

105-027-7867
MOTC-IOT-104-H1DC001

公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁耐震耐洪資料管理系統建置



交通部運輸研究所

中華民國 105 年 3 月

105-027-7867
MOTC-IOT-104-H1DC001

公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁耐震耐洪資料管理系統建置

著 者：邱永芳、林雅雯、胡啟文、邱建國
鄭明淵、吳育偉

交通部運輸研究所

中華民國 105 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁耐震耐洪資料管理系統建置 / 邱永芳等著. -- 初版.
-- 臺北市：交通部運研所，民 105.03
面；公分
ISBN 978-986-04-8286-7(平裝)

1.交通管理 2.決策支援系統

557

105004704

公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁耐震耐洪資料管理系統建置

著者：邱永芳、林雅雯、胡啟文、邱建國、鄭明淵、吳育偉
出版機關：交通部運輸研究所
地址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)
電話：(04)26587176
出版年月：中華民國 105 年 3 月
印刷者：禾泰印刷設計有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站
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 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010500366

ISBN：978-986-04-8286-7 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁耐震耐洪資料管理系統建置			
國際標準書號 ISBN：978-986-04-8286-7 (平裝)	政府出版品統一編號 1010500366	運輸研究所出版品編號 105-027-7867	計畫編號 104-H1DC001
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：林雅雯 研究人員： 聯絡電話：04-26587186 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：國立臺灣科技大學 計畫主持人：邱建國 協同主持人：鄭明淵、吳育偉 研究人員： 地址：106 臺北市大安區基隆路 4 段 43 號 聯絡電話：(02)2737-6663		研究期間 自 104 年 02 月 至 104 年 11 月
關鍵詞：耐震評估、耐洪評估、安全預警			
摘要： 由於臺灣多山多河的地理特性，使得橋梁成為連結陸上交通的重要設施。有鑑於台灣天然災害頻傳，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，本所於 94、95 年委託研究計畫「交通工程防災預警系統建立之研究」，並逐年擴充建置台灣公路早期防救災決策支援系統(Taiwan Road Early Nature Disaster Prevention Systems, TRENDS)。本計畫進行系統資料更新，提高分析準確度並與相關單位監測資料進行驗證，納入本所近期研究之分析模組及成果，並確認系統實用性及穩定性。此外，本研究根據橋梁各種安全評估所需設計參數進行確認，並確立橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式，並根據此模式發展擴充橋梁設計與防災預警資訊，並應用本系統提供使用維護階段橋梁防災預警之決策支援用途。 成果效益與應用情形： 在施政上，本研究成果可提供交通部、橋梁管理單位在有效管理橋梁設計參數資料作為後續維護與補強重新分析時之參考。在實務上，可在地震、洪水來臨時即時篩選危險橋梁，並進行自動通報，降低用路人之風險。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
105 年 3 月	262	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: TRENDS Maintenance and Bridge Assessment Information Integration			
ISBN 978-986-04-8286-7 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010500366	IOT SERIAL NUMBER 105-027-7867	PROJECT NUMBER 104-H1DC001
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lin Ya-Wen PROJECT STAFF: PHONE: (04) 26587186 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM February 2015 TO November 2015
RESEARCH AGENCY: National Taiwan University of Science and Technology , Ecological and Hazard Mitigation Engineering Research Center PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chien-Kuo Chiu PROJECT STAFF: Cheng Min-Yuan, Yu-Wei Wu ADDRESS: #43, Sec.4, Keelung Rd., Taipei 106, Taiwan, R.O.C PHONE: (02)2737-6663			
KEY WORDS: Seismic assessment, Flood-Resisting capacity analysis, Disaster Prevention			
ABSTRACT: Since Taiwan is rich in many mountains and rivers, it makes bridge become an important connection for transportation. However, Taiwan is located in seismic zone and influenced by the typhoon climate, the bridges are usually damaged by natural disasters, and overloading of vehicles also makes bridge's components deteriorate faster. Therefore in the bridge maintenance phase, it is a critical issue to evaluate bridges capacity, and achieve the goal of bridge disaster prevention. This study aims to improve TRENDS and conducts relevant safety estimated requirement about bridge design phase parameters of scour or earthquake, then the information integration model in the bridge maintenance phase is established. Finally, TRENDS can be provided to the bridge management and applied on decision support and disaster prevention in the bridge maintenance strategy. BENEFITS AND APPLICATIONS: The Ministry of Transportation and Communications or the bridge management department can refer to the results for policy-making. TRENDS can be provided to the bridge management and applied on decision support and disaster prevention in the bridge maintenance strategy.			
DATE OF PUBLICATION March 2016	NUMBER OF PAGES 262	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.			

公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁耐震耐洪資料管理系統建置

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
圖目錄	VII
表目錄	XIII
第一章 研究計畫之背景及目的	1-1
1.1 計畫背景分析	1-1
1.2 計畫目的	1-2
1.3 研究範圍與對象	1-2
1.4 研究內容與工作項目	1-3
1.5 研究方法與進行步驟	1-4
1.6 研究計畫工作進度圖	1-5
第二章 文獻回顧	2-1
2.1 台灣公路早期防救災決策支援系統	2-1
2.2 橋梁通阻檢測分析模式建立之研究	2-4
2.3 山區道路易致災路段監測預警管制系統	2-8
2.4 橋梁耐震能力評估－側推分析	2-10
2.4.1 結構設計分析軟體(SAP2000)簡介	2-10
2.4.2 橋梁側推分析流程	2-11
2.5 橋梁耐洪安全評估	2-16
2.5.1 橋梁墩柱與基礎沖刷之研究	2-16

2.5.2 橋梁基礎結構耐洪分析模式.....	2-20
2.6 橋梁振動頻率評估	2-26
第三章 TRENDS系統架構與模組功能分析	3-1
3.1 TRENDS系統架構.....	3-4
3.2 TRENDS系統核心-資料交換平台	3-8
第四章 TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證	4-1
4.1 跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證	4-1
4.2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證	4-21
4.3 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究(1/2)」研究 成果	4-63
4.3.1 振動量測回傳TRENDS機制	4-63
4.3.2 系統自動分析儲存.....	4-64
第五章 TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證	5-1
5.1 整合「山區道路易致災路段監測預警管制系統」研究成果	5-1
5.2 整合「道路邊坡滑動自動攝影監測系統之研究」展示運用	5-9
第六章 橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充.....	6-1
6.1 確立使用維護階段橋梁評估模式所需資料	6-1
6.2 確立橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式	6-3
6.3 橋梁耐震耐洪設計參數資料庫建置	6-7
6.4 系統規劃與發展	6-9
6.4.1 系統發展概念研擬.....	6-9
6.4.1.1 對話介面	6-10
6.4.1.2 資料管理.....	6-11
6.4.1.3 模式管理.....	6-11
6.4.2 系統架構擬定.....	6-11

6.4.3 系統開發工具選用	6-12
6.4.4 系統功能規劃與發展	6-13
6.4.4.1 上傳參數資料模組	6-14
6.4.4.2 修改刪除資料模組	6-16
6.4.4.3 查詢下載資料模組	6-17
6.4.4.4 耐洪安全評估模組	6-19
6.4.4.5 振動頻率評估模組	6-21
6.5 以中彰大橋為例進行耐震能力評估	6-22
6.5.1 系統主畫面與功能選單	6-22
6.5.2 上傳參數資料模組	6-23
6.5.3 修改刪除資料模組	6-27
6.5.4 查詢下載資料模組	6-31
第七章 結論與建議	7-1
7.1 結論	7-1
7.2 建議	7-1
7.3 成果效益與應用情形	7-2
參考文獻	參-1
附錄一 資料表及欄位說明	附錄1-1
附錄二 期中審查委員意見及辦理概況	附錄2-1
附錄三 期末審查委員意見及辦理概況	附錄3-1
附錄四 期末報告簡報資料	附錄4-1

圖目錄

圖1.1 研究內容架構圖	1-4
圖1.2 研究進度圖	1-5
圖2.1 颱洪災害跨河橋梁防災架構圖[3]	2-2
圖2.2 「橋梁地震破壞潛勢」介面(二) [4]	2-3
圖2.3 橋梁通阻檢測分析模式架構圖	2-5
圖2.4 監測預警管制方法與流程圖[5]	2-9
圖2.5 以交通部公路總局SafeTaiwan 平台展示監測預警管制成果圖[5]	2-9
圖2.6 SAP2000 3D橋梁模型	2-10
圖2.7 SAP2000分析畫面	2-11
圖2.8 橋梁有限元素模型[4]	2-12
圖2.9 塑性鉸設定畫面[4]	2-12
圖2.10 橋梁容量曲線[4]	2-13
圖2.11 橋梁容量震譜[4]	2-13
圖2.12 求得 A_y 與 A_c [4]	2-13
圖2.13 沉箱基礎/土壤/水流互制示意圖[3]	2-21
圖2.14 沉箱圓形基礎之有效接觸面積[3]	2-22
圖2.15 圓形基礎之 α 與 e/r 之關係圖[3]	2-22
圖2.16 群樁基礎受力機制圖[3]	2-24
圖2.17 臺灣地區建議之移動式振動檢測模式流程圖[25]	2-27
圖3.1 TRENDS系統概念	3-5
圖3.2 TRENDS系統模組	3-6
圖3.3 軟體代理人架構圖	3-9
圖4.1 颱洪災害跨河橋梁防災架構圖[3]	4-1

圖4.2 二維水理分析流程[3].....	4-3
圖4.3 沉箱基礎沖刷前後示意圖.....	4-4
圖4.4 群樁基礎沖刷前後示意圖.....	4-4
圖4.5 水理分析模式執行流程圖.....	4-5
圖4.6 水理分析模式執行流程圖(續).....	4-6
圖4.7 跨河橋梁安全預警頁面.....	4-10
圖4.8 颱風豪雨資料模組.....	4-11
圖4.9 一維水理分析資料模組.....	4-11
圖4.10 二維水理分析資料模組.....	4-12
圖4.11 安全評估分析資料模組.....	4-12
圖4.12 石岡壩放流預測歷史紀錄.....	4-13
圖4.13 石岡壩每日實際與預測放流量曲線圖.....	4-13
圖4.14 每月實際與預測比較圖模組.....	4-14
圖4.15 大甲溪地形測量位置圖(取自水利署報告).....	4-14
圖4.16 水利署水庫防洪運轉狀態.....	4-18
圖4.17 杜鵑颱風石岡壩放流預測誤差.....	4-21
圖4.18 地表振動分析模式流程.....	4-22
圖4.19 中央氣象局強震站及中央研究院山區強震站位置圖.....	4-23
圖4.20 臺灣Vs30分佈精確圖檔.....	4-24
圖4.21 臺灣規模4.0~7.0地震與(Campbell, 1997)衰減曲線關係[26].....	4-25
圖4.22 為集集地震的(a)實測值與(b)衰減模式預測值PGA分佈.....	4-27
圖4.23 修正函數校正後的預測與其觀測值之誤差殘值分佈.....	4-28
圖4.24 臺灣歷年大地震: 集集地震之實測值與預測值比較.....	4-29
圖4.25 臺灣歷年大地震:嘉義地震之實測值與預測值比較.....	4-29
圖4.26 臺灣歷年大地震:花蓮地震之實測值與預測值比較.....	4-30

圖4.27 「橋梁地震破壞潛勢」介面.....	4-31
圖4.28 第一階段迴歸新舊系數比較.....	4-35
圖4.29 安平港場址迴歸.....	4-37
圖4.30 蘇澳港場址迴歸.....	4-38
圖4.31 臺中港場址迴歸.....	4-39
圖4.32 臺北港場址迴歸.....	4-40
圖4.33 高雄港場址迴歸.....	4-41
圖4.34 迴歸精度差之案例(ILA069、MND020測站).....	4-42
圖4.35 迴歸精度好之案例(CHY099、CHY108測站).....	4-42
圖4.36 NST測站雙線性修正.....	4-43
圖4.37 NSY測站修正.....	4-43
圖4.38 TCU測站修正.....	4-43
圖4.39 CHY測站修正.....	4-44
圖4.40 WSF測站修正.....	4-44
圖4.41 ALS測站修正.....	4-44
圖4.42 安平港雙線性迴歸.....	4-45
圖4.43 蘇澳港雙線性迴歸.....	4-46
圖4.44 臺中港雙線性迴歸.....	4-47
圖4.45 臺北港雙線性迴歸.....	4-48
圖4.46 高雄港雙線性迴歸.....	4-49
圖4.47 ALS測站修正.....	4-50
圖4.48 WSF測站修正.....	4-50
圖4.49 CHY測站修正.....	4-51
圖4.50 TCU測站修正.....	4-51
圖4.51 NSY測站修正.....	4-52

圖4.52 NST測站修正	4-52
圖4.53 安平港測站修正.....	4-53
圖4.54 蘇澳港測站修正.....	4-53
圖4.55 臺中港測站修正.....	4-54
圖4.56 臺北港測站修正.....	4-54
圖4.57 高雄港測站修正.....	4-55
圖4.58 NST測站各方法比較	4-56
圖4.59 NSY測站各方法比較.....	4-56
圖4.60 TCU測站各方法比較.....	4-57
圖4.61 CHY測站各方法比較	4-57
圖4.62 WSF測站各方法比較.....	4-58
圖4.63 ALS測站各方法比較	4-58
圖4.64 TPI測站各方法比較.....	4-59
圖4.65 TCC測站各方法比較.....	4-59
圖4.66 SUO測站各方法比較.....	4-60
圖4.67 ANP測站各方法比較.....	4-60
圖4.68 KAH測站各方法比較	4-61
圖4.69 現場振動量測畫面.....	4-63
圖4.70 完成多個橋墩振動量測.....	4-64
圖4.71 開始分析按鈕.....	4-64
圖4.72 回傳至TRENDS系統畫面	4-65
圖4.73 TRENDS工區搜尋	4-65
圖4.74 TRENDS列出轄區內橋梁振動頻率量測記錄.....	4-66
圖4.75 TRENDS列出橋梁歷次量測資料值	4-66
圖4.76 TRENDS災害檢測進行R值計算	4-67

圖5.1 山區道路邊坡破壞因子分析[5]	5-1
圖5.2 多次封路資料路段分析方法[5]	5-2
圖5.3 少次封路資料路段分析方法[5]	5-3
圖5.4 杜鵑颱風防災特報第3報.....	5-6
圖5.5 實驗相機參數取得流程圖[30]	5-9
圖5.6 邊坡穩定度監測流程圖[30]	5-10
圖5.7 兩次攝影結果比較圖[30]	5-11
圖5.8 CloudCompare差異比較圖	5-12
圖5.9 ASCII文字格式	5-12
圖5.10 程式截取結果圖	5-13
圖6.1 橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式.....	6-3
圖6.2 ER-model 圖	6-8
圖6.3 系統初步規劃工作及流程.....	6-9
圖6.4 系統組成圖	6-10
圖6.5 系統架構.....	6-12
圖6.6 系統作業環境圖	6-13
圖6.7 系統功能架構.....	6-14
圖6.8 上傳參數資料模組功能架構.....	6-15
圖6.9 上傳參數資料模組操作流程.....	6-15
圖6.10 修改刪除資料模組功能架構.....	6-16
圖6.11 修改刪除資料模組操作流程.....	6-17
圖6.12 查詢下載資料模組功能架構.....	6-18
圖6.13 查詢下載資料模組操作流程.....	6-18
圖6.14 耐洪安全評估模組功能架構.....	6-19
圖6.15 耐洪安全評估模組操作流程.....	6-20

圖6.16 振動頻率評估模組功能架構.....	6-21
圖6.17 振動頻率評估模組操作流程.....	6-21
圖6.18 系統首頁	6-23
圖6.19 橋梁模型匯出檔案	6-24
圖6.20 製作壓縮檔(.rar).....	6-24
圖6.21 上傳參數資料頁面	6-25
圖6.22 新增橋梁視窗	6-25
圖6.23 輸入設計參數資料畫面.....	6-26
圖6.24 輸入完成畫面	6-26
圖6.25 修改刪除資料頁面	6-27
圖6.26 橋梁所在地區查詢.....	6-28
圖6.27 橋梁名稱查詢.....	6-28
圖6.28 以TBMS編號查詢	6-28
圖6.29 以TELES編號查詢.....	6-29
圖6.30 按資料更新日期查詢.....	6-29
圖6.31 修改刪除資料模組查詢成功畫面.....	6-29
圖6.32 修改資料畫面	6-30
圖6.33 修改橋梁設計參數完成畫面.....	6-30
圖6.34 修改橋梁Ay、Ac資料完成畫面	6-31
圖6.35 查詢下載資料頁面	6-31
圖6.36 查詢下載資料模組查詢成功畫面.....	6-32
圖6.37 查看設計參數畫面	6-32
圖6.38 下載橋梁結構模型.....	6-33
圖6.39 匯入橋梁結構模型.....	6-33
圖6.40 匯入中彰大橋橋梁結構模型.....	6-34

表目錄

表2-1 橋梁側推分析模式所需參數	2-14
表2-1 橋梁側推分析模式所需參數(續).....	2-15
表2-2 橋梁安全評估相關文獻	2-16
表2-3 沉箱基礎耐洪安全評估分析模式所需參數	2-23
表2-4 樁基礎耐洪安全評估分析模式所需參數	2-25
表3-1 TRENDS發展歷程	3-2
表4-1 QPESUMS與Kriging修正模式輸入條件與輸出資料	4-7
表4-2 QPESUMS與Kriging修正模式輸入條件與輸出資料(續).....	4-7
表4-3 降雨逕流模式輸入條件與輸出資料	4-8
表4-4 河道演算輸入條件與輸出資料	4-8
表4-5 橋墩冲刷計算輸入條件與輸出資料	4-9
表4-6 跨河橋梁耐洪安全評估(極限分析模式)輸出入條件.....	4-9
表4-7 跨河橋梁耐洪安全評估(模式整合)輸出入條件.....	4-10
表4-8 石岡壩下游地形高程更新	4-15
表4-8 石岡壩下游地形高程更新(續).....	4-16
表4-9 石岡壩上游地形高程更新	4-17
表4-9 石岡壩上游地形高程更新(續).....	4-18
表4-10 石岡壩在杜鵑颱風事件放流記錄	4-20
表4-11 2011年至2015年各港區量測地震紀錄(節錄).....	4-34
表4-12 新舊係數比較.....	4-35
表4-13 安平港係數.....	4-37
表4-14 蘇澳港係數.....	4-38
表4-15 臺中港係數.....	4-39
表4-16 臺北港係數.....	4-40

表4-17 高雄港係數.....	4-41
表4-18 安平港轉折係數.....	4-45
表4-19 蘇澳港轉折係數.....	4-46
表4-20 臺中港轉折係數.....	4-47
表4-21 臺北港轉折係數.....	4-48
表4-22 高雄港轉折係數.....	4-49
表4-23 非港區測站各方法誤差比較	4-61
表4-24 港區測站各方法誤差比較	4-62
表5-1 各路段降雨基準上下限值[5].....	5-4
表5-2 與公路總局行動值比較表[5].....	5-5
表5-3 杜鵑颱風防災特報第3報公路總局道路預警結果	5-7
表5-4 與公路總局既有機制異同表	5-8
表5-5 系統自動截取相對位移量前100筆資料(預設).....	5-13
表6-1 耐洪安全評估所需參數	6-2
表6-2 耐洪安全係數對應預警值[19].....	6-5

第一章 研究計畫之背景及目的

1.1 計畫背景分析

有鑑於台灣天然災害頻傳，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，交通部運輸研究所於94、95年委託研究計畫「交通工程防災預警系統建立之研究」，並逐年擴充建置台灣公路早期防救災決策支援系統(Taiwan Road Early Nature Disaster prevention Systems, TRENDS)，系統以軟體代理人(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，並整合橋梁及邊坡防災機制，建立橋梁及坡地災害緊急應變流程與通報機制。公路設施管理單位可應用本系統採取適當的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中各階段所應執行之災前評估、調查及應採取之緊急措施。本計畫進行系統資料更新、提高分析準確度並與相關單位監測資料進行驗證，納入本所近期研究之分析模組及成果，並確認系統實用性及穩定性。

此外，目前臺灣橋梁面臨現有能力和耐久性與安全性日益受到質疑與堪慮之問題，所以在使用維護階段對橋梁進行能力評估並達到橋梁防災預警的目標已是刻不容緩。因此，橋梁防災預警之分析評估為一項重要工作，目前橋梁耐震或耐洪評估需從設計階段之橋梁設計圖說、結構計算書、地質鑽探報告書中，找出相關資訊，如橋梁尺寸、材料斷面強度性質、土壤性質參數...等，然後建立SAP橋梁3D模型進行結構分析，計算求得結構體極限受力狀態，再考量不同的評估指標如地表加速度 (PGA)、安全係數等，據此擬定出橋梁之警戒值、行動值。由於上述圖說等資料，於橋梁興建或改建後的保存方式多以圖紙掃描PDF或CAD檔，因此擷取這些資料時，必須以人為方式從中讀取資料重新記錄，但經過數十年後，圖檔容易遺失或難以找尋，甚至因圖檔解析不佳造成無法辨識資料，如需再次進行分析時，就必須從橋

梁設計藍晒圖上重新擷取所需資料或至橋梁現場量測實際尺寸，才能重新建置橋梁模型進行分析。此一資料蒐集分析評估過程，需耗費相當多的人力、時間，若對全台灣所有橋梁進行分析，所耗費人力更為可觀。因此，如果在橋梁設計階段即將未來使用維護階段用來評估所需參數，以資料庫方式有系統地建置儲存，並發展一自動化分析評估系統，提供作為防災預警之決策支援。不僅將設計階段儲存之資料與使用維護階段防災所需之資料作有效傳遞整合應用，更能提升橋梁管理單位進行橋梁耐震、耐洪評估作業之效率，省去大量人力、時間之需求，輕易達到防災預警之目標。

目前臺灣橋梁管理系統(Taiwan Bridge Management System, TBMS)^[1]為橋梁管理單位常用之基本資料管理系統，系統中記錄橋梁管理資料、河川資料、幾何資料、結構資料及維修檢測紀錄等，但系統中僅以保存維護管理紀錄為主，仍缺乏各橋梁構件之詳細尺寸或材料強度性質建檔機制。且由於未儲存相關設計參數，無法詳細對橋梁現有能力進行評估，若從保存文件中擷取計算，其過程勢必耗費大量人力和時間，無法快速提供作為橋梁防災預警之用。因此本計畫目標將橋梁使用維護階段所需之設計參數，於橋梁設計階段建置資料庫管理系統，作系統化儲存，未來在橋梁使用維護階段能提供橋梁作耐震或耐洪評估及安全預警之用，最後以一橋梁為範例，應用橋梁設計參數資料庫系統之輸出資訊進行耐震能力評估，以實際案例方式，完整試行系統之功能，並可作為後續推廣應用之範例。

1.2 計畫目的

本計畫最終的研究成果在於為進行台灣公路早期防救災決策支援系統校修與維運；橋梁及道路邊坡模組資料更新、提升精確度及驗證。並建置網頁版橋梁耐震與耐洪分析資料管理系統。

1.3 研究範圍與對象

台灣橋梁以鋼筋混凝土結構為應用最廣的類型，其中，92%以上

為混凝土橋梁，且73%以上橋齡高於十五年以上。為保障用路人安全，混凝土橋梁的維護管理為公路管理單位未來重要課題，故本研究以鋼筋混凝土橋梁為研究探討對象。

1.4 研究內容與工作項目

本計畫預定工作項目如下所述：

1. 台灣公路早期防救災決策支援系統維護營運：

配合港灣技術研究中心進行台灣公路早期防救災決策支援系統(TRENDS)維護與資料更新、軟硬體更新與測試、模式作業化環境之改善及維護等相關工作。

2. TRENDS系統橋梁模組資料更新、提升精確度及驗證工作：

(1)跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證：資料更新、提升石岡壩放流量預測之精確度，並配合颱風期相關單位之監測資料驗證。

(2)橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證：資料更新、提升地表震動分析模式預測之精確度，配合地震災損資料、相關單位監測資料之驗證，並進行地震情境模擬以檢核精確度。

(3)將本年度執行之「橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究(1/2)」研究計畫相關分析模組及成果納入本TRENDS系統。

3. TRENDS系統道路邊坡模組資料更新、提升精確度及驗證工作：

(1)「山區道路易致災路段監測預警管制系統」納入TRENDS系統：資料及系統納入並配合相關單位之監測資料進行驗證。

(2)將本所已執行之「道路邊坡滑動自動攝影監測系統之研究」研究計畫相關資料模組及成果納入本TRENDS系統展示運用，並採購Photoscan軟體一套至本所，俾利系統分析及應用。

4. 建置網頁版橋梁耐震與耐洪分析資料管理系統：

擬定橋梁耐震與耐洪分析之需求欄位、建置分析參數資料庫，選

取一座橋梁為例進行耐震能力評估，包含由橋梁耐震與耐洪分析參數資料庫自動匯出資料、進行建模、側推分析求得耐震能力。

1.5 研究方法及進行步驟

依據研究目的，本計畫擬定研究內容，共計五個研究階段，如圖 1.1 所示，以下章節將針對各階段分別敘述。

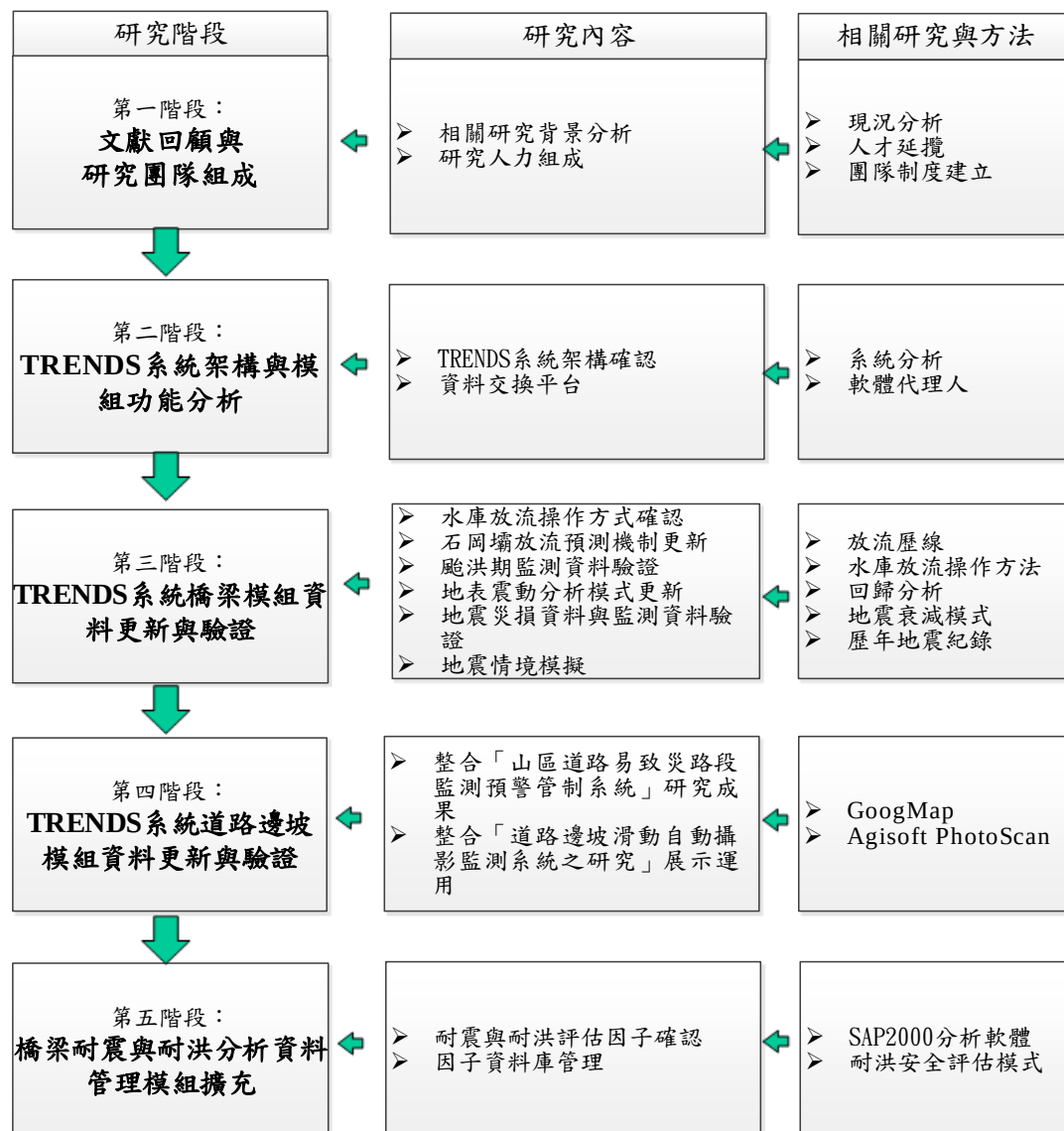


圖 1.1 研究內容架構圖

1.6 研究計畫工作進度圖

根據上述工作項目，擬訂研究計畫工作進度圖，如圖1.2所示，分為五階段完成計畫，並於各季設定預定查核點。

工作項目	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	備註
第一階段 文獻回顧與研究團隊組成								
第二階段 TRENDS 系統架構與模組 功能分析		※						
第三階段 TRENDS 系統橋梁模組資 料更新與驗證								
期中報告				※				
第四階段 TRENDS 系統道路邊坡模 組資料更新與驗證								
第五階段 橋梁耐震與耐洪分析資料 管理模組擴充						※		
期末報告							※	
進度百分比	10	20	30	40	50	60	100	
預定查核點	1.文獻回顧與 TRENDS 系統架構與模組功能分析							
	2.期中報告							
	3.TRENDS 系統橋梁與道路邊坡模組資料更新與驗證 橋、梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充							
	4.期末報告及完成系統建置測試							

圖 1.2 研究進度圖

第二章 文獻回顧

2.1 台灣公路早期防救災決策支援系統

根據交通部運輸研究所研究報告「公路防救災決策支援系統建立之研究」中，所開發之「臺灣公路早期防救災決策支援系統(TRENDS)」已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^[1]。

此計畫為達到各系統間資料交換之目的，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。經由此架構，各服務使用者(相關交通系統)，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、輸入及服務)，即可連結各系統，整合各項資訊。

資料交換平台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代理人擔任。此整合系統包括以下四大功能：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。系統中(1)跨河橋梁安全預警模組與(2)橋梁地震通阻分析模組，分別洪水預警與地震預警之核心，分別敘述如下：

(1)跨河橋梁安全預警模組

根據交通部運輸研究所(2013)「跨河橋梁安全預警系統建置更新驗證與維護管理」之研究成果，以公路總局所管轄大甲溪下游至馬鞍壩跨河橋梁作為研究對象，其中所開發之「跨河橋梁安全預警系統」，會自動接收河系上游集水區中央氣象局雷達雨量觀測預報，在與地面雨量觀測進行修正後，推算河川流域即時與未來一小時之

降雨強度，再結合集水區演算、地表漫地流演算、河道一維水理演算、水庫演算，推估河道之流量、水位、流速與冲刷深度；然後考量橋梁材料結構特性，進行橋梁穩定性分析，計算橋梁之耐洪安全係數，作為即時及未來一小時之橋梁預警。此系統自動計算橋梁安全性並提前預警，提供橋梁管理單位，在颱風時作決策支援，有利於爭取防災應變之黃金時間，給予用路人生命財產更多的保障，其架構如圖2.1所示^[3]。

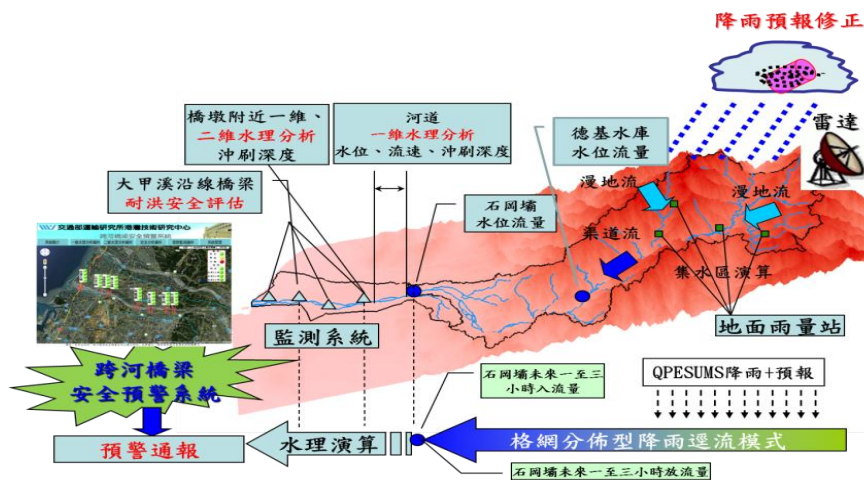


圖 2.1 颱洪災害跨河橋梁防災架構圖[3]

(2) 橋梁地震通阻分析模組

根據交通部運輸研究所(2011)「橋梁通阻檢測分析模式建立之研究」之研究成果，其中「側推分析與殘餘能力分析模式」分析台灣24座橋梁(考慮橋梁劣化)側推分析成果。並將成果建置成人工智慧學習所需資料庫，進而建立「人工智慧橋梁耐震能力推論模式」，即可根據全台灣鋼筋混凝土橋梁齡、結構形式、環境狀態等屬性推論Ay、Ac值，進而建置全台灣省縣道橋梁耐震資料庫^[4]。

當地震災害發生時，資料交換平台(以港研中心專利:災害預警資料交換機為核心)會自動擷取地震速報(取自中央氣象局)。接著將地震速報中地震位置、規模及深度輸入「地表震動分析模式」，計算出全台灣各地地表加速度，以ArcGIS Server的Geoprocess Service找尋各橋梁所在地震PGA，結合全台省縣道橋梁耐震資料庫，計算各

橋梁通行失敗機率。故當地震發生，公路管理單位可利用通行失敗機率作為巡檢優先順序之標準。

上述之成果整合到TRENDS。該功能放置於「災害資訊管理模組」的「橋梁地震破壞潛勢」功能，如圖2.2所示，此功能以Google Map作為底圖，並利用GIS Server的Geoprocess Service畫出震度分級圖並套疊在Google Map上。同時系統將通行失敗機率大於50%橋梁視為危險橋梁，頁面左方表格分別列出橋名、工程處、工務段、PGA、P_T(TELES計算通行失敗機率)、P_E(此研究計算通行失敗機率)、P(P_T及P_E取大值)，並會在Google Map上點繪出危險橋梁位置。圖2.2以921地震為模擬事件，紅色星星為地震震央，暗紅色點即為在921地震通行失敗機率大於50%之橋梁所在位置，地圖上各顏色則依中央氣象局分級方式，將各地震度分為八個等級，可參考頁面右方圖例。



圖 2.2 「橋梁地震破壞潛勢」介面(二) [4]

此系統為了讓使用者能夠快速了解橋梁地震破壞潛勢狀況，提供「文查圖」及「圖查文」的功能。「文查圖」功能可以應用右邊表格，點選所要查詢橋梁，即能夠快速找到橋梁所在位置；「圖查文」的功能則可由圖片找尋到橋梁基本資料。如圖2.2所示，使用者想查詢「新街橋」，點擊橋名，則地圖能夠快速幫找到「新街橋」位置，並且放

置一個標籤，讓使用者馬上知道橋梁所在位置。

當地震災害發生後，藉由資料交換平台擷取中央氣象局地震速報。「橋梁通阻檢測分析模組」則會自動啟動運作，將通行失敗機率大於50%橋梁列出，並建立異常狀況橋梁清單。接著，TRENDS自動啟動指派機制通知公路總局值班人員進行巡檢。

2.2 橋梁通阻檢測分析模式建立之研究

橋梁為台灣地區之重要交通工程設施，但台灣屬季風型氣候夏季多雨，每年洪水來襲皆造成橋梁重大威脅，由於河水沖刷將導致河床降低，致使橋梁基礎深度變淺，因此影響橋梁的安全性能。且台灣為多地震的國家，一旦發生地震等大規模天然災害時，橋梁倒塌或斷裂的機率很高。為避免災害發生時，造成橋梁損壞導致交通中斷、居民受困甚或是人員傷亡等事件的發生，對現有橋梁進行全面檢測勢在必行。然而國內橋梁數量高達數萬座，若對所有橋梁進行破壞性檢測或全面性結構分析，將花費許多時間與經費。

有鑑於此，交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)委託國立臺灣科技大學，發展建置一套橋梁通阻檢測分析模式，模式應用移動式非破壞性振動檢測、材料劣化評估橋梁現況與殘餘容量，再整合地震破壞潛勢分析詳細計算橋梁 A_y (降伏加速度)、 A_c (完全損壞加速度)，最後應用人工智慧橋梁耐震能力推論模式推論其他橋梁之 A_y 、 A_c ，成果可迅速對現有橋梁安全程度進行診斷，得到不同橋梁之損壞機率，並作為災後橋梁封橋管制後是否開放通行之依據。其流程與架構如下圖2.3所示：

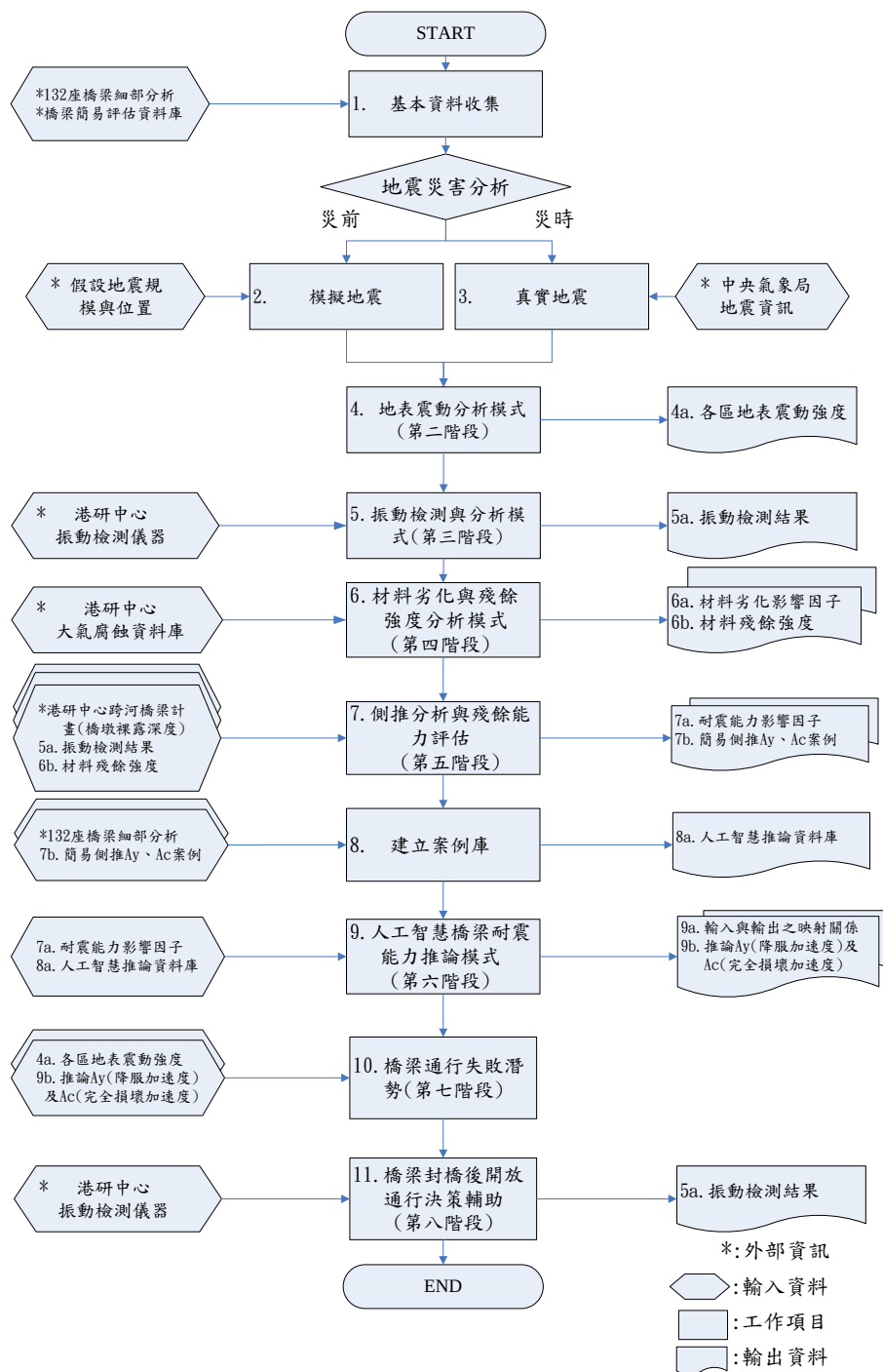


圖 2.3 橋梁通阻檢測分析模式架構圖

如圖2.3所示，研究取得公路總局計畫成果中，132座橋梁細部分析與簡易評估資料庫。並根據中央氣象局公佈之地震資訊、或人為假設地震規模與位置，運用地表震動分析模式推估各地區之地表加速度。以移動式振動檢測及材料劣化評估方式求取橋梁殘餘強度。將分析之

結果結合橋墩裸露深度等橋梁現況做為側推分析之輸入，進行橋梁耐震能力評估分析。最後運用人工智慧方式學習輸入(地震耐震能力影響因子)與輸出(降伏加速度 A_y 、損壞加速度 A_c)之映射關係，並依此結果得到不同地震強度下之橋梁損壞機率。模式中外部資料將藉由「災害預警資料交換機」取得，各階段概要步驟如下所述：

- 1.基本資料收集:取得公路總局「公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性研究」計畫成果中，針對132座橋梁細部分析的資料。
- 2.模擬地震:地震災害分析可分為災前與災時，災前將應用模擬震源方式，假設地震規模與位置。
- 3.真實地震:災時應用港研中心「交通工程防災預警系統建立之研究」中所建置之「災害預警資料交換機」，與中央氣象局連結，透過資料交換整合取得即時地震資訊。
- 4.地表震動分析模式:根據前階段中災前與災時所得到之地震資訊，如地震規模與震源等資料。利用震動強度衰減率修正地震規模和距離之關係，推估台灣不同地區之地表震動強度。並以格網方式將台灣地區切割成不同格狀區域，再依各地區的地盤種類和距離之不同，分別求算其地表加速度。
- 5.振動檢測與分析模式:評估並建置適合於國內採用之震動頻率檢測方式。排定實驗計畫，運用港研中心既有之振動檢測設備(速度計及加速度計各1組)，利用移動式非破壞性振動檢測，針對車行方向、水流方向等進行量測，分析不同水位、流速、車行振動及橋梁劣化等狀況，解析沖刷深度或橋梁破壞所造成頻率的影響，進行儀器測試與校正。其結果可作為側推分析與殘餘能力分析模式中之輸入及結果驗證比對之依據。
- 6.材料劣化與殘餘強度分析模式:考量台灣地區環境因素，應用「災害預警資料交換機」，擷取港灣研究中心大氣腐蝕實驗室所量測建置之台灣地區大氣腐蝕資料，再應用材料實驗方式分析，求得大氣環境對橋梁RC材料之影響，據此初步繪製橋梁劣化曲線圖，以求得較精確

之橋梁殘餘容量，並作為後續推估地震破壞潛勢分析之依據。

- 7.側推分析與殘餘能力分析模式:根據橋梁設計或竣工圖，結合現地環境、橋梁現況(移動式非破壞振動檢測結果)、殘餘容量(材料劣化評估結果)等資料，兼顧計算準確與操作簡易的特性，透過地震損壞影響因子求算 A_y 及 A_c 值。為驗證該分析模式的準確性，針對基本資料收集步驟中132座橋梁細部分析資料，選擇其中12種代表性的橋梁型式，以所開發的側推分析模式求得之橋梁 A_y 與 A_c 值與「公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性研究」計畫132座橋梁分析結果進行比對，驗證所開發的側推分析之準確性。
- 8.建立案例庫:首先以132座經細部評估求得之橋梁 A_y 、 A_c 值為輸出(Output)，並同樣以132座橋梁簡易調查之資料為輸入因子(Input)，建立資料庫。但由於此資料庫，再經橋梁類型分類後，將會有案例數不足，不利AI學習，預測準確度較差的問題，因此本計畫考量現有資料庫條件限制下，透過前一階段地震破壞潛勢評估中所建立之側推分析與殘餘能力分析模式，持續增加案例資料庫之案例數，以提升AI預測之準確性。
- 9.人工智慧橋梁耐震能力推論模式:應用快速混雜基因演算法融合支持向量機發展建置「人工智慧機械學習推論模式」。採用前一階段中所建置公路總局132座橋梁細部評估結果資料庫，透過案例學習，找出輸入(簡易調查耐震能力影響因子)與輸出(細部評估 A_y 、 A_c)之映射關係。
- 10.橋梁通行失敗潛勢:綜合上述步驟，針對公路總局轄下四千多座省縣道橋梁進行AI推論，求得各橋梁之 A_y 與 A_c 值，並據此繪製出地表震動影響下橋梁地震健康度曲線，定義出不同地表震動下橋梁可能的損壞機率。
- 11.橋梁封橋管制後開放通行評估:應用非破壞性振動檢測分析模式，使用港研中心既有振動檢測儀器，針對災後橋梁所量測到之頻率主頻偏移，解析沖刷深度或橋梁破壞所造成頻率的影響，判斷橋梁之安全狀態，進而做為橋梁封橋管制後是否開放通行之依據。

2.3 山區道路易致災路段監測預警管制系統

此計畫以以台9線宜蘭縣蘇澳鎮路段(106K+000)至花蓮縣秀林鄉路段(182K+000)、台24線三地門至阿禮段之山區道路為研究對象，進行山區道路山崩等災害目錄建置、災害潛感分析、潛在大規模滑動區位判釋與重大災害案例蒐集等工作，以大尺度之坡面單元與小尺度之工程或排水狀況，進行山區道路易致災路段劃分，並探究其致災因子、危害度與損失程度等，同時進行各易致災路段之災害風險分析，進而依據各種災害類型與風險等級檢討現行道路監測預警架構，提出創新構思與監測管理、養護巡察與預警措施，以提高國內山區道路整體安全的使用^[5]。

此計畫完成項目包括：1.持續蒐集山區道路重大災例蒐集、成因、特性與復建措施分析。2.選取示範山區道路進行邊坡歷史山崩目錄建置、災因分析與邊坡崩塌潛感分析並製作崩塌潛感圖。3.持續修正山區道路邊坡致災因子、誘發因子(降雨)及道路邊坡破壞分析模式。4.選取示範山區道路進行大規模滑動區位判釋、成因、特性分析。5.現有山區道路監測預警管制技術檢討。6.選取示範山區道路進行大規模滑動區位判釋、成因、特性分析。最後達成成果與效益分別為：1.採用坡面單元、地質概念與路段之細部排水、工程狀況進行易致災路段劃分，此方法可清楚界定各易致災路段的範圍、主要災害類型與災害特性、警戒基準與風險估算。2.已完成山區道路之災害風險評估模式，同時以開放式資料概念、氣象局 QPESUMS之降水預報產品，結合港研中心相關計畫之降水修正結果(圖2.4)，自動進行各路段之降雨警戒值比對，將成果以開放及跨平台方式進行供應與展示(圖2.5)，可提供路管單位於提前應變措施參考。

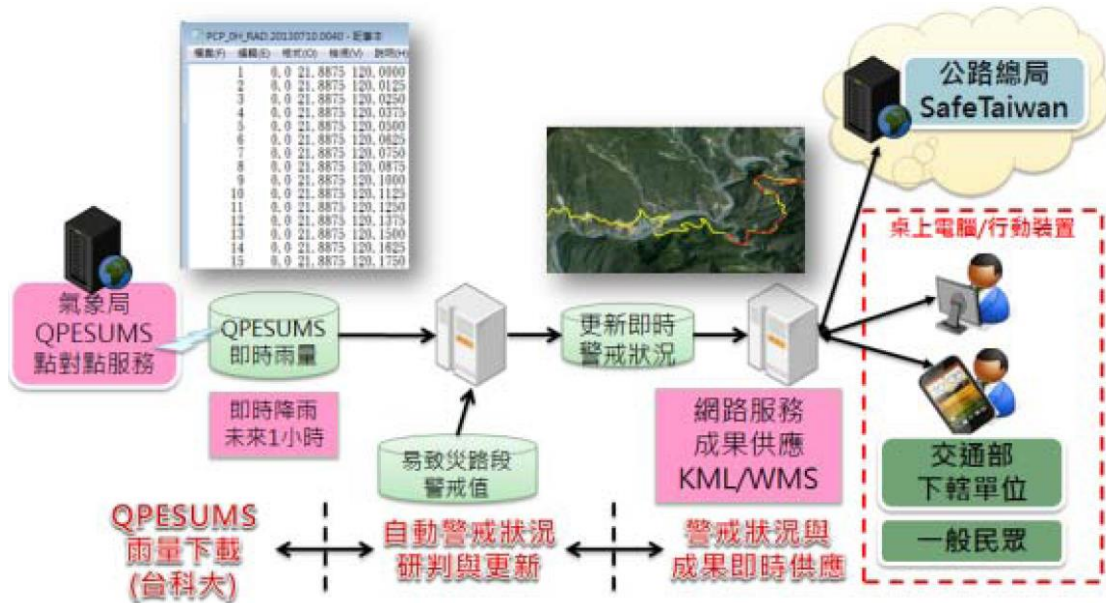


圖 2.4 監測預警管制方法與流程圖[5]

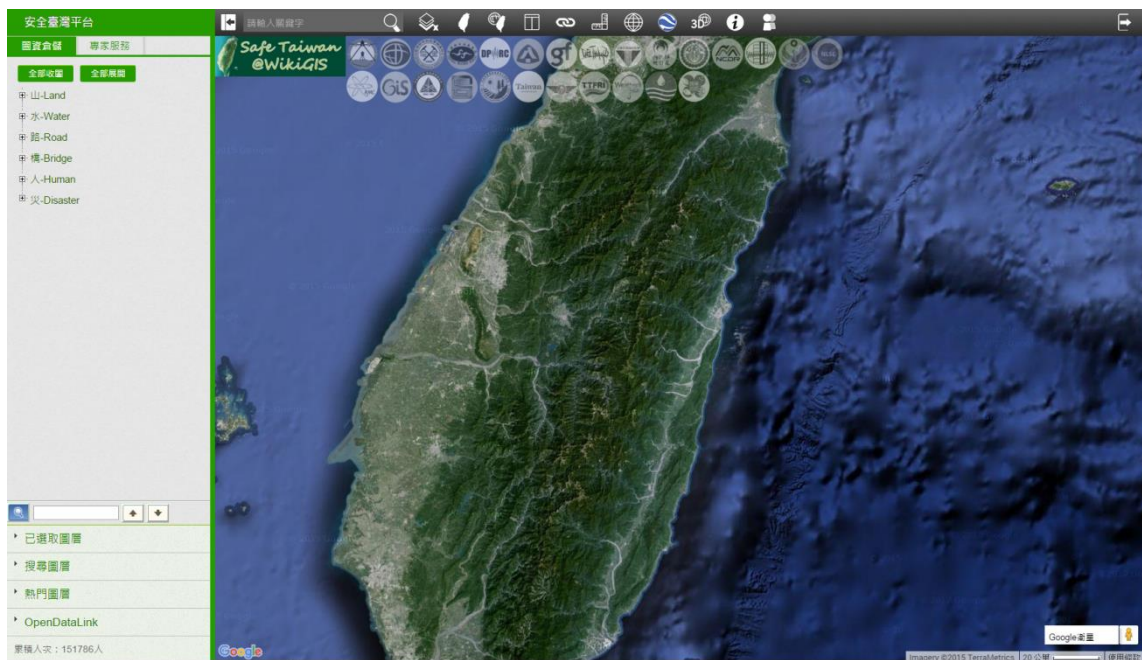


圖 2.5 以交通部公路總局 SafeTaiwan 平台展示監測預警管制成果圖 [5]

2.4 橋梁耐震能力評估—側推分析

2.4.1 結構設計分析軟體(SAP2000)簡介

SAP2000軟體為目前工程界普遍使用之商用結構設計分析軟體，在橋梁、建築物、港灣等土木工程中受到廣泛應用。由於SAP2000建立模型較為迅速，並能夠在電腦上直接看出模型的建立情況，此外能加入阻尼器、非線性構件等消能裝置，並能在SAP2000中建立3D模型，以符合實際的受力狀況，也能夠模擬構件進入非線性時結構體的行為，因此SAP2000軟體已成為眾多工程師使用的優質工具^[6]。

SAP2000歷經多次改版之後，成為一功能強大之全視窗介面結構分析軟體，其中也包含非線性元素分析。SAP2000應用基本的分析模型，於三維空間中建立幾何形狀，如圖2.6所示，並定義不同的斷面性質如鋼筋混凝土或鋼構材等，再定義該斷面幾何形狀及材料特性等，接著在結構物上加載各種受力型態，以完成後續相關靜力、動力、歷時等之分析。完成分析後之結果，可完全於SAP2000內以圖形顯示，如靜力載重變形、動力變形、剪力、軸力、彎矩圖、應力分布圖、歷時分析結果等，如圖2.7所示^[7]。

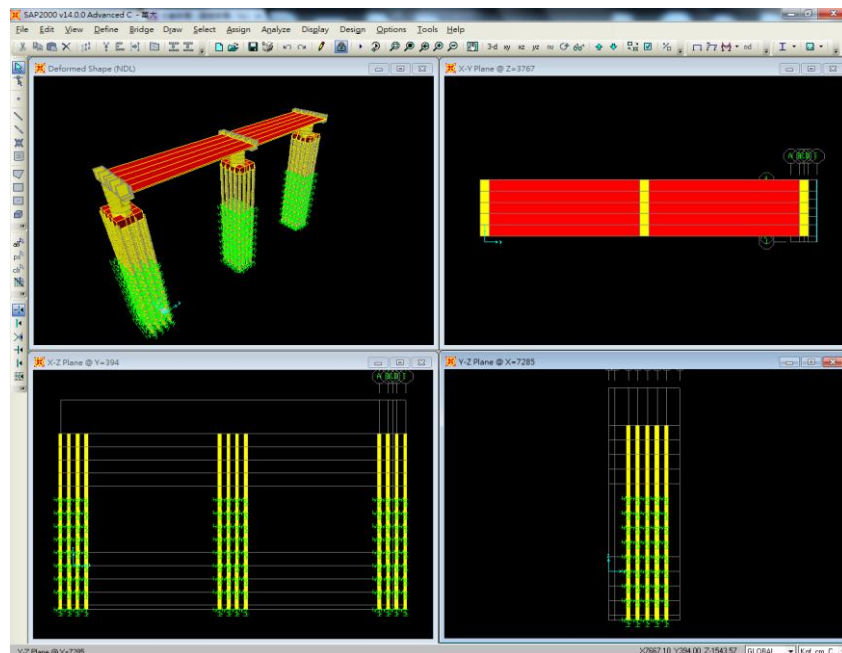


圖 2.6 SAP2000 3D 橋梁模型

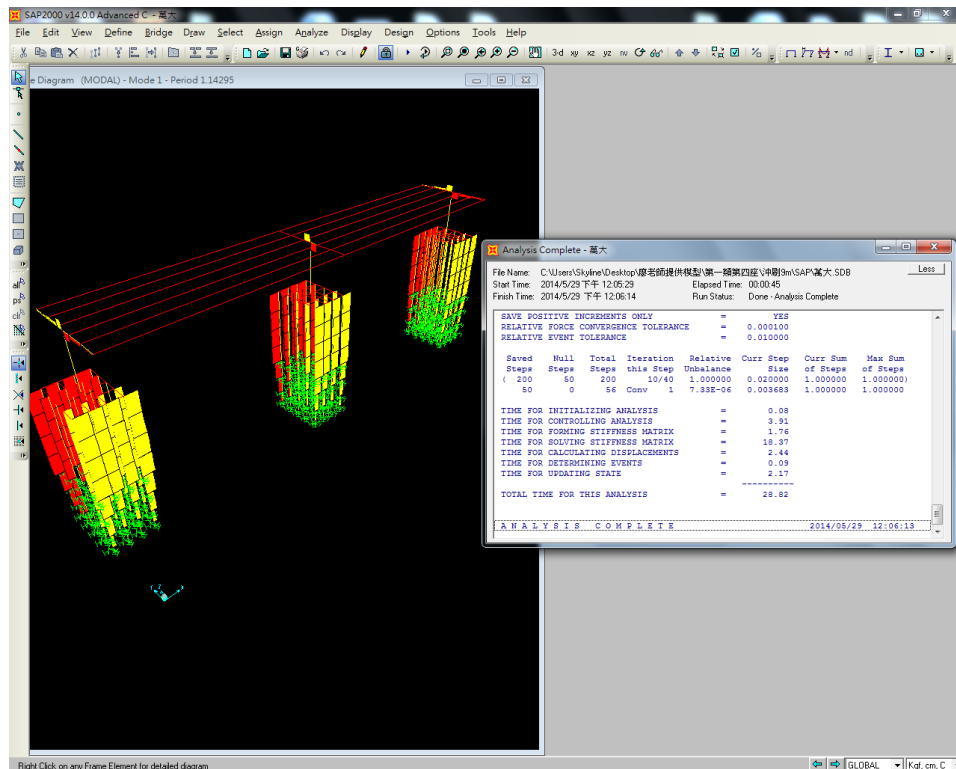


圖 2.7 SAP2000 分析畫面

2.4.2 橋梁側推分析流程

橋梁側推分析模式是以SAP2000軟體為平台，以下分為(a)~(e)五步驟說明^[4]:

(a)建置橋梁有限元素模型

建置橋梁有限元素模型時，須包含所有會影響力學分析之構件，如橋柱、帽梁、橋面版、支承墊、橋台、樁帽、基礎、隔震減震元件等，如圖2.8所示，如此才能反映出結構體真實受力行為。而結構模型建立必須定義好各構件尺寸、材料性質、材料強度等，以利後續進行力學計算。

(b)匯入塑鉸性質

在進行橋墩柱斷面強度分析時，首先須建立墩柱斷面彎矩與轉角關係曲線，再依此決定墩柱的破壞模式如剪力破壞、撓曲破壞、模式撓曲-剪力破壞，最後在SAP2000軟體中設定M3塑性鉸，如圖2.9所示。

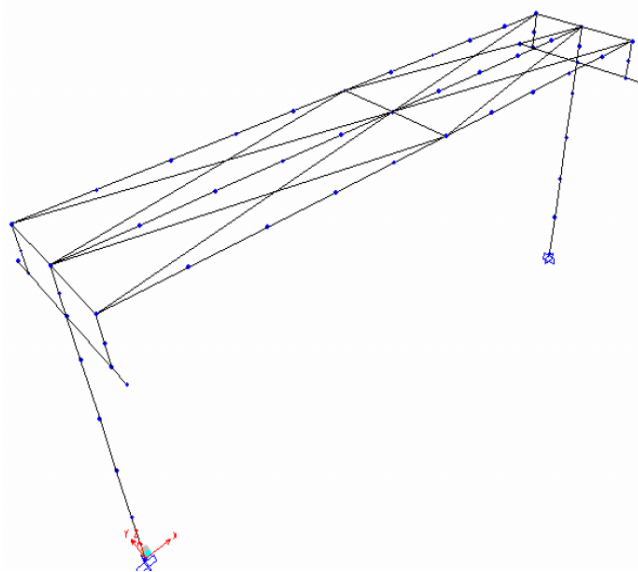


圖 2.8 橋梁有限元素模型[4]

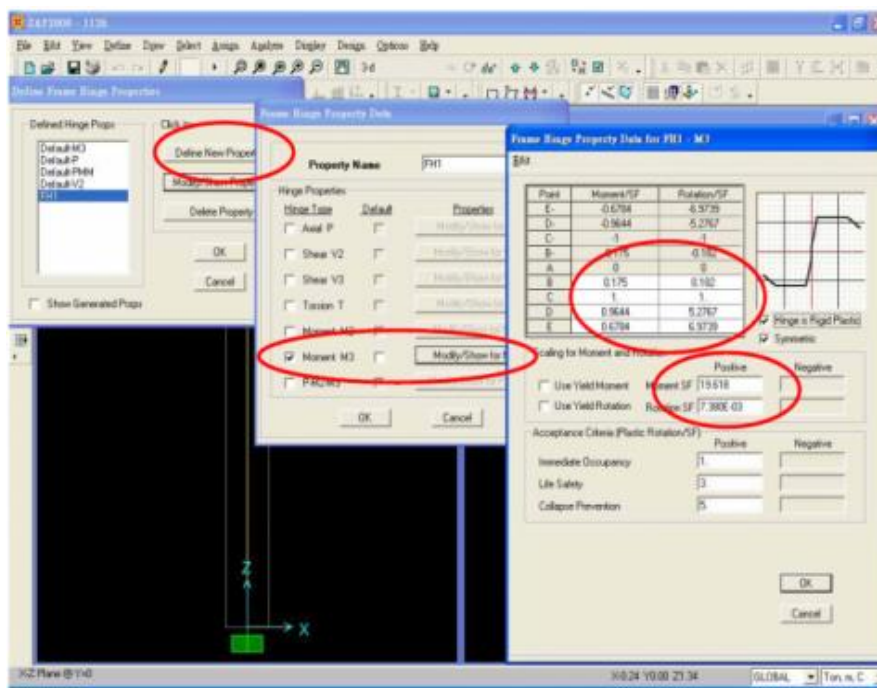


圖 2.9 塑性鉸設定畫面[4]

(c)建立容量曲線

在SAP2000執行側推分析時，首先以力量控制並施加自重，進行位移控制之側推分析，當斷面強度用盡時，則視為整體結構破壞，同時分析中止，依此可建立出橋梁之容量曲線，如圖2.10所示。

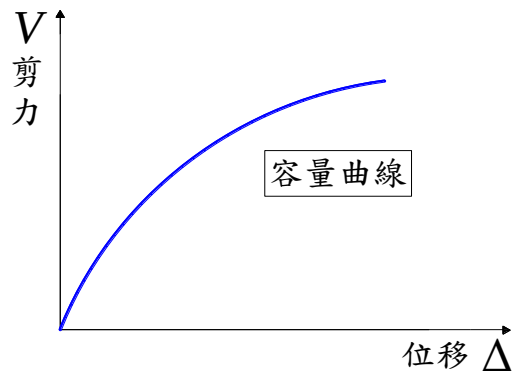


圖 2.10 橋梁容量曲線[4]

(d)建立容量震譜

將橋梁容量曲線轉換成容量震譜輸出 S_a - S_d 曲線，如圖 2.11 所示。

(e)求取 A_y 與 A_c 值

最後根據國內最新公路橋梁耐震設計規範(2009)，將側推分析中所得容量震譜中任一點處譜加速度 a_{pi} ，對應最大地表加速度(PGA)，以得出該橋梁之 A_y 與 A_c 值，如圖 2.12 所示。

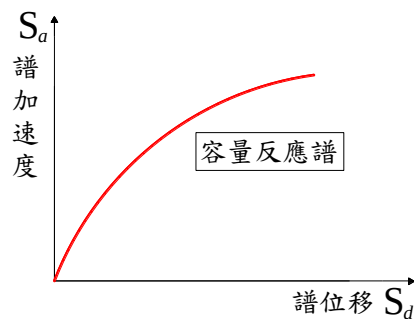


圖 2.11 橋梁容量震譜[4]

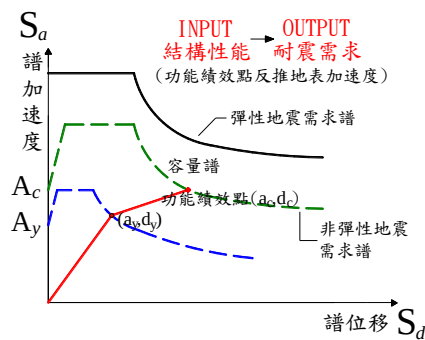


圖 2.12 求得 A_y 與 A_c [4]

本研究依據上述，將橋梁側推分析模式所需參數彙整如表2-1所示，以作為後續建立橋梁設計與防災預警資訊整合系統之資料庫欄位的依據。

表2-1 橋梁側推分析模式所需參數

編號		編號	
1	橋梁型式	26	帽梁混凝土保護層厚度(m)
2	橋跨數	27	橋墩柱長度(m)
3	總橋長(m)	28	橋墩柱寬度(m)
4	橋墩跨徑(m)	29	橋墩柱高度(m)
5	不透風護欄高(m)	30	橋墩柱斷面直徑(m)
6	混凝土單位重(t/m^3)	31	橋墩柱斷面積(m^2)
7	箱型梁長度(m)	32	橋墩柱楊氏模式(kN/m^2)
8	箱型梁寬度(m)	33	橋墩柱混凝土抗壓強度(kgf/cm^2 ；MPa)
9	箱型梁高度(m)	34	橋墩柱縱向鋼筋號數(D；#)
10	箱型梁混凝土抗壓強度(kgf/cm^2 ；MPa)	35	橋墩柱縱向鋼筋配置數量
11	帽梁長度(m)	36	橋墩柱縱向鋼筋配置間距(cm)
12	帽梁寬度(m)	37	橋墩柱縱向鋼筋降伏強度(kgf/cm^2 ；MPa)
13	帽梁高度(m)	38	橋墩柱縱向鋼筋彈性模數(kgf/cm^2)
14	帽梁斷面積(m^2)	39	橋墩柱橫向箍筋號數(D；#)
15	帽梁柱楊氏模式(kN/m^2)	40	橋墩柱橫向箍筋配置間距(cm)
16	帽梁混凝土抗壓強度(kgf/cm^2 ；MPa)	41	橋墩柱橫向箍筋降伏強度(kgf/cm^2 ；MPa)
17	帽梁縱向鋼筋號數(D；#)	42	橋墩柱橫向箍筋彈性模數(kgf/cm^2)
18	帽梁縱向鋼筋配置數量	43	橋墩柱混凝土保護層厚度(m)
19	帽梁縱向鋼筋配置間距(cm)	44	橋墩柱頂所受之軸力(tonf)
20	帽梁縱向鋼筋降伏強度(kgf/cm^2 ；MPa)	45	橋墩柱構材反曲點間之距離(cm)
21	帽梁縱向鋼筋彈性模數(kgf/cm^2)	46	樁帽長度(m)
22	帽梁橫向箍筋號數(D；#)	47	樁帽寬度(m)
23	帽梁橫向箍筋配置間距(cm)	48	樁帽高度(m)
24	帽梁橫向箍筋降伏強度(kgf/cm^2 ；MPa)	49	樁帽混凝土抗壓強度(kgf/cm^2 ；MPa)
25	帽梁橫向箍筋彈性模數(kgf/cm^2)	50	基樁直徑(m)

表2-1 橋梁側推分析模式所需參數(續)

編號		編號	
51	基樁長度(m)	71	沉箱內填物斷面積(m ²)
52	基樁數量(m)	72	承載層土壤單位重(t/m ³)
53	基樁楊氏模式(kN/m ²)	73	承載層土壤凝聚力
54	基樁混凝土抗壓強度(kgf/cm ² ; MPa)	74	承載層土壤摩擦角(度)
55	基樁縱向鋼筋號數(D ; #)	75	主動土壓力係數(ka)
56	基樁縱向鋼筋配置數量	76	被動土壓力係數(kp)
57	基樁縱向鋼筋配置間距(cm)	77	κ : 阻尼折減係數
58	基樁縱向鋼筋降伏強度(kgf/cm ² ; MPa)	78	α_{pi} : 容量震譜中任一點處譜加速度
59	基樁縱向鋼筋彈性模數(kgf/cm ²)	79	B_S : 短週期結構之阻尼比修正係數
60	基樁橫向箍筋號數(D ; #)	80	B_I : 一秒週期結構之阻尼比修正係數
61	基樁橫向箍筋配置間距(cm)	81	$\beta_{basic} (\zeta)$: 初始有效阻尼比(%)
62	橋墩柱橫向箍筋降伏強度(kgf/cm ² ; MPa)	82	Fa : 反應譜等加速度段之工址地盤放大係數
63	基樁橫向箍筋彈性模數(kgf/cm ²)	83	Fv : 反應譜等速度段之工址地盤放大係數
64	基樁混凝土保護層厚度(m)	84	S_S^D : 震區堅實地盤短週期之設計地震水平譜加速度係數
65	沉箱內填充物單位重(t/m ³)	85	S_I^D : 震區堅實地盤一秒週期之設計地震水平譜加速度係數
66	沉箱高度(m)		
67	沉箱寬(m)		
68	沉箱長度(m)		
69	沉箱厚度(m)		
70	沉箱全斷面積(m ²)		

(本研究整理)

2.5 橋梁耐洪安全評估

2.5.1 橋梁墩柱與基礎沖刷之研究

由於臺灣的多山谷與河川坡陡、河水湍急的地理特性與國外相關文獻之研究對象河川的屬性不同，因此研究的重點考量與成果和國外不盡相同。目前國內有關於橋梁基礎與沖刷之研究主要為：沖刷現象及學理影響分析、水力計算分析模式與沖刷深度評估，及跨河橋梁沖刷防治工法等，而研究計畫委託單位主要為交通部所屬之各處室，相關文獻重要內容整理，如表2-2所示。

表2-2 橋梁安全評估相關文獻

編號	研究名稱	資料來源	研究內容
1	本省西部重要河川橋梁橋基災害分析與橋基保護工法資料庫系統之建立	[8]	探討西部地區河川中下游之河床下降與砂石開採問題與因應對策，針對西部地區數十座河川橋梁之沖刷成因進行現場調查、監測分析，用以探討橋梁及之災因與災害模式，將國內歷年來所施作之橋基保護工法歸納分類，分析優缺點與適用地質條件，並進行災因之統計分析，提出河川橋梁所遭遇之洪水災害型態，研提預防橋基沖刷之應注意事項，最後對具沖刷潛勢之橋梁提出技術面與制度面因應之道及建議事項。
2	跨河構造物防治沖刷之技術與策略研究—應用剛性或柔性攔砂堰作為橋基保護方法之評估探討	[9]	主要為提出用於防治局部沖刷與一般沖刷之各種橋基保護工法之適用比較，研提有關剛性攔砂堰與柔性攔砂堰之分析比較，以作為規劃設計攔砂堰時之具體的參考指引。進行十餘個案分析，並綜合歸納相關的水力沖刷災害成因，提出跌水或水躍沖刷之發生機理與流程，建構有關自然河道與施作橋基保護工後分別發生側向侵蝕之機制與流程，並提出攔砂堰發生滲流與管湧之成因及相關防治措施，並提出施作橋基保護工前後，導水路開挖與回填過程所可能衍生之沖刷災況。

編號	研究名稱	資料來源	研究內容
3	橋梁設計維修支援系統之建立－腐蝕、地震、河川沖蝕之潛勢分析及相關技術整合	[10]	河川沖蝕部份主要有河道與橋基沖蝕成因之概論、建立河川與橋梁之沖刷潛勢分析表、頭前溪、濁水溪及高屏溪流域之沖刷潛勢分析等。
4	台灣河流之沖刷對橋梁基礎與道路邊坡之影響及因應對策研究	[11]	研究內容為彙整常用於規劃設計橋基保護工之水理計算法，並結合現場調查及國內外工法蒐集等研究方式，完成橋基保護工水理計算之參考手冊、橋基及公路下邊坡坡腳之沖刷防治支援系統及橋梁設計之水力指引。
5	高、快速公路橋梁鄰近區域之自然災害度潛勢分析	[12]	主要在探討沖刷災害相關因子，利用現有沖刷評估方法，描述評估後之處理原則，並針對沖刷潛勢提出評估流程與對策。
6	跨河橋梁訂定封橋水位	[13]	研究內容為蒐集並分析流域水文資料，現場勘查、測繪各河川橋梁之斷面圖等，建立分析與計算封橋水位，建置橋梁預警系統。內容包括橋址河床特性之瞭解、橋址河床高程測量、河床變動趨勢研判、橋基容許裸露結構分析、水理分析、洪水預警水位建立等。
7	河川橋梁之橋墩(台)沖刷保護工法之研究	[14]	針對跨河橋梁之橋墩及基礎防洪設計及維護管理進行探討研究，提供橋梁工程師於從事規劃設計及管理維護時有可循之準則，進而重視跨河橋梁設計及維護安全措施上所應注意之問題及應採行之因應策略。其內容為完成相關規範準則及資料整理研判、國內重要河川沖刷案例回顧、河川沖刷與地形、地質之關係、河川沖刷回淤及封橋水位、跨河橋梁佈設原則、跨越土石流橋梁之因應對策與案例探討、橋梁暨河川水利資料網路查詢系統之建置；針對橋墩及其基礎沖刷理論與應用、橋墩結構分析設計與沖刷深度之應用、基礎保護工法分析與設

編號	研究名稱	資料來源	研究內容
			計等分析探討，並搭配各現場案例深入說明；最後針對跨河橋梁檢測及維修補強設計及施工方法進行探討；並研擬考量主動式及被動式之橋梁沖刷監測預警系統。
8	河川橋梁沖刷並補強後之安全評估	[15]	研究台灣重要橋梁橋基沖刷損壞情形，進行安全評估報告。期望改善台灣地區河川橋梁沖刷問題，建立一實用的橋梁沖刷補強後安全評估標準，研判重要橋梁之安全與使用性。
9	交通工程防災預警系統建立之研究	[16] [17]	針對橋梁受到沖刷部分提出相關沖刷災害預防、沖刷災害緊急應變提出相關建議。
10	橋梁監測預警系統及沖刷保護措施及補強等策略之研究	[18]	研究目的為提供公路與河川主管機關擬訂相關政策與河川治理計畫及保護工法補強作業之參考依據，包括橋梁防災管理、橋梁資料建立、檢測、安全評估、維修補強及優選排序等資訊，作為未來橋梁沖刷管理之依據。其內容包括基本資料建立與檢測、橋梁耐洪能力初步評估表、耐洪能力快速計算評估、橋梁遭沖刷之補強優選排序原則、補強方法與設計、橋梁沖刷監測系統、封橋作業及緊急搶通、沖刷安全管理系統，及主管單位執行計畫之建議。
11	鐵路橋梁過河沖刷段橋墩與基礎結構系統檢測技術之研究	[19]	藉由非破壞檢測方式對橋梁的沖刷深度進行現地檢測，並對受沖刷基礎結構建立相關數值分析模式。
12	台灣地區橋梁安全檢查、評估及監測執行程序之訂定	[20]	針對案例橋梁受沖刷後，建立基礎結構安全評估，並考量沖刷深度、水位高度及洪水流速之分析模式。
13	高科技橋梁檢測系統建置試辦計畫	[21]	建立即時沖刷深度、水流流速水位高度監測系統，及利用 MIDAS/GTS 建立基礎三維分析模式。
14	國道 3 號濁水溪橋	[22]	建立即時沖刷深度、水流流速、水位高度監測

編號	研究名稱	資料來源	研究內容
	沖刷監測之研究		系統，及建立能考量沖刷深度、水位高度及洪水流速變化之基樁耐洪分析模式與基礎破壞包絡線，並應用於莫拉克颱風中藉由即時量測之沖刷深度、水流流速與水位高度資料，結合基礎破壞包絡線即時評估橋梁基礎之安全性。
15	國道 3 號濁水溪橋後續沖刷監測之研究	[23]	藉由持續沖刷深度、水流流速、水位高度監測系統資料，結合基礎破壞包絡線於凡納比颱風中運用監測資料，即時評估橋梁基礎之安全性，並藉由歷次颱風洪水沖刷深度監測資料，建構適用於該橋之基礎沖刷深度評估公式。
16	跨河橋梁安全預警系統建置更新與維護管理	[3]	交通部運輸研究所 98 至 100 年度「跨河橋梁安全預警系統之建立研究」計畫中，所開發之跨河橋梁安全預警系統，已針對大甲溪石岡壩下游跨河橋梁建置潛勢分析模式與預警通報機制。此研究將橋梁預警範圍擴展至大甲溪石岡壩上游至馬鞍壩，藉由颱洪期資料持續修系統模式，並與公路總局通報機制整合。擴充跨河橋梁安全預警系統，將大甲溪馬鞍壩下游橋梁納入預警範圍，開發自動化執行機制。本系統可接收大甲溪河系上游集水區中央氣象局雷達雨量觀測預報，再與地面雨量觀測進行修正後，推算河川流域之未來一至三小時之降雨強度，然後結合集水區演算、地表漫地流演算、水庫演算、河道一維及二維水理演算，推估河道之流量、水位、流速與沖刷深度，進而計算橋梁耐洪安全係數。分析結果如超過警戒值，則自動啟動預警通報機制，提早通報橋梁管理單位，爭取防災應變之黃金時間，給予用路人生命財產更多的保障。

2.5.2 橋梁基礎結構耐洪分析模式

橋梁基礎耐洪安全評估分析模式需綜合考量沖刷深度、水流流速與水深變化對橋梁基礎結構耐洪能力之影響，不同橋梁基礎，其分析模式不同，以下針對臺灣最常用的基礎型式：(a)沉箱基礎耐洪分析模式、(b)樁基礎耐洪分析模式分別作說明^[3]：

(a)沉箱基礎耐洪分析模式

首先依據公路橋梁設計規範(98)第五章基礎篇資料，在計算完成沉箱基礎結構基礎垂直極限承載力、水平極限承載力、沉箱底面之摩擦阻力後，建立沉箱傾覆、承載分析模式，計算過程說明如下：

1.沉箱傾覆分析模式建立

利用下式評估沉箱傾覆穩定

$$W_A \cdot \bar{x} = P_L \cdot \bar{y} \dots\dots\dots (2.1)$$

式中， W_A ：作用於沉箱基礎板底面之垂直合力(t/m)， P_L 為作用於沉箱壁體之水平合力(t/m)， $\bar{x}$ 為垂直合力作用力臂(m)， $\bar{y}$ 為垂直合力作用力臂(m)。由沖刷因子影響分析可知，沖刷深度的變化為影響橋梁基礎承載能力的改變，水流流速則為影響作用於基礎結構上之水流作力力大小，而水深的變化則為影響水流作用力分佈的範圍，因此在考量此三因素作用下，沉箱基礎結構/水流/土壤互制關係可由圖2.13所示。於極限平衡分析作用下則可將式(2.1)修改為下式：

$$\begin{aligned} & W_1 \cdot \frac{D_1}{2} + W_2 \cdot \frac{D_1}{2} + F_V \cdot \frac{D_1}{2} + \frac{1}{3} P_p \cdot (L_2 - SC) \\ &= \frac{1}{3} P_a \cdot (L_2 - SC) + F_w \cdot [(L_2 - SC) + \frac{2}{3} (W_L + SC)] \dots\dots\dots (2.2) \\ &+ WF \cdot (\frac{1}{2} LW + L_1 + L_2) \end{aligned}$$

式中， W_1 為橋墩自重(需考量水之浮力作用)， W_2 為沉箱自重(需考量水之浮力作用)， F_V 為垂直載重， F_w 為水流作用力， P_a 為主動

土壓力，其中 $P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times (\gamma - 1) \times (L_2 - SC)^2 \times D_1$ ， P_p 為被動土壓力，其中 $P_p = \frac{1}{2} \times K_p (\gamma - 1) \times (L_2 - SC)^2 \times D_1$ ， L_1 為橋墩高度， L_2 為沉箱高度， SC 為沖刷深度， W_L 為水深， r 為土壤單位重， k_a 為主動土壓係數， k_p 為主動土壓係數， WF 為風力， LW 為上部結構高度。

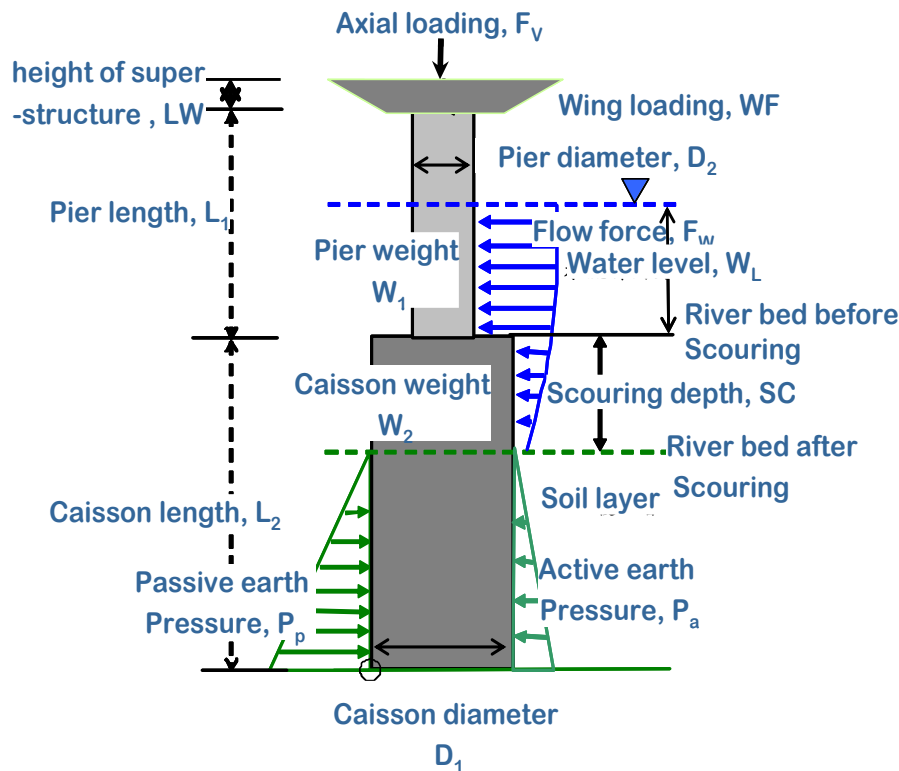


圖 2.13 沉箱基礎/土壤/水流互制示意圖[3]

2. 沉箱承載分析模式建立

沉箱受側向水流作用力作用會導致沉箱承受偏心載重，使得沉箱底部與土層之有效接觸面積減少，因此針對沉箱承載分析須先求得沉箱底部有效接觸面積，再分析其承載安全，偏心量 e 可由求得沉箱底部傳入土壤之彎矩 M 與軸力 P 計算，其偏心量 e 。

$$e = M / P \dots\dots\dots (2.3)$$

圓形沉箱承受偏心載重時，其有效接觸面積 A_{eff} 可依下式計算(如圖2.14所示)，依此有效接觸面積乘以 q_u 即可算出其極限承載力。

$$A_{eff} = r^2(\alpha - \cos \alpha \sin \alpha) \dots\dots\dots (2.4)$$

式中， r 為沉箱半徑， α 為接觸面積之半圓周角(rad)，其值與偏心率 e/r 有關，如圖2.15所示。

承載安全係數為

$$SF = \frac{Q_c}{P} \dots\dots\dots (2.5)$$

式中， Q_c 為沉箱容許承載力，其中 $Q_c = q_a \times A_{eff}$ ， P 為軸向載重。沉箱基礎耐洪安全評估分析模式所需參數如表2-3所示。

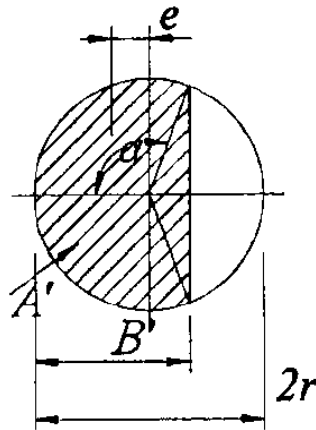


圖 2.14 沉箱圓形基礎之有效接觸面積[3]

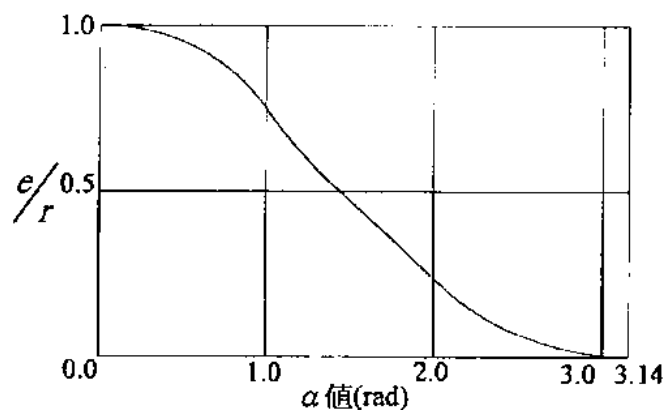


圖 2.15 圓形基礎之 α 與 e/r 之關係圖[3]

表2-3 沉箱基礎耐洪安全評估分析模式所需參數

編號		編號	
1	主動土壓力係數(k_a)	16	橋墩跨徑(m)
2	被動土壓力係數(k_p)	17	橋墩高度(m)
3	沉箱基礎底面之形狀因素(α)	18	橋墩寬(m)
4	沉箱基礎底面之形狀因素(β)	19	橋柱斷面積(m^2)
5	沉箱支承力因素(N_c)	20	橋墩重量(ton)
6	沉箱支承力因素(N_q)	21	橋墩數量
7	沉箱支承力因素(N_r)	22	沉箱高度(m)
8	承載層土壤單位重(t/m^3)	23	沉箱寬(m)
9	承載層土壤凝聚力	24	沉箱長度(m)
10	承載層土壤摩擦角	25	沉箱全斷面積(m^2)
11	沉箱內填充物單位重(t/m^3)	26	沉箱內填物斷面積(m^2)
12	混凝土單位重(t/m^3)	27	橋墩水流作用力常數
13	不透風護欄高(m)	28	沉箱水流作用力常數
14	箱型梁與橋面板高(m)	29	沉箱厚度(m)
15	上部荷重(ton)		

(本研究整理)

(b) 樁基礎耐洪分析模式

首先依據公路橋梁設計規範(98)第五章基礎篇資料，在計算求得樁基礎結構基礎垂直承載力、側向支承力計算後，建立基樁承載分析模式，計算過程說明如下：

1. 基樁承載分析模式建立

樁基礎耐洪承載能計分析方能計分析方式，其中群樁基礎受力之機制如圖2.16，基樁所受之軸向力除垂直載重造成的力外，尚包含側向力(包括風力·水流力)引致的彎矩對樁造成之軸力。

在沖刷河床面各樁所受之軸壓力可由下式計算：

$$P_{total} = P_v \pm P_M \dots\dots\dots (2.6)$$

式中， P_v 為總垂直載重造成之各樁軸力(需考量水浮力之作用)， P_M 為側向力(包括風力·水流力)引致的彎矩對樁造成之軸力，計算到

河床面。 P_{total} 為 $P_v + P_M$ 在邊樁會有最大值為承載力檢核利用， P_{total} 為 $P_v - P_M$ 在近端為檢核基樁拉力利用。

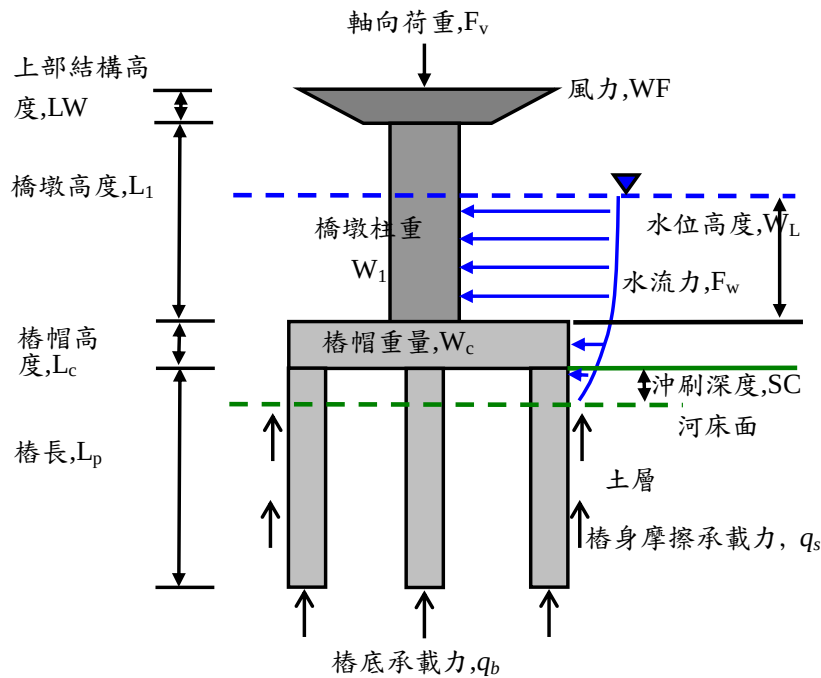


圖 2.16 群樁基礎受力機制圖[3]

總垂直載重造成之各樁軸力 P_v 可由下式計算：

$$P_v = \left(\frac{P}{n \times m} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

式中， P 為計算到河床面之垂直載重， n 為行車方向之基樁數量， m 為垂直行車方向之基樁數量。

側向力(包括風力·水流力)引致的彎矩對樁造成之軸力 P_M 可由下式計算：

$$P_M = \frac{MY}{I} A_a \dots\dots\dots (2.8)$$

式中， M 為所有側向力對河床面之彎矩， Y 為樁帽中心沿垂直行車向到最邊樁之距離， A_u 為單樁底部之面積， I 為群樁之慣性矩。

M 之計算方式如下：

$$M = WF\left(\frac{LW}{2} + L_1 + L_c + SC\right) + F_p\left(\frac{W_L}{2} + SC\right) + F_h\left(\frac{L_c}{2} + SC\right) + F_l(SC/2) \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

式中， WF 為風作用力， F_p 為水作用在橋墩之合力， F_h 為水作用在樁帽之合力， F_l 為水作用在基樁之合力， LW 為風作用力重心至橋墩頂部之距離， L_1 為橋墩高度， L_c 為樁帽高度， SC 為冲刷深度。

則樁基礎耐洪承載能力計算為：

$$FS = \frac{Q_a}{P_{total}} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

式中， Q_a 為基礎容許承載力， P_{total} 為 P_v 與 P_M 之和，在邊樁會有最大值。

本研究依據上述，將沉箱基礎耐洪安全評估分析模式所要參數彙整如表2-4所示，以作為後續建立橋梁設計與防災預警資訊整合系統之資料庫欄位的依據。

表2-4 樁基礎耐洪安全評估分析模式所需參數

編號		編號	
1	混凝土單位重(t/m^3)	12	樁帽寬度(m)
2	不透風護欄高(m)	13	樁帽高度(m)
3	箱型梁與橋面板高(m)	14	基樁直徑(m)
4	上部荷重(ton)	15	基樁長度(m)
5	橋墩跨徑(m)	16	基樁數量(m)
6	橋墩高度(m)	17	基樁慣性矩(m^4)
7	橋墩寬(m)	18	橋墩水流作用力常數
8	橋墩數量	19	樁帽水流作用力常數
9	橋柱斷面積(m^2)	20	基樁水流作用力常數
10	橋墩重量(ton)	21	最外側基樁至樁帽外側距離(m)
11	樁帽長度(m)		

(本研究整理)

2.6 橋梁振動頻率評估

跨河橋梁之耐洪能力主要受到橋梁本身結構、河川環境、水文條件與河岸防護措施等眾多因素之影響，為一個跨領域的複雜問題。因此，完整的評估分析通常需要藉助歷年水文資料的收集與統計分析、橋體非破壞性檢測評估與沖刷深度的丈量或計算等不同領域的整合使能完成，其分析過程通常十分耗時，在有限的時間與經費的條件下，若欲對大量的橋梁進行詳細評估，顯然有執行上的困難。

若橋基受到嚴重的沖刷，則橋墩的振動頻率將隨之下降，許多學者注意到此一現象並針對洪水前後之橋墩頻率變化率進行研究，冀能藉由此參數之變動，判斷橋梁健康之依據；例如李維峰與陳正興(2009)^[24]嘗試從頻率的下降程度診斷出結構是否安全或結構破壞的原因。不過，多數研究所採取直接量測法且缺乏定量的評估流程。所謂直接量測法係指將量測儀器安裝於橋梁之上，直接讀取橋梁的振動頻率，然而，台灣地區之橋梁數量高達數萬座，逐一設置固定式頻率監測儀器之成本可能過高，實際上並不可行；不同於直接量測法，非直接量測法(如移動式非破壞性振動檢測)並不嘗試讀取橋梁的振動資訊，而是將量測儀器裝置於具有行動能力的車輛中，藉由量測車輛的振動結果反推橋梁之振動特性；非直接量測法，無論讀取資料時，車輛為行進中或靜止，均較傳統之直接量測法具有機動性。

因此，港研中心委託東源科技工程有限公司與國立臺灣科技大學^[25]，探討是否可以利用橋梁的自然振動頻率之定量化數據作為橋梁健康的指標。並針對多種橋梁頻率量測法(包含直接與非直接量測)進行試驗，分析並比較其間差異，探討非直接量測法應用於實際橋梁之可行性。目前本計畫共進行3座橋梁試驗，分別為台中東勢大橋、台中天福大橋與苗栗西湖大橋。

根據試驗結果，以下說明所建議的臺灣地區之移動式振動檢測模式，如圖2.17所示，詳細內容說明如下；圖中之流程除儀器準備外，其餘各流程均已整合為單一流程。

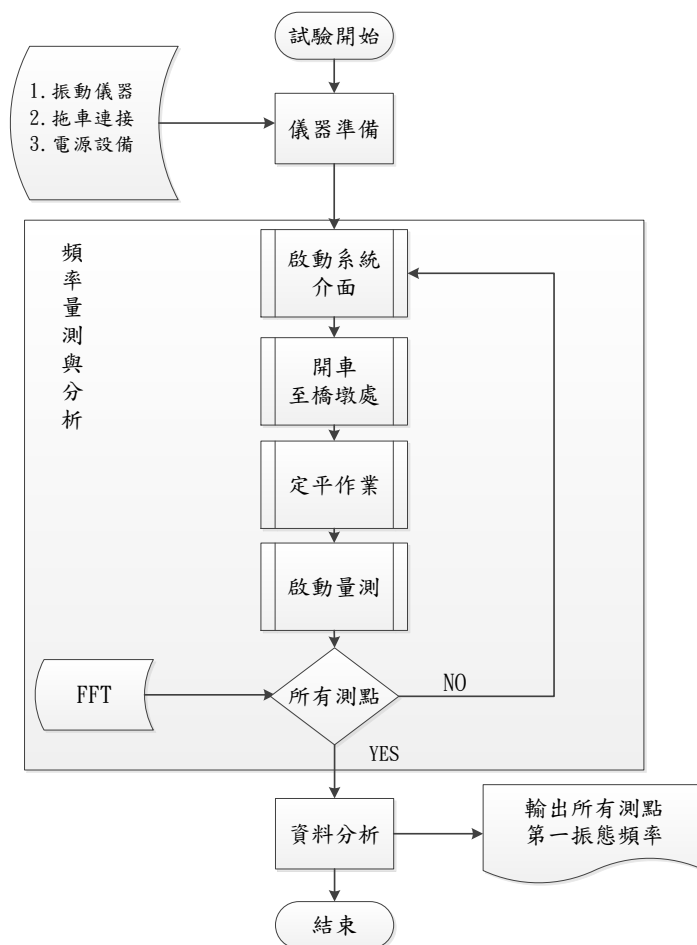


圖 2.17 臺灣地區建議之移動式振動檢測模式流程圖[25]

1.目的：此振動檢測模式旨在提供一個可以相對快速、經濟且正確地量測橋面版與橋墩之振動頻率(第一振態)。

2.移動式振動檢測之定義：本計畫所規畫之移動式振動檢測係指量測儀器(速度計)置於具移動性之拖車上，量測時，裝載儀器的拖車係靜止狀態(間接-有行車-靜止-未發動)，每次量測時間約2分鐘。

3.檢測流程：

(1)儀器準備：

<1.1>振動儀器：建議使用速度計作為量測儀器，且其可量測範圍至少應為 $\pm 2 \text{ kine}$ ($\pm 0.02 \text{ m/s}$)；以可同時取得三個方向之歷時振動之儀器為優先考量。

<1.2>拖車設計：托車之自然振動頻率不宜介於2.0Hz-8Hz之間、且

其各向(x與y方向)之阻尼比不宜大於5%，上述托車之結構性能可以由自由振動之歷時反應取得。

<1.3>電源設備：必須確保現場量測時筆記型電腦及速度計之電源無虞，不建議採用汽車之電力，以蓄電池(如電匠)提供電力較為理想。

<1.4>儀器測試：現場試驗前，各儀器(如筆電及速度計)應先整合並測試是否可以正常讀取振動訊息。

(2)頻率量測流程：

<2.1>將儀器固定於托車上

<2.2>將拖車固定於具移動性之車輛上

<2.3>整合各項儀器

<2.4>以汽車將拖車與量測儀器運送至某一橋墩上方

<2.5>進行訊號收集

<2.6>以汽車將拖車與量測儀器運送至某一橋面版跨度中央處

<2.7>進行訊號收集

<2.8>重複<2.4>至<2.7>直至每個橋墩與橋面版已完成資料之收集與分析(每筆兩分鐘)，量測資料之分析工作將於收集資料完畢時同步進行。

此計畫共進行6種不同橋梁頻率之量測方式：

儀器(速度計)直接置於橋面版上，橋梁上無任何行車。

儀器(速度計)直接置於橋面版上，橋梁上行車正常。

儀器(速度計)置於小拖車上，汽車靜止未發動，橋梁上無任何行車。

儀器(速度計)置於小拖車上，汽車靜止未發動，橋梁上行車正常。

儀器(速度計)置於小拖車上，汽車靜止但發動，橋梁上行車正常。

儀器(速度計)置於小拖車上，汽車已10km/hour等速前進，橋梁上行車正常。

評估的結果係建議採用方式4或方式5的量測方式，理由說明如下：移動式量測法(方式1~方式2)的優點為機動性佳、儀器可以設置於車上不須搬動，滿足利用單一儀器快速量測多個橋梁的目的，缺點則有量測結果受路面粗糙度、車速影響過大，且行車經過收縮縫時(通常即為橋墩正上方)，路面不平經常造成巨大的振動，因此，欲藉由行車經過橋墩上方時所取得之極短的振動訊號，且經常伴有巨大的非預期振動來源，正確判讀出橋墩頻率的困難度過高，故上述量測方式不列入建議。

非直接量測法(方式4或5)，相較於移動式量測法，缺點為機動性稍不理想(因試驗車輛必須短暫停止且需定平)，需時較移動式量測法稍久，優點則為儀器設置於車上，不須搬動，具有相當程度的機動性，經檢查上述兩個量測方式之結果，以方式4的結果較為理想，故為建議之振動檢測模式。

根據所量測之振動頻率(第一振態)，工程師可以針對同一座橋梁之振動頻率進行洪水前後或地震發生前後進行比較，若欲將比較的結果作為封橋與否的參考，尚須界定明確的臨界值，災害前後之頻率比值如下所示：

$$R = \frac{f_{ma}}{f_{mb}} \dots\dots\dots(2.11)$$

其中， f_{ma} 為災害後橋墩的量測震動頻率(第一振態)， f_{mb} 為災害前橋墩的量測震動頻率(第一振態)， R 為兩者之比值。若 $R < R_c$ 則應考慮進行封橋， R_c 定義如下：

$$R_c = \frac{f_{aa}}{f_{ab}} \dots\dots\dots(2.12)$$

其中，其中， f_{aa} 為橋墩受損後的振動頻率(第一振態)， f_{ab} 為橋墩受損前的振動頻率(第一振態)。受損之定義為某一橋梁的結構狀態對等於

側推分析中 A_y 或 A_c 的結構狀態，亦即，當任一橋梁抵抗橫向力的能力等於該橋梁降伏(A_y)或崩塌(A_c)時抵抗橫向力的能力時，視為受損狀態。過程中「安全臨界頻率比值」之計算受到橋梁是否已達極限受損狀態而定，必須經由橋梁側推分析才能得到，故評估所需要之輸入包含側推分析參數(表2-1)及現地量測振動頻率(第一振態)資料。

第三章 TRENDS系統架構與模組功能分析

有鑑於台灣天然災害頻傳，計畫團隊於92年起投入防災研究領域，冀望以導入資訊科技改善既有防救災機制，並徹底檢討現有防災體系，提升災情通報效率，減少災情擴大。計畫團隊於94年首度導入智慧代理人概念開發資訊交換平台，94、95年交通部運輸研究所委託研究計畫「交通工程防災預警系統建立之研究」^[16]所開發之「災害預警資料交換機」申請專利，並技術移轉運輸研究所港灣技術研究中心，作為「公路防救災決策支援系統」^[2]與「跨河橋梁安全預警系統」^[3]二計畫之核心，提供資料交換平台，整合災害上、中、下游資訊，並整合歷年成果(如下表3-1)建置『臺灣公路早期防救災決策支援系統(Taiwan Road Early Nature Disaster Prevention System，TRENDS)』。

表3-1 TRENDS發展歷程

No	年度	計畫名稱	主持人	災害類別	參與團隊			本團隊參與說明
1	94-95	交通工程防災預警系統建立之研究	台科大鄭明淵	土石流 預警通報	台科大	營建系	鄭明淵 呂守陞	交通部運輸研究所委託之計畫案於 95、96 年獲優良獎，鄭明淵教授擔任計畫主持人，創新導入「智慧代理人」，發展「災害預警資料交換機」，研究團隊整合共計兩校、國家地震中心與台灣營建研究院之研究資源。其中計畫主持人、協同主持人等九名，研究人員 18 人。
				地震潛勢	國家地震中心 台科大 台科大	- 營建系 營建系	葉錦勳 陳生金 鄭 繁	
				洪水冲刷	國家地震中心	-	林詠彬	
				材料劣化	台科大	營建系	黃慶東	
				防救體系	臺灣營建研究院	-	林主潔	
2	96-99	公路防救災決策支援系統建立之研究	台科大鄭明淵	地震潛勢	台科大	營建系	鄭明淵	延續前一計畫案，納入 土石流、道路邊坡預警 、替代道路規劃與救災資源指派，即時統整各項道路通阻資訊，動態規劃替代道路與救災資源，提供人員快速執行救災任務 (運研所佳作獎) 。
				洪水土石流 預警通報	清雲科大	土木系	蔡明修	
				邊坡崩塌	台科大	營建系	廖洪鈞	
3	99-100	跨河橋梁安全預警系統之建立研究與整合作業	台科大鄭明淵	洪水冲刷 預警通報	台科大	營建系	鄭明淵	交通部運輸研究所委託，鄭明淵教授擔任計畫主持人，研究內容須整合 8 校、中興工程顧問、中華顧問及國家地震中心之研究成果。此整合計畫研究領域橫跨了水力分析、風險評估、檢測評估、材料、法規及資料調查與監測等領域，進行災害潛勢分析。
				一維水力	成功大學	水利及海洋工程學系	游保杉	
				二維水力	中興工程顧問	-	廖哲民	
				安全評估	海洋大學	河海工程系	林三賢	
				檢測規範	中華顧問工程司	-	王仲宇	
				橋河資料	高雄應用科大	土木系	李良輝	
				保護工法	逢甲大學	水利系	廖清標	
				橋墩材料	海洋大學	材料所	楊仲家	
				保護工規範	台科大	研發中心	李維峰	
				災因分析	中興大學	土木系	蔡清標	
				監測儀器	中原大學	土木系	張達德	
				監測儀器	國震中心	-	張國鎮	

No	年度	計畫名稱	主持人	災害類別	參與團隊			本團隊參與說明
4	99-100	橋梁通阻檢測分析模式建立之研究	台科大鄭明淵	材料劣化	台科大	營建系	邱建國	應用所發展之 AI 推論模式學習橋梁耐震影響因子(輸入)與降伏加速度與破壞加速度(輸出)對應關係，快速評估全台灣 2590 座橋梁耐震潛勢。(103 年土木水利工程學刊論文獎)。
				地震簡易側推分析	台科大	營建系	歐昱辰	
				AI 推論潛勢	台科大	營建系	鄭明淵	
				振動分析	台科大	營建系	廖國偉	
5	100	蘇花公路 115.9K 邊坡崩塌監測預警模式之建立研究	逢甲 洪本善	預警通報	台科大	營建系	鄭明淵	有鑑於蘇花 115.9K 突發性崩塌之災難，應用資料交換平台整合氣象局降雨預報、現場 GPS 監測與雨量計作為自動通報機制之啟動門檻，防止邊坡崩塌。
				降雨預測	成功大學	水利及海洋工程學系	游保杉	
				邊坡崩塌	逢甲大學	GIS 中心	方耀民	
6	101-102	跨河橋梁安全預警系統建置更新驗證與維護管理	台科大鄭明淵	預警通報	台科大	營建系	鄭明淵	本研究將跨河橋梁預警範圍擴展至大甲溪石岡壩上游至馬鞍壩。同時，藉由颱洪期資料持續修正大甲溪流域預測及預警模式，並與公路總局通報機制整合。
				二維水理	中興工程顧問	-	廖哲民	
				安全評估	海洋大學	河海工程系	林三賢	
7	102	移動式橋梁振動檢測及訊號分析與傳輸通報系統	台科大鄭明淵	系統整合	台科大	營建系	鄭明淵	於各橋梁設置振動頻率量測儀器，在有限的時間與經費下並不可行。本研究將儀器裝置於車輛中，取得橋梁之振動頻率分析結果作為橋梁開放通行或封閉之建議。
				振動分析	台科大	營建系	廖國偉	
8	101-103	橋梁殘餘壽齡與保全評估決策模式之研發	台科大鄭明淵、邱建國	維護策略	台科大	營建系	鄭明淵	應用風險期望值觀念，提出可視與不可視風險指標與評估模式。發展創新最佳化搜尋方法-生物共生演算法，搜尋橋梁生命週期最適維護時機與成本，供擬定最適維護策略之參考。(營管協會論文優等獎)(104 年土木水利工程學刊論文獎)。
				材料劣化	台科大	營建系	邱建國	
9	104	橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究(1/2)	台科大鄭明淵	系統整合	台科大	營建系	鄭明淵	藉由縮小尺寸模型驗證移動式振動量測方式之可行性，並以人工智慧推論各橋梁通阻之臨界頻率值，作為橋梁開放通行或封閉之建議。
				振動分析	台科大	營建系	廖國偉	

計畫執行過程中TRENDS在地震、洪水沖刷與邊坡方面皆有應用之成效，其中：

(a)地震方面：應用AI推論公總全台五區工程處共33個工務段2590座橋梁之耐震潛勢，並進行預警通報。地震發生後，TRENDS會自動擷取氣象局發布之地震資料，即時分析橋梁地震破壞潛勢，以e-mail及簡訊方式通報相關人員。目前於公路總局及五區工程處已採用，通報名單包括：交通部主任祕書1人；公路總局副總工程師1人、防災中心1人、道工科科長1人及五區處橋檢對口人員5人與工務段段長、副段長63人，橋檢工程師33人；運輸研究所運計組組長1人；港研中心主任1人、科長1人及研究員1人；國防部空軍戰術管制聯隊11人，總計123名，內容包括轄下超出預警值之橋梁及破壞機率排序，作為管理單位第一時間至現場勘查之參考。在2013/6/2所發生規模6.2地震中，有效發布綠水和舊東光2座橋梁危險警訊，供管理單位決定優先檢測順序之參考依據。

(b)洪水沖刷方面：交通部運研所目前已將TRENDS應用在公路總局大甲溪跨河橋梁預警通報，未來擬推廣應用至全台。

(c)邊坡方面：

(i)提供第四區工程處蘇花公路豪大雨與邊坡位移通報預警，已在4次豪大雨事件中發揮功效(2011/08/04、08/27，2012/06/19、06/28)，提早發布通知，供段長封閉道路決策之依據，避免災情擴大傷及人命。

(ii)提供蘇花公路115.9K國防部空軍戰術管制聯隊之邊坡位移預警。

以下針對TRENDS系統之系統架構與模組功能進行分析，以釐清系統模組功能資料更新、提升精確度與驗證之可行性。

3.1 TRENDS系統架構

TRENDS架構分為資料交換平台、資料庫與預警通報機制等。並以1.易於進行資料查詢及分析；2.提供橋梁基本、災害、監測資訊；3.GIS

圖形介面等使用需求進行系統規劃(圖3.1)。

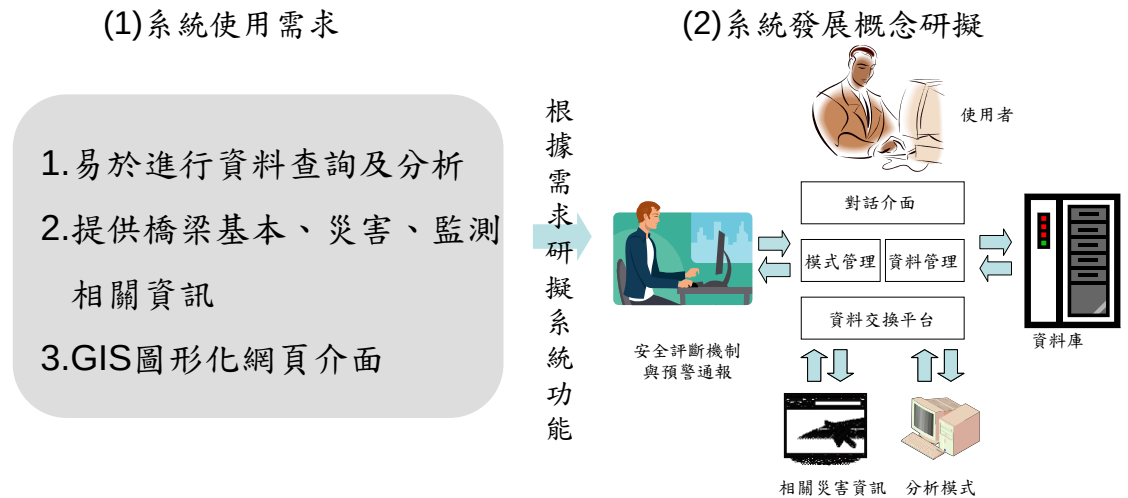


圖 3.1 TRENDS 系統概念

- 1.資料交換平台：應用港研中心「交通工程防災預警系統建立之研究」中所建置之「災害預警資料交換機」，建置資料交換平台，統整各項資訊。透過通報機制，於洪水災害發生時，第一時間收集監測資料與災害分析研判，並將結果即時透過各項通訊管道(手機簡訊與E-mail等)回報災情與範圍，提升救災效率，減少災情之損失與避免人員之傷亡。
- 2.資料庫：為了解決各介面整合與資源共享等問題，因此此階段將根據資料倉儲理念進行資源整合，研究資源項目包含GIS圖層、儀器監測值、氣象報告、水文資料、橋梁基本資料、橋梁耐洪安全評斷標準等資訊。
- 3.預警通報機制：最後，本研究為了能立即掌握即時橋梁安全情況，並提供災時工程人員應變、決策及通報的機制，將應用災害預警資料交換機即時收集災情資訊與安全評估結果，一旦橋梁到達設定之警戒值時，系統將以主動及被動兩種方式與公路總局通報機制進行整合。

如圖3.2所示，系統中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。

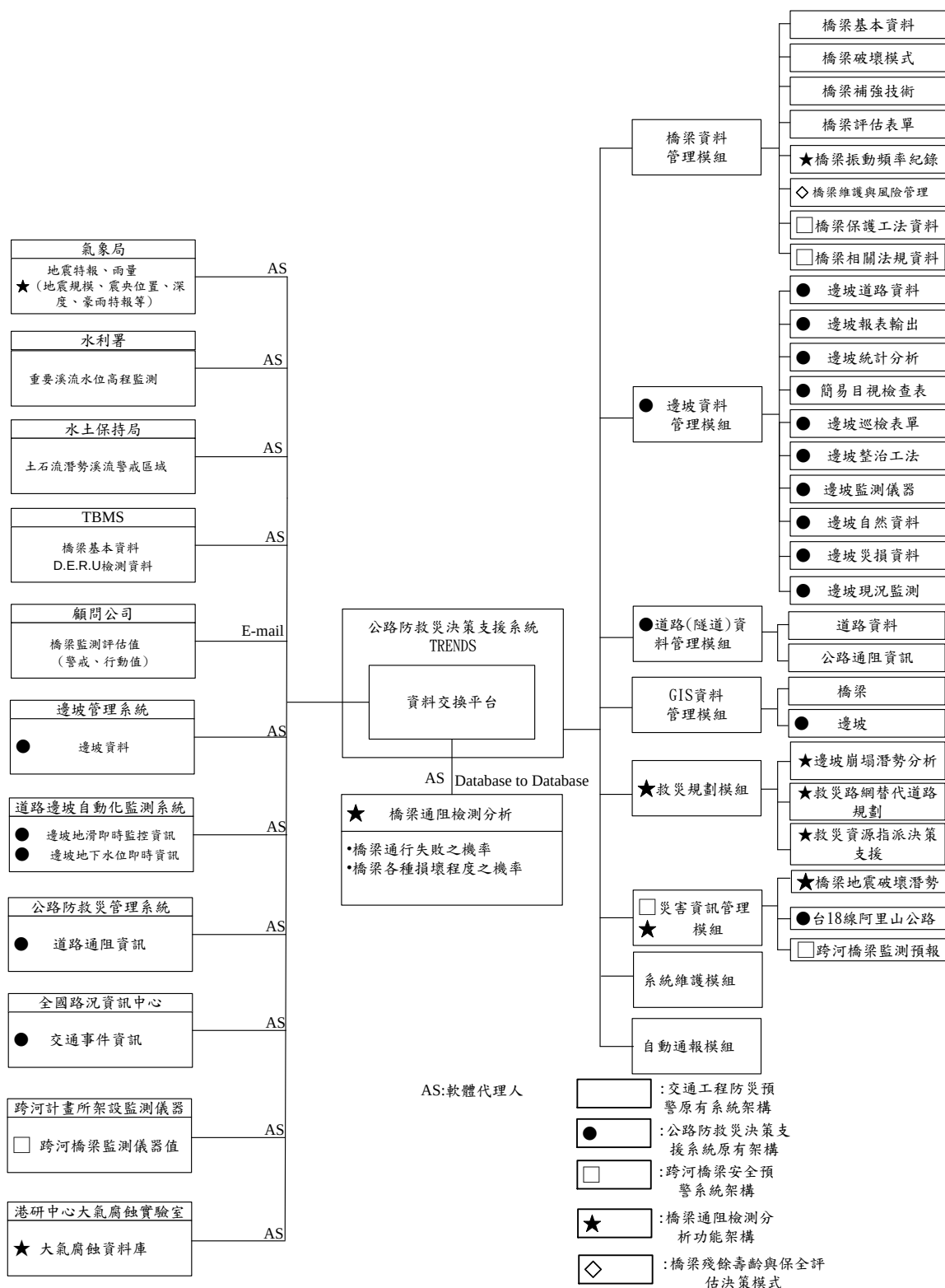


圖 3.2 TRENDIS 系統模組

圖3.2中圓形、方形、星形與菱形記號分別代表TRENDS整合不同計畫成果，各模式之說明如下：

(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。

(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。

(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ArcGIS 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，藉以搜尋替代道路最適行車路線之規劃，進而可應用於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，包含橋梁地震潛勢、跨河橋梁安全預警等。

(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。

3.2 TRENDS系統核心-資料交換平台

TRENDS將不同計畫成果內容彙整統合，然而不同計畫由不同單位執行，造成資料傳遞的困難且難以整合。為解決此問題，TRENDS中利用交通部運輸研究所-「交通工程防災預警系統」^{[16][17]}一案所開發之資料交換平台為基礎進行資料彙整工作。資料交換平台由各個智慧型代理人組成，並根據任務項目不同，指派特定智慧型代理人定期執行任務，最後針對不同計畫資料輸出方式，將資料格式轉換為標準XML文件，供TRENDS系統使用。以下簡單介紹資料交換平台機制及流程。

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，協助資料傳遞工作。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3.3所示。

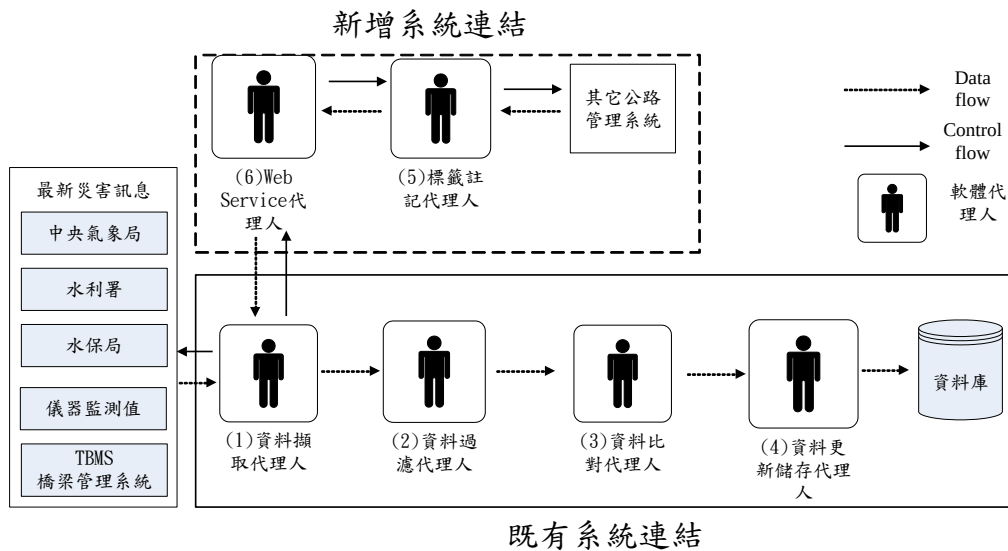


圖 3.3 軟體代理人架構圖

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(1)資料擷取代理人、(2)資料過濾代理人、(3)資料比對代理人及(4)資料更新儲存代理人。各代理人功能簡述如下：

(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。

除具有XML文件的資料交換，對於非XML文件的一般網頁，資料交換平台會，加入另外兩個智慧型代理人於新增系統中(5)標籤註

記代理人與(6)Web Service代理人，此兩個代理人能夠將非XML文件轉換為XML文件，以利資料交換平台運作，其說明如下。

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。

(5)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。

(6)Web Service代理人

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。

第四章 TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證

4.1 跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證

跨河橋梁安全預警模組係以河系管理預警之概念進行研發，所涵蓋範圍除了包括100年之「跨河安全預警系統之建立研究及整合作業」橋梁外，並將大甲溪河系石岡壩至馬鞍壩範圍內公路總局轄管橋梁(東勢大橋與天福大橋)納入預警範圍。跨河橋梁預警系統會自動接收河系上游集水區中央氣象局雷達雨量觀測預報，在與地面雨量觀測進行修正後，推算河川流域未來一小時之降雨強度，再結合集水區演算、地表漫地流演算、河道一維水理演算、水庫演算，推估河道之流量、水位、流速與沖刷深度；然後考量橋梁材料結構特性，進行橋梁穩定性分析，計算橋梁之耐洪安全係數做為即時及未來一小時橋梁預警之；另外，針對重要橋梁則利用二維水理分析模式對各橋墩做較精確的計算及安全預警，最後結合救災資源派遣與救災應變作業，建置一個完整的預警應變系統。本系統自動計算橋梁安全性並提前預警，提供橋梁管理單位，在颱洪時作決策支援，有利於爭取防災應變之黃金時間，給予用路人生命財產更多的保障，其架構如圖4.1所示。以下分別敘述各部份工作內容。

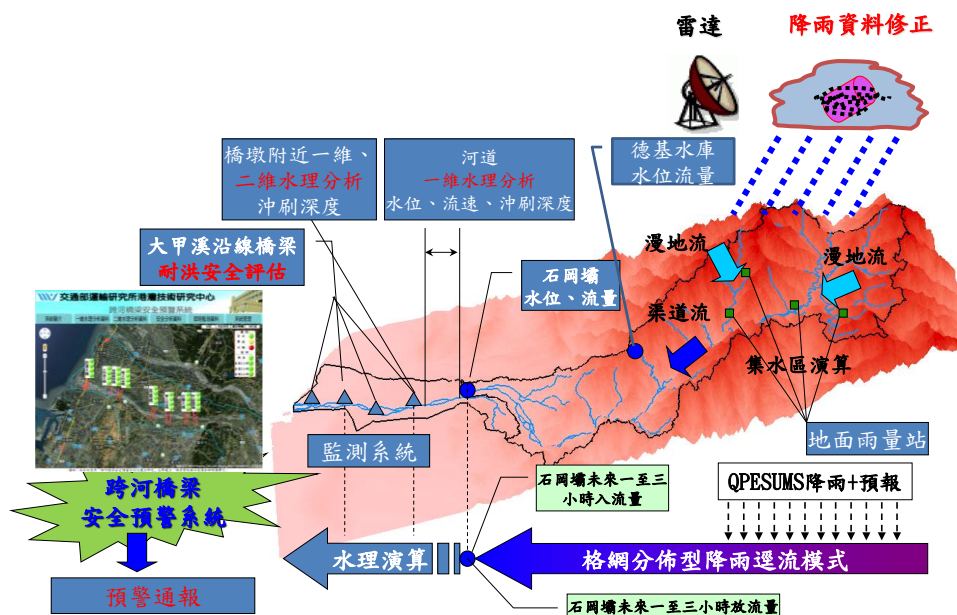


圖 4.1 颱洪災害跨河橋梁防災架構圖[3]

依圖4.1之架構，以下將分(a)降雨逕流與一維水理分析、(b)二維水理分析、(c)橋梁耐洪安全評估、(d)跨河橋梁安全預警、(e)資料更新、提升石岡壩放流量預測之精確度與資料驗證等五方面進行說明。

(a)降雨逕流與一維水理分析

此模組中整合成功大學團隊之一維水理分析成果，再結合中央氣象局雷達雨量預報、現場水位與橋墩沖刷觀測資料，建立水文分析模式，計算橋梁上、下游處可能的水位，進而估算此降雨對下游橋墩可能的沖刷深度，該模式主要分成三大部分：

- 1.雷達雨量預報：利用中央氣象局的QPESUMS降雨資料，以支撐向量迴歸法修正雷達降雨受到地形或測站位置的影響。同時根據氣象局的未來1小時的雨量預報，提供集水區未來的可能降雨量空間分布。
- 2.格網分布型降雨逕流估算下游洪水量：由於格網分布型降雨-逕流模式具有模擬空間降雨、地文等特性，因此模式結合格網分布型降雨-逕流模式與雷達降雨資料，計算暴雨期間目前與未來1小時下游河道變量流演算。
- 3.水位與橋梁沖刷計算：根據河道水理演算與沖刷深度分析結果可以計算暴雨時期的水位與橋梁沖刷。
- 4.橋墩沖刷預警：整合以上模式，藉由所預測未來1小時水位與沖刷深度，作為後續階段橋梁耐洪安全評估之輸入值，以評估橋梁之安全性。

(b)二維水理分析

此階段根據地形資料建立二維數值模型，配合一維水理分析所提供之邊界條件，進行細部橋墩周圍之流場模擬，再將模擬結果輸出搭配沖刷公式進行沖刷深度之推估。本計畫採用非結構性三角網格之有限體積法來建立相關之數值模式，非結構性網格不僅能有效且快速處理實際水利及海岸工程常遭遇之幾何複雜性（包含如橋墩等之內部不透水邊界）問題，而且配合彈性易用之網格建立工具，

亦能大幅減輕使用者建模之負擔，相對於有限元素法亦有計算效能上之優勢，二維水理分析流程如圖4.2所示。

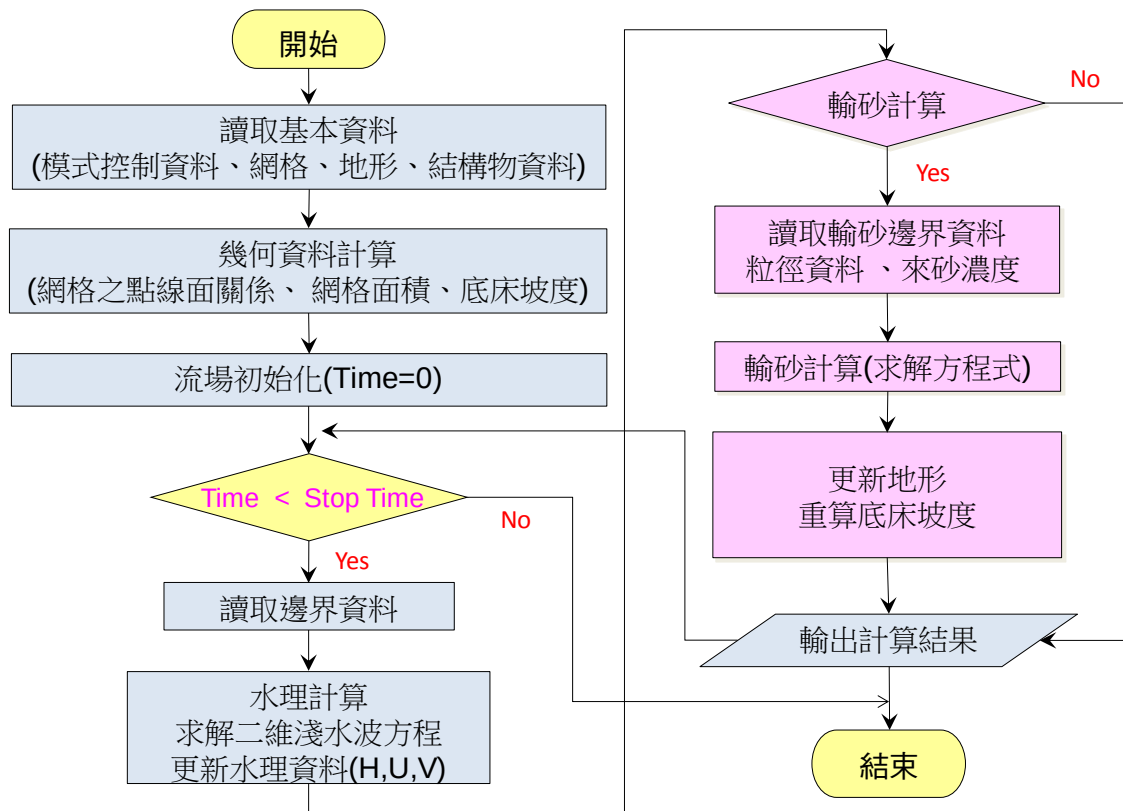


圖 4.2 二維水理分析流程[3]

(c) 橋梁耐洪安全評估

在颱風洪水作用下橋梁基礎處之沖刷深度、水流流速與水位高度之變化，為直接攸關既有橋梁基礎的穩定，沉箱基礎因橋墩基礎沖刷所導致之破壞，可區分為：橋墩基礎土層流失導致基礎承载力破壞，橋墩與裸露沉箱受洪水之側向水流力作用所導致之傾覆破壞，及受洪水之側向水流力作用之滑移破壞，沉箱基礎結構受沖刷前後土壤流失之受力情況如圖4.3所示。樁基礎裸露導致的基礎結構破壞模式則可區分為：基礎土層流失導致基礎承載破壞，及側向水流力作用所導致基樁剪力與彎矩破壞，基樁受沖刷前後受力變化如圖4.4所示。

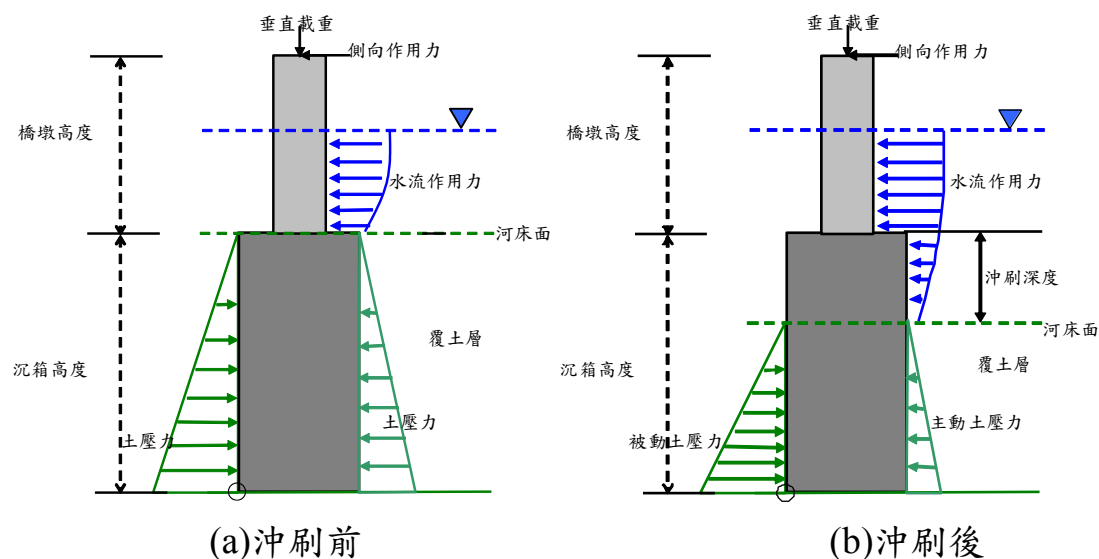


圖 4.3 沉箱基礎冲刷前後示意圖

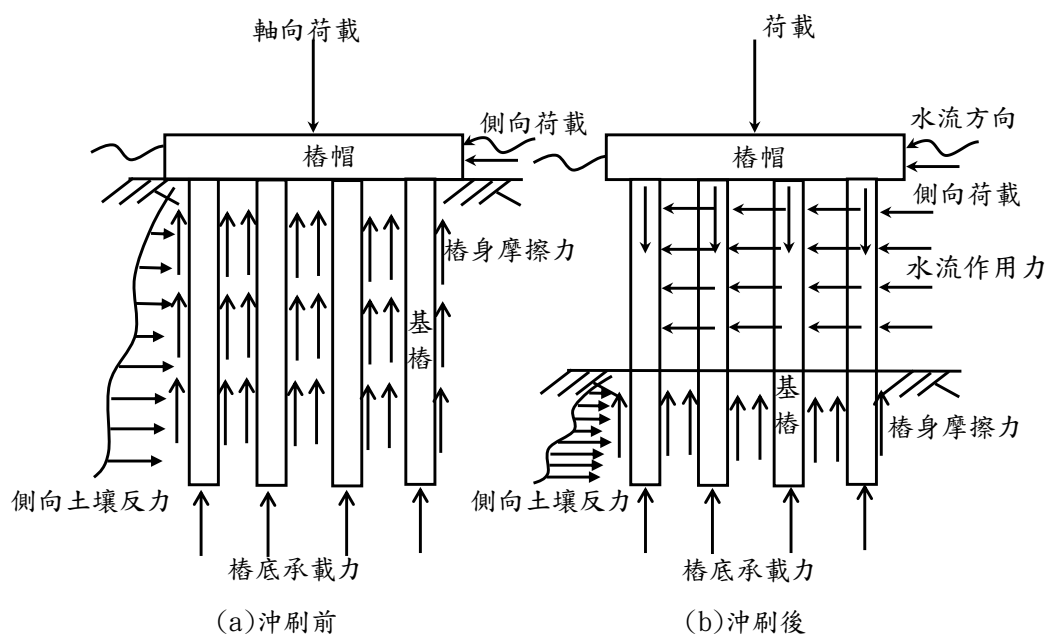


圖 4.4 群樁基礎冲刷前後示意圖

(d)跨河橋梁安全預警

TRENDS針對前述開發之一維、二維水理分析程式及耐洪安全評估模式進行整合，並與現有之通報機制結合，以利系統自動化執行橋梁安全預警作業，判斷橋梁現況，進行有效的監控管理，以降低災害來臨時所造成損害，其流程如圖4.5及圖4.6，其執行細項將於下節詳細說明。

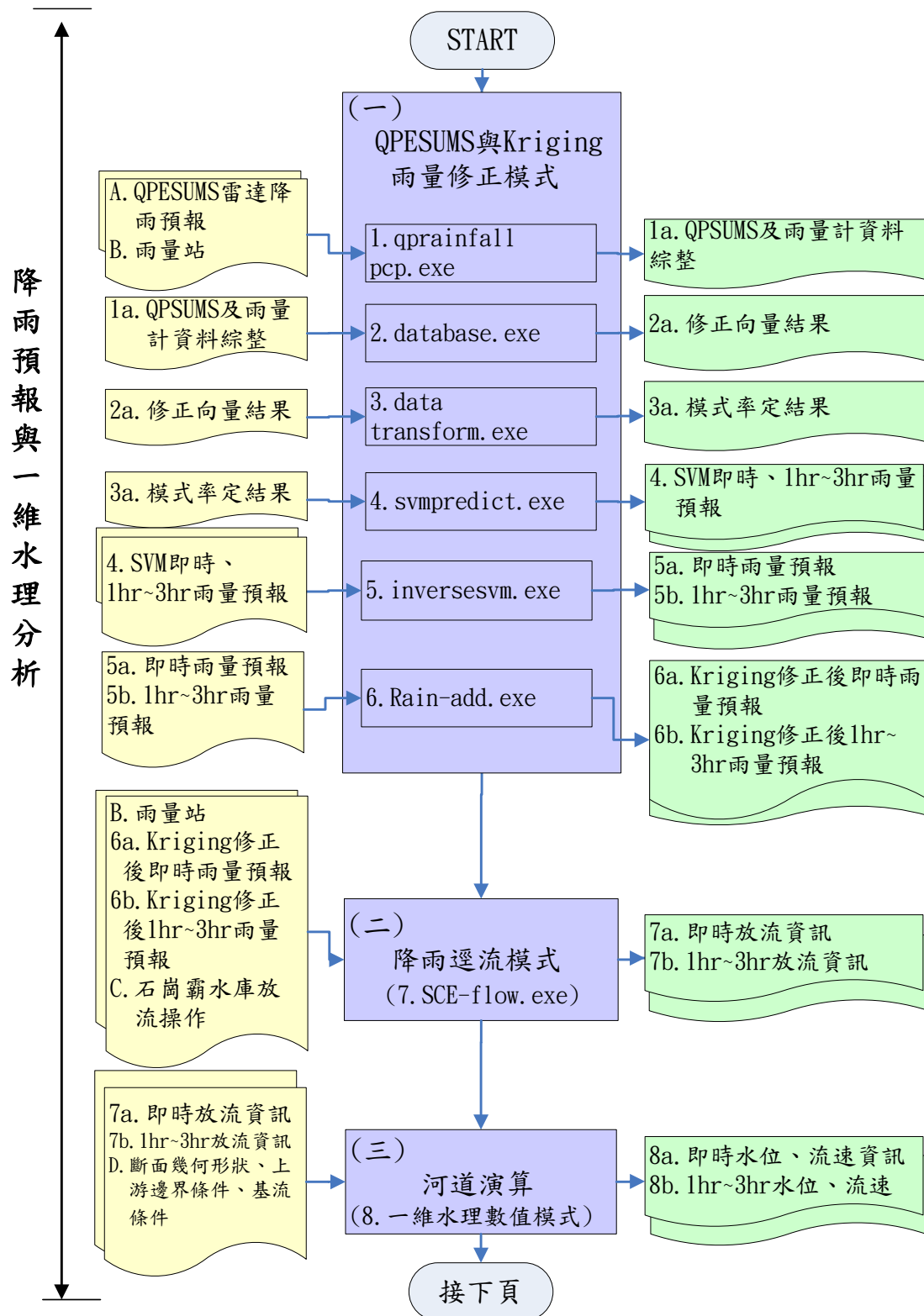


圖 4.5 水力分析模式執行流程圖

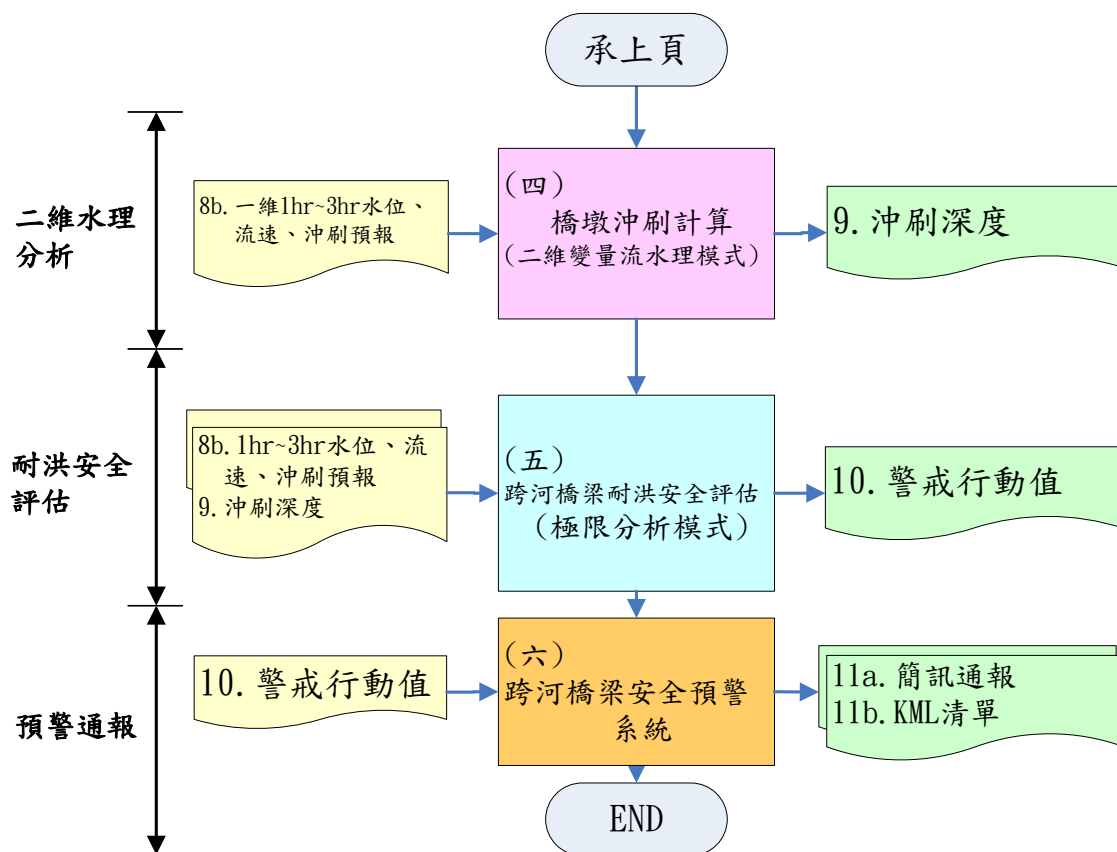


圖 4.6 水理分析模式執行流程圖(續)

模式依圖4.5及圖4.6執行流程進行說明。首先在步驟一，系統執行QPESUMS修正模式時，系統以所截取到的QPESUMS雷達降雨量預報及雨量站資料輸入執行程式(qprainfallpcp.exe)進行資料綜整；將綜整後的資料代入執行程式(database.exe)中進行修正向量計算；將修正向量再代入執行程式(datatransform.exe)進行模式率定；將率定結果再代入執行程式(svmpredict.exe)及(inversesvm.exe)得到即時雨量資料及未來1小時的雨量預測，並以(rain-add.exe)進行Kriging修正。其輸入條件與輸出資料如表4-1及表4-2所示。

表4-1 QPESUMS與Kriging修正模式輸入條件與輸出資料

輸入	輸入方式	模式	輸出
QPESUMS雷達降雨預報 (中央氣象局)	Auto	1.qprainfall pcp.exe 子程式修正降雨預報	QPESUMS及雨量 計資料綜整
雨量站 (中央氣象局、水利署)			
QPESUMS及雨量計資料 綜整(步驟一.1)	Auto	2.database.exe 子程式修正向量結果	修正向量結果
修正向量結果 (步驟一.2)	Auto	3.data transform.exe 子程式模式率定	模式率定結果
模式率定結果 (步驟一.3)	Auto	4.svmpredict.exe 進行支持向量 迴歸分析	即時雨量預報
			1hr雨量預報

表4-2 QPESUMS與Kriging修正模式輸入條件與輸出資料(續)

輸入	輸入方式	模式	輸出
即時、1hr雨量預報 (步驟一.4)	Auto	5.inversesvm.exe 子程式修正SVM預 測結果	修正後雨量及時 及預報結果
修正後雨量及時及 預報結果(步驟一.5)	Auto	6.Rain-add.exe Kriging修正	Kriging修正後雨 量及時及預報結 果

步驟二降雨逕流模式，是以步驟一分析所得的雨量資料及未來1小時的雨量預測做為輸入值代入降雨逕流模式中的執行程式(SCE-flow.exe)中得到即時放流量及未來1小時的放流量。其輸入條件與輸出資料綜整如表4-3。

表4-3 降雨逕流模式輸入條件與輸出資料

輸入	輸入方式	模式	輸出
雨量站(中央氣象局、水利署)	Auto	降雨逕流模式 (SCE-flow.exe)	即時放流資訊
即時雨量預報 (步驟一.6)			1hr放流資訊
1hr雨量預報 (步驟一.6)			
石岡壩水庫放流操作(水利署)			

步驟三河道演算，是以步驟二分析所得的即時及1小時放流量與河川斷面幾何形狀、上游邊界條件、基流條件等，做為輸入值代入河道演算中的執行程式(一維水理數值模式)中，得到即時與未來1小時的水位、流速及河床平均沖刷深度值。其輸入條件與輸出資料綜整如表4-4。

表4-4 河道演算輸入條件與輸出資料

輸入	輸入方式	模式	輸出
即時放流資訊 (步驟二)	Auto	河道演算 (一維水理數值 模式)	即時水位預報
1hr至3hr放流資訊 (步驟二)			1hr水位預報
斷面幾何形狀 (橋河基本資料)			即時流速預報
上游邊界條件 (橋河基本資料)			1hr流速預報
基流條件 (橋河基本資料)			
		1hr沖刷深度預報	

步驟四是由上步驟分析所得的橋即時與未來1小時的水位、流量值代入橋墩沖刷計算中的執行程式(二維變量流水理模式)中計算，將可得到各橋墩的沖刷深度值。其輸入條件與輸出資料如表4-5。

表4-5 橋墩沖刷計算輸入條件與輸出資料

輸入	輸入方式	模式	輸出
即時水位預報(步驟三)	Auto	橋墩沖刷計算 (二維變量流水理模式)	二維分析流速
1hr水位預報(步驟三)			
即時流速預報(步驟三)			二維分析水位高
1hr流速預報(步驟三)			二維分析沖刷深度

步驟五是由步驟三分析所得的水位及流速資料與步驟四分析所得的沖刷深度資料進行跨河橋梁耐洪安全評估，即以極限分析進行橋墩安全性分析得到安全係數值。其輸入條件與輸出資料綜整如表4-6。

表4-6 跨河橋梁耐洪安全評估(極限分析模式)輸出入條件

輸入	輸入方式	模式	輸出
即時水位預報 (步驟三)	Auto	跨河橋梁耐洪安全評估 (極限分析模式： 1.傾覆破壞 2.承载力破壞)	警戒值
1hr水位預報 (步驟三)			
即時流速預報 (步驟三)			
1hr流速預報 (步驟三)			
水位 (步驟四)			
流速(步驟四)			
沖刷深度 (步驟四)			

步驟六是依上步驟的安全係數值進行警訊通報，即當安全係數值小於所定的警戒及行動標準，系統將自動發佈簡訊通報告知相關管理人員進行處理。其輸入條件與輸出資料綜整如表4-7。

表4-7 跨河橋梁耐洪安全評估(模式整合)輸出入條件

輸入	輸入方式	模式	輸出
警戒值 (步驟五)	Auto	跨河橋梁安全預警系統： 1.即時資料擷取與整合 2.自動通報機制	藉由自動通報機制通知管理人員
行動值 (步驟五)			

TRENDS根據上述執行步驟進行程式化，並將相關成果於網頁系統中展示。系統頁面如圖4.7所示，主要由系統簡介、颱風豪雨資料、一維水理分析資料、二維水理分析資料、安全分析資料與系統管理等六大模組組成；在主面頁上提供各橋梁的即時與未來1小時橋梁的安全狀況(當橋梁在「安全」狀態時顯示綠燈；達「預警」標準時顯示黃燈；達「警戒」標準時則顯示橘燈；達「行動」標準時則顯示紅燈)，點選各橋梁的標示可顯示即時、未來1小時等功能。



圖 4.7 跨河橋梁安全預警頁面

颱風豪雨資料模組(圖4.8)連結了中央氣象局的累積雨量圖、衛星雲圖與颱風路徑圖，在颱風來臨時，使用者可以藉此模組同時瞭解颱風最新動態以及各橋梁即時平均水位。



圖 4.8 颱風豪雨資料模組

一維水理分析資料模組(圖4.9)，使用者可查看由一維水理分析各跨河橋梁即時與未來1小時水位、流量及河床平均沖刷深曲線圖，另可查詢縱斷面即時與未來1小時水位高程、堤防頂高程及河床高程剖面圖，掌握各橋梁上下游的水位變化。

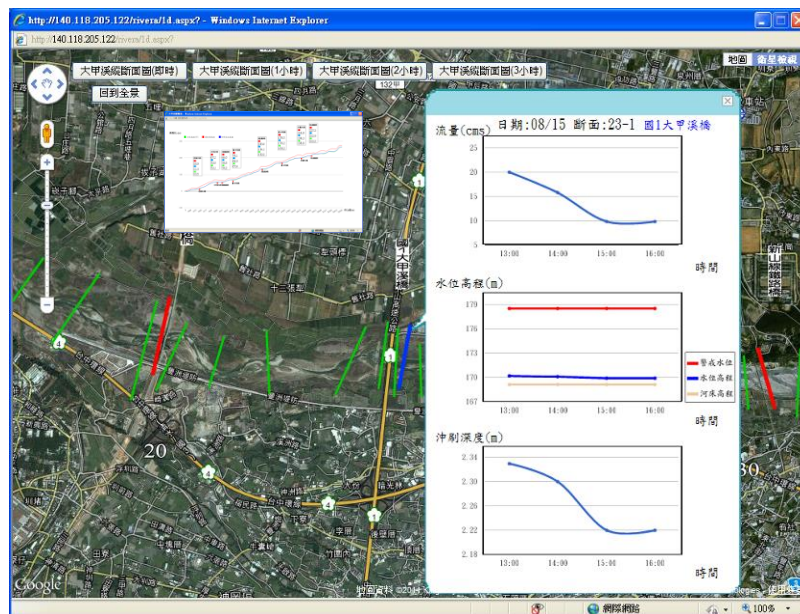


圖 4.9 一維水理分析資料模組

二維水理分析資料模組(圖4.10)中，提供使用者查詢二維水理分析後，各橋墩的水位流速、沖刷深度值，並顯示依這三個參數代

國道3號大甲溪橋 (10-17 10:00)(即時)

請選擇橋梁 1 請選擇時間 10:00

橋墩竣工平面圖

基樁橋墩結構立面圖 P06L

12345

橋墩	T06L	02L	02R	03L	03R	04L	04R	05L	05R	06L	06R	07L	07R	08L	08R	09L	09R	10L	10R	11L	11R	12L	12R	13L	13R	14L	14R	15L	15R
水位(m)	0	0	0	0	1.1	0.6	0	0	1.1	0.1	0	0	0	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
流速 (m/s)	0	0	0	0	0.9	0.9	0	0	0.3	0.6	0	0	0	1.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
冲刷深度(m)	0	0	0	0	2.5	2.3	0	0	2.2	1.6	0	0	0	2.5	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*請點選橋墩編號，以查詢該橋墩資料。 *水位(m)=水位(EL)-原河床面(EL); 冲刷深度(m)=原河床面(EL)-冲刷後河床面(EL)

安全評估分析資料模組(圖4.11)，此模組頁面上所提供橋梁耐洪安全評估結果。



此外，系統歷史統計資料，可顯示石岡壩放流之即時流量、未來1小時之預估流量(如圖4.12)。使用者可依不同年份、月份及日期進行查詢，結果以表格方式顯示。並可點選繪製日圖表，系統依當日之實際放流與預測放流繪製曲線圖，如圖4.13。圖中，上圖顯示即時、1小時之預設放流量；下圖顯示預設值與實際值之差異。

石岡壩放流預測值歷史紀錄

選擇年份 2013 選擇月份 04 日期: 01 送出查詢 匯製日圖表 匯製月圖表

年	時間	即時流量(cms)	1小時後流量(cms)	2小時後流量(cms)	3小時後流量(cms)
2013	04-01 00:00	2.69	7.99	13.50	26.93
2013	04-01 01:00	2.68	7.98	13.49	26.92
2013	04-01 02:00	2.68	7.98	13.49	26.92
2013	04-01 03:00	2.67	7.97	13.48	26.91
2013	04-01 04:00	2.66	7.96	13.47	26.90
2013	04-01 05:00	2.66	7.96	13.47	26.90
2013	04-01 06:00	2.66	7.96	13.47	26.90
2013	04-01 07:00	2.64	7.94	13.45	26.88
2013	04-01 08:00	2.64	7.94	13.45	26.88
2013	04-01 09:00	2.64	7.94	13.45	26.88
2013	04-01 10:00	2.63	7.93	13.44	26.87
2013	04-01 11:00	2.63	7.93	13.44	26.87
2013	04-01 12:00	4.26	9.56	15.07	28.50
2013	04-01 13:00	2.74	8.04	13.55	26.98
2013	04-01 14:00	2.8	8.10	13.61	27.04
2013	04-01 15:00	3.44	8.74	14.25	27.68
2013	04-01 16:00	2.92	8.22	13.73	27.16

圖 4.12 石岡壩放流預測歷史紀錄

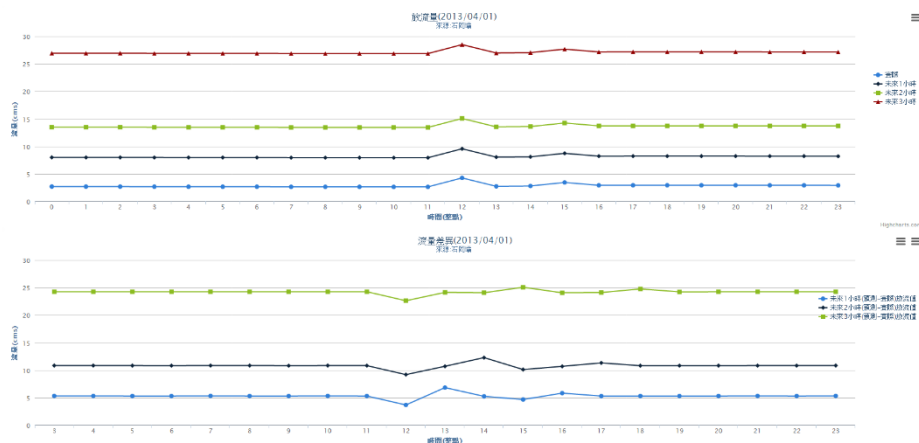


圖 4.13 石岡壩每日實際與預測放流量曲線圖

亦可點選繪製月圖表，系統依當月之實際放流與預測放流繪製曲線圖，如圖4.14。圖中，上圖顯示當月每日最大放流量；下圖顯示每日實際與預測值最大差異值。上述功能可供管理者檢驗控制點之記錄，在洪汛期查看德基水庫、石岡壩或其他裝設監測儀器點之實際值與預測值之差異，作為模式驗證與修正參考使用。

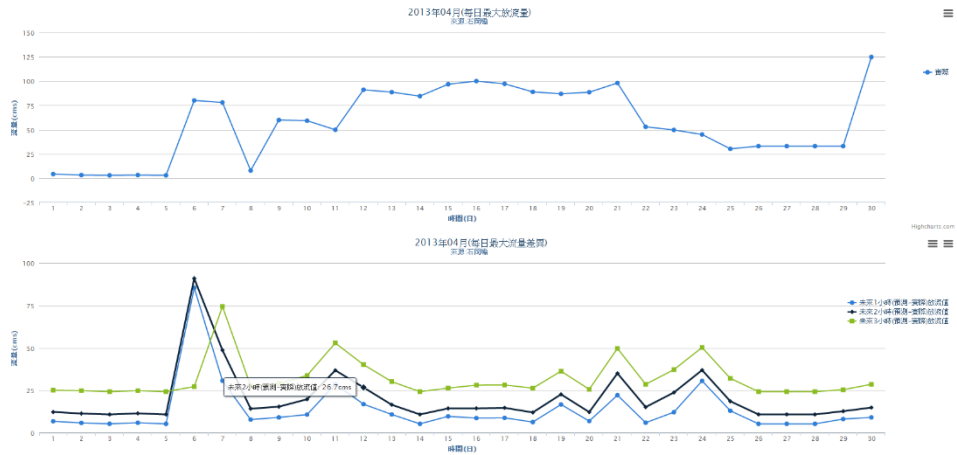


圖 4.14 每月實際與預測比較圖模組

(e)資料更新、提升石岡壩放流量預測之精確度與資料驗證

此階段根據水利署最新報告「103 年度大甲溪河口至天輪壩大斷面及地形測量工作」，測量位置圖如圖4.15，本系統所採用地形資料範圍為河口至石岡壩、石岡壩至馬鞍壩兩段，並分別表示為石岡壩下游(表4-8)與石岡壩上游(表4-9)。

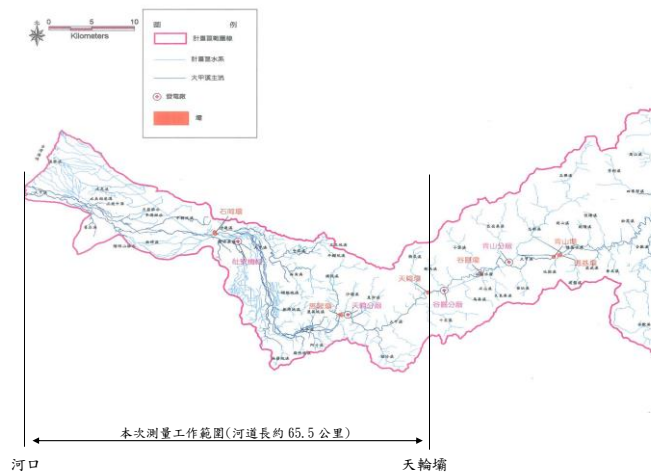


圖 4.15 大甲溪地形測量位置圖(取自水利署報告)

表4-8 石岡壩下游地形高程更新

編號	水利署斷面編號	97年高程(m)	102年高程(m)	103年高程(m)
1	-01	-1.08	-0.64	0.85
2	00	-0.49	1.12	0.99
3	01	6.896	6.78	7.54
4	01-1D	9.91	11.9	11.57
5	01-1	10.54	11.48	11.28
6	02	14.05	14.81	15.11
7	03	19.7	21.8	21.89
8	04	24.57	26.97	28.38
9	05	32.11	34.16	34.99
10	06	41.1	42.5	42.60
11	07	48.7	47.7	46.53
12	07-1D	53.27	53.13	52.3
13	07-1	53.11	53.32	54.18
14	07-2D	53.77	54.54	52.99
15	07-2	54.17	54.95	53.38
16	08	56.07	52.53	55.24
17	09	62.28	62.37	62.00
18	09-1D	66.8	67.7	67.16
19	09-1	67.4	67.69	68.26
20	10	67.46	68.25	68.80
21	11	72.8	73.17	74.21
22	12	79.24	78.28	78.52
23	13	87.24	87.57	87.45
24	14	91.45	93.1	92.30
25	15	98.32	98.46	98.06
26	16	101.78	110.6	103.62
27	17	109.04	108.88	109.83

表4-8 石岡壩下游地形高程更新(續)

編號	水利署斷面編號	97年高程(m)	102年高程(m)	103年高程(m)
28	18	114.59	113.77	115.76
29	19	119.54	120.81	120.59
30	19-1D	133.59	133.67	134.82
31	19-1	132.21	134.45	135.04
32	20	134.25	135.6	135.29
33	21	142.41	140.99	140.25
34	22	148.47	146.03	147.06
35	23	159.14	155.95	154.09
36	23-2	167.04	170.49	169.79
37	23-1D	167.69	169.82	169.75
38	23-1	169.15	170.22	168.58
39	24	172.3	171.59	171.78
40	25	175.52	179.23	178.09
41	26	185.66	183.44	183.43
42	27	189.92	189.43	188.45
43	28	195.85	190.24	192.55
44	28-1D	198.76	195.72	196.44
45	28-1	198.76	198.21	197.04
46	29	200.46	201.47	198.36
47	30	206.48	204.43	204.29
48	30-1D	211.73	210.76	210.70
49	30-1	212.25	214.91	210.05
50	31	221.62	214.05	210.90
51	31-1	223.09	213.08	211.93
52	32	223.7	216.32	215.91
53	32-1D	225.88	221.42	221.71
54	32-1	225.04	221.38	222.51
55	33	228.66	227.71	226.79
56	34	237.46	231.82	229.66
57	35D	236.94	236	234.26
58	35	235.75	235.78	233.04
59	35-1	243.46	236.18	235.58
60	36D	261.58	258.87	259.09
61	36	264.21	264.53	264.57

表4-9 石岡壩上游地形高程更新

編號	水利署斷面編號	102 年高程(m)	103 年高程(m)
1	39	275.1	275.442
2	40	278.04	278.366
3	41	287.01	286.33
4	42	287.29	289.547
5	43	291.59	291.044
6	43-1D	293.1	292.974
7	43-1	293.32	293.6
8	44	298.15	296.116
9	45	304.84	304.711
10	46	310.26	310.389
11	47	314.09	313.85
12	47-1D	318.01	314.727
13	47-1	318.64	316.101
14	48	322.03	323.934
15	49	326.46	330.556
16	50	333.35	334.634
17	50-1	340.62	338.589
18	51	346.18	346.6
19	51-1	353.56	354.902
20	52	357.84	358.352
21	52-1	361.02	361.413
22	53	368.73	366.944
23	53-1	377.46	376.424
24	54	389.31	389.806
25	55	400.35	401.884
26	55-1	406.63	408.639
27	56	416.29	417.36
28	56-1	424.89	424.657
29	56-2	431.5	431.175
30	57D	435.73	437.216
31	57	436.73	437.217
32	58	442.17	441.492
33	59	447.5	448.623
34	60	454.95	453.313
35	61	460.11	459.974
36	62D	471.64	471.714
37	62	471.58	471.846
38	62-1	475.37	476.298
39	63	478.38	478.454

表4-9 石岡壩上游地形高程更新(續)

40	63-1	482.58	482.611
41	64	486.63	487.214
42	64-1	491.32	490.418
43	64-2	496.49	498.006
44	65	502.59	504.715
45	65-1	511	511.576
46	66	520.95	522.594
47	66-1	529.82	529.06
48	67	537.72	539.07
49	67-0D	545.34	545.3
50	67-0	546.12	546.42

除了將依據港研中心所提供橋河資料更新系統模式之外。另外由TRENDS運作歷史紀錄中可觀察出，大甲溪跨河橋梁安全預警之準確性尚有改善空間。

本計畫加入石岡壩水庫放流預報資料，由水利署所發佈水庫防洪運轉狀態，可由TRENDS系統中所建置資料交換平臺取得最新石岡壩放流預報(圖 4.16)。可參照網址如下所示：http://fhy.wra.gov.tw/ReservoirPage_2011/Statistics.aspx。

查詢方式：防汛重點水庫 ▾ 2015 ▾ 第 9 ▾ 月 28 ▾ 日 22 ▾ 時 20 ▾ 分 備註 Excel 下載													
水庫名稱	水情時間	本日後水庫最高降雨量 (mm)	颱風豪雨期間時，「防汛重點水庫」需登錄下列資訊										
			總流量 (cms)	水位 (公尺)	高水位 (公尺)	有效蓄水量 (萬立方公尺)	蓄水百分比(%)	水庫出流量 (cms)					防汛運轉狀態
								取水流量 (cms)	發電放水口	排砂通淤RO	非洪灌溉	溢洪道	
石門水庫	2015-09-28 22:00:00	363.60	3,095.63	243.79	245.00	19,071.86	94.77 %	26.21	61.22	333.36	428.36	1,891.74	2,714.63 淹洪中
翡翠水庫	2015-09-28 22:00:00	--	2,721.61	165.67	170.00	29,614.18	88.27 %	--	270.50	--	--	270.50	--
曾文水庫	2015-09-28 21:00:00	187.20	1.79	149.87	150.00	3,128.16	99.4 %	2.09	--	0.12	--	2.11	--
永和山水庫	2015-09-28 22:00:00	136.50	--	84.38	85.00	2,703.14	96.21 %	--	--	--	--	1.73	--
明潭水庫	2015-09-28 17:00:00	109.20	--	60.08	61.00	1,138.50	89.22 %	--	--	--	--	--	預計放流
雙色潭水庫	2015-09-28 22:00:00	66.70	17.22	300.07	300.00	11,577.35	100 %	--	--	--	6.93	7.23	自由溢流
德基水庫	2015-09-28 17:00:00	107.00	300.00	1,401.72	1,408.00	12,511.80	83.41 %	--	110.00	--	--	110.00	--
石岡壩	2015-09-28 22:00:00	48.50	68.85	271.57	274.50	15.84	13.98 %	7.80	--	--	--	73.02	預計放流
霧社水庫	2015-09-28 22:00:00	79.00	206.00	998.61	1,005.00	2,984.59	66.24 %	--	44.00	--	--	44.00	--
日月潭水庫	2015-09-28 22:00:00	73.50	--	747.00	748.48	11,849.01	90.83 %	--	--	--	--	--	--
鯉魚潭壩壩	2015-09-28 21:00:00	70.12	303.00	212.51	214.75	204.00	53.31 %	76.30	--	6.35	--	215.00	調節性放水
仁義潭水庫	2015-09-28 07:00:00	0.00	0.00	104.70	105.00	2,459.42	97.28 %	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	--
白河水庫	2015-09-28 22:00:00	41.50	70.36	107.91	109.00	523.00	75.68 %	0.02	--	--	--	12.00	調節性放水
烏山頭水庫	2015-09-28 21:00:00	10.00	3.00	56.15	58.18	6,128.00	76.77 %	3.00	--	--	--	--	--
曾文水庫	2015-09-28 22:00:00	127.40	1,748.00	225.80	227.00	45,187.00	95.47 %	--	50.00	0.00	0.00	300.00	調節性放水
鹿化水庫	2015-09-28 22:00:00	81.00	39.33	178.56	180.00	8,993.04	92.58 %	7.52	--	--	--	--	--
阿公店水庫	2015-09-28 22:00:00	19.00	0.00	34.12	37.00	894.00	54.29 %	0.40	--	4.95	--	4.95	調節性放水
高屏溪攔河壩	2015-09-28 22:00:00	21.50	--	16.07	--	492.48	--	--	--	--	--	--	--
杜丹水庫	2015-09-28 22:00:00	11.30	1.12	138.11	142.00	2,137.70	80.86 %	1.12	--	--	--	--	--
附註	*颱風期間應實施計畫：陸上颱風警報發布後目前之集水區雨量累計 **資料來源：各水庫量測人工巡檢 ***生產單位：各水庫單位												

圖 4.16 水利署水庫防洪運轉狀態

如圖4.16所示，以本年度杜鵑颱風事件為例，水利署在2015-09-

28 22:00時間點提前預報，石岡壩下一小時(即23:00)將放流800cms。TRENDS以軟體代理人截取預計洩洪放流資訊，加入原有分析模式，改善石岡壩放流預測機制。從2015/9/28 12:00至2015/9/29 11:00共24小時內之石岡壩流量記錄如表4-10所示。即時放量為實際石岡壩放流量，1小時後流量預測分為修正前、修正後，修正後為加入水利署洩洪放流資訊之改進結果。而誤差欄位則是將未來1小時後流量預測減去真實一小時後實際流量。

表4-10 石岡壩在杜鵑颱風事件放流記錄

No	時間	即時流量 (cms)	修正前	修正後	修正前	修正後
			1 小時後流量預測 (cms)		誤差(未來預測-實際) (cms)	
1	2015/9/28 12:00	168.01	173.31	173.31	8.43	8.43
2	13:00	178.61	183.91	183.91	-5.3	-5.3
3	14:00	175.16	180.46	180.46	8.75	8.75
4	15:00	181.18	186.48	186.48	-0.72	-0.72
5	16:00	164.29	169.59	169.59	22.19	22.19
6	17:00	204.52	209.82	209.82	-34.93	-34.93
7	18:00	176.32	181.62	181.62	33.5	33.5
8	19:00	176.69	181.99	181.99	4.93	4.93
9	20:00	184.04	189.34	189.34	-2.05	-2.05
10	21:00	174.55	179.85	179.85	14.79	14.79
11	22:00	106.31	111.61	800	73.54	73.54
12	23:00	698.53	703.83	800	-586.92	101.47
13	2015/9/29 00:00	893.21	898.51	898.51	-189.38	-93.21
14	01:00	1308.28	1313.58	1313.58	-409.77	-409.77
15	02:00	1306.25	1311.55	1311.55	7.33	7.33
16	03:00	1539.57	1544.87	1544.87	-228.02	-228.02
17	04:00	1500.47	1505.77	1505.77	44.4	44.4
18	05:00	1660.26	1665.56	1665.56	-154.49	-154.49
19	06:00	1619.82	1625.12	1625.12	45.74	45.74
20	07:00	1724.56	1729.86	1729.86	-99.44	-99.44
21	08:00	1673.33	1678.63	1678.63	56.53	56.53
22	09:00	1656.22	1661.52	1661.52	22.41	22.41
23	10:00	1272.09	1277.39	1277.39	389.43	389.43
24	11:00	1265.67	1270.97	1270.97	11.72	11.72
平均誤差					-40.3054	-7.615

以2015/9/28 23:00為例，實際流量為698.53(cms)，而前一小時所預測放流量為111.61(cms)，因此誤差量為111.61-698.53=-586.92(cms)，故在未修正模式前，將會低估石岡壩流量586.92(cms)。而經過加入石岡壩放流預警資料後，水庫洩洪第一時間誤差由586cms降至101cms(如圖4.17)。整日平均誤差並可由-40cms降至-7.6cms。有效解決目前模式無法考慮水庫洩洪操作問題。

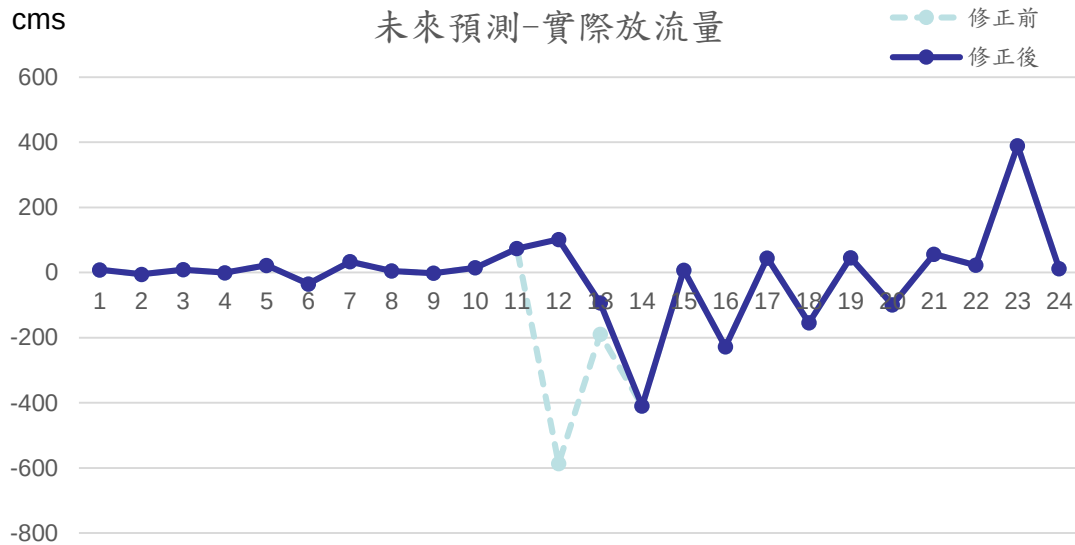


圖 4.17 杜鵑颱風石岡壩放流預測誤差

經查水利署放流記錄，本年度僅有杜鵑颱風在中部地區造成較大雨量，故水庫放流模式驗證僅能選取杜鵑颱風進行驗證。後續年度將持續以颱風事件中檢討石岡壩未來一小時放流預測準確度。

4.2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

臺灣是地震活動頻繁國家，而都會區人口與建築結構物位置大都集中在地質較鬆軟的平原、盆地上，因此受地震災害的威脅也相對提高，地震模擬器目的主要於當地震發生時，藉由中央氣象局提供的臺灣地震速報系統資訊，可獲得地震位置、規模、深度等參數，輸入地震模擬器作為全臺地震強地動分析，以提供快速完整的地震測報資訊給相關單位及橋梁損壞評估之依據，以利救災與補強的進行。圖4.18為地表震動分析流程，以下依各步驟流程進行說明。為提升既有模式之精確度，

檢視交通部運輸研究所港研中心提供「蘇澳港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港」之測站資料，篩選可用部份進行迴歸分析，以獲取合適之場址放大效應；此外，本年度亦將近年發生地震納入衰減公式之參數擬合，討論其對準確性之影響以建立更為合適之地表震動分析模式與模擬器。

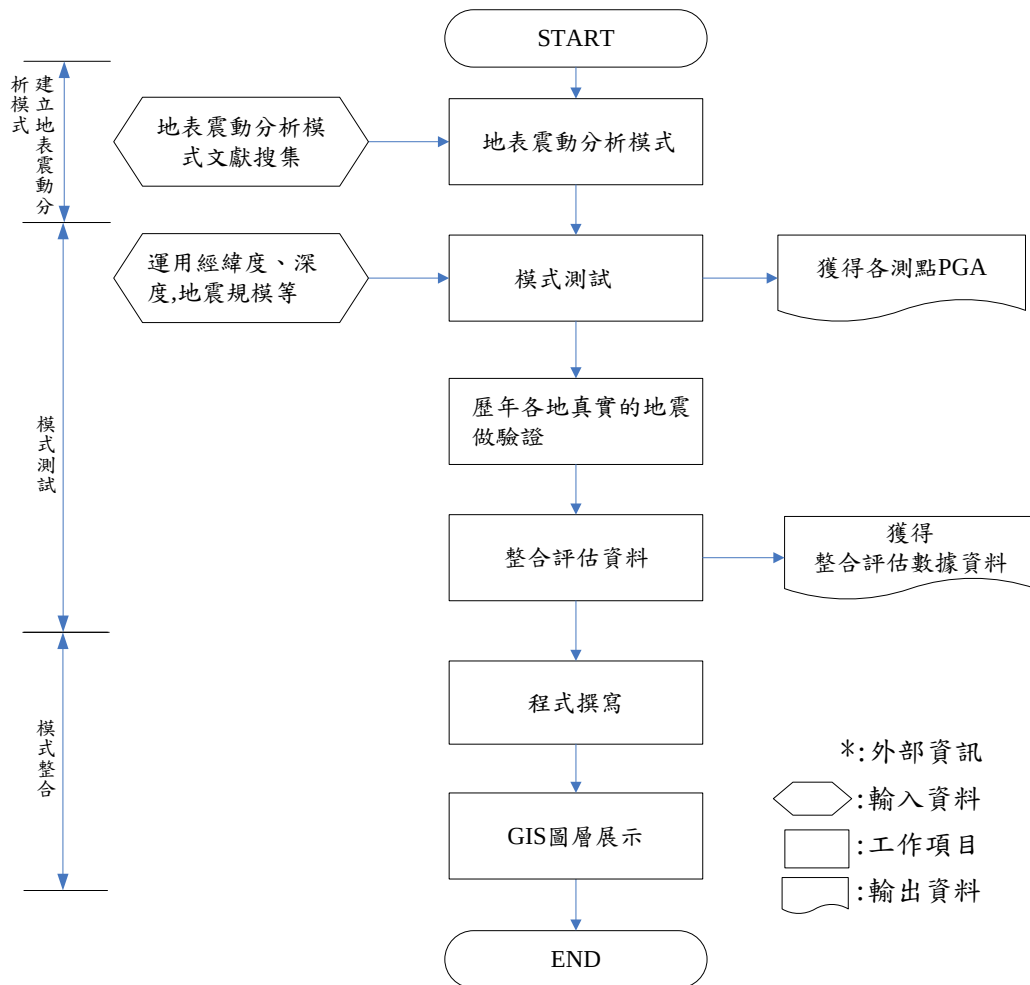


圖 4.18 地表振動分析模式流程

(a) 建立地表震動分析模式

臺灣地質構造複雜，震源傳遞過程經由地形、地層、地質構造影響差異極大，可能會影響地震波的振幅、頻譜等特性。過去學者使用中央氣象局自由場強地動觀測網(TSMIP)之強震紀錄，根據氣象局測站名稱編號將全省測站分為七區，涵蓋範圍包括臺北地區(TAP)、臺中地區(TCU)、嘉南地區(CHY)、高屏地區(KAU)、臺東

地區(TTN)、花蓮地區(HWA)及宜蘭地區(ILA)，除中央山脈外，各測站平均間距約為5公里，並加入了中央研究院地球科學研究所之山區強震站(CMA)的強震紀錄。圖4.19為中央氣象局強震站及中央研究院山區強震站位置圖^[26]三角形符號表示使用的臺灣自由場強地動觀測網之測站分佈位置，正方形符號表示了中央研究院山區強震站之測站分佈位置。場址的分類主要依測站的地質狀況及其土層的剪力波速而定，美國加州地區所採用的建築技術規範(ICBO, 1991)將地盤分為S1、S2、S3、S4 四類。(郭鎧紋，1992， 1993， 1994)於中央氣象局的專題研究中，以ICBO為分類標準，分別對臺北地區、桃竹苗地區及嘉南地區部份自由場強震站進行分類。另外，為工程應用考量有研究 (Lee et al, 2001)以綜合地質、工程鑽探資料及標準貫入試驗之N值和頻譜分析等方法將全臺灣自由場強震站的場址分為B、C、D、E四類。中央大學地球科學學院應用地質研究所將臺灣Vs30製作更精確圖檔，如圖4.20所示。

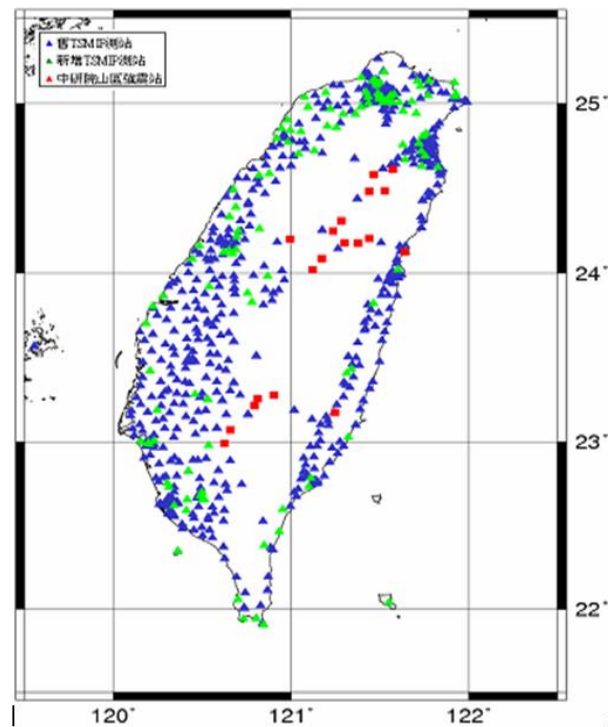


圖 4.19 中央氣象局強震站及中央研究院山區強震站位置圖^[26]

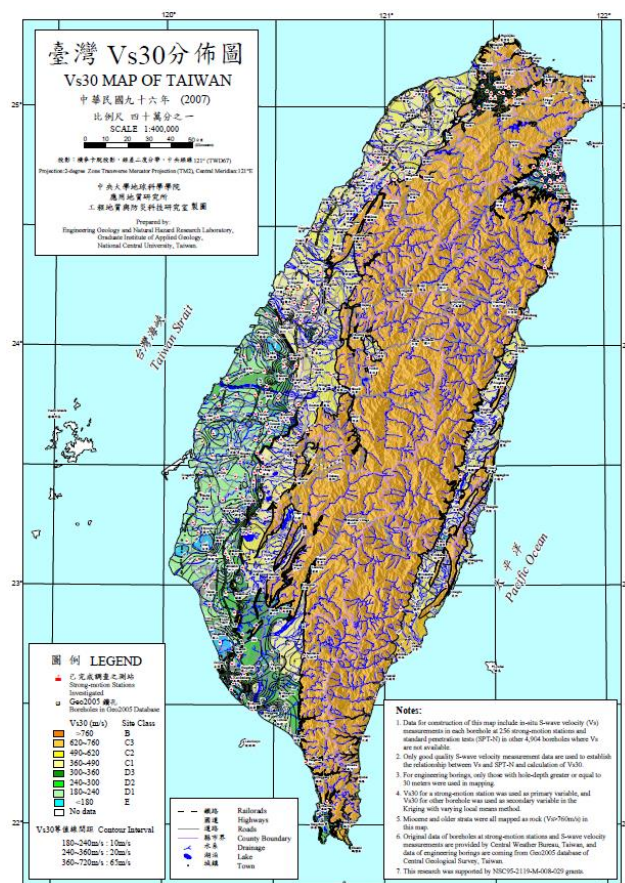


圖 4.20 臺灣 Vs30 分佈精確圖檔

(資料來源: 中央大學地質與防災科技研究室製圖)

就衰減原理而言，簡易來說就是地表震動會隨距離增加而衰減，但地震波從震源傳遞到接收測站之間的過程卻十分複雜，涉及諸多變數，即接收測站所收到的地動值受到震源、路徑以及場址效應的影響，另外當地震規模越大時，地表震動強度越強，而衰減模式較為緩慢；反之，規模小地震，能量消逝較快速。而場址效應參考之衰減模式，採用地表下30公尺剪力波速之平均值為分類之依據，並分為軟弱地盤及岩盤的衰減模式，另外由於衰減公式是使用所有測站的平均場址特性，只適用於一般性地盤，因此在岩盤地區其地動預測值可能會有高估的情形，反之沖積層會低估。臺灣地區之淺源地震，除了集集地震為斷層破裂型態外，其餘地震之震源型態多不明顯，以最大加速度值來看，測站的場址特性對於地震紀錄之影響是衰減模式分析過程中誤差的主要來源之一。一般而言，位於沖積

層的測站所記錄到的振幅值會比位於岩盤的測站所記錄到的振幅值高。(溫和葉，1986) 研究SMART-1 陣列所記錄三大地震指出：沖積層測站的主要共振頻率較岩盤為低，且振幅較大，由地震紀錄可發現位於沖積層測站收到之水平最大加速度與速度值，與位於岩盤測站紀錄相比，分別大了二到三倍，此差異會間接影響到衰減模式對於地震危害度評估的準確性。張毓文^[26]使用不同顏色的實線來代表規模4.0~7.0的衰減曲線(如圖4.21所示)，由不同規模的實測值分佈顯示，在岩盤測站隨規模越大，地震紀錄偏差的現象越大，也就是說，Campbell的衰減區線在規模愈大時，預測值會有偏低的現象，同樣地，在沖積層的衰減曲線也有低估的情形出現。

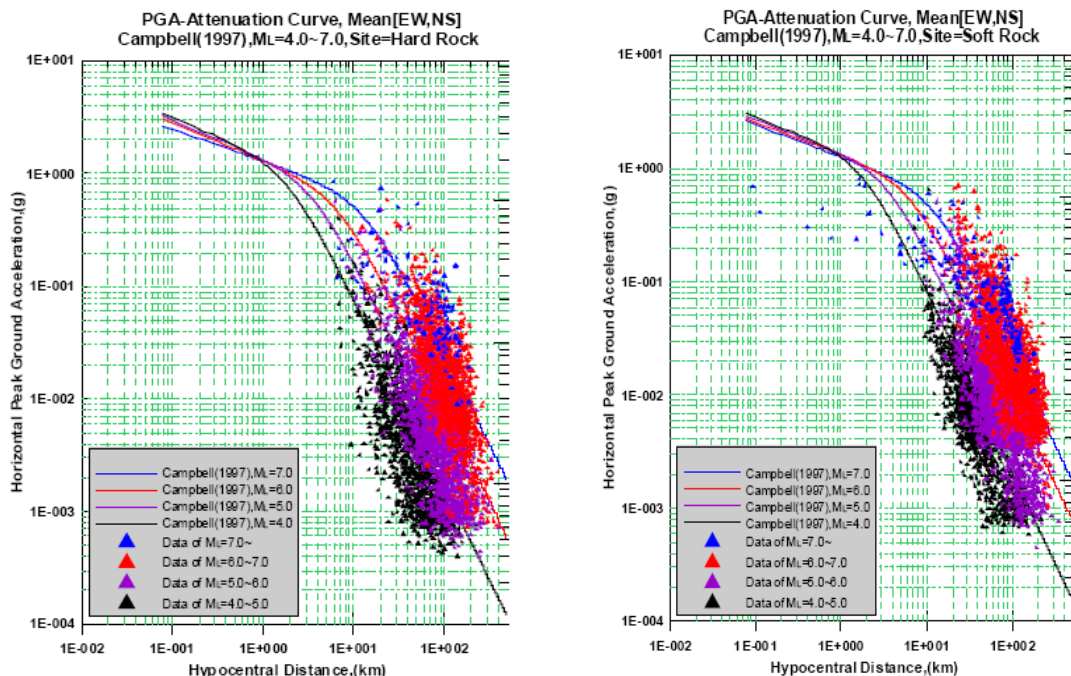


圖 4.21 臺灣規模 4.0~7.0 地震與(Campbell，1997)衰減曲線關係[26]

目前各研究所採用之地震衰減模式如式(4.1)

$$PGA(g)=f(M,R)=C_1e^{C_2M}[R+C_4\exp(C_5M)]^{-C_3} \dots\dots\dots (4.1)$$

其中，PGA：震度強度值；M:芮氏規模；R:場址到斷層線最短距離； $C_1 \sim C_5$ 為回歸修正係數。

本研究之地震模擬器採用分析模式為Chien(2001)對(Campbell，1981)之衰減模式迴歸分析如下：

$$PGA(g)=f(M,R)=0.02938e^{1.1995M} [R+0.14667\exp(0.69689M)]^{-1.73413} \dots\dots\dots (4.2)$$

其中，PGA：震度強度值；M:芮氏規模；R:場址到斷層線最短距離。

第一階段，利用上式參考之衰減模式得到各測站預測初步之PGA值，由於其分析時並未對測站場址特性加以分類，因此所得結果為一般性場址適用；而第二階段分析時，則將其對各測站實際觀測值的系統偏差量作校正分析。第二階段分析之目的，係將第一階段參考之衰減模式的預估結果與實測值作迴歸分析；由迴歸分析可得到各測站的場址修正係數 C_0 、 C_1 值。其間之關係式為：

$$\ln(Y_0) = C_0 + C_1 \times \ln(Y_a) \dots\dots\dots (4.3)$$

其中， Y_a ：參考衰減模式的預測值； Y_0 ：實測地震動值； C_0 及 C_1 ：各測站之場址修正係數。

(b)地表震動分析模式測試

詹皓凱^[27]根據式(4.2)為基礎，對於前述地震模擬器運算方法進行測試，此測試對於地震模擬器程式所需要輸入資料條件為震央經緯度座標、震源深度(Km)、地震規模(ML)等參數，而地震模擬器模式測試過程，需考量震源效應(Source Effect)、地震波傳遞的路徑效應(Path Effect)、及局部地質特性所引起的場址效應(Site Effect)。依據地震模擬器程式分佈全臺灣的地動強度參數PGA，評估程式是否符合該研究探討衰減模式與場址放效應，而詹皓凱^[27]之第一階段測試結果只參考地震動衰減律與實測值的全臺灣地表加速度，比較結果如圖4.22所示。

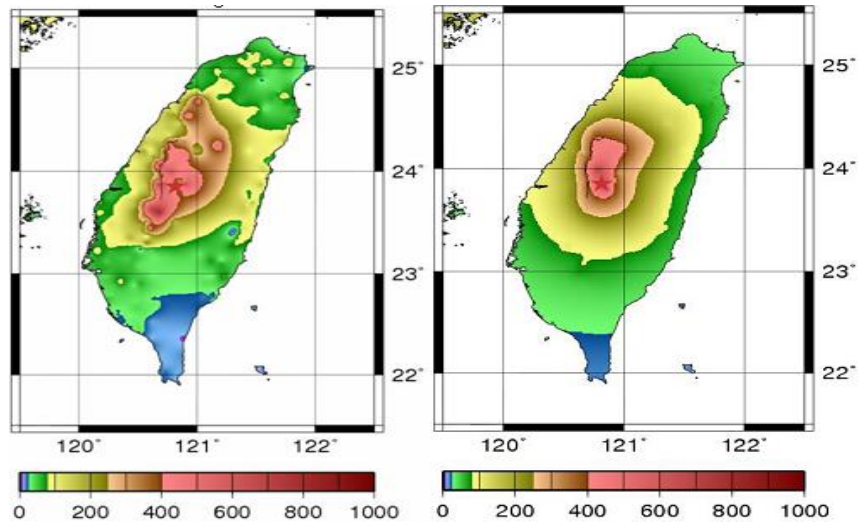


圖 4.22 為集集地震的(a)實測值與(b)衰減模式預測值 PGA 分佈[27]

(c)歷年各地真實地震之驗證

詹皓凱^[27]於第二階段測試中在衰減模式中加入場址效應，新增 TSMIP 與 CMA 測站場址特性，而使用兩階段步驟對各測站之場址效應進行分析，來得到更可靠的場址修正函數。針對新增之 TSMIP 與 CMA 測站的正規化誤差殘值，故於分析場址特性時，採用即時站地震紀錄及自由場強震站之地震紀錄，在資料的選取分析上增加了芮氏規模 5.0 以上的地震資料來增強分析之準確性(如圖 4.23 所示)，經由場址函數修正過後的二階段預測結果明顯的更接近實際觀測值，得到較為可靠的預測結果。由此可知，測站之場址特性對衰減模式造成的影響可藉由測站之場址函數修正其效應，以降低其系統標準偏差，並提升系統準確性獲取更加可靠之預測結果。

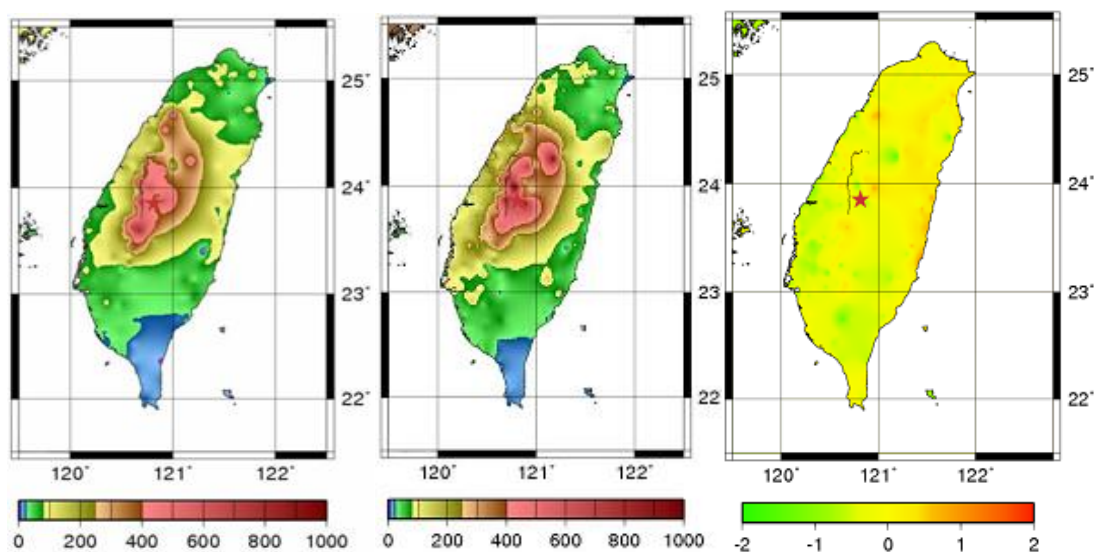


圖 4.23 修正函數校正後的預測與其觀測值之誤差殘值分佈[27]

(d)整合評估資料

本研究參考張毓文^[26]及詹皓凱^[27]對於地震衰減模式的研究與修正結果，而修正後之地震衰減模式能預測出較可靠的PGA結果。因此本研究採用此模式結果，再把歷年地震(集集地震、花蓮地震與嘉義地震)資料帶入地震衰減模式之中，預測全臺PGA分佈，並取中央氣象局地震測站之量測資料加以驗證，其驗證結果請參考圖4.24至圖4.26所示。

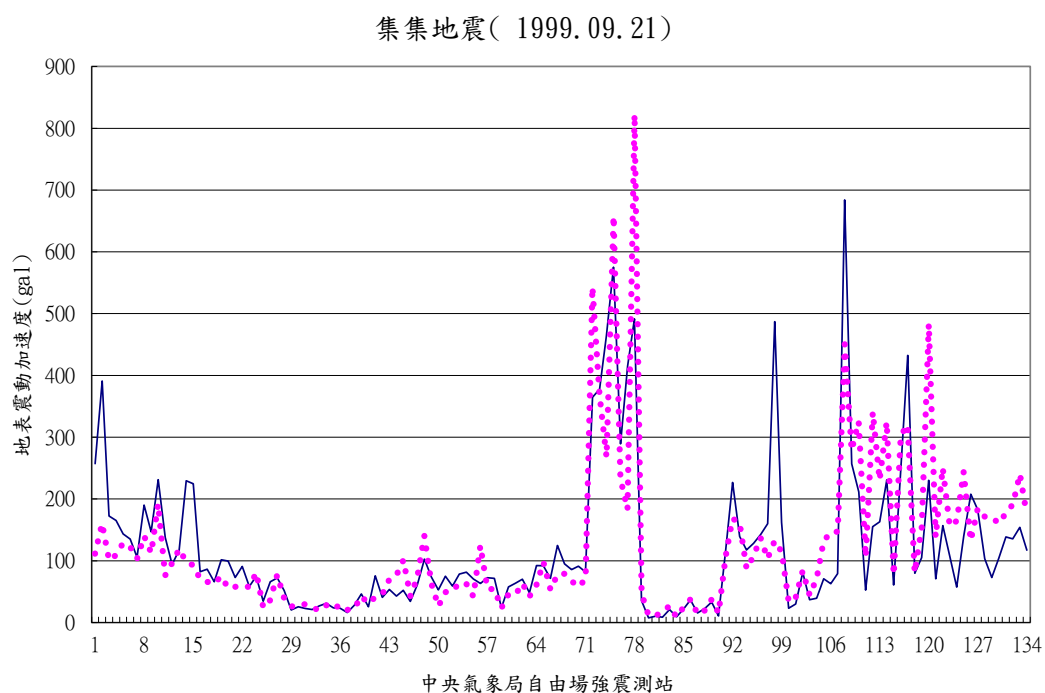


圖 4.24 臺灣歷年大地震：集集地震之實測值與預測值比較

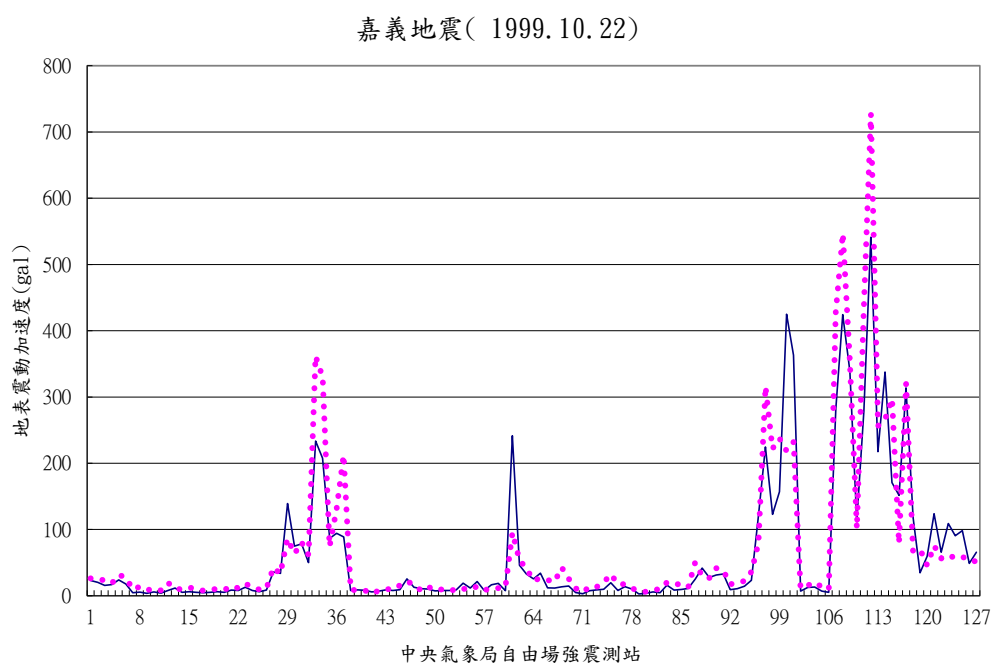


圖 4.25 臺灣歷年大地震：嘉義地震之實測值與預測值比較

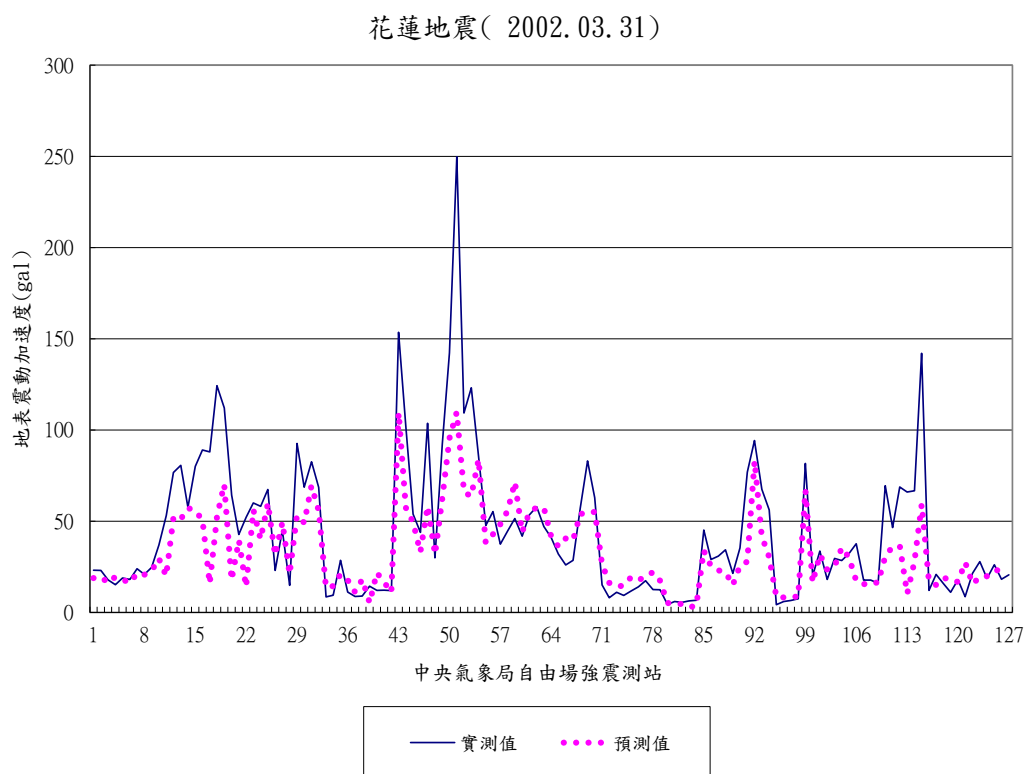


圖 4.26 臺灣歷年大地震:花蓮地震之實測值與預測值比較

(e)程式撰寫

模式所採用之地震模擬器所參考的衰減模式，係根據簡文郁^[28]所使用的地震資料為主要對象，範圍針對芮氏規模5.0以上及震源深度35公里以內，對工程結構物較有危害的地震。並且排除臺北盆地及宜蘭盆地有明顯場址放大效應的測站紀錄為原則進行挑選，選取的條件如下：

1. 選取芮氏規模5.0~7.5的地震，包含近年之地震主震。
2. 採用符合上述條件地震所觸發的測站歷時紀錄，包含全部即時站的地震紀錄及25公里以內的自由場強震站之地震紀錄，以避免迴歸分析時權重不一的現象。
3. 使用地震紀錄中兩水平方向(EW，NS)地表最大加速度值的幾何平均值來進行迴歸分析，求得參考衰減公式之係數。
4. 在進行分析時，為了避免進行分析時有過大的誤差，故先排除有

明顯場址放大效應的臺北盆地與宜蘭盆地的測站紀錄，來取得精確度較佳的衰減模式。此一部份也將納入交通部運輸研究所港研中心提供「蘇澳港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港」之測站資料，篩選可用部份進行迴歸分析，以獲取合適之場址放大效應。

根據上述內容予以程式化，完成地震模擬器之修正與精確度確認。只需獲得氣象局地震速報獲得地震位置、規模及深度，就可以計算全臺灣各地地表加速度。

(e)GIS圖層顯示

上述之成果整合到 (TRENDS) 中。如圖4.27所示，此功能以 Google Map作為底圖，並利用GIS Server的Geoprocess Service畫出震度分級圖並套疊在Google Map上。同時系統將通行失敗機率大於50%橋梁視為危險橋梁。

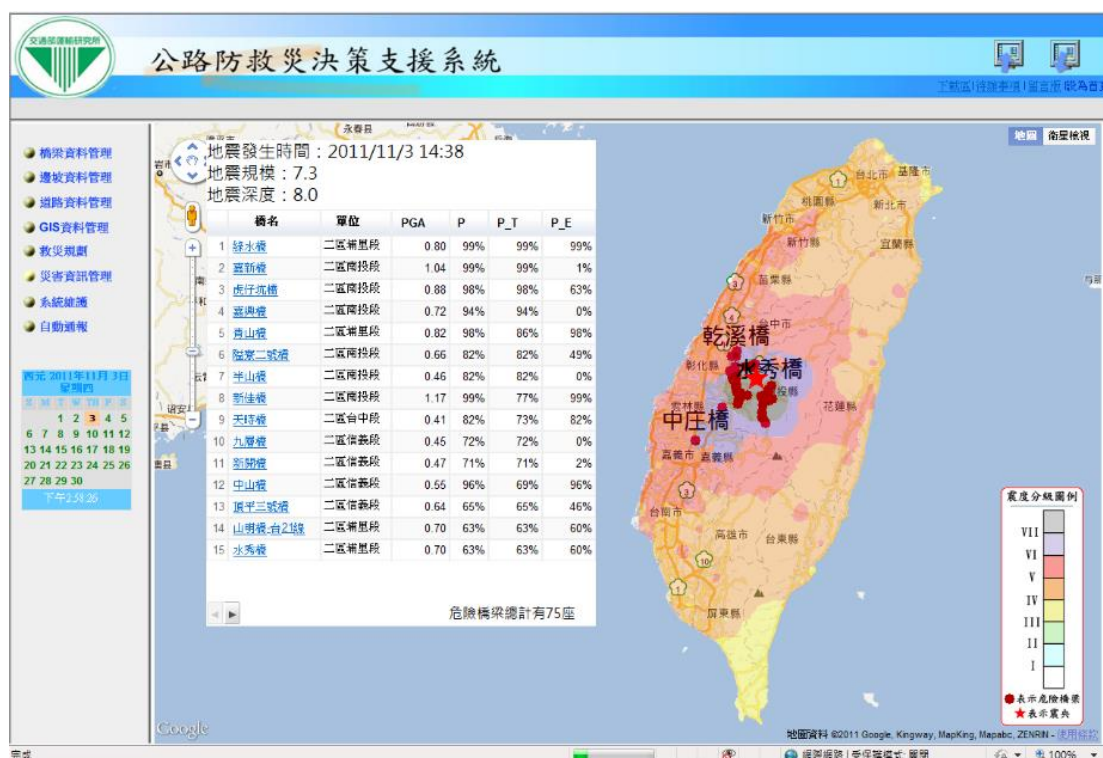


圖 4.27 「橋梁地震破壞潛勢」介面

(f)提升地表震動分析模式預測之準確度

由圖4.24~圖4.26可觀察到，地震模擬器與測站量測PGA結果趨勢相近，但尚有局部誤差值較高或低的情形，而造成此誤差來源以下幾點：

- 1.迴歸誤差：選取芮氏規模 5.0~7.5 的地震，包含近年之地震主震。採用符合上述條件地震所觸發的測站歷時紀錄，包含全部即時站的地震紀錄及 25 公里以內的自由場強震站之地震紀錄，以避免迴歸分析時權重不一的現象。
- 2.場址資料不完整：由於中央氣象局測站多集中架設於都會區屬於沖積層，使得場址特性並無完整的參考資料。此一部份也將納入交通部運輸研究所港研中心提供「蘇澳港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港」之測站資料，篩選可用部份進行迴歸分析，以獲取合適之場址放大效應。

本研究已取得港研中心在2011年至2015年港區地震量測記錄，並選取規模4以上地震共計208筆，如表4-11所示。

本年度計畫根據上述面向，嘗試提升地表震動分析模式預測之精確度，並配合地震災損資料、相關單位監測資料，進行驗證。最後以地震情境模擬方式檢核精確度。

第一階段迴歸分析：

利用中央氣象局與國震中心所收集之資料(1991年~2012年)進行第一階段迴歸分析，並結合港研之資料如表4-11，迴歸出衰減公式之係數，原使用之衰減公式係數之資料範圍為1991年至2010年，本計畫新增2011至2012年之資料以及港研2010至2015年之資料，欲改善其誤差，以提高地震預測評估精度。篩選條件之設定如下：

1. 選擇規模5以上之強震站資料
2. 所選資料之場址剪力波(V_s30)須大於360m/s
3. 該測站須位於距震央30km之範圍內

4. 須扣除台北及宜蘭盆地之地震資料，以免盆地之放大效應影響該公式之係數
5. 量測之PGA具兩方向，本計畫採用幾何平均之方式進行分析，將取其南北向與東西向乘積之平分根值迴歸

表4-11 2011年至2015年各港區量測地震紀錄(節錄)

港區測站資料							中央氣象局地震資料				
測站代號	地震時間	PGA	Intensity	XPeak	YPeak	ZPeak	經度	緯度	深度	規模	地震編號
KAH	2011-03-20 16:01:32	5.442677	2.671625	5.283649	5.442677	2.434502	121.38	22.44	27.5	5.8	第 029 號
TCC	2011-08-12 06:08:10	3.681958	2.332158	1.377703	3.681958	2.92467	121.62	23.8	32.4	4.8	第 123 號
KAH	2011-09-09 11:27:33	1.957187	1.783265	1.161142	1.957187	0.644774	120.99	22.31	10.4	5	第 129 號
SUO	2011-10-30 11:24:53	3.740701	2.345906	3.357394	3.740701	1.965345	123.16	25.31	215.8	6.3	第 147 號
SUO	2011-10-31 23:17:32	3.626189	2.318901	3.626189	3.236678	2.376881	121.94	24.84	92.1	5	第 148 號
BUD	2011-11-06 17:36:47	7.23024	2.918305	7.23024	3.12982	2.04281	120.33	23.25	9.9	4	第 151 號
SUO	2011-12-04 18:13:22	13.70471	3.473739	11.51696	13.70471	4.860312	122.05	24.66	62.8	4.9	第 164 號
TPI	2011-12-08 06:07:26	5.594944	2.695591	3.189932	5.594944	2.137484	121.53	24.54	61	4.4	第 166 號
TCC	2011-12-14 19:13:31	3.994046	2.402826	3.775537	2.129449	3.994046	121.8	23.85	41.9	4.7	第 169 號
SUO	2011-12-15 08:36:11	3.35925	2.252485	3.35925	2.4942	1.323777	121.77	23.72	32.8	4.6	第 170 號
SUO	2012-01-04 15:00:23	1.916626	1.765075	1.916626	1.689341	1.222501	121.6	23.97	7.4	4.7	第 002 號
SUO	2012-01-16 17:55:54	26.18044	4.035954	26.18044	11.93696	8.479178	121.92	24.41	20.4	4.3	第 014 號
SUO	2012-01-20 06:07:04	22.11929	3.889542	20.79966	22.11929	5.910964	122.05	24.52	13.8	4.4	第 018 號
SUO	2012-01-25 16:36:57	4.09737	2.42501	3.802931	4.09737	1.676882	122.2	24.89	124.3	5	第 020 號
SUO	2012-02-04 10:54:57	7.114486	2.904287	5.530065	7.114486	3.500693	122.66	24.67	116.2	5.6	第 024 號
ANP	2012-03-09 08:05:13	1.446807	1.520821	1.446807	1.209314	1.121057	120.74	22.72	23.4	4.1	第 045 號
TCC	2012-03-22 07:45:25	3.852233	2.371425	3.183781	2.07069	3.852233	121.59	23.25	42.5	5	第 049 號
SUO	2012-04-03 04:41:42	2.085858	1.83857	2.064407	2.085858	1.129511	121.68	24.16	28.9	4.3	第 053 號
TPI	2012-04-09 05:44:23	2.290811	1.919978	2.124938	2.290811	1.690148	122.36	24.04	29.2	5.7	第 058 號
SUO	2012-04-09 05:44:42	1.058472	1.249359	1.058472	0.96599	0.481741	121.67	24.13	29.1	5.5	第 064 號

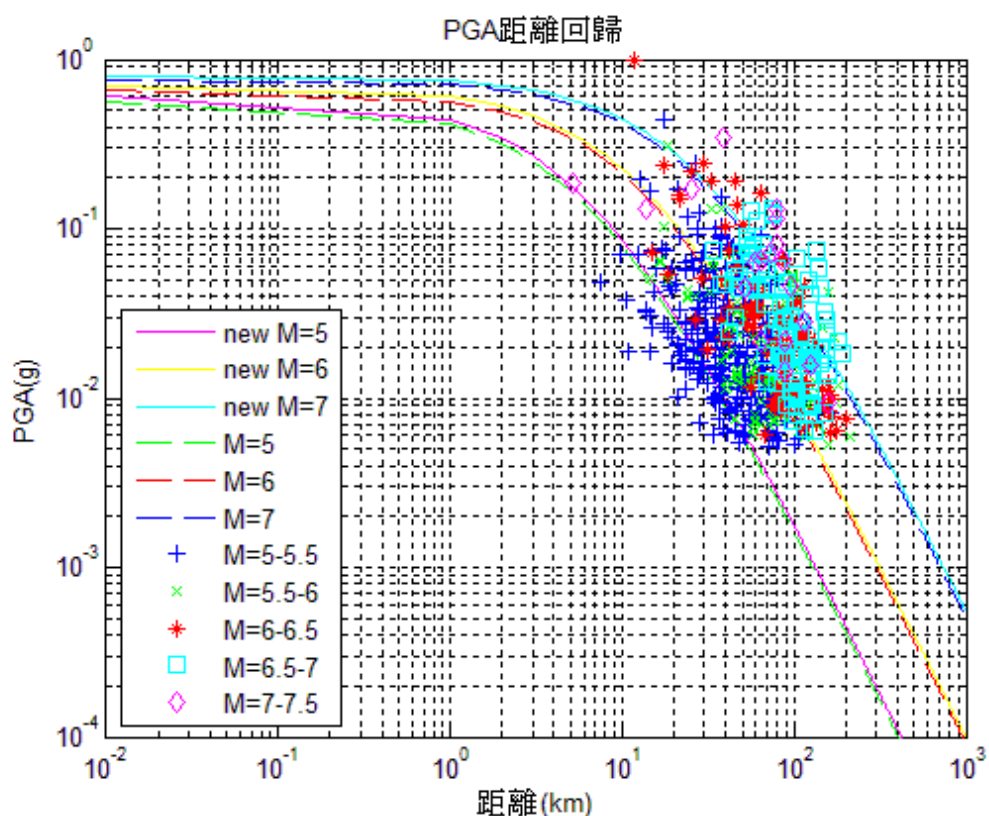


圖 4.28 第一階段迴歸新舊係數比較

表4-12 新舊係數比較

	1991~2010 年舊係數	1991~2012 年新係數
C1	0.00369	0.00402
C2	1.75377	1.75655
C3	2.056	2.059
C4	0.1222	0.1225
C5	0.7832	0.7859
資料筆數	189	202

經由篩選後，符合條件之資料為202筆，圖4.28中為新舊係數之衰減公式比較圖，並將202筆資料放入圖中將其分為5個規模等級，但由於資料筆數增加不多，故變化不大，圖中可看出資料大多落於該規模之衰減公式線附近，而公式(4.1)中各係數之修正結果如表4-12所示。

第二階段場址效應:

由於衰減公式尚未考慮到每個測站之場址效應，故將衰減公式再進行修正，比較每一個測站的實際值與誤差值取對數線性迴歸進行修正，求出C0與C1係數，但該迴歸方法之精度會與該測站之資料分佈以及資料數量以及其離散程度有關，並非符合篩選條件之測站就會有很高的精度。

篩選條件:

- (一) 考慮所有規模大於 4 之即時站、強震站資料。
- (二) 每個測站的資料筆數須大於 5 筆(由於布袋港的地震資料僅有 1 筆，故無法迴歸)。
- (三) 迴歸方法:
 - (1)採用兩軸取自然對數建立線性關係
 - (2)雙線性
 - (3)將原有線性關係往下偏移一個平均誤差
- (四) 由於和場址有關，故將分析分為港區及非港區。

五港區迴歸結果如下圖4.29~圖4.33，係數說明如表4-13~4-17所示：

(a)安平港

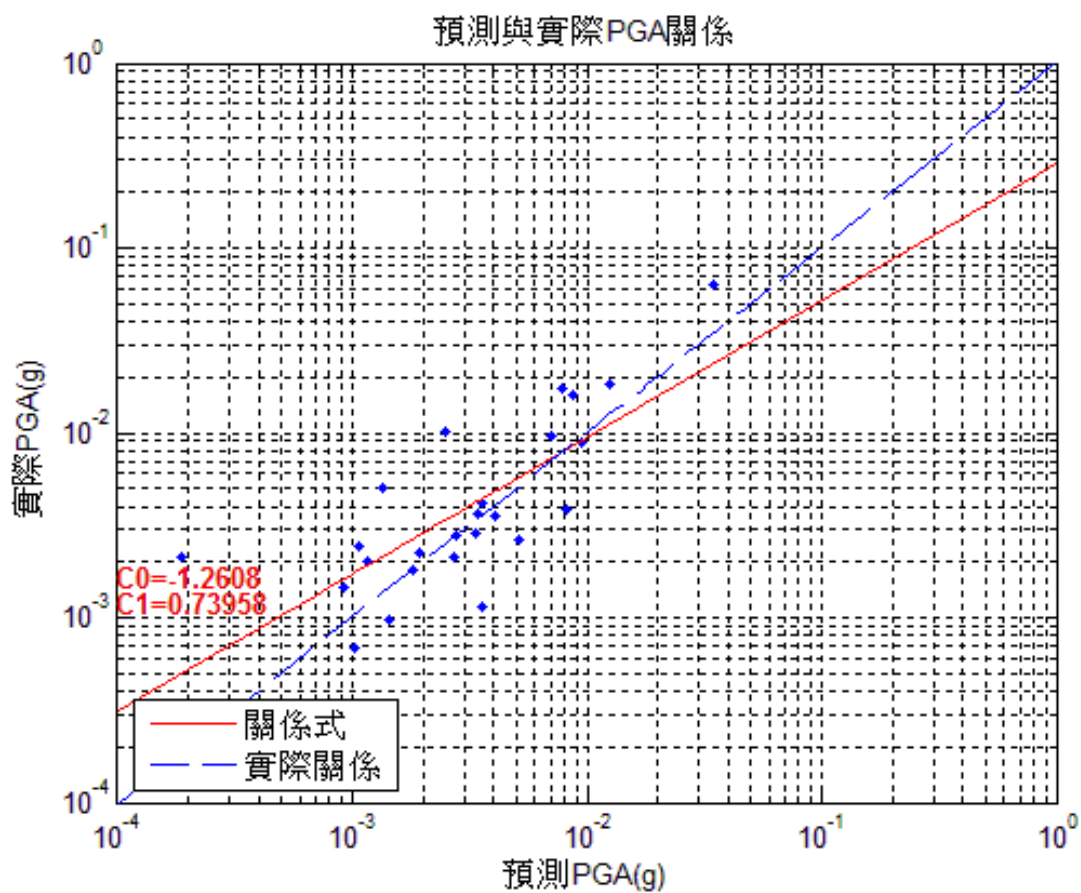


圖 4.29 安平港場址迴歸

表4-13 安平港係數

資料筆數	25
C0	-1.2608
C1	0.73958
種類	港口測站
無舊場址係數	

(b)蘇澳港

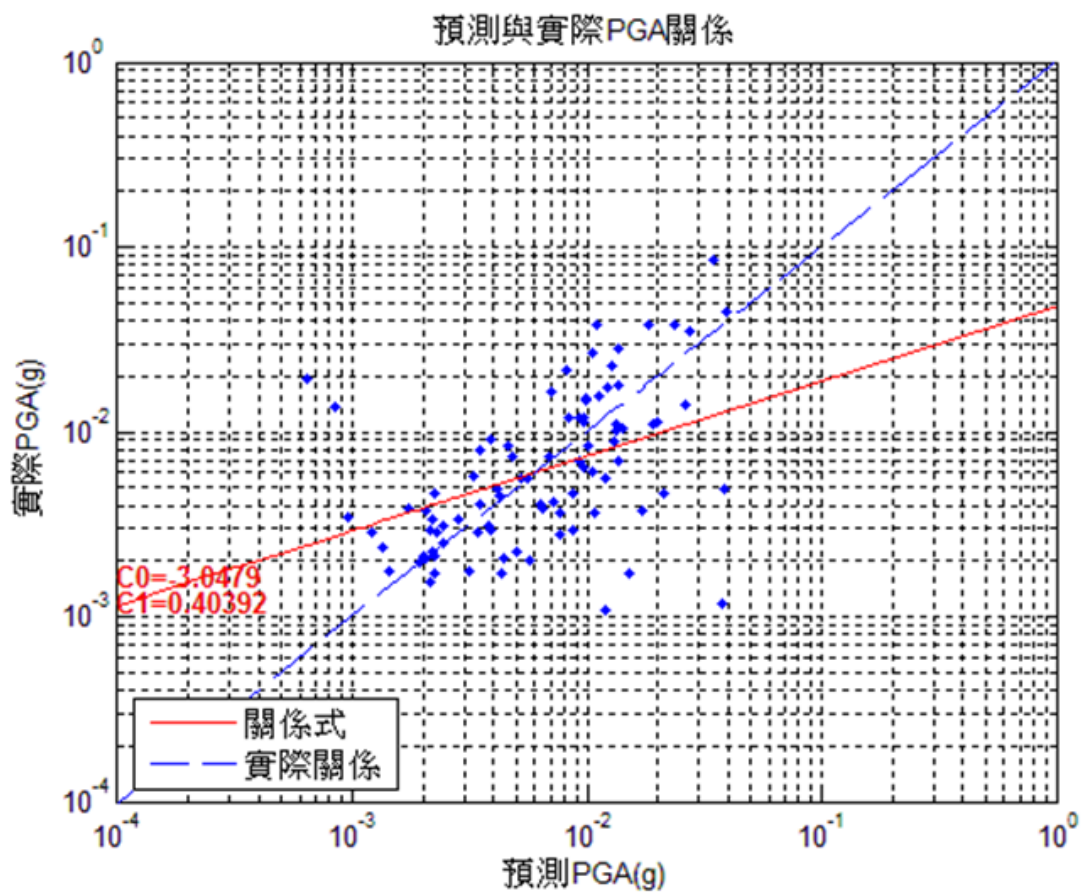


表4-14 蘇澳港係數

資料筆數	89
C0	-3.0479
C1	0.40392
種類	港口測站
無舊場址係數	

(c)臺中港

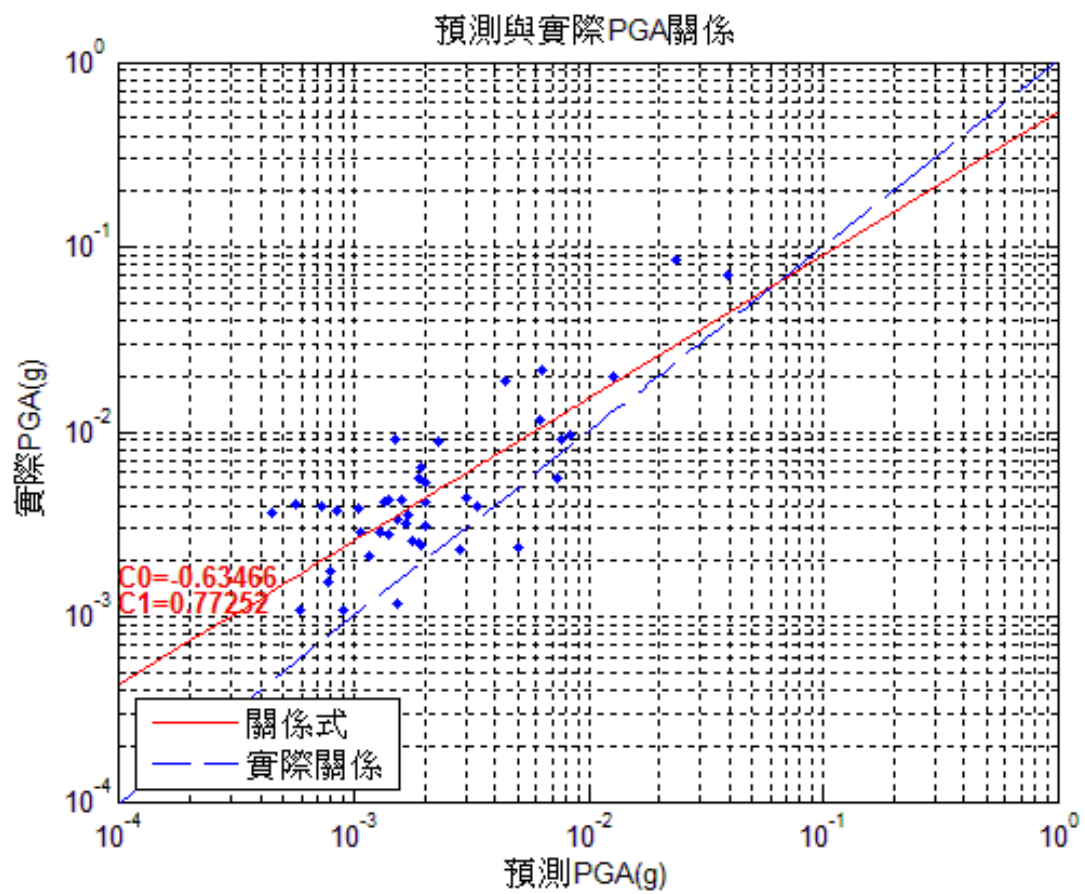


表4-15 臺中港係數

資料筆數	43
C0	-0.63466
C1	0.77252
種類	港口測站
無舊場址係數	

(d)臺北港

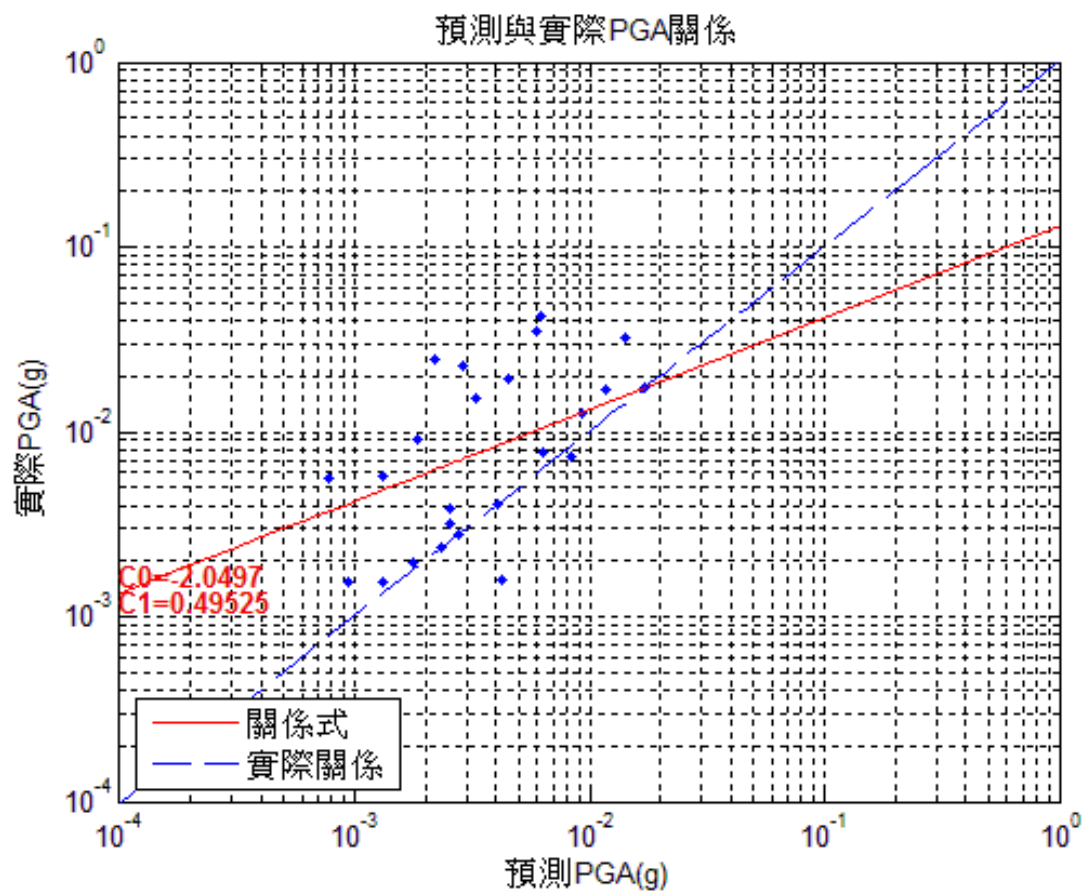


圖 4.32 臺北港場址迴歸

表4-16 臺北港係數

資料筆數	26
C0	-2.0497
C1	0.49525
種類	港口測站
無舊場址係數	

(e)高雄港

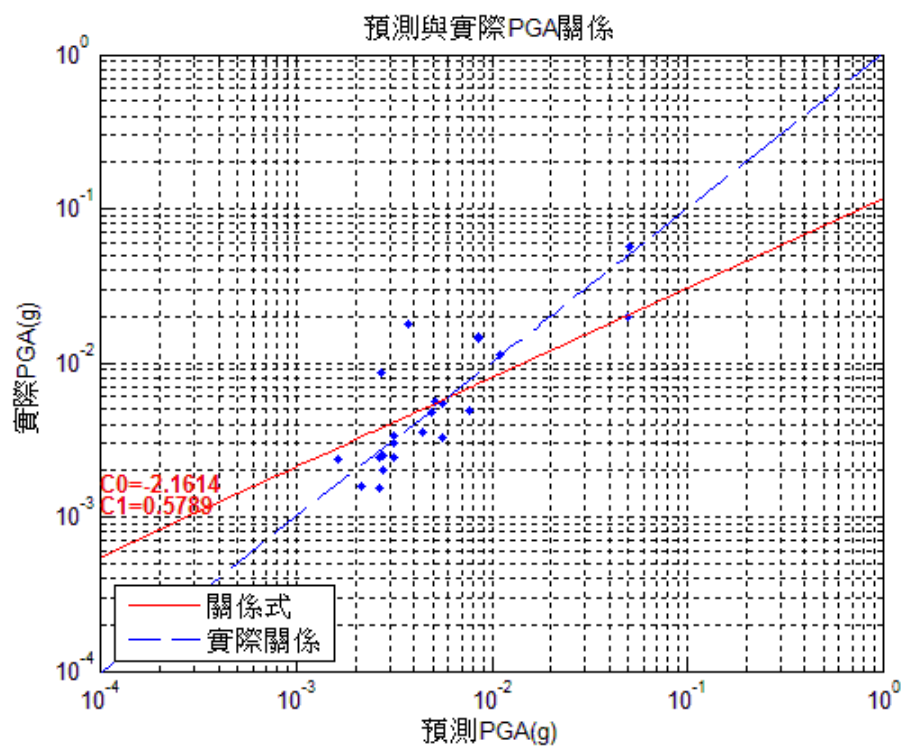


表4-17 高雄港係數

資料筆數	21
C0	-2.1614
C1	0.5789
種類	港口測站
無舊場址係數	

雖然測站有迴歸出係數，但該係數並非準確，如圖4.34與圖4.35
舉例迴歸精度差以及佳的例子：

精度差：

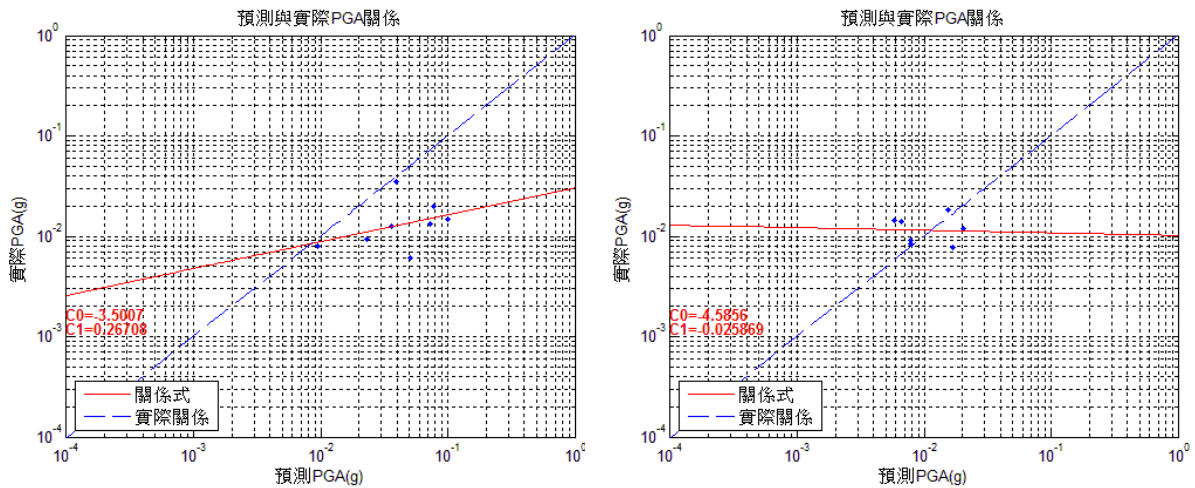


圖 4.34 迴歸精度差之案例(ILA069、MND020 測站)

精度好：

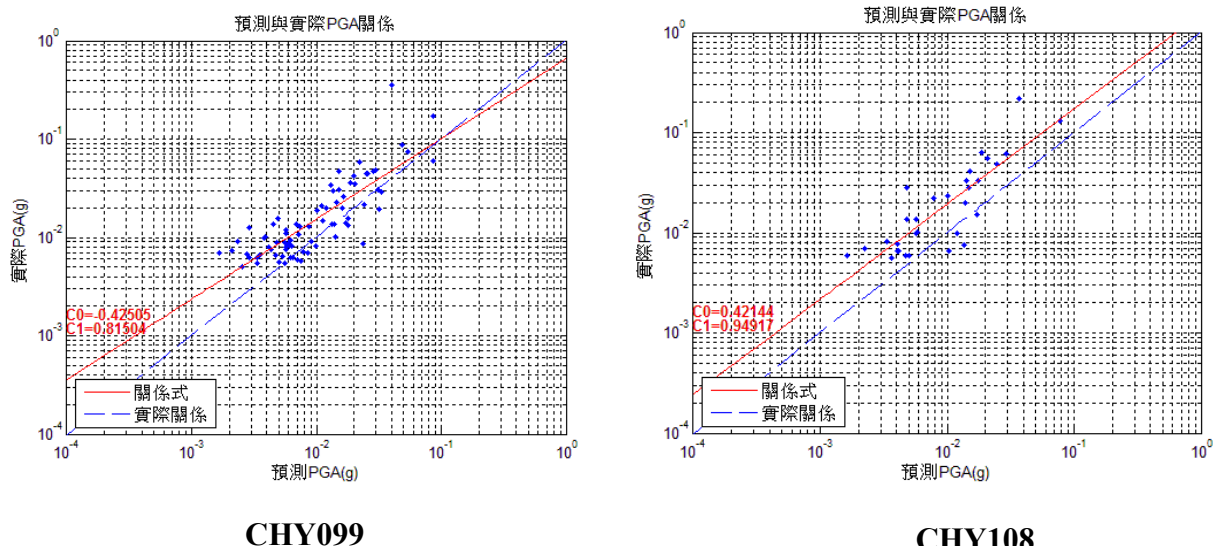


圖 4.35 迴歸精度好之案例(CHY099、CHY108 測站)

由於港區和部分測站會有該情況發生，須進行修正，本研究以雙線性來改善其誤差，修正方法為找出迴歸方程式以及實際關係交點，在該交點以下以實際關係之方程式取代，如圖4.36至圖4.41所示。

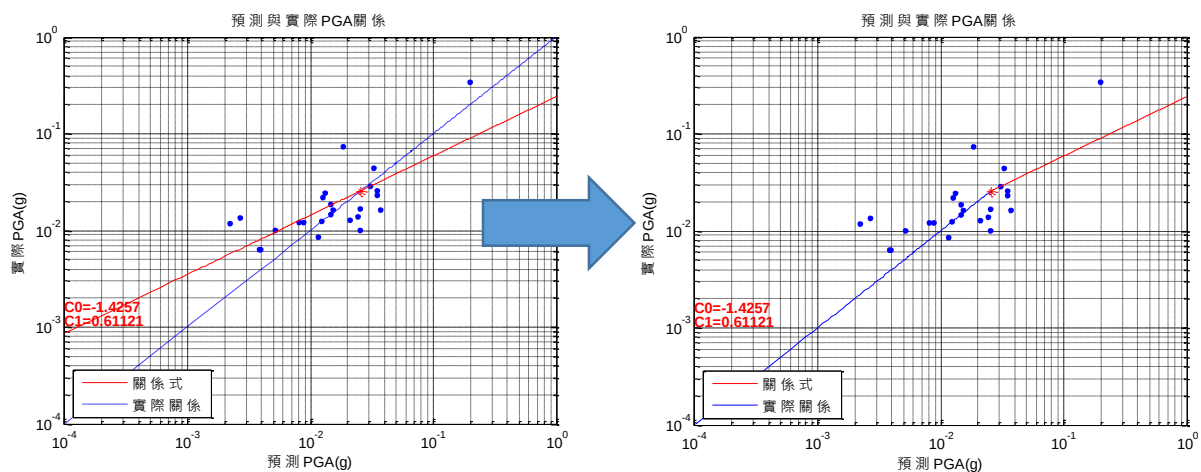


圖 4.36 NST 測站雙線性修正

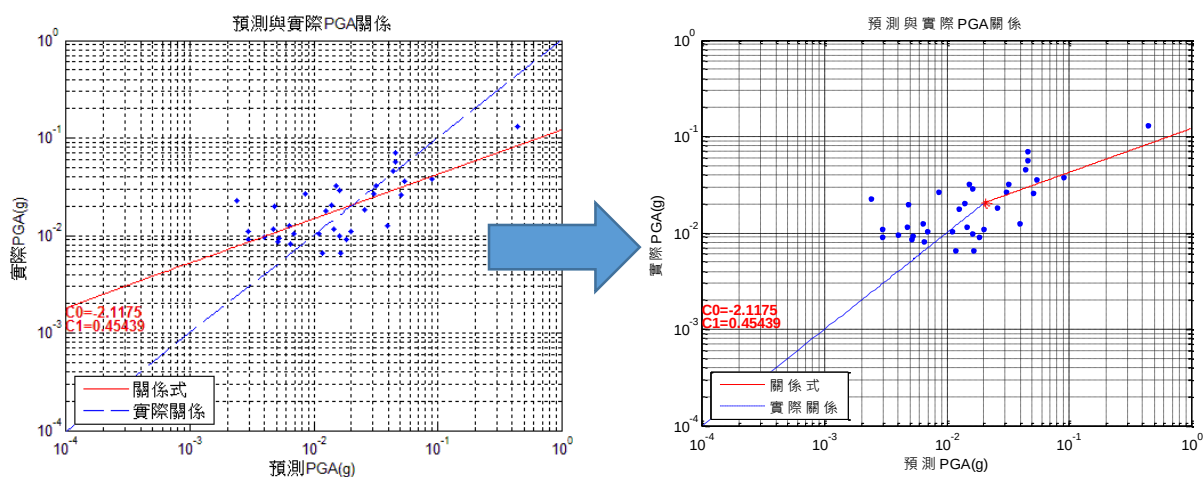


圖 4.37 NSY 測站修正

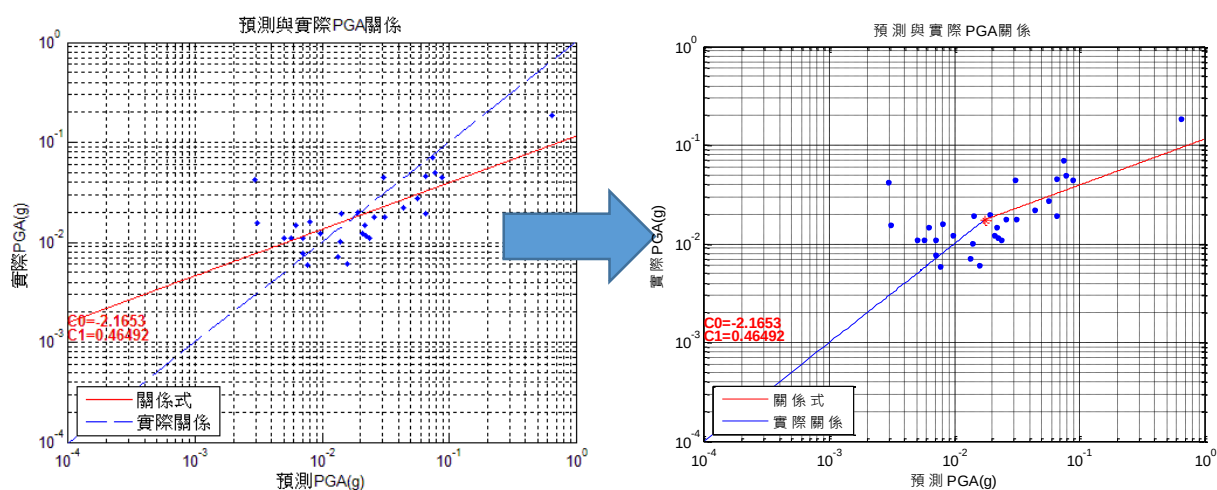


圖 4.38 TCU 測站修正

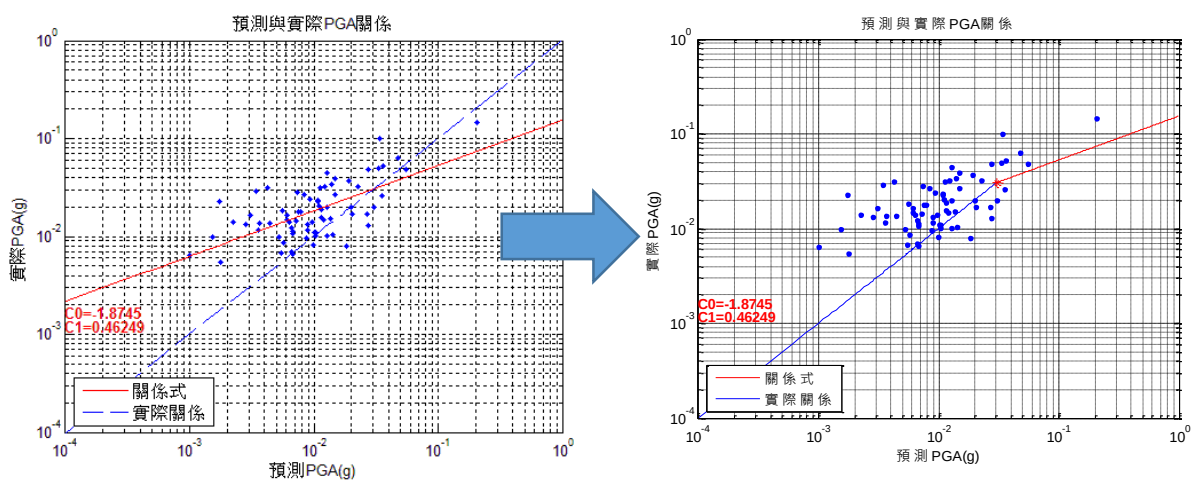


圖 4.39 CHY 測站修正

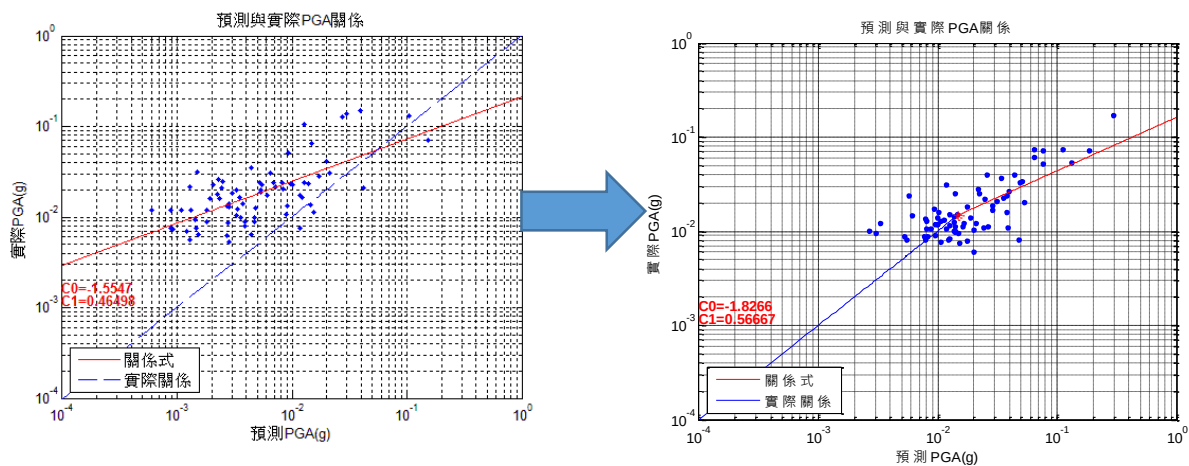


圖 4.40 WSF 測站修正

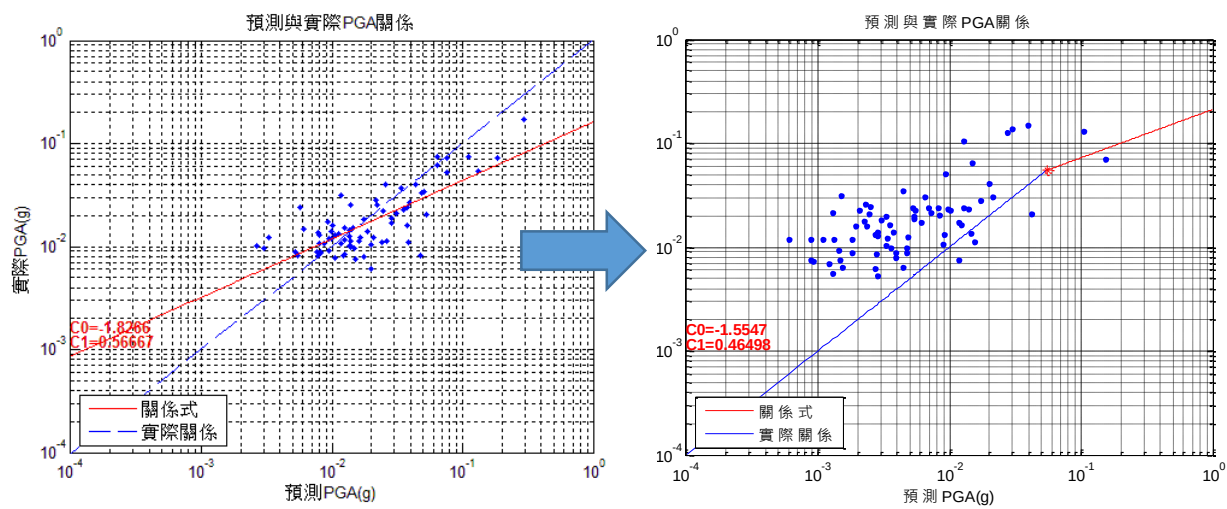


圖 4.41 ALS 測站修正

非港區之測站選取方式為有測到921地震資料之測站，且震度為中震度($\geq 80\text{gal}$)，再將該法套用至港區得下列港區的雙線性迴歸圖，結果如圖4.42至圖4.46及表4-18~4-22。

(一)安平港(ANP)

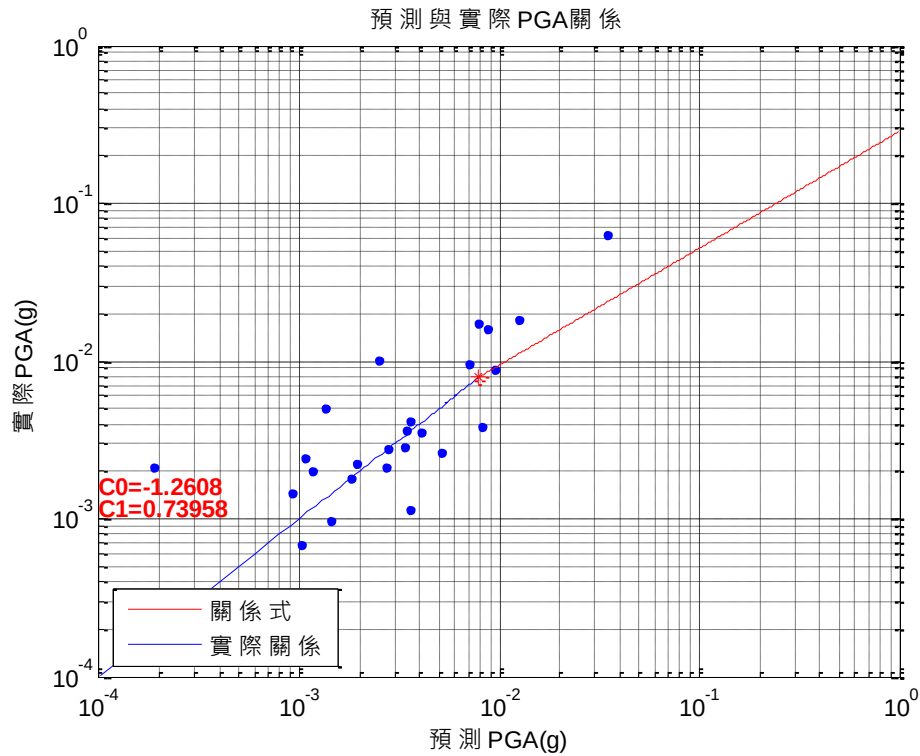


圖 4.42 安平港雙線性迴歸

表4-18 安平港轉折係數

資料筆數	25
C0	-1.2608
C1	0.73958
轉折處(gal)	7.743
種類	港口測站
無舊場址係數	

(二)蘇澳港(SUO)

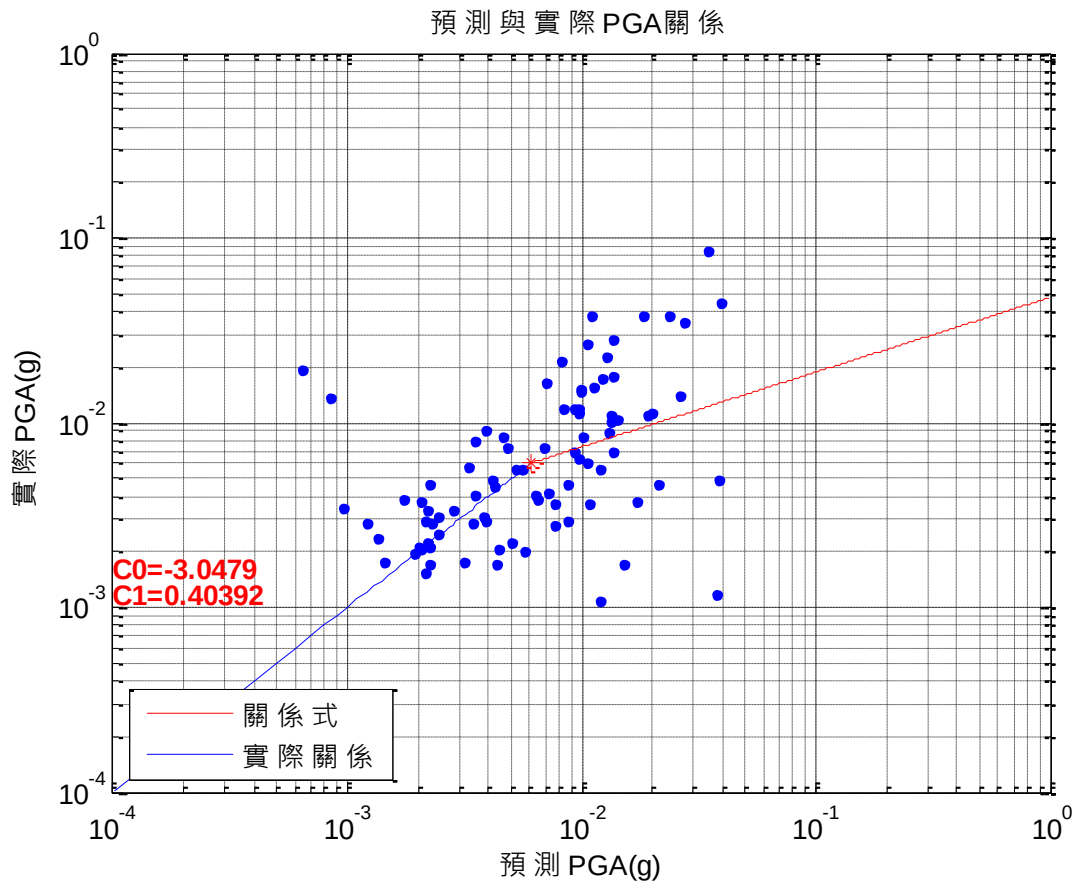


圖 4.43 蘇澳港雙線性迴歸

表4-19 蘇澳港轉折係數

資料筆數	89
C0	-3.0479
C1	0.40392
轉折處(gal)	5.903
種類	港口測站
無舊場址係數	

(三)臺中港(TCC)

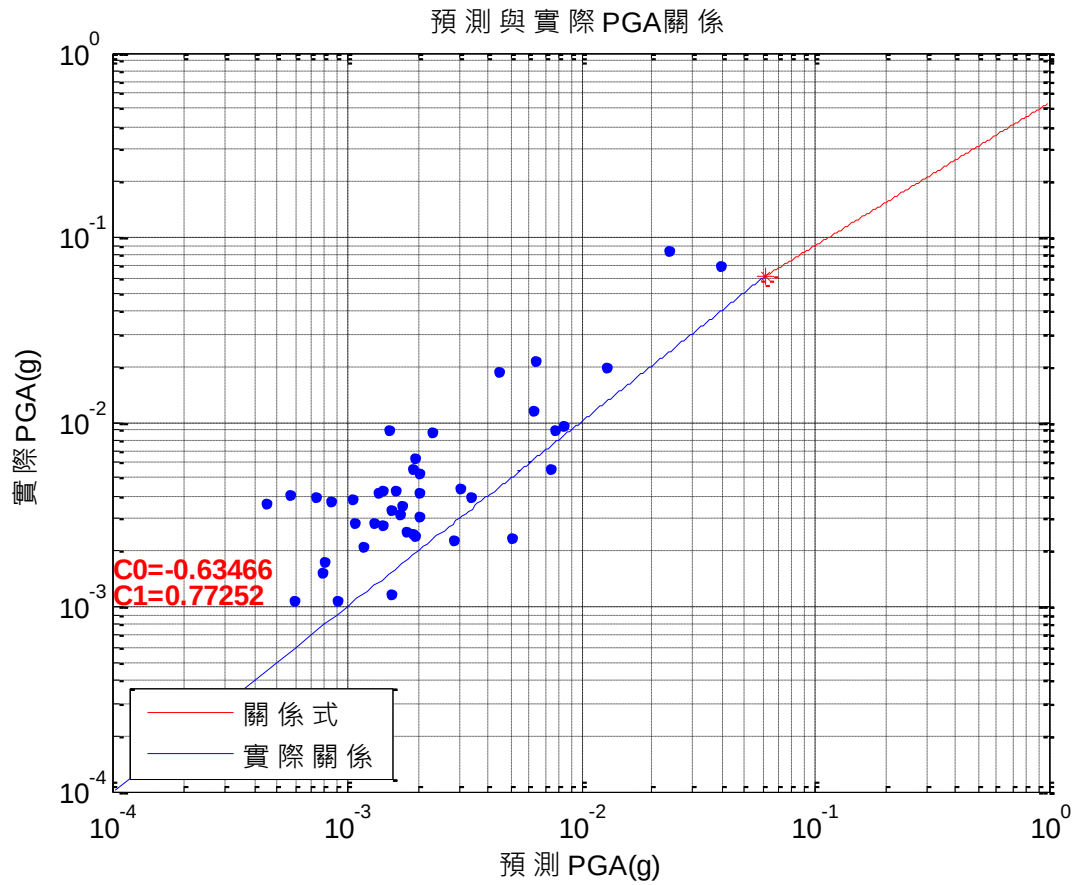


圖 4.44 臺中港雙線性迴歸

表4-20 臺中港轉折係數

資料筆數	43
C0	-0.63466
C1	0.77252
轉折處(gal)	60.26
種類	港口測站
無舊場址係數	

(四)臺北港(TPI)

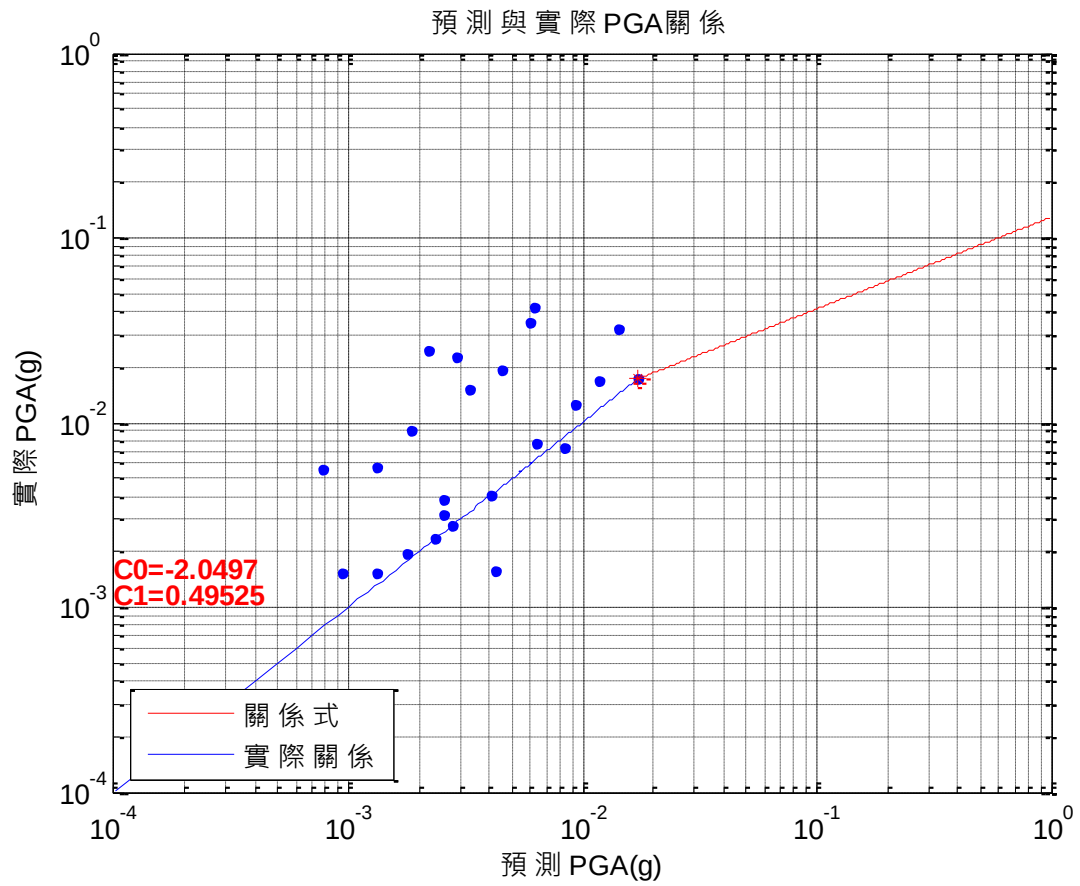


圖 4.45 臺北港雙線性迴歸

表4-21 臺北港轉折係數

資料筆數	26
C0	-2.0497
C1	0.49525
轉折處(gal)	16.9
種類	港口測站
無舊場址係數	

(五)高雄港(KAH)

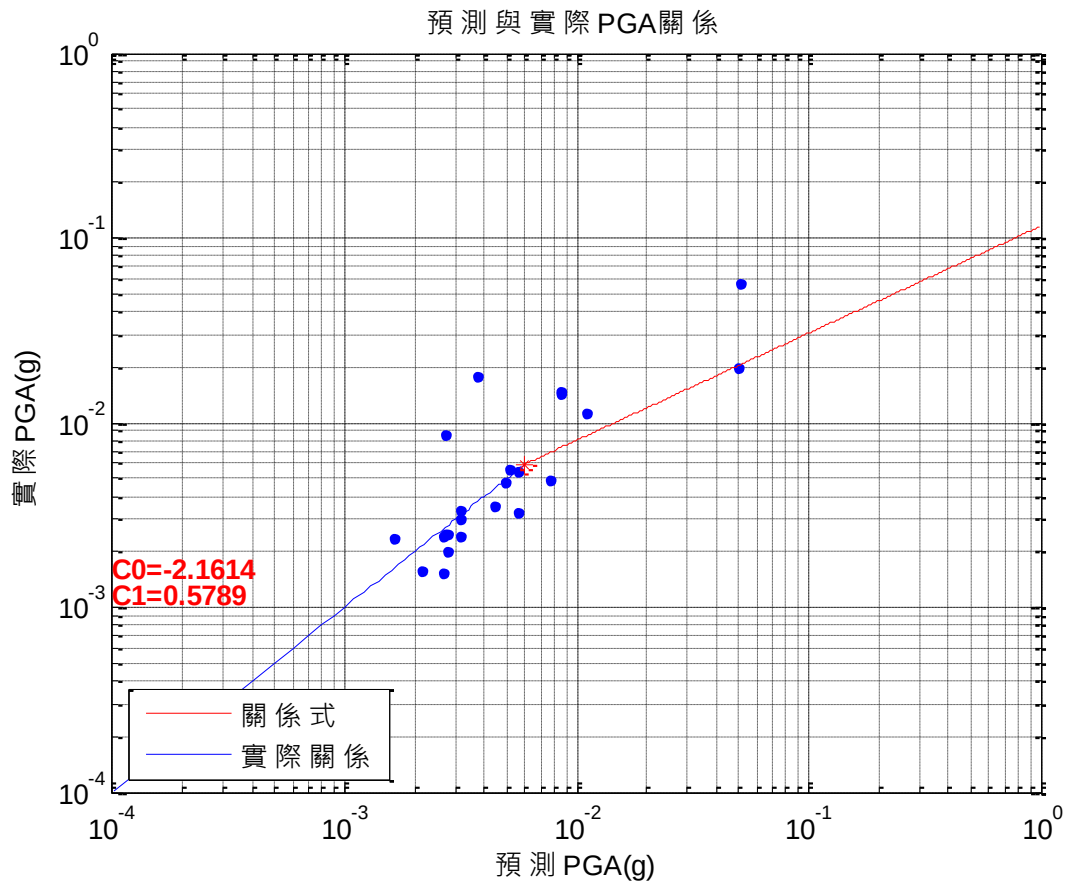


圖 4.46 高雄港雙線性迴歸

表4-22 高雄港轉折係數

資料筆數	24
C0	-2.1614
C1	0.5789
轉折處(gal)	5.788
種類	港口測站
無舊場址係數	

另一種修改方法則是將對數線性迴歸之值與實際PGA作比較，並計算其誤差，將誤差平均之後，作為該線往下移動標準。非港區之迴歸結果如圖4.47至圖4.52。

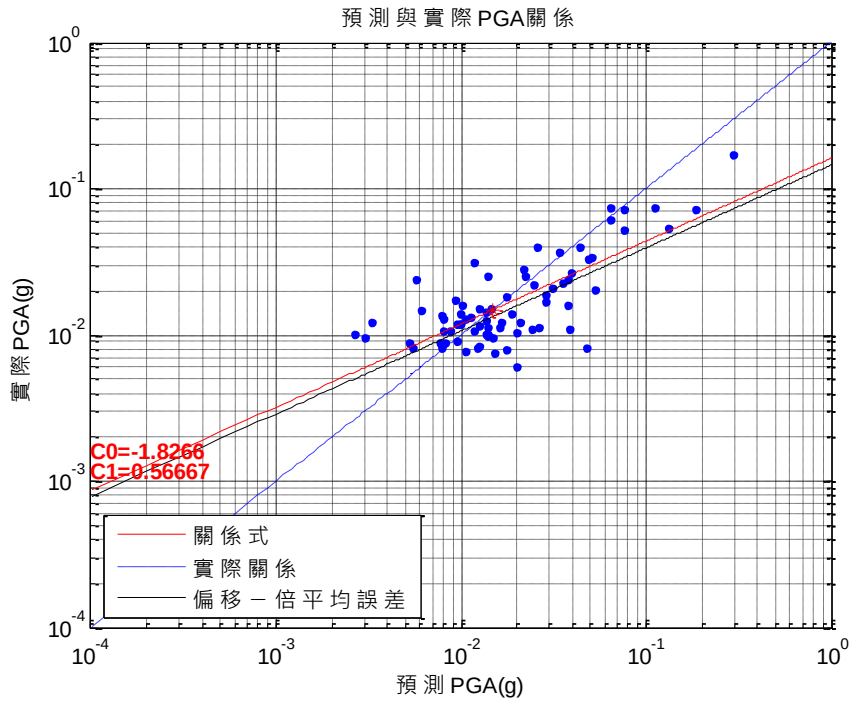


圖 4-47 ALS 測站修正

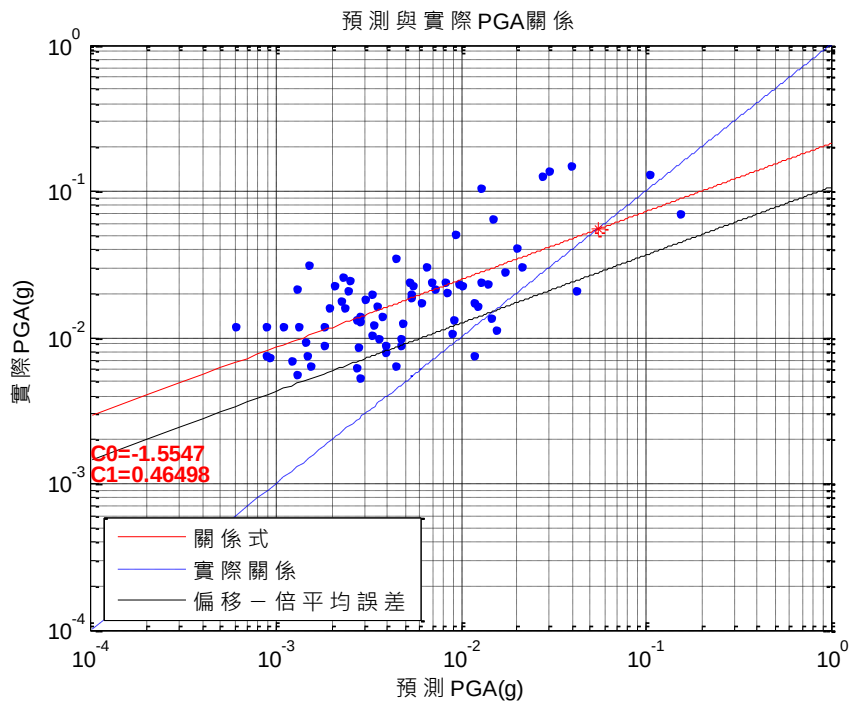


圖 4.48 WSF 測站修正

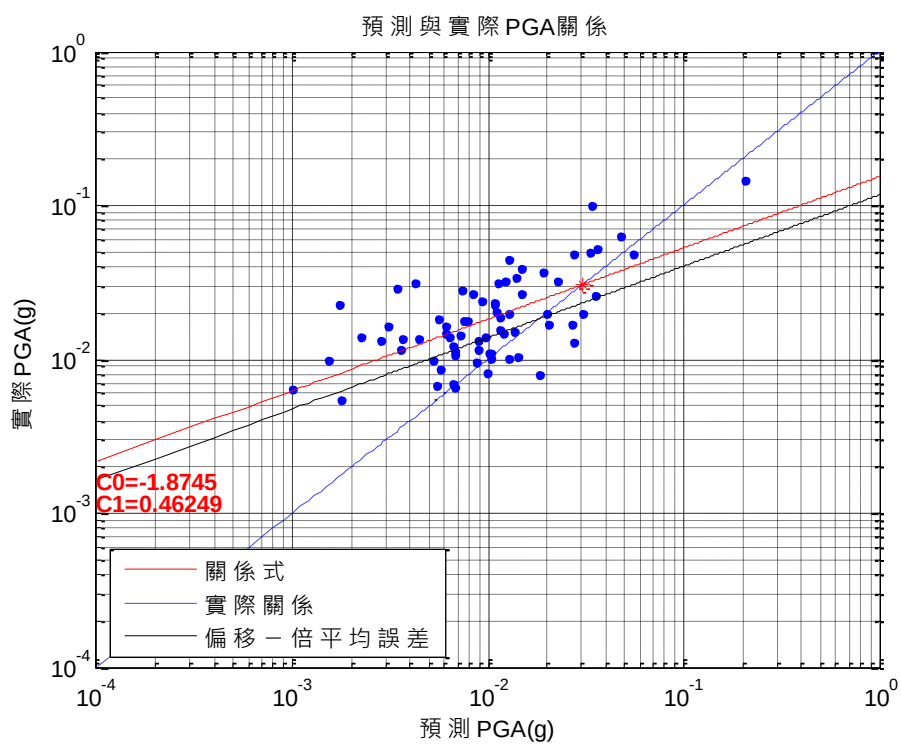


圖 4.49 CHY 測站修正

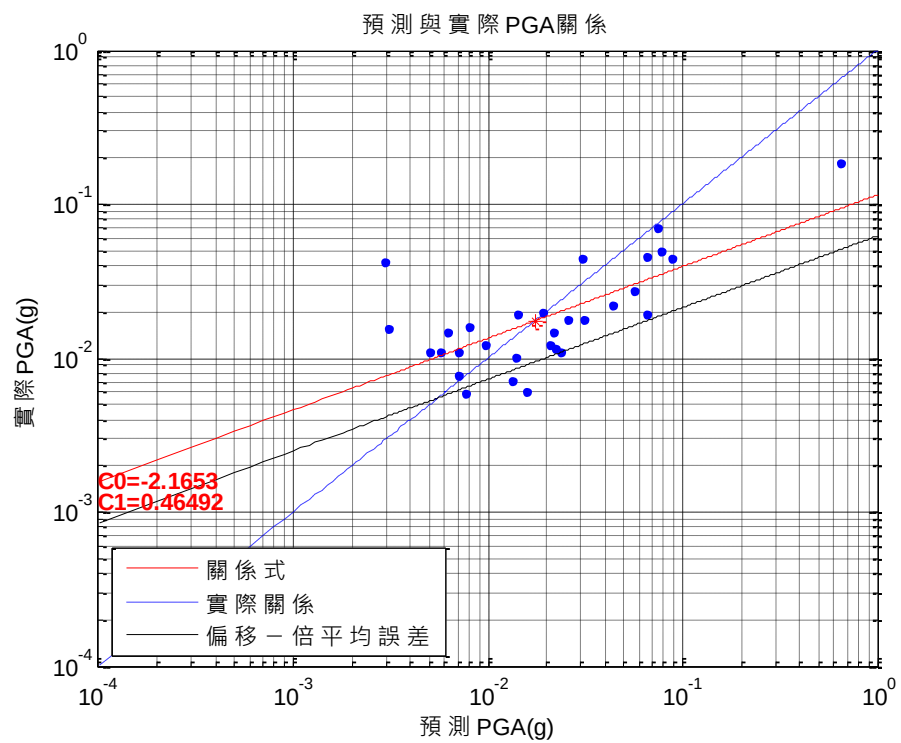


圖 4.50 TCU 測站修正

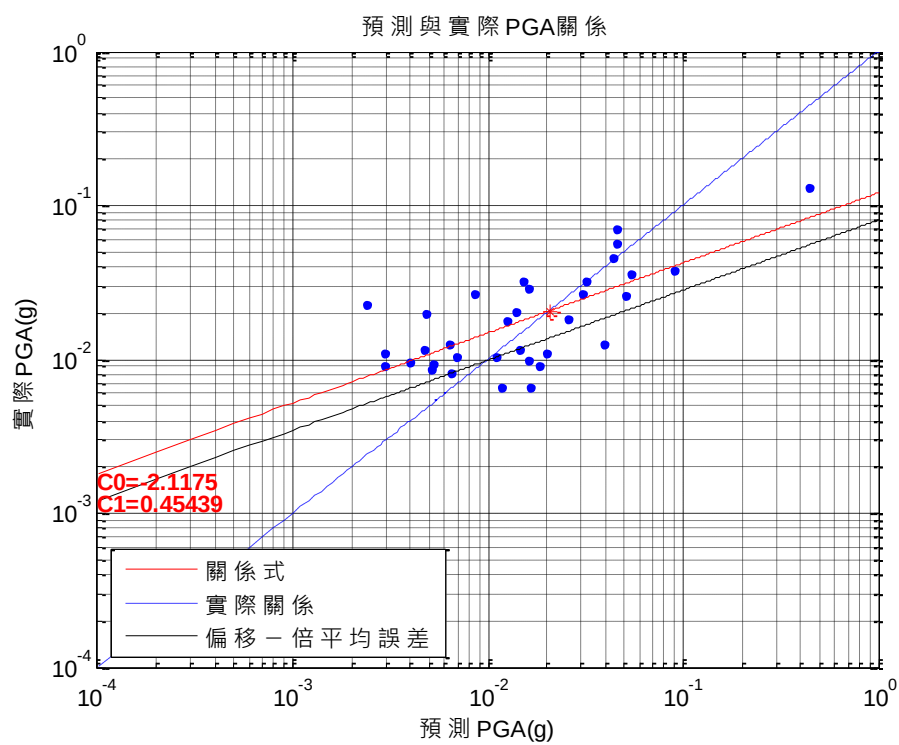


圖 4.51 NSY 測站修正

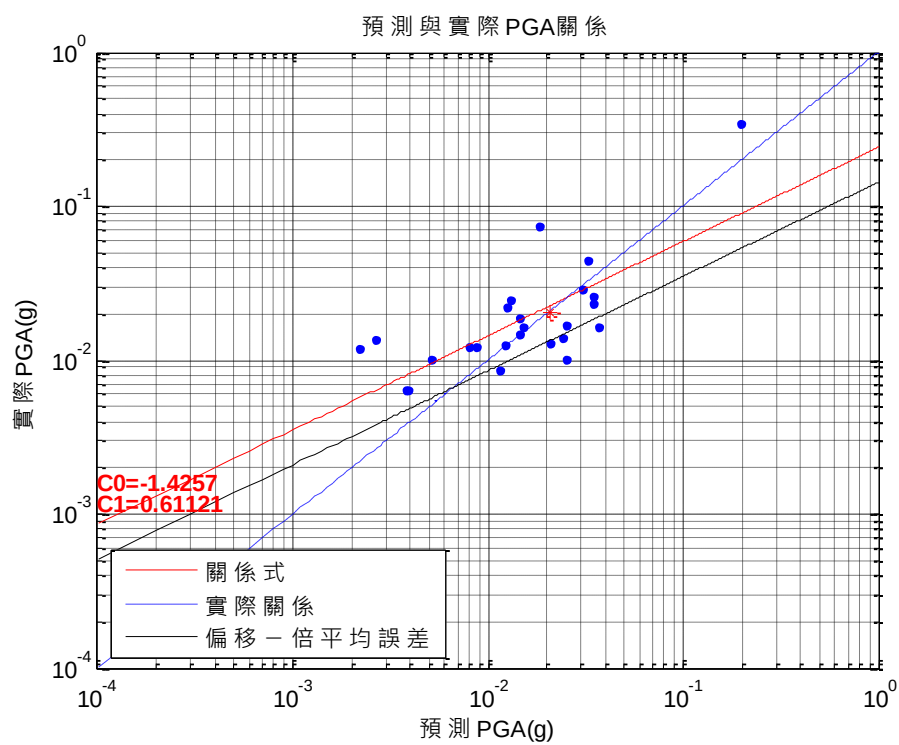


圖 4.52 NST 測站修正

港區修正結果如圖 4.53 至圖 4.57:

(一)安平港(ANP)

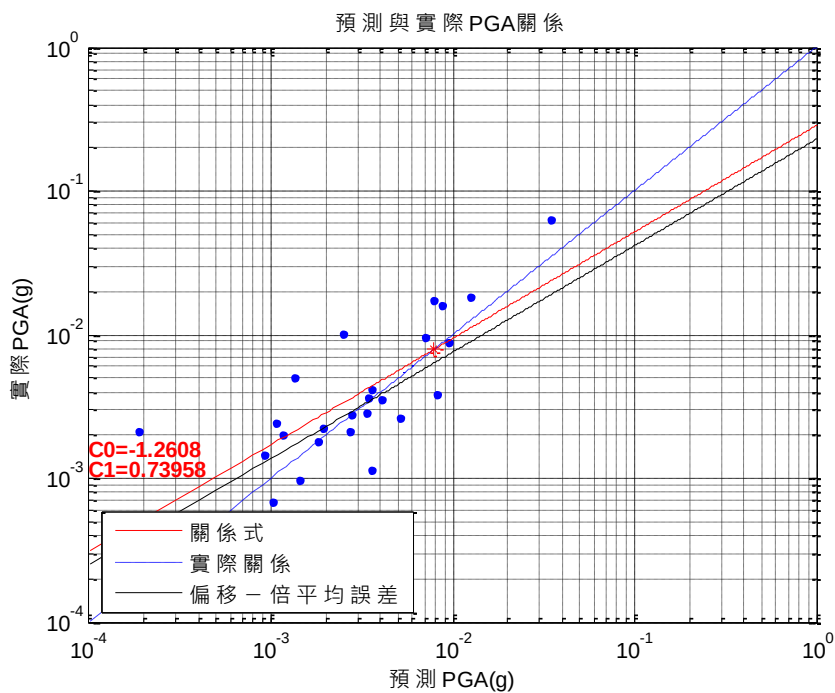


圖 4.53 安平港測站修正

(二)蘇澳港(SUO)

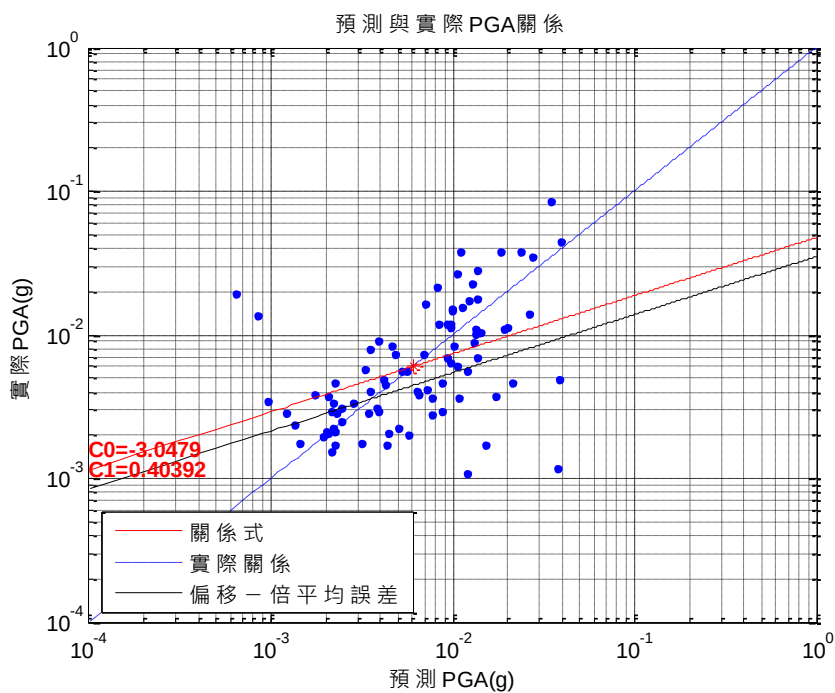


圖 4.54 蘇澳港測站修正

(三)臺中港(TCC)

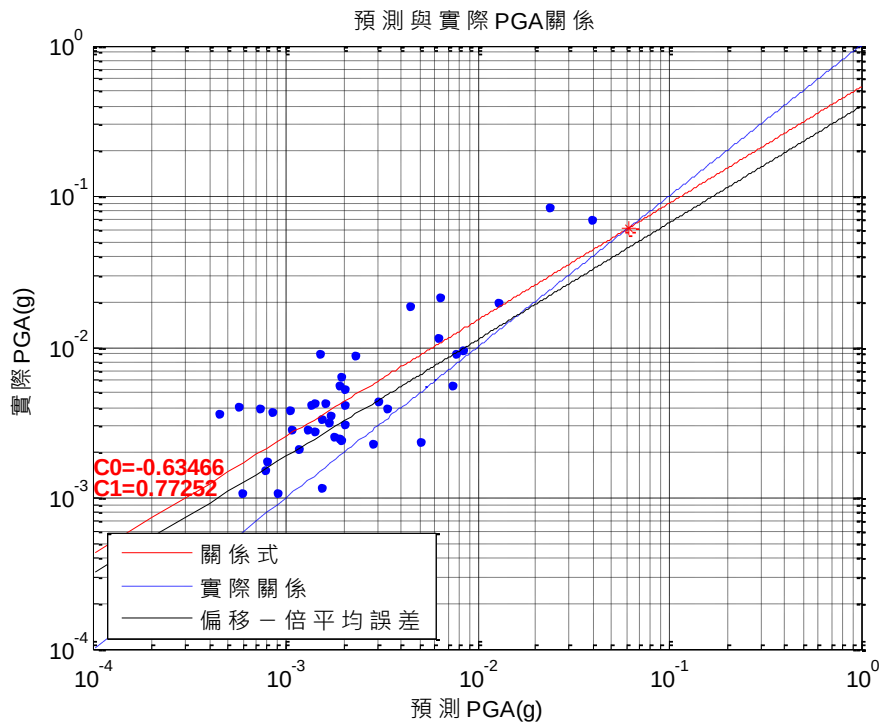


圖 4.55 臺中港測站修正

(四)臺北港(TPI)

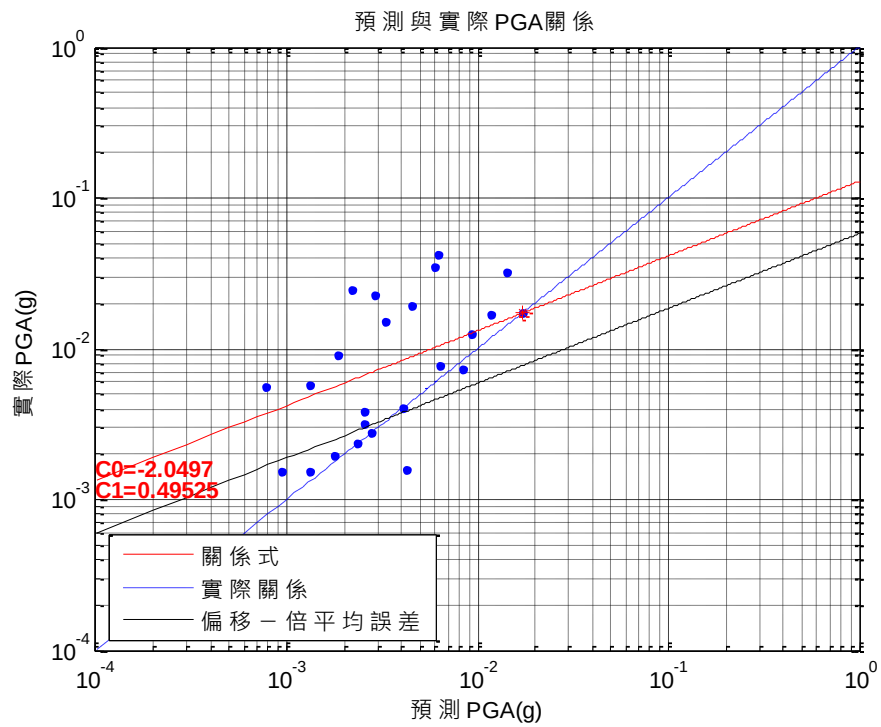


圖 4.56 臺北港測站修正

(五)高雄港(KAH)

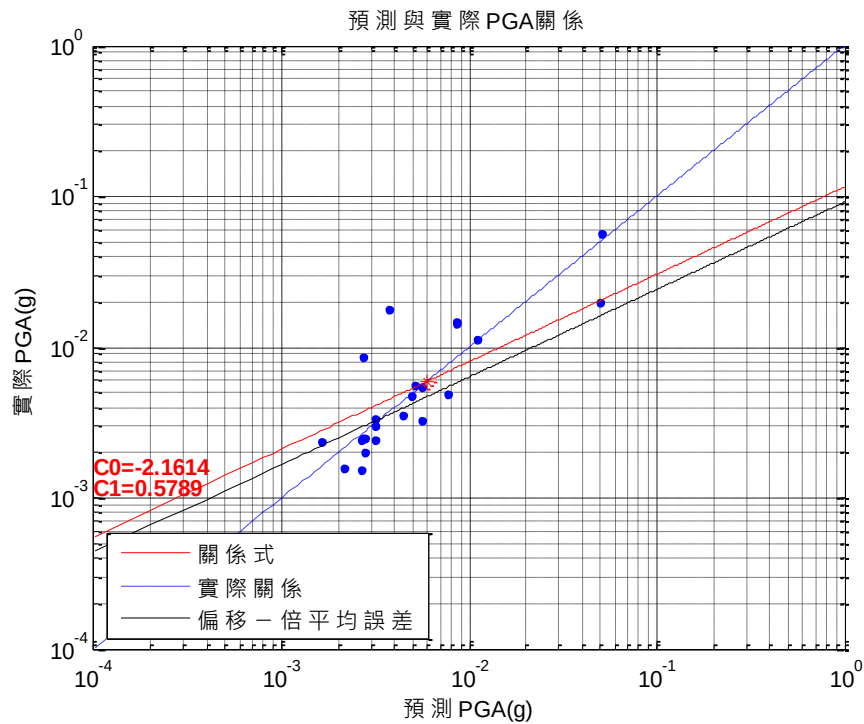


圖 4.57 高雄港測站修正

以 921 主震之測站資料進行新舊場址係數的比較，選擇條件如下：

- 1.範圍在 50km 以內之測站。
- 2.以中震度(25gal~80gal)以上作為選擇條件。
- 3.共有 NSY、TCU、CHY、WSF、NST、ALS 等六個測站。

在將這三種方法與舊係數和實際值作比較，如圖4.58至圖4.68:

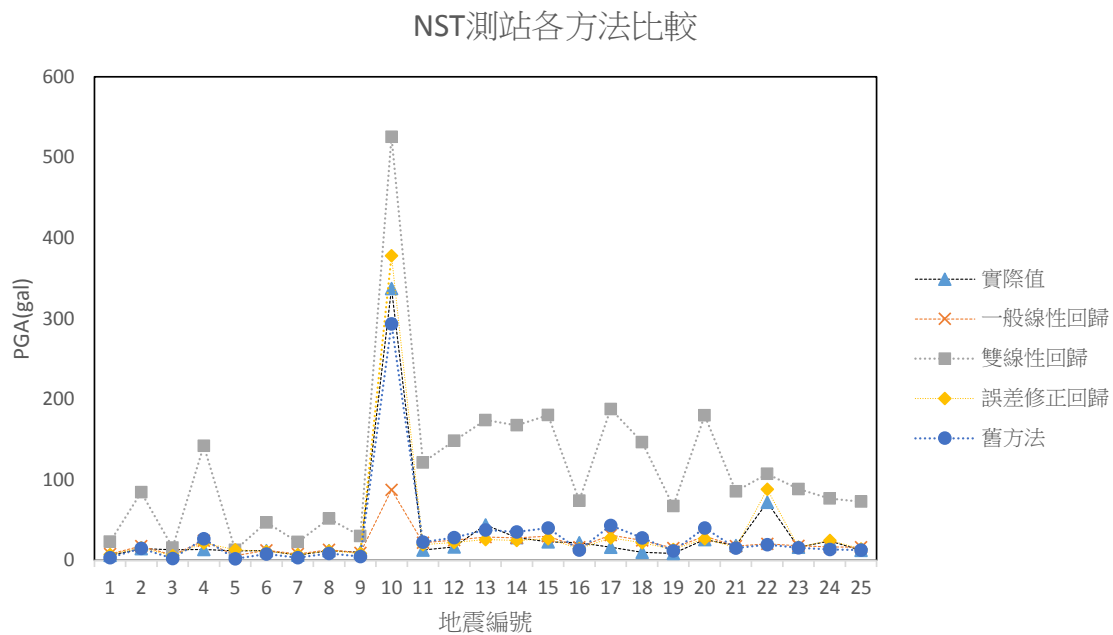


圖 4.58 NST 測站各方法比較

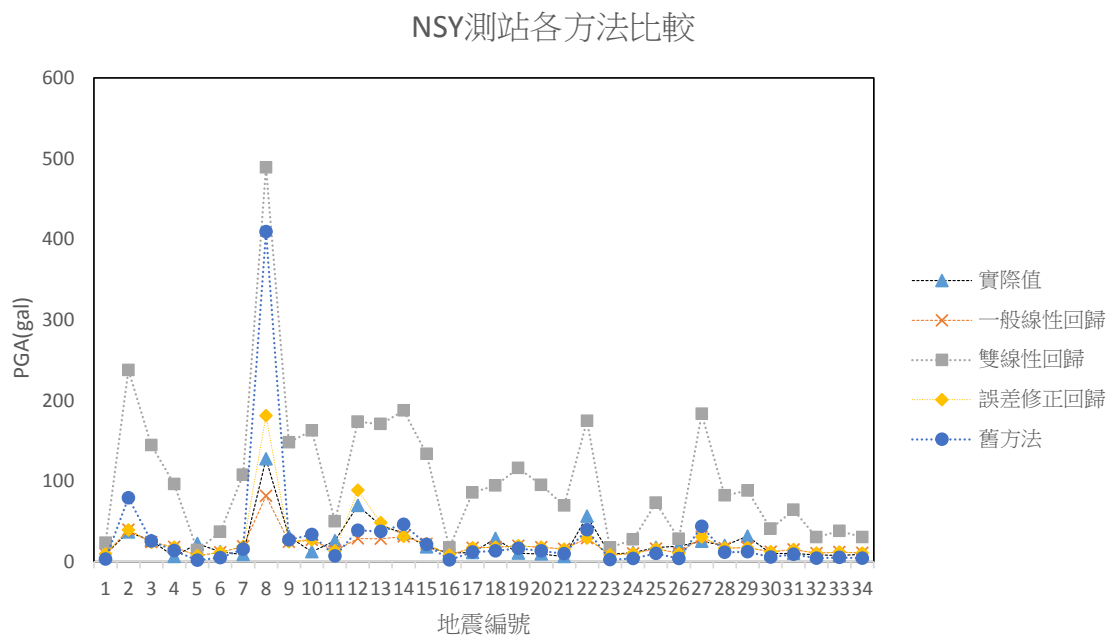


圖 4.59 NSY 測站各方法比較

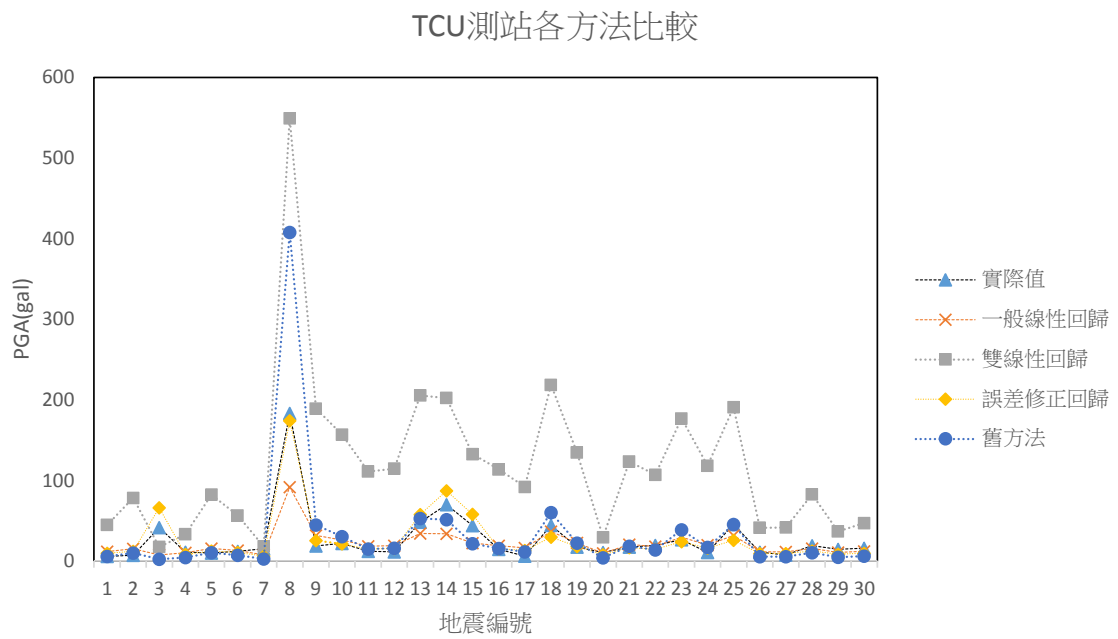


圖 4.60 TCU 測站各方法比較

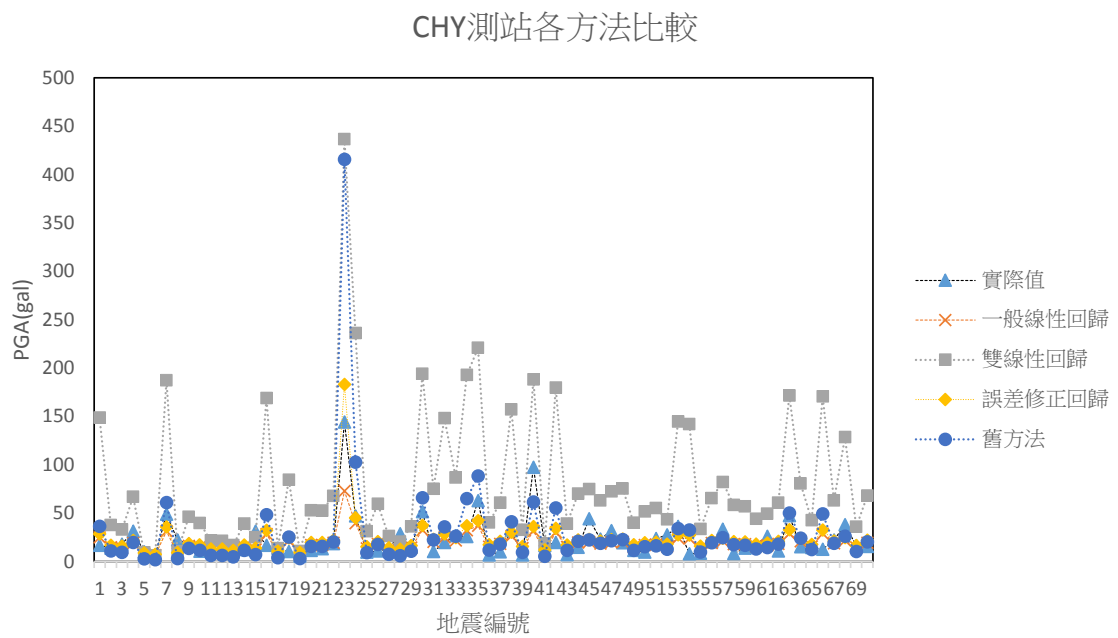


圖 4.61 CHY 測站各方法比較

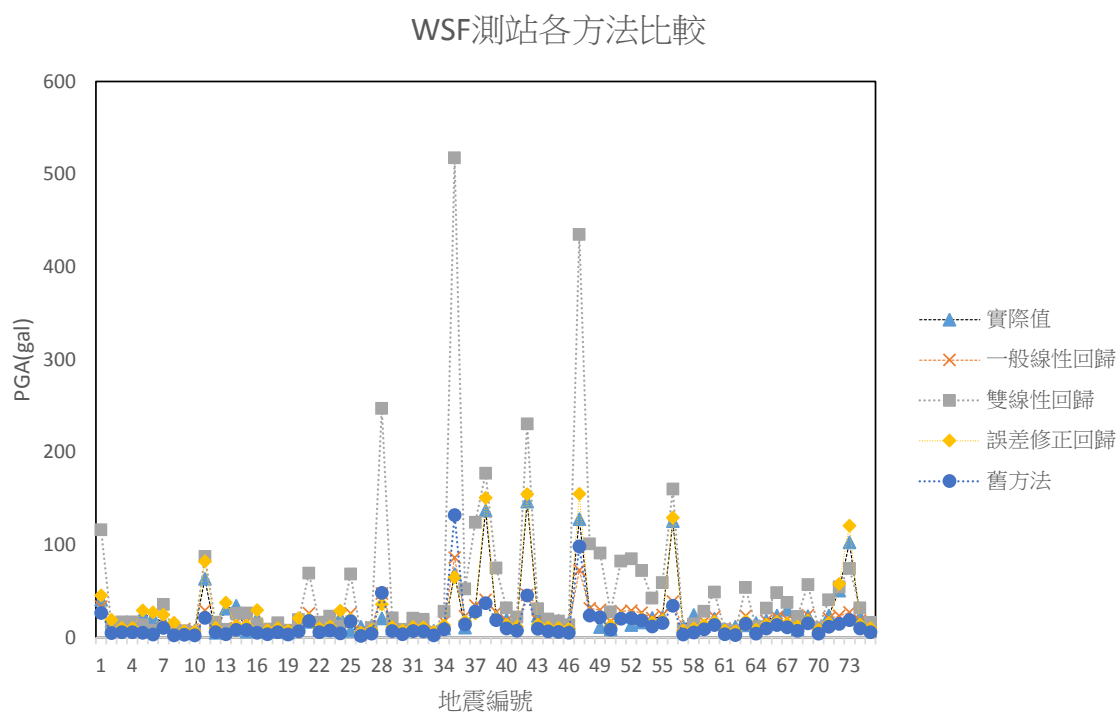


圖 4.62 WSF 測站各方法比較

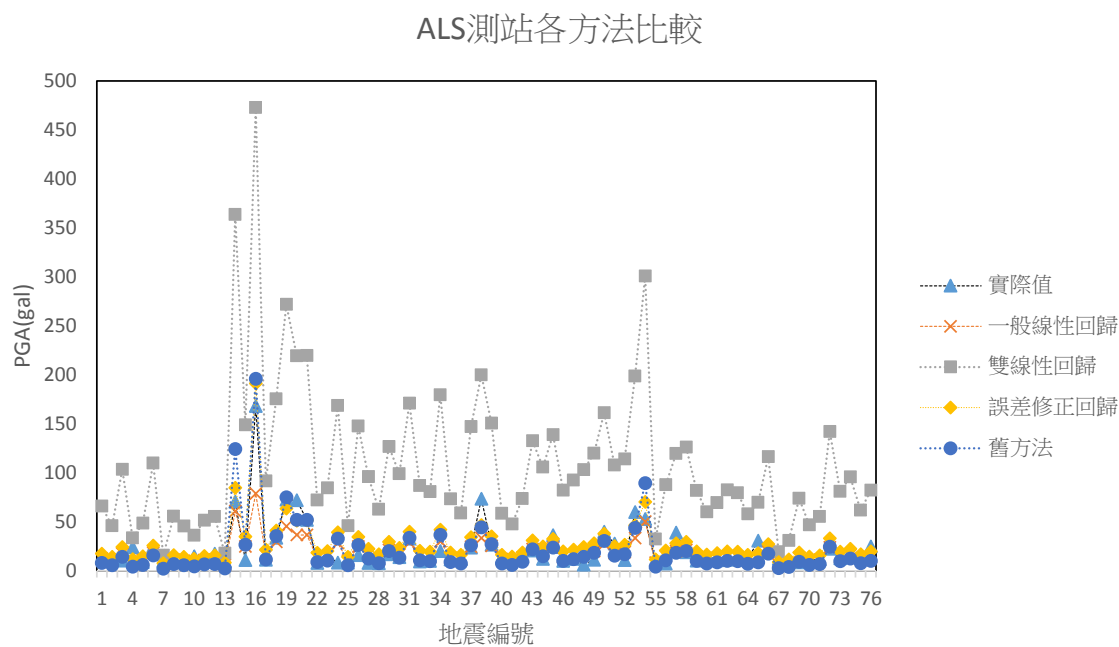


圖 4.63 ALS 測站各方法比較

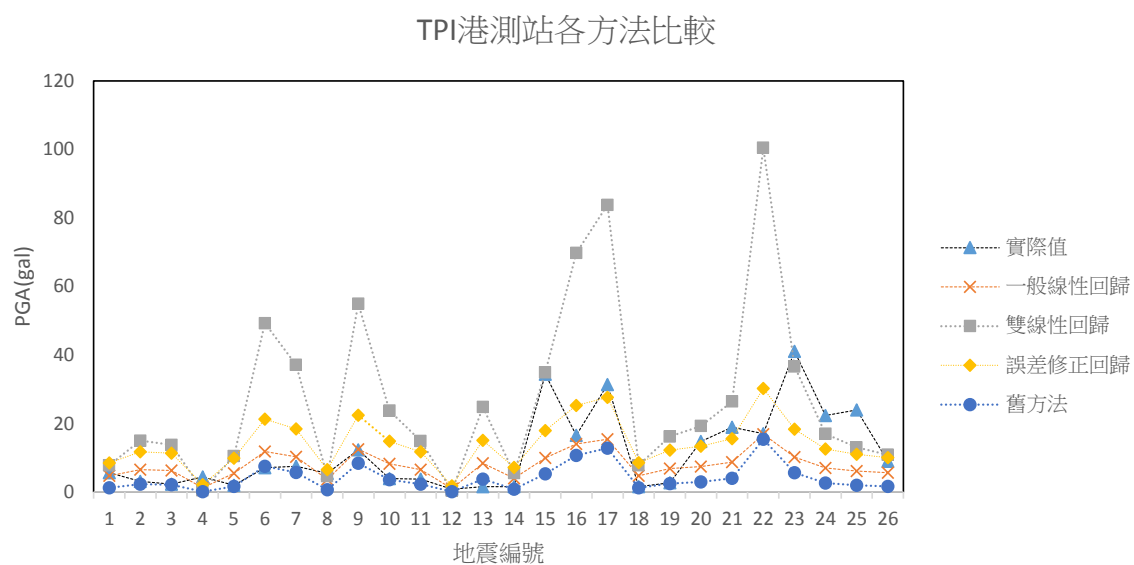


圖 4.64 TPI 測站各方法比較

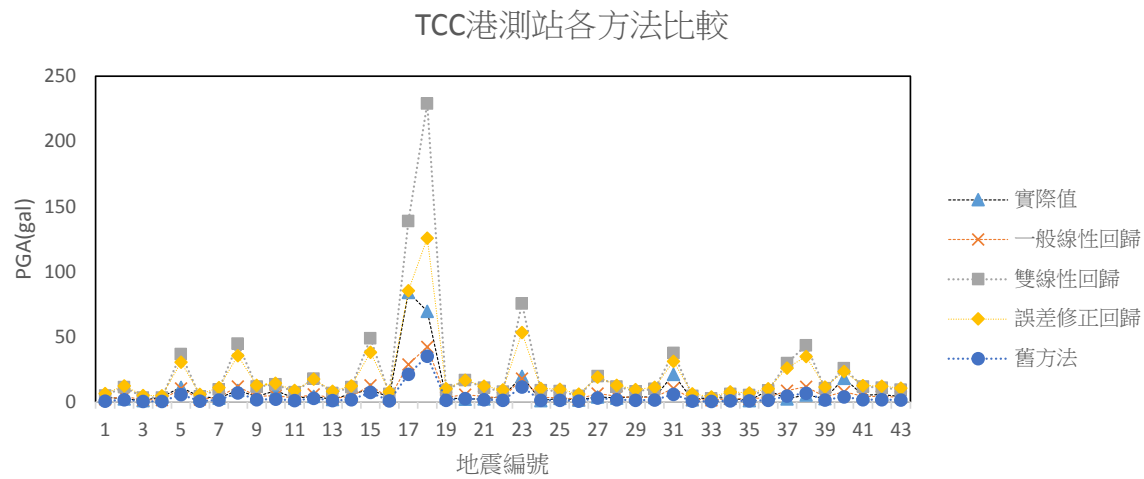


圖 4.65 TCC 測站各方法比較

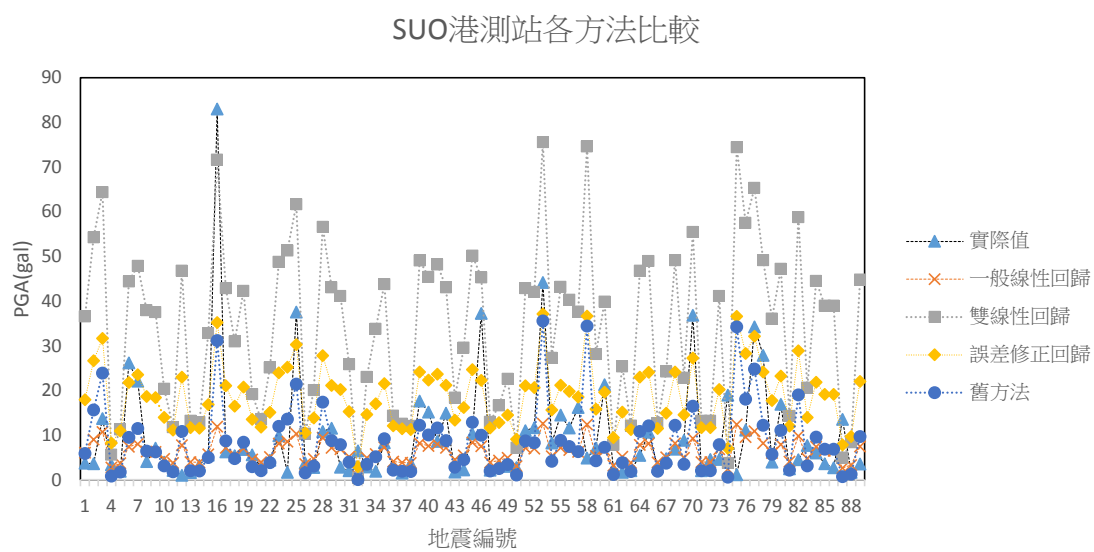


圖 4.66 SUO 測站各方法比較

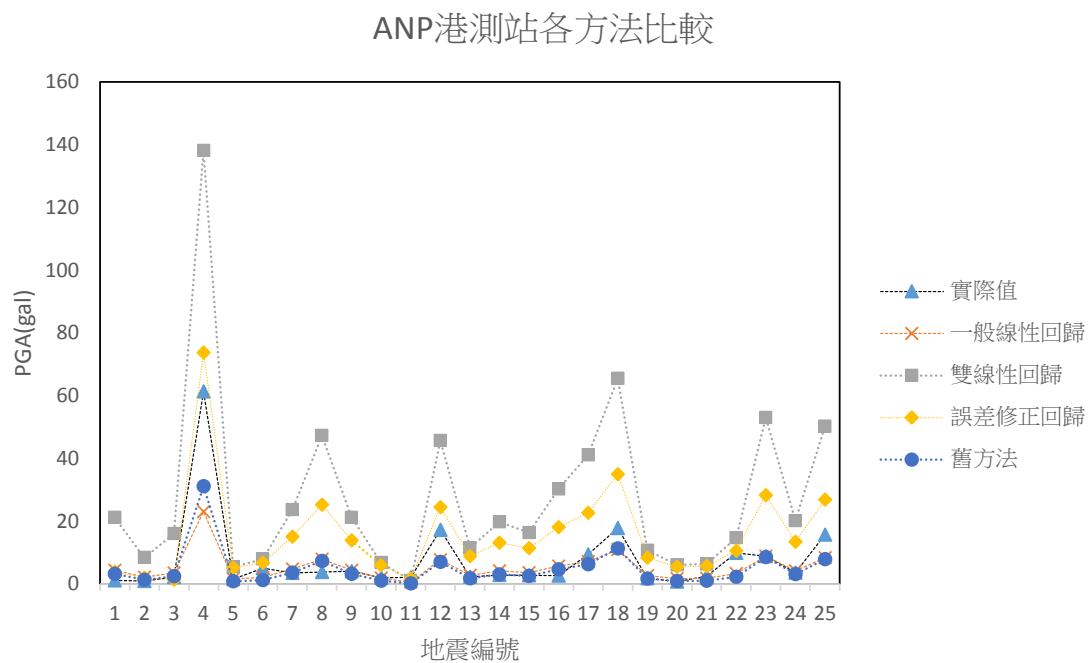


圖 4.67 ANP 測站各方法比較

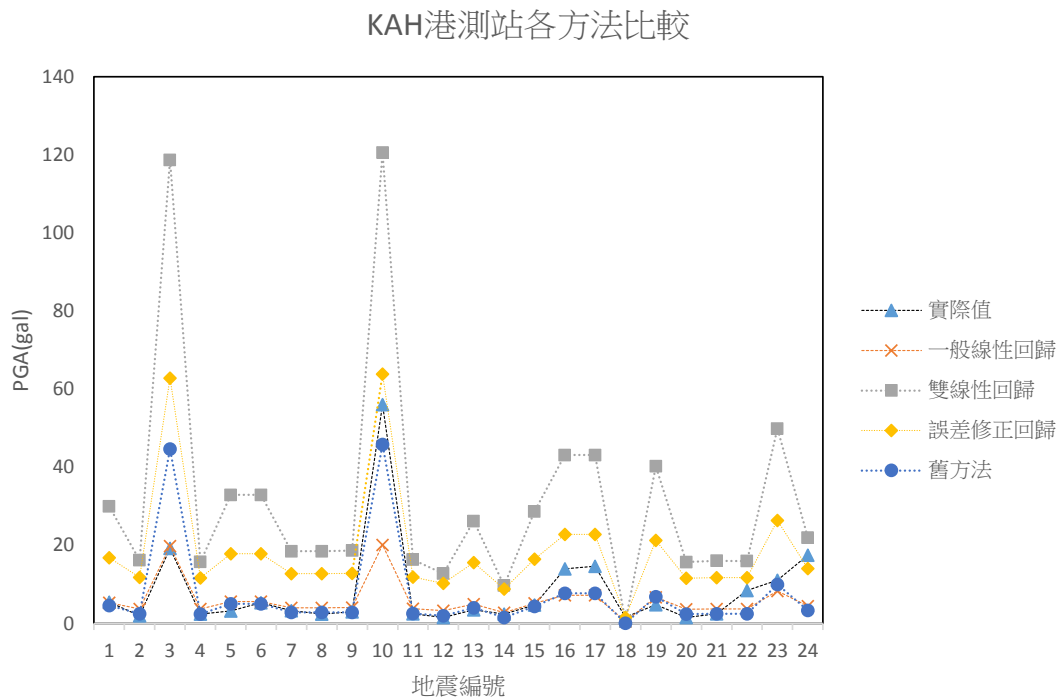


圖 4.68 KAH 測站各方法比較

各種方法比較結果如表4-23、表4-24所示，採用誤差修正迴歸相較舊方法準確率明顯提升。

表4-23 非港區測站各方法誤差比較

非港區	迴歸方法	一般線性迴歸	雙線性迴歸	誤差修正迴歸	舊方法
資料筆數	測站代號	誤差			
25	NST	-32%	261%	10%	48%
34	NSY	-15%	340%	7%	23%
30	TCU	-19%	348%	2%	21%
70	CHY	-15%	258%	4%	25%
75	WSF	-20%	116%	3%	-45%
76	ALS	-14%	394%	25%	-7%

表4-24 港區測站各方法誤差比較

港區	迴歸方法	一般線性迴歸	雙線性迴歸	誤差修正迴歸	舊方法
資料筆數	測站代號	誤差			
25	ANP 港	-31%	272%	11%	-37%
89	SUO 港	-34%	257%	10%	-14%
43	TCC 港	-25%	174%	12%	-58%
26	TPI 港	-31%	137%	24%	-64%
24	KAH 港	-27%	296%	13%	-9%

小結:

表4-23、表4-24中負表示低估，正表示高估，舊方法港區為不考慮場址之C1~C5，非港區則是前研究之C0~C1。

表中可以看出一般線性迴歸的結果會低估，與該測站資料有關，並非所有測站皆如此；而雙線性迴歸都有普遍過於高估的現象；誤差修正迴歸則是在有些大地震過於高估的情況可以明顯改善，但如果該測站資料太過分散，會使得偏移之距離過大，使其更為高估。

第一階段迴歸分析由於近距離地震資料少的關係，會使得小於25公里的地震有明顯差異。第一階段之結果對較硬之岩盤會高估PGA，在軟弱的地盤則是會低估該測站PGA，原因為每個測站都有該場址性質，因此需進行第二階段修正。

第二階段之誤差，線性迴歸的誤差雖然較小，但在圖中可以看出在大地震的部分會有低估的情形，而第二種雙線性則是可以改善上述情況，部分測站會有明顯高估，而第三種誤差修正迴歸則是可以將雙線性的情形在改善，如果要得到更精確的預測值，則必須根據每個測站的性質進行修正，才能夠得到較為精確的預測值。

4.3 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究(1/2)」研究成果

此計畫執行單位為本團隊，計畫中進一步擴充「橋梁耐震側推分析模式」側推分析案例數量，並擴充「人工智慧耐震能力推論模式」案例資料庫，更新推論模式，以提高預測之準確性。另外，為提升「移動式振動檢測模式」實用性，針對封橋或開放通行判斷之災害前後橋墩頻率變化率做進一步研究及驗證。最後擴充防災應變實務應用之橋梁地震防災決策支援網頁、橋梁資料自動更新機制、防災地圖及橋梁災情回報系統。工作項目如下：

- (a)振動量測回傳 TRENDS 機制。
- (b)新增 3 座橋梁側推案例（每座含 5 種劣化程度）。
- (c)新增 15 筆側推分析橋梁案例，擴充人工智慧推論案例資料庫，提升預測準確度。
- (d)整合橋梁災情回報系統，便於直升機勘災時將災情點選回傳。

4.3.1 振動量測回傳TRENDS機制

整合介面如下圖4.69所示，根據所開發之振動量測儀器可於現場量測各橋墩之頻率紀錄。

橋梁名稱	橋墩編號	量測時間	頻率(Hz)	Power(X)	Power(Y)	Power(Z)
東勢大橋	P1	2013/11/27 19:47...	0.1954079	0.0000137	0.0000104	0.0000019
東勢大橋	P1	2013/11/27 19:47...	0.2931119	0.0002201	0.0000340	0.0001026
東勢大橋	P1	2013/11/27 19:47...	0.3908158	0.0000269	0.0000058	0.0000009
東勢大橋	P1	2013/11/27 19:47...	0.4885198	0.0002220	0.0000353	0.0001016
東勢大橋	P1	2013/11/27 19:47...	0.5862237	0.0000589	0.0000106	0.0000020
東勢大橋	P1	2013/11/27 19:47...	0.6839277	0.0002186	0.0000387	0.0001021
東勢大橋	P1	2013/11/27 19:47...	0.7816317	0.0000796	0.0000140	0.0000031
東勢大橋	P1	2013/11/27 19:47...	0.8793356	0.0001909	0.0000372	0.0001023

圖 4.69 現場振動量測畫面

在重複完成多個橋墩振動量測完成之後，將有多筆資料儲存於系統版面下方表格(圖4.70)。

橋梁編號	橋梁名稱	橋墩編號	開始記錄時間	結束記錄時間	記錄時間(秒)	備註
B02-0030-158A	東勢大橋	P1	2013/12/02 15:17:20	2013/12/02 15:19:20	120	平時檢測
B02-0030-158A	東勢大橋	P2	2013/12/02 15:20:20	2013/12/02 15:22:20	120	平時檢測
B02-0030-158A	東勢大橋	P3	2013/12/02 15:23:20	2013/12/02 15:25:20	120	平時檢測
B02-0030-158A	東勢大橋	P4	2013/12/02 15:26:20	2013/12/02 15:28:20	120	平時檢測

圖 4.70 完成多個橋墩振動量測

4.3.2 系統自動分析儲存

此步驟由系統自動完成，完成多個橋墩資料量測完成之後，按下”完成所有量測開始分析”按鈕(圖4.71)，系統即自動開始分析。

圖 4.71 開始分析按鈕

分析完成之後會儲存於本系統，同時將分析結果透過網路傳輸方式匯入至「臺灣公路早期防救災決策支援系統(Taiwan Road Early Nature Disaster Prevention System，TRENDS)」(圖4.72)。



圖 4.72 回傳至 TRENDS 系統畫面

匯入TRENDS之振動量測記錄，可以橋名、工程處、工務段等複合條件進行搜尋(圖4.73)。



圖 4.73 TRENDS 工區搜尋

以二區工程處為例，可篩選列出二區工程處轄區內橋梁振動頻率量測記錄(圖4.74)。

公路防救災決策支援系統

下載區 待辦事項 留言板 設為首頁

重新查詢

橋梁編號	橋梁名稱	橋墩編號	工程處	工務段	所在縣市	所在鄉鎮	量測記錄
B02-0030-158A	東勢大橋	P1	二區	台中	台中縣	東勢	2013/07/27 19:47:49
B04-1370-030	坑內坑一號橋	P1	二區	南投	彰化縣	二水	2013/11/27 11:37:03
B01-0130-046A	三義陸橋	P4	二區	苗栗	苗栗縣	三義	2013/11/27 12:04:05
B02-1320-002A	國中橋	P1	二區	台中	台中市	大甲	2013/11/29 17:10:52

圖 4.74 TRENDS 列出轄區內橋梁振動頻率量測記錄

以東勢大橋為例，點選量測記錄後，將列出此橋梁歷次量測資料值(圖4.75)。

東勢大橋振動頻率量測歷史紀錄
頻率對照基準點

X向第一共振基準平均值(Hz)		Y向第一共振基準平均值(Hz)		Z向第一共振基準平均值(Hz)	
-		-		-	

選擇對照基準點	墩號	量測時間	X向第一共振(Hz)	X向R值	Y向第一共振(Hz)	Y向R值	Z向第一共振(Hz)	Z向R值	備註
☐	P3	2013/12/16 14:10:18	3.573		4.251		4.201		災後檢測
☐	P3	2013/11/27 19:37:38	3.615		4.475		4.582		平時檢測
☐	P3	2013/07/27 19:47:49	3.664		4.631		4.485		平時檢測

圖 4.75 TRENDS 列出橋梁歷次量測資料值

可自行選擇對照基準(複選)，系統將自動計算平均值，並與各次紀錄進行比較，計算得到R值。以(圖4.76)為例，可選擇災前檢測與平時檢測紀錄作為基準點，並與災害檢測結果進行R值計算。



圖 4.76 TRENDS 災害檢測進行 R 值計算

第五章 TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證

5.1 整合「山區道路易致災路段監測預警管制系統」研究成果

此計畫承辦單位為聚禾工程顧問有限公司^[5]，計畫中以集水區坡面為分析單元，結合環境地質敏感區概念，依據地形、地質與災害特性，進行山區易致災路段劃分。同時進行山崩目錄置、重大災例蒐集與大規模山崩判釋等方式建置災害區位，並分析其災害潛因（水文、地形與地質），透過證據權法進行山崩潛勢分析，並結合誘因（降雨）分析，進行災害危害度與損失程度分析，建立山區道路災害風險分析模式。此計畫成果包括：1.採用坡面單元、地質概念與路段之細部排水、工程狀況進行易致災路段劃分，此方法可清楚界定各易致災路段的範圍、主要災害類型與災害特性、警戒基準與風險估算。2.已完成山區道路之災害風險評估模式，同時以開放式資料概念、氣象局QPESUMS之降水預報產品，結合港研中心於相關計畫之降水修正結果，自動進行各路段之降雨警戒值比對，將成果以開放及跨平台方式進行供應與展示，可提供路管單位於提前應變措施參考。此計畫所採用氣象局QPESUMS之降水預報產品為結合TRENDS系統之降水修正結果，並做為監測預警管制研判依據，此方式具備低成本及廣域監控之能力。

根據此研究報告成果^[5]，該研究以降雨為最主要之道路致災因子進行山區道路降雨警戒基準上下限分析。根據公路總局於以往之路段封路紀錄多寡，提出多次及少次封路資料路段之分析方法(圖5.1)。

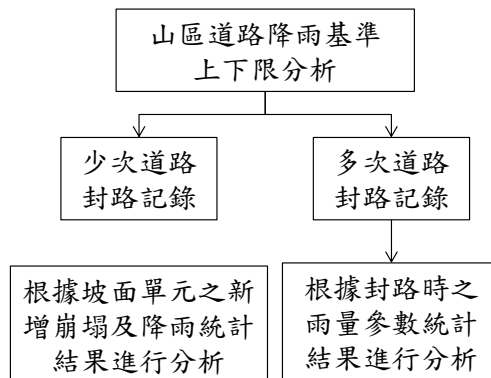


圖 5.1 山區道路邊坡破壞因子分析[5]

多次封路資料路段之分析方法步驟如圖5.2所示，評估分析方法如下：

- 1.根據相關歷史紀錄，區分其主要封閉原因為路基流失、邊坡坍方、土石堆積、落石、淹水、預警性封閉或其他等。
- 2.將與降雨較無關之封閉原因刪除，如落石或預警性封閉。
- 3.選取離受災路段最近之雨量站，分析災害發生時之雨量資料。
- 4.根據雨量參數分析結果，分別將發生可能性30%和50%之降雨值訂定為降雨基準值上下限。

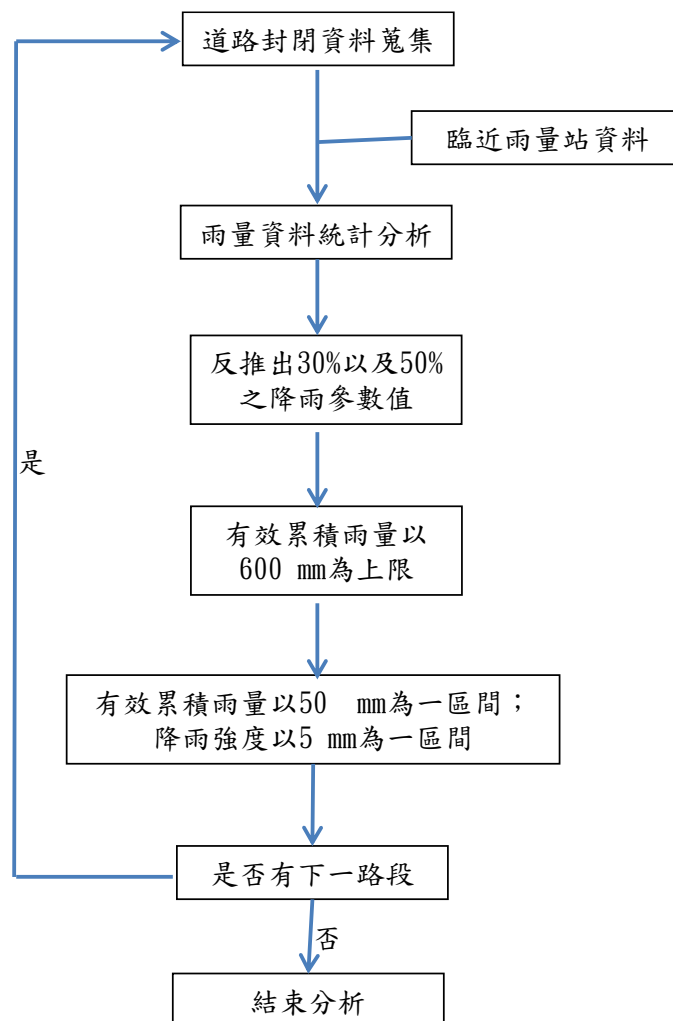


圖 5.2 多次封路資料路段分析方法[5]

少次封路資料路段較缺乏實測災害發生時間點，因而以歷史新增崩塌發生雨場之雨量資料進行分析，其步驟如圖5.3所示，分析方法如下：

- 1.根據前後期崩塌判釋成果，進行新增崩塌判釋；並將不同降雨事件中新增崩塌之坡面單元劃出。
- 2.根據數值方法內插出不同事件中每個坡面單元之降雨參數。
- 3.依據降雨參數統計結果，分析出所有坡面發生可能性為30%之有效累積雨量及最大降雨強度，計為警戒值下限
- 4.分析有發生新增崩塌坡面發生可能性為50%之有效累積雨量及最大降雨強度，為警戒值上限。

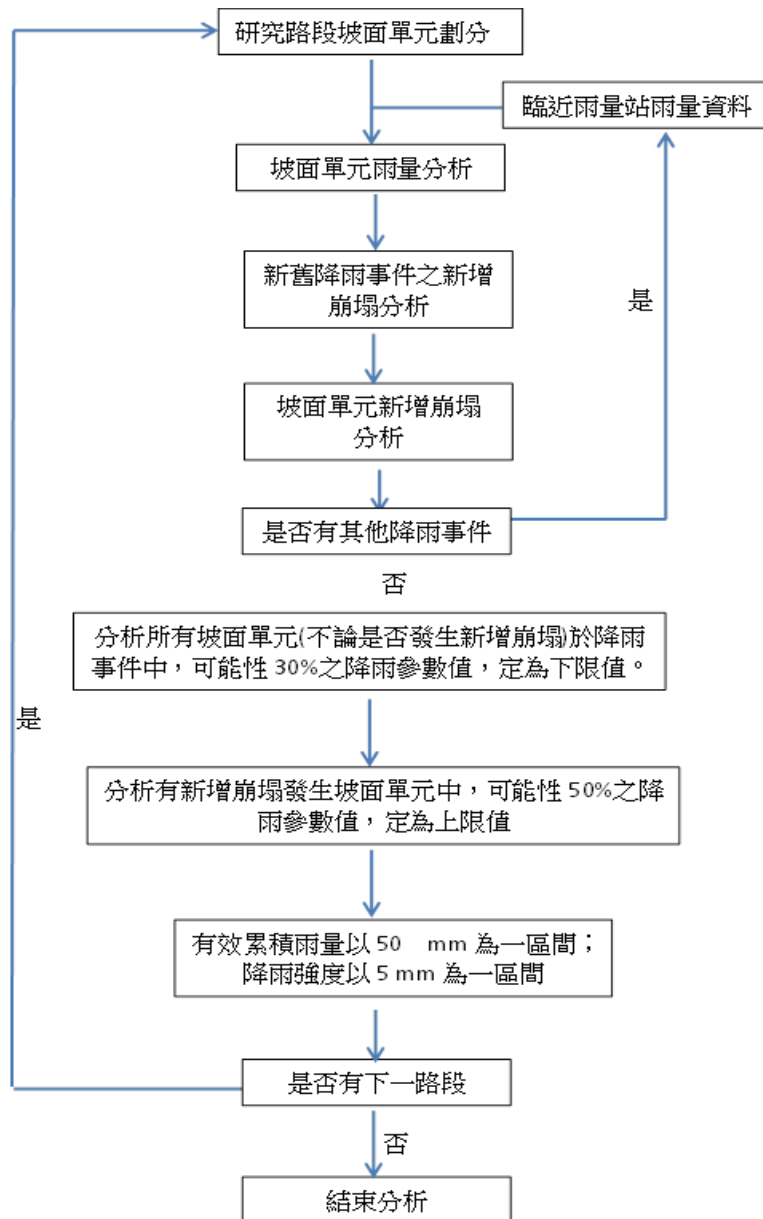


圖 5.3 少次封路資料路段分析方法[5]

此計畫收集歷史封路資料(台24線22筆、台9線蘇花段36筆、台9線南迴段13筆、台18線51筆、台21線129筆及台11線3筆)。進而完成台24線、台18線、台21線、台9蘇花段及台9南迴段等5條多次記錄路段之降雨基準分析。其中以發生可能性為30%及50%之降雨參數值為降雨警戒值之上下限，整理成表5-1。

表5-1 各路段降雨基準上下限值[5]

路段名稱	降雨參數	發生可能性	
		30%(下限)	50%(上限)
台 9 線蘇花段	最大降雨強度(mm/hr)	40	65
	有效累積雨量(mm)	300	500
台 9 線南迴段	最大降雨強度(mm/hr)	15	25
	有效累積雨量(mm)	250	450
台 24 線	最大降雨強度(mm/hr)	20	35
	有效累積雨量(mm)	250	450
台 18 線	最大降雨強度(mm/hr)	15	25
	有效累積雨量(mm)	100	150
台 21 線	最大降雨強度(mm/hr)	10	20
	有效累積雨量(mm)	200	350
台 11 線	最大降雨強度(mm/hr)	25	40
	有效累積雨量(mm)	250	350

並與公路總局現行行動值進行比較，如表5-2所示。最後利用證據權法調整降雨參數上限，證據權法將計算各因子發生災害權重值，加總後即求得各路段之指標。指標越高表示致災的可能性越高。由表5-2可得到，此研究^[5]中收集例次颱風事件中邊坡災損案例，並至現場進行邊坡調查，最後採用風險評估方式評估各邊坡路段之損壞機率，因此對於部分路段(如地質狀況較差等因素)有較低之行動值標準。

表5-2 與公路總局行動值比較表[5]

路段	公路總局行動值		本計畫分析之上限值	
	小時雨量 (mm/hr)	24 小時雨量 (mm)	小時雨量 (mm/hr)	有效累積雨量 (mm)
台 9 蘇花線 (120k~130k)	60	290	65	450
台 9 南迴線 (445k+300~448k+318) (455k+500~465k+831)	50	300	25	450
24 線 (29k+0~48k+250)	60	300	35	450
18 線 (97k+900~98k+100)	40	200	25	150
21 線 (99k+900~100k+200) (113k+900~114k+400)	56	400	20	350
11 線 (147k+500~149k+0)	60	450	40	350

本年度分別以杜鵑颱風與文獻^[5]中麥德姆颱風事件分別檢討驗證山區道路易致災路段監測預警管制系統之可行性。

1.杜鵑颱風

以本年度杜鵑颱風為例，杜鵑颱風生成後向西北轉西北西方向移動，9月27日17時其中心在花蓮東南東方海面，暴風圈逐漸向臺灣東半部海面和陸地接近。28日17時40分其中心由宜蘭南澳鄉登陸，29日1時於彰化芳苑鄉出海，同日10時左右由金門北方進入福建。風及豪雨造成鐵公路及航空交通多班停駛。中央災害應變中心統計至9月29日止計有3人死亡，農損逾新臺幣1.7億元。本計畫參考公路總局杜鵑颱風防災特報第3報，如圖5.4所示在杜鵑颱風襲台過程中，依據公路總局現行辦法共有七個路段進行相關預警動作。

情境：27日17時30分已發布海上陸上颱風警報

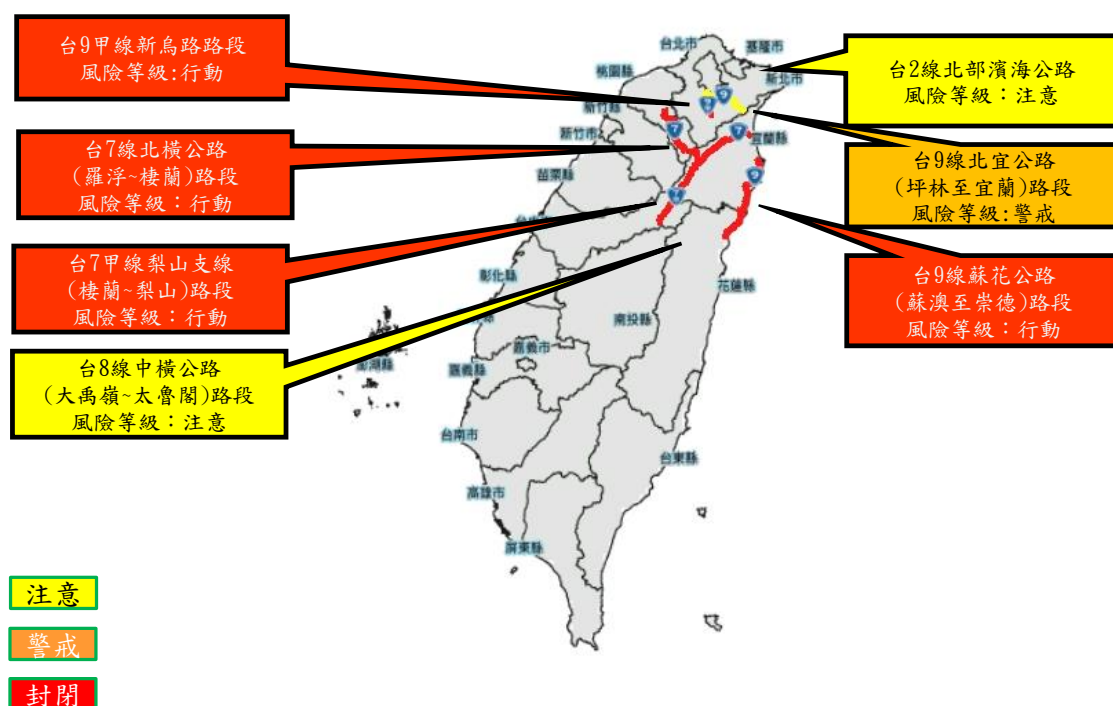


圖 5.4 杜鵑颱風防災特報第 3 報 [公路總局:杜鵑颱風防災特報第 3 報 1040928_1200]

如表5-3所示，台9甲線、台7線、台7甲線、台9線蘇花皆達到行動(封閉)之標準，而台9線北宜達警戒標準，台8線、台2線達注意標準。根據此結果與山區道路易致災路段監測預警管制系統進行分析預警差異比較。可由表5-3中得知，台9甲線、台7線、台7甲線、台8線、台2線、台9線北宜等路段，由公路總局發布相關預警事項，但因山區道路易致災路段監測預警管制系統未建置基礎資料，故無法分析這些路段。而台9線蘇花兩套機制皆獲得相同結果:建議行動(封閉)。其他路段如台9線南迴、台11線、台18線、台24線，兩套系統皆同樣未達標準。

表5-3 杜鵑颱風防災特報第3報公路總局道路預警結果

路段	等級	
	公路總局既有機制	山區道路易致災路段監測預警管制系統
台 9 甲線	行動(封閉)	未建置基本資料，無法進行分析
台 7 線	行動(封閉)	
台 7 甲線	行動(封閉)	
台 8 線	注意	
台 2 線	注意	
台 9 線北宜	警戒	行動(封閉)
台 9 線蘇花	行動(封閉)	
台 9 線南迴	未達標準	
台 11 線	未達標準	
台 18 線	未達標準	
台 24 線	未達標準	未達標準

以杜鵑颱風事件檢驗兩套系統可發現在預警發布上有相似答案，本研究整理其異同如表5-4。以尺度而言，公路總局既有機制以實務防災需求為前提，如山區道路一小路段危險，就需封閉整條路線。而山區道路易致災路段監測預警管制系統將路線切分小路段分析，更適合用於災前風險分析與評估整治維護先後順序。而在封路標準與採用降雨來源較無差異。但山區道路易致災路段監測預警管制系統中目前僅建置台9線蘇花、南迴段、台11、台18、台24線等分析資料，建議後續可再持續擴充相關路線資料。

表5-4 與公路總局既有機制異同表

異同	項目	公路總局既有機制	山區道路易致災路段監測預警管制系統
異	尺度問題	山區道路一小路段危險，就需封閉整條路線，符合 實務防災需求	切分小路段分析，更適合用於 災前風險分析 與評估 整治維護先後順序
同	封路標準	以杜鵑颱風為例，兩套系統結果相同，但山區道路易致災路段監測預警管制系統目前僅建置台 9 線蘇花、南迴段、台 11、台 18、台 24 線分析資料，後續可再持續擴充。	
	採用降雨來源	皆使用中央氣象局雨量資料	

2. 麥德姆颱風

參考文獻^[5]之報告，並以中度颱風麥德姆（Typhoon Matmo）進行驗證。中度颱風麥德姆為2014 年太平洋颱風季第十個被命名的風暴。麥德姆颱風於2014 年7 月18 日上午2 時形成為輕度颱風。上午3 時30 分，日本氣象廳將其升格為熱帶風暴，並命名為麥德姆。形成後逐漸往西北方前進，7 月19 日下午2 時，中央氣象局將其升格為中度颱風。於7 月23 日午夜12 時10 分，麥德姆於台灣台東縣長濱鄉沿海登陸。而後於清晨4 時20 分，麥德姆於台灣彰化縣芳苑鄉一帶出海。

根據公路總局資料顯示，7 月23 日上午9:00 於台九線蘇花段177k+950 處發生坍方災情，其坍方堆積土堆長約50 m、高約2.5 m、寬約8 m；推估土方量約1,000 m³。推估當時累積雨量約為200 mm~250 mm，降雨強度達30 mm/hr。根據系統之分析，該路段於上午9:00 同時達到該路段之行動值(累積雨量250 mm，降雨強度達30 mm/hr)。因已達行動值，故系統發出相關警戒。因而可知，山區道路易致災路段監測預警管制系統可有效預警，並作為相關用路單位之參考。

5.2 整合「道路邊坡滑動自動攝影監測系統之研究」展示運用

此計畫執行單位為高雄應用科技大學李良輝教授團隊，計畫中考量臺灣本島地處受東北季風與西南氣流影響地區，夏季經常受颱風影響。行經山區之公路，常因瞬間豪大雨過後引發邊坡崩塌，造成道路坍方或路基流失，交通因此阻斷甚至造成人車傷損。長久以來，已經有許多相關研究，在易坍塌地區，或具有坍塌潛勢區域，以各種道路邊坡坍塌防治工法，防止道路邊坡坍塌。然而，為確保道路邊坡防治效果，工程單位往往需要經常性人工巡查，或投資昂貴自動監測系統，港研中心亦長期進行山區道路邊坡地災害防治技術整合研究。在此研究中提出以多視立體攝影測量為基礎之方法，針對已經設置道路邊坡坍塌防治工程路段，視現場實際狀況，進行預警系統之影像獲取設備之規劃設置、影像三維重建處理與數據分析演算法、道路邊坡坍塌預警判定機制模式之建立、設置影像監控網路傳輸系統等相關研究。

此研究使用單相機進行多張相片拍攝，固定多台相機進行交會拍攝兩種，以及利用近景攝影測量於現場重建之研究，其相機參數求取流程圖如圖5.5所示：

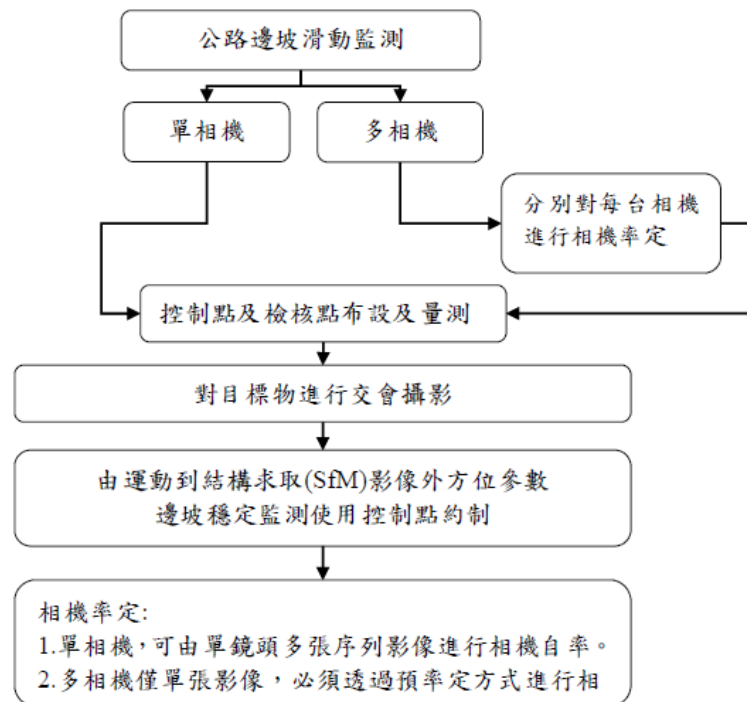


圖 5.5 實驗相機參數取得流程圖[30]

利用多張立體視覺影像進行相機參數求取相機內外方位參數完成之後，將可進行近景量測工作，其相關流程圖如圖5.6所示。

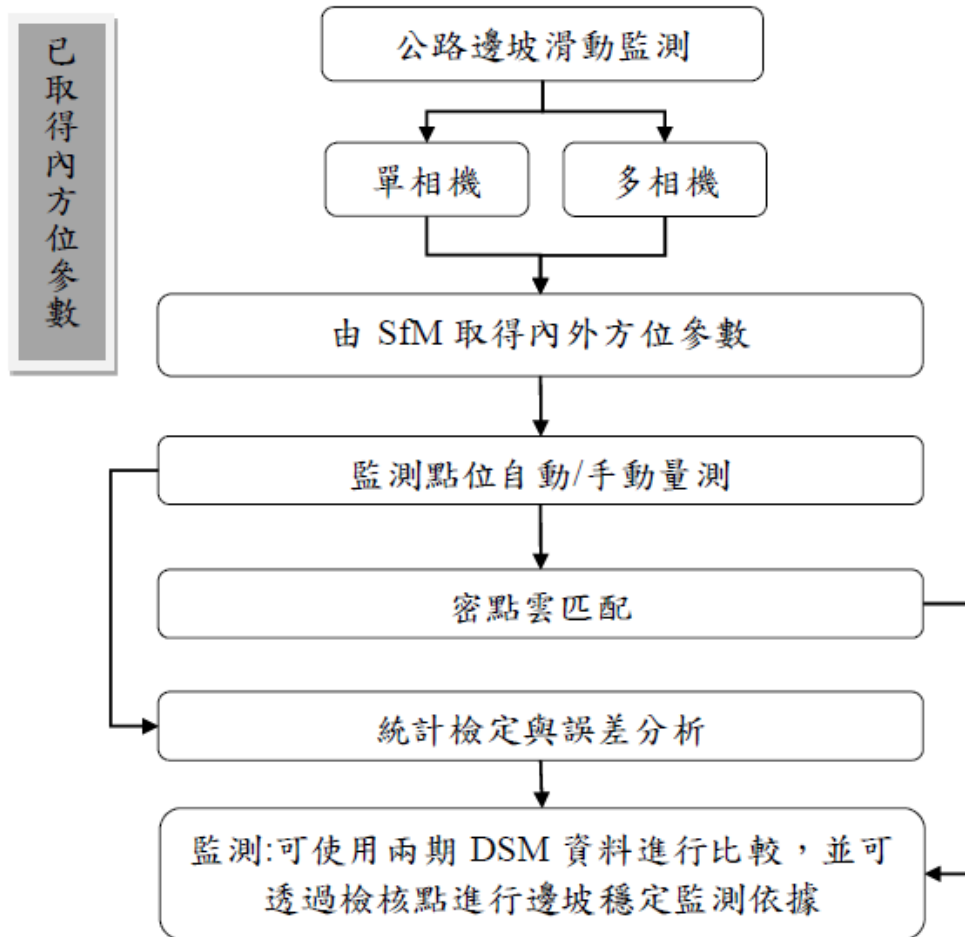


圖 5.6 邊坡穩定度監測流程圖[30]

此研究透過多視立體影像進行攝影，並透過全站儀進行控制點及檢核點位布設，而經由SfM 方式求取拍攝影像外方位參數之後，可透過自動/手動方式取得檢核點位置，並透過這些檢核點之三維坐標進行監測，方可達到監測之目的，另外可透過密點雲匹配方式，將整面山坡地進行重建，再透過DSM資料進行比對，亦可計算出該監測區是否有位移或變位等影響邊坡安全之疑慮。此計畫進行近景攝影，根據歷次DEM模型與比較結果。以下圖5.7為例，即可根據第一期量測與第二期量測之比較結果，找出差異量。

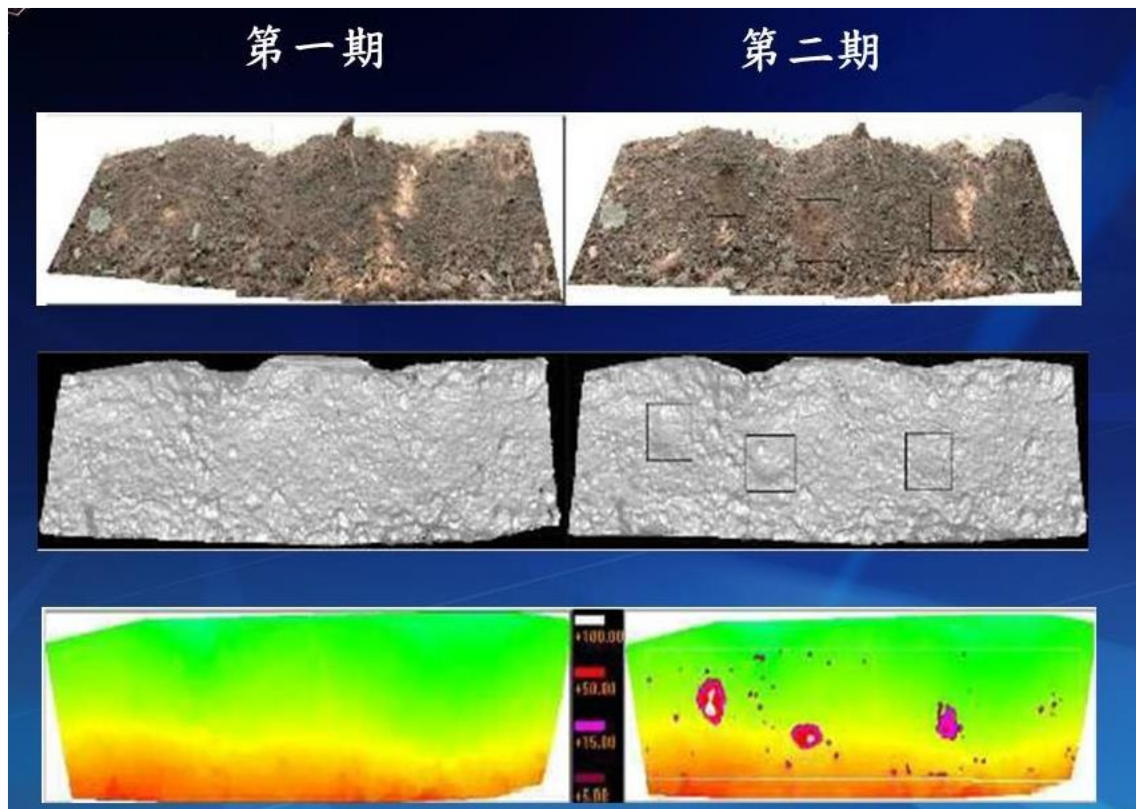


圖 5.7 兩次攝影結果比較圖[30]

並依據合約完成採購Agisoft PhotoScan一套並交付港研中心使用，PhotoScan為利用數位照片簡單且快速地建立具有色彩和紋理的3D模型軟體。全自動化的工作流程讓使用者處理數千計的航拍圖像，並產生攝影測量資料。生成高解析度的地理正射影像圖(精度可達5cm with GCP)和極為精細的DEM/具有紋理的3D模型。使用者在用戶端操作AgiPhotoScan製作3D圖資並使用開放程式CloudCompare進行前後期圖資比較(圖5.8)。

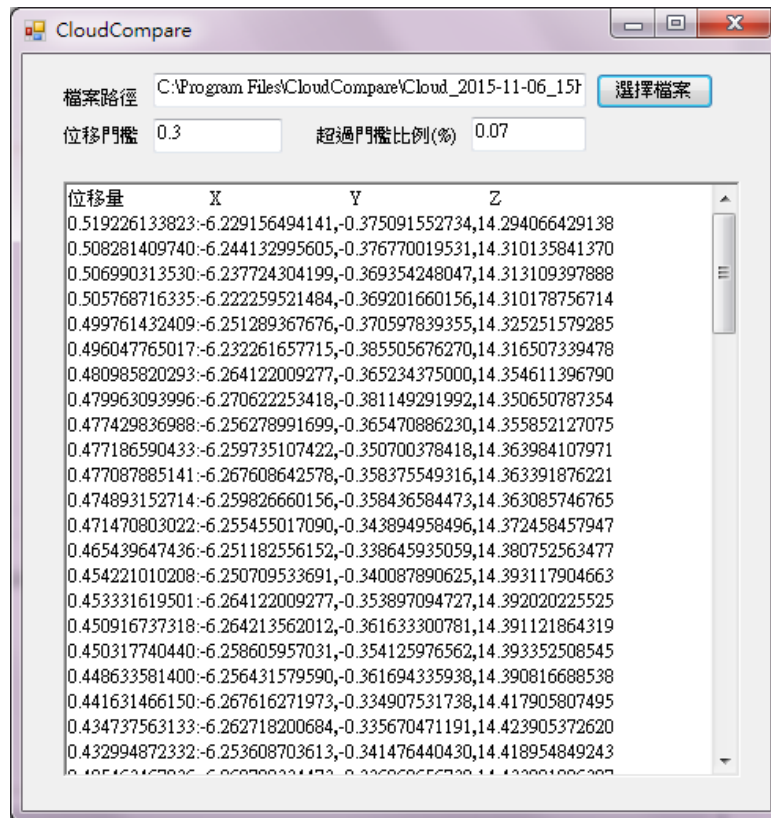


圖 5.10 程式截取結果圖

表5-5 系統自動截取相對位移量前100筆資料(預設)

No	X	Y	Z	C2C_absolute_distances
1	-6.22916	-0.37509	14.29407	0.519226
2	-6.24413	-0.37677	14.31014	0.508281
3	-6.23772	-0.36935	14.31311	0.50699
.				
100	-6.25974	-0.3507	14.36398	0.21225

然而目前運用近景攝影之特性進行三維模型重建需費時演算，尚無法達到即時監測之效果，因此不適用於災時即時監測使用，較適用於平時之巡檢、背景資料庫建置、中低潛勢邊坡滑動監測…等之邊坡管理作業，以瞭解邊坡之健康情況而進行相關預警措施。因此公路管理單位可根據前後兩期量測之比較結果，例如超過門檻值之數量或比例等資料，進而評估此邊坡是否有滑動或破壞之趨勢，做為是否需採取預警行動之決策參考。

第六章 橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

此階段先藉由蒐集國內外橋梁耐震能力評估(側推分析)、橋梁耐洪安全評估、橋梁振動頻率評估等文獻，確定橋梁各種安全評估方式，並作為後續橋梁設計參數應用於橋梁安全評估模式之重要參考依據。並藉由所歸納之相關參考文獻，考慮在橋梁設計階段時，預先將使用維護階段橋梁評估模式所需資訊儲存，建立橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式，並新增於TRENDS系統模組中。

6.1 確立使用維護階段橋梁評估模式所需資料

橋梁在使用維護階段進行能力評估時，需要許多的資料作為輸入，進行使用維護階段橋梁各種評估模式流程整理確認，並彙整各評估模式過程中所需要的輸入參數，如橋梁耐震能力評估(側推分析)所需設計參數(表2-1)、沉箱基礎耐洪安全評估分析模式所需參數(表2-3)、樁基礎耐洪安全評估分析模式所需參數(表2-4)，代表若能在橋梁設計階段，完成橋梁設計後，把這些參數資訊儲存，並在橋梁使用維護階段作為橋梁耐震、耐洪評估模式所使用，如此一來，解決以往進行橋梁評估時耗費人力、時間且效率低落的問題。

考量橋梁進行橋梁耐震能力評估(側推分析)及橋梁振動頻率評估皆須進行側推分析，其過程為建置橋梁結構模型後再進行側推，而在橋梁在設計階段時，都會建置橋梁結構模型進行力學分析，故若在設計階段就能儲存橋梁結構模型，在未來使用維護階段時，就能作為橋梁側推分析之用；另外，橋梁耐洪安全評估模式需要橋梁的尺寸資料，結合橋墩即時的水位、流速、沖刷深度，接著計算橋墩的耐洪安全係數(FS)，而耐洪安全評估模式依不同的基礎型式會有不同之輸入值，如沉箱基礎(表2-3)、樁基礎(表2-4)，而沉箱基礎與樁基礎耐洪分析模式所需參數，因為有部分的參數重覆，所以將耐洪安全評估所需參數整理如表6-1。

最後，彙整使用維護階段所需資料包括：1.橋梁結構模型2.耐洪安

全評估所需參數。

表6-1 耐洪安全評估所需參數

編號	參數	編號	參數	編號	參數
1	混凝土單位重(t/m^3)	16	基樁長度(m)	31	承載層土壤摩擦角
2	不透風護欄高(m)	17	基樁數量(m)	32	沉箱內填充物單位重(t/m^3)
3	箱型梁與橋面板高(m)	18	基樁慣性矩	33	沉箱高度(m)
4	上部荷重(ton)	19	樁帽水流作用力常數	34	沉箱寬(m)
5	橋墩跨徑(m)	20	基樁水流作用力常數	35	沉箱長度(m)
6	橋墩高度(m)	21	最外側基樁至樁帽外側距離(m)	36	沉箱全斷面積
7	橋墩寬(m)	22	主動土壓力係數(k_a)	37	沉箱內填物斷面積
8	橋墩數量	23	被動土壓力係數(k_p)	38	沉箱水流作用力常數
9	橋柱斷面積(m^2)	24	沉箱基礎底面之形狀因素(α)	39	沉箱厚度(m)
10	橋墩重量(ton)	25	沉箱基礎底面之形狀因素(β)		
11	橋墩水流作用力常數	26	沉箱支承力因素(N_c)		
12	樁帽長度(m)	27	沉箱支承力因素(N_q)		
13	樁帽寬度(m)	28	沉箱支承力因素(N_r)		
14	樁帽高度(m)	29	承載層土壤單位重(t/m^3)		
15	基樁直徑(m)	30	承載層土壤凝聚力		

(本研究整理)

6.2 確立橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式

透過6.1章節所述，在橋梁設計階段將表6-1之設計參數資訊儲存，並在橋梁使用維護階段評估橋梁能力所使用，如此一來可解決以往進行橋梁評估時耗費人力、時間且效率低落的問題。故本章節彙整使用維護階段所需資料，研擬橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式，如圖6.1所示。

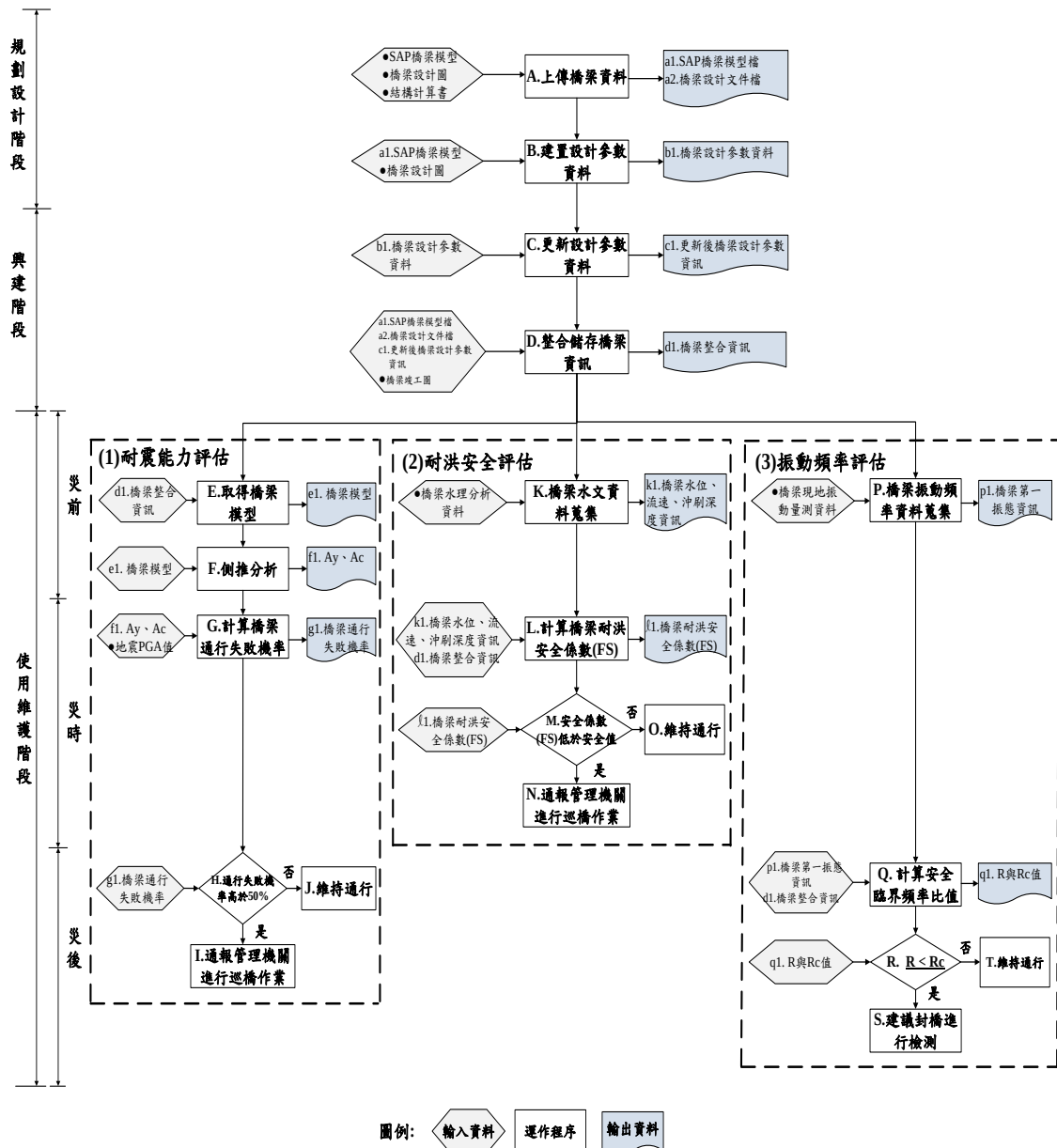


圖 6.1 橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式

以下針對橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式，按照橋梁在不同階段應用此模式並依序詳細說明：

1. 規劃設計階段

- A. 上傳橋梁資料: 橋梁完成設計後，設計單位可將橋梁 SAP2000 結構模型、橋梁設計圖、結構計算書上傳後儲存建置。
- B. 建置設計參數資料: 設計單位可從橋梁設計圖、橋梁結構模型中找出橋評估模式所需參數，接著將設計參數資料建置儲存。

2. 興建階段

- C. 更新設計參數資料: 若有變更設計，橋梁設計參數也會有所改變，故設計單位須將先前儲存之設計參數修改後重新儲存。
- D. 整合儲存橋梁資訊: 將設計完成的橋梁 SAP2000 結構模型、結構計算書、竣工圖說、橋梁設計參數等資料整合儲存，以提供後續使用維護階段各橋梁評估模式使用。

3. 使用維護階段

(1) 橋梁耐震能力評估

- E. 取得橋梁模型: 橋梁管理單位在使用維護階段，若須重新進行橋梁耐震能力評估，必須有完整的橋梁模型，故下載先前整合儲存之橋梁結構模型，接著匯入 SAP2000 軟體，即可完成橋梁模型建置。
- F. 側推分析: 取得橋梁模型後，依不同的破壞模式，在 SAP2000 中設定塑鉸性質，執行側推分析後建立容量曲線，接著將容量曲線轉換為容量震譜，再將容量震譜中任一點處譜加速度 a_{pi} ，對應最大地表加速度(PGA)，最後得出該橋梁之 A_y 與 A_c 值。
- G. 計算橋梁通行失敗機率: 於災時，地震發生所代表的 PGA 值，結合前述橋梁的 A_y 與 A_c 值作為通行失敗機率計算的輸入值，計算出橋梁通行失敗機率。
- H. 橋梁通行失敗機率是否高於 50%: 橋梁管理單位可根據前述所計算出的橋梁通行失敗機率，判斷通行失敗機率高於 50% 為異常狀

況橋梁。

I.通報管理機關進行巡橋作業：於災後(地震過後)，當計算出橋梁通行失敗機率高於 50%，應立即派駐橋梁管理人員至該橋梁進行巡橋作業，而經現場人員判斷後再評估是否封閉該橋梁。

J.維持通行：於災後(地震過後)，計算出橋梁通行失敗機率低於 50%，橋梁可持續通行運作。

(2)橋梁耐洪安全評估

K.橋梁水文資料蒐集：於災前，整合各橋墩水位、流速、沖刷深度等資訊，作為災時計算橋梁耐洪安全係數之輸入值。

L.計算耐洪安全係數(FS)：於災時，透過先前橋梁整合儲存資訊，其中的橋梁設計參數資料，結合前述所整合的橋梁的水位、流速、沖刷深度資訊，針對不同的基礎型式套用不同的計算公式，計算各橋墩的耐洪安全係數(FS)；再整合未來的水位、流速、沖刷深度資訊進行計算，即可得未來耐洪安全係數(FS)。

M.安全係數(FS)是否低於安全值：橋梁管理單位可根據前述所計算出即時與未來的耐洪安全係數(FS)，判斷橋梁即時與未來的預警值如表 6-2 所示。透過未來的安全係數(FS)值，即可判斷橋梁未來的耐洪能力，藉此作為橋梁安全預警之用途。

表6-2耐洪安全係數對應預警值[19]

耐洪安全係數(FS)	0~1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	3.0以上
預警值	行動(紅燈)	警戒(橘燈)	注意(黃燈)	安全(綠燈)

N.通報管理機關進行巡橋作業：於災時，當計算出耐洪安全係數(FS)低於 3.0(安全值)則代表橋梁可能處於危險不安全的狀態，應立即派駐橋梁管理人員至該橋梁進行巡橋作業，而經現場人員判斷後再評估是否封閉該橋梁。

O.維持通行：於災時，當計算出耐洪安全係數(FS)高於 3.0(安全值)

則代表橋梁處於安全無虞的狀態，橋梁可持續通行運作，但若處於颱風季節，應持續留意橋梁的耐洪安全狀態。

(3)橋梁振動頻率評估

P.橋梁振動頻率蒐集: 於災前，整合各橋梁現地量測振動頻率(第一振態)資訊，結合災前與災後現地量測振動頻率(第一振態)資訊，作為安全臨界頻率比值計算的輸入值。

Q.計算安全臨界頻率比值: 於災後，透過先前橋梁整合儲存資訊，其中的橋梁結構模型執行側推分析後可得出 R_c 值；另外從前述橋梁振動頻率蒐集，其中蒐集災前與災後橋梁現地量測振動頻率(第一振態)資訊即可計算出 R 值。

R. R_c 值與 R 值比較: 於災後，橋梁管理單位可透過安全臨界頻率比值，即利用 R_c 值與 R 值的比較判斷橋梁是否為安全可通行的決策依據。

S.建議封橋進行檢測: 於災後，當 R_c 值 $>$ R 值，代表橋梁可能處於危險狀態，應立即派駐橋梁管理人員盡速至該橋梁進行封橋作業，並巡視橋梁是否有重大毀損。

T.維持通行: 於災後，當 R 值 $>$ R_c 值，代表橋梁處於安全無虞的狀態，橋梁可持續通行運作，但若處於颱風季節，仍須留意橋梁的安全狀態。

6.3 橋梁耐震耐洪設計參數資料庫建置

將依照前述之整合模式構想與確立之模式流程，把各模組所用之資料內容整理輸出與輸入之關係，以此輸入輸出表為基礎，並利用實體-關係模型(Entity-Relationship Data Model, ER-model)規劃如圖 6.2，其中因 TBMS 與 TELES 兩邊橋梁編號未統一，因此系統中另外以 nid 作為主鍵。此外 TBMSID 被即時河川資訊(FK1)、耐洪安全評估(FK2)、振動頻率評估(FK3)與橋梁設計參數(FK4)所引用。而 TELESID 被即時河川資訊(FK1)、耐洪安全評估(FK2)、振動頻率評估(FK3)、橋梁設計參數(FK4)與橋梁振動量測記錄(FK5)所引用。依此建置資料庫格式與儲存項目，避免資料重複建置與資料不同步之問題。

系統中文字及數值等資料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，達到資料管理的功能。在資料的建構與管理方面，本研究以 Microsoft SQL SERVER 作為制定資料表之工具，以下將針對資料管理進行描述。

資料庫資料管理的部分將各類資料進行分類管理，分為 1.橋梁基本資料表 2.橋梁設計參數 3.即時河川資訊 4.耐洪安全評估 5.橋梁振動量測記錄 6.振動頻率評估。根據前述建置之橋梁耐震耐洪設計參數資料庫，其資料表及欄位說明詳見附錄 A。

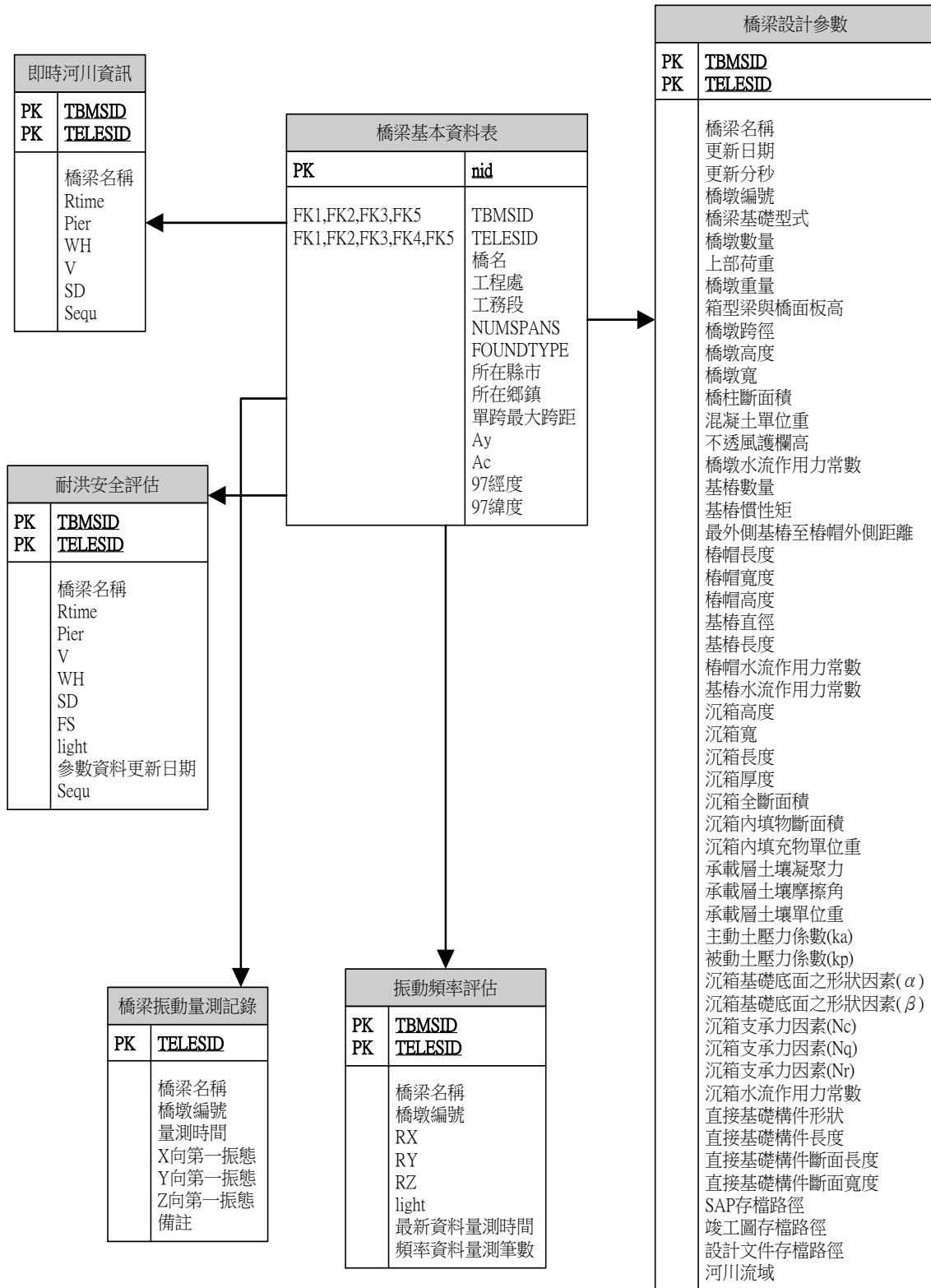


圖 6.2 ER-model 圖

6.4 系統規劃與發展

本章介紹說明橋梁設計與防災預警資訊整合系統之系統規劃與發展步驟。系統規劃的主要工作項目及流程如圖 6.3 所示，圖中箭頭右方代表各階段的主要成果。

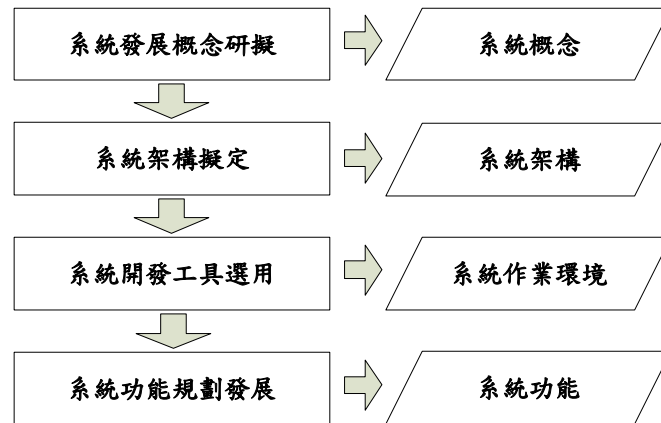


圖 6.3 系統初步規劃工作及流程

本系統之規劃與發展工作內容主要包含：「系統發展概念研擬」、「系統架構擬訂」、「系統開發工具選用」以及「系統功能規劃」等四項，各項之工作內容將在以下各節中分別說明。

6.4.1 系統發展概念研擬

為使橋梁設計與防災預警資訊整合系統有效率應用，提升橋梁管理維護單位防災預警與即時評估之用途，因此需要一套架構於網際網路下之系統，使相關管理單位能夠在不同平台皆能瀏覽相關資料。另外，為了資料易於辨識，方便使用者查詢。故本系統開發將需滿足以下三項目標：1. 容易進行資料查詢及分析 2. 提供橋梁評估相關資訊 3 確保使用最新資料進行評估。

根據系統使用需求的目標，發展規劃將分為三個部份，如圖 6.4。

- 1.對話介面：著重網頁的開發，讓使用者能夠經由網頁查詢所需資料；
- 2.資料管理：透過 Microsoft SQL Server 建立關聯式資料庫(Relational DataBase)；
- 3.模式管理：模式管理中包含安全評估與防災預警通報。

由系統中三個部份相互配合後，儲存於資料庫中，使用者可藉由網頁進行資料查詢。

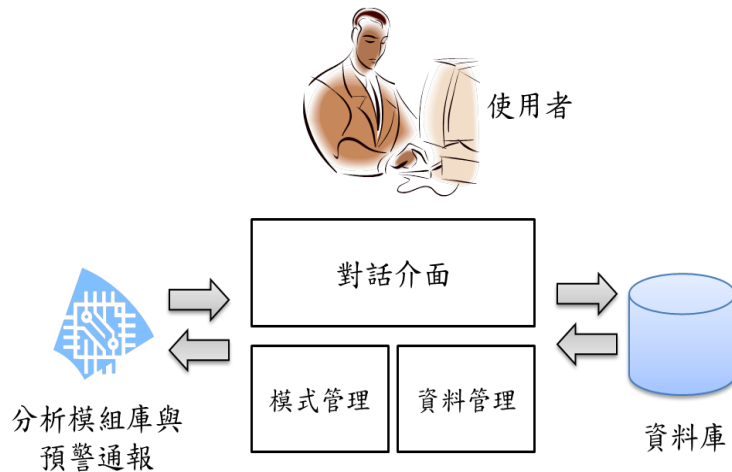


圖 6.4 系統組成圖

6.4.1.1 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「設計理念」兩部份說明：

1. 人機配合

對話格式為系統與使用者間溝通方式，本系統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. 設計理念

設計理念的首要考量，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，以微軟的動態網頁設計技術 Active Server Pages(ASP.NET) 撰寫網頁作為對話管理之介面，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，藉此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。

6.4.1.2 資料管理

此系統之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)來連結不同資料庫間的資料，再運用資料庫結構式查詢語言(Structured Query Language, SQL)，以 Select, From, Where, Order By 等組合子句進行存／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。

在資料庫的建構與管理方面，本研究規劃以 Microsoft SQL Server 作為制定資料表之工具，並採用 ASP.NET 4.0 撰寫之表單作為資料管理之介面軟體。

6.4.1.3 模式管理

本研究採用瀏覽器作為模式管理之介面軟體。各項資料以專屬模式方式進行管理，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分析資料，進而達到模式管理的功能。

本系統之模式庫可分為五大模組分別為：1.上傳參數資料模組、2.修改刪除資料模組、3.查詢下載資料模組、4.耐洪安全評估模組、5.振動頻率評估模組。

6.4.2 系統架構擬定

系統將以資料整合平台為核心，負責所有資料進出管理，平時會定時從「臺灣公路早期防救災決策支援系統(TRENDS)」[2]擷取資料進行分析、比對及更新，並將資料存入資料庫。而系統包含五大模組分別為：1.上傳參數資料模組、2.修改刪除資料模組、3.查詢下載資料模組、4.耐洪安全評估模組、5.振動頻率評估模組。其系統架構，如圖 6.5 所示。

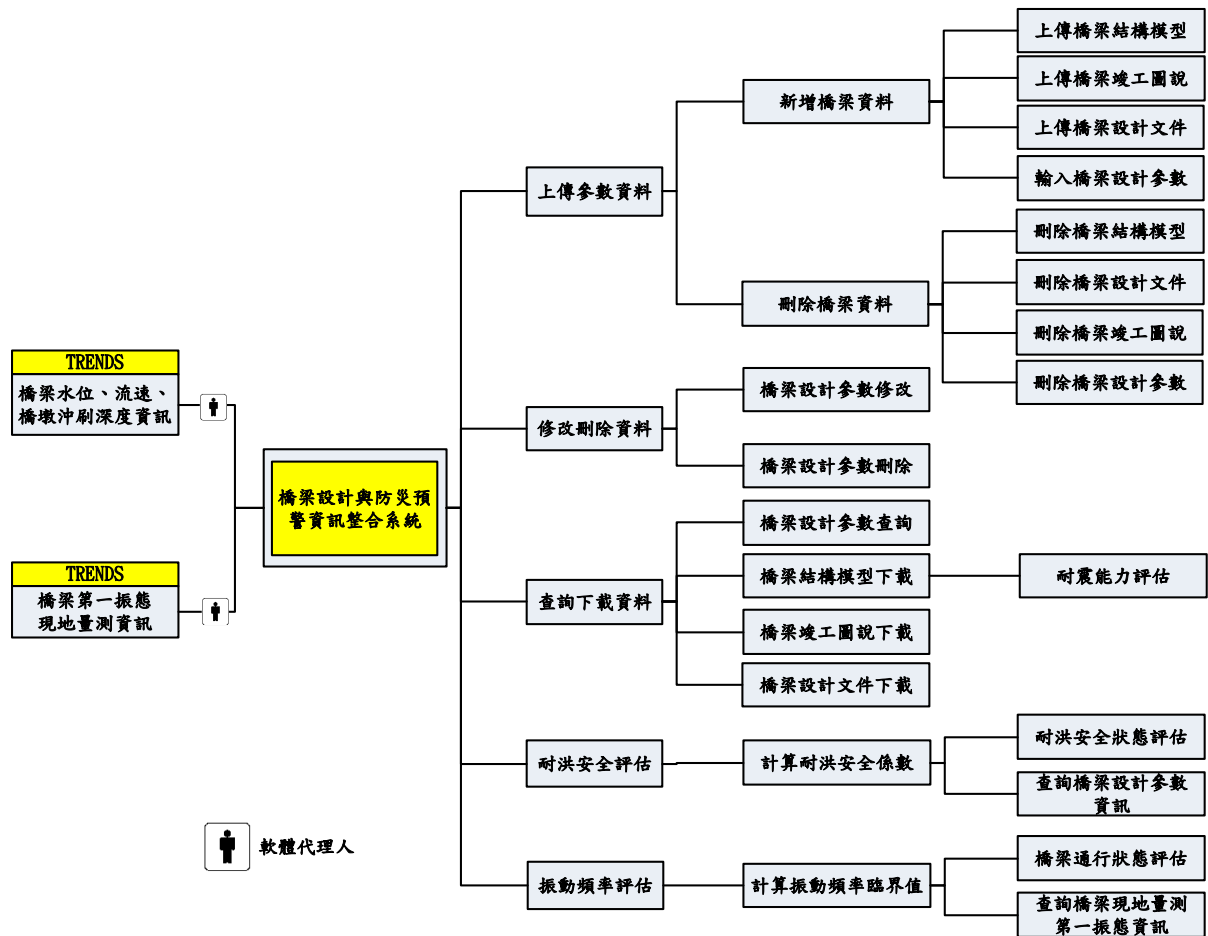


圖 6.5 系統架構

6.4.3 系統開發工具選用

本研究所規劃之橋梁耐震耐洪設計參數整合系統，系統開發所需設備如下：

1. PC 2.0GHZ 以上之個人電腦（具備 2048MB 以上記憶體）
2. Microsoft Windows 7 作業系統軟體
3. Microsoft Active Server Pages 4.0 / Visual Studio 20010 應用程式開發軟體
4. Microsoft SQL Server 2008 應用軟體

使用者所需具備之軟硬體如下：

1. PC586 以上之個人電腦(具備 1024MB 以上記憶體及網路連線環境)；

2. Microsoft Internet Explorer 5.0 以上版本。

系統整合方面，本系統主要由 Visual Basic.NET、ASP.NET、SQL 資料庫等視窗軟體之應用程式所組成，並利用 Visual Studio 將各作業軟體整合在同一工作環境下，而發展出親善性之使用者界面，系統整體作業環境如圖 6.6 所示。

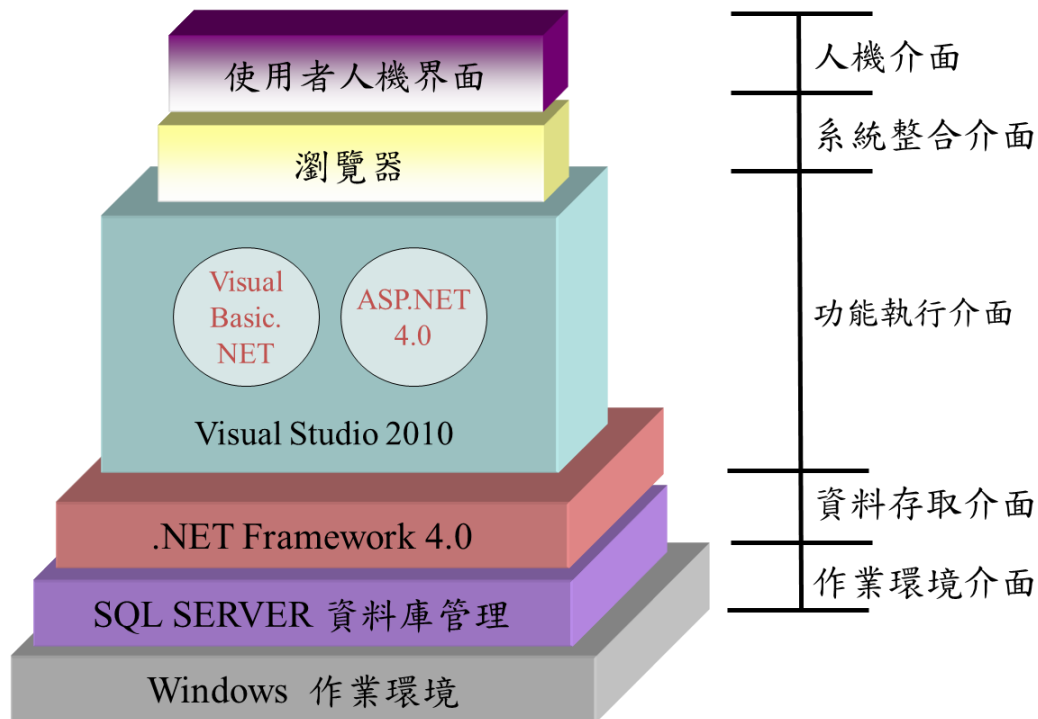


圖 6.6 系統作業環境圖

6.4.4 系統功能規劃與發展

本研究所建構之系統，系統操作介面下之功能架構規劃如圖 6.7 所示，其中系統係由 ASP.NET 應用程式開發軟體撰寫而成，共分五個主要功能模組分為：1.上傳參數資料模組、2.修改刪除資料模組、3.查詢下載資料模組、4.耐洪安全評估模組、5.振動頻率評估模組，以下針對各系統所屬模組之功能規劃、發展加以說明。

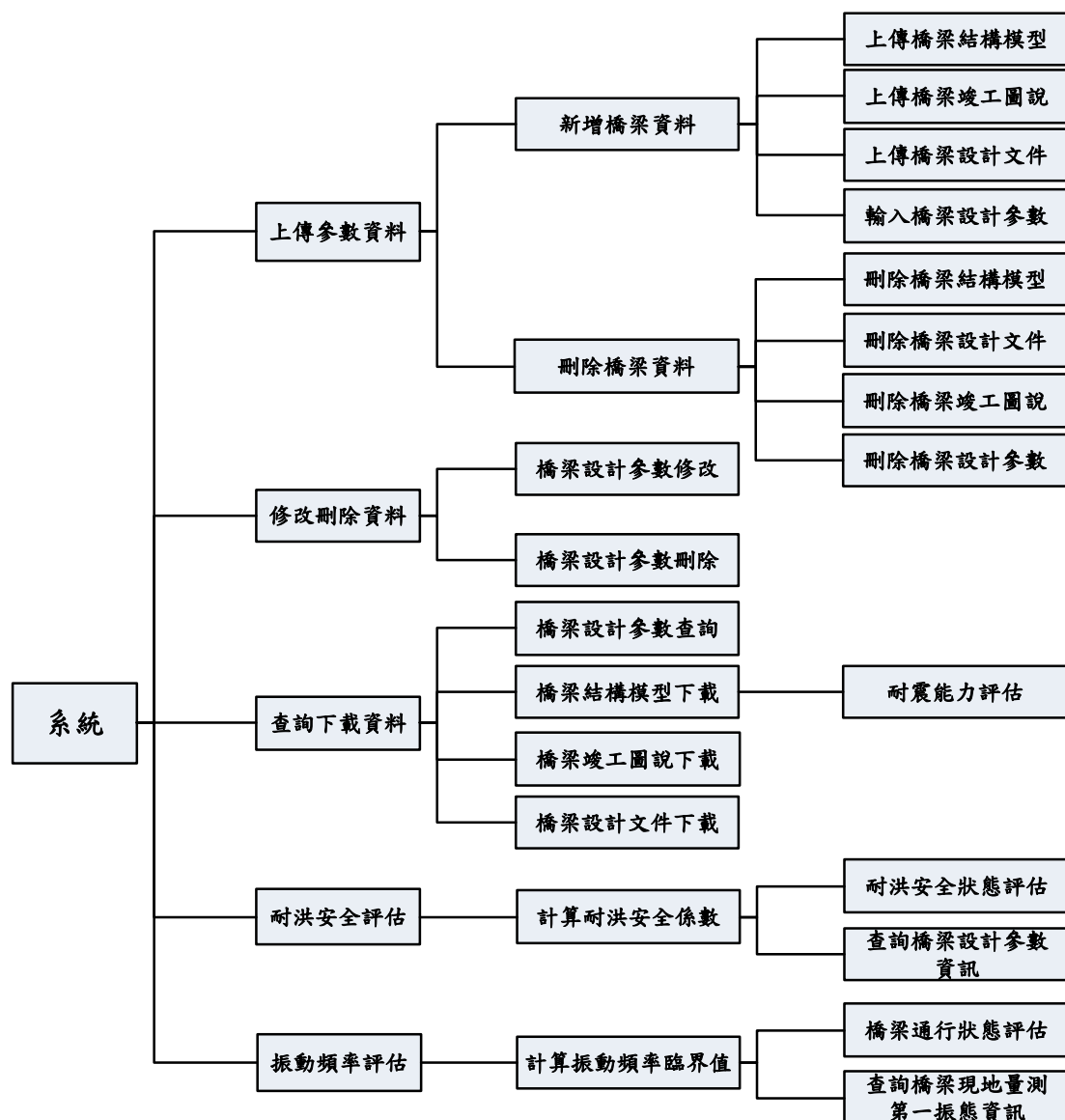


圖 6.7 系統功能架構

6.4.4.1 上傳參數資料模組

此模組主要為提供設計顧問公司，將完成設計之橋梁資料上傳於資料庫中，作為後續橋梁安全評估之用。基於此模組所規劃之功能，以下將說明本模組之功能架構、操作流程，如圖 6.8 與圖 6.9 所示。

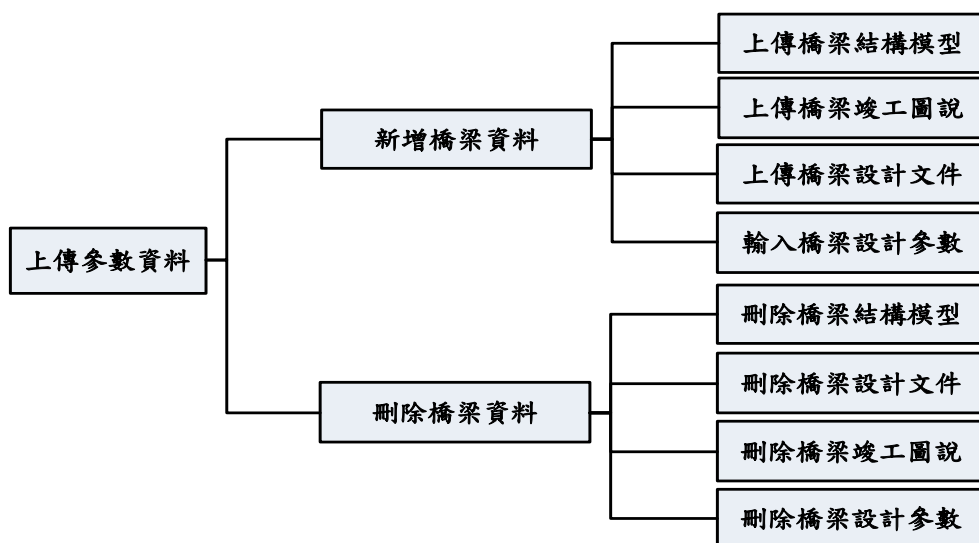


圖 6.8 上傳參數資料模組功能架構

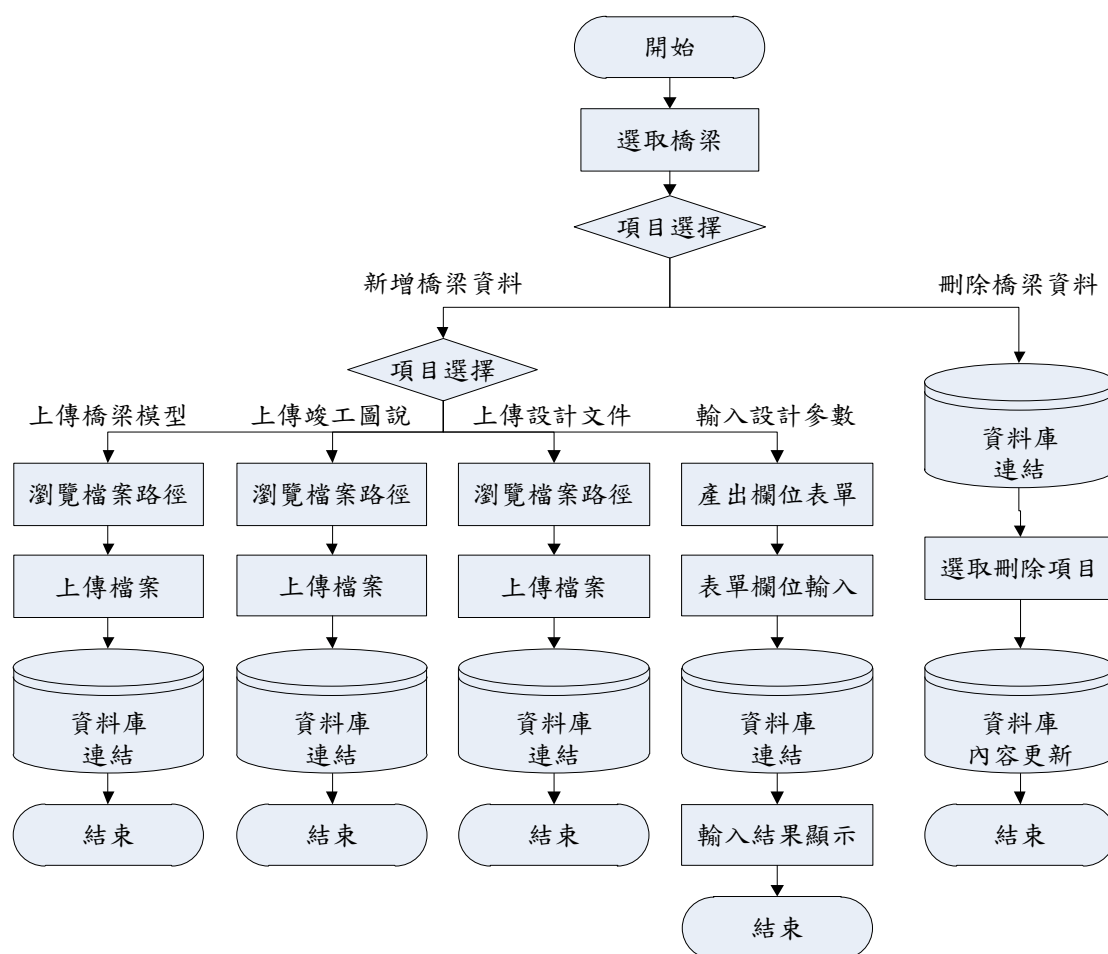


圖 6.9 上傳參數資料模組操作流程

1. 新增橋梁資料

進入模組選擇橋梁後，即可開始新增橋梁資料，內容包括橋梁結構模型上傳、橋梁竣工圖說上傳、橋梁設計文件上傳、輸入橋梁設計參數，可直接由網頁端新增橋梁相關資訊，透過人機界面輸入資料後整合儲存於後端資料庫中。

2. 刪除橋梁資料

進入模組選擇橋梁後，將顯示目前該橋梁有幾筆資料輸入，使用者可透過介面，將先前已輸入之橋梁結構模型、橋梁竣工圖說、橋梁設計文件、設計參數資料一次刪除。

6.4.4.2 修改刪除資料模組

此模組主要提供橋梁管理單位，易於進行橋梁設計參數修改或刪除，以達到橋梁資料管理之功用。基於此模組所規劃之功能，以下將說明本模組之功能架構、操作流程，如圖 6.10 與圖 6.11 所示。

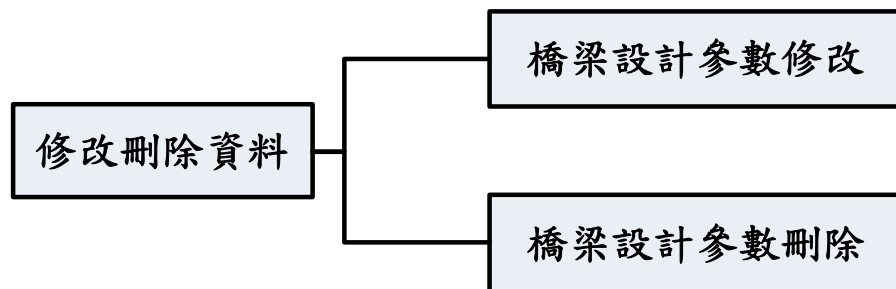


圖 6.10 修改刪除資料模組功能架構

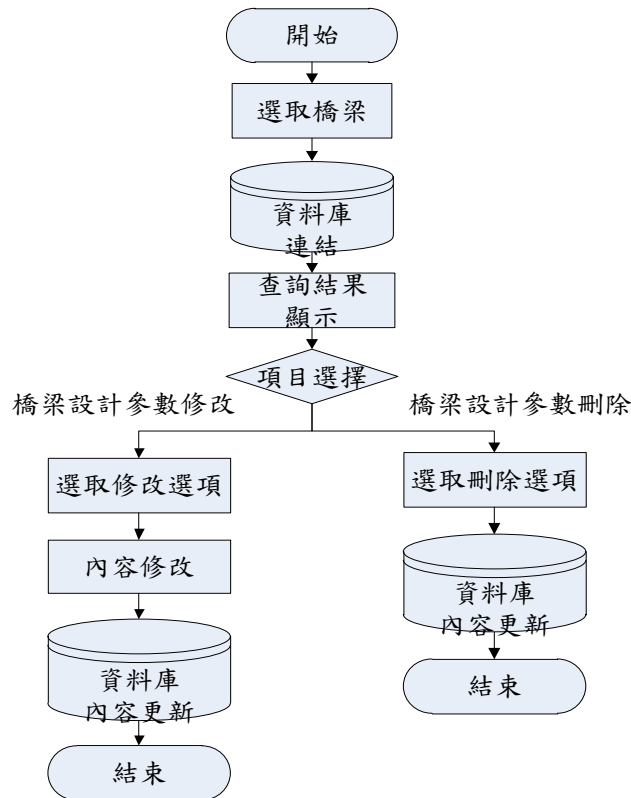


圖 6.11 修改刪除資料模組操作流程

1. 橋梁設計參數修改

進入模組選擇橋梁後，系統會顯示查詢結果，進入修改刪除頁面選擇修改選項後，即可針對該橋梁設計參數資料進行修改，透過人機界面修改資料後更新儲存於資料庫中。

2. 橋梁設計參數刪除

進入模組選擇橋梁後，系統會顯示查詢結果，進入修改刪除頁面選擇刪除選項後，即可針對該橋梁設計參數資料進行刪除，該筆橋梁資料將會從資料庫中移除。

6.4.4.3 查詢下載資料模組

此模組主要提供橋梁管理單位，面對眾多的橋梁資料，易於進行橋梁資料下載或檢視，並作為橋梁安全評估之用途。基於此模組所規劃之功能，以下將說明本模組之功能架構、操作流程，如圖 6.12 與圖 6.13 所示。

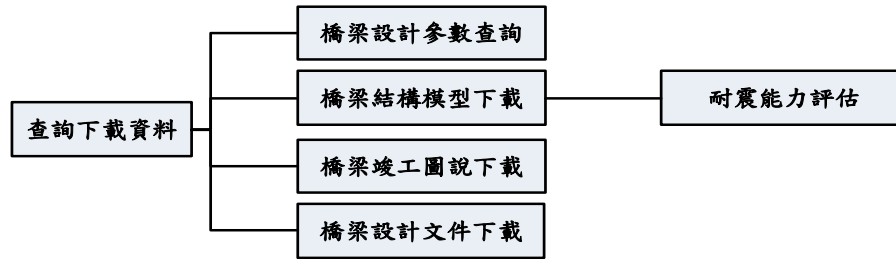


圖 6.12 查詢下載資料模組功能架構

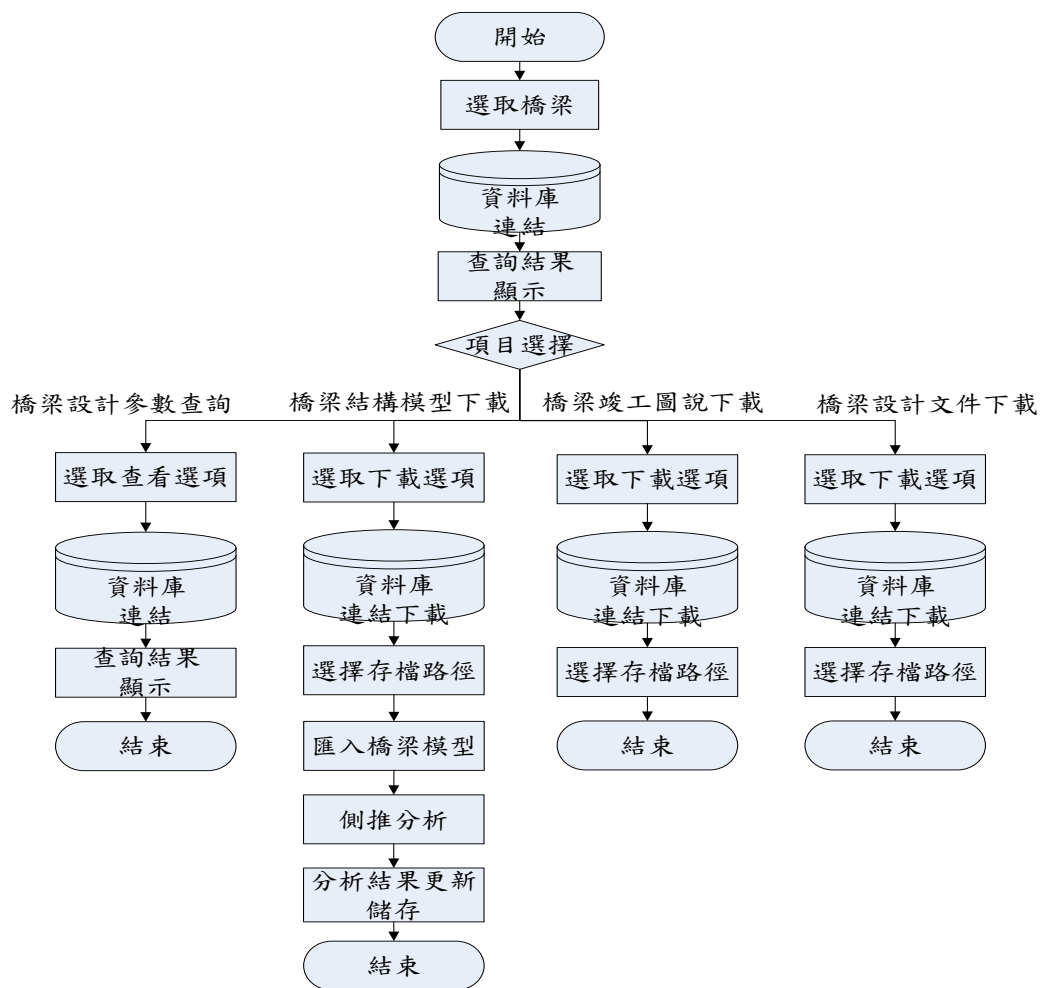


圖 6.13 查詢下載資料模組操作流程

1. 橋梁設計參數查詢

進入模組選擇橋梁後，系統會顯示查詢結果，選擇查看選項後，即可針對該橋梁設計參數進行檢視，其中包含該橋梁各橋墩資訊都將包含在其中。

2. 橋梁結構模型下載

進入模組選擇橋梁後，系統會顯示查詢結果，選擇下載選項後，即可針對該橋梁結構模型進行下載，使用方式同一般網頁下載操作方式，下載之模型檔案為(.mdb)格式，接著將該檔案匯入 SAP2000 軟體，設定完成後進行側推分析，最後把側推分析結果(Ay、Ac 值)在系統中更新儲存，以達到耐震評估之目的。

3. 橋梁竣工圖說

進入模組選擇橋梁後，系統會顯示查詢結果，選擇下載選項後，即可針對該橋梁竣工圖說載進行下載，使用方式同一般網頁下載操作方式，竣工圖說可輔助維護管理單位在評估橋梁時有更詳盡的資訊。

4. 橋梁設計文件下載

進入模組選擇橋梁後，系統會顯示查詢結果，選擇下載選項後，即可針對該橋梁設計文件進行下載，使用方式同一般網頁下載操作方式，設計文件可輔助維護管理單位在評估橋梁時有更詳盡的資訊。

6.4.4.4 耐洪安全評估模組

此模組主要提供橋梁管理單位，利用已上傳之橋梁設計參數，結合橋梁即時河川資訊(各橋墩水位、流速、沖刷深度)，推算即時與未來一小時後橋梁耐洪安全係數，作為橋防災預警之用途。基於此模組所規劃之功能，以下將說明本模組之功能架構、操作流程，如圖 6.14 與圖 6.15 所示。

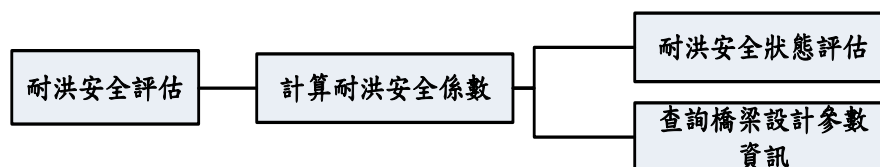


圖 6.14 耐洪安全評估模組功能架構

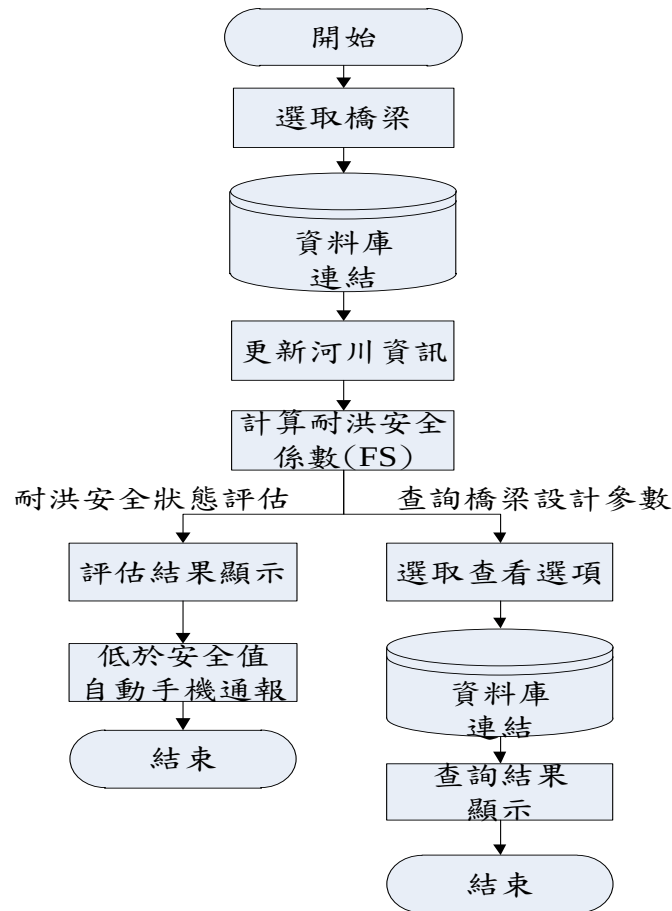


圖 6.15 耐洪安全評估模組操作流程

本耐洪安全評估模組僅針對跨河橋梁進行耐洪評估分析，進入此模組後可透過河川流域選擇橋梁，系統會先更新橋梁即時河川資訊(各橋墩水位、流速、沖刷深度)，結合橋梁設計參數，計算即時與未來一小時後橋梁耐洪安全係數，完成後可進行：

1. 耐洪安全狀態評估

當耐洪安全係數低於 3.0 時，系統將自動發送簡訊通知橋梁維護管理單位，本系統將以每小時持續計算的方式，對橋梁的耐洪安全狀態進行評估，以達到橋梁防災預警之目的。

2. 查詢橋梁設計參數

橋梁維護管理單位亦可透過系統網頁端，連結查看選項，檢視橋梁各橋墩設計參數資訊。

6.4.4.5 振動頻率評估模組

此模組主要提供橋梁管理單位於颱風、地震過後，評估橋梁是否安全可通行，利用自動傳回之現地量測振動頻率資訊，即各橋梁之第一振態資訊，進行振動頻率臨界值評估(計算 R 值)，作為災後橋梁是否可供通行之決策參考依據。基於此模組所規劃之功能，以下將說明本模組之功能架構、操作流程，如圖 6.16 與圖 6.17 所示。

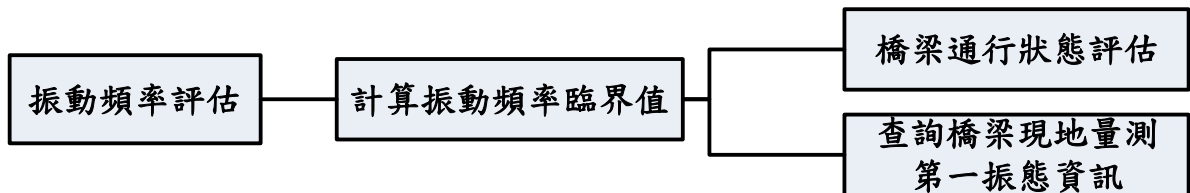


圖 6.16 振動頻率評估模組功能架構

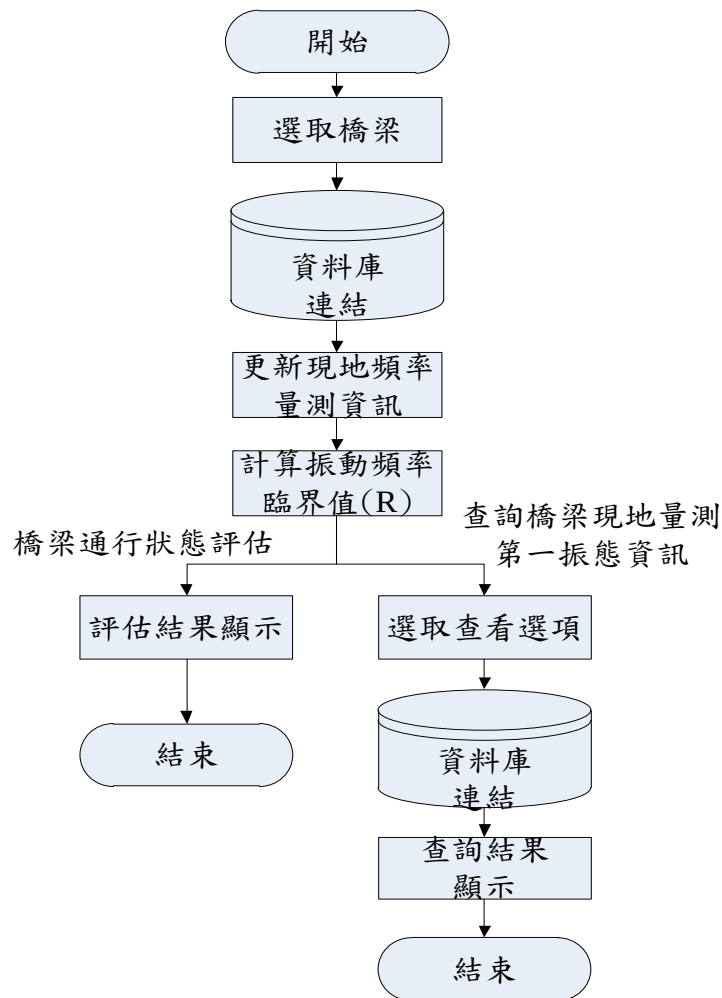


圖 6.17 振動頻率評估模組操作流程

本振動頻率評估模組針對災後階段對橋梁進行振動頻率評估分析，橋梁管理單位可透過系統網頁端操作，進入此模組後選擇橋梁，系統會先更新橋梁最新量測數據，然後比對災後頻率(最新量測數據)與平時檢測頻率，計算橋梁振動頻率臨界值(R 值)，完成後可進行：

1. 橋梁通行狀態評估

當 X 軸、Y 軸、Z 軸，其中一軸向振動頻率臨界值(R 值)低於 0.7 時(根據文獻[31]，高流速所計算出 R 範圍值 0.64~0.7，故取 0.7 為預設值，建議未來研究針對不同橋梁之 R 進一步探討)，系統將評估該橋梁為危險(建議封橋)，同時也建議橋梁維護管理單位儘快至現場巡視橋梁各部位是否有結構損壞。反之高於 0.7 時則評估該橋梁為安全(可通行)。

2. 查詢橋梁現地量測第一振態資訊

橋梁維護管理單位亦可透過系統網頁端，連結查看選項，檢視橋梁各橋墩歷史量測資訊，其中包括量測時間、各軸向第一振態數值(Hz)。

6.5 以中彰大橋為例進行耐震能力評估

以下選擇中彰大橋為範例進行評估。模式並可提供設計顧問公司將完成設計的橋梁結構模型與資料，上傳至資料庫中。

6.5.1 系統主畫面與功能選單

「橋梁設計與防災預警資訊整合系統」主要為五個模組，包含「上傳參數資料模組」、「修改刪除資料模組」、「查詢下載資料模組」、「耐洪安全評估模組」、「振動頻率評估模組」五個模組，本章節藉由操作畫面加以詳細說明。

操作示範於 Windows 視窗環境下，執行網頁瀏覽器，在網址列上輸入橋梁設計與防災預警資訊整合系統之網址，進入系統首頁如圖 6.18 所示，使用者可依模組選單進行模組功能選擇。

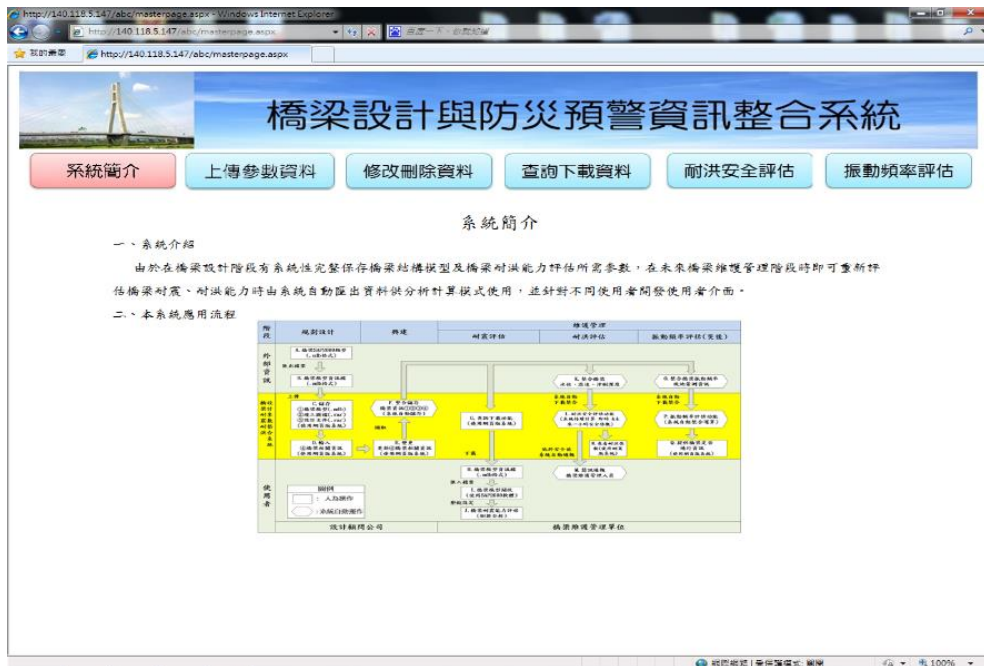


圖 6.18 系統首頁

系統畫面上方為各模組功能選項，功能選項連結由左至右，分別為「系統簡介」、「上傳參數資料模組」、「修改刪除資料模組」、「查詢下載資料模組」、「耐洪安全評估模組」、「振動頻率評估模組」為六個主要功能。「系統簡介」同時設為系統首頁的簡介，簡介內容可讓使用者對整個系統的應用流程能有一個初步的了解。

6.5.2 上傳參數資料模組

此模組主要提供設計顧問公司將完成設計的橋梁結構模型與資料，上傳至資料庫中。首先，以 SAP2000 軟體開啟橋梁結構模型，並確定結構設計無誤及使用單位為 Tonf 及 m 後，接著將檔案匯出，於 SAP2000 軟體工具列選擇 File/Export/SAP2000 MS Access Database.mdb File，跳出視窗後，勾選所有項目，按下確定，再選擇存檔路徑，即完成檔案匯出，匯出後檔案格式為(.mdb)，如圖 6.196.19 所示。

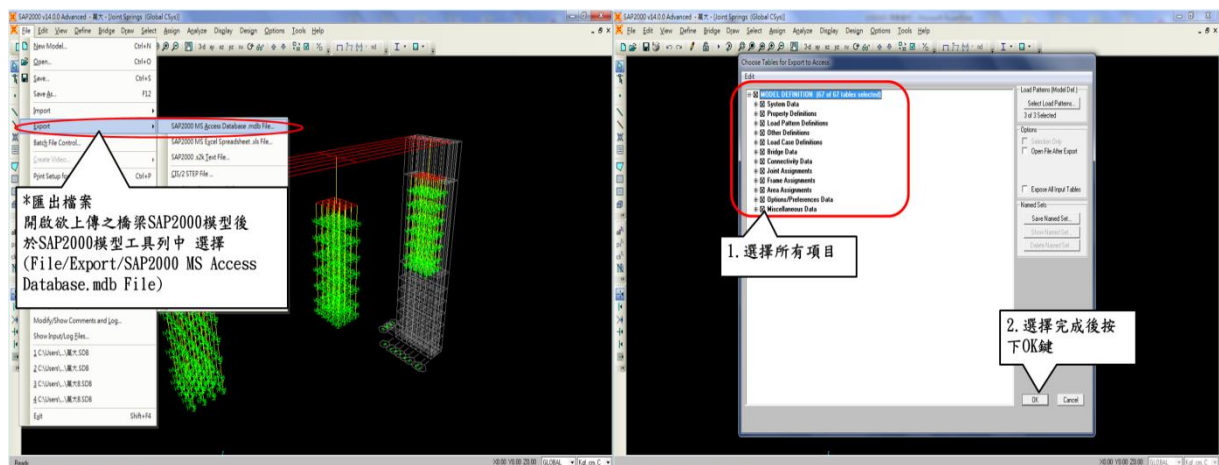


圖 6.19 橋梁模型匯出檔案

接著將橋梁竣工圖說、橋梁設計文件、地質鑽探資料製作成壓縮檔格式(.rar)如圖 6.20 所示，用以提供模組上傳檔案，壓縮檔製作完成，務必確認其存檔位置，避免上傳錯誤檔案或遺失。



圖 6.20 製作壓縮檔(.rar)

接著系統畫面上方選擇「上傳參數資料模組」，首先透過介面，利用下拉選單，選擇橋梁的所在縣市、鄉鎮，使系統鎖定資訊，接著輸入橋梁 A_y 、 A_c 值，然後操作瀏覽選項，逐項選擇上傳檔案：橋梁模型(.mdb)、橋梁竣工圖說(.rar)、橋梁設計文件(.rar)上傳，最後按下確認上傳按鈕完成資料上傳，如圖 6.21 所示。



圖 6.21 上傳參數資料頁面

若系統中無該座橋梁，可透過「新增橋梁按鈕選項」跳出新視窗新增一座橋梁資料，接著依序輸入：橋梁名稱、工程處、工務段、所在鄉鎮、路線等級\支線代碼、路線代碼、里程數、基礎型式橋面版數、跨度、橋梁經緯度等資訊(如圖 6.22 所示)，按下輸入完成後，回到參數資料頁面，即可在橋梁基本資料中選擇新的橋梁。

http://localhost:63941/new_bridge.aspx - Windows Internet Explorer

http://localhost:63941/new_bridge.aspx

<< 新增一筆橋梁資料 >>

編號	項目	請輸入
N1	橋梁名稱	
N2	橋梁所屬工程處	請選擇
N3	橋梁所屬工務段	請選擇
N4	橋梁所在鄉鎮	請選擇
N5	路線等級\支線代碼	請選擇 \ 無支線
N6	路線代碼	(請填數字)
N7	橋梁中心點於路線之里程數	(請填數字)
N8	本橋為此里程數第幾座橋梁	第一座
N9	橋梁基礎型式	請選擇
N10	橋面版數	(請填數字)
N11	單跨最大長度	(m)
N12	橋梁經度	(°)
N13	橋梁緯度	(°)

圖 6.22 新增橋梁視窗

完成橋梁模型、橋梁竣工圖說、橋梁設計文件上傳後，系統會依照不同的橋墩型式，自動跳出對應的資料表單，表單可分為樁基礎、沉箱基礎、直接基礎三種，然後從第一座橋墩開始輸入。輸入時，使用者只要依序操作下拉選單及輸入資料(如圖 6.23 所示)，而下拉選單選取後，系統會從橋梁模型檔擷取相關資訊帶入，減少使用者須輸入之欄位數量。

每座橋墩資料，在輸入完成，確認無誤後，按下確認上傳鍵，左下方會出現已輸入資料之橋墩，使用者亦可從該清單刪除資料。重覆此步驟輸入每一座橋墩資料，如此即完成橋梁參數資料上傳，如圖 6.24 所示。

橋梁基本資料

橋梁名稱	中彰大橋-台17線
TELES 橋梁編號	B03-0170-071A
橋梁基礎型式	橋基礎
橋墩編號	P1

1. 使用者 操作 下拉選單或輸入

2. 使用者 操作 下拉選單或輸入

共同資料

編號	共同資料	請輸入	備註
T1	橋面結構件名稱	ASEC2	
T2	橋墩結構件名稱	FSEC2	
T3	橋墩柱數量	1	
T4	上部荷重	150 (ton)	
T5	橋墩重量	1680 (ton)	
T6	箱型梁與橋面版高	2 (m)	
T7	橋墩跨徑	30 (m)	
T8	橋墩柱高度	2.58 (m)	
T9	橋墩柱寬度	2 (m)	
T10	橋墩柱斷面積	5 (m²)	
T11	流阻土單位重	2.4 (t/m³)	
T12	不透風阻係數	0.85 (m)	
T13	橋墩水流作用力常數	0.7	

樁基礎

編號	樁基礎	請輸入	備註
A1	基礎結構件名稱	FSEC2	
A2	橋墩底部結構件名稱	ASEC2	
A3	橋墩底部結構長度	10 (m)	
A4	橋墩底部結構寬度	8 (m)	
A5	基礎數量	8	
A6	基礎群體慣性矩	160 (m²)	
A7	最外側基礎距橋墩外側距離	1.5 (m)	
A8	橋墩底部結構高度	2 (m)	
A9	基礎直徑	2 (m)	
A10	基礎長度	2.58 (m)	
A11	橋墩水流作用力常數	1.4	
A12	基礎水流作用力常數	0.7	

圖 6.23 輸入設計參數資料畫面

資料已輸入之橋墩

更新日期	橋墩編號
2014/03/03	P1

1. 確認表單無誤 且無漏填

2. 按下確認上傳 (即完成一座橋墩 資料輸入)

***欲刪除 已上傳之 資料可按下刪除鍵**

圖 6.24 輸入完成畫面

6.5.3 修改刪除資料模組

此模組主要提供橋梁管理單位針對已輸入之橋梁設計參數資料進行修改與刪除。

在系統畫面上方選擇「修改刪除資料模組」，並按鈕選擇其中一種查詢橋梁方式，查詢方式可分為 A.以橋梁所在地區查詢、B.以橋梁名稱查詢、C.以 TBMS 編號查詢、D.以 TELES 編號查詢、E.按資料更新日期新舊查詢，如圖 6.25 所示。

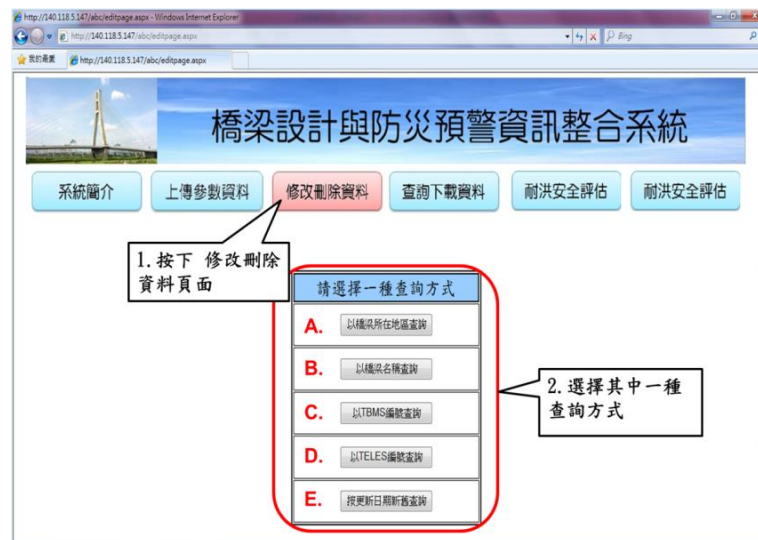


圖 6.25 修改刪除資料頁面

以下針對各種查詢方式詳細說明：

- A.以橋梁所在地區查詢：透過操作下拉選單依序選擇橋梁所在縣市、鄉鎮及橋梁名稱，完成後按下查詢按鈕，如圖 6.26 所示。
- B.以橋梁名稱查詢：輸入橋梁名稱後按下查詢按鈕，如圖 6.27。
- C.以 TBMS 編號查詢：輸入橋梁 TBMS 編號後按下查詢按鈕，如圖 6.28 所示。
- D.以 TELES 編號查詢：輸入橋梁 TELES 編號後按下查詢按鈕，如圖 6.29 所示。
- E.按資料更新日期查詢：直接按下「按資料更新日期查詢」按鈕，系統將自動按照上傳資料之新舊順序排序，如圖 6.30 所示。

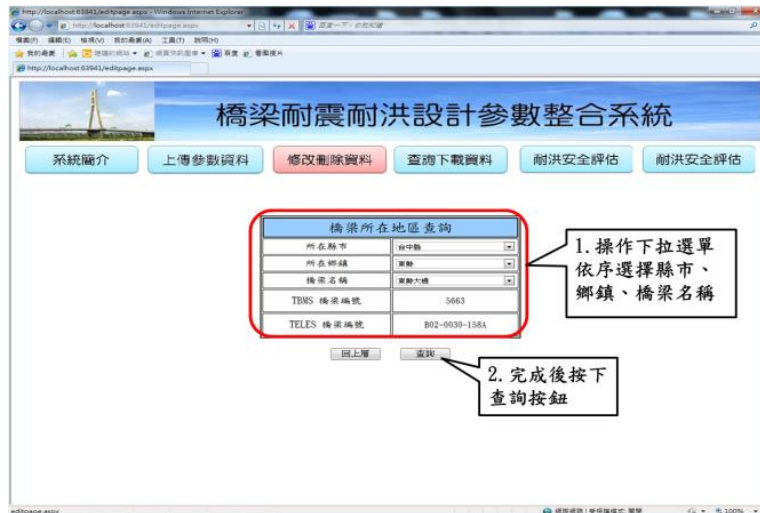


圖 6.26 橋梁所在地區查詢

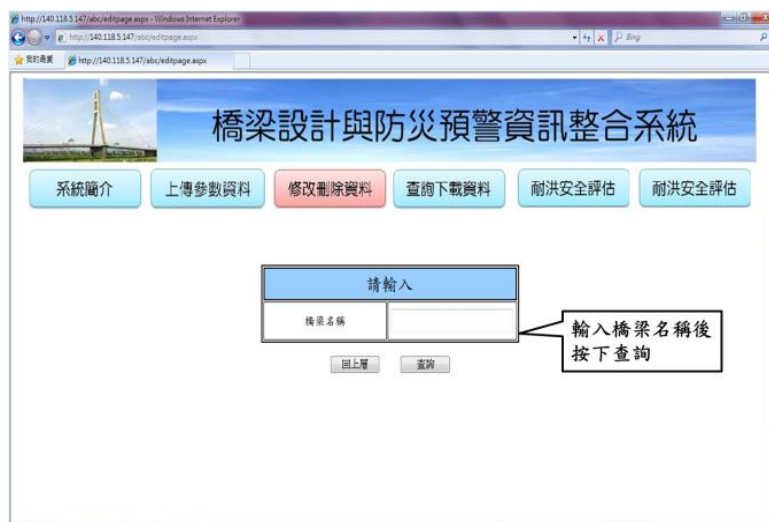


圖 6.27 橋梁名稱查詢



圖 6.28 以 TBMS 編號查詢



圖 6.29 以 TELES 編號查詢



圖 6.30 按資料更新日期查詢

查詢成功後，表單顯示橋梁名稱、TBMS 編號、TELES 編號、更新日期等資訊如圖 6.31 所示，按下修改設計參數或修改 Ay、Ac 頁面連結後，跳出視窗，使用者可進行資料修改或刪除，如圖 6.32 所示。



圖 6.31 修改刪除資料模組查詢成功畫面



圖 6.32 修改資料畫面

進入修改設計參數頁面後會顯示該橋梁各橋墩設計參數資料，系統會根據不同的橋梁基礎型式跳出不同的欄位表單，使用者按下表單左方編輯按鈕，即可對橋梁各橋墩設計參數進行修改編輯，修改完成後，按下更新按鈕即完成資料修改，若欲刪除資料則按下刪除按鈕，如圖 6.33 所示。

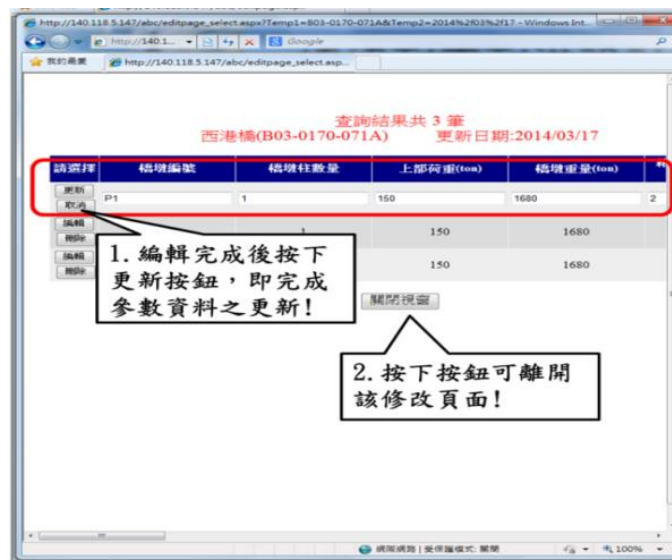


圖 6.33 修改橋梁設計參數完成畫面

進入修改 A_y 、 A_c 頁面後會顯示該橋梁地表加速度(A_y 、 A_c)資料，使用者按下表單左方編輯按鈕，即可對橋梁各橋墩設計參數進行修改編輯，修改完成後，按下更新按鈕即完成資料修改，如圖 6.34 所示。

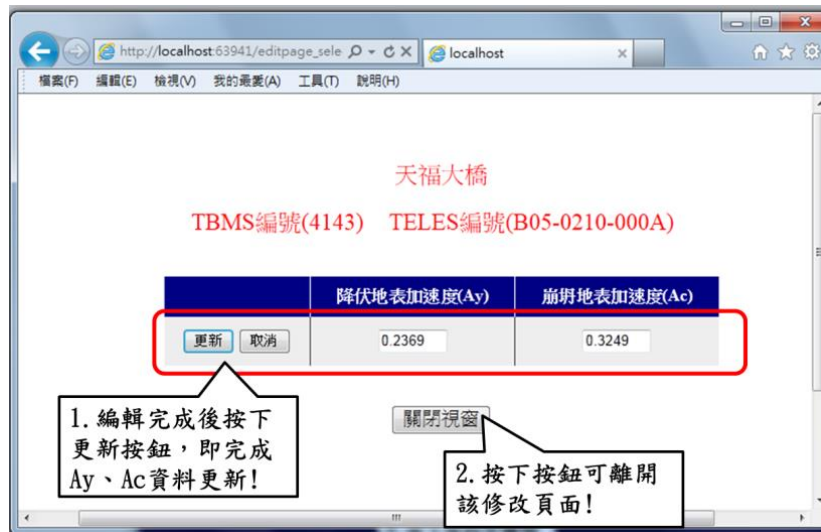


圖 6.34 修改橋梁 Ay、As 資料完成畫面

6.5.4 查詢下載資料模組

此模組主要提供橋梁管理單位針對已輸入之橋梁設計參數資料進行查詢與下載。

在系統畫面上方選擇「查詢下載資料模組」，並按鈕選擇其中一種查詢橋梁方式，查詢方式可分為 A.以橋梁所在地區查詢、B.以橋梁名稱查詢、C.以 TBMS 編號查詢、D.以 TELES 編號查詢、E.按資料更新日期新舊查詢如圖 6.35 所示，查詢方式同 6.5.3 章節所述。

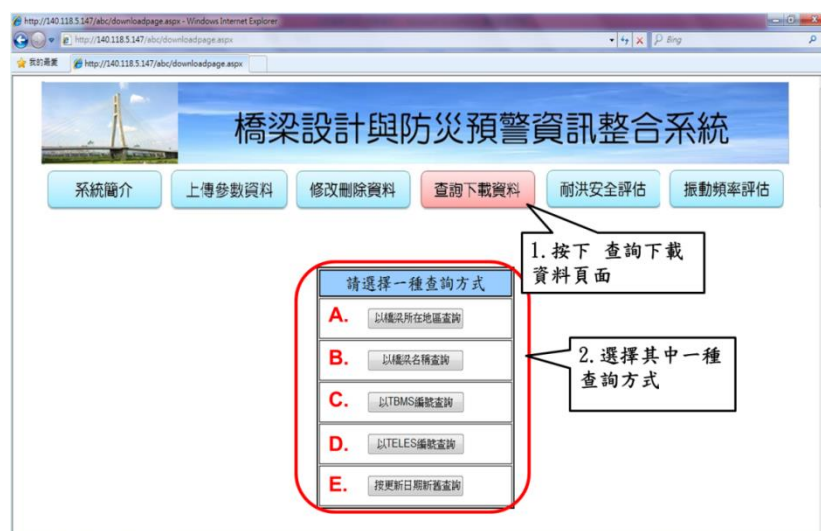


圖 6.35 查詢下載資料頁面

查詢成功後，表單顯示橋梁名稱、TBMS 編號、TELES 編號、更新日期、橋梁 SAP2000 下載連結、橋梁竣工圖下載連結、橋梁設計文件連結等資訊如圖 6.36 所示，使用者依需求操作下載連結，分別進行橋梁結構模型下載、橋梁竣工圖下載、橋梁設計文件下載，下載方式與一般網頁下載方式相同。



圖 6.36 查詢下載資料模組查詢成功畫面

使用者於查詢成功後，可按下表單最右方查看設計參數連結，系統會依照橋梁不同的基礎型式自動跳出對應的表單，表單中顯示該橋梁各橋墩設計參數資訊，故此模組可提供更豐富的橋梁資訊給橋梁管理單位，如圖 6.37 所示。



圖 6.37 查看設計參數畫面

另外，使用者於查詢成功後，可點選連結下載橋梁 SAP2000 模型，下載完成檔案為(.mdb)格式，接著開啟 SAP2000 軟體，在軟體工具列中選擇 File/Import/SAP2000 MS Access Database.mdb File，匯入橋梁結構模型，下載及匯入步驟如圖 6.38 及圖 6.39 所示。

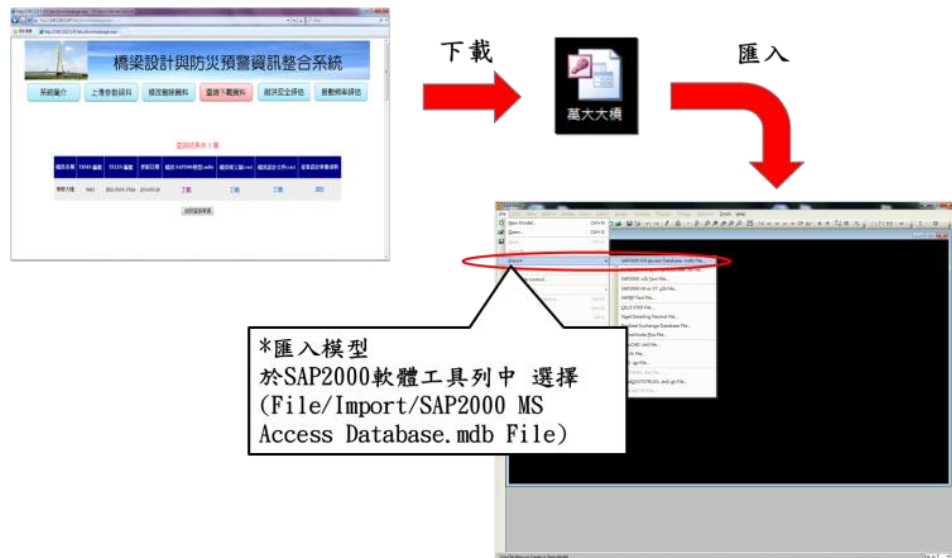


圖 6.38 下載橋梁結構模型

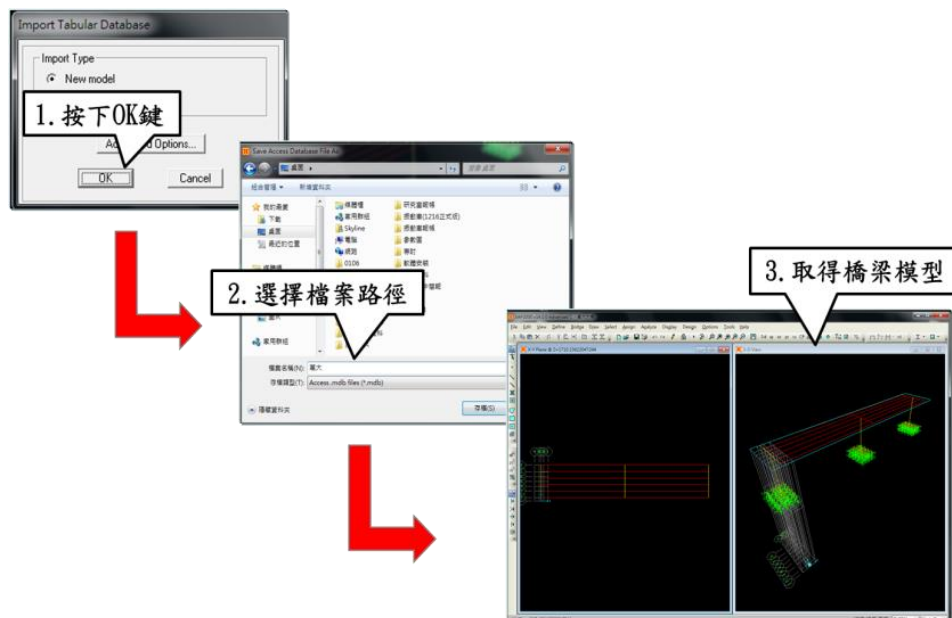


圖 6.39 匯入橋梁結構模型

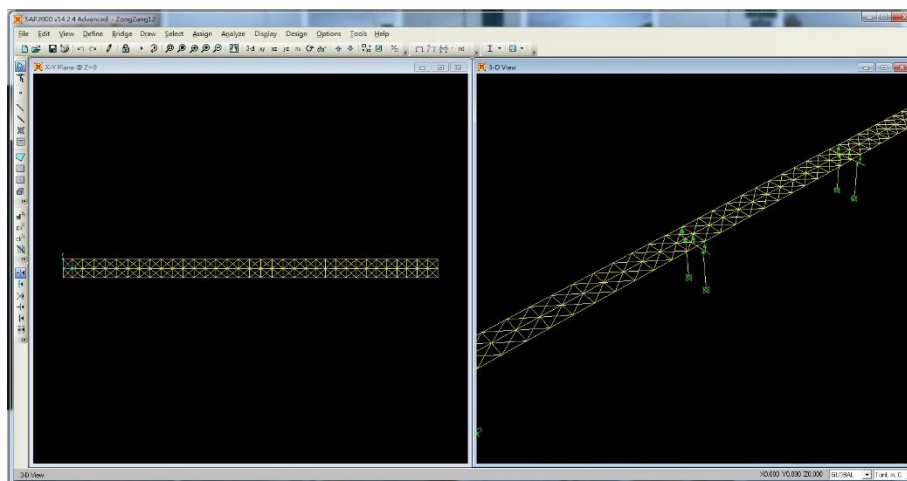


圖 6.40 匯入中彰大橋橋梁結構模型

如圖 6.40，中彰大橋之橋梁結構模型將於 SAP2000 中載入，橋梁設計單位可依據橋梁結構模型，設定塑鉸性質，接著執行側推分析，得出橋梁的容量曲線，再計算橋梁的容量震譜，最後找出對應的最大地表加速度(PGA)，得到橋梁的 A_y 與 A_c 值，最後回到本研究所建置「橋梁設計與防災預警資訊整合系統」中，重新修改橋梁地表加速度 (A_y 、 A_c 值)，修改方式同 6.5.3 章節所述。

橋梁更新儲存的 A_y 與 A_c 值，將作為「臺灣公路早期防救災決策支援系統(TRENDS)」的「橋梁地震破壞潛勢」功能，計算橋梁通行失敗機率的輸入值。當地震災害發生時，結合台灣各地地表加速度與橋梁 A_y 、 A_c 值，計算各橋梁通行失敗機率；當地震災害發生後，將通行失敗機率大於 50% 橋梁列出，並建立異常狀況橋梁清單。接著，TRENDS 自動啟動指派機制通知公路總局值班人員進行巡檢(同前 4.2 章節所述)，完成橋梁耐震能力評估。

第七章 結論與建議

本計畫提升 TRENDS 系統運作穩定性與模組之精確性，整合相關計畫成果，降低人力操作與維護需求。並確認橋梁設計參數之編碼之標準，提供匯入及匯出之功能，提升資料交換之便利性，大幅減少人力與建置時間。所建置橋梁耐震與耐洪分析參數資料庫，可作為各橋梁管理單位維護管理或改建之依據。後續可推廣應用至各橋梁管理單位，有效保存橋梁耐震與耐洪分析參數，提升橋梁維護管理之層面，修正目前僅以目視檢測方式之缺失，更能應用橋梁設計參數建模以更精確之理論模式進行橋梁能力評估。本計畫綜合上述做以下結論與建議：

7.1 結論

本計畫納入石岡壩未來一小時放流資訊，提升 TRENDS 耐震與耐洪模組精確度，以利推廣應用至橋梁管理單位，提供防災決策輔助參考。並加入 2011-2012 年中央氣象局與 2010-2015 年港研港區地震資料，採用迴歸偏移誤差方法有效地表震動預測模式準確度。並整合道路邊坡相關預警機制，採用雨量門檻值與近景攝影兩種方式進行邊坡災害預警。最後確認橋梁使用維護階段所需之設計參數欄位，並針對設計參數進行編碼，建置各參數之固定編碼作為後續資料庫欄位與資料交換之基礎。所建置橋梁耐震耐洪設計參數資料庫，以線上分散式資料庫方式(港研中心與台科大機房)保存各橋梁耐震及耐洪分析所需資料。橋梁管理單位可在橋梁設計階段有系統性完整保存橋梁結構模型及耐洪能力評估所需參數，並在未來需要重新評估橋梁耐震、耐洪能力時，由系統自動匯出資料供分析計算模式使用。有效保存橋梁耐震與耐洪分析參數，以利公路管理單位應用且更精確進行橋梁能力評估。

7.2 建議

系統中耐震與耐洪模組需持續藉由不同地震與颱風事件進行驗證

與修正，以利模式之更新。

山區道路易致災路段監測預警管制系統預警對象僅限於台 24 線、台 18 線、台 21 線、台 9 蘇花段及台 9 南迴段等 5 條，未來可參考引用公路總局既有邊坡基本資料進行分析。

7.3 成果效益與應用情形

在施政上，本研究成果可提供交通部、橋梁管理單位在有效管理橋梁設計參數資料作為後續維護與補強重新分析時之參考。在實務上，可在地震、洪水來臨時即時篩選危險橋梁，並進行自動通報，降低用路人之風險。

參考文獻

1. 姚乃嘉、黃榮堯、葉啟章等，「第二代台灣地區橋梁管理資訊系統建置規劃」成果報告，交通部運輸研究所，2013。
2. 鄭明淵、吳育偉、張于漢等，「公路防救災決策支援系統建立之研究(4/4)」，交通部運輸研究所，2010。
3. 鄭明淵、吳育偉、林三賢等，「跨河橋梁安全預警系統之建置更新驗證與維護管理」，交通部運輸研究所，2013。
4. 鄭明淵、邱永芳、謝明志等，「橋梁通阻檢測分析模式建立之研究」，交通部運輸研究所，2011。
5. 黃敏郎等，「山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(4/4)」，交通部運輸研究所，2014。
6. CSI, “SAP2000：Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures”, Computers and Structures, Inc., Berkely, California, (1996).
7. 李森枏，「SAP2000 結構實務設計(V8&V9)」，科技圖書股份有限公司，2008。
8. 林呈等，「本省西部重要河川橋梁橋基災害分析與橋基保護工法資料庫系統之建立」，交通部運輸研究所，1998。
9. 林呈，「跨河構造物防治沖刷之技術與策略研究—應用剛性或柔性攔砂堰作為橋基保護方法之評估探討」，1999。
10. 王仲宇、唐治平、蔣偉寧、莊秋明、林呈、周憲德等，「橋梁設計維修支援系統之建立—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。
11. 林呈等，「台灣河流之沖刷對橋梁基礎與道路邊坡之影響及因應對策研究」，交通部公路總局，2002。
12. 王仲宇等，「高、快速公路橋梁鄰近區域之自然災害度潛勢分析」，交通部公路總局，2004。

13. 林呈等，「跨河橋梁訂定封橋水位」，交通部公路總局，2004。
14. 林呈等，「河川橋梁之橋墩（台）沖刷保護工法之研究」，交通部公路總局，2005。
15. 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」，交通部公路總局，2004。
16. 鄭明淵、陳生金、呂守陞等，「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。
17. 鄭明淵、陳生金、呂守陞等，「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。
18. 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」第二階段策略研擬報告，交通部公路總局，2005。
19. 財團法人臺灣營建研究院，「鐵路橋梁過河沖刷斷橋墩與基礎結構系統檢測技術之研究」，交通部高速鐵路局，2007。
20. 財團法人臺灣營建研究院，「台灣地區橋梁安全檢查、評估及監測執行程序之訂定—安全檢測報告書」，交通部公路總局，2008。
21. 張國鎮等，「高科技橋梁即時監測系統建置試辦計畫」，交通部臺灣區國道高速公路局，2011。
22. 財團法人臺灣營建研究院，「國道3號濁水溪橋沖刷監測之研究」，交通部台灣區國道高速公路局，2010。
23. 財團法人臺灣營建研究院，「國道3號濁水溪橋沖刷後續監測之研究」，交通部台灣區國道高速公路局，2011。
24. 陳正興、李維峰與梅興泰，「公路橋梁振動量測與分析」，第六屆公共工程非破壞檢測技術研討會，2009。
25. 鄭明淵、廖國偉、吳育偉等，「橋梁振動檢測車暨訊號分析系統建置」成果報告，東源科技工程有限公司，2013。

26. 張毓文，場址特性分析及最大加速度衰減模式校正。國立中央大學碩士論文，2002。
27. 詹皓凱，加速度地動潛勢預估。國立中央大學碩士論文，2008。
28. 簡文郁，考慮特徵地震與場址效應的地震危害度分析，國家地震工程研究中心報告，NCREE-01-036，台北，2001。
29. 簡文郁、張毓文、溫國樑、羅俊雄，台北盆地地盤效應分析，結構工程，第十七卷，第三期，2002。
30. 邱永芳，胡啟文，李良輝，道路邊坡滑動自動攝影監測系統之研究，交通部運輸研究所，2015。
31. 李金翰，橋墩振動頻率作為封橋基準之研究，國立臺灣科技大學，營建工程系碩士，2011。

附錄一

資料表及欄位說明

附錄一 資料表及欄位說明

*橋梁基本資料表	
欄位名稱	欄位型態
nid	bigint
TBMSID	nvarchar(100)
TELESID	nvarchar(100)
橋梁名稱	nvarchar(100)
工程處	nvarchar(100)
工務段	nvarchar(100)
NUMSPANS	nvarchar(100)
FOUNDTYPE	nvarchar(100)
所在縣市	nvarchar(100)
所在鄉鎮	nvarchar(100)
單跨最大跨距	nvarchar(100)
Ay	nvarchar(100)
Ac	nvarchar(100)
97 經度	nvarchar(100)
97 緯度	nvarchar(100)

*橋梁設計參數			
欄位名稱	欄位型態	欄位名稱	欄位型態
TBMSID	nvarchar(100)	沉箱高度	nvarchar(100)
TELESID	nvarchar(100)	沉箱寬	nvarchar(100)
橋梁名稱	nvarchar(100)	沉箱長度	nvarchar(100)
河川流域	nvarchar(100)	沉箱厚度	nvarchar(100)
更新日期	nvarchar(100)	沉箱全斷面積	nvarchar(100)
更新分秒	nvarchar(100)	沉箱內填物斷面積	nvarchar(100)
橋墩編號	nvarchar(100)	沉箱內填充物單位重	nvarchar(100)
橋梁基礎型式	nvarchar(100)	承載層土壤凝聚力	nvarchar(100)
橋墩數量	nvarchar(100)	承載層土壤摩擦角	nvarchar(100)
上部荷重	nvarchar(100)	承載層土壤單位重	nvarchar(100)
橋墩重量	nvarchar(100)	[主動土壓力係數(ka)]	nvarchar(100)
箱型梁與橋面板高	nvarchar(100)	[被動土壓力係數(kp)]	nvarchar(100)
橋墩跨徑	nvarchar(100)	[沉箱基礎底面之形狀因素(α)]	nvarchar(100)
橋墩高度	nvarchar(100)	[沉箱基礎底面之形狀因素(β)]	nvarchar(100)
橋墩寬	nvarchar(100)	[沉箱支承力因素(Nc)]	nvarchar(100)
橋柱斷面積	nvarchar(100)	[沉箱支承力因素(Nq)]	nvarchar(100)
混凝土單位重	nvarchar(100)	[沉箱支承力因素(Nr)]	nvarchar(100)
不透風護欄高	nvarchar(100)	沉箱水流作用力常數	nvarchar(100)
橋墩水流作用力常數	nvarchar(100)	直接基礎構件形狀	nvarchar(100)
基樁數量	nvarchar(100)	直接基礎構件長度	nvarchar(100)
基樁慣性矩	nvarchar(100)	直接基礎構件斷面長度	nvarchar(100)
最外側基樁至樁帽外側距離	nvarchar(100)	直接基礎構件斷面寬度	nvarchar(100)
樁帽長度	nvarchar(100)	SAP 存檔路徑	nvarchar(MAX)
樁帽寬度	nvarchar(100)	竣工圖存檔路徑	nvarchar(MAX)
樁帽高度	nvarchar(100)	設計文件存檔路徑	nvarchar(MAX)
基樁直徑	nvarchar(100)		
基樁長度	nvarchar(100)		
樁帽水流作用力常數	nvarchar(100)		
基樁水流作用力常數	nvarchar(100)		

*即時河川資訊	
欄位名稱	欄位型態
TBMSID	nvarchar(100)
TELESID	nvarchar(100)
橋名	nvarchar(100)
Rtime	nvarchar(100)
Pier	nvarchar(100)
WH	nvarchar(100)
V	nvarchar(100)
SD	nvarchar(100)
Sequ	nvarchar(100)

*耐洪安全評估	
欄位名稱	欄位型態
TBMSID	nvarchar(100)
TELESID	nvarchar(100)
橋梁名稱	nvarchar(100)
Rtime	nvarchar(100)
Pier	nvarchar(100)
V	nvarchar(100)
WH	nvarchar(100)
SD	nvarchar(100)
FS	nvarchar(100)
light	nvarchar(100)
參數資料更新日期	nvarchar(100)
Sequ	nvarchar(100)

*橋梁振動量測記錄	
欄位名稱	欄位型態
TBMSID	nvarchar(100)
TELESID	nvarchar(100)
橋梁名稱	nvarchar(100)
橋墩編號	nvarchar(100)
量測時間	nvarchar(100)
X向第一振態	nvarchar(100)
Y向第一振態	nvarchar(100)
Z向第一振態	nvarchar(100)
備註	nvarchar(100)

*振動頻率評估	
欄位名稱	欄位型態
TBMSID	nvarchar(100)
TELESID	nvarchar(100)
橋梁名稱	nvarchar(100)
橋墩編號	nvarchar(100)
RX	nvarchar(100)
RY	nvarchar(100)
RZ	nvarchar(100)
light	nvarchar(100)
最新資料量測時間	nvarchar(100)
頻率資料量測筆數	nvarchar(100)

附錄二

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)

期中報告審查意見處理情形表

計畫名稱：公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁耐震耐洪資料管理系統建置

合作研究單位：國立台灣科技大學

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
一、公路總局陳進發副總工程司		
1. 氣象局已客製化集水區降雨監控，與本案之異同建議比較分析，以利運用。	研究所採用之雨量資料亦取自至中央氣象局 QPESUMS 降雨預報，並選取分析區域內對應網格雨量資料進行分析，其差別為客製化直接提供區域內雨量資料，而本研究由全台灣網格內選取對應網格資料分析。故兩系統所得到之雨量預報值相同。	同意辦理
2. P.104 運用自動攝影監測邊坡滑動提供預警功效，立意良善，惟是否能滿足應變所需動員時間，89 年高屏橋斷後，亦曾於各大橋梁裝設斷橋自動監控與柵門連動，惟之後撤除不再用，應特別了解一下緣由。	此計畫所整合「自動攝影監測邊坡滑動」成果，係港研中心去年度委託高應大李良輝教授團隊之研究果，此研究並非針對即時滑動做監控並立即預警通報，而是拍攝前後期近景照片進行比對，找出邊坡滑動趨勢，以提出邊坡維護整治之需求。故與高屏橋斷橋自動監控之機制與時效性有所差異。	同意辦理
3. P.97 山區道路災害風險評估乙節，運研所另案調適方案研究計畫亦有涉略研究，本局亦與之溝通，所謂風險係指標的物曝露在天然災害場景中損害之機率，並以邏輯式回歸率定雨量關係為臨界值，建議可參考引用。	感謝委員建議，相關文獻亦會納入參考引用。	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
4. 國發會正推動智慧國土計畫，其中以 Open data 為原則，建議本案思考如何介接上 GOS 平台。	研究成果皆預留 XML 格式交換之通道，如港研中心有上線 GOS 平台 Open data 之需求，可進行公開。然而部分資料尚在研究驗證階段，故尚不適宜開放。	同意辦理
5. 橋梁耐震耐洪資料管理與二代橋管系統競合關係，山區道路預警與公路總局現行防災預警系統之競合關係如何？	目前公路總局現有橋梁基本資料與檢測維修記錄皆建置於 TBMS 中，因此 TRENDS 系統不需重複收集建置，故相關資料可取自 TBMS，故 TRENDS 與 TBMS 並非競爭關係，而是 TRENDS 取用 TBMS 中記錄資料進行加值於防災應用。而山區道路預警部分則是整合港研研究成果，此研究中嘗試應用學理方法解釋邊坡崩塌時之雨量預警門檻，後續可經由多次的豪雨事件進行驗證比較。	同意辦理
二、明新科技大學王華弘教授：		
1. 國立台灣科技大學研究團隊在本研究目前所完成的工作，由於建立於過去完整充份的前期研究成果，並且在計畫主持人的領導下，提供豐富的文獻回顧，及國內外既有之研究成果，所呈現的期中報告內容豐富，研究團隊的努力值得肯定。	感謝委員之鼓勵。	同意辦理
2. 本研究之主軸透過建立橋梁 SAP 模型，建立各種災害時應變的決策支援系統，雖然系統內容各種橋梁之幾何數據、橋型及建造年	此計畫案中持續進行系統維護運作更新，並希望由系統實際運作過程中歷次災害進行系統驗證與修正，並期望可符合現地使用之需求。	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
份等基本資料都可以透過不斷的精進和補充,研究團隊也使用人工智能增加預測的準確,但是災害來臨都是不確定的外在條件造成,如:地震的規模和軟弱地盤的放大、自然頻率和橋梁基本頻率的共振、暴雨集中、河床因流速造成沖刷、河道改變、超載造成的傷害等都是充滿變數,因此本研究成果之實際成效有待觀察。		
3. 承上,本資料管理系統自建置以來,已經歷過 97 年 9 月 14 日因辛樂克颱風造成豪雨沖垮的台 13 線后豐大橋、台 21 線牛眠橋、台 18 線五虎寮橋、台 20 線甲仙大橋,並在 98 年 8 月 6-10 日八八莫拉克造成 106 座斷橋,以 PDCA 的流程和原則,不知道本資料管理系統若再重來,可否可以協助決策?	TRENDS 系統中跨河橋梁管理模組為莫拉克風災後才開始針對大甲溪流域進行建置,而系統中水理分析模式需當時之影響因素如雨量、地形、橋梁基本資料等才能進行重新分析。故系統中僅能針對莫拉克八八風災後之事件進行分析,相關颱風事件之驗證亦在港研中心報告「跨河橋梁安全預警系統之建置」、「跨河橋梁安全預警系統之建置更新驗證與維護管理」中介紹。	同意辦理
4. 歷年來高公局及公路總局均曾經委託研究機構進行高科技橋梁預警的機制,當時計畫最困難的,同時也是責任最重爭議最大的便是「封橋」預警的警戒值和行動值,如今本計畫決策透過數據作決策,依據需要充份	跨河橋梁安全預警封橋機制在「跨河橋梁安全預警系統之建置」一案中由海洋大學林三賢教授團隊以橋梁結構穩定性分析方法,分別確認各橋梁於不同流速、水位高、沖刷深度時之安全性,並依規範定義警戒和行動值。	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
且實際。		
5. 既然是決策支援系統，是否可以在災害來臨後，顯示出「災損」程度的預估，例如：斷橋發生造成物流中斷、對社會經濟的影響，或是任何交通受阻、替代道路或是緊急救援的替代道路。	災害可能之損失於國家地震中心所推動之 TELES 系統中可評估影響之社會成本。且因橋梁周邊社會經濟影響所需基本資料龐大，不易收集，因此本計畫不適宜重覆建置。	同意辦理
三、成功大學土木工程系張文忠教授：		
1. 震動預測模式與中央氣象局或國震中心之模式比較 (TELES system)。	此一部份將於期末報告中說明比較結果。	同意辦理
2. 場址效應可參考現有衰減模式，港研港區測站代表性是否須放入請加以討論，另與 NCREE 及其他單位差異？	目前將以港研提供之港區資料進行場址效應推估，亦視推估結果以決定其是否合理。本研究所使用之舊有模式與 NCREE 相同，然而於新增資料後，將於期末報告中說明二者間之差異。	同意辦理
3. 場址效應可考慮以場址地盤反應分析結果加以修正 (放大係數)。	感謝委員建議，目前本研究即以此方法進行。	同意辦理
4. 是否有輸入資料檢核機制？ False warning 檢核？	因橋梁基本資料非本計畫所建置，而是從 TBMS 中所截取，且於 TBMS 中已有檢核機制，故本系統不宜重覆檢核。	
四、高公局工務組林安彥組長(退休)		
1. 第一章 研究計畫之背景及目的建議：增列一節「1.6 研究計畫工作進度圖」(Bar Chat)，供讀者瞭解計畫主	感謝委員建議，相關預期完成工作項目將於期末報告中補充。	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
要工作項目之預期進度與 實際進度。		
2. 第 4 頁，1.3 研究範圍與對象，第 2 行：…，且 84% 以上橋齡高於二十年以上，…經查研究團隊另一計畫：「橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究（1/2）」（鄭明淵教授主持），第 5 頁，1.3 研究範圍與對象，第 2 行載明橋齡在二十年以上為 75%。建請洽另一計畫澄清統一修正。	感謝委員建議，將針對公路總局最新資訊進行更新，並統一說明。	同意辦理
3. 第 39 頁，末後第 3 行，…值如下所示：錯誤！找不到參照來源。4〕錯誤！找不到參照來源。5〕請查明修正。	感謝委員建議，相關文字錯誤已修正。	同意辦理
4. 第 92 頁，4.3 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究（1/2）」。 經查「橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究（1/2）」，尚在另案辦理中（目前期中報告審查中）。屆時若期末報告尚未奉核時，如何整合？請補充說明。	本案與「橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究（1/2）」一案皆為國立臺灣科技大學營建工程系團隊承辦，因此無兩計畫案無法配合之問題。	同意辦理
5. 筆誤。請查明修正：（1）第 32 頁，表 2-2，應為表	感謝委員建議，相關文字錯誤已修正。	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
2-3 之誤。請查明修正。(2) 第 35 頁，表 2-3，應為表 2-4 之誤。請查明修正。		
五、本所港研中心第一科胡啟文助理研究員		
1. 本系統建置之目的為可系統性地將橋梁維護階段所需評估參數資料儲存起來，透過自動化分析評估系統，提供做為防災預警之決策支援，立意甚佳，惟需積極推廣並納入設計階段之契約中執行，才可有效地達其目的，相關參數輸入的格式亦應建立，俾利設計單位編繕並可順利上傳予系統自動讀取。	感謝建議，後續系統將持續進行推廣與測試。	同意辦理
2. 應用振動檢測分析模式，藉由量測災後橋梁主頻偏移，解析沖刷深度或橋梁破壞所造成頻率的影響，做為判斷橋梁是否安全之依據，應如何區分由橋基沖刷或結構破壞之頻率影響，再請說明？	目前藉由振動頻率是否超過臨界值作為橋梁開放通行之參考依據，尚無法直接判斷主頻偏移為何種構件損傷所造成。因此，當頻率超過頻界值時建議封橋做進一步詳細檢測。	同意辦理
3. P.89-… 選取「芮」氏規模……之測站資料，「飾」選可用部分…。P.102…以達防災開放「」資料與…。P.129…操作流程，如圖「6-與圖 6-1」所示。「」內為誤繕，請修正。	感謝委員建議，相關文字錯誤已修正。	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
六、本所港研中心第一科謝明志科長：		
1. TREND 系內含 8 大模組，其中橋梁模組內含耐洪安全、地震通阻及振動檢測 3 項子系統，而道路邊坡模組內含山區道路監測預警及邊坡滑動自動攝影 2 項子系統，這些子系統的驗證及精確度提升為後續工作的重點，請研究團隊儘速了解各子系統的操作模式及推論模式、資料庫更新的執行方法，以利驗證等工作能順利推動。	感謝委員建議，今年度之主要工作即為系統之更新與驗證，相關作業將於期末報告中說明。	同意辦理
2. 上述部份子系統如邊坡自動攝影、橋梁耐震檢測等計畫，本年度尚在執行，相關成果資料及操作模組的納入，請規劃好配合時程，以使本計畫在年度內能順利完成。	本案與「橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究（1/2）」一案皆為國立臺灣科技大學營建工程系團隊承辦，因此兩計畫案進度可相互配合。而邊坡自動攝影部分亦已完成軟體採購作業。	同意辦理
七、本所港研中心第一科林雅雯研究員		
1. 本案研究期程相較其他計畫為短，請研究團隊密切掌握進度及成果。	計畫團隊於每兩周周一定期舉辦團隊會議，確認進度執行情形，可在期限內完成預定工作項目。	同意辦理
2. 邊路邊坡模組請研究團隊進行相關颱風豪雨事件驗證並與公總系統進行比較。	感謝委員建議。將於期末報告中補充與公總系統於颱風豪雨事件中邊坡預警之結果比較。	同意辦理
3. 道路邊坡滑動自動攝影監測系統所採購之軟體請儘	軟體之軟體與序號已於 8/11 轉交港研中心。	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
速提供港研中心，系統之建立亦請著手進行。		
4. 耐震及耐洪資料管理系統之資料欄位是否足以分析及展現該橋梁性質，請再檢核。	感謝委員建議，期末報告中將完整呈現系統操作過程與資料欄位。	同意辦理

附錄三

期末報告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)

期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁耐震耐洪資料管理系統建置

合作研究單位：國立台灣科技大學

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
一、公路總局陳進發副總工程司		
1. 建議將來可朝智慧防災研發,也就是將所有資訊地理資訊化,再結合地震快篩及未來降雨預測, open data 於 NGIS。	謝謝委員建議, 本研究所建置地震相關服務採用開放架構, 可以 Google 建議 KMZ 格式套繪於不同系統中, 因此未來可整合至 NGIS 中。	同意辦理
2. 以收集各路段歷史致災資料為降雨基準分析,應將假設條件敘明,例如降雨事件中致災時間發生點,相對應之雨量值,蒐集樣本之來源,及樣本數中是否皆為雨場事件中產生,另表 5-2 中,雨量及強度並無標註單位,以該表為例,上限達 19,發生機率就有 50%,尚有疑義,建議再釐清。	此研究引用交通部運輸研究所研究報告「山區道路易致災路段調查評估、風險分析及監測預警管制技術之研發(4/4)」成果。此研究中收集例次颱風事件中邊坡災損案例,並至現場進行邊坡調查,最後採用風險評估方式評估各邊坡路段之損壞機率,因此對於部分路段(如地質狀況較差等因素)有較低之行動值標準。	同意辦理
3. 是否以大甲溪流量推演結果,往上游推算,下何種規模的雨及水庫洩洪量,下游橋梁會達警戒值,俾利橋管單位早期預警應變。	港研中心於 103 年度「跨河橋梁流域管理方法與驗證之研究」計畫中曾委託成功大學團隊,針對大甲溪上游降雨量與下游水位之迴歸方程式進行研究,但此迴歸方程式仍受水庫放流等因素控制,且其水文水理理論較為薄弱,建議作為輔助使用。	同意辦理
4. 對於新建橋梁規設、興建、	謝謝委員建議,待交通部運輸研究所與港研中心雙方進行協	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
維護等三階段,所需輸入參數,以利橋管單位做耐震分析,機制非常好,但可否整合入 TBMS 系統內,讓橋管單位能變成 S.O.P 之一部份,委外同時就納入契約執行。	調,本研究成果即可供整合使用。	
5. 本研究著重場地 P.G.A.惟橋管單位目前使用的是震度,未來可否朝震度增加提供。	謝謝委員建議,針對委員建議,系統中已將 GIS 顯示橋梁所在地 PGA 修正為震度。	同意辦理
二、成功大學土木工程系張文忠教授：		
1. 英文摘要須與中文匹配。	感謝委員建議,已修正中英文摘要內容。	同意辦理
2. 參考資料文獻與內容須對應(ex. Fig 2.13)且須有出處 P2-24。	圖 2.13~圖 2.15 皆引用文獻 [3],已加註說明。	同意辦理
3. 需求欄位建議增加地質鑽探資料。	感謝委員建議,已建議上傳附加檔包含地質鑽探資料。	同意辦理
4. PGA 計算可以考慮以 mean+1 standard deviation 求得分析 PGA,或以中央氣象局地震測報資料推估。	感謝委員建議,目前誤差修正迴歸所使用偏移方式即與 mean+1 standard deviation 概念相同。而中央氣象局地震測報資料亦為此模式之輸入。	
三、高公局工務組林安彥組長(退休)		
1. 第 2-4 頁,「2.2 橋梁通阻檢測分析模式建立之研究」一節稱:模式係利用移動式非破壞性震動檢測及材料劣化評估方式(擷取大氣腐	感謝委員建議,本研究延續橋梁通阻檢測分析模式建立之研究之成果,相關橋梁資料皆直接引用 TBMS 中所建置橋梁基本資料,相關檢測歷史記錄(D.E.R.&U.)亦取自 TBMS,並	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
蝕資料)，求得橋梁殘餘強度，再結合橋墩裸露深度等橋樑現況，做側推分析，進行橋樑耐震能力評估分析。此「材料劣化評估方式」係擷取地區大氣腐蝕資料，亦即橋梁材料受環境影響之老化現況資料。另「移動式非破壞性震動檢測」及「橋墩裸露深度」亦均在求取橋樑現況資料，故「材料劣化評估方式」、「移動式非破壞性震動檢測」及「橋墩裸露深度」等資料，可否擷取 T-BMS 既有相關檢測資料(均係橋梁檢測現況資料，且為目前台灣橋梁管理單位已上軌道按時辦理之橋樑現況檢測資料)或重組改良 T-BMS 既有相關檢測資料予以替代？避免重複檢測，耗時費事。	無重複建置之問題。	
2. 第 7-2 頁，「7.2 建議」第 2 項稱：山區道路易致災路段監測預警管制系統預警僅限 5 條道路，建議未來另案進行基本資料收集與建置。此另予收集建置之基本資料，可否引用 T-BMS 資料？，避免重複檢測，耗時費事。	感謝委員建議，修正為未來可參考引用公路總局既有邊坡基本資料進行分析。	同意辦理
四、本所港研中心第一科胡啟文助理研究員		

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
1. P3-4, 國防部雷達隊應為國防部空軍戰術管制聯隊, 請修正。	感謝建議, 後續系統將持續進行推廣與測試。	同意辦理
2. P4-26, 因無足夠歷史資料做為修正石岡壩放流量之依據, 致使洩洪第一時間會有較大之誤差, 因而利用石岡壩放流預警資料修正誤差, 該筆修正資料為即時或預測值, 再請說明。	本研究針對模式預測下一小時流量進行修正, 故加入水利署石岡壩下一小時放流資訊, 可修正原有模式下一小時流量預測誤差。而在案例驗正部分, 因本年度僅有杜鵑颱風在中部地區造成較大雨量, 故僅能選取杜鵑颱風進行驗證。建議後續年度將持續以颱風事件中檢討石岡壩未來一小時放流預測準確度。	同意辦理
3. P5-17, 運用近景攝影進行三維模型重建需費時演算, 無法達到即時監測之效果, 因此不適用於災時即時監測使用, 較適用於平時之巡檢、背景資料庫建置、中低潛勢邊坡滑動監測...等之邊坡管理作業, 以瞭解邊坡之健康情況而進行相關預警措施, 有其適用性, 再請於文中補充說明。	感謝委員建議, 相關文字已修正。	同意辦理
4. P2-4、P6-9、P6-21、P6-24、P6-25, 文中出現「如錯誤! 找不到參照來源」, 再請修正。	感謝委員建議, 相關文字已修正。	同意辦理
六、本所港研中心第一科謝明志科長：		
1. 關於橋梁振動安全頻率的描述, P2-32 及 P6-6 均以	感謝委員建議, 根據文獻[31], 高流速所計算出 R 範圍值 0.64~0.7, 故取 0.7 為預設值,	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
Rc>R 值表橋梁可能處於危險狀態，應考慮封橋，但 P6-22 描述為 R 值<0.7 系統將評估該橋為危險，此處指 Rc 為 0.7 有否文獻或實驗依據？請說明。	而文獻中亦提到文章所推導之 R 值僅適用於單一橋墩的橋梁，其他型式橋梁可再進行個別評估。建議未來研究針對不同橋梁之 R 進一步探討。	
2. P6-8 圖 6.2 之圖說建議用中文描述，另該圖橋梁振動量測記錄表單，主鍵(PK)未包含 TBMSID 欄位，是否漏列。而橋梁基本資料表有 2 組速外鍵(FK)請述明關聯到哪一表單，其中 FK1~FK5 是否指表單有所列 1st~5th 欄位？因目前只見 FK1&FK2 可關聯到其它表單的主鍵，而 FK3~FK4 關聯到何表單？請敘明。	補充說明如下，因 TBMS 與 TELES 兩邊橋梁編號未統一，因此系統中另外以 nid 作為主鍵。此外 TBMSID 被即時河川資訊(FK1)、耐洪安全評估(FK2)、振動頻率評估(FK3)與橋梁設計參數(FK4)所引用。而 TELESID 被即時河川資訊(FK1)、耐洪安全評估(FK2)、振動頻率評估(FK3)、橋梁設計參數(FK4)與橋梁振動量測記錄(FK5)所引用。	同意辦理
3. P 附-2 橋梁設計參數表單內主動土壓力係數以下 7 項欄位名稱都以中括號框住，有何特殊意義？	因資料庫欄位中如有特殊符號如”(“、“” α”等文字時，需用中括號框住，以免 SQL 語法錯誤。	
4. P6-9 最後一段 1st&2nd 行及 P6-21 第一段倒數 2nd 行都有「如錯誤!找不到參照」等文字，請修正。	感謝委員建議，相關圖說編號問題已修正。	
5. 報告請依本所格式編輯	感謝委員建議，已依照承辦人所提供格式進行編輯。	
七、本所港研中心第一科林雅雯研究員		
1. 報告之中英文摘要似乎過	感謝委員建議，中英文摘要已	同意辦理

參與審查人員及其 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
為簡要，建議補充具體成果。	修正。	
2. 報告圖有不清楚部份如圖 2.5、圖 5.4 及表 5-3。	相關圖表以更新。	同意辦理
3. 結論建議針對本研究之具體成果簡要敘述。	感謝委員建議，修正 7.1 結論增加成果說明。	同意辦理
4. 表 5-1 及 5-2 為「山區道路易致災路段監測預警管制系統」之降雨基準上下限值，其相對於公路總局之預警值為何？建議分析並比較之。	感謝委員建議，已修正表 5-2 增加與公路總局比較之說明。此研究[5]中收集例次颱風事件中邊坡災損案例，並至現場進行邊坡調查，最後採用風險評估方式評估各邊坡路段之損壞機率，因此對於部分路段(如地質狀況較差等因素)有較低之行動值標準。	同意辦理

附錄四
期末報告簡報資料

公路早期防救災決策支援系統維護更新及橋梁 耐震耐洪資料管理系統建置 期末簡報



委託單位：交通部運輸研究所
執行單位：台灣科技大學營建工程系
簡報者：鄭明淵 特聘教授

中華民國一百零四年十一月二十四日

簡報流程

壹 計畫背景及目的

貳 研究方法

參 執行步驟

肆 執行進度

伍 結論與建議

壹

計畫背景及目的

- 橋梁為連絡河流兩岸之重要交通工程設施，洪水來襲、地震皆造成重大威脅，使得橋梁現有狀況不明。

問題

- 目前橋梁耐震耐洪評估，須以人為方式蒐集資料後分析評估，其過程耗費人力、時間。TBMS以維護管理紀錄為主，缺乏設計參數之相關功能

目的

- 確立橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式，提供使用維護階段橋梁防災預警之決策支援。TRENDS分析模組資料更新、提高模式準確度並與相關單位監測資料進行驗證。

3

貳

研究方法(1/2)

本計畫期程分為五個階段完成



貳

研究方法(2/2)



貳、研究方法與流程

參

執行步驟-第一階段 研究團隊組成

參

執行步驟-第二階段 TRENDS系統架構與模組功能分析

執行步驟-第一階段 研究團隊組成

研究團隊組成

名稱	服務機構/系所	專長	負責事項
邱建國 副教授	國立台灣科技大學/ 營建工程系/結構組	鋼筋混凝土結構物劣化分析與耐震行為、生命週期耐久性能設計與維持管理、複合環境影響下之耐用年限分析、高強度鋼筋混凝土構件行為研究	計畫協調整合事項
鄭明淵 特聘教授	國立台灣科技大學/ 營建工程系/管理組	資訊管理系統、營建業流程再造、人工智慧、地理資訊系統	計畫案整合與協調
吳育偉 博士	國立台灣科技大學/ 營建工程系	資訊工程、軟體代理人、網頁系統	資訊傳遞與系統整合
4名 碩士兼任助理	國立台灣科技大學/ 營建工程系	營建管理、資訊工程等	協助系統測試與撰寫

第二階段- TRENDS系統架構與模組功能分析 TRENDS發展歷程(1/2)

臺灣公路早期防救災決策支援系統(Taiwan Road Early Nature Disaster Prevention System, TRENDS)之發展歷程如下表:

No	年度	計畫名稱	主持人	災害類別
1	94-95	交通工程防災預警系統建立之研究	台科大鄭明淵	土石流預警通報
				地震潛勢
				洪水沖刷
				材料劣化 防救體系
2	96-99	公路防救災決策支援系統建立之研究	台科大鄭明淵	地震潛勢洪水土石流預警通報
				邊坡崩塌
3	99-100	跨河橋梁安全預警系統之建立研究與整合作業	台科大鄭明淵	洪水沖刷預警通報
				一維水理、二維水理
				安全評估
				檢測規範
				橋河資料
				保護工法
				橋墩材料
				保護工規範
				災因分析
4	99-100	橋梁通阻檢測分析模式建立之研究	台科大鄭明淵	監測儀器
				材料劣化
				地震簡易側推分析
				AI推論潛勢 振動分析

1

第二階段- TRENDS系統架構與模組功能分析 TRENDS發展歷程(2/2)

No	年度	計畫名稱	主持人	災害類別
4	99-100	橋梁通阻檢測分析模式建立之研究	台科大鄭明淵	振動分析
5	100	蘇花公路115.9K邊坡崩塌監測預警模式之建立研究	逢甲洪本善	預警通報 降雨預測 邊坡崩塌
6	101-102	跨河橋梁安全預警系統建置更新驗證與維護管理	台科大鄭明淵	預警通報 二維水理 安全評估
7	102	移動式橋梁振動檢測及訊號分析與傳輸通報系統	台科大鄭明淵	系統整合 振動分析
8	101-103	橋梁殘餘壽命與保全評估決策模式之研發	台科大鄭明淵、 邱建國	維護策略 材料劣化
9	104	橋梁耐震能力與檢測評估分析模式之建立研究(1/2)	台科大鄭明淵	系統整合 振動分析

2

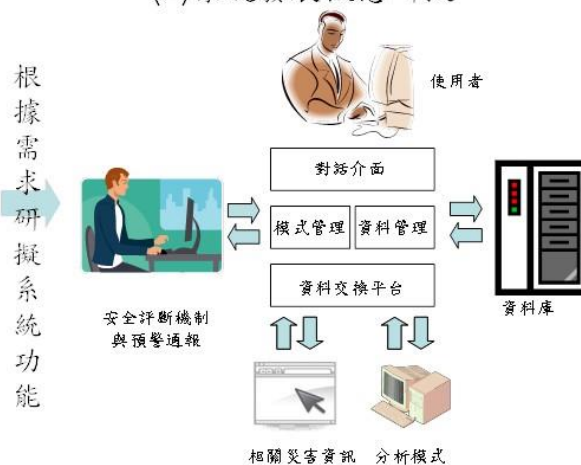
第二階段- TRENDS系統架構與模組功能分析 TRENDS系統架構(1/3)

系統以人性化易操作介面開發，各功能以模組呈現：

(1)系統使用需求

- 1.易於進行資料查詢及分析
- 2.提供橋梁基本、災害、監測相關資訊
- 3.GIS圖形化網頁介面

(2)系統發展概念研擬



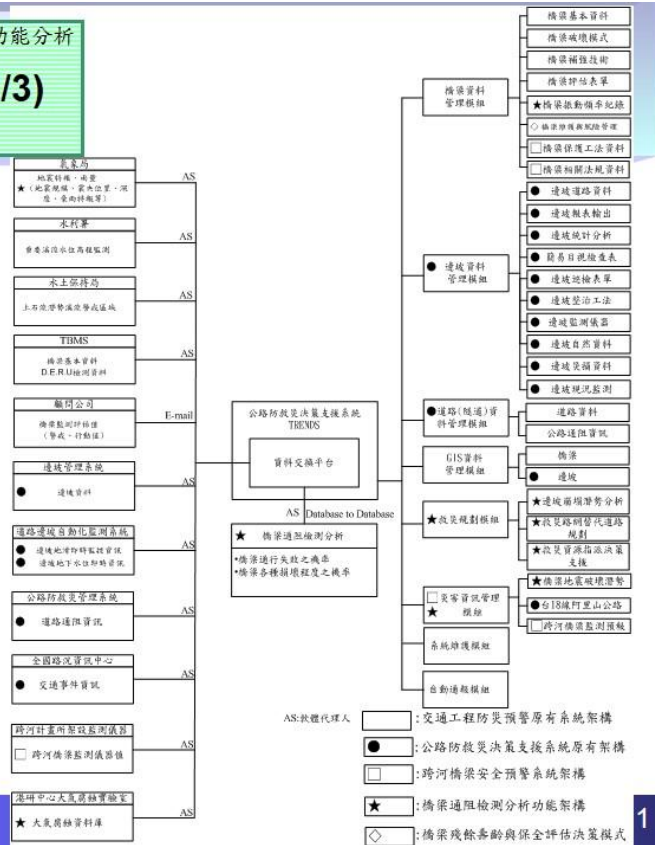
2 TRENDS系統架構(2/3)

系統分為八大模組

- (1) 橋梁資料管理
- (2) 邊坡資料管理
- (3) 道路(隧道)資料管理
- (4) GIS圖層資料管理
- (5) 救災規劃
- (6) 災害資訊管理
- (7) 系統維護
- (8) 自動通報

圖中圓形、方形、星形與菱形記號分別代表TRENDS整合不同計畫成果

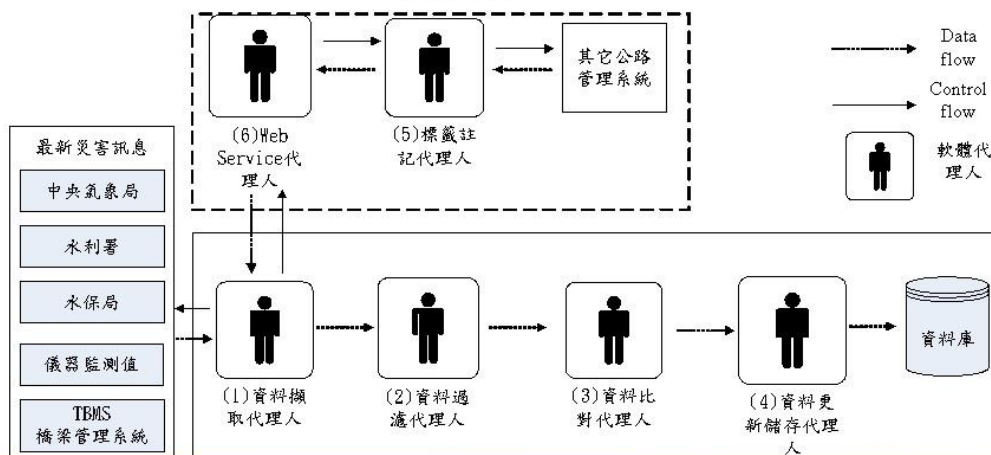
台灣科技大學營建工程系



2 TRENDS系統架構(3/3)

TRENDS以「交通工程防災預警系統」一案所開發之資料交換平台為基礎進行資料彙整工作。

新增系統連結



台灣科技大學營建工程系

既有系統連結

12

執行步驟-第三階段 TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證

1 跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

3 整合「橋梁耐震能力與檢測評估 分析模式之建立研究(1/2)」研究成果

1 第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證

(a) 跨河橋梁安全預警模組架構



1

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證
跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證

(b) 資料更新

根據水利署最新報告「103 年度大甲溪河口至天輪壩大斷面及地形測量工作」，進行斷面高程更新。



大甲溪地形測量位置圖(取自水利署報告)

1

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證
跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證

(c) 模組提升

加入水利署水庫防洪運轉狀態。以杜鵑颱風2015-09-28 22:00為例，水利署提前預報 23:00放流800cms。

資料方式：[站名] [日期] [時間] [圖例] [說明]

水庫名稱	水庫時間	本目標水區 實際降雨量 (mm)	颱風來襲期間時，「防汛重要水庫」需登錄下列資訊														
			總流量 (cms)	水庫 (cms)	溢水 (cms)	有計畫水庫 (核定公告公尺)	蓄水 百分比(%)	水庫出流量(mm)							防汛操作資訊		
								取水流量(mm)	發電 流量(m)	排砂 流量(m)	排洪 流量(m)	溢流 流量(m)	小計	目前狀態	預定時間	預定放流量 (cms)	
日月潭水庫	2015-09-28 22:00:00	365.60	3,095.63	243.79	245.00	19,071.80	84.77%	26.23	61.22	333.36	428.38	1,891.74	2,714.68	寬河中		預定下小時放水流量2500cms	
龍眼水庫	2015-09-28 22:00:00	--	2,721.81	165.67	170.00	29,614.13	88.27%	--	270.50	--	--	--	270.50	--	--	--	
龍山第二水庫	2015-09-28 21:00:00	187.20	1.79	149.87	150.00	3,128.16	99.4%	2.09	--	0.12	--	--	2.11	--	--	--	
永和山水庫	2015-09-28 22:00:00	134.50	--	84.38	87.00	2,703.14	96.21%	--	--	--	--	--	1.73	--	--	--	
雙潭水庫	2015-09-28 17:00:00	109.20	--	60.08	61.00	1,118.50	89.22%	--	--	--	--	--	--	預計放流		放水流量200cms	
雙潭水庫	2015-09-28 22:00:00	66.70	17.22	360.07	360.00	11,377.35	100%	--	--	--	--	6.93	7.23	靜態溢流			
雙潭水庫	2015-09-28 17:00:00	107.00	300.00	1,469.72	1,468.00	12,311.80	83.41%	--	110.00	--	--	--	110.00				
石碇壩	2015-09-28 22:00:00	48.50	68.85	279.57	274.50	15.84	13.98%	7.80	--	--	--	73.62	73.62	預計放流	預定於2015-09-28 23:00起放流	放水流量800cms	
龜山水庫	2015-09-28 22:00:00	79.00	208.00	996.61	1,005.00	2,894.59	66.24%	--	44.00	--	--	--	44.00	--	--	--	
日月潭水庫	2015-09-28 22:00:00	73.50	--	747.60	748.43	11,849.01	90.83%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
龍山第二水庫	2015-09-28 21:00:00	70.12	363.00	212.51	214.75	264.00	53.31%	76.38	--	6.35	--	215.00	221.31	調節性放水			
仁義水庫	2015-09-28 07:00:00	0.00	0.00	184.70	185.00	2,459.42	97.28%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	--	--	--	
白河水庫	2015-09-28 22:00:00	41.50	70.34	107.91	109.00	523.00	75.68%	0.02	--	--	--	12.00	12.00	調節性放水		預定下小時放水流量15cms	
龍山第二水庫	2015-09-28 21:00:00	10.00	3.00	56.11	58.18	6,128.00	76.77%	3.00	--	--	--	--	--	--	--	--	
雙潭水庫	2015-09-28 22:00:00	127.40	1,768.00	225.80	227.00	45,187.00	95.47%	--	50.00	0.00	0.00	300.00	350.00	調節性放水		預定下小時放水流量350cms	
龍山第二水庫	2015-09-28 22:00:00	81.00	39.33	178.56	180.00	8,993.04	92.58%	7.52	--	--	--	--	--	--	--	--	
阿公寮水庫	2015-09-28 22:00:00	19.00	0.00	34.12	37.00	894.00	54.29%	0.40	--	4.95	--	--	4.95	調節性放水		預定下小時放水流量5cms	
龍山第二水庫	2015-09-28 22:00:00	21.50	--	16.07	--	402.43	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
雙潭水庫	2015-09-28 22:00:00	11.10	1.12	138.11	142.00	2,137.70	80.86%	1.12	--	--	--	--	--	--	--	--	

※圖例說明：圖例說明：除上圖外，尚有各水庫之蓄水量、放流量、水位、流量等資訊，請點選圖例說明。
※圖例說明：各水庫單位：cms
※圖例說明：各水庫單位：cms

http://fhy.wra.gov.tw/ReservoirPage_2011/Statistics.aspx

(c) 模組提升

加入水利署水庫防洪運轉狀態後，
修正前與修正後比較。

No	時間	即時流量 (cms)	修正前 1小時後流量預測(cms)	修正後 1小時後流量預測(cms)	修正前 誤差(未來預測-實際) (cms)	修正後 誤差(未來預測-實際) (cms)
1	2015/9/28 12:00	168.01	173.31	173.31	8.43	8.43
2	2015/9/28 13:00	178.61	183.91	183.91	-5.3	-5.3
3	2015/9/28 14:00	175.16	180.46	180.46	8.75	8.75
4	2015/9/28 15:00	181.18	186.48	186.48	-0.72	-0.72
5	2015/9/28 16:00	164.29	169.59	169.59	22.19	22.19
6	2015/9/28 17:00	204.52	209.82	209.82	-34.93	-34.93
7	2015/9/28 18:00	176.32	181.62	181.62	33.5	33.5
8	2015/9/28 19:00	176.69	181.99	181.99	4.93	4.93
9	2015/9/28 20:00	184.04	189.34	189.34	-2.05	-2.05
10	2015/9/28 21:00	174.55	179.85	179.85	14.79	14.79
11	2015/9/28 22:00	106.31	111.61	800	73.54	73.54
12	2015/9/28 23:00	698.53	703.83	800	-586.92	101.47
13	2015/9/29 00:00	893.21	898.51	898.51	-189.38	-93.21
14	2015/9/29 01:00	1308.28	1313.58	1313.58	-409.77	-409.77
15	2015/9/29 02:00	1306.25	1311.55	1311.55	7.33	7.33
16	2015/9/29 03:00	1539.57	1544.87	1544.87	-228.02	-228.02
17	2015/9/29 04:00	1500.47	1505.77	1505.77	44.4	44.4
18	2015/9/29 05:00	1660.26	1665.56	1665.56	-154.49	-154.49
19	2015/9/29 06:00	1619.82	1625.12	1625.12	45.74	45.74
20	2015/9/29 07:00	1724.56	1729.86	1729.86	-99.44	-99.44
21	2015/9/29 08:00	1673.33	1678.63	1678.63	56.53	56.53
22	2015/9/29 09:00	1656.22	1661.52	1661.52	22.41	22.41
23	2015/9/29 10:00	1272.09	1277.39	1277.39	389.43	389.43
24	2015/9/29 11:00	1265.67	1270.97	1270.97	11.72	11.72
			平均誤差		-40.3054	-7.615417

台灣

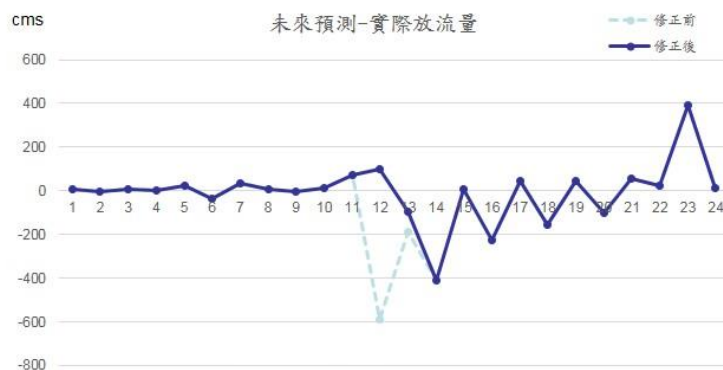
17

1

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證

(c) 模組提升

1. 加入石岡壩放流預警資料後，水庫洩洪第一時間誤差由586cms降至101cms。
整日平均誤差由-40cms降至-7.6cms。
2. 可解決目前模式無法考慮水庫洩洪操作問題。

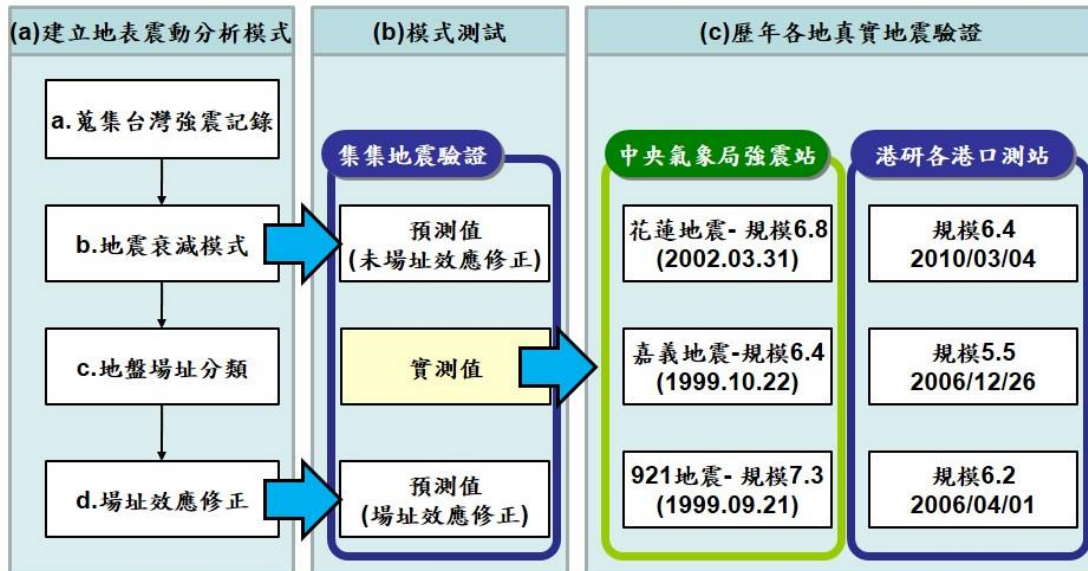


台灣科技大學營建工程系

18

2

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證



台灣科技大學營建工程系

19

2

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

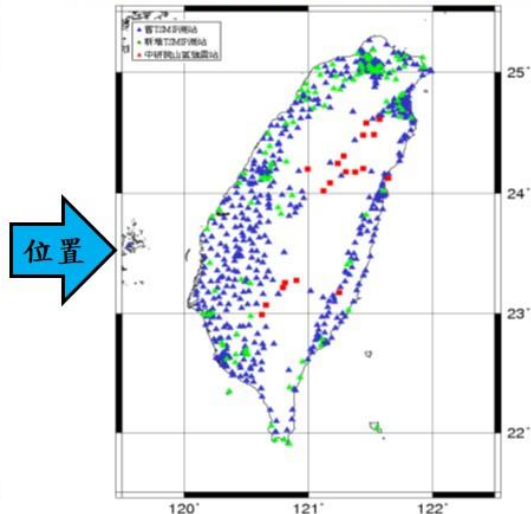
(a) 建立地表震動分析模式

a. 蒐集台灣強震記錄

中央氣象局強震站

中央研究院山區強震站

中央氣象局與中央研究院強震站位置圖



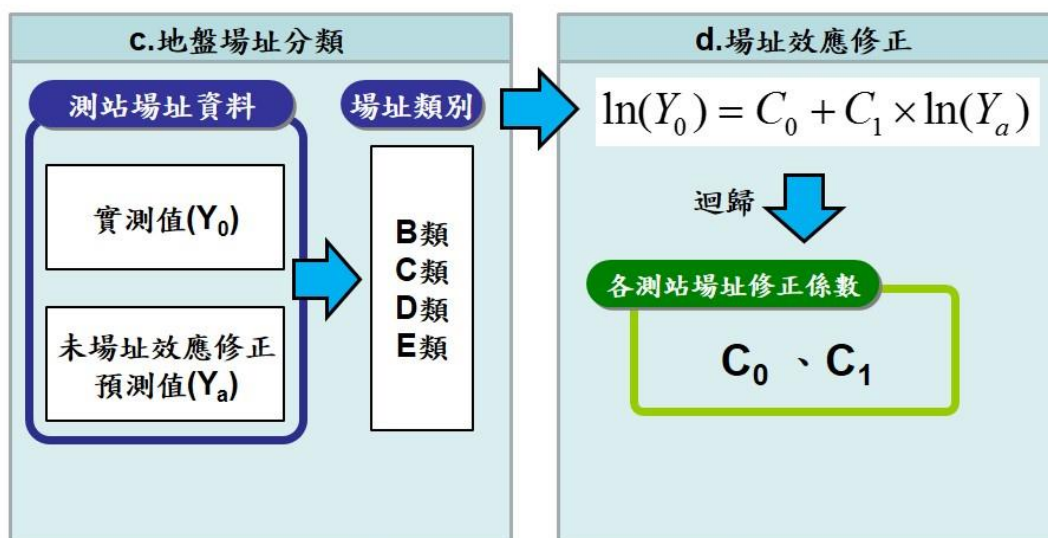
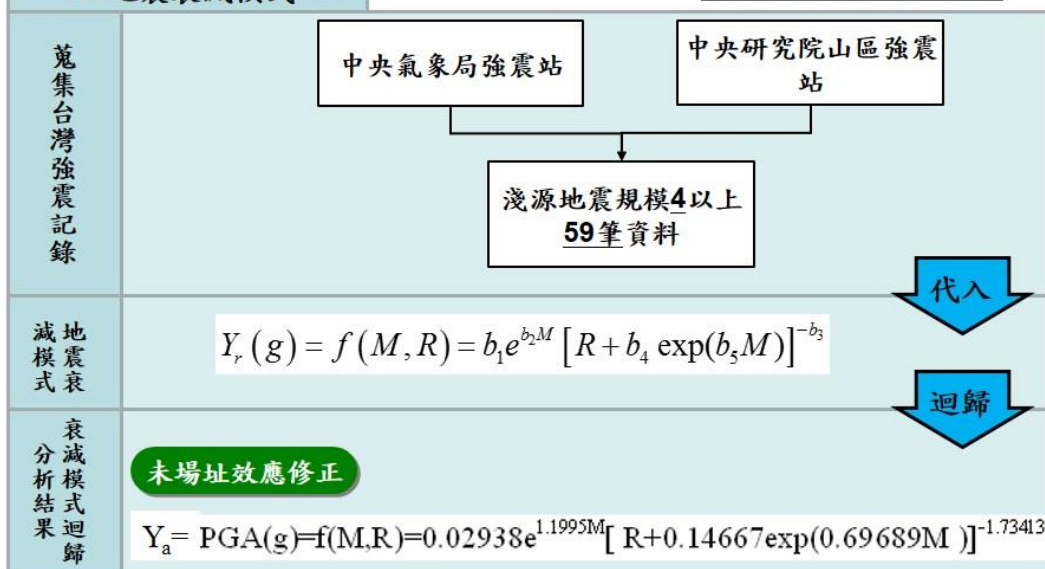
(資料來源：張毓文，2002)

台灣科技大學營建工程系

20

b.地震衰减模式

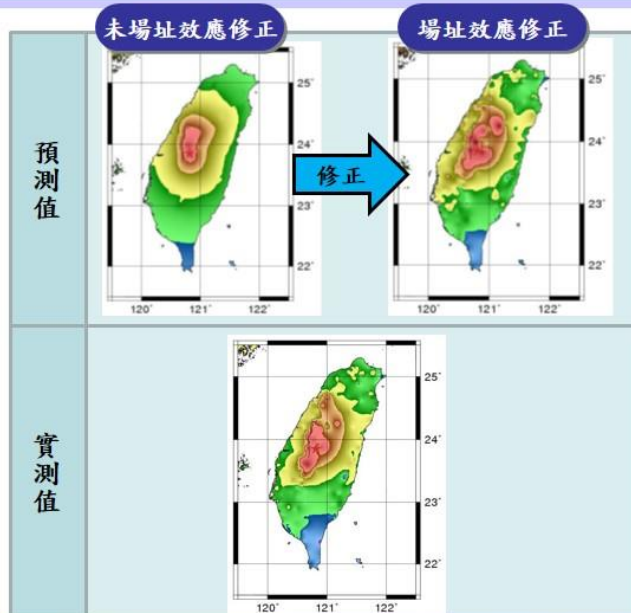
(資料來源：張毓文，2002)



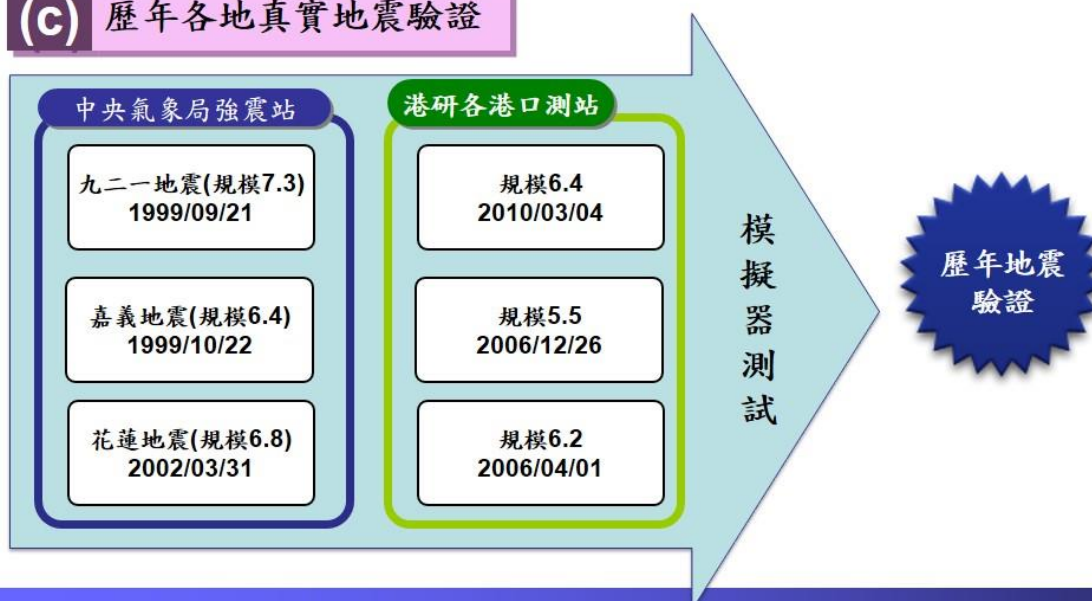
(b) 模式測試

集集大地震為例，衰減公式考慮場址效應進行分析。更趨近實際觀測值。

(資料來源：張毓文，2002)



(c) 歷年各地真實地震驗證

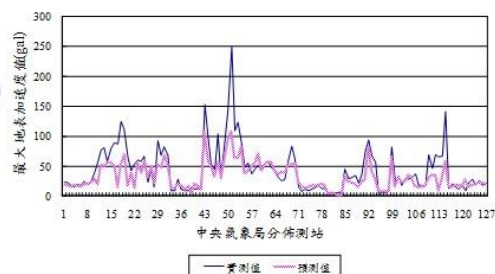


(c) 歷年各地真實地震驗證

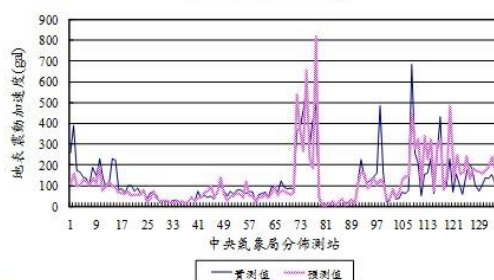
中央氣象局強震站

圖示中 X 軸為 測站代碼
Y 軸為 個測站量測之最大PGA
地震模擬器與測站量測結果PGA
趨勢相近

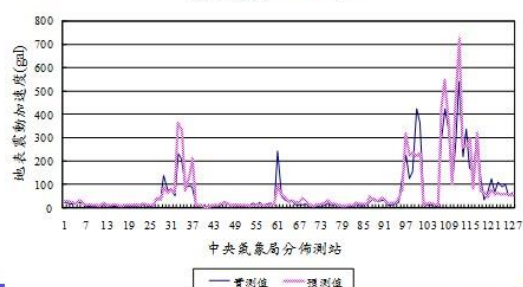
花蓮地震(2002.3.31)



集集地震(1999.09.21)



嘉義地震(1999.10.22)



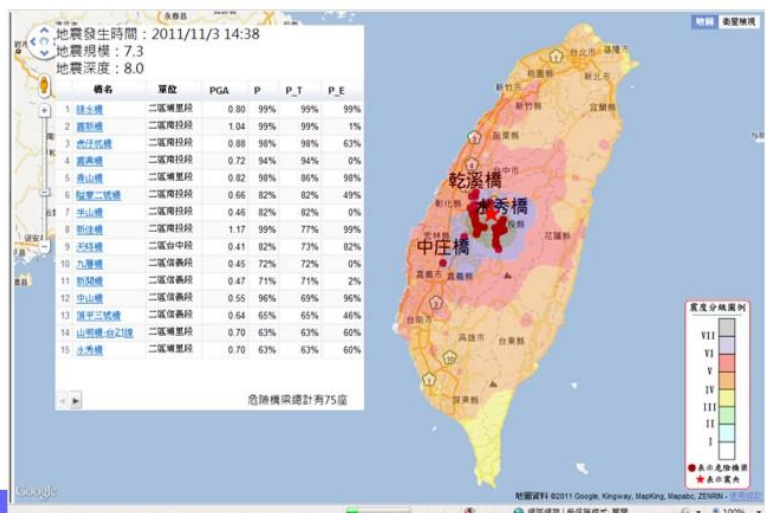
(c) 歷年各地真實地震驗證

港研各港口測站

港研測站	規模6.4 2010/03/04		規模5.5 2006/12/26		規模6.2 2006/04/01	
	實測值 PGA(g)	預測值 PGA(g)	實測值 PGA(g)	預測值 PGA(g)	實測值 PGA(g)	預測值 PGA(g)
蘇澳港	0.01	0.002	-	2E-04	0.004	0.002
台北港	0.007	0.009	-	8E-04	0.004	0.007
臺中港	0.038	0.016	0.002	0.003	-	0.011
布袋港	0.127	0.06	-	0.004	0.025	0.024
安平港	0.083	0.082	0.007	0.006	0.023	0.027
高雄港	0.073	0.047	0.016	0.011	0.025	0.021

(d) GIS圖層顯示

TRENDS整合上述評估結果，畫出震度分級圖並套疊在Google Map上。



(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

迴歸
誤差

選取芮氏規模5.0~7.5的地震，包含近年之地震主震。

採用符合上述條件地震所觸發的測站歷時紀錄，包含全部即時站的地震紀錄及25公里以內的自由場強震站之地震紀錄，以避免迴歸分析時權重不一的現象。

場址資
料不完
整

由於中央氣象局測站多集中架設於都會區屬於沖積層，使得場址特性並無完整的參考資料。

納入交通部運輸研究所港研中心提供「蘇澳港、臺北港、臺中港、布袋港、安平港、高雄港」之測站資料，篩選可用部份進行迴歸分析，以獲取合適之場址放大效應。

2

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證
橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

納入交通部運輸研究所港研中心提供各港之測站資料，篩選可用部份進行迴歸分析，以獲取合適之場址放大效應。

2011年~2015年各港區量測地震紀錄共208筆(節錄)

測站代號	地震時間	港區測站資料					中央氣象局地震資料				
		PGA	Intensity	XPeak	YPeak	ZPeak	經度	緯度	深度	規模	地震編號
KAH	2011-03-20 16:01:32	5.442677	2.671625	5.283649	5.442677	2.434502	121.38	22.44	27.5	5.8	第029號
TCC	2011-08-12 06:08:10	3.681958	2.332158	1.377703	3.681958	2.92467	121.62	23.8	32.4	4.8	第123號
KAH	2011-09-09 11:27:33	1.957187	1.783265	1.161142	1.957187	0.644774	120.99	22.31	10.4	5	第129號
SUO	2011-10-30 11:24:53	3.740701	2.345906	3.357394	3.740701	1.965345	123.16	25.31	215.8	6.3	第147號
SUO	2011-10-31 23:17:32	3.626189	2.318901	3.626189	3.236678	2.376881	121.94	24.84	92.1	5	第148號
BUD	2011-11-06 17:36:47	7.23024	2.918305	7.23024	3.12982	2.04281	120.33	23.25	9.9	4	第151號
SUO	2011-12-04 18:13:22	13.70471	3.473739	11.51696	13.70471	4.960312	122.05	24.66	62.8	4.9	第164號
TPI	2011-12-08 06:07:26	5.594944	2.695591	3.189932	5.594944	2.137484	121.53	24.54	61	4.4	第166號
TCC	2011-12-14 19:13:31	3.994046	2.402826	3.775537	2.129449	3.994046	121.8	23.85	41.9	4.7	第169號
SUO	2011-12-15 08:36:11	3.35925	2.252485	3.35925	2.4942	1.323777	121.77	23.72	32.8	4.6	第170號
SUO	2012-01-04 15:00:23	1.916626	1.765075	1.916626	1.689341	1.222501	121.6	23.97	7.4	4.7	第002號

2

橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

加入新的地震資料(1991~2012)與國震的舊資料(1991~2010)做整合並加入港區之地震資料(2010~2015)分析第一階段衰減公式之新係數。

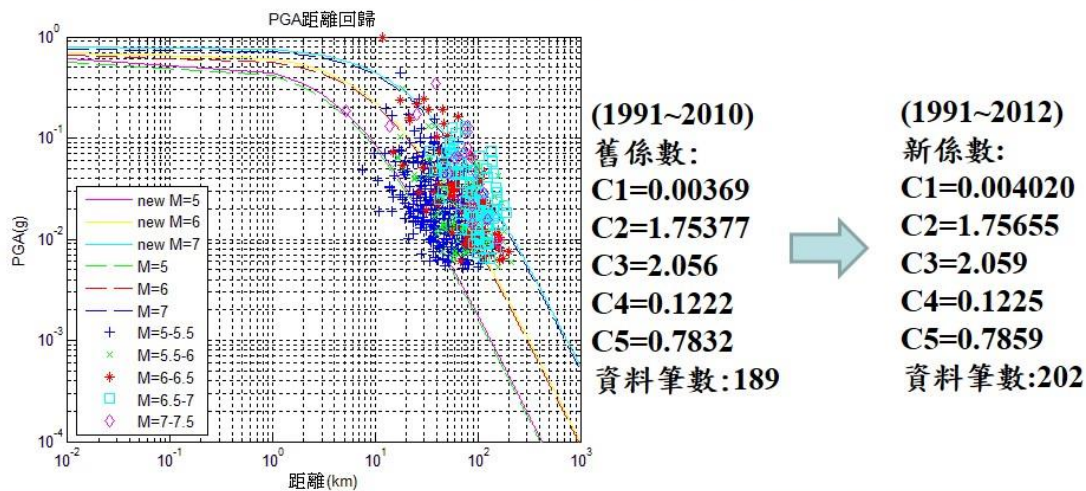
篩選條件:

1. 規模5以上之強震站資料
2. 資料場址剪力波(V_{s30})須大於360m/s(堅硬地盤)
3. 該測站須位於距震央30km之範圍內
4. 扣除台北及宜蘭盆地(考慮場址放大效應)
5. PGA取南北向與東西向乘積之平分根值

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

由於資料筆數增加不多，故與舊資料之係數較為接近。



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

更新第二階段場址效應修正係數。

• 篩選條件:

1. 考慮所有規模大於4之即時站、強震站資料。
2. 每個測站的資料筆數須大於5筆
(由於布袋港的地震資料僅有1筆，故無法回歸)。
3. 回歸方法:
 - (1) 採用兩軸取自然對數建立線性關係
 - (2) 雙線性
 - (3) 將原有線性關係往上偏移一個平均誤差
4. 由於和場址有關，故將分析分為港區及非港區。

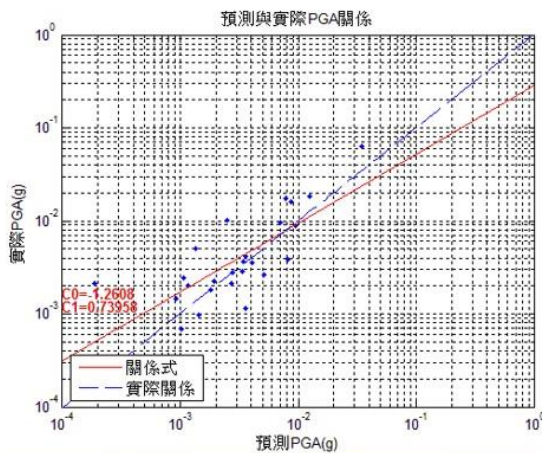
2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-線性(港區)

• 港研測站回歸結果:

(一)安平港(ANP)



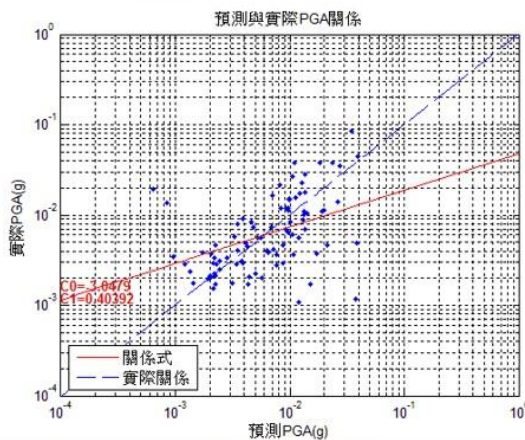
33

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

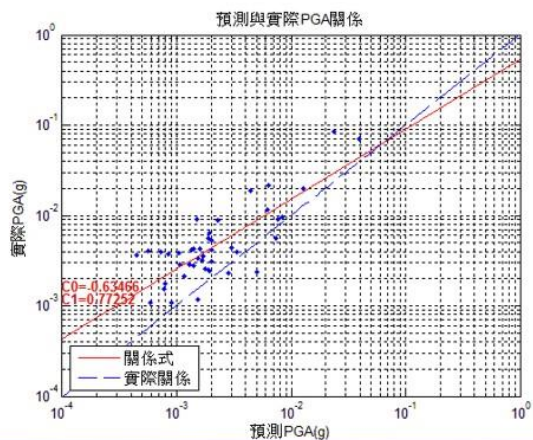
(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-線性(港區)

(二)蘇澳港(SU0)



(三)臺中港(TCC)

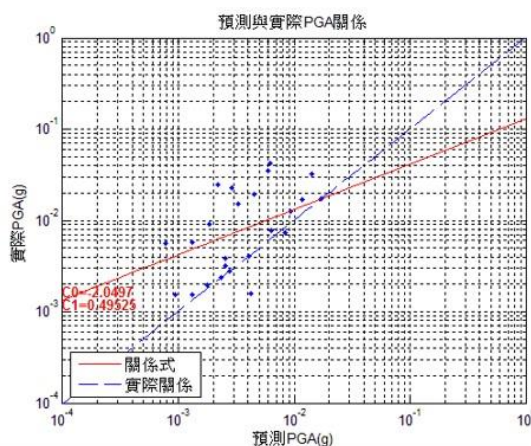


2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

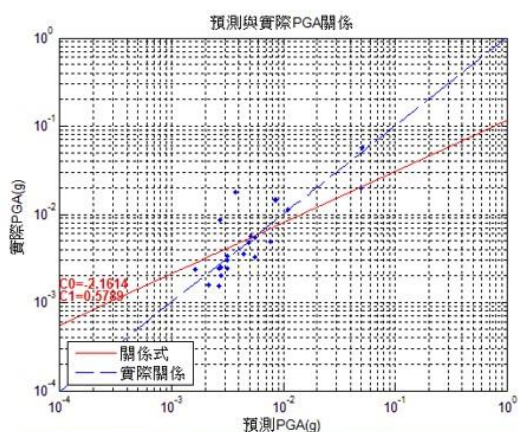
(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-線性(港區)

(四) 臺北港(TPI)



(五) 高雄港(KAH)



台灣科技大學營建工程系

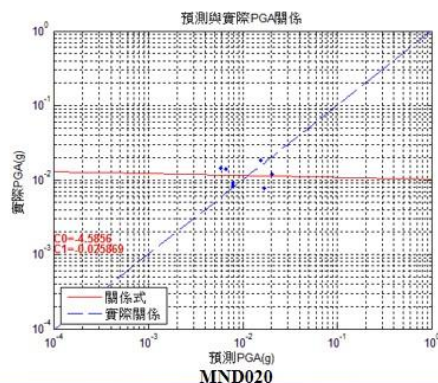
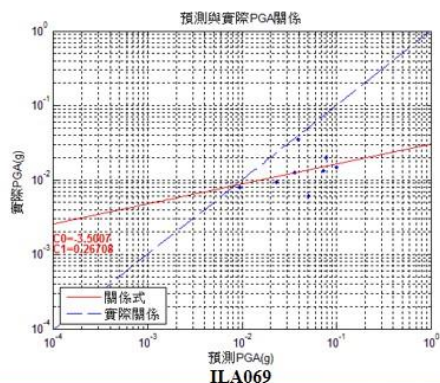
35

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-線性(非港區)

由於線性回歸會根據資料點的位置進行回歸，即使測站有回歸出係數，仍要看該回歸線的正確性，
下圖為回歸不好的例子：



台灣科技大學營建工程系

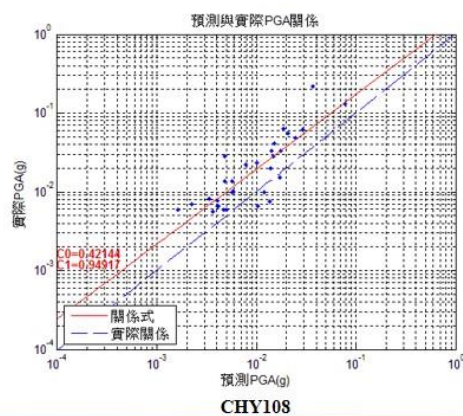
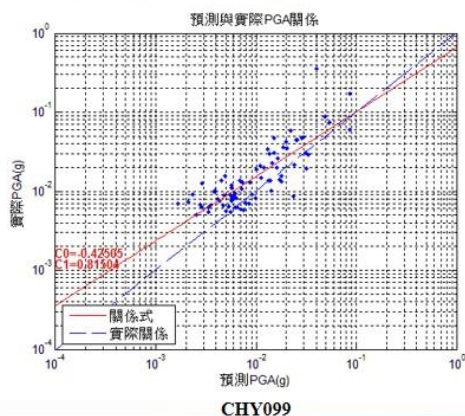
36

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-線性(非港區)

因此資料點的數量多一點較可以確保正確性，以及資料點數的分散性。
下圖為回歸比較好的例子：



台灣科技大學營建工程系

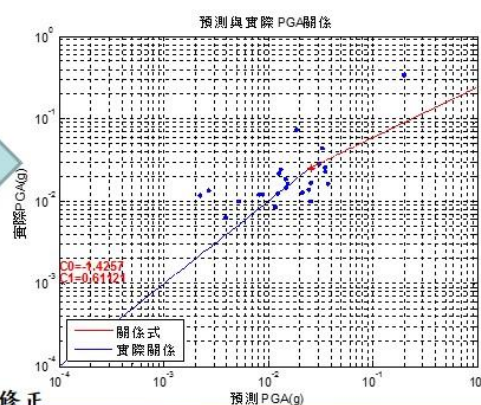
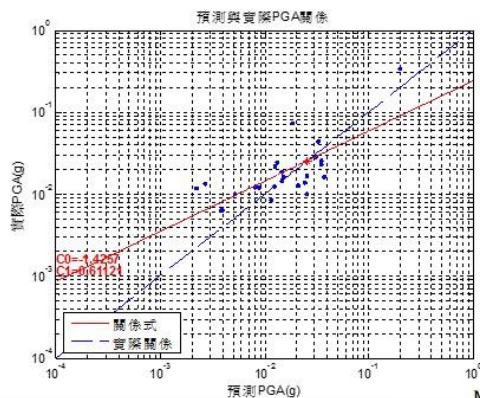
37

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-雙線性(非港區)

由圖中可看出測站NST在交點前之預測都會低估，因此在有交點且會有低估情形的測站，在交點之前（小於該點之PGA）後皆以藍色關係式取代，即不考慮場址效應。



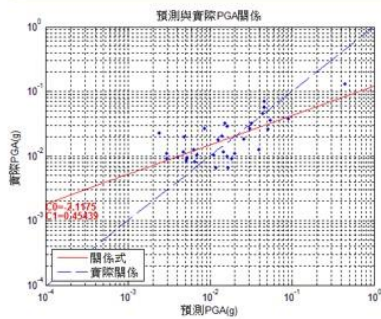
NST測站修正

台灣科技大學營建工程系

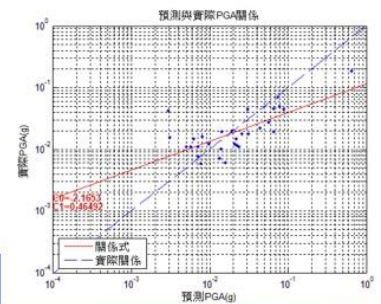
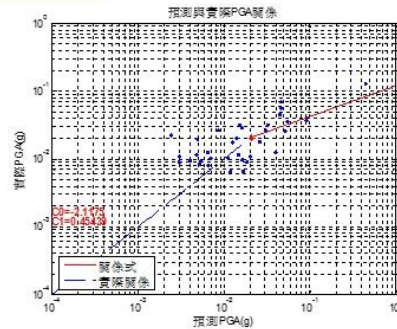
38

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

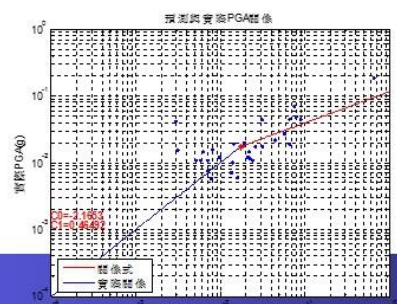
第二階段回歸結果-雙線性(非港區)



NSY測站修正



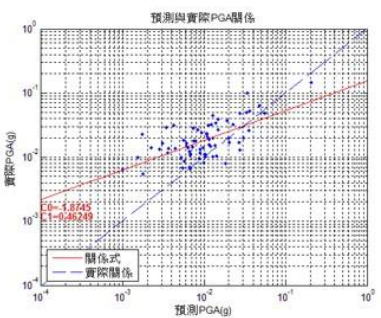
TCU測站修正



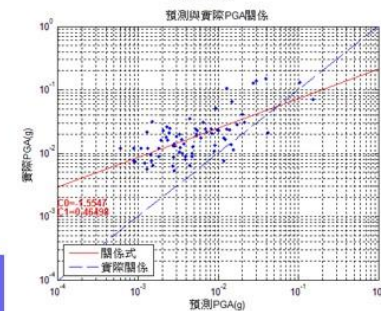
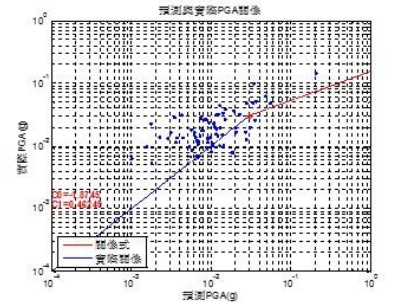
39

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

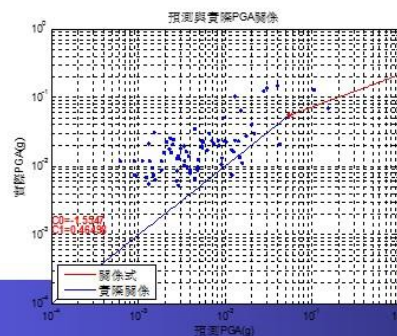
第二階段回歸結果-雙線性(非港區)



CHY測站修正



WSF測站修正



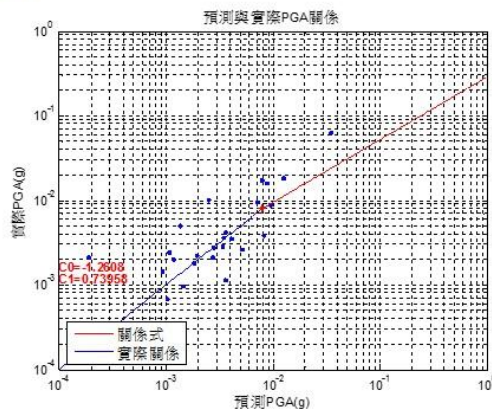
40

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-雙線性(港區)

(一) 安平港(ANP)



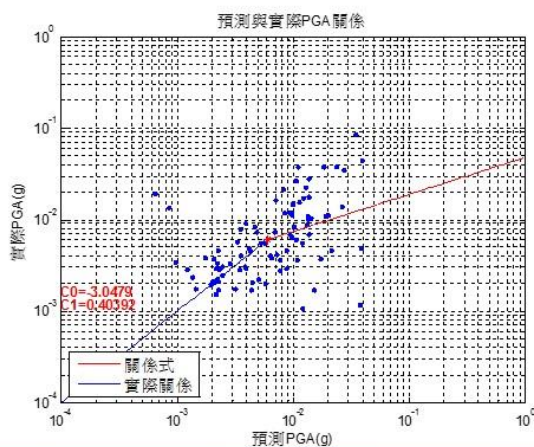
資料筆數:25
C0=-1.2608
C1=0.73958
轉折處:7.743(gal)
港口測站
無舊場址係數

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

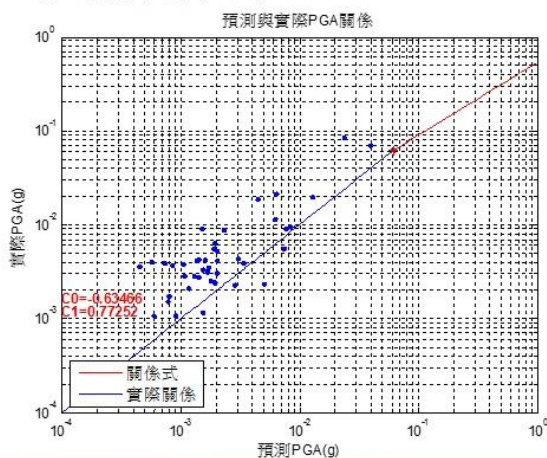
(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-雙線性(港區)

(二) 蘇澳港(SUO)



(三) 臺中港(TCC)

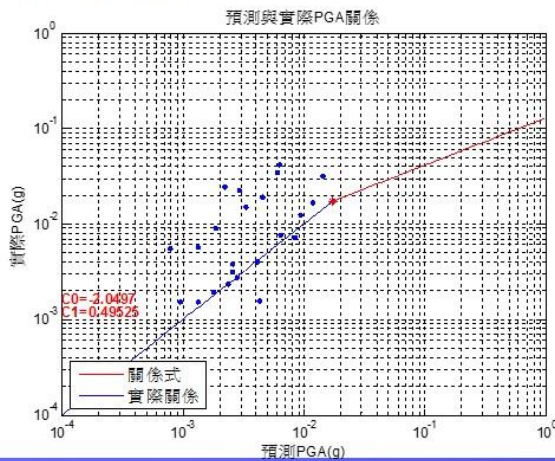


2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

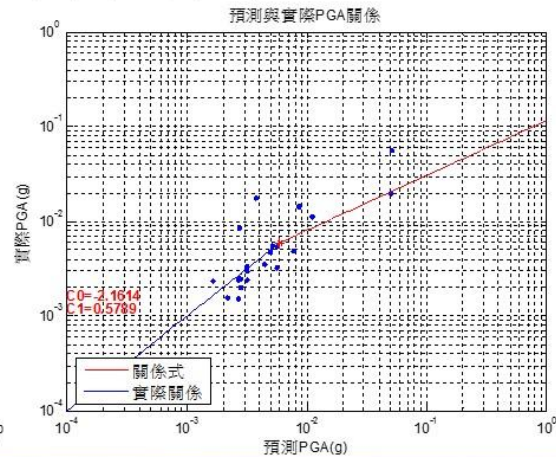
(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-雙線性(港區)

(四)臺北港(TPI)



(五)高雄港(KAH)



台灣科技大學營建工程系

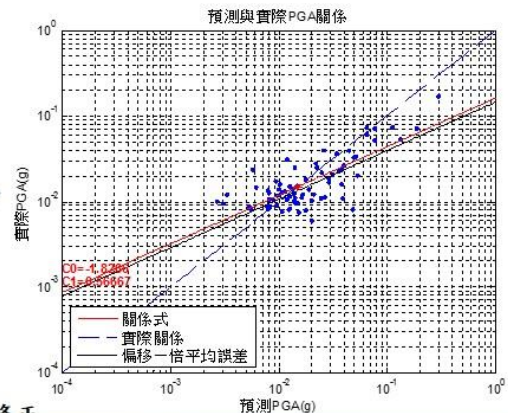
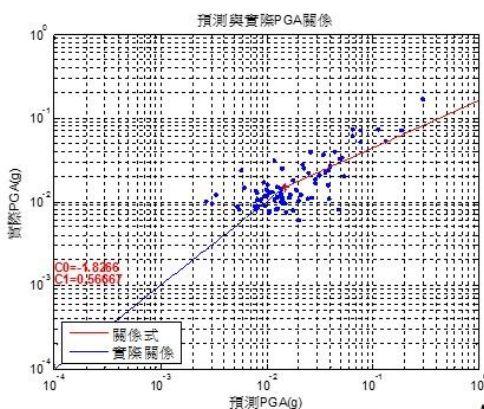
43

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-偏移誤差(非港區)

以實際除預測值之值平均減一倍誤差用來平移場址之關係式，解決兩段線性太過高估的問題，如圖中黑線部分。



ALS測站修正

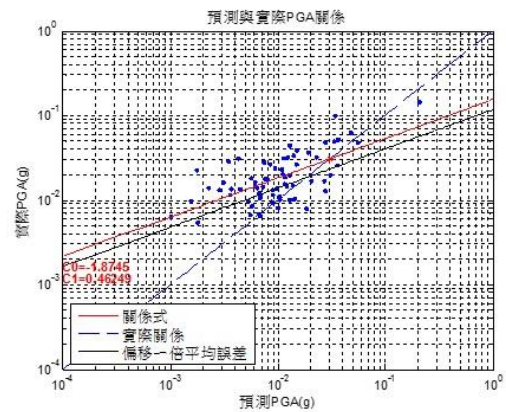
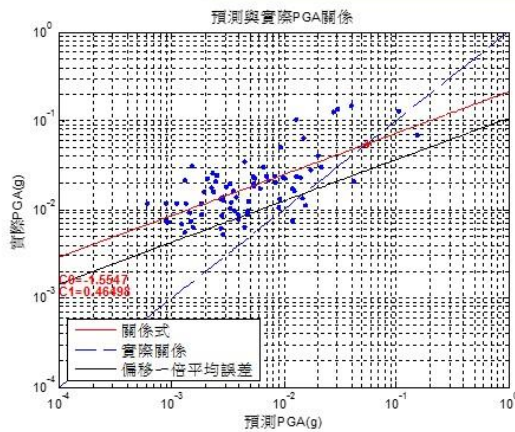
台灣科技大學營建工程系

44

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

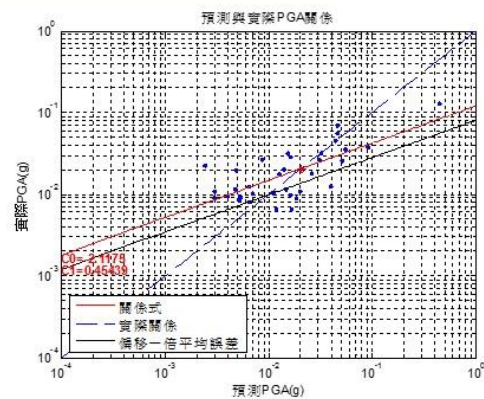
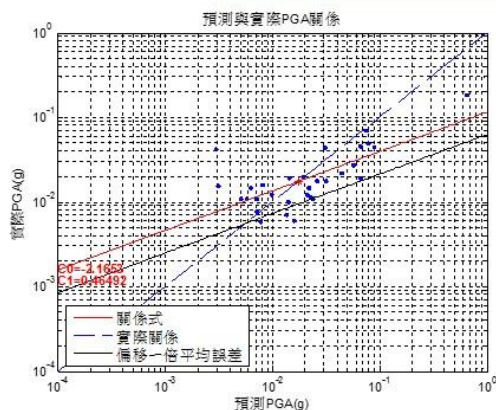
第二階段回歸結果-偏移誤差(非港區)



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-偏移誤差(非港區)

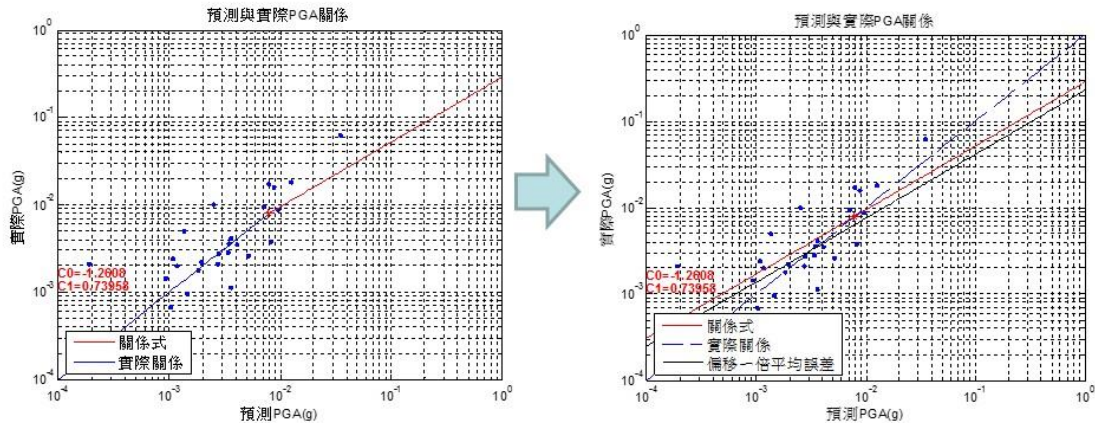


2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-偏移誤差(港區)

(一) 安平港(ANP)

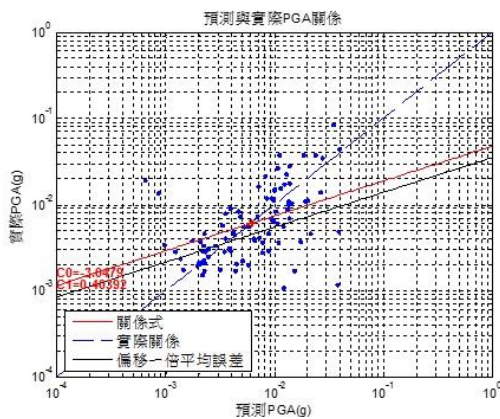


2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

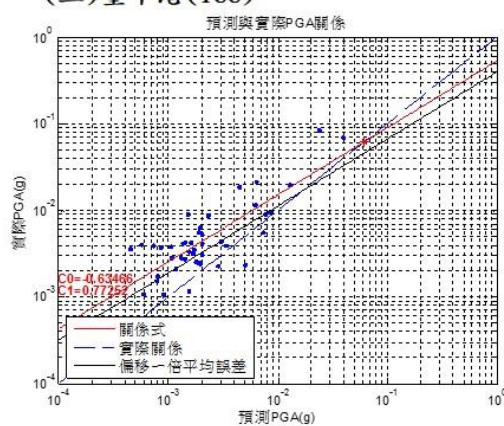
(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-偏移誤差(港區)

(二) 蘇澳港(SU0)



(三) 臺中港(TCC)

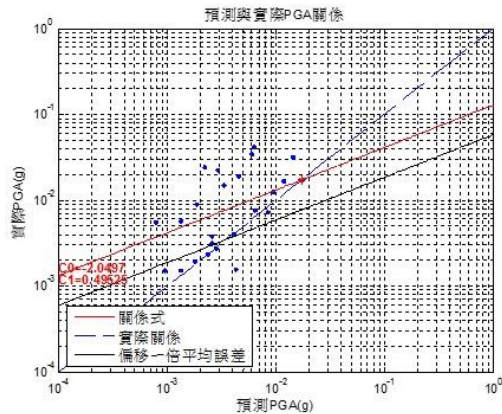


2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

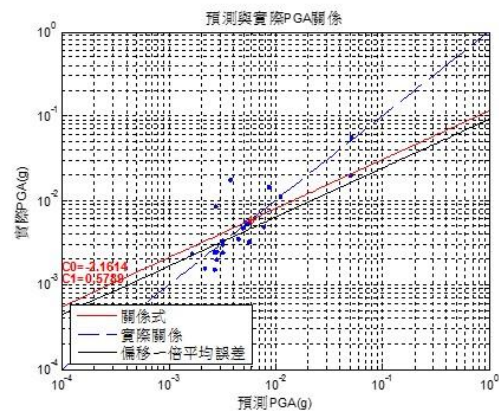
(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

第二階段回歸結果-偏移誤差(港區)

(四) 臺北港(TPI)



(五) 高雄港(KAH)



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

新舊場址係數之比較

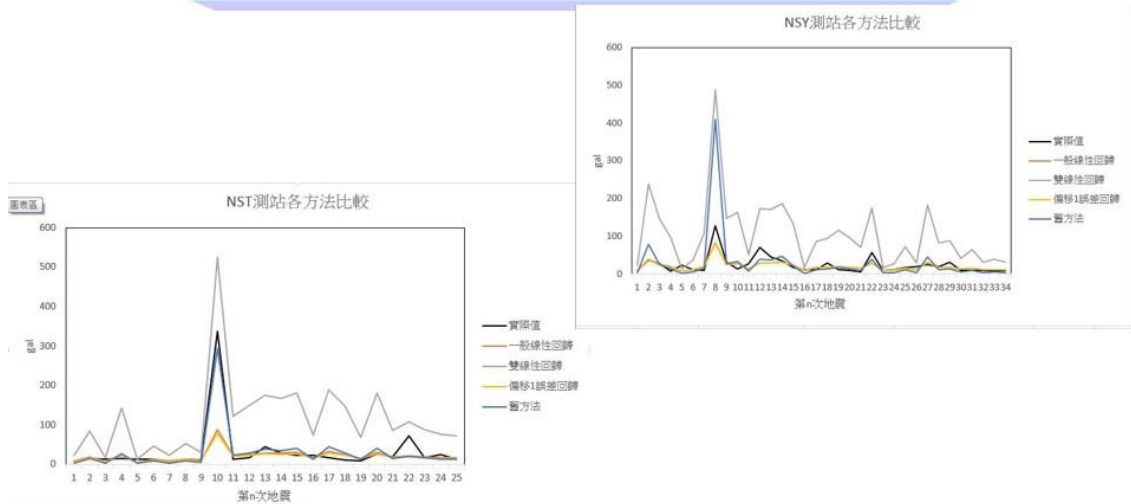
以921主震之測站資料進行新舊場址係數的比較，選擇條件如下：

1. 範圍在50km以內之測站。
2. 以中震度(25gal~80gal)以上作為選擇條件。
3. 共有NSY、TCU、CHY、WSF、NST、ALS等六個測站。

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

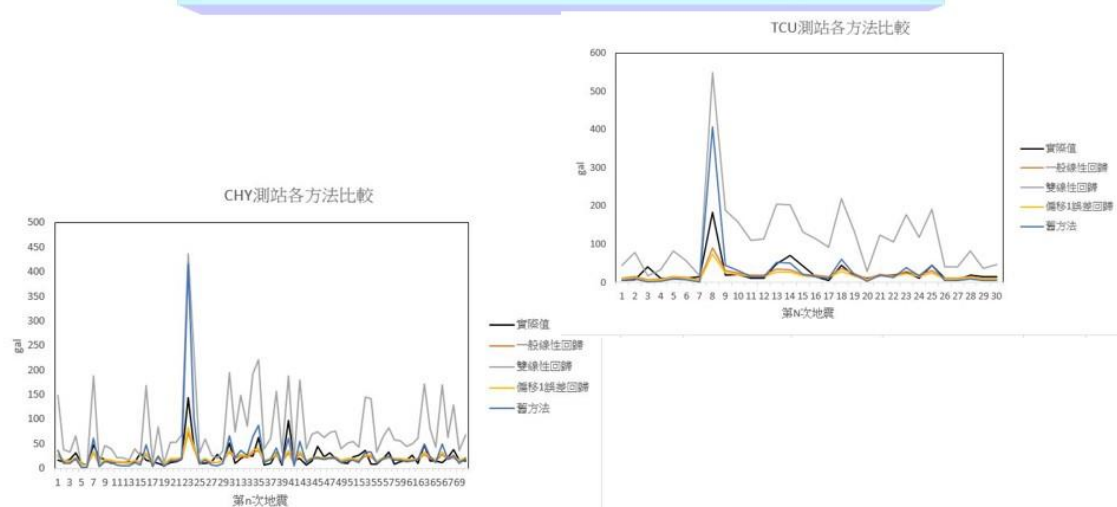
新舊場址係數之比較-非港區



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

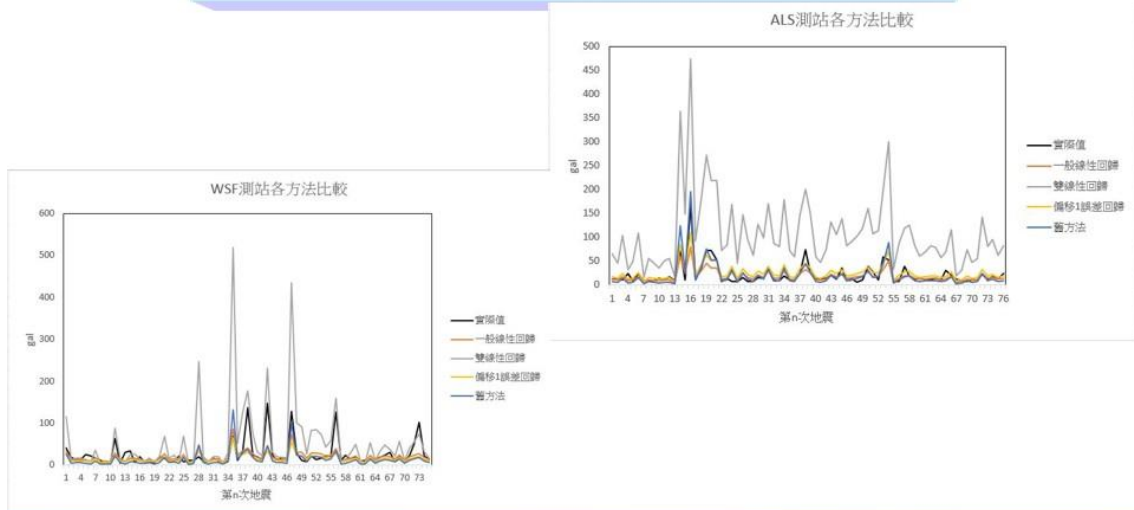
新舊場址係數之比較-非港區



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

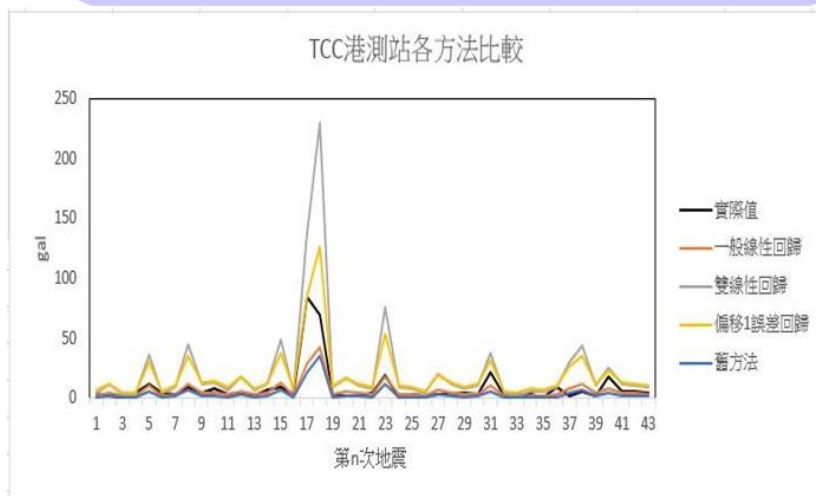
新舊場址係數之比較-非港區



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

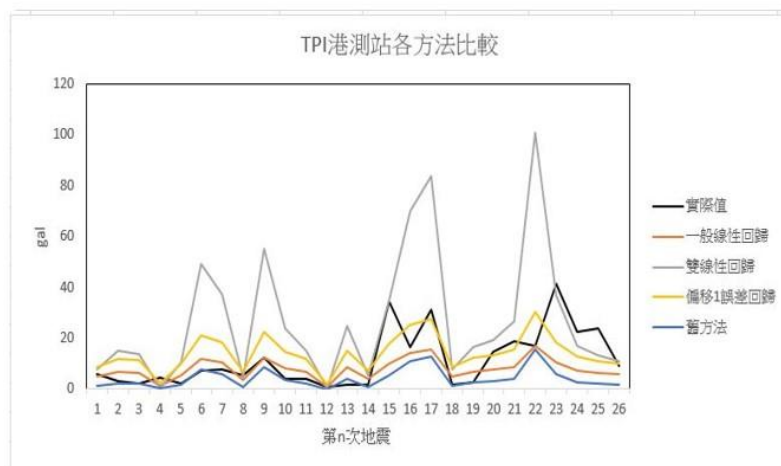
新舊場址係數之比較-港區



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

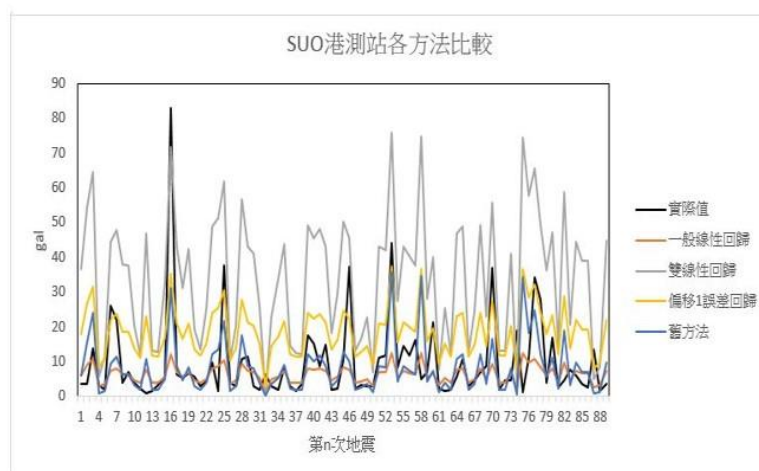
新舊場址係數之比較-港區



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

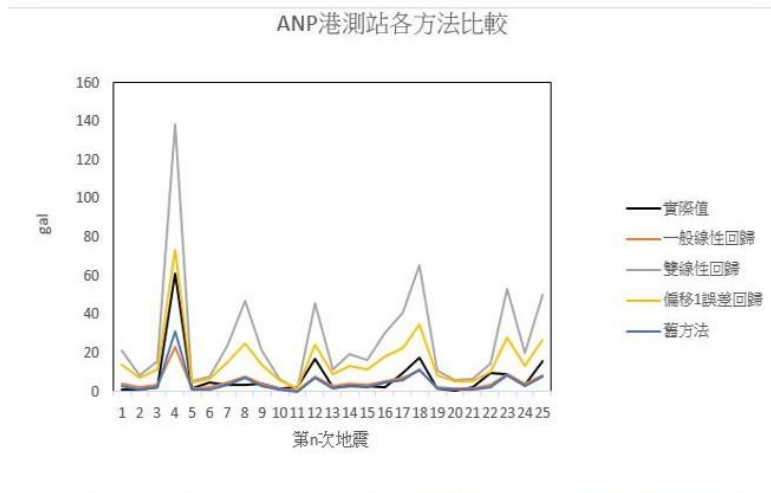
新舊場址係數之比較-港區



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

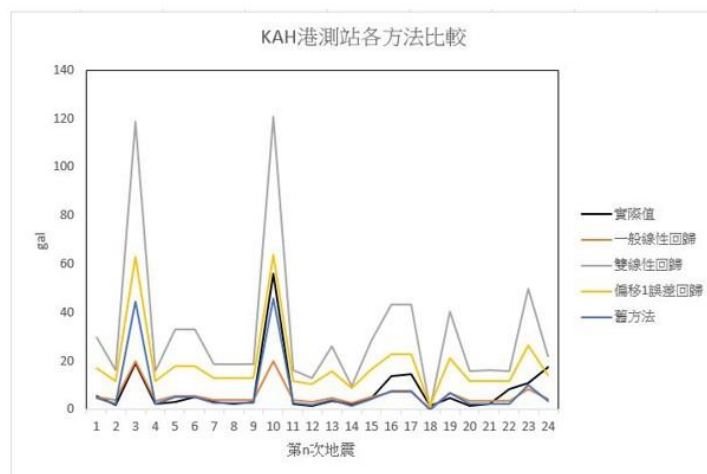
新舊場址係數之比較-港區



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

新舊場址係數之比較-港區



2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

新舊場址係數之比較-圖表

非港區	回歸方法	一般線性回歸	雙線性回歸	偏移1誤差回歸	舊方法
資料筆數	測站代號	誤差			
25	NST	-32%	261%	10%	48%
34	NSY	-15%	340%	7%	23%
30	TCU	-19%	348%	2%	21%
70	CHY	-15%	258%	4%	25%
75	WSF	-20%	116%	3%	-45%
76	ALS	-14%	394%	25%	-7%

負表示低估，正表示高估，
舊方法港區為國震不考慮場址之
C1~C5，非港區則是以前的C0~C1。

表中可以看出一般回歸的平均誤差
會低估，與該測站有的資料有關，
並非所有測站皆低估；而雙線性則
是要將測站低估的地震放大，但在
轉折後有些資料會過於高估；偏移
一倍誤差則是在有些大地震過於高
估的情況可以明顯改善，但如果該
測站資料太過分散，會使得偏移之
距離過大，使其更為高估。

港區	回歸方法	一般線性回歸	雙線性回歸	偏移1誤差回歸	舊方法
資料筆數	測站代號	誤差			
25	ANP港	-31%	272%	11%	-37%
89	SUO港	-34%	257%	10%	-14%
43	TCC港	-25%	174%	12%	-58%
26	TPI港	-31%	137%	24%	-64%
24	KAH港	-27%	296%	13%	-9%

2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證

(e) 提升地表震動分析模式預測之準確度

新舊場址係數之比較-結論

• 第一階段迴歸分析：

由於近距離地震資料少的關係，會使得小於25公里的地震有明顯差異。
對較硬之岩盤會高估PGA，在軟弱的地盤則是會低估該測站PGA，原因
因為每個測站都有該場址性質，因此需進行第二階段修正。

• 第二階段誤差：

1. 線性迴歸的誤差雖較小，在大地震部分有低估的情形
2. 雙線性則是可以改善上述情況，部分測站有明顯高估的情形
3. 誤差修正迴歸可改善誤差。如果要得到更精確的預測值，須根據每個測站的性質進行修正。

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析 模式之建立研究(1/2)」研究成果

颱洪前:6/2至宜蘭舊東澳與蘭陽大橋進行現場振動量測

颱洪後:8/17至宜蘭舊東澳與蘭陽大橋進行現場振動量測

藉由振動量測回傳TRENDS機制，可彙整量測結果。

現場振動量測畫面

橋梁編號	橋梁名稱	橋梁類型	工程處	工程段	所在鄉鎮	所在橋樑	量測日期
301-0310-125A	東澳大橋	P1	二區	台中	台中縣	東勢	2011/12/18 10:00
304-1175-002	花內坑一號橋	P1	二區	南投	彰化縣	二水	2011/12/11 17:20
301-2131-046A	三義橋樑	P1	二區	苗栗	苗栗縣	三義	2011/12/16 08:00
302-1125-001A	豐中橋	P1	二區	台中	台中市	大甲	2011/12/11 10:00

TRENDS列出轄區內橋梁振動頻率量測記錄

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析 模式之建立研究(1/2)」研究成果

橋梁振動檢測暨訊號分析系統版面主要分成5大部分：橋梁資料、時間紀錄、振動訊號自動下載、Google Map地圖、分析前後資料表格。

橋梁振動檢測暨訊號分析系統版面主要分成5大部分：橋梁資料、時間紀錄、振動訊號自動下載、Google Map地圖、分析前後資料表格。

橋梁編號	橋梁名稱	橋梁類型	開始記錄時間	結束記錄時間	記錄時間(秒)	備註
*						

3

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析 模式之建立研究(1/2)」研究成果

1. 選取工程處、工務段、所在鄉鎮、橋梁名稱、車輛行進方向、橋墩編號如左圖。
2. 完成選取後，系統版面左下角會顯示Google Map地圖（右圖）。

3

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析 模式之建立研究(1/2)」研究成果

完成一座橋墩的時間記錄，系統會自動記錄在下方表格

3

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析 模式之建立研究(1/2)」研究成果

完成後會儲存分析結果，同時透過3G無線網路傳輸方式匯入至TRENDS。

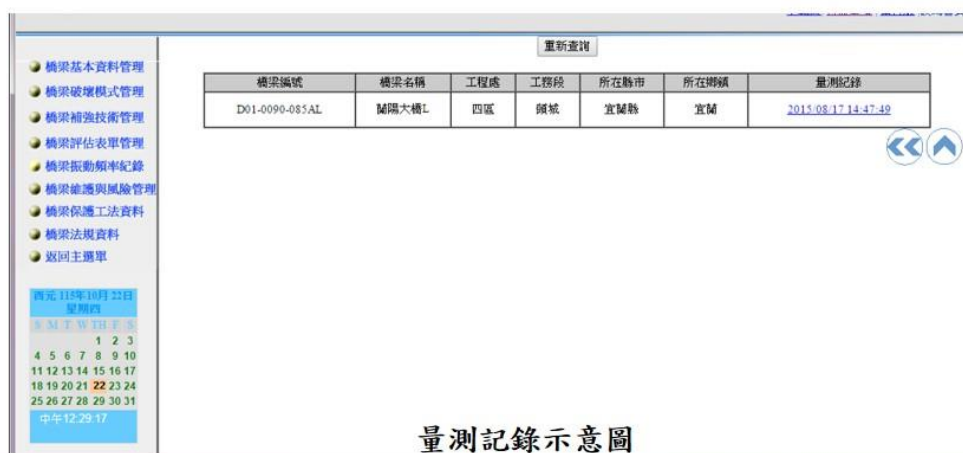


回傳紀錄至TRENDS

3

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析 模式之建立研究(1/2)」研究成果

以四區工程處為例，可篩選列出四區工程處轄區內橋梁振動頻率量測記錄。



量測記錄示意圖

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析 模式之建立研究(1/2)」研究成果

以蘭陽大橋為例，點選量測記錄後，將列出此橋梁歷次量測資料值。

- 橋系基本資料管理
- 橋梁載重模式管理
- 橋梁補強技術管理
- 橋梁評估表單管理
- 橋梁振動頻率記錄
- 橋梁耐撞與風險管理
- 橋梁保護工法資料
- 橋梁法規資料
- 返回主選單

蘭陽大橋-振動頻率量測歷史紀錄
頻率對照基準點

X向第一振態基準平均值(Hz)	Y向第一振態基準平均值(Hz)	Z向第一振態基準平均值(Hz)
-	-	-

選擇對照基準點	車號	量測時間	X向第一振態(Hz)	X向R值	Y向第一振態(Hz)	Y向R值	Z向第一振態(Hz)	Z向R值	備註
☐	P1	2015/08/17 14:47:49	3.273		4.631		4.485		平時檢測
☐	P1	2015/06/02 15:41:09	3.223		4.312		4.285		平時檢測

[回到上一頁](#)

西元 115年 10月 22日
星期四

日 月 年 月 日 時 分 秒

1 2 3

4 5 6 7 8 9 10

11 12 13 14 15 16 17

18 19 20 21 22 23 24

25 26 27 28 29 30 31

中午 12:28:43

第三階段-TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證 整合「橋梁耐震能力與檢測評估分析 模式之建立研究(1/2)」研究成果

可自行選擇對照基準(複選)，系統將自動計算平均值，並與各次紀錄進行比較，計算得到R值，管理單位即可與橋梁臨界比值 R_c 進行比較，作為橋梁平時健康度檢測或災時開放通行之依據。

X向第一振態基準平均值(Hz)		Y向第一振態基準平均值(Hz)		Z向第一振態基準平均值(Hz)					
3.248		4.472		4.385					
選擇對照基準點	墩號	量測時間	X向第一振態(Hz)	X向R值	Y向第一振態(Hz)	Y向R值	Z向第一振態(Hz)	Z向R值	備註
☒	P1	2015/08/17 14:47:49	3.273	1.008	4.631	1.036	4.485	1.023	平時檢測
☒	P1	2015/06/02 15:41:09	3.223	0.992	4.312	0.964	4.285	0.977	平時檢測

[回到上一頁](#)



執行步驟-第四階段 TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證

1

整合「山區道路易致災路段
監測預警管制系統」研究成果

2

整合「道路邊坡滑動自動攝影
監測系統之研究」展示運用

1

第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證 整合「山區道路易致災路段 監測預警管制系統」研究成果

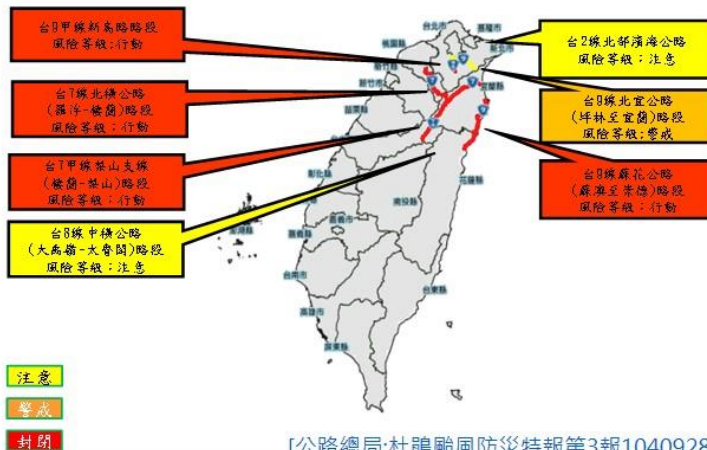
根據此計畫所定義各路段降雨基準上下限值及各路段修正結果，進行預警

路段名稱	降雨參數	發生可能性		台9南迴 起始樁號	台9南迴 終點樁號	權重 加總	累積雨量		降雨強度	
		30%(下限)	50%(上限)				上限 修正	下限 值	上限 修正	下限 值
台9線蘇花段	最大降雨強度 (mm/hr)	40	65							
	有效累積雨量(mm)	300	500							
台9線南迴段	最大降雨強度 (mm/hr)	15	25	395K+500	395K+890	-8.75	260	250	16	15
	有效累積雨量(mm)	250	450	395K+890	396K+360	5.96	325	250	19	15
台24線	最大降雨強度 (mm/hr)	20	35	396K+360	396K+620	5.96	325	250	19	15
	有效累積雨量(mm)	250	450	396K+620	397K+410	-8.75	260	250	16	15
台18線	最大降雨強度 (mm/hr)	15	25	397K+410	397K+575	5.96	325	250	19	15
	有效累積雨量(mm)	100	150	397K+575	398K+050	5.96	325	250	19	15
台21線	最大降雨強度 (mm/hr)	10	20	398K+050	398K+270	5.92	325	250	19	15
	有效累積雨量(mm)	200	350	398K+270	398K+380	1.78	305	250	18	15
台11線	最大降雨強度 (mm/hr)	25	40	398K+380	398K+400	1.78	305	250	18	15
	有效累積雨量(mm)	250	350	398K+400	398K+480	4.86	320	250	18	15

第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證 整合「山區道路易致災路段 監測預警管制系統」研究成果

以公路總局9/27杜鵑颱風防災特報第3報，檢討兩者差異

情境：27日17時30分已發布海上陸上颱風警報



路段	等級
台9甲線	行動(封閉)
台7線	行動(封閉)
台7甲線	行動(封閉)
台8線	注意
台2線	注意
台9線北宜	警戒
台9線蘇花	行動(封閉)

[公路總局:杜鵑颱風防災特報第3報1040928_1200]

第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證 整合「山區道路易致災路段 監測預警管制系統」研究成果

預警通報結果比較表

路段	等級	
	公路總局既有機制	山區道路易致災路段監測預警管制系統
台9甲線	行動(封閉)	未建置基本資料，無法進行分析
台7線	行動(封閉)	
台7甲線	行動(封閉)	
台8線	注意	
台2線	注意	
台9線北宜	警戒	
台9線蘇花	行動(封閉)	行動(封閉)
台9線南迴	未達標準	未達標準
台11線	未達標準	未達標準
台18線	未達標準	未達標準
台24線	未達標準	未達標準

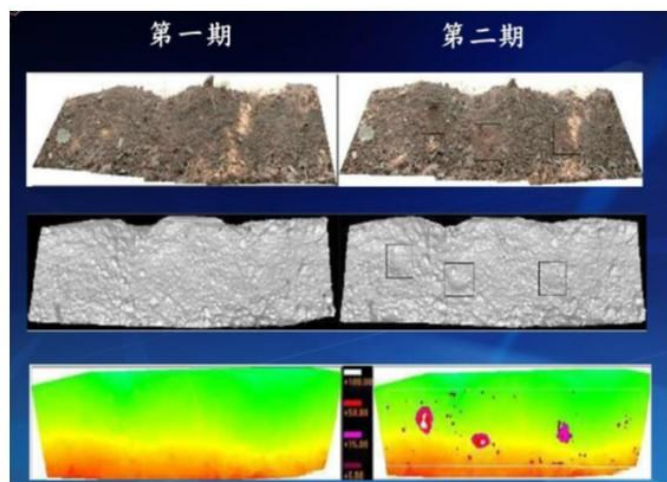
第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證
整合「山區道路易致災路段
監測預警管制系統」研究成果

異同分析表

異同	項目	公路總局既有機制	山區道路易致災路段監測預警管制系統
異	尺度問題	山區道路一小路段危險，就需封閉整條路線，符合 實務防災需求	切分小路段分析，更適合用於 災前風險分析 與評估 整治維護先後順序
同	封路標準	以杜鵑颱風為例，兩套系統結果相同，但山區道路易致災路段監測預警管制系統目前僅建置台9線蘇花、南迴段、台11、台18、台24線分析資料，後續可再持續擴充。	
	採用降雨來源	皆使用中央氣象局雨量資料	

第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證
整合「道路邊坡滑動自動攝影
監測系統之研究」展示運用

此計畫進行近景攝影，根據歷次DEM模型與比較結果。以下圖為例，即可根據第一期量測與第二期量測之比較結果，找出差異量。

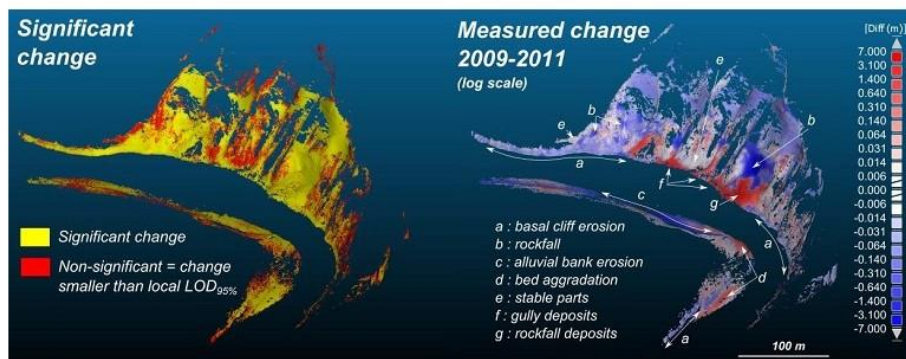


兩次攝影結果比較圖

第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證 整合「道路邊坡滑動自動攝影 監測系統之研究」展示運用

使用者在用戶端操作AgiPhotoScan製作3D圖資並使用CloudCompare進行前後期圖資比較。

系統讀取CloudCompare輸出檔自動上傳變位量至TRENDS系統中。

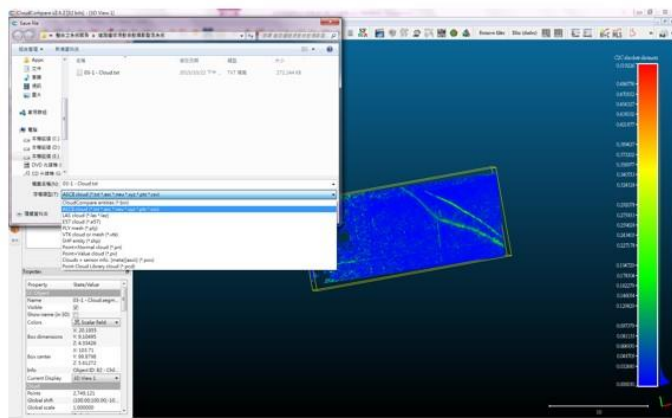


CloudCompare前後期變化比較範例圖

第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證 整合「道路邊坡滑動自動攝影 監測系統之研究」展示運用

CloudCompare中分析結果以ASCII格式儲存(開放架構)。

*不使用封閉式bin格式(CloudCompare預設)



CloudCompare差異比較圖



ASCII文字格式

第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證 整合「道路邊坡滑動自動攝影 監測系統之研究」展示運用

由ASCII檔案解析資料

座標、顏色、相對位移量等欄位

點位數量
(2749121)



ASCII文字格式(265mb)

程式抓取相對位移量

(C2C_absolute_distances)

No	X	Y	Z	C2C_absolute_distances
1	-6.22916	-0.37509	14.29407	0.519226
2	-6.24413	-0.37677	14.31014	0.508281
3	-6.23772	-0.36935	14.31311	0.50699
4	-6.22226	-0.3692	14.31018	0.505769
5	-6.25129	-0.3706	14.32525	0.499761
6	-6.23226	-0.38551	14.31651	0.496048
7	-6.26412	-0.36523	14.35461	0.480986
8	-6.27062	-0.38115	14.35065	0.479963
9	-6.25628	-0.36547	14.35585	0.47743
10	-6.25974	-0.3507	14.36398	0.477187

位移量較大前N筆點位資料(N暫定為100)

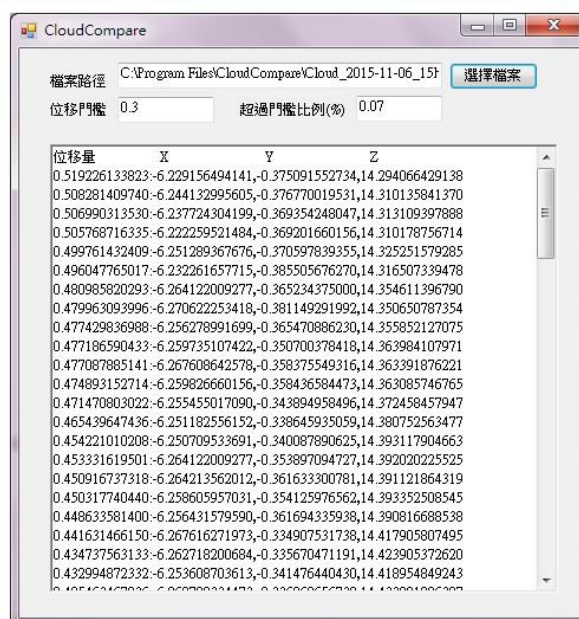
第四階段-TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證 整合「道路邊坡滑動自動攝影 監測系統之研究」展示運用

本計畫所開發程式可讀取
CloudCompare輸出ASCII
檔，如右圖所示。

依據使用者所設定之**位移門
檻值**，計算圖形中**超過門檻
位移量之比例**

邊坡管理單位可根據前後兩
期量測之比較結果：

例如**超過門檻值之數量或比
例**，進而評估此邊坡是否有
滑動或破壞之趨勢，做為是
否需採取預警行動之決策參
考



執行步驟-第五階段 橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

- 1 擬定橋梁耐震與耐洪分析之需求欄位
- 2 分析參數資訊整合模式流程
- 3 建置分析參數資料庫
- 4 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

1

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 擬定橋梁耐震與耐洪分析之需求欄位

彙整評估式過程中所需要的輸入參數，如1. 橋梁耐震能力評估(側推分析)、2. 沉箱基礎耐洪安全評估、3. 樁基礎耐洪安全評估分析模式所需參數

橋梁側推分析模式所需參數(節錄)

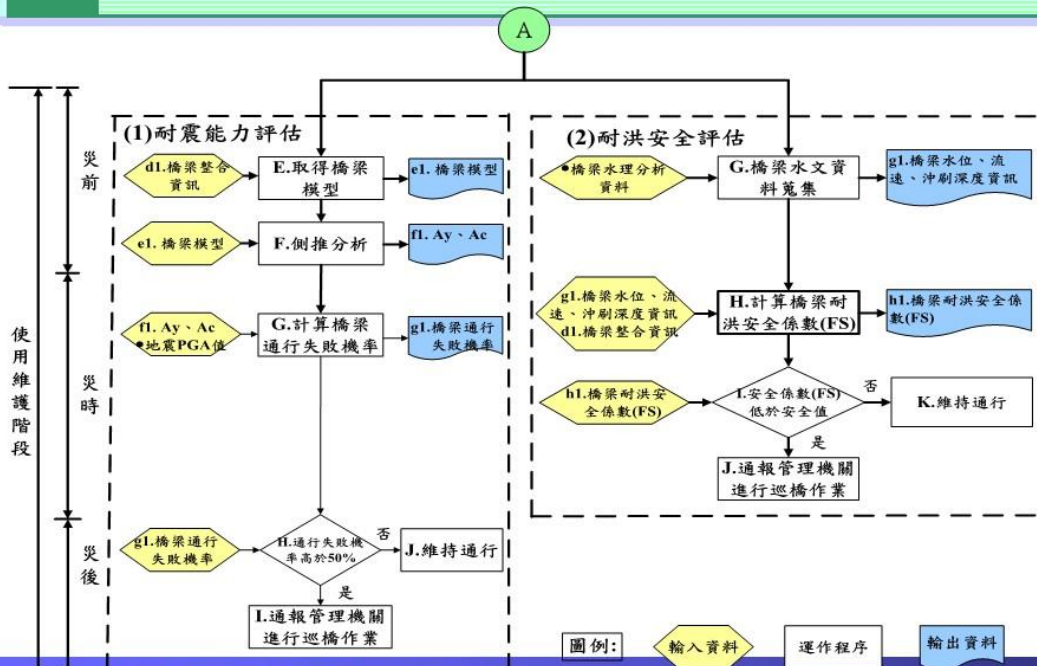
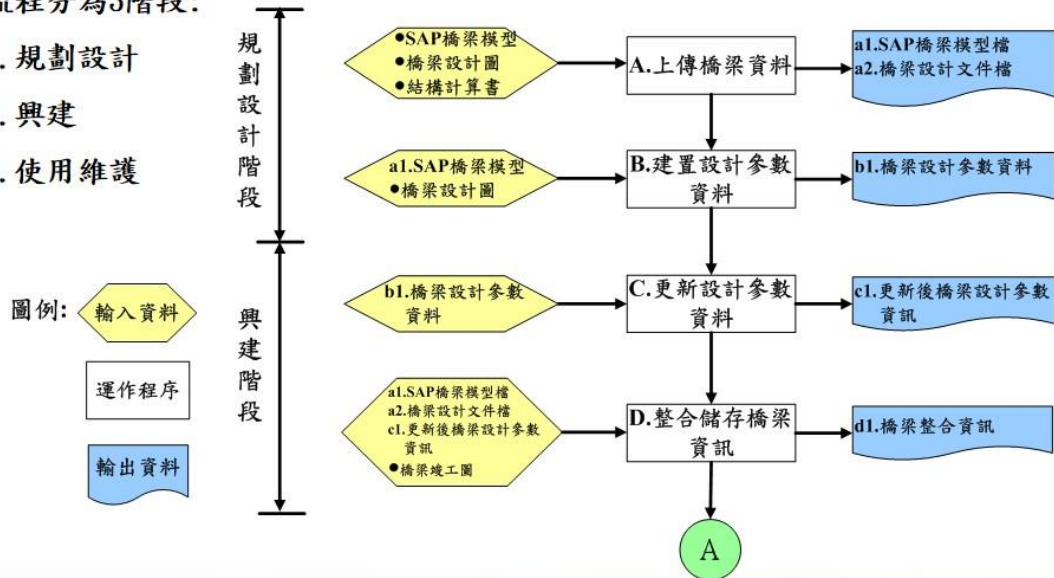
編號	參數	編號	參數
1	橋梁型式	.	.
2	橋跨數	76	被動土壓力係數(kp)
3	總橋長(m)	77	κ : 阻尼折減係數
4	橋墩跨徑(m)	78	a_{pi} : 容量震譜中任一點處譜加速度
5	不透風護欄高(m)	79	B_S : 短週期結構之阻尼比修正係數
6	混凝土單位重(t/m^3)	80	B_I : 一秒週期結構之阻尼比修正係數
7	箱型梁長度(m)	81	$\beta_{basic}(C)$: 初始有效阻尼比(%)
8	箱型梁寬度(m)	82	Fa : 反應譜等加速度段之工址地盤放大係數
9	箱型梁高度(m)	83	Fv : 反應譜等速度段之工址地盤放大係數
10	箱型梁混凝土抗壓強度(kgf/cm^2 ; MPa)	84	S_D^P : 震區堅實地盤短週期之設計地震水平譜加速度係數

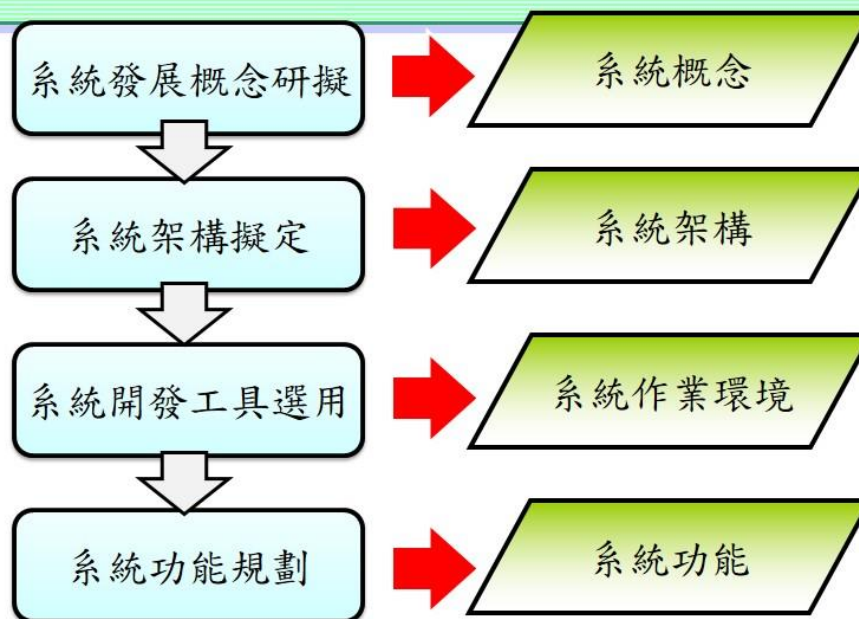
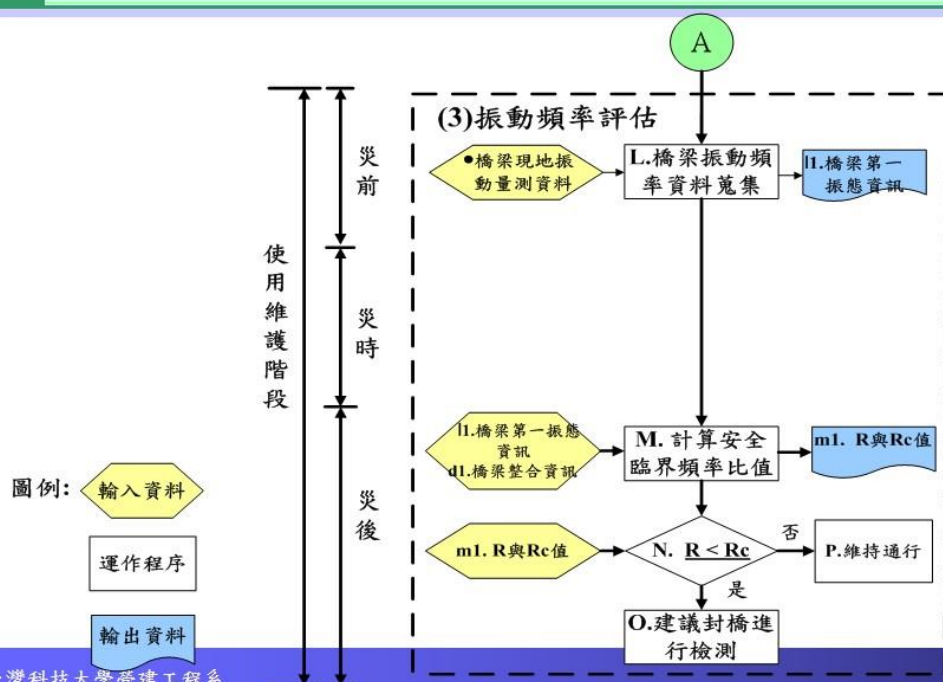
沉箱基礎耐洪安全評估
分析模式所需參數(節錄)

編號	參數	編號	參數
1	主動土壓力係數(ka)	.	.
2	被動土壓力係數(kp)	21	橋墩數量
3	沉箱基礎底面之形狀因素(α)	22	沉箱高度(m)
4	沉箱基礎底面之形狀因素(β)	23	沉箱寬(m)
5	沉箱支承力因素(N_c)	24	沉箱長度(m)
6	沉箱支承力因素(N_q)	25	沉箱全斷面積(m^2)
7	沉箱支承力因素(N_r)	26	沉箱內填物斷面積(m^2)
8	承載層土壤單位重(t/m^3)	27	橋墩水流作用力常數
9	承載層土壤凝聚力	28	沉箱水流作用力常數
10	承載層土壤摩擦角	29	沉箱厚度(m)

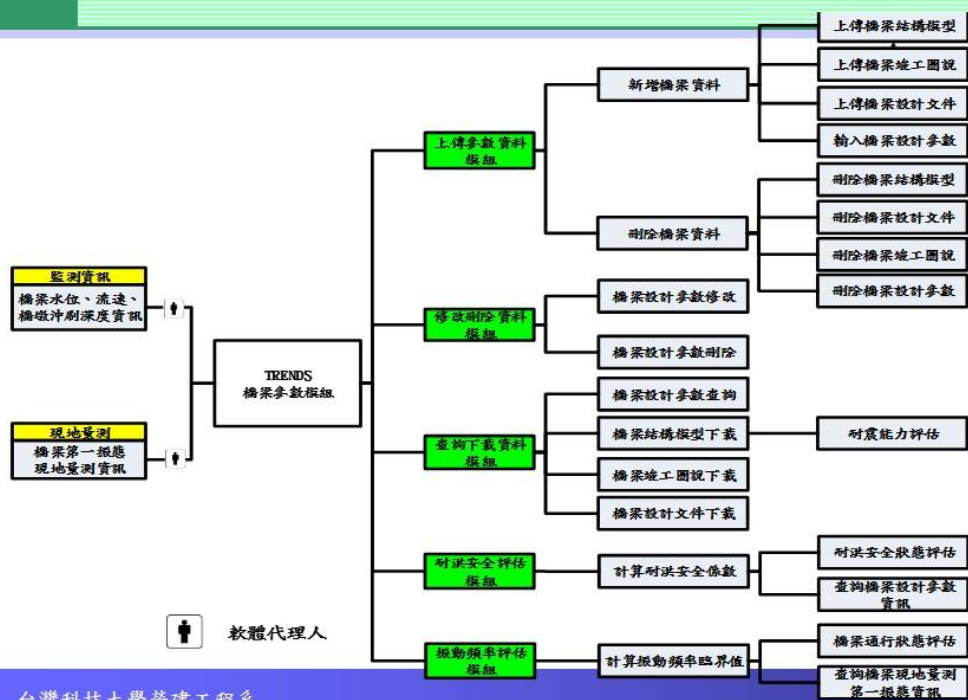
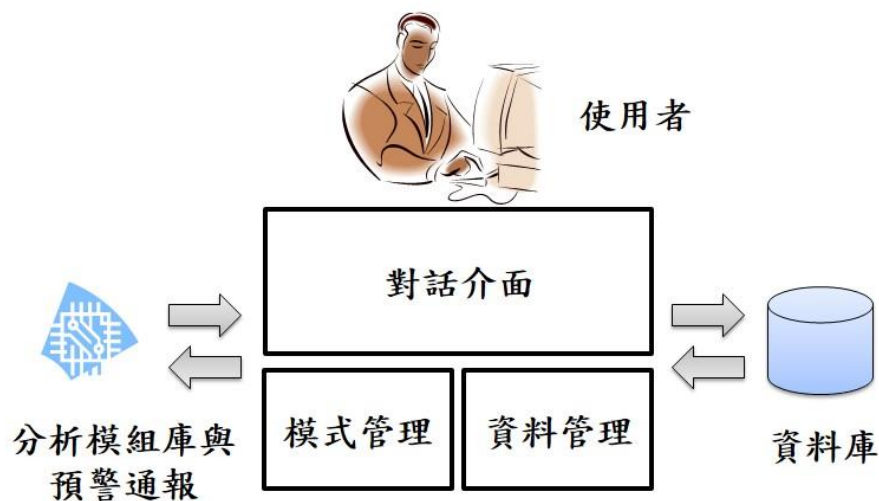
流程分為3階段：

1. 規劃設計
2. 興建
3. 使用維護

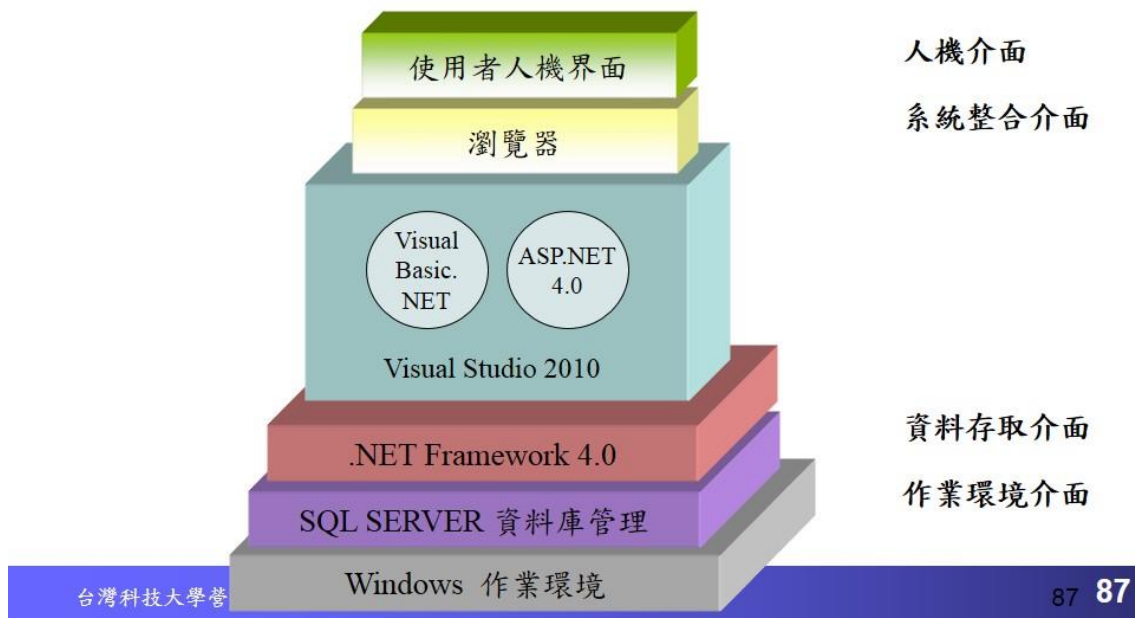




系統規劃工作及流程



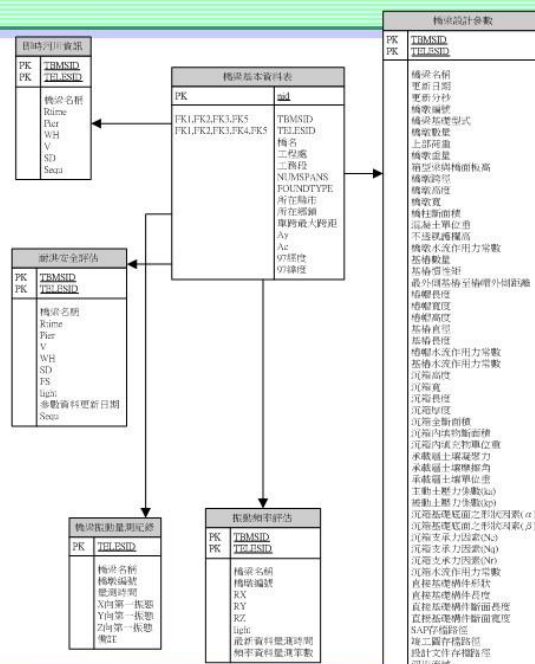
系統作業環境圖



資料庫規劃以ER-model呈現。

分為：

1. 橋梁基本資料表
2. 橋梁設計參數
3. 即時河川資訊
4. 耐洪安全評估
5. 橋梁振動量測記錄
6. 振動頻率評估。



4

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

以**中彰大橋**為範例，可上傳橋梁結構模型與資料至資料庫中，並匯出進行重新分析。

2. 選擇上傳參數資料模組，上傳對應檔案。

1. 結構設計單位備妥橋梁模型mdb檔，與各項需上傳圖說檔案。

名稱

中彰大橋.mdb
中彰大橋河床断面.rar
中彰大橋竣工圖.rar

橋梁設計與防災預警資訊整合系統

系統簡介 上傳參數資料 修改刪除資料 查詢下載資料 耐洪安全評估 振動頻率評估

橋梁基本資料	
所在縣市	台中市
所在鄉鎮	龍井
橋梁名稱	中彰大橋-台17線
TEHS 橋梁編號	6391
TELES 橋梁編號	B02-0170-1604
+新增橋梁編號	
橋梁地表加速度	
橋梁地表加速度 (kg)	0.25
橋梁地表加速度 (kg)	0.63
橋梁SAP2000 模型上傳 (.mdb)	
上傳檔案: 中彰大橋-0170-1604.mdb	
橋梁竣工圖檔上傳 (.rar)	
上傳檔案: 中彰大橋竣工圖檔.rar	
橋梁設計相關文件上傳 (.rar)	
上傳檔案: 中彰大橋設計文件.rar	

確認上傳

台灣科技大學營建工程系

89

4

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

3. 系統將根據所上傳之結構模型檔案自動帶入相關欄位資料，不足之處需由設計單位補充填入。

橋梁設計與防災預警資訊整合系統

系統簡介 上傳參數資料 修改刪除資料 查詢下載資料 耐洪安全評估 振動頻率評估

橋梁基本資料	
橋梁名稱	中彰大橋-台17線
TEHS 橋梁編號	6391
TELES 橋梁編號	B02-0170-1604
橋梁基礎型式	橋基礎
橋梁跨距/可跨越	跨距
橋梁編號	001

目前填寫的資料是橋梁資料
請輸入下列資料，完成後請按下下方確認上傳！

編號	共同資料	請輸入	備註	編號	編號橋基礎	請輸入	備註
01	橋梁結構名稱	CAPBM		A1	基礎橋樑名稱	CAPBM	
02	橋梁結構名稱	CAPBM		A2	橋梁基礎結構名稱	該欄位	
03	橋梁重量	(ton)		A3	橋梁基礎結構長度	(m)	
04	橋梁重量	(ton)		A4	橋梁基礎結構寬度	(m)	
05	橋梁重量	(ton)		A5	橋梁基礎結構高度	(m)	
06	橋梁重量	(ton)		A6	橋梁基礎結構長度	(m)	
07	橋梁重量	(ton)		A7	橋梁基礎結構高度	(m)	
08	橋梁重量	(ton)		A8	橋梁基礎結構長度	(m)	
09	橋梁重量	(ton)		A9	橋梁基礎結構高度	(m)	
10	橋梁重量	(ton)		A10	橋梁基礎結構長度	(m)	
11	橋梁重量	(ton)		A11	橋梁基礎結構高度	(m)	
12	橋梁重量	(ton)		A12	橋梁基礎結構長度	(m)	
13	橋梁重量	(ton)		A13	橋梁基礎結構高度	(m)	
14	橋梁重量	(ton)		A14	橋梁基礎結構長度	(m)	
15	橋梁重量	(ton)		A15	橋梁基礎結構高度	(m)	
16	橋梁重量	(ton)		A16	橋梁基礎結構長度	(m)	
17	橋梁重量	(ton)		A17	橋梁基礎結構高度	(m)	
18	橋梁重量	(ton)		A18	橋梁基礎結構長度	(m)	
19	橋梁重量	(ton)		A19	橋梁基礎結構高度	(m)	
20	橋梁重量	(ton)		A20	橋梁基礎結構長度	(m)	
21	橋梁重量	(ton)		A21	橋梁基礎結構高度	(m)	
22	橋梁重量	(ton)		A22	橋梁基礎結構長度	(m)	
23	橋梁重量	(ton)		A23	橋梁基礎結構高度	(m)	
24	橋梁重量	(ton)		A24	橋梁基礎結構長度	(m)	
25	橋梁重量	(ton)		A25	橋梁基礎結構高度	(m)	
26	橋梁重量	(ton)		A26	橋梁基礎結構長度	(m)	
27	橋梁重量	(ton)		A27	橋梁基礎結構高度	(m)	
28	橋梁重量	(ton)		A28	橋梁基礎結構長度	(m)	
29	橋梁重量	(ton)		A29	橋梁基礎結構高度	(m)	
30	橋梁重量	(ton)		A30	橋梁基礎結構長度	(m)	
31	橋梁重量	(ton)		A31	橋梁基礎結構高度	(m)	
32	橋梁重量	(ton)		A32	橋梁基礎結構長度	(m)	
33	橋梁重量	(ton)		A33	橋梁基礎結構高度	(m)	
34	橋梁重量	(ton)		A34	橋梁基礎結構長度	(m)	
35	橋梁重量	(ton)		A35	橋梁基礎結構高度	(m)	
36	橋梁重量	(ton)		A36	橋梁基礎結構長度	(m)	
37	橋梁重量	(ton)		A37	橋梁基礎結構高度	(m)	
38	橋梁重量	(ton)		A38	橋梁基礎結構長度	(m)	
39	橋梁重量	(ton)		A39	橋梁基礎結構高度	(m)	
40	橋梁重量	(ton)		A40	橋梁基礎結構長度	(m)	
41	橋梁重量	(ton)		A41	橋梁基礎結構高度	(m)	
42	橋梁重量	(ton)		A42	橋梁基礎結構長度	(m)	
43	橋梁重量	(ton)		A43	橋梁基礎結構高度	(m)	
44	橋梁重量	(ton)		A44	橋梁基礎結構長度	(m)	
45	橋梁重量	(ton)		A45	橋梁基礎結構高度	(m)	
46	橋梁重量	(ton)		A46	橋梁基礎結構長度	(m)	
47	橋梁重量	(ton)		A47	橋梁基礎結構高度	(m)	
48	橋梁重量	(ton)		A48	橋梁基礎結構長度	(m)	
49	橋梁重量	(ton)		A49	橋梁基礎結構高度	(m)	
50	橋梁重量	(ton)		A50	橋梁基礎結構長度	(m)	
51	橋梁重量	(ton)		A51	橋梁基礎結構高度	(m)	
52	橋梁重量	(ton)		A52	橋梁基礎結構長度	(m)	
53	橋梁重量	(ton)		A53	橋梁基礎結構高度	(m)	
54	橋梁重量	(ton)		A54	橋梁基礎結構長度	(m)	
55	橋梁重量	(ton)		A55	橋梁基礎結構高度	(m)	
56	橋梁重量	(ton)		A56	橋梁基礎結構長度	(m)	
57	橋梁重量	(ton)		A57	橋梁基礎結構高度	(m)	
58	橋梁重量	(ton)		A58	橋梁基礎結構長度	(m)	
59	橋梁重量	(ton)		A59	橋梁基礎結構高度	(m)	
60	橋梁重量	(ton)		A60	橋梁基礎結構長度	(m)	
61	橋梁重量	(ton)		A61	橋梁基礎結構高度	(m)	
62	橋梁重量	(ton)		A62	橋梁基礎結構長度	(m)	
63	橋梁重量	(ton)		A63	橋梁基礎結構高度	(m)	
64	橋梁重量	(ton)		A64	橋梁基礎結構長度	(m)	
65	橋梁重量	(ton)		A65	橋梁基礎結構高度	(m)	
66	橋梁重量	(ton)		A66	橋梁基礎結構長度	(m)	
67	橋梁重量	(ton)		A67	橋梁基礎結構高度	(m)	
68	橋梁重量	(ton)		A68	橋梁基礎結構長度	(m)	
69	橋梁重量	(ton)		A69	橋梁基礎結構高度	(m)	
70	橋梁重量	(ton)		A70	橋梁基礎結構長度	(m)	
71	橋梁重量	(ton)		A71	橋梁基礎結構高度	(m)	
72	橋梁重量	(ton)		A72	橋梁基礎結構長度	(m)	
73	橋梁重量	(ton)		A73	橋梁基礎結構高度	(m)	
74	橋梁重量	(ton)		A74	橋梁基礎結構長度	(m)	
75	橋梁重量	(ton)		A75	橋梁基礎結構高度	(m)	
76	橋梁重量	(ton)		A76	橋梁基礎結構長度	(m)	
77	橋梁重量	(ton)		A77	橋梁基礎結構高度	(m)	
78	橋梁重量	(ton)		A78	橋梁基礎結構長度	(m)	
79	橋梁重量	(ton)		A79	橋梁基礎結構高度	(m)	
80	橋梁重量	(ton)		A80	橋梁基礎結構長度	(m)	
81	橋梁重量	(ton)		A81	橋梁基礎結構高度	(m)	
82	橋梁重量	(ton)		A82	橋梁基礎結構長度	(m)	
83	橋梁重量	(ton)		A83	橋梁基礎結構高度	(m)	
84	橋梁重量	(ton)		A84	橋梁基礎結構長度	(m)	
85	橋梁重量	(ton)		A85	橋梁基礎結構高度	(m)	
86	橋梁重量	(ton)		A86	橋梁基礎結構長度	(m)	
87	橋梁重量	(ton)		A87	橋梁基礎結構高度	(m)	
88	橋梁重量	(ton)		A88	橋梁基礎結構長度	(m)	
89	橋梁重量	(ton)		A89	橋梁基礎結構高度	(m)	
90	橋梁重量	(ton)		A90	橋梁基礎結構長度	(m)	
91	橋梁重量	(ton)		A91	橋梁基礎結構高度	(m)	
92	橋梁重量	(ton)		A92	橋梁基礎結構長度	(m)	
93	橋梁重量	(ton)		A93	橋梁基礎結構高度	(m)	
94	橋梁重量	(ton)		A94	橋梁基礎結構長度	(m)	
95	橋梁重量	(ton)		A95	橋梁基礎結構高度	(m)	
96	橋梁重量	(ton)		A96	橋梁基礎結構長度	(m)	
97	橋梁重量	(ton)		A97	橋梁基礎結構高度	(m)	
98	橋梁重量	(ton)		A98	橋梁基礎結構長度	(m)	
99	橋梁重量	(ton)		A99	橋梁基礎結構高度	(m)	
100	橋梁重量	(ton)		A100	橋梁基礎結構長度	(m)	

台灣科技大學營建

90

4

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

4. 確認完成輸入後，可點選確認上傳按鈕。

編號	共同資料	請輸入	備註
T1	橋墩名稱	ASEC2	*使用自輸入
T2	橋墩柱名稱	FSEC2	*此處僅作為IAP2000模型條件相對應之名稱
T3	橋墩柱數量	1	
T4	上部荷重	150 (ton)	
T5	橋墩重量	1680 (ton)	
T6	箱型梁與橋面高度	2 (m)	
T7	橋墩跨徑	30 (m)	
T8	橋墩柱高度	26 (m)	
T9	橋墩柱寬度	2 (m)	
T10	橋墩柱斷面積	50 (m ²)	
T11	混凝土單位重	2.4 (t/m ³)	
T12	不透氣係數	0.85 (m)	
T13	橋墩水流作用力常數	0.7	

編號	橋基礎	請輸入	備註
A1	基礎名稱	FSEC2	*使用自輸入
A2	橋墩基座名稱	ASEC2	*此處僅作為IAP2000模型條件相對應之名稱
A3	橋墩基座跨徑長度	10 (m)	
A4	橋墩基座跨徑寬度	8 (m)	
A5	基礎數量	8	
A6	基礎群體慣性矩	160 (m ⁴)	
A7	最外側基礎至橋墩外側距離	1.5 (m)	
A8	橋墩基座高度	200 (m)	
A9	基礎長度	200 (m)	
A10	基礎寬度	258 (m)	
A11	橋墩水流作用力常數	1.4	
A12	基礎水流作用力常數	0.7	

資料已輸入之橋墩: 更新日期: 2014/03/03, 橋墩編號: P1

表單完成請按: 確認上傳, 清除並重新填寫

*欲刪除已上傳之資料可按下刪除鍵

1. 確認表單無誤且無漏填

2. 按下確認上傳 (即完成一座橋墩資料輸入)

台灣科技大學營

91

4

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

5. 修改刪除資料模組，提供橋梁管理單位針對已輸入之橋梁設計參數資料進行修改與刪除。

橋梁設計與防災預警資訊整合系統

系統簡介 | 上傳參數資料 | 修改刪除資料 | 查詢下載資料 | 耐洪安全評估 | 耐震安全評估

1. 按下 修改刪除資料 頁面

請選擇一種查詢方式

A. 以橋梁所在地區查詢

B. 以橋梁名稱查詢

C. 以TBS編號查詢

D. 以TELES編號查詢

E. 按更新日期新舊查詢

2. 選擇其中一種查詢方式

台灣科技大學營建工程系

92

4

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

6. 查詢成功後，按下修改設計參數或修改 A_y 、 A_c 頁面連結後，使用者可進行資料修改或删除。



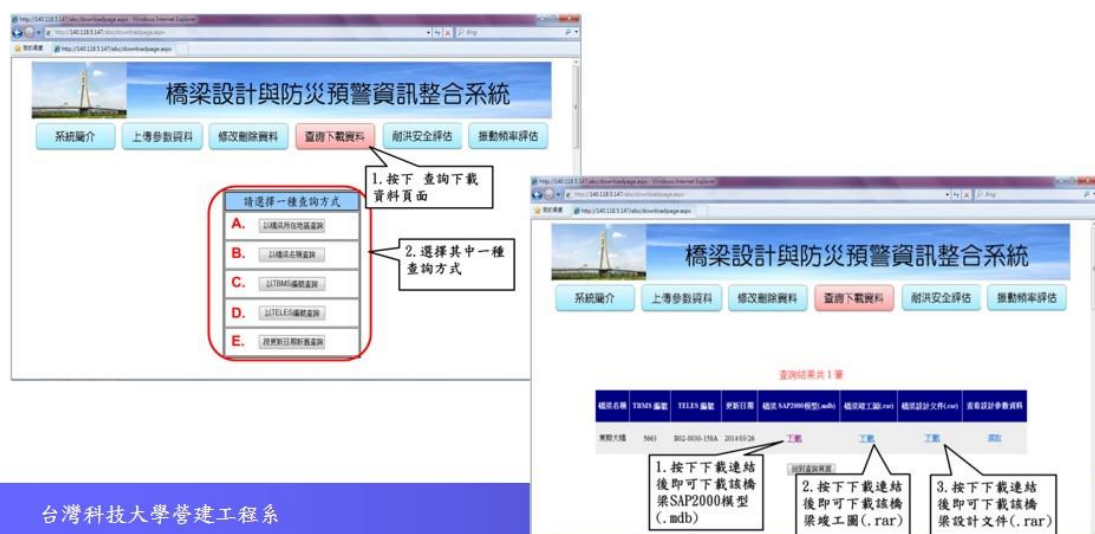
台灣科技大學營建工程系

93

4

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

7. 查詢下載資料模組，提供橋梁管理單位針對已輸入之橋梁設計參數資料進行下載，並可使用結構模型重新分析。

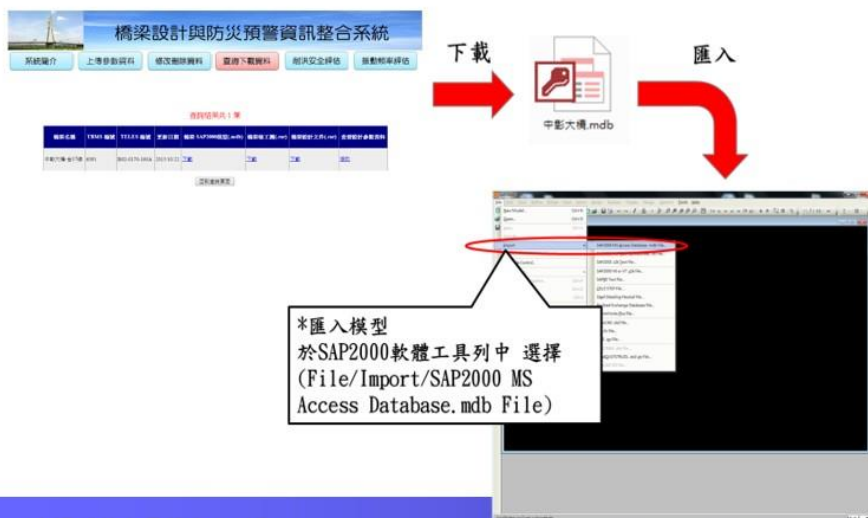


台灣科技大學營建工程系

4

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

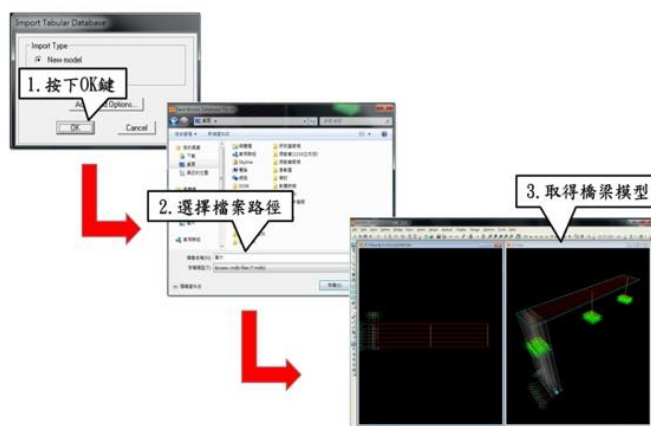
8.可點選連結下載橋梁SAP2000模型，下載完成檔案為(.mdb)格式，接著開啟SAP2000軟體，在軟體工具列中選擇 File/Import/SAP2000 MS Access Database.mdb File，匯入橋梁結構模型



4

第五階段-橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估

9. 結構設計單位即可以所匯入之結構模型重新進行分析。



匯入橋梁結構模型

肆

執行進度

工作項目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月
文獻回顧與研究團隊組成						
TRENDS系統架構與模組功能分析		※				
TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證						
期中報告				※		
TRENDS系統道路邊坡模組資料更新與驗證						
橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充						※
期末報告						※
工作進度估計 百分比(累積數)	10	20	30	50	70	100

伍

結論與建議(1/2)

提升台灣公路早期防救災決策支援系統(TRENDS)實用性及穩定性。

TRENDS耐震與耐洪模組精確度提升，以利推廣應用至橋梁管理單位，提供防災決策輔助參考。。

確認橋梁使用維護階段之設計參數，建置各參數之固定編碼作為後續資料庫欄位與資料交換之基礎。

在橋梁設計階段系統性保存橋梁結構模型及耐洪能力評估參數，未來重新評估時，由系統自動匯出資料供分析計算模式使用。

有效保存橋梁耐震與耐洪分析參數，以利公路管理單位應用且更精確進行橋梁能力評估。

簡報完畢

敬請指教

