

105-061-7893
MOTC-IOT-104- H1DA001d

臺灣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(1/2)



交通部運輸研究所

中華民國 105 年 5 月

105-061-7893
MOTC-IOT-104- H1DA001d

臺灣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(1/2)

著者：邱永芳、林雅雯、邱建國、鄭明淵、吳育偉

交通部運輸研究所

中華民國 105 年 5 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣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. (1/2) / 邱永芳等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，民 105.05
面；公分
ISBN 978-986-04-8640-7(平裝)

1.交通管理 2.決策支援系統

557

105007444

**臺灣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(1/2)**

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 5 月
印刷者：九易數碼科技印刷有限公司
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港灣技術研究中心網站
定價：150 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：1010500669

ISBN：978-986-04-8640-7 (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。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣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(1/2)			
國際標準書號 ISBN978-986-04-8640-7(平裝)	政府出版品統一編號 1010500669	運輸研究所出版品編號 105-061-7893	計畫編號 104-H1DA001d
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：林雅雯 研究人員：邱建國、鄭明淵、吳育偉 聯絡電話：04-26587191 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 104 年 01 月 至 104 年 12 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 5 月	214	150	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： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 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 (1/2)			
ISBN 978-986-04-8640-7 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010500669	IOT SERIAL NUMBER 105-061-7893	PROJECT NUMBER 104- H1DA001d
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ya-wen Lin, PROJECT STAFF: Chien-Kuo Chiu, Cheng Min-Yuan, Yu-Wei Wu PHONE: 04-26587191 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2015 TO December 2015
KEY WORDS: Seismic assessment, Flood-Resisting capacity analysis, Disaster Prevention			
<p>ABSTRACT:</p> <p>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.</p> <p>BENEFITS AND APPLICATIONS:</p> <p>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.</p>			
DATE OF PUBLICATION May 2016	NUMBER OF PAGES 214	PRICE 150	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

臺灣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(1/2)

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 計畫緣起及目的	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 計畫目的	1-2
1.3 研究範圍	1-3
1.4 研究內容與工作項目	1-3
第二章 文獻回顧	2-1
2.1 臺灣公路早期防救災決策支援系統	2-1
2.1.1 TRENDS發展歷程	2-4
2.1.2 TRENDS系統架構	2-9
2.1.3 TRENDS系統核心-資料交換平台	2-13
2.2 橋梁耐震能力評估-側推分析	2-16
2.2.1 結構設計分析軟體(SAP2000)簡介	2-16
2.2.2 橋梁側推分析流程	2-18
2.2.3 混凝土及鋼筋材料模型	2-20
2.2.4 塑鉸撓剪行為	2-24
2.2.5 沉箱基礎之土壤彈簧模擬方式	2-29

2.2.5.1 沉箱基礎之地盤反力係數.....	2-29
2.2.5.2 沉箱正前方水平極限支承力.....	2-31
2.2.5.3 沉箱基礎底面水平極限支承力.....	2-31
2.2.5.4 沉箱基礎底面垂直極限支承力.....	2-32
2.3 橋梁評估及補強標準.....	2-32
第三章 TRENDS系統模組資料更新與驗證.....	3-1
3.1 跨河橋梁安全預警模組之精確度提升及驗證.....	3-1
3.2 橋梁地震通阻分析模組之精確度提升及驗證.....	3-9
第四章 橋梁耐震能力評估.....	4-1
4.1 分析案例簡介.....	4-1
4.2 工址之地盤分類.....	4-2
4.3 工址之地震需求.....	4-2
4.4 載重計算.....	4-3
4.5 混凝土應力應變關係分析.....	4-4
4.6 鋼筋應力應變關係分析.....	4-5
4.7 墩柱彎矩曲率分析.....	4-6
4.8 墩柱彎矩轉角分析.....	4-8
4.9 墩柱剪力強度分析.....	4-9
4.10 耐震能力評估.....	4-11
第五章 橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充.....	5-1
5.1 確立使用維護階段橋梁評估模式所需資料.....	5-1
5.2 確立橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式.....	5-6
5.3 橋梁耐震耐洪設計參數資料庫建置.....	5-9
5.4 系統規劃與發展.....	5-12
5.4.1 系統發展概念研擬.....	5-12

5.4.1.1 對話介面	5-13
5.4.1.2 資料管理	5-14
5.4.1.3 模式管理	5-14
5.4.2 系統架構擬定	5-14
5.4.3 系統開發工具選用	5-15
5.4.4 系統功能規劃與發展	5-16
5.4.4.1 上傳參數資料模組	5-17
5.4.4.2 修改刪除資料模組	5-19
5.4.4.3 查詢下載資料模組	5-20
5.4.4.4 耐洪安全評估模組	5-22
5.4.4.5 振動頻率評估模組	5-24
5.5 以橋梁案例輸入資料庫	5-25
5.5.1 系統主畫面與功能選單	5-25
5.5.2 上傳參數資料模組	5-26
5.5.3 修改刪除資料模組	5-30
5.5.4 查詢下載資料模組	5-35
第六章 結論與建議	6-1
6.1 結論	6-1
6.2 建議	6-1
6.3 成果效益與應用情形	6-2
參考文獻	參-1
附錄一 期末審查意見及辦理情形說明表	附錄1-1
附錄二 期末報告簡報資料	附錄2-1

圖目錄

圖2.1 颱洪災害跨河橋梁防災架構圖.....	2-2
圖2.2 「橋梁地震破壞潛勢」介面(二).....	2-3
圖2.3 TRENDS系統概念.....	2-9
圖2.4 TRENDS系統模組.....	2-11
圖2.5 軟體代理人架構圖.....	2-14
圖2.6 SAP2000 3D橋梁模型.....	2-17
圖2.7 SAP2000分析畫面.....	2-17
圖2.8 橋梁有限元素模型.....	2-18
圖2.9 塑性鉸設定畫面.....	2-19
圖2.10 橋梁容量曲線.....	2-19
圖2.11 橋梁容量震譜.....	2-20
圖2.12 典型塑鉸斷面曲率與彎矩之關係.....	2-25
圖2.13 剪力強度 V_n 與韌性容量 R 之關係.....	2-26
圖2.14 剪力強度對應彎矩與轉角之關係.....	2-27
圖2.15 撓曲破壞模式.....	2-28
圖2.16 撓曲剪力破壞模式.....	2-28
圖2.17 剪力破壞模式.....	2-29
圖2.18 沈箱基礎之分析模式.....	2-30
圖3.1 颱洪災害跨河橋梁防災架構圖.....	3-1
圖3.2 跨河橋梁安全預警頁面.....	3-2
圖3.3 大甲溪地形測量位置圖(取自水利署報告).....	3-2
圖3.4 水利署水庫防洪運轉狀態.....	3-6
圖3.5 杜鵑颱風石岡壩放流預測誤差.....	3-9
圖3.6 地表振動分析模式流程.....	3-10

圖3.7 中央氣象局強震站及中央研究院山區強震站位置圖.....	3-11
圖3.8 臺灣Vs30分佈精確圖檔	3-12
圖3.9 臺灣規模4.0~7.0地震與(Campbell, 1997)衰減曲線關係	3-13
圖3.10 為集集地震的(a)實測值與(b)衰減模式預測值PGA分佈	3-14
圖3.11 修正函數校正後的預測與其觀測值之誤差殘值分佈	3-15
圖3.12 臺灣歷年大地震: 集集地震之實測值與預測值比較	3-16
圖3.13 臺灣歷年大地震: 嘉義地震之實測值與預測值比較	3-16
圖3.14 臺灣歷年大地震: 花蓮地震之實測值與預測值比較	3-17
圖3.15 「橋梁地震破壞潛勢」介面.....	3-18
圖3.16 第一階段迴歸新舊系數比較.....	3-22
圖3.17 安平港場址迴歸.....	3-24
圖3.18 蘇澳港場址迴歸.....	3-25
圖3.19 臺中港場址迴歸.....	3-26
圖3.20 臺北港場址迴歸.....	3-27
圖3.21 高雄港場址迴歸.....	3-28
圖3.22 迴歸精度差之案例(ILA069、MND020測站).....	3-29
圖3.23 迴歸精度好之案例(CHY099、CHY108測站).....	3-29
圖3.24 NST測站雙線性修正.....	3-30
圖3.25 NSY測站修正	3-30
圖3.26 TCU測站修正	3-30
圖3.27 CHY測站修正.....	3-31
圖3.28 WSF測站修正	3-31
圖3.29 ALS測站修正.....	3-31
圖3.30 安平港雙線性迴歸.....	3-32
圖3.31 蘇澳港雙線性迴歸.....	3-33

圖3.32	臺中港雙線性迴歸.....	3-34
圖3.33	臺北港雙線性迴歸.....	3-35
圖3.34	高雄港雙線性迴歸.....	3-36
圖3.35	ALS測站修正.....	3-37
圖3.36	WSF測站修正.....	3-37
圖3.37	CHY測站修正.....	3-38
圖3.38	TCU測站修正.....	3-38
圖3.39	NSY測站修正.....	3-39
圖3.40	NST測站修正.....	3-39
圖3.41	安平港測站修正.....	3-40
圖3.42	蘇澳港測站修正.....	3-40
圖3.43	臺中港測站修正.....	3-41
圖3.44	臺北港測站修正.....	3-41
圖3.45	高雄港測站修正.....	3-42
圖3.46	NST測站各方法比較.....	3-43
圖3.47	NSY測站各方法比較.....	3-43
圖3.48	TCU測站各方法比較.....	3-44
圖3.49	CHY測站各方法比較.....	3-44
圖3.50	WSF測站各方法比較.....	3-45
圖3.51	ALS測站各方法比較.....	3-45
圖3.52	TPI測站各方法比較.....	3-46
圖3.53	TCC測站各方法比較.....	3-46
圖3.54	SUO測站各方法比較.....	3-47
圖3.55	ANP測站各方法比較.....	3-47
圖3.56	KAH測站各方法比較.....	3-48

圖4.1 橋墩柱P1~P32立面、斷面及配筋圖	4-1
圖4.2 載重分佈圖	4-4
圖4.3 圍束及無圍束混凝土應力應變曲線.....	4-5
圖4.4 鋼筋之應力應變曲線.....	4-5
圖4.5 墩柱於Xtract之斷面圖	4-6
圖4.6 墩柱於Xtract之分析結果.....	4-7
圖4.7 彎矩-轉角關係圖.....	4-9
圖4.8 塑性鉸破壞模式判斷.....	4-10
圖4.9 基礎無沖刷情況，沉箱位置以固定端模擬之分析模型	4-11
圖4.10 基底剪力分析結果.....	4-12
圖4.11 側推分析結果(1)	4-12
圖4.12 側推分析結果(2)	4-13
圖4.13 基礎沖刷4m情況，沉箱未裸露部份以固定端模擬之分析模型	4-14
圖4.14 基底剪力分析結果.....	4-14
圖4.15 側推分析結果(1)	4-15
圖4.16 側推分析結果(2)	4-15
圖4.17 沉箱正前方彈簧之雙線性特性示意圖.....	4-17
圖4.18 沉箱底面水平方向彈簧之雙線性特性示意圖.....	4-18
圖4.19 沉箱底面垂直方向彈簧之雙線性特性示意圖.....	4-19
圖4-20 含土壤彈簧之橋梁模型	4-23
圖4.21 基底剪力分析結果.....	4-23
圖4.22 側推分析結果(1)	4-24
圖4.23 側推分析結果(2)	4-24
圖4.24 墩柱鋼板包覆補強圖.....	4-25

圖4.25 墩柱鋼板及混凝土包覆補強圖.....	4-25
圖4.26 補強墩柱於Xtract之斷面圖.....	4-26
圖4.27 補強墩柱於Xtract之分析結果.....	4-26
圖4.28 墩柱於Xtract之斷面圖.....	4-28
圖4.29 墩柱於Xtract之分析結果.....	4-29
圖4.30 彎矩-轉角關係圖.....	4-31
圖4.31 塑性鉸破壞模式判斷.....	4-32
圖4.32 基礎沖刷4m，沉箱未裸露位置以固定端模擬之分析模型 ...	4-33
圖4.33 基底剪力分析結果.....	4-33
圖4.34 側推分析結果(1)	4-34
圖4.35 側推分析結果(2)	4-34
圖4.36 基礎未沖刷，沉箱以固定端模擬之分析模型.....	4-35
圖4.37 基底剪力分析結果.....	4-35
圖4.38 側推分析結果(1)	4-36
圖4.39 側推分析結果(2)	4-36
圖5.1 橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式.....	5-6
圖5.2 ER-model 圖.....	5-11
圖5.3 系統初步規劃工作及流程.....	5-12
圖5.4 系統組成圖.....	5-13
圖5.5 系統架構.....	5-15
圖5.6 系統作業環境圖.....	5-16
圖5.7 系統功能架構.....	5-17
圖5.8 上傳參數資料模組功能架構.....	5-18
圖5.9 上傳參數資料模組操作流程.....	5-18
圖5.10 修改刪除資料模組功能架構.....	5-19

圖5.11 修改刪除資料模組操作流程.....	5-20
圖5.12 查詢下載資料模組功能架構.....	5-21
圖5.13 查詢下載資料模組操作流程.....	5-21
圖5.14 耐洪安全評估模組功能架構.....	5-22
圖5.15 耐洪安全評估模組操作流程.....	5-23
圖5.16 振動頻率評估模組功能架構.....	5-24
圖5.17 振動頻率評估模組操作流程.....	5-24
圖5.18 系統首頁.....	5-26
圖5.19 橋梁模型匯出檔案.....	5-27
圖5.20 製作壓縮檔(.rar).....	5-27
圖5.21 上傳參數資料頁面.....	5-28
圖5.22 新增橋梁視窗.....	5-29
圖5.23 輸入設計參數資料畫面.....	5-30
圖5.24 修改刪除資料頁面.....	5-31
圖5.25 橋梁所在地區查詢.....	5-32
圖5.26 橋梁名稱查詢.....	5-32
圖5.27 以TBMS編號查詢.....	5-32
圖5.28 以TELES編號查詢.....	5-33
圖5.29 按資料更新日期查詢.....	5-33
圖5.30 修改刪除資料模組查詢成功畫面.....	5-33
圖5.31 修改資料畫面.....	5-34
圖5.32 修改橋梁設計參數完成畫面.....	5-34
圖5.33 修改橋梁Ay、Ac資料完成畫面.....	5-35
圖5.34 查詢下載資料頁面.....	5-35
圖5.35 查詢下載資料模組查詢成功畫面.....	5-36

圖5.36 查看設計參數畫面.....	5-36
圖5.37 下載橋梁結構模型.....	5-37
圖5.38 匯入橋梁結構模型.....	5-37
圖5.39 匯入中彰大橋橋梁結構模型.....	5-38

表目錄

表2-1	TRENDS發展歷程	2-6
表2-2	沉箱地盤反力係數	2-30
表2-3	評估準則中公路橋梁之四種性能水準定義	2-33
表3-1	石岡壩下游地形高程更新	3-3
表3-2	石岡壩上游地形高程更新	3-5
表3-3	石岡壩在杜鵑颱風事件放流記錄	3-8
表3-4	2011年至2015年各港區量測地震紀錄(節錄)	3-21
表3-5	新舊係數比較	3-22
表3-6	安平港係數	3-24
表3-7	蘇澳港係數	3-25
表3-8	臺中港係數	3-26
表3-9	臺北港係數	3-27
表3-10	高雄港係數	3-28
表3-11	安平港轉折係數	3-32
表3-12	蘇澳港轉折係數	3-33
表3-13	臺中港轉折係數	3-34
表3-14	臺北港轉折係數	3-35
表3-15	高雄港轉折係數	3-36
表3-16	非港區測站各方法誤差比較	3-48
表3-17	港區測站各方法誤差比較	3-49
表4-1	彎矩-曲率關係	4-7
表4-2	彎矩-轉角關係	4-8
表4-3	塑性鉸柱底SAP2000輸入資料	4-10
表4-4	地盤反力係數及地層反力容許上限值	4-16

表4-5 沉箱各深度之地盤反力係數	4-20
表4-6 沉箱各深度之地盤反力上限值	4-21
表4-7 沉箱正面土壤彈簧相關參數	4-21
表4-8 行車向沉箱底面土壤彈簧相關參數	4-22
表4-9 彎矩-曲率關係	4-27
表4-10 彎矩-曲率關係	4-29
表4-11 彎矩-轉角關係	4-30
表4-12 塑性鉸柱底SAP2000輸入資料	4-32
表5-1 橋梁側推分析模式所需參數	5-2
表5-2 沉箱基礎耐洪安全評估分析模式所需參數	5-4
表5-3 樁基礎耐洪安全評估分析模式所需參數	5-4
表5-4 耐洪安全評估所需參數	5-5
表5-5 耐洪安全係數對應預警值	5-8

第一章 計畫緣起及目的

1.1 計畫緣起

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)，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；橋梁及地震通阻分析模組資料更新、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 計畫範圍

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更新：

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. 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。

第二章 文獻回顧

2.1 臺灣公路早期防救災決策支援系統

根據本所研究報告「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。

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，分別為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

根據本所(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，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，在颶洪時作決策支援，有利於爭取防災應變之黃金時間，給用路人生命財產更多的保障，其架構如圖2.1所示。

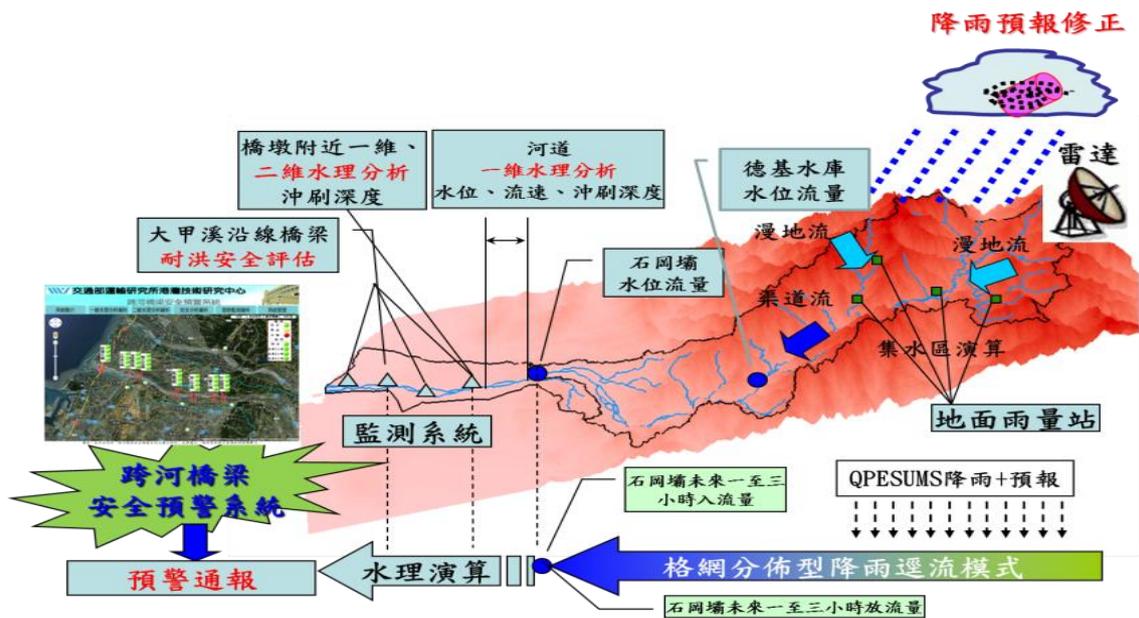


圖 2.1 颶洪災害跨河橋梁防災架構圖

(2)橋梁地震通阻分析模組

根據本所(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年齡、結構形式、環境狀態等屬性推論 A_y 、 A_c 值，進而建置全台灣省縣道橋梁耐震資料庫。

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、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

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。

2.1.1 TRENDS發展歷程

有鑑於台灣天然災害頻傳，94、95年本所委託研究計畫「交通工程防災預警系統建立之研究」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」與「跨河橋梁安全預警系統」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(如表2-1)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)』。

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：交通部主任秘書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。

表2-1 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	台科大	營建系	鄭明淵 呂守陞	本所委託之計畫案於 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。
				預警通報				
				地震潛勢	國家地震中心	-	葉錦勳	
					台科大 台科大	營建系 營建系	陳生金 鄭 繫	
				洪水沖刷	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	清雲科大	土木系	蔡明修	
				預警通報				
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	台科大鄭明淵	洪水沖刷	台科大	營建系	鄭明淵	本所委託，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
				預警通報	淡江大學	土木系	蔡明修	

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
		作業		一維水理	成功大學	水利及海洋工程學系	游保杉	跨了水理分析、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。
				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	
				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	
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	

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
				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	

2.1.2 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2.3)。

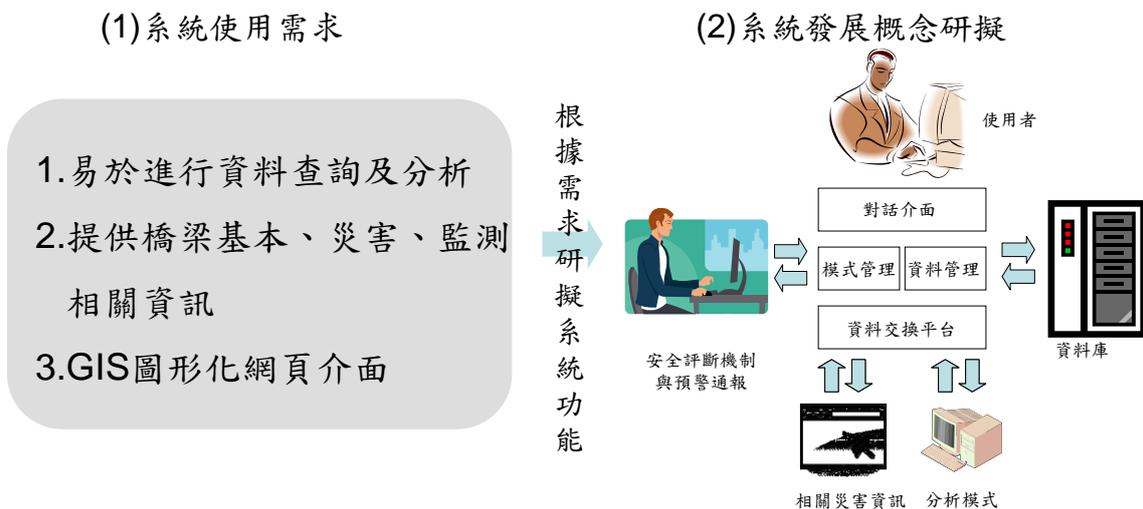


圖 2.3 TRENDS 系統概念

- 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2.4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。

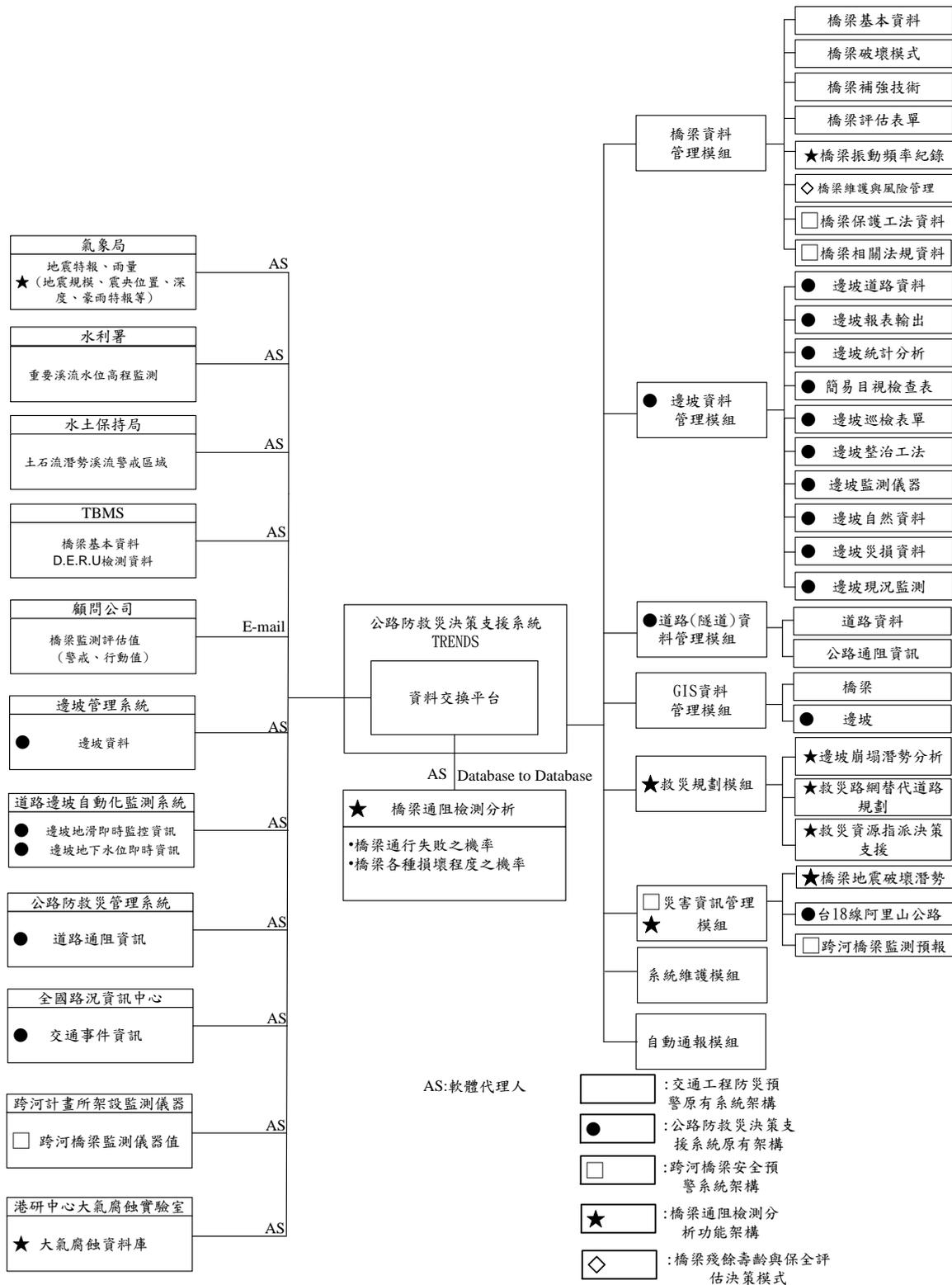


圖 2.4 TRENDIS 系統模組

圖2.4中圓形、方形、星形與菱形記號分別代表TRENDIS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。

2.1.3 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中利用本所-「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。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2.5所示。

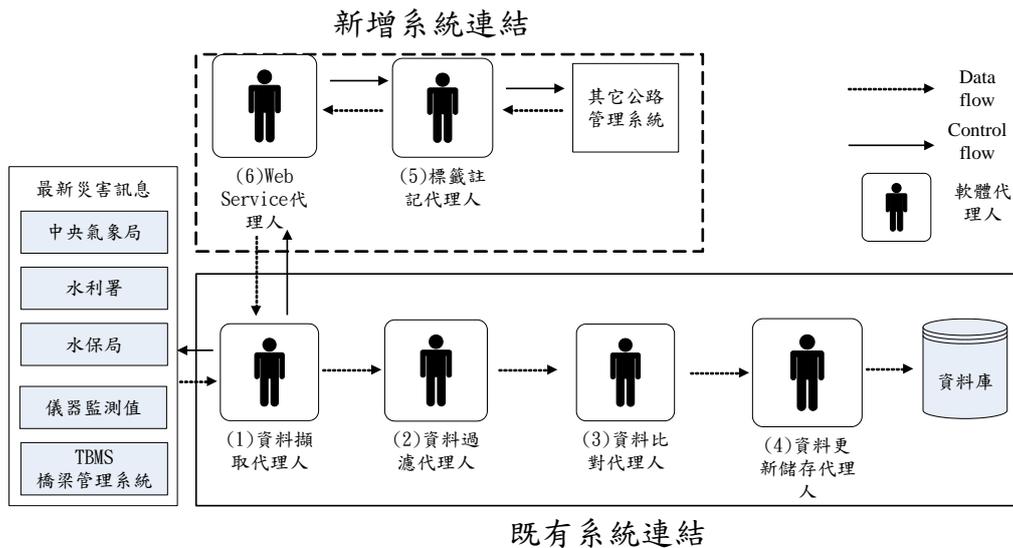


圖 2.5 軟體代理人架構圖

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。

2.2 橋梁耐震能力評估—側推分析

2.2.1 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。

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。

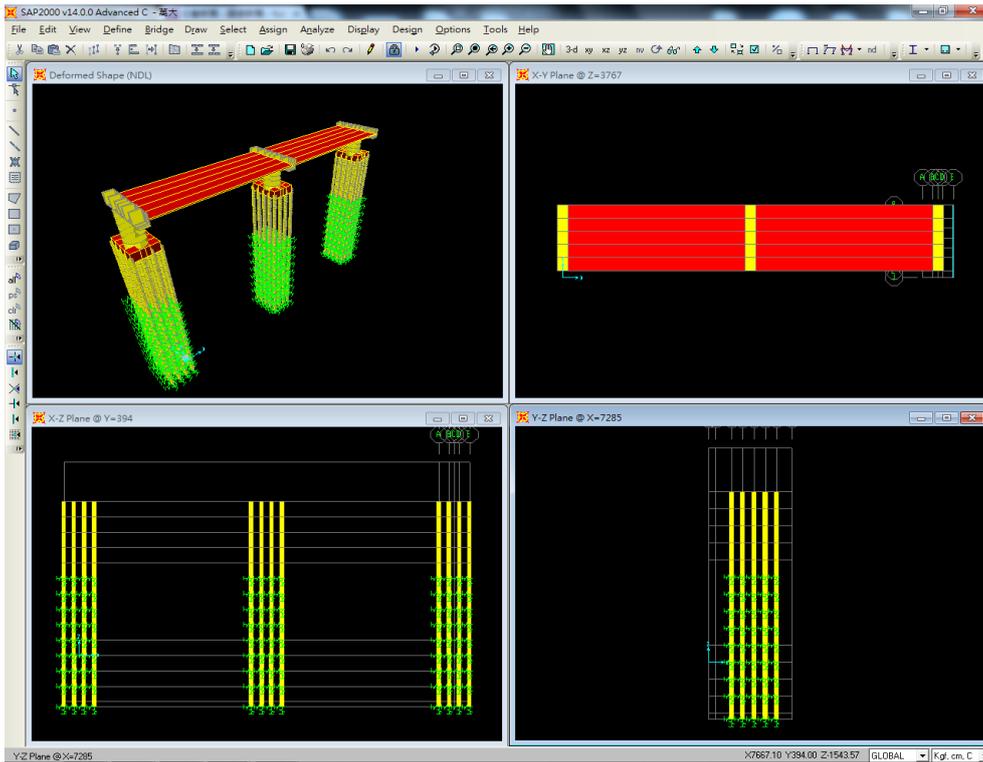


圖 2.6 SAP2000 3D 橋梁模型

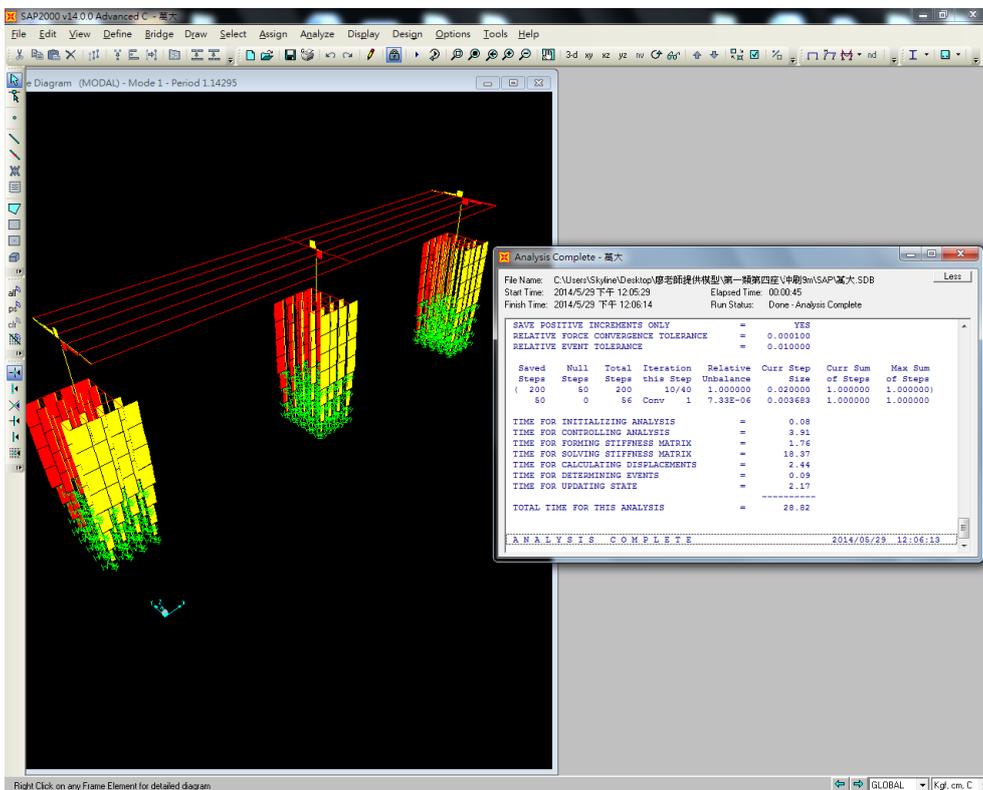


圖 2.7 SAP2000 分析畫面

2.2.2 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：

(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。

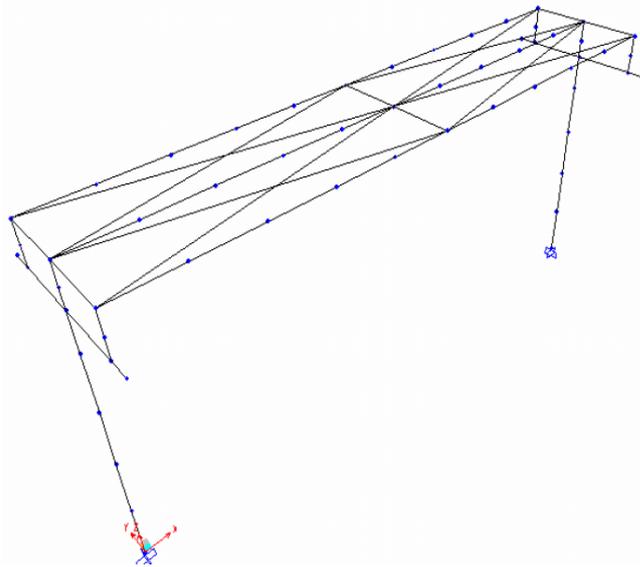


圖 2.8 橋梁有限元素模型

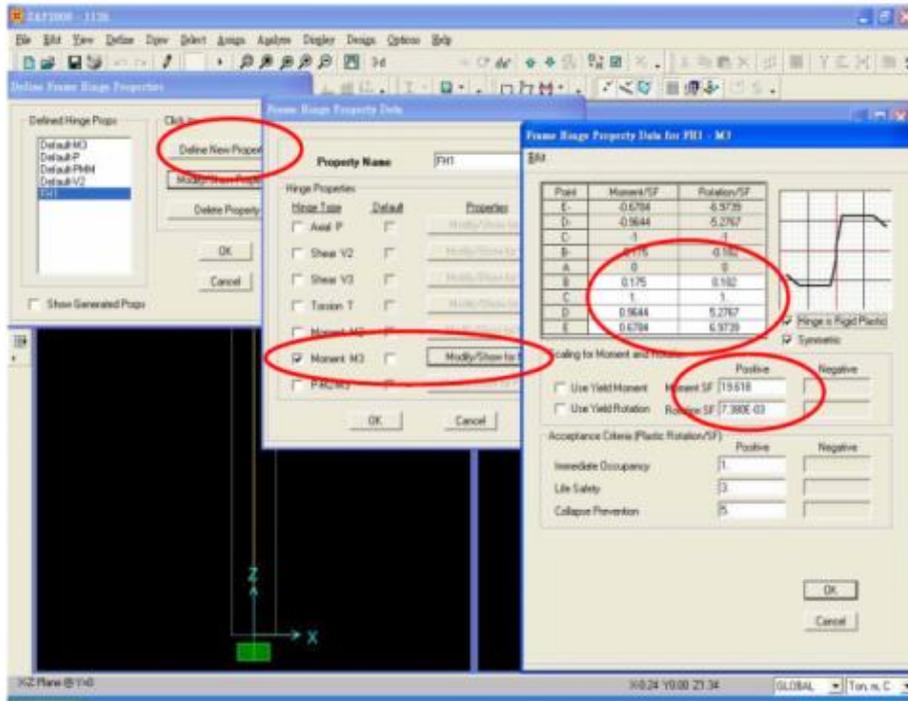


圖 2.9 塑性鉸設定畫面

(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。

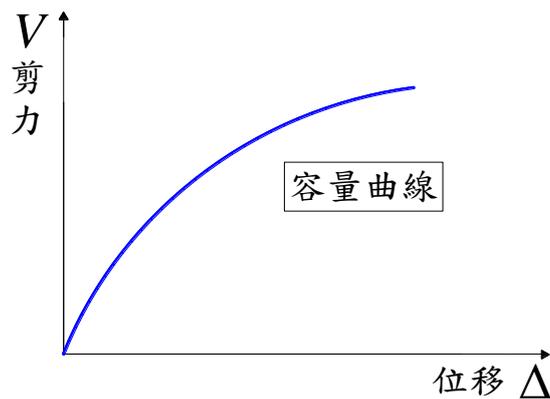


圖 2.10 橋梁容量曲線

(d) 建立容量震譜

將橋梁容量曲線轉換成容量震譜輸出Sa-Sd曲線，如圖2.11所示。

(e)求取 A_y 與 A_c 值

最後根據橋梁側推降伏及破壞時對應最大地表加速度(PGA),得出該橋梁之 A_y 與 A_c 值。

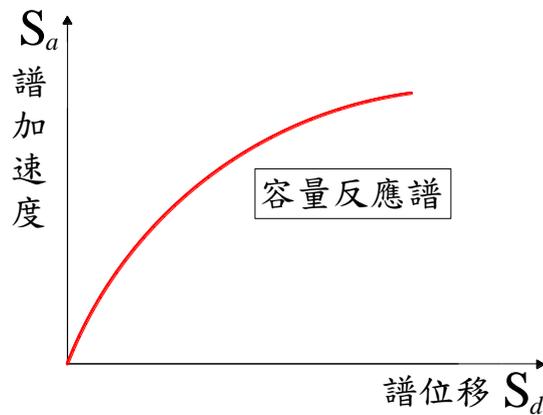


圖 2.11 橋梁容量震譜

2.2.3 混凝土及鋼筋材料模型

進行柱體中混凝土的應力-應變分析時，其斷面的混凝土將分成：

(1)圍束區；與(2)無圍束區，以下分述擬採用的行為模型。

(1)圍束區內之混凝土：即核心混凝土，指受橫向箍筋所包圍之區域。

有關圍束混凝土之應力-應變曲線的理論於近三十年來發展的相當多，一般有關受箍筋圍束混凝土的應力-應變曲線，Mander 等人所發展之圍束混凝土組成律 (Mander et al. 1984與Mander et al. 1988) 為國內學者常採用的分析模式之一，本階段計畫針對試體構架特性亦採用此理論進行分析，其方法敘述如下：

Mander等人(1988)提出之適用於矩形及圓形RC 斷面之圍束混凝土組成律，係假設在一緩慢應變速率(slow strain rate)與單向載重(monotonic loading)條件下，由橫向鋼筋圍束之混凝土軸向壓應力 f_c 隨著圍束混凝土壓應變 ϵ_c 之增加而遞增，於 f_c 到達一最高值 f'_c 後開始遞減，最終到達一極限應變 ϵ_{cu} 後才產生破壞。對於矩形斷面之圍束應力-應變曲線，其中圍束混凝土之縱向壓應力強度 f_c 計算如下：

當圍束混凝土應變在 $0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$ 時，

$$f_c = \frac{f'_{cc} x r}{r - 1 + x^r} \dots\dots\dots (2.1)$$

式中：

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{c0} \left[1 + 5 \left(\frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c} \text{ kgf/cm}^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \dots\dots\dots (2.6)$$

式中： f'_c = 圍束混凝土之抗壓強度； x = 正規化之混凝土應變； ε_c = 圍束混凝土之壓應變； ε_{cc} = 圍束混凝土於應力 f'_{cc} 時之壓應變； ε_{c0} = 無圍束之混凝土在抗壓強度 f'_c 時之壓應變（Mander 建議 ε_{c0} 可取為 0.002）； r = 參數； E_c = 混凝土之彈性模數； E_{sec} = 圍束混凝土之割線模數。其中 f'_{cc} 值與圍束應力 f'_1 有關，考量橫向鋼筋並非對所有的核心混凝土均能產生圍束作用。因此在計算圍束應力時，對於不同的橫向鋼筋配置方式，必須乘上其有效圍束係數 k_e 來進行折減：

$$k_e = \frac{\left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{(w'_i)^2}{6B'D'_h} \right) \left(1 - \frac{s'}{2B'} \right) \left(1 - \frac{s'}{2D'_h} \right)}{1 - \rho_{cc}} \dots\dots\dots (2.7)$$

式中： w'_i = 相鄰軸向鋼筋之淨間距； s' = 橫向鋼筋之淨間距； ρ_{cc} = 縱向鋼筋之斷面積總合與圍束區域內混凝土斷面面積之比值； D'_h = 混凝土斷面受圍束部分之 x 向長度； B' = 混凝土斷面受圍束部分之 y 向長度。由於矩形斷面一般均採用矩形橫向鋼筋配置，因此圍束應力

f'_1 在 x 向和 y 向不一定相同， x 向及 y 向之有效圍束應力 f'_{1x} 與 f'_{1y} 可由下列計算方式而得：

$$f'_{1x} = k_e f_{1x} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$f'_{1y} = k_e f_{1y} \dots\dots\dots (2.9)$$

其中， f_{1x} 及 f_{1y} 分別為斷面之橫向鋼筋圍束應力，計算如下：

$$f_{1x} = \frac{A_{sx}}{sB'} f_{yh} = \rho_x f_{yh} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$f_{1y} = \frac{A_{sy}}{sD'_h} f_{yh} = \rho_y f_{yh} \dots\dots\dots (2.11)$$

式中： ρ_x ， ρ_y = 矩形斷面在 x 向及 y 向之橫向鋼筋體積比； f_{yh} = 橫向鋼筋之降伏強度； A_{sx} ， A_{sy} = 矩形斷面在長向及短向之橫向鋼筋總面積； s = 橫向鋼筋之間距。根據上式可分別求出兩個不同方向之有效圍束應力，再比較 f'_{1x}/f'_c 與之 f'_{1y}/f'_c 大小，大者為最大圍束應力比，小者則為最小圍束應力比，經由查表，可得到圍束抗壓強度比 f'_{cc}/f'_c ，即可進而求得矩型斷面中圍束區域內的混凝土抗壓強度。而圍束混凝土之極限壓應變 ϵ_{cu} 可由下式表示：

$$\epsilon_{cu} = 0.004 + \rho_s \epsilon_{su} \frac{f_{yh}}{f'_{cc}} \dots\dots\dots (2.12)$$

式中： ρ_s = 橫向鋼筋量比； ϵ_{hu} = 橫向鋼筋之極限應變。

(2) 無圍束之混凝土：指橫向箍筋外未受任何圍束之混凝土。只要針對前述圍束混凝土相關計算公式令圍束應力 $f'_1 = 0$ ，並改變下列之參數，代入圍束混凝土的公式計算即可： $f'_{cc} = f'_c$ ； $\epsilon_{cc} = \epsilon_{c0}$ ； $x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{c0}}$ ；

$$E_{sec} = \frac{f'_c}{\epsilon_{c0}} \text{。}$$

上述僅適用於 $\epsilon_c < 2\epsilon_{c0}$ ，但當混凝土應變增加至 $\epsilon_c > 2\epsilon_{c0}$ 時，則混凝土之應力-應變曲線會呈現線性減少至混凝土剝落應變 ϵ_{sp} ，一般

採用混凝土剝落應變 $\varepsilon_{sp} = 0.005$ 。因此無圍束混凝土應力 f_c 與應變 ε_c 之關係如下所示：

(1) 當 $\varepsilon_c < 2\varepsilon_{c0}$ 時

$$f_c = \frac{f'_c xr}{r-1+x^r} \dots\dots\dots (2.13)$$

(2) 當 $\varepsilon_c > 2\varepsilon_{c0}$ 時

$$f_c = f'_c \left(\frac{2r}{r-1+x^r} \right) \left(1 - \frac{\varepsilon_c - 2\varepsilon_{c0}}{\varepsilon_{sp} - 2\varepsilon_{c0}} \right) \dots\dots\dots (2.14)$$

(3) 當 $\varepsilon_{sp} < \varepsilon_c$ 時

$$f_c = 0 \dots\dots\dots (2.15)$$

鋼筋材料模型擬採用 Mirza and MacGregor (1979) 所提出之應力-應變曲線模式，可分成三個階段：(1) 彈性階段、(2) 塑性階段和 (3) 應變硬化階段，而三個階段之鋼筋應力與應變之關係如下所示：

(1) 彈性階段：當 $0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_y$ 時， $f_s = E_s \varepsilon_s$

式中： ε_y = 鋼筋之降伏應變； E_s = 鋼筋之彈性模數。

(2) 塑性階段：當 $\varepsilon_y \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh}$ 時， $f_s = f_y$

式中： f_y = 鋼筋之降伏強度； ε_{sh} = 縱向鋼筋達應變硬化階段之起始應變，對於一般鋼筋 ($f_s = 2800 \text{ kgf/cm}^2$) 可取 $\varepsilon_{sh} = 14\varepsilon_y$ ，若為高強度鋼筋 ($f_s = 4200 \text{ kgf/cm}^2$) 則採用 $\varepsilon_{sh} = 5\varepsilon_y$ 。

(3) 應變硬化階段：當 $\varepsilon_{sh} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$ 時，

$$f_s = f_y \left[\frac{m(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) + 2}{60(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) + 2} + \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh})(60 - m)}{2(30r_s + 1)^2} \right] \dots\dots\dots (2.16)$$

式中：

$$m = \frac{(f_{su}/f_y)(30r_s + 1)^2 - 60r_s - 1}{15r_s^2} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$r_s = \varepsilon_{cu} - \varepsilon_{sh} \dots\dots\dots(2.18)$$

式中： f_{su} =鋼筋之極限強度，本階段計畫取 $f_{su} = 1.5f_y$ ； ε_{cu} =鋼筋之極限應變，對於一般鋼筋($f_s = 2800\text{kgf/cm}^2$)可取 $\varepsilon_{cu} = 0.14 + \varepsilon_{ch}$ ，若為高強度鋼筋($f_s = 4200\text{kgf/cm}^2$)則取 $\varepsilon_{cu} = 0.12$ 。

2.2.4 塑鉸撓剪行為

本研究採用Sung et al (2005)與陳彥豪(2005)所提出的方法模擬塑鉸受聯合撓曲與剪力作用的行為，根據該模式，塑鉸受撓剪行為，依破壞模式不同，可區分為三種：(1)撓曲破壞；(2)撓剪破壞；以及(3)剪力破壞。以下先詳述預測撓曲行為的彎矩與曲率分析，接著闡述剪力強度的預測模式，最終詳述撓剪各自獨立或交互作用的三種破壞模式。

撓曲行為

本研究擬採斷面彎矩與曲率分析求取撓曲行為，該分析藉由漸增斷面曲率值，在滿足材料組成率（式2.1至2.18）、變形諧和（平面在撓曲旋轉後仍保持平面）與力平衡三大條件下，逐步求得相對應的彎矩值，最終建立完整斷面彎矩與曲率關係。圖2.12顯示典型彎矩與曲率關係。由圖2.12可知，該關係在達開裂彎矩 M_{cr} 與曲率 ϕ_{cr} 前保持線性，開裂後中性軸移動，受壓區縮減，勁度下降，但彎矩與曲率關係仍近似線性，直至第一根縱向鋼筋降伏，所對應之彎矩與曲率分別為降伏彎矩 M_y 與降伏曲率 ϕ_y ，降服後彎矩與曲率關係開始軟化，呈現顯著轉折，隨著曲率進一步增加，最終材料達其極限應變，其定義如前節所述，此時彎矩與曲率分別為極限彎矩 M_u 與極限曲率 ϕ_u 。

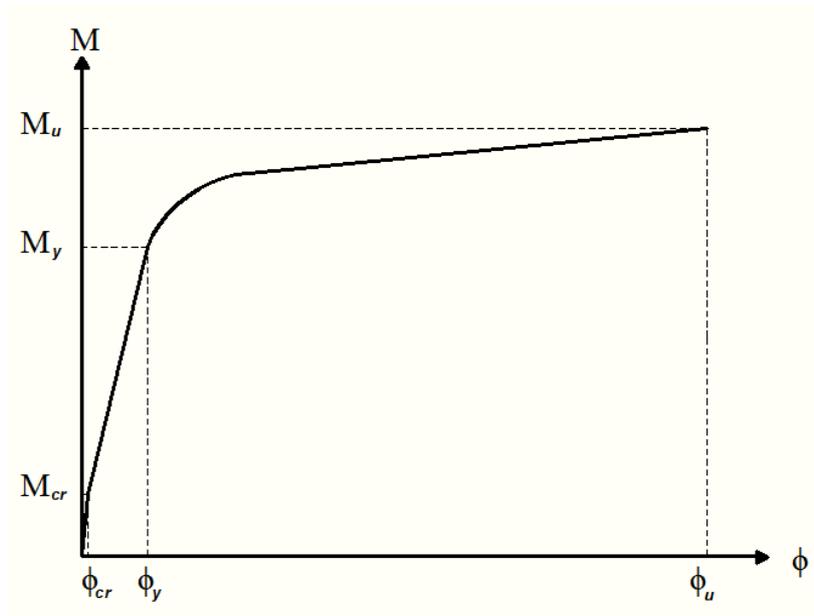


圖 2.12 典型塑鉸斷面曲率與彎矩之關係

剪力行為

塑鉸剪力行為之求取，本計畫擬採用國內橋梁耐震設計規範（交通部，2008）之模式，該模式乃參考 Priestley 等人（1994）與 Aschhiemand 等人（1992）之研究，考慮鋼筋混凝土柱在承受地震力作用時，混凝土的剪力強度會隨柱韌性之增大而呈現遞減的現象。該模式規定橋墩之標稱剪力強度 V_n (kgf) 計算如下：

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (2.19)$$

箍筋提供之剪力強度 V_s (kgf) 計算如下，但不得超過 $2.12\sqrt{f'_c}A_e$ (kgf)：

$$V_s = \frac{\pi A_h f_{yh} D}{2 \alpha} \quad (\text{圓形斷面}) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$V_s = A_{sh} f_{yh} \frac{d}{a} \quad (\text{矩形斷面}) \dots\dots\dots (2.21)$$

橋柱塑鉸區混凝土剪力強度 V_c (kgf) 依下式計算：

$$V_c = 0.53(k + F)\sqrt{f'_c}A_e \dots\dots\dots (2.22)$$

$$k = \frac{R_{max}-R}{R_{max}-1} \geq 0 \dots\dots\dots (2.23)$$

$$R = \frac{\theta}{\theta_y} \dots\dots\dots (2.24)$$

$$R_{max} = \frac{\theta_u}{\theta_y} \dots\dots\dots (2.25)$$

式中： A_{sh} =沿剪力方向箍筋之總斷面積(含輔助繫筋)(cm^2)； d =沿剪力方向柱之有效深度(cm)； a =剪力鋼筋之垂直間距(cm)； A_e =有效剪力面積，可取為 $0.8A_g$ (cm^2)； F =與軸力有關之調整係數， $F = \frac{N}{140A_g}$

(軸力為壓力時)， $F = \frac{N}{35A_g}$ (軸力為拉力時)； N =軸力(kgf)，壓力

時取正值，拉力時取負值； k =混凝土剪力強度折減因子； A_g =柱之全斷面積(cm^2)； D =圓柱圍束區域之直徑(cm)。根據前述定義，圖2.13顯示剪力強度 V_n 與韌性容量 R 之關係。由圖可知，在韌性尚未發揮前，剪力強度保持定值，韌性發揮後，剪力強度隨韌性呈線性遞減直至韌性容量 R_{max} 。

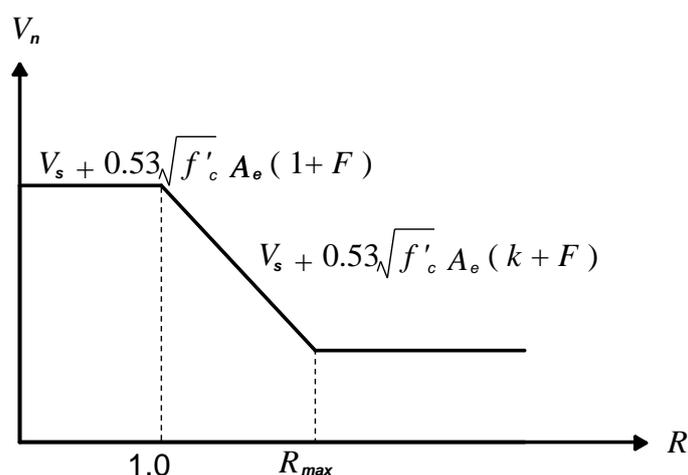


圖 2.13 剪力強度 V_n 與韌性容量 R 之關係

塑鉸破壞模式

塑鉸破壞模式之決定，需先將剪力行為以塑鉸斷面彎矩與曲率關係表達，再與撓曲行為相互比較，詳述如下。

(1)以塑鉸斷面彎矩與曲率關係表達剪力行為：

假設柱固定端至自由端或反曲點之長度為 l ，在其自由端受一水平的集中力 V ，則固定端彎矩 M 與剪力 V 的關係如下：

$$M = V \times l \dots\dots\dots(2.26)$$

而韌性 R 的定義為：

$$R = \frac{\theta_u}{\theta_y} = 1 + \frac{\theta_p}{\theta_y} \dots\dots\dots(2.27)$$

式中： θ_u =構材最大總轉角； θ_y =構材降伏轉角； θ_p =最大塑性轉角，其值為 θ_u 與 θ_y 之差。透過式(2.26)與(2.27)，可分別將剪力強度 V_n 與韌性容量 R 之關係，轉換成彎矩與轉角之關係，如圖2.14所示：

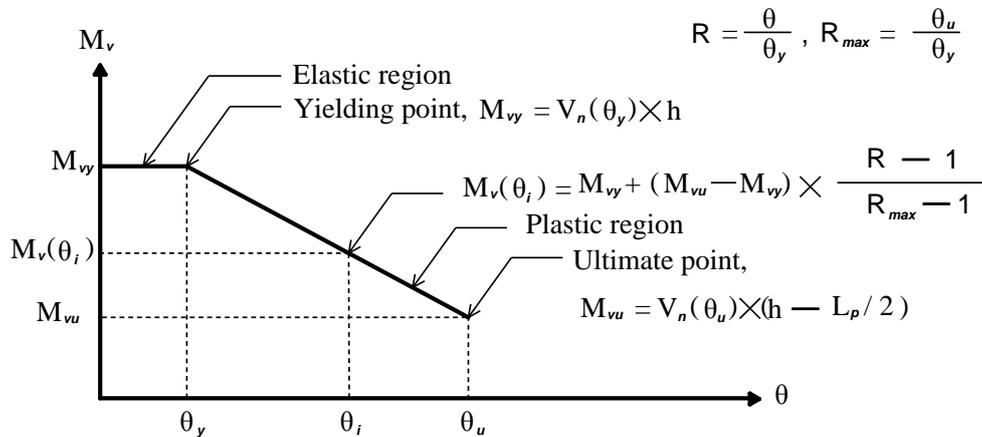


圖 2.14 剪力強度對應彎矩與轉角之關係

(2)建立塑鉸特性：

塑鉸破壞模式可由撓曲行為（圖2.13）與剪力行為（圖2.14）之比較獲得，破壞模式確認後，塑鉸特性即可建立：塑鉸特性於載重施加之初由撓曲曲線表示，若達最大轉角前皆不與剪力曲線交會，如圖2.15所示，則其行為為構件韌性充分發揮的撓曲破壞模式，其特

性可由撓曲曲線表達，如圖中紅線所示；若在降服轉角與最大轉角之間與剪力曲線交會，如圖2.16所示，則其破壞模式為韌性部分發揮的撓剪破壞，其特性在交會後由剪力曲線表達，如圖中紅線所示；若在轉角小於降服轉角前與剪力曲線交會，如圖2.17所示，則為突然無預警的剪力破壞模式，其特性在交會後亦由剪力曲線表達，如圖中紅線所示。

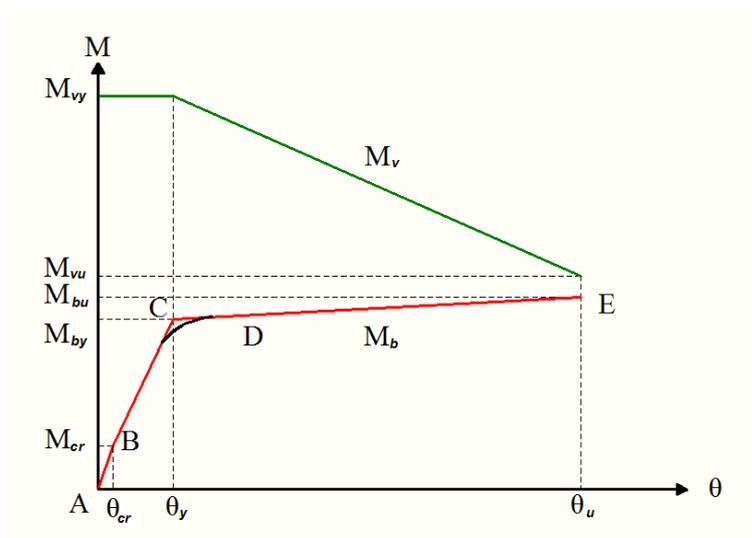


圖 2.15 撓曲破壞模式

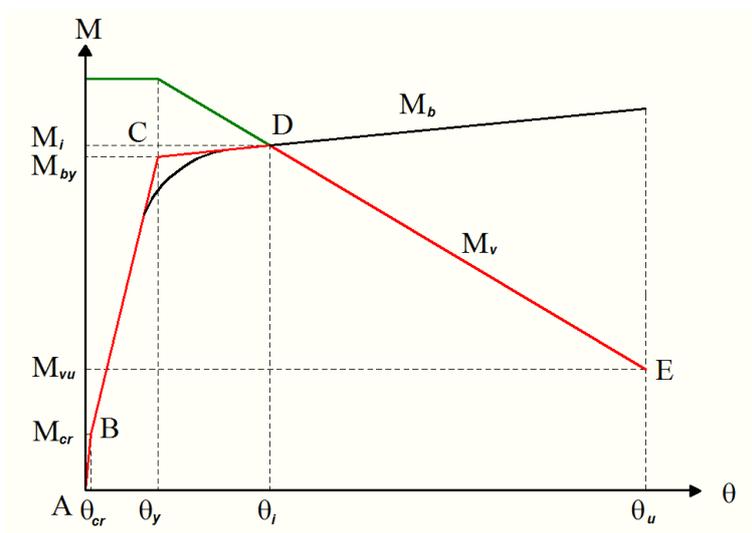


圖 2.16 撓曲剪力破壞模式

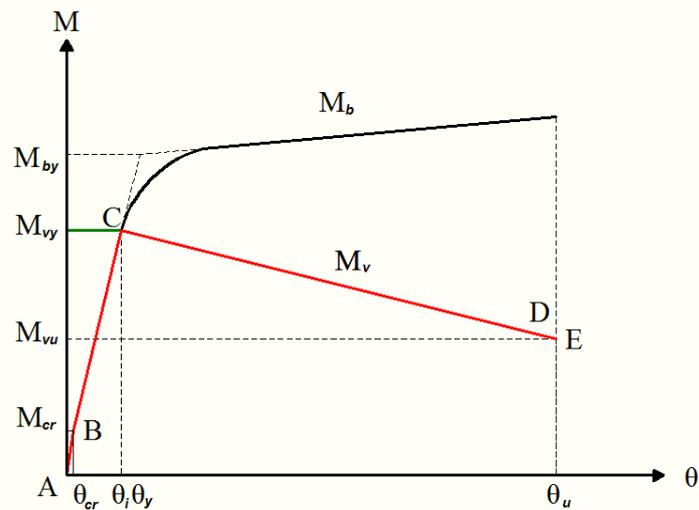


圖 2.17 剪力破壞模式

2.2.5 沉箱基礎之土壤彈簧模擬方式

公路橋梁耐震設計規範揭示，基礎與土壤之勁度得以基礎與土壤互制彈簧模擬，該互制彈簧則是經由地盤反力係數來求得。地盤反力係數應依據土壤鑽探資料或現地試驗資料所得之變形行為，考慮基礎受力寬幅之影響下，取一適當之評估方法與設定。

2.2.5.1 沉箱基礎之地盤反力係數

為評估沉箱受力後斷面力與變位得依據彈性基礎之有限梁理論進行分析，其結構分析模型如圖2.18所示，沉箱周圍及底面之地層則均視為之彈簧。在模擬實際地層之應力-應變行為方面，假設地層為完全彈塑性體，地層等值彈簧之地盤反力係數值可就沉箱尺寸、地層彈性係數及地層特性參照表2-2推求，其中 k_V 、 k_S 、 k_H 分別為基礎底面之垂直地盤反力係數、水平剪力地盤反力係數和基礎前面水平地盤反力係數(kgf/cm³)，而 k_{SVB} 、 k_{SHD} 、 k_{SVD} 則為基礎前面垂直剪力地盤反力係數、基礎側面水平剪力地盤反力係數和基礎側面垂直剪力地盤反力係數(kgf/cm³)，和則為垂直向和水平向之地盤反力係數基準值(kgf/cm³)，和及地層特性參照表2-2推求，其中 k_V 、 k_S 、 k_H 分別為基礎底面之垂直

地盤反力係數、水平剪力地盤反力係數和基礎前面水平地盤反力係數(kgf/cm³)，而k_{SVB}、k_{SHD}、k_{SVD}則為基礎前面垂直剪力地盤反力係數、基礎側面水平剪力地盤反力係數和基礎側面垂直剪力地盤反力係數(kgf/cm³)，k_{V0}和k_{H0}則為垂直向和水平向之地盤反力係數基準值(kgf/cm³)，B_V、B_H和D_H為沉箱底面積之等值寬度、與水平側向載重方向正交之等值基礎寬度和沉箱側面之等值基礎寬度(cm)。

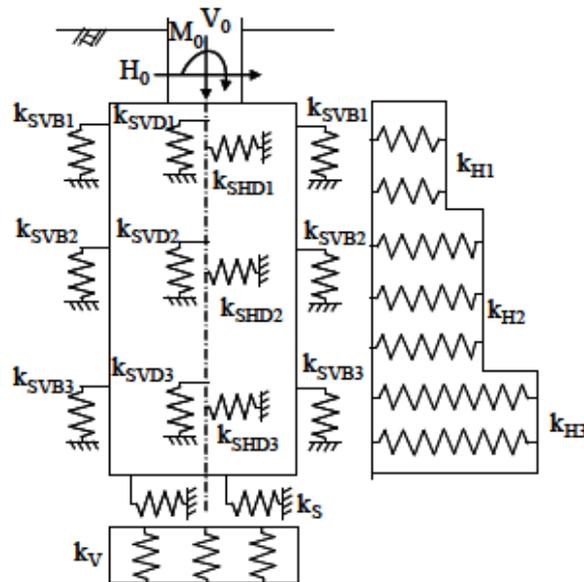


圖 2.18 沉箱基礎之分析模式

表 2-2 沉箱地盤反力係數

位置	方向	地盤反力係數
沉箱底面	垂直	$k_V = k_{V0}(B_V/30)^{-3/4}$
	水平	$k_S = 0.3k_V$
沉箱正前方	水平	$k_H = \alpha_k k_{H0}(B_H/30)^{-3/4}$
	垂直	$k_{SVB} = 0.3k_H$
沉箱側面	水平	$k_{SHD} = 0.6\alpha_k k_{H0}(D_H/30)^{-3/4}$
	垂直	$k_{SVD} = 0.3k_{SHD}$

2.2.5.2 沉箱正前方水平極限支承力

不同深度之土壤彈簧強度以被動土壓力上限值 P_{Hu} 表示

$$P_{Hu} = \alpha_p P_{Ep}$$

其中 α_p 為被動土壓力上限係數，對 N 值為2以下之軟弱粘土， α_p 取為1.0，其他情況已 $\alpha_p = 1.0 + 0.5(x/B_e) \leq 3.0$ 計算。 P_{Ep} 為填土之地震被動土壓力，依下列公式計算：

$$P_{Ep} = \gamma \cdot x \cdot K_{EP} + 2c\sqrt{K_{EP}}$$

$$K_{EP} = \frac{\cos^2 \phi}{\cos \delta \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta) \sin(\phi + \alpha)}{\cos \delta \cos \alpha}} \right]^2}$$

上列各式中，

P_{Ep} ：深度 x 處之地震時被動土壓力，(tonf/m²)

K_{EP} ：被動土壓力係數

γ ：土壤單位重，(tonf/m³)

C ：土壤單位重，(tonf/m³)

ϕ ：土壤摩擦角，(deg)

α ：地表面與水平面之夾角，(deg)

δ ：沉箱正前方與土壤間之摩擦角，(deg)

x ：土壓力 P_{Ep} 作用於沉箱正前方之深度，(m)

2.2.5.3 沉箱基礎底面水平極限支承力

沉箱底面之摩擦阻力由基礎底面與地層間之摩擦力與附著力兩者所提供，其值大小與地層特性及基礎施工方法有關。

$$R_f = N \tan \delta + AC_a$$

上列各式中，

R_f ：基礎版底面之摩擦阻力(tonf)

N ：作用於基礎版底面之有效鉛直載重(tonf)

δ ：基礎版底面與地層間之摩擦角($^{\circ}$)

A ：基礎版底面之有效接觸面積(m^2)

C_a ：基礎版底面與地層之有效附著力(tonf/ m^2)

2.2.5.4 沉箱基礎底面垂直極限支承力

沉箱基礎之垂直極限支承力應根據基地調查與試驗結果計算。

$$q_u = \alpha c N_a + \gamma_2 D_f N_q + 0.5 \beta \gamma_1 B N_r$$

上列各式中，

q_u ：基礎底面地層之極限支承力(tonf/ m^2)

C ：基礎底面下土壤之凝聚力(tonf/ m^2)

λ_1 ：基礎底面下土壤之有效單位重(tonf/ m^3)

λ_2 ：基礎底面以上土壤之平均有效單位重(tonf/ m^3)

B ：基礎寬度

D_f ：基礎之有效埋置深度

α, β ：基礎底面形狀影響因素

N_c, N_a, N_r ：支承力因素

2.3 橋梁評估及補強標準

交通部公路橋梁耐震評估及補強準則草案(以下簡稱「評估準則草案」)係以其所訂立的結構性能等級直接求其對應之需求反應譜的地表加速度，再以耐震設計規範中之耐震評估地表加速度為標準，檢核性能等級地表加速度是否滿足規範的補強加速度標準，依橋梁安全性、服務性與可修復性共定義有四種性能水準，如表2-3所示，表中耐震性能水

準PL3 代表橋梁之降伏點，耐震性能水準PL2 代表橋梁已產生塑性變形，惟其量達至極限點全部塑性變形之1/3（台北盆地為1/4），耐震性能水準PL1 代表橋梁已產生塑性變形，惟其量達至極限點全部塑性變形之2/3（台北盆地為1/2），耐震性能水準PL0定義為橋梁已產生塑性變形，惟其量達極限點全部塑性變形（台北盆地為3/4）。

對於需補強的橋梁，地震水準係依據 97 年版公路橋梁耐震設計規範之規定，即與新建橋梁之地震水準相同。設計地震係考慮50 年10%超越機率之均布危害度分析而訂定，其對應地震回歸期為475年。震區堅實地盤短週期與一秒週期之水平譜加速度係數下限值取回歸期475年地震之1/3.25 作為設計總橫力下限值之依據。橋梁耐震性能目標之基本原則為中度地震下橋梁結構須保持彈性，震後無明顯之損壞及不需修復且可保有震前之交通機能；設計地震下橋梁依橋齡及用途係數容許產生不同程度之損傷，但須避免產生落橋或崩塌。

表 2-3 評估準則中公路橋梁之四種性能水準定義

性能水準	安全性	服務性	修復性	
			短期* (服務性)	長期** (安全性)
PL3	結構保持彈性 防止落橋	與地震前交通機能相同	簡易維修	經常維修
PL2	防止落橋與允許橋柱產生可修復之塑性變形	短期搶修可恢復震前交通機能	依既有緊急搶修工法，完成短期搶修	依既有修復工法，完成長期修復
PL1	防止落橋與避免橋柱過大殘留變形	短期搶修可限重限速恢復通行	更換受損構件或進行結構補強	封閉橋梁，進行局部重建
PL0	防止落橋與避免橋柱崩塌	得禁止通行，以替代道路或臨時便橋取代	得全橋或局部拆除重建	得全橋或局部拆除重建

第三章 TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證

3.1 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3.1所示。

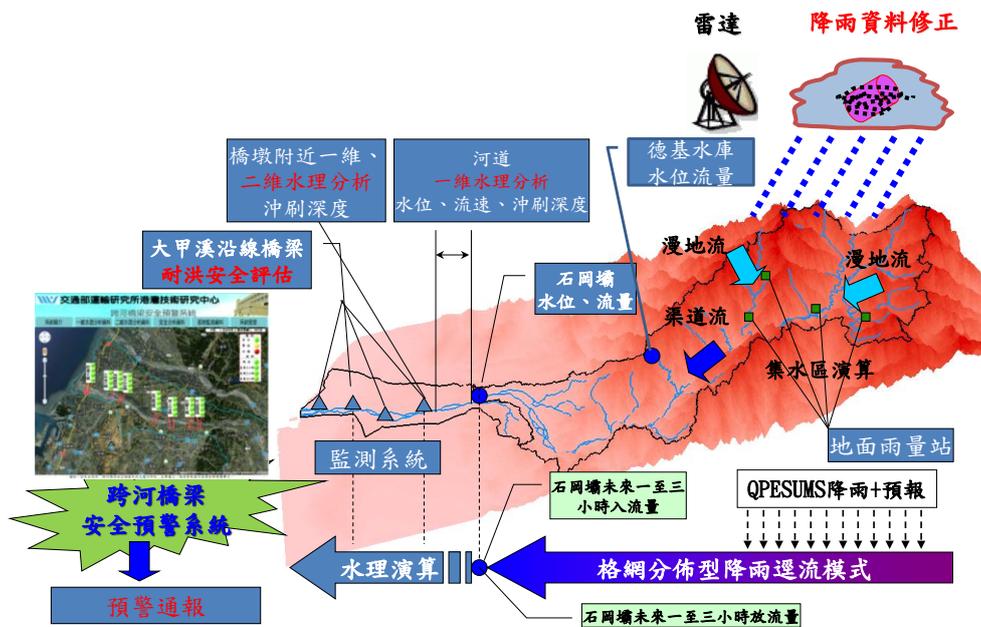


圖 3.1 颱風災害跨河橋梁防災架構圖

TRENDS程式化將相關成果於網頁系統中展示。系統頁面如圖 3.2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 3.2 跨河橋梁安全預警頁面

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」，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3-1)與石岡壩上游(表3-2)，地形測量位置圖如圖3.3。

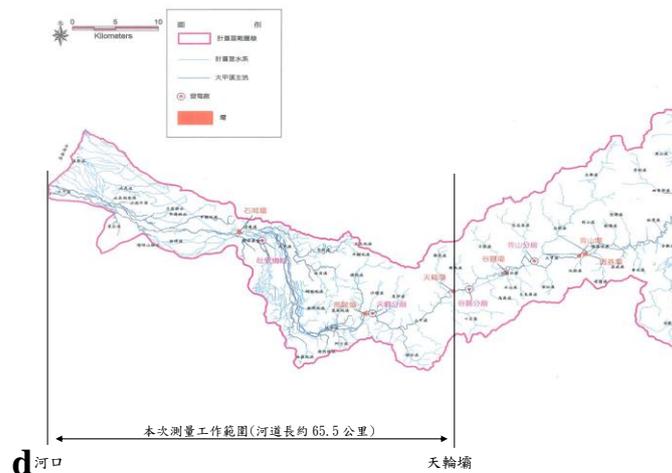


圖 3.3 大甲溪地形測量位置圖(取自水利署報告)

表3-1 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3-1 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3-2 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3-2 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。

模式新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3.4)。可參照網址如下所示：http://fhy.wra.gov.tw/ReservoirPage_2011/Statistics.aspx。

瀏覽方式: 防汛重點水庫 | 2015 | 第 9 | 月 28 | 日 22 | 時 20 | 分

水庫名稱	水情時間	本日後水庫 累積降雨量 (mm)	防汛查核期間時，「防汛重點水庫」需登錄下列資訊				水庫出流量(m³/s)					防洪運轉狀態				
			總流量 (mm)	水位 (公尺)	高水位 (公尺)	有效警水量 (萬立方公尺)	警水 百分比(%)	取水流量	發電 放水口	排砂通 淨RO	溢洪 閘壩	溢洪道	小計	目前狀態	預定時間	預定放流量 (m³/s)
石門水庫	2015-09-28 22:00:00	369.60	3,095.63	243.79	245.00	19,071.86	94.77%	26.23	61.22	333.36	428.36	1,891.74	2,714.68	洩洪中		預定下1小時放水流量1500cms
藤湖水庫	2015-09-28 22:00:00	--	2,721.61	165.67	170.00	29,614.18	88.27%	--	270.50	--	--	--	270.50	--	--	--
寶山第二水庫	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	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		放水流量30cms
雙魚潭水庫	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	73.02	預計放流	預定於2015/09/28 23時起泄洪	放水流量800cms
碧社水庫	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%	--	--	--	--	--	--	--	--	--
鯉魚潭水庫	2015-09-28 21:00:00	70.12	303.00	212.51	214.75	204.00	53.31%	76.30	--	6.35	--	215.00	221.35	調節性放水		--
仁高潭水庫	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	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	12.00	調節性放水		預定下1小時放水流量12cms
烏山頭水庫	2015-09-28 21:00:00	10.00	3.00	56.15	58.18	6,120.00	76.77%	3.00	--	--	--	--	--	--	--	--
曾文水庫	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1小時放水流量150cms
龍化水庫	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		預定下1小時放水流量5cms
高屏溪龍岡壩	2015-09-28 22:00:00	21.50	--	16.07	--	492.48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
牡丹水庫	2015-09-28 22:00:00	11.90	1.12	138.11	142.00	2,137.70	80.86%	1.12	--	--	--	--	--	--	--	--

附註：
 * 圖為即時動態資料，僅供參考；請上防汛查核系統查詢最新水庫運轉狀態
 ** 資料來源：各水庫單位人工登錄
 *** 生產單位：各水庫單位

圖 3.4 水利署水庫防洪運轉狀態

如圖3.4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3-3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。

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3.5)。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。

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。

表3-3 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

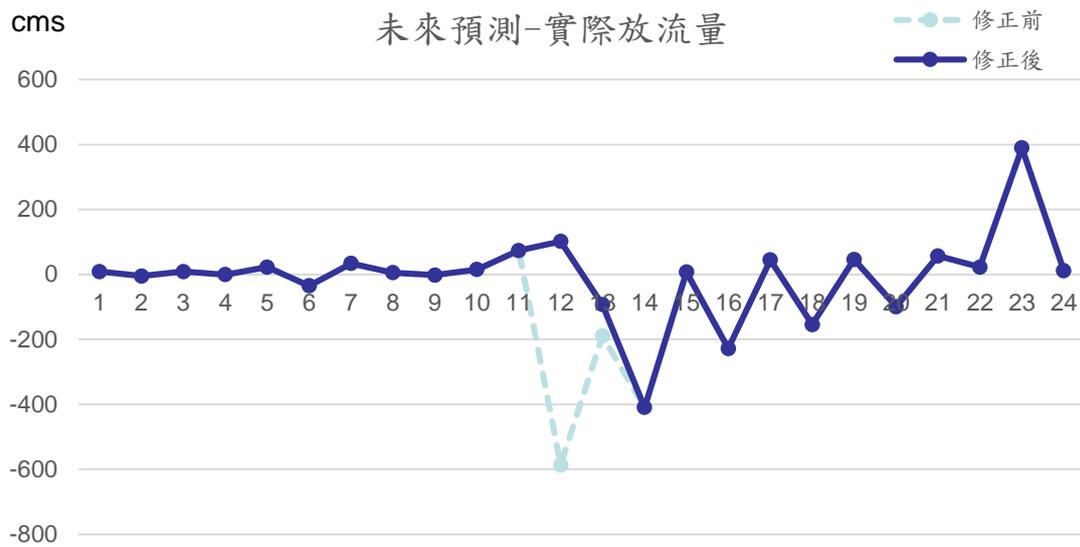


圖 3.5 杜鵑颱風石岡壩放流預測誤差

3.2 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3.6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。

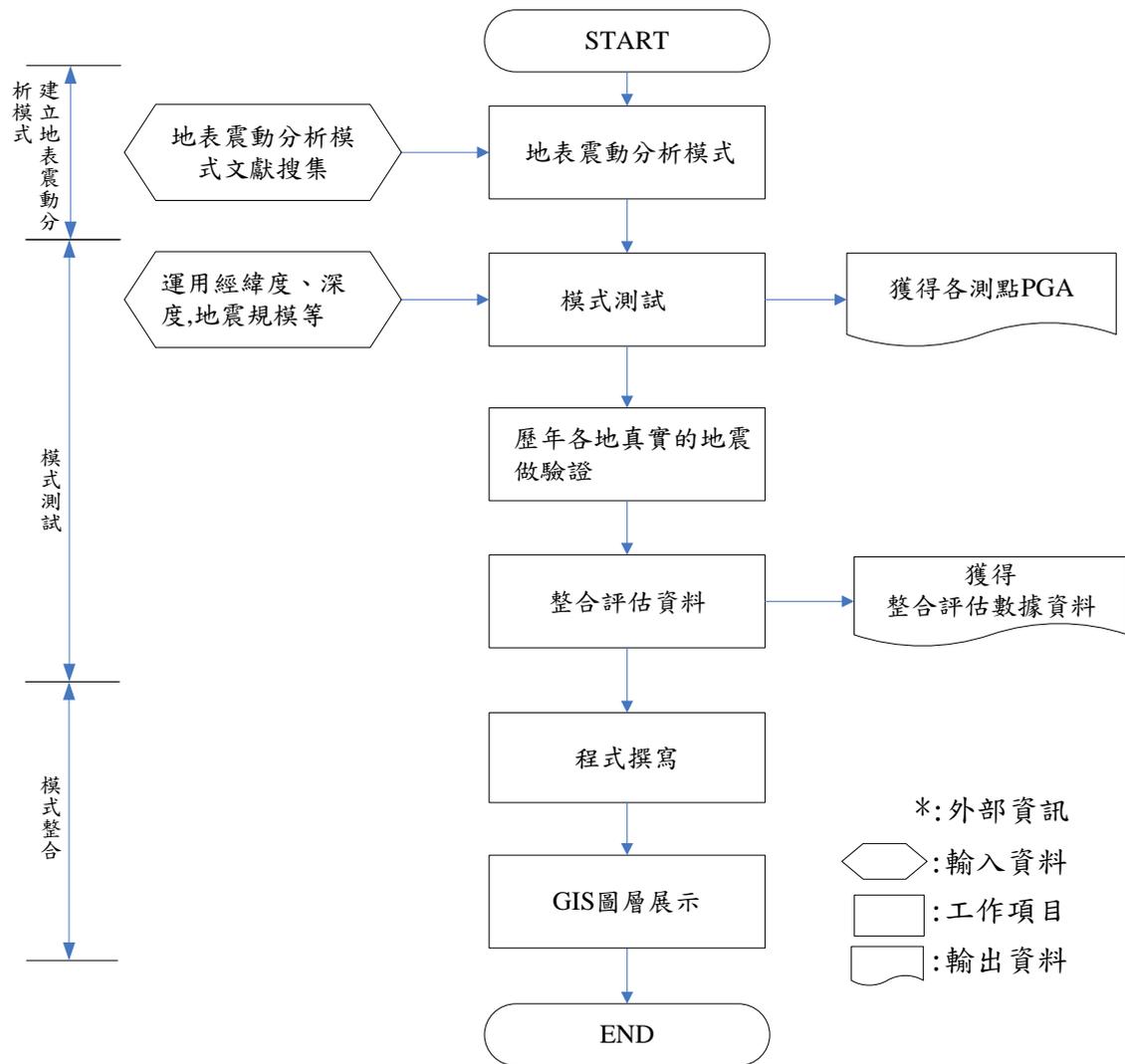


圖 3.6 地表振動分析模式流程

(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3.7為中央氣象局強震站及中央研究院山區強震站位置圖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3.8所示。

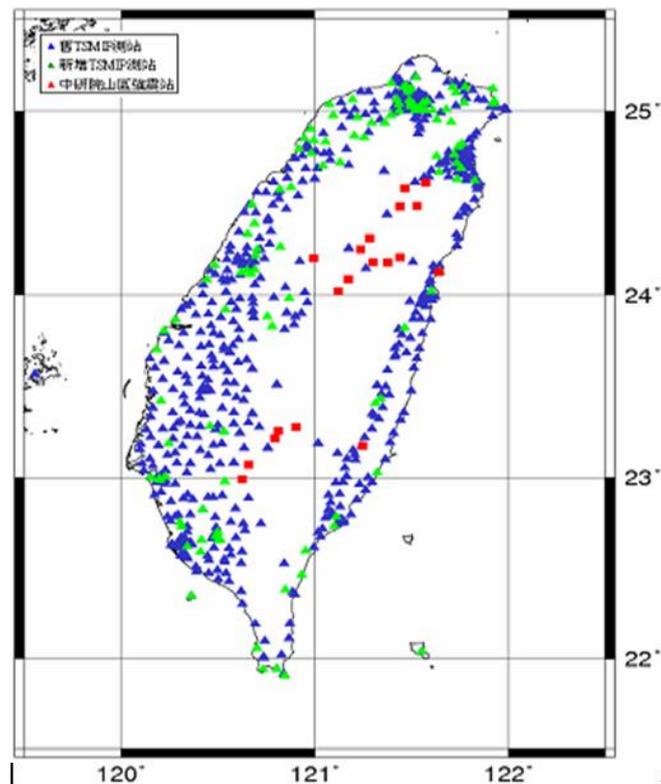


圖 3.7 中央氣象局強震站及中央研究院山區強震站位置圖

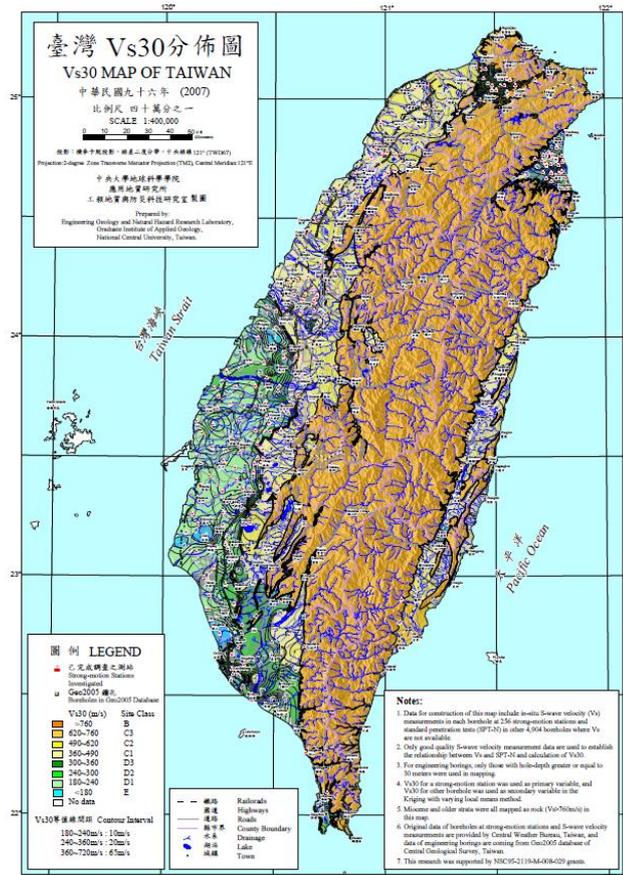


圖 3.8 臺灣 Vs30 分佈精確圖檔

(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3.9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。

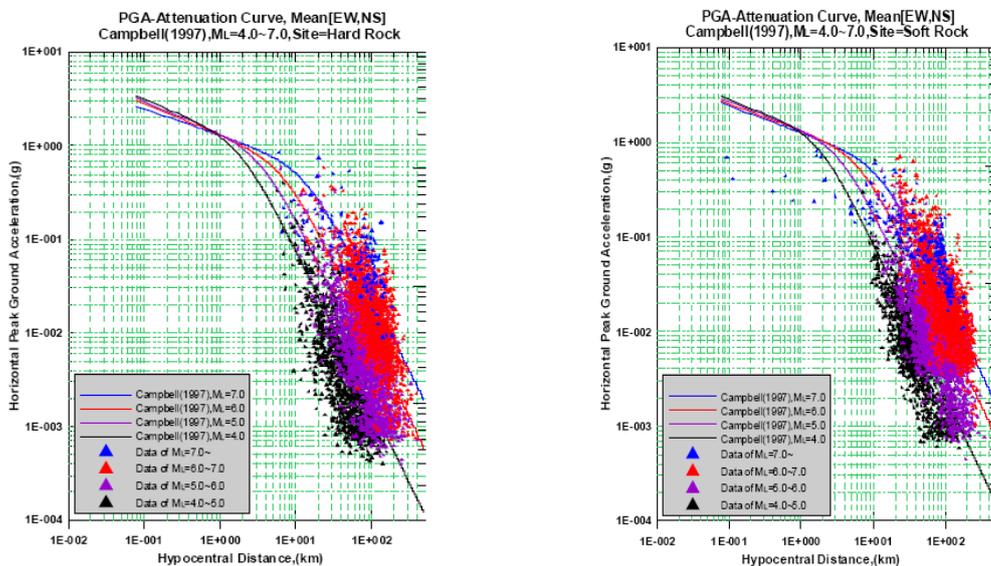


圖 3.9 臺灣規模 4.0~7.0 地震與(Campbell, 1997)衰減曲線關係

目前各研究所採用之地震衰減模式如式(4.1)

$$PGA(g)=f(M,R)=C_1 e^{C_2 M} [R+C_4 \exp(C_5 M)]^{C_3} \dots\dots\dots (3.1)$$

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：

$$PGA(g)=f(M,R)=0.02938e^{1.1995M} [R+0.14667\exp(0.69689M)]^{-1.73413} (3.2)$$

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：

$$\ln(Y_0) = C_0 + C_1 \times \ln(Y_a) \dots\dots\dots (3.3)$$

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

詹皓凱根據式(3.2)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3.10所示。

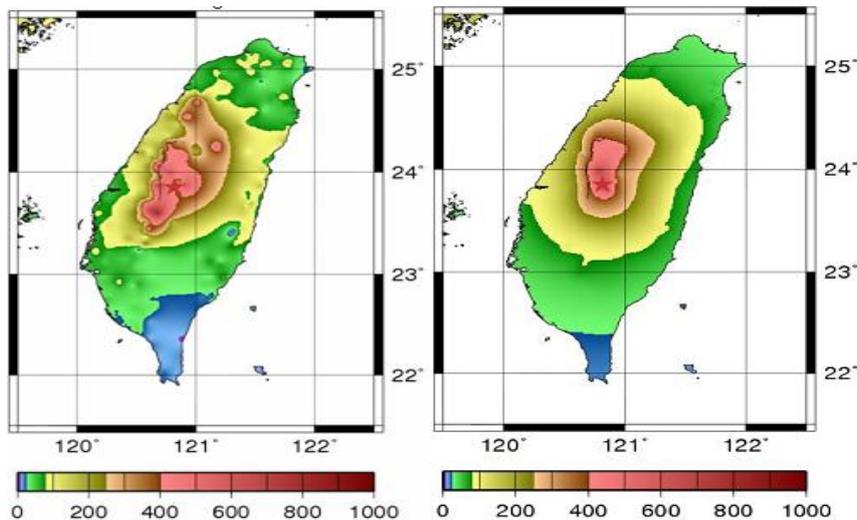


圖 3.10 為集集地震的(a)實測值與(b)衰減模式預測值 PGA 分佈

(c) 歷年各地真實地震之驗證

詹皓凱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 3.11 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。

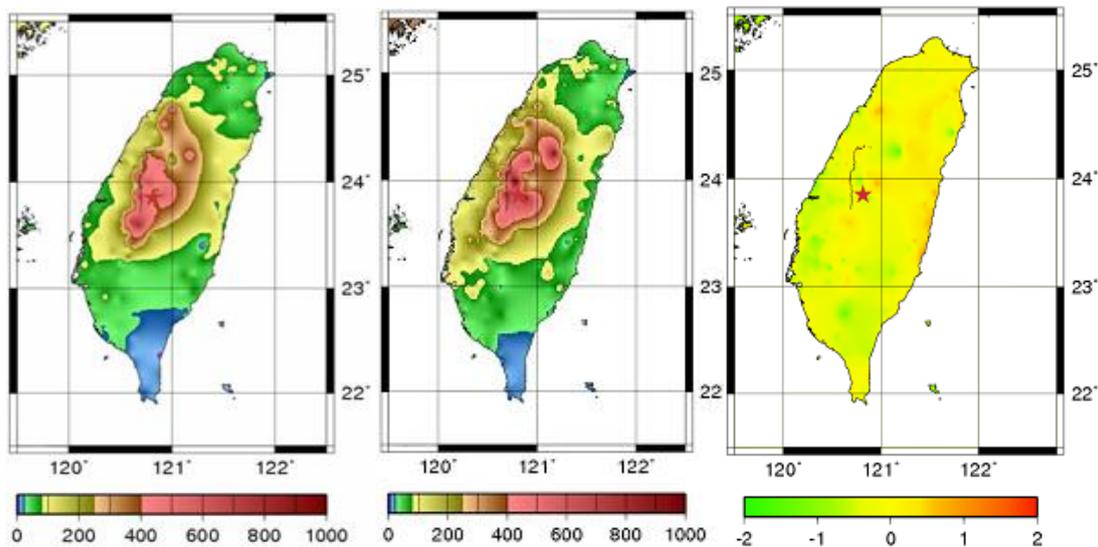


圖 3.11 修正函數校正後的預測與其觀測值之誤差殘值分佈

(d) 整合評估資料

本研究參考張毓文及詹皓凱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 3.12 至圖 3.14 所示。

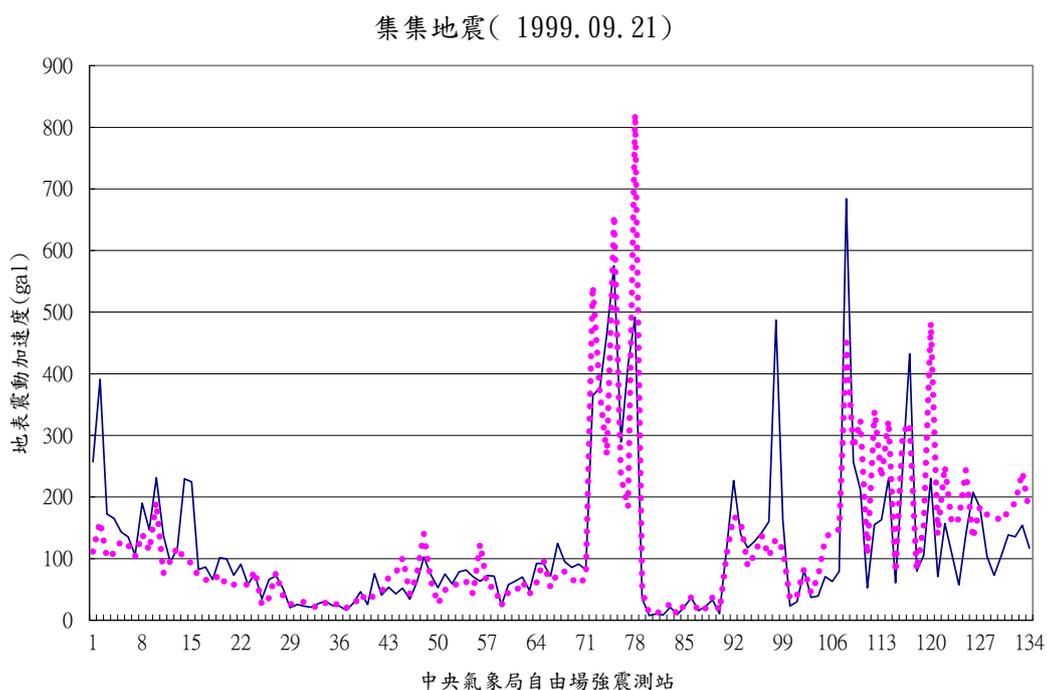


圖 3.12 臺灣歷年大地震：集集地震之實測值與預測值比較

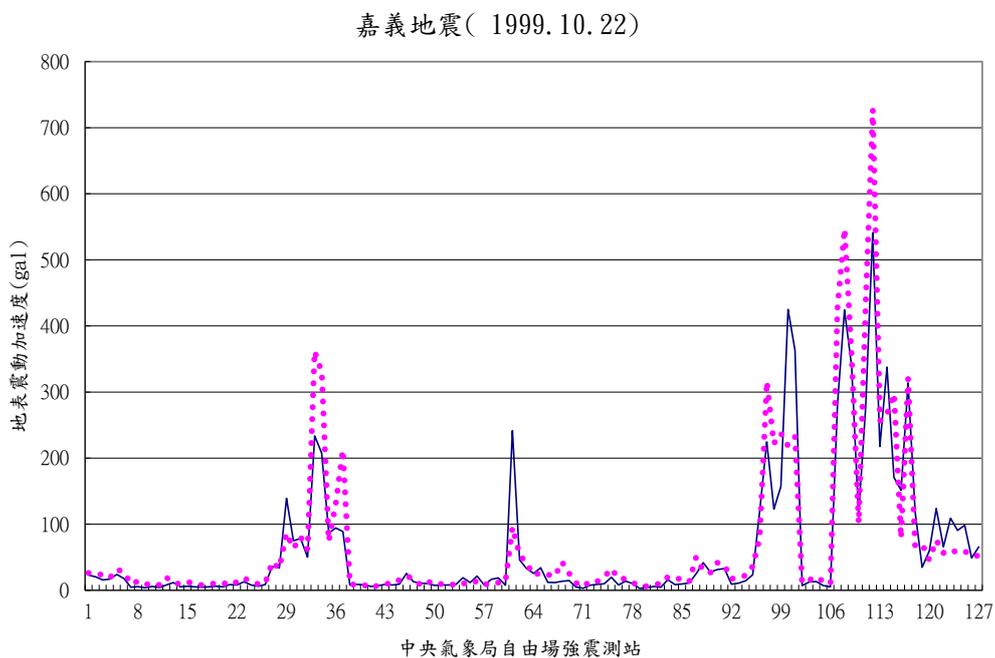


圖 3.13 臺灣歷年大地震：嘉義地震之實測值與預測值比較

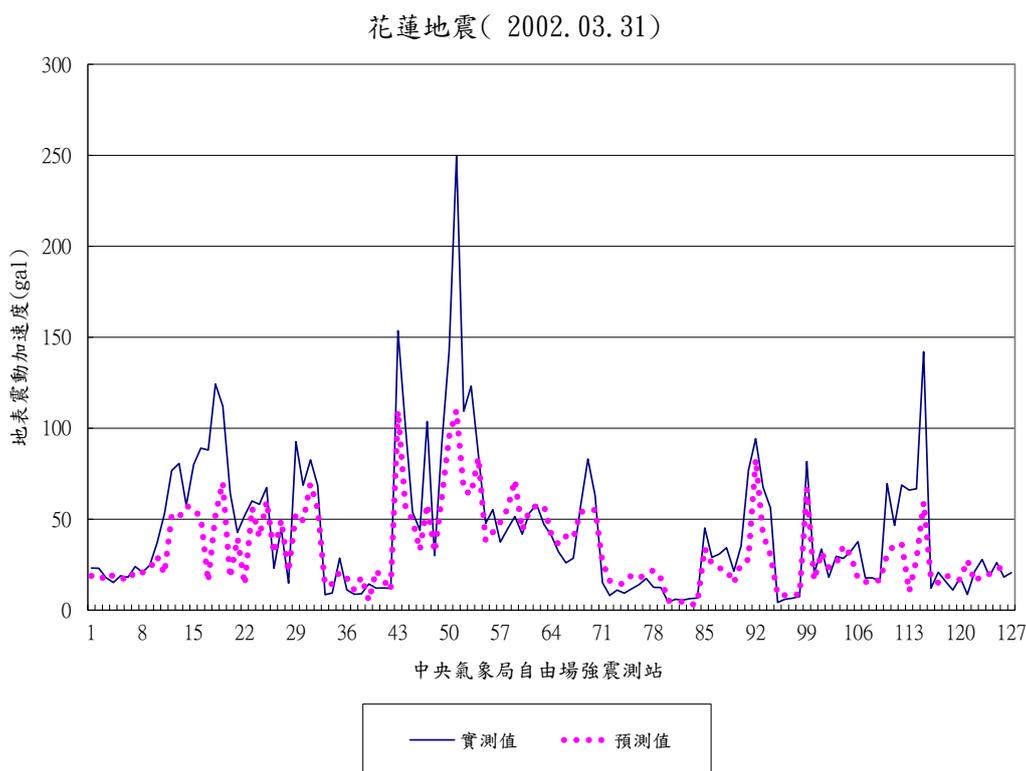


圖 3.14 臺灣歷年大地震:花蓮地震之實測值與預測值比較

(e)程式撰寫

模式所採用之地震模擬器所參考的衰減模式，係根據簡文郁所使用的地震資料為主要對象，範圍針對芮式規模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. 選取芮式規模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3.15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。

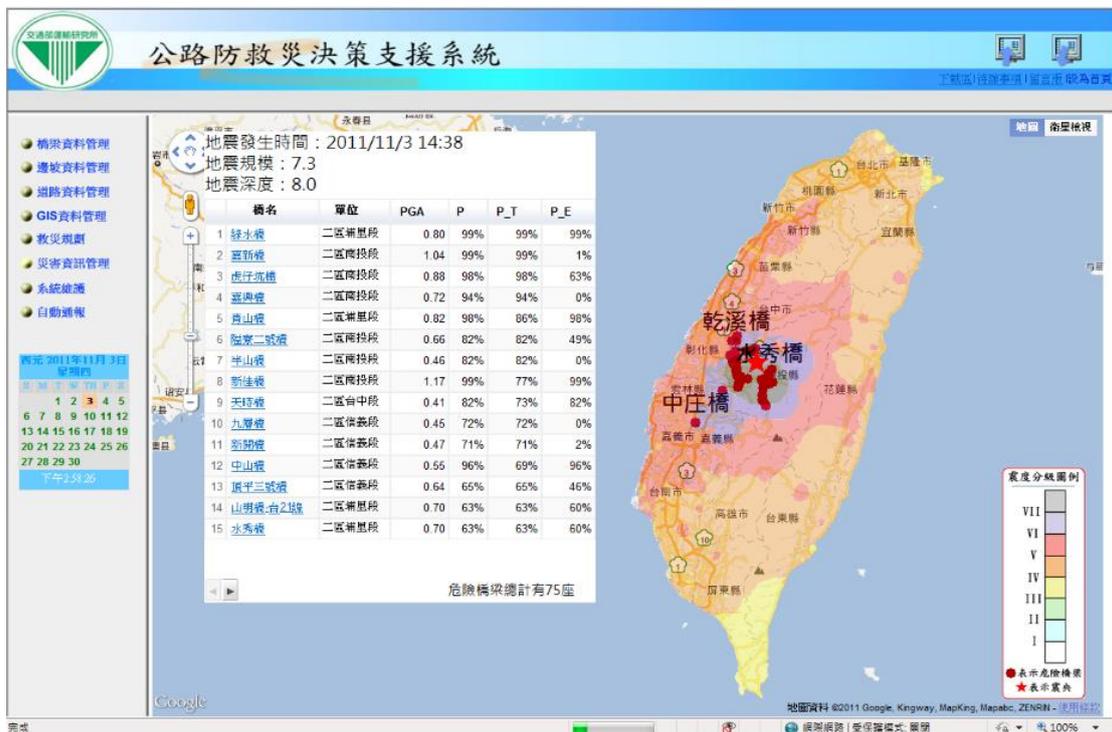


圖 3.15 「橋梁地震破壞潛勢」介面

(f)提升地表震動分析模式預測之準確度

由圖3.12~圖3.14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。此一部份也將納入本中心紀錄之「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。

本研究利用本中心在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3-4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，並結合本中心港區之資料如表3-4，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

經由篩選後，符合條件之資料為202筆，圖3.16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，新舊係數比較如表3-5所示。

表3-4 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

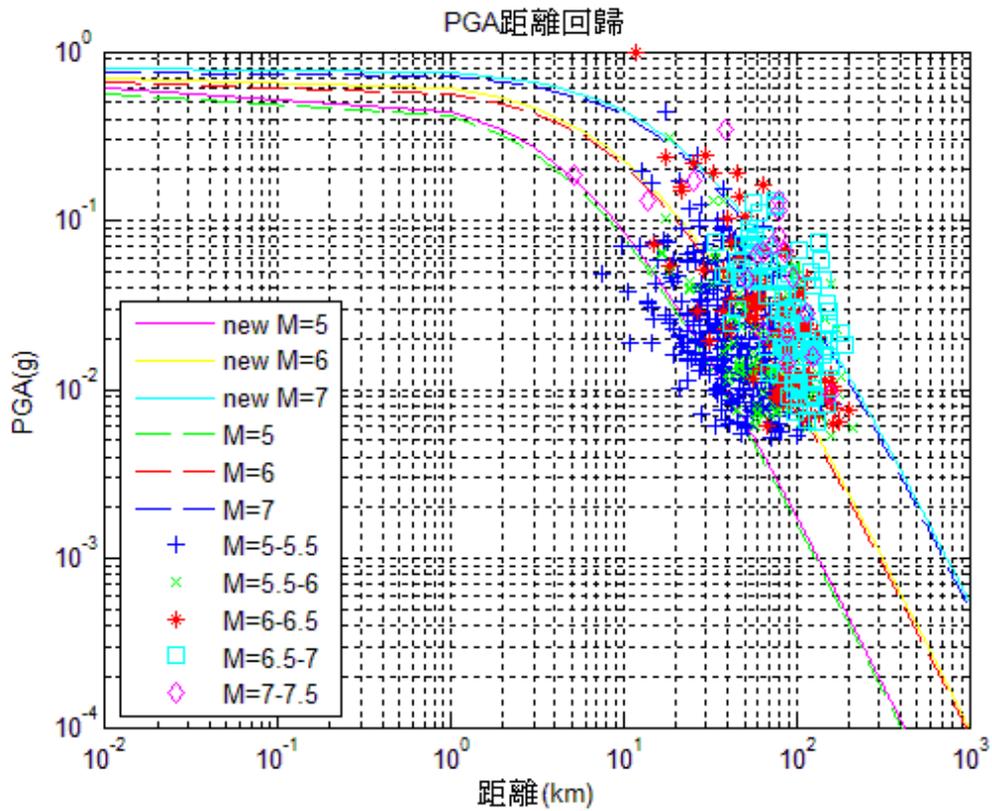


圖 3.16 第一階段迴歸新舊係數比較

表3-5 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

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3-17~圖3-21，係數如表3-6~3-10所示：

(a)安平港

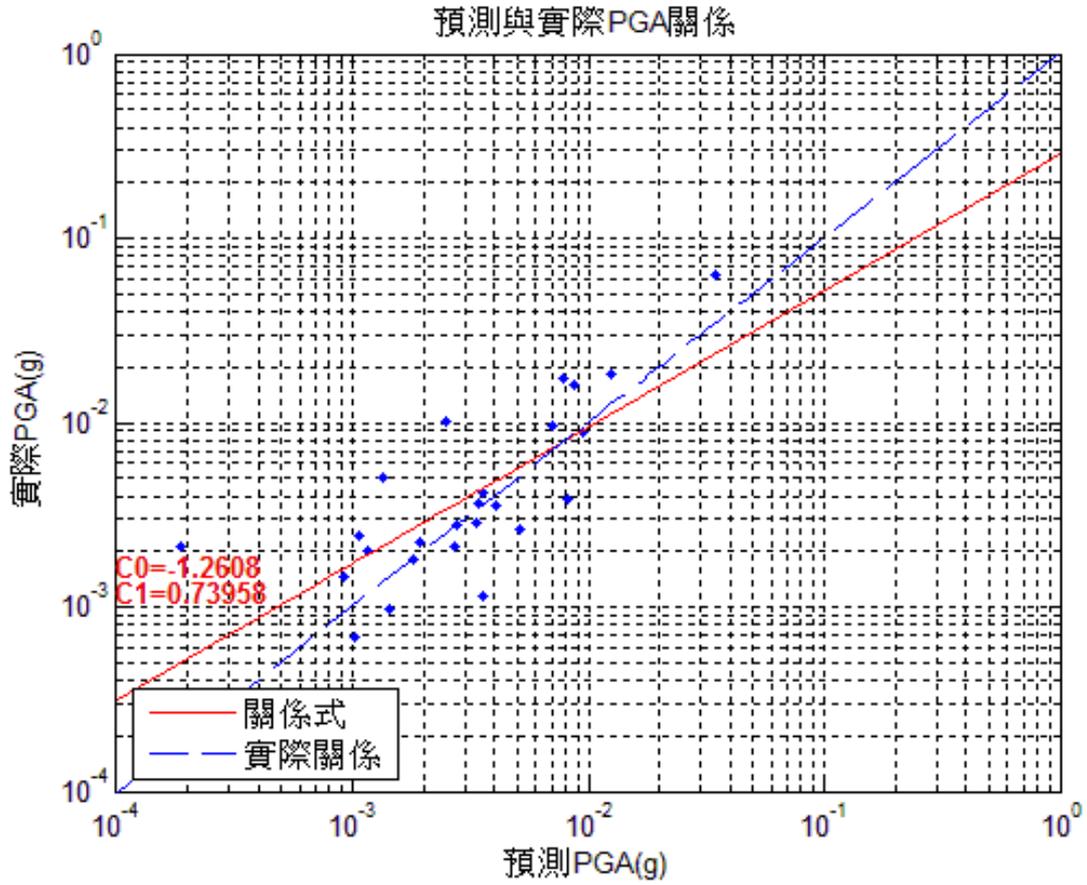


圖 3.17 安平港場址迴歸

表3-6 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

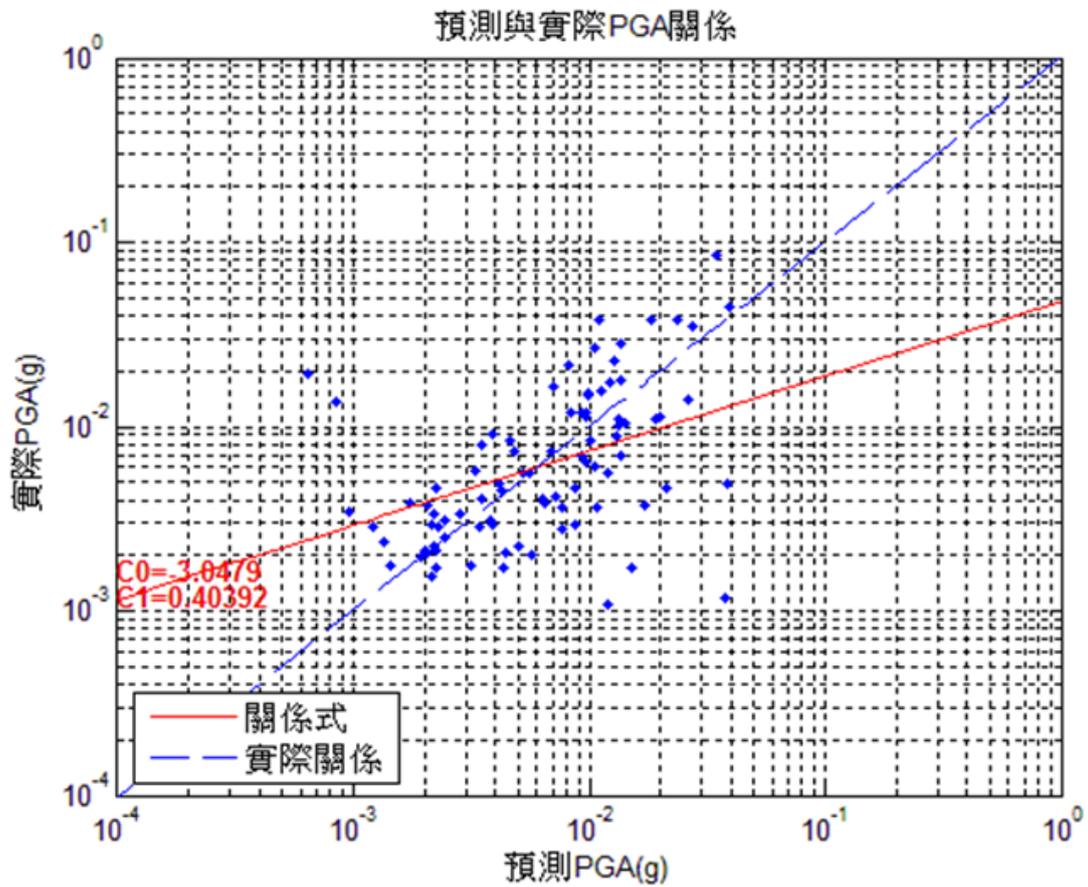


圖 3.18 蘇澳港場址迴歸

表3-7 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

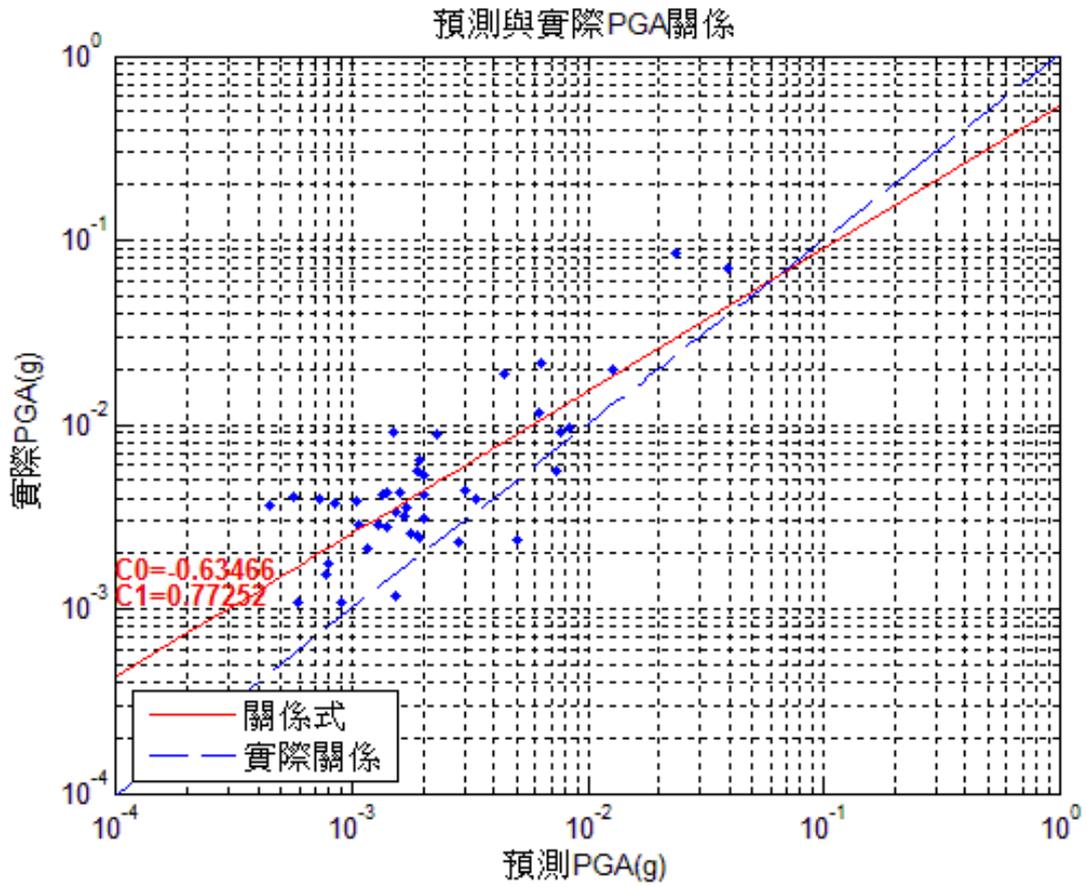


圖 3.19 臺中港場址迴歸

表3-8 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

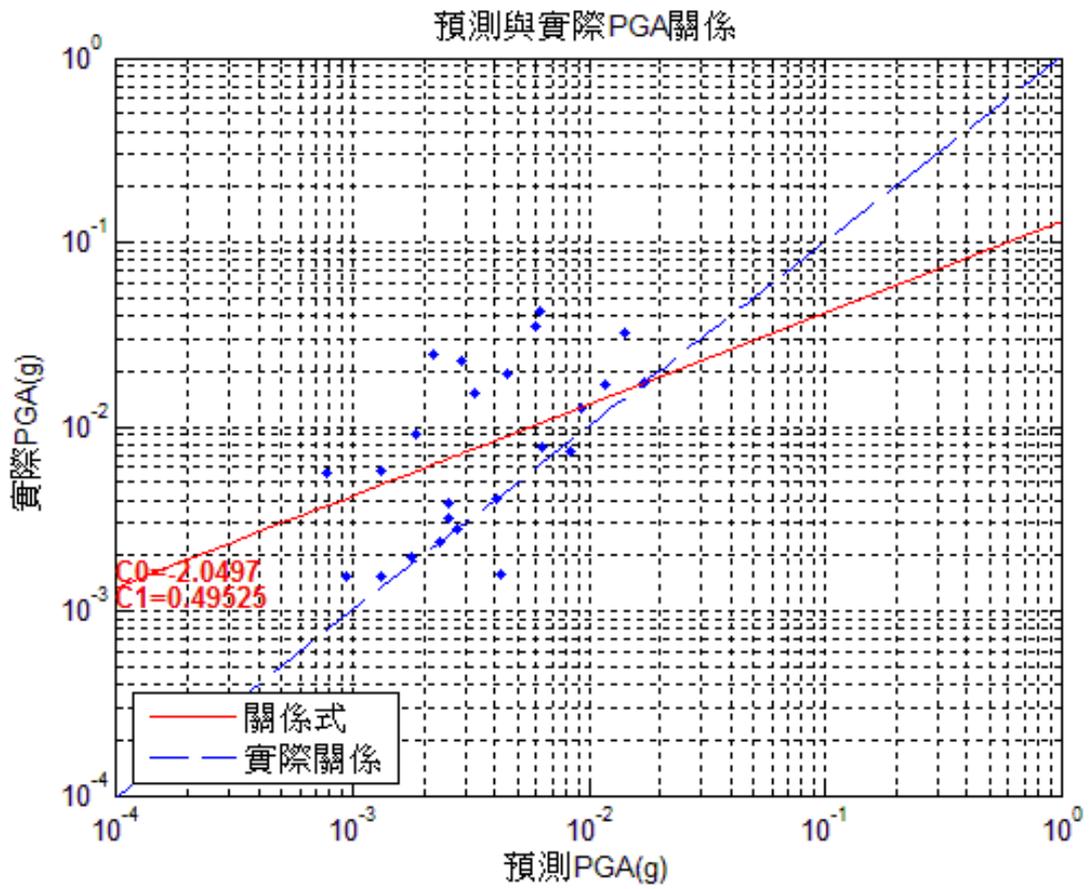


表3-9 臺北港係數

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

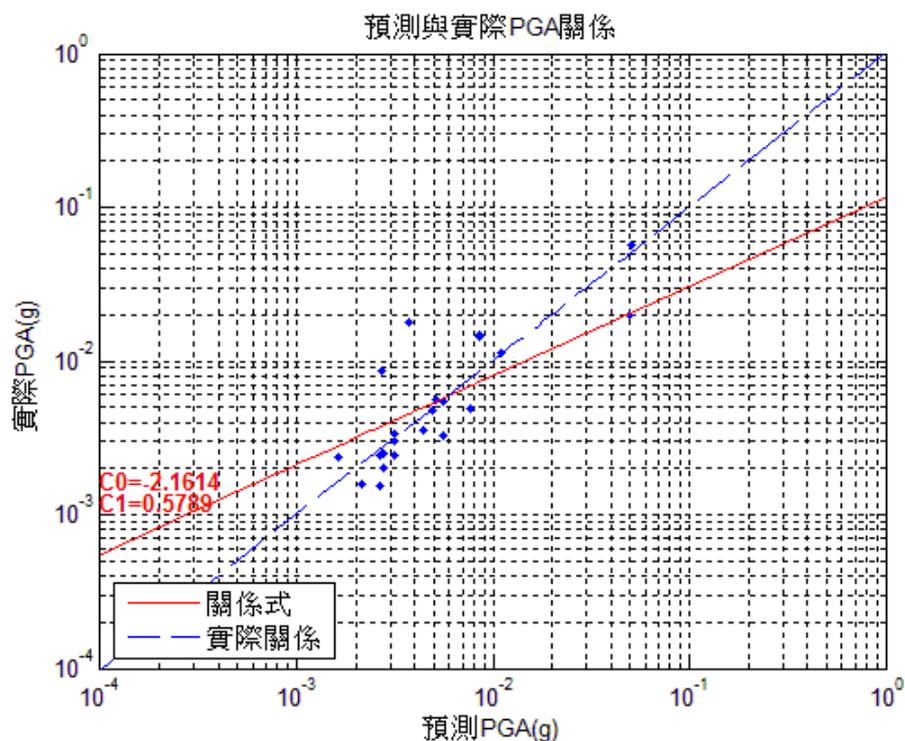


圖 3.21 高雄港場址迴歸

表3-10 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3.22與圖3.23舉例迴歸精度差以及佳的例子：

精度差：

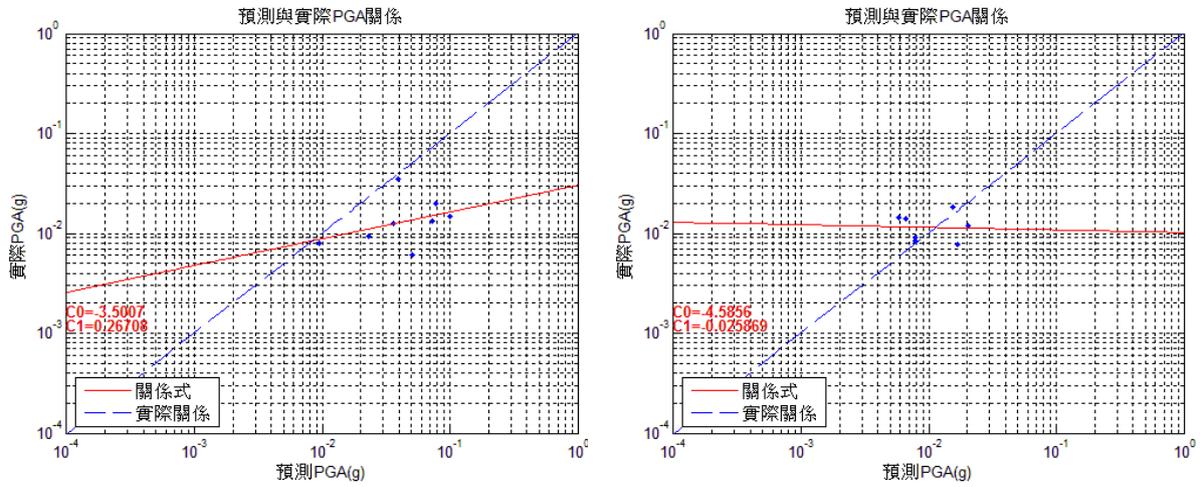
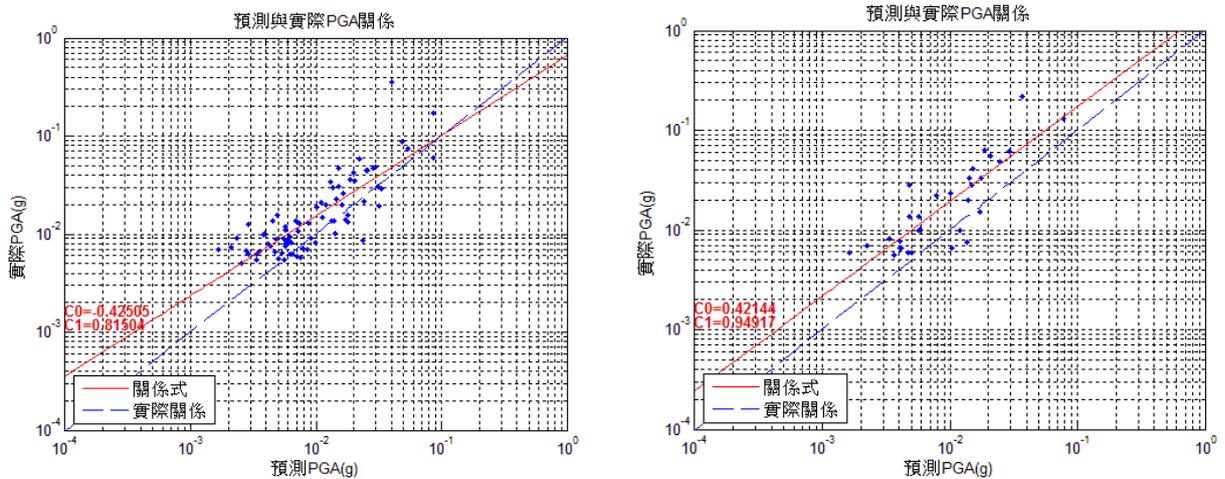


圖 3.22 迴歸精度差之案例(ILA069、MND020 測站)

精度高：



CHY099

CHY108

圖 3.23 迴歸精度高之案例(CHY099、CHY108 測站)

由於港區和部分測站會有該情況發生，必須進行修正，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之交點，在該交點以下以實際關係之方程式取代，如圖3.24-圖3.29所示。

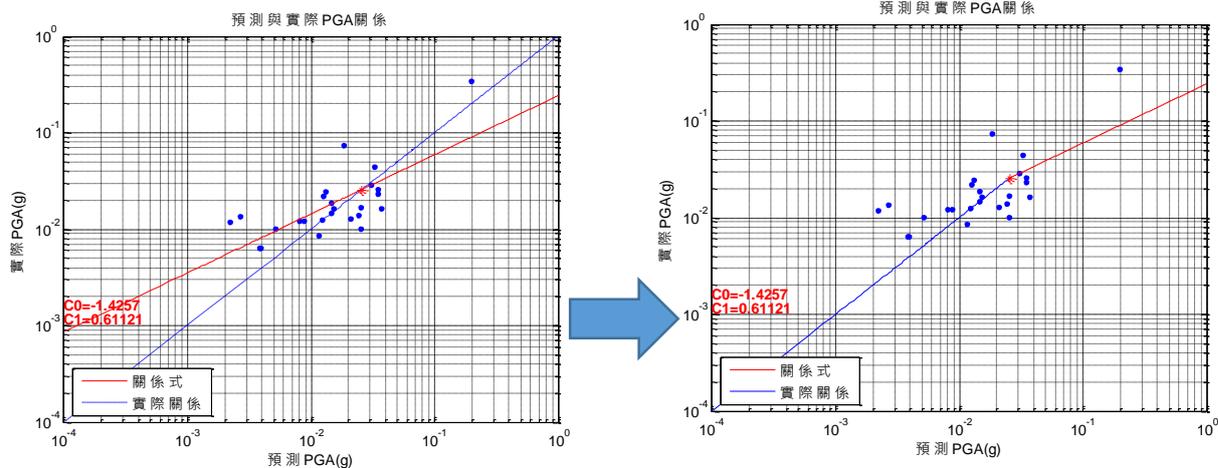


圖 3.24 NST 測站雙線性修正

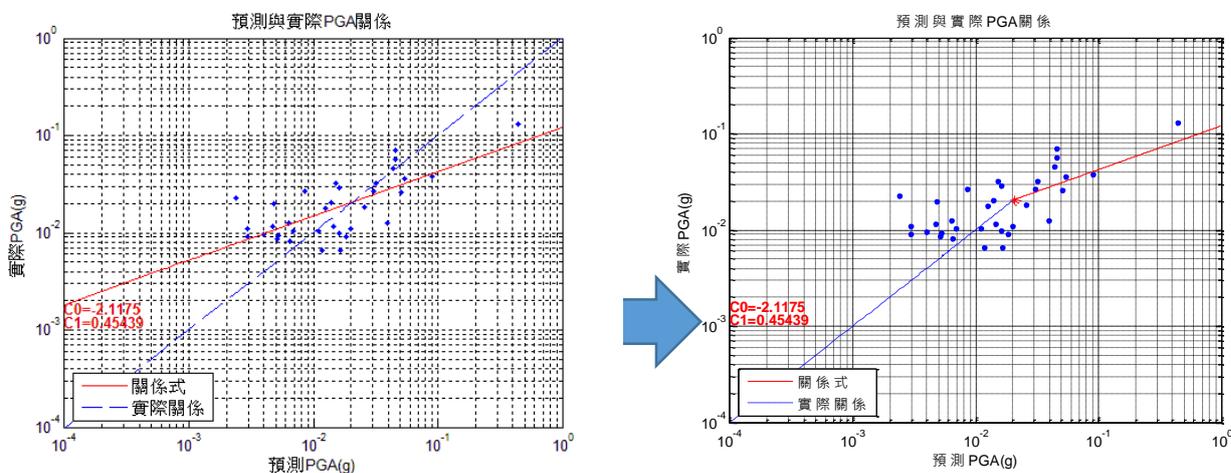


圖 3.25 NSY 測站修正

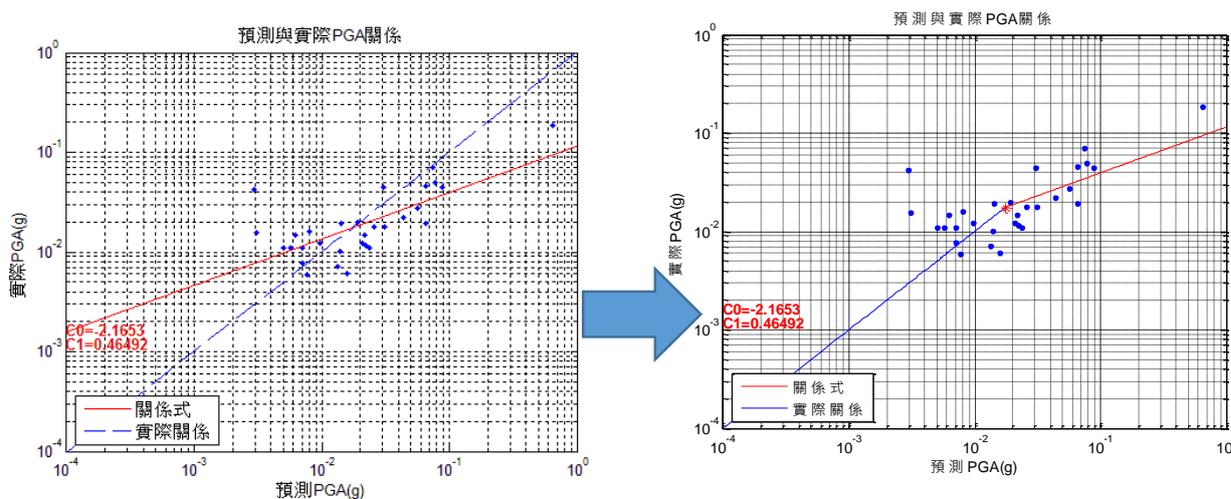


圖 3.26 TCU 測站修正

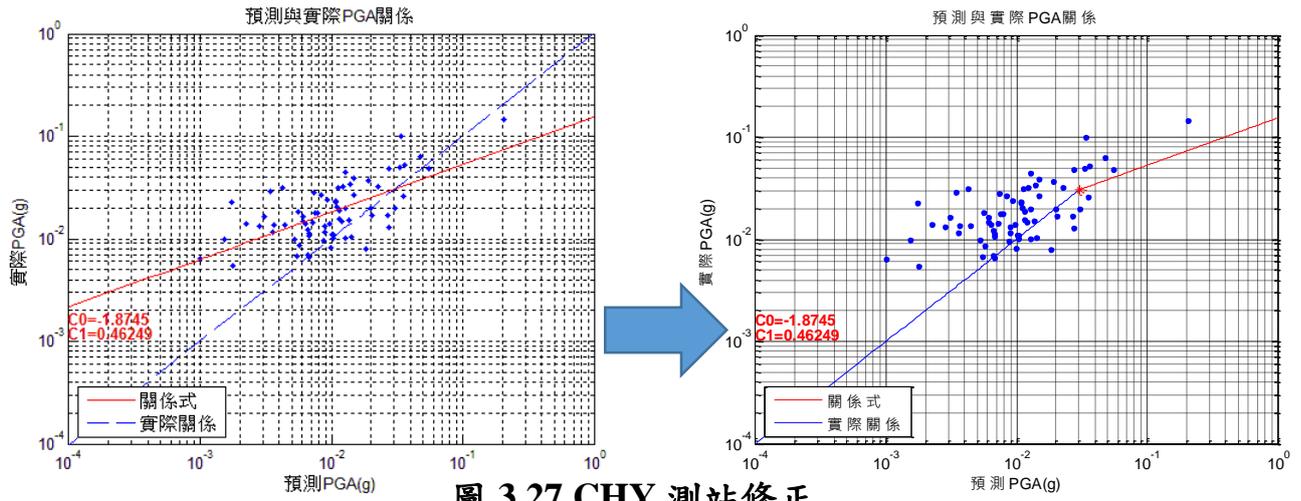


圖 3.27 CHY 測站修正

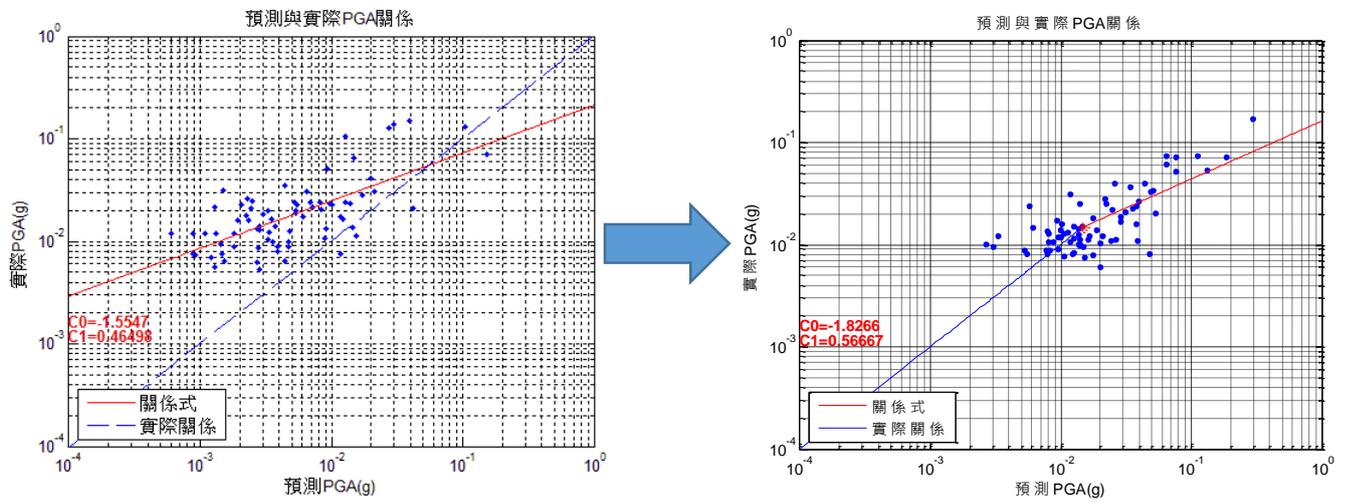


圖 3.28 WSF 測站修正

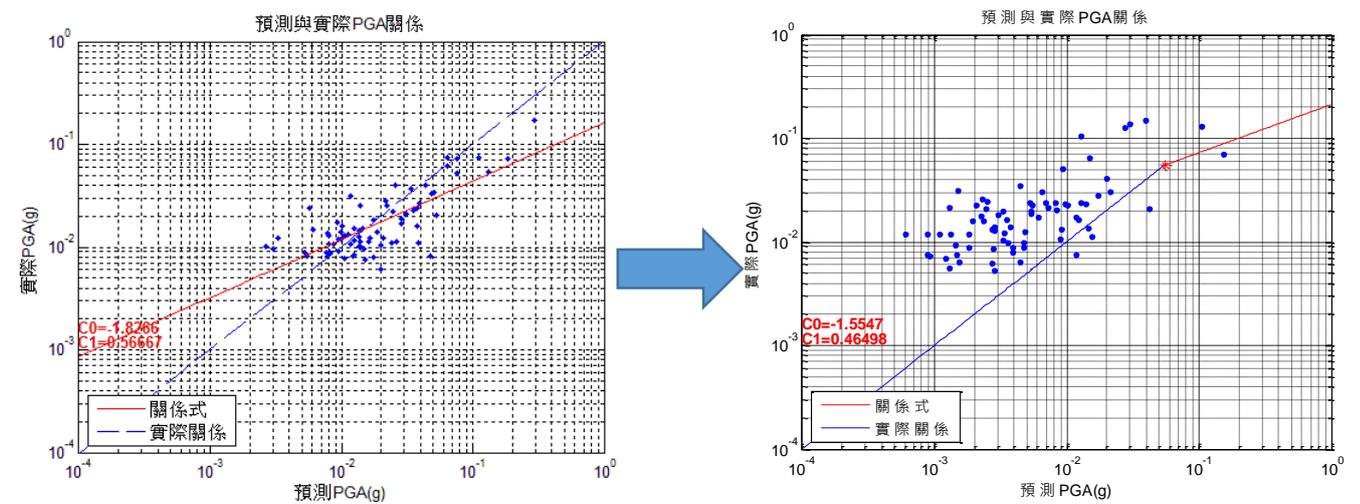


圖 3.29 ALS 測站修正

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3.30至圖3.34，係數如表3-11至3-15。

(一)安平港(ANP)

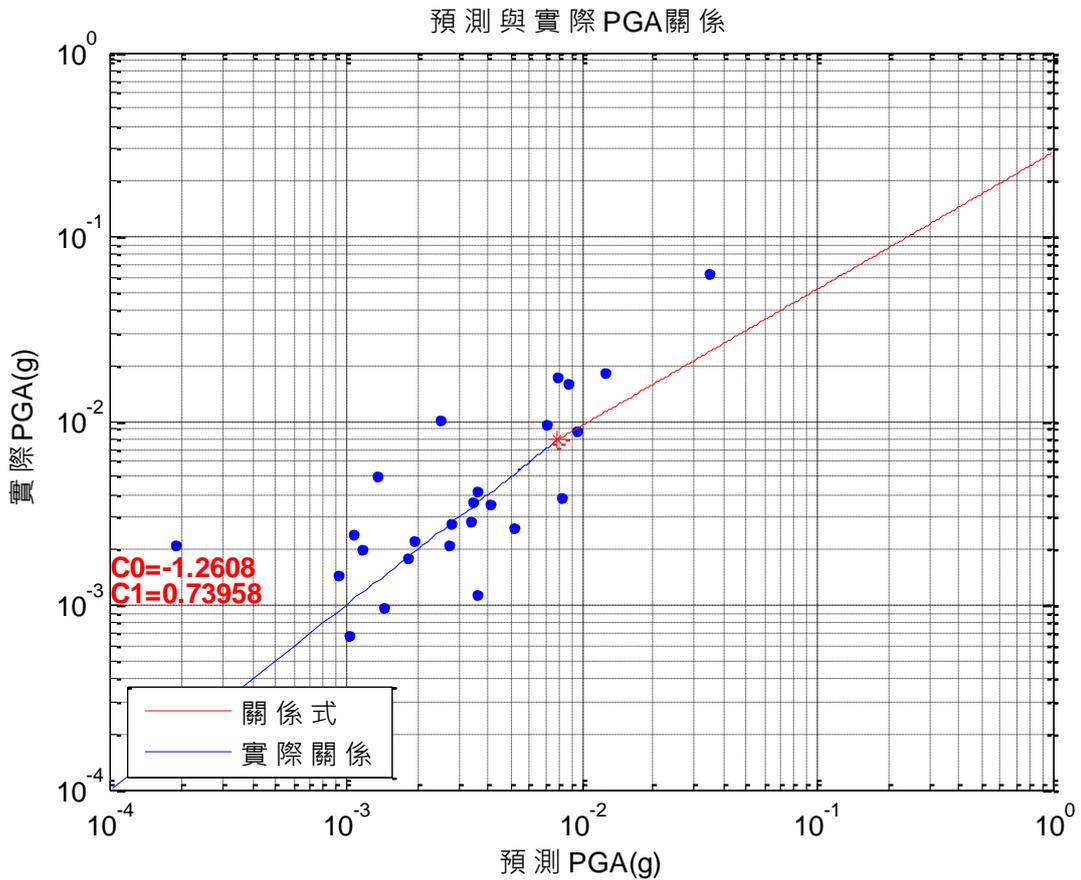


表3-11 安平港轉折係數

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)

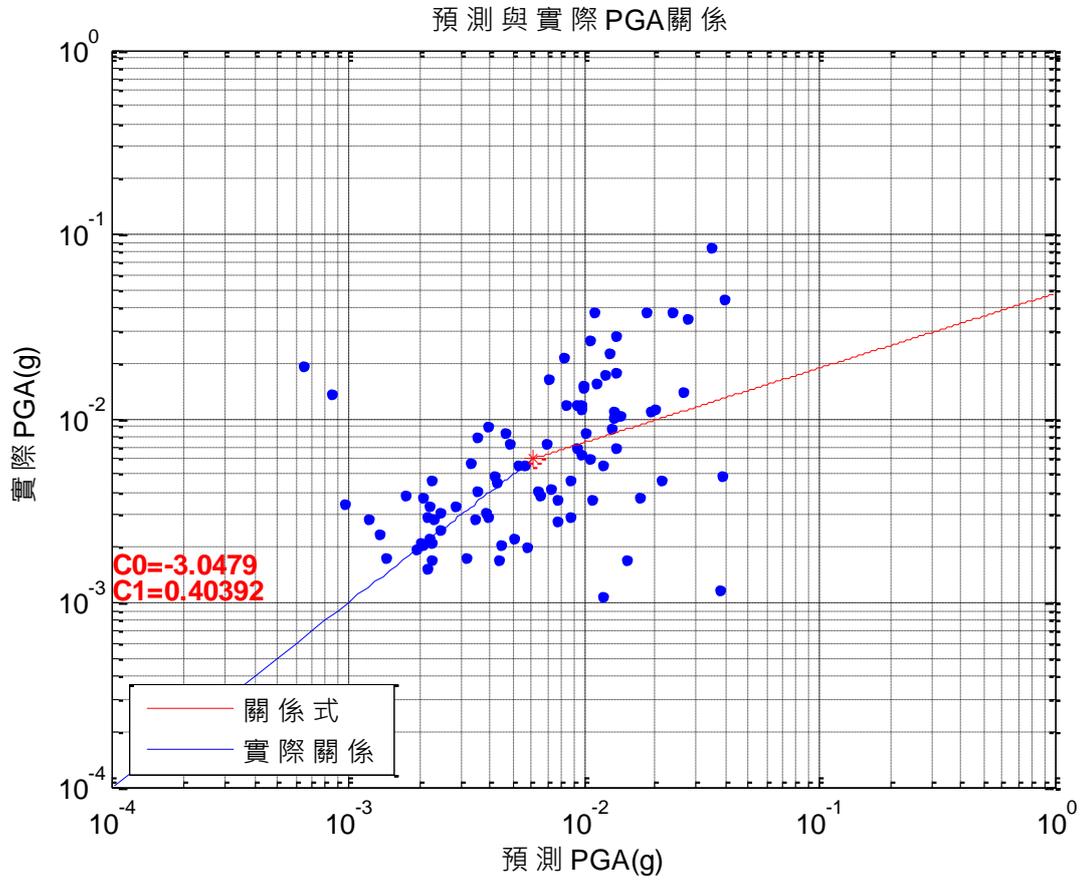


圖 3.31 蘇澳港雙線性迴歸

表3-12 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)

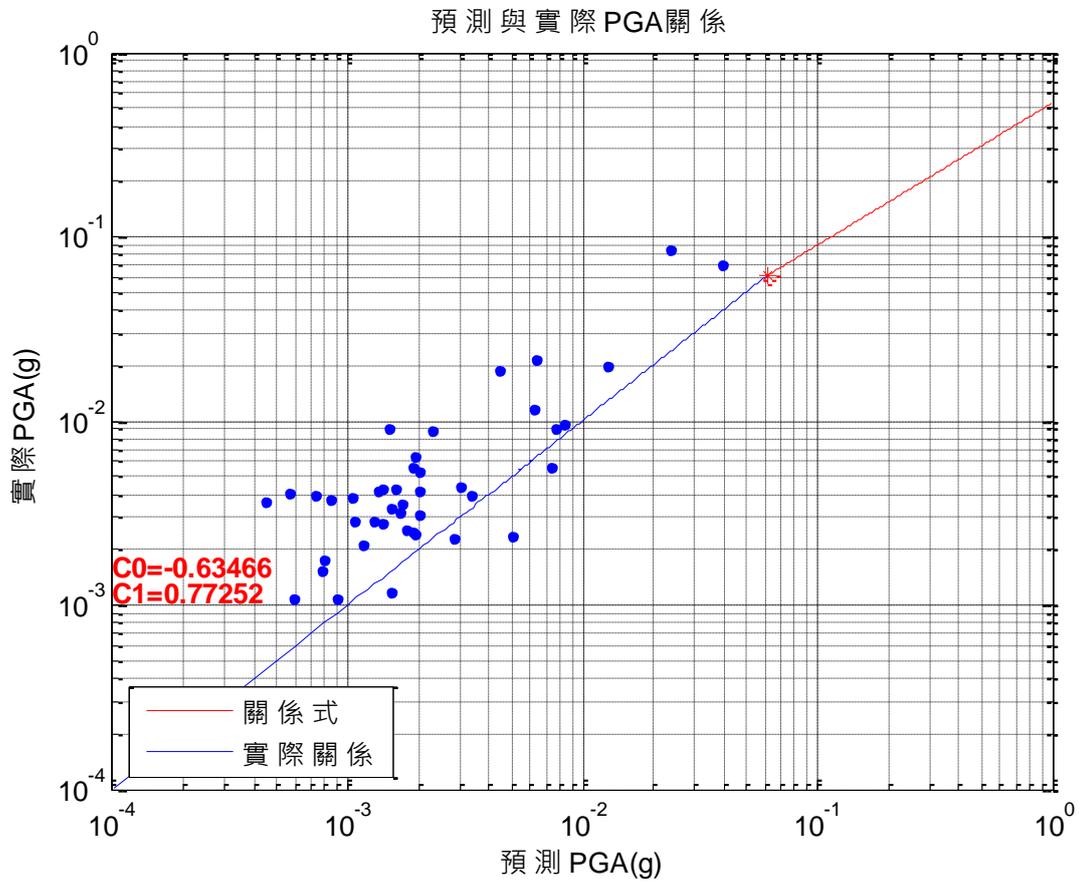


表3-13 臺中港轉折係數

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)

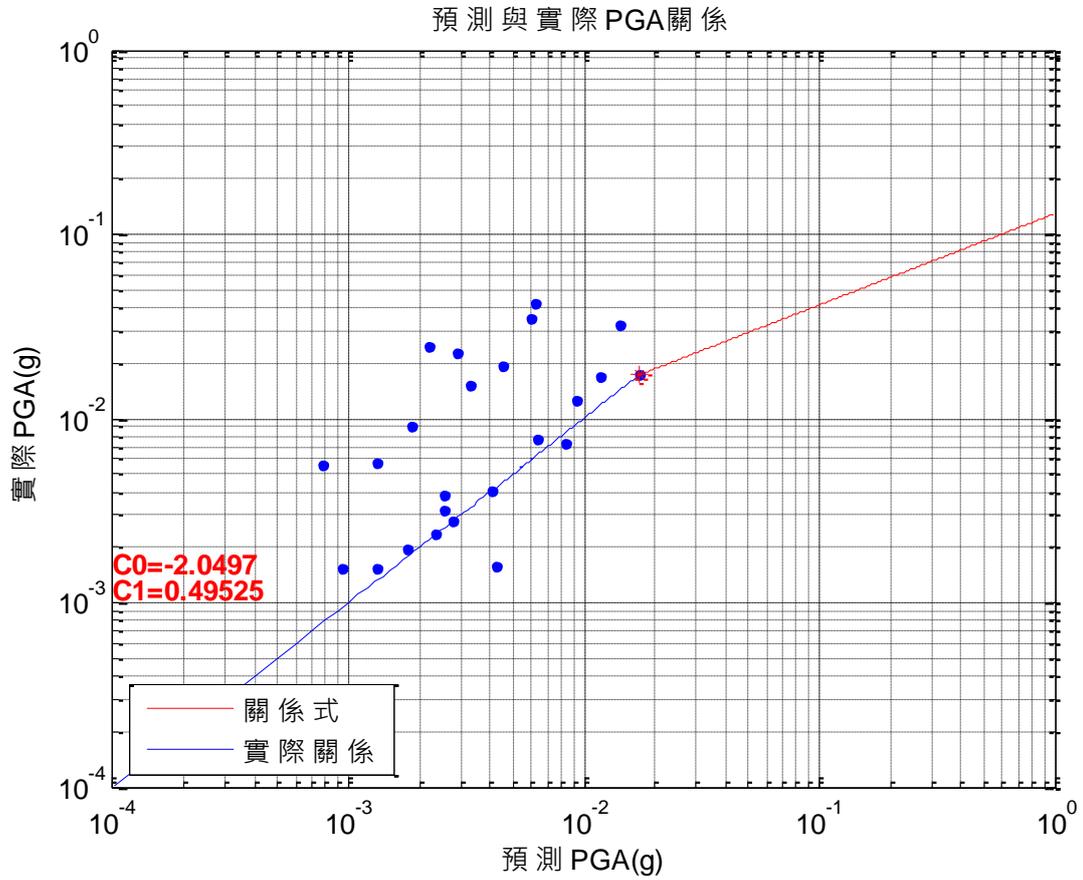


圖 3.33 臺北港雙線性迴歸

表3-14 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)

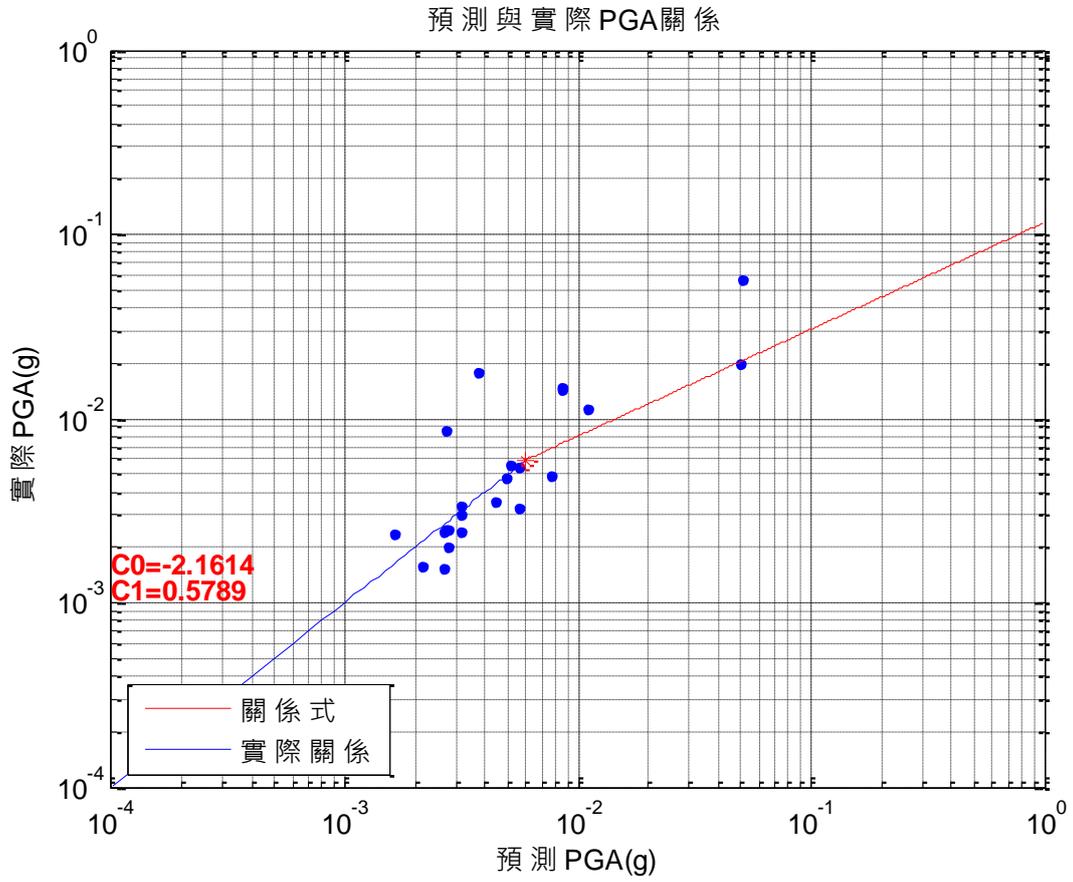


圖 3.34 高雄港雙線性迴歸

表3-15 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3.35至圖3.40。

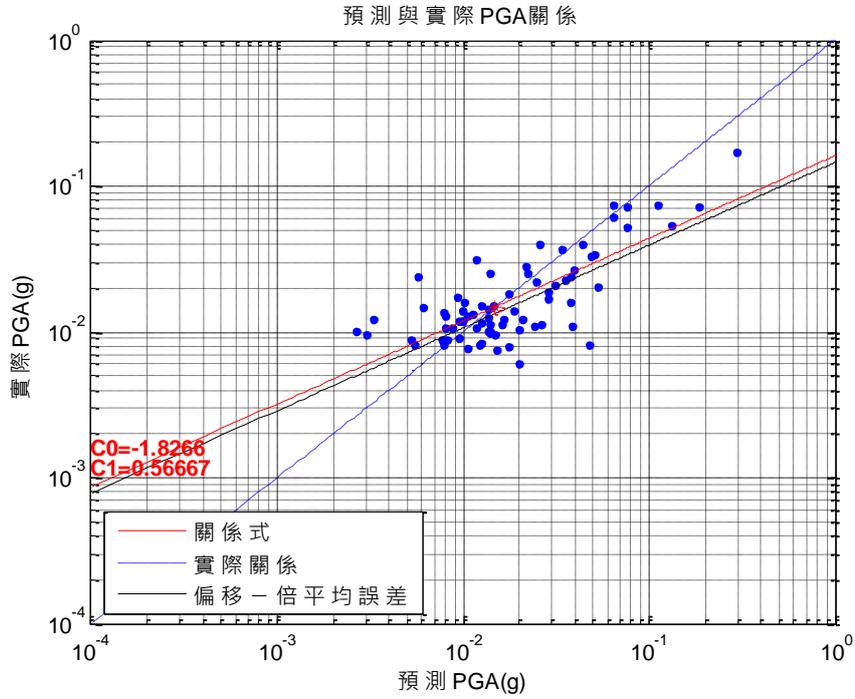


圖 3.35 ALS 測站修正

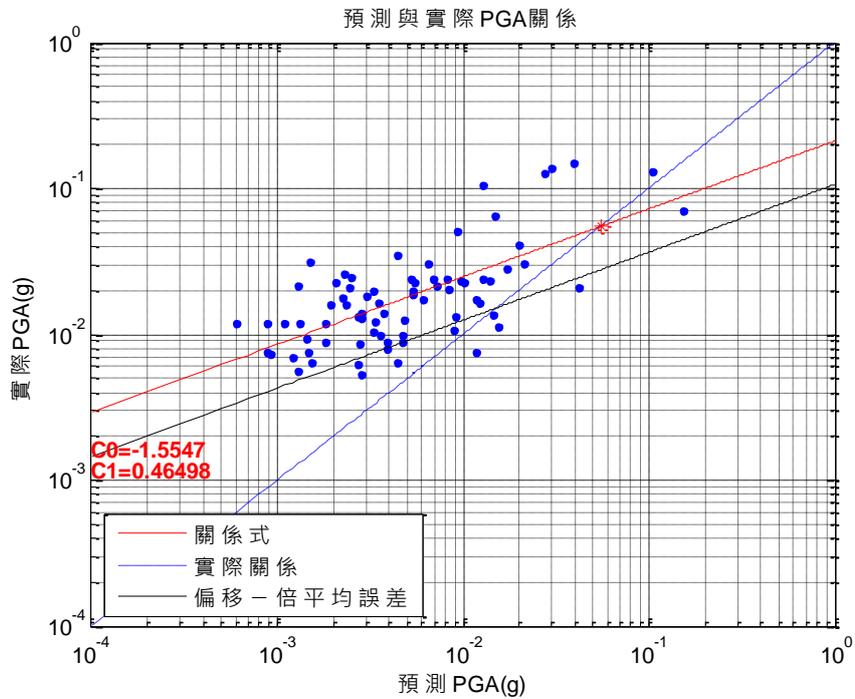


圖 3.36 WSF 測站修正

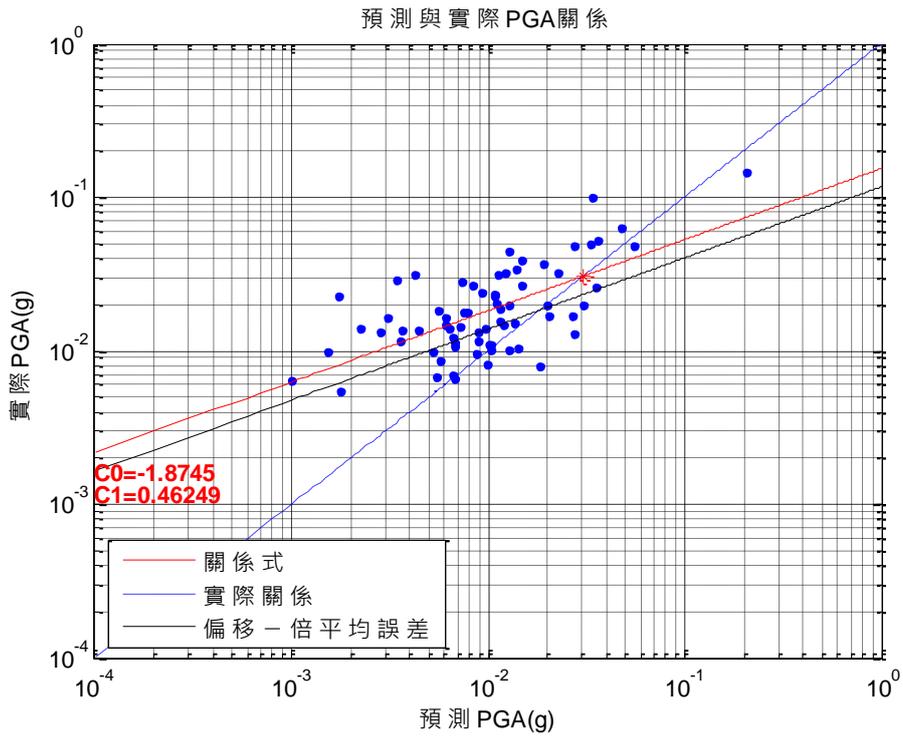


圖 3.37 CHY 測站修正

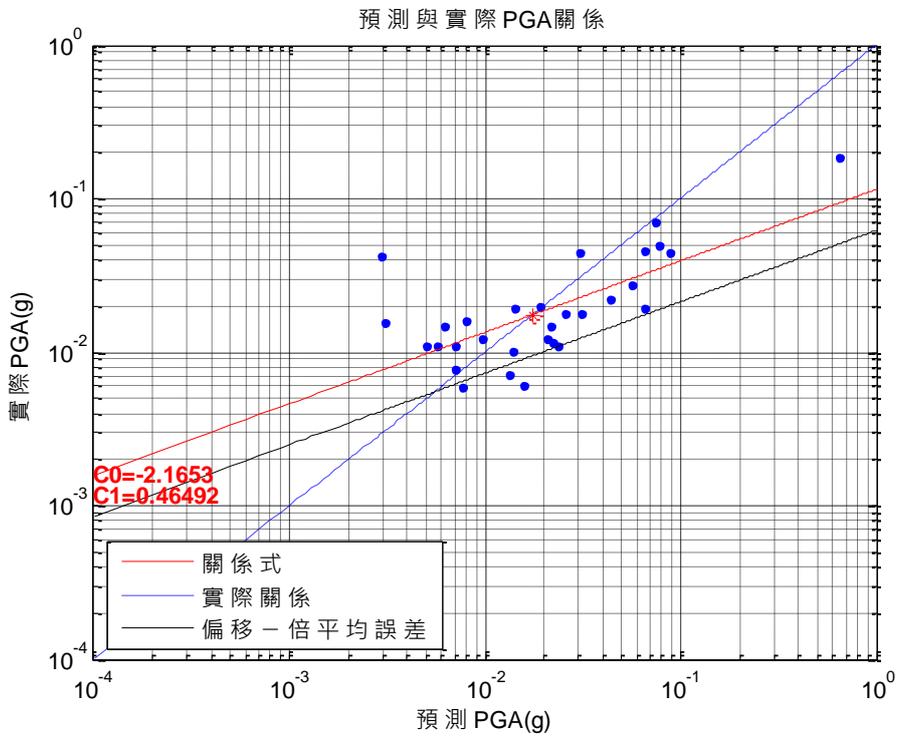


圖 3.38 TCU 測站修正

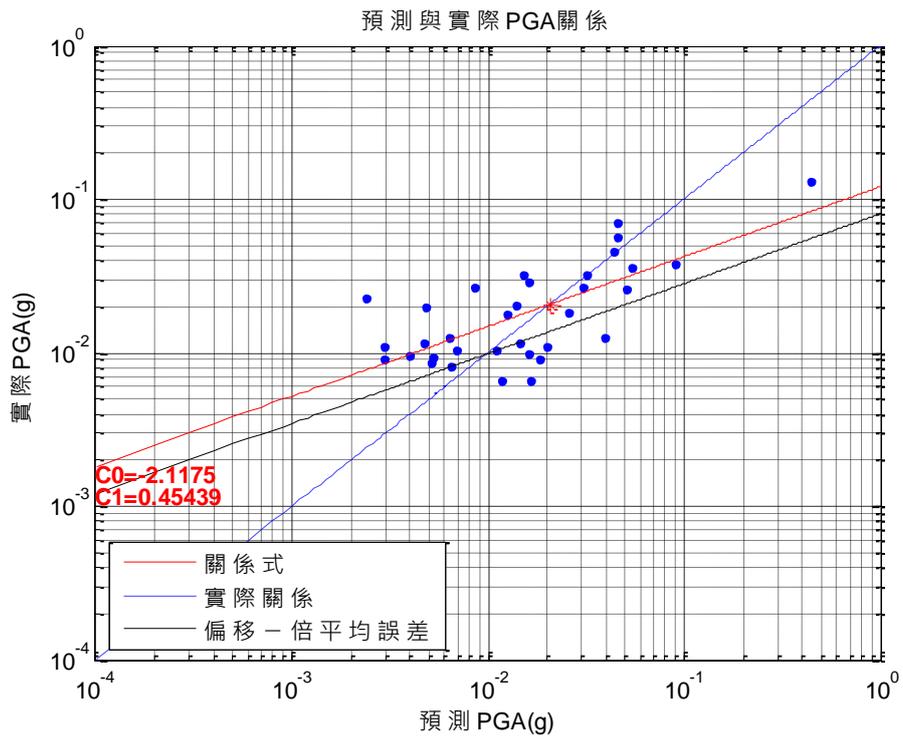


圖 3.39 NSY 測站修正

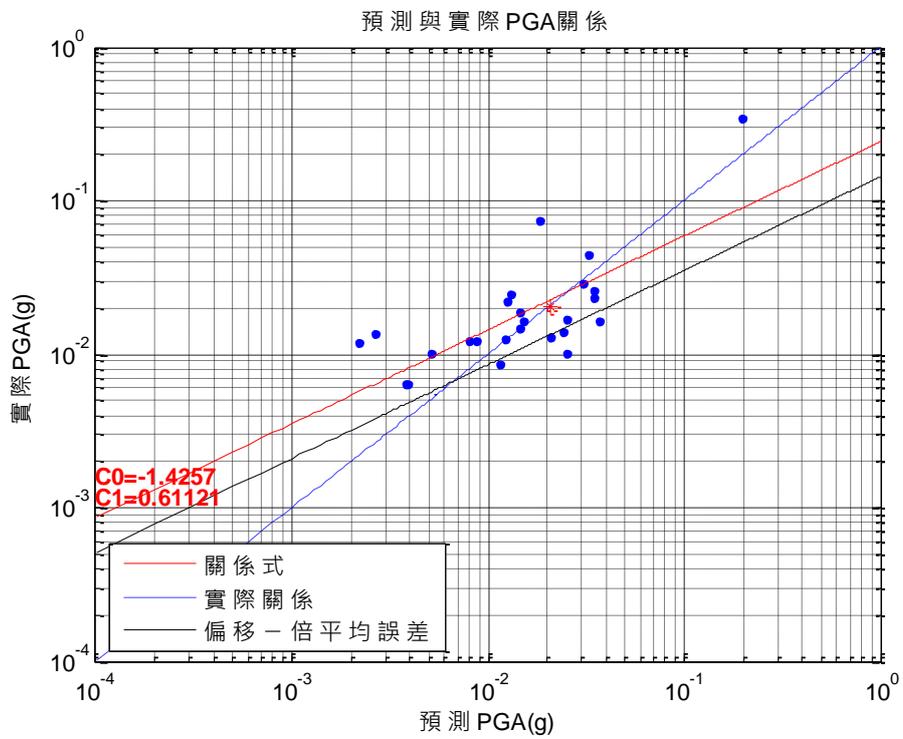


圖 3.40 NST 測站修正

港區修正結果如圖 3.41 至圖 3.45:

(一)安平港(ANP)

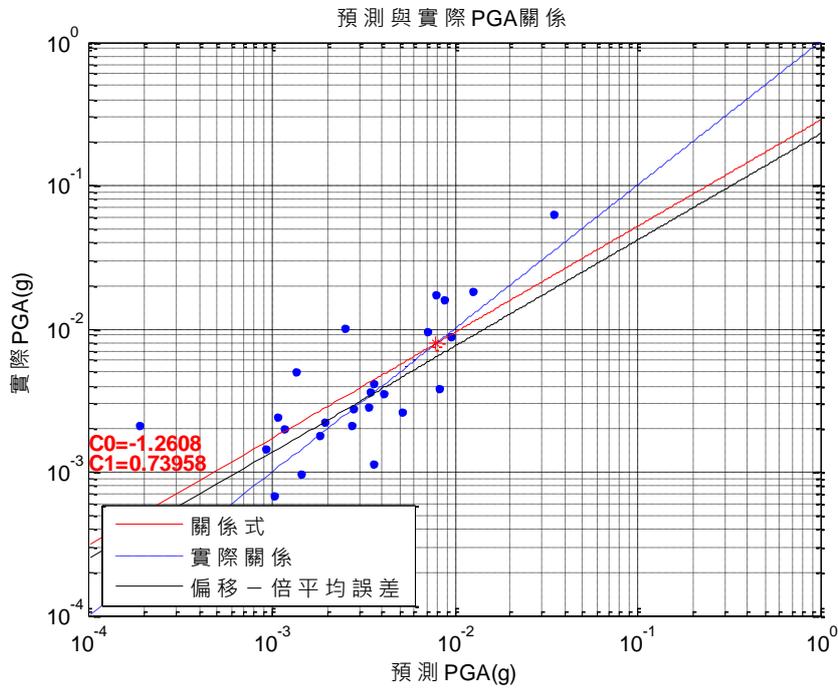


圖 3.41 安平港測站修正

(二)蘇澳港(SUO)

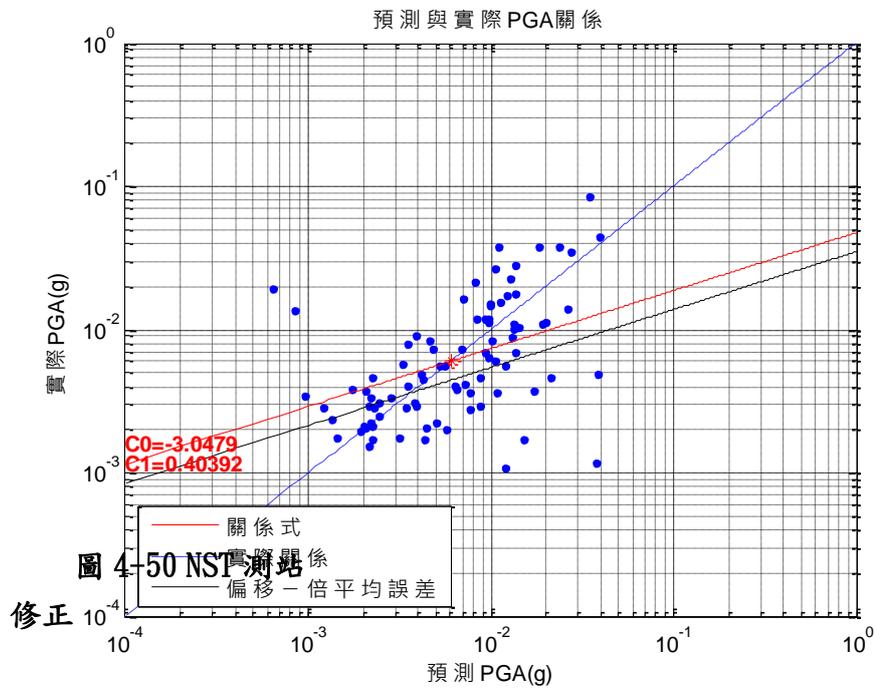


圖 3.42 蘇澳港測站修正

(三) 臺中港(TCC)

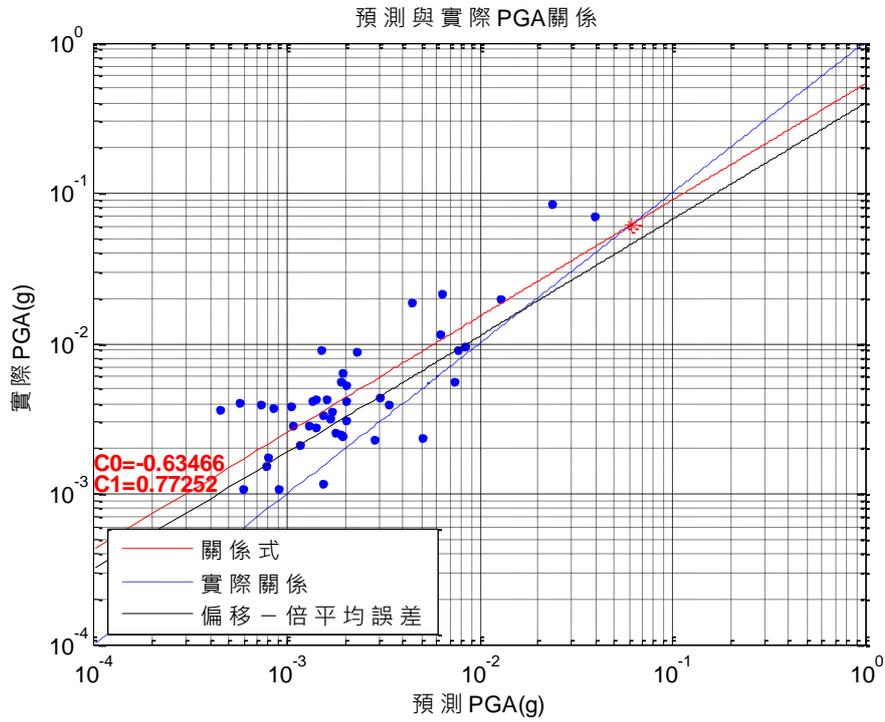


圖 3.43 臺中港測站修正

(四) 臺北港(TPI)

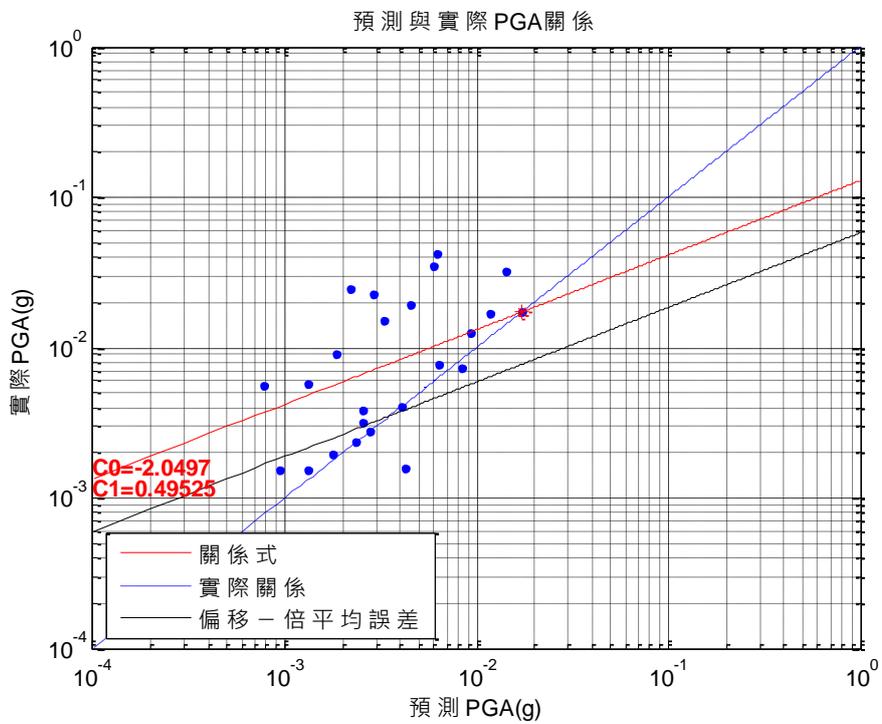


圖 3.44 臺北港測站修正

(五)高雄港(KAH)

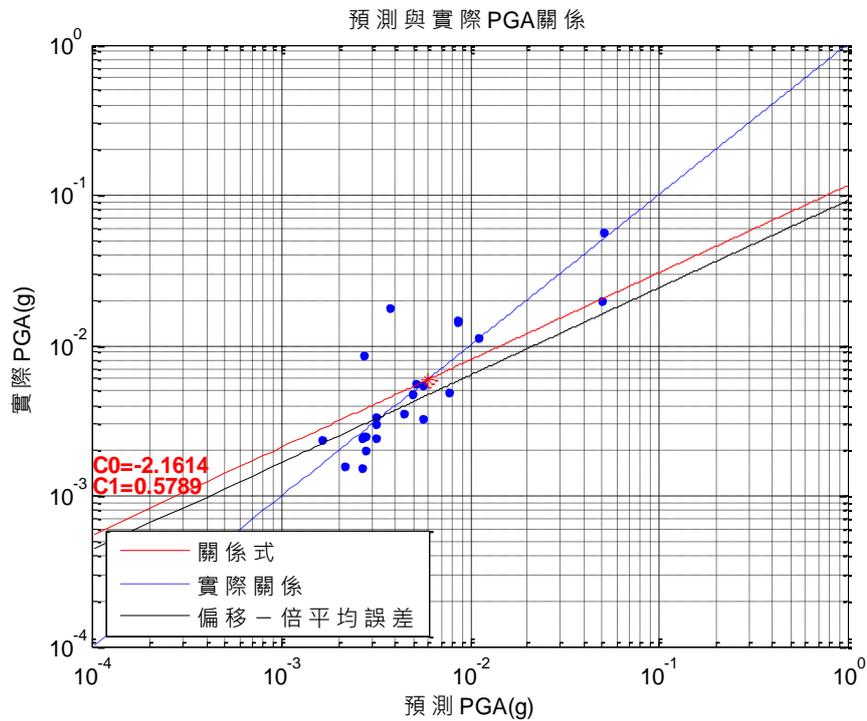


圖 3.45 高雄港測站修正

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3.46至3.56:

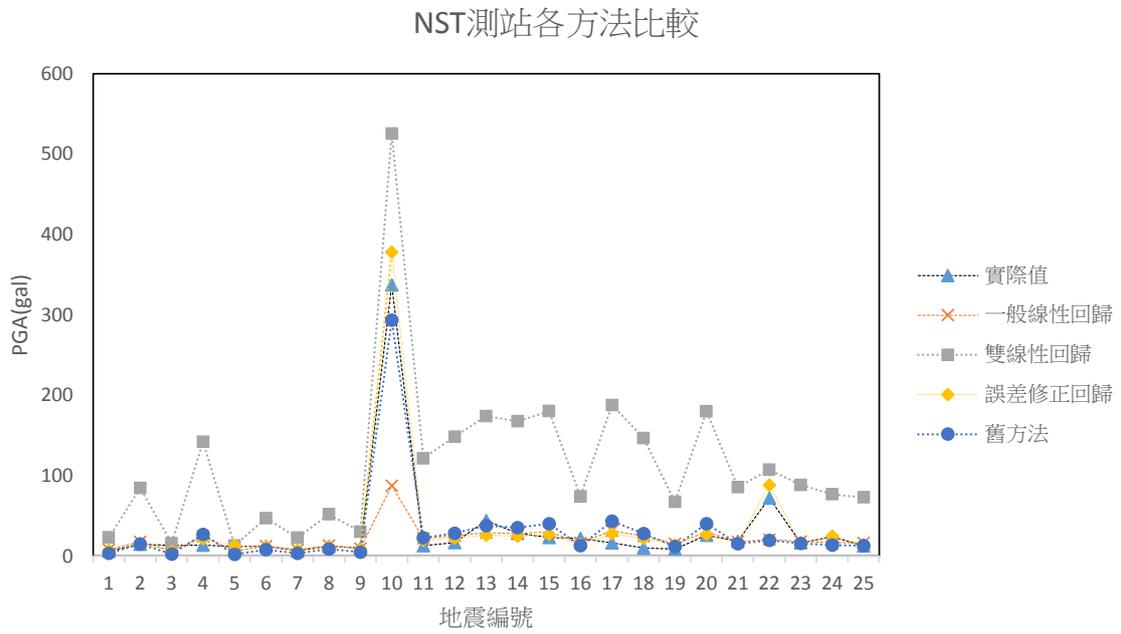


圖 3.46 NST 測站各方法比較

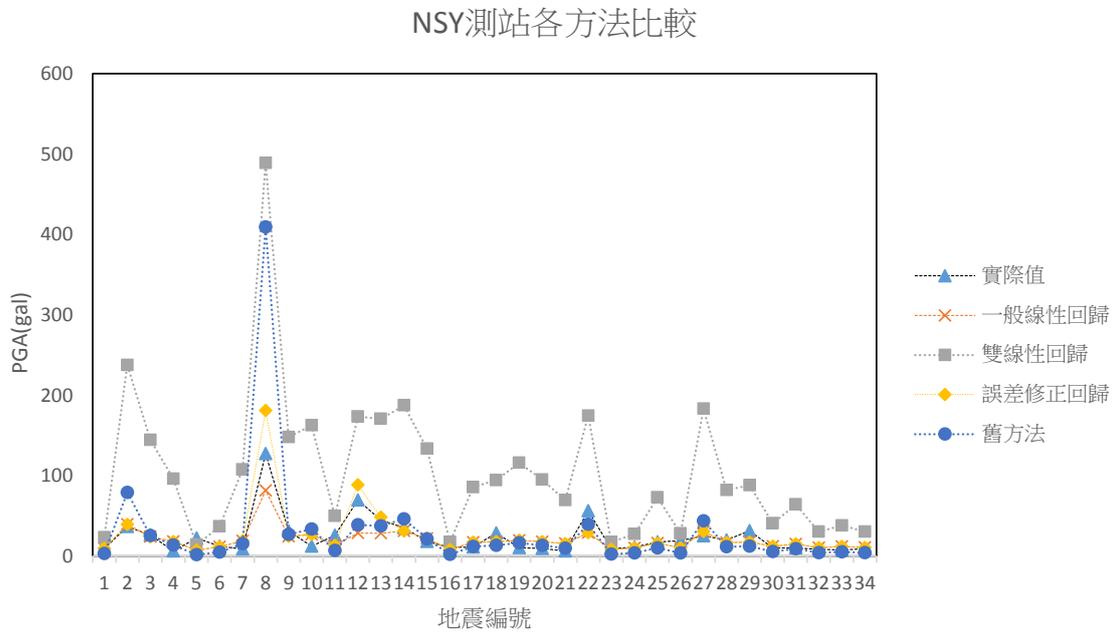


圖 3.47 NSY 測站各方法比較

TCU測站各方法比較

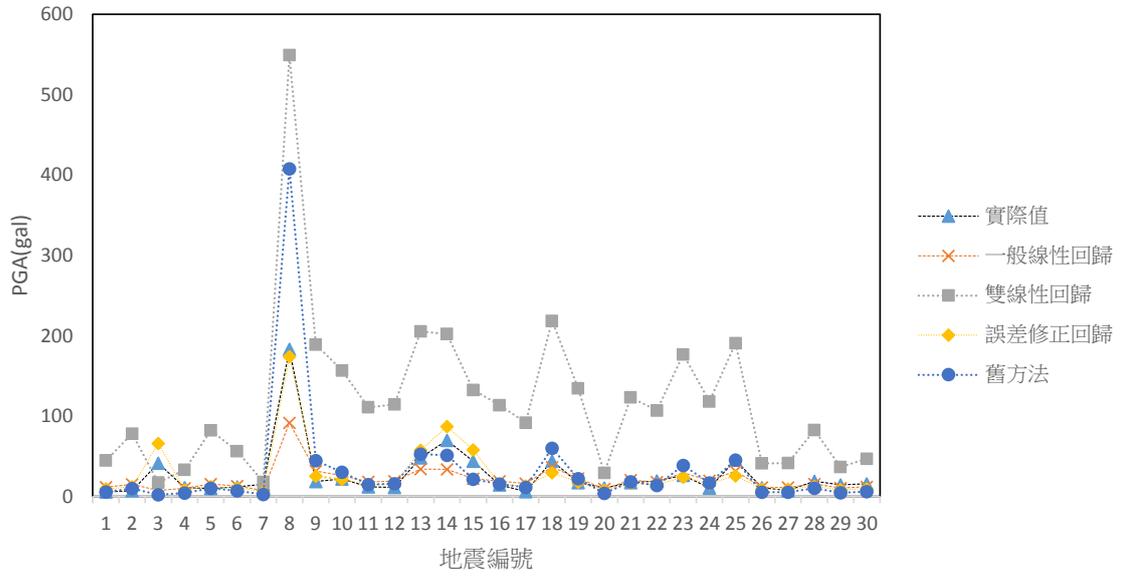


圖 3.48 TCU 測站各方法比較

CHY測站各方法比較

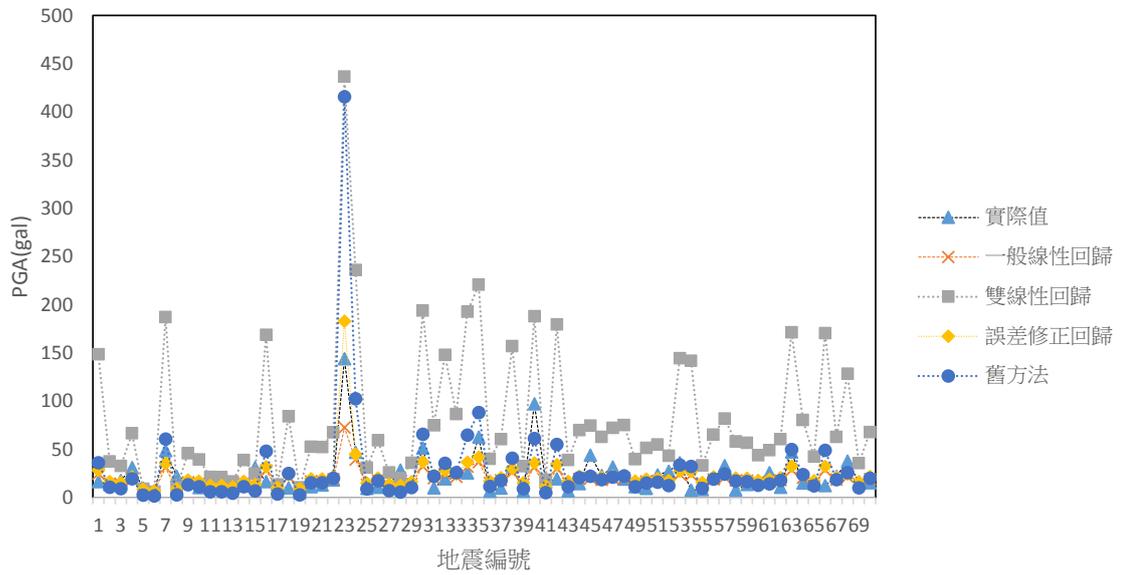


圖 3.49 CHY 測站各方法比較

WSF測站各方法比較

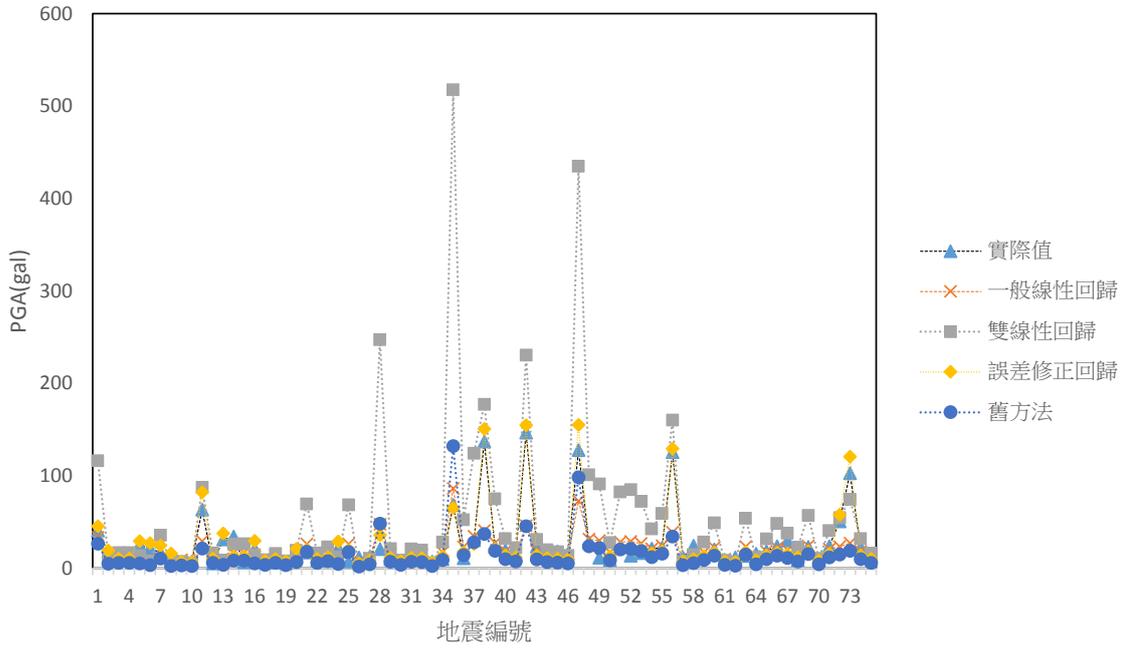


圖 3.50 WSF 測站各方法比較

ALS測站各方法比較

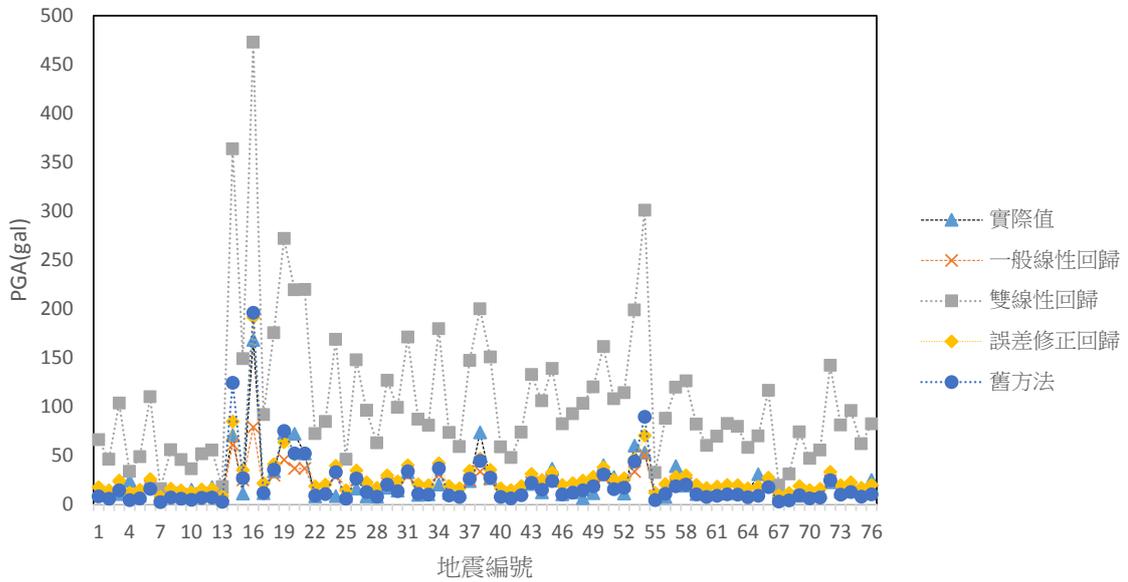


圖 3.51 ALS 測站各方法比較

TPI港測站各方法比較

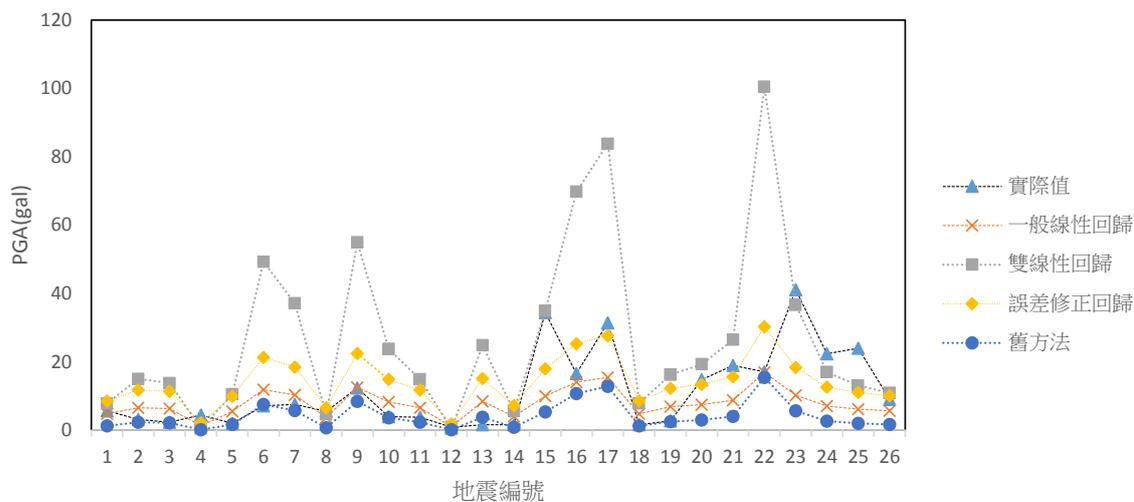


圖 3.52 TPI 測站各方法比較

TCC港測站各方法比較

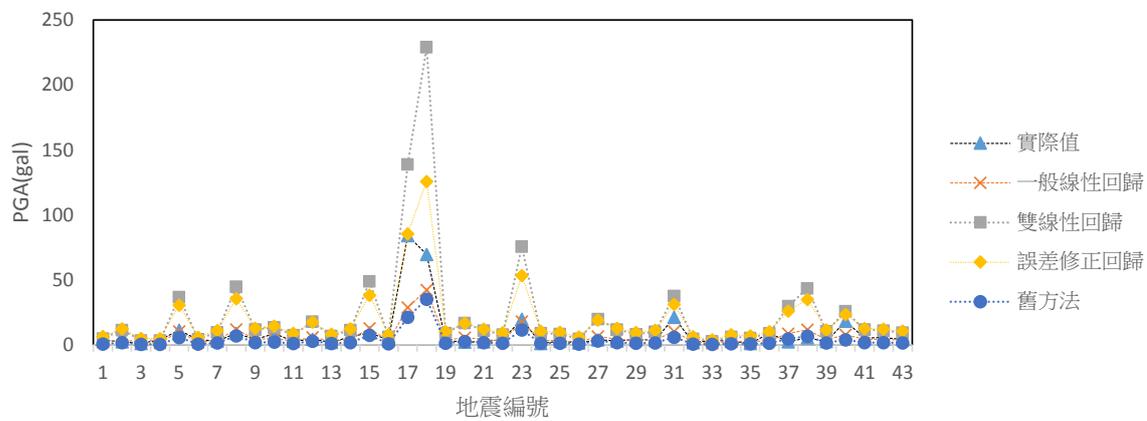


圖 3.53 TCC 測站各方法比較

SUO港測站各方法比較

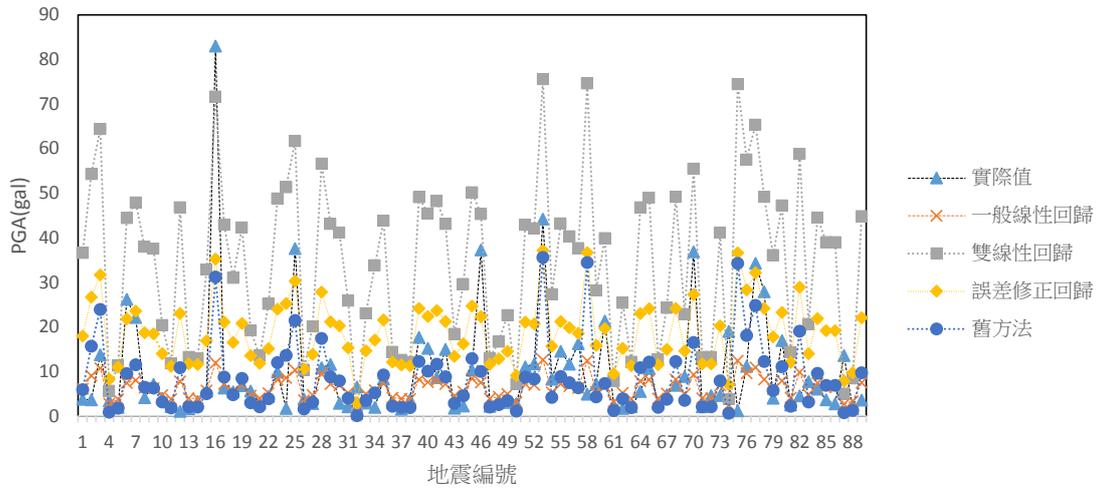


圖 3.54 SUO 測站各方法比較

ANP港測站各方法比較

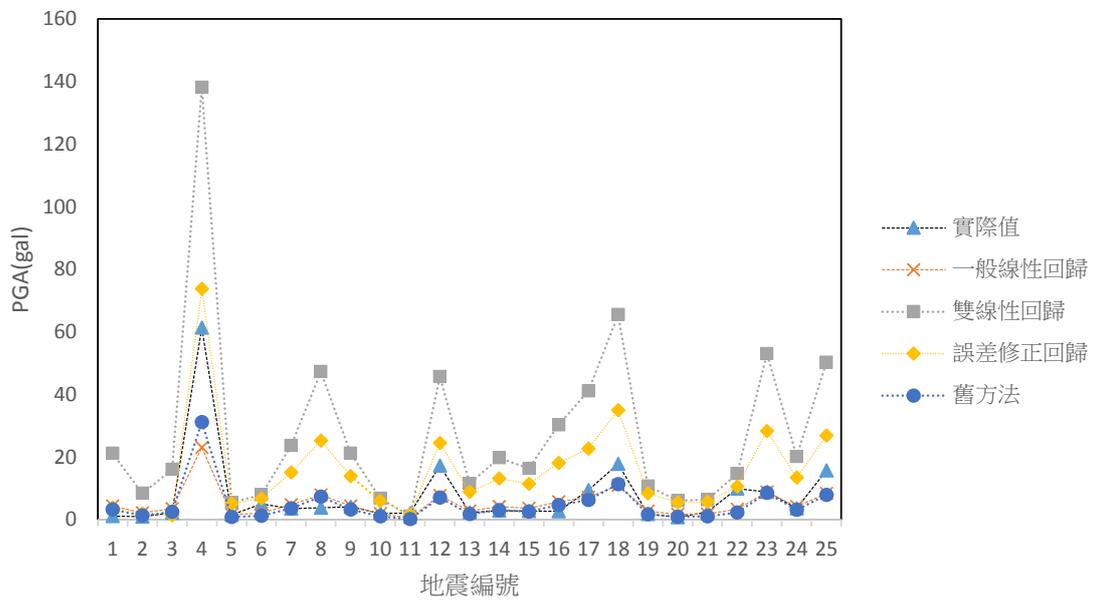


圖 3.55 ANP 測站各方法比較

KAH港測站各方法比較

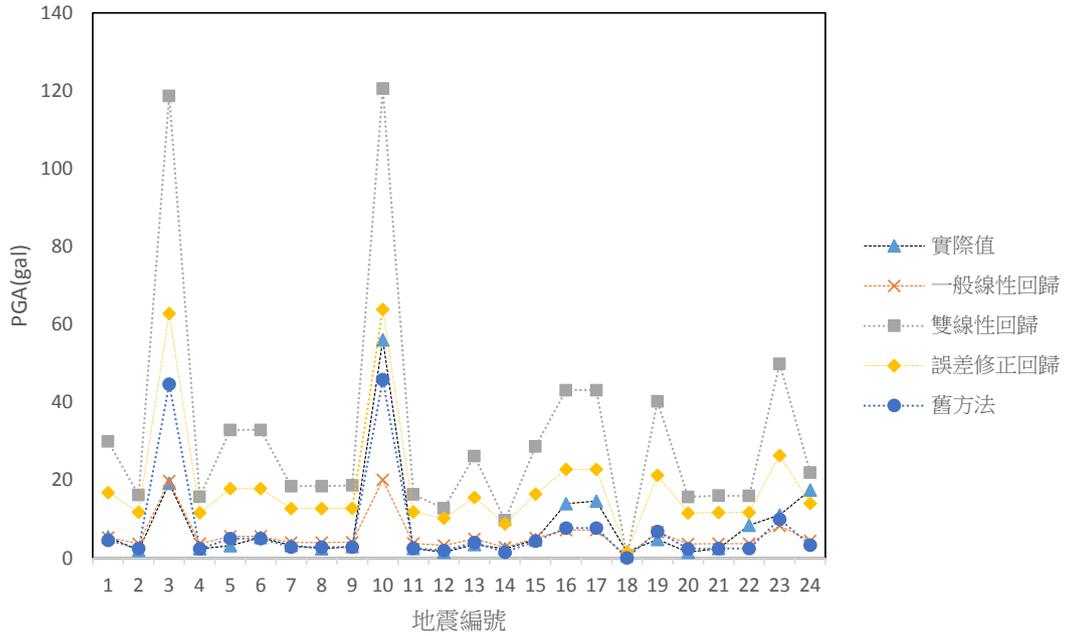


圖 3.56 KAH 測站各方法比較

各種方法比較結果如表3-16、表3-17所示，採用誤差修正迴歸相較舊方法準確率明顯提升。

表3-16 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3-17 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3-16、表3-17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。

第四章 橋梁耐震能力評估

4.1 分析案例簡介

本分析案例橋梁總長1320公尺直線橋，橋寬25公尺，上部結構為33跨，每跨含11支PCI梁，下部結構由雙柱構架式方形橋墩柱組成，採用20m深之沉箱基礎，墩柱高度為7m，橋台及橋墩柱編號由左而右依序為A1、P1~P32、A2，本案例取P26-P29單元分析。各橋墩(台)行車方向支承邊界條件由左而右依序為 /F、M/F、M/F....M/F、M/（橋墩(台)頂左側支承 / 橋墩(台)頂右側支承；M為可動式支承、F為固定式）。

本橋梁下部結構，混凝土、主筋與箍筋/繫筋強度分別為 210、2800 與 2800 kgf/cm²，橋墩柱 P1~P32 立面、斷面及配筋，如圖 4.1 所示。

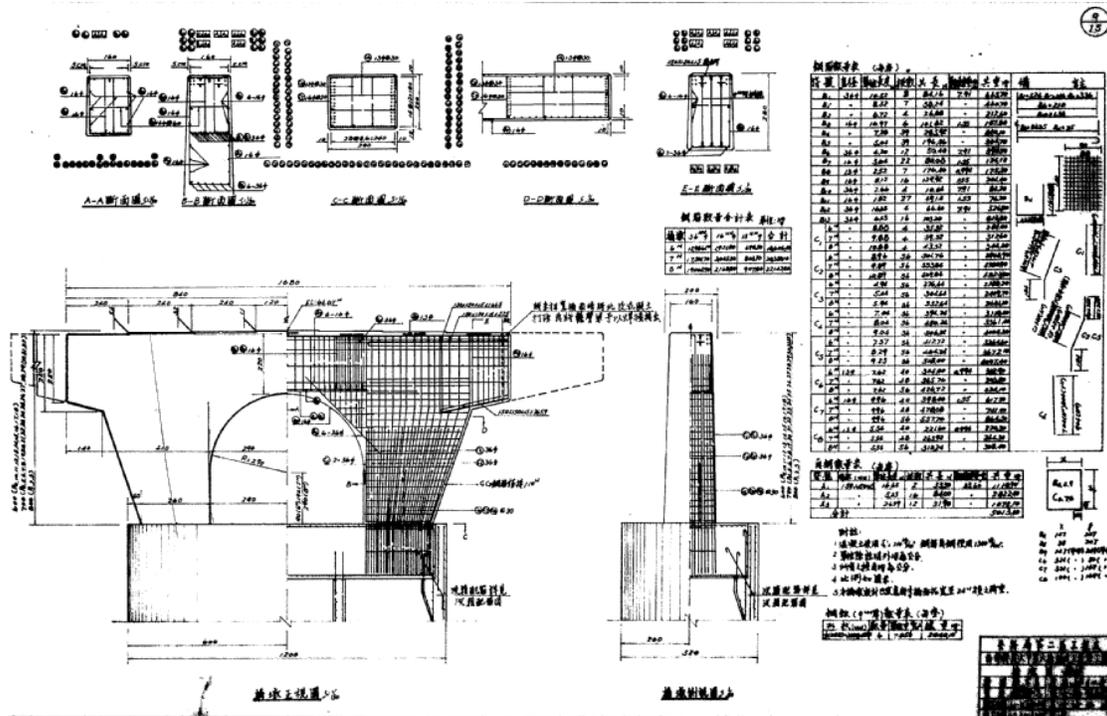


圖 4.1 橋墩柱 P1~P32 立面、斷面及配筋圖

4.2 工址之地盤分類

用於決定工址地盤放大係數之地盤分類，除台北盆地區域外，餘依工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_{S30} 決定之。 $V_{S30} \geq 270$ m/s 者為第一類地盤； $180 \text{ m/s} \leq V_{S30} < 270 \text{ m/s}$ 者，為第二類地盤； $V_{S30} < 180 \text{ m/s}$ 者，為第三類地盤。

工址地表面下 30 公尺內之土層平均剪力波速 V_{S30} 依下列公式計算：

$$V_{S30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i/V_{si}} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n d_i/V_{si}}$$

其中， d_i 為第 i 層土層之厚度(m)。 V_{si} 為第 i 層土層之平均剪力波速 (m/s)，可使用實際量測值，或依下列經驗公式計算：

粘性土層：

$$V_{si} = \begin{cases} 100N_i^{1/3}, & 2 \leq N_i \leq 25 \\ 120q_u^{0.36}, & 2 > N_i \end{cases}$$

砂質土層：

$$V_{si} = 80N_i^{1/3}, 1 \leq N_i \leq 50$$

其中， q_u 為黏性土壤單軸壓縮強度(kgf/cm²)， N_i 為由標準貫入試驗所得之第 i 層土層之平均 N 值。

本橋梁工址依地質鑽探報告，土層平均 N 值為 50， $V_{S30} = 80N_i^{1/3} = 294.7 \text{ m/s} \geq 270 \text{ m/s}$ ，屬第一類地盤。

4.3 工址之地震需求

設計規範：49 年版

本橋梁工址位於台中縣清水區，第一類地盤，鄰近之斷層為屯子腳斷層，震區短週期之設計地震水平譜加速度係數 $S_s^D = 0.8$ ，震區一秒週期之設計地震水平譜加速度係數 $S_1^D = 0.45$ ，加速度反應譜在等加速度段工址放大係數 $F_a = 1.0$ ，等速度段之工址放大係數 $F_v = 1.0$ ，反應譜等加速度段之斷層近域調整因子 $N_a = 1.14$ ，反應譜等速度段之斷層近域調整因子 $N_v = 1.16$ 。

$$S_{DS} = F_a (S_s^D \times N_a) = 0.912$$

$$0.4S_{DS} = 0.3648$$

$$S_{D1} = F_v (S_1^D \times N_v) = 0.522$$

$$T_0^D = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.5723 \text{ 秒}$$

中度地震下之水平譜加速度係數為

$$0.4S_{DS}/3.25 = 0.1123g$$

設計地震下之水平譜加速度係數為

$$0.4S_{DS} = 0.3648g$$

4.4 載重計算

$$\text{AC 面層 } 25 \times 0.05 \times 2.4 = 3t/m$$

$$\text{欄杆(單邊) } 0.6t/m$$

$$\text{公共設施重量 } 0.4t/m$$

梁上均佈載重

$$(3 + 0.4)/25 \times 2.4 = 0.3264t/m(\text{間距為 } 2.4m)$$

$$(3 + 0.4)/25 \times 2.15 = 0.2924t/m(\text{間距為 } 2.15m)$$

$(3 + 0.4)/25 \times (2.15 + 2.4)/2 = 0.3094\text{t/m}$ (一邊間距為 2.4m，一邊為 2.15m)

$(3 + 0.4)/25 \times (\frac{2.15}{2} + 1) + 0.6 = 0.8822\text{t/m}$ (二側有欄杆處)

鄰跨載重 440t 分佈於梁上

$440/25 \times 2.4 = 42.24\text{t}$ (間距為 2.4m)

$440/25 \times 2.15 = 37.84\text{t}$ (間距為 2.15m)

$440/25 \times (2.15 + 2.4)/2 = 40.04\text{t}$ (一邊間距為 2.4m，一邊為 2.15m)

$440/25 \times (\frac{2.15}{2} + 1) = 36.52\text{t/m}$ (一邊間距 2.15m，外側 1m)

載重分佈如圖 4.2 所示。

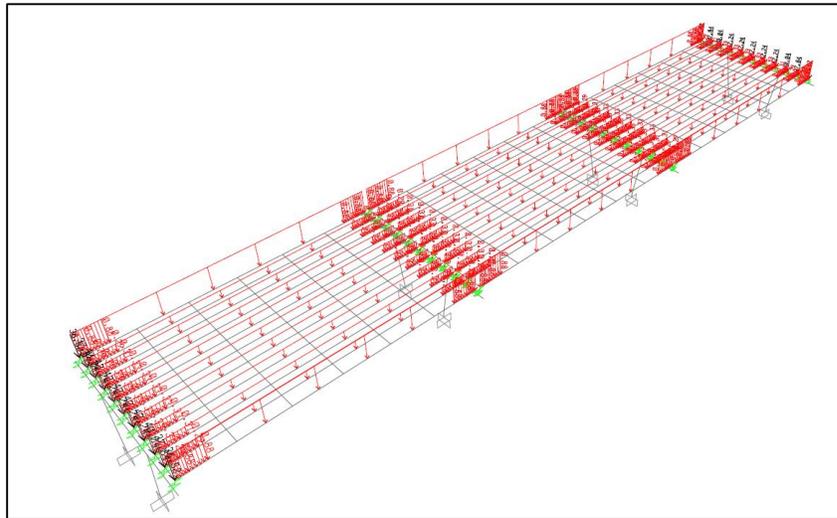


圖 4.2 載重分佈圖

4.5 混凝土應力應變關係分析

依據第 2.2.3 節計算 Mander 模式之圍束及無圍束混凝土應力應變關係，混凝土抗壓強度 $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ ，計算結果如圖 4.3 所示。

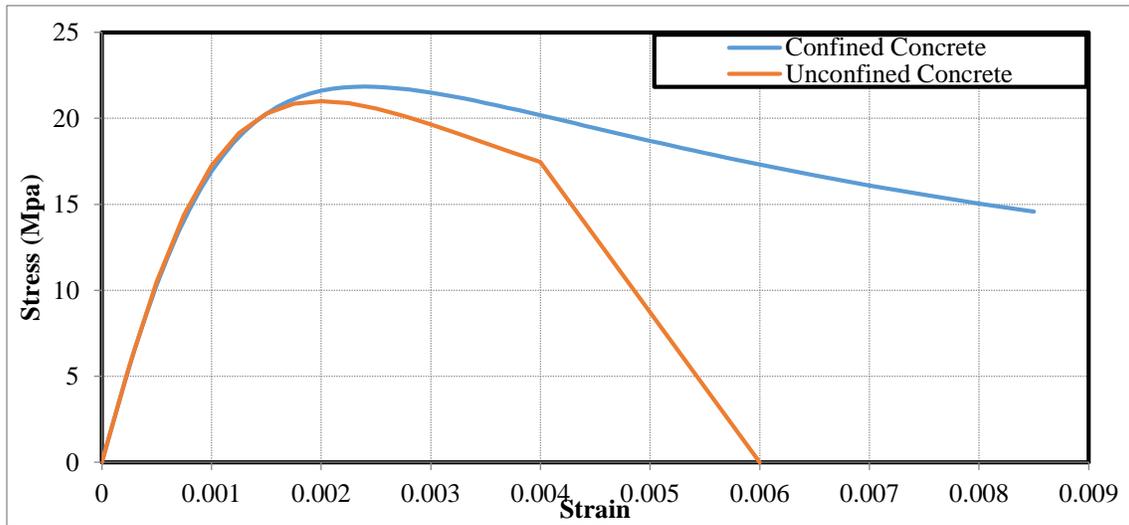


圖4.3 圍束及無圍束混凝土應力應變曲線

4.6 鋼筋應力應變關係分析

依據第 2.2.3 節計算 Mirza and MacGregor 模式之鋼筋應力應變關係，鋼筋抗拉強度 $f_y = 2800\text{kg/cm}^2$ ，計算結果如圖 4.4 所示。

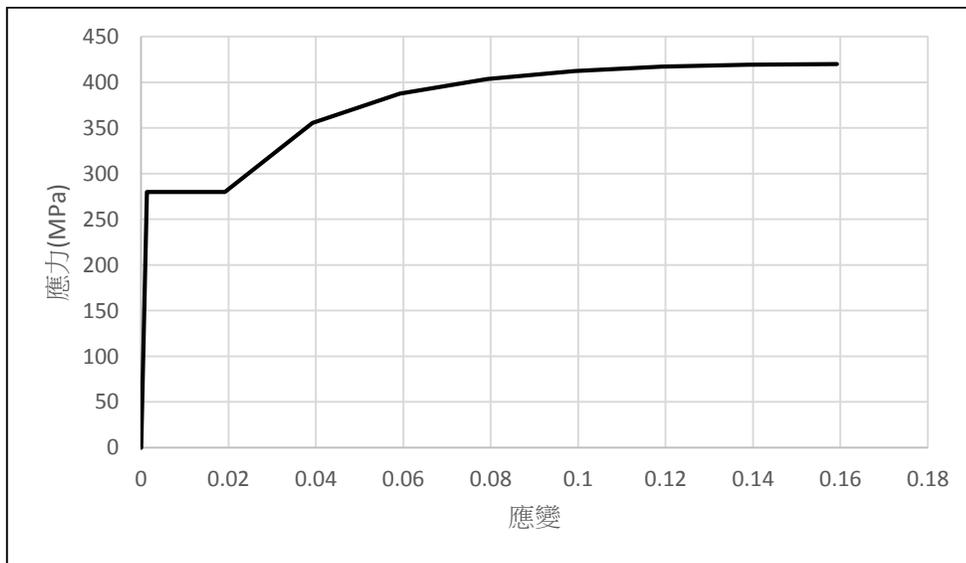


圖4.4 鋼筋之應力應變曲線

4.7 墩柱彎矩曲率分析

將上述圍束及無圍束混凝土、鋼筋之應力應變關係及墩柱斷面輸入至 Xtract 軟體分析，輸入墩柱之斷面圖如圖 4.5 所示，輸入之柱軸力以靜力分析求得為 1164 噸，分析結果如圖 4.6 及表 4-1 所示。

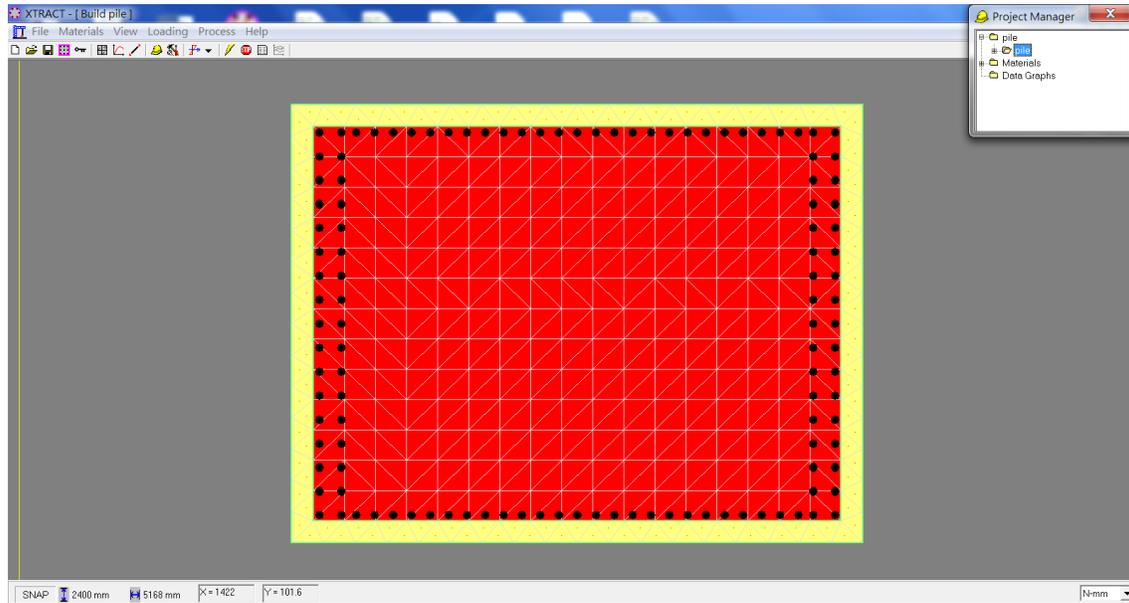


圖4.5 墩柱於Xtract之斷面圖

XTRACT Analysis Report -

Section Name: pile
 Loading Name: M-C
 Analysis Type: Moment Curvature

2016/1/30
 pile
 pile
 Page __ of __

Section Details:

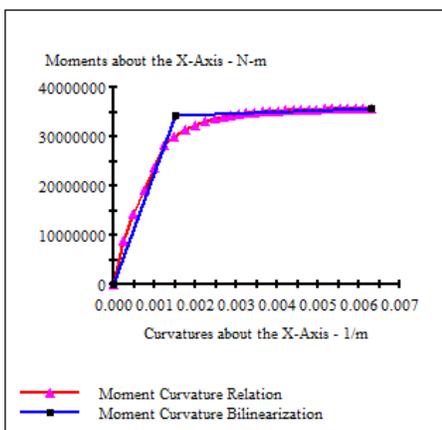
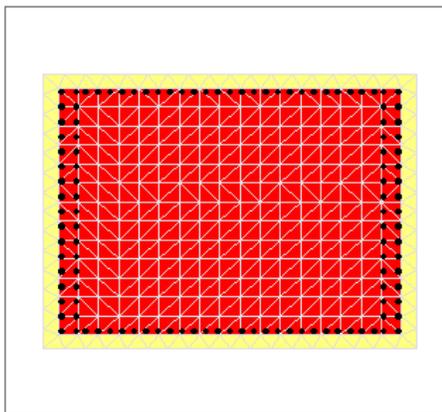
X Centroid: .1564E-12 mm
 Y Centroid: .3235E-13 mm
 Section Area: 5.200E+6 mm²

Loading Details:

Constant Load - P: 1.14E+7 N
 Incrementing Loads: Mxx Only
 Number of Points: 31
 Analysis Strategy: Displacement Control

Analysis Results:

Failing Material: confined concrete
 Failure Strain: 8.500E-3 Tension
 Curvature at Initial Load: .4643E-20 1/m
 Curvature at First Yield: 1.247E-3 1/m
 Ultimate Curvature: 6.307E-3 1/m
 Moment at First Yield: 2.82E+7 N-m
 Ultimate Moment: 3.57E+7 N-m
 Centroid Strain at Yield: .2829E-3 Ten
 Centroid Strain at Ultimate: 3.115E-3 Ten
 N.A. at First Yield: 226.8 mm
 N.A. at Ultimate: 493.9 mm
 Energy per Length: 193.6E+3 N
 Effective Yield Curvature: 1.514E-3 1/m
 Effective Yield Moment: 3.42E+7 N-m
 Over Strength Factor: 1.043
 EI Effective: 2.26E+10 N-m²
 Yield EI Effective: 3.05E+8 N-m²
 Bilinear Hardening Slope: 1.349 %
 Curvature Ductility: 4.167



Comments:

User Comments

圖4.6 墩柱於Xtract之分析結果

表4-1 彎矩-曲率關係

	彎矩	曲率
	tonf-m	rad/km
原點	0	0
起始降伏點	2820	1.247
雙線性降伏點	3420	1.514
極限點	3570	6.307

4.8 墩柱彎矩轉角分析

依據「準則」第 4.5.1.2 節，將彎矩-曲率關係轉換為彎矩-轉角關係，結果如表 4-2 及圖 4.7 所示。

靜載重軸力作用狀態

橋柱 $L=700\text{cm}$,

$$L_p = 0.08L + 0.0022d_b f_y$$

$$= 0.08 * 700 + 0.0022 * 3.6 * 2800 = 78.176$$

$$\delta_y = \frac{\varphi_y L^2}{3} = 0.00001514 * \frac{700^2}{3} = 2.4729\text{cm}$$

$$\theta_y = \frac{\delta_y}{L} = \frac{2.4729}{700} = 0.00353 \text{ rad}$$

$$\delta_u = \frac{M_u}{M_y} \delta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_p \times (L - 0.5L_p)$$

$$= \frac{3570}{3420} \times 2.4729 + (0.00006307 - 0.00001514) \times 78.176$$

$$\times (420 - 39.088) = 5.058\text{m}$$

$$\theta_u = \frac{\delta_u}{L} = \frac{5.058}{700} = 0.00723\text{rad}$$

表4-2 彎矩-轉角關係

	彎矩	轉角
	Ton-m	rad
原點	0	0
起始降伏點	2820	0.00291
雙線性降伏點	3420	0.003533
極限點	3570	0.007225

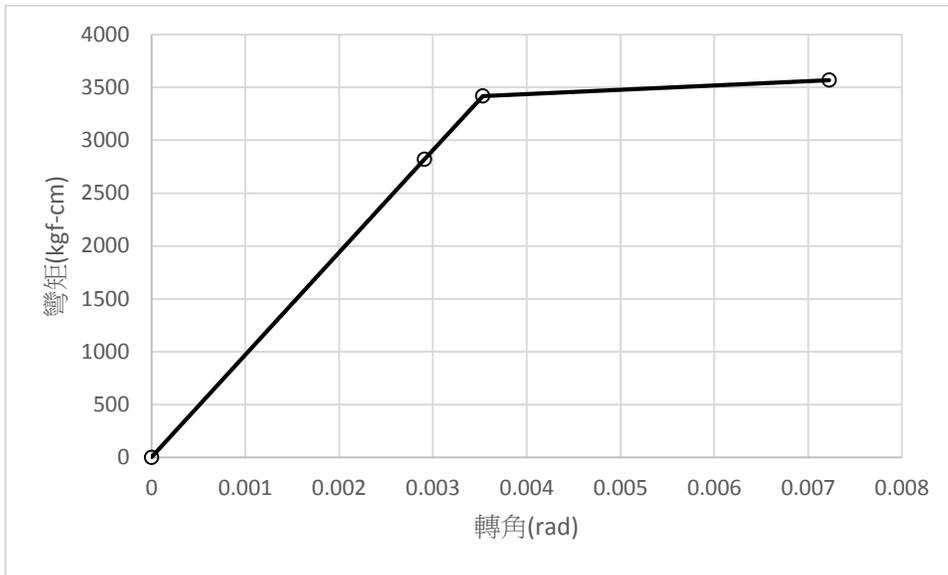


圖4.7 彎矩-轉角關係圖

4.9 墩柱剪力強度分析

根據「準則」第 4.5.1.2 節，計算斷面剪力強度，計算結果如圖 4.8 所示。本例塑性鉸破壞模式為「撓剪」破壞，行車向塑性鉸柱底 SAP2000 輸入資料如表 4-3 所示。

$$V_s = \frac{dA_{sh}f_{yh}}{a} = 224 \times 6.6725 \times \frac{2800}{30} = 139499 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = 0.53(k + F)\sqrt{f'_c}A_e \geq 0$$

$$k = \frac{R_{max} - R}{R_{max} - 1} \geq 0; R_{max} = \frac{\theta_u}{\theta_y}; R = \frac{\theta}{\theta_y}; F = \frac{N}{140A_g}$$

$$\theta_y \text{ 時, } R = 1, k = 1,$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.53 \left(1 + \frac{1164000}{140 \times 260 \times 200} \right) \times \sqrt{210} \times 0.8 \times (260 \times 200) \\ &= 370591 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$V_n = V_c + V_s = 370591 + 139499 = 510091 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{vy} = V_n \times h = 510091 * \frac{700}{100000} = 3570t - m$$

$$\theta_u \text{時}, R = R_{max}, k = 0,$$

$$V_c = 0.53 \left(0 + \frac{1164000}{140 \times 260 \times 200} \right) \times \sqrt{210} \times 0.8 \times (260 \times 200)$$

$$= 51086kg/cm^2$$

$$V_n = V_c + V_s = 51086 + 139499 = 190585kg/cm^2$$

$$M_{vu} = V_n \times \left(h - \frac{L_p}{2} \right) = 190585 \times (700 - 39.088)/100000 = 1260 t - m$$

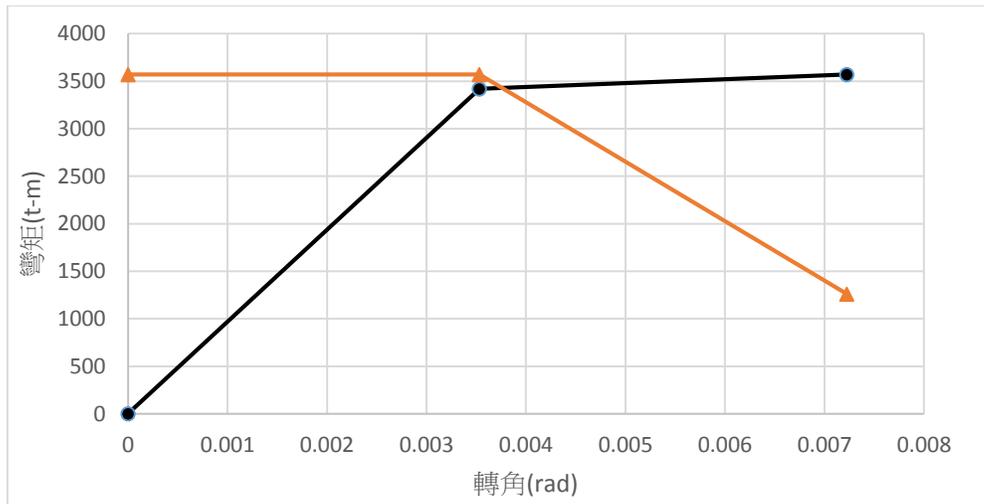


圖4.8 塑性鉸破壞模式判斷

表4-3 塑性鉸柱底SAP2000輸入資料

項次	彎矩(ton-m)	塑性轉角
A	0	0
B	3420	0
C	3429	0.000226
D	2551	0.001629
E	0	0.001629

4.10 耐震能力評估

4.9.1 基礎無沖刷情況，沉箱位置以固定端模擬

假設基礎無沖刷情況，沉箱位置以固定端模擬，側推分析首先以力量控制施加自重，接續前一階段的內力資料，再進行位移控制之側推分析。側推力量分佈以橋墩含上部結構之質量比例做豎向分配(SAP2000 輸入選擇 Acc.分佈)為基準；位移觀測點選擇橋面板中心點，本例中為橋柱 P27~P28 上方橋面板位置。分析模型如圖 4.9，側推分析結果如圖 4.10、4.11 及 4.12 所示，橋柱破壞順序為：P27B → P27C。(其中符號 B 代表降服，C 代表破壞)，降伏地表加速度 $A_y=0.2235g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.2597g$ 。

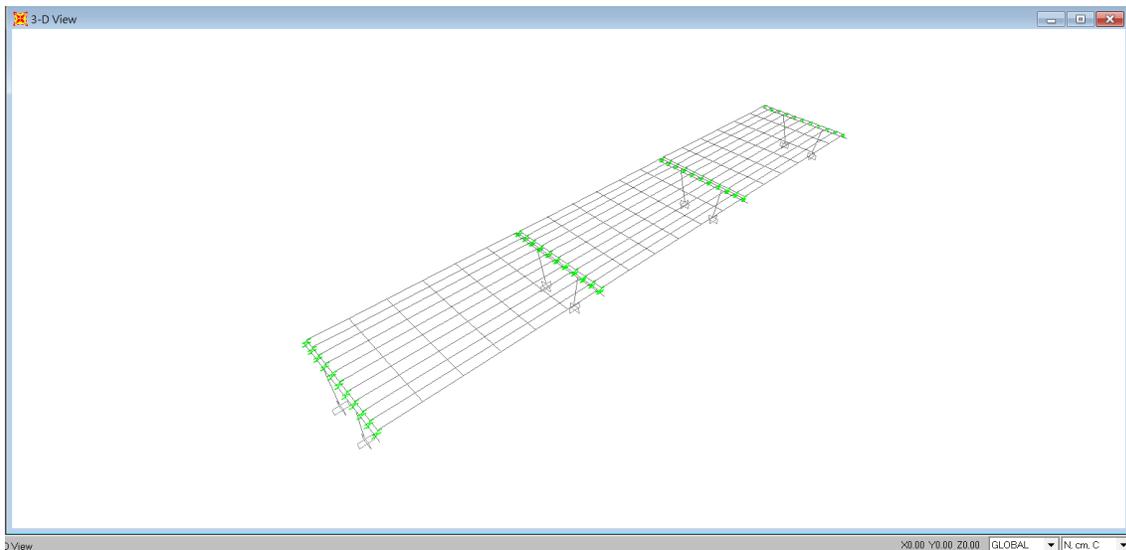


圖4.9 基礎無沖刷情況，沉箱位置以固定端模擬之分析模型

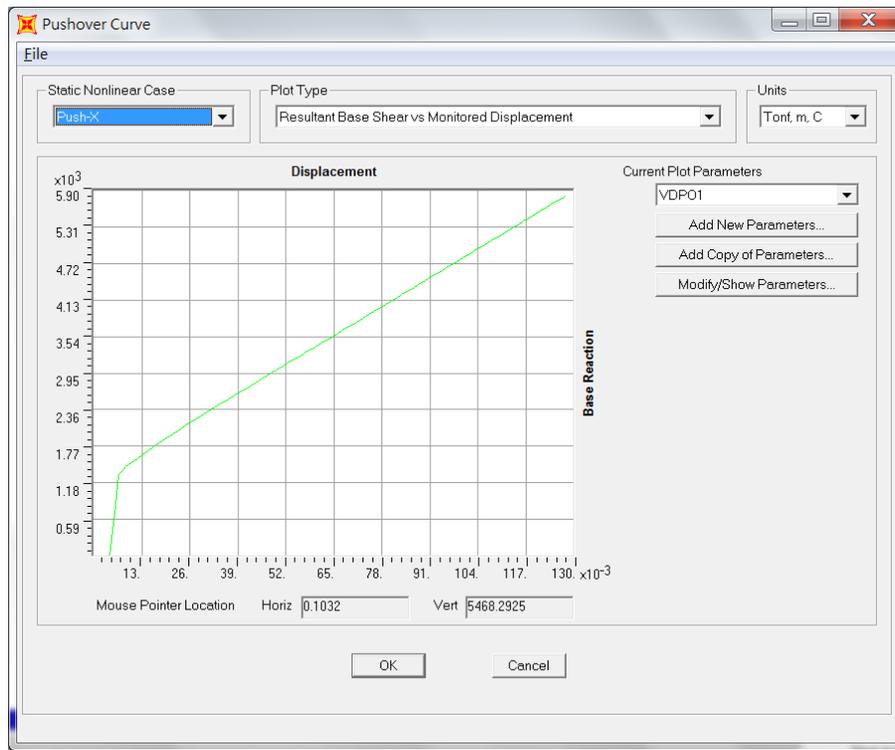


圖4.10 基底剪力分析結果

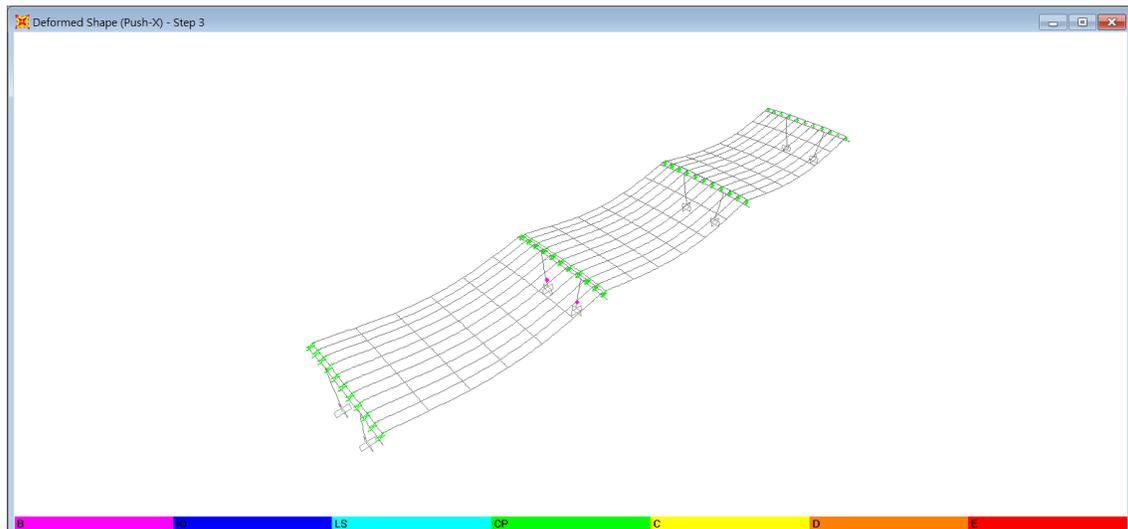


圖4.11 側推分析結果(1)

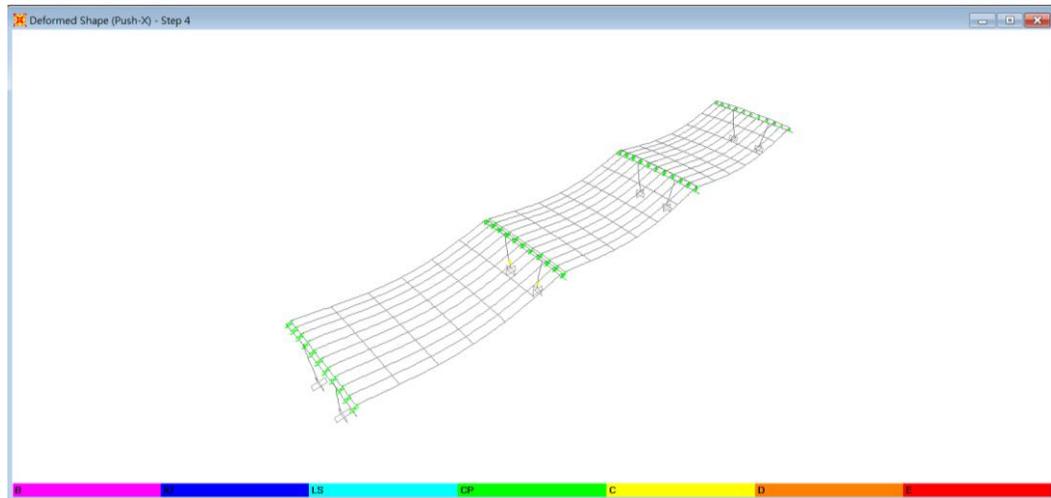


圖4.12 側推分析結果(2)

4.9.2 基礎裸露 4m，沉箱未裸露部份以固定端模擬

依 103 年現場河床調查結果沉箱裸露約 4m，沉箱未裸露部份以固定端模擬，側推分析首先以力量控制施加自重，接續前一階段的內力資料，再進行位移控制之側推分析。側推力量分佈以橋墩含上部結構之質量比例做豎向分配(SAP2000 輸入選擇 Acc.分佈)為基準；位移觀測點選擇橋面板中心點，本例中為橋柱 P27~P28 上方橋面板位置。分析模型如圖 4.13，側推分析結果如圖 4.14、4.15 及 4.16 所示，橋柱破壞順序為：P27B →P27C。(其中符號 B 代表降服，C 代表破壞)，降伏地表加速度 $A_y=0.4665g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.4979g$ 。

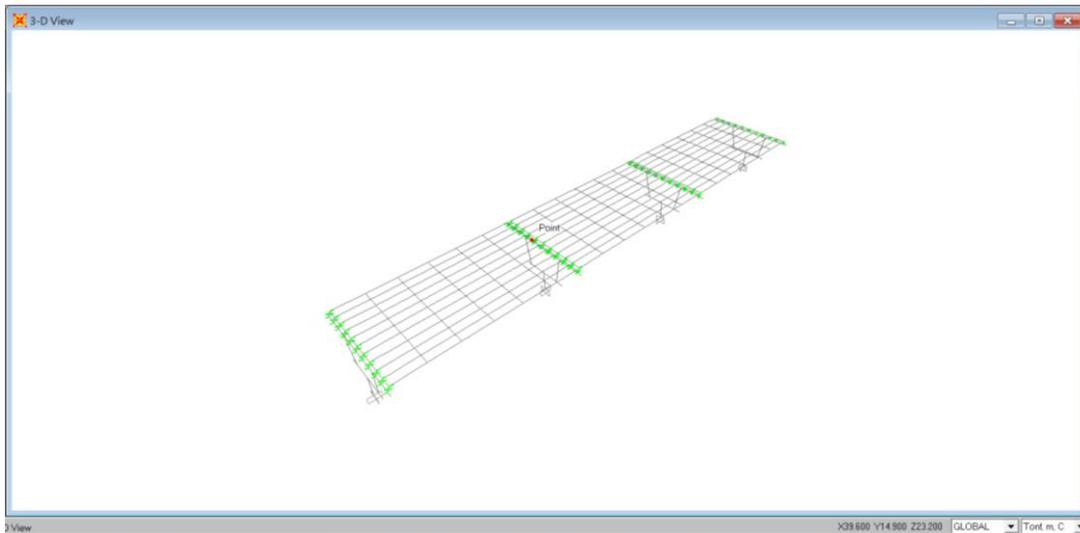


圖4.13 基礎沖刷4m情況，沉箱未裸露部份以固定端模擬之分析模型

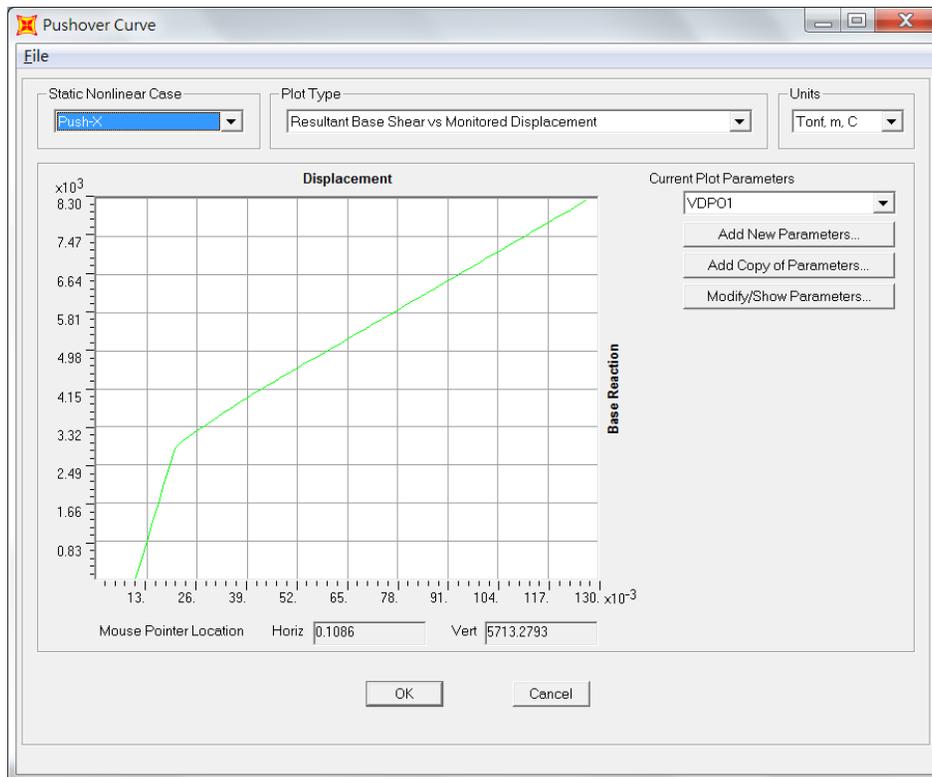


圖4.14 基底剪力分析結果

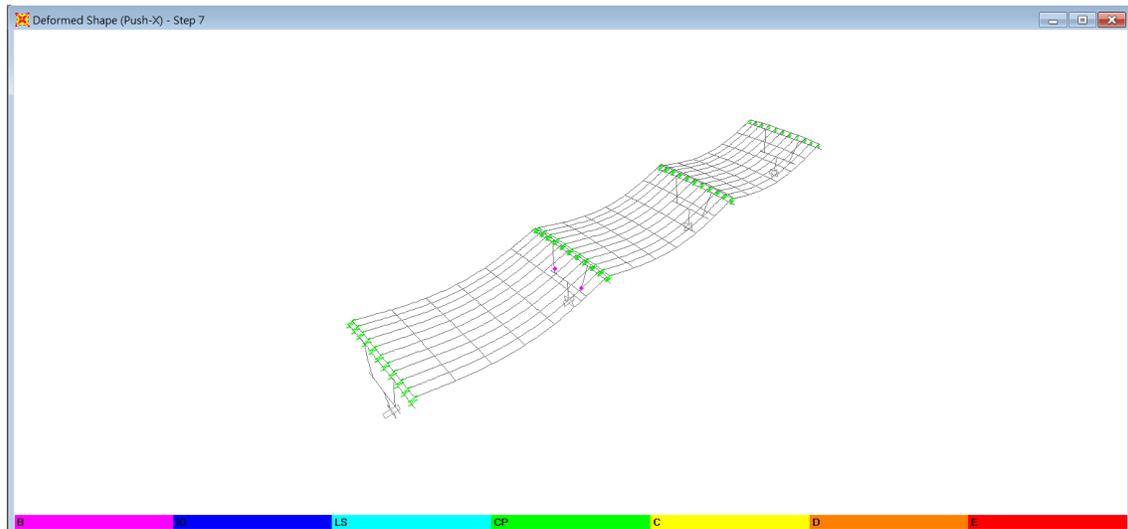


圖4.15 側推分析結果(1)

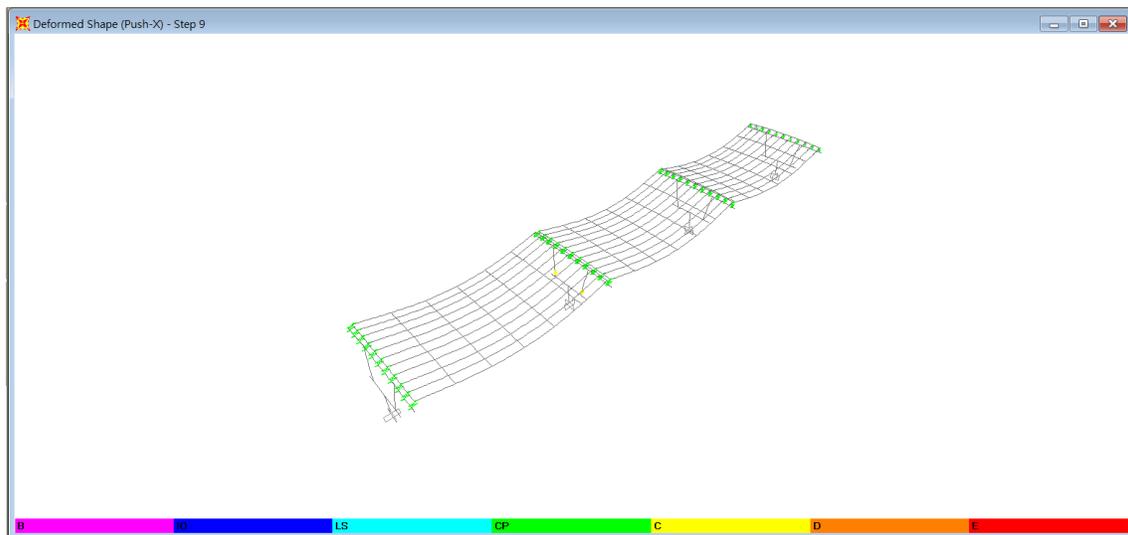


圖4.16 側推分析結果(2)

4.9.3 基礎裸露 4m，沉箱未裸露部份土壤以彈簧模擬

沉箱基礎之土壤以彈簧模擬，根據準則 4.5.5.1 節及「建築物基礎構造設計規範」之規定計算相關接觸沉箱基礎之土壤彈簧，如表 4-4 所示：

表4-4 地盤反力係數及地層反力容許上限值

位置	方向	地盤反力係數	地層反力容許上限值(tf/m ²)
沉箱底面	垂直	$k_V = k_{V0}(B_V/30)^{\frac{3}{4}}$	$q_a = \frac{1}{FS}(q_u - \gamma_2 D_f) + \gamma_2 D_f$ $\sigma_p = \sigma'_z K_p + 2c\sqrt{K_p}$ 上述二式之小值
	水平	$k_S = 0.3k_V$	$R_f = (c_a A + N \tan \delta) / FS$
沉箱正前方	水平	$k_H = \alpha_k k_{H0}(B_H/30)^{\frac{3}{4}}$	$\sigma_{ka} = \sigma_p / FS$
	垂直	$k_{SVB} = 0.3k_H$	砂質土 $f = \min[0.1N, 0.5(\sigma'_0 \tan \phi'), 5] / FS$ 黏性土 $f = \min[0.5S_u, 10] / FS$
沉箱側面	水平	$k_{SHD} = 0.6\alpha_k k_{H0}(D_H/30)^{\frac{3}{4}}$	砂質土 $f = \min[0.1N, 0.5(\sigma'_0 \tan \phi'), 5] / FS$
	垂直	$k_{SVD} = 0.3k_{SHD}$	黏性土 $f = \min[0.5S_u, 10] / FS$

依據沉箱基礎橋梁所在工址之標準貫入試驗值 $N=50$ ，依據 4.1 節之沉箱基礎斷面與地盤反力係數運算理論，可得沉箱底面、沉箱正前方和沉箱側面之地盤反力係數。

(1) 沉箱正前方水平與垂直方向彈簧：

沉箱正前方水平方向彈簧 k_H 與圓柱側面投影面積關係推算彈簧之彈性勁度，並須考量由被動土壓力所造成之水平極限支承力限制，再藉由完全彈塑性之雙線性力對位移關係設定彈簧性質。

假設沉箱基礎之土層土壤單位重 $\gamma=2.5\text{tonf/m}^3$ 、土壤摩擦角 $\phi=46^\circ$ 、地表面與水平面之夾角 $\alpha=0^\circ$ ，沉箱正前方與土壤間之摩擦角 $\delta=42^\circ$ ，則可求得被動土壓力係數 K_p ，若再依不同土層深度推求得被動土壓力上限係數 α_p ，即可得沉箱正前方水平被動土壓力上限值 $PH_u=\alpha_p PEP$ 。在沉箱正前方水平方向(K_H)和垂直方向(K_{SVB})

彈簧勁度方面，將圓柱側面面積分成 16 等分並個別計算其面積大小，則依據算式 $K_{Hi} = k_{hi} \times A_i (i = 1, 2, \dots, 16)$ 、 $K_{SVB} = 0.3k_H$ 可將土壤彈簧非線性特性模擬成圖 4.17。

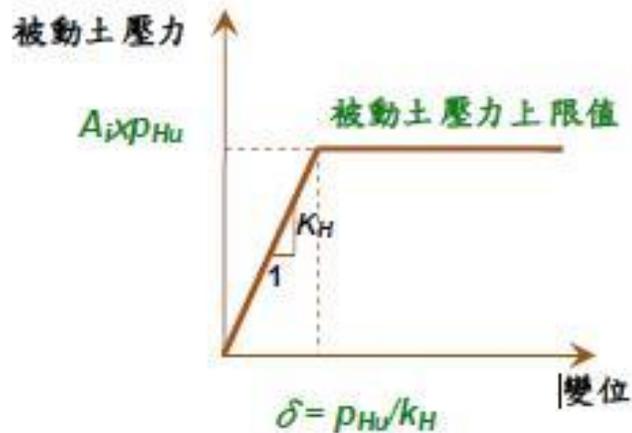


圖 4.17 沉箱正前方彈簧之雙線性特性示意圖

(2) 沉箱底面水平方向彈簧：

沉箱底面水平方向彈簧 K_S 需藉由基礎底面水平地盤反力係數 k_s 與底面面積關係推算彈簧之彈性勁度，並考量由基礎底面與地層間之摩擦力與附著力兩者所提供之摩擦阻力限制，以雙線性力對位移關係設定彈簧性質。

假設作用於基礎版底面之有效鉛直載重 N 為橋梁承受靜載重之反力、基礎版底面之有效接觸面積 A 為已知條件、基礎版底面與地層間之摩擦角 $\delta = 46^\circ$ 、基礎版底面與地層之有效附著力 $C_a = 2.0 \text{ tonf/m}^2$ ，則可求得基礎版底面之摩擦阻力 R_f 。

沉箱底面水平方向彈簧勁度 K_S 方面，將底面面積分成 5 等分並個別計算其面積大小，則依據 $K_{Si} = k_{si} \times A_i (i = 1, 2, \dots, 5)$ ，可將土壤彈簧非線性特性模擬成圖 4.18。

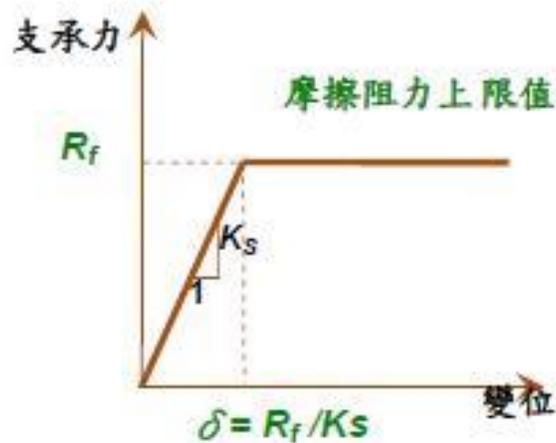


圖 4.18 沉箱底面水平方向彈簧之雙線性特性示意圖

(3) 沉箱底面垂直方向彈簧：

沉箱底面垂直方向彈簧 K_V 需藉由基礎底面垂直地盤反力係數 k_V 與底面面積關係推算彈簧之彈性勁度，並考量垂直極限支撐力 q_u 之限制，以雙線性力對位移關係設定彈簧性質。

假設其基礎底面下土壤之凝聚力 $c=2 \text{ tonf/m}^2$ 、基礎底面下土壤之有效單位重 $\gamma_1=2.5 \text{ tonf/m}^2$ 、基礎底面以上土壤之平均有效單位重 $\gamma_1=2.5 \text{ tonf/m}^2$ 、基礎寬度 $B=12.0 \text{ m}$ 、基礎之有效埋置深度 $D_f=16 \text{ m}$ ， $\phi=46^\circ$ ，基礎底面形狀影響因素查表得 $\alpha=1.692$ ， $\beta=0.0769$ ，即可求得垂直極限支撐力 q_u 。

沉箱底面垂直方向彈簧勁度方面，則依據 $K_{si}=k_{si} \times A_i (i=1, 2, \dots, 5)$ ，可將土壤彈簧模擬成圖 4.19。

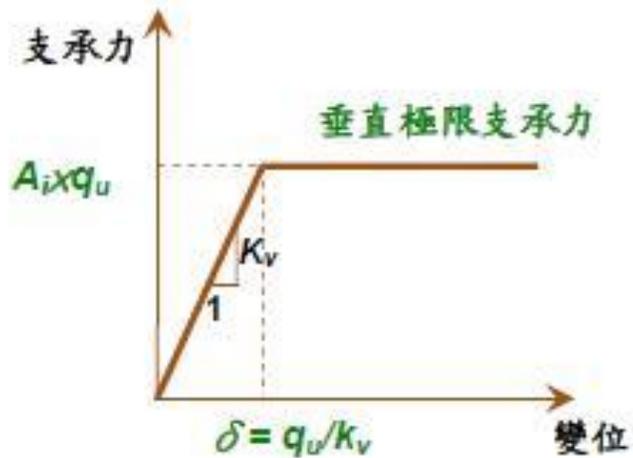


圖 4.19 沉箱底面垂直方向彈簧之雙線性特性示意圖

計算地盤反力係數如下：

$$k_{v0} = \frac{1}{30} \alpha E_0 ; k_{H0} = \frac{1}{30} \alpha E_0$$

依據標準貫入深度推估變形模數 $E_0 = 25N$

$$B_V = \sqrt{A_V} = 752cm ; B_H = B_e = 960cm ; D_H = D_e = 280cm$$

$\alpha_k = 1$, 考慮地層無背填灌漿之情形

沉箱各深度之地盤反力係數計算如表 4-5 所示：

表4-5 沉箱各深度之地盤反力係數

深度	沉箱正前方		沉箱側面		沉箱底面	
	k_H (kg/cm ³)	k_{SVB} (kg/cm ³)	k_{SHD} (kg/cm ³)	k_{SVD} (kg/cm ³)	k_S (kg/cm ³)	k_V (kg/cm ³)
5	195.86	58.76	296.10	88.83	70.55	235.18
6	195.86	58.76	296.10	88.83		
7	195.86	58.76	296.10	88.83		
8	195.86	58.76	296.10	88.83		
9	195.86	58.76	296.10	88.83		
10	195.86	58.76	296.10	88.83		
11	195.86	58.76	296.10	88.83		
12	195.86	58.76	296.10	88.83		
13	195.86	58.76	296.10	88.83		
14	195.86	58.76	296.10	88.83		
15	195.86	58.76	296.10	88.83		
16	195.86	58.76	296.10	88.83		
17	195.86	58.76	296.10	88.83		
18	195.86	58.76	296.10	88.83		
19	195.86	58.76	296.10	88.83		
20	195.86	58.76	296.10	88.83		

根據「建築物基礎構造設計規範」不同深度之土壤彈簧強度以被動土壓上限值 p_{Hu} 及被動土壓力 p_{Ep} 如下所示，沉箱各深度之地盤反力上限值計算如表 4-6 所示。

$$p_{Hu} = \alpha_p p_{Ep}$$

$$p_{Ep} = \gamma \cdot x \cdot K_{EP} + 2c\sqrt{K_{EP}}$$

$$K_{EP} = \frac{\cos^2 \phi}{\cos \delta \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi - \delta) \sin(\phi + \alpha)}{\cos \delta \cos \alpha}} \right]^2}$$

表4-6 沉箱各深度之地盤反力上限值

深度	沉箱正前方水 平向		沉箱正前方垂 直向		沉箱底面	
	應力 (tf/m ²)	力 (tf)	應力 (tf/m ²)	力 (tf)	水平向 (tf/m ²)	垂直向 (tf/m ²)
5	4.35	32.58	0.00	0.00	2597.39	2666.08
6	6.45	96.55	0.78	11.62		
7	8.73	130.71	1.55	23.24		
8	11.20	167.64	2.33	34.87		
9	13.86	207.33	3.11	46.49		
10	16.69	249.81	3.88	58.11		
11	19.72	295.05	5.00	74.82		
12	22.93	343.06	5.00	74.82		
13	26.32	393.85	5.00	74.82		
14	29.90	447.40	5.00	74.82		
15	33.66	503.73	5.00	74.82		
16	37.61	562.83	5.00	74.82		
17	41.75	624.70	5.00	74.82		
18	46.07	689.34	5.00	74.82		
19	50.57	1135.13	5.00	74.82		
20	55.26	1240.41	5.00	74.82		

SAP2000 分析時模擬之土壤彈簧參數計算如表 4-7 及表 4-8 所示。

表4-7 沉箱正面土壤彈簧相關參數

深度	垂直向			水平向		
	K _{SVB} (t/m)	上限值 (t)	δ (m)	K _H (t/m)	上限值 (t)	δ (m)
5	58759	0.00	0.00000	195864.7	32.58	0.000166
6	58759	11.62	0.00020	195864.7	96.55	0.000493
7	58759	23.24	0.00040	195864.7	130.71	0.000667
8	58759	34.87	0.00059	195864.7	167.64	0.000856
9	58759	46.49	0.00079	195864.7	207.33	0.001059
10	58759	58.11	0.00099	195864.7	249.81	0.001275
11	58759	74.82	0.00127	195864.7	295.05	0.001506

12	58759	74.82	0.00127	195864.7	343.06	0.001752
13	58759	74.82	0.00127	195864.7	393.85	0.002011
14	58759	74.82	0.00127	195864.7	447.40	0.002284
15	58759	74.82	0.00127	195864.7	503.73	0.002572
16	58759	74.82	0.00127	195864.7	562.83	0.002874
17	58759	74.82	0.00127	195864.7	624.70	0.003189
18	58759	74.82	0.00127	195864.7	689.34	0.003519
19	58759	74.82	0.00127	195864.7	1135.13	0.005795
20	58759	74.82	0.00127	195864.7	1240.41	0.006333

表4-8 行車向沉箱底面土壤彈簧相關參數

編號	$A_i(m^2)$	$K_v(tf/m)$	$A_i \times q_u(tf)$	$\delta(m)$	$K_h(tf/m)$	$R_f(tf)$	$\delta(m)$
1	10.7	235175.82	28527.02	0.12130	70552.75	492.77	0.00698
2	11.5	235175.82	30659.88	0.13037	70552.75	529.61	0.00751
3	12	235175.82	31992.92	0.13604	70552.75	552.64	0.00783
4	11.5	235175.82	30659.88	0.13037	70552.75	529.61	0.00751
5	10.7	235175.82	28527.02	0.12130	70552.75	492.77	0.00698

依沉箱基礎形式與橋梁細部設計尺寸，利用 SAP2000 非線性 Link 元素中之 Multilinear Elastic 模型，參酌土壤彈簧計算結果，使用 Multilinear Force-Deformaton Definition 視窗定義雙線性土壤彈簧，沉箱裸露約 4m，沉箱未裸露土壤部份以彈簧模擬，含沉箱基礎與土壤互制效應橋梁模型如圖 4.20 所示，側推分析首先以力量控制施加自重，接續前一階段的內力資料，再進行位移控制之側推分析。側推力量分佈以橋墩含上部結構之質量比例做豎向分配(SAP2000 輸入選擇 Acc.分佈)為基準；位移觀測點選擇橋面板中心點，本例中為橋柱 P27~P28 上方橋面板位置。側推分析結果如圖 4.21、4.22 及 4.23 所示，橋柱破壞順序為：P27B →P27C。(其中符號 B 代表降服，C 代表破壞)，降伏地表加速度 $A_y=0.589g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.607g$ 。

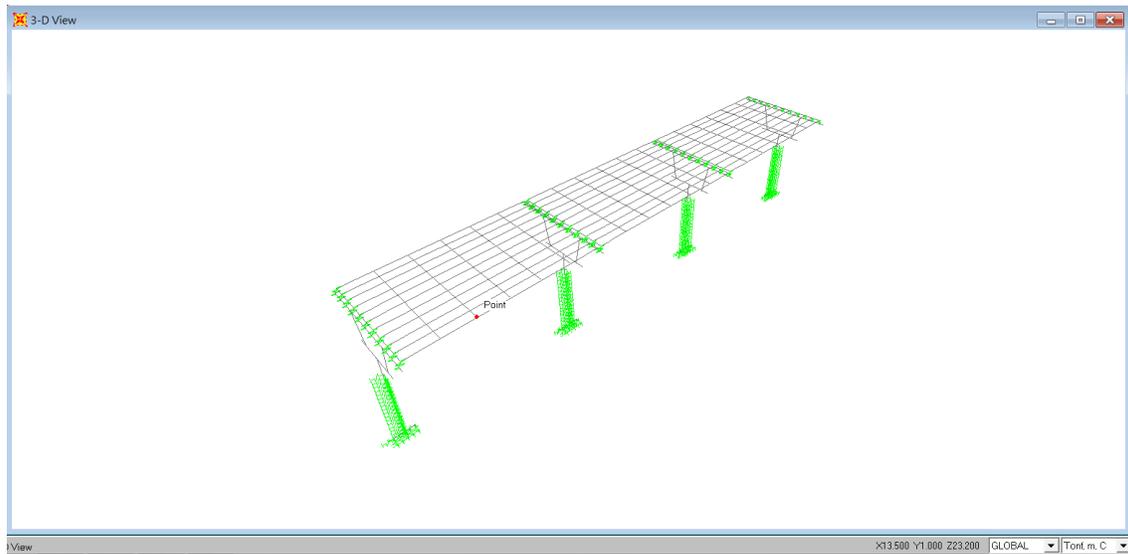


圖4.20含土壤彈簧之橋梁模型

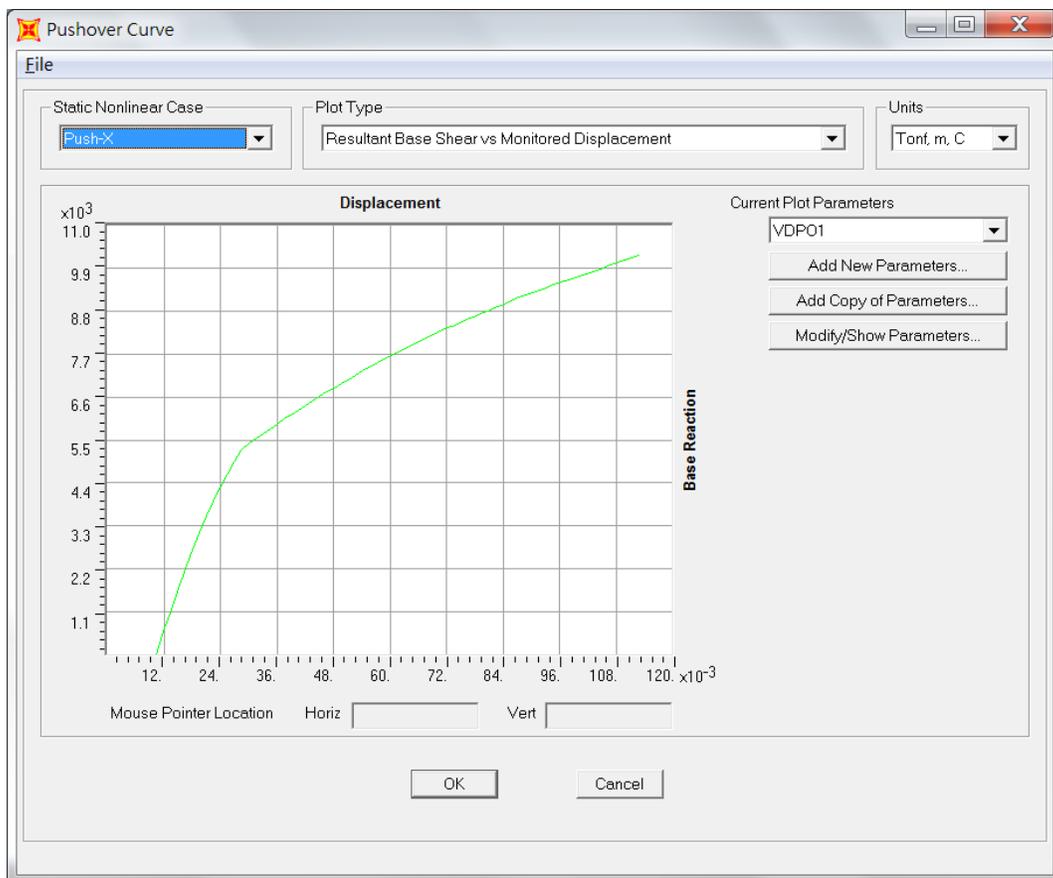


圖4.21 基底剪力分析結果

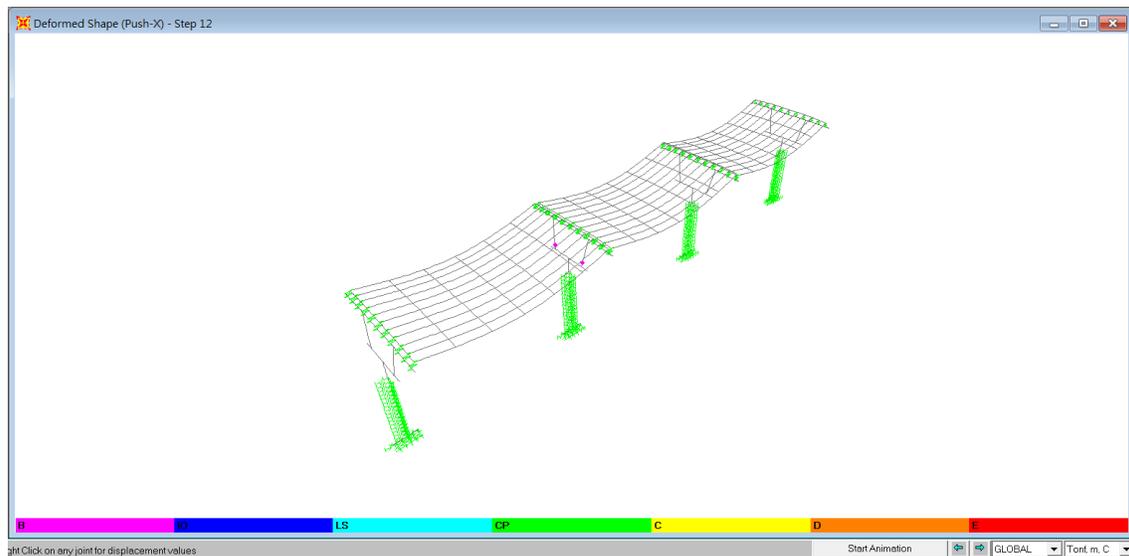


圖4.22 側推分析結果(1)

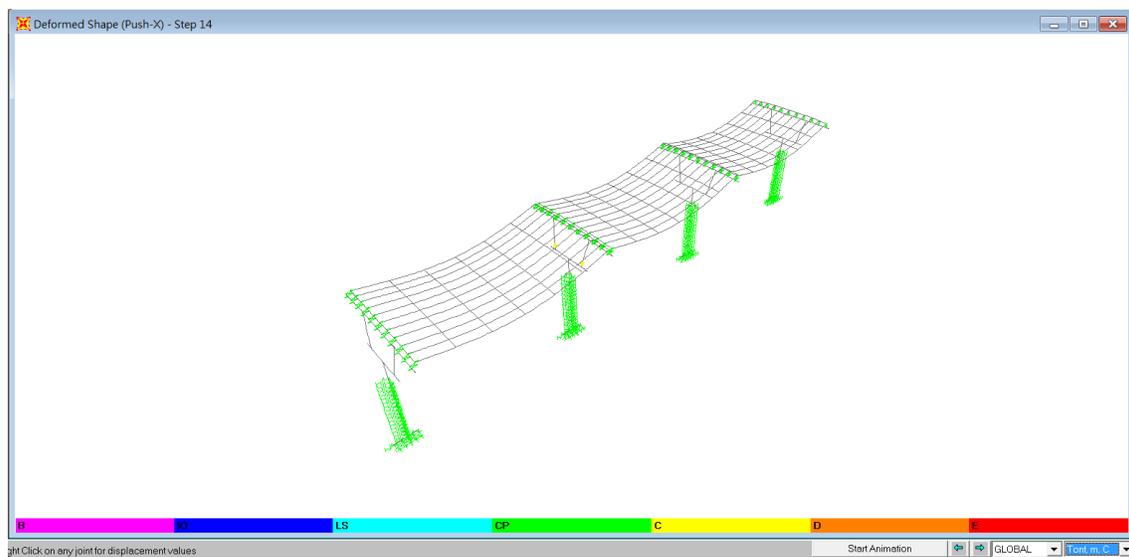


圖4.23 側推分析結果(2)

4.9.4 基礎裸露 4m，墩柱下端混凝土加鋼鈹包覆，沉箱未裸露部份以固定端模擬

目前墩柱下端以混凝土加鋼鈹包覆如圖 4.24 及 4.25 所示。

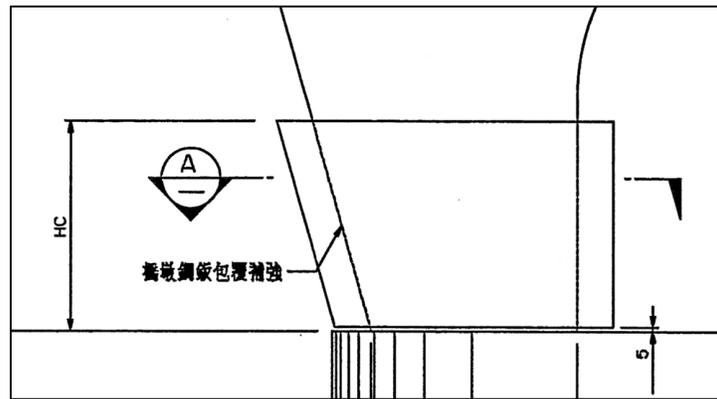


圖4.24 墩柱鋼板包覆補強圖

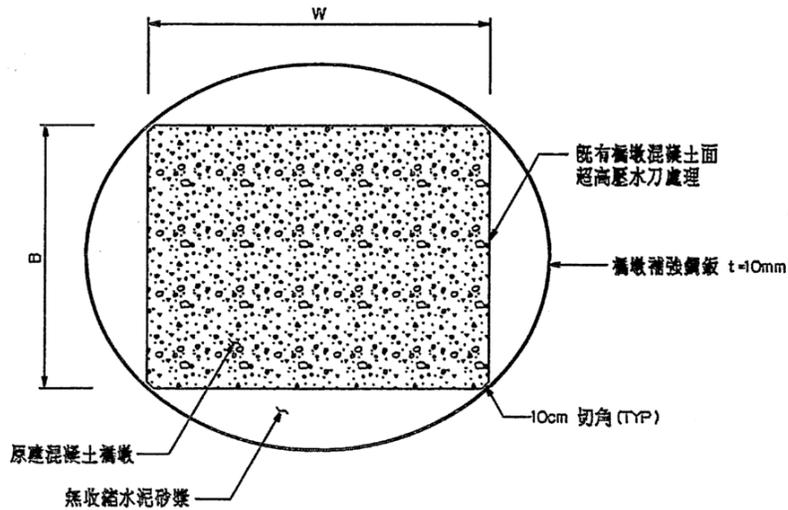


圖4.25 墩柱鋼板及混凝土包覆補強圖

將上述鋼板、補強混凝土 $f'_c = 350kg/cm^2$ 、圍束及無圍束混凝土、鋼筋之應力應變關係及墩柱斷面輸入至 Xtract 軟體分析，輸入墩柱之斷面圖如圖 4.26 所示，輸入之柱軸力以靜力分析求得為 1164 噸，分析結果如圖 4.27 及表 4-9 所示。

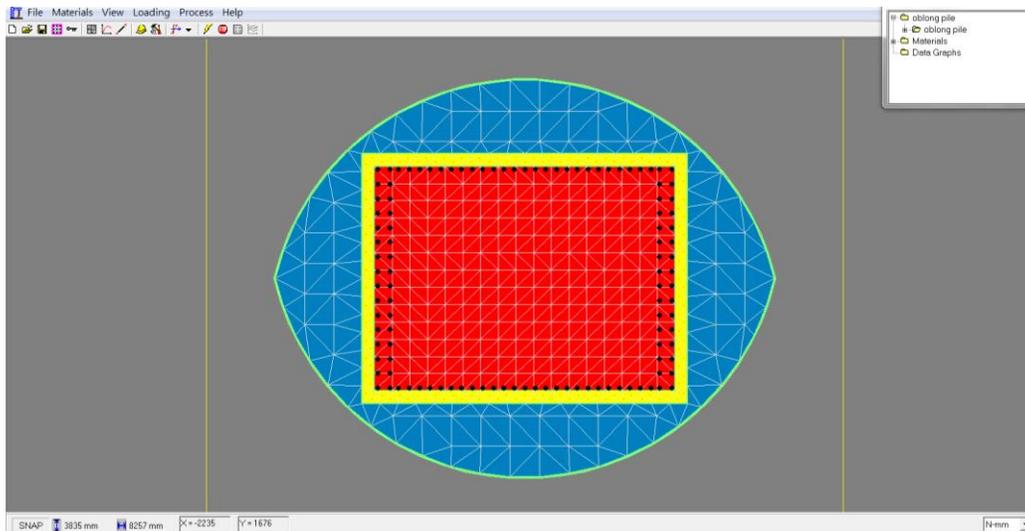


圖4.26補強墩柱於Xtract之斷面圖

XTRACT Analysis Report -

Section Name: oblong pile
 Loading Name: M-C
 Analysis Type: Moment Curvature

2016/2/2
 oblong pile
 oblong pile
 Page __ of __

Section Details:

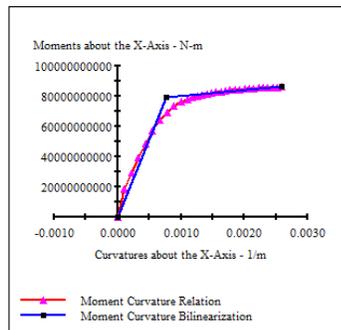
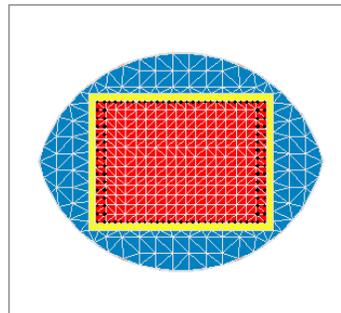
X Centroid: -.2636E-12 mm
 Y Centroid: .1678E-12 mm
 Section Area: 9.526E+6 mm²

Loading Details:

Constant Load - P: 1.14E+10 N
 Increasing Loads: Mix Only
 Number of Points: 31
 Analysis Strategy: Displacement Control

Analysis Results:

Failing Material: oblong concrete
 Failure Strain: 6.000E-3 Tension
 Curvature at Initial Load: -.2811E-21 1/m
 Curvature at First Yield: .5564E-3 1/m
 Ultimate Curvature: 2.599E-3 1/m
 Moment at First Yield: 5.74E+10 N-m
 Ultimate Moment: 8.61E+10 N-m
 Centroid Strain at Yield: .3481E-3 Ten
 Centroid Strain at Ultimate: 2.088E-3 Ten
 N.A. at First Yield: 625.7 mm
 N.A. at Ultimate: 803.6 mm
 Energy per Length: 1.82E+8 N
 Effective Yield Curvature: .7664E-3 1/m
 Effective Yield Moment: 7.91E+10 N-m
 Over Strength Factor: 1.089
 EI Effective: 1.03E+14 N-m²
 Yield EI Effective: 3.84E+12 N-m²
 Bilinear Hardening Slope: 3.720 %
 Curvature Ductility: 3.391



Comments:

User Comments

圖4.27補強墩柱於Xtract之分析結果

表4-9彎矩-曲率關係

	彎矩	曲率
	tonf-m	rad/km
原點	0	0
起始降伏點	5740000	0.5564
雙線性降伏點	7910000	0.7664
極限點	8610000	2.599

根據「準則」第4.5.1.2節，計算斷面剪力強度。

$$V_s = \frac{dA_{sh}f_{yh}}{a} + A_{s(\text{鋼筋})}f_y = 224 \times 6.6725 \times \frac{2800}{30} + 1048.58 \times 2800$$

$$= 3075523 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = 0.53(k + F)\sqrt{f'_c}A_e \geq 0$$

$$k = \frac{R_{max} - R}{R_{max} - 1} \geq 0; R_{max} = \frac{\theta_u}{\theta_y}; R = \frac{\theta}{\theta_y}; F = \frac{N}{140A_g}$$

$$\theta_y \text{ 時}, R = 1, k = 1,$$

$$V_c = 0.53 \left(1 + \frac{1164000}{\pi \times 177.5 \times 148.5} \right) \times \sqrt{210} \times 0.8 \times (\pi \times 177.5 \times 148.5)$$

$$= 559631 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_n = V_c + V_s = 559631 + 3075523 = 3635154 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{vy} = V_n \times h = 3635154 \times \frac{700}{100000} = 25446 \text{ t-m}$$

$$\theta_u \text{ 時}, R = R_{max}, k = 0,$$

$$V_c = 0.53 \left(0 + \frac{1164000}{\pi \times 177.5 \times 148.5} \right) \times \sqrt{210} \times 0.8 \times (\pi \times 177.5 \times 148.5)$$

$$= 51086 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_n = V_c + V_s = 51086 + 3075523 = 3126609 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{vu} = V_n \times \left(h - \frac{L_p}{2} \right) = 3126609 \times (700 - 39.088) / 100000 = 20664 \text{ t-m}$$

經鋼板及混凝土補強後的墩柱其彎矩強度及剪力強度明顯增強，故推論塑性角應不會在此處產生。

由於墩柱僅補強下半段 2.6m 高，故分析未補強墩柱底部之性質，其斷面與墩柱底之配筋相同，惟寬度較大為 355cm。

將上述圍束及無圍束混凝土、鋼筋之應力應變關係及墩柱斷面輸入至 Xtract 軟體分析，輸入墩柱之斷面圖如圖 4.28 所示，輸入之柱軸力以靜力分析求得為 1164 噸，分析結果如圖 4.29 及表 4-10 所示。

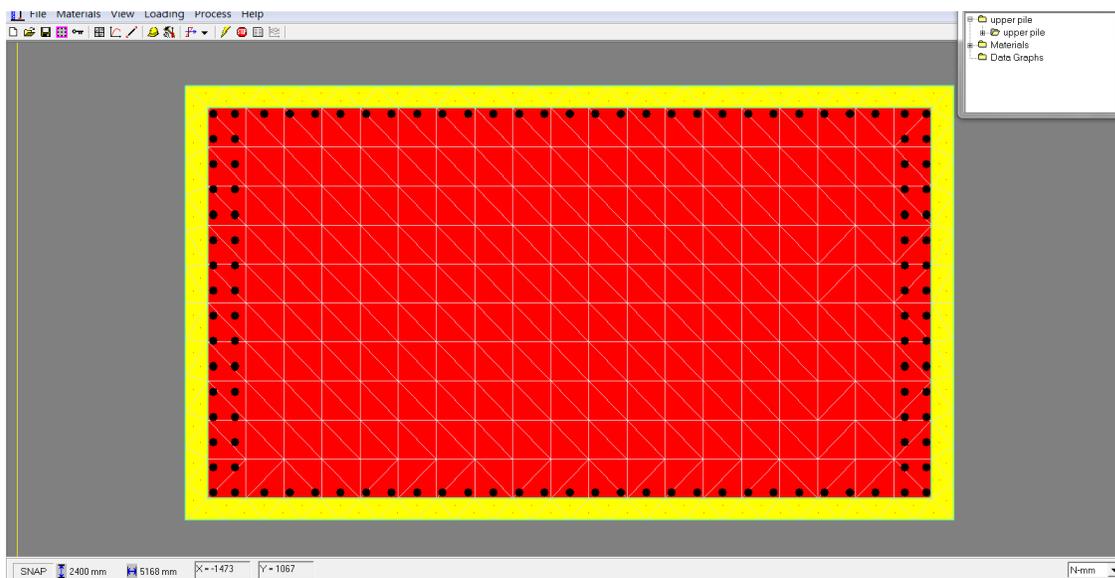


圖4.28 墩柱於Xtract之斷面圖

XTRACT Analysis Report -

Section Name: upper pile
 Loading Name: M-C
 Analysis Type: Moment Curvature

2016/2/2
 upper pile
 upper pile
 Page __ of __

Section Details:

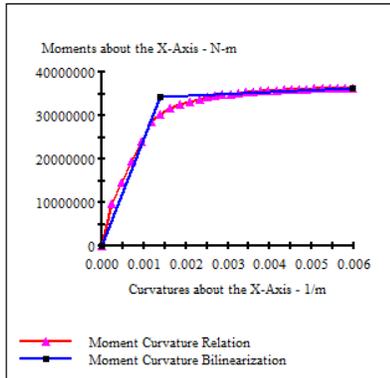
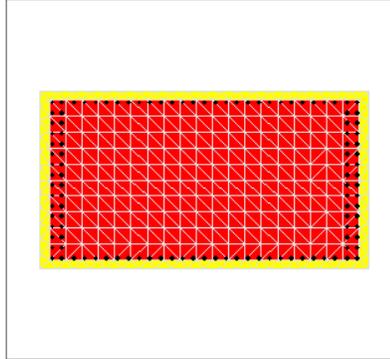
X Centroid: .1442E-13 mm
 Y Centroid: .2289E-14 mm
 Section Area: 7.060E+6 mm²

Loading Details:

Constant Load - P: 1.14E+7 N
 Incrementing Loads: Mxx Only
 Number of Points: 30
 Analysis Strategy: Displacement Control

Analysis Results:

Failing Material: confined concrete
 Failure Strain: 8.500E-3 Tension
 Curvature at Initial Load: .4110E-21 1/m
 Curvature at First Yield: 1.168E-3 1/m
 Ultimate Curvature: 5.976E-3 1/m
 Moment at First Yield: 2.87E+7 N-m
 Ultimate Moment: 3.63E+7 N-m
 Centroid Strain at Yield: .3525E-3 Ten
 Centroid Strain at Ultimate: 3.480E-3 Ten
 N.A. at First Yield: 301.9 mm
 N.A. at Ultimate: 582.3 mm
 Energy per Length: 185.9E+3 N
 Effective Yield Curvature: 1.401E-3 1/m
 Effective Yield Moment: 3.44E+7 N-m
 Over Strength Factor: 1.056
 EI Effective: 2.46E+10 N-m²
 Yield EI Effective: 4.22E+8 N-m²
 Bilinear Harding Slope: 1.719 %
 Curvature Ductility: 4.265



Comments:

User Comments

圖4.29 墩柱於Xtract之分析結果

表4-10 彎矩-曲率關係

	彎矩	曲率
	tonf-m	rad/km
原點	0	0
起始降伏點	2870	1.168
雙線性降伏點	3440	1.401
極限點	3630	5.796

依據「準則」第 4.5.1.2 節，將彎矩-曲率關係轉換為彎矩-轉角關係，結果如表 4-11 及圖 4.30 所示。

靜載重軸力作用狀態

橋柱 $L=440\text{cm}$,

$$\begin{aligned}L_p &= 0.08L + 0.0022d_b f_y \\ &= 0.08 * 440 + 0.0022 * 3.6 * 2800 = 57.376\text{cm}\end{aligned}$$

$$\delta_y = \frac{\varphi_y L^2}{3} = 0.00001401 * \frac{440^2}{3} = 0.904\text{cm}$$

$$\theta_y = \frac{\delta_y}{L} = \frac{0.904}{440} = 0.00205 \text{ rad}$$

$$\begin{aligned}\delta_u &= \frac{M_u}{M_y} \delta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_p \times (L - 0.5L_p) \\ &= \frac{3640}{3440} \times 0.904 + (0.00005796 - 0.00001401) \times 57.376 \\ &\quad \times (420 - 28.688) = 1.994\text{m}\end{aligned}$$

$$\theta_u = \frac{\delta_u}{L} = \frac{1.994}{440} = 0.00453\text{rad}$$

表4-11 彎矩-轉角關係

	彎矩	轉角
	Ton-m	rad
原點	0	0
起始降伏點	2870	0.001713
雙線性降伏點	3440	0.00205
極限點	3630	0.00453

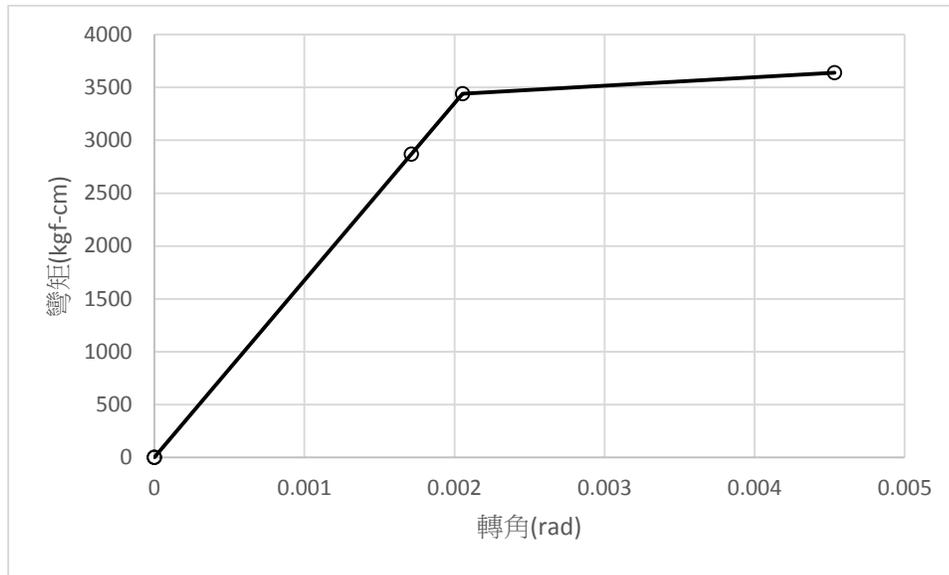


圖4.30 彎矩-轉角關係圖

根據「準則」第 4.5.1.2 節，計算斷面剪力強度，計算結果如圖 4.31 所示。本例塑性鉸破壞模式為「撓剪」破壞，行車向塑性鉸柱底 SAP2000 輸入資料如表 4-12 所示。

$$V_s = \frac{dA_{sh}f_{yh}}{a} = 319 \times 6.6725 \times \frac{2800}{30} = 198662 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_c = 0.53(k + F)\sqrt{f'_c}A_e \geq 0$$

$$k = \frac{R_{max} - R}{R_{max} - 1} \geq 0; R_{max} = \frac{\theta_u}{\theta_y}; R = \frac{\theta}{\theta_y}; F = \frac{N}{140A_g}$$

$$\theta_y \text{ 時}, R = 1, k = 1,$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.53 \left(1 + \frac{1164000}{355 \times 200} \right) \times \sqrt{210} \times 0.8 \times (355 \times 200) \\ &= 487334 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$V_n = V_c + V_s = 487334 + 198662 = 685997 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{vy} = V_n \times h = 685997 * \frac{440}{100000} = 3018 \text{ t-m}$$

θ_u 時, $R = R_{max}, k = 0,$

$$V_c = 0.53 \left(0 + \frac{1164000}{355 \times 200} \right) \times \sqrt{210} \times 0.8 \times (355 \times 200)$$

$$= 51086 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_n = V_c + V_s = 51086 + 198662 = 249748 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{vu} = V_n \times \left(h - \frac{L_p}{2} \right) = 249748 \times (440 - 28.688) / 100000 = 1027 \text{ t-m}$$

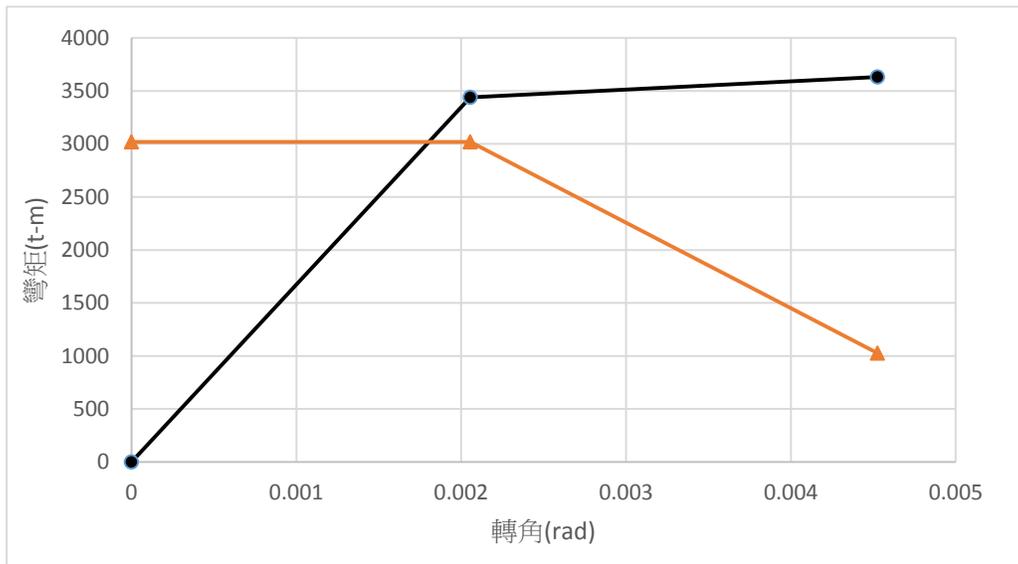


圖4.31 塑性鉸破壞模式判斷

表4-12 塑性鉸柱底SAP2000輸入資料

項次	彎矩(ton-m)	塑性轉角
A	0	0
B	3018	0
C	3018	0.000255
D	2331	0.001107
E	0	0.001107

側推分析首先以力量控制施加自重，接續前一階段的內力資料，再進行位移控制之側推分析。側推力量分佈以橋墩含上部結構之質量比例做豎向分配(SAP2000 輸入選擇 Acc.分佈)為基準；位移觀測點選擇橋面

板中心點，本例中為橋柱 P27~P28 上方橋面板位置。分析模型如圖 4.32，側推分析結果如圖 4.33、4.34 及 4.35 所示，橋柱破壞順序為：P27B →P27C。(其中符號 B 代表降服，C 代表破壞)，降伏地表加速度 $A_y=0.683g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.742g$ ，滿足中度地震下之水平譜加速度係數為 $0.4S_{DS}/3.25=0.1123g$ ，設計地震下之水平譜加速度係數為 $0.4S_{DS}=0.3648g$ 之需求。

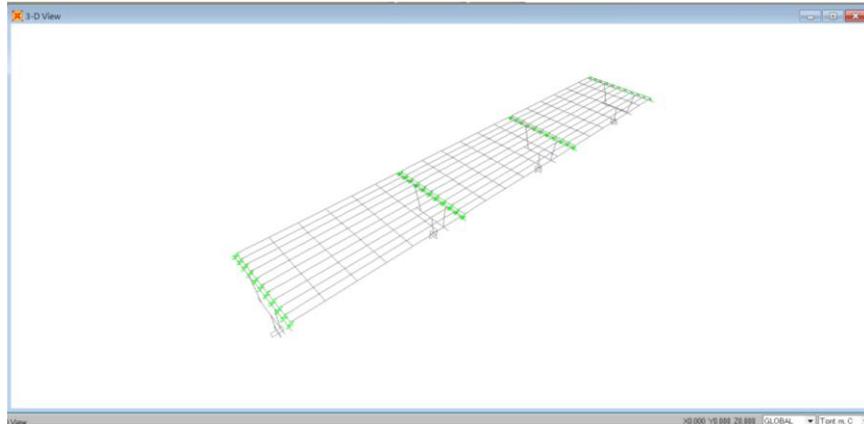


圖4.32 基礎沖刷4m，沉箱未裸露位置以固定端模擬之分析模型

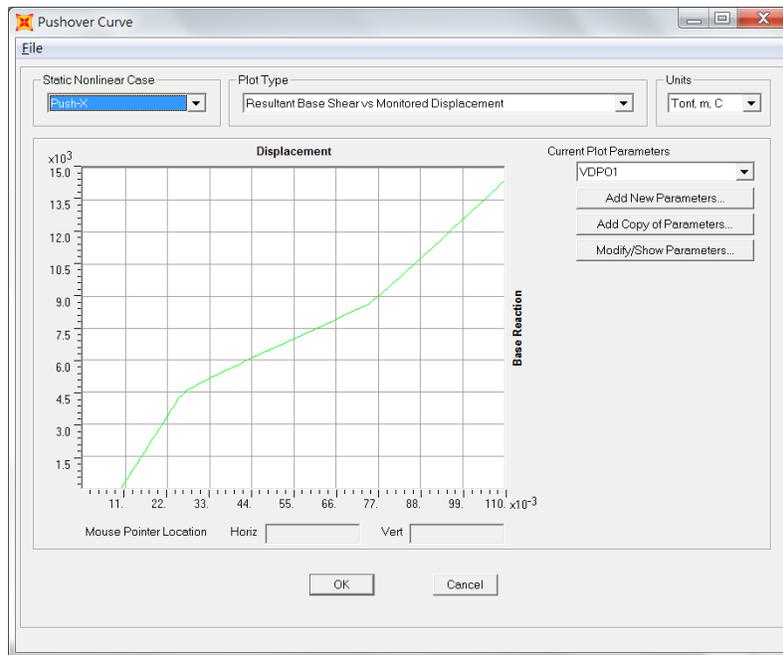


圖4.33 基底剪力分析結果

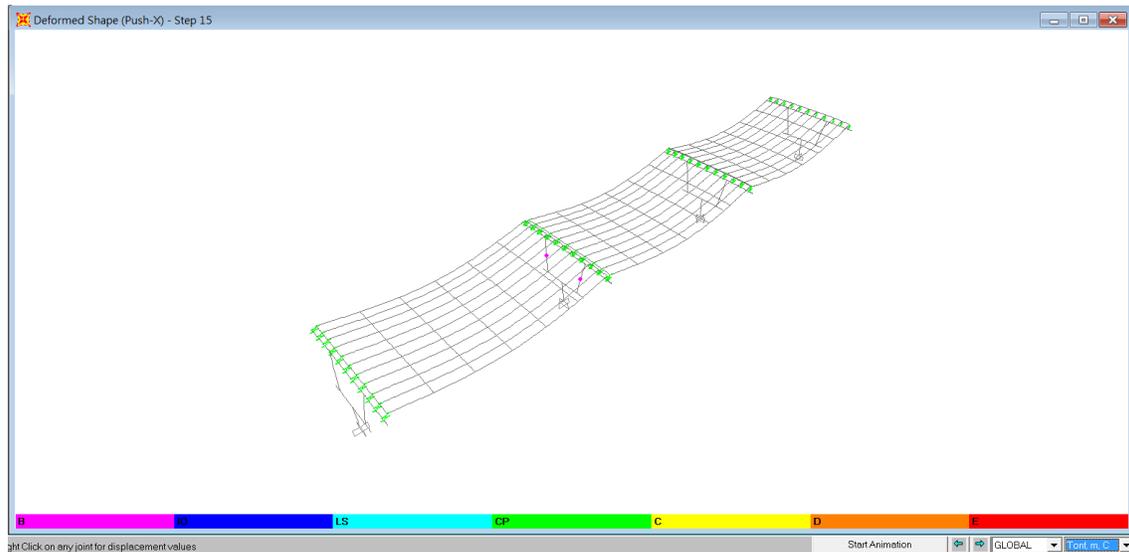


圖4.34 側推分析結果(1)

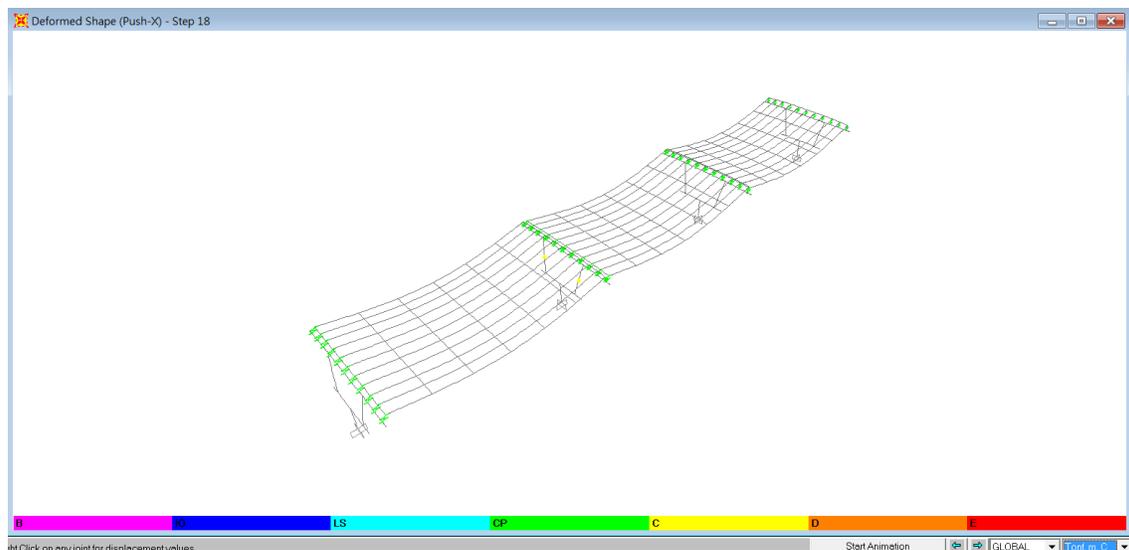


圖4.35 側推分析結果(2)

4.9.5 基礎未沖刷，墩柱下端混凝土加鋼板包覆，沉箱以固定端模擬
 側推分析首先以力量控制施加自重，接續前一階段的內力資料，再
 進行位移控制之側推分析。側推力量分佈以橋墩含上部結構之質量比例
 做豎向分配(SAP2000 輸入選擇 Acc.分佈)為基準；位移觀測點選擇橋面

板中心點，本例中為橋柱 P27~P28 上方橋面板位置。分析模型如圖 4.36，側推分析結果如圖 4.37、4.38 及 4.39 所示，橋柱破壞順序為：P27B → P27C。(其中符號 B 代表降服，C 代表破壞)，降伏地表加速度 $A_y=0.256g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.302g$ 。

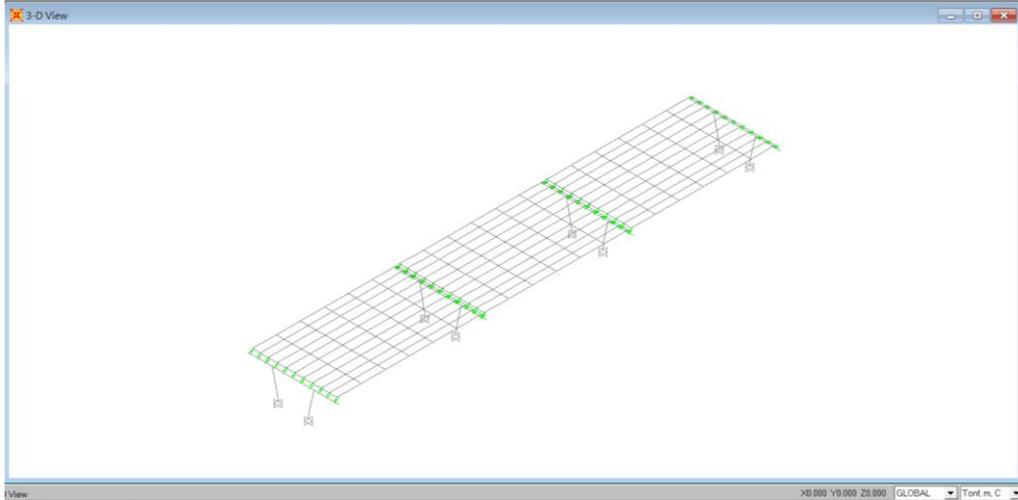


圖4.36 基礎未沖刷，沉箱以固定端模擬之分析模型

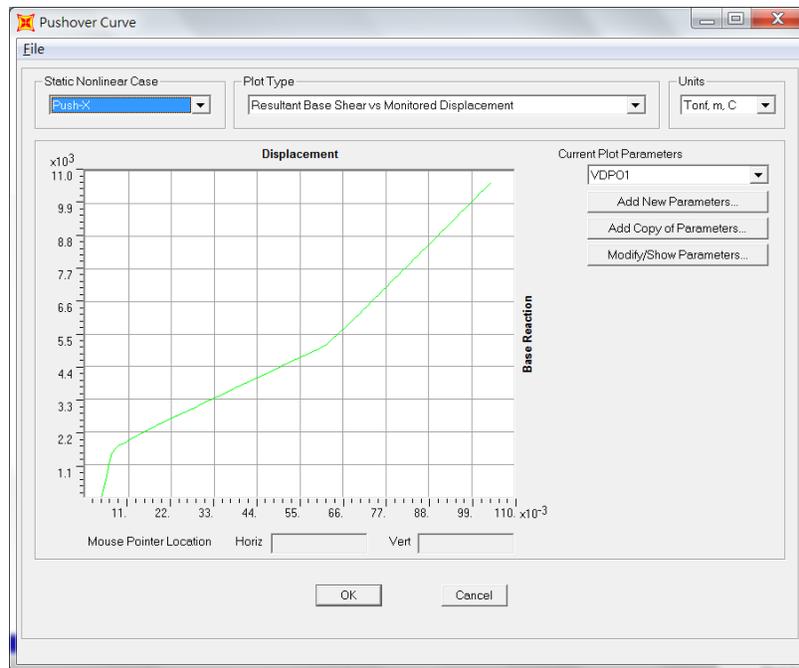


圖4.37 基底剪力分析結果

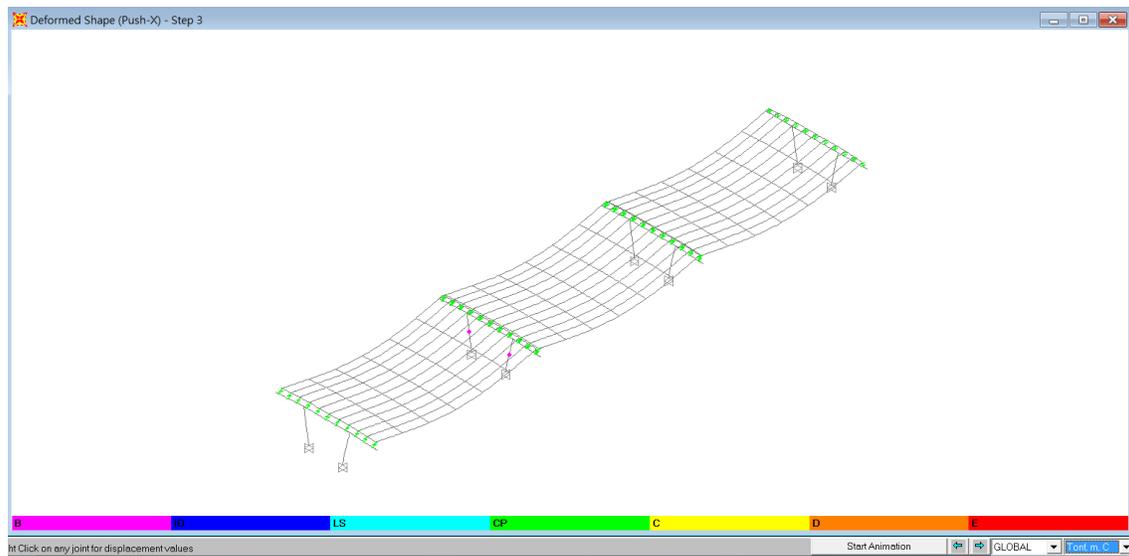


圖4.38 側推分析結果(1)

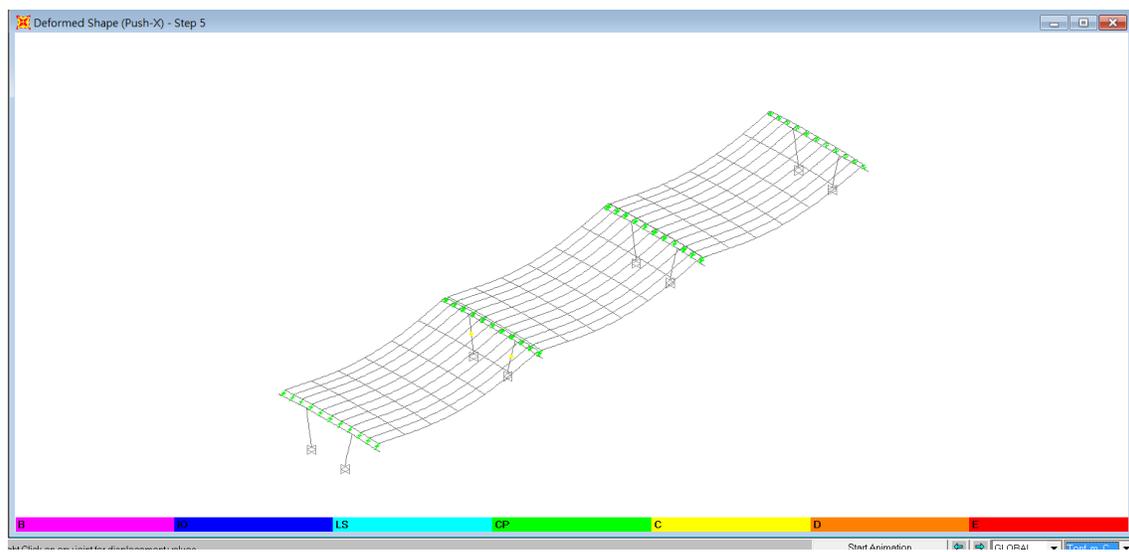


圖4.39 側推分析結果(2)

第五章 橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

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。

5.1 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5-1)、沉箱基礎耐洪安全評估分析模式所需參數(表5-2)、樁基礎耐洪安全評估分析模式所需參數(表5-3)，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，即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。

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，已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5-2)、樁基礎(表5-3)，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5-4。

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5-1 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	橋墩柱楊氏模數(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	帽梁柱楊氏模數(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5-1 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	F_a : 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	F_v : 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)		

表5-2 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)		

表5-3 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)		

表5-4 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		

5.2 確立橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式

透過5.1章節所述，在橋梁設計階段將表5-1節所述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。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5.1所示。

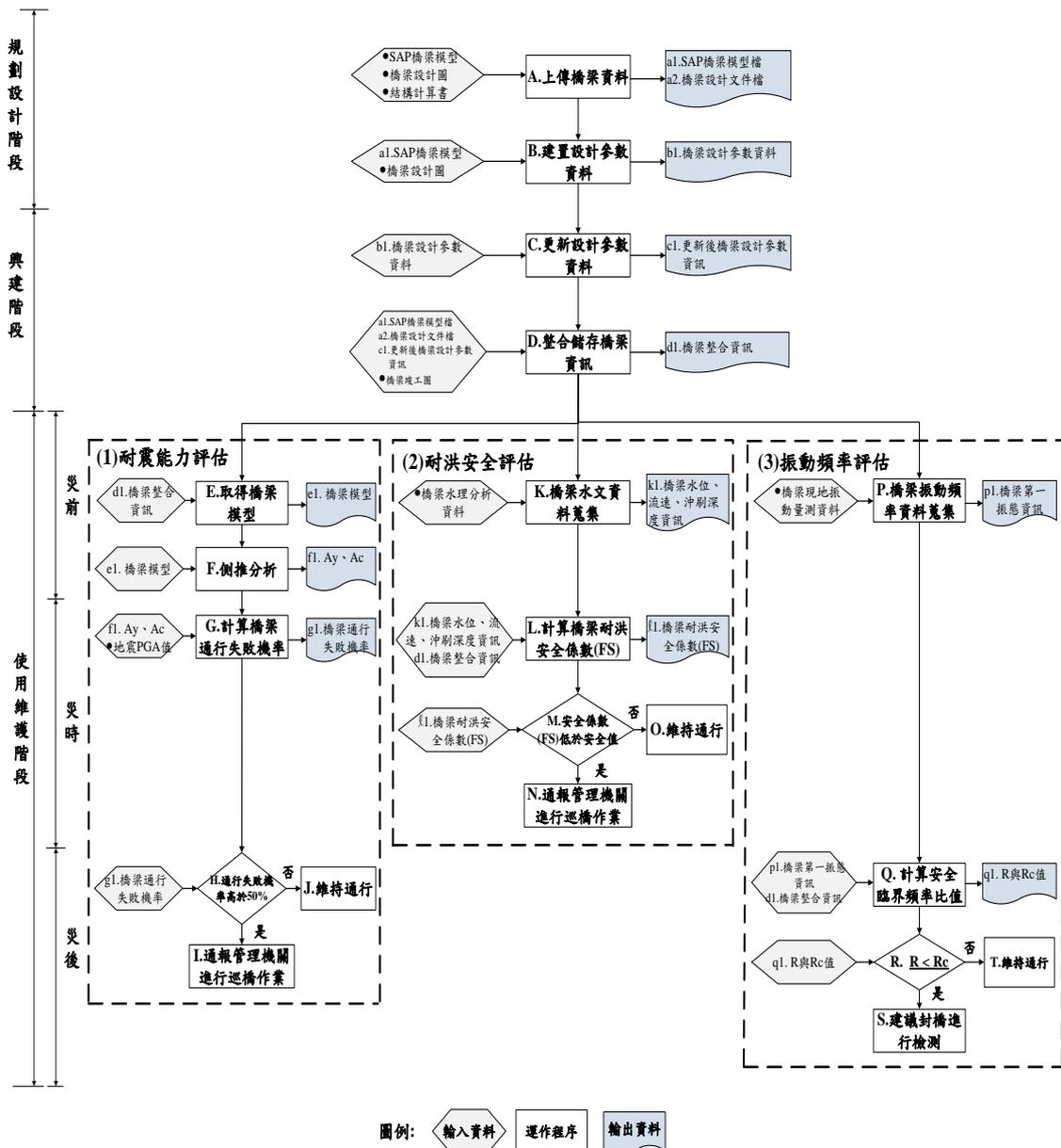


圖 5.1 橋梁耐震耐洪設計與維護階段資訊整合模式

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 5-5 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5-5耐洪安全係數對應預警值

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。

5.3 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 5.2，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。

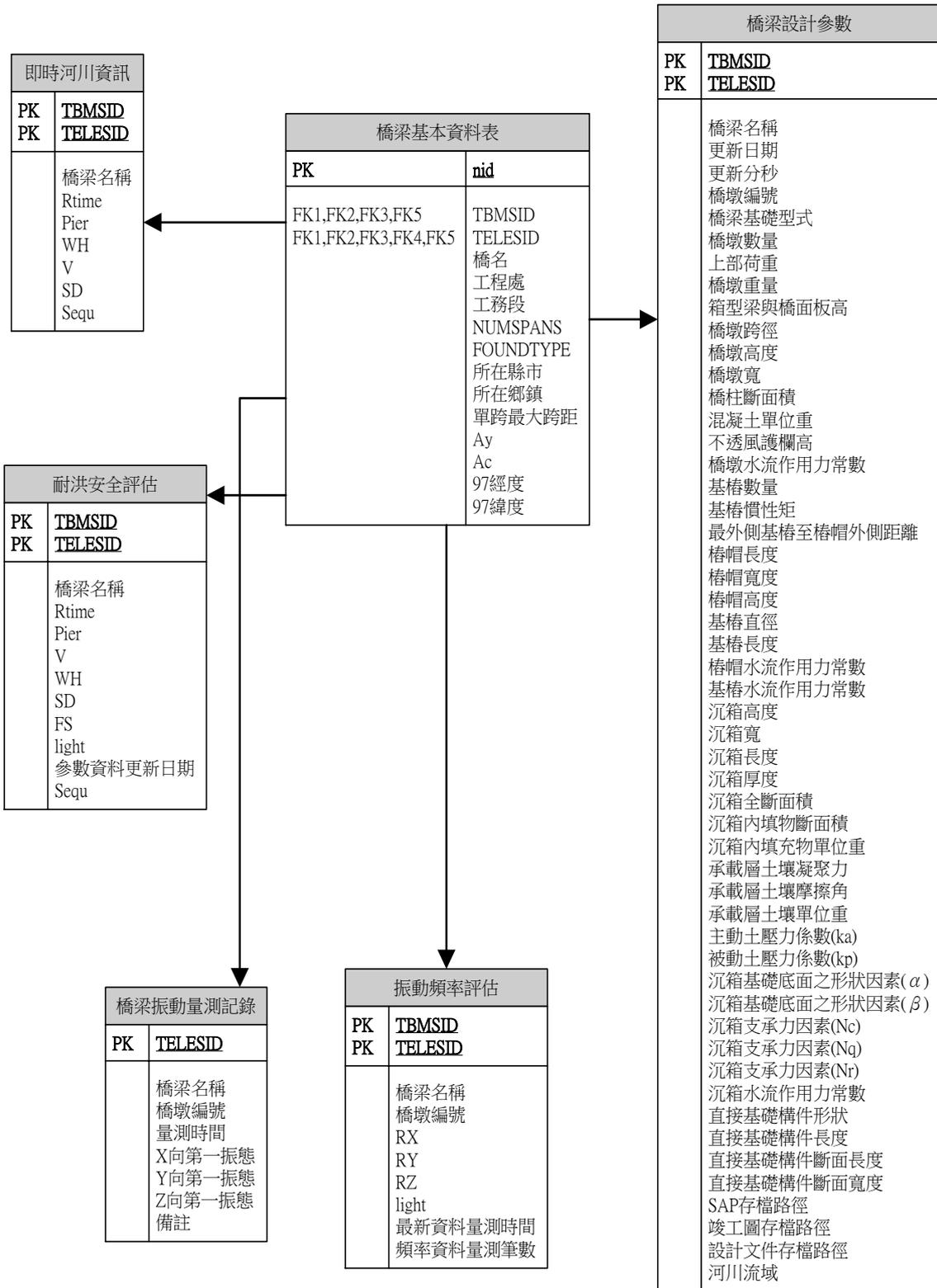


圖 5.2 ER-model 圖

5.4 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 5.3 所示，圖中箭頭右方代表各階段的主要成果。

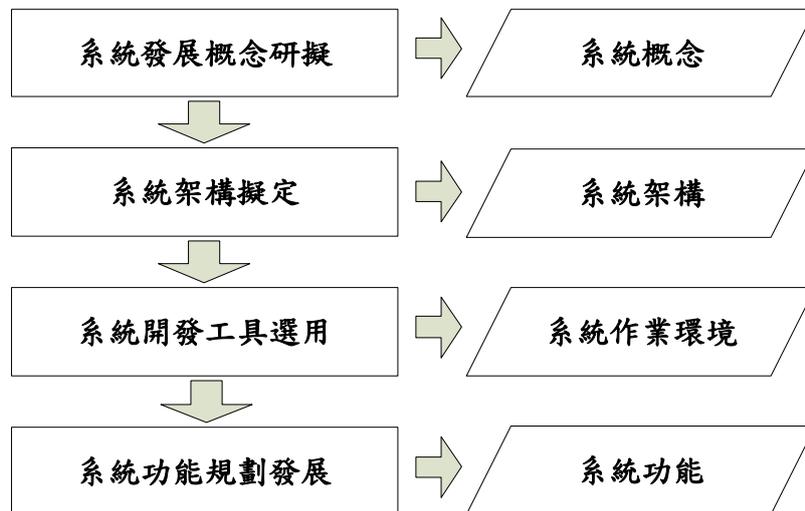


圖 5.3 系統初步規劃工作及流程

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。

5.4.1 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 5.4。
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。

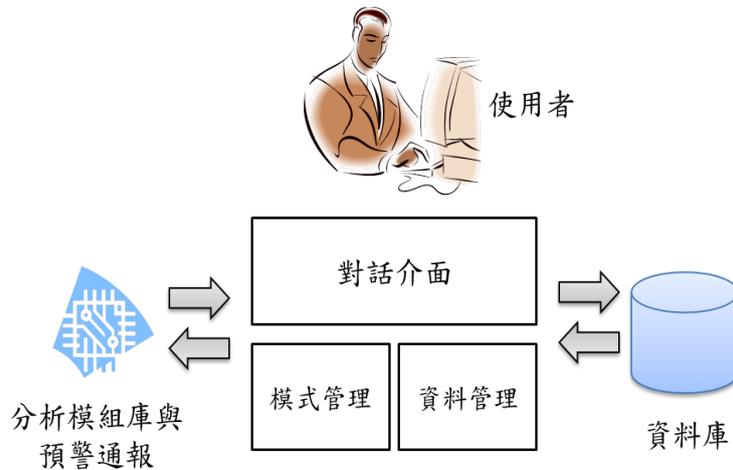


圖 5.4 系統組成圖

5.4.1.1 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。

5.4.1.2 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。

5.4.1.3 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。

5.4.2 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 5.5 所示。

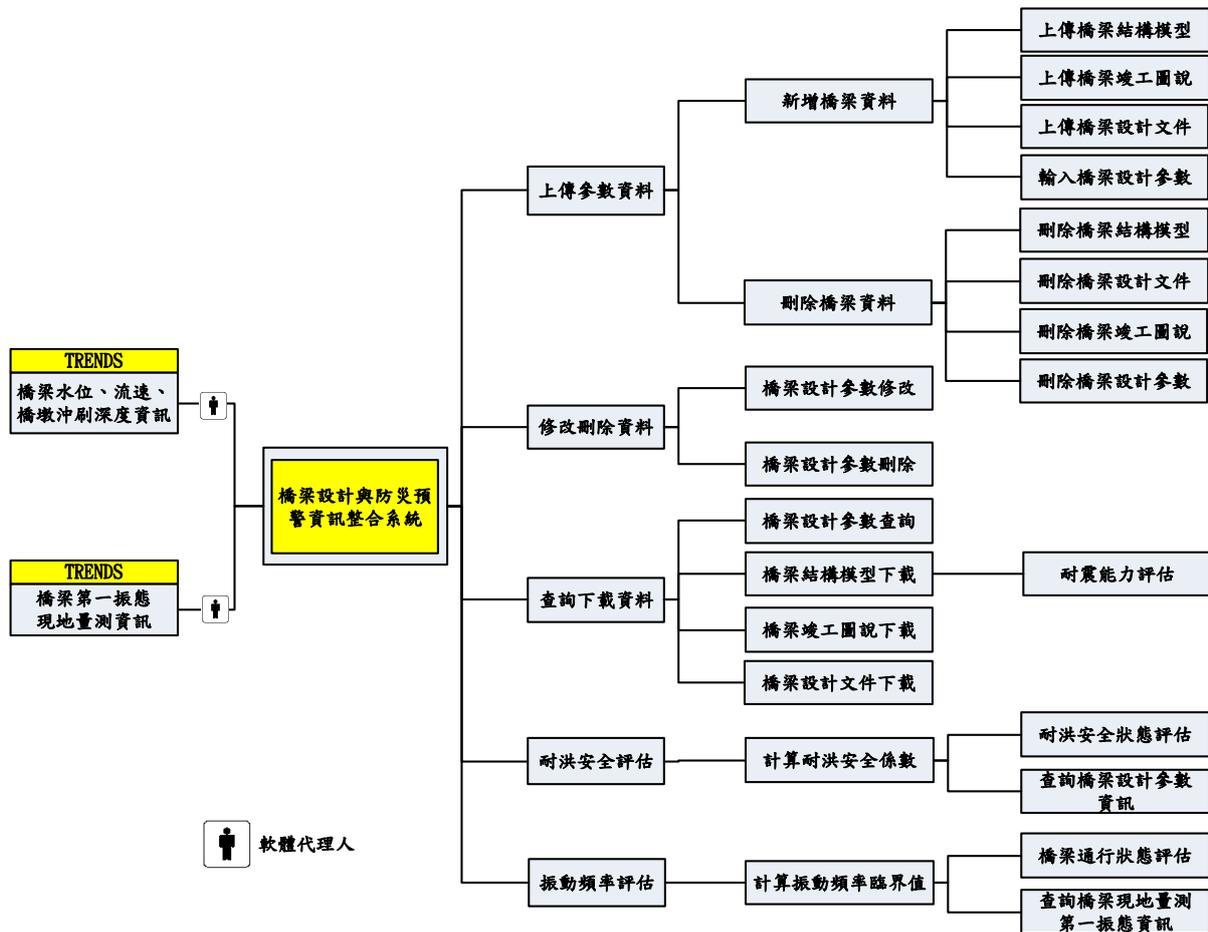


圖 5.5 系統架構

5.4.3 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 2010 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 5.6 所示。

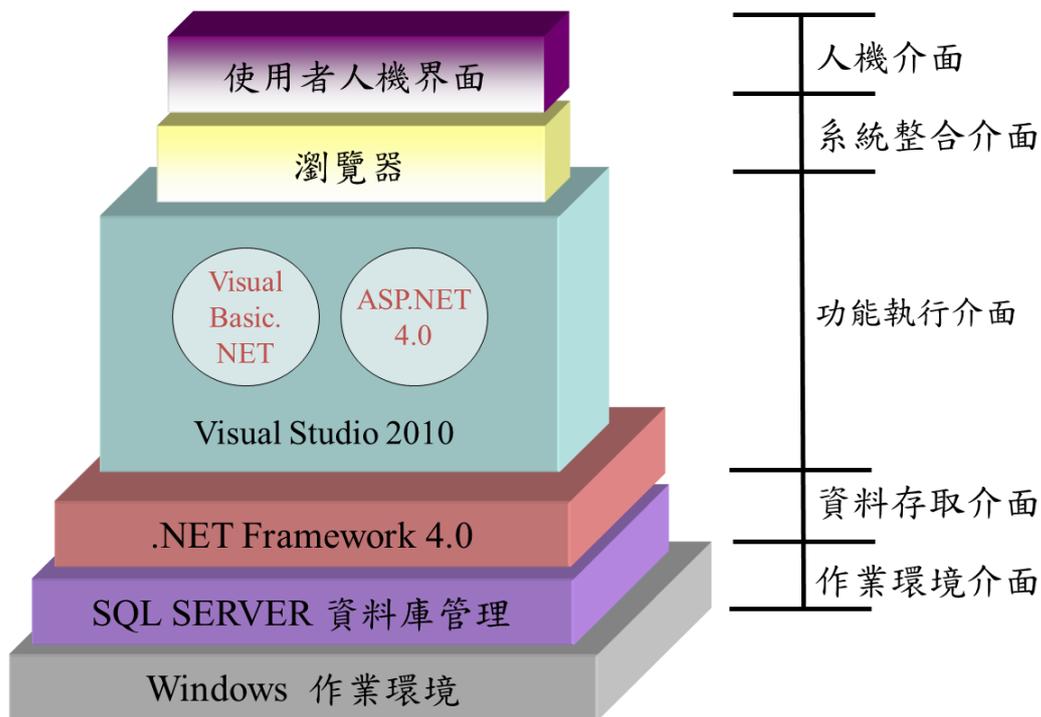


圖 5.6 系統作業環境圖

5.4.4 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 5.7 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。

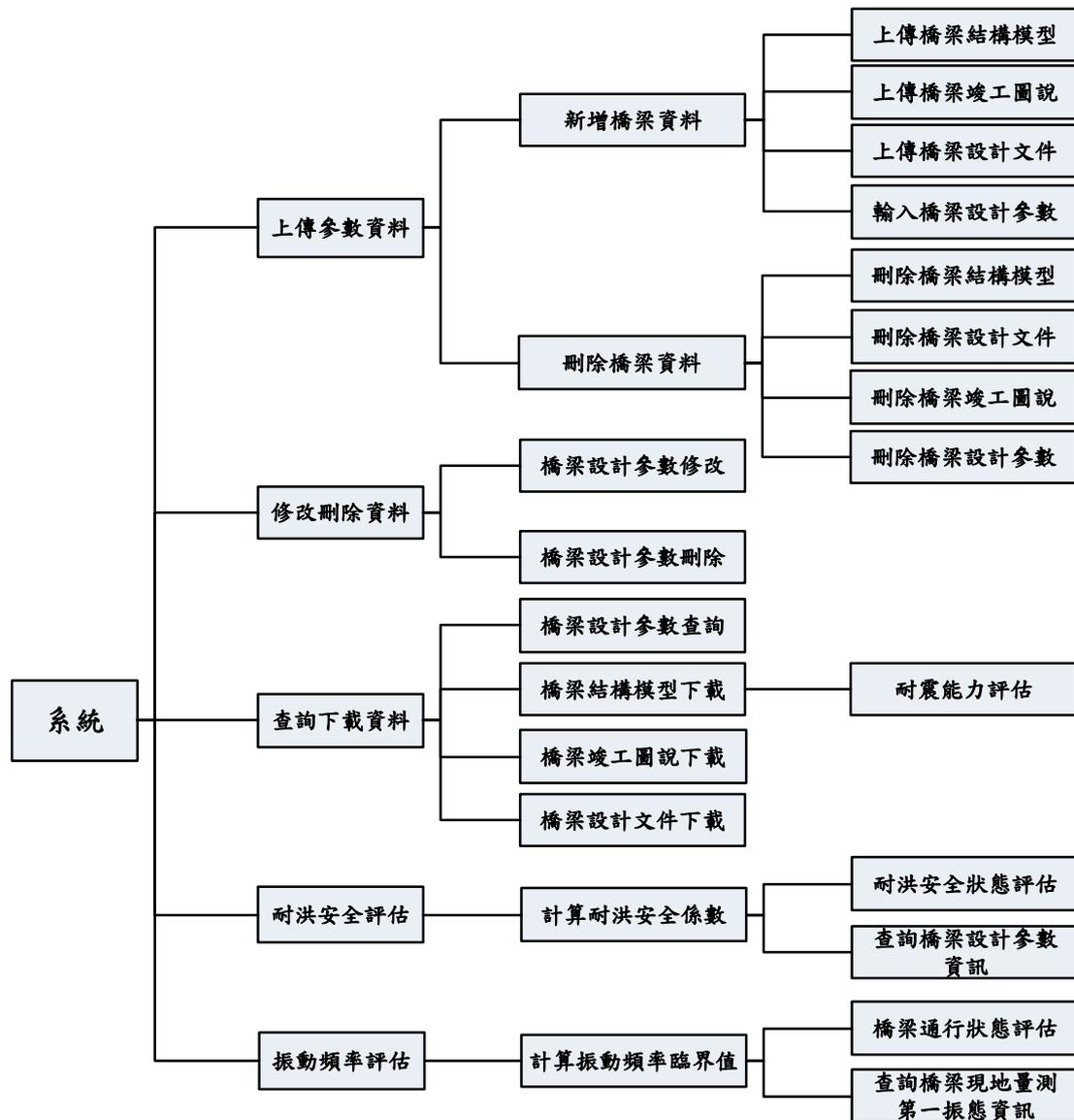


圖 5.7 系統功能架構

5.4.4.1 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 5.8 與圖 5.9 所示。

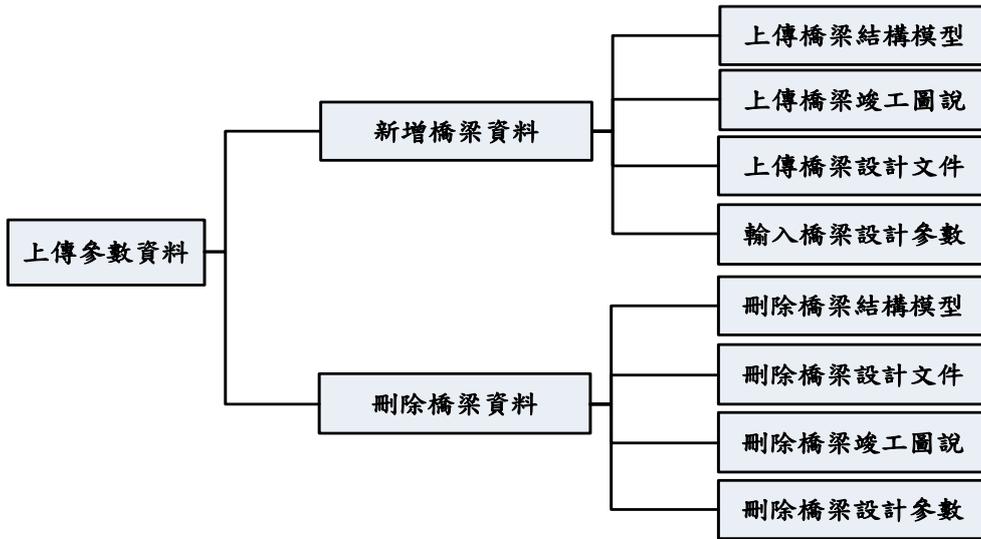


圖 5.8 上傳參數資料模組功能架構

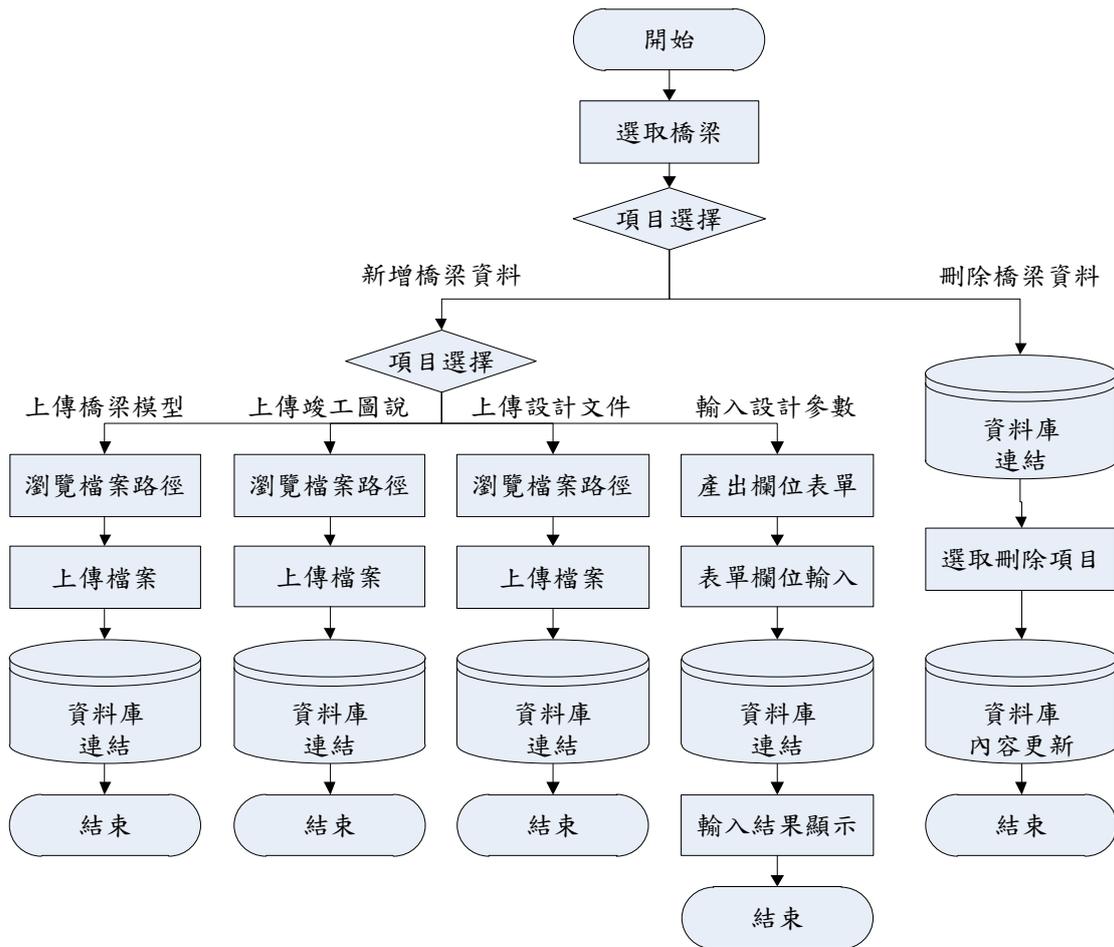


圖 5.9 上傳參數資料模組操作流程

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。

5.4.4.2 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 5.10 與圖 5.11 所示。

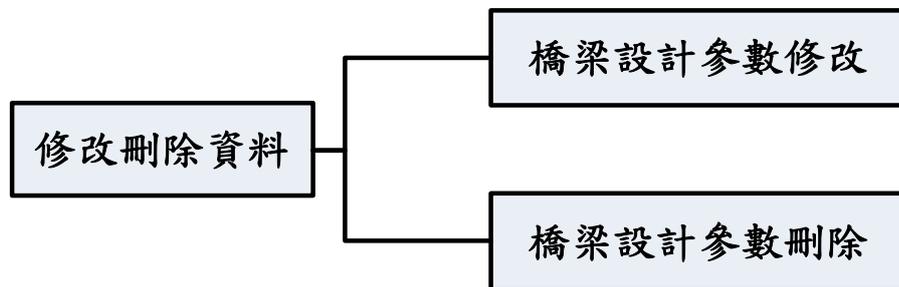


圖 5.10 修改刪除資料模組功能架構

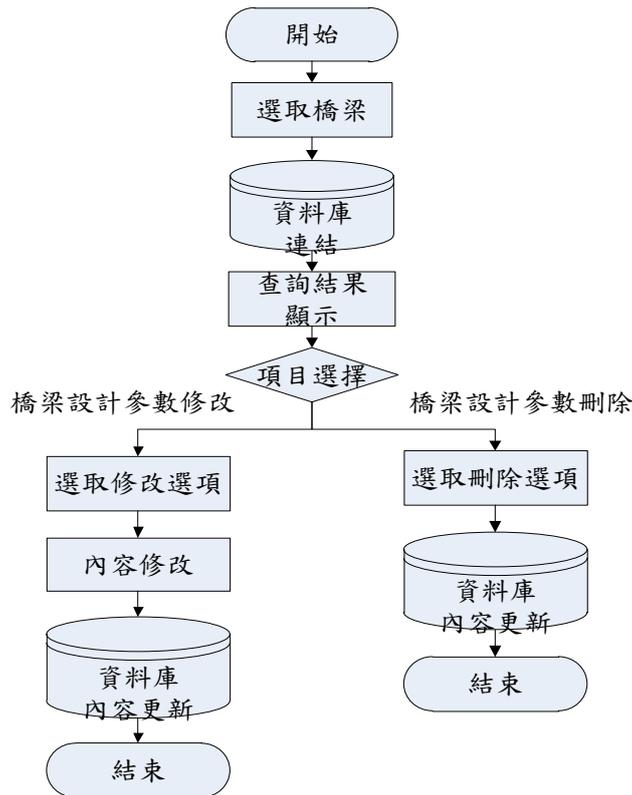


圖 5.11 修改刪除資料模組操作流程

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。

5.4.4.3 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 5.12 與圖 5.13 所示。

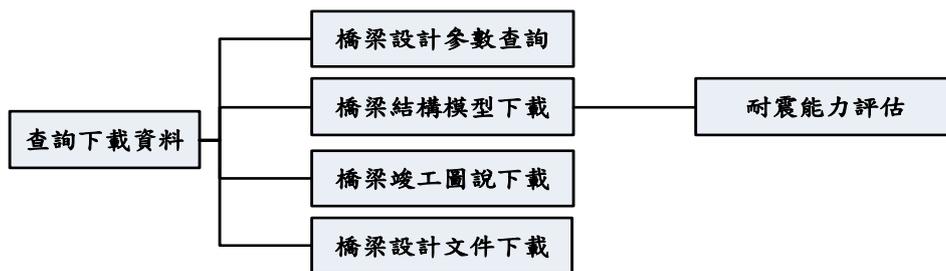


圖 5.12 查詢下載資料模組功能架構

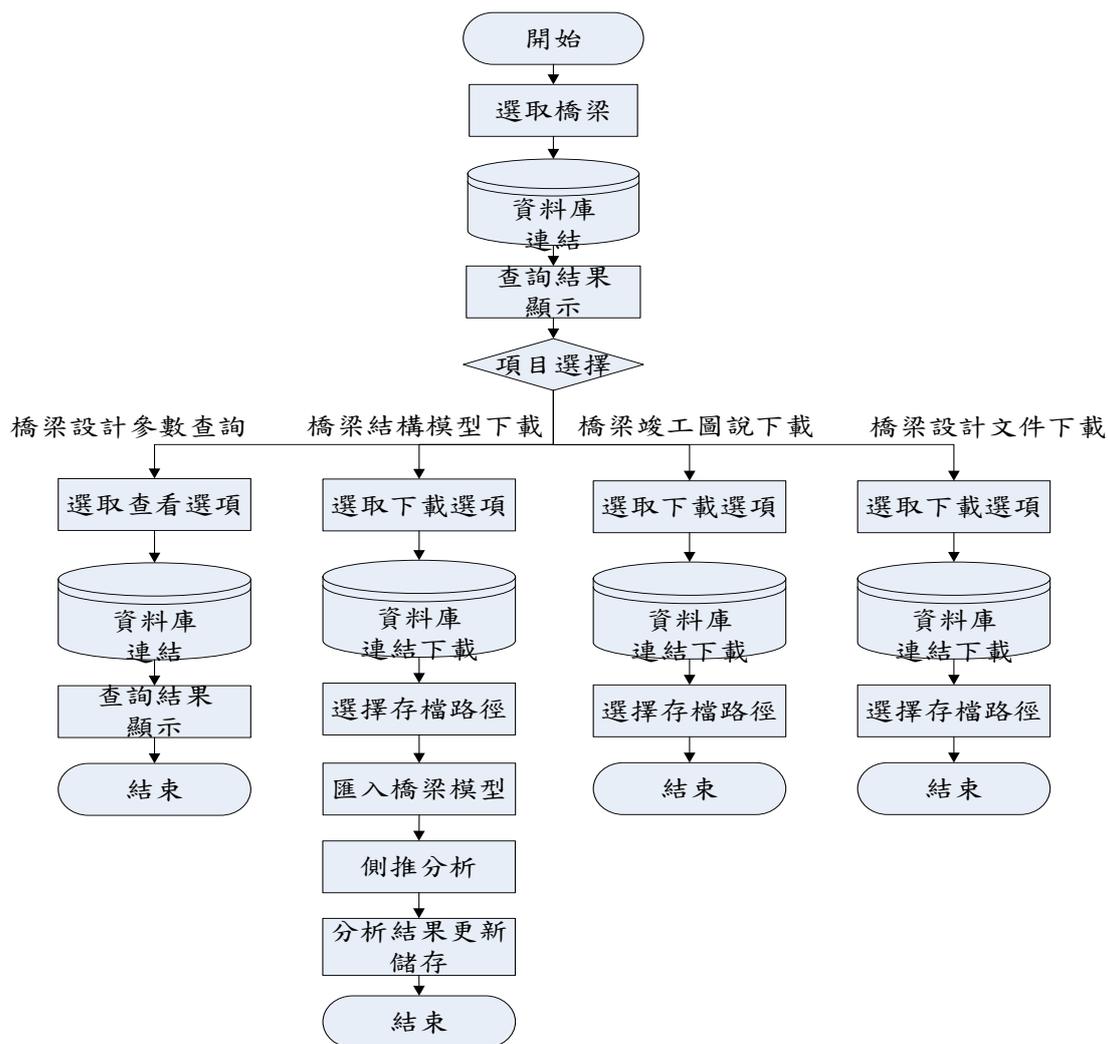


圖 5.13 查詢下載資料模組操作流程

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。

5.4.4.4 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 5.14 與圖 5.15 所示。

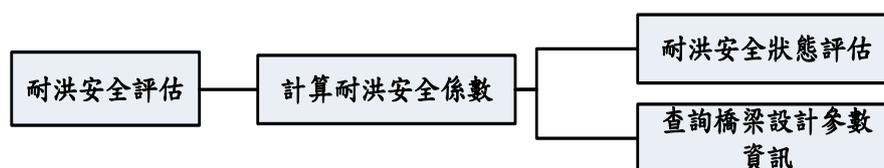


圖 5.14 耐洪安全評估模組功能架構

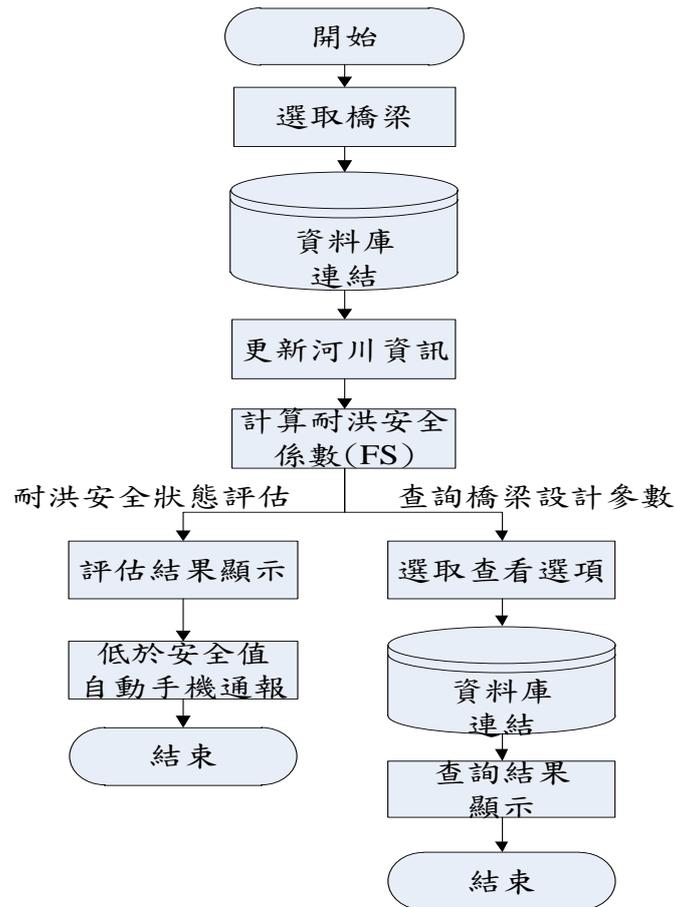


圖 5.15 耐洪安全評估模組操作流程

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。

5.4.4.5 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 5.16 與圖 5.17 所示。

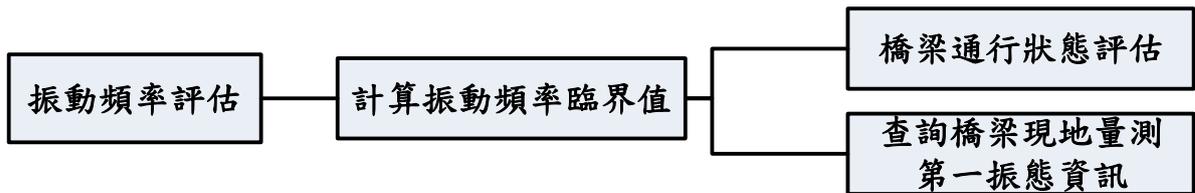


圖 5.16 振動頻率評估模組功能架構

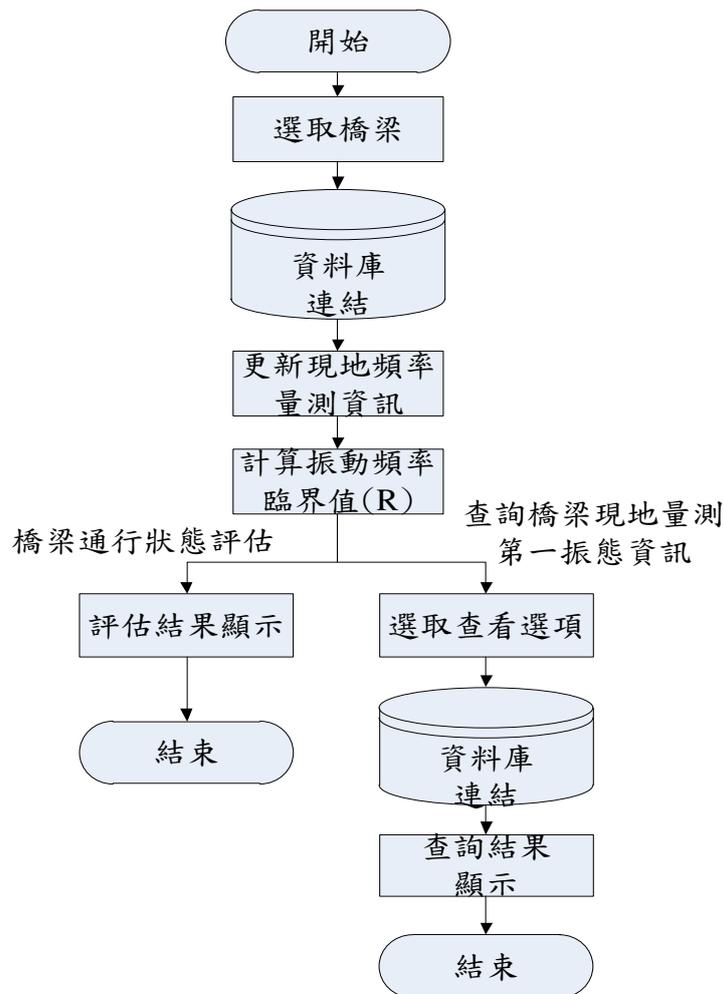


圖 5.17 振動頻率評估模組操作流程

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)。

5.5 以橋梁案例輸入資料庫

以下選擇本研究橋梁範例進行評估。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。

5.5.1 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 5.18 所示，使用者可依模組選單進行模組功能選擇。



圖 5.18 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。

5.5.2 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 5.1919 所示。

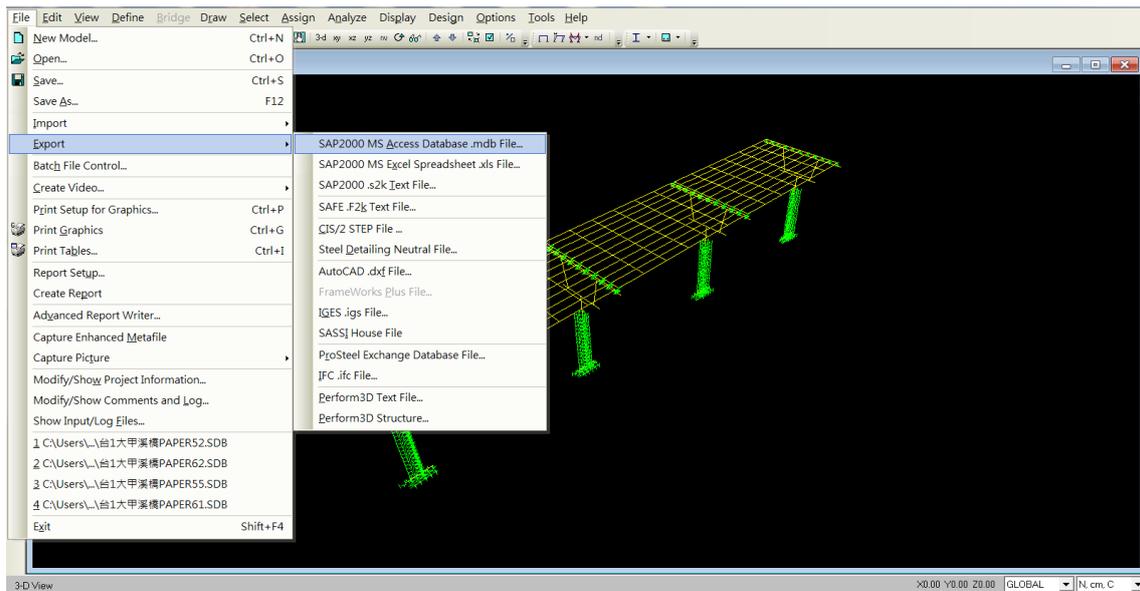


圖 5.19 橋梁模型匯出檔案

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 5.20 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 5.20 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 5.21 所示。



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	大甲
橋梁名稱	五基河橋梁
TEMS 橋梁編號	
TELES 橋梁編號	
*新增橋梁選項 查詢橋梁請按此新增	

橋梁地表加速度	請輸入
降況地表加速度(Ay)	<input type="text" value="0.598"/>
巔峰地表加速度(Ac)	<input type="text" value="0.616"/>

橋梁SAP2000 模型上傳 (.mdb)
選擇檔案: 本研究案例橋梁.mdb

橋梁竣工圖檔上傳 (.rar)
選擇檔案: 竣工圖.rar
請將竣工圖檔上傳

橋梁設計相關文件上傳 (.rar)
選擇檔案: 河床斷面資料.rar
竣工圖檔外之所有設計文件請上傳

圖 5.21 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 5.22 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。

<< 新增一筆橋梁資料 >>

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

圖 5.22 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 5.23 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。

橋梁基本資料	
橋梁名稱	本案例橋梁
TBMS 橋梁編號	
TELES 橋梁編號	
橋梁基礎型式	沉箱基礎
橋梁跨越河川流域	請選擇
橋墩編號	P27

橋梁模型及竣工圖上傳成功!

目前填寫的資料是橋墩P02
請輸入下方資料，完成後請按下左下方確認上傳!!

編號	共同資料	請輸入	備註	編號	沉箱基礎	請輸入	備註	
T1	橋面板構件名稱	deck	*使用者輸入	B1	沉箱高度	20 (m)	*使用者輸入	
T2	橋墩柱構件名稱	008.PDF	*此處構件為SAP2000模型構件所對應之名稱	B2	沉箱寬度(B)	12 (m)		
T3	橋墩柱數量	2		B3	沉箱長度(D)	5.2 (m)		
T4	上部荷重	40 (ton)		B4	沉箱厚度	0.9 (m)		
T5	橋墩重量	1164 (ton)		B5	沉箱全斷面積	56.4 (m ²)		
T6	橋墩跨徑	35 (m)		B6	沉箱內填物斷面積	29 (m ²)		
T7	箱型梁與橋面版高	20 (m)		B7	沉箱內填物單位重	2.6 (tf/m ³)		
T8	橋墩柱高度	7 (m)		B8	承載層土壤凝聚力(C)	2 (tf/m ²)		
T9	橋墩柱寬度	120 (m)		B9	承載層土壤摩擦角	46 (°)		
T10	橋墩柱斷面積	8150 (m ²)		B10	承載層土壤單位重(γ)	2.5 (tf/m ³)		
T11	泥凝土單位重	2.4 (tf/m ³)		*系統自動運算值	B11	主動土壓力係數(ka)	0.163	*系統自動計算值
T12	不透風護欄高	0.85 (m)	B12		被動土壓力係數(kp)	6.126		
T13	橋墩水流作用力常數	0.7	B13		沉箱基礎寬面之形狀因素(α)	1.692		
T14	安全頻率臨界比值Rc(電腦倒推)	0.7	B14		沉箱基礎窄面之形狀因素(β)	0.077		
資料已輸入之橋墩				本次輸入之橋墩		表單完成請按		
更新日期 橋墩編號				更新日期 橋墩編號		確認上傳		
刪除 2014/03/26 P07				刪除 2016/02/02 P01		清除並重新填寫		
刪除 2014/03/26 P08								
刪除 2014/03/26 P09								
刪除 2014/03/26 P10								
B15	沉箱支承力因素(N _e)	75.25	*系統預設值	B15	沉箱支承力因素(N _e)	75.25	*系統預設值	
B16	沉箱支承力因素(N _q)	64.1		B16	沉箱支承力因素(N _q)	64.1		
B17	沉箱支承力因素(N _r)	79.4		B17	沉箱支承力因素(N _r)	79.4		
B18	沉箱水流作用力常數	0.7		B18	沉箱水流作用力常數	0.7	*系統預設值	

圖 5.23 輸入設計參數資料畫面

5.5.3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 5.24 所示。

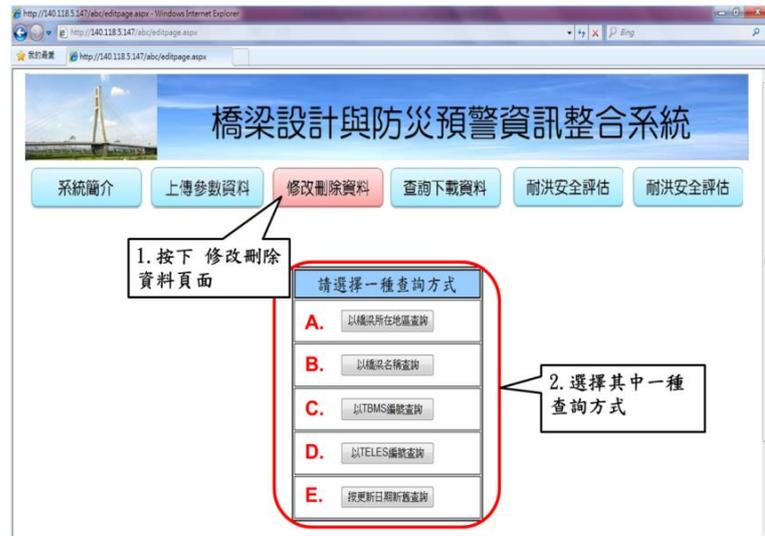


圖 5.24 修改刪除資料頁面

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 5.25 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 5.26。
- C. 以 TBMS 編號查詢：輸入橋梁 TBMS 編號後按下查詢按鈕，如圖 5.27 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 5.28 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 5.29 所示。

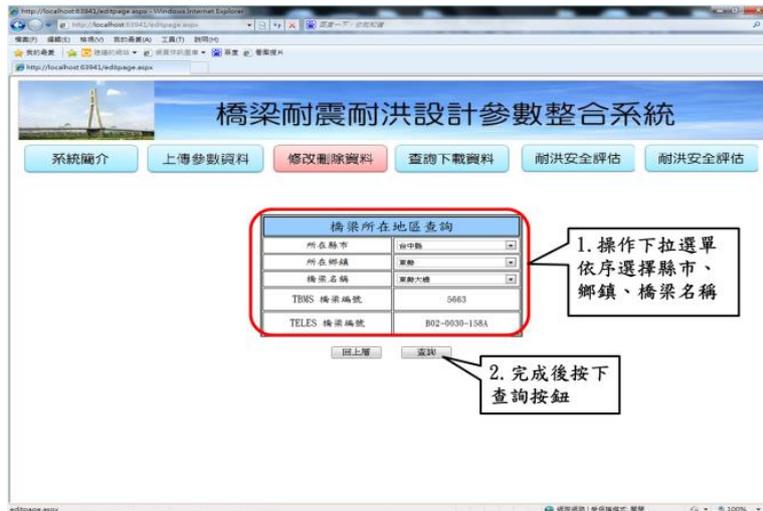


圖 5.25 橋梁所在地區查詢

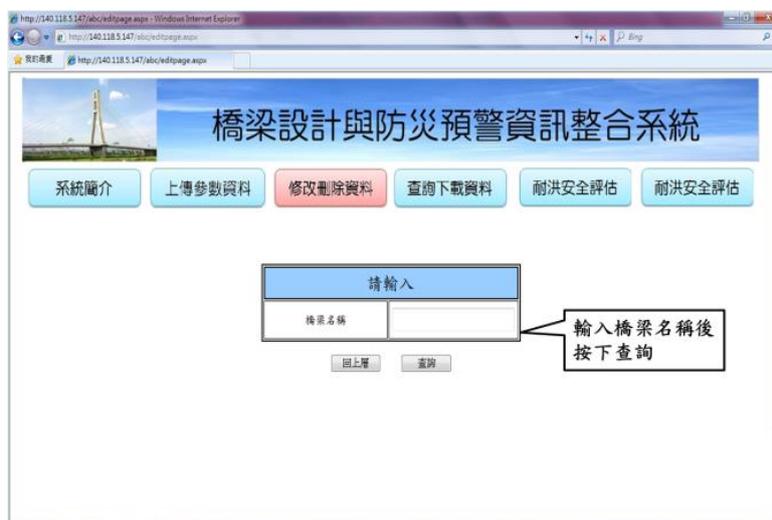


圖 5.26 橋梁名稱查詢

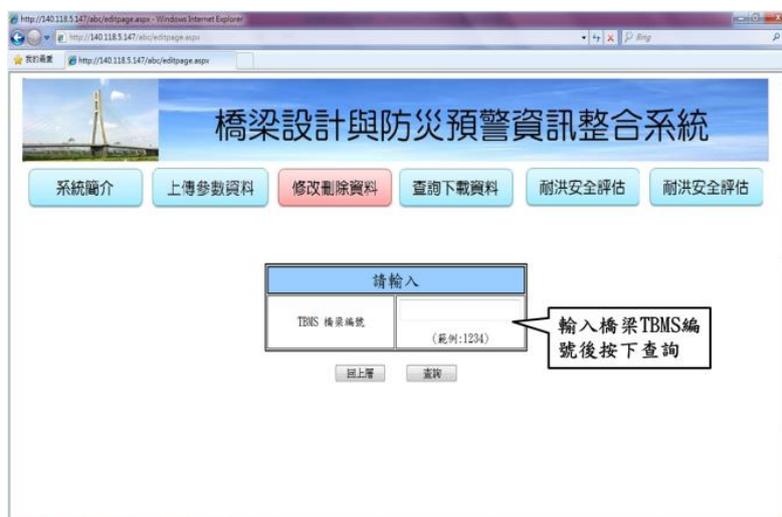


圖 5.27 以 TBMS 編號查詢

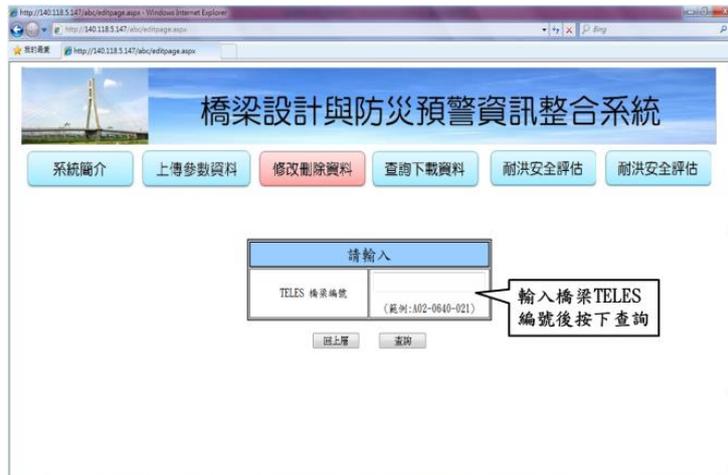


圖 5.28 以 TELES 編號查詢



圖 5.29 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 5.30 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 5.31 所示。



圖 5.30 修改刪除資料模組查詢成功畫面



圖 5.31 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 5.32 所示。

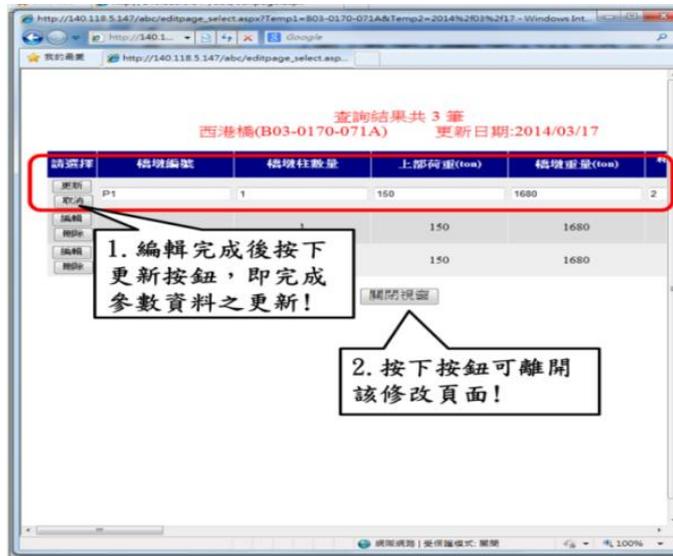


圖 5.32 修改橋梁設計參數完成畫面

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 5.33 所示。

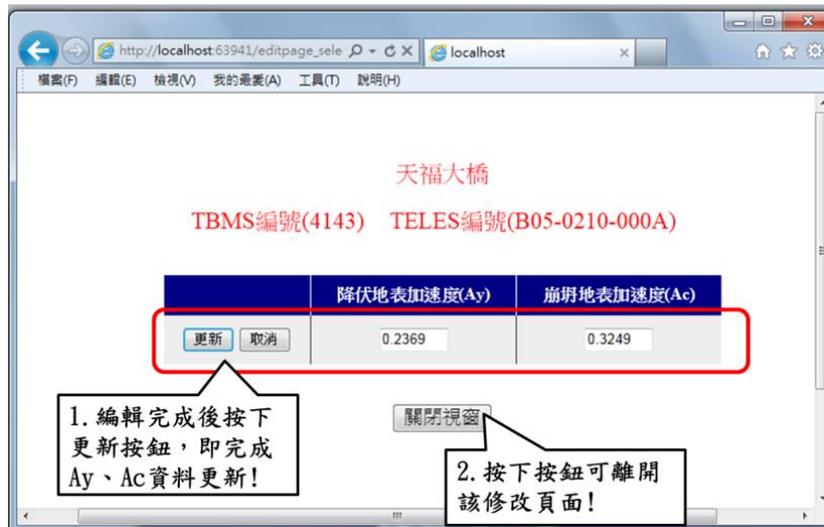


圖 5.33 修改橋梁 Ay、Ac 資料完成畫面

5.5.4 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 5.34 所示，查詢方式同 5.5.3 章節所述。

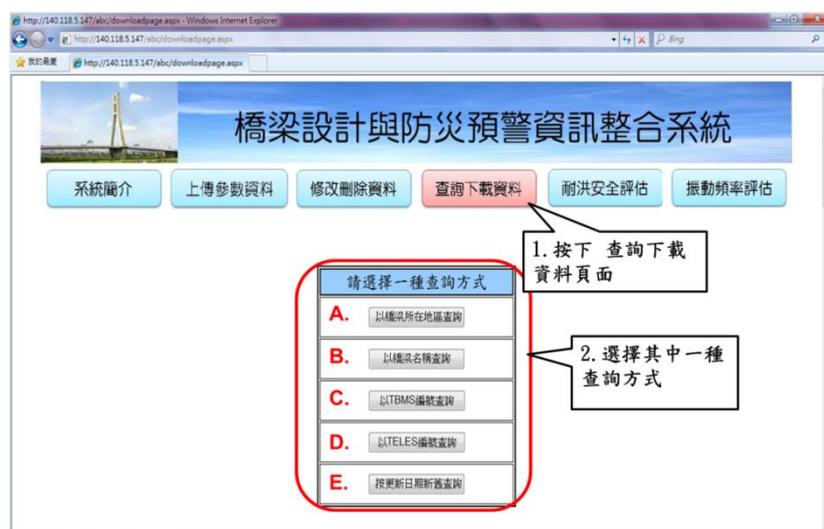


圖 5.34 查詢下載資料頁面

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 5.35 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 5.35 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 5.36 所示。



圖 5.36 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 5.37 及圖 5.38 所示。



圖 5.37 下載橋梁結構模型

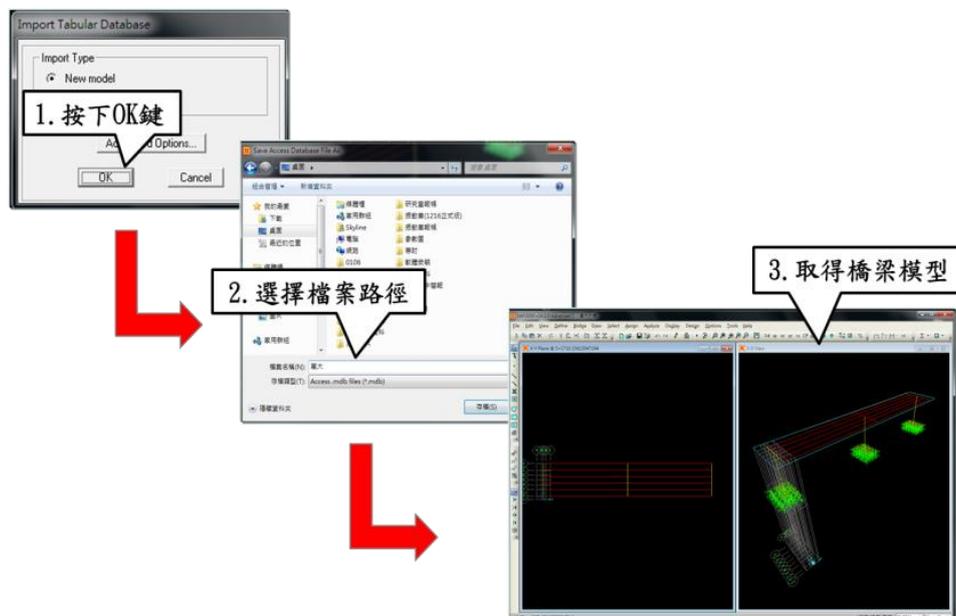


圖 5.38 匯入橋梁結構模型

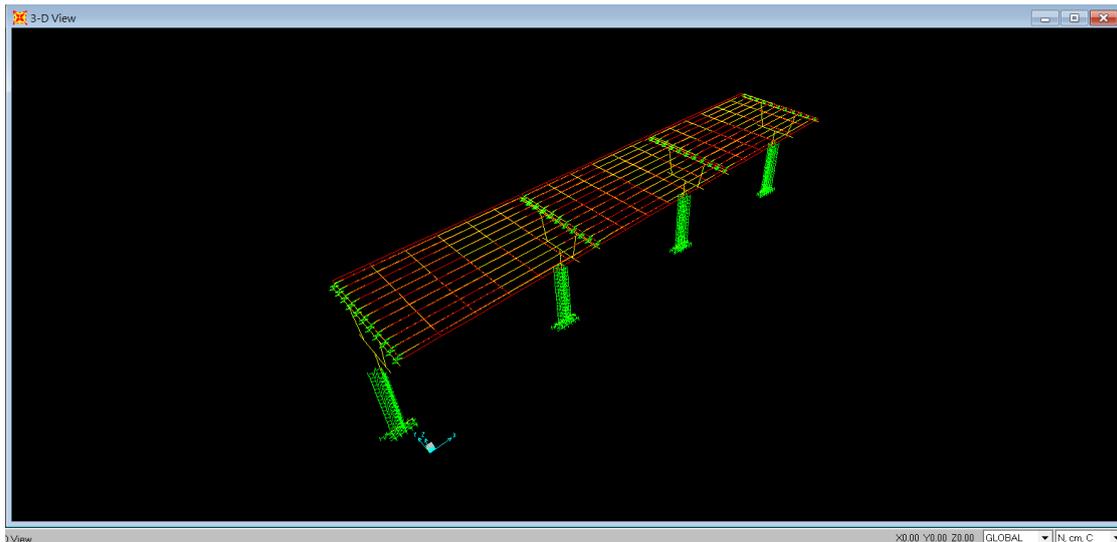


圖 5.39 匯入本研究橋梁結構模型

如圖 5.39，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 5.5.3 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，完成橋梁耐震能力評估。

第六章 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：

6.1 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。選取一座橋梁為例進行耐震能力評估，分析橋梁不同沖刷深度下沉箱基礎視為固定端或土壤以彈簧模擬橋梁之耐震能力，並輸入建置之橋梁耐震耐洪設計參數資料庫，以線上分散式資料庫方式(本中心與台科大機房)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。

6.2 建議

- 1.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。

2. 橋梁耐震能力評估可藉由現地微震量測結果對照比照，可修正並精進結構模型。
3. 橋梁耐震耐洪設計參數資料庫之欄位設計可藉由更多橋梁之輸入以精進符合不同型式橋梁之需求。

6.3 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. 曲天強，輕質骨材混凝土梁構件之承載行為，國立中央大學碩士論文，2005。
2. 張權、薛強，「公路橋梁耐震評估靜力側推分析案例探討」，中興工程季刊，vol. 112，第 15-22 頁，2011。
3. 鄭明源、宋裕祺、黃炳勳、陳炳宏、蘇進國，「含沉箱基礎液化分析之橋梁耐震能力評估」，第十屆中華民國結構工程研討會，2010。
4. 張權、薛強、王豐裕，「公路橋梁側推分析耐震評估法之實務執行面探討」，第十屆中華民國結構工程研討會，2010。
5. 張國鎮、蔡益超、張荻薇等，「公路橋梁耐震能力評估及補強準則之研究」，國家地震工程研究中心，2009。
6. 「建築物基礎構造設計規範及解說」，內政部，2001。
7. 邱永芳、林雅雯、胡啟文、邱建國、鄭明淵、吳育偉，「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，2015。
8. Response 2000 使用手冊。
9. 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。
10. 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。
11. 詹皓凱，加速度地動潛勢預估。國立中央大學碩士論文，2008。
12. 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。

13. J.B.Mander,M.J.N.Priestley, and R.Park,"Theoretical Stress-strain Model for Confined Concrete",ASCE,1988.

附錄一

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

審查委員	審查意見	處理情形
<p>1.賴聖耀委員</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究建構的公路防救災決策支援系統及橋樑耐震耐洪資料管理系統，對於台灣發生強震及洪水時，公路早期的防救災，提供了很好的決策支援；整體的研究，具有深度與完整性，研究成果極具實用價值。 2. 本文對於公路橋樑的各個評估模式所需要的輸入參數，列出詳細清楚的說明，其中橋樑耐震能力評估所需參數，就高達 85 項，橋樑耐洪安全評估所需參數，亦高達 39 項，提供了公路橋樑管理單位，很具體又方便的資料更新和管理使用，解決了以往進行橋樑安全評估時耗費人力、時間且效率低落的問題。研究單位的努力很值得肯定。 3. 本研究對於耐震能力評估中，影響最大的地表震動，有深入的研究；所建立的地震衰減模式，甚至加入了 2010-2015 年的港區 208 筆地震資料加以修正，研究精神值得肯定。唯本委員建議，地震衰減模式的建立，應以堅硬的地層或岩盤的測站為主，對於軟弱的地盤(如台北盆地)及沖積土層或舊河道等地區的 PGA 值預 	<ol style="list-style-type: none"> 1.感謝委員的肯定。 2. 感謝委員的肯定。 3.感謝委員建議，未來研究將加強此方面內容。

審查委員	審查意見	處理情形
2.陳景文委員	<p>測，再以各地區的震波放大效應加以修正。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 在 TRENDS 模組提升之驗證方面，僅 2015/9/28 23:00 那一筆在修正後有明顯差異外，其餘未變，請說明。 2. 結論有關精確度之提昇，請量化，告知精確度提昇多少。 3. 結論第三點請更詳盡敘述。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 此筆資料為石岡壩人為洩洪操作問題，故以此擷取系統發佈數值方式修正模式，增進颱風預警功效。 2. 有關地震橋梁通行失敗機率精確度提升已彙整於表 3-16 及表 3-17。 3. 遵照辦理，結論將加強敘述。
3.蔡瑤堂委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 對橋梁耐震模組分析非常詳細。 2. 此計畫對橋梁使用者及管理單位非常值得推展，對民眾安全非常重要。 3. 加強橋梁耐洪模組之分析。 4. 如何從顧問公司取得設計資料，建議在採購法或合約增加此規定，否則不易取得所需資料。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員的肯定。 2. 感謝委員的肯定。 3. 感謝委員建議，未來研究將加強此方面內容。 4. 感謝委員建議，已向相關單位建議。
4.廖國偉委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 於驗證橋梁計算例中，若可能，未來可考慮軸力對側推分析的影響。 2. 圖 4.33 之結果似乎並不是很合理，請說明原因。 3. 側推時之力量分佈係依質量比例計算，可補充參考依據。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員建議，未來研究將加強此方面內容。 2. 感謝委員建議，未來研究將加強此方面內容。 3. 本研究係參考其他橋梁結構計算書案例。

附錄二
期末報告簡報資料

臺灣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(1/2)

林雅雯研究員

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
中華民國105年02月25日



1

報告內容

- 一、研究緣起、目的及範圍
- 二、TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證
- 三、TRENDS系統地震通阻模組資料更新與驗證
- 四、橋梁耐震能力評估
- 五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充
- 六、結論與建議

交通部運輸研究所 2

一、研究緣起、目的及範圍

- 橋梁為連絡河流兩岸之重要交通工程設施，洪水、地震皆造成橋梁安全重大威脅，使得橋梁安全狀況不明。
- 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

問題

- TRENDS跨河橋梁安全預警模組及地震通阻模組精度可再精進提昇，橋梁耐震耐洪評估，缺少設計參數資料庫

交通部運輸研究所 3

一、研究緣起、目的及範圍

範圍

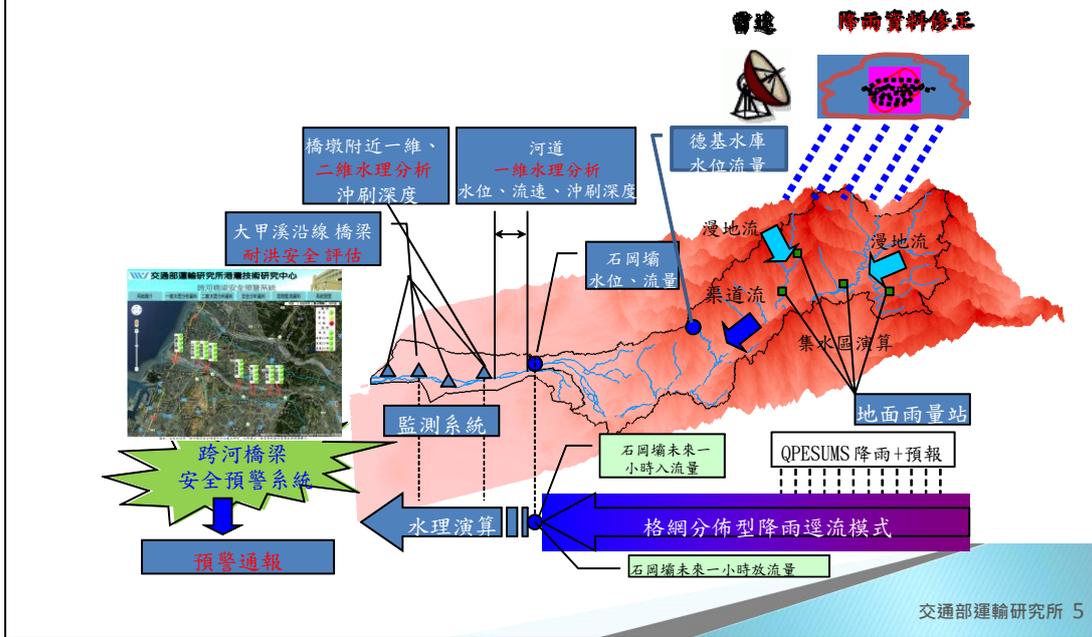
- 台灣橋梁以鋼筋混凝土結構為應用最廣的類型，其中92%以上為混凝土橋梁，且73%以上橋齡高於十五年以上。為保障用路人安全，混凝土橋梁的維護管理為公路管理單位未來重要課題，故本研究以鋼筋混凝土橋梁為研究探討對象。

目的

- 臺灣公路早期防救災決策支援系統維護更新
- TRENDS系統橋梁模組及地震通阻模組資料更新、提升精確度及驗證工作
- 建置網頁版橋梁耐震與耐洪分析資料管理系統

交通部運輸研究所 4

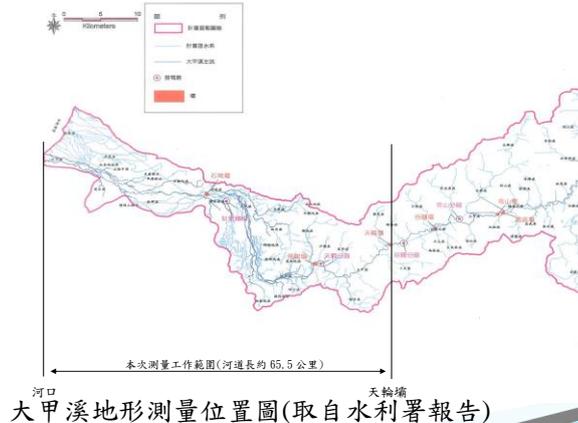
二、TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證



二、TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證

(a) 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」，進行大斷面高程更新。(一維水理分析)



二、TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證

(b) 模組提升

加入水利署水庫防洪運轉狀態。以杜鵑颱風104年9月28日晚上10:00為例，水利署提前預報晚上11:00放流800cms。

資料方式：防汛警報水庫 | 2015 | 第 9 | 頁 28 | 頁 22 | 頁 20 | 頁 18 | 頁 16 | 頁 14 | 頁 12 | 頁 10 | 頁 8 | 頁 6 | 頁 4 | 頁 2 | 頁 1

水庫名稱	水情時間	水打時水底 實際水位 (cms)	水庫基本資料				風暴預警期間時，「防汛警報水庫」實際錄下列資訊									
			總流量 (cms)	水位 (公尺)	滿水位 (公尺)	有效蓄水量 (萬立方公尺)	蓄水 百分比(%)	取水流量(cms)	發電 取水口	排砂量 (T/D)	排洪 設備	溢洪道	小澗	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	363.60	3,095.63	243.79	245.00	19,071.86	64.77%	26.23	61.22	333.36	428.36	1,891.74	2,714.68	洩洪中	--	--
翡翠水庫	2015-09-28 22:00:00	--	2,721.61	163.67	176.00	29,614.18	88.27%	--	270.50	--	--	--	270.50	--	--	
曾文第二水庫	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	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	1,119.50	89.22%	--	--	--	--	--	--	預計放流	放水流量20cms	
楠梓水庫	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	--	
龍潭水庫	2015-09-28 17:00:00	107.00	300.00	3,491.72	3,490.00	12,511.60	83.41%	--	110.00	--	--	--	110.00	--	--	
石碇水庫	2015-09-28 22:00:00	48.50	68.67	171.57	174.00	15.64	13.98%	7.00	--	--	--	71.00	71.00	預計放流	預定於2015/09/28 22時開始泄洪 放水流量600cms	
柳川水庫	2015-09-28 22:00:00	79.00	206.00	998.61	1,005.00	2,184.39	92.24%	--	44.00	--	--	--	44.00	--	--	
日月潭水庫	2015-09-28 22:00:00	79.50	--	747.00	748.48	11,849.01	99.83%	--	--	--	--	--	--	--	--	
集集攔河堰	2015-09-28 21:00:00	70.12	369.00	212.51	214.75	204.00	59.31%	76.30	--	6.35	--	217.00	221.95	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	0.00	--	--	
白河水庫	2015-09-28 22:00:00	41.50	70.36	197.91	199.00	533.00	75.68%	0.02	--	--	--	12.00	12.00	調節性放水	預定下1小時放水流量12cms	
鹿山堰水庫	2015-09-28 21:00:00	18.00	3.00	56.15	58.18	6,128.00	76.77%	3.00	--	--	--	--	--	--	--	
雙水水庫	2015-09-28 22:00:00	127.40	1,768.00	225.80	227.00	45,187.00	95.47%	--	50.00	0.00	300.00	350.00	350.00	調節性放水	預定下1小時放水流量350cms	
南化水庫	2015-09-28 22:00:00	81.00	39.33	178.56	180.00	8,893.04	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	預定下1小時放水流量5cms	
高屏水庫攔河堰	2015-09-28 22:00:00	21.50	--	16.07	--	492.48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
牡丹水庫	2015-09-28 22:00:00	11.30	1.12	138.11	142.00	2,117.70	89.84%	1.12	--	--	--	--	--	--	--	

附註：
 *輸水期間除實際計量量，除上輸水警報轉錄布後即置於集水區所置量計
 *資料來源：各水庫單位人工登錄
 *溢流單位：各水庫單位

研究所 7

二、TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證

(b) 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。

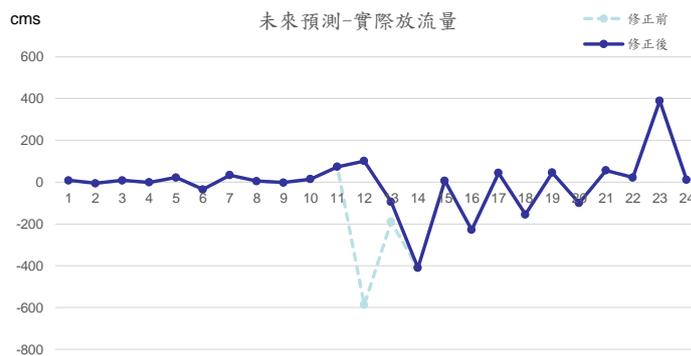
No	時間	即時流量(cms)	修正前	修正後	修正前	修正後
			1小時後流量預測(cms)	1小時後流量預測(cms)	誤差(未來預測-實際) (cms)	誤差(未來預測-實際) (cms)
1	2015/9/28 12:00	168.01	173.31	173.31	8.43	8.43
2	2015/9/28 13:00	178.61	183.91	183.91	-5.3	-5.3
3	2015/9/28 14:00	175.16	180.46	180.46	8.75	8.75
4	2015/9/28 15:00	181.18	186.48	186.48	-0.72	-0.72
5	2015/9/28 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

交通部運輸研究所 8

二、TRENDS系統橋梁模組資料更新與驗證

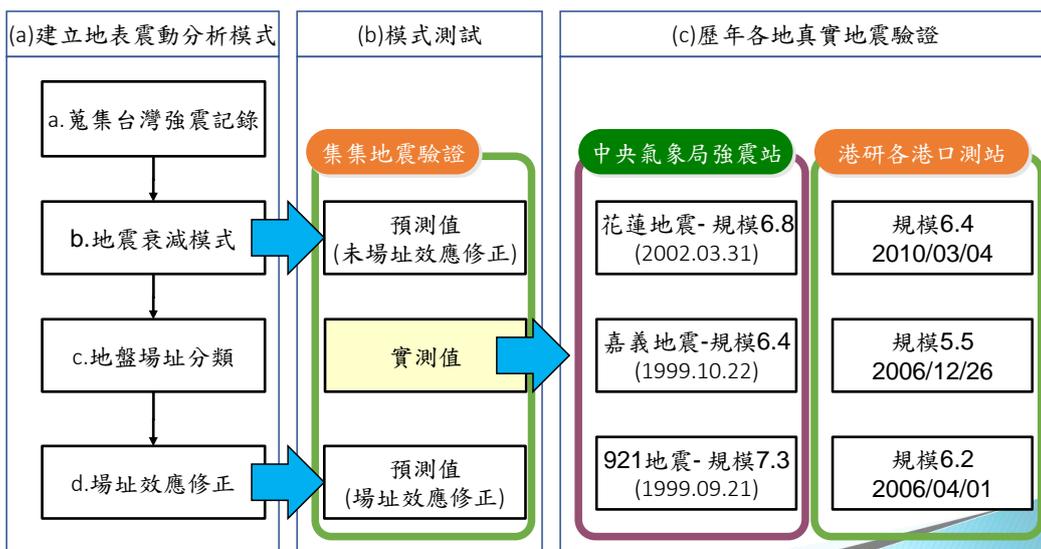
(b) 模組提升

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人為洩洪操作問題。



交通部運輸研究所 9

三、TRENDS系統地震通阻模組資料更新與驗證



交通部運輸研究所10

三、TRENDS系統地震通阻模組資料更新與驗證

增加2011、2012年強震站資料及港研2011至2015年資料，納入交通部運輸研究所港研中心提供各港之測站資料，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)

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

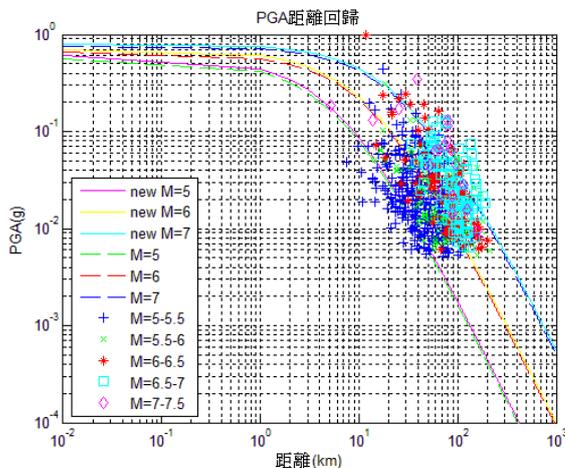
交通部運輸研究所11

三、TRENDS系統地震通阻模組資料更新與驗證

提升地表震動分析模式預測之準確度

地震衰減模式

$$PGA(g) = f(M,R) = C_1 e^{C_2 M} [R + C_4 \exp(C_5 M)]^{-C_3}$$



(強震站資料:1991~2010)

舊係數:

C1=0.00369

C2=1.75377

C3=2.056

C4=0.1222

C5=0.7832

資料筆數:189

(增加2011及2012年資料及港研2011至2015年資料)

新係數:

C1=0.004020

C2=1.75655

C3=2.059

C4=0.1225

C5=0.7859

資料筆數:202

交通部運輸研究所

三、TRENDS系統地震通阻模組資料更新與驗證

更新場址效應修正係數。

• 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. 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。

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

Y_a ：參考衰減模式的預測值；

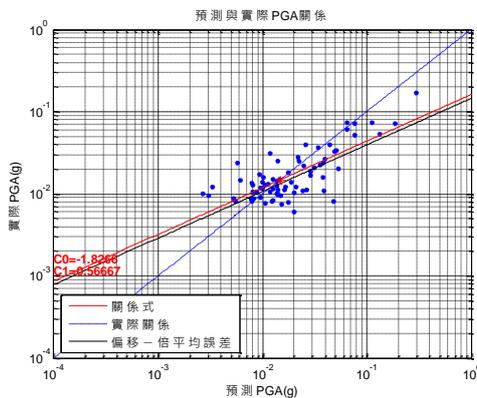
Y_0 ：實測地震動值；

C_0 及 C_1 ：各測站之場址修正係數。

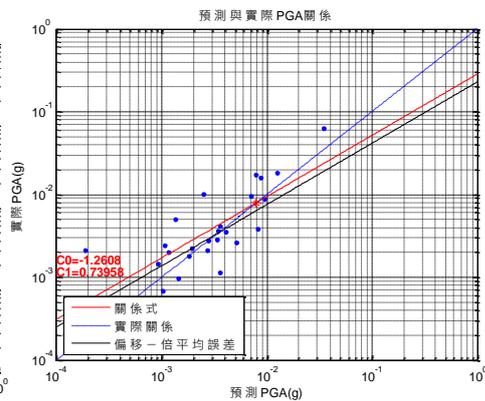
三、TRENDS系統地震通阻模組資料更新與驗證

將原有線性關係往上偏移一個平均誤差

非港區ALS(阿里山)測站



安平港(ANP)



三、TRENDS系統地震通阻模組資料更新與驗證

新舊場址係數之比較

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%

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%

負表示低估，正表示高估，舊方法港區為國震不考慮場址效應修正之C1-C5，非港區則是以以前的C0-C1。

一般線性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；

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；

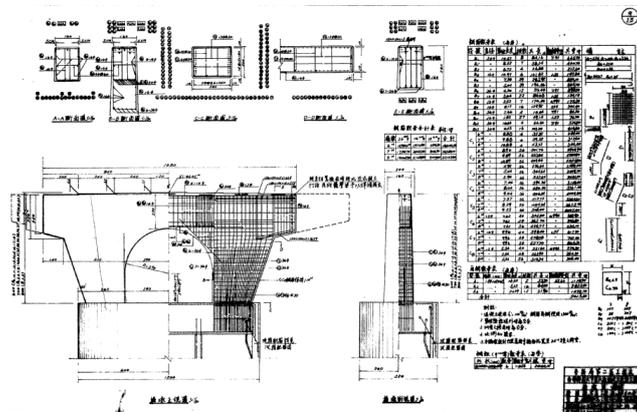
偏移一倍誤差則是在有些大地震過於高估的情況可以明顯改善，但如果該測站資料太過分散，會使得偏移之距離過大，使其更為高估。

四、橋梁耐震能力評估

分析案例橋梁:總長1320公尺，橋寬25公尺，上部結構為33跨，每跨含11支PCI梁，下部結構由雙柱構架式方形橋墩柱組成，採用20m深之沉箱基礎，墩柱高度為7m，本案例取P26-P29單元(3跨)分析。

各橋墩(台)行車方向支承邊界條件由左而右依序為 /F、M/F、M/F....M/F、M/ (橋墩(台)頂左側支承 / 橋墩(台)頂右側支承；M為可動式支承、F為固定式)。

本橋梁下部結構，混凝土、主筋與箍筋/繫筋強度分別為210、2800與2800 kgf/cm²



四、橋梁耐震能力評估

工址之地盤分類:第一類地盤

工址之地震需求:

設計規範:49年版

公路橋梁耐震設計規範:

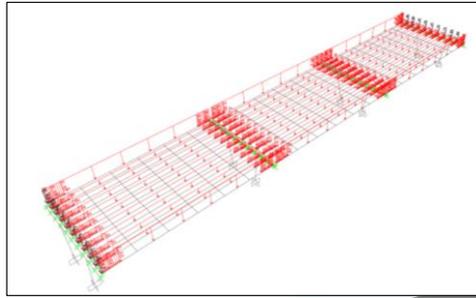
中度地震下之水平譜加速度係數為 $0.4 S_{DS} / 3.25 = 0.1123g$

設計地震下之水平譜加速度係數為 $0.4 S_{DS} = 0.3648g$

S_{DS} :工址短週期之設計地震水平譜加速度係數

載重計算

計算AC面層,欄杆,公共設施重量及鄰跨載重



交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

混凝土應力應變關係分析

採用Mander模式

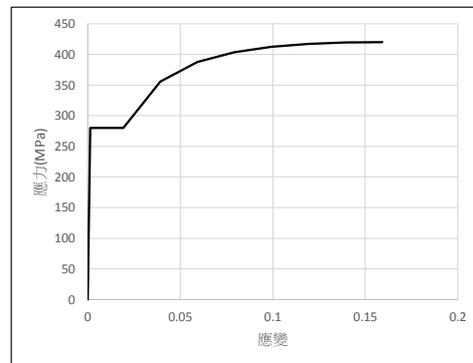
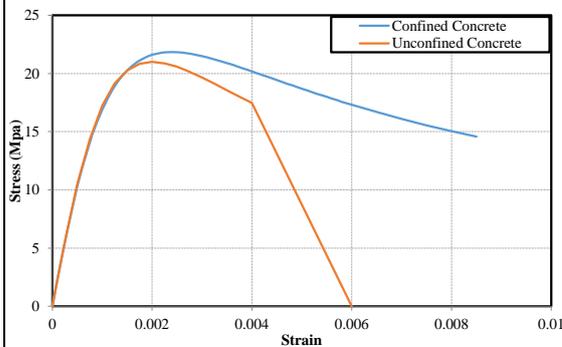
圍束及無圍束混凝土應力應變關係

混凝土抗壓強度 $f'_c = 210kg/cm^2$

鋼筋應力應變關係分析

採用Mirza and MacGregor模式

鋼筋抗拉強度 $f_y = 2800kg/cm^2$

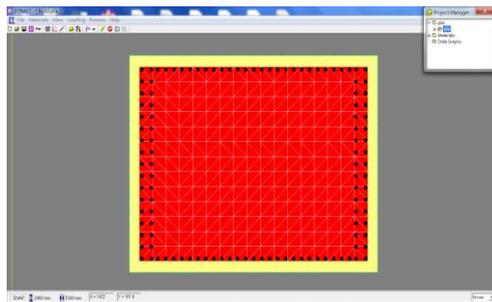


交通部運輸研究所

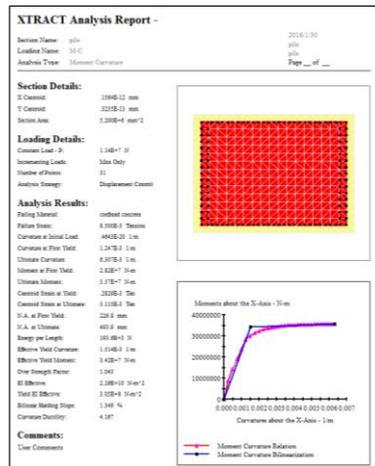
四、橋梁耐震能力評估

墩柱彎矩曲率分析

將上述圍束及無圍束混凝土、鋼筋之應力應變關係及墩柱斷面輸入至軟體分析
柱軸力以靜力分析求得為1164噸



Xtract斷面輸入



Xtract分析結果

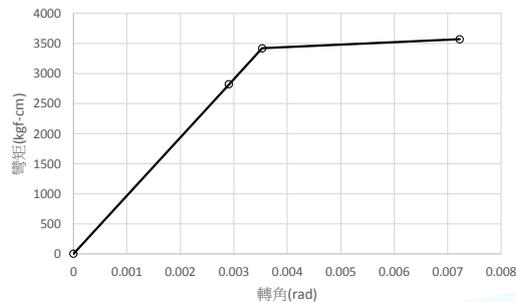
交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

彎矩-曲率關係 公路橋梁耐震評估及補強準則之研究 墩柱彎矩轉角分析

	彎矩 tonf-m	曲率 rad/km
原點	0	0
起始降伏點	2820	1.247
雙線性降伏點	3420	1.514
極限點	3570	6.307

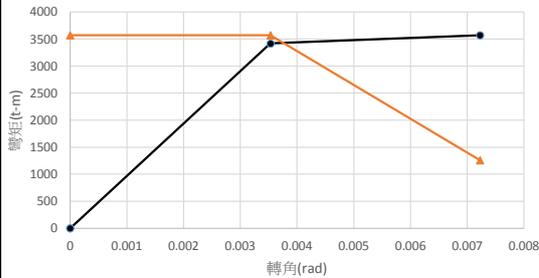
	彎矩 Ton-m	轉角 rad
原點	0	0
起始降伏點	2820	0.00291
雙線性降伏點	3420	0.003533
極限點	3570	0.007225



交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

墩柱剪力強度分析



本例塑性鉸破壞模式為「撓剪」破壞

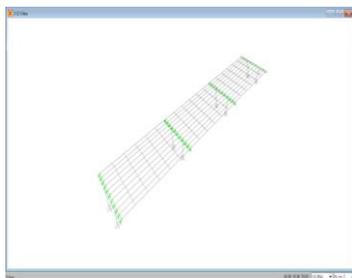
塑性鉸柱底SAP2000輸入資料

項次	彎矩(ton-m)	塑性轉角
A	0	0
B	3420	0
C	3429	0.000226
D	2551	0.001629
E	0	0.001629

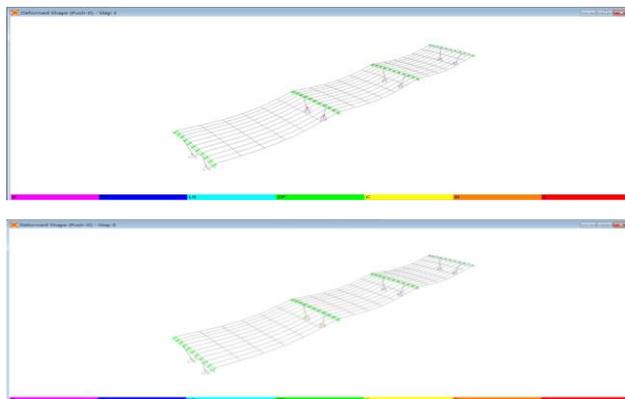
四、橋梁耐震能力評估

基礎無沖刷情況，沉箱位置以固定端模擬

側推分析首先以力量控制施加自重，接續前一階段的內力資料，再進行位移控制之側推分析。側推力量分佈以橋墩含上部結構之質量比例做豎向分配 (SAP2000輸入選擇Acc. 分佈) 為基準；位移觀測點選擇橋面板中心點，本例中為橋柱P27~P28上方橋面板位置。橋柱破壞順序為：P27B → P27C，降伏地表加速度 $A_y=0.2235g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.2597g$



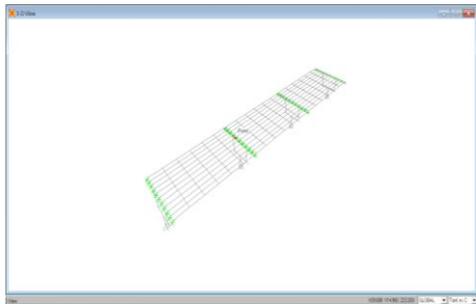
分析模型



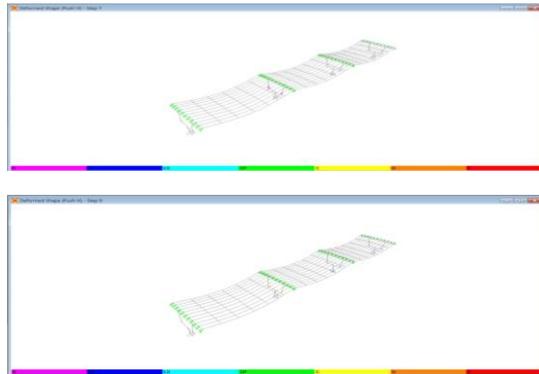
四、橋梁耐震能力評估

基礎裸露4m，沉箱未裸露部份以固定端模擬

橋柱破壞順序為：P27B → P27C。（其中符號B代表降服，C代表破壞），降伏地表加速度 $A_y=0.4665g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.4979g$ 。



分析模型



四、橋梁耐震能力評估

基礎裸露4m，沉箱未裸露部份土壤以彈簧模擬

根據「公路橋梁耐震評估及補強準則之研究」4.5.5.1節及「建築物基礎構造設計規範」之規定計算相關接觸沉箱基礎之土壤彈簧

位置	方向	地盤反力係數	地層反力容許上限值(tf/m^2)
沉箱底面	垂直	$k_r = k_{r0}(B_H/30)^{\frac{3}{4}}$	$q_a = \frac{1}{FS}(q_u - \gamma_2 D_f) + \gamma_2 D_f$ $\sigma_p = \sigma'_v K_p + 2c\sqrt{K_p}$ 上述二式之小值
	水平	$k_s = 0.3k_r$	$R_f = (c_u A + N \tan \delta) / FS$
沉箱正前方	水平	$k_H = \alpha_k k_{H0}(B_H/30)^{\frac{3}{4}}$	$\sigma_{va} = \sigma_p / FS$
	垂直	$k_{SFB} = 0.3k_H$	砂質土 $f = \min[0.1N, 0.5(\sigma'_v \tan \phi), 5] / FS$ 黏性土 $f = \min[0.5S_u, 10] / FS$
沉箱側面	水平	$k_{SHD} = 0.6\alpha_k k_{H0}(D_H/30)^{\frac{3}{4}}$	砂質土 $f = \min[0.1N, 0.5(\sigma'_v \tan \phi), 5] / FS$ 黏性土 $f = \min[0.5S_u, 10] / FS$
	垂直	$k_{SYD} = 0.3k_{SHD}$	

四、橋梁耐震能力評估

沉箱各深度之地盤反力係數

深度	沉箱正前方		沉箱側面		沉箱底面	
	k_H (kg/cm ³)	k_{SVB} (kg/cm ³)	k_{SHD} (kg/cm ³)	k_{SVD} (kg/cm ³)	k_S (kg/cm ³)	k_V (kg/cm ³)
5	195.86	58.76	296.10	88.83	70.55	235.18
6	195.86	58.76	296.10	88.83		
7	195.86	58.76	296.10	88.83		
8	195.86	58.76	296.10	88.83		
9	195.86	58.76	296.10	88.83		
10	195.86	58.76	296.10	88.83		
11	195.86	58.76	296.10	88.83		
12	195.86	58.76	296.10	88.83		
13	195.86	58.76	296.10	88.83		
14	195.86	58.76	296.10	88.83		
15	195.86	58.76	296.10	88.83		
16	195.86	58.76	296.10	88.83		
17	195.86	58.76	296.10	88.83		
18	195.86	58.76	296.10	88.83		
19	195.86	58.76	296.10	88.83		
20	195.86	58.76	296.10	88.83		

交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

沉箱各深度之地盤反力上限值

深度	沉箱正前方水 平向		沉箱正前方垂 直向		沉箱底面	
	應力 (tf/m ²)	力 (tf)	應力 (tf/m ²)	力 (tf)	水平向 (tf/m ²)	垂直向 (tf/m ²)
5	4.35	32.58	0.00	0.00	2597.39	2666.08
6	6.45	96.55	0.78	11.62		
7	8.73	130.71	1.55	23.24		
8	11.20	167.64	2.33	34.87		
9	13.86	207.33	3.11	46.49		
10	16.69	249.81	3.88	58.11		
11	19.72	295.05	5.00	74.82		
12	22.93	343.06	5.00	74.82		
13	26.32	393.85	5.00	74.82		
14	29.90	447.40	5.00	74.82		
15	33.66	503.73	5.00	74.82		
16	37.61	562.83	5.00	74.82		
17	41.75	624.70	5.00	74.82		
18	46.07	689.34	5.00	74.82		
19	50.57	1135.13	5.00	74.82		
20	55.26	1240.41	5.00	74.82		

交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

SAP2000分析時模擬之土壤彈簧參數

深度	垂直向			水平向		
	$K_{SVB}(t/m)$	上限值 (t)	$\delta(m)$	$K_H(t/m)$	上限值 (t)	$\delta(m)$
5	58759	0.00	0.00000	195864.7	32.58	0.000166
6	58759	11.62	0.00020	195864.7	96.55	0.000493
7	58759	23.24	0.00040	195864.7	130.71	0.000667
8	58759	34.87	0.00059	195864.7	167.64	0.000856
9	58759	46.49	0.00079	195864.7	207.33	0.001059
10	58759	58.11	0.00099	195864.7	249.81	0.001275
11	58759	74.82	0.00127	195864.7	295.05	0.001506
12	58759	74.82	0.00127	195864.7	343.06	0.001752
13	58759	74.82	0.00127	195864.7	393.85	0.002011
14	58759	74.82	0.00127	195864.7	447.40	0.002284
15	58759	74.82	0.00127	195864.7	503.73	0.002572
16	58759	74.82	0.00127	195864.7	562.83	0.002874
17	58759	74.82	0.00127	195864.7	624.70	0.003189
18	58759	74.82	0.00127	195864.7	689.34	0.003519
19	58759	74.82	0.00127	195864.7	1135.13	0.005795
20	58759	74.82	0.00127	195864.7	1240.41	0.006333

沉箱正面土壤彈簧相關參數

編號	$A_i(m^2)$	$K_{sv}(tf/m)$	$A_i \times \alpha_{qi}(tf)$	$\delta(m)$	$K_h(tf/m)$	$R_s(tf)$	$\delta(m)$
1	10.7	235175.82	28527.02	0.12130	70552.75	492.77	0.00698
2	11.5	235175.82	30659.88	0.13037	70552.75	529.61	0.00751
3	12	235175.82	31992.92	0.13604	70552.75	552.64	0.00783
4	11.5	235175.82	30659.88	0.13037	70552.75	529.61	0.00751
5	10.7	235175.82	28527.02	0.12130	70552.75	492.77	0.00698

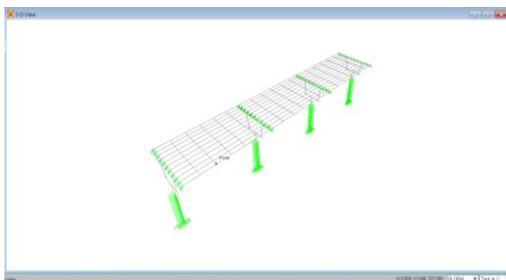
行車向沉箱底面土壤彈簧相關參數

交通部運輸研究所

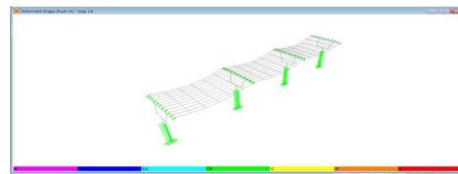
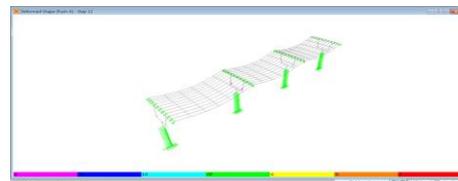
四、橋梁耐震能力評估

利用SAP2000非線性Link元素中之Multilinear Elastic模型定義雙線性土壤彈簧

橋柱破壞順序為：P27B → P27C，降伏地表加速度 $A_y=0.589g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.607g$ 。



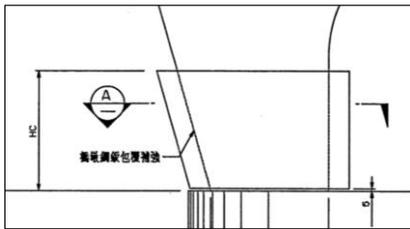
分析模型



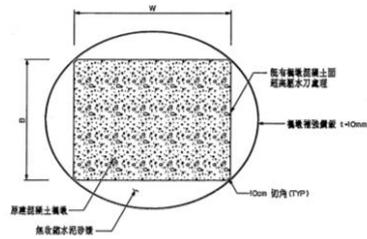
交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

基礎裸露4m，墩柱下端混凝土加鋼筋包覆，沉箱未裸露部份以固定端模擬



墩柱鋼筋包覆補強圖

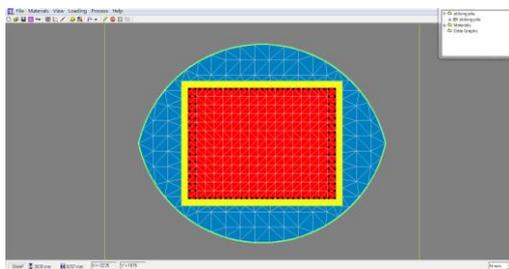


墩柱鋼筋及混凝土包覆補強圖

四、橋梁耐震能力評估

補強混凝土 $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Xtract軟體分析



Xtract斷面輸入

XTRACT Analysis Report -

Section Name: oblong pile
Loading Name: M-C
Analysis Type: Moment Curvature

2016/2/2
oblong pile
oblong pile
Page ___ of ___

Section Details:

X Centroid: -245E+12 mm
Y Centroid: 1.67E+12 mm
Section Area: 9.52E+6 mm²

Loading Details:

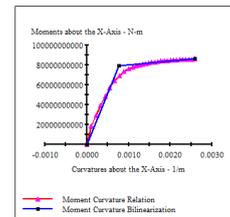
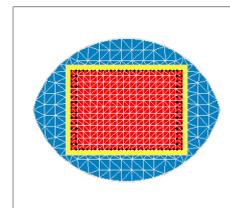
Control Load: P
Incrementing Load: Max Only
Number of Points: 31
Analysis Strategy: Displacement Control

Analysis Results:

Failing Material: oblong concrete
Failure Strain: 6.00E-3 Tension
Curvature at Initial Load: -2.31E-2 1/m
Curvature at First Yield: 2.59E-3 1/m
Ultimate Curvature: 2.29E-3 1/m
Moment at First Yield: 5.74E+10 N-m
Ultimate Moment: 8.41E+10 N-m
Centroid Strain at Yield: 343E-3 Ten
Centroid Strain at Ultimate: 2.08E-3 Ten
N.A. at First Yield: 62.7 mm
N.A. at Ultimate: 80.8 mm
Energy per Length: 1.62E+3 J
Effective Yield Curvature: 7.64E-3 1/m
Ove Strength Factor: 1.059
EI Effective: 1.03E+14 N-m²
Yield EI Effective: 3.84E+12 N-m²
Bilinear Hardening Slope: 3.72E 4
Curvature Ductility: 3.391

Comments:

User Comments



Xtract分析結果

四、橋梁耐震能力評估

彎矩-曲率關係

	彎矩 tonf-m	曲率 rad/km
原點	0	0
起始降伏點	5740000	0.5564
雙線性降伏點	7910000	0.7664
極限點	8610000	2.599

斷面剪力強度

$$V_n = V_c + V_s = 559631 + 3075523 = 3635154 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{vy} = V_n \times h = 3635154 \times \frac{700}{100000} = 25446 \text{ t-m}$$

$$\theta_u \text{ 時, } R = R_{max}, k = 0,$$

$$V_c = 0.53 \left(0 + \frac{1164000}{\pi \times 177.5 \times 148.5} \right) \times \sqrt{210} \times 0.8 \times (\pi \times 177.5 \times 148.5) = 51086 \text{ kg/cm}^2$$

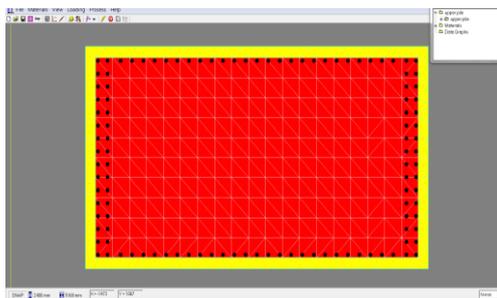
$$V_n = V_c + V_s = 51086 + 3075523 = 3126609 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{vu} = V_n \times \left(h - \frac{L_p}{2} \right) = 3126609 \times (700 - 39.088) / 100000 = 20664 \text{ t-m}$$

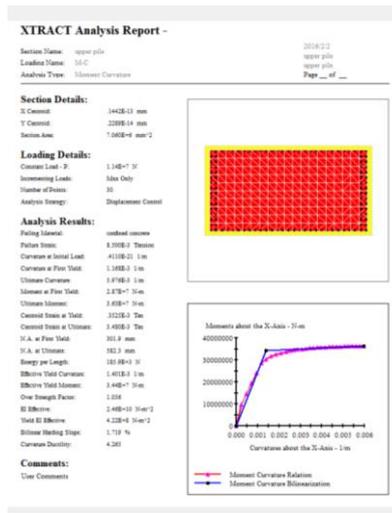
交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

由於墩柱僅補強下半段2.6m高，故分析未補強墩柱底部之性質，其斷面與墩柱底之配筋相同，惟寬度較大為355cm(原260cm)。



Xtract斷面輸入



Xtract分析結果

交通部運輸研究所

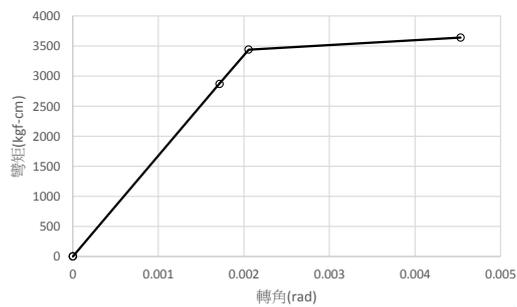
四、橋梁耐震能力評估

彎矩-曲率關係

	彎矩 tonf-m	曲率 rad/km
原點	0	0
起始降伏點	2870	1.168
雙線性降伏點	3440	1.401
極限點	3630	5.796

墩柱彎矩轉角分析

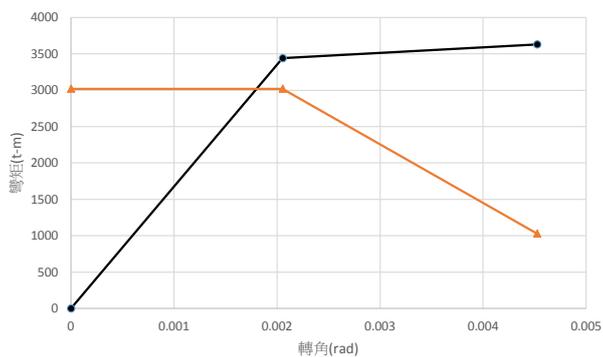
	彎矩 Ton-m	轉角 rad
原點	0	0
起始降伏點	2870	0.001713
雙線性降伏點	3440	0.00205
極限點	3630	0.00453



交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

計算斷面剪力強度



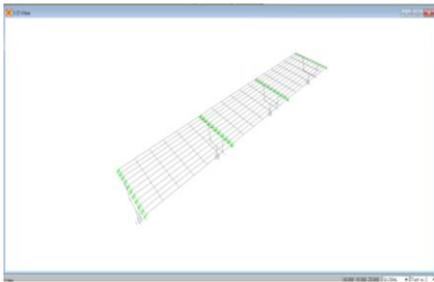
塑性鉸柱底SAP2000輸入資料

項次	彎矩(ton-m)	塑性轉角
A	0	0
B	3018	0
C	3018	0.000255
D	2331	0.001107
E	0	0.001107

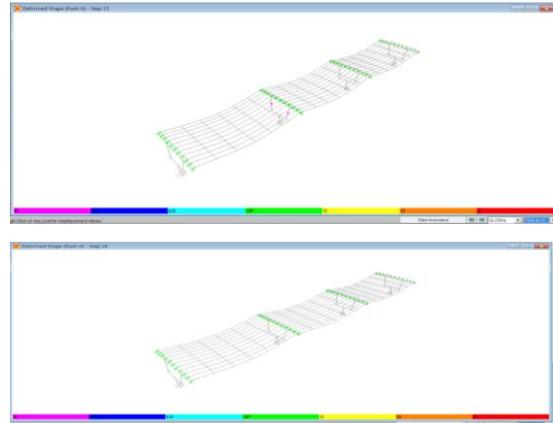
交通部運輸研究所

四、橋梁耐震能力評估

橋柱破壞順序為：P27B → P27C，降伏地表加速度 $A_y=0.683g$ ，
崩塌地表加速度 $A_c=0.742g$ ，
滿足中度地震下之水平譜加速度係數 $0.1123g$ ，
設計地震下之水平譜加速度係數 $0.3648g$ 之需求



分析模型

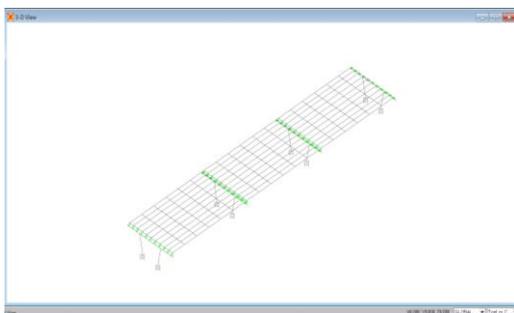


交通部運輸研究所

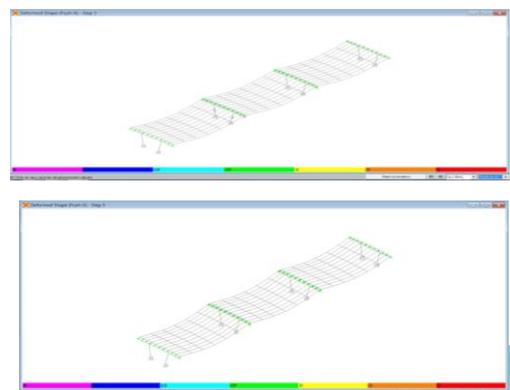
四、橋梁耐震能力評估

基礎未沖刷，墩柱下端混凝土加鋼板包覆，沉箱以固定端模擬

橋柱破壞順序為：P27B → P27C。（其中符號B代表降服，C代表破壞），
降伏地表加速度 $A_y=0.256g$ ，崩塌地表加速度 $A_c=0.302g$ 。



分析模型



交通部運輸研究所

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

橋梁名稱	本案例橋梁
TEMS 橋梁編號	
TELES 橋梁編號	
橋梁基礎型式	沉箱基礎
橋梁跨越河川流域	種選擇
橋梁編號	P27

橋梁模型及竣工圖上傳成功!

目前填寫的資料是橋樑P02
請輸入下方資料，完成後請按下方方確認上傳!!

共同資料			沉箱基礎		
編號	請輸入	備註	編號	請輸入	備註
T1	橋梁結構件名稱	deck	B1	沉箱高度	20 (m)
T2	橋梁結構件名稱	008.PDF	B2	沉箱寬度(B)	12 (m)
T3	橋梁結構件		B3	沉箱長度(D)	5.2 (m)
T4	上部重量	40 (ton)	B4	沉箱厚度	0.9 (m)
T5	橋梁重量	1164 (ton)	B5	沉箱全斷面積	96.4 (m ²)
T6	橋梁淨空	35 (m)	B6	沉箱內標的斷面積	29 (m ²)
T7	橋梁跨距(橋梁長度)	20 (m)	B7	沉箱內標的單位重	2.6 (t/m ³)
T8	橋梁淨空	7 (m)	B8	承載者土壤凝聚力(C)	2 (t/m ²)
T9	橋梁淨空	120 (m)	B9	承載者土壤摩擦角	46 (°)
T10	橋梁斷面積	8150 (m ²)	B10	承載者土壤單位重(γ)	2.5 (t/m ³)
T11	土壤土質密度	2.4 (t/m ³)	B11	黏土土壓力係數(ka)	0.163
T12	土壤土質摩擦角	30.85 (°)	B12	砂土土壓力係數(kp)	0.126
T13	橋梁水質作用力係數	0.7	B13	沉箱基礎底面之附加因素(β)	1.692
T14	安全係數(黏土) (電極例)	0.7	B14	沉箱基礎底面之附加因素(β)	0.077
			B15	沉箱土壓力係數(M ₀)	75.25
			B16	沉箱土壓力係數(M ₀)	84.1
			B17	沉箱土壓力係數(N ₀)	79.4
			B18	沉箱水質作用力係數	0.7

資料已輸入之橋樑	本次輸入之橋樑	表單完成請按														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>更新日期</th><th>橋樑編號</th></tr> <tr><td>日期: 2014/03/28 P01</td><td></td></tr> <tr><td>日期: 2014/03/28 P08</td><td></td></tr> <tr><td>日期: 2014/03/28 P09</td><td></td></tr> <tr><td>日期: 2014/03/28 P10</td><td></td></tr> </table>	更新日期	橋樑編號	日期: 2014/03/28 P01		日期: 2014/03/28 P08		日期: 2014/03/28 P09		日期: 2014/03/28 P10		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th>更新日期</th><th>橋樑編號</th></tr> <tr><td>日期: 2016/02/02 P01</td><td></td></tr> </table>	更新日期	橋樑編號	日期: 2016/02/02 P01		<input type="button" value="確認上傳"/> <input type="button" value="清除並重新填寫"/>
更新日期	橋樑編號															
日期: 2014/03/28 P01																
日期: 2014/03/28 P08																
日期: 2014/03/28 P09																
日期: 2014/03/28 P10																
更新日期	橋樑編號															
日期: 2016/02/02 P01																

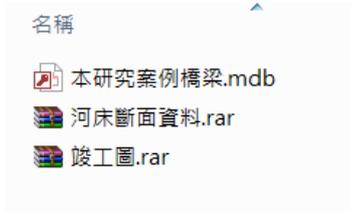
交通部運輸研究所 7

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

以本分析橋梁為範例，可上傳橋梁結構模型與資料至資料庫中。

- 選擇上傳參數資料模組，上傳對應檔案。

- 結構設計單位備妥橋梁模型mdb檔，與各項需上傳圖說檔案。



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
資料下載資料
前測安全評估
振動頻率評估

橋梁基本資料	
所在地市	台中市
河名編號	河床
橋梁名稱	本案例橋梁
TEMS 橋梁編號	
TELES 橋梁編號	
*新增橋樑選擇	
*新增橋樑選擇	
橋梁地表加速度	請輸入
平均地表加速度(A ₀)	0.598
巔峰地表加速度(A ₀)	0.616
橋梁SIP2000 模型上傳 (.mdb)	
選擇檔案 選擇在資料庫中	
橋梁竣工圖檔上傳 (.rar)	
選擇檔案 竣工圖檔	
選擇在資料庫中上傳	
橋梁設計相關文件上傳 (.tar)	
選擇檔案 河床斷面資料.rar	
選擇在資料庫中上傳	
選擇在資料庫中上傳	
<input type="button" value="確認上傳"/>	

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

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。

橋梁基本資料	
橋梁名稱	本案例橋梁
TEBS 橋梁編號	
TELES 橋梁編號	
橋梁基礎型式	沉箱基礎
橋梁跨徑/可流通	[選擇]
橋梁編號	P27

編號	共同資料	請輸入	備註	編號	橋基礎	請輸入	備註
T1	橋面版構件名稱	06C1	*使用卷輸入	B1	沉箱高度	20 (m)	
T2	橋墩柱構件名稱	00B.P27	*此處構件為SAP2000模型件對應之名稱	B2	沉箱寬度(B)	12 (m)	
T3	橋墩柱數量	2		B3	沉箱長度(L)	25 (m)	
T4	上部荷重	40 (ton)		B4	沉箱重量	0.9 (m)	
T5	橋墩重量	1164 (ton)		B5	沉箱設計容積	56.4 (m³)	
T6	橋墩跨徑	35 (m)		B6	沉箱可填砂容積	29 (m³)	*使用卷輸入
T7	箱型梁與橋面版高	2 (m)		B7	沉箱側傾斜率	2.6 (1/100)	
T8	橋墩柱直徑	30 (m)		B8	沉箱側傾斜率	2 (1/100)	
T9	橋墩柱寬度	2 (m)		B9	沉箱側傾斜率	40 (1/100)	
T10	橋墩柱斷面積	8150 (m²)		B10	沉箱側傾斜率	2.6 (1/100)	
T11	沉箱土單位重	2.4 (t/m³)		B11	沉箱土單位重	2.4 (t/m³)	
T12	不透氣係數	0.85 (m)		B12	沉箱土單位重	2.4 (t/m³)	
T13	橋墩水流作用力常數	0.7		B13	沉箱土單位重	2.4 (t/m³)	
T14	橋墩水流作用力常數	0.7		B14	沉箱土單位重	2.4 (t/m³)	
T15	橋墩水流作用力常數	0.7		B15	沉箱土單位重	2.4 (t/m³)	

交通部運輸研究所 39

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

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	編號	橋基礎	請輸入	備註
T1	橋面版構件名稱	A5EC2	*使用卷輸入	A1	基礎構件名稱	F5EC2	
T2	橋墩柱構件名稱	F5EC2	*此處構件為SAP2000模型件對應之名稱	A2	橋墩柱部構件名稱	A5EC2	
T3	橋墩柱數量	1		A3	橋墩柱部構件長度	10 (m)	
T4	上部荷重	150 (ton)		A4	橋墩柱部構件寬度	8 (m)	
T5	橋墩重量	1680 (ton)		A5	基礎數量	8	
T6	箱型梁與橋面版高	2 (m)		A6	基礎構件長度	160 (m)	
T7	橋墩柱直徑	30 (m)		A7	最外側基礎距橋墩外側距離	1.5 (m)	
T8	橋墩柱寬度	26 (m)		A8	橋墩柱部構件高度	200 (m)	
T9	橋墩柱斷面積	50 (m²)		A9	基礎直徑	200 (m)	
T10	沉箱土單位重	2.4 (t/m³)		A10	基礎長度	258 (m)	
T11	不透氣係數	0.85 (m)		A11	橋墩水流作用力常數	1.4	
T12	橋墩水流作用力常數	0.7		A12	基礎水流作用力常數	0.7	
T13	橋墩水流作用力常數	0.7					

資料已輸入之橋墩 表單完成請按

更新日期 編修編號 確認上傳 清除並重新填寫

*欲刪除 已上傳之資料可按刪除鍵

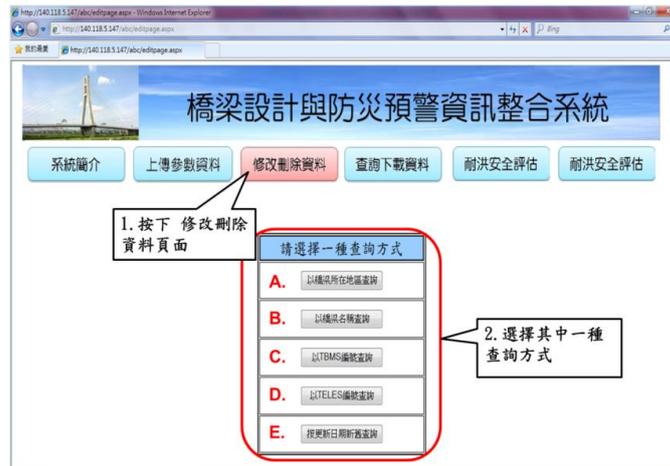
2. 按下確認上傳 (即完成一座橋墩資料輸入)

1. 確認表單無誤且無漏填

運輸研究所 40

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

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。



交通部運輸研究所 41

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

6. 查詢成功後，按下修改設計參數或修改Ay、Ac頁面連結後，使用者可進行資料修改或刪除。



交通部運輸研究所 42

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

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。

The screenshot shows the 'Bridge Design and Disaster Prevention Information Integration System' interface. A dropdown menu is open, showing five search methods (A-E). A table below lists bridge data with columns for bridge name, ID, name, date, and status. Download links are provided for each entry.

1. 按下 查詢下載資料頁面

2. 選擇其中一種查詢方式

1. 按下載連結後即可下載橋梁SAP2000模型(.mdb)

2. 按下載連結後即可下載該橋梁竣工圖(.rar)

3. 按下載連結後即可下載該橋梁設計文件(.rar)

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

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

The diagram illustrates the process of downloading a bridge SAP2000 model and importing it into the software. It shows a download button, a file icon, and a screenshot of the SAP2000 software interface with the 'Import/SAP2000 MS Access Database.mdb File' option highlighted.

下載

匯入

中彰大橋.mdb

*匯入模型
於SAP2000軟體工具列中選擇
(File/Import/SAP2000 MS
Access Database.mdb File)

交通部運輸研究所 44

五、橋梁耐震與耐洪分析資料管理模組擴充

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

六、結論與建議

結論

1. **跨河橋梁安全預警模組**，更新地形測量資料並納入水利署石岡壩防洪運轉資料，提升精確度
2. **橋梁地震通阻模組**，加入2011-2012年中央氣象局與2011-2015年港研港區地震資料，有效提昇地表震動預測模式準確度。
3. 選取一座橋梁為例進行耐震能力評估，輸入建置之橋梁耐震耐洪設計參數資料庫

建議

1. 未來仍需持續藉由不同地震與颱風事件進行驗證與修正系統中耐震與耐洪模組，以利模式之更新。
2. 橋梁耐震能力評估可藉由現地微震量測結果對照，可修正並精進結構模型。
3. 橋梁耐震耐洪設計參數資料庫之欄位設計可藉由更多橋梁之輸入以精進符合不同型式橋梁之需求。

簡報完畢
謝謝各位

交通部運輸研究所 47