

98-21-7378

MOTC-IOT-97-H1DB011

公路防救災決策支援系統建立之研究 (2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 98 年 4 月

98-21-7378

MOTC-IOT-97-H1DB011

公路防救災決策支援系統建立之研究 (2/4)

著 者：李豐博、饒正、鄭明淵、蔡明修
吳育偉、張于漢

交通部運輸研究所

中華民國 98 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

公路防救災決策支援系統建立之研究. (2/4) /
李豐博等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部
運研所，民 98. 04
面：公 分

ISBN 978-986-01-8188-3(平裝)

1. 公路管理 2. 災害應變計畫 3. 決策支援
系統 4. 資料庫

557. 33

98006585

公路防救災決策支援系統建立之研究(2/4)

著者：李豐博、饒正、鄭明淵、蔡明修、吳育偉、張于漢

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 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 98 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網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

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

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

GPN：1009800883

ISBN：978-986-01-8188-3 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，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：公路防救災決策支援系統建立之研究(2/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-8188-3 (平裝)	政府出版品統一編號 1009800883	運輸研究所出版品編號 98-21-7378	計畫編號 97-H1DB011
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：李豐博 研究人員：饒正 聯絡電話：04-26587192 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：國立臺灣科技大學生態與防災工程研究中心 計畫主持人：鄭明淵 研究人員：蔡明修、吳育偉、張于漢 地址：台北市基隆路四段 43 號 聯絡電話：02-27376663		研究期間 自 97 年 3 月 至 97 年 11 月
關鍵詞：道路工程；防災預警；災害預防；災害應變；資料交換平台			
摘要： 由於臺灣所在自然環境複雜，各項天然災害頻傳，如地震災害、水災及土石流等等；災害之來臨常帶來嚴重的損失，尤其災害一旦發生，對於公路之影響更為嚴重，造成災民之生命財產損失亦難以估計。為此，本計畫擬針對公路進行防救災決策支援之研究，首先就國內已發展之橋梁、邊坡災害防災等系統進行資料蒐集，並以 94、95 年度交通部運輸研究所港研中心所委託之『交通工程防災預警系統建立之研究』計畫為基礎，應用已發展完成之資料交換平台技術及自動通報機制，整合橋梁與邊坡二防災系統。 本計畫擬應用以軟體代理人(Software Agents)為核心所發展之資料交換平台關鍵技術，交換蒐集各單位網站所發佈之相關災害資訊與相關公路設施資料庫資料，建立『公路防救災決策支援系統』，此外，為因應未來各交通單位可能之資訊及功能需求，本研究擬採開放式之系統架構開發本系統，以提供其他交通設施之防救災模組方便匯入整合，達到資源互相分享之效益，最後再訂定此系統之維護機制及移轉國內各有關單位使用之管理探討。 本系統研發完成可供公路管理單位使用，達到災害預防、災害緊急應變及緊急復原各階段所應執行之災前評估、調查及應採取之緊急措施，以達成防災及減災之功效。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
98 年 4 月	276	200	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: Computer-Aided Decision Support System for Hazard Mitigation of Highway (2/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-01-8188-3 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009800883	IOT SERIAL NUMBER 98-21-7378	PROJECT NUMBER 97-H1DB011
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee Feng-bor PROJECT STAFF: Jao Cheng PHONE: (04) 26587192 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM March 2008 TO November 2008
RESEARCH AGENCY: National Taiwan University of Science and Technology, Ecological and Hazard Mitigation Engineering Research Center. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng Min-yuan PROJECT STAFF: Tsai, M.H, Wu, Yu-wei ADDRESS: #43, Sec.4, Keelung Rd. , Taipei 106 , Taiwan , R.O.C PHONE: (02) 27376663			
KEY WORDS: Road Construction; Early Warning; Disaster Prevention; Disaster Response; Data Exchange Platform			
ABSTRACT: Due to the geographical conditions of Taiwan, the occurrences of natural disasters are frequent and the damages caused to the human life, properties and highways are serious. Decision-making is significant for highway disaster prevention and rescue in Taiwan. Considering the highway disaster prevention and rescue decision support mechanism, a survey of the bridge and slope disaster prevention/rescue systems is fulfilled in this project. In addition, based on the automatic data exchange platform technique and disaster warning mechanism of the Computer-Aided Decision Support System for Hazard Prevention of Transportation Bridges developed in the previous project, this project further develops the Highway Disaster Prevention/Rescue Decision Support System (HDPR-DSS) to automatically integrate distributed information of the current bridge and the slope disaster prevention systems and also to provide appropriate actions for assisting managers in disaster decision-making. To develop the HDPR-DSS, software agent technology is applied. Several data exchange agents in the HDPR-DSS can autonomously retrieve the announced highway disaster information from the distributed transportation system databases. Therefore, the HDPR-DSS can determine warning or rescue actions based on the retrieved data and the highway disaster prevention/rescue decision support mechanism. Meanwhile, to facilitate uncertain system integration in the future, the HDPR-DSS is implemented as the open system architecture. Accordingly, the HPDPR-DSS also provides a flexible and open interface for integrating the unknown systems. The HDPR-DSS can provide road managers with the appropriate actions regarding disaster response procedure, including disaster prevention, disaster contingency response and disaster restoration and rehabilitation. Therefore, the HDPR-DSS can assist manager in achieving disaster prevention and rescue in three categories, as follows: "Disaster emergency response," "emergency restoration," and "planned rehabilitation and reconstruction."			
DATE OF PUBLICATION April 2009	NUMBER OF PAGES 276	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

公路防救災決策支援系統建立之研究(2/4)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
圖目錄	VII
表目錄	XIV
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫背景	1-1
1.2 計畫目的及範圍	1-2
1.3 計畫流程與內容	1-3
第二章 相關道路邊坡管理系統介紹	2-1
2.1 道路邊坡維護管理系統模組與其應用	2-2
2.1.1 自然環境資料庫	2-7
2.1.2 工程資料庫	2-11
2.1.3 災損資料庫	2-15
2.1.4 巡檢資料庫	2-17
2.1.5 監測儀器資料庫	2-20
2.2 道路邊坡崩塌潛勢分析	2-23
2.2.1 高斯過程分析與其他方法之比較	2-23
2.2.2 崩塌因子量化與選定	2-24
2.2.3 道路邊坡崩塌潛勢分析	2-32

2.3 交通工程防災預警系統	2-37
2.3.1 系統應用模式	2-39
2.3.2 資料交換平台	2-39
2.3.3 Database to Database 資料交換模式	2-40
2.3.4 軟體代理人網頁資料交換模式	2-41
2.4 災害自動化監測系統之應用	2-43
2.5 公路救災資源規劃	2-53
第三章 災害緊急應變流程與通報機制	3-1
3.1 前言	3-1
3.2 災害緊急應變流程	3-1
3.2.1 災害防救法與陸上交通事故災害防救業務計畫	3-1
3.2.2 災害應變與系統使用流程	3-4
3.2.3 災前-災前預防	3-6
3.2.4 災時-災害緊急應變	3-7
3.2.5 災後-災後復原重建	3-9
3.2.6 小結	3-11
3.3 通報機制	3-11
3.3.1 橋梁通報機制	3-11
3.3.2 邊坡通報機制	3-12
第四章 公路防救災決策支援系統分析	4-1
4.1 前言	4-1
4.2 系統使用需求分析	4-1
4.2.1 網頁系統使用需求	4-2

4.2.2	系統單機版使用需求	4-2
4.2.3	PDA 版使用需求	4-2
4.3	系統發展概念研擬	4-4
4.3.1	對話介面	4-5
4.3.2	資料管理	4-5
4.3.3	模式管理	4-6
4.3.4	系統架構擬訂	4-7
4.3.5	定義系統應用模式	4-11
4.3.6	系統開發工具與使用者環境	4-12
4.4	系統功能規劃與發展	4-13
4.4.1	96 年系統功能(第一年度-已完成)	4-14
4.4.2	97 年系統功能規劃(第二年度-已完成)	4-29
4.4.3	98 年系統功能(第三年度-後續進度)	4-60
4.4.4	99 年系統功能(第四年度-後續進度)	4-60
第五章	系統整合測試	5-1
5.1	系統整合測試及成果發表會	5-1
5.1.1	軟體代理人之運作測試	5-1
5.1.2	測試前系統使用說明會議	5-5
5.1.3	成果發表會	5-5
第六章	結論與建議	6-1
6.1	結論	6-1
6.2	建議	6-2
第七章	目前進度及後續工作項目	7-1

參考文獻.....	參-1
附錄一 期中審查委員意見及辦理概況.....	附錄 1-1
附錄二 期末審查委員意見及辦理概況.....	附錄 2-1
附錄三 坡地道路防災系統整合會議.....	附錄 3-1
附錄四 成果發表會簡報資料.....	附錄 4-1
附錄五 測試前系統使用說明會議意見.....	附錄 5-1
附錄六 成果說明與應用訓練紀錄.....	附錄 6-1
附錄七 期末簡報資料.....	附錄 7-1

圖 目 錄

圖 1-1	研究內容架構圖	1-3
圖 1-1	研究內容架構圖(續).....	1-4
圖 2-1	道路邊坡維護管理系統資料庫架構圖	2-5
圖 2-2	道路邊坡維護管理系統畫面	2-6
圖 2-3	道路基本資料管理界面	2-6
圖 2-4	邊坡資料管理架構圖	2-7
圖 2-5	自然環境資料庫之搜尋與新增功能界面	2-8
圖 2-6	基本資料欄位.....	2-8
圖 2-7	自然環境資料填報界面	2-9
圖 2-8	岩石邊坡崩塌型態五大分類之系統界面	2-10
圖 2-9	岩石邊坡傾倒型態典型示意照片	2-10
圖 2-10	岩石邊坡岩屑傾覆相關示意圖及類型描述界面	2-11
圖 2-11	工程資料庫之搜尋與新增功能界面	2-11
圖 2-12	工程資料庫之維護工程紀錄界面	2-12
圖 2-13	整治工法五大分類之系統界面	2-13
圖 2-14	植生工法各項分類之典型示範案例	2-13
圖 2-15	噴凝土護坡工法定義及標準圖說界面	2-14
圖 2-16	工程資料庫中之工程明細資料界面	2-14
圖 2-17	工程資料庫中之施工照片填報界面	2-15
圖 2-18	災損資料庫之搜尋與新增功能界面	2-15
圖 2-19	災損資料庫之搶修工程紀錄界面	2-16

圖 2-20	災損資料庫之通報紀錄界面	2-17
圖 2-21	巡檢資料庫之搜尋與新增功能界面	2-18
圖 2-22	巡檢資料庫之擋土結構物檢查界面	2-19
圖 2-23	巡檢資料庫之護坡設施檢查界面	2-19
圖 2-24	巡檢資料庫之排水設施檢查界面	2-20
圖 2-25	監測儀器資料庫之搜尋與新增功能界面	2-20
圖 2-26	監測儀器資料庫填報界面	2-21
圖 2-27	監測儀器三大分類之系統界面	2-22
圖 2-28	應力監測之各項分類之安裝照片	2-22
圖 2-29	土壓力計之示意圖與定義界面	2-23
圖 2-30	基本因子示意圖	2-25
圖 2-31	坡度因子示意圖	2-26
圖 2-32	台 18 線沿線地質圖	2-27
圖 2-33	地質構造示意圖	2-27
圖 2-34	風化及破碎程度示意圖	2-28
圖 2-35	GIS 建置之集水區面積圖	2-29
圖 2-36	道路開闢因子示意圖	2-30
圖 2-37	GIS 建置之 PGA 分佈圖	2-31
圖 2-38	GIS 建置之區域雨量分佈圖	2-31
圖 2-39	分階式山區道路邊坡崩塌預測模式	2-33
圖 2-40	系統應用模式	2-39
圖 2-41	資料交換模式	2-39
圖 2-42	Database to Database 資料交換模式	2-40

圖 2-43	軟體代理人網頁資料交換模式	2-41
圖 2-44	多天線 GPS 系統	2-44
圖 2-45	多天線 GPS 儀器配置圖	2-45
圖 2-46	近景攝影量測流程圖	2-48
圖 2-47	光纖光柵量測原理示意圖	2-49
圖 2-48	節理式設計之訊號放大效應	2-51
圖 2-49	連續遞增之漸變應變所產生 FBG 尖峰波長寬度之改變 ...	2-52
圖 2-50	FBG 水壓計現場安裝示意圖	2-53
圖 2-51	交通人力物力資料庫	2-55
圖 2-52	系統功能圖	2-57
圖 3-1	災害應變流程	3-3
圖 3-2	公路防救災決策支援系統之災害應變運作順序	3-5
圖 3-3	橋梁災害處理通報流程	3-12
圖 3-4	邊坡災害處理通報流程	3-13
圖 4-1	規劃設計流程	4-1
圖 4-2	單機系統連線架構圖	4-3
圖 4-3	PDA 系統連線架構圖	4-4
圖 4-4	系統組成	4-4
圖 4-5	系統架構	4-8
圖 4-6	GIS 功能共享模組圖	4-9
圖 4-7	系統應用模式	4-11
圖 4-8	系統作業環境圖	4-13
圖 4-9	公路防救災決策支援系統功能架構	4-14

圖 4-10	橋梁基本資料管理模組—查詢條件設定	4-15
圖 4-11	橋梁基本資料管理模組—顯示橋梁基本資料	4-15
圖 4-12	破壞模式資料管理模組—功能選單	4-16
圖 4-13	破壞模式資料管理模組—破壞模式參考圖例	4-16
圖 4-14	補強技術資料管理模組—補強工法選擇	4-17
圖 4-15	補強技術資料管理模組—補強工法說明與圖例	4-17
圖 4-16	評估表單管理模組—評估表單選擇	4-18
圖 4-17	評估表單管理模組—新增震後橋梁緊急調查表	4-18
圖 4-18	邊坡道路資料模組—搜尋條件選擇	4-19
圖 4-19	邊坡道路資料模組—新增資料	4-19
圖 4-20	邊坡報表輸出模組—搜尋條件選擇	4-20
圖 4-21	邊坡報表輸出模組—EXCEL 檔案	4-20
圖 4-22	邊坡統計分析模組—搜尋條件選擇	4-21
圖 4-23	邊坡統計分析模組—EXCEL 檔案	4-21
圖 4-24	簡易目視檢查表模組—新增資料	4-22
圖 4-25	邊坡巡檢表單模組—新增資料	4-22
圖 4-26	邊坡整治工法模組—新增資料	4-23
圖 4-27	邊坡災損資料模組—新增資料	4-23
圖 4-28	邊坡自然環境檢查表模組—新增資料	4-24
圖 4-29	邊坡監測儀器模組—新增資料	4-24
圖 4-30	橋梁 GIS 資料模組—最近地震分布圖	4-25
圖 4-31	橋梁 GIS 資料模組—可能受損橋梁圖(模擬結果)	4-25
圖 4-32	邊坡 GIS 資料模組—邊坡災損金額圖	4-26

圖 4-33	邊坡 GIS 資料模組—工程點位查詢	4-26
圖 4-34	災害資訊管理模組—最近災害警訊列表	4-27
圖 4-35	災害資訊管理模組—災害資訊查詢	4-27
圖 4-36	通報歷史紀錄	4-28
圖 4-37	簡訊雙向傳輸架構圖	4-28
圖 4-38	單機版功能圖	4-29
圖 4-39	橋梁檢測表單功能模組圖	4-30
圖 4-40	邊坡檢測表單功能模組圖	4-30
圖 4-41	PDA 單機版使用案例圖	4-32
圖 4-42	PDA 單機版類別圖	4-33
圖 4-43	PDA 單機版順序圖	4-34
圖 4-44	公路防救災支援決策系統 PDA 單機版功能架構	4-35
圖 4-45	表單資料管理模組功能架構	4-36
圖 4-46	待辦事項管理模組功能架構	4-37
圖 4-47	PDA 網路版系統運作流程圖	4-37
圖 4-48	PDA 網路版使用案例圖	4-38
圖 4-49	PDA 網路版類別圖	4-39
圖 4-50	PDA 單機版順序圖	4-40
圖 4-51	PDA 單機版與網路版使用差異圖	4-41
圖 4-52	PDA 版登入畫面	4-42
圖 4-53	(a)待辦事項、(b)新增表單	4-43
圖 4-54	(a)表單填寫、(b)上傳更新	4-44
圖 4-55	(a)表單填寫—公路選取、(b)表單填寫—路段選取	4-45

圖 4-56	自動更新確認圖	4-46
圖 4-57	公路防救災決策支援系統 PDA 版操作流程圖	4-47
圖 4-58	多代理人模式圖	4-48
圖 4-59	資料交換平台架構圖	4-49
圖 4-60	新增系統運作模式圖	4-51
圖 4-61	加入新增資訊簡要流程	4-52
圖 4-62	標籤註記功能主畫面	4-53
圖 4-63	道路通阻資訊瀏覽畫面	4-54
圖 4-64	顯示網頁原始碼	4-54
圖 4-65	新增表單註冊	4-55
圖 4-66	標籤註記分頁	4-55
圖 4-67	標籤註記畫面	4-56
圖 4-68	分批建置各標籤註記資料	4-57
圖 4-69	結果顯示	4-57
圖 4-70	表單內容顯示	4-58
圖 4-71	產生 XML 格式資料集	4-58
圖 4-72	動態更新資訊	4-59
圖 4-73	公路防救災決策支援系統土石流查詢	4-59
圖 5-1	交通大學研究團隊光纖式水壓計資料交換	5-2
圖 5-2	手機簡訊通報	5-3

表 目 錄

表 2-1	國內交通工程相關研究成果表	2-1
表 2-2	影響因子及量化範圍	2-32
表 2-3	各階段預測模式建立所使用之分析資料	2-36
表 4-1	本年度預計整合模組表	4-60
表 5-1	光纖式位移計及水位計資料交換測試說明	5-1
表 5-2	地表位移量資料交換測試說明	5-1
表 5-3	降雨量交換測試說明	5-2
表 5-4	土石流災害資訊交換測試說明	5-2
表 5-5	河川水位量交換測試說明	5-3
表 7-1	目前完成之工作項目	7-2

第一章 緒論

1.1 計畫背景

由於臺灣自然環境特殊，地震、颱風及土石流等災害發生頻繁，且常造成各項交通設施及要道中斷，使得災區交通受阻、人員傷亡。因此綜整所有災害資訊並整合各災害資訊系統，在災害來臨時，提供公路設施管理人員進行緊急應變決策實屬刻不容緩。

目前國內公路設施主管機關，對於所轄設施如橋梁、坡地、道路或隧道之管理及防災作為皆朝向電腦化之目標，且成效顯著，如『臺灣地區橋梁管理系統』、『道路邊坡監測系統自動化及緊急臨時通報系統研發』及『臺灣區救災公路系統』等。然目前各機關及各設施已發展採用之資訊系統多無法相互聯繫，且多為獨立開發，資料庫間整合實屬不易，倘若以人工方式進行系統間資料整合，將無法因應災時緊急應變之需，且所需人力十分龐大。而各系統獨立運作的結果，造成各系統在使用維護管理上，發生資料重覆建置無法分享共用之問題，使得在防災作為無法有效掌握整體災情及規劃救災資源；因此，系統整合需求因應而生。本計畫擬延續應用『交通工程防災預警系統』發展之關鍵技術(該計畫於 94 年度與 95 年度榮獲委託單位交通部運輸研究所頒贈優良獎)，利用以智慧代理人(Intelligent Agents)為核心所建置之資料交換平台，自動擷取及彙整各系統之災害資訊，進一步建立『公路防救災決策支援系統』。此系統將整合橋梁與邊坡等防災系統，透過資料交換平台與各單位之研究成果資料進行交換，並提供合適之防救災對策，以提升決策者擬訂防救災策略之效率。此外，為因應未來各交通單位可能之資訊及功能需求，本研究擬採開放式之系統架構開發本系統，以提供其他交通設施之防救災模組方便匯入整合，進而達成交通防救災資訊整合平台建立之目標，促進資源互相分享之效益。

本計畫擬於資料交換平台架構下，整合目前現行使用的公路設施管理、防災系統，將各類型設施模組化，制定資料庫格式、運作及擴

充方法，配合資料交換平台擷取各類災害資訊及公路設施資料，進行分析決策。系統設計上，以資料庫與資料交換平台為主架構，利用模組擴充方式銜接各類型設施之模組，以利未來其他交通設施模組之加入。在此一系統的建立與運作下，可達成下列目標：(1)不同單位間可互相分享資料，避免資料重覆建置所造成之資源浪費及資料不一致性；(2)資料庫及功能模組的擴充功能模式，有效整合各類交通設施，強化防災能力；(3)公路設施之管理防災能力，可從單一設施的點範圍提昇至整體綜觀之線甚至面的範圍，落實及追蹤各項防救災作為。

1.2 計畫目的及範圍

本計畫主要目標為建立『公路防救災決策支援系統』，以整合各交通相關系統，提供公路防救災決策人員最佳化之決策，提升公路災害搶救人員緊急應變能力，將災害損失降至最低。本計畫預計分四年實施，研究目的細分如下：(1)蒐集彙整國內外相關防救災系統之資料；(2)分析瞭解國內現有交通相關系統；(3)建構資料交換平台；(4)規劃建置公路防救災決策支援系統(網路版)；(5)建立災害緊急應變流程與通報機制；(6)整合系統功能模組建構並制訂其擴充方法；(7)公路防救災決策支援系統 PDA 版建構；(8)選取橋梁及坡地示範區並進行整合測試；(9)其他公路設施之資料庫及功能模組擴充；(10)救災路網替代道路規劃；(11)救災資源指派決策支援規劃；(12)系統測試與修正；(13)系統推廣與教育訓練。

研究範圍為整合公路橋梁與坡地相關防災資訊系統，內容包括蒐集國內外橋梁、坡地災害系統相關資料，如：Haz-Taiwan(地震損害評估決策支援系統)、Teles、交通工程防災預警系統及道路邊坡維護管理系統等；透過文獻確認『公路防救災決策支援系統』之所需參數；規劃建置公路防救災決策支援系統資料庫；發展公路防救災決策支援系統之資料交換平台，並在資料交換平台之架構下，應用開放式系統架構整合橋梁、坡地防救災資訊系統，並加入路網分析與資源指派決策支援之規劃。

1.3 計畫流程與內容

第一年主要工作進度為文獻收集彙整、邊坡及橋梁預警系統之整合；第二年則整合災害通報機制與系統驗證；第三年主要進度為救災路網規劃與其他道路工程系統整合；第四年則整合所有資源完成救災資源指派支援決策系統與教育訓練。工作內容條列如下圖 1-1 所示：

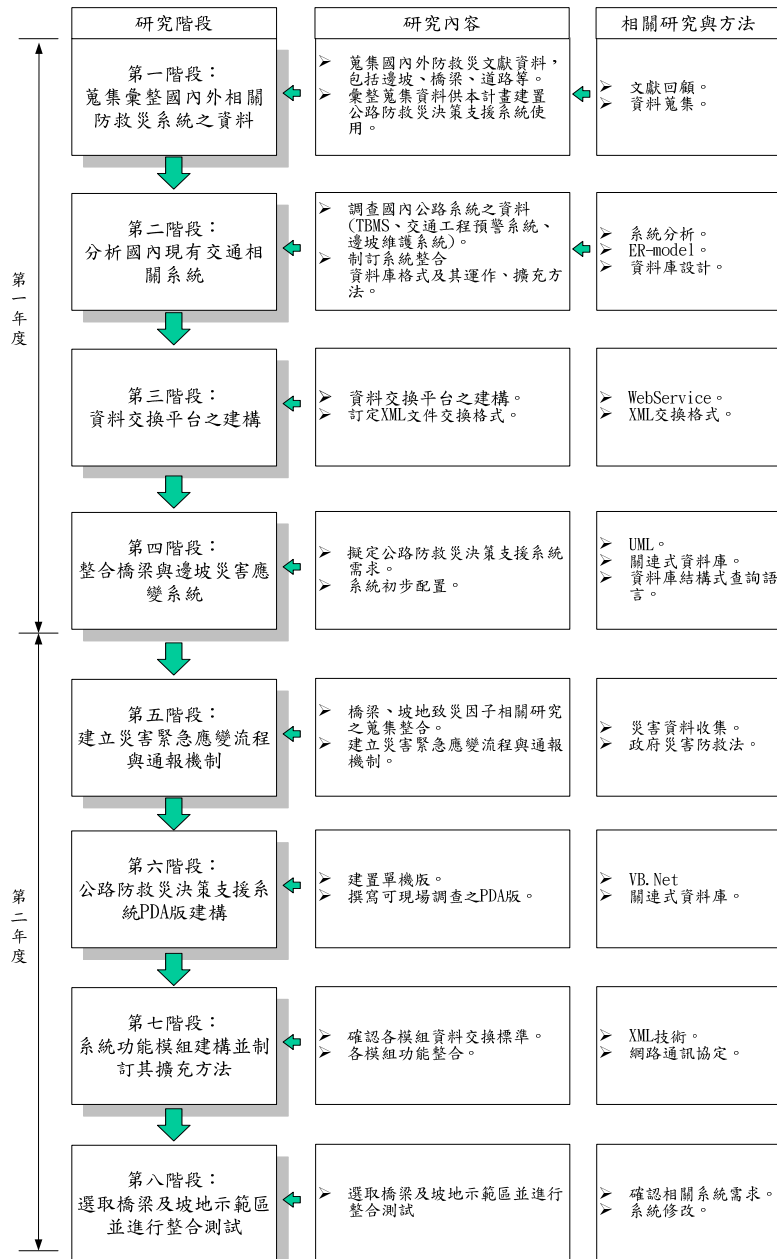


圖 1-1 研究內容架構圖

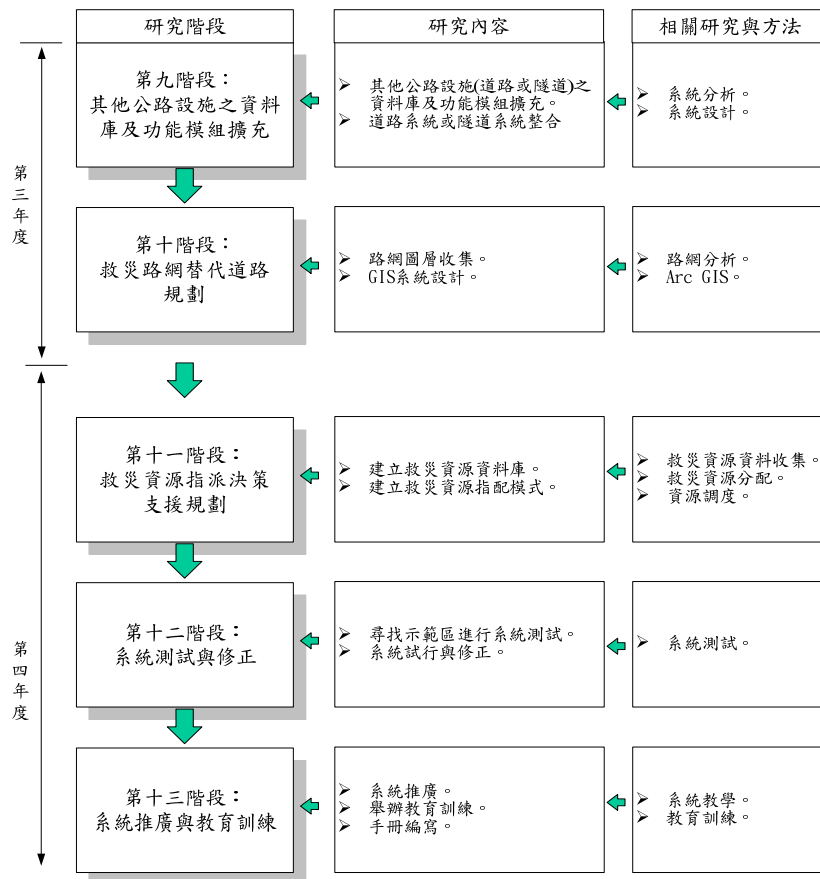


圖 1-1 研究內容架構圖(續)

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

1. 第一年工作項目（已完成進度）

- (1) 蒐集彙整國內外相關防救災系統之資料：本計畫將針對目前國內外之防救災系統文獻資料及國內已發展完成之防救災決策支援系統進行資料蒐集，內容包含國內外之邊坡、橋梁、道路等之防災、救災資料及相關資料庫系統之技術等。完整之資料蒐集有助於後續工作之進行，如分析檢討國內公路工程防救災現時處置方式之情況及相關資訊系統之建立方式，亦可比較國內、外防救災處置方式及其決策支援系統之異同，以利於既有技術之落實或新技術之研發。

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

a. 臺灣地區橋梁管理系統

「臺灣地區橋梁管理系統」^[3]提供交通部、內政部和其所屬單位包括：高公局、公路局、鐵路局、各縣市政府使用。藉由系統化、有效率的電腦化管理方法，整合 GIS、GPS 及網路系統所完成之管理系統，得以協助橋梁管理機關提高橋梁服務水準，確保橋梁結構穩定性與安全性及維護陸路運輸機能，並有效運用資源、降低使用及維修成本、延長橋梁使用年限，以經濟有效的方式執行橋梁管理工作，減輕政府負擔。

b. 交通工程防災預警系統

「交通工程防災預警系統」^[71, 72]透過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、網站資料進行資料交換，利用交換所得之資料彙整分析後，評估橋梁之安全性並做後續應採取措施之建議。橋梁管理單位使用本系統可於災害發生前(時)，依據系統所提出之警訊，對有危險疑慮之橋梁採取應進行之調查評估與緊急措施，確保橋梁使用的安全性，並且有利於橋梁管理單位掌握區域路網狀況。交通工程防災預警系統的特色，是應用智慧代理人(Intelligent Agents)建置網路資料交換平台，透過此平台交換彙整現有之橋梁資料、災害監測資料及潛勢分析資料等，整合在同一環境下評估橋梁安全等級狀況，並提供自動化通報機制，將預警警報透過 e-mail 與手機簡訊等方式發送予橋梁管理人員；系統性的災害處理流程與數位化的評估表單可幫助工程人員迅速有

效率的處理橋梁災害問題。本計畫擬以此系統為基礎模式，整合相關之研究及其他交通防災系統，如：坡地、隧道等，達到交通工程防災預警作業綜觀性、系統化、數位化之目的。

c. 坡地災害緊急搶修與復建整合技術

此計畫係整合道路邊坡崩塌之緊急搶修、復建與防治等技術研發，研擬適當之處置措施，以便於後續完善整治設施之實施，進而有效降低崩塌或施工不當對環境之衝擊，減低坡地崩塌對社會、經濟與生態造成之損失。本計畫著重於建立崩塌潛勢分級觀念，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。同時調查現有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，提供即時搶修方案擬訂參考。此外，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，兼顧考量交通、經濟、社會與生態因素，作為整體設計之崩塌防治對策。

d. 國道高速公路交通資訊系統

此系統由交通部臺灣區國道高速公路局所建置，其位址為(<http://www.nfreeway.gov.tw/>)，彙整高速公路國一、國二、國三、國三甲、汐五高架偵測資料及警廣提供之即時路況，資料庫名為「國道即時路況資料庫」，相關車速與事件資訊為開放使用，另外有 XML 資料格式可供學術研究。本計畫將即時取得隧道資訊，作為整合其他系統資訊之範例。

e. 交通部公路總局道路通阻查詢系統

此系統由交通部公路總局所架設，其位址為(<http://www6.thb.gov.tw/map/>)，提供目前公路段之通阻查詢，分別記錄路線樁號、搶修措施、阻斷時間、預計通車時間、

受損情形等資訊。本研究第三年計畫中將取得道路通阻資訊作為路網分析之依據，整合各地災情資訊與道路通阻訊息，提供救災資源調派之建議。

- (3)建構資料交換平台：為達到各系統間資料交換之目的，本研究以軟體代理人(Software Agents)為基礎，建立一資料交換平台，資料交換平台之建立，可減少資料重覆建置，增加資訊之使用率，達到資源共享之目標。在此架構下各系統將共享災情資訊，並可整合各項資源。
- (4)規劃建置公路防救災決策支援系統(網路版)：本階段將運用第三階段所確立之資料交換平台架構，整合現有資訊系統(交通工程防災預警與坡地管理系統)於統一架構下，此整合模式未來可做為其他公路設施整合擴充之依循。此架構下將共用 GIS 圖層資料，並在資料庫上作相關之連結。

2. 第二年工作項目(本年度計畫進度)

- (1)災害應變與系統決策流程建立：根據災害防救法，建置一套與系統配合之流程，方便使用者運用與操作本系統。
- (2)PDA 版系統建立：為讓公路防救災決策支援系統所建立之通報機制，以利災害資訊快速匯整。故建立 PDA 版系統，讓巡檢人員利用 PDA 版系統能夠依照通報訊息進行巡檢任務，並依照系統所需現地災害資訊，進行制式回報。
- (3)單機版系統建立：為解決通訊中斷之問題，本研究另外建置可離線狀態使用之單機版系統，巡檢人員可利用單機版系統至災害現場進行巡檢任務。
- (4)系統功能模組建構並制訂其擴充方法：本階段針對第一年之成果擴充邊坡現場監控等功能，以提供後續其他公路設施所需功能模組能彈性附加整合與本系統。
- (5)選取橋梁及坡地示範區並進行整合測試：選定為阿里山公路五彎

仔段為示範區。並針對資料交換平台(軟體代理人)及系統使用於五彎仔段進行測試。

3. 第三年工作項目(詳述部分將於第三年度報告補充)

- (1)其他公路設施(道路或隧道)之資料庫及功能模組擴充。
- (2)救災路網替代道路規劃。

4. 第四年工作項目(詳述部分將於第四年度報告補充)

- (1)救災資源指派決策支援規劃。
- (2)系統測試與修正。
- (3)系統推廣與教育訓練。

本報告為第二年之期末報告。包含第一章之緒論，介紹本研究之背景、目的及內容；第二章對過去成果進行分析與了解，其中包含公路防救災決策支援系統之分析及臺灣地區邊坡自動化監測相關研究之回顧；第三章為災害應變流程與通報機制之建立；第四章為系統分析，內容包括系統規劃與發展；第五章系統整合與測試，內容包括系統於整合各項資源時之問題與解決方法，並於2008年10月14日於港灣研究中心舉辦成果發表會，會中邀請公路總局與各工程處與工務段人員參與，藉由實際操作系統提出使用意見；第六章結論與建議；第七章說明本年度之研究成果與後續年度研究目標。

第二章 相關道路邊坡管理系統介紹

本研究針對國內現有交通工程研究計畫進行文獻收集，主要委託單位皆為交通部相關部門，列表如下：

表 2-1 國內交通工程相關研究成果表

計畫名稱	委託單位	執行單位
災時高效率經濟型橋梁補強及檢核技術之研發	交通部公路總局	臺灣營建研究院
臺灣地震損失評估系統-TELES	國科會工程科技推展中心	國家地震工程中心
交通工程防災預警系統	交通部運輸研究所	臺灣科技大學生態與防災工程研究中心
坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究	交通部運輸研究所	臺灣科技大學生態與防災工程研究中心
山區道路邊坡崩塌防治工法最佳化研究	交通部科技顧問室	財團法人臺灣營建研究院
臺灣區救災公路系統建立之研究	交通部運輸研究所	財團法人臺灣營建研究院
大規模災變之公路系統防救災規劃與修復策略研究	交通部科技顧問室	財團法人臺灣營建研究院
防救災與復建相關標準作業程序規劃手冊	交通部科技顧問室	逢甲大學
交通設施營運維護管理系統之整合與應用	交通部運輸研究所	財團法人臺灣營建研究院
交通建設人力物力資料庫建立	交通部科技顧問室	中華地理資訊學會
地震救災機動式智慧型交通管理系統之研發	國家科學委員會	臺灣大學
臺灣山區公路防災專家資訊系統之建立及其與公路災害管理系統整合之研究	公共工程委員會	成功大學
全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試	交通部運輸研究所	交通大學
全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用	交通部運輸研究所	逢甲大學

『坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究』主要內容為針對邊坡損壞與自然環境等資料進行系統性維護，其系統使用環境為單機操作平台。『交通工程防災預警系統』係本研究團隊之研究成果，研究重點為資料交換平台與軟體代理人，主要功能為擷取各項災害資訊與更新資料，並運用簡訊通報機制將各項橋梁破壞潛勢分析結果送至管理人員手機，達到預警之效果。其他文獻將會運用於後續工作年度中資源調派與決策分析之用。

本研究第一年已整合橋梁與邊坡兩管理系統，故本章會針對『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』研究計畫中所建置之系統與後續可能應用之邊坡監測與資源調派之相關文獻進行回顧。

2.1 道路邊坡維護管理系統模組與其應用

坡地災害緊急搶修與復健整合技術此計畫係整合道路邊坡崩塌之緊急搶修、復建與防治等技術研發，研擬適當之處置措施，以便於後續完善整治設施之實施，進而有效降低崩塌或施工不當對環境之衝擊，減低坡地崩塌對社會、經濟與生態造成之損失。此計畫著重於建立崩塌潛勢分級觀念，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。同時調查現有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，提供即時搶修方案擬訂參考。此外，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，兼顧考量交通、經濟、社會與生態因素，作為整體設計之崩塌防治對策。

近年來，國內外有關山坡地之技術，已有相當多的研究與實務經驗，包括調查技術、規劃分析、施工技術及管理維護均可見明顯的進步，國內尤其經歷民國八十八年之 921 震災後，坡地安全成為大家共同重視的課題及努力的目標，惟相關的經驗及研究雖然甚多，但缺乏

縱向之成效追蹤調查及橫向之技術整合，加上山區地質、地下水及其他影響因子的不同，各種崩塌整治工法常有其適用性及限制，使得國內之邊坡崩塌整治技術顯得片斷不夠周延，相關經驗無法更快速的累積並有效的推廣，殊為可惜。交通部運輸研究所委託臺灣科技大學生態與防災中心執行本計畫，透過道路邊坡基本與災害資料庫之建置作業，便於日後進行崩塌潛勢與二次災害類型分析等之基準；並計畫重新檢討既有道路邊坡崩塌預警、通報系統，以及擋土結構物功能評估法等之相關研究成果，最後提擬出較適合國內坡地災害適用之緊急搶修與復建整合技術之建議。

然由於道路邊坡崩塌狀況與其防治工法進行調查與整合需要詳細建置道路邊坡自然環境、工程整治現況，以及崩塌災害之基本資料、成因與規模等相關背景資料，然為了彙整現地調查與蒐集所得龐雜的邊坡自然環境、道路整治工程、崩塌災害歷史等相關資料，臺灣科技大學生態與防災中心研究團隊過去在承接交通部委託辦理之道路邊坡相關研究案時，曾特別針對了邊坡資料點位之空間分布特性與資料內容的複雜性，使用微軟資料庫系統與地理資訊系統之 ArcGIS 程式相互連結，初步開發建置了一套臺灣本土山區道路專屬之邊坡管理系統（Slope Management System, SMS）。此套系統在規劃時，在資料欄位架構部分，主要規劃基本資料、工程、災損及巡檢等四大模組，進而建構一套系統化且易於操作之道路邊坡維護管理系統^{[69][70]}。

其特色包括：

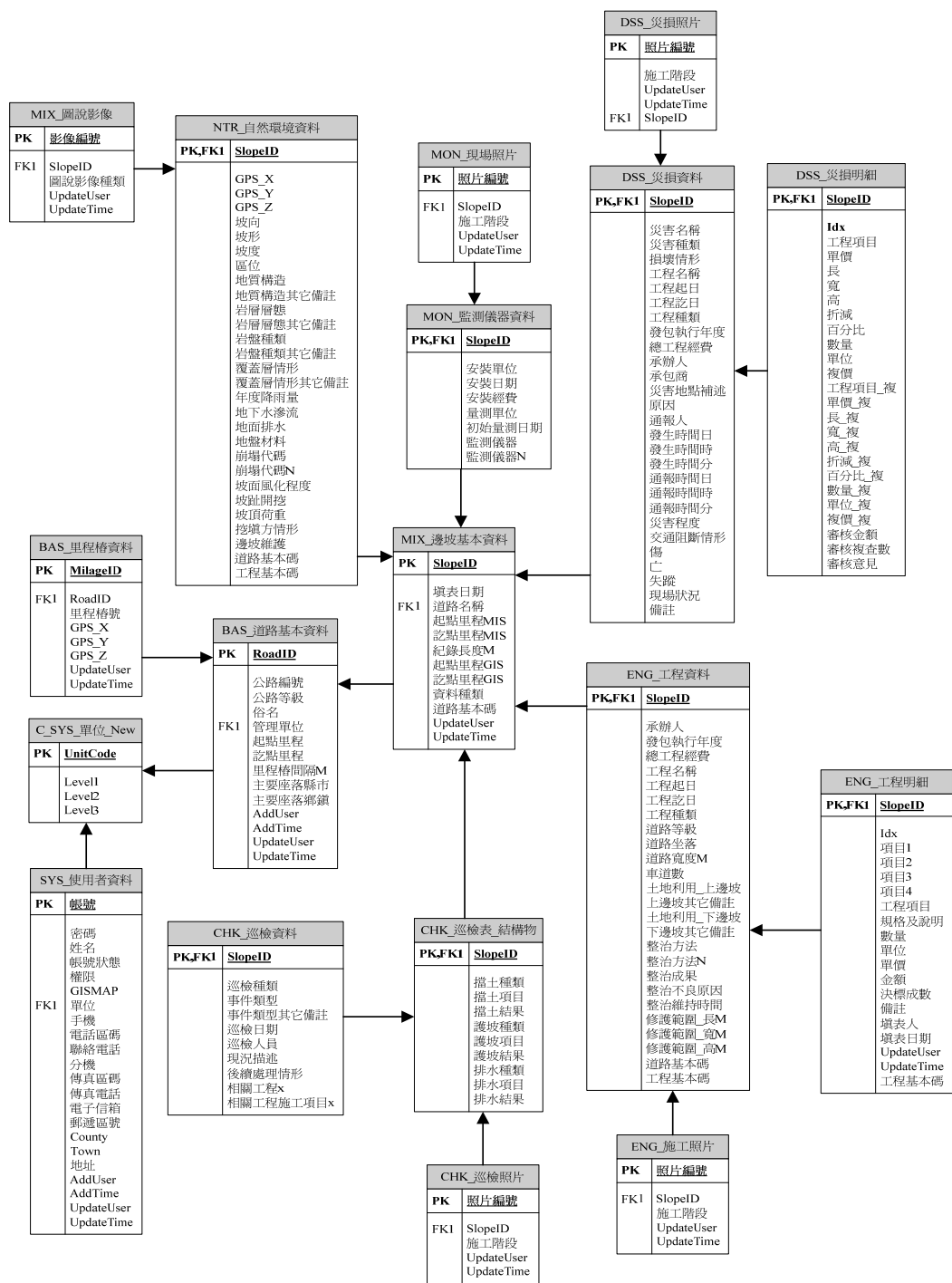
- (1)應用崩塌型態與防治工法分類編碼系統，將現場調查成果格式化與數位化建置於電腦資料庫中，使調查資料的彙整與保存系統化。
- (2)結合了資料庫系統與地理資訊系統（Geological Information System, GIS），將自然資料如坡度、地質、水系、崩塌地與地表調查成果以 GIS 程式展示，使資料庫的展示具空間，不再是單一點位的展示，而是涵蓋邊坡點、線、面的空間展示。

此一特色可使邊坡各類災害潛勢與空間關係的分析更具效率。

(3)運用資料庫格式化功能將各點位資料自動編碼，將各項資料予以數位化，方便未來進行各種量化與統計分析。

(4)依據邊坡各項資料屬性，於資訊開放平台上建置邊坡基本資料、工程建設、災損維護、工程巡檢以及監測儀器五項資料庫，各項資料庫的填報，除力求使用者便利化（User Friendly）外，各類資料也可於開放平台中進行連接，使道路邊坡維護管理系統可以進行跨資料庫之查詢。

此套系統主要結合交通部相關單位歷年於道路邊坡之研究成果進行開發設計，確實建置一套系統化且易於操作之道路邊坡維護管理系統，其主要規劃使用者資料、邊坡基本資料，以及輸出功能等三大部分。其系統之資料庫架構圖如圖 2-1 所示，依據各類資料屬性可以將系統架構分為使用者資料、邊坡基本資料，以及輸出功能等三大部分如圖 2-2 所示。



註：PK（Primary Key，主鍵）、FK（Foreign Key，參照鍵）。

圖 2-1 道路邊坡維護管理系統資料庫架構圖^[69]

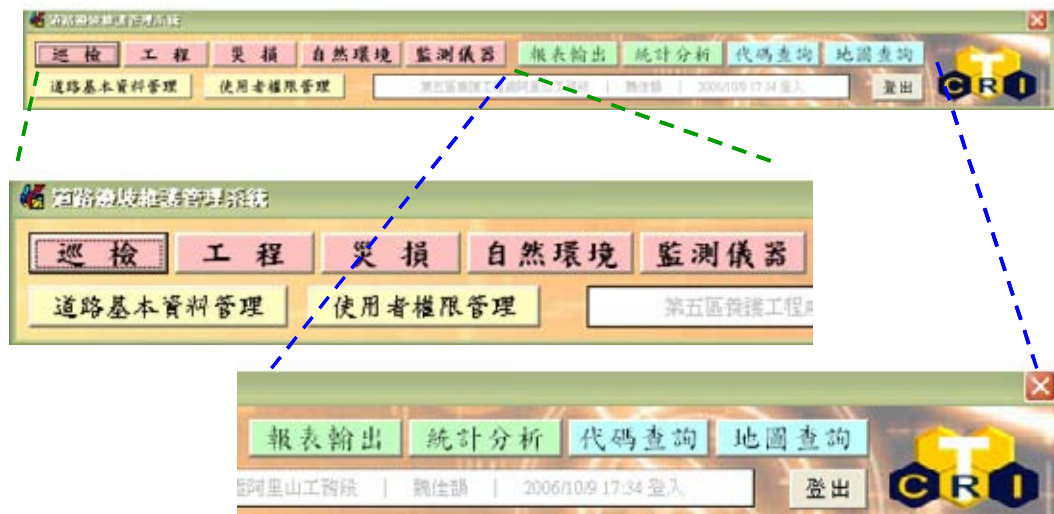


圖 2-2 道路邊坡維護管理系統畫面^[69]

依據建置之資料欄位屬性，可以將邊坡基本資料分為道路基本資料管理與邊坡資料管理二部分。在道路基本資料管理部分，主要為建立道路本身之相關資料，例如：公路編號、公路等級、公路別名、管理單位、起訖里程、里程樁間隔距離，以及道路所座落之縣市等資料，如圖 2-3。然道路基本資料管理功能，除提供前導關係資料之搜尋外，亦便於公路養護單位進行道路資料之確認與控管。^[69]



圖 2-3 道路基本資料管理界面^[69]

至於邊坡資料管理部分，系統主要依據道路之里程樁號進行建置，除統一建置邊坡基本資料外，更將資料庫架構分為自然環境資料、工程資料、災損資料、巡檢，以及監測儀器資料等五大資料庫，如圖 2-4，而各資料庫間之亦開發橫向之搜尋功能，此功能之建置，主要目的則在於提供各系統資料庫間之查詢平台，便於系統資料進行橫向交流。

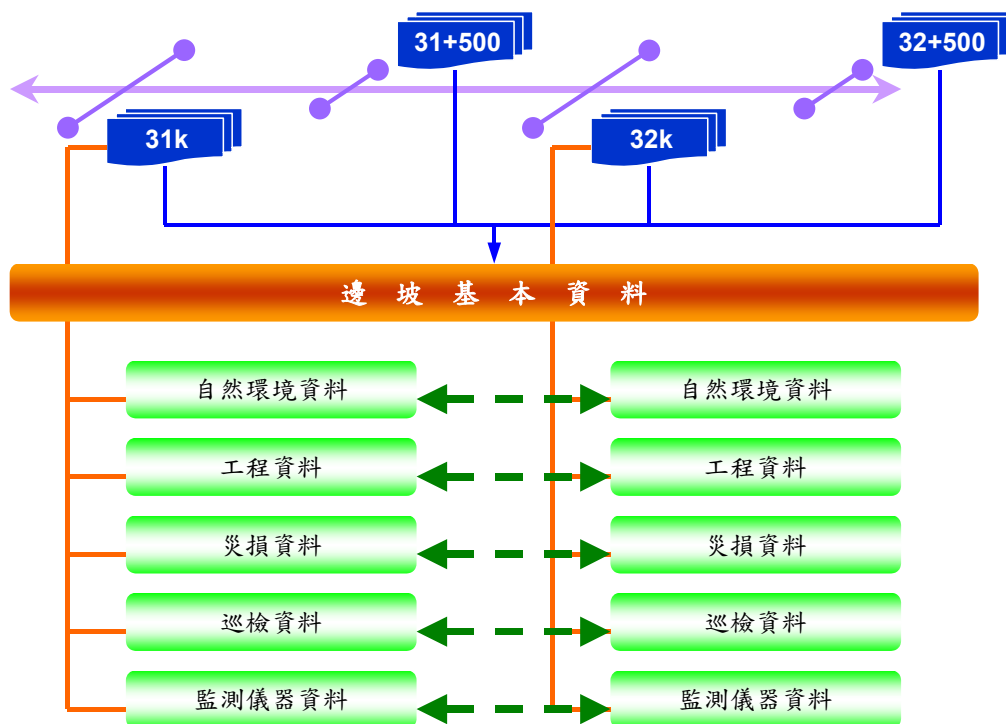


圖 2-4 邊坡資料管理架構圖^[69]

以下內容，則分別針對自然環境、工程、災損、巡檢與監測儀器等五大資料庫，進行相關欄位資料填報與界面之介紹。

2.1.1 自然環境資料庫

在進入自然環境資料庫之後，可以透過管理單位、填表人、公路名稱、里程起訖、填報日期、岩盤種類、地盤材料與崩塌情形等欄位資料進行資料之交叉搜索作業，以針對擬查詢之自然環境資料進行編修作業，倘若無法查詢到符合條件之自然環境資料，亦可透過下方之「新增自然環境資料」按鈕，進行新增作業，如圖 2-5。

管理單位: 公路總局 第五區養護工程處 阿里山工務段

填表人: 陳佳誠 公路名稱: 省道台10線

里程起訖: 自 12 K 000 M 至 55 K 000 M 填報日期: 2005/12/6 至 2005/12/6

地盤材料: 岩石() 土壤() 崩塌情形: FA-010;SL-011;SL-012; 崩塌代碼: 土壤層落;土壤旋轉滑動(流屑);土壤旋轉滑動(不規則);

資料種類: 邊坡工程資料 岩盤種類: 請選擇...

檢核號碼	道路名稱	填表人	填報日期	起點里程	終點里程	崩塌代碼	資料種類	地盤材料	岩盤種類	資料碼	單位
20000013	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	24.7	24.9		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000014	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	24.8	24.9		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000018	省道台10線	陳佳誠	2005/01/26 下午 11:23:32	28.1	29.2		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000002	省道台10線	陳佳誠	2005/12/6 下午 07:37:47	28.25	28.755	FA-010;SL-030;SL-010;SL-0	邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000019	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	28.9	31.5		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000020	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	29	29	SL-011;	邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000021	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	29.2	29.2		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000022	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	29.4	29.4		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000023	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	29.6	29.6		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000024	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	29.8	29.8		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000025	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	30	30		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000026	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	30.2	30.2	SL-011;	邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000027	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	30.4	30.4	SL-011;	邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000028	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	30.6	30.6	FA-010;SL-011;	邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000029	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	30.8	30.8		邊坡工程資料			EM0	公路總局
20000030	省道台10線	陳佳誠	2003/01/0 下午 12:35:00	31	31		邊坡工程資料			EM0	公路總局

新增自然環境資料

圖 2-5 自然環境資料庫之搜尋與新增功能界面^[69]

自然環境資料庫之填報界面，於此資料庫系統下共開發了基本資料與自然環境資料等二大類資料。以基本資料而言，主要建置之欄位包括了所屬單位、填表人、填報日期、公路名稱、里程起訖等如圖 2-6。

所屬單位: 公路總局 第五區養護工程處 阿里山工務段

填表人: 陳佳誠 填報日期: 2005/12/6 下午 07:37:47

公路名稱: 省道台10線 - [0 KM 至 213.5 KM]

里程起訖: 自 28 K 250 M 至 28 K 755 M

儲存 取消

圖 2-6 基本資料欄位^[69]

自然環境資料這部分的資料，主要可以分為地質、地形、座標、邊坡現況、水文、崩塌型態，以及圖說影像資訊等七項，其中，地質部分主要彙整記錄了岩盤層態、岩層種類、覆蓋層情形、地質構造等；地形則記錄有主要坡向、上方坡度、區位與坡形等；座標欄位則是採用 TM 二度座標，記錄現地之 X、Y，以及高程 Z 之座標值；至於邊坡現況部分，則分別記錄了挖填方情形、坡面風化程度、坡趾開挖、邊坡維護、坡頂荷重等現況資料；水文部分則規劃有年度降雨量、地面排水與地下水滲流等相關資料欄位，如圖 2-7。

圖 2-7 自然環境資料填報界面^[69]

另外，自然環境資料庫中記錄之邊坡崩塌型態部分，系統主要是結合交通部道路邊坡相關之研究成果，先將地盤材料分為岩石（編碼—R）與土壤（編碼—S），再採用自動編碼方式，統一將崩塌型態分為墜落（編碼—FA）、傾倒（編碼—TO）、滑動（編碼—SL）、側移（編碼—SP）及流動（編碼—FL）等五大類（詳圖 2-8），並於資料庫中將臺灣本土化較為典型之示意照片（圖 2-9）、相關定義敘述及統一手法繪製之示意圖建置完成（圖 2-10）。

崩塌類型 - 岩石 (R)

崩塌代碼: FA-010;SL-030;SP-030;FL-010;FL-020;

墜落	傾倒	滑動
☒ 岩石墜落 ☐ 岩屑墜落	☐ 繞曲傾倒 ☐ 塊體傾倒 ☐ 塊體繞曲傾倒 ☐ 岩屑傾覆	☐ 岩石旋轉滑動 ☐ 平面滑動 ☒ 楔型滑動 ☐ 岩屑滑動 ☐ 岩屑推移滑動
查圖	查圖	查圖
側移	流動	
☐ 塊狀側移 ☐ 片狀側移 ☒ 岩屑側移	☒ 岩屑流動 ☒ 土石流(岩屑流)	
查圖	查圖	選定代碼

圖 2-8 岩石邊坡崩塌型態五大分類之系統界面^[69]

崩塌類型 - 岩石傾倒 (R-10)

	
☐ 繞曲傾倒	☐ 塊體傾倒
	
☐ 塊體繞曲傾倒	☐ 岩屑傾覆
確 定	

* 點擊圖片可參考示意圖與類型描述。

圖 2-9 岩石邊坡傾倒型態典型示意照片^[69]



圖 2-10 岩石邊坡岩屑傾覆相關示意圖及類型描述界面^[69]

2.1.2 工程資料庫

在工程資料庫中，可以透過管理單位、填表人、公路名稱、里程起訖、工程名稱、承辦人、工程起訖、整治工法，以及發包執行年度等欄位資料進行交叉搜索作業，以針對擬查詢之維護工程資料進行編修作業，亦或透過下方之「新增工程資料」按鈕，進行新增填報作業，如圖 2-11。

序號	路段名稱	填表人	填表日期	起點里程	終點里程	工程名稱	承辦人	工程起訖	工程終止	發包執行率(%)
20000001	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	24.7	24.9	改善	rbkky	2003/10/1	2003/10/21	91
200000014	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	24.8	24.9	有10條22k~300~72k~100等三處修護工程	郭進勇	2002/6/15	2002/11/1	91
200000016	省道台18線	陳佳銘	2006/6/1	26.1	26.2	有10條22k~300~31k~300五段修護工程	郭進勇	1999/4/21	2000/10/30	88
20000002	省道台18線	陳佳銘	2005/1/26	28.25	28.75	有10條22k~300~31k~300五段修護工程	郭進勇	2003/1/1	2005/3/1	94
200000019	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	28.9	31.5	改善	郭進勇	2003/1/1	2003/11/30	92
200000020	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	29	29	改善	rbkky	2004/6/29	2004/12/31	91
200000021	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	29.2	29.2	改善	rbkky	2004/6/29	2004/6/29	91
200000022	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	29.4	29.4	改善	rbkky	2004/6/29	2004/6/29	91
200000023	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	29.6	29.6	改善	rbkky	2004/6/29	2004/6/29	91
200000024	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	29.8	29.8	改善	rbkky	2004/6/29	2004/6/29	91
200000025	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	30	30	改善	rbkky	2004/6/29	2004/6/29	91
200000026	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	30.2	30.2	改善	rbkky	2004/6/29	2004/6/29	91
200000027	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	30.4	30.4	改善	rbkky	2004/6/29	2004/12/31	91
200000028	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	30.6	30.6	改善	rbkky	2004/6/29	2004/12/31	91
200000029	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	30.8	30.8	改善	rbkky	2004/6/29	2004/12/31	91
200000030	省道台18線	陳佳銘	2003/10/10	31	31	改善	rbkky	2004/6/30	2004/6/30	91

圖 2-11 工程資料庫之搜尋與新增功能界面^[69]

至於維護工程紀錄之相關欄位資料，除了依據工程名稱、工程起訖、承辦人、發包執行年度、總工程經費等記錄邊坡整治基本資料外，此資料庫還記錄了邊坡整治工程資料、工程明細資料、施工照片等。其中邊坡整治工程資料之相關欄位，包括：工程種類（分為：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）、道路等級、道路寬度、車道數、上下邊坡之土地利用情形、整治工法及其整治成果、整治維持時間、整治不良原因，以及整治工程之修復範圍（長、寬、高）等，如詳圖 2-12。

圖 2-12 工程資料庫之維護工程紀錄界面^[69]

關於資料欄位中之整治工法部分，則結合交通部相關研究成果中之工法分類系統，採用統一編碼方式，將工法分為外穩定（編碼—E）、內穩定（編碼—I）、排水（編碼—D）、避險（編碼—A）與植生（編碼—V）五大類（圖 2-13），同時並於資料庫系統中建置較為典型之示範案例照片（圖 2-14）、相關定義敘述及道路工程參考圖說（圖 2-15）。

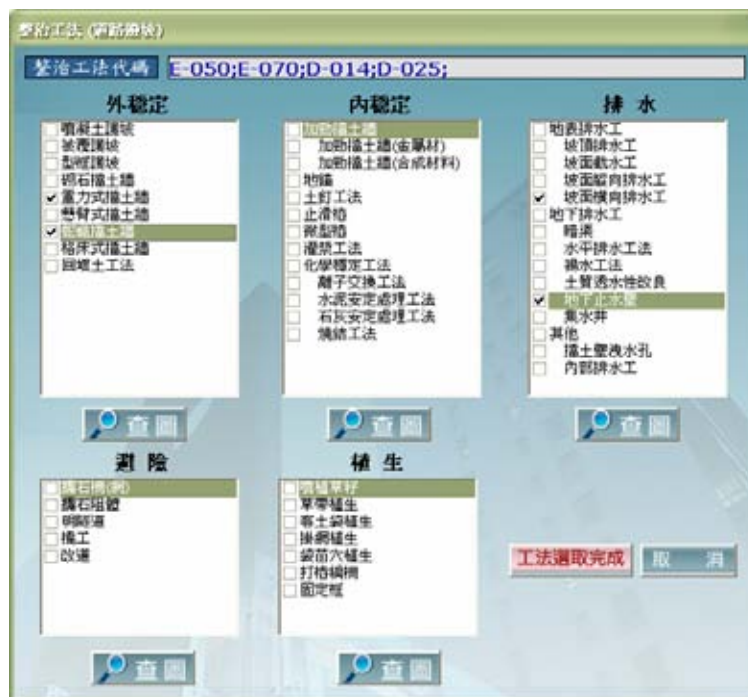


圖 2-13 整治工法五大分類之系統界面^[69]



圖 2-14 植生工法各項分類之典型示範案例^[69]

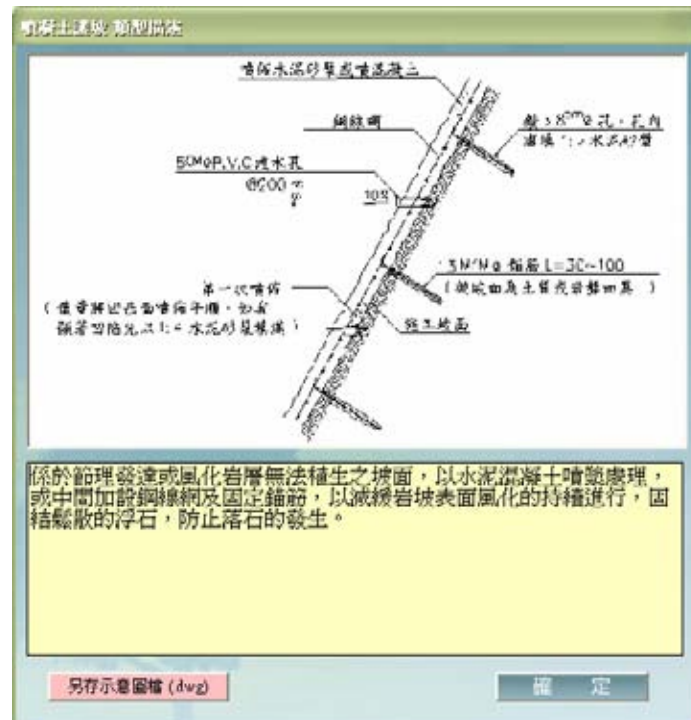


圖 2-15 噴凝土護坡工法定義及標準圖說界面^[69]

有關工程明細資料部分，主要則依據公路養護單位規劃之報表與預算內容進行設計，目前除已彙整記錄了項目根編號、工程項目名稱、規格及說明、數量、單價、單位、金額，以及附註外，如圖 2-16。

ScopeID	Mx	項目1	項目2	項目3	項目4	工程項目	規格及說明	數量	單位	單價	金額	標準狀態	備註
30000008	2	1	1	0	0	路面整理及		1	武		1026763	1	
30000008	3	1	2	0	0	植生網(金屬)		1457	m		847974	1	
30000008	4	1	3	0	0	鋼 L=100cm		54	處		29268	1	普通用
30000008	5	1	4	0	0	鋼 L=50cm		369	處		221536	1	
30000008	6	1	5	0	0	植生網(金屬)		1191	m**2		387075	1	
30000008	7	1	6	0	0	平台水溝		105	m		337600	1	
30000008	8	1	7	0	0	鋼絞網		76	m		137940	1	
30000008	9	1	8	0	0	Y型溝槽		30	m		53970	1	
30000008	10	1	9	0	0	D=8cm水平		630	m		151830	1	
30000008	11	1	10	0	0	交通安全墩		1	武		89020	1	
30000008	12	1	11	0	0	意外事故圍		1	武		32854	1	
30000008	13	1	12	0	0	工程安全圍		1	武		32854	1	
30000008	14	1	13	0	0	乙. 工程管理		1	武		100532	1	
30000008	999	1	0	0	0	工作費用					3451598		

圖 2-16 工程資料庫中之工程明細資料界面^[69]

另外，施工照片主要則是採用夾檔方式彙整工程整治前之現地照片，施工過程之記錄照片及完工後之驗收成果照片，如圖 2-17。



圖 2-17 工程資料庫中之施工照片填報界面^[69]

2.1.3 災損資料庫

災損資料庫，其可透過管理單位、填表人、公路名稱、里程起訖、工程名稱、承辦人、工程起訖、發包執行年度、災害名稱、災害種類，以及承包商等欄位資料進行交叉搜索作業，再針對擬查詢之災損資料進行編修作業，如圖 2-18。



圖 2-18 災損資料庫之搜尋與新增功能界面^[69]

搶修工程紀錄之架構，除涵蓋了配合災害發生所進行之工程名稱、工程起訖、總工程經費、承辦人、發包執行年度與承包商資料外，亦記錄了災害名稱、災害種類（含颱風、豪雨、地震、其他等）、災損地點補述、損壞情形、災損原因、工程種類，以及搶修工程之施工項目、數量、單位、單價、折減、複價等，以及相關之災損照片（圖 2-19）。

工程名稱: _____

工程起訖: 自 _____ 至 _____ 完成 總工程經費: 4,745,000 元

承辦人: _____ 發包執行年度: 93 年 承包商: _____

災害名稱: 梅芝颱風 災害種類: 颱風 災損地點補述: 附近

損壞情形: 請選擇... 災損原因: 路基下路肩以擋土牆修復

工程種類: 災變修復 *「災害緊急搶修」以外之工程請填寫「工程資料」。

工程項目 _____ 長 _____ × 寬 _____ × 高 _____ + 折減 _____ × _____ % = 數量 _____

單位 _____ 單價 _____ × 數量 = 複價 _____

序	工程項目	單位	數量	單價	複價	序	工程項目	單位	數量	單價	複價
1	製作擋土牆50*450M2	9300				450	M2	4185000	/		
2	基礎牆打鋼筋格45*6M-288b	1000				288	M	288000	/		
3	製作結構式護欄	2500				50	M	125000	/		
4	鋪設路面材料	1450	50	4	0.3	60	M3	97000	/		
5	鋪設AC50*4-200M2	300				300	M2	60000	/		

災損照片

圖 2-19 災損資料庫之搶修工程紀錄界面^[69]

考量除確實記錄災害造成之工程損壞與相關配套之搶修作業外，亦應將災害造成之災情現況予以記載，有鑑於此，此系統於災損資料庫系統中，亦開發建置通報紀錄等相關欄位，如：通報人、通報時間、災害發生時間、災害程度、交通阻斷情形、傷亡與失蹤人數、現場狀況描述，以及其他之備註說明等資料欄位（圖 2-20），期許此項功能之開發，可確實掌控現場狀況，達到降低災情擴大之目的。

圖 2-20 災損資料庫之通報紀錄界面^[69]

2.1.4 巡檢資料庫

為確保道路各項設施之完善、行車駕駛舒暢安全及維持道路基本功能，公路養護單位必須定期進行道路巡檢工作，以便隨時瞭解道路狀況填寫巡檢報告表，然若遇有重大特殊情況，則應即時進行緊急處理，以確保行車安全。

在巡檢資料庫之起始界面，可先利用管理單位、填表人、公路名稱、里程起訖、填報日期、巡檢人員巡檢種類，以及結構物種類等相關之欄位資料進行搜索，再針對擬查詢之巡檢紀錄資料進行編修作業，然或者可透過下方之「新增巡檢資料」按鈕，來進行新增紀錄資料（圖 2-21）。

巡檢資料管理

管理單位：公路總局 第五區養護工程處 阿里山工務段

填表人：

公路名稱：省道台16線

里程範圍：自 12 K 000 M 至 35 K 000 M

填報日期：2005/9/24 至 2006/10/5

巡檢人員：

巡檢種類：日間經常巡查

結構物種類：加勁擋土牆

查詢

路段編號	道路名稱	填表人	填表日期	起點里程	終點里程	巡檢種類	巡檢人員	現況描述	後續處理情形	擋土種類	護坡種類	排水種類	單位1	單位2
S0003010	省道台16線	魏佳麟	2006/10/6 上午 02:49:10	12.022	12.033	日間經常巡查	A/O	AAA		回填土工法	草帶植生	地表排水工	公路總局	
S0003011	省道台16線	魏佳麟	2006/10/6 上午 02:50:50	12.011	12.033	日間經常巡查	A/O			碎石擋土牆	噴霧土護坡	地表排水工	公路總局	
S0003012	省道台16線	魏佳麟	2006/10/6 上午 03:29:08	12.033	12.333	日間經常巡查	vv			碎石擋土牆	噴霧土護坡	地表排水工	公路總局	
S0002001	省道台16線	莊姿君	2005/11/26 下午 05:14:01	153.3	153.8	定期巡查	張勝大	崩塌加大	填土補強	回填土工法	噴霧土護坡	地下排水工	公路總局	
S0003008	省道台16線	魏佳麟	2006/10/6 上午 02:17:37	12.033	12.555	特別巡查	A/O	雨天的潛水		密縫擋土牆	密縫護坡	擋土壁排水	公路總局	
S0003009	省道台16線	魏佳麟	2006/10/6 上午 02:24:39	12.222	12.333					密縫擋土牆	草帶植生	擋土壁排水	公路總局	
S0002002	省道台16線	莊姿君	2005/12/7 上午 02:41:14	155.5	150.3	特別巡查	廖勝小	崩塌毀壞	經費不足無	重力式擋土	草帶植生	地表排水工	公路總局	

新增巡檢資料

刪除 修改 取消

圖 2-21 巡檢資料庫之搜尋與新增功能界面^[69]

關於巡檢資料庫之填報界面，系統開發時考量資料完整與各子系統間之連貫，於災損資料庫除同前述各子資料庫開發了基本資料與自然環境資料二大類外，亦結合交通部道路邊坡擋土結構物相關之研究成果，建置結構物檢查表：擋土、護坡、排水等三類，以及巡檢種類與照片等夾頁資料。

此系統亦參考交通部研究成果所研擬之「道路邊坡擋土結構物功能檢查表」相關內容並予以數位化。在此系統中先將結構物檢查分為擋土、護坡與排水三大設施種類，再依據各項工程設施給予巡檢之細項。以擋土設施為例，於巡查作業時，應先選定巡查之擋土種類，再針對擬訂之檢查項目逐條審視、勾選（詳見圖 2-22、圖 2-23 與圖 2-24）。

巡檢資料庫

基本資料 自然環境資料 結構物檢查：擋土* 結構物檢查：護坡* 結構物檢查：排水* 巡檢種類與照片

擋土設施種類：重力式擋土牆

結構物有無變態變形、位移情況
☒ 正常 ☐ 異常 (建議：以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制，並加強持續監測。)

結構物有無不均勻沉陷、掏空情況
☐ 正常 ☒ 異常 (建議：填補整修，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。)

擋土設施兩端與相鄰邊坡接合有無異常或分離情況
☒ 正常 ☐ 異常 (建議：填補整修，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。)

混凝土有無剝落、鋼筋暴露腐蝕情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：填補混凝土。)

結構物外觀有無裂縫、龜裂情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：填補整修，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。)

結構物之板壁有無裂縫、填敷材料突出、下陷情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：填補整修，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。)

地(岩)體壓力有無異常久情況
☒ 正常 ☐ 異常 (建議：調整地(岩)體壓力或填補。)

地(岩)體表面有無剝落、崩塌情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：採用保護蓋或混凝土加以保護。)

地(岩)體有無鋼筋斷裂情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：增設地錨，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。)

擋土填土有無超量情況
☐ 正常 ☒ 異常 (建議：開挖移除。)

擋土回填材料有無流失情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：填補回填材料並覆以保護材料。)

儲存 取消

圖 2-22 巡檢資料庫之擋土結構物檢查界面^[69]

巡檢資料庫

基本資料 自然環境資料 結構物檢查：擋土* 結構物檢查：護坡* 結構物檢查：排水* 巡檢種類與照片

護坡設施種類：草帶植生

坡面有無崩塌、鬆動浮石情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：清除崩塌土石，鬆動浮石並依邊坡現況設置落石防護設施。)

噴漿坡面有無混凝土剝離、表土剝落情況
☒ 正常 ☐ 異常 (建議：填補整修，加強植生。)

坡面層層有無裂縫、填敷材料突出、下陷情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：填補整修或拆除更新。)

坡面有無沖刷情況
☐ 正常 ☒ 異常 (建議：鋪設臨時性覆蓋物，如帆布。)

坡面植生材料有無結霜情況
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：加強植生或使用其他穩定工法。)

坡面平臺有無雜物堆積
☐ 正常 ☐ 異常 (建議：清除。)

儲存 取消

圖 2-23 巡檢資料庫之護坡設施檢查界面^[69]

圖 2-24 巡檢資料庫之排水設施檢查界面^[69]

2.1.5 監測儀器資料庫

可以透過管理單位、填表人、公路名稱、里程起訖、安裝日期、儀器種類與安裝單位等欄位資料進行交叉搜索作業，以針對擬查詢之監測儀器資料進行編修作業（圖 2-25）。

儀器編號	儀器名稱	填表人	填表日期	起點里程	終點里程	儀器代碼	儀器	安裝單位	安裝日期	單位
30003001	省道台18線	莊添君	2006/6/10 上午 06:32:00	30.295	30.295	F-072;H-050;S-020;	電位計式量水堰、測流計;	TCRI	2005/4/19	公路總局
30003002	省道台18線	莊添君	2006/6/10 上午 06:32:00	30.305	30.305	F-051;H-052;S-013;	剖面儀、V形量堰阻式土壓計;	ADC	2006/10/11	公路總局
30003003	省道台18線	莊添君	2006/6/10 上午 06:32:00	31.595	31.595	F-040;H-051;H-052;S-030;	地槽計地形量、V形量堰量計;			公路總局
30003016	省道台21線	魏佳慧	2006/10/8 下午 08:41:57	12.111	22.121	H-010;H-020;	水位觀測井水壓計;	dddd		公路總局
30003014	國道3甲	魏佳慧	2006/10/8 下午 08:39:18	12.033	12.333	H-025;H-030;S-030;	振盪式水壓計、雨量計、雨量計;	aaaaa	2006/10/9	公路總局

圖 2-25 監測儀器資料庫之搜尋與新增功能界面^[69]

而監測儀器資料之相關欄位，包括了安裝單位、安裝日期、安裝經費、量測單位、初始量測日期，以及監測儀器種類與即時監測資料等（圖 2-26）。

監測儀器資料 - 20000001

基本資料 | 自然環境資料 | 監測儀器資料 *

安裝單位: TCRI

安裝日期: 2005/4/19

安裝經費: 1,234,500 元

量測單位: Origo

初始量測日期: 2006/10/16

監測儀器種類: F-072;H-050;S-020; 選擇監測儀器

電位計式;量水堰;鋼絲計;

即時監測資料

儲存 取消

圖 2-26 監測儀器資料庫填報界面^[69]

其中監測儀器種類之欄位架構，主要參考防治工法資料庫之整治工法分類系統，採以統一編碼方式，依據監測儀器量測對象之不同，將監測儀器分為「應變、傾斜或位移監測」、「雨量、水位與水壓監測」，以及「應力監測」三大類（詳圖 2-27），同時並於資料庫中建置安裝照片（詳圖 2-28）、示意圖，以及載錄相關之定義敘述（詳見圖 2-29）等資料。

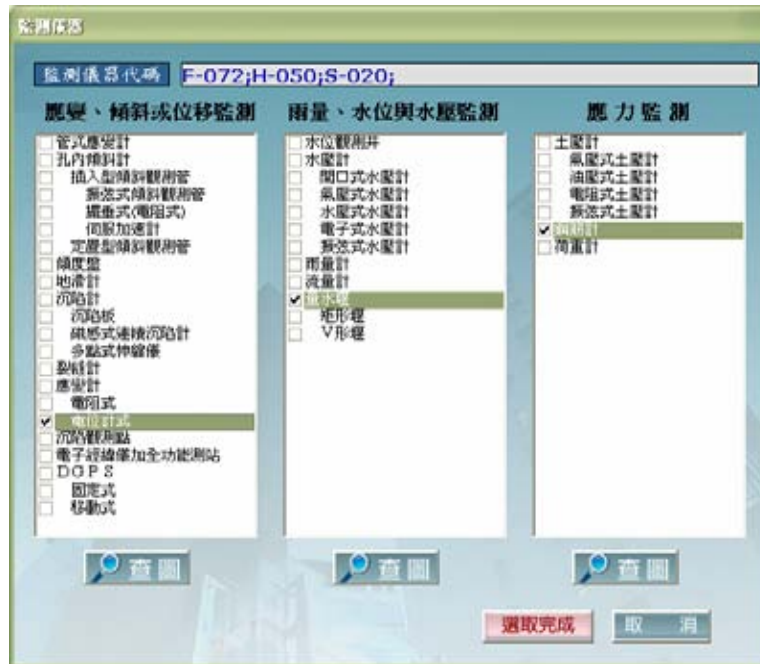
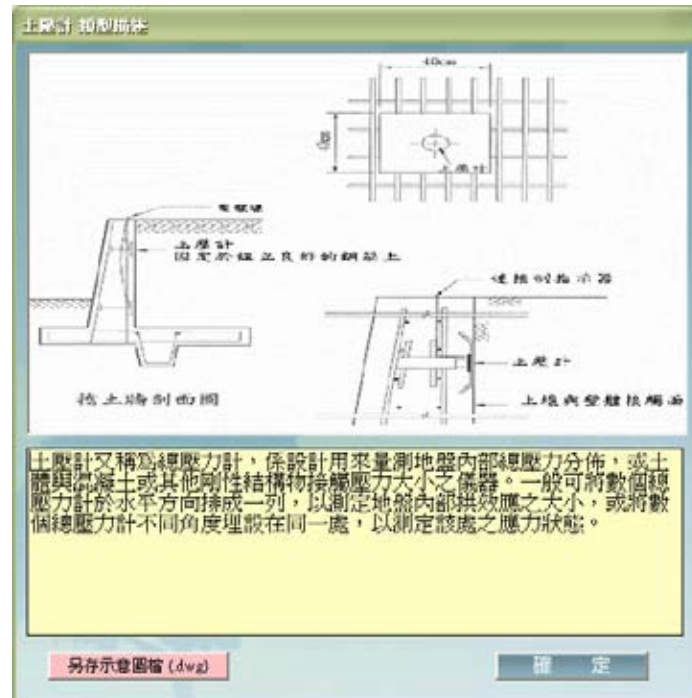


圖 2-27 監測儀器三大分類之系統界面^[69]



圖 2-28 應力監測之各項分類之安裝照片^[69]

圖 2-29 土壓力計之示意圖與定義界面^[69]

2.2 道路邊坡崩塌潛勢分析

在道路邊坡崩塌潛勢分析方面，過去研究中^[69]亦先檢討既有道路邊坡崩塌潛勢分析方法，再針對崩塌因子進行選定與量化，最後將採用高斯過程模型(MacKay 1998; William and Rasmussen 1996; Neal 1997; Gibbs 1997)來預測邊坡的崩塌潛能及機率。

2.2.1 高斯過程分析與其他方法之比較

基本上，分類（classification）分析模型大致可分為二類：參數模型（parametric model）及非參數模型（nonparametric model）。參數模型假設目標函數為一固定形式（如：具有未定係數之線性或二次式），其未定係數可藉由量測的資料反算求得；而非參數模型則不假設目標函數為一固定形式。當資料點分布可以視覺化時，通常可以用目視判斷目標函數之形式，在此情形下，參數模型是較佳的選擇，因參數模型之分析結果通常較非參數模型穩定。然而當資料點是高維度時（即影響因子甚多時），資料便無法視覺化，若強行假設目標函數之形式，

則可能帶來明顯的偏差，因此在影響因子甚多之情形下，非參數模型是較佳的選擇。

在先前研究中，鑑別分析（discriminant analysis）及類神經網路（neural network）常被用來估算邊坡之崩塌潛勢及機率，該計畫則選擇以高斯過程進行分析。高斯過程是近年來由統計及人工智慧學者所發展的非參數模型，其目的在於處理非參數迴歸及分類問題。鑑別分析則屬於參數模型，由於資料維度相當高，無法視覺化，因此高斯過程是較佳之選擇。

另外一方面，類神經網路也是非參數模型，但因類神經網路常有無數個局部最佳解，因此計算相當的繁複。Neal(Neal 1996)曾證明高斯過程等同於無線多節點之隨機類神經網路，然而高斯過程之計算卻遠較類神經網路簡單，甚至有統計學者(MacKay 1997)討論是否可以考慮從此用高斯過程分析取代類神經網路，可以確定的是高斯過程分析可以處理類神經所處理之問題，且計算簡單許多，因此相較於類神經網路，高斯過程可能是較佳之選擇^[69]。

2.2.2 崩塌因子量化與選定

早期之研究主要是由野外的現地調查，選定幾項因子作為評估參數，將各參數予以分級，並賦以數值，最後將這些因子組合而得到山崩潛感分析或環境敏感度分析準則。在這過程中不論因子之選定或分級評分皆以個人專業素養及主觀看法決定的，此類方法即稱為定性的專家評分法，由於此法需依賴經驗，且過於主觀，分析的結果易因人而異，因此，近年來所採用之分析方法已轉變為定量的統計分析法，利用統計方式歸納各因子間之關係及對邊坡穩定之重要程度，再給予權重。

在過去之研究中，賴季鋒(1999)之分析結果顯示各因子依其影響程度大小順序為岩性、集水區面積、道路長度、雨量。周晏勤、藍世欽、陳時祖(2001)依現場調查所得到之最重要因子是坡高、岩石破碎程度、

排水狀況，而由遙感探測方法得到的結果是坡度及地層種類等因子最重要。王智仁(2001)之研究成果以坡度及排水狀況兩因子為影響本研究區岩坡不穩定性的最主要因子。張舜孔(2003)之研究結果顯示前七天累積降雨量、當天降雨量和地層等是阿里山公路邊坡安全性的最大影響因子，而在地震後權重排序提升的因子有地層和坡形。陳崇華(2004)之研究結果顯示各因子相對重要性依序為：坡度、地層、坡度組合、坡向、構造、工程設施種類、坡趾開挖^[69]。

2.2.2.1 基本因子

整理以上相關基本因子，如圖 2-30 所示。



圖 2-30 基本因子示意圖^[69]

1. 地形

(1) 坡向

坡面的朝向，關係著迎風面的位置及地震力的作用方向，因此為可間接反映降雨及地震影響之因子之一，此值主要經由地質羅盤現場量得，記錄方法同方位角，以北方為 0 度，順時針旋轉遞增，範圍介於 0~360 度。

(2)坡度

係指自然邊坡的角度，一般坡度越陡，造成下滑之趨動力越大，然此值須視坡度改變量（坡度改變量定義將於變動因子中說明）而定，若坡度改變量為 0，則坡度為 α 角；否則為 β 角，如圖 2-31 所示。坡度亦經由地質羅盤於現場量得，範圍為 0~90 度。

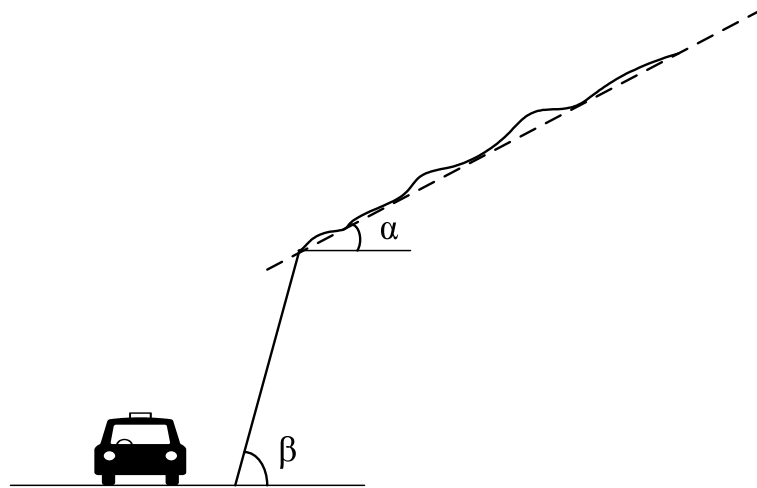


圖 2-31 坡度因子示意圖^[69]

(3)坡高

係指與道路銜接之邊坡，由路面為基準起算之高度，單位為公尺，係由現場目測得到。

(4)坡形

一般山區道路係沿山壁開鑿，故為表達邊坡屬凸坡或凹坡，可以道路之曲度來表達此值，先藉由 GIS 以繪圖套疊的方式量得道路曲率半徑，再以曲度來表示（曲度＝弧長/曲率半徑，取弧長為整弧 20 公尺），凸坡曲度為正，反之凹坡為負。

2.地質

依地質年代之遠近，給予 5 個等級，分別為：1.卓蘭層、2.錦水頁岩、3.大窩砂岩或石灰岩、4.關刀山砂岩、5.南莊層（詳圖 2-32）。



圖 2-32 台 18 線沿線地質圖

(摘自李德河等，2005；修改自劉桓吉等，1989)

3.地質構造

(1)坡向與傾向

此值可反映邊坡之順、逆向坡狀況。而一般土層或破碎岩層邊坡以直交坡（90 度）為輸入值。

(2)坡度與傾角

當坡面之坡度 $>$ 岩層之傾角時，層面會在坡面出露，此時若為順向坡，則構成順向坡滑動之條件。一般土層及破碎岩層邊坡以水平岩層（傾角為 0）視之，則此項因子之值等於坡度。



圖 2-33 地質構造示意圖^[69]

4.風化及破碎程度

(1)岩塊規模

主要用以描述岩層之破碎及節理程度。以地層中大多數尺寸相近的岩塊之平均直徑為此因子之量化值。

(2)岩塊體積百分比

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



圖 2-34 風化及破碎程度示意圖^[69]

5.水系

(1)集水區面積

探討降雨所造成之邊坡崩塌。故水為主要之影響因素，而此因子即可反映滙流之水量，單位為平方公尺，此面積為垂直之投影面積，由該區域之 DTM 資料 (X,Y,Z) 透過 GIS 之空間分析模組產生之暈渲效果及等高線來判別集水區面積 (圖 2-35)。

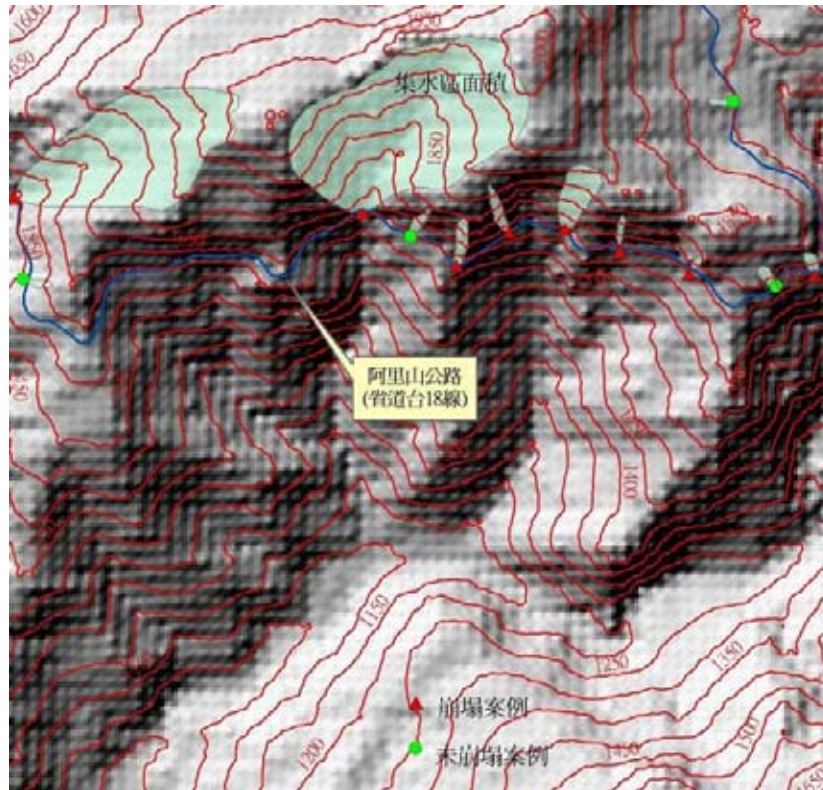


圖 2-35 GIS 建置之集水區面積圖^[69]

2.2.2.2 變動因子

1. 植被

(1) 植坡覆蓋面積百分比

以樹蔭可涵蓋之有效面積來計算，用以表示植被覆蓋程度，亦反映坡面之裸露程度。

(2) 植被覆蓋厚度

係指有效覆蓋厚度，單位為公尺。以檳榔樹為例，雖其普遍具 5~6 公尺以上之高度，但其樹冠之厚度僅 0.5 公尺左右，故不能有效抵抗雨水直接襲擊坡面，故檳榔樹之有效覆蓋厚度僅 0.5 公尺。

2.道路開闢

道路開闢為山區道路邊坡之主要人為影響因子，該計畫選取坡址開挖及坡度改變量作為評估道路開闢對原有邊坡影響程度之兩項因子：

(1)坡趾開挖

即指坡趾開挖之高度，如圖 2-中之 h ，以公尺為單位。

(2)坡度改變量

$\Delta\theta$ =開挖後坡度-開挖前坡度。若崩塌範圍在開挖處上方，則此值為 0，如圖 2-36 所示。

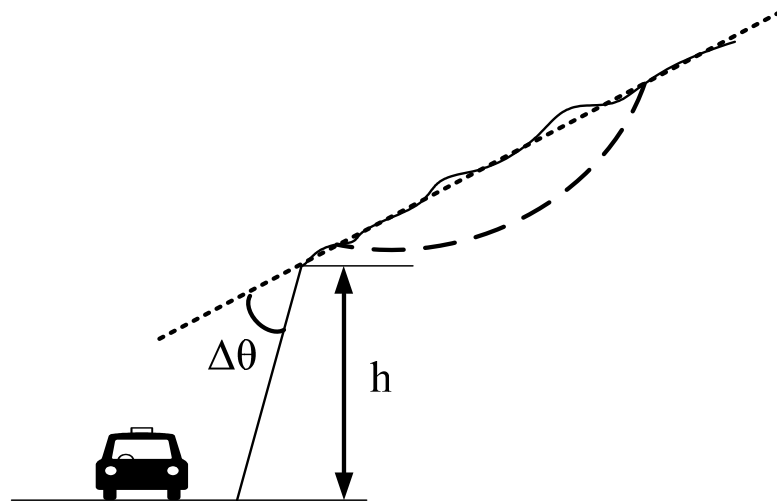


圖 2-36 道路開闢因子示意圖^[69]

2.2.2.3 誘發因子

1.地震力—最大地表水平加速度

地震力一般皆被歸類為誘發因子，若主要探討的是降雨引致之邊坡崩塌，故地震力具有基本因子之特性。為能量化及表達九二一地震對阿里山沿線地表地質之影響，選擇以較具代表性之水平地表加速度作為此因子之量化值，以中央氣象局在沿線附近的 21 個測站使用 GIS 之空間分析模組進行內插而得到（詳圖 2-37）。

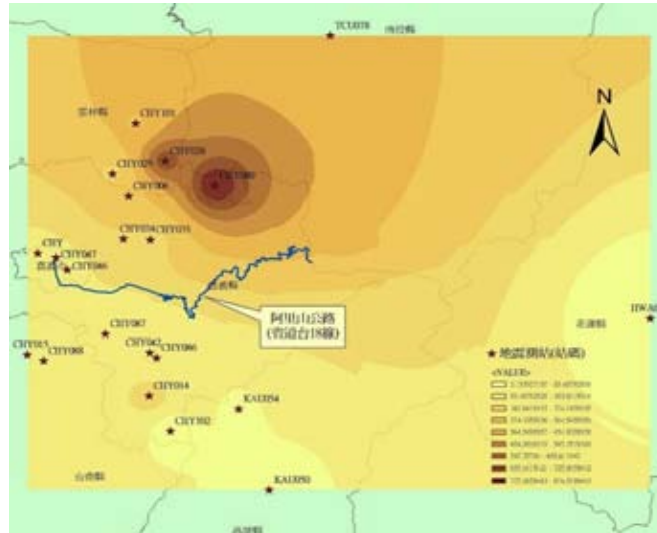


圖 2-37 GIS 建置之 PGA 分佈圖^[69]

2. 降雨—颱風累積降雨量

所蒐集之崩塌案例皆為颱風時期所造成之崩塌，故選用颱風時之累積降雨量作為誘發邊坡崩塌之主要影響因子。此值之取得方式與最大地表加速度類似，利用空間分佈之區域雨量圖（圖 2-38）。需注意的是，由於降雨屬誘發因子，故在進行邊坡崩塌潛勢分析時並未考慮此因子。換句話說，邊坡崩塌潛勢僅與邊坡之基本因子及變動因子有關，而邊坡崩塌機率才與降雨量有關。

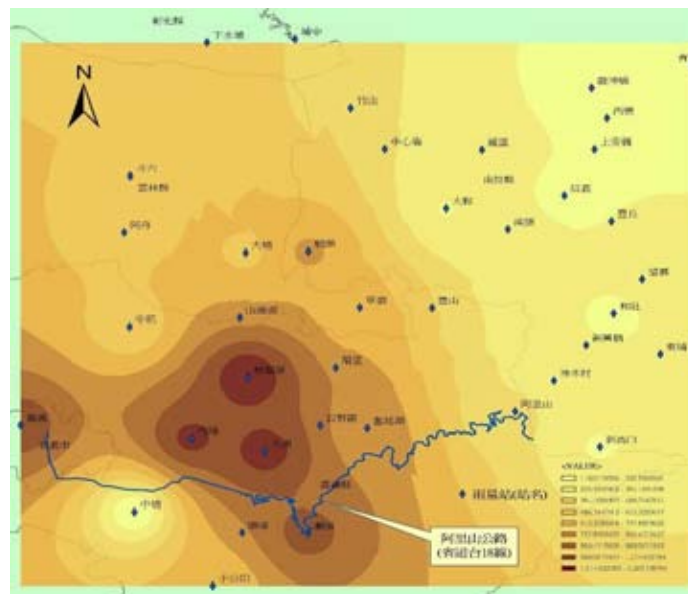


圖 2-38 GIS 建置之區域雨量分佈圖^[69]

綜合前述所選取之 10 個基本因子、4 個變動因子及 2 個誘發因子，可整理如表 2-2。

表 2-2 影響因子及量化範圍^[69]

	資料庫	類別	影響因子	單位	範圍	來源	建置
基本因子	自然	地形	坡向	°	0~360	現勘	是
			坡度	°	0~90	現勘	是
			坡高	m	≥ 0	現勘	否
			坡形	°	$-\infty \sim +\infty$	圖資	是
		地質	地層種類	—	1~5	圖資	是
		地質構造	坡向與傾向	°	0~180	現勘	是
			坡度與傾角	°	-90~90	現勘	是
		風化及破碎程度	岩塊規模	m	≥ 0	現勘	是
			岩塊體積百分比	%	0~100	現勘	是
		水系	集水區面積	m ²	≥ 0	圖資	否
變動因子	自然	植被	植被覆蓋面積百分比	%	0~100	現勘	否
			植被覆蓋厚度	m	≥ 0	現勘	否
		道路開闢	坡趾開挖高度	m	≥ 0	現勘	是
			坡度改變量	°	0~90	現勘	否
誘發因子	災損	地震力	最大地表水平加速度	gal	≥ 0	圖資	是
		降雨	颱風累積降雨量	mm	≥ 0	圖資	是

2.2.3 道路邊坡崩塌潛勢分析

道路邊坡崩塌預測模式如圖 2-39 所示，共分為崩塌類型預測模式、崩塌潛能預測模式、崩塌機率預測模式，以及崩塌規模預測模式等四階段。

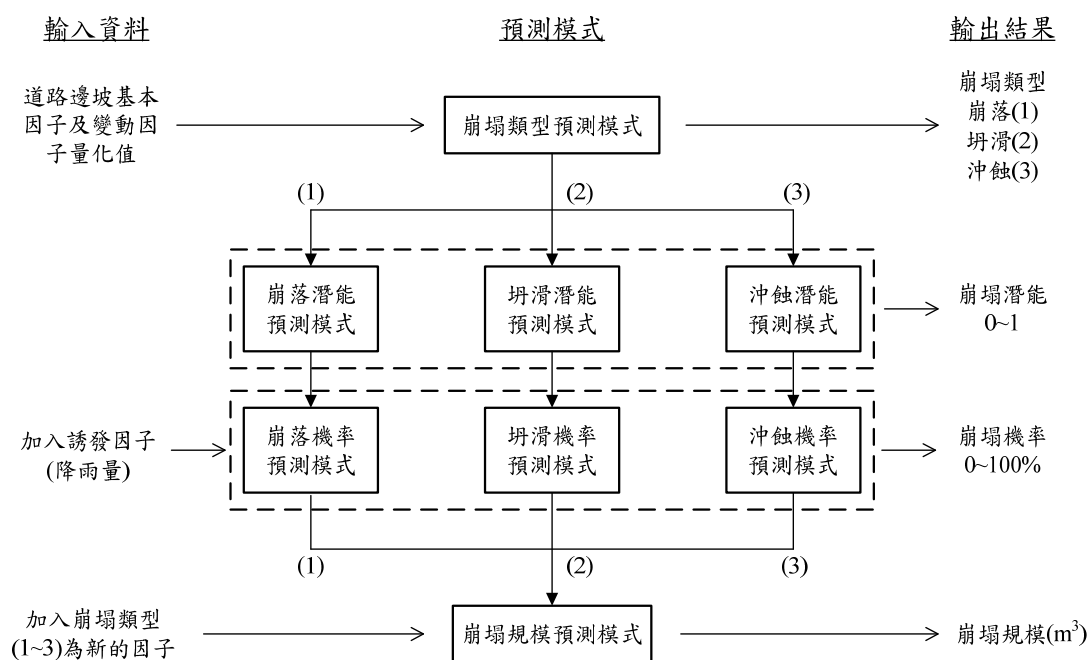


圖 2-39 分階段山區道路邊坡崩塌預測模式^[69]

2.2.3.1 各階段預測模式介紹

第一階段（崩塌類型預測模式）—第一階段進行邊坡潛在崩塌類型之判別，崩塌類型可分為崩落、坍滑及沖蝕等三類。本階段所需輸入之資料為道路邊坡之基本因子及變動因子量化資料，輸出（預測）結果為崩塌類型（類型代號）：崩落（1）、坍滑（2）、沖蝕（3）。

第二階段（崩塌潛能預測模式）—依潛在崩塌類型之判別結果選擇不同崩塌類型之崩塌潛能預測模式進行第二階段之邊坡崩塌潛能（Potential）評估，故具有崩落、坍滑及沖蝕等三個崩塌潛能預測模式，崩塌潛能係以機率的方式來表示。而採用「潛能」一詞之原因，乃考量此階段之預測模式尚未考慮誘發因子，僅以基本因子及變動因子進行分析，其意義為邊坡在本身內在條件下可能發生崩塌之可能性，為避免與「潛勢」及「潛感」混淆，故採用一般大地工程所稱之液化潛能評估中之「潛能」一詞來表示，其意義與之相同。此階段需輸入資料同崩塌類型預測模式，而輸出（預測）值介於 0~1 之間。

第三階段（崩塌機率預測模式）－針對具有高崩塌潛能之邊坡，可在加入誘發因子（降雨量）後，作降雨時邊坡崩塌機率（Probability）之預測，同一邊坡在不同降雨量時可得到不同之崩塌機率。此階段亦有崩落、坍滑及沖蝕等三個崩塌機率預測模式。此階段需輸入之資料為基本因子、變動因子及誘發因子（降雨量）之因子量化值，而輸出（預測）值以百分比（%）表示。

第四階段(崩塌規模預測模式)－最後一階段則為崩塌規模之預測。此階段所需輸入之資料除了以崩塌類型為新加入的因子外，其餘則與崩塌機率預測模式相同，輸出(預測)結果以坍土石方量(m^3)來表示。

2.2.3.2 各階段預測模式建立

1. 崩塌類型預測模式

此模式屬統計上之多元分類（Classification）問題。建立此模式所使用之分析案例為本研究所蒐集之所有崩塌案例，所有崩塌案例依照崩塌照片進行研判可分為三種不同崩塌類型，分別為崩落、坍滑及沖蝕。各案例之輸入資料（Input Data）為基本因子及變動因子之量化值，輸出資料（Output Data）為崩塌類型，其目標值（Target）代表之意義為：1→崩落、2→坍滑、3→沖蝕。

2. 崩塌潛能預測模式

此模式屬二元（Binary）分類問題，即僅有二個類別（0&1）之分類問題。在崩塌類型預測模式建立後，即可以該模式來判別所有本研究蒐集之未崩塌案例的潛在崩塌類型，依據其判別結果亦可將所有未崩塌案例分為三種崩塌類型。需注意的是，所有之未崩塌案例皆未發生過崩塌，判別之結果僅顯示若其未來發生崩塌時最有可能之崩塌類型為何。而將所有未崩塌案例分為三種崩塌類型之目的，是為了能將同一崩塌類型之崩塌案例及未崩塌案例一併進行分析，如此可建立各類型之崩塌潛能預測模式，並可找出各崩塌類型影響其崩塌潛能高低之重要性影響因子。

如上所述，若將各崩塌類型之崩塌案例及未崩塌案例歸為同一組資料，將可建立三組之分析資料，可分別用以建立崩落、坍滑及沖蝕等三個類型之崩塌潛能預測模式。其中各案例之輸入資料亦為基本因子及變動因子之量化值，輸出資料則為邊坡崩塌與否的資料，其目標值代表之意義為：0→未崩塌、1→崩塌。

3.崩塌機率預測模式

此模式亦屬二元（Binary）分類問題。所探討之崩塌問題皆由降雨所造成，故所有之崩塌案例在未降雨時皆為安全的，當雨量達到某一臨界值時才發生崩塌，故在建立此模式時，需加入之誘發因子為降雨量（邊坡崩塌時之累積降雨量）。同樣的，為能建立各崩塌類型之崩塌機率預測模式，各崩塌類型之分析資料除既有之崩塌案例外，仍須有未崩塌之案例，但蒐集之未崩塌案例過去皆未曾發生過崩塌，因此無法得知在降雨量多少時才會使其發生崩塌，因此該蒐集之未崩塌案例僅能用以進行崩塌潛能預測模式之建立，而無法用於崩塌機率預測模式之建立。有鑑於此，所採用之作法如下：

- (1)僅採用所蒐集之崩塌案例為基本案例。
- (2)每一基本案例，皆有其不同之基本因子及變動因子量化值，當加入之誘發因子-降雨量為導致其崩塌之累積降雨量時，即成為一崩塌案例；而當此降雨量設為 0 時，則成為一未崩塌案例，而各崩塌類型皆有數量相同之崩塌案例及未崩塌案例。
- (3)各案例之輸入資料為基本因子、變動因子之量化值及誘發因子（降雨量），輸出資料為邊坡崩塌與否的資料，其目標值代表之意義亦為：0→未崩塌、1→崩塌。因此，崩塌案例及未崩塌案例兩者之差異僅在降雨量及輸出目標值之不同。

4.崩塌規模預測模式

此模式屬統計上之迴歸（Regression）問題。此模式亦以所蒐集之所有崩塌案例進行迴歸分析來建立。分析時各案例之輸入資料為基

本因子和變動因子之量化值、誘發因子(降雨量)及崩塌類型(代號)，輸出資料則為崩塌規模，即坍土石方量，其目標值之單位為 m^3 。由於此預測模式並不依崩塌類型而分成三個預測模式，故將崩塌類型視為一新的因子加入至輸入資料中。

綜合上述各預測模式建立之說明，各模式建立所使用之分析資料可整理如表 2-3 所示。

表 2-3 各階段預測模式建立所使用之分析資料^[69]

預測模式		統計問題	輸入資料	輸出資料	
				變數	目標值
崩塌類型		多元分類	基本因子及變動因子之量化值	崩塌類型	1→崩落 2→坍滑 3→沖蝕
崩塌 潛能	崩落	二元分類	基本因子及變動因子之量化值	崩塌與否	0→未崩塌 1→崩塌
	坍滑				
	沖蝕				
崩塌 機率	崩落	二元分類	基本因子+變動因子+誘發因子(降雨量)之量化值	崩塌與否	0→未崩塌 1→崩塌
	坍滑				
	沖蝕				
崩塌規模		迴歸	基本因子+變動因子+誘發因子(降雨量)+崩塌類型之量化值	崩塌規模	坍土石方量(m^3)

2.2.3.3 各階段預測模式之應用

1.崩塌類型預測模式

不同的崩塌類型皆有其不同的發生機制，若可有效預測道路邊坡之潛在崩塌類型，將可針對不同潛在崩塌類型之道路邊坡選擇合適的保護措施。

2.崩塌潛能預測模式

主要用以進行崩塌「位置」的預測，此一結果將可提高相關單位進行道路邊坡養護及管理時之效率。此外，因子重要性檢定之結果

可得到各不同類型崩塌潛能預測模式中之重要性影響因子，藉由改善邊坡的重要性影響因子，可達到降低其崩塌潛能的效果。

3.崩塌機率預測模式

預測任一降雨量時邊坡發生崩塌之機率，主要係用以進行崩塌「時間」的預測。此模式可應用於即時監測降雨量之邊坡崩塌預警通報系統的建立。

4.崩塌規模預測模式

若可有效預測崩塌規模，將可進行危害度（Hazard）分析。危害度為災害發生時可能造成之損失程度，災害損失包括人員傷亡、土地及財產的損失。若進一步與崩塌潛能或崩塌機率結合，則可進行風險（Risk）評估。

2.3 交通工程防災預警系統

「交通工程防災預警系統」^[71]為本研究團隊於 94、95 年度完成之計畫成果。透過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、網站資料進行資料交換，利用交換所得之資料彙整分析後，評估橋梁之安全性並做後續應採取措施之建議。橋梁管理單位使用本系統可於災害發生前(時)，依據系統所提出之警訊，對有危險疑慮之橋梁採取應進行之調查評估與緊急措施，確保橋梁使用的安全性，並且有利於橋梁管理單位掌握區域路網狀況。交通工程防災預警系統的特色，是應用智慧代理人(Intelligent Agents)建置網路資料交換平台，透過此平台交換彙整現有之橋梁資料、災害監測資料及潛勢分析資料等，整合在同一環境下評估橋梁安全等級狀況，並提供自動化通報機制，將預警警報透過 e-mail 與手機簡訊等方式發送予橋梁管理人員；系統性的災害處理流程與數位化的評估表單可幫助工程人員迅速有效率的處理橋梁災害問題。

交通工程防災預警系統包括七個主要模組：

1.橋梁基本資料管理模組

橋梁基本資料管理模組主要提供使用者對資料庫進行查詢、新增、刪除、修改等的基本功能。

2.破壞模式資料管理模組

依據橋梁可能發生破壞模式進行管理，確認橋梁可能破壞方式與不同程度。另外可提供使用者對現有橋梁破壞圖例及判定標準圖資料進行上傳圖檔、查詢、新增、刪除、修改等功能。

3.補強技術資料管理模組

補強技術資料管理模組主要提供使用者對現有橋梁補強技術資料進行上傳圖檔、改變評估等級或是查詢、新增、刪除等功能。

4.GIS 圖層資料管理模組

GIS 圖層資料管理模組提供使用者在圖層上查詢地理資料、橋梁資料，以及提供圖層套疊交叉比對分析功能。災害資訊亦可即時顯示在圖層上(地震規模、河川水位、土石流警戒區)，標示狀況異常之橋梁。

5.評估表單管理模組

評估表單管理模組主要提供使用者對災前、災時所需填寫之評估表單進行列印空白表單、查詢、新增、刪除、修改等功能。

6.災害資訊管理模組

災害資訊管理模組可提供使用者對交換平台交換所得的災害資料進行查詢、刪除等功能。

7.系統維護模組

本模組之由系統管理者對使用者之系統權限進行各種管控之功能。

2.3.1 系統應用模式

系統應用模式如圖 2-40 所示，介紹說明此系統之資訊傳遞流程，圖中方形部份代表功能模組；六邊形部分代表輸入資訊；箭線則是代表資料傳遞之內容與流向。

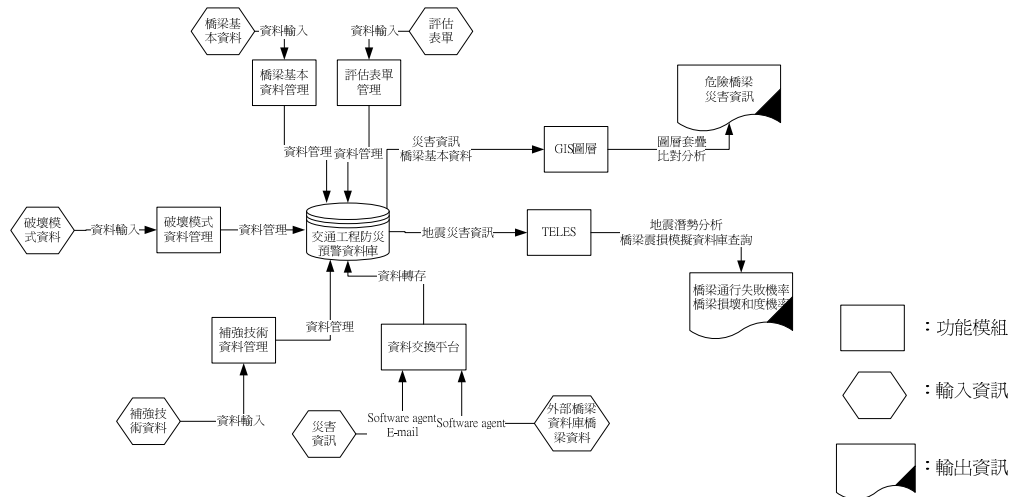


圖 2-40 系統應用模式^[71]

2.3.2 資料交換平台

在此系統中資料交換模式有兩種，Database to Database 資料交換模式及軟體代理人網頁資料交換模式，如圖 2-41 所示。

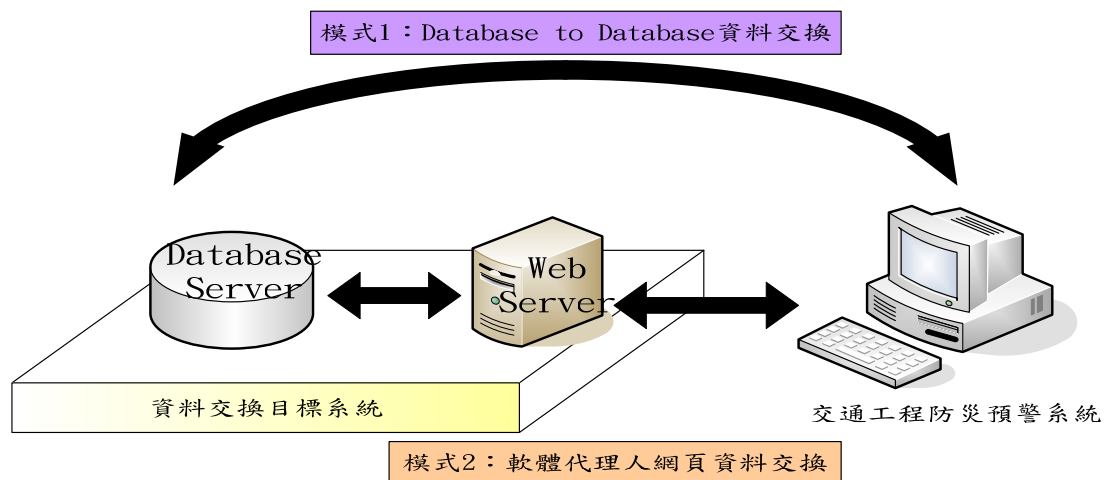


圖 2-41 資料交換模式^[71]

2.3.3 Database to Database 資料交換模式

Database to Database 資料交換模式是最簡單直接的資料交換方法，所需步驟如圖 2-42 所示。

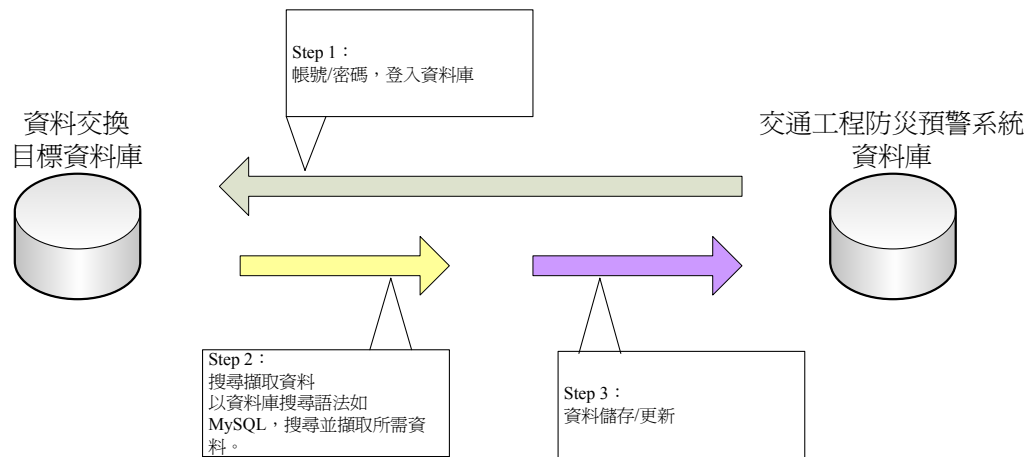


圖 2-42 Database to Database 資料交換模式^[71]

(1)Step1：帳號/密碼，登入資料庫

在此步驟中需要輸入對方資料庫的使用者帳號及密碼才能進入該資料庫進行資料存取的動作。

(2)Step2：搜尋擷取資料

進入對方資料庫後接著進行資料搜尋的動作，運用資料庫結構式查詢語言 (Structured Query Language, SQL) 以 Select, Form, Where 等組合子句來搜尋所需要交換的資料。

(3)Step3：資料儲存更新

搜尋到所需要的資料後便可以將該筆資料儲存到本系統的資料庫中或是更新資料庫中的資料。

交通工程防災預警系統與 TELES 交換地震潛勢分析的結果資料就是以 Database to Database 資料交換模式進行。

2.3.4 軟體代理人網頁資料交換模式

軟體代理人(Software Agent)為一針對網頁資料擷取而設計之資料交換程式，其功能如下：

- 1.軟體代理人能夠接受使用者的指派搜尋目標。
- 2.代理人能夠在目標網站中分析出所需要的內容為何。
- 3.代理人能夠判斷網站內容是否已存在資料庫中。
- 4.代理人能夠將新資料依照資料庫欄位自動下載更新及儲存資料。
- 5.代理人經指派後，不需人工之介入便能定期執行任務。

為了達成以上五項軟體代理人之功能，本系統之軟體代理人系統 (Agent Server)中包括四種代理人：

1.資料擷取代理人

能夠在使用者指定的目標網站中，擷取網站的內容。

2.資料過濾代理人

能夠將資料擷取代理人所擷取之內容自動分析過濾，僅留下所需的資料內容。

3.資料比對代理人

能夠比對擷取的資料與資料庫中現有的資料是否相同。

4.資料更新儲存代理人

能夠將新的資料依照資料庫欄位之設計儲存或更新資料庫中之資料。

軟體代理人網頁資料交換模式其執行步驟如圖 2-43 所示：

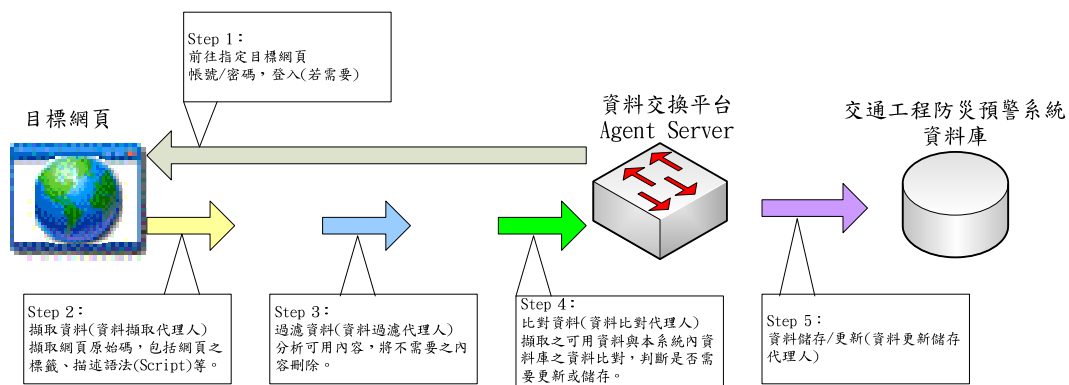


圖 2-43 軟體代理人網頁資料交換模式^[71]

(1)Step1：前往指定網頁

當軟體代理人系統(Agent Server)啟動後，會自動找到指定的網頁，如果需要使用者帳號/密碼登入，軟體代理人系統會自動輸入(使用者需在系統中設定)。

(2)Step2：擷取資料(資料擷取代理人)

找到目標網頁後資料擷取代理人便開始擷取網頁的原始碼。

(3)Step3：過濾資料(資料過濾代理人)

所謂資料過濾，顧名思義就是要將資料中需要的部分留下，不需要的部分捨棄。資料過濾代理人的工作就是將資料擷取代理人所擷取的網頁原始碼過濾，留下使用者所需要的資料，所以可以將資料過濾代理人視為一種解析器。

(4)Step4：比對資料(資料比對代理人)

資料比對代理人之工作，是將資料過濾代理人過濾出的資料與原系統中的資料做比較(資料的更新日期或編號)，判斷是否需要更新或儲存。

(5)Step5：資料更新/儲存(資料更新儲存代理人)

在經過資料比對代理人比對資料後，若需要更新，則會將

資料交由資料更新儲存代理人。資料庫更新儲存代理人將會依照資料庫之欄位更新或儲存資料。

2.4 災害自動化監測系統之應用

臺灣地區自然災害發生頻繁〔如：土石流、山崩、地滑等〕，然而臺灣公路眾多，難以隨時在災害發生後直接掌握災情，故建立自動化監測系統對於危險路段進行有效管理避免災害擴大為當今重要課題，過去臺灣自動化監測大部分應用於土石流監測，水土保持局從 2001 年針對土石流災害性質安裝鋼索檢知器、地聲檢知器、數位攝影機（CCD）等先進儀器，進行溪流現場動態的即時觀測，其皆有一定研究成果。近幾年臺灣開始對地滑區域自動化監測進行研究，故本節將針對臺灣現行坡地發展之監測系統進行說明。

1. 多天線 GPS 系統

全球衛星定位系統（GPS）以衛星為基礎的無線電定位系統，藉由地球軌道上之定位衛星，可提供全球具接收裝備之使用者極精確之三維定位、速度及時間資料。該系統不受天氣影響，並可提供全球統一之經緯度參考資料。現今全球衛星定位系統應用層面非常廣泛，已屬成熟技術；由於全球衛星定位模組大量生產的關係，低廉的價格更增加全球衛星定位計技術於邊坡災害監測應用之價值。一個標準的 GPS 系統而言，一台 GPS 接收機只有一根天線。所以，這種標準的 GPS 系統，一台接收機只能測量一個由天線位置確定的點位元。這些標準的 GPS 系統已被廣泛用於導航、測量及其它許多領域中。當使用標準 GPS 系統進行連續的變形監測時，無論是對於地球表面的變形（如邊坡等），還是對於各種工程結構變形（如壩體，橋樑等），每台 GPS 接收機只能用於監測一個點的位移情況。多天線 GPS 系統，如圖 2.44 所式，採用分時原理允許每個天線都能與接收機連接，按設定的時間順序採集 GPS 觀測資料。這個原理採用一個特別設計的 GPS 多天線開關（GMS）在一台工業 PC 的控制下來

實現。每個天線所採集的資料都能用來計算回應天線的位置，或每個相應的天線的位移。使用差分定位模式，一套完整的多天線 GPS 系統的構造。這裏使用一台接收機安裝在已知站上，作為基準站，從而提高多天線 GPS 系統的定位精度。

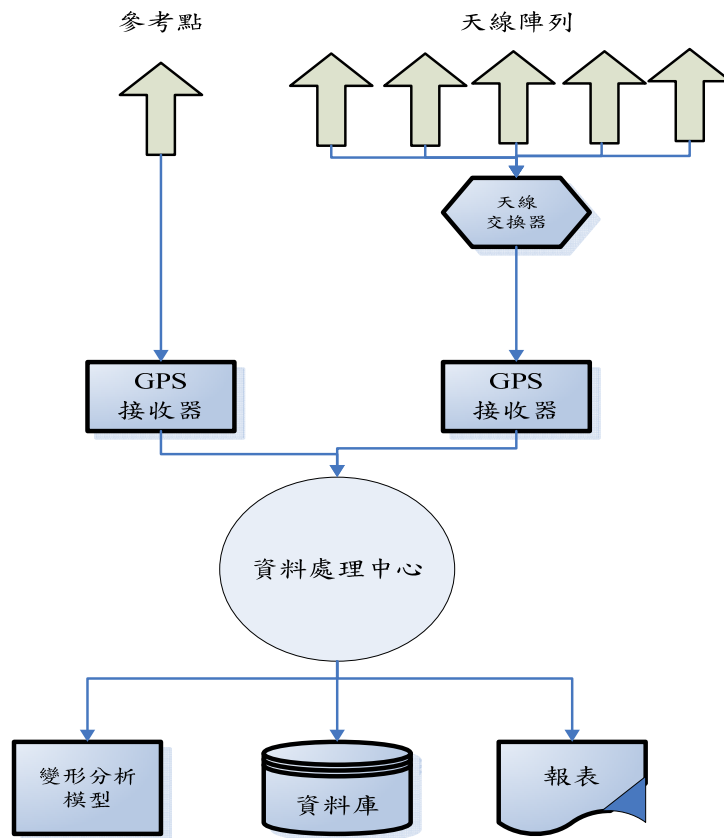


圖 2-44 多天線 GPS 系統^[82]

逢甲大學(2007)利用多天線型式之全球衛星定位系統佈設在阿里山公路五彎仔段，如圖 2-45 所示，並利用無線電傳輸將資料送回到終端資料接收中心。佈設完成需先進行一整天的靜態接收資料，解算所有 GPS 座標靜態坐標，其 GPS 資料擷取方式為每 5 秒接收一筆資料，連續記錄 30 分鐘後切換至另一個 channel，且每小時解算位置一次，完成座標後進行連續二十天的監測及驗證後，成功測得最大位移量 9.76 公分，該逢甲大學團隊認為其成效顯著，但試驗數據仍然不具說服力，未來將持續試驗及改進，以符合邊坡自動化監測之目標。

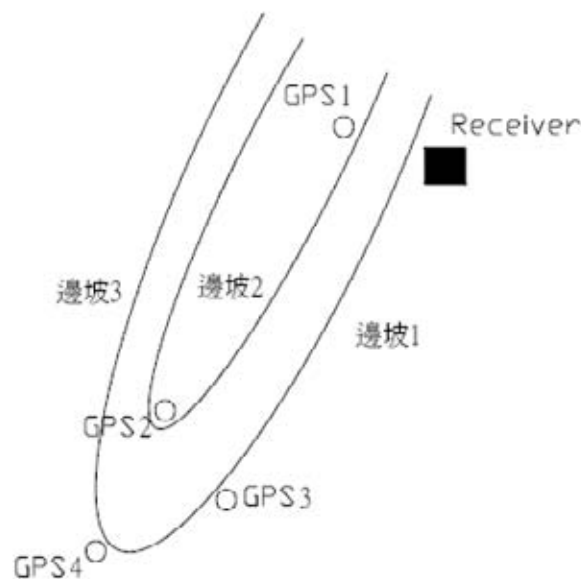


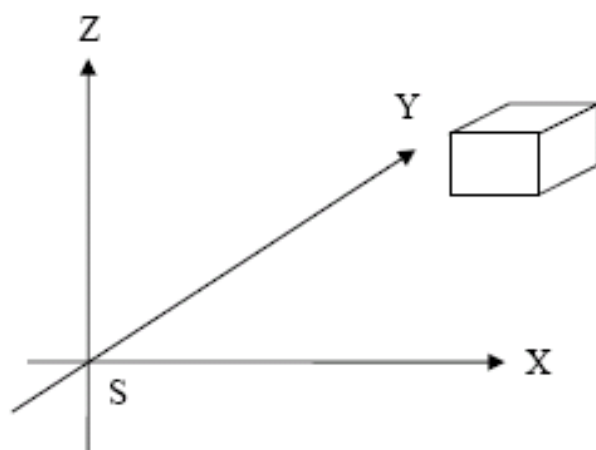
圖 2-45 多天線 GPS 儀器配置圖^[82]

2.近景攝影量測

近景攝影測量（Close-Range Photogrammetry）是通過攝影（攝像）和隨後的圖像處理和攝影測量處理以獲取被攝目標形狀、大小和運動狀態的一門技術。近景攝影測量係指攝影物距（Object-toCamera Distance）小於 300 公尺者。由於物距短，大氣折光與地球曲率之影響可以忽略，物空間之坐標系統可採用較方便的自定坐標，攝影站接近地面，攝影站位置於施行控制點測量時，可同時測得，攝影作業及控制測量亦較航空測量簡易。由於使用非量測且無框標之數位相機擷取影像，因此計畫採用直接線性轉換法（Direct Linear Transformation）解算，如此，不用將儀器坐標轉換成像片坐標，再由像片坐標轉換為物空間坐標，而可將坐標量測儀系統透過轉換參數直接計算成物空間坐標系統。近景攝影測量的優點在於它兼有非接觸性量測手段，不傷及被測物體，信息容量高，信息易儲存，可重複使用信息，精度高，速度快，特別適用於測量容有大批量點位的目標，躲避危險環境而遠離攝影對象等眾多優點。近景攝影測量被證明是不接觸物空間待測物，而能量測出其位置進而推算其變位的極佳方式。近景攝影的應用範圍十分廣泛，舉凡建築工程、地形測繪、採礦工程、木土工程、人類學乃至於電機領域

的機器人視覺都可發現其應用實例。在地球科學領域中，近景攝影的技術最常被應用於地形學的研究上，配合立體解析製圖儀，可以建構出數值地形模型。雖然近幾年遙測技術及自動化影像匹配技術的進步，使數值地形模型的建立已不似以往倚重解析製圖儀，但在地形起伏變化大的地區，由解析製圖儀所建立的數值地形資料精度仍是目前影像匹配技術所能達到者望其項背的。由此可知，在目前由近景攝影技術配合解析製圖儀來取得目標物的精確數值資料仍有其不可取代性。所謂近景攝影定義是拍攝距離在一百公尺以內均屬近景攝影，其原理乃是對於同一目標物，於不同角度、方向均予以拍攝，再利用解析製圖儀的操作來組構出目標物的立體像對，而後進一步取得數值資料，便完成一個立體的數值模型建製。而近景攝影運作步驟是基於測量學中像平面與物空間坐標之間的幾何關係所發展出來，步驟簡述如下：由近景攝影機對目標物於幾個吾人所設計的角度予以拍攝。選定所拍攝地區的控制點，做為以後儀器作業時坐標控制，控制點的位置需儘量均勻分佈。開始進入解析製圖儀作業流程以取得目標物的數值資料。

逢甲大學(2007)採用單攝影機作地表二度空間變位監測，應用時間基線視差法量測。其原理由一固定攝影站對地物連續拍攝從中擷取其相應之兩張影像，將此兩張影像組成像對，量出預測點之視差變化值，並由該點之成像比例尺，即可計算該點運動之變量。其計算原理如下。



$$\Delta X = X' - X = \frac{Y}{f} x' - \frac{Y}{f} x = \frac{Y}{f} \Delta x = M_b \Delta x$$

$$\Delta Z = Z' - Z = \frac{Y}{f} z' - \frac{Y}{f} z = \frac{Y}{f} \Delta z = M_b \Delta z$$

$$\Delta D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Z^2}$$

上式 x, z 變形前目標點的像點座標

x', z' 變形後目標點的像點座標

$\Delta x, \Delta z$ 點在像面上的位移

X, Z 變形前目標點的座標

X', Z' 變形後目標點的座標

$\Delta X, \Delta Z$ 點在物空間的位移

Y 攝影站與目標點的距離

f 攝影機焦距

影像處理採用數位減影法將兩幅數位影像直接相減，如圖 2-46 所示，若兩幅數位影像完全一致，則得到一幅全零（全黑）的影像；若兩幅影像雖背景相同，但有一目標在運動，則得到背景處為零而目標區域不為零的影像，可依照片原先所選定參考標地物進行像位移計算，接著依照像片與參考標地物所率定之比例進行換算，即可得位移量。此法用於運動識別和檢測的一種方法，相機靜止時，可以很方便的得到目標的位置和邊界，從而對目標進行識別和定位。利用這種減背景的數位減影法，可以提高目標識別定位的可靠性。

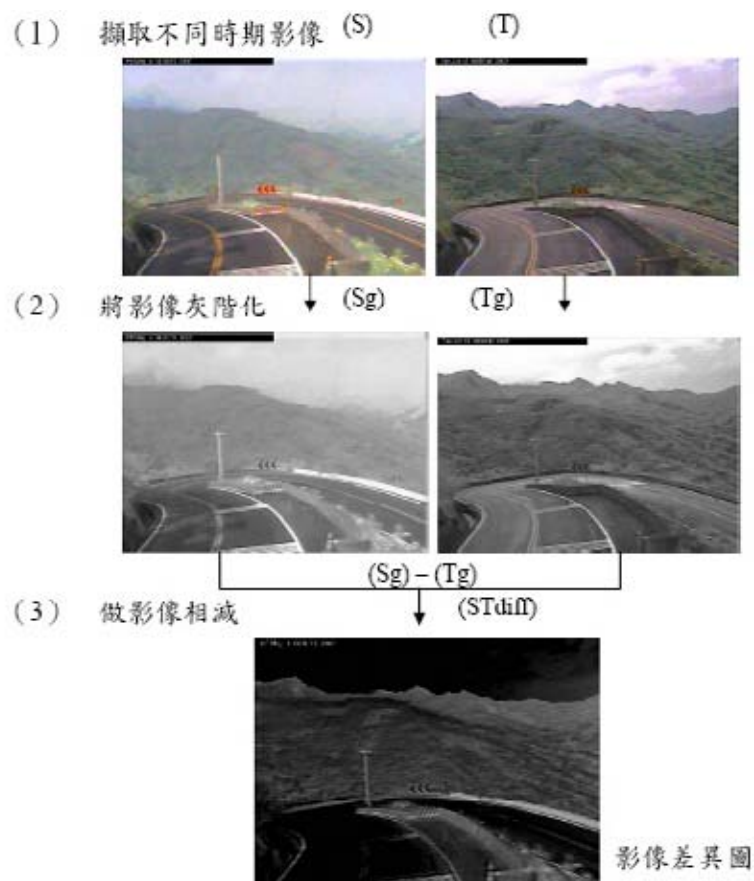


圖 2-46 近景攝影量測流程圖^[82]

近景攝影量測法目前因受限於衛星傳輸速度，故影像解析度較差，故判釋結果仍然有較大之偏差量，經逢甲大學團隊提高影像解析度，後有明顯之改善，其結果與上述多天線 GPS 系統都能得到相符之成果。

3. 光纖光柵

黃安斌(2007)利用光纖光柵(Fiber Bragg Grating, FBG)之原理，其優點同一條光纖能夠同時量測數百點應變訊號，光纖光柵是利用雷射在光纖曝光時造成一系列折射率週期性永久的改變，對應折射率週期性改變的間距為 d ，當一寬頻光源進入此一光纖時，除了滿足布拉格條件(Bragg condition)的特定波長 λ_B ，其餘波長都會因為相位差而相消；而當 FBG 受到外力產生應變時，造成原本間距 d 的改變增加量為 Δd ，使得該特定波長 λ_B 反射回來一增加量 $\Delta \lambda_B$ ，利用兩

者，可以求得應力施加後所引致的應變量大小，圖 2-47 為其量測原理示意圖。

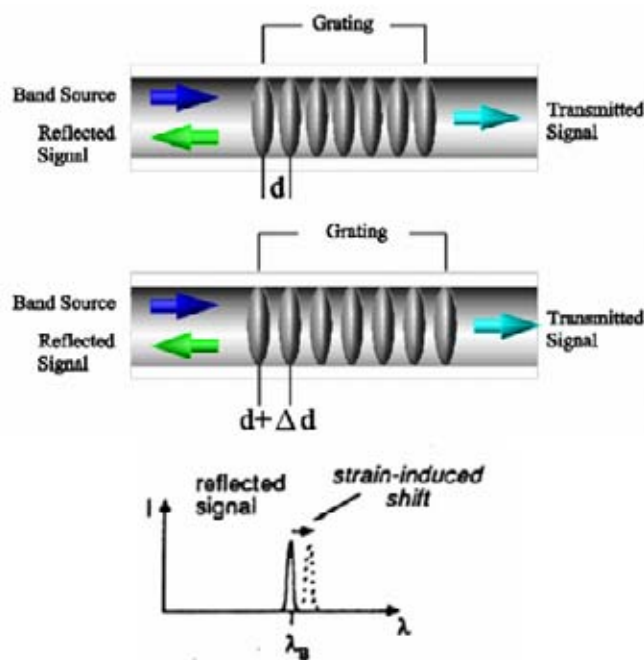


圖 2-47 光纖光柵量測原理示意圖^[81]

由於 FBG 特性，在實務的應用上，應力施加產生應變以後，不只是反射回來的 $\Delta \lambda_B$ 會改變，光纖的有效折射率 n 也會同時改變；而且也會受溫度影響而改變其反射波長，但是藉由本計畫團隊在長達六年的研究，相關的修正技術已經有效掌握，並在實際的應用中獲得良好的成效。目前 FBG 技術已經可以作為傳統應變計的良好替代方案，且具有被動式感測器的相關優點。FBG 與傳統電阻量測器最大的不同點，在於光纖的多工特性，並不受限於傳統電子迴路一對一訊號傳輸的要求，只要在光柵製作時安排不同的波長的光柵製作於同一條光纖上，利用足夠強度的寬頻光源，就可以同時量測數點至數百點的應變訊號。若以傳統的電路排列需要安置數百條的電線，且電線之間彼此因為電磁效應會相互的干擾，產生雜訊，影響量測結果的準確性；光纖感測器不但只需要一至兩條的光纖即可，不占空間，另外沒有電磁干擾的問題，只要光源足夠就可以大量使用，準確性不減。

交通大學(2007)利用 FBG 技術應用於邊坡監測上，以下分別介紹。

1.光纖光柵節理式偏斜儀

光纖光柵節理式偏斜儀(FBG segmented deflectometer, FBG-SD)，能夠與傳統測傾管配合使用。FBG-SD 是將一長約 215mm，直徑約 10mm，使用塑鋼製成之柔性軟管(flexible tube)外，相隔 180 度黏貼成對的光纖光柵。在此應變感測元件兩端加裝鋁片剛性材料，將兩端剛性材料所受到的應力傳到中間柔性材料上，此時對柔性材料會有應變集中的現象，也就會有將應變放大的效果。在應變感測元件兩端加裝鋁片剛性材料構成節理(segment)之部分。節理又分量測節理(measurement segment)與延伸節理(extension segment)兩部分。量測節理上裝有支架(stud)，其大小與形狀與傳統測傾管(inclinometer casing)及其內部之凹槽相匹配，藉由彈簧(spring)之拉力來保持支架與傾斜觀測管凹槽之密合。延伸節理為一硬體，沒有任何自由度，其唯一目的為根據量測需要來改變或延長量測節理間之距離。量測節理內安裝兩個軸承，其中一個軸承與監測管方向同軸(軸向軸承，longitudinal bearing)，其目的在於解除感測器受監測管軸向力(包括重力與摩擦力)與扭力對感測器之影響，另一個軸承與監測管方向垂直(橫向軸承，lateral bearing)，安裝在量測節理之中心點，其目的在於限制量測節理只能以橫向軸承為中心旋轉而增加結果分析之可靠度。柔性軟管之一端以雙螺絲固定於量測節理內，另一端插入軸向軸承中，可以延軸向滑動或轉動，柔性軟管之中心與橫向軸承在同一位置。偏斜儀在現場組裝，以量測節理與延伸節理交互連接而形成，連結完成之偏斜儀隨即放入測傾管中，如圖 2-48 所示。傾斜管因為地層滑動或被監測結構體變形而發生扭曲的時候，變形監測管經由光纖或其他應變感應器量測柔性軟管彎曲變化量，計算並累積變形監測管因地層移動而造成之彎曲角度，再根據此角度之變化來計算地層移動量。

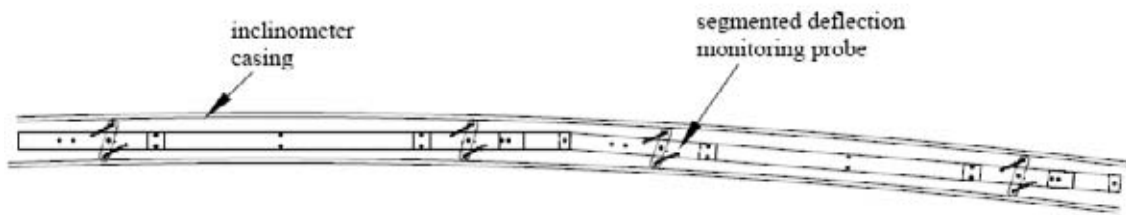


圖 2-48 節理式設計之訊號放大效應^[81]

交通大學團隊為便於將來大量安裝，將原設計加以改良。偏斜儀支架改用鋁擠型，支架間之連接使用鋁粉壓鑄成型。新型設計之偏斜儀支架表面經過陽極硬化處理，耐用性更高，同時便於現場安裝。安裝於阿里山公路段進行實驗，其能夠有效測得地層滑動之變量。

2. 光纖光柵水壓計

光纖光柵水壓計之解析方法可採用 FBG 波峰漂移以及波峰寬度改變兩種方法來調解 (modulate)，這兩種方法分別敘述如下：

- (1) 漸變週期式 FBG 波峰寬度分析：漸變週期式 FBG 是指 FBG 內的光柵應變之分部是漸變的，假設一原週期均勻分佈之 FBG 當受到外力而產生漸變式應變時其 FBG 波峰寬度會變寬。將 FBG 貼於圓形薄片上，可隨著所需要量測的範圍調整薄片的厚度，根據彈性力學分析，當此圓形薄片受到垂直於平面的壓力時，從圓心到邊界的應變會呈現先受伸張再受壓縮分布，因此貼於圓板上的 FBG 會發生漸變的型式，光柵所反射的頻譜會以較寬的形勢顯示，其波形反應會產生如圖 2-49 之現象，而其波峰寬度與壓力成正比。此設計之優點是 FBG 反應不受溫度變化之影響而結構簡單。

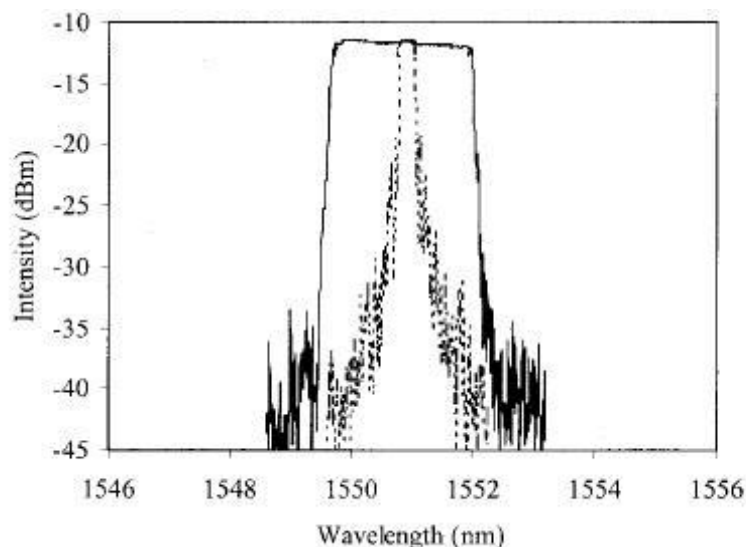


圖 2-49 連續遞增之漸變應變所產生 FBG 尖峰波長寬度之改變[81]

(2)FBG 波峰飄移分析：FBG 受應變或溫度影響，易產生波長飄移，假設一個 FBG 初始波長為 λ_1 ，當 FBG 受到外力或溫度之影響時，會使得 FBG 波峰往長波長飄移為 λ_2 ，而此波峰變寬量會正比於 FBG 應變量。依此概念設計，將 FBG 光纖之一端固定於水壓計底部使其不產生位移，另一端則黏著於一彈性金屬薄膜上，當水壓計內部受壓力作用改變時金屬膜隨之變形，因此 FBG 所感受之應變也隨之變化。當金屬膜仍在彈性限度內，FBG 即呈現等週期式之變化，FBG 波峰值與壓力有一線性關係。但此一設計無法隔離溫度改變對 FBG 波峰值之影響，因此必須加入另一朵 (dummy) FBG 做為感應溫度變化之用。

交通大學團隊經評估選擇應用 FBG 波峰飄移分析解析方法之等週期波長式 FBG 水壓計，為避免容易損壞及增加感測器數量，進行改良在外加入一管徑為 27mm 之 PVC 管，PVC 管外將予以打孔且外圍包裹不織布使得該範圍透水，而該部分稱為感測單元，感測單元周圍之鑽孔以透水材料回填，連接部份周圍則以不透水材料（白皂土）回填。至於連接部份，以相同直徑大小之 PVC 管作銜接以保護光纖傳輸線。其裝設示意圖如 2-50 所示。經交通大學團隊在阿里山公路段進行試驗，經量測結果，利用地

下水流模型進行評估能對於地下水壓力能夠充份瞭解，藉此能瞭解地下水滲流狀況以評估是否發生地滑現象。

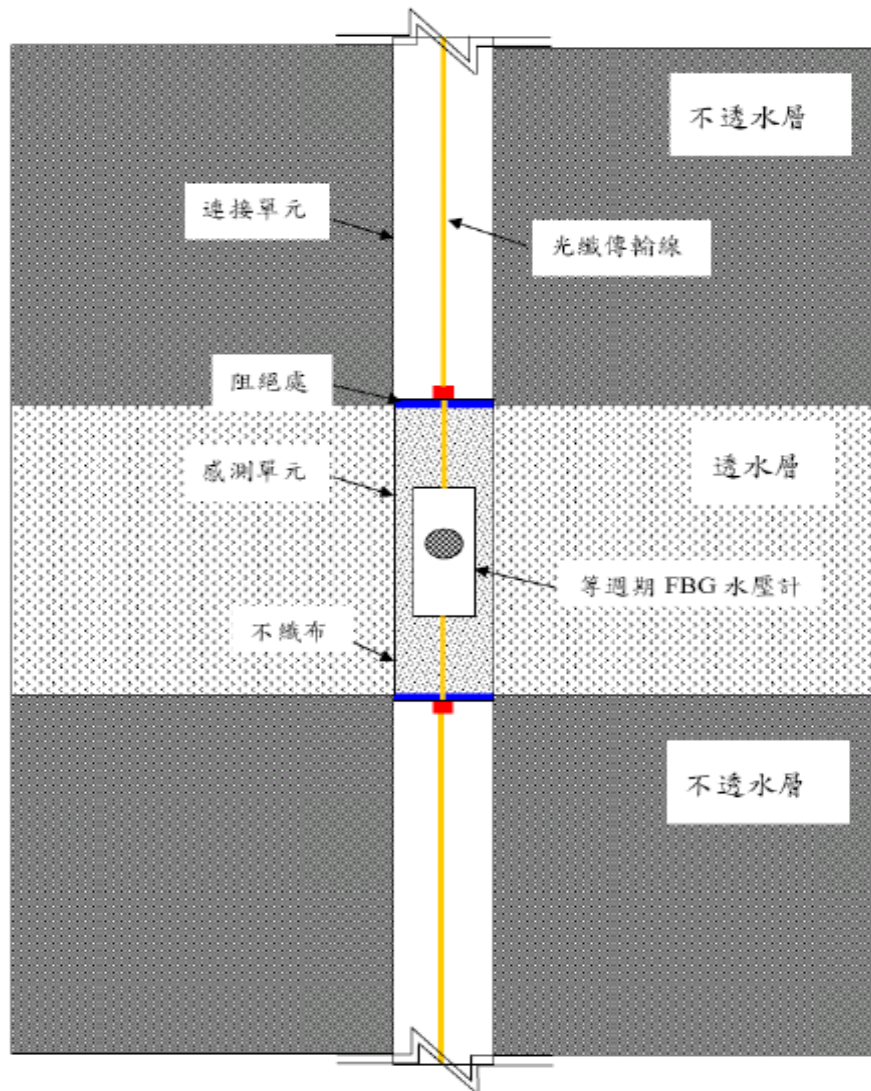


圖 2-50 FBG 水壓計現場安裝示意圖^[81]

2.5 公路救災資源規劃

公路災變後之緊急搶通與修復策略可概分為短期策略、中期策略、長期策略。短期策略為對受阻之公路提供替代路線或予以緊急搶通，供救災或搶修之機具、車輛通行，必要時，可依公路搶修現況實施縮減車道或限速、限重等措施；中期策略為正式復建，在評估含橋

梁、隧道、邊坡、路堤等各路段之受損程度及災害原因後，依工期、經費、社會經濟需求等考量選擇適當之工法，以恢復公路災前之原有功能；長期策略則為平時之養護、監測、補強。

蘇明道(2003)建立之『交通人力物力資料庫』能夠提供資源，提昇公路緊急搶修之應變能力，並儘速恢復公路災變後之交通功能，降低公路災害對社會經濟之衝擊。以下僅就短期策略作探討。公路災變後之短期策略主要為確保救援運輸道路暢通，故對於受阻路段除應緊急搶通外，尚須公佈替代道路（公路管理單位平時即應妥善規劃替代道路網），此外，於發生災情嚴重之大規模災變後，如受阻公路路段數量龐大，在請求支援後，預估人力、機具、材料等仍不敷使用時，則應評估各公路路段之重要性及急迫性，依公路災害之影響、經濟之影響及災情影響等因子評估其順救災順序。由管理該受災路段之站長提報災害情況，工務段段長參酌災區環境等各項因素，完成優先順序評估。此時，如替代道路在一般民眾可忍受之範圍內，或受阻路段為修復困難之山區路段，則可考慮封閉原嚴重受損路段，直接規劃替代道路供用路人使用；然而，若受阻路段為(1)救災路線（如受困民眾數有限，且相關單位考慮以直昇機接駁受傷人員及緊急物資，則此時受阻路段非救災路線），(2)全部阻斷且無替代道路，則公路管理單位應全力搶通，以利救災行動；而若受阻路段為(1)災害持續擴大之可能性高，(2)發生二次災害之危險度高，或(3)依影響因子順序高，則公路管理單位應全力修復或進行補強。茲將公路搶通與修復之短期策略各項適用時機說明如下。



圖 2-51 交通人力物力資料庫 (資料來源：交通部)

1. 有替代路線—緊急搶修並規劃替代道路

以替代道路方式疏導受阻路段之交通量，易造成替代道路之交通流量增加，故規劃替代道路時，應同時考量增加之交通流量對民生經濟之影響層面，及用路人權益等。此外，若規劃之替代路線同時為救援或緊急物資輸運道路，則應考慮限制此路線僅供救援機具、車輛或緊急物資輸運使用，以利救災、搶險。

(1) 受阻路段暫時不予搶修，直接規劃替代道路

公路受災時，在請求支援後，預估人力、機具、材料等仍不敷使用時，若受阻路段之鄰近地區有替代道路，可考慮規劃替代道路，並透過媒體週知用路人，而暫緩搶修受阻路段。上述鄰近地區之範圍可參考如下所述。

a. 預估替代道路之繞行時間在 30 分鐘以內。

b.替代道路之繞行長度較原道路長 20 公里以內。(因替代道路之交通流量勢必較平時為大，故以時速 40 km/hr，繞行時間 30 分鐘換算)，此外，若替代道路同時為救援或緊急物資輸運道路，且僅供救援機具、車輛使用時，為維護災區居民權益，應儘速搶修原受阻路段。

(2)受阻路段搶修費時，規劃替代道路

一般情況下，若預估受阻路段之搶通時間超過六小時，則應規劃替代道路，並請傳播媒體統一發佈，告知用路人，此情況下，可規劃多條替代路線，以分散替代路線之車流量。如遇特殊狀況（如有急待救助之傷患受困，且以直昇機接駁有困難者），則不論搶通時間長短，皆應立即規劃替代道路並搶通受阻路段。

2.無替代路線－緊急搶修

公路受災時，在請求支援後，預估人力、機具、材料等仍不敷使用時，可評估公路之重要程度及緊急搶通與修復之優先順序，而後提出快速且適當之緊急搶通與修復工法。

當災害一旦發生，災害應變中心必須對於防救災資源具有充分的掌握，才能在第一時間內，充分的對於防救災資源進行最適之分配與支援，減少生命及財產之損失，並能有效防止災害擴大或形成二次災害；所以這些防救災資源，就必須利用平日進行妥善規劃，以及資料庫系統之建置，以便災害發生時，能迅速確實之利用，達到減災、消災及快速緊急復原之功效。交通人力物力資料庫透過蒐集並整理政府與民間相關之防救災資源便一旦災害發生，災害應變中心能迅速充分可運用之防救災資源，進而提高災害應變之防救效能。茲將資料庫內容簡介如下：

系統的主要功能如圖 2-52 所示，依照其整體架構以樹狀方式呈現，依據各單位對防救災應變之需求，整理成以下五項主要功能：
A.災害通報 B.災害地點定位 C.緊急聯絡資訊 D.應變資源搜尋 E.鄰近

地區資源查尋。

A. 災害通報

災害事故通報是啟動災害應變的第一步，在災害通報後之第一要務，針對災害必要先處理之單位，系統提供聯絡資訊，能夠迅速明確的通報到各級單位。

(1) 災情通報單位

提供事故地點之安全防護責任區防護員聯絡資訊。

(2) 所轄管相關單位

系統提供業務單位主管之聯絡資訊。

(3) 特約廠商。

提供該局特約或曾參與該單位之合作廠商之聯絡資訊。

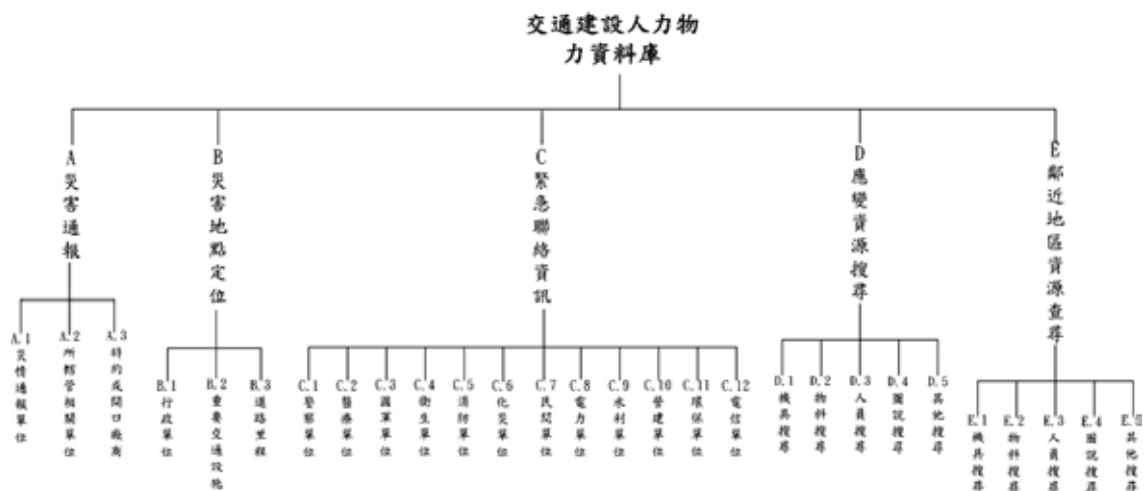


圖 2-52 系統功能圖 (資料來源：交通部)

B. 事故地點定位

針對事故地點的定位，因為在事故地點定位後，方能進行後續資源搜尋調度等作業。一般之災害事故通報多循下列三種管道之一進行：

(1)行政地區

民眾可能以其所在地區之行政區來做事故通報。

(2)道路里程樁號

在高速公路或鐵路上之事故經常會採用道路里程樁號作為事故通報之依據。

(3)重要地標

當重大建築物毀損時，也可作為災害定位的主要指標。

C.緊急聯絡資訊

當災害定位完成後系統提供完整之各層相關級單位聯絡資訊，本系統建立之主要單位包括警察、醫療、國軍、衛生、消防、化災、民間、電力、水利、營建、環保及電信十二個單位，這些單位主要為橫向聯絡系統，當災害發生時，除應立即聯絡該單位及上級機關外，仍需再聯絡各級相關單位，以達到就救災資源快速整合。

D.應變資源搜詢

本資料庫應變資源搜尋包括機具、物料、人員、圖說及其他搜尋，機具搜尋機具共分兩個層級大類及小類，其大類包括土方機具、基礎機具、港灣機具等分類，小類則是如土方機具類的挖土機、推土機等工程機具；物料搜尋亦分兩個層級其第一層級包括一般建材、水泥製品、水泥類、紅磚類等八類物料再細分小類；人員搜尋包括專技人員、交通部防救業務人員、工程專技人員、技術工及一般工；圖說則包含地圖、圖籍名稱、說明、聯絡方式等。在事故地點定位後，接下來需依據災害現場人員所提出之人力與物力資源需求，在事故地點做搜尋，並在搜尋到相關資源項目後立即進行聯絡，於確認規格符合後進行調度派遣。

E.鄰近分析

在第一波之資源搜尋中如果找不到所需的資料，則需進一步做鄰近區域之搜尋。搜尋不到資源的原因很多，可能該地區沒有該項資源，亦可能是雖有該項資源但因數量不足、功能規格不符、故障或已出動救災等原因。不論如何，為了因應災變緊急調度之需要，應變中心必須擴大搜尋之範圍，在事故地點附近之鄉鎮(或縣市)進行搜尋。

第三章 災害緊急應變流程與通報機制

3.1 前言

本年度將延續第一年之系統發展成果，考量現行公路重大災害緊急通報流程與系統運作機制，研擬橋梁與邊坡之災害緊急應變流程，並制訂對應系統運作流程之通報機制。

3.2 災害緊急應變流程

本節將參考政府現行之災害防救法與系統運作流程，訂定配合系統運作之災害緊急應變流程。

3.2.1 災害防救法與陸上交通事故災害防救業務計畫

依據「災害防救基本計畫」^[14]所訂定之目標在「提昇國內從減災、預防、應變到重建等災害防救各階段工作之執行能力，健全推動落實之災害防救體系，以減少災害發生與民眾生命財產損失，進而建立低災害風險並邁向永續發展之城鄉與國土」。為達此目標，行政院災害防救委員會將震災災害防救對策分為災害預防、災害緊急應變及災害復原重建等三階段。

另外交通部係災害防救法第 3 條第 4 款規定之陸上交通事故災害之中央災害防救業務主管機關，負責指揮、督導、協調中央相關部會（署）、交通部各相關部屬機關及各直轄市、縣（市）政府、鄉（鎮、市）公所（以下簡稱地方政府）執行陸上交通事故災害預防、緊急應變措施及善後復原重建等工作。交通部依據災害防救法第 19 條第 2 項規定，並參照「災害防救基本計畫」相關內容，研擬「陸上交通事故災害防救業務計畫」^[15]，健全陸上交通事故災害防救功能，整合相關動員能量，有效執行災害減災、整備、應變以及災後復原重建等目的。

第一階段災害預防之目的在降低災害發生時人民生命財產及國家的損失所採取之預防措施，其內容包含減災、應變機制建立、宣導及震災對策之研究與觀測及防災教育訓練等。災害預防包含減災及整備等防救措施，事先將未雨綢繆的減災因素列入規劃並做好災害整備工作，交通部及地方政府應確實考量直接災害（颱風、豪雨、地震等）、間接因素（急傾斜地、軟弱地盤、木造住宅密集地、危險物設施之集中地區等）、以往災例、土地利用變遷等要因，進行科學化、綜合性之災害潛勢評估，以掌握地區災害危險性。各交通工程主管機關進行工程規劃應參據並考量地質構造、災害潛勢等資料，以期降低交通工程災害。

第二階段災害緊急應變之目的在災害發生後確保災情正確傳達、災區維生線之暢通及避免二次災害發生或災害持續擴大。其中以通報及應變作業為重要項目，包含以下工作：(一)災情蒐集通報(二)適時發布警報訊號(三)應變作業。

第三階段災後復原重建包含緊急復原及計畫性復原重建；緊急復原乃指在實施第三階段計畫性復原重建以前，防止災害持續擴大或發生二次災害，並恢復正常交通功能，而對結構物所採取的臨時性修復補強措施。計畫性復原重建則以建立安全耐震之交通設施為目標，除了恢復具有立即危險之設施原有使用功能所實施之補強外，必要時亦包含拆除重建、結構系統變更及承載能力或耐震能力等功能性之補強或提升^[15]。

「災害防救基本計畫」中災害應變流程如圖 3-1 所示。

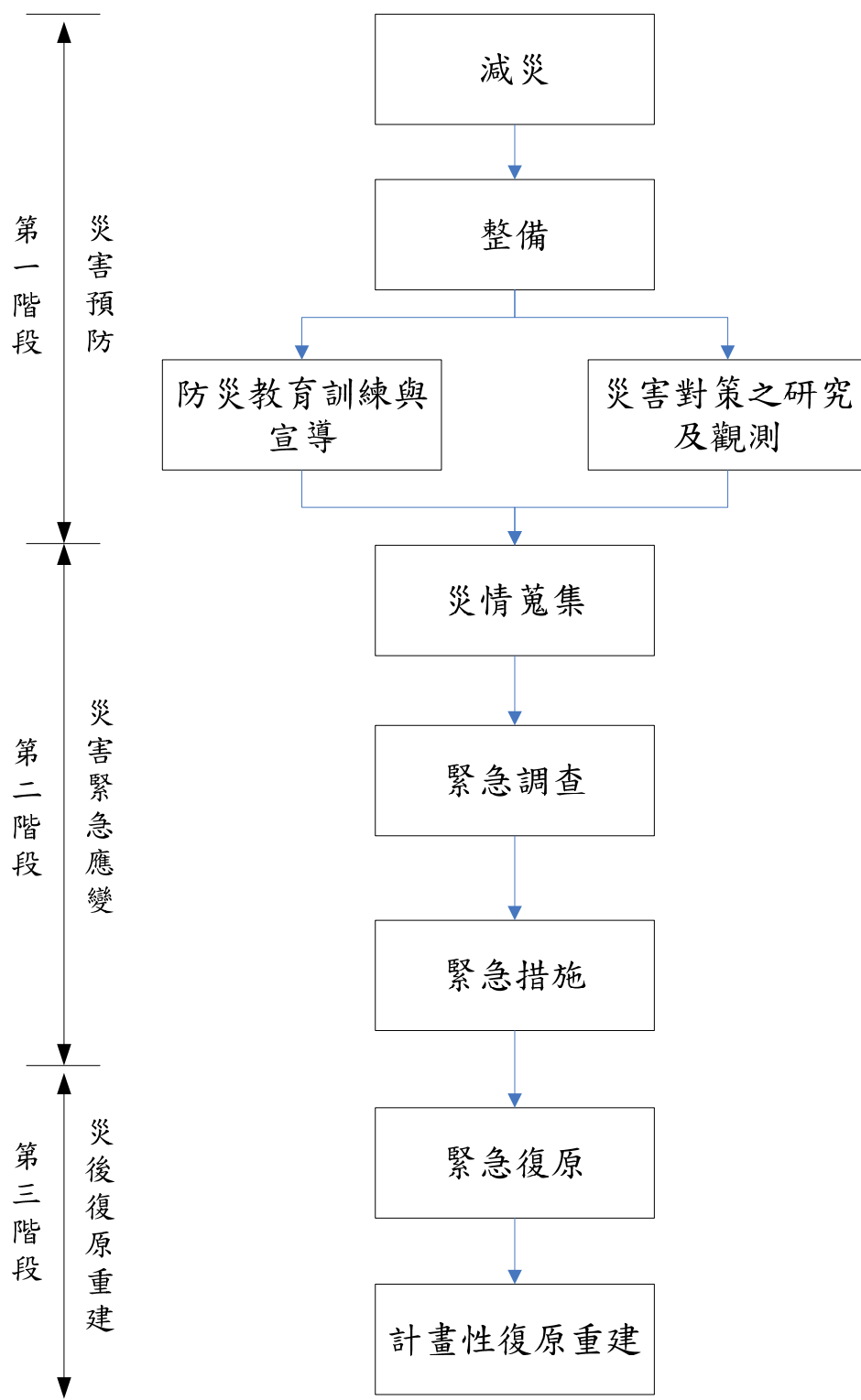


圖 3-1 災害應變流程^[15]

3.2.2 災害應變與系統使用流程

因此本研究依據「災害防救基本計畫」與「陸上交通事故災害防救業務計畫」之概念，建立適合系統之運作流程。災害應變流程主要分為「災前-災害預防」、「災時-災害緊急應變」及「災後-災後復原重建」等三個階段，如圖 3-2 所示。

此流程為公路防救災決策支援系統之災害應變運作順序，菱形▣為決策輔助之系統功能；矩形▢為運作程序；符號④為使用者輸入；符號⑤為系統輸入；() 內為對應災害防救基本計畫中之流程項目；右側是輸出資料；左邊分別註明災前、災時與災害各階段；右邊為對應之計畫完成年度，96 年度（第一年度）完成橋梁之系統運作流程，本年度完成邊坡之系統運作流程。以下將針對各階段程序，進行簡要說明。

由流程中可發現，使用者需介入之動作為符號④所標示之處，顯示本研究之運作機制自動化高人力需求低，使用者不需過度額外作業負擔。

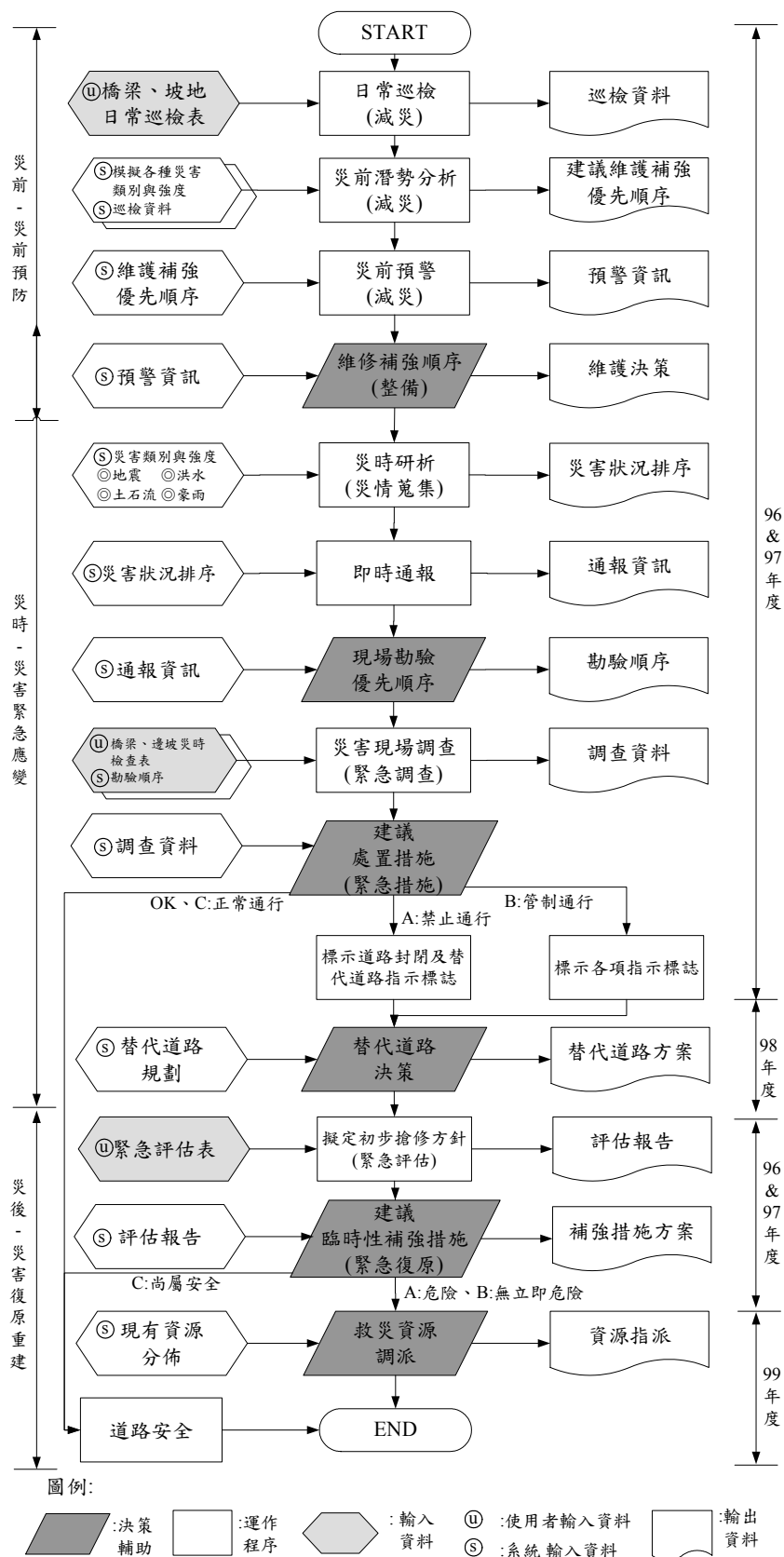


圖 3-2 公路防救災決策支援系統之災害應變運作順序

3.2.3 災前-災前預防(96 年度完成橋梁部分、97 年度完成邊坡部分)

「災害預防」階段主要的實施工作係以 TELES 等潛勢分析模式進行災前(平時)的災害潛勢分析。以橋梁的地震分析為例，所得之結果為橋梁在地震發生時橋梁通行失敗之機率、橋梁各種損壞程度之機率，此兩者可提供橋梁管理單位作為橋梁補強先後順序之依據。其流程項目如下所示。

☐ 日常巡檢(減災)

輸入：④巡檢人員於日常巡檢時攜帶 PDA 至現場填寫橋梁、坡地日常巡檢表。

輸出：將巡檢資料儲存至系統資料庫。

說明：於此階段，管理單位需進行日常巡檢工作，至現場填寫橋梁與坡地檢查表，將巡查結果所紀錄之橋梁或邊坡現況建置成基本資料庫，後續階段將根據此資料庫進行分析。

☐ 災前潛勢分析(減災)

輸入：⑤系統自動連結匯入前一步驟之巡檢資料，進行災前潛勢分析。

④使用者輸入欲模擬之災害類別與強度，如地震強度、位置等資訊。

輸出：潛勢分析模式根據不同災害類別與強度產生維護補強優先順序。

說明：此階段將利用不同分析工具進行事前潛勢分析。橋梁之地震災害方面採用國家地震中心所開發之 TELES；邊坡部分採用『山區道路坡地災害防治技術整合研究』一案之成果(暫定為高斯過程分析模式)，然後針對各種可能發生之災害類型與強度，進行境況模擬潛勢分析，得到在不同災害與強度下的破壞機率。

災前預警（減災）

輸入：⑤系統匯入前一步驟中之維護補強優先順序，搜尋資料庫中對應之管理人員名單。

輸出：對管理單位與人員發出預警警訊。

說明：根據前一階段所得到之維護補強優先順序提出預警警訊。

維修補強順序（整備）

輸入：⑤自動通報系統對橋梁與邊坡之管理單位發出預警警訊。

輸出：輸出內容包括維護補強順序之維護決策。

說明：管理單位可以此破壞機率分析結果之預警警訊，排定轄區內的橋梁、邊坡維修補強順序，提供維護決策參考。

3.2.4 災時-災害緊急應變(96 年度完成橋梁部分、97 年度完成邊坡部分)

「災害緊急應變」階段是在災害發生時，依災害之類別與強度，搜尋潛勢分析資料庫中對應之分析結果，作為後續緊急應變作業之依據。以橋梁地震災害為例，可得到該地震強度下各橋梁通行失敗之機率及橋梁各種損壞程度之機率，供橋梁管理單位作為震後橋梁緊急安全性調查先後順序之參考依據。按 TELES 分析結果，橋梁管理單位應隨即展開橋梁緊急安全性調查，此階段分為三步驟：(1)「災情蒐集」：首先要進行地震規模等基本資料的調查，(2)「緊急調查」：迅速掌握重要地點之橋梁結構及周邊結構物之受損情形，(3)「緊急措施」：根據緊急調查所採取可通行、管制通行與禁止通行等，並針對災害道路狀況提出替代道路方案。

災時研析（災情蒐集）

輸入：⑤實際災害發生時，系統經由資料交換平台自動擷取災害類型與強度。

輸出：根據實際災害強度與地點等資訊，運用災害潛勢分析模式，提出災害狀況可能排序，如破壞機率等資訊。

說明：當實際災害發生時，各種災害資訊可經由資訊交換平台取得，並由上述之 TELES 與高斯過程分析模式，針對實際之災害與強度，進行研析得到可能發生破壞機率。

即時通報

輸入：⑤系統中自動通報機制將根據前一步驟所產生之災害狀況排序，災害受損機率超過門檻值，系統自動發出簡訊給管理者。

輸出：通報資訊內容包括可能發生破壞之機率。

說明：系統整合各災害狀況統整為通報資訊，並依據事先建置之道路管理人員資料庫，針對超過警戒值的橋梁或邊坡，發出警訊。

現場勘驗順序

輸入：⑤系統匯整各轄區內之通報資訊，產生一現場勘驗順序，以橋梁為例，其依據為橋梁破壞機率高低。

輸出：簡訊內容包括勘驗順序與破壞機率。

說明：系統之自動通報機制根據通報資訊發送簡訊至巡檢人員手機中。人員可依手機中破壞機率內容，照順序至現場巡檢及填寫災時檢測表單。

災害現場調查(緊急調查)

輸入：⑤巡檢人員根據前一步驟所發出之勘驗順序訊息，分別至現場進行勘查。

⑥巡檢人員至現場使用 PDA 手機登入系統，填寫橋梁、邊坡等災時檢查表。

輸出：所填寫之調查表單可即時存入系統資料庫中。

說明：巡檢人員至現場可使用 PDA 手機登入系統，進行表單填寫。
現場狀況可即時匯入至系統中，若網路中斷時，則可以 PDA 單機版進行表單填寫，待巡檢人員移動至網路暢通處上傳至系統中。

建議處置措施（緊急措施）

輸入：⑤系統匯整各轄區之評估報告，傳送給主管人員。

輸出：不同等級處置措施等級。

說明：主管人員收到轄區內橋梁或邊坡調查結果，此時系統可依據調查等級給予處置措施之參考。分別為 A:禁止通行；B:限制通行；C:正常通行。

(98 年度完成)

替代道路決策

輸入：⑩管理者輸入替代道路規劃之需求。

輸出：系統將根據路網與各地災情提出替代道路方案。

說明：若為等級 A 禁止通行或等級 B 限制通行，系統將會統整災害各地災情與封路消息，提出建議之替代道路。

3.2.5 災後-災後復原重建

「災後復原重建」階段中包含「緊急復原」與「計畫性復原重建」兩階段，其中「緊急復原」此階段分為兩步驟：(1)「緊急評估」：主要的實施工作包含實施初步維修方針及安全等級分類而進行之調查作業，(2)「緊急復原」：防止災害持續擴大或發生二次災害，和避免餘震再次發生時，造成橋梁損壞甚至崩塌，對結構物採取快速臨時性緊急復原的補強措施。

「計畫性復原重建」階段分為兩步驟：(1)「詳細安全檢測」：實施工作包含掌握橋梁現況、震災原因、損壞範圍及最終計畫性復原所需之各相關檢測調查資料的詳細安全檢測，(2)「永久性復原重建」：對受損橋梁進行拆除重建或提升橋梁耐震能力所採行補強措施的永久性復原重建，此階段有賴於專業與專門顧問公司之分析與設計，因此未納入研究範圍內。

(96 & 97 年度完成)

擬訂初步搶修方針(緊急評估)

輸入：④巡檢人員至現場使用 PDA 手機登入系統，填寫緊急評估表。

輸出：所填寫之評估表單可即時存入系統資料庫中。

說明：巡檢人員至現場可使用 PDA 手機登入系統，進行表單填寫。現場狀況可即時匯入至系統中，若網路中斷時，則可以 PDA 單機版進行表單填寫，待巡檢人員移動至網路暢通處上傳至系統中。

(96 & 97 年度完成)

建議臨時性補強措施（緊急復原）

輸入：⑤系統匯入調查表單之等級。

輸出：不同破壞程度所建議採用之補強方案。

說明：系統依據評估等級，建議可採用之補強方案。

(99 年度完成)

救災資源調派

輸入：⑤系統匯入現有救災資源分佈資料庫，其內容包括機具種類與位置。

輸出：系統將以最佳化方式進行資源指派。

說明：系統歸納災後道路設施之通阻狀況後，根據不同緊急復原需求進行救災資源調派。

☐ 道路安全

說明：表示此道路設施安全，不需任何措施。

3.2.6 小結

根據上述之流程說明，可明確定義出使用者在各階段所需輸入資訊或系統自動產生之資料；其中輸入之表單，皆已完成電腦化作業，使用者可簡易點選項目與輸入說明，在系統幫助下可幫助判斷災害情況，另外系統所需外部資訊，皆經由代理人擷取，使用者不需花費人力進行維護。另外系統之決策流程與分析模式，可輔助決策者在不同災害情況下做出對應之決策。

3.3 通報機制

公路防救災決策支援系統之特性包括即時資料擷取與破壞潛勢之分析，其分析結果與災害資訊將藉由自動通報機制通知管理人員。本節將確立橋梁與邊坡災害通報機制，災害發生時可依據此通報機制進行災情之通報。

3.3.1 橋梁通報機制(96 年度完成)

本階段以『交通工程防災預警系統』^[71, 72]計畫中，所擬定之橋梁災害處理通報流程為基礎(如圖 3-3 所示)，考量現行作業流程、法規與橋梁特性，研擬一合適系統應用之橋梁災害通報流程，並於 96 年 5 月 3 日在台中第二區養護工程處舉辦高司演練，由港灣技術研究中心邱永芳主任主持，當日邀請公路總局總工程師與各工程處處長、段長參與，演練當日順利展示系統之運作流程且讓參與人員了解此通報機制之架構，驗證其可行性。

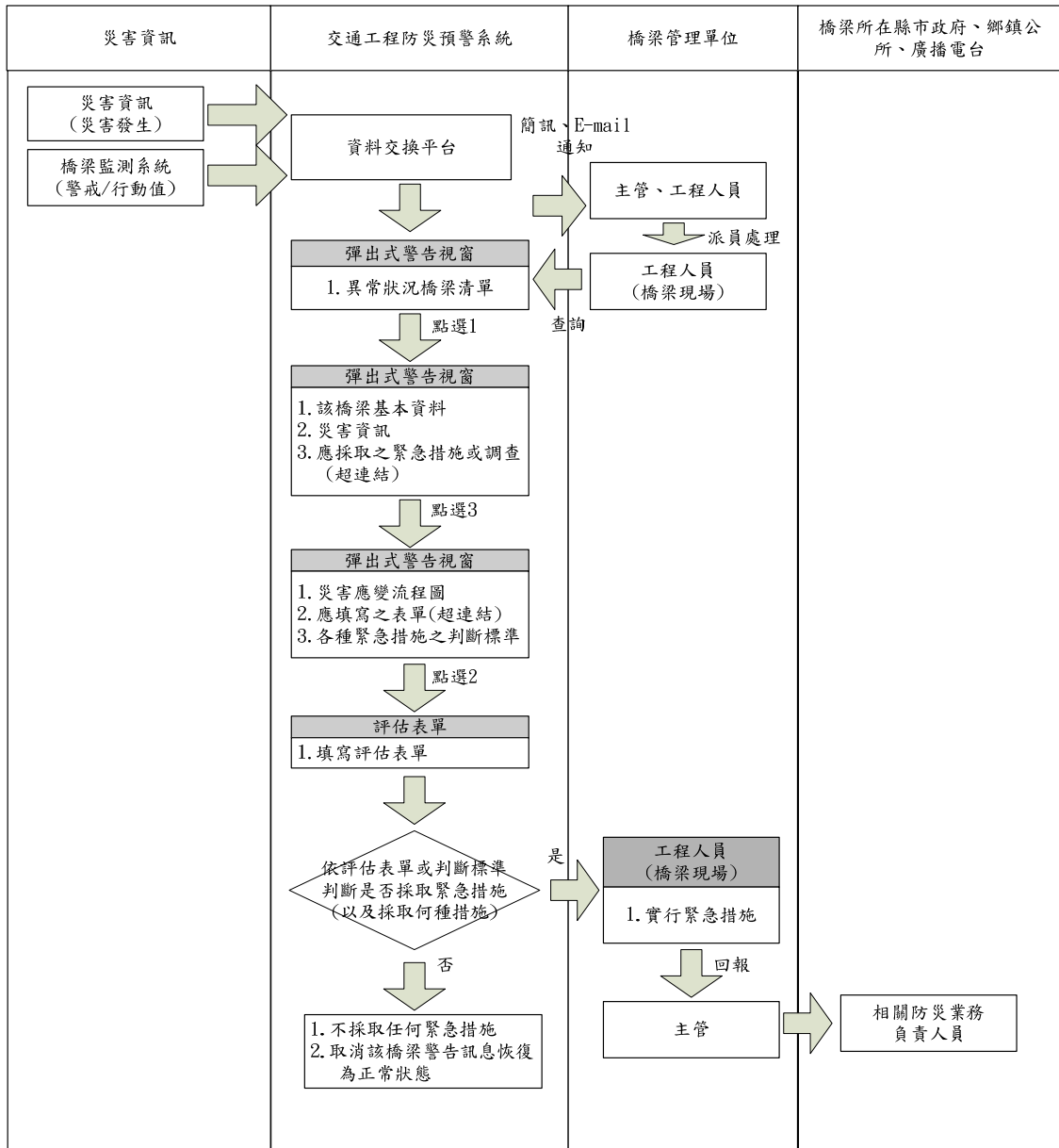


圖 3-3 橋梁災害處理通報流程^[91]

3.3.2 邊坡通報機制(97 年度)

參考圖 3-3 中橋梁災害處理通報流程，可定義出邊坡災害處理通報流程，其流程如圖 3-4 所示，根據災害資訊、破壞潛勢分析結果或現場儀器監測資料，系統由資料交換平台取得邊坡破壞排序清單，同時藉由自動通報機制將相關訊息傳送至管理人員手機中，人員至現場分別填寫簡易目視檢查表與災損通報記錄，根據現場是否有人員傷亡或邊

坡破壞與否進行現場之道路封閉與管制，並回報主管人員，由主管人員指示後續搶修應變作為。並根據災害狀況，適時通知媒體有關道路封閉之相關資訊。

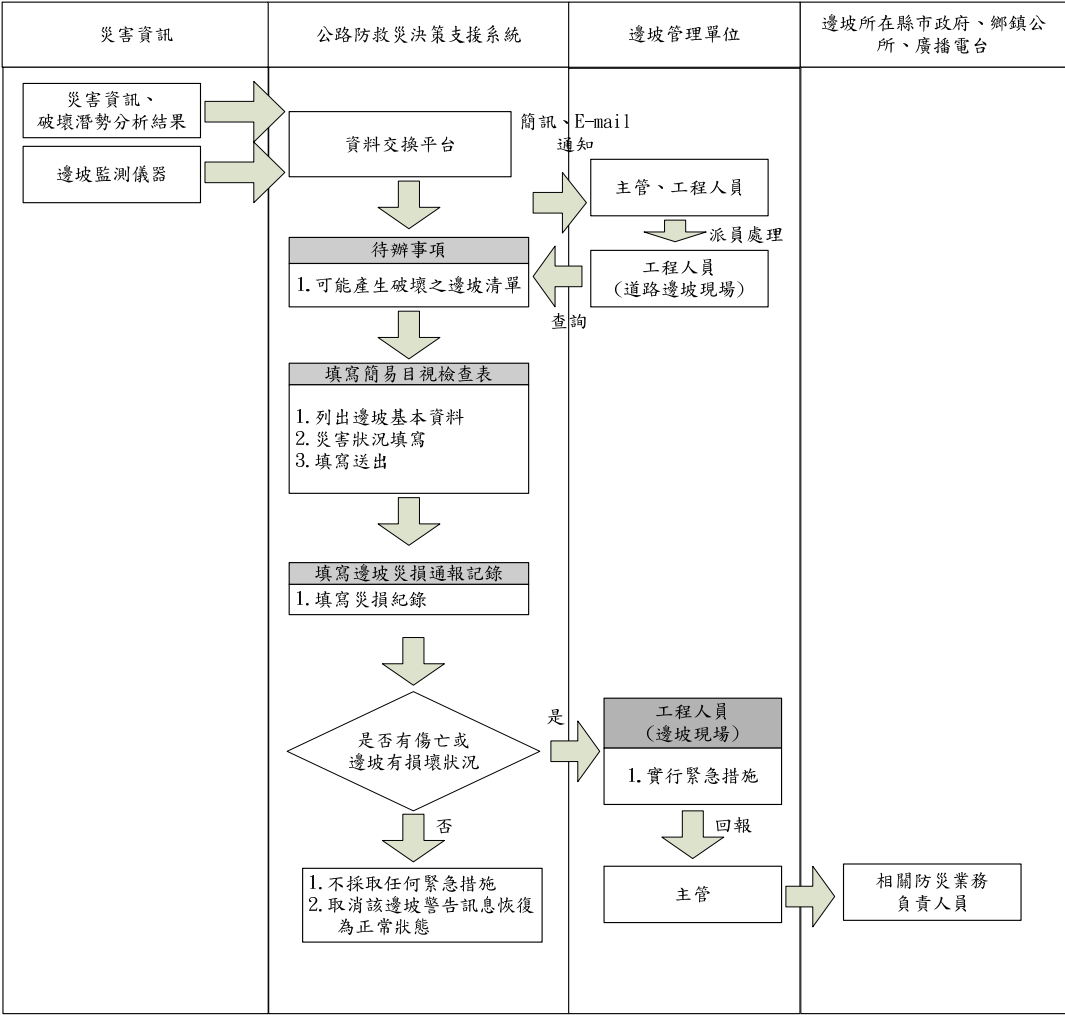


圖 3-4 邊坡災害處理通報流程

第四章 公路防救災決策支援系統分析

4.1 前言

本章將進行公路防救災決策支援系統之架構規劃，系統之規劃與發展步驟主要包含：「系統使用需求分析」、「系統發展概念研擬」、「系統架構擬定」、「定義系統應用模式」、「選用系統開發工具」及「系統功能規劃與發展」。規劃設計流程如圖 4-1 所示。

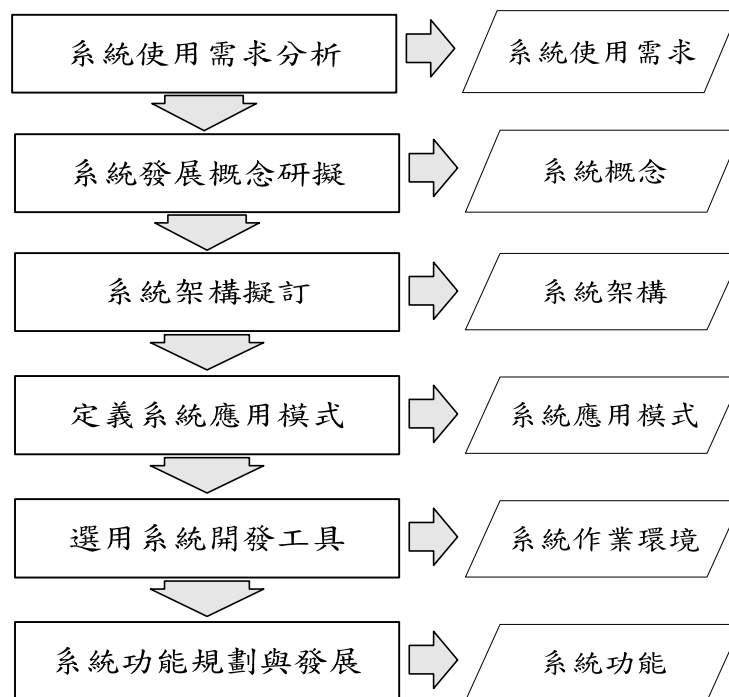


圖 4-1 規劃設計流程

4.2 系統使用需求分析

公路防救災決策支援系統主要分為架構於網際網路下之網頁系統，可便攜使用之 PDA 版，以及可離線狀態下使用之單機版。以下分別針對網頁系統、單機版與 PDA 版之使用需求介紹。

4.2.1 網頁系統使用需求

本階段將運用資料交換平台架構，整合橋梁及坡地災害管理、預警系統於統一架構下，此整合模式未來可做為其他公路設施整合擴充之依循。此架構下將共用 GIS 圖層資料，並在資料庫上作相關之連結，而資料交換之工作則由多重代理人擔任。此整合系統預計包括以下四大功能。

- (1)災害預警的啟動機制。
- (2)災害資訊、橋梁資料及邊坡資料的提供。
- (3)災害應變措施及調查表單之系統性流程。
- (4)自發性的通報系統。

4.2.2 系統單機版使用需求

當災區通訊中斷時，且巡檢人員未配發 PDA 設備，可攜帶 UMPC 或是筆記型電腦至現場，使用系統單機版進行表單填寫，回到辦公室後再將暫存之文件檔上傳系統伺服器中。

4.2.3 PDA 版使用需求

當災情發生時，可能有斷電斷訊之問題，造成災情資料無法順利傳遞，PDA 版本的建立有利於工程人員現場調查、勘災，提昇資訊傳遞之即時性及系統的可攜性。其中又可分為單機版與網路版之使用需求分析。

1. 公路防救災決策支援系統 PDA 單機版

單機版可進行各災害流程之調查，並將結果先暫存於硬碟空間中，待電源與通訊恢復後即可上傳至網頁伺服器進行災情資訊之統整。運作方式如圖 4-2 所示。災時第一時間，現場附近可能因為天災之關係造成手機基地台通訊中斷，此時就無法經由網路連結災時橋梁管理資料庫。在網路中斷下，以單機版本可暫代系統之功能。

單機版提供使用者於災害現場查核儲存檢測表單調查結果，並在網路暢通處或恢復後，再將資料匯入公路防救災支援系統。

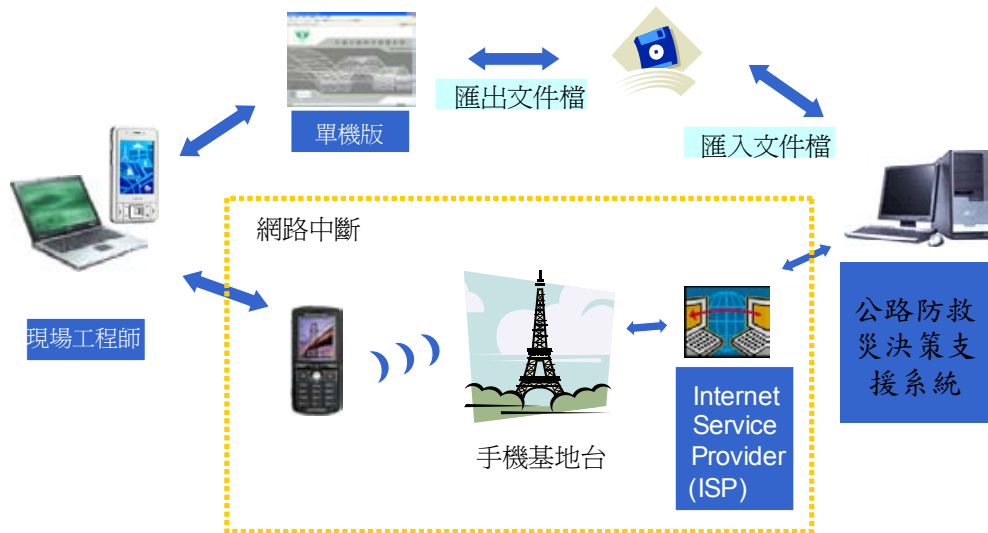


圖 4-2 單機系統連線架構圖

2. 公路防救災決策支援系統 PDA 網路版

另外網路版本的開發，可提升工程人員現場勘災之即時性，PDA 體積小且配有 3G 通訊之功能並內建網頁瀏覽功能，工程人員在現場可即時傳輸災情資訊至網頁伺服器中，提升災情收集之速度。運作方式如圖 4-3 所示。本系統架構於網際網路環境中，可同時提供多位使用者透過無線網路或是手機傳輸，在戶外連線操作本系統。由於臺灣手機基地台涵蓋率高於 90%，3G 通訊亦開始普及，大部分的橋梁現場均可運用無線傳輸連接資訊系統，因此，現場工程師即可使用隨身攜帶之 PDA 手機，搜集傳輸數據至系統中。目前手機傳輸數據方式主要有：2.5G (GPRS)、PHS、3G (WCDMA)。數據經由手機基地台發送至網路服務系統，即完成現場工程師與公路防救災決策支援系統連線之動作。各種連線方式可能因為通訊技術不同而有不同之連線速率，在手機傳輸方面，也會因為手機業者的通訊費率調整而造成通訊費用的不同，使用者可根據使用需求與手機業者簽訂合適之通訊合約。

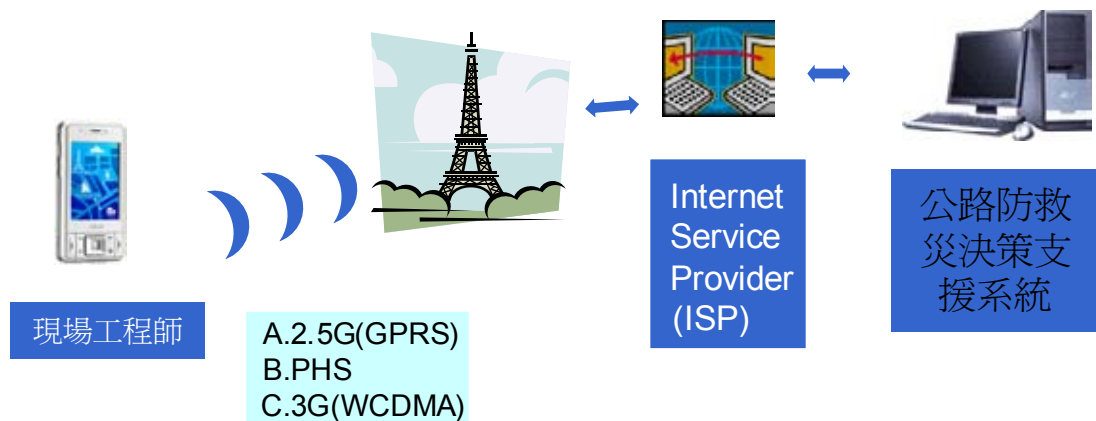


圖 4-3 PDA 系統連線架構圖

4.3 系統發展概念研擬

圖 4-4 為本研究擬定之系統組成，圖中將本系統分成對話介面、資料管理、模式管理、資料交換平台等三部分。

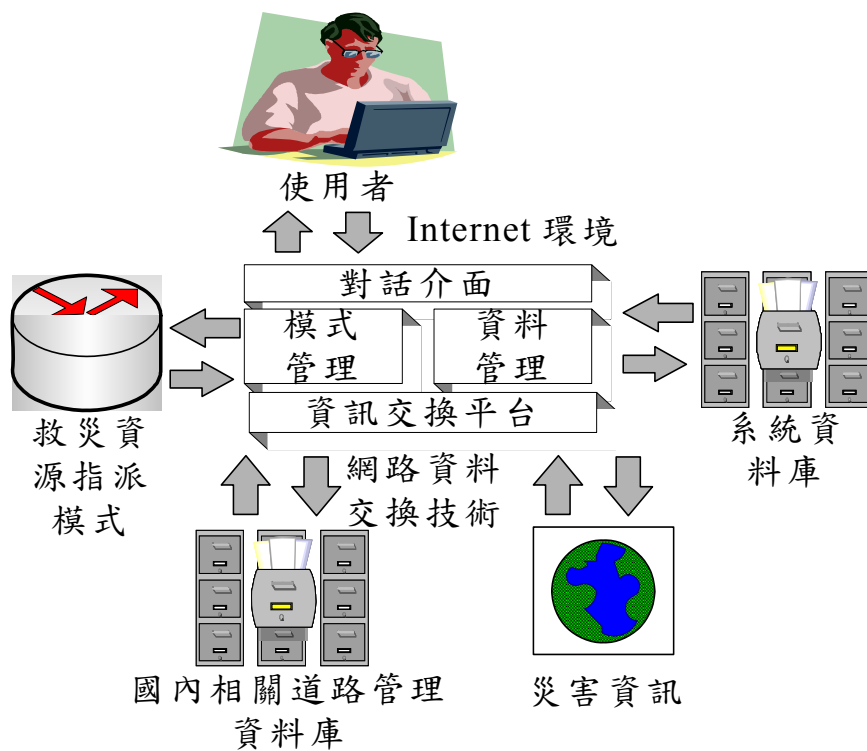


圖 4-4 系統組成

4.3.1 對話介面

「對話介面」係使用者與系統間溝通之主要管道，亦稱之為「使用者介面」(User Interface)，設計時係從使用者的角度來建構系統，以確保使用者操作時之親善性，同時有效地傳達控制指令與變數。以下分別針對「人機配合」與「設計技巧」兩部份加以說明：

1. 人機配合

對話格式是系統與使用者間之溝通方式，本系統之人機介面對話格式有下列兩種：

- (1)清單對話 (Menu Dialogs)：可讓使用者在一個列有所有功能的清單中選擇欲執行之功能。
- (2)輸入／輸出表對話 (Input /Output Form Dialogs)：輸入表格提供使用者輸入命令與資料，輸出表格為系統所產生之回應訊息。

2. 設計技巧

設計技巧的首要考量，在於系統如何傳達訊息給使用者，及接受使用者的操作指令。本研究將系統架構於伺服器 (Server) 上，以瀏覽器 (Browser) 作為對話管理之介面軟體，並使用下拉式清單 (Menu)、命令鈕 (Command Button)、選項鈕 (Option Button) 及捲軸 (Scroll Bar) 等工具，讓使用者在操作與執行時，淺顯易懂，因而減少使用者學習系統操作所需之時間，並降低操作指令輸入次數，提升作業效率。

4.3.2 資料管理

本系統中文字及數值等資料均是以資料庫的形態儲存，並且以關聯式資料庫 (Relational DataBase) 來聯結不同資料庫間的資料，然後再運用資料庫結構式查詢語言 (Structured Query Language, SQL)，以 Select, Form, Where 等組合子句來存／取、查詢、修改、刪除及新增資料庫中的資料，進而達到資料管理的功能。

本系統之資料庫包括橋梁基本資料、道路邊坡基本資料、災害資訊資料、破壞模式、補強技術、評估表單資料等。在資料的建構與管理方面，本研究規劃以 Microsoft SQL SERVER 2000 作為制定資料表之工具，並採用瀏覽器作為資料管理之介面軟體。

4.3.3 模式管理

本系統各個模式以模式庫方式呈現，而且各個模式均可配合資料的改變來更新模式中的參數，使模式能應付現實狀況的改變，同時亦可反覆執行指定模式，以確保使用者可以得到所需之決策支援，進而達到模式管理的功能。另外考量 PDA 版本巡檢與災害回報之功能需求，因此 PDA 版本僅建置橋梁評估表單管理與邊坡評估表單管理等模式。

1. 橋梁資料管理

橋梁資料管理部分主要提供使用者對橋梁基本資料進行管理維護的功能，以及橋梁破壞模式、橋梁補強技術、評估表單進行管理維護的功能。

其中評估表單具有現場調查之需求，因此 PDA 單機版與網路版將分別建置橋梁評估表單功能。

2. 邊坡資料管理

邊坡資料管理部分主要提供使用者對邊坡基本資料、目視檢查表、巡檢表單、整治工法、監測儀器、災損資料進行管理維護的功能。

邊坡資料管理中簡易目視檢查表與邊坡巡檢表單具有現場填寫之需求，PDA 單機版與網路版將建置橋梁評估表單功能。

3. 道路（隧道）資料管理

道路（隧道）基本資料管理部分主要提供使用者對期於道路工程資料進行管理維護的功能。

4. GIS 圖層資料管理

運用 ARC-GIS Server 建構線上地理資訊系統，以地理圖層方式呈現使用者所查詢之橋梁位置、狀況異常橋梁、災害資訊、邊坡災損等資訊。

5. 救災規劃

此模式運用各交通工程在不同自然環境與天然災害下可能發生破壞之潛勢及可能造成災損與風險值之計算結果，提供救災資源調派之功能。

6. 災害資訊管理

提供使用者對資料交換平台交換所得之災害資料進行查詢的功能。

7. 系統維護

本模式之建立在於提供系統管理者對使用者之權限進行管控。

8. 自動通報

此模式提供自動化的通報機制，藉由 E-mail 及手機簡訊給該橋梁或邊坡之管理單位人員，通知其儘速進行處理或調查。

4.3.4 系統架構擬訂

系統包含資料交換平台及網路資料交換技術建構，另外還有八個主要模組，用以管理調查評估表單、災害資訊、橋梁基本資料、邊坡基本資料、道路基本資料、GIS 圖層、橋梁修復技術、邊坡崩塌防治工法等(如圖 4-5 所示)，圖中圓形、方形、三角形與星形記號分別為第一年至第四年規劃預計開發整合完成之各項交通設施系統功能，另外提供部分功能模組之 PDA 單機版與網路版：

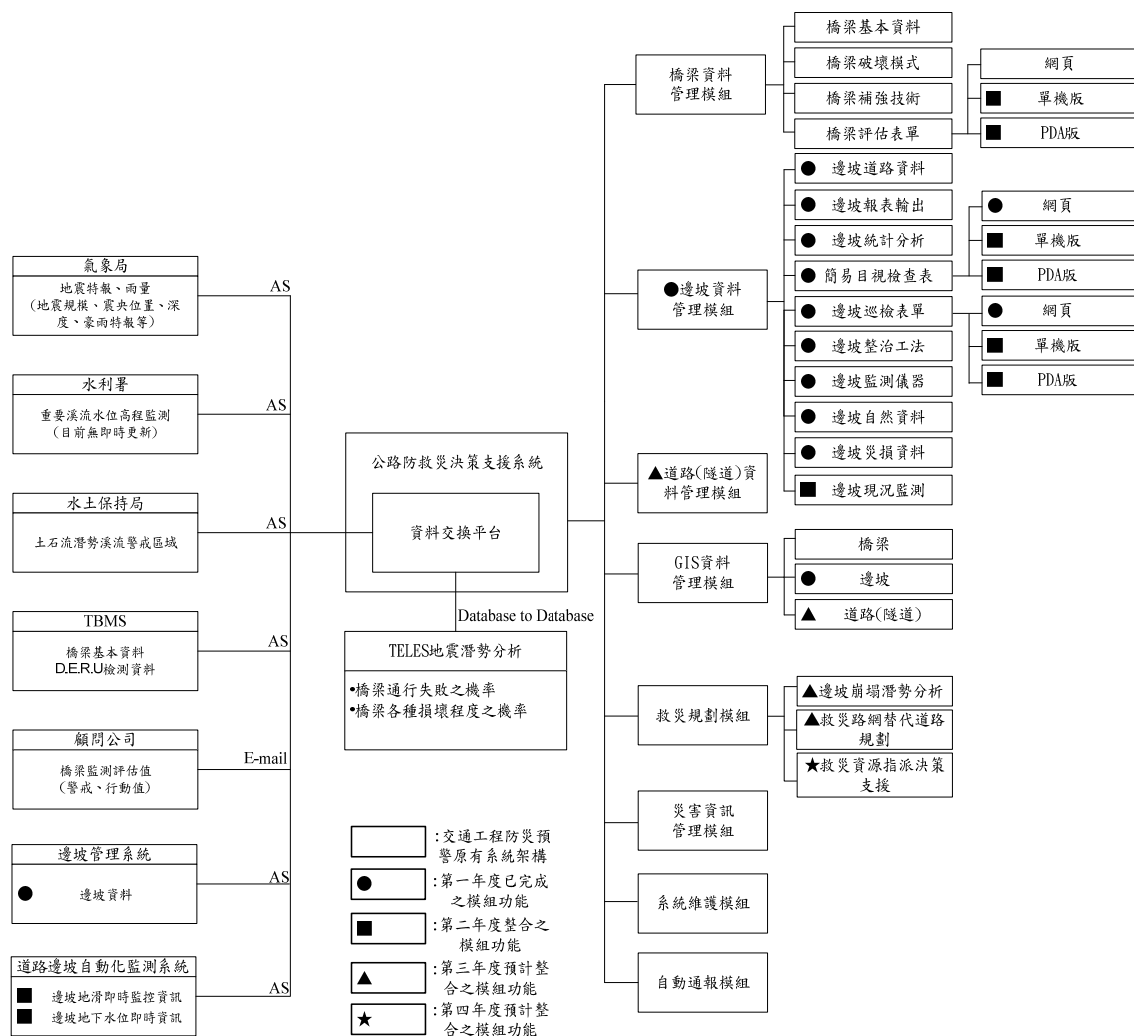


圖 4-5 系統架構

1. 96 年度(第一年進度-已完成)

橋梁資料管理模組：此模組主要提供使用者對資料庫進行查詢、新增、刪除、修改等的基本功能，包括破壞模式資料、補強技術資料、評估表單或平時維護檢測表單。

邊坡資料管理模組：此模組主要提供使用者對邊坡資料庫進行查詢、新增、刪除、修改等的基本功能，包括邊坡基本資料、目視檢查表、巡檢表單、整治工法、監測儀器、災損資料。

道路（隧道）基本資料管理模組：此模組主要提供使用者對道路或隧道資料庫進行查詢、新增、刪除、修改等的基本功能。

GIS 資料管理模組：此模組提供使用者在圖層上查詢地理資料、橋梁資料、邊坡資料、道路資料，並提供圖層套疊交叉比對分析功能。災害資訊亦可即時顯示在圖層上(地震規模、河川水位、土石流警戒區)，標示狀況異常之橋梁或邊坡。GIS 模組以 ESRI Arc-GIS Server 系統建立，模組架構如圖 4-6 所示。此模組將整合橋梁、邊坡與道路相關圖層，並藉由網路服務進行分享，可避免圖層資料重複建置之問題。

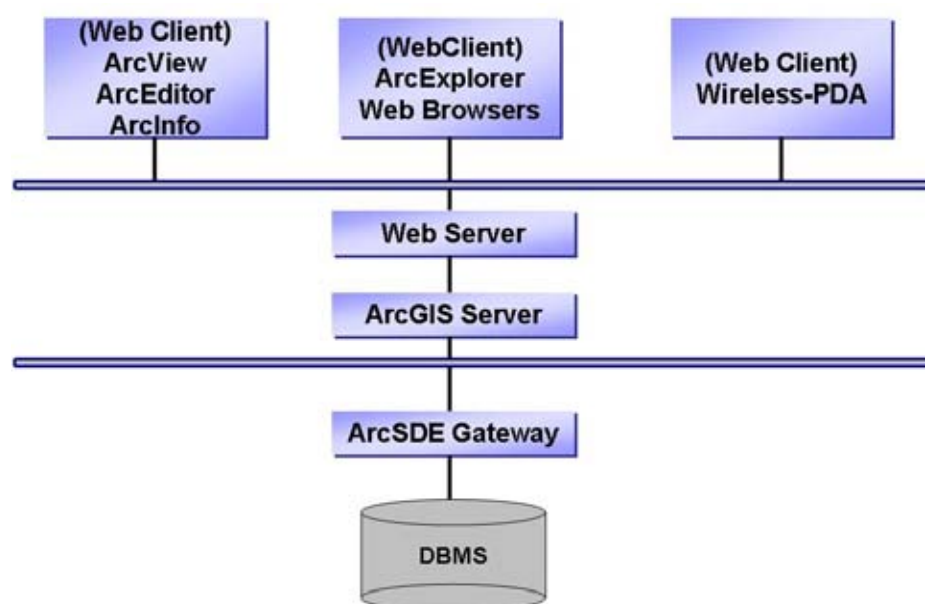


圖 4-6 GIS 功能共享模組圖

本系統之 GIS 模組不僅可讓使用者在單機上操作，亦可以 Internet 網路連線至本系統之 Web server 上進行線上查詢、資料分析。

災害資訊管理模組：此模組整合各交通工程於評估災損或預警時所需之災害資訊，並提供使用者對交換平台交換所得的災害資料進行查詢、刪除等功能。

系統維護模組：本系統係以網際網路的方式呈現，透過系統架設於伺服器端，可讓多位使用者利用瀏覽器，由遠端同時登入操作。但隨著作業之網路化，系統之安全機制亦相形重要，為避免重要資

料洩漏之虞，本系統將給予每位使用者一組名稱與密碼，同時規劃使用者管理模組，針對系統使用者進行權限管理。本模組所包括之功能有：使用者查詢、使用者新增、使用者修改及刪除等。

自動通報模組：此模組主要功能為在橋梁或邊坡災害資訊交換至本系統時，系統將自動判定是否超過警戒值，超過警戒值時會在電腦上跳出警告訊息視窗，同時自動通報模組將自動發送 E-mail 及手機簡訊給該橋梁或邊坡之管理單位人員，通知其儘速進行處理或調查。簡訊發送功能需向電信業者申請訊息特碼服務，配合本系統內橋梁或邊坡負責人電話號碼建檔，即可完成。以橋梁地震災害為例，當資料交換平台將地震破壞潛勢分析資料擷取至系統中後，若該橋梁通行失敗機率超過 50% 時，系統便立即發送簡訊至橋梁管理人員手機。

2.97 年度(本年度進度)

公路防救災決策支援系統 PDA 單機版包括橋梁評估表單與邊坡檢查表等功能。

橋梁評估表單模組：此模組主要提供使用者利用 PDA 在網路中斷狀態下對橋梁評估表單進行填寫。

邊坡簡易目視檢查表模組：此模組主要提供使用者利用 PDA 在網路離線狀態下，針對邊坡簡易目視檢查表進行填寫。

邊坡巡檢表單模組：此模組主要提供使用者利用 PDA 在網路離線狀態下，針對邊坡巡檢表單進行填寫。

公路防救災決策支援系統 PDA 網路版與單機版主要差異為作業時是否連結網路，其功能模組項目相同。

邊坡現況監測模組：連結交換邊坡現地監測儀器收集的資料，根據『全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試』^[101]、『全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用』^[102]等研究案的監測結果，獲知邊坡現況。

3. 98 年度(第三年進度-後續進度)

救災規劃模組：此模組除包含交通工程預警系統舊有橋梁工法選擇之功能，計畫將整合邊坡崩塌潛勢分析，提供使用者評估各邊坡在不同自然環境與天然災害下可能發生崩塌之潛勢。

救災路網替代道路規劃模組：運用圖層套疊之方式規劃救災路網替代道路。

4. 99 年度(第四年進度-後續進度)

救災資源調派之功能模組：進一步整合邊坡潛勢分析、邊坡災損風險評估與路網分析結果，建立救災資源調派之功能模組，此模組擬運用圖層結合路網分析建置而成，並規劃於第四年開發建置。

4.3.5 定義系統應用模式

系統應用模式如圖 4-7 所示，介紹說明本系統之資訊傳遞流程，圖中方形部份代表功能模組；六邊形部分代表輸入資訊；箭線則是代表資料傳遞之內容與流向。

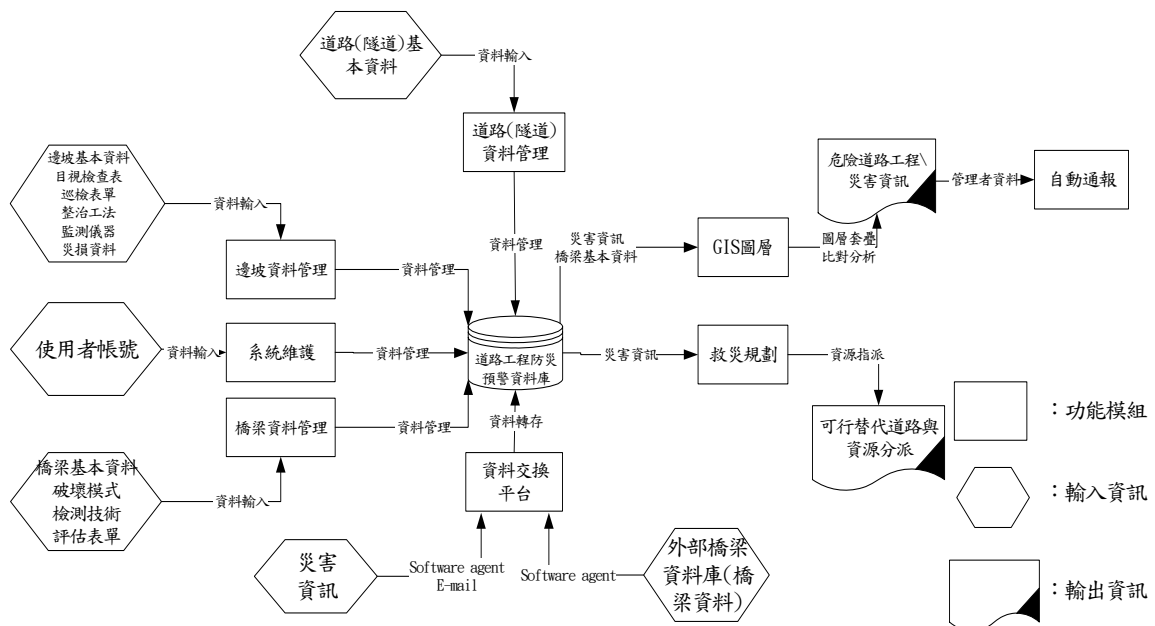


圖 4-7 系統應用模式

4.3.6 系統開發工具與使用者環境

本系統所規劃之開發環境如圖 4-8 所示。而所需之軟硬體設備如下：

網路版：

- (1)PC586 以上之個人電腦（具備 1024MB 以上記憶體）
- (2)Microsoft Windows 2000 Server 中文視窗軟體
- (3)Microsoft SQL Server 2000 應用軟體
- (4)Sun JavaServer Pages
- (5)Java 2 SDK
- (6)ESRI Arc-GIS Server

PDA 版：

- (1)Windows Mobile 系統之個人掌上型電腦(PDA)
- (2).NET Compact Framework
- (3)Visual Basic.NET(VB.NET)

使用者所需具備之軟硬體如下：

網路版：

- (1)PC586 以上之個人電腦（具備 128MB 以上記憶體及網路連線環境）
- (2)Microsoft Internet Explorer 5.0 以上版本

PDA 版：

- (1)Pocket PC Windows Mobile 2003 以上版本
- (2)具備上網功能(Wifi、3G 等)

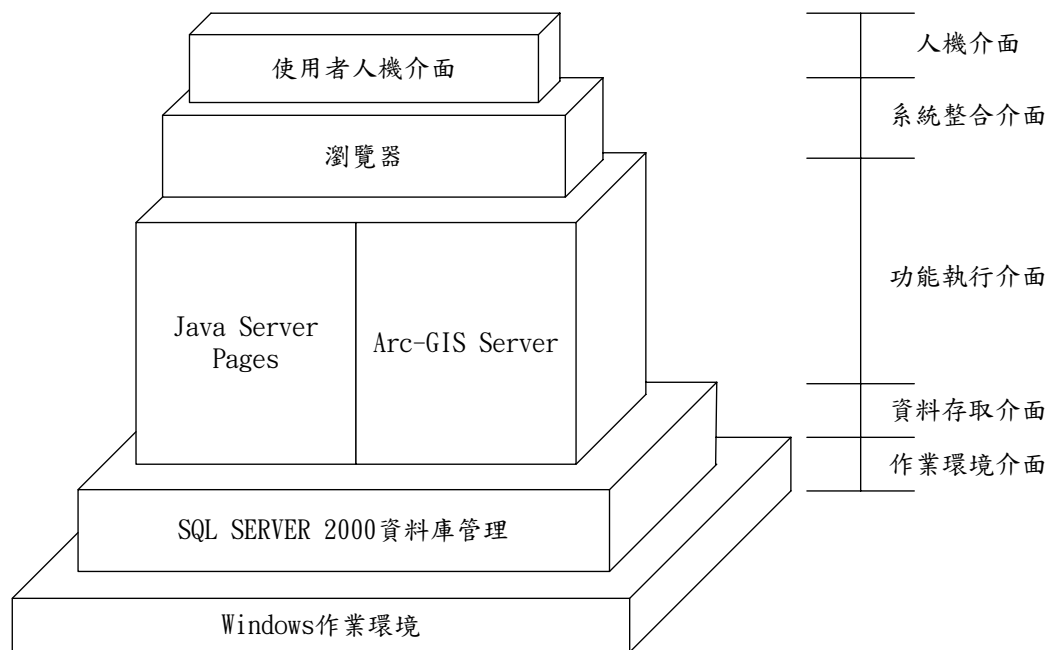


圖 4-8 系統作業環境圖

4.4 系統功能規劃與發展

本研究所建構之系統可供多人同時線上使用的瀏覽器介面，瀏覽器介面下之功能架構規劃如圖 4-9 所示。部分系統模組於第一年期末報告中已說明，詳細內容請參閱第一年期末報告。以下章節針對本年度所增加之 PDA 功能與預計整合功能模組加以說明。

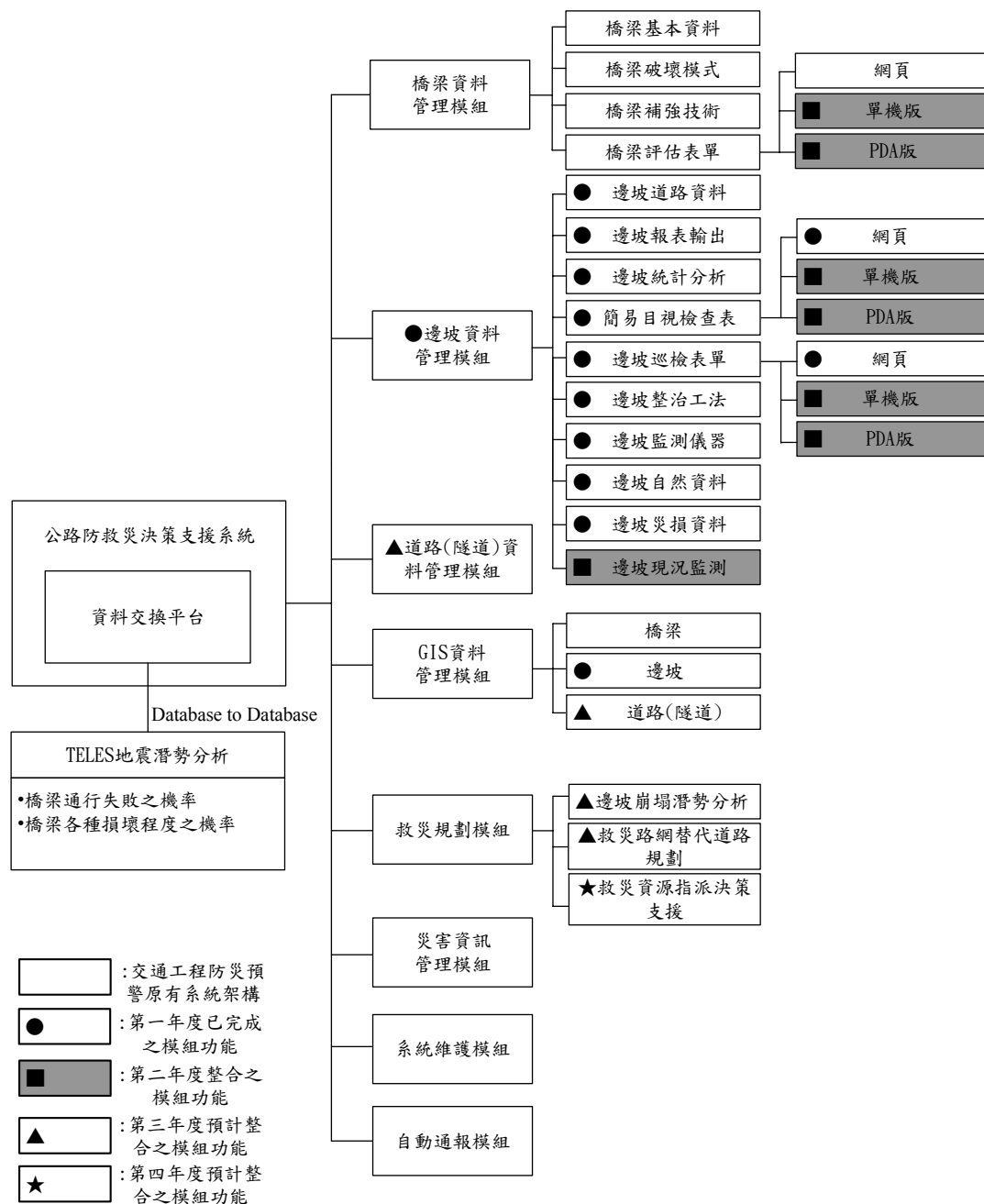


圖 4-9 公路防救災決策支援系統功能架構

4.4.1 96 年系統功能(第一年度-已完成)

第一年度中已完成以下之各項功能，針對所完成功能畫面分別介紹，其詳細功能規劃請參考第一年期末報告。

1. 橋梁資料管理模組

(1) 橋梁基本資料管理模組系統畫面

橋梁基本資料模組功能提供查詢畫面，如圖 4-10 所示，並顯示橋梁之基本資料(欄位根據 TBMS 定義)，如圖 4-11 所示。

圖 4-10 橋梁基本資料管理模組—查詢條件設定

圖 4-11 橋梁基本資料管理模組—顯示橋梁基本資料

(2)破壞模式資料管理模組系統畫面

破壞模式資料管理模組可分為破壞參考圖與判定標準圖，如圖 4-12 所示。破壞參考圖提供使用者上傳之圖檔之功能，如圖 4-13 所示。



圖 4-12 破壞模式資料管理模組—功能選單



圖 4-13 破壞模式資料管理模組—破壞模式參考圖例

(3)補強技術資料管理模組

補強技術資料管理分為修復工法與補強工法兩種，如圖 4-14 所示。另外提供使用者修改之功能，如圖 4-15 所示。



圖 4-14 補強技術資料管理模組—補強工法選擇



圖 4-15 補強技術資料管理模組—補強工法說明與圖例

(4)評估表單管理模組系統畫面

評估表單管理分為災情調查表、緊急調查表與緊急評估表等，使用者可以各階段填寫對應表單，如圖 4-16 所示。表單填寫項目以勾選為主，可加速現場填報之速度，如圖 4-17 所示。



圖 4-16 評估表單管理模組—評估表單選擇

橋梁緊急評估表									
橋梁現況資料									
橋梁名稱:		天福大橋		調查日期:		2007/05/02		[選取日期]	
橋梁位置(道路里程):		臺中 臺21線 35+000~35+100		調查人員:		admin			
評估項目	評估標準	A	B	C	里程	構件編號	備註		
1. 橋梁整體 觀察參考圖	落橋發生可能性	☐	☐	☐					
	二次災害可能性	☐	☐	☐					
	災害擴大可能性	☐	☐	☐					
2. 上部結構 觀察參考圖 判定標準圖	混凝土剝離	☐	☐	☐					
	鋼筋斷裂	☐	☐	☐					
	橋柱傾斜	☐	☐	☐					
3. 下部結構 觀察參考圖 判定標準圖	橋柱沉陷	☐	☐	☐					
	混凝土剝離	☐	☐	☐					
	鋼筋斷裂	☐	☐	☐					

圖 4-17 評估表單管理模組—新增震後橋梁緊急調查表

2. 邊坡資料管理模組

(1) 邊坡道路資料模組系統畫面

邊坡道路資料主要記錄邊坡所在之道路里程與管理單位等資料，如圖 4-18 所示。填報內容如圖 4-19 所示。

選擇	RoadID	公路編號	公路等級	公路路名	單位1	單位2	單位3	起點里程	終點里程	里程間隔	主要座落縣市	主要座落鄉鎮	編錄日期	管理單位
☐	R0000001	11	02	省道台1線	公路總局	公路局	公路段	0.0	213.5	500	嘉義縣	阿里山鄉	2006-12-07 00:00:00	156
☐	R0000002	21	02	省道台21線	公路總局	公路局	公路段	0.0	125.3	500	台中縣	龍井鄉	2006-10-11 22:06:00	127
☐	R0000003	3	01	國道1號	國道高速公路	國道高速公路	國道高速公路	0.0	80.25	100	新竹縣	寶山鄉	2003-10-10 12:35:00	413
☐	R0000004	3	01	國道1號	國道高速公路	國道高速公路	國道高速公路	0.0	80.9	100	台北市	文山區	2003-10-10 12:35:00	414
☐	R0000005	9	02	省道台9線	公路總局	公路局	公路段	0.0	0.0	500	宜蘭縣	瑞穗鄉	2003-10-10 12:35:00	142
☐	R0000006	9	02	省道台9線	公路總局	公路局	公路段	0.0	0.0	500	台北市	新店市	2003-10-10 12:35:00	111
☐	R0000007	9	02	省道台9線	公路總局	公路局	公路段	0.0	0.0	500	宜蘭縣	羅東鎮	2003-10-10 12:35:00	156
☐	R0000008	3甲	01	國道3甲	國道高速公路	國道高速公路	國道高速公路	0.0	0.0	100	台北市	文山區	2006-10-11 00:13:00	413

圖 4-18 邊坡道路資料模組—搜尋條件選擇

公路編號:

公路等級:

公路路名:

管理單位:

里程起點: 自 K M 至 K M

里程間隔:

主要座落:

圖 4-19 邊坡道路資料模組—新增資料

(2)邊坡報表輸出模組系統畫面

邊坡報表輸出模組提供使用者輸出報表等資料，畫面如圖 4-20、圖 4-21 所示。

公路防救災決策支援系統

選擇表單種類：

☐ 管理單位：

☐ 填表日期： 至 (選取日期)

☐ 填表人：

☐ 公路名稱：

☐ 巡檢種類：

☐ 里程起點：自 起 至 止

☐ 結構物種類：

選擇	道路名稱	填表人	填表日期	起點里程	終點里程	巡檢種類	現狀描述	後續處理情形
☐	300	admin	2007-10-17 20:19:06.0	0.0	0.0	日間經常巡查		
☐	省道台11丙線	admin	2007-10-15 08:28:23.0	0.0	0.0	日間經常巡查		
☐	國道3甲	魏佳穎	2006-10-06 02:50:00.0	12.011	12.033	夜間經常巡查		
☐	省道台8線	魏佳穎	2006-10-06 02:24:00.0	12.222	12.333	特別巡查	有崩塌之虞	編列經費進行修護
☐	省道台8線	魏佳穎	2006-10-06 02:17:00.0	12.033	12.555	特別巡查	雨天的很大	
☐	省道台2乙線	莊榮君	2005-12-07 02:41:00.0	155.5	158.3	特別巡查	路堤坍塌	經費不足無法處理

圖 4-20 邊坡報表輸出模組—搜尋條件選擇

公路防救災決策支援系統

選擇表單種類：

防治工程	種類	檢查項目	檢查結果	若異常，建議緊急處理措施	巡檢種類與描述
土石方工程	土石方工程	土石方工程	土石方工程	土石方工程	土石方工程
重力式擋土牆 (E-040)	重力式擋土牆 (E-040)	結構物有無整體傾斜、位移情況		以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制，並加強持續觀察。	巡檢種類
重力式擋土牆 (E-050)	重力式擋土牆 (E-050)	結構物有無不均勻沉陷、掏空情況		填補整修，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。	
懸臂式擋土牆 (E-060)	懸臂式擋土牆 (E-060)	擋土設施與填土間有無空隙或分離情況		填補整修，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。	現況描述：
蛇籠式擋土牆 (E-070)	蛇籠式擋土牆 (E-070)	混凝土有無剝落、鋼筋暴露腐蝕情況		填補混凝土。	
格柵式擋土牆 (E-080)	格柵式擋土牆 (E-080)	結構物外觀有無裂縫、龜裂情況		填補整修，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。	
填土設施	填土設施	填土之填築有無鬆動、填土材料突出、下陷情況		填補整修，並以監測系統及地質調查，確定滑動規模及破壞機制。	
加筋式擋土牆	加筋式擋土牆	加筋式擋土牆		加筋式擋土牆	

圖 4-21 邊坡報表輸出模組—EXCEL 檔案

(3)邊坡統計分析模組系統畫面

邊坡統計分析模組可提供管理單位，對於所屬單位之統計資料進行圖表之輸出，畫面如圖 4-22、圖 4-23 所示。

圖 4-22 邊坡統計分析模組—搜尋條件選擇

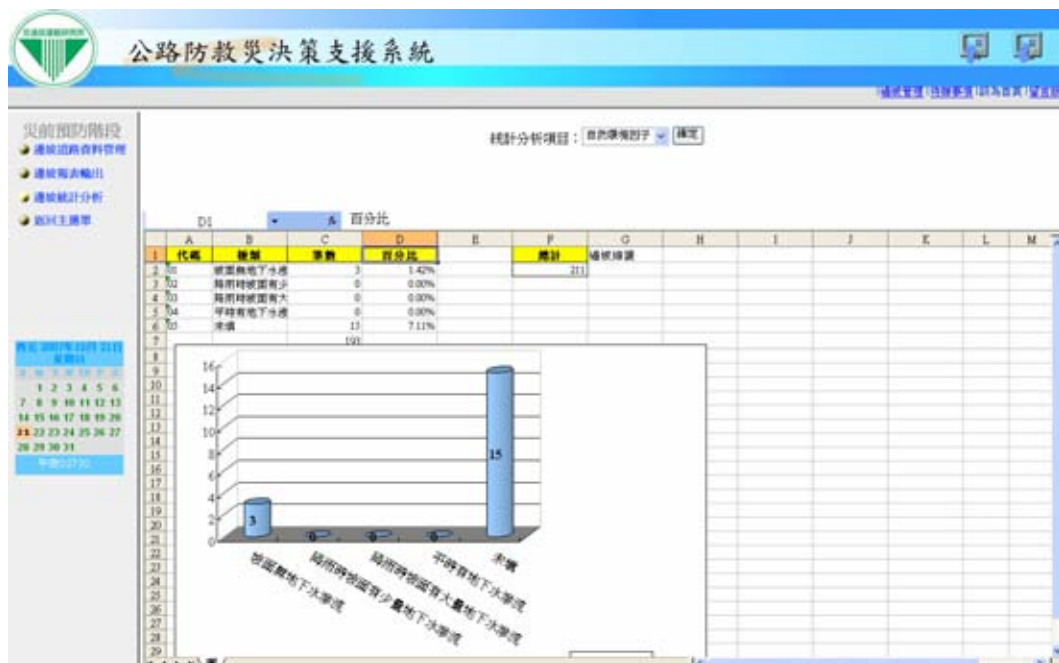


圖 4-23 邊坡統計分析模組—EXCEL 檔案

(4)簡易目視檢查表模組系統畫面

簡易目視檢查表模組提供使用者在災中搶修階段對邊坡進行評估面，如圖 4-24 所示。

公路防救災決策支援系統

災中搶修階段

簡易目視調查表

基本資料 災害狀況 地形與地質及構造物土地利用狀況 保存對象 災害簡述及建議 照片及說明

所屬單位: 交通部

填表人: admin 填報日期: 2007/02/23 17:17 天氣: 晴

行政區域: 請選擇

公路名稱: [X000.000M至000M]

里程起點: 自 0 K 0 M 至 0 K 0 M 地標:

GPS座標代號: GPS_X: 000000.000 GPS_Y: 000000.000

與其他地點關係描述:

區位: 崩塌地 地形位置: 山脊

儲存 取消

圖 4-24 簡易目視檢查表模組—新增資料

(5)邊坡巡檢表單模組系統畫面

邊坡巡檢表單提供使用者平時的巡檢資料管理，系統畫面如圖 4-25 所示。

公路防救災決策支援系統

災後復建階段

邊坡巡檢表單

基本資料 自然環境資料 結構物檢查: 土石 結構物檢查: 崩塌 結構物檢查: 排水 結構物種類與照片

邊坡巡檢種類: 碎石土層

結構物有無整體傾斜、位移情況

☐ 正常 ☐ 異常 (建議: 以監測系統及地質調查, 確定滑動規模及崩塌機制, 並加強持續觀察。)

結構物有無不均勻沉降、陷空情況

☐ 正常 ☐ 異常 (建議: 填補整平, 並以監測系統及地質調查, 確定滑動規模及崩塌機制。)

邊坡土層有無與地層接觸破裂、有無異樣分離情況

☐ 正常 ☐ 異常 (建議: 填補整平, 並以監測系統及地質調查, 確定滑動規模及崩塌機制。)

結構物外觀有無裂縫、龜裂情況

☐ 正常 ☐ 異常 (建議: 填補整平, 並以監測系統及地質調查, 確定滑動規模及崩塌機制。)

結構物之填土有無鬆動、填土材料突出、下陷情況

☐ 正常 ☐ 異常 (建議: 填補整平, 並以監測系統及地質調查, 確定滑動規模及崩塌機制。)

圖 4-25 邊坡巡檢表單模組—新增資料

(6) 邊坡整治工法模組系統畫面

邊坡整治工法模組將建置資料庫中各種整治工法之資料其執行畫面如圖 4-26 所示。

圖 4-26 邊坡整治工法模組—新增資料

(7) 邊坡災損資料模組系統畫面

邊坡災損資料模組於災後階段，提供使用者災損之填寫與回報，畫面如圖 4-27 所示。

圖 4-27 邊坡災損資料模組—新增資料

(8) 邊坡自然資料模組系統畫面

邊坡自然環境資料模組，提供邊坡自然環境之資料填寫功能，畫面如圖 4-28 所示。



圖 4-28 邊坡自然環境檢查表模組—新增資料

(9) 邊坡監測儀器模組系統畫面

邊坡監測儀器模組，可記錄現場監測儀器之相關資訊，如安裝單位、日期等。畫面如圖 4-29 所示。



圖 4-29 邊坡監測儀器模組—新增資料

3. GIS 資料管理模組

(1) 橋梁 GIS 資料系統畫面

橋梁 GIS 資料模組，以圖層方式展示各項橋梁災害資訊，如地震分佈圖如圖 4-30 所示。另外可查詢地震潛勢分析結果，如圖 4-31 所示。

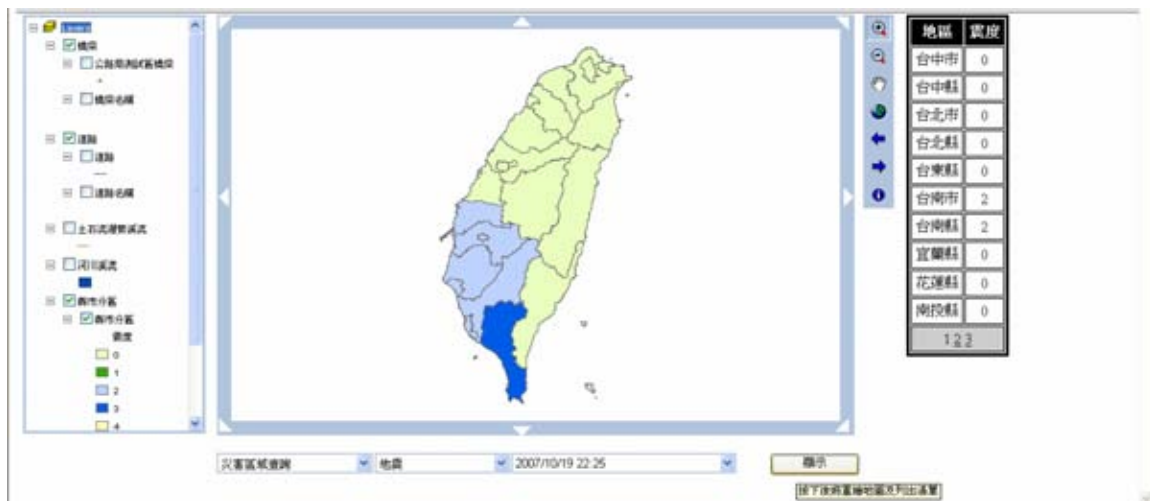


圖 4-30 橋梁 GIS 資料模組—最近地震分布圖

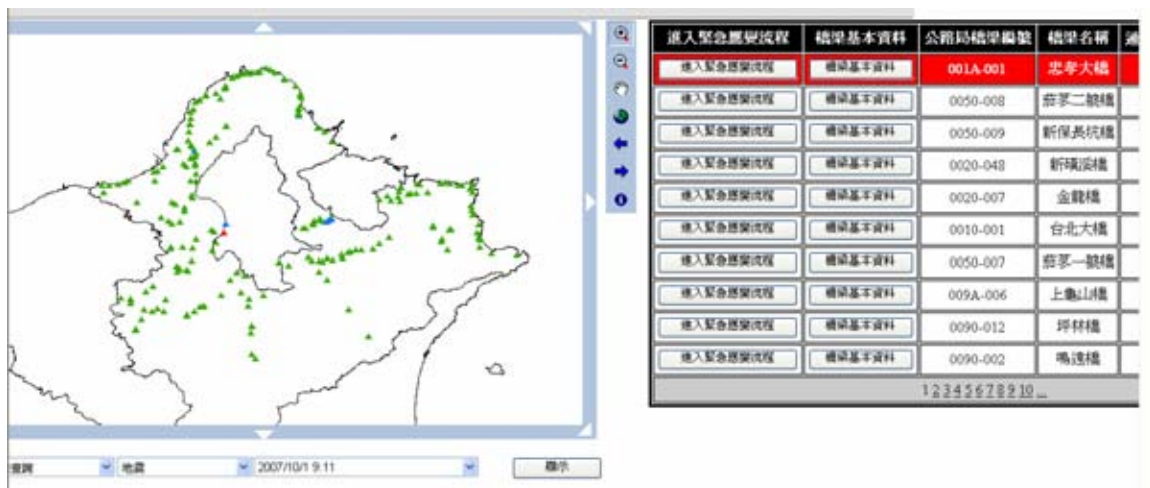


圖 4-31 橋梁 GIS 資料模組—可能受損橋梁圖(模擬結果)

(2) 邊坡 GIS 資料系統畫面

邊坡 GIS 資料模組以圖層方式顯示邊坡相關資訊。畫面如圖 4-32、圖 4-33 所示。



圖 4-32 邊坡 GIS 資料模組—邊坡災損金額圖

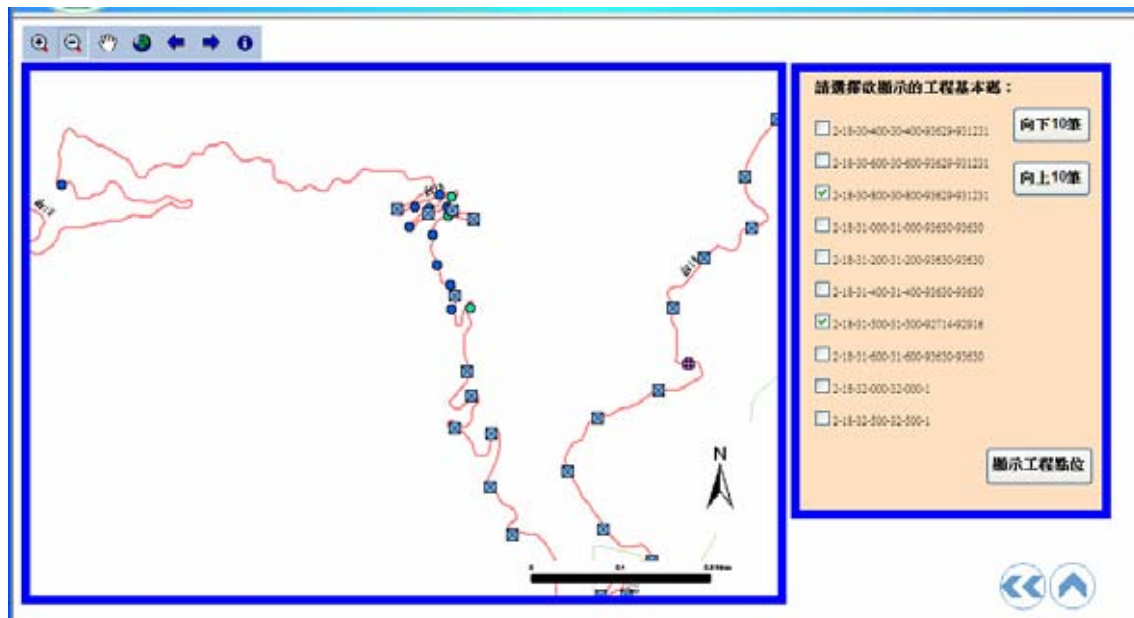


圖 4-33 邊坡 GIS 資料模組—工程點位查詢

4. 災害資訊管理模組

(1) 災害資訊管理模組系統畫面

災害資訊管理模組提供最近災害警訊列表，提醒使用者相關警訊，如圖 4-34 所示。另外可進一步查詢各別災害資料，如圖 4-35 所示。

危險橋梁顯示	時間點	類型	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/7/10 11:4	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/19 22:25	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/19 02:34	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/19 02:24	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/17 22:39	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/11 11:05	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/1 9:11	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/08 08:01	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/08 07:45	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/10/07 15:39	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/09/22 14:27	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/09/15 12:41	地震	災害區域顯示
危險橋梁顯示	2007/09/15 10:05	地震	災害區域顯示

圖 4-34 災害資訊管理模組—最近災害警訊列表

發生時間	規模	編號	位置
2007/7/10 11:4	7.3	大規模	東經121.5北緯24.8深度10km
2007/10/19 22:25	4.6	070	高雄甲仙地震站南偏東方16.4公里
2007/10/19 02:34	4.1	069	宜蘭南澳地震站東偏北方14.7公里
2007/10/19 02:24	4.4	068	宜蘭南澳地震站東偏北方11.6公里
2007/10/17 22:39	5.7	067	花蓮玉里地震站東偏北方43.9公里

圖 4-35 災害資訊管理模組—災害資訊查詢

5. 自動通報模組

(1) 自動通報模組系統畫面

此模組採用臺灣簡訊(<http://www.twsms.com/>)之 API 服務，建構出系統自動通報系統，運用手機簡訊通報模式建立即時通知之功能，本報告中以測試帳號及密碼試行簡訊通報功能，在系統交付使用者使用後可根據使用需求進行儲值。使用者可修改簡訊通報系統帳號及密碼以及通報歷史紀錄查詢。通報歷史紀錄系統畫面如圖 4-36 所示。通報系統以使用者所屬工務段進行通報分類，若此工務段道路工程有危急之可能，簡訊通報系統將自動發送簡訊至資料庫中該工務段人員。其功能架構如圖 4-37 所示。

發送時間	負責人	受話號碼	內容	是否回覆
2007/10/15 下午 3:56:41	吳育偉	0953893167	300里程0.0%~0.0%。僅0亡0失路0。交通阻斷情形-交通中斷。通報人:admin。通報時間:2007/10/15 15:55	未回覆
2007/10/6 下午 6:49:38	阿墨山工務段段長	0953893167	省道台19線1.2%~3.4%僅10亡2失路10	未回覆
2007/10/6 下午 4:19:13	吳育偉	0953893167	省道台11內線0.0%~0.0%僅1亡2失路3	未回覆
2007/10/1 上午 09:11:49	吳育偉	0953893167	中和工務段忠孝大橋通行失敗機率63.374%，請派人檢測	未回覆
2007/7/10 上午 11:04:15	吳育偉	0953893167	中和工務段忠孝大橋通行失敗機率63.374%，請派人檢測	未回覆
2007/5/7 下午 3:26:52	吳育偉	0988207633	中和工務段忠孝大橋通行失敗機率63.374%，嚴重損壞機率61.953%，請派人檢測	未回覆
2007/5/2 下午 03:34:17	吳育偉	0988207633	谷關工務段-雙埔1.5%~高入土石流紅色警戒區，請派人巡邏	未回覆

圖 4-36 通報歷史紀錄

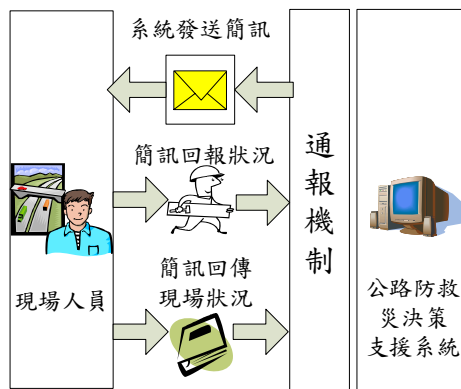


圖 4-37 簡訊雙向傳輸架構圖

4.4.2 97 年系統功能規劃(第二年度-已完成)

根據本年度所確立之系統功能需求，以下分別介紹橋梁與邊坡檢查表單 PDA 版本(單機、網路版)、邊坡現況監測之功能規劃。

4.4.2.1 公路防救災決策支援系統單機版

災時可能發生通訊中斷之問題，且現場人員僅部分配發 PDA 設備，此時就需要可由筆記型電腦或是 UMPC 操作之單機系統。可在離線狀態下填寫表單功能有利於工程人員現場調查、堪災，當工程人員回到辦公室之後可將所暫存之文件匯入線上系統。

1. 單機版系統發展概念研擬

系統單機版部分僅包含原有系統橋梁與邊坡中檢測表單功能，如圖 4-38 所示，其開發與細部功能模組皆與網頁系統部分相同，主要差異為運作模式屬於離線狀態下。



圖 4-38 單機版功能圖

其中橋梁功能包含橋梁基本資料、災情調查表、緊急調查表與緊急評估表，如圖 4-39 所示。



圖 4-39 橋梁檢測表單功能模組圖

邊坡包含邊坡巡檢表單與簡易目視檢查表，如圖 4-40 所示。

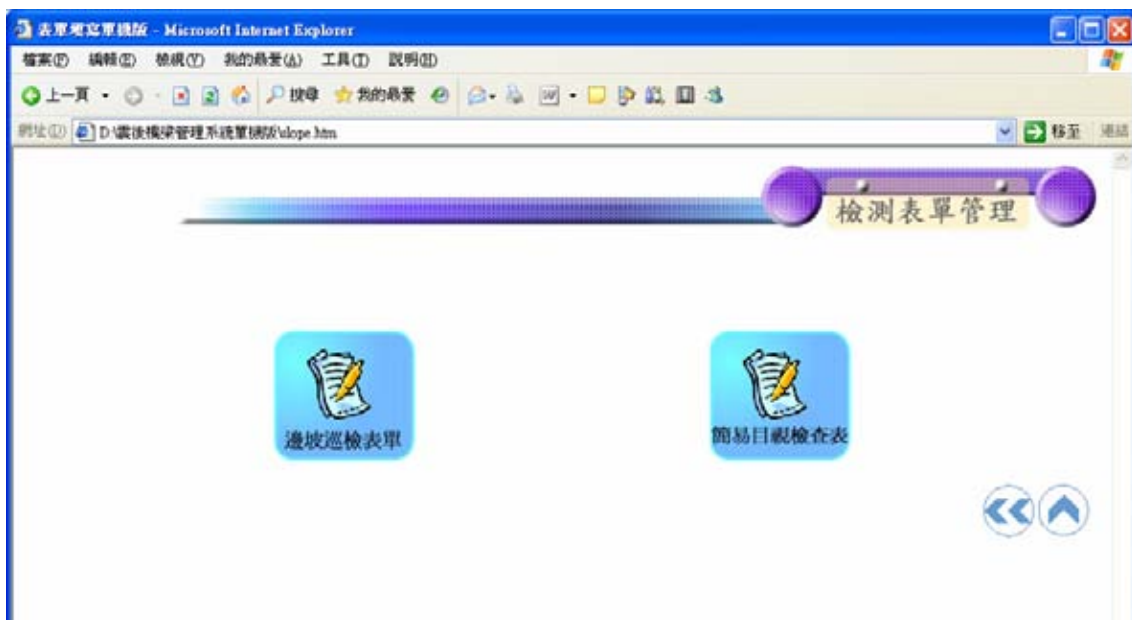


圖 4-40 邊坡檢測表單功能模組圖

以上功能可參考網頁版，其操作流程相同。

4.4.2.2 公路防救災決策支援系統 PDA 單機版

個人掌上型電腦(PDA)具有體積小攜帶方便且配有 3G 通訊功能之特性，可利於工程人員現場調查、堪災，提升資訊傳遞之即時性及系統可攜性。另外當災情發生時，可能有斷電斷訊之問題，造成災情資訊無法順利傳遞，故本階段開發公路防救災決策支援系統 PDA 單機版與網路版將有效解決此問題。

PDA 單機版可有效提升工程人員現場堪災之便利性，在現場可立即針對災情進行研判並馬上記錄，系統則會對輸入資料進行分析，提升資料之合理，以下分別對系統發展工具與功能開發說明。

1. PDA 單機版系統發展概念研擬

軟體塑模(Modeling)是建置一套完善軟體前期規劃中最重要的核心部份。唯有建立軟體系統的模型才可以將系統的必要結構和行為描述出來。為了瞭解 PDA 版符合我們所預期成果，協助導引開發並提供未來擴充需求之參考依據，故引用統一塑模語言(UML, The Unified Modeling Language)來進行塑模。UML 是一套用來撰寫軟體藍圖的標準語言。透過 UML 可以視覺化的方式訂定、建構以及紀錄以軟體為主系統的產出。故 UML 符合本計畫之需求，故依序建立使用案例圖、類別圖及順序圖，說明如下：

(1)使用案例圖(Use Case Diagram)

為了達到以下功能：公路巡檢人員能在例行性巡檢任務中利用 PDA 單機版進行表單填寫，並可以直接上傳回報狀況；系統將災害潛勢分析結果傳送簡訊通報巡檢人員，能夠讓巡檢人員直接查詢待辦事項，自動針對不同災害狀況列出所需填寫表單，並在完成表單後能夠上傳表單資料給系統維護人員進行公路狀況更新。

本計畫依據上述情況利用 UML 中之使用案例圖描述使用者功能需求，如圖 4-41 所示。PDA 單機版需擁有填寫表單、更新

表單及查詢表單等基本功能，以確保巡檢表單正確性。在表單填寫完成需提供上傳功能將資料傳給線上系統資料庫。另增加查詢待辦事項功能，可依照巡檢人員所負責之區域給與不同之待辦事項。

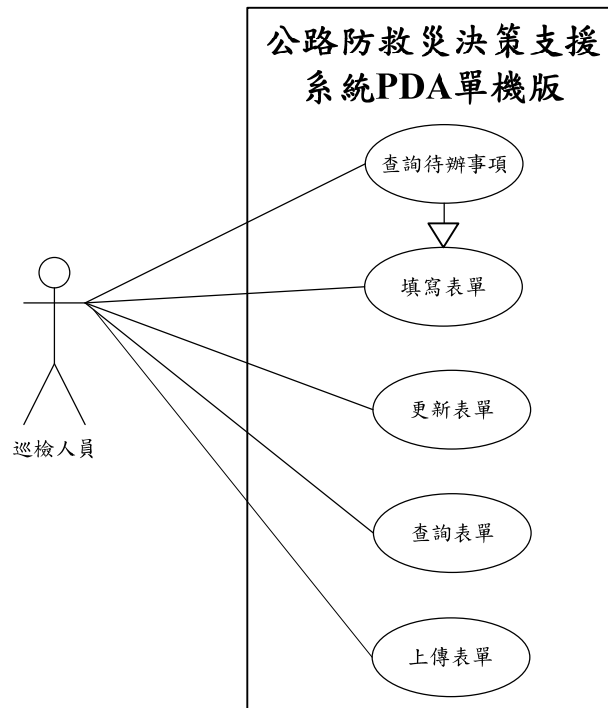


圖 4-41 PDA 單機版使用案例圖

(2)類別圖 [Class Diagram]

依據上述使用案例圖分析結果，本系統共規畫四個類別 (Class)：1.User、2.待辦事項、3.Form、4.線上更新。透過四個類別相互合作，以達成 PDA 單機版任務。以下針對四個類別負責之工作做說明。如圖 4-42 所示。

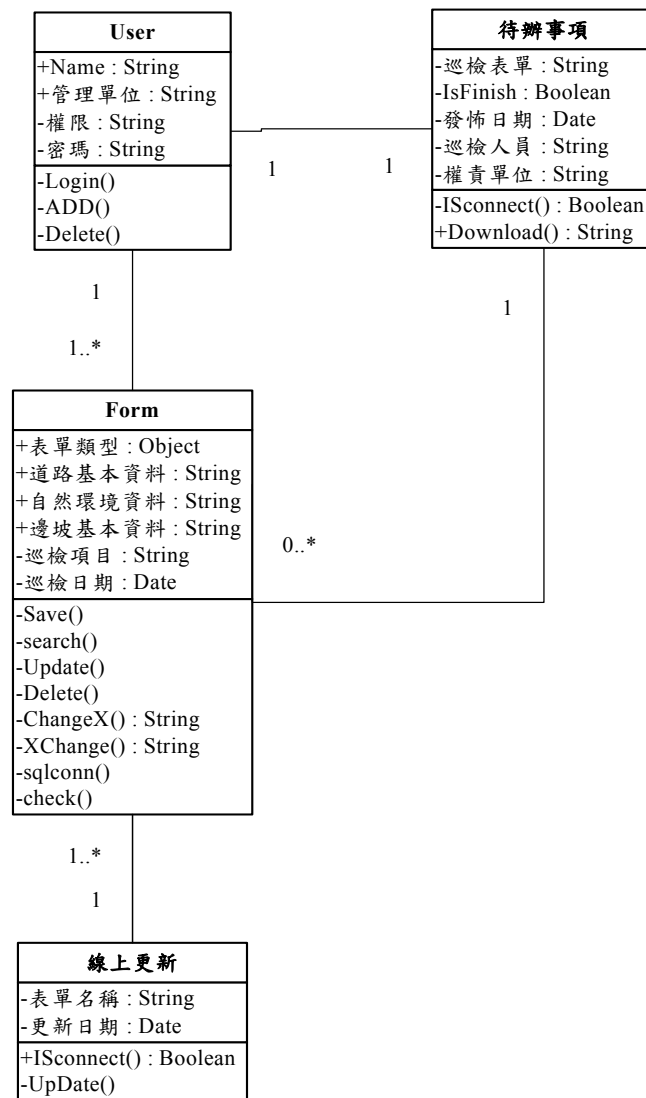


圖 4-42 PDA 單機版類別圖

User：負責管理 PDA 單機版使用者，依據使用者所屬單位不同會限制其查尋、更新、儲存內容及待辦事項。

待辦事項：負責對 PDA 端資料庫進行溝通、協調，藉以瞭解巡檢人員已完成事項及未完成事項進行提醒。

Form：負責掌管所有表單新增、更新、刪除及查詢，並會對某些巡檢項目進行編碼，以符合後端資料庫格式，另導入資料檢核功能(如：日期判斷、雨量等)，增加資料正確性。

線上更新：負責記錄表單更新、刪除、儲存及線上更新，以確保線上系統資料庫與 PDA 資料庫相符。

(3)順序圖〔Sequence Diagram〕

為讓類別能夠相互組合而能夠依照流程完成任務，其操作流程如圖 4-43 所示。當巡檢人員使用系統，將會先啟動查詢待辦事項事件，如有待辦事項則進入填寫表單，當完成表單填寫後，則可將表單儲存於本機資料庫中，待網路暢通時更新線上資料庫。如無待辦事項則巡檢人員可以操作填寫表單進行儲存、更新及刪除等動作。

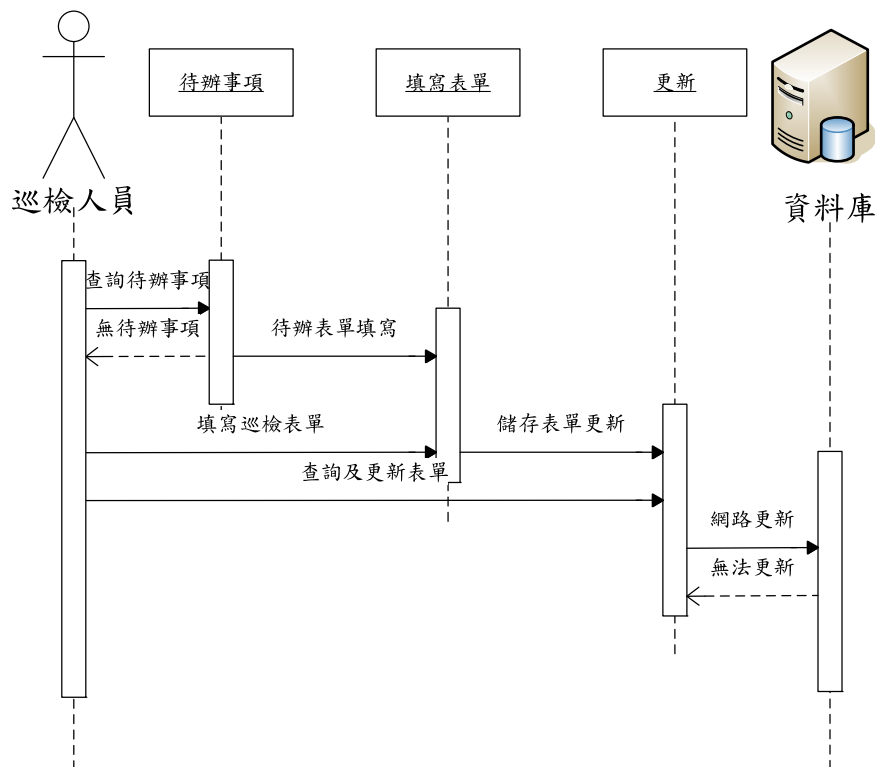


圖 4-43 PDA 單機版順序圖

2. PDA 單機版系統功能規劃

PDA 單機版其功能如圖 4-44 所示，為了讓公路巡檢人員於公路巡檢時可利用 PDA 將現場情況詳實記錄，系統分為四個模組，分別

為表單資料管理模組、使用者管理模組、待辦事項管理模組及線上更新管理模組。表單資料管理模組針對公路邊坡及橋梁因災害發生類型不同、破壞情況不同及巡檢類類型不同建立不同表單給與巡檢人員填寫、修改、刪除及查詢；使用者管理模組會依照巡檢人員單位不同給與不同公路巡檢列表；待辦事項管理模組則會依照使用者管理模組所限定巡檢人員之權限，截取系統通報給巡檢人員任務訊息；線上更新管理模組會記錄巡檢人員填寫過之表單，並於有網路狀況下進行線上更新。以下將針對五項模組進行詳細說明。

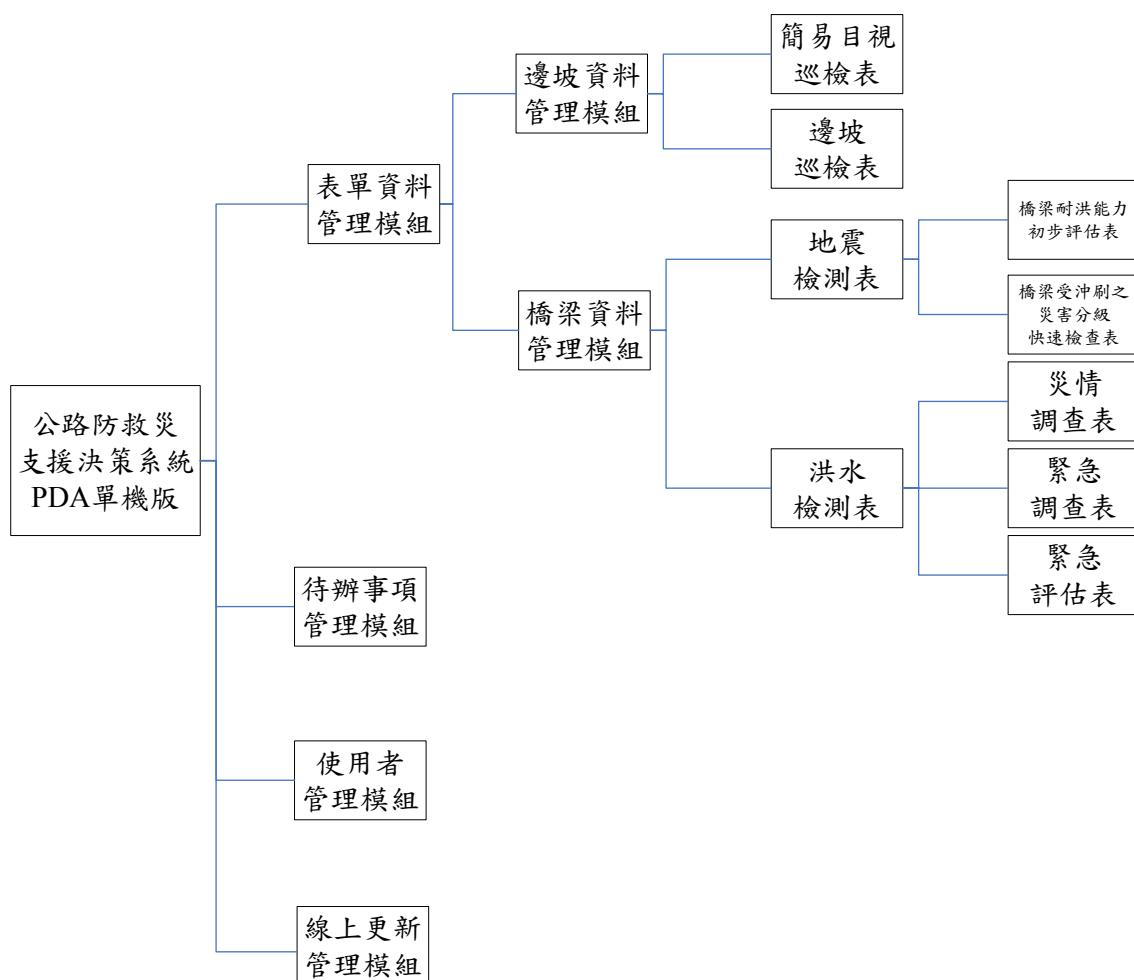


圖 4-44 公路防救災支援決策系統 PDA 單機版功能架構

(1)表單資料管理模組

表單資料管理模組分為管理邊坡巡檢表單及橋梁巡檢表單。其中邊坡巡檢表單依照災害情況分為兩種表單，無災害發生時採用邊坡巡檢表進行公路巡檢，如災害發生時則採用簡易目視巡檢表。橋梁巡檢表單則依照災害型態分為洪水及地震，洪水災害則依洪害及沖刷分為橋梁耐洪能力初步評估表及橋梁受沖刷之災害分級快速檢查表；地震災害則依災情調查表判定橋梁是否可通行結果，再填寫完整橋梁結構的緊急調查表，災後復原階段則填寫緊急評估表考量橋梁是否可通行。表單資訊管理模組可針對巡檢表單分別進行新增、查詢動作，如圖 4-45 所示。其中新增功能將已填寫完成之表單，經系統檢查確認資料皆為合理，則暫存於 PDA 的資料庫；查詢功能會先列出查詢條件，依照查詢條件到 PDA 資料庫搜尋巡檢記錄，巡檢人員可閱覽巡檢資料內容，並可進行新增或刪除。

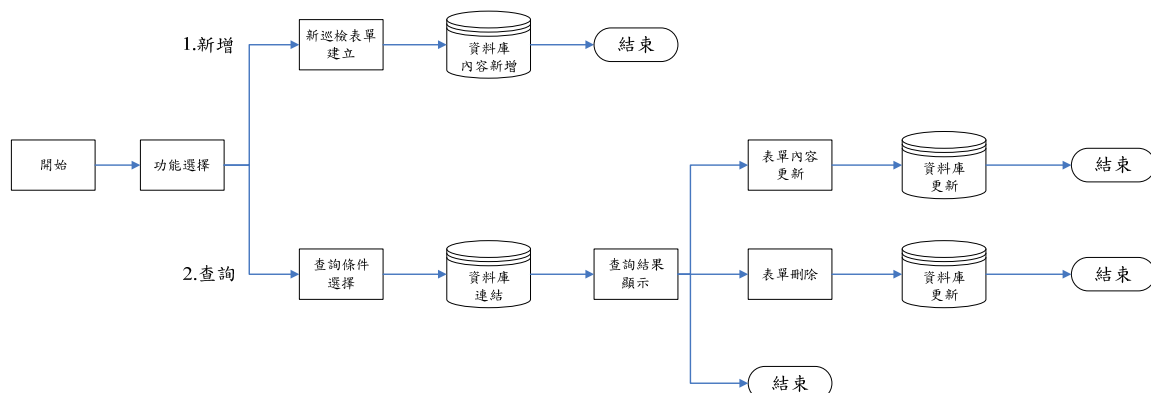


圖 4-45 表單資料管理模組功能架構

(2)待辦事項管理模組

待辦事項管理模組為 PDA 單機版與公路防救災決策支援系統溝通橋梁，將自動偵測連上資料庫搜尋是否有待辦事項未完成，如資料庫有記錄待辦事項，即會進行下載相關訊息，經模組整理，會將過去未完成待辦事項下載，並提醒巡檢人員，如圖 4-46 所示。

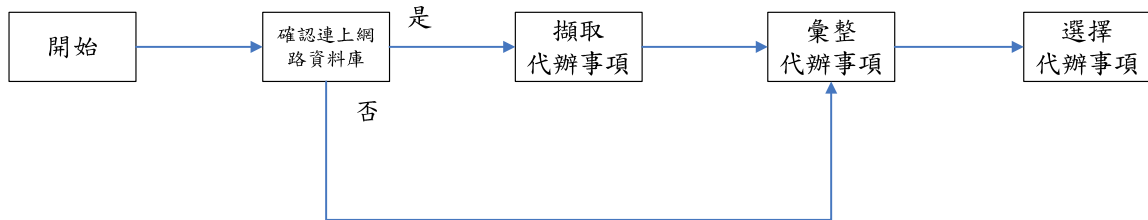


圖 4-46 待辦事項管理模組功能架構

(3)使用者管理模組

使用者管理模組可針對巡檢人員資料進行管理，巡檢人員使用公路防救災決策支援系統 PDA 版時，會先確認人員所屬單位及權限，並根據巡檢人員所屬單位權責區域列出巡檢路段，供巡檢人員查詢及新增。

(4)線上更新管理模組

線上更新管理模組在 PDA 到達有網路之區域時，將所記錄資料上傳至網路系統資料庫。

4.4.2.3 公路防救災決策支援系統 PDA 網路版

若災害發生時，通訊網路仍暢通，現場工程師可用 3G 傳訊之方式，運用 PDA 網路版將調查資料即時更新，可達到災害資訊之即時整合，其運作模式如圖 4-47 所示。



圖 4-47 PDA 網路版系統運作流程圖

1. 網路版系統發展概念研擬

同樣運用 UML 之使用案例圖、類別圖及順序圖描述系統發展概念，分別說明如下：

(1)使用案例圖(Use Case Diagram)

網路版之使用案例圖與單機版之差異為直接於網路連結狀況下操作，因此不需上傳表單之功能，如圖 4-48 所示。

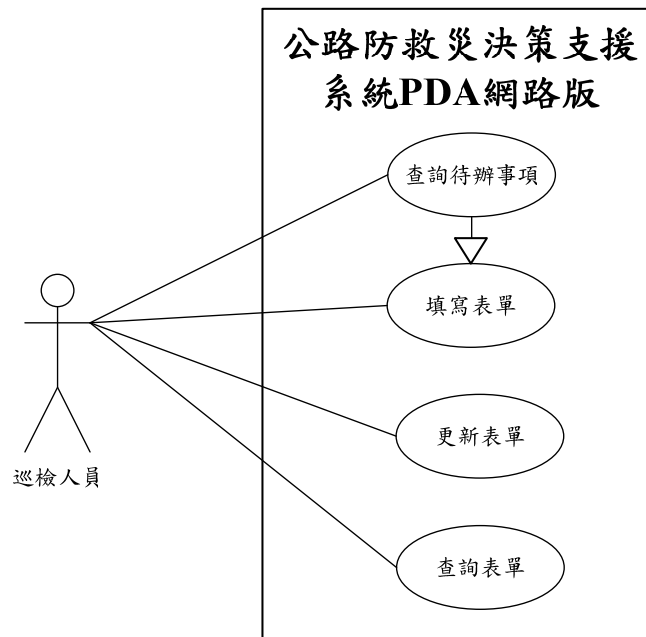


圖 4-48 PDA 網路版使用案例圖

(2)類別圖〔 Class Diagram 〕

依據上述使用案例圖分析結果，本系統規畫三個類別：

1.User、2.待辦事項、3.Form，如圖 4-49 所示。

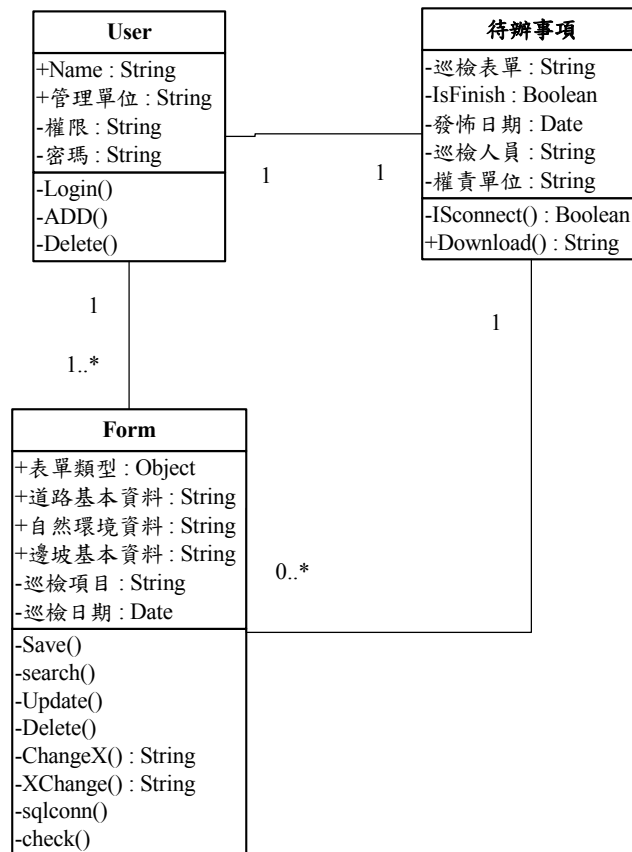


圖 4-49 PDA 網路版類別圖

User：根據使用者所屬單位不同會限制其查尋、更新、儲存內容及待辦事項。

待辦事項：由於網路暢通，因此直接連結網路端資料庫搜尋已完成事項及未完成事項進行提醒。

Form：負責線上表單新增、更新、刪除及查詢，。

(3)順序圖〔Sequence Diagram〕

與單機版主要之差別為網路版於網路連結之狀況下，直接對線上資料庫進行新增、查詢與更新之動作，如圖 4-50 所示。

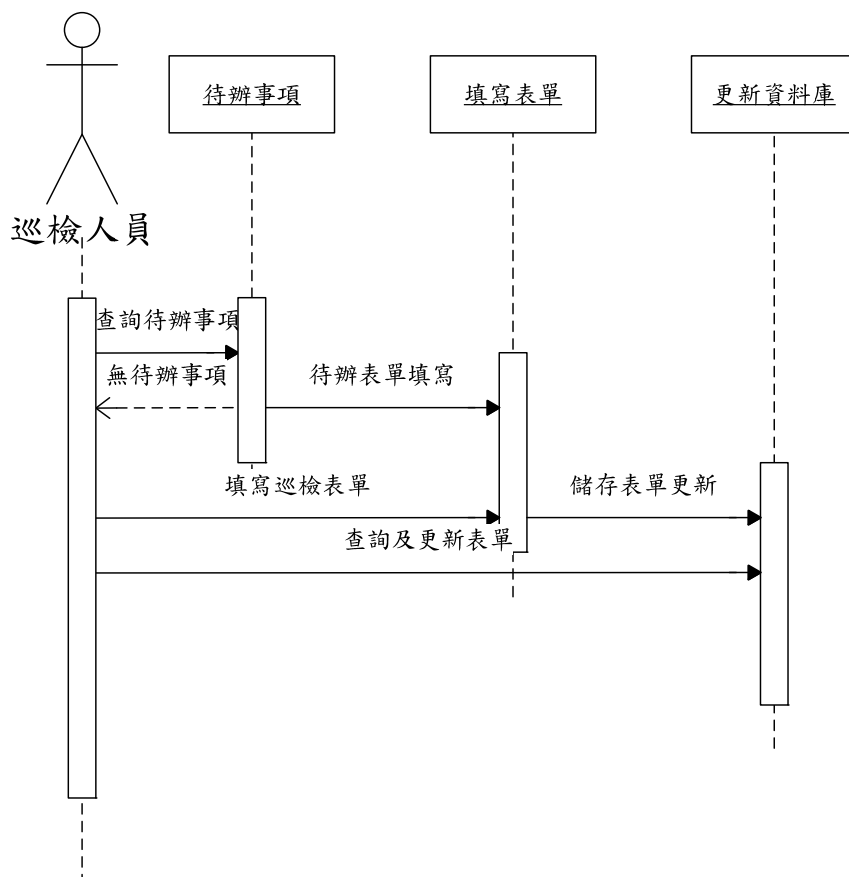


圖 4-50 PDA 單機版順序圖

2. 系統功能規劃

PDA 網路版其功能與單機版相似，其差異為不需線上更新管理模組，可參考 4.4.2.2 節說明。

3. 單機版與網路版系統使用差異

根據 4.4.2.2 節單機版與 4.4.2.3 節網路版之說明，兩版本主要差異為是否連結網路，單機版運作中將只更新 PDA 端的資料庫，等網路恢復連結時，再將資料更新至系統資料庫中，其運作差異如圖 4-51 所示。

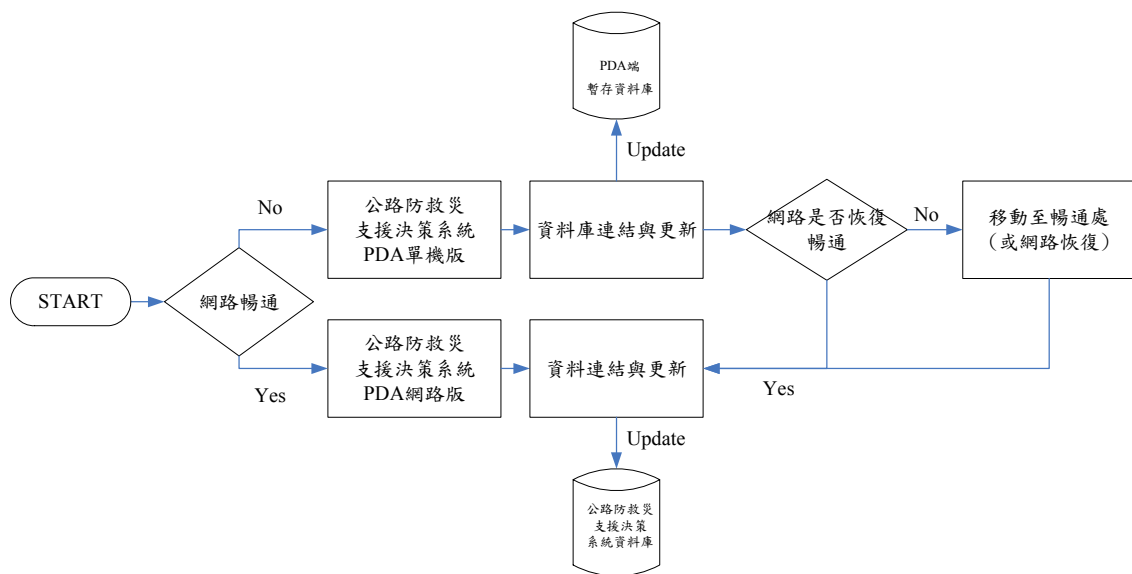


圖 4-51 PDA 單機版與網路版使用差異圖

4. PDA 功能建置與展示

本計畫依照規劃內容建置公路防救災支援決策系統 PDA 版(包含單機與網路版本)。PDA 版以 .NET Compact Framework 為平台建立，因本系統需擁有龐大公路及橋梁基本資料，為管理方便，本系統將應用 SQL Server CE 作為 PDA 內建資料庫，SQL Server CE 是 SQL Server 的簡化版，適用於行動裝置和嵌入式裝置上，其功能可滿足本系統之需求，且與公路防救災支援決策系統所採用之 Microsoft SQL Server 2000 為同一系列產品，故較無相容性問題，以利開發作業。

PDA 版在登入時候會先確認巡檢人員身份以搜尋權責區域，並對網路進行偵測，如圖 4-52 所示，確認是否可以連上後端資料庫，系統會依照偵測結果將系統直接導向網路版或單機版，其作業程序說明如下。



圖 4-52 PDA 版登入畫面

(1)網路版

a.待辦事項執行流程

PDA 版系統開啟後會進行使用者系統身份認證，點選使用者姓名，並輸入密碼，認證完成後，功能表功能會自動開啟，使用者可以藉由功能表對系統初始設定進行管理；點選「進入」按鈕則會進入本系統。點選「查詢系統代辦事項」按鈕，系統依照登入使用者所屬單位到伺服器資料庫搜尋是否有使用者所屬待辦事項，結果會顯示於畫面上，如圖 4-53(a)所示，提醒使用者是否先完成待辦事項，若無待事項請參考下一節（B）無待辦事項執行流程；如有待辦事項時，點選欲執行之待辦事項後，按確認鍵進入應填表單，如圖 4-53(b)所示；進入邊坡巡檢表單填寫畫面，系統自動將道路基本資料及自然環境資料自動匯入供使用者參考，使用者可依照表單所提示問題進行邊坡填寫。

使用者根據現場調查結果填寫表單，如圖 4-54(a)所示，確認檢查項目是否有異狀。如有異狀時，系統會依照過去經驗以紅字提示使用者，並建議改善策略供使用者參考。完成表單填寫後，按左下方功能表儲存鍵將表單資料儲存於 PDA 內建資料庫，並回到主頁。

回到主畫面後，畫面會顯示還未上傳的巡檢表單及巡檢照片的筆數，點選「資料上傳更新」按鈕，如圖 4-54(b)所示，系統會自動偵測伺服器網路是否暢通，如網路暢通則會將 PDA 所儲存之巡檢表單及巡檢照片上傳至伺服器資料庫；如網路中斷，則會跳出訊息對話框，詢問使用者是否進行自動更新。選擇否，則可以繼續填寫表單；選擇進行自動更新，則系統會切換為背景執行狀態，常駐於 PDA 手機，當網路暢通時自動將巡檢表單及巡檢照片上傳至伺服器資料庫，並提示使用者已上傳更新成功。



圖 4-53 (a)待辦事項(b)新增表單



圖 4-54 (a)表單填寫(b)上傳更新

b. 無待辦事項執行流程

無待辦事項或無法立即處理待辦事項，可在待辦事項畫面按下「跳過」按鈕進入主頁，使用者可依需求選擇表單進行一般日常巡檢作業。以填寫道路邊坡巡檢查表為例，進入填寫頁面後，先點選基本資料分頁，如圖 4-55(a)所示，下拉選擇公路名稱，會出現「匯入原先道路」按鈕，點選後即進入路段選單，如圖 4-55(b)所示，點選完路段，會將內建資料庫之基本資料及自然環境資料匯入至表單，提供使用者參考；填寫完，按下功能表儲存鍵進行表單儲存，進入主畫面後同（A）待辦事項執行流程，上傳至伺服器資料庫。



圖 4-55 (a)表單填寫—公路選取(b)表單填寫—路段選取

2.單機版

a.無待辦事項執行流程

當 PDA 系統偵測無法連上網路時，系統會自動切換為單機版。待辦事項畫面中會從 PDA 內建資料庫搜查巡檢人員過去下載待辦事項而未完成事項，提醒使用者是否進行填表。如點選待辦事項，則與網路版操作方式相同，儲存完畢會回到主畫面，使用者仍可以點選「資料上傳更新」按鈕，選擇是否啟動自動更新功能，如圖 4-56 所示。如不啟動，使用者可以直接按下功能表中結束鍵，離開本程式。當到達網路暢通區域，重新開啟本程式重新登入，上傳資料至伺服器資料庫；如啟動，系統會自動偵測網路，當系統偵測到網路暢通則會自動上傳更新至伺服器資料庫，並出現訊息對話框提示使用者已完成更新。

b. 無待辦事項執行流程

單機版作業如無待辦事項或無法立即處理待辦事項，使用者僅進行一般日常巡檢任務，填寫表單作業流程與網路版相同，依照系統指示選取所要填寫之表單，選取公路名稱，點選路段將基本資料及自然環境資料匯入。進行資料上傳則與前段所述更新方法相同。



圖 4-56 自動更新確認圖

本研究所開發之 PDA 網路版與單機版之目的在於讓現場巡檢人員能夠在最短時間將災害資訊詳實回報，並強化通報回報機制。PDA 版操作流程如圖 4-57 所示，登入後顯示待辦事項，確認是否有通報事項，之後進入主頁可以依需求填寫表單，填寫儲存完畢則回到主頁。

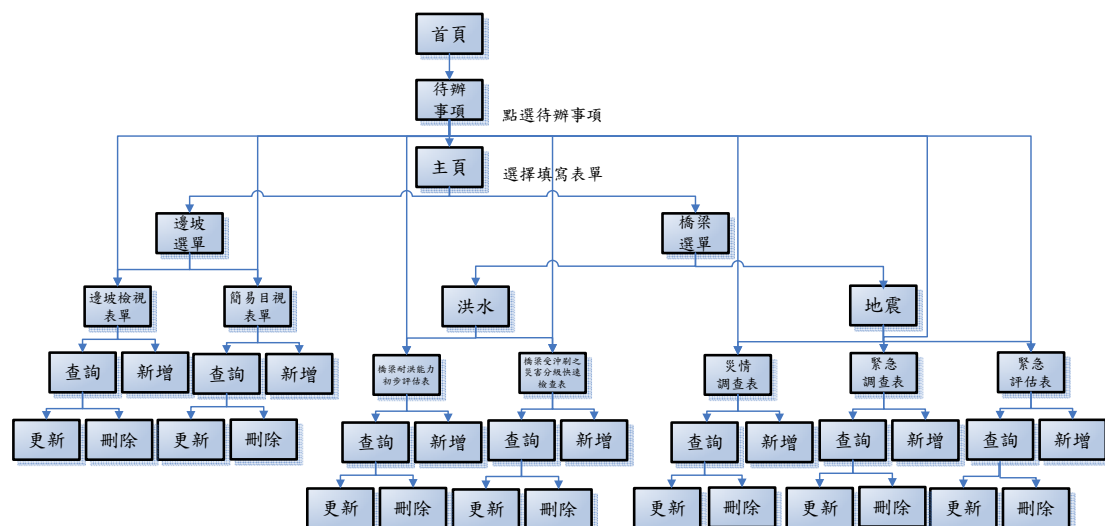


圖 4-57 公路防救災決策支援系統 PDA 版操作流程圖

4.4.2.4 邊坡現況監測

本階段中運用軟體代理人(Software Agents)功能中所提供之標籤註記功能，配合資料擷取等代理人，進行邊坡現況監測資料擷取。根據『全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試』^[101]、『全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用』^[102]等研究案的監測結果，進行資料交換。

本階段另外連結水土保持局土石流潛勢區資訊，作為後續交換邊坡監測資料之參考，水土保持局土石流潛勢區資訊其網路位址為(<http://fema.swcb.gov.tw/>)，提供目前發布之土石流區域查詢。

1. 軟體代理人簡介

軟體代理人之基本架構發展，始於交通部運輸研究所-「交通工程防災預警系統」^[91,92]一案。其核心以代理人為基礎，建立一資料交換平台。此資料交換平台，可減少資料重覆建置，增加資訊之使用率，達到資源共享之目標。在此架構下，各系統將共享災情資訊，並可整合各項資源。

目前國內現有交通相關系統皆為獨立運作且資料互不相連，許多資料皆重複建置且格式不一，造成資源共享不易。為避免在系統

整合時，重複建置系統之問題，本研究將建構一多代理人(Multi-Agent)模式。代理人技術已被應用在各種不同的領域，例如計畫排程、資訊檢索等，藉由此項技術的運用可以減少工作量以及資訊量(Information Overload)，使用者可以指派代理人完成特定的任務或是與代理人相互合作，完成共同的目標。代理人主要特徵如下：

(1)自發性：代理人程式被指派工作後，便不需人力介入其工作流程，便有獨立完成工作之能力；(2)社會性：各代理人之間能夠透過特定方式相互溝通、協調工作。並且具有與自然人互動之能力；(3)感知性：代理人會採取目標導向方式進行工作，並能夠感應外在環境變化對其目標之影響；(4)反應性：代理人能夠在環境改變之後做出適當反應；(5)移動性：代理人能夠攜帶所需資訊在不同電腦之間遷徙，並且能夠在不同電腦間作業；(6)脈絡連續：代理人被賦予工作後，便能夠掌握自身之程序或執行序以便完成整體任務；(7)適應性：代理人能透過判斷行為的結果進行學習，因此會隨著時間及環境的變化調整自己的狀態。

因此本計畫藉由軟體代理人間可相互溝通之特性，建立一多代理人之環境，協助完成整合交通工程相關資訊管理系統。其架構圖如圖 4-58 所示。

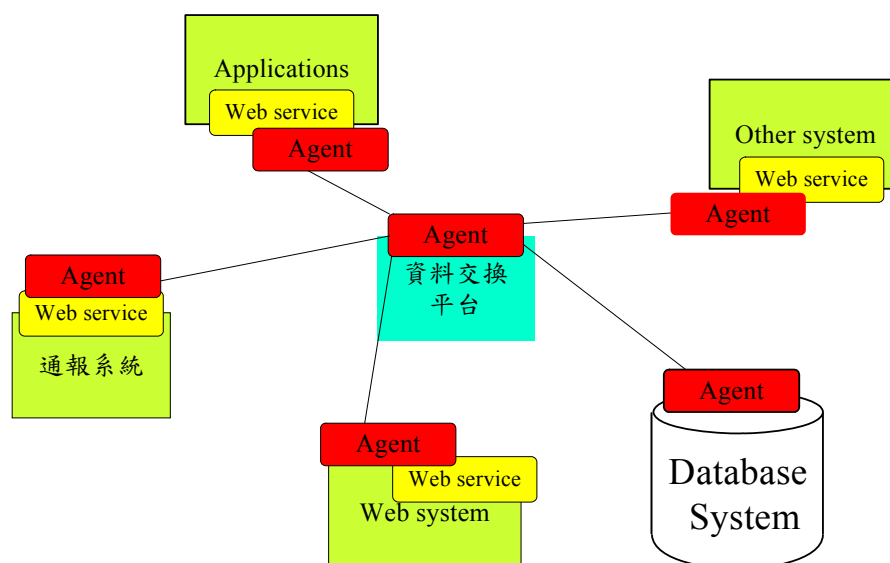
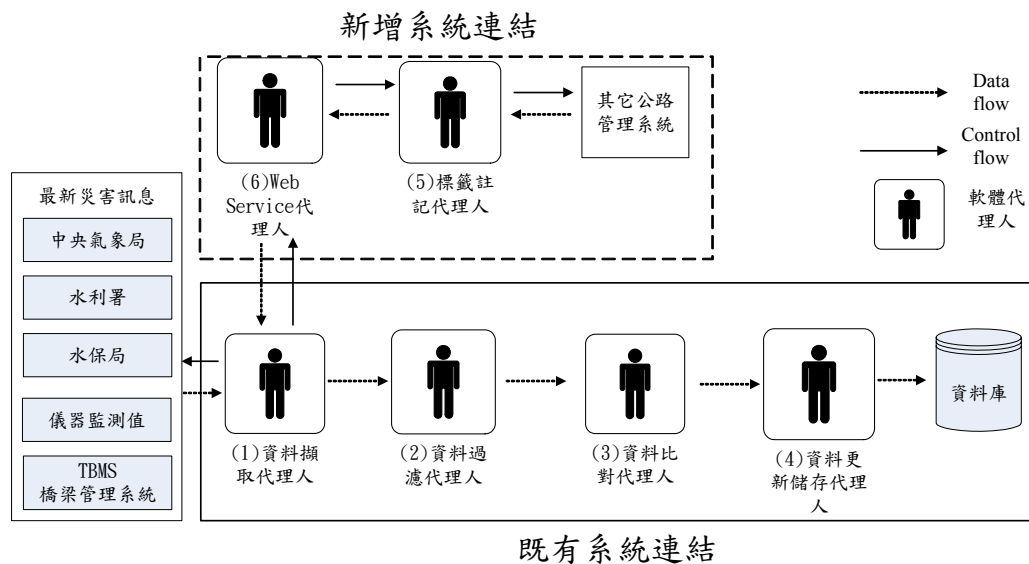


圖 4-58 多代理人模式圖

軟體代理人將是各交通相關系統對外之窗口，各代理人之間會以所確立之 XML 資料格式交換資訊。此架構由多軟體代理人構成一群組，代理人將自動溝通，取得所需之資料或提供資料。經由此架構，各服務使用者(相關交通系統)，將可經由資料交換平台，找到可以交換之資料格式與來源位置，在設定軟體代理人之初始值後(資料之輸出、輸入)，即可連結各系統，整合各項資訊。

資料交換平台依運作範圍分為(一)既有系統連結與(二)新增系統連結。架構如圖 4-59 所示，以下分別介紹其內容。



(1)既有系統連結

既有系統連結中，資料交換平台由四個軟體代理人所組成，分別是 a.資料擷取代理人 b.資料過濾代理人 c.資料比對代理人及 d.資料更新儲存代理人。前四項代理人為交通工程預警系統計畫案^[91,92]中之成果。其詳細運作原理可參考該計畫第三章之說明。各代理人功能簡述如下：

a.資料擷取代理人：擷取現有網站所發布之災害資訊包括中央氣象局發佈地震訊息；水利署發布河川水位與雨量；水保局發布

土石流警戒區；TBMS 中之橋梁老化腐蝕之訊息。

- b. 資料過濾代理人：將資料擷取代理人所擷取之內容自動分析過濾，僅留下所需的資料內容，以地震訊息為例，取得包含發生時間、地點等資訊。
- c. 資料比對代理人：將根據資料過濾代理人所得之資訊時間進行資料比對，若資料為最新值或更新值，將啟動資料更新儲存代理人。
- d. 資料更新儲存代理人：接收資料比對代理人所送來資料，對資料庫進行更新或儲存。

除此之外本計畫加強原有資料交換平台之架構，於新增系統中加入 e.標籤註記代理人與 f.Web Service 代理人。

(2)新增系統連結

新增系統連結中，資料交換平台由(5)標籤註記代理人及(6) Web Service 代理人所組成。新增系統網頁通常是以 HTML 標準撰寫，標籤註記方式較為自由，輸出表單以使用者可簡單閱讀為目的。但在此架構下，輸出網頁無法讓一些自動化軟體(如軟體代理人)所判讀，因此為了讓道路邊坡維護管理系統提供 XML 格式文件，此階段藉由標籤註記代理人先行對舊有系統網頁進行註記，在進行註記動作前，須針對該領域知識建置 XML Schema 資料庫，標籤註記理人可輔助使用者由資料庫選取合適標籤對資料欄位進行註解，以<tag></tag>方式在欄位左右處進行標記，使得網頁可以 XML Schema 格式進行資料輸出。Web Service 代理人再根據需求，由網頁或是資料庫中，擷取資料建置 Web Service 功能。如圖 4-60 所示。新增系統運作模式步驟說明如下：

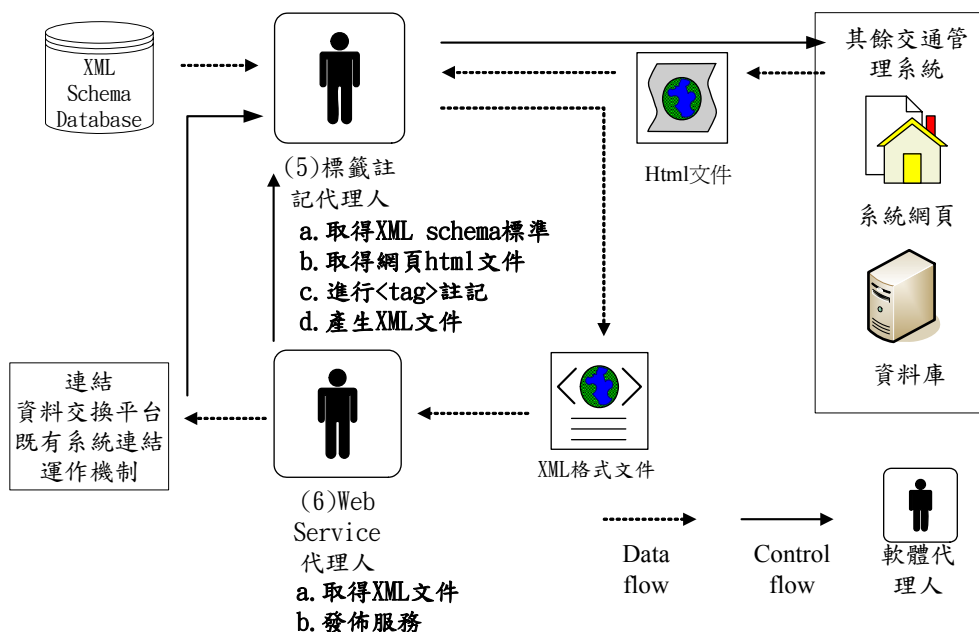


圖 4-60 新增系統運作模式圖

e. 標籤註記代理人：主要功能是替原本無 XML 標準註記之系統網頁加入標籤，藉由標籤註記代理人由 XML Schema 資料庫中尋找合適之標籤加註於舊有系統產出文件中。其流程如下所示：

(a) 索取 XML Schema 格式標準

由資料庫中索取事先定義之 XML 格式。

(b) 取得網頁 html 文件

經由網路連結取得目標網頁 Html 文件檔。

(c) 進行標籤註記

標籤註記理人產生標籤對原有資料欄位進行註記。

(d) 產生 XML 文件

根據標籤註記產生對應之 XML 文件。

f. Web Service 代理人：則可將已加註標籤之網頁內容發佈為 Web Service，在註冊服務器中登錄此模組功能服務，之後就可提供資料擷取代理人擷取其網頁內容。其流程如下所示：

(a)取得 XML 文件

Web Service 代理人藉由標籤註記代理人取得 XML 文件。

(b)發佈服務

Web Service 代理人提供符合 XML 格式之資訊。

2. 加入新增資訊流程

根據以上示範步驟，整理出一流程，可供後續加入其餘新增資訊之參考，其流程如圖 4-61 所示。

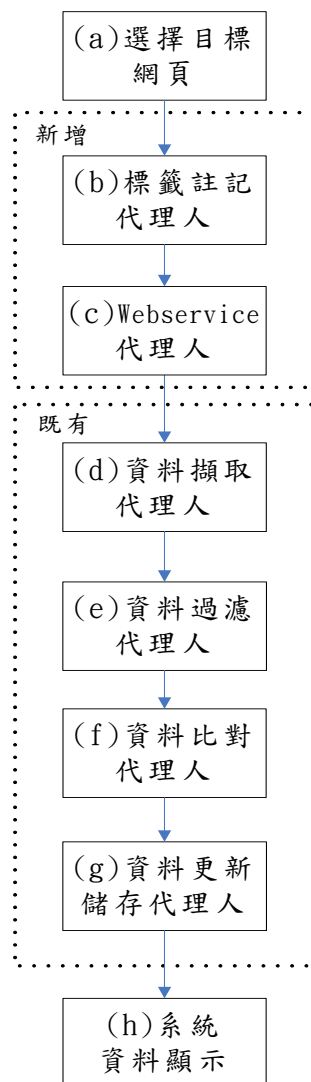


圖 4-61 加入新增資訊流程

根據上圖，選擇目標網頁後，其詳細執行步驟可參考後續圖 4-62 至圖 4-73 說明。經由使用者初始設定，後續軟體代理人自主性的依所設定之頻率，分別進行資料擷取、資料過濾、資料比對與資料儲存之動作。

3. 流程示範

(1)選擇目標網頁

標籤註記功能主畫面如圖 4-62 所示，其工作頁面劃分為三區，左上區為網頁瀏覽畫面，左下區為所瀏覽畫面之原始碼，右邊區域為標籤註記之功能區，此功能區又細分為名稱註冊、標籤註記與顯示結果等，共三個分頁。



圖 4-62 標籤註記功能主畫面

此階段以土石流防災資訊網為例，左上區顯示此網頁瀏覽結果，如圖 4-63 所示，其資訊包括路線樁號、縣市、鄉鎮與受損情形等資訊。



圖 4-63 道路通阻資訊瀏覽畫面

接著點選顯示原始碼，左下區將顯示此網頁之文字原始碼，如圖 4-64 所示，其內容為構成網頁之文字檔。



圖 4-64 顯示網頁原始碼

為了擷取土石流資訊，需事先建置對應之表單名稱與存放位置，使用者輸入表單名稱、更新頻率，以及是否顯示於公路防救災決策支援系統網頁，網路位址將由系統自動填入。按下新增鈕，則會新增一筆對應之表單資料，如圖 4-65 所示。

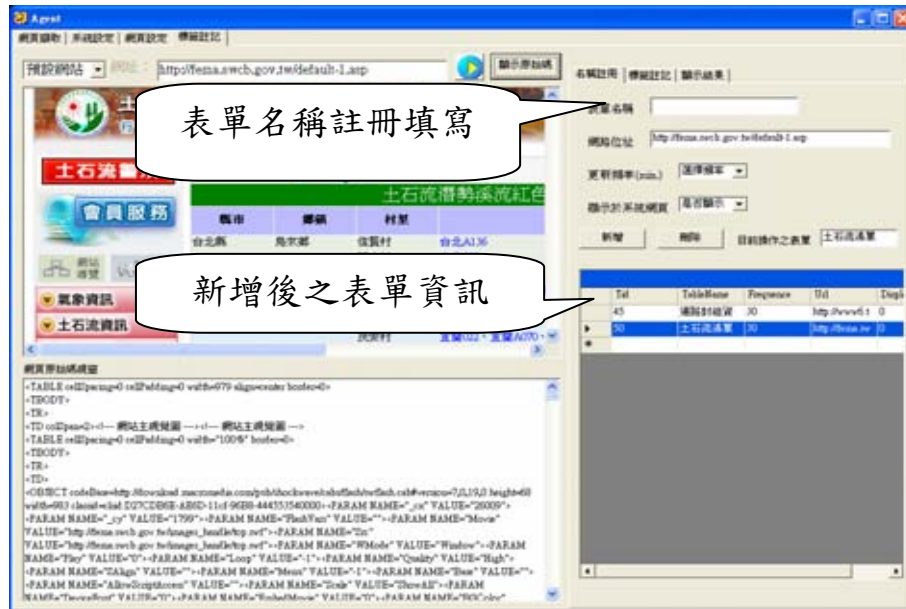


圖 4-65 新增表單註冊

(2) 標籤註記代理人

接著點選標籤註記分頁，顯示目前所操作之表單為剛所建置之土石流資訊，如圖 4-66 所示。



圖 4-66 標籤註記分頁

並開始填寫欲存放資料欄位名稱及描述，接著在原始碼顯示區，將欲標記之標籤值反白標註，點選標記<tag>鈕，系統將記錄前標籤，同理標記</tag>後標籤，系統將根據<tag>擷取內容</tag>之規則，於網頁中搜尋符合條件之資訊。其執行畫面如圖 4-67 所示。

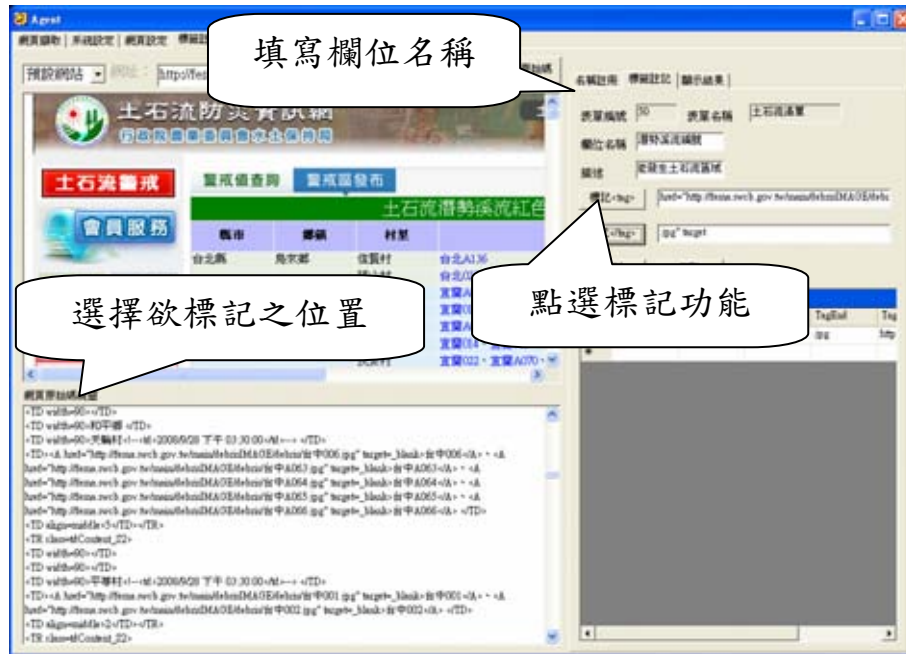


圖 4-67 標籤註記畫面

前標籤與後標籤皆註記完成後，點選新增即完成此階段步驟。將土石流潛勢區資料建置完成，如圖 4-68 所示。完成此步驟後，資料擷取代理人將會根據所設定之頻率進行資料之更新。



圖 4-68 分批建置各標籤註記資料

(3) Web Service 代理人

完成上述步驟後，Web Service 代理人將取得此資訊 XML 格式文件，使用者可至顯示結果分頁，預覽資料擷取結果，點選顯示結果按鈕，將列出目前所註冊之表單，如圖 4-69 所示。



圖 4-69 結果顯示

點選表單名稱，將可觀看詳細之內容，可發現代理人已將此網頁已註記之資訊完整存入資料庫中，如圖 4-70 所示。



圖 4-70 表單內容顯示

另外可產生 XML 文件，其結果如圖 4-71 所示，其文件架構以名稱註冊與標籤註記所設定之名稱作為 XML 資料之標籤。對於後續外部系統要求資料交換時，可減少其步驟困難與欄位錯亂之問題。

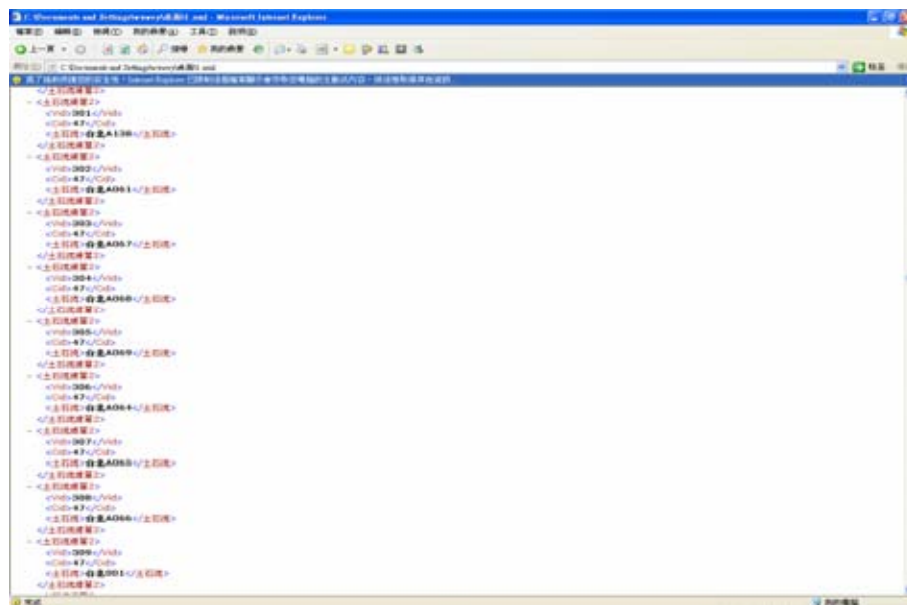


圖 4-71 產生 XML 格式資料集

(4)資料擷取代理人~(7)資料更新儲存代理人

(4)~(7)步驟為軟體代理人自動運作機制，使用者不需介入。
代理人依據所設定頻率定時更新資料。

(8)系統資料顯示

登入公路防救災決策支援系統中，點選災害資訊管理功能，
選擇動態更新資訊，如圖 4-72。



圖 4-72 動態更新資訊

根據所選擇表單，可發現土石流查詢功能已成功匯入公路防
救災決策支援系統中。其顯示結果如圖 4-73。

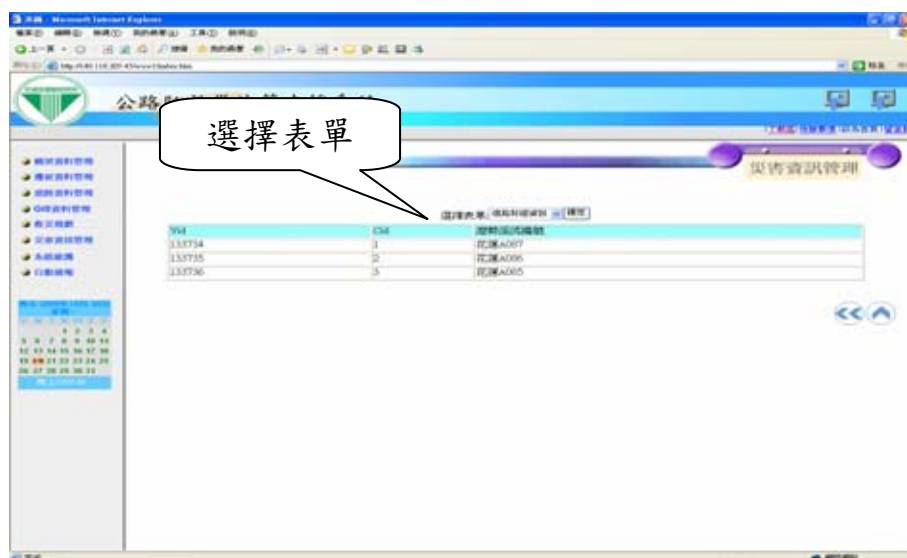


圖 4-73 公路防救災決策支援系統土石流查詢

4.4.2.5 邊坡現場監控資料整合

依據前述流程以及坡地道路防災系統整合會議(參閱附錄二)中之結論，加入邊坡現場監控資料。根據『全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試』[101]、『全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用』[102]等研究案的監測結果，進行資料交換。其整合項目如表 4-1 所示。

表 4-1 本年度整合資訊表

整合之資訊	功能
光纖式節理式偏斜儀	監測五彎仔邊坡滑動位移 (納入邊坡監測儀器管理模組中)
光纖式水壓計	監測五彎仔邊坡水壓變化 (納入邊坡監測儀器管理模組中)
GPS 位移監測 (進行資料交換中)	監測五彎仔邊坡滑動變化 (納入邊坡監測儀器管理模組中)

4.4.3 98 年系統功能(第三年度-後續進度)

第三年度將加入道路(隧道)資料管理模組、道路(隧道)GIS 資料管理模組與救災路網替代道路規劃等功能。運用 GIS 路網分析之功能規劃出救災路網替代道路。並利用已建置完成之模組擴充功能，將隧道通阻資訊匯入本系統中。上述功能細部設計將於第三年期中報告中補充說明。

4.4.4 99 年系統功能(第四年度-後續進度)

第四年度中將彙整上述功能模組所得到資訊，包括各橋梁、邊坡、道路或隧道之受損情形，並根據路網規劃結果得到仍可通行道路資訊，並依據災損風險評估結果，優先將救災資源配送至潛在災損最大之區域，其系統功能細部設計將於第四年期中報告中詳細說明。

第五章 系統整合測試

5.1 系統整合測試及成果發表會

本系統發展已具一定規模，為了確認研發成果符合公路管理單位之需求且能穩定運作，故本計畫選取公路局第五區養護工程處阿里山工務段為示範區，進行公路防救災決策支援系統測試。

5.1.1 軟體代理人之運作測試

1. 資料交換平台測試：為確認系統在坡地災害相關致災因子是否能夠進行即時交換以提供決策者參考，故進行測試擷取監測資料納入本系統，包括交通大學研究團隊於阿里山五灣仔段所埋設光纖式位移計及水位計；逢甲大學研究團隊於 GPS 監測地表位移量等。測試成果如表 5-1、5-2 及圖 5-1 所示。

表 5-1 光纖式位移計及水位計資料交換測試說明

交換來源	交通大學研究團隊
交換資料區域	◆公路局第五區養護段阿里山工務段臺十八線五灣仔段。
交換方式	利用 FTP 檔案伺服器，交換文件檔案。
發生問題及原因	無。
解決方法	無。

表 5-2 地表位移量資料交換測試說明

交換來源	逢甲大學研究團隊
交換資料區域	◆公路局第五區養護段阿里山工務段台十八線五灣仔段。
交換方式	利用 FTP 檔案伺服器，交換文件檔案。
發生問題及原因	逢甲大學研究團隊應用 GPS 監測地表位移量資料並無成功交換到本系統。
解決方法	深究其原因發現因日前連續豪雨造成逢甲大學團隊的監測儀器電力中斷，無法將資料傳回，造成系統無法將資料傳回。

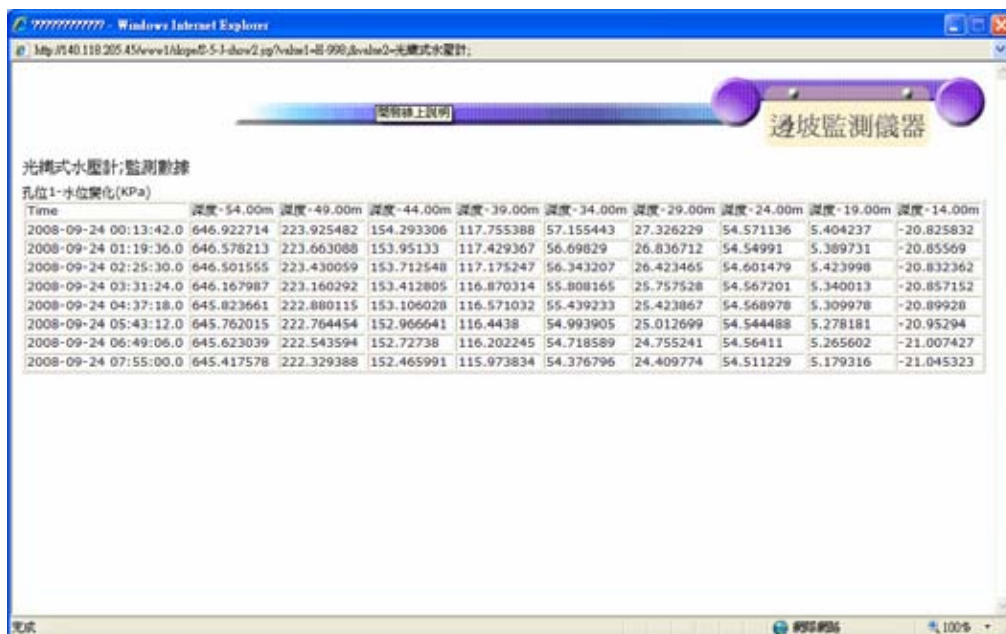


圖 5-1 交通大學研究團隊光纖式水壓計資料交換

2. 災害基本資料交換：為了確保災害資訊能夠穩定取得，故本計畫對於各機關所提供災害資訊重新申請授權，並重新建立各災害資訊交換機制，測試成果如表 5-3、5-4 及 5-5 所示。

表 5-3 降雨量交換測試說明

交換來源	中央氣象局
交換資料區域	全臺灣自計式雨量資料每十分鐘更新一次。
交換方式	利用 FTP 檔案伺服器，交換文件檔案。
發生問題及原因	無。
解決方法	無。

表 5-4 土石流災害資訊交換測試說明

交換來源	水土保持局
交換資料區域	水保局所發佈紅色警戒資料。
交換方式	Web Service。
發生問題及原因	無。
解決方法	無。

表 5-5 河川水位量交換測試說明

交換來源	水利署
交換資料區域	全臺灣水位站之河川水位資料。
交換方式	Web Service
發生問題及原因	目前無法進行資料交換。
解決方法	目前水利署授權水位站資料程序尚未完成，故無法進行資料交換，未來程序完成即可進行資料交換。

3. 坡地災害資訊簡訊通報：「山區道路坡地災害防治技術整合研究邊坡預警破壞機制」〔100〕目前仍然處於研發狀態，故本系統目前僅能透過監測資料及災害資訊應用人工判斷是否發生災害，故本階段測試乃模擬災害預警發佈簡訊給巡檢人員，試行成果皆能傳送無誤。如圖 5-2 所示。



圖 5-2 手機簡訊通報

5.1.2 測試前系統使用說明會議

實際系統操作前，為讓公路相關人員在系統操作上更為順暢、災害通報流程較完善及教育訓練能夠更加有效率，故本團隊於 97 年 10 月 7 日於臺中港灣研究中心與中心主任等相關人員進行測試前系統使用說明會議。與會人員相關問題和意見及本團隊回復與處理狀況，請參考附錄四。

5.1.3 成果發表會

為加強與實際公路巡檢人員互動，避免理論與實際應用無法相互結合，故本計畫於 97 年 10 月 14 日於臺中港灣研究中心，邀請公路總局及轄內各區養護工程處人員與會，以阿里山工務段為示範區進行系統使用說明，相關講義請參考附錄三。並且直接開放網站權限及 PDA 版主程式，讓公路巡檢相關人員可以分別利用自身所攜帶之筆記型電腦及 PDA 手機進行系統測試，會議相關紀錄請參考附錄五。

第六章 結論與建議

由於臺灣所在自然環境複雜，各項天然災害頻傳，如地震災害、水災及土石流等等；災害之來臨常帶來嚴重的損失，尤其災害一旦發生，對於公路之影響更為嚴重，造成災民之生命財產損失亦難以估計。為此，本計畫針對公路進行防救災決策支援之研究，首先就國內已發展之橋梁、邊坡災害防災等系統進行資料蒐集，並以資料交換平台技術及自動通報機制，整合橋梁與邊坡二防災系統。本計畫應用軟體代理人(Software Agents)為核心所發展之資料交換平台關鍵技術，交換蒐集各單位網站所發佈之相關災害資訊與相關公路設施資料庫資料，建立『公路防救災決策支援系統』。此外，本研究確立橋梁、坡地災害緊急應變流程與通報機制，公路設施管理單位可依照應變流程及通報機制，系統性的完成災害預防、災害緊急應變及緊急復原各階段所應執行之災前評估、調查及應採取之緊急措施，來達到防災及減災之功效。針對本研究成果提出結論與建議。

6.1 結論

- 1.本研究之成果可提供國內公路設施主管機關，對於所轄設施如橋梁、坡地、道路或隧道之管理及防災作為進行整合。本研究整合橋梁及坡地災害管理、預警系統於統一架構下，並建置公路防救災決策支援系統(網路版)，可提昇公路設施管理及災害應變之整體綜觀能力；此整合模式可做為其他公路設施整合擴充之依循。
- 2.資料交換平台之建立可減少資料重覆建置、增加災害資訊之使用率達到資源共享之目標。透過資料交換平台，可有效整合各交通系統於同一架構中，並達到減少系統維護人力之需求。
- 3.將交通工程防災預警系統之通報機制進行整合，使得邊坡災害通報亦可經由即時之手機簡訊進行傳遞。

- 4.本年度所完成之 PDA 系統，可做為現場人員巡查時之輔助工具。其結合了簡訊接收與資訊回報之特性，可提供管理單位在災害第一時間有效整合轄區內資訊。其單機離線運作之功能，更可以避免災害發生時，通訊中斷造成資料無法回傳之問題。
- 5.根據第四章所示範系統資訊來源之擴充方法，使用者可遵循此示範流程，完成後續系統擴充之需求，使得災害資訊不會侷限於某些固定網頁或資料庫。

6.2 建議

未來系統擴充建議：

- 1.系統開發初步完成後已與公路總局部份工程處與工務段人員進行實機操作，後續將與更多橋梁與邊坡管理單位(公路總局或台灣區國道高速公路局)合作，進行系統測試、上線實際操作，針對實作所遭遇之問題作系統的修正。
- 2.在資訊來源擴充方面，可對更多的資料來源進行可行性測試。畢竟目前網頁撰寫格式並不一致，若是政府能推行一標準化格式(XML)，可提升防災相關領域之資料再運用與加值之效能，使得各防災單位之資訊可互相流通，有利於救災之整體規劃。
- 3.未來可加入公路其他設施管理系統功能，並建置救災替代道路規劃功能有利於提昇公路管理單位救災效率，亦有利於災時交通車流之疏導。
- 4.根據公路第一線工程單位之人力、救災資源為基本考量，開發救災資源指派決策支援功能，在救災任務時提供工程單位做最佳之救災資源指派決策的參考，提昇救災能力。

第七章 目前進度及後續工作項目

依據本研究目的，完成之工作項目及成果，分述如下：

第一年（已完成項目）：

1. 明確制訂資料庫格式與儲存項目，並製作成制式文件，提昇資料管理、查詢、資料交換之效能。
2. 資料交換平台之建立可減少資料重覆建置、增加災害資訊之使用率達到資源共享之目標。
3. 整合橋梁及坡地災害管理、預警系統於統一架構下，規劃建置公路防救災決策支援系統(網路版)，可提昇公路設施管理及災害應變之整體綜觀能力；此整合模式可做為其他公路設施整合擴充之依循。
4. 透過資料交換平台，可有效整合各交通系統於同一架構中，並達到減少系統維護人力之需求。

第二年(本年度進度):

1. 運用資料交換平台完成系統資訊來源擴充，其擴充方法的擬定可使後續其他公路設施所需之功能模組易於附加整合於本系統中。
2. 系統 PDA 版本的建立有利於工程人員現場調查、勘災，提昇資訊傳遞之即時性及系統的可攜性。
3. 工務單位測試系統的使用方便性與實用性，並予以修正。

本年度完成之工作項目如表 7-1。

表 7-1 目前完成之工作項目

	工作項目	內容
1	確認 PDA 版資料庫架構	● 邊坡資料庫欄位確認。 ● 橋梁資料庫欄位確認。 ● 資料庫整合。
2	PDA 系統初步架構擬定	● 規劃系統模組功能。 ● 資料庫連結與資料共用。
3	運用資料交換平台示範擴充系統資訊	● 建置多代理人模式。 ● 提供 Web Service 之 XML 文件。 ● 示範交通部公路總局道路通阻資訊查詢。
4	系統 PDA 版本之建置	● 單機版開發。 ● 網路版開發。
5	期中報告撰寫	● 期中報告
6	系統功能模組之擴充	● 連結現場監測儀器監測值。
7	工務單位測試	● 10/14 於港研中心舉辦成果發表會，邀請各工程處實際操作並提出使用建議。 ● 系統測試。 ● 系統修正。
8	災害緊急應變流程演練	● 10/14 於港研中心舉辦成果發表會，展示使用 PDA 接收災害訊息與現場填表之流程。

第三年(後續進度)：

1. 依據前兩年所制訂之資料庫及功能模組擴充模式，加入其他公路設施(道路或隧道)，驗證本系統之擴充性能。
2. 救災替代道路規劃功能有利於提昇公路管理單位救災效率，亦有利於災時交通車流之疏導。

第四年(後續進度)：

1. 以人工智慧技術並依據公路第一線工程單位之人力、救災資源為基

本考量，配合第三年建立之替代道路規劃功能，開發救災資源指派決策支援功能模組，在救災任務時提供工程單位做最佳之救災資源指派決策的參考，提昇救災能力。

2. 系統實際上線提供予公路管理單位試行使用作為測試，經由實際的使用測試系統操作上、管理維護上之效能及實用性，依據使用者反應之問題進行系統修正增加正式上線使用時之系統穩定性。
3. 經由教育訓練及推廣宣導使公路管理單位人員認識熟悉本系統，並且習慣於使用本系統做為公路設施之管理、防災工具。

參考文獻

1. 葉錦勳，「臺灣地震損失評估系統—TELES」，國家地震工程研究中心，2003。
2. 林同棧工程顧問股份有限公司，「國道高速公路橋樑耐震分析評估及補強工程（國道通車路段）可行性研究」，交通部臺灣區國道高速公路局，2002。
3. 姚乃嘉、蔣偉寧，「臺灣區橋梁管理系統之建立」，交通部運輸研究所，2000。
4. 張國鎮、羅俊雄、林詠彬、鍾昇財，「橋梁系統安全監測及預警系統之建立」，交通部公路總局，2004。
5. 張國鎮..等，「橋梁系統安全監測及預警系統之建立(期末報告)」，交通部科技顧問室，臺北，2003。
6. 陳清泉、蔡益超、張國鎮、李鴻源、李有豐、謝尚賢、單信瑜、許志揚、游進裕、林詠彬，「河川橋梁沖刷並補強後之安全評估」第一年期末報告，交通部公路總局，2004。
7. 陳振川、蔡益超、張國鎮，「橋梁監測預警系統及沖刷保護措施及補強等之研究」第二階段策略研擬期中報告，交通部公路總局，2005。
8. 「光纖與光柵用於橋梁監測之研究(2/2)」，交通部，2004。
9. 陳生金、鄭明淵、楊國珍、黃世建、王昭烈、張光甫，「災時高效率經濟型橋梁補強及檢核技術之研發」第三年期末報告，交通部公路總局，2005。

10. 陳生金、鄭明淵、楊國珍、黃世建、王昭烈、張光甫，「災時高效率經濟型橋梁補強及檢核技術之研發」第一年期末報告，交通部公路總局，2003。
11. 洪宏基，詹穎雯，張荻薇等，「橋梁隧道材料腐蝕劣化原因之探討及防治對策(一)」，交通部科技顧問室，1999。
12. 張荻薇、王昭烈、宋裕祺，「橋梁劣化與災害損傷之現況及原因探討」，橋梁安全維護與管理研討會論文集，臺灣營建研究院，1999。
13. 李有豐、林安彥，「橋梁檢測評估與補強」，全華科技圖書，2000。
14. 「災害防救法」，行政院內政部，2000。
15. 「災害防救法施行細則」，行政院內政部，2001。
16. 交通部中央氣象局，<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>。
17. 經濟部水利署，水災防救作業支援系統，<http://fhic.wra.gov.tw/asp/gqwmmain.asp>
18. 林呈、施邦築、羅慶瑞、黃進坤，「跨河橋梁訂定封橋水位」，交通部公路總局，2004。
19. 臺灣地區橋梁管理系統 <http://bms.iot.gov.tw/>
20. 農業委員會水土保持局，土石流防災應變系統，http://fema.swcb.gov.tw/main/index_01.asp
21. 林家年，「智慧型代理人在工程爭議處理決策支援系統之應用」，碩士論文，國立臺灣科技大學營建工程研究所，2005。

22. 「921 集集大地震橋梁及道路設施勘災報告」，國家地震工程研究中心，1999。
23. 阪神淡路大震災調查報告編輯委員會，「阪神淡路大震災調查報告-土木構造物被害(橋樑)」，土木學會，1996.12。
24. 王炤烈，「橋梁腐蝕原因探討—設計與力學面」，橋梁腐蝕與防治研討會論文集，pp.27-53，1994。
25. 王仲宇、唐治平、周憲德、莊秋明、林呈、周憲德，「橋梁設計支援系統之建立—腐蝕、地震、河川沖蝕之潛勢分析及相關技術整合」，交通部科技顧問室，1999。
26. 蔡益超，「由阪神地震探討國內橋樑耐震工程之發展方向」，財團法人臺灣營建研究院，1996。
27. 林主潔..等，「大規模災變之公路系統防救災規劃與修復策略研究（二）」，交通部科技顧問室，臺北，2002。
28. 「臺灣區地震危害度分析及其應用」，國家地震工程中心報告，臺北。
29. 王炤烈，「常見之橋樑損害現象與檢測、補強重點」，財團法人臺灣營建研究院，1998。
30. 黃震興、張國鎮、羅俊雄、李有豐、楊岳勳、葉啟輝，「橋梁耐震補強準則」，交通部，臺北，1998。
31. 道路震災對策委員會、耐震調查法檢討小委員會，「道路震災對策便覽—震災復舊篇」，社團法人日本道路協會，東京，1988。

32. 蔣偉寧、戴中、莫若揖、唐治平，「震後橋樑結構快速診斷手冊之建立與震後橋樑快速補強手段」，行政院公共工程委員會，臺北，1999。
33. 國立中央大學橋梁工程研究中心，「臺灣省公路局橋梁管理系統開發計畫—系統操作手冊」，臺灣省交通處公路局，1998。
34. 黃兆龍，「橋樑與公路鋪面混凝土結構非破壞檢測技術研習會論文集」，國立臺灣工業技術學院營建系，1995。
35. 「混凝土鋼橋一般檢測手冊」，臺灣省住宅及都市發展局，1996。
36. 黃然，葉為忠，張建智，楊仲家，吳建國，「混凝土品質對鋼筋混凝土構件腐蝕影響及探討」，防蝕工程，第十卷，頁38-48，1996。
37. 「橋樑設計與耐震補強」，臺灣營建研究院，1999。
38. 阪神高速道路公團，「兵庫縣南部地震鋼構造物被災原因分析研究」，平成12年6月。
39. 中國土木水利工程學會（2004），「七二水災災區調查與復建策略研擬」，行政院經濟建設委員會。
40. 日本高速道路調查會（1986），「危險地動態觀測施工相關研究（3）報告書」，日本道路公團。
41. 王智仁(2001)，「以現場調查方式分析影響公路岩石邊坡穩定性之工程地質因子--以南橫公路梅山至啞口段為例」，碩士論文，國立成功大學資源工程學系。

42. 行政院經濟建設委員會(2004)，敏督利颱風災情統計報告。
43. 李維峰、張睦雄、劉桓吉、顏召宜，山區道路邊坡崩塌防治最佳化研究(一)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國92年。
44. 李維峰、張睦雄、董家鈞、劉桓吉、顏召宜，山區道路邊坡崩塌防治最佳化研究(二)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國93年。
45. 李秉乾、許盈松、董家鈞、李維聰、連惠邦、周天穎，山區道路邊坡監測系統自動化及緊急臨時通報系統研發(一)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國92年。
46. 李秉乾、許盈松、許懷後、李維聰、連惠邦、周天穎，山區道路邊坡監測系統自動化及緊急臨時通報系統研發(二)，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國93年。
47. 李德河、方世杰、林宏明(2004)，「颱風引致公路邊坡之破壞特性探討-以阿里山公路為例」，防災與國土永續發展研討會論文集，國科會工程處工程科技推展中心，第115~136頁。
48. 吳傳威、范正成、鄭大偉、吳銘塘、陳嘉明、王玉瑞、翁祖炘、歐辰雄(1999)，「臺灣區道路落石坍方危險度資訊系統建構(二)」，交通部科技顧問室。
49. 林美聆等(2003)「坡地開發技術之研究」，財團法人臺灣營建研究院，政院院公共工程委員會。
50. 周晏勤、藍世欽、陳時祖(2001)，「工程地質特性對道路邊坡穩定性影響」，第九屆大地工程學術研討會論文集，桃園。

51. 張舜孔(2003)，「類神經網路應用在阿里山公路邊坡破壞因子之分析研究」，碩士論文，國立成功大學土木工程學系。
52. 莊光澤(1993)，「阿里山地區道路邊坡穩定性因子之探討」，國立成功大學資源工程研究所，碩士論文。
53. 陳崇華(2004)，「臺十一線海岸公路邊坡崩塌災害分析」，碩士論文，國立東華大學自然資源管理研究所。
54. 陳榮河(1984)，「坍方類型之現地研判」，地工技術雜誌，第 7 期，第 13-19 頁。
55. 黃安斌、廖志中、潘以文、林志平、董家鈞，道路邊坡高效能監測系統研發與崩塌預警基準制定（一），交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 91 年。
56. 黃安斌、林志平，道路邊坡高效能監測系統研發與崩塌預警基準制定（二），交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 92 年。
57. 廖洪鈞、游行健、郭瑞柏(2002)「邊坡擋土工法選定之研究」，地工技術雜誌，第 94 期，第 81-92 頁。
58. 廖洪鈞、林郁欽(2001)「鑑別分析法應用於坡地社區邊坡崩塌機率之評估研究」，地工技術雜誌，第 87 期，第 59-72 頁。
59. 廖洪鈞、梁樾、林三賢、李維峰、廖瑞堂，臺灣地區道路邊坡崩塌發生機制及防治效益評估方法研究與應用（一），交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 91 年。

60. 廖洪鈞、梁樾、林三賢、李維峰、廖瑞堂，臺灣地區道路邊坡崩塌發生機制及防治效益評估方法研究與應用（二），交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 92 年。
61. 廖洪鈞、廖瑞堂、董家鈞、李維峰，臺灣地區道路邊坡崩塌災損擋土結構功能評估—現有破壞案例統計、分析，交通部科技顧問室研究計畫成果報告，中華民國 93 年。
62. 廖瑞堂(2001)，「山坡地護坡工程設計」，科技圖書。
63. 廖志中(1999)，「山區道路災害危險度分級及預報系統建立工作」，臺灣省政府交通處。
64. 董家鈞(2003)，「臺灣山區道路工程地質特性與邊坡監測規劃」，道路邊坡安全管理與監測研討會，臺北、臺灣科技大學。
65. 國立成功大學防災研究中心(1998)，「地質危險區公路及河川橋樑之維護管理與防救災對策之研擬~以臺十一線及二十一線為例」，臺灣省交通處公路局。
66. 葉昭雄、何鴻文(2002)，山區公路、橋樑遭受重大土石災害修復對策與實例，公共工程土石災害防治對策研討會，臺北。
67. 劉桓吉、方中權、莊德永(1989)，「臺灣新中橫公路嘉義觸口至塔塔加鞍部沿線地質」，經濟部中央地質調查所彙刊，第五號，第 19-29 頁。
68. 賴季鋒(1999)，「山坡地災害防治評估系統之研究」，碩士論文，國立成功大學都市計劃學系。

69. 廖洪鈞等，「坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2005。
70. 廖洪鈞等，「坡地災害緊急搶修與復建整合技術研究(2/2)」，交通部運輸研究所，2006。
71. 鄭明淵等，「交通工程防災預警系統建立之研究 (1/2)」，交通部運輸研究所，2005。
72. 鄭明淵等，「交通工程防災預警系統建立之研究 (2/2)」，交通部運輸研究所，2006。
73. 陳希舜、鄭明淵等，「加強基隆市防救災作業能力計畫」期末報告，行政院災害防救委員會，2006。
74. 黃俊能等，「臺灣區救災公路系統建立之研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2004。
75. 黃俊能等，「臺灣區救災公路系統建立之研究(2/2)」，交通部運輸研究所，2005。
76. 陳正興等，「土壤液化對交通結構物之影響及液化潛能評估方法與災害分析模式之研究(1/2)」，交通部運輸研究所，2004。
77. 陳正興等，「土壤液化對交通結構物之影響及液化潛能評估方法與災害分析模式之研究(2/2)」，交通部運輸研究所，2005。
78. 李維峰等，「交通設施營運維護管理系統之整合與應用(1/2)」，交通部運輸研究所，2004。
79. 李維峰等，「交通設施營運維護管理系統之整合與應用(2/2)」，交通部運輸研究所，2005。

80. 廖洪鈞等，「山區道路坡地災害防治技術整合研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2007。
81. 黃安斌等，「全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試(1/4)」，交通部運輸研究所，2007。
82. 洪本善等，「全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(1/4)」，交通部運輸研究所，2007。
83. 陳景文等，「交通道路及橋墩遭受土石流衝擊之對策研究(1/4)」，交通部運輸研究所，2007。
84. 柯正龍等，「臺灣區救災公路資訊整合系統建立之研究」，交通部運輸研究所，2007。
85. 許崑山，「FPGA Real-Time 架構下光纖光柵現地解讀儀系統之研發」，碩士論文，國立交通大學，2007。
86. 辜文元等，「土石流防災應變系統維護與更新 2/4」，行政院農業委員會水土保持局，2006。
87. 陳茂南等，「臺灣區救災公路系統建立之研究」，交通部運輸研究所，2006。
88. 黃隆昇、廖啟煌，「災後道路緊急應變及救災資源管理模式」，第七屆鋪面再生學術研討會，2006。
89. 張國鎮等，「光纖光柵用於橋樑監測之研究」，交通部運輸研究所，2004。
90. 黃安斌，「光纖光柵地層移動監測管之系統整合與現地測試」，行政院國家科學委員會，2004。

91. 李秉乾、許盈松、許懷後，「山區道路邊坡監測系統自動化及緊急臨時通報系統研發(II)」，行政院交通部，2004。
92. 黃安斌、林志平，「道路邊坡高效能監測系統研發與崩塌預警基準制訂」，行政院交通部，2003。
93. 謝正倫等，「臺灣山區公路防災專家資訊系統之建立及其與公路災害管理系統整合之研究」，行政院公共工程委員會，2002。
94. 范正成等，「臺灣地區道路橋涵系統土石流危險區觀測與預警系統」，行政院交通部，2001。
95. 張裕益，「UML 使用手冊」，博碩文化，2002。
96. 松橋工作室，「Visual Basic.net 完美的演繹.2003」，知城數位科技，2005。
97. PONTIS Version 2.0 User's Manual, FHWA-SA-93-083, 1993.12.
98. PONTIS Version 2.0 Technical Manual, FHWA-SA-93-083, 1993.12.
99. Cambridge Systematics, Inc. Pontis Release 4 Technical Manual. AASHTO, Washington, D.C., 2001.
100. Palmer, R., and Turkiyyah, G., 1997, CAESAR, An Expert System for Cataloging and Expert Evaluation of Scour Risk And River Stability at Bridge Sites, The User's Guide, Department of Civil Engineering, University of Washington, Seattle, Washington, USA.

101. Palmer, R., and Turkiyyah, G., 2005, CAESAR Version 2.2.2 Homepage, <http://hotmix.ce.washington.edu/caesa>, Department of Civil Engineering, University of Washington, Seattle, Washington, USA.
102. The Performance of Concrete Bridges, Department of Transport, HMSO 1989. Press Notice NO.260-1992 Pub. by Department of Transport, London.
103. M.J.N. Priestly, F. Seible, and G.M. Calvi, “Seismic Design and Retrofit of Bridge”, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1996.
104. Broomfield, J.P., “Assessing Corrosion Damage on Reinforced Concrete Structures”, p1, “Corrosion and Corrosion Protection of steel in Concrete” , Vol. 1, Ed. by R. N. Swamy , 1994, Sheffield Academic Press.
105. Clark, L. A. and Saifullah, M., “Effect of Corrosion Rate on the Bond Strength of Corroded Reinforcement”, p.591, “Corrosion and Corrosion Protection of steel in Concrete” , Vol. 1, Ed. by R. N. Swamy , 1994, Sheffield Academic Press.
106. Johnson, R.E. and Agarwala, V.S., “Fluorescence Based Chemical Sensors for Corrosion Detection”, Paper 304, Corrosion 97, 1997.
107. Laenzen, C. and Raine, A., “Additional Applications with the Alternating Current Field Measurement (AFCM) technique”, Insight, Vol. 40, No.12, Dec. 1998.

108. David S. Brookshire, Stephanie E Chang , Hal Cochrane , Robert A. Olso, Asam Rose, and Jerry Steenson, 「 Direct and Indirect Economic Losses from Earthquake Damage 」, Earthquake Spectra, Volume 13, No.4, pp.683-701, November 1997 .
109. Barber, D. and Williams, C. (1997). Gaussian processes for Bayesian classification via hybrid Monte Carlo. NIPS 9.
110. Jaynes, E.T. (1957). “Information theory and statistical mechanics.” Physical Review, 106, 620-630.
111. Mackay, D. J. (1997). Gaussian processes - a replacement for supervised neural networks? Lecture notes for a tutorial at NIPS 1997. Available at <http://wol.ra.phy.cam.ac.uk/mackay>.
112. MacKay, D.J. (1992). A practical Bayesian framework for back-propagation networks. Neural Computation, 4, 448-472.
113. Morgan, G.C., Rawlings, G.E. and Sobkowicz, J.C. 1992. “Evaluating total risk to communities from large debris flows”, In Geotechnique and natural hazards, pp.225-236.
114. Neal, R. M. (1997). Monte Carlo implementation of Gaussian process models for Bayesian regression and classification. Technical Report CRG-TR-97-2, Dept. of Computer Science, University of Toronto.
115. Williams, C.K.I. and Barber, D., (1998). Bayesian Classification with Gaussian Processes, IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20, 1342-1351.

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

附 錄 一

期中審查委員意見及辦理概況

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：公路防救災決策支援系統建立之研究(2/4)

執行單位：臺灣科技大學生態與防災工程研究中心

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
一、汪副處長海鄂（公路總局重大橋梁工程處）： 1. 本次研究團隊對此研究是花了很多心力，研究的重點是建立災害緊急應變的流程已很詳細、完整，但應於實際上的演練、操作來測試才能夠顯示出其實用性。	1. 感謝委員指導。後續進度將與工程處合作，進行實際演練驗證其可行性。10/14 於臺中港研中心舉辦成果發表會，經由現場人員實際操作與提出意見做為後續之依據。	同意
2. 有關公路防救災決策支援系統的 PDA 版單機版和網路版，目前進行的狀況實際應用的結果如何？要能夠實際上應用有幫助更方便更簡單，才能推行，希望能在期末報告時，能夠有所檢討。	2. 感謝委員指導。PDA 單機版和網路版測試已在 10 月 14 日於臺中港研中心舉辦成果發表會，會議中與現場單位進行實際操作，並於期末報告中第五章記錄會議過程。	同意
二、高處長邦基(公路總局第二區養工處) 1. 決策支援系統 PDA 單機版及網路版開發完成後，應能與所有廠牌 PDA 硬體搭配，以提高適用性。	1. 研究團隊已針對微軟推出 PDA 作業系統 2003 版、5.0 與 6.0 版進行測試，其版本已包含大部份市面上採用 Windows Mobile 介面之 PDA，其適用性高。	同意

2. 該系統開發之資料輸入及表單應簡易使用，以方便基層養路工程司樂於接納採用。	2. 感謝委員指導。本系統之設計朝向簡單使用與便利之方向，因此開發適合現場使用之PDA 版，後續藉由現場人員操作可逐步修改其可用性。	同意
3. 本期中報告內容詳實，建議予以通過。	3. 感謝委員指導。	同意
三、吳組長鎮封（公路總局養路組）：		
1. 系統完整性可接受，未來推動可能會因工作量增加使基層同仁反彈，基層人員訪談是推動成功之要素，建議優先實行。	1. 感謝委員指導。後續進度將與工程處合作，進行實際演練驗證其可行性，並針對使用者進行意見回覆，作為系統修正之依據。	同意
2. 替代道路方面盡量提前完成較能讓公路機關接受。	2. 替代道路規劃方面，在計畫規劃中於第三年有初步成果，礙於經費與時間限制，本年度先以邊坡與橋梁實地驗證為優先進度。	同意
3. 系統選取其他網路上之資料之正確性是否已驗證？資料是否足夠？短時間恐難加值運用推出。	3. 本研究之成果係以其他系統之輸出值作再加值利用，且系統以自動化流程運作，不需人力介入，其需求時間短。	同意
4. 目前防災系統已與媒體聯繫，本系統成熟後可以在考慮上網由媒體進行查閱。	4. 感謝委員指導。本團隊遵從建議，只提出訊息給予管理單位查閱，並不直接通報媒體。	同意

四、蘇科長文崎（公路總局養護組）：		
1. 基層公路段是否接受使用？主要問題為基本資料建置，是否先以易受損點建置資料庫，就可回歸到系統操作之層面。	1. 感謝委員指導。本研究之主要目的並非收集資料，而是運用現有系統之資料，進行再加值利用，因此使用者不需改變現有工作，系統將針對所設定之通報對象，進行災害通報。	同意
2. 代理人部份，交通部底下系統較易取得權限進行資料擷取，但其他部會機關如水利署監測資料之開放擷取是否能夠有效取得？	2. 感謝委員指導。各系統僅需維持原有架構，資料交換平台之運作原理是在各系統資料庫維持原有運作模式下，取得所需之資料，因此僅需取得開放權限即可取得資料。	同意
3. 救災替代道路部分，臺灣有部份路段無替代道路（如：蘇花公路），對於相關狀況如何處置？過去也有相關成果，本研究可以納入參考。	3. 感謝委員指導。如無替代道路，系統分析結果亦不能提出建議。參循委員意見，將於第三年度計畫中參考相關文獻。	同意
4. 橋樑會涉及地方政府不同單位權責所屬問題，請研究團隊需納入考量。	4. 目前通報系統其通報對象為設定之管理人員，因此在該橋梁破壞時僅會通報該橋梁管理人員。	同意

(五)林副研究員雅雯 (港研中心)：		
1. 報告 P.2-1 提及的交通工程相關研究系統有 14 個計畫之多，目前整合的是橋樑和邊坡，整體的公路防救災決策支援系統整合的系統有那些、想擷取的系統資料有哪些，可否說明一下？	1. 交換對象可參考第一年期末報告 P3-7~P3-9 交換對象會整表，有詳細說明與現有系統之交換欄位與關係。	同意
2. 目前整合的系統是橋樑和邊坡，橋樑的基本資料等是否是由現有的橋樑管理系統擷取出來的？橋樑管理系統資料更新，我們系統擷取資料是否跟著同步更新？	2. 目前橋梁基本資料為公路總局授權帳號與密碼，於 TBMS 資料庫中擷取。使用者可藉由軟體代理人定時更新資料庫資料。	同意
3. 請研究單位加強說明整合這些系統後，可做的防救災決策支援為何？	3. 可參考本年度期中報告 P3-5 中流程表，其中菱形符號為系統救災決策支援功能，分別為維修補強順序建議、現場勘驗優先順序、建議處置措施、替代道路決策與救災資源調派。	同意
4. 本所內部 96 年有交通設施營運維護管理系統網路版開發計畫、公路基本資料管理系統網路版、公路防救災管理系統、公路養護巡查 PDA 及網路版，研究單位可參考是否納入系統。	4. 如有授權與登入權限，本系統可整合其資訊內容，可納為後續研究內容。	同意

5. P.3-5 圖 3-2 提及橋梁日常巡檢表，但在 P.4-12 系統內並沒有包括。	5. 其功能為圖 4-7 中左下角輸入資訊橋梁評估表單中。	同意
6. P.4-28 圖 4-32 邊坡 GIS 資料模組－邊坡災損統計圖看不出統計的圖為何。	6. 遵從辦理，於期末報告中置換圖說。	同意
(六)朱科長金元 (港灣技術研究中心)		
1. 本系統是否有有需要建置將公路單位所採取相關公路段防就災之決策給媒體(新聞稿格式)之功能。	1. 遵從公路總局養路組組長之意見，本系統只提出訊息給予管理單位查閱，並不直接通報媒體。	同意
2. 道路通阻資訊是否可以與公路總局系統進行連結？除了道路封阻之資訊外，希望也能提供預計道路開放通行之時間。	2. 目前系統展示之道路通阻資訊即是擷取公路總局所發布訊息，後續將配合替代道路規劃進行再加值利用。於第三年度替代道路規劃執行過程中，將加入預計搶通時間等相關資訊。	同意
3. 本研究計畫部份成果須請其它計畫提供資料，如交大團隊及逢甲團隊，因此他們的資料何時上網，應訂出時間點，並與他們聯繫。	3. 本計畫運用 WebService 方式與其他研究案成果進行資料分享與運用。目前已完成交大與逢甲團隊資料庫欄位建置，並開始接收交大資訊，與逢甲團隊部分持續進行中。	同意
4. 研究團隊發研發之系統整合了許多相關系統，其	4. 本系統所開發之系統與運研所開發系統之最大差異	同意

中與運研所所開發之相關系統，例如巡檢系統、道路橋樑管理就系統內容及功能差異性為何？本研究成果之優點應強調。	為自動化之災情分析與通報機制，在災時可有效並迅速的搜集災情並提出對應的應變措施，以減輕災情的擴大。運研所所開發系統以記錄與巡檢為主，缺乏主動預警通報之功能。	
--	---	--

附錄二

期末審查委員意見及辦理概況

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：公路防救災決策支援系統建立之研究(2/4)

執行單位：臺灣科技大學生態與防災工程研究中心

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
一、汪副處長海鄂（公路總局重大橋梁工程處）： 1. 本計畫最主要的實用性，也經過成果說明與應用訓練，期末報告附錄中10/14日成果發表會與會人員第四及第五點建議，是否能夠在今年報告修正或增加？ 2. 近年有后豐大橋及甲仙大橋發生斷橋事件，研究團對是否可以針對這兩個災害進行檢討？ 3. 期末報告附錄五中，出席人員名單有附所有人員身份證字號是否可以刪除？	1. 感謝委員建議，成果發表會中與會的工程人員給予本團隊許多寶貴建議，本團隊相當重視，已在期末報告前完成相關建議的工作項目，如附錄五所示。 2. 這兩起斷橋事件皆為水位超過警戒值所致，本系統得到水利署授權之即時水位站資料即可以對於可能發生災害之橋樑提前預警，以利工務人員提前採取應變措施。 3. 感謝委員意見，遵照辦理。	同意 同意 同意
二、吳組長進興(公路總局養護組) 1. 各模組基本資料建置之表單是否依現行表單建立？	1. 本系統所提供之巡檢表單，皆依照過去公路總局委託案中所建置之成果，以利工務人員可以利用統一標準進行災害研判。	同意

2. 研究成果是否可提供委託單位轉供各單位使用？	2. 本研究後續將系統架設於臺灣研究中心，而在臺灣科技大學設置備援系統，系統相關維護將仍然由臺灣科技大學負責。	同意
3. 本系統最為工務單位期待的是防災決策支援之「預警通報」，是否每一有災害潛式之橋樑、邊坡等需個別建立一評估系統？	3. 本系統為整合各防災預警系統之成果。系統提供基本資料給各分析系統，並擷取其分析成果。依據成果研判是否發出預警通報，故並不需要重新建置個別評估系統，僅需彈性調整通報標準。	同意
三、李博士維峰（臺灣科技大學）：		
1. 現階段整合之系統屬性與應用層級各不相同，相關整合工作宜小心規劃。	1. 感謝委員建議，本系統目前已經依照各層級擁有相關權責制訂系統使用權限及內容，未來會加強這方面之規劃。	同意
2. 參考文獻與研究內容原創性宜再斟酌。	2. 感謝委員建議，針對委員意見加強改進。	同意
3. 建議於第三、第四年度加入未來系統操作維護建議流程與規劃。	3. 目前本系統已有線上說使用手冊，使用者可於使用系統功能時查詢線上說明，皆有相細說明以利用使用者操作。系統維護流程與規劃將於第四年系統建置完成時提出。	同意
4. 系統開發過程宜對未來使用量與容量進行適切之規劃與預測。	4. 感謝委員意見，後續會針對委員意見加強改進。	同意
	5. 感謝委員意見，後續會針對	

5. 與各支援或擷取系統間功能宜釐清。	委員意見加強改進。	同意
四、蕭工務員牟淵（公路總局養路組救災指揮中心）： 1. 本系統與本局防救災管理系統為兩項不同對象之軟體，本局防救災管理系統對象為中央、交通部、用路人及媒體，該系統僅針對本局工務段→工程處→局本部。未來是否考量模組功能化建置，可互相提供資料連結或整合應用。 2. 本系統警戒值定義應考量各測站涵蓋率、易坍方路段及老舊橋樑並加上危險註記，以利系統列為優先通報順序。 3. 操作 PDA 版本是否能夠自動更新，及作業版本適用性，未來新傳輸即時影像模式是否適用。。 4. 交通部資源庫似乎未使用，後續更新及是否有更新之系統應請查明。未來資源派遣是否有 GIS 可參考。	1. 本系統目前皆採用模組功能化發展，未來如有必要皆可以與其他系統進行整合。 2. 感謝委員意見，未來警戒值之所需考量因子會加入委員意見重新衡量。 3. 目前 PDA 版會依照使用者所反映意見進行更新，其更新版本皆會放於網站供使用者更新。經本團隊測試只需為 Pocket PC 2003 以上版皆能適用。目前版本以提供現場相片回傳功能可參考附錄四。 感謝委員意見，後續計畫執行上會加強資源庫之相關內容調查，第三年進度中規劃將資源派遣分析成果利用 GIS 展示。	同意 同意 同意 同意

(五)林副研究員雅雯 (港研中心)：		
1. 期末報告 P.3-5 圖 3-2 流程圖內「災前潛勢分析」、「建議維護補強優先順序」、「災害狀況排序」，請研究單位於報告中撰寫分析及排序之方法。	1. 目前地震潛勢分析乃利用 TELES 分析失敗通行機率來評判，其機率高低來判斷巡檢之順序。其說明如 P.3-6 所示。另外可參考運輸研究所港灣研究中心研究成果交通工程防災預警系統建立之研究，其中第二章節中有 TELES 詳細分析原理與說明。	同意
2. 公路防救災決策支援系統整合 TBMS、中央氣象局、水利署、水保局、顧問公司橋梁監測系統、TELES、公路總局道路通阻查詢、阿里山五彎仔全光纖、GPS 研究等，這些資料對於 P.3-5 圖 3-2 系統要做的公路防救災決策「維修補強順序建議」、「現場勘驗優先順序」、「建議處置措施」、「替代路決策與救災資源調派」是否足夠，這些資料在圖 3-2 流程圖中是否可以歸納進去，是否皆屬於公路防救災決策的基礎資料。	2. 這些由資料交換平台所擷取之資訊是作為目前進度中系統決策之用，這些資料數量與正確性已足夠。後續進度中替代路決策與救災資源調派功能將需額外納入救災資源分布等資訊。如圖 3-2 中災時-災害緊急應變階段中之災時研析，由系統所輸入之資訊-災害類別與強度，即是由各單位所擷取之資訊，也可當為決策之基礎資料。	同意
3. 請研究單位加強說明整合這些系統後，可做的防救災決策支援為何？	3. 如圖 3-2 所示，可利用 TELES 於災前事先分析各橋梁之破壞可能，於事前進行維修補強順序決策之輔	同意

	助；於災時，根據資料交換平台所取得各項災害資訊，提供 TELES 分析後，產生現場勘驗之順序之決策，使橋梁管理人員知道優先勘查之順序；於緊急調查完成後，根據所建置之破壞等級與對應緊急措施關係，提供建議之處置措施之決策；後續年度計畫中分別完成，替代道路決策與救災資源調派等決策輔助。	
4.本所內部 96 年有交通設施營運維護管理系統網路版開發計畫、公路基本資料管理系統網路版、公路防救災管理系統、公路養護巡查 PDA 及網路版，研究單位可參考是否納入系統	4. 本研究主要考量防救災決策之需求，因此後續僅將納入與災時防救災業務相關資訊，並不會將所有資訊系統納入。第三年進度中將運用道路通阻資訊，且計畫將公路防救災管理系統部分資源納入，協助後續道路指派功能之撰寫。	同意
5.P.3-5 圖 3-2 提及橋梁日常巡檢表，但在 P.4-12 系統內並沒有包括。	5. 感謝委員意見，此處日常巡檢表為基本資料之建置如 P.3-6 中日常巡檢之說明。因此於圖 4-7 中列出橋梁、邊坡基本資料建置。	同意
6.P.4-28 圖 4-32 邊坡 GIS 資料模組一邊坡災損統計圖看不出統計的圖為何。	6. 此圖為利用搜尋條件顯示路段過去災損金額之總和。為避免誤會，更新此圖名為邊坡 GIS 資料模組一邊坡災損金額圖。	同意

(六)朱科長金元 (港灣技術研究中心) 1.請研究團隊期末報告依照政府出版品格式進行修正,於12月10以前完成。	1. 感謝委員意見,未來會針對委員意見加強改進。	同意
--	---------------------------------	-----------

附 錄 三

坡地道路防災系統整合會議

會議記錄

●會議日期：97.09.03

●會議時間：14:30~18:00

●會議地點：台灣科技大學 E2-221 會議室

會議記錄：

港研主任：會議開始，首先向各位報告，今年防救災計畫經費被大幅刪減，雖然會對我們研究造成些許影響，但是如果我們能夠加強橫向的整合，將能夠大幅提升我們公路防救災之研究成果，故期望各研究團隊能夠在此會議中能夠加強溝通與協調，以提昇研究之品質。首先由鄭老師進行簡報。

台科大鄭老師研究團隊：本次簡報主要介紹團隊已發展多種智慧型代理人，可以將各種網頁、資料庫等防救災資料納入本團隊所開發資訊交換平台。未來各團隊可以經由資訊交換平台擷取所需資料，以利防災之研究；各團隊則可以將分析成果回傳到資訊交換平台，供決策者參考。

交大研究團隊：請問鄭老師如何能將資料傳到資訊交換平台？

台科大鄭老師研究團隊：本團隊已經開發多種智慧型代理人，只要交大團隊將監測成果公佈於網路上，本團隊即可將監測成果納入資訊交換平台裡面的資料庫。

港研主任：故期望資訊交換平台能夠盡快能夠移轉到中心，能夠加速各種防災資訊之交換。明年公路總局有編列預算要與中心合作將此系統進行測試及教育訓練，未來各團隊先鎖定某一路段，未來可以藉此路段經驗，將本系統成果推行到全台灣，接下來由台科大廖老師團隊報告。

台科大廖老師研究團隊：本團隊針對道路邊坡防治技術進行整合研究，現階段團隊針對降雨量對邊坡之影響，另對於邊坡各種監測儀器研究以提升邊坡預警效果，並加入道路工程生命週期之評估加強公路之養護作業。未來期望中心能夠補助陣列位移計及電磁通環加強本研究之成果。

港研主任：交大團隊之光纖光柵監測方面也有陣列位移計相似之效果，台科大研究團隊是否考量將其成果納入計畫中？

台科大廖老師研究團隊：目前陣列位移計技術成果為商業化產品，可以提供穩定

的數據，當然交大團隊光纖光柵成果是有目共睹，但仍在實驗階段，於現地試驗能在進行，未來這方面本團隊再行斟酌。

逢甲大學研究團隊：本團隊在 GPS 靜態測量其成果豐碩，從去年監測成果十月颱風柯羅莎帶來大量降雨，其滑動量最大，之後會隨著無颱風入侵其滑動量較為趨緩。未來本團隊將監測天線會遷移至新的第四灣地區，進行長期監測了解大區域變位狀況。

港研主任：逢甲團隊這方面做了相當多努力，未來期望將成果能夠利用圖表展示，讓公路單位能夠快速清楚掌握到某部份公路因滑動量大有破壞之虞，期能加強本計劃之預警效果。

交大研究團隊：本團隊目前利用光纖光柵之技術應用量測滑動量及地下水位皆有一定成果，目前能夠利用 3.5G 每一小時回傳一筆數，並且已經能夠在網路查詢監測結果，另外本團隊也針對所收集到地下水位的資料，進行該區域進行數值模擬，未來可以依照地水位模擬結果進行預警。

港研主任：交大研究團隊，其創新內容可以申請專利，未來或許能提供民間廠商大量生產。

成大研究團隊：本團隊目前針對土石流對橋樑破壞之影響進行模擬，目前利用 FLO 2D Model 進行數值模擬，已能夠將土石流運行之流速及土石流堆積量，並可依照成果對橋墩之設計進行檢討。

港研主任：我期許成大研究團隊將重點放置在土石流對橋樑之影響研究。土石流通過橋樑，可能因通水面積不足造成土石流水位上升，而影響橋樑之安全，如成大研究團隊能夠對於這方面進行模擬，則能如同地震中心當地震發生時，能發佈橋樑失敗通行機率之評估，成大研究團隊也能依照此方法，發出預警通報。

蘇先生建議：本計劃擁有相當多不同資料對於公路災害進行預警，是否可以要求各種防災相關資料分類，並附上資料來源，以確認資料之可靠度。

港研主任：會議結束。

●會議相片：



附 錄 四

成果發表會簡報資料

公路防救災決策支援系統建立之研究 成果發表會



委託單位：交通部運輸研究所

執行單位：台灣科技大學生態與防災工程研究中心

簡報者：鄭明淵 主任

中華民國九十七年十月十四日



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

1

PDA安裝下載網址

- <http://140.118.205.45/pda/>



無線AP

ntust 無須密碼

ZyXEL jetwell123456

0.PDA主程式安裝檔(zip版本)

或1.PDA主程式安裝檔(rar版本)

2.三個系統環境檔，皆下載



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

2

簡報流程

壹 計畫背景

貳 系統架構

參 目前完成項目與後續內容

肆 結論與建議



壹

計畫背景

- 臺灣地區天然災害發生次數頻繁
(如：地震、颱風、土石流...)
- 對交通設施造成重大破壞，如橋梁、邊坡。

問題

國內資訊系統多無法相互聯繫，造成資料重覆建置無法分享共用之問題，使得在防災作為無法有效掌握整體災情及規劃救災資源

目的

於資料交換平台架構下，整合目前現行使用的公路設施管理、防災系統。



壹

計畫背景

系統適用範圍

對象：橋梁、邊坡

災害：地震、土石流、豪雨、洪水

系統特色

自動通報即時災情

現場調查表單的紀錄與回傳功能

提供不同破壞等級下的緊急應變措施建議

貳

系統架構圖

最新災害訊息

中央氣象局
(地震雨量資訊)

水利署
(水位監測, 重新授權中)

水保局
(土石流潛勢)

儀器監測值
(台十八線五彎仔
邊坡監測儀器)

TBMS
橋梁管理系統
(橋梁基本資料)

TELES
(地震潛勢分析)

資料交換平台

公路防救災決策支援系統

橋梁
功能
模組

基本資料
檢測表單

橋梁
資料庫
橋梁工程防
災預警系統

邊坡
功能
模組

基本資料
檢測表單
監測儀器

邊坡
資料庫
道路邊坡維
護管理系統

道路
功能
模組

基本資料
替代道路規劃
救災資源調派

資料庫
其他公路管理
系統

使用者介面

通報機制

操作

通知



使用者

貳

系統架構-功能項目

目前完成功能(1/3)

一

災害緊急應變流程與通報機制

現有問題

系統功能與特色

需要額外人力維護？



不需額外人力

災情需定時關注，容易疏忽



自動化通報機制

橋梁檢測資料紀錄,傳輸不便



橋梁資料收集

邊坡檢測資料紀錄,傳輸不便



邊坡資料收集

現場缺乏專業的判斷與建議



系統決策輔助



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

7

貳

系統架構-功能項目

目前完成功能(2/3)

二

資料交換平台

現有問題

系統功能與特色

不同災害類型要到不同網站查看，費力且不即時。



災害資訊整合(地震、土石流、豪雨、洪水)

現地監測儀器資訊無法即時查看。



五彎仔現地監測儀器資訊整合，線上發佈



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

8

貳

系統架構-功能項目

目前完成功能(3/3)

三

公路防救災決策支援系統PDA版

現有問題

系統功能與特色

災害發生時，未注意到災情訊息。



即時災害簡訊發送

紙本調查表單保存不易，無法即時回報上級。



表單填寫與上傳



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

9

貳

系統架構-功能項目

後續發展功能

四

救災路網替代道路規劃(本計畫98年完成)

現有問題

系統功能與特色

無法掌握區域內之道路狀況，固定的替代道路無法應付突發狀況



根據道路中斷與暢通狀況，進行替代道路規劃。

五

救災資源指派決策支援規劃(本計畫99年完成)

現有問題

系統功能與特色

區域內的救災資源無法確實分派到各災害地點，資源分配不均。



根據資源資料庫與路網狀況，進行救災調派。



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

10

後續發展功能

六

其他公路設施之資料庫及功能模組擴充

現有問題

系統功能與特色

過多的資料來源與資料庫系統，
操作介面繁雜，應用困難度高。



應用資料交換平台，整合
各項資源。

七

洪水對橋梁之影響與警戒(港灣技術研究中心98年完成)

現有問題

系統功能與特色

現有研究缺乏上游豪雨對下游橋
梁影響與預警。



根據分析模式，於上游雨
量過大時，對下游橋梁提
出預警。



一

災害緊急應變流程與通報機制

1. 災害緊急應變流程

根據**災害防救法**與**陸上交通事故災害防救業務計畫**，建立合適之系統**災害緊急應變流程**。

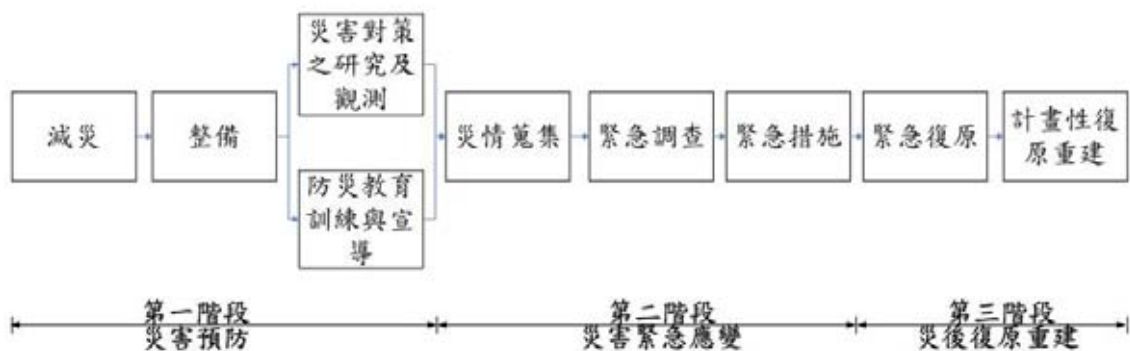
2. 災害通報機制

根據現有管理單位**通報層級架構**，建置**橋梁與邊坡災害通報機制**。



1. 災害緊急應變流程

「災害防救基本計畫」中災害應變流程圖

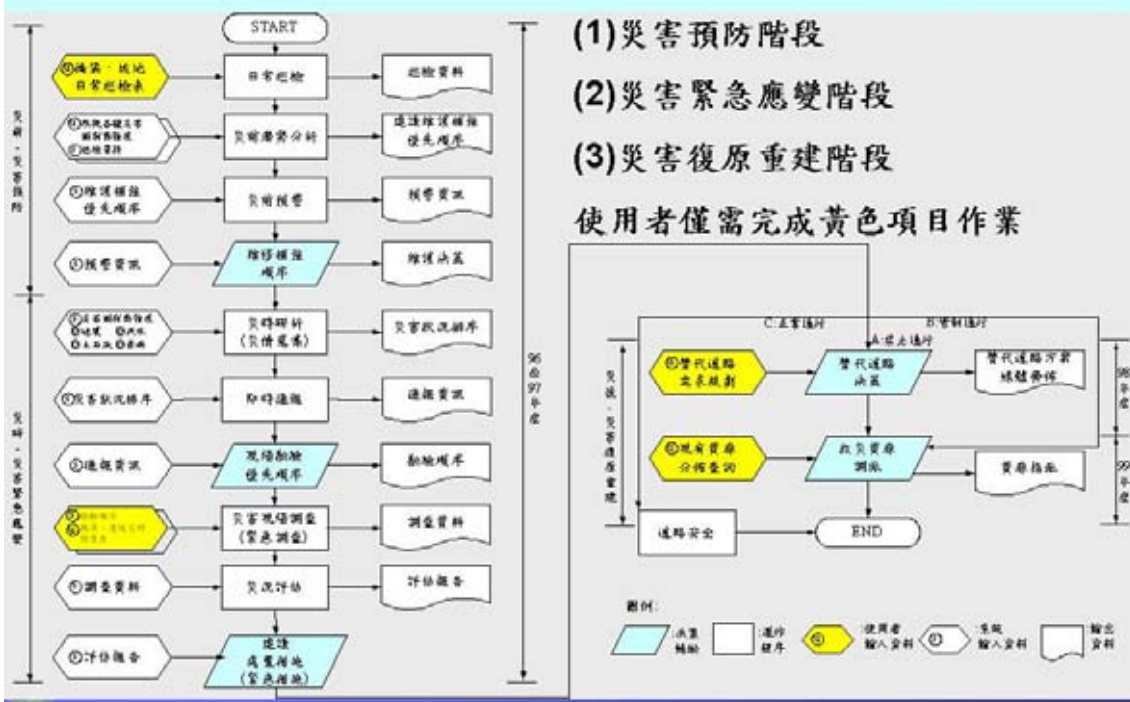


1. 災害緊急應變流程

災害緊急應變流程圖包含：

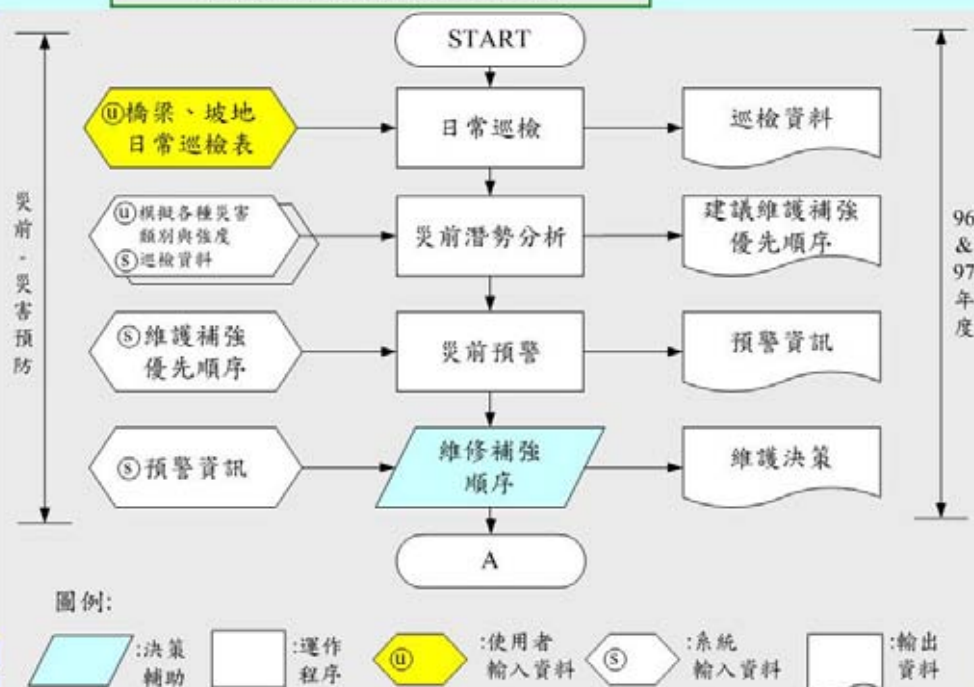
- (1) 災害預防階段
- (2) 災害緊急應變階段
- (3) 災害復原重建階段

使用者僅需完成黃色項目作業



1. 災害緊急應變流程

(1) 災害預防階段(1/3):



1. 災害緊急應變流程

(1) 災害預防階段(2/3):

日常巡檢

輸入：①巡檢人員於日常巡檢時攜帶PDA至現場填寫橋梁、坡地日常巡檢表。

輸出：將巡檢資料儲存至系統資料庫。

災前潛勢分析

輸入：②系統自動連結匯入前一步驟之巡檢資料，進行災前潛勢分析。

③使用者輸入欲模擬之災害類別與強度，如地震強度、位置等資訊。

輸出：潛勢分析模式根據不同災害類別與強度產生維護補強優先順序

1. 災害緊急應變流程

(1) 災害預防階段(3/3):

災前預警（減災）

輸入：⑤ 系統匯入前一步驟中之維護補強優先順序，搜尋資料庫中對應之管理人員名單。

輸出：對管理單位與人員發出預警警訊。

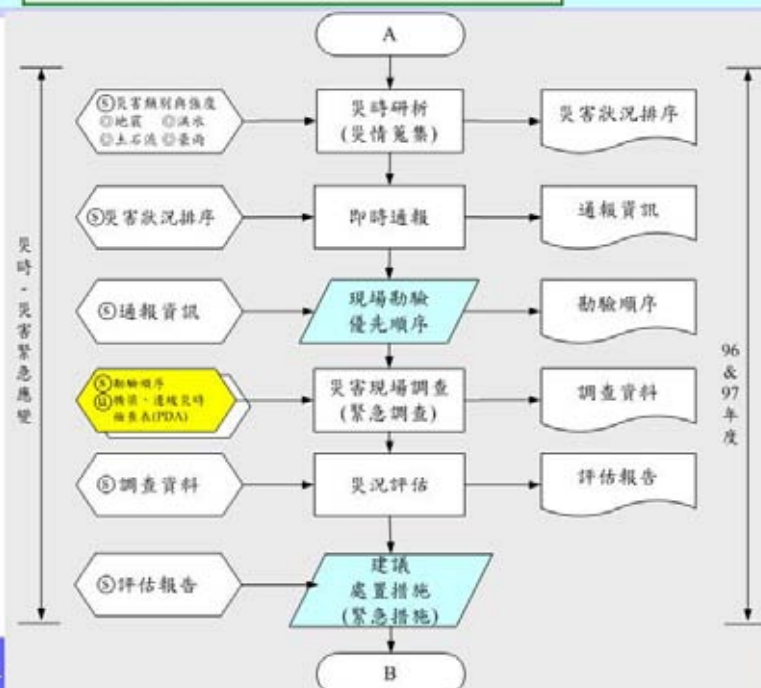
維修補強順序（整備）

輸入：⑤ 自動通報系統對橋梁與邊坡之管理單位發出預警警訊。

輸出：輸出內容包括維護補強順序之維護決策。

1. 災害緊急應變流程

(2) 災害緊急應變階段(1/4):



1. 災害緊急應變流程

(2) 災害緊急應變階段(2/4):

災時研析 (災情蒐集)

輸入：⑤ 實際災害發生時，系統經由資料交換平台自動擷取災害類型與強度。

輸出：根據實際災害強度與地點等資訊，運用災害潛勢分析模式，提出災害狀況可能排序。

即時通報

輸入：⑤ 系統中自動通報機制將根據前一步驟所產生之災害狀況排序，發出簡訊給管理者。

輸出：通報資訊內容包括可能發生破壞之機率。

1. 災害緊急應變流程

(2) 災害緊急應變階段(3/4):

現場勘驗順序

輸入：⑤ 系統匯整各轄區內之通報資訊，產生一現場勘驗順序，以橋梁為例，其依據為橋梁破壞機率。

輸出：簡訊內容包括勘驗順序與破壞機率。

災害現場調查(緊急調查)

輸入：⑤ 巡檢人員根據前一步驟所發出之勘驗順序訊息，分別至現場進行勘查。

⑥ 巡檢人員至現場使用PDA手機登入系統，填寫橋梁、邊坡等災時檢查表。

1. 災害緊急應變流程

(2) 災害緊急應變階段(4/4):

災況評估

輸入：(S) 系統匯整各轄區之調查資料。

輸出：自動產生評估報告。

建議處置措施（緊急措施）

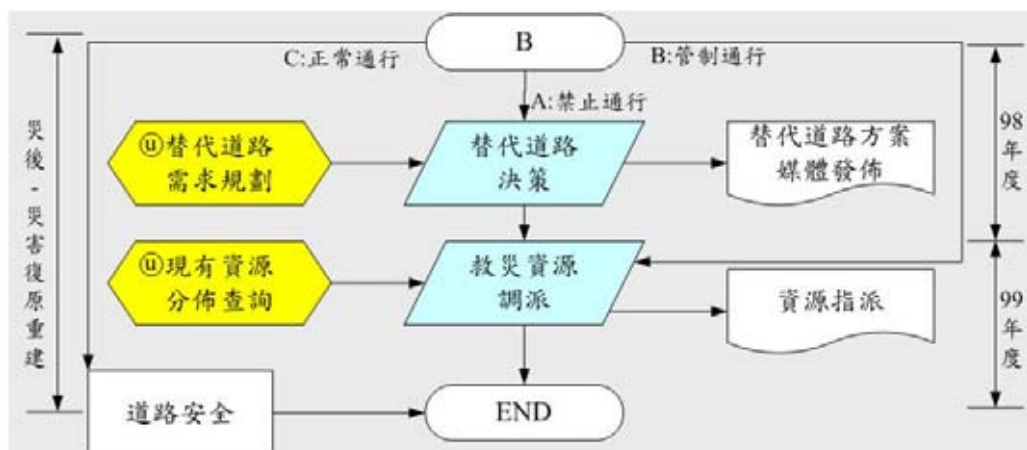
輸入：(S) 系統匯整各轄區之評估報告，傳送給主管人員。

輸出：不同等級處置措施等級。



1. 災害緊急應變流程

(3) 災害復原重建階段(1/2):



1. 災害緊急應變流程

(3) 災害復原重建階段(2/2):

替代道路決策

輸入：① 管理者輸入替代道路規劃之需求。

輸出：系統將根據路網與各地災情提出替代道路方案。

救災資源調派（緊急復原）

輸入：② 系統匯入現有救災資源分佈資料庫，其內容包括
機具種類與位置

輸出：系統將以最佳化方式進行資源指派。



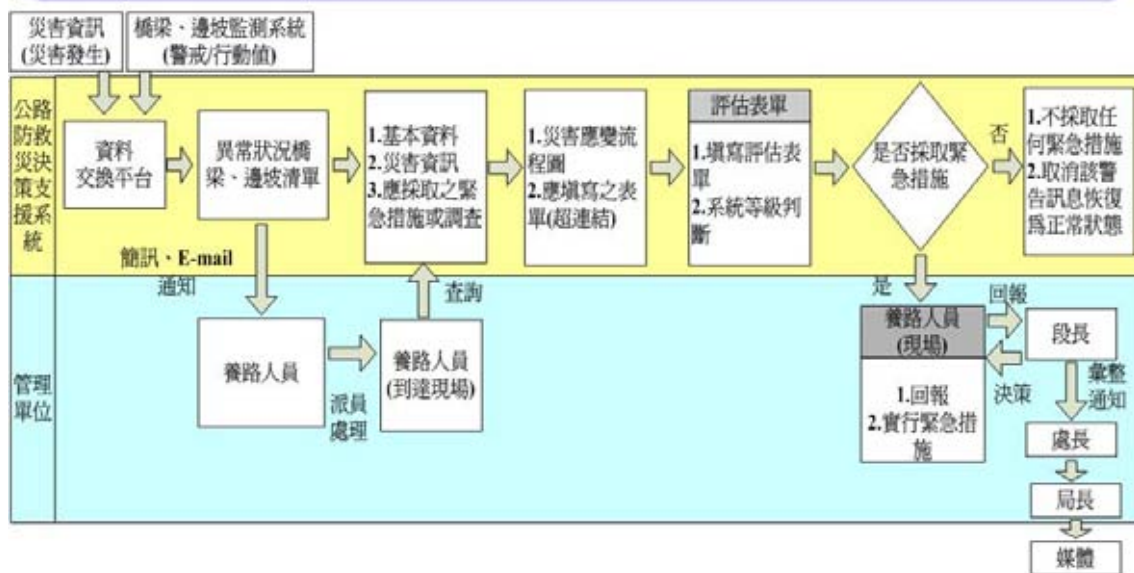
2. 災害通報機制

公路防救災決策支援系統之特性包括**即時資料擷取與破壞潛勢之分析**，其分析結果與災害資訊將**藉由自動通報機制通知管理人員**。

確立橋梁與邊坡災害通報機制，災害發生時可依據此通報機制進行災情之通報。



2. 災害通報機制



二 資料交換平台

1. 資料交換平台架構與運作機制

運用軟體代理人所提供之**標籤註記功能**，配合資料擷取等代理人，進行邊坡現況監測資料擷取。

將對『**全光纖式邊坡穩定監測系統整合與現地應用測試**』、『**全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用**』監測結果，進行資料交換與功能擴建。



1. 資料交換平台架構與運作機制

資料交換平台包含6軟體代理人

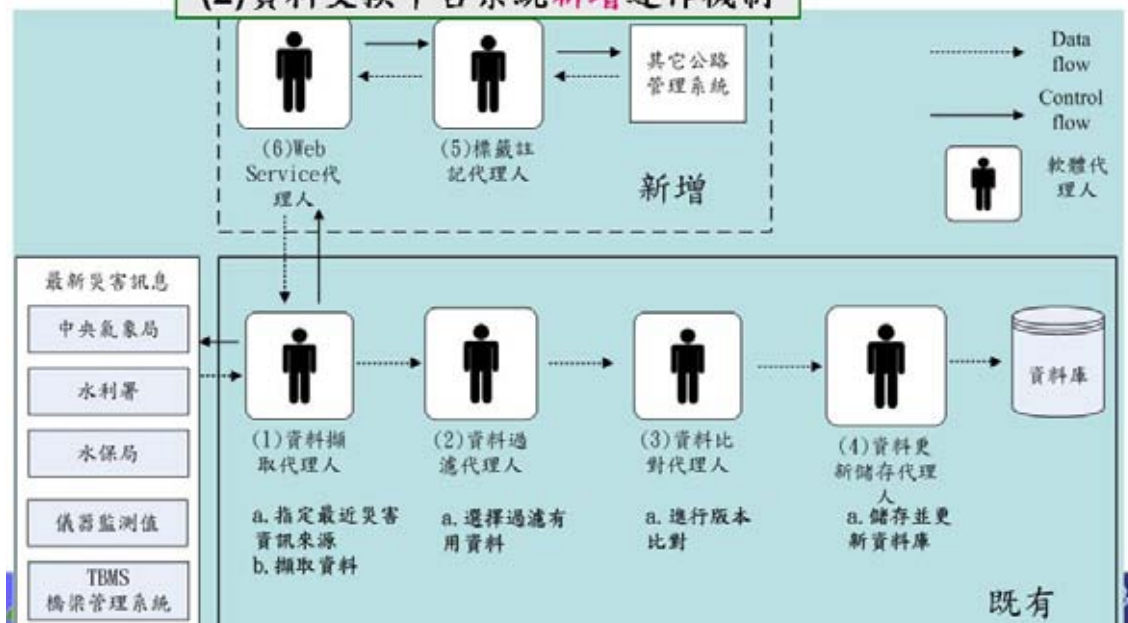
- (1) 資料擷取代理人
- (2) 資料過濾代理人
- (3) 資料比對代理人
- (4) 資料更新儲存代理人
- (5) 標籤註記代理人
- (6) Web Service代理人



1. 資料交換平台架構與運作機制

(1) 資料交換平台系統既有運作機制

(2) 資料交換平台系統新增運作機制



1. 資料交換平台架構與運作機制

(3)目前由資料交換平台取得資料

災害與監測資料類型包括

(1)地震資訊(各地震度)

(2)豪雨通報(雨量站資訊)

(3)土石流通報(紅黃色潛勢區)

(4)水位站(橋梁水位警戒)(授權中)

(5)邊坡現地監測資料(台十八線五彎仔)



三

公路防救災決策支援系統PDA版建構

1. 公路防救災決策支援系統PDA單機版

PDA單機版可有效**提升**工程人員**現場堪災之便利性**，網路中斷時在現場仍可立即針對災情進行研判並馬上記錄。

2. 公路防救災決策支援系統PDA網路版

若災害發生時，通訊網路仍暢通，現場工程師可用**3G傳訊**之方式，運用網路版將調查資料**即時上傳**，完成災害資訊之**即時整合**。



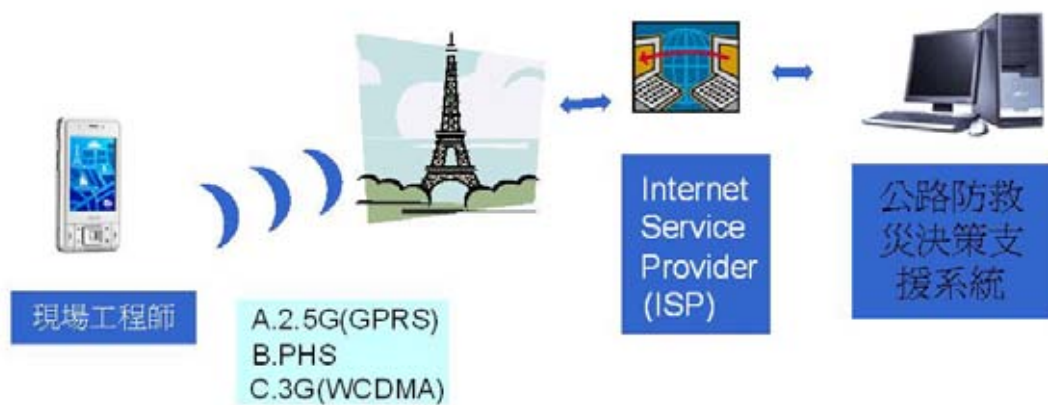
1. 公路防救災決策支援系統PDA單機版

(1) PDA單機版使用狀況



2. 公路防救災決策支援系統PDA網路版

(1) PDA網路版使用狀況



2. 公路防救災決策支援系統PDA網路版

(2)系統操作畫面



伍

結論與建議

結論 1

本研究整合橋梁及坡地災害管理、預警系統於統一架構下，並考量現場使用便利性建置公路防救災決策支援系統PDA單機版與網路版。

結論 2

根據所確立之災害應變流程並整合通報機制，使橋梁與邊坡災害通報可經由手機簡訊進行傳遞。

建議
1

公路總局提供更詳實的現地資料，可確實反應現地的狀況，更可提升系統之效率與準確性。

建議
2

橋樑地震潛勢分析

98年：完成公路總局省道與第二區、第五區縣道部分。

99年：一、三、四區縣道部分。



簡報完畢

敬請指教



邊坡災害應變-系統使用流程



委託單位：交通部運輸研究所

執行單位：台灣科技大學生態與防災工程研究中心

簡報者：鄭明淵 主任

中華民國九十七年十月十四日

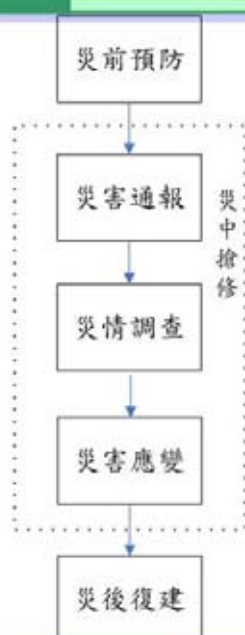


台灣科技大學生態與防災工程研究中心

1

壹

邊坡功能模組



邊坡資料維護功能，主要分為三階段：

1: 災前預防階段

2: 災中搶修階段

3: 災後復建階段



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

2

PDA安裝步驟



步驟一、安裝系統環境檔

2-netcf.all.wce4.armv4.cab

2-sql.wce4.armv4.CAB

2-sqlce.wce4.armv4.CAB

步驟二、解壓縮主程式檔

0-pda(zip).zip or 1-pda(rar).rar

步驟三、重新開機

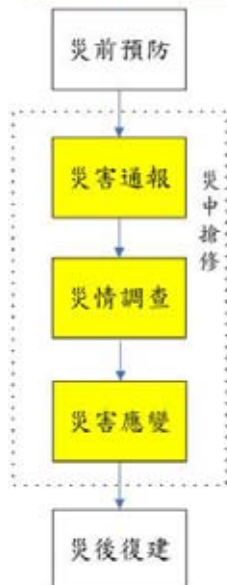
壹

災前預防階段功能模組



壹

災中搶修階段功能模組



簡易目視檢查表(參考手冊P.37)



壹

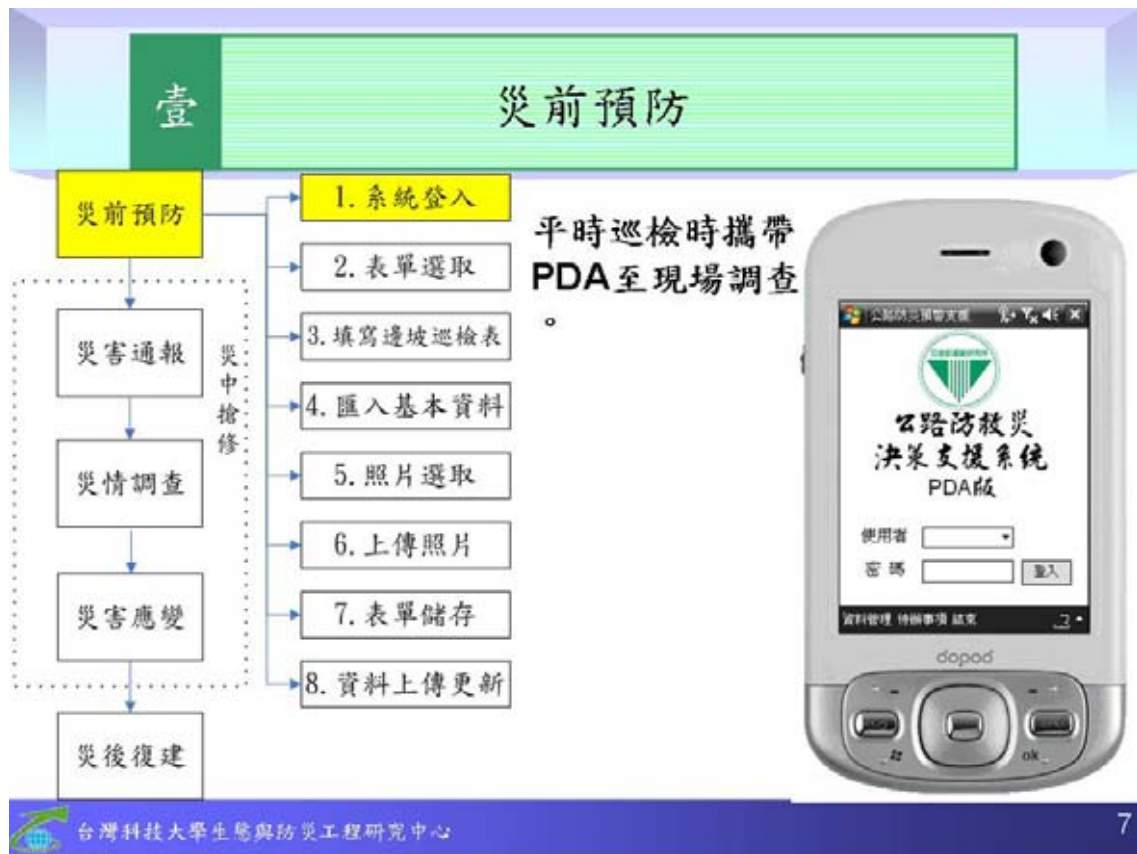
災後復建階段功能模組



邊坡整治工法管理(參考手冊P.45)

邊坡災損資料管理(參考手冊P.50)

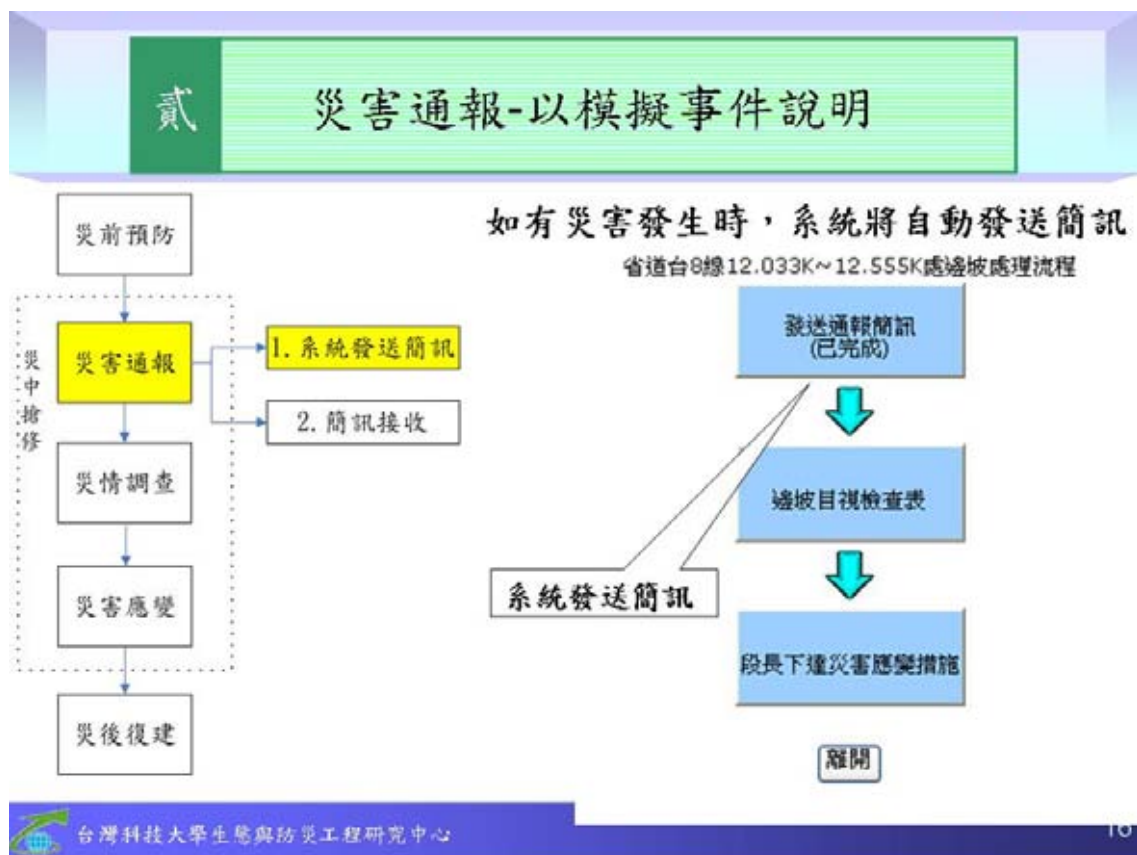












貳

災害通報



參

災情調查



災情調查



災情調查



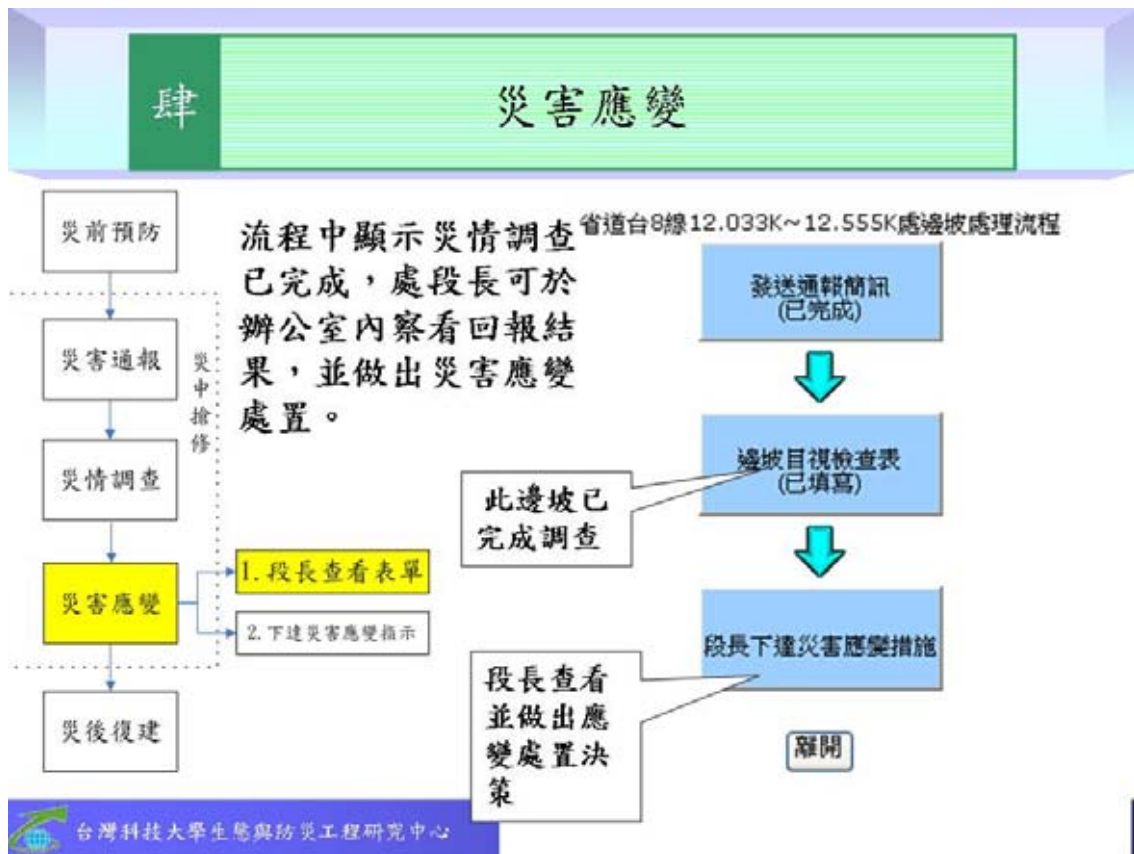
參 災情調查

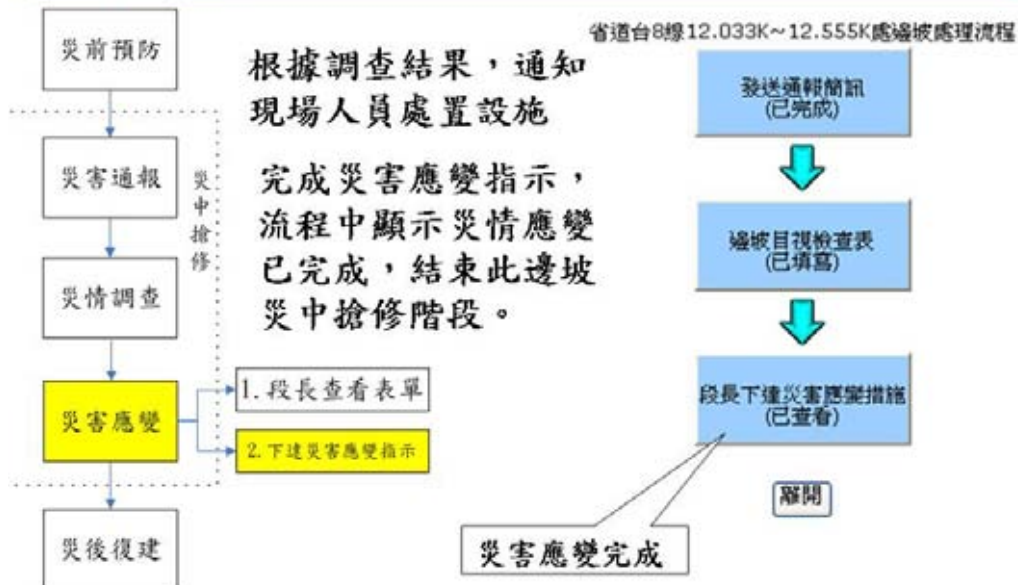


參 災情調查









附錄五

測試前系統使用說明會議意見

測試前系統使用說明會議重要意見

2008/10/07

與會人員意見	意見回覆
1. 公路防救災決策支援系統 PDA 版是否在更新部分能夠加入自動上傳更新功能。當巡檢表單填寫完成，但遇到該地區網路通訊中斷，該系統是否能夠在有網路區域自動將巡檢表單上傳更新。	1. 感謝建議，已經在公路防救災決策支援系統 PDA 版上完成此功能，自動上傳機制可長駐於系統後端，當使用者回到通訊暢通處，該程式會自動上傳表單。並於上傳完成後提示巡檢人員已完成上傳更新，使用者不需隨時緊盯螢幕確認是否完成上傳。
2. 教育訓練時，請先確立系統使用範圍及欲解決公路巡檢人員所面對問題，得以讓使用人員能夠快速瞭解系統研發之目的。	2. 感謝建議，未來簡報會依照建議內容加以修正。
3. 系統示範操作時，請先讓巡檢人員瞭解在災害通報機制所扮演角色，哪些為巡檢人員該完成，哪些為系統會自動完成的，並分析使用本系統後可以記錄上傳時間已釐清職責所在，避免后豐大橋事件巡檢人員有可能遭受懲處之疑慮，如此可以增加巡檢人員對系統之接受度。	3. 感謝建議，本系統主要目的是幫助公路管理單位進行災害管理，前提是方便公路巡檢人員應用，而非造成他們的困擾。故未來在簡報上會對巡檢與相關人員所扮演角色加強說明，讓使用者清楚瞭解系統所帶來之便利及保障。

附 錄 六

成果說明與應用訓練記錄

成果發表會議流程及參與人員如表 1 及圖 1、2 及 3 所示，本會議共分三階段進行，第一階段說明公路防救災決策支援系統運作機制及災前預防、災中搶修及災後復建各階段防救災規劃流程之解說；第二階段展示本系統功能解說及操作流程，目前系統提供兩種使用者介面，分別為網頁版及 PDA 版，依序進行兩種版本的實際操作，讓巡檢人員可以清楚瞭解系統操作流程，並且能夠掌握各階段災害所需完成相關事項；第三階段開放與會人員進行測試，與會人員可以利用所攜帶之筆記型電腦，在現場直接連上網路登入本系統網頁版進行實際操作，另外，與會人員也可以使用所攜帶之 PDA 手機，下載本團隊放置於網站的 PDA 版主程式後，直接安裝於 PDA 手機進行實際操作，當遇到任何問題會由本團隊系統開發人員會協助解決系統的相關問題。在會議中，與會人員提出相關問題及意見，提問及回覆情形如表 2 所列。

表 1 公路防救災支援決策系統成果說明與應用訓練流程

時 間	內 容	主 講 人
13:30-13:45	報 到	
13:45-13:50	開幕與貴賓致詞	邱 永 芳 主任 交通部運輸研究所港研中心
13:50-14:30	公路防救災決策支援系統建立之研究成果	鄭 明 淵 主任 國立臺灣科技大學生態與防災工程研究中心
14:30-14:45	休 息	
14:45-15:30	公路防救災決策支援系統之操作實作	鄭 明 淵 主任 吳 育 偉 助理 張 于 漢 助理 國立臺灣科技大學生態與防災工程研究中心
15:30-16:00	與會人員提問與實際操作 (為增加操作與學習效率，建議與會人員攜帶可無線上網之筆記型電腦或 PDA)	鄭 明 淵 主任 吳 育 偉 助理 張 于 漢 助理 國立臺灣科技大學生態與防災工程研究中心

公路防救災決策支援系統成果表會簽到簿

序號	機關名稱	姓名	職稱	簽名	備註
1	交通部公路總局	許 潯 文	幫工程司	許潯文	
2	交通部公路總局	劉 絹 絹	工務員	劉絹絹	
3	交通部公路總局	呂 玉 仁	工務員	呂玉仁	
4	交通部公路總局 第一區養護工程處	林 長 憲	工務員	林長憲	
5	交通部公路總局 第二區養護工程處	邱 聰 智	幫工程司		
6	交通部公路總局 第二區養護工程處	廖 景 彬	副工程司	廖景彬	
7	交通部公路總局 第二區養護工程處	劉 衡 毅	副工程司	劉衡毅	
8	交通部公路總局 第二區養護工程處	李 平 霖	幫工程司	李平霖	
9	交通部公路總局 第二區養護工程處	洪 璿 儀	副段長	洪璿儀	
10	交通部公路總局 第二區養護工程處	陳 毅 銘	工務員	陳毅銘	
11	交通部公路總局 第三區養護工程處	洪 乾 元	幫工程司兼 主任	洪乾元	
12	交通部公路總局 第三區養護工程處	孔 仁 益	事務士	孔仁益	
13	交通部公路總局 第四區養護工程處	詹 晨 耀	幫工程司	詹晨耀	
14	交通部公路總局 第四區養護工程處	陳 麗 華	幫工程司	陳麗華	

圖 1 成果說明與應用訓練參與人員

序號	機關名稱	姓名	職稱	簽名	備註
15	交通部公路總局 第五區養護工程處	陳 鋒 謙	工務員	陳鋒謙	
16	交通部公路總局 第五區養護工程處	李 嘉 欣	工務士	李嘉欣	
17	交通部公路總局 第五區養護工程處	蔡 宗 霖	工務員	蔡宗霖	
18	交通部公路總局 第五區養護工程處	周 日 榮	助理工務員	周日榮	
19	交通部公路總局 第五區養護工程處	陳 麗 妃	約僱工務員	陳麗妃	
20	交通部公路總局 第五區養護工程處	吳 俊 德	約僱工務員	吳俊德	
21	交通部公路總局 第五區養護工程處	曾 維 青	約僱工務員	曾維青	
22	交通部公路總局 第五區養護工程處	姚 盛 文	約僱工務員	姚盛文	
23	交通部公路總局 第五區養護工程處	陳 志 祿	約僱助研員	陳志祿	
24	交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	朱 金 元	科長	朱金元	
25	交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	饒 正	研究員	饒正	
26	交通部公路總局	蕭 宇 衡	約僱助研員	蕭宇衡	
27	交通部	何 嘔 子	副組長	何嘔子	
28	二工處	王 清 和	副工程師	王清和	

圖 1 成果說明與應用訓練參與人員(續)



會議前，與會人員簽到及講義發放



會議開始，主席致詞



生態中心主任進行系統介紹



與會人員聆聽系統介紹



生態中心助理進行系統操作示範



利用自攜 PDA 手機進行系統操作

圖 2 教育訓練紀實

表 2 與會人員相關意見及本團對回覆及處理

與會人員意見	意見回覆
1. 目前運輸研究所運工組有開發一套災害管理系統，該系統已經上線運作，目前僅能提供災害通報，未來是否會將研發成果納入該系統中？	1. 本系統並不僅僅在災害來臨時提供災害通報，更能夠在災害未發生時主動發出警訊，提供公路巡檢人員及早進行災害檢查，防範災害之發生，未來該使用哪一套系統還需上級長官評判系統的優劣再進行定奪。
2. 簡報中有提到監測儀器管理，是否未來各路段皆需要設置監測儀器？	2. 本系統提供監測儀器管理，目的為整合道路邊坡監測儀器以提升預警準確度，各路段是否皆須設置監測儀器乃考量當地邊坡狀況，其有賴專家之判斷，系統本身並無法評判。
3. 公路防救災決策支援系統 PDA 版是要做什麼？	3. PDA 版目的為加速巡檢速度，在巡檢現場馬上將現況記錄下來，並可以利用 3G 手機透過網路上傳巡檢表單。
4. 在操作 PDA 巡檢表單上傳，並無法成功將圖片及表單上傳至系統？	4. 經查證，目前系統能架於台灣科技大學校內，因校方為避免遭受網路攻擊，故有防火牆攔阻上傳。因過去皆在校內測試系統，故無注意此問題所造成的影響，未來系統將會修正這方面問題，以維持系統正常運作。
5. 系統是否能提供通訊方法及討論區，當有問題時能夠及時反映問題所在？	5. 感謝建議，目前本系統有提供留言板功能，有任何問題皆可以到留言板留言，我們將儘速給予答覆。未來我們將於系統首頁放置相關人員的電話及電子郵件信箱，如有問題可以直接聯繫。

附 錄 七

期 末 簡 報 資 料

公路防救災決策支援系統建立之研究(2/4) 期末簡報



委託單位：交通部運輸研究所

執行單位：台灣科技大學生態與防災工程研究中心

簡報者：鄭明淵 主任

中華民國九十七年十一月十八日



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

1

簡報流程

壹 計畫背景

貳 研究流程

參 執行步驟

肆 目前完成項目及後續工作項目

伍 結論與建議



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

2

壹

計畫背景

- 臺灣地區天然災害發生次數頻繁
(如：地震、颱風、土石流...)
- 對交通設施造成重大破壞，如橋梁、邊坡。

問題

國內資訊系統多無法相互聯繫，造成資料重覆建置無法分享共用之問題，使得在防災作為無法有效掌握整體災情及規劃救災資源

目的

於資料交換平台架構下，整合目前現行使用的公路設施管理、防災系統。



壹

計畫背景

系統適用範圍

對象：橋梁、邊坡

災害：地震、土石流、豪雨、洪水

系統特色

自動通報即時災情

現場調查表單的紀錄與回傳功能

提供不同破壞等級下的緊急應變措施建議



貳 研究流程（第一年度，已完成）



貳 研究流程（本年度，執行完成）



貳

研究流程（後續年度）



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

7

參

執行步驟

第一年工作項目(96年度，已完成)

第一階段 蒐集彙整國內外相關防救災系統之資料

第二階段 分析瞭解國內現有交通相關系統

第三階段 建構資料交換平台

第四階段 規劃建置公路防救災決策支援系統(網路版)



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

8

參

執行步驟

第二年工作項目(本年度，執行完成)

第五階段 建立災害緊急應變流程與通報機制

第六階段 公路防救災決策支援系統PDA版建構

第七階段 系統功能模組建構並制訂其擴充方法

第八階段 選取橋梁及坡地示範區並進行整合測試



參

執行步驟

第三、四年工作項目(98&99年度)

第九階段 其他公路設施之資料庫及功能模組擴充

第十階段 救災路網替代道路規劃

第十一階段 救災資源指派決策支援規劃

第十二階段 系統測試與修正

第十三階段 系統推廣與教育訓練



第二年工作項目(97年度，執行完成)

第五階段 建立災害緊急應變流程與通報機制

1. 建立災害緊急應變流程

根據**災害防救法**與**陸上交通事故災害防救業務計畫**，建立合適之系統**災害緊急應變流程**。

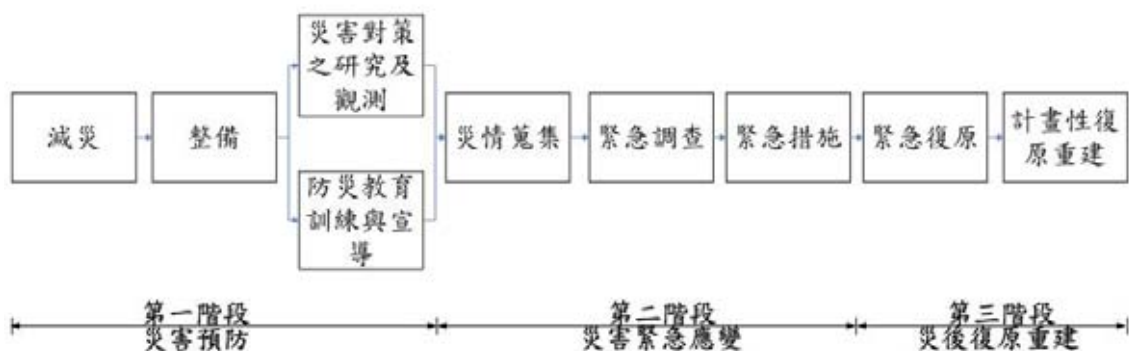
2. 建立災害通報機制

根據現有管理單位**通報層級架構**，建置**橋梁與邊坡災害通報機制**。



1. 建立災害緊急應變流程

「災害防救基本計畫」中災害應變流程圖



1. 建立災害緊急應變流程

(1)災害預防階段(2/3):

日常巡檢

輸入：①巡檢人員於日常巡檢時攜帶PDA至現場填寫橋梁、坡地日常巡檢表。

輸出：將巡檢資料儲存至系統資料庫。

災前潛勢分析

輸入：②系統自動連結匯入前一步驟之巡檢資料，進行災前潛勢分析。

③使用者輸入欲模擬之災害類別與強度，如地震強度、位置等資訊。

輸出：潛勢分析模式根據不同災害類別與強度產生維護補強優先順序



1. 建立災害緊急應變流程

(1)災害預防階段(3/3):

災前預警（減災）

輸入：④系統匯入前一步驟中之維護補強優先順序，搜尋資料庫中對應之管理人員名單。

輸出：對管理單位與人員發出預警警訊。

維修補強順序（整備）

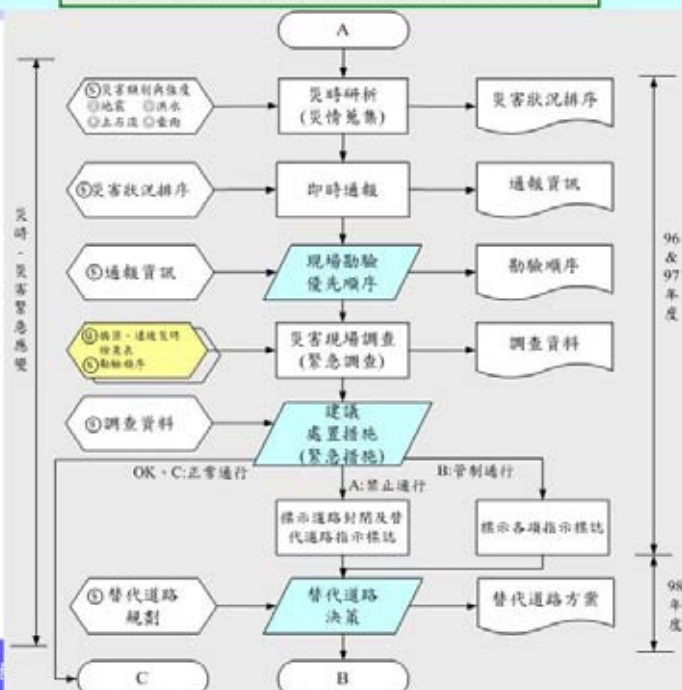
輸入：⑤自動通報系統對橋梁與邊坡之管理單位發出預警警訊。

輸出：輸出內容包括維護補強順序之維護決策。



1. 災害緊急應變流程

(2) 災害緊急應變階段(1/4):



1. 建立災害緊急應變流程

(2) 災害緊急應變階段(2/4):

災時研析（災情蒐集）

輸入：⑤ 實際災害發生時，系統經由資料交換平台自動擷取災害類型與強度。

輸出：根據實際災害強度與地點等資訊，運用災害潛勢分析模式，提出災害狀況可能排序。

即時通報

輸入：⑥ 系統中自動通報機制將根據前一步驟所產生之災害狀況排序，發出簡訊給管理者。

輸出：通報資訊內容包括可能發生破壞之機率。

1. 建立災害緊急應變流程

(2)災害緊急應變階段(3/4):

現場勘驗順序

輸入：⑤ 系統匯整各轄區內之通報資訊，產生一現場勘驗順序，以橋梁為例，其依據為橋梁破壞機率。

輸出：簡訊內容包括勘驗順序與破壞機率。

災害現場調查(緊急調查)

輸入：⑤ 巡檢人員根據前一步驟所發出之勘驗順序訊息，分別至現場進行勘查。

⑥ 巡檢人員至現場使用PDA手機登入系統，填寫橋梁、邊坡等災時檢查表。



1. 建立災害緊急應變流程

(2)災害緊急應變階段(4/4):

災況評估

輸入：⑤ 系統匯整各轄區之調查資料。

輸出：自動產生評估報告。

建議處置措施(緊急措施)

輸入：⑤ 系統匯整各轄區之評估報告，傳送給主管人員。

輸出：不同等級處置措施等級。

替代道路決策

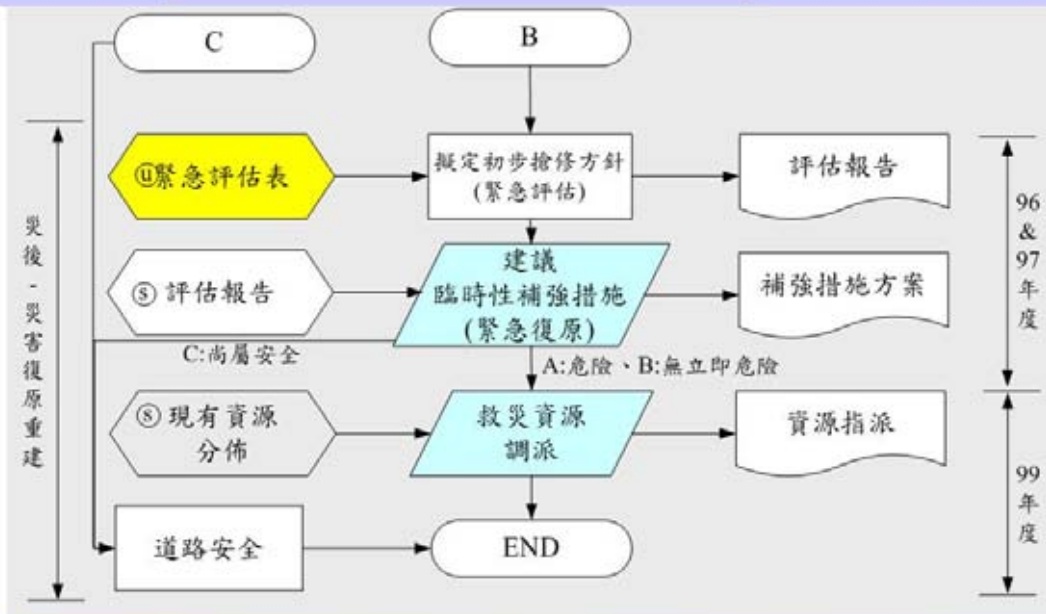
輸入：⑤ 替代道路規劃之需求。

輸出：系統將根據路網與各地災情提出替代道路方案。



1. 災害緊急應變流程

(3) 災害復原重建階段(1/2):



1. 建立災害緊急應變流程

(3) 災害復原重建階段(2/2):

擬訂初步搶修方針(緊急評估)

輸入：①巡檢人員至現場使用PDA手機登入系統，填寫緊急評估表。

輸出：所填寫之評估表單可即時存入系統資料庫中。

建議臨時性補強措施（緊急復原）

輸入：②系統匯入調查表單之等級。

輸出：不同破壞程度所建議採用之補強方案。

救災資源調派（緊急復原）

輸入：③系統匯入現有救災資源分佈資料庫，其內容包括機具種類與位置

輸出：系統將以最佳化方式進行資源指派。

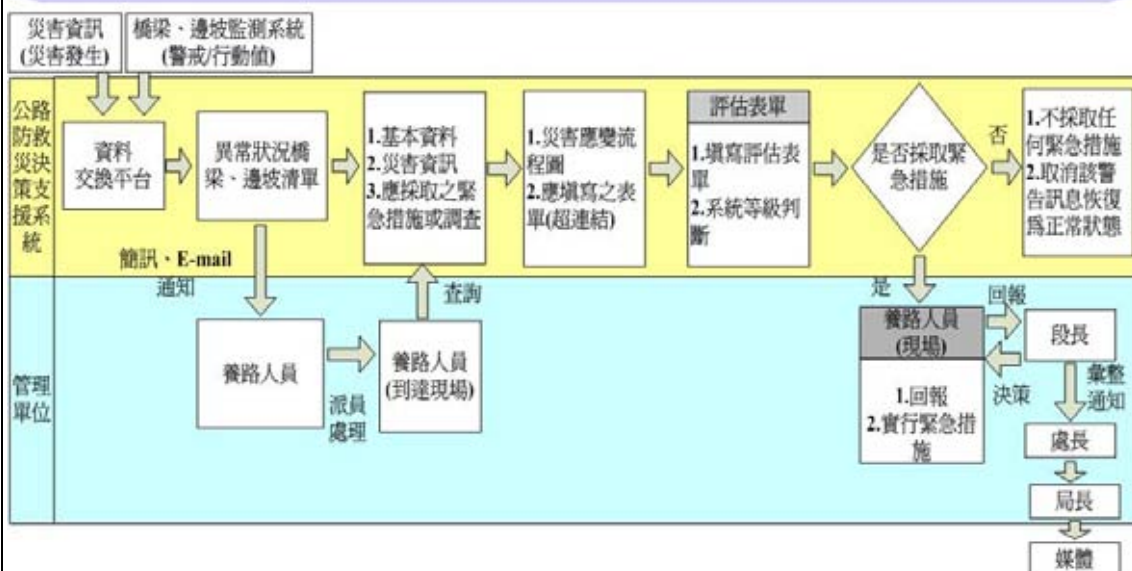
2. 建立災害通報機制

公路防救災決策支援系統之特性包括**即時資料擷取與破壞潛勢之分析**，其分析結果與災害資訊將藉由**自動通報機制通知管理人員**。

確立橋梁與邊坡災害通報機制，災害發生時可依據此通報機制進行災情之通報。



2. 建立災害通報機制



第六階段 公路防救災決策支援系統PDA版建構

1. 公路防救災決策支援系統PDA單機版

PDA單機版可有效**提升**工程人員**現場堪災之便利性**，網路中斷時在現場仍可立即針對災情進行研判並馬上記錄。

2. 公路防救災決策支援系統PDA網路版

若災害發生時，通訊網路仍暢通，現場工程師可用**3G傳訊**之方式，運用網路版將調查資料**即時上傳**，完成災害資訊之**即時整合**。



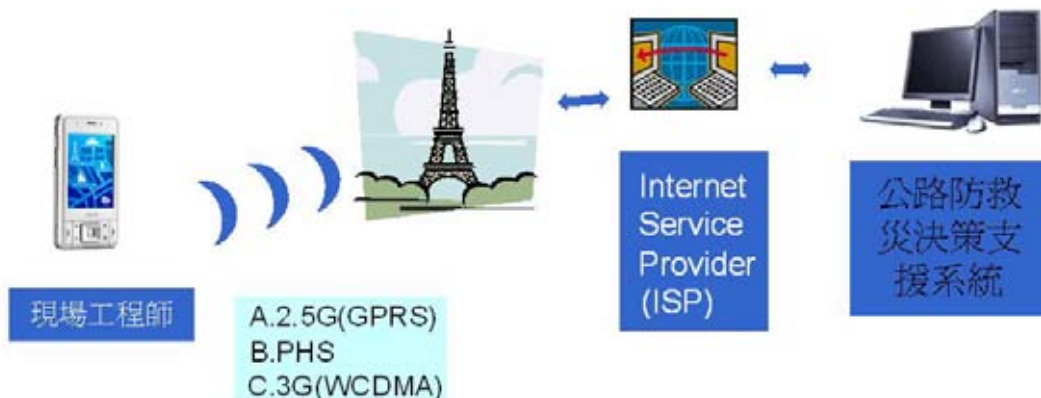
1. 公路防救災決策支援系統PDA單機版

(1) PDA單機版使用狀況



2. 公路防救災決策支援系統PDA網路版

(1) PDA網路版使用狀況

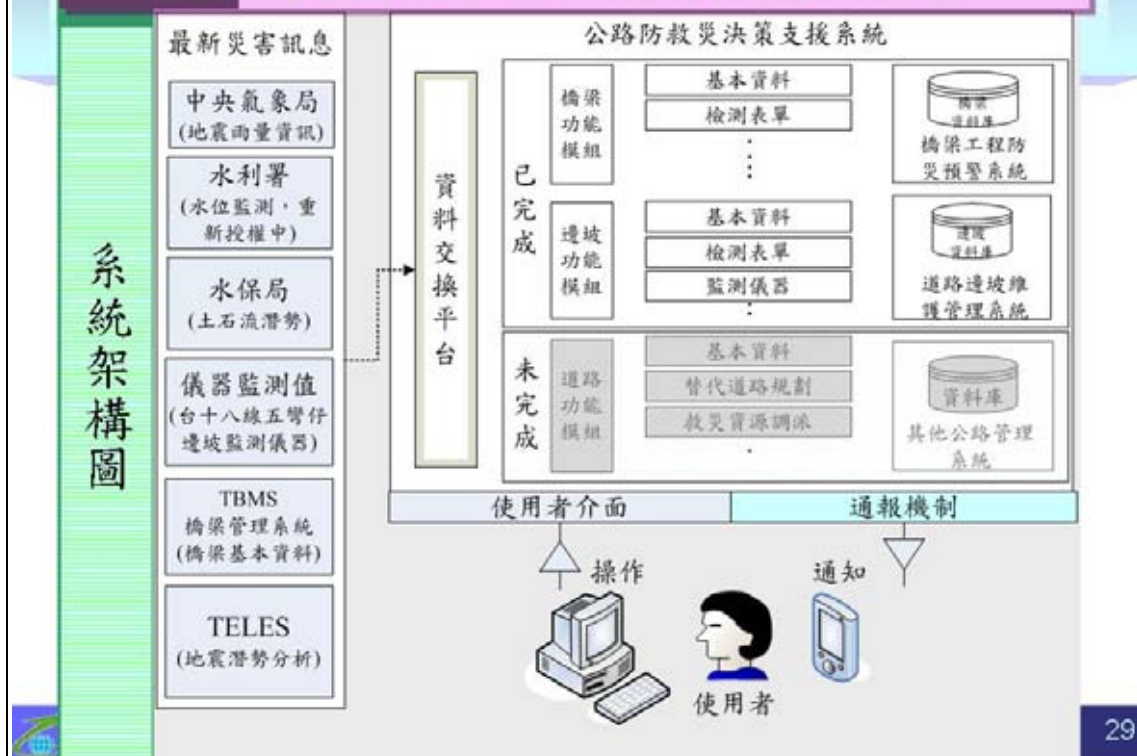


2. 公路防救災決策支援系統PDA網路版

(3) 系統操作畫面示意圖



第七階段 系統功能模組建構並制訂其擴充方法



29

第七階段 系統功能模組建構並制訂其擴充方法

1. 資料交換平台架構與運作機制

運用軟體代理人所提供之**標籤註記功能**，配合資料擷取等代理人，進行災害資訊與監測資料擷取。

2. 資料擷取與擴充運作流程示範

示範加入土石流資訊，作為後續進度中交換邊坡監測資料之參考。水土保持局土石流潛勢區其網路位址為(<http://fema.swcb.gov.tw/>)。

30

1. 資料交換平台架構與運作機制

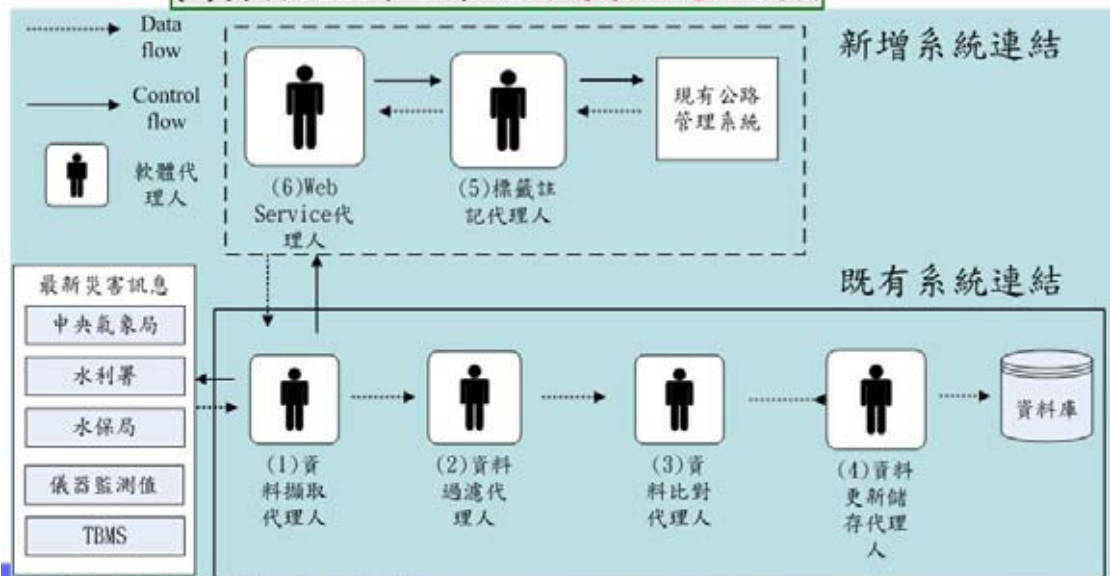
資料交換平台包含6軟體代理人

- (1) 資料擷取代理人
- (2) 資料過濾代理人
- (3) 資料比對代理人
- (4) 資料更新儲存代理人
- (5) 標籤註記代理人
- (6) Web Service代理人

1. 資料交換平台架構與運作機制

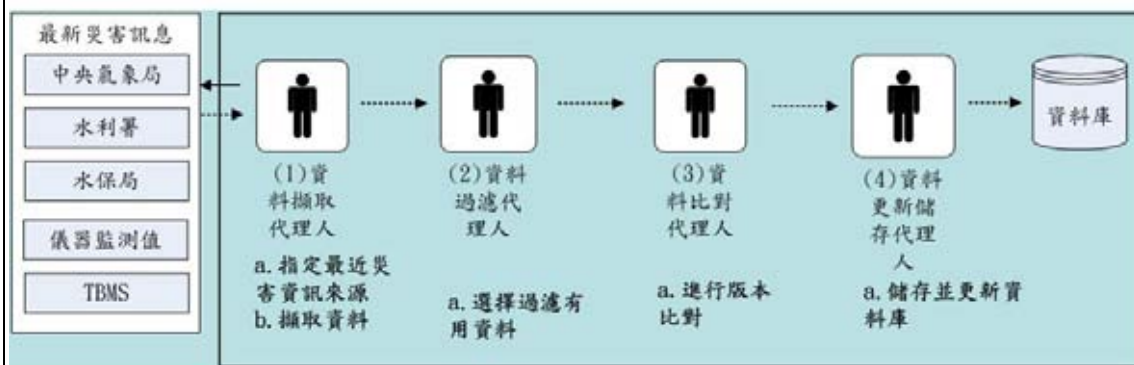
(1) 資料交換平台系統既有系統連結機制

(2) 資料交換平台系統新增系統連結機制



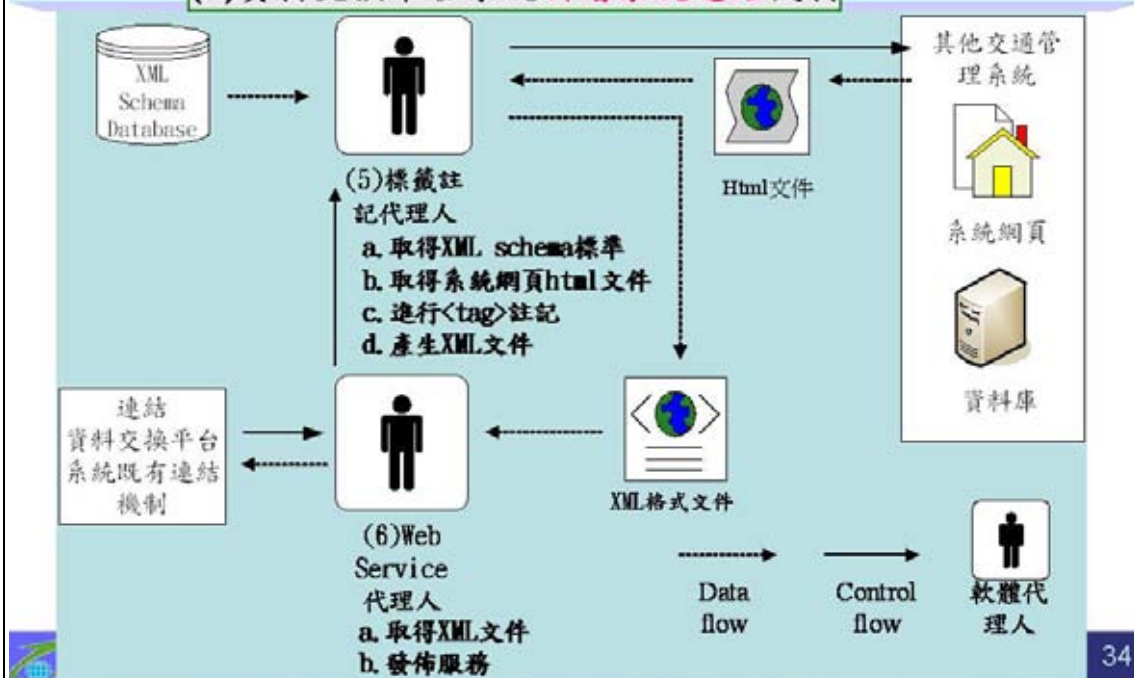
1. 資料交換平台架構與運作機制

(1) 資料交換平台系統既有系統連結機制



1. 資料交換平台架構與運作機制

(2) 資料交換平台系統新增系統連結機制



(2) 資料擷取與擴充運作流程示範



(2) 資料擷取與擴充運作流程示範



(2) 資料擷取與擴充運作流程示範

標籤註記代理人(2/2)

選擇目標網頁

新增

(5) 標籤註記代理人

(6) Webservice 代理人

內部

(1) 資料擷取代理人

(2) 資料過濾代理人

(3) 資料比對代理人

(4) 資料更新儲存代理人

系統資料顯示

37

(2) 資料擷取與擴充運作流程示範

WebService代理人

選擇目標網頁

新增

(5) 標籤註記代理人

(6) Webservice 代理人

內部

(1) 資料擷取代理人

(2) 資料過濾代理人

(3) 資料比對代理人

(4) 資料更新儲存代理人

系統資料顯示

38

(2) 資料擷取與擴充運作流程示範

系統內部運作：擷取、過濾、比對、更新儲存



(2) 資料擷取與擴充運作流程示範

資料顯示



第八階段 選取橋梁及坡地示範區並進行整合測試

本階段之執行步驟如下：

1. 選取橋梁及坡地示範區
2. 資料交換平台(軟體代理人)測試
3. 系統整合使用測試



1. 選取橋梁及坡地示範區

此階段將配合「山區道路坡地災害防治技術整合研究等案之整合會議結果」，選取第五區工程處阿里山工務段為示範區，並在開放使用前舉辦「測試前系統使用說明會」，以讓公路管理相關人員熟悉系統操作情形。



2. 資料交換平台(軟體代理人)測試

災害與監測資料類型包括

(1)地震資訊(各地震度)

(2)豪雨通報(雨量站資訊)

(3)土石流通報(紅黃色潛勢區)

(4)水位站(橋梁水位警戒)(授權中)

(5)邊坡現地監測資料(台十八線五彎仔)



2. 資料交換平台(軟體代理人)測試

(1)災害資訊測試結果

交換項目	交換區域	資料來源	交換方式	發生問題	解決方法
光纖位移計	台十八線五彎仔段	交通大學	FTP文件交換	無	無
光纖水位計	台十八線五彎仔段	交通大學	FTP文件交換	無	無
地表位移量	台十八線五彎仔段	逢甲大學	FTP文件交換	逢甲大學團隊因電力中斷無法獲得資料	協調逢甲大學儘速修復設備



2. 資料交換平台(軟體代理人)測試

(2)災害基本資料交換

交換項目	交換區域	資料來源	交換方式	發生問題	解決方法
降雨量	全台灣自計式雨量	中央氣象局	FTP文件交換	無	無
土石流災害	水保局發佈紅黃色警戒資料	水土保持局	Web Service	無	無
河川水位量	全台灣水位站之河川水位	水利署	Web Service	目前尚未完成授權	授權完成，即可進行交換

3. 系統整合使用測試

(1)成果說明與系統測試(97/10/14)



3. 系統整合使用測試

(2)系統測試期間使用者問題反應與本團隊情形

Q問題反應1

目前運輸研究所運工組有開發一套災害管理系統已經上線運作，未來是否會將研發成果納入該系統中？

A處理情形1

運研所建置之公路防救災管理系統主要功能為災害通報。本計畫除災害通報外，著重於系統與災害應變流程之整合，並強調災前、災時與災後之自動預警、通報及應變機制。



3. 系統整合使用測試

(2)系統測試期間使用者問題反應與本團隊情形

Q問題反應2

在操作PDA巡檢表單上傳，並無法成功將圖片及表單上傳至系統？

A處理情形2

經查證，原先系統架於台灣科技大學校內，因校方為避免遭受網路攻擊，故有防火牆攔阻上傳。目前系統已修正這方面問題，可以進行上傳。



3. 系統整合使用測試

(2)系統測試期間使用者問題反應與本團隊情形

Q問題反應3

系統是否能提供通訊方法及討論區，當有問題時能夠及時反映問題所在？

A處理情形3

本系統有提供留言板功能，有任何問題皆可以到留言板留言，我們將儘速給予答覆。另外系統首頁放置相關人員的電話及電子郵件信箱，如有問題可以直接聯繫。



肆

今年完成項目及未來工作項目

本年度目前完成項目

	工作大項	完成進度比例
1	確立災害緊急應變流程與通報機制	○
2	公路防救災決策支援系統PDA版	○
3	系統功能模組建構並制訂其擴充方法	○
4	選取橋梁及坡地示範區並進行整合測試	○
5	其他工作	○



肆

今年完成項目及未來工作項目

未來工作項目(98年進度)

第九階段 其他公路設施之資料庫及功能模組擴充(98年完成)

現有問題

過多的資料來源與資料庫系統，
操作介面繁雜，應用困難度高。



系統功能與特色

應用資料交換平台，整合
各項資源。

第十階段 救災路網替代道路規劃(98年完成)

現有問題

無法掌握區域內之道路狀況，固
定的替代道路無法應付突發狀況



系統功能與特色

根據道路中斷與暢通狀況
，進行替代道路規劃。



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

51

肆

今年完成項目及未來工作項目

未來工作項目(99年進度)

第十一階段 救災資源指派決策支援規劃(99年完成)

現有問題

區域內的救災資源無法確實分派
到各災害地點，資源分配不均。



系統功能與特色

根據資源資料庫與路網狀
況，進行救災調派。

第十二階段 系統測試與修正(99年完成)

第十三階段 系統推廣與教育訓練(99年完成)



台灣科技大學生態與防災工程研究中心

52

結論
1

本計畫整合橋梁及坡地災害管理、預警系統於統一架構下，並考量現場使用便利性建置公路防救災決策支援系統PDA單機版與網路版。

結論
2

資料交換平台可減少資料重覆建置、增加災害資訊之使用率與達到資源共享之目標今年度各項災害資料已經成功進行交換，並加值作為災害預警之參考。

建議
1

公路總局提供更詳實的現地資料，可確實反應現地的狀況，更可提升系統之效率與準確性。

建議
2

未來可加入公路其他設施管理系統功能，並建置救災替代道路規劃功能提昇公路管理單位救災效率，亦有利於災時交通車流之疏導。



簡報完畢

敬請指教

