

96-34-7253

MOTC-IOT-95-H1DB009

臺灣區救災公路資訊整合系統 建立之研究(2/2)



交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

96-34-7253

MOTC-IOT-95-H1DB009

臺灣區救災公路資訊整合系統 建立之研究(2/2)

著者：柯正龍、陳景文、李維峰
許秋玲、陳俊吉、辜炳寰

交通部運輸研究所
中華民國 96 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究．（2/2）
／柯正龍等著． -- 初版． -- 臺北市：交通部運輸研究所，民 96
面：公分
參考書目：面
ISBN 978-986-00-9355-1（平裝）

1. 公路 - 管理 - 臺灣 2. 地理資訊系統

557.33

96006776

臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究（2/2）

著者：柯正龍、陳景文、李維峰、許秋玲、陳俊吉、辜炳寰

出版機關：交通部運輸研究所

地址：台北市敦化北路 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 96 年 4 月

印刷者：承亞興企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 130 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網路

定價：300 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25781515

五南文化廣場：臺中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1009600915

ISBN：978-986-00-9355-1 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究（2/2）			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-00-9355-1 (平裝)	政府出版品統一編號 1009600915	運輸研究所出版品編號 96-34-7253	計畫編號 95-H1DB009
本所主辦單位：交通部運輸研究所 主管：邱永芳 計畫主持人：柯正龍 研究人員：柯正龍 聯絡電話：04-26587118 傳真號碼：04-26564418	合作研究/共同研究單位：財團法人成大研究發展基金會 計畫主持人：陳景文 研究人員：李維峰、許秋玲、陳俊吉、辜炳寰 地址：臺南市大學路 1 號 聯絡電話：06-3450118		研究期間 自 95 年 03 月 至 95 年 10 月
關鍵詞：災害防救標準作業程序、公路防災預警資訊、災害潛勢分析			
摘要： 「臺灣區救災公路系統建立之研究」已研擬一套結合情境、程序、決策等符號式作業程序之分析方法，並提出完整的公路防救災管理系統應涵蓋之工作內容，本期計畫持續檢討作業流程，以及前期計畫開發之輔助作業系統的使用時機與使用方式，提供公路管理機關作為公路防救災標準作業程序分析之參考。在公路災害潛勢分析作業方面，藉由蒐集示範路段之監測、預警、災損以及潛勢資料，進行相關基本、災害資料的統計與分析作業，以作為公路災害模擬分析、設定之參考依據。在致災的可能性分析方面，則依據歷年重大颱風所引起的災害規模及災損統計資料進行分析，以達到災害預防之功效。在公路防災預警資訊監測資料的分析方面，進行五灣仔各種監測資料之關聯性與監測儀器之功能分析，包含不同地質狀況與滑動深度之適用性、不同滑動速率之適用性、不同塊體或破壞模式之適用性以及其它綜合研判分析等，希冀蒐集其自然環境、工程整治以及彙整監測與預警資料，依據其歷史災損資料分析各路段之災害潛勢發生機率的高低，以及研究公路災害之災損原因，期使未來若發生天然或人為災變時，使災害之損失與衝擊降至最低。因此，本期計畫的重點在於訂定符號化標準作業程序之「防救災情境模擬模組」，以及相關公路災損統計分析之災損評估模組之分析，惟本計畫不開發系統，僅以資料的研究分析為主。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
96 年 4 月	232	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
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， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 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: Establishment of Integrated System on the Highway Emergency and Disasters Relief in Taiwan (2/2)			
ISBN (OR ISSN) 978-986-00-9355-1 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009600915	IOT SERIAL NUMBER 96-34-7253	PROJECT NUMBER 95-H1DB009
DIVISION: Harbor and Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jeng-long Ko PROJECT STAFF: Jeng-long Ko PHONE: 04-26587118 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM March 2006 TO October 2006
RESEARCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jing-wen Chen PROJECT STAFF: Wei-feng Lee, Chiu-ling Hsu, Chun-chi Chen, and Bing-huan Ku ADDRESS: No. 1, University Road, Tainan, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-06-3450118			
KEY WORDS: SOP of Emergency and Disaster Relief, Highway Emergency Response System, Disasters Potential Analysis			
ABSTRACT: In this study, an integrated system with analytical approaches to scene-simulated, systematic and strategic decisions is developed. The management system for the intact highway disaster prevention and/or relief is also proposed. The procedures and opportune time used for the auxiliary operation system that developed in previous project are evaluated consecutively. The system can provide relevant departments an essential reference to establish the standard operation procedure for the highway emergency and disasters relief. In the aspects of potential highway disasters, monitoring data and information concerning both early warning and disaster that collected from a selected mileage for demonstration are adopted in the database for the analysis and simulation of predicted highway disasters. The analysis of disaster possibility is based on the statistics of damage magnitude induced by significant typhoons over the years. Regarding the early warning system of highway disasters, the correlations among the monitoring data collected from Woo-Wan-Chai area are analyzed. Besides, a series of functions and the suitability analysis of the monitoring instrument are performed in terms of soil strata versus sliding depths, sliding rates, different failure models and so on. The natural environmental factors and engineering practice methods are collected. The applications of the monitoring information to early warnings are performed. The possibility analyses of disaster for each mileage are performed based on the historical damage records. The damages and causes of highways disaster are investigated for the purpose of minimizing the damage losses and impacts if the natural or manmade disasters occur in the future. The purposes of this study are to develop a SOP for the "Scene-simulated module for Disaster Prevention and Relief" and a "Disaster Damage Module" to evaluate highway disaster damages. The available data and materials, instead of developing software or program system, achieve the main objective of this research.			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 232	PRICE 300	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄	III
圖目錄	VII
表目錄	XI
第一章 緒論.....	1-1
1.1 研究背景與目的	1-1
1.2 研究範圍與對象	1-2
1.3 研究內容與進行步驟.....	1-4
第二章 公路防救災資訊整合.....	2-1
2.1 公路防救災資訊內容.....	2-1
2.2 防救災作業架構	2-2
2.3 公路防救災系統之現況分析	2-5
2.3.1 現有相關系統	2-5
2.3.2 與相關計畫之整合	2-8
第三章 災害防救作業程序分析.....	3-1
3.1 標準作業程序分析方法.....	3-1
3.2 道路坍方搶修作業程序檢討	3-2
3.2.1 作業程序分析	3-2
3.2.2 作業程序檢討結果	3-3
3.3 封橋作業程序檢討.....	3-9
3.3.1 作業程序分析	3-9
3.3.2 作業程序檢討結果	3-13
3.4 長隧道救援作業程序檢討	3-19
3.4.1 作業程序分析	3-19
3.4.2 作業程序檢討結果.....	3-22
第四章 公路防救災系統整體架構.....	4-1

4.1 防救災系統需求	4-1
4.2 系統架構規劃	4-4
4.2.1 系統軟硬體架構.....	4-5
4.2.2 資料庫架構	4-7
4.2.3 使用圖資說明	4-10
4.3 第一期系統功能模組說明	4-15
4.3.1 資源分配管理	4-16
4.3.2 現地通報作業 PDA	4-19
4.3.3 通報作業管理	4-22
4.3.4 搶救災作業管理	4-28
4.3.5 現地搶救災作業 PDA	4-30
4.3.6 防救災情境模擬	4-33
4.3.7 災損評估管理	4-33
4.4 系統的維護管理建議.....	4-35
4.5 已完成之系統功能與未來擴充需求說明	4-37
第五章 示範路段測試與教育推廣	5-1
5.1 示範路段介紹	5-1
5.1.1 省道臺 18 線	5-1
5.1.2 省道臺 21 線	5-3
5.2 教育訓練與技術轉移說明	5-6
第六章 公路防災預警資訊系統.....	6-1
6.1 監測資料分析方法.....	6-1
6.2 監測資料綜合性分析	6-3
6.2.1 監測資料分析	6-3
6.2.2 儀器適用性分析	6-8
6.2.3 監測儀器適用性分析	6-9
第七章 公路災害潛勢資訊分析.....	7-1
7.1 公路災害破壞型態與相關分析方法.....	7-1
7.1.1 崩塌因子及破壞型態說明	7-1

7.1.2 潛勢分析相關作業方法	7-10
7.2 災害潛勢統計分析結果	7-15
7.2.1 災損資料分析	7-15
7.2.2 環境因子分析	7-31
7.3 災害潛勢空間分析結果	7-41
第八章 結論與建議	8-1
8.1 結論	8-1
8.2 建議	8-6
參考文獻	參-1
附錄 1 阿里山工務段技術轉移與推廣	附錄 1-1
附錄 2 期中審查會議紀錄回覆辦理	附錄 2-1
附錄 3 期末審查會議紀錄回覆辦理	附錄 2-1
附錄 4 期末報告簡報資料	附錄 4-1

圖目錄

圖 1-1 計畫工作流程	1-5
圖 2-1 公路災害成因示意圖	2-1
圖 2-2 公路防救災作業架構	2-4
圖 3-1 公路總局道路坍方搶修流程圖	3-3
圖 3-2 道路坍方搶修作業流程圖	3-4
圖 3-3 陳有蘭溪便橋封橋演習	3-11
圖 3-4 公路總局封橋標準作業流程圖	3-12
圖 3-5 封橋作業流程圖	3-14
圖 3-6 長隧道救援應變標準作業程序流程圖（以八卦山為例）	3-25
圖 4-1 完整的系統架構應涵蓋之資料內容	4-1
圖 4-2 系統之單位層級架構規劃	4-5
圖 4-3 系統軟硬體架構圖	4-6
圖 4-4 產製整百公尺里程點示意圖	4-14
圖 4-5 各系統模組對應防救災作業階段	4-15
圖 4-6 公路防救災管理系統功能模組說明	4-15
圖 4-7 「資源分配管理」功能架構圖	4-19
圖 4-8 「現地通報作業」系統功能架構圖	4-21
圖 4-9 「通報作業管理」系統功能架構圖	4-27
圖 4-10 「搶救災作業管理」系統功能架構圖	4-29
圖 4-11 「現地搶救災作業」系統功能架構圖	4-32
圖 4-12 系統功能模組之關聯圖	4-34
圖 4-13 救災公路資訊整合系統畫面	4-34
圖 5-1 研究範圍地質圖	5-1
圖 5-2 省道臺 18 線位置圖	5-3
圖 5-3 信義鄉地形與水系圖	5-5
圖 5-4 阿里山工務段技術轉移與推廣作業之臺 18 線現場勘查	5-9
圖 5-5 坡地與橋梁防救災系列成果與系統應用教育訓練實況	5-9

圖 6-1 監測儀器配置圖	6-2
圖 6-2 A-A 剖線之剖面圖	6-2
圖 6-3 位移速率與降雨量	6-3
圖 6-4 降雨量與地錨荷重	6-4
圖 6-5 降雨量與地下水位之關係圖	6-5
圖 6-6 位移速率與地下水位之關係圖	6-6
圖 6-7 降雨量、地下水位與位移速率	6-7
圖 7-1 墜落型邊坡破壞圖	7-6
圖 7-2 滑動型破壞示意圖	7-7
圖 7-3 側移破壞圖	7-9
圖 7-4 流動破壞圖	7-10
圖 7-5 崩塌災害分析法	7-14
圖 7-6 臺 18 線道路崩塌潛勢分析流程圖	7-14
圖 7-7 臺 18 線地質圖與地質剖面圖（含路線與剖面線）	7-17
圖 7-8 臺 18 線（區段 I ~ V）崩塌累積次數統計圖	7-20
圖 7-9 臺 18 線（區段 I ~ V）崩塌量統計圖	7-21
圖 7-10 臺 18 線（區段 I ~ V）里程坡向分佈圖	7-22
圖 7-11 臺 18 線（區段 I ~ V）里程平均坡度統計圖	7-23
圖 7-12 臺 18 線 69K+700 崩塌情形	7-24
圖 7-13 臺 21 線地質圖	7-25
圖 7-14 臺 21 線全路段崩塌累積次數統計圖	7-28
圖 7-15 松泉神和便橋塌陷處	7-28
圖 7-16 臺 21 線 113K+500 上邊坡施工	7-29
圖 7-17 臺 21 線 107K+500 崩塌照片	7-29
圖 7-18 臺 21 線 94K+500~97K+000 崩塌累積次數統計圖（二次災害）	7-30
圖 7-19 臺 21 線 94K+500~97K+000 崩塌量與清除經費統計圖（二次 災害）	7-31
圖 7-20 坡向與臺 18 線各里程之散佈圖	7-32
圖 7-21 坡向崩塌累積次數統計圖	7-32

圖 7-22 各坡型之示意圖	7-33
圖 7-23 各坡型與區段崩塌累積次數統計圖	7-34
圖 7-24 坡度與崩塌累積次數統計圖	7-34
圖 7-25 坡度與各坡型崩塌累積次數統計圖	7-35
圖 7-26 坡度與各坡向崩塌累積次數統計圖	7-36
圖 7-27 地盤材料與臺 18 線各里程之分佈圖	7-37
圖 7-28 各地盤材料崩塌累積次數統計圖	7-37
圖 7-29 岩盤種類與臺 18 線各里程之分佈圖	7-38
圖 7-30 各岩盤種類崩塌累積次數統計圖	7-38
圖 7-31 崩積層崩塌模式	7-39
圖 7-32 砂頁岩互層崩塌模式	7-39
圖 7-33 各覆蓋層情形崩塌次數統計圖	7-40
圖 7-34 地下水滲流崩塌次數統計圖	7-41
圖 7-35 臺 18 線阿里山公路道路邊坡分析網格示意圖	7-45
圖 7-36 臺 18 線各崩塌影響因子與變異係數及權重之關係	7-48
圖 7-37 臺 18 線危險程度分級圖	7-50
圖 8-1 相關監測系統資料建置蒐集作業示意圖	8-1
圖 8-2 公路防救災預警分析作業	8-3
圖 8-3 示範路段災害潛勢分析作業示意圖	8-4
圖 8-4 建立預警系統之決策機制示意圖	8-5
圖 8-5 教育訓練與技術轉移示意圖	8-6

表目錄

表 2.1 本系統與相關計畫之整合表	2-9
表 3.1 道路坍方搶修流程說明	3-5
表 3.2 封橋作業程序說明	3-15
表 3.3 封橋作業整備工作項目表	3-17
表 3.4 橋梁遭受沖刷之災害分級快速檢查表	3-18
表 3.5 八卦山隧道事故分級及通報救援處理單位	3-24
表 3.6 長隧道救援作業流程說明	3-26
表 4.1 資料庫規劃架構表	4-7
表 4.2 本研究資料庫代碼資料表清單	4-8
表 4.3 本研究資料庫主檔資料表清單	4-9
表 4.4 交通部運輸研究所交通路網數值地圖圖層	4-10
表 4.5 公路整公里樁位（虛擬樁）座標記錄表	4-13
表 5.1 臺 18 線圖幅地層表	5-2
表 5.2 臺 21 線圖幅地層表	5-6
表 5.3 阿里山工務段技術轉移與推廣作業時程表	5-7
表 5.4 坡地與橋梁防救災系列成果與系統應用課程表	5-8
表 7.1 近十年崩塌破壞相關文獻選取因子資料整理表	7-2
表 7.2 邊坡崩塌類型簡要分類	7-5
表 7.3 各崩塌研究方法優缺點比較	7-15
表 7.4 臺 18 線崩塌累積次數分配表	7-18
表 7.5 臺 21 線崩塌次數分配表	7-27
表 7.6 坡度因子評分與權重	7-45
表 7.7 坡向因子評分與權重	7-46
表 7.8 坡型因子評分與權重	7-46
表 7.9 地盤材料因子評分與權重	7-47
表 7.10 地下滲水因子評分與權重	7-47

第一章 緒論

1.1 研究背景與目的

臺灣地區位處環太平洋地震帶及亞熱帶季風氣候區，因而地震、颱風、豪雨、乾旱、土石流等天然災害之發生頻率頗高，近年來由於全球氣候變遷、社會環境改變及山坡地之不當開發等，加速誘發許多潛在自然災害。當這些自然災害發生時，運輸與通訊系統常遭受波及，如民國 85 年 7 月 31 日登陸的賀伯颱風，豪雨造成多處發生坍方、崩陷、路基及橋梁流失，引致數條省道、鐵路之中斷，尤以中橫沿線之公路損害最為嚴重；民國 88 年 9 月 21 日所發生的 921 集集大地震，除造成許多房屋倒塌，橋梁崩落、斷裂，公路扭曲、損毀，電力供應中斷外，更造成了慘重的人員傷亡；民國 90 年 7 月 31 日侵臺的桃芝颱風，造成全臺多處坍方落石、土石流，公路路基流失及多座橋梁因溪水暴漲沖毀橋面而封橋，嚴重影響交通運輸功能，其中以臺中、南投地區最為慘重；而民國 90 年 9 月 16 日挾帶豪雨侵襲臺灣的納莉颱風，則造成全臺多處嚴重積水，公路發生坍方落石、土石流，高速公路多處交流道因淹水過高而封閉，鐵路、捷運停擺，導致陸上交通幾乎完全中斷。然而，運輸系統中之公路路線乃與民生關係最為密切，若因災害發生造成破壞，勢將對於災後之聯絡、急難救助與物資運輸造成重大衝擊，甚至影響到後續救災工作之進行。因此臺灣區救災公路系統之建立實為刻不容緩之工作。

有鑑於此，交通部運輸研究所 94 年度委託「臺灣區救災公路系統建立之研究」(以下簡稱第一期)，擬藉由此計畫研擬結合情境、程序、決策等符號式作業程序之分析法，並提出完整的公路防救災管理系統應涵蓋之工作內容，本期計畫將持續檢討作業流程，並累積公路災損資料，進行決策支援分析，以研究公路災害之災損原因，以期在未來若發生天然或人為災變時，使災害之損失與衝擊降至最低。

1.2 研究範圍與對象

臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究以實務運作之急切需求為考量，以系統分析與符號化導入之觀點重新檢討公路防救災作業體系之各作業環節與建構一套輔助公路防救災作業之管理系統，提昇搶救災作業效率。因此，本系統可提供給公路管理機關使用，於平時協助公路的維護管理，災後協助救災、復原的決策分析，縮短災害反應時間，使得整個搶救過程更具時效性，並研究公路災害之災損原因，期使未來若發生天然或人為災變時，將災害之損失與衝擊降至最低。本系統以地理資訊系統為平臺，結合衛星定位儀、攝影工具及 GPRS 之資訊傳輸方式，即時傳遞災害影像資料與類別化表單等災情資訊，以提升通報作業之時效，輔助災害應變中心人員確認災害規模。並利用災前維護之防救災資源管理系統，於災害發生時確實掌握資源派遣情形，再透過工法資料庫之建置，蒐集災損資料以供搶救災方法之決策分析。本研究除開發一套公路防救災管理資訊系統，也藉由蒐集示範路段之監測、預警、災損以及潛勢資料，進行相關基本、災害資料的統計分析作業，以作為公路災害模擬分析、防治規模設定之參考依據。

第一期主要針對防救災與相關研究進行調查與分析、國內相關機關之深度訪談、國內公路防救災標準作業流程、防救災系統之需求分析、現地查報設備之開發、防救災系統之設計以及測試維護等作業。第一期已完成之重點羅列如下：

1. 災情資訊的即時傳遞以提昇通報時效：以公路總局之公路防救災處理作業程序為例，災害發生時，勘災人員可於第一時間將災情資訊立即回傳應變中心。系統已結合簡訊、網路兩種通報作業方式，再搭配傳真、電話等多元複式通報媒體，儘速將災情資訊發布給相關單位，以提昇通報時效。
2. 輔助確認災害規模：災害現場環境惡劣，且文字說明可能對於災害規模的敘述產生模糊的空間，透過即時災害影像資料的傳

遞以及類別化的表單選項，可輔助災害應變中心人員判定災情，快速做出正確的決定。

- 3.協助資源派遣工作：人力、機具以及物料為搶救災過程中不可或缺的工具，可於災害發生前建置一套完整的防救災資源管理資料庫與資訊系統，提昇資源的調配與使用效率。
- 4.支援災害搶救方法的決策分析：本計畫建置了各類搶救災工法資料庫，使用者將各個災害路段之搶救災階段使用之工程項目、數量與單價建置於資料庫中，透過決策分析作業，可進行經費分析，協助擬定搶救災計畫。
- 5.結構化歷史資料留存：目前相關的搶救災經驗仍無法系統化的留存，本計畫已建置一套整合位置、影像與屬性資料之結構化災損資料庫。
- 6.公路防救災知識傳承：考量防救災作業程序需要完善的知識傳承以及建立職務代理人的制度之需求，本計畫透過相關案例、劇本之蒐集以及導入系統化檢討的防救災作業程序，提出一套結合情境、程序、決策等符號式作業程序之分析法，並納入公路防救災作業系統內，以提昇搶救災作業之效率。

然而，若系統要落實推展，需持續檢討作業流程與第一期計畫所建置之輔助作業系統的使用時機以及使用方式，以供公路管理機關作為公路防救災標準作業程序分析之參考。此外，第一期已規劃之「災損評估模組」需達進階的決策分析使用，需針對公路災害的潛勢分析、監測分析以及災損分析等資料，進行相關基本、災害資料的統計與分析作業，以作為公路災害模擬分析、設定之參考依據。

因此，本期研究之工作重點有三：其一，持續檢討公路災害防救標準作業程序以及第一期輔助作業系統之使用時機與使用對象。第一期選定交通部公路總局之公路救災工作為研究範圍，將救災工作分為交通部及公路總局、養護工程處、工務段等三個作業層級，分別對映防救災管考、防救災主管及決策、實際執行者，以分析實際處理防救

災作業時各層級所必須執行之業務需求，並對既有標準作業流程之應變範圍、目標，應變組織內人員之執掌、人數與應變資源之管理、緊急應變演練紀錄與演練的評估等內容加以檢視，重新以較結構化的方式定義，提出一套新的標準作業程序，第一期已以「道路坍方搶修」為案例，說明結合情境、程序、決策等符號式的作業程序檢討方法，本期持續檢討「封橋作業程序」以及「長隧道救援作業程序」。

第二項工作重點為持續累積公路災損資料、蒐集相關監測與預警資料，進行決策支援分析。在致災的可能性分析方面，依據歷年重大颱風所引起的災害規模及災損統計資料進行分析，以達到災害預防之功效。在公路防災預警資訊監測資料的分析方面，進行五彎仔各種監測資料之關聯性與監測儀器之功能分析，包含不同地質狀況與滑動深度之適用性、不同滑動速率之適用性、不同塊體或破壞模式之適用性以及其它綜合研判分析等，希冀蒐集其自然環境、工程整治以及彙整監測與預警資料，依據其歷史災損資料分析各路段之災害潛勢發生機率的高低，以及研究公路災害之災損原因，期使未來若發生天然或人為災變時，使災害之損失與衝擊降至最低。因此，本期計畫的重點在於訂定符號化標準作業程序之「防救災情境模擬模組」，以及相關公路災損統計分析之災損評估模組之分析，惟本計畫不開發系統，僅以資料的研究分析為主。最後，將此公路防救災核心技術與第一期已開發完成之公路防救災管理系統推廣至公路管理機關使用。

1.3 研究內容與進行步驟

本計畫之工作項目有三項，如下說明：

1. 災害防救標準作業程序分析

檢討目前國內公路系統之防災及救災作業程序及第一期計畫所開發輔助作業系統之使用時機與使用方式，以提供進行災害防救標準作業程序分析之參考依據。

2. 公路防災預警資訊與災害潛勢分析

(1) 公路防災預警資訊監測資料分析

彙整公路相關監測系統資訊並進行分析作業，以作為防災預警系統之決策依據。

(2)公路災害潛勢分析

選定一示範路段，蒐集相關之自然環境、工程整治等資料，並彙整相關監測與預警資料，進行公路災害潛勢分析與建立預警系統之決策機制。

3.教育訓練

藉由辦理教育訓練，推廣本研究成果至相關單位，以提昇承辦人員瞭解系統操作與防災及救災之作業程序。

配合本計畫之工作時程，擬定工作流程如圖 1-1 所示，以有效執行本計畫共三項工作項目如期如質完成預期成果。



(資料來源：本研究整理)

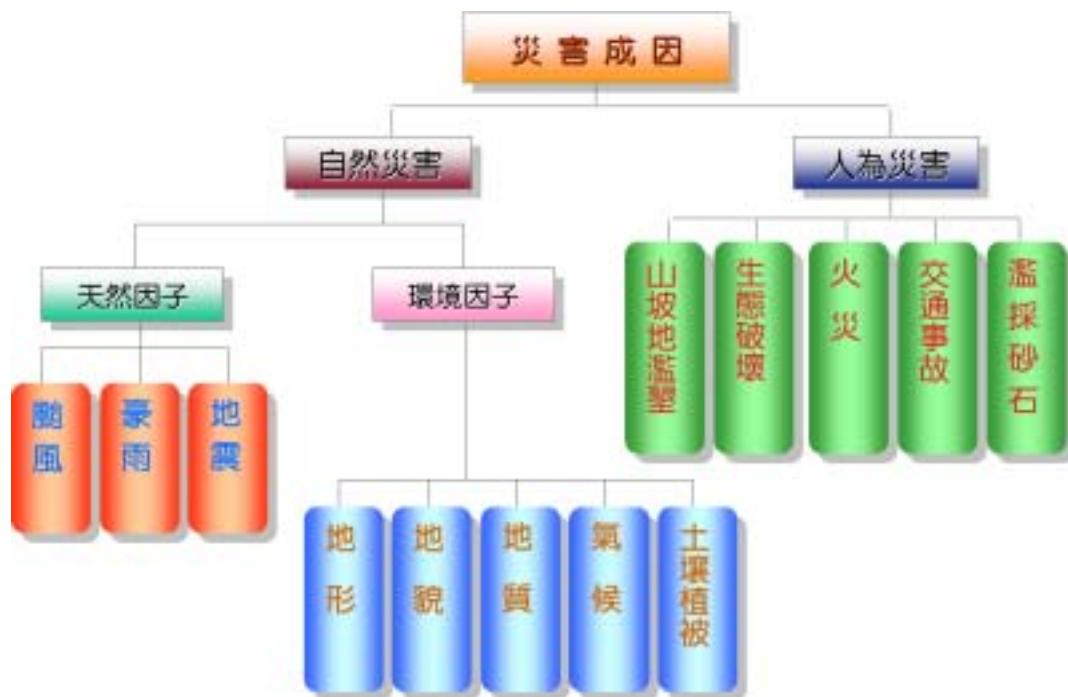
圖 1-1 計畫工作流程

第二章公路防救災資訊整合

2.1 公路防救災資訊內容

本計畫名稱為「臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究」，惟計畫目的仍著重於建置一套完整的「公路防救災資訊整合系統」，而非僅於災害發生時，評估可作為救援道路使用的輔助系統。

公路防救災資訊內容涵蓋災害原因、災害型態的分析，以及災害發生後相關的作業程序等，又災害的界定為「由自然或人為科技的災害而導致對於生活、福利、物質以及環境的危害」，從這個定義可知，公路災害的成因（如圖 2-1）可分為自然災害及人為災害，自然災害又可分為天然因子及環境因子，前者包括颱風、豪雨、地震等，後者則包括地形、地貌、地質、氣候及土壤植被等因素；人為災害則包括山坡地濫墾、生態破壞、火災、交通事故及濫採砂石等因素。



（資料來源：本研究整理）

圖 2-1 公路災害成因示意圖

依據臺灣地區近十年來公路災情統計資料顯示，以颱風造成之傷害最頻繁，其所挾帶之豪雨易造成水災或土石流災害；而大規模震災發生頻率雖不及颱風，但對公路交通的破壞則有過之。人為災害則以長隧道火災對公路系統造成之破壞較為嚴重。另分析重大公路災害案例可知，公路災害大都發生於橋梁、隧道、路堤、路基及邊坡等，其類型主要為邊坡坍方、路基滑移、河床沖刷變遷及土石流等地質災害。

依據「災害防救法」及行政院 90 年 9 月 7 日修正「災害緊急通報作業規定」，將公路災害分成重大交通事故及其他重大災害。由於重大交通事故雖會造成交通阻斷而影響交通運輸，但對公路設施的破壞相對較小，且交通事故處理指揮主管機關非為公路主管機關，因此，本計畫未將之列入研究重點。後述之公路防救災作業程序分析亦側重於天然災害所引致之公路設施毀損情形。

2.2 防救災作業架構

為規劃一套完整的公路防救災資訊整合系統，可自災害防救作業的平時整備、災前預防、災中應變以及災後復建等四個作業階段說明所需涵蓋的重要資訊。其中，災中應變階段可再細分為災害發生、通報作業、搶通作業、搶修作業；災後復建階段則可分成復建與改建等作業，最後進入定期巡檢階段，持續維護設施系統（詳見圖 2-2），各階段之工作內容概述如下：

1. 平時整備

平時整備著重在為順利執行並辦理防災事務之各種事前協調教育工作，其工作項目應至少包括資源調度、經費編列以及教育宣導等：

- (1) 相關單位互相聯繫、協調，並建立災害防救體系。
- (2) 災害防救計畫之訂定、經費編列、執行與檢討。
- (3) 災害防救教育訓練及觀念宣導。

2. 災前預防

災前預防階段針對可能發生之災變，預擬應變計畫並進行各類必要之演練，其工作項目包括建置標準作業程序以及進行風險評估排序作業等。在建置標準作業程序方面，包含制定結合情境、決策、程序等符號化的作業程序（詳見報告書第3章說明）；在建置災害防救相關資料庫方面，可分為預警監測分析、災害潛勢分析以及災損資料分析等（詳見第6、7章說明）。

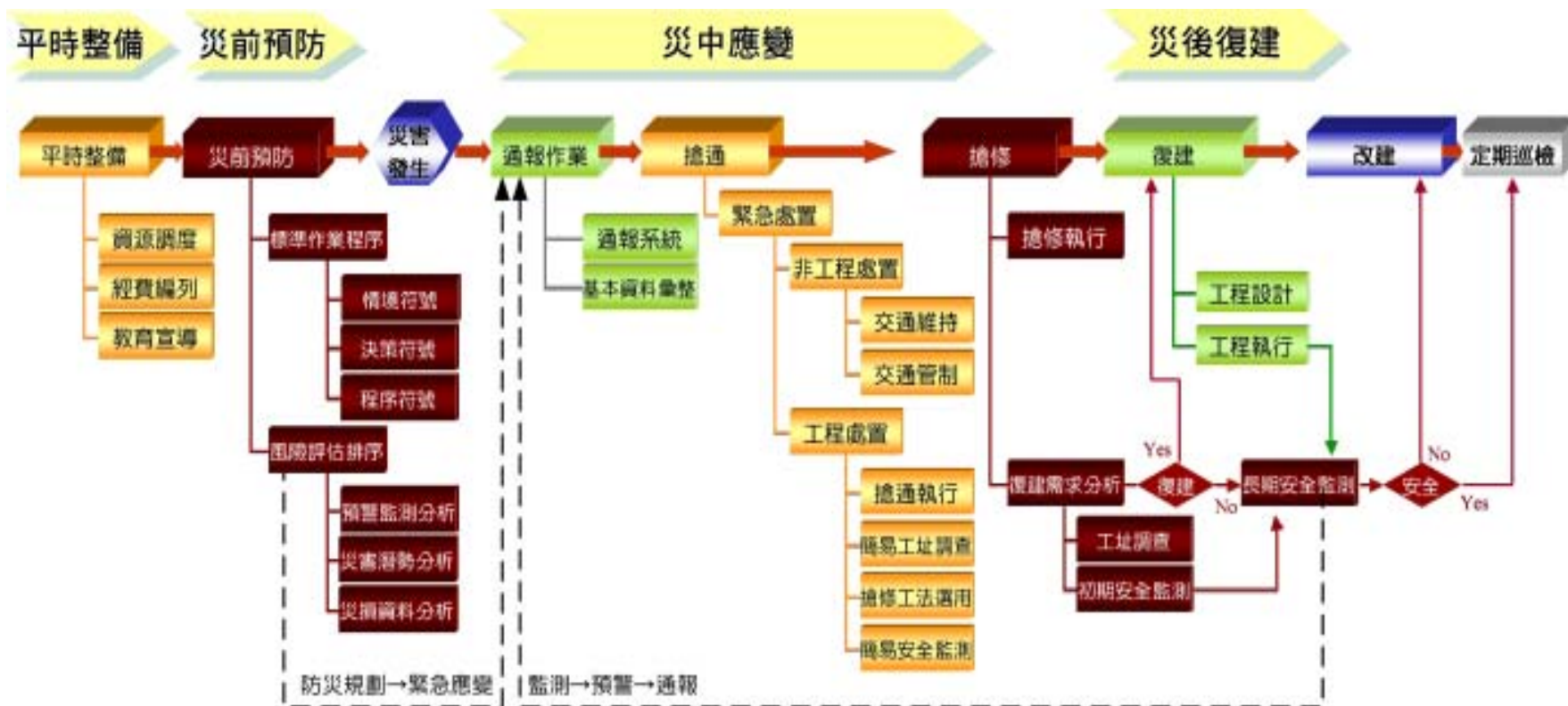
3. 災中應變

當災害發生後，須立即進行通報作業，並於第一時間完成搶通、搶修並評估是否有復建或改建需求，以下分成通報、搶通、搶修等作業階段，說明災中應變階段應涵蓋之工作項目。

- (1)通報作業：依據交通部災害緊急通報作業要點規定，在第一時間循重大災害緊急通報作業流程，透過簡訊、網路、傳真、電話、電話語音以及後續通報等作業方式進行多元複式通報。可透過通報系統彙整災損路段之基本資料，提供通報第一時間災害路段資料與災損情形掌握。
- (2)搶通作業：搶通時需進行緊急處理作業，包含非工程之交通維持、交通管制作業；工程上的搶通工程執行、簡易工址調查、搶修工程選用以及簡易安全監測作業等。
- (3)搶修作業：可分成搶修工作執行以及復建需求分析，復建需求分析方面則是進行工址調查以及初期安全監測工作，依此調查工作評估是否有復建之需求，若有需求則進行復建作業，若無復建之需求則持續進行長期之安全監測作業。

4. 災後復建

復建作業階段則是進行工程設計與工程執行作業，在工程執行作業階段仍持續進行長期安全監測作業，並依據安全監測結果，評估該路段是否安全，有無改建之需求，若安全則持續進行定期巡檢作業，若不安全，則評估進行路段改建工程。



(資料來源：本研究整理)

圖 2-2 公路防救災作業架構

2.3 公路防救災系統之現況分析

目前國內公路及橋梁系統主要以查詢及維護為主，已經發展的相當完整，可提供權責單位日常維護與監測使用。其中，交通部公路總局內部已使用可作平日養護及監測之用的單機版橋梁管理系統，以及自行開發之網路版道路通阻查詢系統，可提供災害發生時，各工務段傳遞道路通阻狀況之用。

近年來各單位也陸續完成許多防救災應用系統，例如內政部、交通部、環保署、經濟部、農委會以及各縣市政府等單位，但是部分單位開發之系統（例如以消防體系為主之應用系統），包含消防水源系統、災情傳遞系統、消防安全檢查列管系統、輔助派遣系統、救災救護指揮派遣支援系統等多僅針對救人資源之掌握，較缺乏公路設施防救災之管理作業。

2.3.1 現有相關系統

交通部自 2003 年起積極推動「交通服務 e 網通」計畫，並且納入「挑戰 2008—e 化交通」國家發展重點計畫之項目，期望藉由即時交通資訊推動，提昇全民之機動性（Mobility），並促進道路使用安全性。「交通服務 e 網通計畫」之內容包含整合陸、海、空運輸場站交通資訊、都市交通資訊與城際交通資訊，以及建立全國交通資訊整合中心。以下說明交通部運輸研究所近年委託相關計畫的系統建置情形，並說明本計畫與各系統之整合串聯方式。

1. 智慧型路況通報資訊系統之建置

交通部運輸研究所 92 年度開始委託執行「智慧型路況通報資訊系統之建置」，該計畫主要路況來源為警察廣播電臺接獲用路人的通報後，利用所開發之路況輸入系統，完成路況定位與儲存的功能。然而，警廣的路況資訊大多以國道路況為主（包含部分都會區的路況）。93 年度開始推動「智慧型路況通報系統擴充暨路況資訊

廣播接收示範系統建置(一)」，即是希望藉由 92 年度計畫之研究成果，推廣路況通報的機制與輸入系統至各縣市政府，增加都會區路況的通報率。此外，92 年度計畫開發路況資訊轉換定位資訊之功能，使得即時路況資訊能透過 GIS 地圖展現正確位置。為了增加路況定位的準確性，第一年期計畫開始蒐集國道及省道整數公里之經緯度座標。另一方面，為了路徑規劃之建議行駛路徑有更為準確的結果，也持續蒐集各縣市之單行道及轉向限制資料。

93 年度計畫中，除了擴大路況蒐集的範圍以外，最重要的是研擬一套適合國內發展之廣播機制，將所蒐集到之路況資訊能夠快速、可靠地傳播給用路人，使得用路人能夠透過各種行動媒介獲取最新、最即時的路況資訊，減少因為路況事件所產生的旅次延誤。94 年度則協助所有縣市加入即時通報作業，同時彙整公路總局之省道施工資訊（交通部運輸研究所，2006^[1]）。

2. 交通設施營運維護管理系統之整合與應用

近年來各項重大之交通建設陸續完成啟用，使得臺灣地區交通網路更為密集及完整。隨著已完成之交通設施陸續加入營運，政府所需維護管理的數量及成本亦與日俱增，由於龐大的交通設施數量及漸受重視之交通服務品質，交通設施的營運維護管理需仰賴一套完整的交通設施營運維護管理系統，使政府能在緊縮的預算內及有限的資源下進行有效率的營運維護管理。

此研究以資訊管理系統及地理資訊系統為平臺，建立公路設施營運維護管理之資訊系統，並連結養護制度及整合相關維護管理系統，使其養護資訊能相互傳遞並作有效管理，且能藉由資訊之管理運用，進行養護計畫之規劃，使能符合養護人員調配及養護資源分配，進而能讓各項設施達到其營運的最大效益（交通部運輸研究所，2006^[2]）。

3. 交通工程防災預警系統建立之研究

臺灣地區因自然環境因素關係，天然災害頻傳，每當天然災害

發生時對於交通工程之影響皆非常嚴重，對於居民之生命財產造成重大之損失，緣此，該計畫針對交通工程中之橋梁工程進行防災研究，對國內各單位已發展之橋梁防災系統、橋梁災害預警系統或橋梁管理系統等進行資料之蒐集，研究之災害類型包含地震、沖刷、土石流及老化腐蝕等，此研究確定了地震及沖刷之橋梁災害應變流程，橋梁管理單位可按照應變流程的步驟系統性完成災害預防、災害緊急應變及緊急復原各階段所應執行之災前評估、災害調查並採取緊急措施，以收防災和減災之功效。

在此研究中開發了資料交換平臺，藉以與各系統進行資料交換，包含 TBMS 的橋梁基本資料和 TELES 地震潛勢分析結果；災害資訊的交換包含中央氣象局地震報告、水利署的河川水位監測、水保局土石流紅色警戒區域等。此系統以災害資訊為啟動資訊，配合災害之應變流程，可協助橋梁管理單位進行災害之預防及災害緊急應變之各階段任務（交通部運輸研究所，2006^[3]）。

4.坡地災害緊急搶修與復建整合技術之研究

目前臺灣對於道路之崩塌災害處置可分為緊急應變與復建兩個階段，傳統道路邊坡崩塌的防治考量，在緊急應變時之重點多以維持交通順暢為主，而復建工程則多以經濟成本為考慮因素。但因近年來社會意識與環境生態觀念逐漸受重視之情形下，對於提升用路人安全、增加環境景觀、減少交通阻斷時間，以及維護自然生態等考量，已有凌駕經濟因素之趨勢。然為確實減少上述負面的效應，建立系統化的邊坡崩塌緊急搶修與災害復建技術發展，以及整體防治設計觀念等是必要的。此外，臺灣道路邊坡崩塌區域災害之復發性極高，若能對於現有山區道路邊坡崩塌狀況與其防治工法進行調查與整合，並詳細建置崩塌災害之基本資料、災害原因與災害規模等背景資料，即能於災害發生前掌握崩塌狀況，並於災前先期警戒保護用路人、災時先行掌握災害規模及型態、評估擋土結構物尚存功能，以及控制最小交通流量與對生態環境之衝擊等，亦能於短時間內即擬訂較為完善之搶修方案，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，此一崩塌防治觀念可稱為系統化之邊坡崩塌防治技術觀念。

該計畫的目的在於整合建置基本資料庫、災害預警及通報、災損擋土結構物功能評估、緊急搶修技術選用、崩塌防治設計等。計畫著重於建立道路邊坡之崩塌潛勢分級觀念，並利用道路邊坡崩塌基本資料庫之建置，協助道路管理單位確實掌握各路段邊坡之崩塌特性，進而提供作為道路邊坡崩塌緊急搶修方案研究之基本資料。同時，利用現有調查部分災損之擋土結構物案例，研擬災損擋土結構物功能評估準則與量化指標，以應即時搶修方案擬訂參考。此外，此研究計畫亦研發緊急搶修設計執行準則，將搶修方案延伸至復建階段方案，兼以考量交通、經濟、社會與生態因素，成為整體設計之崩塌防治對策（交通部運輸研究所，2006^[4]）。

2.3.2 與相關計畫之整合

綜合上述，本研究與交通部運輸研究所「智慧型路況通報資訊系統之建置」、「交通設施營運維護管理系統整合應用」、「交通工程防災預警系統建立之研究」，以及「坡地災害緊急搶修與復建整合技術之研究」等相關研究計畫之間若能有效進行整合，將使各計畫發揮更大成效。

為利瞭解各計畫內容與相關性及其他研究成果之應用情形，茲將本研究與相關計畫之整合方式，整理如表 2.1。表中顯示全國路況中心已成為相關用路資訊的「統一資訊發布窗口」，在該計畫中已由全國路況中心取得接收資訊的通道以及資料格式，因此未來可與本研究進行單向串聯作業。

本研究所建置的災害通報資料可視為路況資料的提供者，後續擴充可擬定災害通報之標準 XML 格式，並且研擬 XML WebService 之串接方式以提供全國路況中心或是其他單位，以建立完整的資訊交換雙向串聯機制。

表 2.1 本系統與相關計畫之整合表

計畫名稱	相關研究內容	建議整合方式
智慧型路況通報資訊系統之建置 (簡稱:全國路況)	1.建立與維運縣市政府路況事件資訊通報系統。 2.擴充路況通報輸入系統(增加以門牌地址定位)。 3.建立省道路況事件通報機制(彙整公路總局各養護工程處之施工資訊)。 4.蒐集與更新單行道暨轉向限制資料 5.規劃「全國路況資訊中心」駐點維運 6.規劃「全國路況資訊中心」路況資訊提供給各地區廣播電臺機制 7.建置即時路況資訊廣播接收示範系統	1.全國路況中心已整合多項路況來源，包含公路總局道路通阻資料，並以全國路況中心為統一資訊發布窗口。 2.本系統建置的災害通報可提供全國路況災情資訊，提供用路人通阻查詢。
交通設施營運維護管理系統之整合與應用(簡稱:設施維護)	1.建立養護作業活動鍊結，系統化檢討確認作業關連 2.分析設施營運、維護管理作業的資料架構 3.研究養護管理決策支援模組 4.發展公路設施營運維護管理系統。	1.設施維護有完整之省道公路里程等空間化資訊，有助於公路防救災空間化之效果 2.提供公路設施資料庫之災害事件與災損資料庫。
交通工程防災預警系統建立之研究(簡稱:預警通報)	1.蒐集國內外橋梁防災之相關文獻 2.蒐集彙整橋梁破壞模式及原因 3.蒐集各種災害橋梁調查表 4.蒐集各種災害資訊來源 5.TBMS、TELES 系統架構及欄位內容調查 6.系統資料欄位確認 7.建立橋梁災害應變流程 8.規劃交通工程防災預警系統架構	以網路資料交換技術與其他橋梁管理系統、災害潛勢分析軟體等進行資料交換作業。已針對橋梁防災預警與管理系統，包含 TELES、Haz-Taiwan 等地震潛勢災害分析技術應用於橋梁工程之說明，可作為本系統之橋梁設施的外掛災損資料。
坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究(簡稱:邊坡管理系統)	1.研究道路邊坡基本與災害資料庫與地理資訊系統建置 2.研究道路邊坡崩塌潛勢分析與二次災害型態 3.研究規劃道路邊坡崩塌災害預警及通報系統 4.研擬道路邊坡安全及災損擋土結構物功能評估之方法	邊坡管理系統包含道路基本資料、自然環境資料、工程資料等三種資料庫，其中工程資料除工程基本資料，亦包含工程種類(如：新建工程、災變緊急搶修與修復工程、經常性維護工程、永久性維護工程及道路拓建維護工程等)、上下邊坡之土地利用情形、整治工法及其成果與整治工程之修復範圍等。可作為本研究開發之「復建階段」的外掛系統。

(資料來源：本研究整理)

第三章 災害防救作業程序分析

3.1 標準作業程序分析方法

防救災作業是一連串之決策與動作之組合，其中需要人力、資源與資訊之投入與串連，而其中任何一個環節之失誤，均有可能造成重大生命與財產之危害，因此充分掌握防救災作業需求，建置必要之管理系統對於提升防救災品質相當重要。為求周詳，本研究先訪談公路各級主管與管理機關，及蒐集整理國內目前的防救災相關法規、作業規範及表單等資料，再檢討建立國內公路防救災標準作業流程，以分析公路總局防救災工作之作業需求。

在災害防救作業過程中，第一線的救災人員扮演著關鍵性角色，其需要能有效掌控災害資訊、評估災情引發之問題，並提出完整的因應行動建議方案，因此為避免慌亂，多需要參考各種作業程序。為此，公路總局已訂定各類災害處理作業程序，如道路坍方搶修作業程序、管線爆破災害處理程序、交通事故處理作業程序、隧道火災事故處理作業程序、封橋作業程序，以及長隧道救援作業等，以作為搶救災人員的作業依據。然而，這些作業流程對經常性負責處理相關業務之經驗豐富的業務人員也許已足夠明瞭，但對代理人或新進員工等則稍嫌簡略，無法提供充分的作業內容與步驟資訊。因此，本研究針對既有標準作業流程之應變範圍、目標，應變組織內人員之執掌、人數與應變資源之管理、緊急應變演練紀錄與演練的評估等內容加以檢視，重新以較結構化的方式定義，提出一套新的標準作業程序。透過分析與檢討公路總局之防救災作業流程，可歸納得知防救災管理系統除了要將現行作業表單電子化外，下列之作業需求可利用先進的科技技術提昇搶救災作業的效率。本研究以道路坍方搶修、封橋作業、長隧道救援為案例，說明標準作業程序檢討結果與各單位層級應配合與執行之工作內容。

此外，本研究依循第一期標準作業程序的檢討方式，針對「道路坍方搶修」、「封橋標準作業」、「長隧道救援」之應變範圍、目標，

應變組織內人員之執掌、人數與應變資源之管理、緊急應變演練紀錄與演練的評估等內容加以檢視，重新以較結構化的方式定義，提出一套新的標準作業程序。經使用本研究所發展之標準程序設計方法，其標準作業程序檢討結果與各單位層級應配合與執行之工作內容。考量防救災作業程序需要完善的知識傳承以及建立職務代理人的制度，繼續檢討第一期設計之「防救災情境模擬模組」。透過相關案例、劇本之蒐集以及導入系統化檢討的防救災作業程序，使本套系統可真正輔助公路管理機關，落實防救災業務之執行。為協助防救災相關處理人員掌握各種災害型態的處理應變能力，此模組擬蒐集目前既有之防救災演練計畫資料，並新增模擬情境（scenario）之應變流程，將相關資料建置於資料庫中，提供查詢瀏覽的功能。其中，本研究已將符號化之標準作業程序檢討結果導入此模組中，使用者可針對各「程序」符號，查詢對應之系統功能與相關說明。

3.2 道路坍方搶修作業程序檢討

3.2.1 作業程序分析

以公路總局設計之道路坍方搶修作業流程為例（圖 3-1，本研究酌以潤飾），其作業項目包括：

- 1.工務段視災害情況或接獲指示成立緊急應變小組
- 2.依工程契約通知及確認承包商機械進駐災害地點
- 3.調派人員赴現場勘查災情，並設置標誌、疏導（或封閉）交通。
- 4.辦理通報作業
- 5.工務段研判崩塌規模，判斷是否需通知承包廠商進行搶修。
- 6.製作災害明細表呈報工程處派員勘查以核定經費
- 7.製作災害報告表，通知相關單位及機關。

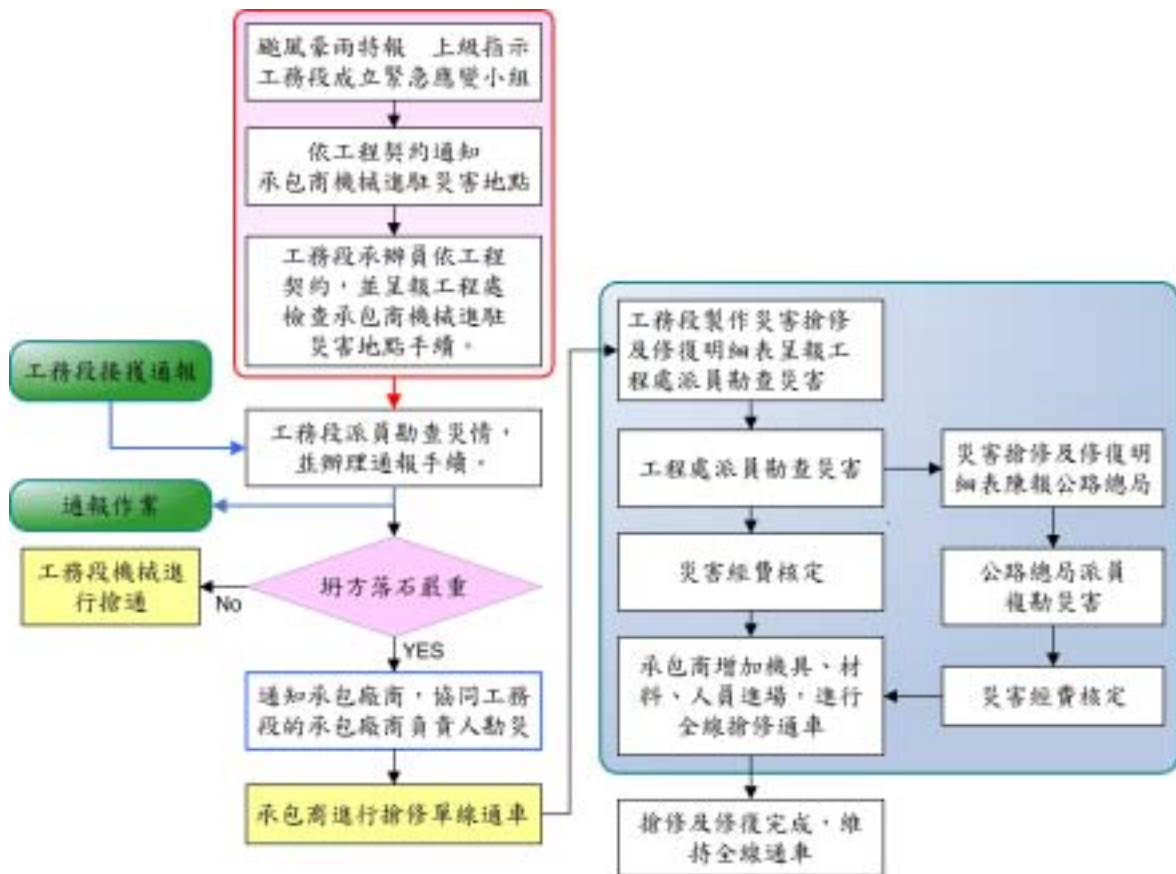


圖 3-1 公路總局道路坍方搶修流程圖

3.2.2 作業程序檢討結果

經使用本研究發展之標準程序設計方法，其標準作業程序檢討結果與各單位層級應配合與執行之工作內容，如圖 3-2 與表 3.1。

表 3.1 道路坍方搶修流程說明

階段	角色	動作	輸入	輸出
預備作業	交通動員委員會	傳遞緊急應變小組成立通知單	☐ 中央氣象局發布海上陸上颱風警報 ☐ 中央災害應變中心成立	☐ 通知各級單位成立緊急應變小組 ☐ 傳遞緊急應變小組成立通報單 ☐ 等待各級單位回傳緊急應變小組成立通知單
	公路總局	成立緊急應變小組	☐ 中央災害應變中心成立並通知交通部進駐，交通部依此通知，再通知公路總局進駐中央災害應變中心待命 ☐ 公路總局緊急應變小組指揮官視災情狀況或有發生重大災害之虞時自行成立	☐ 派員進駐中央災害應變中心 ☐ 各任務編組人員進駐公路總局救災指揮中心 ☐ 傳真通知各區養護工程處、工務段成立緊急應變小組 ☐ 加強巡檢轄區危險橋梁 ☐ 回傳真交通部「已成立緊急應變小組通知單」
	養護工程處	成立緊急應變小組	☐ 收到公路總局通知成立 ☐ 緊急事故發生時，由處長或副處長下達成立	☐ 各小組進入緊急處理小組辦公室處理轄區災害業務 ☐ 回傳局本部緊急應變小組已成立
	工務段	成立緊急應變小組	☐ 收到工程處通知成立 ☐ 緊急事故發生時，由段長或副段長下達成立	☐ 依工程契約通知承包商機械進駐災害地點 ☐ 回傳工程處緊急應變小組已成立
	工務段	檢查進駐資源配置點	☐ 施工單位依據工務段通知，備妥搶修施工所需相關機具設備，至資源配置點待命	☐ 工務段承辦員依工程契約規定，呈報工程處檢查承包商機械進駐災害地點手續 ☐ 如無坍方發生時，該次「機械調度費」經工務段檢查確認後同意估驗
	施工單位	進駐資源配置點	☐ 依工程契約歸定，收到工務段通知 8 小時內	☐ 備妥搶修施工所需相關機具設備，抵達指定地點待命

階段	角色	動作	輸入	輸出
緊急通報作業	公路總局	啟動緊急應變小組	☐ 接獲工程處通報，局內緊急應變小組指揮官視災情狀況或有發生重大災害之虞時成立	☐ 依災害嚴重性，接獲工程處通知複勘公路災害
	工程處	啟動緊急應變小組	☐ 接獲工務段通知，視災情嚴重程度，判斷成立緊急應變小組，啟動各分組作業	☐ 詳見「各級緊急應變小組任務編組表」之工程處分組 ☐ 依災害嚴重性，接獲工務段通知複勘公路災害
	工務段	接獲公路災害通報	☐ 專案事件（颱風、豪雨等）或一般災害事件啟動	☐ 緊急事故發生時由值班人員通知正、副段長等人
	工務段	派員勘查災情	☐ 接獲正、副段長下達命令後，由各組組長統籌調派現場作勘查及安全處置	☐ 研判災害規模 ☐ 將情形回報段長知悉
	工務段	通報相關單位	☐ 坍方嚴重且影響交通	☐ 巡查人員報告段長 ☐ 通報公路警察機關等單位前往現場配合維持交通
	工務段	以養護機具自行清除	☐ 道路坍方不嚴重	☐ 工務段以養護經費以及自有機具清理坍方 ☐ 通知災情發生 ☐ 傳遞災損報告表（使用經費 0）
	工務段	成立緊急應變小組	☐ 一般災害事件，緊急應變小組未成立。 ☐ 研判坍方嚴重致影響交通時，通知工程處後，再成立緊急應變小組	啟動緊急應變小組
	工務段	啟動緊急應變小組	☐ 專案災害事件，緊急應變小組已成立。 ☐ 一般災害事件，緊急應變小組成立後啟動	☐ 各小組進入緊急處理小組辦公室處理轄區災害業務 ☐ 緊急應變資訊中心：傳遞相關通報資訊，包含製作「災害報告表」傳遞相關單位、簡訊發送通報、上網更新「公路通阻資訊」 ☐ 進入搶救災作業階段

階段	角色	動作	輸入	輸出
搶救災作業	公路總局	複勘災情	☐ 超過經費搶修額度 ☐ 接獲工程處呈報	☐ 勘查道路（橋梁）受損狀況 ☐ 搶修經費及預算審核 ☐ 督導搶修工程進行
	公路總局	核定經費	☐ 依據複勘結果，研判工程項目與工程量，據以編修經費	☐ 通知工程處、工務段經費編修情形
	工程處（道路組或橋梁組）	複勘災情	☐ 接獲工務段通知，進行災情複勘作業	☐ 勘查道路（橋梁）受損狀況 ☐ 搶修經費及預算審核 ☐ 督導搶修工程進行
	工程處	審核與編修經費	☐ 依據複勘結果，研判工程項目與工程量	☐ 修訂災害搶修經費明細表
	工務段	核定經費	☐ 未達經費搶修額度	☐ 修訂災害搶修經費明細表
	工務段	配合現場搶修	☐ 接獲正、副段長下達命令後，啟動緊急應變小組	☐ 各組組長統籌調派現場作勘查及安全處置。 ☐ 緊急應變小組（警備組） ¹ 進行交通安全設施佈設
	工務段	疏導交通與設置標誌	☐ 依據現場指揮官指示	☐ 現場佈設設施標誌與配合疏導交通 ☐ 至搶修工程完成
	工務段	申請經費	☐ 施工單位搶修至單線通車為止	☐ 製作災害搶修經費明細表 ☐ 呈報工程處
	工務段	撤回救災資源	☐ 搶修完成 ☐ 路面清理與設施檢查 ☐ 開放全線通車	☐ 拆除標誌 ☐ 撤回救災人員、機械等資源 ☐ 已使用救災資源之登錄
	施工單位	執行搶修工程	☐ 依據工程契約規定，承包商接獲通知	☐ 立即前往搶修 ☐ 搶修至在一定坍方數量內

¹ 工務段的警備組：需攜帶之資源包含：警示帶、警示燈、拒馬、交通錐、護欄、告示牌、指示標誌等交通管制器材；交通指揮棒、哨子；通訊器材。

階段	角色	動作	輸入	輸出
	施工單位	暫停搶修	☐ 下雨、落石未停	☐ 暫停搶修 ☐ 待下雨、落石暫時停止後進行搶修作業
	施工單位	搶修至單線通車	☐ 下雨、落石暫時停止 ☐ 依據工程契約規定，承商接獲通知，立即前往搶修	搶修至單線通車為止
	施工單位	增加救災資源進行搶修	☐ 接獲工務段通知	☐ 增加人力、機具、物料等救災資源進行搶修 ☐ 搶修至全線通車
結案作業	交通動員委員會	傳遞緊急應變小組解除立通知單	☐ 中央氣象局發布解除陸上颱風警報 ☐ 中央災害應變中心指示解除	☐ 解除緊急應變任務編組 ☐ 傳真解除緊急應變小組通知單
	公路總局	解除緊急應變小組	☐ 接獲交通部通知	☐ 解除任務編組 ☐ 通知各工程處與工務段解除緊急應變小組
	工程處	解除緊急應變小組	☐ 接獲公路總局解除通知	☐ 解除任務編組
	工務段	解除緊急應變小組	☐ 接獲工程處解除通知 ☐ 轄區災害狀況排除，呈報工程處，依工程處通知解除	☐ 解除任務編組
	工務段	製作報告	☐ 結案通報	☐ 災害報告表 ☐ 已動用資源清冊 ☐ 災害搶修經費明細表

(資料來源：本研究整理)

3.3 封橋作業程序檢討

3.3.1 作業程序分析

颱風豪雨期間，跨河橋梁之封橋時機涉及用路人安全與便利性問題，林呈等（2004^[5]）「跨河橋梁訂定封橋水位」計畫中，提出國內橋梁封橋指標可依據橋面版水位面與橋面版之距離是否小於 1.5 公尺，作為第一評判依據。公路總局針對封橋作業程序於 94 年 6 月期間，邀集相關單位檢討作業流程，訂定之程序說明如後（見圖 3-4，本研究酌以潤飾）^[5]：

1. 法規依據

- (1) 災害防救法有關規定(總統府 91 年 5 月 29 日總統華總一義字第 09100108310 號令修訂)
- (2) 行政院災害緊急通報作業規定(行政院 91 年 11 月 7 日院臺內字第 0910054421 號函修正)
- (3) 交通部災害緊急通報作業要點(交通部 92 年 3 月 21 日交動字第 0920002634 號函修訂)
- (4) 陸上交通事故災害防救業務計畫(交通部 94 年 5 月 12 日交路字第 0940004912 號函)
- (5) 公路總局災害防救標準作業手冊(交通部「陸上交通事故災害防救業務計畫」附錄)

2. 目的與適用範圍

封橋之目的在於當橋梁於發生災害或有發生災害危險之虞時，循標準作業程序及時封閉橋梁，保障用路人生命財產安全，並使公路運輸功能所遭受損害減至最低程度。其適用之範圍包含交通部公路總局轄管之橋梁、便橋、引道，於發生災害或有發生災害危險之虞時，依照本標準作業程序辦理封橋。

3. 封橋時機

當橋梁有下列任一狀況時，應進行封橋作業。

(1)各橋梁之警戒水位及封橋水位

無沖刷橋梁（橋基未裸露者）：

【警戒水位：距梁底淨空 1.5 公尺】

【封橋水位：距梁底淨空 1.0 公尺】

有沖刷橋梁（橋基裸露者），警戒水位及封橋水位依現場狀況調整。

(2)水利單位通知上游水流湍急有危及橋梁安全時。水位雖未達封橋水位，橋臺、橋墩有傾斜、下陷及土石淹沒之異常狀況。

(3)強烈地震後，發現橋面版伸縮縫間隙過大，橋面版隆起、斷裂(落)，橋臺、橋墩傾斜、下陷等有立即性危險，須緊急封閉橋梁進行檢查。

(4)因交通事故部分車道受阻或雙向交通阻斷。

(5)其他有(無)預警之天然災害或人為事故等事件。

4.封橋作業程序

(1)接獲用路人、當地居民或警政單位通報，或養路巡查人員發現橋梁災害或有發生災害危險之虞回報工務段。

(2)經派員勘查確認須封橋時，先佈設簡易阻絕設施，防止用路人誤闖，保持初期警戒，由工務段長請示處長後下達封橋指令。

(3)工務段長接獲封橋指示後，動員各任務編組及備妥所需器材，並指派副段長聯繫協調各組人員準備執行封橋任務。

(4)交通管制組人員至現場佈設交通阻絕設施封閉橋梁，同時完成三層警戒線²，並於橋梁兩端適當地點架設繞道替代路線告示牌及指示標誌。

(5)通報組依照災害通報規定辦理行政通報(送簡訊、災情傳真、登錄網站及通知工程處錄製語音信箱)聯繫員警單位維持交通，通知管

² 三層警戒線：勤務區（最內圈）、媒體公關區（第二圈）、一般民眾區（最外圈），目前並未規定各區之間的距離，視災害規模與現場環境狀況而定。

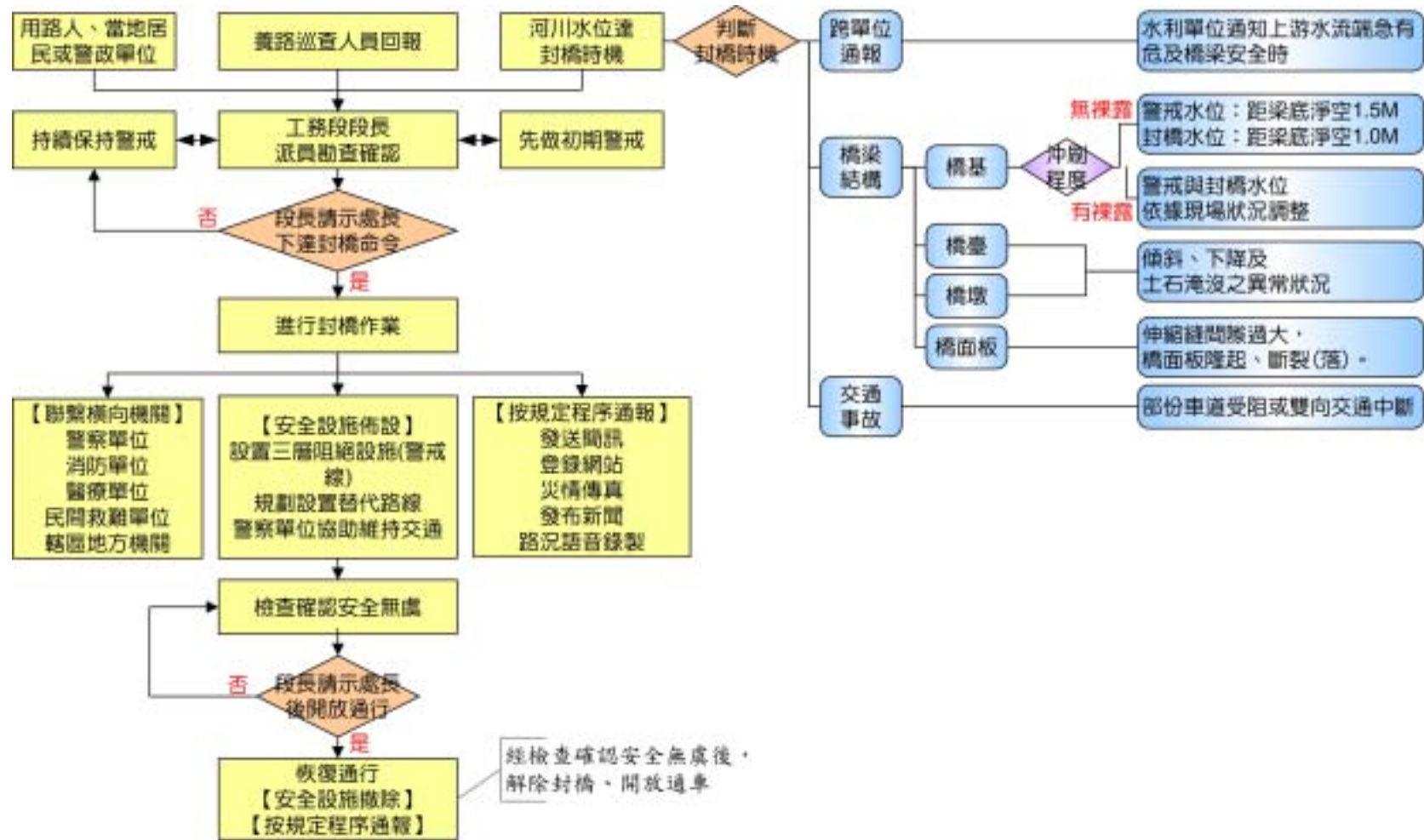
線單位檢查附掛管線，通知警廣、媒體發布封橋及繞道替代路線訊息，知會縣市鄉鎮地方政府。

- (6)如有用路人受傷立即與消防醫療單位聯繫傷患後送救醫。
- (7)檢測組負責檢測橋梁受損狀況。
- (8)橋梁檢查後確認安全無虞時，由工務段長請示處長後開放通車。
- (9)交通管制組撤除交通阻絕管制設施開放通車。
- (10)通報組依規定辦理恢復通車通報，程序及聯繫單位同第 5 點。



（本研究拍攝，2005 年 5 月）

圖 3-3 陳有蘭溪便橋封橋演習

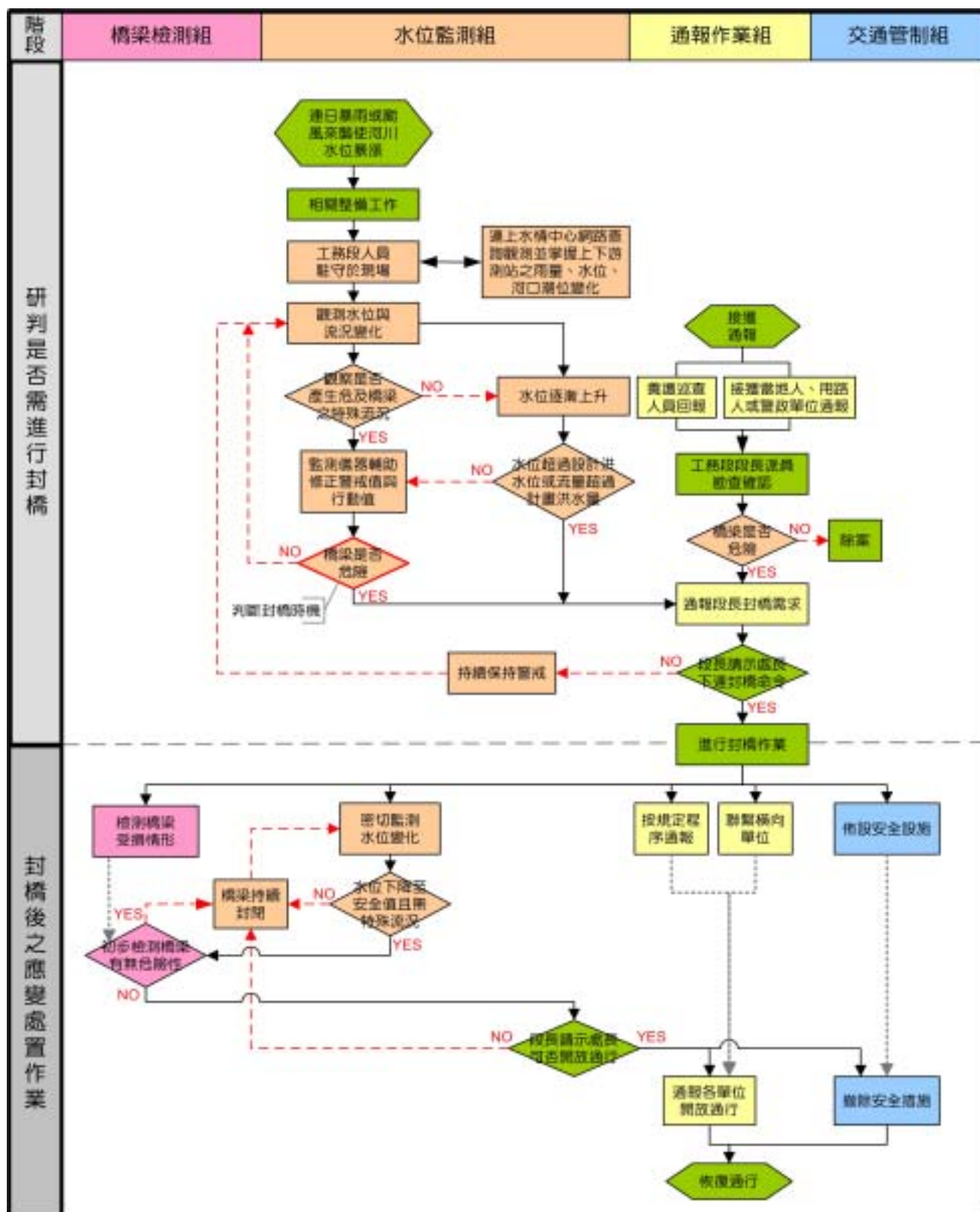


(公路總局提供^[6]，本研究酌以潤飾)

圖 3-4 公路總局封橋標準作業流程圖

3.3.2 作業程序檢討結果

橋梁於發生災害或有發生災害危險之虞時，循標準作業程序及時封閉橋梁，可保障用路人生命財產安全，並使公路運輸功能所遭受損害減至最低程度。本計畫所研擬之封橋作業流程參酌行政院公共工程委員會擬訂之「建立災後重大公共工程設施安全驗證機制」，以及林呈等(2004)^[5]承接交通部公路總局委託執行之「跨河橋梁訂定封橋水位」一計畫所研擬之颱風期間封橋作業應變流程，可提供公路總局轄管之橋梁、便橋、引道，於發生災害或有發生災害危險之虞時，參照此作業程序辦理封橋作業（詳見圖 3-5 與表 3.2）。



(資料來源：本研究整理)

圖 3-5 封橋作業流程圖

表 3.2 封橋作業程序說明

階段	角色	動作	輸入	輸出
研判是否需進行封橋	工務段	相關整備工作	☐ 颱風警報發布前，所轄橋梁在颱風警戒區域內時 ☐ 連日豪雨或颱風來襲使河川水位暴漲	若河川水位暴漲，應準備水理分析資料（水位、流速與流量）、沖刷深度計算資料、特殊流況表等資料（見表 3.3），以及重錘等器材至現場駐守
	水位監測組	工務段人員駐守於現場	☐ 連日豪雨或颱風來襲使河川水位暴漲	☐ 現場觀測水位及流況變化 ☐ 提高警覺並持續注意颱風動向與即時水文資訊，對橋梁本身與上下游保護工的情況加以確認
	水位監測組	連上水情中心網路	☐ 駐守現場時需定時查詢水利署水情中心網站（無線網路或電話聯繫查詢）	☐ 查詢觀測並掌握上下游測站之雨量、水位、河口潮位變化，掌握最新資訊
	水位監測組	觀測水位與流況變化	☐ 水位逐漸上升	☐ 水位上升期間，隨時注意是否產生危及橋梁特殊流況，若產生則需以檢測儀器確認橋址沖刷情形 ☐ 判斷橋梁是否危險
	水位監測組	判斷橋梁是否危險	☐ 特殊流況	☐ 依據行政院 1997 年頒布之「橋梁遭受沖刷之災害分級快速檢查表」（見表 3.4）
	水位監測組	判斷橋梁是否危險	☐ 無特殊流況	☐ 安全性分析
	水位監測組	監測儀器輔助修正警戒值或行動值	☐ 已產生危及橋梁之特殊流況 ☐ 水位沒有超過設計洪水位或流量超過計畫洪水位	☐ 以檢測儀器進行沖刷深度確認後，即可依據當時水位與沖刷深度資料，初步檢討安全性分析所計算之結果 ☐ 適度修正警戒值與行動值
	水位監測組	整備作業	☐ 水位上升到達警戒值	☐ 確認封橋相關器材 ☐ 聯繫相關單位（警察機關、廣播電臺）
	水位監測組	整備作業	☐ 水位到達設計流量（計畫洪水量）所對應之水位 ☐ 到達封橋行動值	☐ 封閉橋梁並以重錘測深 ☐ 視水流狀況與測深結果，進行搶修或搶險。

階段	角色	動作	輸入	輸出
	通報作業組	接獲通報	☐ 接獲當地人、用路人或警政單位通報 ☐ 養護巡查人員回報	工務段派員勘查確認
	通報作業組	通報段長封橋需求	☐ 工務段現場勘查橋梁有危險： ☐ 水位監測儀器量得橋梁有危險 ☐ 水位超過設計洪水位或流量超過計畫洪水量	☐ 工務段段長請示養護工程處處長下達封橋命令
封橋後之應變處置作業	現場指揮官 (工務段段長)	進行封橋作業	☐ 接獲養護工程處處長同意進行封橋作業	☐ 啟動封橋作業緊急應變小組 ☐ 橋梁檢測組：檢測橋梁受損情形 ☐ 水位監測組：密切監測水位變化 ☐ 通報作業組：按規定程序通報、聯繫橫向單位 ☐ 交通管制組：佈設安全設施 ☐ (工程組：必要時調集機具與混凝土塊進行搶險作業)
	橋梁檢測組	初步檢測橋梁有無危險性	☐ 水位下降至安全值且無特殊流況	☐ 有危險性：橋梁持續封閉(退水期間即使水位低於警戒值、注意值時，仍需持續注意有特殊流況發生，若產生則橋梁持續封閉，並進行搶救措施) ☐ 無危險性：段長請示處長可否開放通行(待水位下降持續退水時，亦須以重錘測深，觀察橋墩冲刷情形，應待河川水位流速降低、橋基河床回淤，並確認橋梁安全後，始能開放橋梁通車)
	通報作業組	通報各單位開放通行	☐ 段長請示處長後，確認可開放通行	☐ 恢復通行
	安全管制組	撤除安全措施	☐ 段長請示處長後，確認可開放通行	☐ 恢復通行

(資料來源：本研究整理)

表 3.3 封橋作業整備工作項目表

項次	項目	備註
1	安全性分析資料	水理計算、沖刷計算、結構計算結果（注意值、警戒值、行動值）、特殊流況檢查表
2	橋墩水尺	觀測颱風豪雨期間橋址處水位
3	測深重錘、吊車	颱風期間檢測橋基沖刷深度之用
4	攝影、通訊器材	相機、攝影機（觀測紀錄颱風歷程之流況，用以比對研判沖刷變化情形）；通訊聯絡用
5	交通警告設施	封橋設施暨交通疏導設備（黃色警示帶、活動型拒馬、交通錐、夜間警示燈、紐澤西護欄、路標指示牌、交通疏導路線告示牌）等
6	有關單位通報名單	相關單位連絡電話、傳真「災情通報上級機關（工程處、公路總局、交通部等）；警察單位（縣警局、當地分局）協助管制交通；警廣路況中心籲請用路人改道等」
7	開口合約廠商名單	機具駐紮位置、機具數量統計表、聯絡電話等
8	防汛備料配置資料	河川局緊急應變小組之聯絡人員、電話、防汛備料借用程序、防汛備料統計表（混凝土塊、蛇籠、太空包等）、防汛備料配置圖

（資料來源：林呈等，2004^[5]）

表 3.4 橋梁遭受沖刷之災害分級快速檢查表

橋梁遭受沖刷之災害分級快速檢查表		日期
路線與橋梁名稱		
管理單位		
說明		
受損分級	橋梁受損情形	是否發生(勾選)
極嚴重	橋梁有落橋、崩塌情形。	
	橋梁構造有顯著傾斜、沈陷、位移情形	
	橋臺或橋墩擴展基礎(或沉箱)已被洪水掏空大半	
	橋臺或橋墩樁基礎遭流木或土石流衝斷，有造成橋梁失去穩定、危及通行安全之虞	
潛在極嚴重	損害情形界於極嚴重與嚴重間者	
嚴重	橋臺或橋墩擴展基礎已被洪水沖刷外露	
	橋臺或橋墩擴展基礎(或沉箱)被洪水沖刷裸露深度超過設計容許範圍	
	橋臺或橋墩樁基礎被流木或土石流衝斷，但未立即危害通行安全	
	橋臺或橋墩樁基礎被流木或土石流衝擊造成損壞，但未立即危害通行安全	
	上部結構主構件(主梁)已腐蝕剝落或發生超過容許之結構裂縫	
	橋面板混凝土產生格網狀裂縫，且出現白華及銹水或保護層剝落	
潛在嚴重	損害情形界於嚴重與輕微間者	
輕微	橋梁雖有受損，尚不致影響通行安全	
附註： 極嚴重：橋梁發生崩塌、重大變形或損傷顯著，而導致結構物功能降低。受損橋梁經檢查有上述之情形，為避免影響通行安全，建議完全禁止通行，俟補強、補修完成或拆除重建後，再行開放通行。 嚴重：橋梁損傷顯著，且有持續擴大跡象，其功能可能有降低之虞。受損橋梁經檢查上述情形，為避免影響通行安全，建議須封閉部份車道、車速、車流量，待損壞部份補強補修後，再解除管制；如因考量交通需要，而未予管制，但應隨時注意橋梁狀況，並儘速完成補強、修補。 輕微：橋梁雖有受損，尚不致影響通行安全，可不須管制，但應儘速予以修復。		

(依據 1997.03.27 行政院「繼續研商保護橋基措施及面臨之各種問題解決方案」會議決議同意辦理之橋梁分級定義彙整編成)(資料來源：林呈等，2004^[5])

3.4 長隧道救援作業程序檢討

3.4.1 作業程序分析

當隧道內發生車禍，除造成交通阻斷，亦可能造成許多車輛燒毀以及人員受傷，路檢人員應立即通報 110 及 119 請求軍警人員前往現場管制交通及處理爆裂物，並將事故報告給工務段段長，段長負責協調指揮相關人員進行下列程序^[7]：

- 1.工務段調派人員機械、車輛攜帶交通管制器材前往現場配合事故清理作業及設置標誌配合交警協助疏導交通，若交通阻塞或阻斷，通報交警協助搶修人員機械車輛抵達現場。
- 2.通知消防隊○○K+○○○處○○隧道內連續車禍火災，請派滅火及清潔消防車前往處理。並與消防單位共同擬定搶修計畫方式（如防守型或積極介入搶修型）劃分救難範圍（如火線範圍、預備線範圍及後勤支援線）。
- 3.如火災事故嚴重，人員機械車輛不敷調派時，洽請鄰近工務段支援。
- 4.火災熄滅後，指揮搶修人員配合交警管制交通，迅速清除路面散落務及障礙物，如發現貴重財物，交給警察處理。配合消防單位清理路面污漬，搶修受損之路面及交通標誌標線。
- 5.會同交警人員勘查交通設施損毀數量並作成紀錄
- 6.事故現場清理完畢，經交警現場指揮人員同意後，撤除交通管制標誌，開放恢復通車。
- 7.傳送災害傳真通報（搶通後亦同）給交通部部長室、交通部路政司、交通部交通動員委員會、養護工程處、公路總局（局長室、養路組、公關科）等單位。

上述為隧道發生火災事故之工務段人員執行作業方式，然長隧道有行車空間封閉，一旦發生災害無論用路人避難或是救援人員進入搶救均十分困難。因此，本研究參考交通部（2005）「臺 76 線漢寶草屯八卦山隧道公路事故暨整體防救災應變計畫」^[8]，以臺 76 線之八卦山長隧道為例說明標準作業程序檢討結果。

臺 76 線八卦山隧道東行線長 4,935 公尺，西行線長 4,928 公尺，為公路之長隧道。針對 八卦山隧道之危險事件（如火災、危險物品洩漏）、緊急事件（如重大車禍等），需要透過各單位跨部門聯合協助救災支援時，提供一套救援的標準作業程序。以下摘錄各階段作業內容之概述：

1.事故發生與察覺

以八卦山隧道為例，可分為系統自動偵測與人工通報兩種資料來源。

- (1)系統自動偵測：由交控系統之車輛偵測器偵知事故發生，或由隧道機電系統偵測器偵知火災、空氣品質惡化等。
- (2)人工通報：一般用路人以手機或緊急電話向地方消防單位或行控中心報案，或由公路警察、工務巡邏車、CCTV 監測系統等覺察災害發生。若地方消防單位或警廣電臺接獲民眾報案，應立即協助指導民眾按下隧道內緊急通報按鈕，並主動通知行控中心。

2.受理確認

行控中心人員匯集系統自動偵測資料以及用路人、公路警察單位、工務巡邏車、地方消防單位所回報之事故資訊，同時利用 CCTV 進行災害確認動作。

3.通報派遣及前導作業

- (1)通報派遣：行控中心同時通報警察單位、消防單位、工務段以及警廣等，各救援單位在接獲通報後，確認事故狀況以及救援路線即前往事故地點；消防、衛生單位則依傷患人數、傷勢以及火災大小等資料，派遣最近之救護車輛、人員以及特殊裝備或救援器

材前往現場，必要時則啟動鄰近縣市相關支援協定。

- (2)前導作業：依據行控中心建議，工務段及公警單位決定會合地點、擬定行進路線(順向或逆向)，回報出勤並通報相關救援單位，工務段協同公警指示佈設交通管制措施，前導作業異動時應立即通報其他相關救援單位。

4.人員避難指導與交通疏導管制

- (1)公路警察、工務段現場人員：掌握用路人避難情形以及周圍現況。
- (2)行控中心、公路警察單位：決定是否要進行大區域交通改道計畫。
- (3)工務段:協助通訊聯絡、隧道內各項設備之操作。
- (4)地方消防單位：抵達現場與公路警察人員、公路管理人員會合,確認相關位置與災害狀況。

5.救援單位初步應變

公路總局第二區養護工程處人員擔任總指揮官，建立事故指揮計畫並組成指揮小組，同時依現場事故發生狀況指派現場指揮官。總指揮官隨時協助現場指揮官調度人力及器材裝備，並派人至交控中心隨時掌握必要資訊。

6.事故處置及受困者、傷患救助

- (1)事故處理：各單位共同組成現場聯合指揮中心
 - 工務段：工務段段長擔任事故指揮官，工務段人員確保隧道內救災人員之無線電通訊、各項機電設備之操作、進駐隧道口機房監控各項設備及配合消防單位之消防車或水車接駁水源。
 - 消防單位：擔任救災指揮官，進行滅火、協助檢傷分類。
 - 行控中心：隨時與現場各救災單位保持暢通的聯繫管道，確認事故發展情形，並適時通報現場救護車及救援車駛離路線，聯繫當地醫療單位、衛生局並定時回報上級單位，指派專人負責聯繫警廣與媒體統一發言。

- 地方環保單位：若有危險物品外洩，依據物質安全資料表 MSDS 向總指揮官提供救援及應變資訊，並劃定冷、熱區³，通知毒性化學物質聯防小組協助救災。

(2)受困者、傷患救助：

- 救災作業指揮官：確認民眾受困的位置、情形，蒐集隧道內相關訊息立即通報給事故指揮官。
- 事故指揮官：集結適當之救援裝備、出動救助車與救護人員進行現場傷患救援工作。
- 衛生單位：指揮責任醫院啟動院內、院外緊急災難計畫，指派醫療連絡官或適當之代表隨時向現場事故指揮官回報醫院空床數，以及必要之醫療諮詢與協助事項。

7.善後復原

- 事故指揮官需確認事件恢復、統計彙整死傷以及失蹤名單，確認所有救援及事故人員裝備車輛、散落物、管制標誌及號誌等狀況，通報行控中心。
- 工務段：依指揮官指示配合交警撤除交通管制標誌及交通錐，勘查交通設施損害情形，清除散落物或是隧道路面的障礙物。
- 其他救援單位：確認事件恢復後，清點人力裝備，回報事故指揮官及行控中心後離場。

3.4.2 作業程序檢討結果

在長隧道的標準作業流程檢討中，將整個應變作業程序分成(1)事故發生與通報、(2)受理確認、(3)通報派遣、(4)人員避難指導及交通疏導管制、(5)救援單位初步應變、(6)事故處置及受困者、傷患救助，以及(7)善後復原等 7 個階段，每個步驟再分成動作、輸入與輸出之說明(詳

³冷區：支援區，指揮站設置處；熱區：禁區，未經指揮官核可，嚴禁進入之區域；溫區：除污區，提供救災人員出熱區後立即針對其救災設備等進行徹底除污，避免二次污染及傷害使用。

見圖 3-6 與表 3.6)。以下簡述各階段涵蓋之應注意事項如下說明：

1.事故發生與通報

- (1)預知颱風將至，各單位應提前整備待命。
- (2)所有報案訊息應即回報行控中心統一監控。

2.受理確認

行控中心彙整各單位回報災情資訊，以確認事故發生。

3.通報派遣

- (1)由最先抵達現場之公警或工務單位確認事故狀況
- (2)由現場公警人員及工務單位建議馳援路線
- (3)行控中心主責彙集資訊,並根據通報研判危險事件等級(見表 3.5)。
受指揮官指揮負責通報相關救援單位馳援。
- (4)指揮站可隨狀況設於洞口或現場適合地點

4.人員避難指導及交通疏導管制

- (1)公警、工務段現場人員掌握人員與路況
- (2)行控中心及公警單位決定是否進行改道計畫
- (3)現場由公警、工務段監控人員避難及交通疏導作業

5.救援單位初步應變

現場由工務段段長擔任指揮官，統籌指揮管制，並隨時與行控中心保持通訊。

6.事故處置及受困者、傷患救助

- (1)現場組成聯合指揮中心，確保救災安全及搶救行動進行。
- (2)成立緊急收容中心
- (3)救災單位內部以自身通訊系統聯繫指揮
- (4)損壞設備之修復

(5)是否重新恢復通車問題

(6)避難車輛清除問題

(7)傷患救助應注意之事項：傷患由救護車護送至急診室後，由醫療人員先行急救診治，並紀錄相關資料，院方先行診治，爾後相關手續於查明患者身分、資料後再行補辦。

7.善後復原

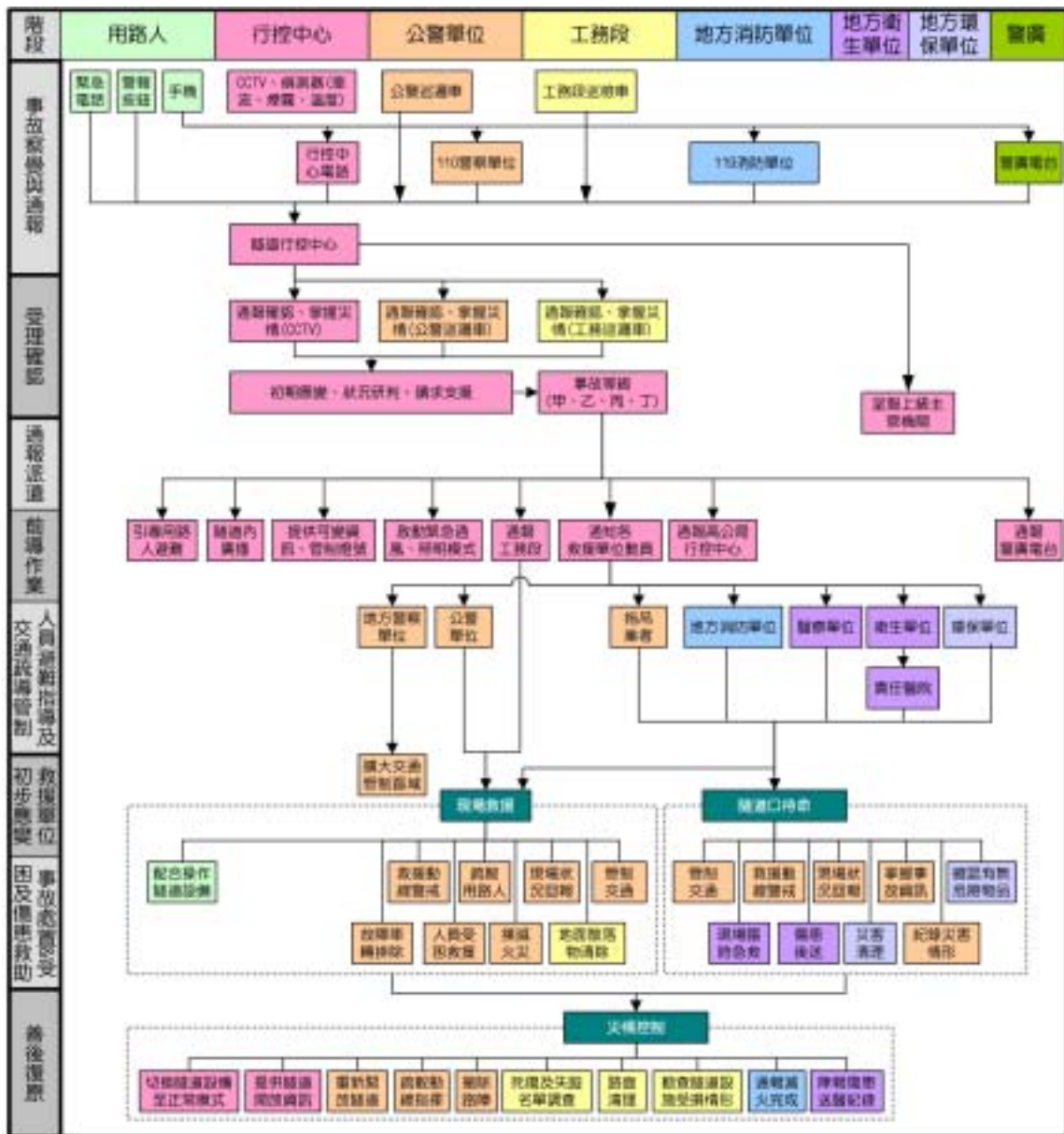
(1)確認事件恢復

(2)廣播告知狀況解除，恢復通行。

表 3.5 八卦山隧道事故分級及通報救援處理單位

事故等級	事故等級說明	通知單位
甲級事故	違規危險物品車輛發生事故、隧道倒塌、人為縱火事故、雙向發生交通事故及單孔兩區以上發生交通事故，起火燃燒（雙孔雙向車道）封閉隧道，禁止通行	公警隊、地方警力、拖吊業者、高公局中區行控中心、消防單位、衛生單位、醫療單位（責任醫院）、警廣電臺、環保單位
乙級事故	單向交通車輛發生事故後，起火燃燒。此狀況會全線（雙孔雙車道）封閉，禁止通行	公警隊、地方警力、拖吊業者、高公局中區行控中心、消防單位、衛生單位、醫療單位（責任醫院）、警廣電臺
丙級事故	雙車道交通中斷之交通事故。此狀況非事故路線維持通車，事故發生路線封閉，並疏導替代道路	公警隊、地方警力、拖吊業者、高公局中區行控中心、消防單位、警廣電臺。（有人受傷時亦將通知衛生單位或醫療單位「責任醫療」）
丁級事故	可單車道行駛之交通事故（實施交通管制，維持單車道通車）	公警隊、拖吊業者、消防單位、警廣電臺。（有人受傷時亦將通知衛生單位或醫療單位「責任醫療」）

（資料來源：交通部，2005^[8]）



(資料來源：本研究整理)

圖 3-6 長隧道救援應變標準作業程序流程圖 (以八卦山為例)

表 3.6 長隧道救援作業流程說明

階段	角色	動作	輸入	輸出
(1) 事故 察覺 與 通報	用路人	☐ 自己或他人有無受傷情況 ☐ 有否立即危險	☐ 緊急電話位置 ☐ 目前所在位置 ☐ 發現異狀（氣味、濃煙、吵鬧、哀號聲）	☐ 停靠事故車輛於安全位置，並打開障礙警示燈。 ☐ 使用隧道內緊急電話通報或行動電話通知事故情況
	行控中心	☐ 察覺 ☐ 確認 ☐ 確認事故地點最近之單位、人員及位置	☐ 車流偵測器顯示異常 ☐ 自動監測設備（火災偵測器）示警 ☐ 緊急按鈕觸動 ☐ 由警廣得知事故發生 ☐ 由 CCTV 得知事故可能狀況	☐ 監測車流訊號及 CCTV 監視，研判危險事件。 ☐ 派遣最接近之人員前往確認
	公警單位	☐ 接獲訊息 ☐ 研判災害可能種類 ☐ 與行控中心訊息連絡 ☐ 現場災害確認	☐ 巡邏車密切注意以下徵狀或情況： ☐ 碰撞聲音、行車停止、用路人通報 ☐ 黑煙、火焰、氣體臭味	☐ 線上巡邏之警車隨時注意各種可能危險事件之發生
	工務段	☐ 接獲訊息 ☐ 研判災害可能種類 ☐ 與行控中心訊息連絡 ☐ 現場災害確認	☐ 巡邏車密切注意以下徵狀或情況： ☐ 碰撞聲音、行車停止、用路人通報 ☐ 黑煙、火焰、氣體臭味	☐ 線上巡邏之工務車隨時注意各種可能危險事件之發生
	地方消防單位	☐ 研判災害可能種類	☐ 縣市消防局救災救護指揮中心接獲民眾以手機報案電話(尚未按下緊急紐通報行控中心)(火災)	☐ 協助指導民眾按下隧道內設置之緊急通報按鈕 ☐ 通知行控中心
	警廣電臺	☐ 推測危險事件可能種類	☐ 接獲民眾以手機通報或其他有關單位之轉報	☐ 協助指導民眾按下隧道內設置之緊急通報按鈕 ☐ 立即播報相關訊息，並引導尚未進入隧道之民眾改道行駛；隧道內回堵之民眾則依循隧道交管人員或可變號誌之指示前往避難 ☐ 通知行控中心

階段	角色	動作	輸入	輸出
(2) 受理 確認	行控中心	☐ 受理報案 ☐ 受理轉報 ☐ 監控車流訊號及 CCTV 監視研判危險事故 ☐ 確認事故是否發生	☐ 確認事故位置 ☐ 肇事車輛車型、數量 ☐ 有無人員傷亡 ☐ 有無人員夾困 ☐ 車輛是否需拖吊處理 ☐ 有無危險物品 ☐ 有無散落物 ☐ 交通狀況描述 ☐ 確認火警偵測器是否正常運作	☐ 需向報案人詳細詢問通報內容 ☐ 以 CCTV 進行危險事件確認 ☐ 自動監測設備（火災偵測器）是否正常運作 ☐ 確認連棟系統是否正常運作（CCTV、緊急照明、避難方向指示及通風系統由正常模式切換為緊急狀況之逃生模式） ☐ 接獲公警、消防、警廣所轉報之事故報案電話。 ☐ 確認事故發生，啟動緊急廣播插撥危險事故。
	公警單位	☐ 紀錄報案內容 ☐ 轉報行控中心 ☐ 派員前往事故地點確認	☐ 受理民眾報案 ☐ 受理地方消防或地方警察單位所轉報之事故報案電話	☐ 轉報受理報案內容至行控中心 ☐ 派遣警廣網前往處理勘查 ☐ 按下附近火警發信機 ☐ 研判災情並回報行控中心
	工務段	☐ 紀錄所需資訊 ☐ 回報行控中心 ☐ 派員前往事故地點確認	☐ 確定事故位置 ☐ 肇事車輛車型、數量 ☐ 有無人員傷亡 ☐ 有無人員夾困 ☐ 車輛是否需拖吊處理	☐ 派遣工程人員前往現場處理勘查 ☐ 按下附近火警發信機回報行控中心 ☐ 研判災情並回報行控中心

階段	角色	動作	輸入	輸出
(3) 通報 派遣	用路人	☐ 是否需要進行初期滅火或需立即避難	☐ 可變資訊系統告知隧道內發生事故 ☐ 最接近之緊急出口位置 ☐ 逃生疏散方向	☐ 收聽警廣 ☐ 若事故地點旁仍有空間可通行，駕駛人應減速通過後儘速駛離 ☐ 若前方事故堵塞，用路人趕往緊急避難空間
	行控中心	☐ 根據通報研判危險事件等級 ☐ 整合事故內容及請求配合事項 ☐ 考量相關權責單位派遣 ☐ 馳援路線規劃	☐ 危險事件地點、種類、規模 ☐ 出勤單位 ☐ 指揮官指派 ☐ 公警及工務段之馳援路線選擇 ☐ 各單位支援需求	☐ 通報內容需述明危險事件狀況及請求配合事項 ☐ 依據通報警察、消防、工務、環保、醫療衛生以及警廣等單位 ☐ 馳援路線規劃之確認安全與否，並分別通報各救援單位 ☐ 確認事故發生，啟動緊急廣播請警廣插撥危險事故
	工務段	☐ 接獲通報 ☐ 確認事故狀況及馳援路況 ☐ 馳援人數、車輛及設備 ☐ 支援需求通報	☐ 接獲派遣通報 ☐ 危險事件地點、種類、規模 ☐ 出勤單位 ☐ 指揮官選定	☐ 接受行控中心之指派，派員速往事故地點 ☐ 派遣人員及設備前往處理（工務車、機車及空氣呼吸器與消防衣帽鞋） ☐ 出勤回報（出勤時間、動員狀況及馳援路線） ☐ 到達初報（到達現場人員、機具、車輛數量、佈設及最新災情） ☐ 初步研判火災類型，視情況進行初步滅火並通報消防單位 ☐ 依通報紀錄及現場回報，進行支援需求通報

階段	角色	動作	輸入	輸出
(4) 人員避難指導及交通疏導管制	行控中心	參酌現場員警之回報並會同 公警單位勤務指揮中心進行 交通衝擊分析，決定是否要 進行大區域交通改道計畫	☐ 掌握隧道內人員狀況，是否仍有用路人 及救災人員位置	☐ 擬定交通疏導管制計畫 ☐ 操控資訊可變(CMS)及交通管制號誌(LCS) 警告後方車輛禁止進入 ☐ 指示隧道內用路人利用人行或車行連絡通往 導坑，進行疏散
	公警單位	☐ 回報現場狀況，供決策是 否進行大區域交通改道計 畫 ☐ 掌握隧道內人員狀況 ☐ 支援通報	☐ 大區域交通改道計畫 ☐ 確認工務段人員完成改道路徑佈設作 業 ☐ 隧道內人員狀況	☐ 指導用路人利用人(車)道行連絡隧道避難 ☐ 調派警力執行交通疏導管制並派遣警車擔任 救災車輛之前導 ☐ 連絡地方警察單位協助週邊道路交通管制 ☐ 利用替代道路及交流道疏散車輛 ☐ 回報行控中心現場避難狀況及所在位置
	工務段	☐ 協助交通管制 ☐ 協助人員避難 ☐ 確保通訊聯絡及回報 ☐ 派員設備操作 ☐ 掌握隧道內人員狀況	☐ 交通管制措施 ☐ 人員疏散作業 ☐ 隧道內各項設備之操作方式 ☐ 隧道內人員狀況	☐ 依指揮官指示，配合交警佈設交通管制措施 ☐ 配合公警人員只是執行人員疏散、拖吊及交 通疏導管制作業 ☐ 確保現場無線電聯絡 ☐ 執行隧道內各項設備之操作
	地方消防單位	若相關人員不在現場，應請 救災救護與控制中心聯繫， 並說明本身位置，便於公路 管理人員了解救災人員位置	☐ 確認公路管理人員及公警人員是否會 合及其相關位置，以確認危險事件狀況	☐ 支援滅火作業 ☐ 傷患救援 ☐ 危險事件環境控制 (可先於洞口集結，蒐集相關資訊)
	地方衛生單位	☐ 院內人力、病床數狀況 ☐ 是否需其他醫院支援	☐ 交通管制措施 ☐ 接獲通報是否有人員傷亡	☐ 通知鄰近其他醫院待命
	警廣單位	☐ 蒐集掌握附近替代道路相 關資訊	☐ 從行控中心了解最新狀況	☐ 及時廣播用路人與車輛配合行駛管制

階段	角色	動作	輸入	輸出
(5) 救援單位初步應變	用路人	遵循行控中心或現場指揮人員提供之資訊，繼續等待或尋求其他離開方式	☐ 持續顯示引導標誌及資訊看板 ☐ 行控中心災情處理狀況 ☐ 是否繼續疏散之資訊	☐ 等待救援單位施救 ☐ 隧道內用路人往緊急出口或安全地區移動 ☐ 協助其他用路人脫困或避難 ☐ 以緊急電話或行動電話通報災情變化
	行控中心	☐ 判定火災種類以決定疏散需求 ☐ 有否要求人力增援	☐ 現場人員受困情形 ☐ 火災種類及控制情形	☐ 掌握救援人員數量、位置 ☐ 持續監控所有設備之運作是否正常
	公警單位	☐ 火勢是否允許初期滅火 ☐ 現場人員有否立即危險	☐ 現場人員受困情形 ☐ 火災種類及控制情形	☐ 與行控中心保持聯繫 ☐ 疏散用路人 ☐ 不聽引導人員之處置 ☐ 協助夾困人員脫困 ☐ 現場協助初期滅火
	工務段	☐ 火勢是否允許初期滅火 ☐ 現場人員有否立即危險 ☐ 確保通風、排煙等機電、交控設備運作正常 ☐ 協助人員脫困避難	☐ 現場人員受困情形 ☐ 火災種類及控制情形、通風設備狀況 ☐ 排煙設備狀況 ☐ 其他機電交控設備之運作狀況	☐ 隧道外設置現場指揮站，由工務段段長擔任指揮官，統籌指揮並與行控中心保持聯繫 ☐ 散落物清除並協助交通管制 ☐ 人員夾困救援 ☐ 派員協助開啟通風、排煙等防救災設備 ☐ 視情況進行初步滅火並通報消防單位
	地方消防單位	諮詢救災救護指揮中心有關公路管理單位對危險事件現場附近道路進行交通管制措施作業	☐ 接獲救災救護指揮中心之出動命令，內容應包含：危險事件地區、規模；出動車輛資料；火災狀況；有無特殊考量等	☐ 現場消防人員應變指導
	地方環保單位	☐ 現場醫療人力是否足夠 ☐ 是否需通報上級主管衛生單位協助支援	☐ 抵達現場，向事故指揮官（公警單位）報到 ☐ 掌握現場人員傷亡情形	☐ 召集現場所有醫護人員準備適當器材待命 ☐ 現場醫療單位應變指導

階段	角色	動作	輸入	輸出
(6) 事故處置、受困者及傷患救助	行控中心	☐ 隨時與現場各救災單位保持通訊機能 ☐ 考量搶救作業之配合措施 ☐ 人員是否受嚴重擠壓 ☐ 研判事故發展情形	☐ 各單位初報 ☐ 應考量隧道口消防栓之水量是否足夠供應救災所需 ☐ 送風機是否開始運轉及運轉方向 ☐ 掌握現場救災單位進入方向及進入路徑，俾利指揮調度後續支援單位 ☐ 嚴重程度回報 ☐ 用路人傷亡情形 ☐ 各單位續報	☐ 確認交通管制措施，通報現場救護車及救援車之進出路線 ☐ 通知當地衛生局或緊急醫療網 ☐ 定時回報上級單位 ☐ 將人員夾困狀況通報公警、工務段人員 ☐ 若人員有嚴重擠壓，通知地方消防及醫療單位支援 ☐ 通知警廣
	公警單位	☐ 隨時與現場人員保持通訊機能，確保資訊流通 ☐ 肇事蒐證 ☐ 配合送醫路線管制	☐ 協助組成現場聯合指揮中心 ☐ 消防車輛接駁水源是否需公警引導 ☐ 協助研判事故嚴重程度（概估事故處理時間）及傷亡情形 ☐ 事故證據 ☐ 送醫路線	☐ 配合執行各項管制措施（現場人員秩序） ☐ 引導消防車輛接駁水源 ☐ 現場救災車輛及其他支援車輛之交通管制與警戒維持 ☐ 協助評估事故處理時間並定時回報行控中心 ☐ 肇事蒐證作業 ☐ 進行現場傷患救援工作 ☐ 傷患後送路線應保持暢通
	工務段	☐ 隨時與現場人員保持通訊機能，確保資訊流通 ☐ 操作相關設備及傷患救助 ☐ 評估所需支援並決定支援之人力物力 ☐ 評估事故嚴重程度（事故處理時間）及傷亡情形 ☐ 整合資源	☐ 組成現場聯合指揮中心，確保搶救行動之進行 ☐ 研判事故嚴重程度（概估事故處理時間）及傷亡情形 ☐ 人員夾困狀況 ☐ 所需救災資源	☐ 協同進入隧道協助無線電通訊 ☐ 評估事故處理時間並定時回報行控中心 ☐ 派員操作各項設備 ☐ 進駐隧道口機房，就近監視各項設備 ☐ 充分編組利用工務單位之消防車接駁水源 ☐ 進行現場傷患救援工作

階段	角色	動作	輸入	輸出
(6) 事故處置、受困者及傷患救助	地方消防單位	☐ 集結準備適當之救援裝備 ☐ 進入路線之選擇 ☐ 是否採兩端共同作戰方式	☐ 進駐現場聯合指揮中心 ☐ 確認民眾受困位置與情況 ☐ 火災狀況 ☐ 有無受毒害污染等	☐ 進入滅火作業 ☐ 協助檢傷分類 ☐ 出動各式救災車及救護車等進行救助 ☐ 協助進行現場傷患救援工作 ☐ 確認事故獲得控制，通報勤指中心與行控中心
	地方衛生單位	登記消防隊通報之時間、傷患人數、傷勢、可能病因等資料	☐ 進駐現場聯合指揮中心 ☐ 由行控中心或消防隊蒐集得知傷患最新狀況	☐ 進行救護作業 ☐ 在事故現場進行傷患搶救 ☐ 將傷患情形通報急救責任醫院 ☐ 人數清冊統計通報聯合指揮中心 ☐ 若傷患人數過多應請求其他醫院支援 ☐ 傷患後送作業
	地方環保單位	—	☐ 進駐現場聯合指揮中心 ☐ 隨時與現場人員保持通訊機能	☐ 依據 MSDS 提供救援及應變資訊，並劃定冷、暖區 ☐ 毒性化學物聯防小組協助救災 ☐ 協助運送廠商災後清理

階段	角色	動作	輸入	輸出
(7) 善 後 復 原	行控中心	☐ 解除局部或全面管制措施 ☐ 災情彙整與發佈	☐ 掌握現場警力 ☐ 離開現場之車輛、人員及駛離之路線 ☐ 送至醫院之人數清冊之統計與彙報 ☐ 確認所有救援及事故人員設施車輛均已離開 ☐ 確認相關設備及號誌是否可正常運作	☐ 利用廣播、交控設施告知用路人狀況解除 ☐ 災情總資料之彙整並發布新聞
	公警單位	☐ 回報警力情況 ☐ 決定拖救車進場時機 ☐ 協助判斷事故處理時間是否超過3小時，決定是否要進行車輛改道疏散策略 ☐ 解除局部或全面管制	☐ 現場警力 ☐ 事故復原解散情形 ☐ 確認所有救援及事故人員設施車輛、散落物、管制標誌、號誌等之狀況	☐ 回報行控中心（現場警力） ☐ 通報拖救車輛進場 ☐ 撤除路障及管制設施，重新開放隧道通行或配合車輛疏散改道 ☐ 協助死傷及失蹤者名單之調查統計 ☐ 協助通報行控中心確認所有救援及事故人員設施車輛均已離開，及管制標誌、號誌已正常運作
	工務段	☐ 協助判斷事故處理時間是否超過3小時，決定是否要進行車輛改道疏散策略 ☐ 撤除交通管制 ☐ 清理路面 ☐ 勘查交通設施損壞情形	☐ 交通管制撤除情形 ☐ 交通設施設備毀損情形	☐ 依指揮官指示，配合交警撤除交通管制標誌交通錐 ☐ 現場隧道路面障礙物之清理 ☐ 會同公警單位勘查道路交通設施損壞狀況 ☐ 死傷及失蹤者名單之調查統計 ☐ 通報行控中心確認所有救援及事故人員設施車輛均已離開，及管制標誌、號誌已正常運作
	地方消防單位	☐ 是否有復燃危險性 ☐ 確認完全排除危險事故	☐ 確認事件恢復、人力、裝備清點資料，與勤務中心確認	☐ 清點裝備，完成滅火作業、通報行控中心離開現場之車輛、人員及駛離之路線 ☐ 離場結報
	地方衛生單位	☐ 死者狀況再次確認	☐ 救護車優先駛權	☐ 協助後送傷患之送至醫院、人數清冊之統計及呈報 ☐ 離場結報

（資料來源：整理自交通部，2005）

第四章 公路防救災系統整體架構

4.1 防救災系統需求

完整的防救災系統功能架構應串聯平時整備、災前預防、災中應變以及災後復建作業各階段。其中，災中應變作業階段又可在細分為通報、搶通、搶修作業，應綜合考量各作業階段需求，提供完整的公路防救災系統應涵蓋之資料內容如下所示：



(資料來源：本研究整理)

圖 4-1 完整的系統架構應涵蓋之資料內容

1. 災前備災階段

本作業階段著重於管理與資源分配：

- (1) 基本環境資料彙整：分析基本資料庫
- (2) 定期巡檢紀錄彙整：分析巡檢資料庫
- (3) 歷年災害紀錄彙整：分析災損資料庫
- (4) 災損況狀預測：分析災害潛勢與規模
- (5) 搶救災資源分配管理：分析救災資源資料庫

2. 災中搶修階段

本階段著重於通報、搶通以及搶修（修復）工作：

- (1) 災損現場勘查：建置災損資料庫
- (2) 災損情形紀錄：建置災損資料庫
- (3) 搶修防治工法選定：查詢工法資料庫
- (4) 施工過程紀錄：建置基本、災損、工法資料庫

3. 災後復建階段

本階段著重於復建或是改建作業，並可串聯日常維護巡檢工作：

- (1) 整治需求效益分析：查詢經費資料庫
- (2) 復建階段防治工法選定：查詢工法資料庫
- (3) 長期安全監測執行：建置監測資料庫

透過分析與檢討公路總局之防救災作業流程，可歸納得知防救災管理系統除了要將現行作業表單電子化外，下列之作業需求可利用先進的科技技術提昇搶救災作業的效率。

1. 災情資訊的即時傳遞：勘災人員可於第一時間將災情資訊傳回災害應變中心，另局本部、養護工程處、工務段三個層級之搶救災作業資料應加強整合，減少重複登打之人力浪費，並改善審核流程之品質。
2. 通報時效的提昇：現行通報作業需透過簡訊、網路、傳真、電話、電話語音等方式進行多元複式通報，且每隔 4 至 6 小時還需進行續報作業，費時費力，為災害發生後一繁複的工作。
3. 災害規模之確認：文字說明對災害規模的敘述可能產生模糊空間，即時的災害現場影像資料，可輔助災害應變中心作正確的決策。
4. 協助資源派遣工作：人力、機具及物料等資源為搶救災不可獲缺的工具，災前建立一完整資料庫及管理系統，可提昇資源的

調配效率。

5.災害搶救方法的決策分析：建立各類搶救災工法資料庫，以協助擬訂搶救災計畫。

6.結構化歷史資料留存：目前相關的搶救災經驗仍無法系統化的留存，可建置整合位置、影像、屬性資料之結構化災損資料庫。

交通部公路總局雖已建置災害防救標準作業程序且成立一緊急應變小組可於公路災害發生時指揮整體之處理應變方式，但相關作業程序仍以電話、傳真或上網登入的方式傳遞，尚缺乏結構化可納入資料庫分析之資訊以及現場災害照片等資訊，較難作為日後公路災害易損性分析、潛在易受損災害點之預測等加值應用，透過與公路相關單位進行深入需求訪談後，以系統分析的方式，重新檢討相關之作業流程說明如後。

在災害發生前，公路管理單位應重新檢視防救災資源是否已備妥，進行工務段與每年度發包之開口合約廠商之防救災資源的清冊管理，便於災害發生時可調度與派遣防救災資源；在災害發生時，除維持原先的電話、傳真以及手機簡訊等通報資料的傳遞方式外，亦可利用在災現場以 PDA 採用 GPRS 傳輸通報資訊，讓災害指揮中心掌握災情實況，並發布公告最新災情資訊等作業；在災害發生後之緊急搶修階段則可透過各養護工程處每年度編列的搶修經費預算表，依據現場實際施工的工程項目、工程量，彙整已使用之搶修經費，並可做為歷史災損統計分析之用，整合歸納為下列幾個大項：

- 1.「資源分配管理」可協助工務段作資源（人力、機具）之管理調度，並將資源派遣動作加以紀錄。
- 2.「現地通報作業（PDA）」可在災現場以 PDA 的 GPRS 即時傳輸通報資訊，爭取救災時效。
- 3.「通報作業管理」可協助做通報案件之管理，作為進一步分析之資料來源，並整合列印傳真表格與發送簡訊等功能。

4. 「現地搶救災作業 (PDA)」可現場以 PDA 直接填報搶救災查報電子表單，方便內業人員接手作後續處理，例如工程項目、使用量之填寫，亦可以 GPRS 配合即時傳輸查報之資訊。
5. 「搶救災作業管理」可輔助工務段方便地製作「災害搶修與修復費用明細表」，其中的施工項目、單價、計價單位、規格等項目皆已標準化，也因而可據以做為進一步分析之資料來源，簡化部分的公文往來程序，加速整體作業流程。

此外，為落實防救災相關經驗與文書資料之知識管理，以及強化管理者之決策依據，本系統另研擬了兩個模組，此兩模組為第二期計畫研究之重點。

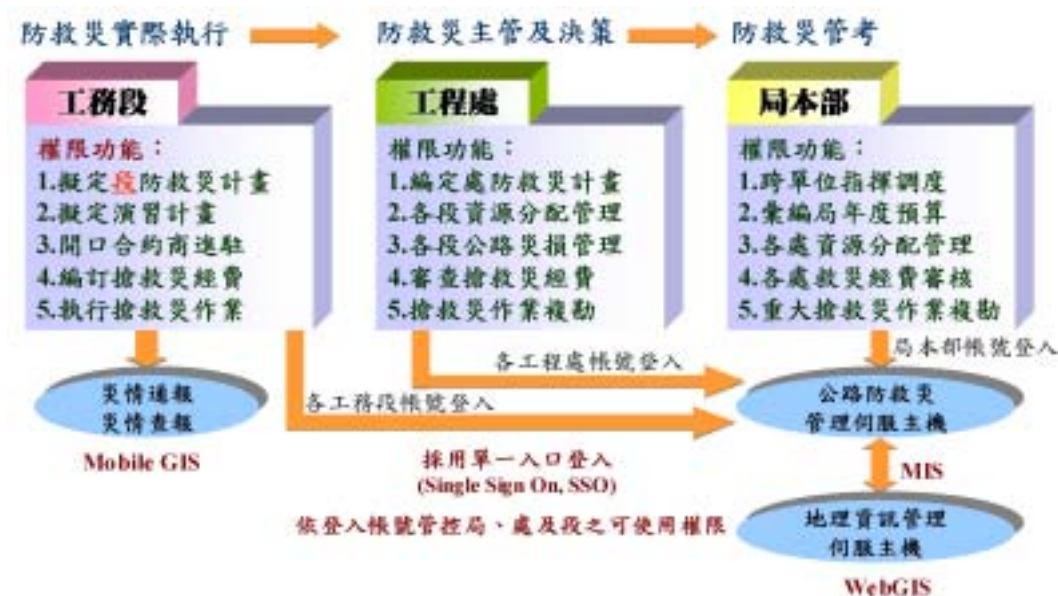
1. 「災損評估管理」可將前述之「通報作業管理」、「搶救災作業管理」、「資源分配管理」所建置的歷史資料做整合分析，製作進階的統計報表供作決策參考，並回饋至原系統作為流程改善之依據。
2. 「防救災情境模擬」可將防救災相關之文件資料留存，並採系統化、結構化的方式建檔，以利於資料之檢索，並做為人員平時整備、災前演練之參考。

4.2 系統架構規劃

本研究依據防救災作業需求分析結果，建構一套結合空間定位，協助勘災、查報、通報及搶災等功能模組之系統。在整體硬體設備的設計方面，考量勘災時工程人員所處環境之惡劣，以及須立即將災害資訊回傳應變中心以求時效之特性，故通報作業以 PDA 為系統平臺，結合 GPS 定位工具、內建數位相機，再搭配 GPRS 傳輸方式，將現場資料回傳主機；此外，考量資訊整合與擴充性，採取網際網路地理資訊系統，建構一套整合防災通報資料、資源調配管理、災損資料記錄與回饋分析之系統平臺。

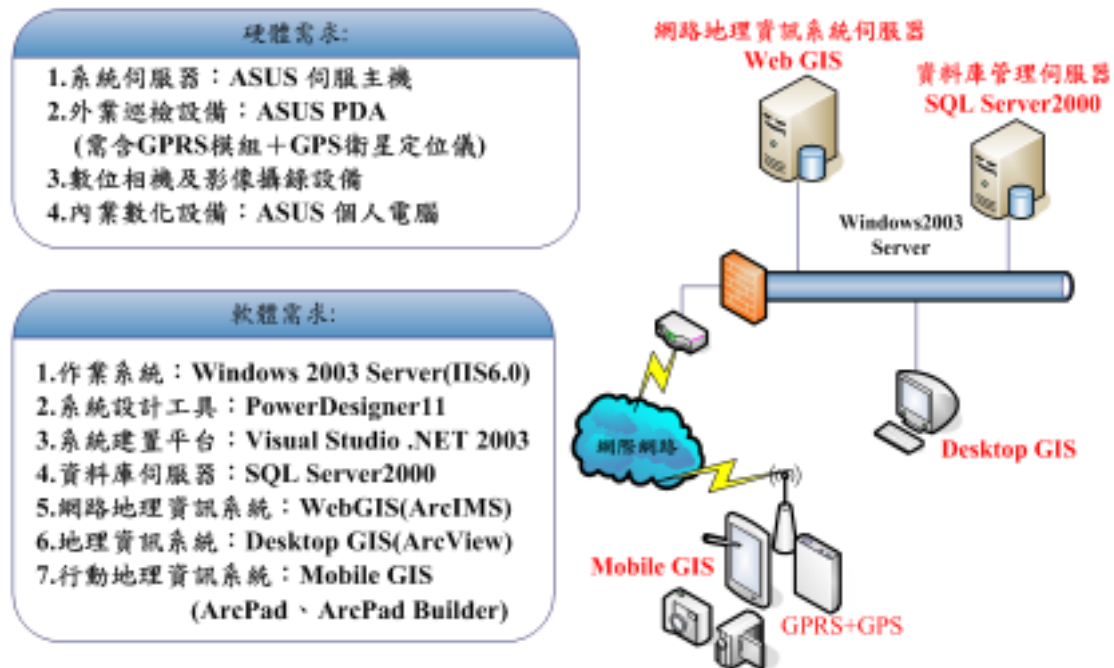
4.2.1 系統軟硬體架構

整套公路防救災管理系統要能真正落實到公路管理機關，實際解決其管理課題則需選擇示範單位，進行系統需求訪談以及依據其作業需求調整系統架構，本研究選定交通部公路總局為示範使用單位，依據局內的業務分級分別，局本部負責跨單位之指揮調度、彙編局之年度預算、各養護工程處之資源分配管理以及各處之救災經費的審核作業等「防救災管考」作業；養護工程處則是負責編定處防救災計畫、各段資源分配管理、各段公路災損管理以及審查搶救災經費等工作，負責「防救災主管以及決策」工作；工務段則是擬定段之防救災計畫、演習計畫、責任區段的巡查、開口合約廠商的進註，以及編訂搶救災經費等作業，負責「防救災實際執行」作業。配合其業務需求擬定系統軟硬體配置計畫，將公路防救災管理伺服器主機（MIS）以及地理資訊管理伺服器主機（GIS）置於局本部，工程處與工務段依據其單位權限登入帳號，以查詢瀏覽主機資料。此外，工務段負責第一線之現場勘查與通報作業，因此亦規劃行動地理資訊系統（Mobile GIS），使得養護人員可進行災害的通報與查報作業，系統之單位層級架構可見圖 4-2 所示。



（資料來源：本研究整理）

圖 4-2 系統之單位層級架構規劃



(資料來源：本研究整理)

圖 4-3 系統軟硬體架構圖

配合公路防救災作業需求，除建置內業資料管理系統外，並提供現地災害通報與查報的外業系統，其軟硬體之規劃如下(詳見圖 4-3)：

1.現地災害通報與查報系統

由於現地災害通報與查報系統之設計為考量勘災需求，需即時將相關資訊回傳應變中心。因此，採用設備以 PDA 為系統平臺，結合內建的數位相機，再搭配 GPRS 傳輸，可於現地即時將影像及相關屬性資料回傳伺服器，統一由工務段進行資料的更新維護作業，其設備包含：

(1)個人數位助理(PDA)：ASUS P505×1(內建數位相機及 GPRS 模組)

(2)衛星定位儀(GPS：SuperGPS BT-700×1(70% 5 公尺精度))

2.公路防救災網路應用系統

考量防救災資訊需求的急迫性、效率性，以及資訊整合的彈性與擴充性，採取網際網路地理資訊系統 (WebGIS) 客製化開發使

用者操作介面和功能，將地理資訊圖資的展示、防救災相關資料庫資訊及決策支援模式整合為一個公路救災及決策支援平臺。

3. 資料庫伺服器

系統採用 SQL Server 2000 資料庫。

4.2.2 資料庫架構

在資料庫架構的規劃方面，依據配合系統功能模組之需求，本研究依據 GIS 功能、通報作業管理、查報作業管理、資源分配管理、情境分析模擬，以及系統管理 6 個部份，說明資料庫規劃架構(見表 4.1)。

表 4.1 資料庫規劃架構表

功能模組	代碼檔資料表	主檔資料表
GIS 功能	(1)縣市、(2)道路名稱、(3)鄉鎮、 (4)重要地標、(5)道路別	—
通報作業	(1)應變措施、(2)災害原因、 (3)災害程度、(4)設施損害情形、 (5)通報別、(6)交通阻斷情形、 (7)設施類型	(1)緊急應變小組成立／解除時間 (2)災害通報主檔 (3)災害通報暫存檔 (4)事件群組主檔 (5)災害照片主檔
查報作業	(1)施工項目 (2)施工類型	(1)搶救災查報照片主檔 (2)搶救災查報資料主檔
資源分配	(1)機具 (2)任務編組組別 (3)承包商人員類型	(1)資源派遣紀錄主檔 (2)資源派遣紀錄—機具記錄檔 (3)資源派遣紀錄—災害處理任務編組人員分派記錄檔 (4)資源派遣紀錄—人員記錄檔 (5)資源派遣紀錄—供應商記錄檔 (6)機具規格主檔 (7)資源配置點 (8)災害處理任務編組主檔 (9)人員規格主檔 (10)供應商規格主檔
情境模擬	—	(1)防救災模擬文件 (2)開口合約資料
系統管理	(1)人員基本資料、(2)權限、 (3)單位、(4)職稱	—

(資料來源：本研究整理)

本研究之 7 大子系統共規劃使用了 43 個資料表 (Tables)，包含代碼檔資料表與主檔資料表兩種，其清單如表 4.2 與表 4.3 所列。在公路防救災資源資料庫的規劃方面，參考逢甲大學地理資訊系統研究中心的「建置防救災工程資源資料庫之研究 (第二期)」^[9]計畫中的資料庫規劃內容，以及公路管理單位實際需求訪談結果，設計防救災資源資料庫之內容。

表 4.2 本研究資料庫代碼資料表清單

No.	資料表格名稱	主鍵	資料表格說明
1	DS_All_C_County	C_County	(共用代碼表) 縣市
2	DS_All_C_RoadName	C_RoadName	(共用代碼表) 道路名稱
3	DS_All_C_Town	C_Town	(共用代碼表) 鄉鎮
4	DS_All_C_Mark	C_Mark	(共用代碼表) 重要地標
5	DS_All_C_RoadKind	C_RoadKind	(共用代碼表) 道路別
6	DS_Evn_C_BakPln	C_BakPln	(通報代碼表) 應變措施
7	DS_Evn_C_Cause	C_Cause	(通報代碼表) 災害原因
8	DS_Evn_C_Degree	C_Degree	(通報代碼表) 災害程度
9	DS_Evn_C_Damage	C_Damage	(通報代碼表) 設施損害情形
10	DS_Evn_C_EventKind	C_EventKind	(通報代碼表) 通報別
11	DS_Evn_C_Traffic	C_Traffic	(通報代碼表) 交通阻斷情形
12	DS_Evn_C_EquKind	EquID	(通報代碼表) 設施類型
13	DS_Rcu_C_JobItem	C_JobItem	(查報代碼表) 施工項目
14	DS_Rcu_C_EngItem	C_EngItem	(查報代碼表) 施工類型
15	DS_Res_All_Mach	KindNo	(資源代碼表) 機具
16	DS_Res_Role_Team	TeamNo	(資源代碼表) 任務編組組別
17	DS_Res_Skill_Kind	NID	(資源代碼表) 承包商人員類型
18	DS_Sys_Account	AccountID	(系統管理代碼表) 人員基本資料主檔
19	DS_Sys_C_DAuth	AAID	(系統管理代碼表) 系統單位管理員權限
20	DS_Sys_C_Auth	AAID	(系統管理代碼表) 單位使用者權限
21	DS_Sys_C_Dept	C_Dept	(系統管理代碼表) 單位
22	DS_Sys_C_Title	C_Title	(系統管理代碼表) 職稱

(資料來源：本研究整理)

表 4.3 本研究資料庫主檔資料表清單

No.	資料表格名稱	主鍵	資料表格說明
1	h_08	ShowPost	(共用代碼表) 臺 8 線百公尺里程點
2	h_21	ShowPost	(共用代碼表) 臺 21 線百公尺里程點
3	DS_Evn_EmDT	DeptID	(通報模組) 緊急應變小組成立／解除時間
4	DS_Evn_Event	EventID	(通報模組) 災害通報主檔
5	DS_Evn_EventTemp	EventID	(通報模組) 災害通報暫存檔 (順序群組未歸檔)
6	DS_Evn_Group1	Group1ID	(通報模組) 事件群組主檔
7	DS_Evn_Photo	EventID	(通報模組) 災害照片主檔
8	DS_Rcu_Photo	RescueID	(查報模組) 搶救災查報照片主檔
9	DS_Rcu_Rescue	RescueID	(查報模組) 搶救災查報資料主檔
10	DS_Res_Dispatch	EventID	(資源模組) 資源派遣紀錄主檔
11	DS_Res_DisMshi	DispatchID	(資源模組) 資源派遣紀錄－機具記錄檔
12	DS_Res_DisRole	DispatchID	(資源模組) 資源派遣紀錄－災害處理任務編組人員分派記錄檔
13	DS_Res_DisSkill	DispatchID	(資源模組) 資源派遣紀錄－人員記錄檔
14	DS_Res_DisSup	DispatchID	(資源模組) 資源派遣紀錄－供應商記錄檔
15	DS_Res_Machine	ResourceID	(資源模組) 機具規格主檔
16	DS_Res_Point	NID	(資源模組) 資源配置點
17	DS_Res_Role	DeptKind	(資源模組) 災害處理任務編組主檔
18	DS_Res_Skill	ResourceID	(資源模組) 人員規格主檔
19	DS_Res_Supplier	ResourceID	(資源模組) 供應商規格主檔
20	DS_Sim_Doc	DocID	(防救災情境模擬) 防救災模擬文件
21	DS_Sim_Contract	ConID	(防救災情境模擬) 開口合約資料

(資料來源：本研究整理)

4.2.3 使用圖資說明

1. 交通路網數值地圖

本研究採用交通部運研所之路網數值圖 1.2 版作為系統的基本圖層，相關圖層之說明如表 4.4 所列。

表 4.4 交通部運輸研究所交通路網數值地圖圖層

圖層名稱	空間資料內容	屬性資料內容
道路（線）	1.包括國道、省道(含快速道路)、縣道、鄉道、都市道路、產業道路及無路名道路等既有道路。 2.縣轄市以上都市地區所有 6 米以上道路 3.花東地區、高屏地區、嘉南地區路網資料已更新至 1/5,000 比例尺	包括道路各路段之道路分級碼、公路編碼、道路結構碼(一般道路、橋梁、隧道、匝道)、橋梁編碼、隧道編碼、道路名稱(分為路或街、巷、弄)、道路共線關係、起迄節點代碼以及原路段編碼
道路節點（點）	包括道路之節點坐標資料	節點代碼（如圓環、丁字路口、十字路口...等）
鐵路／捷運（線）	包括臺鐵、高鐵以及捷運三個圖層之線形資料	包括臺鐵、高鐵以及捷運各路段之代碼（依車站分段）以及路線名稱
行政區（多邊形）	包括縣市界、市鄉鎮區界以及村里參考界三個圖層之空間資料	包括各行政區名稱及所屬縣市及鄉鎮別
河流/湖泊（多邊形）	包括河流與湖泊之空間資料	包括河流與湖泊之類型代碼、名稱
地標地物（點）	包括政府機關、文教機構、運輸場站、其他公共設施、風景遊憩以及飯店旅館等地標地物之中心點坐標資料	包括政府機關、文教機構、運輸場站、其他公共設施、風景遊憩以及飯店旅館等地標地物之中文名稱，並依地標地物類別給予不同代碼
橋梁（點）	道路圖層上所有橋梁中心點坐標資料	橋梁名稱
隧道（點）	道路圖層上所有隧道中心點坐標資料	隧道名稱

（資料來源：交通部運研所，2005^[10]）

交通部運輸研究所的路網數值圖包含行政區界、河流湖泊、鐵路捷運以及地標地物等圖層，其資料包含有花東、高屏、嘉南地區已完成路網五分之一比利尺精度，並以 93 年 6 月的道路為更新的基礎，同時參考基隆市、臺北市、臺南市、嘉義市以及高雄市之門牌號碼調整路名，此外，亦請桃園縣大園鄉以及臺北縣員警進行路名調查以增修路名，因此巷弄與路名資料會更完整。

1.2 版路網圖的圖層分類共計有一般道路、道路節點、臺鐵／高鐵／捷運、縣市界／市鄉鎮區界／村里範圍參考界、河流／湖泊、地標地物、橋梁隧道中心點共 12 層。其中，道路筆數約有 40 萬 6 千餘筆、道路節點數約有 29 萬 3 千餘點、地標地物分成 6 大類 48 細項。

2. 俗名資料

為增加通報單位輸入空間資訊之便利性，已透過交通部運輸研究所協助向內政部地政司申請「臺灣地區地名查詢系統」之地名資料庫，該地名資料庫的分類架構分為大類以及小類（交通部運輸研究所，2005^[1]）：

(1) 地名相關資料大類

包含地名知識、現況、沿革、相關的資料，其下亦包含現況地名、地名文獻、舊地名、地名沿革、地名普查成果、地名通名、地名詞彙、地名分類等資料表單。

(2) 行政區域資料大類

包含鄉鎮名稱、村里名稱，亦是地名相關資料，但由於其在地名資料庫中的重要性高，且行政區域資料著重於行政區域劃分、行政區域層級結構，以及相關的統計數據，如村里人口數等有其獨特性，因此另行分類。其下包含了各級行政區域代碼表、行政區域簡介資料表、行政區域統計數據資料表、行政區域沿革表等。

(3) 系統管理資料大類

為維持系統的安全性，需針對不同的使用者授與不同的使用權限，同時並監測系統運作狀況，因此需要相關的系統管理記錄資料，其中包含詮釋資料（Metadata）資料表、建檔及調查人員資料表、系統使用者資料表、系統使用記錄資料表、資料庫更新記錄表、資料生產單位資料表等。

(4) 輔助性空間及屬性資料大類

若要了解一地名所指之地理實體的相關背景資料與空間分布特性，需整合目前現有的外部資料，包含地圖、影響資料、語音資料以及相關網頁資料等，可透過地名及代碼作索引，將不同資料庫串聯在一起。截至 92 年底已完成研究並建檔的縣市地名包含臺北縣、新竹縣、桃園縣、嘉義縣、基隆市、新竹市、苗栗縣、宜蘭縣、南投縣以及臺東縣等 10 個縣市，本計畫已取得約 45,720 個地名資料點，放置於空間資料庫內，擴充空間定位的查詢功能。

為避免俗名資料庫與運研所路網圖之重要地標點圖層混淆，本系統不放置路網圖之重要地標圖層，僅採用俗名資料庫。

3. 示範區省道公路整百公尺里程點圖

依據交通部公路總局之養護作業中，對於公路位置的劃分皆以路線編號及起訖樁號進行定義，形式上為「路線名稱+里程數+整數百公尺數」的方式來進行路段之定義，例如：「臺 8 線 25K+200~26K+500」。

但實際在圖資應用上，以交通部運輸研究所數值路網圖或其他一般電子地圖之道路圖層來看，並不會將向量線型劃分為整數里程去做路段切割，故在本研究中為了符合實際工務單位之作業需求，將採用今年度公路總局委託執行「公路設施基本資料清查」作業過程中所產製的整公里樁位（虛擬樁）以及路線圖作為整百公尺里程樁號產製的資料來源。因此，產製的整百公尺里程樁號點皆位於公路總局在此次清查作業中產製的路線圖上，不定位於運研所的路網數值圖上。其資料來源有二：

(1)整公里樁位（虛擬樁）

採用虛擬整公里樁號的 X、Y 座標值作為內插推估的參考值，須待完成全臺灣的省道以及代養縣道之調查作業，才能重新調整各整公里樁位的虛擬樁位值至正確的樁號位置（X、Y 座標值）。

(2)路線圖

採用運研所數值路網圖作為底圖，所產製的整百公尺里程樁號位置點再以投影計算方式換算至此路線圖上。其做法如下說明：

(a)由整數里程點取出連續兩個 GPS 點。

(b)由上述兩點以投影正交方式換算至運研所數值路線圖上，故可找出在該線段上之整數里程點。

(3)利用 GIS 工具元件等分為 10 等分，切出 10 個等分點位。

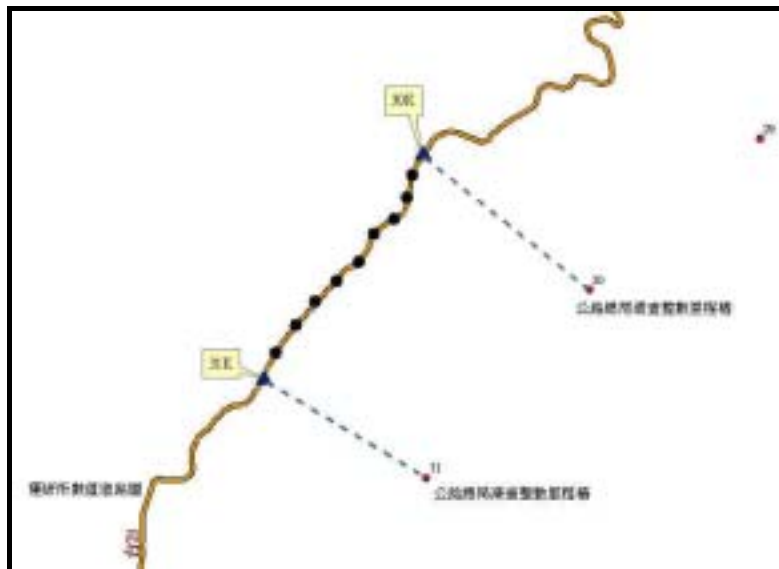
(4)將投影後之整數里程點及各等分點產出點位圖，並紀錄里程屬性為「□□K+□00」之格式。

表 4.5 公路整公里樁位（虛擬樁）座標記錄表

路線別	臺 21 線（高雄）		
里程樁號	座標 X	座標 Y	路面標記方式
....	...	...	...
20K	214156.7	2563730.2	DGH-020
21K	213721.2	2562856.5	DGH-021
22K	213348.2	2561970.7	DGH-022
23K	213095.1	2561497.7	DGH-023
24K	212734.4	2561210.1	DGH-024
25K	211998.8	2560533.4	DGH-025
26K	211403.7	2559786.7	DGH-026
27K	211466.8	2559034.4	DGH-027
28K	211071.9	2558538.4	DGH-028
...	...	...	...

圖 4-4 為臺 21 線，另標示 30、31 兩個公路總局 GPS 整數里程樁點位，30、31 三角點圖示為投影化算至臺 21 線上的整數里程點。處理作業說明如下：

- (1)由整數里程點兩個整數里程樁位點作線性內插。(如本案例則為 30、31 兩個整數里程樁位點)
- (2)由上述點以投影正交方式換算至路線上(臺 21 線),故可找出在該線段上之整數里程點。
- (3)以此計算等分出整數百公尺里程點
- (4)將投影後之整數里程點及各等分點產出點位圖,並紀錄里程屬性為 30K、30K+100、30K+200...30K+900、31K 等屬性資料。



(資料來源：本研究整理)

圖 4-4 產製整百公尺里程點示意圖

然而，路線樁號之位置並非永久不變，若地方政府新增外環線或是有改道的情形出現，常會導致公路里程樁號變動問題。且公路設施基本資料清查作業並非逐年更新，當樁號位置有所變動時圖資無法及時更新，且公路設施基本資料清查作業中僅針對整樁位進行測量，本研究將之內插成整百公尺里程點，在內插作業中已有部分偏移，造成圖面上的里程樁號座標不一定與現場實際樁號位置之座標點位相同。

4.3 第一期系統功能模組說明

配合公路防救災作業需求，針對平時整備、災前預防、災中應變三個作業階段開發資源分配管理、防救災情境模擬、現地通報作業 PDA、通報作業管理、搶救災作業管理、現地搶救災作業 PDA 及災損評估管理等 7 個模組（詳見圖 4-5），分別說明各模組之功能。

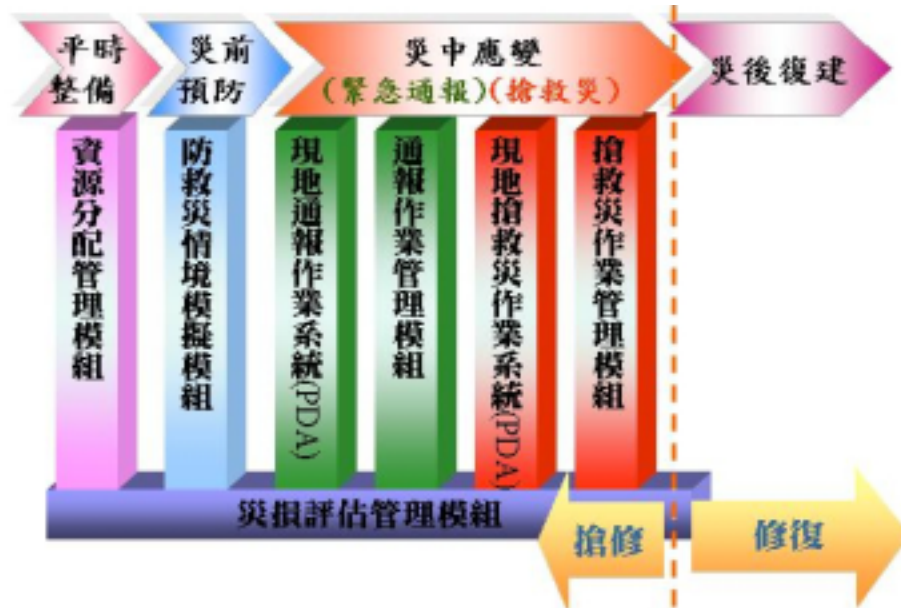


圖 4-5 各系統模組對應防救災作業階段

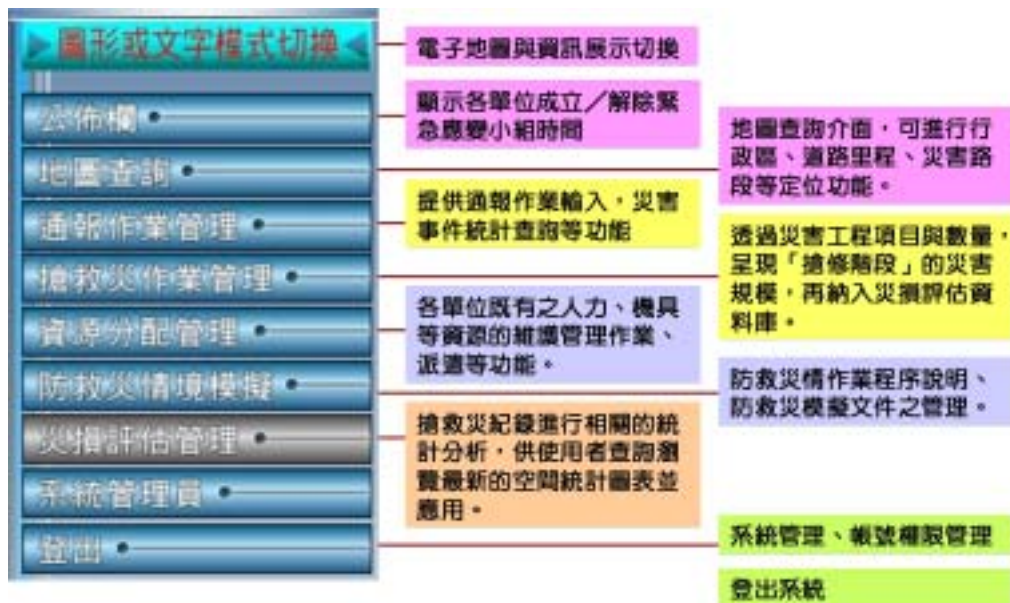


圖 4-6 公路防救災管理系統功能模組說明

4.3.1 資源分配管理

在「資源分配管理」方面，提供公路總局既有之人力、機具等資源的維護管理作業，包含緊急應變任務編組於災害發生時立即動員，以及開口合約商資源的紀錄與合約內容之查詢等。除了靜態的人力、機具等救災資源的管理作業，亦提供動態之災害事件與資源派遣情形之關聯紀錄，後續可作為各資源配置點之資源使用情形（配置量）與位置（配置點）之適宜性分析，充份調配搶救災資源。

1. 資料內容

(1) 防救災資源資料

在公路防救災資源資料庫的規劃方面，已參考逢甲大學地理資訊系統研究中心的「建置防救災工程資源資料庫之研究（第二期）」^[9]的資料庫規劃內容，以及公路管理單位實際需求訪談結果，設計防救災資源資料庫之內容：

- a.人力：局本部、工程處、工務段緊急應變小組角色，以及承包商之人力等。
- b.機具：工務段與承包商可提供之機具類型，包含小貨車、裝載車、挖掘車、卡車、清掃車、傾卸車等機具。

(2) 防救災資源派遣空間資料

當災害發生時，所有人力、機具之派遣情形應被詳實紀錄，這些防救災資源權屬可分為單位以及施工單位。若災害未發生但是依據開口合約之規定，承包商依據工務段通知，備妥搶修施工所需相關機具設備，抵達指定地點待命，工務段之承辦人員依據工程契約之規定呈報養護工程處檢查承包商機械進註指定地點之手續，若無發生坍方，則該次「機械調度費」經工務段檢查確認後同意估驗，由於承包廠商於災害發生時是否有進註指定地點牽涉到災害發生後的救災責任歸屬問題，因此開口合約廠商之進註紀錄更顯重要。

- a.資源配置點：記錄資源配置點的空間位置，並將該資料點相關

之資源配置內容以屬性方式加以記錄，例如機具數量等。

- b.開口合約廠商進駐紀錄：將開口合約廠商於合約規定之時間內進駐防救災資源配置點的資料予以記錄。

2.系統功能

「資源分配管理」之功能架構如圖 4-7 所示，其系統功能之設計分別說明如下：

(1)資源資料管理

進行防救災資源資料之維護，可新增、編輯、刪除，以及查詢瀏覽資源資料，其維護之內容包括資源（人力、機具）之規格、數量、配置位置等，其中查詢瀏覽功能提供某一主辦單位於某一年度，某一月份下，所發生的災害事件以及其所使用資源的情形，且可在 WebGIS 地圖介面上做文查圖、圖查文之空間與屬性資訊雙向連結。

- a.資源配置點管理：年度、單位、配置位置等，配合各單位每年度簽訂之經年度開口合約文件之異動，承包廠商救災機械進駐之位置也可能改變，故於本系統功能直接於 GIS 地圖上新增 x、y 座標點，便於直接於地圖上查詢到此防救災資源資料。
- b.人員管理：分成單位之緊急應變小組角色關聯以及承包商之人力資源的管理。本系統規劃之人員基本資料可於帳號設定時建立，此資源分配管理之人員管理係針對已建置之人員基本帳號與其防救災角色進行對應，使災害發生時，各單位之各職務能有效執行所負責之工作。另考量部份防救災人力資源不需使用此資訊系統（不需設定人員帳號），亦於此人員管理下可直接新增各角色之人員基本資料，便於在進行人力資源派遣時，可充分掌握各單位已有之人力資源。在承包商的人力資源管理方面，亦可管理新增各單位之開口合約廠商的人員類型（角色），例如，小貨車駕駛、裝載機操作手、挖掘機操作手、卡車駕駛、清掃車駕駛，以及傾卸車駕駛等。

c.機具管理：亦分成單位以及承包商兩類，管理之機具類型依據公路總局提供給災害防救中心之已動用之資源清冊，暫訂分成小貨車、裝載機、挖掘機、卡車、清掃車，以及傾卸車等，紀錄其通訊識別碼／車號、配置地點（單位的資源配置點）、數量、保管人、代理人，以及備註等，可有效管理該單位可動用之防救災機具的規格以及數量。

d.承包商管理：配合每年簽訂經常性開口合約資料，須維護承包商的基本資料，包含名稱、所屬單位（執行該單位之開口契約），營利事業登記證、住址、負責人姓名、電話、手機、傳真、郵遞區號、E-mail、備註等。

(2) 資源派遣記錄管理

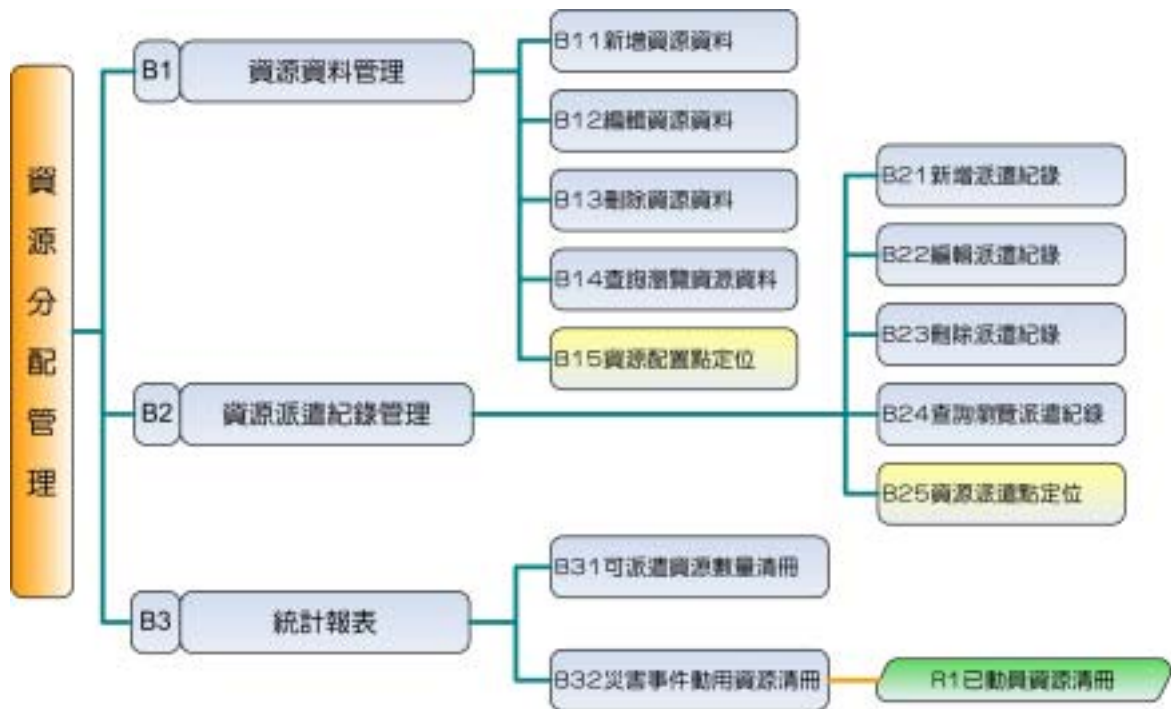
串連「搶救災作業管理」，由通報案件為主體建立其資源派遣資料。針對某一災害路段進行新增資源派遣紀錄之工作，需經由「資源資料管理」新增該單位之可動用的人力以及機具資源，並透過此系統功能將資源資料與災害路段事件進行關聯。

a.派遣時間：開始與結束時間

b.派遣資源：人力、機具之動用數量。

(3) 統計報表

提供以災害發生時間、資源派遣時間、以及資源屬性（如主辦單位、承包商、資源規格）等條件進行交叉之統計輸出。以供輸出主辦單位可調遣使用的資源數量清冊，以及工務段與開口合約商的資源數量清冊等功能。



（資料來源：本研究整理）

圖 4-7 「資源分配管理」功能架構圖

4.3.2 現地通報作業 PDA

此模組包括現地災害查報設備之開發，利用市場上現有之影像攝錄、傳輸設備，組裝供公路養護巡查人員使用之查報設備，達到即時災害基本資料及影像蒐集之功能。其系統功能包含：結合路線空間定位與衛星定位（GPS）等功能，便於輸入災情資訊之正確性。透過個人數位助理（PDA）快速建立災害通報與查報作業所需資訊，以及結合 GPRS 即時傳輸功能，將相關影像與紀錄，立即回傳伺服器。另外亦提供簡易查詢與瀏覽功能，可調閱歷次通報紀錄，了解同一路段的災損情形。

1. 資料內容

- (1)通報資料：描述災害發生時間、災害點位置、現場照片等相關內容之紀錄。
- (2)配合作業流程之通報註記：資料已成功傳回「通報作業管理模組」之註記。

2.功能

「現地通報作業系統」之功能架構如圖 4-8 所示。

(1)圖層管理

- a.開啟空白新圖層
- b.加入既有的圖層
- c.設定是否顯示圖層、查詢其屬性、編修其圖元等控制。
- d.對圖徵進行分類，並以不同的顏色或符號顯示。

(2)圖面操作

- a.利用點選的方式查詢圖徵屬性資料
- b.地圖的放大、縮小、平移、設定顯示比例尺。
- c.利用手繪圖形，計算距離長度或區域的周長、面積等資訊。
- d.利用屬性搜尋特定圖徵

(3)地圖定位

- a.行政區定位
- b.道路里程定位：整百公尺
- c.重要地標定位
- d.GPS 定位

(4)通報資料登錄

- a.於圖面點選位置以新增災害點
- b.填寫通報表單暫存檔：輸入災害通報表單。
- c.關聯照片檔案至指定案件

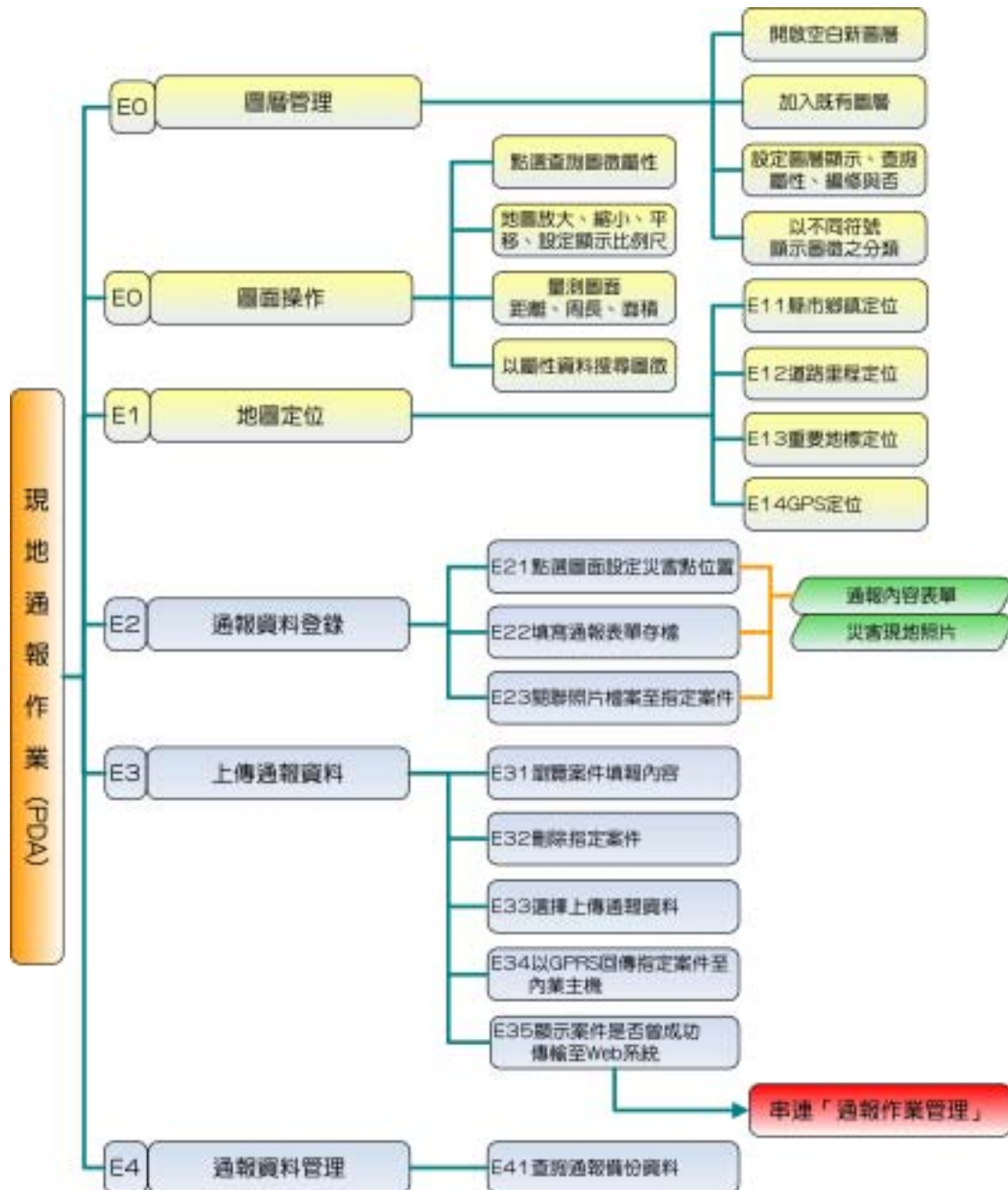
(5)上傳通報資料

- a.瀏覽案件填報內容
- b.刪除指定案件
- c.選擇上傳通報資料

d.以 GPRS 回傳指定案件至內業主機

e.顯示案件是否成功傳至 Web 系統

(6)通報資料管理：查詢通報備份資料



(資料來源：本研究整理)

圖 4-8 「現地通報作業」系統功能架構圖

4.3.3 通報作業管理

本模組除整合現地災害作業 PDA（行動地理資訊系統）所回傳的災情通報與災損紀錄等資訊外，亦提供通報資料審核與群組功能以及資料輸入介面，使業務人員可直接於網頁上進行通報與紀錄工作，將所有災情資訊彙整於災害應變中心之伺服器。當災害資料輸入後，可透過系統處理的方式，立即於地圖上以顏色標記的方式顯示災害路段的處理進度，並可直接查詢此災害路段的相關通報、查報與資源派遣情形之紀錄。

1. 資料內容

(1) 通報資料

描述災害發生時間、災害點位置、現場照片、災害範圍等相關內容之紀錄，包含「現地通報作業（PDA）」回傳之資訊，用路人或相關單位採用各種通報管道之通報紀錄、現場跨單位處理事件之紀錄（例如車禍、火災、人員傷亡等非工務段處理範圍時，通報給其他相關單位的紀錄，以輔助各單位間權責之釐清），以及目前以紙本登記於「值班簿」的通報紀錄。

(2) 災害群組

- a. 暫存通報資料群組歸檔後成為正式群組，以初報之事件編號做為主索引。
- b. 工務段正式通報資料之事件群組：建立事件群組後，選取其所包含之通報紀錄群組。
- c. 養護工程處對工務段事件群組之再群組。
- d. 公路總局對養護工程處事件群組之再群組。
- e. 當群組建立後，下層之資料內容仍可編修，上下層之索引關係亦可進行管理維護。

(3) 配合作業流程之通報註記

當完成一次通報（傳真的初報、續報、或結案）之註記，以供相關單位依據通報機關，查詢已通報案件清單。

2.系統功能

「通報作業管理」之系統功能架構如圖 4-9 所示。本模組除整合「現地通報作業」(Mobile GIS) 所回傳的公路災情通報資訊外，亦提供網頁形式資料輸入介面，供相關業務人員可上網透過瀏覽器軟體進行通報與紀錄工作，將所有災情資訊彙整於災害應變中心之伺服器。當災害應變中心伺服器接收到工務段巡查人員之事件通報，將由工務段內業人員審查災害通報資訊，完成災害案件編碼與事件群組歸檔關聯（初報、續報、結報等，由初報之編號作為群組之主索引）。並可建立「災害事件」，以對此特定事件進行相關之統計分析，提供各單位查詢。

(1)PDA 通報資料匯入

- a.PDA 透過 GPRS 將現地的通報紀錄回傳「通報作業管理」伺服器，傳送成功後成為暫存通報資料。
- b.PDA 攜回內業後，以 USB 傳輸 PDA 記錄資料之檔案至 PC，再將資料匯入至「通報作業管理」資料庫伺服器中。

(2)通報資料管理：

進行通報資料之維護，可新增（成為暫存通報資料）、編輯、刪除、以及查詢瀏覽通報資料，包含災害發生時間、災害點位置、現場照片、災害範圍等相關內容之紀錄等，其中查詢瀏覽功能可在 WebGIS 地圖介面上做文查圖、圖查文之空間與屬性資訊雙向連結。在現地的通報資料登錄方面，其設計多以欄位簡化為原則，因此通報資訊並不完整，所有自現地通報作業系統回傳伺服器的通報資料需經過通報作業管理模組之編輯功能，補充部份應填註之欄位，系統中亦以紅字提醒使用者部分欄位為必填，通報資料輸入之欄位考量綜合考量公路管理單位在通報作業過程中

需填報之「公路災害搶通／搶修報告表」、「災害通報單」、「重大災害損失明細表」以及呈報給中央災害應變中心之「公路重大災情速報表」等欄位之需求。在「通報作業管理」功能下所建置的資料僅為「通報暫存資料」，若要完成初報、續報或是結報作業則需透過「災害路段與事件管理」之功能，進行通報資料的審核作業。

(3)災害路段與事件管理

在災害路段與事件管理方面，分成「通報資料」、「災害路段」、「災害事件」三個層級，分別進行群組歸檔的動作。首先，須了解「災害事件」、「災害路段」、「通報案件」之間的層級關係：「災害事件」分為「一般災害（多以月份命名方式）」與「專案（已成立緊急應變小組或需進行通報作業之災害事件）」。「災害路段」則是已將多筆通報案件審核歸納成一筆災害路段，可進行「發送通報資訊給相關人員」之功能。「通報案件」則是僅經過「通報資料管理」功能，尚未進行「通報與事件群組關係管理」功能之審核確認作業的所有「通報紀錄」。其中，建立群組名稱的權限在於「交通部公路總局救災指揮中心」，若為一般災害，系統則依據「月份命名的方式」將災害事件自動歸檔於按月之一般災害事件，使得各工務段與各工程處在災害發生時可直接進行群組歸類管理。當該災害路段屬於初報，管理人員可先透過「通報資料」介面查詢到先前於「通報作業管理」新增之通報暫存資料，將此一通報資料直接新增成 1 筆災害路段，並在「災害路段」的介面下，指定所屬之災害事件，則該筆通報資料完成初報作業；若為續報作業，則可將該災害路段之最後 1 筆通報資料調出修正，另存成 1 筆新的續報資料，再將之與災害路段以及災害事件進行群組歸檔作業，使之完成續報作業；結報作業則可將此通報資料直接指定為結報類型，依據相同作業方式，完成災害路段與災害事件之群組歸檔，完成該災害路段之通報作業。功能說明如後：

- a.指定通報暫存資料與災害路段群組：以初報之事件編號做為主索引，依序續報與結報之「通報順序」。
- b.災害路段與通報資料群組查詢：可查詢 1 筆災害路段對應之已歸檔的通報案件。
- c.新增災害事件：提供局本部人員進行新增「災害事件」功能，以供各災害路段進行災害事件之歸檔作業。
- d.指定災害事件與災害路段群組

(4)簡訊發送通報

在簡訊發送通報作業方面，考量通報作業需結合網路以及簡訊發送之需求，本系統亦結合電信業者所提供的簡訊發送服務功能，設計一套結合救災人員資料庫之簡訊發送功能。

- a.選擇訊息應傳達人員：系統將依據人員資料，串連其個別對應之聯絡方式（傳真號碼、行動電話號碼、e-mail 位址等），方便使用者進行資料傳送。
- b.發送通報事件簡訊：以簡訊整合服務業者所提供之 API（應用程式介面），進行客製化介面開發，串接本案之後臺資料庫，利用該 API 以網頁程式轉寫自動發送簡訊至特定人員手機號碼之功能。一通簡訊可以傳送 70 個中文、中英文混合或 160 個純英文字，較長的訊息內容，需分兩通傳送（標點符號將被視為一個中文字）。
- c.所支援國內電信業者：臺灣大哥大／中華／遠傳／和信／泛亞／東信／大眾 PHS／亞太行動。透過 Web 架構之客製化使用者輸入介面，讓簡訊發送人員可透過核取方式選擇欲發送簡訊之局、處、段相關人員，並輸入簡訊文字內容，進行發送動作後可自動將簡訊內容發送至所選取人員之手機號碼。其作業程序如下：

(a)進入自動簡訊發送功能模組

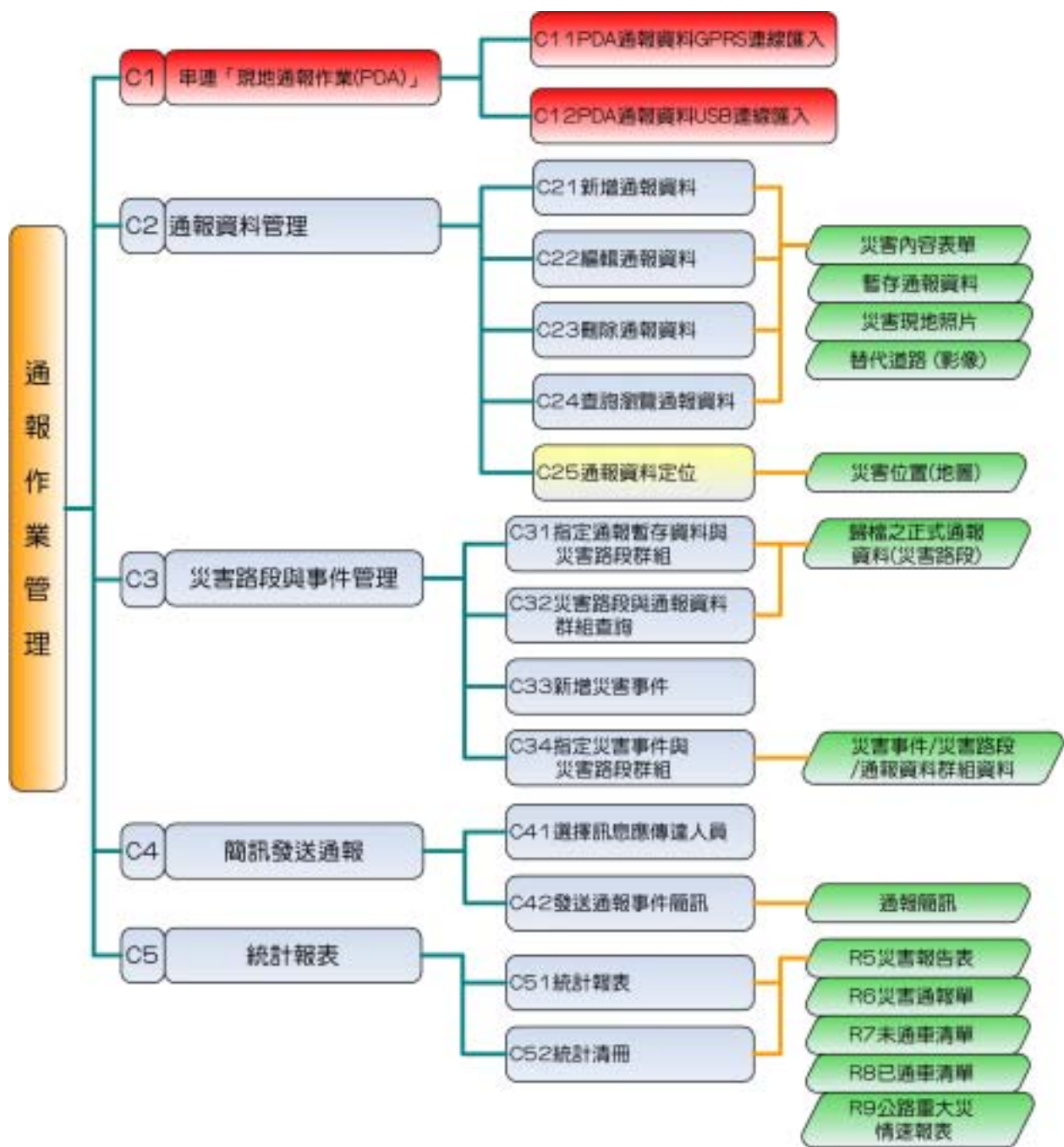
(b)選取欲發送簡訊之人員：依局、處、段不同層級與身分，列出人員並透過核取方塊進行勾選（可多選）。

(c)輸入欲發送簡訊的文字內容

(d)按下「發送簡訊」按鈕，即可進行簡訊發送動作。

(5)統計報表

在統計報表的輸出方面，設計了「公路災害搶通／搶修報告表」、「災害通報單」、「重大災害損失明細表」以及「公路重大災情速報表」等報表。提供以災害發生時間、資源派遣時間、以及災害屬性（如公路里程、災害規模、災害類型、災害成因）等條件，進行交叉之統計輸出。



(資料來源：本研究整理)

圖 4-9 「通報作業管理」系統功能架構圖

4.3.4 搶救災作業管理

搶救災作業階段除了查報、通報及緊急資源派遣作業外，尚須透過災害工程項目與數量，呈現災害的規模及完成災害經費核定作業，亦可同時累積災損資料庫。

1. 資料內容

- (1) 搶救災查報資料：紀錄查報時間、查報人、現場照片⁴、搶修時間概估、搶修經費概估等相關內容之紀錄，亦包含「現地搶救災作業系統」回傳之資訊。
- (2) 災害搶修及修復費用明細資料：針對已完成歸檔作業之通報資料（災害路段）進行施工項目、施工數量（長、寬、高、折減、百分比、量）、單位、單價以及總價等資料進行紀錄。並依據搶救災工程類別，增加坍方清運、便橋便道設置或搶通、路基缺口搶修、剩餘土方處理以及其他等 5 種施工類型對應施工項目之分類，便於使用者可依不同的施工類型選擇適合的施工項目輸入其使用之施工數量，再填入單價即可自動計算複價。該路段之所有搶修經費概估之施工項目的複價之累計則等同於「概估搶修經費」一欄之值，再加上概估復建費用則等於損失金額。

2. 系統功能

「搶救災作業管理」之功能架構如圖 4-10 所示。

(1) 串連「現地搶救災作業 PDA」

a. 巡查人員現場調查作業前，先於「搶救災作業管理」匯出某指定條件（如道路里程起訖、通報時間、通報人員等）之通報資料，供搶救災查報之依據，亦可列印通報資料並攜出參考。

b. PDA 透過 GPRS 將現地的搶救災查報紀錄回傳「搶救災作業管

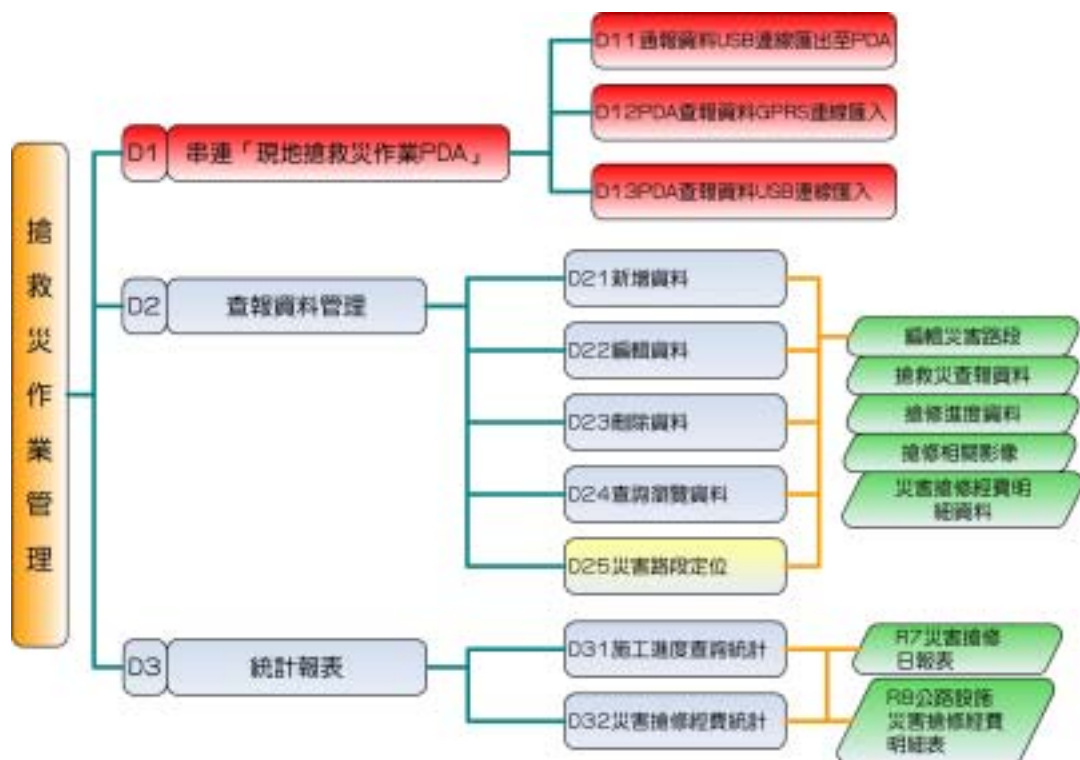
⁴依據開口合約規定：應於施工前、施工中及施工後以相同位置及角度拍照存證，並附記日期及配置標杆或箱尺於照片內，以顯示災害規模。

理」伺服器。

c.PDA 攜回內業後，以 USB 傳輸 PDA 記錄資料之檔案至 PC，再將資料匯入「搶救災作業管理」資料庫。

(2)查報資料管理：進行搶救災查報資料之維護，可新增、編輯、刪除，以及查詢瀏覽查報資料，包含查報時間、查報人、現場照片、搶修時間概估、搶修經費概估等，進行災害路段空間定位之文查圖的功能。

(3)統計報表：提供以災害發生時間、搶救災查報時間，以及災害屬性（如公路里程、災害規模、災害類型、災害成因）等條件交叉之統計輸出。列印輸出「災害搶修費用明細表」，供相關單位進行簽核作業。工程處與局本部人員可進一步透過經費明細表與查報資料之連結關係，檢閱某搶救災查報之歷史資料（含照片），輔助判定所送審之施工經費是否合理。



（資料來源：本研究整理）

圖 4-10 「搶救災作業管理」系統功能架構圖

4.3.5 現地搶救災作業 PDA

現地搶救災作業的功能模組與現地通報作業的功能相同，其目的是要將現場的搶救災資訊以快速有效的方式回傳災害應變中心，除通報作業階段已完成之災害基本資料，亦包含搶救災作業階段需要記錄之工程施工資料及施工各階段之照片等資訊，以 PDA 系統設計選單式表單，進行現場紀錄。

1. 內容

- (1) 搶救災查報資料：描述查報時間、施工情形、現場照片等相關內容之紀錄。
- (2) 配合作業流程之查報註記：資料已成功傳回「搶救災作業管理」之註記。

2. 系統功能

選擇通報案件名稱並進行查詢動作，主要可區分為：基本資料、填報項目、備註、施工項目、以及照片輸入等，「現地搶救災作業系統」之功能架構如圖 4-11 所示。

(1) 圖層管理

- a. 開啟空白新圖層
- b. 加入既有的圖層
- c. 設定是否顯示圖層、查詢其屬性、編修其圖元等控制。
- d. 對圖徵進行分類，並以不同的顏色或符號顯示。

(2) 圖面操作

- a. 利用點選的方式查詢圖徵屬性資料。
- b. 地圖的放大、縮小、平移、設定顯示比例尺。
- c. 利用手繪圖形，計算距離長度或區域的周長、面積等資訊。

d.利用屬性搜尋特定圖徵。

(3)地圖定位

a.縣市鄉鎮定位

b.道路里程定位

c.重要地標定位

d.GPS 定位

(4)匯入自「搶救災作業管理模組」下載之已歸檔通報資料

巡查人員於出發外調前，先於「搶救災作業管理」中匯出某指定條件（如里程段、通報時間、通報人員等）之通報資料，供作搶救災查報之根據，如有需要，還可列印通報資料之內容攜出參考。

(5)搶救災查報資料登錄

輸入通報資料：輸入搶救災查報表單，包含查報時間、施工項目、搶修時間概估、損失金額概估等。

(6)上傳搶救災查報資料

a.瀏覽案件填報內容

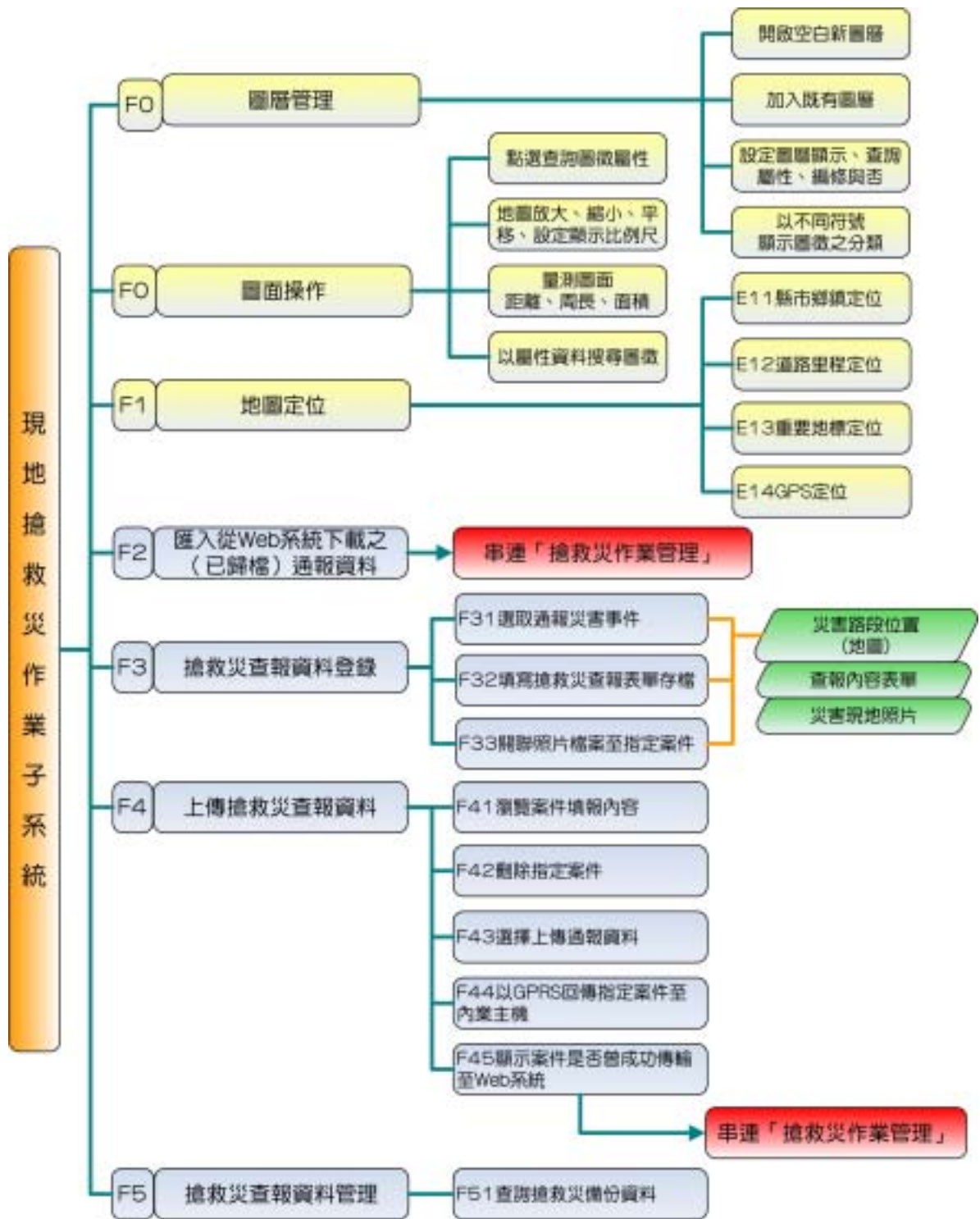
b.刪除指定案件

c.選擇上傳通報資料

d.以 GPRS 回傳至指定案件至內業主機

e.顯示案件是否成功傳輸至 Web 系統：串連「搶救災作業管理」

(7)搶救災查報資料管理：查詢搶救災備份資料



(資料來源：本研究整理)

圖 4-11 「現地搶救災作業」系統功能架構圖

4.3.6 防救災情境模擬

考量防救災作業程序需要完善的知識傳承以及建立職務代理人的制度，而開發防救災情境模擬模組。透過相關案例、劇本之蒐集以及導入系統化檢討的防救災作業程序，使本套系統可真正輔助公路管理機關，落實防救災業務之執行。

因此，為協助防救災相關處理人員掌握各種災害型態的處理應變能力，此模組擬蒐集目前既有之防救災演練計畫資料，並新增模擬情境（scenario）之應變流程，將相關資料建置於資料庫中，提供查詢瀏覽的功能。其中，本研究已將符號化之標準作業程序檢討結果導入此模組中，使用者可針對各「程序」符號，查詢對應之系統功能與相關說明。

4.3.7 災損評估管理

本模組可依據通報作業、搶救災作業、資源分配管理作業等各階段之資料輸入結果，進行綜合串聯分析的統計（詳見圖 4-12）。由於本研究僅建置省道臺 21 線歷經桃芝、艾利、敏督利、馬莎 4 次風災約 1,000 筆的搶救災工程項目資料，尚未有足夠的歷史資料可供分析，後續可配合本報告書第 7 章所述之潛勢圖資與輸入之路段災損資料，進行風險排序分析，並可據此調整防救災資源配置點以及作為救援路線之規劃參考。此外，有鑑於災害地點的空間位置對搶救災作業決策影響很大，因此本系統設計將 5 個模組所共用的地圖查詢功能獨立成「地圖查詢」模組，提供基本圖面操作功能，以及災害路段與資源配置點位置的空間定位（見圖 4-13），並串聯本研究之災損與資源配置情形資料庫。此外，為考量讓工程人員正確紀錄災害地點及讓一般使用者確實瞭解災害的地點，本系統除了建置省道「百公尺」里程樁號點位座標資料，產製災害路段的空間資訊外，另加入地方俗名資料庫，可輔助查詢通報之位置資訊；另為便於歷史資料之災損分析與查詢索引，亦設計整合相關影像照片、路段位置之資料庫。

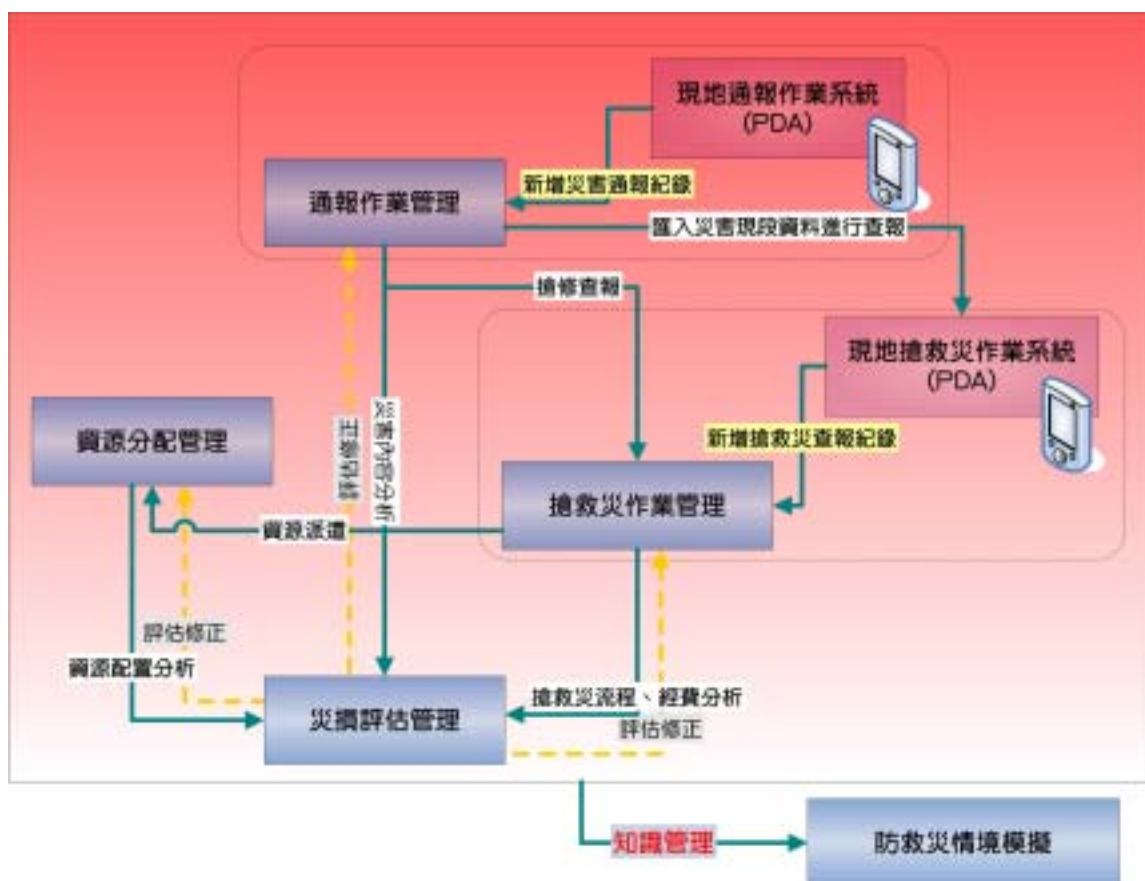


圖 4-12 系統功能模組之關聯圖



圖 4-13 救災公路資訊整合系統畫面

4.4 系統的維護管理建議

本系統已設計一套可供公路管理機關使用之公路防救災管理資訊系統，並以交通部公路總局為測試使用單位，依據公路管理之需求設計資料庫架構與系統功能。一套公路防救災管理系統要能發揮功效，需由公路管理機關於公路防救災作業之各階段，實際應用本系統建置與維護本套系統，才能累積資料作為日後研擬災損統計分析之用。本套系統的維護管理可分成資料面與功能面之維護，分別說明如下：

1. 資料面

目前政府相關單位已建置許多防救災資料庫，惟分散於各機關，整合運用甚為不易。防救災相關工作所需應用之決策支援系統，目前仍多以災害應變為主，且相關功能並不完備，可提供決策參考的資訊有限。為強化防救災資訊系統，政府於 91 年度開始推動之「挑戰 2008 國家發展重點計畫」，已規劃「e-Taiwan 防救災資訊系統計畫」，主要工作包括：建立災害管理決策支援系統、整合與充實防救災資料庫、建立防救災教育資訊系統等。因而，本計畫在進行系統設計時，已參考 e-Taiwan 防救災資訊系統計畫，建置資料整合平臺，並考慮平時減災、災前整備、災時應變、災後復建等各災害管理階段之實務需求，研訂相關資料內容與格式，可便於使用者即時且方便的運用相關資料。本系統後續進行資料維護時，需維護之圖資說明如下：

(1) 公路整百公尺里程點圖

本系統建置於網際網路地理資訊系統平臺上，除了整合相關電子地圖圖資，日後應配合交通部公路總局 94 年度「公路設施基本資料清查作業」，所完成之重測後的公路路線與公路里程樁號整合於本計畫使用的數值道路路網圖，建立整百公尺里程樁號點位圖資。此外，為便於「代養縣道、縣道、鄉道、市區道路等」另 4 種道路等級之災害事件空間定位功能，後續可在路網圖資已有的調查精度下，將路網轉製整百公尺里程樁號點位圖資，以利

相關單位透過空間查詢的方式，快速定位至災害路段位置，並供未來空間分析應用。

(2)路線圖

本期計畫以交通部運輸研究所提供之路網數值圖 1.2 版為地理資訊系統查詢底圖，後續可配合路網數值圖之更新，一併更新本系統之查詢底圖（相關檔名與屬性欄位未異動）。惟在公路管理單位管轄之路線範圍仍建議以該單位目前已有之較符合現況的路線圖為主，便於反應管理上的需求。例如，交通部公路總局 94 年度「公路設施基本資料清查作業」一計畫執行過程中，已於 95 年底陸續完成轄區範圍內重測後的路線圖，應可配合處理並轉置於本系統中，供路線編號的空間查詢使用。

(3)防救災資源配置點

本系統已開發提供給各養護工程處於每年度議定經年度開口合約前，維護管理各工務段的防救災資源配置點與該地於災害發生前應配置的人力與機具數量等，可透過屬性資料的編修與新增的方式，陸續維護防救災資源配置點之相關資料。

(4)模擬演習劇本等文件

公路總局每年辦理公路防救災演練，指定受考核工務段需備妥相關防救災文件，本系統提供「防救災模擬文件」、「開口合約資料」等文件之檔案管理與查詢功能，透過各工務段上傳之模擬演習劇本文件，可有效學習防救災相關經驗。

2.系統功能面

本計畫執行過程中，考量日後系統與資料庫的使用對象，因此多以交通部公路總局為訪談對象，建議日後系統與資料庫仍應架設於交通部運輸研究所集中式管理；公路總局工務段以及工程處等單位則屬於資料維護單位，可進行分散式資料維護作業。此外，受限於計畫的經費與時程，本研究特著重於系統功能架構規劃之完整，

並以實際使用單位之作業需求，調整使用者介面，完成一套公路防救災管理系統。後續可配合系統實際上線使用，陸續調整系統功能架構，使此套系統真正符合公路防救災管理機關之使用需求。

4.5 已完成之系統功能與未來擴充需求說明

1. 標準作業程序導入資訊系統

本研究已提出一套結合情境、程序、決策等符號式作業程序之分析法，並針對道路坍方、封橋作業以及長隧道救援作業等災害類型，進行作業程序之檢討，建議後續應持續檢討防救災作業流程，使之與本計畫開發的輔助作業系統之使用時機與使用方式等，以提供進行災害防救標準作業程序分析之參考依據。

2. 建置防救災資源資料庫

本套系統要真正落實推廣使用，首要建置防救災資源資料庫，包含可動用之人員、機具等，便於災害發生後，可有效調配防救災資源，儘速完成搶救災作業。本期計畫已完成防救災資源資料庫之靜態登錄作業，可記錄每次災害事件已動員之資源，後續可結合路徑規劃等空間資訊平臺，使有限的人力、物力可發揮最大功能。

3. 建立與彙整相關圖資

本系統建置於網際網路地理資訊系統平臺上，由於資料建置工作量龐大，第一期計畫僅針對示範路段省道臺 8、臺 21 線進行整百公尺里程樁號圖資的建置作業，後續要使用公路里程樁號定位功能仍須仰賴建置作業，建議除了整合相關電子地圖圖資，並結合公路總局 94 年度「公路設施基本資料清查作業」，將重測後的公路路線與公路里程樁號整合於本計畫使用的數值道路路網圖，建立整百公尺里程樁號點位圖資。此外，為便於「代養縣道、縣道、鄉道、市區道路等」另四種道路等級之災害事件空間定位功能，將在路網圖資已有的調查精度下，將路網轉製整百公尺里程樁號點位圖資，

以利相關單位透過空間查詢的方式，快速定位至災害路段位置，並供未來空間分析應用。另考量公路預防災害作業之需求，亦須蒐集相關單位已建置的潛勢災害圖資包含基本環境資料、歷年颱風路徑資料、崩塌潛勢等。

4. 公路防災預警系統與災害潛勢分析

原計畫所規劃之防救災資料庫尚未考量監測資料之串聯，後續可結合相關單位的監測資料，包含經濟部水利署的「水位監測數據」（橋梁封橋之參考）、農委會水土保持局的「土石流潛勢溪流區域」、氣象局的「氣象（颱風、豪雨特報）與地震報告」，以及公路總局已有的現場監測系統，統一連結彙整進入本系統平臺上，以供瀏覽查詢。此項作業可將相關單位的資訊做即時橫向的串聯工作，作為防災預警系統之決策依據。

5. 研擬替代路線分析功能

建議後續可針對結合交通部運輸研究所的路網圖資，以及替代路線的規劃與調查，提供道路通阻與替代路線的即時資訊，並利用路網分析的功能，找到最適替代道路。再結合本期建置的防救災資源資料庫，進行救災資源派遣作業。

6. 現地災害通報與查報系統

第一期所開發之現地通報作業系統採用 GPRS 的傳輸方式將通報之影像、文字等資料傳回伺服器，建議後續可結合其他傳輸系統平臺，包含衛星電話、無線電以及微波等，以消除現有通報系統的傳輸死角。

7. 綜合串接相關系統

由於公路的防救災管理作業涵蓋的面向廣大，為有效提升系統使用之效能，應能再綜合串接相關的資訊系統，例如交通部公路總局目前正在運作之「道路通阻查詢系統」，以及交通部運輸研究所

正在委託執行建置之「交通設施營運維護管理系統之整合與應用」、「智慧型路況資訊查詢系統」與「邊坡管理系統」等系統。

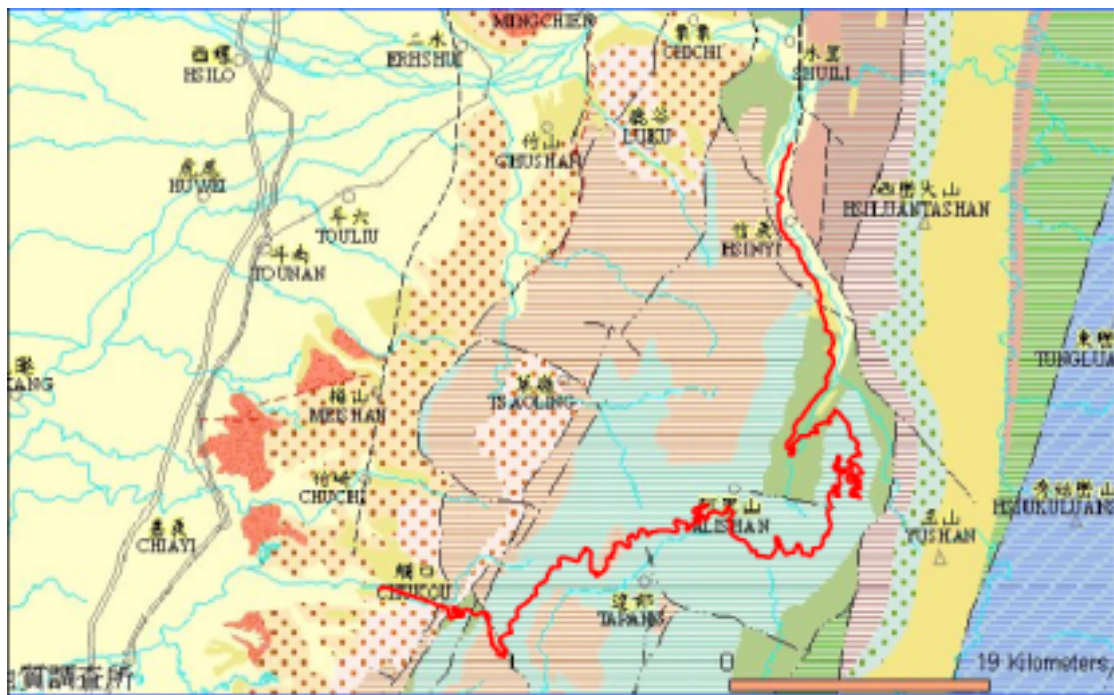
8. 教育訓練與技術轉移工作：

為推廣公路相關單位使用本系統，宜分區辦理教育訓練工作，以提升相關人員熟悉結合系統操作之防救災作業程序，並提高系統使用效率，真正落實防災作業。

第五章 示範路段測試與教育推廣

5.1 示範路段介紹

本研究選用省道臺 18 線與省道臺 21 線作為研究區域，圖 5-1 為臺 18 線與臺 21 線之路線所經過的地質圖，臺 18 線為東西向道路，而臺 21 線為南北向公路。



(資料來源：中央地質調查所)

圖 5-1 研究範圍地質圖

5.1.1 省道臺 18 線

本研究示範案例以臺 18 線（阿里山公路）為研究對象，研究範圍為 28K+000~83K+500，山區沿線經過公田、瀨頭、石桌、十字路、阿里山至自忠，全長約 55.5 公里，海拔高度由 250 公尺變化至 2,300 公尺左右（詳圖 5.2）。在氣候方面，依據中央氣象局設置距離五彎仔地區之小公田雨量站，量測而得知雨量記錄顯示（1993~2006 年），阿里山公路段年平均降雨量約為 2,461mm，與臺灣地區年平均降雨量

2,515mm（經濟部水利署）相比較可知，此結果顯示阿里山地區降雨量相當豐沛，並且約 82%降雨量集中在 5 月~9 月之雨季，且 6 月~8 月平均雨量甚至超過 400mm，10 月至一年 4 月為乾季，月平均降雨量未超過 100mm。

臺 18 線沿線地區就地質而言，其構成的地層有沖積層、階地堆積層、桂竹林層、卓蘭層、錦水頁岩、南莊層及其相當地層，在地層中的地層年代包含了第三紀中新世晚期至全新世的地層年代（見表 5.1）。

表 5.1 臺 18 線圖幅地層表

時 間	地 層		特 性
全新世	沖 積 層		礫石、砂及泥土。
更新世	階 地 堆 積 層		礫石、砂及泥土。
上新世	卓 蘭 層		細粒淺灰層狀或塊狀純淨砂岩，並不緻密。夾薄層頁岩及砂岩頁岩互層。部分砂岩為石灰質。
	錦 水 層		上部及下部為青灰色至暗灰色厚層塊狀頁岩；中部為砂岩及頁岩互層。
	桂 竹 林 層	大窩砂層	淺灰細粒至粉砂質狀層或塊狀純淨砂岩，相當堅硬緻密。
		十六份頁岩	青灰色至暗灰色厚層塊狀砂質頁岩，洋蔥狀節理發達，夾薄層砂岩。
中新世	層	關刀山砂岩	灰色細粒至粉砂質厚層塊狀泥質砂岩，層理不明顯。
		南 莊 層	淺灰細粒純淨砂岩與青灰至暗灰色頁岩之互層；砂岩薄層至厚層塊狀；層理良好，堅硬緻密。

（資料來源：本研究整理）

就地形而言，觸口斷層成北北東走向縱貫圖幅，將圖幅之地形隔成東、西兩部分。斷層以東為崇山峻嶺區，斷層以西部分則可分為丘陵、臺地及沖積平原區。東部山地海拔高度介於 1,000~1,800 公尺之間，位於東側之奮起湖山脈與西側之大尖山山脈均做東北—西南延伸；在此兩列山脈之間，有一「Z」形曲折之山脈橫跨圖幅的東南部，構成南部巴掌溪、牛稠溪及其北部清水溪間之分水嶺。圖幅的東部山區在海拔高度 1,000 公尺之山頂有一平坦地形面，其下河谷深邃，處處

峭壁形成深達 200~400 公尺之峽谷。由於河流流向及岩層傾斜方向相反，河谷中常見瀑布。河谷兩端少有階地發育。圖幅內的河流，位於東部山區者屬於濁水溪之支流清水溪流域。清水溪由阿里山溪合流口起曲折西流約 8 公里，河道在草嶺西方做 90 度急轉，向北流約 28 公里後匯入濁水溪。清水溪有許多的支流，各溪皆山高谷深，多處呈現峽谷，兩岸缺少階地，呈幼年期地形。

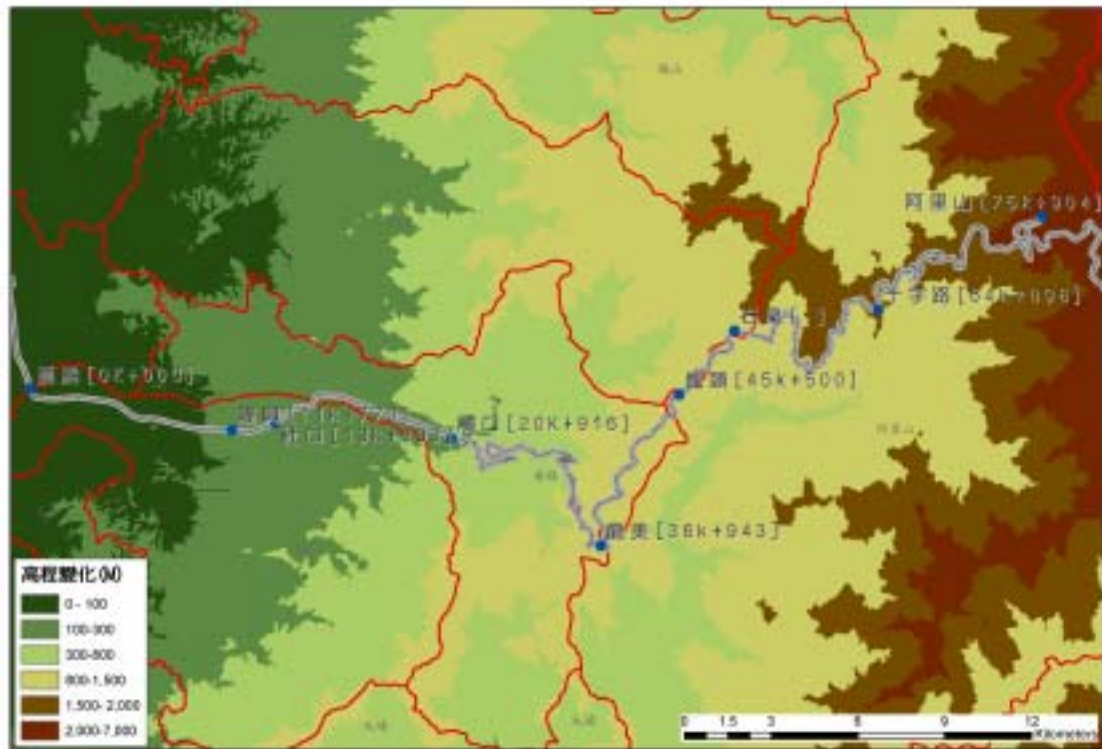


圖 5-2 省道臺 18 線位置圖

5.1.2 省道臺 21 線

臺 21 線（新中橫公路）位於南投縣信義鄉境內，西側為阿里山森林遊樂區，東側以沙里仙溪為界，南側為鹿林前山。在氣候方面，該路段周遭氣象站計有阿里山氣候測站（海拔 2,406 公尺）與和社氣象站（海拔 981 公尺）兩個氣象站，由中央氣象局 1993-1985 年間此兩個氣象站資料顯示：阿里山站年均溫為 10.6℃，和社站為 20℃；月均溫在阿里山站為 5~15℃，在和社站為 14~25℃。年雨量平均為 1,681mm（和社站）至 4,129mm（阿里山站）之間，各月雨量皆在 30mm 以上，最

高可達 800mm 以上，雨量多集中在 5~9 月，其中 5、6 月為梅雨季，降雨強度雖不大，但降雨時間較長；7-9 月則為颱風期，具有較高之降雨強度及降雨量。

臺 21 線沿線地區地質以陳有蘭溪為界，東側為變質之古第三紀地層，主要由板岩與變質砂岩構成，內夾變質火成岩體，西側主要為未變質之新第三紀地層，由頁岩與砂岩構成。其在細部路線中包含了沖積層、桂竹林層、南莊層、南港層、石底層、階地堆積層及各個地層相當之地層。地層年代包含了第三紀中新世晚期至全新世（現代）的地層年代。

在斷層方面，本路段最重要地質構造屬陳有蘭溪斷層，陳有蘭溪斷層從白溪起，沿陳有蘭溪經望鄉東南再轉為西北走向，在東南延伸經父子斷層至樂樂溫泉附近為止。本斷層維新第三紀地層與古第三紀地層相接觸，斷層性質屬東向西之逆斷層構造，此斷層係造成本路段鄰近區域破碎之主因。影響本路段邊坡問題之褶皺構造包含同富山向斜及和社背斜，同富山向斜位於同富山之東北方，向斜軸呈現西北東南走向，因地形影響，其向東南延伸情形則不詳。和社背斜位在和社村之西，背斜軸呈東北西南走向，背軸之西側頻出現小規模緊密褶皺，相反的在東側此種現象則未見到。和社背斜分別為十八折坑斷層與神木斷層切截。神木斷層為斷面向南之正斷層，少量之滑移滑動，斷層走向呈東西方向，斷面傾角較陡。十八折坑斷層為具有走向滑移及斜滑移特性之高角度斷層。本路段位於 109K、119K 和 124K 附近有神木斷層通過，另於 113K 附近有十八折坑斷層過。沙里仙溪斷層由父子斷崖起，沿沙里仙溪之東側山腰間向南延伸，至塔塔加鞍部經過，本斷層亦為新第三紀地層與古第三紀地層相接觸。本斷層為由東向西之逆斷層構造，斷層傾角亦為高角度（約 80°），斷層通過之多形成布或形成峽谷。

本路段起點由陳有蘭溪開始，陳有蘭溪周圍有許多的小型溪流，屬於眾多溪流的匯集地，並以陳有蘭溪為主軸，沿線所經過的是屬於地勢較低的沖積平原，地形起伏較均勻。在信義至十八重溪之間地勢

起伏並不大，雖然開始漸漸爬升至海拔 500 公尺~700 公尺左右，但幾乎維持在 600 公尺的高度。過了十八重溪後地勢則開始提高，由 800 公尺爬升至 2,600 公尺高山區的塔塔加鞍部，在這段的海拔較高，屬於阿里山山脈，地形也較高峻，與前半段的地勢相較起來，差距相當大。

在臺 21 線之沿線溪流，大多是由較高的玉山山脈或是阿里山山脈流下，切割山脈形成峽谷或沖刷成沖積平原，而後所有的溪流匯集到陳有蘭溪中，形成一個大型的水系，且在陳有蘭溪沿岸形成廣大沖積平原，使得省道臺 21 線可以直接沿著此平原構築。而在高山區的路線則是沿著山壁開鑿，造成在山區中的路段是相當險惡的地形，且邊坡的地質構造也較破碎，較易產生邊坡的破壞。



圖 5-3 信義鄉地形與水系圖

表 5.2 臺 21 線圖幅地層表

時 間	地 層		特 性
全新世	沖 積 層		礫石、砂及泥土
更新世	階 地 堆 積 層		礫石、砂及泥土
上新世	—		—
	—		—
	桂 竹 林 層	大窩砂層	淺灰細粒至粉砂質狀層或塊狀純淨砂岩，相當堅硬緻密
		十六份頁岩	青灰色至暗灰色厚層塊狀砂質頁岩，洋蔥狀節理發達，夾薄層砂岩
中新世		關刀山砂岩	灰色細粒至粉砂質厚層塊狀泥質砂岩，層理不明顯
	南 莊 層		淺灰細粒純淨砂岩與青灰至暗灰色頁岩之互層；砂岩薄層至厚層塊狀；層理良好，堅硬緻密

（資料來源：本研究整理）

5.2 教育訓練與技術轉移說明

「臺灣區救災公路系統建立之研究」已研擬一套結合情境、程序、決策等符號式作業程序之分析方法，並提出完整的公路防救災管理系統應涵蓋之工作內容，本期計畫持續檢討作業流程，以及前期計畫開發之輔助作業系統的使用時機與使用方式，提供公路管理機關作為公路防救災標準作業程序分析之參考。在公路災害潛勢分析作業方面，藉由蒐集示範路段之監測、預警、災損以及潛勢資料，進行相關基本、災害資料的統計與分析作業，以作為公路災害模擬分析、設定之參考依據。在致災的可能性分析方面，則依據歷年重大颱風所引起的災害規模及災損統計資料進行分析，以達到災害預防之功效。在公路防災預警資訊監測資料的分析方面，進行五彎仔各種監測資料之關聯性與監測儀器之功能分析，包含不同地質狀況與滑動深度之適用性、不同滑動速率之適用性、不同塊體或破壞模式之適用性以及其它綜合研判分析等，希冀蒐集其自然環境、工程整治以及彙整監測與預警資料，依據其歷史災損資料分析各路段之災害潛勢發生機率的高低，以及研

究公路災害之災損原因，期使未來若發生天然或人為災變時，使災害之損失與衝擊降至最低。

為有效推展本計畫開發之「公路防救災作業系統」實際應用於交通部公路總局災害應變作業，辦理兩階段教育訓練與技術轉移工作，第一場主要針對示範路段與示範配合單位進行技術轉移工作。已於 95 年 9 月 27 日（星期三），前往交通部公路總局第五區養護工程處阿里山工務段進行「五彎仔監測資料與儀器適宜性分析」、「省道臺 18 線災害潛勢」，以及「救災公路系統推廣」等相關作業之綜合討論。報名參加人員包括第五區養護工程處以及阿里山工務段人員，會議記錄詳見附錄一。

表 5.3 阿里山工務段技術轉移與推廣作業時程表

日期	時間	作業內容	地點	說明
九月二十七日（星期三）	09:30~10:30	計畫概述	阿里山工務段 （臺 18 線 19.5K）	計畫整體綜合說明： 1.提請協助事項之研討 2.系統需求訪談
	10:30-12:00	五彎仔監測儀器 埋設位置現勘	五彎仔 監測小屋	監測儀器現地勘察 儀器適用性分析
	12:00~13:00	午餐	嘉義	
	13:00~15:00	臺 18 線沿線現勘	省道臺 18 線	災害潛勢分析與現況對應： 1.省道臺 18 線 40K 2.省道臺 18 線 50~60K
	15:00~16:00	綜合座談	阿里山工務段	1.救災公路系統適用性討論 2.災害潛勢、災損資料分析研 討 3.監測儀器適用性綜合討論
	16：00~	結束行程		

第二場則配合交通部運輸研究所港灣技術研究中心於 95 年 10 月 12 日辦理之「坡地與橋梁防救災系列成果與系統應用」訓練課程，完成本計畫之教育訓練技術轉移工作。本計畫所辦理之教育訓練講習為

當天下午「臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究相關研究成果說明」以及「救災公路資訊系統之操作實作」，訓練現況可見圖五-5。

表 5.4 坡地與橋梁防救災系列成果與系統應用課程表

日期	時間	課程題目	主講人
十月十二日 (星期四)	09: 00~09:30	報 到	
	09:30~10:30	坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究 相關研究成果說明	魏佳韻 臺灣營建研究院 專案經理
	10:30~11:00	休息及程式安裝	
	11:00~11:50	道路邊坡維護管理系統之操作實作	魏佳韻 臺灣營建研究院 專案經理
	11:50~13:30	午 餐	
	13:30~14:30	交通工程防災預警系統建立之研究 相關研究成果說明	陳緯蒼、吳育偉、 陳志偉 國立臺灣科技大學
	14:30~14:40	休 息	
	14:40~15:20	交通工程防災預警系統之操作實作	吳育偉、陳志偉 國立臺灣科技大學
	15:20~15:30	休 息	
	15:30~16:30	臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研 究相關研究成果說明	許秋玲 臺灣營建研究院 專案經理
	16:30~16:40	休 息	
	16:40~17:20	救災公路資訊系統之操作實作	許秋玲 臺灣營建研究院 專案經理
	課 程 結 束		



(臺 18 線五彎仔第四彎處，攝於 95 年 9 月) (五彎仔監測小站，攝於 95 年 9 月)

圖 5-4 阿里山工務段技術轉移與推廣作業之臺 18 線現場勘查



(港灣技術研究中心會議室，攝於 95 年 10 月)

圖五-5 坡地與橋梁防救災系列成果與系統應用教育訓練實況

第六章 公路防災預警資訊系統

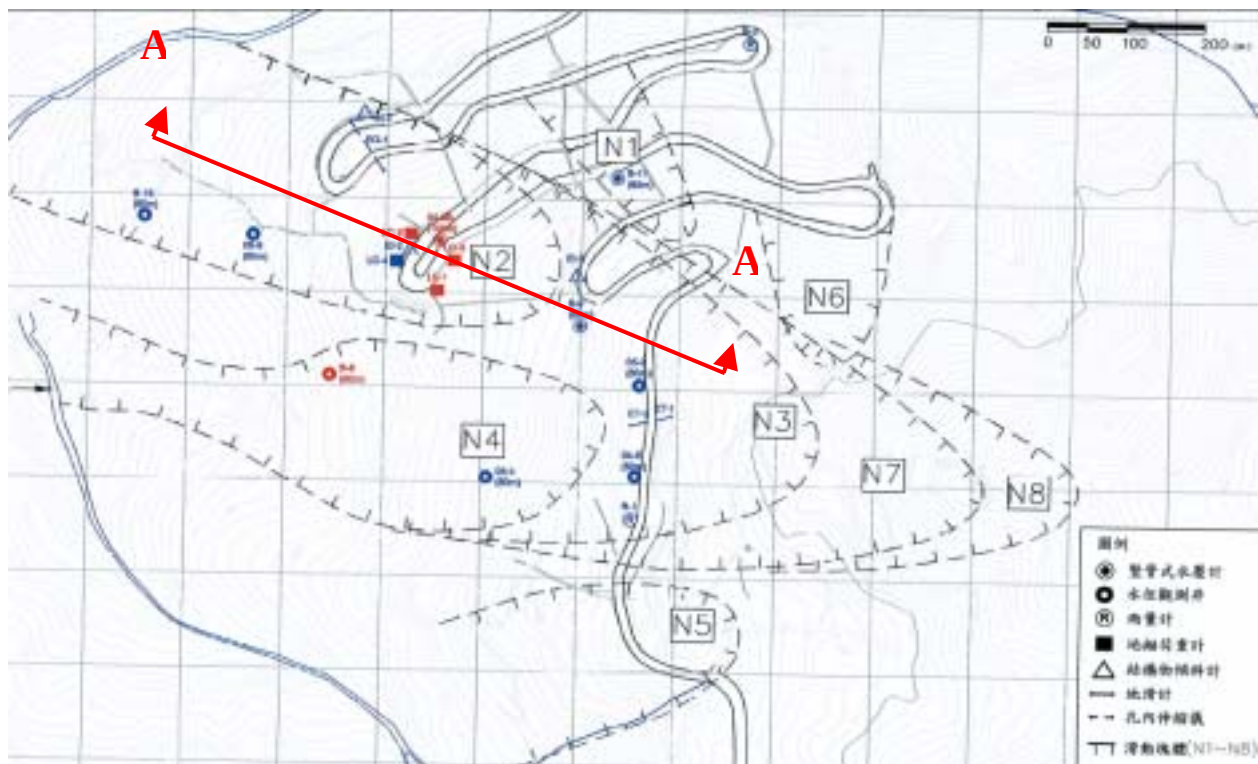
6.1 監測資料分析方法

省道臺 18 線全線以五彎仔路段設置的監測儀器最為周密，監測時間最長，可取得較為完整之監測資料。在此路段，交通部曾先後委託財團法人臺灣營建研究院、青山工程顧問公司及雲林科技大學等單位設置雨量計、電子式水壓計、電子式傾斜儀、孔內伸縮計、地錨荷重計及地表伸縮計等監測儀器，其儀器配置如圖 6-1 所示。

由交通部公路總局委託青山工程顧問公司針對五彎仔地滑區進行調查、整治規劃及安全評估報告書中曾提及，若將五彎仔監測系統依量測上的差異，可分為手動監測系統及自動監測系統兩大類，並且，該地區監測成果為配合預警防災系統，上述計畫以針對該地區建置「五彎仔安全監測系統網站」，以網頁形式呈現所有監測成果，以俾使用者利用網路直接監看，瞭解目前該地區最新之監測成果及各儀器之警戒狀態。因此，本研究中將利用上述儀器所蒐集的監測資料數據資料進行分析比較，藉由分析各資料間之關係，探討出各類別儀器之適用性。

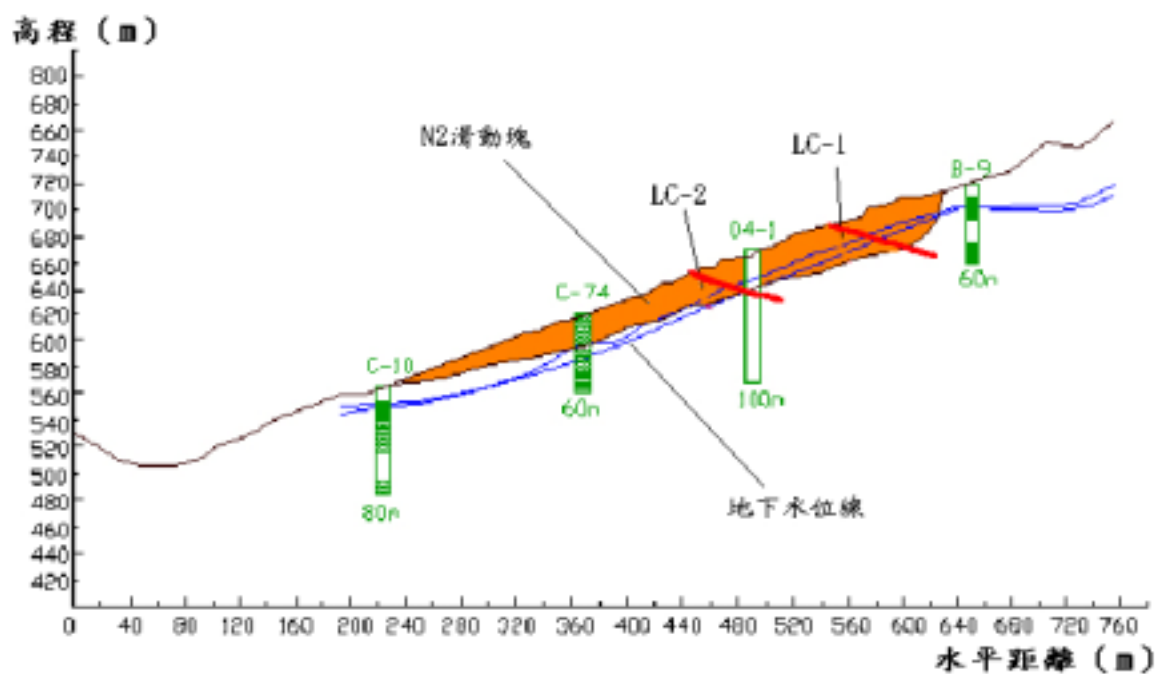
五彎仔地區中以 N2 滑動塊中監測儀器配置較為完善，蒐集的監測數據亦較充足，故選擇 N2 滑動區塊為示範分析滑動區塊。由圖 6-2 之 A-A 剖面圖中可見，在此滑動區塊中設有傾斜儀、地錨荷重計及地下水位計等監測儀器，藉由這些儀器監測所得之資料中，可較明確判斷區塊是否開始滑動。

分析時須選用已蒐集到較完整監測資料之儀器作為分析之主要依據，故傾斜儀與地下水位計之數據資料以編號 C-04-1 鑽孔為主（青山工程顧問公司提供）；地錨荷重資料以編號 LC-1 與 LC-2 地錨荷重計為主（財團法人臺灣營建研究院提供）；降雨量以整個阿里山地區蒐集到的降雨量資料為主（交通部中央氣象局）。



(資料來源：青山工程顧問公司，2006^[11])

圖 6-1 監測儀器配置圖



(資料來源：青山工程顧問公司，2006^[11])

圖 6-2 A-A 剖線之剖面圖

6.2 監測資料綜合性分析

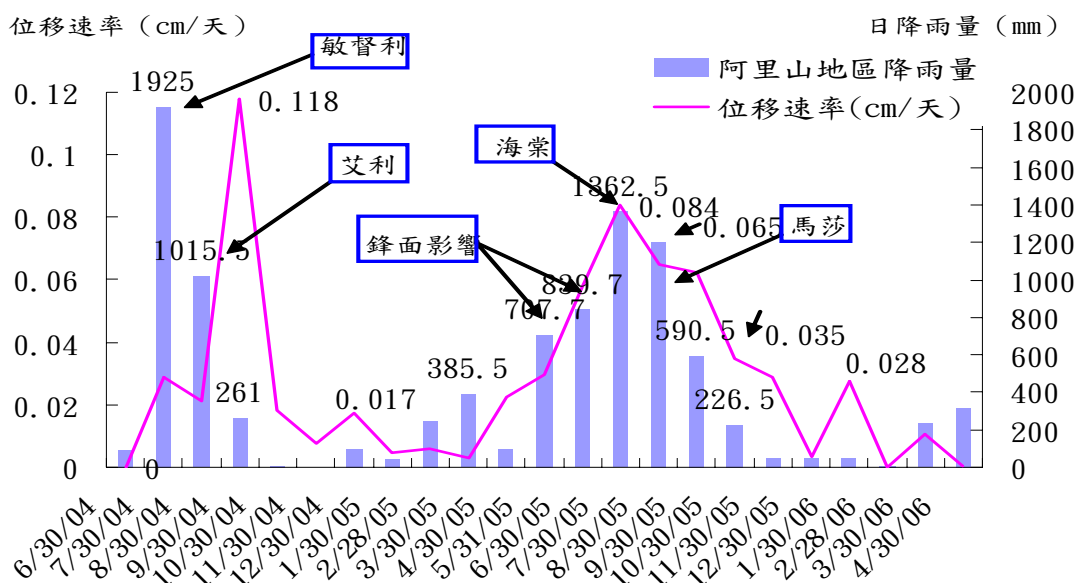
以下分別針對「位移速率與降雨量」、「降雨量與地錨荷重」、「降雨量與地下水位」、「位移速率與地下水位」、「降雨量、地下水位與位移速率」等參數之間的比較關係，說明監測資料分析結果。

6.2.1 監測資料分析

1. 位於速率與降雨量

圖 6-3 為 2004 年～2005 年期間在 N2 滑動塊的位移速率與降雨量之統計圖，位移速率為位移量對時間的一次微分。由圖可見，滑動區在敏督利、海棠、艾利及馬莎等颱風入侵，曾降下相當多雨量，當日累積降雨量均達 1,000mm 以上。

由圖可見，當降雨量增加時，C-04-1 傾斜計的位移速率會隨降雨量增加而增加，當降雨量減緩時，位移速率也隨之減少。由雨量資料發現，滑動區內整年降雨量出現較大的部分大都是由颱風帶來的大量降雨所造成，所以每當颱風侵襲，降雨量急遽上升時，位移速率隨之急遽上升。



(資料來源：本研究分析成果)

圖 6-3 位移速率與降雨量

2.降雨量與地錨荷重

圖 6-4 為地錨荷重與降雨量之監測圖，圖中可看見當降雨量增大時，滑動區內 LC-1 地錨之荷重值隨著量測時間增加而逐漸增加。當荷重值增加時，表示地層已經開始產生位移，由此監測數據可作為判斷邊坡滑動的依據，且地錨中鋼鍵本身有一極限承载力，當荷重增加並達到極限承载力時，地錨將產生降伏或斷裂現象，致使地錨失去功用，導致整個道路邊坡因抵抗力不足而發生滑動破壞。

若對照降雨量與地錨荷重之監測數據，將降雨量劇升的時間點（2004/07/02~2004/07/06）對應地錨荷重圖中，由以上這些時間點可明顯的看出，在較大降雨量出現的時間點後，地錨荷重的承载力有明顯的上升。據此推論，降雨量增大將使邊坡內的土壤含水量增加，致使孔隙水壓上升，導致邊坡上土體的有效應力降低，土體無法承受本身的重量，造成地錨荷重隨之增加，其中編號 LC-1 地錨由於邊坡的荷重增加，使鋼鍵荷重達到其極限承载力，以致鋼鍵破壞斷裂，造成大面積的地滑區塊。因此，當單一降雨量或累積降雨量過大時，將可能導致地層產生位移，造成地錨荷重過大，而使地錨斷裂破壞。

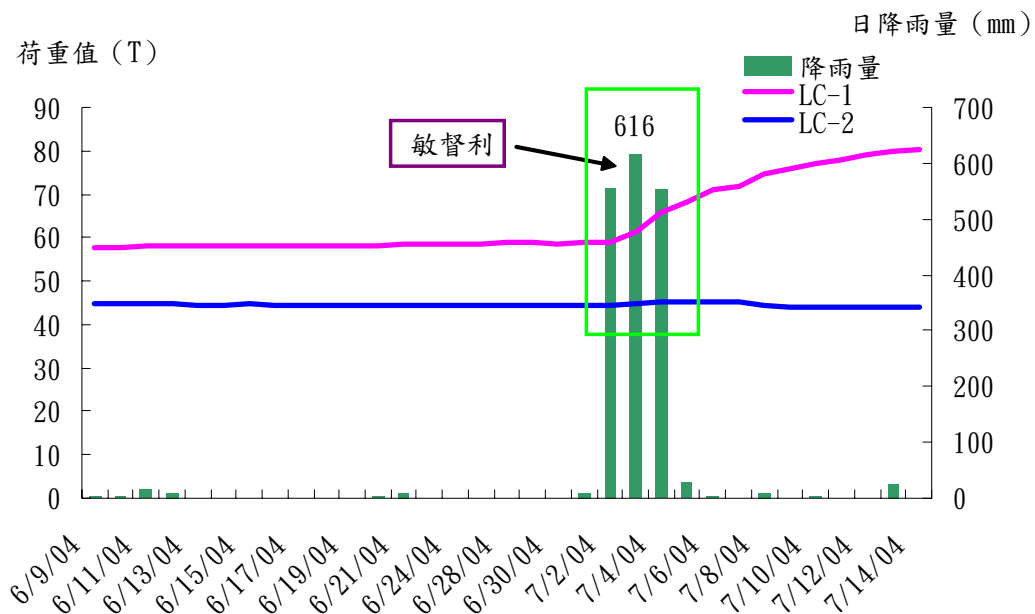
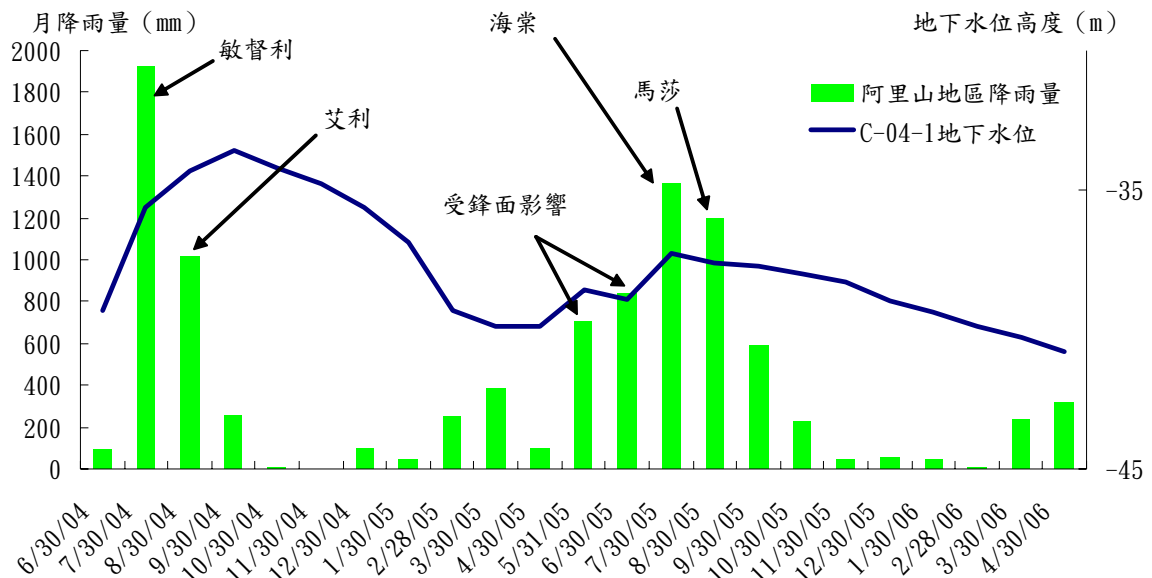


圖 6-4 降雨量與地錨荷重

3.降雨量與地下水位

圖 6-5 為降雨量與地下水位關係圖，由兩者的比較可見，在颱風來臨或過後的期間，雨量皆有明顯上升的現象，而在雨量不大或無降雨的狀況，地下水位並無明顯上升。地下水位在較大雨量出現時有明顯的上升，表示地下水位主要受到地表水入滲所影響，因此當大量降雨發生時，地下水滲出量小於地表水入滲量，此時土層孔隙水壓上升，邊坡穩定性下降，較易發生滑動破壞。而當地表入滲減少或停止時，地下水位逐漸下降，邊坡也隨之趨於穩定。



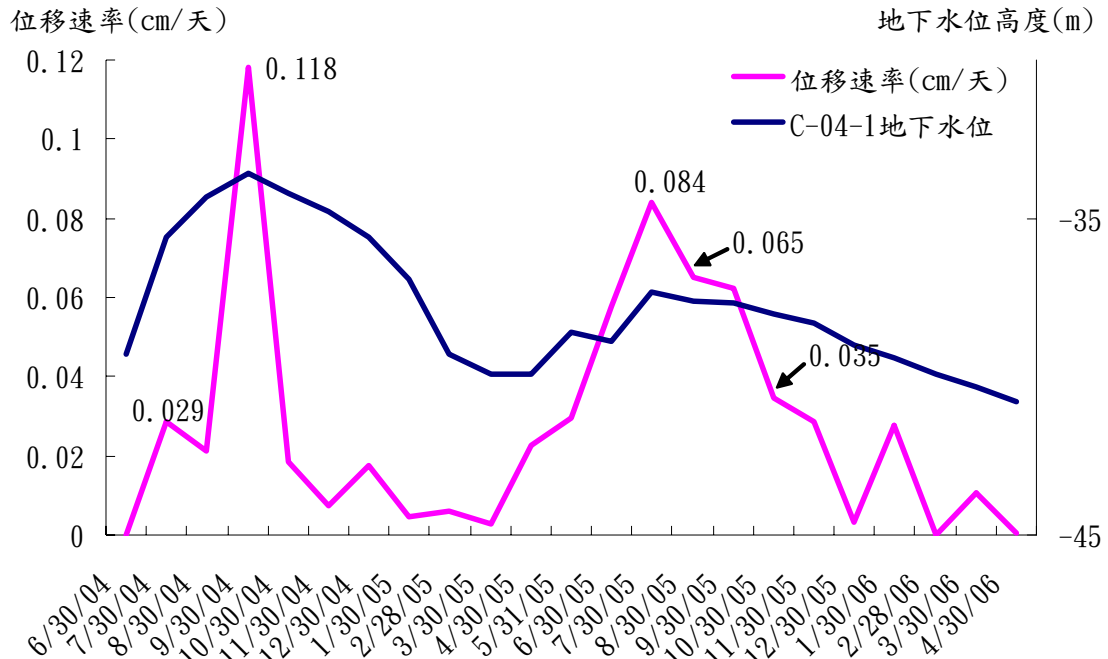
(資料來源：本研究分析成果)

圖 6-5 降雨量與地下水位之關係圖

4.位移速率與地下水位

圖 6-6 為位移速率與地下水位關係圖，其中位移速率單位為 cm / 天，由圖可見。當地下水為上升時，位移速率也隨之明顯上升，水位下降時，位移速率也會隨之減少。由此可知，地下水位的高低對整個滑動區的移動速率有著明顯的影響，且可以由水位的高低直接判斷出滑動區是否已經開始產生滑動。

所以當水位開始上升時，如果可藉由抽水或增設排水路徑等工程手法，將孔隙內之水份快速排出土體，則有可能會降低或抑制整個區域的滑動，即是降低滑動速率，使邊坡不至於發生崩塌破壞。

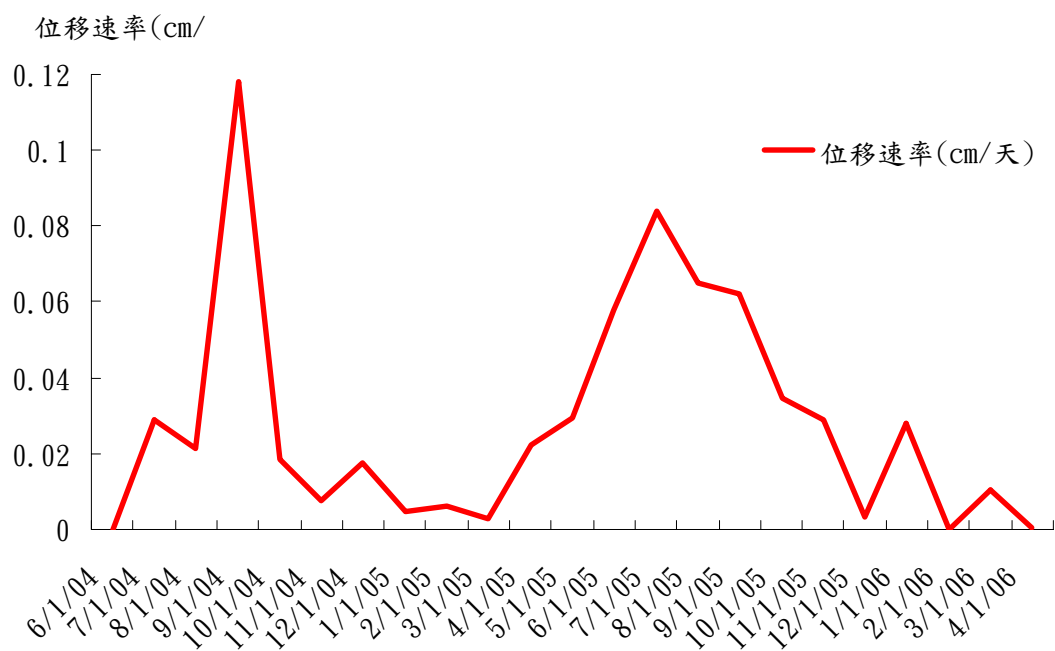
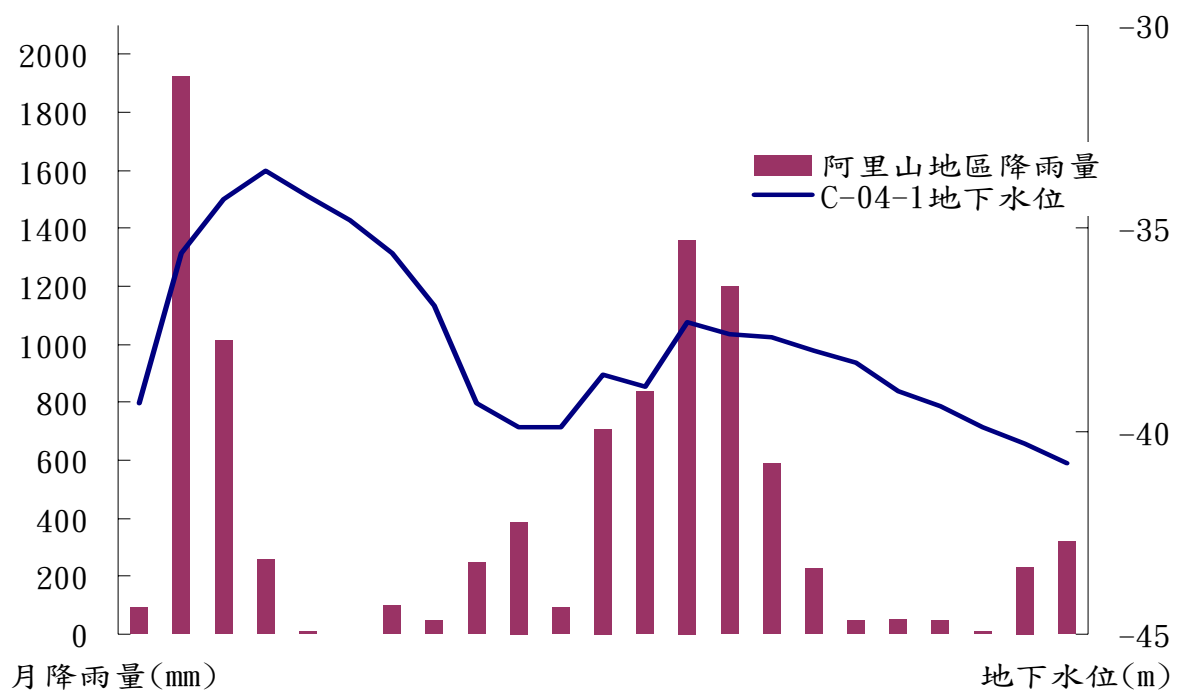


(資料來源：本研究分析成果)

圖 6-6 位移速率與地下水位之關係圖

5. 降雨量、地下水位與位移速率

圖 6-7 為降雨量與地下水位與位移速率之關係圖，藉由這些監測數據資料的比較，可以發現，當降雨量上升時，編號 C-04-1 鑽孔之孔口位移速率及地下水位隨之上升。綜合前面所論述的比較分析，可以歸納出各數據的關係，當降雨量上升時，因地表水入滲量增加，使得地下水位上升，土層中孔隙水壓亦隨之上升，導致整個區塊之有效應力降低，並使位移速率也隨之上升。由此更可確定降雨量對其他兩者的影響。



(資料來源：本研究分析成果)

圖 6-7 降雨量、地下水位與位移速率

6.2.2 儀器適用性分析

1. 直接物理量

(1) 傾斜儀：變位

- a. 傾斜儀可直接表示邊坡變位的趨勢。
- b. 利用傾儀量測之位移量對時間分析邊坡位移速率可明顯判別邊坡之破壞趨勢。
- c. 邊坡位移速率搭配降雨量或地下水位，進行分析時可明確看出降雨對邊坡穩定之影響以及邊坡易損性之變化趨勢。
- d. 建議可以傾斜管量測之位移量或位移速率制定指標配合降雨情況作為邊坡穩定之研判。

(2) 地錨荷重計：荷重

- a. 坡面滑動時可確實量測地錨荷重變化
- b. 若設置荷重計之方位與位移方向垂直，其量測結果具有指標性；若平行則不具指標性，因此地錨荷重計之配置與數據之解讀，技術需有較高之技術性。
- c. 荷重計的數據可以直接反應地錨的荷重情形，立即獲得地錨之功能狀況，對於邊坡之安全穩定有直接預警功能。

2. 環境因子指標

(1) 雨量計

- a. 可直接記錄滑動區的雨量變化，當出現較大降雨量，滑動趨勢也會增加。
- b. 因降雨強度大小對邊坡破壞具有影響，強度愈大表示發生滑動的機率也就愈大，故雨量的量測結果也可作為邊坡災害之指標。
- c. 降雨量乃是邊坡滑動的主要影響因子，由雨量的量測數據配合

邊坡位移之量測可推斷邊坡破壞之潛勢。

(2)地下水位計

- a.地下水位之監測為滑動塊體內地下水壓之間接指標，可以由水位變化判斷邊坡破壞潛勢高低。
- b.於示範區域內，地下水位之監測結果與降雨量具高度一致性，因此地下水位與相關位移量測數據可作為邊坡易損性之判斷指標。

6.2.3 監測儀器適用性分析

- 1.由位移速率和降雨量關係圖可知，傾斜管數據與降雨量有明顯的關連性，且其架設成本較為低廉，可應用於較大區域之安全潛勢分析。
- 2.由地錨荷重與降雨量關係圖可知，連續降雨量對地錨荷重趨勢有一定關連性，但其成本較為昂貴，不適合大面積佈設，故建議可作為重點區域之安全警戒監測。
- 3.由地下水位與降雨量關係圖可知，地下水位與降雨量有明顯的關連性，亦即地下水位與位移速率有關連性，因此亦可應用於大區域之安全潛勢分析。
- 4.各儀器的耐用度太低，導致在監測邊坡滑動的過程中會發生儀器損壞，使得儀器無法持續進行監測，並在邊坡滑動的臨界點發出警戒訊號，所以必須要提高儀器的耐用性以達到目的。
- 5.地錨荷重計、傾斜儀等監測儀器會因設置的地點與滑動區塊位置，而使數據的呈現有明顯變化或不明顯變化的兩種情形出現，且可以由設置地點判定監測數據是否與滑動區相關，所以設置地點也是設置時必須要謹慎考量的因素。

第七章 公路災害潛勢資訊分析

7.1 公路災害破壞型態與相關分析方法

7.1.1 崩塌因子及破壞型態說明

本計畫以邊坡破壞型態為例，探討公路災害潛勢資料分析方法，以下先針對邊坡破壞影響因子進行說明：

由邊坡崩塌破壞相關研究中可知，影響自然邊坡與工程邊坡於力學機制之影響因子分佈範圍廣泛，且引致破壞肇因複雜，往往難以由單一因子判斷而得，儘管在繁多影響因子中，仍然可將崩塌破壞影響因子分為自然因子及人為因子。由表 7.1 中可發現自然因子乃由地質、地形、環境等三大因素所組成，由於自然因子主要為邊坡固有性質，屬先天條件，需藉助相關保護措施之施作，才有助於減少自然因子對邊坡穩定性之影響。

人為因子則涵蓋如回填情況、坡趾開挖、坡頂荷重、降雨、土地開發、地表荷重、排水施工不當及規劃設計不當等負面影響因子。由於人為因子屬後天行為，造成此項影響，往往是設計或管理層面執行不當所造成，可藉由專業判斷以降低該因子對邊坡穩定之衝擊。

除上述探討之影響因子外，以下先就邊坡崩塌破壞模式進行說明，以利後續相關崩塌資料之統計及分析。

有關道路邊坡崩塌分類方法，目前較通行者乃為美國交通研究委員會（TRB, Special Report 247, 1996）如表 7.2 所列之分類，此分類法進行說明；一般而言，描述崩塌運動型態可區分為墜落（fall）、傾覆（topple）、滑動（slide）、側移（spreads）及流動（flow）等 5 種基本類型，若兩種類型以上同時或先後發生則為複合型（complex）。

表 7.1 近十年崩塌破壞相關文獻選取因子資料整理表

發表年份	作 者	研 究 區 域	地質因子						地形因子								環境因子											
			岩性	地層位態	與地質構造相關	不連續面相關	風化程度	粗糙度	坡度	坡向	高程	坡長	坡面積	坡形	地形	線性特徵	與水系相關	植被相關	土壤相關	地震相關	降雨相關	凝聚力與內摩擦角	山崩活動	地下水相關	水力侵蝕相關	與道路距離	集水區相關	日照相關
1996	Gokceoglu 等	Mengen , Turkey			○				○	○	○						○	○				○						
1997	Atkinson 等	Central Apennines , Italy	○	○	○				○	○				○				○	○									
1997	van Westen 等	Andean Cordillera , Colomiba	○		○				○	○		○			○		○									○		
1999	Fernandez 等	Cordoba , Spain		○	○				○	○				○			○	○			○	○						
2000	Barredo 等	Central Gran CanariaLsland , Spain	○						○								○		○				○					
2000	Gorsecki 等	Central Idaho , USA							○	○	○						○											
2000	Nagarajan 等	Konkancoast , India	○			○	○		○	○	○					○	○	○										
2000	Uromeihy 等	Khorshrostan , Iran	○		○				○										○		○			○				
2001	Baeza 等	Eastern Pyrenees , Spanish							○	○	○			○				○	○						○			
2001	Dai 等	Lantau Lsland , Hong Kong	○						○	○	○						○	○										
2001	Lee 等	Yongin , Korea	○						○	○	○			○			○	○	○									
2002	Dai 等	Lantau Lsland , Hong Kong	○						○	○	○																	
2002	Kojima 等	Futtu , Japan	○						○	○	○						○	○	○									
2002	Nagarajan	NortheastIndia	○		○	○	○		○	○	○			○		○		○	○	○	○			○	○			
2002	Lee 等	Janghung , Korea		○					○	○																		
2003	Cevik 等	Hendek , Turkey	○		○				○	○	○						○											
2003	Dai 等	Lantau Lsland, Hong Kong	○						○	○	○			○							○							
2003	van Westen 等	Alpago, Italy	○		○				○						○		○		○							○		

發表 年份	作 者	研 究 區 域	地質因子					地形因子								環境因子												
			岩 性	地 層 位 態	與 地 質 構 造 相 關	不 連 續 面 相 關	風 化 程 度	粗 糙 度	坡 度	坡 向	高 程	坡 長	坡 面 積	坡 形	地 形	線 性 特 徵	與 水 系 相 關	植 被 相 關	土 壤 相 關	地 震 相 關	降 雨 相 關	凝 聚 力 與 內 摩 擦 角	山 崩 活 動	地 下 水 相 關	水 力 侵 蝕 相 關	與 道 路 距 離	集 水 區 相 關	日 照 相 關
2003	Santacana 等	La Pobla de Lillet, Spain	○					○	○	○						○		○									○	○
2003	Remondo 等	Guipuzcoa, Spain	○					○	○	○							○	○									○	○
2003	Fernandez 等	Contraviesa, Spain	○	○	○	○		○					○				○	○	○		○						○	
2003	Chung 等	Northridge, USA	○						○	○	○							○										
2003	Carrasco 等	Jerte Valley, Spain	○						○	○								○			○							
2003	Lin 等	Central, Taiwan	○		○				○	○	○									○		○						
2004	Ayalew 等	Tsugawa, Japan	○						○	○	○																	
2004	Cevik 等	Hendek, Turkey	○		○				○	○	○						○											
2004	Ercanoglu 等	West Black Se aRegion, Turkey	○		○	○			○	○	○			○			○	○								○		
2004	Ercanoglu 等	Yenice, Turkey					○		○	○	○													○				
2004	Lan 等	Xiaojiang, China	○		○				○	○	○																	
2004	Liu 等	Yangtze River, China	○	○	○	○			○	○																		
2004	Zezere 等	North Lisbon, Portugal	○						○	○				○	○				○									
2004	Chau 等	Leung KingEstate, HongKong	○						○		○										○							
2004	Chau 等	Hong Kong	○						○		○							○			○		○					
2004	Suzen 等	Asarsuyu, Turkey	○		○					○	○						○									○		
2004	Phi 等	Yangsang, Korea	○						○	○	○					○	○	○										
2004	Baldiviezo 等	Southern Honduras, USA															○											
2004	Lee 等	Yongin, Korea							○									○	○									

發 表 年 份	作 者	研 究 區 域	地質因子						地形因子								環境因子												
			岩 性	地 層 位 態	與 地 質 構 造 相 關	不 連 續 面 相 關	風 化 程 度	粗 糙 度	坡 度	坡 向	高 程	坡 長	坡 面 積	坡 形	地 形	線 性 特 徵	與 水 系 相 關	植 被 相 關	土 壤 相 關	地 震 相 關	降 雨 相 關	凝 聚 力 與 內 摩 擦 角	山 崩 活 動	地 下 水 相 關	水 力 侵 蝕 相 關	與 道 路 距 離	集 水 區 相 關	日 照 相 關	
2004	Zezere 等	Lisbon, Portugal	○						○	○				○				○											
2005	Gomes 等	S.Miguel Island, Azores	○						○																				
2005	Ayalew 等	Kakuda-YahikoMountains, Japan	○	○					○	○	○				○												○		
2005	Moreiras 等	Rio Mendoza Valley, Argentina	○						○																				
2005	Gomez 等	Jabonosa River Basin, Venezuela	○						○	○	○	○			○	○			○										
2005	Ermini 等	Riomaggiore Catchment, Italy	○						○					○														○	
合計引用次數			35	6	15	5	3	3	41	32	27	2	1	10	4	5	18	17	15	2	8	3	2	3	2	5	4	2	

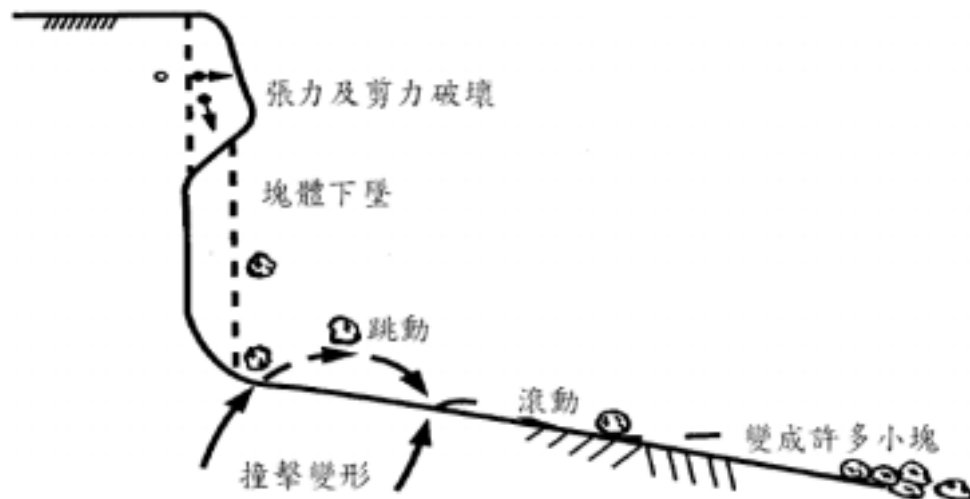


表 7.2 邊坡崩塌類型簡要分類

材料 Type of material 運動型態 Type of monent	基岩 Bedrock	工程土壤 (Engineering Soil)	
		粗料粒為主 Predominantly Coarse	細料粒為主 Predominantly Fine
墜落 fall	岩石墜落 Rock fall	岩屑墜落 Debris fall	土壤墜落 Earth fall
傾覆 toople	岩石傾覆 Rock toople	岩屑傾覆 Debris toople	土壤傾覆 Earth toople
滑動 slide	岩石滑動 Rock slide	岩屑滑動 Debris slide	土壤滑動 Earth slide
側移 spreads	岩石側移 Rock spreads	岩屑側移 Debris spreads	土壤側移 Earth spreads
流動 flow	岩石流動 Rock flow	岩屑流動 Debris flow	土壤流動 Earth flow

1. 墜落

墜落破壞當土石或岩塊下方坡度超過 76° ($H:V = 0.25:1$) 即可能自由落下，由懸崖或陡坡驟然墜落、跳動及滾動至崖下或坡趾之塊體運動，衝擊力大且傷害力較強，如圖 7-1 所示。墜落型破壞大多發生於多裂隙之堅硬岩盤組成之高陡坡，有時亦發生於河岸侵蝕側。破壞前界面上幾無剪力變形，崩塌面常可見新鮮且不規則之岩面，且崩塌物堆積於坡趾處。東部蘇花公路及中橫橫貫公路等，常發生本類型之邊坡崩塌。



(資料來源：TRB, 1996)

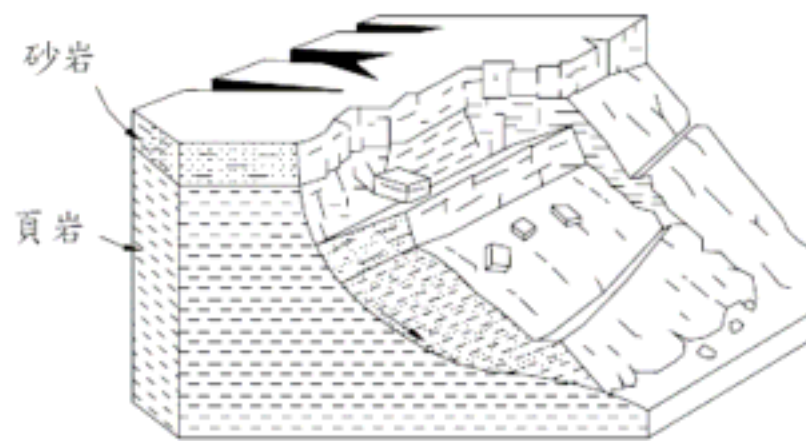
圖 7-1 墜落型邊坡破壞圖

2. 傾覆破壞

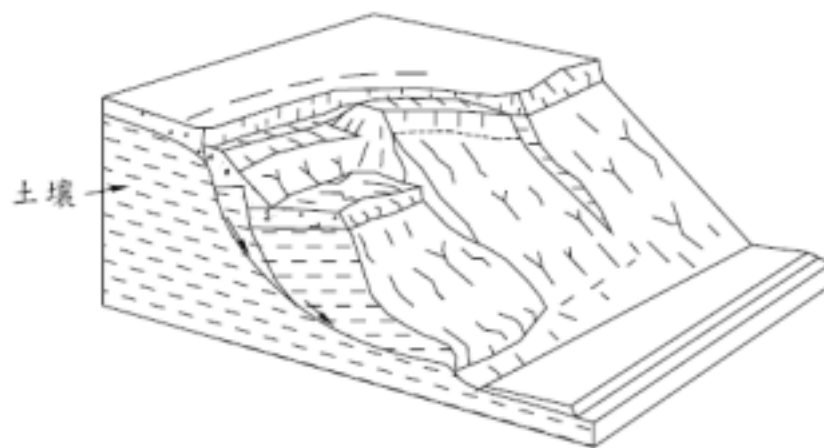
高角度逆向坡地層中，當土石或岩塊過度傾斜至使重心延線超過塊體基部，即因自重產生驅動力矩而發生傾覆。於岩體大型撓屈變形前，其滑動驅動力需大於地層間剪力強度，屬各地層間產生滑動，進而產生傾覆破壞。

3. 滑動破壞

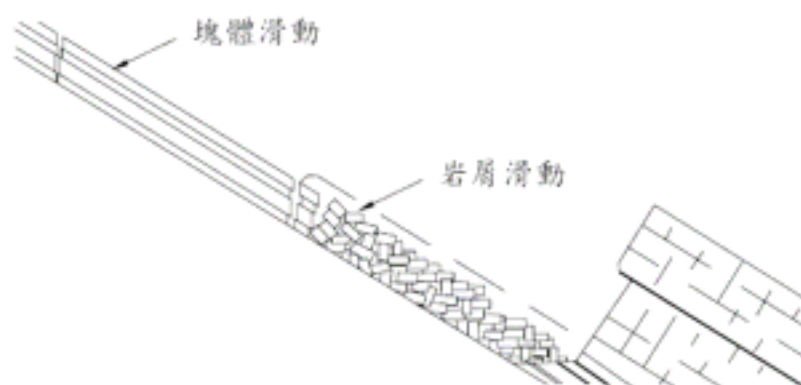
滑動塊體沿與坡面大致平行的滑動面發生剪力破壞或滑移，滑動面可能為層面、節理面或其他不連續面等，破壞面之型態可為平面、彎曲面或不規則面，如圖 7-2 所示。滑動面為如碗狀凹口向上之彎曲面，稱為轉動或圓弧型滑動，此較易發生於較為均質者，如土壤、填土或極破碎岩體等；破壞面如近乎平面，則稱為平面滑動或側向滑動，此較易沿岩體弱面、不連續面或不同材料之界面等向外且向下滑動，通常災害範圍較大。



(a) 岩石旋轉滑動

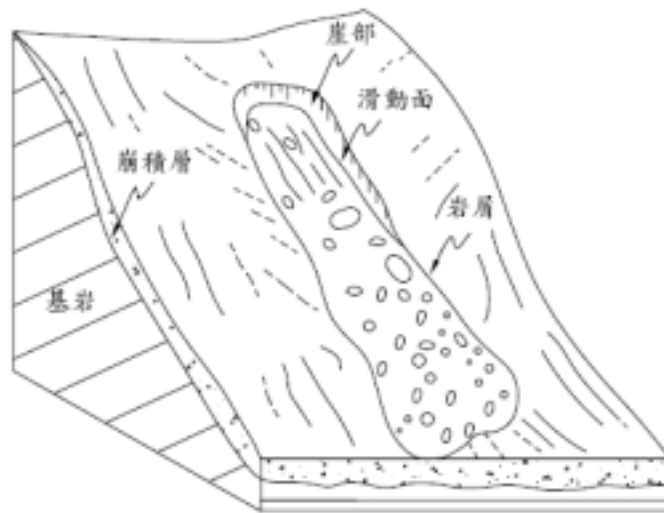


(b) 土壤旋轉滑動

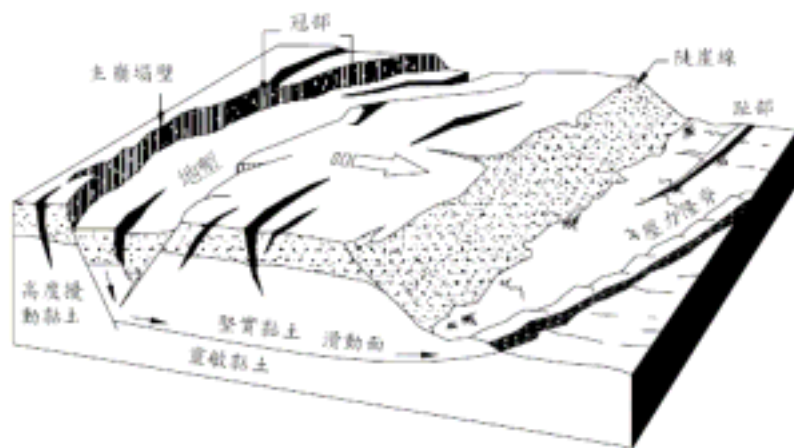


(c) 岩屑推移滑動

圖7-2 滑動型破壞示意圖



(d) 岩屑滑動

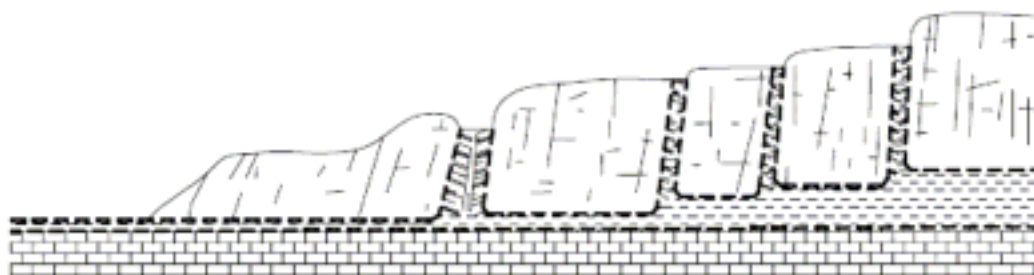


(e) 土體推移滑動

圖 7.2 滑動型破壞示意圖（續）

4.側滑

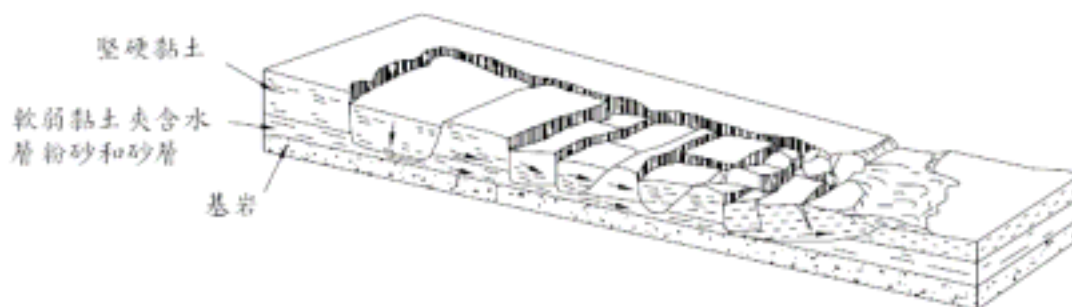
為土壤或岩體發生漸次逐步擴展之側向運動而導致崩塌破壞，如圖 7-3 所示。如發生於複合地層時，可能因下層粘土質材料吸水軟化或粉土石材料受振動液化或塑性流動等，而牽動上層土岩體產生斷裂下線或側移，且一般並無明顯之剪力破壞面或塑性流區。



(a) 岩石側移破壞型態之一



(b) 岩石側移破壞型態之二



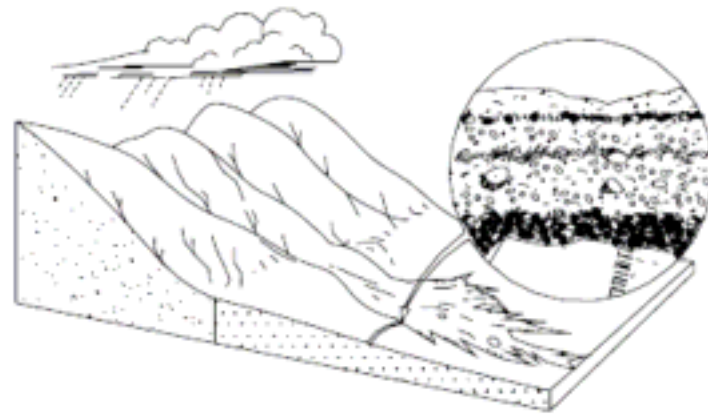
(c) 土層側移破壞型態

圖 7-3 側移破壞圖

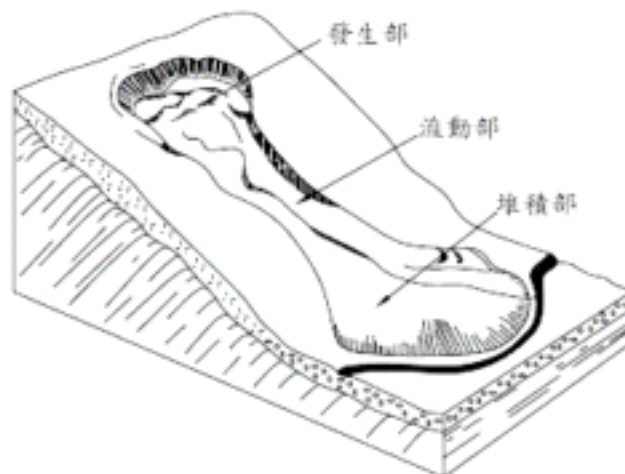
5. 流動

主要為鬆散土壤或岩體，無論含水狀態如何，當其破壞情形有如液體流動之破壞型態，如岩屑或土壤之流動破壞。其流動體與圍岩間有時有明顯之接觸面或僅唯一層可塑性之流動帶，其運動速度變化可由不易察覺之蠕動潛移到快速的岩屑崩流，如泥流、土流或土石流等。其中土石流係指土、石及水混合後，因重力作用集體運動之流體，為近年臺灣地區常見之災害類型，其研究已由相關單位

執行，因此流動型破壞之探討非為本計畫範疇，僅於此進行崩塌型態分類說明，後續不另進行相關發生機制與案例分析。



(a) 岩屑流（土石流）



(b) 緩土流

圖 7-4 流動破壞圖

7.1.2 潛勢分析相關作業方法

1. 相關研究分析方式

由過去的研究中判定危險度的方式相當多，經由整理後大致可由力學解析、潛感分析、風險評估等數種分析方法組成，主要用以探討

因子特性及因子與破壞間之關連性，其中以數學模式進行邊坡破壞可能性之基本界定，本計畫研究方向則著重於災害資料統計、資料分析。藉由資料統計、分析建置而得之基本資料庫與災損資料庫，配合道路邊坡崩塌破壞評估方法，建立一套適合分析臺 18 線沿線道路邊坡崩塌潛勢分級系統。

交通部(2004)^[12]，在山區道路邊坡崩塌防治工法最佳化研究中以彙整之多變量分析、模糊集法、類神經網路、層級分析程序法、評分法等評估方法，在比較完各個方法之適用性與及優缺點後，針對實務界之接受度較高的評分法訂定評估模式，進行評估。在彙整資料並針對邊坡資料點位之空間分佈特性後，開發建置臺灣本土山區道路專屬之邊坡管理系統，以供使用者進行查詢與相關之統計分析功能。

交通部(2003)^[13]，在臺灣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計畫中，利用圖層套疊法與複合條件機率法作為評估方法，將所觀察到的崩塌進行之分析及預測。並以多變量鑑別分析法、雙群體鑑別分析、複鑑別分析等評估防治工法效益，建置崩塌型態統一格式之編碼系統，利用此編碼系統將邊坡基本資料有系統的編制並搭配圖檔，使其可以涵蓋邊坡點、線、面的空間展示，讓分析更有效率。

陳信洲(2005)^[14]利用阿里山全區公路所紀錄之崩塌點，建立崩塌資料庫，再利用所建立之資料庫分析臺 18 線邊坡破壞潛勢。其利用的分析方法為多變量不安定指數法 (Multivariate Dangerous value method)、多變量區別分析 (Multivariate Discriminant Analysis)，以及羅吉特迴歸 (Logistic Regression) 等方法；分析崩塌資料庫後，發現以多變量不安定指數法分析所得之成功率較高。利用 3 種分析模式建立出崩塌潛勢分級，潛感高及較高者較易發生崩壞機率相對較高。

楊智堯(1999)^[15]以高雄縣楠梓區與岡山地區坡地作為研究區域，利用 GIS 地理資訊系統進行分析，並且建立相關研究區域邊坡破壞因子之資料庫，並以坡度、坡向、植生密度、岩層與坡面之位態關係、土地利用、岩盤種類、距斷層距離與距向斜距離等 8 個因

子做為分析崩塌潛感之影響因子；利用類神經網路與多變量分析進行研究區域崩塌潛感分析與影響因子權重之比較，各項因子中以土地利用對邊坡破壞影響最大，距斷層距離的影響最小。

張舜孔(2003)^[16]以阿里山地區公路之道路邊坡作為研究區域，將研究區域內邊坡監測資料及雨量監測資料彙整成邊坡資料庫及雨量資料庫。共採用之影響因子計有地層、坡度、坡向、坡高、坡型、風化土層厚、基岩基性、當日降雨量，以及前 7 天累積雨量等 9 項影響因子，並對集集地震前與地震後之因子權重改變情形進行探討。以倒傳遞類神經網路分析資料庫，建構出參數最佳化流程，並以均方根誤差值的大小作為最佳化的依據；在流程中決定參數順序，再將各項最佳化後之參數建構成最佳類神經網路架構，並以此分析架構進行環境影響因子評估。

陳凱榮(2000)^[17]以中部橫貫公路作為研究範圍，藉由潛感分析因子做區域性統計，成為岩石工程系統影響因子分級依據，得到所有調查邊坡的危險程度值，再利用落石危害度評分系統評估岩石工程系統於研究區的適用性。潛感分級方法為以地理資訊系統配合衛星影像擷取可能之山崩因子，其中包括斷層、褶皺、地震、降雨、坡向、坡度、侵蝕溝，由 SQL 功能界定出因子分級值。山崩潛感值則利用「不安定指數法」，藉由因子內評分與彼此間權重以加權線性組合方式作量化分級。

陳志豪(2001)^[18]以南橫公路啞口至新武段為研究區域，將在此路段中收集之現地調查資料作為分析資料庫，以不安定指數法、岩體不安定指數法、區別分析、類神經網路分析等 4 種分析方法分析現地資料，將分析所得之影響因子分為 6 項與 15 項進行潛感值分級，比較 4 種分析方法對研究區域分析之精確性，探討各個方法的適用性。

2.本研究分析方法

經由上述在本研究區域範圍之各邊坡穩定相關文獻可知，道路邊坡穩定評估主要由定性分析法及定量統計法兩大類所構成，如圖 7-5 所示；其中，定性分析是由專家學者依主觀經驗評判危險區域與

程度，又稱為專家評估法法（Leroi, 1996），並可分成野外地形分析與使用指數或參數圖兩種方法，兩法優缺點如表 7.3 所示，就一般現場調查崩塌易發生情況，對各崩塌因子作相對排序，並將各因子予以評分值。由於此類方法可以快速的評估一給定區域的危險程度，可適用於任何比例大小之區域，分析時不需要地理資訊系統的輔助，為一簡便之方法。

定量分析法則是利用統計分析方式計算各因子的評分、組合其權重或單一量的分級，此法提供了較為客觀的評分方式，且能忠實反應出各崩塌地的特徵。其中，該法主要包含統計分析、大地工程（Geotechnical Engineering）方法、類神經網路分析。其中，統計分析可分為二變量分析與多變量分析，大地工程方法包括定論分析（安全係數計算）與機率方法，由表 7.3 可得上述分析方法之優缺點。一般而言，定量分析法常會與地理資訊系統相互配合，主要因地理資訊系統以地理數學、地圖測量、電腦科學等科技，建立輔助決策的資料庫管理系統，對於不同來源的地理資料如：地圖、數值化地形、GPS 定位資料、遙測影像及資料庫文字圖片等具有高度的整合性，並可依資料特性進行空間資料的建立、存取、管理、分析、輸出及展示，對於大區域的研究範圍而言是一良好且功能強大的輔助工具。

其次，由於地理資訊系統在配合相關定量分析方法與技術上日臻成熟的地理資訊系統，儼然有助於增進處理大量空間資訊速率及資料分析結果準確性。不論是定性或定量分析方法乃以數學分析模式進行邊坡穩定分析與模擬為主，因此，本計畫將藉由地理資訊系統彙整出實際邊坡災害的基本資料並與定量分析中多變量不安定指數法相互配合（multivariate dangerous value method），由 GIS 統計出實際破壞相關資料，如崩塌量與里程之關係，或災害破壞次數與里程的關係，並建立分析所需之相關圖資，如里程樁資料、災損明細、邊坡基本資料及自然環境資料等，再搭配多變量不安定指數分析法，利用該法將崩塌圖層與各潛感因子互相疊合分析，所得崩塌潛感因子評分與權重，以疊加的方式得到不安定指數值完成臺 18 線沿線道路邊坡崩塌破壞潛勢分級（見圖 7-6）。

經由 GIS 建立之邊坡破壞統計、分析資料及道路邊破崩塌潛勢分級圖資匯出至 Microsoft Access 資料庫中，把所有資料統一管理存放，使得在未來研究中需要資料時可以從中取得，並可再從 Microsoft Access 輸出資料時直接轉換資料，轉成使用者所需之檔案格式，讓使用者可以減少許多繁雜的步驟，快速使用資料庫中的資料，以節省存取資料所需之時間。

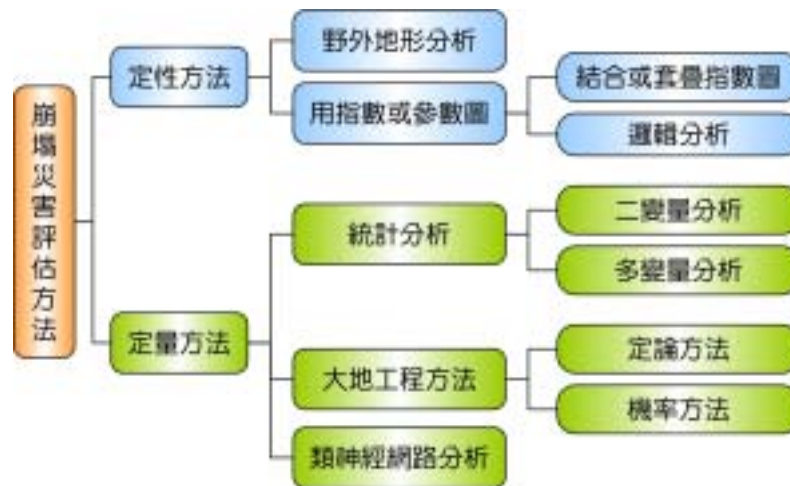


圖 7-5 崩塌災害分析法



（資料來源：本研究繪製）

圖 7-6 臺 18 線道路崩塌潛勢分析流程圖

表 7.3 各崩塌研究方法優缺點比較

方法	優點	缺點	比例			GIS 角色
			大	中	小	
野外地形 分析法	允許評估大量因子	1.全部使用主觀方法 2.使用隱晦不明之準則， 阻礙臨界分析結果	否	可	可	繪圖 工具
使用指數或 參數圖法	1.解決準則不明問題 2.步驟自動化 3.資料管理標準化	主觀給定各因子權重值	否	可	可	不同圖 層套疊
邏輯分析	1.可用於比較不同邊坡 2.數學上較為精確和完善	需要監測之資料，最好可 由裝置儀器用於慢至快的 山崩	否	否	可	—
統計分析 二變量與 多變量	1.客觀方法 2.步驟自動化 3.資料管理標準化	系統性收集與分析不同 因子資料較為繁雜	可	可	否	分析
定論分析 安全係數 計算	1.客觀觀點和方法 2.定量觀點 3.支持調查與測量詳細的 地質工程參數	1.對研究區域需有詳細的 認知 2.使用適當的地質工程模 式需要一定的經驗 3.未考慮各種不確定性	否	否	可	分析
機率方法	1.可考慮不同的不確定性 2.定量觀點 3.客觀觀點和方法 4.提供有別於定論分析之 觀點	1.需要廣泛的資料否則需 要主觀的結果 2.低程度危險和風險的機 率分佈值難以解釋	可	否	否	—
類神經網 路	1.客觀方法 2.對於問題不需要物理方 面的理論知識	當缺乏儀器資料時難以 驗證結果	否	可	可	—

(資料來源:Aleotti P. et.al, 1999)

7.2 災害潛勢統計分析結果

7.2.1 災損資料分析

以下將研究示範區主要分為省道臺 18 線 28K+000~84K+000 與臺 21 線 70K+000~150K+000 兩部份進行災害潛勢分析。臺 18 線部分，由於調查資料（崩塌資料與自然調查資料）較為完整，將所蒐集這些資料繪製成統計圖表，藉由資料間相互比較，分析此路段災變發生的可能性。臺 21 線部份，僅有全路段崩塌累積次數與崩塌量（包括清除經費）等調查資料，因此臺 21 線全線僅針對此兩者關係進行分析。

由於兩路段中各里程的邊坡崩塌調查資料較為完整，且各道路邊坡破壞有較詳細說明，因此將兩路段設定為研究示範區，利用各路段在歷次災害後調查之崩塌累積次數進行資料統計分析。

上述是以崩塌發生後調查出崩塌資料作為分析主軸，考慮歷年災害累積次數與災害相關資料，其中未考慮人為影響因子，乃是因人為因素屬外在因子且本身調查不易，其次統計種類分佈範圍較廣，完全整合不易，因此直接整合邊坡本身發生崩塌的次數與邊坡自然資料作為後續分析所需。

1.省道臺 18 線

圖 7-7 為臺 18 線全線所經路段之部分地質圖，其中包括臺 18 線整段路線圖與 A-A 剖面線，A-A 剖面線為臺 18 線公路起點與終點連線。觀察圖 7-7 中臺 18 線地質剖面圖，路線經過地層變化不大，大致上只有 4 個種類的地質層，高程由西向東逐漸升高，最高至阿里山山脈的塔塔加鞍部，此處乃為臺 18 線與臺 21 線之交界點。

再由圖 7-7 地質剖面圖中剖線所經過之地層，大致上把臺 18 線地層分成 5 個區段，由左至右分別為：

I：28K+500~36K+000；

II：36K+000~38K+000；

III：38K+000~45K+500；

IV：45K+500~60K+500；

V：60K+500~83K+500。

其中，區段 I 中包含了沖積層、階地堆積層、桂竹林層、卓蘭層、錦水頁岩及其相當地層，地層年代包含了上新世至現代的地層；區段 II 與區段 III 僅有南莊層及其相當地層，地層年代為中新世；區段 IV 中南莊層、桂竹林層及其相當地層，地層年代包含了上新世與中新世；區段 V 幾乎全部都是由南莊層構成，並無其他地層一起出現，其地層年代也是屬於中新世。

縱使由圖 7-7 中觀察到臺 18 線全線範圍地層構造簡單，但由於

各地層中構造成分相當接近，且地層多由細顆粒、粉質及塊狀砂質頁岩等岩體組成，屬於較易因降雨或是地下水位升高，使邊坡土體內的水分蓄積太多，而產生滑動的土壤。

再藉由圖 5-2 地形圖中，將研究區域分成崇山峻嶺區與丘陵、臺地及沖積平原區。在高山區中的海拔可以到達 1,000 公尺~1,800 公尺，在海拔高度 1,000 公尺之山頂有一平坦地形面，在此平坦面下河谷深邃，處處峭壁形成深達 200 公尺~400 公尺之峽谷，由此可見臺 18 線沿線高程與地形變化。臺 18 線公路地勢是由較低的沖積層，逐漸發展到地勢較高之阿里山山區，且山區路線是繞沿山脈逐漸延伸，所以某些路段會經過一些坡度較陡或是地形屬峭壁的道路邊坡，在這些路段的邊坡則較有可能發生崩塌災害，須加以注意。

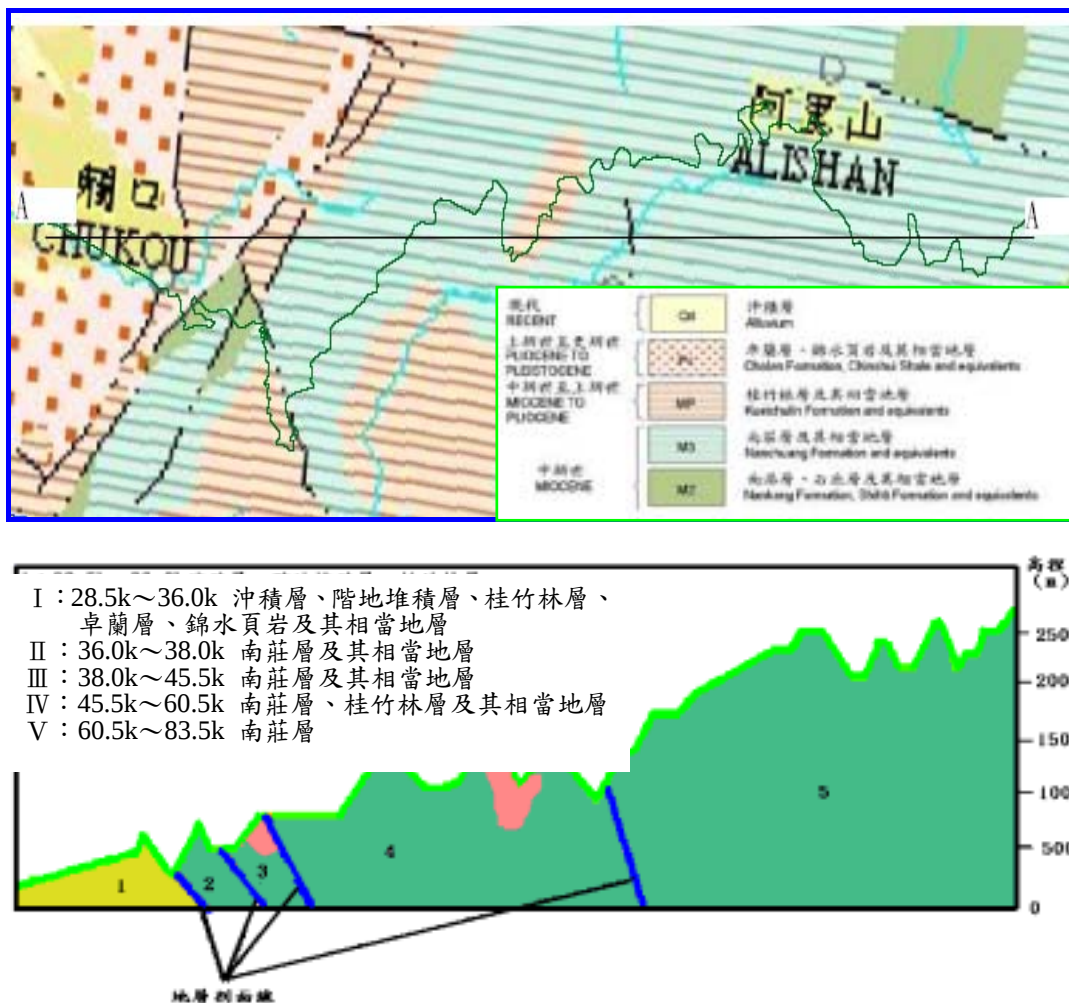


圖 7-7 臺 18 線地質圖與地質剖面圖（含路線與剖面線）

由表 7.4 全路段崩塌累積次數統計圖表得知，臺 18 線各里程在過去歷次天然災害時所產生的崩塌次數，表中以每 500 公尺為一計量單位。從中看出崩塌次數為 4 次以上作為崩塌敏感度之判斷，則該路段在一次發生崩塌機率較大。

表 7.4 臺 18 線崩塌累積次數分配表

里程	累積次數	里程	累積次數	里程	累積次數	里程	累積次數
28K+000	0	42K+000	0	56K+000	1	70K+000	11
28K+500	4	42K+500	1	56K+500	6	70K+500	7
29K+000	2	43K+000	3	57K+000	4	71K+000	0
29K+500	0	43K+500	2	57K+500	5	71K+500	2
30K+000	0	44K+000	1	58K+000	1	72K+000	0
30K+500	6	44K+500	0	58K+500	9	72K+500	1
31K+000	0	45K+000	3	59K+000	3	73K+000	5
31K+500	5	45K+500	4	59K+500	5	73K+500	5
32K+000	1	46K+000	2	60K+000	2	74K+000	0
32K+500	5	46K+500	2	60K+500	0	74K+500	1
33K+000	0	47K+000	1	61K+000	2	75K+000	0
33K+500	0	47K+500	0	61K+500	0	75K+500	2
34K+000	0	48K+000	1	62K+000	0	76K+000	1
34K+500	2	48K+500	0	62K+500	0	76K+500	3
35K+000	0	49K+000	0	63K+000	0	77K+000	1
35K+500	2	49K+500	2	63K+500	1	77K+500	2
36K+000	0	50K+000	1	64K+000	9	78K+000	6
36K+500	3	50K+500	6	64K+500	3	78K+500	3
37K+000	2	51K+000	0	65K+000	0	79K+000	7
37K+500	2	51K+500	0	65K+500	0	79K+500	5
38K+000	1	52K+000	1	66K+000	7	80K+000	3
38K+500	2	52K+500	1	66K+500	11	80K+500	0
39K+000	1	53K+000	1	67K+000	3	81K+000	1
39K+500	0	53K+500	4	67K+500	4	81K+500	0
40K+000	0	54K+000	2	68K+000	2	82K+000	1
40K+500	2	54K+500	1	68K+500	3	82K+500	1
41K+000	0	55K+000	8	69K+000	2	83K+000	2
41K+500	0	55K+500	2	69K+500	6	83K+500	1

觀察圖 7-8 區段 ~ 崩塌累積次數統計圖，在 28K+500、30K+500、31K+500、32K+500 及 45K+500 等路段崩塌次數均為 4 次以上，將崩塌累積次數對應至圖 7-9 區段 ~ 之崩塌量，各區段中的崩塌類型可分為新崩塌地，例如：32K+000、40K+500、43K+500；修復後僅產生小型崩塌，例如：30K+500、31K+500、32K+500、36K+500、43K+000；修復後仍然產生大型崩塌，例如：28K+500、43K+500。

圖 7-8 區段 ~ 中，崩塌累積次數最大有到達 11 次之多，此區段崩塌次數達 4 次以上的里程有 50K+500、53K+500、55K+000、56K+500、57K+000、57K+500、58K+500、59K+500、64K+000、66K+000、69K+500、70K+000、70K+500、73K+000、73K+500、78K+000、79K+000、79K+500。在此區段中的崩塌次數大於區段 ~ ，且發現在此區段中崩塌災害里程有延續之現象，例如：69K+500~70K+500。

由上述結果可知，若為新崩塌地，在破壞時往往產生較大型崩塌；若為舊有崩塌地，雖然一再的產生崩塌，但因修復工法而產生抑制作用，使得邊坡不再產生大型的崩塌破壞；但因修復工法不同也會產生例外，產生如此結果，主要因採用的工法不適於此類型崩塌地或因邊坡地質太過於鬆軟而導致。

若將圖 7-8 崩塌累積次數統計圖配合至圖 7-10 坡向分佈圖與圖 7-11 平均坡度統計圖中，更可以看出整個路段的崩塌地形與平均坡度的對應關係。圖 7-10 及圖 7-11 中，區段 ~ 崩塌坡向多是以東、西、北及西南居多，且區段 ~ 的高程為較低的臺地與丘陵，崩塌平均坡度以 37.5 度與 50 度的崩塌次數最多，崩塌破壞平均坡度較低；區段 ~ 位於臺 18 線高山區，崩塌坡向主要是以朝向西、西南、南及東南等崩塌次數最多，由於本區段高程較前一區段高，發生崩塌破壞的平均坡度較高，主要以 37.5 度~72.5 度間坡度發生的次數最多。針對以上各區段地形因子的調查及統計資料，大致可歸納出各區段發生崩塌破壞的敏感區域。

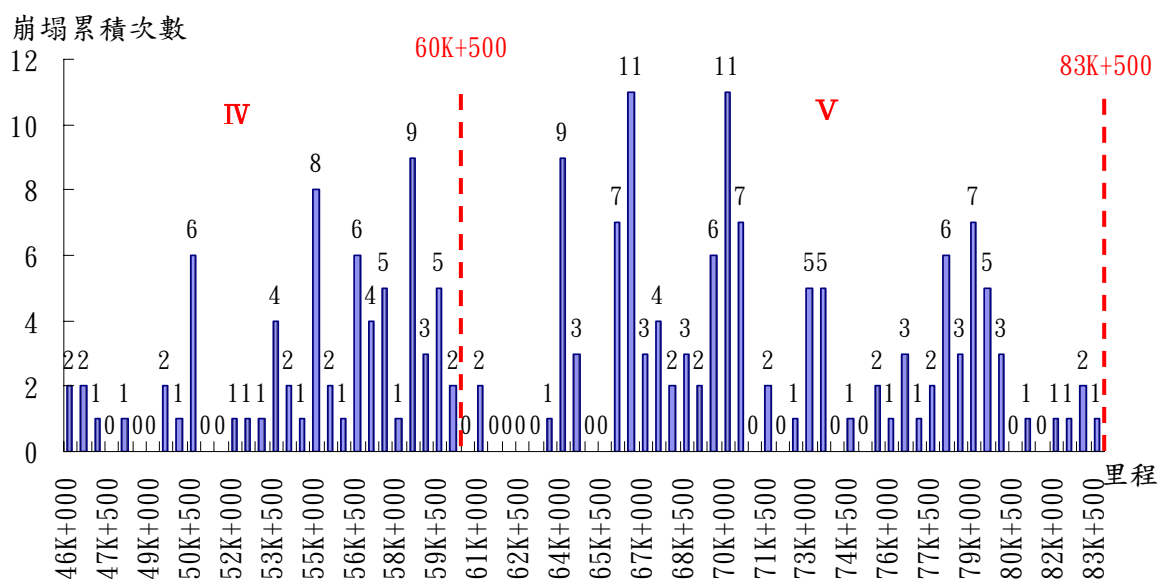
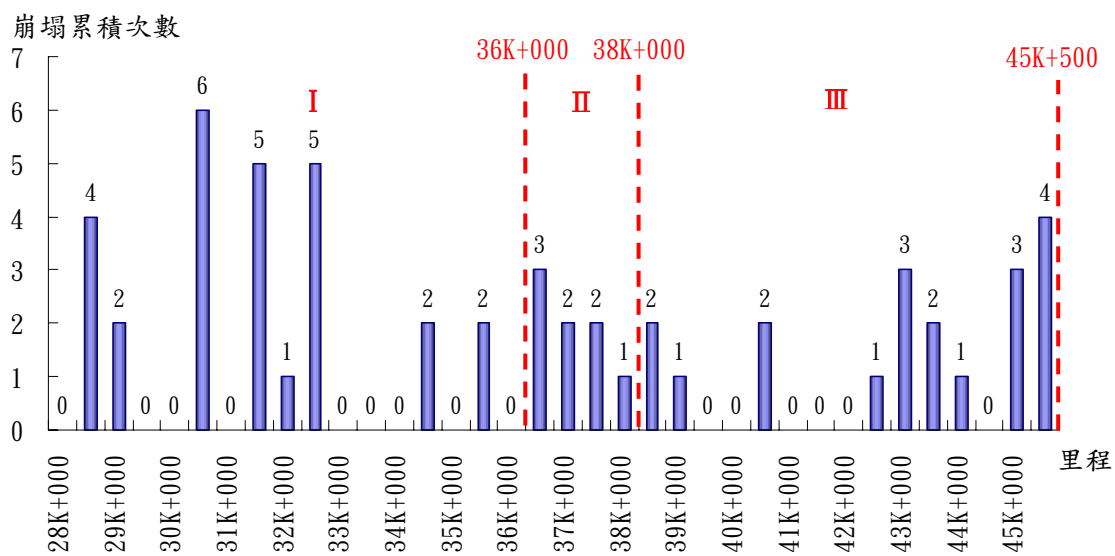


圖 7-8 臺 18 線（區段 I ~V）崩塌累積次數統計圖

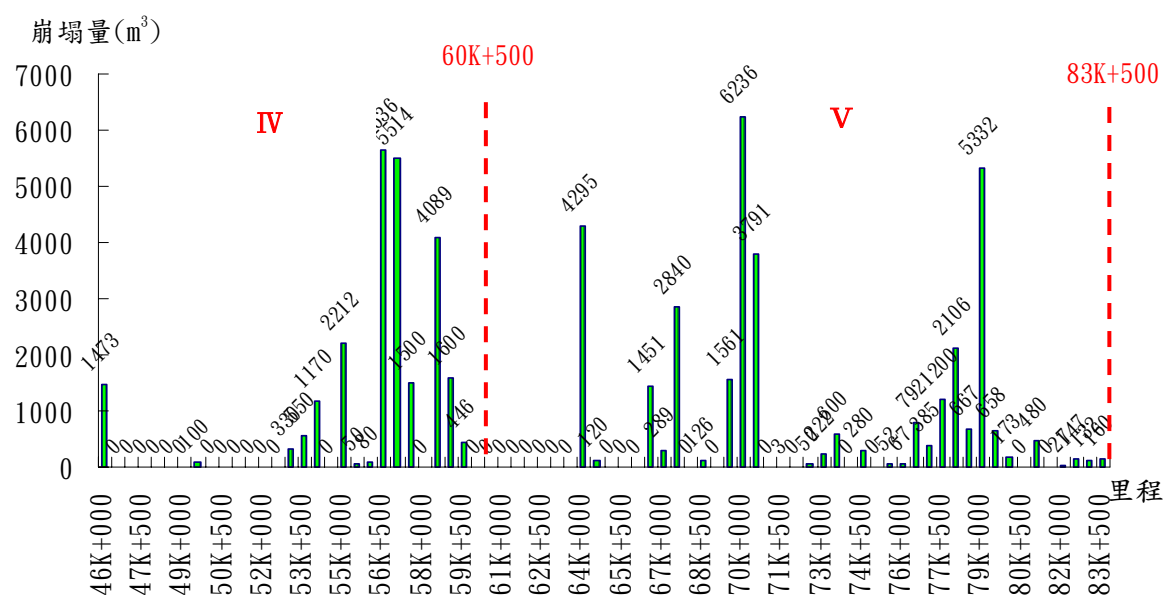
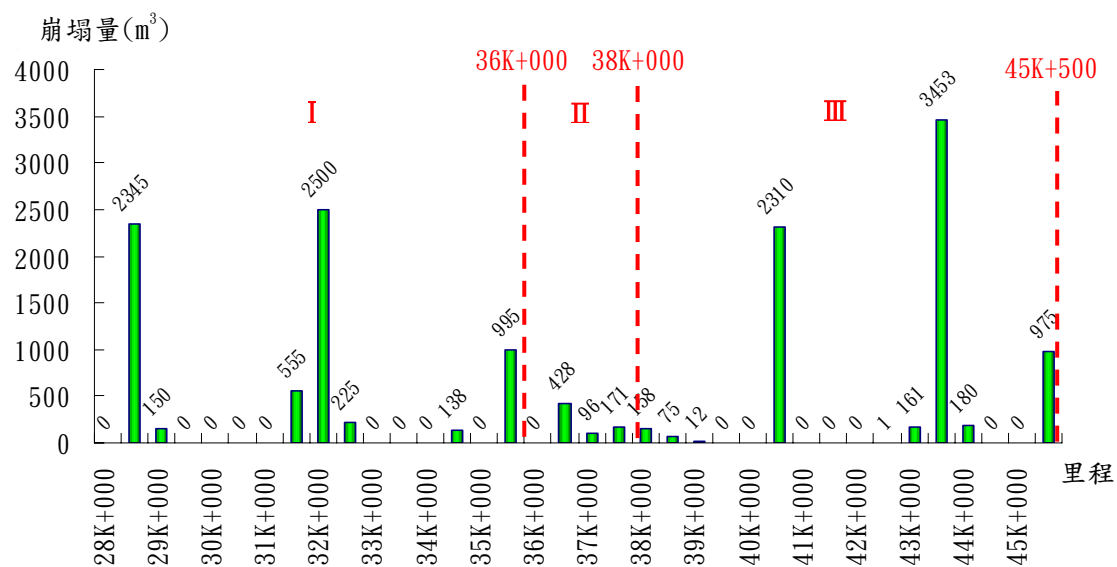


圖 7-9 臺 18 線（區段 I ~ V）崩塌量統計圖

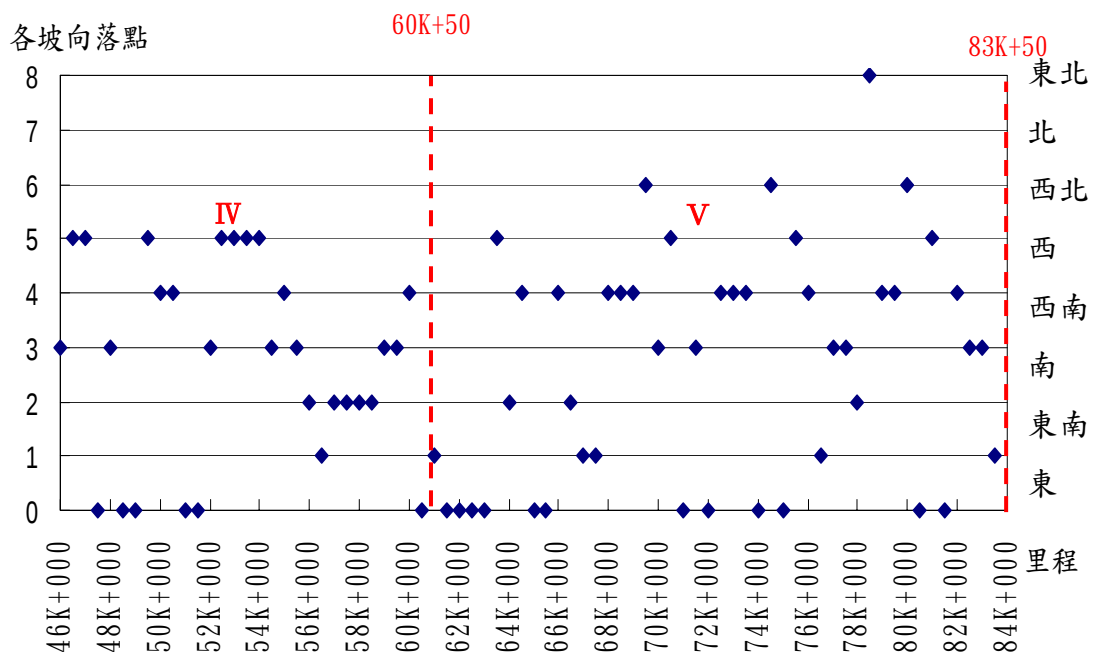
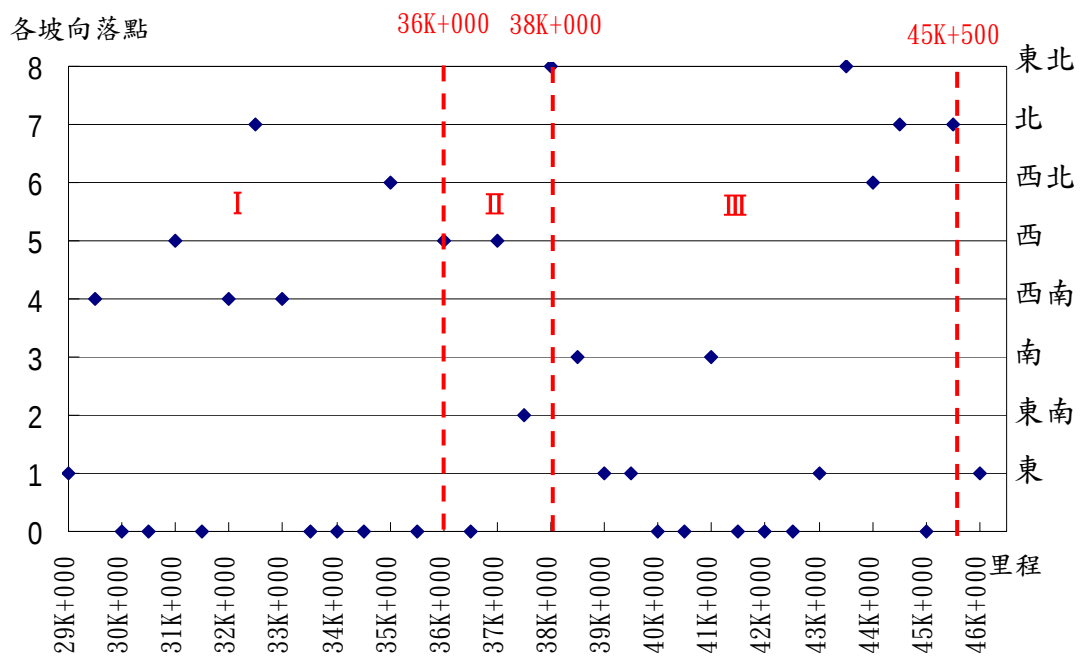


圖 7-10 臺 18 線（區段 I~V）里程坡向分佈圖

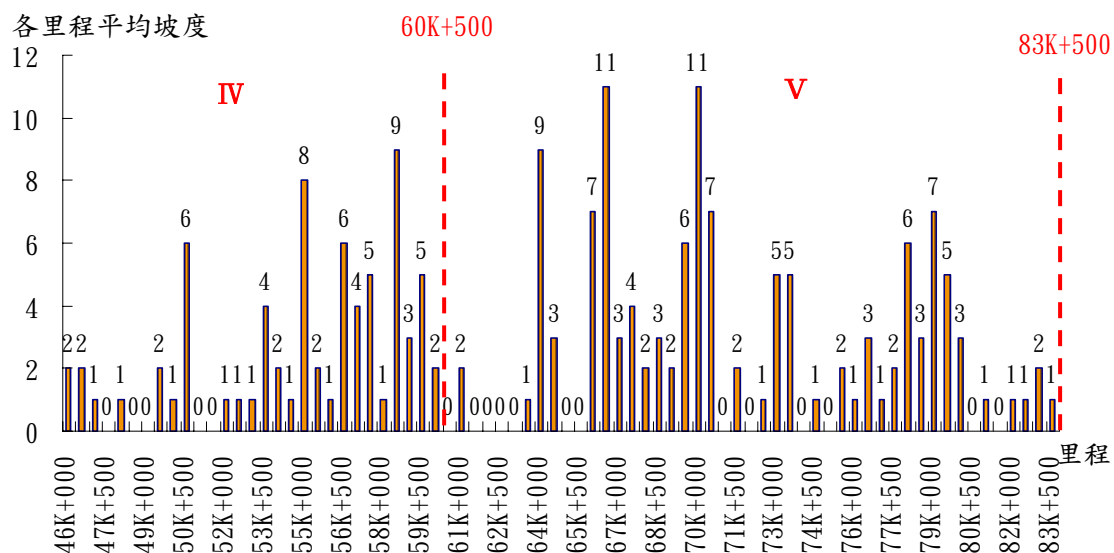
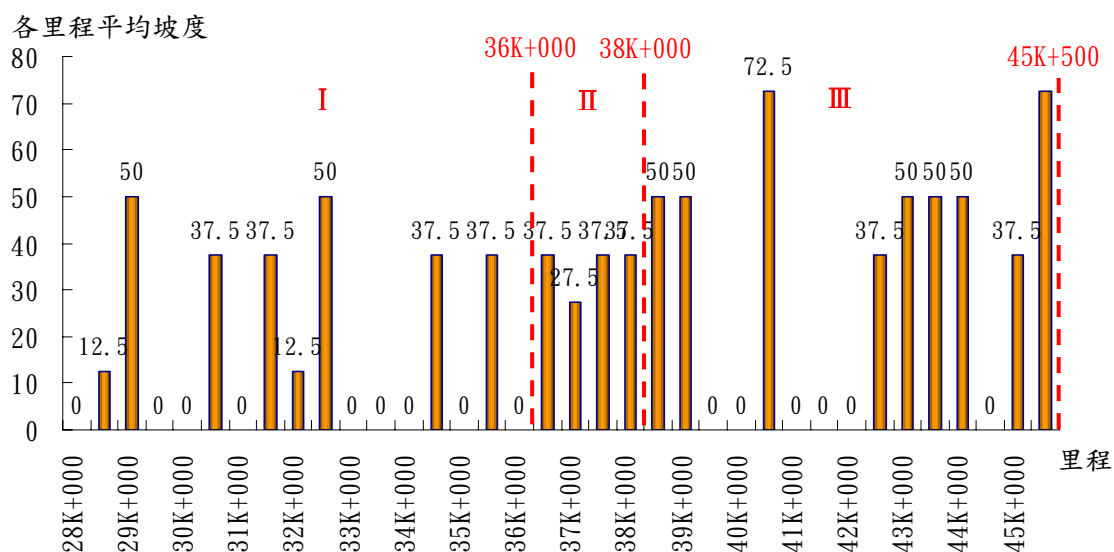


圖 7-11 臺 18 線（區段 I~V）里程平均坡度統計圖

針對臺 18 線歷年崩塌次數與崩塌量之統計數據，綜合崩塌邊坡的自然資料，可初步判斷在 30K+500、31K+500、32K+500、50K+500、53K+500、57K+000、57K+500、58K+500、59K+500、64K+000、66K+000、69K+500（圖 7-12）、70K+000、70K+500、73K+000、73K+500、78K+000、79K+000、及 79K+500 等可能為崩坍破壞之敏感區域。主要原因是該路段皆符合了上述所統計出之崩塌敏感條

件，包括崩塌累積次數、崩塌量、邊坡的坡向與邊坡平均坡度等條件。由此可知，在下一次天然災害發生前，勢必將針對這些里程點位提高崩塌破壞警戒，加強該點位間防範工作，避免因災害發生無有效預防措施，因而無法適時發出警訊，造成生命及財產損失。



（資料來源：阿里山工務段提供，2004 年 7 月）

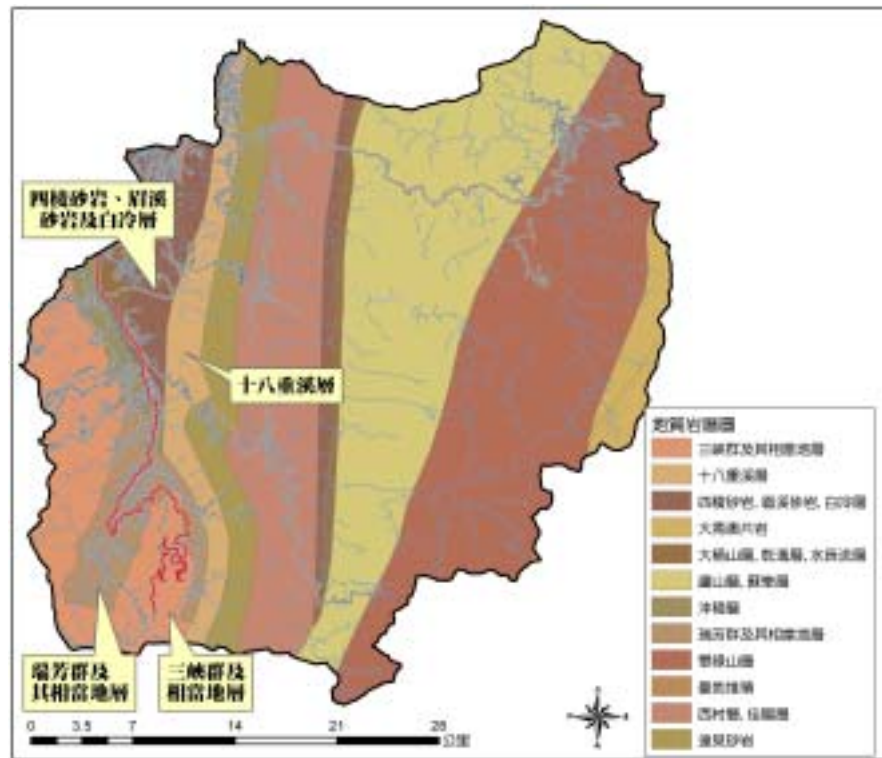
圖 7-12 臺 18 線 69K+700 崩塌情形

2.省道臺 21 線

省道臺 21 線（新中橫公路）位於玉山山脈與阿里山山脈間，圖 7-13 臺 21 線地質圖顯示，全線主要由沖積層、桂竹林層、南莊層、

南港層、石底層、階地堆積層及各個地層相當之地層所構成。其中，位於神木村東方，塔塔加鞍部北方，公路沿東埔山關建，路線所經地層為沉積岩區之南莊層及和社層，屬第三世紀中新世末變質沉積岩，以深灰色頁岩或砂頁岩石層為主，岩層破碎且節理發達，路段大部份為順向坡。

路線區域內主要溪流為陳有蘭溪，陳有蘭溪位於南投縣的東南方，為濁水溪之重要支流，主流發源於玉山北麓，匯集於該坡面及西方阿里山山脈東坡與郡大山脈之水朝西北流。此溪流在和社以下沿陳有蘭斷層發育，右岸以雪山山脈變質岩地層為主，左岸為中新世末變質之沉積岩地層，由於河流兩岸岩層經斷層作用，多褶皺斷裂，十分破碎，提供了豐富的土石材料來源，因此兩岸河階臺地與沖積扇發達，如郡坑、信義、愛國、新鄉、羅娜、久美、望鄉等地皆為河階臺地或沖積扇所構成。



(資料來源：本研究繪製)

圖 7-13 臺 21 線地質圖

表 7.5 為臺 21 線公路全路段崩塌累積次數分配表，本表以 500 公尺為一計量單位。由表 7.5 中可發現臺 21 線的沿線路段中，幾乎每一段都有發生過崩塌災害，其中有些路段崩塌累積次數相對較高，最高累積次數達 16 次（85K+000）之多。若以敏督利、艾利、瑪莎、海棠等 4 次颱風作為主要影響條件，幾乎每次颱風入侵即平均發生 4 次崩塌意外，發生機率相當高。

表 7.5 臺 21 線崩塌次數分配表

里程	災害次數	里程	災害次數	里程	災害次數	里程	災害次數	里程	災害次數
70K+500	3	86K+500	3	102K+500	2	118K+500	4	134K+500	0
71K+000	6	87K+000	1	103K+000	0	119K+000	8	135K+000	0
71K+500	8	87K+500	6	103K+500	4	119K+500	2	135K+500	2
72K+000	3	88K+000	1	104K+000	2	120K+000	2	136K+000	2
72K+500	0	88K+500	7	104K+500	4	120K+500	3	136K+500	6
73K+000	2	89K+000	5	105K+000	3	121K+000	7	137K+000	3
73K+500	7	89K+500	4	105K+500	5	121K+500	7	137K+500	4
74K+000	4	90K+000	1	106K+000	2	122K+000	2	138K+000	1
74K+500	7	90K+500	0	106K+500	1	122K+500	3	138K+500	4
75K+000	7	91K+000	4	107K+000	1	123K+000	1	139K+000	4
75K+500	7	91K+500	1	107K+500	11	123K+500	2	139K+500	2
76K+000	7	92K+000	2	108K+000	3	124K+000	0	140K+000	3
76K+500	3	92K+500	3	108K+500	4	124K+500	2	140K+500	0
77K+000	3	93K+000	3	109K+000	3	125K+000	3	141K+000	1
77K+500	3	93K+500	2	109K+500	6	125K+500	0	141K+500	1
78K+000	1	94K+000	2	110K+000	6	126K+000	3	142K+000	0
78K+500	0	94K+500	6	110K+500	4	126K+500	1	142K+500	2
79K+000	0	95K+000	11	111K+000	1	127K+000	10	143K+000	0
79K+500	1	95K+500	14	111K+500	3	127K+500	12	143K+500	3
80K+000	2	96K+000	4	112K+000	10	128K+000	11	144K+000	2
80K+500	3	96K+500	2	112K+500	0	128K+500	4	144K+500	1
81K+000	16	97K+000	2	113K+000	4	129K+000	4	145K+000	3
81K+500	8	97K+500	0	113K+500	10	129K+500	2	145K+500	4
82K+000	1	98K+000	2	114K+000	4	130K+000	4	146K+000	0
82K+500	6	98K+500	1	114K+500	12	130K+500	4	146K+500	0
83K+000	4	99K+000	3	115K+000	9	131K+000	1	147K+000	1
83K+500	6	99K+500	6	115K+500	10	131K+500	6	147K+500	2
84K+000	5	100K+000	7	116K+000	8	132K+000	2	148K+000	1
84K+500	4	100K+500	4	116K+500	3	132K+500	1	148K+500	1
85K+000	3	101K+000	3	117K+000	5	133K+000	0	149K+000	1
85K+500	7	101K+500	2	117K+500	5	133K+500	0	149K+500	0
86K+000	1	102K+000	3	118K+000	8	134K+000	1	150K+000	2

(資料來源:本研究整理)

以圖 7-14 崩塌累積次數統計圖進行颱風來臨時崩塌敏感區域判斷，敏感程度由高至低依序為 81K+000、94K+500、95K+000、112K+000(見圖 7-15)、113K+500(見圖 7-16)、114K+500、115K+500、127K+500、107K+500(見圖 7-17)、127K+000、128K+000 等，其中該區段崩塌累積次數皆達到 10 次以上，其餘路段累積崩塌次數達 6~8 次仍佔據一定比例。

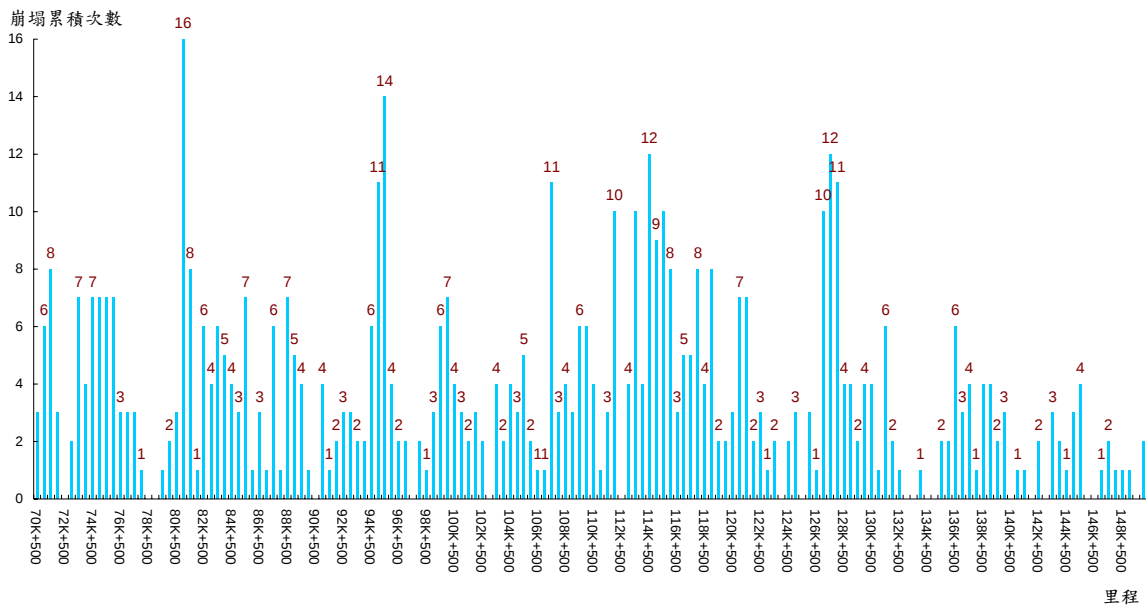


圖 7-14 臺 21 線全路段崩塌累積次數統計圖



(本研究拍攝，2005 年 3 月)

圖 7-15 松泉神和便橋塌陷處



(本研究拍攝，2005 年 3 月)

圖 7-16 臺 21 線 113K+500 上邊坡施工



(本研究拍攝，2005 年 3 月)

圖 7-17 臺 21 線 107K+500 崩塌照片

由表 7.5 中發現在路段 94K+500~97K+000 中，發生崩塌累積次數亦相對較多，平均有 6.5 次之多，其中 95K+500 就發生 14 次。將崩塌累積次數繪製成如圖 7-18 臺 21 線 94K+500~97K+000 里程與崩塌累積次數統計圖，發現 95K+000 與 95K+500 路段之崩塌次數最多，若對應圖 7-19 崩塌量與清除經費統計圖，雖然 95K+000 與

95K+500 崩塌累積次數較多，但崩塌量與 96K+000 路段比較，則相對減少，表示 95K+000 和 95K+500 二路段乃屬舊有崩塌地，因此該路段經過整修後仍會發生一定規模之崩塌破壞，且未因邊坡整修而使崩塌量減至最少甚至停止崩塌；而 96K+000 雖然崩塌的累積次數不多，但崩塌量相對於 95K+000 和 95K+500 為多，表示 96K+000 路段為新崩塌地，且將陸續發生較大型的崩塌破壞，整治時可將 96K+000 視為整治重點。

每當颱風來臨時，臺 21 線阿里山公路段經常降下超過 500mm，甚至是 1,000mm 的降雨量，然而陳有蘭溪又由許多小支流匯集而成，溪水水位因降雨量過多而暴漲，增加水流的流速與流量，使邊坡更加速遭受河水侵蝕，造成路基掏空或邊坡坍塌。當災害發生前，不僅對高敏感路段需多加注意，此外，對於曾經發生過 6~8 次的里程點也需注意，主要原因在於這些路段崩塌累積次數僅較低於高敏感路段，但未必表示在這些較低崩塌累積次數路段不會產生崩塌意外，其次，其中部分路段為新崩塌地，易產生大型的崩塌破壞。

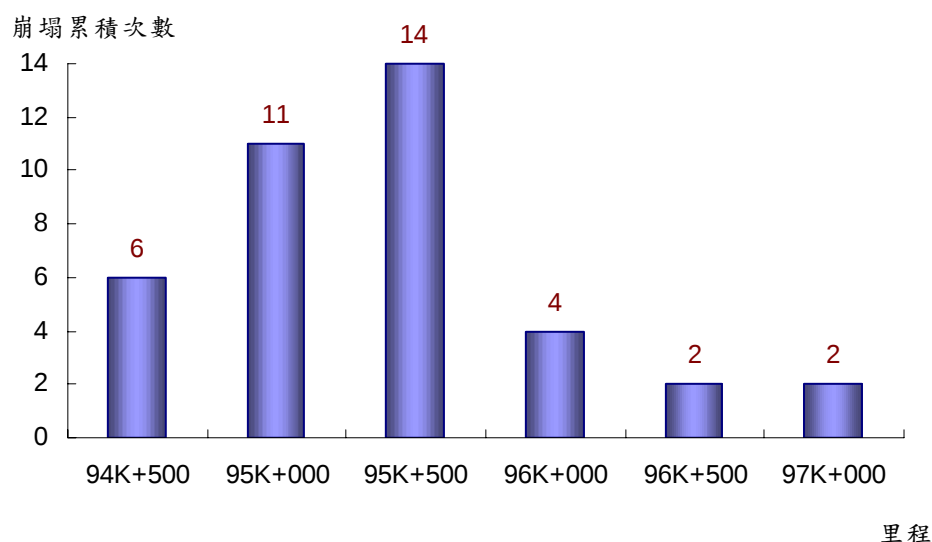


圖 7-18 臺 21 線 94K+500~97K+000 崩塌累積次數統計圖（二次災害）

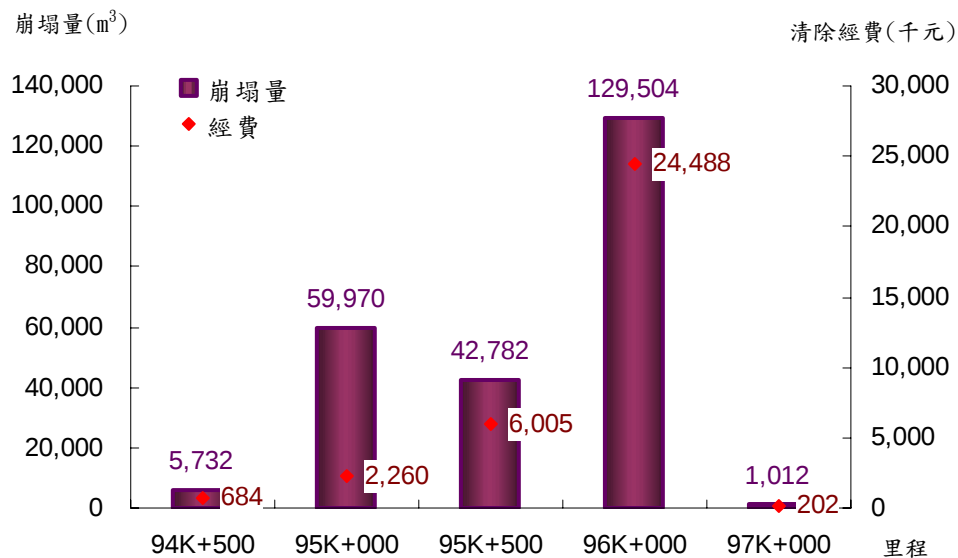


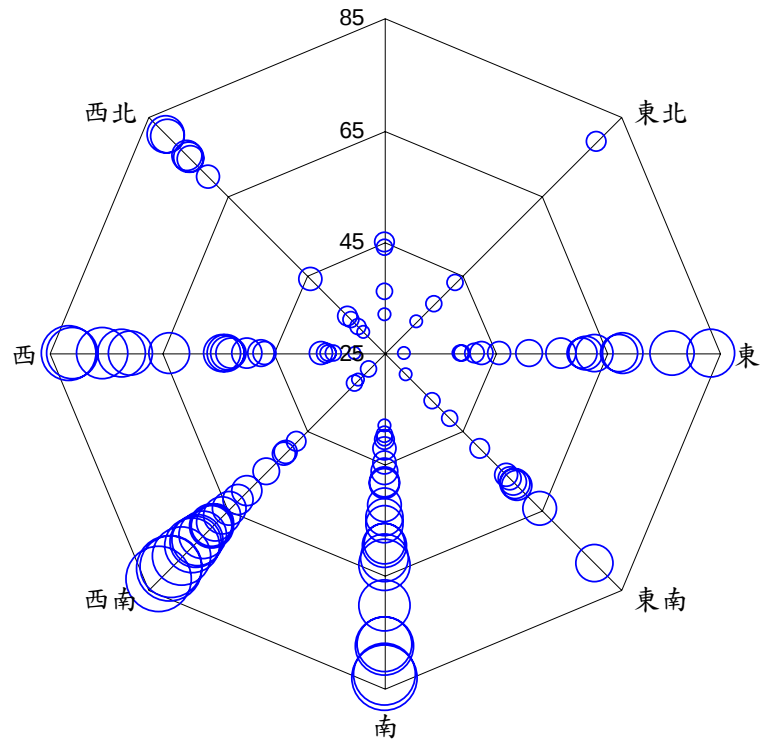
圖 7-19 臺 21 線 94K+500~97K+000 崩塌量與清除經費統計圖(二次災害)

7.2.2 環境因子分析

在環境因子分析部分，主要是由省道臺 18 線作為分析路線，從里程 28K+000 至 84K+000 整段為研究範圍。就邊坡自然因子調查部分，屬臺 18 線全路段調查資料最為完整及完善，因此選定臺 18 線作為分析路線。邊坡崩塌分析過程中，若僅考慮到歷年（或歷次）崩塌累積次數與里程的關係，縱使判斷出何處為崩塌敏感區，但因無考慮自然因子無法訂立出較精細的考量條件而使結果略顯粗糙，因此須藉助評估與分析各個環境因子的關係，使評估崩塌破壞標準更加準確。

1. 地形因子

圖 7-20 與圖 7-21 分別為邊坡之坡向散佈圖與崩塌次數統計圖，從圖中可以發現臺 18 線道路邊坡各個坡向均曾發生過崩塌破壞，且大多發生在散佈圖的下半部之中。由於臺 18 線道路呈現東西向，直接由圖 7-20 坡向與全路段里程繪製而成之散佈圖可知，崩塌次數以朝向西南邊及南邊。其次若對應到圖 7-21 中可以計算出崩塌次數多達 91 次；而朝向北邊的邊坡崩塌次數只有 19 次。由此可知，若道路邊坡坡向符合上述情形時需注意邊坡破壞之可能性。



各點僅代表各里程所對應之坡向

圖 7-20 坡向與臺 18 線各里程之散佈圖

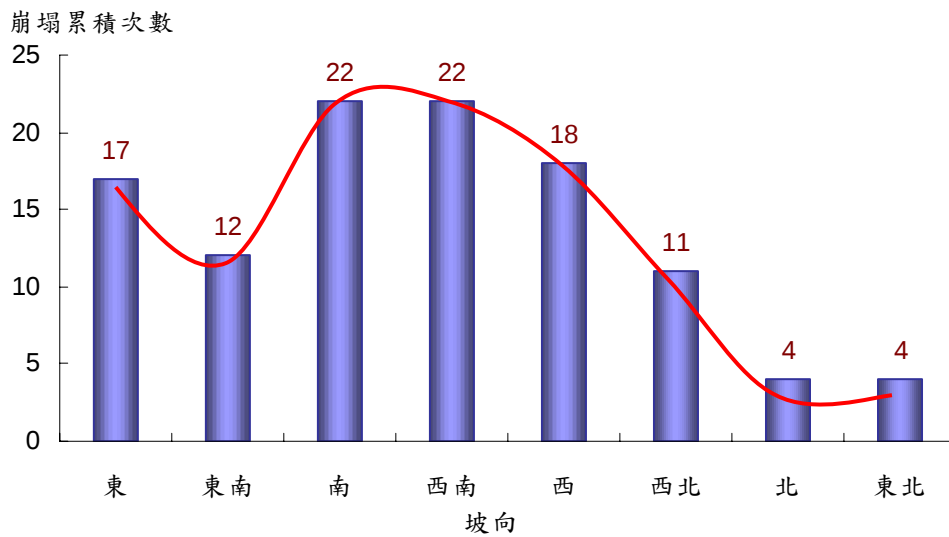
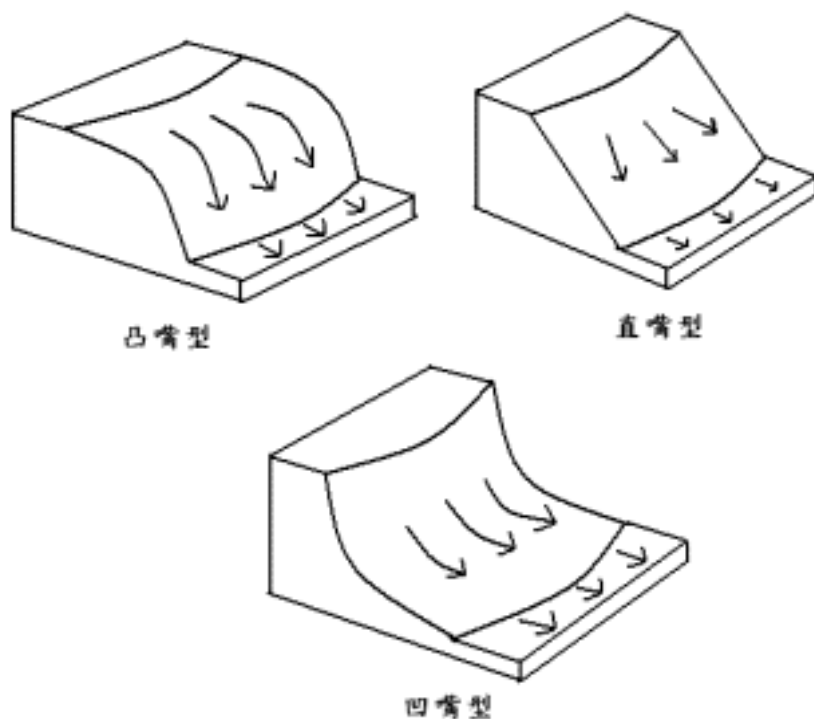


圖 7-21 坡向崩塌累積次數統計圖

在坡型方面主要分為凸嘴型、凹嘴型及直嘴型等，圖 7-22 為各坡型示意圖，而圖 7-23 統計圖中淡藍色長條圖為凸嘴型、紫色為直嘴型、綠色為凹嘴型。配合臺 18 線地質剖面圖中 5 個區域路段進行統計分析，在圖 7-23 發現此 5 個區域路段破壞坡型皆以直嘴型為主，特別是在 45K+500~60K+500 與 60K+500~83K+500 這兩路段更為顯著，崩塌次數分別是 17 次與 34 次，相較之下其他坡型崩壞次數則相對較小。其次再從圖 7-25 中將所有直嘴型坡型破壞次數進行累計，發現其次數達 72 次之多，佔崩塌次數比例高達 65.45%，遠遠超過其他兩種坡型所佔比例。因此，藉由邊坡坡型區分敏感度，仍然以直嘴型坡型最為敏感，其次為凹嘴型與凸嘴型之坡型。



(摘自王鑫，1998)

圖 7-22 各坡型之示意圖

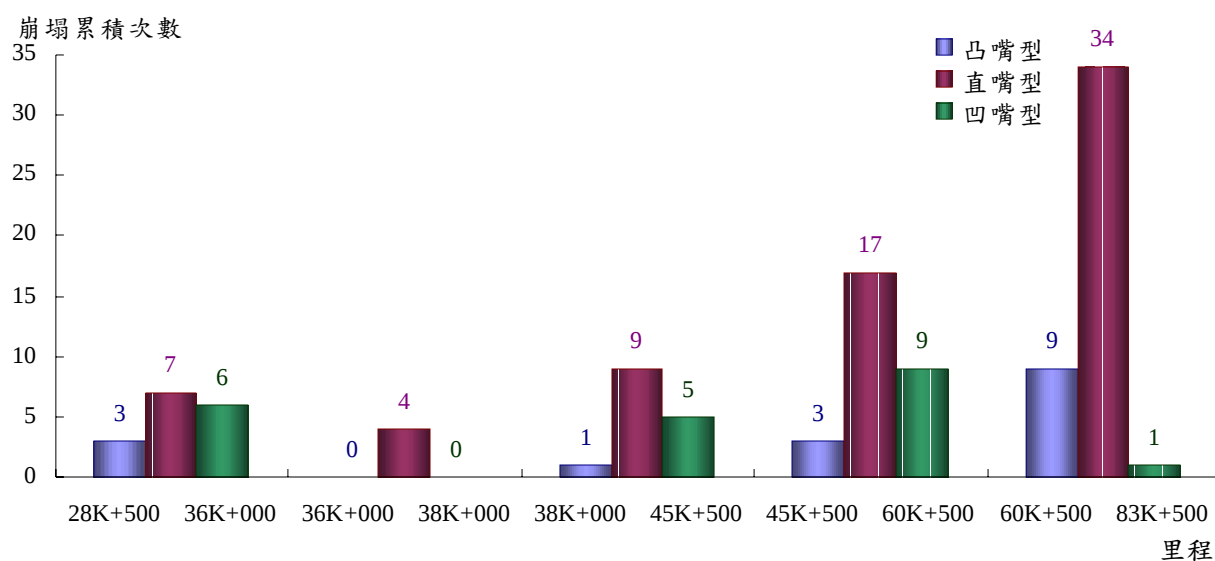


圖 7-23 各坡型與區段崩塌累積次數統計圖

在坡度研究方面，咨將坡度分為 5 組，分佈範圍由 0 度至 90 度。由圖 7-24 坡度崩塌累積次數統計圖中發現，坡度 30 度以上崩塌累積次數佔大多數，尤其以 30 度~45 度坡度崩塌累積次數最多，其次為 55 度以上，之後為 45 度~55 度。

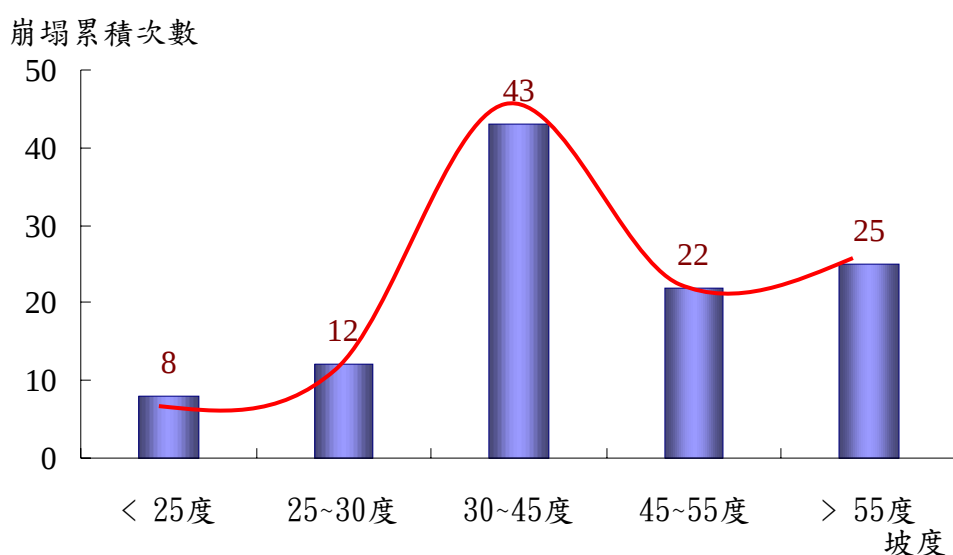


圖 7-24 坡度與崩塌累積次數統計圖

再由圖 7-25 坡度與坡型崩塌累積次數關係中可發現，各不同坡度邊坡其崩塌坡型仍然以直嘴型為主，特別在坡度大於 30 度後更加明顯，崩塌累積次數均多於其他坡型，坡度 30 度以上崩塌次數幾乎佔全部比例一半以上。由此可知，當道路邊坡坡度大於 30 度且坡型為直嘴型時，發生崩塌災害的機率遠較於其他情形為大。

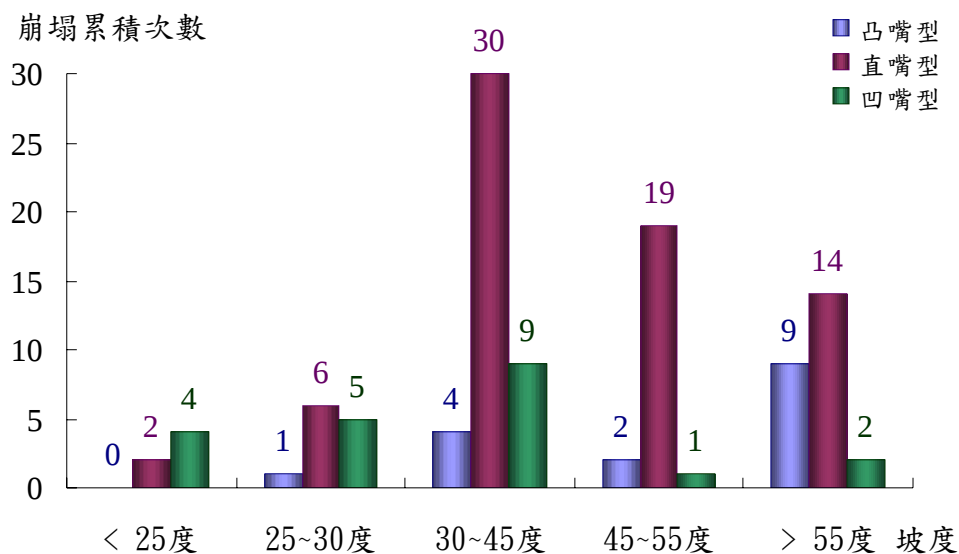


圖 7-25 坡度與各坡型崩塌累積次數統計圖

在圖 7-26 坡度與各坡向崩塌累積次數統計圖中，主要將坡向分為 8 個坡向，圖中藍色長條圖為東向、紫色為東南向、紅色為南向、綠色為西南向、橙色為西向、灰色為西北向、黃色為北向、咖啡色為東北向。

從圖 7-26 發現到坡度以 30 度~45 度中崩塌最多，且以南向崩塌累積次數最多，其次為東南、西南及西北。在 45 度~55 度與大於 55 度分組坡度中，皆以東、東南、南、西南及西等坡向為主要崩塌坡向。綜合上述結果再次驗證，當邊坡坡向為南向及西南向，坡度為大於 30 度的道路邊坡，其邊坡崩塌敏感度明顯較大，屬於容易發生崩塌災害之道路邊坡。

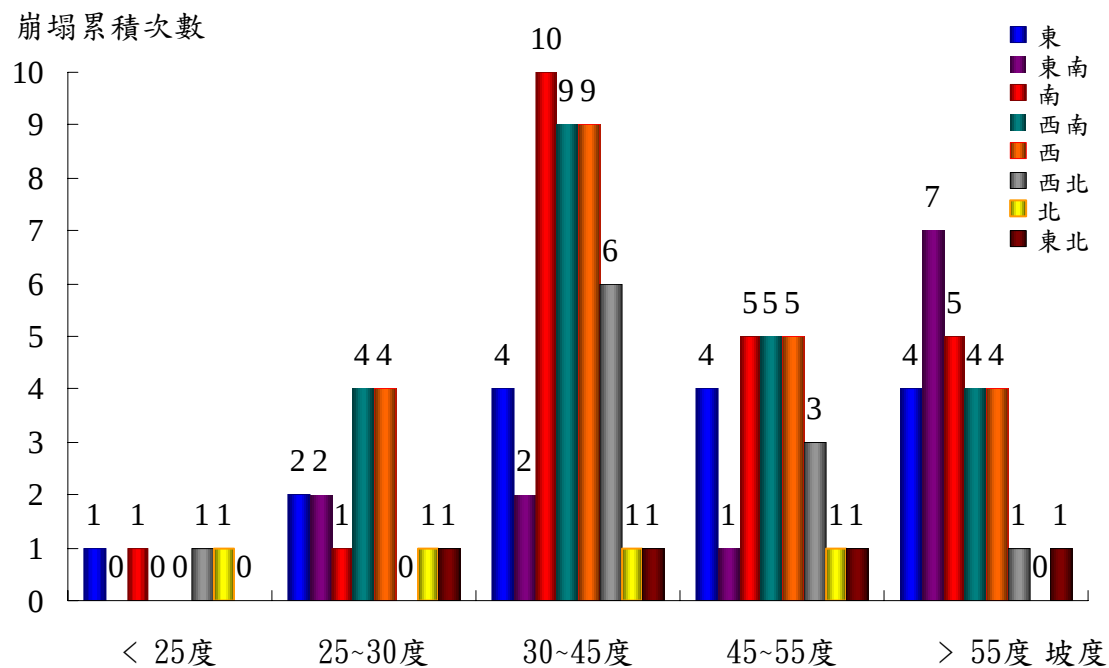


圖 7-26 坡度與各坡向崩塌累積次數統計圖

2.地質因子

圖 7-27 乃臺 18 線各里程地盤材料分佈圖中，在 30K+000~55K+000 路段崩壞位置之地盤材料以土壤為主，而在 55K+000~85K+000 路段中則是以岩石為主。圖 7-28 地盤材料崩塌累積次數統計圖亦顯示，土壤與岩石的崩壞次數相當，崩塌次數僅差 2 次，發生次數上並未產生太大差距，因此直接將路段分成 30K+000（五彎仔）~55K+000（新高口）與 55K+000（新高口）~85K+000（十字路站）兩區段，其地質材料分別以土壤與岩石作為邊坡崩塌敏感因子。

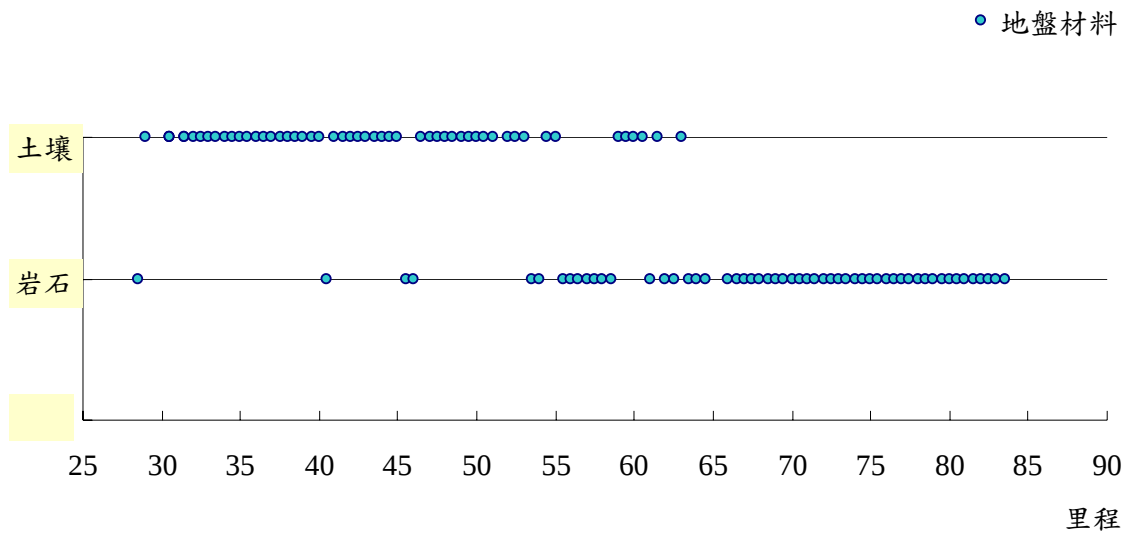


圖 7-27 地盤材料與臺 18 線各里程之分佈圖

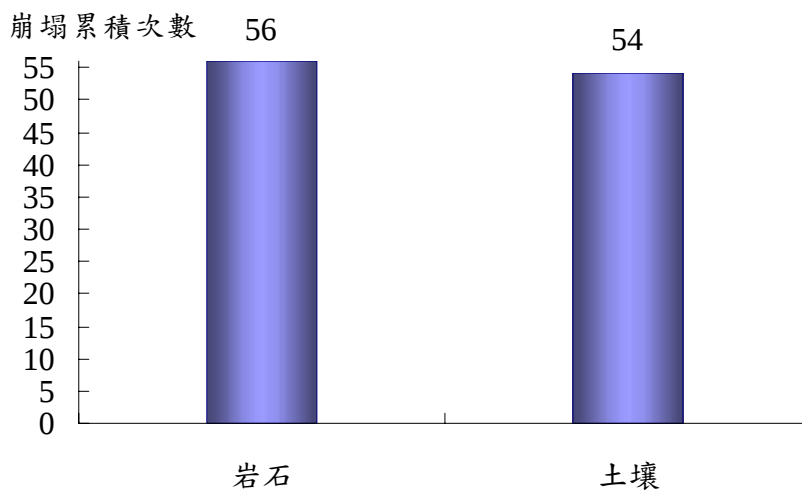


圖 7-28 各地盤材料崩塌累積次數統計圖

圖 7-29 為臺 18 線岩盤種類與各里程之分散佈圖中，圖中各點為各里程點的岩盤種類，岩盤種類分為火成岩、砂岩、崩積層、泥岩層或頁岩層、砂頁岩互層及填方區等 6 種。由圖 7-29 中發現里程數 30K+000（五彎仔）~55K+000（新高口）的岩盤種類多為崩積層，而在 55K+000（新高口）~85K+000（十字路站）的岩盤種類則屬於砂頁岩互層，針對上述結果臺 18 線可以直接以此兩種岩盤進行分

析，再者，觀察圖 7-30 各類岩盤種類與崩塌累積次數統計圖明顯看出，在岩盤種類中以崩積層與砂頁岩互層發生崩塌次數最多，二者各發生過 50 次的崩塌。由此可知，幾乎所有邊坡崩塌災害均發生位於此兩類岩盤上，就其它岩盤種類幾乎很少發生崩塌破壞。以發生崩塌的敏感度而言，里程數 30K+000（五彎仔）~55K+000（新高口）道路邊坡部分以崩積層的邊坡敏感度較大，而在里程數 55K+000（新高口）~85K+000（十字路站）道路邊坡部分就屬砂頁岩互層發生崩塌敏感度較大。

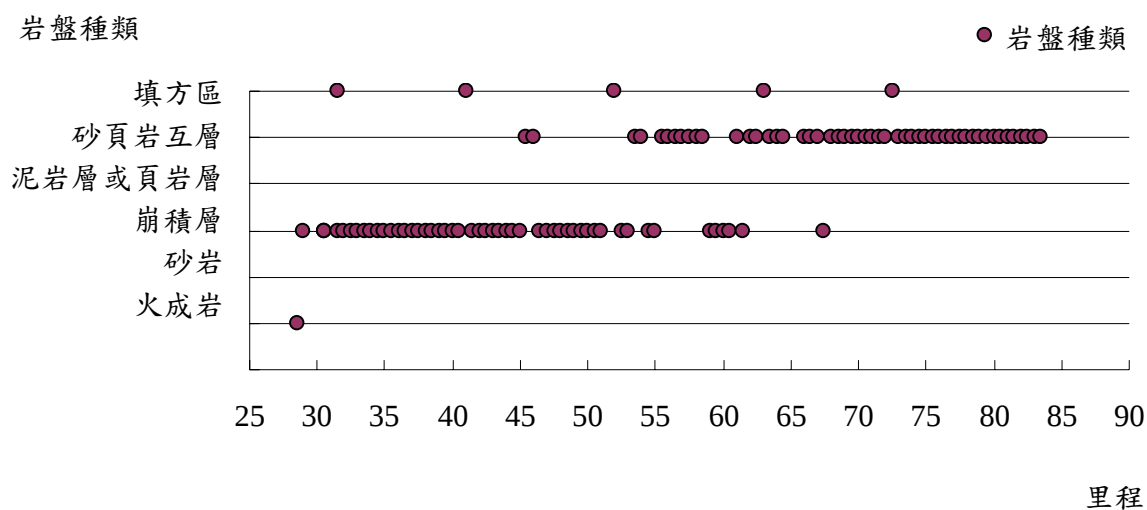


圖 7-29 岩盤種類與臺 18 線各里程之分佈圖

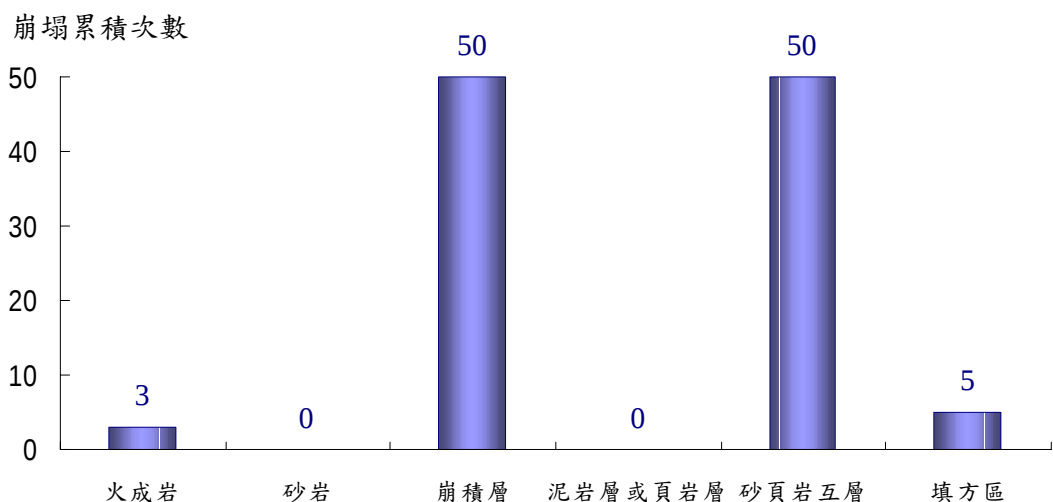


圖 7-30 各岩盤種類崩塌累積次數統計圖

另外，圖 7-31 崩積層崩塌模式發現當邊坡由崩積層構成時，崩塌模式主要以發生土壤旋轉滑動（淺層）為主，其他的崩塌模式則相對較少，僅發生過 2 次。圖 7-32 砂頁岩互層崩塌模式中，該岩盤崩塌模式則以平面滑動破壞為主，而其他崩塌類型則有岩石墜落與岩屑墜落等災害。但所佔比例明顯較少。

以上分析結果可知，儘管發生崩塌岩盤種類雖有不同，但崩塌發生在同一類型岩盤時，該類型岩盤其崩塌模式大致相同，並未產生其他崩塌類型。

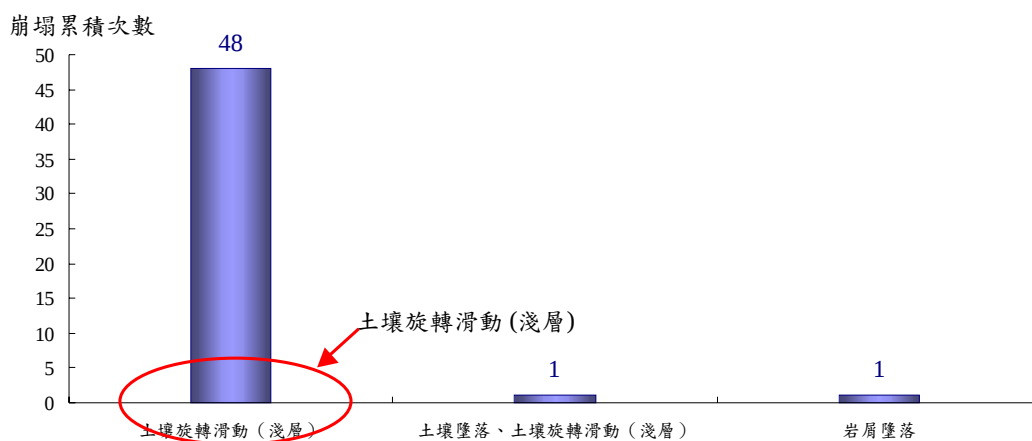


圖 7-31 崩積層崩塌模式

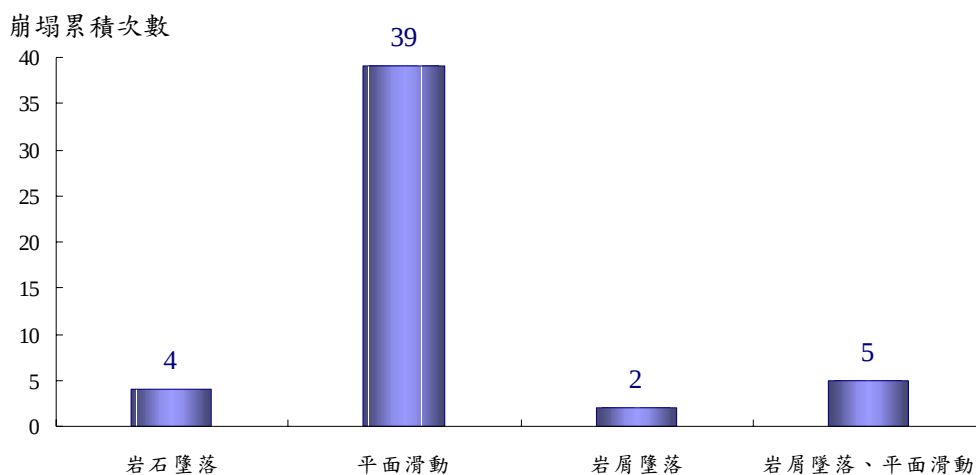


圖 7-32 砂頁岩互層崩塌模式

由於覆蓋層為地層中最上層土壤，以崩塌災害而言亦屬於最早也最容易遭受破壞的土層。由圖 7-33 各覆蓋層情形與崩塌累積次數統計圖中可以看出，該路段中崩壞里程覆蓋層大多數為風化土，崩塌累積次數高達 97 次，只有少數是由卵礫石或砂質土所構成，崩壞次數所佔比例相對減少。由此可知，臺 18 線沿線道路邊坡覆蓋層幾乎由風化土所構成，而此結果發生之原因，乃因風化土的堆積結構較鬆散，在地層中屬於較新的堆積層，易因雨水沖刷或其他外在因素而發生破壞。

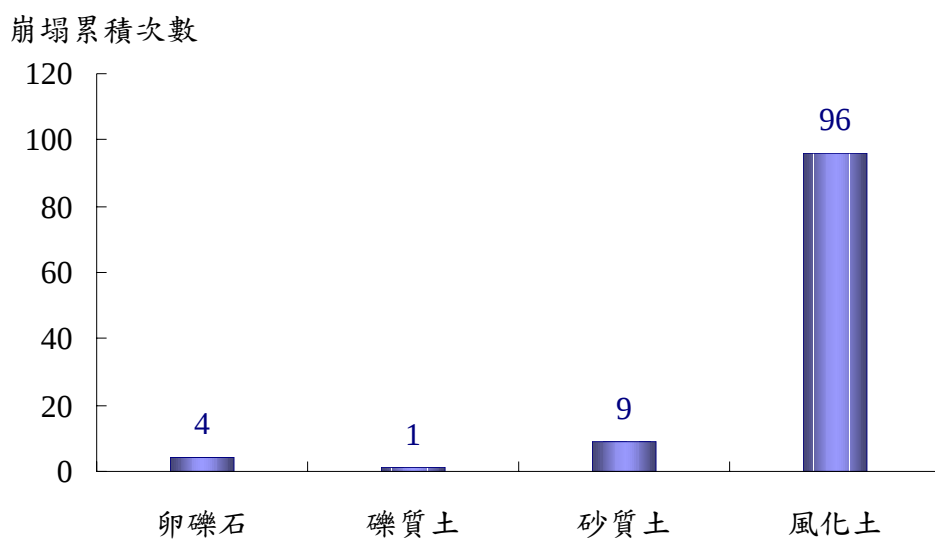


圖 7-33 各覆蓋層情形崩塌次數統計圖

3. 水文因子

觀察圖 7-34 的地下水滲流之崩塌累積次數統計圖得知，降雨時，坡地上較少地下水滲流時最易發生崩坍，然而在臺 18 線全段里程中大多數點位均有此現象，由此可推論土層在降雨時排水狀況不佳，滲透性較低，致使土層中孔隙水壓上升，有效應力降低，邊坡的承載力降低，而造成崩塌破壞。鑑於上述結果，當降雨發生時，利用排出之滲流水多寡表示土層內滲透性良窳，則有助於增加判斷邊坡是否達到崩塌破壞之預警功效。

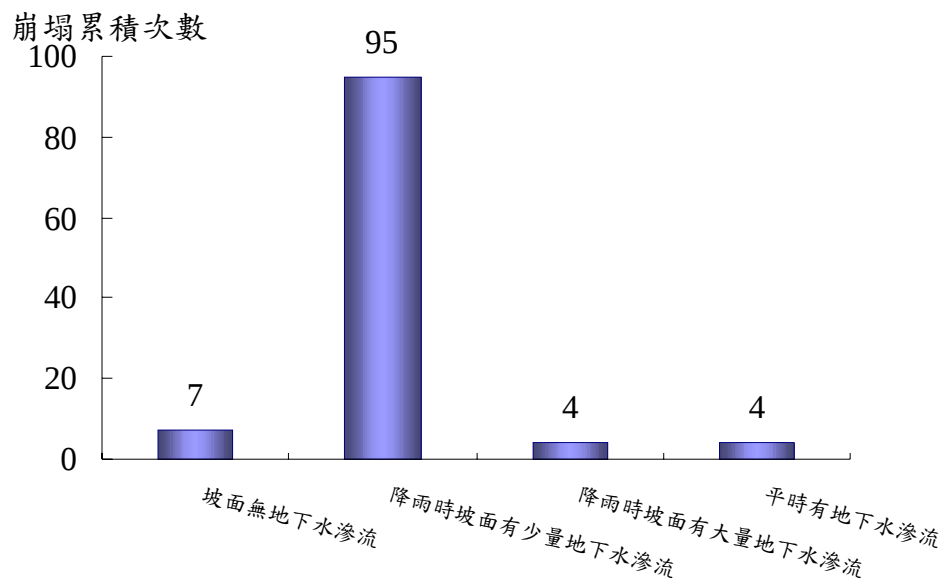


圖 7-34 地下水滲流崩塌次數統計圖

7.3 災害潛勢空間分析結果

由於臺灣各山區道路特有之自然環境、地質環境、水文特性、交通運輸、人文特性等種種因素反覆作用下，一再對山區道路邊坡穩定造成莫大影響，在諸多影響因素交互作用下，雖然崩塌破壞復發性極高，但欲精確預測出崩塌發生時間點實有所難；其次，國內道路主管單位歷年來對道路邊坡崩塌防治作業投入大量人力、物力，所累積經驗亦不在話下，且道路邊坡設計品質亦不遜色於國外。

此外，邊坡穩定機制決策上極為複雜，牽涉影響參數甚多，一般而言，不易找到可靠的物理模式進行模擬，進而採用抽象的非物理性模式進行探討；因此，近年來，歐、每、日等先進國家著手引進機率的概念進行邊坡崩塌破壞潛勢分析，因此，若能整合特定崩塌邊坡之災損案例並配合統計概念，建置一套適用於特定山區道路之預測模式，則可在第一時間判斷可能發生災害發生位置，更可有效提出相對防治對策，遏止災害蔓延，甚至可在災害發生短時間內訂定完善搶修方案，無形中降低社會與經濟成本。

有鑑於此，本研究團隊將依循過去省道臺 18 線阿里山公路為研究經驗，整合相關之邊坡崩塌案例研究成果，掌握崩塌路段基本特性，利用統計分析概念，配合地理資訊系統本身查詢面、系統架構及資料庫建置功能等功能，嘗試完成臺 18 線阿里山公路道路邊坡之崩塌潛勢分級，完成道路邊坡災損評估暨分級制度建立，並力求評估方式著重於簡易性、實用性與可行性。因此，以下將針對臺 18 線阿里山公路邊坡崩塌破壞潛勢分級相關過程進行說明。

1. 崩坍破壞影響因子選定

在過去研究中主要由野外的現地調查，選定幾項因子作為評估參考，並將各影響因子予以分級，配合相關定量統計分析方法將種種因子間關係及對邊坡破壞之重要程度賦予不同權重，最後再將各影響因子加以組合，最後得到山崩潛感分析相關準則。

其中若將邊坡崩塌破壞影響因子綜合歸納並加以分類，大致可分為三類：(1)基本因子；(2)被動因子；(3)誘發因子。其中被動因子主要屬於人為影響因子，在本計畫各資料庫統計過程中並未涉及至此一部份，因此在影響因子選定過程中並未加以考慮；另外，誘發因子一般在邊坡崩塌機率預測中廣泛使用，但在進行邊坡崩塌潛勢分析時，其代表性較不明顯，因此在影響因子選定過程中亦未加以考量。

本計畫將著手針對影響邊坡崩塌破壞基本因子進行選取，因此，研究團隊利用先前統計、分析基本資料庫及災損資料庫並彙整相關分析結果，將臺 18 線阿里山公路段中選用坡度、坡向、坡型、地盤材料種類及地下滲水情形等 5 種基本因子作為崩塌破壞影響因子，各崩塌影響因子範圍主要仰賴於分析結果。另外，在尚未考量之因子部分，未來可視其變動性及重要性，加以考慮是否再加入潛勢分析中，藉以增加資料準確性。以下將針對各個崩塌破壞影響因子進行分類說明：

在坡度方面主要分為 5 類，坡度<250、250~300、300~450、450~550 及>550；坡向方面分為北、東北、東、東南、南、西南、

西及西北等八個範圍。坡型則是選用凸嘴型、直嘴型及凹嘴型等三種類型作為影響因子的選用。地盤材料種類回顧臺 18 線阿里山公路邊坡崩塌基本資料中，可分為填方區、砂頁岩互層、泥岩層或頁岩層、崩積層、砂岩及火成岩等六種不同類型之地盤材料。邊坡本身地下水滲流情形對崩塌發生難易度上具有相對代表性，因此，根據災損資料分析結果分為坡面無地下滲水、降雨時坡面少有地下滲水、降雨時坡面具有大量地下滲水及平時具有地下滲水等四種類別。經由上述說明，在本計畫中主要選取 5 種變動性較小的基本崩塌影響因子作為崩塌潛勢分級依據。

2.崩塌影響因子權重賦予及不安定指數計算

在完成設定分析區域內之影響因子後，需賦予適當之權重分數，藉以增加其劃分路段潛勢分級之正確性及實用性。本計畫在針對崩塌影響因子權重計算上便選用定量分析法中不安定指數法做為代表。由於不安定指數法為一定量的統計方法，主要藉由崩塌圖層與各項因子間相互疊和分析，得到崩塌影響因子評分，繼而決定崩塌影響因子權重；最後，再利用疊加方式得到不安定指數值，該法曾由李錫堤(1998)、陳凱榮(2000)、陳志豪(2002)、林美聆(2004)等人進行山崩、土石流甚至在道路邊坡崩塌中建立相關評估模式，並獲得不錯結果。本研究計畫所採用不安定指數法決定各因子間評分、權重及疊加方式簡介如下。

(1)崩塌影響因子評分方式是以崩壞網格密度的方式進行給分。崩壞網格密度定義如下：

$$\text{崩壞網格密度} = (\text{崩塌網格數} / \text{分析區域總網格數}) \times 100\%$$

在單一因子中，不同分級項目依崩壞網格密度應給予正規化，將各分級項目分別給予 1~10 分。分級項目正規化方式如下：

$$D = \left[\frac{9(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})} \right] + 1$$

其中， D 為崩塌影響因子評分， X_i 代表目前分級項目崩壞網

格密度， X_{max} 及 X_{min} 分別代表目前分級項目崩壞網格最大密度及最小密度。

- (2) 崩塌影響因子權重計算部分則是由各崩塌影響因子各分級項目彼此間變異係數加以決定，利用該因子的變異係數與各項因子的變異係數累加比值加以決定；變異係數及權重定義如下：

$$V = \left(\frac{\sigma}{X_{avg}} \right) \times 100\%$$
$$W_i = \frac{V_i}{(V_1 + V_2 + \dots + V_n)}$$

其中 σ 為標準偏差， X_{avg} 為平均值， V_i 代表第 i 個因子的變異係數， W_i 代表第 i 個因子的權重值，其範圍介於 0 至 1 之間且全部影響因子總和為 1。

- (3) 本研究計畫經蒐集敏督利颱風（2004）～海棠颱風（2005）期間，臺 18 線阿里山公路段所發生的 375 次邊坡道路崩塌事件並與臺 18 線阿里山公路段基本資料庫⁵中每 500 公尺里程自然因子資料相互比對，配合空間分析作業，得到如圖 7-35 臺 18 線阿里山公路道路邊坡分析網格示意圖，並由不安定指數法中統計概念計算在此過程中，各崩塌影響因子於邊坡崩塌行為中所佔權重，分析結果如下所示。

⁵ 資料來源：國立臺灣科技大學營建工程系廖洪鈞教授提供臺 18 線沿線基本自然環境資料（103 筆）與歷次災損資料（374 筆），供本研究進行不安定指數潛勢分析作業。

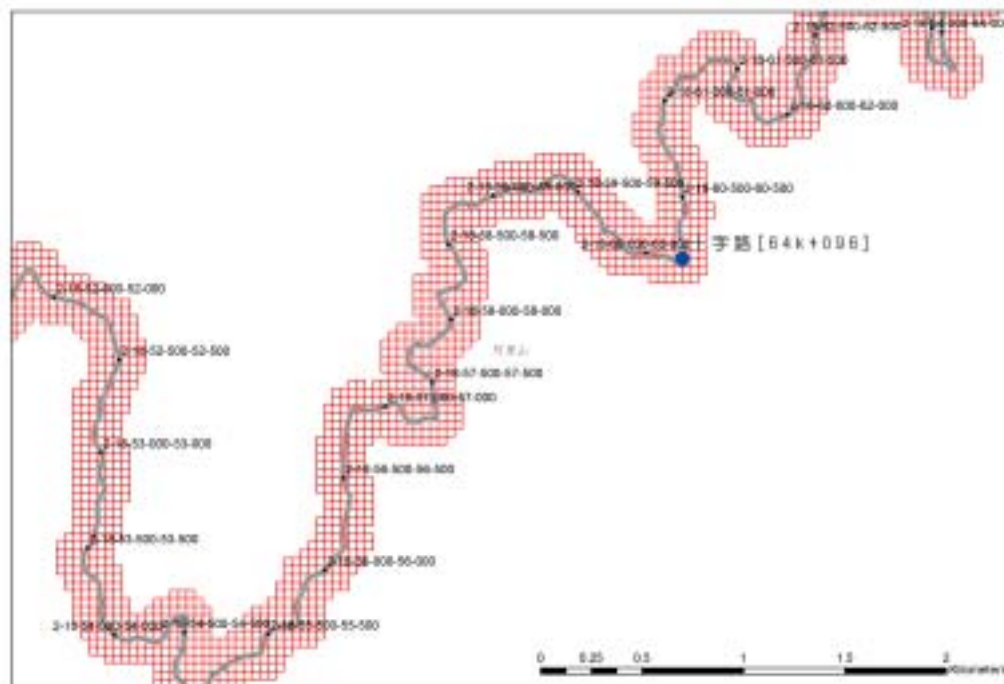


圖 7-35 臺 18 線阿里山公路道路邊坡分析網格示意圖

a.坡度：由表 7.6 坡度因子評分與權重中可看出，道路邊坡基本上具有隨坡度增加，崩壞機率明顯稱加趨勢；另外，由於變異係數較大，亦說明由坡度因子各分類等級，可清楚判斷不同等級坡度對道路邊坡安定與否，在影響程度將看出其差別性。其次，權重部分亦佔居 5 種崩塌影響因子中第一位，代表坡度在影響整體邊坡穩定上具有極大影響程度。由上述條件說明可知，隨坡度增加其道路邊坡崩塌趨勢更趨於明顯。

表 7.6 坡度因子評分與權重

分 級	網格總數	崩壞個數	崩壞百分比	評 分
<25	6	1	16.667	3.700
25~30	12	0	0.000	1.000
30~45	46	13	28.261	5.578
45~55	30	9	30.000	5.860
>55	27	15	55.556	10.000

(註：*變異係數：78.00809 **權重：0.394)

b.坡向：藉由

表 7.7 坡向因子評分與權重結果說明，在臺 18 線阿里山公路，雖然坡向朝西及西南向發生崩塌次數最多，但相較於其他坡向，在崩壞百分比中兩者卻不如此明顯，而以坡向朝東北最為突出，若觀察其位置，發現該崩塌地區恰位於道路彎折處，因而造成崩塌明顯產生。另外，由於本因子變異係數及權重與坡度因子結果相距不大，若以此作為邊坡崩塌破壞評判因子，在破壞預測上可達到良好成效。

表 7.7 坡向因子評分與權重

分 級	網格總數	崩壞個數	崩壞百分比	評 分
東	15	4	26.667	2.703
西	23	8	34.783	3.928
南	20	7	35.000	3.961
北	5	1	20.000	1.697
東南	13	6	46.154	5.645
東北	4	3	75.000	10.000
西南	28	7	25.000	2.452
西北	13	2	15.385	1.000

(註：*變異係數：54.42011 **權重：0.275)

c.坡型：在表 7.8 坡型因子評分與權重中，由於各坡型於崩壞百分比中結果大致相同，各分類造成崩塌機率大致相同，導致變異係數結果相對較小，在邊坡崩塌破壞過程中屬於非主要破壞因子，因此，各因子中分類無法有效決定出崩塌機率較高地區。

表 7.8 坡型因子評分與權重

分 級	網格總數	崩壞個數	崩壞百分比	評 分
凸嘴型	23	7	30.435	7.524
直嘴型	73	24	32.877	10.000
凹嘴型	25	6	24.000	1.000

(註:*變異係數:15.756 **權重:0.080)

d.地盤材料種類：若參照表 7.8 及表 7.9 發現，雖然崩積層及砂頁岩互層兩種分屬不同屬性岩層，但在崩塌次數上兩者差異並不明顯，崩壞百分比亦不明顯，造成變異係數及權重上與坡型因子相差不大，造成崩塌機率較高地區於預測上趨勢將不較明顯。

表 7.9 地盤材料因子評分與權重

分 級	網格總數	崩壞個數	崩壞百分比	評 分
崩積層	65	22	33.846	10.000
砂頁岩互層	52	15	28.846	4.913
填方區	4	1	25.000	1.000

(註:*變異係數:15.174 **權重:0.077)

e.地下水滲流情形：在地下滲水因子方面，藉由表 7.10 地下滲水因子評分與權重發現，因崩壞百分比相差將近一半，造成變異係數及權重明顯增大，可知該因子在山區道路邊坡崩塌破壞過程中屬於次要因子。因此，若以此因子作為崩塌潛感區劃定，對於潛勢預估上有明顯助益。

表 7.10 地下滲水因子評分與權重

分 級	網格總數	崩壞個數	崩壞百分比	評 分
坡面無地下水滲流	4	1	25.000	1.000
降雨時坡面有少量地下水滲流	109	32	29.358	2.569
降雨時坡面有大量地下水滲流	4	2	50.000	10.000
平時有地下水滲流	4	2	50.000	10.000

(註：*變異係數：34.453 **權重：0.174)

本研究計畫經採用國立臺灣科技大學營建工程系廖洪鈞教授提供臺 18 線沿線基本自然環境資料（121 筆）與歷次災損資料（374 筆）所進行不安定指數潛勢分析之初步結果（圖 7-36）顯示，並緣於不安定指數法基本概念，將各影響因子權重依各因子間對邊坡崩塌破壞敏感情形高低賦予不同之權重大小。因此，在臺 18 線阿里山公

路沿線道路邊坡崩塌破壞過程中，以坡度及坡向兩影響因子對崩塌破壞之發生最為敏感，所賦予權重值經計算則相對較高，分別為 0.394 及 0.275；而地下滲水次之，權重值為 0.174，坡型及地盤材料對崩塌破壞之敏感情形為最低，權重值計算結果分別為 0.080 及 0.077。

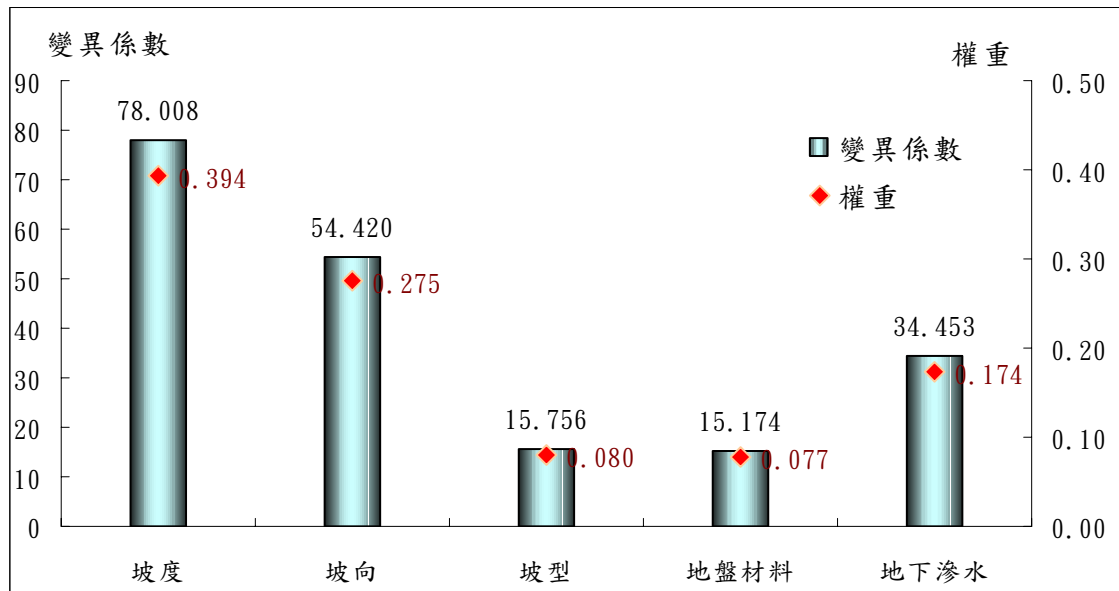


圖 7-36 臺 18 線各崩塌影響因子與變異係數及權重之關係

3.崩塌破壞潛感分區

由於不安定指數係以計量方式評估道路邊坡安定程度，當計算所得不安定指數越高表示道路邊坡發生災害潛勢越高。反之，該路段崩塌破壞潛勢則越低。可將不安定指數定義如下：

$$D_T = d_1 W_1 \times d_2 W_2 \times \dots \times d_n W_n$$

其中， D_T 代表道路邊坡不安定指數， d_n 為各因子之評分值； D_T 及 d_n 分別以 1 至 10 相對等級數值加以表示，主要確保不安定指數介於 1 至 10 之間。經由崩塌因子權重計算，並使公式更加明確，再將不安定指數加以定義，定義如下：

$$D_{Total} = (D_{slope})^{0.394} \times (D_{aspect})^{0.275} \times (D_{texture})^{0.080} \times (D_{geology})^{0.077} \times (D_{seepage})^{0.174}$$

道路崩塌潛勢區分明顯，本研究計畫將危險程度區分為三個等

級，即「低危險災害潛感區」、「中危險災害潛感區」、「極高危險災害潛感區」等三個不同的潛在災害危險分級。經由分析得知，臺 18 線阿里山公路中屬高危險路段，可供相關公路養護單位作為公路養護、崩塌地處理、邊坡災害防治及因應措施研擬等基本參考。其空間分析方法如下所述：

- (1)依據上述不安定指數權重分析法，將臺 18 線沿線已調查之 103 筆基本環境資料(以下簡稱資料點)進行權重分析獲得各調查點之不安定指數值。
- (2)產製已有基本資料之臺 18 線沿線 100 公尺環域範圍之分析網格，各網格長與寬皆為 40 公尺(以下簡稱分析網格)，共計 7,677 個網格。
- (3)將資料點進行內插分析，產製 40 公尺內插網格，並與步驟(2)之分析網格相套疊，平均其不安定指數值，以獲取非位於資料點之分析網格之不安定指數值。
- (4)將分析網格進行常態分配，設定「低危險災害潛感區」(不安定指數值 178~378,1,824 個網格)、「中危險災害潛感區」(不安定指數值 379~510,4,367 個網格)、「高危險災害潛感區」(不安定指數值 511~785,1,486 個網格)三個分級，其成果如圖 7-37 所示。

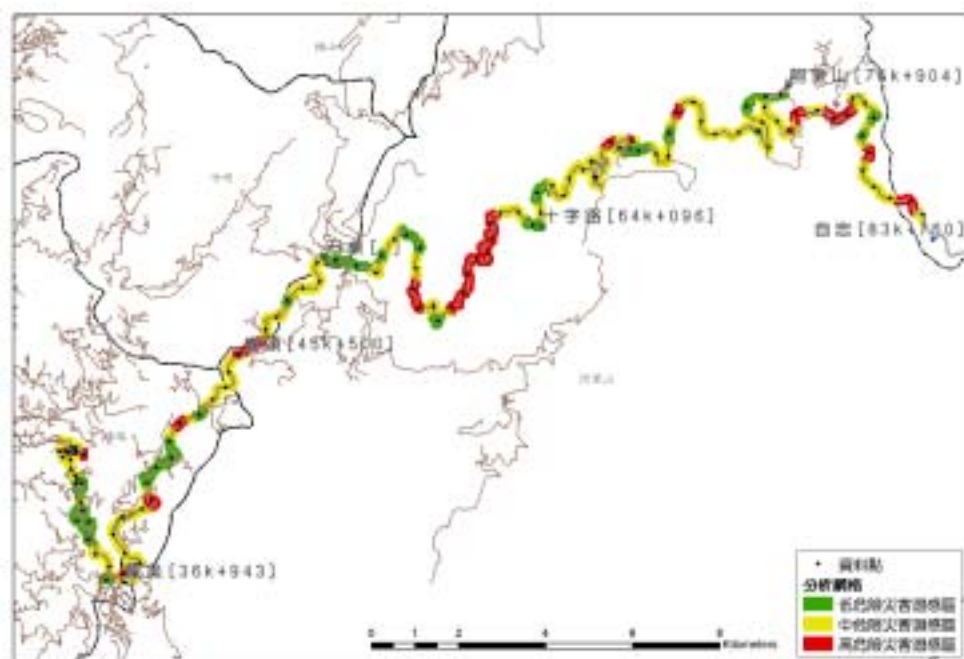


圖 7-37 臺 18 線危險程度分級圖

第八章 結論與建議

8.1 結論

「臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究」兩年度之研究計畫中，已於第一年度研擬出一套結合情境、程序、決策等符號式作業程序之分析方法，並提出完整的公路防救災管理系統應涵蓋之工作內容，以及開發一套以網際網路地理資訊系統為平臺之公路防救災管理資訊系統；本期計畫持續檢討作業流程，並累積示範路段之公路災損資料，進行決策支援分析，以研究公路災害之災損原因，本年度之工作重點為：災害防救標準作業程序分析、公路防災預警資訊與災害潛勢分析，以及教育訓練等三部份。可達成之成果、效益及其應用可歸納為下列五點：

1. 完成各單位相關監測系統資料建置蒐集作業

在監測系統資料建置與蒐集作業方面（見圖 8-1），經蒐集臺 18 線五彎仔地區所佈設監測儀器觀測數據（歷史資料）統計分析後，針對各種不同監測儀器間交互比對其相互關係，目的為提供一套建置監測預警系統之程序與方法，考量不同之監測目的，提出監測儀器之適用性、量測時機以及相關配置考量。



圖 8-1 相關監測系統資料建置蒐集作業示意圖

針對本計畫研究之各類型監測儀器進行成果比較，其監測儀器之適用性說明如下：

- (1)傾斜儀可觀測邊坡位移量並分析邊坡移動速率，研判邊坡之破壞趨勢。另外，將位移速率搭配雨量或地下水位，可知降雨對邊坡穩定性之影響及邊坡破壞前之變化趨勢，若以傾斜管量測位移量或位移速率制訂指標，可作為降雨時邊坡穩定之判斷標準。
- (2)地錨荷重計在坡面滑動時可確實量測荷重變化，但量測結果是否具有指標性，則有賴儀器安置及數據解讀適當與否。在儀器設置方面，需將荷重計方位與坡地位移方向相互垂直；量測數據之解讀則其技術學理較高，需配合專業人員研判。經由完善配合，可直接反應地錨行為，在邊坡預警上獲得直接性效用。
- (3)雨量計可以直接記錄滑動區雨量變化，由觀測降雨量及降雨強度，可發覺降雨行為是否對邊坡穩定有立即性影響，並在第一時間做出適時判斷；另外，降雨量為影響邊坡滑動誘因之一，由雨量量測數據可對邊坡破壞機率進行預測。
- (4)地下水位用以監測地下水壓之間接指標，並且由地下水位變化判斷邊坡是否失穩，本計畫研究區域內，地下水位之監測結果與降雨量具高度一致性，善用此原則，可將地下水位與相關為移量作為邊坡崩塌損壞判斷指標。

然而，由於監測儀器耐用度過低，導致邊坡滑動監測過程中，因發生儀器損壞或功能喪失，致使監測終止，無法繼續監測並於邊坡崩壞前適時發出警訊。因此，設置監測儀器前需針對設置地點及儀器特性詳加比較，以提高儀器耐用性並同時達到監測目的。

2.完成公路防災預警資訊監測資料分析作業

在公路防災預警資訊監測資料的分析方面（見圖 8-2），串聯圖 8-1 所提出之相關監測系統資料建置蒐集作業示意圖的監測資料進行蒐集與判讀，針對五彎仔（示範地區）所蒐集之實測物理量位移（位移速率、地錨拉力）、自然因子監測值（降雨量、地下水位）等

資訊進行綜合分析，完成位移速率 VS 降雨量、降雨量 VS 地錨荷重、降雨量 VS 地下水位、位移速率 VS 地下水位、降雨量 VS 位移速率 VS 地下水位等分析，希冀可提出一分級分類管理之建議。

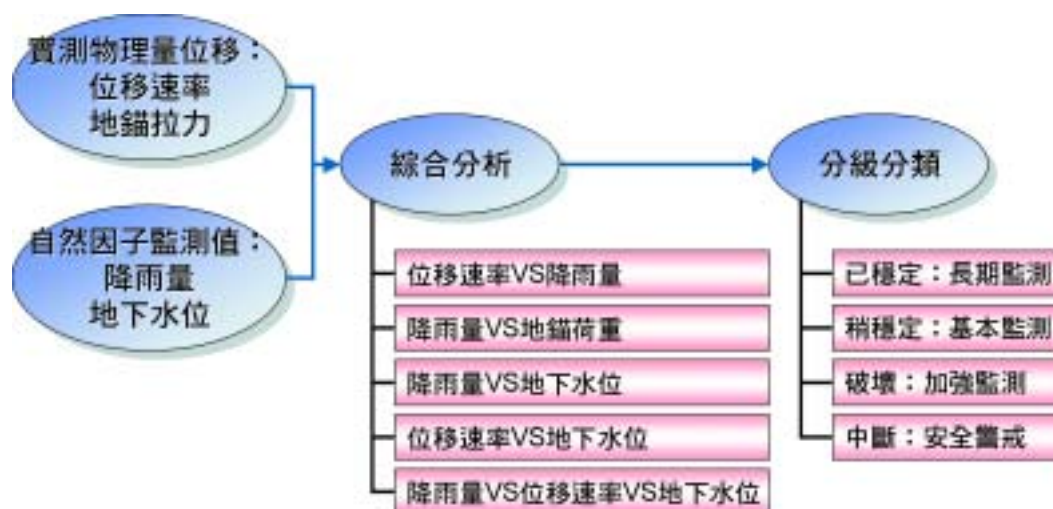


圖 8-2 公路防救災預警分析作業

其中，監測資料之分析成果說明如下：示範路段臺 18 線之年平均降雨量約為 2,461mm，約 82%降雨量集中在 5~9 月的雨季，且 6~8 月平均降雨量甚至超過 400mm，在此龐大降雨量下，造成短時間地下水位急遽上升。臺 18 線之邊坡管理資料顯示，公路於降雨時，地下水滲流情形不明顯，造成土體本身含水量、孔隙水壓及自身重量增加；其次，在有效應力降低，材料強度因雨水入滲而減少之情況下，使得土體無法自持本身重量，逐漸反應至地錨荷重計及傾斜儀等監測數據上。綜合研判，當該研究地區單一降雨量或累積降雨量過大時，即可能產生地盤不穩定現象。

3. 完成示範路段災害潛勢分析

在示範路段之災害潛勢分析作業方面，選定省道臺 18 線做為示範路段，該路段由於地質條件屬中新世晚期至全新世，地質為較年輕，岩盤強度較低，且路段間斷層分佈發達，如獺頭斷層、公田斷層及觸口斷層等，導致該地區岩性破碎，崩塌次數頻繁。此外，臺

18 線部份路段邊坡恰由南、北獨座溪經過，邊坡坡趾受到溪流侵蝕，導致長期處於不穩定狀態，若遭逢颱風侵入，集中豪雨所帶來豐沛雨水量，在內在、外在不利條件下，更進一步會造成崩塌產生。

本研究以臺 18 線示範路段之 103 筆基本資料庫為素材，採用「統計圖表」以及「空間分析」兩種方法災害潛勢分析方式，並由 374 筆災損資料庫回饋修正災害潛勢分析結果，以完成示範路段之災害潛勢分析作業（見圖 8-3）。

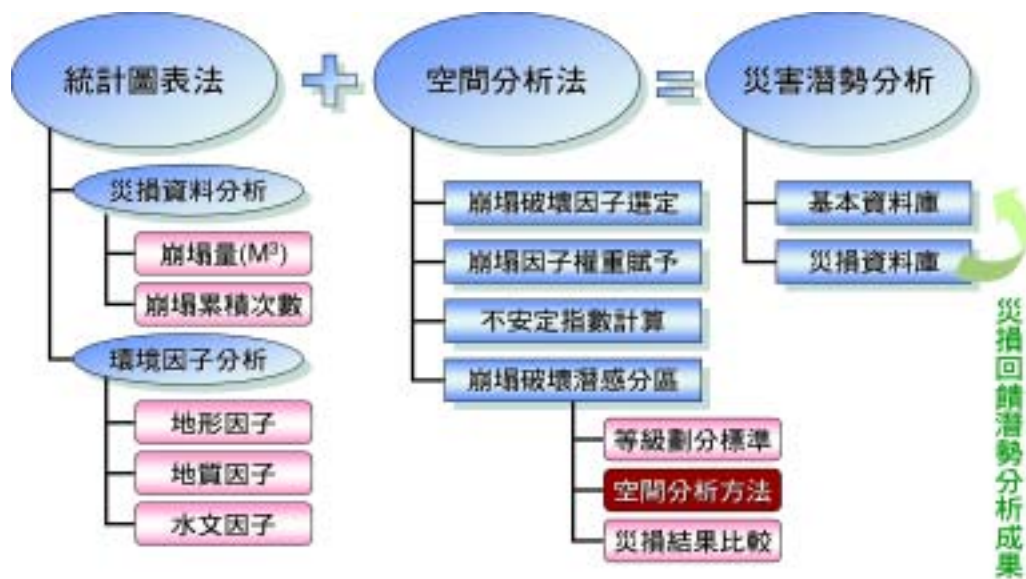


圖 8-3 示範路段災害潛勢分析作業示意圖

其中，在災損資料的統計圖表分析方面，由崩塌次數與崩壞量間關係顯示，臺 18 線依崩塌性質可區分為新崩塌地、舊有崩塌地。由於新崩塌地後發性高，於平日巡檢應針對此處加強留意。在舊崩塌地方面，由統計結果可知，雖然有針對舊崩塌地進行整治，但少部份地區仍發生大規模崩塌，可針對該地區地層性質對施工方法做適當調整，以減緩崩塌行為。

若依據省道臺 18 線阿里山公路段之基本資料庫及災損資料庫加以統計，發現該路段於 30 公里~55 公里處邊坡材料性質屬於土壤為主。而 55 公里~85 公里處邊坡材料性質則以岩石為主。若建立起邊坡材料性質與各路段坡度及崩塌次數間關係，在土坡中，坡度 30°~45

°與坡度大於 45°其崩塌發生機率差異不大，而在岩坡中，坡度間差異較明顯，坡度大於 45°其崩塌發生機率則遠大於坡度 30°~45°之岩坡。

在空間分析方面，透過崩塌因子的選定、崩塌因子權重之賦予、不安定指數計算等作業，以獲得崩塌破壞潛感分區。其中，在不安定指數的分析方面，若將崩塌影響因子分類項目過細，則將使該因子之平均值降低、變異係數增加，致使權重過高。分析結果顯示，臺 18 線公路主要以坡度及坡向對邊坡崩塌影響行為最為明顯，所佔權重較於其他因子高。其次，地下水滲流情形為影響山區道路邊坡穩定之次要因子，而坡型及地盤材料兩種因子對臺 18 線邊坡崩塌影響不大。

4.建立預警系統之決策機制

在建立預警系統之決策機制方面（見圖 8-4），本研究依循第一期標準作業程序的檢討方式，針對「道路坍方搶修」、「封橋標準作業」、「長隧道救援」之應變範圍、目標，應變組織內人員之執掌、人數與應變資源之管理、緊急應變演練紀錄與演練的評估等內容加以檢視，重新以較結構化的方式定義，提出一套新的標準作業程序。並將符號化之標準作業程序檢討結果導入此模組中，使用者可針對各「程序」符號，查詢對應之系統功能與相關說明。

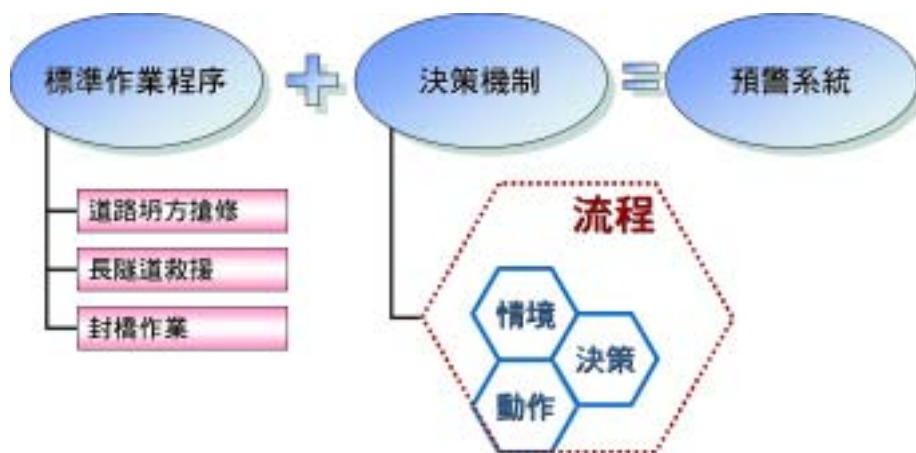


圖 8-4 建立預警系統之決策機制示意圖

5.提供教育訓練工作，落實防災作業

在教育訓練與技術轉移方面，本計畫分兩階段辦理。先針對示範單位交通部公路總局第五區養護工程處阿里山工務段辦理五彎仔監測資料與儀器適宜性分析、省道臺18線災害潛勢分析成果研討，以及救災公路資訊整合系統進行推廣說明；第二階段則考量坡地與橋梁防救災相關系統之整合作業，共同辦理技術轉移作業，藉由本計畫所舉辦之示範單位教育訓練技術轉移與公路管理相關單位教育訓練工作，以提升承辦人員了解系統操作與防災及救災作業程序(見圖 8-5)。



圖 8-5 教育訓練與技術轉移示意圖

8.2 建議

公路防救災管理系統要能落實推動需從管理政策、資訊技術以及區域特性等方面綜合考量。在管理政策方面，由於公路災害發生時，常因相關權責單位眾多，故在處理、聯繫上有會產生相互間通報不易的現象，建議加強各相關單位間橫向連結機制，以提升災害處理效率。此外，各相關研究過程中，常耗費多數時間與金錢在監測資料收集上，且各監測計畫應有延續性，持續累積資料，才能做進階決策分析使用。因此，監測儀器設立後宜進行長期且持續之觀測，對於已有之監測數據資料，應可建檔公開化或上傳到網路上，以供各方專家學者多加利用。

在資訊技術方面，由於山區監測資料傳輸常因無固定式線路而採用無線傳輸，但其傳輸品質常受環境因素影響，而導致通報效率不佳，且養護成本相當高昂，建議可建立一「災害通報專用之寬頻網路」，其不但上品質較為穩定且便利，且於災害發生時其亦較能發揮其即時通報之功能，後續在使用、養護之費用上將更為低廉許多。

在區域特性方面，本計畫雖已針對示範路段提出相關標準作業流程，但仍需配合當地之區域環境特性以及現地養護管理經驗等方面持續針對作業方法進行檢討。

最後，為配合將本計畫所建構之公路防救災資訊整合系統落實推廣至公路管理機關使用，並透過建立「公路災害」管理系統，達成有效分類控管災情資訊，並快速傳遞災害資訊；建立全臺各地「公路災害之歷史資料庫」，以災害路段位置為關鍵欄位，可結構化儲存災害資訊，最後提供完整的教育訓練，輔導公路管理機關上線使用，真正落實防災管理作業。為達成上述目標，建議後續可針對下列方向，持續進行研究。

1.增建完成公路防救災管理系統

(1)系統軟硬體平臺與查詢功能架構之規劃

依據公路管理機關目前既有的相關資訊系統的配置情形，研議本計畫之系統軟硬體平臺的規劃建議，儘量整合與串連現有相關系統。

(2)擴充公路災害緊急通報作業系統

本系統可整合災中應變階段的相關作業流程，在「臺灣區救災公路系統」的「災害通報作業管理系統」之架構下，擴充系統功能，包含改善自動化傳真系統、自動化簡訊發送系統（包含結合 PDA 系統）、災害路段的查詢分析等。

(3)整合與規劃公路防救災基本資料庫

建置公路防救災資料庫，確實於公路災害通報第一時間彙整

相關資料資料庫。

2.建立與彙整相關圖資

(1)建立公路里程樁號圖資

本系統建置於網際網路地理資訊系統平臺上，除了整合相關電子地圖圖資，並結合公路總局 94 年度「公路設施基本資料清查作業」，將重測後的公路路線與公路里程樁號整合於本計畫使用的數值道路路網圖，建立整百公尺里程樁號點位圖資。

(2)彙整相關潛勢災害資料

蒐集潛勢分析相關圖資，包含基本環境資料、歷年颱風路徑資料、崩塌潛勢等。

3.調查與建置沿線自然環境資料、災損資料庫

(1)建立設施基本資料庫

將公路總局 94 年度「公路設施基本資料清查作業」所建置完成之設施資本資料庫，匯入本計畫開發之資料庫，完成公路設施基本資料串連作業。

(2)建立自然環境資料庫

進行現場調查作業以建置示範路段沿線之地形、地質、崩塌形式等自然環境資料。

(3)建立災損資料庫

針對示範路段近 5 年沿線災害資料進行蒐集與建置作業，並於計畫執行期間，協助路段管轄單位進行新的災損資料之建置作業。

4.調查與建置工程資料與巡檢資料

(1)建置工程資料

針對沿線近五年沿線工程資料進行蒐集與建置作業，並於計畫執行期間，協助路段管轄單位進行新的工程資料之建置作業。

(2)建置巡檢資料

依據公路管理機關平時巡檢作業之需求，協助路段管轄單位進行例行性的巡檢資料庫之建置作業。

5.建立災損評估管理子系統

(1)「搶救災最適工法」的決策分析

配合本計畫建置的災損資料庫與搶救災工法決策分析方式，提供搶救災階段最適工法建議（配合建置災損資料庫之建置作業，以供災損分析）。

(2)「勘災資料」的查詢分析

含搶救災進度顯示，供主管單位掌握搶修或修復之情形。

(3)公路災害損失分析

可依據此功能模組分析各路段的歷史災害情形，進而研議調整防救災資源配置點與救援路線之規劃依據。

(4)地理資訊「電子看板」

提供決策首長一個可展示全臺或區域性公路災情地理資訊電子看板，並可隨時更新搶救災進度。

6.開發「民眾版的道路通阻查詢系統」

目前民眾僅能透過公路總局既有的道路通阻查詢網頁，以文字查詢的方式瀏覽公路阻斷情形，本計畫將建置以網際網路地理資訊系統為平臺的瀏覽環境，提供民眾以空間瀏覽的方式查詢災害路段。

7.教育訓練與技術轉移作業

為推廣公路管理機關相關單位使用本系統，分區辦理教育訓練工作，以提升相關人員熟悉結合系統操作之防救災作業程序，並提高系統使用效率。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所（崧旭資訊股份有限公司合作研究），2006，「智慧型路況通報系統擴充暨路況資訊廣播接收示範系統建置(二)」成果報告書。
2. 交通部運輸研究所（財團法人臺灣營建研究院合作研究），2006，「交通設施營運維護管理系統之整合與應用」成果報告書。
3. 交通部運輸研究所（國立臺灣科技大學生態與防災工程研究中心合作研究），2006，「交通工程防災預警系統建立之研究(1/2)」成果報告書。
4. 交通部運輸研究所（國立臺灣科技大學生態與防災工程研究中心合作研究），2006，「坡地災害緊急搶修與復建整合技術之研究(1/2)」成果報告書。
5. 林呈、施邦築、羅慶瑞、黃進坤，2004，「跨河橋梁訂定封橋水位」，交通部公路總局。
6. 交通部公路總局，2005，交通部公路總局封橋標準作業程序〈SOP〉。
7. 交通部公路總局，2004，「災害防救標準作業手冊」。
8. 交通部，2005，「臺 76 線漢寶草屯八卦山隧道公路事故暨整體防救災應變計畫」。
9. 交通部（逢甲大學地理資訊研究中心合作研究），2004，「建置防救災工程資源資料庫之研究（第二期）」。
10. 交通部運輸研究所，2005，「路網數值圖 1.2 版」使用手冊。
11. 青山工程顧問公司，2006，「臺 18 線 28.9K~31.5K（五彎仔）地滑區調查、整治規劃及安全評估」第六階段報告書，交通部公路總局第五區養護工程處。
12. 交通部（財團法人臺灣營建研究院合作研究），2004，「山區道路邊坡崩塌防治工法最佳化研究」。

- 13.交通部（財團法人臺灣營建研究院合作研究），2003，「臺灣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」。
- 14.陳信洲，2005，「邊坡破壞潛勢分析－以阿里山臺 18 線公路為例」，國立成功大學土木工程研究所碩士論文。
- 15.楊智堯，1999，「類神經網路於邊坡破壞潛能分析之應用研究」，國立成功大學土木工程研究所碩士論文。
- 16.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」，國立成功大學土木工程研究所碩士論文。
- 17.陳凱榮，2000，「中橫公路山崩潛感分級研究－以東勢－德基為例」，國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
- 18.陳志豪，2001，「變質岩公路邊坡破壞之潛感分析－以南橫公路啞口至新武段為例」，國立成功大學資源工程學系碩士論文。

成大研究發展基金會
財團法人臺灣營建研究院

臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究（2/2）

技術轉移與推廣作業 會議紀錄

訪談時間：民國 95 年 9 月 27 日（星期三）上午 10 點

訪談地點：交通部公路總局第五區養護工程處阿里山工務段
（嘉義縣番路鄉觸口村 7 鄰車埕 1~5 號）

受訪專家：公路總局第五區養護工程處、公路總局第五區養護工程處
阿里山工務段王熙松副段長、蔡衛勇站長

訪談人員：朱金元科長、柯正龍副研究員、蘇吉立副研究員、陳景文教授、許秋玲、陳俊吉、薛仲傑

紀 錄：陳俊吉

一、計畫簡介（略）

二、訪談內容

- 1.現今 貴單位所使用之電腦操作系統大致如何？與電腦內部軟體是否會產生不相容情形？

現階段本單位所使用的作業系統均已達 windows 2000 以上，對於大多數的應用程式應足以支援。

- 2.第一線工程人員在使用通報系統是否有問題？

本工務段之第一線工程人員已具備相當足夠之基本知識，對於先前已有通報系統資料建置過程其步驟均足以應付，惟災害發生時通報作業重視時效，建議應使操作程序簡化、便捷，以免災害發生時通報時間有所延宕。

- 3.在災害現場中應如何進行通報？後續系統維修是否需龐大資金維持？

現地通報作業系統（PDA）之規劃用意良好，惟受限於山區之無線傳輸品質不穩定等環境因素，現地通報人原仍多採用回辦公室

後，以傳真、簡訊或網路傳輸方式進行通報；在自動記錄儀器方面，例如五彎仔監測小站的監測資訊，則以衛星傳輸的方式傳送，每月租金費用相當高昂。因此，建議中央可建立一條「災害通報專用之寬頻網路」，在使用上品質較為穩定且便利；於災害發生時其亦較能發揮其即時通報之功能；後續使用、養護之費用上將更為低廉許多。

4.本研究案與公路總局本身通報系統是否有相容性之問題？

公路總局本身已有一套通報系統，雖較本研究所建置之系統簡化，但有許多系統功能受限，操作介面也較不方面。故本系統若欲全面推廣，需先完全了解舊系統已有之相關功能，儘量不重複輸入，提高作業效率。

5.貴單位對於本計畫報告書中所述及的監測儀器之設置及使用上有無相關建議？

在各計畫的研究過程中，常耗費多數時間與金錢在資料收集上，建議各計畫應有延續性，持續累積資料，才能做進階決策分析使用。因此，監測儀器設立後宜進行長期且持續之觀測，如此對於後續相關研究不但可以獲得大量之數據資料，也可節省下許多的人力物力；且對於已有之監測數據資料，建議可公開化或上傳到網路上，以供各方專家學者多加利用。

6.貴單位現地採用之監測儀器，除了本研究中所說明之設備外，是否有其它的設備，其適用性如何？

以五彎仔邊坡監測為例，已採用 CCD 攝影的方式，對於邊坡滑動之情形加以記錄，再加設夜間照明燈以增加其成像效果，但當架設於海拔較高之山區時，常因濃霧而導致拍攝不到影像，且機具較其它地區容易損壞等相關問題，而使得監測效果受限許多。

7.於通報、搶修的過程中，較常遇到的相關問題有那些？

於公路災害發生時，常因牽連的單位太多，而降低作業效率。如山區道路邊坡發生破壞時，除了涉及部份的私人財產外，尚有林

務單位、水利單位及水保單位。故在處理、聯繫上有會產生相互間通報不易，建議應從政策上加強各機關間橫向連結。

8.本次會議記錄內容將置於報告書中，希望相關問題能有所解決。

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）

☒期中 ☐期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：「臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究（2/2）」

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
交通部科技顧問室 許書王 技正		
1.結論 4 所提可能發生邊坡破壞條件，似單指土層類型與坡度，若未有外在因子是否會崩塌破壞，應詳述免遭誤用，且外在因子的強度大小之影響，是否應探討可能較為嚴謹。	有關邊坡的破壞分析方面，邊坡內在因子為影響的第一重點，外在因子只是會加重其破壞的程度，所以就先探討內在因子對邊坡的影響，而在未來可再將外在因子加入考量，以降低災害的程度。	同意處理方式
2.降雨量 vs 地下水位 vs 位移速率，是否應加以詳細說明有無考量其它影響因子（如植被與土壤性質…等）？	因為降雨量等這些因子為主要影響邊坡滑動的影響因子，且數據直接由監測儀器中所獲得，可以觀察到邊坡內部的變化情形，所以並無考量到其他影響因子。	同意處理方式
3.結論 10 應更明確說明設置地點的確立原則，如何設置才正確，以供應用。	本計畫以臺 18 線五灣仔地區所埋設的監測儀器為例，進行儀器之適用性比較分析，目的在於提供一套監測邊坡滑動之儀器設置作業程序。由於儀器設置地點之決定需考量細部的現地規劃評估作業，不在本計畫執行範疇，但後續可提供各監測儀器設置位置與分析結果關係之探討說明，以供實務應用。	同意處理方式
4.針對臺 18 線目前所得相關資訊是否有建議可供參考之處（搶修必要性？是否須增加監測設備？建議儀器設置位置？）	針對本計畫所提供的監測資料分析作業，後續可再依據分析結果，提出部分監測資料可立即提供給工務段進行協助之具體說明。	同意處理方式
5.請說明教育訓練方式、時間、規模，如何有效技術轉移之評估。	教育訓練技術轉移之規劃作業詳見本計畫之工作計畫書，後續再另闢章節說明教育訓練執行結果。目前規劃受訓對象為公路防救災業務實際執行人員；受訓	同意處理方式

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
	時數 8 個小時；課程內容著重於針對第一期計畫之系統開發成果，以完整推廣至相關公路管理機關使用。	
6. 相關資訊在未來研究期滿後，公路單位對於研究成果後續如資料更新，應用等請研究單位提出方法與建議。	已於第一期計畫之成果報告書第 4.4 節說明系統的維護管理之建議，本期計畫可配合於報告書中另闢章節補充說明。	同意處理方式
7. 參考文獻出處，請確實記載。	將配合辦理修正	同意處理方式
屏東科技大學 謝啟萬 教授		
1. 本案與其它防救災系統研究專案之工作區分，請補充說明。	已於第一期計畫成果報告第 2.3.2 現有相關系統一節中載明，後續將配合將第一期計畫研究成果摘錄於本期計畫之報告內。	同意處理方式
2. 請說明本研究案利用 GIS 系統進行研究分析與其它學者研究方法之相同與差異性。	本研究是以 GIS 彙整出實際邊坡災害的基本資料，再藉由統計分析軟體 (SPSS) 建立起相關災害毀損圖表，統計出實際破壞的相關資料，崩塌量與里程之關係，或是災害破壞次數與里程的關係，由最基本的邊坡相關資料，研判邊坡破壞的潛勢，具體於 GIS 地圖上繪製出有意義之統計圖表，供決策分析使用。	同意處理方式
3. 請說明坡度為 30~45° 之邊坡為何坡度大於 45° 之邊面崩塌機率高之原因？	因 30°~45° 的邊坡大部分屬於土坡，由於坡度大就易產生崩塌，而大於 45° 的邊坡則大部分屬岩坡，其穩定性較強，所以崩塌機率會較低。後續將配合針對相同土質之坡度進行比較其崩塌機率之高低。	同意處理方式
4. 請加強探討與分析為何坡面有少量滲水狀況之邊坡較具崩塌風險。	此現象表示出邊坡內滲透性較差，易因大量降雨後，孔隙水壓上升，導致土層內有效應力降低，使邊坡崩塌風險提高。若一般降雨就有水從土層中滲出，表示出此土層中滲透性較好，不會因降雨而使孔隙水壓上升，讓有效應力降低，並產生崩塌破壞。	同意處理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
5.請於期末報告提供救災與防災作業標準作業程序(SOP)以供參考。	感謝委員指導。本研究團隊於第三章災害防救作業程序相關內容進行說明。	同意處理方式
6.請簡要說明教育訓練與技術轉移架構。	感謝委員指導。關於教育訓練與技術轉移相關內容已於第五章第三節進行闡述。	同意處理方式
港灣技術研究中心 陳桂清研究員		
1.第一年之救災整合系統之建置進度如何？是否有給公路單位試用？	第一期所開發之救災公路系統目前尚未推廣使用，將配合本期規劃的教育訓練課程，推廣至公路單位使用。	同意處理方式
2.本研究之各項分析因子災損潛勢預判等資訊，是否亦可適用於其它縣道採用？	本計畫以省道臺 18 線、臺 21 線為例，說明各項致災因子之潛勢與災損分析結果。日後可配合其他路段（含縣道）之基本環境、災損資料庫之建置作業，將此分析方法推廣至不同研究區。	同意處理方式
3.報告內容中部份之各項因子分析結果略顯不明確，應就既得之現地數據在詳實研判。	感謝委員指導。本研究團隊於成果報告書第七章第三節利用不安定指數法針對各破壞因子進行分析及說明。	同意處理方式
4.結論章節段之結果，應明確標示為臺 21 線或臺 18 線之研判結果。	感謝委員指導。已於成果報告書中第八章結論與建議進行更正。	同意處理方式
港灣技術研究中心 饒 正研究員		
1.本計畫本年度三大工作項目之一的教育訓練，請告知將如何辦理、推廣之對象、人數、上課時數、課程內容…等(預計於 95 年 10 月 10 日至 11 日在本中心辦理)。	前已述及，中區教育訓練舉辦時間將於 10/12 於港研中心辦理。	同意處理方式
2.本計畫結束後將如何驗收是否係一整合系統…，本中心如何維護，使用何種軟體……請說明。	由於時程與預算限制，本計畫僅能提供標準作業程序之檢討、災損以及監測資料的研究分析，較難開發整合型系統。	同意處理方式

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
港灣技術研究中心 朱金元科長		
1.本計畫之第 1 年相關計畫內容建議研究單位應詳細蒐集研讀。	本計畫之標準作業程序執行方式與第一期相似，且研究分析之資料多來自於第一期計畫之系統開發成果，後續會再配合將第一期計畫之執行成果摘錄於第二期的計畫成果中，以完整串聯兩期計畫之執行成果。	同意處理方式
2.本計畫期中報告部分內容與本中心其它計畫似有雷同之處，請補充說明或區分。	將配合與主辦單位進行溝通協調，以避免各計畫執行內容有重覆之處，並將於期末報中加以說明。	同意處理方式
3.教育訓練與技術轉移相關規劃內容，可否於 95 年 9 月底前完成？	已於其它計劃研究單位協議於 10/12(四)共同辦理。	同意處理方式
4.本計畫系統後續研究資料，建議應先規劃並妥善維護。	本計畫不進行系統開發與建置作業，僅在第一期計畫範疇下，進行自然環境、災損資料、工程資料的研究分析作業，系統維護作業方式可見第一期成果報告書第 4.4 節所述，將配合摘錄於本期計畫成果內。	同意處理方式
運工組書面意見		
1.報告第二章係為第一期計畫之研究過程分析資料，且與本期工作內容似無直接相關，建議可不必再引述於本期計畫報告中。	將配合修正	同意處理方式
2.本計畫第一期開發之系統，仍有部分功能模組未開發完成以足「搶救災作業管理模組」、「防救災情境模擬模組」及「災損評估管理模組」等，建議於第二期計畫中補足系統功能。	時程限制，本計畫僅提供標準作業程序之檢討、災損以及監測資料的研究分析，較難以將所提之系統功能補足。	同意處理方式
3.本計畫為延續計畫之第二期，建議可於報告之初簡述	感謝委員指導。本研究成果將於第一章第二節中針對第一期成果以重點方式摘	同意處理方式

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
第一期之成果，即所開發系統功能說明，及其結論與建議。	錄於報告書中	
4.公路總局所需之災害處理作業程序包括道路坍方搶修作業程序、管線爆破災害處理程序、交通事故處理作業程序、隧道火災事故處理作業程序、封橋作業程序等，第一期已完成道路坍方搶修作業程序分析與系統的查詢功能開發，依據報告內容所述，本期只再分析「封橋作業程序」與系統的查詢功能開發，建議於第二期完成其他作業程序之分析，以作為後續系統開發之參考。	由於此項建並不在原先之工作計畫中，且受限時程因素，故除封橋作業外，本團隊擬再加入「長隧道搶救災作業」之檢討說明。	同意處理方式
5.本計畫之第二項工作項目：「公路防災預警資訊與災害潛勢分析」，請說明潛勢分析與本所另一計畫之差異性。	本計畫所研擬的公路防災預警資訊與災害潛勢分析強調透過統計圖表的方式直接分析崩塌潛勢趨勢圖，而非透過艱深的數理模式，其目的是希望繪出有決策分析意義的統計圖表，並可提供未來災損評估管理模組之系統開發參考。在監測儀器的預警資訊分析方面，透過取自五彎仔較為完整的監測儀器，分析其數據，畫出有意義的統計圖表，並希冀提供一套儀器設置適用性分析，以供其他路段監測儀器設置之參考。港研中心另有「坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究」以及「交通工程防災預警系統」兩計畫同時執行，將於本計畫期末報告中說明三計畫之差異性。	同意處理方式
6.報告內未提及本計畫之第三項工作項目：「教育訓練」，建議應儘速研擬教育訓練計畫，包括訓練目標、內容、	由於本計畫之受訓對向與中心其它兩個計畫性質相同，故將與其合辦，其教育訓練日期為10月12日，其課程包含有「計畫成果及系統核心技術說明」及「系	同意處理方式

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
對象、梯次…等，以期如期如質的完成預定目標。	統之應用」兩個主題，而邀請對向為中部地區交通部公路總局第二區養護工程處、第五區養護工程處，以及部份所屬工務段。	

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）

☐期中☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：「臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究（2/2）」

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
交通部科技顧問室 許書王 技正		
1. 5-7 應用課程表內是否均為本研究 成果，如不是，應請註明。	應用課程表之內容係貴中心 三個相關計畫之研究成果；期 末報告書中將說明並於表 5-7 中標示屬於本計畫之部分。	同意處理方式
2.附錄 2-1 期中意見 2.部份之建議，請再 加以考量（與 7-1 第 7 行看法宜符合）。	感謝指示，將遵照修正。	同意處理方式
3.本案結論內容有部份屬現象描述及推 論，是否合適作為結論，請再斟酌（如 結論四）。	描述及推論性結論將刪除。	同意處理方式
4.結論六中降雨過大，是否可以量化？俾 供實際參考（像土石流警報）。	因降雨因子非本計畫之執行 重點，且農委會水保局已有相 關計畫針對降雨量與土石流 警戒值提供建議值，本計畫擬 以定性方式探討。	同意處理方式
5.為利將來整合各研究成果（軟體），應考 量相容性及避免重覆鍵入資料。	感謝建議，將遵照辦理。	同意處理方式
6.為延續成果之應用，請研究單位提出未 來應用時，應有那些需求以資配合。	將於期末報告書之結論與建 議一節中提出說明。	同意處理方式

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
中興大學土木工程系 林炳森 教授		
1. p3-10 封橋作業，有關三層警戒線各區間之距離，是否依災害規模提出建議。	本團隊所提供之封橋作業係參照公路總局現行相關作業規範訂定，三層警戒線之各區間距離建議仍維持公路總局既有之規定。	同意處理方式
2. p4-4 以 PDA 為系統平臺，配合 GPRS 傳輸災害訊息，但崩塌地附近可能因地形惡劣或天雨收不到訊號，是否有應變措施？	本計畫提供以 GPRS 將現地資訊立即回傳伺服器之功能，若現場天候不佳，仍可在室內以網頁的方式傳輸相關資料。	同意處理方式
3. p6-9①儀器耐用度因使用太久，無法持續進行監測時是否有相關對策？②阿里山五彎仔監測儀器是否可自動記錄？較易發揮預警功能。	本計畫限於研究時程，無法進行儀器耐用度之深入探討。 阿里山五彎仔監測儀器之特性問題將於期末報告書中第 5 章補充說明。	同意處理方式
4. p6-9①不同地質、不同破壞類型，請提出監測儀器設置地點之建議②警戒值、行動值亦請依不同地質不同破壞型式提出建議。	本計畫乃針對監測數據統計後，提出程序性分析，儀器設置地點因須個案分析，本研究因限於研究時程，暫難將此部分納入研究範圍。	同意處理方式
5. p7-15 圖 7-6 中分析崩塌潛勢時，①應說明因子權重如何計算②崩塌網格及崩壞比如何計算，應提出明確之方法。	相關說明已於報告書 7-3 節進行說明	同意處理方式

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
高雄科技大學土木工程系 沈永年 教授		
1.期末報告內容完整充實。	感謝肯定	
2.有關橋樑災害之封橋作業整理項目，宜加入河川水道之改變，因為高屏大橋之倒塌事件係因河川水道改變沖刷 21 號橋墩，使基樁掏空後而發生。	本計畫提供一套封橋作業流程供參考，限於時程限制，暫無法納入考量河川水理分析等個案分析。	同意處理方式
3.「地震災害」造成之公路災害，其相關之防救災之作業架構與方法，建議加入於期末報告。	交通部兩年前已委託臺大陳正興教授辦理為期三年之「地震災害」相關計畫，其內容已臻至完整，本計畫中限於研究時程，暫無法涵蓋其他多數災害分析。	同意處理方式
港灣技術研究中心 饒正 研究員		
1.本研究係二年期計畫，第一年之研究成果能否併入。	感謝指正，將遵照指示辦理。	同意處理方式
2.有關本系統與相關計畫之整合，能否將建議整合方式更具體化。	將遵照指示辦理。	同意處理方式
3.預警系統之決策機制之建立，可否詳述？	將於期末報告書中補充詳述擬定之標準作業程序（即預警系統之決策機制之建立）。	同意處理方式
4.依據契約書須辦理 8 小時之教育訓練，除在本中心辦理之 2 小時外，其餘訓練課程之辦理情形，請列入報告書內。	本計畫教育訓練共分為阿里山工務段之示範單位技術轉移與港研中心應用系統成果說明兩階段辦理（如報告書第 5.2 章節），時數符合契約書教育訓練 8 小時之規定。	同意處理方式

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
港灣技術研究中心 謝明志 研究員		
1. 本研究已收集累積不少成果，工作努力值得肯定。 2.	感謝肯定。	
3. 各項統計分析之基本因子，宜先描繪其數據分佈型態，查驗其分佈有否異同，以做後續統計分析的依據。 4.	感謝指正，將配合於期末報告書中修正。	同意處理方式
3. 本案主要分析臺 18 線資料，且也已收集部份臺 21 線資料，這兩道路分佈接近垂直，岩層走向與道路開挖走向的交界面可能有很大的差異或有其他地質構造上的較大差異，請研究團隊在加入新資料分析時，留意不同資料來源可能存有的基本差異。	感謝指正，將於期末報告書第 5 章示範區環境分析中補充說明兩區域環境之差異性；然為提供一套完整的分析流程，本計畫以擁有較完整資料庫之臺 18 線為示範路段，說明整套災害潛勢與災損資料分析流程。	同意處理方式
港灣技術研究中心 柯正龍 副研究員		
1. 研究報告之編輯方式，請依本中心規定格式辦理。	感謝指正，將遵照辦理。	同意處理方式

期末報告簡報資料

臺灣區救災公路資訊整合 系統建立之研究

(期末報告)

委託單位：交通部運輸研究所港灣技術研究中心
執行單位：財團法人成大研究發展基金會
財團法人臺灣營建研究院
簡 報 者：李維峰 研究員
中華民國 95 年 11 月 16 日



計畫概述

整體架構

作業程序

災損分析

監測分析

技術轉移

系統建立的目的

- 簡化作業程序
 - ✦ 介面整合
 - ✦ 流程控管
- 建構專家系統
 - ✦ 經驗累積
 - ✦ 及時決策輔助
- 彙整即時資訊
 - ✦ 災情掌握
 - ✦ 訊息與資源整合

效率提升

資訊整合



系統建立的目的

- 切合實際需求
 - ✦ 災前有效整合搶救災資源
 - ✦ 災中救災工作執行依據與決策輔助
 - ✦ 災後復原重建工作規劃依據
- 提昇工作效率
 - ✦ 備災迅速
 - 設施資料
 - 災害潛勢
 - ✦ 標準作業程序
 - 圖表式與電子化
 - ✦ 災況處置
 - 工法選取
 - 預算編列

作業程序

輔助系統

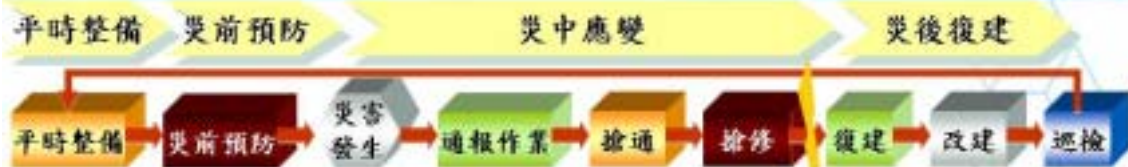
解決公路防救災問題



系統分階段規劃



防救災作業架構



測試系統：

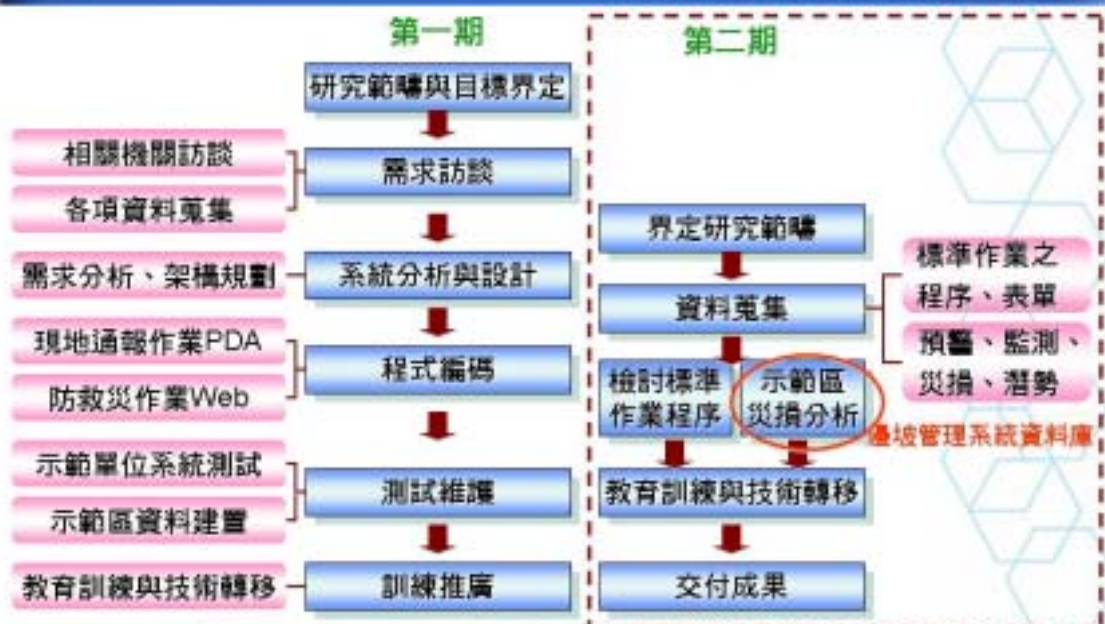
<http://220.130.11.170:8080/evn/index.aspx>

測試帳號：thb2701

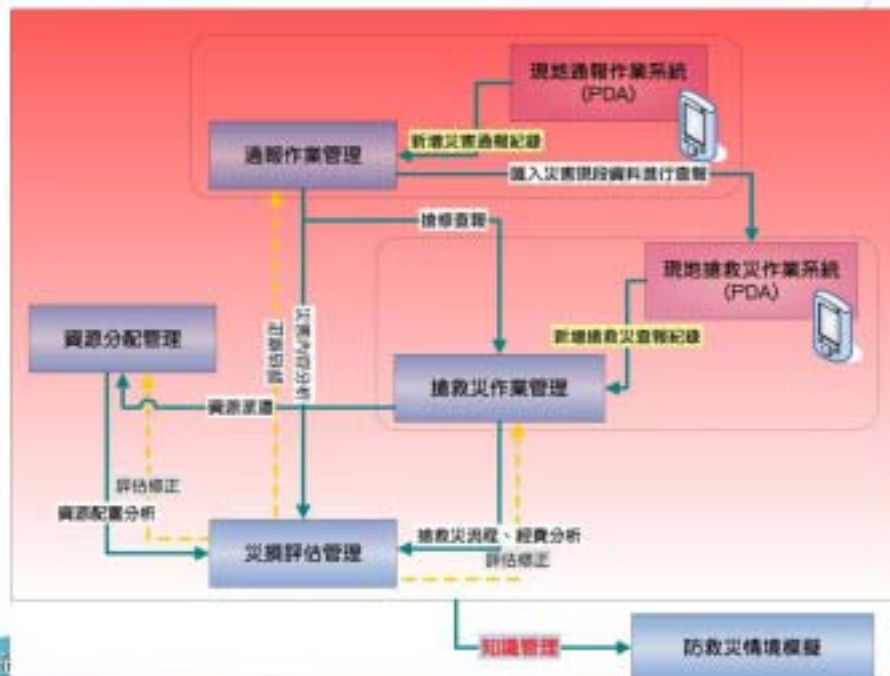
測試密碼：1234



計畫概述



系統設計模組



成大研

7051

系統設計模組

- 配合公路防救災作業需求，針對平時整備、災前預防、災中應變三個作業階段開發5個功能模組。



系統功能展示

系統登入



成大研究發展基金會、財國法人臺灣管理研究院

9/51

系統功能展示

系統功能



成大研究發展基金會、財國法人臺灣管理研究院

9/51

系統功能展示

地圖查詢

行政區定位
避難區定位
重要地標定位
工務段轄區定位
災害點定位

通報紀錄 搶救災害報紀錄 資源派遣紀錄

顏色區別預期搶通時間

項次	通報類別	單位名稱	災害發生時間	災害位置	狀態
1	初報	第二區養護工程處信義工務段		台21線76K+4570~76K+570	搶救/撥補
2	結報	第二區養護工程處信義工務段		台21線76K+4570~76K+570	搶救/撥補

> 3days
 6hrs~3days
 < 6hrs
 已搶通

災害點(圖查文)

通報紀錄
搶救災害報紀錄
資源派遣紀錄

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

10/51

系統功能展示

PDA通報系統

定位

新增通報事件

基本資料 災害位置 災情描述

通報編號: SMD70294111401

通報人員: 曾偉林

通報時間: 05/11/14 9:37

災害發生時間: 05/11/14 8:10

新增通報事件

災害內容 傳訊 照片

台21線點 079.jpg
台21線點 088.jpg

加入照片
刪除此照片

地圖定位

通報資料登錄
上傳通報資料
通報資料管理

PDA系統功能

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

11/51

資訊整合系統小結

- 本研究以實務運作之急切需求為考量，以系統分析與符號化方式重新檢討公路防救災作業體系之各作業環節，分析公路搶救災作業需求，並建構一套**輔助公路防救災作業之管理系統**。
- 除將現行作業表單電子化外，尚包括災情資訊的即時傳遞、提昇通報的時效、輔助確認災害規模、協助資源派遣工作、支援災害搶救方法的決策分析、協助擬訂搶救災計畫，以及結構化歷史資料留存等。
- 後續可結合**公路防救災資料庫**之擴充，持續更新資訊整合系統。

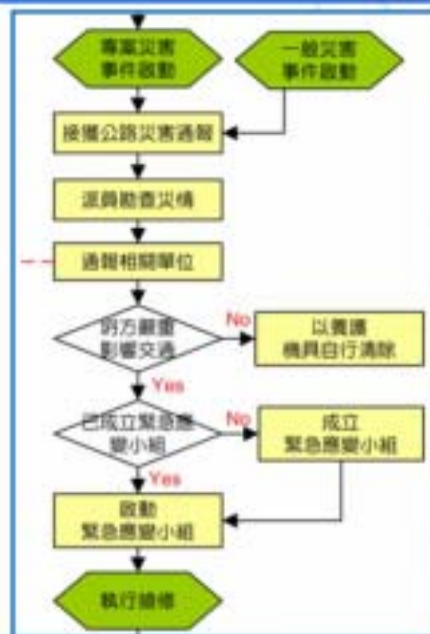
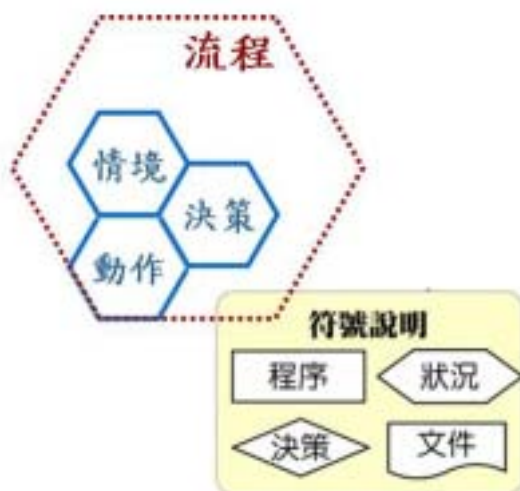
防救災作業架構



標準作業程序

符號化

- 符號：程序、狀況、決策、文件



成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

1651

標準作業程序

表單化

- 說明：各單位在不同的作業階段、不同「狀況」下，面臨之「決策」，以及應執行之「程序」、順序等。

階段	角色	動作	輸入	輸出
搶修作業	施工單位	暫停搶修	□ 下雨、落石未停	□ 暫停搶修 □ 待下雨、落石暫時停止後進行搶修作業
	施工單位	搶修至單線通車	□ 下雨、落石暫時停止 □ 依據工程契約的規定，廠商接獲通知，立即前往搶修	搶修至單線通車為止
	施工單位	增加救災資源進行搶修	□ 接獲工程處通知	□ 增加人力、機具、物料等救災資源進行搶修 □ 搶修至全線通車
	交通動員委員會	傳遞緊急應變小組解除立通知單	□ 中央氣象局發布解除陸上颱風警報 □ 中央災害應變中心指示解除	□ 解除緊急應變任務編組 □ 傳遞解除緊急應變小組通知單
	公路總局	解除緊急應變小組	□ 接獲交通部通知	□ 解除任務編組 □ 通知各工程處與工程處解除緊急應變小組
	工程處	解除緊急應變小組	□ 接獲公路總局解除通知	□ 解除任務編組
	工程處	解除緊急應變小組	□ 接獲工程處解除通知 □ 轄區災害狀況解除，呈報工程處，依工程處通知解除	□ 解除任務編組
	工程處	製作報告	□ 結束通報	□ 災害報告表 □ 已動用資源清單 □ 災害搶修經費明細表

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

1751

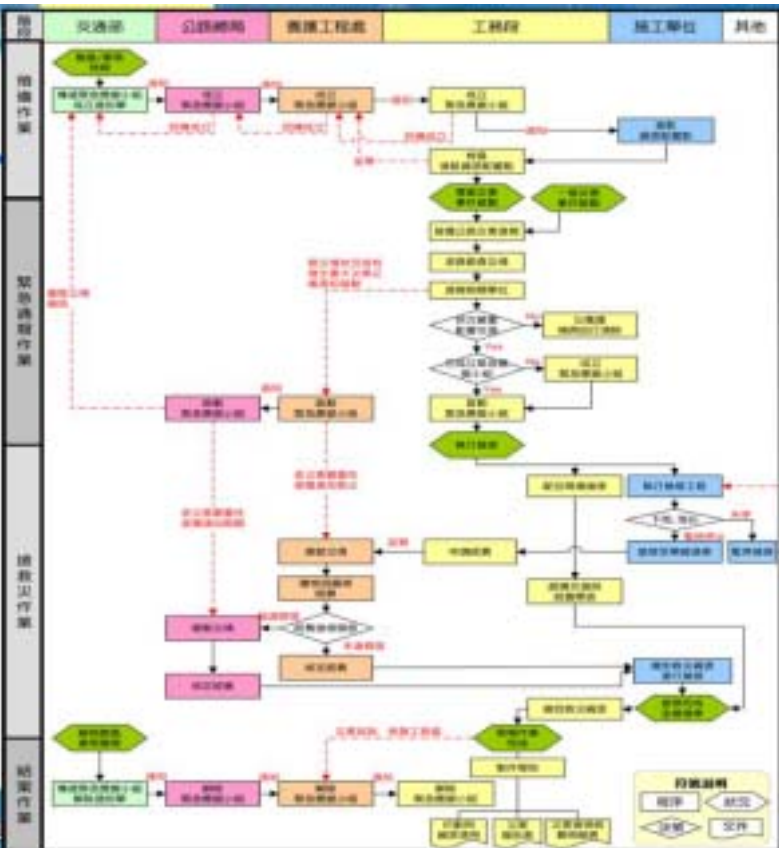
道路坍方搶修

資料來源：
公路總局標準作業手冊



(神木二號隧道前坍方)

成大研究發展基金會、財團



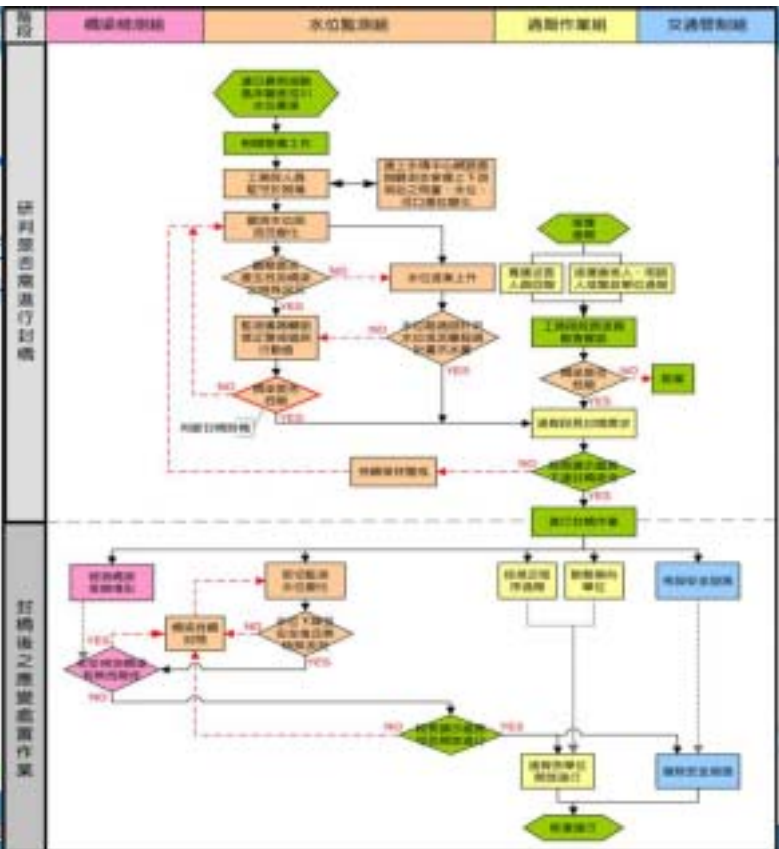
封橋作業

資料來源：
1. 跨河橋梁訂定封橋水位
2. 公路總局標準作業手冊



(陳有蘭溪便橋封橋演習)

成大研究發展基金會、財團



作業程序檢討小結

- 依循第一期標準作業程序的檢討方式，針對「道路坍方搶修」、「封橋標準作業」、「長隧道救援」之應變範圍、目標，應變組織內人員之執掌、人數與應變資源之管理、緊急應變演練紀錄與演練的評估等內容加以檢視，重新以較結構化的方式定義，提出一套新的標準作業程序。
- 將符號化之標準作業程序檢討結果導入此模組中，使用者可針對各「程序」符號，查詢對應之系統功能與相關說明。

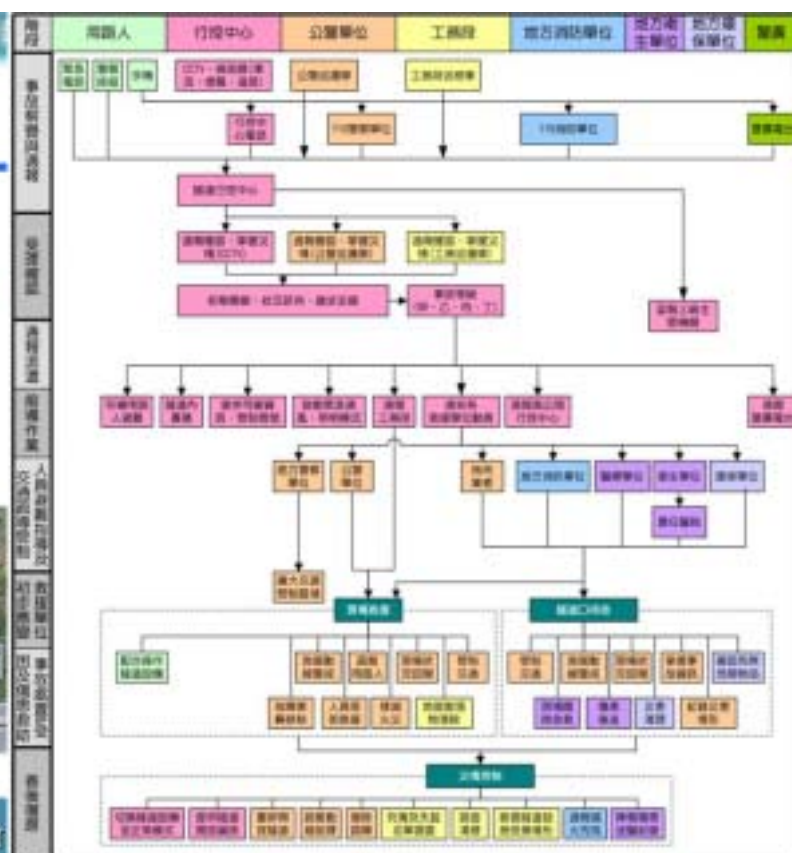
長隧道救援

資料來源：

臺76線漢寶草屯八卦山隧道公路事故暨整體防救災應變計畫



(八卦山隧道)



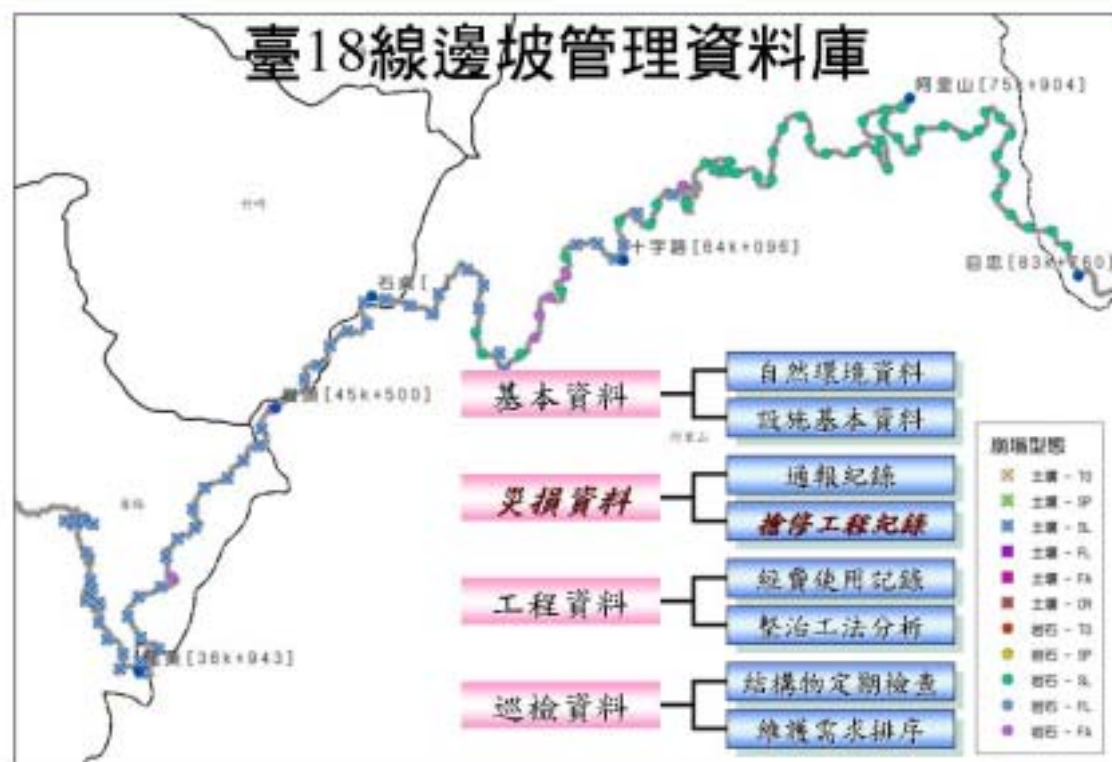
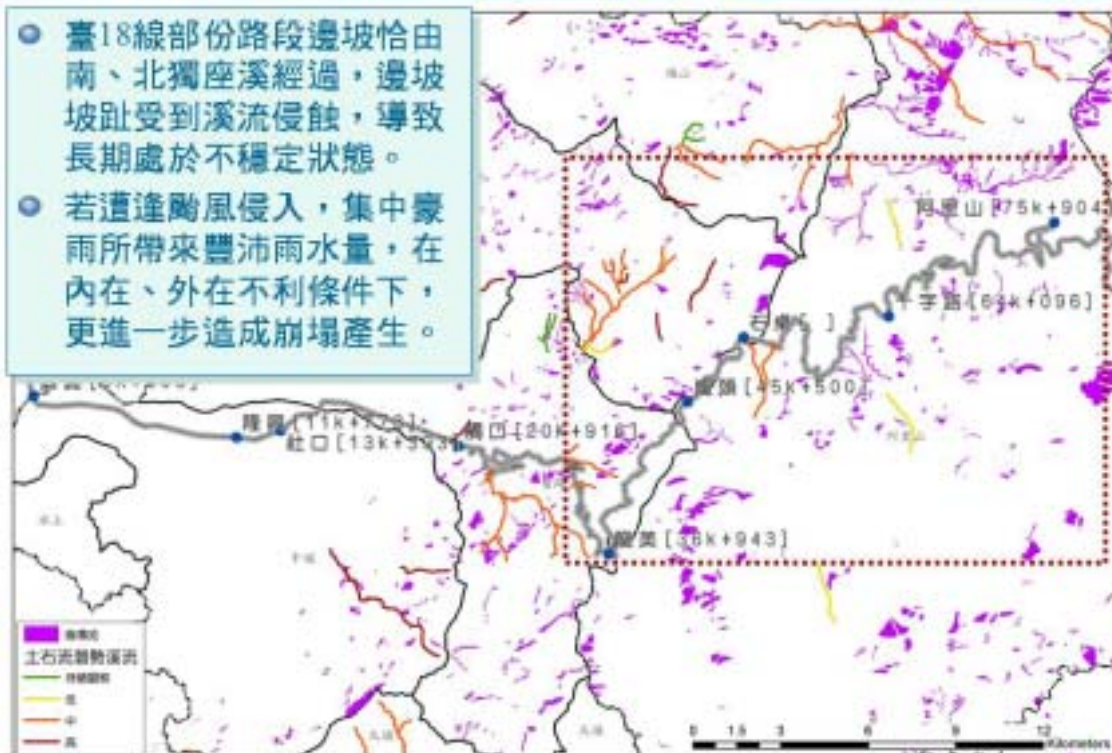
防救災作業架構



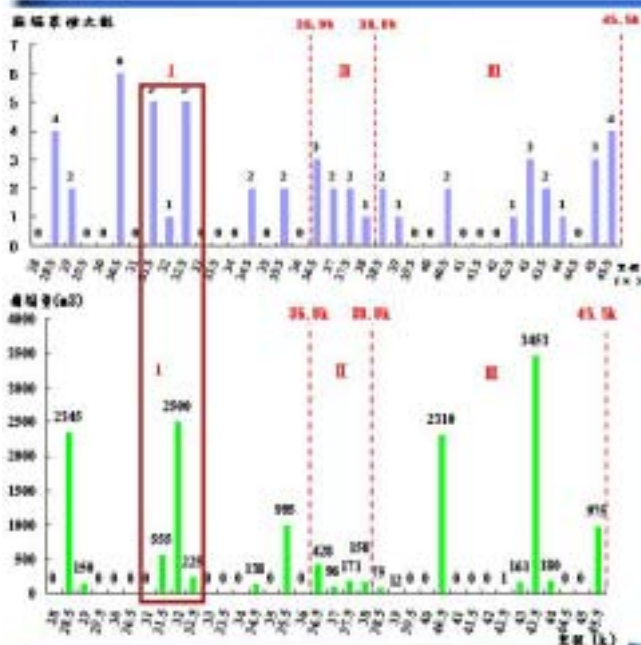
公路防救災資料庫



- 臺18線部份路段邊坡恰由南、北獨座溪經過，邊坡坡趾受到溪流侵蝕，導致長期處於不穩定狀態。
- 若遭逢颱風侵入，集中豪雨所帶來豐沛雨水量，在內在、外在不利條件下，更進一步造成崩塌產生。



臺18線崩塌分析結果

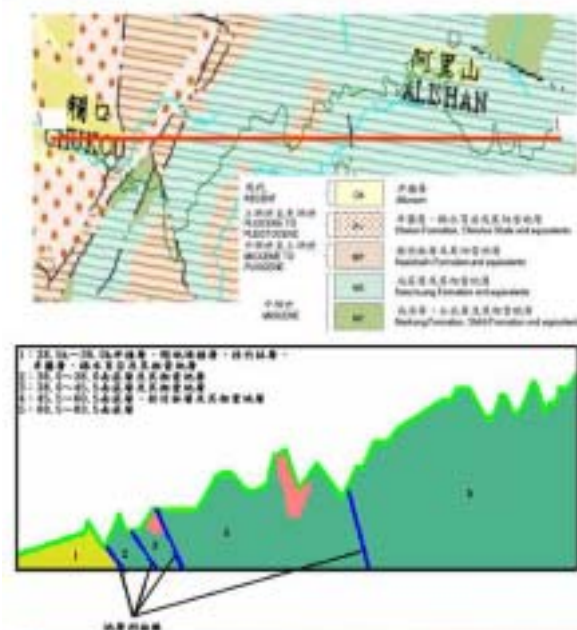


- 取臺18線區段 I、II、III 作範例，並將各路段之崩塌累積次數與崩塌量製成統計圖。
- 31K 與 32.5K 崩塌次數最多但崩塌量卻很少，顯示此邊坡屬於修復後再次發生崩塌類型。
- 32K 的崩塌次數雖不多，但崩塌量卻相當大，顯示屬於新的崩塌邊坡類型，邊坡發生滑動破壞時，可能產生較大型的滑動崩塌。

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

27/51

臺18線路段地質剖面



- 選取剖面線 A-A 為路段起點與終點之連線。
 - 區段1：28.5K～36.0K；
 - 區段2：36.0K～38.0K；
 - 區段3：38.0K～45.5K；
 - 區段4：45.5K～60.5K；
 - 區段5：60.5K～83.5K。

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

28/51

不安定指數結合空間分析



- 崩塌破壞因子的選定
- 崩塌影響因子權重賦予及不安定指數計算
- 崩塌破壞潛感路段劃定
 - ✦ 等級劃分標準
 - ✦ 空間分析方法
 - ✦ 實際災損結果之比較

不安定指數結合空間分析

表 7-6 坡度因子評分與權重

分 級	網格總數	崩塌個數	崩塌百分比	評 分
<25	表 7-7 坡向因子評分與權重			
25~30	分 級	網格總數	崩塌個數	崩塌百分比
30~45	東	...	...	...
45~55	西	...	...	...
>55	南	...	...	...

表 7-8 坡型因子評分與權重

分 級	網格總數	崩塌個數	崩塌百分比	評 分
凸嘴型	...	...	...	...
直嘴型	...	...	...	...
凹嘴型	...	...	...	...

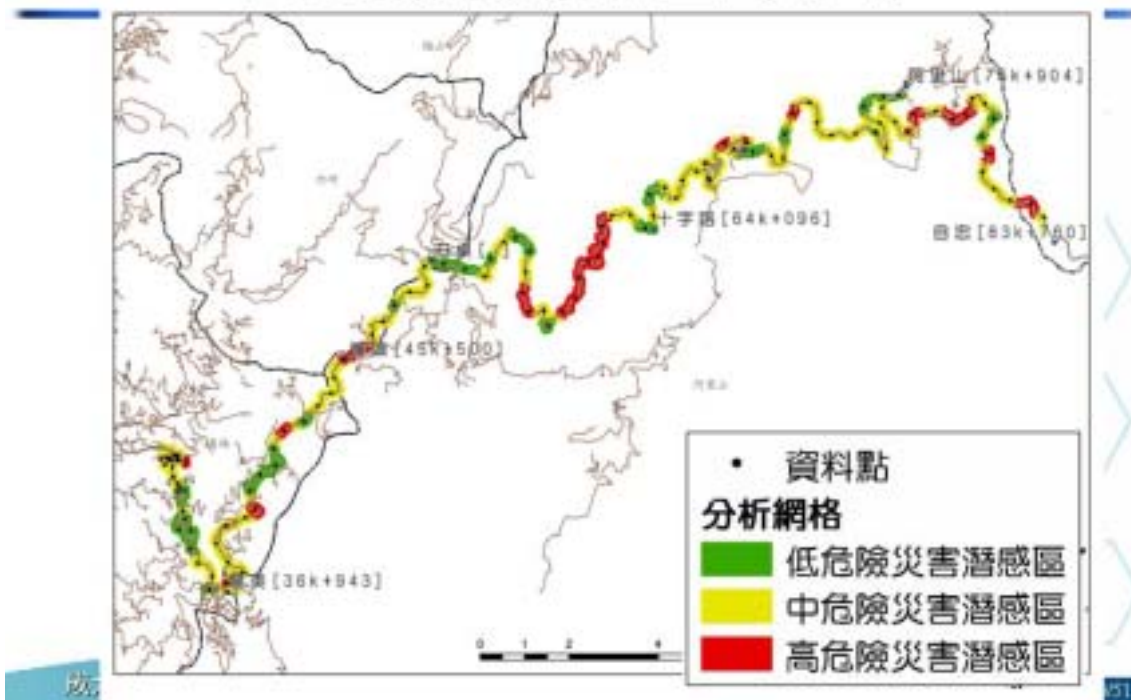
表 7-9 地盤材料因子評分與權重

分 級	網格總數	崩塌個數	崩塌百分比	評 分
崩塌層	65	22	33.846	10.000

表 7-10 地下滲水因子評分與權重

分 級	網格總數	崩塌個數	崩塌百分比	評 分
坡面無地下水滲流	4	1	25.000	1.000
降雨時坡面有少量地下水滲流	109	32	29.358	2.569
降雨時坡面有大量地下水滲流	4	2	50.000	10.000
平時有地下水滲流	4	2	50.000	10.000

不安定指數結合空間分析



災損分析小結

- 已針對基本與災害資料進行災害潛勢分析作業，並依歷年重大颱風所引起的災損資料，分析其**致災原因**，再透過整理相關災害資料與利用統計圖表，探討其災害潛勢與利用GIS探討其空間關係。
 - 30公里~55公里處邊坡材料性質屬於土壤為主。
 - 55公里~85公里處邊坡材料性質則以岩石為主。
 - 邊坡材料性質與各路段坡度及崩塌次數間關係
 - 土坡：坡度 30° ~ 45° 與坡度大於 45° 崩塌發生機率差異不大。
 - 岩坡：坡度間差異較明顯，坡度大於 45° 崩塌發生機率遠大於坡度 30° ~ 45° 之岩坡。
- 臺18線依崩塌性質可區分為新崩場地、舊有崩場地。**新崩場地**後發性高，平日巡檢應針對此處加強留意。**舊崩場地**雖然有進行整治，但少部份地區仍發生大規模崩塌，可依據該地區地層性質對**整治工法**做適當調整，以減緩崩塌行為。
- 此套公路防救災資料庫架構，適用於設施資料維護使用。

監測資料示範區--臺18線五彎仔



成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

33/51

監測資料示範區--臺18線五彎仔

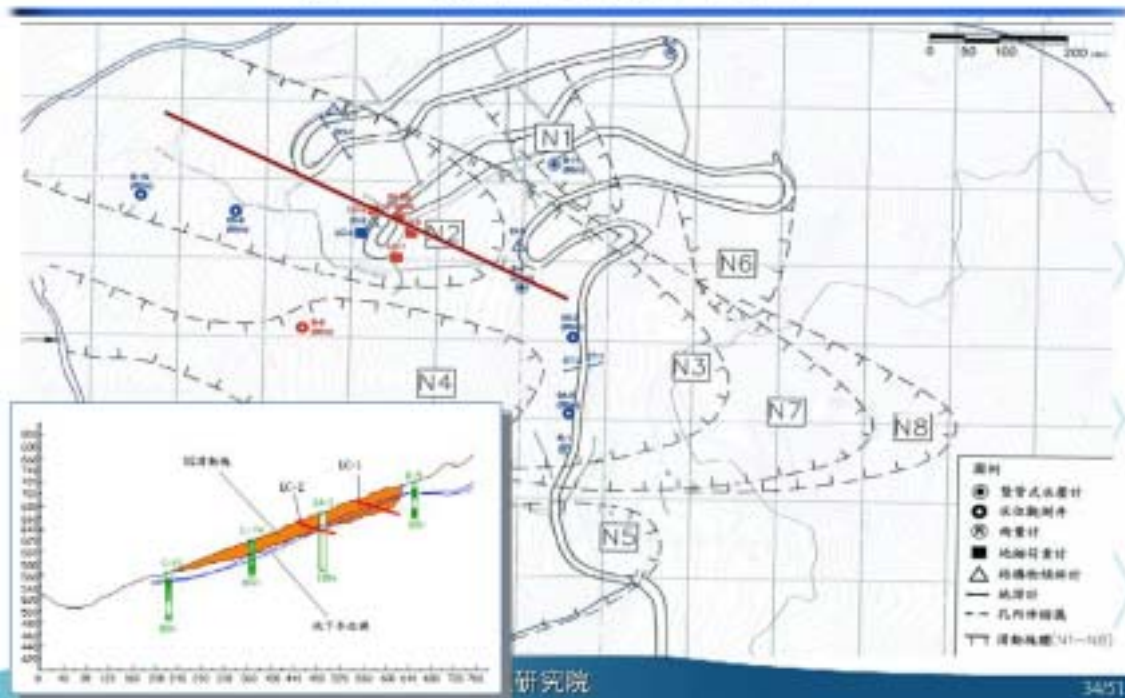
● 公路防災預警資訊監測資料分析

- ✦ 利用**五彎仔**之監測資料，做各監測資料之關聯性分析，再以此對各儀器之適用性做探討，作為防災預警系統之決策依據。
 - 不同地質狀況與滑動深度之適用性
 - 不同滑動速率之適用性
 - 不同塊體或破壞模式之適用性
 - 其他綜合研判分析
- ✦ 部分監測儀器對設置位置較敏感，裝設時須針對儀器特性與參考歷史數據資料與設置圖，以達到有效監測目的。
- ✦ 針對示範區內之各項儀器監測成果，分析實用性與效益，以研擬可用之安全指標。
- ✦ 邊坡滑動之監測儀器種類雖多，但有些儀器因為對邊坡之適用性與耐用性太低，導致監測數據無法真實呈現滑動情形，需研究如何提高儀器適用性與耐用性，以避免此情形出現。

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

33/51

臺18線五彎仔地區



監測資料分析

● 示範區

- ◆ 五彎仔N2滑動塊監測儀器配置較完善，監測數據較完整。

● 監測資料

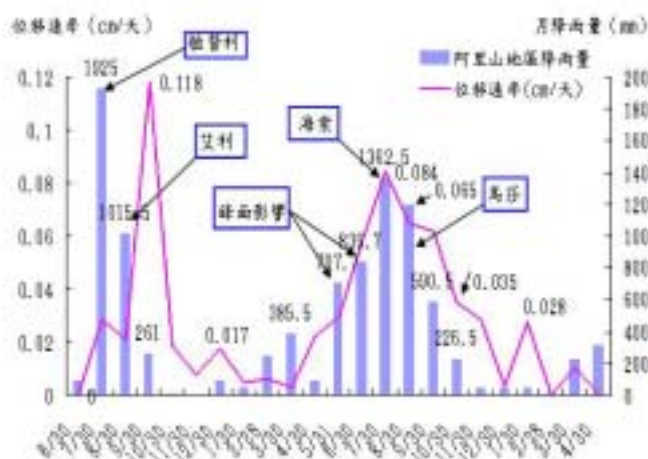
- ◆ 監測儀器：以C-04-1鑽孔之傾斜儀與地下水位計為主。
- ◆ 地錨資料：以LC-1與LC-2地錨荷重計所監測的為準。
- ◆ 降雨量：以阿里山地區的月降雨量為主。

監測資料綜合分析

- 利用傾斜儀、雨量計、地錨荷重計及地下水位計等監測儀器之監測資料可初步判斷出邊坡移動的情形。

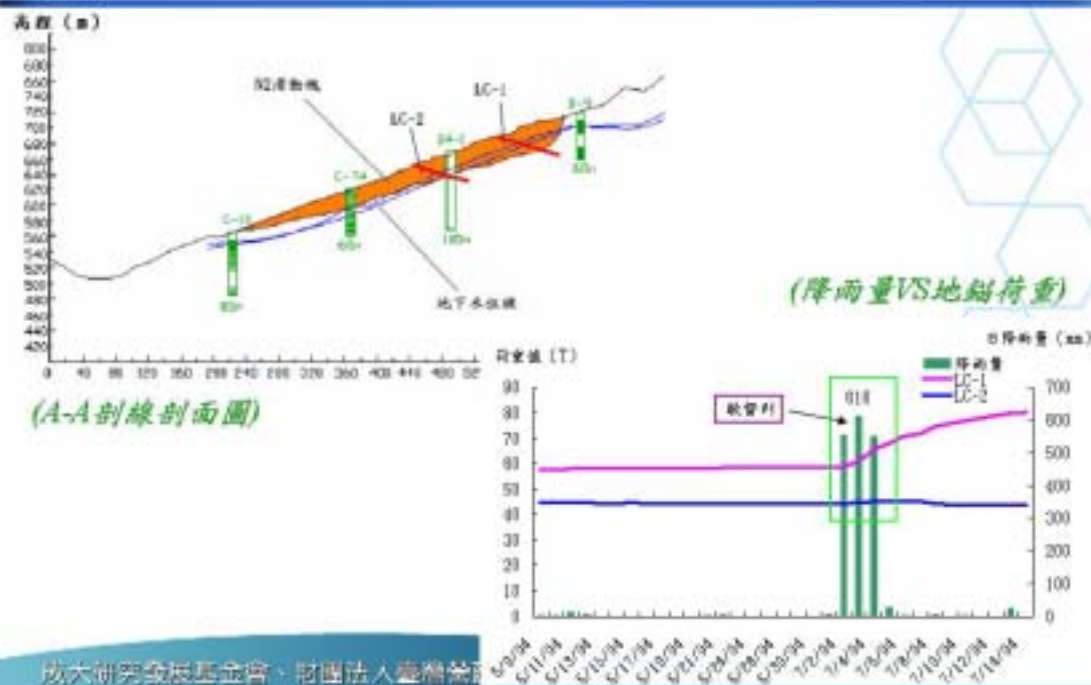
- ◆ 位移速率VS降雨量
- ◆ 降雨量VS地錨荷重
- ◆ 降雨量VS地下水位
- ◆ 位移速率VS地下水位
- ◆ 降雨量VS地下水位VS位移速率

位移速率VS降雨量

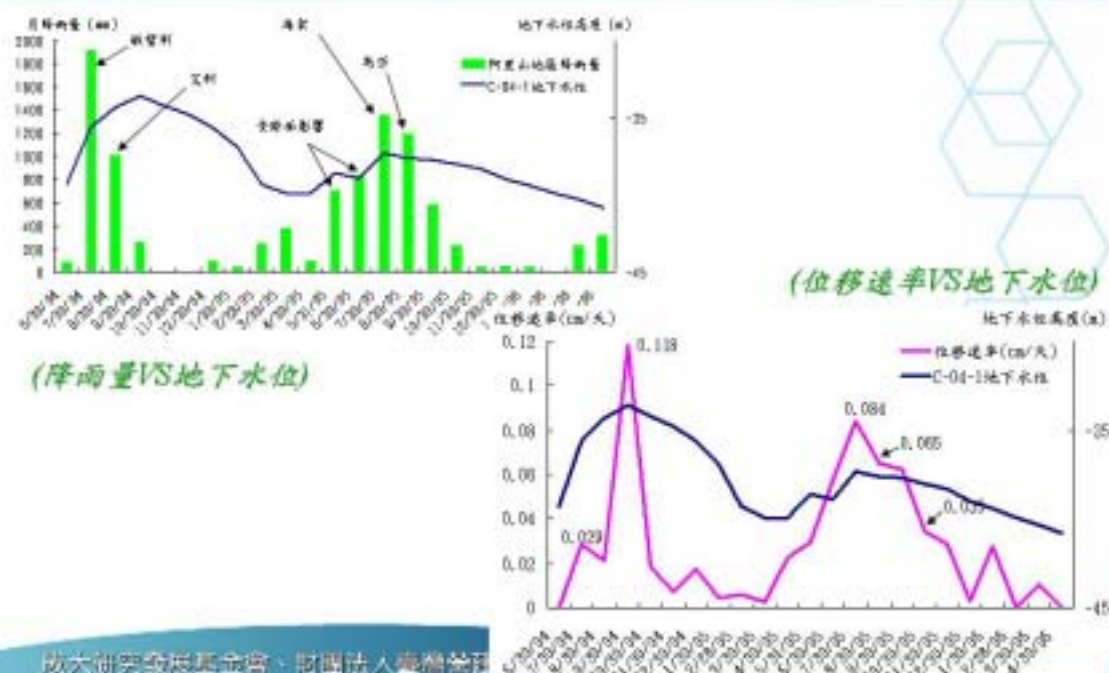


- **傾斜儀**：可明顯看出位移現象，埋設深度越深，越可由歷時曲線顯示趨勢隨正相關增加。
- **雨量計**：可量測雨量變化，滑動塊最大雨量、累積雨量與位移速率有相關。
- **雨量歷時曲線**：可推測位移變化。

地下水位監測分析



地下水位監測分析



監測儀器適用性分析

- 傾斜儀可觀測邊坡位移量並分析邊坡移動速率，研判邊坡之破壞趨勢。另外，將位移速率搭配雨量或地下水位，可知降雨對邊坡穩定性之影響及邊坡破壞前之變化趨勢，若以傾斜管量測位移量或位移速率制訂指標，可作為降雨時邊坡穩定之判斷標準。
- 地錨荷重計在坡面滑動時可確實量測荷重變化，但量測結果是否具指標性，則有賴儀器安置及數據解讀適當與否。在儀器設置方面需將荷重計方位與坡地位移方向相互垂直；量測數據之解讀，技術學理較高，需配合專業人員研判。
- 雨量計可以直接記錄滑動區雨量變化，由觀測降雨量及降雨強度，可發覺降雨行為是否對邊坡穩定有立即性影響，並在第一時間做出適時判斷；另外，降雨量為影響邊坡滑動誘因之一，由量測數據可對邊坡破壞機率進行預測。
- 地下水位用以監測地下水壓之間接指標，並且由地下水位變化判斷邊坡是否失穩，本計畫研究區域內，地下水位之監測結果與降雨量具高度一致性，善用此原則，可將地下水位與相關為移量作為邊坡崩塌損壞判斷指標。

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

40/51

監測分析小結

- 蒐集臺18線五彎仔地區所佈設監測儀器觀測數據，藉由統計分析方式，針對各種不同監測儀器間比對其相互關係，成果說明如下：
 - ✦ 阿里山公路段年平均降雨量約為2,461mm，約82降雨量集中在5月~9月之雨季，且6月~8月平均雨量甚至超過400mm，在此龐大降雨量下，造成短時間地下水位急遽上升。
 - ✦ 由本研究路段災損資料庫中發現，路段本身於降雨時，地下水滲流情形不明顯，造成土體本身含水量、孔隙水壓及自身重量增加，其次，在有效應力降低，材料強度因雨水入滲而減少之情況下，使得土體無法自持本身重量，逐漸反應至地錨荷重計及傾斜儀等監測數據上。
 - ✦ 綜合研判，當該研究地區單一降雨量或累積降雨量過大時，即可能產生地盤不穩定現象。
- 由於監測儀器耐用度過低，導致邊坡滑動監測過程中，因發生儀器損壞或功能喪失，致使監測終止，無法繼續監測並於邊坡崩塌前適時發出警訊。因此，設置監測儀器前需針對設置地點及儀器特性詳加比較，以提高儀器耐用性並同時達到監測目的。

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

41/51

阿里山工務段技術轉移與推廣作業

- 日期：95年9月27日
- 單位：交通部公路總局第五區養護工程處阿里山工務段

時 間	作 業 內 容	地 點	說 明
10:00~10:30	計畫概述	阿里山 工務段	1.提請協助事項之研討 2.系統需求訪談
10:30~12:00	五灣仔監測儀器埋設 位置現場勘查	五灣仔 監測小屋	1.監測儀器現地勘查 2.儀器適用性討論
12:00~13:00	午 餐 休 息		
13:00~15:00	臺18線現勘	省道臺18線 (40K、50~60K)	災損分析與現況對應
15:00~16:00	需求訪談與綜合座談	阿里山 工務段	1.救災公路系統適用性討論 2.災害潛勢、災損分析綜合研討 3.監測儀器適用性研討

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

43/51

阿里山工務段技術轉移與推廣作業



(臺18線五灣仔第四彎處)

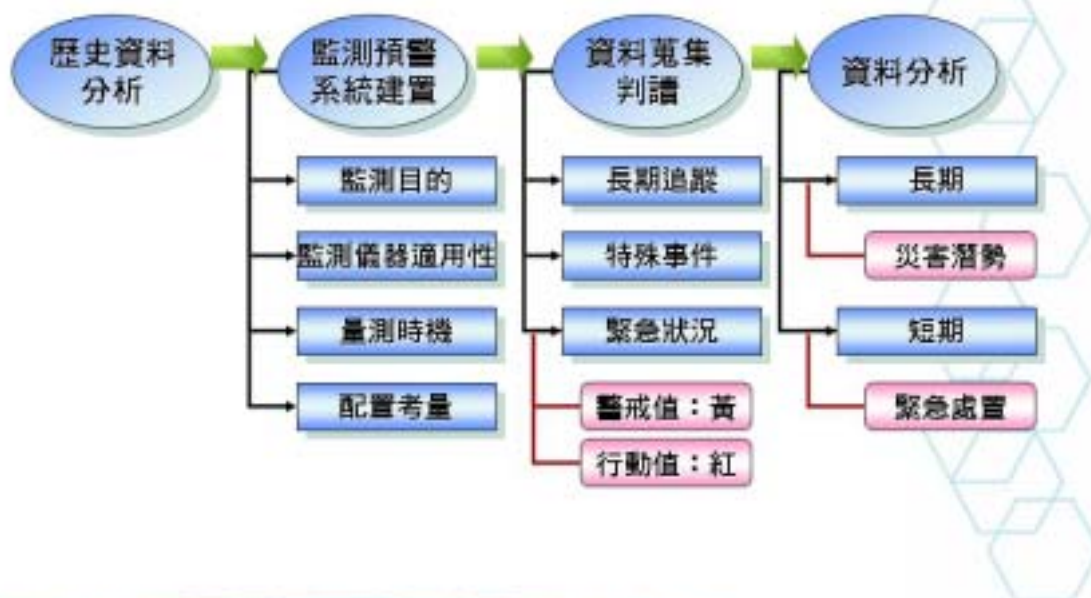


(五灣仔監測小屋)

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

43/51

完成各單位相關監測系統資料建置蒐集作業



成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

45/51

坡地與橋梁防救災系統成果與應用系統課程

- 時間：95年10月12日
- 地點：交通部運輸研究所臺灣技術研究中心
- 合辦：坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究、交通工程防災預警系統建立之研究、臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究，三計畫共同辦理。

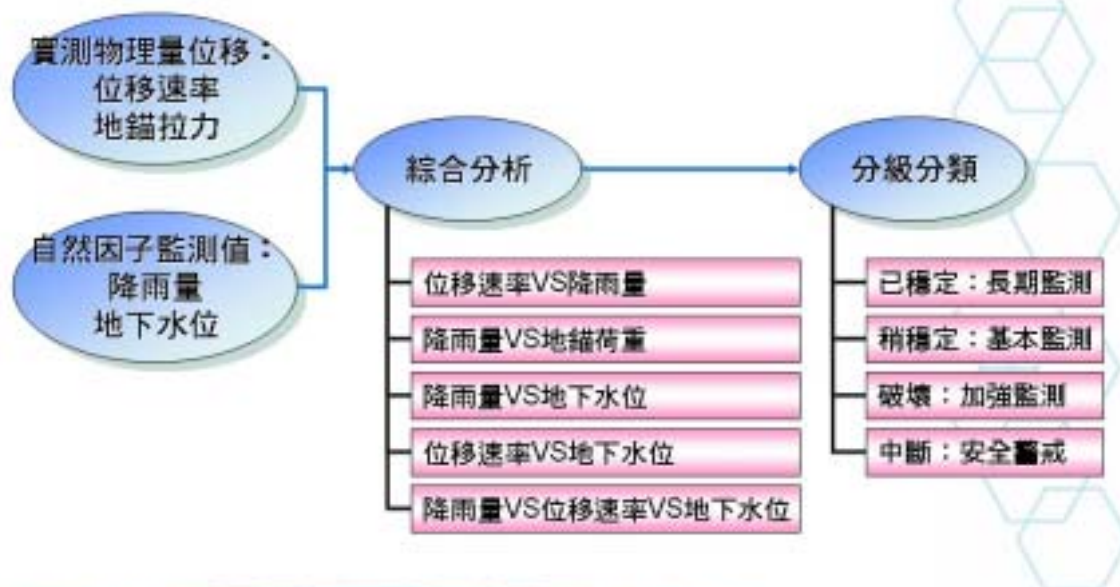


(教育訓練實況)

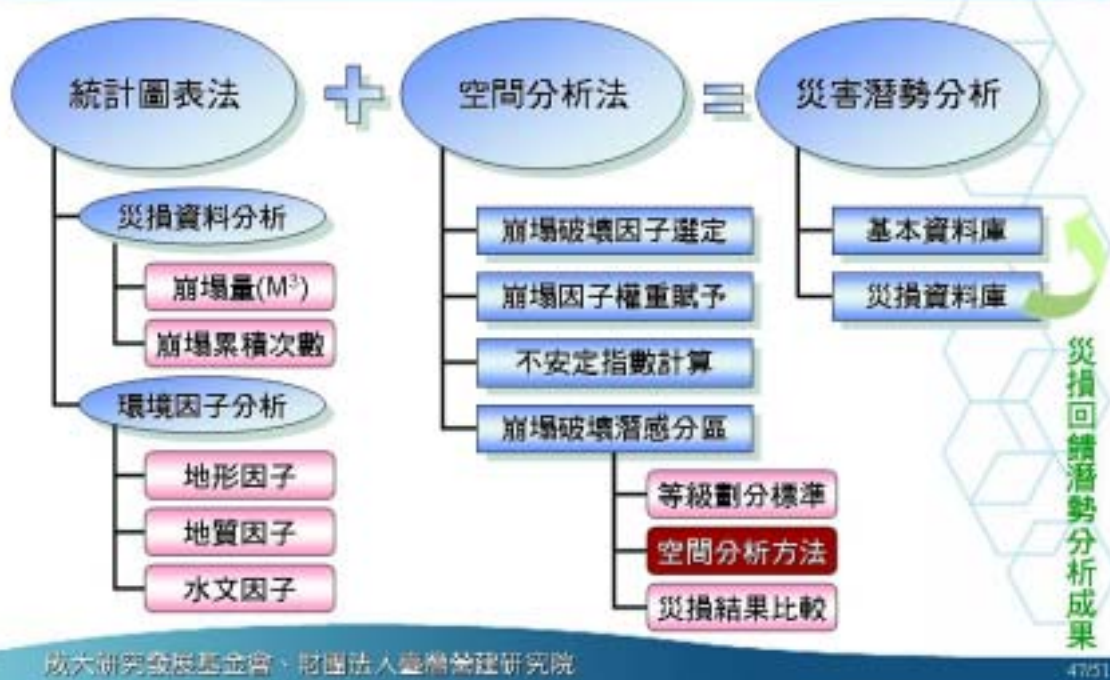
成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

44/51

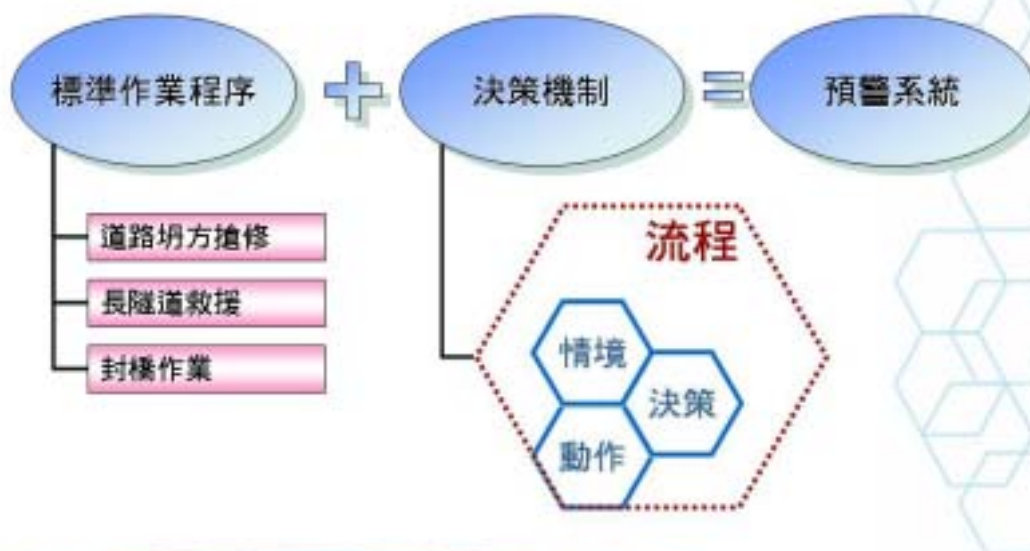
完成公路防災預警資訊監測資料分析作業



完成示範路段災害潛勢分析



建立預警系統之決策機制



成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

48/51

提供教育訓練工作，落實防災作業



成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

49/51

建議

- 山區監測資料傳輸常因無固定式線路而採用無線傳輸，但其傳輸品質常受環境因素影響，而導致通報效率不佳，且養護成本相當高昂；建議可建立一「災害通報專用之寬頻網路」，其不但品質較穩定且便利；於災害發生時其亦較能發揮其即時通報之功能；後續使用、養護之費用上將更為低廉許多。
- 公路災害發生時，常因相關權責單位多，在處理、聯繫上會產生相互間通報不易的現象，建議加強各相關單位間橫向連結機制，以提升災害處理效率。
- 各相關研究過程中，常耗費多數時間與金錢在監測資料收集上，且各監測計畫應有延續性，持續累積資料，才能做進階決策分析使用。因此，監測儀器設立後宜進行長期且持續之觀測，對於已有之監測數據資料，應可建檔公開化或上傳到網路上，以供各方專家學者多加利用。
- 臺18線公路之地質、環境及地形等具特殊性，本計畫已針對該研究地區提出相關標準作業流程，但仍可配合現地養護經驗管理隨時針對作業方法進行檢討。

成大研究發展基金會、財團法人臺灣管理研究院

50/51



簡報完畢
謝謝聆聽

