

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

June
2020



ISSN 0253-3804



NT\$350



Volume 47, No. 3

社團法人
中國土木水利工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

鋼箱圍堰之
規劃與施工挑戰

工程技術及發展

都市更新

新北心都更

智慧防災科技

特輯



蘇花改

Suhua Improvement

遇見幸福的行旅

台九線蘇花公路 締結東部民眾往來北部區間
相對安全便捷的聯絡道路
讓人們的旅程有更多元的選擇

探索宜蘭到花東的風光景緻
感受東部遠離塵囂的悠閒步調
蘇花公路改善工程 讓旅行的腳步更自由



南澳·泰雅族

蘇澳·冷泉公園

花蓮·豐年祭



太魯閣國家公園



www.suhua.gov.tw



交通部公路總局 廣告 這裡還有更多訊息喔! <http://www.thb.gov.tw>

土木水利



社團法人中國土木工程學會會刊



上：固定式土石流觀測站硬體配置圖
下左：新店行政園區照片
下右：深槽區鋼箱圍堰系統下放完成情形

土木水利半月集

先進工程

- 混凝土工程
- 鋼結構
- 運輸工程
- 鋪面工程
- 資訊工程
- 工程管理
- 非破壞檢測
- 先進工程

永續發展

- 永續發展
- 國土發展
- 水資源工程
- 大地工程
- 海洋工程
- 環境工程
- 景觀工程
- 綠營建工程
- 能源工程
- 天然災害防治工程
- 工程美化
- 營建材料再生利用

國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習

- 工程教育
- 終身學習
- 土木史
- 工程教育認證
- 大學教育
- 技專院校
- 學生活動

學會活動

- 學會選舉
- 學術活動
- 土水法規
- 介紹新會員
- 專業服務
- 學會評獎
- 學會財務
- 年會籌備
- 會務發展
- 會士審查
- 公共關係 [工程倫理]

出版活動

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊

分會

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

發行人：宋裕祺

出版人：社團法人中國土木工程學會

主任委員：劉格非（國立臺灣大學土木學系教授、編輯出版委員會主任委員兼總編輯）

定價：每本新台幣350元、每年六期共新台幣1,800元（航郵另計）

繳費：郵政劃撥00030678號 社團法人中國土木工程學會

會址：10055台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：<http://www.ciche.org.tw>

電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

美編印刷：中禾實業股份有限公司

地址：22161新北市汐止區中興路98號4樓之1

電話：(02) 2221-3160

社團法人中國土木工程學會第二十四屆理監事（依姓氏筆劃排序）

理事長：宋裕祺

常務理事：李順敏 高宗正 張荻薇 楊偉甫

理事：王宇睿 余信遠 林呈 林曜滄 邱琳濱 胡宣德 胡湘麟

高銘堂 張政源 許泰文 陳仲賢 陳彥伯 黃慧仁 壽克堅

廖學瑞 鄭燦鋒 賴建信 謝啟萬

常務監事：王昭烈

監事：呂良正 李建中 沈景鵬 林其璋 楊永斌 謝佳伯

中國土木工程學會任務

1. 研究土木水利工程學術。
2. 提倡土木水利最新技術。
3. 促進土木水利工程建設。
4. 提供土木水利技術服務。
5. 出版土木水利工程書刊。
6. 培育土木水利技術人才。

土木水利雙月刊已列為技師執業執照換發辦法之國內外專業期刊，土木工程、水利工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、水土保持、應用地質及交通工程科技師適用。

中國土木工程學會和您一起成長！

中華郵政北台字第518號 執照登記為雜誌 行政院新聞局出版事業登記証 局版臺誌字第0248號

智慧防災科技特輯 (客座主編：周天穎院長)

- 📖 序言：智慧防災科技特輯 周天穎 3
- 📖 老舊公有零售市場建築耐震補強管理 黃亦敏／李秉乾／陳思云／陳美心 4
- 📖 應用遙控無人機撒播技術於崩塌地復育之試驗研究 林信輝／許愷岐／林卓毅 12
- 📖 工區安全智慧化管理
— 打造石門水庫阿姆坪防淤隧道智慧管理應用平台 陳肇成／王銘源／王貞文 19
- 📖 智慧化與科技化的遠端監控管理 吳益裕／周家慧／劉婉萍／方耀民 25
- 📖 智慧型水位辨識結合物聯網應用於土石流防災監測 黃國豪／黃效禹／林建良 30
- 📖 一維土砂動床模式應用於莫拉克後嚴重土砂沖淤問題分析與調適策略之模式建立
— 以旗山溪為例 傅桂霖／洪志祥／林秉賢／曾品潔／鍾侑達／許惠綺 36

都市更新

- 📖 新北心都更 黃一平 48

工程技術及發展

- 📖 鋼箱圍堰之規劃與施工挑戰 盧建州／楊晟豪／謝克岱 55

學會資訊看板

- 📖 109.7.24 2020 建築物耐震初評、弱層檢核系列講習會 24
- 📖 109.8.5 第24屆營建工程與管理學術研討會 24

廣告特搜

- 中興工程顧問股份有限公司 — 涓滴匯流出浩瀚成就 封底
- 交通部公路總局 — 蘇花改 遇見幸福的行旅 封面裡
- 臺北市政府捷運工程局 — 臺北捷運能成環 生活交通暢悠悠 封底裡
- 台灣世曦工程顧問股份有限公司 — 分毫不差 才足以教人驚豔 11
- 聯合大地工程顧問股份有限公司 — 調查·規劃·設計·監造·專案管理 35



智慧防災科技特輯

序 言

專輯客座主編 周天穎／逢甲大學建設學院 院長、終身特聘教授

科技發展日新月異，在 21 世紀最新科技如 AIoT, AR, VR, UAV, BIM, AI 等技術，已改變了我們各層面的日常生活，在防災領域應用上更提昇國民生活品質與安全保障。值新冠肺炎肆虐全球之際，國內產官學界善用資訊與科技優勢打造一層層防線，成功度過疫情的威脅，這就是科技輔助防減災之最佳典範，也再一次讓我們體會到應用最新科技於防減災預警應變之重要性。

近年降雨量及強度經常超過防洪設計標準降雨重現期，地震威脅仍如影隨形、地方與中央相關單位持續推動治理易淹水區域，以及各種防震減災措施，但受限於防洪治理工程以及建築工程有其保護極限，在颱風豪雨超過防洪設計標準、山崩土石流或淺層地震等災害衝擊下，部分地區仍時常面對各種致災風險所帶來之挑戰。然而工程手段有其極限，勢必不可能無限制地進行工程建設，需導入最新科技輔以非工程技術進行防災應變，進而提升各種治理防災工程建設效益，更能爭取足夠的時間進行整備及強化預警能力。

此特輯受主編劉格非教授邀請，特邀請產官學研界闡述不同領域應用智慧科技於防災、減災之範例。新科技應用在土木水利相關領域防災運用已然日漸成熟，本特輯以智慧防災為主軸，收錄六篇不同場域之智慧科技輔助防災專文，每篇都善用最新資通訊技術輔助工程及防災應變，更注重在實用面成果，實為產官學研界通力合作之最佳案例。

台灣各地的傳統市場多屬老舊建築，每日營市皆聚集大量人潮，被列為優先強化耐震的對象，經濟部發展老舊公有零售市場建築建置耐震補強管理平台，透過計畫整體生命週期 e 化控管，讓各界能了解公有零售市場耐震補強作業的相關流程，以及最重要的系統化工程管理方式，協助執行耐震補強工程上各階段無紙化，更能降低大量人力時間成本。

林務局應用無人機掛載遠端控制撒播系統，將草本、木本種子噴灑於崩塌地，善用最新科技在不易抵達之區域進行植生復育，充分發揮無人機功效，進一步掛載多光譜相機執行航拍並進行植生指數影像分

析，再透過植生粒劑復育率研究改善成效，相信未來對提昇台灣山區崩塌裸露地之復育率及降低土砂災害風險有相當助益。

中華工程承攬經濟部水利署石門水庫阿姆坪防淤隧道工程，為確保工區安全與學界合作發展工區安全智慧化管理機制，透過隧道內的物聯網感應器（BLE-WIFI 開道器），自動偵測所在人員位置姿態與身份，並在健檢站進行酒測及血壓量測，透過資通訊技術進行工區安全管理，預防重要工區職災之發生，未來更可運用在高科技廠房等室內安全管理，運用科技進行智慧化監控，達到安全第一、預防為主的管理目標。

水利署各河川局為防範不肖業者盜採砂石或傾倒垃圾廢棄物，近年來積極發展遠端影像監控技術，導入 CNN 類神經網路技術進行車型車牌辨識，研發自動化人、車、機具智能門禁監控管理機制，運用 BIM 技術進行環境建模，並透過 MQTT 標準進行各類感測器資料交換，透過智慧化技術有效進行河川地管理監控。

水保局在全國列管 1762 條土石流潛勢溪流，已在部分高潛勢溪流進行土石流觀測，近年更運用 LoRa 或 NB-IoT 通訊技術搭配自計式雨量計，達到廣佈雨量計掌握重要區域實際降雨量之目的，由點連成線再擴展到面的監測，透過密集之雨量監測網能更準確的發佈土石流紅黃警戒，更運用 CNN 類神經網路技術提昇日、夜間河道水位高度辨識之準確度，建立全方位土砂監測物聯網。

水保局近年亦持續進行土砂量變化觀測，透過斷面測量分析可了解集水區土砂變化趨勢。並運用 CCHE1D 一維土砂動床模式來推估 5 年、10 年至 25 年等不同重現期之河床土砂量，進行流域土砂管理資訊變動趨勢分析，並透過數值模擬成果，對各河段通洪狀況以及整體穩定度分析，提出短中長期策略之研擬，並作為河川清淤強度參考，改善河川通洪能量進而降低致災風險。

相信本特輯介紹之各項智慧技術運用，可提供各政府及產業界在未來相關場域參考，拋磚引玉期待各界不吝指教，冀能與各領域產官學研界互相交流砥礪精進，充分發揮科技輔助防災應變之效益。 



老舊 公有零售市場

建築 耐震補強 管理

黃亦敏／逢甲大學土木工程學系 助理教授
李秉乾／逢甲大學土木工程學系 教授
陳思云／逢甲大學地理資訊系統研究中心 經理
陳美心／逢甲大學地理資訊系統研究中心 科管處處長

內政部評估國內老舊建築物約有四成耐震能力不足，依據國內過去的地震經驗，經過耐震補強的建築物，確能降低受損機率，因此內政部營建署推動「建築物實施耐震能力評估及補強方案」，而各地的傳統市場因為多屬老舊建築，每日營市便聚集大量人潮，也被列為優先強化耐震的對象。本文介紹國內首次針對老舊公有零售市場所進行的建築結構耐震補強案例，凡為 88 年 12 月 31 日以前建造的公有傳統零售市場，地方政府都可向經濟部提出耐震能力評估補強計畫，經審核通過者，政府將補助經費，以改善公有零售市場建築物耐震能力。本文除介紹老舊公有零售市場建築結構耐震補強審查評估作業外，也對案例中所建立的工程管理方式「公有零售市場耐震補強資訊平台」加以說明，期能藉由本文的介紹，讓各界能了解公有零售市場耐震補強作業的相關流程，以及最重要的系統化工程管理方式，在協助執行耐震補強工程上，所發揮的效果，以供各界參考運用。

前言

臺灣位處於太平洋地震帶，內政部評估國內老舊建築物約有四成耐震能力不足。依據國內過去的地震經驗，經過耐震補強的建築物，確能降低受損機率，因此內政部營建署推動「建築物實施耐震能力評估及補強方案」，對象為各地之機關、學校、醫院、場館、車站等公眾聚集之處，而各地的傳統市場因為多屬老舊建築，每日營市便聚集大量人潮，也被列為優先強化耐震的對象。

本文介紹國內首次針對老舊公有零售市場所進行的建築結構耐震補強案例，其對象為凡符合內政部營建署「建築物實施耐震能力評估及補強方案」（民國 88 年 12 月 31 日以前建造）的公有傳統零售市場，地方

政府都可向經濟部提出耐震能力評估補強計畫，經審核通過者，政府將補助經費，以改善公有零售市場建築物耐震能力，維護公共安全。

本文除介紹老舊公有零售市場建築結構耐震補強作業外，也對案例中所建立的工程管理方式加以說明，期能藉由本文的介紹，讓各界能了解公有零售市場耐震補強作業的相關流程，以及最重要的系統化工程管理方式，在協助執行耐震補強工程上，所發揮的效果，以供各界參考運用。

老舊公有零售市場結構耐震補強評估

老舊公有零售市場結構耐震補強計畫的作業流程是由篩選有結構安全疑慮的市場開始，並排列其優先

順序，供中央單位及地方執行單位參考，據以編列經費及施工計畫。本案例執行過中，藉由專業團隊的協助，協助經濟部蒐集各地方呈報之待補強公有零售市場資料，經過一定的流程及評估後，提請上級單位審查，通過後進行實質預算核撥及發包施工作業。本案例預計完成期程為 110 年 8 月，目前仍在進行階段。全部工作期程可概分為三個階段，分別是初期資料審查、中期細部審查及施工計畫評核，以及後期發包施工進度管控，在這過程中，專業團隊協助主管機關管理各項工作之規劃、問題回報、評估審查、進度追蹤等專案管理事項。

作業要點及辦法

為能有效的執行結構耐震補強，必須要先明確的訂定結構物安全評估流程，及流程中所需要的辦法或準則。本案例專業團隊針對公有傳統零售市場耐震評估等相關計畫案，研擬制定「經濟部補助公有零售市場建築物耐震能力評估及補強作業要點」，用以執行審查及補助作業。除制定前述作業要點外，同時定訂「經濟部補助公有零售市場建築物耐震能力評估及補強審查作業流程」，並配合各項作業提供以下文件供執行單位參考。

1. 經濟部辦理公有零售市場耐震能力詳細評估工作標價清單。
2. 補強設計及監造費用計價方式。
3. 公有零售市場結構耐震能力補強使用阻尼器設計之審查注意事項。
4. 補強工程經費支用範圍。
5. 補強工程經費補助優先原則。

根據「經濟部補助公有零售市場建築物耐震能力評估及補強審查作業流程」，作業流程包含「專業審查」及「行政審查」，其中專業審查流程略述如圖 1～圖 3 所示。

審查委員會

在審查流程中的各個階段，都必須經由專家學者所組成之審查會議進行細部審查及討論。在本案例中，審查作業是採用建立審查委員會的方式，邀集多位具土木、建築、結構等專業學經歷且曾執行或審查耐震詳評或補強之學者專家參加，建立專家名單，並對各位專家曾協助審查之案件建立記錄，供後續管理單位參考運用。

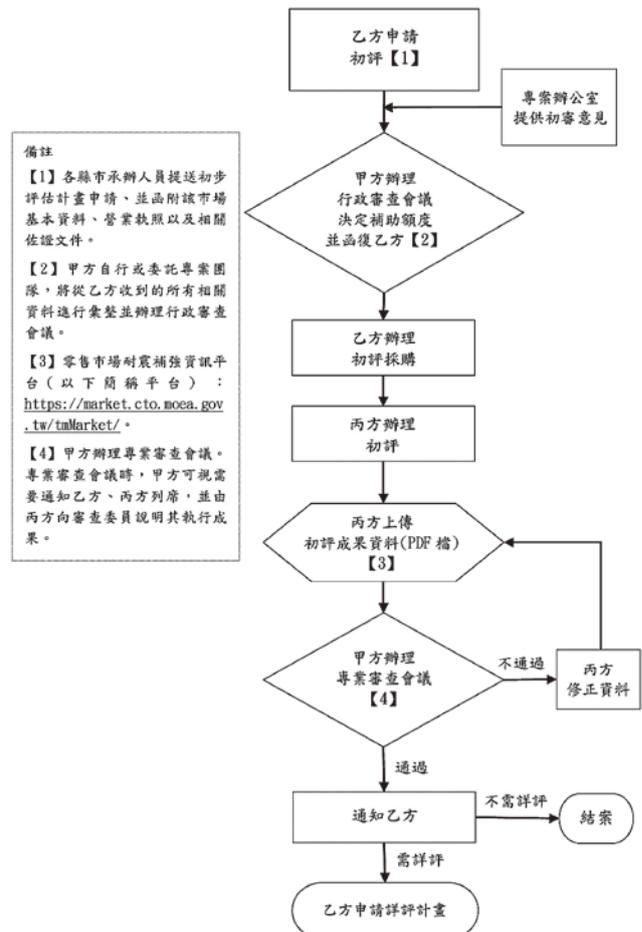


圖 1 初步評估審查流程

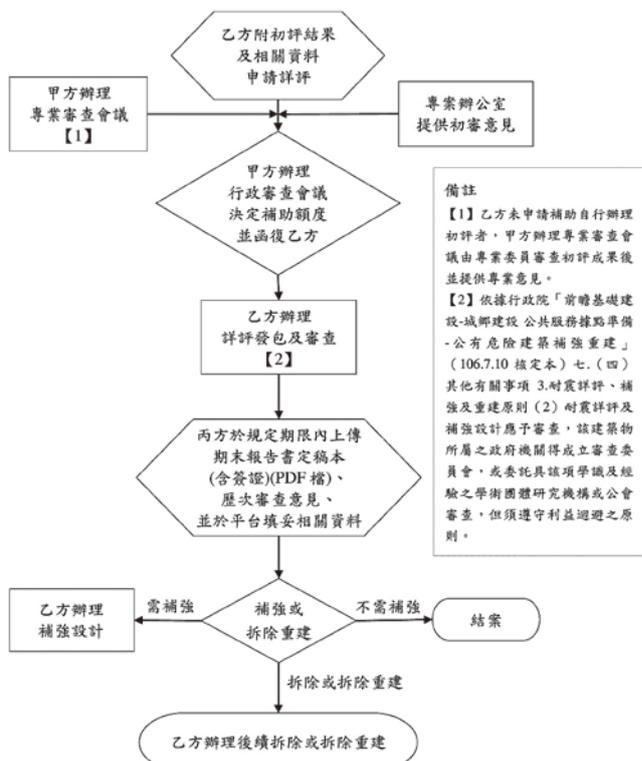


圖 2 詳細評估審查流程

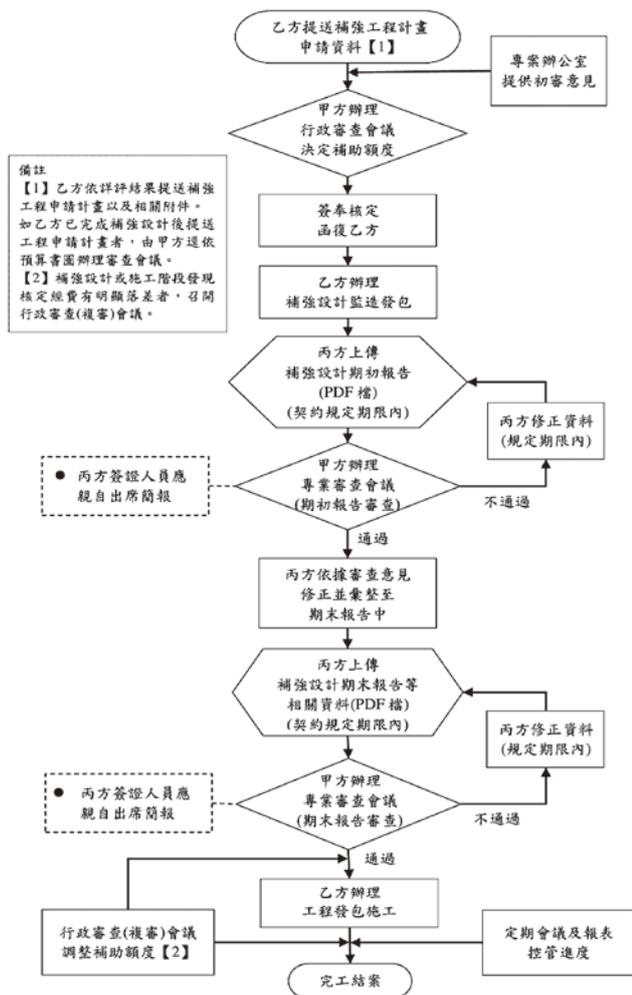


圖 3 補強設計及工程審查流程

專案管理作法

基於前述的作業流程及審查作業所需，在執行過程中，需要有系統的提供各項相關資料供執行者使用。站在專案管理的角度上，本文所介紹案例中，至少需要專業團隊協助以下事項：

1. 現行公有零售市場基本資料整理及排序
2. 地方政府申請資料管理
3. 各階段審查會議中案件資料呈列及審查意見記錄
4. 經費審查及核定、工程執行內容查核
5. 工程進度追蹤及回報

上述事項都包含了大量的文書作業及資料填報，若按傳統方式，以紙本傳遞、記錄的話，會造成相當大量的紙張浪費，也會耗費過多的人力在文書繕打上，因此必須要建立一套能夠節省作業時間，又能妥善處理及呈現資料的方式，才能有益於專案進度管

理，因此本案例之專業團隊，採用資訊技術，建立一套專案管理系統，來達成這項目標。

系統化專案管理平台

在本案例中，為能即時掌握「建築物實施耐震能力評估及補強方案」之各項計畫實質內容是否合理，並落實進度管制，本案例專業團隊利用資訊技術建置「公有零售市場耐震補強資訊平台」，該資訊平台配合補助計畫管考作業申請，導入資訊化作業及自動化管理，以簡化行政流程及降低服務成本，並強化各項業務執行之深度與準度，進而達到政策落實與執行成效展現之目的。

平台運作與功能架構

「公有零售市場耐震補強資訊平台」(圖 4) 建置之核心在於補助計畫整體生命週期 E 化控管，並在計畫管考生命週期裡，系統透過導引式作業流程，自計畫申請、初步評估、詳細評估、補強設計至補強工程等階段，提供地方政府人員與承攬計畫之專業人員能快速掌握計畫管考系統填報內容與流程，並有效保存計畫進度、經費與成果等全貌資訊。平台運作架構可分為 5 大面向，包含標準規範、技術架構、系統管理、成果典藏、推廣服務等(圖 5) 項，充份結合政策及業務執行二大層面。為滿足補助計畫各項管考需求，「公有零售市場耐震補強資訊平台」已開發共 18 大項逾 60 子項功能模組，該平台包含工程管理子系統、案件統計及市集評核行動系統，以提供業務執行之資訊化輔助，並使計畫執行生命週期各階段資訊得以完整保存。

系統重要管理元素與特色

業務全生命週期資訊化管理

面臨數位化的新時代，智慧運用資訊科技可大幅提昇效率、掌控案件全貌以及確保決策品質、更是電子化的必要條件。「公有零售市場耐震補強資訊平台」將建築物實施耐震能力評估及補強方案之各項計畫整體業務進行資訊化管理，流程包含計畫申請、計畫審核、初步評估、詳細評估、補強設計、補強工程、成果典藏等。其中針對補強工程亦建置工程生命週期管理子系統，如圖 6 所示。各作業階段都有重要工作項目及業務流程需要執行，藉由電腦化管理，可提供全方位的進度回報機制與各式分析資訊，有效協助業務之執行。



圖 4 公有零售市場耐震補強資訊平台畫面



圖 5 資訊平台整體運作架構

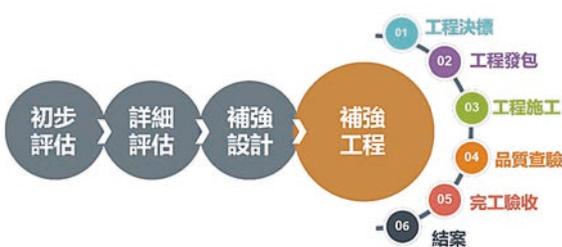


圖 6 補強工程業務整體作業生命週期管理

直覺式導引流程操作體驗

在計畫管考生命週期，系統透過導引式作業流程進行設計，如圖 7 所示，自計畫申請、初步評估、詳細評估、補強設計至補強工程等階段，業務單位人員只需依循系統指示進行階段性資料回報即可漸進式熟悉補助計畫流程及業務執行相關注意事項，並可藉由系統輔助快速掌握計畫管考系統填報內容與流程，並有效保存計畫進度、經費與成果等全貌資訊。

系統化審核與主動通知流程

補助計畫業務執行流程納入審核流程，並依據時程與角色層級不同設計審核流程作業，以確保達到計畫監督成效，審核類別包含帳號申請審核、評估及補強資料審核、計畫階段性確認等，不同的審核類別會依據其流程提交給相關權責人員進行審閱，審閱訊息亦由系統自動發送信件通知相關人員，如圖 8 所示，並於系統個人化資訊面版自動提醒顯示其資訊。

有效掌控預算經費執行情形

為瞭解補強工程預算經費及經費支用之情形，系統提供預算經費登錄模組（圖 9），內容包含設定預算經費資料及各期撥付經費支用資料；補強工程若已有經費撥付情形，可依次登錄經費支用資料，包含撥付對象、撥付日期及撥付經費項目金額等欄位，而系統

圖 7 計畫生命週期各階段導引執行

圖 8 審查流程線上 E 化與資訊通知

撥付對象	撥付日期	直接補強工程費用(A)	修繕工程費用(B)	工程其他費用(C)	補強設計費(D)	補強監造費(B)	補強工程費(E)	空氣污染防治費(G)	材料抽驗費(H)	合計
地方政府	108/04/09	0	0	0	0	0	100	100	100	300
技師	108/04/12	0	0	0	10	50	0	0	0	60
營造廠商	108/04/12	10	10	10	0	0	0	0	0	30

圖 9 預算與經費執行情形管理

依據所選取之撥付對象之不同，對應顯示可填報之經費項目欄位，並在登錄經費支用資料後，可由系統自動化計算經費支用合計等資料，透過預定與實際經費管控可效掌握經費執行現況。

進度追蹤輔以自動提醒與稽催

透過系統化管理即可由各計畫執行人員主動至系統回報執行進度，如補強工程執行期間需定期更新工程執行進度及預算辦理情形，以瞭解工程執行現況及最新進度，系統提供地方政府機關人員定期登錄最新工程進度資料作業（圖 10），包含月份、工作項目、權重、預定工程進度、實際工程進度等，若工程有進度落後情形，則需填寫落後原因、解決辦法、預定改善

月份	工作項目	權重	預定工程進度	實際工程進度	進度落後原因、解決辦法、預定改善完成期限
108年4月上半月	-	-	40	40	
108年5月上半月	-	-	50	50	
108年5月下旬	123	10	100	100	

圖 10 工程實際進度定期追蹤填報畫面

完成期限等資料，若地方政機關人員未定期登錄最新工程進度資料，系統則自動判斷並於系統顯示相關訊息（圖 11），亦同時輔以主動式信件提醒與稽催機制，使計畫執行生命週期各階段皆能有效率的掌握，實現政府電子化管理之目標。

圖 11 工程進度落後填報提醒訊息

客製化報表快速產製與轉檔

資訊平台提供各項補助計畫相關之查詢功能，系統使用者透過多元查詢機制，如計畫名稱關鍵字、執行階段、決標日期等條件設定，即可快速查詢各項階段計畫資料，管理所需之資料與報表文件，可由系統隨時立即產生，毋需以人工方式耗費大量時間進行資料整，並可一鍵式按鈕即將系統表單轉檔輸出 Excel 格式，提供後續加值利用。

會議無紙化及資訊行動化管理

公有零售市場耐震補強各項計畫審查作業，會需要查詢多項文件資料，原作業方式採用印出紙本方式進行，然印出紙本不僅浪費資源，更加重參與人員攜帶資料之負擔，且為響應政府提倡節能減碳，本案例開發 APP（圖 12），提供會議參與人員透過該行動平台

即可登入瀏覽會議相關資料，並可進行計畫資料查詢作業，以提昇會議行政效能，並達到資訊 E 化及節能減碳愛地球之目標。

另為使業務單位能更簡易取得市場耐震評核統計資訊，及讓民眾查詢市集評核資訊，透過視覺化、簡潔化的圖表形式建置「公有市場耐震與評核成果」行動查詢模組，使資訊取得更快速與方便（圖 13）。



圖 12 會議無紙化行動模組



圖 13 市場耐震評核統計資訊行動模組

平台資訊化重要效益

「公有零售市場耐震補強資訊平台」導入後，完整依照公有零售市場耐震補強計畫管理特性與業務流程進行 E 化並提供智慧化服務，系統使用者與管理者透過系統即可迅速且即時查詢最新案件執行進度、經費、內容等資訊，利用電子化管理及多元化服務已為公有零售市場耐震補強管理帶來多項實質成效，包含：

時間與成本效益

E 化的目的在於提昇整體作業效率，並有效達到降低人員、時間與耗材等成本之目的，系統建置後在人力作業所花費的時間大幅減少，是系統 E 化所帶來最明顯的效益，系統除了簡化作業流程更大幅節省相關成本，如資料產製時間成本、電話 / 信件 / 公文溝通成本、紙張印製成本等。

業務效益

系統對於公有零售市場耐震補強計畫管理相關業務有著極大的幫助，從計畫申請、計畫審核、初步評估、詳細評估、補強設計、補強工程、成果典藏，皆進行 E 化管理，協助業務單位快速掌握各階段資訊，在各項案件檢討亦可藉由系統快速產製所需之各式報表。

資訊資產有效保存

資料為各項建設發展之基礎建設，因此資料應視為重要資產並透過管理手法以永續經營。所有的產品或活動都有其生命週期 (Life Cycle)，資產的管理亦須以生命週期為範疇，方能在資產從無到有的各階段給予周全的考量。公有零售市場耐震補強計畫執行生命週期中所牽涉的人、事、物資訊皆是非常重要的資訊資產，目前收錄成果如下：

1. 系統使用人數：約 260 人。
2. 案件數：900 餘件。
3. 案件檔案數：480 餘件。
4. 檔案共享下載：100 餘件。

無形效益

除了實際業務面與功能面所帶來的效益外，系統也產生許多「無形效益」，包括促進政府資訊流通、提昇整體工作效率、簡化作業流程、強化溝通交流、降低服務成本及技術創新之便利性等，這些無形效益所隱含的意義與影響甚至會比有形的效益更深遠。

執行成效

全國公有零售市場總數為約 500 多處，其中 366 處為 88 年建造完成之老舊市場，且已有超過 6 成市場

已核定報耐震補助計畫，如圖 14 所示。為追蹤各補助計畫執行情形，本案例專業團隊每月 2 次定期彙報有關各受補助公有零售市場補強及拆除重建工程案件實際執行進度，並將所有資料登錄在「公有零售市場耐震補強資訊平台」，隨時提供最新訊息。

公有零售市場耐震補強作業執行期間，已提報之件數總計有 860 餘件需求計畫提報，如圖 15。本案例執行至目前階段，總計核定約 760 餘件計畫，已完成補助公有市場 230 餘處，召開約 20 次行政審會議、140 餘次專業審查會議，並完成初步評估約 30 次、詳細評估 10 餘次、補強設計約 100 次（期初及期末審查合計）。

在業務執行過程中，所有的進度追蹤及回報，皆透過線上作業平台聯繫中央與地方單位，保持計畫進度的最新狀態，並完整保留各項環節的資料及文書記錄，在「公有零售市場耐震補強資訊平台」的多項功能及資料庫的輔助下，本案例執行成果相當符合預期，並大幅的協助業務單位完成公有零售市場建築耐震補強目標。

結論

對於國內老舊公有市場建築的結構耐震補強作業，其流程及項目與以往教育部推動的國中小校舍耐震補強計畫不同，除了公有市場的相關人員、單位及商家較學校多外，補強的時間期程安排也較學校困難，進而選用的補強方式也必須有其他選擇。就前述的不同點，與校舍耐震強作業相比，公有市場的耐震補強作業相對複雜許多。但提昇建物安全是政府責任，對人民也是安心的保障，因此在管理老舊公有市場建築耐震強作業計畫時，就需要專業的團隊及有效的管理工具。本篇文章所提的管理方式，主要利用現行科技技術，將以往需耗費大量時間謄打及紙張印製的環節，都改為網路化、電子化作業，納入線上作業系統，建立雲端資料庫及使用平台，讓專業管理團隊及各級地方單位，都能經由統一窗口，獲得最新的工程資訊，以及利用平台回報進度、溝通問題、提醒及追蹤等，實現出一個無落差的工程管理環境。本文所舉之案例，為國內首次針對公有市場建築施行耐震補強，藉由本案例所建立的標準評估流程及作業準則，都值得其他單位參考，而案例中所實行的管理系統平台，電子化（無紙化）、系統化、自動化也是現行及未來科技管理方式的主流，除在本文案例中應用在

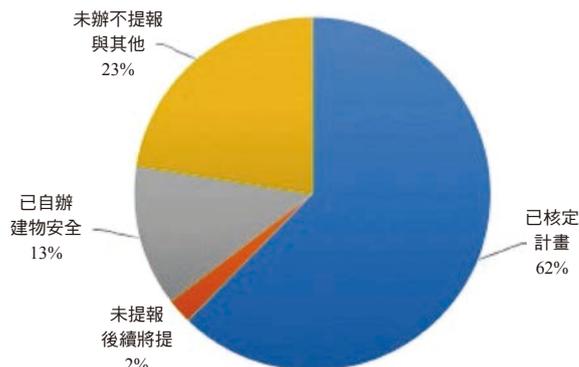


圖 14 公有老舊市場（88 年前建造）提報情形

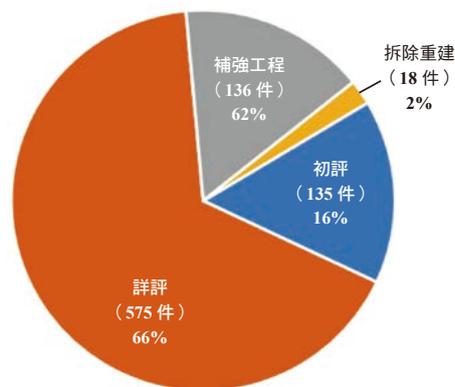


圖 15 各階段已提報案件數

公有市場耐震補強作業上，也可應用於其他類型工程管理。希望藉由本文的介紹，能讓國內工程業界及學界，學習到耐震補強工程之管理方式，俾益於未來各類工程發展所需。

參考文獻

1. 李秉乾等（2019），108 年度「公有危險建築 補強重建 - 公有零售市場」委託專案管理計畫，經濟部中部辦公室。
2. 李秉乾等（2018），106-107 年度「公有危險建築補強重建 - 公有零售市場」委託專案管理及研究計畫，經濟部中部辦公室。
3. 日本構造物診斷技術協會，1994，「混凝土構造物的健全度診斷技術開發研究報告書」。
4. 校舍耐震資訊網，評估與補強文件，檢自 <https://school.ncree.org.tw/school/home/news.php>（109 年 4 月 27 日）。

歡迎加入學會



www.ciche.org.tw
下載入會申請書



中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

e-mail: service@ciche.org.tw
電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260

分毫不差

才足以教人驚豔

搏得滿堂喝采的每一場演出，廣為客戶信賴的每一回肯定，
台灣世曦連番榮耀背後的，永遠都只是「專業」的累積，
以及「用心」的執著。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity



台灣世曦
工程顧問股份有限公司

台北市11491內湖區陽光街323號
Tel:(02) 8797 3567 Fax:(02) 8797 3568
<http://www.ceci.com.tw> E-mail:pr@ceci.com.tw



應用遙控無人機撒播技術於崩塌地復育之試驗研究

林信輝／國立中興大學水土保持學系 兼任教授

許愷岐／國立中興大學水土保持學系 博士生

林卓毅／易圖科技股份有限公司 專案經理

遙控無人機 (Unmanned Aerial Vehicle, 以下簡稱 UAV) 技術於近年已有大幅發展, 利用其高機動性、即時性及一定酬載能力等條件, 經過微幅改裝腳架後掛載各式不同工具, 透過遠端遙控拍照、撒播等作業可應用於非常多領域。而本研究則自行設計遠端控制撒播系統裝, 掛載於遙控無人直升機支腳架, 針對人力難以到達之國有林崩塌地進行植生復育試驗。後續掛載多光譜相機執行航拍並進行植生指數影像分析, 且以人力現地觀察。最後經後續觀察評估植生復育情形良好, 植生覆蓋率約在 10 ~ 15% 之間, 植生粒劑內部種子發芽率達 50% ~ 70%。本研究結果發現無人機撒播工法若能配合播種時機與適合環境條件下執行, 對於崩塌地之植生復育, 應具有相當之可行性。

關鍵字：無人機、撒播系統、植生資材

前言

對於山區植生復育作業, 相較一般直升機, 其具有更高的機動性與即時性, 可避免不必要的人員風險。國有林地之崩塌災害, 大多為交通可及性低, 規模差異甚大、且地形陡峻或位於深山偏遠處之區域, 以致無法以一般坡面植生工法進行之整治與植生復育。因此, 如能將 UAV 的特性應用於植生基材之導入作業, 對於國有林深山偏遠處之崩塌地災害植生復育, 應有相當成效與突破。

近年遙控無人機之相關研究與技術已大幅進步, 結構設計部分蘇明達 (2017)^[1] 則利用負載譜分析方法提供無人機起落架結構對於疲勞設計之研究; 李秉諺 (2013)^[2] 利用 DGPS 輔助站持續發送定位校正資訊給即將進場之無人飛機, 提升無人飛機自動降落資訊的準確度; 陳俊穎 (2012)^[3] 考量地形資料誤差、GPS 定

位誤差、安全要求以及無人飛機本身效能, 應用 theta star 演算法設計低消耗之無人飛機路徑規劃; 陳卓欽 (2001)^[4] 利用 GPS 導航的無人飛機之系統設計, 達到視距外自動駕駛。

無人機之技術發展, 可衍生各領域多項應用。如藍船昕 (2015)^[5] 等人設計 4 小時長滯空無人飛機, 最高可酬載 5 kg, 以適用於災後救援及勘災等用途; 張寶堂 (2019)^[6] 利用無人機系統航拍輔助土地復丈使用; 謝秉成 (2015)^[7] 針對兩種無人飛機滑翔空投模式進行實驗與探討, 一是水平飛行投射法, 另一種為翻轉向下垂植投射法, 比較兩種模式之準確性以當作滑翔炸彈控制邏輯可行性之參考。

本研究蒐集相關國內外航空植生文獻與探討作為執行研究基礎, 並配合民航局之民用航空法修正, 擬定無人載具航空植生作業申請程序及飛航許可, 利用單旋翼

遙控無人機並自主設計研發撒播系統進行測試，完成 3 處各類型崩塌地作業經驗。另研發適宜無人機之植生資材粒劑中以草本種子為主輔以木本種子，並以團粒化的方式製作粒劑。因應林務局所轄崩塌地多位於海拔較高之山區，利用單旋翼無人載具並自主設計研發撒播系統進行試作，藉由整體作業流程建立以及利用無人機掛載多光譜相機於現地拍照後，利用影像進行植生復育率百分比分析，評估整體作業流程之可行性研究。

作業區位及方法

無人機作業難度類型比較

崩塌地的立地條件直接影響合適的無人載具類型選擇，包括合適的起降點距離、飛行路線與地形複雜度、飛行高度…等，大致可分為三種作業難度說明如表 1。

試驗範圍

本計畫於台灣國有林內崩塌地中，挑選低作業難度 1 處及中等作業難度 2 處，共 3 處崩塌地作為試驗範圍。於崩塌地內選取約 0.2 公頃之崩塌面積，進行 UAV 航空植生播種，區位資料如表 2。

植生粒劑播種設計量

經評估若欲於 0.2 公頃面積內植生粒劑播種量之期待發芽株數（草本 1,800 株 /m² 木本 300 ~ 600 粒 /m²），三區各以 150 公斤粒劑量為適宜之播種量。以該設計量進行播種，在均勻播種情形下，每平方公尺平均為 15 顆植生粒劑散佈落下，每顆粒劑內含有近 300 ~ 400 顆草本種子與 30 ~ 50 顆木本種子，故播種後粒劑隨時間逐漸生長，並促進周遭之植生進入，以達到植生覆蓋效果。本次計畫三處崩塌地植生粒劑播種量如表 3 所示：

表 1 作業難度類型與崩塌地示意圖

作業難度	說明	示意圖
低難度	<p>任務直線距離小於等於 1 公里，且航線空域通透，可目視目標區；</p> <p>在這樣的條件下，可考慮使用 6 軸或 8 軸多旋翼無人載具執行撒播任務。</p>	
中難度	<p>任務直線距離大於 1 公里以上，航線空域通透雖可目視，但中間有許多障礙物；</p> <p>在這樣的條件下，雖然可考慮使用 6 軸或 8 軸多旋翼無人載具執行撒播任務，但使用載重量高、飛行距離長且續航力長的單軸無人載具較合適。</p>	
高難度	<p>任務直線距離大於 1 公里以上，航線空域須越過另一座山頭才能抵達目標區；</p> <p>在這樣的條件下，需考慮山區紊亂的氣流，較長的航程、較高的飛行高度以及各類型的突發狀況等因素，則以載重量高、飛行距離長、抗風能力較佳且續航力長的單軸無人載具較合適。</p>	

表 2 試驗區位資料

地點	區位資料		空拍影像
濁水溪事業區 22 林班 (難度低)	崩塌地坡度 (角度)	35.8	
	崩塌面積 (ha)	2.8	
	播種面積 (ha)	0.23	
太平山事業區 77 林班 (難度中)	崩塌地坡度 (角度)	45.1	
	崩塌面積 (ha)	6.3	
	播種面積 (ha)	0.26	
大甲溪事業區 8 林班 (難度低)	崩塌地坡度 (角度)	30.9	
	崩塌面積 (ha)	6.3	
	播種面積 (ha)	0.24	

表 3 崩塌地植生粒劑播種設計量

項目	濁水溪事業區 22 林班	大甲溪事業區 8 林班	太平山事業區 77 林班
播種面積 (ha)	0.2	0.2	0.2
粒劑播種量 (kg)	150	150	150
粒枝數量 (顆)	約 30,000	約 30,000	約 30,000
種子量	草本	300 ~ 400	300 ~ 400
	木本	30 ~ 50	30 ~ 50

無人機及播種設備

無人機設備

目前國內較常見之多旋翼型無人載具，包含商售機種與自組機種，以多旋翼型載具較為常見，其動力來源為電池及馬達，優點為操作簡易，但缺點為飛行時間較短以及載重不高（如表 4）。

考量飛行特性、飛行時間、酬載能力及山區陡坡與地表崎嶇複雜性，故選擇以易圖科技股份有限公司研發設計之 AG-3 高載重多功能無人機進行現地播種試驗。UAV 之性能說明如表 5。

播種設備

本次試驗使用之播種裝置如圖 1，是以 3D 列印製成之箱體掛載至 UAV 機體兩側，箱體之容積約 4 公升，透過遙控閥門控制開口，閥門片上設計斜度，使植生粒劑可於閥門開啟後順利播種於目標範圍內。

投放航線與點位規劃

為有效規劃航線，本試驗先行進行飄散測試，依成果 50 公尺高度的風速為 3 級風（約 3.4 ~ 5.4 m/s），單次投擲粒劑 8 公斤，集中散落半徑約 3 公尺，覆蓋面積約 30 平方公尺；最大擴散半徑約 5.5 公尺，覆蓋面積約 95 平方公尺，飄散測試結果如圖 2。

表 4 國內常見多旋翼無人載具性能諸元比較表

機型	六軸旋翼機	八軸旋翼機	四旋翼
型號	DJI Matrice 600 Pro	DJI MG-1	Alta X
最大軸距	1688 mm	1520 mm	2273 mm
最大起飛重量	15 kg	22.5 kg	34 kg
動力系統	六軸	八軸	四軸
抗風性(級風)	5	5	5
續航力	15 min 左右	10~20 min 左右	20 min 左右
相機	不含	不含	不含
最大載重	6 公斤	10 公斤	15 kg
投擲方式	脫勾器	目前為噴灑農藥	脫勾器
防水	可	可	無
價格	20 萬左右	40 萬左右	50 萬左右
智能介面	有	有	
說明	2016 年由 DJI 推出八軸旋翼型飛行器，操作介面已整合，主用於航拍，最大優點為可使用 DJI GO 軟體介面，可載重達 6 公斤，缺點為價格偏高。	MG-1 為大疆公司專為農業植保設計，配備專屬遙控器與控制軟體，藥箱重量約 10 公斤。操控便利，但缺點為須使用專屬充電器，若需大面積作業，充電效率上需要考慮。	2019 年 Freefly 設計，掛載 10 公斤可持續飛行 20 分鐘，可航線規劃，專為載種設計的多旋翼廠家
			

表 5 AG-3 無人機性能

UAV 型號	AG-3	
UAV 軸數(軸)	1	
最大起飛重量(kg)	28 kg	
抗風性(級風)	8	
續航力(min)	60	
負載重量(kg)	15 kg	



圖 1 播種裝置示意圖

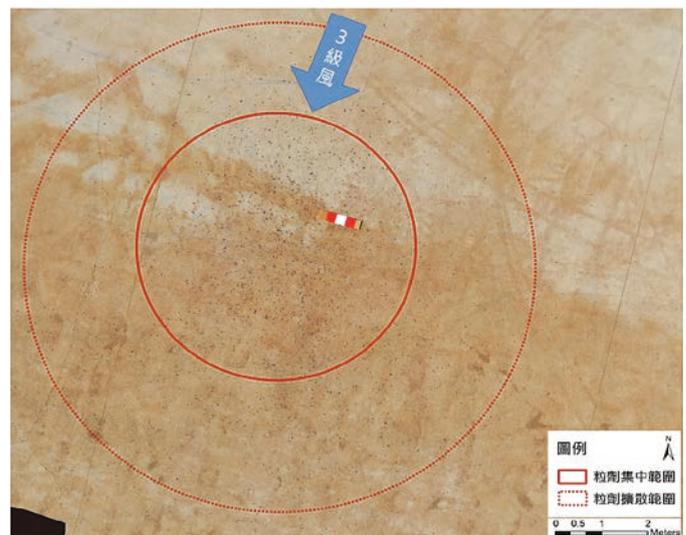


圖 2 粒劑飄散測試成果圖(投擲高度 50 公尺 / 風速 3 級風)

本次計畫三處投放航線與點位規劃如圖 3 至圖 5 所示。另太平山事業區 77 林班因配合現地風勢，進行航線微調。

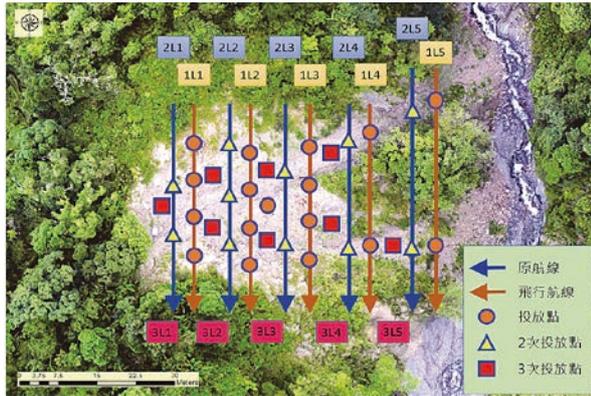


圖 3 太平山事業區 77 林班投放航線與點位規劃圖

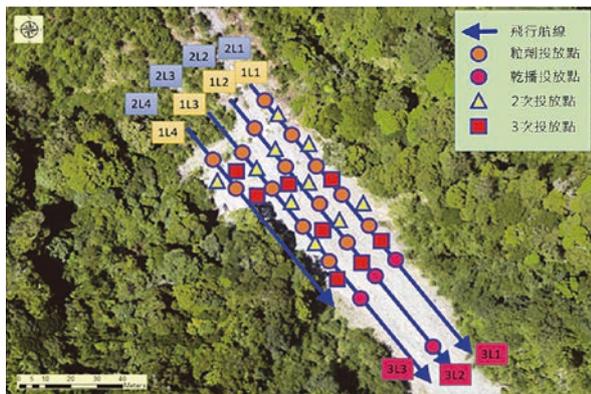


圖 4 大甲溪事業區 8 林班投放航線與點位規劃圖

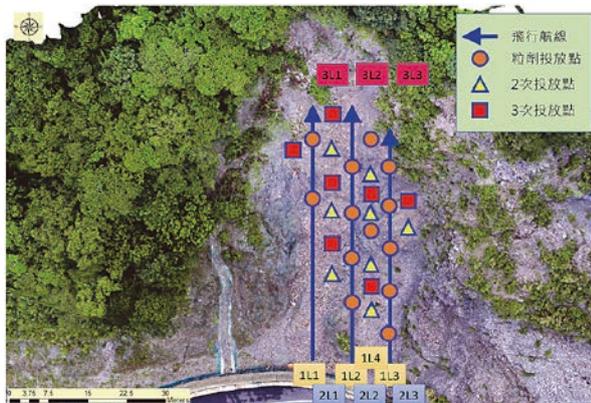


圖 5 濁水溪事業區 22 林班投放航線與點位規劃圖

UAV 播種成果

播種與調查時間

材料備齊與選定後於 2019 年 4 月進行第一次植生粒劑播種，本次播種量約 100 kg，後續於 2019 年 5 月進行第一次觀察，發現該試驗區因汛期豪雨影響，導致粒劑遭受掩埋。因此於 2019 年 6 月進行第二次追播，並於 7 月透過 RGB + NIR 之空拍機配合現地調查以該崩塌地之植生復育情形，3 處投擲成果統計如表 6。另利用無人機搭載相機設備進行側邊拍攝記錄如表 7。

太平山事業區 77 林班

本試驗區播種後歷經約 1 ~ 2 個月生長期，進行可見光影像與 NIR 影像拍攝，並以 NDVI 指數輔助確認，進行植生復育分析；成果顯示（如表 8），太平山事業區 77 林班試驗區植生回復覆蓋面積約 254.36 m²，覆蓋率約 10.17%。

大甲溪事業區 8 林班

本試驗播種後歷經約 1 ~ 2 個月生長期，利用小型空拍機拍攝近地影像，配合 NDVI 指數輔助辨識。經覆蓋率分析成果顯示（如表 9），在局部區塊，因粒劑容留條件較佳，整體覆蓋率約 12.21%；現地上游仍有持續崩塌的情形，因此多為崩積岩屑與崩積土壤，部分被崩積土與岩屑覆蓋的粒劑，仍有發芽生長的機會，未來可持續利用植生指數進行調查監控復育情況。

濁水溪事業區 22 林班

本試驗播種後歷經約 1 ~ 2 個月生長期，利用小型空拍機拍攝近地影像，配合 NDVI 指數輔助辨識。經覆蓋率分析成果顯示（如表 10），在局部區塊，因粒劑容留條件較佳，整體覆蓋率約 15.63%；另在人力可達區域，進行現地檢視，成果顯示除了草本種子發芽狀

表 6 三處試驗區投擲成果統計

試驗區	航線距離 (趟)	作業時間 (每趟)	投放高度 (離地高)	作業日期	飛行趟次	總投放量 (kg)
太平山事業區 77 林班	3 km	12 min	60 ~ 70 m	108/4/26	3 趟	20 kg
				108/6/21	18 趟	110 kg
				108/6/26	12 趟	80 kg
大甲溪事業區 8 林班	1 km	6 min	60 ~ 70 m	108/4/23	15 趟	100 kg
				108/6/27	8 趟	50 kg
				108/6/28	9 趟	60 kg
濁水溪事業區 22 林班	0.1 km	3 min	50 m	108/4/23	15 趟	100 kg
				108/5/16	7 趟	50 kg
				108/6/15	8 趟	60 kg

表 7 三處試驗區 UAV 播種平面及側拍影像

	播種正拍影像	播種側拍影像
太平山事業區 77 林班		
大甲溪事業區 8 林班		
濁水溪事業區 22 林班		

表 8 太平山事業區 77 林班播種後正射、NIR 影像及植生覆蓋率成果

播種後正射影像 (108/7/29)	播種後 NIR 影像 (108/7/29)	播種後植生覆蓋率成果
		

表 9 大甲溪事業區 8 林班播種後正射、NIR 影像及植生覆蓋率成果

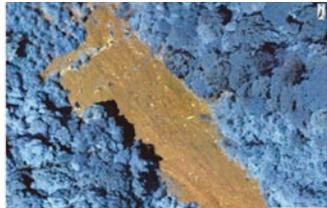
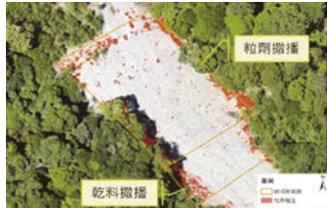
播種後正射影像 (108/7/29)	播種後 NIR 影像 (108/7/29)	播種後植生覆蓋率成果
		

表 10 濁水溪事業區 22 林班播種後正射、NIR 影像及植生覆蓋率成果

播種後正射影像 (108/7/22)	播種後 NIR 影像 (108/7/22)	播種後植生覆蓋率成果
		

況良好外（約 20 ~ 30 公分），木本種子亦有相當程度的生長（約 5 ~ 10 公分），顯示本計畫選用的種子，製成粒劑後，在現地可被環境所接受。

調查結果與驗證

本次試驗經 1 ~ 2 個月的生長期後進行觀察，現地粒劑有發芽的情況，植生覆蓋率約 10% ~ 15% 之間（如表 11），後續仍應持續進行觀察。

經觀察其中一處人力可及之崩塌地，雖因汛期豪雨影響，部分植生粒劑遭受掩埋，但經現地調查其下邊坡之粒劑，生長相當良好，觀察顯示植生粒劑內部之草本種子發芽率達 70%，木本則超過 50%，粒劑於惡劣環境下仍可部分順利生長。

另因崩塌地坡度甚陡，導致崩塌地於第二次播種後仍有多次崩落情形，而透過影像分析較為平緩或粗糙之坡面上，仍有許多植生粒劑貼附生長，配合現地調查後，下邊坡植生粒劑內之草、木本種子發芽生長良好（如圖 6）。可見，倘若該工法若能配合播種時機與環境條件下執行，對於崩塌地之植生復育，應具有相當之可行性。

表 11 三處實驗區位 UAV 播種投擲成果

地區	投擲面積 (m ²)	植生面積 (m ²)	覆蓋率 (%)
太平山事業區 77 林班 (留茂安)	2500	254.36	10.17
大甲溪事業區 8 林班 (必坦溪)	2400	293.16	12.21
濁水溪事業區 22 林班 (奧萬大聯外道 7K)	2300	359.59	15.63

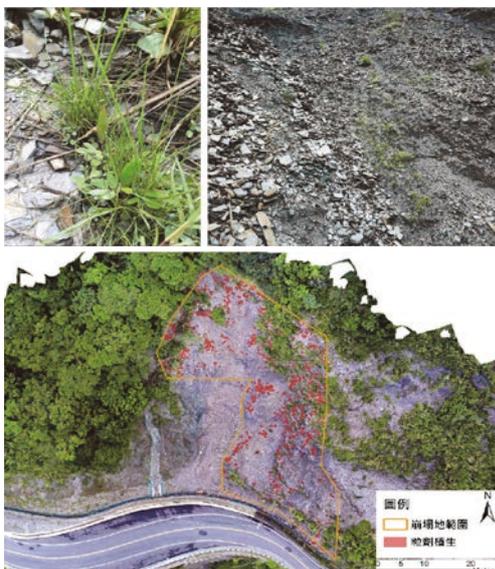


圖 6 UAV 播種植生粒劑試驗成效

結語

本研究將植生基材混合呈型似團粒之植生粒劑，並透過 UAV 將植生粒劑播種於崩塌現地，藉此達到植生導入與植生復育。經 1 ~ 2 個月的生長期後進行觀察，以 NDVI 影像拍攝與現地調查後發現現地發芽的情況良好，植生覆蓋率約在 10% ~ 15% 之間，依本次試驗結果可見，崩塌地應用 UAV 播種植生工法具有相當可行性。

本試驗工法為初步試驗階段，建議未來植生粒劑可考慮導入原生草本植物進行植生復育，以降低外界對於外來種子入侵疑慮。然而本計畫所使用遙控無人直升機撒播系統，初步顯示成效不錯，但對於無人機操作者而言，單旋翼無人機之技術門檻較高，建議未來若於中低難度之地形作業，可考慮以多旋翼型無人機進行復育作業，技術門檻相對較低，也可達到復育之效果。

參考文獻

- 蘇銘達 (2017)。無人飛機起落架負載譜分析方法之研究 (未出版之碩士論文)。建國科技大學，彰化市。
- 李秉諺 (2013)。DGPS 輔助於無人飛機自動降落控制器之實現 (未出版之碩士論文)。國立成功大學。
- 陳俊穎 (2012)。應用 theta star 演算法於無人飛機路徑規劃 (未出版之碩士論文)。國立成功大學。
- 陳卓欽 (2001)。利用 GPS 導航的無人飛機之系統設計與測試 (未出版之碩士論文)。國立成功大學。
- 藍皓昕、賴維祥 (2015)。飛機之設計與應用。中國土木水利工程學刊, 27(3), 191-199。
- 張寶堂 (2019)。利用無人飛機系統航拍輔助土地複丈 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學。
- 謝秉成 (2015)。無人飛機滑降空投模式之探討與建構 (未出版之碩士論文)。逢甲大學。
- 台灣植物誌第二版編輯委員會 (1993-1998)。「臺灣植物誌 第二版」。
- 行政院農業委員會水土保持局 (2017)。「水土保持手冊 - 植生篇」。
- 行政院農委會林業試驗所 (2015)。「台灣原生草本植物應用於崩塌地植生復育調查研究 - 成果報告」。
- 行政院農委會林務局 (2010)。「國有林崩塌地森林化之研究 - 期末報告」。
- 行政院農委會林務局 (2019)。「國有林崩塌地運用無人飛行載具航空植生之可行性研究 - 成果報告書」。
- 行政院農委會林務局南投林區林管處 (2010)。「南投處轄內崩塌地處理案例調查暨植生生態復育評估作業 - 第一期成果報告 (99) 年度」。
- 林信輝、張集豪、陳意昌 (2016)。「圖解植生工程」，五南圖書公司。
- 林信輝、鄭梨櫻、林妍琇 (2006)。「坡地植生草類與綠肥植物」，行政院農業委員會水土保持局。
- 郭幸榮 (2011)。「育林手冊」，中華民國政府出版品。



工區安全智慧化管理 —

打造石門水庫 阿姆坪防淤隧道

智慧管理應用平台

陳肇成／經濟部水利署 總工程師

王銘源／天思數位科技股份有限公司 專案經理

王貞文／準線智慧科技股份有限公司 專案經理

石門水庫自民國 53 年營運迄今已逾 50 年，歷經多場颱風挾帶大量土砂進入水庫，造成水庫容量淤積近三分之一，為維持水庫庫容，行政院已於 103 年 9 月 1 日核定阿姆坪防淤隧道工程，並於 107 年至 110 年辦理工程施工。現場施工為達安全管理標準，皆須依據相關法令或行政規則辦理相關作業，諸如：經濟部水利署施工規範、工程契約書、營造業安全衛生自主管理作業手冊及營造安全衛生設施標準等，但隧道為封閉且動態性之作業環境，營建安全衛生狀況難以即時掌握，為有效降低職災意外發生，首創運用監控設備、資通訊科技等物聯網技術，於隧道施工過程中即時監控及自動判釋分析，以保障勞工作業之安全。

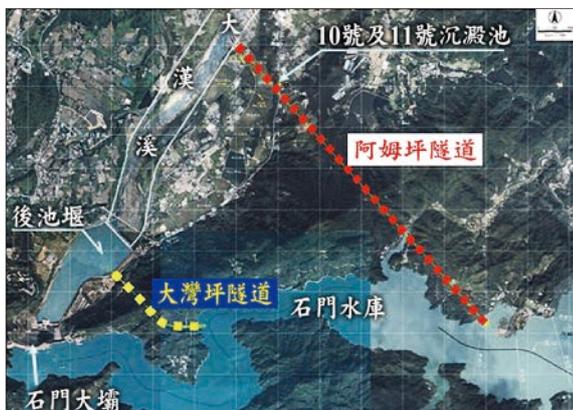


圖 1 石門水庫防淤隧道工程計畫平面位置圖

建立石門水庫阿姆坪防淤隧道智慧管理應用平台

為預防職業災害發生，除由法規面進行安全管理，

本案並導入科技化方式解決工地現場常出現問題，包含：

- 隧道為封閉且動態性之作業環境，作業環境較為惡劣，在大量人員進出的情況下，難以即時且有效率的掌控人員工作安全與生理健康狀態。
- 大型工程車輛進出頻繁且複雜，難以有效管控合法車輛、機具進出工區。

在了解上述常見問題後，則建立一套創新工區智慧化安全管理機制（如圖 2），提供車輛、機具與工作人員進入工區前後期間，可透過攝影機、人員生理檢測裝置及配置於安全帽內的微型感測器，以網路傳輸方式進行資訊整合與雲端管理，透過事件回傳與程式自動化邏輯判斷，以行動化監控技術，有效提供工區作業人員與機具安全資訊管理作業。



圖 2 工區人員與機具智慧化安全管理機制

工區物聯網系統運作架構

物聯網架構可分成 3 層，由底層至上層分別為感測層、網路層與應用層，這 3 層各司其職，同時又環環相扣，感測層用來識別、感測與控制末端物體的各種狀態，透過感測網路將資訊蒐集並傳遞至網路層，網路層則是為了將感測資訊傳遞至應用層的應用系統，應用層則是結合各種資料分析技術，以及資訊系統整合，來滿足業務需求，整體運作架構可詳如圖 3。

以圖 3 的人員定位偵測為例，本案係以微型感測器 Sensor Tag，以藍牙標準傳遞 rssi 訊號，再透過資料轉發閘道器 (Gateway) 接收訊號，利用 Wi-Fi 以點對點方式將資料傳回雲端伺服器進行訊號過濾、解譯及演算，並將數據資訊以視覺化方式即時呈現於系統控管平台中，達到 PaaS (平台即服務, platform as a service)，管理者可即時掌握施工人員安全、施工機具管理及事件歷史紀錄等。此物聯網架構不僅能達到

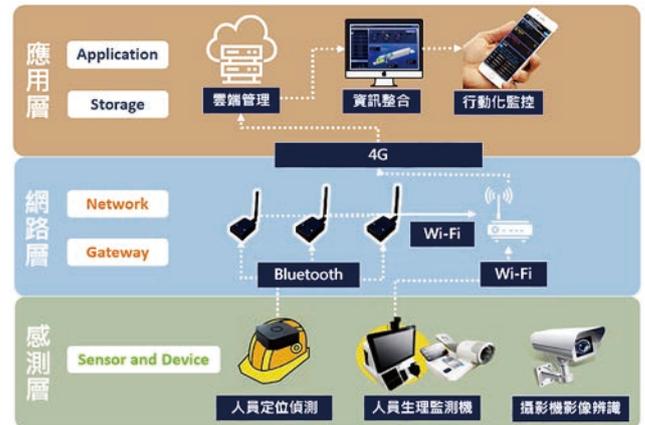


圖 3 工區安全管理物聯網 (IoT) 運作架構

資料即時感測與顯示，並能藉由 IFTTT (If this then that) 事件設定達到即時回饋，可以較低成本且無死角的方式達到遠端監控效益。

工區物聯網佈設架構

物聯網 (Internet of Things, IoT) 運作機制如同神經網路，末梢神經自動感測訊息後，會將訊息從神經網路分支匯流至主要幹道，再傳遞至人腦，進一步做出反應與決策，物聯網主要為各種電子設備串聯，阿姆坪隧道長 4.2 公里，目前於隧道內每 20 公尺放置一個 BLE-WIFI 閘道器，用以接收來往工作人員所配戴安全帽內之微型感測器所傳遞的訊號，「BLE-WIFI 閘道器」所接收到的訊號，則透過每 500 公尺所佈設的「MESH WIFI 雙向 AP」以點對點的方式以 Wi-Fi 進行傳輸，訊號傳輸至隧道出入口的行動通訊路由器後，將由 4G 網路傳

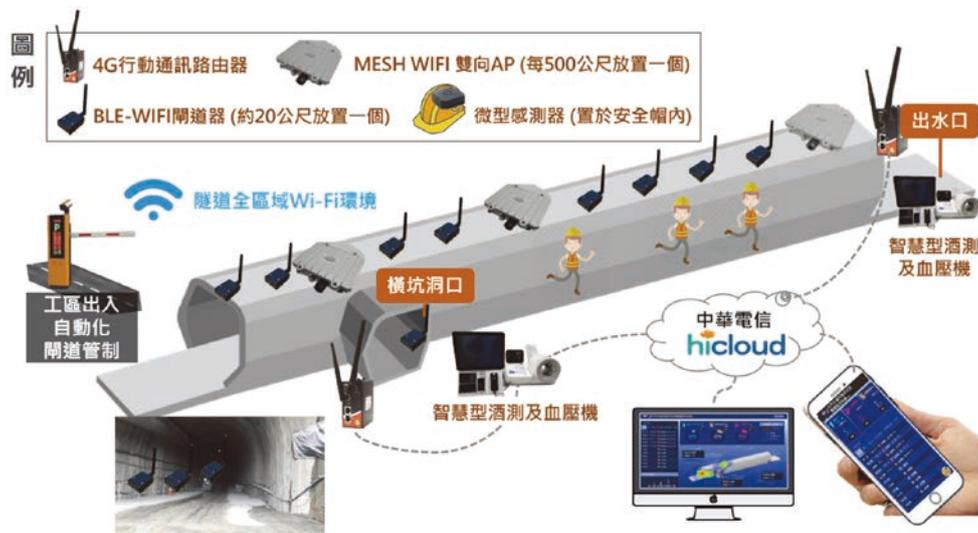


圖 4 工區安全管理物聯網 (IoT) 環境佈設架構



佈設於隧道的 MESH WIFI 雙向 AP



佈設於隧道口的行動通訊路由器



佈設於隧道內的 BLE-WIFI 資料轉發閘道器

圖 5 工區物聯網相關感測儀器

回至雲端伺服器，以進行雲端資料管理，有關工區安全管理物聯網（IoT）環境架構可詳如圖 4，此外，本案亦於隧道出入口旁架設智慧型酒測及血壓機，並同步整合至人員資訊中，以發揮人員安全管理的最大效益。

隧道工作人員生理監測

在本案所建立的工區物聯網架構下，目前已建議工程人員出勤前，皆須透過自行研發的「智慧型酒測及血

壓機」進行酒精濃度及血壓、脈搏量測，同時以人臉辨識技術識別人員身份，以確實掌握工作人員精神、身體狀態，降低意外事故風險，生理監測畫面可詳如圖 6，在監測過後，若有異常，例如：血壓值過高或過低，或有酒精反應，即會由資訊系統發送警戒通知管理人員該作業人員生理狀況（如圖 7），此外，本資訊管理系統並提供生監控趨勢統計功能，協助現場作業人員有效掌握長期生理健康趨勢變化，可詳如圖 8 所示。



圖 6 隧道工作人員生理監測程序



圖 7 生理監測值異常發出通知

隧道內人員追蹤監控

為判釋人員相對位置，整體硬體設備包含藍牙微型感測器 (Tag) 與資料轉發閘道器 (Gateway)，藍牙微型感測器 (Tag) 帶有硬體唯一識別碼，以供辨識人員使用，在進入隧道施工期間，人員所佩戴的安全帽已整合微型感測器 (如圖 9)，作業期間將不間斷的透過藍牙定位技術傳輸傳輸至 HTTP 伺服器與 MQTT 伺服器，用以解析隧道內人員位置 (如圖 10)，當工作人員生理狀況異常，並可於監控平台顯示異常訊息，通知工區管理人員進一步進行安全防護處理。



圖 8 人員生理監測趨勢分析功能



圖 9 藍牙微型感測器與安全帽進行整合



圖 10 隧道內人員追蹤監控

此外，「石門水庫阿姆坪防淤隧道智慧管理應用平台」採跨平臺開發技術，不論桌上型電腦及手機皆可以最佳的視覺化方式呈現即時資訊。平台展示以人員安全為管理主軸，涵蓋作業人員進出隧道時間、隧道內各工班資訊、人員分布點位及人員生理監測資訊等，以地圖視覺化及表格列表方式進行展示，利於工程管理人員及決策者掌握工區情資，如圖 11 至圖 13。

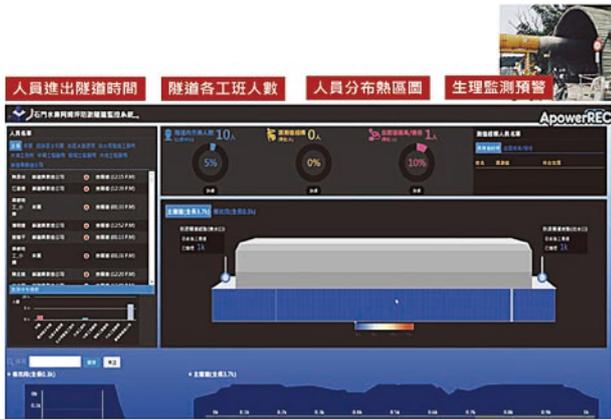


圖 11 隧道安全監控資料視覺化面板 (1/2)



圖 12 隧道安全監控資料視覺化面板 (2/2)



圖 13 以手機監控隧道內人員狀況

工區車輛機具管制

在阿姆坪防淤隧道工區車輛進出管理上，目前於工區主要出入口設置自動化閘道與攝影機，透過影像辨識技術智能化管理黑、白名單車輛，以確保工區出入安全，如圖 14。

結論

為有效降低職災意外發生，本案成功導入智慧科技管理技術進行石門水庫阿姆坪防淤工程安全人員管控，用以降低第一線同仁及工區巡防負擔，目前施工人員進入隧道前皆須至健檢站進行酒測及血壓量測，相關生理資訊可即時紀錄於雲端資料庫，提供管理人員有效掌控全區人員身體健康狀況，施工人員所配戴的安全帽皆已裝戴微型感測器，進入隧道時，已可透過隧道內的物聯網感應器（BLE-WIFI 資料轉發閘道器），自動偵測所在人員位置與身份，包含：生理狀況是否有異常、作業人員是否有安全進出隧道、作業主管是否有在場監督等，提供危害告警、事後通報等機制，大幅降低不符工安規定之情況，期望藉由高科技進行智慧化監控，達到安全第一、預防為主的目標。

隨著資訊科技的進步，建議未來工區物聯網可進一步發展包含：

1. 重型機具安全範圍管理：施工時場域內勢必包含多種具高危險性之施工機具，然相關作業人員亦同時於場域執行任務，此時，若施工人員與高危險性施工機具無保持安全距離，則可能發生機具與人員碰撞等意外，因此，亦可於重型機具裝載 Sensor Tag，並自動劃設危險範圍，透過自動偵測與施工人員之間的安全距離，搭配燈光、聲響等告警裝置，提醒施工人員遠離正在施作之大型機具。
2. 整合自然環境資訊，以減低並迴避自然環境危害對施工人員的風險：為保障工地施工人員安全，後續並可整合自然環境資訊（如雨量、水位、氣溫、空氣品質），當超過水位、雨量、氣溫、空氣品質警戒值，可適時發出警告（如：燈光、聲響等）以提供現場施工人員注意。



圖 14 工區車輛機具管制

3. 透過工區物聯網技術安全管理升級為防災資源分配：未來若可全面落實工區物聯網，在各工區及各機具皆已掛載微型感測器情形下，於汛期災害期間，主管機關即可掌握區域範圍內各工區可用於救災的人力、物力資源的分佈情形，可有效進行災害資源調配利用。

參考文獻

1. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，營造施工安全風險管理資訊系統之建立－動態安全監控模組之研發（2007）。
2. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，營造施工安全動態風險管理資訊系統測試評估（2009）。
3. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，智慧型施工安全檢查即時資訊系統之開發研究（2013）。

07/24 2020 建築物耐震初評、弱層檢核系列講習會



蔡益超教授及宋裕祺教授及研究室團隊繼 PSERCB 系統後接續開發「PSERCB 弱層檢核」程式。可逐層檢查建築物各樓層是否具有弱層現象。本講習會除詳細介紹理論背景、弱層之階段性補強、系統操作說明、及建築物結構性能審查要點，並輔以案例說明與探討。7/24 北部場後，中南部紛紛請求南下，後續接辦中部場及南部場，報名均打破歷次人數紀錄，可見市場需求甚殷。



蔡益超教授 宋裕祺理事長 林洋志碩士
技術與時俱進 人才傳承不斷

08/05 第 24 屆營建工程與管理學術研討會



開幕典禮合照

本研討會由台科大、本學會聯合於台科大舉辦。共 208 位報名。邀請台灣世曦李順敏總經理、工程會林傑主任秘書專題演講。研討會有 152 篇論文，分 16 場次發表，盛況空前，內容精采，廣獲好評。



智慧化與科技化的遠端監控管理

吳益裕／經濟部水利署水利行政組 組長
 周家慧／經濟部水利署水利行政組 助理工程司
 劉婉萍／逢甲大學地理資訊系統研究中心 專案課長
 方耀民／逢甲大學地理資訊系統研究中心 研究教授

經濟部水利署（以下簡稱水利署）河川管理業務日益繁重，為維護河川自然環境，防範砂石盜採及傾倒廢棄物等違法行為，於97年度起陸續於轄管河川局設置遠端數位監管中心，利用數位科技系統於河川局轄管河川區域內易盜採地點、越堤路口或水防道路等敏感區域出入口施設監控站，並於100年度起建置遠端影像監控系統，整合各河川局之監管資訊及影像差異事件，執行全天候遠端監控中心（Remote Monitor Network Operation Center, RMNOC）值勤與應變，落實疑似違規事件的通報、查報與回報集中管理機制，同時藉由移動式監控站機動佈署之功能，嚇阻且有效查獲非法傾倒垃圾違規事件發生。

水利署轄管河川局目前共計有230處監控站、17台移動式監控站，合計有936支攝影機，由於中央管河川區域範圍遼闊，為杜絕不良廠商或民眾至河川區域傾倒廢棄物等違法行為，於部分河川區域出入口以消波塊阻擋或是設置手動閘門，然因河川區域內仍有合法工程車輛、合法種植或當地居民須出入，以消波塊阻擋易造成安全上疑慮，設置手動閘門易因一時疏忽有忘記關上或上鎖的情形，造成河川區域遭丟棄或傾倒廢棄物違法事件再度發生；因此水利署於107年度辦理河川區域出入智能管理之可行性研究，應用影像辨識技術研發自動化人、車、機具智能門禁監控管理機制，設置自動化控制河川區域閘門，設備配置如圖1，並與既有的遠端影像監控系統運作機制整合，落實河川區域出入即時管理與即時資訊調閱，達到資訊流通及提高管理業務執行效率目的。

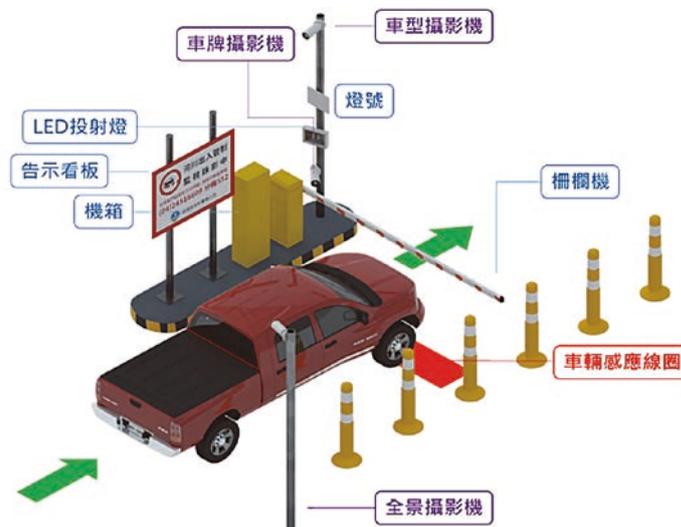


圖1 自動化門禁監控管理設備配置圖

自動化門禁監控運作機制

圖 2 為自動化門禁監控管理系統運作流程，閘門預設為關閉狀態，當有車輛進入至河川區域出入口監控範圍時，首先啟動影像模組偵測車牌、車型，若有車牌或車型符合預先定義的樣式，自動開啟閘門並記錄車輛進場資訊；若車型非為預先定義的樣式，可透過感應卡片刷卡驗證或以電話連繫相關人員遠端指令操作方式，開啟閘門讓車輛進入管制區域，並記錄車輛進場資訊及影像。

影像辨識方式

本文進行車輛車牌辨識及農耕機具車型辨識，分別說明如下：

1. 車輛車牌辨識：車牌辨識分成三個基本的架構，分別是車牌擷取、字元切割、字元辨識，因應戶外

光源多變與多干擾的環境，依據光照及車牌距離不同條件下進行調整與反覆測試處理。在車牌距離方面，針對距離近的車牌採用字元輪廓方法，而距離遠的車牌則採用垂直邊緣方法；在光照方面，由於室外會因光照關係會導致整張圖像像素過亮或過暗，因此，會先經過像素強度處理後，再進行二值化的處理，強化車牌輪廓將保留比原圖較多的細節（如圖 3）。

2. 車型特徵辨識：本文以農耕車為主要標的進行訓練，實作方法如下：方法一為訓練資料集和偵測特定物件，選擇數張偵測物件圖為正樣本、非偵測物件圖為負樣本進行訓練及偵測。方法二為搜尋不同車型圖片（如圖 4）製作資料集，採用 CNN（Convolution neural network）方法進行訓練，將資料以標籤作分類分成農耕車以及非農耕車，再將這些圖片分成訓練集以及測試集。

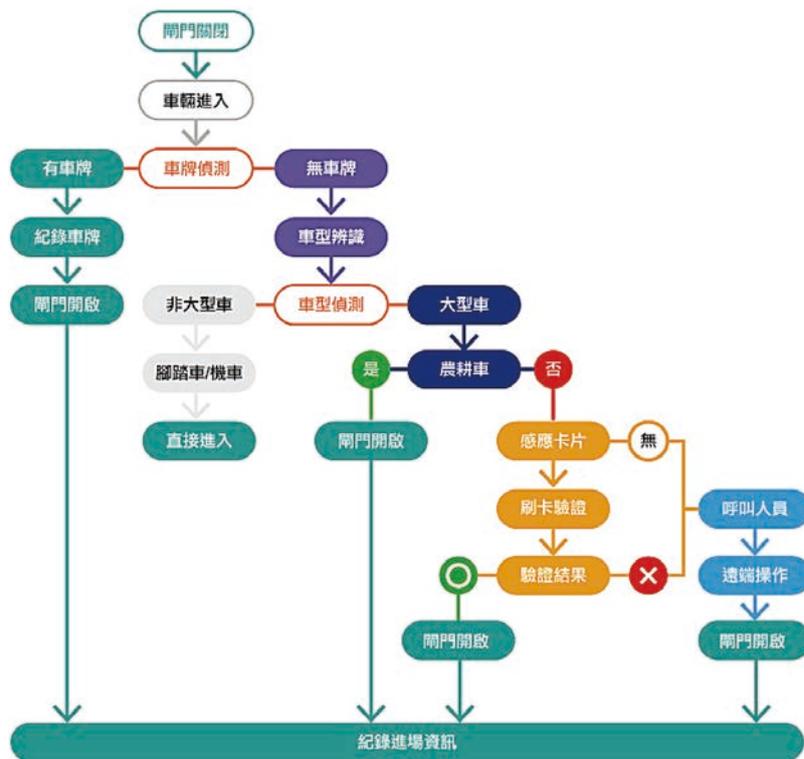


圖 2 自動化門禁監控管理系統運作流程

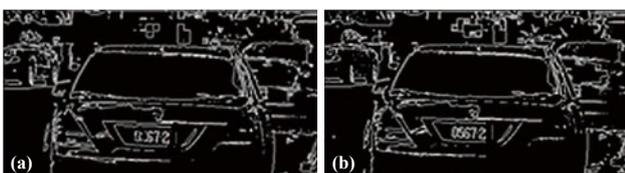


圖 3 車牌影像：(a) 原始車牌；(b) 像素強度處理



圖 4 農耕車訓練圖

影像辨識深度學習

在背景複雜的情況下，可能抓到與車牌字元相似的輪廓，而導致車牌辨識錯誤，本文透過人工智慧深度學習技術來改善此狀況，首先將各式各樣車牌樣本送進 CNN¹ 的 model 裡面做訓練，透過收集到各式各樣辨識失敗的車牌，例如髒污車牌、歪斜車牌、天氣惡劣所造成的模糊車牌畫面進行訓練樣本整理，透過 CNN 深度學習，可再加強確定攝影機抓到的輪廓是否為車牌的部分，以能夠更精確的過濾類似車牌輪廓的部分車體文字，因此，就可省去對於不是車牌的部分，所做的後續處理時間與誤判，以提高整體的準確度，深度學習演算法進行車牌訓練流程如圖 5。

接著使用人工智慧演算法進行改善處理，由於戶外的架設環境易造成車牌的歪斜程度很高、字元的黏貼狀況嚴重等問題，非常不利影像辨識之精準度，在車牌髒汙的情況下，於做二值化之後，所抓的四個邊角，有可能是錯誤的車牌邊角，因此採用人工智慧演算法進行矯正車牌角度以及字元切割的部分，並導入 CNN 幫忙找到車牌偏斜的角度，進而進行車牌的矯正與正射調整，以改善車牌偏斜角度被過度矯正的問題。

第三個可以提升精準度的是字元的辨識，因為河川出入口環境複雜，且又存在角度過度偏斜造成的失真與模糊狀況，採樣這些惡劣環境的車牌與切割後的字元進行深度學習的訓練，來取代原本系統中採用的 KNN² 演算法，進一步增加字元辨識精準度。

本文採用 AI 技術把常見的惡劣條件下的車牌字元加強訓練學習，圖 6 是部分惡劣條件下（模糊、角度歪斜、車牌老舊掉漆）的車牌字元狀況，經過收集此類樣本並做加強訓練之後，整體辨識率可達 90% 以上。

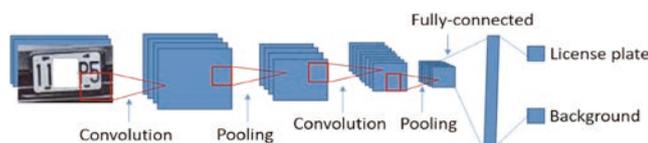


圖 5 深度學習演算法進行車牌訓練流程圖

¹ CNN (Convolutional Neural Network, CNN) 是一種前饋神經網路，它的人工神經元可以回應一部分覆蓋範圍內的周圍單元，對於大型圖像處理有出色表現。

² KNN: K-nearest neighbor (KNN 演算法，又譯 K-近鄰演算法) 是一種用於分類和回歸的無母數統計方法。在這兩種情況下，輸入包含特徵空間中的 k 個最接近的訓練樣本。

於車型辨識學習訓練部分，藉由收集設置區域整年度經常進出的農機具樣本（如圖 7），大致上分成三大類，第一大類是農用搬運車，第二大類是曳引機或翻土機，第三大類為少量多樣的機具因此歸類於其他農耕機具，並採用 R-CNN 的方式加強訓練與辨識，經 AI 學習與訓練後，車型辨識率亦可達 90% 以上。

MQTT 通訊協定

架構

隨著物聯網的使用愈來愈普及，日常生活中出現許多物聯網的應用，對於資訊的匯集及串接益發重要。本文以物聯網架構進行資料接收與運作機制，運用 MQTT³ 通訊協定進行門禁控管與資料傳輸，MQTT 全名為 Message Queuing Telemetry Transport，為機器對機器 (M2M⁴) 的物聯網通訊協定，已經是 ISO⁵ (ISO/IEC⁶ 20922:2016) 與 OASIS⁷ 標準。MQTT 通訊協定基於 TCP⁸/IP⁹ 連線，提供不同 QoS¹⁰ (Quality of Service) 層級的訊息傳遞，為輕量級的發布/訂閱訊息傳輸，適合用於網路頻寬與硬體資源有限的環境。



圖 6 使用 AI 輔以惡劣環境的車牌字元訓練樣本

³ MQTT: Message Queuing Telemetry Transport，為 IBM 和 Eurotech 共同製定的通訊協議，為物聯網所設計的 M2M 通訊協定。

⁴ M2M: Machine to Machine，即“機器對機器”的縮寫，也有人理解為人對機器 (man-to-machine)、機器對人 (machine-to-man) 等。

⁵ ISO: 國際標準化組織 (International Organization for Standardization)，為制定全世界工商業國際標準的國際標準建立機構。

⁶ IEC: 國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission)，或譯「國際電工協會」，主要是負責有關電氣工程和電子工程領域中的國際標準化工作。

⁷ OASIS: 結構化資訊標準促進組織 (Organization for the Advancement of Structured Information Standards)，是全球性的非營利組織，主要在發展、整合及調整保安、物聯網、能源、內容技術、緊急管理等領域的相關標準。

⁸ TCP: 傳輸控制協定 (Transmission Control Protocol)，是一種連接導向的、可靠的、基於位元組流的傳輸層通訊協定。

⁹ IP: 網際協定 (Internet Protocol)，又譯「網際網路協定」，是用於封包交換資料網路的一種協定。

¹⁰ QoS: 服務質量 (Quality of Service)，是網路的一種安全機制，用來解決網路延遲和阻塞等問題的一種技術。



圖 7 農耕機具訓練樣本

運用 MQTT 以 Publisher-Broker-Subscriber 機制進行管制門控制，將身份識別機制作為訊息發布者 (Publisher) 的角色，各自獨立執行所負責的程序；而管制門控制為訊息訂閱者 (Subscriber) 的角色，因此管制門不需知道目前的身份識別是由哪個類別觸發，只需針對由 Broker 接收到的指令執行管制門開啟／關閉作業，以此架構可降低程序間的耦合性，亦可保有物聯網設備擴充及整合的彈性。管制門控制包含控制門自動開啟／關閉、管制門開啟／關閉記錄、車輛進出感應及車輛進出記錄等模組，圖 8 為自動化門禁管理及管制門控制 MQTT 架構。

資料交換

河川出入口之門禁管制資料除了儲存於現場主機之外，同時運用 MQTT 架構與水利署端主機進行資料交換作業，讓水利署同樣保有一份現場資料，以利進行後續調閱、統計查詢等業務執行。圖 9 為資料交換運作機

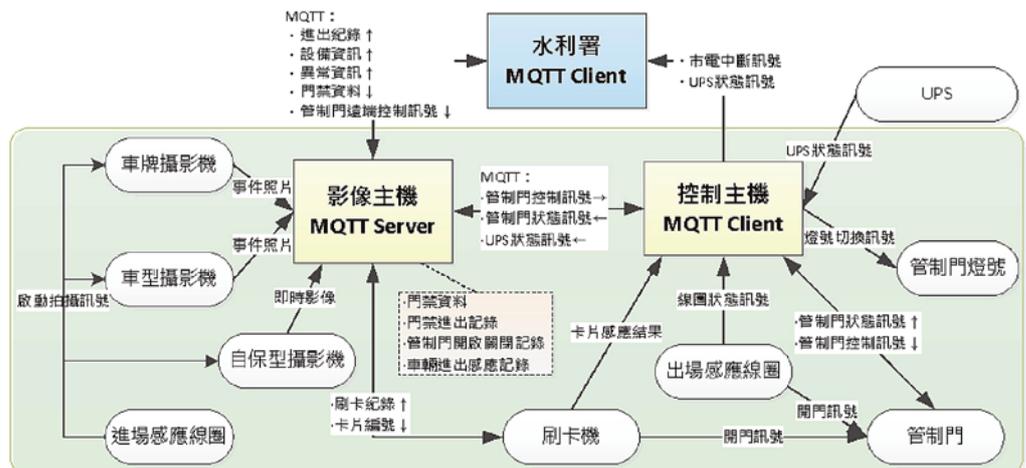


圖 8 門禁控管 MQTT 架構

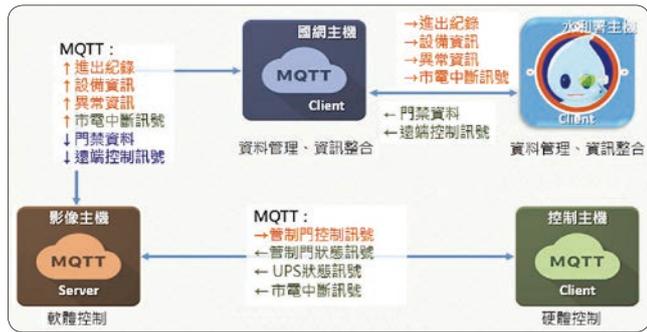


圖 9 資料交換運作機制

制，透過 MQTT 的發布／訂閱方式作資料交換。資料交換依頻率分為即時與定時兩種，即時資料著重於監控或突發的資訊，例如設備資訊、異常資訊、遠端控制訊號、市電中斷訊號等；而定時交換的資料則以基本資料為主，例如進出紀錄、門禁資料等。

BIM 建模

自動化門禁監控設備設置後，河川區域內傾倒廢棄物情況大幅減少，出入便利且安全，為使河川局管理人員於河川區域現場評估及設備模擬設置時，能獲得便利且適切的資訊，以利後續推廣設置，本文將進行建築資訊模型（BIM）建模研究，藉由可視化、可管理、可計算特性，透過開源軟體檢視門禁監控設備內部所需機組設備、型式及單價等資訊，並將設備進行參數化管理，包括：使用年限、供應商、維護費用、維護頻率、用電量計算等等（如圖 10 所示），除可提供各河川局管理人員辦理管制門設置規劃與參考外，亦可用於設備自動化管理。

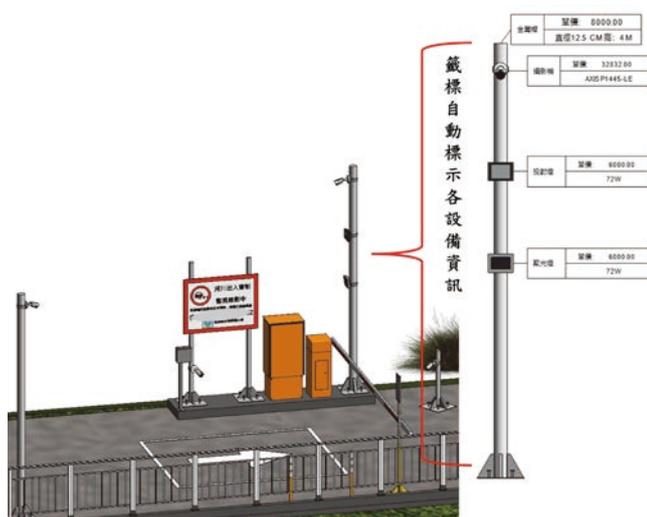


圖 10 BIM 設計畫面示意圖

結語

於河川區域內違法傾倒廢棄物，除了增加垃圾清運的預算經費外，更容易造成環境與水源的汙染，自動化門禁監控設備自 107 年底建置完成後，現場丟棄廢棄物情況大幅降低（如圖 11），且對於需經常出入的種植戶而言，農機具與農作物遭竊情況亦大幅減少；因此為有效防制違法行為發生，水利署近年來積極進行高科技設備搭配有線或無線通訊傳輸方式，並整合既有系統與智慧化影像辨識模組，透過遠端監控中心 24 小時全天候不間斷值勤與應變執行，以提昇遠端即時監控管理能力，使水利署及河川局管理人員可即時掌握河川監控區域出入的狀況。



（設置前）



（設置後）

圖 11 自動化門禁監控設備設置前後現場情況

以自動化方式即時紀錄出入河川區域車輛相關影像及資訊，除可達嚇阻及防治河川區域違規案件發生外，並可將違法事件影像提供環保單位、警察及檢調單位，於調查違法事件或影像紀錄時使用，藉以強化各單位間的資料整合與資源共享，更可達水利署對於中央管河川點線面全面遠端監控管理之機制。

參考文獻

1. 方耀民，「河川區域出入智能管理可行性研究」，經濟部水利署，2018。
2. 方耀民，「107 年度遠端影像監控系統維護及功能擴充」，經濟部水利署，2018。
3. 方耀民，「108 年度遠端影像監控系統維護及功能擴充」，經濟部水利署，2019。



智慧型水位辨識 結合 物聯網 應用 於 土石流 防災 監測

黃國豪 / 準線智慧科技股份有限公司 專案經理
黃效禹 / 行政院農業委員會水土保持局土石流防災中心 科長
林建良 / 行政院農業委員會水土保持局土石流防災中心 工程員

受到全球暖化及氣候變遷影響，颱風的強度及降雨規模有增強趨勢。臺灣地區位處歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊的交界處，地處太平洋地震帶上，活動斷層多且地質脆弱。臺灣地區全年 70% 雨量由 5 月到 10 月所發生的颱風及豪雨產生，季節性降雨不均。每逢暴雨時，集水區山坡地的表面土石往往受豐沛水量驅動沿陡急的河床順流而下，造成山坡地災害。因此土石流災害的發生往往嚴重威脅人民的生命及財產安全。

行政院農業委員會水土保持局（以下簡稱水土保持局）基於職司山坡地保育利用之責，自民國 91 年開始陸續建置完成 21 站土石流觀測站的建置（圖 1）。為了提升雨量觀測品質及增強土石流警戒發布之精準度，建置 64 站自動雨量站。並研發 3 站行動式土石流觀測站及 17 站簡易式土石流觀測站。因應颱風豪雨路徑，在應變開設時期機動式派遣行動式土石流觀測站及簡易式土石流觀測站，至土石流潛勢溪流或災害地區進行監測之用。



圖 1 固定式土石流觀測站硬體配置圖

根據調查自 921 地震後，土石流潛勢溪流由 485 條（85 年）增加至 1726 條（109 年）。為了進行全方位土砂物聯網監測及配合災害頻率的增加，需要大量新型監測需求以作為土砂治理與管理的依據，因此需要以強化發展全方位土砂物聯網以物聯網方式，建立低耗能、低頻寬需求、低費用的物聯網架構，以建立土砂監測資訊資料庫。

低功耗廣域網路簡介

近年來物聯網技術蓬勃發展及大數據資料分析的議題發酵。使用物聯網的低功耗廣域網路技術（Low Power Wide Area

Network, LPWAN), 建立長距離、低耗能、低頻寬需求、低費用的物聯網架構, 已是目前主流趨勢之一。圖 2 說明 LPWAN 技術定位, 現行市場滲透率較高的 LPWAN 技術包括「SIGFOX」、「LoRa」及「NB-IoT」均屬於 LPWAN 技術。

非授權頻段 LPWAN 技術

SIGFOX 與 LoRa 屬於非授權頻段的 LPWAN 技術。SIGFOX 是傳輸速率最低的技術 (速度僅 100 bits/s), 且一個裝置一天最多只能傳送 140 則訊息, 一則訊息最大的容量為 12 位元組。因此較不適用於監測頻率較高的儀器。

LoRa 為英文 Long Range 的縮寫, 其傳輸距離範圍, 長達 15 至 20 公里。LoRa 聯盟成立於 2015 年, 美國半導體製造商 Semtech 併購法國公司 Cycleo 所開發的無線通訊技術 LoRa, 在這個基礎上與 IBM 合作完成規範。LoRa 是目前當前最受產業支持的 LPWAN 技術。

LoRa 的運作原理如同 Wi-Fi, 任何人都能自行設置基地台 (Wi-Fi access point) 來建置網路環境的模式。在 LoRa 網路中, 每個節點間並不相連, 須先連至閘道器後, 才能連回中央主機。或是透過中央主機, 才能將資料傳到另一個節點。終端節點的訊息, 可以同時傳給多個閘道器, 訊息也可透過閘道器之間的橋接, 以延伸傳輸距離。

授權頻段 NB-IoT 技術

NB-IoT (Narrow Band, IoT) 授權頻段技術由國際電信標準制定組織 3GPP (3rd Generation Partnership Project) 所主導, 其採用現有的 3G/4G 網路, 電信營運商及相關設備廠商為主要參與者。IoT 使用電信級網路, 其網路傳輸品質及數據安全都有更高的保障, 再加上建置成本較低, 並且不用更改現行的 4G LTE 電信網路架構, 因此受各國電信商所支持。自 2017 年下半年開始, 台灣地區三大電信業者遠傳、中華電信及台灣大哥大也已開始提供 NB-IoT 服務。

儘管電信商可提供完整 NB-IoT 服務, 有不需重新布建網路的特性。然而每一個 NB-IoT 的節點 (一台儀器視為一個節點) 都需要 1 張 SIM 卡, 以傳輸資料, 儘管其通訊費用較 4G 網路低廉, 通訊成本仍是需要進一步考量的項目之一。

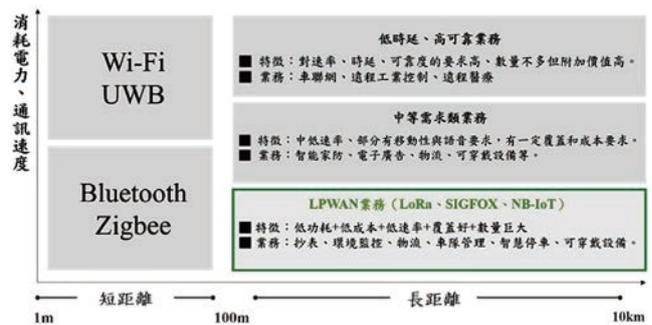


圖 2 LPWAN 技術定位 (修改自 <http://tiny.cc/m6r9lz>)

土石流防災智慧聯網通訊架構

為了強化發展全方位土砂物聯網, 朝向以集水區為單元的點、線、面全方位土砂監測, 水土保持局的各式觀測站目前已持續應用 LoRa 或 NB-IoT 技術, 蒐集雨量、土壤含水量資訊以及坡地位移狀況等低頻寬需求之資訊。除了可以大幅降低通訊、電力成本外, 並能採用大規模範圍佈署的方式, 在單一河道上、下游流況不同處蒐集土砂監測資料。

以往受限於網路通訊方式, 土石流監測儀器僅能採用「點」跟「線」方式配置, 以監測重要區域。利用低功耗廣域網路技術的長距離及低耗電的特性, 可布署雨量計、土壤含水量計、流速計及水位計等低傳輸量需求之儀器於河道上游及下游區域, 發展全方位土砂物聯網。

圖 3 說明目前土石流防災智慧聯網通訊架構。各式觀測儀器透過有線及無線通訊方式, 即時將現地觀測資料回傳至水土保持局後端資料庫系統。並融合其他資料集進行資料分析與預測, 可協助決策者了解現況並預防土石流災害發生。因此, 可加強災防應變情資的整合, 並於災難發生後之最短時間內, 讓決策者做出俾利災情

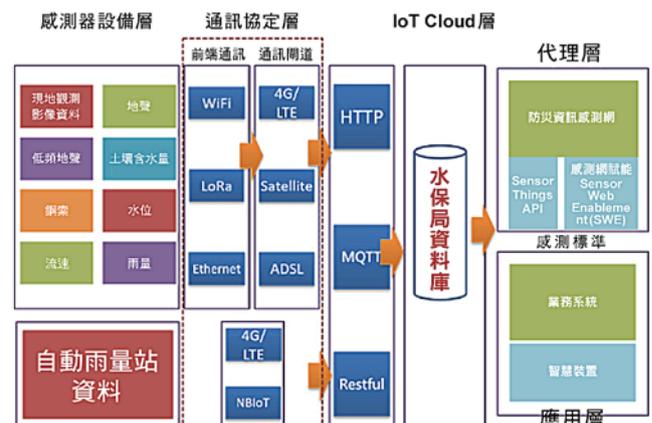


圖 3 土石流防災智慧聯網通訊架構

的研判及防救災指令的下達，以順利展開應變搶救與復原重建事宜，確保人民生命財產安全。

自動雨量站通訊架構改裝作業

水土保持局目前於台灣本島建置 64 站自動雨量站。自動雨量站使用國內其他單位常用的日本廠牌竹田的雨量計（型號 TK-1），採用太陽能供電並內建 4G 通訊模組，可即時將現地雨量資訊回傳至後端資料伺服器。為了進一步降低通訊耗電量及通訊費用，水土保持局目前已於南投縣水里鄉永興國小進行自動雨量站通訊架構使用 NB-IoT 的前期測試。永興國小雨量站並採用準線智慧科技股份有限公司自行研發的 F10 資料紀錄器（圖 4）。



圖 4 永興國小雨量站採用 NB-IoT 通訊架構

固定式觀測站通訊架構改裝作業

固定式觀測站的各式儀器多透過有線方式回傳觀測資訊至儀器屋的電腦主機，再傳回至水土保持局後端系統。為了擴大固定式觀測站的觀測範圍，水土保持局規劃觀測儀器搭配太陽能等電力系統，以獨立供電。並結合 LoRa 技術，將現地觀測資訊回傳至儀器屋，以延伸觀測範圍。目前已於豐丘觀測站鄰近的豐丘國小及坪頂觀測站鄰近的成功國小進行測試。



圖 5 豐丘國小雨量站採用 LoRa 通訊架構

行動式及簡易式觀測站通訊架構改裝作業

為了於機動派遣行動式及簡易式觀測站期間，以無線通訊方式拓展觀測儀器的監測範圍。水土保持局於行動式觀測站增設 1 組無線土壤含水量計，藉由 LoRa 技術回傳土壤含水量計量測值至行動式觀測站。因此無線土壤含水量計可布設於無行動數據網路服務的河道上游處，觀測資訊再利用行動式觀測站的衛星或是 4G 通訊回傳至水土保持局後端系統。

簡易式觀測站具備土壤含水量計及雨量計，雨量計設置要求為透空環境，土壤含水量計則需為土壤或砂土環境，受限於兩個感應器的訊號線路長度，設備安裝距離最遠無法離開簡易式觀測站 3 公尺，因此限制了簡易式觀測站出勤地點的選擇。

為能兼顧雨量計及土壤含水量計設置需求，水土保持局進行簡易式觀測站的無線土壤含水量計改裝作業，透過使用 LoRa 低功耗廣域網路通訊技術，延伸簡易式觀測站與土壤含水量計之間的設置距離，以降低簡易站的出勤限制。圖 6 為簡易式觀測站進行無線土壤含水量計改裝作業測試照片。

智慧水位辨識

近年來極端降雨型態頻率增加，造成山區短時間內無法排除多餘水量而容易發生土石流崩塌，水土保持局研發水位辨識技術以即時得知固定式觀測站水位狀況，有助於整體的決策。水位辨識模型種類可分為三類，傳統影像辨識、深度學習網絡架構與上述兩種混合的方式進行水位辨識（圖 7）。



圖 6 簡易式觀測站進行無線土壤含水量計改裝作業



圖 7 水位辨識模型類型分析架構圖

衛星影像其優點為可大範圍的水位面積判釋，應用於了解全球水資源的分布情形，然而衛星影像非即時且無法看到每一條河川水位狀況。因此近年來多以攝影機（CCTV）的影像進行水位高度判釋，有很多學者運用傳統影像處理辨識水位，例如運用傳統影像二值化，辨識水尺上面的字符與水線檢測。透過單一辨識區多區塊辨識技術演算法（Single ROI with Multiple Blocks, SRMB）辨識淹水的水位高度，此一方法適合用於固定式的 CCTV。並且在均勻面辨識牆面，輸入畫質清晰之影像辨識率通常可超過 80%。感興趣區域（Region Of Interest, ROI）此方法基於傳統的圖像處理算法，其假設水位變化且測量尺度沒發生變化，因此可以通過兩個連續視頻幀中的差異確定水位的差異。

由上述可知，傳統影像辨識方法有其缺點，僅適用於不動的場景，如果一旦攝影機因維修或其他原因造成影像監控範圍的偏移，以方法辨識水位高度會有較大的誤差。

近年，由於硬體技術提升，卷積神經網絡（CNN）透過模型架構的調整、激活函數的改變提高電腦視覺的精準度，透過深度學習神經網路架構，成功解決各領域上原本傳統影像辨識無法解決的問題，如自駕車與物體辨識等。

物體辨識廣泛應用於水體特徵辨識與水位辨識，例如使用 DeepWaterMap 模型萃取水體在衛星影像上的特徵，運用此模型辨識衛星影像萃取出水體的位置。以及使用混合型的水位辨識模型，透過傳統影像辨識 ROI 的方法，找出水尺的位置（圖 8），擷取出水尺位置後，以卷積神經網絡（CNN）像素為單位辨識是否為水尺位置或水體位置（圖 9），透過找出水尺的交界處，反推出水位高度，然此方法仍受限於固定式攝影機場景使用。

觀測站攝影機位在溪水上游，平常無水，僅在雨量較多，天候昏暗時，由於水量較多並夾帶泥土伴隨



圖 8 神木站出水溪上游攝影機觀測畫面

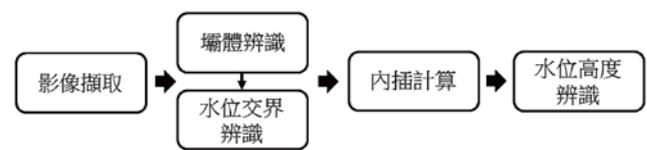


圖 9 水位辨識流程圖

而下，由於山區鏡頭無法永遠固定不動且水石流事件發生時天候昏暗，因此，無法單純只用影像處理技術估算現地水位。

本研究建構兩階段智慧水位辨識模型，圖 9 呈現水位辨識模型流程圖。

兩階段辨識包含壩體辨識與水位交界辨識。第一階段，為了解決傳統影像辨識在非固定場景下，水位辨識準確度較差的缺點，運用物件辨識卷積神經網絡（CNN）YOLO 演算法的優勢，以水尺壩體為物體進行辨識，其可自動判釋影像中是否有壩體，並同步偵測出壩體為於影像中的位置。第二階段，以水尺與土石流水體的水位交界處當作物體，再次以採用 YOLO 演算法，偵測土石流與壩體的交界處於影像中的位置，圖 10 說明以內插法估計現地水位。

由於觀測站戶外場景環境照明度與水位高度不同，所以必須收集不同環境條件下的影像建立模型，

9 格間隔共 9×50cm=450 cm

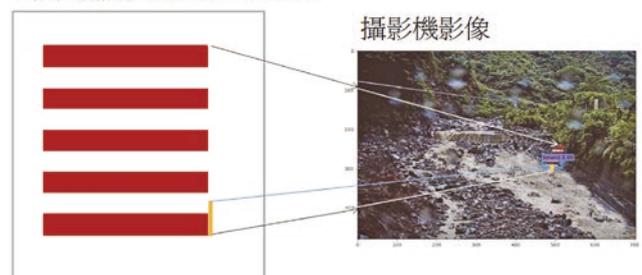


圖 10 水位換算方法示意圖



圖 11 物件辨識模型訓練流程圖

物件辨識模型訓練流程包含資料收集、資料標記及建立估算現地水位模型等三大步驟（圖 11）。

觀測影像有分白天與夜晚的影像，夜晚影像亮度較低，觀測影像顆粒度會比白天來的粗，解析度較低，相較白天比較複雜，因此本團隊以白天觀測影像為主要分析標的。神木觀測站共收集 658 張觀測影像進行壩體模型訓練，並以 77 張影像進行測試，壩體辨識模型克服戶外環境的影響，成功變數出 74 張的水尺壩體（圖 12），準確度為 96%，三張無法辨識成功影像的原因是由於陽光太強影像壩體在影像上的特徵（圖 13），壩體辨識模型辨識準確率高，但陽光過強的情形會影響判釋。

雖然目前無收集到現地高水位的影像，為了測試模型效能，本研究取神木下雨的觀測影像，先以模擬的方式進行模型效能的測試，圖 14 為經由水位交界辨識模型，能辨識出水位交界處，進而推估出水位高度，本研究發兩階段水位辨識模型，以壩體特徵與水位交界處特徵，運用物件辨識演算法，成功推估水位高度。

結語

長距離低功耗廣域網路通訊技術是目前物聯網領域中的重要技術，水土保持局依據監測儀器的位置採用不同形式的低功耗廣域網路通訊技術（NB-IoT 或

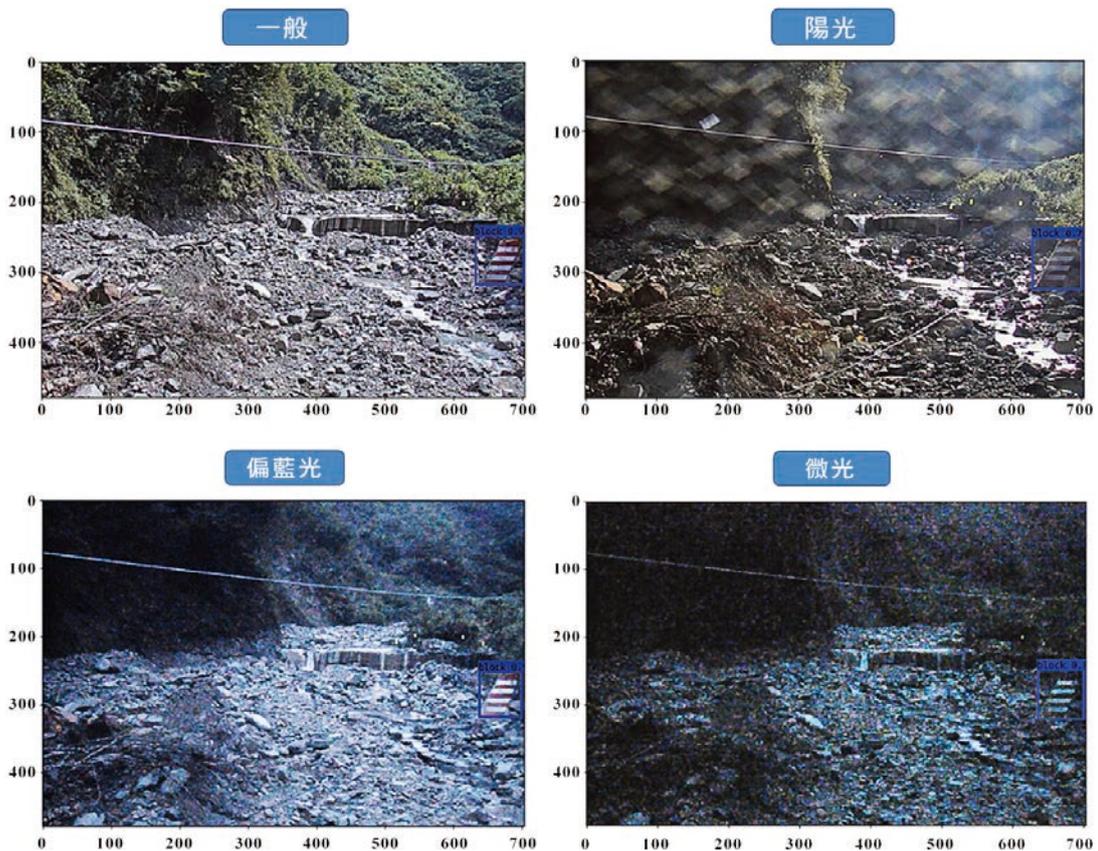


圖 12 神木水尺壩體模型辨識成功影像



圖 13 神木水尺壩體模型辨識失敗影像



圖 14 水位交界辨識結果

LoRa 技術)。雨量為土石流發生的主要因子，因此目前土石流觀測主要以蒐集雨量資訊為主，以監測現地是否達雨量警戒。

水土保持局持續應用低功耗廣域網路通訊技術於各式觀測站之雨量計，並以自給自足方式提供電力及通訊，不受限於其他觀測設備電力及通訊條件。已應用 NB-IoT 技術於南投縣水里鄉永興國小雨量站及應用 LoRa 技術於南投縣信義鄉豐丘國小雨量站。

本研究以兩階段智慧水位辨識模型，可適用於變動環境的限制，辨識成效不受制於攝影機因維修或其他原因造成影像監控範圍的偏移的影響，以壩體特徵與水位交界處特徵，運用物件辨識演算法，成功推估水位高度，此智慧水位辨識模型，已應用於神木觀測站與集來觀測站，透過低功耗廣域網路通訊技術，將現地水位辨識模型結果傳回水土保持局，主動監測土石流狀況，保衛人民的生命及財產安全。

參考文獻

1. 方耀民，「土石流觀測網整體發展計畫」，行政院農業委員會水土保持局編印，2017。
2. 方耀民，「107 年土石流觀測網整體發展計畫」，行政院農業委員會水土保持局編印，2018。
3. 方耀民，「108 年土石流觀測網整體發展計畫」，行政院農業委員會水土保持局編印，2019。
4. 黃詠暉、杜維昌、陳世杰、陳泰賓、張進鑫，「106 監視影像辨識技術精進及應用」，水利署摘要報告，2019。
5. Jyh-Hornng, Wu., Chien-Hao, Tseng., Lun-Chi, Chen., Lo, Shi-Wei., and Fang-Pang, Lin. (2015), Automated Image Identification Method for Flood Disaster Monitoring In Riverine Environments: a Case Study in Taiwan. 10.2991/iea-15.2015.65.
6. F. Lin, W. Chang, L. Lee, H. Hsiao, W. Tsai and J. Lai, "Applications of Image Recognition for Real-Time Water Level and Surface Velocity," 2013 IEEE International Symposium on Multimedia, Anaheim, CA, 2013, pp. 259-262.
7. F. Isikdogan, A. C. Bovik and P. Passalacqua, "Surface Water Mapping

by Deep Learning," in IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 10, No. 11, pp. 4909-4918, Nov. 2017.

8. J. Pan, Y. Yin, J. Xiong, W. Luo, G. Gui and H. Sari, "Deep Learning-Based Unmanned Surveillance Systems for Observing Water Levels," in IEEE Access, Vol. 6, pp. 73561-73571, 2018.
9. J. Redmon and A. Farhadi, "YOLO9000: Better, Faster, Stronger," 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, 2017, pp. 6517-6525.



UG 聯合大地工程顧問股份有限公司 UNITED GEOTECH, INC.

台北市內湖區瑞光路583巷21號5樓
TEL : +886-2-27985198 · FAX : +886-2-26580958
E-Mail : services@mail.ugi.com.tw

- 大地工程之調查規劃設計與監造
Geotechnical Engineering
- 隧道設計、監造與檢測補強
Design、Construction Supervision & Rehabilitation of Tunnels



- 工程地質與工址調查、地球物理探測
Engineering Geology、Site Investigation & Geophysical Prospecting
- 水利水保工程之規劃設計與監造
Hydraulic Engineering、Soil & Water Conservation



- 土木運輸工程之規劃設計與監造
Transportation Engineering
- 專案管理
Project Management





一維土砂動床模式 應用於莫拉克後 嚴重土砂沖淤問題分析與調適策略 之模式建立 — 以旗山溪為例

傅桂霖／行政院農業委員會水土保持局臺南分局 分局長
洪志祥／行政院農業委員會水土保持局臺南分局 正工程司兼課長
林秉賢／逢甲大學營建及防災研究中心 博士
曾品潔／逢甲大學營建及防災研究中心 助理研究員
鍾侑達／逢甲大學營建及防災研究中心 博士
許惠綺／逢甲大學營建及防災研究中心 助理研究員

透過旗山溪河道控制樁之沖淤量測，統計 104 年至 108 年間河道土砂量變化量，並透過 CCHE1D 模擬分析發現，拉庫斯溪於 5 年重現期之降雨事件下，較容易對下游河道造成土砂淤積。旗山溪流域之民生橋、瑪雅吊橋等處因通洪斷面不足，易於颱風豪雨事件時發生災害。故本研究透過數值模擬成果，針對各河段之通洪狀況以及整體穩定度進行分析探討，並提出短、中、長期之策略研擬，以作為重大土砂問題河段管理模式之工程參考依據。

關鍵字：CCHE1D 清疏工程、土砂沖淤趨勢研究、旗山溪

重點土砂管理地區控制樁沖淤量測

針對災害事件發生前、後，於河岸較穩定且不易變動處設置基準測樁，並量測旗山溪（23 處）之斷面，如圖 1 所示。另與前幾期之測量成果及臺相關歷史資料進行斷面高程、坡降、土砂沖淤比對分析，作為整條河川土砂收支變化以及殘存土砂致災分析之參考。

一維動床模式建置與分析

根據各年度斷面測量資料與集水區動態沖淤變化進行分析比對，建置一維土砂動床模式，以掌握集水區土砂變動情形。本研究透過 CCHE1D 進行相關水理輸砂模式演算，使用其非平衡輸砂模式演算河川與溪

流的非平衡輸砂特性，模式可計算淤積與沖刷量，並伴隨著斷面形狀改變、河床質組成、河岸沖刷與深水槽變寬等特性，可充分反應降雨與集水區產砂量以及河道防砂工程之影響，同時也能探討河防安全及水理條件變化，以及山區河川坡度陡峭，水流縱向（沿著流動方向）流速遠高於橫向與垂向流速等因素。

本研究除了進行一維水理輸砂模擬演算外，另透過模式將橫向保護工法納入模擬，透過不同降雨逕流進行集水區動態沖淤變化並針對其趨勢進行比對，其模式檢定流程如圖 2 所示。本研究根據水文水理河道沖淤模擬，提出 5 年、25 年與 50 年土砂動態沖淤變化，其成果可供日後防災與工程治理之參考。

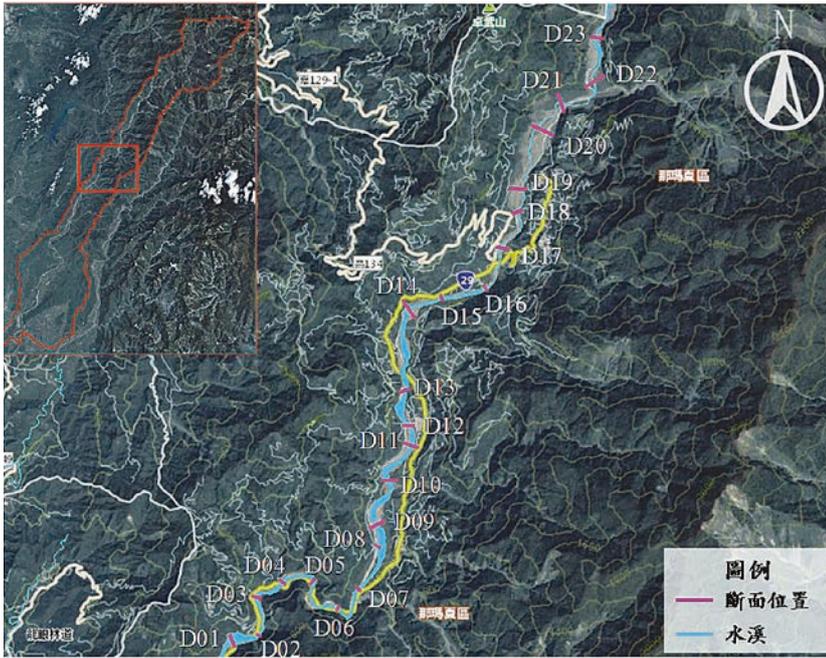


圖 1 旗山溪重點災害區域規劃土砂斷面量測位置

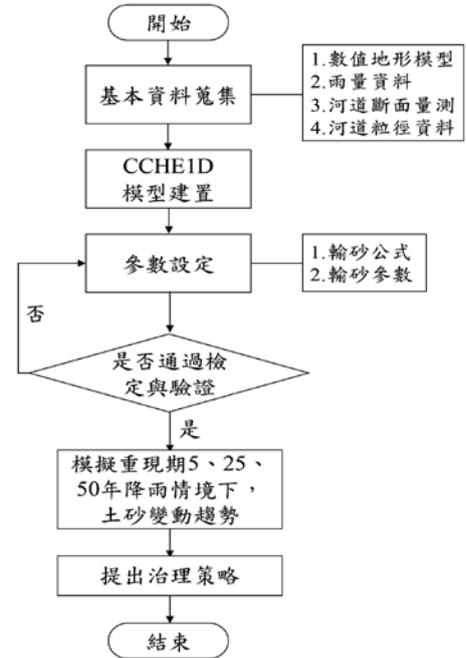


圖 2 CCHE1D 模式檢定驗證流程圖

基本資料蒐集

基本資料蒐集包含數值地形模型、雨量資料、河道粒徑資料與河道斷面測量，其中數值地形模型做為 CCHE1D 模型建置；雨量資料可透過三角形單位歷線推估方法推求流量歷線，做為模式輸入條件；河道斷面資料做為模式檢定以確認模式分析之正確性。各項基本資料說明如下：

雨量

蒐集旗山溪（達卡努瓦集水區）、集水區雨量資料，雨量站採用鄰近集水區之中央氣象局自動測站代表雨量測站為達卡努瓦（C1V160），其中旗山溪（達卡努瓦集水區）雨量站採達卡努瓦站、雨量資料以 2010 年至 2018 年汛期期間內之 24 小時累積降雨量達 150 毫米做為分析事件。

粒徑分布曲線

蒐集旗山溪（達卡努瓦集水區）粒徑分布曲線之特徵粒徑作為模式建置資料。

數值地形模型

蒐集內政部數值地形模型資料，產製時間為 2010 年 12 月 31 日，資料精度為 1 公尺 × 1 公尺，及 2014 年 RTK 量測資料精度為 0.1 公尺 × 0.1 公尺。

河道斷面資料

蒐集歷史河道斷面資料作為 CCHE1D 模式檢定。

CCHE1D 模型建置

根據蒐集數值地形模型進行 CCHE1D 模型建置。

參數設定

彙整 CCHE1D 內建四種河床質（含推移載及懸移載）輸砂公式，同時，包含了推移質非平衡調適長度（ $L_{s,b}$ ）、懸浮質非平衡調適長度（ $L_{s,s}$ ）、沖瀉質非平衡調適長度（ $L_{s,w}$ ）及混合層厚度（ δm ）等參數。

模式合理性

CCHE1D 模式透過檢定確認模擬各集水區土砂變化之正確性，並採 2010 年 12 月數值地形高程資料進行模式建置。模擬區域為旗山溪（民權橋至瑪雅復建吊橋）D12、D13 斷面。

模擬 5、25 與 50 年不同重現期降雨情境下之土砂變動趨勢

為了解 5、25 與 50 年不同重現期降雨情境下各集水區土砂變動趨勢，藉由三角形單位歷線法推求 5、25 與 50 年洪峰流量做為模式輸入值進行分析，如表 1 所示。

表 1 旗山溪集水區模擬區域不同重現期流量

名稱	重現期流量 (cms)		
	5 年	25 年	50 年
旗山溪	2192.68	3367.19	3879.82

模擬結果分析與展示

本計畫採用不同場次颱風進行 CCHE1D 模式檢定，透過 CCHE1D 了解河道斷面沖淤變化情形，並分析不同重現期土砂沖淤變化量、土砂流失量、保全對象受災情形等，分析成果如表 2 所示。

表 2 產砂分析成果表

土砂收支項目	單位	計算方式
坡面區（離岸）土砂流失量	萬 m ³	MUSLE 公式
溪谷區（近岸）土砂流失量	萬 m ³	$V = 0.1025A1.401$
溪床沖刷量	萬 m ³	數值模式結果
土砂流失總量	萬 m ³	(1) + (2) + (3)
自坡面流入河道之土砂量 （含沖瀉質）	萬 m ³	(1) + (2)
溪床淤積量	萬 m ³	數值模式結果
溪床沖淤量	萬 m ³	(6) - (3)
集水區上游入流泥砂量	萬 m ³	自集水區源頭建模 （無上游來砂量）
集水區下游出口土砂生產量 （含沖瀉質）	萬 m ³	(5) + (8) - (7)

旗山溪集水區分析成果

重點土砂管理地區控制樁沖淤量測

旗山溪歷年進行斷面測量時間為 103/09、104/03、104/06、104/10、107/05、107/07、107/09，另外斷面 D1 ~ D8 及 D23 斷面歷史測量時間為 103/09、104/03、104/06、104/10。

歷年量測成果

旗山溪歷年縱斷面變化詳圖 3，由於旗山溪斷面測量距離較長，故區分為下游、中下游、中游及上游進行說明。

(1) 旗山溪下游

根據斷面分析旗山溪下游（斷面 D01 ~ D08，約 0 k + 000 ~ 4 k + 437，民治橋至旗山溪與納托爾薩溪匯流處，本段 107 年度未進行斷面測量）今年度量測成果與 104 年度測量成果顯示，河道呈沖刷趨勢，沖刷深度約為 2 ~ 6 公尺。民權橋至旗山溪與那托爾薩溪匯流處）歷年坡度變化介於 1.5 ~ 1.6%，坡度變化不顯著。

旗山溪中下游

旗山溪中下游（斷面 D08 ~ D012，約 4 k + 437 ~ 6 k + 820，旗山溪與納托爾薩溪匯流處至瑪雅吊橋下

游斷面）由於今年度辦理「楠梓仙溪瑪雅吊橋下游工程」，故河道主深槽明顯，且今年度歷經颱風豪雨事件，河道未發生淤滿情形。中下游段河道坡度變化介於 1.1 ~ 1.4%。

旗山溪中游

旗山溪中游（斷面 D12 ~ D17，約 06 k + 820 ~ 11 k + 140，瑪雅吊橋下游斷面至旗山溪與民生橋上游）D12 ~ D13 斷面因今年度辦理「楠梓仙溪瑪雅吊橋上游清疏工程」，故河道主深槽明顯，則其餘斷面則有淤積情形，淤積深度約 2 ~ 6 公尺，其原因為民生橋段坡度變緩，導致上游土石淤積，約 2 ~ 3 年淤滿民生橋橋涵，故曾於 104 年辦理「旗山溪寧妮谷下方河段清疏工程」及「達卡努瓦溪與旗山溪匯流口河段清疏工程」、105 年辦理「旗山溪寧妮谷下方河段清疏二期工程」，明年度則將辦理「楠梓仙溪民生橋上下游清疏工程」。中游段坡度變化坡度介於 1.4 ~ 1.5%，坡度變化不顯著。

旗山溪上游

旗山溪上游（斷面 D17 ~ D23，約 11 k + 140 ~ 14 k + 160，旗山溪與民生橋上游至旗山溪與帖不帖開溪匯流口以上 1 公里處）河道高程變動幅度明顯，呈現沖淤交替情形。坡度變化介於 2.5 ~ 3.1%。根據坡度分析果顯示旗山溪上游坡度較陡，但坡度有逐年下降趨勢。

(2) 分析成果

本研究藉由歷年斷面分析近 104 年 108 年內土砂淤積變化情形與清疏效益，104 年至 108 年河道土砂量共計增加 9,636 萬立方公尺，清疏土砂量共計 280.3 萬立方公尺。

一維土砂動床模式分析

基本資料蒐集

(1) 雨量

旗山溪（達卡努瓦集水區）檢定降雨事件場次採中央氣象局達卡努瓦站自動測站，蒐集 2011 年至 2014 年 7 月間 24 小時最大累積大於 150 毫米事件，各場降雨事件之 24 小時最大累積降雨量如表 2，共計 10 場，其中 24 小時最大累積降雨事件為 2013 年潭美颱風，24 小時最大累積降雨量達 514.0 毫米，如表 3 所示。

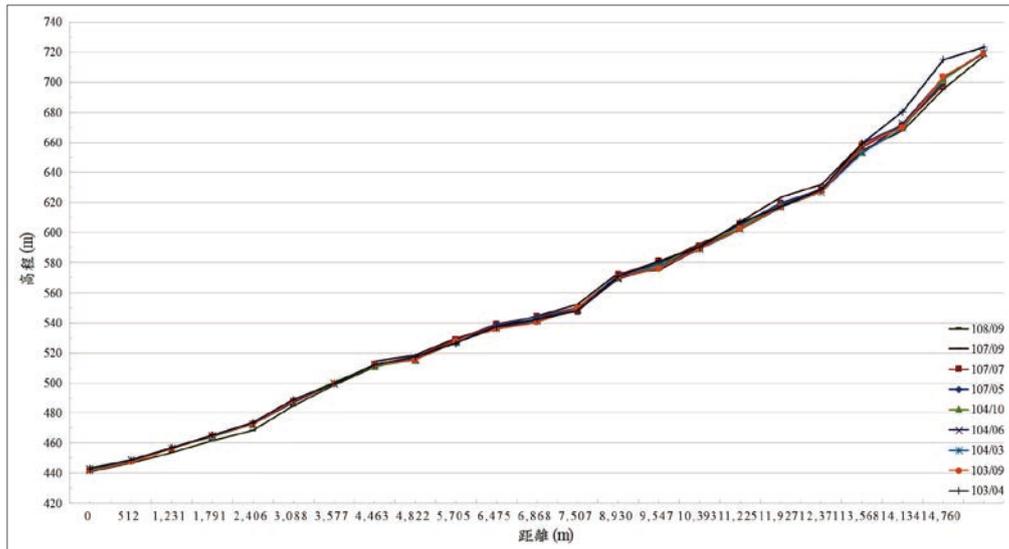


圖 3 旗山溪歷年縱斷面圖 (主深槽高程變化情形)

表 3 旗山溪檢定降雨事件場次基本資料

事件名稱	日期	24 小時最大 累積降雨量 (mm)
0719 豪雨	2011/7/17 ~ 2011/7/20	354.5
南瑪都颱風	2011/08/29 ~ 2011/8/31	169.5
-	2012/05/19 ~ 2012/5/20	189.0
0610 豪雨	2012/06/9 ~ 2012/6/12	464.5
泰利颱風	2012/6/19 ~ 2012/6/21	290.5
蘇拉颱風	2012/08/01 ~ 2012/8/2	367.5
0520 豪雨	2013/05/18 ~ 2013/05/19	192.0
蘇力颱風	2013/07/12 ~ 2013/7/13	358.5
潭美颱風	2013/08/21 ~ 2013/8/23	514.0
康芮颱風	2013/08/29 ~ 2013/9/1	330.0

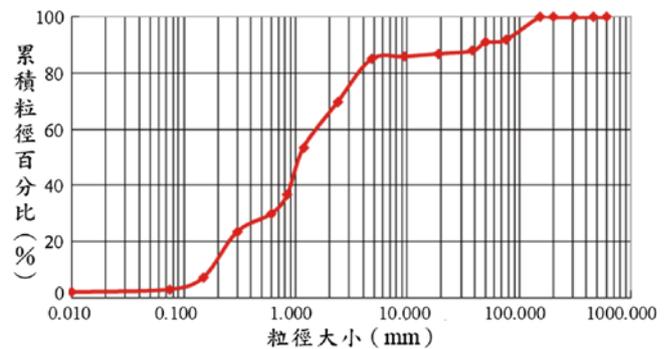


圖 4 旗山溪粒徑分布曲線

(2) 粒徑分布曲線

蒐集旗山溪粒徑分布曲線，詳圖 4。

(3) 模式相關設定

CCHEID 模式建置相關設定請詳表 4，模式建置斷面分布詳圖 5，並採 103 年歷史斷面量測成果進行模式檢定，如表 5 所示。

表 4 旗山溪 CCHEID 模式相關設定

項目	設定
時間間距	dt = 0.2 (min)
網格間距	前、後斷面間距 500 m，遇保全對象則另補充斷面。
初始條件	颱風前，河道已具初始流量 (常流量) 15 cms。
入流泥砂量	$V = 0.1025A^{1.401}$ ，參考「大規模崩塌防減災技術發展與應用」(水保局，104 年) 提出崩塌體積 $V (m^3)$ 與面積 $A (m^2)$ 之關係式
邊界條件	上游邊界：24 小時最大累積大於 150 毫米事件 下游邊界：採 50 年重現期通洪需求。

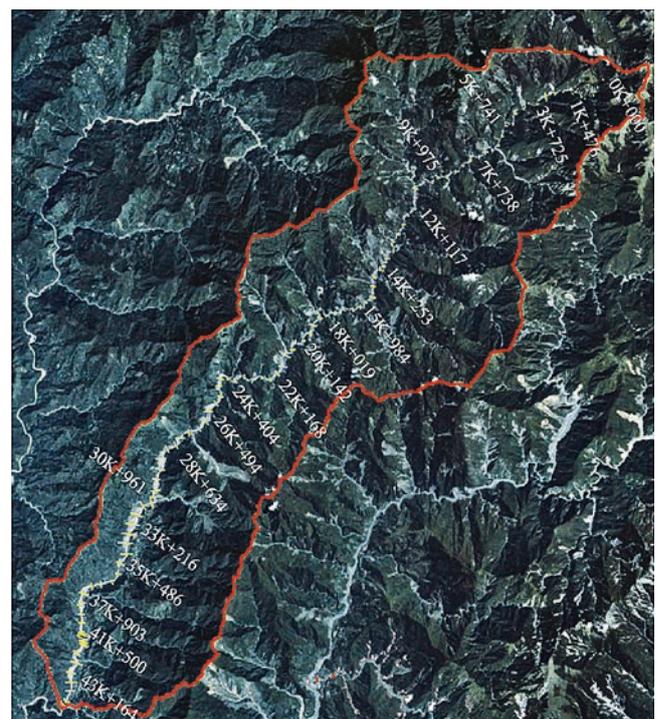


圖 5 旗山溪模式建置斷面分布圖

表 5 旗山溪 CCHE1D 模式檢定設定輸砂公式與參數

項目	設定值	說明
輸砂公式	SEDTRA module	在 CCHE1D 可選擇之四種輸砂公式中，以 SEDTRA module 模擬結果之沖淤分布較為均勻，符合實測地形變化。
非平衡調適長度 $L_{s,b}$ (模式設定值 $1/L_{s,b}$)	1,492 (0.00067)	若 $L_{s,b}$ 太小，則呈現上游河段淤積多，下游淤積少之趨勢。
懸浮質非平衡調適長度 $L_{s,s}$ (α)	0.5	因懸浮值對造床作用影響較低，調整本項對河道整體之沖淤變化無明顯改變。
沖瀉質非平衡調適長度 $L_{s,w}$	0	由於沖瀉質粒徑非常小，鮮少與河床發生交換作用，可忽略其影響，除模擬濁度變化，一般採 0。
混合層厚度 δm	0.1	調整本項對河道整體之沖淤分布變化無明顯改變。

(4) 模式檢定結果

模式最佳參數如表 5，其中河床糙度採一般河道值為 0.035，推移質輸砂公式經過不同公式模擬結果以 SEDTRA module 公式為最佳，調適長度經過測試後以 0.0067 計算方法誤差最小。旗山溪檢定斷面模擬結果如圖 6 及圖 7，模擬結果可符合實際的河床土砂淤積趨勢，且透過平均絕對百分比誤差 (MAPE) 計算模擬結果良好，為 0.13~1.5%，請詳表 6。

表 6 旗山溪 CCHE1D 模式檢定結果

斷面編號	MAPE (%)	說明
D12	0.13	$MAPE = \frac{\sum \text{實際值}_i - \text{預測值}_i }{\text{實際值}_i} \times 100$
D13	1.5	

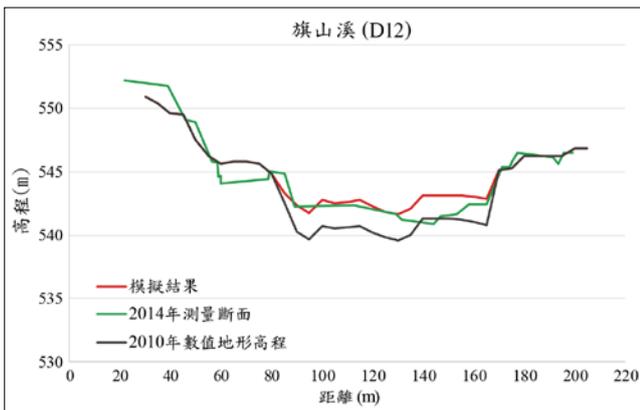


圖 6 旗山溪 D12 斷面檢定結果

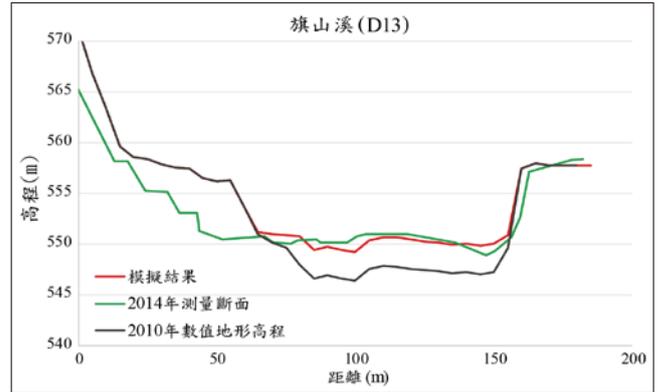


圖 7 旗山溪 D13 斷面檢定結果

不同重現期模擬結果分析

經過模式檢定及驗證工作，並通過集水區土砂收支模式演算方法，基本上已能夠掌握集水區在不同降雨條件下的土砂流失及生產間之關係，並由土砂流失與生產關係之變化規律，取得集水區之產砂分析及土砂管理模式。

不同重現期降雨條件下集水區產砂分析結果如表 7 至表 9 所示，根據不同重現期降雨分析結果顯示旗山溪河道目前整體尚處淤積趨勢，其中 5 年重現期土砂淤積量約為 18.6 萬 m³；25 年重現期土砂淤積量約為 17.0 萬 m³；50 年重現期土砂淤積量約為 13.5 萬 m³。

根據 CCHE1D 模擬不同重現期降雨情境下旗山溪縱斷面變化圖如圖 8 至圖 16，保全對象橫斷面變化如圖 17 至圖 19，其土砂沖淤變化量如圖 20 至圖 22，目前旗山溪中上游斷面呈現沖刷趨勢較顯著，下游游河道主要呈現淤積情形。當發生重現期越大之降雨情形下，旗山溪沖刷及淤積土砂量增加，其中旗山溪下游為重要保全對象瑪雅里尚可通過 5~25 年重現期洪水位，但 5 年重現期洪水較容易造成此斷面之淤積。

表 7 5 年重現期產砂分析成果表

編號	土砂收支項目	數值	單位	計算方式
(1)	坡面區 (離岸) 土砂流失量	1.65	萬 m ³	MUSLE 公式
(2)	溪谷區 (近岸) 土砂流失量	58.2	萬 m ³	數值模式結果
(3)	溪床沖刷量	-81.10	萬 m ³	數值模式結果
(4)	土砂流失總量	105.56	萬 m ³	(1) + (2) + (3)
(5)	自坡面流入河道之土砂量 (含沖瀉質)	186.65	萬 m ³	(1) + (2)
(6)	溪床淤積量	99.70	萬 m ³	數值模式結果
(7)	溪床沖淤量	18.60	萬 m ³	(6) + (3)
(8)	集水區上游入流泥砂量	0.00	萬 m ³	自集水區源頭建模 (無上游來砂量)
(9)	集水區下游出口土砂生產量 (含沖瀉質)	168.05	萬 m ³	(5) + (8) - (7)

表 8 25 年重現期產砂分析成果表

編號	土砂收支項目	數值	單位	計算方式
(1)	坡面區(離岸)土砂流失量	2.73	萬 m ³	MUSLE 公式
(2)	溪谷區(近岸)土砂流失量	75.7	萬 m ³	數值模式結果
(3)	溪床沖刷量	-97.51	萬 m ³	數值模式結果
(4)	土砂流失總量	90.22	萬 m ³	(1) + (2) + (3)
(5)	自坡面流入河道之土砂量(含沖瀉質)	187.73	萬 m ³	(1) + (2)
(6)	溪床淤積量	114.52	萬 m ³	數值模式結果
(7)	溪床沖淤量	17.00	萬 m ³	(6) + (3)
(8)	集水區上游入流泥砂量	0.00	萬 m ³	自集水區源頭建模(無上游來砂量)
(9)	集水區下游出口土砂生產量(含沖瀉質)	170.73	萬 m ³	(5) + (8) - (7)

表 9 50 年重現期產砂分析成果表

編號	土砂收支項目	數值	單位	計算方式
(1)	坡面區(離岸)土砂流失量	3.22	萬 m ³	MUSLE 公式
(2)	溪谷區(近岸)土砂流失量	87.3	萬 m ³	數值模式結果
(3)	溪床沖刷量	-114.8	萬 m ³	數值模式結果
(4)	土砂流失總量	73.42	萬 m ³	(1) + (2) + (3)
(5)	自坡面流入河道之土砂量(含沖瀉質)	188.22	萬 m ³	(1) + (2)
(6)	溪床淤積量	128.30	萬 m ³	數值模式結果
(7)	溪床沖淤量	13.50	萬 m ³	(6) + (3)
(8)	集水區上游入流泥砂量	0.00	萬 m ³	自集水區源頭建模(無上游來砂量)
(9)	集水區下游出口土砂生產量(含沖瀉質)	174.73	萬 m ³	(5) + (8) - (7)

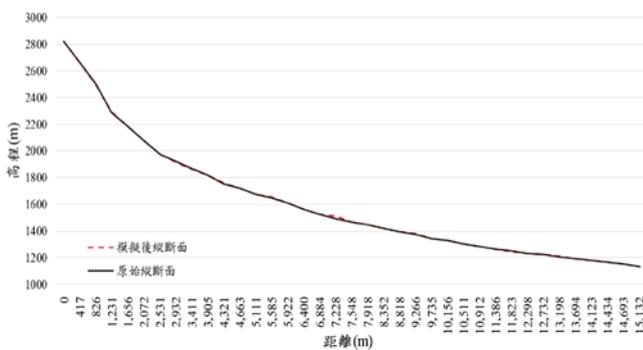


圖 8 旗山溪 5 年重現期断面變化圖(上游)

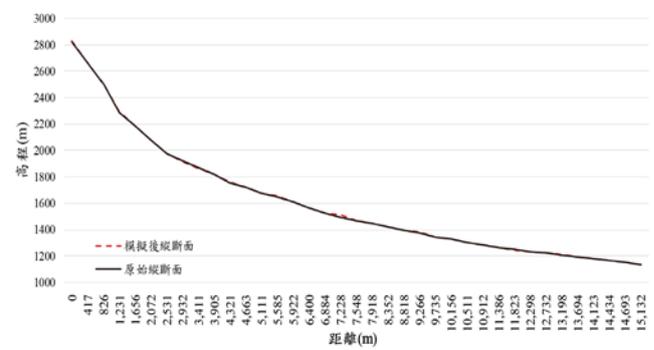


圖 11 旗山溪 25 年重現期断面變化圖(上游)

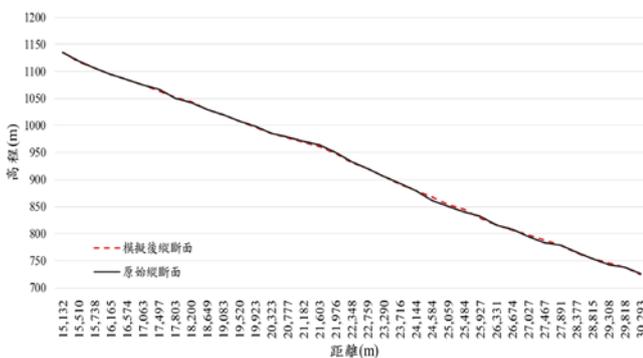


圖 9 旗山溪 5 年重現期断面變化圖(中游)

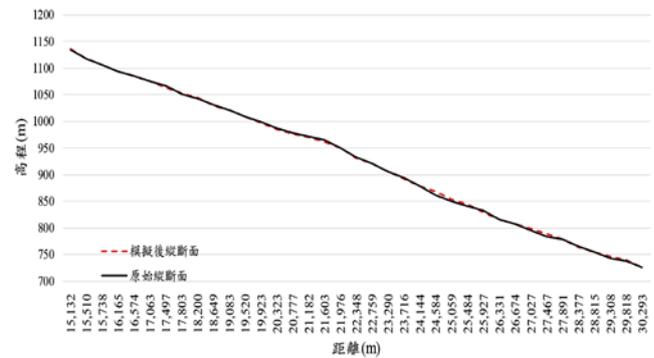


圖 12 旗山溪 25 年重現期断面變化圖(中游)

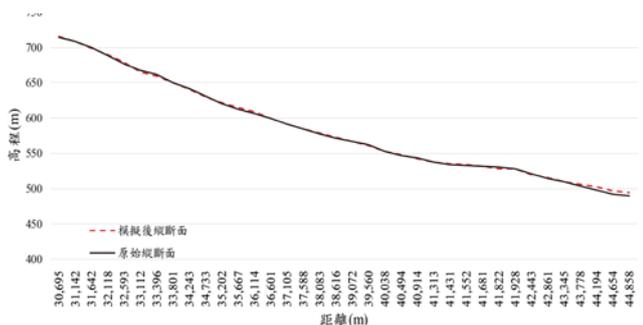


圖 10 旗山溪 5 年重現期断面變化圖(下游)

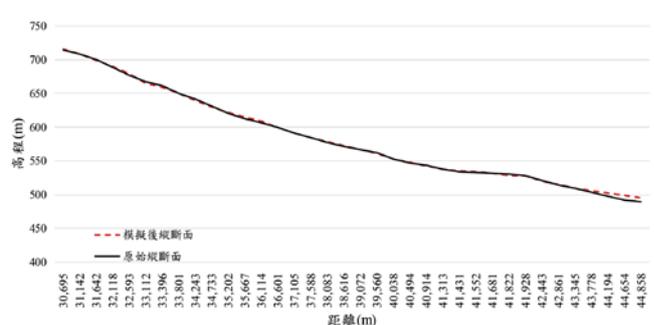


圖 13 旗山溪 25 年重現期断面變化圖(下游)

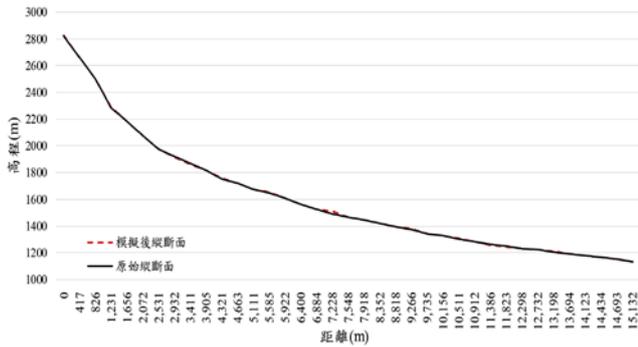


圖 14 旗山溪 50 年重現期断面變化圖 (上游)

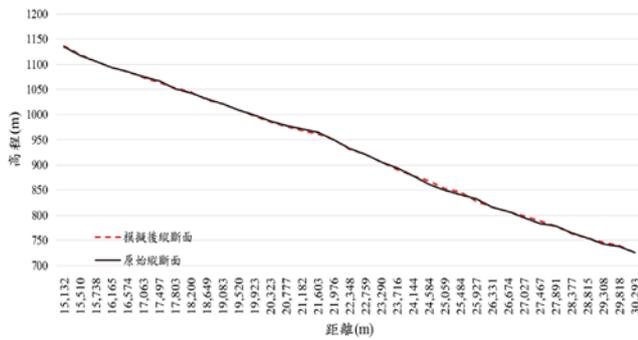


圖 15 旗山溪 50 年重現期断面變化圖 (中游)

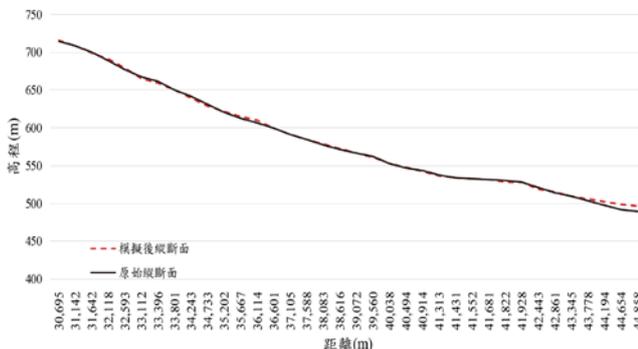


圖 16 旗山溪 50 年重現期断面變化圖 (下游)

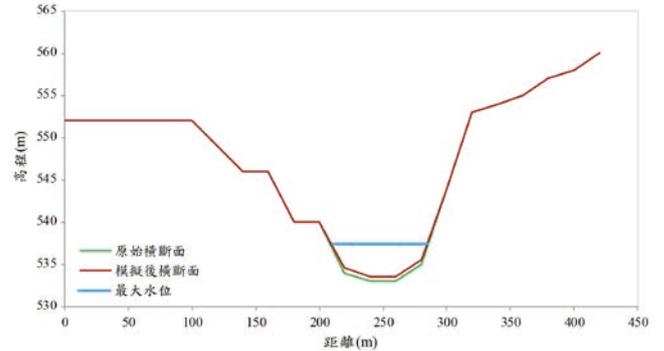


圖 17 旗山溪 (瑪雅里) D12 橫断面 5 年重現期變化圖

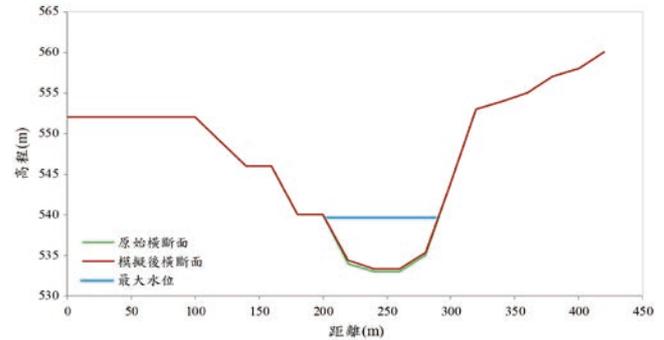


圖 18 旗山溪 (瑪雅里) D12 橫断面 25 年重現期變化圖

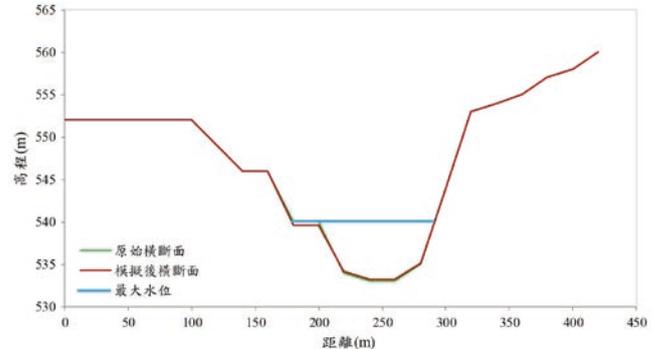


圖 19 旗山溪 (瑪雅里) D12 橫断面 50 年重現期變化圖



圖 20 旗山溪 5 年重現期縱断面土砂變化量



圖 21 旗山溪 25 年重現期縱斷面土砂變化量

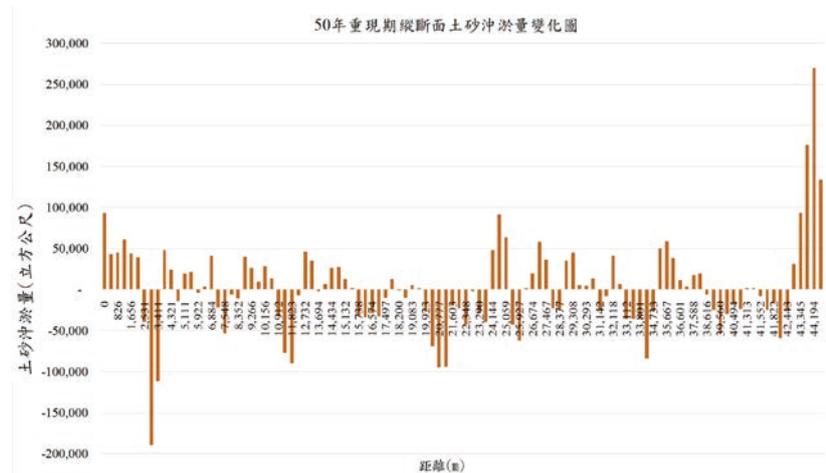


圖 22 旗山溪 50 年重現期縱斷面土砂變化量

集水區因應對策

根據分析結果旗山溪集水區因地質構造發達，地形易造成崩塌、跨河構造物阻擋水流，造成土砂淤積嚴重與橋梁斷裂，故流域土砂管理指標中旗山溪上游子集水區有多處崩場地，導致坡面分數指標較高。另外莫拉克風災後，主流河道及野溪因大量土石淤積造成河床抬升、沒有明顯深槽位置，洪水侵流河階平台，對兩岸造成威脅。目前旗山溪及其支流已完成待清疏河段計畫清疏量體，且經一維土砂模式分析不同重現期降雨情況下，近年部分區段仍因地形及颱風豪雨事件影響，大量土石仍淤積於河道，使民生橋、瑪雅吊橋等經常性通洪斷面不足，那次蘭溪至瑪雅吊橋則產生沖刷情形，可能造成河岸崩塌發生。旗山溪新

望嶺、拉庫邦溪、棚機山及老人溪上游子集水區，因仍有大量崩場地，故容易造成下游土砂淤積，但新望嶺、拉庫邦溪、棚機山集水區屬林班地，故須協調林務局進行相關治理。

彙整重點土砂管理地區控制樁沖淤量測、一維土砂動床模式分析、流域土砂管理資訊變動趨勢分析及流域土砂管理指標分析結果，並透過分析結果依據「野溪保育治理規劃與策略評估」針對各流域土砂管理指標後，提短、中、長期治理策略，各項治理策略說明如下藉由不同重現降雨情境土砂變動趨勢分析結果，提出各集水區工程治理策略。各集水區遭遇問題之策略如圖 23 與圖 24，可分為淤積與沖刷河段之治理策略。

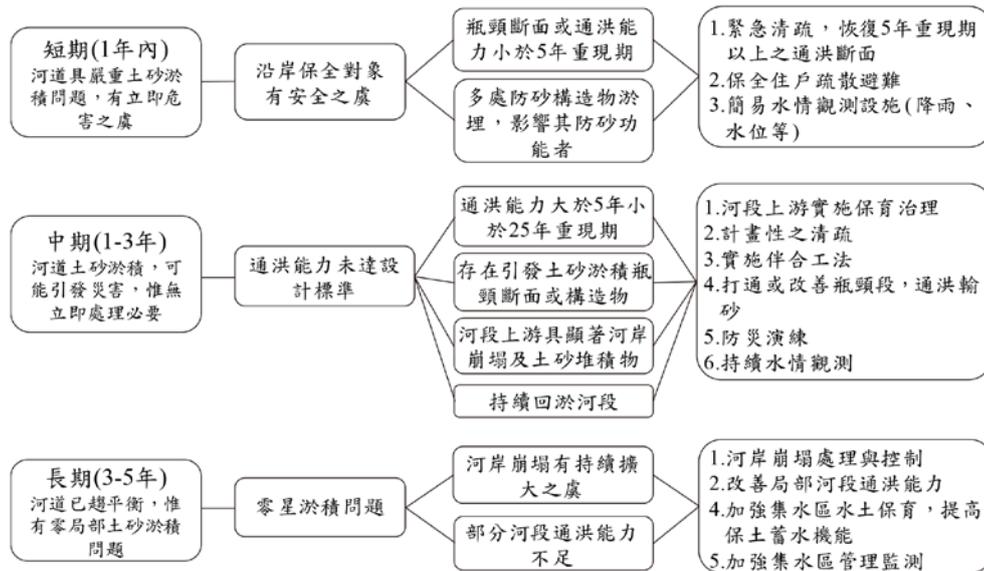


圖 23 淤積河段治理策略

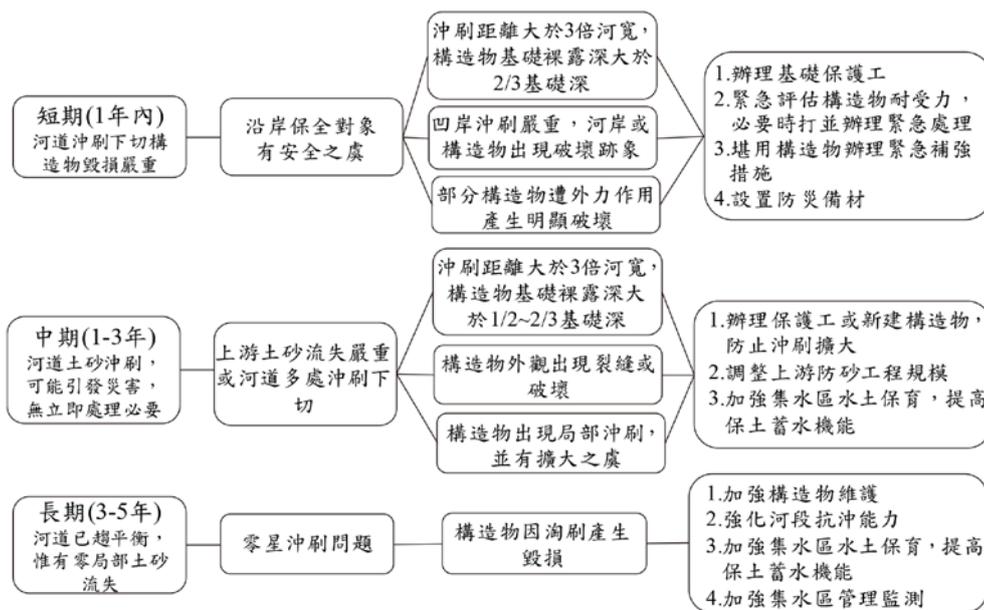


圖 24 冲刷河段治理策略

淤積處理等級

經土石清疏需要性評估後，依其迫切性區分為短期緊急清疏、中長期之計畫清疏及暫不清疏等處理分級。

短期策略

屬高度風險河段，係指集水區內部分河段土砂淤積嚴重，且已危害公共安全，同時在短期內(約 0.5 年內)能夠處理完成，獲取立竿見影之效果者，可以採取緊急清疏方式處理淤積土石。另，視實際需求辦理一般環境友善評估。

中期策略

屬中度風險河段，係指集水區內有多處河段土砂淤積情形，具危害公共安全之虞，惟可能存在以下問題之一者，宜採中長期之計畫清疏，即：

- (1) 短期內無法逐一完成處理作業，且處理手段亦可藉由保育治理措施加速恢復其通洪断面。
- (2) 可能嚴重衝擊生態環境時，則可採取以集水區為單元，通過規劃手段有計畫性地實施土石清疏及保育治理措施，以消弭土石持續危害之威脅。

長期策略

屬輕度風險河段，河道沖淤已趨平衡，但有零星局部土砂流失之異常問題，宜視實際需求擬定治理對策。

清疏處理對策

由於土砂淤積程度不同而有短、中、長期治理等級之分，同時在對應之治理對策亦存在一定的差異，並具有以下特點包括：

淤積嚴重區位之短期緊急清疏

短期緊急清疏重點在於可以縮短處理時間，且具有很好的改善效能，故特別針對淤積河段直接採取土石清疏作業，力求在極短時間內（約1年內）恢復河道約2~5年重現期之通洪斷面，實為短期緊急清疏的唯一工程對策。此外，亦可採取非工程對策，包括疏散避難作為及水情觀測設施建置。

集水區中期清疏計畫與保育治理

中長期計畫清疏係採取集水區為單元之整體性規劃，配合保育治理措施及環境友善措施，系統性處理集水區之土砂淤積問題及危害。因此，在治理對策上，可依實際狀況因地制宜個別或綜合採取野溪對策和集水區對策，即

- (1) 溪流對策：淤積河段上游之降低土砂下移措施，包括系列防砂設施、護坡措施、沉砂設施等；淤積河段之減少土砂淤積，包括土石清疏、護岸護坡措施、沉砂設施、排除淤積原因等；保全對象部分，則以聚落防護、填高地面及圍堤截流等為主要。
- (2) 集水區對策：包括崩塌地處理、坑溝整治、坡面保護工及縱橫向排水等，其目的在於減少坡面土砂流失量。

集水區長期清疏計畫與保育治理

雖有零星沖淤及河岸崩塌問題，但整體河道已趨穩定。因此水土保持宜以集水區為目標，加強集水區坡地保育措施。

- (1) 河岸崩塌處理與控制；
- (2) 改善局部河段通洪能力；
- (3) 加強構造物維護措施，提高其使用壽命；
- (4) 強化局部沖刷河段之抗沖能力；
- (5) 加強集水區水土保持措施，提高保土蓄水機能；
- (6) 加強集水區管理與監測。

除了上述各項工程與非工程對策外，由於水土保持轄管範圍多數介於上游林務局及下游水利署或縣

（市）管河川之間，使在辦理土石清疏時必須特別重視上下游的介面協調問題，包括協調上游林務局以相關保育治理措施控制上游來砂量，以及協調下游水利署疏通河道瓶頸段。

沖（淘）刷處理等級

經沖（淘）刷程度評估後，依其處理迫切性可以區分為短期緊急處理、中長期計畫處理及暫不處理等分級。

短期緊急處理

由於河床沖刷導致河岸構造物有明顯的破壞跡象（如錯動、下陷、傾倒、背填土流失…等），隨時有坍塌可能，或在無構造物保護的河岸，鄰近土地流失（或崩塌）嚴重，已危及保全對象者，皆應在短期間內立即處理。

中長期計畫處理

溪流構造物有小範圍的損壞跡象、沿岸土地部分流失、或構造物基礎略有淘空等問題產生，雖然無立即危害工供安全之虞，惟經調查判釋溪流床面長期處於沖刷下切之發展趨勢，且存在：

- (1) 短期內無法逐一完成處理作業，且處理手段亦須配合其他保育治理措施（如集水區對策）。
- (2) 可能嚴重衝擊生態環境時，則宜以集水區為單元，通過規劃手段系統性地採取河溪及集水區之綜合保育治理對策，以緩解河溪土砂沖刷之危害。
- (3) 長期計畫處理：略有沖刷或近乎沖淤動態平衡，無危害公共安全之虞，雖有零星沖淤及河岸崩塌問題，但整體河道已趨穩定。因此水土保持宜以集水區為目標，加強集水區坡地保育措施，持續觀察。

處理對策

由於溪流沖（淘）刷程度不同而有短、中、長期治理等級之分，同時在對應之治理對策亦存在一定的差異，包括：

嚴重沖（淘）刷區位之短期緊急處理

短期緊急處理溪流沖刷問題，重點在於可以在短時間內控制沖刷變形之持續發展，包括：

- (1) 加強基礎保護工。
- (2) 可能嚴重衝擊生態環境時。
- (3) 緊急評估構造物之耐受力，必要時宜打除已喪失功能之構造物，並實施緊急處理工程，如混凝土塊、拋石、箱（蛇）籠等。

- (4) 堪用構造物宜實施緊急補強措施。
- (5) 備置防災備材（如消能塊、異鼎塊 … 等），以利緊急搶修搶險之用。

另，視實際需求辦理一般環境友善評估。

集水區中期計畫處理

中期計畫處理溪流沖刷問題係採取集水區為單元之整體性規劃，配合保育治理措施及環境友善措施，系統性處理集水區之土砂沖刷問題及危害。因此，在治理對策上，可依實際狀況因地制宜個別或綜合採取野溪對策和集水區對策，即

- (1) 溪流對策：沖刷河段之控制沖刷持續發展，包括整流工法、凹岸處理及防砂設施等皆能起到控制沖刷發展之效能；沖刷河段之上游段旨在增加土砂的下移量，主要是通過可調式防砂設施進行土砂的調節和下移量。
- (2) 集水區對策：包括保育措施，如造林植生及綠地保持，以及蓄滯洪措施，包括蓄滯洪設施、池塘水田濕地、截流分洪等，其目的在於減少匯入溪流之逕流量，以降低水流對溪床及兩岸
- (3) 保全對象：包括遷移後退，避開河岸土地之威脅，以及採取二道防線，如護岸後方再施作一道護岸，以強化抗沖刷能力。

集水區長期計畫處理

河道沖淤已趨平衡，但有零星局部土砂流失之異常問題，宜視實際需求擬定治理對策。

- (1) 河岸崩塌處理與控制；
- (2) 改善局部河段通洪能力；
- (3) 加強構造物維護措施，提高其使用壽命；
- (4) 強化局部沖刷河段之抗沖能力；
- (5) 加強集水區水土保育措施，提高保土蓄水機能；
- (6) 加強集水區管理與監測。

除了上述各項工程與非工程對策外，由於溪流沖（淘）刷問題受制於上游來水量及來砂量之多寡，故與溪流上游轄管單位林務局之處理成果息息相關，在介面協調上應首重土砂基本控制及其下移量問題。

工程治理策略模擬成果

藉由 5、25 與 50 年不同重現降雨情境土砂變動趨勢分析結果，提出各集水區工程治理策略。本研究針對旗山溪集水區提出短、中、長期提出因應對策：

短期（約 0.5 至 1 年內）

經過水土保持局臺南分局長期投入治理工程及清淤工程下，目前河道斷面皆保持一定通洪能力，但是本區段

因為坡降較緩，在歷經 5 年以上洪水重現期距模擬，淤積量高達 4~5 m 之多，建議做預防清疏以保留至少 10 m 深槽，未來更大規模降雨的土砂淤積空間，清疏長度至少 1.5 km。另外在民生橋上游有三處明顯土砂淤積區段，每處淤積長度約為 1.2 m，應做預防清疏深度約 3~5 m。

中期（約 1 至 5 年）

主要針對旗山溪下游河段定期預防性清疏，如民生橋、民權橋、瑪雅吊橋及三民里段，約 3 年需重新檢視斷面通洪能力是否足夠，另外此河段坡度較緩，故可透過清疏工程提高河道坡度，達到束水攻砂效果，以利土砂帶往下游。另外因颱風豪雨造成土地流失，尤其具下游 2.5~3.6 km 區間，大量沖刷恐造成既有護岸設施基礎掏空，應針對兩岸可透過基礎保護工降低河岸沖蝕並恢復流失土地。

中期計畫清疏係採取集水區為單元之整體性規劃，配合保育治理措施及環境友善措施，系統性處理集水區之土砂淤積問題及危害，如針對老人溪集水區等，降低土砂下移措施，如系列防砂設施、護坡措施、沉砂設施等；針對淤積河段之減少土砂淤積，包括土石清疏、護岸護坡措施、沉砂設施、排除淤積原因等。

旗山溪上游集水區如拉庫邦溪及棚機山等進行崩場地處理、坑溝整治、坡面保護工及縱橫向排水等，由於上述集水區非屬水保局權責範圍，故可協調林務局以減少坡面土砂流失帶往河道下游，造成下游土砂淤積。

長期（約 5 至 10 年）

經過短、中期策略後，針對集水區零星沖淤及河岸崩塌問題，若整體河道已趨穩定，應採取以集水區為目標之水土保持策略，加強集水區坡地保育措施。如河岸崩塌處理與控制、改善局部河段通洪能力、加強構造物維護措施，提高其使用壽命，若經觀察發現河道發生沖刷情形，則需強化局部沖刷河段之抗沖能力，及加強集水區水土保育措施，提高保土蓄水機能。根據河道整體泥沙粒徑與各區段平均坡降關係，建議整體坡降能控制在 2.5% 左右，以提高整體泥沙的輸送。

結論與建議

結論

1. 本年度透過斷面測量分析可了解集水區土砂變化趨勢，並藉斷面測量結果作為一維土砂動床模式分析之用。

- 藉由重點斷面監測可了解清疏工程成效，及豪雨事件後土砂沖淤情形，目前旗山溪土砂殘存量為 960 萬 m³；
- 成重點土砂管理地區控制樁沖淤量測、流域土砂管理資訊變動趨勢分析及流域土砂管理指標及因應對策，了解集水區遭遇問題及提出相關策略，供水保局參考。

建議

- 透過斷面測量與歷年測量結果比較，可了解集水區土砂變化趨勢，並藉由當年度量測成果可掌握清疏工程完工後經豪雨事件之河道是否發生回淤情形，以及作為災後清疏工程設計之參考。
- 透過清疏工程斷面即時監測可掌握河道狀況，了解清疏工程完工前後斷面變化情形，建議可持續辦理相關監測。
- 由於本計畫一維土砂動床模式分析於不同重現期降雨情境下之模擬，模式所建置地形採 2014 年國土測繪中心精度為 20 公尺之數值地形高程，由於此為目前最新地形資料及精度僅 20 公尺，故後續釋出最新數值地形高程資料可持續更新進行滾動檢討。
- 本研究根據旗山溪分析結果提出治理策略：
 - 短期：因坡降較緩，經 Q5 年以上洪水淤積量高達 4~5 m，建議做預防清疏以保留至少 10 m 深槽，未來更大規模降雨的土砂淤積空間，清疏長度至少 1.5 km；民生橋上游有三處明顯土砂淤積區段，每處淤積長度約為 1.2 m，應做預防清疏深度約 3~5 m。
 - 中期：主要針對旗山溪下游河段定期預防性清疏，如民生橋、民權橋、瑪雅吊橋及三民里段，約 3 年需重新檢視斷面通洪能力是否足夠；大量沖刷恐造成既有護岸設施基礎掏空，應針對兩岸可透過基礎保護工降低河岸沖蝕並恢復流失土地。
 - 長期：根據河道整體泥沙粒徑與各區段平均坡降關係，建議整體坡降能控制在 2.5%，以提高整體泥沙的輸送。

參考文獻

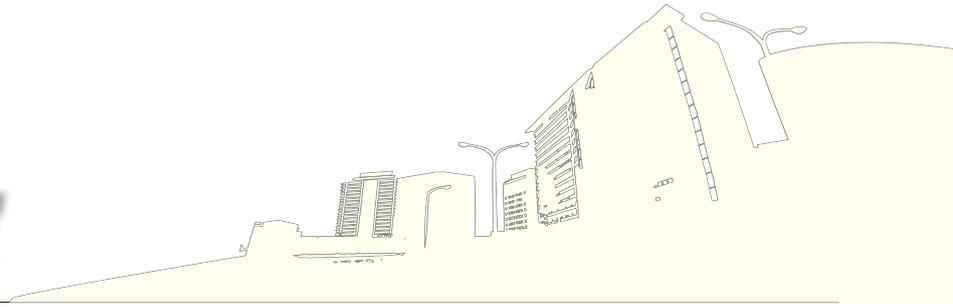
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，高變動溪床沖淤變化對保全對象之衝擊及因應評估（以來社溪內社溪匯流口為例），2019。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，荖濃溪上游（荖濃、復興、樟山、布唐布那斯溪、東庄溪及玉穗溪）等集水區禦災能力

- 分析與應用，2018。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，重大土砂災害區位成效評估及水土保持治理技術精進計畫，2018。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，臺南分局轄區野溪土砂保育治理需求管理及綠化調適策略成效檢討，2018。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，清疏土石再利用綠色工法之效益及可行性評估計畫，2018。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，臺南轄區土砂運移及系統資料維護管理計畫，2017。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，106 年度南部地區水土保持保育治理專案管理計畫，2017。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，臺南分局轄區土砂運移及系統資料維護管理計畫，2017。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所，臺灣河川輸砂公式建置及應用研究（3/3），2017。
- 行政院農業委員會水土保持局，野溪保育治理規劃與策略評估，2017。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所，臺灣河川輸砂公式建置及應用研究（2/3），2016。
- 行政院農業委員會水土保持局，全臺野溪重大土砂災害區土砂運移潛勢及處理策略，2016。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，105 年度南部地區水土保持保育治理及土砂運移機制管理計畫，2016。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，荖濃溪上游集水區土砂控制測量與監測，2016。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，104 年度臺南分局清疏作業專案管理計畫，2015。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，荖濃子集水區（高市 DF064 等重點區域）細部規劃，2015。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，高屏溪上游集水區水土保持處理及維護需求評估，2015。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，旗山溪上游集水區土砂控制測量與監測，2015。
- 103 年度臺南分局清疏作業專案管理計畫，行政院農業委員會水土保持局臺南分局，2014。
- 野溪淤積土石清疏作業要點，行政院農業委員會水土保持局臺南分局，2014。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，103 年度南部地區水土保持保育治理先期計畫，2014。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，寶來集水區（竹林重點區域）細部規劃，2014。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，104 年度南部地區水土保持保育治理先期計畫，2014。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所，高屏河流域因應氣候變遷防洪及土砂更新研究計畫，2013。
- 行政院農業委員會水土保持局，南部地區重大土砂災害及堰塞湖緊急調查評估計畫，2011。
- 行政院農業委員會水土保持局，高屏溪與林邊溪上游山坡地土砂生產運移變遷調查，2011。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所，氣候變遷下台灣南部河川流域土砂處理對策研究—以高屏溪為例（2/2），2011。
- 行政院農業委員會水土保持局臺南分局，旗山溪集水區水土保持復建調查規劃，2010。
- 經濟部水利署水利規劃試驗所，氣候變遷下台灣南部河川流域土砂處理對策研究—以高屏溪為例（1/2），2010。
- 集水區土砂整治率之修正及案例分析，中華水土保持學報；第 41 卷，第 1 期（2010/03/01），第 126-130 頁，2010。





新北心都更



黃一平 / 新北市政府城鄉發展局 局長

新北市都市更新推動自「都市更新條例」公布實施後，已歷經 20 多年時間，期間內新北市政府從法令、制度基礎建置著手，並提出許多全國首創及創新政策，包含劃定 92 處更新地區、推動「簡易都更」快速重建政策、首創推動師輔導及駐點機制，更因應南台灣大地震後推出房屋健檢一條龍服務，提出全國首創「新北市推動都市計畫內防災建築再生自治條例」，並創全國之先核准危老重建計畫首案。近期更提出都更三箭政策並成立都更推動辦公室積極走入社區辦理說明會宣導都更，接觸住戶瞭解問題所在，即時解答都更疑惑，協助找出解決方式，同時更針對淡水東來大廈海砂屋進行斷水斷電拆除，並協助輔導社區辦理都更重建。簡言之，市政府對於都更推動不斷精益求精，化被動為主動，推出更貼近市民需要的政策，讓都更可以做的更好，以下將就各階段推動歷程及內容予以說明。

都更之初 制度建構打底基礎

都更條例上路 建立新北制度

考量全臺都市範圍內老舊建物眾多，為推動舊市區更新，內政部營建署參借日本經驗，引入權利變換機制及相關法令程序，於民國 87 年 11 月 11 日公布實施「都市更新條例」，隔年 9 月即發生 921 大地震，造成臺北縣境內多處建物受到嚴重的破壞，因此臺北縣政府立即成立「住宅及城鄉局」並設置「都市更新課」，將災後重建及都市更新機制建立作為都市更新推動初期最重要的工作。為協助「災後重建」縣府於 89 年 3 月公告劃定 15 處 921 震損更新地區，並陸續修訂「臺北縣都市更新單元劃定基準」、「臺北縣都市更新地區建築容積獎勵核算基準」等都市更新相關法令，以及成立「臺北縣都市更新審議委員會」，讓受災社區得採都市更新方式整建或重建。

檢討都更審議機制 啟動公辦都更及整建維護

臺北縣政府於民國 96 年時針對民間推動都市更新過程中所遭遇到的法令、審議機制及執行層面的困

難，檢討訂定都市更新相關規定，使容積獎勵誘因增加，程序更加簡化。另為推動公有土地為主之都市更新，配合「愛臺 12 建設－都市更新推動計畫」，選定「新店榮工廠地區」及「永和大陳社區地區」，由政府辦理先期規劃及招商評估，引進民間投資開發。同時，為促進老舊房屋辦理都市更新整建維護，市府訂定實施「臺北縣都市更新整建維護補助要點」及「臺北縣協助民間推動都市更新補助要點」並公告 9 處整建維護策略地區，藉由政府經費補助，促進居住環境改善及都市機能復甦。

新北市都市更新處成立 提升服務

為加速老舊地區重建、增加審議量能並配合臺北縣升格為新北市，新北市政府於民國 99 年 12 月 25 日成立「新北市政府都市更新處」，以推動「民辦更新為主、公辦更新為輔」為主軸政策，並設定「擴大參與」、「增加互信」、「資訊透明」、「諮詢協調」為目標，從規劃、審議和推廣等 3 個面向推動都市更新。

而為提供民眾全方位且多元的都更協助，新北市政府藉由多元宣傳管道，並推出全國首創「都更推動

師」制度、舉辦各類都更的教育課程及講習、自主都更輔導等創新政策，增加民眾對於都市更新的認知。另為加速老舊建物重建，新北市政府率先推出「簡易都更」，僅須取得土地及建物全數所有權人同意，並符合基地條件，即可取得 10%、15% 或 20% 容積獎勵，無須經都市更新審議程序，提供一條簡單又快速的重建途徑。

民國 105 年 2 月 6 日南台灣強震造成嚴重災害，為保障市民居住安全，新北市政府於 105 年 3 月起陸續鬆綁都市更新等相關法令制度及擴大適用範圍，並推出「房屋健檢、補強、重建一條龍服務」，請都更推動師進入社區蹲點輔導，同步建立重建媒合平台，提供銀行、建築經理公司及營造廠等廠商資訊，讓民眾取得資金及技術支援協助。105 年 11 月新北市政府依循輔導社區住戶及推動師回饋意見，提出「臨門方案」，市府全額支付耐震能力詳細評估及海砂屋檢測費用，更於 107 年 3 月 23 日實施「新北市推動都市計畫內防災建築再生自治條例」，給予重建定額容積協助，鼓勵住戶將危險建築物進行補強或重建。106 年 5 月內政部參考新北市政府簡易都更及防災自治條例之模式，以簡單、快速、有獎勵之作法推動危老條例，新北市政府憑藉簡易都更相同原則之操作經驗，率全國之先核准第一例危老重建計畫。

歷經了 20 年的探索時期 下一步呢？

經統計新北市住宅戶數約 162 萬，其中 30 年屋齡住宅高達 70 萬戶，佔了總戶數的 45%，但近幾年老舊建築物以都更方式重建仍屬少數，原因除了房地產景氣下滑、整體經濟環境因素外，民眾對都市更新的迷

思、建商的不信任以及「一坪換一坪」的觀念下，更是導致多數都更案件卡關甚至失敗的原因，而面對這些問題，新北市政府的下一步該怎麼處理呢？

都更現在 打造都更全民運動

「都更三箭」城市轉骨妙解方

侯市長上任後有見城市都更緩慢，除了認為防災型都更應積極推動之外，進一步調整都市環境發展的緊密程度，以及民眾實際考量重建與否的容積分配等情形，推出「捷運都更」、「主幹道沿線都更」及「危老都更」之「都更三箭」政策，並成立都更推動辦公室的加強宣導，在本市吹起一股「全民都更」的討論風潮。

都更三箭第一箭，以價購容積方式增加舊市區或新發展區大眾運輸場站周邊開發重建可興建樓地板面積，讓都市活動自然地集中，也提供好步行環境及多元活動；第二箭是鄰接主要幹道的危老建築物，有條件的提高容積率。另外，同時提案本市縣民大道兩側進行市容改造，市府主動投入經費、資源及施工，以作為優先示範道路。都更第三箭綜整「危險及老舊建築物加速重建條例」、「都市更新條例」以及「新北市推動都市計畫內防災建築再生自治條例」等法令規定，並透過「都更推動辦公室」同仁主動進入社區，全面性推動「都更三箭」政策（圖 1），化艱澀難懂的政策內容，如容積獎勵誘因、適用條件、辦理程序、同意比例以及坪效計算等為簡單易懂的圖表文宣發送民眾參考，並透過都更推動辦公室同仁的解釋，提供最直接面對面的諮詢平台。



圖 1 都更三箭政策彙整圖

成立新北市都更推動辦公室 走進社區共同面對問題

新北市為了積極推動都更三箭，於 108 年 3 月 18 日成立跨局處 22 人「新北市都更推動辦公室」主動出擊（圖 2），積極走入社區辦理說明會，接觸住戶瞭解問題所在，即時解答都更疑惑，提供不分時段實地輔導及諮詢，協助找出解決方式，並結合都更推動師共同輔導，在重建的路上陪伴住戶往下走。

為了讓民眾瞭解什麼是都更，加強與民眾對話與溝通，帶給民眾應有正確的觀念，都更推動辦公室不分晝夜、平日或假日深入社區召開說明會，成立僅三個月，舉辦說明會場次突破 200 場，帶動新北都更重

建風氣，透過一場又一場說明會，讓民眾理解市府提供的容積誘因及相關補助，讓重建更順利。

過程中，時常遇到民眾詢問幾個關鍵問題，為什麼蓋、蓋多少、一起蓋、怎麼蓋、找誰蓋等問題，同仁除了具備專業知識外，更須具備耐高溫（實地現勘瞭解問題）、能言善道（開說明會講給大家知及溝通協調）、處變不驚（民眾抗議或紛爭時控制場面）、鐵板神算（容積試算）、腳骨勇建（爬遍各家樓梯拜訪）、全年無休（上班時間 1 週 7 天）的特質，找到關鍵問題，替民眾解決問題及溝通協調（圖 3、圖 4），讓重建不再是遙遙無期的事。



圖 2 新北市都更推動辦公室揭牌



圖 3 推辦協助澄清問題



圖 4 新北市都更推動辦公室社區輔導

加強宣導 開發新北都更小百科 LINE

都更觀念普及需透過多種管道的推廣，除了一般的說明會外，新北市更開發「新北都更小百科 LINE@」(圖 5)，上線一天突破萬人使用，民眾可直接透過 LINE 查詢自家是否在捷運 TOD 範圍(都更一箭)內，也能解答各種民眾常見的都更問題，如容積方案、都更推動師資訊等等，都更三箭內容都可在手機裡查閱，透過淺顯易懂的對話方式呈現，顛覆都更法令生硬難懂的觀念。

都更強化 魄力執行都更快步走 攸關居住安全 沒有妥協空間

侯市長上任後，認為政府應改變過去被動受理的角色，轉為政府主動積極輔導，都更推動辦公室成立隔日為協助淡水東來大廈海砂屋重建，於淡水區幸福里成立「前進工作站」，主動關懷、提供民眾諮詢服



圖 5 都更小百科 Line

務，立即回應民眾問題，透過面對面溝通，消彌住戶重建時疑慮，解決民眾重建時所遭遇的問題，加速推動都更。推辦逐戶拜訪，瞭解住戶後續租屋、就學及身障輔助需求並加以媒合，在市府眾多單位共同協助下，積極做好住戶搬遷安置等多項問題後，於 108 年底拆除完成，讓市民不再擔心公安意外。

輔導危老社區重建有突破性成果

推辦及都更處共同努力下，危險及老舊建築物有突破性推動成果如淡水竿蓁二街社區近 85 戶，於 101 年判定為海砂屋，建設公司整合遇到瓶頸，直到推辦同仁 108 年 5 月進場召開說明會及與不同意戶溝通協調，在公私協力之下，終於達成共識，預計 112 年底可完工入住；五股陸光段社區，於 104 年判定為海砂屋，推辦同仁 108 年 4 月進場輔導，與里長及推動師合作，終於說服社區住戶同意拆除重建。

市府頒布代拆機制後，五股西雲路社區，最後 3 戶未同意戶，透過市府協調、民意代表溝通及實施者努力，公私協力促成重建。引進媒合平台機制，蘆洲水滸街社區「新北市推動都市計畫內防災建築再生自治條例」第一案，幫助住戶找資金、技術團隊及營造廠，順利讓地主自地自建。

推辦及都更處依各社區不同需求，以不同方式輔導社區重建，以上案例不僅是同仁的努力成果(圖 6)，更是市府魄力的展現。



淡水東來社區
成立前進工作站
依建築法拆除



五股西雲路
代拆機制上路
公私協力促成



蘆洲水滸街
防災條例新北首案
引進媒合平台機制

圖 6 突破性成果案件

大範圍公辦都更推動示範成果

為了安置 40 年代自浙江大陳島撤退到台灣的居民，而發展出密集的「大陳義胞社區」約 8.2 公頃，發展至今，土地不僅過於細分、產權複雜、巷弄狹小且建物老舊，重建不易。市府主動積極推動都市更新，劃定更新地區並指定更新單元範圍，以更新單元 2 打頭陣，徵得實施者投入時間與資源，加上都更處的一臂之力，聯手進入社區與住戶面對面溝通，並由都更處處長說服取得最後一戶的同意，終於使全體住戶同

意拆除舊有建築，由實施者興建地上 3 棟 29 層的住宅大樓，除了原住戶返回居住外，更提供市民活動中心、公共托育及托老中心等公益服務設施，社區更留設開放空間、街角廣場及植栽綠化等讓行人也可享受良好的步行環境，已於 109 年 5 月完工（圖 7）。

新店行政園區公辦都更案（圖 8），除了協助私有所有權人辦理重建外，為加強地區行政管理效能，選定新店區公所附近地區，包含區公所、警察局、地政事務所、戶政事務所、稅捐稽徵處、衛生所、北區國



圖 7 大陳義胞單元 2 照片



圖 8 新店行政園區照片

稅局等 8 個機關，藉由都市計畫調整使用分區，提高土地使用強度，引入民間力量，興建地上 3 棟，分別包含 1 棟 31 層行政辦公大樓、1 棟 30 層住宅大樓及 1 棟 9 層新店國民運動中心，不僅將原本水平分布的行政機關垂直化，更為周邊提供開闊的開放空間、街角廣場、捷運連通道，更於運動中心頂樓納入大草坪的屋頂綠化概念，引入行政辦公、居家生活及休閒娛樂等活動機能，成為活化公有地的典範之一。

改善都市景觀 提供以人為本友善空間

除拆除重建外，針對結構良好之老舊建築物，市府也透過經費補助方式，鼓勵民眾透過整建維護方式進行建築物的「整建」，而整建維護項目主要包含外牆修繕、結構補強及老舊公寓增設電梯。目前新北市已有 6 處完工案件，其中 3 案為外牆修繕案、3 案屬老舊公寓增設電梯，另有 3 處建物刻正施工中，1 處辦理請照程序中。而除了被動受理申請外，市府於 108 年選定 2 處示範地區（林家花園、縣民大道兩側），進行外牆修繕示範計畫，預定將於 110 年陸續完工。

配合中央修法 新北市全國最快完成配套子法

都市更新一直以來就是市府的首要政策，配合 108 年 1 月 30 日修正之中央都市更新條例，市府為讓整合中案件能夠盡快進行及適用，馬不停蹄的進行法令修訂及研議措施，並邀請專家學者、公學會等相關單位來共同研商，包括「更新地區劃定」、「更新單元劃定」、「政府主導都更」、「專業估價選任」、「住宅弱勢協助」、「稅捐減免」、「政府執行代拆」及「建築容積獎勵」等 8 項配套。

新北代拆通過 展現公權力維護居住安全

市府於 108 年 7 月 24 日公布實施「新北市都市更新權利變換實施者申請拆除或遷移土地改良物辦法」，俗稱「代拆辦法」或「釘子戶條款」，規定都更事業計畫及權利變換計畫核定後，都更實施者秉持真誠磋商精神與待拆戶溝通協調，若協調不成，可依程序申請市府代拆，申請代拆後，市府會再進行協調，若無法達成共識，經審議會通過後，市府會邀集相關單位，訂定期限執行公權力。



圖 9 新店代拆案照片

新店區寶強段 859 地號等 45 筆土地都市更新案，範圍內有一處爛尾樓，70 年代前建商因週轉不靈倒閉，讓百位地主不知何去何從，原住戶期盼有個安全的家已 30 年餘載，然而更新單元範圍內仍有 1 戶未同意戶，期間經過實施者自行協調 6 次、公部門再行協調 2 次，仍協調未果，最後提送本市都市更新及爭議處理審議會拍板自行拆除最終時間，但待拆戶仍未完成自行搬遷，109 年 6 月 16 日市府已完備程序依法執行代拆，保障所有住戶換一個安全的家，不讓釘子戶成為都更案的阻礙，顯現市府團隊協助民眾都市更新的決心，為了市民安全，沒有妥協的空間。

危老重建高效率 百件核准先達標

為達到新北市安居樂業目標，提供多元都更方式，包括一般都更、簡易都更、危老重建及防災都更等，市府主動積極協助民眾重建。板橋文化段原為 100% 同意都更案，在中央危老條例發布後，都更案轉為申請危老，新北市率先全國核准危老第一案，僅 12

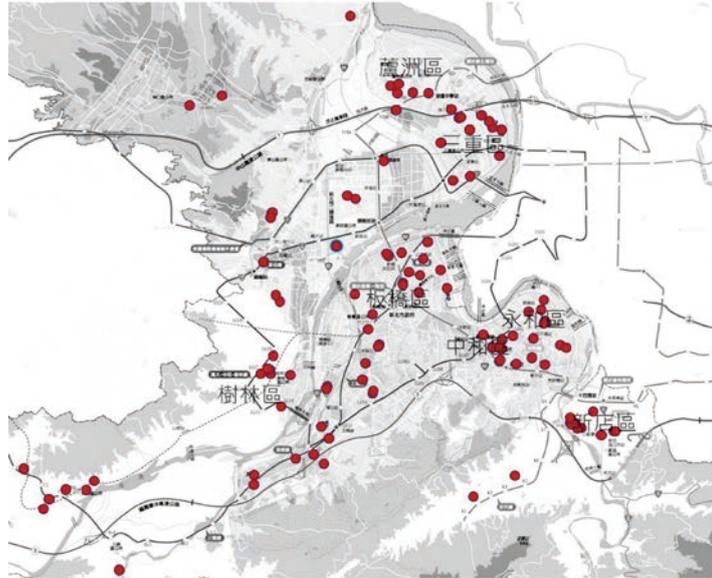


圖 10 危老重建遍地開花

天就核准，新北市更是率先全國核准危老重建計畫達到 100 案的里程碑，侯市長提出都更三箭政策後，多元都更案件申請量大幅增加 298 件（統計至 109 年 6 月 29 日），核准案件量高達 207 件，市府加速推動危老重建，加速行政效率，顯示新北市政府對市民居住安全之重視及決心。

都更未來 主導都更翻轉新北

新北市老舊房屋數量全國最多，過去除了一般申請建照方式重建外，隨著市府提供多元都更管道，從增加容積獎勵誘因、審議程序程序簡化、規劃經費補助、都更推動師及都更推動辦公室實際協助整建維護或危老重建等，均期望促進危老房屋重建的進行。不僅於此，為翻轉新北現有城市力道，特別針對大眾運輸場站周邊或主要幹道兩側地區等列為重點發展地

區，加強市府政策推動的力道，由都更推動辦公室前進各區里辦理法令宣導說明會，且日以繼夜深入社區進行重建輔導，即時提供重建諮詢與協助，後續將擴大服務提出都更推動師至區公所駐點服務，期望加速危險老舊社區重建及新市區發展。

城市發展是一個長遠的目標，危老重建更是一個不能停下腳步的工作，未來不僅推動城市發展政策再升級，透過各項容積獎勵誘因提供公益設施空間，加強提供生活所需的公共服務、兒童就學或社會住宅等；延續都更推動辦公室為市民服務的精神，預計 110 年上半年轉型成立為辦理都市更新及社會住宅興建營運管理的新北市住宅與都市更新中心，投入本市都市更新行動，擔任都更推動火車頭，透過中心主動整合成較具規模的都市更新，提供市民享受更有感的公共服務，看的見的城市改變。



中國土木工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

土木水利 雙月刊

歡迎投稿

本刊出版有關土木水利工程之報導及論文，以知識性、報導性、及聯誼性為主要取向，為一綜合性刊物，內容分工程論著、技術報導、工程講座、特介、工程新知報導及其他各類報導性文章及專欄，歡迎賜稿。來稿請 email: service@ciche.org.tw 或寄 10055 台北市中正區仁愛路二段 1 號 4 樓，中國土木工程學會編輯出版委員會會刊編輯小組收。刊登後將贈送每位作者一本雜誌，不再另致稿酬。歡迎以英文撰寫之國內外工程報導之文章。



鋼箱圍堰之規劃與施工挑戰

盧建州／台灣世曦工程顧問股份有限公司 工務所主任

楊晟豪／台灣世曦工程顧問股份有限公司 計畫工程師

謝克岱／台灣世曦工程顧問股份有限公司 計畫副理

金門大橋工程（以下簡稱本工程）為國內少見之大型跨海橋梁，其建設目的為提供大、小金門間全天候陸運交通服務，以解決小金醫療匱乏、土地利用失衡及水路交通限制等問題，並期達到活化大小金門與促進觀光產業發展之願景。本工程位於烈嶼端引橋段部分水深較深墩位，以及金烈水道深槽區主、邊橋單元等範圍所採用之樁帽鋼箱圍堰工法，為國內首見之圍堰施工方式，本工程執行迄今已累積一定程度之鋼箱圍堰施工成果，藉由施工經驗分享冀望可為後續國內相關鋼箱分項作業順利推展略盡棉薄之力。

金門大橋工程圍堰系統規劃考量

本工程路線全長約 5.41 公里，其中橋梁段部分長 4.77 公里（詳圖 1），基礎構造均採樁基礎型式設計，在考量景觀、施工性及工程費用等因素下，關於樁帽高程之規劃，在主橋段與邊橋段以退潮時露出樁帽但不露出基樁為原則（樁帽底緣高程 E.L. - 4.2 m），在引橋則以退潮時不露出樁帽為原則（樁帽底緣高程 E.L. - 5.7 m）。

金烈水道深槽區範圍之海床高程分佈約自 E.L.

-12.8 m 至 E.L. -22.7 m，平時平均潮位介於 E.L. + 2.24 m 及 E.L. - 2.25 m 間，於此懸空構築樁帽環境下所施作之鋼箱圍堰，其主要目的係在維持樁帽及橋墩施工期間，如樁頭處理、鋼筋綁紮、混凝土澆置搗實及橋墩升層等作業進行時，均可於乾式施工環境下進行。本工程設計階段考量樁帽施工時臨時圍堰之施工性及經濟性，原則上當橋墩樁帽底緣距海床面達 1.3 m 以上時，即設計採用鋼箱圍堰系統施工；本工程總計有七種不同尺寸型式之鋼箱圍堰系統，其所對應之樁帽尺寸詳表 1。

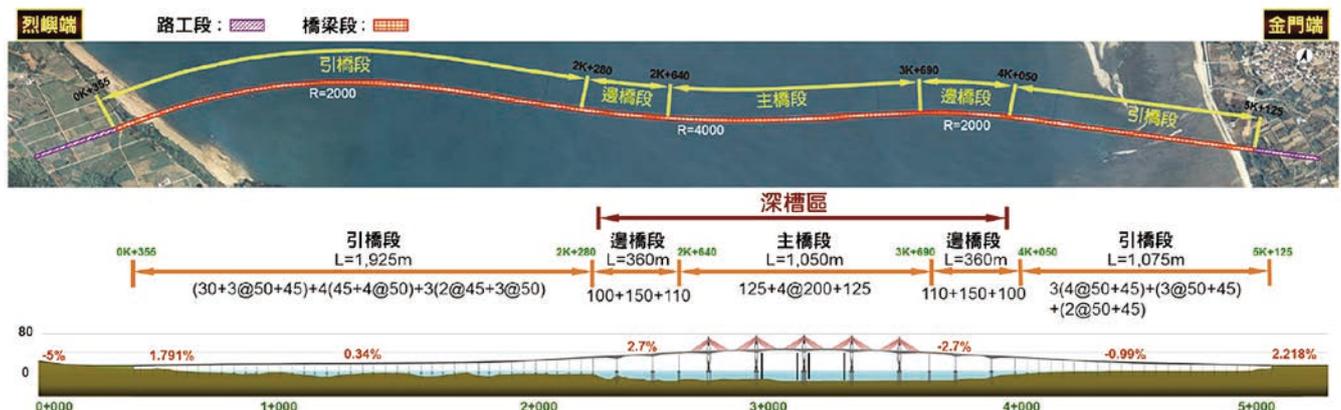


圖 1 金門大橋工程橋梁段範圍示意圖

表 1 金門大橋鋼箱圍堰系統型式

橋型	樁帽尺寸 (m)	樁帽厚度 (m)	墩數
引橋	11.0 × 11.0	2.5	3
	11.0 × 9.0	2.5	10
	7.5 × 7.5	2.5	2
邊橋	18.4 × 16.8	4.0	4
	16.8 × 13.6	4.0	2
主橋	23.0 × 21.0	5.0	3
	29.0 × 21.0	5.0	1
	29.0 × 23.0	5.0	1

鋼箱側壁主要功能是阻水，故側壁頂緣高程之選定須注意於施工期間海水不可湧入工作面，一般建議宜依工址最高潮位及季風期間可能浪高而定。例如本工程主橋單元之樁帽鋼箱側壁頂緣，即依工址最高高潮位 (H.H.W.L., E.L. + 3.16 m)、可能浪高及加計防濺濺高度等項考量，側壁頂緣高程定於 E.L. + 5.00 m 進行系統尺寸規劃。

側壁型式分有單壁及雙壁中空兩種，單壁式鋼箱具備用鋼量少、加工簡單現場易於組拆轉用等優勢，相對則有定位調整較難、勁度小容易漏水等施工障礙，而雙壁中空式鋼箱之利弊則恰與單壁式鋼箱相反。實務上鋼箱側壁區分單元設計，除須考量強度與安全之要求外，應需具備易於轉用及組裝拆解之需求，以利海上及水中作業。本工程按工址特性及樁帽尺寸等考量，選用單壁型式鋼箱進行設計及施工規劃。

鋼箱圍堰雖屬構築樁帽之臨時性假設工程，但其可靠性意義重大，為了確保鋼箱結構強度、勁度及穩

定性符合需求，鋼箱圍堰系統之分析檢核應考量鋼箱自重、樁帽混凝土自重、施工活載重與衝擊載重、抽水後所產生之浮力及施工期間各項環境載重 (諸如靜水壓力、水流力、風力、波浪橫力、...)，模擬各項構件及邊界條件進行三維有限元素分析方能得證，此部分有別於一般圍堰系統使用二維半無限平面分析即可評估安全與否之方式，在設計實務上應予注意；本工程有限元素模型示意如圖 2。

鋼箱圍堰系統組構件簡介

鋼箱圍堰結構不論型式差異，一般乃由底板系統、側壁與內支撐系統、懸吊下放系統、定位束制及載重轉換裝置等五大部分所組成，本工程所規劃之鋼箱圍堰主要組構件如圖 3 所示，接下來將配合施工流程分項說明其功能及注意事項。

鋼箱圍堰主要施工階段

本工程鋼箱圍堰主要施工階段分別為：

- (1) 基樁外套鋼管續接及加設頂蓋 (圖 4)
 - 部分基樁外套鋼管續接加高至預定高程，以供後續頂部安裝懸吊及下放千斤頂使用。
 - 其餘基樁外套鋼管整平至頂部齊平。
 - 所有基樁外套鋼管頂部均設置加勁蓋板。
 - 低潮位時於基樁外套鋼管銲接支撐托架，以供後續鋼箱底板系統進行現場組裝工作時使用。

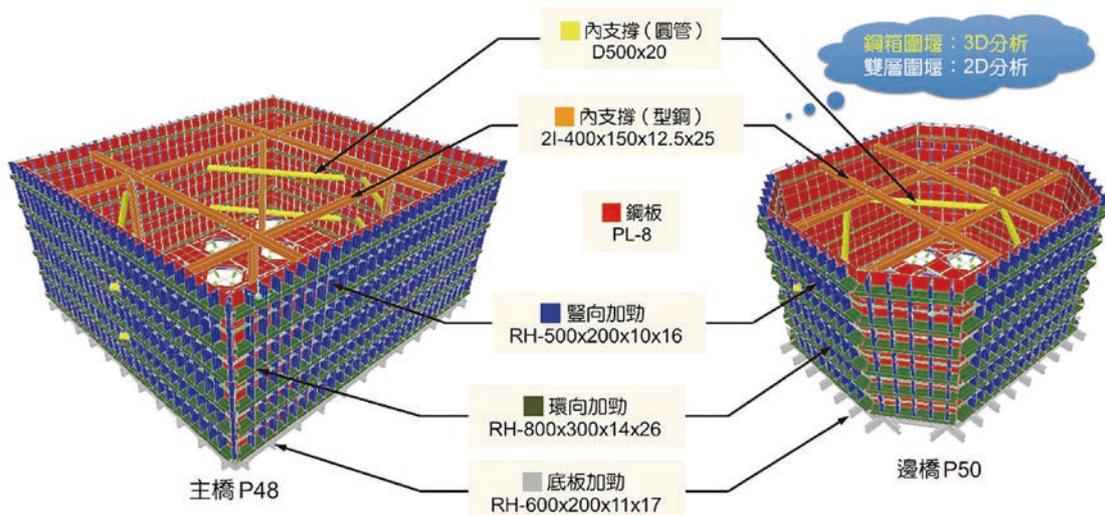


圖 2 金門大橋工程鋼箱結構分析模型

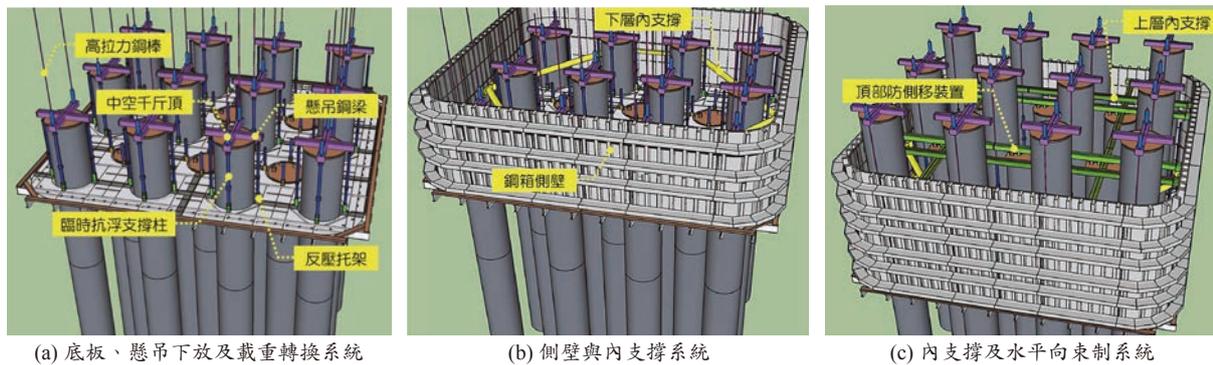


圖 3 金門大橋工程鋼箱結構主要組成

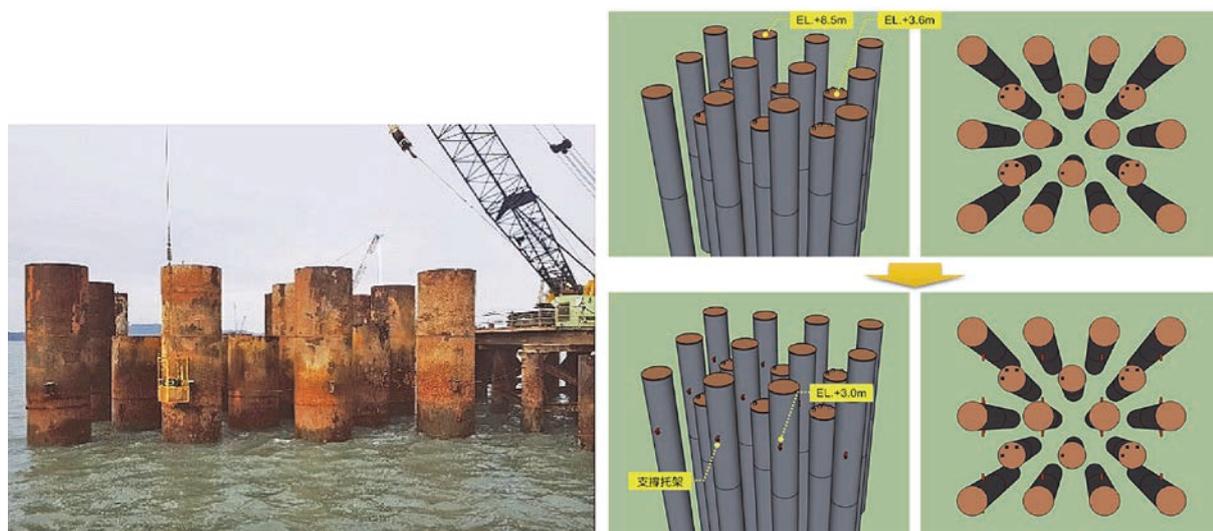


圖 4 基樁外套鋼管加高作業

(2) 鋼箱底板施工 (圖 5)

- 鋼箱底板系統區分單元於工廠製作，再運至現場依序吊裝於支撐托架上。

- 相鄰單元以螺栓或銲接方式連結。
- 安裝底板單元間之頂部接合鋼板，並與底板大梁、小梁及相鄰鋼板銲接連結。



圖 5 鋼箱底板施工

鋼箱底板之功用為承載及傳遞如混凝土自重、浮力等項垂直載重，施工時除結構安全要求外，應特別注意各單元間之密接性，以防後續封底混凝土澆置時發生漏漿疑慮。

(3) 安裝下兩層側壁及支撐 (圖 6)

- 安裝限位梁及定位角鋼。
- 安裝鋼箱下、中層側壁 (共 3 層、每層高度約 3.6 m)，及底層內支撐。
- 預組止漏封板，俟下放完成後再行水下密封施工。

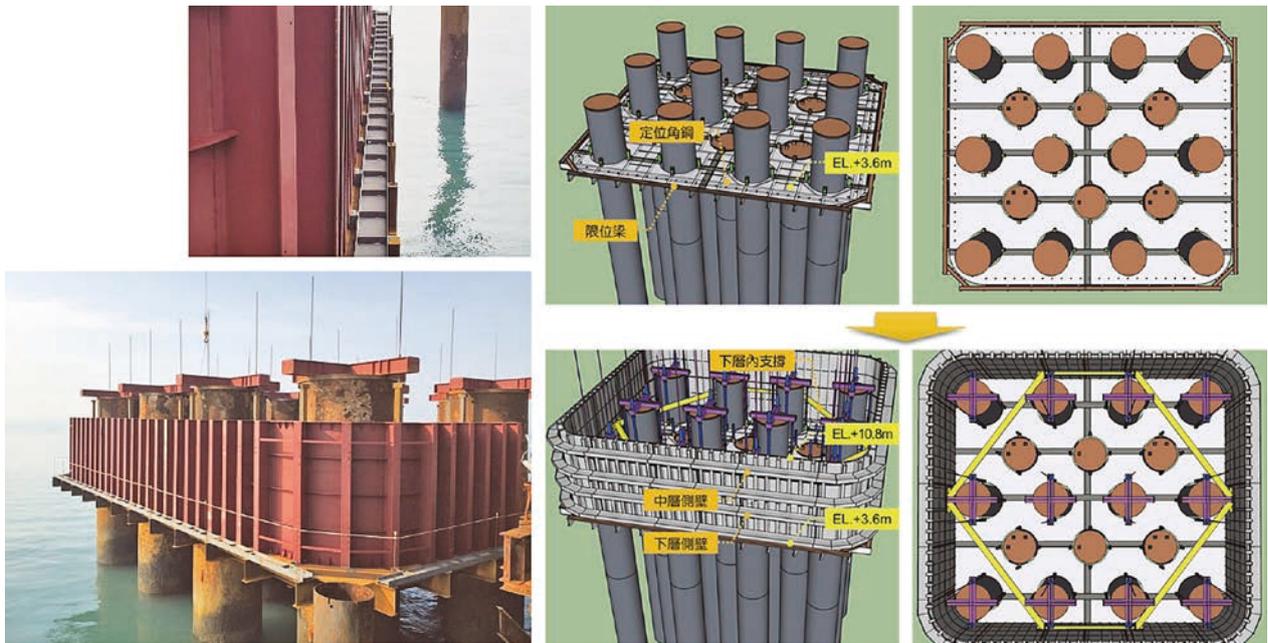


圖 6 下層側壁及限位梁組裝情形

為考量樁帽構築完成後可於水下順利拆解鋼箱側壁，側壁與底板間之接合方式通常不會採用銲接固定，而是使用簡單接合方式進行固定，本工程則以榫接方式連結側壁與底板，另各側壁單元間則是使用高強度螺栓進行接合。止漏封板功能為密封底板系統及基樁外套鋼管間為下放作業所預留之空隙，於下放完成後應水下確實密封以防止封底混凝土澆置時滲漏。

(4) 安裝下放系統 (圖 7)

- 安裝下放系統，包括套管頂部懸吊鋼梁、懸吊鋼棒 (高拉力鋼棒)、臨時抗浮支撐柱下層、中空千斤頂及油壓設備等。
- 因下放過程中高拉力鋼棒須逐段以鋼棒續接套筒接續，爰中空千斤頂之選用另須注意夾具、內缸及千斤頂底部基座之尺寸。

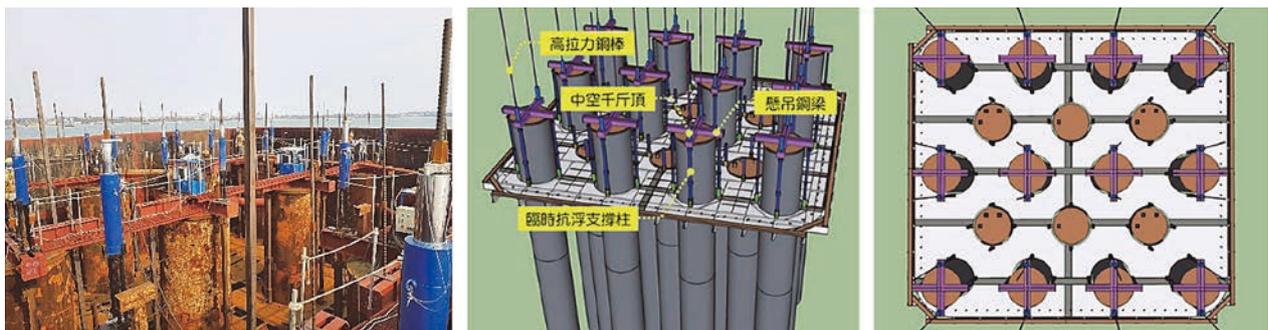


圖 7 下放系統組裝情形

(5) 首次下放鋼箱 (圖 8)

- 試提作業完成後，切除臨時支撐托架。
- 控制下放系統同步均衡下放，下放過程須維持鋼箱內外水位平衡。
- 將鋼箱下放 7.0 m 至第一階段預定高程 (底部高程自約 E.L. + 3.6 m 下放至 E.L. - 3.4 m 處)，並調平鋼箱。

- 鎖固鋼箱上緣及底部上下兩層之限位千斤頂以臨時固定鋼箱，避免因潮汐或波浪影響導致鋼箱底板與基樁外套鋼管相互碰撞而衍生構件或接合破壞。

所謂試提作業，意即利用下放系統數次試提升鋼箱整體，使底板與支撐托架脫離，主要工作為確認鋼箱整體系統之各部接合無虞，並使各下放點受力平均。

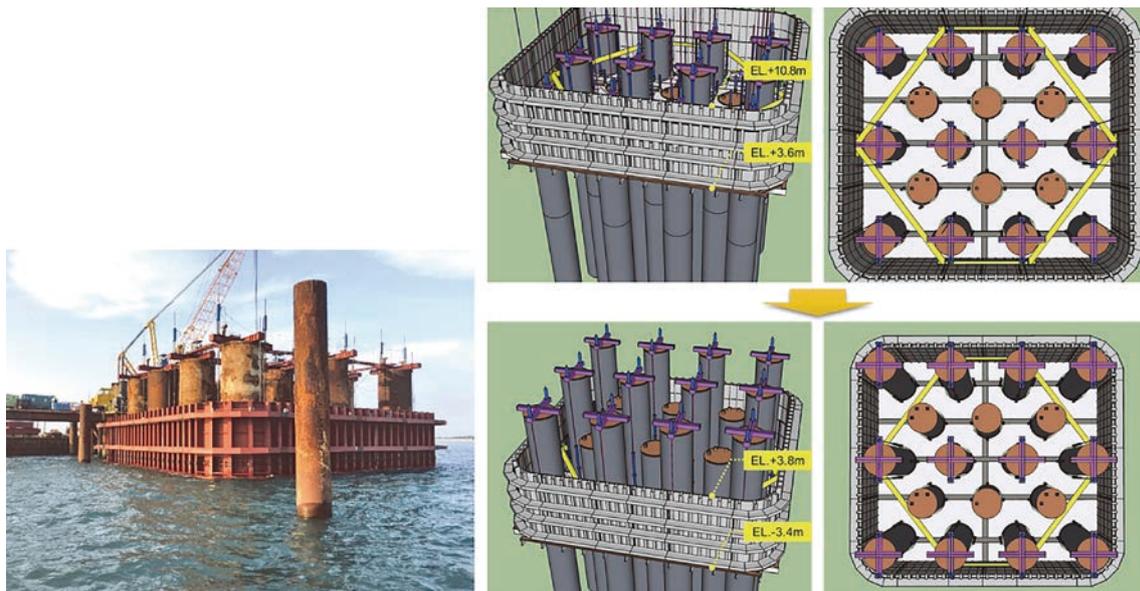


圖 8 首次下放鋼箱施工情形

(6) 安裝上層側壁及支撐 (圖 9) :

- 安裝中層內支撐。

- 安裝鋼箱上層側壁 (約 3.6m 高)，並安裝頂層內支撐。
- 續接懸吊鋼棒及臨時抗浮支撐柱。

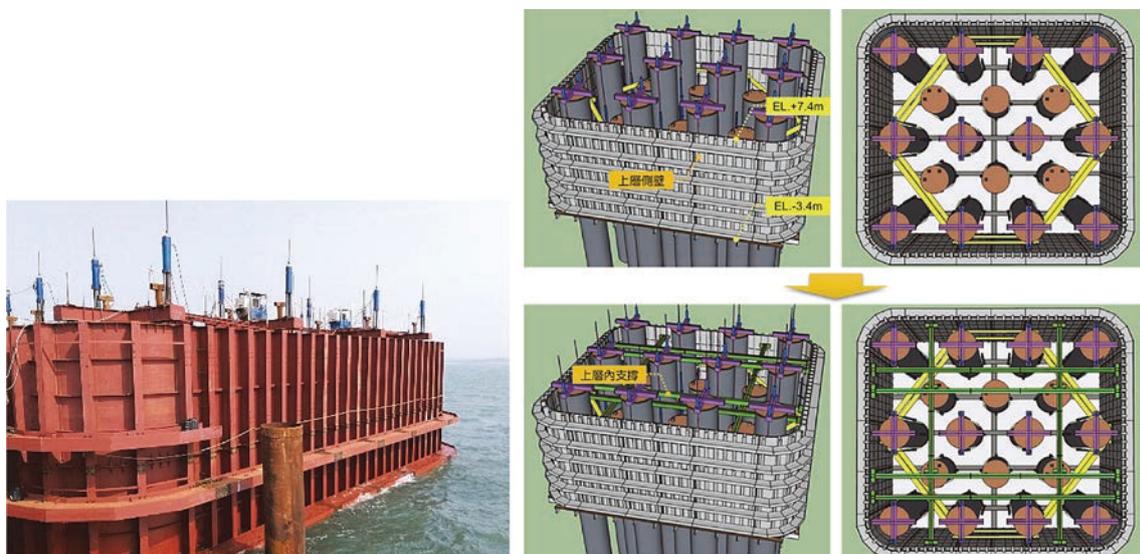


圖 9 上層側壁安裝情形

(7) 第二次下放鋼箱 (圖 10)

- 將鋼箱下放 2.4 m 至設計高程 (鋼箱底板上緣高程 E.L. -5.8 m 處)，期間須維持鋼箱內外水位平衡，完成時調平鋼箱至設計高程。
- 安裝頂部防側移裝置，並與外套鋼管連接固定，使鋼箱壁體能傳遞橫力。
- 調整鋼箱水平向位置後鎖固限位千斤頂，藉由外套鋼管固定鋼箱，使鋼箱底部能承受橫力。
- 鋼箱定位完成後移除油壓系統及中空千斤頂，及加裝懸吊鋼棒。
- 水下固定止漏封板，封閉底板與外套鋼管之間隙，以防封底混凝土澆置時漏失。



圖 10(a) 止漏封板預組

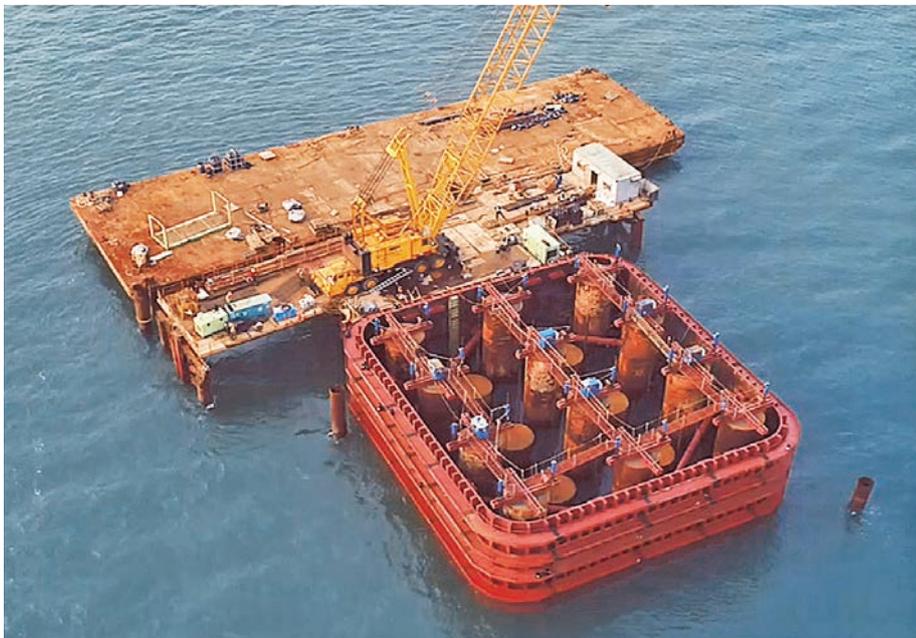


圖 10(b) 深槽區鋼箱圍堰系統下放完成情形

(8) 首次封底及逐階抽水 (圖 11)

- 第一次水下澆置封底混凝土，澆置完成後水下確認澆置成果。
- 封底混凝土達到設計強度後，封閉鋼箱側壁之通水孔，開始逐階抽水，每階降水時須鉚接臨時抗浮支撐後方可進行下一階段降水直至抽水完成。



圖 11(a) 水下確認澆置成果



圖 11(b) 逐階抽水及臨時抗浮支撐施工



圖 11(c) 抽水及臨時抗浮轉換完成

(9) 反壓托架及二次封底 (圖 12)

- 清理第一次水下澆置封底混凝土之表面雜物及浮漿，及基樁外套鋼管所附著之海中生物。
- 於乾式環境下銲接反壓托架，以將先前步驟所施作之臨時抗浮支撐，俾利於基樁外套鋼管切除後繼續承擔鋼箱系統浮力。
- 鋼箱內部周邊宜設置集水溝，俾利樁帽作業期間可集中抽排溢入工作面之海水。
- 第二次澆置封底混凝土，澆置完成面須整平至樁帽設計高程 (主邊橋段 E.L. -4.2 m, 引橋段 E.L. -5.7 m)。

工作面抽水後所產生的巨大浮力，主要應力傳遞路徑為自底板藉由特定連接設施傳至基樁外套鋼管，最終由海床提供抗拉拔承载力抵抗之。浮力轉換機制一般可以兩種方式為之，如於底板下方直接進行水下銲接連結之一次浮力轉換，或於底板上方以分階抽水、分階浮力轉換方式進行。本工程為儘量減少水下作業，遂以臨時抗浮支撐及最終反壓托架之分階方式完成浮力轉換作業。浮力轉換為鋼箱圍堰系統最重要之步驟，其施工品質直接影響圍堰系統成敗，無論實際以何種方式作業均應特別慎重。



圖 12(a) 反壓托架銲接



圖 12(b) 第二次封底澆置

(10) 切除套管、樁頭處理 (圖 13)

- 拆除懸吊鋼棒及懸吊鋼梁。
- 切除樁帽底部設計高程以上之基樁外套鋼管、臨時

- 抗浮支撐柱。
- 樁頭劣質混凝土處理。



圖 13 鋼箱圍堰工作面樁頭處理完成情形



圖 14 鋼箱側模變位情形

鋼箱圍堰施工建議事項

本工程鋼箱圍堰垂直向主要傳力機制係全部藉由反壓托架傳遞，而一般於鋼箱規劃設計時，封底混凝土與外套鋼管間之黏結力因水中混凝土硬固後考量乾縮效應，實務上建議不宜計入。

基樁外套鋼管因長期浸泡於海水中，極易附著海中生物，於各項銲接作業前應確實清理，以確保銲接強度。

封底混凝土除抵抗浮力之功用外，亦兼具提供整體鋼箱水平束制、穩定鋼箱側壁、底部止水及調整樁帽高程等功能，故其完整性應為施工之首要。水下組裝基樁外套鋼管與鋼箱底板空隙間之止漏封板，應注意確實水下組裝並填實縫隙，以防封底混凝土澆置時漏失。

封底混凝土宜應使用特密管水中澆置，並注意水中混凝土之流動覆蓋情形，隨時以水尺等工具量測澆置面高程，以確保混凝土可確實充填鋼箱內部及基樁外套鋼管間之所有空間。鋼箱底部易滲水區域一般常見於鋼箱角隅、外套鋼管周圍，及部分空間狹小混凝土不易充填之區域，如不幸發生時可用止漏樹脂灌漿方式進行補救，其工法略同隧道工程止漏灌漿技術，所選灌漿材料須具備高黏著強度、低黏滯度、凝結速度快、膨脹性、促滲作用、彎曲强度高、無毒等特性。

鋼箱底板與側壁接合為便於拆解，通常不會採用銲接固定，本工程則以樁接方式連結側壁與底板；倘

施工環境受其他外力因素，例如：船舶排浪、常時海象衝擊頻繁等，建議底板與側壁結合處適度設計螺栓或焊接固定，以免反覆作用致鬆脫後與封底混凝土間產生間隙導致滲水。

鋼箱內支撐設計時，需考量樁帽基礎澆置規劃，若需配合作業分階段拆除時，需考量側模支撐轉換機制，以免內支撐拆除後箱體勁度不足致側模變位。(圖 14)

結語

本工程鋼箱圍堰系統施工經驗累積至今，謹彙總施工心得如下，期望對讀者有所助益：

1. 審慎規劃：詳實評估載重、精確模擬分析。
2. 良好施工性：鋼箱各部易於安裝拆解、極力減少水下作業工項。
3. 浮力完整轉換：分階抽水分階臨時抗浮、反壓托架確實銲接施工。
4. 確實封底：封底澆置確實、準確控制高程。
5. 提升穩定性：圍堰各階段均穩固束制、施工期間有效抑制振動。
6. 掌握施工契機：配合海象研判最佳施工時機、臨界階段全力投入資源趕趕。

參考文獻

1. 徐偉，呂鳳梧（2009），「深水區域特大型施工平台與鋼吊箱結構分析方法」，北京：中國建築工業出版社。
2. 張鴻，劉先鵬（2005），「特大型橋梁深水高樁承台基礎施工技術」，北京：中國建築工業出版社。



茲附上廣告式樣一則
請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致
社團法人中國土木工程學會

「土木水利」雙月刊
廣告價目表

(費率單位：新台幣元)

刊登位置	金額 (新台幣元)	敬請勾選
封面全頁 彩色	60,000	
內頁中間跨頁 彩色	80,000	
封底全頁 彩色	50,000	
封面裏/封底裏 全頁彩色	40,000	
內頁全頁 彩色 (直式)	30,000	
內頁半頁 彩色 (橫式)	15,000	
內頁 1/4 頁 彩色 (直式)	8,000	
折扣	3期9折， 4期以上8.5折	

刊登月份：

47.4 47.5 47.6 48.1 48.2 48.3 共 次
(8月) (10月) (12月) (2月) (4月) (6月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

隨單繳送請查收摺據
請於刊登後檢據洽收

機構名稱：
商號 (請蓋公司印)

負責人：

地 址：

廣告聯絡人：

電 話：

廣告訂單聯絡：社團法人中國土木工程學會 電話：(02) 2392-6325 email: service@ciche.org.tw

98-04-43-04

郵政劃撥儲金存款單

收款帳號	0 0 0 3 0 6 7 8	金額 新台幣 (小寫)	仟	萬	拾	萬	仟	佰	拾	元
通訊欄 (限與本次存款有關事項)		收款戶名 社團法人中國土木工程學會								
報名費 <input type="checkbox"/> 繳納 _____ 研討會 報名費 _____ 元		寄 款 人			主管：					
繳納會費 <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200 元 <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300 元		姓 名			經辦局收款戳					
訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 300 元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800 元 自第 _____ 卷第 _____ 期起，_____ 年期雙月刊 _____ 份		地 址								
訂閱中國土木工程學刊，一年八期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 1,600 元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 3,600 元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 80 元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 200 元 自第 _____ 卷第 _____ 期起 _____ 年期學刊 _____ 份		電 話								
虛線內備供機器印錄用請勿填寫										

◎ 寄款人請注意背面說明
◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款帳號戶名	
存款金額	
電腦紀錄	
經辦局收款戳	

社團法人中國土木工程學會

信用卡繳納通知書

姓名		款別 注：入會時請先填入會申請書，傳真學會審查，我們會立即通知您，資格符合時請繳費，入會費一人僅需繳交一次	報名費 <input type="checkbox"/> 繳納_____研討會 報名費_____元
會員證號碼			繳納會費 <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200元 <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300元
身分證號碼			訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 300元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元 自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份
卡別 <input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB			訂閱中國土木水利工程學刊，一年八期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 1,600元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 3,600元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 80元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 200元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
信用卡卡號			白天聯絡電話
信用卡簽名欄最後三碼			通信地址
信用卡有效期限 (月/年)			
信用卡簽名			
繳費金額			

回覆請利用傳真：(02) 2396-4260 或 email：service@ciche.org.tw

回覆後請務必電話：(02) 2392-6325 確認，謝謝！

郵政劃撥存款收據

注意事項

- 一、本收據請詳加核對並妥為保管，以便日後查考。
- 二、如欲查詢存款入帳詳情時，請檢附本收據及已填妥之查詢函向各連線郵局辦理。
- 三、本收據各項金額、數字係機器印製，如非機器列印或經塗改或無收款郵局收訖章者無效。

請寄款人注意

- 一、帳號、戶名及寄款人姓名地址各欄請詳細填明，以免誤寄；抵付票據之存款，務請於交換前一天存入。
- 二、每筆存款至少須在新台幣十五元以上，且限填至元位為止。
- 三、倘金額塗改時請更換存款單重新填寫。
- 四、本存款單不得黏貼或附寄任何文件。
- 五、本存款金額業經電腦登帳後，不得申請撤回。
- 六、本存款單備供電腦影像處理，請以正楷工整書寫並請勿摺疊。帳戶如需自印存款單，各欄文字及規格必須與本單完全相符；如有不符，各局應婉請寄款人更換郵局印製之存款單填寫，以利處理。
- 七、本存款單帳號與金額欄請以阿拉伯數字書寫。
- 八、帳戶本人在「付款局」所在直轄市或縣(市)以外之行政區域存款，需由帳戶內扣收手續費。

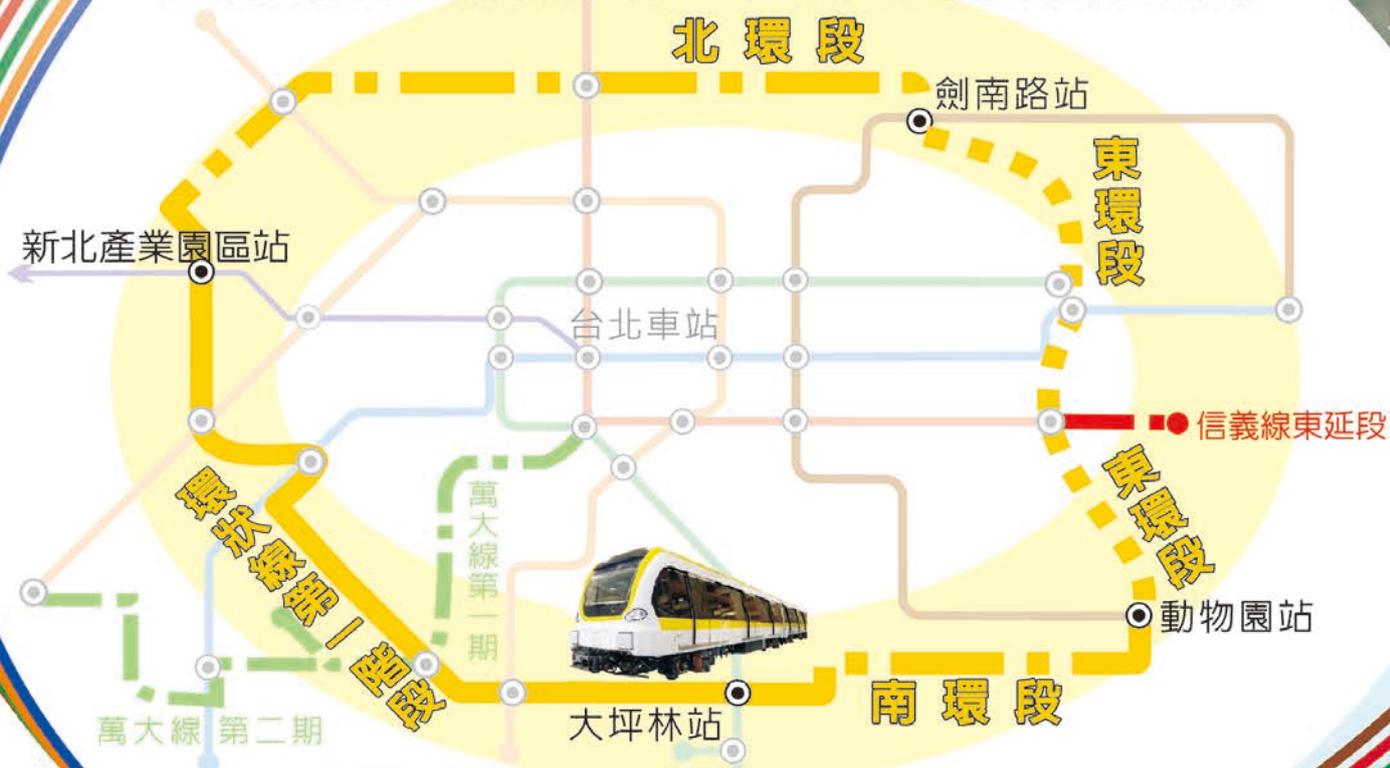
交易代號：0501、0502現金存款 0503票據存款 2212劃撥票據託收

本聯由儲匯處存查 600,000 束 (100 張) 94.1.210 × 110mm (80g/m² 模) 保管五年 (拾大)



首都環狀線

臺北捷運能成環 生活交通暢悠然



環型路網
一車直達



* 新竹寶山第二水庫

涓滴匯流出浩瀚成就

潤澤大地與豐沛生命，水是萬物不可與離的自然要素
中興工程顧問公司是水資源的專家，從涓滴細水到澎湃奔流
從崇山峻嶺至地下水源，始終以專業掌握每一滴匯聚生命的關鍵
為成就人類更好的生活而努力

水利資源工程

中興團隊專業服務

水利、大地、電力、結構、建築、軌道、交通、系統
機械、環境、海岸及港灣、都市設計、工業城鄉開發
園區規劃等之規劃、設計與施工監造管理

聯絡資訊

10570 臺北市松山區南京東路五段171號

電話：(02) 2769-8388 傳真：(02) 2763-4555

E-mail : sinotech@sinotech.com.tw

<https://www.sinotech.com.tw>



正派經營 · 品質保證 · 追求卓越 · 創新突破

