架構於既有之道路邊坡管理系統下

本計畫為延續前面兩年研究成果，並且延續既有公路邊坡管理系統予以重新規劃，結合民國 96 年及 97 年前兩期成果，將道路邊坡管理系統區分為三大基本資料，包含道路基本資料、道路災損資料以及道路維護管理資料進行各種道路資料之蒐集與彙整、並且透過歷年公路單位相關之搶修與復建工程資料配合系統進行歷史資料之建置，各項系統內容之組成如圖 5.1~圖 5.4 所示。

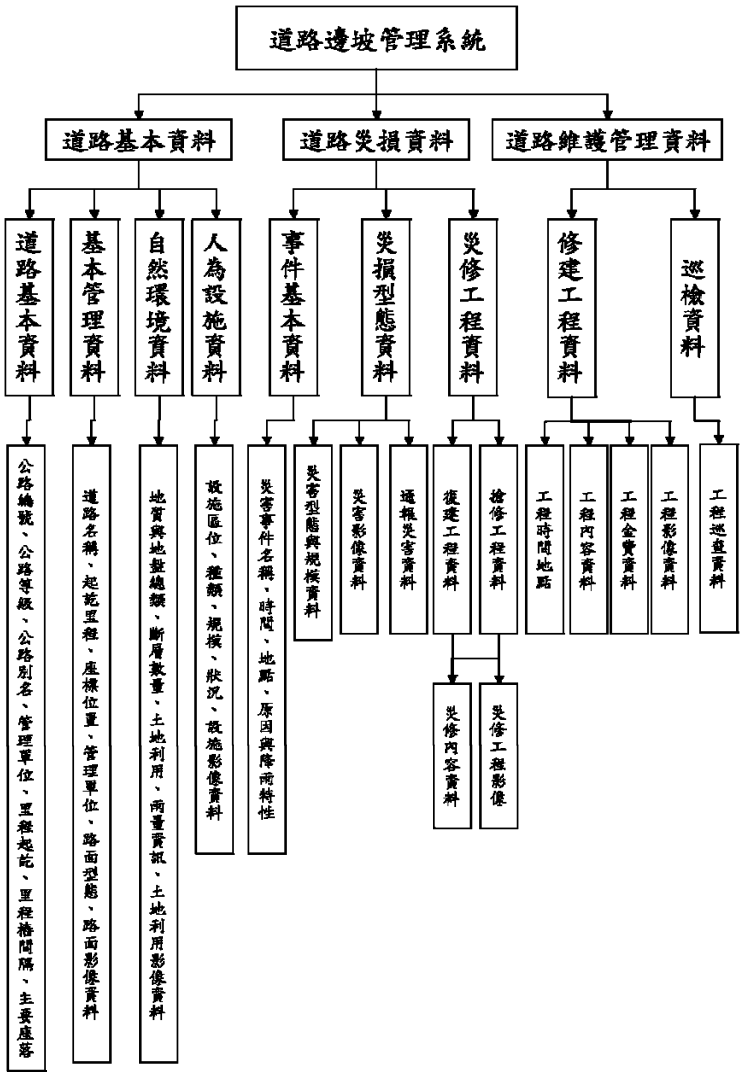


圖 5.1 道路邊坡管理系統組成圖



圖 5.2 道路邊坡系統中道路基本資料組成圖

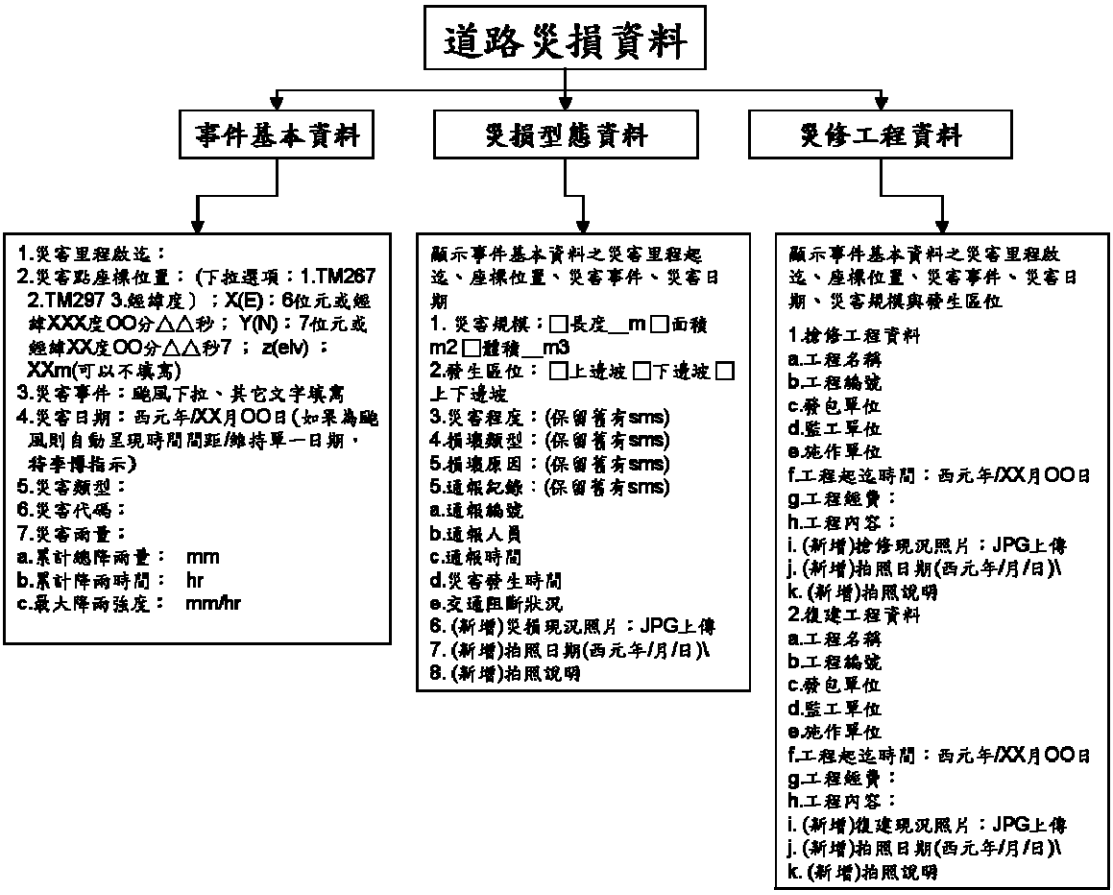


圖 5.3 道路邊坡系統中道路災損資料組成圖

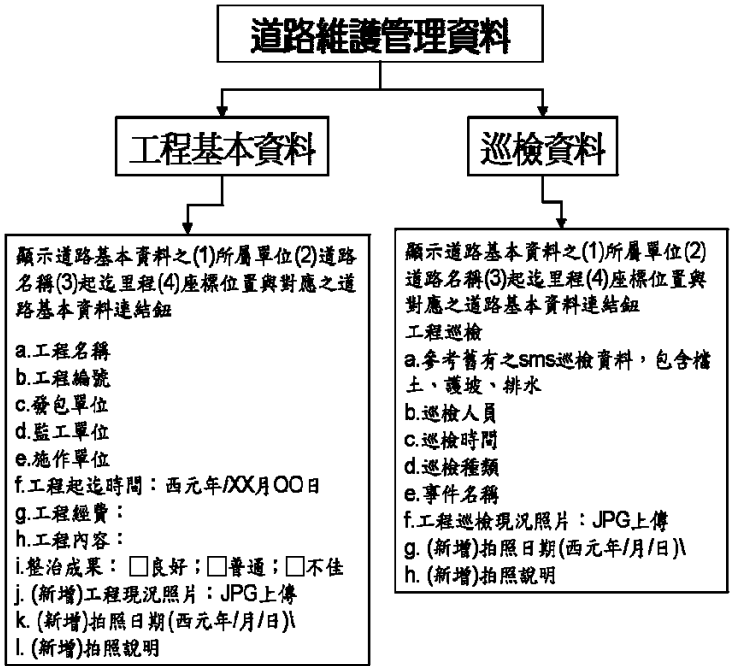


圖 5.4 道路邊坡系統中道路維護管理資料組成圖

修正原本既有之單機版道路邊坡維護管理系統(Slope Management System, SMS，如圖5.5)以及交通部運研所公路防救災資訊系統(http://bobe.thb.gov.tw/，如圖5.6)之內容，進行整合，並將上述內容開發新的網路介面，如下所示(http://140.118.20.129:81/sms/)，帳號密碼皆為imht。

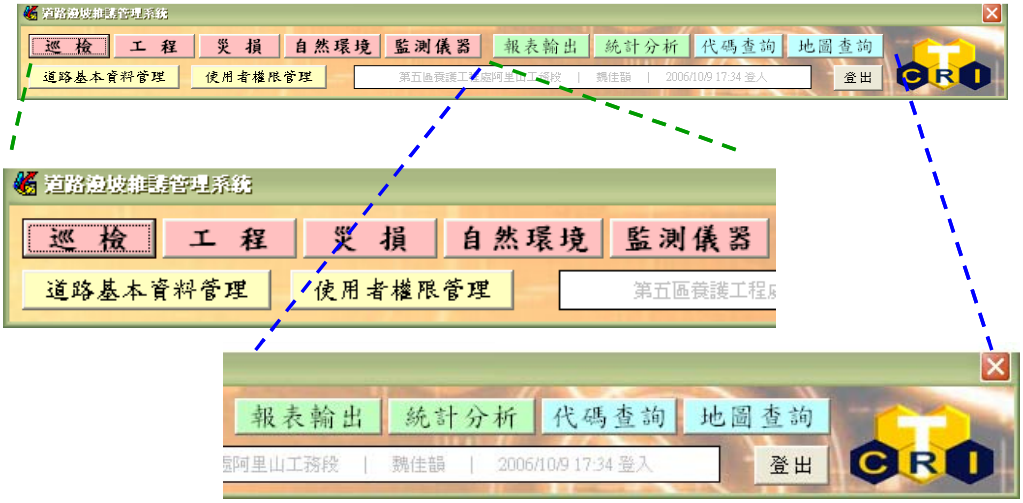


圖 5.5 道路邊坡維護管理系統畫面



圖5.6 交通部運研所公路防救災資訊系統畫面

1. 系統畫面

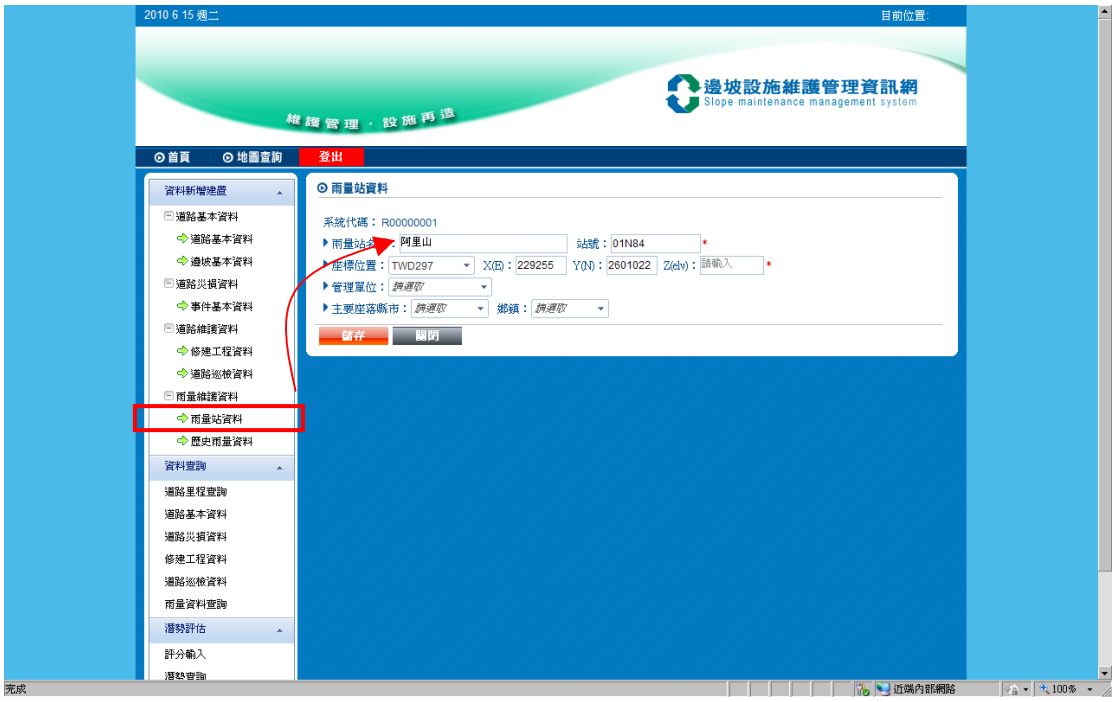
(1)主功能一般使用者



(2) 主功能-系統管理者



(3) 資料新增-雨量站資料(系統管理者)



(4) 資料新增-歷史雨量資料(系統管理者)



(5) 資料查詢－雨量資料查詢



a.點按 基 本 鈕



b.點按 歷 史 鈕

註：因不確定歷史雨量的檔案是否有「降雨強度表」，提供二種畫面

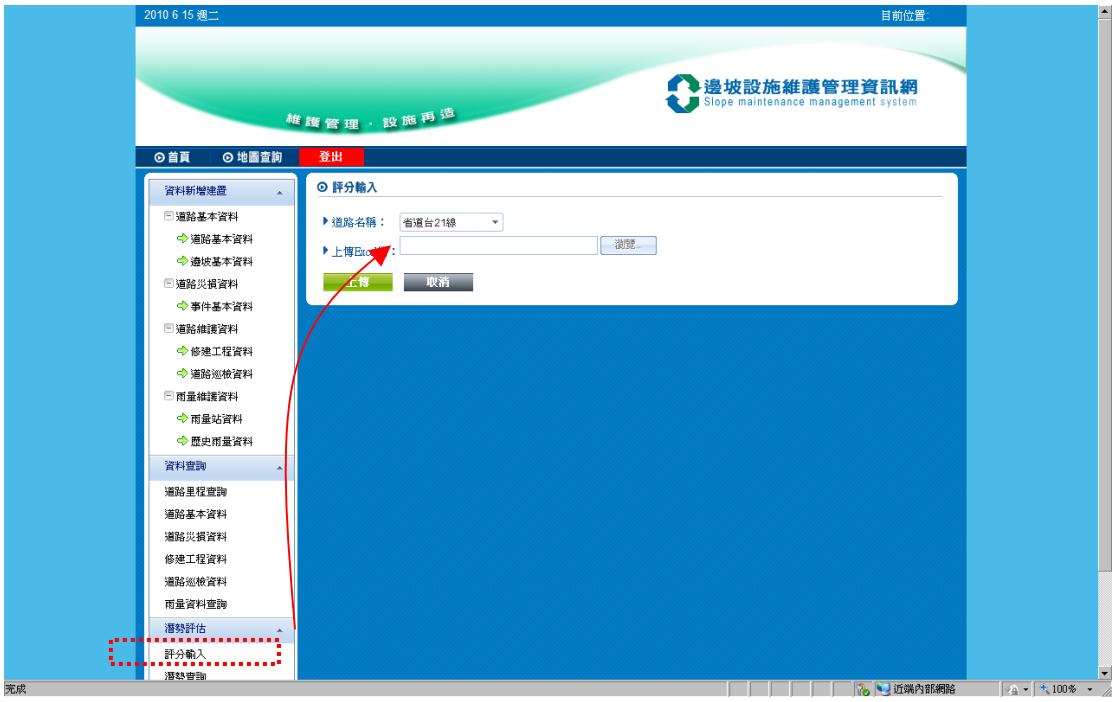
(a)畫面1



(b)畫面2



(6) 潛勢評估－評分輸入(系統管理者)



(7) 潛勢評估－潛勢查詢

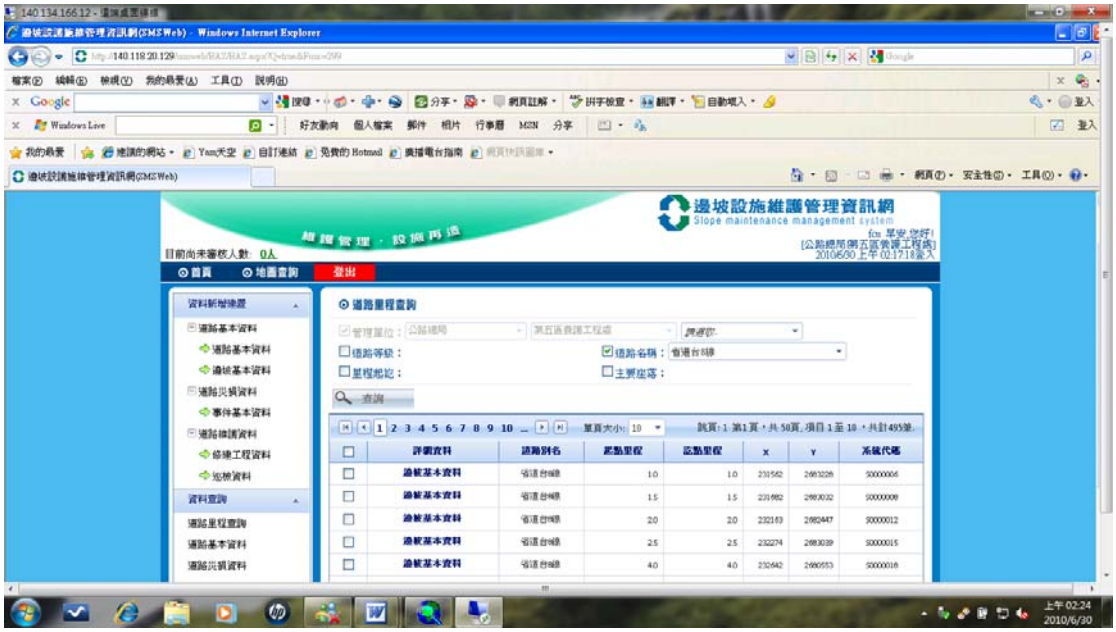
a.潛勢分析(1)



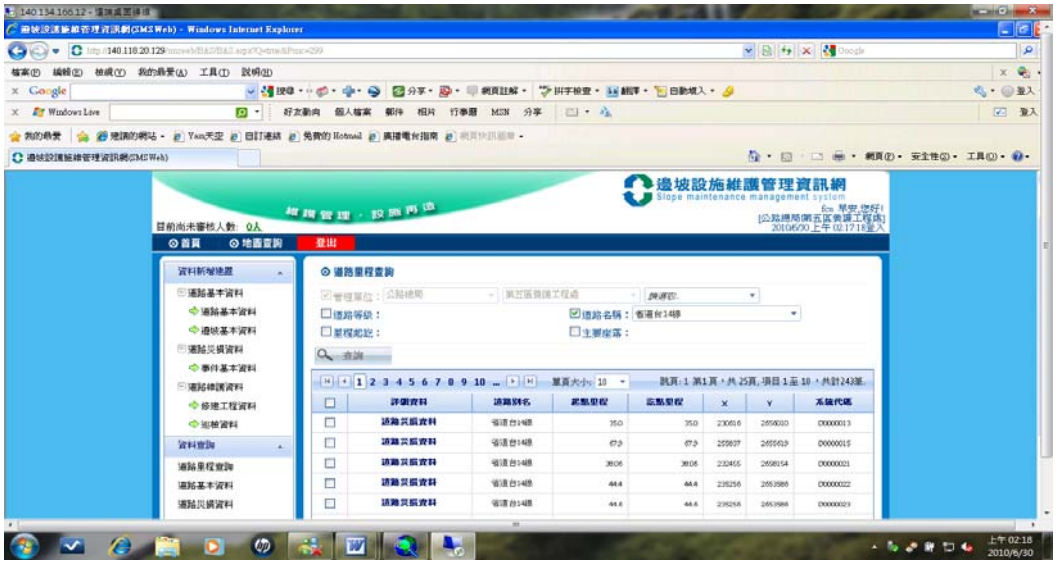
b.潛勢分析(2)



根據上述系統建置之內容說明後，透過歷史資料之蒐集，針對其致災點位與致災類型與發生時間及規模進行整理，針對計畫四年來所蒐集之臺8、臺14、臺16、臺18、臺20及臺21線內容進行完整建置。其建置數量如下：



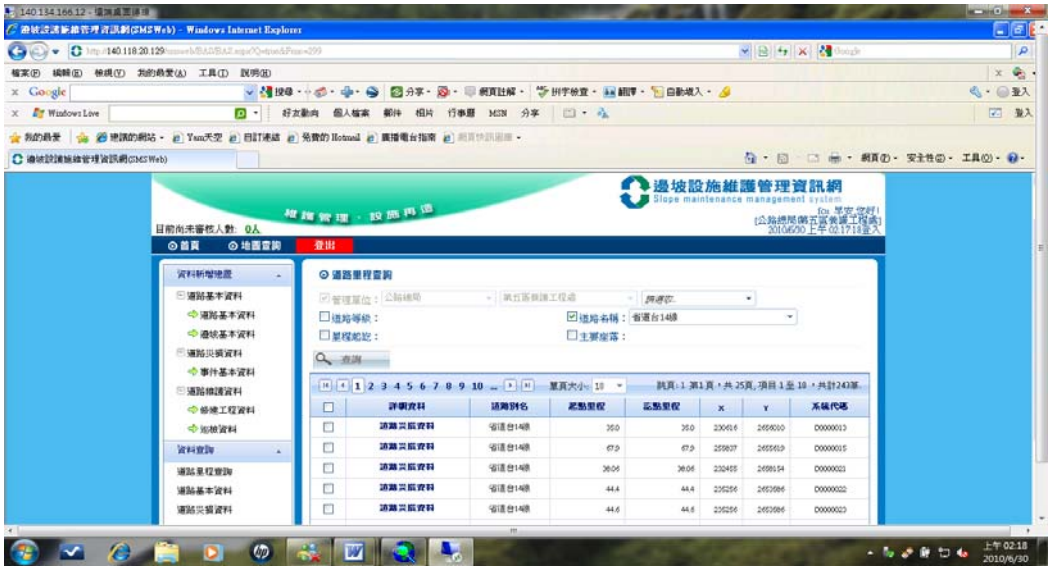
臺 8-495 筆



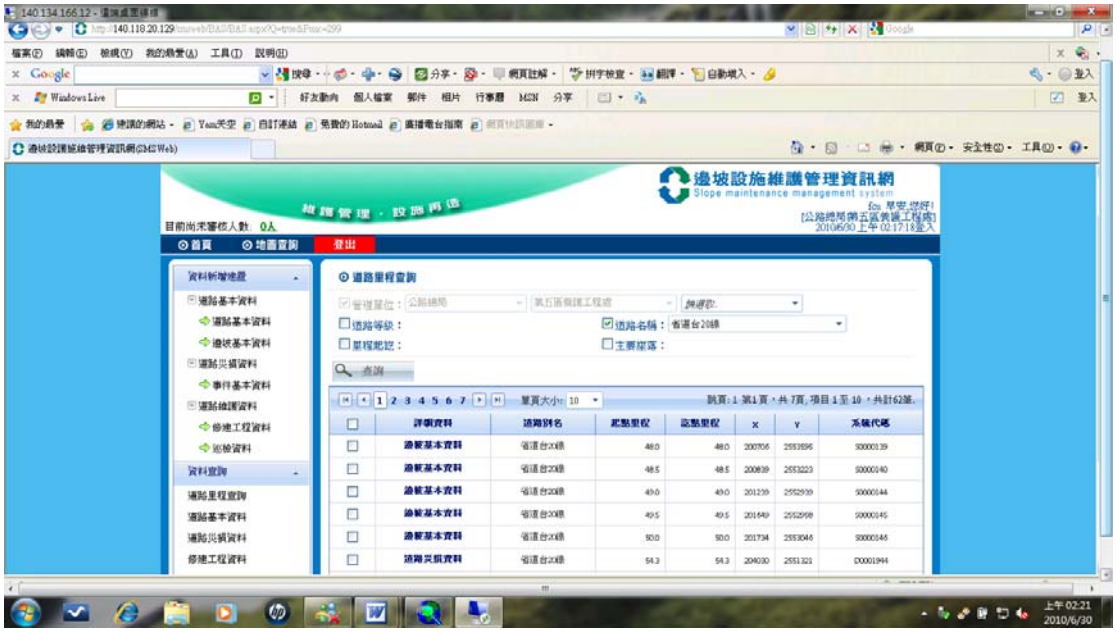
臺 14-243 筆



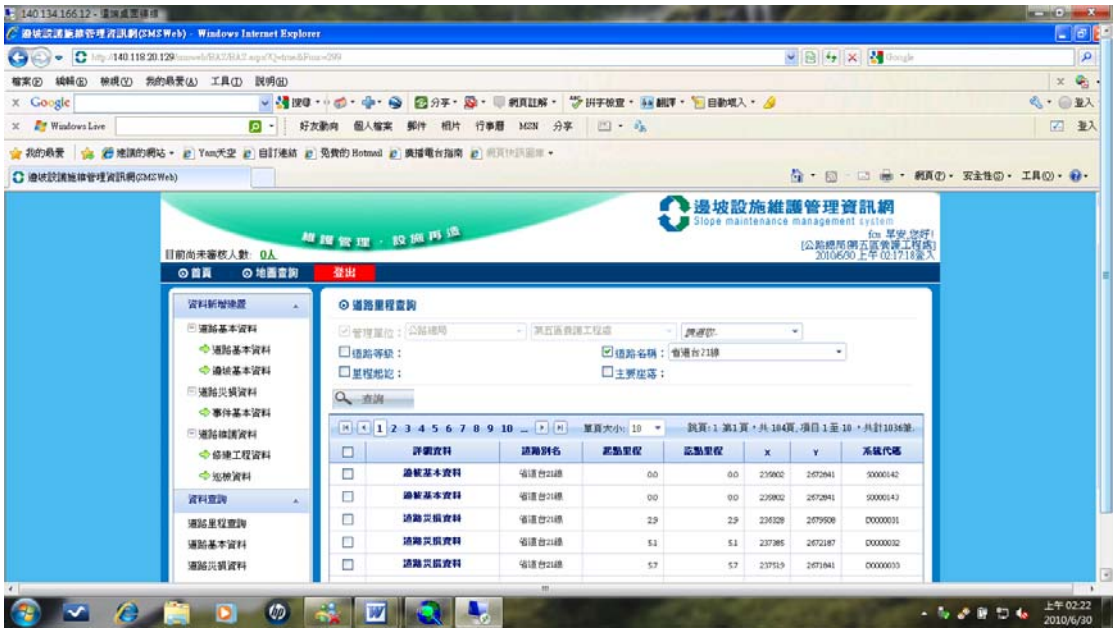
臺 16-247 筆



臺 18-544 筆



臺 20-62 筆



臺 21-1036 筆

第六章　建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞降雨量資料庫

本年度對於示範區內，配合中央氣象局、水利署、臺灣電力公司以及相關農改場雨量站分布位置(如圖 6.1 所示)進行雨量蒐集。並嘗試將示範區三條道路沿線臺爭邊雨量站如圖 6.2~圖 6.4 各路線周邊雨量站雨量資訊的蒐集，以瞭解崩塌事件降雨量對崩塌次數與崩塌量體間的關係。

利用所選擇的雨量站，透過徐昇氏法的空間權重分配，針對不同路段需要參考的雨量站進行篩選(如圖 6.5~圖 6.7 及表 6-1~表 6-3 所示)，並且將所選擇的雨量站進行近 20 年雨量的分析計算，針對其年平均降雨量、最大 24 小時降雨量以及降雨強度等資料進行分析。

此外，本研究團隊於 94 年開始便陸續於臺 18 線進行雨量計設置，截至今年度為止，已設置共 9 個雨量計，分別埋設於 25K+100、27K+200、40K+500、56K+200、64K+800、68K+500、76K+300、78K+020、82K+500 等處，除將這些雨量資料進行鍵入外，亦針對計畫區內各雨量站近 20 年降雨資料進行資料建檔，並將計畫區內臺 18 線上自 2003 年迄今之各期雨量資料進行建檔，但由於先前設備不足，常有颱風豪雨來臨時監測系統斷電，導致雨量無記錄現象，因此仍建議參考氣象局與水利署相關單位雨量資訊較為準確。

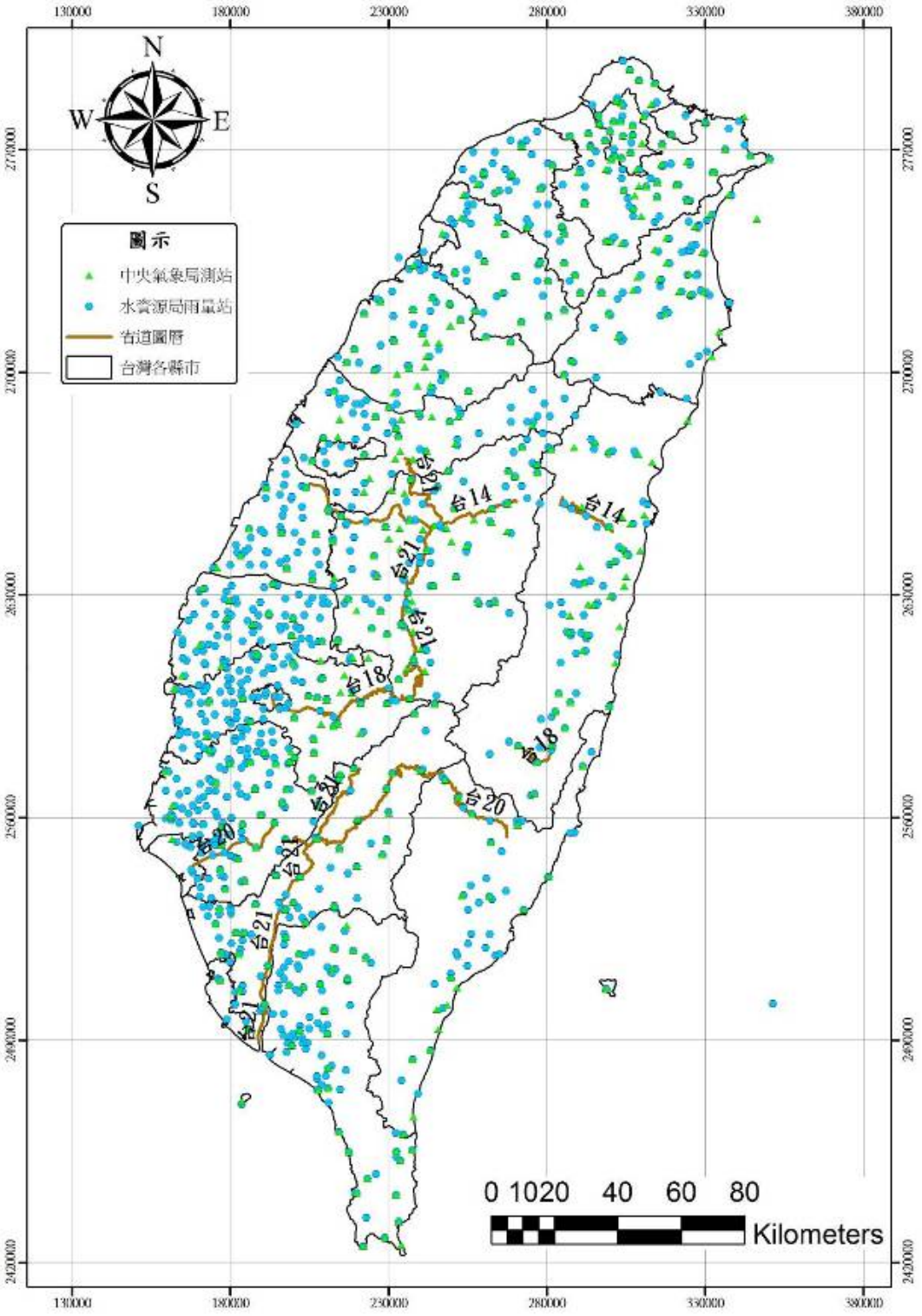


圖 6.1 全臺雨量站分布圖

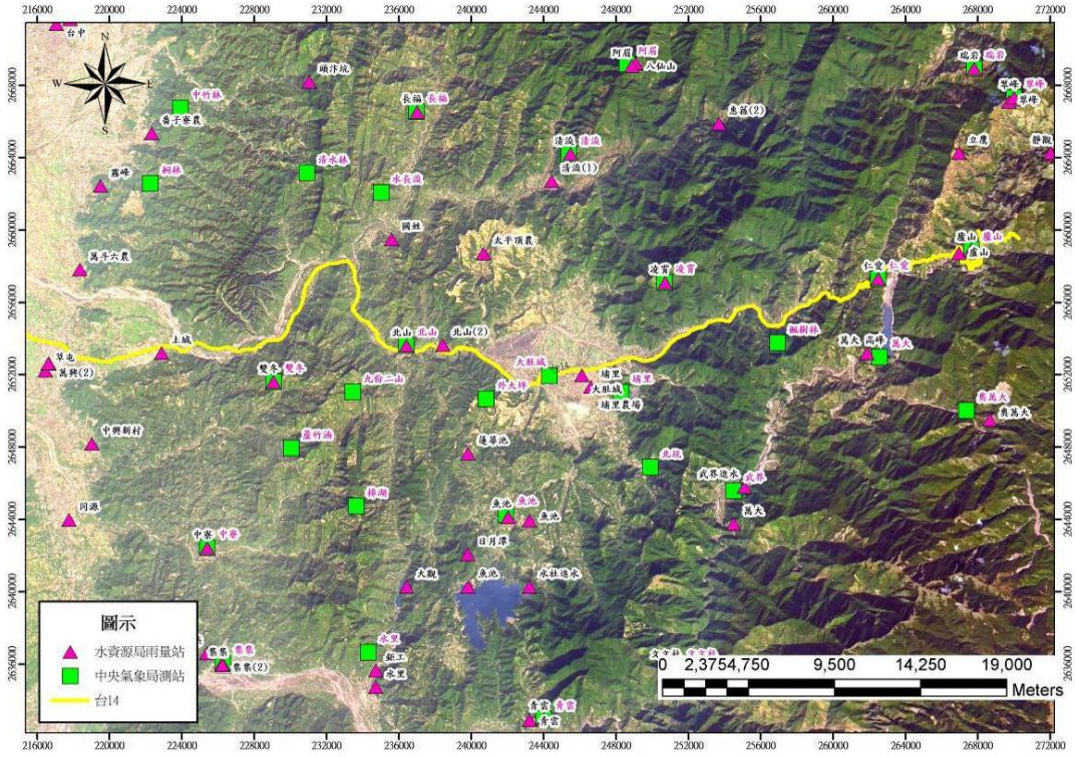


圖 6.2 臺 14 線周邊雨量站分布狀況

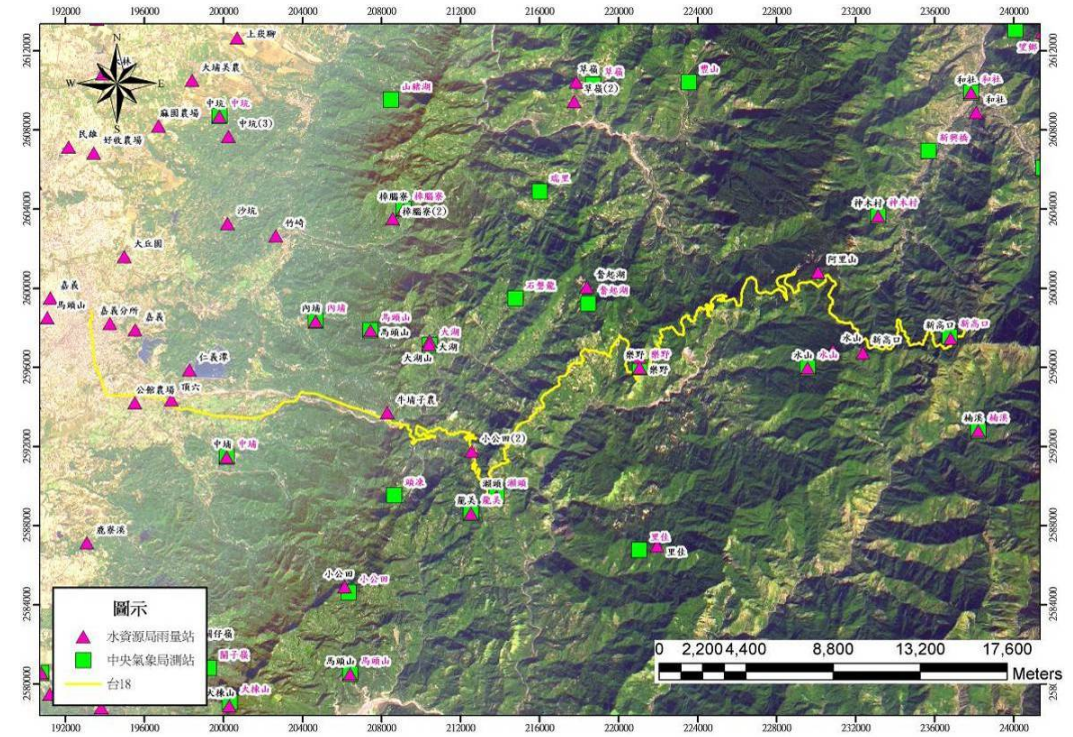


圖 6.3 臺 18 線周邊雨量站分布狀況

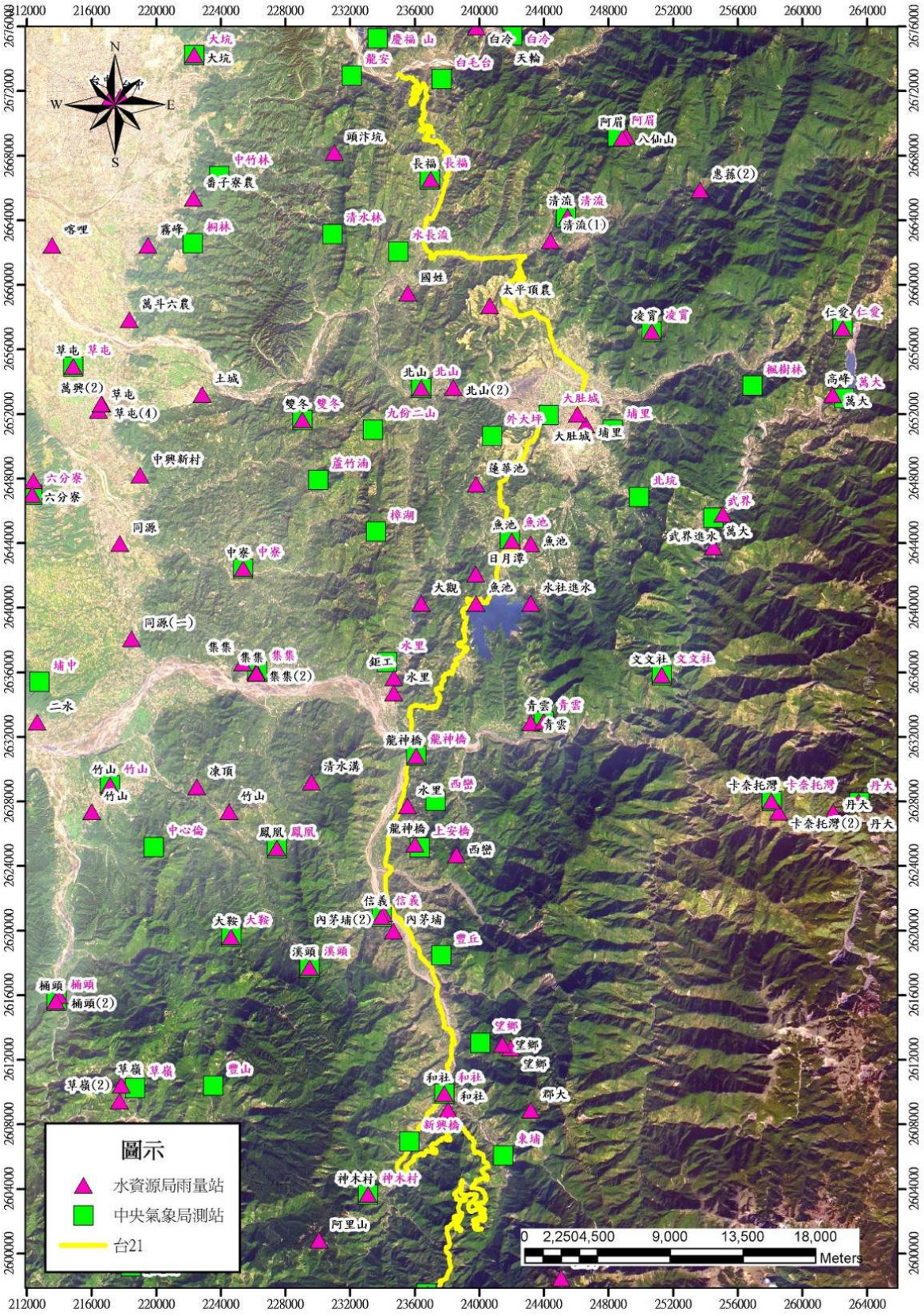


圖 6.4 臺 21 線周邊雨量站分布狀況

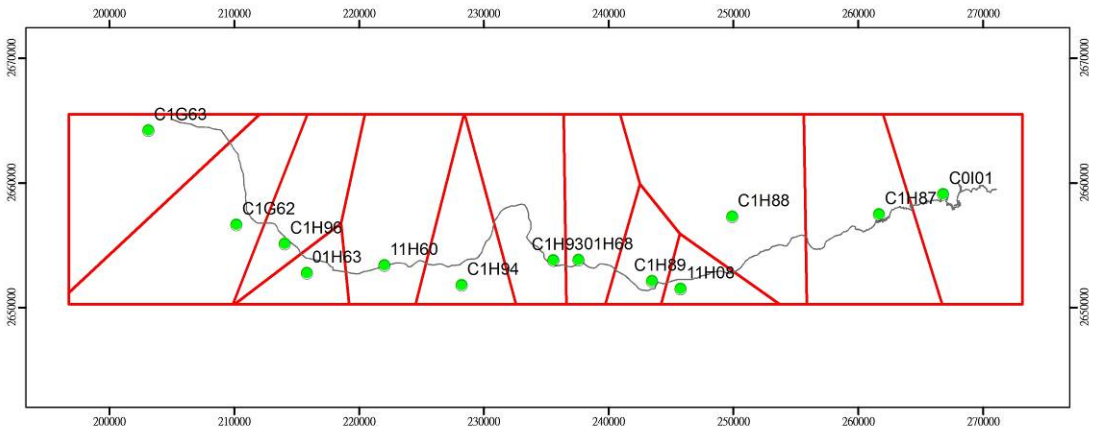


圖 6.5 臺 14 線雨量站徐昇氏法權重分配圖

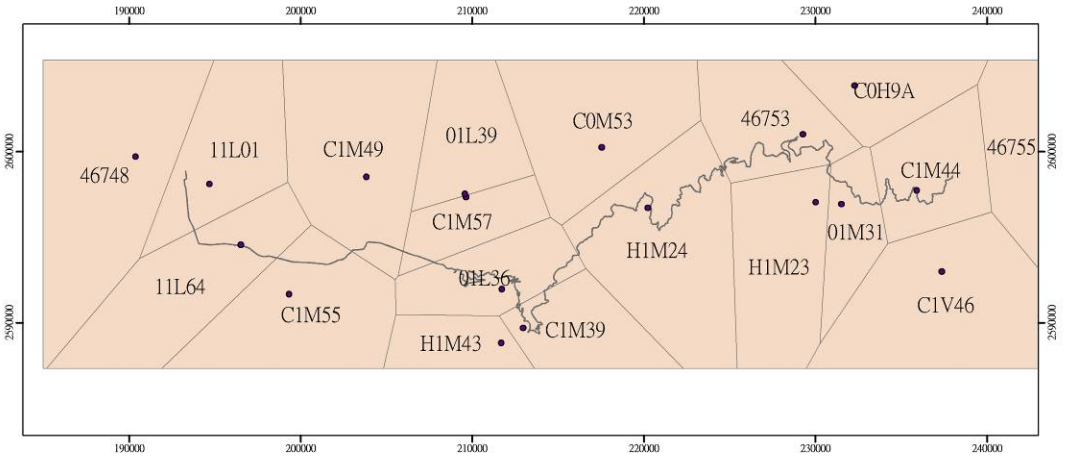


圖 6.6 臺 18 線雨量站徐昇氏法權重分配圖

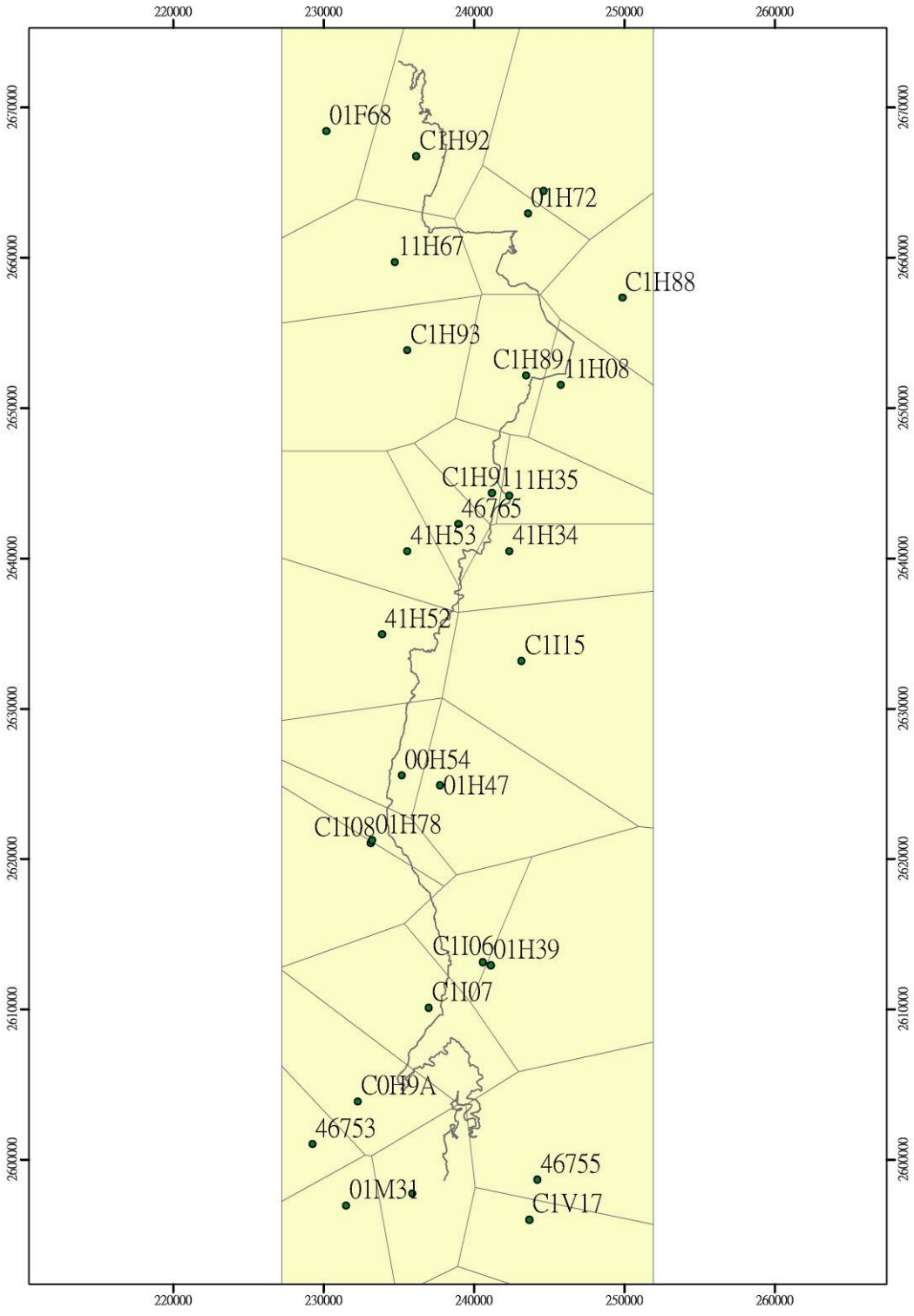


圖 6.7 臺 21 線雨量站徐昇氏法權重分配圖

表 6-1 臺 14 線沿線對應雨量站

站號	經度	緯度	X	Y	海拔(m)	測站名稱	縣市	鄉鎮	設站年	編號	對應路段
C1G63	120°32′	24°04′5	203092	2664224	15	彰化雨量站	彰化縣	彰化市	1992	1	0.0K-5.0K
C1G62	120°37′	24°00′4	210161	2656666	75	芬園雨量站	彰化縣	芬園鄉	1992	2	5.0K-13.0K 山區道路 0
C1H96	120°39′	23°59′5	214028	2655149	75	草屯雨量站	南投縣	草屯鎮	1992	3	13.0K-16.5K
01H63	120°40’2	23°58’40	215804	2652806	97	水利署草屯自記雨量站	南投縣	草屯鎮	1969	4	16.5K-21.0K
11H60	120°44’0	23°59’00	222023	2653409	187	臺灣省南投農田水利會土城	南投縣	草屯鎮	1946	5	21.0K-28.0K
C1H94	120°47′	23°58′0	228211	2651829	600	雙冬雨量站	南投縣	草屯鎮	1992	6	28.0K-35.5K 山路 29.5
C1H93	120°51′	23°59′1	235563	2653820	369	北山雨量站	南投縣	國姓鄉	1992	7	35.5K-45.5K
01H68	120°53’1	23°59’15	237570	2653849	330	水利署北山自記雨量站	南投縣	國姓鄉	1969	8	45.5K-50.0K
C1H89	120°56′	23°58′2	243476	2652154	434	大肚城雨量站	南投縣	埔里鎮	1992	9	50.0K-55.5K 53.5 市區
11H08	120°58’0	23°58’00	245766	2651538	442	臺灣省南投農田水利會能高	南投縣	埔里鎮	1941	10	55.0K-61.0K 57.5 市區
C1H88	121°00′	24°01′0	249864	2657321	1298	凌霄雨量站	南投縣	埔里鎮	1992	11	61.0K-67.5K
C1H87	121°07′	24°01′1	261648	2657511	1113	仁愛雨量站	南投縣	仁愛鄉	1992	12	67.0K-82.0K
C0I01	121°10′	24°02′0	266788	2659116	1562	廬山氣象站	南投縣	仁愛鄉	1992	13	82K-終點

表 6-2 臺 18 線沿線對應雨量站

站號	經度	緯度	X	Y	海拔_公尺_	測站名稱	縣市	鄉鎮	設站年	編號	對應路段
11L01	120°28’0	23°29’00	194681	2598112	35	臺灣省嘉南農田水利會嘉義雨量站	嘉義市		1944	1	0.0K-3.5K
11L64	120°29’0	23°27’05	196513	2594568	63	臺灣省嘉南農田水利會頂六雨量站	嘉義縣	中埔鄉	1925	2	3.5K-9.0K
C1M55	120°30′	23°25′3	199312	2591667	110	中埔雨量站	嘉義縣	中埔鄉	1993	3	9.0K-13.5K
C1M49	120°33′	23°29′1	203819	2598532	130	內埔雨量站	嘉義縣	竹崎鄉	1993	4	13.5K-17.0K
C1M57	120°36′	23°28′3	209632	2597357	840	大湖雨量站	嘉義縣	番路鄉	1993	5	17.0K-19.0K 19.5K 山°
01L36	120°38’’	23°25’42	211718	2591968	760	水利署小公田雨量站	嘉義縣	番路鄉	1967	6	19K-33K 41K-45.5K
C1M39	120°38′	23°24′2	212961	2589689	1090	瀨頭雨量站	嘉義縣	阿里山鄉	1988	7	33K-41K
C0M53	120°41′	23°30′1	217527	2600260	1404	奮起湖氣象站	嘉義縣	竹崎鄉	1993	8	45.5K-61.5K
46753	23°30’3	120°48’	229255	2601022	2416	阿里山氣象站	嘉義縣	阿里山鄉	1933	9	61.5K-82K
01M31	120°49’3	23°28’25	231509	2596945	2540	水利署新高口雨量站	嘉義縣	阿里山鄉	1983	10	82K-87K
C1M44	120°52′	23°28′5	235907	2597740	2540	新高口雨量站	嘉義縣	阿里山鄉	1992	11	87K-96.5K

表 6-3 臺 21 線沿線對應雨量站

站號	經度	緯度	X	Y	海拔(m)	測站名稱	縣市	鄉鎮	設站年	編號	對應路段
C1H92	120°52′	24°06′1	236168	2666740	701	長福雨量站	南投縣	國姓鄉	1992	1	0K-20.5K
01H72	120°56’4	24°04’10	243593	2662921	410	水利署清流雨量站	南投縣	仁愛鄉	1946	2	24.5K-38K
11H67	120°51’3	24°02’25	234749	2659697	300	臺灣省南投農田水利會國姓雨量站	南投縣	國姓鄉	1951	3	20.5K-24.5K
C1H88	121°00′	24°01′0	249864	2657321	1298	凌霄雨量站	南投縣	埔里鎮	1992	4	
C1H89	120°56′	23°58′2	243476	2652154	434	大肚城雨量站	南投縣	埔里鎮	1992	5	38-40.5K 45.5-51.5K
11H08	120°58’0	23°58’00	245766	2651538	442	臺灣省南投農田水利會能高區管理處埔里	南投縣	埔里鎮	1941	6	40.5-45.5K 47.5 市區
11H35	120°56’0	23°54’00	242370	2644156	650	臺灣省南投農田水利會魚池雨量站	南投縣	魚池鄉	1956	7	
41H75	120°56’0	23°54’00	242370	2644156	3000	臺灣電力公司電源勘測隊郡大雨量站	南投縣	信義鄉	1977	8	51.5-59K
46765	23°52’5	120°53’	238964	2642274	1015	日月潭氣象站	南投縣	魚池鄉	1940	9	59K-69K
C1I16	120°51′	23°46′5	235258	2631025	296	龍神橋雨量站	南投縣	水里鄉	1993	10	69K-80.5K
11H83	120°51’3	23°45’12	234717	2627919	289	臺灣省雲林農田水利會水里雨量站	南投縣	水里鄉	1984	11	80.5-83.5K
00H54	120°51’4	23°43’55	235196	2625550	322	水利署龍神橋雨量站	南投縣	水里鄉	1956	12	83.5-87.5K
01H78	120°50’3	23°41’35	233238	2621245	485	水利署內茅埔雨量站	南投縣	信義鄉	1980	13	87.5-94.5K
C1I06	120°54′	23°37′1	240598	2613148	2300	望鄉雨量站	南投縣	信義鄉	1992	14	94.5-100.5K
C1I07	120°52′	23°35′3	236996	2610106	777	和社雨量站	南投縣	信義鄉	1992	15	100.5-108 112.5-125
C0H9A	120°50′	23°32′1	232283	2603866	1595	神木村氣象站	南投縣	信義鄉	1999	16	108-112.5K
C1M44	120°52′	23°28′5	235907	2597740	2540	新高口雨量站	嘉義縣	阿里山鄉	1992	17	125-133.5 137-146

除了針對所選定的雨量站進行資料的確認與蒐集外，針對所需蒐集的資訊說明如下；

(1)累積降雨量或降雨強度

邊坡崩塌與降雨息息相關，此一影響基於地表逕流之沖刷以及雨水入滲增加水壓力、降低有應力。此一方面預警基準訂定可分為兩個層次，一乃利用經驗值統計迴歸降雨量與邊坡崩塌之關係，藉以訂定預警基準，惟此一方法需累積地區性經驗，且與監測邊坡之地質、水文、氣象等條件相當有關。另一方式為建立該邊坡降雨與地下水壓或水位上升之物理模式，再利用水位或水壓與邊坡崩塌之相關性，訂定預警基準。

(2)建立降雨、水位與道路邊坡崩塌間相關性模式制定預警基準

建立降雨與地下水位上升間之相關性，以及地下水位上升與邊坡安全性相關性，可利用降雨作為預警基準。依前人之研究，以水壓、位移量測值以及降雨資料，確定區域性之崩積層滑動區地下水位與邊坡穩定之變化，皆與降雨有極密切之關係。

相關降雨量資訊查詢之畫面如圖 6.8~圖 6.12 所示。

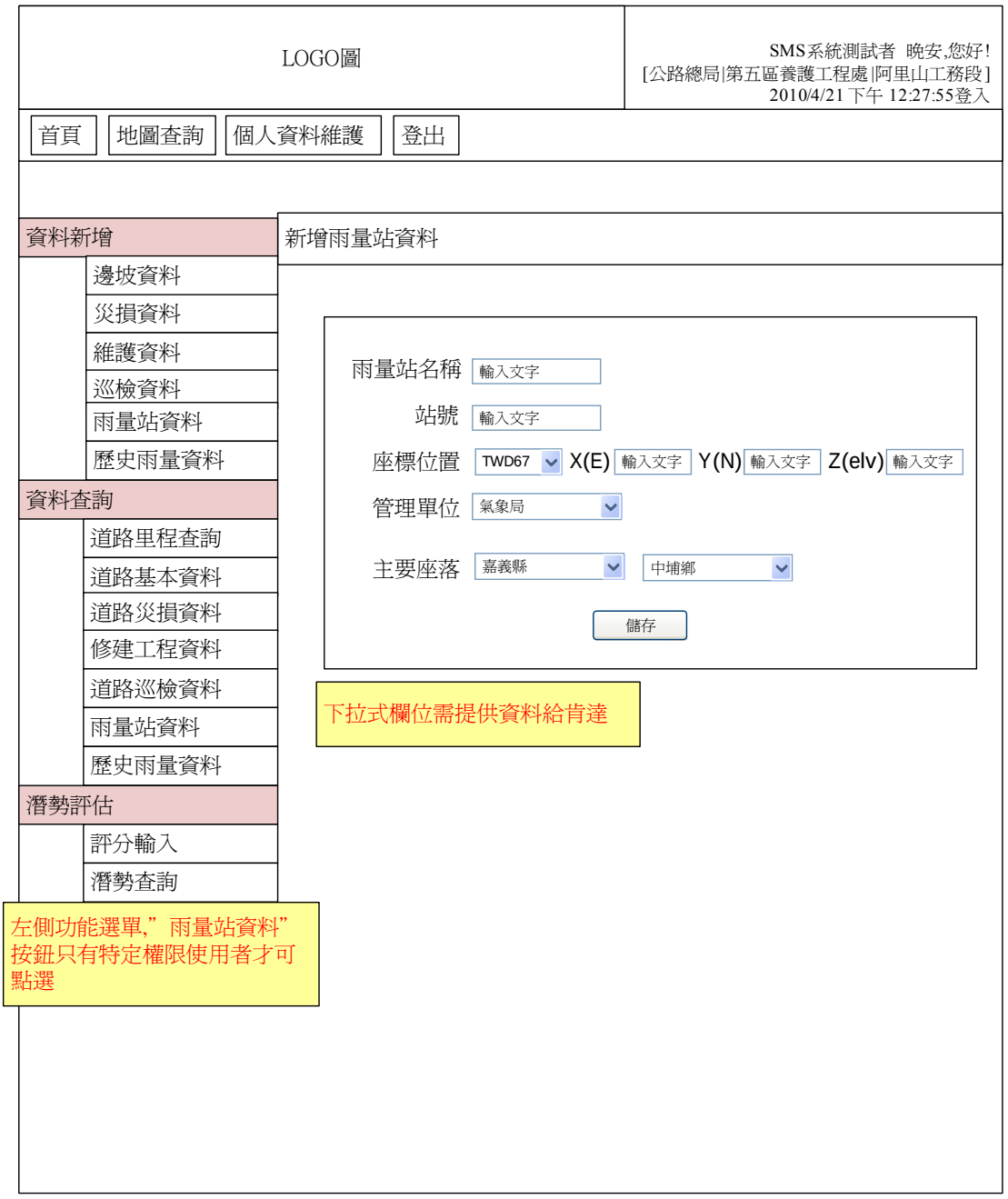


圖6.8 改版後降雨量新增畫面



圖6.9 改版後降雨量查詢介面



圖6.10 雨量站基本資料查詢頁面



圖6.11 歷史雨量查詢統計介面

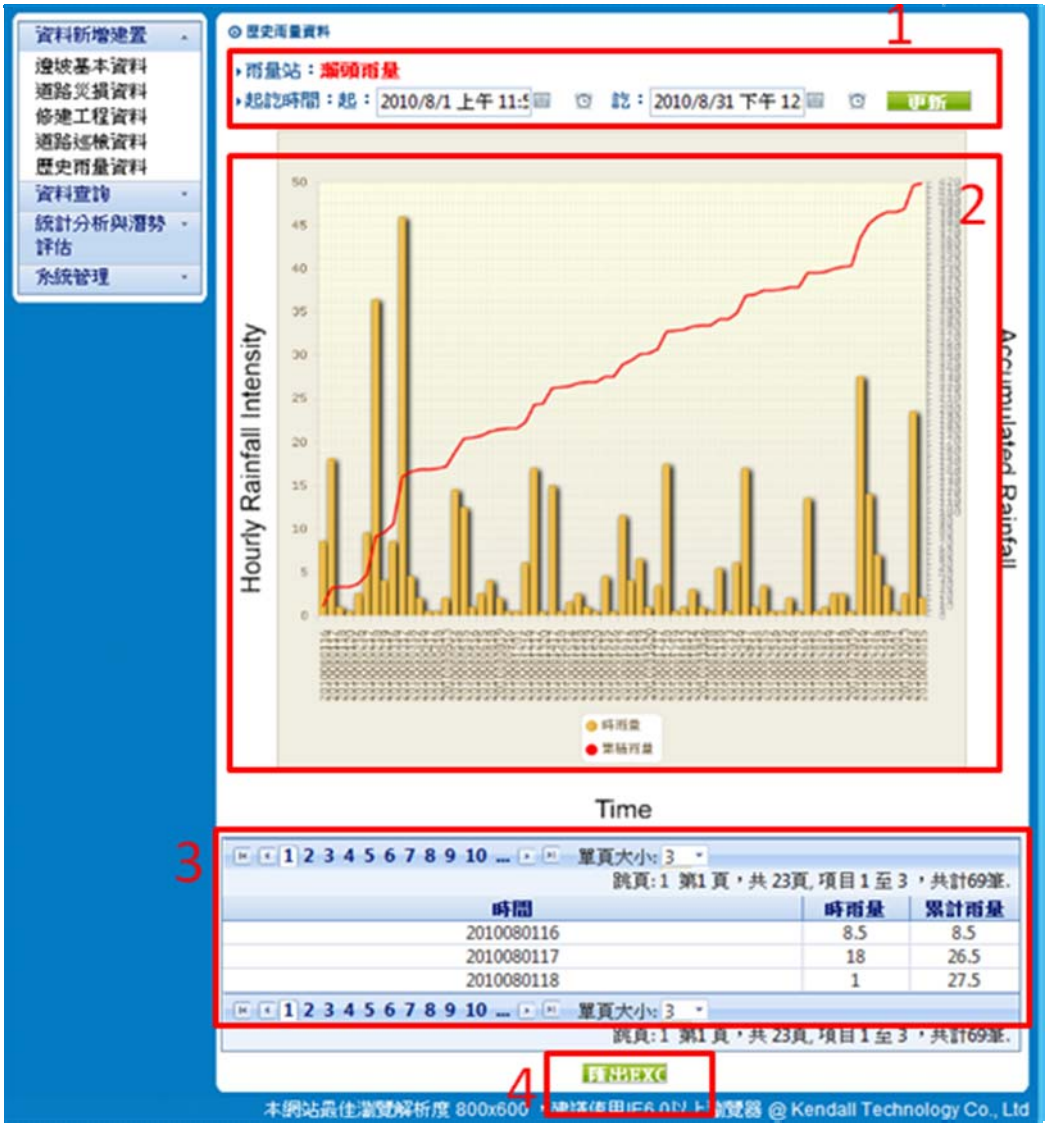


圖 6.12　歷史雨量資料查詢介面

1.包含歷史雨量查詢起訖時間選擇

2.歷史雨量組體圖展示

3.歷史雨量資料展示

4.歷史雨量資料匯出(EXCEL)

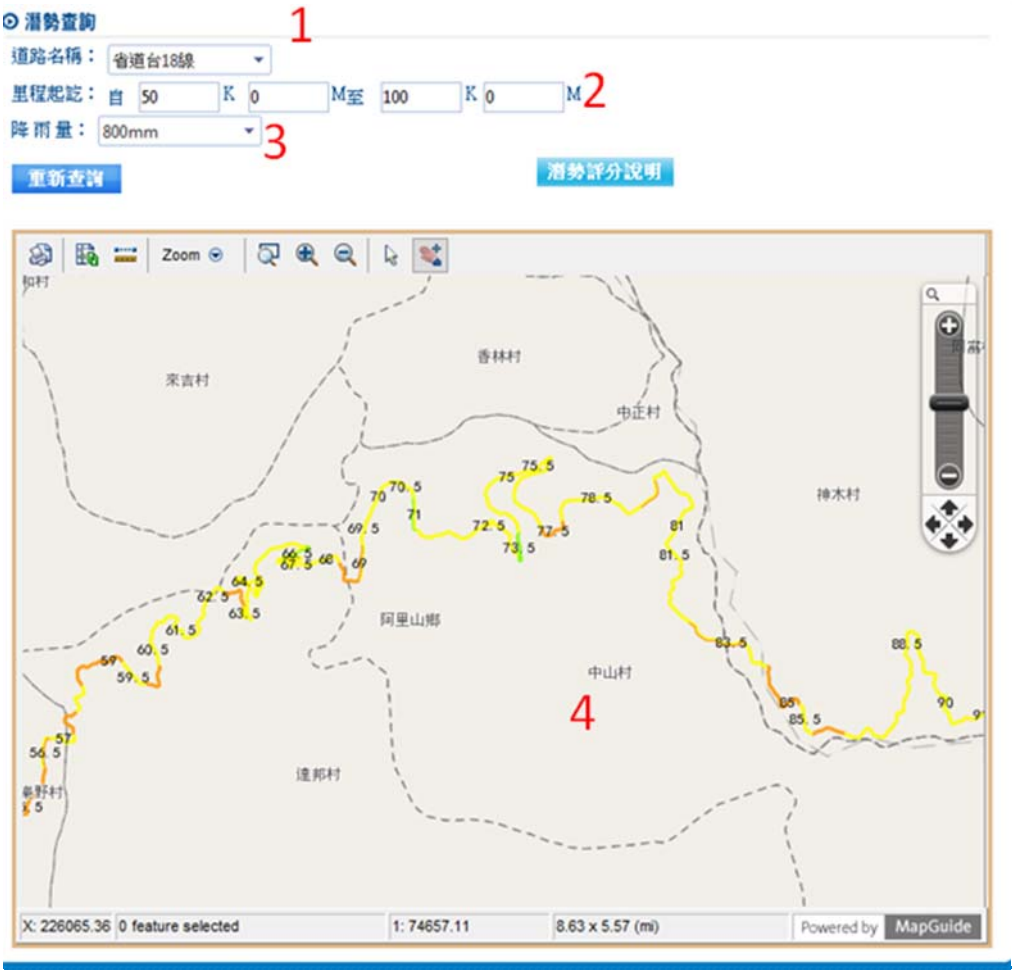


圖 6.13 潛勢查詢介面

1.道路選擇

2.查詢里程起訖設定

3.降雨門檻值設定

4.潛勢圖展示

第七章　坡地道路防救災系統建立之研究整合計畫

7.1 計畫目的

臺灣地區位於板塊擠壓處，地震頻繁，地質破碎，山地形勢陡峭，河流既短且陡急且降雨時空分配不均，若遭逢梅雨、颱風季節所帶來之集中性豪雨，常引發大規模之落石、土石流或地滑等邊坡崩坍災害，嚴重危害地區交通運輸及產業經濟之發展。山區道路往往是區域唯一聯外通道，而道路邊坡穩定性攸關居民之生命財產安全，因此如何在這些重要卻具有高邊坡災害潛勢區域導入各項先進科技之自動化監測系統、緊急通報系統及防災應變系統，將傳統的防災作業進化成災害管理，已成為近年來各界對於邊坡災害防治的重要發展方向。

本研究以阿里山臺 18 線公路五彎仔路段作為試驗之場址，使用本研究團隊研發之光纖感測地層移動監測系統與分佈式光纖水壓計來監測該地區之地層滑動及水壓變化，並配合地下水文數值模型分析，以作為該地滑區日後穩定評估之依據。

在阿里山臺 18 線公路五彎仔路段本計畫針對全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用上深入探討。全球衛星定位系統(GPS)係以衛星為基礎的無線電定位系統，藉由地球軌道上之定位衛星，可無限制地提供全球具接收裝備之使用者極精確之三維定位、速度及時間資料。該系統不受天氣影響，並可提供全球統一之經緯度參考資料，且應用層面非常廣泛，已屬成熟技術；由於全球衛星定位模組大量生產的關係，低廉的價格更增加全球衛星定位計技術於邊坡災害監測應用之價值。監測系統除為累積足夠監測歷史資料提供後續各項學理研究發展外，亦希望可即時掌握邊坡災害發生前兆和發生時之動態反應，增加地區居民之應變時間，提供防災應變決策之參採，大幅降低災害所造成之傷害，因此即時有效之通訊傳輸將是整體監測系統重要環節之一。

以往相關單位在設計山區跨河結構物時多半僅考量設計洪水之水

位及流速，在跨河橋樑橋墩結構型式及材料選用方面，並未充分考量與洪水現象差異頗大之土石流衝擊效應。有鑑於此，本研究擬藉由 4 年期之研究計畫，深入瞭解跨河橋樑受土石流衝擊破壞成因及規模程度，進而提出未來強化結構設計及加勁材料選用等改善對策，以作為公路主管機關規劃設計山區道路橋樑時之參考。

本研究利用過去幾年所持續蒐集與彙整的公路歷史崩塌資料的資訊，結合現地調查的成果，搭配山區道路沿線自然環境地文水文相關基本資訊，建立一套完整的崩塌預警分析系統，以瞭解山區道路沿線道路風險的區位與等級。此外亦透過評估模式的建立，分析降雨量與山區道路風險潛勢的關係，以作為各路段災害前後管理的依據。

除了研發道路邊坡崩塌監測預警自動化系統、不斷提升邊坡整治技術能力、研提適合區域性之邊坡崩塌預測方式與可行之因應對策外，並將持續落實應用相關研究成果至工程基層單位。最後擬應用以軟體代理人(Software Agents)為核心所發展之資料交換平台關鍵技術，交換蒐集各單位網站所發佈之相關災害資訊與相關公路設施資料庫資料，建立『公路防救災決策支援系統』，並整合橋梁及邊坡防災系統，建立完整橋梁及坡地災害緊急應變流程與通報機制。目前公路設施管理單位以可以應用本系統進可依照應變流程及通報機制，系統性的完成災害預防、災害緊急應變及緊急復原各階段所應執行之災前評估、調查及應採取之緊急措施。然而本系統對於災時道路通阻狀況之掌握及因應方法，仍未盡理想。故今年度將對全臺灣公路設施相關之空間資料庫進行搜集，並將相關道路通阻資訊應用本系統之資訊交換平台進行交換以利系統確立災害發生位置及狀況。藉此，本計劃可建立阻斷道路之替代道路，並評估替代道路之安全性，以保障用路人行車之安全性。

期望透過本研究案之執行，可以充分利用國內防救災方面現有之有限資源，搭配最適切之因應對策與有效之執行技術，確實將臺灣山區道路邊坡之崩塌災害減少之最低外，將可提升山區道路之管理效能，延展道路之服務年限，並期能達到維護國土保安與水土資源永續利用之目標，整合計畫所囊括之五大子計畫說明如圖 7.1 所示。

7.2 計畫架構(含樹狀圖)

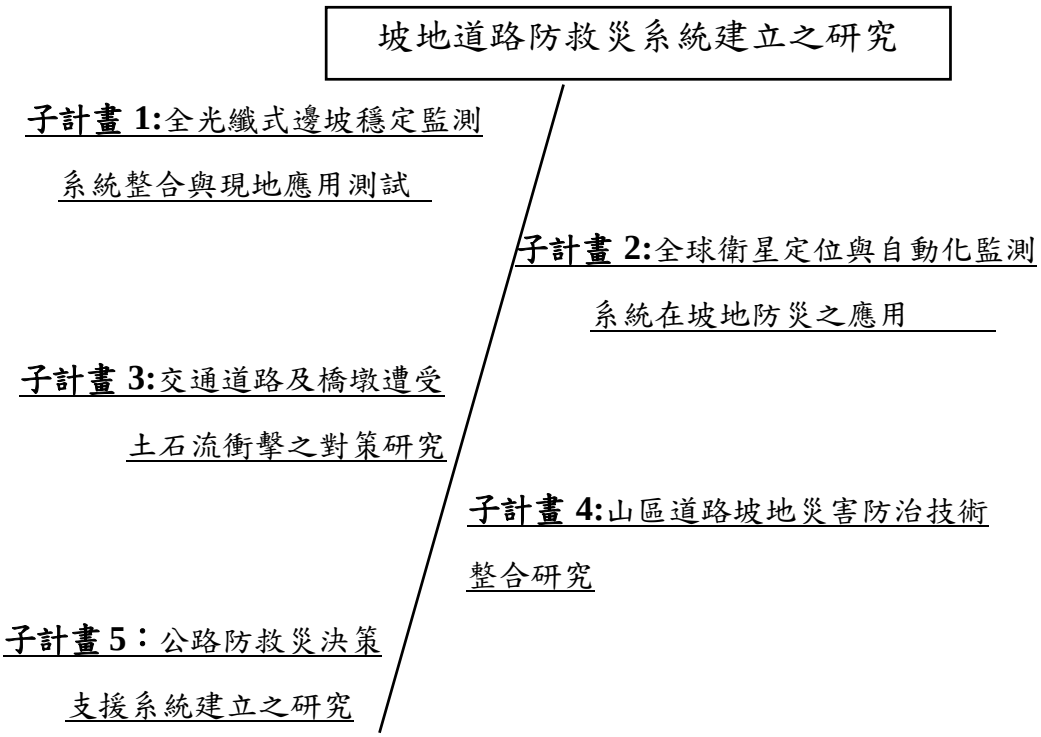


圖 7.1 坡地道路防救災系統建立之研究內容架構圖

7.3 計畫主要內容

整合計畫所囊括之五大子計畫主要內容分述如下：

7.3.1 全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試

針對潛在或持續滑動之邊坡的監測，國內外大多採用傳統傾斜管配合手動式傾斜儀 (inclinometer probe, IP)，視情況之需要配合開口式水位管(open ended piezometer)做地下水位之監測。IP是以手動的方法放入傾斜管中紀錄讀數，開口式水位管則是以皮尺放入管中決定水位之深度。國內有許多公路或鐵路(包括高速鐵路)邊坡，由於其位置偏遠或不易到達，難以使用傳統傾斜管與手動式傾斜儀做邊坡穩定監測，此類監測系統自動化與遠距離訊號傳輸確實有其必要性。傾斜管之監測

可以用管內傾斜儀(in place inclinometer, IPI)以長期置入的方法做自動化監測。開口式水位管內可置入電子式水壓計以水壓感測水位。配合自動資料擷取系統，可自動紀錄IPI與電子式水壓計讀數。但電子式自動化監測系統具有價格昂貴、易受電磁波干擾、雷擊破壞、且儀器設備若長期處於潮濕環境容易短路故障等缺點。同時傳統開口式水位管受其尺寸限制，在同一鑽孔內通常最多安裝兩管，對於地下水位/水壓之判讀多所限制。

光纖感測技術具有許多傳統電子感應技術沒有的優點，包括(1)體積小－光纖直徑一般為250μm左右體積甚小；(2)耐久性高－光纖之主要成份是矽(silica)為非金屬，可以長期埋在地下而不易腐蝕或改變其性質；(3)光纖訊號可長(數十公里)距離傳輸而不受電磁波干擾；(4)可以在同一光纖上做多點分佈式的監測。

近來國內已研發成功光纖光柵(fiber Bragg grating, FBG)節理式偏斜儀(FBG segmented deflectometer, FBG-SD)，其設計是與傳統傾斜管匹配，將FBG-SD插入固定於地層內之傾斜管，以FBG-SD節理間偏斜角度之改變來估算傾斜管之變形分佈。FBG-SD已成功的應用於公路邊坡或地層開挖支撐變形之監測，唯FBG-SD感應範圍有限，一般FBG-SD感測範圍為正負2度角，光纖光柵拉伸應變量約為正負3,000至4,000$\mu\varepsilon$(但可視感測器靈敏度做調整)，若每一感測器間距為1公尺長，則單一FBG-SD最大可感應位移量為正負3.14公分(總位移量為6.28公分)，當邊坡滑動量大於FBG-SD允許感測範圍量時，將使得部分FBG-SD可能無法繼續發揮功能(其餘未超過允許量測範圍時，可繼續感測傾斜觀測管變形量之改變)，此時，若能在傾斜觀測管外側增加一額外(redundancy)，如光纖拉伸計，一般單模光纖可承受之應變量為15,000至20,000$\mu\varepsilon$，相對於FBG-SD其感測靈敏度較低，感測靈敏度約30$\mu\varepsilon$，對於低靈敏度之光纖光柵拉伸計較能承受大變形且低成本之配置則更能增加此變形監測系統之有效性與可靠性。也就是說小變形範圍內由FBG-SD所控制；大變形範圍則由光纖拉伸計所控制，而邊

坡破壞經常也涉及地下水壓變化，因此若能同時監測水壓則更能有效反應地層之破壞潛能。

使用光纖感應系統做邊坡穩定監測需要實用而能夠維持長期穩定之訊號解讀裝置。市場上現有光纖訊號解讀系統並不一定能夠滿足現場監測在經濟與穩定性之需求，而必須在軟硬體方面做必要之檢測與改良。國內外在FBG水壓感測技術方面也有初步之發展，但其實用性仍然有限。

數值分析顯示，原深層地下水位之邊坡在不同降雨程度下其地下水位會會有不同程度之上升，受地下水位上方土層為非飽和及滲流的影響，降雨前後地層內水壓分佈常是非線性的。如果使用傳統在鑽孔內只量測一至兩個深度然後以線性內差的方法來估算水壓分佈的方法會有明顯的誤差。此一現象也顯示做地層內分佈式水壓監測之重要性。

本計畫之目的是進一步改良光纖地層位移與水壓監測技術之穩定性與經濟性、將光纖感應水壓計與地層移動監測系統加以整合，如此可以更充分的發揮邊坡穩定監測之功能。另一方面，本計畫將光纖感應器之解讀系統、光纖轉換器以及數值訊號傳輸系統做一整合，如此可以全時間以自動化之方式將數據傳輸至管理單位並與預警機制配合使用。

本計畫所希望達到之總目標有以下四項：

1. 光纖地層位移與水壓監測系統之整合與必要之改良。
2. 可與 FBG-SD 匹配，低解析度能承受大變形，低成本之光纖地層感應系統之研發。
3. 光纖感應訊號解析與資料擷取/傳輸系統之整合。
4. 以四年的時間設定測試場所做系統之現場應用測試。

測試地點在第一年選定，每年視研究之需要增加鑽孔及安裝新監測儀器，在此期間並連續紀錄數據，累積長期之使用經驗。

7.3.2 全球衛星定位與自動化監測在坡地防災之應用(3/4)

本計畫分為四個年度分段進行，計畫執行重點有建立.道路邊坡自動化監測系統示範站系統、全球衛星定位與無線傳輸監測系統測試開發、.近景攝影測量應用於道路邊坡滑動監測可行性研究以及緊急通報系統及防災應變系統雛形建置工作，依據上述工作項目要求，擬定各年度計畫執行重點說明如下：

- **第一年(民國96年)**

1. 利用先進科技整合技術－以全球衛星定位技術進行坡地防災之應用，探討於阿里山公路第四彎地區進行邊坡滑動監測技術之可行性。

2. 於實驗室進行一機多天線GPS系統測試工作，並進行系統調整與修正工作。

3. 發展全球衛星定位及無線電傳輸模組整合系統，並進行實地觀測數值分析工作，提升全球衛星定位系統於坡地災害監測之精度與適用性。

4. 利用攝影機現地觀測資料，進行初步近景攝影測量變位量資料分析工作。

- **第二年(民國97年)**

1. 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

針對前期所安裝之設備進行保養與維護工作，以維持實驗工作正常進行無虞。

2. 全球衛星定位與無線傳輸監測系統整合測試

針對前期已建置完成之全球衛星定位與無線傳輸監測系統持續進行整合測試與坡地災害監測與數據資料分析工作。

3. 近景攝影測量

利用攝影硬體設備，採單攝影機方式作地表二度空間變位監測，並與全球衛星定位監測結果相互比對。研析是否增設攝影硬體設備，採雙攝影機作地表三度空間變位測量，以提高測量精度。

4. 緊急通報系統及防災應變系統雛形建置

依據前期規劃成果，建立緊急通報系統及防災應變系統雛形建置工作，並與現有公路局第五區維護工程處之山區道路邊坡監測系統進行整合，提供臺 18 線路段整合性監測儀器數據展示平台。

● 第三年(民國98年)

1. 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

針對前期所安裝之設備進行保養與維護工作，以維持實驗工作正常進行無虞。

2. 全球衛星定位與無線傳輸監測系統整合測試

整合現有當地各單位之監測儀器數據，進行交叉統計分析，探討可能觸發坡地災害發生原因與研擬警戒參考數值。

3. 近景攝影測量

(1)以現有當地現有之CCD攝影機觀測資料進行近景攝影測量分析工作，並針對氣候因素進行分離與排除影響分析因子等工作，增加已現有CCD攝影機進行影像對應實地之變異量分析工作。

(2)建立第四彎地區三維立體像對模型，建立現場3維空間觀測基本資料庫，並藉以驗證現場各項各項量測數據狀況。

4. 持續道路邊坡自動化監測系統示範站系統建置與維護工作。

5. 緊急通報系統及防災應變系統雛形建置設計工作。

● **第四年(民國99年)**

1. 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

針對前期所安裝之設備進行保養與維護工作，以維持實驗工作正常進行無虞。

2. 全球衛星定位與無線傳輸監測系統整合測試

整合現有當地各單位之監測儀器數據，持續進行各項數據資料交叉統計分析，進一步探討觸發坡地災害發生相關原因，並持續修正與研擬警戒參考數值。

3. 近景攝影測量

建立『自動化』影像變異分析系統，以現有當地現有之 CCD 攝影機觀測資料以系統自動化方式，進行近景攝影測量自主分析工作，並針對氣候因素進行分離與排除影響分析因子等工作，增加已現有 CCD 攝影機進行影像對應實地之變異量分析工作

4. 完成第四彎地區緊急通報系統及防災應變系統雛形建置工作。

7.3.3 交通道路及橋墩遭受土石流衝擊之對策研究

本計畫擬訂四年研究期間，透過數值模擬分析工具，深入瞭解道路及橋樑橋墩受土石流衝擊破壞成因及規模程度，並期由檢討現有設計準則，進而提出未來強化結構設計及加勁材料選用等改善對策。整體工作執行內容係由近年重大土石流災害紀錄蒐集分析出發，選定道路及橋墩迭遭土石流沖毀之研究示範區，進行水文、地文及設施結構物資料蒐集分析。其次進行跨河構造物對土石流流動過程之影響模擬分析，以及道路及橋墩受土石流衝擊力影響之形變模擬分析，深入探討土石流流動過程與道路及橋墩結構之互制現象。最後研擬道路及橋墩結構之加勁強化改善對策，據以作為未來相關單位設計山區跨河道路及橋樑時之參考。

第一年(96 年度)已先針對土石流之相關文獻、研究報告及災損案例進行蒐集整理，並進一步探討相關土石流之分析理論與方法，另外，也針對研究區域內之水文、地文及設施結構物資料進行蒐集整理。第二年(97 年度)主要工作為針對跨河構造物對土石流流動過程影響之模擬分析，其分析結果包括堆積深度、流動速度及淹沒範圍等情形，並以 FLO-2D 模擬結果，利用國內外學者所提出理論式進行衝擊力估算，作為後續形變模擬分析之用。本計畫第三年(98 年度)主要工作為針對橋墩受衝擊力及淘刷影響之形變模擬分析，但因后豐大橋斷橋事件，交通部運輸研究所為配合政策需求，於本年度增加橋梁抵抗洪流沖刷之相關對策研究，但礙於經費與時間因素，僅對公路總局過去的相關研究成果做彙整探討，並提出初步的加固補強方案。因此，本年度(98 年度)之具體工作項目如下：

1. 國內外橋梁及橋墩受土石流撞擊之加固補強工法彙整
2. 國內外橋梁及橋墩受洪水淘刷之加固補強工法彙整
3. 土石流撞擊之加固補強工法之適用性探討與評估
4. 洪水淘刷之加固補強工法之適用性探討與評估
5. 針對受土石流衝擊之跨河橋梁及道路進行分析，並提出設計與維護之建議
6. 選定 3 座公路橋樑(后豐大橋、甲仙橋及高屏大橋)進行淘刷破壞案例探討
7. 以數值模擬分析淘刷之加固補強工法之成效

第四年：交通道路及橋墩遭受土石流衝擊之對策研究(4/4)

彙整前三年研究計畫之成果

1. 選定 3 座公路橋樑(后豐大橋、甲仙橋及高屏大橋)進行淘刷破壞案例探討。

2. 以數值模擬分析淘刷之加固補強工法之成效

3. 橋梁結構之加勁強化改善對策研擬及分析

4. 橋梁結構之加勁強化方案成效評估

7.3.4 山區道路坡地災害防治技術整合研究(3/4)

本計畫整體研究共為期四年，第一年的研究理念主要為透過資料蒐集與現地調查作業，研提適合國內區域性道路邊坡監測儀器之崩塌判定與預警基準之標準，並依據蒐集彙整之道路邊坡相關資料，擴建既有之道路邊坡管理系統。第一年度預期完成之工作項目如下所述：

1. 研提適合國內區域性道路邊坡監測儀器之崩塌判定與預警基準之標準；

2. 道路邊坡現地崩塌事件及相關資料之蒐集彙整、建置與分析；

3. 道路邊坡致災因子(雨量、地下水)空間分析。

第二、三年研究除延續前一年之研究成果，並期擬透過氣象局之雨量資料和現地之監測作業，研發道路邊坡崩塌之預警自動化系統，且選定一區域性道路為示範路段，進行相關成果驗證作業。97、98 年度預期完成之工作項目規劃如下所述：

1. 研發適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統；

2. 持續道路邊坡現地崩塌事件蒐集彙整、建置與分析；

3. 持續道路邊坡致災因子(雨量、地下水)空間分析；

研究團隊因考量研究成果之完整性，除合約規定上述之三項內容外，特增列以下二項研究重點：

1. 建立崩塌土方量之預估模式；

2. 從降雨特性預測淺層邊坡滑動時間。

綜合前述三年期之計畫成果，除透過示範路段進行相關成果之驗證與編修作業外，並期擬將相關研究成果落實應用至工程基層單位，故針對第四年之研究重點規劃如下：

1. 編定道路邊坡安全監測與預警作業手冊；
2. 編定崩塌災害處理作業手冊；
3. 編定道路邊坡崩塌潛勢制定流程；
4. 建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫，架構於既有之道路邊坡管理系統下；
5. 持續充實道路邊坡管理系統之基本、工程、災損、監測、雨量與地下水等資料；
6. 辦理山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會。

綜觀上述各年度規劃之研究重點可知，針對臺灣山區道路坡地災害防治進行技術整合研究，並編定「道路邊坡安全監測與預警作業手冊」、「崩塌災害處理作業手冊」與「道路邊坡崩塌潛勢制定流程」等研究成果，對於我國交通土木工程建設安全科技之提昇與強化具前導作用，面對意涵如此重要之研究課題，為能有效達成計畫目標，並有助我國於二十一世紀初期於交通土木工程建設科技研發推動工作，本四年期之研究計畫執行內容與步驟均應深入思考，並做整體性之規劃考量。

縱合上述各年度之工作項目，研究團隊考量全國各山區道路皆有其特殊之自然環境、地質條件、水文特性、交通運輸、人文特性等條件因素，且各特性因素對山區道路邊坡之穩定狀況皆有一定影響之情況下，實在無法建置一套全國山區道路邊坡通用之道路邊坡崩塌監測預警自動化系統，以及適合各地區應用之邊坡崩塌預測方式與可行之因應對策等。有鑑於此，研究團隊擬將整合歷年交通部相關部會委託辦理之山區道路坡地災害防治技術研究成果，並重新檢討其合理性與適用性，同時依循過去以省道臺 18 線(阿里山公路)為研究資源整合案

例之相關經驗，持續應用此路段既有之相關監測資源，將此路段設立為臺灣山區之示範監測試驗道路，並期許在本研究案四年期執行期間，能陸續將研究成果應用於其他山區道路上，使確實將本研究成果落實至工程基層單位。

圖 7.2 所示為本研究團隊針對本研究計畫全期四年(96~99 年度)之規劃流程，係針對前述各年度之工作項目進行規劃。第一年規劃之執行步驟為先透過相關資料之蒐集彙整與現地調查作業，將相關資料予以建檔，並持續擴充至既有之道路邊坡管理系統，利用已建檔之相關資料，協助提擬適合國內區域性道路邊坡監測儀器之崩塌判定與預警參考基準值。於計畫執行之第二、三年間，擬透過上述相關文獻與現地調查資料之蒐集彙整，並結合現地降雨量、土壤含水量與地下水位等監測工作執行，研發道路邊坡崩塌預警自動化系統；除此之外，將依據不同區域道路邊坡之崩塌模式，調整其輸入參數與數量，從現地降雨之特性預測其淺層滑動時間，並建立道路邊坡崩塌土方量之預測模式，最後，透過選定之研究對象進行相關成果之驗證作業，並依據驗證結果予以修正。在計畫執行之最後一年度，期擬透過「山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會」之辦理，確實推廣本案編定之道路邊坡安全監測與預警作業手冊、崩塌災害處理作業手冊、道路邊坡崩塌潛勢制定流程，以及開發建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫系統等相關研究成果。

7.3.5 公路防救災決策支援系統建立之研究

第一年主要工作進度為文獻蒐集彙整、邊坡及橋梁預警系統之整合；第二年則整合災害通報機制與系統驗證；第三年主要進度為救災路網規劃與其他道路工程系統整合；第四年則整合所有資源完成救災資源指派支援決策系統與教育訓練。工作內容條列如下圖 7.2 所示：

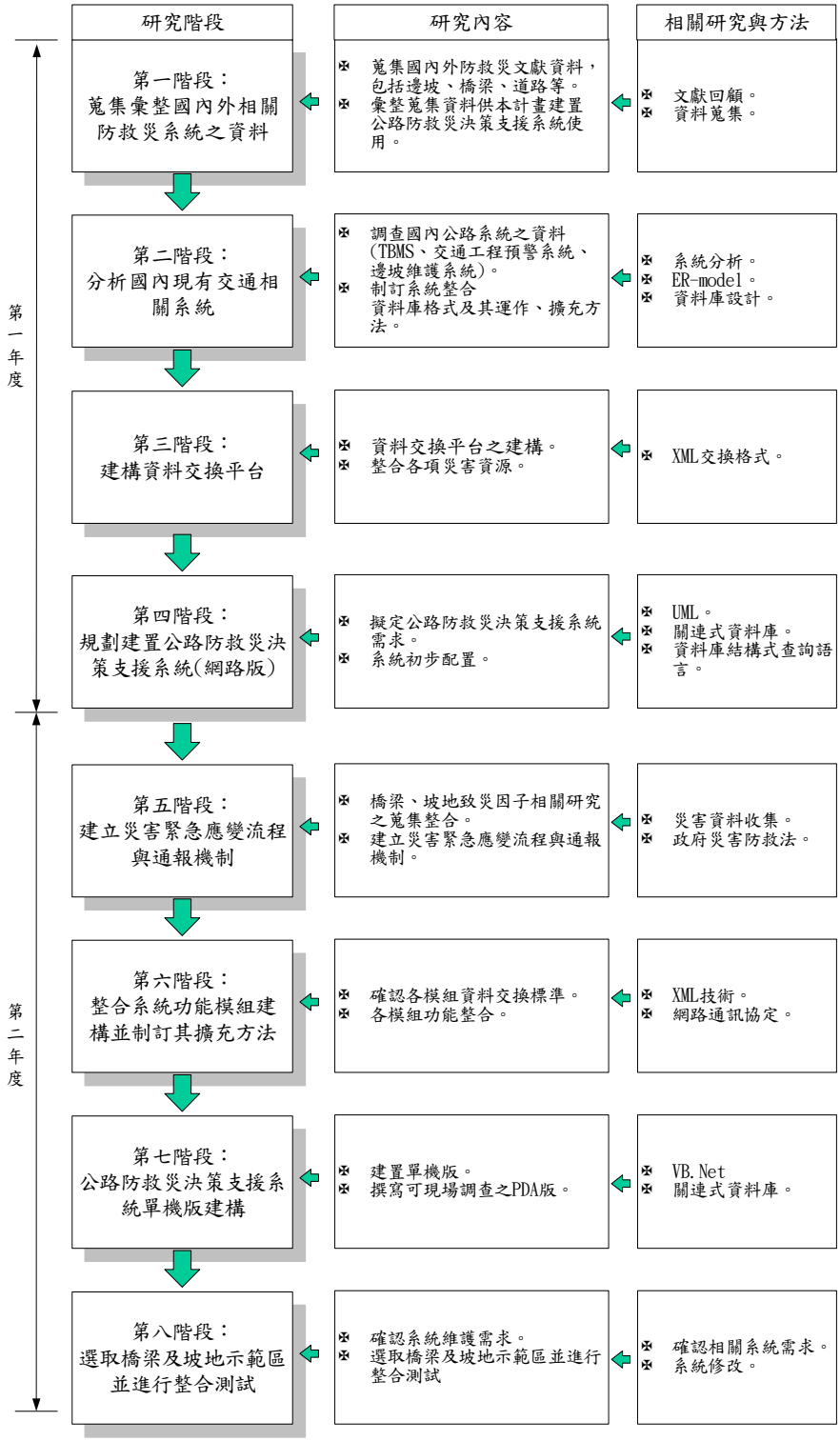


圖 7.2 公路防救災決策支援系統建立之研究計畫流程圖

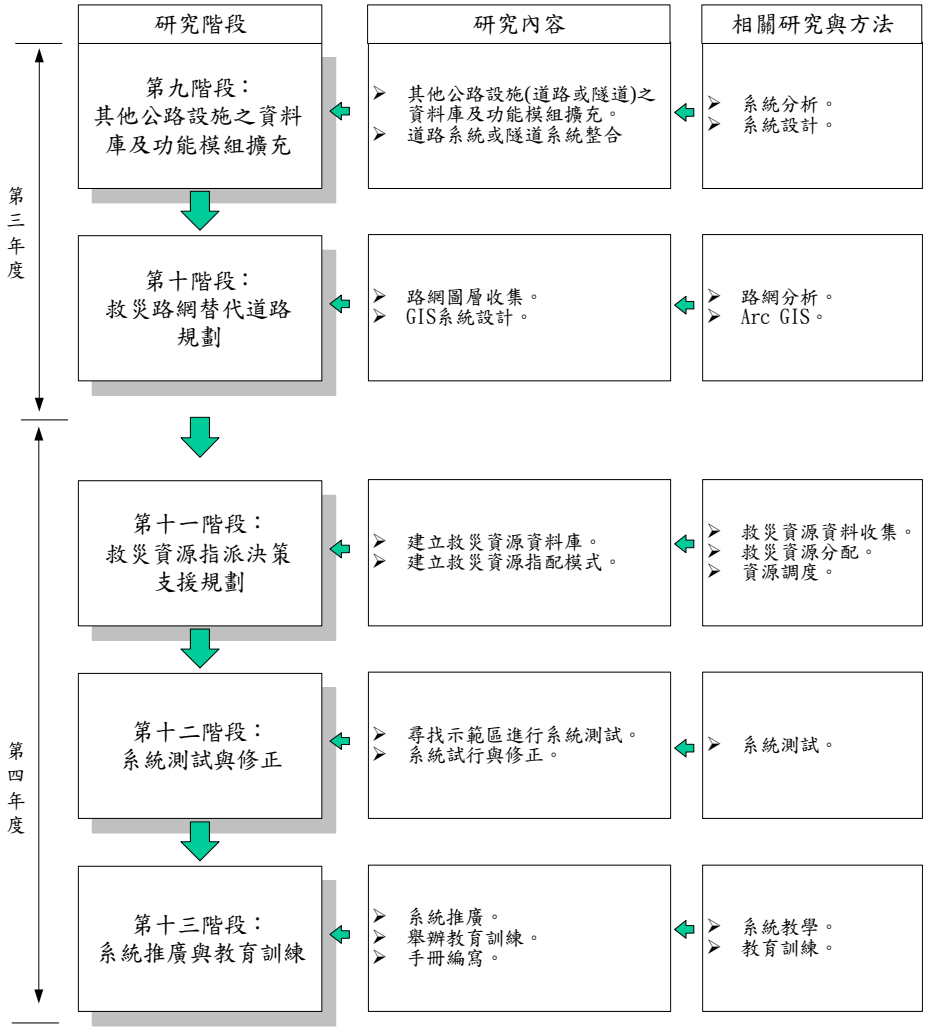


圖 7.2 公路防救災決策支援系統建立之研究計畫流程圖(續)

本計畫首先針對國內公路防救災既有之決策支援系統及防救災需求進行分析探討，根據蒐集整理之資料，開發建置公路防救災資料庫，並應用資料交換之技術平台，開發建構公路防救災決策支援系統，其預定工作項目及時程如下所述：

1. 第一年工作項目

(1)蒐集彙整國內外相關防救災系統之資料：本計畫將針對目前國內外之防救災系統文獻資料及國內已發展完成之防救災決策支援系統進行資料蒐集，內容包含國內外之邊坡、橋梁、道路等之防災、救災資料及相關資料庫系統之技術等。完整之資料蒐集有助

於後續工作之進行，如分析檢討國內公路工程防救災現時處置方式之情況及相關資訊系統之建立方式，亦可比較國內、外防救災處置方式及其決策支援系統之異同，以利於既有技術之落實或新技術之研發。

(2)分析國內現有交通相關系統：本研究以整合現有系統為目標，故此階段將分析國內現有交通相關系統之架構與功能，在後續階段中，規劃統一架構並進行整合。國內公路設施主管機關，對於所轄設施如橋梁、坡地、道路或隧道之管理及防災作為已有相當成果。

(3)建構資料交換平台：為達到各系統間資料交換之目的，本研究以軟體代理人(Software Agents)為基礎，建立一資料交換平台，資料交換平台之建立，可減少資料重覆建置，增加資訊之使用率，達到資源共享之目標。在此架構下各系統將共享災情資訊，並可整合各項資源。

(4)規劃建置公路防救災決策支援系統(網路版)：本階段將運用第三階段所確立之資料交換平台架構，整合現有資訊系統(交通工程防災預警與坡地管理系統)於統一架構下，此整合模式未來可做為其他公路設施整合擴充之依循。此架構下將共用 GIS 圖層資料，並在資料庫上作相關之連結。

2. 第二年工作項目(詳述部分將於第二年度期中報告補充)

(1)系統功能模組建構並制訂其擴充方法。

(2)PDA 版系統建立。

(3)選取橋梁及坡地示範區並進行整合測試。

3. 第三年工作項目(詳述部分將於第三年度期中報告補充)

(1)其他公路設施(道路或隧道)之資料庫及功能模組擴充。

(2)救災路網替代道路規劃。

4. 第四年工作項目(詳述部分將於第四年度期中報告補充)

(1)救災資源指派決策支援規劃。

(2)系統測試與修正。

(3)系統推廣與教育訓練。

彙整五個子計畫之完整整合報告如附錄五所示

第八章　山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會

根據第七章所述五件計畫內容，辦理五個子計畫之整合研討會，除邀請各子計畫負責單位進行簡報外，並邀請公路管理單位及相關專業人事單位進行專案討論，考量本計畫人力調度及相關事宜安排之便利性研討會擬定於港研中心會議廳舉行，研討會宗旨及主持人、講員相關資訊如表8-1所示，研討會議程如表8-2，研討會主題海報及議程海報如圖8.1~圖8.2所示，研討會現況照片如照片8-2~照片8-15所示。

表8-1 山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會

『山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會』

主辦單位：交通部運輸研究所、逢甲大學
時　　間：99 年 11 月 23 日(星期二) (詳見課程表)
地　　點：交通部運輸研究所港灣技術研究中心大禮堂(臺中縣梧棲鎮中橫十路 2 號)
名　　額：預計 150 人，額滿為止
費　　用：免費(並提供午餐、講義)

◎　宗　旨　◎

臺灣地區位於板塊擠壓處，地震頻繁，地質破碎，山地形勢陡峭，河流既短且陡急且降雨時空分配不均，若遭逢梅雨、颱風季節所帶來之集中性豪雨，常引發大規模之落石、土石流或地滑等邊坡崩坍災害，嚴重危害地區交通運輸及產業經濟之發展。山區道路往往是區域唯一聯外通道，而道路邊坡穩定性攸關居民之生命財產安全，因此如何在這些重要卻具有高邊坡災害潛勢區域導入各項先進科技之自動化監測系統、緊急通報系統及防災應變系統，將傳統的防災作業進化成災害管理，已成為近年來各界對於邊坡災害防治的重要發展方向。

本研討會主要為基於上述原由，交通部運輸研究所在近年來在坡地防災計畫之研究成果，期望與產官學界人士共同的研討，將成果落實應用，以提昇臺灣山區道路邊坡之防災技術。

主持人與講員

林志明 交通部運輸研究所 所長	曾志煌 交通部運輸研究所 運輸工程組組長
邱永芳 交通部運輸研究所 港灣技研究中心主任	朱金元 交通部運輸研究所 港灣技研究中心副主任
謝明志 交通部運輸研究所 港灣技研究中心研究員兼科長	鄭明淵 國立臺灣科技大學營建工程系教授
陳景文 國立成功大學土木工程學系教授	黃安斌 國立交通大學土木工程學系教授
洪本善 逢甲大學土地管理學系副教授	蘇人煇 逢甲大學土木工程系副教授

表8-2 『山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會』議程表

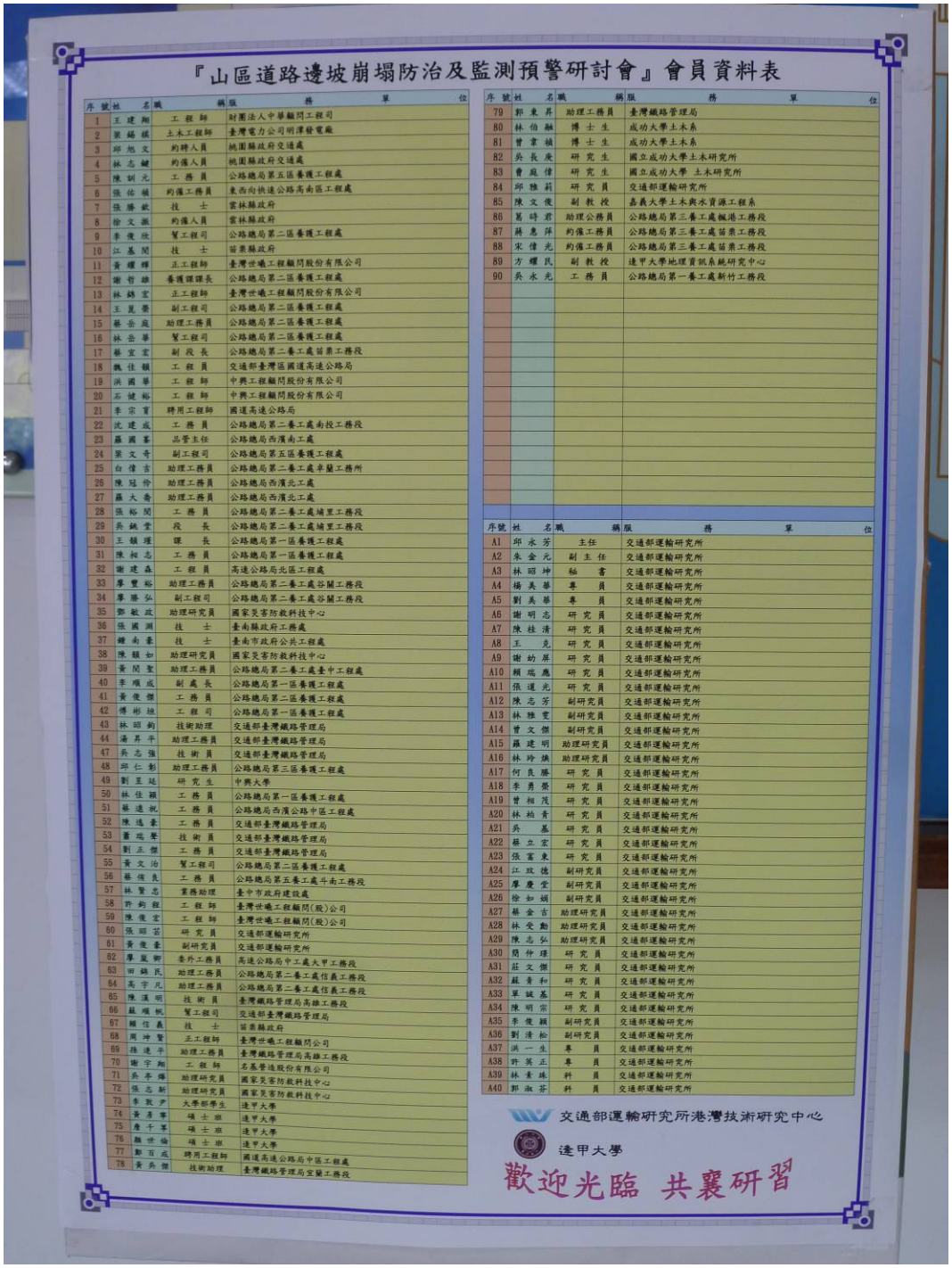
日期	時　間	講　　題	主　講　人	主持人
99年11月23日（星期二）	08:50~09:20	報　　到		
	09:20~09:30	主持人及貴賓致詞		
	09:30~10:20	公路防救災決策支援系統建立之研究	鄭明淵 教授 臺灣科技大學營建工程系	邱永芳 主任 交通部運研所港研中心
	10:20~10:30	休 息 與 茶 點		
	10:30~11:20	交通道路及橋墩遭受土石流衝擊之對策研究	陳景文 教授 成功大學土木工程學系	曾志煌 組長 交通部運研所運工組
	11:20~12:10	全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試	黃安斌 教授 交通大學土木工程學系	曾志煌 組長 交通部運研所運工組
	12:10~13:30	午　餐　與　休　息		
	13:30~14:20	全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用	洪本善 副教授 逢甲大學土地管理學系	朱金元 副主任 交通部運研所港研中心
	14:20~15:10	山區道路坡地災害防治技術整合研究	蘇人煇 副教授 逢甲大學營建及防災中心	朱金元 副主任 交通部運研所港研中心
	15:10~15:30	休 息 與 茶 點		
	15:30~16:20	綜合討論 鄭明淵教授、陳景文教授、黃安斌教授、 洪本善副教授、蘇人煇副教授		邱永芳 主任 交通部運研所港研中心


2010 山區道路邊坡
崩塌防治及
監測預警研討會
研討會時間/ 99年11月23日(星期二)
研討會地點/ 交通部運輸研究所港灣技術研究中心大禮堂
(臺中縣梧棲鎮中橫十路2號)
宗 旨
臺灣地區位於板塊擠壓處，地震頻繁，地質破碎，山地形勢陡峭，河流既短且陡急且降雨時空分配不均，若遭逢梅雨、颱風季節所帶來之集中性豪雨，常引發大規模之落石、土石流或地滑等邊坡崩坍災害，嚴重危害地區交通運輸及產業經濟之發展。山區道路往往是區域唯一聯外通道，而道路邊坡穩定性攸關居民之生命財產安全，因此如何在這些重要節具有高邊坡災害潛勢區域導入各項先進科技之自動化監測系統、緊急通報系統及防災應變系統，將傳統的防災作業進化成災害管理，已成為近年來各界對於邊坡災害防治的重要發展方向。
本研討會主要為基於上述原由，本所在近年來在坡地防災計畫之研究成果，期望與產官學界人士共同的研討，將成果落實應用，以提昇臺灣山區道路邊坡之防災技術。
主持人與主講人
林志明 交通部運輸研究所 所長
曾志煌 交通部運輸研究所 運輸工程組組長
邱永芳 交通部運輸研究所 港灣技研究中心主任
朱金元 交通部運輸研究所 港灣技研究中心副主任
謝明志 交通部運輸研究所 港灣技研究中心研究員兼科長
鄭明淵 國立臺灣科技大學營建工程系教授
陳景文 國立成功大學土木工程學系教授
黃安斌 國立交通大學土木工程學系教授
洪本善 逢甲大學土地管理學系副教授
蘇人偉 逢甲大學土木工程系副教授
主辦單位 交通部運輸研究所 逢甲大學

圖 8.1 研討會主題海報


2010 山區道路邊坡
崩塌防治及
監測預警研討會
研討會地點/ 交通部運輸研究所 港灣技術研究中心大禮堂
研討會議程/
日期 時間 課程 主講人 主持人
99年11月23日（星期二）
08:50~09:20 報到
09:20~09:30 主持人及貴賓致詞
09:30~10:20 公路防救災決策支援系統建立之研究 鄭明淵 教授 臺灣科技大學營建工程系 邱永芳 主任 交通部運研所港研中心
10:20~10:30 休息與茶點
10:30~11:20 交通道路及橋墩遭受土石流衝擊之對策研究 陳景文 教授 成功大學土木工程學系 曾志煌 組長 交通部運研所運工組
11:20~12:10 全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試 黃安斌 教授 交通大學土木工程學系
12:10~13:30 午餐與休息
13:30~14:20 全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用 洪本善 副教授 逢甲大學土地管理學系 朱金元 副主任 交通部運研所港研中心
14:20~15:10 山區道路坡地災害防治技術整合研究 蘇人煇 副教授 逢甲大學營建及防災中心
15:10~15:30 休息與茶點
15:30~16:20 綜合討論 鄭明淵教授、陳景文教授 黃安斌教授、洪本善副教授 蘇人煇副教授 邱永芳 主任 交通部運研所港研中心
主辦單位 交通部運輸研究所 逢甲大學

圖 8.2 研討會議程海報



『山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會』會員資料表

序號	姓名	職稱	服務單位
1	王建翔	工程師	財團法人中華顧問工程司
2	葉錫模	土木工程師	臺灣電力公司明潭發電廠
3	邱旭文	約聘人員	桃園縣政府交通處
4	林志鍵	約僱人員	桃園縣政府交通處
5	陳銅元	工務員	公路總局第五區養護工程處
6	張佑禎	約僱工務員	東西向快速公路高南區工程處
7	張勝欽	技士	雲林縣政府
8	徐文振	約僱人員	雲林縣政府
9	李俊欣	幫工程司	公路總局第二區養護工程處
10	江基閔	技士	苗栗縣政府
11	黃耀輝	正工程師	臺灣世曦工程顧問股份有限公司
12	謝哲雄	養護課長	公路總局第二區養護工程處
13	林錦堂	正工程師	臺灣世曦工程顧問股份有限公司
14	王見榮	副工程司	公路總局第二區養護工程處
15	蔡岱庭	助理工務員	公路總局第二區養護工程處
16	林岳華	幫工程司	公路總局第二區養護工程處
17	蔡宜宏	副段長	公路總局第二養工處苗栗工務段
18	魏佳穎	工程員	交通部臺灣區國道高速公路局
19	洪國華	工程師	中興工程顧問股份有限公司
20	石健裕	工程師	中興工程顧問股份有限公司
21	李宗育	聘用工程師	國道高速公路局
22	沈建成	工務員	公路總局第二養工處南投工務段
23	羅國峯	品管主任	公路總局西濱南工處
24	葉文奇	副工程司	公路總局第五區養護工程處
25	白倩吉	助理工務員	公路總局第二養工處卓蘭工務所
26	陳冠伶	助理工務員	公路總局西濱北工處
27	羅大衛	助理工務員	公路總局西濱北工處
28	張裕閔	工務員	公路總局第二養工處埔里工務段
29	吳銘堂	段長	公路總局第二養工處埔里工務段
30	王顯理	課長	公路總局第一區養護工程處
31	陳和志	工務員	公路總局第一區養護工程處
32	謝建森	工程員	高速公路局北區工程處
33	李豐裕	助理工務員	公路總局第二養工處谷關工務段
34	李勝弘	副工程司	公路總局第二養工處谷關工務段
35	鄧敏政	助理研究員	國家災害防救科技中心
36	張國測	技士	臺南縣政府工務處
37	鍾南豪	技士	臺南市政府公共工程處
38	陳賴如	助理研究員	國家災害防救科技中心
39	黃閔堂	助理工務員	公路總局第二養工處臺中工程處
40	李順成	副處長	公路總局第一區養護工程處
41	黃俊傑	工務員	公路總局第二區養護工程處
42	傅彬迪	工程司	公路總局第一區養護工程處
43	林昭鈞	技術助理	交通部臺灣鐵路管理局
44	湯昇平	助理工務員	交通部臺灣鐵路管理局
47	吳志強	技術員	交通部臺灣鐵路管理局
48	邱仁彰	助理工務員	公路總局第三區養護工程處
49	劉至廷	研究生	中興大學
50	林佳穎	工務員	公路總局第一區養護工程處
51	蔡建祝	工務員	公路總局西濱公路中區工程處
52	陳逸豪	工務員	交通部臺灣鐵路管理局
53	董瑞琴	技術員	交通部臺灣鐵路管理局
54	劉正傑	工務員	交通部臺灣鐵路管理局
55	黃文治	幫工程司	公路總局第二區養護工程處
56	蔡偉良	工務員	公路總局第五養工處斗南工務段
57	林賢志	業務助理	臺中市政府建設處
58	許鈞程	工程師	臺灣世曦工程顧問(股)公司
59	陳俊堂	工程師	臺灣世曦工程顧問(股)公司
60	張昭芸	研究員	交通部運輸研究所
61	黃俊豪	副研究員	交通部運輸研究所
62	廖星卿	臺外工務員	高速公路局中工處大甲工務段
63	田錦民	助理工務員	公路總局第二養工處信義工務段
64	高宇凡	助理工務員	公路總局第二養工處信義工務段
65	陳漢明	技術員	臺灣鐵路管理局高雄工務段
66	蘇順帆	幫工程司	交通部臺灣鐵路管理局
67	賴信義	技士	苗栗縣政府
68	周坤賢	正工程師	臺灣世曦工程顧問公司
69	孫建平	助理工務員	臺灣鐵路管理局高雄工務段
70	謝宇翔	工程師	名基管造股份有限公司
71	吳孝偉	助理研究員	國家災害防救科技中心
72	張志新	助理研究員	國家災害防救科技中心
73	李致尹	大學部學生	逢甲大學
74	黃彥華	碩士班	逢甲大學
75	詹千萍	碩士班	逢甲大學
76	顧世倫	碩士班	逢甲大學
77	鄭百成	聘用工程師	國道高速公路局中區工程處
78	黃勇傑	技術助理	臺灣鐵路管理局宜蘭工務段
79	郭東昇	助理工務員	臺灣鐵路管理局
80	林伯融	博士生	成功大學土木系
81	曾書禎	博士生	成功大學土木系
82	吳長庚	研究生	國立成功大學土木研究所
83	曾庭偉	研究生	國立成功大學 土木研究所
84	邱雅莉	研究員	交通部運輸研究所
85	陳文俊	副教授	嘉義大學土木與水資源工程系
86	葛時君	助理公務員	公路總局第三養工處楓港工務段
87	蔣惠萍	約僱工務員	公路總局第三養工處苗栗工務段
88	宋倩光	約僱工務員	公路總局第三養工處苗栗工務段
89	方耀民	副教授	逢甲大學地理資訊系統研究中心
90	吳水元	工務員	公路總局第一養工處新竹工務段

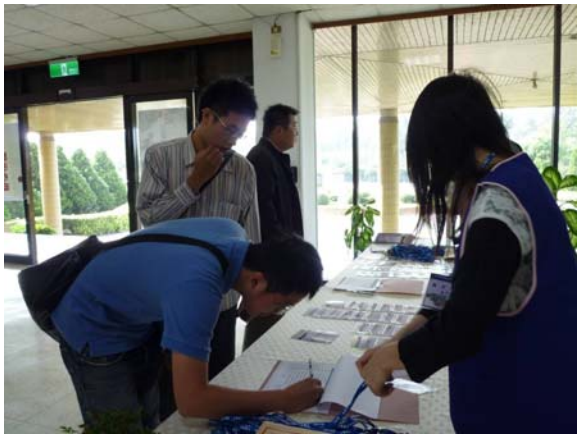
序號	姓名	職稱	服務單位
A1	邱永芳	主任	交通部運輸研究所
A2	朱金元	副主任	交通部運輸研究所
A3	林丽坤	秘書	交通部運輸研究所
A4	楊美華	專員	交通部運輸研究所
A5	劉美華	專員	交通部運輸研究所
A6	謝明志	研究員	交通部運輸研究所
A7	陳柱清	研究員	交通部運輸研究所
A8	王克	研究員	交通部運輸研究所
A9	謝幼屏	研究員	交通部運輸研究所
A10	賴瑞應	研究員	交通部運輸研究所
A11	張建光	研究員	交通部運輸研究所
A12	陳志芳	副研究員	交通部運輸研究所
A13	林雅雯	副研究員	交通部運輸研究所
A14	曹文傑	副研究員	交通部運輸研究所
A15	羅建明	助理研究員	交通部運輸研究所
A16	林玲慎	助理研究員	交通部運輸研究所
A17	何良勝	研究員	交通部運輸研究所
A18	李勇發	研究員	交通部運輸研究所
A19	曾相茂	研究員	交通部運輸研究所
A20	林柏青	研究員	交通部運輸研究所
A21	吳基	研究員	交通部運輸研究所
A22	蔡立宏	研究員	交通部運輸研究所
A23	張富東	研究員	交通部運輸研究所
A24	江政德	副研究員	交通部運輸研究所
A25	廖慶堂	副研究員	交通部運輸研究所
A26	徐如娟	副研究員	交通部運輸研究所
A27	蔡金吉	助理研究員	交通部運輸研究所
A28	林受勳	助理研究員	交通部運輸研究所
A29	陳志弘	助理研究員	交通部運輸研究所
A30	簡仲璟	研究員	交通部運輸研究所
A31	莊文傑	研究員	交通部運輸研究所
A32	蘇青和	研究員	交通部運輸研究所
A33	皇誠基	研究員	交通部運輸研究所
A34	陳明宗	研究員	交通部運輸研究所
A35	李俊穎	副研究員	交通部運輸研究所
A36	劉清松	副研究員	交通部運輸研究所
A37	洪一生	專員	交通部運輸研究所
A38	許英正	專員	交通部運輸研究所
A39	林素珠	科員	交通部運輸研究所
A40	郭淑芬	科員	交通部運輸研究所

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

逢甲大學

歡迎光臨 共襄研習

照片 8-1 參與人員海報



照片 8-2 報到簽名



照片 8-3 搭接駁車來報到



照片 8-4 來賓報到



照片 8-5 會場與會來賓就座



照片 8-6 邱主任致詞



照片 8-7 貴賓致詞



照片 8-8 鄭教授發表現況



照片 8-9 休息餐點



照片 8-10 黃教授發表現況



照片 8-11 朱副主任會議主持



照片 8-12 本團隊林博士發表現況



照片 8-13 綜合討論現況

第九章　結論與建議

本研究計畫結合國內產、官、學各領域擁有道路、邊坡、大地、土木等專長之專家學者共同投入執行，以促使整體研發成果朝向落實應用之目標邁進。本計畫主要目的在透過過去幾年對於山區道路歷史災害的資料收集，瞭解道路上下邊坡的崩塌地崩塌特性，並且結合自然環境基本資料與人為工程資料，整併成為一套考量各方面參數的評估模式，以降雨量作為考量因子，初步建立路段在不同降雨條件下之崩塌風險程度。

本年度已完成之工作項目內容與後續執行建議，概述如下：

9.1 結論

1. 透過過去四年資料的蒐集與彙整，結合五個團隊的研究成果，並參考相關作業準則與災害防制法規編訂道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定。

2. 透過過去四年資料的蒐集與彙整，結合五個團隊的研究成果，並參考相關作業準則與災害防制法規編訂崩塌災害處理作業草案擬定。

3. 利用前面三年現地調查成果與公路養護單位管理資料(包含搶修與搶險的資料)，藉由統計迴歸建立臺14、臺18及臺21線在不同降雨條件下之崩塌潛勢，編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程，可做為日後道路防災之參考。

4. 透過四年的資料蒐集與建置，將全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫，架構於既有之道路邊坡管理系統下，並且完成建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞之降雨量資料庫，以供後續雨量資訊的查詢。

5. 藉由整合交通部運輸研究所辦理之「坡地道路防救災系統建立之研究」五個子計畫，於99年11月23日完成辦理山區道路邊坡崩塌防治

及監測預警研討會，有助於各單位瞭解現階段各團隊研究的成果對於山區道路防災的貢獻。

9.2 建議

1. 山區道路的安全評估需要每年度進行資料的建置與重新評估，建議此種調查與評估計畫能持續進行，尤其對於封路機制的檢討因其所處條件的不同，亦應進行詳細評估，此外對於其他重要道路的評估，如省道臺7、 臺8 、臺9、臺20、臺21南端、臺27、 臺28等路線實有必要比照辦理調查與評估。

2. 評估結果準確度僅有七成至八成，仍有進步的空間，且以目前現階段的調查成果，可以針對發生的區位、崩塌的量體以及崩塌的降雨量進行更進一步的評估，以提高整體評估系統之可信度與準確性。

3. 在整合報告上，建議將更多的評估系統與指標、氣象相關資訊以及地質相關資訊引入，可以使整合報告更豐富、精彩。

本期研究成果與效益有：1.建立一套臺灣山區道路專屬之邊坡管理系統，提昇臺灣山區道路之維護管理效能與防災技術，延展道路之服務年限。2.發展道路邊坡崩塌簡易危害度分析模式，以及研擬道路邊坡崩塌安全管控程序，此項效益將可確實掌控山區道路之崩塌潛勢。3.本研究研發建立之管理系統可提供給公路局及相關單位在山區道路坡地災害防治之參考與應用，提昇臺灣山區道路之維護管理效能與防災技術，同時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. Arya L M, Paris J F (1981) A physical-empirical model to predict the soil moisturecharacteristic from particle size distribution and bulk density data. Soil ScienceSociety of American Journal 45: 1023-1030.
2. Barber, D. and Williams, C. (1997). Gaussian processes for Bayesian classification via hybrid Monte Carlo. NIPS 9.
3. Brabb, E.E. (1984) Innovative Approaches to Landslide Hazard and Risk Mapping. In Proc., Fourth International Symposium on Landslides, Canadian Geotechnical Society, Toronto, Canada, 1 : 307~324.
4. Brabb, E.E., Pampeyan, E.H., Bonilla, M.G (1972) Landslide Susceptibility in San Mateo County, California. U.S. Geol. Surv., Misc. Field studies Map, MF-360. (Reprinted 1978)
5. Carrara, A. and Merenda, L.(1974) Methodology for an inventory of slope instability events in Calabria (southern Italy), Geologia Applicata e Idrogeologica, 9 : 237~255.
6. Carrara, A., M. Cardinali, R. Detti, F. Guzzetti(1992) Uncertainty in Assessing Landslide Hazard and Risk, ITC Journal, 2 : 172~183.
7. Carrara, A., M. Cardinali, R. Detti, F. Guzzetti, V. Pasqui, and P. Reichenbach (1990) Geographical Information Systems and Multivariate Models in Landslide Hazard Evaluation. In ALPS 90 Alpine Landslide Practial Seminar, Sixth International Conference and Field Workshop on Landslides, Aug. 31-Sept.12, Milan, Italy, Universita degli Studi de Milano, pp.17~28.
8. Chen C-Y, Chen T-C, Yu F-C, Yu W-H, Tseng C-C (2005a) Rainfall duration and debrisflowinitiated studied for real-time monitoring. Environmental Geology 47: 715-724.
9. Chen C-Y, Chen T-C, Yu W-H, Lin S-C (2005b) Analysis of time-varying rainfall infiltrationinduced landslide. Environmental

Geology 48: 466-479.

10. Chen L, Young M H (2006) Green-Ampt infiltration model for sloping surface. WaterResources Research, Vol. 42: 1-9 (doi 10.1029/2005WR104468)

11. Chow V-T, Maidment D R, Mays L W (1988) Applied hydrology. Mc. Graw-Hill New York,Ch. 4:110-116.

12. Chung, C.J., and A.G. Fabbri.(1993) The Representation of Geoscience Information for Data Integration. Nonrenewable Resources, 2(3) : 122~139.

13. Gao, J. and C.P. Lo (1991) GIS Modeling of influence of Topography and Morphology on Landsilde Occurrence in Nelson County, Virginia: GLS/LIS ′91 Proceeding, 1 : 954-963.

14. Hansen, A. (1984) Landslide Hazard Analysis. In Slope Instability (D. Brunsden and D.B. Prior, eds.), John Wiley and Sons, New York, pp.523~332Ives, J.D., and M.J. Bovis (1978) Natural hazards maps for land-use planning, San Juan Mountains, Colorado, U.S.A, Arctic and Alpine Research, 10(2) : 185~212.

15. Hearn, E.L., Wilson, R.C., (1995) Shaking Intensity Thresholds for Rock Falls and Slides: Evidence from 1987 Whittier Narrows and Superstition Hills Earthquake Strong-Motion Records, Bull. Seis. Soc. Am., 85(6) : 1739~1757.

16. Ives, J.D., and B. Messeri (1981) Mountain Hazards Mapping in Nepal: Introduction to an Applied Mountain Research Project. Mountain Research and Development, 1(3) : 223~230.

17. Jaynes, E.T. (1957). “Information theory and statistical mechanics.” Physical Review, 106, 620-630.

18. Keefer, D. K. (2004) Personal communication in meeting of Proceedings of international symposium on landslide and debris flow hazard assessment, Central Geological Survey, Taipei, Taiwan, Oct. 12th.

19. Keefer, D.K (2000) Statistical Analysis of an Earthquake-Induced Landslide Distribution-the 1989 Loma Prieta, California Event, Engineering Geology, 58 : 231~249.

20. Keefer, D.K. (1984) Landslides caused by earthquakes, Geol. Soc. Am. Bull. 95 : 406~421.

21. Kobashi, S., and M. Suzuki (1988) Hazard Index for the Judgment of Slope Stability in the Rokko Mountain Region, In Proc., Interpraevent 1988, Graz, Austria, 1 : 223~233.

22. Koukis, G. and Ziourkas, C. (1991) Slope Instability Phenomena in Greece: A Statistical Analysis, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, 43 : 47~60.

23. Lee, S. W., J. D. Cheng, C.W. Ho and Y. C. Chiang, H. H. Chen, K. J. Tsai, An Assessment of Landslide Problems and Watershed Management in Taiwan, Rearch Needs and Applications to Reduce Erosion and Sedimentation in Tropical Steep lands (proceeding of the Fiji Symposium, June 1990): LAHS-AISH Publ. No. 192.

24. Mackay, D. J. (1997). Gaussian processes - a replacement for supervised neural networks' Lecture notes for a tutorial at NIPS 1997. Available at http://wol.ra.phy.cam.ac.uk/mackay.

25. MacKay, D.J. (1992). A practical Bayesian framework for back-propagation networks. Neural Computation, 4, 448-472.

26. Morgan, G.C., Rawlings, G.E. and Sobkowicz, J.C. 1992 "Evaluating total risk to communities from large debris flows", In Geotechnicque and natural hazards, pp.225-236.

27. Neal, R. M. (1997). Monte Carlo implementation of Gaussian process models for Bayesian regression and classification. Technical Report CRG-TR-97-2, Dept. of Computer Science, University of Toronto.

28. Sidle, R. C., A. J. Percea, C. L. O'loughlin (1985), "Hillslope Stability and Land Use", American Geophysical Union, Washington, D. C, pp. 19-20.

29. Sidle, R.C., A.J. Pearce, C.L. O′loughlin (1985) Hill slope stability and land use, water Resources Monograph, 11 : 140~145.

30. Spiegel halter, D.J. (1986) Uncertainty in Expert Systems. In Artificial Intelligence and Statistics (W.A. Gale, et), Addison-Wesley, Readings, Mass., pp.17~55

31. Stevenson, P.C. (1977) An Empirical Method for the Evaluation of Relative Landslide Risk, Int.Ass. Eng. Geol. Bull., 16 : 69~72

32. Takahashi, T. (1978), Mechanical Characteristics of Debris Flow, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol.104, No.HY8, pp.1153-1169.

33. VanDine, D.F.(1985), “Debris Flows and Debris Torrentis in Southern Canadian Cordillera”, Can. Geotech. J., Vol.22, pp. 44-68.

34. Varnes, D.J. (1984) Landslide Hazard Zonation: A review of Principles and Practice, UNESCO Press, Paris, pp.63.

35. Williams, C. K. I. and Rasmussen, C. E. (1996). Gaussian processes for regression. In Advances in Neural Information Processing Systems 8th ed. by D. S. Touretzky, M. C. Mozer, and M. E. Hasselmo.

36. Williams, C.K.I. and Barber, D., (1998). Bayesian Classification with Gaussian Processes, IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20, 1342-1351.

37. Yin K.L. and T.Z. Yan (1988) Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks, Proceedings of the International Symposium on Landslides, 5 : 1269~1272.

38. 中國土木水利工程學會(2004)，「七二水災災區調查與復建策略研擬」，行政院經濟建設委員會。

39. 中華坡地防災學會 (2002) 地滑摺頁簡介，苗栗縣政府委託。.

40. 日本高速道路調查會(1986)，「危險地動態觀測施工相關研究(3)報告書」，日本道路公團。

41.王如意、易任(1979)，應用水文學，國立編譯館，上、下冊。

42.王昭雯(2005)，山腹邊坡斜面土體崩壞及其土石流化模式之研究，逢甲大學水利工程學系碩士論文，第 25-25 頁。

43.王智仁(2001)，「以現場調查方式分析影響公路岩石邊坡穩定性之工程地質因子--以南橫公路梅山至啞口段為例」，碩士論文，國立成功大學資源工程學系。

44.田坤國、李德河、黃士昌、楊智堯(1999)，楠梓地區邊坡破壞調查研究，第八屆大地工程學術研究討論會，第 953-968 頁。

45.行政院經濟建設委員會(2004)，敏督利颱風災情統計報告。

46.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)，「臺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。

47.李秉乾、許盈松、許懷後、李維聰、連惠邦、周天穎，山區道路邊坡監測系統自動化及緊急臨時通報系統研發(二)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 93 年。

48.李維峰、張睦雄、董家鈞、劉桓吉、顏召宜，山區道路邊坡崩塌防治最佳化研究(二)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 93 年。

49.李德河、方世杰、林宏明(2004)，「颱風引致公路邊坡之破壞特性探討-以阿里山公路為例」，防災與國土永續發展研討會論文集，國科會工程處工程科技推展中心，第 115~136 頁。

50.周晏勤、藍世欽、陳時祖(2001)，「工程地質特性對道路邊坡穩定性影響」，第九屆大地工程學術研討會論文集，桃園。

51.林信亨、林美聆 (2002) 『地理資訊系統及類神經網路應用於土石流危險度判定，地工技術，90：73~84。

52.林美聆 (2004) 『土石流溪流調查方法與資料庫建置』，土石流地質調查及防災對策研討會論文集，pp.9-1~9-6 頁

53.林美聆、連惠邦、謝正倫(2003)，『土石流溪流後續調查與演變趨勢觀測』成果報告書，行政院農業委員會水土保持局。

54.林美聆等(2003)「坡地開發技術之研究」，財團法人臺灣營建研究院，政院院公共工程委員會。

55.侯春帆(2006)，應用GIS 及SPOT 衛星影像於河川流域崩塌地潛勢評估研究-以陳有蘭溪為例，朝陽科技大學營建工程系碩士論文，第9-23 頁。

56.財團法人工業技術研究院(2001)，『桃芝颱風災區崩塌地調查分析成果報告』，行政院農業委員會水土保持局，第 3-13~3-15 頁。

57.國立成功大學防災研究中心(1998)，「地質危險區公路及河川橋樑之維護管理與防救災對策之研擬~以臺十一線及二十一線為例」，臺灣省交通處公路局。

58.康惠雯(2002)，邏輯斯迴歸分析在採礦上的應用，私立東海大學統計學系碩士論文，第20-21 頁。

59.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) ：41~62。

60.張石角 (1995) 『臺灣東部之環境地質分區與崩塌類型』，工程環境會刊，14：59~85。

61.張舜孔(2003)，「類神經網路應用在阿里山公路邊坡破壞因子之分析研究」，碩士論文，國立成功大學土木工程學系。

62.莊光澤(1993)，「阿里山地區道路邊坡穩定性因子之探討」，國立成功大學資源工程研究所，碩士論文。

63.莊政霖 (2006) 『斜面土體崩壞潛勢與土石流發生潛勢之相關研究』

逢甲大學土木水利系研究所碩士論文。

64.連惠邦(1996)，『溪床堆積土體崩壞模式及其土石流化之研究』，中華水土保持學報，第二十七卷第三期，第 175-183 頁。

65.連惠邦、吳奇錫(2003)，『水力類土石流發生模式之研究』，中華水土保持學報，第三十四卷第四期，第 369-379 頁。

66.連惠邦、趙世照(1996)，『溪床堆積土體崩壞模式及其土石流化之研究』，中華水土保持學報，第二十七卷第三期，第 175-183 頁。

67.陳本康(2005) ，『石門水庫集水區崩塌特性及評估研究』，中興大學水土保持學系研究所碩士論文。

68.陳本康(2005)，石門水庫集水區崩塌特性及潛勢評估研究，國立中興大學水土保持學系博士論文，第23-58 頁。

69.陳志豪、陳時祖(2002)，山區道路邊坡破壞潛勢分析之探討－以南橫公路東半段為例，2002 年公共工程學術研討會論文集，第93-110頁。

70.陳姿君(2003)，從賽局理論分析地區性選舉，國立成功大學統計學系碩士論文，第36-46 頁。

71.陳崇華(2004)，「臺十一線海岸公路邊坡崩塌災害分析」，碩士論文，國立東華大學自然資源管理研究所。

72.陳榮河(1984)，「坍方類型之現地研判」，地工技術雜誌，第 7 期，第 13-19 頁。

73.陳蕙華(2005)，遙測衛星影像於南清公路崩塌地潛感分析之應用，私立逢甲大學環境資訊科技研究所碩士論文，第26-30 頁。

74.曾亦超(2004)，『土石流發生降雨地文綜合警戒指標之研究』，成功大學碩士論文。

75.童啟哲(2001)，應用地理資訊系統於地震引致坡地破壞多變量模式

分析，國立臺灣大學土木工程研究所碩士論文。

76.黃瀚瑱 (2006)，「芒草根系力學之碎形分析」，碩士論文，私立淡江大學土木工程研究所。

77.經濟部中央地質調查所 (1980) 『坡地工程地質調查報告』。

78.葉昭雄、何鴻文(2002)，山區公路、橋樑遭受重大土石災害修復對策與實例，公共工程土石災害防治對策研討會，臺北。

79.董家鈞(2003)，「臺灣山區道路工程地質特性與邊坡監測規劃」，道路邊坡安全管理與監測研討會，臺北、臺灣科技大學。

80.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56 逢甲大學 e-Thesys (96 學年度)

81.壽克堅(2002)，梨山地區地層滑動整治計畫之三—梨山地區之地質，梨山地區地層滑動整治計畫成效評估研討會論文集，第121-142 頁。

82.廖志中(1999)，「山區道路災害危險度分級及預報系統建立工作」，臺灣省政府交通處。

83.廖洪鈞、梁樾、林三賢、李維峰、廖瑞堂，臺灣地區道路邊坡崩塌發生機制及防治效益評估方法研究與應用(二)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 92 年。

84.廖洪鈞、廖瑞堂、董家鈞、李維峰，臺灣地區道路邊坡崩塌災損擋土結構功能評估—現有破壞案例統計、分析，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 93 年。

85.廖洪鈞、蘇吉立、李維峰、陳天健、何應璋、董家鈞、魏佳韻，坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究(2/2)，交通部運輸研究所研究計畫成果報告，中華民國 95 年。

86.廖瑞堂(2001)，「山坡地護坡工程設計」，科技圖書。

87.劉桓吉、方中權、莊德永(1989)，「臺灣新中橫公路嘉義觸口至塔塔

加鞍部沿線地質」，經濟部中央地質調查所彙刊，第五號，第 19-29 頁。

88.劉岫雲(2005)，空間風險分析模式之建立與其在梨山崩塌地之應用，國立中興大學土木工程學系碩士論文。

89.劉雲漢(2001)，土石流發生之空間特性研究—以陳有蘭溪集水區為例，國立臺灣大學地理環境資源研究所碩士論文。

90.鄭皆達 (1968) 『集水區山崩頻率與坡度關係之研究』，中華水土保持學報，l2：pp.1~8。

91.賴季鋒(1999)，「山坡地災害防治評估系統之研究」，碩士論文，國立成功大學都市計劃學系。

92.薛祖淇(2001)，『溪床泥砂沖刷及其兩岸土石流崩落之土石流發生模式』，逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文，pp.31-42。

附錄一

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
0K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
0K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
0K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
0K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
1K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
1K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
1K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
1K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
2K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
2K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
2K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
2K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008
4K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
5K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
5K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
5K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
5K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
6K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
6K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
6K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
6K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
7K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
7K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
7K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
7K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
8K+0	R	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
8K+0	L	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
8K+5	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
8K+5	L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
9K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
9K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
9K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
9K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005
10K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
10K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
10K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
10K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
11K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
11K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
11K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
11K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
12K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
12K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
12K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
12K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
13K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
13K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
13K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
13K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
14K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
14K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
14K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
14K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005
15K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
15K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
15K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
15K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
16K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
16K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
16K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
16K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
17K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
17K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
17K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005
17K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
18K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
18K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
18K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
18K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
19K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005
19K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
19K+5	R	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0009	0.0011	0.0012	0.0013
19K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
20K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
20K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
20K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
20K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
21K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
21K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
21K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
21K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
22K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
22K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
22K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
22K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
23K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
23K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
23K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
23K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
24K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
24K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
24K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
24K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
25K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
25K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
25K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
25K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
26K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
26K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
26K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
26K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
27K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
27K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
27K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
27K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
28K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
28K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
28K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
28K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
29K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
29K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
29K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
29K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
30K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
30K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
30K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
30K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
31K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
31K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
31K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
31K+5	L	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009
32K+0	R	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004
32K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007
32K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006
32K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
33K+0	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011
33K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
33K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
33K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
34K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005
34K+0	L	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003
34K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
34K+5	L	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003
35K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
35K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
35K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
35K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
36K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
36K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
36K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
36K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
37K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
37K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007
37K+5	R	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015
37K+5	L	0.0242	0.0269	0.0298	0.0331	0.0367	0.0406	0.0450	0.0499	0.0552	0.0611	0.0675	0.0746	0.0823	0.0908	0.1000	0.1101	0.1210	0.1329	0.1457	0.1596
38K+0	R	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009
38K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
38K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
38K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
39K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
39K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
39K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004
39K+5	L	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014
40K+0	R	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015
40K+0	L	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
40K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
40K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
41K+0	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
41K+0	L	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
41K+5	R	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023
41K+5	L	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0025	0.0027	0.0031	0.0034	0.0038	0.0042	0.0047	0.0052	0.0058
42K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007
42K+0	L	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015
42K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004
42K+5	L																				
43K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004
43K+0	L	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
43K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
43K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004
44K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
44K+0	L	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
44K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
44K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
45K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
45K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008
45K+5	R	0.0053	0.0059	0.0065	0.0073	0.0081	0.0090	0.0100	0.0111	0.0123	0.0137	0.0152	0.0169	0.0188	0.0209	0.0232	0.0258	0.0286	0.0317	0.0352	0.0390
45K+5	L	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004
46K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
46K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
46K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004
46K+5	L	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004
47K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
47K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
47K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
47K+5	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
48K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007
48K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007
48K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004
48K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004
49K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007
49K+0	L	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
49K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006
49K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
50K+0	R	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
50K+0	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
50K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005
50K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005
51K+0	R	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
51K+0	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
51K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008
51K+5	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
52K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
52K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
52K+5	R	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
52K+5	L	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033
53K+0	R	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0025	0.0027	0.0030	0.0034	0.0038	0.0042	0.0047	0.0052	0.0058	0.0064	0.0071	0.0079	0.0088	0.0098
53K+0	L																				
53K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005
53K+5	L	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
54K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
54K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
54K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
54K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
55K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
55K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
55K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
55K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
56K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
56K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
56K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
56K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
57K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
57K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
57K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
57K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
58K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
58K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
58K+5	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
58K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
59K+0	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
59K+0	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
59K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008
59K+5	L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011
60K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009
60K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007
60K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006
60K+5	L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
61K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008
61K+0	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0023
61K+5	R	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0048
61K+5	L	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021
62K+0	R	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018
62K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007
62K+5	R	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
62K+5	L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
63K+0	R	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0048
63K+0	L	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021
63K+5	R	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0024	0.0026	0.0029	0.0033	0.0036	0.0040	0.0045
63K+5	L	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0025	0.0027	0.0030	0.0034	0.0038	0.0042	0.0047	0.0052
64K+0	R	0.1477	0.1617	0.1767	0.1929	0.2101	0.2284	0.2479	0.2684	0.2899	0.3125	0.3359	0.3602	0.3853	0.4109	0.4371	0.4636	0.4903	0.5171	0.5438	0.5702
64K+0	L	0.0023	0.0025	0.0028	0.0032	0.0035	0.0039	0.0043	0.0048	0.0054	0.0060	0.0066	0.0074	0.0082	0.0091	0.0102	0.0113	0.0126	0.0140	0.0155	0.0173
64K+5	R	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023	0.0026	0.0029	0.0032	0.0035	0.0039	0.0044
64K+5	L																				
65K+0	R	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014
65K+0	L	0.0487	0.0539	0.0597	0.0660	0.0729	0.0804	0.0887	0.0978	0.1077	0.1184	0.1300	0.1427	0.1563	0.1709	0.1866	0.2035	0.2214	0.2404	0.2605	0.2816
65K+5	R	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0025	0.0028	0.0031
65K+5	L	0.0529	0.0585	0.0647	0.0715	0.0790	0.0871	0.0960	0.1057	0.1163	0.1278	0.1402	0.1536	0.1681	0.1836	0.2002	0.2179	0.2367	0.2566	0.2776	0.2996

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
66K+0	R	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041
66K+0	L																				
66K+5	R	0.0020	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035	0.0038	0.0043	0.0048	0.0053	0.0059	0.0066	0.0073	0.0081	0.0090	0.0100	0.0111	0.0124	0.0138	0.0153
66K+5	L																				
67K+0	R	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023	0.0026	0.0029	0.0032	0.0035	0.0039	0.0044
67K+0	L																				
67K+5	R																				
67K+5	L	0.0487	0.0539	0.0597	0.0660	0.0729	0.0804	0.0887	0.0978	0.1077	0.1184	0.1300	0.1427	0.1563	0.1709	0.1866	0.2035	0.2214	0.2404	0.2605	0.2816
68K+0	R	0.0009	0.0009	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0025	0.0028	0.0031	0.0034	0.0038	0.0042	0.0047	0.0053	0.0058	0.0065
68K+0	L																				
68K+5	R	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023	0.0026	0.0029	0.0032	0.0036
68K+5	L																				
69K+0	R	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015
69K+0	L																				
69K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009
69K+5	L																				
70K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008
70K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009
70K+5	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
70K+5	L																				
71K+0	R	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014
71K+0	L																				
71K+5	R	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
71K+5	L	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015
72K+0	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
72K+0	L																				
72K+5	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011
72K+5	L	0.0486	0.0538	0.0595	0.0658	0.0727	0.0802	0.0885	0.0975	0.1074	0.1181	0.1297	0.1423	0.1559	0.1705	0.1862	0.2030	0.2209	0.2399	0.2599	0.2811
73K+0	R	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0025	0.0028	0.0031	0.0034	0.0038
73K+0	L																				
73K+5	R	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0021	0.0024
73K+5	L																				
74K+0	R	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0025	0.0027

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
74K+0	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0024
74K+5	R	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023	0.0026	0.0029	0.0032	0.0036
74K+5	L																				
75K+0	R	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030
75K+0	L																				
75K+5	R	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025
75K+5	L	0.0358	0.0396	0.0439	0.0486	0.0539	0.0596	0.0659	0.0728	0.0803	0.0886	0.0977	0.1075	0.1183	0.1299	0.1425	0.1561	0.1707	0.1864	0.2032	0.2211
76K+0	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
76K+0	L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
76K+5	R	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041
76K+5	L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
77K+0	R	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025
77K+0	L	0.0358	0.0396	0.0439	0.0486	0.0539	0.0596	0.0659	0.0728	0.0803	0.0886	0.0977	0.1075	0.1183	0.1299	0.1425	0.1561	0.1707	0.1864	0.2032	0.2211
77K+5	R	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
77K+5	L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
78K+0	R	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
78K+0	L																				
78K+5	R	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
78K+5	L																				
79K+0	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
79K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
79K+5	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
79K+5	L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
80K+0	R	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0048	0.0053	0.0059	0.0066	0.0073
80K+0	L	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0048	0.0053	0.0059	0.0066	0.0073
80K+5	R	0.0018	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041	0.0046	0.0051	0.0057	0.0063	0.0070	0.0078	0.0087	0.0096	0.0107	0.0119	0.0133
80K+5	L	0.0018	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041	0.0046	0.0051	0.0057	0.0063	0.0070	0.0078	0.0087	0.0096	0.0107	0.0119	0.0133
81K+0	R	0.0018	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041	0.0046	0.0051	0.0057	0.0063	0.0070	0.0078	0.0087	0.0096	0.0107	0.0119	0.0133
81K+0	L	0.0018	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041	0.0046	0.0051	0.0057	0.0063	0.0070	0.0078	0.0087	0.0096	0.0107	0.0119	0.0133
81K+5	R	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023	0.0026	0.0029	0.0032	0.0035	0.0039	0.0044	0.0049	0.0054
81K+5	L	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023	0.0026	0.0029	0.0032	0.0035	0.0039	0.0044	0.0049	0.0054
82K+0	R	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0048	0.0054	0.0060	0.0066	0.0074
82K+0	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
82K+5	R	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
82K+5	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
83K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
83K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
83K+5	R	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023	0.0026	0.0029	0.0032	0.0035	0.0039	0.0044	0.0049	0.0054
83K+5	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
84K+0	R	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0024	0.0026	0.0029	0.0033	0.0036	0.0040	0.0045	0.0050
84K+0	L																				
84K+5	R	0.0018	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041	0.0046	0.0051	0.0057	0.0063	0.0070	0.0078	0.0087	0.0096	0.0107	0.0119	0.0133
84K+5	L																				
85K+0	R	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0014	0.0015	0.0017	0.0019	0.0021	0.0023	0.0026	0.0029	0.0032	0.0035	0.0039	0.0044	0.0049	0.0054
85K+0	L	0.0733	0.0809	0.0892	0.0983	0.1082	0.1190	0.1307	0.1433	0.1570	0.1717	0.1875	0.2044	0.2223	0.2414	0.2616	0.2828	0.3050	0.3282	0.3522	0.3771
85K+5	R	0.0018	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041	0.0046	0.0051	0.0057	0.0063	0.0070	0.0078	0.0087	0.0096	0.0107	0.0119	0.0133
85K+5	L	0.0018	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041	0.0046	0.0051	0.0057	0.0063	0.0070	0.0078	0.0087	0.0096	0.0107	0.0119	0.0133
86K+0	R	0.0016	0.0018	0.0020	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0048	0.0053	0.0059	0.0066	0.0073	0.0082	0.0091	0.0101	0.0112	0.0125
86K+0	L	0.0016	0.0018	0.0020	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0048	0.0053	0.0059	0.0066	0.0073	0.0082	0.0091	0.0101	0.0112	0.0125
86K+5	R																				
86K+5	L																				
87K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007
87K+0	L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
87K+5	R	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041
87K+5	L	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041
88K+0	R	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025
88K+0	L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
88K+5	R	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
88K+5	L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
89K+0	R	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
89K+0	L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
89K+5	R	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
89K+5	L	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041
90K+0	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
90K+0	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
90K+5	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010

臺 14 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
90K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004
91K+0	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
91K+0	L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
91K+5	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007
91K+5	L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
92K+0	R	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
92K+0	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0012	0.0013	0.0014	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
92K+5	R	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
92K+5	L	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
93K+0	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
93K+0	L	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
93K+5	R	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041
93K+5	L	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041
94K+0	R	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0013	0.0014	0.0016	0.0017	0.0019	0.0022	0.0024	0.0027	0.0030	0.0033	0.0037	0.0041
94K+0	L	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022
94K+5	R	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017
94K+5	L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007
95K+0	R	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
95K+0	L	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025
95K+5	R	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010
95K+5	L	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025
96K+0	R	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007
96K+0	L																				
96K+5	R	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0008	0.0009	0.0010
96K+5	L																				
97K+0	R	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025
97K+0	L																				
97K+5	R	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025
97K+5	L	0.0358	0.0396	0.0439	0.0486	0.0539	0.0596	0.0659	0.0728	0.0803	0.0886	0.0977	0.1075	0.1183	0.1299	0.1425	0.1561	0.1707	0.1864	0.2032	0.2211
98K+0	R	0.0003	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025
98K+0	L	0.0358	0.0396	0.0439	0.0486	0.0539	0.0596	0.0659	0.0728	0.0803	0.0886	0.0977	0.1075	0.1183	0.1299	0.1425	0.1561	0.1707	0.1864	0.2032	0.2211
98K+5	R	0.0005	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009	0.0010	0.0011	0.0012	0.0013	0.0015	0.0017	0.0018	0.0021	0.0023	0.0025	0.0028	0.0031	0.0035
98K+5	L	0.0358	0.0396	0.0439	0.0486	0.0539	0.0596	0.0659	0.0728	0.0803	0.0886	0.0977	0.1075	0.1183	0.1299	0.1425	0.1561	0.1707	0.1864	0.2032	0.2211

附錄二

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
0.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
0.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
0.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
0.5K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
1.0K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
1.0K	L	0.0603	0.0691	0.079	0.0902	0.1028	0.117	0.1329	0.1505	0.17	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
1.5K	R	0.0603	0.0691	0.079	0.0902	0.1028	0.117	0.1329	0.1505	0.17	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
1.5K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
2.0K	R	0.0603	0.0691	0.079	0.0902	0.1028	0.117	0.1329	0.1505	0.17	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
2.0K	L	0.0603	0.0691	0.079	0.0902	0.1028	0.117	0.1329	0.1505	0.17	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
2.5K	R	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
2.5K	L	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
3.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
3.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
3.5K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.183	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.382	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
3.5K	L	0.1266	0.1435	0.1623	0.183	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.382	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
4.0K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.183	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.382	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
4.0K	L	0.1266	0.1435	0.1623	0.183	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.382	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
4.5K	R	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
4.5K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
5.0K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.183	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.382	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
5.0K	L	0.1128	0.1282	0.1453	0.1642	0.1851	0.208	0.2329	0.2598	0.2886	0.3193	0.3516	0.3853	0.4202	0.4559	0.492	0.5283	0.5642	0.5995	0.6337	0.6667
5.5K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.183	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.382	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
5.5K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
6.0K	R	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.36	0.3941	0.4292	0.465	0.5012	0.5374
6.0K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
6.5K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
6.5K	L	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
7.0K	R	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.36	0.3941	0.4292	0.465	0.5012	0.5374
7.0K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
7.5K	R	0.1128	0.1282	0.1453	0.1642	0.1851	0.208	0.2329	0.2598	0.2886	0.3193	0.3516	0.3853	0.4202	0.4559	0.492	0.5283	0.5642	0.5995	0.6337	0.6667
7.5K	L	0.1128	0.1282	0.1453	0.1642	0.1851	0.208	0.2329	0.2598	0.2886	0.3193	0.3516	0.3853	0.4202	0.4559	0.492	0.5283	0.5642	0.5995	0.6337	0.6667
8.0K	R	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.41	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
8.0K	L	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.36	0.3941	0.4292	0.465	0.5012	0.5374
8.5K	R	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.41	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
8.5K	L	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.41	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
9.0K	R	0.0625	0.0715	0.0818	0.0933	0.1064	0.1209	0.1372	0.1553	0.1753	0.1973	0.2213	0.2473	0.2752	0.3051	0.3367	0.3698	0.4042	0.4395	0.4755	0.5117
9.0K	L	0.1091	0.124	0.1407	0.1591	0.1795	0.2019	0.2263	0.2526	0.281	0.3112	0.3431	0.3765	0.4111	0.4466	0.4827	0.5189	0.555	0.5904	0.625	0.6583
9.5K	R	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
9.5K	L	0.11	0.1251	0.1418	0.1604	0.1809	0.2034	0.2279	0.2544	0.2829	0.3132	0.3452	0.3787	0.4134	0.4489	0.485	0.5213	0.5573	0.5927	0.6272	0.6604
10.0K	R	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
10.0K	L	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
10.5K	R	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.41	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
10.5K	L	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
11.0K	R	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
11.0K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
11.5K	R	0.0625	0.0715	0.0818	0.0933	0.1064	0.1209	0.1372	0.1553	0.1753	0.1973	0.2213	0.2473	0.2752	0.3051	0.3367	0.3698	0.4042	0.4395	0.4755	0.5117
11.5K	L	0.0625	0.0715	0.0818	0.0933	0.1064	0.1209	0.1372	0.1553	0.1753	0.1973	0.2213	0.2473	0.2752	0.3051	0.3367	0.3698	0.4042	0.4395	0.4755	0.5117
12.0K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
12.0K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
12.5K	R	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
12.5K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
13.0K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
13.0K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.105	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.472	0.5082	0.5444
13.5K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
13.5K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
14.0K	R	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.36	0.3941	0.4292	0.465	0.5012	0.5374
14.0K	L	0.0608	0.0697	0.0797	0.091	0.1037	0.118	0.1339	0.1517	0.1713	0.1929	0.2165	0.2421	0.2697	0.2992	0.3304	0.3633	0.3974	0.4326	0.4685	0.5047
14.5K	R	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.41	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
14.5K	L	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
15.0K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
15.0K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
15.5K	R	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.36	0.3941	0.4292	0.465	0.5012	0.5374
15.5K	L	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.36	0.3941	0.4292	0.465	0.5012	0.5374
16.0K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.183	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.382	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
16.0K	L	0.0625	0.0715	0.0818	0.0933	0.1064	0.1209	0.1372	0.1553	0.1753	0.1973	0.2213	0.2473	0.2752	0.3051	0.3367	0.3698	0.4042	0.4395	0.4755	0.5117

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
16.5K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
16.5K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
17.0K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
17.0K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
17.5K	R	0.0603	0.0691	0.079	0.0902	0.1028	0.117	0.1329	0.1505	0.17	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
17.5K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
18.0K	R	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
18.0K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
18.5K	R	0.0603	0.0691	0.079	0.0902	0.1028	0.117	0.1329	0.1505	0.17	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
18.5K	L	0.0603	0.0691	0.079	0.0902	0.1028	0.117	0.1329	0.1505	0.17	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
19.0K	R	0.0603	0.0691	0.079	0.0902	0.1028	0.117	0.1329	0.1505	0.17	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
19.0K	L	0.0682	0.078	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.168	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
19.5K	R	0.0473	0.0543	0.0622	0.0712	0.0815	0.093	0.106	0.1205	0.1367	0.1548	0.1747	0.1966	0.2205	0.2465	0.2744	0.3042	0.3357	0.3688	0.4032	0.4385
19.5K	L	0.0536	0.0614	0.0703	0.0804	0.0918	0.1046	0.119	0.1351	0.153	0.1727	0.1944	0.2181	0.2439	0.2716	0.3012	0.3326	0.3656	0.3998	0.4351	0.471
20.0K	R	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
20.0K	L	0.1225	0.139	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.25	0.2782	0.3082	0.34	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
20.5K	R	0.0419	0.0481	0.0552	0.0633	0.0724	0.0828	0.0945	0.1077	0.1224	0.1389	0.1572	0.1773	0.1995	0.2237	0.2499	0.278	0.308	0.3398	0.373	0.4075
20.5K	L	0.0419	0.0481	0.0552	0.0633	0.0724	0.0828	0.0945	0.1077	0.1224	0.1389	0.1572	0.1773	0.1995	0.2237	0.2499	0.278	0.308	0.3398	0.373	0.4075
21.0K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
21.0K	L	0.1556	0.1756	0.1976	0.2216	0.2476	0.2756	0.3055	0.3371	0.3702	0.4046	0.44	0.476	0.5122	0.5483	0.5839	0.6187	0.6523	0.6844		
21.5K	R	0.2686	0.298	0.3292	0.362	0.3961	0.4313	0.4672	0.5034	0.5395	0.5753	0.6103	0.6442	0.6767							
21.5K	L	0.1736	0.1954	0.2192	0.245	0.2728	0.3025	0.334	0.367	0.4013	0.4365	0.4725	0.5087	0.5449	0.5805	0.6154	0.6491	0.6814			
22.0K	R	0.1145	0.1301	0.1474	0.1666	0.1877	0.2108	0.2359	0.2631	0.2921	0.323	0.3555	0.3894	0.4244	0.4601	0.4963	0.5325	0.5684	0.6035	0.6377	0.6705
22.0K	L	0.0689	0.0788	0.09	0.1026	0.1167	0.1325	0.1501	0.1696	0.191	0.2144	0.2398	0.2672	0.2966	0.3277	0.3604	0.3945	0.4296	0.4654	0.5016	0.5378
22.5K	R	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
22.5K	L	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
23.0K	R	0.1556	0.1756	0.1976	0.2216	0.2476	0.2756	0.3055	0.3371	0.3702	0.4046	0.44	0.476	0.5122	0.5483	0.5839	0.6187	0.6523	0.6844		
23.0K	L	0.1556	0.1756	0.1976	0.2216	0.2476	0.2756	0.3055	0.3371	0.3702	0.4046	0.44	0.476	0.5122	0.5483	0.5839	0.6187	0.6523	0.6844		
23.5K	R	0.1736	0.1954	0.2192	0.245	0.2728	0.3025	0.334	0.367	0.4013	0.4365	0.4725	0.5087	0.5449	0.5805	0.6154	0.6491	0.6814			
23.5K	L	0.0858	0.0979	0.1115	0.1267	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3485	0.3821	0.4169	0.4525	0.4886	0.5249	0.5609	0.5962
24.0K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
24.0K	L	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
24.5K	R	0.141	0.1595	0.1799	0.2023	0.2267	0.2531	0.2815	0.3117	0.3437	0.3771	0.4117	0.4472	0.4833	0.5195	0.5556	0.591	0.6256	0.6589	0.6907	

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
24.5K	L	0.1576	0.1778	0.2	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.516	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877		
25.0K	R	0.141	0.1595	0.1799	0.2023	0.2267	0.2531	0.2815	0.3117	0.3437	0.3771	0.4117	0.4472	0.4833	0.5195	0.5556	0.591	0.6256	0.6589	0.6907	
25.0K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
25.5K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
25.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
26.0K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
26.0K	L	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
26.5K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
26.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
27.0K	R	0.1519	0.1716	0.1932	0.2168	0.2424	0.27	0.2996	0.3308	0.3637	0.3979	0.4331	0.469	0.5052	0.5414	0.5771	0.612	0.6459	0.6783		
27.0K	L	0.1696	0.191	0.2144	0.2399	0.2673	0.2966	0.3277	0.3605	0.3945	0.4296	0.4655	0.5017	0.5379	0.5737	0.6087	0.6427	0.6752			
27.5K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
27.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
28.0K	R	0.0758	0.0866	0.0988	0.1124	0.1278	0.1448	0.1637	0.1845	0.2074	0.2322	0.2591	0.2879	0.3185	0.3508	0.3845	0.4193	0.455	0.4911	0.5274	0.5633
28.0K	L	0.0671	0.0768	0.0877	0.1	0.1139	0.1293	0.1466	0.1656	0.1867	0.2097	0.2347	0.2618	0.2908	0.3215	0.354	0.3878	0.4227	0.4585	0.4946	0.5308
28.5K	R	0.0671	0.0768	0.0877	0.1	0.1139	0.1293	0.1466	0.1656	0.1867	0.2097	0.2347	0.2618	0.2908	0.3215	0.354	0.3878	0.4227	0.4585	0.4946	0.5308
28.5K	L	0.0758	0.0866	0.0988	0.1124	0.1278	0.1448	0.1637	0.1845	0.2074	0.2322	0.2591	0.2879	0.3185	0.3508	0.3845	0.4193	0.455	0.4911	0.5274	0.5633
29.0K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
29.0K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
29.5K	R	0.0858	0.0979	0.1115	0.1267	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3485	0.3821	0.4169	0.4525	0.4886	0.5249	0.5609	0.5962
29.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
30.0K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
30.0K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
30.5K	R	0.0858	0.0979	0.1115	0.1267	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3485	0.3821	0.4169	0.4525	0.4886	0.5249	0.5609	0.5962
30.5K	L	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
31.0K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
31.0K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
31.5K	R	0.0689	0.0788	0.09	0.1026	0.1167	0.1325	0.1501	0.1696	0.191	0.2144	0.2398	0.2672	0.2966	0.3277	0.3604	0.3945	0.4296	0.4654	0.5016	0.5378
31.5K	L	0.0689	0.0788	0.09	0.1026	0.1167	0.1325	0.1501	0.1696	0.191	0.2144	0.2398	0.2672	0.2966	0.3277	0.3604	0.3945	0.4296	0.4654	0.5016	0.5378
32.0K	R	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
32.0K	L	0.0612	0.07	0.0801	0.0915	0.1043	0.1186	0.1346	0.1524	0.1721	0.1938	0.2174	0.2431	0.2708	0.3004	0.3317	0.3646	0.3988	0.434	0.4699	0.5062
32.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
32.5K	L	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
33.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
33.0K	L	0.0858	0.0979	0.1115	0.1267	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3485	0.3821	0.4169	0.4525	0.4886	0.5249	0.5609	0.5962
33.5K	R	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
33.5K	L	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
34.0K	R	0.0662	0.0757	0.0865	0.0987	0.1124	0.1277	0.1447	0.1636	0.1845	0.2073	0.2321	0.259	0.2877	0.3184	0.3506	0.3843	0.4192	0.4548	0.491	0.5272
34.0K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
34.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
34.5K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
35.0K	R	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
35.0K	L	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
35.5K	R	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.484	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	
35.5K	L	0.1314	0.1489	0.1682	0.1895	0.2127	0.238	0.2653	0.2946	0.3256	0.3582	0.3922	0.4272	0.463	0.4992	0.5354	0.5712	0.6063	0.6404	0.6731	
36.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
36.0K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
36.5K	R	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
36.5K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
37.0K	R	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
37.0K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
37.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
37.5K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
38.0K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
38.0K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
38.5K	R	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.409	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.623	0.6564	0.6883		
38.5K	L	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.484	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	
39.0K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
39.0K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
39.5K	R	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.484	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	
39.5K	L	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.409	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.623	0.6564	0.6883		
40.0K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
40.0K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
40.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
40.5K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
41.0K	R	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.409	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.623	0.6564	0.6883		

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
41.0K	L	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.409	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.623	0.6564	0.6883		
41.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
41.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
42.0K	R	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3486	0.3822	0.417	0.4526	0.4887	0.5249	0.5609	0.5963	0.6306	0.6637	0.6953	
42.0K	L	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.484	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	
42.5K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
42.5K	L	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
43.0K	R	0.1576	0.1778	0.2	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.516	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877		
43.0K	L	0.1576	0.1778	0.2	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.516	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877		
43.5K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
43.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
44.0K	R	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
44.0K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
44.5K	R	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.484	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	
44.5K	L	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.409	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.623	0.6564	0.6883		
45.0K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
45.0K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
45.5K	R	0.2092	0.2342	0.2612	0.2901	0.3209	0.3533	0.3871	0.422	0.4577	0.4939	0.5301	0.566	0.6012	0.6354	0.6683	0.6997				
45.5K	L	0.2235	0.2496	0.2778	0.3078	0.3395	0.3727	0.4072	0.4427	0.4787	0.5149	0.551	0.5866	0.6212	0.6547	0.6867					
46.0K	R	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
46.0K	L	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
46.5K	R	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
46.5K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
47.0K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
47.0K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
47.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
47.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.181	0.2035	0.228	0.2545	0.283	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
48.0K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
48.0K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
48.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
48.5K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
49.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
49.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
49.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
49.5K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
50.0K	R	0.0751	0.0859	0.0979	0.1115	0.1267	0.1437	0.1624	0.1831	0.2058	0.2306	0.2573	0.286	0.3165	0.3486	0.3823	0.417	0.4527	0.4888	0.525	0.561
50.0K	L	0.084	0.0959	0.1092	0.1242	0.1408	0.1593	0.1797	0.2021	0.2264	0.2529	0.2812	0.3114	0.3434	0.3768	0.4114	0.4469	0.483	0.5192	0.5552	0.5907
50.5K	R	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.409	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.623	0.6564	0.6883		
50.5K	L	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.484	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	
51.0K	R	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
51.0K	L	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
51.5K	R	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
51.5K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
52.0K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.338	0.3712	0.4056	0.441	0.477	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
52.0K	L	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
52.5K	R	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
52.5K	L	0.0662	0.0757	0.0865	0.0987	0.1124	0.1277	0.1447	0.1636	0.1845	0.2073	0.2321	0.259	0.2877	0.3184	0.3506	0.3843	0.4192	0.4548	0.491	0.5272
53.0K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
53.0K	L	0.1023	0.1164	0.1321	0.1497	0.1691	0.1904	0.2138	0.2392	0.2666	0.2959	0.327	0.3596	0.3937	0.4288	0.4646	0.5008	0.537	0.5728	0.6079	0.6418
53.5K	R	0.1551	0.1751	0.197	0.221	0.247	0.2749	0.3048	0.3363	0.3694	0.4038	0.4392	0.4751	0.5114	0.5475	0.5831	0.6179	0.6515	0.6837		
53.5K	L	0.1103	0.1253	0.1421	0.1607	0.1813	0.2038	0.2283	0.2549	0.2834	0.3137	0.3458	0.3793	0.414	0.4495	0.4856	0.5219	0.5579	0.5933	0.6277	0.661
54.0K	R	0.247	0.275	0.3048	0.3364	0.3695	0.4039	0.4392	0.4752	0.5114	0.5475	0.5832	0.6179	0.6515	0.6837						
54.0K	L	0.247	0.275	0.3048	0.3364	0.3695	0.4039	0.4392	0.4752	0.5114	0.5475	0.5832	0.6179	0.6515	0.6837						
54.5K	R	0.095	0.1083	0.1231	0.1396	0.158	0.1782	0.2005	0.2247	0.251	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.409	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
54.5K	L	0.1551	0.1751	0.197	0.221	0.247	0.2749	0.3048	0.3363	0.3694	0.4038	0.4392	0.4751	0.5114	0.5475	0.5831	0.6179	0.6515	0.6837		
55.0K	R	0.385	0.4199	0.4556	0.4917	0.5279	0.5639	0.5992	0.6334	0.6664	0.6978										
55.0K	L	0.3545	0.3883	0.4233	0.459	0.4952	0.5314	0.5673	0.6025	0.6367	0.6695										
55.5K	R	0.2368	0.264	0.2931	0.3241	0.3566	0.3905	0.4255	0.4613	0.4975	0.5337	0.5696	0.6047	0.6388	0.6715						
55.5K	L	0.2595	0.2883	0.319	0.3513	0.385	0.4198	0.4555	0.4917	0.5279	0.5638	0.5991	0.6334	0.6664	0.6978						
56.0K	R	0.3566	0.3906	0.4256	0.4614	0.4975	0.5338	0.5696	0.6047	0.6388	0.6716										
56.0K	L	0.3272	0.3599	0.3939	0.429	0.4648	0.501	0.5372	0.573	0.6081	0.6421	0.6747									
56.5K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
56.5K	L	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
57.0K	R	0.1576	0.1778	0.2	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.516	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877		
57.0K	L	0.1576	0.1778	0.2	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.516	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877		
57.5K	R	0.2267	0.2532	0.2815	0.3118	0.3437	0.3771	0.4118	0.4473	0.4833	0.5196	0.5556	0.5911	0.6256	0.6589	0.6907					

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
57.5K	L	0.2267	0.2532	0.2815	0.3118	0.3437	0.3771	0.4118	0.4473	0.4833	0.5196	0.5556	0.5911	0.6256	0.6589	0.6907					
58.0K	R	0.1576	0.1778	0.2	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.516	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877		
58.0K	L	0.141	0.1595	0.1799	0.2023	0.2267	0.2531	0.2815	0.3117	0.3437	0.3771	0.4117	0.4472	0.4833	0.5195	0.5556	0.591	0.6256	0.6589	0.6907	
58.5K	R	0.2267	0.2532	0.2815	0.3118	0.3437	0.3771	0.4118	0.4473	0.4833	0.5196	0.5556	0.5911	0.6256	0.6589	0.6907					
58.5K	L	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4152	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5945	0.6289	0.6621	0.6937				
59.0K	R	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.445	0.481	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887					
59.0K	L	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.445	0.481	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887					
59.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
59.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
60.0K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
60.0K	L	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
60.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
60.5K	L	0.1551	0.1751	0.197	0.221	0.247	0.2749	0.3048	0.3363	0.3694	0.4038	0.4392	0.4751	0.5114	0.5475	0.5831	0.6179	0.6515	0.6837		
61.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
61.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
61.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
61.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
62.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
62.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
62.5K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
62.5K	L	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
63.0K	R	0.2031	0.2275	0.254	0.2825	0.3128	0.3448	0.3782	0.4129	0.4484	0.4845	0.5207	0.5568	0.5922	0.6267	0.66	0.6917				
63.0K	L	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.445	0.481	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887					
63.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
63.5K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
64.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
64.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
64.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
64.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
65.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
65.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
65.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
65.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
66.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
66.0K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
66.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
66.5K	L	0.0591	0.0676	0.0774	0.0884	0.1008	0.1147	0.1303	0.1476	0.1668	0.188	0.2111	0.2363	0.2635	0.2926	0.3235	0.356	0.3899	0.4249	0.4606	0.4968
67.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
67.0K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
67.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
67.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
68.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
68.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
68.5K	R	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.445	0.481	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887					
68.5K	L	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.445	0.481	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887					
69.0K	R	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.284	0.3144	0.3464	0.38	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.594	0.6284	0.6616	0.6933	
69.0K	L	0.2031	0.2275	0.254	0.2825	0.3128	0.3448	0.3782	0.4129	0.4484	0.4845	0.5207	0.5568	0.5922	0.6267	0.66	0.6917				
69.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
69.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
70.0K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
70.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
70.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
70.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
71.0K	R	0.0591	0.0676	0.0774	0.0884	0.1008	0.1147	0.1303	0.1476	0.1668	0.188	0.2111	0.2363	0.2635	0.2926	0.3235	0.356	0.3899	0.4249	0.4606	0.4968
71.0K	L	0.1023	0.1164	0.1321	0.1497	0.1691	0.1904	0.2138	0.2392	0.2666	0.2959	0.327	0.3596	0.3937	0.4288	0.4646	0.5008	0.537	0.5728	0.6079	0.6418
71.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
71.5K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
72.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
72.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
72.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
72.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
73.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
73.0K	L	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
73.5K	R	0.0612	0.07	0.0801	0.0915	0.1043	0.1186	0.1346	0.1524	0.1721	0.1938	0.2174	0.2431	0.2708	0.3004	0.3317	0.3646	0.3988	0.434	0.4699	0.5062
73.5K	L	0.0612	0.07	0.0801	0.0915	0.1043	0.1186	0.1346	0.1524	0.1721	0.1938	0.2174	0.2431	0.2708	0.3004	0.3317	0.3646	0.3988	0.434	0.4699	0.5062
74.0K	R	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
74.0K	L	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
74.5K	R	0.1272	0.1442	0.163	0.1838	0.2065	0.2313	0.2581	0.2868	0.3174	0.3496	0.3833	0.4181	0.4537	0.4899	0.5261	0.562	0.5974	0.6317	0.6648	0.6963
74.5K	L	0.1272	0.1442	0.163	0.1838	0.2065	0.2313	0.2581	0.2868	0.3174	0.3496	0.3833	0.4181	0.4537	0.4899	0.5261	0.562	0.5974	0.6317	0.6648	0.6963
75.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
75.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
75.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
75.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
76.0K	R	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.284	0.3144	0.3464	0.38	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.594	0.6284	0.6616	0.6933	
76.0K	L	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.284	0.3144	0.3464	0.38	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.594	0.6284	0.6616	0.6933	
76.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
76.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
77.0K	R	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2917	0.3225	0.355	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.603	0.6371	0.67		
77.0K	L	0.1314	0.1489	0.1682	0.1895	0.2127	0.238	0.2653	0.2946	0.3256	0.3582	0.3922	0.4272	0.463	0.4992	0.5354	0.5712	0.6063	0.6404	0.6731	
77.5K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
77.5K	L	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.544	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806			
78.0K	R	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2917	0.3225	0.355	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.603	0.6371	0.67		
78.0K	L	0.1272	0.1442	0.163	0.1838	0.2065	0.2313	0.2581	0.2868	0.3174	0.3496	0.3833	0.4181	0.4537	0.4899	0.5261	0.562	0.5974	0.6317	0.6648	0.6963
78.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
78.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
79.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
79.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
79.5K	R	0.2368	0.264	0.2931	0.3241	0.3566	0.3905	0.4255	0.4613	0.4975	0.5337	0.5696	0.6047	0.6388	0.6715						
79.5K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
80.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
80.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
80.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
80.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
81.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
81.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
81.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
81.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
82.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
82.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
82.5K	R	0.1314	0.1489	0.1682	0.1895	0.2127	0.238	0.2653	0.2946	0.3256	0.3582	0.3922	0.4272	0.463	0.4992	0.5354	0.5712	0.6063	0.6404	0.6731	
82.5K	L	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2917	0.3225	0.355	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.603	0.6371	0.67		
83.0K	R	0.2436	0.2713	0.301	0.3323	0.3652	0.3995	0.4347	0.4706	0.5069	0.543	0.5787	0.6136	0.6474	0.6797						
83.0K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
83.5K	R	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.445	0.481	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887					
83.5K	L	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.284	0.3144	0.3464	0.38	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.594	0.6284	0.6616	0.6933	
84.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
84.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
84.5K	R	0.2092	0.2342	0.2612	0.2901	0.3209	0.3533	0.3871	0.422	0.4577	0.4939	0.5301	0.566	0.6012	0.6354	0.6683	0.6997				
84.5K	L	0.2092	0.2342	0.2612	0.2901	0.3209	0.3533	0.3871	0.422	0.4577	0.4939	0.5301	0.566	0.6012	0.6354	0.6683	0.6997				
85.0K	R	0.2317	0.2585	0.2873	0.3178	0.3501	0.3838	0.4186	0.4542	0.4904	0.5266	0.5625	0.5979	0.6322	0.6652	0.6967					
85.0K	L	0.2092	0.2342	0.2612	0.2901	0.3209	0.3533	0.3871	0.422	0.4577	0.4939	0.5301	0.566	0.6012	0.6354	0.6683	0.6997				
85.5K	R	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
85.5K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
86.0K	R	0.2317	0.2585	0.2873	0.3178	0.3501	0.3838	0.4186	0.4542	0.4904	0.5266	0.5625	0.5979	0.6322	0.6652	0.6967					
86.0K	L	0.2317	0.2585	0.2873	0.3178	0.3501	0.3838	0.4186	0.4542	0.4904	0.5266	0.5625	0.5979	0.6322	0.6652	0.6967					
86.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
86.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
87.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
87.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
87.5K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
87.5K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
88.0K	R	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
88.0K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
88.5K	R	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
88.5K	L	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.233	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.456	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
89.0K	R	0.088	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
89.0K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
89.5K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
89.5K	L	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
90.0K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.35	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	
90.0K	L	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
90.5K	R	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		

臺 18 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
90.5K	L	0.1614	0.182	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.662	0.6937		
91.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
91.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
91.5K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
91.5K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
92.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
92.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
92.5K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
92.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
93.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
93.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
93.5K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.481	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	
93.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857		
94.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
94.0K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
94.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
94.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
95.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
95.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
95.5K	R	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.284	0.3144	0.3464	0.38	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.594	0.6284	0.6616	0.6933	
95.5K	L	0.1272	0.1442	0.163	0.1838	0.2065	0.2313	0.2581	0.2868	0.3174	0.3496	0.3833	0.4181	0.4537	0.4899	0.5261	0.562	0.5974	0.6317	0.6648	0.6963
96.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
96.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
96.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.594
96.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.202	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251

附錄三

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
0.0K	R																				
0.0K	L																				
0.5K	R																				
0.5K	L																				
1.0K	R																				
1.0K	L																				
1.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
1.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
10.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100.0K	R																				
100.0K	L																				
100.5K	R	0.0018	0.3670																		
100.5K	L	0.0009	0.2254																		
101.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
101.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
101.5K	R	0.0000	0.0008	0.2079	0.9882	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
101.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
102.0K	R																				
102.0K	L																				
102.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.1463														
102.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0792														
103.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
103.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
103.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
103.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
104.0K	R																				
104.0K	L																				
104.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.4385	
104.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
105.0K	R	0.0003	0.0778																		
105.0K	L	0.0001	0.0406																		

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
105.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
105.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
106.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038
106.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038
106.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
106.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
107.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0148		
107.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0148		
107.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038
107.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038
108.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116			
108.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0116			
108.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0038
108.5K	L																				
109.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0792														
109.0K	L	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
109.5K	R																				
109.5K	L																				
11.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
11.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
11.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110.0K	R	0.0001	0.0406																		
110.0K	L																				
110.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
111.0K	R	0.0110	0.7794																		
111.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
111.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
111.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
112.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
112.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
112.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
112.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
113.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0792														
113.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0792														
113.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
113.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
114.0K	R																				
114.0K	L	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000														
114.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.4308													
114.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.4308													
115.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
115.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
115.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
115.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
116.0K	R	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
116.0K	L	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
116.5K	R																				
116.5K	L																				
117.0K	R	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
117.0K	L	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
117.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
117.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
118.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
118.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
118.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
118.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
119.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
119.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
119.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
119.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013
12.5K	R																				
12.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
120.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0148					

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
120.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
121.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
122.0K	R																				
122.0K	L																				
122.5K	R																				
122.5K	L																				
123.0K	R																				
123.0K	L																				
123.5K	R	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
123.5K	L	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
124.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
124.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
124.5K	R																				
124.5K	L																				
125.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
125.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
125.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
125.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
126.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
126.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
127.0K	R	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
127.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
127.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
127.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
128.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
128.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
128.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
128.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
129.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
129.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
129.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
129.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13.0K	L	0.0009	0.2254																		
13.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0870															
13.5K	L	0.0000	0.0012	0.2713																	
130.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
130.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
130.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
131.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
131.0K	L	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
131.5K	R	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
131.5K	L	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
132.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
132.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
132.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
132.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
133.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
133.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
133.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
133.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
134.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
134.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
134.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
135.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0437					
135.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0437					
135.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
135.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
136.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
136.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
136.5K	R	0.0000	0.0099	0.7612																	
136.5K	L																				
137.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
137.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
137.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
137.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
138.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
138.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
138.5K	R	0.0001	0.0406																		
138.5K	L																				
139.0K	R	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
139.0K	L	0.0000	0.0000	0.0011	0.2515																
139.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
139.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14.0K	R																				
14.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
141.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
141.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
141.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
141.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
142.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
142.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0049	0.6097		
142.5K	R																				
142.5K	L																				
143.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
143.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
143.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
143.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
144.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
144.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
144.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
144.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
145.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
145.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
145.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2815	
145.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
146.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
146.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
146.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
146.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
15.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0074	0.7022														
15.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0074															
16.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003					
18.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
19.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0227	
19.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.1192
2.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.7569	

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
2.5K	R																				
2.5K	L																				
20.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.4819
20.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0343	
24.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.4819
24.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
25.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
26.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0058	0.6496
26.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
26.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
27.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
28.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0058	0.6496
28.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
28.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0978				
28.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0205					
29.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3.0K	R																				
3.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
3.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
31.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
33.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086
33.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
34.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
35.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086
35.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086
36.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0058	0.6496
36.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
36.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
37.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
37.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
37.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
37.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086
38.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
39.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0058	0.6496
41.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
42.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
43.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
44.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
44.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
44.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
44.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
45.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
46.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
46.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
46.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
46.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
47.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
47.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
47.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0076
47.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
49.5K	R	0.0018	0.3670																		
49.5K	L	0.0018	0.3670																		
5.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.2124
5.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013
5.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025
50.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
50.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0058	0.6496
51.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
52.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
53.0K	R																				
53.0K	L																				
53.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
53.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
54.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.5410														
55.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.5410														
55.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
55.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
56.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
57.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
58.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
59.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013
6.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0097	0.7569	
6.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
6.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006
60.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.5410														
60.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.5410														
60.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
61.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
63.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
63.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
63.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
63.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
64.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
64.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
64.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
64.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
65.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
65.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0170
65.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0170
65.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0170
66.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
66.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
66.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
66.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
67.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
67.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
67.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
67.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68.0K	R																				
68.0K	L																				
68.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
68.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
69.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.1623											
69.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2786											
69.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2786											
69.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.1623											
7.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.2124
7.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0012	0.2786											
70.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
71.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
71.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
71.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
71.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
72.0K	R																				
72.0K	L																				
72.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
72.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
73.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
73.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
73.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
73.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
74.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
74.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
74.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
74.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
75.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
75.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
75.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
75.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
76.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
76.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
76.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
76.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0631		
77.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
77.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
78.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
78.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.3138
78.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
78.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
79.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
79.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
79.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
79.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.2124
8.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.1189	
80.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.2120	
80.5K	R																				
80.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
81.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
81.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
81.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
81.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
82.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
83.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
83.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
83.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
83.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
84.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
84.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
84.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
84.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
85.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
85.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
85.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
85.5K	L																				
86.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
86.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
86.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
86.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
87.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
87.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
87.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.3716														
87.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.5410														
88.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0431															
88.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0221															
88.5K	R	0.0217																			
88.5K	L	0.0217																			
89.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.1597															
89.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.1597															
89.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
89.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146															

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
9.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
91.0K	R																				
91.0K	L																				
91.5K	R																				
91.5K	L																				
92.0K	R																				
92.0K	L																				
92.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
92.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
93.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
94.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
94.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
94.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
94.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0257
95.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
95.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
95.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
95.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
96.0K	R	0.0004	0.1208																		
96.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0499
96.5K	R																				
96.5K	L																				
97.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.1623											
97.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

臺 21 線各路段不同降雨條件之崩坍潛勢

里程	區位	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
97.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0870															
97.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0870															
98.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
98.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
98.5K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086
98.5K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
99.0K	R	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0086
99.0K	L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0327		
99.5K	R	0.0018	0.3670																		
99.5K	L	0.0018	0.3670																		

附錄四

期中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：**山區道路坡地災害防治技術整合研究(4/4)**

合作研究單位：**逢甲大學**

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
中興大學土木工程學系 **林炳森 教授 (共 12 項)**	
1.本計畫應先區分不同坡地災害種類，再說明防治方法，應包含需涵括之資料，如雨量，除累積雨量外，尚須降雨強度與延時...等。	感謝指教，將於第二章以及第三章補充說明，但是本期計畫主要針對邊坡崩塌，至於土石流以及橋梁的災害，暫時不列入考慮。
2. p.16 先補充進行步驟。	感謝指教，將補充流程說明。
3. p.21 表 2.1 中 LVDT、DGPS 應用中文說明。	感謝指教，整份報告內英文跟中文的對照會仔細核對補充。
4. p.33 監測儀器應說明放置位置與種類，方能發揮功效。	感謝指教，此部分將補充通盤性建議，但是實際配置仍須因地制宜。
5. p.34〝有明顯崩塌徵兆〞..應定義。	感謝指教，此部分文字用詞會整體順過，並加入補充定義。
6. p.35〝自動化警告系統〞如何確實發揮效果。	感謝指教，將補充說明各項文字定義於手冊前方，另成章節。
7. p.49 橫向排水孔...，孔徑 100~130mm，間距 5~10cm，其依據為何，處理作業草案應作原則性規範。p.51 錨釘密度，每 100 平方公尺 1 支，其依據為何，應作原則性規範。	感謝指教，此部份會收集更多資料補充常見設施規格以及資料來源。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
8. p.55 spss 為何，應用中文說明。	感謝指教，此部分會刪除，改以統計相關模式進行分析之字眼予以修正。
9. p.63 應說明 SMS 修正前後之差異，並列表說明。	感謝指教，將補充整個系統從第一年至今以及前身的相關內容。
10. p.85 圖 2-27，應修正為 7-1，並加強五子計畫之整合說明。	感謝指教，由於整合資料於五家廠商期中報告後將進行整合會議，屆時將補充完整資料後於期末報告呈現，至於圖號標示錯誤部分，一併修正。
11. p.94 應簡要說明，安全監測與預警作業手冊之功用。	感謝指教，將於前言前補充總說明，以瞭解整體用途。
12.附件內容應說明清楚，並包含應用資料如附件四，卡 24、48、72，辛 24、48…代表意義為何？	感謝指教，此部份為針對不同路段在卡玫基颱風、辛樂克颱風及莫拉克颱風之 24hr、48hr 及 72hr 累計降雨量。將於附件資料補充說明，以方便讀者閱讀。
交通部公路總局西部濱海公路中區工程處 陳松堂 處長 (共 7 項)	
1.本災害防治技術整合研究範圍甚廣，所需整合工作量龐大，而本期中報告蒐集相當多的現地調查資料、照片及雨量站資料，相當努力相當用心，值得予以肯定。惟上述資料如何成為本研究可用資訊，建議加以研析利用。	感謝指教，現地調查與分析資料甚多做為整體邊坡穩定判別潛勢評估之用，將補充說明各項蒐集資料之應用方法與關係，以利整體報告之閱讀。
2.本研究除蒐集以往山區災害資料外，建議納入去年（98）中南部 88	感謝指教，災損資料以及復建資料在 96-99 年度間所發生的資訊

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
水災所發生之山區道路災害資料及相關復建對策，如新中橫公路（含臺 16 線缺口復建工程）、阿里山公路及公路總局第三養護工程處轄區省縣道公路。	皆有補充進入此報告，將於期末時再補充工程資料於分析模式。
3.本研究各類災害區域分為高、中及低危害度，各危害度處理對策又分為預警、警戒及行動值，原則可接受，建議將各不同特性路段之相關因應對策建議（本土值）矩陣表列，應可更清晰明瞭。	遵照辦理，此部份建議相當良好，先前欠考量。
4.第三章崩塌災害處理三階段中災中搶修階段，一般以最短時間搶通為最優先，再來是搶修（搶通之緊急補強），在此階段尚難配合進行相關監測工作，故若需相關監測需在此階段之後進行，並可持續至復建階段後之營運階段。	感謝指教，此部份文字用語會補充於第三章中。
5.第四章崩塌潛勢制訂，相關參數中坡度部分僅上下邊坡 25m 及每區 500m，因臺灣山區高聳變化多，似很難符合設定條件。另地質部分建議加入順向坡因子。在雨量部份（涵蓋面積應可較廣），除累積雨量外，亦宜考量時雨量（瞬時暴雨）之重要因子。	感謝指教，此部份經過詳細評估，由於既有道路里程牌為每 500m 為單元，且道路左右 10m 為公路養護邊坡權責。但此案的基本資料建置，自民國 96 年以來本團隊就以 500m 為分析單元，且為了與公路養護資料與巡察資料一致，因此仍維持 500m 為分析單元。至於加入順向坡的部分，本團隊近期已拿到中央地質調查所所公布之圖資，可供納

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
	入分析，雨量部分因為受限於公路沿線崩塌資料並無崩塌時間點，僅有紀錄通報或是處理時間，無法得知正確崩塌時間與降雨關係，因此在評估時，僅能以此次崩塌促發之雨量事件，包含24、48、72小時作為分析單元，進行相關統計與驗證。
6.第五及第六章相關系統及資料庫，若建置完成後建議先提供相關單位試用，再依試用後意見修正。	感謝指教，依照會議裁示已於八月中前將初步試用版本移交港研中心，並於期末再行補充。
7.山區道路防災系統除技術支援外，宜再考量納入行政作為，如道路預先告知並封閉（相關資訊、阻絕措施及交警執法），居民強制疏散、撤離等。	感謝指教，此部份主要會補充封路的機制與搶修的準備，其餘部分非道路管轄權責，不予列入。
交通部公路總局重大橋梁工程處 汪海鄂 副處長 (共5項)	
1.在第三章編訂崩塌災害處理作業草案之擬定，請研擬處理流程，如何使用。	感謝指教，遵照辦理。
2.在圖7-1要整合五項子計畫，如何去整合是很重要。尤其是內容部份，並不是將各子計畫第一年做什麼？第二年做什麼？第三年做什麼？第四年做什麼？列出來就可以，而是要實質內容的整合，如子計畫一全光纖式邊坡穩定監測儀應用到子計畫之應用。	感謝指教，此部份將於期中報告後召集五間團隊再行討論整併內容。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
3.在道路邊坡崩塌監測『管理值制定』建議程序中道路邊坡預警值訂定，如何訂定，以『雨量』資料統計分析範圍如何界定。	感謝指教，此部份雨量是以累計有效降雨量為主，並建議以 24 小時為累計單元，最多三日。
4.p.29，2.2 道路安全監測與預警作業草案初稿請在道路和安全之間加入「邊坡」兩個字。	感謝指教，遵照辦理。
5.現地調查照片、現地調查統計表請以附件方式處理。	感謝指教，遵照辦理。
前本所港研中心副主任 **李豐博 副主任(共 3 項)**	
1.研擬之作業草案內相關圖表宜引用前期研究成果，若有增修宜作說明與建議。	感謝指教，此部份說明將於修正資料中找尋適當地點補充說明。
2. 有關作業草案之擬定等工作尚待完成，似宜先提出撰寫架構與流程。	感謝指教，已於八月中前完成並提出相關之審查與過程及處理情形。
3.整合坡地道路防救災系統建立之研究五項子計畫，宜綜整五項子計畫之研究成果，非僅陳列五個子計畫各年之工作項目。	感謝指教，陳列工作項目亦是初步資料之瞭解，並於八月中旬第二次整合會議中提出。
交通部公路總局 **延允中 段長(共 6 項)**	
1.內文論述盡量圖表化、圖形化，閱讀上更方便。	感謝指教，遵照辦理。
2.邊坡災後巡檢表單設計項目應盡量簡單，易輸入，工地人員容易判讀，部分破壞形式，工法可以	感謝指教，遵照辦理。

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
icon，照片呈現諸多模組內容可以下拉式選單輸入。	
3.資通安全(每個人的權限)應分級考慮，不宜任何人均可以任意查閱。	感謝指教，遵照辦理。
4.潛勢 F.S 應仔細研訂，不宜過低或過高，以利公務機關執行。	感謝指教，針對此部分會參考現有公路養護手冊，以及相關防災應變管理措施，配合學術研究成果，進行嚴謹的訂定。
5. p.32 監測項目建議加入電錨電阻檢測。	感謝指教，遵照辦理。
6.整合內容缺露防救災啟動機制論述。	感謝指教，遵照辦理。
交通部運輸研究所港灣技術研究中心 **謝明志 科長(共 3 項)**	
1.簡報上所提到開發的系統要做移轉，故需要有軟硬體的配合，而在系統功能說明上，也提到是透過 Map Guide 進行圖層套疊與展示，請示所用之 Map Guide 為何版本，或是為開放式資源，而硬體上有何需求要求?	感謝指教，移轉工作已於八月中旬進行，相關軟硬體措施的搭配會補充說明。
2.道路邊坡崩塌潛勢分析，是以 500m 路段為一單元，在這麼小的範圍內，每一段的降雨量如何得著，實測或用何方法推求，請說明。	感謝指教，此部分資料在報告中有說明，主要以徐昇氏法，進行各路段權重的分析，以每個路段對應一個雨量站為主，並且依據道路所在的雨量站影響範圍區域，進行對應，實測雨量部分，則根據各路段對應雨量站，透過

參與審查人員及其所提之意見	合作研究單位處理情形
	中央氣象局雨量 ftp 可以蒐集即時之雨量，做為即時的潛勢分析。
3.本計畫為技術整合研究，請多參閱其他配合子計畫的報告及系統，並多做溝通，以整合出作最佳結果。	感謝指教，遵照辦理。
交通部運輸研究所港灣技術研究中心 **林雅雯 副研究員(共 7 項)**	
1. p.29 道路安全監測與預警作業，是否可以案例方式說明作業規定如何使用及應用。	感謝指教，遵照辦理，已補充臺 18 案例進行說明。
2. p.46 崩塌災害處理作業，請以流程說明如何作業。	感謝指教，遵照辦理。
3 .p.47 災後復建階段是否考量災後檢測決定恢復通車之決策考量。	感謝指教，遵照辦理。
4. p.54 臺 14、臺 18、臺 21 資料庫是否將前 3 期及目前建立之資料庫安裝至中心，以便於了解及雙方溝通修改。	感謝指教，遵照辦理。
5.崩塌潛勢公式請補充於報告中，其與實際崩塌情形之比較(簡報提及 7.8 成)請敘述說明，以了解各參數權重影響情形。	感謝指教，已詳細補充說明於本報告第四章中。
6.整合計畫目前整合情形及整合構想請補充敘述。	感謝指教，遵照辦理。
7.報告格式請依照本所出版品要點規定製作。	感謝指教，遵照辦理。

附錄五

期末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：山區道路坡地災害防治技術整合研究(4/4)

合作研究單位：逢甲大學

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
國立中興大學土木工程學系 林炳森 教授		
一、應先對期中意見作重點式答覆	感謝指教，本團隊在會議中已經補充說明。	同意辦理
二、應加強說明：1.五個子計畫整合性、相關性。2.Ch6.建立道路邊坡活動資料庫與形成邊坡破壞之降雨量資料庫應再加強。	1.感謝指教，在整合報告中已經將五個計畫的內容融入整合報告中如附件 5 所示，主要包含監測的儀器、內容與成果予以納入。 2.資料庫的呈現主要把畫面呈現以外，最重要在於資料收集包含哪些站名及內容格式，於第六章彙整以表格呈現並將資料附在附件內。	同意辦理
三、其他報告書需正部分： 1. P.5.6 Ch1.圖 1-1、1-2、1-3 路線起終點應標示清楚。 2. P.21 表 2-3 IV 人工保護邊坡監測器選擇與自然邊坡考慮相同，應說明種類。 3. P.36 圖 1，未標示傾斜計	1.遵照辦理已將 Ch1.圖 1-1、1-2、1-3 標示起訖。 2.感謝指教，兩者仍有差異於表 2-3 再行補充常見種類。 3.遵照辦理。 4.遵照辦理。	同意辦理

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
於圖例。 4. P.39 圖 2、P.42 圖 3(A)，地滑邊坡監測規劃示意圖應說明清楚。 5. P.44 表 1，傾斜速度管理值，秒/日？有誤。 6. P.59 表 4-1，編寫道路坡地崩塌潛勢制定之參數共有 14 個，太過繁多，實務應用上有困難，應重新評估，並加以驗證。 7. P.66 圖 4-6、4-7、4-8 應標示清楚。 8. P.83 圖 6-5，缺雨量站。 9. P.92 圖 7-1 五個子計畫之相關性需再加強。 10. P.109 文獻缺 P.10 李德河(1999)，陳時祖(2000)，P.9 林新皓(2006)，P.43 中華水保學會(1999)。 11. P.8 倒 8 行，而 15 度至 30 度「運用地理系統...研究」接不起來。 12.P101.倒 3 行「錯誤!找不到參照來源」應修正。	5.應修正為 mm/日。 6.此部分為參考他人文獻，主要依據為國內論文使用的參數，其成果當然有差異，驗證有困難因此只是屬於文獻回顧，本研究在建立評估指標除了在模是建立時觀察各參數的關連性外早已剃除甚多參數，況且參數當中隨著時間演變的包含土地利用的改變以及工程構造物的種類與規模以及區域降雨量，其他自然環頸參數不易改變因此修正各路段影響參數之係數，在驗證上針對各期現況調查(尤其 97 98 年成果影響最大)，已修正公式兩次以符合現況之需求。 7.遵照辦理。 8.遵照辦理。 9.感謝指教，已將雨量站補充點位於圖 6-5 當中。 10.於參考文獻補充說明。 11.修正筆誤將文中文字「度間則為次之」移至 30 後方。 12.圖表索引移除重新打字該為圖 7-2。	

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
交通部公路總局西部濱海公路中區工程處 陳松堂 處長		
一、本期末報告似未完成5個子計畫之整合及相關作業草案之擬定，且年度將屆，建議研究團隊掌控本研究計畫之進度。	本研究最困難的地方在於整合報告的撰寫，受到期末報告繳交時間影響已將各團隊期末電子檔收齊後再予以彙整於附件5當中，以撰寫山區道路監測預警手冊為依據。	同意辦理
二、本研究報告中文摘要有諸多誤繕之處，請檢核修正。	感謝指教已經修正文中內容敬請過目。	同意辦理
三、P5臺18－阿里山公路高雄段是否誤繕，請查明更正。	應修正為中部路段。	同意辦理
四、P21引用吳傳威（1999）落石邊坡崩塌危害度分析法，其評分方式建議補充相關說明。	感謝指教，此部分內容補充於P22。	同意辦理
五、P22 引用亞新公司地滑邊坡危害度得分分級表，其評分方式建議補充相關說明。	感謝指教，此部分內容補充於P23。	同意辦理
六、第2章分3等級，惟請補充劃分標準、監測儀器埋設原則、監測頻率、管理	感謝指教將第三年成果補充在內即可，敬請參閱第二章。	同意辦理

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
基準判定值、緊急應變所需時間等等。		
七、第 3 章分災前、災中及災後 3 個階段尚符實務，惟除工程技術外仍請補充行政作為，並請參考災防法相關規定。	感謝指教已參考災防法內容補充在內。	同意辦理
八、第 4 章 P59 表 4-1 平均坡度因子大於 50 度無災害發生，建議再查明。SPSS 分析結果如何驗證可信度，請補充說明。	感謝指教，此部分為臺 14 的成果已補充說明其他兩條路線它們的配分狀況，因此表 4-1 會有其他兩個表補充臺 18 及臺 21 的評分。而且此部分針對超過 50 度者意味有實際崩塌者之數量統計，但是因為評分路段是以中線響左右各自延伸 50m 及前後共計 500m，在此範圍內平均邊坡坡度要上到 50 度以上不容易，除非是陡峭山壁，但是就算是山壁也要發生崩塌才算，因此根據今年度調查成果，臺 14 在此分類成果是沒有崩塌的發生，更遠的山坡上不排除有機會。SPSS 的計算主要算出各路段的評估公式成果，透過成果找出在不同雨量條件下各區域危險潛勢，但是如果將該年調查成果與促發的降雨	同意辦理

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
	代入，透過巡查資料與衛星影像的判別，將實際發生與預計中潛勢以上發生區域相比，此比值為準確率，成果大約在78-83 %左右，不同路段成效不同。	
九、第 6 章建議納入「即時雨量」及「預測雨量」因子，以應實需。	感謝指教，即時雨量的應用是可以參考，但是對於緊急應變是無幫助的，對於公務管理機關來說會，來不及反應。況且，現階段技術尤其氣象局所使用的 QPSUM 系統無法預測未來十分鐘或半小時講雨量，因此透過此評估方式，顯示目前該路段呈現的危險等級，至於未來可能演變趨勢，仍需持續觀察雨量變化而作判別，尤其未來三小時的變化以及颱風雲層的動向則是關鍵。	同意辦理
十、各系統建置後試用結果，請補充說明。	系統建置除了本案應用以外，在臺科大另一整合案亦呈現包含潛勢與基本資料等於第五及第六章內補充。	同意辦理
交通部公路總局重大橋梁工程處 汪海鄂 副處長		
一、本人在期中報告審查中曾提及五項子計畫之整合	關連性在整合報告中呈現請參考，在本文中只針對這四	同意辦理

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
需要實質內容的整合，但本期末報告書不詳盡而以 P90、91、92 三項交待過去，不再予補充整合必須要針對第五項子計畫深入了解彼此關聯性，標以寫出實質整合內容。	年各團隊重要成果予以摘述，最後仍以附件 5 為主要探討分析對象。	
二、安全監測與預警作業草案中在通路與安全之間加入邊坡期末報告並沒有修正，如總目錄及 P.29 請再 check。	遵照辦理。	同意辦理
三、雨量及道路邊坡預警值之重要指標而以 24 小時累積雨量為指標，但現在天氣變化太大，每小時的雨量，甚至 10 分鐘的雨量，顯示可觀的可加以考量。	感謝指教承如前述問題十分鐘雨量給定對預警模式無異義，因為即使低潛勢亦有可能造成崩塌，相對的，高潛勢亦有可能不發生崩塌，因此 10 分鐘降雨的資料引用在這邊僅能提供現階段的潛勢，對未來時間的預測部分並無幫助。	同意辦理
四、研究最後一般都會有結論與建議請補充。	感謝指教，期末報告遺漏已補充於最後一章節。	同意辦理
五、災前預防：其他機關在邊坡附近的施工是否會影響邊坡的穩定及安全，可能也要列入考量。	感謝指教，此部分相當重要感謝指導已補充在文中。	同意辦理

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
六、P101，「錯誤!找不到參照來源」，是表示什麼？	感謝指正文中相關錯誤已經補充修正多半為圖表指示。	同意辦理
前本所港研中心副主任 李豐博 副主任		
一、第一章中有許多未來式用語，如預計完成...、規劃執行...、預計可能...等，似有不宜，請修正。	遵照辦理，敬請參閱第一章修正後內容。	同意辦理
二、第三章崩塌災害處理作業草案，請依其適當格式撰寫。	遵照辦理。	同意辦理
三、P59，研究方法之觀測總雨量警戒值與參考雨量站，未做敘述說明，請補充。	遵照辦理已補充於第六章文中。	同意辦理
四、第七章坡地道路防救災系統建立之研究五個子計畫之整合內容，請補充加強，至少應彙整五個子計畫之研究成果。P105~106 工作項目之敘述不完整。	遵照辦理以補充於第七章與附件 5 當中，敬請參閱。	同意辦理
五、第八章並無研討會具體內容，建議刪除。	遵照辦理。	同意辦理

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
六、請增列「研究結論與建議」章節。	遵照辦理。	同意辦理
交通部公路總局 **葉雅芸**		
一、交通部指示未來養護手冊由公路局及高公局自行修正，故養護手冊會有異動。	感謝指教現階段先行參考就有手冊內容撰寫草案日後草案要成為法規或規則會隨之修正。	同意辦理
二、建議可以強降雨資料(非颱風)之資料測試。	感謝指教，本模式除了颱風事件以外，亦有針對被交通部列為重大豪雨事件之災害修復事件在統計模式中，如0609 0612 豪雨等皆有放入訓練。	同意辦理
本所港研中心 **謝明志 科長**		
一、P.59 頁，表 4-1，平均坡度＞50。的災害次數和發生比例為 0，是沒有資料還是在＞50。的地方沒發生過災禍，請檢核，若此資料放入 logistic 分析，得出的公式是否易誤導使用者，請說明。	感謝指教承如前述超過 50 度者為臺 14 線的分級有發生崩塌者但是此分類的平均坡度是指 500 公尺平均坡度，因此差異較大，但已補充其他路段的區分。	同意辦理
二、目前成果是用累積雨量來推估，但公路單位在防災上已考慮用 10 min 或 1hr	感謝指教，承如前述所說，10 分鐘降雨資料對於崩塌模式的預警僅能提供即時潛勢	同意辦理

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
的雨量來應用，因為本模式及推估方法皆已成熟，應可考慮收集公路單位所需資料，再做出一套及時雨量的推估成果。	但是對於小規模崩塌並無確實記錄的地方在預判模式中是沒有幫助的，而且管理單位若用 10 分鐘數值，仍然無法預測下一階段累計數值，對於本模式的預測是沒有幫助因此仍維持 24 小時預測累計量最為可靠。	
三、報告請參照本所規定格式印製排版。	遵照辦理。	同意辦理
本所港研中心 陳志芳 副研究員		
一、本計畫是第 4 年的研究計畫，逢甲大學研究團隊收集很多的資料，建議於報告定稿時能彙整出較完整之作業草案，以供公路管理及養護單位參考。	感謝指教已經完成期末修正敬請參考各章節成果。	同意辦理
二、P.47 第三章崩塌災害處理作業，建議請依期中報告時本所審查意見修改，即以流程方式補助說明，供管理人員易於參考。	遵照辦理。	同意辦理
三、未來政府在強化災害防救災科技研發方案中，朝向「全國災害管理平台」方式建構，建議研究團隊能將臺 14、臺 18、臺 21 等	感謝指教，成果繳交時已附上資料庫的基本資料與網址及帳密請參考。	同意辦理

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
公路段現有之道路致災因子、邊坡滑動及邊坡破壞降雨量等資料庫，建置成平台式資料庫，以供相關單位查詢使用。		
四、期末報告初稿各章節有許多不一致，報告定稿請依本所出版品格式編排。	遵照辦理。	同意辦理

附錄六

坡地道路防救災系統建立之整合研究

坡地道路防救災系統建立之整合研究

逢甲大學營建及防災研究中心

中華民國 100 年 1 月

坡地道路防救災系統建立之整合研究

總目錄

第一章　前言 ..... 附錄 6-3

第二章　山區道路坡地災害種類及歷史災害彙整 ..... 附錄 6-4

第三章　山區道路易致災因子調查 ..... 附錄 6-62

第四章　坡地災害監測技術研發與回顧 ..... 附錄 6-73

第五章　坡地災害預警技術研發與回顧 ..... 附錄 6-144

第六章　崩塌地監測 ..... 附錄 6-177

第七章　公路防救災決策支援系統建立 ..... 附錄 6-201

第八章　臺 18 線案例分析 ..... 附錄 6-222

第九章　結論與建議 ..... 附錄 6-263

第一章　前言

道路建設佔我國交通工程建設之大宗，亦為國家重要施政項目，其所提供的服務品質對促進整體經濟成長、保障社會安全、提昇文化發展，甚至確保國防安全均有關鍵性的影響。然國內道路建設在過去多因考量地形之故，為維護人車安全而大量運用邊坡穩定工法，惟仍常因遭逢天然或人為災害導致崩塌，造成情節不等之災害、交通服務水準降低，甚至道路癱瘓的情形發生，因此有必要針對道路邊坡崩塌發生機制、防治效益評估方法與應用之研究課題投入心力，藉以提昇防、救災作業效能，並延展公路營運之服務年限，進而達成公路建設「永續經營」之政策。

有鑑於此，交通部在配合國家型防救災研究執行之同時，於民國89年起即有系統的規劃一系列「交通土木建設安全科技」相關領域之研究至今，期間除進行地質調查與自動化監測規劃工作、佈設先進光電式邊坡監測儀器進行本土式驗證、設置緊急即時衛星網路防災監視系統等相關之豐碩研究成果外，本所亦於94 年起逐步針對相關研究資源進行整合，目前已完成之初步成果包刮：道路邊坡管理系統之建置、道路邊坡崩塌潛勢之分析與預測、道路邊坡崩塌之防治對策與操作手冊等，並將整合研究之成果逐步落實移轉至工程基層單位，期望經由成果之落實應用，提昇臺灣山區道路之維護管理效能與防災技術。由於臺灣自然環境特殊，地震、颱風及土石流等災害發生頻繁，災害常常造成各項交通設施及要道中斷，使得災區交通受阻、人員傷亡。因此綜整所有災害資訊並整合各災害資訊系統，在災害來臨時，提供公路設施管理人員進行緊急應變決策實屬刻不容緩。

第二章　山區道路坡地災害種類及歷史災害彙整

自 1996 年賀伯颱風侵襲臺灣後，隨之而來的 1999 年 921 大震、2001 年桃芝納莉颱風的侵襲，到 2004 年 72 水災，2005 年的海堂颱風，2007 年 0609 水災，到去年 2008 年七八月間近乎每週一個侵臺的強烈颱風(卡玫基、鳳凰、辛樂克、薔蜜)所挾帶的豪雨所山生的崩塌、地滑與土石流已成為臺灣山區環境坡地災害難以的重要代名詞。2009 年莫拉克颱風對南部臺 20、臺 21、臺 24、臺 27 及臺 28 省道早成嚴重的崩塌災害，更影響到山區居民避難與後續救助的問題。及然而颱風豪雨所帶來的影響，不僅對住戶生命財產安全構成嚴重威脅，亦對居住山區居民賴以維生的聯外道路影響甚大。

根據公路總局統計，臺灣山區易致災路段從北而南分布甚多，以臺 7、臺 8、臺 9、臺 11、臺 14、臺 16、臺 18、臺 20、臺 21、臺 23 及臺 26 每逢豪雨最容易致災的區位。

表 2-2 為依據附件 1 中所羅列之民國 97-98 年間全臺省道因道路邊坡崩塌受阻中斷統計，其中，以臺 7 甲宜蘭段、臺 14 甲霧社合歡山路段、臺 14 仁愛南豐及廬山段、臺 16、臺 18、臺 20 甲仙桃源段以及臺 21 陳有蘭溪沿線災情較為嚴重，發生多次的土砂災害，使得本區道路常常受阻。

由統計資料不難看出，這與表 2-1 中所提到崩塌路段極為相近，表示這些道路只要每逢颱風豪雨，這些道路便具有崩塌潛勢的危險，此外，由表 2-2 顯示，臺 3 線、臺 7 線、臺 8 線、臺 14 線、臺 18 線、臺 20 線及臺 21 線崩塌次數佔全國的 5%以上，尤其以臺 20 在今年度莫拉克災害所造成的崩塌最多，高達 73 處之多，值得相關管理單位的注意，且該路線為南部重要的橫貫公路，需儘速處理，以免影響運輸與相關救援復建工作之執行。

表 2-1　公路總局轄區易落石及坍方危險路段彙總表

縣市	路名	起迄樁號	起迄地點	易發生危險災害情形
臺北縣	臺 2 線	77K+000~114K+011	瑞芳~北宜縣界	部份路段遇豪大雨後會有零星落石及坍土
桃園縣	臺 7 線	22K+850~61K+719	羅浮~西村(縣界)	因所屬地段地質不穩定，遇大雨易發生邊坡落石，部份路段路基下陷、土石流
臺中縣	臺 8 線	37K+500~62K+889	馬崙~德基	921 震災引起大規模崩塌，地質脆弱不穩定，遇大雨易邊坡落石、路基下陷及土石流，目前交通阻斷封閉
臺中縣	臺 8 甲線	0K+000~16K+866	壩新~德基	921 震災引起大規模崩塌，地質脆弱不穩定，遇大雨易邊坡落石、路基下陷及土石流，目前交通阻斷封閉
南投縣	臺 14 線	60K+150~74K+400	埔里~霧社(蜈蚣里~人止關)	邊坡地質不穩定，遇大雨易發生坍方、土石流及零星落石；另河床淤積沖刷掏空路基之虞
南投縣	臺 16 線	35K+000~41K+253	地利~孫海橋	邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方及零星落石
南投縣	臺 21 線	119K+000~145K+032	神木村~合社	邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方、零星落石及土石流
宜蘭縣	臺 9 線	111K+650~123K+900 140K+350~142K+280 148K+450~154K+500	蘇澳鎮~東澳村 東澳村~南澳鄉 南澳鄉~和平村	因所屬路段地質不穩定，遇大雨易邊坡落石，部份路段路基下陷
花蓮縣	臺 9 線	164K+050~190K+900	和仁村~三棧村	因所屬路段地質不穩定，遇大雨易邊坡落石，部份路段路基下陷
花蓮縣	臺 8 線	69K+100~188K+240	大禹嶺~太魯閣	因所屬路段地質不穩定，遇大雨易邊坡落石，部份路段路基下陷
花蓮縣	臺 14 甲線	33K+100~41K+330	合歡山莊~大禹嶺	因所屬路段地質不穩定，遇大雨易邊坡落石，部份路段路基下陷
嘉義縣	臺 18 線	42K+800~45K+000	番路鄉巃頭附近	部分路段因邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方落石
嘉義縣	臺 18 線	59K+000~78K+450	阿里山鄉十字路附近	部分路段因邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方落石
高雄縣	臺 20 線	67k+200-146k+550	甲仙鄉-桃源鄉	邊坡地質不穩定，遇大雨易邊坡落石，部份路段路基下陷、土石流
高雄縣	臺 21 線	214k+920-233k+500	那瑪夏鄉民族村-甲仙鄉關山村	因所屬路段地質不穩定，遇大雨易造成邊坡坍方、落石
屏東縣	臺 1 線	447k+900-459k+800	南勢湖-楓港	部分路段因邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方落石
屏東縣	臺 9 線	455k+000-472k+000	壽卡-新路	部分路段因邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方落石
屏東縣	臺 26 線	3k+500-7k+450	楓港-海口	部分路段因邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方落石
臺東縣	臺 9 線	357k+000-439k+100	鹿鳴橋附近-南興	邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方落石
臺東縣	臺 11 線	135k+850-153k+500	金樽-杉源	邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方落石
臺東縣	臺 23 線	20k+000-22k+400	東源鄉北源村	邊坡地質不穩定，遇大雨易坍方落石
臺東縣	臺 20 線	147k+150-184k+200	啞口-霧鹿	因所屬地段地質不穩定，遇大雨易邊坡落石，部份路段路基下陷、土石流

表 2-2　民國 97 年間省道土砂災害統計

省道	災害數量	百分比	省道	災害數量	百分比	省道	災害數量	百分比
臺 1 線	15	2.81	臺 11 線	1	0.19	臺 20 乙線	3	0.56
臺 1 丁線	1	0.19	臺 11 乙線	5	0.94	臺 21 線	73	13.67
臺 2 線	2	0.37	臺 13 線	2	0.37	臺 22 線	2	0.37
臺 3 線	35	6.55	臺 14 線	28	5.24	臺 24 線	14	2.62
臺 3 丙線	2	0.37	臺 14 甲線	5	0.94	臺 27 線	16	3.00
臺 4 線	1	0.19	臺 14 乙線	1	0.19	臺 27 甲線	3	0.56
臺 6 線	5	0.94	臺 16 線	11	2.06	臺 28 線	4	0.75
臺 7 線	27	5.06	臺 17 線	13	2.43	臺 61 線	1	0.19
臺 7 甲線	25	4.68	臺 18 線	35	6.55	臺 82 線	2	0.37
臺 7 丙線	3	0.56	臺 19 線	2	0.37	臺 84 線	1	0.19
臺 8 線	57	10.67	臺 19 甲線	1	0.19	臺 88 線	1	0.19
臺 9 線	4	0.75	臺 20 線	93	17.42			
臺 9 甲線	39	7.30	臺 20 甲線	1	0.19			

由上述災害統計，不難發現在多數山區省道中，以臺 14、18、20、21 災害特別多，由於這四條道路本身為中部地區聯絡山區重要景點，其中臺 14 及臺 20 亦為東西部重要橫貫公路，因此成為運輸上扮演相當重要角色。

根據交通部公路局第二區養護工程處、第三區養護工程處以及第五區養護工程處養護課內統計彙整各轄區工務段之公路災害搶修及修復經費請求允撥或補助總表中統計各路段受到上下道路邊坡崩壞損害資料，統計省道臺 14、臺 18 及臺 21 線 1996 年-2008 年間道路災害資料(如表 2-3、表 2-4 及表 2-5 所示)，主要針對其土石坍方、路基下陷、路基缺口、路基流失以及路面皺裂受損等資料，進行統計，統計特性分析說明如下：

1. 臺 14 線受到民國 93 年及 97 年間颱風豪雨影響，土石坍方甚多，造成區域道路受阻多次影響，甚至有些路段重複發生崩塌，其中 93 年路基下陷及產生缺口數量較其他年份來得多，表示道路下邊坡在該

年較不穩定。但是根據長久觀察，本區因為測邊野溪支流產生大量

2. 臺 18 線阿里山公路由於多數沿著坡面所開設，因此坡面崩塌在民國 90 及 93 年間造成多處土石坍方，路基流失數量亦較臺 14 線來得多，受到支流野溪沖刷影響甚具。

3. 臺 21 線由於沿著陳有蘭溪開設，沿線橫越眾多土石流潛勢溪流，於民國 85 年賀伯颱風與 90 年桃芝颱風造成多處災害，72 水災以及龍王海堂颱風造成本區多處坍方，亦是本路段重要災害發生時間，民國 97 年四場颱風在本區上游亦是造成本區多處道路中斷的重要災害發生時間點。

表 2-3 民國 85-97 年間省道臺 14 線災害類別統計

省道臺 14 線	土石坍方	路基下陷或缺口	路基流失	路面鞍裂
民國 85 年(1996)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 86 年(1997)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 87 年(1998)	16	2	1	0
民國 88 年(1999)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 89 年(2000)	13	2	0	1
民國 90 年(2001)	13	3	0	0
民國 91 年(2002)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 92 年(2003)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 93 年(2004)	207	22	3	8
民國 94 年(2005)	28	9	0	0
民國 95 年(2006)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 96 年(2007)	1	0	0	0
民國 97 年(2008)	158	2	0	0

(資料來源：交通部公路局二區工程處及本研究整理)

表 2-4 民國 85-97 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	路面皺裂
民國 85 年(1996)	99	38	2	1
民國 86 年(1997)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 87 年(1998)	2	0	0	0
民國 88 年(1999)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 89 年(2000)	40	2	0	0
民國 90 年(2001)	157	12	11	0
省道臺 18 線	土石坍方	路基下陷或缺口	路基流失	路面皺裂
民國 91 年(2002)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 92 年(2003)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 93 年(2004)	39	25	0	0
民國 94 年(2005)	123	2	6	2
民國 95 年(2006)	37	7	5	1
民國 96 年(2007)	6	0	0	0
民國 97 年(2008)	26	0	0	0

(資料來源：交通部公路局二區工程處及本研究整理)

表 2-5 民國 85-97 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**	**路面皺裂**
民國 85 年(1996)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 86 年(1997)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 87 年(1998)	6	2	1	0
民國 88 年(1999)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 89 年(2000)	99	3	4	0
民國 90 年(2001)	53	10	2	0
民國 91 年(2002)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 92 年(2003)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 93 年(2004)	368	47	4	2
民國 94 年(2005)	127	18	13	2
民國 95 年(2006)	無資料	無資料	無資料	無資料
民國 96 年(2007)	57	1	1	0
民國 97 年(2008)	194	11	19	0

(資料來源：交通部公路局二區工程處及本研究整理)

根據公路局第三區工程處對於臺 20 及臺 21 線沿線阻斷易崩區位資料統計(如表 2-6 及表 2-7 所示)，受到崩塌或路基缺口早成之全線阻斷次數自 91 年來共計 109 次，堆於小規模災害所成成之阻擋約有 56 次之多，較臺東端所耜成之阻斷來得頻繁與阻斷的天數來得多，可見臺 20 線在西部地區受到崩塌的影響甚具。

表 2-6 交通部公路總局第三區養護工程處甲仙工務段轄區省道 91~97 易落石路段及坍方路段相關資料

所屬縣境(站別)	路線名稱	起迄地點	單線通阻(次)	全線阻斷(次)	單線通行(天數)	道路封閉(天數)	死亡人數	受傷人數
天池站	(臺 20 線)	甲仙鄉~桃源鄉	17	35	12	24	0	2
桃源站	(臺 20 線)		13	27	19	20	0	0
寶來站	(臺 20 線)		11	19	19	14	0	0
小林站	(臺 20 線)		15	28	42	19	0	0
小計			56	109	92	77	0	2
高雄縣(臺 21 線)	(臺 21 線)	那瑪夏鄉民族村~甲仙鄉關山村	31	22	34	19	0	0
合計			87	131	126	96	0	2

表 2-7 交通部公路總局第三區養護工程處臺東工務段轄區省道 91~97 年易落石及坍方路段相關資料

所屬縣境	路線名稱	起迄地點	單線阻斷(次)	全線阻斷(次)	單線通行(天數)	道路封閉(天數)	死亡人數	受傷人數
臺東縣、高雄縣	臺 20 線	關山~初來						
		91 年度	0	1	0	6	0	0
		92 年度	0	1	0	4	0	0
		93 年度	0	3	0	18	0	0
		94 年度	0	4	0	7	0	0
		95 年度	0	1	0	4	0	0
		96 年度	0	9	0	13	0	0
		97 年度	0	2	0	4	1	3
		小　計	0	21	0	56	1	3

過去幾年省道臺 18 線阿里山公路與臺 21 為歷年研究資源整合之山區道路，其研究資料已屬完備，但缺乏整合，而臺 14 線及臺 20 線線則受到地質破碎影響，加上近年來多次颱風降雨中心集中在這條道路的山區，造成道路上邊坡植被遭破壞影響土壤穩定性誘發崩塌與土石流，而野溪水流沖刷造成道路下邊坡的基腳造成路基塌陷與坡面崩落的現象甚多，因此本研究配合過去歷史崩塌點位統計資料，並利用表 2-8 之現場調查表，進行四條省道(省道臺 14、臺 18、臺 20 及臺 21 線)現況道路及坡面調查。

根據上述幾項調查表內容進行省道臺 14、臺 18、臺 20 臺 21 的現場初步勘查，統計計畫區崩塌坡面數及工程點位數如表 2-9 所示，可以歸納以下幾點說明：

1. 從現況崩塌數來說，受到民國 97 年間四場颱風豪雨沖刷的影響，臺 14、20 及 21 線沿線新增的崩塌坡面數量遠較省道臺 18 線來得多，表示這三條道路沿線邊坡破壞嚴重，對於用路人來說相當危險。

表 2-8 崩塌地現地調查表

路線	臺____線	里程	_____K+_____ m	座標 TM267	X		Y		日期	99 年___月___日
調查方向	□東□南□西□北	道路寬度	_____ m □雙線道 □單線道 □無畫線					照片編號		
路面調查	※路面部分：路況：□良好；□普通；□不佳， 型態：□柏油；□水泥；□碎石；□泥土；□其他 損壞類型：□顛頗不平□路面破損□.部分陷落，逕流集中□部分路基流失□裂縫 □.其他 損壞程度：□嚴重(可能危及正常通行者)□普通(不影響通行惟應儘速修復者) ※路基部分：狀況：□良好；□普通；□不佳 損壞類型：□駁坎□.蝕溝□.崩塌裸露□河岸淘刷。 損壞程度：□嚴重(可能危及正常通行者)□普通(不影響通行惟應儘速修復者)									
環境資料	□邊坡：□上邊坡：□林地 □草地 □雜生地 □崩塌地(寬：____m,高：____m) □裸露岩盤 □保護工法 □下邊坡：□林地 □草地 □雜生地 □崩塌地(寬：____m,高：____m) □裸露岩盤 □保護工法 □河道：□無 □有 目視河寬：□小坑溝<3m □小野溪 3-10m□中型野溪 10-20m □大型野溪 20-35m□大河道 35m 以上 □平地：□林地 □草地 □雜生地 □作物 □左邊坡□無 □有：□果園 □檳榔 □香菇寮 □花卉 □其他：_____ □右邊坡□無 □有：□果園 □檳榔 □香菇寮 □花卉 □其他：_____ □橋梁：橋名：_____ □房舍：□住戶(□<5 戶,□5-15 戶□>15 戶)□商店 □工廠□公共設施：_____ □其他：_____ □隧道或明隧道：隧道名：_____ 隧道長：_____									
工程資料	□邊坡工程：□掛網植生 □打樁編柵 □蛇籠或鉛絲網籠 □擋土牆 保護面積：□<30%□30-50% □50-75% □>75% □河道工程：□RC 護岸工程 □固床工 □防砂壩 □箱涵									

2. 檢視計畫區既有工程構造物，除了上邊坡保護工程外，對於保護路基以及路堤的工程措施，亦為本次調查對象，由數量統計，本計畫區以臺20的南部橫貫公路以及臺21新中部橫貫公路擁有坡面工程數最多，但是綜合觀察，這兩區崩塌數量並未因為設施的設置而有災害減少的趨勢，值得相關養護管理單位注意。

表 2-9 計畫區現場調查統計

省道 (調查範圍)	路線起迄 (全區域)	調查範圍內所需經過重要地名	里程 (公里)	現況崩塌案件數	道路邊坡工程案件數
臺 14 (西部地區)	彰化－仁壽	快官、芬園、草屯、國姓、埔里、仁愛、霧社、廬山	187.520	18	16
臺 18 (全線)	太保－塔塔加	嘉義、中埔、番路、阿里山	109.985	9	14
臺 20 (西部地區)	臺南－德高	永康、新化、左鎮、玉井、南化、甲仙、六龜、桃源	202.696	22	30
臺 21 彰化、臺中、南投	天冷－汕尾	新社、國姓、埔里、魚池、日月潭、水里、信義	307.612	20	36

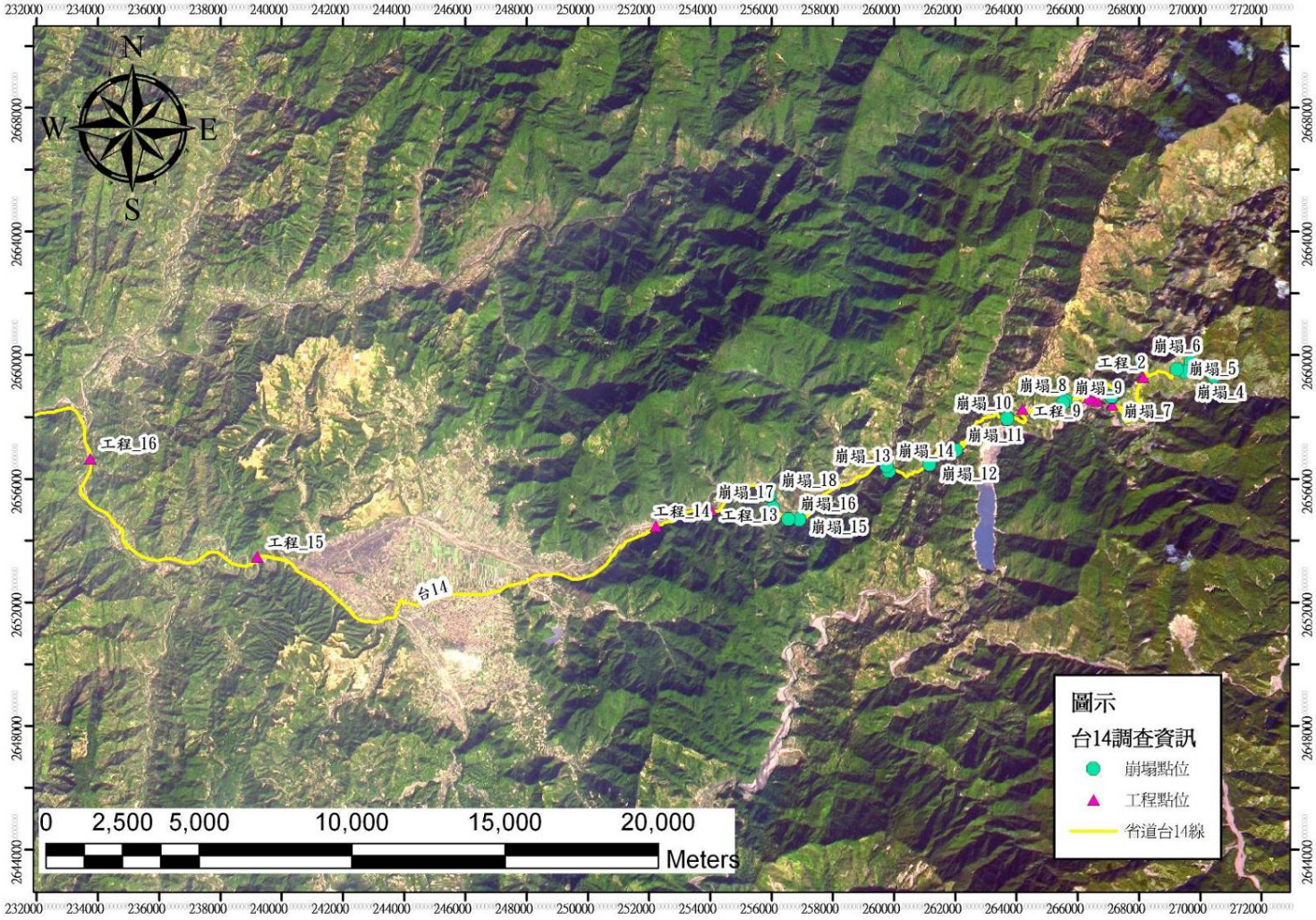
將現場調查成果如附件 2 及表 2-10、表 2-11、表 2-12、及表 2-13 所示呈現工程及崩塌區位所在位置，並透過現場照片及相關內容進行如下特性說明：

1. 臺 14 線-本區波面崩塌災害受到 97 年四個颱風的肆虐，造成本區多處坡面崩塌以及土石流的發生，使得本區多處道路中斷受阻，觀察本區坡面狀況，甚多道路下邊坡受到水流沖刷，產生邊坡基腳沖刷，進而使得坡面不穩定產生大規模崩塌，此外，上邊坡崩落堆積在路面的的土砂亦有部分被頃倒到道路下邊坡，造成二次災害，易事本區道路災害特色之一。
2. 臺 18 線-本區歷經多年的整治，甚多大型邊坡處理工程，但觀察現地狀況，發現部分區域坡面產生泥砂沖刷現象，且有逐漸向原本完好的坡面擴展，進而造成既有保護工程在銜接處產生小規模土砂災害或土體流失。

3. 臺 20 線-南部橫貫公路受到去年颱風豪雨影響，沖刷及崩塌災害甚多，雖然甚多坡面保護工程仍在進行當中，但可以感受到本區因為地質條件甚差，只要一降雨，便有零星災害發生，且沖蝕溝相當發達，將上游甚多土砂帶到路面，因此針對數處亦崩塌路段，應加強定時清運以及工程保護措施。

4. 臺 21 線-歷經賀伯颱風以及桃芝颱風的洗禮，本區坡面保護工程進行相當多，規模也相當大，目前既有工程尚稱良好，但是發現甚多災害都發生在新的區位，且以前是植被良好的覆蓋區，亦有部分區域位處在以往舊的崩塌地上，雖然歷經多次颱風的摧殘，直到最近才產生土砂災害，表示過去部分工法的效用已逐漸不敷使用，需要做進一步檢討或維護，始能延續其工程生命。

表 2-10 臺 14 線現場調查與照片說明



		
工程 1 現況照片(980416)	工程 2 現況照片(980416)	工程 3 現況照片(980416)
		
工程 4 現況照片(980416)	工程 5 現況照片(980416)	工程 6 現況照片(980416)
		
工程 7 現況照片(980416)	工程 8 現況照片(980416)	工程 9 現況照片(980416)

		
工程 10 現況照片(980416)	工程 11 現況照片(980416)	工程 12 現況照片(980416)
		
工程 13 現況照片(980416)	工程 14 現況照片(980416)	工程 15 現況照片(980416)
		
崩塌 1 現況照片(980416)	崩塌 2 現況照片(980416)	崩塌 3 現況照片(980416)

		
崩塌 4 現況照片(980416)	崩塌 5 現況照片(980416)	崩塌 6 現況照片(980416)
		
崩塌 7 現況照片(980416)	崩塌 8 現況照片(980416)	崩塌 9 現況照片(980416)
		
崩塌 10 現況照片(980416)	崩塌 11 現況照片(980416)	崩塌 12 現況照片(980416)

		
崩塌 13 現況照片(980416)	崩塌 14 現況照片(980416)	崩塌 15 現況照片(980416)
		
崩塌 16 現況照片(980416)	崩塌 17 現況照片(980416)	崩塌 18 現況照片(980416)

編號	里程(公里)	座標		位置		規模(公尺)		現況說明
		X	Y	上邊坡	下邊坡	寬	高	
崩塌_1	98.8	271076	2659502	◎	◎	20	40	坡面崩塌
崩塌_2	98.1	270454	2659317	◎	◎	18	60	坡面崩塌
崩塌_3	96.7	269697	2659768	◎	◎	150	200	坡面崩塌
崩塌_4	96.5	269501	2659472		◎	40	50	坡面崩塌
崩塌_5	96.1	269243	2659544	◎	◎	80	300	坡面崩塌
崩塌_6	93.9	268092	2659807		◎	23	80	坡面崩塌，路基流失
崩塌_7	86.6	267112	2658659	◎	◎	20	100	坡面崩塌
崩塌_8	84.2	265607	2658532		◎	20	50	坡面崩塌
崩塌_9	84.1	265521	2658448	◎		20	20	坡面崩塌
崩塌_10	81.3	263707	2657954		◎	30	30	坡面崩塌
崩塌_11	78.6	262021	2656924		◎	7	10	坡面崩塌
崩塌_12	75.3	261157	2656471		◎	60	30	坡面崩塌，施工中
崩塌_13	73.6	259837	2656250		◎	40	15	坡面崩塌
崩塌_14	73.5	259752	2656415		◎	50	10	坡面崩塌
崩塌_15	69.4	256916	2654680		◎	20	10	坡面崩塌
崩塌_16	69.2	256559	2654696	◎		50	100	坡面崩塌
崩塌_17	68.6	256049	2655071		◎	50	10	坡面崩塌
崩塌_18	68.1	255933	2655460	◎		10	20	坡面崩塌

附錄 6-19

編號	里程(公里)	座標		位置		規模(公尺)		現況說明
		X	Y	上邊坡	下邊坡	寬	高	
工程_1	98.4	270682	2659369	◎		30	2+2	格柵保護工
工程_2	93.1	268141	2659290	◎		25	3	擋土牆
工程_3	90.2	268095	2658140	◎		50	2.5	擋土牆
工程_4	87	267130	2658388	◎		80	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_5	85.7	266704	2658792	◎		20	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_6	85.5	266639	2658508	◎		100	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_7	85.4	266488	2658569	◎		17	25	噴漿自由型框掛網植生
工程_8	85.1	266361	2658614	◎		10	25	噴漿自由型框掛網植生
工程_9	82.6	264203	2658256	◎		30	10	箱籠
工程_10	77.3	261835	2656958	◎		80	3	箱籠
工程_11	68.5	255982	2655185	◎		100	20	噴漿自由型框掛網植生
工程_12	68.1	255929	2655445	◎		10	3	箱籠
工程_13	65.7	254026	2654989	◎		70	10	噴漿自由型框掛網植生
工程_14	63.6	252226	2654471	◎		70	10	噴漿自由型框掛網植生
工程_15	48.9	239205	2653464	◎		20	2	輪胎柵保護工
工程_16	40.5	233759	2656650	◎		40	5	擋土牆

附錄 6-20

省道臺 18 線阿里山公路為交通部歷年相關研究資源整合之示範道路，其研究資料已屬完備，但缺乏整合，因此為使本路段成為臺灣山區道路邊坡災害防治之示範道路，本研究計畫今年度仍配合其他相關案件之執行，選定此路段為研究對象，進行資源整合與研究，以期達到有效預測此區域道路邊坡崩塌災害之發生。以下各小節將針對此路段之地理位置、氣候概況、沿線地形、沿線地質構造及地層特性作一概述。

阿里山公路為臺 18 號公路之俗稱，位於臺灣新中橫公路西段，由嘉義市循東北方向蜿蜒而上至南投縣信義鄉之塔塔加鞍部為止，全長共約 95 公里。由觸口(臺 18 線 20.4K)開始進入山區，沿途經瀨頭(36.5K)、石桌(49.05K)、十字路(63.7K)，阿里山(75.0K)，往東至嘉義市與南投縣界的自忠(83.2K)，橫跨嘉南與中部兩大地理區域。公路沿線地形起伏變化頗大，觸口至公田間公路沿八掌溪逆流而上。公田至瀨頭間，改沿稜線向東爬升後南行，經過瀨頭，再行北折沿稜線直至石桌。自石桌以東又降至曾文溪支流溪谷、切溪谷向南迴繞，繞過關刀山砂岩造成的陡峻山稜，而後則沿東西向分水嶺南側向東前進。在經過阿里山後沿日據時代運木鐵道遺跡而築，最後行至稜線處之塔塔加鞍部為止(其後接臺 21 線公路至水里)。總共經過嘉義縣中埔鄉、番路鄉、竹崎鄉、阿里山鄉及南投縣信義鄉等行政區。阿里山公路於民國 72 年初完工通車，迄今不過二十餘年，其間坍方落石災害頻傳，其相關位置與周邊公路網如圖 2.1 所示。



圖 2.1 阿里山公路位置圖

根據中央氣象局阿里山氣象站之民國 73 至 93 年降雨量統計資料得知，其年平均降雨量達 3,559 mm(如圖 2.2 所示)，較臺灣地區之年平均降雨量 2,515 mm(經濟部水利處，2001)高出甚多，此結果顯示阿里山地區之降雨量相當豐沛。而在月平均降雨量方面，以 8 月份的 745.3 mm 為最高，最低值則為 11 月份的 35.84 mm，圖 2.3 為一整年之月平均降雨量分布情形，其可看出雨量分布有明顯的季節性，降雨主要集中在每年的 4 月到 9 月之間，乾季則從每年的 10 月起至隔年的 3 月左右。

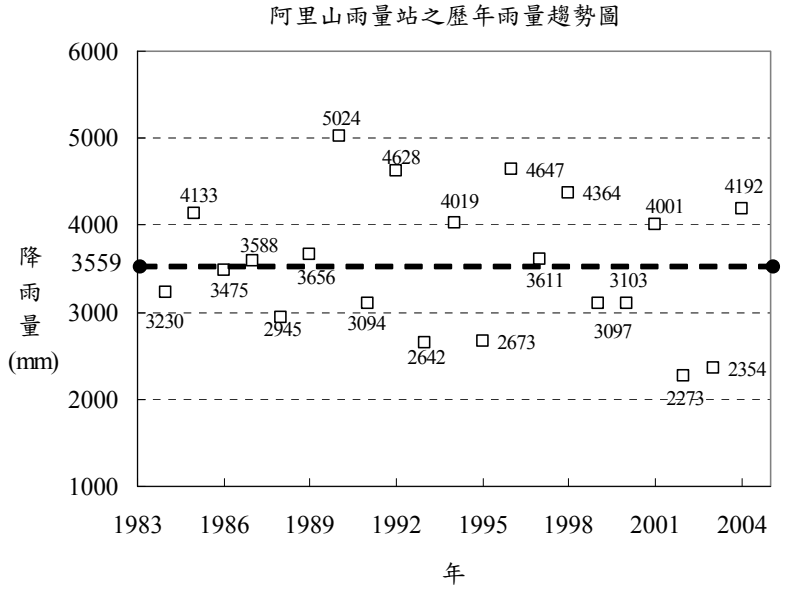


圖 2.2 阿里山雨量站之歷年雨量趨勢圖(修改自中央氣象局)

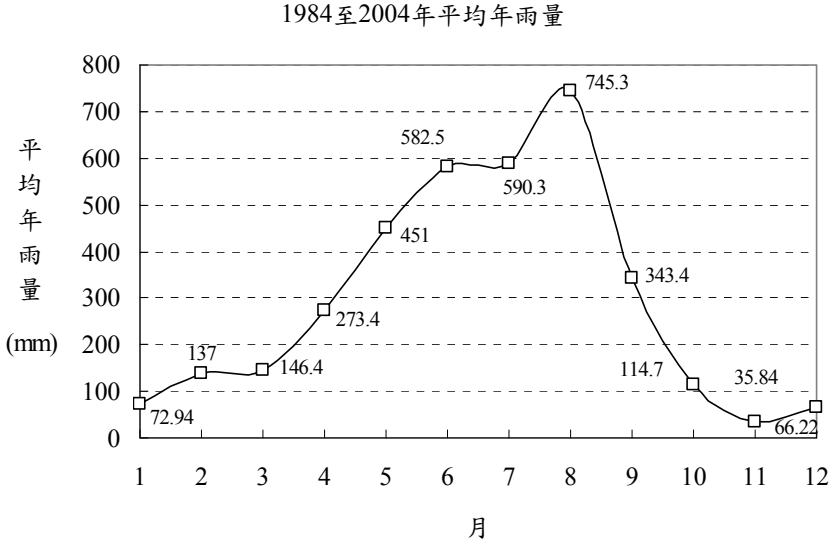
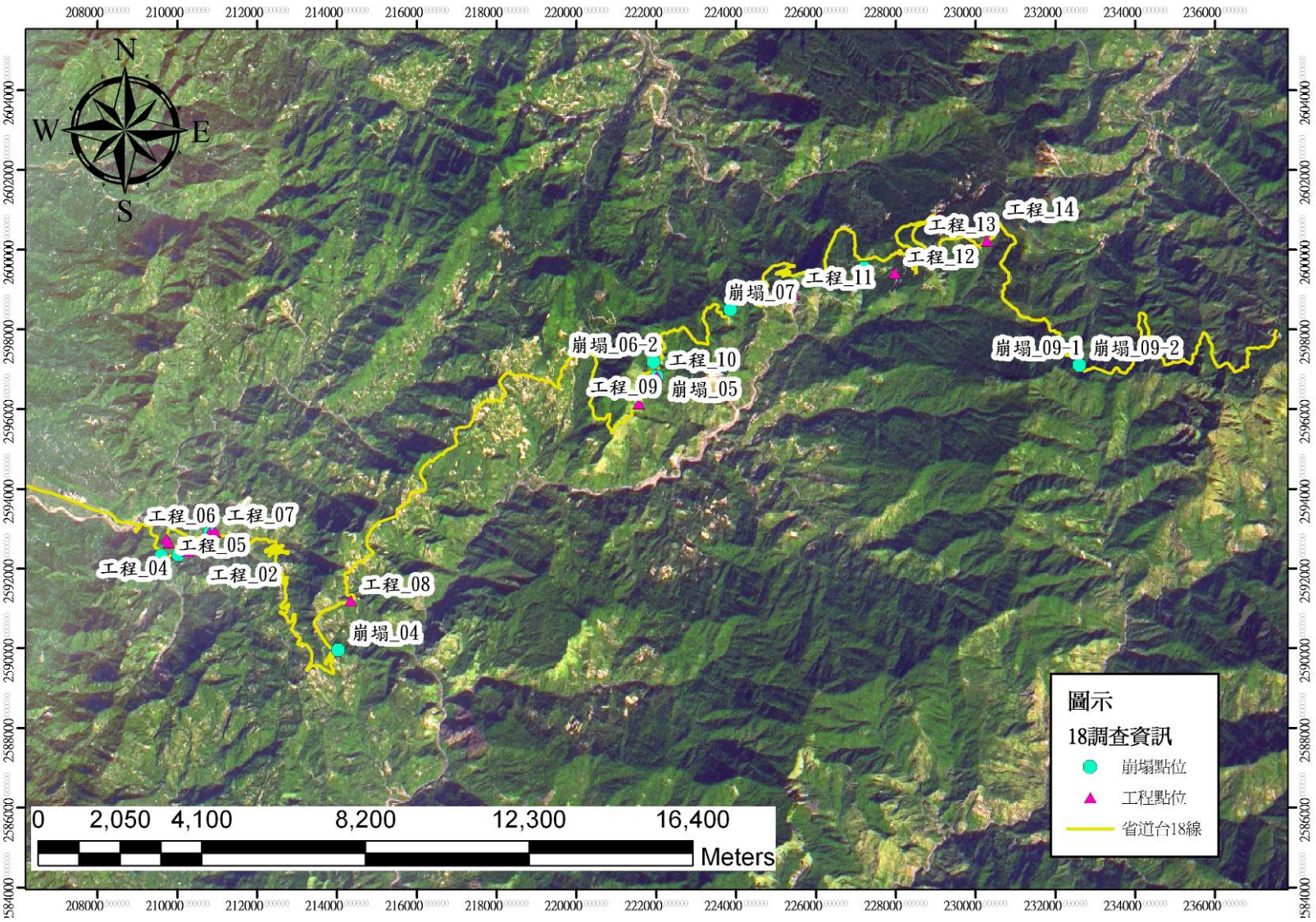


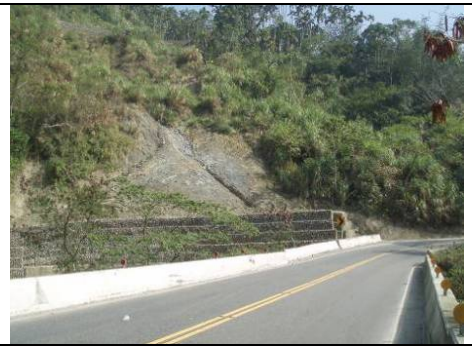
圖 2.3 阿里山雨量站之月平均雨量趨勢圖(修改自中央氣象局)

根據王鑫等(1989)對阿里山公路沿線地形進行之研究資料顯示，由觸口到公田間之路段，公路沿八掌溪支流而行，路線大致與山稜之走向平行，因此大型蝕谷較多。而公田到瀨頭間路段，公路沿稜線西坡爬升南行，沿途有小型蝕谷。公路經瀨頭後，北折沿稜附近彎曲前進至石桌。本段路線方向與地層構造線之走向近似平行，因此地質上之變化也較單純。石桌以東，公路降到曾文溪支流溪谷，過溪谷後經過關刀山砂岩之山脊，當達十字村後，公路呈之字形盤旋上山，而後沿平緩之稜線直達阿里山。阿里山東西向稜線之北部屬八掌溪流域，稜線以南則屬曾文溪流域，此外，在阿里山東北部另有陳有蘭溪及其支流通過。

畢慶昌(1969)研究阿里山公路沿線地質構造，指出本路段公田斷層以東到樟山斷層間，構造以褶皺為主，大多為不對稱褶皺，其軸面向東或向西傾斜，褶皺軸之走向亦不甚規則，除了芙蓉山向斜軸部出露之地層為關刀山砂岩外，其他各背斜或向斜軸部所出露的岩層皆為南莊層，而觸口斷層與樟山斷層為區內較重要之逆衝斷層。瀨頭斷層呈北北西走向，通過本路段西緣瀨頭附近，鹿窟斷層位於觸口斷層東方，呈北東走向，畢慶昌(1969)認為此斷層為阿里山岩幕之西界。在地層特性方面，依據劉桓吉等(1998)的調查顯示，調查區附近之地層主要是為第三紀與第四紀地層。岩性則是以砂岩、頁岩與泥質砂岩為主。本區出露的地層由老至新依序為南莊層(厚層砂岩為主，夾薄頁岩互層)、桂竹林層、錦水頁岩、卓蘭層(粉砂岩為主，間有砂頁岩互層)與頭嵙山層，其中，頭嵙山層又分為火炎山相(礫石層)和香山相(砂岩)。

表 2-11 臺 18 線現場調查與照片說明



		
工程 1 現況照片(980620)	工程 2 現況照片(980620)	工程 3-1 現況照片(980620)
		
工程 3-2 現況照片(980620)	工程 4 現況照片(980620)	工程 5 現況照片(980620)
		
工程 6 現況照片(980620)	工程 7 現況照片(980620)	工程 9 現況照片(980620)

		
工程 9 現況照片(980620)	工程 10 現況照片(980620)	工程 11 現況照片(980620)
		
工程 12 現況照片(980620)	工程 14 現況照片(980620)	工程 15 現況照片(980620)
		
崩塌 1 現況照片(980620)	崩塌 2 現況照片(980620)	崩塌 3 現況照片(980620)

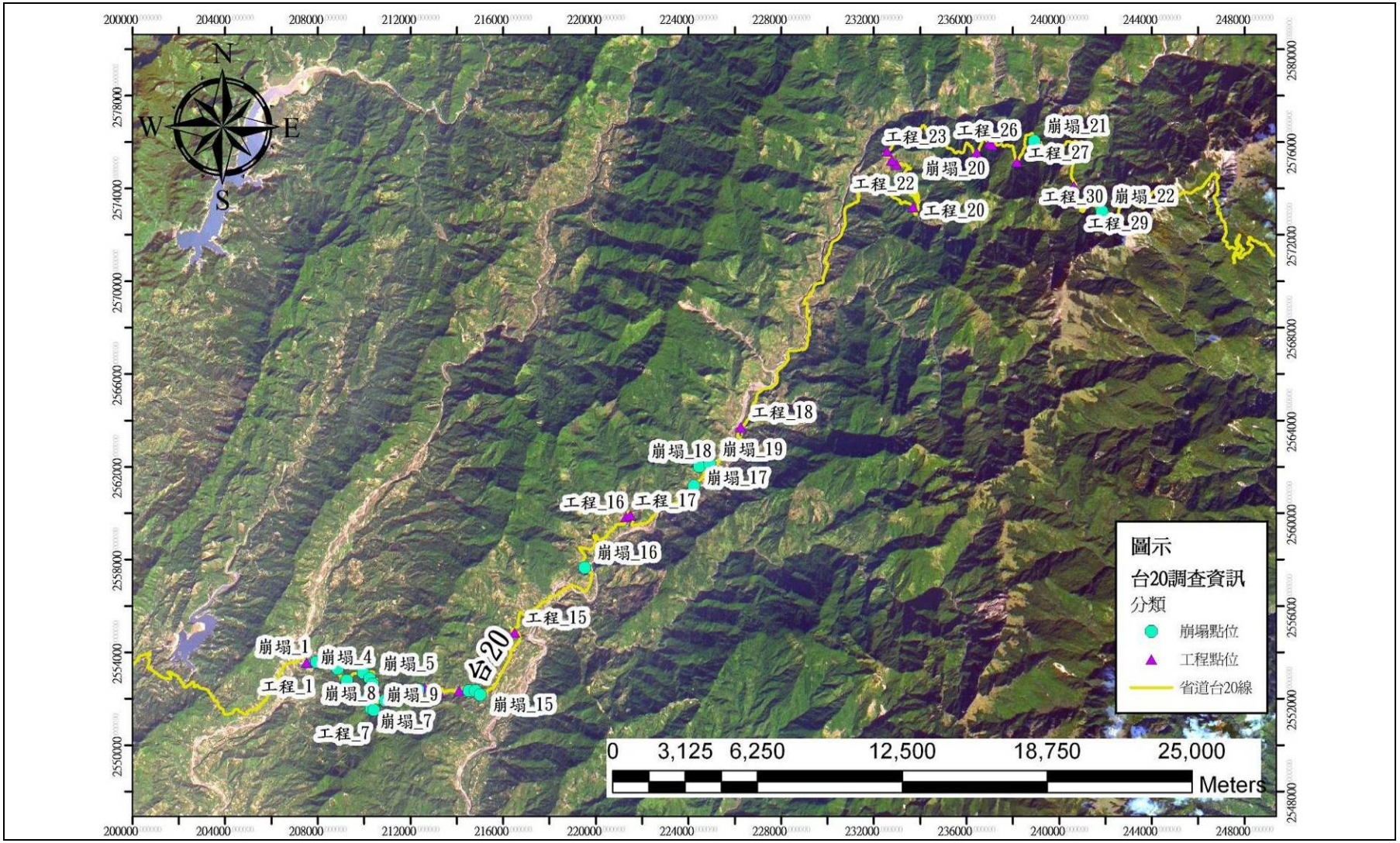
		
崩塌 4 現況照片(980620)	崩塌 5 現況照片(980620)	崩塌 6-1 現況照片(980620)
		
崩塌 6-2 現況照片(980620)	崩塌 7 現況照片(980620)	崩塌 8 現況照片(980620)
		
崩塌 9-1 現況照片(980620)	崩塌 9-2 現況照片(980620)	臺 18 終點(980620)

編號	里程(公里)	座標		位置		規模(公尺)		現況說明
		X	Y	上邊坡	下邊坡	寬	高	
工程_01	37.4	210274	2592420	◎		40	9	擋土牆
工程_02	37.6	210531	2592494	◎		30	3	擋土牆
工程_03-1	38.5	210141	2592653	◎		20	6	擋土牆
工程_03-2	38.5	210141	2592653		◎			排水道
工程_04	39	209792	2592653	◎		15	20	格網植生
工程_05	39.1	209739	2592741	◎		32	2	擋土牆
工程_06	40.7	210818	2592910	◎		20	5	擋土牆，潛壩 2 座
工程_07	40.8	210943	2592927	◎		40	8	擋土牆
工程_08	54.1	214349	2591194	◎		15	10	格網植生
工程_09	70	221566	2596146	◎		40	30	格網植生
工程_10	71.1	222022	2596822	◎		20	10	噴漿、格網植生
工程_11	78.6	225452	2598887	◎		70	20	噴漿、格網植生
工程_12	83.3	227985	2599417	◎		8	2.5	擋土牆
工程_13	91.7	230290	2600219	◎		150	10	噴漿、格網植生
工程_14	92.3	230488	2600607	◎		20	15	格網植生

編號	里程(公里)	座標		位置		規模(公尺)		現況說明
崩塌_01	36.3	209600	2592319	◎		10	25	上邊坡土石崩落
崩塌_02	37.1	210032	2592344	◎		10	25	上邊坡土石崩落
崩塌_03	40.7	210818	2592910		◎	25	35	下邊坡土石崩落
崩塌_04	51.9	214035	2589956	◎		10	10	上邊坡土石崩落
崩塌_05	71.1	222022	2596822		◎	10	20	下邊坡土石崩落
崩塌_06-1	71.6	221936	2597187	◎		10	25	上邊坡土石崩落
崩塌_06-2	71.6	221936	2597187		◎	20	20	下邊坡土石崩落
崩塌_07	76	223860	2598505	◎		15	8	上邊坡土石崩落
崩塌_08	82.3	227210	2599541	◎		15	10	上邊坡土石崩落
崩塌_09-1	98	232601	2597107	◎		30	15	上邊坡土石崩落
崩塌_09-2	98	232601	2597107		◎	15	30	下邊坡土石崩落

X Y 上邊坡 下邊坡 寬 高

表 2-12 臺 20 線現場調查與照片說明


N
W
E
S
崩塌_1
崩塌_4
崩塌_5
崩塌_8
崩塌_9
崩塌_7
崩塌_15
崩塌_16
崩塌_17
崩塌_18
崩塌_19
崩塌_20
崩塌_21
崩塌_22
工程_1
工程_7
工程_15
工程_16
工程_17
工程_18
工程_20
工程_22
工程_23
工程_26
工程_27
工程_29
工程_30
台20
圖示
台20調查資訊
分類
崩塌點位
工程點位
省道台20線
0 3,125 6,250 12,500 18,750 25,000
Meters

		
工程 1 現況照片(980624))	工程 4 現況照片(980624)	工程 5 現況照片(980624)
		
工程 6 現況照片(980624)	工程 8 現況照片(980624)	工程 11 現況照片(980624)
		
工程 12 現況照片(980624)	工程 13 現況照片(980624)	工程 15 現況照片(980624)

		
工程 16 現況照片(980624)	工程 17 現況照片(980624)	工程 18 現況照片(980624)
		
工程 19 現況照片(980624)	工程 20 現況照片(980624)	工程 21 現況照片(980624)
		
工程 22 現況照片(980624)	工程 23 現況照片(980624)	工程 24 現況照片(980624)

		
工程 25 現況照片(980624)	工程 26 現況照片(980624)	工程 27 現況照片(980624)
		
工程 28 現況照片(980624)	工程 29 現況照片(980624)	隧道現況照片(980624)
		
崩塌 1 現況照片(980624)	崩塌 2 現況照片(980624)	崩塌 3 現況照片(980624)

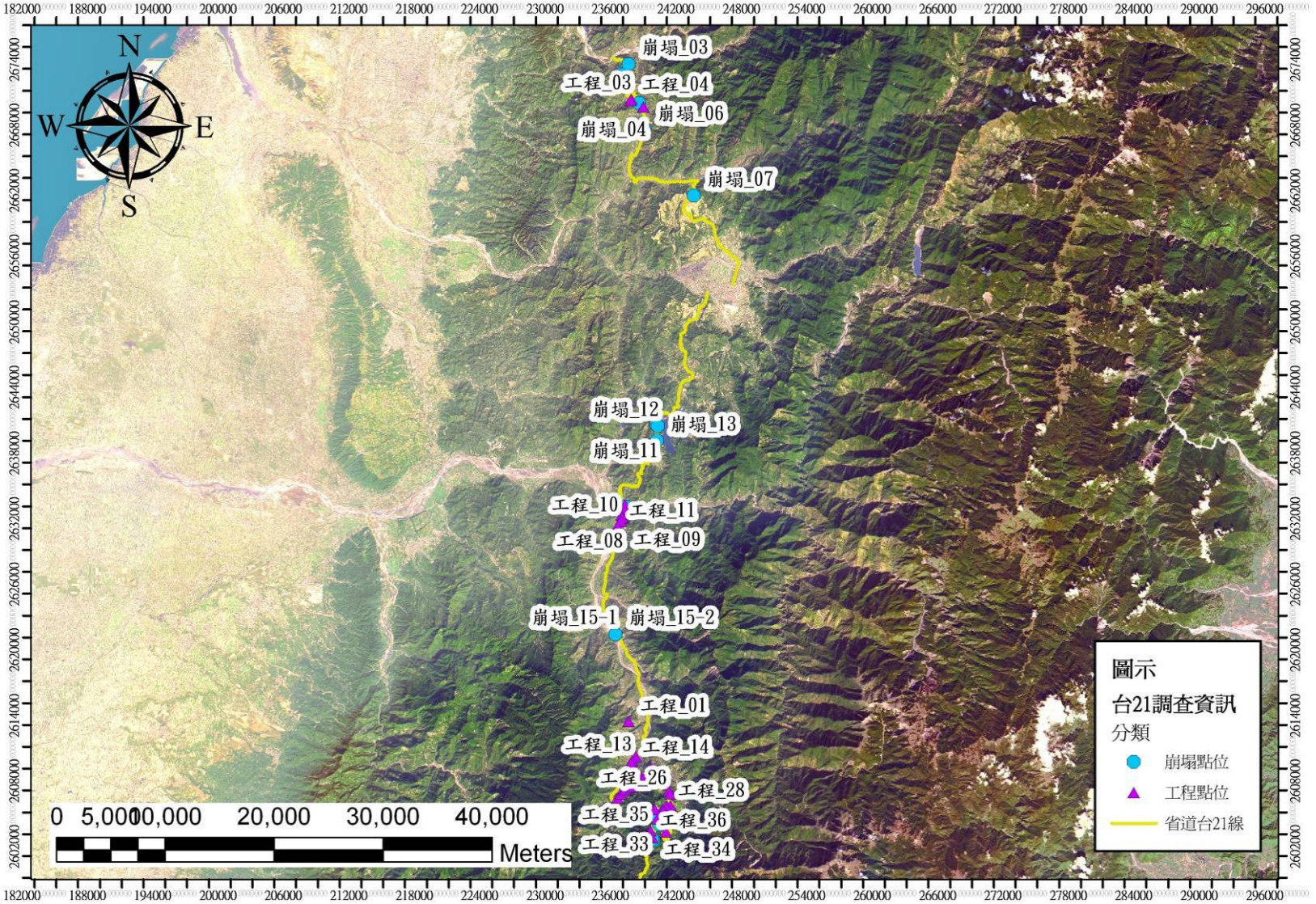
		
崩塌 4 現況照片(980624)	崩塌 5 現況照片(980624)	崩塌 6 現況照片(980624)
		
崩塌 7 現況照片(980624)	崩塌 8 現況照片(980624)	崩塌 9 現況照片(980624)
		
崩塌 10 現況照片(980624)	崩塌 11 現況照片(980624)	崩塌 12 現況照片(980624)

		
崩塌 13 現況照片(980624)	崩塌 14 現況照片(980624)	崩塌 15 現況照片(980624)
		
崩塌 16 現況照片(980624)	崩塌 17 現況照片(980624)	崩塌 18 現況照片(980624)
		
崩塌 19 現況照片(980624)	崩塌 20 現況照片(980624)	崩塌 21 現況照片(980624)

編號	里程(公里)	座標		位置		規模(公尺)		現況說明
		X	Y	上邊坡	下邊坡	寬	高	
工程_1	59.5	207525	2553554	◎		100	2	
工程_2	64	210263	2552861	◎		25	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_3	64.3	210381	2552629	◎		35	20	噴漿自由型框掛網植生
工程_4	64.9	210480	2552499	◎		40	10	噴漿自由型框掛網植生
工程_5	65	210388	2552282	◎		90	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_6	65.2	210266	2552232	◎		50	20	噴漿自由型框掛網植生
工程_7	66.4	210423	2551521	◎		150	90	噴漿自由型框掛網植生
工程_8	67.6	211435	2552239	◎		60	20	噴漿自由型框掛網植生
工程_9	68.2	212191	2552316	◎		70	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_10	68.3	212348	2552391	◎		80	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_11	69.2	212618	2552459	◎		50	25	噴漿自由型框掛網植生
工程_12	70.2	213250	2552264	◎		80	40	箱籠
工程_13	71.5	214112	2552342	◎		100	25	噴漿自由型框掛網植生
工程_14	72.4	214811	2552337	◎		80	4	噴漿自由型框掛網植生
工程_15	76.3	216504	2554853	◎	◎	100	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_16	86.8	221305	2559831	◎		80	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_17	87.2	221498	2559906	◎		100	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_18	94.5	226271	2563706	◎	◎	200	100	噴漿自由型框掛網植生，箱籠
工程_19		232004	2574417	◎	◎	20	40	箱籠
工程_20	113.4	233694	2573212	◎	◎	100	3	箱籠，植生網
工程_21	118.2	232991	2575027	◎		90	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_22	118.8	232779	2575221	◎		50	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_23	119.5	232580	2575600	◎		120	60	噴漿自由型框掛網植生

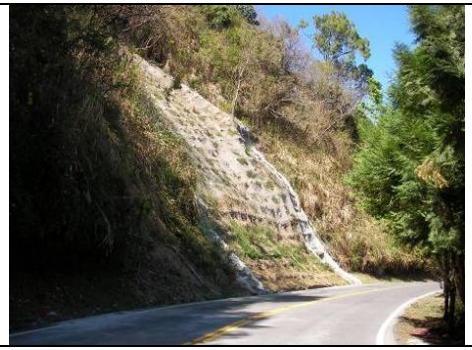
工程_24		236453	2575550	◎	◎	60	60	噴漿自由型框掛網植生
工程_25	126.9	236996	2575975	◎		100	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_26	127	237108	2575875	◎		40	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_27	129.8	238185	2575137	◎	◎	40	40	箱籠
工程_28	137	240640	2574103	◎	◎	50	30	箱籠，植生網
工程_29	138.7	240754	2573361	◎	◎	70	70	噴漿自由型框掛網植生
工程_30	141.1	241847	2573020	◎		100	40	噴漿自由型框掛網植生

表 2-13 臺 21 線現場調查與照片說明

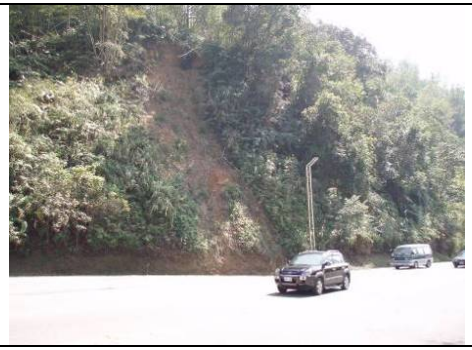


		
工程 1 現況照片(980516)	工程 2 現況照片(980516)	工程 3 現況照片(980516)
		
工程 4 現況照片(980516)	工程 5-1 現況照片(980516)	工程 5-2 現況照片(980516)
		
工程 6 現況照片(980516)	工程 7 現況照片(980516)	工程 8 現況照片(980516)

		
工程 9 現況照片(980516)	工程 10 現況照片(980516)	工程 11 現況照片(980516)
		
工程 12 現況照片(980516)	工程 13 現況照片(980516)	工程 14 現況照片(980516)
		
工程 15 現況照片(980516)	工程 16 現況照片(980516)	工程 17 現況照片(980516)

		
工程 18 現況照片(980516)	工程 19 現況照片(980516)	工程 20 現況照片(980516)
		
工程 21 現況照片(980516)	工程 22 現況照片(980516)	工程 23 現況照片(980516)
		
工程 24 現況照片(980516)	工程 25 現況照片(980516)	工程 26 現況照片(980516)

		
工程 28 現況照片(980516)	工程 29 現況照片(980516)	工程 30 現況照片(980516)
		
崩塌 1 現況照片(980517)	崩塌 2-1 現況照片(980517)	崩塌 3 現況照片(980517)
		
崩塌 4 現況照片(980517)	崩塌 5-1 現況照片(980517)	崩塌 6 現況照片(980517)

		
崩塌 7 現況照片(980517)	崩塌 8 現況照片(980517)	崩塌 9 現況照片(980517)
		
崩塌 10 現況照片(980517)	崩塌 11 現況照片(980517)	崩塌 12 現況照片(980517)
		
崩塌 13 現況照片(980517)	崩塌 14 現況照片(980517)	崩塌 15 現況照片(980517)

		
崩塌 16 現況照片(980517)	崩塌 17 現況照片(980517)	崩塌 18 現況照片(980517)
		
崩塌 19 現況照片(980517)	崩塌 20 現況照片(980517)	臺 18 與 21 終點(980517)

		座標		位置		規模(公尺)		
		X	Y	上邊坡	下邊坡	寬	高	
工程_01	4.8	236518	2612307	◎		100	20	格網噴植
工程_02	7.3	236531	2670593	◎		50	3.5	擋土牆
工程_03	11.5	236767	2669261	◎		80	3	石籠
工程_04	11.7	236693	2669135	◎				
工程_05-1	13.7	237872	2668545	◎		10	3	擋土牆
工程_05-2	13.7	237872	2668545		◎	10	5	擋土牆
工程_06	77	236204	2632117	◎		250	10	噴漿自由型框掛網植生
工程_07	77.6	236207	2631618	◎		200	10	噴漿自由型框掛網植生
工程_08	78.2	235874	2631188	◎		20	12	噴漿掛網植生
工程_09	78.45	235937	2630943	◎		20	2	箱籠+輪胎木柵
工程_10	78.95	235791	2630641	◎		100	15	噴漿掛網植生
工程_11	79.5	235499	2630174	◎		180	20	噴漿掛網植生
工程_12	103.8	237194	2609063	◎		120	20	噴漿掛網植生
工程_13	104.3	236851	2608722	◎		130	30	噴漿掛網植生
工程_14	104.6	236726	2608484	◎		50	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_15	109.3	235496	2605303	◎		20	30	噴漿掛網植生
工程_16	110	235841	2605710	◎		20	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_17	110.6	236183	2606070	◎		20	35	噴漿自由型框掛網植生
工程_18	112.6	236832	2606327	◎		180	35	噴漿掛網植生
工程_19	113.6	237754	2607026	◎		10	45	噴漿掛網植生
工程_20	113.7	237708	2607148	◎		12	15	噴漿自由型框掛網植生
工程_21	114	237947	2607098	◎		30	35	噴漿自由型框掛網植生
工程_22	116	238572	2608069	◎		100	50	噴漿掛網植生
工程_23	116.5	239000	2607725	◎		30	25	噴漿掛網植生

工程_23	116.5	239000	2607725	◎		30	25	噴漿掛網植生
工程_24	118	239633	2606752	◎		40	30	噴漿自由型框掛網植生
工程_25	119.3	240236	2605983	◎		10	25	噴漿自由型框掛網植生
工程_26	119.75	240377	2605680	◎		18	20	噴漿自由型框掛網植生
工程_27	121.4	240380	2604627	◎		100	25	噴漿掛網植生
工程_28	121.8	239974	2604549	◎		35	45	噴漿自由型框掛網植生
工程_29-1	122.4	239650	2604288	◎		60	35	噴漿自由型框掛網植生
工程_29-2	122.4	239650	2604288		◎	40	60	錨釘
工程_30	122.8	239718	2604092	◎		50	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_31	129.5	239919	2602193	◎		60	20	輪胎木柵
工程_32	133.7	238919	2604269	◎		30	6	噴漿掛網植生
工程_33	136.1	239136	2603420	◎		200	40	噴漿自由型框掛網植生
工程_34	138.35	238698	2601666	◎		10	35	噴漿自由型框掛網植生
工程_35	140.2	238526	2602332	◎		100	25	噴漿
工程_36	141	238300	2601802	◎		60	45	噴漿

編號	里程(公里)	座標		位置		規模(公尺)		現況說明
		X	Y	上邊坡	下邊坡	寬	高	
崩塌_01	2.6	235949	2671602		◎	24	30	路基淘空
崩塌_02-1	3.6	236089	2671500	◎		30	30	坡面崩塌
崩塌_02-2	3.6	236089	2671500		◎	30	40	路基淘空
崩塌_03	5	236502	2672455		◎	20	50	路基淘空
崩塌_04	13.1	237492	2668877		◎	35	30	路基淘空
崩塌_05-1	16.2	237877	2666662	◎				
崩塌_05-2	16.2	237877	2666662		◎			
崩塌_06	16.4	237973	2666478		◎	25	20	路基淘空
崩塌_07	31	242488	2660418	◎		40	25	坡面崩塌
崩塌_08	64.7	239027	2639541	◎		10	10	坡面崩塌
崩塌_09	64.8	239020	2639524	◎		6	12	坡面崩塌
崩塌_10	64.85	239029	2639493	◎		15	15	坡面崩塌
崩塌_11	64.9	239034	2639465	◎		5	15	坡面崩塌
崩塌_12	65	239205	2639344	◎		12	12	坡面崩塌
崩塌_13	66.4	239108	2638004	◎		10	15	坡面崩塌
崩塌_14	77.3	236271	2631962	◎		100	10	坡面崩塌
崩塌_15-1	90.4	235319	2620294	◎		50	40	坡面崩塌
崩塌_15-2	90.4	235319	2620294		◎	50	6	路基淘空、路面下陷
崩塌_16	124.6	240003	2603128	◎				坡面落石
崩塌_17	131.1	239324	2602900	◎		15	40	坡面崩塌
崩塌_18	133	238973	2603679	◎		4	5	坡面崩塌
崩塌_19	138.8	238784	2601420	◎		15	35	坡面崩塌
崩塌_20	139.1	238677	2601532	◎		15	25	坡面崩塌

98 年莫拉克颱風對於中南部山區以及所屬道路及河川造成相當大的土砂災害，對於本研究案例區來說，也增加不少災情，如下為省道臺 14、18、20 及 21 線莫拉克颱風後現地勘查與驗證時所拍攝的道路狀況，可見其災害規模與現況處理情形。

(1)如照片 2-1 所示，臺 14 線在本次颱風災害並無降下像 2008 年時的規模，因此本區災害並不大，只有部分路段有零星的土石崩落，經重機具清除後，在短時間內已恢復通車。

(2)如照片 2-2 所示，臺 18 線在本次災害中降雨量相當驚人，在甚多路段早成嚴重的崩塌，除了路基流失外，整個區段甚多地方到目前為止都是臨時便道，尚未完全修復，如 37K、54K、57K 甚至 71K 都是在災害時完全阻斷道路，嚴重影響通行。

(3)如照片 2-3 所示，臺 20 線在本次颱風災害為降雨中心，造成甚多崩塌與土石流的發生，如 62K、65K、76K 以及 83K 道路都因為嚴重土砂災害，完全中斷道路，至今仍以簡易的回填進行修復，使便道能夠通行，但是一旦下雨，本區容易阻斷。

(4)如照片 2-4 所示，臺 21 線在本次災害中在上游地區造成嚴重的土砂災害，由於陳有蘭溪上游為本次降雨中心的被風面，但也造成相當規模的災害，如 91K、105K、120K 以及 124K 受到野溪土石流爆發以及坡面崩塌影響，造成阻斷。

			
68.5K(980917)	73K(980917)	74K(980917)	95.9K(980917)
			
96.2K(980917)	96.2K(980917)	臺 14 線 96.5K(980917)	96.5K(980917)
			
96.8K(980917)	96.8K(980917)	96.8K(980917)	眉山橋(980917)
照片 2-1 臺 14 線莫拉克後現地照片			

			
37.5K(980924)	40.1K(980924)	40.7-41.6K(980924)	54-57.3K(980924)
			
59.5K(980924)	59.5K(980924)	60.7K(980924)	67.9K(980924)
			
71K(980924)	71K(980924)	79K(980924)	79K(980924)
照片 2-2 臺 18 線莫拉克後現地照片			

			
53K(9801002)	59.8K(9801002)	60.5K(9801002)	62.5K(9801002)
			
62.9K(9801002)	65K(9801002)	66K(9801002)	67.3K(9801002)
			
69.2K(9801002)	76.1K(9801002)	83.2K(9801002)	86.8K(9801002)
照片 2-3 臺 20 線莫拉克後現地照片			

			
91.6K(980924)	95.6K(980924)	97K(980924)	99K(980924)
			
103.5K(980924)	105.3K(980924)	106.7K(980924)	110K(980924)
			
114K(980924)	120-120.5K(980924)	120.5K(980924)	122-124K(980924)
照片 2-4　臺 21 線莫拉克後現地照片			

除了上述說明有關各項道路坡地災害歷史資料進行資料蒐集外，配合今年度四處示範區道路沿線理使崩塌的狀況進行資料收集，由於今年度公路局第三區工程處資料取得有一些問題，因此針對所收集的公路局第二區工程處資料以及公路局第五區工程處歷史道路災害搶修與復建內容進行分析，將省道臺 14、臺 18 以及臺 21 線針對其上下邊坡崩塌土體清除量體進行統計，如圖 2.17~圖 2.37 為各里程樁區間歷年發生總崩塌次數總計、各里程樁區間總崩塌量體之關係以及他所處區域歷年最大 24 小時降雨量，並透過整理表，統計各里程所處地質環境與崩塌關係，可得以下幾點結論：

(1)如圖 2.17-圖 2.23 所示，臺 14 線的主要崩塌區位座落在 30-40K 以及 60-80K、85-90 與 95-98K 之間，其中崩落次數最多為 65-70K 之間，再其次為 37K 及 73K 附近，但以 65-70K 的總崩落量最多。觀察本區降雨特性，亦以 65-70K 區間最大，高達 600mm 以上。就下邊坡崩塌影響，多為緊鄰河道之區域，如 62K 及 80K 附近崩落長度最大，崩塌區域所處地質條件，多為地質條件差之乾溝層與廬山層為主。

(2)如圖 2.24-圖 2.30 為臺 18 崩塌統計，經瞭解，本區崩塌次數較多之區塊以 35-40K、57-60K、67-73K、78-85K 與 97-108K 區間，崩落量體則以 38-40K、72-73K、80-85K 崩落量體較多。雖然 80-95K 區域降雨量較大，但是主要決定在本區坡面地質條件，而本區山區道路主要為砂頁岩互層之桂竹林層，本質甚差，加上本區降雨量大，因此致災性高。

(3)如圖 2.31-圖 2.37 為臺 21 線崩塌分布統計，除了埔里北端的區域在 5-15K 間有集中崩塌外，70-90K 以及 110-130K 皆為本道路重要影響區位，由統計來看，機戶所有位置都曾發生過崩塌，表示本區坡面穩定杜以直以來問題甚多，需要注意。降雨量以 100-130K 區間最大，但相較其他道路來說，本區總崩塌量分布不多，唯有 95K 以及 107K 附近甚大，需要注意，下邊坡崩塌發生次數也很多，多數路面緊鄰河道，影響安全。本區地質總費分布甚廣，亦多為破碎之脆弱地質，因此產砂量較大。

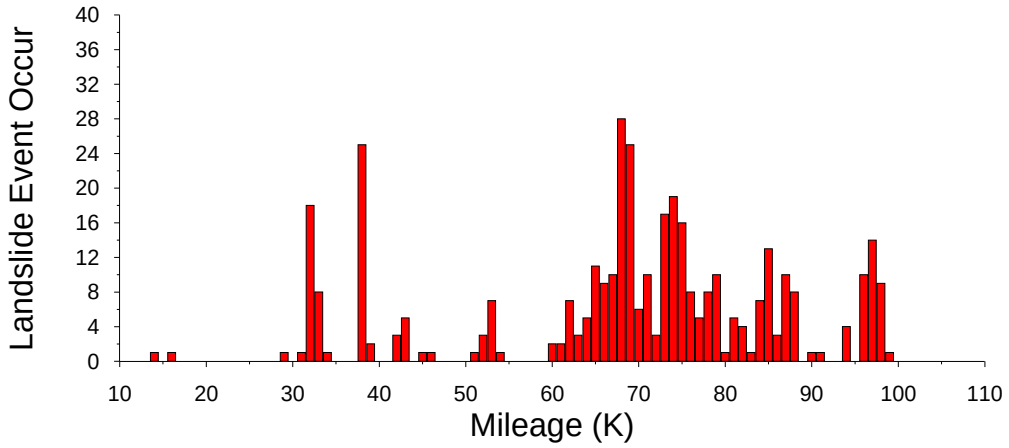


圖 2.17 臺 14 各里程近十二年累計崩塌次數分布圖

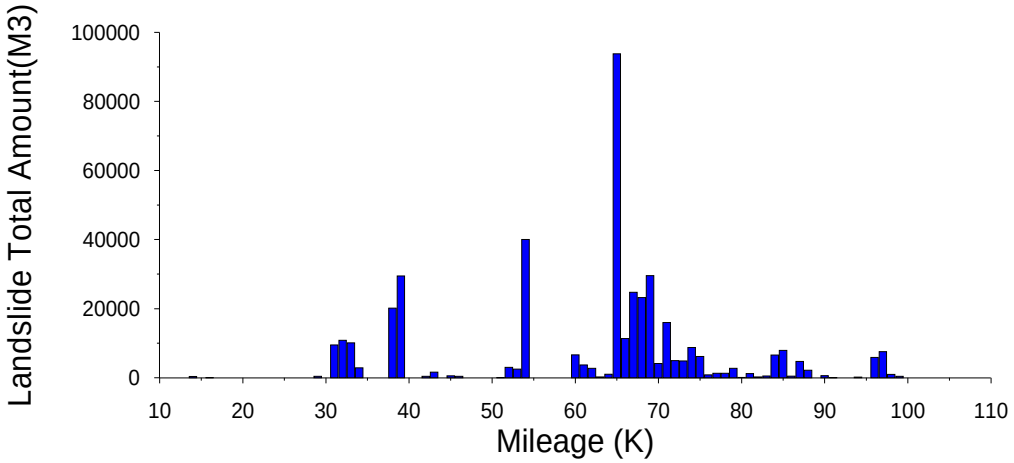


圖 2.18 臺 14 各里程近十二年累計崩塌總量分布圖

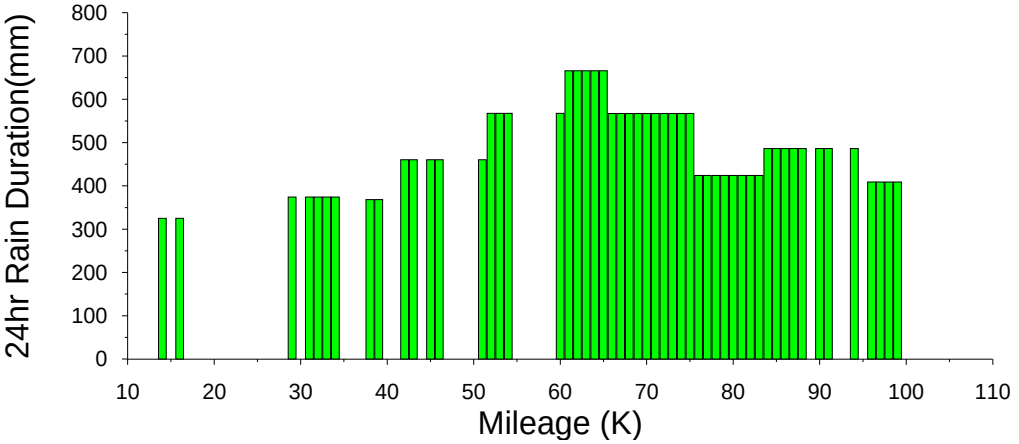


圖 2.19 臺 14 各里程近十二年崩塌區位最大 24hr 累計降雨量分布圖

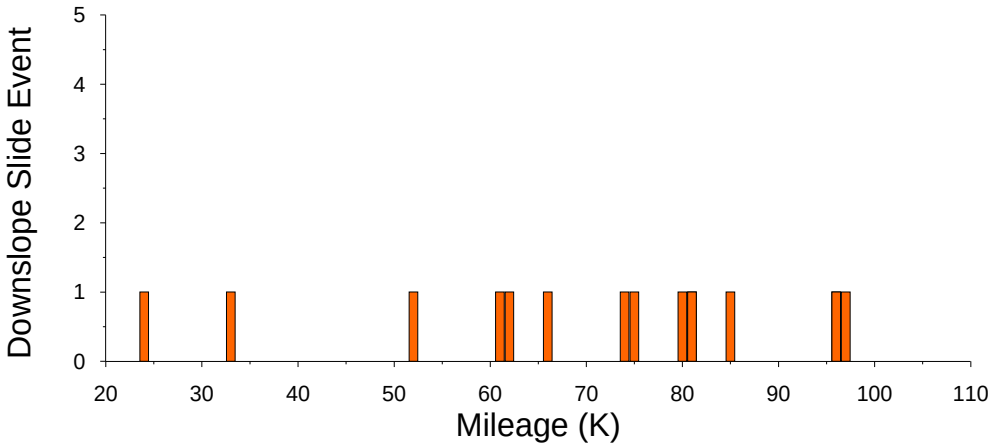


圖 2.20 臺 14 各里程近十二年下邊坡崩塌數量分布圖

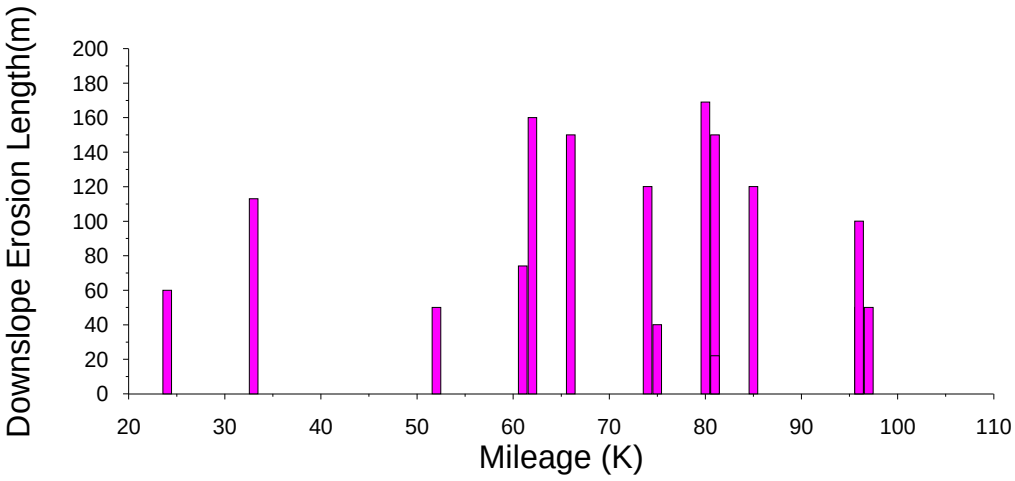


圖 2.21 臺 14 各里程近十二年下邊坡崩塌總長度分布圖

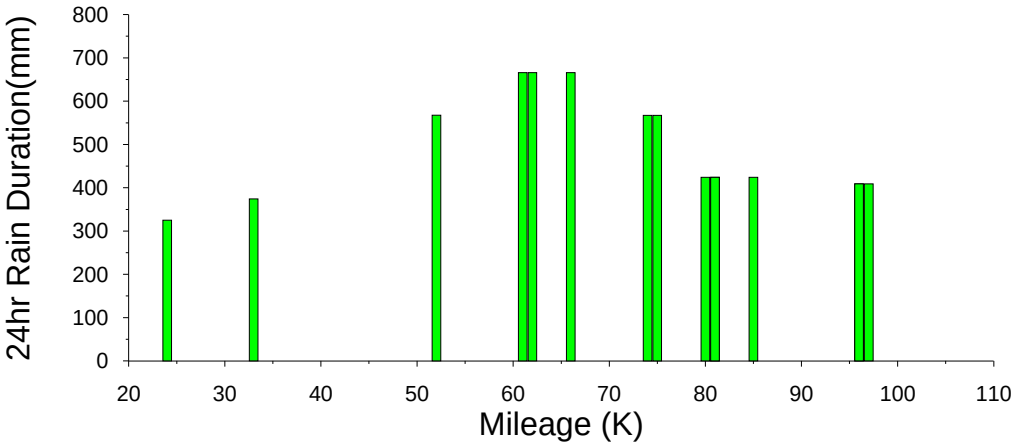


圖 2.22 臺 14 各里程近十二年下邊坡崩塌區位最大 24hr 累計降雨量分布圖

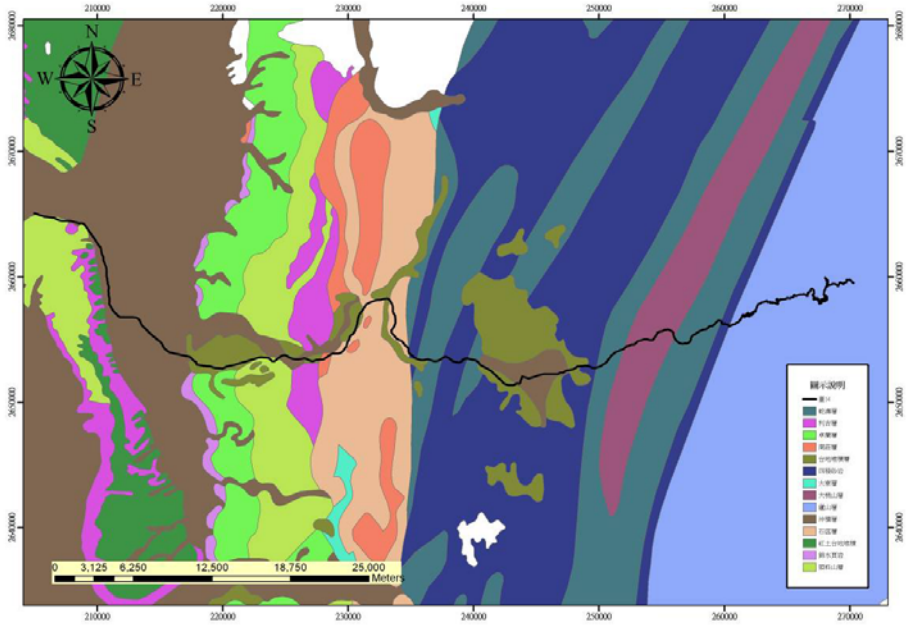


圖 2.23 臺 14 地層分布圖

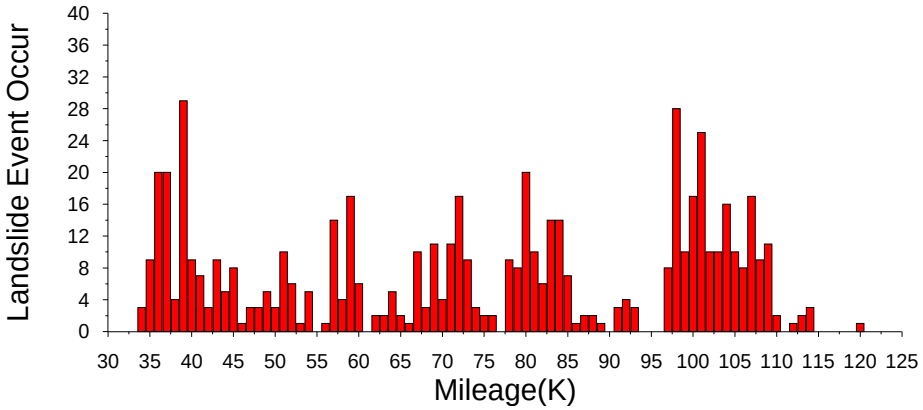


圖 2.24 臺 18 各里程近十二年累計崩塌次數分布圖

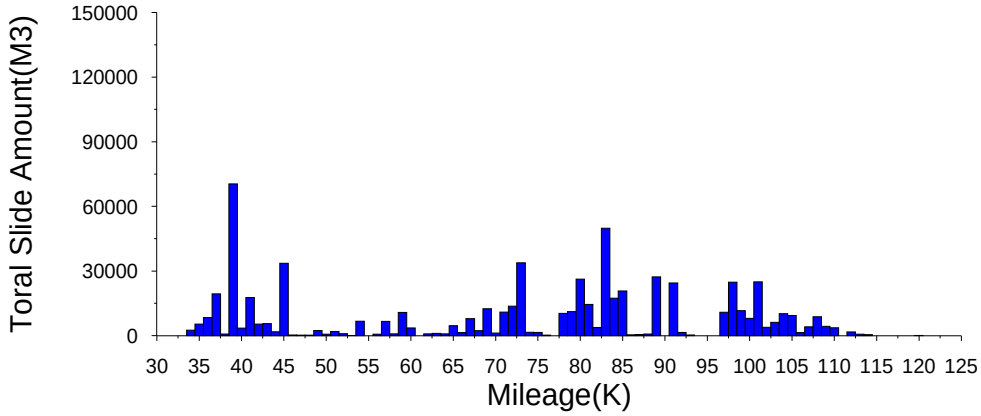


圖 2.25 臺 18 各里程近十二年累計崩塌總量分布圖

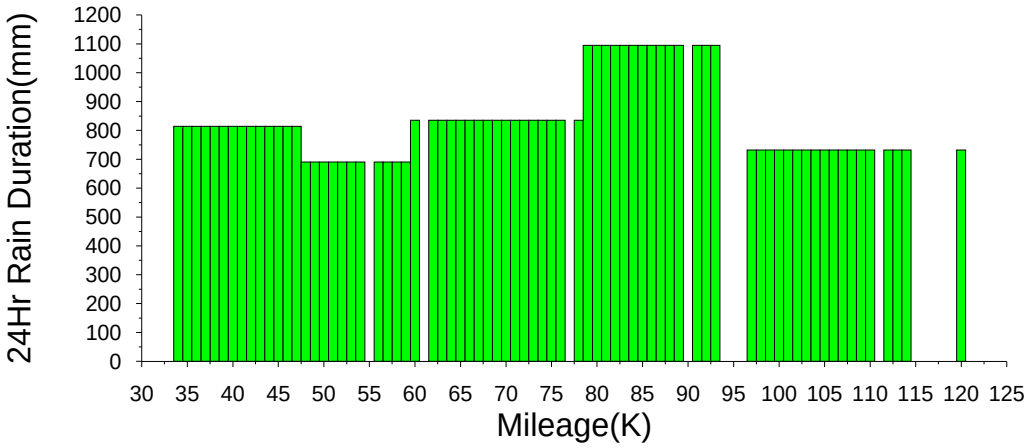


圖 2.26 臺 18 各里程近十二年崩塌區位最大 24hr 累計降雨量分布圖

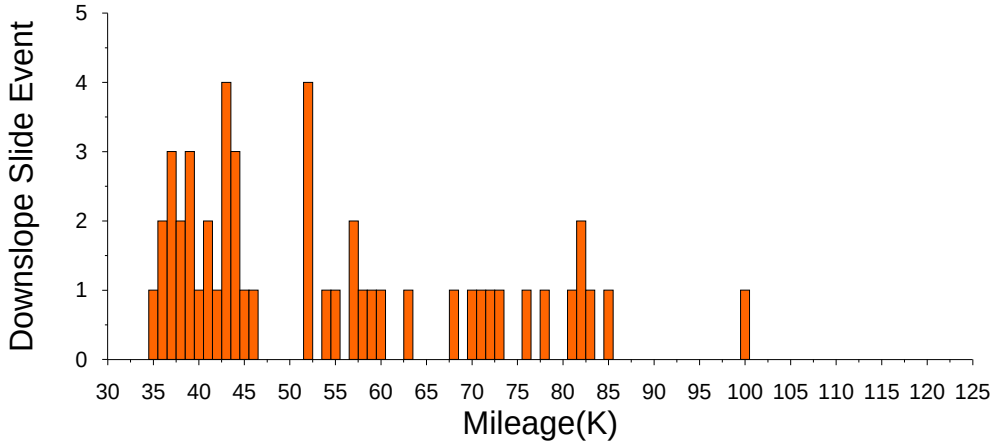


圖 2.27 臺 18 各里程近十二年下邊坡崩塌數量分布圖

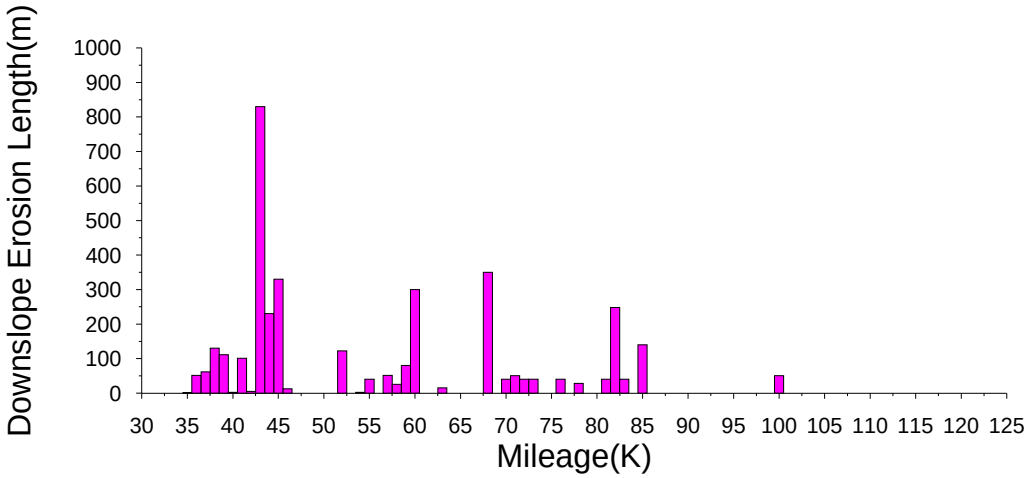


圖 2.28 臺 18 各里程近十二年下邊坡崩塌總長度分布圖

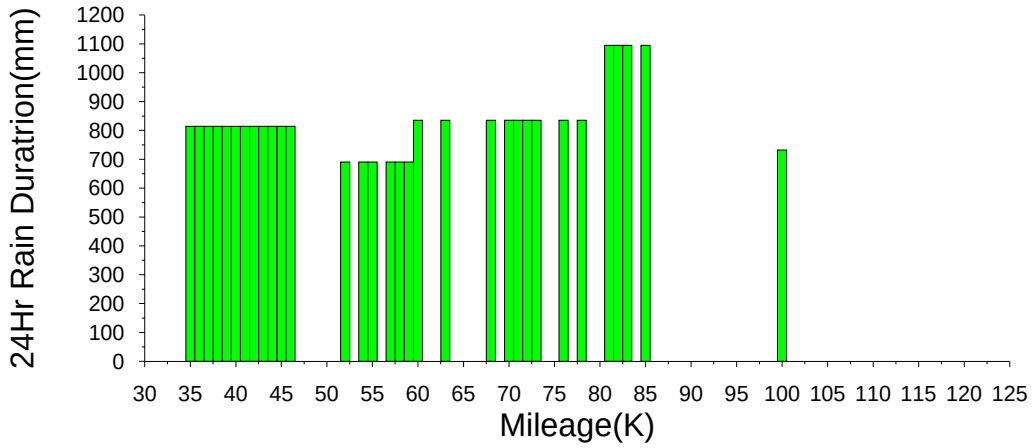


圖 2.29 臺 18 各里程近十二年下邊坡崩塌區位最大 24hr 累計降雨量分布圖

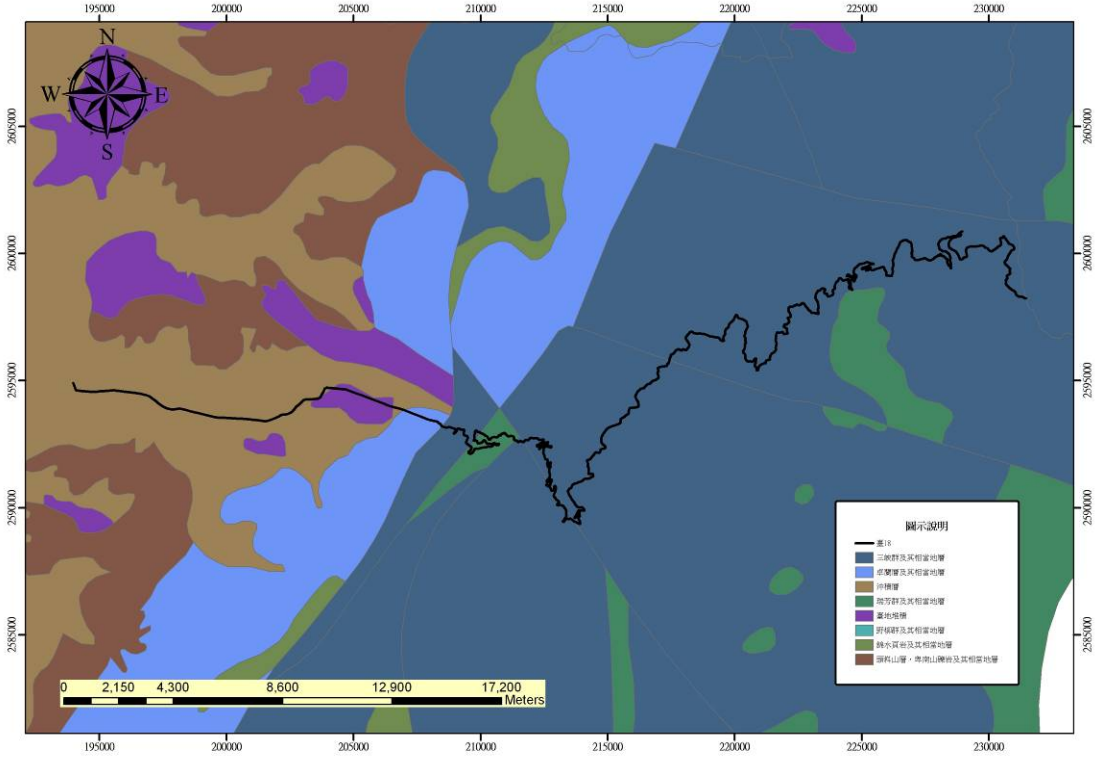


圖 2.30 臺 18 地層分布圖

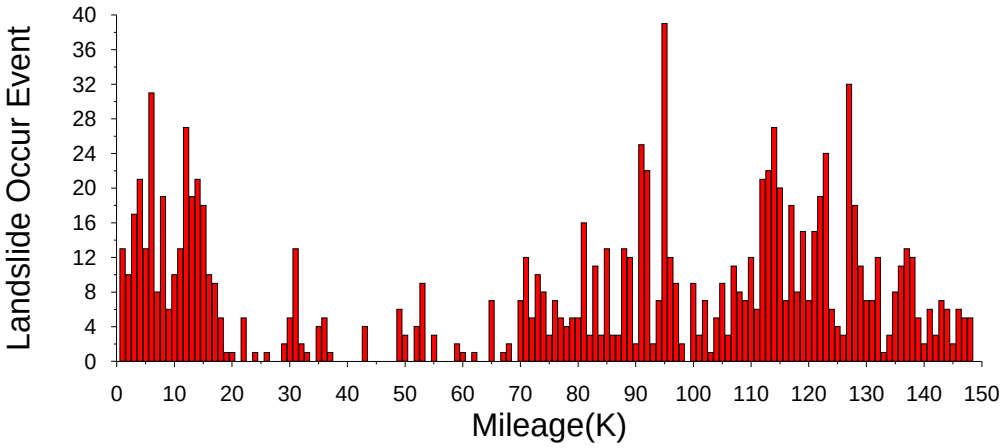


圖 2.31 臺 21 各里程近十二年累計崩塌次數分布圖

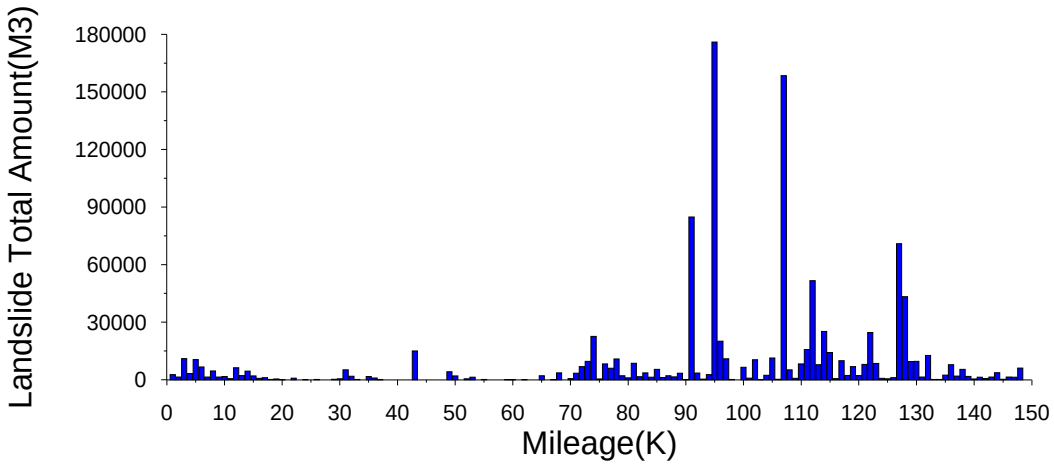


圖 2.32 臺 21 各里程近十二年累計崩塌總量分布圖

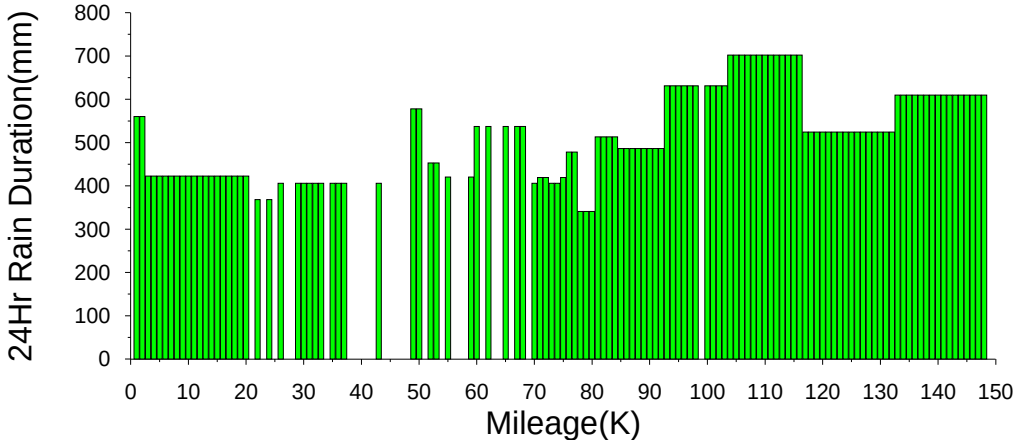


圖 2.33 臺 21 各里程近十二年崩塌區位最大 24hr 累計降雨量分布圖

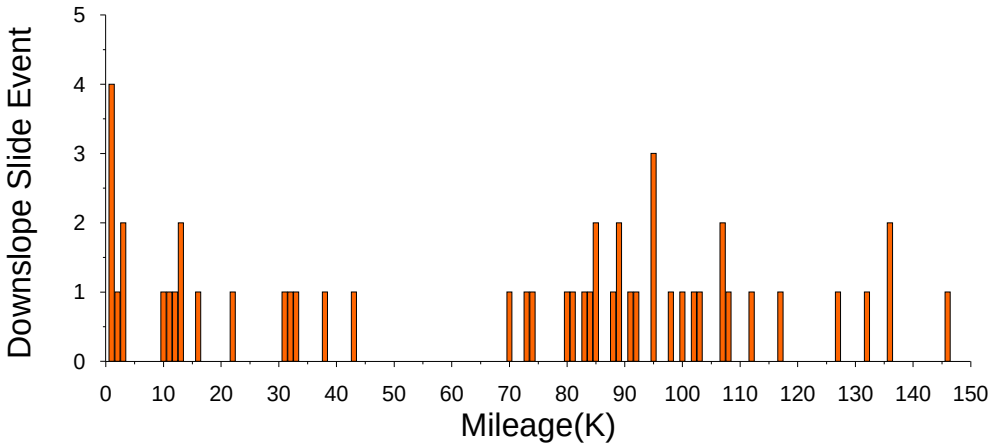


圖 2.34 臺 21 各里程近十二年下邊坡崩塌數量分布圖

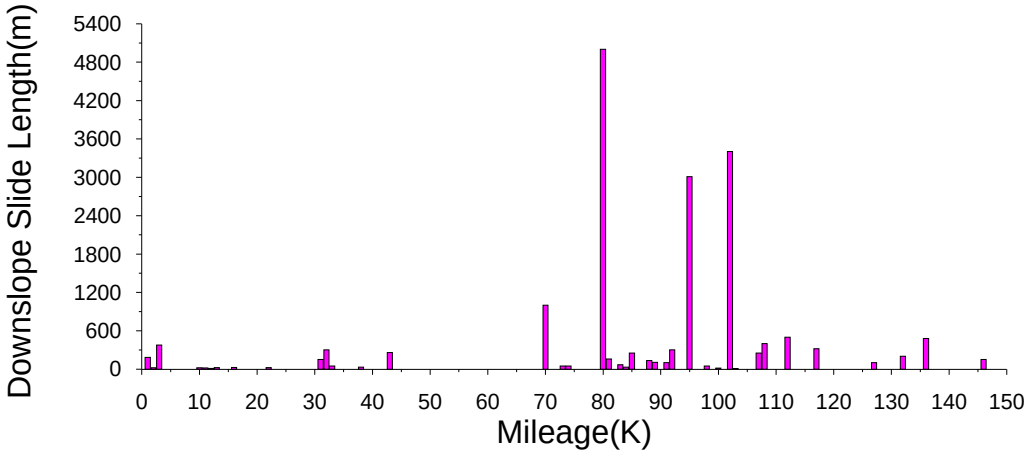


圖 2.35 臺 21 各里程近十二年下邊坡崩塌總長度分布圖

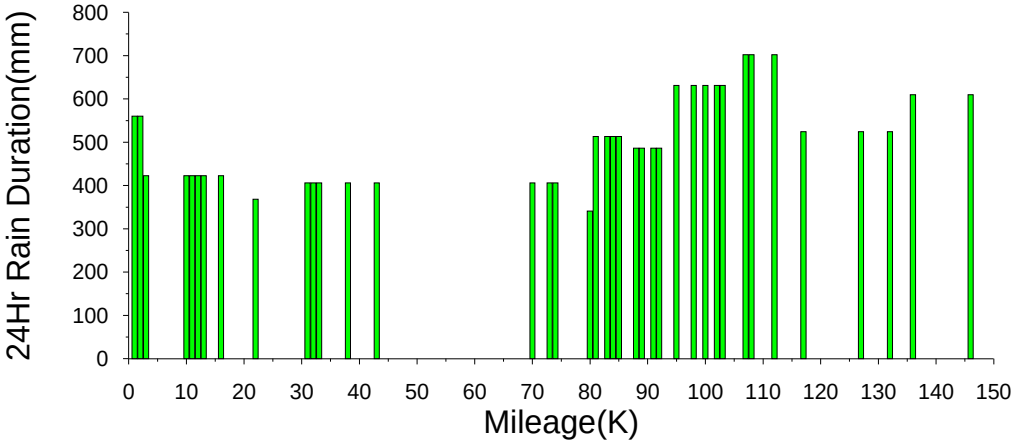


圖 2.36 臺 21 各里程近十二年下邊坡崩塌區位最大 24hr 累計降雨量分布圖

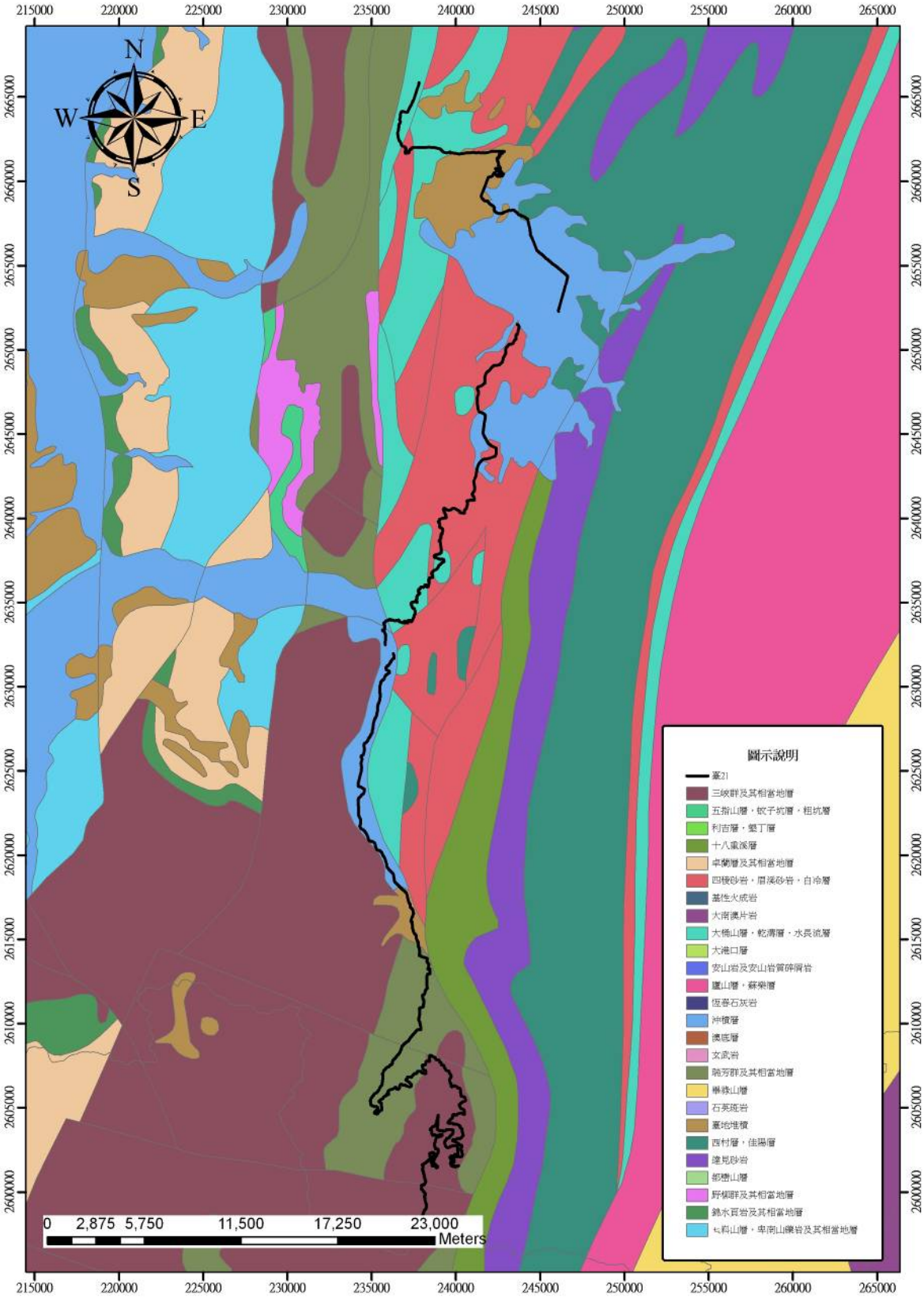


圖 2.37 臺 21 地層分布圖

第三章　山區道路易致災因子分析

歷史崩塌事件資料調查除用於擴充道路邊坡管理系統資料庫外，將其量化後，另可提供道路邊坡崩塌機率、崩塌規模等研究使用，因此規劃選定之致災因子種類便極為重要。然因子之量化方法依各因子之特性而有所不同，除可利用地理資訊系統及數值圖籍等資料外，現地勘查作業更是避免不了，然將本研究各分析所需調查之崩塌事件影響因子量化範圍列於表 3-1，並將其定義與量化方法說明如下。

表 3-1　影響因子量化範圍

類別			影響因子	單位	範圍
潛在因子	自然因子	地形	坡向	°	0~360
			坡度	°	0~90
			坡高	m	≧0
			坡形	°	-360~+360
		地質	地層種類	-	1~5
		岩層位態	坡向與傾向夾角	°	0~180
			坡度與傾角夾角	°	-90~+90
		風化及破碎程度	岩塊規模	m	≧0
			岩塊體積百分比	%	0~100
		植被	植被覆蓋面積百分比	%	0~100
			植被覆蓋厚度	m	≧0
		水系	集水區面積	m2	≧0
		921 地震力	最大水平地表加速度	gal	≧0
	人為因子	道路開闢	坡趾開挖高度	m	≧0
			坡度改變量	°	0~90
誘發因子		降雨	颱風累積降雨量	mm	≧0
針對新加入因子模規	自然因子		可能崩塌面長度	m	≧0
			可能崩塌面寬度	m	≧0
			植被種類	%,m	0~100
			累積崩塌量	m^3	≧0

3.1 潛在因子

地形是地質表現於外的形狀，然地形本身會影響地表水的流向，因而影響坡地的侵蝕與沈積。潛在因子主要調查的項目為坡向、坡度、坡高及坡形(曲率)，分述如下：

3.1.1 地形

1. 坡向

坡面的朝向，關係著迎風面的位置及地震力的作用方向，因此為可間接反應降雨及地震影響之因子，此值主要經由地質羅盤現場量得，記錄方法同方位角，以北方為 0°，順時針旋轉遞增，範圍介於 0~360°。

2. 坡度

坡度為邊坡坡面與道路銜接處之角度，如圖 3.4 所示，此因子會影響到地區的穩定度及水流速度，坡度愈陡，造成下滑之趨動力愈大，發生崩塌的機率也愈高。一般常用的表示方法有百分比法、度數法、密位法和分數法等，本研究則是藉由地質羅盤於現場量得，範圍為 0~90°。

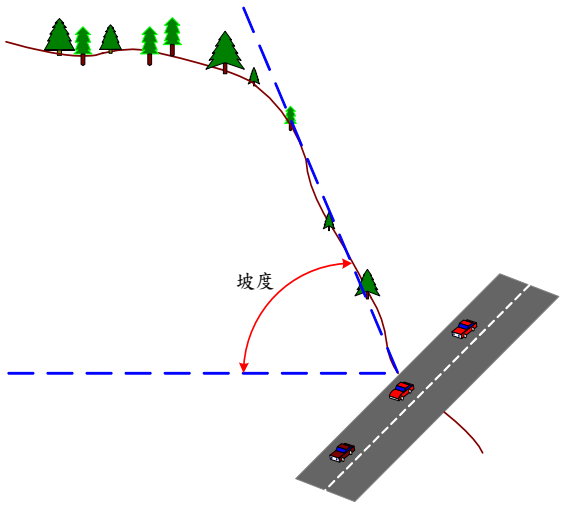


圖 3.4 坡度量化示意圖

3. 坡高

指該邊坡最高點與最低點(道路銜接處)之高差，由路面為基準起算之高度，單位為 m，如圖 3.5 所示，係由現場目測估計得到。依據日本國內邊坡調查(1985)，坡高只要高於 20 公尺以上，如果有 50mm 的連續降雨，即會造成約 26%的災害率，故理論上坡高愈高，則愈易造成崩塌。

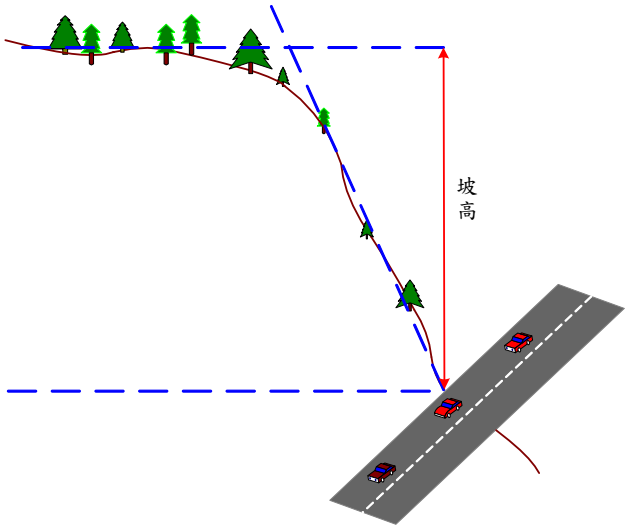


圖 3.5　坡高量化示意圖

4. 坡形

為邊坡的外觀形狀(曲率)，一般分為凸坡、平坡及凹坡等三種坡形。主要受板塊推擠及河流切蝕等內外營力作用下而形成，故可間接反應地質構造，以及降雨時地表水及地下水之流動情形。李德河等(2004)曾發現在 921 地震發生時及發生後一年內，以凸型邊坡發生崩塌之比例最高。

一般山區道路係沿山壁開鑿，故為表達邊坡屬凸坡或凹坡，可以道路之曲度來表達此因子，而其量化作法為：先藉由 ArcView(GIS)軟體中之繪圖工具畫出正圓，再移動圓並調整其大小，以疊合調查點前後約 50m 之路線線形，求出圓之直徑作為記錄值(凸坡為正，

凹坡為負)，取其值之半即為道路曲率半徑 R，接著再利用曲度 Δ＝(弧長 L/曲率半徑 R)×(180°/π)計算曲度，期中弧長 L 取整弧 20m。例如：量得一凹坡調查點之疊合圓直徑 400m(凸坡為正)，則其曲率半徑 R=200m，即可計算其曲度 Δ＝(20/200) ×(180°/π) = 5.73°。

3.1.2 地質(地層種類)

以劉桓吉等人(1989)所製作之阿里山公路沿線地質圖作為地層分類之依據，本研究路線所經過之地層種類整理如表 3-2 所示。由於該地層之岩性差異不大，主要為砂岩、頁岩及其互層，故量化方法為依其地層形成之先後給予不同的分數，一般而言，年代較久遠的地層其岩質較堅硬，岩體強度也較高，故給予較高之分數，因此沿線之地層種類依其形成年代由近至遠可給予 1~5 的量化分數。

表 3-2　調查路段地層種類及量化方式

地層年代		地層		岩性特徵	量化分數
紀	世	種類	代碼		
第三紀	上新世	卓蘭層	Cl	粉砂質砂岩為主，間有砂頁岩互層	1
		錦水頁岩	Cs	青灰色頁岩為主，間夾砂岩	2
		大窩砂岩	Kct	細粒至粉砂質砂岩	3
	中新世	關刀山砂岩	Kck	厚層泥質砂岩為主，夾薄層砂質頁岩之薄互層	4
		南莊層	Nc	青灰色砂岩及砂岩與薄頁岩互層為主	5

3.1.3 岩層位態

一般在進行山區道路選線時，除風化嚴重之土層邊坡或高度破碎之岩層邊坡外，皆需考慮岩層與道路邊坡之斜交情況，考慮是否會構成順向坡滑動及逆向坡傾覆之條件，其判別要件為岩層位態 (岩層傾向及傾角，如圖 3.6 所示)，與道路邊坡之坡向及坡度。量化方式說明如下：

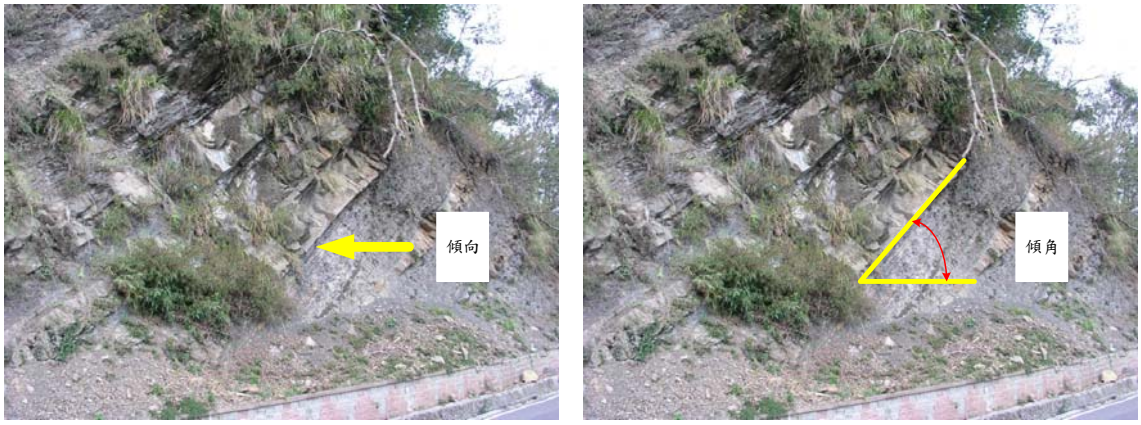


圖 3.6　岩層位態量化示意圖

1. 坡向與傾向交角

此因子之量化值＝|坡向－傾向|(岩層傾向係由現場觀察露頭再以地質羅盤量得)，一般順向坡之值＜20°，逆向坡則＞160°(Hoek and Bray, 1977)，故此因子可反映邊坡是否為順向或逆向坡，而一般土層或破碎岩層邊坡則以 90°(直交坡)為其量化值。

2. 坡度與傾角交角

當坡面之坡度＞岩層之傾角時，層面即會在坡面出露，若邊坡為順向坡時，則構成順向坡滑動之條件。此因子之量化方法為：坡度－傾角。一般土層及破碎岩層邊坡以水平岩層(傾角為 0°)視之，其值等同於坡度。

3.1.4 風化及破碎程度

破碎與風化使岩石或土壤的孔隙率及透水率增加，不但強度降低、含水量增加，亦同時降低了邊坡的穩定性。輕度節理之岩體由於受表面風化的作用，一般較常發生墜落型崩塌；而具一定厚度之嚴重風化土層及高度破碎岩層，則易產生圓弧形滑動，為描述此一岩層之風化及破碎程度，選擇以岩塊規模及岩塊體積百分比兩項因子來表示(圖 3.7)，其說明如下。

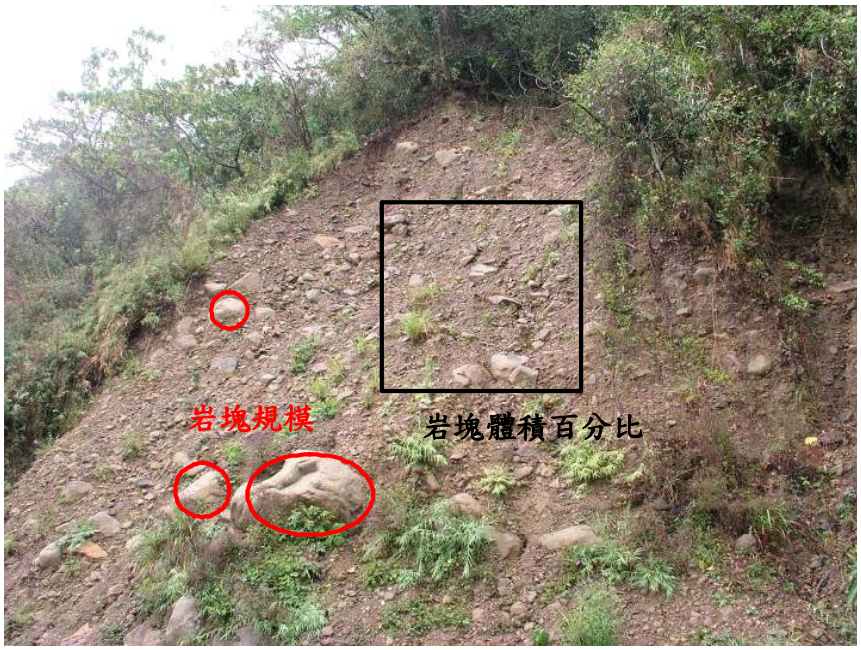


圖 3.7　風化及破碎程度量化示意圖

1. 岩塊規模

主要用以描述岩層之破碎及節理程度，以地層中大多數尺寸相近岩塊的平均直徑作為此因子之量化值。

2. 岩塊體積百分比

以岩塊在整體邊坡中所佔之體積百分比(%)為其量化值，用以表達邊坡地層之風化程度。

3.1.5 植被

植生的陰影會使基地的氣溫降低、阻擋吹風，而且因蒸散作用而改變溫度與溼度。山區道路邊坡常因豪大雨而造成崩塌，而邊坡表面之植被可減緩降雨對坡面之直接襲擊，並可減少逕流量，對於深根植物而言，還可提高地層之穩定性，故植被較完整之邊坡，理論上應具較低之崩塌潛能及機率。故本研究選取下列二因子用以描述邊坡表面植被之情況：

1. 植被覆蓋面積百分比

以樹蔭可有效覆蓋坡面之面積佔整體坡面面積之百分比(%)作為其量化值，用以表示植被覆蓋程度，相反地，亦反應坡面之裸露程度。

2. 植被覆蓋厚度

係指植被可有效覆蓋之厚度，單位為 m。植生覆蓋對侵蝕的控制扮演著重要的角色。枝葉及落葉不但可以抵擋雨點對土壤的沖擊，而且還會減少土壤的滲透性。以檳榔樹為例，雖其普遍具有 5~6m 以上之高度，但其樹冠之厚度僅 0.5m 左右，故不能有效抵抗雨水直接襲擊坡面，故檳榔樹之有效覆蓋厚度僅 0.5m。

3.1.6 水系(集水區面積)

本研究主要探討之邊坡崩塌問題皆是由降雨所引致，故水為主要之影響因素，為反應降雨時實際滙流於邊坡上方之水量，集水區面積乃是一較佳的表達因子。其量化方式為將欲量化區域之 DTM 資料(X,Y,Z)，透過 GIS 之空間分析模組產生之暈渲效果及等高線來判別邊坡之集水區範圍，如圖 3.8 所示。

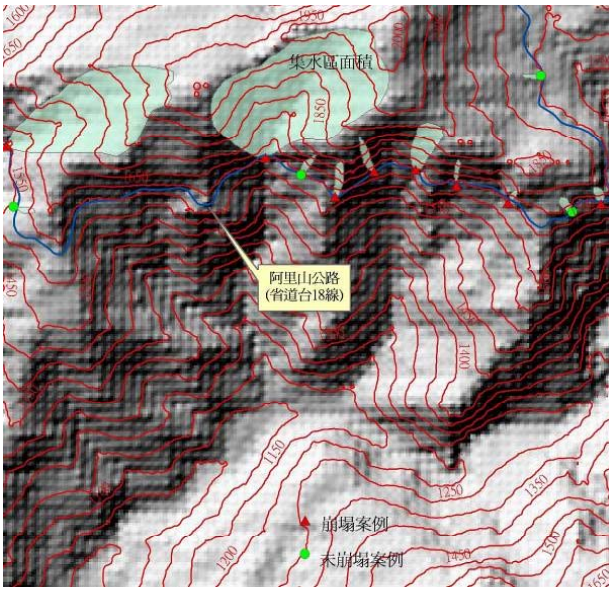


圖 3.8　GIS 建置之集水區面積圖

3.1.7 地震力(最大水平地表加速度)

為能量化及表達 921 地震對阿里山沿線地表地質之影響，本研究選擇以較具代表性之水平地表加速度作為此因子之量化值，主要以中央氣象局在沿線附近的 21 個測站所量測到之地表加速度，使用 ArcView(GIS)軟體之空間分析模組，將空間分佈之各點地表加速度值進行內插，即可得阿里山公路沿線之最大水平地表加速度分佈圖(如圖 3.9 所示)。

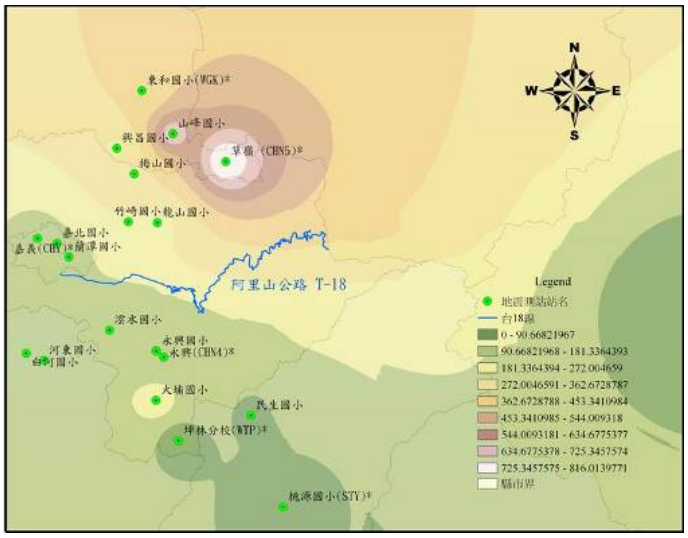


圖 3.9　921 集集地震之最大水平地表加速度分佈圖

3.1.7 坡地開發

山區道路之開闢將影響其原有邊坡之穩定性，因此道路開闢為影響邊坡崩塌之主要人為影響因子。本研究選取以坡趾開挖高度及坡度改變量作為評估道路開闢對原有邊坡影響程度之兩項因子(如圖 3.10 所示)。

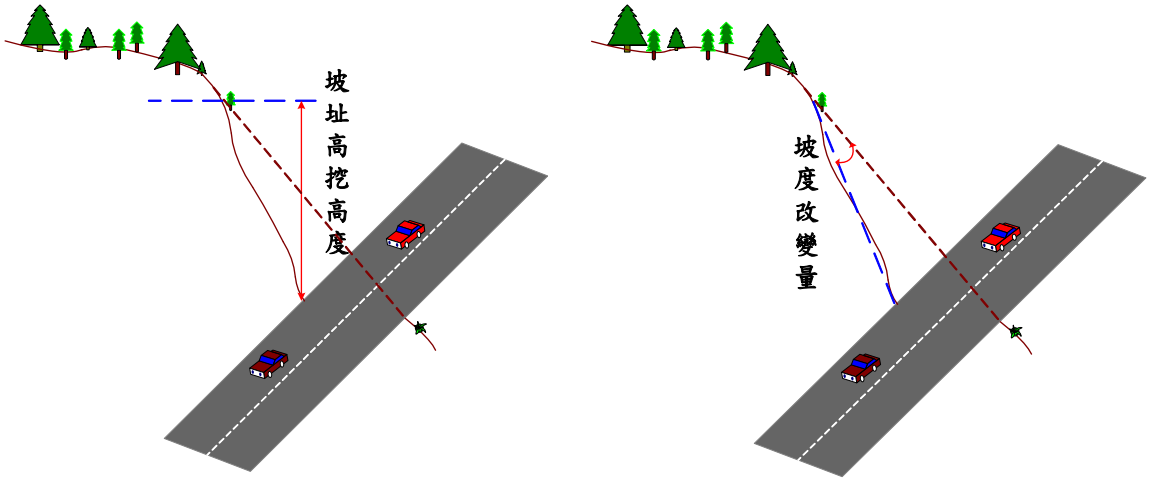


圖 3.10　坡地開發量化示意圖

1. 坡趾開挖高度

坡趾開挖高度之定義係指坡趾開挖之垂直高度，由道路面為基準，起算至開挖面最頂端之高度，單位為 m。其量化方法由現場測高杆量取，超過測高杆部份則依比例估算。一般來說，若道路開闢未切割原有邊坡而興築，其坡趾開挖高度應維持 0。

2. 坡度改變量

坡度改變量 Δθ＝開挖後坡度－原有邊坡坡度，若道路開闢未切割原有邊坡而改變其邊坡坡度，其坡度改變量亦應維持為 0。

3.2 誘發因子

誘發因子為誘使邊坡發生崩塌之影響因子，若排除人為造成崩塌之因素，一般所探討之誘發因子為降雨，且本研究所蒐集之崩塌案例皆為颱風時期所造成之邊坡崩塌，故選用颱風時之累積降雨量作為誘發邊坡崩塌之誘發因子。另外，為配合雨量分佈空間分析之研究，雨量資料除調查臺 18 線路段外，更完整的蒐集臺灣中部地區颱風期間之雨量站資料(詳見 5.1.1 節)，而雨量因子量化請參見 5.1 節。

3.3 分析崩塌規模所另需加入之因子

於崩塌潛勢分析研究中，如欲進行邊坡崩塌規模之預測分析，則考量需加入覆蓋土層厚度、坡面寬度、坡面高度與坡面長度(本節所述之坡面為原始崩塌面)等影響因子，以使預測更具準確性。其量化方式說明如下：

3.3.1 覆蓋土層厚度

一般來說，覆蓋土層厚度較厚時，崩塌發生之土方量也較多，因此選擇覆蓋土層厚度為崩塌規模預測之影響因子。而本研究之量化方法，以各種植被根部生長深淺度之不同，將植被分為四類：短草%(根部長度<1m)、長草%(根部長度>1m)、灌木%(根部長度<1.5m)和喬木%(根部長度>1.5m)，再根據此欲量化之區域植被所佔百分比進行量化。

3.3.2 坡面(原始崩塌面)寬度(W)

本因子量化方式是根據災損照片找出概略之崩塌面範圍，然後回到現地現場直接以標竿或是捲尺量得。

3.3.3 坡面(原始崩塌面)高度(h)

根據災損資料之崩塌照片，針對已崩塌案例判斷出崩塌面之高度，然後回到現地現場直接以前人所量化之坡高值以比例方式作為估算的量化依據。

3.3.4 坡面(原始崩塌面)長度(L)

此因子量化方式是藉由崩塌面高度量得之後，利用與坡度的三角函數關係($L=h/\sin\theta$)量化之，式中 h 為崩塌面高度(m)，L 為崩塌面長度(m)，θ 為坡度(°)，圖 3.11 所示為崩塌面寬度、崩塌面高度與崩塌面長度量化示意圖。

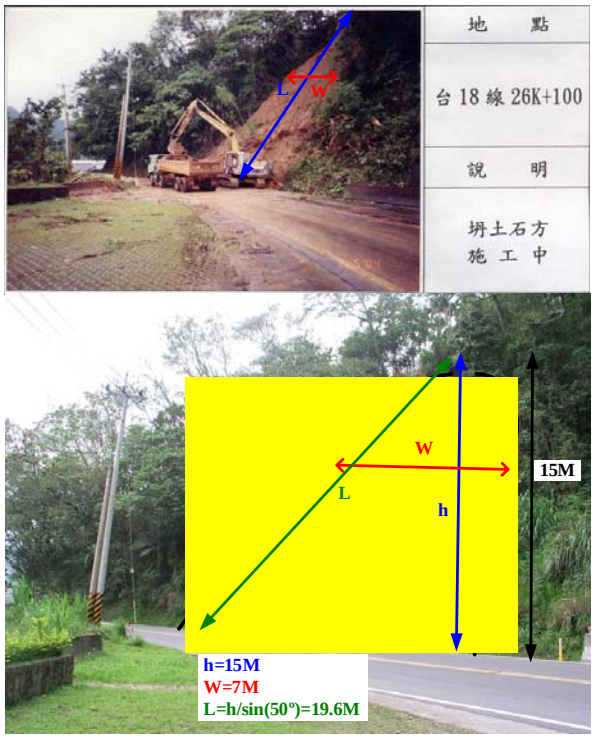


圖 3.11　坡面(原始崩塌面)寬度 W、高度 h 和長度 L 量化示意圖

第四章　坡地災害監測技術研發與回顧

道路建設為國家重要之基礎建設，經過多年之努力，臺灣交通網已逐漸成形，然而於路工建設技術水準已有長足進步之際，道路安全管理繼公路建設後，儼然成為極為重要之課題。源於臺灣多山地，公路建設不可避免的常需穿越山坡地，部分道路邊坡遇大雨侵襲即產生坍方之問題，對於用路人行車安全構成極大之威脅，合宜地應用崩塌監測預警自動化系統，為道路邊坡安全管理之重要依據，然因邊坡崩塌機制與危害地各有不同，故監測預警自動化系統規劃亦應有不同之考量。為充分獲得監測預警規劃時所需之相關資料進行分析作業，唯有透過現地長期監測作業之累積，以及整合國內道路邊坡歷年研究成果與國外相關監測預警之崩塌判定標準等相關資料，方得以進行國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統研發作業。有鑑於此，本項工作內容除將針對臺灣目前監測資源最豐富之省道臺 18 線五彎仔(28.9k~31.5k)路段，進行人工與自動化之監測分析作業外，亦擬蒐集彙整近幾年國內外於道路邊坡崩塌預警自動化系統之先進監測技術，期擬透過國內既有資源之整合彙整，結合國外先進監測技術，確實提昇國內邊坡崩塌預警機制，研發一套適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統，最後並選定一適切之示範路段進行現地實地測試作業，以確實落實本案之研究成果。

4.1 人工與自動化於長期監測工作執行之比較分析

大部分道路邊坡崩塌監測系統係以人工手動量測為主，如監測系統欲採用自動化量測時，則在儀器選擇時，應將自動化之需求列入考量。以水壓計為例，手動量測時大多採開口式之水壓計，但開口式水壓計無法輸出數位式訊號，故自動化甚為困難，如欲自動化，則必須採用電阻式或振弦式水壓計，以利後續自動化之配合。然為確保監測系統能發揮應有之功能，應避免採用不適用之儀器，故將常用監測系

統之基本規格建議如表 4-1 及表 4-2 所示，然此彙整表係為原則性之要求，於監測系統之規劃時則應視個案情況，再酌予檢討調整。

表 4-1 坡地監測儀器規格建議表(手動量測部分)(廖洪鈞等，1999)

監測項目	監測儀器	基本規格	量測範圍	精度	耐用性	備註
地層移動	插入型傾斜觀測管	1.ABS 材質 2.外徑 69~90mm 3.四個互成 90°正交之溝槽，3m 直線之旋轉角小於 1°	±30 度	±5 ㎜/25m	◎	
	地滑計	以鋼弦連接兩個定點	≧5 ㎝	±0.2 ㎜	◎	
	地表沈陷點	鋼釘或水泥樁	無限制	±2mm~5mm (視轉點次數而定)	◎	以水準儀量測
地下水位或水壓	水位觀測井	外徑大於 38mm 之 PVC 管，開口率大於 3%，外覆砂網或不織布。	視井深而定	±1cm	◎	
	開口式水壓計	外徑大於 19mm 之 PVC 管，透水佳之水壓計本體。	視水壓計深度而定	±1cm	◎	
結構物傾斜	結構物傾度盤	銅盤或瓷盤	±30 度	±20 秒	◎	
擋土壁應力	鋼筋計	振弦式或電阻式	±4,200 kg/㎝^{2}	±1.0%		
裂縫寬度	裂縫計	以測微表或游標卡尺量測	±5 ㎝	±0.1mm		
地錨荷重	地錨荷重計	振弦式或電阻式	1.5 倍~2 倍設計拉力	±1%		
雨量	雨量計	量筒式雨量計		0.5mm 或 1.0mm		
排水系統流量	三角堰或矩形堰	鋼製	2 倍設計流量	±10%		以游標尺人工記讀
說明：◎耐用性佳　○耐用性可　△耐用性尚可						

表 4-2　坡地監測儀器規格建議表(自動化量測部分)(廖洪鈞等，1999)

監測項目	監測儀器	基本規格	量測範圍	精度	耐用性	備註
地層移動	定置型傾斜觀測管	1.ABS 材質 2.外徑 69~90mm 3.四個互成 90°正交之溝槽，3m 直線之旋轉角小於 1°	±30 度	該點 ±0.2mm	○	費用甚高
	地滑計	環狀式 LVDT	＞5cm	±0.2mm	◎	
	管式應變計	外徑 25mmPVC 管，外貼應變計	±10,000μ	±0.5%	△	耐久性較差
地下水位或水壓	水位觀測井	外徑大於 38mm 之 PVC 管，開口率大於 3%，外覆砂網或不織布。	視井深而定	±10cm	○	利用電子式水壓計量測
	電子式水壓計		視水壓計深度而定	±10cm	○	
結構物傾斜	電子式結構物傾斜儀	電阻式或伺服加速器式	±40 分~±5 度	±8	◎	
擋土壁應力	鋼筋計	振弦式或電阻式	±4,200kg/cm^2	±1.0%	○	
裂縫寬度	電子式裂縫計	LVDT	±5 ㎝	±0.1 ㎜	○	以 LVDT 測量
地錨荷重	地錨荷重計	振弦式或電阻式	1.5 倍~2 倍設計拉力	±1%	○	
雨量	雨量計	倒置式雨量計		±3%	◎	
排水系統流量	自記式水位計	鋼製	2 倍設計流量	±10%	◎	
說明：耐用年限受防護條件與現場狀況之影響甚大。◎耐用性佳　○耐用性可　△耐用性尚可						

綜合上述，監測系統可分為人工手動測讀、半自動化測讀及自動化測讀三種方式，以深開挖工程而言，Y. Inone 等(1977)指出在一個大型工地其感應器超過 200 點時，應採用自動化系統，而坡地工程之自動化需求則與量測感應器數目並無一定關係，考量採用自動化監測系統之原則彙整如下：

1. 其危險性高，足以構成生命之損失。

2. 量測地點不易通達。

3. 研究用途。

4. 需密集量測以捕捉如水壓之最高/最低值之波動情況。

5. 採自動化量測反為較經濟時。

當監測系統要發揮最大之效能，或在最危急時於短時間內進行重點密集量測，自動化監測係唯一途徑。自動化監測之優點如下：

1.量測速度快速。

2.人為誤差減少，提高量測精度。

3.量測不受天候影響。

4.不需依賴龐大人力。

5.可直接發佈警報。

6.資料處理迅速。

7.符合科技自動化之趨勢。

8.可量測不易到達位置之測點。

9.可立刻傳送資料。

10.可採較密集之量測以精確量取具波動性監測項目最大及最小之讀值。

11.存檔格式系統化，利用資料處理。

12.可作多種頻率組合之量測方式。

其缺點則為下列：

1.投資較龐大。

2.維護費用高。

3.部分項目自動化成本高。

4. 較不適合小型工程之監測。

5. 自動化之判讀無法取代工程師之判斷(Judgement)，並仍需要工程師目視及踏勘。

6. 系統較複雜，需專業人員維護及測試。

7. 需要穩定之電源。

8. 設備易受天候及施工因素損害。

關於坡地工程可採用自動化監測系統之項目及其應用情況彙整如表 4-3 所示，然採規劃用自動化監測系統則需考量以下項目：(另日本地執行盤工學會對於坡地自動化監測執行上之困難有其說明如表 4-4~表 4-5 所示供參考。)

1. 各類型感應器與量測系統間之相容性。

2. 各類型感應器與量測系統間之可轉換性。

3. 最高之量測頻率。

4. 感應器之反應時間。

5. 連接電纜之長度限制及受損時之可重接性。

6. 電源及後備電源配合。

7. 可回收性。

8. 電訊電纜之安排應不受施工及天候之影響。

9. 感應器及相關儀器之使用年限。

表 4-3　坡地工程自動化監測項目及應用情況(廖洪鈞等，1999)

量測項目	量測儀器	自動化困難度	自動化相對成本	使用情形
水位	電子式水壓計	容易	適中	經常
水壓力	電子式水壓計	容易	適中	經常
地錨荷重	電子式地錨荷重計	容易	適中	經常
傾斜量	電子式結構物傾斜儀	容易	高	偶爾
鋼筋應力	鋼筋計	容易	適中	偶爾
地層移動	定置型傾斜觀測管	困難	很高	少
沈陷量	沈陷計	尚可	高	偶爾
裂縫增量	電子式裂縫計	容易	適中	偶爾
雨量	雨量計	容易	適中	經常

表 4-4 地滑監測原理和監測自動化相關之問題點

(摘自地盤工學會，1998)

監測儀器	監測原理及其問題點	自動化相關之問題點
傾度盤、傾斜儀	●利用地表傾斜情形之量測，研判地滑之方向。 ●滑動面形狀之不同，和監測地點之差異會造成管理基準值設定困難。 ●傾度盤、傾斜儀易受基座之穩定性或外在環境所生之雜訊所影響。	●用來觀測地滑之傾斜感應器，必須具有 1 秒之精度，其造價高，構造複雜。 ●感應器量測之溫度補償問題尚未解決。
定置型傾斜觀測管	●利用地層中傾斜位移的量測，研判地滑之方向。 ●對移動土壤而言，因地滑面形狀之不同以及其與感應器之距離不同，其觀測值會有所差異,造成管理基準值設定困難。 ●傾斜管埋設不良時，會有雜訊出現。 ●傾斜管需與裂縫處附近之地層完全密合。	●用來觀測地滑之傾斜感應器，必須具有 1 秒之精度，其造價高，構造複雜。 ●要查出滑動面位置時，必須要有多組感應器密集地設置。 ●若地層之移動量太大時，則感應器恐將無法回收。
插入型傾斜觀測管	●利用對傾斜管傾度連續連續地量測，和傾斜管變位之歷時變化，來研判滑動面	●懸吊傾斜儀的支架需有可自行升降傾斜儀的功

監測儀器	監測原理及其問題點	自動化相關之問題點
	位置和地滑速度。 ●只能量測幾公分範圍內之地滑位移量。 ●傾斜管埋設不良時，會有雜訊出現。	能。除了機械構造的複雜和高價位外，在野外操作時如何確保支架的穩定性，也是相當困難的。
管式應變計	●地滑會使得埋置地中的測定管彎曲變形，其變形量可由貼在管壁的應變計量測出來。 ●若應變計的間距太大，將無法量出滑動面。 ●應變計的讀數隨著與滑動面距離之不同而改變，造成管理基準值設定的困難。 ●位移量量測範圍只有 2~3 公分。 ●需以灌漿材料將測定管與周圍地盤牢固地結合。 ●耐用年限只有 1~3 年。	●因使用多組應變計，故在量測時需利用多頻道的記讀器。 ●需使用專用的數據擷取器和電流整流器。
地滑計	●利用二點間之鋼線，一端裝置感應器，由鋼線被拉出或捲入量，可以測得二點間之位移量。 ●若對鋼線捲動裝置加以改進，可取得更大的測定範圍。 ●鋼線之佈線也可用來觀測地滑頂部之沈陷。 ●無法量測垂直於鋼線走向之位移。	●藉由選取適當之感應器和捲動裝置，可提供更便宜且高感應度之監測。
地層中伸縮儀	●將量測線之一端固定於鑽孔中，另一端拉到地表接上感應器，藉由量測線之伸縮，可測得滑動面之變位量。 ●若對測線捲動裝置加以改進，可取得更大的測定範圍。 ●量測初期會因儀器設置之間隙影響，而有量不到位移的問題。 ●使用多條量測線時，可藉由孔內固定點深度的改變，來研判滑動面的可能位置。 ●地表處之沈陷變位會抵銷量測線伸縮量之測定。	●藉由選取適當之感應器和捲動裝置，可提供更便宜且高感應度之監測。 ●需選擇比較不受地表沈陷影響的位置，以免影響量測值。如不設在急陡坡面或層狀傾斜面。

4.2 國內外道路邊坡崩塌預警監測自動化系統相關研究成果整合

在國內外道路邊坡崩塌交通部科技顧問室在執行一系列道路邊坡防災研究計畫時,恰逢民國 92 年 6 月梅雨造成省道臺 18 線 28.9k~31.5k 路段路基嚴重流失，此次災害為臺 18 線通車二十多年來，前所未見之大型崩塌。另一方面，由於臺 18 線通過之地形地質複雜、沿線涵蓋臺灣本島山區道路之典型崩塌類型與防治工程，且又通過一大型古老崩塌地－五彎仔，故交通部科技顧問室藉此機會將執行之坡地相關防災研究予以整合、應用，落實投入臺 18 線(阿里山公路)山區道路及五彎仔崩塌區之研究，並於現地埋設有傾斜管、地滑計、電子式水壓計、雨量計、溫濕度計、地錨荷中計等相關之監測儀器。

綜合上述，此坡地防災研究資源整合了財團法人臺灣營建研究院、國立交通大學、國立臺灣科技大學及逢甲大學等研究團隊，共同裝設傾斜觀測管、水位量測計、光纖、錯動變形感測纜線、地滑計、地錨荷重計、影像監視器、自動化監測系統整合小屋等十多項監測儀器，此區域之相關防災資源予以整合彙整，彙整詳見圖 4.1 與表 4-5 所示。



圖 4.1 交通部設置於五彎仔之相關監測儀器配置圖

表 4-5 五彎仔監測儀器配置與相關整合單位

儀器編號	裝置位置	整合單位	備註
下邊坡 100 公尺 [C-04-1]	30k+295	營建研究院	裝設傾斜觀測管
下邊坡 [LC-2]	30k+300	臺灣科技大學	地錨荷重計
上邊坡 100 公尺 [C-04-2A]	30k+305	營建研究院	裝設傾斜觀測管
上邊坡 100 公尺 [C-04-2B]	30k+305	營建研究院	裝設水壓計
上邊坡 [LC-1]	30k+305	臺灣科技大學	地錨荷重計
影像監視器 CCD	31k+460	逢甲大學	1.使用 DC12V，附紅外線投射燈使用 AC110V，另需一條六心線做為控制訊號傳送用，及一條 7C2V 訊號線做為影像傳輸之用。 2.安裝地點需加設電桿以安裝 CCD 及投射燈，電桿上需附配線箱。
下邊坡 40 公尺 [C-12C]	31k+550	逢甲大學	IPI(5 支，間隔 1~2 公尺)
上邊坡 40 公尺 [C-11]	31k+590	營建研究院	裝設傾斜觀測管 40 公尺(全程取樣)
下邊坡 40 公尺 [C-12A]	31k+595	營建研究院	裝設傾斜觀測管 40 公尺(全程取樣)
下邊坡 40 公尺 [C-12B]	31k+595	營建研究院	裝設水位觀測井
自動化監測系統整合小屋	31k+660	逢甲大學	1.於小屋屋頂設置自動化雨量站。 2.彙集所有自動化監測項目訊號。 3.IPC 兩臺、衛星通訊設備，網路設備、抽風機等。

除此之外，為徹底解決此一路段之崩塌問題，交通部公路總局第五區養護工程處於民國 93 年 5 月即開始委託青山工程顧問有限公司辦理進行該地滑區域之各項調查及監測規劃作業。

綜合上述，五彎仔地區共有裝設有傾斜觀測管、水壓計、雨量計、地錨荷中計、孔內伸縮計、地表伸縮計、水位觀測井及結構物傾度盤等監測儀器，其裝設之目的雖各有不同，但其監測成果資訊亦可作為進一步掌握地滑區狀況之參考。然監測儀器設置目的之首重於能掌握地滑區之滑動範圍、滑動速率、滑動深度等變形行為，以及降雨量、地下水位等水文狀況，並選擇其中較能敏感反應地滑行為者進行自動化監測。有鑑於此，本章節將先針對上述相關監測儀器進行整合彙整，並將整合之監測系統分為手動監測及自動監測系統二大部分進行概述。

4.2.1 手動監測系統

手動監測系統以人工量測方式進行各項儀器之觀測作業，監測頻率為每個月二次，採此方式量測之儀器如表 4-6 所示，各項儀器之平面位置如圖 4.2 所示，包括：

1. **傾斜觀測管**：總計納入監測計畫者共有 16 孔，由於部分儀器之設置深度已不符合現階段調查所需，且部分觀測管因地滑作用產生之地層變形過劇而損壞，故僅餘 8 孔可繼續觀測。
2. **豎管式水壓計**：總計納入監測計畫者共有 12 支豎管式水壓計(6 孔)，其中 4 支放置電子式水壓計進行自動化監測，其中 04-2B 及 B-10 孔因管身變形過大，以無法繼續監測，故僅餘 8 支豎管式水壓計可繼續觀測。
3. **水位觀測井**：總計納入監測計畫者共有 12 孔，選擇其中 5 孔放置電子式水壓計進行自動化監測，其中 B-6 孔因裸坡坍塌造成儀器及傳輸電纜皆損壞，已無法繼續進行監測作業，故僅剩 11 孔可供繼續觀測。
4. **結構物傾度盤**：共計 20 組。

表 4-6 五彎仔手動監測儀器彙整總表(青山工程顧問有限公司，2006)

儀器名稱	儀器編號	深度	委託單位	裝設單位	備註
傾斜觀測管	C-1	34m	公路總局第五區養護工程處	工研院	因孔深不符調查需求，於民國 93 年 9 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	C-3	30m	公路總局第五區養護工程處	工研院	因孔深不符調查需求，於民國 93 年 9 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	C-7A	60m	公路總局第五區養護工程處	大吉勝	因地層變位過劇，於深度 52.5 公尺處產生大角度彎曲變形或甚至折斷，於民國 93 年 7 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	C-10	79m	公路總局第五區養護工程處	大吉勝	因地層變位過劇，管身產生大角度彎曲變形或甚至折斷，於民國 94 年 3 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	C-11	40m	交通部科技顧問室	營建研究院	因孔深不符調查需求，於民國 93 年 9 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	C-12A	40m	交通部科技顧問室	營建研究院	因孔深不符調查需求，於民國 93 年 9 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	04-1	100m	交通部科技顧問室	營建研究院	
傾斜觀測管	04-2A	100m	交通部科技顧問室	營建研究院	因地層變位過劇，於深度 28.5 公尺處產生大角度彎曲變形或甚至折斷，於民國 93 年 7 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	04-4	100m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	非本案裝設。 因地層變位過劇，於深度 41.5 公尺處產生大角度彎曲變形或甚至折斷，於民國 94 年 12 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	B-1	100m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
傾斜觀測管	B-3	100m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
傾斜觀測管	B-5	100m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	因地層變位過劇，於深度 10 公尺處產生大角度彎

儀器名稱	儀器編號	深度	委託單位	裝設單位	備註
					曲變形或甚至折斷，於民國 94 年 4 月後暫停監測工作。
傾斜觀測管	B-8	200m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	量測深度為 120 公尺。
傾斜觀測管	B-12	80m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
傾斜觀測管	05-3	80m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
傾斜觀測管	05-5	80m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
傾斜觀測管	05-7	50m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
豎管式水壓計	04-2B	100m	交通部科技顧問室	營建研究院	2 支。深度分別為 25m~30m 及 40m~50m。內置 2 支電子式水壓計。但因管身變位過大，已無法繼續量測。
豎管式水壓計	B-4	100m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	2 支。 深度分別為 49m~52m 及 79m~92m。
豎管式水壓計	B-9	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	2 支。 深度分別為 28m~32m 及 52m~60m。 內置 1 支電子式水壓計。
豎管式水壓計	B-10	65m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	2 支。 深度分別為 20m~28m 及 60m~65m。 但於深度約 6.5 公尺處因管身變位過大，無法繼續量測。
豎管式水壓計	B-11	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	2 支。 深度分別為 33.5m~37.5m 及 52m~60m。 內置 1 支電子式水壓計。
豎管式水壓計	B-13	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	2 支。 深度分別為 13.5m~17.5m 及 52m~60m。
水位觀測井	04-5	50m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
水位觀測井	B-2	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
水位觀測井	B-6	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	內置 1 支電子式水壓計。因裸坡坍塌造成損壞，已無法繼續監測。
水位觀測井	B-7	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	

儀器名稱	儀器編號	深度	委託單位	裝設單位	備註
水位觀測井	B-14	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
水位觀測井	B-15	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	內置 1 支電子式水壓計。
水位觀測井	05-1	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
水位觀測井	05-2	80m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	內置 1 支電子式水壓計。
水位觀測井	05-4	80m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	內置 1 支電子式水壓計。
水位觀測井	05-6	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
水位觀測井	05-8	40m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
水位觀測井	05-9	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	內置 1 支電子式水壓計。
傾度盤	TI-1~TI-20		公路總局第五區養護工程處	青山顧問	共 20 組。

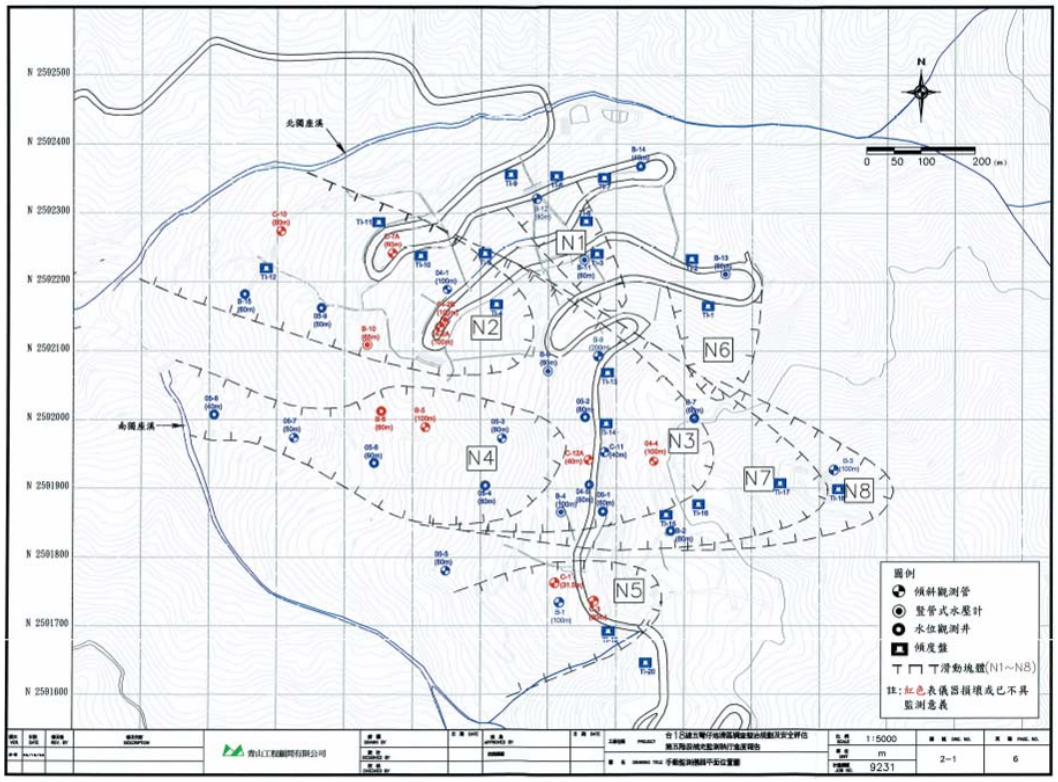


圖 4.2 五彎仔手動監測儀器平面位置圖(青山工程顧問有限公司，2006)

4.2.2 自動監測系統

自動化監測系統係為自量測、記錄、傳輸、資料庫建檔、繪圖全程自動化運作之系統，目前所有儀器經裝測於四彎下邊坡及便道附近之

資料記錄擷取器，以 GSM 無線傳輸方式傳送至伺服器，再進行後端之資料庫建檔整理、管理值研判、警戒發佈及繪圖等工作。目前納入自動化監測系統之儀器彙整如表 4-7 所示，其平面位置如圖 4.3 所示，包括有：

1. 雨量計：本監測計畫共有 2 組，分別裝設於三彎及新闢便道附近。
2. 電子式水壓計：總計納入監測計畫者共有 10 組，其中 1 組為自計式水壓計(裝設於 B-11 孔)，由於 04-2 及 B-6 孔均因坍塌或地滑作用造成儀器及電纜損壞，現階段僅餘 7 組電子式水壓計可供正常監測。
3. 電子式傾斜計：共 3 組。
4. 孔內伸縮計：1 組。
5. 地錨荷重計：4 組。
6. 地表伸縮計：2 組。

表 4-7 自動化監測儀器總表(青山工程顧問有限公司，2006)

儀器名稱	儀器編號	裝設深度	委託單位	裝設單位	備註
雨量計	R-1	—	—	雲林科技大學	
雨量計	R-2	—	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
電子式水壓計	04-2B(S)	25m~30m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	裝設於豎管式水壓計內，但因管身變位過大，已無法繼續量測。
電子式水壓計	04-2B(D)	40m~50m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	裝設於豎管式水壓計內，但因管身變位過大，已無法繼續量測。
電子式水壓計	04-5	50m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
電子式水壓計	B-6	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	因裸坡坍塌造成損壞，已無法繼續監測。
電子式水壓計	B-9	52m~60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	裝設於豎管式水壓計內。
自計式電子式水壓計	B-11	33.5m~37.5m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	裝設於豎管式水壓計內。
電子式水壓計	B-15	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
電子式水壓計	05-2	80m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
電子式水壓計	05-4	80m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
電子式水壓計	05-9	60m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
電子式傾斜計	EI-1	—	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
電子式傾斜計	EI-2	—	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
電子式傾斜計	EI-3	—	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
孔內伸縮計	EO-1	65m	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
地錨荷重計	LC-1	—	交通部科技顧問室	營建研究院	因地錨鋼鍵斷裂，已無法進行

儀器名稱	儀器編號	裝設深度	委託單位	裝設單位	備註
					監測。
地錨荷重計	LC-2	—	交通部科技顧問室	營建研究院	因地錨鋼鍵斷裂，已無法進行監測。
地錨荷重計	LC-3	—	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	因地錨鋼鍵斷裂，已無殘餘預力可進行監測。
地錨荷重計	LC-4	—	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
地表伸縮計	ET-1	—	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	
地表伸縮計	ET-2	—	公路總局第五區養護工程處	青山顧問	

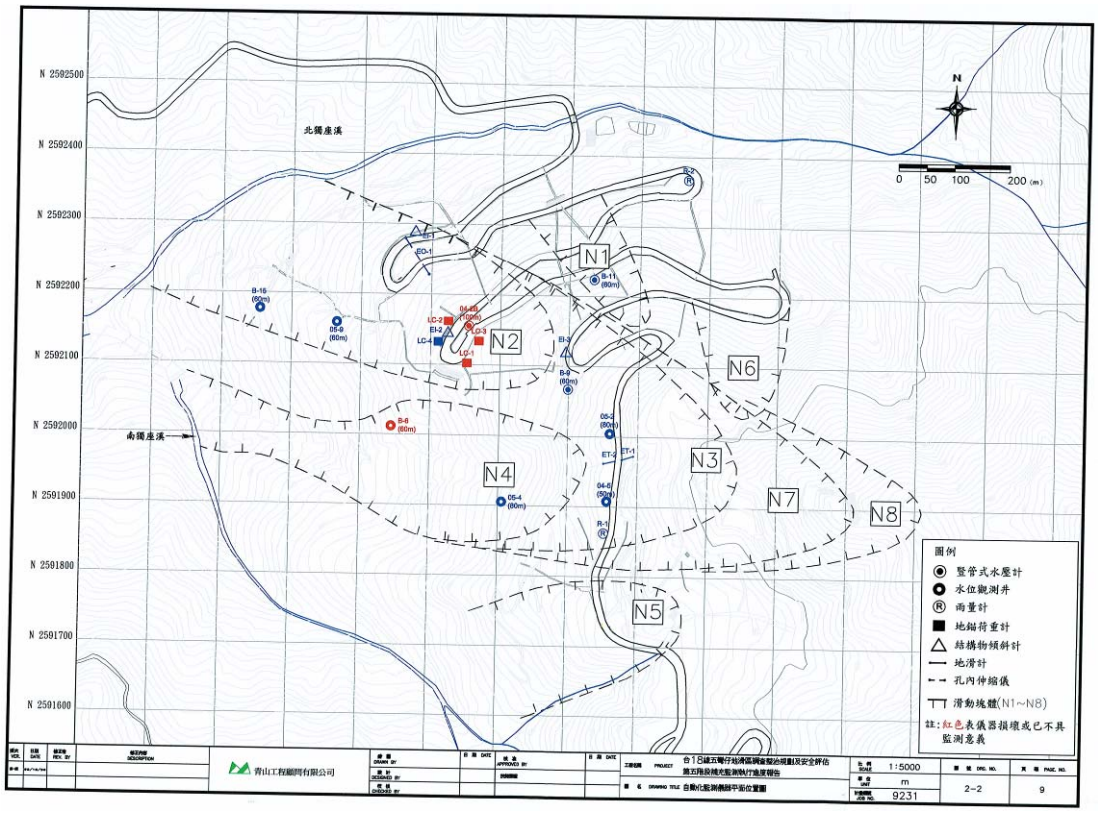


圖 4.3 五彎仔自動監測儀器平面位置圖(青山工程顧問有限公司，2006)

自動化監測之量測頻率為每分鐘一次，所擷取之監測資料傳輸頻率則視現場狀況，以每 1~12 小時傳輸一次為原則。

4.2.3 監測系統觀測結果彙整

1. 降雨量

五彎仔路段共計二組雨量計，其分別裝設於新闢便道(R-1)及三彎附近(R-2)，以 R-2 為例，今年監測之監測數據結果如圖 4.4 所示。然由近幾年之監測結果得知，五彎仔地區之降雨豐沛，以 94 年 R-2 為例，年雨量則高達 4,803mm，主要降雨多係颱風挾帶所致，降雨集中在颱風季節之 5 月 1 日~9 月 30 日，該段時間之降雨約佔全年降雨 85%以上，而單次颱風所帶來之降雨亦甚為可觀，93 年之敏督利颱風及 94 年之海棠颱風均帶來超過 900mm 之雨量。

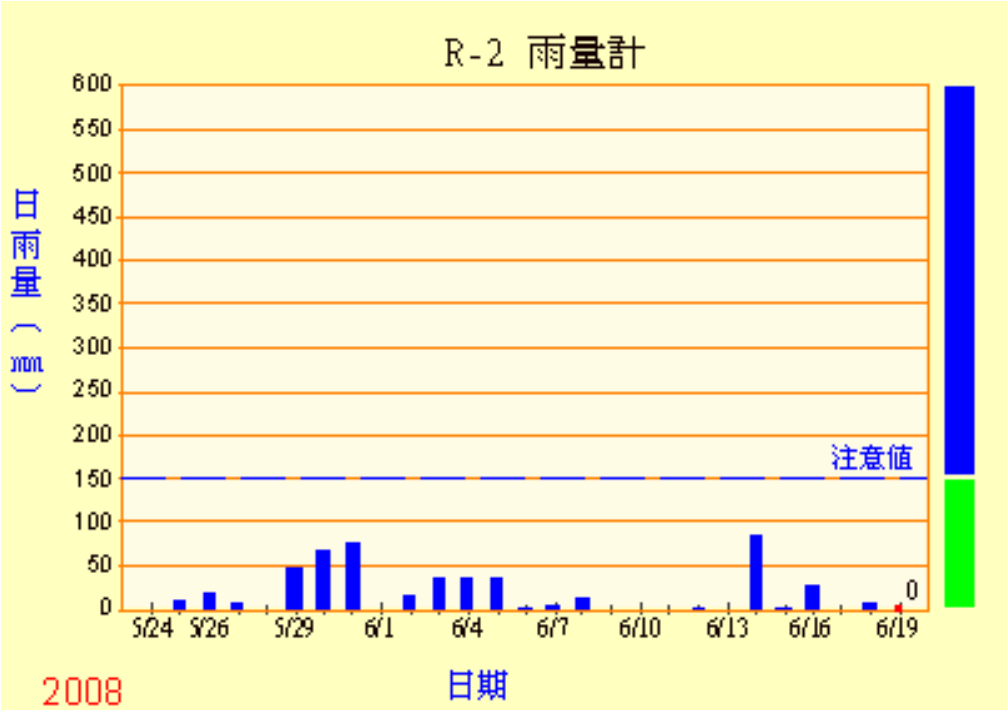


圖 4.4　R-2 雨量計監測成果 (青山工程顧問有限公司，2006)

2. 地下水位

五彎仔路段除設置水位觀測井及開口式水壓計外，亦將沿線所裝設之傾斜觀測管予以開孔處理，以兼做水位觀測井使用，惟該量測方式之量測結果所受之影響因素較多，故其量測成果僅供參考，並不建議作為相關分析或研判之參考。

地下水位之量測方式主要採以人工手動觀測，部分較重要位置之孔位則改採以全自動或半自動方式進行監測，部分孔位之地下水位觀測成果如圖 4.5~圖 4.7 所示。

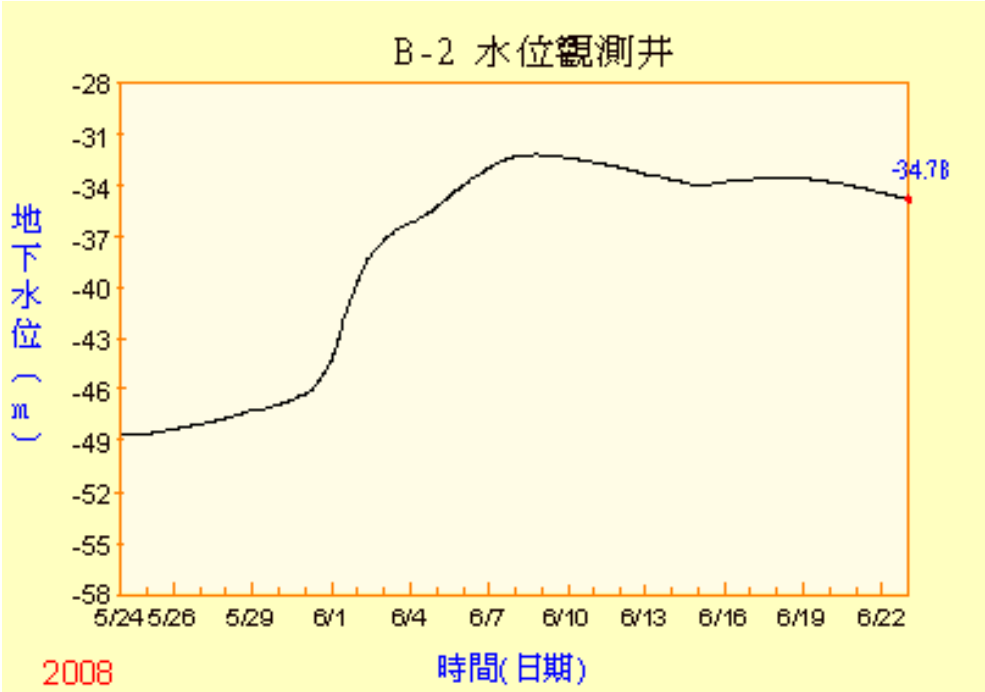


圖 4.5　B-2 水位觀測井監測成果圖(青山工程顧問有限公司，2006)

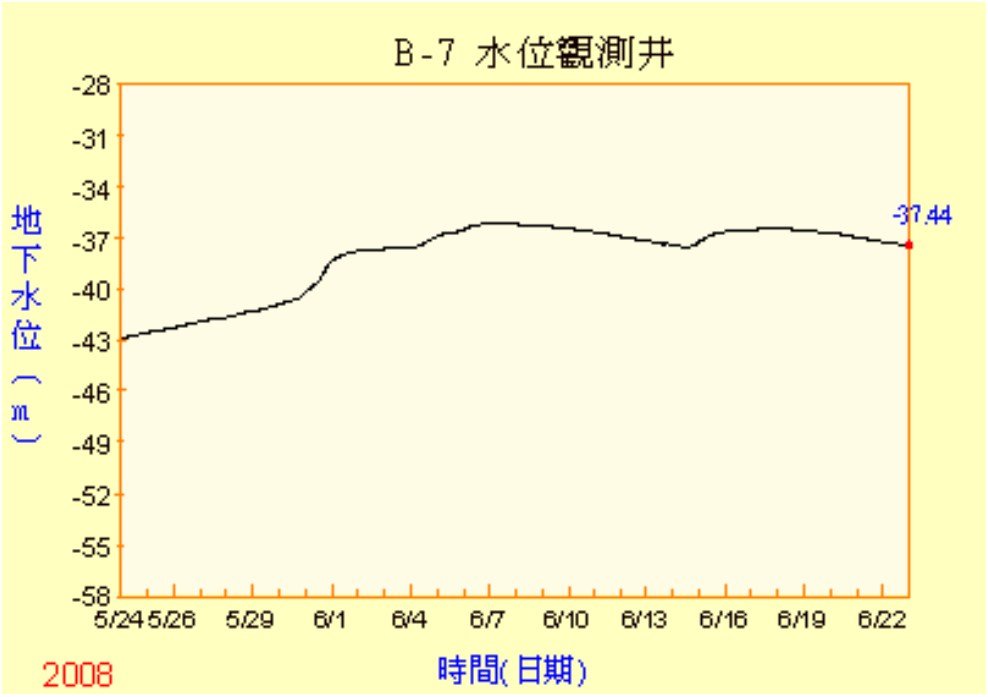


圖 4.6　B-7 水位觀測井監測成果圖(青山工程顧問有限公司，2006)

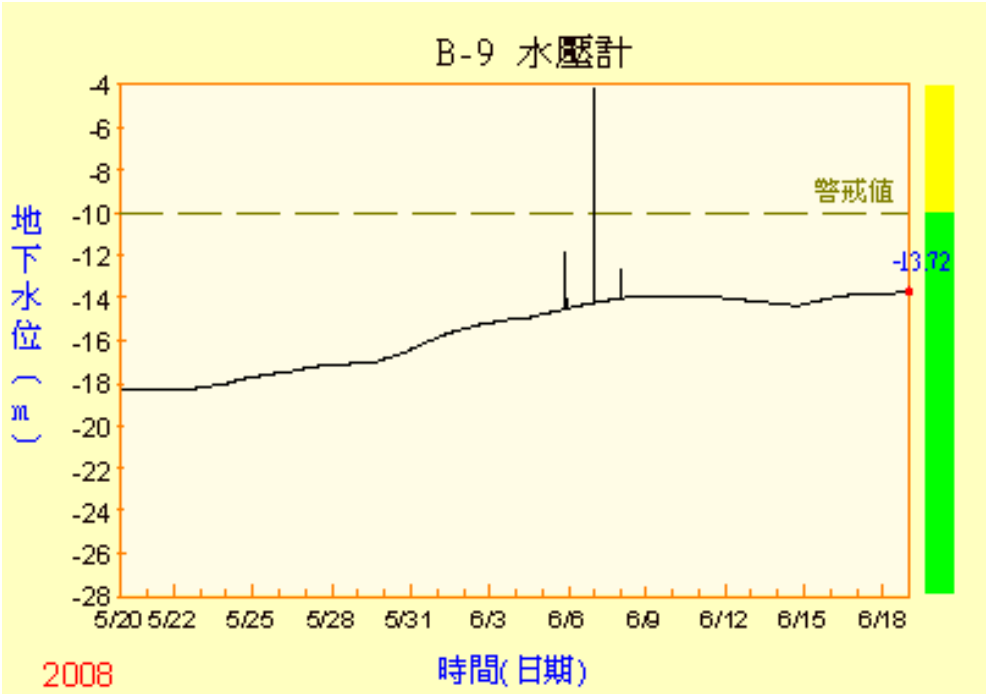


圖 4.7　B-9 水位觀測井監測成果圖(青山工程顧問有限公司，2006)

由觀測結果顯示，五彎仔部分「四彎至五彎附近」及「崩塌裸坡至新闢便道上邊坡附近」之地下水位受降雨影響甚大，其他區域之地下水位則較無明顯升降變化。

「四彎至五彎附近」共計裝設有 04-2B、B-11、B-13 三孔水位觀測井，每孔裝設兩支豎管式水壓計。由觀測結果顯示，04-2B(25m~30m)、B-11(52m~60m)、B-13(52m~60m)於雨季期間之地下水位明顯升高，與非雨季期間相較，其昇幅達 9 公尺以上。而由於 04-2B 係採用自動化方式量測地下水位，於民國 93 年敏督利颱風期間之水位上昇幅度最大，約有 13 公尺，觀測期間最高地下水位約在地表下 15 公尺，詳圖 4.8 所示。

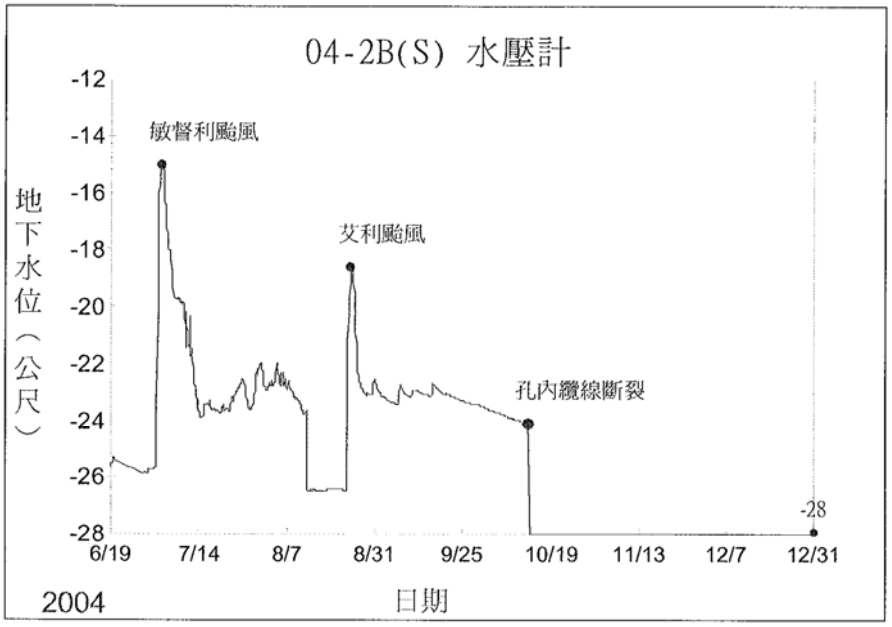


圖 4.8　04-2B 豎管式水壓計(25m~30m)監測成果圖

「崩塌裸坡至新闢便道上邊坡附近」裝設有 B2、B7、04-5 水位觀測井及 B4 豎管式水壓計，觀測結果顯示於雨季期間之地下水位均明顯升高，其中又以 B-2 及 04-5 二孔最為顯著。與非雨季期間相較，B-2 孔之水位上昇幅度約達 23 公尺，最高水位約在地表下 30 公尺；04-5 水位觀測井由於採以自動化方式量測，更能準確反應地下水位之升降情形，該孔於非雨季期間之最低水位約在地表下 47 公尺左右，最高水位則為 94 年 7 月海棠颱風期間，約在地表下 19.5 公尺，

相差約 27.5 公尺；而在 93 年 7 月敏督利颱風期間之單場暴雨，其地下水位昇幅約高達 21 公尺(如圖 4.9)。

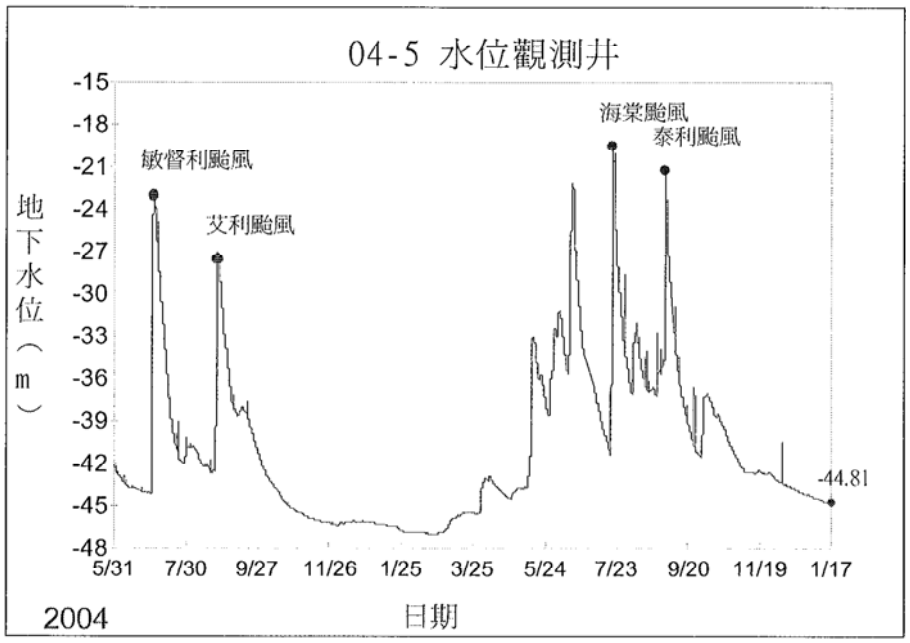


圖 4.9　04-5 水位觀測井監測成果圖

3. 傾斜觀測管觀測成果

納入計畫觀測之傾斜觀測管共有 16 孔，以手動方式每半個月監測一次，各傾斜觀測管設置相關資料彙整如表 4-8 所示。

表 4-8 傾斜觀測管基本資料一覽表(青山工程顧問有限公司，2006)

儀器編號	儀器位置			A+方位角	埋設深度 (m)
	X 座標	Y 座標	高程(m)		
C-1	213315	2591759	734.0	278°	34.5
C-3	213366	2591738	746.5	262°	40.0
C-7A	213067	2592242	622.3	232°	60.0
C-10	212912	2592281	566.5	358°	80.0
C-12A	213366	2591941	757.3	274°	40.0
04-1	213150	2592189	663.6	292°	100.0
04-2A	213137	2592136	667.1	290°	100.0
04-4	213455	2591939	789.4	276°	100.0
B-1	213316	2591734	886.1	273°	100.0
B-3	213721	2591928	886.2	286°	100.0
B-5	213123	2591988	639.1	283°	100.0
B-8	213374	2592092	746.9	298°	200.0
B-12	213282	2592321	636.7	352°	80.0

其中 C-1、C-3、C-12A 等 3 孔傾斜管，因裝設深度較淺，並無法提供所需之監測成果，故目前已暫停其量測作業。C-7、C-10、04-2A、04-4 及 B-5 孔則因地層變位過劇，於量測時發現傾斜管之管身已產生大角度彎曲變形或甚至折斷，已無法再進行後續之觀測作業。

由傾斜觀測管之管口位移歷時曲線得知(詳圖 4.10)，以位於二彎(C-10)、四彎(04-1)、六彎(B-8)附近之傾斜管為例，其均有顯著之位移變化，由監測結果研判，以 5 月~10 月期間之變位速率較大，約 2 cm/月，其他時間之變位速率雖有減緩現象，但仍處於持續位移狀態，變位速率為 1.5~2.5 mm/月。

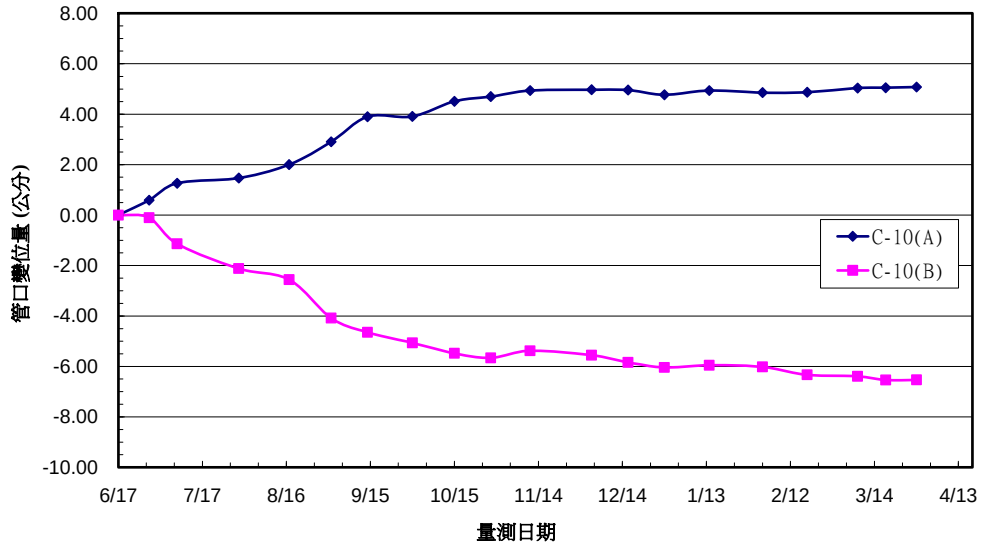


圖 4.10　C-10 傾斜觀測管之管口位移歷時曲線圖

裝設於裸坡及其上邊坡(新闢便道附近)計有 04-4、B-5、05-3、05-7 等孔，由觀測結果顯示(如圖 4.11~圖 4.12)，裝設於裸坡之 B-5 孔於非雨季期間仍有高達 2 cm/月之變位速率，故裝設不久後即因管身變形過大而損壞；04-4 孔於雨季期間(5 月~10 月)有較大之位移趨勢，月變位量約 1.2 cm，其他時間之變位速率則有明顯減緩現象月變位量約 1~1.5 mm，但仍處於持續潛移滑動狀態。

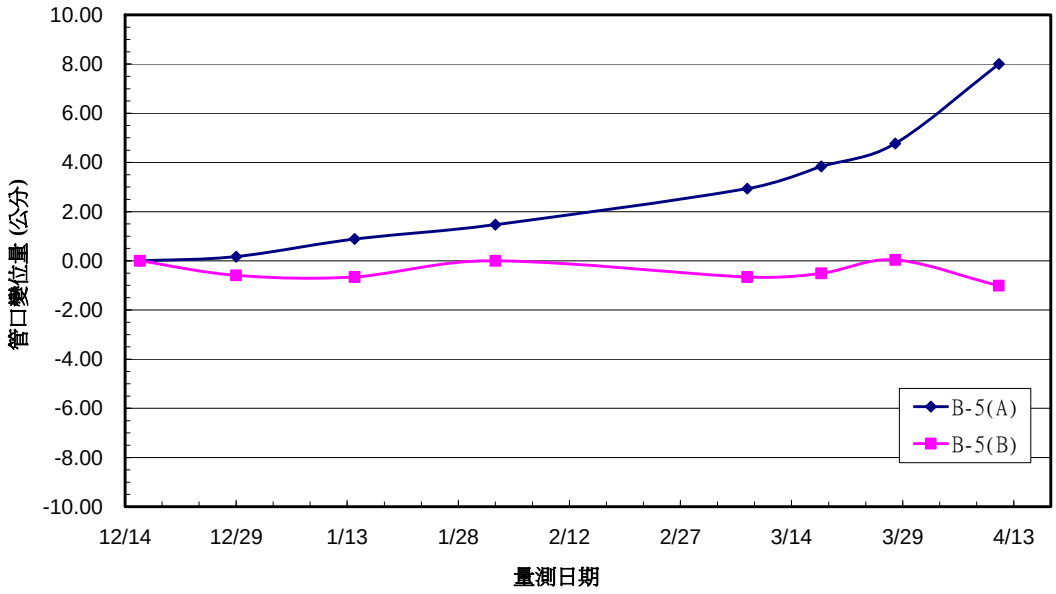


圖 4.11　B-5 傾斜觀測管之管口位移歷時曲線圖

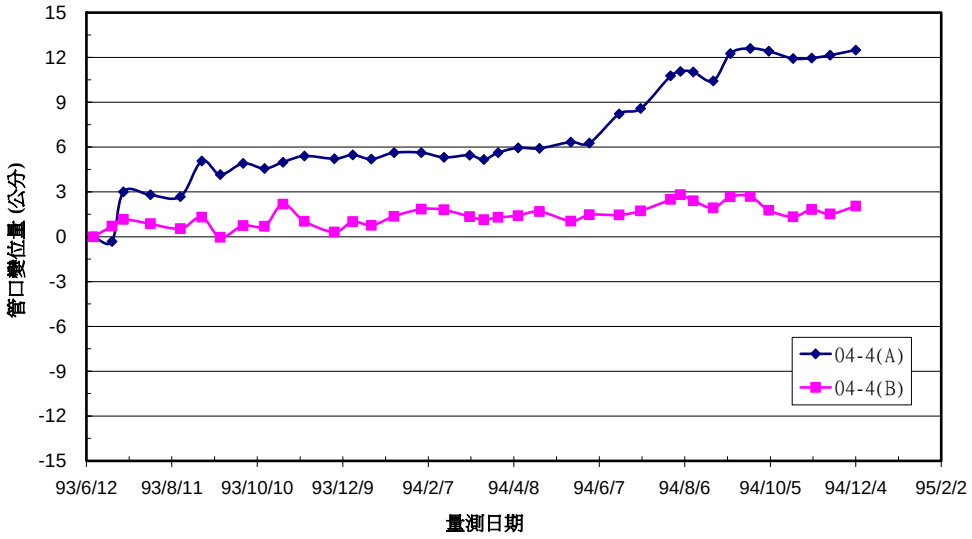


圖 4.12　04-4 傾斜觀測管之管口位移歷時曲線圖

4. 結構物傾度盤及電子式傾斜觀測結果

一般而言，如無外力不當干擾之情形下，結構物傾度盤之傾斜變化若超過 1 分(60 秒)，應可判斷邊坡已有滑動或不穩定之徵兆。五彎仔地滑區共裝設 20 組手動監測之傾度盤，以及 3 組自動化監測之電子式傾斜計，其目的主要用以瞭解五彎仔地滑區之不穩定區域

分佈狀況。

手動監測之傾度盤 1 方向之方位角彙整如表 4-9 所示，依據監測結果顯示，裝設於「二彎、四彎」附近及「新闢便道上邊坡」附近之傾度盤均有持續朝同一方向傾斜現象，以裝設於四彎之 TI-5 為例(圖 4.13)，其傾斜量已達近 800 秒，而裝設於新闢便道上方小徑之 TI-14 及 TI-16，其傾斜量更高達 1,000 秒以上，詳見圖 4.13~圖 4.15 所示。

表 4-9 結構物傾度盤成果表(青山工程顧問有限公司，2006)

傾度盤編號	1 方向方位角	傾度盤編號	1 方向方位角
TI-1	N26E	TI-11	N25E
TI-2	N78E	TI-12	N70W
TI-3	N14E	TI-13	N64W
TI-4	N8E	TI-14	S84W
TI-5	N22W	TI-15	S46W
TI-6	N50W	TI-16	N70W
TI-7	N10W	TI-17	N66W
TI-8	N40W	TI-18	S90W
TI-9	N20W	TI-19	N80W
TI-10	N64W	TI-20	N44W

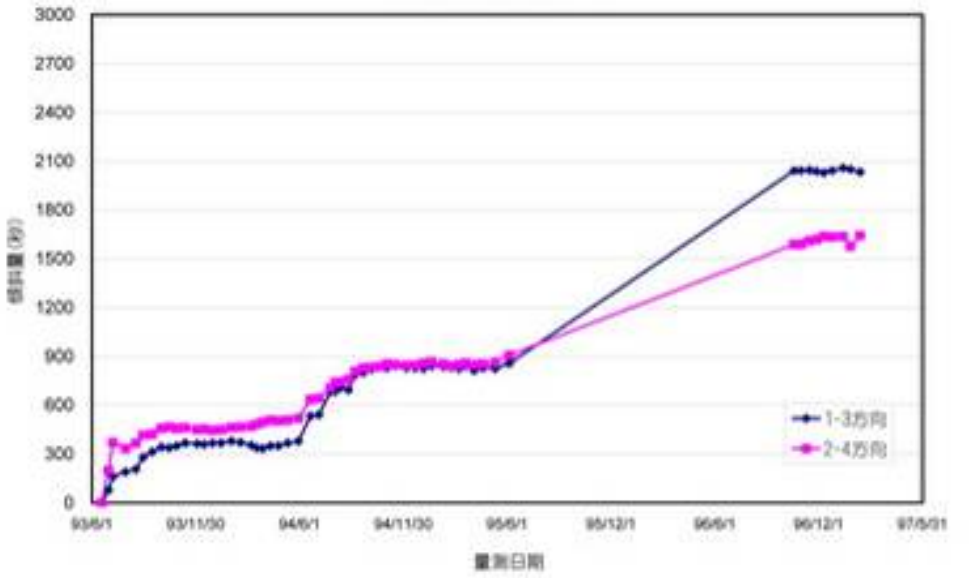


圖 4.13 TI-5 結構物傾度盤監測成果(青山工程顧問有限公司，2006)

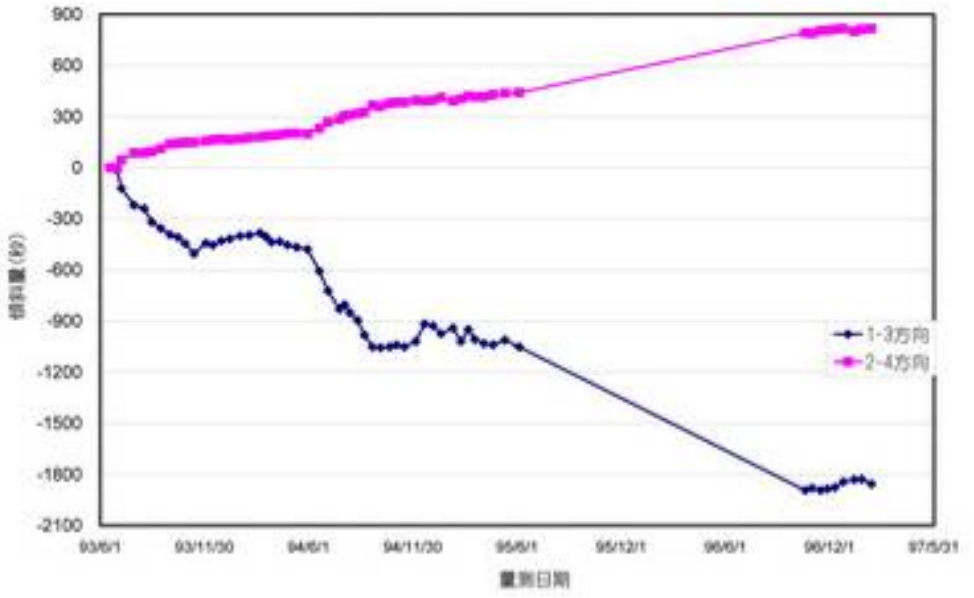


圖 4.14　TI-14 結構物傾度盤監測成果(青山工程顧問有限公司，2006)

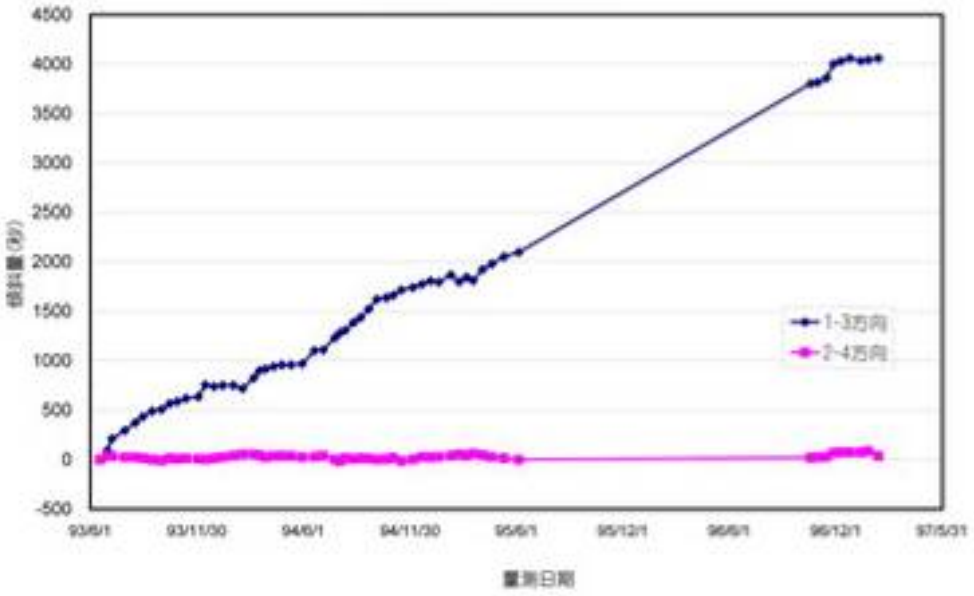


圖 4.15　TI-16 結構物傾度盤監測成果(青山工程顧問有限公司，2006)

至於自動化監測電子式傾斜計部分，則分別設置於二彎、四彎及六彎附近，其監測結果如圖 4.16~圖 4.18 所示，其中裝設於四彎及六彎擋土牆之 EI-2 及 EI-3 皆有向下邊坡方向持續傾斜之情形，EI-2 累積傾斜量約有 300 餘秒，EI-3 之傾斜量則已達 800 餘秒。

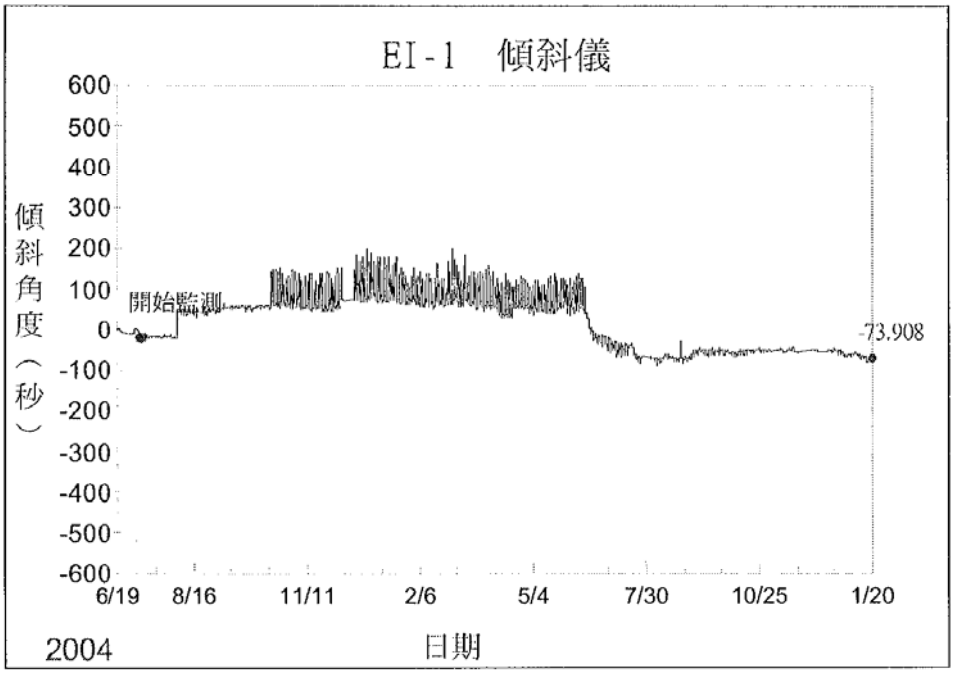


圖 4.16　EI-1 電子式傾斜儀監測成果圖(青山工程顧問有限公司，2006)

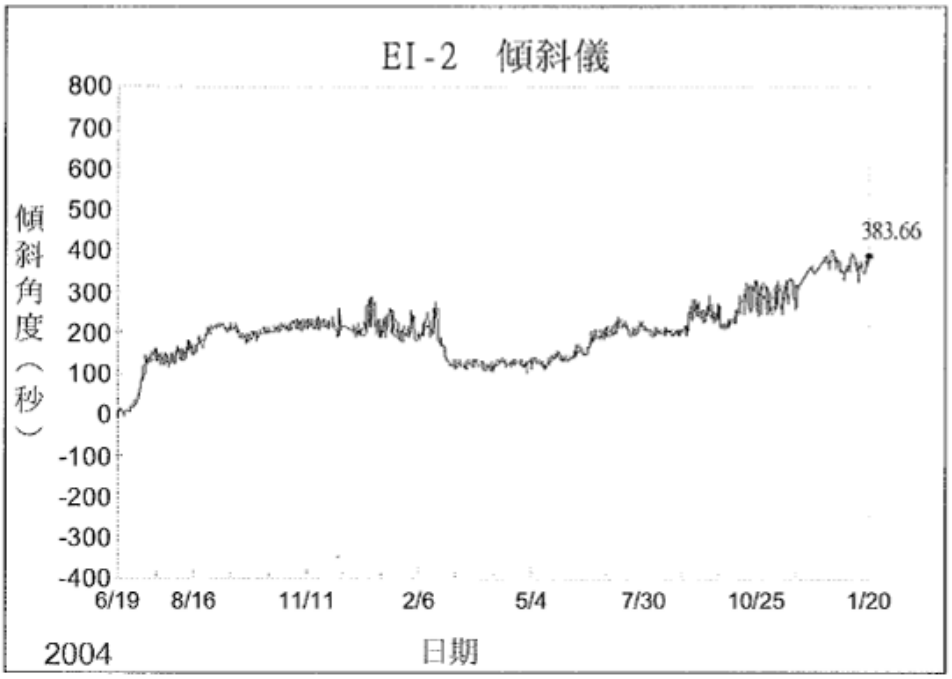


圖 4.17　EI-2 電子式傾斜儀監測成果圖(青山工程顧問有限公司，2006)

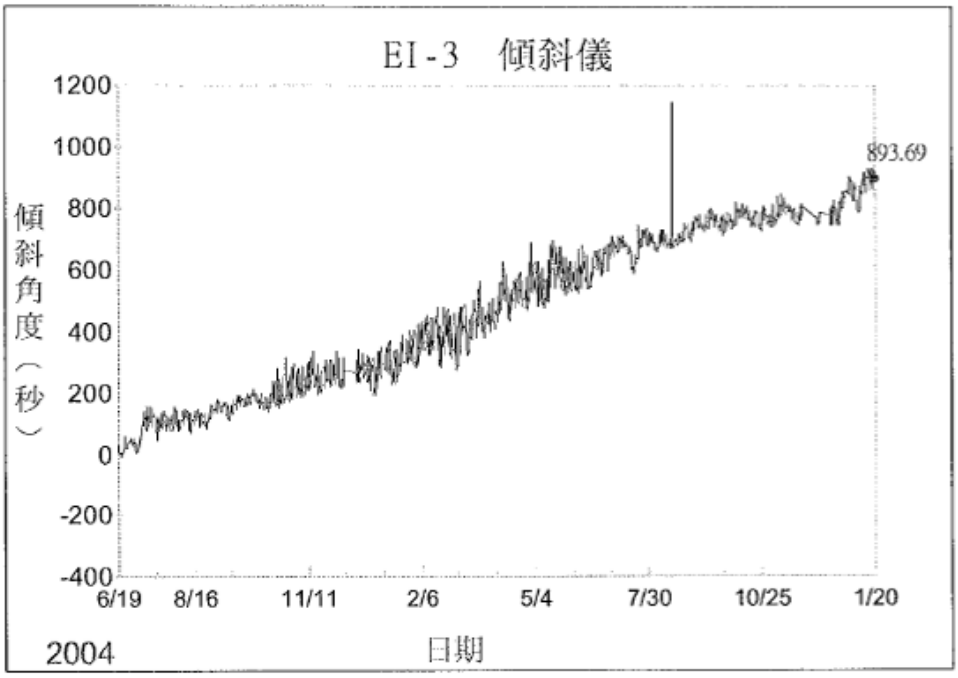


圖 4.18 EI-3 電子式傾斜儀監測成果圖(青山工程顧問有限公司，2006)

4.3 研發適合國內區域性道路邊坡崩塌預警監測自動化系統

在道路邊坡崩塌預警方面，除可依據平日觀察、檢視地表徵兆、增加巡視重點與頻率外，亦可透過裝置在現地監測儀器所量測之數據進行判讀作業。至於預警自動化監測系統則係指，監測系統本身具有自動量測、記錄、傳輸、建檔等功能。而自動化之主要目的，除針對偏遠或無法到達之區域進行監測作業外，亦可對於較為危急之區域或特殊設施，達到全時之監測作業，以確實掌控現地實際狀況。

依據研究團隊歷年針對臺灣山區道路進行現地調查作業之經驗結果可發現，臺灣公路邊坡於整治時，使用大量使用地錨、土釘等整治工法來輔助邊坡之穩定，然針對上述之邊坡穩定設施，目前國內僅有載重試驗可以量測其殘餘應力，並無相關之技術，可以進行其安全之監測作業，然針對預力之損毀可能造成之瞬時崩壞，相關人員卻無法有效地掌控其之時間點，進而降低災害發生規模。有鑑於此，實有必要與需求針對國內道路邊坡監測方面，開發一套專屬之地錨安全觀測系統。

用於輔助於邊坡穩定之地錨工法，因埋置於無法完全掌握之地盤中，故於地錨施工錨碇後或完工之服務階段，均有可能由於地錨之設計或施工未盡周延、地層潛變、鋼鍵腐蝕等因素，導致地錨抗拉力未達設計要求或產生預力損失而降低其原設計之性能，甚至發生災害。因此，內穩定之保護措施中，地錨為相當特殊之結構原件，其監測重點為地錨之預力損失情況，若能做好地錨之安全管理與觀測，建立完善之坡地管理制度，將可大大降低坡地災害之發生。

臺灣道路邊坡常見於觀測地層穩定之監測儀器莫過於傾斜觀測管，但依據 2.2 節內容所述，傾斜觀測管裝置於現地時，常因地層變位過劇，往往裝設不久後即因管身變形過大無法量測，不但觀測使用壽命短，無法長時間提供變位數據，供作坡面穩定判讀之用，反而常常因此而將用來量測數據之監測儀器掩埋於管身中，造成研究資源之浪費。除此之外，國內現有之傾斜觀測管皆為 2D 雙向量測，主要係透過向量計算求得現地之位移量，然歐美國家現今於現地監測作業時，亦已開始採用陣列式位移計，針對 3D 土壤變位進行自動化監測作業，此監測技術除可透過自動化之及時傳輸功能，得到現地 3D 變位資料外，此監測儀器亦可容許較大之環境變形，確實解決國內傾斜觀測管於監測作業之缺點。

綜合上述,倘若國內區域性道路專屬之邊坡崩塌監測預警自動化系統，能考量地錨之安全管理，並隨時掌控傾斜觀測管之讀數資料，建立完善之坡地管理制度，再結合傳輸效能、功率高且訊號穩定之無線傳輸通報系統，則將可大大降低臺灣坡地災害之發生。有鑑於此，本章節以下內容將針對國內外運用於地錨工程、傾斜觀測管，以及無線傳輸系統之先進技術進行說明，在未來的研究中，亦擬將參考相關技術，研發適合國內區域性道路邊坡崩塌預警監測自動化系統。

4.3.1 聲波式預力監測系統

錨拉式擋土牆或護坡在某些特殊之工程問題(如高挖方、具深層破壞潛能之邊坡等)，確實為一有效且經濟之工法，亦曾廣為工程界所使用。惟許多案例顯示，地錨工法在設計與施工品質未能有效確實管控下，一旦發生災害，所導致的傷亡或損失，相對於其他擋土或邊坡穩定工法都顯得特別的嚴重，其中以民國 86 年汐止林肯大郡之順向坡坍塌及地錨嚴重破壞最為人所知，且其所導致之人命傷亡及損失亦最為嚴重。

由於地錨係埋設於無法完全掌握之地盤中，其完工後之服務階段，可能因設計或施工未盡周延、地層潛變、鋼鍵腐蝕等因素，造成地錨之預力損失而降低其性能，甚而發生災害。因此永久性地錨於完工階段後之性能檢測或監測，實為坡地安全管理上之重要課題。

目前對於現有地錨之檢視,較常使用的為目視檢視及揚起試驗等方法，可檢測出地錨之防蝕及抗拉功能，然而，這些檢測方式僅為對特定之地錨進行檢驗，無法達到全面性及連續性之效果，因此節將介紹應用聲波式預力監測系統於地錨工程之試驗案例，並探討其效益及成果。

1. 系統之原理與組成設備

當混凝土開裂或高拉應力鋼元件(如鋼鍵、鋼纜、鋼棒)損壞時，會突然釋放出能量,這能量在通過結構物時會以聲波反應的形式發散出來，而這種能量可由安裝在結構體表面的感應器偵查到，如圖 4.19 所示。藉由聲波能量釋放之形式以及聲波傳到達每個感應器所需的時間來判定信號的種類，並藉以推估來源的位置，如圖 4.20 所示。感應器亦會偵查到其他聲音，如交通噪音和各種的碰撞聲，該系統會進行過濾，留下僅符合預設振幅和頻率特徵之信號。在系統過濾淘汰非破裂事件後，資料經由網際網路被傳輸至資料處理中心的電腦，以分析每個事件的位置、原因和時間等項目，系統之作業程序如圖 4.21 所示，並可依據業主之意願，設定何種損壞程度需立即告知業主或管

理者。而業主一旦經過認證後，則可使用個人電腦經由網際網路連上系統的網站，輸入委託人的名稱及密碼，即可得到結構物最新的監測資料。此系統之組成設備包含資料擷取系統與聲波感應器，如圖 4.22 與圖 4.23 所示。

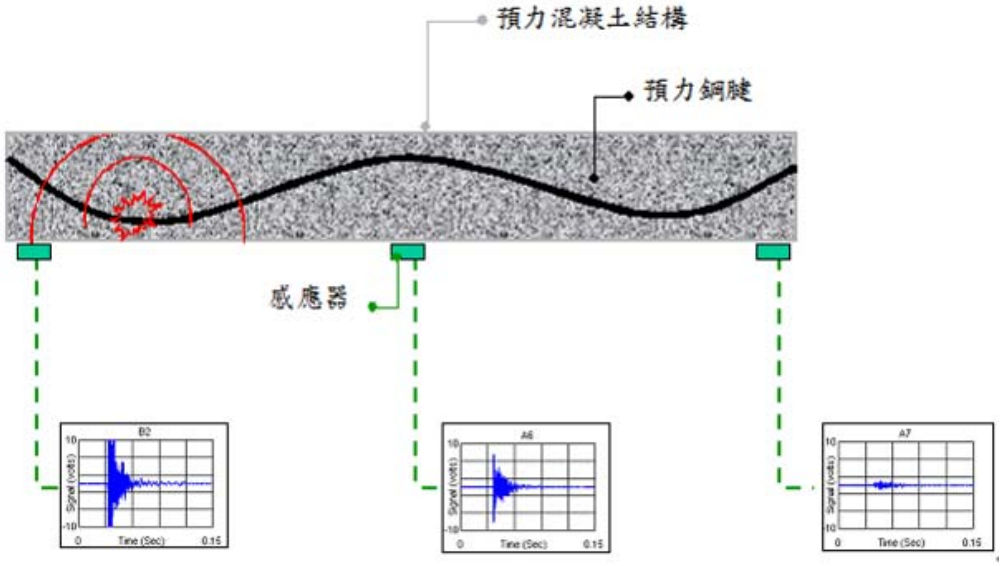


圖 4.19 聲波量測的基本原理

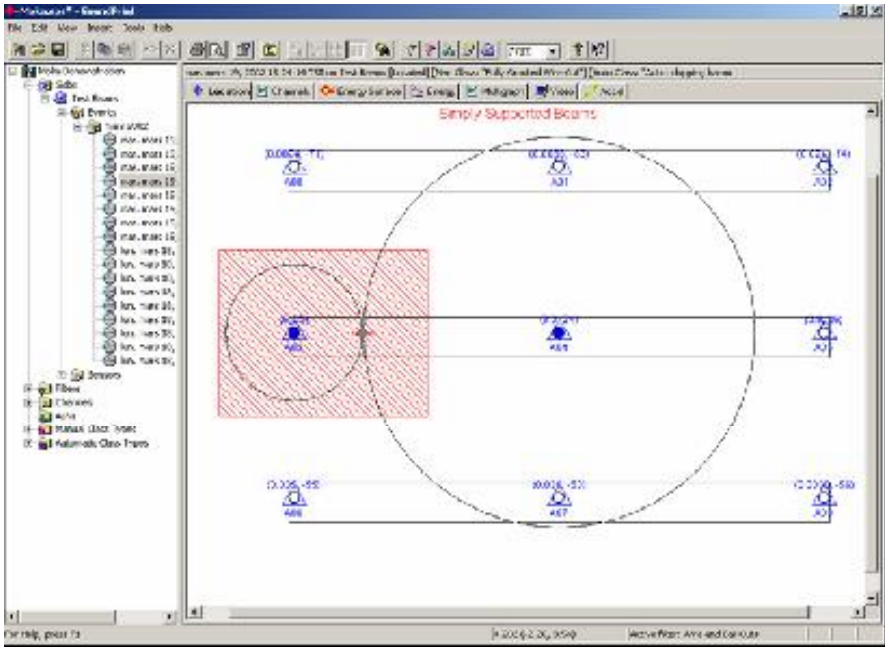


圖 4.20 事件發生位置的判斷

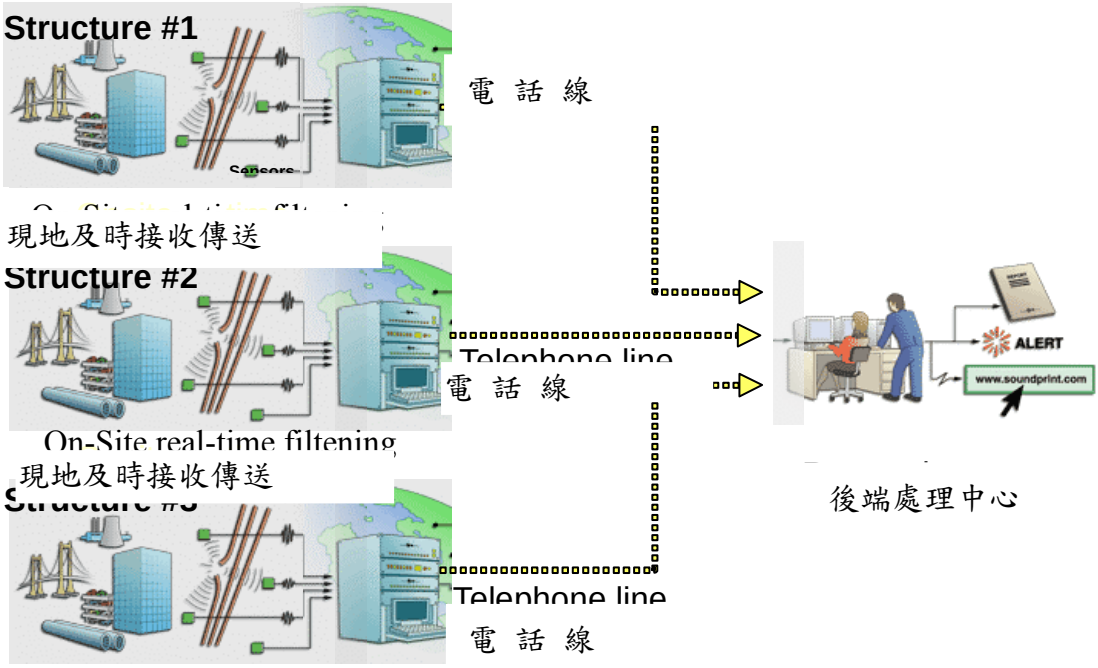


圖 4.21 系統運作模式



圖 4.22 資料擷取系統

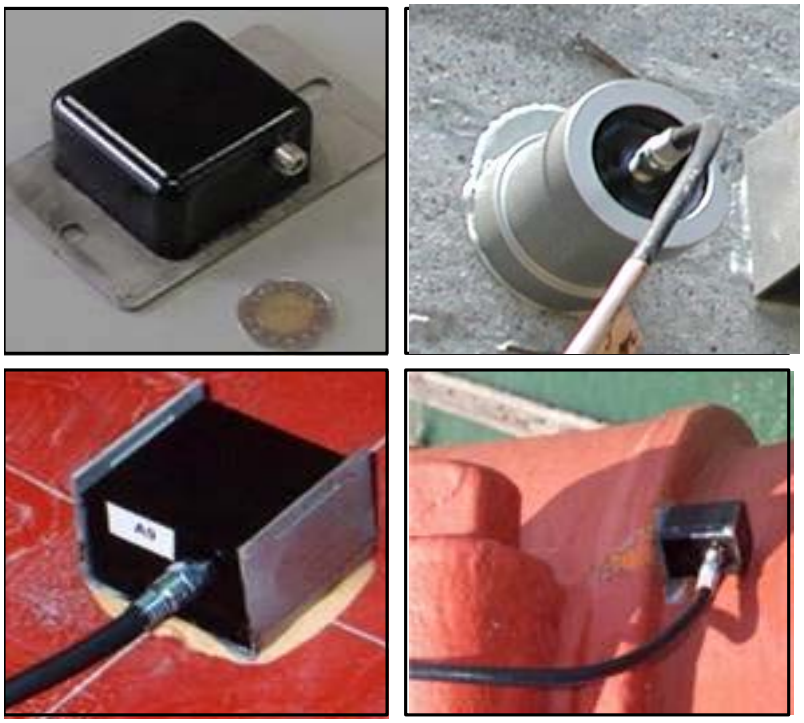


圖 4.23 聲波感應器

2. 國內試作驗證案例

聲波式預力監測系統在歐美及日本已有相當多的應用實例，也確實發揮監測預力系統安全的成效，但仍未在預力地錨使用過，本試驗之目的即為驗證該系統在預力地錨之可行性，因此財團法人臺灣營建研究院、國立臺灣科技大學曾與與派爾國際工程公司合作，將對此套技術在臺灣進行全世界第一次的地錨工程試驗，以期了解其相關特性。

(1)試驗內容與原理

此試驗主要分為兩個部分，一為測試老舊的地錨(1994 年)，一為新設的地錨(2003 年)。此試驗所欲選擇之工址為滑動中的地層，希望藉由地層之自然滑動現象來真實反應出預力鋼鍵的破壞情形；但限於時間的因素，此試驗亦將同時進行揚起試驗，希望能利用聲波式預力監測系統在短時間內收集到較多之預力鋼鍵破壞的聲波資料，試驗項目包含應力應變之歷時量測、地錨斷裂或拉脫之聲波量測、鋼鍵斷裂位置量測。

此試驗場地位於臺灣科技大學基隆校地，其平面圖如圖 4.24 所示，由於考量邊坡在試驗過程之安全問題，因此將試作的地錨選擇在擋土邊坡之最邊緣，又為了避免舊地錨在進行揚起試驗時影響到新設地錨，所以將新地錨設在距舊地錨一個格梁外，新設地錨係在現場作業完成並養護約 35 天後始進行。



圖 4.24 地錨試驗場地全視圖

(2)試驗過程說明

(a)聲波式預力監測系統安裝

此試驗共安裝了 13 個聲波感應器，其位置如圖 4.25 所示，並將聲波感應器連接上資料擷取統；並利用反彈錘進行測試，以確定是否每個感應器皆有作用；然後與揚起試驗之資料擷取系統對時，開始進行聲波資料的收集。

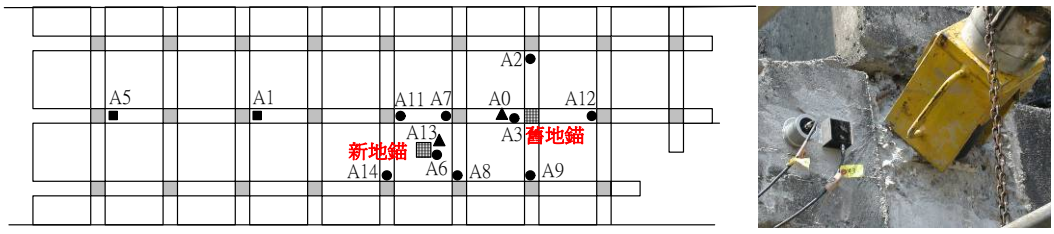


圖 4.25 聲波感應器分佈示意圖

(b)揚起試驗(拉拔試驗)

由於既有地錨及新設地錨之試驗方式略有不同，茲分述其試驗步驟如下：

既有地錨(試驗編號為＃1)先以人工方式敲除試驗用地錨

的錨頭，並將錨頭多餘鋼腱切除及清除錨頭之污銹物，而後以夾具夾住錨座，並裝上支撐座、拉棒、千斤頂、荷重計及變位計等試驗設備。

新設地錨(試驗編號為＃2)為採次試驗所打設，埋設長度20 公尺，養護完成後約 35 天進行試驗；因有足夠的鋼鍵長度，可直接安裝夾片、千斤頂、荷重計及變位計等試驗設備。

揚起試驗分階進行施拉及解拉程序，最後階段為施拉至鋼鍵拉斷或拉脫，各階段荷重之錨頭變位量，以初始荷重之量測值為基準值；當施拉至各階段荷重時，均維持一段時間，俟變位穩定，並定時進行量測工作。而各階段施拉時量測之項目包含荷重、變位量、時間。

(3)試驗結果與討論

(a)既有地錨試驗成果(試驗地錨編號＃1)

揚起試驗成果整理如表 4-10 所示。既有地錨揚起試驗施拉至第 7 階段(44 噸)後，錨頭之變位量有逐漸加大情形，判斷該地錨之既存殘餘荷重約為 48 噸，而施拉至 62 噸後，錨頭變位持續大量增加，研判應已達其極限荷重，至此地錨之錨碇段與地層間已產生拉脫現象。

表 4-10 既有及新設地錨設計條件

試驗地錨編號	設計預力(噸)	設計長度(m)	地錨俯角(度)	鋼腱規格 12.7 ㎜	最大荷重(噸)	試驗成果	
						殘餘荷重(噸)	破壞型式
＃1	60	21	25	6 條 7 股	62.0	48.0	錨碇段拉脫
＃2	未施預力	20(錨碇端 10m)	25	3 條 7 股	40.7	—	鋼腱斷裂

既有地錨揚起試驗之荷重施拉過程如圖 4.26 所示，初期的施加荷重每次增加 8 噸，當到達地錨之設計荷重時在改為 4 噸。聲波式預力監測系統收集到之聲波資料如圖 4.27 及圖 4.28

所示，由圖中可看出初期之施拉過程並沒有破壞產生，當荷重增加至 27 噸時，錨定端開始發生混凝土開裂，顯示能量開始損失，而錨頭之變位量有逐漸加大情形。當荷重增加至 44 噸時混凝土開裂量徒然增加，相對的能量大量釋放。此時之荷重接近設計荷重，即 40 噸。當施拉至 62 噸後，錨頭變位持續大量增加，研判應已達其極限荷重，至此地錨之錨碇段與地層間已產生拉脫現象。

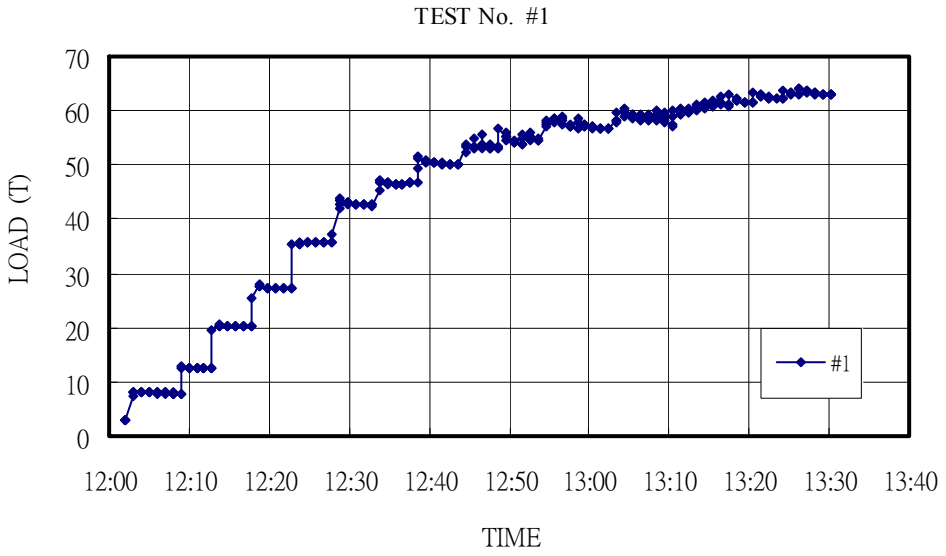


圖 4.26 既有地錨揚起試驗荷重與時間關係圖

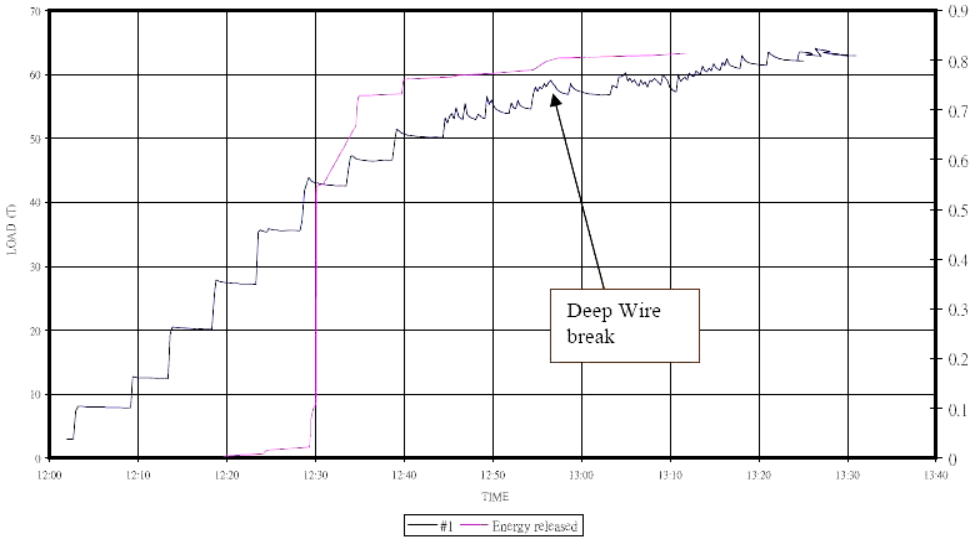


圖 4.27 既有地錨施加荷重及聲波能量之關係圖

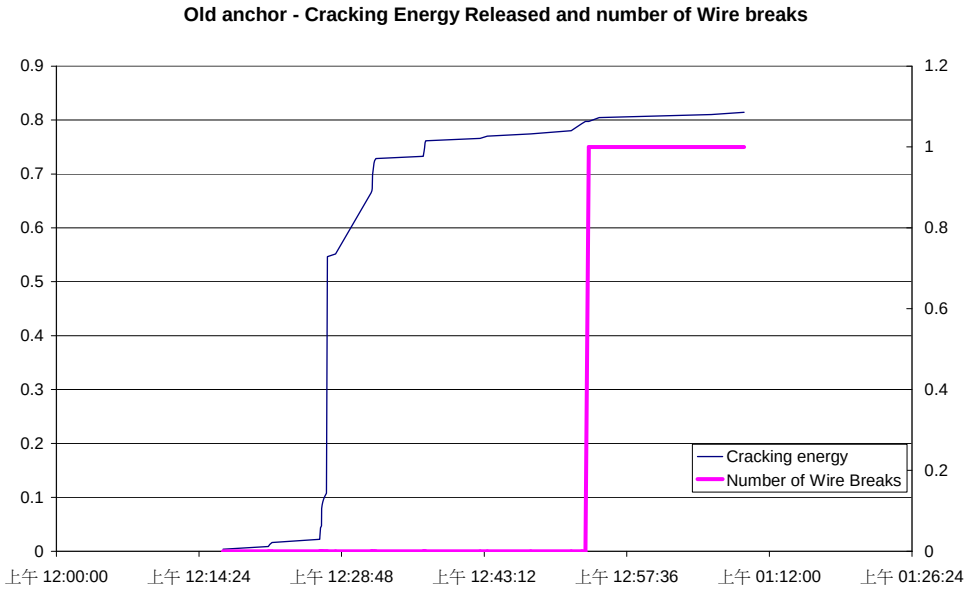
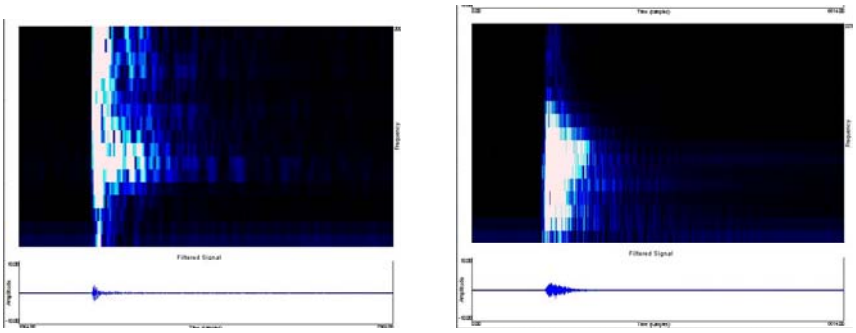


圖 4.28 既有地錨聲波能量釋放與鋼鍵破壞數量圖

在既有地錨試驗過程中，聲波式預力監測系統收集到的聲波主要分為兩種，一為混凝土開裂，另一為深層鋼鍵之斷裂，兩者之震波型式如圖 4.29 所示，由圖中可很明顯看出兩者頻譜圖之不同。



(a)混凝土開裂　　(b)深層鋼鍵斷裂

圖 4.29 聲波感應器所收集到之破壞震波

在所有的混凝土開裂或鋼鍵斷裂發生時，各個聲波感應器將接收到由開裂或斷裂處所傳至各接收器之震波。由不同之感應器所得之振幅如圖 4.30 所示，利用各感應器所接收到的能量大小及時間差，可分析出混凝土開裂或鋼鍵斷裂所在之位

址。圖 4.31 左顯示經由此程序所判定混凝土開裂之所在地，判別過程是先由個別接收器之初達波以決定開裂距離，如圖中圓圈所代表之位置，再由數個接收器所訂出之圓圈以決定確實之位址，相同之程序亦可用於判定鋼鍵斷裂所在之位址，如圖 4.31 右所示。

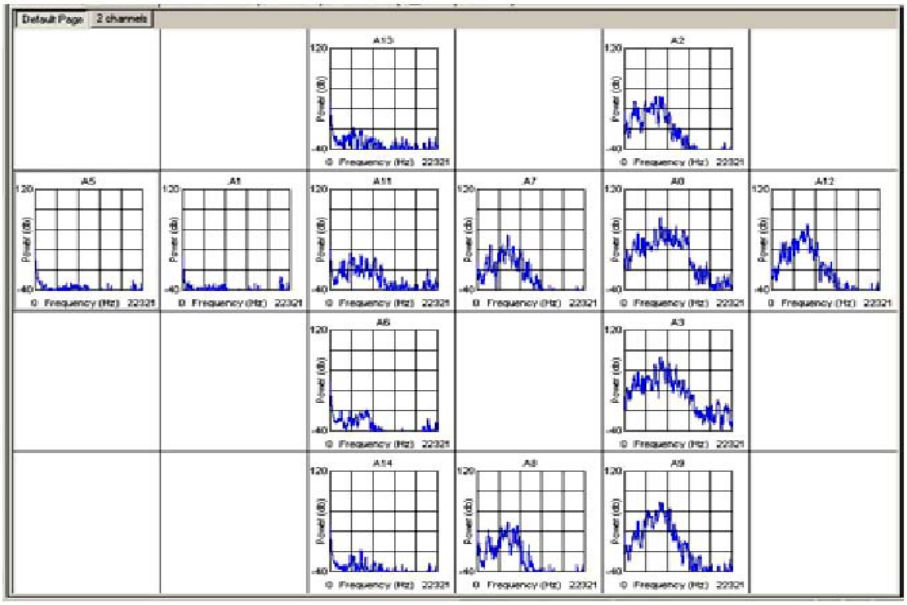


圖 4.30 各感應器所接收到之聲波

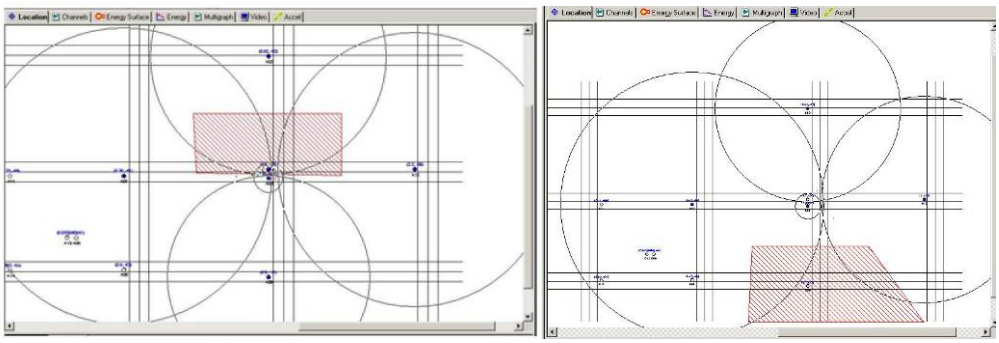


圖 4.31 經由判定後在既有地錨實驗中破壞之位址

(b)新設地錨試驗成果(試驗地錨編號＃2)

新設地錨揚起試驗成果整理如表 4-10 所示。圖 4.32 顯示在新設地錨實驗中所施加荷重與能量之關係圖，新設地錨揚起

試驗施拉至 32 噸後，進行第一階段卸載，於施拉接近 40 噸之後，部分鋼鍵開始有遭拉斷情形。

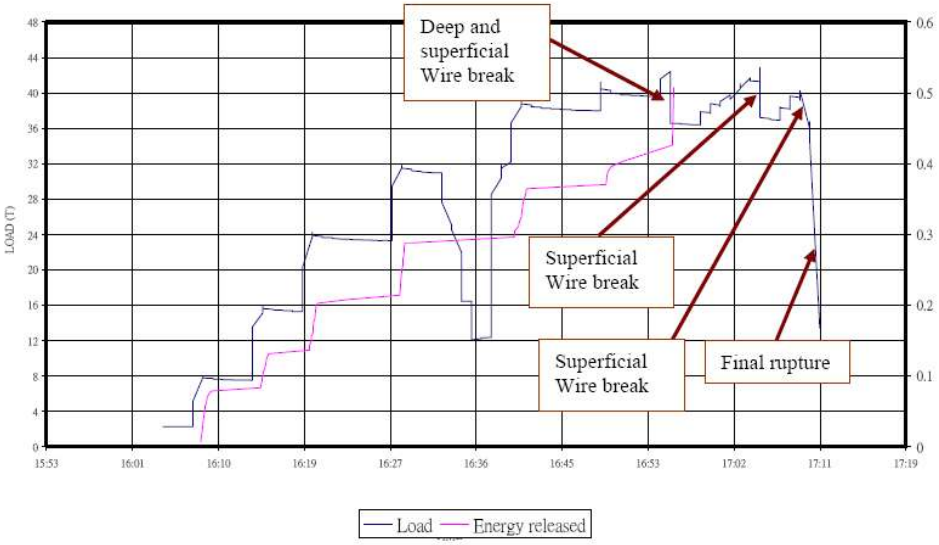


圖 4.32 新設地錨揚起試驗荷重與位移關係圖

新設地錨揚起試驗聲波式預力監測系統收集到之聲波能量釋放與鋼鍵破壞數量資料如圖 4.33 所示，由圖中可看出不同於既有地錨試驗，每次荷重之增加都會發生混凝土開裂。當施拉荷重接近 40 噸之後，此系統發現部分鋼鍵開始有遭拉斷情形，之後在荷重增加的過程中此系統共監測到 7 次的鋼鍵斷裂，直到錨定端與鋼鍵完全被拉拔脫落。當觀察試驗完成後之鋼鍵情形，試驗鋼鍵共計有 3 股，一條斷裂於距離錨頭約 1m 處，一條則斷裂於距離錨頭約 1.5m 處，其餘為深層斷裂情形，由此顯示所監測到之狀況與事實吻合。

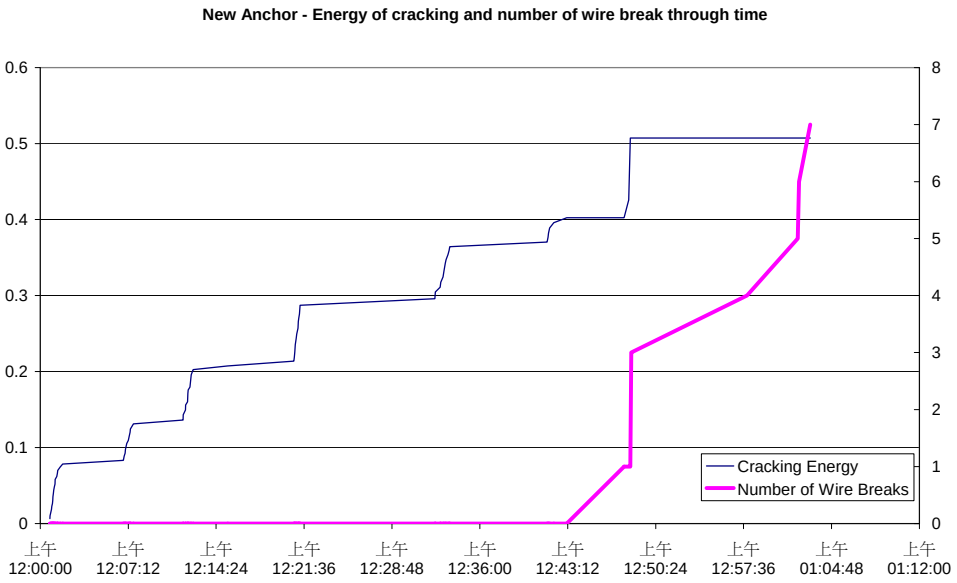


圖 4.33 新地錨實驗能量釋放與鋼鍵破壞數量圖

在新設地錨試驗過程中，聲波式預力監測系統蒐集到的聲波主要為較淺層鋼鍵之斷裂，其震波型式如圖 4.34 所示，可很明顯看出與圖 4.29 之不同，另各感應器收到之聲波能量如圖 4.35 所示。

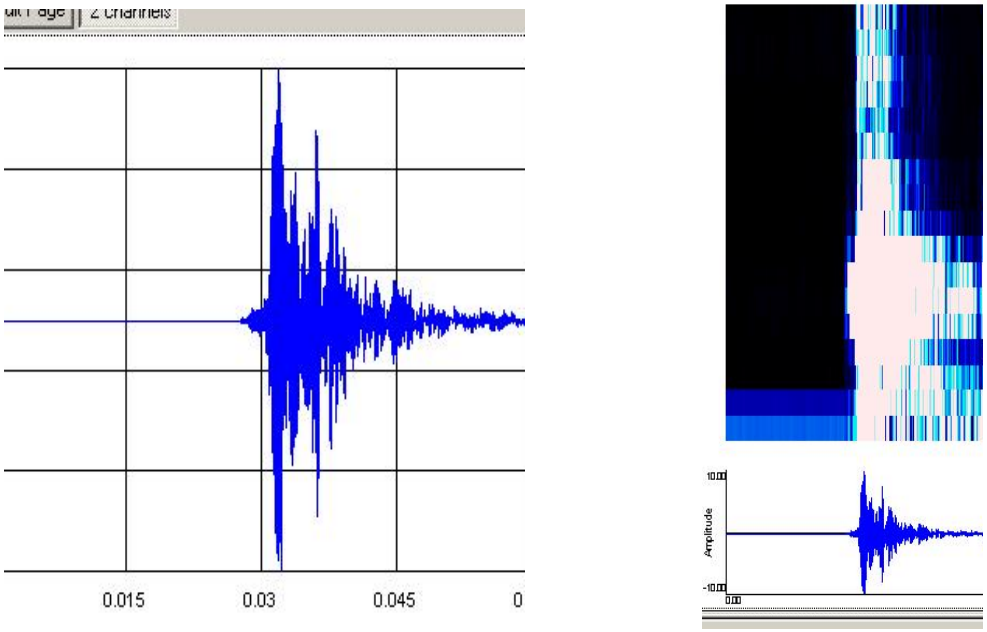


圖 4.34 淺層鋼鍵斷裂之震波

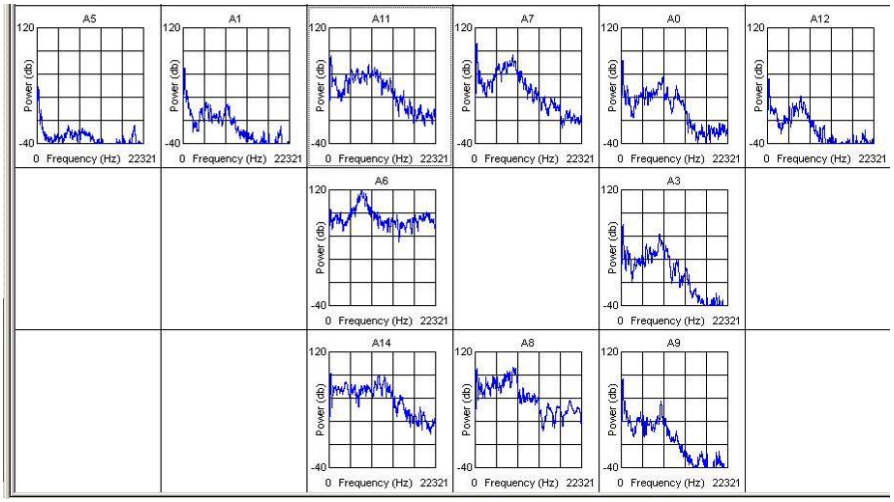


圖 4.35 各感應器所接收到之聲波

3. 研究成果與效益

在此次結合聲波式預力監測系統與揚起試驗的過程中，可很明顯看出來兩種不同型式地錨所表示出不同之破壞模式(試驗結果詳見圖 2.36 所示)。在既有地錨試驗中，其鋼鍵抗拉強度大於握裹強度，因此隨著荷重的增加，混凝土逐漸開裂，直到鋼鍵之握裹力失敗，而使鋼鍵脫落，因此在當鋼鍵抗拉強度足夠時的破壞模式為深層握裹破壞與混凝土開裂。

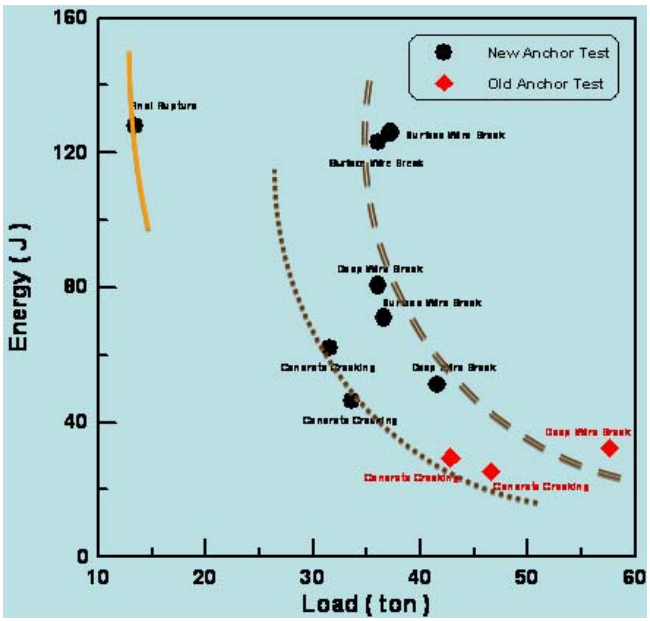


圖 4.36 新舊地錨試驗結果

而在新設地錨之試驗中，埋設之鋼鍵數量較少，故其鋼鍵抗拉強度小於握裹強度，除了發生混凝土開裂，監測系統亦觀測到數次之鋼鍵斷裂，試驗後之檢測亦觀察到在近牆面處之鋼鍵有斷裂之情況。

在實際工程中，地錨之失敗可小至輕微之混凝土開裂，而因此衍生至局部或大區域鋼鍵脫落或斷裂，由以上之兩組試驗可驗證，聲波式預力監測系統可有效而準確的察覺地錨所可能發生之各種破壞狀況；對於使用者而言，由監測系統所觀測到之破壞狀況可作為預警系統之重要資訊，例如，地錨系統之初期損毀可由混凝土開裂狀況斷定；更進一步，當混凝土開裂範圍增加、鋼鍵之握裹力失敗或鋼鍵斷裂開始發生，使用者可判斷地錨系統可能已遭破壞，由此可知，此監測技術提供一有效之預警系統，始能提早發現地錨發生失敗之徵兆。

本試驗成功地驗證了聲波式預力監測系統於地錨工程的適用性，歸納以上之試驗成果，可知使用此套系統可得以下之效益：

1. 聲波式預力監測系統可準確地分辨出預力地錨之破壞模式，如鋼鍵握裹失敗、混凝土開裂、鋼鍵斷裂等情形。
2. 聲波式預力監測系統可利用不同之感應器所接收到的聲波而決定發生破壞之位址，達到定址之效果。
3. 地錨之安全監測系統一旦完成，可提供山坡地社區民眾與往來用路人之生命財產與重要道路之安全保障，不但可作為預警系統，亦可作為將來維修補強的參考，僅需針對破壞之地錨進行單一之替換，節省全面性維修之費用。

由此可見，此系統可有效的偵測到現場地錨所發生損毀之時機及種類，並可作為一有效之預警系統，在地錨系統發生嚴重災害前，由監測系統瞭解破壞之位址、時機及嚴重性，而能即時施以應變措施。

4.3.2 陣列式位移計

本研究團隊為解決國內傾斜觀測管於現地量測位移量時，常因地層變位過劇，於傾斜管裝設不久後即因管身變形過大而無法繼續量測之

困難，針對此點問題，研究團隊將於本小節針對歐美國家常用之陣列式位移計進行介紹(本研究僅針對儀器之原理、特點與應用進行資料蒐集，不涉及產品本身之專利問題)。

陣列式位移計為一新進監測儀器，其主要是將 3D 電腦動畫之科技運用於工程領域。陣列式位移計採用微機電感應方式及陣列式計算原理，可即時獲得連續變形曲線，不僅可用於傳統連續壁、邊坡之側向位移自動監測，亦可廣設於橋梁、路堤、隧道和油槽等結構體進行即時監測(詳圖 4.37、圖 4.38)。

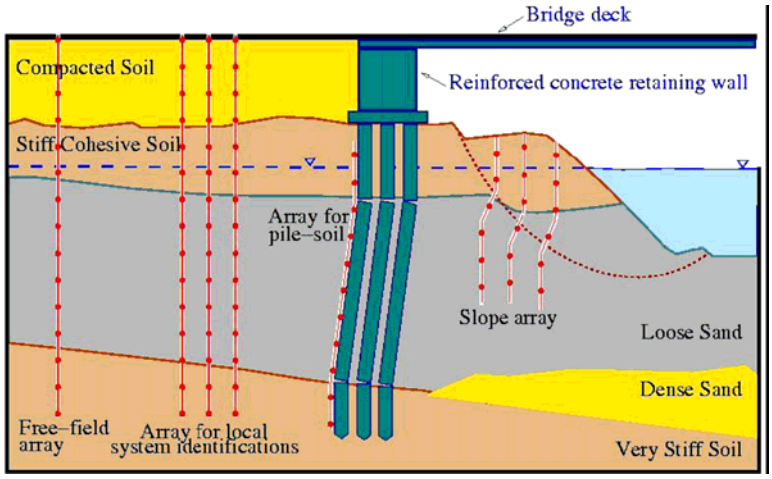


圖 4.37 陣列式位移計應用於工程領域

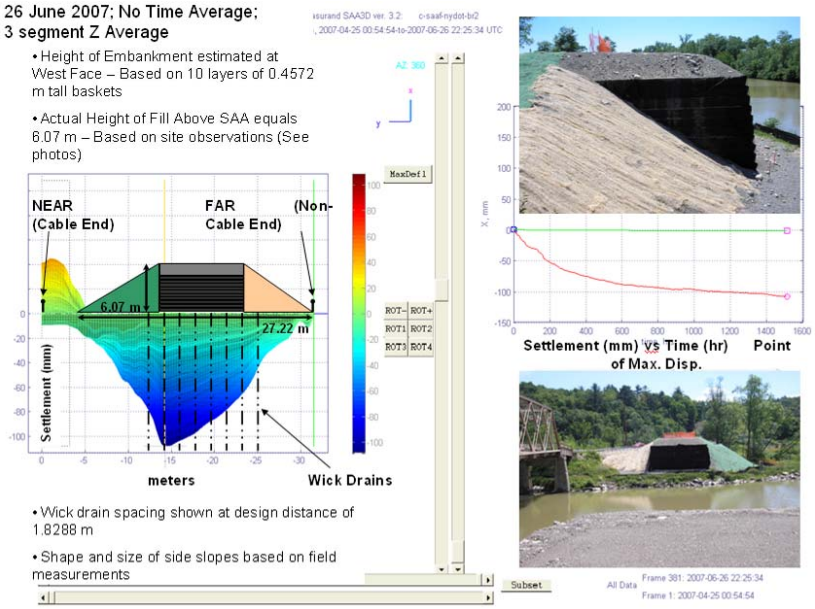


圖 4.38 陣列式位移計應用於路堤工程之分析結果展示

陣列式位移計之儀器本身，因其可選定X、Y、Z三軸之量測方向，故可運用於3D變位監測(詳圖4.39、圖4.40)，除此之外，陣列式位移計可定期自動掃瞄記錄資料，亦可進行選定位置之動態資料擷取與頻譜分析，可減少監測數據資料之彙整分析作業。另外，儀器本身為客製化一體成形， 50公分內之自動量測間隔(如圖4.41)，可獲得更連續與精確之變形曲線，又加上儀器本身安裝簡易，不需傳統之傾度管，可減少現地安裝與回填之風險。至於資料傳送部分，其採用數位訊號傳輸(如圖4.42)，傳遞距離較傳統技術更遠，同時亦可避免傳送中之雜訊干擾。國外應用於邊坡之實際案例資料則詳見圖4.43~圖4.47所示，其中，圖4.43為陣列式位移計與套管於現場安裝之狀況，圖4.44則為此套系統之電源供應器與無線傳輸設備，至於配合數值模擬結果之監測儀器配置圖則詳見圖4.45所示(量測初期之數據結果詳圖4.46，一年後之量測結果則見圖4.47)。

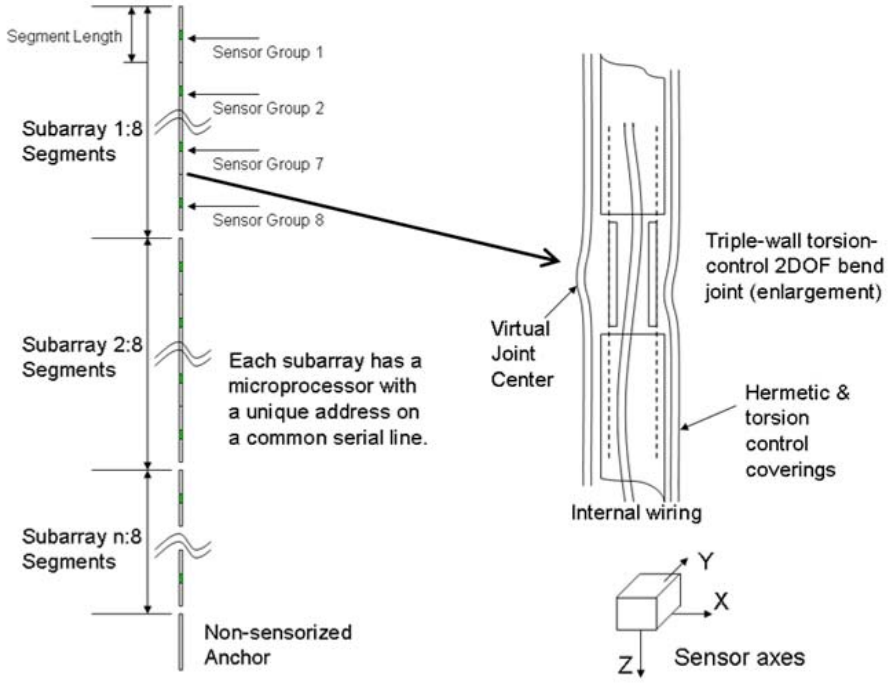


圖 4.39 陣列式位移計設計原理

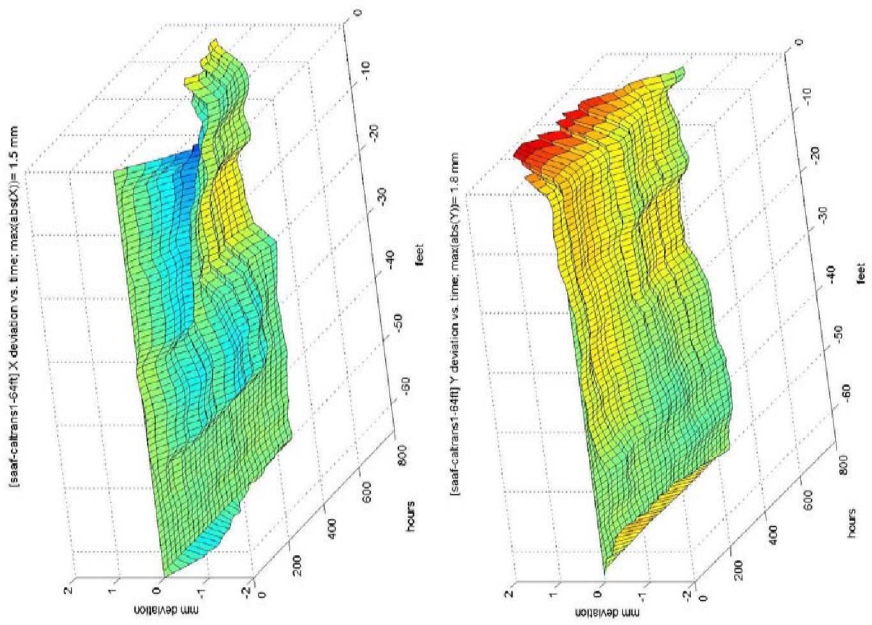


圖 4.40 陣列式位移計 3D 變位監測結果展示

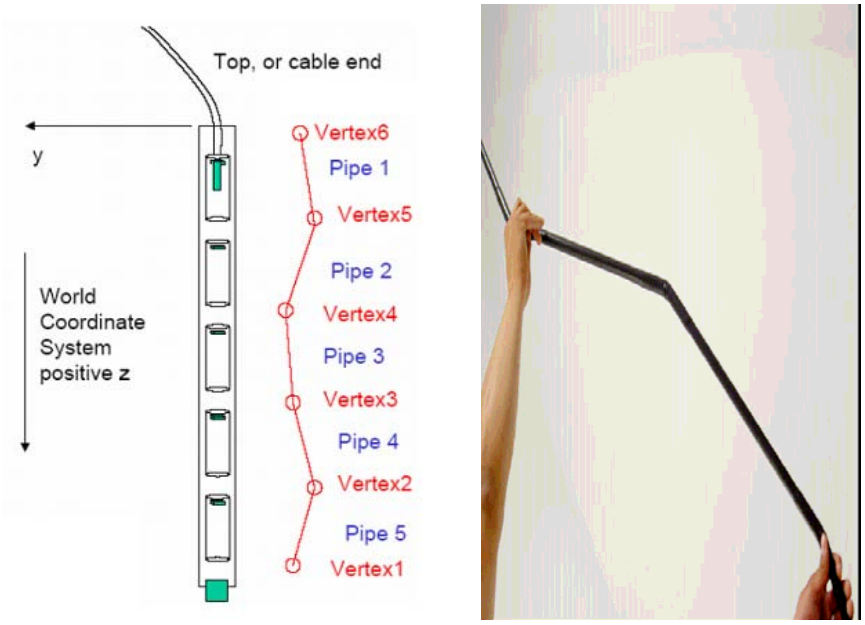


圖 4.41 陣列式位移計裝置示意圖

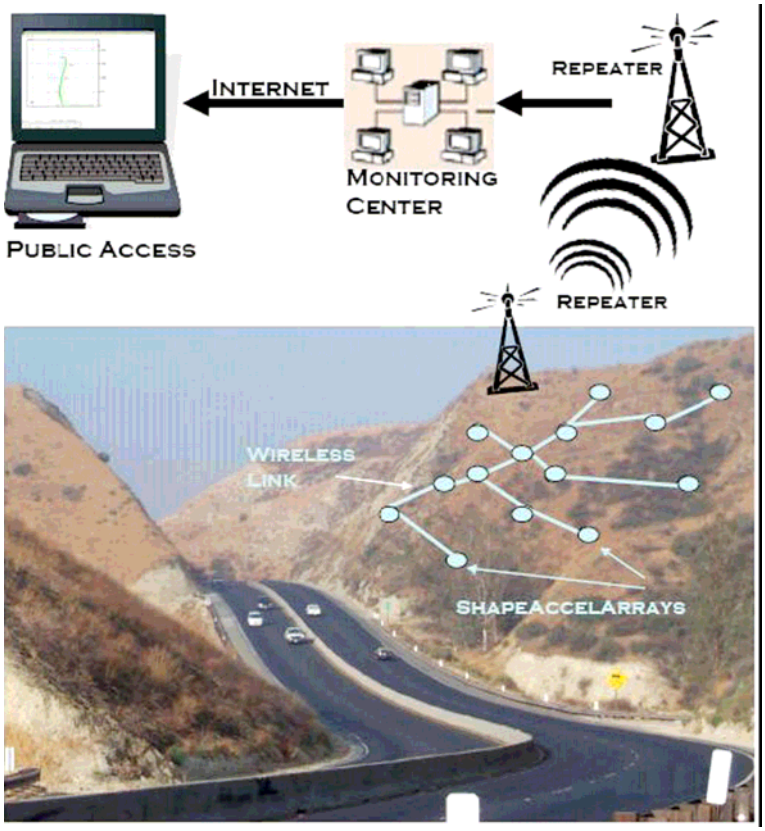


圖 4.42 自動化數位訊號傳輸示意圖



圖 4.43 現場安裝與佈設



圖 4.44 電源供應器與無線傳輸

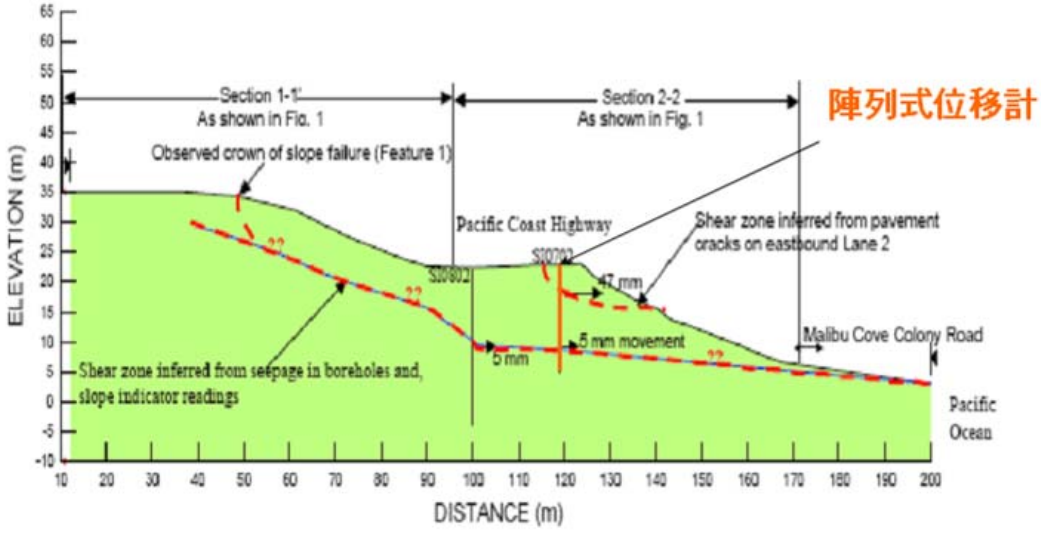


圖 4.45 陣列式位移計監測配置規劃示意圖

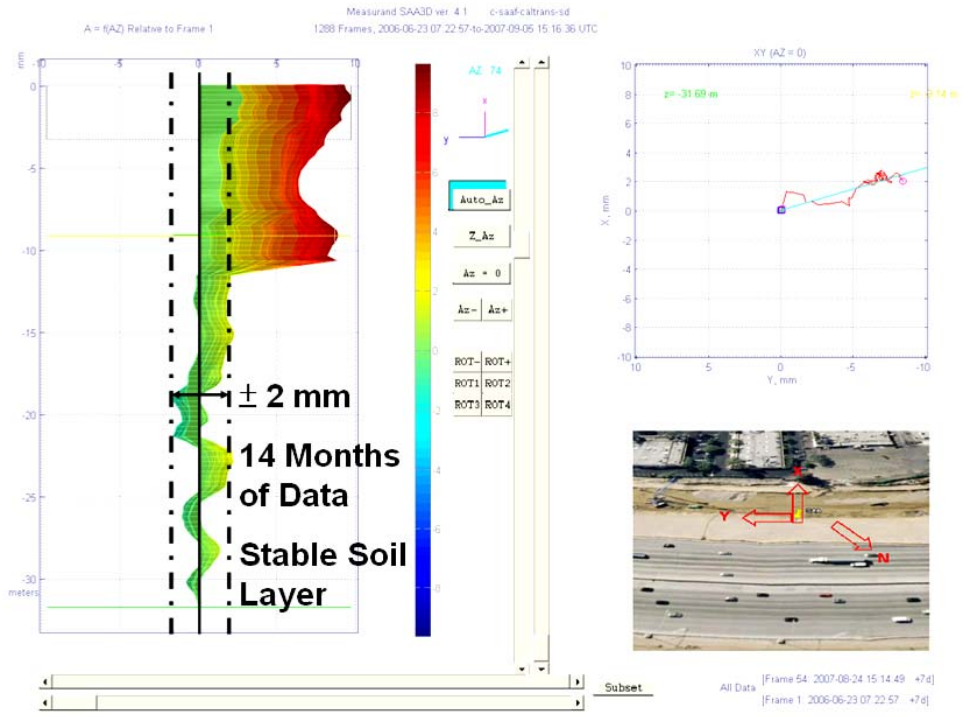


圖 4.46 初期監測結果顯示

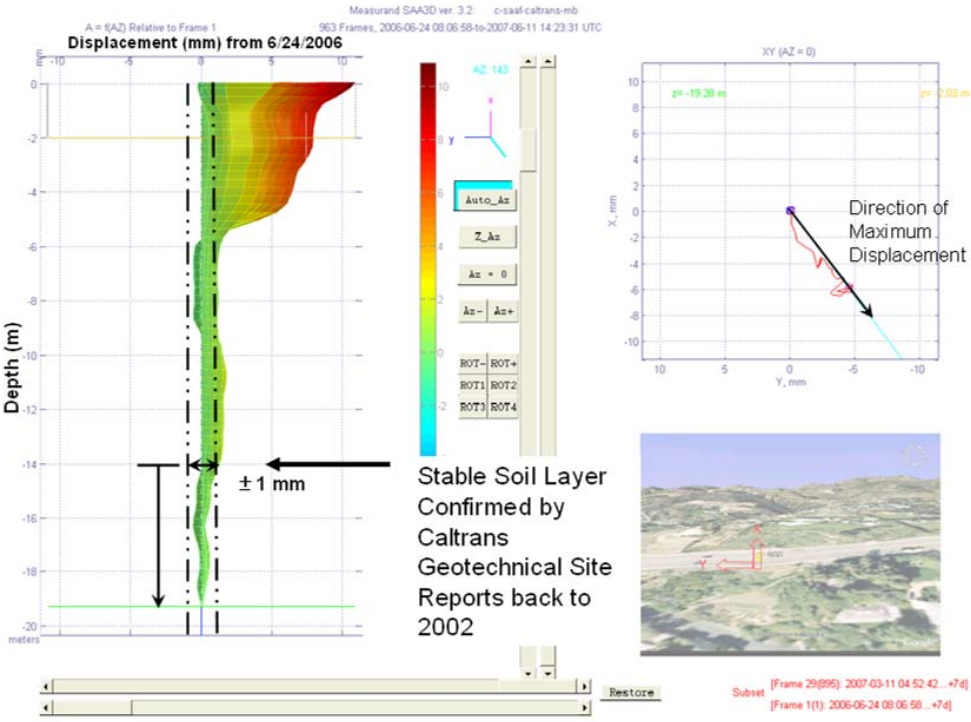


圖 4.47 現地量測一年後之監測結果

4.3.3 無線感測網路系統

監測自動化之目的在於針對偏遠或無法到達之區域進行監測作業，同時，對於較危急之區域或特殊設施，可以達到全時之監測作業。然一套完善之邊坡崩塌監測預警自動化系統，除需要有配置完善之監測儀器外，亦需搭配良好之無線傳輸系統，才可在任何環境狀態下，確實掌控現地實際狀況。有鑑於此，本小節將針對目前國內可以串聯時間、空間、資訊等之先進傳輸技術－無線感測網路系統進行概述。

在各項可用於建構無所不在網路環境的技術中，「無線感測網路(Wireless Sensor Network, WSN)」技術已因近年來短距無線技術的突破，而在各種環境感知應用上備受重視。傳統感測網路的發展與應用由來已久，主要功能在於將遠端感測器收集的資料，透過網路傳回伺服器，達到監控、警示或資料收集等目的。在無線技術尚未成熟時，要建構一個感測網路必需透過布線，因而有成本高昂及線路維護的問題，此外，能使用的感測器數量也相當有限。

近幾年來各種無線傳輸技術紛紛出現後，陸續被使用於感測網路，希望以無線方式來解決困擾已久的布線問題。其中包括 WiFi、藍芽，以及多種 RF 技術都曾被嘗試用以建構無線感測網路，但成果不彰。近二年來，由於無線感測網路系統的發展，提供了一項易於使用、低耗電、低成本的無線技術，使得無線感測網路的發展開始邁開大步。

通常一個無線感測器網路包含以下之元素：

1. 感測器(Sensor)：感測器為探測環境中各種變化因子的儀器，如溫度、濕度、照度、壓力、流速等。在實務應用上，感測器除了可直接整合於無線傳輸模組上，也可運用任何市面上已開發之感測儀器，將其整合於無限感測器網路中，只要這些儀器能有輸出介面提供電子訊號供無線傳輸模組使用即可。

2. 無線傳輸模組(Mote)：無線傳輸模組為一整合平台，其功能在於將感測器傳來之訊號，進行處理、儲存、或是透過 IEEE

802.15.4 標準來進行無線傳輸。通常一個無線傳輸模組(詳圖 4.48)會具備感測器聯結介面、中央運算元(CPU)、記憶體、電源介面與無線傳輸單元等元件。

3. 通訊閘(Gateway)：通訊閘的作用在於當作遠端感測器與中央伺服器間溝通的轉接站。遠端各個感測器所感應到之訊號在透過其整合的 Mote 以無線訊號傳出後，會匯整到通訊閘，然後再由通訊閘以 GPRS、WiMax、或是寬頻網路等方式，傳回監控中心之中央伺服器。反之，監控中心的控制訊號，也可透過通訊閘，傳送到對應的感測器做出及時反應。

4. 中央伺服器(Server)：中央伺服器為一電腦主機用於儲存、處理、與分析由通訊閘彙整傳回之感測器訊號。通常會與資料庫系統、監控管理程式配合，對訊號進行即時處理與反應。

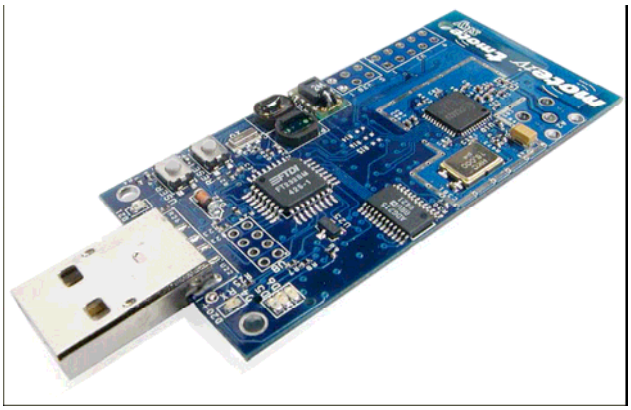


圖 4.48 無線傳輸模組

無線感測網路系統的理想運用形情境在於將價格便宜、大量、且體積微小的無線感測器，肆意的分灑於監控的環境中，而這些感測器會彼此溝通，透過通訊協定自然而然的形成一個網路系統，每個感測器之間可相互聯絡、接力傳遞訊號、彼此互相合作，共同面對必須要解決的問題。圖 4.49 為無線感測網路應用模式之示意圖，在遠端監控的環境中，感測器將各類訊息透過無線傳輸模組以直接或跳接方式回傳至通訊閘，再由通訊閘回傳至監控中心之中央伺服器，伺服器上之控制程式可根據回傳之即時資訊做出判斷與反應，例如將警告訊息以簡

訊或 Email 方式立即通知相關人員處理，甚至可傳送控制訊號至遠端無線傳輸模組，透過無線傳輸模組對其所連結的儀器或設備進行即時的控制。

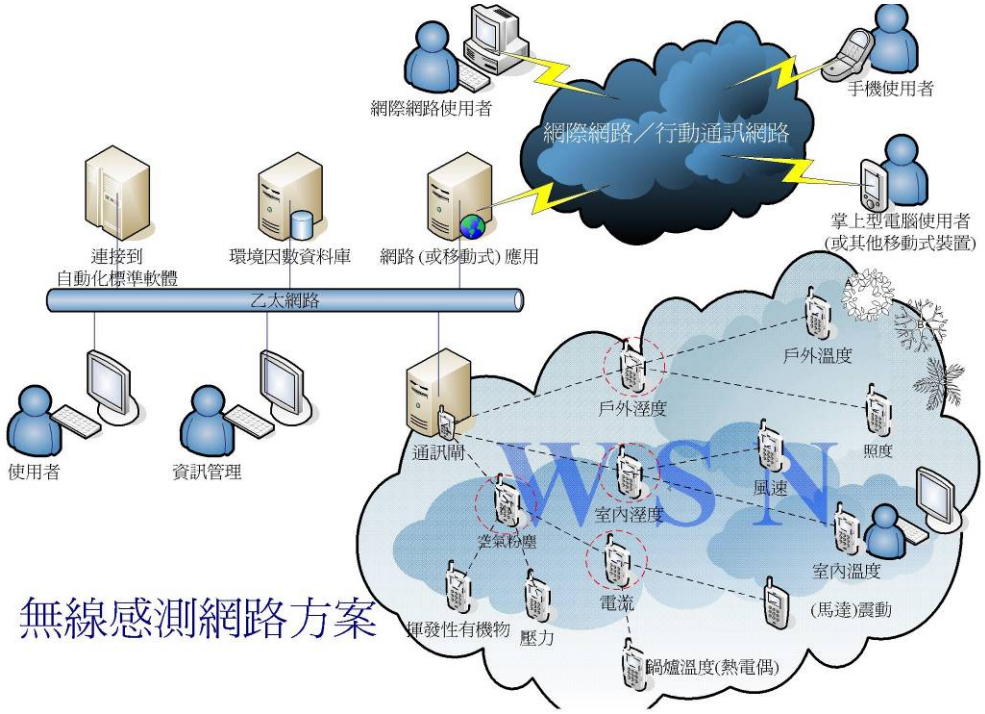


圖 4.49 無線感測網路系統傳輸架構

相較於傳統的監控系統，無線感測器網路的優勢如下：

1. 相對較低的價格，可進行大量的佈建。
2. 無線傳輸訊號，免除佈線之困擾，許多以往無法進行監控之環境，可以此方式進行即時監控。
3. 無線傳輸模組具溝通、儲存、與計算處理能力，可在現地進行簡易資料處理再回傳至中央伺服器。

自動化監測系統所需監控與處理之資料單元包羅萬象，例如：傾斜、位移、水位、水壓、雨量、加速度、粉塵微粒、溫度、濕度、光照等，然不同監測儀器其訊號皆不盡相同，除需透過系統予以整合外，在數據資料傳輸過程中，亦常因受限於氣候環境影響，容易造成數據資料遺失或不完全等問題。對此，無線感測網路系統除克服上述問題

外，同時可以達到成本低廉與資料傳輸高穩定性之特點，其主要原因在於其採以篩選適用感測器、無線感測傳輸模組、韌體與軟體程式等。此系統早期曾運用於異常震動(如地震)、有毒氣體(如瓦斯)、火災等預警通報作業，其可因應各項領域對資料分析之需求而修改資料分析之呈現方式(如圖 4.50)，此系統近期內亦已漸漸運用至邊坡滑動監測方面。

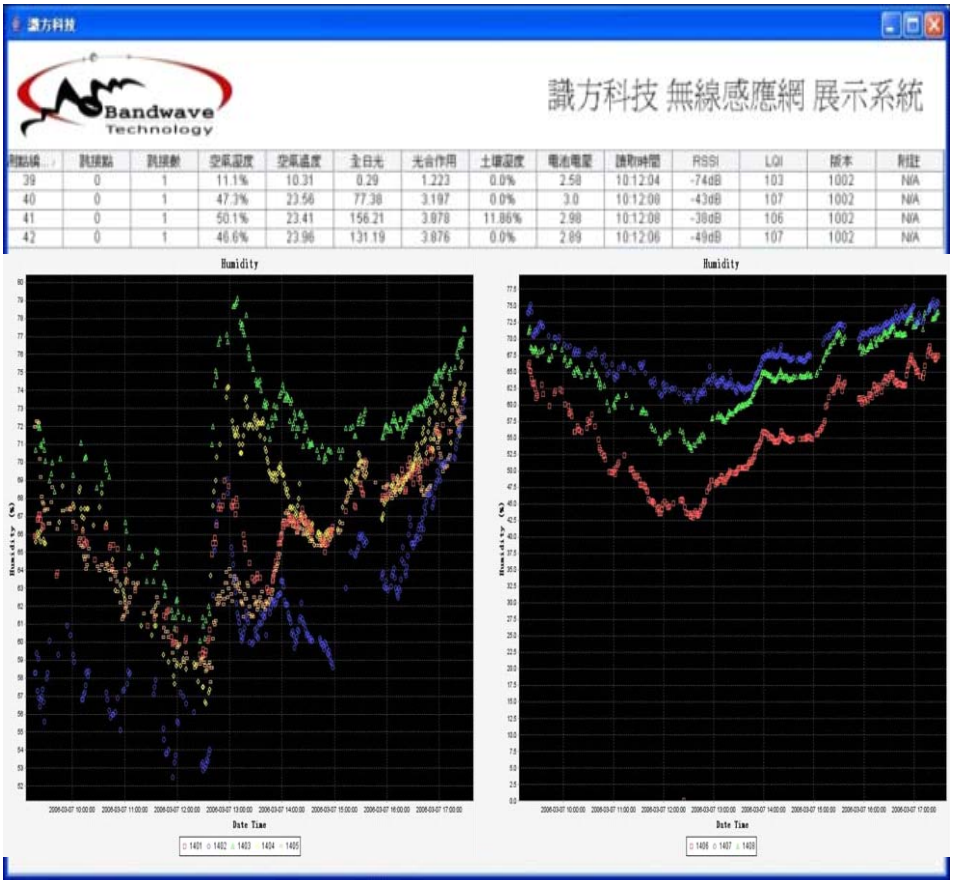


圖 4.50 資料分析與呈現

在邊坡滑動監控方面，以國內一發電廠邊坡監控為例，此案例規劃使用之感應器包括：三軸加速規、應力計、電阻尺、壓力計(用以量測地下水水位)與傾斜儀，後端再利用專家系統對所蒐集之量測資料加以分析運算(其現地佈點位置如圖 4.51 所示，感應器裝設現地實況則如圖 4.52，監控結果則參考圖 4.53)。

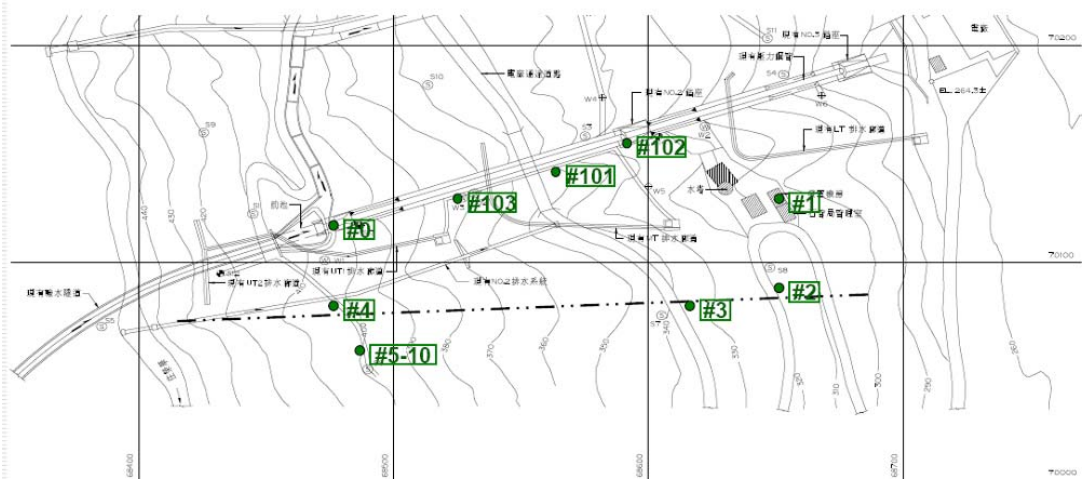


圖 4.51 佈點位置示意圖



圖 4.52 感應器現地裝置實況

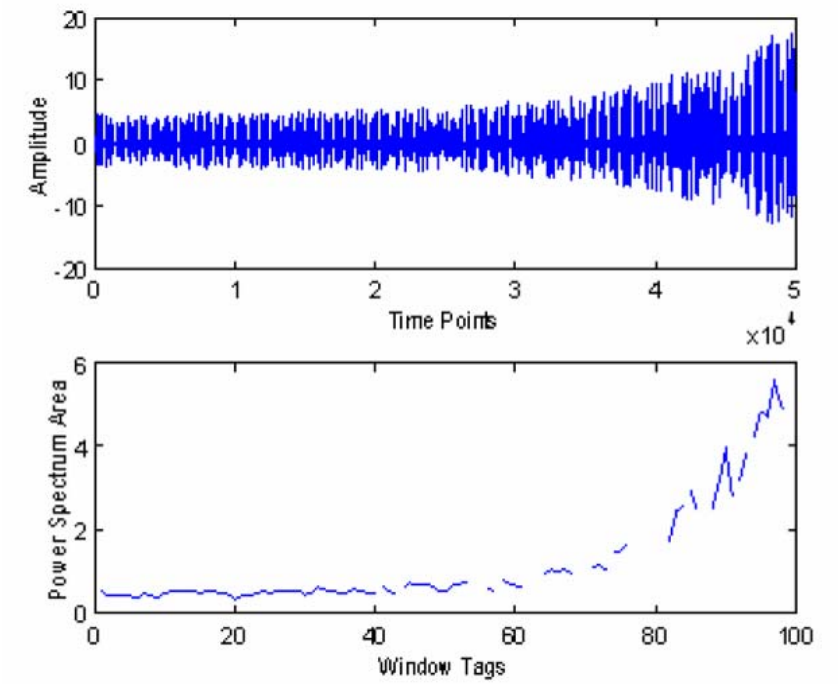


圖 4.53 監控數據分析結果

4.4 光纖光柵的應用

4.4.1 光纖光柵原理簡述

光纖光柵的製造係利用高能量同調雷射在光纖曝光造成折射率永久改變，成為一系列週期為 Λ 的明暗條紋，此稱之為光纖光柵(Fiber Bragg Grating, FBG)。當一寬頻光耦合進入此一光纖時，除了滿足布拉格條件(Bragg condition)的特定波長，其餘波長都會因為相位差而相消(李瑞庭, 2005)。

其布拉格反射波長 λ_B 為

$$\lambda_B = 2n\Lambda \quad \text{..... (4-1)}$$

其中：

n = 光纖纖心的有效折射率

Λ = 折射率週期性改變的間距

圖 4.54 為光纖光柵反射原理示意圖，光柵中的週期明暗條紋類似在光纖中製造一系列透鏡組合，當寬頻光束通過這些透鏡組合時，造成某特定頻率光波被反射，而其他頻率光波則繼續向前傳導，而這些透鏡的間距不同，則被反射光波頻率亦不相同。

應變與波長飄移關係如圖 4.55 所展示，當光柵受到外力產生應變時，則造成光纖光柵原本間距 Λ 的改變增加量為 ΔΛ，帶入(2-1)式可以得到

$$\Delta\lambda_B = 2n\Delta\Lambda \quad \text{..... (4-2)}$$

根據應變的定義

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta\Lambda}{\Lambda} \quad \text{..... (4-3)}$$

得到

$$\Delta l = \left(\frac{\Delta\Lambda}{\Lambda}\right) l = \left(\frac{\frac{\Delta\lambda_B}{2n}}{\frac{\lambda_B}{2n}}\right) l \quad \text{..... (4-4)}$$

因此

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} \quad \text{..... (4-5)}$$

當外力施加產生應變後，不只是反射回來的 λ_B 會改變，光纖的有效折射率 n 也會同時改變。因此上式應該被修正為

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} = K\frac{\Delta l}{l} = K\varepsilon \quad \text{..... (4-6)}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta\lambda_B}{K\lambda_B} \quad \text{..... (4-7)}$$

當光纖光柵受到溫度變化時，波長飄移量可由下式表示

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = (\xi + \alpha)\Delta T = K_T \times \Delta T \quad \text{..... (4-8)}$$

其中：

ξ ＝ 光纖的熱光係數(Thermal Optical Coefficient)

α ＝ 光纖的熱膨脹係數(Thermal Expansion Coefficient)

K_T ＝ 溫度敏感係數

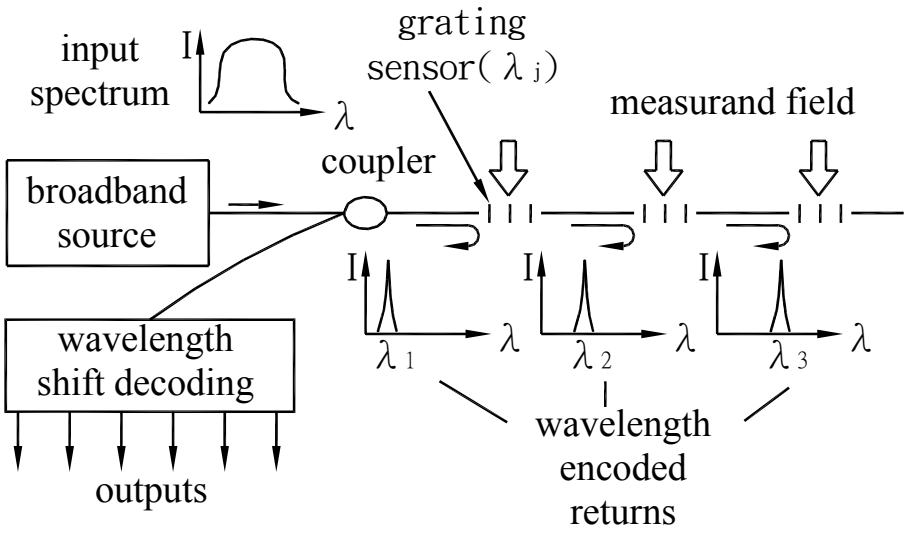


圖 4.54 光纖光柵反射原理示意圖 (Kersey, 1992)

布拉格波長飄移並非完全線性，在高溫時溫度變化會使波長飄移較為顯著，因為在 ξ 在 150℃約為 6.9×10^{-6}/℃，450℃時則變為約 9.6×10^{-6}/℃，而熱膨脹係數 α=0.55~1.1×10^{-6}/℃。然而在室溫條件下，1℃的溫度變化約使得布拉格飄移約 1.1~1.2×10^{-2}nm。

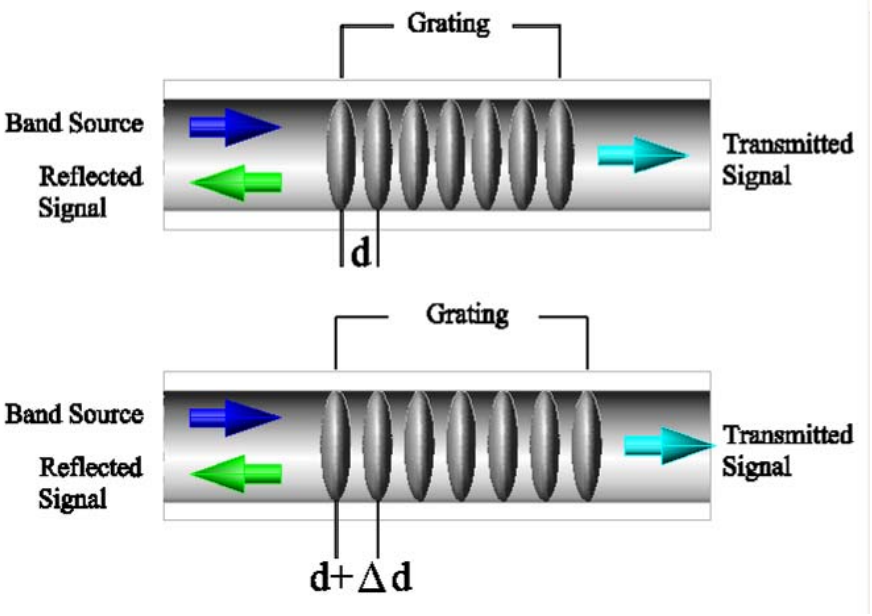


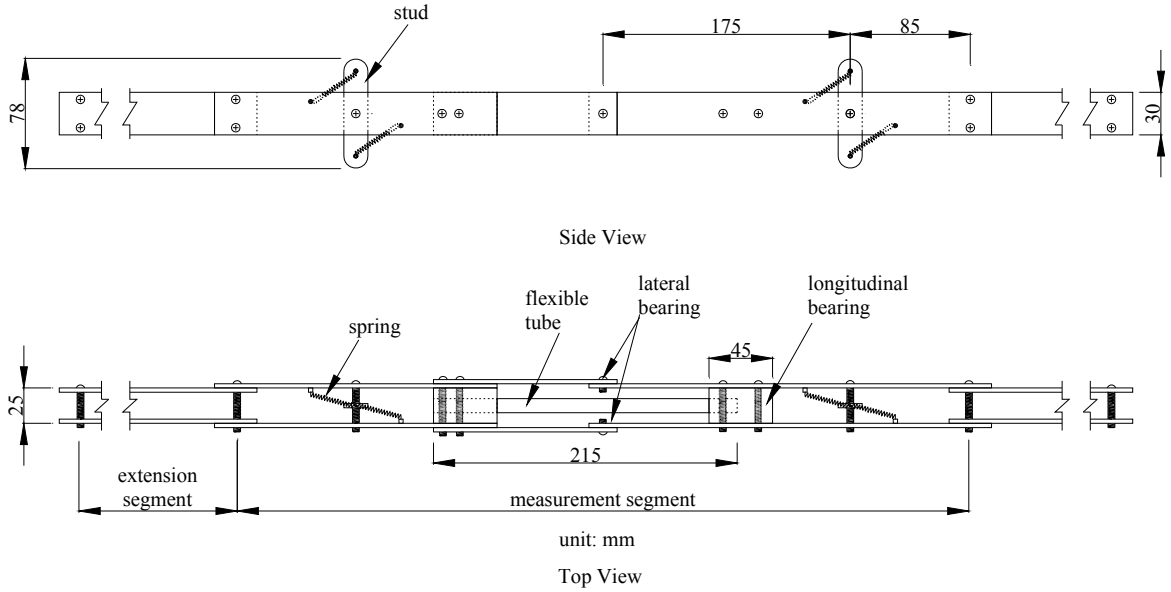
圖 4.55 光纖光柵感測機制示意圖 (簡旭君, 2003)

4.4.2 光纖光柵節理式偏斜儀

本團隊目前所發展出之FBG地層監測技術稱之為光纖光柵節理式偏斜儀(FBG segmented deflectometer, FBG-SD)，能夠與傳統測傾管配合使用。FBG-SD 是將一長約 215mm，直徑約 10mm，使用塑鋼製成之柔性軟管(flexible tube)外，相隔 180 度黏貼成對的光纖光柵。在此應變感測元件兩端加裝鋁片剛性材料如圖 4.56 所示，將兩端剛性材料所受到的應力傳到中間柔性材料上，此時對柔性材料會有應變集中的現象，也就會有將應變放大的效果。在應變感測元件兩端加裝鋁片剛性材料構成節理(segment)之部分。節理又分量測節理(measurement segment)與延伸節理(extension segment)兩部分。量測節理上裝有支架(stud)，其大小與形狀與傳統測傾管(inclinometer casing)及其內部之凹槽相匹配，藉由彈簧(spring)之拉力來保持支架與傾斜觀測管凹槽之密合。延伸節理為一硬體，沒有任何自由度，其唯一目的為根據量測需要來改變或延長量測節理間之距離。量測節理內安裝兩個軸承，其中一個軸承與監測管方向同軸(軸向軸承，longitudinal bearing)，其目的在於解除感測器受監測管軸向力(包括重力與摩擦力)與扭力對感測器之影響，另一個軸承與監測管方向垂直(橫向軸承，lateral bearing)，安裝

在量測節理之中心點，其目的在於限制量測節理只能以橫向軸承為中心旋轉而增加結果分析之可靠度。柔性軟管之一端以雙螺絲固定於量測節理內，另一端插入軸向軸承中，可以延軸向滑動或轉動，柔性軟管之中心與橫向軸承在同一位置。偏斜儀在現場組裝，以量測節理與延伸節理交互連接而形成，連結完成之偏斜儀隨即放入測傾管中(圖4.57)。傾斜管因為地層滑動或被監測結構體變形而發生扭曲的時候，變形監測管經由光纖或其他應變感應器量測柔性軟管彎曲變化量，計算並累積變形監測管因地層移動而造成之彎曲角度，再根據此角度之變化來計算地層移動量。

在實驗室中可標定出光柵波長改變量與角度變化量的關係，根據標定結果計算，光柵波長改變 1 pm(解析儀所能讀取之最小 FBG 波長改變量)所對應之，剛性段間之夾角改變量在 0.0012 與 0.0018 度之間。在監測地層滑動時我們可以將多個 FBG 偏斜儀串接在一起，並將量測到的角度換算成側向位移量，偏斜儀能夠容許的彎曲角度可達 3.0 度上下。



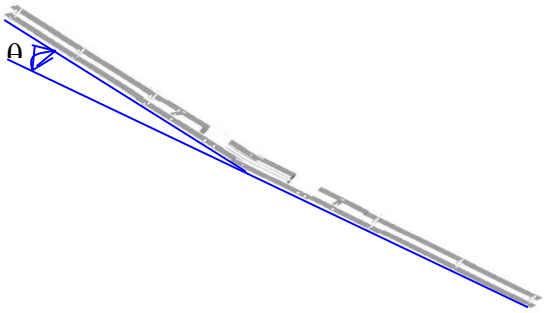


圖 4.56　FBG 偏斜儀設計示意圖

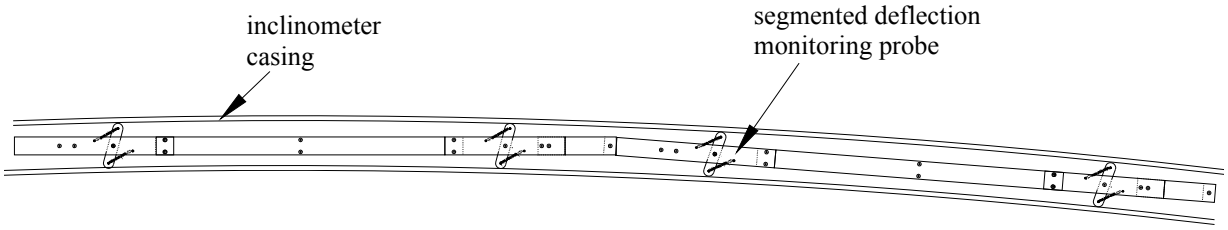


圖 4.57 節理式設計之訊號放大效應

4.4.3 光纖光柵節理式偏斜儀之改良

為便於將來大量安裝，本團隊已將原設計加以改良。偏斜儀支架改用鋁擠型，支架間之連接使用鋁粉壓鑄成型。改良設計之概念圖如圖 4.48 所示。

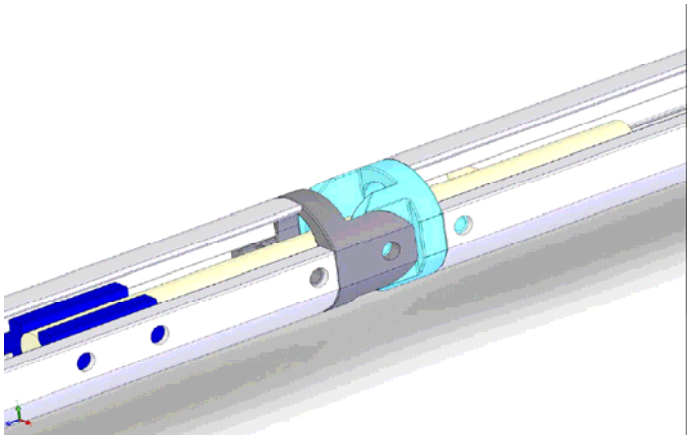


圖 4.58 鋁擠型偏斜儀支架設計概念圖

圖 4.59 展示製作完成之鋁擠型偏斜儀支架，新型設計之偏斜儀支架表面經過陽極硬化處理，耐用性更高，同時便於現場安裝。

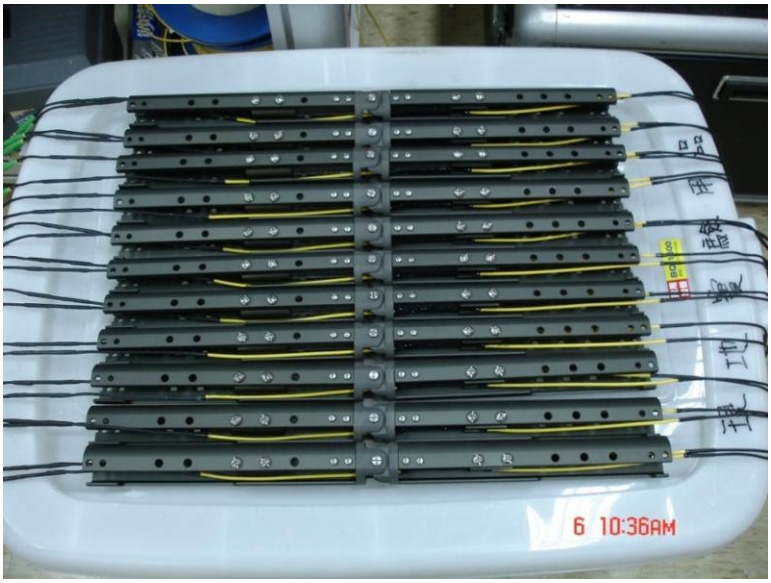


圖 4.59 製作完成之鋁擠型偏斜儀支架

本計畫所安裝之光纖光柵節理式偏斜儀既將使用改良型之鋁擠型偏斜儀。

4.4.4 光纖光柵水壓計

本團隊所研發之水壓計使用光纖光柵(FBG)做水壓計之解析方法使用 FBG 波峰漂移以及波峰寬度改變兩種方法來調解(modulate)，這兩種方法分別敘述如下：

漸變週期式 FBG 波峰寬度分析：漸變週期式 FBG 是指 FBG 內的光柵應變之分部是漸變的(如圖 4.60)，假設一原週期均勻分佈之 FBG 當受到外力而產生漸變式應變時其 FBG 波峰寬度會變寬如圖 4.61。

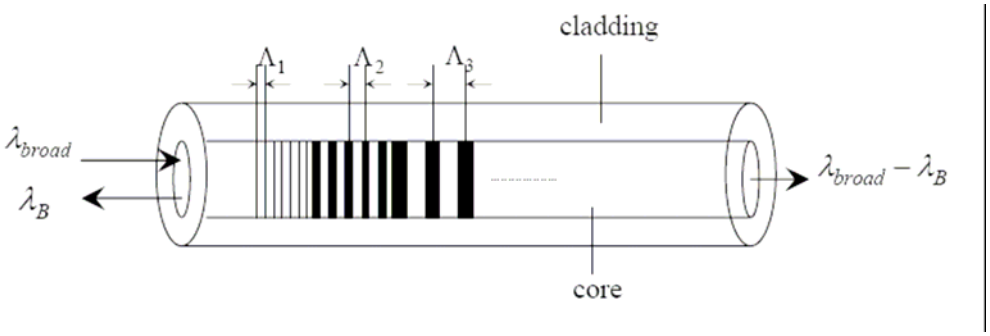


圖 4.60 光纖光柵內連續遞增之漸變應變

FBG 波峰飄移分析：FBG 受應變或溫度影響，易產生波長飄移(圖 4.62)，假設一個 FBG 初始波長為 λ_1，當 FBG 受到外力或溫度之影響時，會使得 FBG 波峰往長波長飄移為 λ_2，而此波峰變寬量會正比於 FBG 應變量。

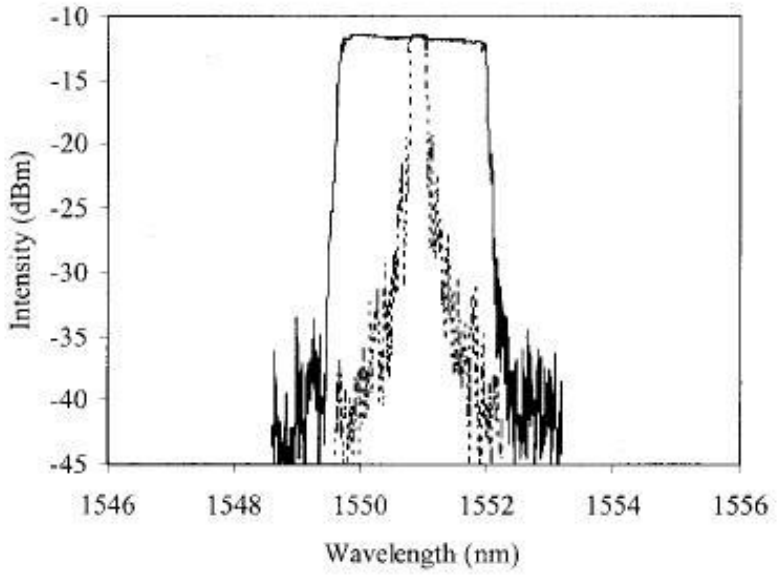


圖 4.61 連續遞增之漸變應變所產生 FBG 尖峰波長寬度之改變

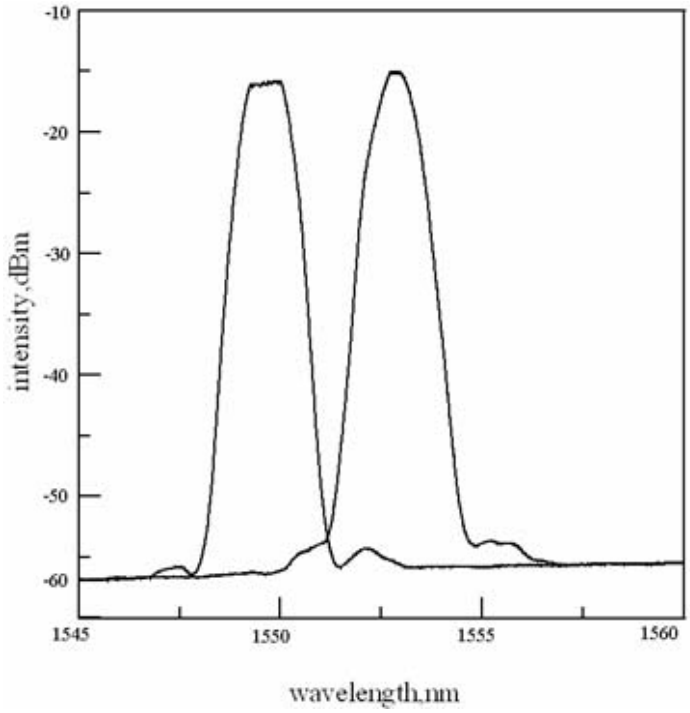


圖 4.62　FBG 波長飄移分析示意圖

採用漸變週期式 FBG 來製作水壓計如圖 4.63 所示。將 FBG 貼於圓形薄片上，可隨著所需要量測的範圍調整薄片的厚度，根據彈性力學分析，當此圓形薄片受到垂直於平面的壓力時，從圓心到邊界的應變會呈現先受伸張再受壓縮分布，因此貼於圓板上的 FBG 會發生漸變的型式，光柵所反射的頻譜會以較寬的形勢顯示，其波形反應會產生如圖 2.8 之現象，而其波峰寬度與壓力成正比。此設計之優點是 FBG 反應不受溫度變化之影響而結構簡單。

圖 4.64 展示使用等週期式使用 FBG 波峰飄移與壓力間之關係來設計。將 FBG 光纖之一端固定於水壓計底部使其不產生位移，另一端則黏著於於一彈性金屬薄膜上，當水壓計內部受壓力作用改變時金屬膜隨之變形，因此 FBG 所感受之應變也隨之變化。當金屬膜仍在彈性限度內，FBG 即呈現等週期式之變化，FBG 波峰值與壓力有一線性關係。但此一設計無法隔離溫度改變對 FBG 波峰值之影響，因此必須加入另一呆(dummy)FBG 做為感應溫度變化之用。

圖 4.65 展示等週期式 FBG 水壓計之標定結果。結果顯示，在 0 至 500kPa 範圍內讀數與壓力間有高度之線性關係，其相關係數(R^2)在 0.998 以上，效果非常良好。等週期式 FBG 水壓計體積小直徑小於 1.5mm，適合於現階段安裝於現有之開孔式水位計內。

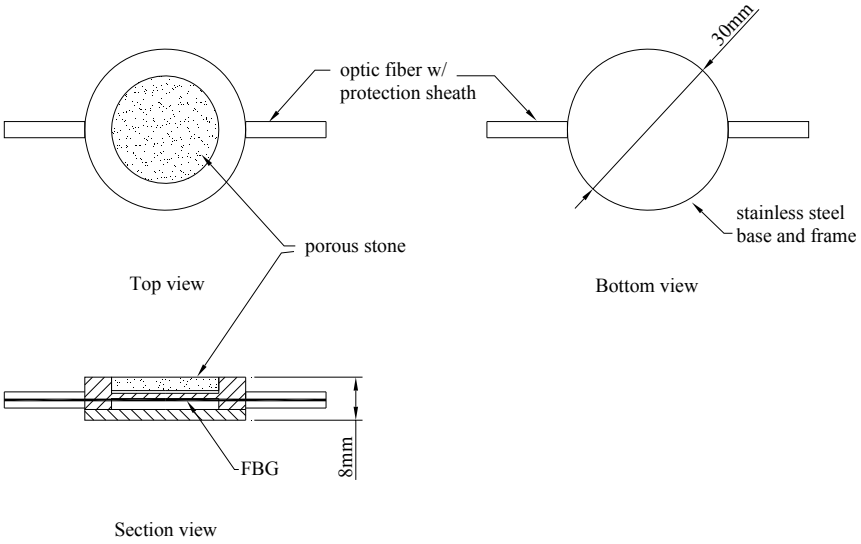


圖 4.63 漸變週期式 FBG 水壓計構造示意圖

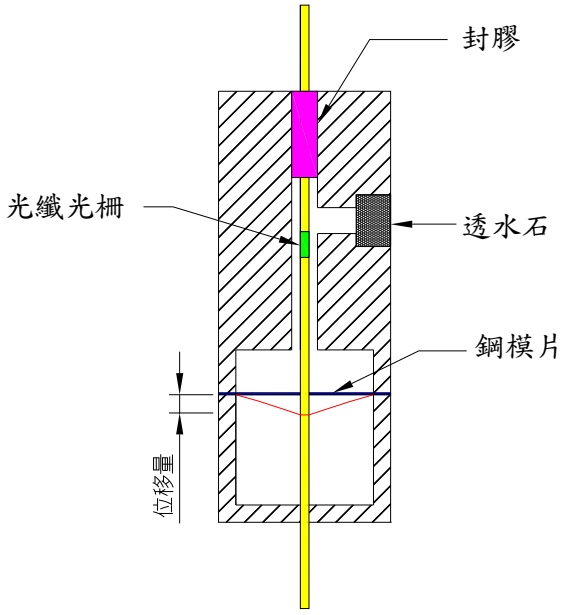


圖 4.64 等週期波長式 FBG 水壓計構造示意圖

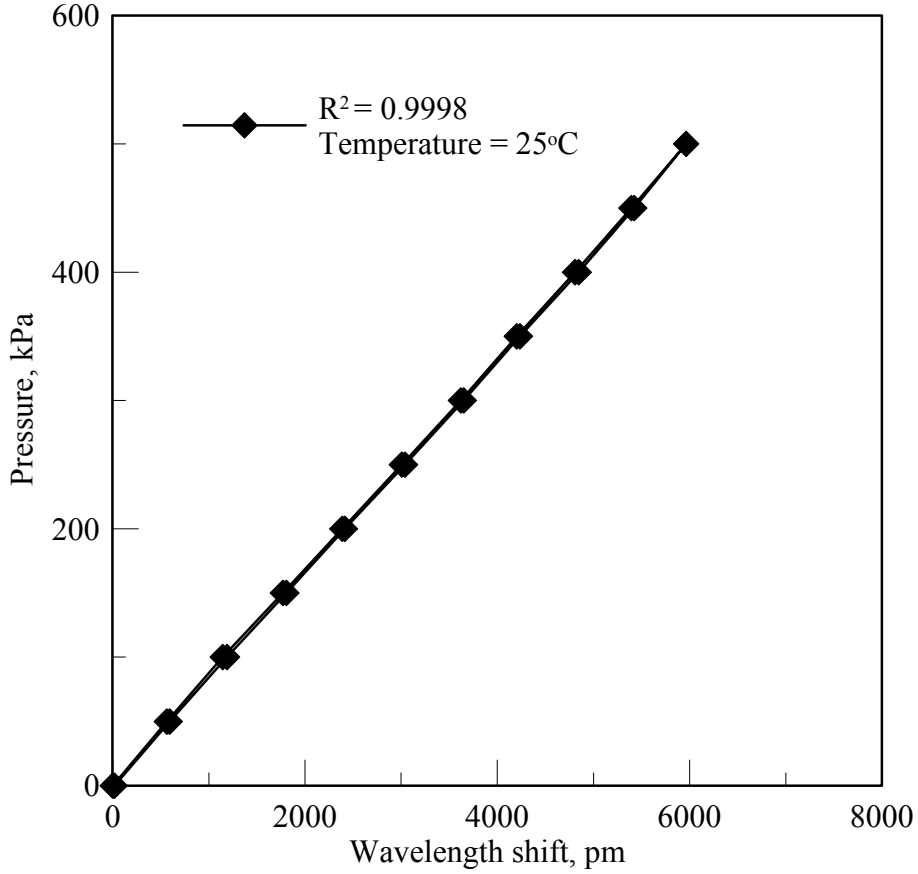


圖 4.65 等週期波長式 FBG 水壓計標定結果

4.4.5 光纖光柵水壓計之改良

本計畫使用如圖 4.66 所示之等週期波長式 FBG 水壓計。根據圖 4.67 所示 FBG 水壓計標定結果，其靈敏度為 0.285 kPa/pm，也就是說，當 FBG 水壓計能感測外側 28.5 mm 以上水頭變化。

由於 FBG 水壓計之量測訊號是藉由光纖傳輸線來傳輸，當於現場裝設時，可能因人為因素而造成損壞，所以本團隊將 FBG 水壓計裝置於長 50 cm，直徑為 27 mm 之 PVC 管內，如圖 4.66、圖 4.67 所示。而 FBG 水壓計本體位於兩側阻絕層之內並固定於 PVC 管之中心處，於該 PVC 管外圍施作間距 5 mm 寬 2 mm 的篩孔及包裹不織布，使得 FBG 水壓計能感測外圍水壓或水位的變化。

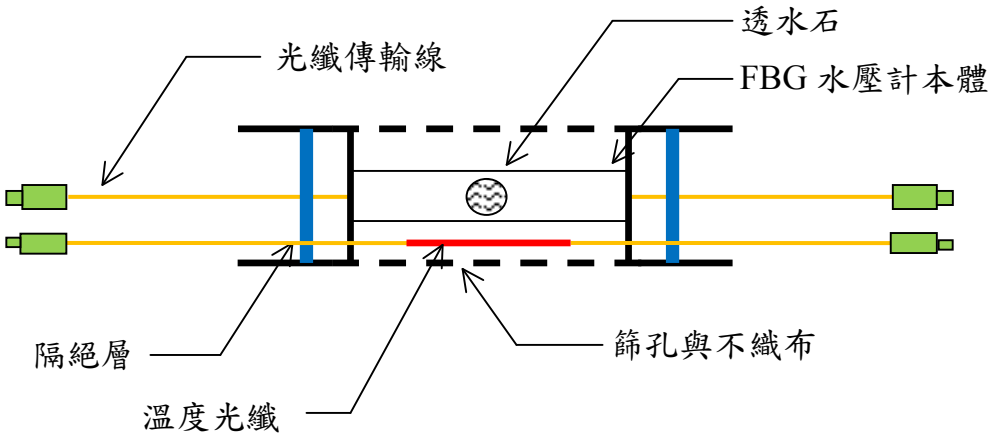


圖 4.66 FBG 水壓計改良斷面示意圖

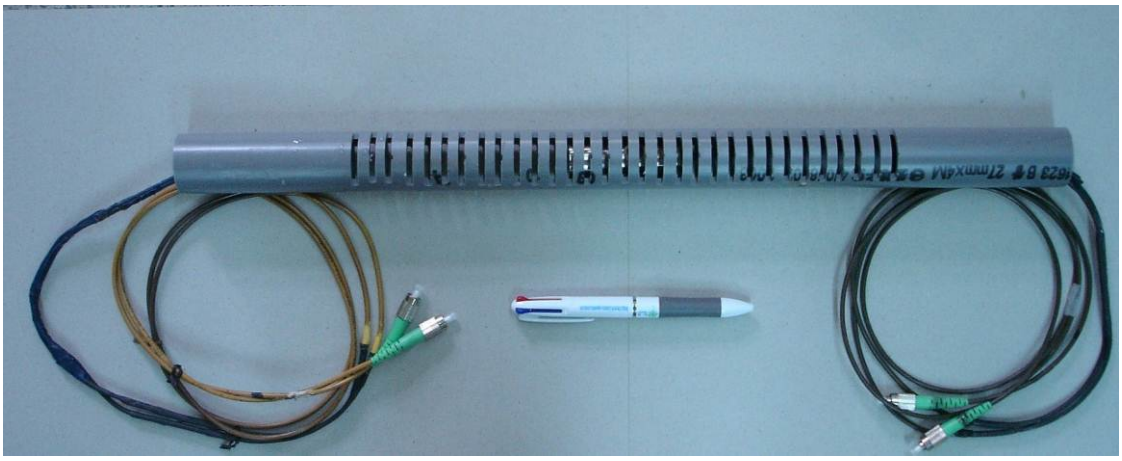


圖 4.67 改良式 FBG 水壓計

使用 PVC 管包覆的另一原因是本次安裝最多使用 10 個水壓計串連在一起，在監測技術上將是一創新。此一安裝與傳統鑽孔(直徑約 100mm)中最多只安裝兩個水位管間之比較展示於圖 4.68。為確保封層(使用白皂土顆粒)施工順利，PVC 管外圍必須保持平直而無突出接頭，這是將 FBG 水壓計置入 PVC 管之另一原因。

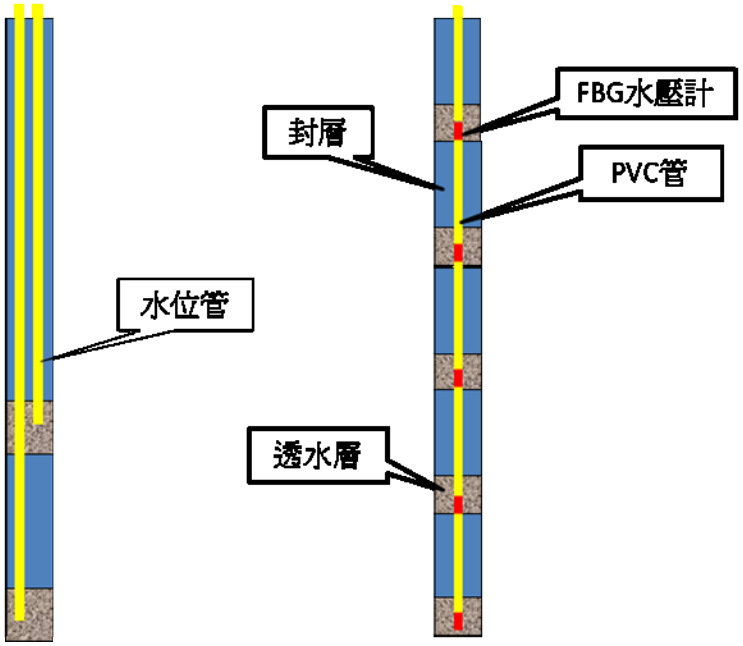


圖 4.68 大量串接 FBG 水壓計與傳統水位管之比較

本計畫採取的方式是首先將 FBG 水壓計固定於長 0.5 m、直徑為 27 mm(約 1 英吋)的 PVC 管內，而 PVC 管外將予以打孔且外圍包裹不織布如圖 4.67 所示，使得該範圍透水，而該部分稱為感測單元。至於連接部份，以相同直徑大小之 PVC 管作銜接以保護光纖傳輸線，其在鑽孔內之裝設示意圖如圖 4.69 所示。感測單元周圍之鑽孔以透水材料(例如礫石)回填，連接部份周圍則以不透水材料(白皂土)回填，如圖 4.71 所示。

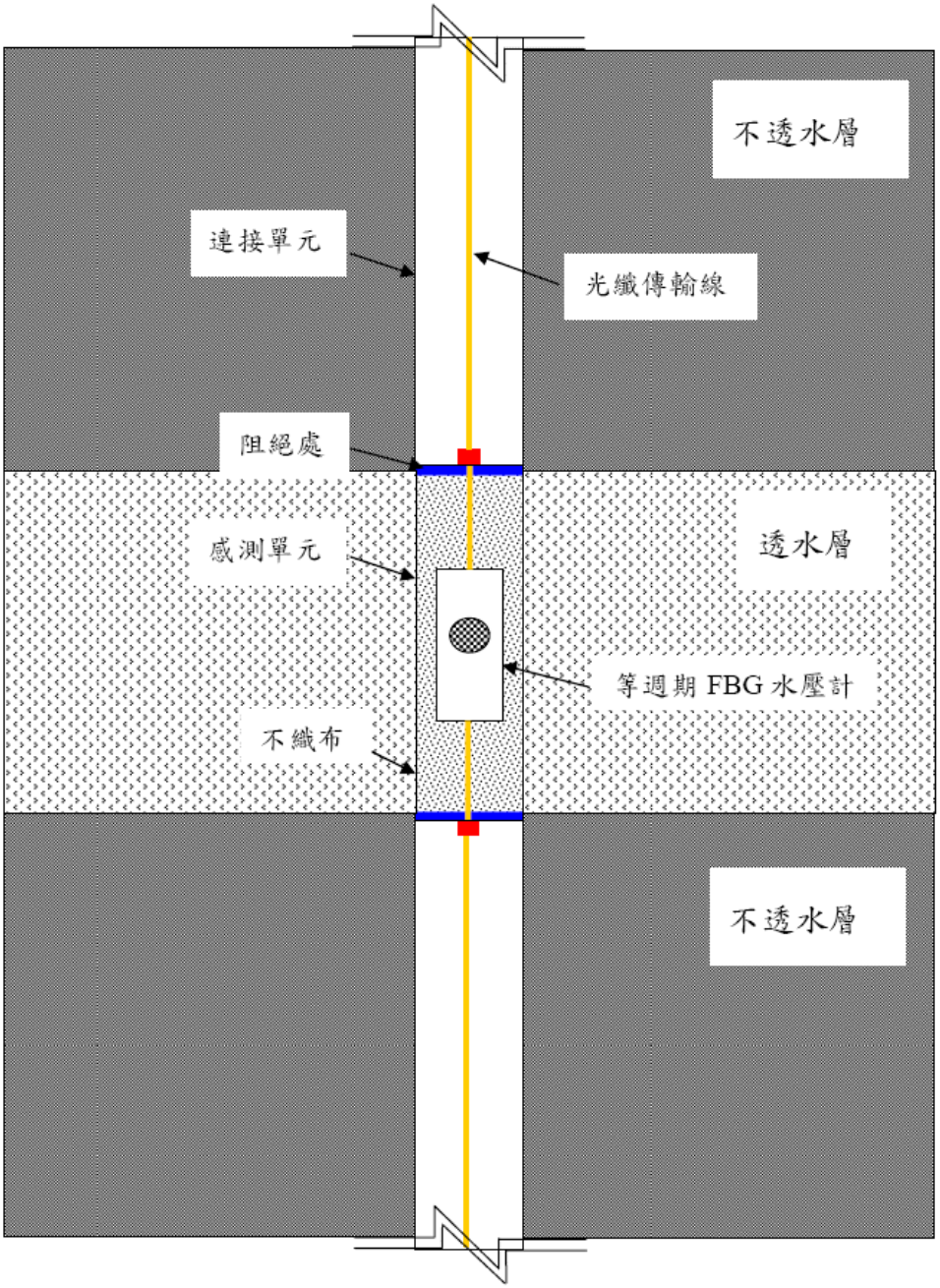


圖 4.69　FBG 水壓計現場安裝構想圖

4.4.6 光纖光柵傾斜/加速度感測器

本團隊所研發雙質量光纖光柵加速度傾斜感測裝置(FBG inclinometer/accelerometer, FBG-I/A)之整體構件如圖 4.70 與圖 4.71 所示(黃安斌、何彥德, 2008)。加速度量測單元是由兩質量相同幾何形狀對稱之重塊以彈簧片連接而形成。彈簧片之彈力將分別黏著於固定夾塊上下之兩個光纖光柵(FBG1 與 FBG2)拉緊，固定夾塊以螺絲固定於支架上。彈簧片透過軸承套與軸承支撐於支架上。重塊、彈簧片與光纖光柵所形成之組合體可以軸承為軸心旋轉但無法做線性位移。

4.4.6.1 FBG-I/A 加速度感測原理

當感測裝置相對於支架垂直方向(x 方向)產生加速度 a_x 時(如圖 4.71 所示)，感測器之系統運動公式如下：

$$2M\ddot{x}+\left(r_s K_s + r_F K_F\right)x = -2Ma_x \quad \text{..... (4-9)}$$

其中：

M =重塊質量

$\ddot{x}$ =x 方向位移對時間之二次微分

K_S = 彈簧片扭轉方向之勁度

K_F = 光纖光柵張力方向之勁度

r_s = 彈簧片扭轉與 x 向位移之轉換係數

r_F = 光纖光柵張力方向 x 向位移之轉換係數

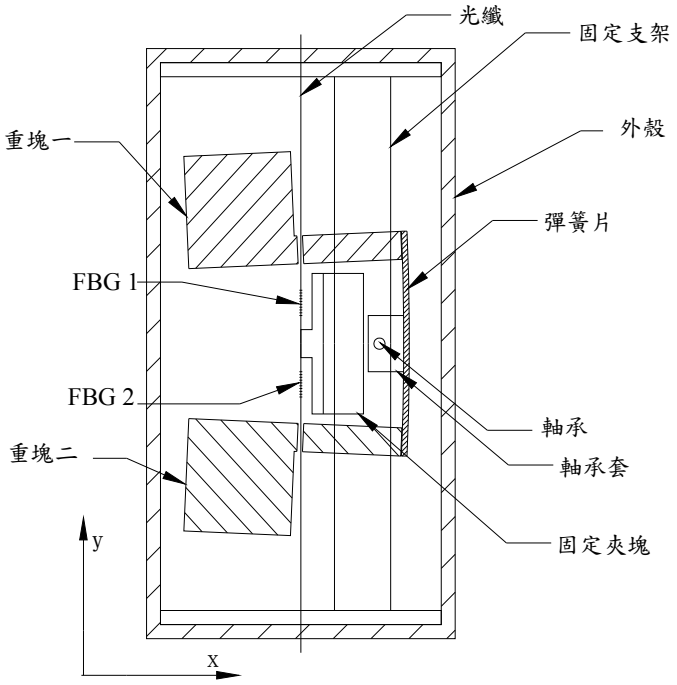


圖 4.70　FBG-I/A 側面剖示圖

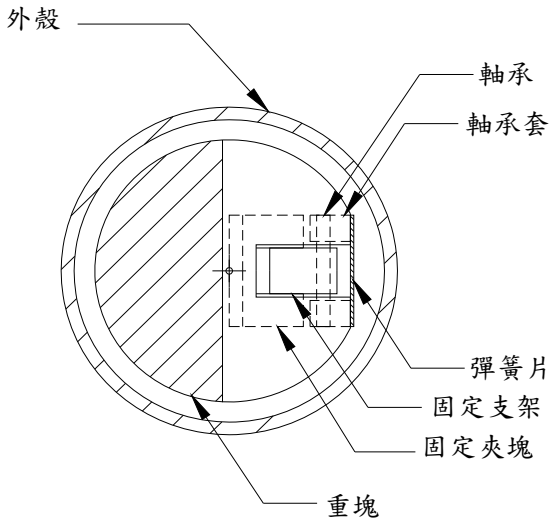


圖 4.71　FFBG-I/A 平面剖示圖

將公式兩邊除以 2M，得到：

$$\ddot{x} + \omega_o^2 x = -a_x \quad \text{.....} \quad (4\text{-}10)$$

其中：

$$\omega_o = \sqrt{(r_s K_s + r_F K_F)/2M} \quad \text{.....} \quad (4\text{-}11)$$

代表此加速度儀之天然頻率。當加速度儀受一 x 向週期性振波，其迴旋角度頻率為ω時：

$$a_x = A_x e^{i\omega t} \quad \text{.....} \quad (4\text{-}12)$$

其中：

A_x ＝ 振幅

重塊質量所對應之週期性振波為：

$$x = Xe^{i\omega t} \quad \text{.....} \quad (4\text{-}13)$$

將公式(2-12)與(2-13)重塊振幅代入公式(2-9)即可得到重塊質量振幅 X：

$$X = \frac{-1}{\left(1 - \frac{\omega}{\omega_o}\right)^2 \omega_o^2} A_x \quad \text{.....} \quad (4\text{-}14)$$

光纖光柵所受應變ε_{FBG}與 X 關係為：

$$\varepsilon_{FBG} \approx -r_F X \quad \text{.....} \quad (4\text{-}15)$$

因此透過高頻ε_{FBG}之擷取，即可計算振幅 X 隨時間之變化，而得到量測之目的。當重塊受重力影響使得此組合體受逆時針方力矩(moment)而有旋轉之傾向，此一逆時針方力矩(Mccw)為：

$$M_{ccw} = (2Mg) \times d_w \quad \text{.....} \quad (4\text{-}16)$$

其中：

g ＝ 重力加速度

dw ＝ 重塊相對於軸承之力臂

4.4.6.2 FBG-I/A 傾斜感測原理

在無傾斜時 dw 與重塊重塊重塊重心軸向至軸承間延垂直於支架方

向之距離 dM 相等。光纖光柵透過固定夾塊受制於支架產生反作用拉力與順時針方向之力矩(Mcw)為：

$$M_{CW} = (2F_{FBG}) \times d_{FBG} \quad \text{.....(4-17)}$$

其中：

FFBG = 光纖光柵所受拉力之改變

dFBG = 光纖光柵相對於軸承之力臂

Mccw 與 Mcw 大小相同方向相反，因此組合體無法旋轉。當感測裝置相對於重力方向產生傾斜角度θ時(如圖 4.72 所示)，dw 隨傾斜角度改變，但 dFBG 及 dM 維持不變。此時θ與 F_{FBG} 有以下之關係式：

$$F_{FBG} = \frac{Mgd_M \cos\theta}{d_{FBG}} \quad \text{.....(4-18)}$$

在固定夾塊上下方之光纖光柵所受拉力改變 FFBG 大小相同正負相反。利用此一特性可以抵銷溫度效應，因為溫度對固定夾塊上下方之光纖光柵所產生拉力改變 FFBG 大小與正負都相同。將固定夾塊上下方光纖光柵所量得拉力改變 FBG 數值相減即可將溫度效應消除。

如圖 4.73 所示每一 FBG-I/A 單元上下配有滾輪，可以配合放入傳統傾斜管中，當地層滑動時 FBG-I/A 可經由傾斜角度變化量來計算單組 FBG 測傾儀側向移動量，最後累積計算出變形監測管因地層移動而造成之側向位移。在實驗室中可標定出光柵波長改變量與角度變化量的關係(圖 4.74)，根據標定結果計算，FBG 波長改變 1 pm(解析儀所能讀取之最小 FBG 波長改變量)所對應之角度變化量，傾斜角度精度在 0.002 與 0.004 度之間。在監測地層滑動時我們可以將多個 FBG-I/A 串接在一起，並將量測到的角度換算成側向位移量，單組 FBG 測傾儀能夠容許的傾斜角度在-5^o 至+5^o 之間。

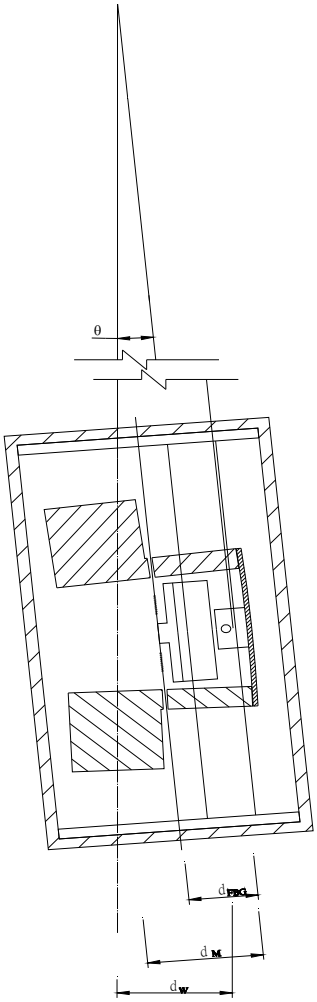


圖 4.72　FFBG-I/A 傾斜感測示意圖



圖 4.73　FFBG-I/A 實體

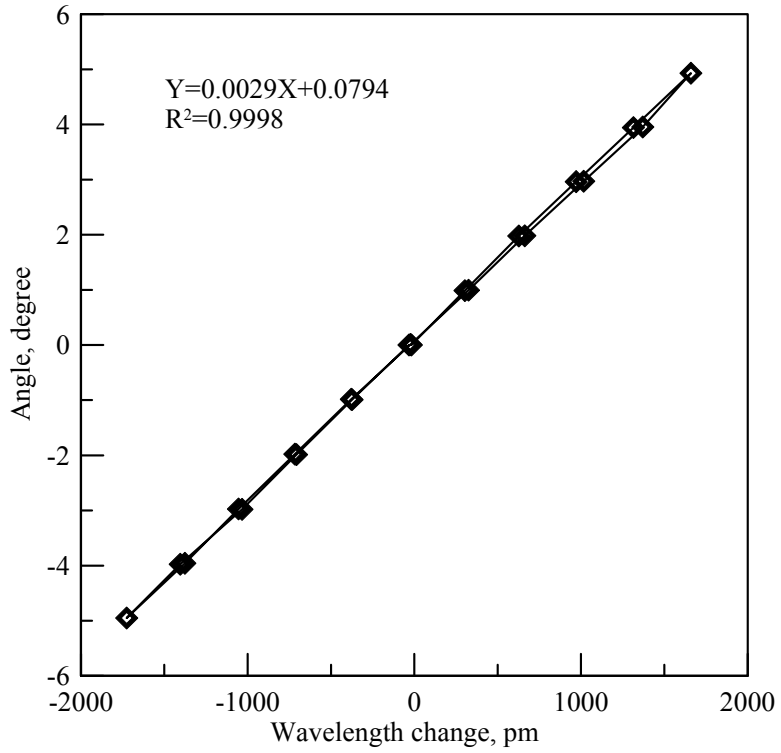


圖 4.74　FBGI/A 傾斜標定

第五章　崩塌災害預警與通報技術研發與回顧

5.1 國內外邊坡崩塌監測技術

近年衛星遙測發展形成環境監測工具，其中以衛星雷達之全天候特性，且具有重複觀測功能，可即時監測提供災害位置。洪浩倫[3]建置衛星雷達影像自動化套疊與變遷分析，減少人為誤差及提昇效率，採用 Radarsat-1 高解析模式雷達影像(解析力約為 10 公尺)，以自動化套疊分析，減少人為誤差及提昇效率。並針對臺中縣境內山區的 2006 年 612 水災前後期 SAR 影像，即時偵測大甲溪上游的知馬漢山地區，崩塌面積約為 9 公頃。重大崩塌如 1999 年 921 地震，以 ERS-2 進行全臺航帶變遷判識分析，偵測出九份二山崩塌面積約為 174 公頃。隨著公尺級超高解析衛星雷達 Radarsat-2 與 TerraSAR-X 即將升空運作，將滿足全天候山區崩塌監測實務需求。

對雷達影像而言，其受本身側視感測成像系統的特性、地形效應影響，導致投影於地面上的解析力有一定的限制，而系統本身於運作時為移動狀態，在同調性處理(Coherent Processing)上會產生所謂的漣漪(fading)，使得處理後的雷達影像上會受到嚴重的斑駁雜訊干擾，影像的可識別的能力相當差，若以人眼於影像上尋找大量共軛點是相當困難且費時的。自動化匹配方法可減少人為操作時間與及降低匹配錯誤率(Chalermwat[7]) 。引入階層匹配(Hierarchical matching)多重尺度的概念 (Hiep[8])，由粗而細對雷達影像進行特徵點的萃取與匹配。

另一方面全球衛星定位系統(GPS)已經廣泛應用於許多學科和領域，且被證明是用於監測人為和自然結構變形和邊坡位移的一個非常有力的工具，GPS 具有許多優於傳統測量技術的優點，簡單說來，GPS 更加精確、有效、高自動化和低勞動強度。

5.1.1 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護與監測

日本地附山位於長野市西北方(善光寺北方)，海拔 733 公尺。1985

年 7 月 26 日下午 5 時剛過，其東南斜坡發生大規模滑坡。崩落土石湧入湯谷小區及松壽莊養老院一帶，造成 26 人死亡，64 戶房屋被全毀或半毀。該滑坡寬約 500 公尺，從頂部到崩落土石的末端約長 700 公尺，崩落土石約 360 萬立方公尺，滑落面積約 25 萬頃。其地理位置如圖 5.1 所示。地滑發生的原因是因為地附山的地質以及 1985 年梅雨季節(4~7 月)發生歷史上第二高的豪雨(449.5mm)，如圖 5.2~5-3 所示。



圖 5.1 日本長野市地附山相關位置示意圖

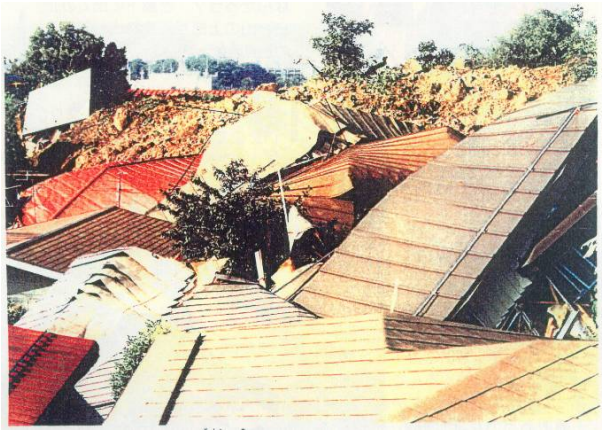


圖 5.2 湯谷小區受損照片



圖 5.3 松壽莊受損照片

地附山滑坡的治理工程包括大型灌注樁、錨、鋼管樁等阻止工程和集水井、排水隧道等預防工事，整體工程配置示意如圖 5.4 所示。工程於 1985 年開始到 1989 年竣工，整治工程前後照片如圖 5.5~5-6 所示。竣工後安裝即時監測系統，其測量儀器種類如下：

1. 地下水位計 38 個，目的在量測鑽孔中地下水位的變化，尋找與滑坡的關係。

2. 孔隙水壓計 2 個，目的在通過精確測量與土壤強度密切相關的孔隙水壓，尋找與滑坡的關係。

3. 地表面伸縮計 13 個，目的在測量地表面的變化以及龜裂的擴大等，以預測滑坡的動向。

4. 內孔伸縮計 13 個，目的在通過測量固定於滑坡面以下的鋼絲的伸縮，調查滑落土石的動向。

5. 地盤傾斜計 5 個，目的在測量地盤傾斜變化，及測滑坡的擴及發生的時間。

6. 土壤水分計 8 個，目的在測量降水時土壤中的滲透情況，調查土壤強度降低的機制。

7. 雨量計 1 個，測量降水量，獲取警戒時的雨量情況，調查與其他變動的關係。

8. GPS 11 個，目的在測量地表面的變化以及預測滑坡的動向，其儀器配置圖與安裝位置照片如圖 2.7、圖 2.8 所示。

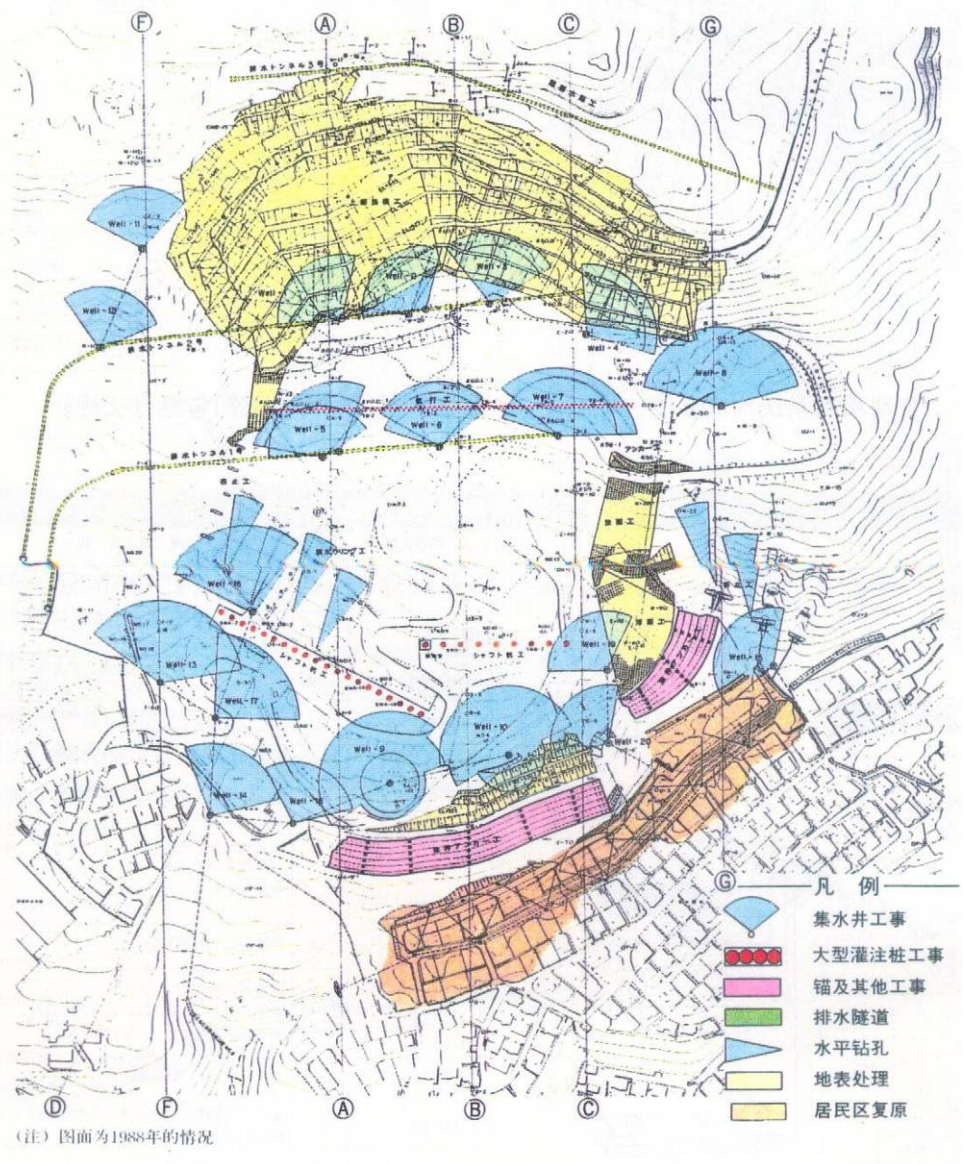


圖 5.4 整治工程配置示意圖

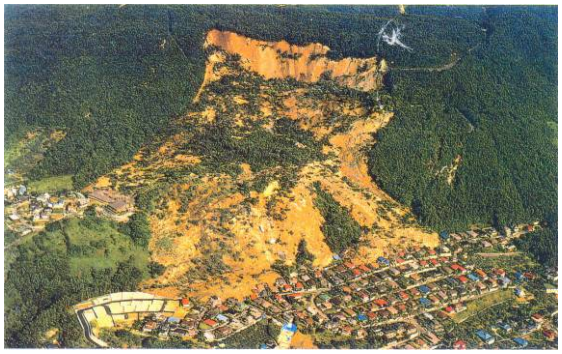


圖 5.5 整治工程前(1985/7/27)



圖 5.6 整治工程後(1988/4/23)



圖 5.7 GPS 監測儀器配置圖

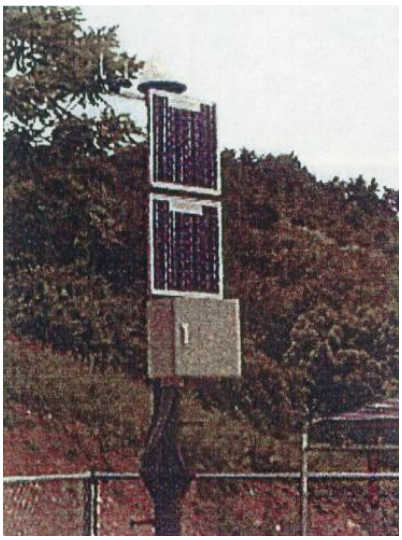


圖 5.8 GPS 架設照片

5.1.2 梨山地滑監測

梨山地區地滑範圍涵蓋遼闊，主要包含中橫公路臺 8 線與宜蘭支線臺 7 甲線交會處的梨山村一帶，此地區在 1990 年 4 月間發生大規模的地層滑動。為了防止地滑災害持續擴大以及維護居民安全與道路暢通，行政院農業委員會水土保持局自 1995 年度起實施梨山地區的「坡地災害整治」計畫。首先調查資料之收集與彙整，綜合梨山及松茂地區各處設立之自動監測站監測資料、集水井與排水廊道排出水量觀測及其他監測資料等，調查之結果作資料的彙整與研判，並隨時確認監測資料是否有異常。接下來就滑動觀測結果持續進行分析作業，並建

立各項觀測值，包括降雨、水位高度、滑動量和滑動面深度等因子，進行其相互影響的迴歸關係。擬定管理基準值所需要之相關資料，並持續檢討與驗證長期現地監測系統的管理基準值，以作為預警之依據。最後設置 TDR 與 GPS 觀測系統，並預定持續建立設置梨山地滑預警中心，提供即時通報系統。

梨山地滑地區自動監測站為梨山預警系統之依據，其中地表伸縮儀為地滑發生與否為最重要的指標。另外採用全球衛星定位系統(Global Positioning System；GPS)高精度、大範圍且不易受影響的特性搭配地表伸縮儀為梨山發生地滑與否的重要指標。應用 GPS 分別針對即時動態與靜態進行量測，藉此找出精度與時間的關係，並判斷即時動態與靜態何者精度較適用於地滑監測。結果可知 GPS 靜態基線測量在接收衛星資料 3 個小時之精度適用於地滑監測。再利用 GPS 在不同日期靜態量測 3 個小時所得基線長度變化量與梨山地滑地區之地表伸縮儀之變位量行進滑動量的比對，得知可利用 GPS 靜態基線測量與地表伸縮計有相同的位移量，且可利用大範圍的基線測量，更能掌握大面積之滑動土體滑動的趨勢。最後再將 GPS 長期架設於梨山進行靜態長期監測。

沈鍵偉[1]為確切掌握 GPS 長期監測地滑地之可行性，以梨山地滑地區進行可行性觀測，可知 GPS 長期監測地滑地系統適合的量測方法為 GPS 靜態基線測量，1 秒接收一筆衛星資料，3 個小時靜態基線解算每次移動 1 小時，此方法最適用於地滑地監測，且可得到公厘級的精度。最後利用 GPS 的精度及滑動的速度訂定出 GPS 長期監測地滑管理基準值，由監測的結果可知此管理基準值初步判斷是可行的。

梨山地區各自動監測站即時監測之項目配置表如表 5-1 所示，監測站之分布位置如圖 5.9。

表 5-1 梨山地區各自動監測站儀器配置表

滑動體	雨量計	地下水位計	地表傾斜儀	地表伸縮計
B01	×	○	○	○
B04	×	○	○	×
B05	×	○	○	○
B09	○	○	○	○
B11	○	○	○	×
B13	×	○	○	○
C01	○	○	○	○
C02	×	○	○	×
A01	○	○	○	×

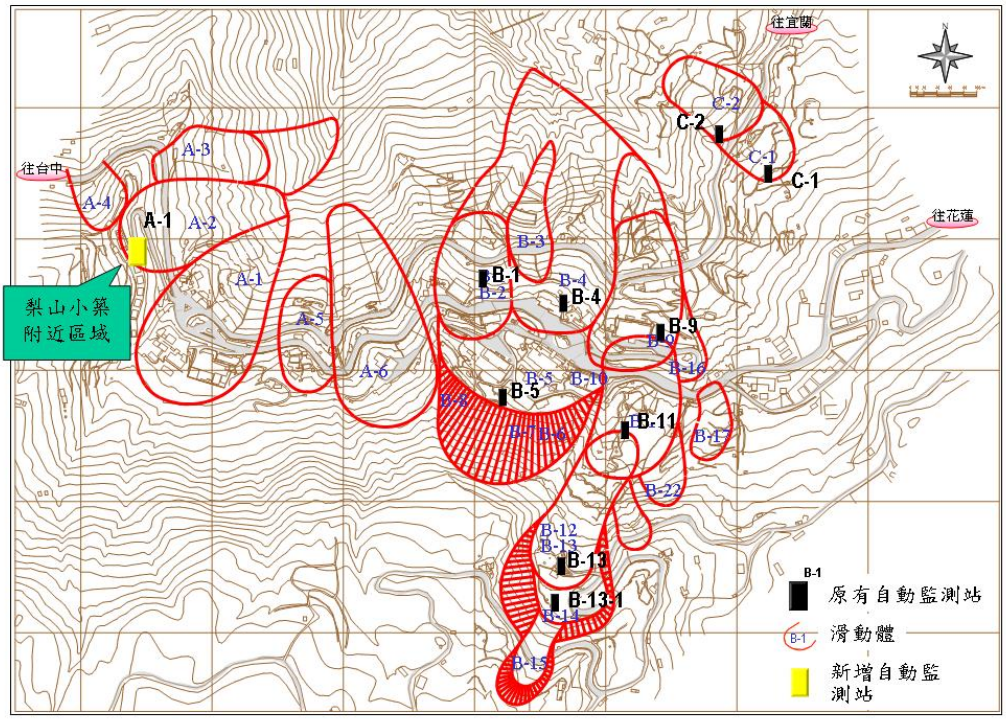


圖 5.9 梨山地區各自動監測站分布位置圖

5.1.3 九份二山崩塌地觀測計畫

南投縣國姓鄉南港村崁斗山東南山麓一帶，受 921 大地震的影響，發生大規模順向坡岩體滑動，即通稱的”九份二山崩塌地”，崩塌區

與堆積區之總面積達 195 公頃，計 39 人慘遭活埋，崩塌土石堵塞北山坑溪(木屐欄溪)支流韮菜湖溪及澀子坑溪，分別形成韮菜湖溪及澀仔坑兩處堰塞湖。

由於崩塌範圍廣闊，堆積土石量遠超過以往經驗，為加速災區復舊，防範豪雨潰洪與土石流災害，遂由水保局委託中興大學針對該崩塌地堆積區，進行基本資料之調查研究、建立監測與通報系統、堆積區之整治工程對策規劃、堰塞湖破壞及可能之災害分析等工作。成果報告中建議以降雨量、堰塞湖水位、堆積區鑽孔地下水位、及溢流水位等觀測項目，作為預警項目並設定基準值。

2002 年 11 月間，崩塌區順向坡址部，再度發生上拱及張口裂縫等異常現象，水保局為了瞭解九份二山崩塌地是否繼續滑動中，隨即辦理「九份二山崩塌地觀測計畫」，進行地質鑽探、地表變動觀測、孔內傾斜及地下觀測等方法，以初步瞭解地表及地下變動行為，作為颱風豪雨來臨時，緊急應變之參考。

5.1.4 降雨入滲與邊坡破壞之相關研究

由於邊坡破壞常發生在暴雨過後，這使我們相信邊坡破壞與降雨有某種型式的關聯。事實上，Brand[7], Lumb[10], Slosson and Larson[13] 等人，已經注意並證實邊坡破壞與降雨間的關聯性。但除了暴雨之外，引發邊坡破壞還需要某些臨前水文條件。前期降雨能讓邊坡表層充滿水分，使得水能在邊坡中更容易流動。亦即，土壤表層需要先飽和使得隨後的暴雨能啟動邊坡破壞的機制。而邊坡破壞所需要的前期降雨量是依據土壤表層的覆蓋、土壤之水力傳導性、滲透率、蒸發散和邊坡的水文情況來決定。

對於前期降雨對邊坡穩定的影響已經被研究很多年，Lumb 發現了前期降雨對邊坡破壞的影響，特別的是，他發現如果前期降雨量較高的話，將會伴隨著發生較多的邊坡破壞事件。他並區分降雨所造成的邊坡破壞事件為下列四類：

1. 最嚴重的事件在一天中造成超過50起的邊坡破壞

2. 嚴重的事件在一天中造成10到50起的邊坡破壞

3. 次要的事件在一天中造成少於10起的邊坡破壞

4. 獨立的事件在一天中僅造成1起邊坡破壞

根據所獲得的降雨資料，Lumb 訂定了不同等級事件的範圍，並以 15 天的前期降雨和 24 小時的暴雨來說明。最嚴重的事件發生在 24 小時的降雨量超過 100mm，而 15 天的前期降雨超過 350mm。嚴重的事件發生在 24 小時的暴雨超過 100mm，而前期降雨量達到 200mm。當降雨與邊坡破壞的關聯性被證實之後，便有許多針對何時達到邊坡破壞降雨門檻值的研究。在南加州降雨量超過平常(係指超過 100 年之記錄資料的平均值)的 140%時，便會成功地啟發邊坡破壞的機制(Slosson[11], Slosson and Krohn[11])。Wilson[15]建議在舊金山引發邊坡不穩定的門檻值為降雨量達平常的 125%。Wieczorek[14]也在舊金山得到相同結果。而 Auer 和 Shakoor 研究 1969 年美國中部 Nelson County 在 Camille 風災後的崩塌分布發現，由西向東行進的颶風，在西、西北、西南向邊坡造成較為嚴重的崩塌，因此崩塌地發生邊坡的坡向也可能與颶風行逕有關。雖然香港並沒有地震引起崩塌的記錄， 但土力工程處曾進行研究，比較地震與雨水導致的人造斜坡崩塌的風險。研究結果顯示，地震導致人造斜坡崩塌的風險遠比因暴雨導致的風險為低。

Brand 使用下列三個步驟來調查香港的邊坡破壞：

1.參考Lumb的資料，使用香港46個自動雨量記錄器收集的雨量資料。

2.考慮降雨延時為1小時與24小時的暴雨，且搭配30天的前期降雨。

3.藉消防署的報告確認邊坡破壞的時間。

由災害數目與降雨強度的關係，根據上述研究，Brand 提出以下結論：

1.香港過半數的邊坡破壞，都是因為局部短暫的降雨所引起。

2.當降雨強度超過70mm/hr便達到引發邊坡破壞的門檻值。

簡世杰[6]藉現地量測資料探討各種因子對邊坡滑動機制之影響，研究區域在嘉義縣番路鄉公田村五彎仔附近公路沿線之山坡地(28K+900至31K+500)。該地區屬於舊地滑區，自公路開闢以來，長期遭受地層滑動之苦。自2000年初在該區設置若干監測儀器，針對當地地層、地表變形、地下水位及雨量等進行持續觀測；期間歷時約兩年。同時配合理論分析與室內試驗結果，做相關性之探討。觀察結果顯示，此區域處於極不穩定之狀態。發現此區之滑動行為和降雨量有密切之關係。由2000年監測資料顯示，邊坡產生加速滑動所需之累積雨量約為80～270mm，相當於3～5天之累積降雨量所造成。

葉信富[5]應用集水區水平衡概念，探討降雨入滲補注對坡地崩塌之影響性。(1)利用河川流量歷線法與基流推估模式來推估河川基流量，視基流量為地下水入滲補注量；(2)利用未飽和土壤水平衡法，考慮降雨、入滲、逕流、蒸發散及地下水補注的相互關聯系統。顯示兩種模式所求之結果相近。再利用 STEDWIN 進行敏感度分析探討對邊坡穩定之影響，顯示內摩擦角變異性對邊坡穩定影響最大，坡度變異性影響次之，再依次為地下水位抬升、凝聚力及單位重。推估該地區降雨量與安全係數關係圖，得知當坡度提昇至35度時，利用 Janbu 簡化法分析發現降雨量在400至500公厘時其安全係數即達到1.0而有達到臨界崩塌之虞。在實例探討上，清水溪流域曾發生崩塌之地點，與所推估出之降雨補注係數有相對的關係。

邱奕峰[2]藉現地量測配合理論分析，探討相關因子對於邊坡滑動機制之影響。自 2000 年初即針對臺十八線五彎仔附近(29K+900～31K+500)地表及地層變位、降雨量、地下水位、地下水流量等項目，進行長期監測工作。2003 年 6 月 26 日發生嚴重破壞，造成 31K+340 路段路基流失約 150 公尺，公路中斷約 1 個半月。分析探討此案例造成邊破破壞的原因，與現場監測結果對照，配合理論分析，並對破壞後殘坡之穩定性進行評估，最後提出可能之整治方案。高明仁[4]研究臺18線公路五彎仔附近山坡地，2003年6月26日於31K+340路段邊坡無預警的發生滑動破壞，造成整條公路中斷。利用 SLOPES/W 軟體，

以地下水位變化來模擬邊坡的枯水期與雨季，並在雨季時外加載重輸入，使邊坡達到破壞條件，再加以整理分析其破壞模式與傾斜儀觀測數據比較。

根據日本地滑對策技術協會建議，採用位移速率對於不穩定邊坡之活動性加以分級，如表 5-2 所示，該分級法係由測得之地層位移量除以觀測時間求得位移速率，再以位移速率之大小及位移趨勢是否顯著做為分級之依據，由表中可知不穩定邊坡之活動性大致分為四級，其中第一級係為緊急變動，第二級為確定變動，第三級為準確定變動之邊坡，該三類邊坡均屬確定有問題且在活動中之邊坡，需儘速提出有效因應對策加以處理。至於第四級之潛在變動邊坡，由於其位移速率每月僅有 0.5mm~2.0mm 之間，相當於每年位移量僅有 6mm~24mm，該變動之位移速率甚小，若其位移方向仍有一固定趨勢時，則這類型邊坡之穩定性，仍極具潛在危險；若是位移速率超過 0.5mm/月，但其位移方向卻沒有一定累積傾向時(即有時觀測向前位移，有時又向後位移)，則可能係儀器量測誤差，或傾斜觀測管安裝時四周回填不夠緊密所影響，此類邊坡之穩定性，有待後續量測加以確認。日本高速道路調查會有關預警方法及管理準則如表 5-3 所示，利用地表伸縮計和雨量計訂出警戒與避難管理值。

表 5-2 位移速率與邊坡穩定性判斷建議表

變動種類	日變動量 (mm)	月變動量 (mm)	一定方向的累積傾向	活動性判斷	摘要
緊急變動	20mm 以上	500mm 以上	非常的顯著	急速崩壞	崩壞型泥流型
確定變動 (行動值)	1 以上	10 以上	顯著	活潑運動中	崩積土滑動深層滑動
準確定變動 (警戒值)	0.1 以上	2.0 以上	略顯著	緩慢運動中	黏土滑動回填土滑動
潛在變動 (預警值)	0.02 以上	0.5 以上	稍稍有	待繼續觀測	黏土滑動崖錐滑動

表 5-3 地層滑動監測管理基準

監測方法	管理區分		
	注意	警戒	避難
地表伸縮計 降雨強度 累積降雨量	0.5-10mm/day	>10mm/day 10-20mm/hr 50mm	>50mm/day >20mm/hr 100mm

5.1.5 林內鄉坪頂村崩塌監測

素有小黃山之稱的雲林縣林內鄉坪頂溪上游坪頂村林北坑地區於1999 年 921 大震後即有大崩塌情勢發生，其後於 2004 年敏督利、艾利颱風及 2006 年 69 連續豪雨期間皆持續發生邊坡崩塌情形，為監測上述地區崩塌災害狀況，水土保持局針對坪頂溪上游坪頂村林北坑地區進行現場邊坡水文地文資料蒐集與崩塌地變化監測，完成坪頂溪上游坪頂村林北坑地區進行現場邊坡水文地文資料蒐集、崩塌地變化監測及當地防災應變中心軟硬體強化等工作，期能於後續防汛期間即時掌握崩塌地活動狀況，提昇坡地防災應變能力及災情警戒通報效率，以保障當地眾多居民生命財產之安全。

由於國內目前沒有相關的管理值訂定規範，再加上還未有長期監測結果，且日本在此方面已有相當的經驗，所以先參考日本邊坡穩定性判斷的建議值與儀器可量測的精度，伸縮計行動值為警戒值的 5~10 倍，目前暫訂各項監測儀器行動值為警戒值的 5 倍，其監測管理值暫訂如表 5-4 所示。

表 5-4 各項監測儀器管理值

各項 監測儀器	雨量計降雨強度 and 累積雨量	伸縮計 (磁感式)	伸縮計 (拉線式)	GPS (水平)	傾度盤
行動值 (紅燈)	>20mm/hr and 100mm/day	>±50mm/day or ±5mm/min	>±250mm/day or ±25mm/min	±80mm/min	±0.3°/min
警戒值 (黃燈)	10-20mm/hr and 50mm/day	>±10mm/day or ±1mm/min	>±50mm/day or ±5mm/min	±50mm/min	±0.1°/min
精度	0.5 mm	0.1 mm	1mm	30mm	0.01°

5.1.6 五彎仔自動化監測現況

公路總局於臺十八線俗稱阿里山公路，2003 年 6 月 25 日阿里山公路 42K~45K(五彎仔路段)處因連日豪雨發生阿里山公路有史以來最嚴重的災情坍方。並且在不斷的沖刷下，坍方路段面積更加擴大，近一百二十公尺的路面滑落溪谷。崩塌從路面上方的山壁開始流失，兩線道的柏油路面崩裂，檳榔樹連根拔起，一起滑落到溪谷之中。由於此崩塌區地表大多為崩積層，崩積層表面易被沖蝕而使雨水滲入土層產生水壓，是造成邊坡滑動而至使路基不穩主因。然阿里山公路通車至今已近二十多年，往返觀光交通流量所造成之反覆載重影響，再加上多次颱風、豪大雨所帶來之充沛雨量，經常造成地層滑動與路基下陷之災情，嚴重影響當地居民居住及行車安全。

公路總局有鑑於以上問題，發展建置自動化監測系統及 GIS 緊急通報系統，並增設自動化邊坡滑動之監測儀器。增強對於第四彎及第七彎監測功能。並針對臺十八線災害管理系統進行應變管理系統之系統分析、設計與開發，結合視覺及聽覺輔助設備協助應變中心人員注意及示警。針對自動化監測系統在坡地防災之應用進行深入探討，並結合 GSM/GPRS 無線電傳輸技術搭配其他感測器所建構之自動化監測系統，冀望於在有限建構成本下更機動地因時因地制宜增加邊坡的觀測捕捉率，朝向即時即地(any time every where)目標前進，以期在最短時間內收集最多邊坡災害發生之相關資訊，提供政府或相關工程、學術單位對於邊坡災害發生機制、預警及防治有實質性幫助，以做為未來坡地防災相關課題研究之參考依據，並訂定更有效的管理基準值，減少邊坡災害對國土保持與民眾安危之災損。

青山工程顧問公司於臺 18 線分別建置「手動監測系統」及「自動監測系統」二大部分，其中手動監測系統是以人工量測方式定期進行監測，監測頻率為每個月二次，採此監測方式者主要為傾斜觀測管、水位觀測井(或豎管式水壓計)及結構物傾度盤，儀器裝設位置如圖 5.10 所示。自動化監測系統係自儀器之量測、紀錄、傳輸、建檔，全程以程式控制，採全自動方式運作，對於重要性或敏感度高之間側儀器，

以密集的量測頻率，取得連續性之監測資料。此監測系統「即時」之特點，配合適當的管理基準設定，進一步達到預警防災的功能。自動化監測儀器包括雨量計、電子式水壓計、電子式傾斜計、孔內伸縮計、地表伸縮計、地錨荷重計等，各監測儀器之裝設位置如圖 5.11 所示。

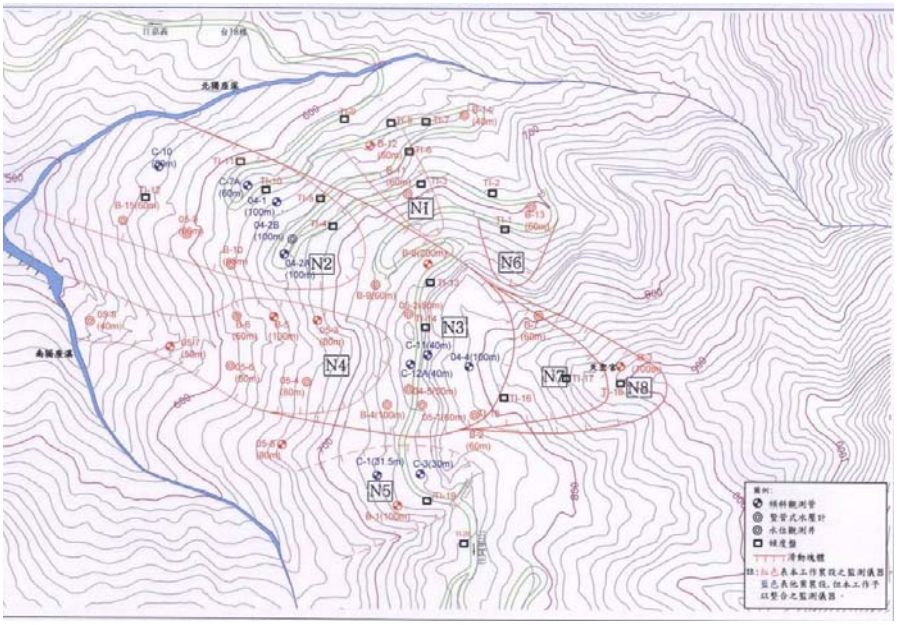


圖 5 -10 手動監測儀器平面位置圖

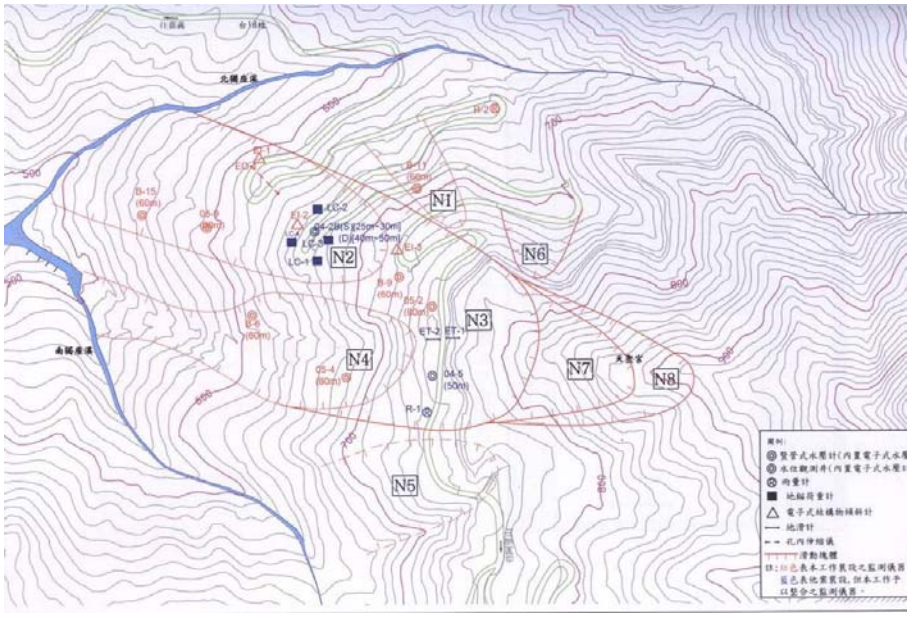


圖 5.11 自動監測儀器平面位置圖

目前針對潛在性及滑動中之邊坡監測，大多採用傳統傾斜管配合手動式傾斜儀監測滑動面之所在位置及滑動量，監測地下水位則多使用開口式水位計。這些監測儀器幾乎全部使用手工，在儀器現場紀錄讀數。此一安排不但費時，在雨季或邊坡發生滑動時時，現場紀錄儀器讀數可能無法進行或非常危險，而這些情況下也可能是最需要監測儀器讀數的時候。近年來雖有可做自動化監測之電子式監測儀器之研發，但電子式自動化監測系統具有價格昂貴、易受電磁波干擾、雷擊破壞、且儀器設備若長期處於潮濕環境容易短路故障等缺點。光纖相較於電子式儀器的優點在於訊號傳輸距離遠可達數十公里及在光纖傳輸線上可連接多點或分佈式之感測器。目前交通大學以阿里山臺 18 線公路五彎仔路段作為本試驗之場址，使用自行研發之光纖感測地層移動監測系統與分佈式光纖水壓計來監測該地區之地層滑動及水壓變化，並配合地下水文數值模型分析，以作為該地滑區日後穩定評估之依據。其全光纖式監測儀器配置如圖 5.12 所示：

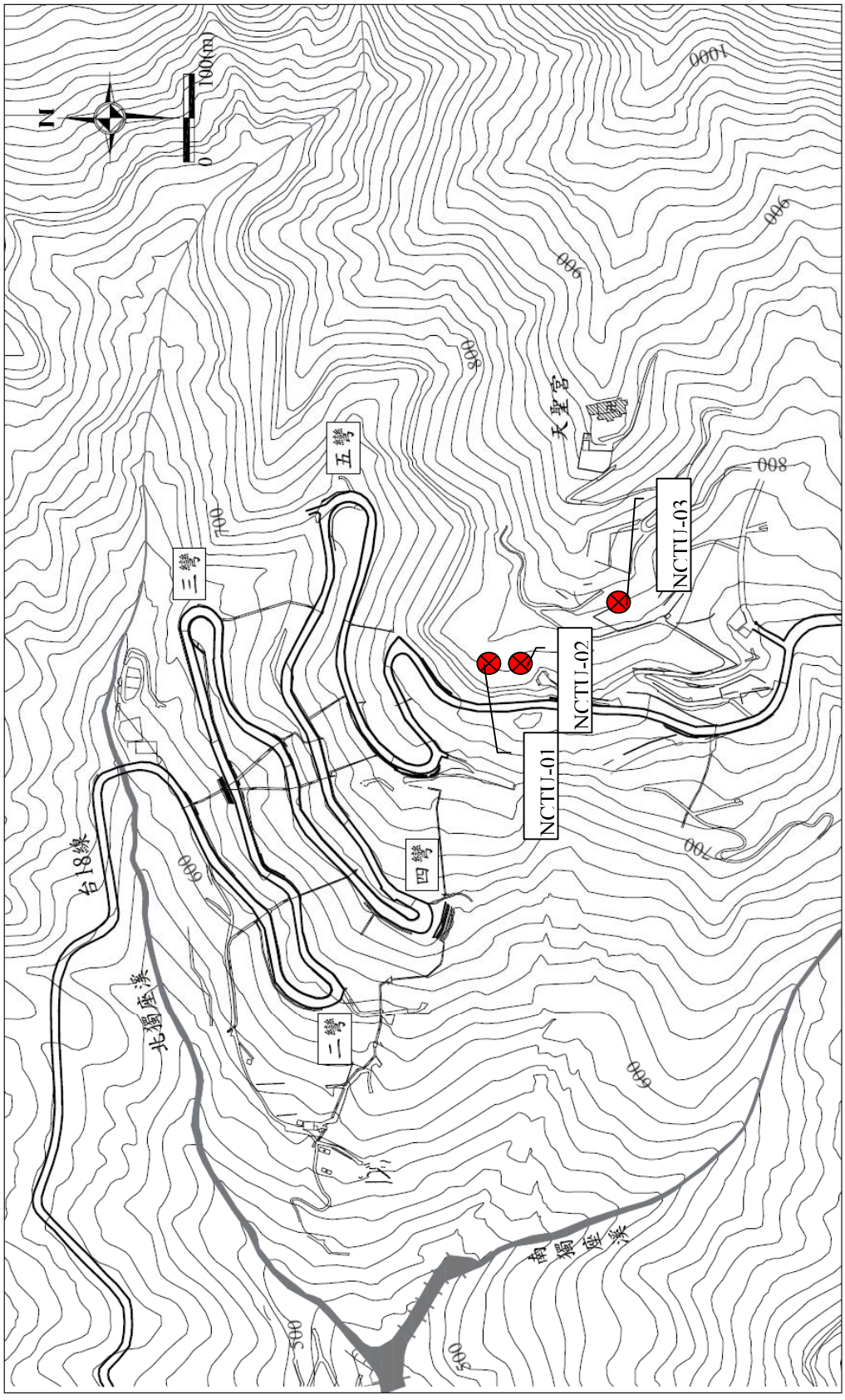


圖 5.12 全光纖式監測儀器配置圖(青山工程顧問公司, 2006)

臺 18 線 45K 五彎仔由阿里山工務段搶通雙向便道後，由各大專院校研究團隊裝置各項儀器設備監測道路狀況；其中儀器小屋如圖 5.13 所示，並由逢甲大學裝設之傾斜儀、水位計、雨量計、CCD 攝影機和即時影像(如圖 5.13 與圖 5.14 示)，皆透過儀器小屋(如圖 5.15 所示)內阿里山工務段採購之資料接收伺服器儲存、加值後，將即時監測資料經過中華電信之衛星服務傳送回公路局各單位，達成自動化即時監測之目的。



圖 5.13 臺 18 線 45K CCD 攝影機及紅外線投射燈



圖 5.14 臺 18 線 45K CCD 攝影機傳回影像



圖 5.15 臺 18 線 45K 自動化監測儀器小屋

第四彎完成儀器架設後之現況：五彎仔第四彎約為臺 18 線 44K 處，為一處 U 型彎道，彎道外側河谷即為八掌溪上游，因河谷自然沖刷，及 2003 年處因豪雨發生嚴重坍方，造成 44K 處路基下滑，危及道路安全，並隨時間持續下滑中(如圖 5.16 所示)。阿里山工務段已於 2004 年底開始，對該處發包施工路基補強之作業，現今工程已完成。

逢甲大學團隊受阿里山工務段委辦，利用臺 18 線 45K 現已架設完成之各項傳輸設備及儀器，配合 2004 年度新購置之設備，將 45K 之道路邊坡監測延伸至 44K 處，並由原示範性質，轉變為使工務段更有使用價值的實務性質，為 2003 年監測示範站建置的延伸。

計畫施行成果，包含臺 18 線 44K 第四彎處及小公田村，設置 CCD 攝影機共三部、紅外線投射燈二部、變位計、地表伸縮儀各一部及影像資料傳輸設備等，儀器部署如圖 2.17 所示，系統現場回傳影像(如圖 2.18~22 所示)與監測系統展示介面(如圖 2.22 所示)。惟本年度該地區歷經多次颱風侵襲，目前第四彎地區已有多處觀測設備損壞，暫時無法正常觀測。

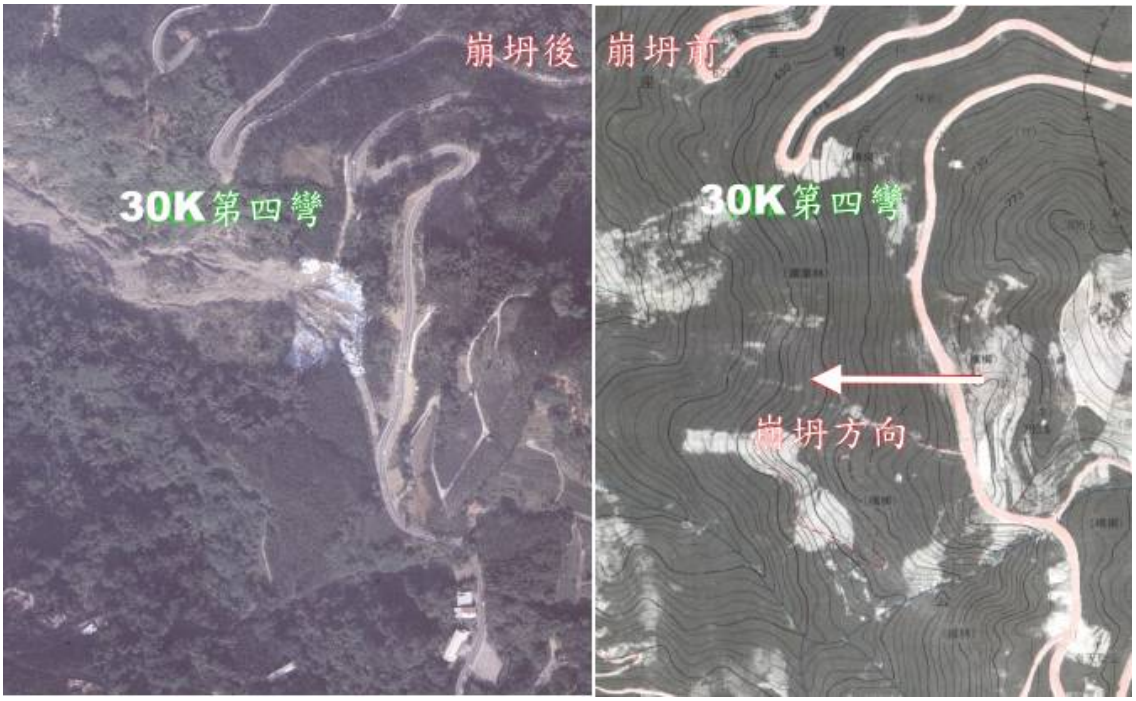


圖 5.16 臺 18 線 44-45K 崩坍前後對照圖

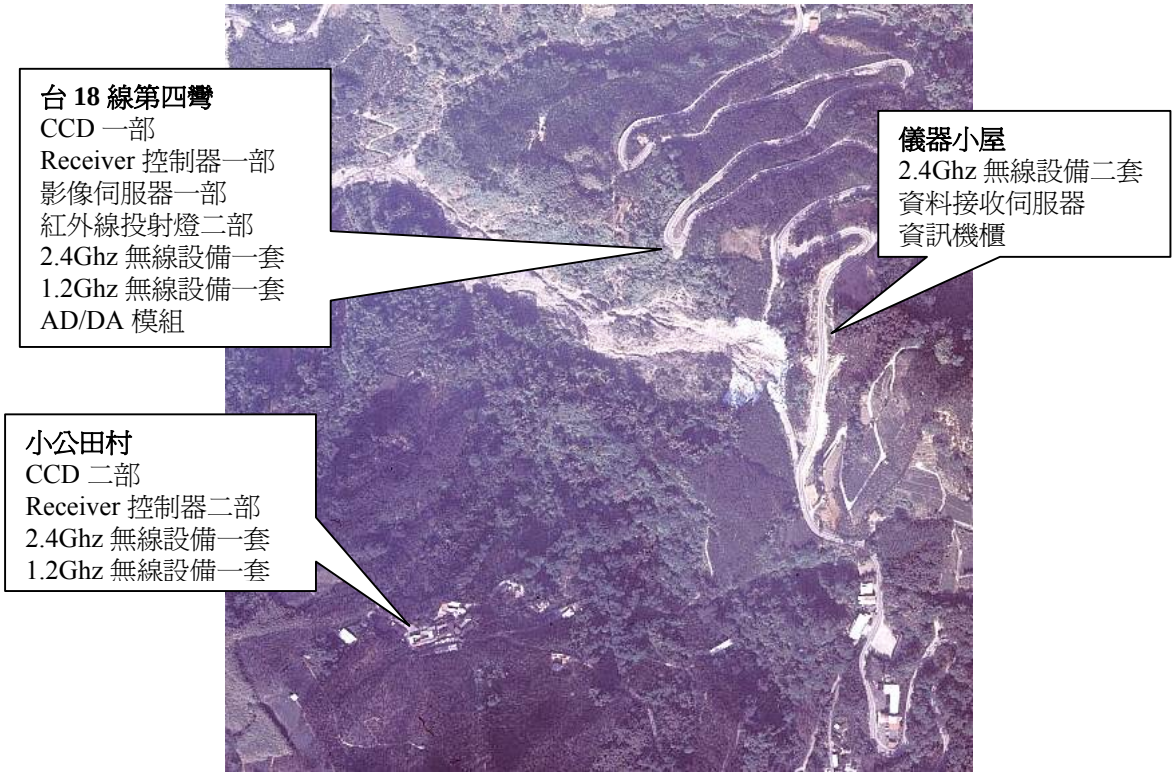


圖 5.17 本計畫儀器裝設位置圖



圖 5.18 小公田村 CCD#1 傳回之第四彎影像



圖 5.19 小公田村 CCD#2 傳回之崩塌區影像



圖 5 -20 第四彎 CCD 傳回之影像



圖 5 -21 臺 18 地區即時影像回傳狀態



圖 5 -22 監測系統展示介面

5.2 緊急通報與防災應變系統開發建置

5.2.1 系統環境架構及應用技術

本計畫依據政府對交通災害之通報應變程序進行分析，目前現地各儀器資料藉由現地資料接收中心擷取並回傳至資料接收伺服器後，於伺服器中進行資料分析，並將資料存於資料庫伺服器中，監測資料與防災應變的展示系統則是透過註冊 Web Service 的方式讀取資料庫的監測數據，讓使用者直接在 Web 瀏覽器觀看展示的結果。

5.2.1.1 系統環境架構

現地資料傳回資料接收伺服器，經由資料整合加值處理後，將資料以 Web Service 的方式發佈成 XML 文件，Web 伺服器藉由註冊 Web Service 來取得 XML 文件，最後再將資料展示在系統上，由於阿里山公路五灣仔地段有許多量測計畫，考量到各計畫之間資料相互接收傳遞的方便性以及系統資料庫之安全性，因此使用 Web Service 的方式做為資料供應方式。系統運作架構如下圖 5.23 所示。

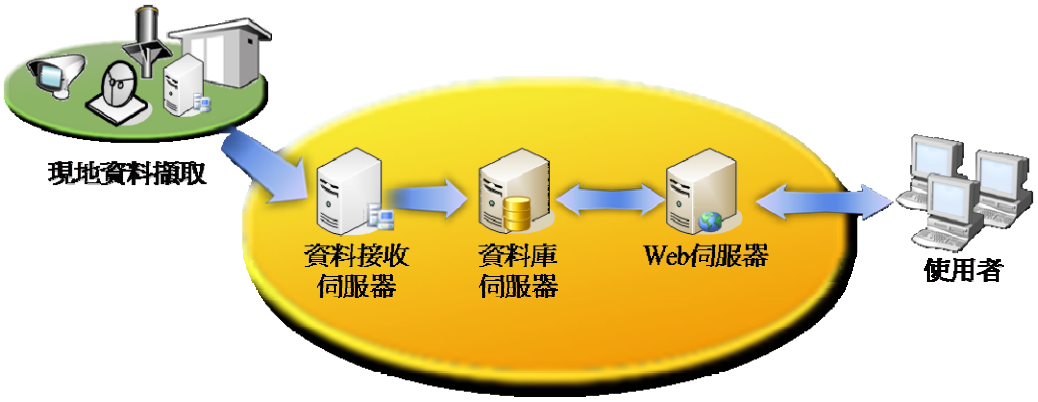


圖 5.23 系統運作架構圖

5.2.1.2 圖台開發技術

藉由前端圖台使用介面(Web-Viewer)提供一個直覺、簡化、便利式的操作查詢介面，與透過後端 Web-GIS 地圖服務伺服器，將電子地圖的技術與網際網路相結合，並直接讀取圖資資料庫，將所查詢的結果

和電子地圖影像直接於網際網路上呈現展示。

圖台介面開發採 AJAX 技術，是整合非同步 JavaScript 及 XML 技術(AJAX)，不須重新載入整個頁面的前提下更新資料，具快速回應、網頁快取與系統運作效率佳等特性與優點。使用者瀏覽器無須外掛，維護簡易，不須重載頁面即可更新資料，所以使使電子地圖瀏覽更為快速；而網頁快取與系統運作效率佳，可大幅降低網頁伺服器負擔。

5.2.1.3 導入 3D 立體展示平台

Google Earth 是一款 Google 公司開發的虛擬地球儀軟體， 它把衛星照片、航空照相和 GIS 布置在一個地球的三維模型上。Google Earth 使用了公共領域的圖片、受許可的航空照相圖片、KeyHole 間諜衛星的圖片和很多其他衛星所拍攝的地表照片。在開啟了「Terrain」效果的情況下可以觀察到以 3D 方式顯示的高原、山地等地形。

Google Earth 已經在網際網路 3D 地形展示領域提供相當優異的平台，本計畫將透過結合 Google Earth 平台之方式，建構 3D 展示平台。

5.2.2 整體規劃

透過系統雛形使用者可瞭解系統初步功能架構及使用者介面規劃，為使系統能符合使用者實際需求，本計畫於系統正式開發前先行製作系統雛形，並於 3 月 19 日將系統雛形呈港研中心研商，並獲得寶貴之修正建議，本團隊依據建議修正系統雛形，並於 4 月 1 日提供修正後之系統雛形，修正後之系統雛形架構獲港研中心同意，本團隊即據以進行系統分析設計及建置作業。

本計畫進行系統整體規劃開發建置，系統功能包含展示模組及警戒模組兩大部分，其架構如下圖 5.24 所示：

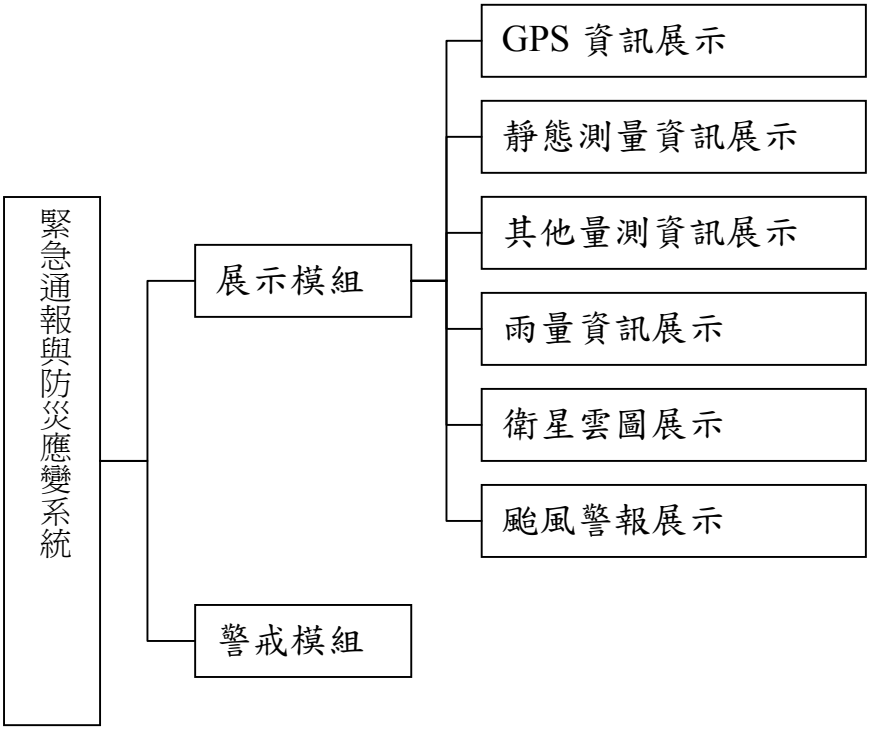


圖 5.24 系統功能架構圖

儀器資料接收及展示以本計畫架設之全球衛星定位與自動化監測系統為主體，其他量測資料展示則包含阿里山工務段之 CCD 影像及後續整合交通大學地下光纖井量測成果，雨量資訊、衛星雲圖及颱風警報資訊展示，則透過中央氣象局 WebServices 服務取得各項資料。各項程式開發分別說明如後：

5.2.3 系統開發成果

5.2.3.1 系統首頁

本計畫導入 Google Earth 3D 展示平台，系統主畫面以 3D 立體衛星影像圖做為底圖，讓使用者能清楚的了解目前阿里山公路五彎仔段的儀器及其配置，Google Earth 3D 展示平台提供全方位 WebGIS 展示介面，使用者可調整圖台之各種視角及方位角，取得最佳之展示畫面。

系統主畫面的左方為各項系統展示功能操作介面，使用者點選展示功能按鈕，便可以開啟 GPS 清單或其他展示資訊，使用者亦可直接

點選天線或儀器之圖示，可直接開啟天線或儀器之量測資訊，系統主畫面規劃如**錯誤! 找不到參照來源。**所示，各項 GPS 量測資訊之展示功能說明如後：

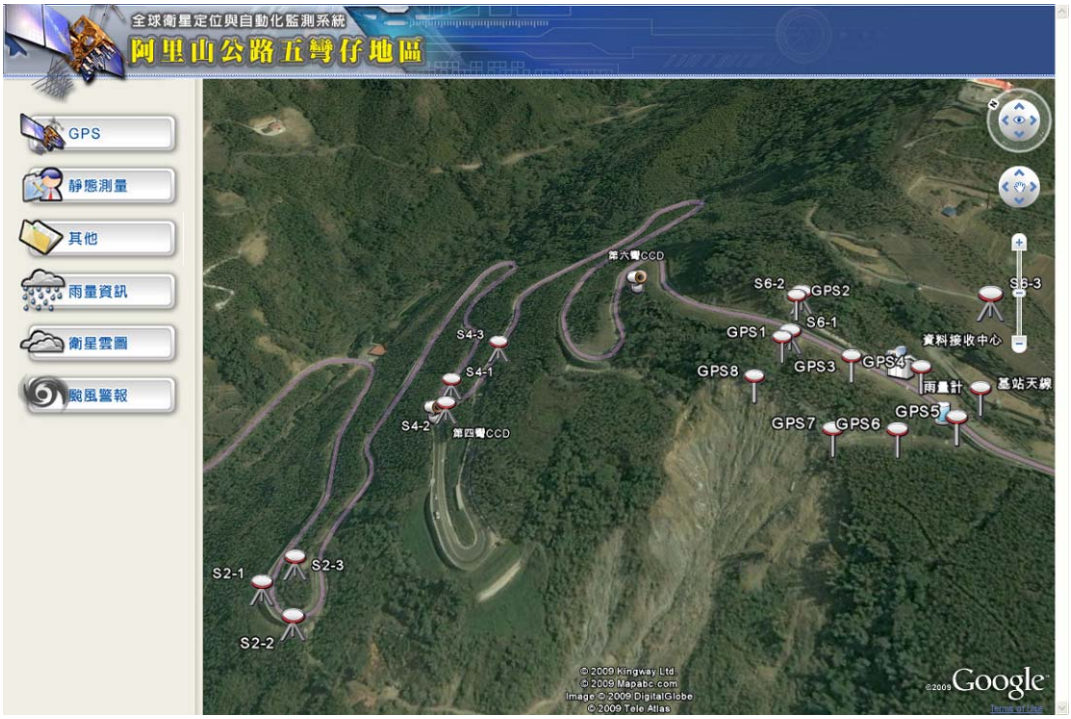


圖 5.25 系統主畫面開發成果

5.2.3.2 GPS 即時資料展示

本計畫架設之 GPS 天線共有 8 組，系統主畫面以顯眼圖示呈現各 GPS 天線監測點位之分佈，點選展示平台左方「GPS」功能可展開各天線編號清單，點選天線名稱或展示平台之 GPS 天線圖示，系統會以該天線為中心顯示地圖，同時可得到該 GPS 的 E 方向、N 方向、及高程等三軸位移滑動的分量資訊，如下圖 5.26 所示。

另一方面，系統依現地資料接收的頻率定時自動更新畫面所呈現之資料。

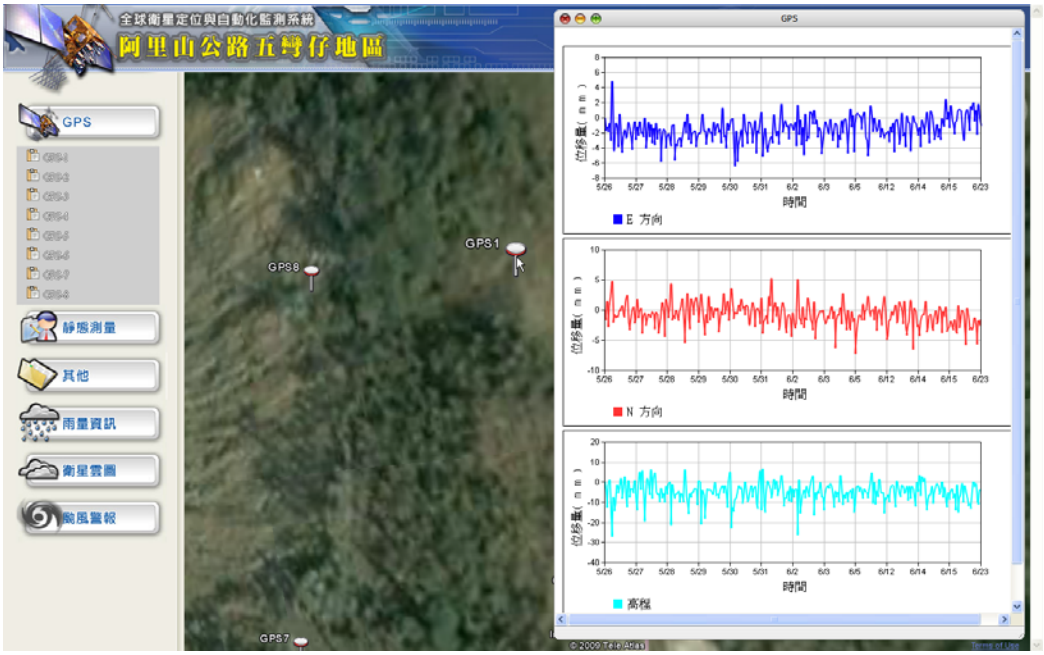


圖 5.26 GPS 展示開發成果

5.2.3.3 靜態測量資訊展示

本計畫將進行四次現地靜態測量作業，歷次靜態測量成果皆會呈現於展示平台上。本計畫靜態測量共有 9 個點位，分布於第二彎(點號 S2-1~S2-3)、第四彎(點號 S4-1~S4-3)及第六彎(點號 S6-1~S6-3)，其中 S4-1、S4-3、S6-1、S6-2 四個監測點與前期計畫靜態測量點位相同，前期量測成果可與本計畫量測成果進行分析比較。

系統主畫面以顯眼圖示呈現各 GPS 靜態測量監測點位之分佈，點選展示平台左方「靜態測量」功能可展開各靜態測量編號清單，點選靜態測量編號或展示平台之靜態測量天線圖示，系統會以該靜態測量點位為中心顯示地圖，同時可得到該點位的 X 坐標、Y 坐標、及高程等量測成果，如該點位有前期量測成果，則除顯示量測資訊外，並以點位分布圖方式顯示不同時期之量測成果，如下圖 5.27 所示。

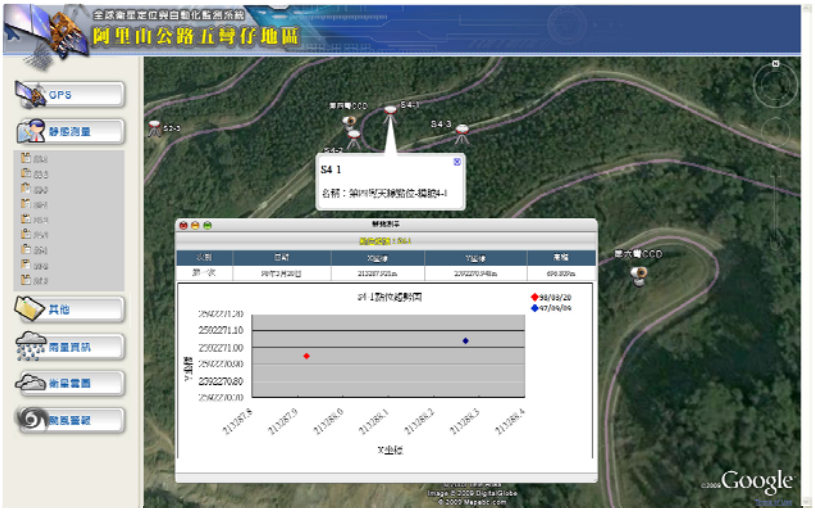


圖 5.27 靜態測量展示開發成果

5.2.3.4 雨量資料展示

1. 鄰近中央氣象局雨量站

本計畫透過 Web Services 取得中央氣象局提供之雨量站即時雨量資訊，篩選距計畫區最近之三個雨量站，分別為嘉義縣阿里山鄉瀨頭站、嘉義縣番路鄉大湖站及龍美站，點選展示平台左方「雨量資訊」「鄰近氣象局雨量站」功能可開啟鄰近雨量站雨量資訊視窗(圖 5.28)，顯示內容包含站名、時雨量、日雨量及更新時間等資訊。



圖 5.28 鄰近氣象局雨量站雨量資訊展示

2. 現地雨量資訊

前期計畫於資料接收中心前架設一自計式雨量計，記錄即時之雨量資訊，本計畫將加值處理後的雨量資料展示於網頁上，點選展示平台左方「雨量資訊」「雨量組體圖」功能或點選展示平台之雨量計圖示，系統會以該雨量計點位為中心顯示地圖，並開啟雨量組體圖視窗顯示時雨量及有效累積雨量的最新數據，可得到二十四小時的降雨組體圖資訊，如下圖 5.29 所示。

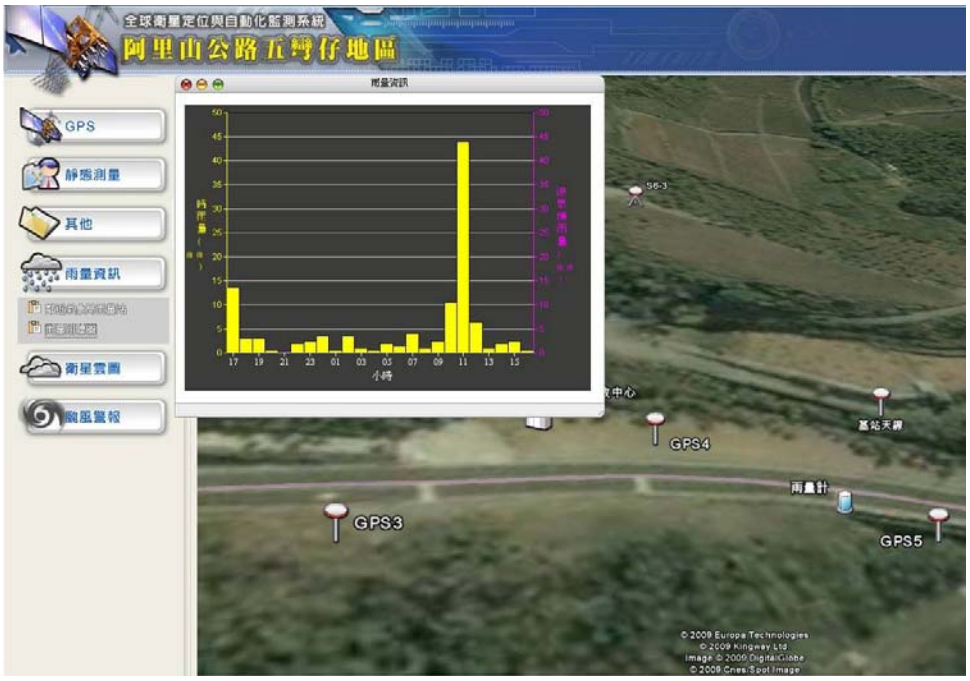


圖 5.29 雨量組體圖展示畫面

5.2.3.5 其他量測資料展示

1. 現地CCD影像展示

阿里山工務段於第六彎架設一 CCD 攝影機，即時監視現地道路邊坡現況，本計畫取得第六彎 CCD 之即時影像資訊，並將其整合於系統中，點選展示平台之 CCD 圖示，系統會以該 CCD 點位為中心顯示地圖，並開啟 CCD 影像顯示視窗顯示現地即時影像，如下圖 5.30 所示。



圖 5.30 第六彎 CCD 影像展示

2. 地下光纖量測數據展示

除了 GPS 及雨量資料，本年度規劃加入了地下光纖量測計畫之量測數據的接收及展示，在展示系統中顯示最近的接收數據，本功能待與資料提供單位協商資料取得機制後進行設計開發作業。

5.2.3.6 衛星雲圖展示

本計畫透過 Web Services 取得中央氣象局提供之衛星雲圖資料，點選展示平台左方「衛星雲圖」功能可開啟衛星雲圖視窗(圖 5.31)，顯示即時之衛星雲圖資訊，並可切換「東亞地區藍底雲圖」、「東亞地區色調強化雲圖」、「臺灣地區藍底雲圖」、「臺灣地區色調強化雲圖」等四種雲圖類型。



圖 5.31 衛星雲圖展示

5.2.3.7 颱風警報資訊展示

本計畫透過 Web Services 取得中央氣象局提供之即時颱風警報資訊，點選展示平台左方「颱風警報」功能可開啟颱風警報視窗(**錯誤! 找不到參照來源。**)，顯示即時之颱風警報資訊。



圖 5.32 颱風警報資訊展示

5.2.3.8 警戒機制

監測資料接收至資料接收中心後，需配合災害警戒分析進行加值處理，依本計畫所訂立之儀器警戒參考數值，將原始的現場資料轉換為有效的警戒資訊，再將警戒資訊展示到系統平台上，目前系統主要以 GPS 及雨量資料進行數據的管理，當接收數據達到所制定的門檻值時，系統將自動發出警訊，提醒人員注意相關事項，在資料展示的部分會以紅燈、黃燈或綠燈的方式顯示目前儀器的接收狀況。

第六章　山區跨河道路橋梁遭受土石流衝擊之處理對策

6.1 山區跨河道路遭受土石流衝擊之處理對策

臺灣山區佔地遼闊，國家民生經濟發展與山坡地之開發息息相關，因此山區道路為提昇國家總體競爭力之必要建設。然而山區道路之興建對其沿線之環境生態平衡極具負面影響，由於臺灣環境因素複雜，地質地形條件惡劣，極易導致水土流失災害之發生，而隨著山區道路建設完成後之大量區域開發，對於道路沿線之水土失衡更屬雪上加霜。近年來受全球氣候變遷之影響豪大雨頻頻發生，而 921 地震亦使原本破碎的山區地質更加脆弱，使得山區道路幾近逢雨成災，坍方落石不斷，且災情愈益擴大，不僅造成國家嚴重經濟損失，對於當地民生之安定與交通之安全亦產生極為不良之影響。(吳淵珣等，2006)

山區公路及林道的開發，除可提供觀光遊憩亦可作為災害搶救之路線，因此公路及林道的設計，應避開地質敏感區域，並考量施工造成生態的衝擊，以降低人類活動對自然造成之傷害。不良選線會造成當地珍貴自然資源受人類活動而損害，通過地質環境較差的山區，更因工程的開發行為，導致原本穩定性較差的邊坡，產生破壞狀況。

6.1.1 山區道路邊坡之處理對策彙整

本研究依國內過去道路路基及道路邊坡致災原因研判，歸納跨河道路處理對策之選擇可分為 a.減少土砂災害 b.保護 c.迴避(如圖 6.1 所示)；表 6-1 為道路各工法使用時機及土石流潛勢溪流特性列表，而其他各工法說明及注意事項則說明如下。

於山區公路災受土石流破壞之機制，可大致分為土石流潛勢溪流與公路「直交」及「平行」兩種不同模式，若土石流潛勢溪流與公路為直交銜接，其破壞模式為土石流直接撞擊道路路面、道路路基及間接使道路邊坡產生滑動破壞，因此，對於直交銜接的處理對策主要以「攔阻工法」為主，包括攔砂壩、潛壩等。若土石流潛勢溪流與公路

為平行，其破壞模式為土石流流動過程對道路路基及護坡工程進行撞擊、磨損及淘刷行為，因此而造成路基淘空現象而破壞，因此，對於平行的處理對策主要以「迴避工法」為主，包括溪底隧道、橋梁工程等。

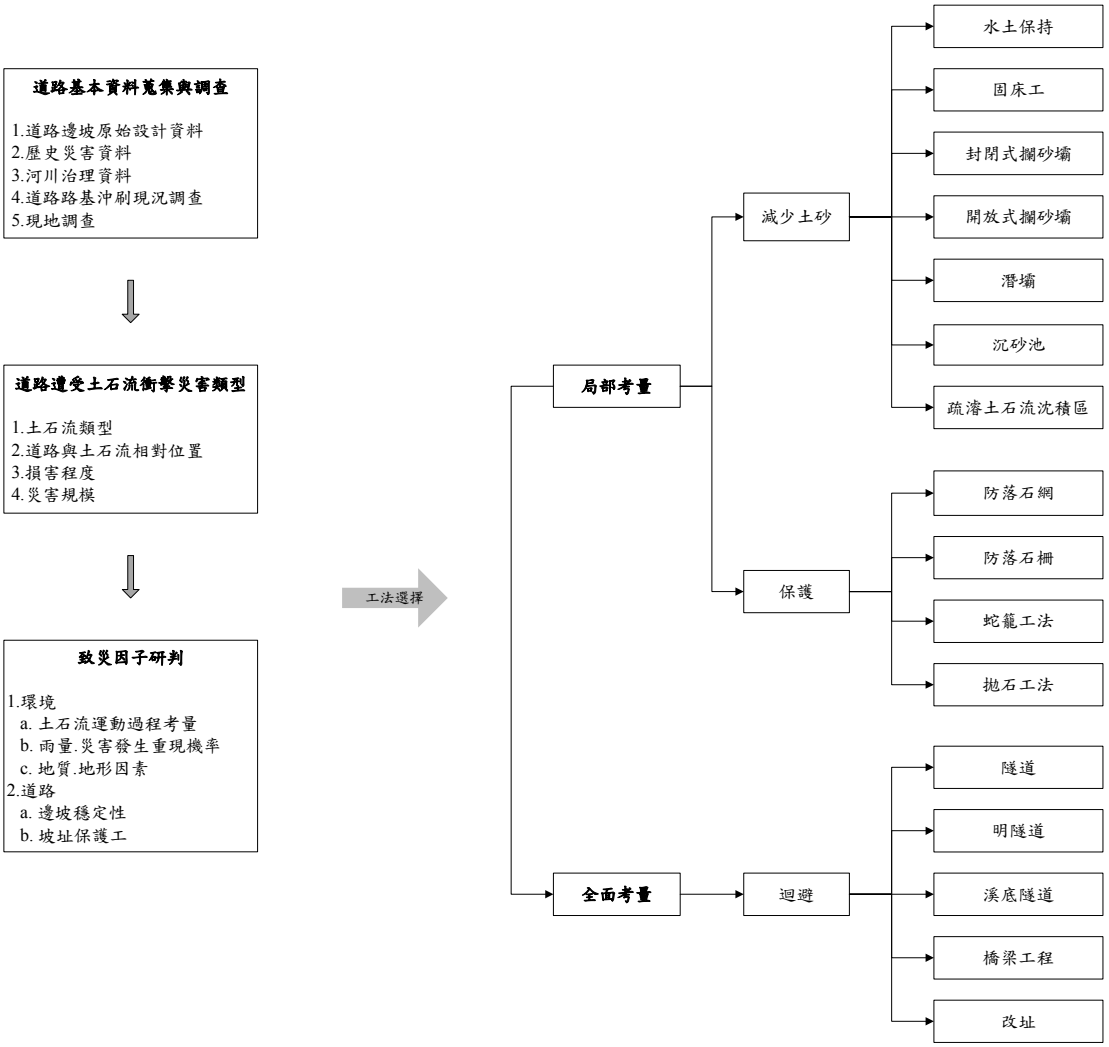


圖 6.1 道路邊坡及道路路基各工法之對策選擇

表 6-1 道路各工法使用時機及土石流潛勢溪流特性列表

工法名稱	使用時機			土石流區段(與道路直交)			土石流區段(與道路平行)		
	搶修(災中)	中期規劃	長期規劃	發生段	流動段	堆積段	發生段	流動段	堆積段
水土保持	△	○	●	●	○	△	●	○	△
固床工	△	●	●	○	●	△	○	●	●
封閉式攔砂壩	△	●	●	△	○	●	△	●	○
開放式攔砂壩	△	●	●	○	●	○	○	●	●
潛壩	△	●	●	○	●	○	○	●	●
沉砂池	△	●	●	△	●	●	△	●	●
疏濬土石流沈積區	●	●	●	○	●	●	○	●	●
防落石網	△	●	○	○	△	△	○	△	△
防落石柵	△	●	○	○	△	△	○	△	△
蛇籠工法	●	●	○	△	○	△	△	○	△
拋石工法	●	●	○	△	○	△	△	○	△
隧道	△	●	●	○	●	○	○	●	○
明隧道	△	●	●	△	○	●	○	●	●
溪底隧道	△	○	●	△	●	●	△	○	●
橋梁工程	△	○	●	●	●	●	●	●	●
改址	△	○	●	●	●	●	●	●	●
備註：●：非常適用　○：可能適用　△：不適用									

山區道路路基及道路邊坡災害發生後常因各項主、客觀因素之影響無法迅速加以完善處理。然而山區道路交通為當地民眾生活之所繫亦悠關使用民眾之安全，因此，當道路邊坡災害發生後，在確定整治方案之前，應執行緊急搶修或長期整治以維持當地基本交通與安全需求，各相關工法詳細說明如下。並將道路路基及道路邊坡受土石流衝擊破壞之各相關工法說明、適用範圍、注意事項等彙整於表 6-2。

1. 防落石網/防落石柵：於隧道之前後經常有小規模之落石，亦可於邊坡設置平面或立式防落石網或，可將落石擋住或使其沿防落網掉至坡底，以保護用路人之安全。若於逆向陡坡處因常有落石掉落之現象，可設置如漁網狀之防落石網，使其落石不會掉落至公路上。

2. 蛇籠/石籠工法：蛇籠工法一般已普遍使用於橋基保護、堤防護坡與公路邊坡穩定，因此工法易與其它橋基保護工法搭配且穩定性佳，惟亦遭流動之卵礫石撞擊磨損，故適用於砂質河川。

3. 隧道工程：於臺 8 線 36 公里處之谷關隧道即為最好之案例，當道路經過一順向坡崩塌地時，亦可以隧道工程之方式避開潛在的危險區域，並可於隧道上方以噴凝土之方式穩定其邊坡。

4. 明隧道：於臺 8 線之明隧道即為最好之案例，當道路須經過於大型崩塌地之危險區域，以明隧道之方式除可方便道路直接穿越危險區域，亦可避免因崩塌而造成往後道路中斷之問題。

5. 溪底隧道：於苗栗縣 140 之火炎山隧道即為最好之案例，當公路需經過大規模之土石流沖積扇時，以可採用此工法，讓土石經由隧道上方通過，以達到人車之安全。

6. 鋼便橋：當橋梁受洪水淘刷破壞時，若斷面過大或是水流量過多，可採用鋼便橋進行道路搶通，跨距可達 20m，且可承受 20~25 噸之載重，通水斷面大，施工速度快，可重複使用。

7. 鋼托架橋：下邊坡大範圍坍塌導致路基嚴重流失，若要修復路基勢必自河床向上修築路基或直接開挖山壁，花費甚大且耗時。此時可採用鋼托架橋工法，其將岩錨每隔一定的距離打入山壁做為支撐，以此作為路基進行道路的鋪設，可有效解決填築路基的缺點，避免大量的挖填土方，施工速度快、安全、且節省經費。

表 6-2 道路路基及道路邊坡受土石流衝擊破壞之因應對策說明

對策分類	工法名稱	適用範圍	工法說明	注意事項	
				限制條件	搭配工法
減少土砂	水土保持	1.軟弱土層造成圓弧破壞處。 2.順向坡整面滑落處。 3.道路之上、下邊坡易產生崩塌者。	1.針對上游集水區進行水土復育，使土石不輕易受水流沖蝕而破壞。	1.環境復育過程耗時，短期未能發揮顯著效果。 2.局部區域開發程度受限，降低土地使用率。	1.各植生護坡工程 2.坡頂各式排水工
減少土砂	固床工	1.小峽谷或溝渠之中。 2.河岸崩塌地區。 3.縱向沖蝕河段。 4.土石流地區。	1.降低水流速度，減少河床及河岸受侵蝕的程度，穩固河岸。	1.造成太高或過強之水流，造成生物無法順利於上、下游間移動	1.封閉式攔砂壩 2.開放式攔砂壩
減少土砂	封閉式攔砂壩	1.溪谷中上游。 2.河岸崩塌地區。 3.淤砂嚴重河段。 4.縱向沖蝕河段。 5.土石流地區。	1.攔阻或調節河床砂石，穩定河床防止縱向侵蝕，保護側岸。 2.轉化土砂搬運形式，抑止土石流，減少災害；且當壩體上游淤滿之後，淤砂坡度較原溪床坡度為緩和，可有效地減緩土石流之流速，降低其撞擊之力量。	1.水頭落差甚大，使得溪流環境丕變，嚴重衝擊水生生物族群的生存。 2.容易淤滿，無法在容納後續湧入之大量土石而造成溢流。	1.固床工 2.開放式攔砂壩
減少土砂	開放式攔砂壩	1.溪谷中上游。 2.河岸崩塌地區。 3.淤砂嚴重河段。 4.縱向沖蝕河段。 5.土石流地區。	1.可蓄積土石流所挾帶大量砂石，降低土石流總流出量。 2.轉化土砂搬運形式，使泥砂顆粒以個別搬運方式帶往下游，減少對壩址下游河床局部之沖刷。 3.壩體受力面積較非透過性防砂壩小，所受土石流之衝擊力量亦小。	1.所蓄積土石不易清除。	1.固床工 2 封閉式攔砂壩

對策分類	工法名稱	適用範圍	工法說明	注意事項	
				限制條件	搭配工法
減少土砂	潛壩	1.沖蝕地區如屬主支流合流處，應選定在合流點之下游處。 2.以保護構造物之基礎為目的者，應選定在構造物之下游處。 3.河床堆積嚴重地區之下游。 4.河岸崩塌地區 5.亂流河段 6.淤砂嚴重河段 7.縱向沖蝕河段	1.安定河道防止縱橫向侵蝕。 2.保護護岸等構造物之基礎。 3.通常考慮降低階段落差，以多段式跌水代替單一高落差，可降低土石流流動過程之速度與能量。	1.對環境之衝擊較大，需特別著重生態考量，通常需考慮魚道之保存及設置、設置魚類回游水道。	1.固床工 2.沉砂池
減少土砂	沉砂池	1.河川中下游。	1.減少土石下移、保護下游土地房舍及公共設施，攔截或沈積土石。 2.減少河川中下游之土砂災害，有助於收集非點的污染源及減少沉澱物質的散落，可改善河川。	1.入口處易堵塞而產生漫流。 2.池中水分若無及時排除，易孳生蚊蟲而破壞環境，日後之維護管理不易。	1.固床工 2.開放式攔砂壩
減少土砂	疏濬土石流沈積區	1.土石流淤積之範圍。	1.當路線須經過土石流淤積段時，應清理累積之土石，保持水路之暢通，避免土石流沖壞路面。	1.需週期性清理累積之土石。	--
保護	防落石網	1.上邊坡土石崩落易造成用路人行車安全。	1.於土石易崩落之坡面設置防落石網，當石塊掉落時不易產生彈跳，且不直接破壞道路路面，提昇用路之安全性及使用年限。	1.需週期性清理累積之土石。	1.防落石柵

對策分類	工法名稱	適用範圍	工法說明	注意事項	
				限制條件	搭配工法
保護	防落石柵	1.上邊坡土石崩落易造成用路人行車安全。	1.於土石易崩落處上邊坡擋土牆上方設置防落石柵，使土石不至於直接崩落路面，提昇用路之安全性與暢通性。	1.需週期性清理累積之土石。	1.防落石網
保護	蛇籠工法	1.道路坡趾保護。 2.卵礫石河床或砂質河床。	1.材料選擇可就地取材，利用工址附近既有之石料及植物等，若現地石材無法滿足穩定需求，則再考量外地輸入或以其他工法替代。 2.富於撓曲性，可憑藉其自重量而自動變位下沉。	1.蛇籠工易遭流動之卵礫石撞擊磨損。 2.側向侵蝕、跌水或水躍沖刷易導致蛇籠網的拉扯破壞及河床質的流失。	1.拋石工法
保護	拋石工法	1.道路坡趾保護。 2.沖蝕河床、或已受沖蝕之坡趾周邊範圍。	1.拋石工法易隨周邊外在條件而變位調整，可抑制河床下降。 2.石料間隙可供植物生長，增加石塊穩定性與環境相容性。	1.局部施作雖可防止坡趾周邊沖刷，未施做區域反而易遭沖蝕淘刷，進而擴及橋基處之拋石層，導致拋石崩塌流失與河床下降。 2.不適用於河床窄深、坡陡流急之河川。	1.蛇籠工法
迴避	隧道	1.軟弱土層造成圓弧破壞 2.順向坡整面滑落 3.邊坡易產生落石崩落處 4.土石流通過之路段	1.當道路經過順向坡等經常產生邊坡災害處時，可興建隧道通過，避開可能崩坍之危險區域。 2.縮短路線距離，降低工程經費。 3.避免山坡開挖，降低環境破壞。	1.隧道施工工法之選擇影響工程經費。 2.施工過程較複雜。 3.施工工期較長。	1.防落石網 2.防落石柵

對策分類	工法名稱	適用範圍	工法說明	注意事項	
				限制條件	搭配工法
迴避	明隧道	1.道路上邊坡易產生落石崩落處。	1.易有土石崩落之路段，可興建明隧道通過，讓土石由隧道上方通過，提升行車安全性。	1.明隧道需超過崩塌區域，避免崩塌之土石堆積於明隧道進出口，造成道路中斷。 2.崩塌範圍影響工程經費。	1.防落石網 2.防落石柵
迴避	溪底隧道	1.土石流通過及堆積之路段。	1.當路線須經過大規模土石流沖積扇時，可興建溪底隧道，讓土石由隧道上方通過，提升安全性。	1.溪底隧道需超過土石流堆積區域，避免土石堆積於溪底隧道進出口，造成道路中斷。 2.土石流堆積範圍影響工程經費。	--
迴避	橋梁工程	1.土石流通過之轉彎路段。	1.當路線須經過土石流流經之坑溝凹谷側時，可興建橋梁直接跨越，避開可能發生土石流之危險區域。	1.所需經費較高。 2.施工期較長。	--
迴避	改址	1.河岸遭受洪水淘刷造成道路崩落。 2.軟弱土層造成圓弧破壞(大範圍)。 3.順向坡滑落。 4.土石流通過之路段。	1.將行進路線改至對向河岸，避開原本易滑動之路段。 2.將行進路線往河谷上游處遷移，避開土石流流動段。 3.將動線改建至河道淤積側，避開原址之水流攻擊岸。	1.整建工程費用較高，需進行中長期規劃與評估。 2.可能影響附近環境生態及民眾權益等問題，需審慎評估。 3.改線後之成效評估與經濟效益，皆需納入考量。	1.隧道 2.明隧道 3.溪底隧道 4.橋梁工程

附錄 6-185

6.2 山區跨河橋梁遭受土石流衝擊之處理對策

6.2.1 山區跨河橋梁遭受土石流衝擊損壞型態

土石災害是臺灣橋梁經常遭遇的災害型態，其因土石流產生之土砂撞擊橋梁下部結構(含基礎)所造成結構損傷、變形或位移，尤其於河川上游土石流災害耗發區域，土石流攜帶的大量土石與砂礫，對橋梁基礎、橋墩、與橋台等橋址結構，除了直接撞擊產生之結構破壞外，土石材料阻塞河道造成水流或泥流漫流，也會間接造成橋梁上部結構受損與橋台鄰近邊坡崩塌或護岸潰堤等災害。

6.2.2 橋梁致災原因分析

綜合上述橋梁破壞形態和受土石災害情況，本研究依公路總局於莫拉克颱風後，針對其轄管 52 座破壞橋梁(李維峰等人，2009)所進行之致災原因研判，歸納跨河橋梁破壞之主要原因以洪氾沖刷和土石流撞擊為主，而其他破壞型態和致災原因則說明如下：

1. 邊坡崩塌：鄰近橋址邊坡因雨崩塌，橋墩、橋台等橋體結構因受崩壞土體撞擊，造成橋梁引道或橋台擋土設施傾覆、滑移甚至基礎流失而發生破壞。

2. 土石流撞擊、溢流：橋址上游集水區，因豪大雨引致嚴重邊坡崩塌，衍生土石流，土石推擠堆積造成橋梁通水斷面不足，致使巨石、土砂材料或漂流木等撞擊橋梁上、下部結構，甚至淤滿河道，產生溢流橋面板，導致橋梁結構損壞。

3. 過大洪峰流量：由於降雨量過大，造成超大洪峰流量，在洪峰流量通過橋梁時，因超高洪水位超過原來的橋梁通洪設計標準，造成過高水位不斷推擠橋面版，在水力持續作用下造成橋面板的傾斜，甚至發生橋梁破壞及跌落。

4. 橋址位於水路攻擊處：橋址位於河道彎曲處或攻擊角，導致橋梁基礎、橋台、或引道因受水流攻擊而淘刷、流失損毀，該破壞類型亦

常發生於主河道因洪氾或土石流阻塞而偏移，攻擊橋梁結構。

5. 洪氾破壞橋梁相關構造物：由於大雨造成超大洪峰流量，洪氾直接侵蝕河岸，沖刷臨近橋台邊坡或堤防坡腳；或因洪水夾帶大量土石於高灘地淤積，護岸或橋台受土石撞擊或溢流淹沒，導致潰堤與橋台擋土設施傾倒破壞、背填土流失。

6. 基礎掏刷：洪水沖刷河床，導致橋梁基礎裸露，衍生沈箱基礎傾覆或基樁承載力不足而導致橋梁傾倒破壞。

6.2.3 山區跨河橋梁遭受土石流衝擊之處理對策彙整

綜合上述說明之山區道路邊坡災害情況，本研究依國內過去跨河橋梁致災原因研判，歸納跨河橋梁處理對策之選擇可分為 a.減少土砂災害 b.保護 c.迴避/改建/新建(如圖 6.2 所示)；表 6-3 為橋梁各保護工法及補強工法使用時機及土石流潛勢溪流特性列表，而其他各工法說明及注意事項則說明如下。

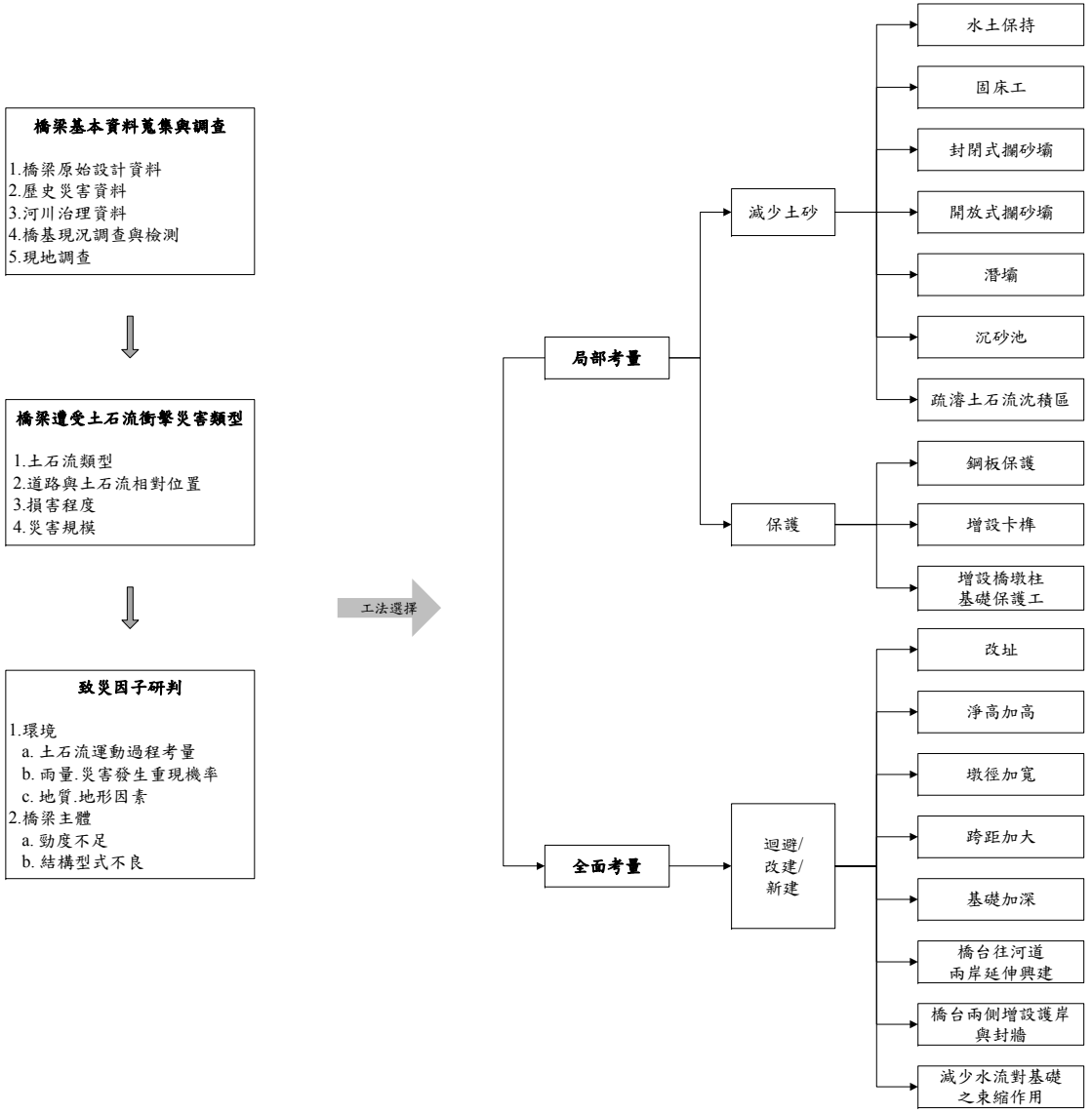


圖 6.2 橋梁結構各項工法之對策選擇

表 6-3 橋梁保護工和補強工法使用時機及土石流潛勢溪流特性列表

工法名稱	使用時機			土石流區段			河川特性		
	搶修(災中)	中期規劃	長期規劃	發生段	流動段	堆積段	河道匯流處	河道轉彎處	土石流撞擊
水土保持	△	○	●	●	○	△	△	○	△
固床工	△	●	●	○	●	△	○	○	○
封閉式攔砂壩	△	●	●	△	○	●	○	○	●
開放式攔砂壩	△	●	●	○	●	○	○	○	●
潛壩	△	●	●	○	●	○	●	●	○
沉砂池	△	●	●	△	●	●	●	●	△
疏濬土石流沈積區	●	●	●	○	●	●	●	●	△
鋼板保護	△	●	●	●	●	●	●	●	●
增設卡榫	△	○	○	△	○	○	○	○	○
增設橋墩柱基礎保護工	△	●	●	△	○	○	●	●	●
淨高加高	△	△	●	△	●	●	●	○	●
墩徑加寬	△	●	○	△	●	○	○	○	○
跨距加大	△	△	●	○	●	●	●	○	●
基礎加深	△	△	○	△	●	●	○	○	○
橋台往河道兩岸延伸興建	△	△	○	○	○	●	○	●	●
橋台兩側增設護岸與封牆	△	●	●	○	●	●	●	●	●
改址	△	△	○	●	○	○	○	○	○
減少水流對基礎之束縮作用	△	△	○	△	●	○	●	●	●
增設橋墩柱基礎保護工	△	●	●	△	○	○	●	●	●
上游側增設濾過性壩	△	●	●	●	●	●	○	○	●
備註：●：非常適用　○：可能適用　△：不適用									

本研究團隊於莫拉克颱風後深入災區，從現地調查的過程中瞭解多數災害皆為複合式災害，以高雄甲仙鄉小林村為例，當颱風挾帶豐沛雨量使旗山溪溪水暴漲導致河道兩岸嚴重淘刷，再因獻渡山產生邊坡滑動，而大量的土石方堆積於旗山溪河道上，阻斷溪水的通路，進而形成堰塞湖，當堰塞湖潰壩後，將大量堆積的土石及溪水一同帶往下游，形成大型的土石流災害；因此當山區跨河橋梁災害發生後，在確定整治方案之前，應執行緊急搶修或長期整治以維持當地基本交通

與安全需求，其中緊急搶修將於 6.3.3 節作一詳細介紹。然而將山區跨河橋梁受土石流衝擊破壞之各工法說明、適用範圍、注意事項等彙整於表 6-4。

1. 鋼板保護：

以鋼板保護橋墩及橋柱，降低土石所帶來之衝擊。

2. 於橋柱和橋面版接合處增設卡榫：

莫拉克風災將山區大量漂流木帶往下游，因漂流木浮於水面以至於卡在橋面版，其推力使得橋面版錯位或掉落而造成道路中斷，若能增加橋面版承受側向力的能力，將有效提高其安全性。

3. 改線：

將行進路線遠離主、之流匯流處，避免土石淤積；遠離土石流易發生段，減少土石之衝擊。

4. 橋台往河道兩岸延伸興建：

將橋台往兩側方向延伸興建，拉長橋台與河岸之距離，如此就算遭受洪水侵蝕，仍有周遭土壤可以阻擋，不至於直接受到攻擊橋基而產生落台。

5. 減少水流對基礎之束縮作用：

一般跨河橋梁規劃設計係以最短距離為考量，但卻容易產生河道束縮沖刷，因此改以傾斜不與水流方向正交方式興建，如此可減少同一河斷面積之落墩數，緩和水流淘刷。

表 6-4 橋梁受土石流衝擊破壞之因應對策說明

對策分類	名稱	適用範圍/使用時機	工法說明	注意事項	
				限制條件	搭配工法
減少土砂	水土保持	1.軟弱土層造成圓弧破壞處。 2.順向坡整面滑落處。 3.道路之上、下邊坡易產生崩塌者。	1.針對上游集水區進行水土復育，使土石不輕易受水流沖蝕而破壞。	1.環境復育過程耗時，短期未能發揮顯著效果。 2.局部區域開發程度受限，降低土地使用率。	1.各植生護坡工程 2.坡頂各式排水工
減少土砂	固床工	1.小峽谷或溝渠之中。 2.河岸崩塌地區。 3.縱向沖蝕河段。 4.土石流地區。	1.降低水流速度，減少河床及河岸受侵蝕的程度，穩固河岸。	1.造成太高或過強之水流，造成生物無法順利於上、下游間移動	1.封閉式攔砂壩 2.開放式攔砂壩
減少土砂	封閉式 攔砂壩	1.溪谷中上游。 2.河岸崩塌地區。 3.淤砂嚴重河段。 4.縱向沖蝕河段。 5.土石流地區。	1.攔阻或調節河床砂石，穩定河床防止縱向侵蝕，保護側岸。 2.轉化土砂搬運形式，抑止土石流，減少災害；且當壩體上游淤滿之後，淤砂坡度較原溪床坡度為緩和，可有效地減緩土石流之流速，降低其撞擊之力量。	1.水頭落差甚大，使得溪流環境丕變，嚴重衝擊水生生物族群的生存。 2.容易淤滿，無法在容納後續湧入之大量土石而造成溢流。	1.固床工 2.開放式攔砂壩
減少土砂	開放式 攔砂壩	1.溪谷中上游。 2.河岸崩塌地區。 3.淤砂嚴重河段。 4.縱向沖蝕河段。 5.土石流地區。	1.可蓄積土石流所挾帶大量砂石，降低土石流總流出量。 2.轉化土砂搬運形式，使泥砂顆粒以個別搬運方式帶往下游，減少對壩址下游河床局部之沖刷。 3.壩體受力面積較非透過性防砂壩小，所受土石流之衝擊力量亦小。	1.所蓄積土石不易清除。	1.固床工 2.封閉式攔砂壩
減少土砂	潛壩	1.沖蝕地區如屬主支流合流處，應選定在合流點之下游處。 2.以保護構造物之基礎為目的者，應選定在構造物之下游處。 3.河床堆積嚴重地區之下游。 4.河岸崩塌地區 5.亂流河段 6.淤砂嚴重河段 7.縱向沖蝕河段	1.安定河道防止縱橫向侵蝕。 2.保護護岸等構造物之基礎。 3.通常考慮降低階段落差，以多段式跌水代替單一高落差，可降低土石流流動過程之速度與能量。	1.對環境之衝擊較大，需特別著重生態考量，通常需考慮魚道之保存及設置、設置魚類回游水道。	1.固床工 2.沉砂池
減少土砂	沉砂池	1.河川中下游。	1.減少土石下移、保護下游土地房舍及公共設施，攔截或沈積土石。	1.入口處易堵塞而產生漫流。 2.池中水分若無及時排除，易孳	1.固床工 2.開放式攔砂壩

對策分類	名稱	適用範圍/使用時機	工法說明	注意事項	
				限制條件	搭配工法
			2.減少河川中下游之土砂災害，有助於收集非點的污染源及減少沉澱物質的散落，可改善河川。	生蚊蟲而破壞環境，日後之維護管理不易。	
減少土砂	疏濬土石流沈積區	1.土石流淤積之範圍。	1.當路線[illegible]淤積段時，應清理累[illegible]保持水路之暢通，避免土石流沖壞路面。	1.需週期性清理累積之土石。	--
保護	鋼板保護	1.橋墩易受漂流木及土石衝擊。 2.既有橋梁可增加橋梁本身勁度。	1.降低漂流木及土石所帶來之衝擊作用 2.減少混凝土遭磨蝕後鋼筋外露鏽蝕。	1.維護保養不易，無法檢測鋼板包覆內之破壞情形。	1.墩徑加寬 2.增設橋墩柱基礎保護工
保護	增設卡榫	1.橋梁易受漂流木及土石衝擊。	1.增加橋面版承受側向力的能力。	1.若衝擊力過大將使基礎遭受牽連，需適時考量重建所需之經費。	--
保護	增設橋墩柱基礎保護工	1.側向攻擊力過大時使用(如漂流木、土石撞擊)。 2.洪水及土石流直接洶刷破壞基礎。	1.減少土石流對橋梁基礎的洶刷作用及衝擊作用。	1.增加工程經費。 2.完工後之成效評估與經濟效益，皆需納入考量。	1.鋼板保護
迴避	改址	1.因洪水或土石流沿山壁攻擊或河道漫流侵蝕，使橋台後方路基淘刷。 2.土石堆積區與公路橋梁交集處。 3.主、支流匯流易產生漩渦處。 4.土石流潛勢溪流流域範圍。	1.將公路路線遠離主、支流匯流處，避免土石淤積及淘刷。 2.遠離土石流易發生段，減少土石之衝擊。	1.整建工程費用較高，需進行中長期規劃與評估。 2.可能影響附近當地交通、特定限制區域及民眾權益等問題，需審慎評估。 3.改址後之成效評估與經濟效益，皆需納入考量。	1.淨高加高 2.墩徑加寬 3.跨距加大 4.基礎加深 5.橋台往河道兩岸延伸興建 6.橋台兩側增設護岸與封牆 7.減少水流對基礎之束縮作用
迴避 /改建 /新建	淨高加高	1.適用於新建橋梁之規劃設計。 2.豪大雨後溪床常有漂流木堆積處。 3.土石堆積區與公路橋梁交集處。 4.主、支流匯流易產生漩渦處。	1.使洪流及土石流無法推移或破壞橋面版。	1.所需經費較高。 2.施工較複雜。 3.橋墩高度與墩徑大小，影響勁度需審慎計算與分析。	1.墩徑加寬 2.跨距加大 3.基礎加深
迴避 /改建 /新建	墩徑加寬	1.側向衝擊力過大時使用(如漂流木、土石撞擊)。 2.既有橋梁可增加橋梁本身勁度。	1.使橋梁自重及勁度增加，提升穩定性。	1.所需經費高。 2.斷面接合處受施工品質影響。 3.使通水斷面積減少。	1.淨高加高 2.跨距加大 3.基礎加深

對策分類	名稱	適用範圍/使用時機	工法說明	注意事項	
				限制條件	搭配工法
迴避 /改建 /新建	跨距加大	1.適用於新建橋梁之規劃設計。 2.橋梁易遭受漂流木撞擊及土石流潛勢溪流之流域範圍。 3.土石堆積區與公路橋梁交集處。 4.主、支流匯流易產生漩渦處。	1.使落墩數減少，減少河道束縮之影響。 2.降低洪流及土石流對橋梁基礎的淘刷作用及衝擊作用。若條件許可，可考量設置吊橋。	1.目前常以鋼結構設計增加橋梁之跨距，因此所需經費較高。 2.每跨長度應有所限制。	1.淨高加高 2.墩徑加寬 3.基礎加深
迴避 /改建 /新建	基礎加深	1.適用於新建橋梁之規劃設計。 2.橋梁基礎遭受洪水或土石流而產生淘刷現象。 3.橋梁基礎檢測時已產生破壞(如挫曲)。	1.增加橋梁基礎抗淘刷及承載之能力。	1.所需經費較高。 2.施工較複雜。 3.品質不易控制。	1.淨高加高 2.墩徑加寬 3.跨距加大
迴避 /改建 /新建	橋台往河道 兩岸延伸興建	1.適用於新建橋梁之規劃設計。 2.因洪水或土石流沿山壁攻擊或河道漫流沖蝕，使橋台後方路基淘空。 3.主、支流匯流易產生漩渦處。 4.橋台座落在水流的攻擊側。	1.使橋基不至於直接受到洪水或土石流沖蝕而產生落台。	1.往兩岸延伸之距離，影響工程經費。 2.施工較複雜。	1.橋台兩側增設護岸與封牆
迴避 /改建 /新建	橋台兩側增設護岸與封牆	1.因洪水或土石流沿山壁攻擊或河道漫流沖蝕，使橋台後方路基淘刷。 2.橋台易受漂流木及土石衝擊處。 3.主、支流匯流易產生漩渦處。 4.橋台座落在水流的攻擊側。	1.經由橋台兩側延伸之護岸與封牆保護，避免水流沿著山壁沖蝕或遭洪水漫流淘空橋台後方。	1.增加工程經費。 2.橋台兩側現地地形與河道特性，為設置護岸與封牆之限制與考量。	1.橋台往河道兩岸延伸興建
迴避 /改建 /新建	減少水流對基礎之束縮作用	1.適用於新建橋梁之規劃設計。 2.易受漂流木及土石衝擊處。 3.河道束縮段或轉彎段。 4.主、支流匯流易產生漩渦處。 5.洪水或土石流直接淘刷破壞基礎。	1.選擇河道中通水斷面積較大處(落差較高處或河面較寬處)及避開水流不穩定處設置橋梁，減少同一河斷面積之落墩數，以緩和水流淘刷。	1.所需經費較高。 2.受現地地形與兩岸道路銜接之限制。	1.淨高加高 2.墩徑加寬 3.跨距加大 4.基礎加深 5.橋台往河道兩岸延伸興建 6.橋台兩側增設護岸與封牆

6.3 山區道路及橋梁破壞之臨時性搶修處理對策

本研究團隊於莫拉克颱風後深入災區，其中包含災情嚴重的高雄那瑪夏鄉(臺 21 線)及南部橫貫公路(臺 20 線)，發現災後公部門再緊急搶通各交通道路時，使用各種不同的臨時便道及橋梁，其緊急搶通的臨時設施並未有相關規範來檢核其安全性，然而，本研究團隊於 6 月 2 日至交通部第二養護工程處進行訪談後，瞭解其災後搶通的過程及各項工程，因此，於本節將針對緊急搶通使用之臨時設施進行說明與探討。

平時各工務段按規定辦理養護作業，如遭遇重大災害時，事先若無周詳緊急應變作為處理藍本，則搶通作業將雜亂無章，導致搶通時間延遲，甚至危害用路人之生命安全。然而，各轄區皆有不同的地質、水文及環境，再因天然災害或其他重大災害而造成道路阻斷時，為求能在短時間內有系統的動員，達到快速搶通目的，維持交通順暢，各轄區單位得研擬決策支援，將防災應變流程化，做有效之動員處理任何突發狀況。

對於現場工程師而言，災後最重要的工作為『搶通>搶修>加固>復建』，搶通主要原因係因為要先讓搶救災機具能夠更快速進入災區，以減少災區的人員傷亡。然而，在搶通過程中對於臨時建物的安全值並無法明確計算安全性及穩定性，但在時間的壓力下，必須在最短時間將道路搶通，以提供救災人員或救援物資進入災區，因此，在如此險惡的環境下，「測量」就是對安全性評估最重要的指標，在搶通的過程中，只要邊坡不再滑動或產生落石即可；而臨時便橋能抵抗水流力，僅考慮能暫時通行即可。

搶通過程中大多數皆為臨時設施，因此，需限制通過時的車速、載重，並適當進行管制，於必要時進行封路作業禁止人車通行；豪雨期間會有因應的通行時間，對於重點監測橋梁，當現場人員接獲指令後進行封橋，在危險路段之間需進行相關的管制工程。詳細說明如下。

6.3.1 緊急搶通使用之臨時設施說明 -管制工程

1. 資訊可變標誌(CMS)

交通管制方式及資訊可變標誌(CMS)播放訊息可依雨量及道路狀況劃分為三種等級，針對不同的情境提出適宜的處置：

(1) 第三級管制：氣象局發布劇烈天氣特報，降雨量達到足以影響行駛安全時，可介定為此等級。CMS 即時資訊：提供「山區大雨小心駕駛」、「颱風期間備妥存糧」、「颱風期間慎防豪雨」、「颱風期間減少外出」資訊於可變標誌牌面上。

(2) 第二級管制：視各路段不同情形，當降雨量累積每小時降雨量達 20~50mm，以及 24 小時累積雨量達 50~400mm 以上，可劃分為此類等級。即時資訊：達此等級，於可變標誌牌面上發布「山區豪雨土石鬆軟注意落石」、「颱風期間提高警戒」。

(3) 第一級管制：視各路段不同情形。即時資訊：達此等級，於可變標誌牌面上發布「前方路段禁止進入」、「前方路段管制改行人倫便道」、「XX 至 XX 段進出管制通行」。於遠端 CMS 發布封閉路段資訊。

2. 鐵扇門：

主要提供緊急管制時使用。

3. 警告標誌：

主要提供車輛駕駛人及行人了解道路上之特殊狀況，提高警覺，並準備防範應變措施。

4. 夜間警示燈：

主要提供車輛駕駛人及行人在夜間瞭解道路上之特殊狀況，提高警覺。

6.3.2 道路緊急搶通使用之臨時設施說明

臨時設施主要分為道路部分及橋梁部分。道路部分簡單而言就是考量坍方的地方該如何通行，而各緊急搶通工法皆可與橋梁緊急搶通設施相互搭配。詳細說明如下，並將各緊急搶通工法彙整於表 6-5。

1. 臨時擋土排樁：下邊坡路基流失或因擋土牆損毀所造成之路基陷落，均可以打設臨時擋土排樁之方式予以搶修；排樁之種類一般多使用鋼軌樁、H 型鋼樁或鋼鈑樁。於道路外側界線打設排樁，打設貫入深度應至少為設計擋土深度之 1.3~1.5 倍或入岩至少 3m。若為鋼軌樁或 H 型鋼樁，則其樁間距一般約為 0.25~0.50m。樁與樁之間可鋪設鋼鈑或木板以增加圍束土壤之功能。使用排樁除具有側向保護作用外，亦可避免路基於暴雨或洪水再次侵襲時流失。

2. 土堤便道：利用現地土石堆疊，使其形成臨時道路之路基。

3. 舊路搶通：當原道路僅部分路面遭淘刷或崩塌而造成道路中斷，利用怪手將其道路往山壁內開挖後整平，以作為臨時通車之用。

4. 溪底便道：此為山區公路於風災後，因道路路基因淘刷或崩塌造成道路中斷時，道路需緊急搶通將其改道，經由溪底以土石臨時堆疊而成的臨時便道，此種便道為臨時設施使得路面較為顛簸，且位於溪流河岸，因此需限制通過時的車速、載重，並設置管制通行時間，以確保人車安全。

5. 石籠(蛇籠)路基基礎：豪雨引致之流動型破壞，其坍落土石含水量極高，亦不利直接清除，增加道路修復之困難度與危險性。此種狀況之搶修應以先撐後移之方式進行，視道路工作範圍之大小，將現場坍落土石石籠，於坡趾處構築臨時簡易重力式垛墻，此時路面之土石即可安全且迅速的加以清除，在安全之前提下，恢復部份交通功能。

6. 簡易式貨櫃基礎路基：貨櫃路基之施工原理與蛇龍路基相同，由於排水不易，因此需注意其牆背排水情形。臺 21 線 122K+600 明隧道

旁之大型邊坡滑動後，利用貨櫃堆疊成路基，但其兩邊皆有利用絞索對拉，再利用地形產生拱效應增加穩定性，除此之外貨櫃之間也有連結。

表 6-5 道路邊坡及道路路基破壞之臨時性搶修工法說明

名稱	適用範圍/使用時機	工法說明	注意事項	
			限制條件	搭配工法
鋼軌樁	1.適用較堅硬之土質。 2.使用材料簡單且施工迅速。	係將鋼軌打入地層至預定深度後，邊開挖邊將木板襯入鋼軌中，而達成擋土之功效	1.擋土強度差。 2.鋼軌若未貫入一定深度，易再次產生滑動。 3.貫入地層時會產生振動。 4.不適合軟弱層	1.土堤便道
鋼版樁	1.適用軟弱層 2.擋土強度較鋼軌樁高。 3.止水性佳	利用條狀鋼版一片接一片打入地層之預計埋設深度後，再利用鋼版連接形成擋土牆，完成臨時擋土設施。	1.鋼版樁應緊密接合，避免脫軌。 2.應垂直貫入地層，避免傾斜偏離。 3.貫入地層時會產生振動。 4.不適合用在岩礫層。	1.土堤便道
土堤 便道	1.適用各緊急搶修工程 2.土石材料取得容易。 3.施工迅速。	利用現地土石堆疊，使其形成臨時道路之路基。	1.透水性差。 2.於不穩定之邊坡上堆疊土石，增加載重使其安全性降低。 3.需經常性灑水，以免土塵影響行車視線。	1.鋼軌樁 2.鋼版樁 3.石籠路基 4.RC 涵管 5.鋼涵管
舊路 搶通	1.適用既有道路搶通之用 2.施工迅速 3.兩側道路之高低差落差不大 4.後續之修復工程可依此道路進行規劃。	於崩塌處若以無道路路基，以利用重機具往山壁內側開挖，連通崩塌兩側之道路。	1.因座落於崩塌範圍內，可能有落石及持續崩塌之疑慮。 2.臨時道路不平整，若持續下雨可能造成輪胎打滑。 3.車道變窄，用路人需互相禮讓。 4.重機具開挖時，需注意安全。	1.土堤便道 2.石籠路基 3.簡易式貨櫃基礎路基
溪底 便道	1.適用道路緊急搶修工程 2.土石材料取得容易。 3.避開危險路段，迅速搶通。 4.因周遭環境不同，便道位置可隨之選擇。	因道路路基因淘刷或崩塌造成道路中斷時，且範圍過大或位於溪流峽谷處，道路需緊急搶通將其改道，經由溪底以土石臨時堆疊而成的臨時便道。	1.透水性差。 2.需經常性灑水，以免土塵影響行車視線。 3.需視溪水水位進行封路作業。	1.RC 涵管 2.鋼涵管
石籠 路基	1.適用道路路基與道路邊坡緊急搶修工程 2.土石材料取得容易。 3.施工迅速。 4.可隨地形變化而施築。 5.此工法亦可應用於邊坡保護之用。	當道路路基嚴重流失後，無法重新再開挖或以溪底便道等方式搶通道路時，於坡腳處重新建築新的道路路基	1.需由施工人員進行編綁石籠，以利將土石固定於鋼絲網中。 2.無法承受過大之側向拉力。 3.變型後使柏油路面易產生龜裂。	1.簡易式貨櫃基礎路基
簡易式貨櫃基礎路基	1.適用道路路基緊急搶修工程 2.無需以人工方式綁定模板後再進行灌漿作業。 3.可依需求進行堆疊。 4.可搭配絞索或地錨增加穩定性。 5.施工時可同時多跨施作節省工期。	利用貨櫃作為模板，將現地土石填入後灌漿，亦可於貨櫃內置入鋼筋增加勁度及續接功能，使其形成臨時便道。	1.需施作排水設施，降低牆背之水壓力。 2.貨櫃成本較高，且運輸不易。 3.貨櫃本身勁度不足，灌漿後常有爆模情形，必要時可考慮增加其勁度。 4.貨櫃尺寸固定，需以其大小進行規劃設置地點與埋設深度。	1.鋼版樁 2.石籠路基

6.3.3 橋梁緊急搶通使用之臨時設施說明

臨時設施主要分為道路部分及橋梁部分。橋梁部分簡單而言就是遇到河川通過的地方如何跨越過去讓人車通行，而各工法皆可與道路緊急搶通設施相互搭配。詳細說明如下，並將各緊急搶通工法彙整於表 6。

1. 混凝土(RC)涵管緊急便道：此為搶通工程中最常見的過水設施，其直徑約 2~2.5m，RC 涵管土石便道適用於短距離且中等深度的河谷，其優點為取材方便且施工迅速，但大量的土石堆積，不利於河道的排水，容易遭受洪水沖毀。

2. 鋼涵管緊急便道：鋼涵管土石便道之優缺點與 RC 涵管土石便道相同，由於排水不易，因此適用於距離且水量較小之河谷。鋼涵管口徑約 3~3.5m，價格較貴但可重複使用。

3. 簡易式貨櫃基礎便橋：以貨櫃當做擋土牆之便道，適用於短距離但是深度較大之河谷，或者局部受損之橋梁，其優點為，可以用較小之空間與較少之土石堆積到所需之高度，但是由於貨櫃無法排水，因此必須搭配涵管使用。

   全臺灣第一個簡易式貨櫃基礎便橋是應用在 88 年的名竹大橋，位於臺三線南投的名間到竹山之間；主要係將貨櫃當成模板使用，不同於傳統模板需要組裝及拆卸，且耗費時間；相對於貨櫃雖然其單價較高，但考慮社會成本後相對便宜很多，而早期貨櫃工法主要還是當作臨時便道，僅只是將其開口後將現地礫石填入或是灌漿，再放上鋼板使車輛通行；但近幾年已發展到將其放入鋼筋再進行灌漿，其安全性更是大為提升。

4. 鋼便橋：鋼便橋適用於中長距離且中等深度之河谷，其優點為佔據空間小，利於河道排水，但造價昂貴，河谷太寬或者深度太深時必須考慮其經濟性。鋼便橋從九二一的時候開始使用，因當時重型機具無法進入災區，造成嚴重的災情，目前常用的跨距為 20m，可承受 20~25 噸的載重，為目前載重較大的便橋，因此對於重型機具而言其安全性係是足夠的。

表 6-6 橋梁基礎破壞之臨時性搶修工法說明

名稱	適用範圍/使用時機	工法說明	注意事項	
			限制條件	搭配工法
混凝土(RC)涵管緊急便道			1.通水量較小，遇大雨時可能無法及時宣洩水流。 2.尺寸固定，需以其大小進行埋設。 3.通水口易為溪流中之石塊、漂流木等阻塞，維修養護不易。	1.土堤路基 2.溪底便道
鋼涵管便道	1.適用於短距離且中等深度的河谷。 2.鋼涵管口徑約 3~3.5m。	利用鋼涵管配合土石堆疊及鋼軌固定後，形成簡單之臨時便橋，且可重複使用。	1.鋼涵管費用較高。 2.通水量較小，遇大雨時可能無法及時宣洩水流。 3.尺寸固定，需以其大小進行埋設。 4.通水口易為溪流中之石塊、漂流木等阻塞，維修養護不易。	1.土堤路基 2.溪底便道
簡易式貨櫃基礎便橋	1.適用於長距離且中等深度的河谷。 2.通水量較涵管便道大。 3.無需以人工方式綁定模板後才進行灌漿作業。 4.可依需求進行堆疊。 5.可搭配絞索或地錨增加穩定性。 6.施工時可同時多跨施作節省工期。	利用貨櫃作為模板，將現地土石填入後灌漿，亦可於貨櫃內置入鋼筋增加勁度及續接功能，搭配型鋼及覆工版，使其形成臨時便橋。	1.需施作排水設施，降低牆背之水壓力。 2.貨櫃、型鋼、鋼鈑成本較高，且運輸不易。 3.貨櫃本身勁度不足，灌漿後常有爆模情形，必要時可考慮增加其勁度。 4.貨櫃尺寸固定，需以其大小進行規劃設置地點與埋設深度。	1.土堤路基 2.石籠路基
鋼便橋	1.鋼便橋適用於中長距離且中等深度之河谷。 2.通水量較涵管便道大。 3.安全性及穩定性較高。 4.可承受之載重較大，約可承受 20~25 噸的載重。 5.橋梁跨距較大，常用的跨距為 20m。	利用型鋼可快速組裝及焊接之優點，搭建所需之跨徑較大之臨時便橋。簡易鋼便橋為以鋼梁架設於現有或臨時之橋台、橋墩上(一般以貨櫃填充卵塊石或混凝土作為臨時橋台、橋墩)，並於其上鋪設鋼鈑之簡易通行橋梁。	1.臨時橋墩可能阻礙水流通過或遭受沖刷。 2.型鋼、鋼鈑成本高造價昂貴。	1.簡易式貨櫃基礎便橋

第七章　公路防救災決策支援系統建立

7.1 緒論

由於臺灣自然環境特殊，地震、颱風及土石流等災害發生頻繁，災害常常造成各項交通設施及要道中斷，使得災區交通受阻、人員傷亡。因此綜整所有災害資訊並整合各災害資訊系統，在災害來臨時，提供公路設施管理人員進行緊急應變決策實屬刻不容緩。本研究應用資料交換平台架構下，整合目前現行使用的公路設施管理、防災系統、災害資訊及監測資料等，將各類型資訊模組化管理。經災害資料分析後，自動提供公路巡檢人員預警通報。巡檢人員利用公路防救災決策支援系統 PDA 或單機版本填寫表單回傳，系統依災害評估機制確認災害狀態。當橋梁中斷時，本系統之軟體代理人將匯整道路通阻資訊，並利用 ArcGIS 的路網分析模組搜尋符合用路人之最適替代道路。目前可達成下列目標：(1)不同單位間可互相分享資料，避免資料重覆建置所造成之資源浪費及資料不一致性；(2)資料庫及功能模組的擴充功能模式，有效整合各類交通設施，強化防災能力；(3)公路設施之管理。

防災能力，可從單一設施的點範圍提昇至整體綜觀之線甚至面的範圍，落實及追縱各項防救災作為。當災害來臨，公路管理單位往往不只面對單一災害事件，同一時間可能有多處災害事件需要處理。故公路管理單位如何能夠在短時間內對災情資訊進行完整收集及研判，並於短時間內完成災害應變之處置措施為本研究之目標。

7.2「資料交換平台」及「GIS 及時災害資訊整合頁面」介紹

邊坡防救災業務需仰賴政府各相關部門發佈相關災害資訊及監測資料整合，以利公路管理單位進行災害研判及決策。故本系統建置以「資料交換平台」為進行資料交換及整合，並將整合成果利用「GIS 即時災害資訊整合頁面」呈現提供公路管理單位救災參考。以下針對「資料交換平台」及「GIS 及時災害資訊整合頁面」進行介紹。

7.2.1 現有系統之缺點

目前國內公路設施主管機關，對於所轄設施如橋梁、坡地、道路或隧道之管理及防災作為皆朝向電腦化之目標，且成效顯著。然目前各機關及各設施已發展採用之資訊系統多無法相互聯繫，且多為獨立開發，資料庫間整合實屬不易，倘若以人工方式進行系統間資料整合，將無法因應災時緊急應變之需，且所需人力十分龐大。而各系統獨立運作的結果，造成各系統在使用維護管理上，發生資料重覆建置無法分享共用之問題，使得在防災作為無法有效掌握整體災情及規劃救災資源。

7.2.2 資料交換平台

為達到各系統間資料交換之目的，以智慧代理人為基礎，建立一資料交換平台，資料交換平台之建立，可減少資料重覆建置，增加資訊之使用率，達到資源共享之目標。在此架構下各系統將共享災情資訊，並可整合各項資源。建構資料交換平台之流程可分為四步驟，分別為：(1)制訂邊坡防災資料交換格式，(2)建構多代理人模式，(3)提供 Web Service 及(4)建構 GIS 即時災害資訊整合頁面，以下將以邊坡維護管理系統為交換對象進行介紹。

7.2.2.1 制定邊坡防災資料交換格式

此一步驟主要為擬定交通工程各類資訊之資料交換標準格式，以 XML 方式表現，提供不同系統間，進行資料之交換。XML 為一九八六年國際標準組織公佈的一個名為「標準通用標示語言」(Standard Generalized Markup Language, SGML)的精簡版/子集合。XML 文件和訊息的主要特色在於它是以結構及資訊內容為導向的語言。利用此種方法將資訊內容、結構和格式等不相同的文件要素予以區分。

目前國內具備或應用 XML-based 標準的產業尚少，其它產業與體系則尚處在萌芽階段，本文將建立邊坡相關 XML 資料傳遞標準範例，

以協助相關單位運用多代理人模式(Multi-Agent)進行線上協同作業。

為了提供後續流程中代理人所需之 XML Schema 資料庫，此階段將制定邊坡相關資訊之 XML 標準，以邊坡基本資料表為例，運用 XML Schema 方式說明，其中底層根元素為邊坡基本資料，其子元素包含填表日期、道路名稱、起點里程、迄點里程、紀錄長度、起點里程 GIS 座標、迄點里程 GIS 座標、資料種類、道路基本碼、更新人員及更新日期等項目。

7.2.2.2 建構多代理人模式

國內現有交通相關系統皆為獨立運作且資料互不相連，許多資料皆重複建置且格式不一，造成資源共享不易。為避免在系統整合時重複建置系統之問題，此階段將建構一多代理人模式。代理人技術已被應用在各種不同的領域，例如計畫排程、資訊檢索等，藉由此項技術的運用可以減少工作量以及資訊量，使用者可以指派代理人完成特定的任務或是與代理人相互合作，完成共同的目標。本文藉由智慧代理人間可相互溝通之特性，建立一多代理人之環境，協助完成整合交通工程相關資訊管理系統。所建置之六個智慧代理人分別是資料擷取代理人、資料過濾代理人、資料比對代理人、資料更新儲存代理人、Web Service 代理人及標籤註記代理人。前四項沿用交通工程防災預警系統之智慧代理人，後兩項為新開發之智慧代理人。功能簡述如下：

1. 標籤註記代理人主要功能是替原本無 XML 標準註記之系統網頁加入標籤，藉由標籤註記代理人由 XML Schema 資料庫中尋找合適之標籤加註於舊有系統產出文件中，本系統第一年以道路邊坡維護管理系統為測試案例進行此代理人測試。
2. Web Service 代理人則可將已加註標籤之網頁內容發佈為 Web Service，在註冊服務器中登錄此模組功能服務，之後就可提供資料擷取代理人擷取其網頁內容。

智慧代理人將是各公路相關系統對外之窗口，各代理人之間會以前

一階段中所確立之 XML 資料格式交換各資訊。此架構由多智慧代理人構成一群組，代理人將自動溝通，運用 Web Service 取得所需之資料或提供資料。

7.2.2.3 提供 Web Service

舊有系統網頁通常是以 HTML 標準撰寫，標籤註記方式較為自由，輸出表單以使用者可簡單閱讀為目的。但在此架構下，輸出網頁無法讓一些自動化軟體(如智慧代理人)所判讀，因此為了讓道路邊坡維護管理系統提供 XML 格式文件，此階段(如圖 7.1)藉由標籤註記代理人先行對舊有系統網頁進行註記，再進行註記動作前須針對該領域知識建置 XML Schema 資料庫，標籤註記理人可輔助使用者由資料庫選取合適標籤對資料欄位進行註解，以<tag></tag>方式在欄位左右處進行標記，使得網頁可以 XML Schema 格式進行資料輸出。

Web Service 代理人再根據需求由網頁或是資料庫中擷取資料建置對外之 Web Service 功能，各項資訊與服務透過 Web Service 之方式開放給予其他 Agent 連結。Web Service 為近年來所推動之技術標準。其特色為採用 XML(eXtensible Markup Language)技術傳遞結構性資料，且因為 Web Service 包含一些開放標準技術，所以讓服務互通更為方便，這些技術主要為：1.SOAP：為通訊之協定、2.WSDL：描述所提供之 Web Service 的介面標準及 3.UDDI：將服務提供者的資料註冊供人查詢。三者之關係如圖 7.2 所示。

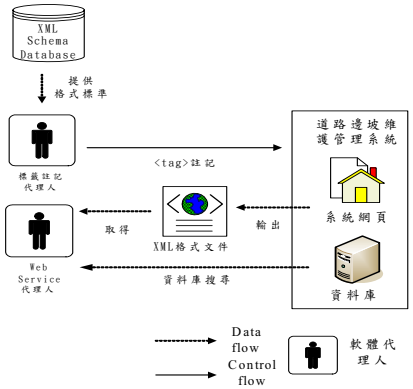


圖 7.1 道路邊坡維護管理

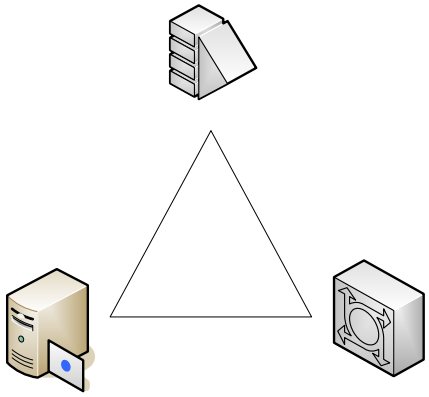


圖 7.2 Web Service 架構圖

經由此架構，各服務使用者(相關公路系統)，將可經由資料交換平台，找到可以交換之資料格式與來源位置，在設定智慧代理人之初始值後(資料之輸出、輸入及服務)，即可連結各系統，整合各項資訊。

並藉由 Web Service 代理人之協助建立各模組功能之 Web Service 功能。由此架構達到自動化資料交換，並可將功能模組整合。如圖 2.2.3-3，步驟說明如下:

(1)Step1：標籤註記

標籤註記理人產生標籤對原有資料欄位進行註記。

(2)Step2：更新最新災害資訊

資料更新儲存代理人將以資料交換表之項目在資料交換平台索取最新災害資訊，並更新道路邊坡維護管理資料庫。

(3)Step3：取得 XML 格式文件

Web Service 代理人以網頁擷取與資料庫搜尋方式取得符合 XML Schema 格式標準之文件。

(4)Step 4：發佈 Web Service

Web Service 代理人在註冊服務器中註冊所提供之資訊與服務項目以供搜尋。

(5)Step 5：查詢 Web Service

建置包含基本資料、工程、災損及巡檢等資料之檢索與維護等 Web Service 功能。

(6)Step 6：連結 Web Service

資料擷取代理人由註冊服務器中獲得資料索取訊息，連結

Web Service 獲得服務，並將 Web Service 實做為公路防救災決策支援系統之功能模組。

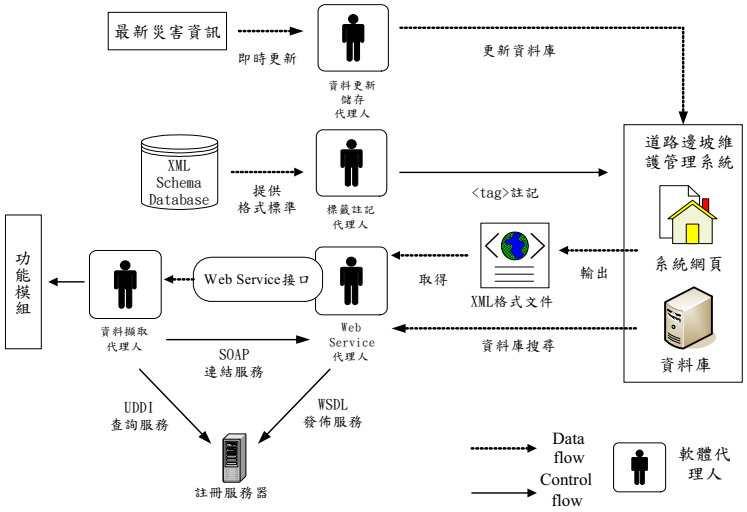


圖 7.3 道路邊坡維護管理 Web Service 圖

7.2.2.4 建構 GIS 即時災害資訊整合頁面

本階段所建置之資料交換平台，係以所確立之各智慧代理人為核心，透過資料交換平台統整各項災害資訊及各系統間共通之資料(如：邊坡基本資料)。架構圖如圖 7.4 所示。



圖 7.4 資料交換平台架構圖

根據上述資料交換平台架構，建置 GIS 即時災害資訊整合頁面，其整合臺十八線阿里山公路的逢甲大學「全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用」的全球衛星定位測量表面位移，及交通大學「全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試」的光纖光柵測量地下之位移及水壓外。另外加入逢甲大學「山區道路坡地災害防治技術整合研究」之邊坡潛勢圖層。以下將就整合資料分為三個部分介紹：1.系統簡介、2.監測資料及 3.崩塌潛勢。

1. 系統簡介

系統簡介以該頁面整合之計畫內容進行說明，得以讓使用者能夠概略了解各監測儀器之建置目的。

2. 監測資料

監測資料頁面如圖 7.5 所示，整合逢甲大學團隊及交通大學團隊之監測儀器。監測資料警示以紅綠燈的圖示表示，以利使用者能夠快速辨識目前邊坡狀態，是屬於綠燈(正常)、黃燈(警戒)或紅燈(行動)。點選圖示後，小視窗會顯示目前邊坡狀態及處置情形，且能夠直接連結查看最新巡檢內容。當有災害發生時，則可以直接於該頁面啟動救災資源指派機制，並同時對該路段進行行車替代道路規劃。指派機制及行車替代道路規劃將於後面章節進行介紹。



圖 7.5「臺十八線阿里山公路監測」之監測資料頁面

3. 崩塌潛勢

本頁面整合逢甲大學「山區道路坡地災害防治技術整合研究」之邊坡潛勢圖層，如圖 7.6。目前本頁面提供公路總局臺 14 線、臺 18 線及臺 21 線之邊坡潛勢。依據過去歷史雨量紀錄，對不同邊坡進行潛勢分析。可提供公路管理單位在災害應變時參考。



圖 7.6 「臺十八線阿里山公路監測」之崩塌潛勢頁面

7.3 救災資源指派模組

自然災害發生，狀況瞬息萬變，工務段如何在短時間指派合適人力，進行災害應變為重要課題。本階段結合「GIS 即時災害資訊平台」所提供之資訊，作為資源指派之依據。並建定「救災資源指派流程」並介紹「通報及回覆機制」及「指派機制」，使得該流程能夠在透過這兩種機制下，於系統內運行，以達到資源指派之功能。

7.3.1 救災資源指派流程

救災資源指派乃訪談工務段在山區道路應變情形，經整理作為做為本系統救災資源指派依據。颱風災害受降雨之影響為持續性災害，故工務段需指派留守人員，隨時掌望道路狀況。當災情發生時，則指派備勤人員協助災害應變。本系統利用資料交換平台對各監測系統進行災害資訊收集，提供留守人員監看。當有災情發生，則藉由簡訊通知

相關人員進行災害應變。

在工務段接收颱風、豪大雨警報並成立災害應變小組後，啟動災害支援指派流程機制，如圖 7.7 所示。工務段主管透過系統設定留守人員及備勤人員名單。系統根據工務段內民眾通報或道路災害相關監測資訊等情報，經系統研判擬定巡檢優先順序，並藉由指派機制派遣人員進行巡檢。巡檢人員到達現場後，可利用 PDA 手機填寫「簡易目視檢查表」並回傳系統。段長依據巡檢人員所填表單結果，決定是否進行封路。系統會根據段長決策啟動指派機制進行交通管制。

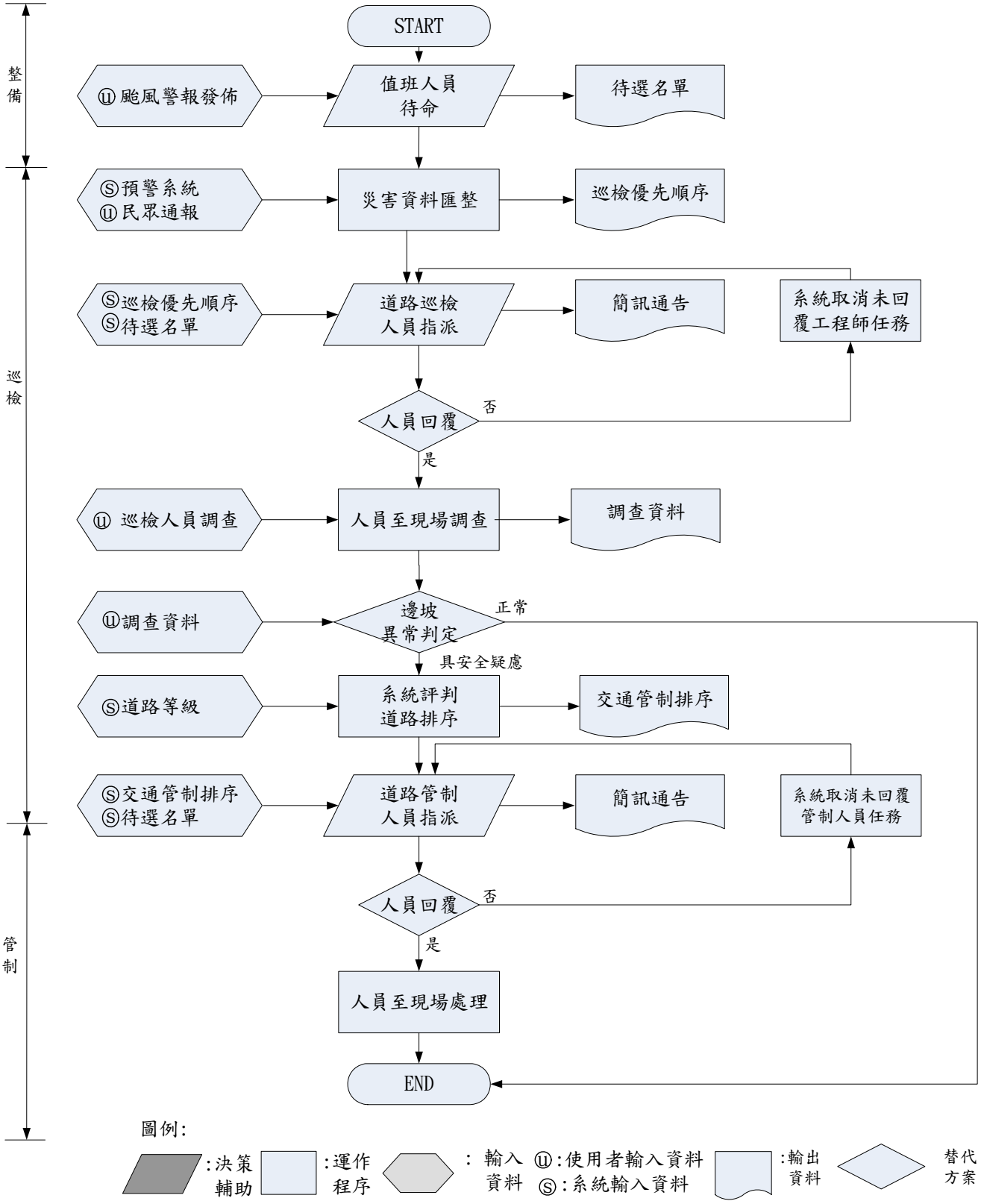


圖 7.7 颱洪、土石流災害系統支援指派流程圖

7.3.2 通報及回覆機制

「通報及回覆機制」乃根據「救災資源指派流程」原則，需隨時掌握救災人員狀態之需求所建立。當系統發出簡訊後，需由接受簡訊的救災人員進行簡訊回覆，以確認該訊息內容已傳達，避免因通訊問題而造成資訊傳遞之落差。

「通報及回覆機制」將強化過去本系統單方向自動通報系統機制，採用臺灣簡訊(http://www.twsms.com/)之 API 服務，建構出運用手機簡訊雙向通訊功能，提供工程師發送簡訊至系統完成通報或是回傳資料之功能。機制如圖 7.8 所示，系統以過手機簡訊或 E-mail 方式對救災人員發出通報。而救災人員在收到通知後，依照是否可接受任務等狀況，透過手機簡訊回覆給系統，或上網登入系統改變巡檢人員狀態，確認是否可執行任務。系統可根據救災人員回報狀態確認任務是否被執行或者需指派其他救災人員處理。根據上述機制系統可隨時掌握救災人員之狀態，並且依系統救災人員閒置狀態進行指派。

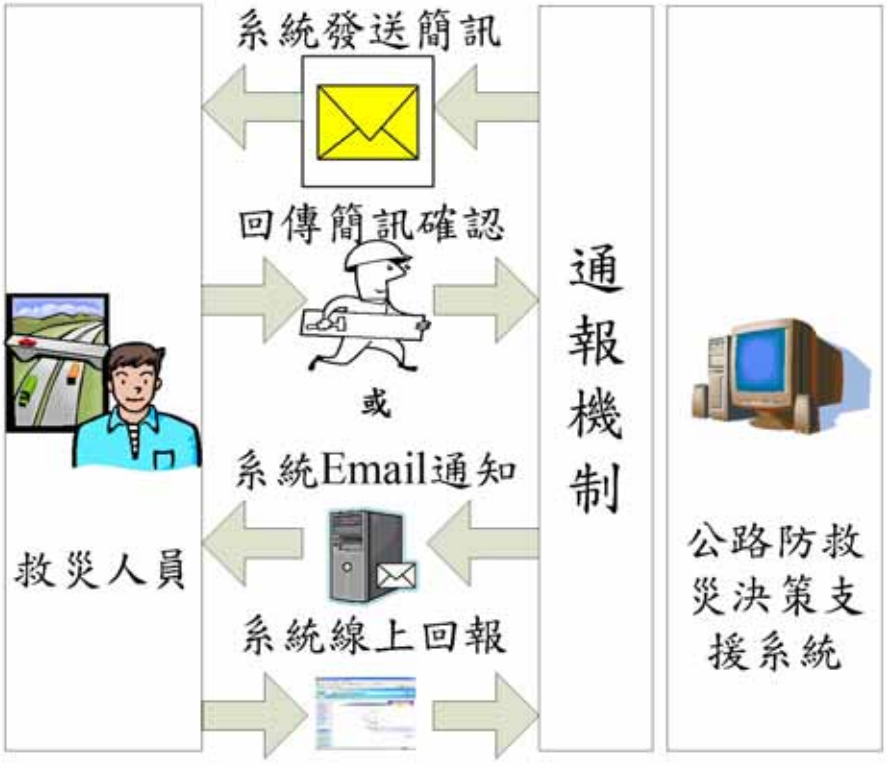


圖 7.8 簡訊雙向傳輸架構圖

7.3.3 指派機制

「指派機制」乃根據「救災資源指派流程」中各項任務需要同時由不同人員擔任之需求所建置，故該機制能夠視任務不同，讓不同之救災人員執行任務。並考量救災人員之狀態，將任務指派給閒置人員，平均分擔工作量，強化救災效率。指派機制如下：系統根據工務段不同狀況先建立留守人員及備勤人員名單。目前工務段在災時需要巡檢任務及交通管制任務，故留守人員及備勤人員名單中，將建立巡檢工程師及交通管制人員兩類待選名單，其中巡檢工程師包含：值班工程師、備勤工程師、非備勤工程師及鄰進工務段工程師；交通管制人員包含：值班工程師、備勤工程師、非備勤工程師、備勤人員、開口契約商、非備勤人員及鄰近工務段人員。當災害事件發生後，系統根據待選名單狀態進行指派，如圖 7.9 所示。因為待選名單中工程師 A 狀態列為出勤，故系統會向第二順位工程師 B 發出簡訊通報。如果工程師 B 無回覆確認任務，系統會自動發簡訊給工程師 C，同時傳簡訊給工程師 B 取消任務。工程師 C 經簡訊回覆，則系統會記錄工程師 C 已執行該任務。當巡檢任務結束資料回傳，則系統會將工程師 C 在待命名單狀態恢復為待命。

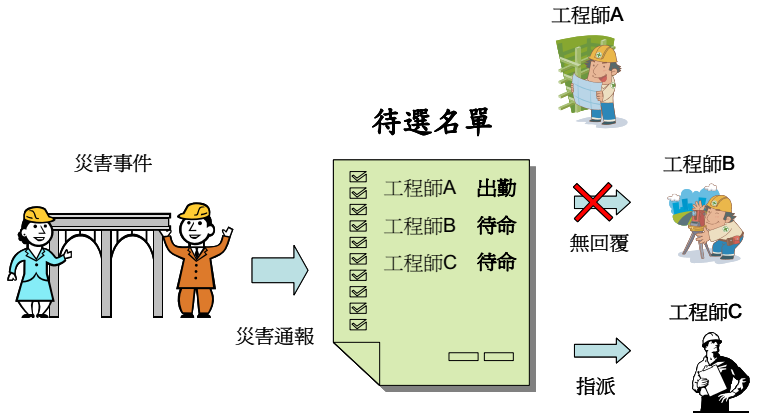


圖 7.9 指派機制

7.4 行車替代道路規劃模組

當公路管理單位主管根據「簡易目視檢查表」做出該道路需限制通行或禁止通行決策後，雖然可降低用路人行車意外，但限制該橋梁通行將直接影響周邊車流量並造成該橋梁周遭路況壅塞。因此本模組利用 GIS 的路網分析功能配合現行路況資訊，進而找出可紓解車流兼具安全性的行車替代路線。

目前市面上搜尋最適行車路線相關網頁或應用程式大部分僅能設立起訖點即進行路線搜尋，但無法掌握該道路目前狀況是否適合行車，尤其當災害發生後，許多公路設施將有安全疑慮。故本模組在透過資料交換平台匯整目前路況(全國路況中心、公路防救災管理系統及公路防救災決策支援系統)，進行最適行車路線搜尋。此外為避免地理資料庫與現實狀況有差異，另外提供使用者可自行加入中斷點，避免所搜尋路段中在實際路況無法正常行車之問題。以下將針對模組發展及功能進行說明。

7.4.1 路網建置

要搜尋最適行車路線需要標準的路網才能進行，標準的路網是由路段與節點所組成。單一路段僅可對應兩個節點，但單一節點則可對應一個以上的路段。路段本身可代表某種物理量，如距離、失敗通行機率等。路徑搜索即依據節點找出相對應路段，選擇路段後再根據節點找出相對應路段，反覆進行到終點，即為一條行車路線。比較各行車路線距離最短者即為最適行車路線。

本階段最適行車路線替代道路搜尋模組需先建立可供行車線搜尋的路網。首先將 97 年版路網數值圖的道路圖層轉換為可供 ArcGIS 讀取的 SHP 檔，再用 ArcMap 進行圖層編輯，利用 Calculate Geometry 功能進行各線段長度計算並儲存於屬性資料表，作為路網分析阻抗參數。接下來應用 ArcCatalog 新增 Feature dataset 至地理資料庫 File

Geodatabase 中，並設定座標系為 TWD 97 座標系，再將道路圖層匯入。後續利用 ArcGIS 擴充模組 Network Analysis 建立 Network dataset，其中 Network dataset 精靈可將道路圖層轉換為含有節點及路段之標準路網，並設定路段長度為阻抗參數，完成路網建立。

7.4.2 路網分析模組開發

路網分析模組開發將採用 ArcGIS 的 Network Server，其會利用前一步驟所建立之路網為基礎，加入資料庫中邊坡路段之起迄點及中斷點，另外加入目前路況，建立行車替代道路。結果透過網頁方式呈現。為了讓工程師能夠易於了解行車替代道路所經過之區域，故藉由谷歌公司(Google)所開發 API，利用 JavaScript 引用 GoogleMap 地圖資源，讓 ArcGIS server 分析成果套疊在 GoogleMap 的操作介面，其保留 GoogleMap 原本功能，包含地圖縮放、平移以及地圖切換為地圖、衛星或地形，同時也可以顯示所搜尋替代道路之結果。如圖 7.10 所示，左邊地圖則表示所建議行車替代道路所在位置；右邊表格則為中文行車指示，表格會顯示各路段行車距離及估計之行車時間，指示路口該選擇之行車方向。如對於系統所選擇之替代道路任何路段有不合適，可直接點選地圖不合適路段加入中斷點，模組即會重新規劃行車替代道路。

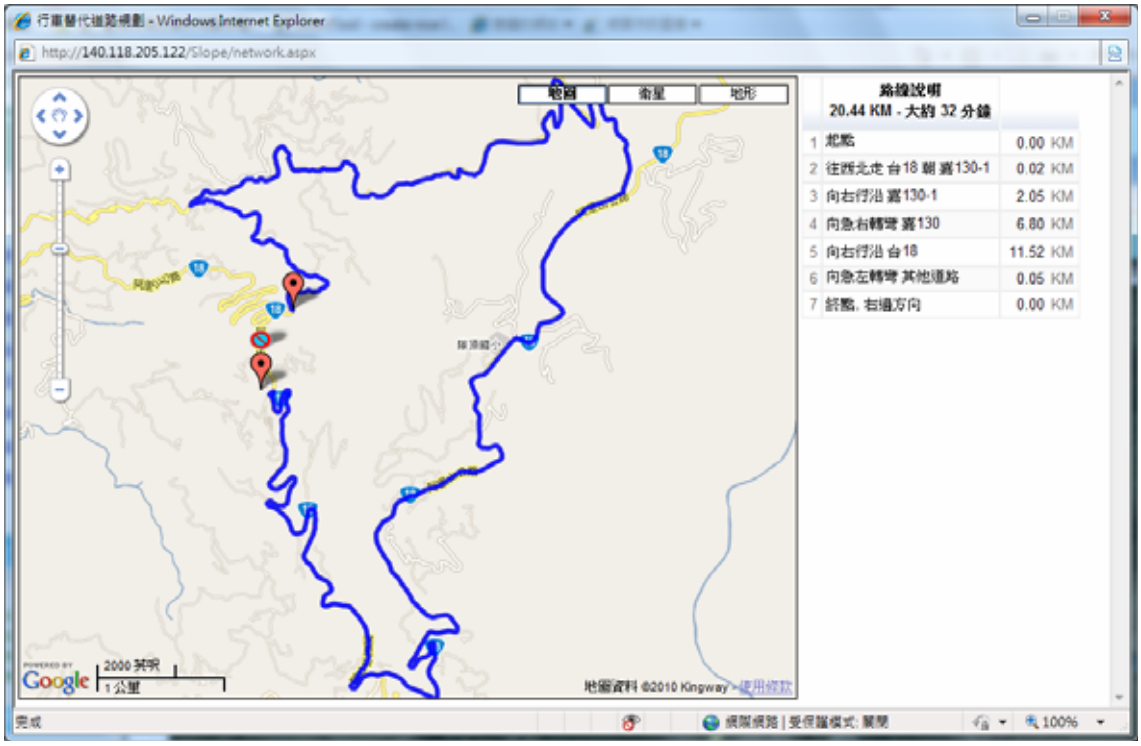


圖 7.10 行車替代道路規劃模組

7.5 模擬成果展現

本系統透過「資料交換平台」匯整災害資訊，透過「救災資源指派模組」協助段長進行災害應變。當段長決定進行道路管制，可利用「行車替代道路規劃模組」進行替代道路規劃紓解車流量，減輕工務段業務量。以下將假設氣象局發佈颱風警報，模擬本系統應用於阿里山工務段協助防救災業務。

1. 災害應變小組名單建立

當颱風警報發佈，各工務段需成立災害應變小組，並建立人員執勤名單。測試人員以段長身分登入系統，分別建立留守人員、備勤人員及休假人員名單，如圖 7.11 所示。



圖 7.11 邊坡災害應變小組名單建立

2. 監測儀器資料傳遞

當測試人員進入「臺十八線阿里山公路監測」之監測資料頁面，即可對邊坡狀態進行監控，當燈號會變為紅燈，如圖 7.12 所示，系統則會列出危險邊坡清單，並自動指派人員進行巡檢任務，如圖 7.13 所示。



圖 7.12 邊坡狀態已達紅色警戒



圖 7.13 危險邊坡清單

3. 指派工程師巡檢

當系統列出危險邊坡清單後，即會指派人員進行巡檢任務，如圖 7.14 所示，系統網頁會顯示目前任務指派狀態。巡檢人員收到簡訊通知後，回覆簡訊內容，系統則會認定完成指派任務。



圖 7.14 指派巡檢人員

4. 巡檢內容回報

工程師在回覆簡訊後，可開啟 PDA 之巡檢表單，進行邊坡狀態調查，並傳回系統，提供是否進行封路決策之參考。阿里山工務段段長登入系統，如圖 7.15 所示，段長則可以透過系統了解邊坡現地狀況，如圖 7.16 所示。



圖 7.15 測試人員以段長權限登入系統



圖 7.16 段長查看調查結果

5. 段長決定封路

當段長根據調查結果，判斷邊坡具有危險潛勢時，可點選監測儀器圖示，開起小視窗執行封路作業，如圖 7.17 所示。系統即會自動開始執行封路指派任務。



圖 7.17 封路決策執行

6. 啟動封路指派機制

系統啟動封路指派後，會傳簡訊給工程師及相關技術人員。受指派人員會立即在手機收到封路通知，如圖 7.18 所示。封路人員依巡檢任務指派相同機制，進行簡訊回覆。如果受指派人員有其他任務需處理，則無法回覆簡訊。系統在未收到回覆狀況下，會重新指派人員，直到系統確認封路人員已達要求回覆人數為止。



圖 7.18 測試人員收到封路通報

7. 行車替代道路規劃

段長確認封路任務完成後，可透過「臺十八線阿里山公路監測」之監測資料頁面，開啟監測儀器圖的小視窗，即可進行替代道路規劃。如圖 7.19 所示。



圖 7.19 邊坡替代道路規劃

第八章　省道臺18線案例分析

山區道路邊坡崩塌之研究重點在於維護用路人車之安全，因此山區道路邊坡崩塌之發生地點、時間、和崩落土方量之預測便成為道路邊坡防災之主要研究課題。而本研究團隊於民國 94 年度承接「坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究」一案，即已建立分階式邊坡崩塌預測模式，其中包含：潛在崩塌類型、崩塌潛能、降雨時崩塌機率及可能發生之崩塌規模等四階段。其中崩塌類型、崩塌潛能與降雨時崩塌機率之發展已漸趨成熟，唯崩塌規模之研究尚屬發展階段，因此為延續過去之研究成果，本研究特利用統計分析方式進行崩塌規模之分析研究。另外，為能預測邊坡崩塌之可能發生時間，本研究也利用建立降雨入滲行為與邊坡崩塌之關係，分析驅動邊坡滑動之可能連續降雨量，進而預測邊坡崩塌之時間，本章節將針對上述研究方法、內容與成果，進行敘述。

8.1 崩塌土方量之統計分析

針對崩塌土方量之統計分析方面，本研究仍以臺 18 線為研究對象，嘗試建立崩塌土方量之簡化估算公式(如式(8-1))，然此式中之 V 並不能直接代表實際崩塌量，僅是間接反應與實際崩塌量之關連性，因此需要再利用統計方法建立實際崩塌量與公式估算崩塌量間之關係。

$$V = L \times W \times (A \times a + B \times b + C \times c + D \times d) \quad \text{..... (8-2)}$$

其中，L(m)：崩塌面長度；

W(m)：崩塌面寬度；

A(%)：短草比例；

A(m)：短草平均根長；

B(%)：長草比例；

b(m)：長草平均根長；

C(%)：喬木比例；

c(m)：喬木平均根長；

D (%)：灌木比例；

d(m)：灌木平均根長。

因此要以此式估算邊坡崩塌量，則需對根系之深度進行量化，根系類型主要有主根、側根、不定根、直根系、鬚根系、軸根系、散根系及板根系等，可以見得其複雜性。但是，本研究為了找出能夠反應出土層厚度的外部因子，對於根系的橫向生長和其它較複雜之生長特性則先不多做考慮，而是直接以 T-18 線常見之草本及木本植物作為量化代表。

首先，草本植物以五節芒為量化依據，根據黃瀚瑱(2006)坡面草株基本資料(表 8-1)，並且根據權重比例的概念給予量化，量化結果為短草：0.28m；長草：0.66m。另外，由於灌木目前無可引用之平均根長，因此先自行假設平均根深為 1.5m 量化之。以一株樹齡 40 年生的相思樹為例，樹高 7m、胸高直徑 14cm，其根系最大深度達 240cm，其量化結果為喬木：2.4m。最後將量化結果整理如表 8-2 所示，將表 6-2 之量化結果與附錄 II 中淺層破壞案例之崩塌面長度(L)、崩塌面寬度(W)與植被種類，帶入(8-1)式估算崩塌量，估算結果與實際崩塌量比較於

表 8-3。公式估算與實際崩塌量可用一函數 logY=0.7logV+1.26 表示兩者間之關係(R^2=0.773，其中 Y 和 V 分別代表實際崩塌量和公式估算所得之值)，並且嘗試訂出其上下邊界：logY=2.25logV 與

logY=0.95logV(如圖 8-1)。再者，式[6-1]除可用來估算崩塌規模外，若將其等號兩邊同除以 L 及 W，則此式可用來估算崩塌土層厚度，如此在公式使用上，便更具邏輯性與符合相關參數之因果關係。

表 8-1 草株基本資料(坡面)(黃瀚瑱，2006)

株高 H(cm)	根深 h(cm)	株高 H(cm)	根深 h(cm)
10	6	44	27
19	11	56	33
20	14	70	34
37	13	72	31
40	14	134.5	60
41	18		

表 8-2 植被種類深度量化表

植被種類		根長量化值	備註
草本植物	短草	0.28(m)	五節芒
	長草	0.66(m)	
木本植物	灌木	1.5(m)	假設值
	喬木	2.4(m)	相思樹

表 8-3 崩塌規模公式估算結果

崩塌案例 (里程)	公式估算崩塌量 (m^3)	實際崩塌量 (m^3)	崩塌案例 (里程)	公式估算崩塌量 (m^3)	實際崩塌量 (m^3)	崩塌案例 (里程)	公式估算崩塌量 (m^3)	實際崩塌量 (m^3)
20k+750	1746	2300	22k+850	429	2880	43k+150	1388	3453
21K+100	10	70	22k+850	31	319	45k+180	25	195
21k+400	88	125	22k+950	127	510	56k+450	19	450
21k+500	37	290	24k+700	405	1134	57k+050	376	1500

21k+555	31	200	24k+750	16	125	58k+000	2054	2640
21k+650	106	788	26k+100	156	400	59k+500	108	440
21k+900	30	500	26k+800	68	360	59k+550	32	146
22k+050	11	120	28k+100	3316	2930	63k+400	303	2115
22k+250	46	105	31k+500	20	30	66k+700	50	500
22k+350	102	1386	40k+400	1287	2310	69k+300	240	1375
22k+350	25	180	42k+700	8	30	73k+400	51	280

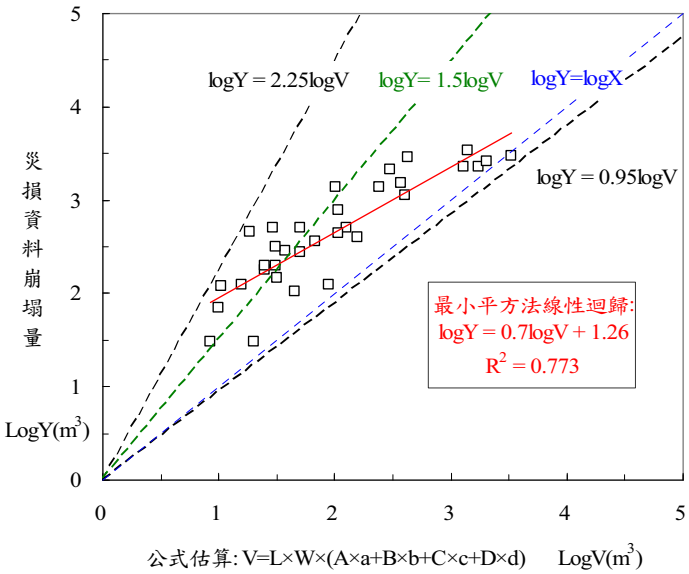


圖 8-1 崩塌量公式估算與實際崩塌量關係圖

另外，本研究也嘗試將所蒐集分類之臺 18 線淺層破壞案例，進行崩塌規模分級與崩塌頻率統計分析，分析結果如表 8-4 與圖 8.2 所示，而由圖 8-2 可知臺 18 線邊坡崩塌最常發生之崩塌規模為 10m3。至此，利用上述崩塌量簡化估算公式與崩塌規模發生頻率統計圖，便可簡單的預測崩塌規模大小，而其中簡化估算公式因須先概估其可能之崩塌面長度與寬度，才能計算出 V，因此本預測模式算是有條件之預測方式。

表 8-4 33 筆崩塌案例之崩塌量分級結果

崩塌量分級(m^3)	案例數(共 33 筆)	崩塌頻率
>0	33	100%
>10	33	100%
>50	31	94%

>100	30	91%
>250	22	67%
>500	15	45%
>1000	11	33%
>1500	8	24%
>2000	7	21%
>2500	4	12%
>3000	1	3%
>3500	0	0%

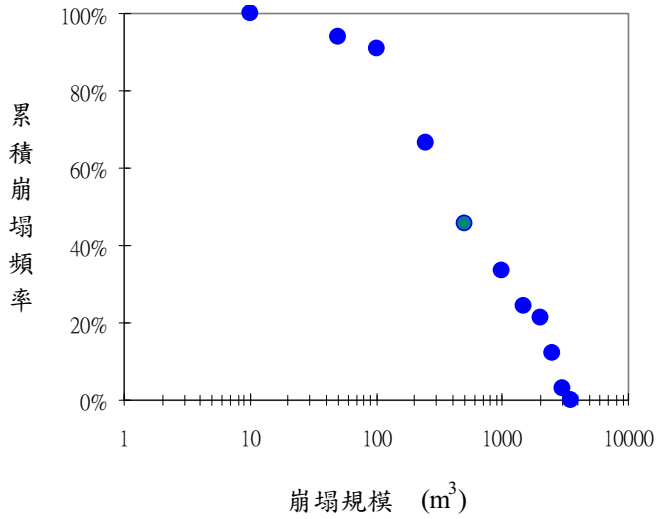


圖 8.2 崩塌規模與累積崩塌頻率關係圖

8.2 由降雨入滲行為預測淺層邊坡破壞時間

近年來邊坡崩塌之研究大多以潛感分析為主，然於目前眾多研究中，大多以雨量資料(降雨量及累積降雨量)為進行崩塌機率分析之主要驅動因子，鮮少以建立降雨入滲與邊坡穩定間之相互關係模式進行研究，然邊坡淺層滑動破壞又與降雨後雨水滲透土壤之難易度、滲透量與滲透深度有著密切的關係，因此本研究結合降雨滲透模式與無限邊坡理論，同樣以降雨量與累積降雨量為基礎，針對降雨入滲與邊坡穩定間之相互關係進行探討，藉以了解雨水入滲對於邊坡穩定之影響，建立降雨量、雨水入滲、水力參數及邊坡穩定等四者之關係，並用來

估算道路邊坡之崩塌發生時間。

8.2.1 分析模式建立

8.2.1.1 Green-Ampt 滲流模式

本研究採用「Green-Ampt」滲流模式進行滲流與邊坡穩定關係之研究。Geen-Ampt 模式為一一維(one dimension)雨水入滲模式，其最初發展是用於地面積水入滲於水平地表面之分析，因此若要將其應用於傾斜地表面之滲流，則勢必需予以修正，式(8-3)及式(8-4)為 Chen & Yung (2006)針對地表傾斜之邊坡將 Green-Ampt 模式修正後之方程式：

$$f(t)=k\left[\cos\beta+\frac{(\psi_f\cdot\Delta\theta)}{F(t)}\right] \quad \text{..... (8-5)}$$

$$F(t)-\frac{(\psi_f\cdot\Delta\theta)}{\cos\beta}\ln\left[1+\frac{F(t)\cos\beta}{(\psi_f\cdot\Delta\theta)}\right]=k_y\cdot t \quad \text{..... (8-6)}$$

其中，$f(t)$：滲流速率；

$F(t)$：累積滲流速率；

ψ_f：溼潤界面(wetting front)之吸附水頭；

$\Delta\theta$：體積含水量差$(=\theta_s-\theta_i)$；

β：坡角(若為水平地表β=0)；

k：滲透係數。

另外，本研究將結合$\Delta\theta$及ψ_f，並稱$\psi_f\,\Delta\theta$為「溼潤吸附參數」。而滲透係數及濕潤吸附參數為土壤本身內在性質，可由室內試驗求得，另將 Green-Ampt 滲流模式中所需輸入之參數列於表 8-5。

表 8-5　Green-Ampt 滲流模式所需輸入參數(Chow 等人，1988)

土壤	孔隙率之範圍η	含水量之範圍θ_e	吸附水頭之範圍ψ_f(mm)	滲透係數k(mm/h)	吸附水頭ψ_f(mm)	飽和滲透係數$k_s(=2k)$(mm/h)
砂	0.374~0.5	0.354~0.48	9.7~253.6	117.8	49.5	235.6
壤土質砂	0.363~0.506	0.329~0.473	13.5~279.4	29.9	61.3	59.8

砂質壤土	0.351~0.555	0.283~0.541	26.7~454.7	10.9	110.1	21.8
壤土	0.375~0.551	0.334~0.534	13.3~593.8	3.4	88.9	6.8
粉質壤土	0.42~0.582	0.394~0.578	29.2~953.9	6.5	466.8	13
砂黏土質壤土	0.332~0.464	0.235~0.425	44.2~1080	1.5	218.5	3
黏土質壤土	0.409~0.519	0.279~0.501	47.9~911	1	208.8	2
粉質粘土質壤土	0.418~0.524	0.347~0.517	56.7~1315	1	273	2
砂質粘土	0.37~0.49	0.207~0.435	40.8~1402	0.6	239	1.2
粉質粘土	0.425~0.533	0.334~0.512	61.3~1394	0.5	292.2	1
黏土	0.427~0.523	0.269~0.501	63.9~1565	0.3	316.3	0.6

Green-Ampt 滲流模式之建立有其假設條件為：(1)濕潤界面之吸附水頭為常數；(2)土壤濕潤前與濕潤後之體積含水量差應為一致(如圖 8.3 所示)；(3)滲流係數為一常數且相等於飽和滲流係數(k_{sat})。另外，土壤在 Green-Ampt 模式中，假設其在滲流期間於濕潤面深度是為完全飽和，而在溼潤面下則保持其為初始飽和狀態，其中濕潤面垂直深渡可利用式(8-7)計算得之。

$$z_w = \frac{F(t)}{(\theta_s - \theta_i)\cos\beta} \quad \text{..... (8-8)}$$

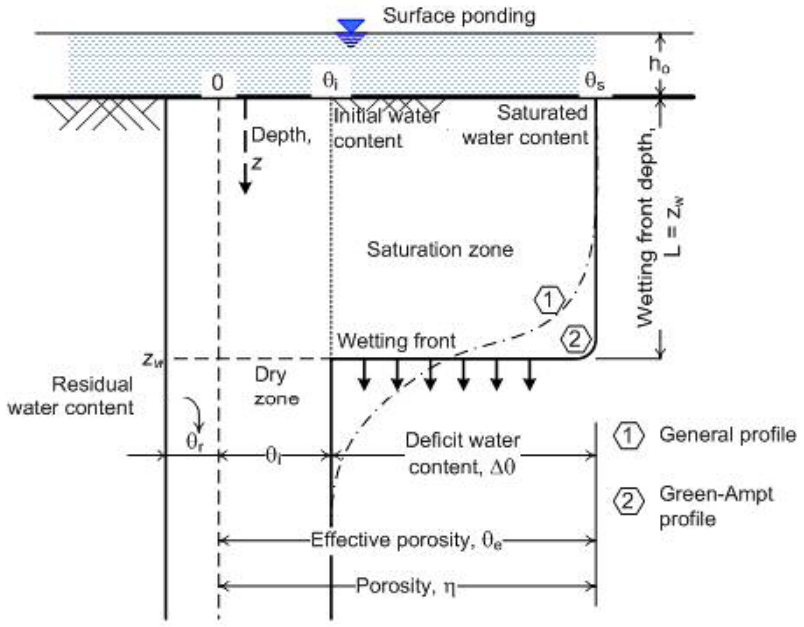


圖 8.3　Green-Amp 入滲剖面示意圖

Green-Ampt 滲流模式可適用於穩態與非穩態降雨量，且於降雨元素驅動下，存在三種雨水滲流模式(如圖 8.4 所示)：(1)降雨量大於滲流速率，且地表為飽和狀態(case1)；(2)於初始狀態，降雨量小於滲流速率，但隨後即轉變為降雨量大於滲流速率，此時地表由不飽和狀態轉換為飽和狀態(case2)；(3)降雨量小於滲流速度，此時地表並無任何飽和狀態土壤(case3)。第三種滲流狀態時，所有降雨量皆入滲至土壤，但地表並未達飽和狀態，除非滲流速度小於降雨量，才可能使地表達飽和狀態，而在此滲流型態下，可利用式(8-9)估算出滲流雨量，然在此狀態發生時間區段外，其餘增加之降雨量將轉變為地表逕流水。

$$F(t+\Delta t)-F(t)-\frac{(\psi_f\cdot\Delta\theta)}{\cos\beta}\cdot\ln\left[\frac{(F(t+\Delta t)\cos\beta+\psi_f\cdot\Delta\theta)}{(F(t)\cos\beta+\psi_f\cdot\Delta\theta)}\right]=k_y\cdot\Delta t \quad \text{.....(8-10)}$$

另外，上述狀態(case2)之滲流雨量可以利用下式求得：

$$F(t'_p)=\frac{k_{sat}\cdot(\psi_f\cdot\Delta\theta)}{I(t)-k_{sat}\cos\beta} \quad \text{.....(8-11)}$$

而其達到飽和所需時間為：

$$t'_p=\frac{F|t'_p|-F(t)}{I(t)} \quad \text{..... (8-12)}$$

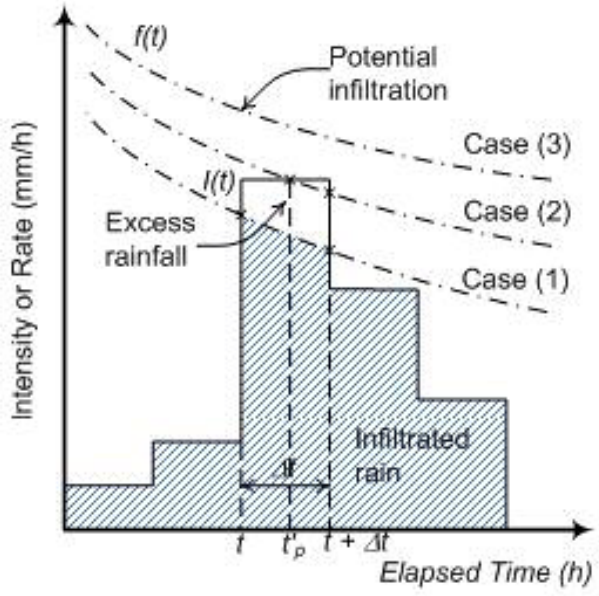


圖 8.4 降雨量與滲流速率關係圖

8.2.1.2 邊坡穩定模式

當雨水滲流進入地表下不飽和土壤中，將造成靠近地表面產生淺層濕潤面，若是降雨持續一段時間，便會引起邊坡破壞，而此種邊坡破壞類型經常為淺層邊坡滑動破壞，因此本研究採用無限邊坡模式(如圖 8.5 所示)，考慮未飽和土壤之行為，並利用莫爾庫倫破壞準則估算無限邊坡滑動安全係數：

$$FS = \frac{c' + (\sigma_n - u_n)\tan\phi' + (u_a - u_w)\tan\phi^b}{\gamma_t z_w \sin\beta\cos\beta} \quad \text{..... (8-13)}$$

式(6-8)中，吸附水壓 $(u_a - u_w)$將隨著含水量之增加而減少，而當土壤為飽和時$u_a - u_w$=0；另外，ϕ^b與吸附水壓有著一定的關係，當土壤為低吸附水時，ϕ^b相當接近於有效摩擦角ϕ'；於本研究中，則假設$\phi^b = \phi'$，u_a為大氣壓力，則$u_a - u_w = (-\psi_f)\cdot\gamma_w$，而垂直應力$\sigma_n = \gamma_t z_w \cos^2\beta$，至此可將式(8-14)改寫為：

$$FS = \frac{c' + \gamma_t z_w \tan\phi' - \psi_f \cdot \gamma_w \tan\phi'}{\gamma_t z_w \sin\beta\cos\beta} = \frac{\tan\phi'}{\tan\beta} + \frac{c' - \psi_f \cdot \gamma_w \tan\phi'}{\gamma_t z_w \sin\beta\cos\beta} \quad \text{.....(8-15)}$$

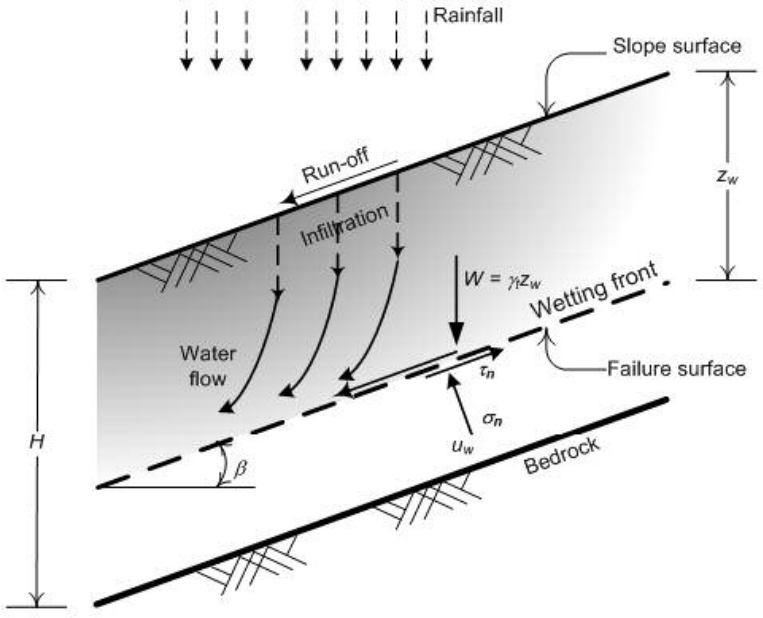


圖 8.5 無限邊坡滲流模式

8.2.2 臺 18 線分析結果

本研究選取以中部山區道路省道臺 18 線為所建立模式之分析研究對象，此地區之邊坡坡角約為 40˚~80˚(平均角度為 60˚)，且根據交通部(2005)之鑽探調查(圖 8.6)，此區域以礫石、砂質與粉土混合或砂質與粉土混合之土壤為主，其粒徑分佈曲線如圖 8.7 所示；另外，此區域之土壤孔隙率η=0.1~0.34(平均孔隙率為 0.26)。而依據 Arya & Paris’s (1981)建議之方法，建立此區域之土讓含水量與吸附水頭特徵曲線圖，如圖 8.8 所示，依據粒徑分佈曲線之土壤性質，參照此圖可估算出此區域之吸附水頭變化。其他針對所選取之分析區域所需輸入之土壤基本參數為：有效凝聚力c'=0~50kpa (平均有效應力為 22kpa)；有效摩擦角ϕ'=17˚~31˚(平均有效摩擦角為 20˚)；而土壤之剪應力則以室內實驗求得。另外，對於曾經破壞過之邊坡，其透水係數於曝露區為

36~360mm/h，植披覆蓋區則為 0.36~3.6mm/h，相關分析所輸入之參數彙整於表 8-6 所示。

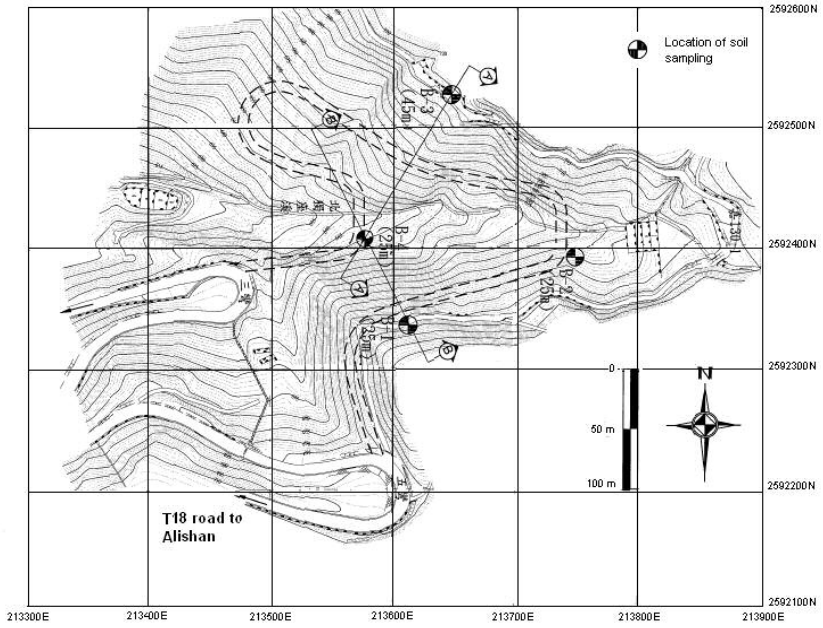


圖 8.6 交通部於臺 18 線阿里山公路進行地質調查之鑽探孔位圖

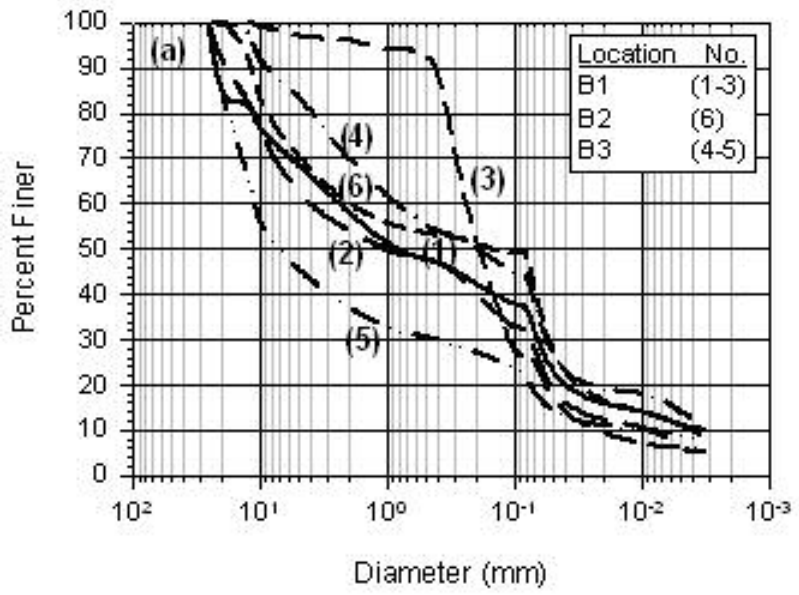


圖 8.7 研究區域之粒徑分佈曲線

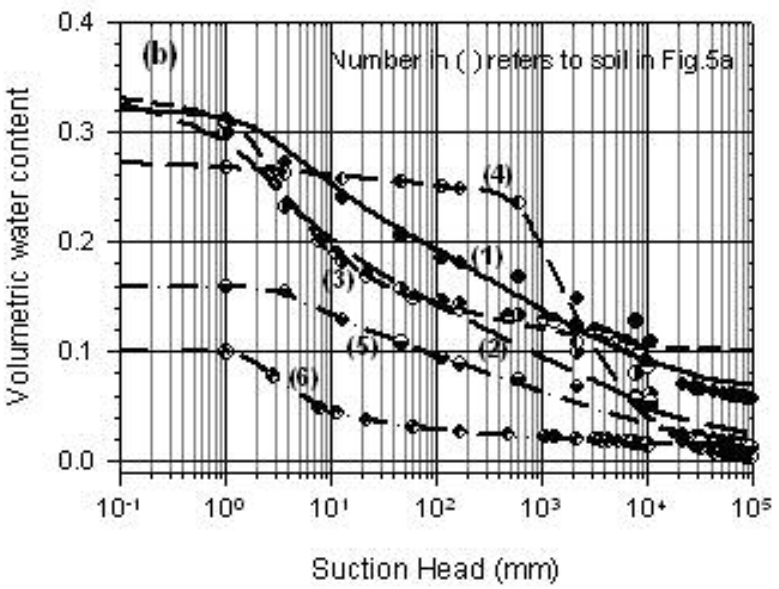


圖 8.8 土壤含水量與吸附水頭關係曲線

表 8-6 分析進行所輸入之參數

參數	數值大小
飽和滲透係數(k_{sat})	邊坡 1：360mm/h 邊坡 2：36mm/h 邊坡 3：3.6mm/h 邊坡 4：0.36mm/h
初始含水量(θ_i)	7~18.6%(13.1)
含水量差($\Delta\theta$)	0.029~0.191(0.123)
濕潤面吸附水頭(ψ_f)	1~800mm
土壤凝聚力(c')	0~50(22)kpa
土壤摩擦角(ϕ')	17°~31°(20°)
單位重(γ_t)	19.7~24.8(21.8)kn/m^3

另外，雨量資料之分析範圍，以本研究團隊於臺 18 線 41K+700 處所裝設之雨量計(如圖 8.9)，於 2006 年 7 月期間侵襲臺灣之颱風(艾

維尼、碧利絲、凱米)降雨量為主。圖 8.10 所示為選取颱風之時雨量與累積降雨量紀錄圖，圖中顯示艾維尼颱風在開始紀錄降雨 17 個小時後，開始有大量的降雨產生，並持續 19 個小時，在此期間其累積降雨量總計為 400mm ，最大降雨量為 68mm/h；而碧利斯颱風則帶來較大量的降雨，其累積降雨量於 7 月 14 日至 7 月 16 日共累積有 900mm，而在降雨開始之 15~16 小時後則有最大降雨量發生，其值為 44.5mm/h；最後，凱米颱風帶來將近持續 24 小時之降雨，其累積降雨量達 190mm，最大降雨量發生於降雨開始後 12 至 13 小時之間，爾後雨量持續記錄直到颱風離開臺灣。



圖 8.9 取得雨量資料之雨量計裝設位置

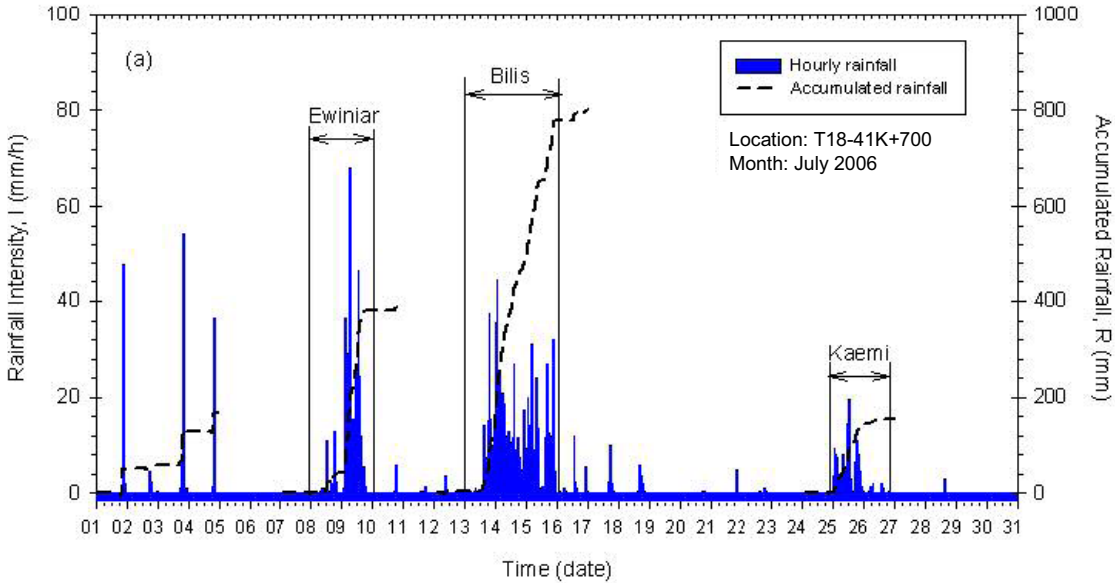


圖 8.10　T18-41K+700 雨量計所搜集之雨量資料

8.2.2.1 滲流對於邊坡穩定之影響

圖 8.11~圖 8.13 為不同颱風之降雨量下，濕潤面深度與邊坡穩定之分析結果，其中安全係數之計算是利用以下之邊坡基本資料求得：$\beta = 60°$；$\psi_f = 800\text{mm}$；$\Delta\theta = 0.123$；$c' = 22\text{kpa}$；$\phi' = 20°$；$\gamma_t = 21.8\text{KN/m}^3$。由圖 8.11~圖 8.13 中可知，在一般情況下，邊坡之穩定度隨著濕潤面深度之增加而減少，而濕潤面之深度又隨著降雨持續時間之增加而增加。另外，圖中邊坡[1]與邊坡[2]之 k 值分別為 360mm/h 及 36mm/h，屬於高滲透性土壤，其降雨入滲深度較深，至於邊坡[3]與邊坡[4]之 k 值則分別為 3.6mm/h 及 0.36/h，屬低滲透性土壤，其降雨入滲深度較淺，比對其濕潤面深度與安全係數可發現，滲透性較高之邊坡相較於滲透性較低之邊坡，其破壞發生傾向於深度較深處，然依據本研究之分析結果，只有滲透性較高之邊坡才有發生破壞的現象(FS<1)，故邊坡[4]經此三個颱風之降雨侵襲，皆無破壞情況產生。

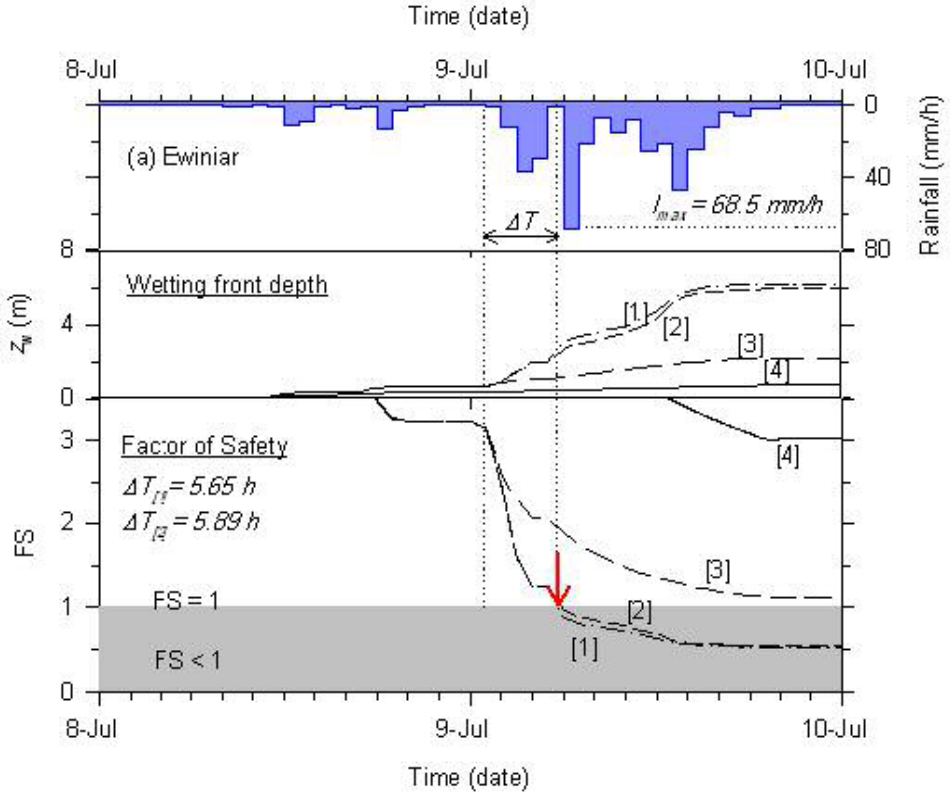


圖 8.11 艾維尼颱風之分析結果

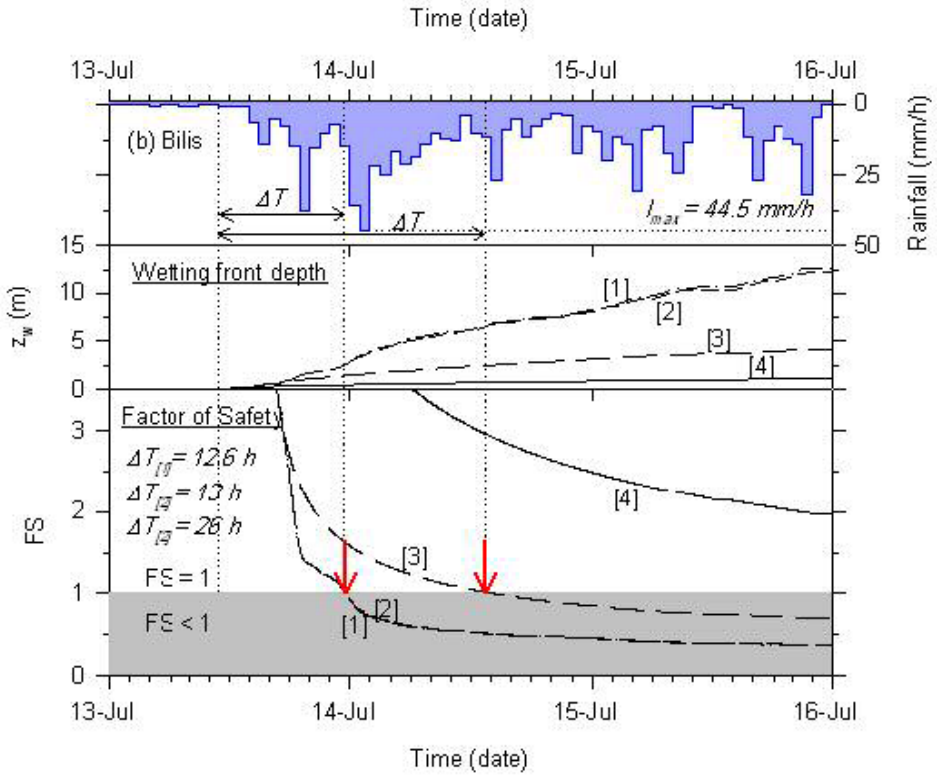


圖 8.12 碧利絲颱風之分析結果

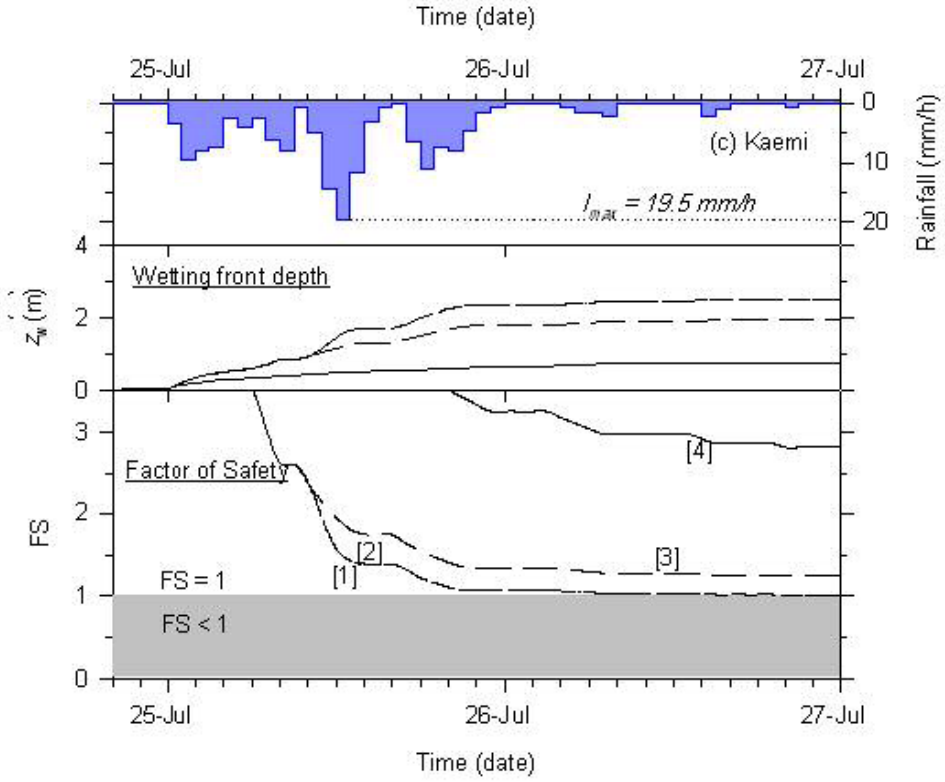


圖 8.13 凱米颱風之分析結果

另外，由圖中不難發現，高滲透性邊坡破壞時間發生於最大降雨量發生之前，而低滲透性邊坡破壞時間則發生於最大降雨量發生之後，因此，劇烈的降雨將使高滲透性邊坡加速滲流而達到較深層的飽和，進而加速產生破壞，相反地，低滲透性之邊坡由於滲流速率緩慢且土壤飽和深度較淺，因此需要更劇烈之降雨與更長之滲流時間才有可能驅使邊坡產生滑動。圖 8.11 及圖 8.12 顯示，在ΔT時間內之持續劇烈降雨量為驅使邊坡破壞之降雨量，因此，若能得知劇烈降雨之開始發生時間，便能計算出邊坡滑動發生時間 (T_f)。

再由艾維尼颱風之降雨分析結果(圖 8.11)，高滲透性邊坡在劇烈降雨開始持續 5.65~5.89 小時後，邊坡之安全係數減少至 1，隨後便發生破壞(FS<1)，此期間之降雨量為 165~181mm。而碧利絲颱風也有同樣的情形發生(圖 8.12)，在劇烈降雨 13.6 小時後與最大降雨量發生前 3 小時，高滲透性邊坡開始發生破壞，此期間之累積降雨量達 160mm，

而低滲透性之邊坡(邊坡[3])，其破壞發生於劇烈降雨發生後之 28 小時及最大降雨量發生前 12 小時，此期間之累積降雨量為 427mm。值得注意的是，此邊坡並未在前一個颱風(艾維尼)侵臺時發生破壞，但在颱風離臺後，此邊坡之安全係數已接近 1，由此可知，低滲透性邊坡需要較長之劇烈降雨及滲透時間才可驅使其發生破壞。最後，凱米颱風侵臺所造成之累積降雨量為 150mm，主要降雨量為 2.9mm/hr，相較於前述兩個颱風，其降雨量小於碧利絲之 160mm 及艾維妮之 165~181mm，因此並未致使任何邊坡發生破壞情形。

至於驅動山區道路邊坡滑動之降雨量依區域性之差異而有所不同，然 Chen 等人(2005)依現場監測結果，認為臺灣山區邊坡在累積降雨量超過 200mm 及降雨量超過 20mm/h 之情況下，將造成邊坡破壞，但此監測結果並未考慮邊坡本身之滲流與力學性質，因此下節內容將針對邊坡之臨界降雨量進行探討。

8.2.2.1 臨界降雨量

依據極限平衡理論，當致使邊坡滑動之驅動力大於抵抗邊坡滑動力時(FS<1)，邊坡將發生破壞，而當驅動力與抵抗力近乎相等時，邊坡將處於崩與不崩之臨界狀態，因此，依據圖 8.11~圖 8.13 之分析結果，可將降雨對邊坡之影響分為兩類：(1)邊坡從開始降雨到結束皆處於穩定狀態，如圖 8.13 所示；(2)邊坡於降雨開始為穩定狀態，但降雨持續經過某段時間後，邊坡則發生破壞，如圖 8.11 及圖 8.12 所示。據此，本研究將對邊坡將發生破壞之臨界狀態做較深入之探討，將邊坡崩塌潛勢與降雨量之關係繪製如圖 8.14 所示。圖中所示當，FS<1 時，代表邊坡已破壞；當 FS=1 時，代表邊坡正處於臨界狀態，而此時所對應之時間便為邊坡發生破壞之臨界時間，將之定義為T_f，在T_f時間內所產生之降雨量定義為臨界降雨量(I_c)與累積臨界降雨量(R_c)，本研究考慮在發生臨界降雨量前之降雨量是為驅使邊坡破壞之驅動降雨量，當驅動降雨量持續發生超過臨界降雨時間，則邊坡將發生破壞。另外，邊坡穩定性不只為降雨量所影響，其他如邊坡土壤之透水係數及力學性

質也與其穩定性有著密切的關係，因此這些參數都將納入用來建立降雨與邊坡滑動之關係式：

$$NAR = \frac{R(t)}{k_{sat} \cdot \cos\beta \cdot \psi_f \Delta\theta} \quad \text{..... (8-16)}$$

$$NRI = \frac{I(t)}{k_{sat} \cdot \cos\beta \cdot \psi_f \Delta\theta} \quad \text{..... (8-17)}$$

其中 *NAR* 為量化後之累積降雨量，單位為 $mm^{-1}.h$；*NRI* 為量化後之降雨量，單位為 mm^{-1}；$R(t)$ 及 $I(t)$ 為在時間 *t* 下之累積降雨量與降雨量。

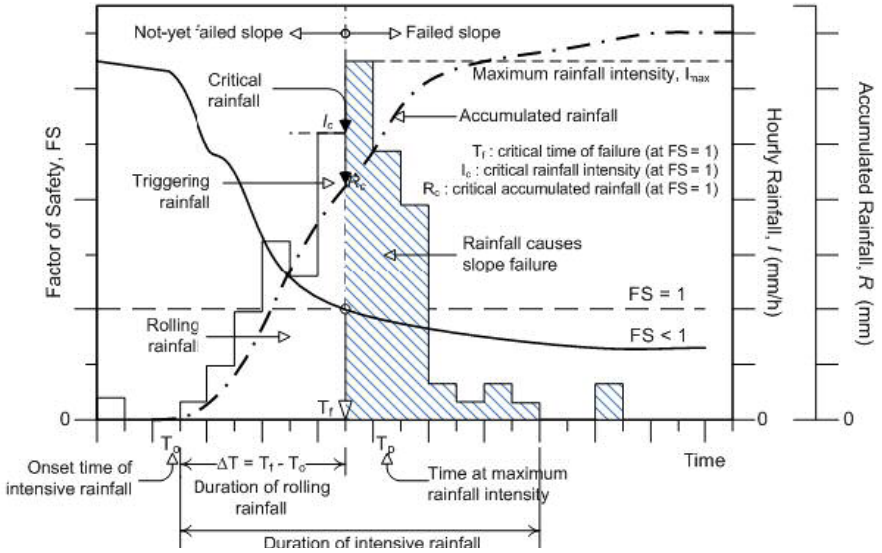


圖 8.14 邊坡崩塌潛勢與降雨量之關係圖

將已崩塌及未崩塌邊坡案例繪製於 *NRI* - *NAR* 之座標圖上，如圖 8.15 所示，而圖中之直線為「最佳分隔線」，其方程式為：

$$NAR = 8.17(NRI)^{0.9446} \quad \text{..... (8-18)}$$

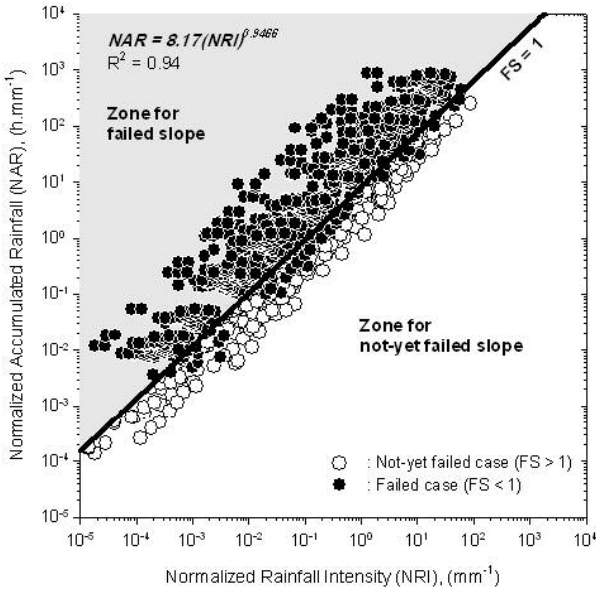


圖 8.15 崩塌與未崩塌邊坡案例分佈圖

最佳分隔線又可視為臨界線(FS=1)，其分隔未崩塌邊坡(白點)與已崩塌邊坡(黑點)，假設降雨量落在直線上方，則邊坡為破壞情形；若降雨量落在直線下方，則邊坡為穩定或未破壞狀態。換句話說，若實際累積降雨量大於由式(8-19)所計算出之累積降雨量，則邊坡將發生破壞。另外，由式(8-20)可知，圖 8.15 中最佳分隔線之斜率($\Delta y/\Delta x$)等於持續劇烈降雨時間(ΔT)，其方程式為

$$\Delta T = 7.734(NRI)^{-0.0534} \quad \text{..... (8-21)}$$

又$\Delta T = T_f - T_0$則

$$T_f = T_0 + 7.734(NRI)^{-0.0543} \quad \text{..... (8-22)}$$

因此若能得知劇烈降雨之起始時間，則可利用式(8-23)計算出邊坡破壞之臨界時間。嘗試將圖 8.15 中之最小降雨量($NRI=10^{-5}mm^{-1}$)與最大降雨量($NRI=10^{2}mm^{-1}$)代入式(8-24)，可得其降雨持續時間為 6 小時與 14 小時。

8.3 全道路崩塌地評估

對於權路段之崩塌淺是評估，本研究利用圖8.16之各項評估參數，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，將整個評估模式，利用邏輯斯迴歸之方法，將各項所需應用到的分析模式進行理論分析，並將各項分析理論之流程進行說明，以確立各項分析理論之完整性及有效性。其分析流程如圖8.17所示。

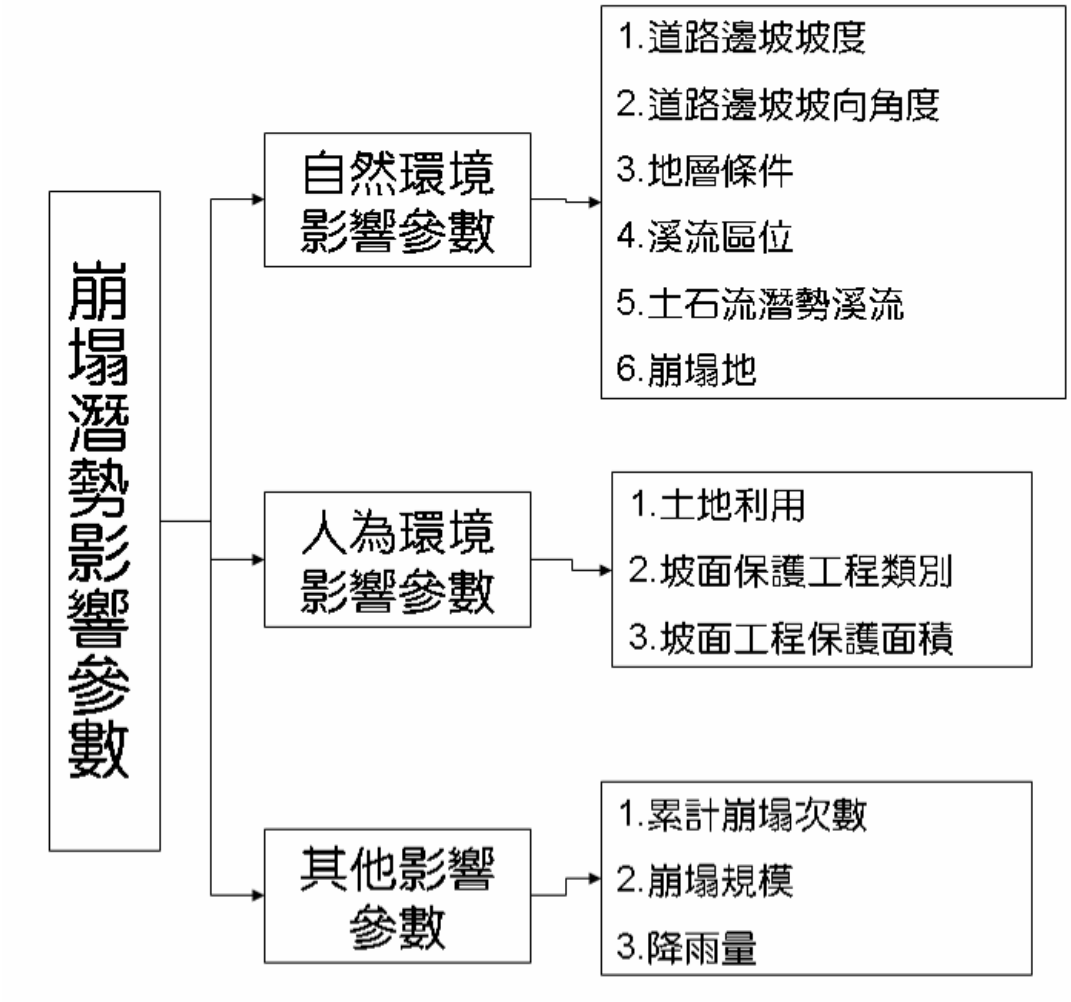


圖8.16 崩塌潛勢評估參數

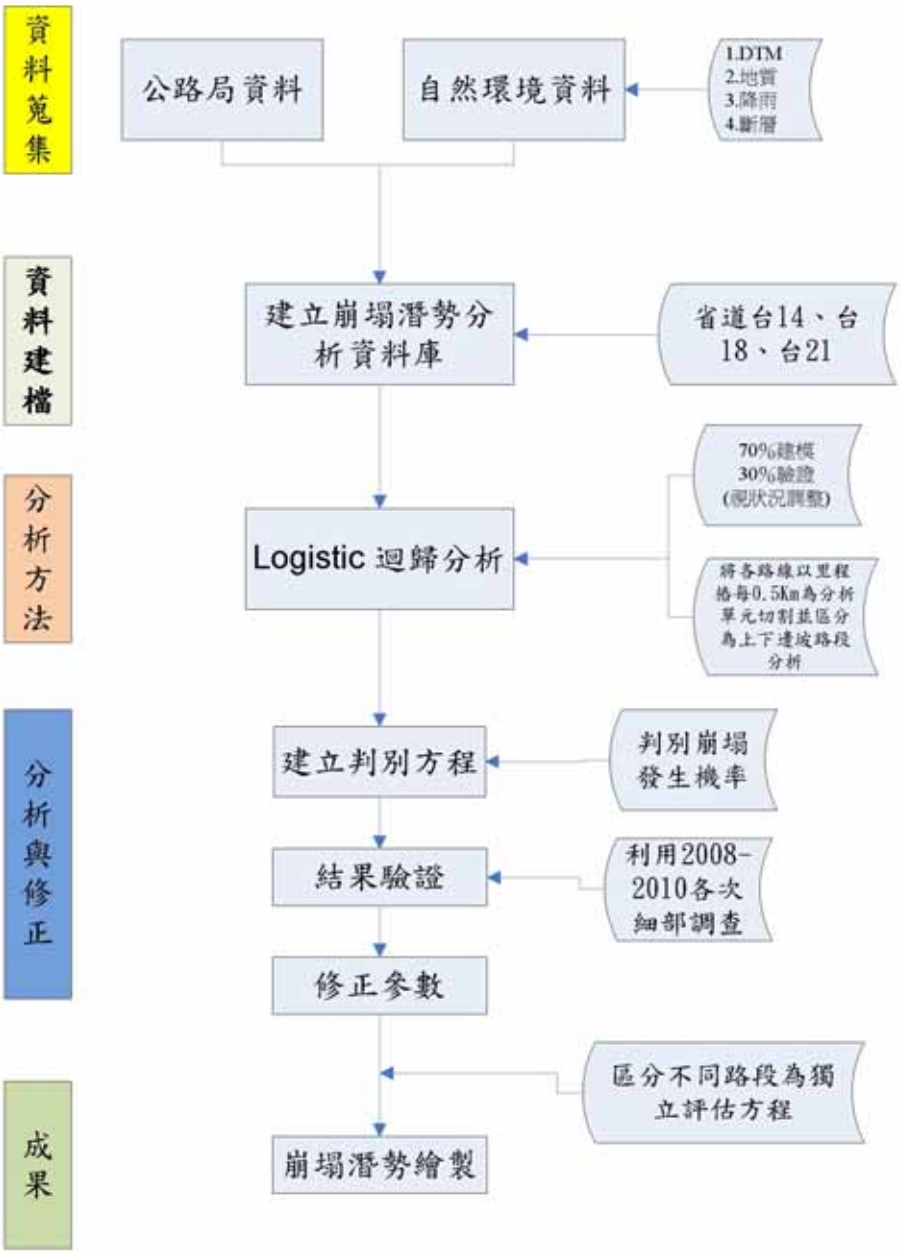


圖8.17 模式分析流程

根據上述流程，針對不同路段製作不同分析模式，由於今年度所蒐集的資料僅以臺 14 線、臺 18 線以及臺 21 線區為主，因此就這些資料(包含崩塌清除量體、崩塌地點、一日最大降雨量)以及所處環境之基本資料(坡度、坡向、地質、與河道位置、植生狀況)以及相關人為因子(工程設施、設施狀況)進行統計回歸，並利用 SPSS 進行邏輯斯回歸分析。

8.3.1 評估參數

1. 自然環境參數

(1)坡度(X1)

針對道路上下邊坡 25m 的坡度進行統計，並將邊坡區分左右區段，並將研究區每 500m 為平均分析單元予以統計，針對不同區間之最低門檻值以下所佔整個分析區的百分比作為該區間之權重評分。

(2)坡向(X2)

主要將研究區塊之平均坡向區分為八個方位，其中受太陽日照較多的東北方與北方坡面風化程度較大、其次為東南跟西北方，在其次為東西向，最後為西南跟南向，並按照所在位置之平均坡向，按照區位所佔比例給分。

(3)地質(X3)

其分級方式是以統計研究調查區內各類地質予以區分，如臺地堆積層、礫石層、南莊層、石底層等地層條件，依照分析單元找出各區段代表地層。

(4)河溪位置(X4)

本向主要針對河道位置與道路邊坡關係，針對河道專灣攻擊腳與緊鄰道路(水平距離<25m 者)以及垂直貫穿與無河道者予以區分。

(5)土石流潛勢溪流(X5)

依據農委會水土保持局公告之 1552 條土石流潛勢溪流及其影響範圍與各路段分析單元關係，觀察是否有通過。

(6)崩塌地(X6)

本處是以現地調查時是否有產生崩塌為判釋依據。

2. 人為影響參數

(1)土地利用(X7)

本處以公路山區道路 500m 為分析單元，瞭解各單元之平均土地利用類型，作為判別影響或促發崩塌的誘因分析。

(2)工程設施類別(X8)

針對現場調查成果，找出坡面保護工程的類別，如擋土牆、型框、拍漿、植生保護工、打樁編柵或其他生態工法，甚至無保護工程等。

(3)保護面積(X9)

針對現場調查成果，在有工程保護的條件下，其保護的百分比，以每 25%為單元進行分析。

3. 其他參數

(1)崩塌次數(X10)

主要針對歷史災害(1996-2009 年)的總數量在個別單元內發生的總次數進行統計。

(2)崩塌總量體(X11)

由年歷次崩塌總規模統計，以瞭解雨前像工作的關係。

(3)事件累計降雨量(X12)

由於降雨量在不同區域有其大小的分布，且每次災害發生的降雨量皆有所不同，針對分析區域，將發生災害的該場事件進行 24 小時、48 小時與 72 小時累計降雨量進行統計。

8.3.2 研究方法

本研究內容將針對山區道路資料庫建立與邏輯斯迴歸之方法，將

各項所需應用到的分析模式進行理論分析，並將各項分析理論之流程進行說明，以確立各項分析理論之完整性及有效性。

1. 資料蒐集

本研究蒐集所需之相關資料，山區道路之崩塌潛勢評估參數邊坡坡度、道路邊坡坡向角度、地質條件、溪流區位、土石流潛勢溪流、崩塌地、坡面保護工程類別、坡面工程保護面積、累積崩塌次數、累計崩塌規模及降雨量等資料，經過資料整理，利用邏輯斯迴歸方法計算出各因子分數。

2. 觀測站雨量警戒值與參考雨量站

3. 資料匯整評分

蒐集完崩塌評估資料，首先針對戶外調查內各因子之狀況評斷給予評分。在評估參數「邊坡坡度」、「邊坡坡向角度」、「地層條件」、「溪流區位」、「土地利用」、「土石潛勢溪流」、「保護工程」、「保護工程面積」等因子評分方式以各因子內各因子等級與各公路實際發生崩塌來做比較，統計結果如表一所示，依其發生比率畫分四個等級，分別為 0%＜發生比率≦10%、10%＜發生比率≦30%、30%＜發生比率≦45%及發生比率＞45%。其他評估參數「崩塌規模」、「崩塌次數」依影響崩塌大小由小至大給 0.03、0.09、0.27、0.81。「降雨量」則由參考的一日累積雨量再除以連續 24 小時最大降雨量，「崩塌地」則依據實地調查結果來標註，有崩塌處標註為 1，無崩塌地區則標註為 0。

表 8-7 崩塌因子等級與實際發生率統計表

因子項目	因子等級	評分	統計數量	災害次數	發生比率
平均坡度	≦30 度	0.09	353	67	0.190
	30~50 度間	0.81	43	21	0.488
	x≧50 度	0	0	0	0.000
邊坡坡向角度	北	0	0	0	0.000
	西北	0.81	8	4	0.500

因子項目	因子等級	評分	統計數量	災害次數	發生比率
	西	0.27	32	10	0.313
	西南	0.09	74	22	0.297
	南	0.09	153	23	0.150
	東南	0.09	103	20	0.194
	東	0.09	21	6	0.286
	東北	0.81	5	3	0.600
地質條件	大桶山	0.81	20	10	0.500
	臺地	0.03	61	6	0.098
	四陵	0.09	22	5	0.227
	石底	0.09	36	10	0.278
	沖積	0.03	92	1	0.011
	南莊	0.09	4	1	0.250
	乾溝	0.27	40	14	0.350
	廬山	0.27	106	41	0.387
	頭嵙山層	0.03	15	0	0.000
	桂竹林	0	0	0	0.000
溪流區位	cross	0.09	99	18	0.182
	side	0.27	32	10	0.313
	無	0.09	265	60	0.226
土地利用	建築地	0.09	41	6	0.146
	闊葉林	0.27	109	46	0.422
	針葉林	0.81	2	2	1.000
	灌木區	0.27	3	1	0.333
	林業	0.81	1	1	1.000
	建築區	0.03	59	5	0.085
	草生地	0.09	12	2	0.167
	草生林	0	0	0	0.000
	水田	0.03	28	0	0.000
	伐木地	0.81	1	1	1.000
	景觀區	0.03	2	0	0.000
	雞豬舍	0.03	4	0	0.000
	荒地	0.09	47	7	0.149
	沼澤	0.03	2	0	
	旱田	0.03	35	3	0.086

因子項目	因子等級	評分	統計數量	災害次數	發生比率
	香蕉園	0.27	3	1	0.333
	檳榔(園)	0.09	21	5	0.238
	茶園	0.09	9	2	0.222
	竹林	0.81	1	1	1.000
	果園	0.09	15	4	0.267
	開闊地	0	0	0	0.000
	崩塌地	0.81	1	1	1.000
土石潛勢溪流	有	0.27	43	17	0.395
	無	0.09	353	71	0.201
保護工程	有	0.27	142	55	0.387
	無	0.09	254	33	0.130
工程面積(%)	無	0.09	270	38	0.141
	<30	0.27	26	8	0.308
	30~50	0.27	32	10	0.313
	50~70	0.27	38	13	0.342
	>75	0.81	30	19	0.633
崩塌量(m3)	≦50	0.03			
	50<x≦500	0.09			
	500<x≦5000	0.27			
	x≧5000	0.81			
崩塌累積次數	無發生崩塌者	0.03			
	低頻度(1-3 次)	0.09			
	中頻度(4-6)	0.27			
	高頻度(≧7)	0.81			

4. 操作步驟

本計畫中邏輯斯迴歸分析是使用統計軟體 SPSS 來操作，將所蒐集須的各類因子匯整出一張 EXCEL 試算表，將 EXCEL 試算表之資料匯入 SPSS，進而操作計算出邏輯斯迴歸方程式。在使用 SPSS 分析前須將資料數據做標準化動作，將各因子之數值除以各因子內數值的最大值，因參數數據可能具有極大差異，經標準化後可將原數值作等比縮小參數，並無改變其性質。

在標準化動作後，開啟 SPSS 統計分析程式在軟體操作頁面點選上方功能列中的「分析」功能，再選擇「迴歸方法」中的「二元 Logistic」，即可叫出邏輯斯迴歸功能之視窗，如下圖 8.18 所示。視窗如圖 8.19 所示，在依變數及共變數欄位分別輸入實際崩塌及其餘崩塌潛勢影響因子，確定後即可得邏輯斯迴歸後結果。其結果為一邏輯斯迴歸判別式，輸入某一組因子數值可透過此判別式之函數轉換及可求得組因子下之潛勢機率。

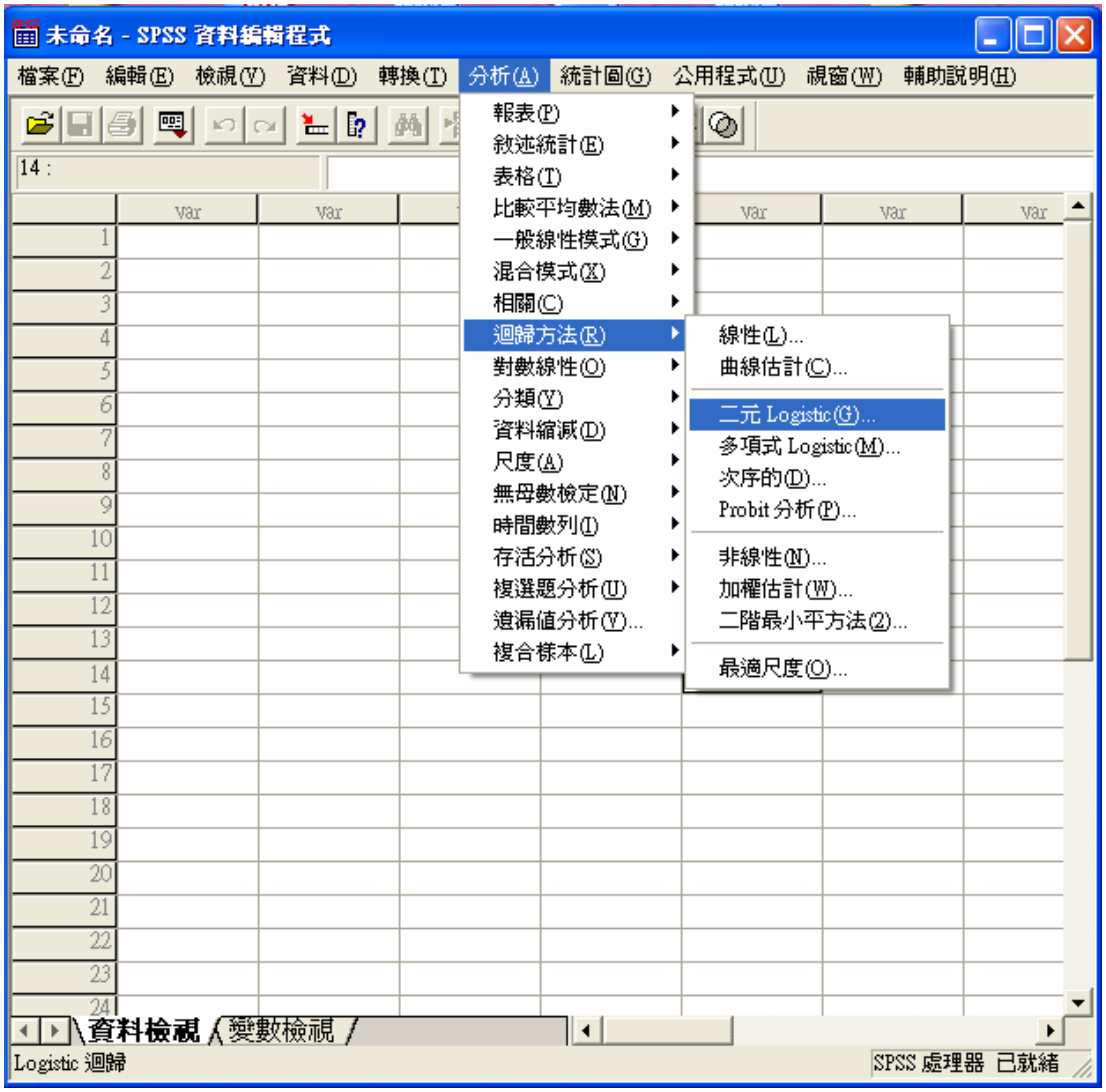


圖 8.18　SPSS 之「邏輯斯迴歸」分析功能

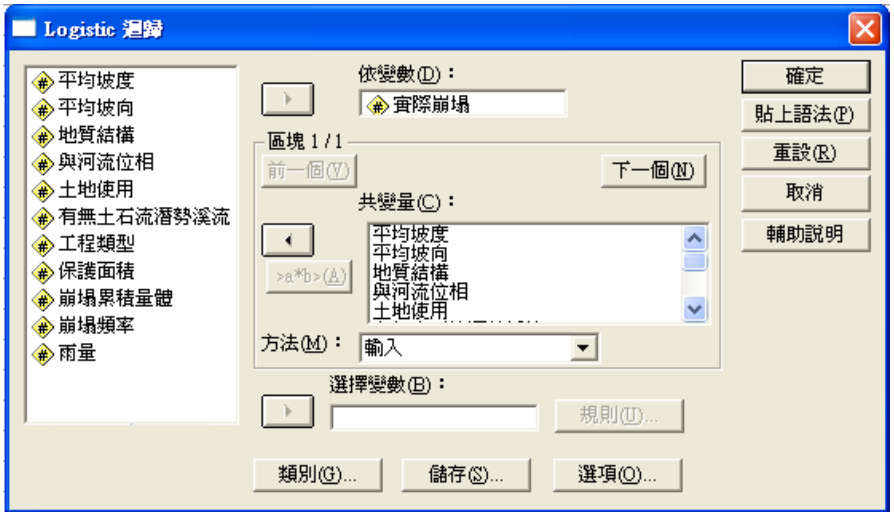


圖 8.19　SPSS 邏輯斯迴歸示意圖

模式摘要

步驟	-2 對數概似	Cox & Snell R 平方	Nagelkerke R 平方
1	466.627[a]	.432	.581

a. 因為參數估計值變化小於 .001，所以估計工作在疊代數 7 時終止。

分類表[a]

觀察			預測		
			實際崩塌		
			.00	1.00	百分比修正
步驟 1	實際崩塌	.00	289	51	85.0
		1.00	40	207	83.8
	概要百分比				84.5

a. 分割值為 .500

變數在方程式中

		B	S.E.	Wald	自由度	顯著性	Exp(B)
步驟 1[a]	平均坡度	.521	.307	2.877	1	.090	1.683
	平均坡向	-.105	.642	.027	1	.870	.900
	地質結構	2.764	.556	24.669	1	.000	15.861
	與河流位相	1.169	.637	3.365	1	.067	3.219
	土地使用	1.265	.401	9.938	1	.002	3.543
	有無土石流潛勢溪流	3.791	.689	30.240	1	.000	44.299
	工程類型	1.316	.735	3.203	1	.074	3.728
	保護面積	-.718	.796	.814	1	.367	.488
	崩塌累積量體	32.679	13.136	6.189	1	.013	1.558E+14
	崩塌頻率	2.617	2.319	1.273	1	.259	13.691
	雨量	7.849	1.299	36.535	1	.000	2563.071
	常數	-13.252	1.468	81.503	1	.000	.000

a. 在步驟 1 中選入的變數：平均坡度, 平均坡向, 地質結構, 與河流位相, 土地使用, 有無土石流潛勢溪流, 工程類型, 保護面積, 崩塌累積量體, 崩塌頻率, 雨量.

圖 8.20　邏輯斯迴歸結果示意圖

$$Y_{18} = -23.43 + 0.9 * X_1 + 1.54 * X_2 + 75.87 * X_3 + 70.7 * X_4 + 0.18 * X_5 + 4.7 * X_6 - 33.88 * X_7 - 1.33 * X_9 - 299.71 * X_{10} - 4.82 * X_{11}$$

X_1:平均坡度 ； X_2:平均坡向 ； X_3:地質結構

X_4:與河流位相 ； X_5:土地使用 ； X_6:有無土石流潛勢溪流

X_7:工程類型 ； X_8:保護面積 ； X_9:崩塌累積量體

X_{10}:崩塌頻率 ； X_{11}:雨量 ； Y：崩塌潛感值

5. 模試驗證

使用邏輯斯迴歸分析結果由圖三可知，利用各變數之對應係數可組成邏輯斯迴歸模式(如上式)。求得 Y 值可轉換 Logistic 迴歸模型即為此成功率：

$$\pi = \frac{\exp^{(\alpha+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\cdots+\beta_k X_k)}}{1+\exp^{\alpha+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\cdots+\beta_k X_k}} \quad (8\text{-}25)$$

其中α為常數項，β為相關係數，X為各種變數，其發生崩塌災害之機率高於 50%，而判讀為預測會出現崩塌，假設應變數 Y(值為 0 或 1)，則 Y 表示為 1；相反地，Y 值小於零則顯示 0。此結果與最初崩塌評估資料項目中的崩塌地情況來做對比，即可驗正準確性。

臺 14、18 及 21 根據上試判別方法，將崩塌潛勢在不同降雨條件下計算成果如附件 1-附件 3 所示，並且將臺 18 線示範段以圖 8.20-8-22 所示，分別就累計降雨量達 300mm、450mm 及 600mm 之坡面崩塌潛勢進行展示。將臺 18 線全線發生崩塌潛勢區分為三個等級，當機率超過 30%以及 70%時分別代表進入中潛勢與高潛勢的崩塌區域，利用綠色區塊，黃色區塊與紅色區塊表示之，如表 8-8 所示。

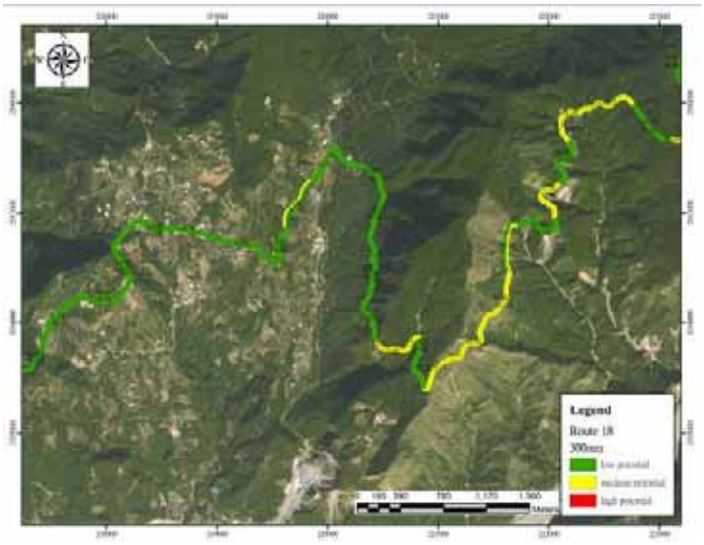


圖 8.20 臺 18 示範段累計降雨量崩塌潛勢(300mm)

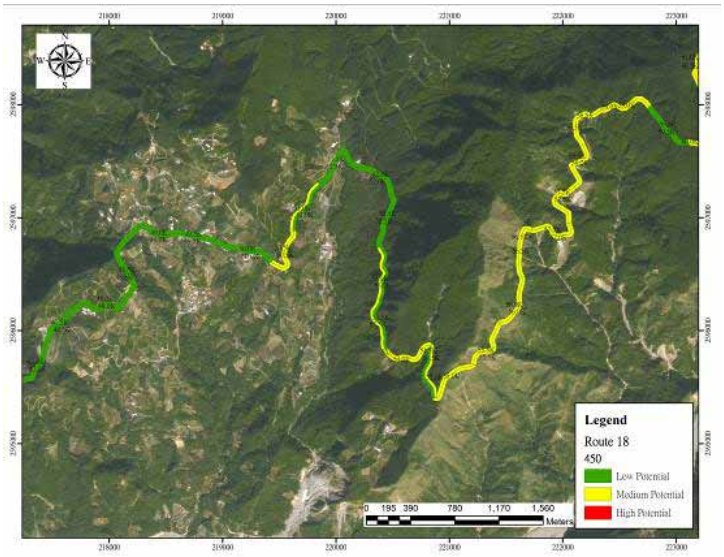


圖 8.21 臺 18 示範段累計降雨量崩塌潛勢(450mm)

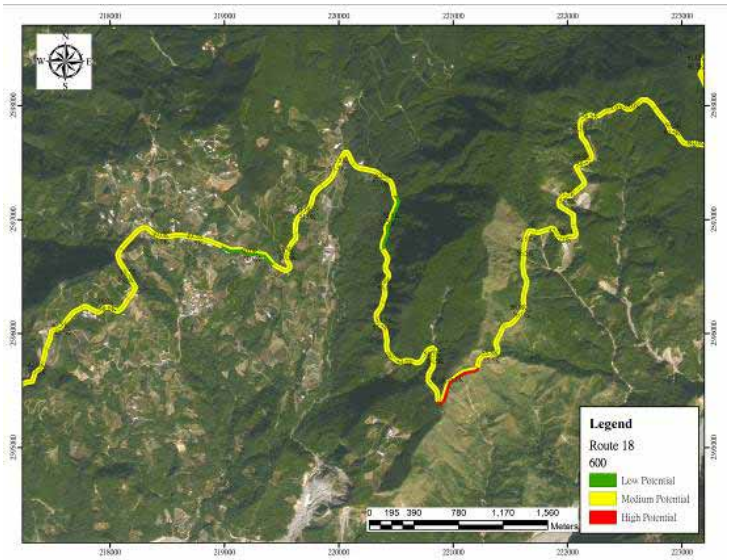


圖 8.22 臺 18 示範段累計降雨量崩塌潛勢(600mm)

表 8-8 臺 18 線各路段累計降雨量崩塌潛勢

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
0.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
0.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
1.0K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
1.5K	R	0.0603	0.0691	0.0790	0.0902	0.1028	0.1170	0.1329	0.1505	0.1700	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
2.0K	R	0.0603	0.0691	0.0790	0.0902	0.1028	0.1170	0.1329	0.1505	0.1700	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
2.5K	R	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
3.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
3.5K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.1830	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.3820	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
4.0K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.1830	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.3820	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
4.5K	R	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444
5.0K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.1830	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.3820	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
5.5K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.1830	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.3820	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
6.0K	R	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.3600	0.3941	0.4292	0.4650	0.5012	0.5374
6.5K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
7.0K	R	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.3600	0.3941	0.4292	0.4650	0.5012	0.5374
7.5K	R	0.1128	0.1282	0.1453	0.1642	0.1851	0.2080	0.2329	0.2598	0.2886	0.3193	0.3516	0.3853	0.4202	0.4559	0.4920	0.5283	0.5642	0.5995	0.6337	0.6667
8.0K	R	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.4100	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
8.5K	R	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.4100	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
9.0K	R	0.0625	0.0715	0.0818	0.0933	0.1064	0.1209	0.1372	0.1553	0.1753	0.1973	0.2213	0.2473	0.2752	0.3051	0.3367	0.3698	0.4042	0.4395	0.4755	0.5117
9.5K	R	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
10.0K	R	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
10.5K	R	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.4100	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
11.0K	R	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444
11.5K	R	0.0625	0.0715	0.0818	0.0933	0.1064	0.1209	0.1372	0.1553	0.1753	0.1973	0.2213	0.2473	0.2752	0.3051	0.3367	0.3698	0.4042	0.4395	0.4755	0.5117
12.0K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
12.5K	R	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444
13.0K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
13.5K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
14.0K	R	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.3600	0.3941	0.4292	0.4650	0.5012	0.5374
14.5K	R	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.4100	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
15.0K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
15.5K	R	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.3600	0.3941	0.4292	0.4650	0.5012	0.5374
16.0K	R	0.1266	0.1435	0.1623	0.1830	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.3820	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
16.5K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
17.0K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
17.5K	R	0.0603	0.0691	0.0790	0.0902	0.1028	0.1170	0.1329	0.1505	0.1700	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
18.0K	R	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
18.5K	R	0.0603	0.0691	0.0790	0.0902	0.1028	0.1170	0.1329	0.1505	0.1700	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
19.0K	R	0.0603	0.0691	0.0790	0.0902	0.1028	0.1170	0.1329	0.1505	0.1700	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
19.5K	R	0.0473	0.0543	0.0622	0.0712	0.0815	0.0930	0.1060	0.1205	0.1367	0.1548	0.1747	0.1966	0.2205	0.2465	0.2744	0.3042	0.3357	0.3688	0.4032	0.4385
20.0K	R	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
20.5K	R	0.0419	0.0481	0.0552	0.0633	0.0724	0.0828	0.0945	0.1077	0.1224	0.1389	0.1572	0.1773	0.1995	0.2237	0.2499	0.2780	0.3080	0.3398	0.3730	0.4075
21.0K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
21.5K	R	0.2686	0.2980	0.3292	0.3620	0.3961	0.4313	0.4672	0.5034	0.5395	0.5753	0.6103	0.6442	0.6767	0.7076	0.7367	0.7638	0.7890	0.8121	0.8332	0.8524
22.0K	R	0.1145	0.1301	0.1474	0.1666	0.1877	0.2108	0.2359	0.2631	0.2921	0.3230	0.3555	0.3894	0.4244	0.4601	0.4963	0.5325	0.5684	0.6035	0.6377	0.6705
22.5K	R	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
23.0K	R	0.1556	0.1756	0.1976	0.2216	0.2476	0.2756	0.3055	0.3371	0.3702	0.4046	0.4400	0.4760	0.5122	0.5483	0.5839	0.6187	0.6523	0.6844	0.7148	0.7435
23.5K	R	0.1736	0.1954	0.2192	0.2450	0.2728	0.3025	0.3340	0.3670	0.4013	0.4365	0.4725	0.5087	0.5449	0.5805	0.6154	0.6491	0.6814	0.7120	0.7408	0.7677
24.0K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
24.5K	R	0.1410	0.1595	0.1799	0.2023	0.2267	0.2531	0.2815	0.3117	0.3437	0.3771	0.4117	0.4472	0.4833	0.5195	0.5556	0.5910	0.6256	0.6589	0.6907	0.7208
25.0K	R	0.1410	0.1595	0.1799	0.2023	0.2267	0.2531	0.2815	0.3117	0.3437	0.3771	0.4117	0.4472	0.4833	0.5195	0.5556	0.5910	0.6256	0.6589	0.6907	0.7208
25.5K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
26.0K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
26.5K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
27.0K	R	0.1519	0.1716	0.1932	0.2168	0.2424	0.2700	0.2996	0.3308	0.3637	0.3979	0.4331	0.4690	0.5052	0.5414	0.5771	0.6120	0.6459	0.6783	0.7091	0.7381
27.5K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
28.0K	R	0.0758	0.0866	0.0988	0.1124	0.1278	0.1448	0.1637	0.1845	0.2074	0.2322	0.2591	0.2879	0.3185	0.3508	0.3845	0.4193	0.4550	0.4911	0.5274	0.5633
28.5K	R	0.0671	0.0768	0.0877	0.1000	0.1139	0.1293	0.1466	0.1656	0.1867	0.2097	0.2347	0.2618	0.2908	0.3215	0.3540	0.3878	0.4227	0.4585	0.4946	0.5308
29.0K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
29.5K	R	0.0858	0.0979	0.1115	0.1267	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3485	0.3821	0.4169	0.4525	0.4886	0.5249	0.5609	0.5962
30.0K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
30.5K	R	0.0858	0.0979	0.1115	0.1267	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3485	0.3821	0.4169	0.4525	0.4886	0.5249	0.5609	0.5962
31.0K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
31.5K	R	0.0689	0.0788	0.0900	0.1026	0.1167	0.1325	0.1501	0.1696	0.1910	0.2144	0.2398	0.2672	0.2966	0.3277	0.3604	0.3945	0.4296	0.4654	0.5016	0.5378
32.0K	R	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
32.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
33.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
33.5K	R	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
34.0K	R	0.0662	0.0757	0.0865	0.0987	0.1124	0.1277	0.1447	0.1636	0.1845	0.2073	0.2321	0.2590	0.2877	0.3184	0.3506	0.3843	0.4192	0.4548	0.4910	0.5272
34.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
35.0K	R	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
35.5K	R	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.4840	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	0.7214

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
36.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
36.5K	R	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
37.0K	R	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
37.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
38.0K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
38.5K	R	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.4090	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.6230	0.6564	0.6883	0.7186	0.7469
39.0K	R	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
39.5K	R	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.4840	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	0.7214
40.0K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
40.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
41.0K	R	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.4090	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.6230	0.6564	0.6883	0.7186	0.7469
41.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
42.0K	R	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3486	0.3822	0.4170	0.4526	0.4887	0.5249	0.5609	0.5963	0.6306	0.6637	0.6953	0.7251
42.5K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
43.0K	R	0.1576	0.1778	0.2000	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.5160	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877	0.7180	0.7464
43.5K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
44.0K	R	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
44.5K	R	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.4840	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	0.7214
45.0K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
45.5K	R	0.2092	0.2342	0.2612	0.2901	0.3209	0.3533	0.3871	0.4220	0.4577	0.4939	0.5301	0.5660	0.6012	0.6354	0.6683	0.6997	0.7292	0.7569	0.7826	0.8062
46.0K	R	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
46.5K	R	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
47.0K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
47.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
48.0K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
48.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
49.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
49.5K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
50.0K	R	0.0751	0.0859	0.0979	0.1115	0.1267	0.1437	0.1624	0.1831	0.2058	0.2306	0.2573	0.2860	0.3165	0.3486	0.3823	0.4170	0.4527	0.4888	0.5250	0.5610
50.5K	R	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.4090	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.6230	0.6564	0.6883	0.7186	0.7469
51.0K	R	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
51.5K	R	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
52.0K	R	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
52.5K	R	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
53.0K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
53.5K	R	0.1551	0.1751	0.1970	0.2210	0.2470	0.2749	0.3048	0.3363	0.3694	0.4038	0.4392	0.4751	0.5114	0.5475	0.5831	0.6179	0.6515	0.6837	0.7142	0.7428
54.0K	R	0.2470	0.2750	0.3048	0.3364	0.3695	0.4039	0.4392	0.4752	0.5114	0.5475	0.5832	0.6179	0.6515	0.6837	0.7142	0.7429	0.7696	0.7943	0.8170	0.8377

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
54.5K	R	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
55.0K	R	0.3850	0.4199	0.4556	0.4917	0.5279	0.5639	0.5992	0.6334	0.6664	0.6978	0.7275	0.7553	0.7811	0.8049	0.8267	0.8465	0.8644	0.8805	0.8950	0.9078
55.5K	R	0.2368	0.2640	0.2931	0.3241	0.3566	0.3905	0.4255	0.4613	0.4975	0.5337	0.5696	0.6047	0.6388	0.6715	0.7027	0.7321	0.7596	0.7850	0.8085	0.8300
56.0K	R	0.3566	0.3906	0.4256	0.4614	0.4975	0.5338	0.5696	0.6047	0.6388	0.6716	0.7027	0.7321	0.7596	0.7851	0.8085	0.8300	0.8495	0.8671	0.8829	0.8971
56.5K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
57.0K	R	0.1576	0.1778	0.2000	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.5160	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877	0.7180	0.7464
57.5K	R	0.2267	0.2532	0.2815	0.3118	0.3437	0.3771	0.4118	0.4473	0.4833	0.5196	0.5556	0.5911	0.6256	0.6589	0.6907	0.7208	0.7491	0.7753	0.7996	0.8218
58.0K	R	0.1576	0.1778	0.2000	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.5160	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877	0.7180	0.7464
58.5K	R	0.2267	0.2532	0.2815	0.3118	0.3437	0.3771	0.4118	0.4473	0.4833	0.5196	0.5556	0.5911	0.6256	0.6589	0.6907	0.7208	0.7491	0.7753	0.7996	0.8218
59.0K	R	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.4450	0.4810	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189	0.7473	0.7737	0.7981	0.8204
59.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
60.0K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
60.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
61.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
61.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
62.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
62.5K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
63.0K	R	0.2031	0.2275	0.2540	0.2825	0.3128	0.3448	0.3782	0.4129	0.4484	0.4845	0.5207	0.5568	0.5922	0.6267	0.6600	0.6917	0.7218	0.7499	0.7761	0.8003
63.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
64.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
64.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
65.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
65.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
66.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
66.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
67.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
67.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
68.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
68.5K	R	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.4450	0.4810	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189	0.7473	0.7737	0.7981	0.8204
69.0K	R	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.2840	0.3144	0.3464	0.3800	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.5940	0.6284	0.6616	0.6933	0.7233
69.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
70.0K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
70.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
71.0K	R	0.0591	0.0676	0.0774	0.0884	0.1008	0.1147	0.1303	0.1476	0.1668	0.1880	0.2111	0.2363	0.2635	0.2926	0.3235	0.3560	0.3899	0.4249	0.4606	0.4968
71.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
72.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
72.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
73.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
73.5K	R	0.0612	0.0700	0.0801	0.0915	0.1043	0.1186	0.1346	0.1524	0.1721	0.1938	0.2174	0.2431	0.2708	0.3004	0.3317	0.3646	0.3988	0.4340	0.4699	0.5062
74.0K	R	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
74.5K	R	0.1272	0.1442	0.1630	0.1838	0.2065	0.2313	0.2581	0.2868	0.3174	0.3496	0.3833	0.4181	0.4537	0.4899	0.5261	0.5620	0.5974	0.6317	0.6648	0.6963
75.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
75.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
76.0K	R	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.2840	0.3144	0.3464	0.3800	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.5940	0.6284	0.6616	0.6933	0.7233
76.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
77.0K	R	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2917	0.3225	0.3550	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6030	0.6371	0.6700	0.7012	0.7307
77.5K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
78.0K	R	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2917	0.3225	0.3550	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6030	0.6371	0.6700	0.7012	0.7307
78.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
79.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
79.5K	R	0.2368	0.2640	0.2931	0.3241	0.3566	0.3905	0.4255	0.4613	0.4975	0.5337	0.5696	0.6047	0.6388	0.6715	0.7027	0.7321	0.7596	0.7850	0.8085	0.8300
80.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
80.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
81.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
81.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
82.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
82.5K	R	0.1314	0.1489	0.1682	0.1895	0.2127	0.2380	0.2653	0.2946	0.3256	0.3582	0.3922	0.4272	0.4630	0.4992	0.5354	0.5712	0.6063	0.6404	0.6731	0.7041
83.0K	R	0.2436	0.2713	0.3010	0.3323	0.3652	0.3995	0.4347	0.4706	0.5069	0.5430	0.5787	0.6136	0.6474	0.6797	0.7105	0.7394	0.7663	0.7913	0.8142	0.8352
83.5K	R	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.4450	0.4810	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189	0.7473	0.7737	0.7981	0.8204
84.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
84.5K	R	0.2092	0.2342	0.2612	0.2901	0.3209	0.3533	0.3871	0.4220	0.4577	0.4939	0.5301	0.5660	0.6012	0.6354	0.6683	0.6997	0.7292	0.7569	0.7826	0.8062
85.0K	R	0.2317	0.2585	0.2873	0.3178	0.3501	0.3838	0.4186	0.4542	0.4904	0.5266	0.5625	0.5979	0.6322	0.6652	0.6967	0.7264	0.7543	0.7802	0.8040	0.8259
85.5K	R	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
86.0K	R	0.2317	0.2585	0.2873	0.3178	0.3501	0.3838	0.4186	0.4542	0.4904	0.5266	0.5625	0.5979	0.6322	0.6652	0.6967	0.7264	0.7543	0.7802	0.8040	0.8259
86.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
87.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
87.5K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
88.0K	R	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
88.5K	R	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
89.0K	R	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
89.5K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
90.0K	R	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
90.5K	R	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
91.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
91.5K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
92.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
92.5K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
93.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
93.5K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
94.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
94.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
95.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
95.5K	R	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.2840	0.3144	0.3464	0.3800	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.5940	0.6284	0.6616	0.6933	0.7233
96.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
96.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
0.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
0.5K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
1.0K	L	0.0603	0.0691	0.0790	0.0902	0.1028	0.1170	0.1329	0.1505	0.1700	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
1.5K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
2.0K	L	0.0603	0.0691	0.0790	0.0902	0.1028	0.1170	0.1329	0.1505	0.1700	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
2.5K	L	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
3.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
3.5K	L	0.1266	0.1435	0.1623	0.1830	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.3820	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
4.0K	L	0.1266	0.1435	0.1623	0.1830	0.2057	0.2304	0.2571	0.2858	0.3163	0.3484	0.3820	0.4168	0.4524	0.4885	0.5248	0.5607	0.5961	0.6305	0.6636	0.6952
4.5K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444
5.0K	L	0.1128	0.1282	0.1453	0.1642	0.1851	0.2080	0.2329	0.2598	0.2886	0.3193	0.3516	0.3853	0.4202	0.4559	0.4920	0.5283	0.5642	0.5995	0.6337	0.6667
5.5K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444
6.0K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
6.5K	L	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
7.0K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
7.5K	L	0.1128	0.1282	0.1453	0.1642	0.1851	0.2080	0.2329	0.2598	0.2886	0.3193	0.3516	0.3853	0.4202	0.4559	0.4920	0.5283	0.5642	0.5995	0.6337	0.6667
8.0K	L	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.3600	0.3941	0.4292	0.4650	0.5012	0.5374
8.5K	L	0.1235	0.1401	0.1585	0.1788	0.2011	0.2254	0.2518	0.2801	0.3102	0.3421	0.3754	0.4100	0.4455	0.4815	0.5178	0.5538	0.5893	0.6239	0.6573	0.6892
9.0K	L	0.1091	0.1240	0.1407	0.1591	0.1795	0.2019	0.2263	0.2526	0.2810	0.3112	0.3431	0.3765	0.4111	0.4466	0.4827	0.5189	0.5550	0.5904	0.6250	0.6583
9.5K	L	0.1100	0.1251	0.1418	0.1604	0.1809	0.2034	0.2279	0.2544	0.2829	0.3132	0.3452	0.3787	0.4134	0.4489	0.4850	0.5213	0.5573	0.5927	0.6272	0.6604
10.0K	L	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
10.5K	L	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
11.0K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444
11.5K	L	0.0625	0.0715	0.0818	0.0933	0.1064	0.1209	0.1372	0.1553	0.1753	0.1973	0.2213	0.2473	0.2752	0.3051	0.3367	0.3698	0.4042	0.4395	0.4755	0.5117
12.0K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444
12.5K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
13.0K	L	0.0706	0.0807	0.0922	0.1050	0.1195	0.1356	0.1535	0.1733	0.1951	0.2189	0.2447	0.2724	0.3021	0.3335	0.3665	0.4008	0.4361	0.4720	0.5082	0.5444
13.5K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
14.0K	L	0.0608	0.0697	0.0797	0.0910	0.1037	0.1180	0.1339	0.1517	0.1713	0.1929	0.2165	0.2421	0.2697	0.2992	0.3304	0.3633	0.3974	0.4326	0.4685	0.5047
14.5K	L	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
15.0K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
15.5K	L	0.0688	0.0787	0.0898	0.1024	0.1165	0.1323	0.1499	0.1693	0.1907	0.2141	0.2395	0.2669	0.2962	0.3273	0.3600	0.3941	0.4292	0.4650	0.5012	0.5374
16.0K	L	0.0625	0.0715	0.0818	0.0933	0.1064	0.1209	0.1372	0.1553	0.1753	0.1973	0.2213	0.2473	0.2752	0.3051	0.3367	0.3698	0.4042	0.4395	0.4755	0.5117
16.5K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
17.0K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
17.5K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
18.0K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
18.5K	L	0.0603	0.0691	0.0790	0.0902	0.1028	0.1170	0.1329	0.1505	0.1700	0.1914	0.2149	0.2404	0.2678	0.2972	0.3284	0.3611	0.3952	0.4303	0.4662	0.5024
19.0K	L	0.0682	0.0780	0.0891	0.1016	0.1156	0.1313	0.1487	0.1680	0.1893	0.2125	0.2378	0.2651	0.2943	0.3253	0.3579	0.3918	0.4269	0.4627	0.4989	0.5351
19.5K	L	0.0536	0.0614	0.0703	0.0804	0.0918	0.1046	0.1190	0.1351	0.1530	0.1727	0.1944	0.2181	0.2439	0.2716	0.3012	0.3326	0.3656	0.3998	0.4351	0.4710
20.0K	L	0.1225	0.1390	0.1573	0.1775	0.1996	0.2238	0.2500	0.2782	0.3082	0.3400	0.3732	0.4077	0.4432	0.4792	0.5154	0.5515	0.5871	0.6217	0.6552	0.6872
20.5K	L	0.0419	0.0481	0.0552	0.0633	0.0724	0.0828	0.0945	0.1077	0.1224	0.1389	0.1572	0.1773	0.1995	0.2237	0.2499	0.2780	0.3080	0.3398	0.3730	0.4075
21.0K	L	0.1556	0.1756	0.1976	0.2216	0.2476	0.2756	0.3055	0.3371	0.3702	0.4046	0.4400	0.4760	0.5122	0.5483	0.5839	0.6187	0.6523	0.6844	0.7148	0.7435
21.5K	L	0.1736	0.1954	0.2192	0.2450	0.2728	0.3025	0.3340	0.3670	0.4013	0.4365	0.4725	0.5087	0.5449	0.5805	0.6154	0.6491	0.6814	0.7120	0.7408	0.7677
22.0K	L	0.0689	0.0788	0.0900	0.1026	0.1167	0.1325	0.1501	0.1696	0.1910	0.2144	0.2398	0.2672	0.2966	0.3277	0.3604	0.3945	0.4296	0.4654	0.5016	0.5378
22.5K	L	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
23.0K	L	0.1556	0.1756	0.1976	0.2216	0.2476	0.2756	0.3055	0.3371	0.3702	0.4046	0.4400	0.4760	0.5122	0.5483	0.5839	0.6187	0.6523	0.6844	0.7148	0.7435
23.5K	L	0.0858	0.0979	0.1115	0.1267	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3485	0.3821	0.4169	0.4525	0.4886	0.5249	0.5609	0.5962
24.0K	L	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
24.5K	L	0.1576	0.1778	0.2000	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.5160	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877	0.7180	0.7464
25.0K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
25.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
26.0K	L	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
26.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
27.0K	L	0.1696	0.1910	0.2144	0.2399	0.2673	0.2966	0.3277	0.3605	0.3945	0.4296	0.4655	0.5017	0.5379	0.5737	0.6087	0.6427	0.6752	0.7062	0.7354	0.7626
27.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
28.0K	L	0.0671	0.0768	0.0877	0.1000	0.1139	0.1293	0.1466	0.1656	0.1867	0.2097	0.2347	0.2618	0.2908	0.3215	0.3540	0.3878	0.4227	0.4585	0.4946	0.5308
28.5K	L	0.0758	0.0866	0.0988	0.1124	0.1278	0.1448	0.1637	0.1845	0.2074	0.2322	0.2591	0.2879	0.3185	0.3508	0.3845	0.4193	0.4550	0.4911	0.5274	0.5633
29.0K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
29.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
30.0K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
30.5K	L	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
31.0K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
31.5K	L	0.0689	0.0788	0.0900	0.1026	0.1167	0.1325	0.1501	0.1696	0.1910	0.2144	0.2398	0.2672	0.2966	0.3277	0.3604	0.3945	0.4296	0.4654	0.5016	0.5378
32.0K	L	0.0612	0.0700	0.0801	0.0915	0.1043	0.1186	0.1346	0.1524	0.1721	0.1938	0.2174	0.2431	0.2708	0.3004	0.3317	0.3646	0.3988	0.4340	0.4699	0.5062
32.5K	L	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
33.0K	L	0.0858	0.0979	0.1115	0.1267	0.1436	0.1624	0.1831	0.2058	0.2305	0.2572	0.2859	0.3164	0.3485	0.3821	0.4169	0.4525	0.4886	0.5249	0.5609	0.5962
33.5K	L	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
34.0K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
34.5K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
35.0K	L	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
35.5K	L	0.1314	0.1489	0.1682	0.1895	0.2127	0.2380	0.2653	0.2946	0.3256	0.3582	0.3922	0.4272	0.4630	0.4992	0.5354	0.5712	0.6063	0.6404	0.6731	0.7041
36.0K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
36.5K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
37.0K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
37.5K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
38.0K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
38.5K	L	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.4840	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	0.7214
39.0K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
39.5K	L	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.4090	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.6230	0.6564	0.6883	0.7186	0.7469
40.0K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
40.5K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
41.0K	L	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.4090	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.6230	0.6564	0.6883	0.7186	0.7469
41.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
42.0K	L	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.4840	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	0.7214
42.5K	L	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
43.0K	L	0.1576	0.1778	0.2000	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.5160	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877	0.7180	0.7464
43.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
44.0K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
44.5K	L	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2793	0.3094	0.3412	0.3745	0.4090	0.4445	0.4805	0.5168	0.5528	0.5884	0.6230	0.6564	0.6883	0.7186	0.7469
45.0K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
45.5K	L	0.2235	0.2496	0.2778	0.3078	0.3395	0.3727	0.4072	0.4427	0.4787	0.5149	0.5510	0.5866	0.6212	0.6547	0.6867	0.7171	0.7455	0.7721	0.7966	0.8191
46.0K	L	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
46.5K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532
47.0K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
47.5K	L	0.0967	0.1101	0.1251	0.1419	0.1605	0.1810	0.2035	0.2280	0.2545	0.2830	0.3133	0.3454	0.3788	0.4135	0.4491	0.4852	0.5214	0.5574	0.5928	0.6273
48.0K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
48.5K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
49.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
49.5K	L	0.1069	0.1216	0.1379	0.1561	0.1762	0.1982	0.2223	0.2484	0.2764	0.3063	0.3380	0.3712	0.4056	0.4410	0.4770	0.5132	0.5493	0.5849	0.6196	0.6532

附錄 6-259

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
50.0K	L	0.0840	0.0959	0.1092	0.1242	0.1408	0.1593	0.1797	0.2021	0.2264	0.2529	0.2812	0.3114	0.3434	0.3768	0.4114	0.4469	0.4830	0.5192	0.5552	0.5907
50.5K	L	0.1413	0.1599	0.1803	0.2027	0.2272	0.2537	0.2821	0.3124	0.3443	0.3778	0.4124	0.4479	0.4840	0.5203	0.5563	0.5917	0.6263	0.6595	0.6913	0.7214
51.0K	L	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
51.5K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
52.0K	L	0.0950	0.1083	0.1231	0.1396	0.1580	0.1782	0.2005	0.2247	0.2510	0.2792	0.3093	0.3411	0.3744	0.4090	0.4444	0.4805	0.5167	0.5528	0.5883	0.6229
52.5K	L	0.0662	0.0757	0.0865	0.0987	0.1124	0.1277	0.1447	0.1636	0.1845	0.2073	0.2321	0.2590	0.2877	0.3184	0.3506	0.3843	0.4192	0.4548	0.4910	0.5272
53.0K	L	0.1023	0.1164	0.1321	0.1497	0.1691	0.1904	0.2138	0.2392	0.2666	0.2959	0.3270	0.3596	0.3937	0.4288	0.4646	0.5008	0.5370	0.5728	0.6079	0.6418
53.5K	L	0.1103	0.1253	0.1421	0.1607	0.1813	0.2038	0.2283	0.2549	0.2834	0.3137	0.3458	0.3793	0.4140	0.4495	0.4856	0.5219	0.5579	0.5933	0.6277	0.6610
54.0K	L	0.2470	0.2750	0.3048	0.3364	0.3695	0.4039	0.4392	0.4752	0.5114	0.5475	0.5832	0.6179	0.6515	0.6837	0.7142	0.7429	0.7696	0.7943	0.8170	0.8377
54.5K	L	0.1551	0.1751	0.1970	0.2210	0.2470	0.2749	0.3048	0.3363	0.3694	0.4038	0.4392	0.4751	0.5114	0.5475	0.5831	0.6179	0.6515	0.6837	0.7142	0.7428
55.0K	L	0.3545	0.3883	0.4233	0.4590	0.4952	0.5314	0.5673	0.6025	0.6367	0.6695	0.7008	0.7303	0.7579	0.7835	0.8071	0.8287	0.8483	0.8660	0.8820	0.8963
55.5K	L	0.2595	0.2883	0.3190	0.3513	0.3850	0.4198	0.4555	0.4917	0.5279	0.5638	0.5991	0.6334	0.6664	0.6978	0.7275	0.7553	0.7811	0.8049	0.8266	0.8465
56.0K	L	0.3272	0.3599	0.3939	0.4290	0.4648	0.5010	0.5372	0.5730	0.6081	0.6421	0.6747	0.7057	0.7349	0.7621	0.7874	0.8107	0.8320	0.8513	0.8687	0.8844
56.5K	L	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
57.0K	L	0.1576	0.1778	0.2000	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.5160	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877	0.7180	0.7464
57.5K	L	0.2267	0.2532	0.2815	0.3118	0.3437	0.3771	0.4118	0.4473	0.4833	0.5196	0.5556	0.5911	0.6256	0.6589	0.6907	0.7208	0.7491	0.7753	0.7996	0.8218
58.0K	L	0.1410	0.1595	0.1799	0.2023	0.2267	0.2531	0.2815	0.3117	0.3437	0.3771	0.4117	0.4472	0.4833	0.5195	0.5556	0.5910	0.6256	0.6589	0.6907	0.7208
58.5K	L	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4152	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5945	0.6289	0.6621	0.6937	0.7236	0.7517	0.7778	0.8018
59.0K	L	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.4450	0.4810	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189	0.7473	0.7737	0.7981	0.8204
59.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
60.0K	L	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
60.5K	L	0.1551	0.1751	0.1970	0.2210	0.2470	0.2749	0.3048	0.3363	0.3694	0.4038	0.4392	0.4751	0.5114	0.5475	0.5831	0.6179	0.6515	0.6837	0.7142	0.7428
61.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
61.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
62.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
62.5K	L	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
63.0K	L	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.4450	0.4810	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189	0.7473	0.7737	0.7981	0.8204
63.5K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
64.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
64.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
65.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
65.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
66.0K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
66.5K	L	0.0591	0.0676	0.0774	0.0884	0.1008	0.1147	0.1303	0.1476	0.1668	0.1880	0.2111	0.2363	0.2635	0.2926	0.3235	0.3560	0.3899	0.4249	0.4606	0.4968
67.0K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
67.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
68.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
68.5K	L	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.4450	0.4810	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189	0.7473	0.7737	0.7981	0.8204
69.0K	L	0.2031	0.2275	0.2540	0.2825	0.3128	0.3448	0.3782	0.4129	0.4484	0.4845	0.5207	0.5568	0.5922	0.6267	0.6600	0.6917	0.7218	0.7499	0.7761	0.8003
69.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
70.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
70.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
71.0K	L	0.1023	0.1164	0.1321	0.1497	0.1691	0.1904	0.2138	0.2392	0.2666	0.2959	0.3270	0.3596	0.3937	0.4288	0.4646	0.5008	0.5370	0.5728	0.6079	0.6418
71.5K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
72.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
72.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
73.0K	L	0.0880	0.1004	0.1143	0.1298	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2916	0.3225	0.3549	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6029
73.5K	L	0.0612	0.0700	0.0801	0.0915	0.1043	0.1186	0.1346	0.1524	0.1721	0.1938	0.2174	0.2431	0.2708	0.3004	0.3317	0.3646	0.3988	0.4340	0.4699	0.5062
74.0K	L	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
74.5K	L	0.1272	0.1442	0.1630	0.1838	0.2065	0.2313	0.2581	0.2868	0.3174	0.3496	0.3833	0.4181	0.4537	0.4899	0.5261	0.5620	0.5974	0.6317	0.6648	0.6963
75.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
75.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
76.0K	L	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.2840	0.3144	0.3464	0.3800	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.5940	0.6284	0.6616	0.6933	0.7233
76.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
77.0K	L	0.1314	0.1489	0.1682	0.1895	0.2127	0.2380	0.2653	0.2946	0.3256	0.3582	0.3922	0.4272	0.4630	0.4992	0.5354	0.5712	0.6063	0.6404	0.6731	0.7041
77.5K	L	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7113	0.7401	0.7671
78.0K	L	0.1272	0.1442	0.1630	0.1838	0.2065	0.2313	0.2581	0.2868	0.3174	0.3496	0.3833	0.4181	0.4537	0.4899	0.5261	0.5620	0.5974	0.6317	0.6648	0.6963
78.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
79.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
79.5K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
80.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
80.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
81.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
81.5K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
82.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
82.5K	L	0.1471	0.1662	0.1873	0.2104	0.2355	0.2626	0.2917	0.3225	0.3550	0.3888	0.4238	0.4595	0.4957	0.5319	0.5678	0.6030	0.6371	0.6700	0.7012	0.7307
83.0K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
83.5K	L	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.2840	0.3144	0.3464	0.3800	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.5940	0.6284	0.6616	0.6933	0.7233
84.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
84.5K	L	0.2092	0.2342	0.2612	0.2901	0.3209	0.3533	0.3871	0.4220	0.4577	0.4939	0.5301	0.5660	0.6012	0.6354	0.6683	0.6997	0.7292	0.7569	0.7826	0.8062
85.0K	L	0.2092	0.2342	0.2612	0.2901	0.3209	0.3533	0.3871	0.4220	0.4577	0.4939	0.5301	0.5660	0.6012	0.6354	0.6683	0.6997	0.7292	0.7569	0.7826	0.8062
85.5K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
86.0K	L	0.2317	0.2585	0.2873	0.3178	0.3501	0.3838	0.4186	0.4542	0.4904	0.5266	0.5625	0.5979	0.6322	0.6652	0.6967	0.7264	0.7543	0.7802	0.8040	0.8259
86.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446

里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
87.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
87.5K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
88.0K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
88.5K	L	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
89.0K	L	0.1444	0.1633	0.1841	0.2068	0.2317	0.2585	0.2872	0.3178	0.3500	0.3837	0.4185	0.4542	0.4903	0.5265	0.5625	0.5978	0.6321	0.6652	0.6967	0.7264
89.5K	L	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
90.0K	L	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
90.5K	L	0.1614	0.1820	0.2046	0.2292	0.2558	0.2844	0.3148	0.3469	0.3804	0.4151	0.4507	0.4868	0.5231	0.5591	0.5944	0.6289	0.6620	0.6937	0.7236	0.7517
91.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
91.5K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
92.0K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
92.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
93.0K	L	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
93.5K	L	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7446
94.0K	L	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
94.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
95.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
95.5K	L	0.1272	0.1442	0.1630	0.1838	0.2065	0.2313	0.2581	0.2868	0.3174	0.3496	0.3833	0.4181	0.4537	0.4899	0.5261	0.5620	0.5974	0.6317	0.6648	0.6963
96.0K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
96.5K	L	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251

第九章　結論與建議

由於臺灣自然環境複雜，各項天然災害頻傳，如地震災害、水災及土石流等等；災害來臨時常帶來嚴重的損失，尤其災害一旦發生，除了造成災民難以估計之生命財產損失，亦可能會對公路設施造成不同程度之損害。因此在橋梁、道路阻斷之情況下，如何規劃選擇考量安全及行車距離的替代道路，為公路管理單位防救災作業之重要課題。本計畫針對上述問題進行探討，協助搜尋找出符合行車安全及距離之替代道路，提供公路管理單位參考選擇。當災害來臨，公路管理單位往往不只面對單一災害事件，同一時間可能有多處災害事件需要處理。故公路管理單位如何能夠在短時間內對災情資訊進行完整收集及研判，並於短時間內完成災害應變之處置措施為今年計畫之目標。本團隊對於工務段救災流程透過實地的拜訪及電話訪談，經瞭解後，依災害不同建立災害應變流程。系統則根據災害應變流程，依照不同時機，進行救災資源指派，以提升救災效率。以下針對本研究成果提出結論與建議。

9.1 結論

1. 本年度收集公路總局相關救災資源資料，可輔助公路管理單位於災時瞭解相關救災資源，以提升救災資源的使用效率。
2. 本年度的 GIS 即時災害資訊平台透過資料交換平台之建立可減少資料重覆建置、增加災害資訊之使用率達到資源共享之目標。同時易於公路管理單位進行災害管理，在單一系統即可瞭解所有災情資訊。
3. 救災資源指派輔助公路管理單位掌握救災人員狀況，並協助工務段與救災人力進行溝通，以減少工務段與救災人員災情資訊的落差。
4. 匯整前三年度與今年成果，本系統能夠提供公路管理單位整體之災害管理，包含災前預防、災中緊急應變及災後復原重建，皆有相對

應決策支援輔助公路單位進行決策之評判。

5. 本計畫經過各方意見交流及災害模擬測試，使得本系統架構、功能、機制更趨於完備，得以使系統使用操作機能上更能符合現場實務需求，確保其實用性。

6. 透過過去四年資料的蒐集與彙整，結合五個團隊的研究成果，並參考相關作業準則與災害防制法規編訂道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定。

7. 透過過去四年資料的蒐集與彙整，結合五個團隊的研究成果，並參考相關作業準則與災害防制法規編訂崩塌災害處理作業草案擬定。

8. 利用前面三年現地調查成果與公路養護單位管理資料(包含搶修與搶險的資料)，藉由統計迴歸建立臺14、臺18及臺21線在不同降雨條件下之崩塌潛勢，編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程，可做為日後道路防災之參考。

9. 透過四年的資料蒐集與建置，將全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫，架構於既有之道路邊坡管理系統下，並且完成建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞之降雨量資料庫，以供後續雨量資訊的查詢。

10. 藉由整合交通部運輸研究所辦理之「坡地道路防救災系統建立之研究」五個子計畫，於99年11月23日完成辦理山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會，有助於各單位瞭解現階段各團隊研究的成果對於山區道路防災的貢獻。

9.2 建議

1. 資訊來源擴充方面，可對更多的資料來源進行可行性測試。畢竟目前網頁撰寫格式並不一致，若是政府能推行一標準化格式(XML)，可提升防災相關領域之資料再運用與加值之效能，使得各防災單位之資訊可互相流通，有利於救災之整體規劃。

2. 系統經過多次測試，但系統架構龐大、資料眾多，且缺乏實地應用。難免有瑕疵，未來仍需要持續進行測試及修正，使得系統更趨於完美。

3. 未來可整合「跨河橋梁安全預警系統之建立研究」等相關研究計畫案，橋梁、邊坡災害的預警機制，讓災害發生前，即可提早進行災害的應變，提升救災之品質。

4. 山區道路的安全評估需要每年度進行資料的建置與重新評估，建議此種調查與評估計畫能持續進行，尤其對於封路機制的檢討因其所處條件的不同，亦應進行詳細評估，此外對於其他重要道路的評估，如省道臺 7、臺 8、臺 9、臺 20、臺 21 南端、臺 27、臺 28 等路線實有必要比照辦理調查與評估。

5. 評估結果準確度僅有七成至八成，仍有進步的空間，且以目前現階段的調查成果，可以針對發生的區位、崩塌的量體以及崩塌的降雨量進行更進一步的評估，以提高整體評估系統之可信度與準確性。

6. 在整合報告上，建議將更多的評估系統與指標、氣象相關資訊以及地質相關資訊引入，可以使整合報告更豐富、精彩。

附錄七

期末報告簡報告資料

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

山區道路坡地災害防治技術整合研究(4/4)

～期末簡報～



簡報者：林秉賢 博士

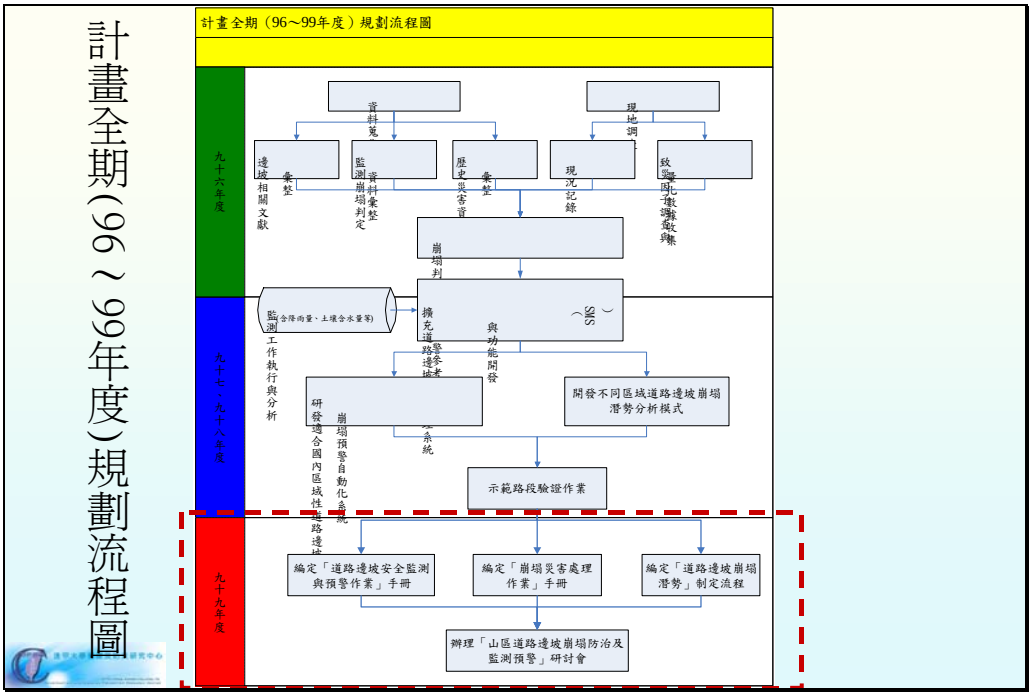
逢甲大學營建及防災研究中心

中　華　民　國　九　十　九　年　十　一　月　十　六　日

簡報大綱

- 工作流程與進度
- 編訂道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定
- 編訂崩塌災害處理作業草案擬定
- 編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程
- 建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫
- 建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞之降雨量資料庫
- 整合本所辦理之「坡地道路防救災系統建立之研究」五個子計畫
- 辦理山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會

計畫全期(96～99年度)規劃流程圖



工作進度說明

工作項目	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月
	9903	9904	9905	9906	9907	9908	9909	9910
1.編訂道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定。								
2.編訂崩塌災害處理作業草案擬定。								
3.編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程。								
4.建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫，架構於既有之道路邊坡管理系統下。								
5.建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞之降雨量資料庫。								
6.整合本所辦理之「坡地道路防救災系統建立之研究」五個子計畫								
7.辦理山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會								
工作進度估計百分比 (累積數)	15	30	40	50	65	75	85	100

第2季:期中報告(06/25)　　第3季:期末報告(10/25)

工作範圍說明

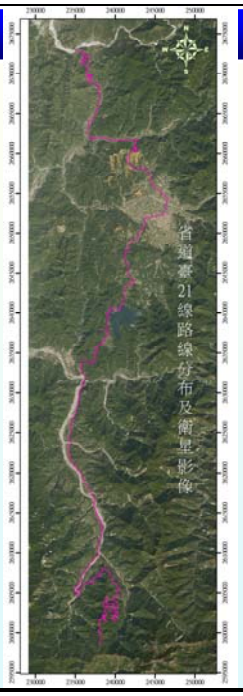


省道台14線



省道台18線

省道台21線



道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定

道路邊坡安全監測與預警作業資料收集

項次	崩塌模式	材料破壞機制	監測微兆物理量	感測器選擇	主要預警方法
I	落石	張力破壞為主，剪力破壞為次	岩塊墜落(位移、旋轉)、張力裂縫產生之聲射、降雨特性	位置確定危險浮石：傾斜計、伸張計、裂縫計、聲射感知器、位移影像放大盒、鋼索感知器、全測站經緯儀、攝影儀 位置不明確之落石：雨量計、攝影儀	位移與聲射變化率預警、臨界雨量線預警模式、事發後預警
II	土石流	流動至摩擦類型之剪力破壞為主	土石流運動(位移、流速)、土石堆積物孔隙水壓、運動時之聲射、降雨特性	事發前：雨量計、水壓計、聲射感知器 事發後：光遮斷感知器、鋼索感知器、旋轉感知器、加速度感知器、磁簧感知器 觀測：流速計、水位計、攝影儀	臨界雨量線預警模式、事發後預警
III	地滑	摩擦類型之剪力破壞為主，張力破壞為次	地滑運動(地表與地下位移與旋轉)、地下水位或水壓、降雨特性	地表位移：裂縫計(可用LVDT)、地滑計、地表傾斜計(僅適用於旋滑)、全測站經緯儀與反射菱鏡、3-D紅外線掃描儀、DGPS、攝影儀 地下位移：伸張計、傾斜觀測管、管式應變計 地下水及雨量：水壓計、觀測井與雨量計	位移速率、降雨特性與地下水相互搭配解釋之綜合性預警模式、根據監測資料配合潛變模式進行即時崩塌時間預測與即時預警、事發後預警
IV	人工保護邊坡	視構造物受力變形條件而定	構造物之位移與應力	位移計、應變計、荷重計	工程設計條件
		—	地下水位或水壓	水壓計與觀測井	工程設計條件
		—	與自然邊坡考慮相同	與自然邊坡考慮相同	與自然邊坡考慮相同

道路邊坡安全監測與預警作業草案擬定

道路邊坡安全監測與預警作業資料收集

前置決策：決定預警目的及預警管理基準分期

邊坡崩塌種類與發生機制之調查與評估

資料蒐集
- 前期監測成果
- 工程圖說、設計準則與分析結果
- 相關環境資料

監測資料分析
- 穩定性　相關性
- 合理性　一致性
- 突變性　對稱性

選擇預警物理量
- 物理量精度
- 物理量可靠度
- 反應時間

邊坡崩塌分析與預測
- 選擇適當分析工具
- 預測物理量變化範圍與速率
- 決定崩塌開挖或直接物理量
- 分析監控物理量間相關性

道路邊坡預警值訂定

檢討崩塌預警基準值
- 環境變遷
- 監測資料累積

道路安全監測與預警作業草案初稿

監測

一、緣起與目的

二、目標與方針

三、坡地災害種類

四、監測項目

五、災害類別規劃與預警

六、監測頻度

預警

一、經驗法則

二、根據長期監測資料統計分析法

三、直接根據位移之預測訂定預警基準

四、間接根據與位移或崩壞相關之物理量訂定預警基準

編訂崩塌災害處理作業草案擬定

一、災前預防階段

二、災中搶修階段

三、災後復建階段

現場踏勘與調查

排水

修坡

緊急處理對策

結構

坡面防護

回報管理









編訂崩塌災害處理作業草案擬定

一、總說明
二、災前預防
三、災中應變與搶救
四、災後復建
五、維護管理

1.崩塌土石流等災害防救計畫之訂定、經費編列、執行與檢討。
2.崩塌土石流等災害防救教育、訓練及觀念宣導。
3.災崩塌土石流等害防救科技研究成果之應用。
4.治山、防洪及其他國土保全。
5.道路沿線重要據點災害防救設施、設備之檢查、補強、維護之改善。
6.崩塌土石流等災害防救上必要之氣象、地質、水文及其他相關邊坡穩定與養護資料之觀測、蒐集、分析及建置。
7.以科學方法進行災害潛勢、危險度及境況模擬之調查分析，並適時公布其結果。
8.地方政府及公共事業災害防救相互支援協定之訂定。
9.道路沿線防救團體、民間災害防救志願組織之成立及其活動之促進、輔導、協助及獎勵。



編訂崩塌災害處理作業草案擬定

一、總說明
二、災前預防
三、災中應變與搶救
四、災後復建
五、維護管理

10.崩塌土石流等防救災害防救組織之整備與演練
11.災害監測、預報、警報發布及其設施之強化。
12.災情蒐集、通報及指揮所需通訊設施之建置、維護及強化。
13.災害防救物資、器材之儲備及檢查。
14.災害防救設施、設備之整備及檢查。
15.妨礙災害應變措施事項之改善。
16.國際救災支援之配合事項。

1.搶險：
(1)災害發生期間，公路設施已發生險象或局部損害，如出現滲漏、滑坡、坍塌、裂縫或淘刷等，對公路設施所作緊急封堵、強固或救險，以避免損害發生或擴大之臨時權宜措施。
(2)災害現場危險建築物、工作物之拆除及對公共設施有危害之堆積土體、塊石、構造物或漂流物之移除。
(3)疏導水路但土石不運離河川並置於不影響水流處，避免洪水阻塞不通或沖擊村落等情形之措施。
(4)若有人車受困先行疏導或與中央救難單位聯繫派遣救難人員、機具或設備進行搶救



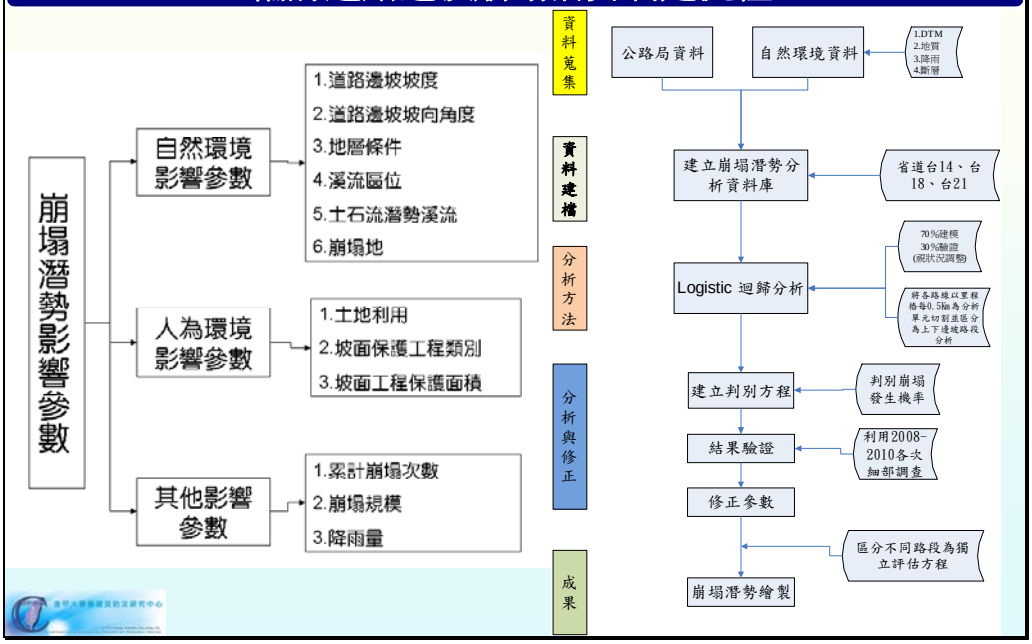
編訂崩塌災害處理作業草案擬定

一、總說明
二、災前預防
三、災中應變與搶救
四、災後復建
五、維護管理

2.搶修：
(1)對局部遭受損害之公路路面及周邊公共設施，於非全面之復原重建下，進行緊急修復，避免損害再次發生或持續擴大。
(2)對外連絡道路遭阻斷之搶通或修築便道、便橋之措施。
(3)對災後臨時維生管線之緊急修築。
(4)將嚴重影響居民及河防安全之河道加以疏通，並將土石運離河川使洪水暢洩不造成災害之措施。

1.現場勘查與調查
2.排水法
3.修坡法
4.結構法

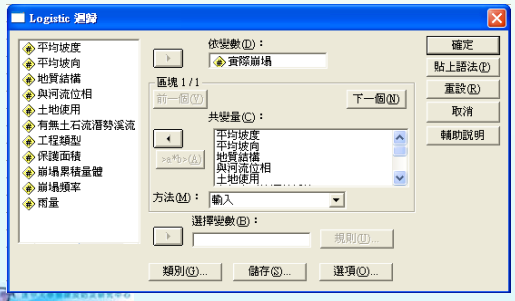
編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程

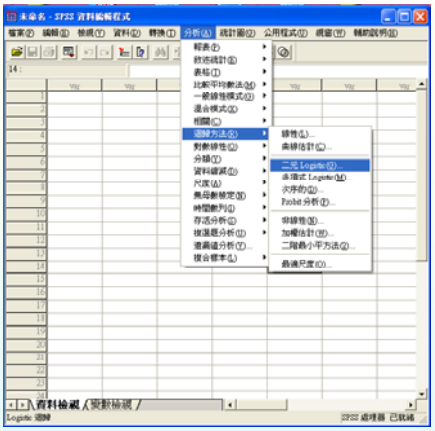


編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程

崩塌因子等級與實際發生率統計表

因子項目	因子等級	評分	統計數量	災害次數	發生比率
平均坡度	≦30度	0.09	353	67	0.190
	30~50度間	0.81	43	21	0.488
	x≧50度	0	0	0	0.000
邊坡坡向角度	北	0	0	0	0.000
	西北	0.81	8	4	0.500





SPSS分析各參數發生機率

編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程

模式摘要

步驟	-2 對數概似	Cox & Snell R 平方	Nagelkerke R 平方
1	466.627[a]	.432	.581

a. 因為參數估計值變化小於 .001，所以估計工作在疊代數 7 時終止。

分類表[a]

觀察		預測 實際崩塌 .00	1.00	百分比修正
步驟 1	實際崩塌 .00	289	51	85.0
	1.00	40	207	83.8
	概要百分比			84.5

a. 分割值為 .500

變數在方程式中

		B	S.E.	Wald	自由度	顯著性	Exp(B)
步驟 1[a]	平均坡度	.521	.307	2.877	1	.090	1.683
	平均坡向	-.105	.642	.027	1	.870	.900
	地質結構	2.764	.556	24.669	1	.000	15.861
	與河流位相	1.169	.637	3.365	1	.067	3.219
	土地使用	1.265	.401	9.938	1	.002	3.543
	有無土石流潛勢溪流	3.791	.689	30.240	1	.000	44.299
	工程類型	1.316	.735	3.203	1	.074	3.728
	保護面積	-.718	.796	.814	1	.367	.488
	崩塌累積量體	32.679	13.136	6.189	1	.013	1.558E+14
	崩塌頻率	2.617	2.319	1.273	1	.259	13.691
	雨量	7.849	1.299	36.535	1	.000	2563.071
	常數	-13.252	1.468	81.503	1	.000	.000

a. 在步驟 1 中選入的變數：平均坡度, 平均坡向, 地質結構, 與河流位相, 土地使用, 有無土石流潛勢溪流, 工程類型, 保護面積, 崩塌累積量體, 崩塌頻率, 雨量。

$$\pi = \frac{\exp^{(\alpha+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\cdots+\beta_k X_k)}}{1+\exp^{\alpha+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\cdots+\beta_k X_k}}$$

計算出崩塌機率

潛感值	崩塌等級
X<0	0
0<=X<=1	1
1<=X<=2	2
2<=X<=3	3

編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程

$$Y_{14} = -14.32 + 1.25 * X_1 + 1.69 * X_2 + 2.28 * X_3 + 1.07 * X_4 + 1.26 * X_5 + 3.71 * X_6 + 0.44 * X_7 + 2.18 * X_8 + 288.14 * X_9 + 29.44 * X_{101} + 1.38 * X_{11}$$

省道臺14線

$$Y_{18} = -23.43 + 0.9 * X_1 + 1.54 * X_2 + 75.87 * X_3 + 70.7 * X_4 + 0.18 * X_5 + 4.7 * X_6 - 33.88 * X_7 - 1.33 * X_9 - 299.71 * X_{10} - 4.82 * X_{11}$$

省道臺18線

$$Y_{21} = -0.05 + 0.22 * X_1 + 0.72 * X_2 + 1.19 * X_3 - 1.51 * X_4 + 0.38 * X_5 + 1.08 * X_6 - 0.01 * X_7 - 0.54 * X_8 - 1.44 * X_9 + 1.12 * X_{10} - 0.56 * X_{11}$$

省道臺21線

X_1:平均坡度 ； X_2:平均坡向 ； X_3:地質結構

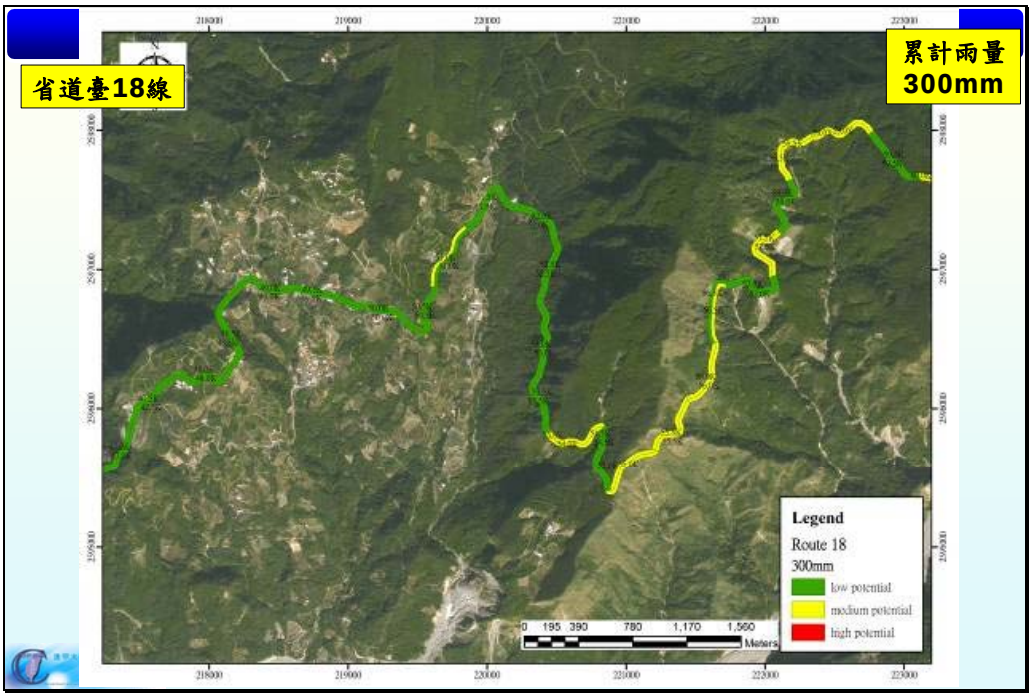
X_4:與河流位相 ； X_5:土地使用 ； X_8:有無土石流潛勢溪流

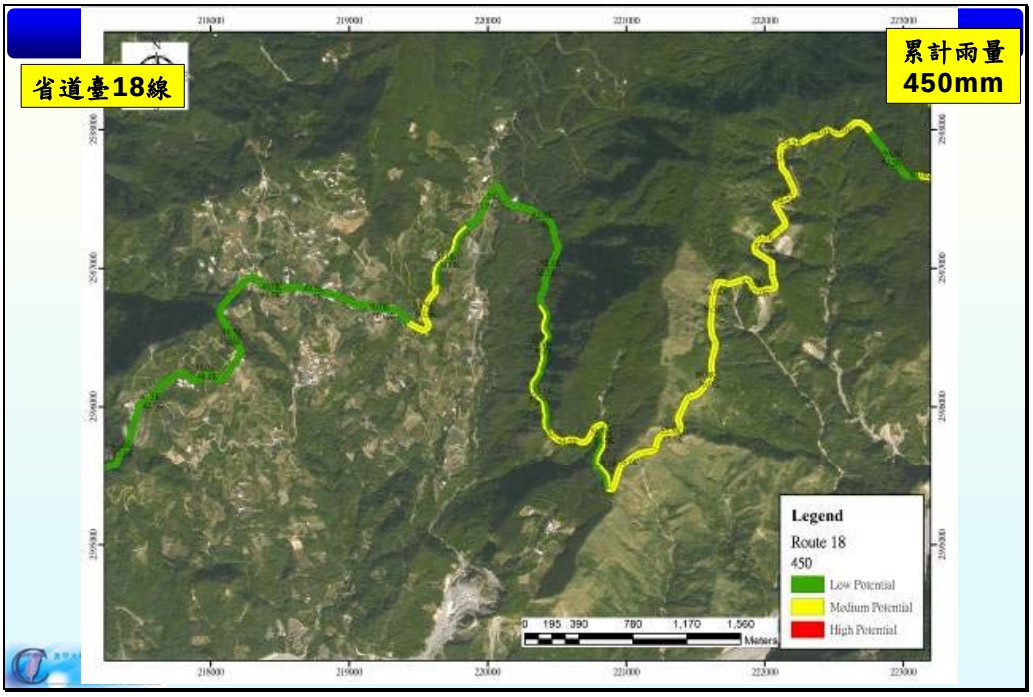
X_7:工程類型 ； X_8:保護面積 ； X_9:崩塌累積量體

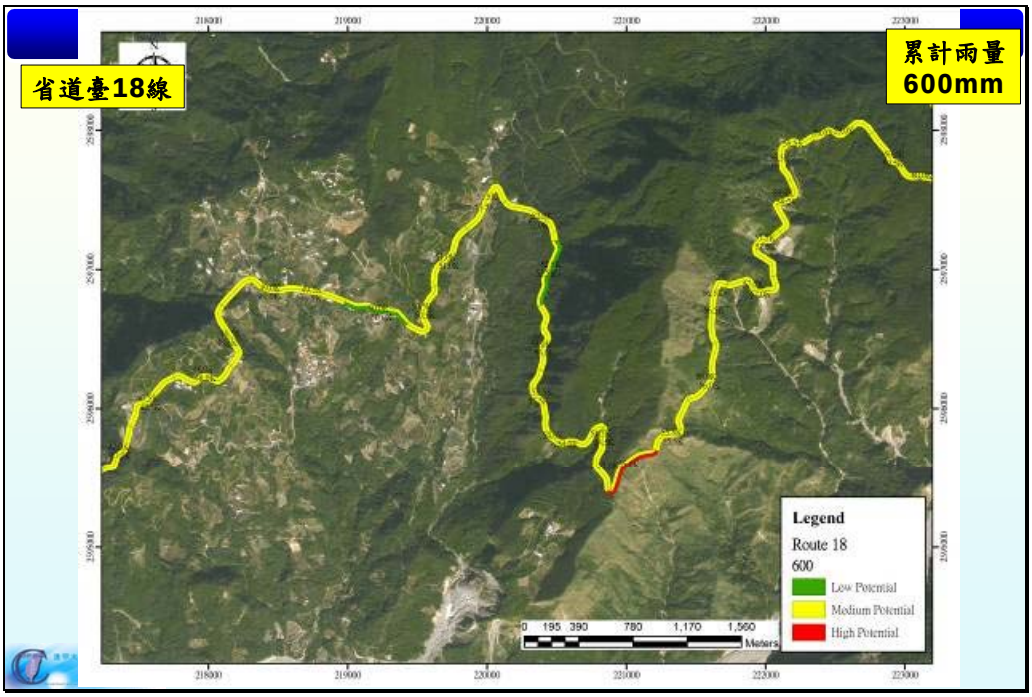
X_{10}:崩塌頻率 ； X_{11}:雨量 ； Y：崩塌潛感值

編訂道路邊坡崩塌潛勢制定流程

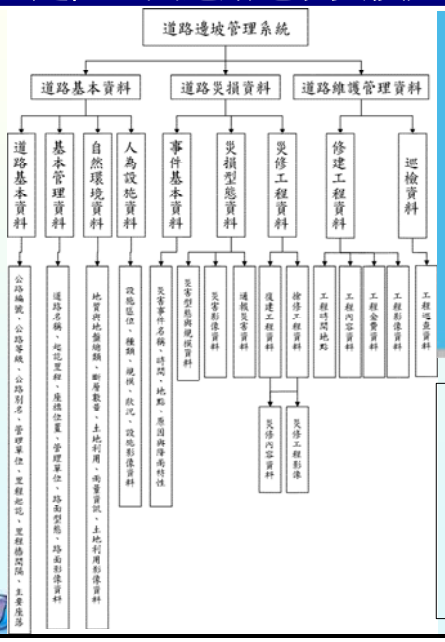
里程	位置	50mm 機率	100mm 機率	150mm 機率	200mm 機率	250mm 機率	300mm 機率	350mm 機率	400mm 機率	450mm 機率	500mm 機率	550mm 機率	600mm 機率	650mm 機率	700mm 機率	750mm 機率	800mm 機率	850mm 機率	900mm 機率	950mm 機率	1000mm 機率
55.0K	R	0.3850	0.4199	0.4556	0.4917	0.5279	0.5639	0.5992	0.6334	0.6664	0.6978	0.7275	0.7555	0.7811	0.8049	0.8267	0.8462	0.8644	0.8805	0.8950	0.9078
55.5K	R	0.2568	0.2840	0.2951	0.3241	0.3566	0.3905	0.4255	0.4613	0.4975	0.5337	0.5696	0.6047	0.6388	0.6715	0.7027	0.7321	0.7596	0.7850	0.8085	0.8300
56.0K	R	0.3566	0.3906	0.4256	0.4614	0.4975	0.5338	0.5696	0.6047	0.6388	0.6716	0.7027	0.7321	0.7596	0.7851	0.8085	0.8300	0.8495	0.8671	0.8829	0.8971
56.5K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7115	0.7401	0.7671
57.0K	R	0.1576	0.1778	0.2000	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.5160	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877	0.7180	0.7466
57.5K	R	0.2267	0.2532	0.2815	0.3118	0.3437	0.3771	0.4118	0.4473	0.4833	0.5196	0.5556	0.5911	0.6256	0.6589	0.6907	0.7208	0.7491	0.7755	0.7996	0.8218
58.0K	R	0.1576	0.1778	0.2000	0.2242	0.2505	0.2787	0.3087	0.3405	0.3738	0.4083	0.4438	0.4798	0.5160	0.5521	0.5877	0.6223	0.6557	0.6877	0.7180	0.7466
58.5K	R	0.2267	0.2532	0.2815	0.3118	0.3437	0.3771	0.4118	0.4473	0.4833	0.5196	0.5556	0.5911	0.6256	0.6589	0.6907	0.7208	0.7491	0.7755	0.7996	0.8218
59.0K	R	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.4450	0.4810	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189	0.7473	0.7737	0.7981	0.8204
59.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
60.0K	R	0.1731	0.1948	0.2186	0.2444	0.2722	0.3018	0.3332	0.3662	0.4004	0.4357	0.4716	0.5079	0.5440	0.5797	0.6146	0.6483	0.6806	0.7115	0.7401	0.7671
60.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7448
61.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
61.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
62.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
62.5K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
63.0K	R	0.2031	0.2275	0.2540	0.2825	0.3128	0.3448	0.3782	0.4129	0.4484	0.4845	0.5207	0.5568	0.5922	0.6267	0.6600	0.6917	0.7218	0.7499	0.7761	0.8005
63.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7448
64.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7448
64.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7448
65.0K	R	0.1398	0.1582	0.1785	0.2008	0.2251	0.2514	0.2796	0.3097	0.3416	0.3749	0.4094	0.4449	0.4810	0.5172	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189
65.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
66.0K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
66.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
67.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
67.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
68.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
68.5K	R	0.2251	0.2514	0.2796	0.3098	0.3416	0.3749	0.4095	0.4450	0.4810	0.5173	0.5533	0.5888	0.6234	0.6568	0.6887	0.7189	0.7473	0.7737	0.7981	0.8204
69.0K	R	0.1425	0.1611	0.1817	0.2043	0.2288	0.2554	0.2840	0.3144	0.3464	0.3800	0.4147	0.4503	0.4864	0.5226	0.5586	0.5940	0.6284	0.6616	0.6933	0.7233
69.5K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940
70.0K	R	0.0991	0.1129	0.1282	0.1453	0.1643	0.1852	0.2081	0.2330	0.2599	0.2887	0.3194	0.3517	0.3855	0.4203	0.4560	0.4922	0.5284	0.5643	0.5996	0.6339
70.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
71.0K	R	0.0591	0.0676	0.0774	0.0884	0.1008	0.1147	0.1303	0.1476	0.1668	0.1880	0.2111	0.2363	0.2635	0.2926	0.3235	0.3560	0.3899	0.4249	0.4606	0.4968
71.5K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7448
72.0K	R	0.1564	0.1765	0.1985	0.2226	0.2487	0.2768	0.3068	0.3384	0.3716	0.4061	0.4415	0.4775	0.5137	0.5498	0.5854	0.6201	0.6536	0.6857	0.7161	0.7448
72.5K	R	0.0958	0.1092	0.1241	0.1407	0.1592	0.1796	0.2020	0.2264	0.2528	0.2811	0.3113	0.3432	0.3766	0.4112	0.4468	0.4828	0.5191	0.5551	0.5906	0.6251
73.0K	R	0.0851	0.0971	0.1105	0.1256	0.1424	0.1611	0.1817	0.2042	0.2288	0.2554	0.2839	0.3143	0.3464	0.3799	0.4146	0.4502	0.4863	0.5226	0.5586	0.5940

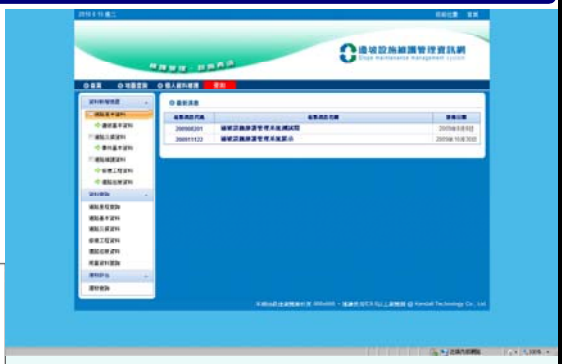

省道臺18線
累計雨量
300mm
Legend
Route 18
300mm
low potential
medium potential
high potential
0 195 390 780 1,170 1,560
Meters


省道臺18線
累計雨量
450mm
Legend
Route 18
450
Low Potential
Medium Potential
High Potential
0 195 390 780 1,170 1,560
Meters



建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫





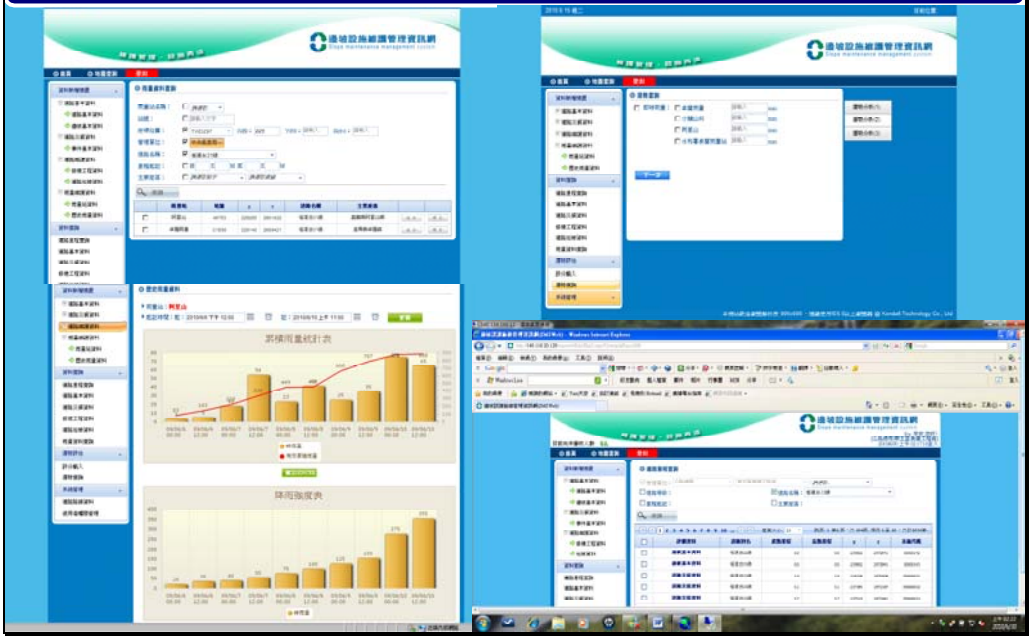
1.鍵入資料：6條路線(8 14 16 18 20 21)

2.資料筆數：4677筆

3.資料類型：現地勘查表單、照片
災損資料、復健工程

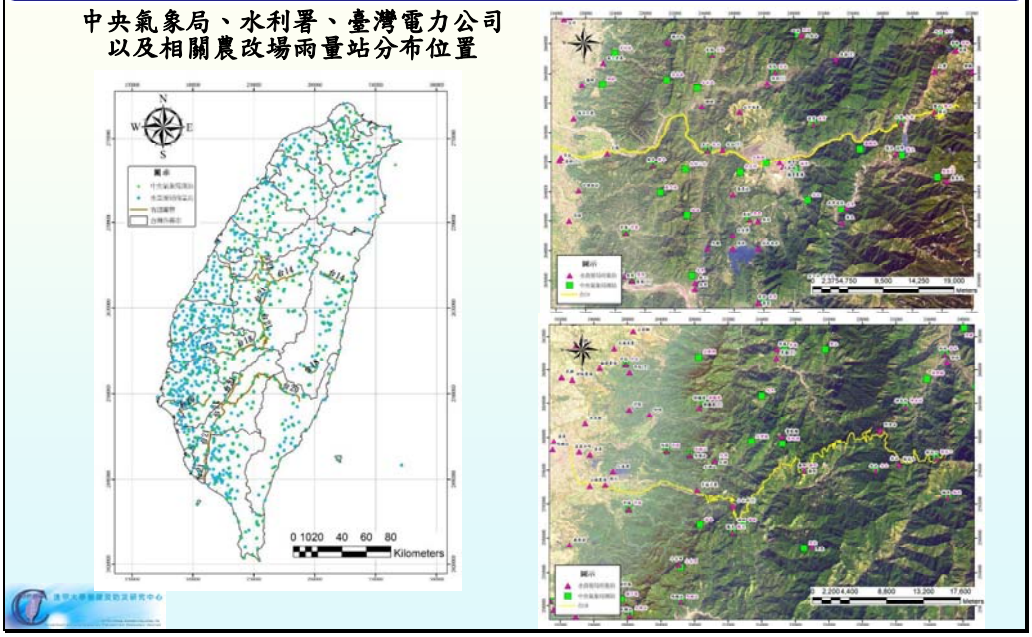
4.資料年份：1996-2010/5

建置全國道路邊坡災損與主要山區道路致災因子資料庫

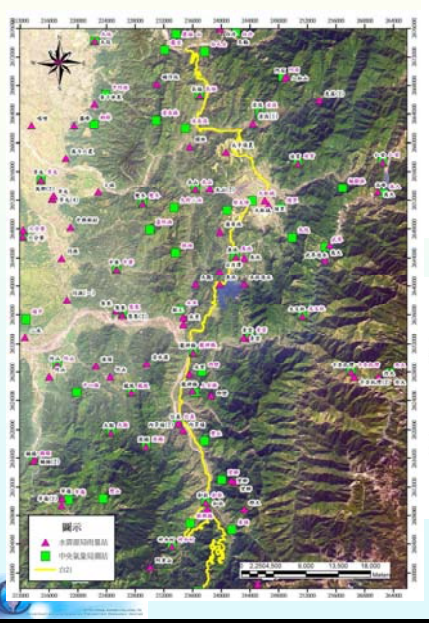


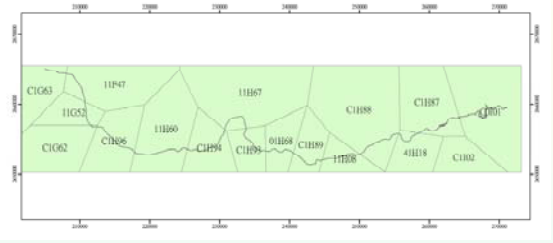
建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞降雨量資料庫

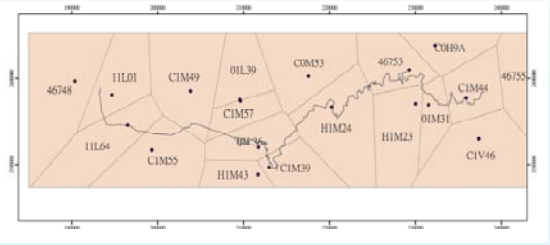
中央氣象局、水利署、臺灣電力公司
以及相關農改場雨量站分布位置



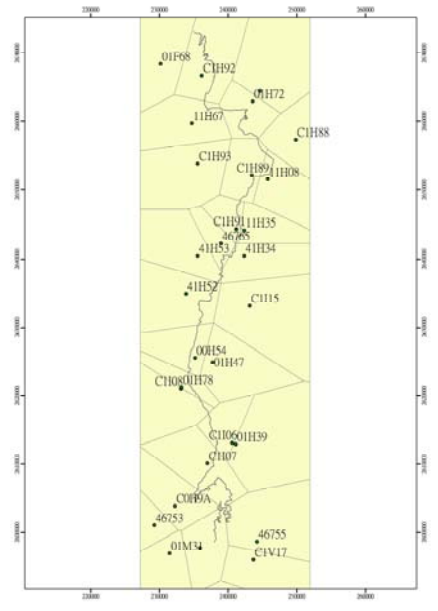
建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞降雨量資料庫







建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞降雨量資料庫





建立道路邊坡滑動資料庫與形成邊坡破壞降雨量資料庫



坡地道路防救災系統建立之研究整合計畫

坡地道路防救災系統建立之研究

子計畫 1:全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試

子計畫 2:全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用

子計畫 3:交通道路及橋墩遭受土石流衝擊之對策研究

子計畫 4:山區道路坡地災害防治技術整合研究

子計畫 5：公路防救災決策支援系統建立之研究

坡地道路防救災系統建立之研究整合計畫



山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會

主持人與講員

林志明	交通部運輸研究所 所長
曾志煌	交通部運輸研究所 運輸工程組組長
邱永芳	交通部運輸研究所 港灣技研究中心主任
朱金元	交通部運輸研究所 港灣技研究中心副主任
謝明志	交通部運輸研究所 港灣技研究中心研究員兼科長
鄭明淵	國立臺灣科技大學營建工程系教授
陳景文	國立成功大學土木工程學系教授
黃安斌	國立交通大學土木工程學系教授
洪本善	逢甲大學土地管理學系副教授
蘇人煇	逢甲大學土木工程系副教授

山區道路邊坡崩塌防治及監測預警研討會

日期	時 間	講　　題	主 講 人	主持人
99年11月23日（星期二）	08:50~09:20	報　到		
	09:20~09:30	主持人及貴賓致詞		
	09:30~10:20	公路防救災決策支援系統建立之研究	鄭明淵 教授 臺灣科技大學營建工程系	邱永芳 主任 交通部運研所港研中心
	10:20~10:30	休息與茶點		
	10:30~11:20	交通道路及橋墩遭受土石流衝擊之對策研究	陳景文 教授 成功大學土木工程學系	曾志煌 組長 交通部運研所運工組
	11:20~12:10	全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試	黃安斌 教授 交通大學土木工程學系	曾志煌 組長 交通部運研所運工組
	12:10~13:30	午餐與休息		
	13:30~14:20	全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用	洪本善 副教授 逢甲大學土地管理學系	朱金元 副主任 交通部運研所港研中心
	14:20~15:10	山區道路坡地災害防治技術整合研究	蘇人煇 副教授 逢甲大學營建及防災中心	朱金元 副主任 交通部運研所港研中心
	15:10~15:30	休息與茶點		
	15:30~16:20	綜合討論 鄭明淵教授、陳景文教授、黃安斌教授、 洪本善副教授、蘇人煇副教授		邱永芳 主任 交通部運研所港研中心



簡報大綱

1.持續選定歷史崩塌路段進行現地調查作業
2.持續蒐集彙整、分類與建置歷史崩塌事件與災害資料
3持續探討建立崩塌量、崩塌型態與發生間之關係。
4持續將適當資料建置於既有之道路邊坡災害管理系統，並增加歷年建置之雨量監測資料。
5.彙整分析國內道路上、下邊坡崩塌災害類型及規模。
6.評估國內現有道路邊坡崩塌自動化監測預警成效。
7.研擬利用自然環境與災害修復歷史資料評估分析道路邊坡崩塌潛勢準則。
8.臺18相關監測預警措施
9.應用道路邊坡管理系統內資料開發道路邊坡崩塌簡易危害度分析模式。
10.研擬道路邊坡崩塌安全管控程序，含山區道路區域型邊坡崩塌預警作業標準。
11.開發邊坡管理系統內安全管理模組
12.結論與建議

道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

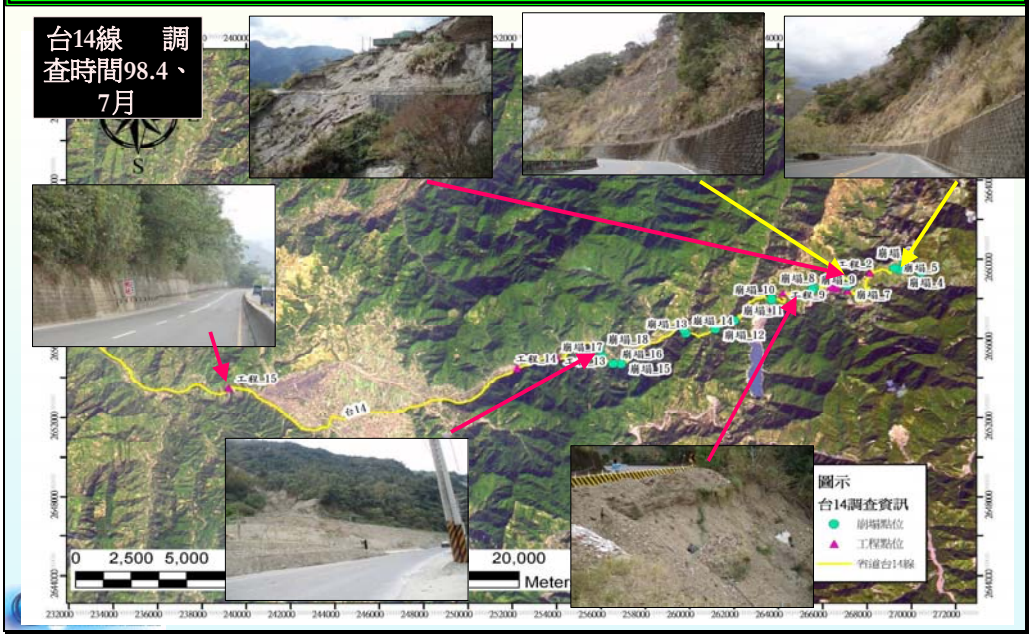
歷史崩塌調查
災害統計會整
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管控
安全管理模組

97-98道路災害點位統計

省道	災害數量	%	省道	災害數量	%	省道	災害數量	%
臺1	15	2.81	臺11	1	0.19	臺20乙	3	0.56
臺1丁	1	0.19	臺11乙	5	0.94	臺21	73	13.67
臺2	2	0.37	臺13	2	0.37	臺22	2	0.37
臺3	35	6.55	臺14	28	5.24	臺24	14	2.62
臺3丙	2	0.37	臺14甲	5	0.94	臺27	16	3.00
臺4	1	0.19	臺14乙	1	0.19	臺27甲	3	0.56
臺6	5	0.94	臺16	11	2.06	臺28	4	0.75
臺7	27	5.06	臺17	13	2.43	臺61	1	0.19
臺7甲	25	4.68	臺18	35	6.55	臺82	2	0.37
臺7丙	3	0.56	臺19	2	0.37	臺84	1	0.19
臺8	57	10.67	臺19甲	1	0.19	臺88	1	0.19
臺9	4	0.75	臺20	93	17.42			
臺9甲	39	7.30	臺20甲	1	0.19			

98年度道路調查：臺14、18、20、21

道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析



道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

台14線98年莫拉克颱風後勘查

全線最大一日降雨量：527mm



68K上邊坡崩塌

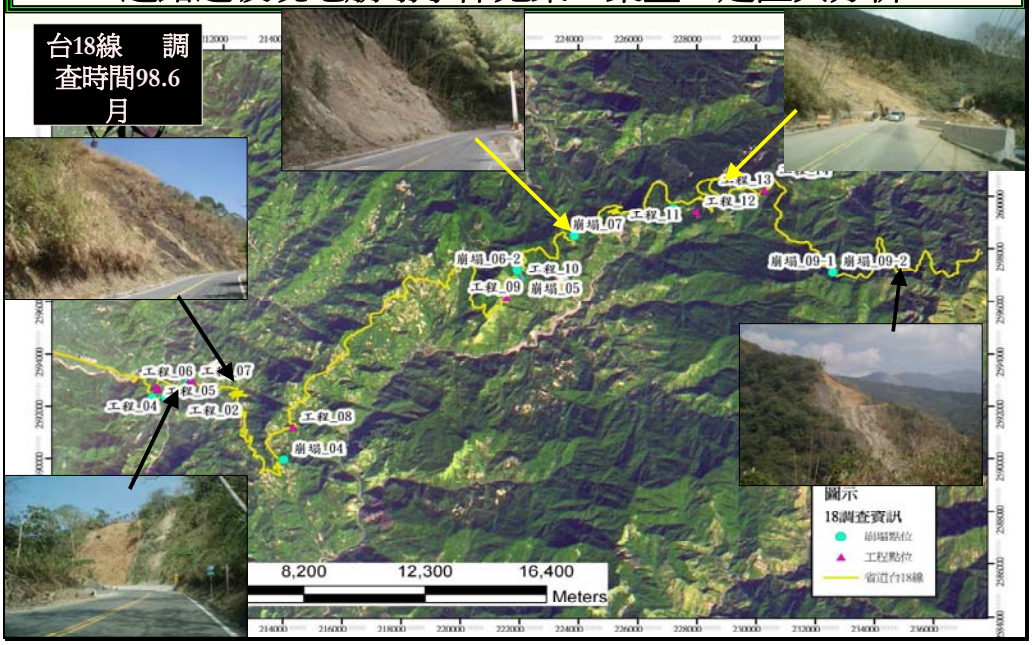


74K上邊坡崩塌



96.8K上邊坡崩塌清除工程

道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析



道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

台18線98年莫拉克颱風後勘查



37.5K上下邊坡崩塌



59.5K上下邊坡崩塌



71K上下邊坡崩塌



40.1K上下邊坡崩塌



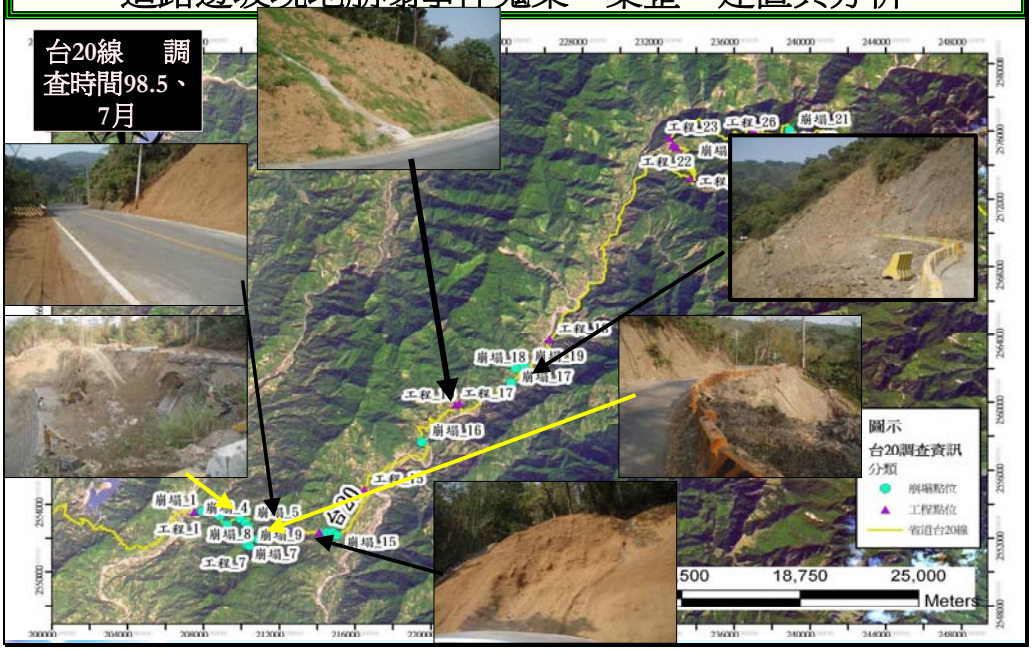
60.1K上下邊坡崩塌



79K上下邊坡崩塌

全線最大一日降雨量：1623mm

道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析



道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

台20線98年莫拉克颱風後勘查



59.8K上下邊坡崩塌



66.3K上下邊坡崩塌



83.2K橋梁沖毀



65K上下邊坡崩塌



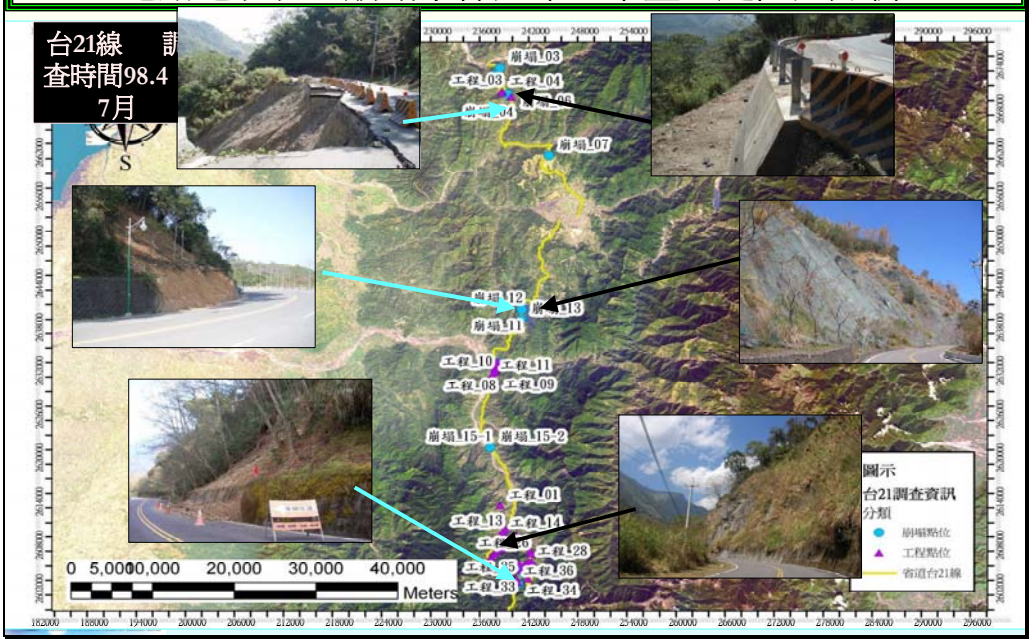
71.6K橋梁沖毀



86.5K上下邊坡崩塌

全線最大一日降雨量：1283mm

道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析



道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

台21線98年莫拉克颱風後勘查



91.6K土石流



106.7K土石流



120.3K土石流



103.5K上邊坡崩塌



114.1K上邊坡崩塌

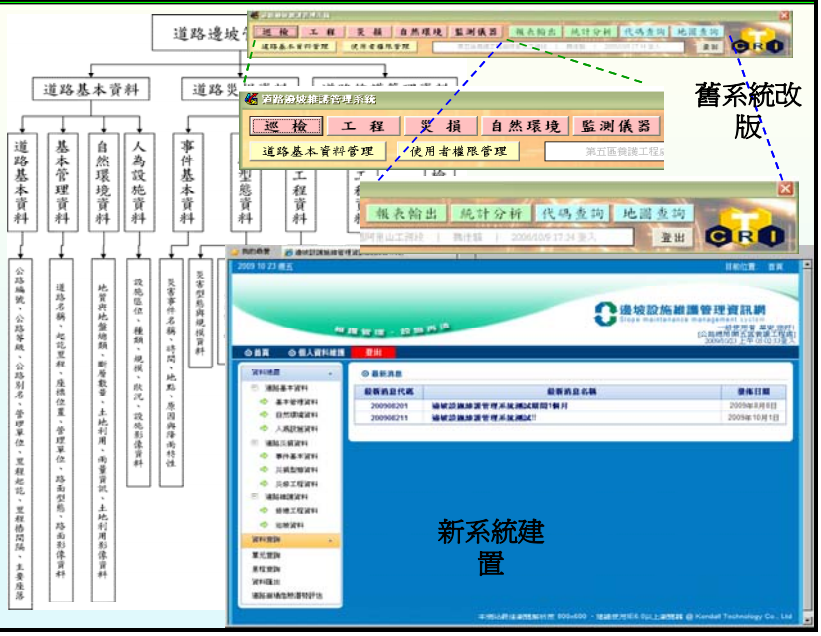


123.5K上邊坡崩塌

全線最大一日降雨量：827mm

道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

歷史崩塌調查
災害建置統計
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管控
安全管理模組



道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

災害資料建置(如附件3)

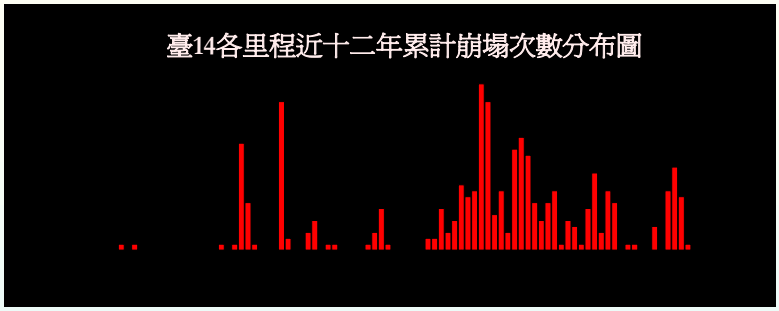
編號	路線	里程起	里程訖	年份	事件	成因(災情)	工程項目	數量	單位
1	台14	14.000	17.000	97	卡玫基颱風	土石坍滑	清坍土方	300	M3
2	台14	15.800	15.800	97	卡玫基颱風	土石坍滑	清坍土方	18	M3
3	台14	24.380	24.380	89	碧利斯颱風	土石坍滑	修復擋土牆	60	M
4	台14	29.000	29.000	93	敏督利颱風	土石坍方	清除土方	345	M3
5	台14	31.000	33.000	89	0221豪雨	土石坍方	清除坍土方	9465	M3
6	台14	31.960	31.960	93	敏督利颱風	土石坍方	清除土方	540	M3
7	台14	31.960	31.960	93	敏督利颱風	土石坍方	清除土方	1000	M3

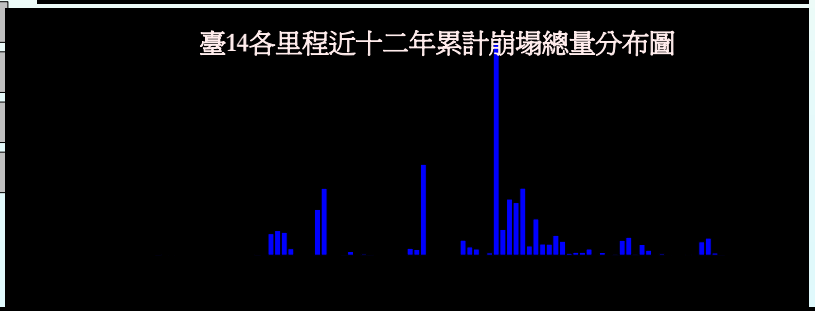
位置、量體、時間、金費、工程內容、管理資料、降雨資料、自然環境資料



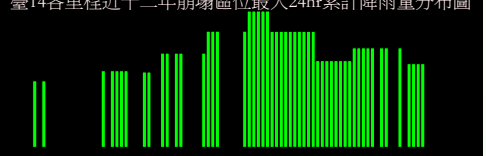
道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

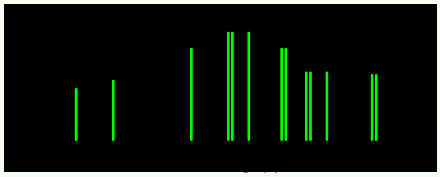
歷史崩塌調查
災害統計會整
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管控
安全管理模組





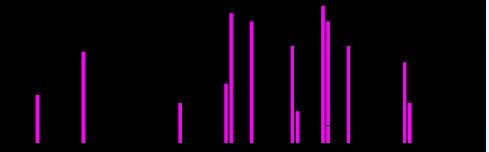
道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

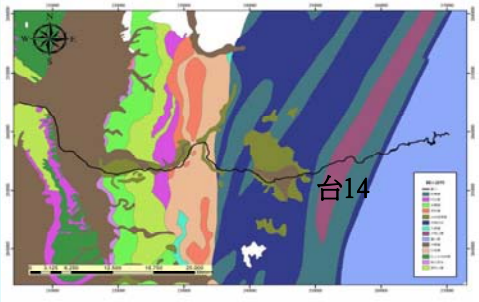




臺14各里程近十二年下邊坡崩塌區位最大24hr
累計降雨量分布圖

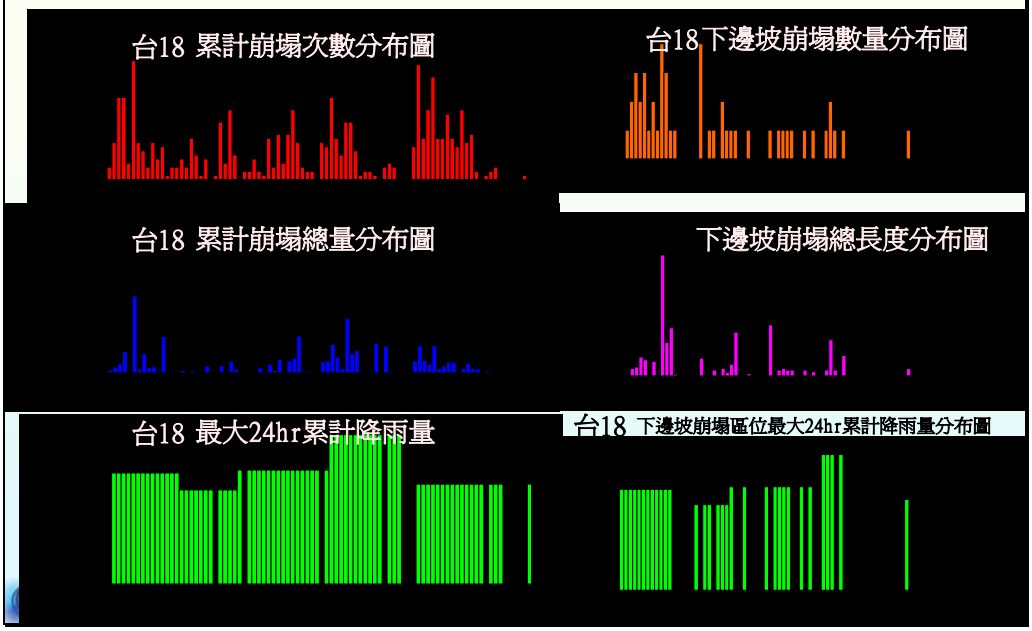




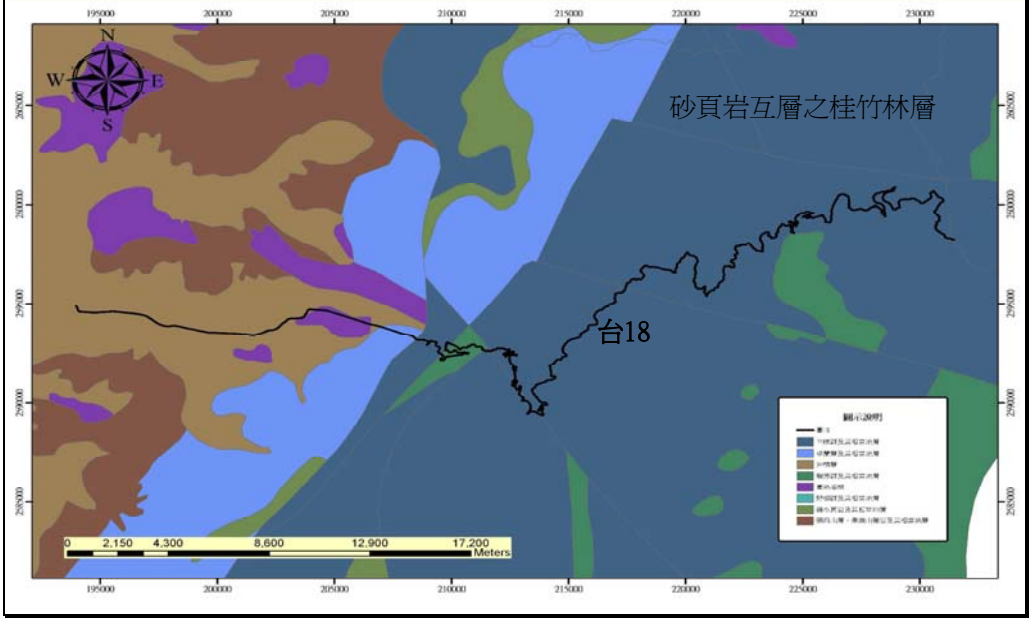


地質分布圖-崩塌區以乾溝層與廬山層爲主

道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

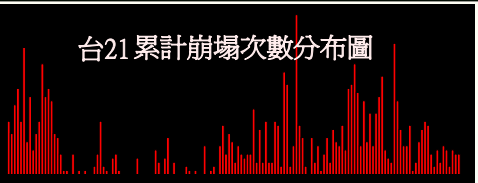


道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

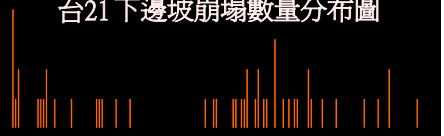


道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析

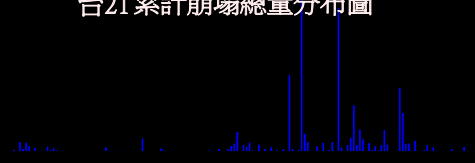
台21累計崩塌次數分布圖



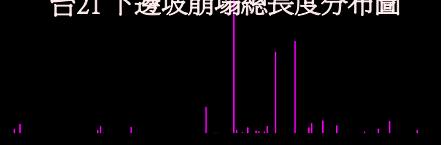
台21下邊坡崩塌數量分布圖



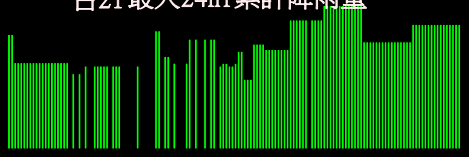
台21累計崩塌總量分布圖



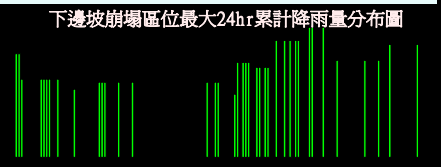
台21下邊坡崩塌總長度分布圖



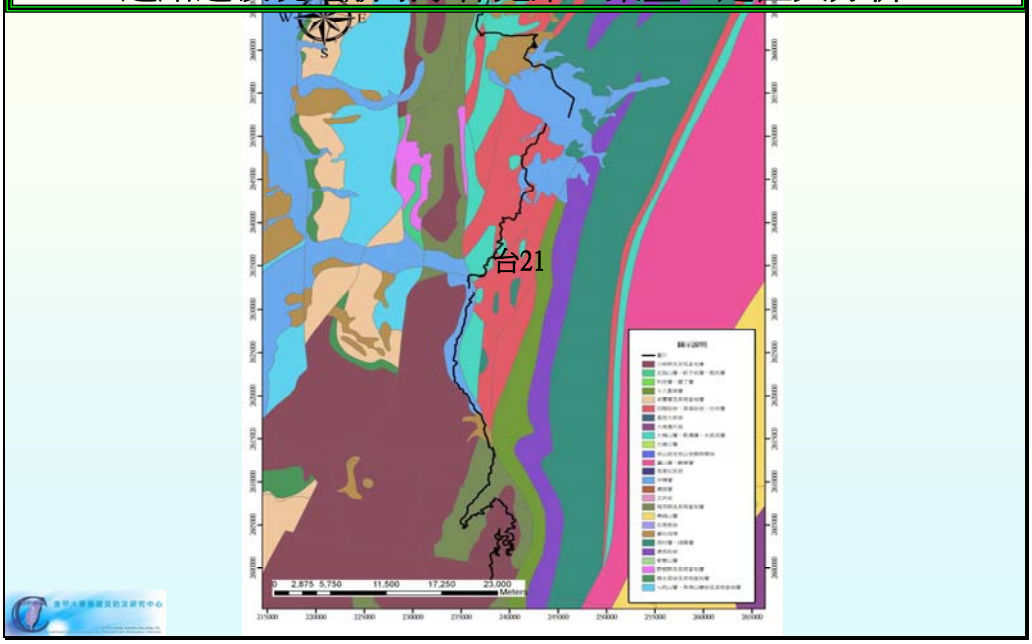
台21最大24hr累計降雨量

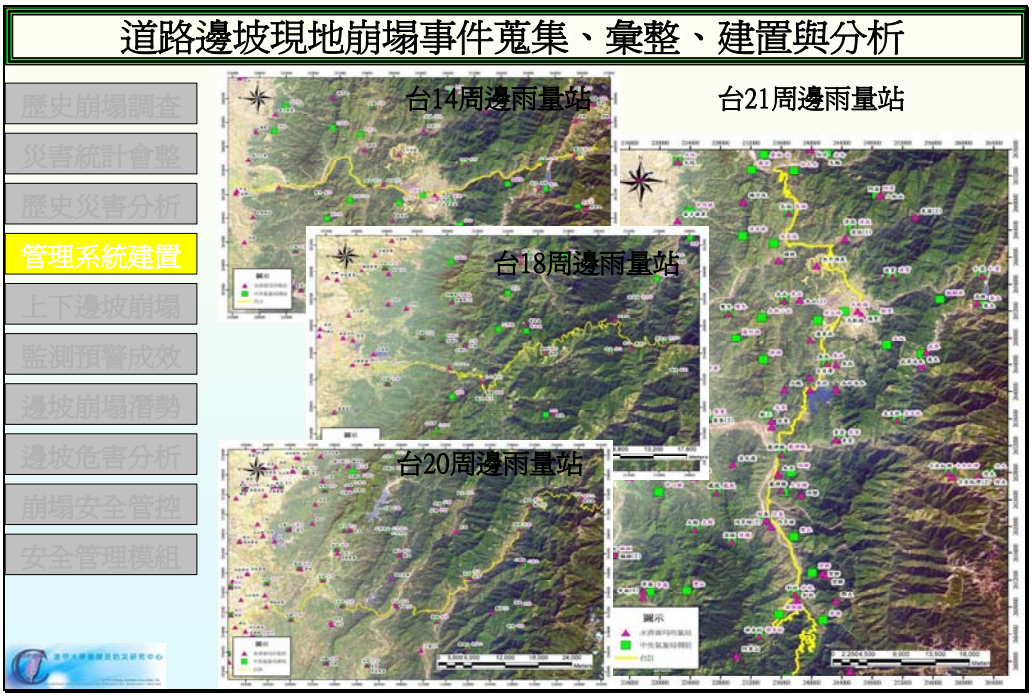


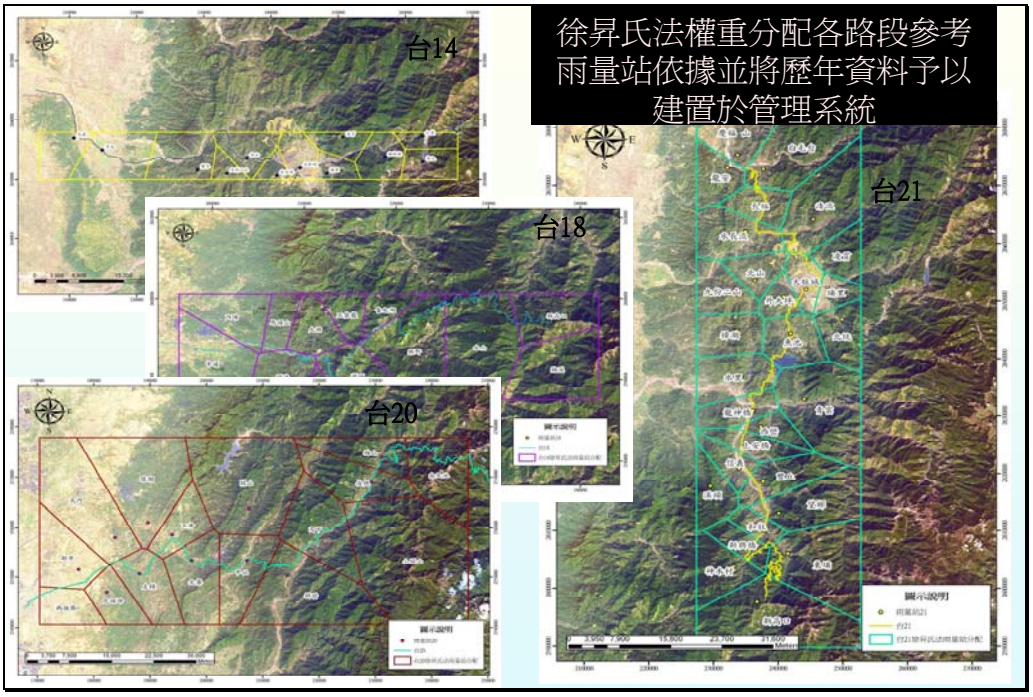
下邊坡崩塌區位最大24hr累計降雨量分布圖



道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析




道路邊坡現地崩塌事件蒐集、彙整、建置與分析
歷史崩塌調查
災害統計會整
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管控
安全管理模組
台14周邊雨量站
台21周邊雨量站
台18周邊雨量站
台20周邊雨量站


徐昇氏法權重分配各路段參考雨量站依據並將歷年資料予以建置於管理系統
台14
台18
台20
台21

莫拉克颱風期間全臺累積雨量超過1,000mm 之雨量站(降雨延時24小時)

莫拉克颱風期間全臺總累積雨量前20名之雨量站

排序	雨量測站	河川流域	鄉鎮名稱	累積雨量(mm)
1	阿里山	濁水溪流域	嘉義縣阿里山鄉	2884
2	鹿林期	八掌溪流域	嘉義縣竹崎鄉	2778.5
3	尾寮山	高屏溪流域	屏東縣三地門鄉	2701
4	石壁龍	八掌溪流域	嘉義縣竹崎鄉	2636.5
5	御海山	高屏溪流域	高雄縣茂林鄉	2557.5
6	溪南	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	2489.5
7	南大池	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	2448.5
8	瀨頭	曾文溪流域	嘉義縣阿里山鄉	2315
9	馬頭山	曾文溪流域	嘉義縣大埔鄉	2277.5
10	上德文	高屏溪流域	屏東縣三地門鄉	2255
11	大湖	八掌溪流域	嘉義縣番路鄉	2243.5
12	小關山	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	2235.5
13	新發	高屏溪流域	高雄縣六龜鄉	2077.5
14	馬山	濁水溪流域	嘉義縣阿里山鄉	2057
15	頭凍	八掌溪流域	嘉義縣阿里山公路	2036.5
16	高中	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1991.5
17	新高口	濁水溪流域	嘉義縣阿里山鄉	1970.5
18	桃源	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1969
19	草嶺	濁水溪流域	雲林縣古坑鄉	1952
20	曾文	曾文溪流域	台南縣楠西鄉	1948

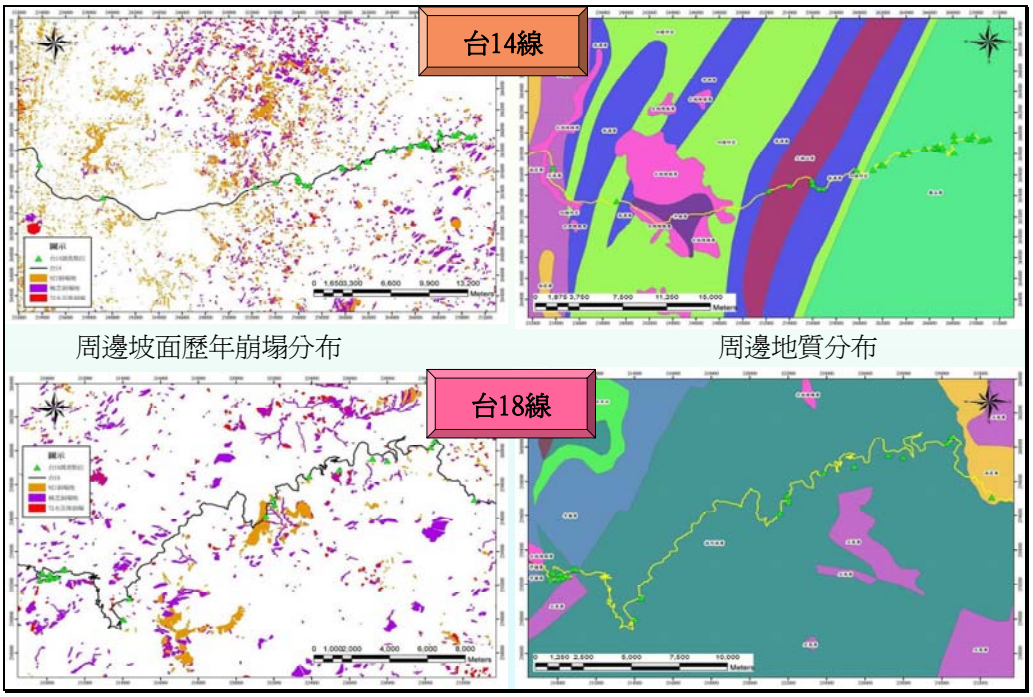
排序	雨量測站	河川流域	鄉鎮名稱	累積雨量(mm)	發生時刻	相當重現期(年)	雨量長度(年)
1	阿里山	濁水溪流域	嘉義縣阿里山鄉	1623.5	8/8 14:00~8/9 14:00	>200	28
2	石壁龍	八掌溪流域	嘉義縣竹崎鄉	1583	8/8 11:00~8/9 11:00	159	51
3	鹿林湖	八掌溪流域	嘉義縣竹崎鄉	1570	8/8 12:00~8/9 12:00	153	51
4	南大池	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1443	8/8 12:00~~8/9 12:00	>200	30
5	尾寮山	高屏溪流域	屏東縣三地門鄉	1414.5	8/7 23:00~8/8 23:00	>200	50
6	馬頭山	曾文溪流域	嘉義縣大埔鄉	1378.5	8/8 07:00~8/9 07:00	>200	49
7	溪南	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1340.5	8/8 05:00~8/9 05:00	>200	28
8	御海山	高屏溪流域	高雄縣茂林鄉	1289.5	8/8 01:00~8/9 01:00	>200	28
9	小關山	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1271.5	8/8 06:00~8/9 06:00	>200	27
10	復興	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1232	8/8 12:00~8/9 12:00	>200	28
11	瀨頭	曾文溪流域	嘉義縣阿里山鄉	1215.5	8/8 12:00~8/9 12:00	158	29
		高屏溪流域	高雄縣六龜鄉	1200	8/8 02:00~8/9 02:00	>200	26
		高屏溪流域	屏東縣三地門鄉	1185.5	8/7 10:00~8/8 10:00	>200	27
		高屏溪流域	屏東縣瑪家鄉	1180.5	8/8 00:00~8/9 00:00	15	32
		高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1147	8/8 12:00~8/9 12:00	>200	28
		濁水溪流域	嘉義縣阿里山鄉	1139	8/8 13:00~8/9 13:00	>200	24
		濁水溪流域	南投縣信義鄉	1131	8/8 14:00~8/9 14:00	>200	24
		八掌溪流域	嘉義縣番路鄉	1125.5	8/8 06:00~8/9 06:00	>200	49
		曾文溪流域	台南縣楠西鄉	1088.5	8/8 11:00~8/9 11:00	>200	35
		濁水溪流域	嘉義縣梅山鄉	1080.5	8/8 12:00~8/9 12:00	83	43
		高屏溪流域	高雄縣甲仙鄉	1077.5	8/8 02:00~8/9 02:00	>200	51
		八掌溪流域	嘉義縣番路鄉	1076.5	8/8 11:00~8/9 11:00	30	51
		濁水溪流域	嘉義縣阿里山鄉	1063	8/8 13:00~8/9 13:00	74	43
		曾文溪流域	嘉義縣大埔鄉	1050.5	8/8 11:00~8/9 11:00	172	24
		八掌溪流域	嘉義縣阿里山公路	1039	8/8 11:00~8/9 11:00	48	29
		急水溪流域	台南縣白河鎮	1032	8/8 11:00~8/9 11:00	>200	49
		高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1029	8/8 06:00~8/9 06:00	>200	27
		濁水溪流域	雲林縣古坑鄉	1028.5	8/8 12:00~8/9 12:00	60	43
		高屏溪流域	高雄縣三民鄉	1024.5	8/8 11:00~8/9 11:00	>200	30
		高屏溪流域	高雄縣桃源鄉	1018.5	8/8 13:00~8/9 13:00	>200	24
		台東河系流域	臺東縣達仁鄉	1017	8/8 02:00~8/9 02:00	>200	51

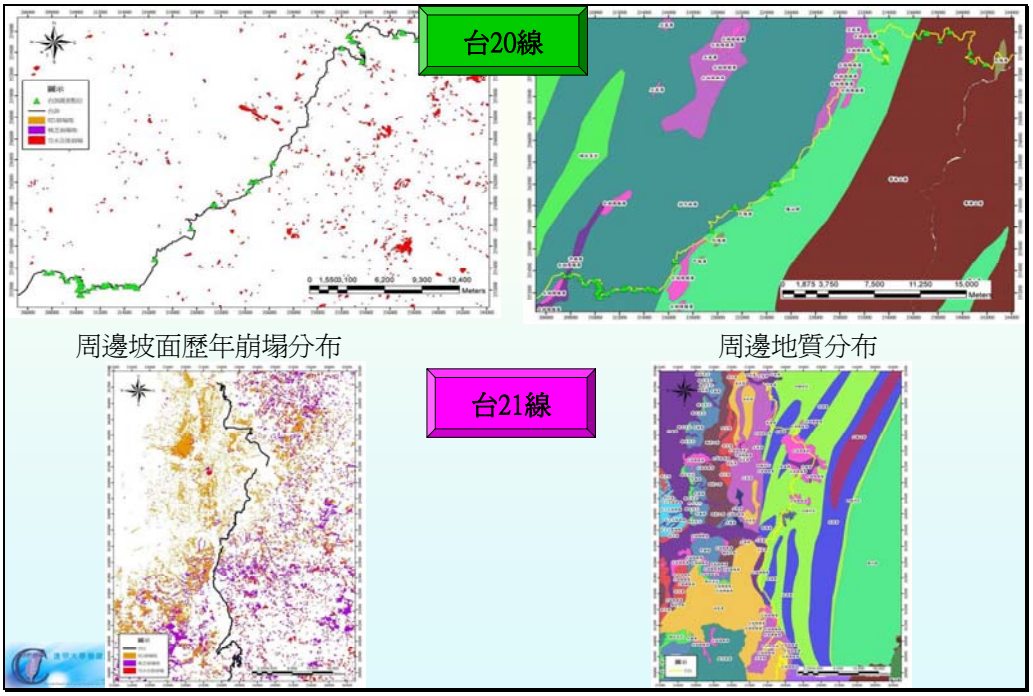
研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

- 歷史崩塌調查
- 災害統計會整
- 歷史災害分析
- 管理系統建置
- 上下邊坡崩塌
- 監測預警成效
- 邊坡崩塌潛勢
- 邊坡危害分析
- 崩塌安全管控
- 安全管理模組

山區道路破壞區位環境說明

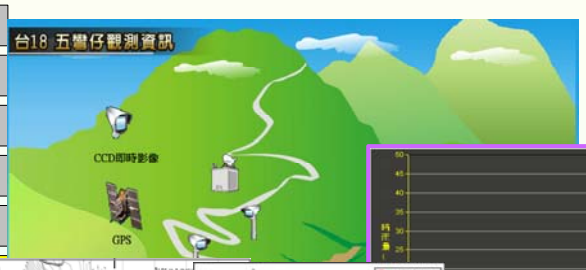
區位	類型	誘因				
道路上邊坡	山腹崩塌	長期風化產生裂縫崩解	順向坡	地質脆弱	地震	人為開發
	近岸崩塌	排水不良 坡面沖蝕	順向坡	地質脆弱	地震	人為開發
道路下邊坡	山腹崩塌	排水不良 坡面沖蝕	廢倒廢土	地質脆弱	地震	載重負荷過大產生沉陷
	近岸崩塌	水流剪力沖刷淘空基腳	河道逕流沖刷產生攻擊角沖刷坡面	內部水壓力沖刷		河岸保護工毀損

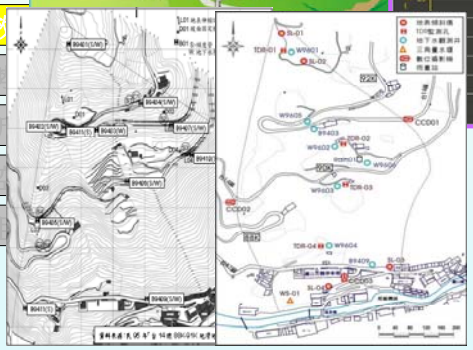

台14線
周邊坡面歷年崩塌分布
周邊地質分布
台18線

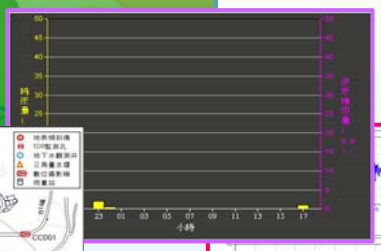

台20線
周邊坡面歷年崩塌分布
周邊地質分布
台21線

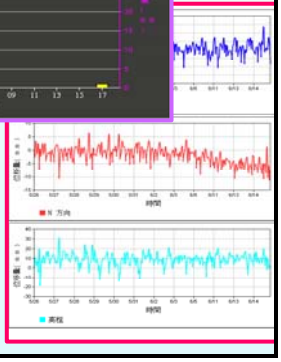
研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

歷史崩塌調查
災害統計會整
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管理
安全管理模組









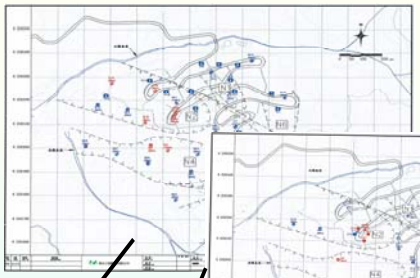
影像+雨量
GPS監測
2003
2009

廬山及梨山地滑監測系統

研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

臺18線相關監測預警措施







手動監測系統

傾斜觀測管： 16孔
豎管式水壓計： 12支
水位觀測井 ： 12孔
結構物傾度盤： 20組

自動監測系統

雨量計： 2組
電子式水壓計： 10組
電子式傾斜計 ： 3組
孔內伸縮計：1組
地錨荷重計：4組
地表伸縮計：2組

研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

歷史崩塌調查
災害統計會整
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管控
安全管理模組

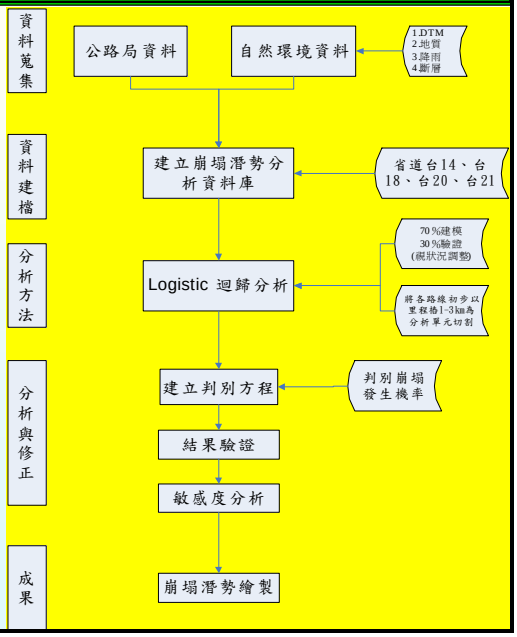
文獻	邊坡破壞因子
謝獻仁(1998)	地形、地質、誘因、其他
楊智堯(1999)	坡度、坡向、植生密度、岩層與坡面之位態關係、土地利用、岩盤種類、距斷層距離、距向斜距離
王淑慧(1999)	坡度、坡高、地質構造、地質材料、土地利用、地震、前期有效累積雨量、當日雨量
江晏佃(1999)	地形、地質、誘因、其他
謝豐隆(2000)	坡高、平均坡度、突懸、坡面危石穩定程度、地下水滲出、植生強度及風化性、節理狀況或破碎程度
魏鎮東(2001)	坡度、坡高、邊坡傾向夾角、邊坡走向夾角、植被高度、岩石強度、節理組數、當日雨量、累積雨量
陳志豪(2002)	岩性、平均強度、破碎程度、坡向、坡度、坡寬、坡高、坡面風化程度、坡面滲水情況、植生狀況、節理組數、節理持續性、劈理彎曲程度、邊坡與道路位態、雨量
林彥享(2003)	坡度、岩性、坡向、曲率、河流距、植生密度、標高、坡度粗糙度、全坡高、地形起伏、地震強度、邊坡區位、集水面積、水系密度、全坡長、地形濕度指數、距構造線或構造面距離
盧育聘(2003)	當日降雨量、累積雨量、坡度、坡高、材料強度、坡向、植被情形、節理組數、最大地表加速度、地震規模
張舜孔(2003)	坍塌前七天累積降雨量、當天降雨量、地層、坡度、風化土層厚

邊坡破壞因子評估參數

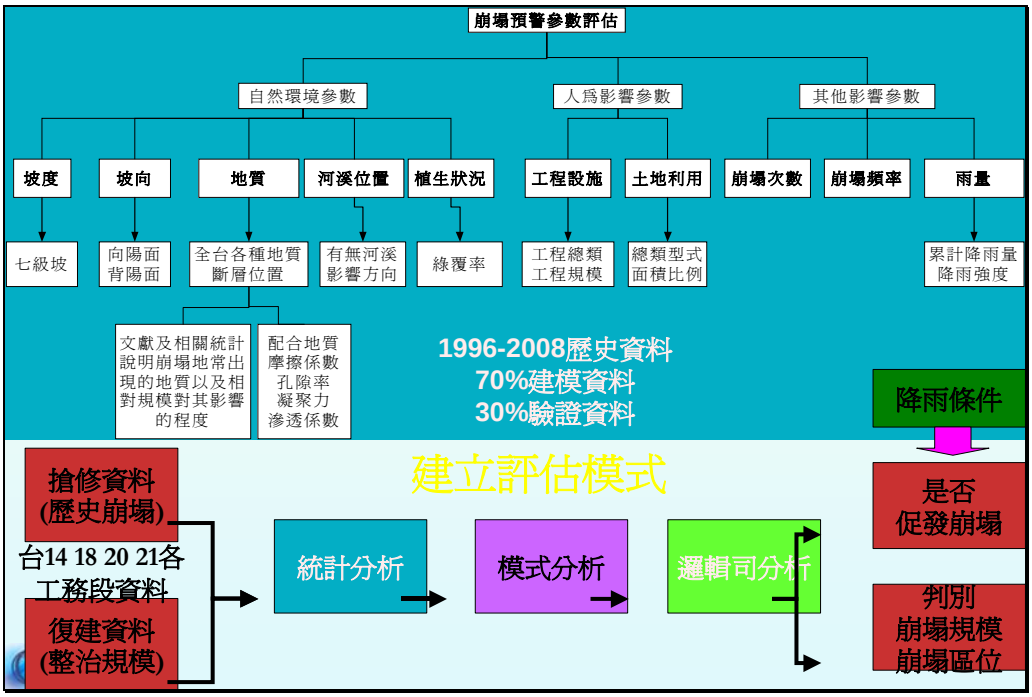
地形、地質、坡度、坡向、降雨量、岩性等相關自然環境參數作爲潛勢評估參數

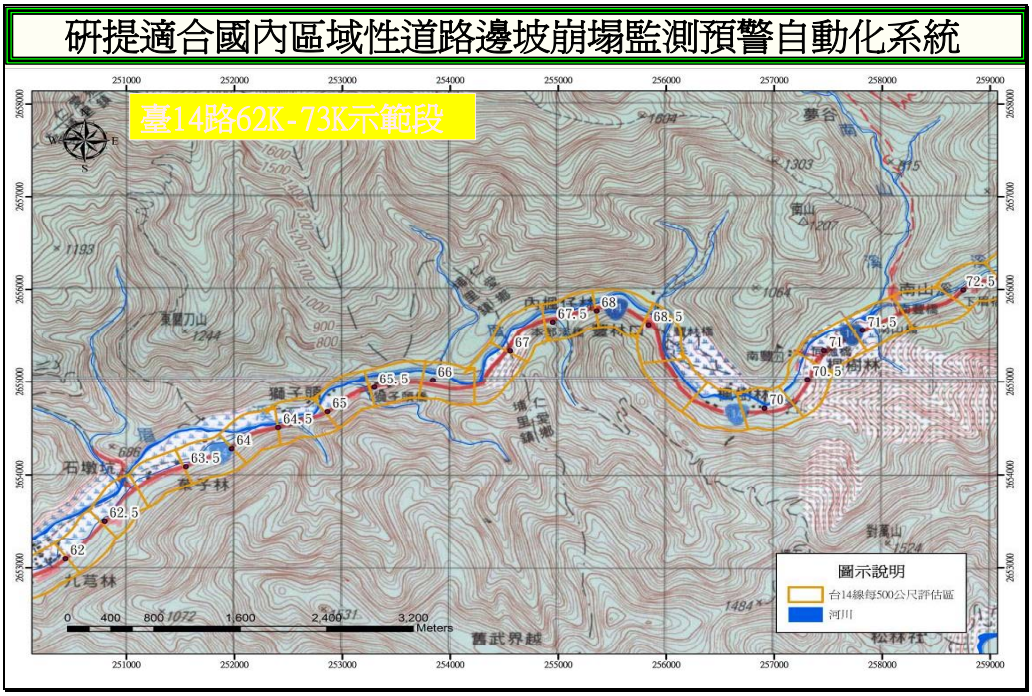
研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

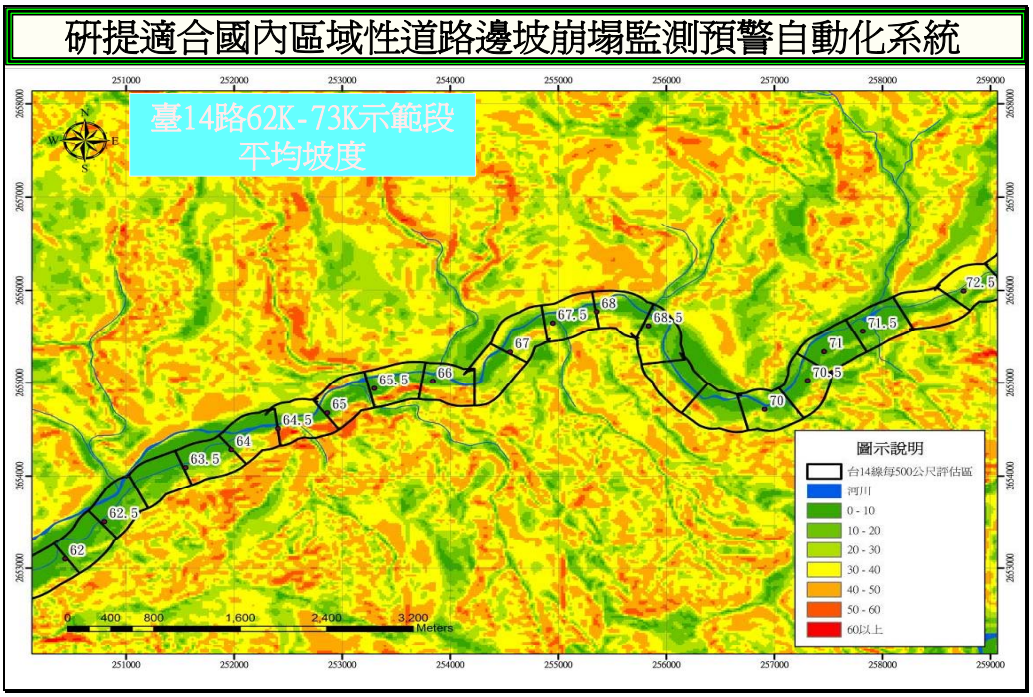
崩塌潛勢應用流程圖

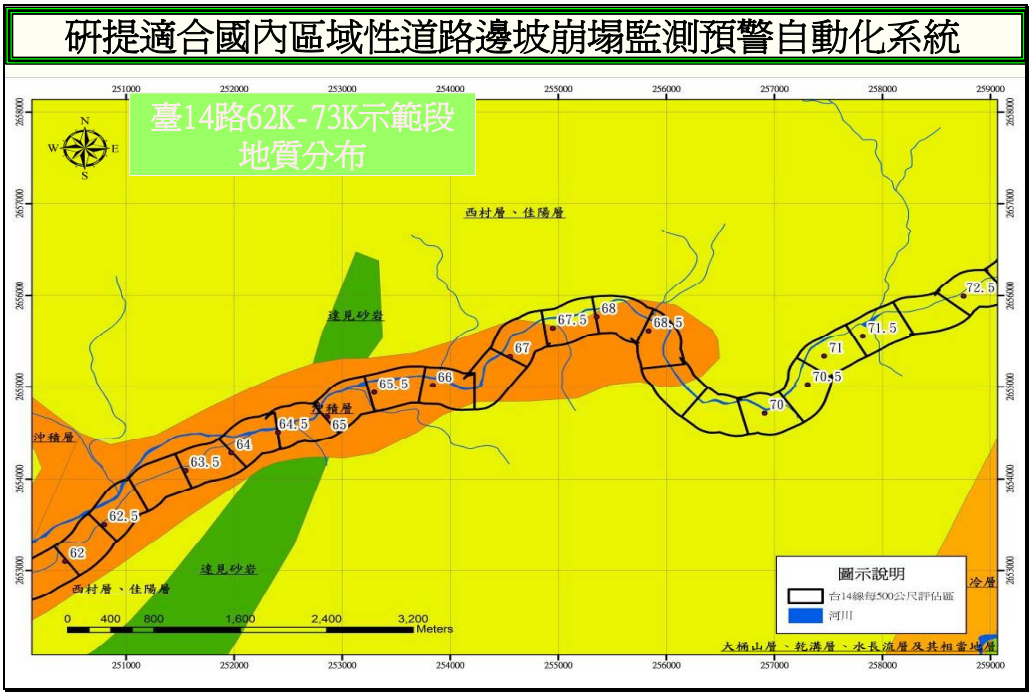


模式分析流程


崩塌預警參數評估
自然環境參數
人爲影響參數
其他影響參數
坡度
坡向
地質
河溪位置
植生狀況
工程設施
土地利用
崩塌次數
崩塌頻率
雨量
七級坡
向陽面
背陽面
全台各種地質
斷層位置
有無河溪
影響方向
綠覆率
工程總類
工程規模
總類型式
面積比例
累計降雨量
降雨強度
文獻及相關統計說明崩塌地常出現的地質以及相對規模對其影響的程度
配合地質
摩擦係數
孔隙率
凝聚力
滲透係數
1996-2008歷史資料
70%建模資料
30%驗證資料
降雨條件
建立評估模式
搶修資料
(歷史崩塌)
台14 18 20 21各
工務段資料
復建資料
(整治規模)
統計分析
模式分析
邏輯司分析
是否
促發崩塌
判別
崩塌規模
崩塌區位

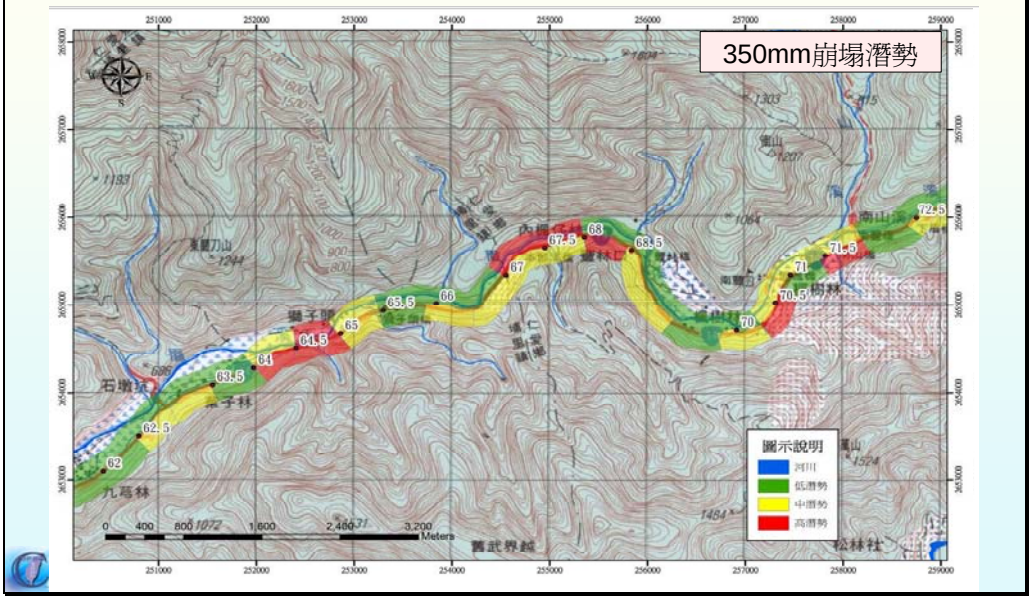

研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統
臺14路62K-73K示範段
圖示說明
台14線每500公尺評估區
河川
0 400 800 1,600 2,400 3,200
Meters


研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統
臺14路62K-73K示範段
平均坡度
圖示說明
台14線每500公尺評估區
河川
0 - 10
10 - 20
20 - 30
30 - 40
40 - 50
50 - 60
60以上
0 400 800 1,600 2,400 3,200
Meters


研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統
臺14路62K-73K示範段
地質分布
西村層、佳陽層
達見砂岩
沖積層
圖示說明
台14線每500公尺評估區
河川
0 400 800 1,600 2,400 3,200
Meters

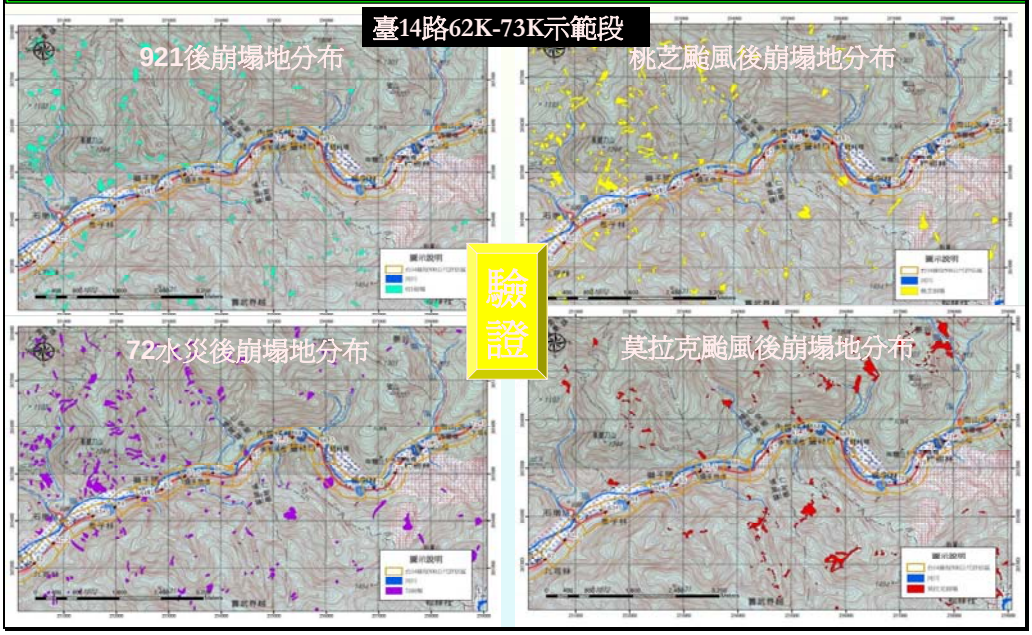
研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

臺14路62K-73K示範段

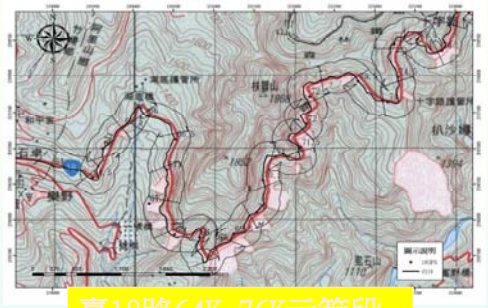


研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

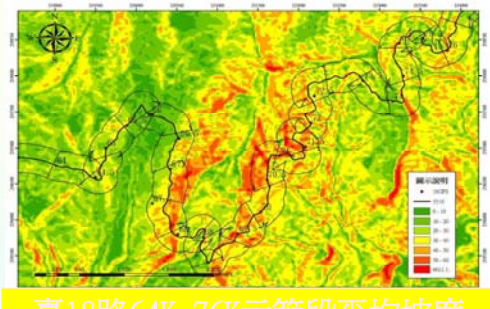
臺14路62K-73K示範段



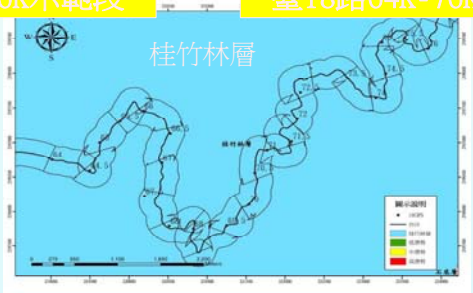
研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統



臺18路64K-76K示範段

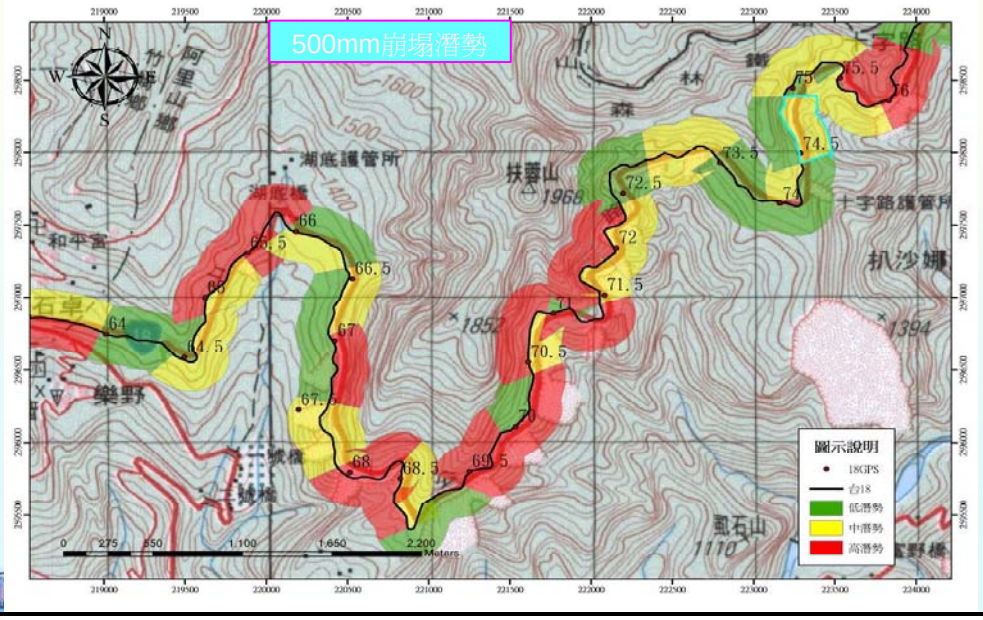


臺18路64K-76K示範段平均坡度



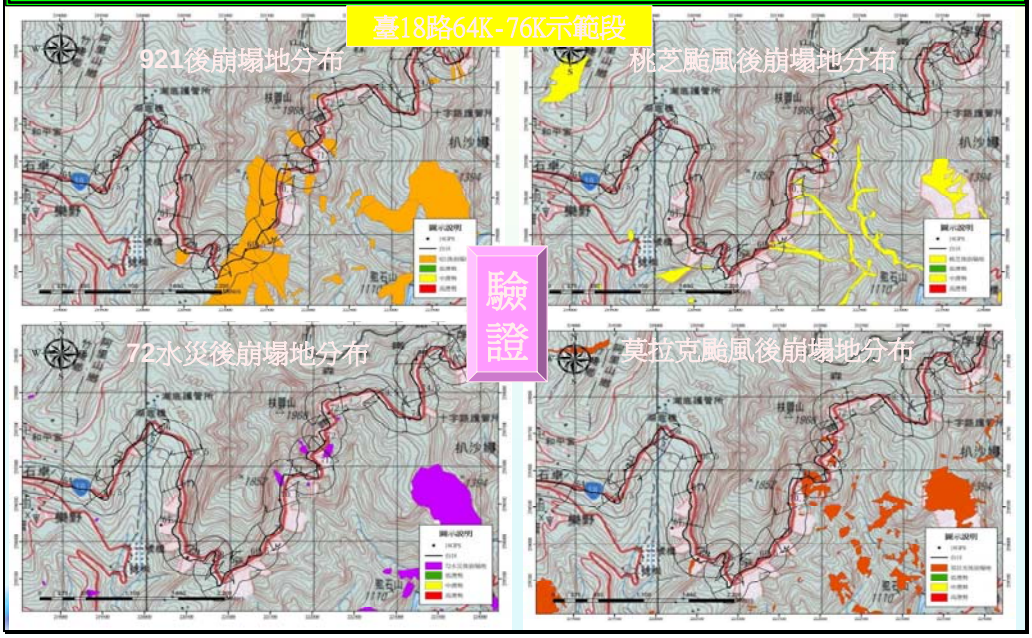
臺18路64K-76K示範段地質分布

研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

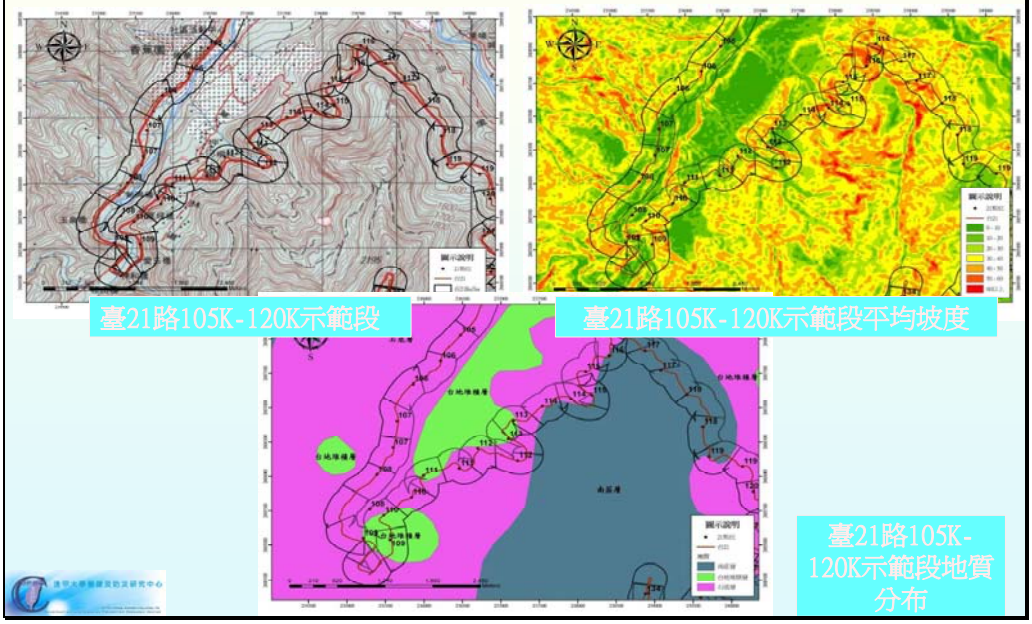


研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

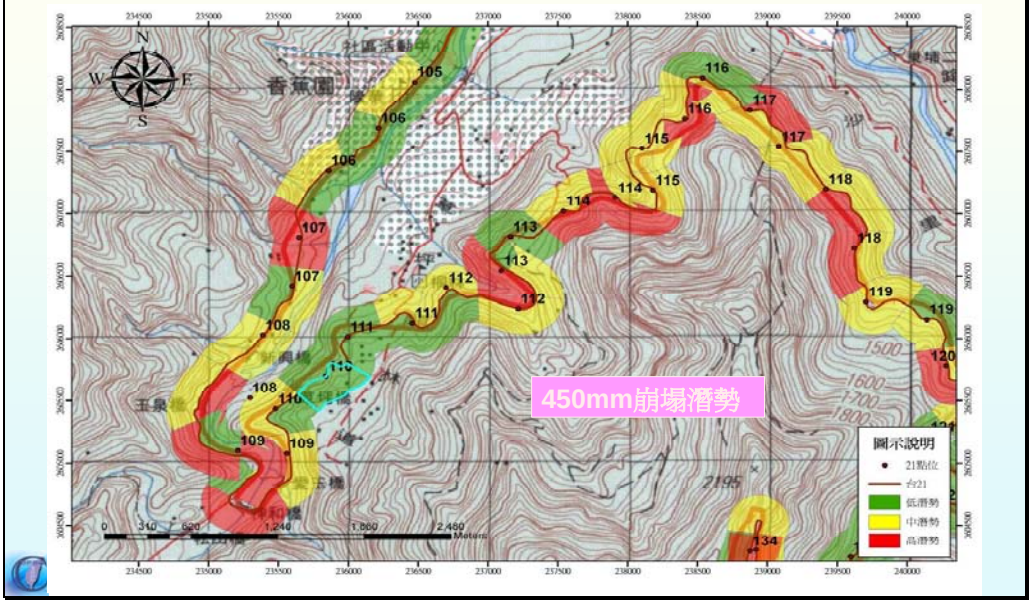
臺18路64K-76K示範段



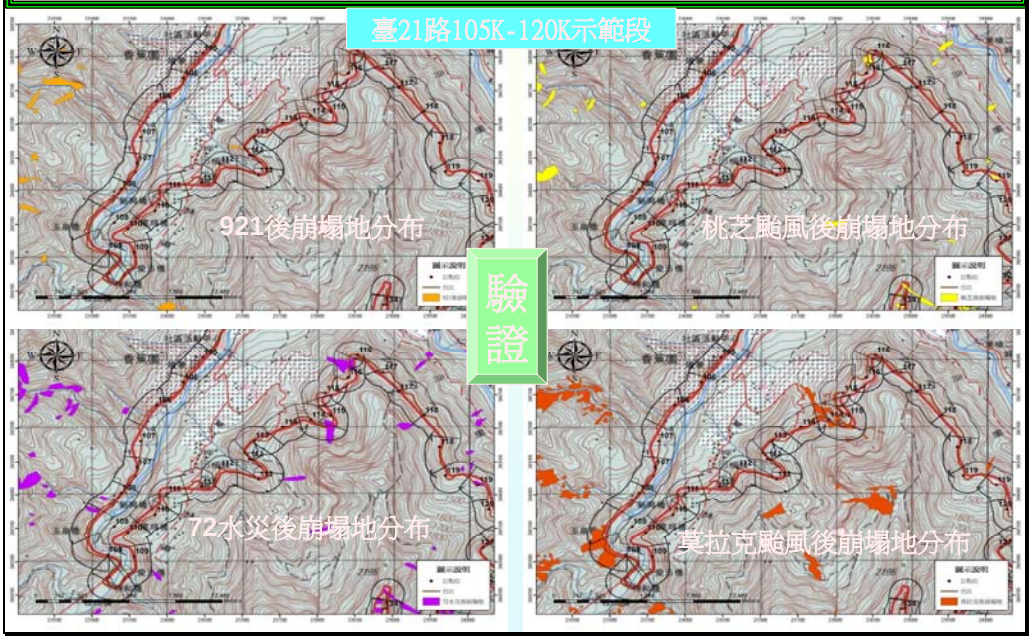
研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統



研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統

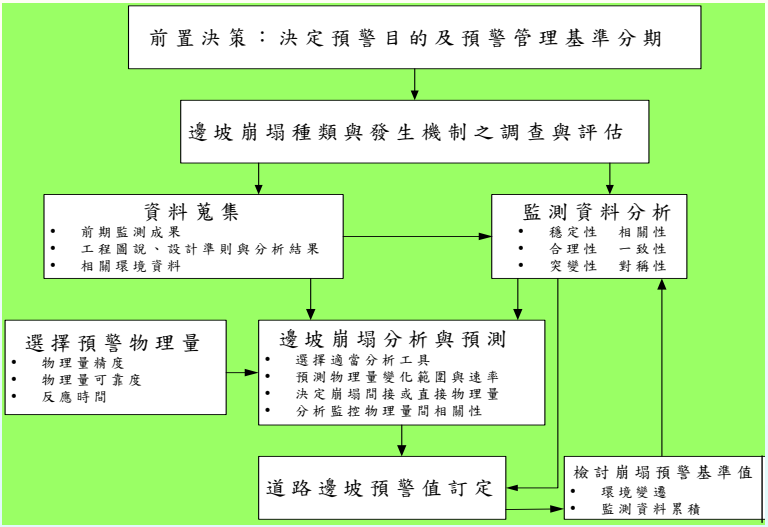


研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統



應用道路邊坡管理系統內資料開發道路邊坡崩塌簡易危害度分析模式

歷史崩塌調查
災害統計會整
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管控
安全管理模組



道路邊坡崩塌監測管理值制定建議程序

應用道路邊坡管理系統內資料開發道路邊坡崩塌簡易危害度分析模式

歷史崩塌調查
災害統計會整
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管控
安全管理模組

1.建立各路段在不同降雨條件下的崩塌潛勢，並且將里程樁區段的黃色中潛勢與紅色高潛勢的累計降雨量羅列出來，基本上以***6小時***累計雨量超過***200mm***作爲發佈標準。

2.當氣象局發佈路上颱風警報及豪大雨特報時，各路管單位應即時監測各路段所屬降雨資料，並於適當地點準備設置封鎖設備，備妥中機械於易致災區***前後3公里***處或鄰近聚落進行待命

3.觀察各路段所屬雨量站時雨量變化趨勢，連續三小時時雨量超過30mm並在到達各預測降雨量警戒值前3小時或預測雨量超過警戒雨量區域時，通知路管單位及管區進行***交通封鎖以及清運機械之待命***。

4.降雨趨緩後，各路段所屬雨量站***三小時累計雨量低於10mm***時，通知管制單位，並派遣重型機具巡察無虞後回報各路管單位解除封鎖。

應用道路邊坡管理系統內資料開發道路邊坡崩塌簡易危害度分析模式

歷史崩塌調查
災害統計會整
歷史災害分析
管理系統建置
上下邊坡崩塌
監測預警成效
邊坡崩塌潛勢
邊坡危害分析
崩塌安全管控
安全管理模組

5.針對易致災區域分爲黃色潛勢區於平時進行*每2月定期巡檢工作*，並針對坡面狀況、構造物狀況進行檢查若有問題者進行通報與處理。針對紅色警戒區則建議於平時進行*每3-4週定期巡檢工作，*並於每次下雨後進行現地檢查，同樣有問題時進行回報，而對於綠色低潛勢區域，則進行*每3個月定期檢查工作*，並隨時檢討潛勢等級。

6.針對不同潛勢區域，建議設置不同數量與規模之救難與清除障礙物設施與工具，並且編列經費定時維修保養。



結論與建議

結論

1.持續道路邊坡現地崩塌事件蒐集彙整、建置與分析－目前已初步完成道路邊坡管理系統改版作業，以及針對省道臺14、臺18、臺20以及臺21線進行現地調查、崩塌事件及災損資料彙整分類作業，除此之外，亦確實建立民國85年以前各山區道路之颱風豪雨災損資料。然考量後續擬建立崩塌量、崩塌型態與災害發生間之關係。

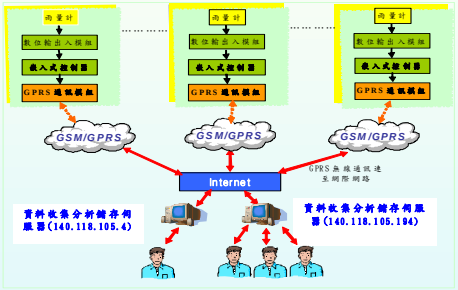
2.持續研提適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統－目前已初步完成近幾年國內外於道路邊坡崩塌預警自動化系統之先進監測技術（聲波式預力監測系統、陣列式位移計、無線感測網路系統）之蒐集彙整作業，並規劃於後續計畫執行期間，選定以省道臺18線五彎仔路段爲示範路段，進行現地實設測試作業。此外亦針對計畫區所收集的歷史災害資料進行，邏輯斯分析方法的分析，建立上下邊坡崩塌機制與潛勢的分析，亦進行相關文獻與研究經驗之蒐集彙

3.持續道路邊坡致災因子（雨量空間分析）－主要針對不同降雨特性與自然環境特徵與人爲環境關係建立評估系統，並針對道路崩塌巡察機制建立原

道路邊坡致災因子(雨量)空間分析－運用格網技術補充觀測降雨資料

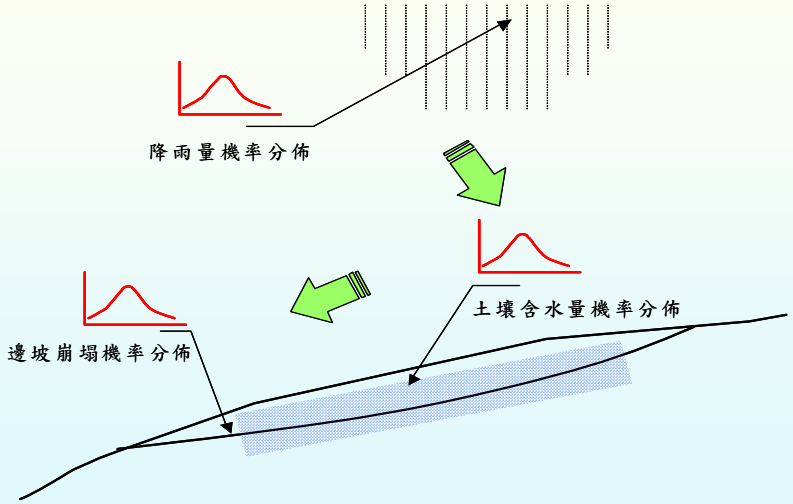
75

- 更密集的搜集雨量資料
  - GSM/GPS技術應用
  - 雨量空間分析
  - 崩塌潛勢分析
- 配合地形地貌之 (point to area) 雨量資料分布預測模式
  - ↳ 提供更準確之雨量量化數據



開發環境基本因子與致災因子交叉分析方法

76



現有邊坡安全監測需求

77

- 邊坡穩定
  - 大量採用非永久性設施
    - 地錨、土釘
  - 無相關技術進行監測作業
    - 僅有載重試驗量測殘餘應力
- 地層穩定監測－傾斜管
  - 管身變形過大
    - 無法量測
    - 研究資源浪費
  - 2D雙向量測
    - 向量→位移量

- 邊坡監測自動化系統
  - 自動化之目的
    - 偏遠或無法到達區域
    - 較爲危急之區域或特殊設施
  - 資料傳輸
    - 不同監測儀器其訊號皆不盡相同
    - 資料傳輸受氣候環境影響

道路邊坡崩塌監測預警自動化

78

- 道路邊坡安全問題
  - 道路邊坡位移－滑動量監測
  - 設施功能喪失－地錨預力檢測
- 邊坡滑動量
  - 手動－傾斜管
  - 自動－陣列式位移計
- 地錨預力檢測
  - 手動－揚起試驗
  - 自動－電磁通環
  - 目測－簡易預力變化量測裝置





邊坡預力地錨工程

79






地錨破壞機制

80

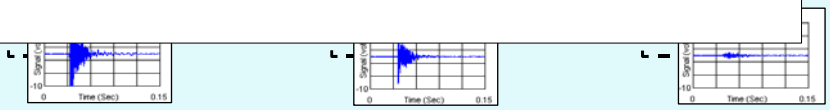
- 淺層破壞
  - 錨頭脫落
  - 表面鋼鍵斷裂
- 深層破壞
  - 握裹端鋼鍵脫落
  - 深層鋼鍵斷裂
- 混凝土護坡破壞




聲波式預力監測系統之原理

81

- 聲波感應器分佈結構體上可監測任何損壞事件
- 先進的濾波能力可自其他無效雜訊(交通、機械,…)分辨損壞事件
- 遙控連續式監測，無需現場管理
- 自動化網站即時回報系統
- 應用於結構物：橋樑、地錨、核能圍阻體、預力管…



結論與建議

建議

1. *研發適合國內區域性道路邊坡崩塌監測預警自動化系統*－針對現有開發之評估系統，建立更完整的道路災害資訊，並且蒐集國內其他各危險路段之歷史災害資料進行分析，並予以程式化，以利管理單位之始用。

2. *持續道路邊坡現地崩塌事件蒐集彙整、建置與分析*－道路邊坡管理系統資料庫已初步改版完成，但後續仍須不斷擴充（如：納入現地雨量及其他監測儀器數據資料、潛勢圖展示等），以增加系統之完整性，使系統能具備更多之功能。除此之外，研究團隊亦將持續選定歷史崩塌路段進行現地調查作業，以及蒐集彙整、分類與建置歷史崩塌事件與災害資料，並探討建立崩塌量、崩塌型態與災害發生間之關係。此外，建議將本年度分析成果更細緻化，以100公尺爲分析單元，以作爲提高管理效益之用。

3. 持續道路邊坡致災因子（雨量空間分析）－針對區域內降雨強度與累計降雨量關係建立其致災關係，並且持續開發降雨資訊的即時監測，以作爲後續分析之始用。


感謝聆聽
敬請指教


better technologies for a better life
感謝聆聽
敬請指教