

誠信 · 創新 · 品質 · 服務

中興工程 165

SINOTECH ENGINEERING

1983年10月創刊 | 2024年10月出刊 | ISSN 0257-554X



封面故事 · 開啟世界的大門：桃園國際機場的營運、管理與實現
桃園機場服務的延伸 — 機場捷運新北產業園區站（A3車站）行李預辦登機服務
「資源整合之區域排水規劃經驗分享」 — 以桃園機場第三跑道為例
桃園航空城景觀規劃與設計及七大主題亮點營造

工程不只源於需求 更在於生活價值的實現



財團法人中興工程顧問社係以提昇我國工程相關技術水準為宗旨之研發機構，並經行政院國科會評鑑為「科技研發機構」土木工程領域之優等單位。

中興工程顧問

擅於建設 忠於生活的老朋友

主要研發領域：水利與電力工程／大地工程／環境工程／資訊應用／結構與地震工程／工程材料／工程管理／交通運輸





環境工程研究中心

重要實績

事業廢水特性調查及管理評估
 公共污水處理廠評鑑與永續營運管理
 污染土地再利用政策與制度架構建立
 廢家電回收管理與影像辨識技術開發
 海洋污染防治法規及品質標準研修
 微量新興污染物方法開發與應用
 溫室氣體盤查及量測分析

提供高品質的研究服務和發展先進的環保技術，針對廢污水處理及再生、污染土地活化、廢棄物減量與循環經濟、淨零碳排等領域進行研究；所屬環境實驗室為環境部認可實驗室，取得水質水量、地下水、土壤及底泥等兩百餘項認證

聯絡資訊

11494 臺北市內湖區新湖二路 280 號 6 樓

電話：02-8791-9198 傳真：02-2791-8858

Email: eerc-ctr@sinotech.org.tw

<https://www.sinotech.org.tw/eerc-ctr>

誠信 創新 品質 服務



財團法人 中興工程顧問社
 SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.



「跨山渡河無畏懼，探深納淺我都行！
橫向東西縱南北，惟有中興深地質！」

我們是一群擁有十年以上山區及平原區地下水資源調查經驗的探勘者，也是觀遍全台崩塌地影像的鑑識家，未來將整合創新科技ABCD*，邁向深地質科技跨領域結合研究！

* A (Artificial Intelligence), B (Big data), C (Cloud computing), D (Domain Knowledge)



深地質研究 專案計畫

▼ 專業服務內容

I. 進階型孔內水文地質調查

高精度地下水流速 / 深層水化學特性調查 / 單(跨)孔示蹤劑試驗

II. 智慧崩塌地(坡地)調查分析技術

空拍影像之PIV分析 / UAV露頭調查及位態分析
多尺度地球物理 / 地球化學觀測系統整合規劃
智慧山崩目錄判釋與檢核技術

III. 數值模式分析

裂隙岩體之複合DFN-EPM模型建立與分析
地球科學領域之場址描述模型建置

IV. 高階岩石力學試驗 (Carried out by MTS Model 815 System)

高強度(460T)單壓試驗 / 高圍壓(80MPa) 三軸試驗

▼ 部門重要業績

臺灣山區及平原補注敏感區之地下水資源調查研究
區域地質描述模型建置及評估模式應用
山崩巨量資料應用及智慧動態山崩模式發展
潛在大規模崩塌調查、監測及規劃

▼ 聯絡資訊

114065 臺北市內湖區新湖二路280號
電話：(02)8791-9198 傳真：(02)8791-1536
Email：agr-proj@sinotech.org.tw

廣告

誠信 創新 品質 服務



財團法人 中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

誠信 創新 品質 服務

中興制振·智慧防震

防震設備產品

中興社自主研發「國產液流黏滯阻尼器」及各種防震設備，
以提供優質臺灣製造之產品選擇及技術服務！
從零件加工至組裝品管測試皆採用臺灣在地化生產，
並通過認證合格實驗室的多項性能試驗，以確保產品品質與消費者權益。



液流黏滯阻尼器(FVD)
FLUID VISCOUS DAMPER



位移型消能斜撐(SDB)
STEEL DAMPING BRACE



地震力分散裝置(STU)
SHOCK TRANSMISSION UNIT



效能監測系統(EMS)
EFFICIENCY MONITORING SYSTEM



鋼板制震壁(SDW)
STEEL DAMPING WALL



防震力學試驗室(SML)
SINOTECH MECHANICAL LABORATORY
FOR VIBRATION

防震制振技術研究中心

專業服務

防震設備研製

新型消能元件研發
設備隔震技術研發
消能元件性能試驗

振控設計技服

防震系統規劃設計
高鐵防震/減振工程
設施隔震設計規劃

國防減振研製

高效能減振機械研發客製
國防減振測試方法開發

監測系統技服

工程智慧監測系統
防震效能監測系統
智慧綠電儲能微電網系統

聯絡資訊

A 114065 臺北市內湖區新湖二路280號
W www.sinotech.org.tw
T (02)8791-9198 F (02)8792-3070
E ast-ctr@sinotech.org.tw

誠信 · 創新 · 品質 · 服務



財團法人中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.



廣告



防災科技研究中心 專業服務

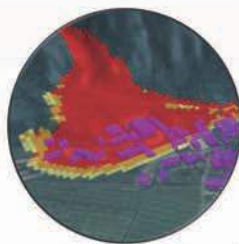
重要實績

- ✓ 農村水保署 土砂收支物聯網及大數據分析技術
- ✓ 離岸風電 地震數值模擬及地震危害分析
- ✓ 公路局 山區公路邊坡科技管理技術
- ✓ 新加坡 AI於天災風險之廣域資料分析

針對各項天然災害之防災技術，進行研究發展、技術服務、諮詢業務，跨領域整合地質、土工、地震、水保、水利、地球物理、地理資訊、遙測資訊等專業技術，提供全方位具體之國土保育與防災規劃，以確保公共工程之永續經營。

聯絡資訊

114065臺北市內湖區新湖二路280號
電話：(02)8791-9198 傳真：(02)8791-1536
E-mail：dptrc-ctr@sinotech.org.tw
<https://dptrc.sinotech.org.tw>



誠信 創新 品質 服務

財團法人 中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.



- 創刊日期 / 中華民國 72 年 10 月
 - 行政院新聞局登記局版臺誌字 第 03793 號
 - 中華郵政登記執照北臺字第 1023 號
 - 發行人 / 曾參寶
 - 編審小組
 - 委員 / 張國揚 嚴世傑 蔡文豪
 - 孫世勤 周頌安 冀樹勇
 - 鍾志成
 - 召集人 / 游麗慧
 - ISSN / 0257-554X
 - 出版者 / 財團法人中興工程顧問社
 - 社址 / 114065 臺北市內湖區新湖二路 280 號
 - 電話 / (02) 8791-9198
 - 傳真 / (02) 8791-2198
 - 電子信箱 / adm-dpt@sinotech.org.tw
 - 網址 / www.sinotech.org.tw
 - 印刷 / 鴻友印前數位整合股份有限公司
- ※ 本刊圖文未經同意不得轉載 ※

徵 稿 簡 則

- 一、本刊歡迎有關水利、電力、地工、環工、都市計畫、交通運輸、生態工法及其他土木工程之論著、譯述、專題研究、新技、新知及報導等學術性文稿，請投稿至「工程技術」及「案例／計畫報導」專欄，來稿請加註中、英文篇名、摘要及關鍵字。
- 二、有關介紹工程之遊記、工程界人物軼事等報導性文稿之文體應力求輕鬆活潑，請投稿至「工程窗外」專欄，惟此專欄僅接受中興工程集團之現職或退休同仁投稿。
- 三、來稿請附「中興工程季刊投稿人暨稿件資料表」並連同文稿電子檔 (.doc) E-mail 至 adm-dpt@sinotech.org.tw，撰寫時請參考「文稿格式範本」及「英文摘要範本」（上述表單及範本請至本社網站 www.sinotech.org.tw 下載，或洽本社行政處提供）。
- 四、「工程窗外」文稿以 5,000 字為限；「工程技術」及「案例／計畫報導」文稿以排印後 8 頁（約 8,500 字）為原則。
- 五、本刊所有度量衡單位請採用 SI 國際單位。
- 六、來稿文責由作者自負，請勿侵害他人智慧財產權或違反其他法律規定。來稿如引用他人論文或著述，務請註明其出處，並儘可能依序將原作者姓名、出版年份（加小括弧）、引用文獻名稱、書刊名稱、卷號、期別、頁次等在參考文獻中註明。所附圖表或照片等須為作者自行創作，或取得原創者授權刊登使用。
- 七、本刊稿件之審查係由編審小組送請學者專家評審，審查通過後方具刊登資格，惟本刊編審小組保有最終刊登與否之權力。
- 八、來稿經刊載後將發給稿酬，其著作財產權即為本社所有；本刊對來稿有增刪權。不用稿件，恕不退還。
- 九、本刊每年刊印四期，逢一、四、七、十月出版，如蒙來稿請於出版前六個月送交本社行政處中興工程季刊編審小組。

註：本刊經行政院公共工程委員會名稱為水利工程、土木工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、機械工程、冷凍空調工程、電機工程、電子工程、資訊、工業工程、水土保持、應用地質、交通工程等科技師執業執照換發辦法內之「國內外專業期刊」，歡迎踴躍投稿，兼可取得換發執業執照所需積分。作者只需於申請技師訓練積分審查時附上「中興工程」季刊目錄及文稿（前開工程類相關文稿）影印本作為證明，經該會審核確認後，每篇文稿即可獲得六十分，作者兩人以上者，平均分配得分。

中興工程第165期目錄

封面故事

開啟世界的大門：桃園國際機場的營運、管理與實現—訪機場公司楊偉甫董事長.....	
.....中興工程編審小組.....	3

工程技術

由內部稽核談公共工程三級品管制度—以中興工程三重稽核機制為例.....	
.....林芳輝·張建信·林宗甫·陳進謙·楊東益.....	9
台中后里台地地下水資源調查與規劃評估.....	王琪·鍾文祥·江崇榮..... 17
探討我國預鑄式建築物污水處理設施管理現況與精進方向.....	蔡欣庭·吳鳴峯..... 27
FLAC3D 應用於老舊導水隧道損壞肇因研判之案例研究.....	徐文杰·周柏儀..... 37
以語意模型輔助自動檢核設計成果一致性.....	
.....洪晨瑋·黃靖惠·王思涵·張正憲·曾紀緯·賴建名·林之謙.....	47
利用檢查、測試、維護記錄及貝氏機率更新之水工閘門系統可靠度及剩餘壽命推估方法.....	
.....吳演聲.....	55
農塘水面型太陽光電案場環境及可行性評估.....	
.....許恆瑜·許振崑·陳俊愷·林伯勳·林瑞仁·方彥鈞·諸予涵.....	65
Vue.js 前端框架之初探.....	謝昇航·林永青·黃舒郁·蕭鈞瑛·謝銘智..... 73
應用 BIM 技術整合輸出數量計算書.....	楊宗融·許睿叡·吳中期·黃琬淇..... 83

案例 / 計畫報導

桃園機場服務的延伸—機場捷運新北產業園區站（A3 車站）行李預辦登機服務.....	
.....李文杰·吳鴻耀·劉志賢·林志桓·李智修·葉富清·陳景池·吳鳳慶·簡朝鑫.....	93
「資源整合之區域排水規劃經驗分享」—以桃園機場第三跑道為例.....	
.....朱哲廷·鄭斯文·陳俊良·張怡蘋.....	103
桃園航空城景觀規劃與設計及七大主題亮點營造.....	徐廣達·蘇美婷..... 111

研發成果介紹

數位化管理與監測資訊系統平台之整合與建置.....	
.....汪彥廷·簡至培·林昱廷·紀宛君·石豐銘·張權·林志偉·曾騰毅.....	123

開啟世界的大門：桃園國際機場的 營運、管理與實現 ——訪機場公司楊偉甫董事長

中興工程編審小組

來到遼闊的桃園國際機場，映入眼簾的除了有宏偉的航廈、熙攘的人群、起降頻繁的機群，還有相當多的工程在施作中。除了第三航廈工程正如火如荼的進行，第三跑道的興建工程也已經展開。回顧 1979 年啟用的國際機場，經過 40 多年的蓬勃發展，規模早已超越當年的規劃與設計目標，現在已經成為臺灣迎向世界的國家門面。中興工程季刊的編輯團隊特地前往桃園國際機場公司拜訪楊偉甫董事長，希望能藉由董事長在國門第一線的經驗與專業，解析身負重任的桃園國際機場在營運及建設方面的現況，以及長期發展的規劃方向與願景。

提問 1：Skytrax 全球機場評比

國際航空旅運競爭激烈，根據 2024 年國際航空運輸評鑑組織 Skytrax 公布的最新全球機場評比，桃園國際機場在 5 個類別的評比中榮登全球 Top 10，請問董事長桃園機場是如何在激烈的競爭中，能夠得到優異的成績？

回應：

在 Covid-19 疫情以前，機場公司就致力於提供高品質的服務，桃園機場在 Skytrax（英國非營利獨立調查機構）全球百大機場評比中，都位在所屬年旅客級距排名第十名上下，保持著前段班的成績，年客運量也逐步成長，並在民國 108 年達到歷史高峰 4,868 萬。但是疫情發生後，臺灣對於 Covid-19 疫情、非洲豬瘟都有相當嚴格的邊境管制，除了相對於其他國家的機場多了幾道通關檢查步驟，需要更久的通關時間，加上餐飲購物設施的關閉都造成旅客的不便，因此疫情間旅客數

量下降，造成評比排名下降。但機場公司也透過深入分析排名下滑的原因、重新檢視機場各個服務項目，擬定服務提升的目標，並迅速展開行動。

對於提升機場服務的目標，機場公司致力於優化每一個旅客會接觸到的細節，特別是在機場內軟、硬體的建設，以及提升自動化和便利性。隨著疫情過去，國境重新開放，這幾年旅客數量



訪談機場公司楊偉甫董事長

逐漸回升，桃園機場的評分也逐漸上升。這也證明只要堅持高標準的服務，旅客會感受到我們的努力，並給出正面的評價。今年的 Skytrax 多項排名能到前十名，除了在疫情期間相關技術及自動化的提升，更多的是桃園機場內所有服務大聯盟團隊共同努力的結果。



桃園機場安全檢查流程
(圖片來源：機場公司官網)

便和快速。這都是過去幾年的努力得到的結果，在無形之中提升了桃園機場的競爭力。再來是我們的第三航廈目前正在興建中，未來也能夠進一步提升桃園機場的運量和服務品質。這些硬體設施的升級和科技化的應用，都讓我們在機場評比排名中逐步回復到疫情前，甚至比疫情前更好的成績。

但是要維持競爭力，也必須時刻關注鄰近機場的發展，特別是對岸鄰近地區的機場，目前也正進行大規模的基礎設施建設，或許將來若對岸出入境及管制政策開放後，整個區域可能會形成一種新的競爭模式。所以桃園機場不能僅依賴現在的優勢，還需要持續創新和改進，在自動化系統上持續的投資，並提升旅客進到機場的體驗，這些都是我們保持競爭力必須要做的，桃園機場將繼續精進，確保在未來的競爭中能夠持續站穩腳步。

提問 2：桃園機場定位及優勢

前面提到桃園國際機場今年在多項評比中得到優異成績，想請問董事長桃園機場相比其他國際機場具備哪些優勢？並且是如何利用這些優勢持續精進，維持競爭力？

回應：

桃園機場在地理上的位置相當理想，作為東亞的樞紐，尤其是對於美洲跨太平洋這種長程航線，經過臺灣轉機到東南亞非常適合，現在許多旅客都選擇經由桃園機場來轉機，轉機的旅客近年都保持約 10% 的成長率，這一點讓桃園機場在面對周邊機場的競爭時，具備了地理位置和長程航線轉機的優勢。

另外在疫情期間旅客數較少，桃園機場積極推動硬體建設及服務優化，從旅客的角度開始改變，提升自動化流程，例如自助報到通關、人臉辨識等技術的引進，讓旅客進出機場變得更為方



桃園機場高效率、智慧化的通關服務
(圖片來源：機場公司官網)

提問 3：機場數位資訊整合平台 (ADIP)

桃園機場客運量於疫後已快速回復，今年整體運量預期達 4,500 萬人次，該數值大於既有航廈的容量。請問董事長，除了刻正積極推動的第三航廈等硬體建設外，桃園機場還進行了哪些數位轉型策略來維持穩健經營？

回應：

桃園機場旅客數在疫情後快速復甦，未來還會繼續成長，第三航廈即為因應未來旅客量之重要建設。機場公司不僅提升機場硬體建設，在數位轉型軟體層面也有擬定發展策略。

整個桃園機場不僅有機場公司，更有地勤公司、航空公司、航管、航警、海關、倉儲、餐飲等各式各樣的單位，且各單位都有自己的管理系統，數量高達四、五十個，像航空公司的訂票系統、行李管理系統，或者是安檢系統，這些系統過往雖然會進行相互間的資訊傳遞，但仍沒有真正整合及共享。

大約在四、五年前，機場公司開始著手進行這些系統的介接整合，於 2021 年建置了機場數位資訊整合平台 ADIP，將所有相關的系統資料整合及分享，該平台不僅提升了作業效率，也能夠提前應對尖峰時間的旅客流量。在初期導入 ADIP 系統時，最大的挑戰是如何讓各個單位之間的系統資料順利銜接，這過程中面臨不少困難，因為這些資訊分屬於各公司自己的營運資料，有可能涉及業務機密因而不太願意共享這些數據，但機場公司透過不斷協調，最終實現了資料整合，使機場營運流程中的上下游單位、甚至橫向單位之間的資訊傳遞能夠更即時，並發揮更好的效果。



機場數位資訊整合平台 (ADIP) 儀表板

這套系統的最大功能在於，它能夠提前預測未來的旅客流量。比如說，系統會根據訂位資料及每天的航班排程，預估每小時的旅客人數，這樣我們可以提前安排安檢、地勤等人力資源，避免出現壅塞的情況，同時也能更精確地掌握機場的即時狀況。

舉例來說，當某一班飛機從另一座機場起飛時，機上旅客數確定了，系統會即時更新旅客數量，並通知地勤單位預先進行準備，這樣能夠確

保飛機到達後，旅客能夠迅速完成入境程序，減少等待時間，不僅提高了運營效率，也能提升旅客的機場體驗。

除了航班管理，機場公司數位化轉型還有許多其他項目，例如桃園機場 App 的發展，可以讓旅客透過 App，查詢機場內所有的設施，像是餐飲、免稅店、停車場、盥洗室等相關服務的設施位置及資訊，這些都是數位轉型的一部分，讓旅客在機場的每個環節都能更加方便，並通過這些

數位應用，努力讓桃園機場成為旅客喜歡的友善機場。

提問 4：碳排減量及永續航空燃油（SAF）

承上，桃園機場雙軸轉型除了「數位轉型」外，亦結合了「綠色發展」。桃園機場已連續數年獲得 ACI 綠色機場認證以及臺灣企業永續獎等獎項，是否可以請董事長分享桃園機場在永續發展之推動措施與未來發展目標？

回應：

綠色機場是全球機場未來的趨勢，而且不只是短期的行動，更是長期的目標，這裡面有一個關鍵性的指標，那就是「碳排」。碳排未來所涵蓋的部分是更多更廣的，除了最直觀航空器的燃油以外，包含旅客進出機場的每一個運輸路線，也都會有碳排，這些都必須要納入考慮。

在國際上，歐洲的荷蘭、歐盟等等國家，已對航空器碳排減量訂定了一些規則；我國政府也已將航空事業納入 2050 年碳排減量目標中。在航空公司的部分，航空燃油如何減碳是關鍵的議題，航空業大約占全球碳排放的 2.5%，而像桃機一樣的國際機場，每天有數百架次的航班起降，因此永續航空燃油（SAF）的推廣對降低機場碳排相當重要。

我們也曾與中油公司討論永續航空燃油的發展議題，臺灣必須提前佈局，否則將來其他國際航班可能會選擇永續燃油設施更加完善的其他機場而非桃園機場。中油公司目前也已經著手進行研究如何供應永續航空燃油，航空公司也開始在他們的飛機上逐步使用減碳後的航空燃油，大家都正朝著永續發展逐步邁進。

除了與航空公司較為相關的航空燃油，桃園機場公司也積極推動節能減碳，例如新建的第三航廈，融入了綠色建築的概念，利用建築工法同時兼顧採光、隔熱效果，降低電力使用。另外綠

色機場不僅止於節能，也包括了太陽能發電等再生能源的使用，例如目前已於第二航廈屋頂設置太陽能板，同時也正評估在距跑道一定距離外的位置，在能確保飛航安全的前提下，能有效利用空間設置太陽能板，提供部分機場內部的電力需求，目標是 2050 年前能達到政府要求的減碳目標，此外也在積極進行機場相關設施的節電汰換。



桃園機場機坪更換為省電 LED 照明
（圖片來源：機場公司官網）



第二航廈擴建區屋頂太陽光電發電設備
（圖片來源：機場公司官網）

提問 5：桃園機場聯外交通

跟桃園機場營運有密切關係的建設，還有相當重要的機場捷運。在 T-Pass 啟用後，搭乘機場捷運人數劇增，原作為北部地區與機場間連結的桃園機場捷運，恐因乘客人數的增加而影響原本出國旅客搭乘的服務品質，機場公司就整體營運的角度，針對機場聯外交通是否有建議的地方？

回應：

任何一個機場的營運，聯外交通都是很重要的一個項目，隨著政府 T-Pass 的推行，搭乘機場捷運來桃園機場的乘客數量確實出現增長，但是桃園機場捷運作為聯繫雙北與桃園重要的聯外交通，環境上仍有其先天的限制。機場捷運路線多數為高架化，其營運時間、班次、行車噪音等亦需與沿線居民共同討論，現階段尚無法達到 24 小時營運，但機場公司仍持續努力爭取更多能與航班搭配之捷運班次。

除了與桃園機場捷運相互配合外，機場公司也持續規劃加強聯外公路運輸，這部分可以從巴士著手。我自己經常搭乘巴士往來居住地臺中和桃園機場，並親身體會部分路線班次較少，以及乘車地點引導標示不夠清晰的問題。原本機場公司內部租給客運業者的空間，由客運業者自行設置引導標示，造成各家客運公司標示的形式、大小與機場標示不一致的情形。經過機場公司統整改善過後，從下飛機開始，一路到公路客運、機場捷運的轉乘標示是一體的，讓旅客能更清楚轉乘動線。

機場聯外交通除了機場內部，也需要與周邊交通系統相關單位緊密合作，以因應未來隨著周邊都市的發展，人口與運量提升之變化。桃園機場目前正在施工中的第三航廈，以及未來的第三跑道區域，皆綜整考量目前規劃設計中的國 1 甲、國 2 甲延伸線，進行整體的聯外交通規劃。機場公司配合相關的努力來提升桃園機場陸、空整體交通的運營效率，確保旅客在桃園機場能夠享受到更加便捷、高效的交通服務。

提問 6：預辦登機與行李託運服務

另外有關旅客預辦登機自助行李託運服務，目標是希望雙北地區的旅客可以在抵達機場前就先辦理報到及行李託運，但從目前的使用量來看，似乎不如當初的預期。對於預辦登機及行李託運

服務，機場公司是否有規劃目標客群，透過航空公司及旅行社，加強宣導及鼓勵使用預辦登機？

回應：

預辦登機及自助行李託運服務是希望能給桃園以外地區旅客更多的便利，讓民眾在抵達機場前就能完成報到及行李託運。在我去年剛上任時，該設施剛完成，使用量還不高，機場公司利用拍影片宣傳、促銷的方式，鼓勵民眾使用。

我曾親自到機捷台北車站（A1 站）去查看當時預辦登機的運行情況，剛好遇到了一組來自東南亞國家的家庭旅客，他們帶著三、四個孩子和好幾件行李，正在使用預辦登機的服務。我請教他們對於這樣的自助行李託運服務感覺如何，他們深表認同這樣的服務方式。經過這一年持續宣傳的效果、疫後旅運量的復甦，預辦登機行李託運的使用量正逐步成長，由於旅客在市區提前托運行李，節省了在機場內行李處理的時間，同時因為已預辦登機，他們可以有更多的時間進入免稅店、餐廳等區域消費，這也促進了桃園機場內部的其他商業活動。



預辦登機與行李託運服務
（圖片來源：機場公司官網）

不過隨著使用量提升，很快也發現了另一個問題，因為預辦登機的行李需要在機場內有一定的暫存處理空間，如果使用人數增加，而且行李暫存時間拉長，則會需要更多的儲存空間，因而有可能排擠到機場其他設施的空間需求。因此我

們正在與桃園機場捷運，以及其他相關單位共同規劃，研擬如何在提升預辦登機服務使用量的同時，確保不影響其他機場設施的運作。

提問 7：

中興公司過去承辦了不少桃園國際機場的規劃及設計工作，目前也正參與第三跑道建設及桃機綱要計畫第三版的藍圖拓劃，為了希望能對機場公司提供更優質的服務，請問董事長對中興公司的期許與建議？

回應：

我與中興的淵源可以追溯到民國 67 年，當時

任職於臺灣省水利局，參與了榮華壩工程建設，負責大壩工程工區的施工，與中興的團隊有過密切合作的經驗，瞭解到中興在工程建設的規劃設計監造等領域，都有許多優秀的人才，因而留下了深刻的印象也結交了多位的好朋友，對我來說中興是一個有深厚感情的合作夥伴。

而對於桃園機場包含第三跑道之相關建設，是非常難得數十年才能遇到一次的大型工程，我期許中興的同仁能夠在新技術、新觀念的導入上，能夠繼續保持領先，並希望中興未來能夠在專業上繼續發揮，為更多的公共工程建設提供優質的技術服務。



中興工程編輯團隊與楊偉甫董事長共同合影留念



楊偉甫

機場公司董事長

美國科羅拉多州立大學土木工程研究所碩士，於民國 112 年 3 月 14 日起擔任機場公司董事長。

歷任經濟部水利處副總工程司、水利處中區水資源局長、經濟部水利署總工程司、副署長、署長、經濟部常務次長、台灣中油代理董事長、台電董事長等職務，資歷豐富並具領導管理專長，在公共建設領域有卓越建樹及貢獻，並獲選亞洲土木工程聯盟（ACECC）土木工程終生成就獎。

由內部稽核談公共工程三級品管制度 —以中興工程三重稽核機制為例

林芳輝* 張建信** 林宗甫*** 陳進謙**** 楊東益****

摘 要

行政院公共工程委員會（以下簡稱工程會）民國 85 年 12 月 13 日頒布「公共工程施工品質管理作業要點」以來，「公共工程三級品管制度」推動對工程品質之提升已見成效，而屬於第二級的「品質查證系統」肩負著查證工程施工成果是否符合設計與規範品質目標的重要職責。

中興工程顧問股份有限公司（以下簡稱中興公司）承攬眾多公共工程二級品質查證監造標案，有鑑於人力短缺，人本、人文、環保、生態等外在環境因素意識提升，而優化內部稽核系統，並依據 PDCA「管理循環」概念落實執行，將循環圖「C」（check, 稽核）建置為三重稽核機制，除讓監造作業遵循既定系統機制運作，亦能針對異常狀況提出改善方案優化系統，重複反饋循環，以確保「品質查證系統」可靠度提升。

因應近幾年國內重大公共建設案量持續攀升，中興公司承攬業務亦相對成長，因此，監造人力晉用亦更迭不止，除透過教育訓練及數位化管理來提升整體監造效率外，中興公司亦利用三重稽核機制有效提升稽核效率、確保品質管控和主動經驗回饋，在人力短缺之外在環境下，維持優質服務，並達成「滿足顧客需求、落實知識管理、追求效益最大化、預防職業災害」之品質安衛政策。

關鍵字：三級品管制度、內部稽核、三重稽核機制

一、前 言

公共工程實施「三級品管」制度，在國外已行之多年，國內則自民國 82 年 10 月 7 日由行政院頒布「公共工程施工品質管理制度」開始推動。

所謂公共工程三級品管，簡言之，係「施工品質管制系統」、「品質查證系統」及「工程施

工查核」等三層級由不同單位分別執行，其目的在使作業分明、權責清楚。

惟有限標案工程規模、施工廠商的組織經驗及經營態度，呈現出來的履約成果與品質良莠不齊，經探討與工程團隊是否落實三級品管作業執行，有著密不可分的關係。

然就其制度面與實務面之推廣成效，在產、

* 中興工程顧問公司工程管理部資深協理
** 中興工程顧問公司工程管理部技術經理
*** 中興工程顧問公司桃機第三跑道工程處工務組組長
**** 中興工程顧問公司工程管理部工程師

官、學、研各界可謂莫衷一是，有認為內業工作過於繁複，導致忽略現場施工品質，亦有認為品質意識日益提升等不同見解，身為從業人員之一份子，我們除應尊重各方見解並應瞭解其緣由外，更須著眼在既有制度下如何落實執行，進而提升工程品質及效益。

本文將以中興公司三重稽核機制為例，從內部稽核執行的角度來探討其方向與做法對公共工程三級品管可能產生之影響與效益。

二、公共工程三級品管制度

「公共工程施工品質管理制度」施行迄今，嗣配合執行成效及實際需求歷經數次頒修，最近1次則於民國111年7月4日將三級品質架構之定義修正為：第一層由施工廠商負責之「品質管制系統」、第二層由工程主辦機關及監造單位負責之「品質查證系統」、第三層由工程會及工程主管機關負責之「工程施工查核」，其架構如圖1所示。

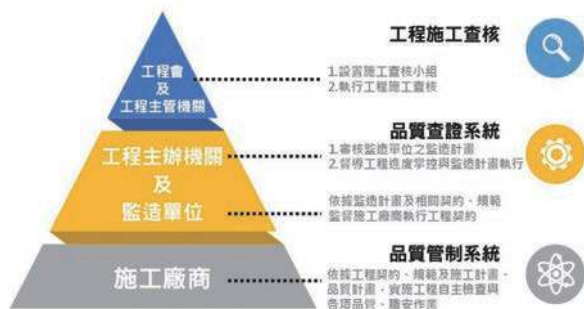


圖1 三級品管架構圖

茲就公共工程三級品管制度各層級之權責、目標與相關品質作業事項分別說明如下：

第一級「品質管制系統」，由施工廠商所建立之施工品質管制系統，係以達成契約工程品質要求為目標。

工程開工前施工廠商即應成立品管組織，以推動各項品管工作，建立品質管理系統（Quality Management System, QMS），確保施工品質符合要求。並依據工程特性、契約、規範乃至法規之規定，擬定施工計畫、施工要領、品質計畫（包含各工項品質管理標準、材料與設備及施工檢驗程序、自主檢查表、不合格品之處置、文件紀錄管理系統建立等），作為執行品管工作時之準據，俾便各級工程人員熟稔圖說規範及各項品管作業規定，以落實品質管制。

第二級「品質查證系統」，由工程主辦機關或委託之監造單位所建立之施工品質查證系統，係以確保工程的施工成果能符合設計及規範之品質為目標。

監造單位應建立監造組織、訂定工作職掌、擬定監造計畫（包含各項計畫審查作業程序、材料與設備抽驗程序及標準、施工抽查程序及標準等），對人力規劃、監督作法、監督紀錄等方面做有系統的規劃，俾利施工品質查證工作之推展，以及施工廠商擬定品質計畫之依循。

監督材料及施工抽查（驗）作業，應留存各類證明文件、試驗報告及抽查紀錄，檢討成效及缺失，經由不斷的修正改善與成果追蹤，達成全面提升工程品質之目標，並供作為工程驗收之憑證。

第三級「工程施工查核」，由工程會或工程主管機關執行之工程施工查核，目的在確認工程品質管理工作執行之成效。

工程施工查核係依相關施工查核作業檢核表及品質缺失扣點紀錄表，聘請外部委員組成施工查核小組，評定各工程品質優劣等級。其結果除可供作主辦機關作為考評之依據，亦作為督促監造單位落實品質查證及施工廠商落實品質管理之方向，進而作為評選優良廠商之參考，藉以督促各級單位落實品質管理，達成提升工程品質的目的。

標。

承上所述，三級品管是全面品質管理制度，執行實務上需管理制度與專業職能並重，透過行政程序訂定，確保工程標案成效如約，及對採用材料與施工方法執行之規範，雙重保障品質與安全，期能增加施工廠商自主品管之責任，內化優良品質意識，達到提升公共工程施工品質之目標。

三級品管制度層疊交織，微觀而言，從施工廠商訂定施工流程，依約自主檢查控制工程品質控制起，再藉由二級機關（單位）的查證，達到雙重品質確認，最後透過巨觀角度，以內、外部稽核及施工查核等系統面的檢核，確保工程品質無虞、維護施工人員的安全，減少施工對環境的衝擊，甚至可推廣至淨零減碳的達成，端賴主辦機關、監造單位乃至於施工廠商，三方依三級品管制度分層各司其職方能成就。

三、中興公司工地稽核發展歷程

三級品管著重架構，各層級單位（機關）依其體系能量建立所屬的品質管理系統。

工程品質良窳端賴施工者的心態，在三級層層管制下，其中第一級品管最為挑戰人性，因品質提升通常須增加成本，倘真落實了，工程品質應無勘慮；如能再確實執行另兩個層級品管查證與查核，則工程品質更能確保。

實際上，公共工程常因工程規模差異、招標機制、工址偏遠等工程內在因素，導致承攬廠商劣幣逐良幣，或受政治力介入趕工、NPO（非營利組織）的主張等外部因素影響，無法落實第一級「品質管制作業」。

而屬第三級的「工程施工查核」，自工程會民國 91 年年 8 月 21 日頒布「工程施工查核小組作業辦法」起執行迄今，雖「施工查核小組」之

委員皆具豐富學經歷，惟施工查核畢竟係以抽查方式辦理，對工程品質僅能做到點的查核。

在前述多變且難以逆料的因素下，更需要藉由監造單位所負責第二級的「施工品質查證系統」來確保工程品質，肩負起整個工程品質系統承上啟下的重責大任。

依據中興公司內部人力資料（資料更新至民國 111 年年 9 月 27 日，如圖 2 所示），執行監造性質相關業務的駐外同仁約占了公司整體 47% 人力，而依各監造業務之技術服務契約，要如何監控同仁落實執行「施工品質查證系統」，確保履約成效，以維護公司品質安衛目標（滿足顧客要求、落實知識管理、追求效益最大化、預防職業災害）成為首要課題。

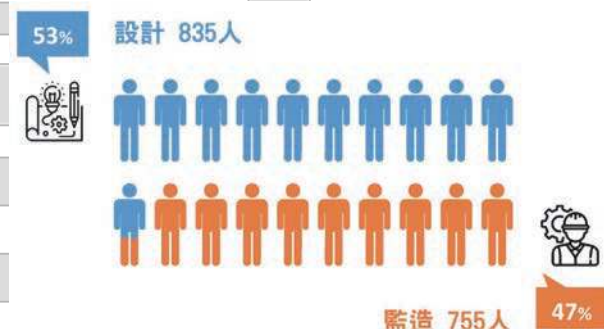


圖 2 執行業務性質人力佔比

評定「施工品質查證系統」的執行成效是否落實，最直觀的方式即是「工程施工查核」分數的表現。

內部稽核之定義：「內部稽核係一種獨立的、客觀的，用以增加價值及改善機構營運之確認及諮詢活動。其協助機構透過系統化及紀律化的方法，評估及改善機構在風險管理、控制及治理流程的效果，以達成機構的目標。」可見「內部品質稽核」是確保品質系統是否落實執行最有效的手段之一。

爰此，中興公司於民國 96 年 8 月 10 日公布

了「責任中心推動工地輔導查核注意事項」，主要在於全面輔導工地計畫提升監造品質，加強設計同仁與監造同仁之交流，確保監造服務品質可以符合契約及法令要求，以達成「滿足顧客要求」之品質政策。

「工地輔導查核」階段係由中興公司各責任中心依每次稽核任務需求自行組成稽核小組，模擬工程標案接受施工查核的情境與方式，對各所轄監造計畫執行「內部品質稽核」，以確認二級「施工品質查證系統」的執行成效，並預先發現施工查核可能面臨的問題提早改善，而這樣的執行做法，就是「工地內部稽核」最早的雛形。

因應工程會「工地內部稽核」之規定民國100年1月24日中興公司頒佈「工地內部稽核作業要點」，內容加強了執行細節說明。

在公司政策持續積極推動下，雖「工地內部稽核」稍具成效，惟由各責任中心組成的稽核小組執行強度不易一致，標準也不盡相同，為了維持稽核的有效性，中興公司遂於總工程師室轄下設置獨立常設單位「工地內部稽核小組」，並自民國105年1月1日起正式負責執行「工地內部稽核」。

方向上雖仍是以模擬工程標案接受施工查核時情境，然最大的改變係小組成員固定，可系統性執行教育訓練並累積稽核經驗，藉由經驗積累建立稽核執行的流程與標準。

為了提升服務品質，中興公司於民國106年1月1日成立工程管理責任中心，並轄分工程管理部（以下簡稱工管部）、南工中心，民國108年4月15日再設中工中心，並依工程規模設立專案工程處，綜管全公司監造相關業務，「工地內部稽核小組」納入工管部轄下組織，並維持其獨立的運作。

因應雲端、大數據、物聯網、數位網路時代的來臨，暨工程會推動公共工程工地管理資訊化

管理作業趨勢，中興公司自民國106年起開始強化PMIS功能，建置文件庫、數位查驗表單、材料檢試驗、預算規範平台、人力需求等一系列平台，藉由PMIS整合串接數位平台，使數位資訊多元利用，讓監造同仁之作業便利高效，亦讓管理層及時掌控工地「施工品質查證系統」執行情形，達到數位監控目的。

此外，「工地內部稽核小組」也著手推動「工地內部稽核平台」（如圖3所示），並響應工程會推動公共工程工地履約文件電子化，先於民國110年1月1日起上線建立電子表單，自此，中興公司的「工地內部稽核」正式進入了E化的作業。



圖3 工地內部稽核平台圖例

隨著公司數位化的政策推動，PMIS各功能的逐漸成熟，以及相關文件庫建置及歸檔方式的標準化，稽核團隊再與本公司研資部合作整合各平台所需資訊，優化了「工地內部稽核平台」功能，除了縮小時間與空間的限制，更可與管理層DMIS系統介接，大大的提升了稽核成效，如圖4所示。公司與工地藉由平台資訊傳遞，如各類法令規章更新、內稽及施工查核缺失彙整、常見缺失樣態資料庫建置等，以作為標準化訓練教材之資源，將稽核成果利用平台分享，達到網絡般之擴散，而非傳統點對點之傳遞，讓工地同仁與時俱進，把內部稽核成果最大的效益化。

「內部品質稽核」係公司針對工地計畫品質制度落實性及執行成效的檢查，其重點在品質制

度執行之有效性確認，檢視品質管理系統是否與規劃一致？是否依照規定程序落實執行？是否有有效的維持？各項規定是否有程序上的不完備？亦可找出執行中窒礙難行或需要改善的部分，作為後續改善及矯正預防之參考或依據。



圖 4 工地內部稽核平台案例

綜觀中興公司「工地內部稽核」的發展過程，起源以任務編組並模擬施工查核方式的「工地輔導查核」，經公司政策的重視，設立常設專責「工地內部稽核小組」，以一致的標準執行，並透過「工地內部稽核平台」的運作輔助，使稽核成效得以發揮，三重稽核機制之成效則體現於中興公司施工查核成績穩定的表現，在全國大型顧問公司中，唯一近 5 年平均分數保持 82 分以上之機構。

四、中興公司的三重稽核

近年來，一般民眾對於公共工程的品質觀點成為各政府機關關注項目，整體大環境對於施工品質、職業安全及環境保護等意識提升，要求已不同以往。因此各界對二級「施工品質查證」之期望與要求日趨嚴謹，監造單位責無旁貸，不能僅滿足於施工查核取得佳績。

「施工品質查證系統」應藉由 PDCA (Plan、Do、Check、Act) 循環協助工程施工品管制度執行並持續改進。中興公司自創的 PMIS 融合監

造作業全數位化概念，相對應之意涵如圖 5 所示，詳細說明如下：

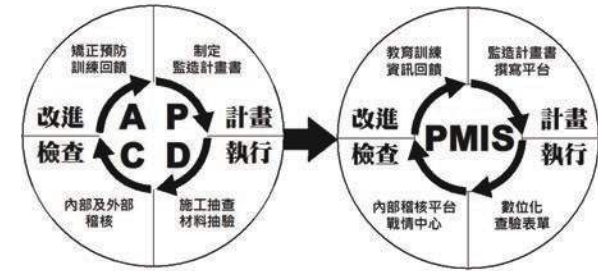


圖 5 品質查證 PDCA 循環圖

(一) 計畫 (Plan)：在編制監造計畫時，需根據工程規模、性質等因素，制定監造範圍、組織及權責分工、品質計畫審查作業程序、施工計畫審查作業程序、材料與設備抽驗程序及標準、施工抽查程序及標準、品質稽核、文件紀錄管理系統等內容，以規劃監造品質查證工作的具體實施方案。

(二) 執行 (Do)：監造單位需實施施工品質查證工作，包括對施工廠商相關書面作業落實執行狀況的確認、材料取樣、抽驗、檢試驗及核對、試驗數據整理分析、管制、對現場施工工法、施工進度、施工過程與施工結果的持續性監督與查證、不合格品瑕疵列管、改善追蹤管制等，並對施工安全衛生管理進行監督查核。

(三) 檢查 (Check)：監造單位需基於監造計畫內容以及工程契約之規定對所辦理之監造工作的實施效果進行稽核，以保證監造品質查證管理制度的落實及各項監造工作有效實施。

(四) 改進 (Act)：監造單位需根據檢查及稽核的結果對監造計畫進行評估與調整，對監造計畫的內容、流程、方法等進行改進，以達到更好的監造效果，並將相關工程經驗進行紀錄、回饋與分析。

內部稽核屬 PDCA 循環中的「C、檢查」，為確保監造作業執行內容符合相關法令規定和公司品質規範，並強化整體管理機制，以達到預期目標，中興公司在既有品質及安衛管理制度之基礎上，導入 ISO 9001（品質管理系統）及 ISO 45001（職業安全衛生管理系統），因而孕蘊出特有的「中興工程三重稽核機制」（以下簡稱「三重稽核」）。

所謂的「三重稽核」係由外部標準認證機構定期辦理之「外部稽核」，搭配依 ISO 品質安衛管理系統標準程序定期辦理之「內部稽核」，再加上以工程會「施工品質查證系統」為圭臬之「工地內部稽核」所組成的三層稽核制度。有關三重稽核機制架構，如圖 6 所示。

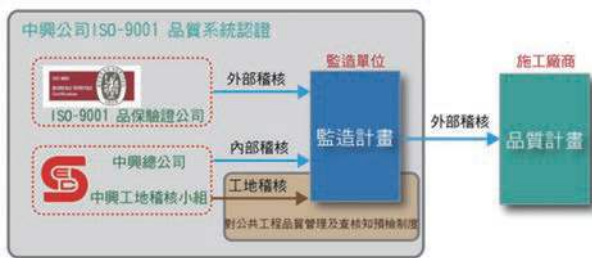


圖 6 中興工程三重稽核機制圖例

如同公共工程三級品管制度，「三重稽核」第一重的「工地內部稽核」，以自主檢查的概念為基礎，從監造組織的成立與權責分工、各項計畫書圖（含品質、施工計畫）的審查與管制、材料設備抽驗標準與程序、施工抽查的執行，乃至於各項監造工作的推動是否符合規定，定期對計畫執行過程進行全面性的稽核與檢視，以確保二級「施工品質查證」的落實執行。

除此之外，「工地內部稽核小組」也會利用稽核執行的過程，依工程特性、契約、規範乃至法規相關規定分享實務上的作法，俾供各級監造人員作為監造工作執行時之參考，讓工地的執行

更加週延。

「三重稽核」的第二重，即是 ISO 品質安衛管理系統定期辦理之「內部稽核」。參考公共工程三級品管第二級「品質查證」的概念，由總公司品質管理代表召集具稽核訓練資格的人員，依 ISO 程序規定成立稽核小組，擬定年度稽核計畫並據以執行稽核與檢視。

「內部稽核」執行以中興公司 ISO 9001 及 ISO 45001 之規定為基礎，檢視執行中計畫之品質安衛活動及其過程是否符合各項要求，更延伸至各計畫所屬技服契約、工程契約、圖說、規範乃至監造計畫內容，確保管理系統之有效性，以符合設計功能及契約規範之品質目標。

至於「三重稽核」的第三重，係由第三方單位的驗證機構（Certification Body）定期辦理之「外部稽核」。如同公共工程三級品管第三級「工程施工查核」的精神，秉持其公正、獨立之特性，以客觀超然的立場，來驗證品質管理執行最終的成效，並針對公司管理、成本營運、服務計畫、專案研發等提供系統標準的優化建議，達成品質管理提升的政策目標。

五、結論與展望

中興公司以「滿足顧客要求」為品質政策，除導入 ISO 9001 及 ISO 45001 管理系統，將監造工作以縱向程序建立了「中興工程三重稽核制度」，橫向則遵行國家數位政策，率先導入引領業界之數位化稽核，納入「模組化」、「標準化」與「重點化」三大關鍵層面，藉由 PMIS 串接系統眾多功能平台，擷取資訊流程有用數值，加以分析後回饋作為資料庫或教育訓練資材，使監造同仁接新納變，體現科技、環保與人本的核心價值。

公共工程執行階段的管理成效與規劃設計

階段比較，中興公司「三重稽核」建立了交叉比對與檢討機制，可將監造執行過程遭遇問題逆向回饋，有利於設計品質的逐漸優化。

中興公司執行各項服務契約，秉持誠信務實的服務方針，落實公共工程三級品管制度精神，戮力完成業主委託之任務，並達成「滿足顧客的要求、落實知識管理、追求效益最大化、預防職業災害」之政策目標，中興工程三重稽核機制落實了公共工程三級品管制度之品質查證目標，並與時俱進採數位平台，讓稽核結果效益最大化。

參考文獻

林芳輝、呂斌豪、唐士宸，「以公共工程三級品管談全數

位化監造作業」，中國土木水利學刊 Vol.50，No.2，April 2023，第 50 卷，第 2 期，（2023）。
行政院公共工程委員會，修正「公共工程施工品質管理制度」，111.07.04，（2022）
林芳輝、郭鴻祥、黃正緯，「從公共工程之監造科技管理淺談—數位轉型」，中國土木水利學刊，第 48 卷，第 4 期，第 95-101 頁（2021）。
行政院公共工程委員會，108.03.13，工程管字第 1080300132 號，（2019）
行政院公共工程委員會，106.07.04，工程管字第 10600206860 號，（2017）
林清南，「公共工程品質因為執行三級品管而改善嗎？」，技師報 Engineers Times，法規法令，（2017）。
房性中，「三級品管制度與實務面面觀」，技師報 Engineers Times，NO.630，（2009）。
張玉敏、賴淑萍，「現代內部稽核概述」，行政院及所屬各機關出國報告，（2006）

水利工程應用程式

公開發售

SEC-HY21 (二維泛用地表水分析軟體)

- a. 網格及地形建立等前處理介面、電腦繪圖及流場視覺化
- b. 定床水理模組
- c. 水中生物物理棲地分析模組

訂購電話：(02)8791-9198 轉 467 陳小姐

傳 真：(02)8791-2198

E-MAIL：louise@sinotech.org.tw



重要實績 專業服務

蓄水庫安全檢監測及風險管理
隧道安全維護管理系統建置
離岸風場地工試驗與詮釋
隧道鄰近地下水 資源影響評估
二氧化碳封存規劃、監測與風險管理

大地工程研究中心

配合國家永續政策，以傳統地工技術為基礎，
針對關鍵基礎設施營運安全、環境保育與綠能
產業等相關地工技術進行研發，結合理論與實務，
提供高品質之技術服務。

所屬大地工程試驗室為TAF認可，國內目前地工
試驗認證項目最完整之試驗室。

聯絡資訊

114065台北市內湖區新湖二路280號
電話：(02)8791-9198 傳真：(02)8791-1536
E-mail: gerc-ctr@sinotech.org.tw
<https://gerc.sinotech.org.tw>



誠信 創新 品質 服務
財團法人 中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.



台中后里台地地下水資源調查 與規劃評估

王 琪* 鍾文祥** 江崇榮***

摘 要

國內以往對地下水之開發利用多以沖積層為主，西部麓山帶之台地與丘陵地下水開發案例較少，惟於民國 110 年台灣本島遭遇百年大旱，台中后里台地鯉魚潭淨水場區內進行三處緊急鑿井及抽水，以作為因應地面水源不足之抗旱備用水源。

考量目前地面水與沖積層之地下水資源之開發與應用均已趨飽和，針對未來可能新增水資源之評估、調查與開發已刻不容緩，針對西部麓山帶之台地、丘陵進行調查，其中考量抗旱期間后里台地三口水井出水能力佳、以及具備透水潛能佳之頭嵙山層火炎山礫岩段，以台中后里台地作為首選調查目標，進行相關地下水規劃及評估，提供未來地下水開發之選擇，以強化長時、緊急、戰備期間之用水穩定。

關鍵字：后里台地、地下水資源、現地調查規劃

一、前 言

近年來氣候變遷導致臺灣地區水資源不足與季節分布不均之問題日益嚴重，進而影響到我國社會安全與經濟發展，而民國 109、110 年遭遇百年大旱，西部水庫集水區平均降雨量為 752 毫米，相較於歷史平均值 1778 毫米，少了 1026 毫米，創下近 50 年來最低紀錄，新竹、苗栗及台中地區的水庫，蓄水率都跌至一成以下，地面水嚴重不足導致多處已進入限水階段。

經濟部及各單位自民國 109 年 10 月成立「旱

災中央災害應變中心」，實施抗旱措施因應氣候變遷，並研提「抗旱水源應變計畫 1.0」，為全台增加每日 78 萬噸水源，而民國 110 年 4 月至 6 月降雨仍為正常偏少機率高，實施「緊急抗旱水源應變計畫 2.0」，其中利用淨水場周邊開發地下水資源，於中部地區共新鑿設 88 口抗旱水井，其中於台中市后里區、外埔區周圍約共 14 口井，主要設置於淨水場區內直接抽水至沉澱池中。其中位於鯉魚潭淨水場區內 3 口抗旱井，於抗旱期間由國營事業中油公司負責開鑿，深度為 272 至 356 公尺，井管尺寸均為 14 吋，安全出水量介於

* 中興工程顧問公司水利工程部工程師
** 長江中興工程顧問（平潭）有限責任公司總經理
*** 經濟部中央地質調查所所長（退休）

3,000 至 4,750 CMD 之間（如表 1），說明后里台地出水量佳，為一地下水豐富之區域，有鑑於目前后里台地資料不足且沖積扇平原區地下水開發趨於飽和，台地或丘陵之地下水調查與開發為未來之趨勢，因此選定后里台地作為示範區域進行地下水現地調查、規劃評估等作業，是為本研究之研究目的。



圖 1 台中后里台地周遭抗旱水井分布

（一）地下水水位

根據經濟部水利署「100 年度地下水觀測站井建置維護工程」設計及監造成果報告書，於后里台地包含外埔與后里井，外埔（1）與外埔（2）歷年平均日水位分別為 EL.178.14m 與 EL.178.03 m，地下水位埋深變動約為 17 ~ 34m；后里（1）與后里（2）歷年平均日水位分別為 EL.176.12m 與 EL.175.69m，地下水位埋深變動約為 12m ~ 44m，地下水位顯示該區無明顯分層，如圖 2 所示。



圖 2 台中后里台地地下水觀測井水位資料

表 1 鯉魚潭淨水場抗旱井基本資料

井名	安全出水量 (CMD)	深度 (m)	水位高程 (m)	導水係數 (m ² /min)	Q/s (cmd/m)
1 號	4,275	272.2	179.5	0.21	140.33
2 號	3,000	356	178.7	0.21	59.22
3 號	4,750	356	181.5	0.42	89.17

資料來源：中油公司

（二）水文地質

后里台地上廣布紅色礫石堆積，下覆頭晚更新世地層之崙山層火炎山礫岩段與香山砂岩段，而斷層包含東方的三義斷層、西方的鐵砧山斷層與大甲斷層。並根據地礦中心民國 94 年「台中地區水文地質鑽探調查及水文分析研究計畫」，后里台地地勢最高處為於台中后里區月眉山，地下水位最高處，而單位洩降出水量由西向東遞增，礫石層比例也越來越高，推估位於東側為頭崙山層火炎山礫岩段，西側為頭崙山層香山砂岩段。

二、基本資料蒐集

后里台地位於台中盆地北緣，南北夾於大安溪與大甲溪之間，台地東緣高程 270 公尺，西緣在大甲東側高約 100 公尺，以 40 公尺左右之階崖與清水隆起海岸平原相接，地勢大致由東向西緩降。后里台地東西長 12 公里，南北寬約為 5 公里，面積為 60 平方公里，平均高度約 180 公尺。

三、現地調查成果

根據前述資料蒐集成果，選定 2 場址作為現地調查區位，分別為三豐路五段及淨水場場址，

總共進行 BH-01 與 BH-02 觀測井（採旋鑽方式全程取樣）、P-01 抽水井施作，成果如圖 3 與表 2 說明，開篩段主要以地質鑽探成果進行調整，如遇黏土、泥岩等微透水阻水層將調整以每段 5 m 作為阻隔，避免影響觀測井內水質濁度。現地調查另進行地球物理探查、抽水試驗、水質採樣等現地調查規劃內容，說明如下。



圖 3 現地調查規劃場址

表 2 鑽孔基本資料說明

場址	分類	高程 (m)	深度 (m)	開篩位置 (m)	井管	水位高程 (m)
BH-01	觀測井	251.5	194.25	94-194	1.5 吋	185.008
BH-02	觀測井	193.0	104	56-94	1.5 吋	176.387
P-01	抽水井	193.0	101	56-95	6 吋	176.178

資料來源：臺灣地區地層水資源評估調查與規劃 (1/2)，水利規劃分署，2022

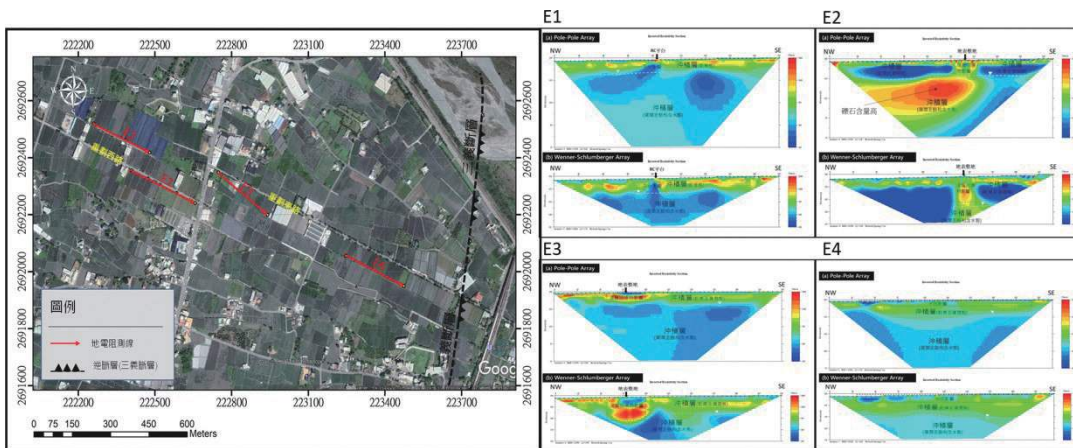
(一) 地球物理探查 RIP 地電阻影像剖面法

地電阻法 (Electrical Resistivity Tomography, ERT, 又稱 Resistivity Image Profiling, RIP) 基本原理係利用直流電或低頻 (50-60Hz) 交流電經一對電流極將電流導入地下，建立人為電場，因地層間地下介質不同，而有導電度之差異，故可利用另一對電位極量測電位差，推算地層視電阻率 (Apparent Resistivity)，並藉由不同的電性分層判斷地層狀況，最後再藉由反演算軟體逆推算並模擬真實地層電性構造。

測線規劃為了解大安溪沖積層、礫岩分布及地下水深度，於三豐路五段場址周圍共 4 條，長度約為介於 240 ~ 275 m，方向均為西北—東南向，結合附近地質鑽孔資料，測線範圍以礫石或巨礫夾砂的沖積層為主，整體偏高電阻率之地質材料，整體依地層電性大致以 430 Ω hm-m 為界，區分為乾燥至濕潤態之沖積層及濕潤至飽和含水態之沖積層，其界線大致位於地表下 15 ~ 25 公尺之間，推測地下水位約落於該區間內，如圖 4 所示。

(二) 岩心資料

本研究採用旋轉油壓式鑽機進行 BH-01 與 BH-02 觀測井鑽井，成果說明如下。



資料來源：臺灣地區地層水資源評估調查與規劃 (1/2)，水利規劃分署，2022

圖 4 地球物理探查 RIP 地電阻影像剖面法

1. 淨水場場址 BH-01

施作完成 194.25 公尺全程取樣，並設置 1.5 吋井管作為臨時觀測井使用 (BH-01)，試挖 1.5 米為回填棕黃色級配，6.4 公尺前為紅色粉土質互層，6.4 公尺後均為卵礫石夾粉土質粗中細砂，僅 140 至 154 公尺為泥岩夾卵礫石，如圖 5 (a) 所示。

2. 三豐路五段場址 BH-02

施作 103 公尺全程取樣，並設置 1.5 吋井管作為觀測井使用 (BH-02)，試挖 1.5 公尺為回

填棕黃色級配，1.5 公尺後均為卵礫石夾粉土質粗中細砂，如圖 5 (b) 所示。

(三) 抽水試驗

本研究利用進行兩場址抽水試驗，淨水場場址主要利用 3 號抗旱井與 BH-01 進行複井抽水試驗，三豐路五段場址為利用 P-01 與 BH-02 進行。淨水場場址 (場址 1) K 值為 2.03×10^{-5} 至 2.07×10^{-5} m/s，S 值為 0.0625 ~ 0.1354；三豐路五段場址 (場址 2) K 值 1.07×10^{-3} 至 1.29×10^{-3} m/s，S 值為 0.245 ~ 0.262，詳細結果參見表 3。

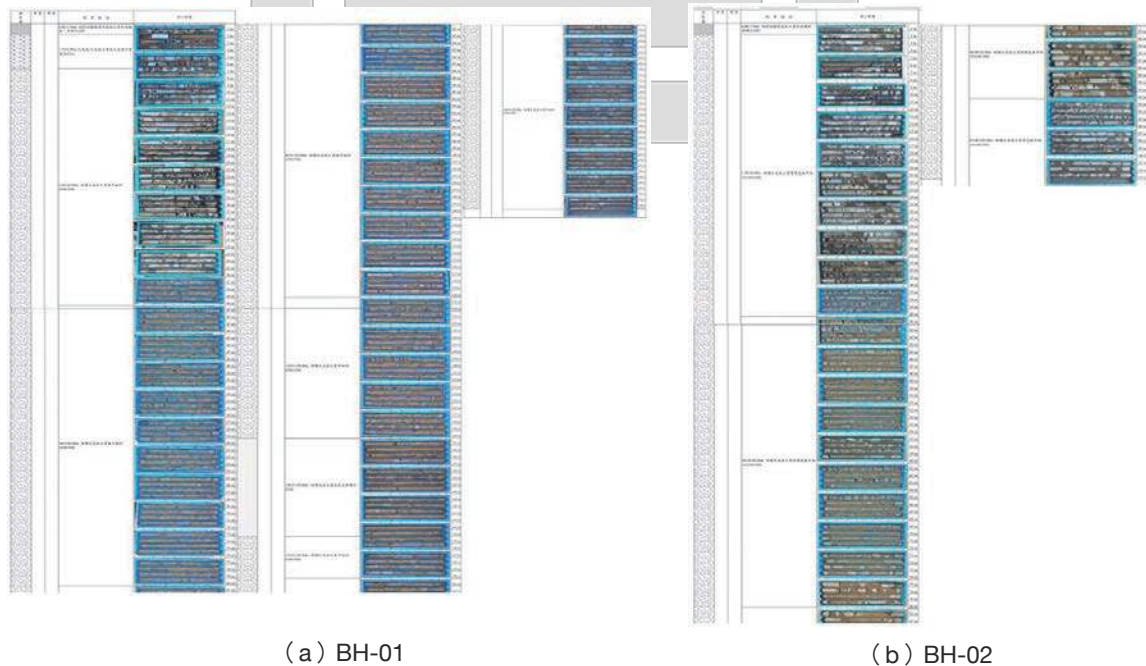
表 3 本研究抽水試驗結果

編號	擬合方法	導水係數 T (m ² /min)	S	水力傳導係數 K (m/s) ^[1]	Q/s (cmh/m) ^[2]
BH-01	Theis (1935)	0.1048	0.0625	2.068×10^{-5}	-
	Cooper and Jacob (1946)	0.2407	0.1354	2.029×10^{-5}	
BH-02	Theis (1935)	7.715	0.262	1.286×10^{-3}	-
	Cooper and Jacob (1946)	5.848	0.245	1.067×10^{-3}	
P-01	Theis (1935)	0.727	-	1.211×10^{-4}	209.88
	Cooper and Jacob (1946)	0.581	-	9.683×10^{-5}	

資料來源：經濟部水利署水利規劃分署，臺灣地區地層水資源評估調查與規劃 (1/2)。

註：1. 缺乏含水層厚度資料，故以水井深度計算。

2. 淨水場抽水井出水量不固定且無法量測洩降資料故未推算 Q/s 值。



資料來源：臺灣地區地層水資源評估調查與規劃 (1/2)，經濟部水利規劃分署，2022。

圖 5 本研究鑽孔岩心資料

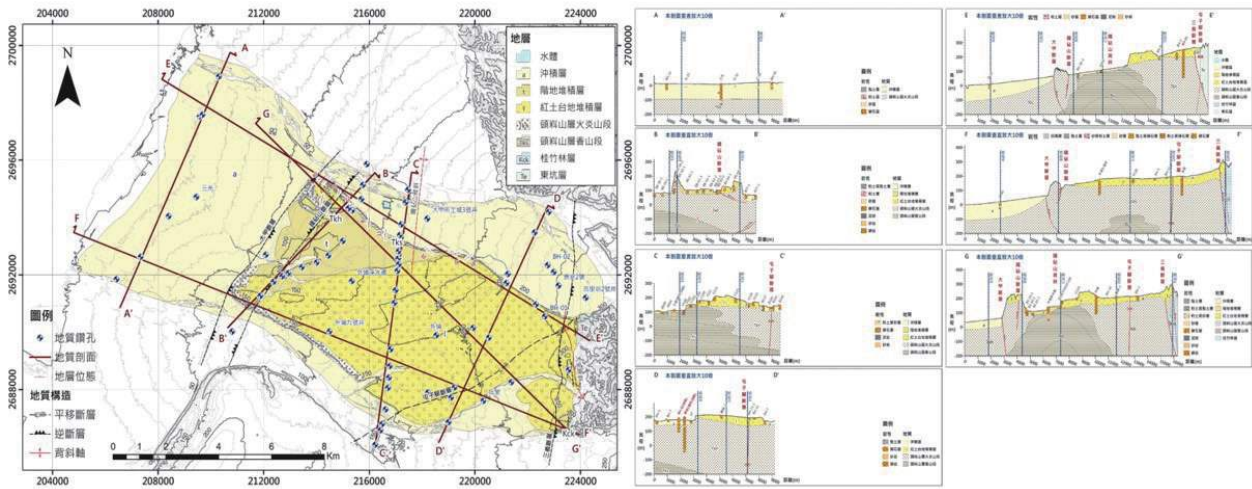


圖 6 后里台地水文地質剖面線位置

(四) 地下水水位觀測

本研究臨時觀測井於竣工後放置自計式水位計紀錄水深隨時間變化情況，自 2022 年 10 月至 2023 年 11 月觀測結果如圖 7 所示。由於連續乾旱影響，BH-01 周邊抗旱水井於 2023 年 2 月起每日抽水 4,500 噸，造成地下水明顯下降約 6 ~ 7 公尺，於 BH-02 中並沒有發現地下水下降情形，顯示地層通透性良好。

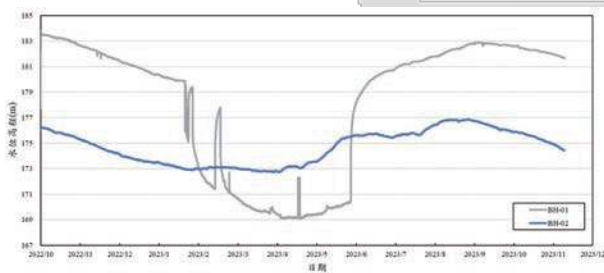


圖 7 本研究地下水水位觀測井時序資料

(五) 岩心樣本透水試驗

1. 孔隙率試驗

BH-01 與 BH-02 孔隙率分別為 30.6 % 與 32% 判定多孔隙介質以為細砂 (26-53%) 為主，對照 BH-01 與 BH-02 之採樣材料，本試驗推估依據屬合理。

2. 落水頭試驗

BH-01 各組落水頭試驗平均水力傳導係數值介於 8.249×10^{-6} m/s 至 1.310×10^{-5} m/s，BH-02 各組落水頭試驗平均水力傳導係數值介於 2.115×10^{-5} m/s 至 2.237×10^{-5} m/s，BH-01 與 BH-02 樣本 D_{10} 落水頭試驗結果皆介於細砂範圍內。

四、建置區域水文地質架構

(一) 區域水文地質架構

本研究針對后里台地建置區域水文地質架構，建置方式根據岩心地層比對、井測訊號與地質之關係探討以及鑽井位置進行繪製，以中央地質調查所五萬分之一「大甲」圖幅作為基礎，並蒐集高鐵、鐵路與高速公路之補充地質鑽探資料、抗旱井之地質柱狀圖、本研究 2 鑽孔岩心資料等進行繪製，成果如圖 7 所示。

BH-01 岩心釋結果顯示 (E-E' 剖面)，以紅土化現象之邊界為分界依據，約於深度 47m 處達到頭崙山層火山礫岩段；BH-02 於鑿井工程時，由於岩層鬆軟、礫石較硬，使得岩心過度淘

洗，難以以礫石縫隙中之砂土判斷紅土化礫石層位置，依區域地質分布合理判斷沖積層礫石厚度應在 40 公尺以內（D-D' 剖面）

（二）區域地下水流數值模式建置

本研究以丹麥水工試驗所（Danish Hydraulic Institute, DHI）開發之 MIKE-SHE（System Hydrological Europe）建置區域地下水流數值模式，該模式擁有完善之前後處理功能，且具有資料分析操作工具及圖表化介面之使用與編輯能力，提升整體模式及解釋說明地表地下交換情形如圖 8 所示，MIKE-SHE 主要由 5 個模式組成，包括漫地流（或稱地表逕流）、明渠流、蒸發散、未飽和層與飽和層模式，並利用有限差分法計算地下水流。建置地下水流數值模式各步驟說明如下。

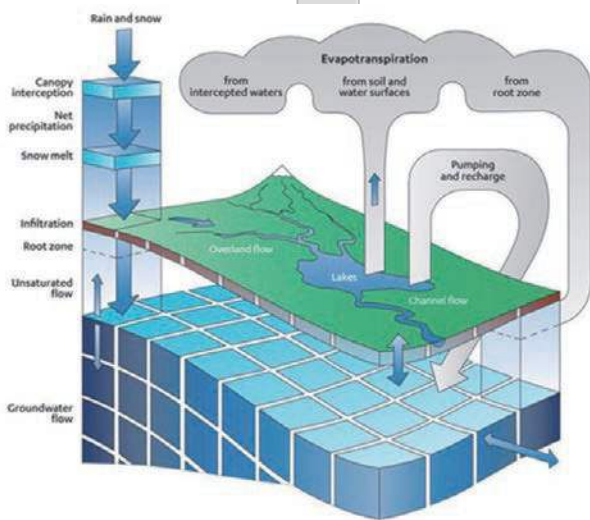


圖 8 MIKE-SHE 模式架構（資料來源：DHI）

1. 邊界設定

本研究主要針對頭嵙山層火炎山礫岩段區域進行模擬，其北邊以大安溪為界，南側則以大甲溪為界，東側則以三義斷層為界，西側範圍則至后里台地最高處月眉山（今麗寶樂園附近），如圖 9 所示。

2. 數值模式分層架構與網格設定

本研究以岩心資料既有柱狀為依據，將后里台地分為 3 層（L1、L2、L3），總深度為參考鯉魚潭淨水場抗旱井最深開篩深度 287.4m。

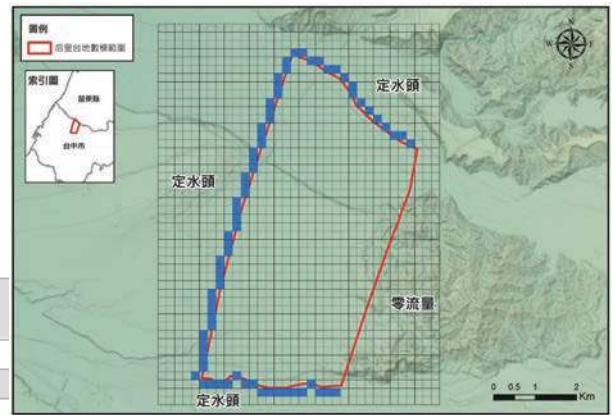


圖 9 后里台地地下水流數值模式邊界設定

3. 水文地質參數分區與設定

本研究假設大安溪沖積區与后里台地抬升區地質特性相同，將其主要分為兩區，並以本研究現地規劃結果及既有參數平均後給定，以反應該區之水文地質特性並確保模式可靠性。

4. 初始水位設定

初始地下水位代表模式之初始條件，惟后里台地地下水觀測井較少，因此為提升模式可靠性，初始條件以水利署觀測井 2016/12/31 之水位值、工程地質鑽探與本研究鑽井水位進行空間內插後，並與后里台地地形進行初初始水位微調。

5. 邊界條件設定與輸入

后里台地北側大安溪、南側大甲溪以及西側之邊界條件均為變水頭輸入，以蒐集河川斷面之渠底高程作為河川水位之時變水頭輸入，而西側變水頭則利用距離倒數平方法將河川水位、后里（1）與外埔（1）時序資料內插至各網格中。

6. 抽水量與補注量

有鑑於該區無有系統之調查成果，本研究茲參考水利規劃分署「新竹地區地下水可利用量補充調查規劃」，利用地下水歷線分析推估出抽水量，並將計算出之年總抽水量分配至地下水數值模式各網格中，並依據水權井位置與水權核定量按比例分配至網格中（表 4）；補注量則主要依據后里及外埔雨量站時序雨量資料，並依據雨量站徐昇網作為模式補注量輸入。

表 4 后里台地年抽水量結果

年份	平均抽水率 ($\times 10^6$ 立方公尺/日)	日數	年抽水量 ($\times 10^6$ 立方公尺)
2017	0.368	365	134.51
2018	0.383	365	139.92
2019	0.368	365	134.47
2020	0.468	366	171.30
2021	0.398	365	145.36

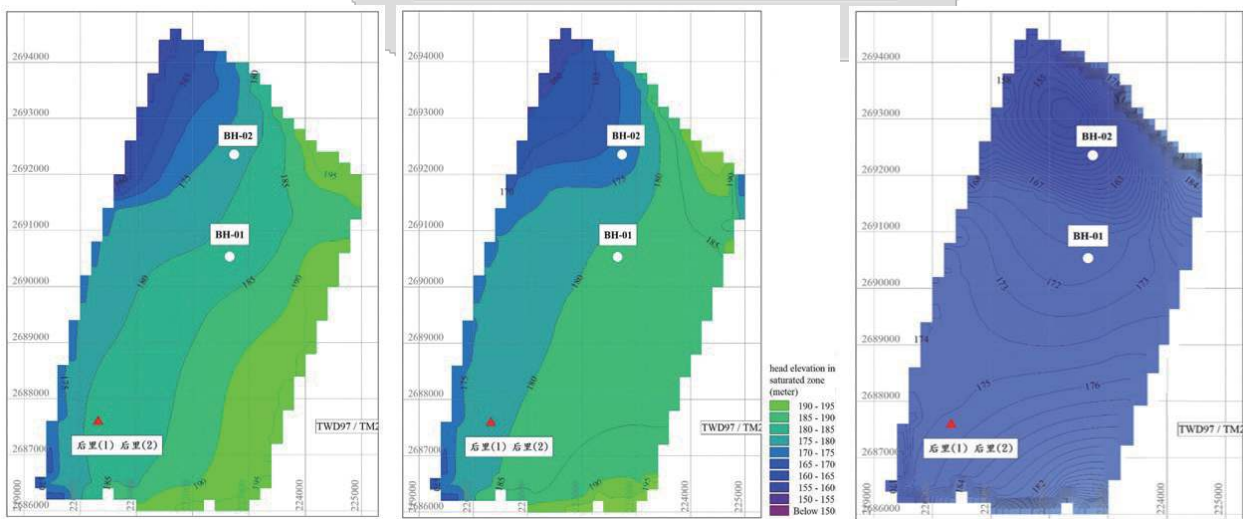
資料來源：臺灣地區地層水資源評估調查與規劃（1/2），經濟部水利規劃分署，2022。

7. 地下水流數值模式率定

本研究模擬期距為 2017 年至 2021 年，共 5 年，為日模擬。模式檢定主要針對抽水量、降雨入滲補注量、水文地質參數進行調整，率定結果顯示，后里（1）與后里（2）兩站相關係數 R 均為 0.97，率定結果大致吻合，正常年（2017 年）豐水期與枯水期模擬水位結果如圖 11（a）和圖 11（b）所示，表 5 為率定完成之地下水流數值模式統計水平衡分析結果，其中 2021 年乾旱結束後受到大量降雨使水位回升，以致其補注程度較多。

（三）可用水量推估

根據經濟部水利署發展之「臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編」，管理水位的計算參考美國賓州對緊急乾旱水為之定義與做法，另參考民國 105 年經濟部水利署「臺灣地區乾旱時期地下備援用水評估系統建置」中，以各代表觀測井下限水位之最低值作為基準，因此以后里（1）其中下限水位之最低值為 EL.168.41 為本研究管理水位。納入民國 110 年新鑿抗旱水井（后里圳 2 口、鯉魚潭淨水場 3 口），進行可用水量推估，規劃之抽水井於長期抽水量為 117,500CMD 的情況下，后里（1）洩降約 3m，其水位不得低於該井管理水位。



(a) 2017/7/1 豐水期模擬結果 (b) 2017/12/31 枯水期模擬結果 (c) 規劃生產井(抽水 1 年) 成果

圖 10 后里台地正常年豐、枯水期模擬水位與規劃生產井抽水 1 年等值線圖

表 5 后里台地地下水數值模式水平衡分析 (單位：百萬噸)

年份	抽水量	降雨補注量	北側流入量	北側流出量	南側流入量	南側流出量	蓄水量變化
2017	100.89	1.64	75.08	24.07	64.14	19.12	-3.21
2018	109.06	1.12	66.97	17.50	64.35	14.70	-8.82
2019	86.71	2.31	77.51	22.44	71.55	34.65	7.57
2020	191.80	0.73	70.87	5.91	86.62	23.13	-62.62
2021	135.30	1.81	110.91	10.71	106.56	16.54	56.73
平均	124.75	1.52	80.27	16.13	78.64	21.63	-2.07

資料來源：臺灣地區地層水資源評估調查與規劃 (1/2)，經濟部水利規劃分署，2022。

五、合適開發區位規劃

(一) 后里台地開發區域規劃

1. 方案 1：傍河水井方案

評估后里台地北側大安溪沖積區受到河川補注效益高，且地下水埋深較淺，出水量高，建議單井出水量以 5,000CMD 進行設計，因此本研究建議規劃於靠近大安溪處配置 10 口、深度約為 100m 之生產井，如圖 11 所示，單井出水量設計為 5,000CMD，方案 1 抽水量總共為 50,000CMD。惟目前無既有管線，建議重新埋設導水管線至最近位置，總長約 3 公里。



圖 11 開發區域規劃

2. 方案 2：淨水場水井增建方案

評估后里台地隆起處共有三個淨水場，分別

為鯉魚潭淨水場 (方案 2-1)、仁里淨水場 (方案 2-2)、舊社淨水場，淨水場周遭可優先設置，將抽水直接納入淨水場處理即可支援供水系統，建議規劃於淨水場周邊規劃各 5 口深度約為 150m 之生產井，如圖 11 所示，單井出水量參考抗旱井以 4,500CMD 進行設計，因此方案 2 總抽水量總共為 67,500CMD。

綜合上述方案，建議可先建置產能較高方案 1 (傍河水井方案) 的 10 口生產井，由下游往上游依序建置，後續再依實際需求建置后里台地之生產井，另考量方案 2-2 (仁里淨水場) 距離三義斷層較近，且地層不確定性較高，因此建議優先開發方案 2-1 (鯉魚潭淨水場) 與方案 2-3 (舊社淨水場)，方案 2-2 作為備用方案。

(二) 量化模擬成果

兩方案規劃常態抽水 1 年 (365 天)，水位變化如圖 11 (c) 所示，傍河水井方案 (方案一) 靠近大安溪規劃 10 口生產井地下水水位洩降最深達 11 公尺，而淨水場水井增建方案 (方案二) 淨水場周邊規劃生產井，井群間大致產生 3 ~ 9 公尺洩降，水位變化顯示方案 1 可能影響大安溪補注地下水速度，但本區域含水層厚度為 50 公尺以上，經抽水之後應仍可穩定出水。

六、結論與建議

本研究茲針對台中后里台地地下水資源進行調查、規劃評估，獲致下列結論與建議：

- (一) 本研究示範區選定后里台地共 2 場址，分別為鯉魚潭淨水場與三豐路五段場址，經現地調查規劃結果，鯉魚潭淨水場場址之水力傳導係數 K 值為 $2.029 \times 10^{-5} \sim 2.068 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ ， S 值為 $0.0625 \sim 0.1354$ ；三豐路五段場址之水力傳導係數 K 值為 $1.067 \times 10^{-3} \sim 1.29 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ ， S 值為 $0.262 \sim 0.245$ ，本區域含水層導水及儲水能力良好，可快速補給地下水。
- (二) 后里台地地下水數值模式模擬結果顯示，大安溪與大甲溪補注占大部分，其中靠大安溪周遭地下水埋深較淺，為較佳之生產井址。
- (三) 目前規劃區域可用水量之管理水位為參考水利署所發展之訂定方式，惟后里台地不位在目前劃分之地下水區內，建議可針對不同區或含水層定義不同管理水位，以發揮區域性含水層的使用。
- (四) 本研究於后里台地規劃生產井，惟規劃為至目前無既有管線，另須安裝導管接入淨水場，建議於建置生產井時重新埋設導管線至最近管線位置，以利未來供水使用。

- 利用量補充調查規劃
經濟部水利署水利規劃試驗所 (2019) 108 年中部區域水資源經理計畫滾動檢討
經濟部水利署 (2017) 臺灣地區地下水觀測網整體計畫成果彙編 (81 ~ 105 年)
經濟部水利署水利規劃試驗所 (2016) 臺灣地下水區可用水量調查分析及伏流水調查規劃先期作業成果報告
經濟部水利署 (2016) 臺灣地區乾旱時期地下備援用水評估系統建置。
經濟部地質調查及礦業管理中心 (2000) 台灣山區地調所資源調查研究整體計畫
經濟部水利署 (2006) 臺灣地區地下水文圖集繪製工作 (4/4)
經濟部 (2021) 臺灣各區水資源經理基本計畫
經濟部水利署 (2021) 緊急抗旱水源應變計畫 2.0
Neuman, S.P (1975) Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response, *Water Resources Research*, vol. 11, no. 2, pp. 329-342.
Theis, C.V. (1935) The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, *Am. Geophys. Union Trans.*, vol. 16, pp. 519-524.
Cooper, H. H. and Jacob, C.E. (1946) A Generalized Graphical Method for Evaluating Formation Constants and Summarizing Well-Field History, *Am. Geophys. Union Trans.*, 27, 526-534.
Schwartz, F. W., and Zhang, H. (2003). *Fundamentals of Groundwater* John Wiley & Sons. New York, 583.

參考文獻

- 經濟部水利署水利規劃試驗所 (2023) 臺灣地區地層水資源評估調查與規劃 (2/2)
經濟部水利署水利規劃試驗所 (2022) 臺灣地區地層水資源評估調查與規劃 (1/2)
經濟部地質調查及礦業管理中心 (2005) 台中地區水文地質鑽探調查及水文分析研究計畫
經濟部地質調查及礦業管理中心 (2018) 地下水水文地質與水資源調查—地下水庫活化與效益評估 (2/4)
經濟部水利署水利規劃試驗所 (2020) 新竹地區地下水可



部門重要實績

鐵道系統營運規劃、營運機構安全管理系統導入
臺鐵第四代票務系統開發、台灣高鐵營運規劃決策輔助系統
鐵公路業者班表及票務分析

長庚醫療財團法人建物耐震評估檢查申報
明志科技大學結構安全監測系統建立
南科管理局振動干擾分析改善

地理資訊系統於國內外之土木、水利、環保、
道路、城市設施維護、風力發電、工業區等領域之應用

土木水利及 軌道運輸研究中心

鐵道系統之運轉及安全管理整合技術服務擊劃
公共運輸營運數據整合分析
耐震評估補強、結構安全監測、振動分析防治、耐久性評估
地表水（河川、水庫、河口等）水理、污染質及泥砂傳輸
模擬分析
工程專業領域電子政務、地理資訊、手持式巡查等資訊系統
之研發與開發

聯絡資訊

地 址：臺北市內湖區新湖二路280號
電 話：(02) 8791-9198
E-mail: chrc-ctr@sinotech.org.tw



探討我國預鑄式建築物污水處理設施管理現況與精進方向

蔡欣庭* 吳鳴峯**

摘要

預鑄式建築物污水處理設施係在工廠預先完成組裝，經由運輸送抵現場經簡易施工即可使用之套裝污水處理設備，廣泛使用於處理公共污水下水道系統未達地區的小規模生活雜排水。本文綜整我國預鑄式建築物污水處理設施管理制度與技術發展現況，針對目前國內管理權責單位分散、去氮除磷技術發展受限及缺乏專業人員操作維護等問題，提出強化管理法規之可行方式、精進審定登記制度、結合環境技術認證技術、仿照日本淨化槽法規範專業人員定期維護，以及推動配套措施等建議方向，期可供相關主管機關規劃政策時作為參考。

關鍵字：預鑄式建築物污水處理設施、審定登記、生活污水去氮除磷技術、日本淨化槽法

一、前言

生活污水包括糞尿污水及雜排水（如廚房、洗衣、沐浴排水等），其污水成分含油脂、有機物、清潔劑及致病菌等污染物，倘未經處理即排入河川或排水渠道，將消耗水中溶氧，導致地面水體水質惡化，甚至可能發臭。在民國 88 年以前所建置的建築物，大多數僅設置化糞池收集處理糞尿污水，生活雜排水則未經處理即排放，造成水體環境之污染。

為了改善上述問題，建築物污水處理設施及相關規定應運而生，依建築技術規則建築設備編第 40-1 條，自民國 88 年起，新建建築物應設置

現場直接設計構築或由環境部會同內政部國土管理署審核認可登記之預鑄式建築物污水處理設施，因此建築物污水處理設施取代化糞池，成為現今公共污水下水道未達地區處理生活污水的主力。隨下水道建設陸續推動，經下水道機構公告下水道可使用之地區，該區域內的建築物即應依下水道法施行細則第 17 條，公告開始使用之日起六個月內與下水道完成聯接使用；依下水道用戶排水設備標準第 29 條第 1 項及第 2 項，用戶應設置用戶排水設備將污水接入陰井或人孔，排洩於污水下水道，不得經由原設置之化糞池或建築物污水處理設施再排洩於污水下水道，且用戶完成前項用戶排水設備後，主管機關應輔導建物所有

* 中興工程顧問社環境工程研究中心副研究員

** 中興工程顧問社環境工程研究中心副工程師

權人或使用人將原設置之化糞池或建築物污水處理設施予以填除或拆除。儘管公共污水下水道系統用戶接管普及率逐年提升（截至民國 113 年 1 月，全國接管率為 42.28%），接管區域卻仍多位於人口稠密的都市計畫區，而人口分散的非都市計畫區或偏遠地區，則受限於施工難度及經濟規模等因素，不適合推動接管，預估即便 30 年後全國仍約有兩成生活污水要依靠建築物污水處理設施處理，因此建築物污水處理設施的正常運作對保護水體環境至關重要。

建築物污水處理設施分為現場構築及預鑄式兩種（如圖 1），建築物得視需求選擇設置。現場構築者係根據工程設計圖說，於建築物現場施工構築建造完成，並須由環境工程師簽證後，始得使用。預鑄式建築物污水處理設施則應循環境部審定登記制度，產品採規格化銷售，免辦理技師簽證，在工廠預先組裝完成，經由運輸送抵現場經簡易施工安裝即可使用，且相關附屬設施所需操作人力需求及技術門檻較低，僅需定期保養即能長期處理污水，故較為廣泛使用。

預鑄式建築物污水處理設施廣泛應用於下水道未達地區，除了個別家戶建築物使用外，小型公共污水下水道系統的污水處理廠、露營區、自來水水質水量保護區的聚落污水處理，如桃園市順時埔聚落、石門水庫上游集水區，及新竹縣司馬庫斯部落等，也是預鑄式建築物污水處理設施使用的場域。預鑄式建築物污水處理設施具備多項優點且已量產使用，然而現今我國對於預鑄式建築物污水處理設施之管理制度，仍未盡完善。為了讓預鑄式建築物污水處理設施確實發揮功能，保護水體環境，本文乃彙整我國現今預鑄式建築物污水處理設施的相關管理法規與使用現況，針對其不足處提出建議解決之道，希冀能成為未來推動預鑄式建築物污水處理設施管理辦法

精進政策時的參考依據。



(A) 現場構築式



(B) 預鑄式

圖 1 建築物污水處理設施外觀與設置方式

二、設施類型與管理現況

依據內政部國土管理署建築物污水處理設施設計技術規範，建築物污水處理設施的污水處理方式共有 8 種（詳表 1），分別為旋轉生物圓盤法、接觸曝氣法、延長曝氣法、批次活性污泥法、標準活性污泥法、滴濾池法、分離接觸曝氣法，以及厭氣濾床接觸曝氣法；考量占地面積與處理水量需求，我國建築物在上述處理程序的選用以小規模的接觸曝氣法為主流。

截至民國 112 年底，市面上通過環境部審定登記的預鑄式建築物污水處理設施共有 289 個型號，處理水量介於 0.9~75 CMD，處理方法以厭氣濾床接觸曝氣法（199 個）為主，另尚有接觸曝氣法（89 個）、分離接觸曝氣法（1 個）；材質方面，以玻璃纖維（FRP）為大宗（196 個），屬

鋼筋混凝土（RC）材質者較少（93 個）。

預鑄式建築物污水處理設施管理權責涉及建築、環保及下水道主管機關（如圖 2），針對設計製造、安裝設置、維運管理各階段加以規範，茲摘錄相關法條內容於表 2。

表 1 建築物污水處理設施之處理方法

項次	污水處理方式	處理規模 (CMD)	處理程序												
			初沉槽	攔污柵	沉砂池	流量調整槽	集水槽	生物處理單元	沉澱槽	消毒槽	放流槽	污泥濃縮貯留槽	污泥濃縮槽	污泥貯留槽	
1	旋轉生物圓盤法	10-50	○						○	○	○				
		51-250	○			○		旋轉生物圓盤槽	○	○	○	○			
		>250		○		○			○	○	○		○	○	
2	接觸曝氣法	10-50	○						○	○	○				
		51-250	○			○		接觸曝氣槽	○	○	○	○			
		>250		○		○			○	○	○		○	○	
3	延長曝氣法	50-250		○		○			○	○	○	○			
		>250		○	○	○		曝氣槽	○	○	○		○	○	
4	批次活性污泥法	10-50	○			○				○	○				
		51-250		○		○		批次式活性污泥反應槽		○	○	○			
		>250		○		○				○	○		○	○	
5	標準活性污泥法	>1,000		○	○	○			活性污泥曝氣槽	○	○	○		○	○
6	滴濾池法	10-50	○				○			○	○	○			
		51-250	○			○	○	滴濾塔、分水裝置		○	○	○	○		
		>250		○		○	○			○	○	○		○	○
7	分離接觸曝氣法	<10	○						接觸曝氣槽	○	○	○			
8	厭氣濾床接觸曝氣法	<10							厭氣濾床槽、接觸曝氣槽	○	○	○			

（資料來源：建築物污水處理設施設計技術規範，2020）

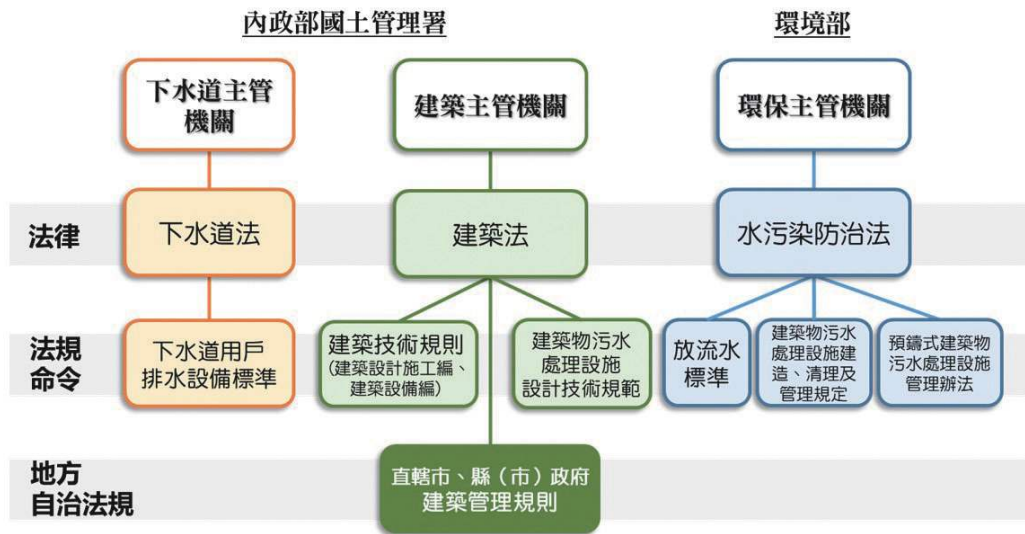


圖 2 建築物污水處理設施管理架構及現行法令

表 2 預鑄式建築物污水處理設施相關法規重點摘錄

法規名稱及條項	條文內容	
建築技術規則建築設計施工編 (民國 110 年 10 月 7 日修正發布)	第 49 條第 1 項	沖洗式廁所排水、生活雜排水除依下水道法令規定排洩至污水下水道系統或集中處理場者外，應設置污水處理設施，並排至有出口之溝渠，其排放口上方應予標示，並不得堆放雜物。但起造人申請建造執照時，經當地下水道主管機關認定該建造執照案屬本法第五十三條第一項規定之建築期限時，公共污水下水道系統可容納該新建建築物之污水者，得免予設置污水處理設施。
建築技術規則建築設備編 (民國 111 年 12 月 29 日修正發布)	第 40-1 條	污水處理設施為現場構築者，其技術規範由中央主管建築機關另定之；為預鑄式者，應經中央環境保護主管機關會同中央主管建築機關審核認可。
水污染防治法 (民國 107 年 6 月 13 日修正公布)	第 7 條第 1 項	事業、污水下水道系統或建築物污水處理設施，排放廢（污）水於地面水體者，應符合放流水標準。
	第 8 條	事業、污水下水道系統及建築物污水處理設施之廢（污）水處理，其產生之污泥，應妥善處理，不得任意放置或棄置。
	第 25 條第 1 項	建築物污水處理設施之所有人、使用人或管理人，應自行或委託清除機構清理之。
預鑄式建築物污水處理設施管理辦法 (民國 98 年 9 月 17 日修正發布)	第 25 條第 3 項	建築物污水處理設施屬預鑄式者，其製造、審定、登記及查驗管理辦法，由中央主管機關會同相關目的事業主管機關定之。
	第 3 條第 1 項	預鑄式建築物污水處理設施應向中央主管機關申請審定登記後，始得上市。
	第 5 條	中央主管機關受理預鑄式建築物污水處理設施之審定登記，分第一階段設計技術書面審查及第二階段抗壓、滲漏及功能測試審查。前項預鑄式建築物污水處理設施依中央主管建築機關規定之建築物污水處理設施設計技術規範設計者，免進行第二階段功能測試審查。第一項預鑄式建築物污水處理設施依中央主管機關及中央主管建築機關公告之範本設計者，得合併辦理第一項之審定登記，並免進行第二階段功能測試審查。

表 2 預鑄式建築物污水處理設施相關法規重點摘錄（續表）

法規名稱及條項	條文內容	
預鑄式建築物污水處理設施管理辦法 (民國 98 年 9 月 17 日修正發布)	第 13 條第 1 項	中央主管機關及直轄市、縣(市)主管機關得派員攜帶證明文件，進入預鑄式建築物污水處理設施之製造或設置場所，執行下列查驗工作： 一、於審定期間，查驗其實體設施設置規格、功能測試情形及其相關紀錄。 二、於製造期間，查驗其產品之品保品管情形、製造規格及製造數量、銷售數量、使用者與安裝地點等紀錄資料。 三、於安裝時，查驗其安裝地點、廠牌與型號、製造序號、審定登記字號、安裝型態、放流口位置及相關機電設施等安裝情形。 四、設施設置後運轉之操作維護及清理情形。
下水道用戶排水設備標準 (民國 101 年 12 月 17 日修正發布)	第 29 條第 1 項	用戶應設置用戶排水設備將污水接入陰井或人孔，排洩於污水下水道，不得經由原設置之化糞池或建築物污水處理設施再排洩於污水下水道。
	第 29 條第 2 項	用戶完成前項用戶排水設備後，主管機關應輔導建物所有權人或使用人將原設置之化糞池或建築物污水處理設施予以填除或拆除。
放流水標準 (民國 108 年 4 月 29 日修正發布)	第 2 條、附表 15	建築物污水處理設施之放流水標準，管制水溫、pH 值、重金屬等 22 項共同適用項目外，另依據申請建造執照時間及流量大小，區分管制生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體及大腸桿菌群。

三、問題評析

(一) 管理權責單位分散

目前建築物污水處理設施之管制法令多屬「法規命令」層級(詳圖 2)，法律位階較低，且在建築物污水處理設施設計製造、施工安裝、操作維護之各階段，管理權責分散於環保、建築及下水道主管機關，三方掌握資訊未完全互通，加上建築物污水處理設施設置數量龐大，相關審查或勘驗作業難以全面落實，不易管理。

(二) 去氮除磷技術發展受限

依據現行放流水標準附表 15，建築物污水處理設施放流水應符合硝酸鹽氮 50 mg/L 的限值，排放於自來水水質水量保護區內者，其放流水應又須符合氨氮 10 mg/L 與正磷酸鹽 4 mg/L 的限

值，而自來水水質水量保護區多位於下水道管線不易到達之偏遠山區，故其所設污水處理設施有具備去氮除磷功能的需求。

然而，目前市面上通過審定登記的預鑄式建築物污水處理設施，其所採用之污水處理程序以厭氣濾床接觸曝氣法與接觸曝氣法為主，無硝化液迴流設計，不具備硝化、脫硝功能。此外，所有型號亦均缺乏生物除磷設計(如厭氧-好氧槽)與化學除磷設計(如加鋁混凝、電解鐵混凝等)，將造成位於自來水水質水量保護區之建築物所有人，無從購置具去氮除磷功能的預鑄式建築物污水處理設施，其放流水之硝酸鹽氮、氨氮與正磷酸鹽恐難符合放流水標準，有污染水環境的疑慮。

依預鑄式建築物污水處理設施管理辦法第 5 條，預鑄式建築物污水處理設施依中央主管機關

及中央主管建築機關公告之範本設計者，得合併辦理審定登記，免進行第二階段功能測試審查。惟現今不論是內政部國土管理署建築物污水處理設施設計技術規範，或是環境部預鑄式建築物污水處理設施審定登記範本，其污水處理方法均無去氮除磷功能。

因此，若業者欲上市銷售具備去氮除磷功能的預鑄式建築物污水處理設施，必須另行設計並進行第二階段的功能測試審查，業者需覓妥合適的測試場地、污水來源，及投入較多時間與經費以符功能測試要求，以致業者因成本提高而缺乏動力研發或引進新技術，也造就國內市場未發展具備去氮除磷功能之設施。若建築所有人有此需求，僅能依規定建置「現場構築式」建築物污水處理設施，另請專業技師簽證以確保功能，考量個別家戶能力資源有限，恐有違簡政便民之原則，也不利於自來水水質水量保護區的水質維護。

（三）缺乏專業人士操作維護

依建築技術規則建築設計施工編第 49 條規定，沖洗式廁所排水、生活雜排水除依下水道法令規定排洩至污水下水道系統或集中處理場者外，應設置污水處理設施，並排至有出口之溝渠；換言之，若建築物排水尚未接入下水道，即有設置建築物污水處理設施的需求，設置量相當可觀。

而我國現行與生活污水處理有關的專業人員包含廢（污）水專責人員、下水道技術士，以及下水道用戶排水設備承裝技工，惟預鑄式建築物污水處理設施的處理規模較小，未達廢（污）水專責人員設置規模，而下水道技術士與下水道用戶排水設備承裝技工的執業範圍又多以公共污水下水道系統及工業區專用污水下水道系統為主，我國預鑄式建築物污水處理設施在設置後，也因經濟規模小、未有穩定財源等因素，大多未由專業人士操作維護，且部分設施甚至因為地理位置

偏遠，更是不易妥善維護管理。

縱使預鑄式建築物污水處理設施具有一體成型、可連續處理污水的優點，依然有定期維護管理的必要，例如曝氣用的鼓風機，或是輸送液體與污泥的泵浦，若沒有定期保養（如潤滑、校正軸心、檢查管線是否有污垢堵塞等），就易因設備耗損或產生噪音、臭味等問題，無法正常運作。若未來發展具備去氮除磷功能之預鑄式建築物污水處理設施，其操作維護面的複雜度較高，涉及厭氧槽、缺氧槽、曝氣槽、硝化液迴流控制、污泥之處理及加藥除磷等技術，均需要專業人員嚴加控制。而為確保放流水大腸桿菌群數量降低至符合放流水標準，也應定期補充消毒用氯錠；此外，依據水污染防治法第 25 條第 1 項以及水污染防治法第 8 條規定，建築物污水處理設施產生之污泥，應由建築物污水處理設施之所有人、使用人或管理人妥善處理，不得任意放置或棄置。然而偏遠地區內的居民在委託清除機構清理污泥時，常需負擔較高的費用，故當地的污泥經常存放更長的時間才清運，容易導致放流水的 SS 上升，也容易造成系統微生物劣化，進而影響到放流水的水質。

四、精進方向與未來展望

本文針對上述問題，提出可能的處理方案與未來展望如後：

（一）評估強化管理法規之可行方式

我國環保主管機關對建築物污水處理設施，係以水污染防治法為主管法源，惟水污法本身屬管制法令，並無工程建設及使用管理等相關規定，為提升預鑄式建築物污水處理設施之處理效能及增加管理強度，可參酌我國下水道法（條文架構詳圖 4）或日本淨化槽法（章節架構詳表 3）

等「建設」相關法令，另定專法管理國內預鑄式建築物污水處理設施，有助於明確預鑄式建築物污水處理設施從設計施工、使用管理到監督輔導等各階段應辦理事項，也可增訂罰則以嚇阻不法情事，並得仿效我國下水道法或日本淨化槽法增加相關從業人員之資格條件，以維持建築物污水處理設施施工或管理品質，同時增加工作機會。此外，訂定專法將可提升建築物污水處理設施在水污法體系裡的地位，強化該設施落實正常運作。

然而訂定新法耗時，難度頗高，也得避免與既定管理法令產生疊床架屋、相互扞格之疑慮。再者，現有制度已施行多年，訂定專法影響層面廣，涉及的建築物所有（管理）人、業者與公務執行人員眾多，預期恐造成修法延宕及目標難以達成。

另一可能是在現有法制下進行整合，例如在執行上增加不同主管機關橫向聯繫與溝通，建立跨部會的雲端管理系統平台；在法規部分則針對不足處進行修法，例如可以在「建築物污水處理設施建造、清理及管理規定」中納入建築物污水處理設施操作管理人員相關規範，或是參考日本淨化槽法增補於「預鑄式建築物污水處理設施管理辦法」，亦是可行方向。如此可在影響層面較小的情況下，強化現有管理制度。

表 3 日本淨化槽法章節架構

章節	章名
第一章	總則（第 1 條～第 4 條）
第二章	淨化槽的設置（第 5 條至第 7 條之 2）
第三章	淨化槽的維護檢查與清理（第 8 條至第 12 條之 3）
第三章之二	淨化槽處理推廣區 第一節 淨化槽處理推廣區的指定（第 12 條之 4） 第二節 公共淨化槽（第 12 條之 5 至第 12 條之 17）
第四章	淨化槽型式的認定（第 13 條～第 20 條）
第五章	淨化槽建設事業的登記（第 21 條～第 34 條）
第六章	淨化槽清運業務許可（第 35 條～第 41 條）
第七章	淨化槽設備士（第 42 條～第 44 條）
第八章	淨化槽管理士（第 45 條～第 47 條）
第九章	淨化槽維護檢查業者登記制度（第 48 條）
第十章	附則（第 49 條至第 58 條）
第十一章	罰則（第 59 條至第 67 條）

（資料來源：日本淨化槽法，2020）

（二）精進審定登記制度

為提升業者對預鑄式建築物污水處理設施研發與推廣新型設計的意願，可研商修正預鑄式建築物污水處理設施管理辦法，將免進行第二階段功能測試審查的條件，從原本「依中央主管建築機關規定之建築物污水處理設施設計技術規範設計者」，擴充為國內外已成熟之去氮除磷技術，在仍可確保其功能符合之基礎下，簡化審定流程，增加業者研發或引進去氮除磷設施的意願；或是將去氮除磷技術納入建築物污水處理設施設計技術規範、預鑄式建築物污水處理設施審定登記範本，提供廠商作為設計參考依據，促進業界研發新型產品與申請審定登記。

（三）結合環境技術認證技術

環境技術認證技術（Environmental Technology Verification, ETV）宗旨為透過第三方查證機制，



圖 3 下水道法條文架構圖

建立供應端及使用端之信賴關係，幫助新興技術進軍市場，精進現有技術或開發創新科技，以克服面臨之環境議題。ETV 流程是參考國際標準 ISO 14034，由認可之第三方單位來驗證評估新創的技術，此制度受益對象通常為目前尚無標準方法流程可量化或認證其技術效能之新穎技術，惟此類技術卻可能解決目前面臨之環境問題。

環境部環境管理署目前研擬之 ETV 試行計畫為參考歐美國家及日韓等國之相關資訊後，因應國情及文化所建立，其中包含六個執行單位，分別為權責機關、諮詢小組、技術工作小組、查證組織、測試組織及申請者，而作業流程則包含聯繫、申請、特定查證規範、測試、評估及查證，以及最後的發布階段，共六階段，相關簡要流程說明詳圖 4。



圖 4 環境技術查證試行計畫之查證流程

現行建築物污水處理設施設計技術規範中已明訂處理方法之基本單元及設計規模等參數，造成技術廠商須於法規框架下設計污水處理設施，

恐致使研發動力較為薄弱，建議未來可持續評估預鑄式建築物污水處理設施結合 ETV 制度之可行性及配套作法。此外，ETV 制度將查證作業授權予受認證的查證組織與測試組織執行，此作法可減少政府部門相關人力輸出。

(四) 仿照日本淨化槽法規專業人員定期維護

「淨化槽」一詞起源於日本，是一種小型生活污水處理設備，主要設計用來處理一家一戶或樓房排放的生活污水，是一種分散式污水處理設施，日本將淨化槽分為單獨式淨化槽及合併式淨化槽，單獨式淨化槽與我國化糞池類似，僅能收集處理糞尿污水；而合併式淨化槽相近於我國預鑄式建築物污水處理設施，處理程序包括調整槽、沉澱槽、生物分解槽、污泥分離槽、消毒槽等單元，可收集並處理生活雜排水及糞尿污水。

依日本淨化槽法，所有種類的淨化槽皆規定需要專業人士定期維護及檢查記錄，確保設施能正常運作。我國也可效仿日本淨化槽法的精神，規範預鑄式建築物污水處理設施需要有專業人員定期維護，保障水體環境不受生活污水污染。

(五) 推動相關配套措施

現行放流水標準附表十五，建築物污水處理設施放流水水質項目及限值，僅針對排放於自來水水質水量保護區內者，定有氨氮及正磷酸鹽之限值，未來得評估要求地方環保機關依照水污法第七條第二項規定，依河川保護需求，加嚴特定流域之放流水標準氮、磷相關限值，並應適用於管制區域內之未納入污水下水道之新設建築物污水處理設施，建議得視轄區內環境特殊或需特予保護之水體優先執行。如此，除可改善水體水質品質，亦可為具備去氮除磷設施功能的污水處理設施，帶動其市場供需要。

另一方面，除了精進現行的管理辦法，在現

有規則下，亦應強化執法工作的落實，如地方環保局應針對自來水水質水量保護區內的建築物嚴加稽查該放流水是否符合法規標準，藉由稽查壓力促使當地民眾正視生活污水污染環境的問題，進而執行源頭減量或是改善後端污染防制設備的解決方案。而地方政府也應將自來水水質水量保護區的範圍確實佈達給當地民眾，再配合定期宣導說明或是稽查檢測作業，提升民眾對於自家建築物污水處理設施之所在位置、處理功能及環境衛生等觀念的重視與瞭解。

五、結 論

公共污水下水道未達地區的生活污水污染削減普遍採用預鑄式建築物污水處理設施，其審定管理制度我國已推行多年，並有將近三百個型號流通於市面，安裝設置數量龐大。然而，預鑄式建築物污水處理設施尚存在管理權責單位分散、去氮除磷技術發展受限與缺乏專業人士操作維護等問題，無法確實把關運作中設施之處理效能，故本文針對上述問題，提出五大建議精進方向與未來展望，包含評估強化法規之可行方式、精進審定登記制度、結合環境技術認證技術、仿照日本淨化槽法，規範專業人員定期維護，以及推動相關配套措施，冀望從制度面解決當前問題，確保預鑄式建築物污水處理設施發揮污染削減功能，達到保護水體環境的目的。

參考文獻

- 國土管理署，建築物污水處理設施設計技術規範。（民國109年7月10日修正發布）
- 環境部（2023），經審定登記認可之處理設施一覽表 / 預鑄式建築物污水處理設施認可登記一覽表 (<https://www.moenv.gov.tw/page/184652901CDA3E88/bcb87260-8315-43aa-853a-9d1cada17751>)
- 日本國土交通省（2006），尿尿淨化槽及び合併処理淨化

- 槽の構造方法を定める件（化糞池暨合併式淨化槽構造方法規定）。
- 日本國土交通省水管理・國土保全局下水道部（2015），流域別下水道整備總合計畫調查指針與解說（各流域下水道整備總合計畫調查指針與解說）。
- 式新工程顧問有限公司（2020），國內去氮除磷合併式淨化槽應用案例與展望，2020 環保署前瞻計畫水環境改善與管理研討會。
- 環境部（2021），生活污水減量及處理設施管理計畫。
- 環境部（2022），生活污水處理設施管理制度評析計畫。
- 環境部（2023），112 年生活污水管理策略及水污費徵收制度評析計畫。

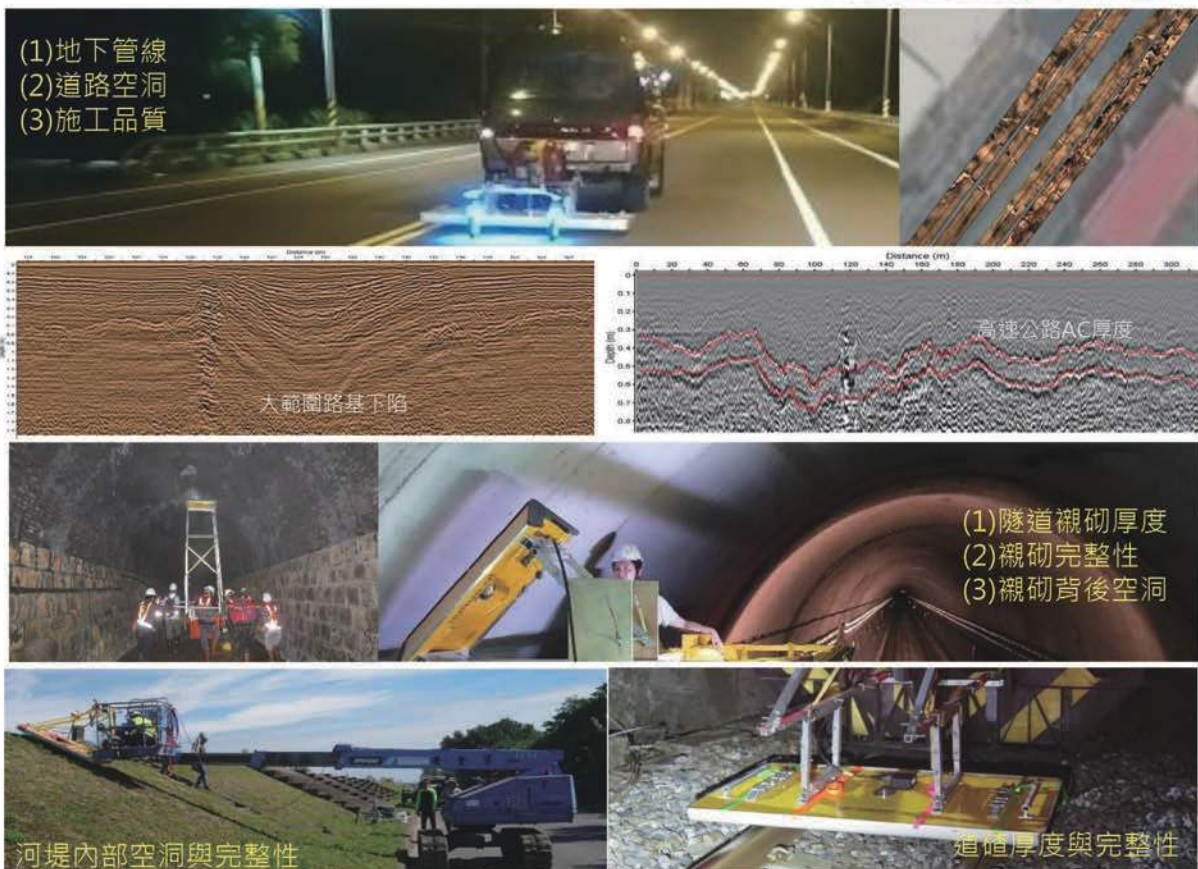
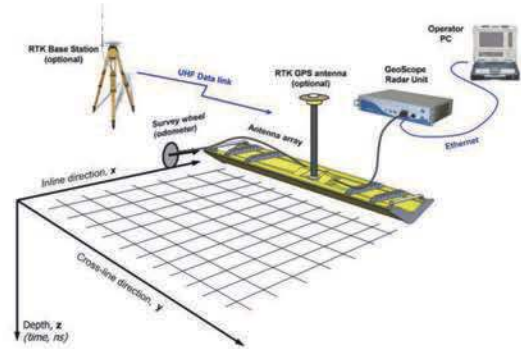
Looking into the earth

-3D GPR

三維透地雷達(3D GPR)特徵如下:

- (1)多組頻道天線(9組/20組)
- (2)空氣耦合(天線不需貼地)
- (3)步頻雷達波(多重頻段)
- (4)全球衛星定位

三維透地雷達設備採車載方式,沿道路方向進行快速探查,車速最高可達30公里/小時,所得探查資料為格點形成的立方體,可獲得三方向剖面,分別為(a)沿測線剖面(b)垂直測線剖面與(c)深度切面,對探查目標物內部構造有更清楚的了解。主要應用在道路/隧道/河堤/道碴等探查工作。定期探查與資料比對,可作為安全監測方式。



如需進一步了解,請洽:財團法人中興工程顧問社 大地工程研究中心
葛文忠研究員 (02)87919198#352 wcko@sinotech.org.tw

FLAC3D 應用於老舊導水隧道 損壞肇因研判之案例研究

徐文杰* 周柏儀**

摘 要

本文係針對桃園大圳第三號隧道仰拱底板損壞處周邊進行調查，包括一系列水文地質調查、試驗、觀測，並透過多尺度分析的方式結合數值模型進行破壞模式分析。初步調查顯示本處調查範圍地質單元主要包含桃園層及卓蘭層，前者由礫石與砂所組成，頂部覆蓋紅土屬於含砂之低塑性黏土，後者主要為厚層細至中粒砂岩及頁岩互層。而綜整調查區隧道結構體背填狀況、地層分布、含水層狀況等，透過數值模擬發現道仰拱底板可能破壞機制乃孔隙水壓的抬升導致有效應力變化，意即隧道襯砌仰拱底板隆起可能與前期之隧道抽坍事件有關，鬆動之土層，使後期隧道開挖時產生較大的岩體變形，致使該區段襯砌有相對高之受力狀態，加上長期週期性降雨影響，最終造成襯砌仰拱底板隆起變形。

關鍵字：導水隧道、水文地質調查、FLAC3D

一、前 言

導水隧道的功能通常是將水源從高處透過重力引導至低處，滿足下游或跨區域灌溉、城市民生供水、工業用水等需求；相較於地表運輸，導水隧道能夠減少水在運輸過程的蒸發和滲漏損失，其能穿越山脈、丘陵和其他複雜地形障礙，展現較佳的地形適應性。由歷史文本資料可知，在許多需要克服複雜地形或實現長距離引水的情況下，導水隧道的構築多半是最適合當地需求的水利工程解決方案，用以確保更多的水資源能夠有效地運送到達目的地。

桃園大圳（原稱八塊厝中壢附近埤圳）是日治時期臺灣相當重要的水利工程之一，於 1924 年通水啟用後見證了我國早期以農業為經濟發展主軸的歷程；其於大漢溪（大科崁溪）上游石門水庫的依山閣附近引水，順著桃園臺地河階地形鑿設隧道，並與水橋、明渠等水工構造物串聯，至八德廣豐出口，全長約 18 公里，經年累月引導原水至桃園臺地進行灌溉（圖 1）。其中導水路隧道段總長將近 14 公里，建造時採用人工開挖，其中長約 4,940 公尺之第三號隧道完工時，也曾是臺灣當時最長的隧道工程。迄今，該隧道歷經百年時光後已無可避面地出現不少損裂的狀況，特

* 中興工程顧問社大地工程研究中心正研究員

** 中興工程顧問社大地工程研究中心高級研究員

別是在 2K+900 附近已二次出現仰拱底板隆起損壞，且損壞的原因並不明確。時至今日，水文環境時空條件持續改變，加上桃園臺地地質條件的特殊性（李錫堤，2020；黃文正，2008；黃祥慶，1995），對於現有隧道結構損壞的原因若不加以釐清並進行補強，將可能導致渠道劣化愈益嚴重，輸水效能逐漸降低。

本文係摘錄本團隊承攬農田水利署桃園管理處 111 年辦理桃園大圳導水路第三號隧道 2K+900 損壞調查的工作歷程，就資料蒐集、調查方法、數據解析進行說明，其後並透過 FLAC3D 軟體以多尺度分析的方式進行隧道損壞之歷程模擬，以此研判損壞之可能肇因，據以提供修復設計之參考。

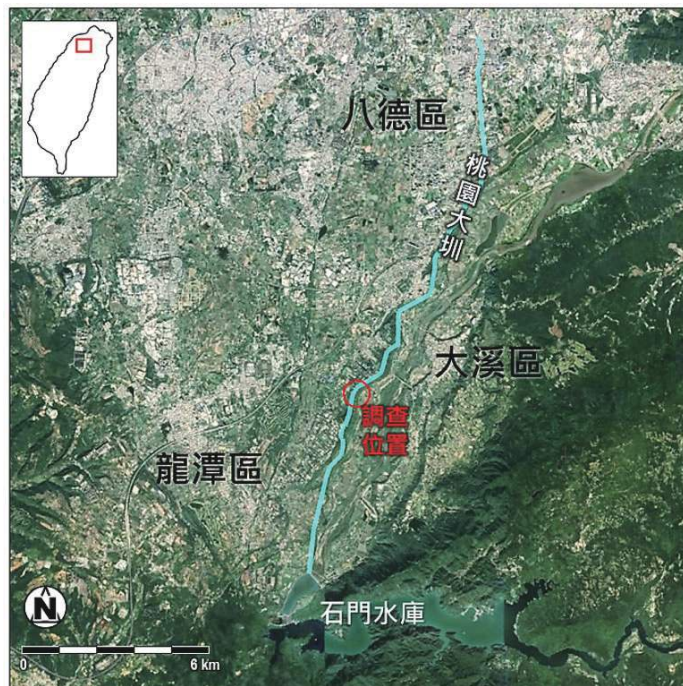


圖 1 桃園大圳路線圖

二、調查區域概述

桃園臺地古時是一土壤貧瘠的地區，因地形地勢較高，古時耕作多仰賴埤塘蓄積雨水行粗放旱作，桃園大圳即為當時地方賢達所提出用來解決桃園臺地灌溉用水所擘劃的水利工程建設。若將石門水庫視為大桃園供水系統的核心，桃園大圳導水路隧道就可比擬為整個供水系統的主幹動脈，將水源持續供給至北桃園與灌區支線網絡銜接，其重要性不言而喻。藉由《總督府公文類纂》文獻檔案資料的考證可知，桃園大圳的構築歷程相當縝密，而埤圳水路系統的維護也一直是政府

公共財政規劃中相當重要的投資。

就地理位置來說，桃園臺地位於北臺灣涵蓋桃園市與部分新竹縣、新北市行政區，東鄰大漢溪，南至鳳山溪，北銜接林口台地，地勢自南向西北方臨海呈輻射狀緩降，海拔高度大多在兩百公尺以下。就地質狀況而言，桃園臺地係早期河川運移堆積成的古山麓沖積扇（富田芳郎，1951；鄧屬予等，2004），受造山運動影響，地殼抬升後在表層遺留下堅硬、不易貯水且滲透性高的礫石層（陳鴻圖，2003）。就水文條件而言，桃園臺地降雨多集中於夏季，區域內溪流主要發源自東側和東南側高地，然而由於溪水短

促量少，地勢稍高處常常面臨無水可用的情況，加上臺地坡度變化非常大，對水利工程來說自然相當困難。特別是在臺灣早年尚未引進大型機械化設備的年代，隧道工程僅靠鑽炸和人工挖掘方式開鑿要如期完工之困難度相當高，桃園大圳導水路與隧道的興建不僅需克服地形起伏、地質脆弱與河川襲奪的挑戰，也曾面臨地震的威脅，被認為是日治時期重大水利事業中以艱難著稱的工程。

臺灣早年所興建的水利隧道由於施工技術較為原始，加上長期地質作用的影響，隧道必然出現不同程度的劣化。于景讓（1950）所譯《台灣水利問題》曾提到由於地質軟弱且富含地下水的緣故，桃園大圳隧道開鑿時往往細砂與水會一同流出，在 1927 年第三號隧道即曾出現隧道拱門磚塊因土壓與水壓脫落，而導致土砂掩埋隧道的狀況。范德星（2007）曾針對 1916~1922 年期間澤井組在臺灣的土木工程項目、總督政策的演變、桃園大圳隧道設計、施工與維修歷程進行文獻蒐集與研究，就其譯文對照內容所述，曾提及桃園大圳隧道起初預計工期為 29 個月，然而由於地層地質鬆軟的地方很多，加上地下水滲流將土砂推入隧道，造成破壞甚至倒塌，成為施工人員的強大負荷，最後完工時間花了六年多。而該文也簡述了第三號隧道的坍塌事件，文中提及事件發生在距離隧道入口約 1,700 米處靠山側的地點，當

時巨石、碎石等連同流沙湧進施工中隧道約 50 尺長（15.15 m）。施工單位雖已盡力清除溢出的泥沙並進行緊急維修，但由於適逢雨季，短時間內修復的困難度頗高，當時施工單位即決定先沿著河岸的側壁在距離隧道坍塌部分的地方，通過一個高 5 尺（1.5 m）、寬 4 尺（1.2 m）的箱形水槽將水排出。後經過地質調查發現該處地層砂岩邊界稍微向山邊傾斜，施工單位遂放棄坍塌的隧道，並把中心線向河道側平移 12 尺（3.6 m）重新開挖出新的隧道，此事件的記載提供了本計畫調查論證上重要的參考點。

本計畫委託調查之桃園大圳導水路第三號隧道 2K+900 仰拱底板隆起段地理位置參見圖 2，計畫範圍位於桃園市大溪區，地理位置位於石門水庫北方 7 公里，鄰近大漢溪（大料崁溪）崁津大橋上游（崁津部落段）河岸邊崁，緊鄰國防大學理工學院區南隅。地表踏勘狀況可參見圖 3，導水路第三號隧道隆起段經座標定位可知調查範圍落於省道台三乙線石園路 15 鄰 375-1 號側，經查詢桃園市地籍圖資概落於瑞源里石園段內。本案所規劃之調查工作係由地表、地層及隧道內三個方面進行探測（內部狀況如圖 4），並就計畫目標區之環境、地質與工程屬性進行試驗規劃與設計，以瞭解目標區隧道結構、周圍地層及地下水文狀況，彙整提出本補充調查報告，以此進行破壞模式分析與修復設計。

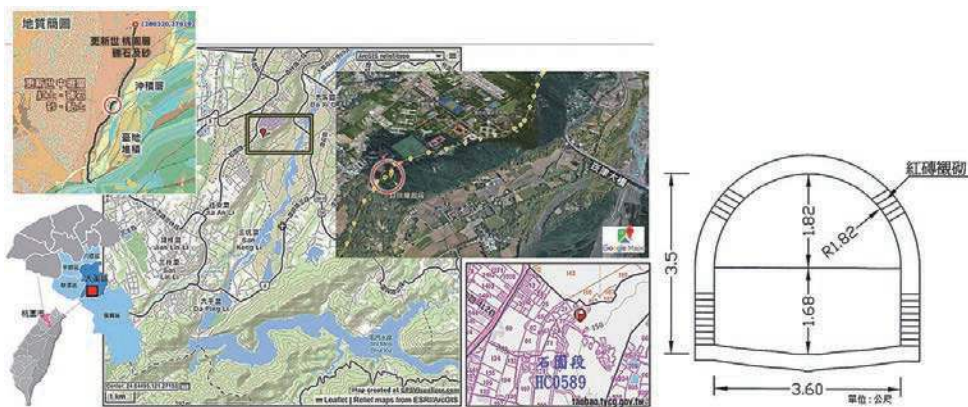


圖 2 計畫調查區域地理位置與第三號隧道標準斷面圖



圖 3 桃園大圳第三號隧道仰拱底板隆起段上方地表與定位界碑（本團隊拍攝）



圖 4 桃園大圳導水路第三號隧道 2K + 900 位置頂拱與仰拱底板狀況（本團隊拍攝）

三、隧道內部構造調查

本案隧道內部構造（如圖 4）調查主要在 2K+900 前後實施透地雷達檢測（Ground-Penetrating Radar，簡稱 GPR）與地電阻影像掃描（Resistivity Image Profiling，簡稱 RIP），前者係一高頻電磁波探勘方法，用於描繪混凝土內部構造或背填狀況，探查仰拱底板地層可能淘空範圍，估算空洞可能體積；後者則是一量測地下相應的地電阻率變化的方法，可以影像剖面的形式來間接勾勒出地層分布和特殊地質構造，提供後續修復設計重要的參考資訊。

本團隊首先在隧道內仰拱底板損壞段進行二維 GPR 檢測，探測過程採用 900MHz 天線罩沿隧道壁、仰拱和頂拱佈設 26 條測線進行探測（如圖 5），測線間距為 30 公分；另於 2K+880、2K+896、2K+916 處佈設 3 條環狀測線，全數施測總長度為 1,052 m。本隧道調查段探測極限深度為 0.9 m，其後訊號偏弱易受干擾呈不穩定現象。經訊號處理與解釋後發現，從隧道表面至深度約 0.25 m 處為應為先前補強施作之鋼筋混凝土襯砌，結構完整無明顯破裂。於襯砌後方至探測極限深度 0.9 m 深度範圍觀察到少部分疏鬆區，大致位於深度約 0.6 ~ 0.9 m 的位置，多集中於頂拱。

隧道內 RIP 探測工作共布置兩條測線，其一布置於里程 2K+890 ~ 2K+910 仰拱底板正中間

（如圖 6），長度 20 公尺，探測深度 5 公尺，另一條布置於里程 3K+070 ~ 3K+150 處進行比對，長度 80 公尺，探測深度 20 公尺，測線累積總長為 100 公尺，兩條測線皆採用電極間距為 2 公尺之雙偶極排列法（Dipole-Dipole）進行施測。結果顯示 2K+900 仰拱底板破裂嚴重區段因富含飽和地下水而出現低電阻率反應，厚度達 2.3 m。



圖 5 桃園大圳第三號隧道內透地雷達檢測實況（本團隊拍攝）



圖 6 桃園大圳導水路第三號隧道內地電阻影像探測實況（本團隊拍攝）

四、導水隧道外部環境水文地質調查

本案另自地表於雨季前後進行 RIP 探查，以掌握隧道鄰近範圍地層變化與構造，辨識隧道下方含水帶深度與範圍（如圖 7 所示）。兩條測線分別以平行隧道走向及平行邊坡傾向布置，測線長度皆為 250 公尺，測線總長度 500 公尺。初步探查結果顯示大雨過後隧道上方地層因含飽和水其電阻率明顯變小，呈現快速入滲潛勢，且在河階面更為顯著。

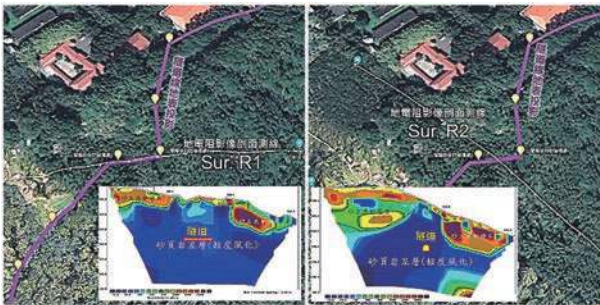


圖 7 桃園大圳導水路第三號隧道地表地電阻測線

本團隊隨後於隧道上方地表經數次調查擇定了一處最接近隧道調查位置，且土地使用獲許可的場址（如圖 8）進行一系列水文地質試驗，包括兩孔水文地質鑽探調查、井下地球物理探測、井內水力試驗、地表雙環入滲試驗，並選取岩心攜回室內進行多種岩心試驗（項目如圖 9），用以剖析地層的滲透性、力學特性、地質特徵和蓄水能力。

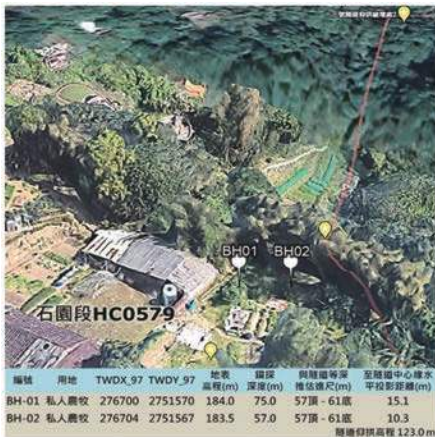


圖 8 現地水文地質鑽探調查位置

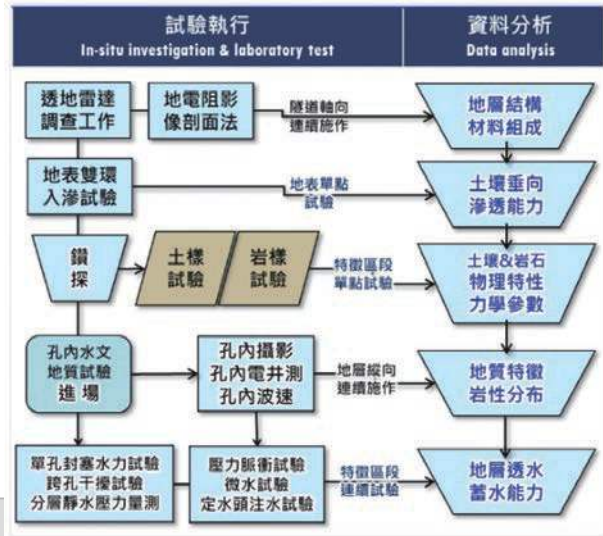


圖 9 現地水文地質試驗項目

初步調查成果顯示，本計畫調查範圍地質單元經查主要包含桃園層及卓蘭層，前者由礫石與砂所組成，頂部覆蓋紅土屬於含砂之低塑性黏土，後者主要為厚層細至中粒砂岩及頁岩互層；透過地表地電阻影像調查可知上下地層因岩性不同而呈現電阻率差異，而比對常時與強降雨後之結果可觀察到上部地層出現高低電阻率改變，說明其因結構相對鬆散、破碎而在雨後有明顯含水量比例上的差異；由水文地質鑽探調查可知在上部地層卵礫石分布密集，礫間所夾黃棕色砂土在未飽和層中形成優勢水流路徑，導引入滲水體快速往岩層交界面蓄積；下部岩盤地質材料強度低，屬於軟弱岩層，搭配室內試驗數據可知具有膠結不良，浸水軟化且易風化崩解之特性，而從現地兩處鑽孔等深資料之比對，可觀察到地下水滲流方向在隧道周邊出現改變的狀況，研判係因隧道周圍軟弱岩層膠結不良，開挖日久岩層解壓、鬆弛而產生新的地下水滲流路徑之故。地表雙環入滲試驗結果顯示入滲潛能極佳，孔內地球物理探測結果可知下部砂岩層整體反應為質地軟弱的訊號特徵，連續性力學參數推估也呈現強度降低的現象，為孔隙率高、裂隙少的多孔結構形態，而

透過封塞水力試驗可知其透水係數 K 為 $1E-4 \sim 1E-5$ (m/s) 數量級，蓄水係數為 0.4。

五、FLAC3D 數值模型建置與分析

本研究之數值分析採用美國 Itasca 公司研發之 FLAC3D Version 6.0 (Fast Lagrangian Analysis of Continua) 進行，其提供多種材料組成律計算 (如靜力、動力、潛變、滲流、熱傳等)，各類分析模組可相互耦合，運算時可搭配多樣的結構元件，用於模擬隧道施工之岩栓、噴凝土、鋼支保等多種支撐構件與複雜開挖支撐工序。本研究結合水文地質環境調查結果，分別建置三維水文與力學模型，冀望透過合理的情境分析模型，找出可能的破壞模式，模式分析步驟說明如下。

本計畫首先結合數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM) 透過自行編寫之巨集程式語言，將一系列的空間點雲資料 (Point Cloud Data) 轉換為三維幾何模型。經初步幾何數據資料分析發現，桃園大圳第三號隧道仰拱底板隆起處上方恰位於階面與階崖兩地形單元交界邊緣，覆土厚度約 60 公尺，且該處地表邊坡有明顯的沖蝕溝發育痕跡，為流水在侵蝕作用下在土壤中形成的地形。為釐清該處流場狀況，本計畫於仰拱底板隆起處周圍圈選邊長約 400 公尺範圍地形作為水流模型的分析尺度，透過適當的邊界條件設定及合理的情境分析，推估常時以及暴雨情境下之流場分布，據以建立一個隧道尺度的力學模型 (圖 10)，探討隧道仰拱底板可能破壞機制。分析時，將中尺度的水流模型分析結果，作為外部作用力輸入至力學模型，再將孔隙水壓的抬升轉換為有效應力變化，藉此分析水流變化對於隧道變形影響。如圖 10 所示，力學模型所屬位置恰為仰拱底板隆起之隧道轉折段，模型邊長約 50 公尺且鑲嵌於水流模型中，以確保流場資訊得以順利

由水流模型匯入至力學模型。

如前所述，桃園大圳第三號隧道仰拱底板隆起處，原理應為一直線形隧道，歷史考證資料指出該區段曾因發生抽坍事件致使隧道線形路線變更往河川側偏移，故而形成今日所見之「不自然」隧道結構轉折現象。由此推估，原直線段隧道抽坍處所可能有土壤鬆動疑慮，且上述土層鬆動現象可能會影響轉折處隧道開挖之穩定性，造成後者隧道於開挖時襯砌結構之不均勻受行為，詳如圖 11。如再進一步考量長時間降雨週期之水壓抬升作用，可能會致使原本處於不均勻受力的襯砌發生破壞現象。

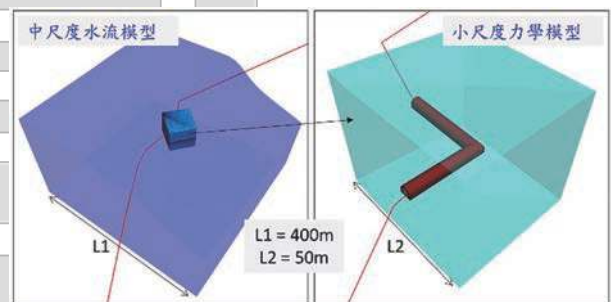


圖 10 多尺度水流與力學模型

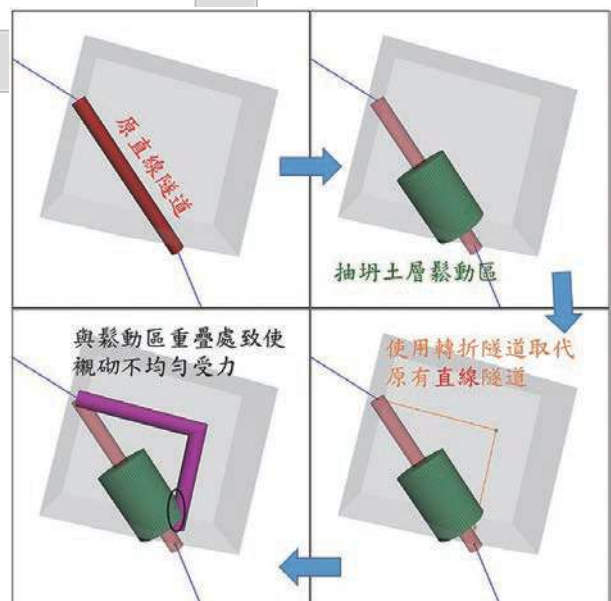


圖 11 力學模型情境時序假設

根據本計畫區域地表高程分布趨勢，水流方向大致由西北側上邊坡向東南側流動，故模型左（階面與階崖兩地形單元交界邊緣）、右（大漢溪河道）兩側乃設定為定水頭邊界，而西南與東北側邊界由於缺乏具體地表實證資料，因此暫以無流量邊界處理，坡面設定為降雨入滲邊界。本研究團隊也透過地表雙環入滲試驗以及微水試驗（Slug Test）獲取不同深度岩層之滲透係數，而岩土層孔隙率隨深度的變化趨勢亦可由孔內波速進行推估，茲將水力參數彙整於圖 12 與表 1。

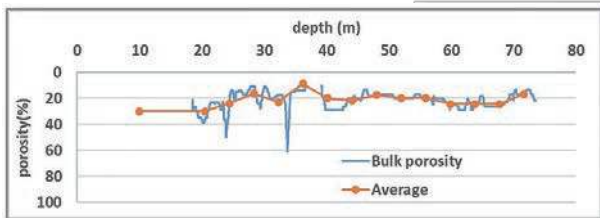


圖 12 孔隙率隨深度變化趨勢

表 1 場址岩層滲透係數分布

深度區間 (m)	試驗項目	Permeability (m/s)
0 ~ 17	雙環入滲	1×10^{-3}
17 ~ 45	微水試驗	3×10^{-5}
45 ~ 75	微水試驗	1×10^{-4}

力學模型採用位移束制作為側邊界以及底部邊界條件，上邊界則使用應力邊界，惟於上邊界施加垂直應力時，需額外考量模式正上方不同覆土厚度所造成之垂直應力變化趨勢。力學模型的參數設定依據，則是參照現場岩心取樣進行的室內直剪與單軸壓縮所得結果，詳如表 2。力學模型係將分析範圍岩層簡化為單一材料，並參考隧道高程之岩心材料強度參數，選取強度較低之參數進行保守分析。

本研究所提出之多尺度數值模型分析採兩階段進行，先進行水流模型運跑，再將上述所得之水壓變化趨勢匯入至力學模型進行隧道受力變形分析，透過莫爾庫倫破壞準則，探究隧道可能之

破壞模式（拉力破壞、剪力破壞）。

表 2 場址力學參數表

參數	岩土材料	仰拱混凝土
楊氏模數	0.58 GPa	20 GPa
凝聚力	0.04 MPa	1.5 MPa
拉力強度	0.01 MPa	1.2 MPa
內摩擦角	40°	35°

依據前述之邊界條件以及參數設定，先將水流模型運跑至常時穩態階段。於此階段運跑時，採試誤法方式調整上邊坡邊界之定水頭高程設定值，反覆運跑直至鑽井位置之穩態水壓符合現場觀測結果，並將此階段定為常時穩態流場。隨後進行降雨情境運跑，於上方地表邊界施加固定水流入滲率（0.0001m/s），並分別記錄不同降雨延時之水壓分布趨勢（暫態流場），作為後續水壓匯入力學模型之參考依據，茲將水流模型運跑結果彙整於圖 13。分析結果顯示，降雨情境時，地下水位有向上抬升趨勢，而水流流率較大處所則位於透水係數較大之表土層，降雨情境下，表土層之流速亦有明顯增大趨勢，顯示該區域之水流路徑主要係透過表土層流動至下游大漢溪方向，然而長時間的降雨作用下，仍會造成地下水水位上升導致較深層土壤水壓同步抬升之現象。

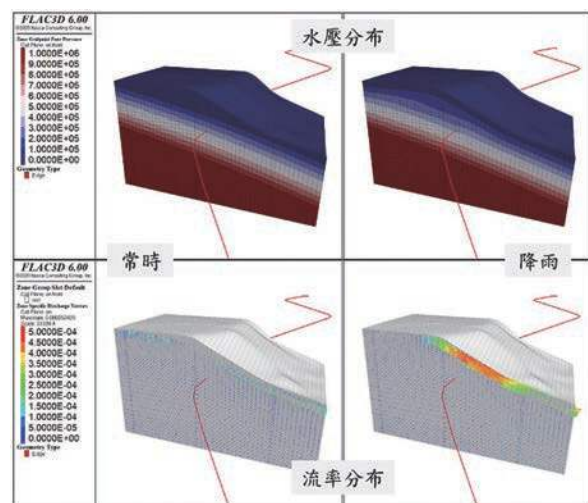


圖 13 本案水壓與流率分布趨勢

完成水流運跑後，方可進行力學模型分析。力學模型分析流程包含初始平衡、隧道開挖以及水壓抬升所造成的變形分析等三個階段。由於本力學分析模型旨在針對水壓抬升階段所造成的隧道仰拱變形進行探討，因此隧道開挖採一次性開挖方式辦理，開挖分析運跑時，將隧道內網格移除後進行力學平衡，並於應力解壓達到 70%時安裝混凝土襯砌，而後運跑至完全解壓，最後將中尺度分析所得之常時水壓匯入至力學模型，並重新運跑至平衡，此時之模式即可視為降雨情境前之常時受力狀態。圖 14 所示為初始分析階段之位移分布，圖形展示平面恰位於前期隧道抽坍段之岩土鬆動區域，由於抽坍區域內網格被賦予較小之力學強度參數，故而在開挖解壓過程中，於岩土鬆動側產生較大的位移反應。另外，本隧道的斷面屬於馬蹄形斷面，因此將常時水壓匯入至模型時，造成底部仰拱處所會有較大的位移反應。

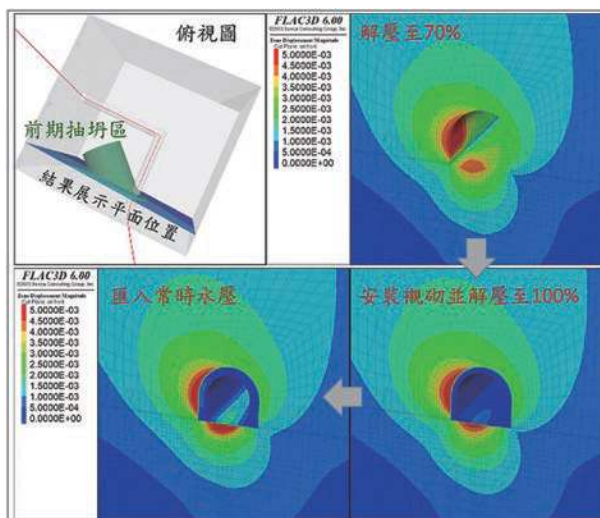


圖 14 力學模型初始分析階段位移分布

接下來即可將不同降雨延時之水壓逐步匯入至模型中，並探討水壓抬升過程中襯砌之受力反應。將每一個降雨時序之水壓匯入時，程式自行運算該時序水壓抬升引致之有效應力下降變化量，並運跑至平衡後才匯入下一個時序之水壓，

茲將結果彙整於圖 15。分析結果顯示，降雨過程中，隧道沿線之水壓抬升呈現近乎等量之同步上升狀態，即整個隧道周圍岩土層之有效應力變量均相同，由於在開挖階段，與抽坍段鄰近之襯砌，已處於相對高之受力狀態，在施加同樣水壓 / 應力變量情況下，更容易誘發襯砌之破壞，此論述與分析結果互相吻合。仰拱底板隆起處位於上游側，該區域之仰拱底板襯砌，在降雨後之拉應力抬升，並超過混凝土能承受之拉力強度，造成拉力破壞，而位於下游側之襯砌結構，在降雨後仍處於彈性範圍內。綜上所述，隧道襯砌仰拱底板隆起肇因，可能與前期之隧道抽坍事件有關，鬆動之土層，使後期隧道開挖時產生較大的岩體變形，致使該區段襯砌有相對高之受力狀態，加上長期週期性降雨影響，最終造成襯砌仰拱底板隆起變形。

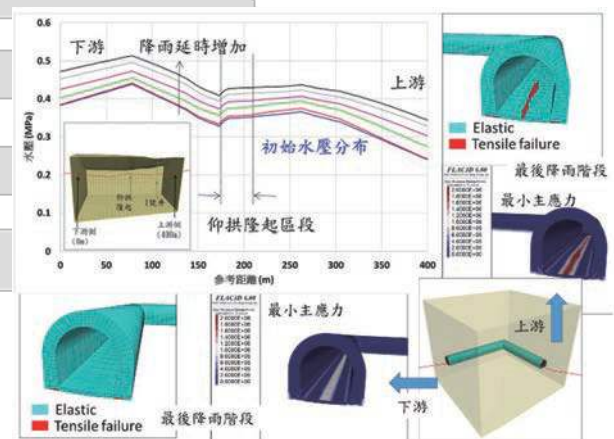


圖 15 降雨階段水壓抬升趨勢與襯砌受力情形

六、結 論

對於我國許多在日治時期所興建的導水灌溉隧道而言，歷經百年的營運後結構因老劣化導致損壞風險提高是一必須面對的課題，如不予理會勢必逐漸造成輸水效能的降低，而針對肇因的研判與掌握應涵蓋隧道內部構造與外部環境水文地

質調查足以竟其功。

本文係針對桃園大圳第三號隧道仰拱底板損壞處周邊進行調查，包括一系列現地水文地質調查、試驗、長期水位觀測，並透過多尺度分析的方式結合數值模型進行破壞模式分析。初步調查顯示本處調查範圍地質單元主要包含桃園層及卓蘭層，前者由礫石與砂所組成，頂部覆蓋紅土屬於含砂之低塑性黏土，後者主要為厚層細至中粒砂岩及頁岩互層。而綜整調查區隧道結構體背填狀況、地層分布、含水層狀況等，透過數值模擬發現道仰拱底板可能破壞機制乃孔隙水壓的抬升導致有效應力變化，意即隧道襯砌仰拱底板隆起可能與前期之隧道抽坍事件有關，鬆動之土層，使後期隧道開挖時產生較大的岩體變形，致使該區段襯砌有相對高之受力狀態，加上長期週期性降雨影響，最終造成襯砌仰拱底板隆起變形。簡而言之，本案應為地下水滲流、隧道圍岩軟弱破碎、仰拱底板結構支撐力降低、洩水功能失效等複合式因子所造成的綜合效應，未來應思考引進主動式環境檢監測系統，包含設置分層水位觀測井、傾斜儀、設置邊坡位移監測儀器，隧道內管理維護之監測期程，也可思考依邊坡危害度及活動性據以訂定。

參考文獻

- 于景讓（1950），臺灣的水利問題，臺灣銀行季刊，第3卷，第3期，頁1～67。
- 李錫堤（2020），桃園台地的地形與地質，大地技師線上期刊／第21期，頁28-37。
- 范德星（2007），日治時期桃園大圳建設—以澤井組為中心。淡江大學日本研究所碩士論文，198頁。
- 田芳郎，1951，台灣に於ける扇状地の地形的分類について。地学雜誌，60（1），2-9。（日本文獻）
- 陳鴻圖（2003），從陂塘到大圳—桃園臺地的水利變遷，東華人文學報，第5期，頁183～208。
- 黃文正（2008），桃園地區新期大地構造及地貌演化，行政院科技部補助計畫（MOST107-2116-M008-007，

- 執行機構：國立中央大學應用地質研究所）。
- 黃祥慶（1995），桃園台地群崖地形之研究，國立中央大學應用地質研究所碩士論文，共92頁。
- 鄧屬予、劉聰桂、陳于高、劉平妹、李錫堤、劉桓吉、彭志雄（2004），大漢溪襲奪對台北盆地的影響，國立臺灣師範大學地理系學系〔地理研究報告〕第41期，頁61～78。

數位技術創新應用

智慧科技結合工程實務
BIM 及 VR 技術整合 · 中興工程研究大樓

持續整合BIM及VR等數位技術能力 |

中興公司強化新式資訊設備與技術於工程與管理的應用，並積極導入更多元的智慧科技與創新構想於工程實務，有效且持續提升工程品質與管理效率。中興具備優異的BIM (Building Information Modeling, 建築資訊建模) 設計自動化及跨專業整合能力，有效地將工程計畫所含項目及其設施之物理和功能特性，以數值方式儲存，進而整合成資訊並轉化為可共享的知識資源，作為工程全生命週期決策支援之依據。應用BIM技術促進資訊整合與溝通，大幅減少工程生命週期各階段或跨階段可能遭遇的問卷，降低工程施作的時間與成本，有效管控工程品質，進而降低風險。近期更已開發多項BIM設計自動化工具，在有效產出專案成果的同時保存專案執行經驗及轉為核心專業知識。

SINOTECH

本廣告圖文未經同意不得轉載
中興工程顧問集團廣告

正派經營 品質保證 追求卓越 創新突破

中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.



以語意模型輔助自動檢核 設計成果一致性

洪晨瑋* 黃靖惠* 王思涵** 張正憲* 曾紀緯***
賴建名**** 林之謙*****

摘 要

捷運系統係一龐大且重視整合工作之大型公共工程，於設計階段，各專業組之間需進行縝密的協作與整合，方能完成設計成果文件；於施工階段，尚需配合現地限制條件或外部單位的審查意見，進行適當的變更設計，然而每一次的設計調整，都有可能導致設計成果之間發生不一致的問題，進而引發施工階段履約爭議。捷運工程設計成果文件數量極為龐大，若單以人工的方式進行檢視與確認，在有限的履約作業時間內，恐有遺漏的風險。有鑑於此，本研究透過與國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組林之謙教授團隊合作，利用語意分析模型研發設計成果一致性比對程式，將各設計成果匯入程式內，自動進行設計成果一致性比對，並產出一致性比對報告，輔助設計同仁檢視設計成果內容是否完整且一致，提升設計品質，降低履約爭議。

本研究同時蒐集過往捷運工程履約爭議紀錄，並為重現可能發生的情境，特地創造幾份錯誤的設計文件，透過一致性比對程式，經測試後，均能成功比對出不一致的狀況，達到提醒設計者目的。

關鍵字：語意模型、捷運工程設計、一致性檢核自動化

一、前 言

本研究統計近幾年捷運工程細部設計之工程問題與對策紀錄，可以得知各計畫常面臨各項設計文件（如設計計算書、設計圖說、數量計算書、預算書、施工規範等）不一致，造成業主抱怨甚至是履約爭議的困擾，其常常面臨的履約爭議原

因歸納如下：

- （一）預估數量與預算書數量不一致。
- （二）材料之型號、強度誤植，造成費用差異。
- （三）設計圖說與施工規範要求不一致。
- （四）預算書計價單位誤植與施工規範不一致等。

甚至因為綜多外在因素，需要於施工中進行變更設計，如：配合外審結果、用地取得、介面

* 中興工程顧問公司軌道工程二部工程師
** 中興工程顧問公司軌道工程二部計畫副經理
*** 中興工程顧問公司軌道工程二部技術經理
**** 中興工程顧問公司軌道工程二部協理
***** 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組助理教授

工程、無法預期的障礙物、營運新增之需求、法令修改等等，造成設計文件不斷地進行局部修改，每一次的修改，都有可能發生人為疏失。

綜上，本研究探究跨文件之間容易發生錯誤之原因，包含以下四種主要原因：

- (一) 人不同：設計人員與預算編列人員不同。
- (二) 設計文件單位不同：需進行單位轉換、材料設計與施作強度需進行轉換。
- (三) 人為疏忽：需人工量測圖說取得數量。
- (四) 設計文件複雜且具期程壓力：內容數量龐大，難以發現問題。

因此本研究以捷運深開挖連續壁為例，透過語意模型，協助設計人員進行正確性的檢核，降低文件之間不一致的錯誤發生。

二、研究背景與方法

捷運工程設計成果常會以不同類型的工程文件或圖說展現，包括：設計計算書、設計圖說、數量計算書、預算書，及施工規範等，在不同設計文件當中，雖然表達的是相同的設計成果，但可能採用不同的表格、計量單位、文字說明或圖說註解等方式呈現，使得設計者需要頻繁的轉譯或轉換文件當中的內容，以檢視設計成果的一致性，再加上設計成果常需配合現地的限制條件或外部單位的審查意見而進行調整，且不同文件的經手人員恐不同，都會是造成資訊傳遞之偏差與誤植的主要原因，於是在設計成果文件當中產生了資訊不一致的問題，並需花費更多時間、人力成本處理後續造成的履約爭議，影響設計品質。各設計文件之間的關係，如圖 1 所示。過去雖有許多研究檢核文件、模型之正確性，然而在跨檔案之處理仍較少見 (Eastman et al. (2009), Salama and El-Gohary (2013))。

本研究以捷運深開挖連續壁為例，透過文件資料蒐集、預處理、詞嵌入及字詞向量訓練、詞性分析模型、文件向量距離、一致性分析及報告輸出等步驟進行，如圖 2 所示。

(一) 文件資料蒐集：包括連續壁設計計算書、設計圖說、數量計算書、施工規範及預算書等，並包含其中引用之規範、材料規格、結構型式、參照圖號等進行蒐集、分類，並將跨文件之間的比對關係，以樹狀資料結構整理，建立知識圖譜，以作為後續跨文件比對之依據。此外，本研究也分別建立不同設計文件其對應之資料集，以執行後續之跨文件比對作業。

(二) 文件資料預處理：運用不同演算法將文件文字化及刪除無意義標點符號及贅詞等。尤其設計圖說的部分，本研究使用光學文字辨識以及電腦視覺技術，抓取工程圖說中所需之資訊。

(三) 事先蒐集工程辭典，作為語意分析模型預訓練的材料，訓練之模型包括：

1. 詞嵌入及字詞向量模型：將字詞進行向量化後，使模型程式能進行解讀，並透過前後文分析各文字之間的距離及關係，進而賦與文字可以量化比較相似度之依據。
2. 文件詞性分析模型：包括文件字詞之標注以及相關模型的訓練，根據上下文用法（如名詞、動詞、形容詞或副詞），在文句中進行標註，協助模型程式理解單字是如何組成彼此有意義的內容。

(四) 一致性比對與比對報告輸出：透過語意分析模型，進行關鍵字及語意之比較，並輸出分析報告供設計者參考，比對流程如圖 3 所示。

(五) 發展友善使用者介面：讓開發程式能夠供每一個設計者方便比對各項工程文件之一致性。



圖 1 各設計文件關係

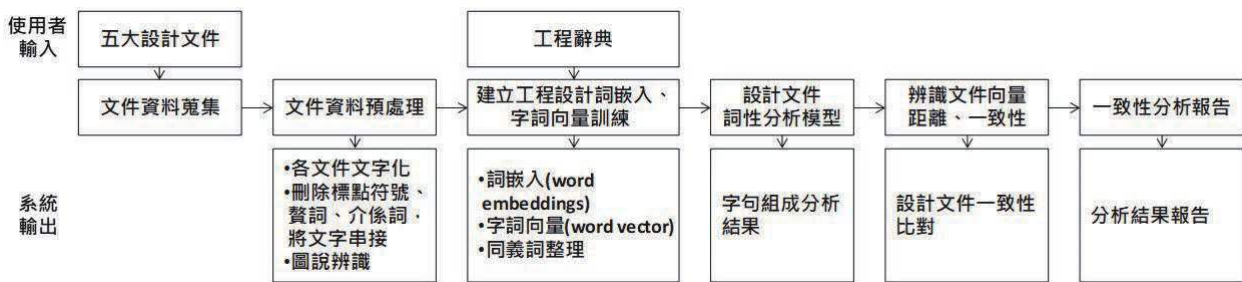


圖 2 研究流程圖

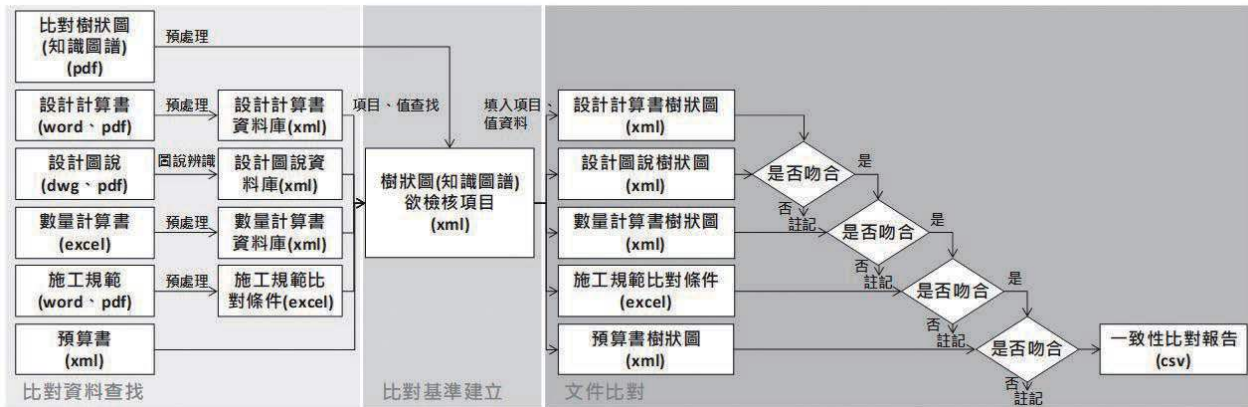


圖 3 一致性比對流程圖

三、一致性比對程式研發成果

設計成果文件主要可分為兩大類：

(一) 文字與表格的類型

設計計算書、數量計算書、預算書、施工規範等，均屬於此類型，其資訊擷取的方式較為單

純，主要是透過自動化的資料分析規則與邏輯建立，快速取得需要檢核的項目以及其對應的數值，並將其帶入樹狀圖中，逐一進行比對工作。

(二) 圖形、圖像類型：

設計圖說則屬於此類型，對於資料擷取預處理，會較為複雜，需要透過光學文字辨識技術

(Optical Character Recognition, OCR)，讀取圖面上的文字訊息，以及電腦視覺技術 (Computer Vision, CV)，偵測工程圖說中的箭頭、線段等物件，以讀取重要資訊，作為一致性比對之資料來源 (Moon et al. (2021), Aditya et al. (2016), Minghui et al. (2023))，以下以平面圖與立面圖為例，說明本研究於各類型圖說之辨識研發與成果。

在平面圖當中，需要擷取的重要資訊包括：連續壁形式、行進米與厚度，立面圖中則需要獲得連續壁形式、深度與厚度。為了獲取精確的數值，本研究使用 AutoLISP 擷取圖面上連續壁之線段，並利用其計算厚度、深度、行進米等資訊。然而，圖檔的圖層設置十分複雜，無法直接獲得每個線段之所屬的連續形式。因此本研究利用 AutoLISP 匯出關鍵圖層的圖像，偵測箭頭與連續壁型式之標註文字 (如 Type S1)，以及其對應之

連續壁線段，並相互配對，獲得各線段對應之連續壁型式，據以計算連續壁厚度、深度、行進米等資訊。程式處理流程如圖 4 所示，標註方式類型如圖 5 所示，辨識結果如圖 6、圖 7 所示，其中不同線段顏色，代表不同連續壁型式。

將一致性比對程式開發完成後，本研究也開發一友善的整合程式使用者介面，透過 Python 使用者介面套件 Tkinter 進行建置，依據所需比對之檔案，進行檔案上傳，讓使用者可以透過圖形化使用者介面選取需要比對的文件，如圖 8 所示，其中，Threshold 功能提供使用者自定義一致性比對時可允許的誤差，例如 24.6cm 與 24.58cm 可視為一致等，使程式能確實輔助比對出差異過大之處，而非專注於極小誤差的比對，使其能發揮更重要的效益；於比對完成後，使用者可透過程式產出一致性比對報告，供使用者檢視比對成果，如圖 9 所示。



圖 4 平面圖與立面圖的資料處理流程圖



圖 5 連續壁形式的標註類型示意圖

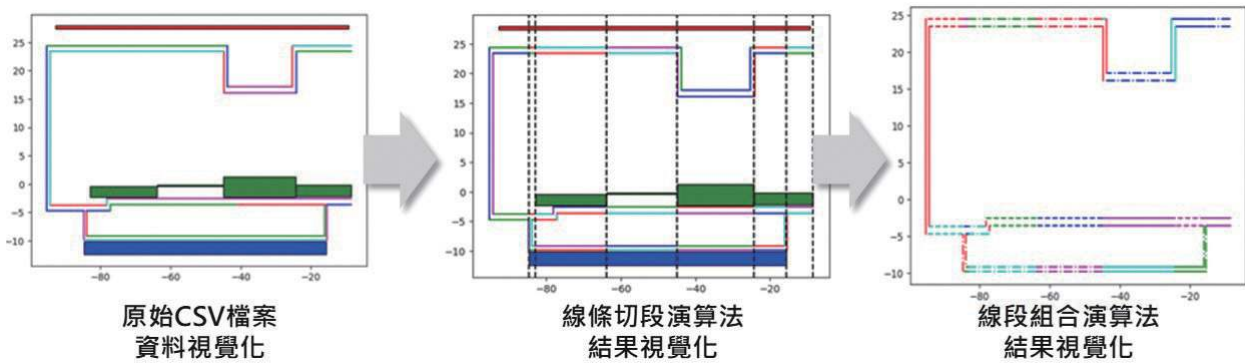


圖 6 平面圖辨識結果視覺化

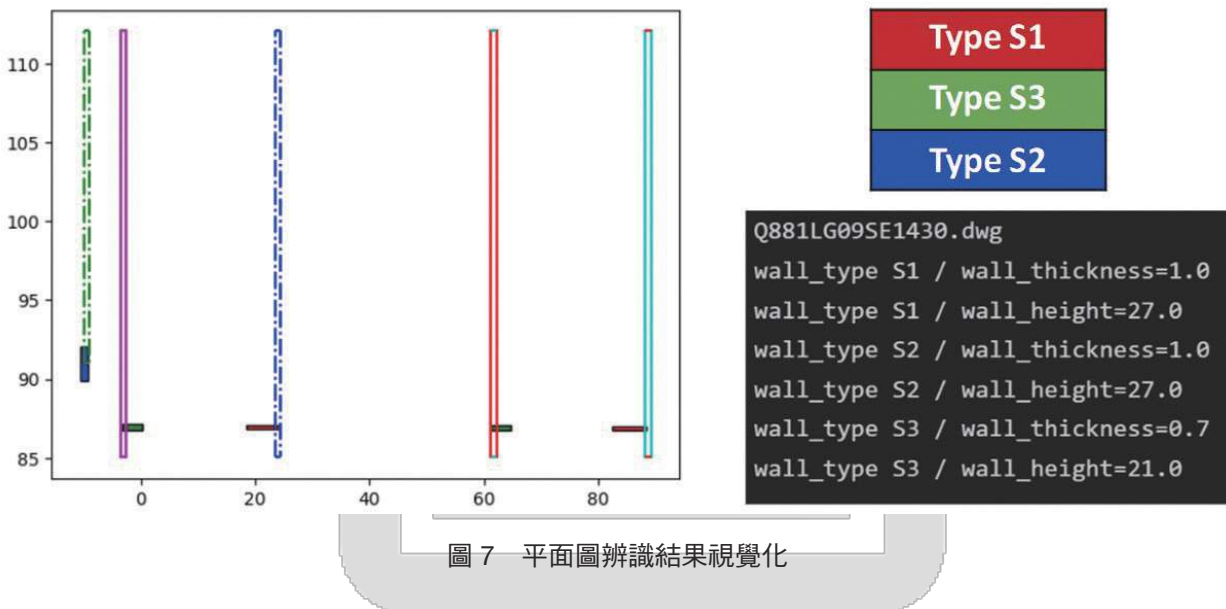


圖 7 平面圖辨識結果視覺化



圖 8 使用者介面

項目	TYPE	設計計算書數量	數量計算書	立面圖	配筋圖	平面圖	結構一般說明	預算書數值	規範校核	是否一致	備註
混凝土強度	TYPE S1	210	245					245		TRUE	降階, 結構一般說明: ['245', '350']
混凝土強度	TYPE S2	315	350					350		TRUE	降階, 結構一般說明: ['245', '350']
混凝土強度	TYPE S2-1		350					350		TRUE	降階, 結構一般說明: ['245', '350']
混凝土強度	TYPE S2-2		350					350		TRUE	降階, 結構一般說明: ['245', '350']
混凝土強度	TYPE S2-3		350					350		TRUE	降階, 結構一般說明: ['245', '350']
混凝土強度	TYPE S2-4		350					350		TRUE	降階, 結構一般說明: ['245', '350']
混凝土強度	TYPE S3	210	245					245		TRUE	降階, 結構一般說明: ['245', '350']
混凝土深度	TYPE S1	27	27	27	27					TRUE	
混凝土深度	TYPE S2	27	27	27	27					TRUE	
混凝土深度	TYPE S2-1		27		27					TRUE	
混凝土深度	TYPE S2-2		27	27	27					TRUE	
混凝土深度	TYPE S2-3		27		27					TRUE	
混凝土深度	TYPE S2-4		27		27					TRUE	
混凝土深度	TYPE S3	21	21	21	21					TRUE	
混凝土厚度	TYPE S1	1	1	1	1	1		1		TRUE	
混凝土厚度	TYPE S2	1	1	1	1	1		1		TRUE	
混凝土厚度	TYPE S2-1		1		1	1		1		TRUE	
混凝土厚度	TYPE S2-2		1	1	1	1		1		TRUE	
混凝土厚度	TYPE S2-3		1		1	1		1		TRUE	
混凝土厚度	TYPE S2-4		1		1	1		1		TRUE	
混凝土厚度	TYPE S3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		0.7		TRUE	

圖 9 一致性比對報告

本研究本次先以基於規則的系統概念 (Rule-Based System) 進行研發, 期能先建立可行之執行流程、統整需比對的項目與需求, 以及探討資料需偵測及輸出的格式等, 尚未採用 AI 模型進行大量訓練, 後續將考慮採用適合之 AI 模型進行訓練及比對工作, 優化本一致性比對程式, 減少使用者過多的前處理作業。

件不一致性, 進而造成履約爭議之問題。透過建立常見文件不一致之情形進行測試, 以確認文件比對程式之運作正常。經本研究統計, 以下三種情境為常見的文件不一致情境:

(一) 「預估數量與預算書數量不一致」

通常數量計算書及預算書之設計文件製作者不同, 中間容易因解讀或傳遞上的不同步, 造成文件內容的不一致性。測試階段透過調整數量計算書中之中間樁數量, 故意使數量計算書與預算書之中間樁數量不一致, 經測試後, 文件比對程式能成功判讀出數量的差異, 如圖 10 所示。

四、測試成果說明

本研究所開發之跨文件一致性比對報告, 主要目的為降低或避免過去因人為疏失所造成之文

項次	項目及說明	單位	數量	計算式(含必要參數與說明)	備註
1	Ø1000 中空管樁(鋼筋柱+鋼管樁)			中間樁形式3 參照主體	
1.1	樁型鋼	t	308.1	樁身 單位量 (t/m) 長度 (m) 單位量 (t)	單位量 (t/m) 長度 (m) 單位量 (t)
1.2	Ø1000 樁鋼筋			樁身深度 (m) 單位量 (m) 支數	74支
1.2.1	240kg/cm ² 鋼筋	m ²	296.0	28.8	5.8
1.2.2	TYPE I 鋼筋	m ²	1264.1	21.8	
1.2.3	鋼筋籠			配筋	單位量 (t/m)
	SD420W	t	14.1	主樁參數 D25	0.032
	SD420W	t	3.9	D13000 Tiew	0.009
小計		t	185		

項次	項目及說明	單位	數量	計算式(含必要參數與說明)	備註
1	Ø1000 中空管樁(鋼筋柱+鋼管樁)			中間樁形式3 參照主體	
1.1	樁型鋼	t	328.1	樁身 單位量 (t/m) 長度 (m) 單位量 (t)	單位量 (t/m) 長度 (m) 單位量 (t)
1.2	Ø1000 樁鋼筋			樁身深度 (m) 單位量 (m) 支數	74支 → 86支
1.2.1	240kg/cm ² 鋼筋	m ²	337.7	28.8	5.8
1.2.2	TYPE I 鋼筋	m ²	1469.1	21.8	
1.2.3	鋼筋籠			配筋	單位量 (t/m)
	SD420W	t	18.4	主樁參數 D25	0.032
	SD420W	t	4.0	D13000 Tiew	0.009
小計		t	215		

項目	TYPE	設計計算書數量	數量計算書數量	一致/不一致	備註
中間樁形式1	TYPE S1	210	245	TRUE	
中間樁形式2	TYPE S2	315	350	TRUE	
中間樁形式3	TYPE S3	210	245	TRUE	
中間樁形式4	TYPE S4	315	350	TRUE	
中間樁形式5	TYPE S5	210	245	TRUE	
中間樁形式6	TYPE S6	315	350	TRUE	
中間樁形式7	TYPE S7	210	245	TRUE	
中間樁形式8	TYPE S8	315	350	TRUE	
中間樁形式9	TYPE S9	210	245	TRUE	
中間樁形式10	TYPE S10	315	350	TRUE	
中間樁形式11	TYPE S11	210	245	TRUE	
中間樁形式12	TYPE S12	315	350	TRUE	
中間樁形式13	TYPE S13	210	245	TRUE	
中間樁形式14	TYPE S14	315	350	TRUE	
中間樁形式15	TYPE S15	210	245	TRUE	
中間樁形式16	TYPE S16	315	350	TRUE	
中間樁形式17	TYPE S17	210	245	TRUE	
中間樁形式18	TYPE S18	315	350	TRUE	
中間樁形式19	TYPE S19	210	245	TRUE	
中間樁形式20	TYPE S20	315	350	TRUE	
中間樁形式21	TYPE S21	210	245	TRUE	
中間樁形式22	TYPE S22	315	350	TRUE	
中間樁形式23	TYPE S23	210	245	TRUE	
中間樁形式24	TYPE S24	315	350	TRUE	
中間樁形式25	TYPE S25	210	245	TRUE	
中間樁形式26	TYPE S26	315	350	TRUE	
中間樁形式27	TYPE S27	210	245	TRUE	
中間樁形式28	TYPE S28	315	350	TRUE	
中間樁形式29	TYPE S29	210	245	TRUE	
中間樁形式30	TYPE S30	315	350	TRUE	
中間樁形式31	TYPE S31	210	245	TRUE	
中間樁形式32	TYPE S32	315	350	TRUE	
中間樁形式33	TYPE S33	210	245	TRUE	
中間樁形式34	TYPE S34	315	350	TRUE	
中間樁形式35	TYPE S35	210	245	TRUE	
中間樁形式36	TYPE S36	315	350	TRUE	
中間樁形式37	TYPE S37	210	245	TRUE	
中間樁形式38	TYPE S38	315	350	TRUE	
中間樁形式39	TYPE S39	210	245	TRUE	
中間樁形式40	TYPE S40	315	350	TRUE	
中間樁形式41	TYPE S41	210	245	TRUE	
中間樁形式42	TYPE S42	315	350	TRUE	
中間樁形式43	TYPE S43	210	245	TRUE	
中間樁形式44	TYPE S44	315	350	TRUE	
中間樁形式45	TYPE S45	210	245	TRUE	
中間樁形式46	TYPE S46	315	350	TRUE	
中間樁形式47	TYPE S47	210	245	TRUE	
中間樁形式48	TYPE S48	315	350	TRUE	
中間樁形式49	TYPE S49	210	245	TRUE	
中間樁形式50	TYPE S50	315	350	TRUE	
中間樁形式51	TYPE S51	210	245	TRUE	
中間樁形式52	TYPE S52	315	350	TRUE	
中間樁形式53	TYPE S53	210	245	TRUE	
中間樁形式54	TYPE S54	315	350	TRUE	
中間樁形式55	TYPE S55	210	245	TRUE	
中間樁形式56	TYPE S56	315	350	TRUE	
中間樁形式57	TYPE S57	210	245	TRUE	
中間樁形式58	TYPE S58	315	350	TRUE	
中間樁形式59	TYPE S59	210	245	TRUE	
中間樁形式60	TYPE S60	315	350	TRUE	
中間樁形式61	TYPE S61	210	245	TRUE	
中間樁形式62	TYPE S62	315	350	TRUE	
中間樁形式63	TYPE S63	210	245	TRUE	
中間樁形式64	TYPE S64	315	350	TRUE	
中間樁形式65	TYPE S65	210	245	TRUE	
中間樁形式66	TYPE S66	315	350	TRUE	
中間樁形式67	TYPE S67	210	245	TRUE	
中間樁形式68	TYPE S68	315	350	TRUE	
中間樁形式69	TYPE S69	210	245	TRUE	
中間樁形式70	TYPE S70	315	350	TRUE	
中間樁形式71	TYPE S71	210	245	TRUE	
中間樁形式72	TYPE S72	315	350	TRUE	
中間樁形式73	TYPE S73	210	245	TRUE	
中間樁形式74	TYPE S74	315	350	TRUE	
中間樁形式75	TYPE S75	210	245	TRUE	
中間樁形式76	TYPE S76	315	350	TRUE	
中間樁形式77	TYPE S77	210	245	TRUE	
中間樁形式78	TYPE S78	315	350	TRUE	
中間樁形式79	TYPE S79	210	245	TRUE	
中間樁形式80	TYPE S80	315	350	TRUE	
中間樁形式81	TYPE S81	210	245	TRUE	
中間樁形式82	TYPE S82	315	350	TRUE	
中間樁形式83	TYPE S83	210	245	TRUE	
中間樁形式84	TYPE S84	315	350	TRUE	
中間樁形式85	TYPE S85	210	245	TRUE	
中間樁形式86	TYPE S86	315	350	TRUE	
中間樁形式87	TYPE S87	210	245	TRUE	
中間樁形式88	TYPE S88	315	350	TRUE	
中間樁形式89	TYPE S89	210	245	TRUE	
中間樁形式90	TYPE S90	315	350	TRUE	
中間樁形式91	TYPE S91	210	245	TRUE	
中間樁形式92	TYPE S92	315	350	TRUE	
中間樁形式93	TYPE S93	210	245	TRUE	
中間樁形式94	TYPE S94	315	350	TRUE	
中間樁形式95	TYPE S95	210	245	TRUE	
中間樁形式96	TYPE S96	315	350	TRUE	
中間樁形式97	TYPE S97	210	245	TRUE	
中間樁形式98	TYPE S98	315	350	TRUE	
中間樁形式99	TYPE S99	210	245	TRUE	
中間樁形式100	TYPE S100	315	350	TRUE	

圖 10 預估數量與預算書數量不一致之情境 (左: 一致情境; 右: 不一致情境)

(二) 「材料型號、強度誤植」

於深開挖分析當中，因配合開挖深度可能需配置不同型號、不同支數的支撐，若開挖階數越多，支撐之型號及數量可能就會越多，而支撐型號與數量於數量計算書製作時，可能因誤植造成與設計計算書所分析之支撐型號、支數有所不同。故測試階

段，將設計計算書內之第四階開挖及第五階開挖的 H 型鋼型號採 H350×350×12×19，於數量計算書第四階開挖及第五階開挖之 H 型鋼型號故意誤植為 H300×300×10×15，使設計計算書與數量計算書之支撐型號不一致，經測試後，文件比對程式能成功判讀出數量的差異，如圖 11 所示。



圖 11 材料型號、強度誤植之情境 (左：一致情境；右：不一致情境)

(三) 「設計圖說與施工規範要求不一致」

於測試時將工程圖說一般結構說明之鋼筋強度故意改為 2800 kgf/cm²，使得工程

圖說上所標示的鋼筋強度不符合施工規範。經測試後，可以成功比對設計圖說與施工規範不一致的情形，如圖 12 所示。



圖 12 設計圖說與施工規範要求不一致之情境

本小節僅節錄部分一致性比對成果進行說明，經本研究統計，以捷運深開挖之連續壁工程為例，已可應用此一致性比對程式，跨文件完全辨識出設計者較關心之項目，並透過自動產出的一致性比對報告，能清楚瞭解不一致項目所對應的文件，以進一步進行文件的修正。

五、結論與建議

本研究透過自動化的方式，取代檢驗人員人為閱讀圖紙的傳統流程，可減少逐一比對不同文件所需投入的時間，並且避免人為疏失的出現。設計計算書、數量計算書與預算書的文件擷取，主要透過自動化資料分析的規則與邏輯之建立，以快速取得不同檢核項目的數值；圖說辨識需透過建立製圖規則，以因應繪圖師個人製圖習慣不同所造成的辨識困難，方可準確讀取圖紙上的資訊；最後，透過使用者回饋使用心得以提供使用者直觀的使用介面。

本研究的主要貢獻在於針對深開挖連續壁工程，建立重要知識圖譜樹狀圖，並且將知識圖譜樹狀圖轉譯為電腦可讀的 XML 檔格式，以作為各項設計成果一致性比對的核心。同時在比對工程文件與圖說的過程當中，亦將其經驗回饋至工程圖說與文件的製作格式建議之上。

本研究本階段為求建立雛型系統以驗證概念之可行性，以基於規則的系統概念（Rule-Based System）進行研發，程式邏輯較無彈性，也無法隨文件的累積而有持續學習精進的效果。但於一致性比對的環節上，確有導入人工智慧應用的空間與可能性。目前在程式碼當中建立設計圖說、設計計算書、數量計算書、規範、預算間的比對邏輯時，皆須對大量文件資料進行理解，再進一步與知識圖譜樹狀圖比對，釐清各個物件之間的關係，此過程需要耗費大量時間了解樹狀圖中的語意，再進行比對分析作業。近年來在深度學習

的發展下，語意分析的相關技術也有長足的進步，並有許多分析方法可選擇，除了文字探勘及語意分析外，亦有結合語意分析與圖形物件辨識之方法，使一致性比對程式能建立更泛化的規則，使其可拓展至不同類型的工程項目之上。此外，本研究亦希望後續能探索更適合的方式能夠直接處理 PDF 格式的工程圖說，使得使用者不僅在設計階段能使用此比對程式，於執行審查作業時，亦可應用此程式達到有效輔助工作的效益。

本研究未來希望透過相關深度學習模型與大型語言模型，將設計成果文件之間之一致性進行檢驗，試圖以文字之間的關聯性，自動找出同一個物件在不同文件之間的對應關係，並且自動對應相同物件在不同文件中的數值，以將設計過程中繁瑣之人工檢查程序加以自動化，減低錯誤率與人力投入。

致 謝

感謝國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組林之謙教授團隊合作開發一致性比對程式。

參考文獻

- Eastman, C., min Lee, J., suk Jeong, Y., and kook Lee, J. (2009). "Automatic rule-based checking of building designs." *Automation in Construction*, 18 (8) , 1011-1033.
- Salama, D. M. and El-Gohary, N. M. (2016) . "Semantic text classification for supporting automated compliance checking in construction." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30 (1) , 04014106.
- Moon, Y., Lee, J., Mun, D., & Lim, S. (2021) . Deep learning-based method to recognize line objects and flow arrows from image-format piping and instrumentation diagrams for digitization. *Applied Sciences*, 11 (21) , 10054.
- Aditya Mukesh Intwala, Kiran Kharade, Ravindra Chaugule and Atul Magikar. Dimensional Arrow Detection from CAD Drawings. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 9 (21) , June 2016.
- Minghui Liao, Zhisheng Zou, Zhaoyi Wan, Cong Yao, Xiang Bai. Real-Time Scene Text Detection with Differentiable Binarization and Adaptive Scale Fusion. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Volume: 45, Issue: 1, 01 January 2023.

利用檢查、測試、維護記錄及貝氏 機率更新之水工閘門系統可靠度及 剩餘壽命推估方法

吳演聲*

摘要

本文提出利用實際檢查、測試及維修記錄進行水工閘門系統元件可靠度計算及剩餘壽命推估之方法，其中引入狀態指標將記錄中之定性狀態等級轉換為量化數值機率分布，並利用失效門檻值機率分布及可靠度理論求得失效機率，再經貝氏定理滾動修正失效門檻值機率分布，使失效機率（或可靠度）計算結果逐漸接近元件實際失效機率；再者，結合文獻有關劣化速率之統計資料及計算得到之可靠度，決定元件韋伯劣化曲線參數，並據以推估剩餘壽命、失效率及平均失效間隔時間等資訊。經過實際案例應用，本文所提出之方法合理、實用且易於程式化，且只需少數檢查（測）記錄即可合理計算當前及推估未來可靠度變化趨勢，故特別適用於缺乏失效統計及僅具有少數完善檢查（測）與維修記錄之水工閘門系統。

關鍵字：水工閘門系統、失效機率、可靠度、剩餘壽命、狀態指標、貝氏定理

一、前言

水工閘門與其機電設備（統稱水工閘門系統）之可靠度及剩餘壽命大多利用工廠測試數據（多為失效率）或大數量之失效記錄進行推估，然而國內相同型式之水工閘門數量有限，幾無測試數據，操作使用次數亦少，造成失效紀錄缺乏，使得水工閘門系統可靠度及壽命推估困難或所得結果不甚合理。雖然失效記錄欠缺，但檢查（測）及維修資料卻相對較多，因此美國工程師團（USACE）乃提出根據目視檢查結果評定組件

之狀態等級（Condition State, CS），再給予合適之數值（稱為狀態指標值，Condition Index, CI），配合預定之失效門檻值，計算水工閘門組件可靠度之方法（Astes, A. C. et al., 2005），這種方法不僅基於實務經驗，亦有理論基礎，簡單實用，筆者曾基於這個方法，納入實際檢查（測）結果及老劣化因素等加以改進，並以實際案例驗證其應用性（吳演聲，2021）；然而，在上述基於狀態指標之推估方法中，雖然納入實際檢查（測）結果，但失效門檻值之訂定卻流於主觀，所得可靠度很可能偏離實際情形，另維修影響也未納入考量。

* 中興工程顧問公司結構工程部正工程師

有鑒於此，本文進一步提出根據實際測試結果以貝氏定理 (Bayes' theorem) 滾動修正失效門檻值機率分布之方式，使失效門檻值機率分布在逐次修正後接近實際之機率分布；另外，狀況惡化或發生失效後之維修作業及組件老劣化、磨損等不可逆因素對可靠度之增減，均納入可靠度計算過程考量；最後，根據水工閘門系統實際檢查 (測)、維修及非破壞檢測與量測等記錄，利用本文方法計算可靠度及推估剩餘壽命，驗證本文方法之合理性及實用性。

二、水工閘門系統元件及其失效情形

水工閘門系統由門體、門框、吊門機 / 驅動機及電氣設備等 4 大次系統組成，這些次系統由數量不等之零組件、功能單元或模組等組成並以其為基礎進行檢查與維修，稱之為「元件」，例如捲揚式吊門機中包含傳動馬達、鋼索、減速機組、扭力軸等元件，而可靠度推估即以這些元件為主要對象。

表 1 所示為捲揚式吊門機中鋼索元件常見之失效情形與原因，當元件出現缺失或異常情形時，若程度不嚴重，尚可維持應有功能，隨著缺失或異常情形加劇，功能開始出現降低時，則進入失效狀態，若未進行處置，隨著時間增加功能將逐漸遞減，失效程度加深，最終導致功能完全喪失 (故障或損壞)，故當元件發生失效情形時，就必須進行維修或更新，使其功能回復至失效前之狀態。

表 1 捲揚式吊門機鋼索之失效情形與原因

次系統	元件失效情形	失效原因
捲揚式吊門機	鋼索 ● 強度不足 ● 拉力不均 ● 捲揚不順	一燃間索絲斷裂數過多
		直徑減少過多
		索面潤滑不足
		異物沾附嚴重
		發生扭結、變形或鬆弛
		磨損、疲勞或老劣化

三、水工閘門系統元件之可靠度及壽命定義

(一) 可靠度定義

可靠度為設備使用一段時間後不發生失效之機率，為使用時間之函數，一般利用失效機率密度函數 (Probability Density Function, PDF) 推導得到；對於水工閘門系統之元件而言，其失效機率密度函數 $f(t)$ 可用韋伯分布函數來表示 (日本國土交通省，2011)：

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{t}{\eta}\right)^{\beta} \quad (\text{式1})$$

式中， t = 元件設置或更新後之使用時間，

β = 形狀參數， η = 尺度參數。由式 1 之失效機率密度函數可得到以下各項元件可靠度相關參數：

1. 累積失效機率函數

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{\eta}\right)^{\beta} \quad (\text{式2})$$

2. 可靠度函數

$$R(t) = \exp\left(-\frac{t}{\eta}\right)^{\beta} \quad (\text{式3})$$

3. 失效率函數

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (\text{式4})$$

(二) 壽命定義

設備使用一段時間後其可靠度下降至特定水準，在此水準下設備失效機會大，維修頻度高且困難或者更新較維修來得經濟，此時應進行設備更新，而可靠度下降至此特定水準所經歷的時間稱為壽命或使用年數。以水工閘門系統之元件而言，根據是否維修之屬性，其壽命 D_{life} 分別定義如下：

1. 可維修元件

$$D_{life} = \text{可靠度下降至 } 0.5 \text{ 所經歷之時間}$$

$$D_{life} = \eta [- \ln (0.5)]^{1/\beta} \quad (式5)$$

2. 不維修元件

$$D_{life} = \text{平均失效前時間 (MTTF)}$$

$$D_{life} = \eta \quad (式6)$$

元件之剩餘壽命 $R_{life} = D_{life} - t$

四、元件狀態等級與狀態指標評定及可靠度計算

(一) 檢查(測)項目及狀態等級評定

根據元件之失效情形與失效原因(如表1所示)訂定檢查(測)項目及屬性(如表2所示),利用定期檢查、量測及運轉測試結果依據屬性對應之準則(共有9種屬性之評定準則,表3列出其中屬性2、5、8及9示意,取自(經濟部水利署,2020))評定各檢查項目之狀態等級(CS),此狀態等級共分為佳(4)、可(3)、差(2)及劣(1)等四級,其中又細分為(4,4-)、(3+,3,3-)、(2+,2,2-)及(1+,1)等10個小級,其中當狀態等級低於2+時,元件很可能發生失效。

表2 鋼索之檢查(測)項目、權重及屬性

元件	檢查(測)項目	檢查(測)結果					
		權重	屬性	佳 (4+,4)	可 (3+,3,3-)	差 (2+,2,2-)	劣 (1+,1)
鋼索	1.一燃問索絲斷裂程度◎	0.30	5				
	2.直徑減少程度◎	0.10	5				
	3.異物沾附情形	0.05	8				
	4.索面潤滑情形	0.05	8				
	5.扭結、變形或鬆弛	0.12	2				
	6.二側拉力不平均Δ	0.15	2				
	7.搖動異常Δ	0.13	9				
	8.老劣化、磨損、疲勞等	0.10	N/A	--	--	--	--

表2中各元件之檢查(測)項目中增加「老劣化、磨損、疲勞等」項目,便於後續可靠度計算考量,但這部分無法透過目視檢查或量測等得到,故不進行狀態等級評定;表中項目中有「Δ」者,表示需透過運轉測試方可評定狀態等級,而項目中有「◎」者,表示除目視檢查外尚需透過

量測或非破壞檢測等方可有效評定狀態等級。

表3 檢查(測)項目屬性對應之狀態等級評定準則

屬性 狀態等級(CS)	2 老化、損傷、開裂、變形或磨損/銹道裂痕/異常狀態	5 鋼索斷絲或磨耗
佳 (4,4-)	未發現	斷絲數比例≤4% 或直徑≥97%原直徑
可 (3+,3,3-)	程度輕微或屬局部分布 或尚不影響功能	4%-斷絲數比例≤10% 或93%原直徑≤直徑<97%原直徑
差 (2+,2,2-)	局部程度嚴重或廣泛分布 或輕微影響功能	10%-斷絲數比例≤20% 或85%原直徑≤直徑<93%原直徑
劣 (1+,1)	程度嚴重且廣泛分布 或嚴重影響功能	斷絲數比例>20% 或直徑<85%原直徑
屬性 狀態等級(CS)	8 影響元件功能因素(無法或未進行量測)	9 運作情形
佳 (4,4-)	正常	正常(符合預期)
可 (3+,3,3-)	輕微異常、不足或劣化 或尚不影響功能	輕微異常
差 (2+,2,2-)	顯著異常、不足或劣化 或輕微影響功能	顯著異常
劣 (1+,1)	嚴重異常、不足或劣化 或嚴重影響功能	嚴重異常或無法運作

(二) 狀態指標定義

狀態指標(CI)為狀態等級之量化數值,其數值範圍為0~100,各狀態等級對應之狀態指標區間如表4所示(共10個區間),狀態指標於各區間內呈常態分布(Normal Distribution)(圖1),其平均值為區間中值,同時評定之狀態等級落於此區間之信心度(即信賴區間)假設為90%,即狀態等級誤評為上一個或下一個等級之機率均為5%,據此求得狀態指標分布之標準偏差為3.04,另最佳(4+)及最劣(1)區間之平均值分別為93.47及6.53,標準偏差為2.11。

表4 狀態等級對應之狀態指標常態分布參數

狀態等級	狀態指標區間	平均值	標準偏差	
4	4	90~100	93.47	2.11
	4-	80~90	85.00	3.04
3	3+	70~80	75.00	3.04
	3	60~70	65.00	3.04
	3-	50~60	55.00	3.04
2	2+	40~50	45.00	3.04
	2	30~40	35.00	3.04
	2-	20~30	25.00	3.04
1	1+	10~20	15.00	3.04
	1	0~10	6.53	2.11

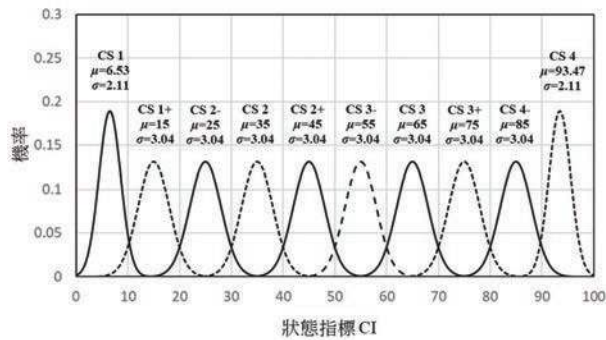


圖 1 元件檢查（測）項目不同狀態等級之狀態指標機率分布

(三) 檢查（測）項目狀態指標計算

根據檢查（測）項目評定之狀態等級，參照表 4 可轉換成狀態指標機率分布，其中對於未運轉測試或量測之項目，為反映隱含之不確定性，其機率分布之平均值決定如下：

1. 未運轉測試

$$CI_{\mu}(t) = CI_{\mu,0}(t) - 60 \times [(t - t_i) / t_d] \quad (\text{式 } 7)$$

2. 未量測

$$CI_{\mu}(t) = CI_{\mu,0}(t) - 30 \times [(t - t_s) / t_d] \quad (\text{式 } 8)$$

式中， $CI_{\mu,0}(t)$ = 單純目視檢查評定狀態等級對應之狀態指標平均值， t_i, t_s = 最近一次測試、量測時間， t_d = 元件設計使用時間。另外，對於「老劣化、磨損、疲勞等」項目則假設這些因素之狀態於 t_d 期間內，由極佳（4）線性遞減至極劣（1），故其狀態指標平均值為

$$CI_{\mu}(t) = 93.47 - (93.47 - 6.53) \times (t / t_d) \quad (\text{式 } 9)$$

標準偏差同表 4。

(四) 元件失效機率及可靠度計算

當元件檢查（測）項目之狀態指標低於門檻值時將可能發生失效，而此失效門檻值為隨機變數，可合理假設呈常態分布，根據表 4 之等級定義，當狀態指標值低於 50 時，狀態落入「差」等

級，代表很可能進入失效狀態，因此失效門檻值機率分布 $\Psi_F(x = 0 \sim 100)$ 之平均值 $CI_{\mu,F} = 45$ ，而門檻值大於零之累積機率為 1.0，其標準偏差 $CI_{\sigma,F} = 14.56$ ，如圖 2 中所示。

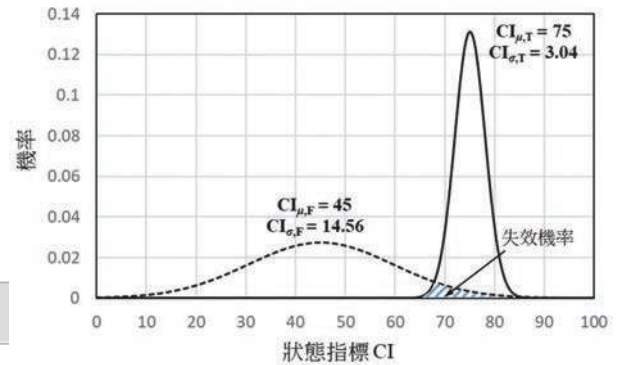


圖 2 失效門檻值之機率分布及失效機率

各檢查（測）項目之失效機率 $P_{f,i}$ 計算方式如下：

$$P_{f,i} = \int_{\tau=0}^{\tau=100} P(CI \leq \tau) \times \Psi_F(\tau) d\tau \quad (\text{式 } 10)$$

式中，特定 τ 下之失效機率 $P(CI \leq \tau)$ 利用 $CI_{\mu,i}$ 及標準偏差 $CI_{\sigma,i}$ 以計算如下：

$$P(CI \leq \tau) = \Phi(Z) \quad (\text{式 } 11a)$$

$$Z = \frac{\tau - CI_{\mu,i}}{CI_{\sigma,i}} \quad (\text{式 } 11b)$$

式中， $\Phi(\cdot)$ 為標準常態分布之累積機率函數。現假設狀態指標平均值分別為 65、35 及 5，標準偏差均為 3.04，利用式 10 及式 11 可分別得到失效機率 $P_f = 0.0894$ 、 0.7493 及 0.9964 ，可知當平均值為 65 時（CS = 3，可）僅有 9% 失效機會，當平均值為 35 時（CS = 2，差）有高達 75% 之失效機率，而當平均值為 5 時（CS = 1，劣）則有 99.6% 之失效機率，亦即幾乎百之百會發生失效，這些機率變化符合狀態等級之定義及實務上的認知，可以判定所採用之失效門檻值機率分布

屬於合理。

假設元件有 n 個檢查（測）項目，則其失效機率 P_f 計算如下：

$$P_f = \sum_{i=1}^n w_i \times P_{f,i} \quad (\text{式 12})$$

式中， w_i 為第 i 個檢（測）項目之權重，如表 3 中所示。元件之可靠度 R 為

$$R = 1 - P_f \quad (\text{式 13})$$

（五）以貝氏定理修正失效門檻值機率分布

儘管檢定顯示失效門檻值機率分布屬於合理，但仍無法有效解決檢查（測）結果與實際失效頻度間之落差及反映各檢查（測）項目之失效機率差異，因此本文採用貝氏定理根據運轉測試結果修正失效門檻值機率分布，作法如下：

1. 某檢查（測）項目之失效門檻值機率分布 $\Psi_F(x)$ 視為事前機率。
2. 元件運轉測試後，該檢查（測）項目未發生影響元件功能之異常情形，則修正其失效門檻值機率分布如下：

$$\Psi'_F(x) = \frac{(1-P(CI \leq x)) \times \Psi_F(x)}{\int_{\tau=0}^{\tau=100} (1-P(CI \leq \tau)) \times \Psi_F(\tau) d\tau} \quad (\text{式 14})$$

式中， $\Psi'_F(x)$ 為事後機率。

3. 利用 $\Psi'_F(x)$ 重新計算該檢查（測）項目之失效機率。
4. 待下一次元件運轉測試後，以 $\Psi'_F(x)$ 為事前機率，重複步驟 2 ~ 3。

經數次貝氏滾動修正後，失效門檻值機率分布將逐漸成為可反映實際元件失效頻度之機率分布。

（六）元件可靠度計算及剩餘壽命推估

假設元件有 n 個檢查（測）項目，從設置或更新後已使用 t 時間，此時進行檢查及運轉測試，

但未進行量測作業，其檢查（測）結果為 CS_i ， $i=1 \sim n$ ，對應之狀態指標機率分布平均值及標準偏差為 $CI_{\mu,i}$ 及 $CI_{\sigma,i}$ ，此 t 時間之元件失效機率 $P_f(t)$ 及可靠度 $R(t)$ 計算如下：

1. 由表 5、式 7、式 8 及式 9 決定 $CI_{\mu,i}$ 及 $CI_{\sigma,i}$ ；
2. 利用 $CI_{\mu,i}$ 及 $CI_{\sigma,i}$ 以式 10 及式 11 計算失效機率 $P_{f,i}$ ；
3. 以式 12 及式 13 計算得到元件失效機率 $P_f(t)$ 及可靠度 $R(t)$ 。

未來 $t'(>t)$ 時間元件之可靠度 $R(t')$ 推估如下：

1. 選取元件可靠度為 $R(t_p)=0.5$ 及 $R(t_r) = 0.9$ 之時間比值 $R_a=t_p/t_r$ ； R_a 之平均值 =2.0（門體及門框）、1.93/1.65（鋼索捲揚式 / 油壓式吊門機）及 2.0（電氣設備）（根據日本文獻（國土交通省，2018）統計數據歸納得到）；

2. 以下式計算韋伯形狀參數 β ：

$$\beta = \ln[\ln(0.9)/\ln(0.5)] / \ln(1/R_a) \quad (\text{式 15})$$

3. 以下式計算韋伯尺度參數 η ：

$$\eta = t / [-\ln(R(t))]^{1/\beta} \quad (\text{式 16})$$

4. 元件可靠度 $R(t')$ 以下式計算得到：

$$R(t') = \exp\left(-\frac{t'}{\eta}\right)^\beta \quad (\text{式 17})$$

假設未來之檢查（測）及維修模式不變，則元件之剩餘壽命 $R_{life}(t)$ （ t 時間至可靠度下降至 0.5 之間隔時間）推估如下：

1. 計算加權韋伯尺度參數 $\bar{\eta}$ ：

$$\bar{\eta} = \sum_{k=K}^1 \{1/[K - (k - 1)]\} / \Gamma \times \eta_k \quad (\text{式 18})$$

$$\Gamma = \sum_{k=K}^1 1/[K - (k - 1)] \quad (\text{式 19})$$

式中， k 為第 k 次檢查（測）， η_k 為第 k 次檢查（測）結果計算得到之韋伯尺度參數，其中 t 時間 $k = K$ ， t 時間前一次檢查（測） $k = K-1$ ，依此類推；

2. 以 β 及 $\bar{\eta}$ 代入式 5 或式 6 計算 D_{life} ；

3. $R_{life}(t) = \max(D_{life} - t, 0)$ 。

如果 $R_{life} = 0$ ，表示元件使用時間已超過預計使用時間，亦表示可靠度已嚴重不足，有很高的失效機率，需即刻進行更新。

(七) 考量元件維修之可靠度及剩餘壽命推估

假設元件於 $t' (> t)$ 時間進行維修（或局部項目更新），維修後之狀態等級為 $CS'_k (k = 1 \sim r, r \leq n)$ ，對應之狀態指標平均值為 $CI'_{u,k}$ ，標準偏差不變，則 t' 時間元件維修後之可靠度 $R_m(t')$ 如下：

1. 利用 $CI'_{u,k}$ 及 $CI'_{\sigma,k}$ 以式 10 及式 11 計算維修後之失效機率 $P_{f,k}(t')$ ；

2. 計算元件維修後降低之失效機率 ΔP_f ：

$$\Delta P_f = \sum_{k=1}^r w_k \times \Delta P_{f,k} \quad (\text{式 20a})$$

$$\Delta P_{f,k} = P_{f,k}(t) - P_{f,k}(t') + w_k \times [R(t) - R(t')] \quad (\text{式 20b})$$

式中， w_k = 第 k 個維修項目之權重；

3. 計算元件維修後之可靠度 $R_m(t')$ ：

$$R_m(t') = R(t') + \Delta P_f \quad (\text{式 21})$$

元件 $t''(t')$ 時間之可靠度 $R(t'')$ 及維修後之剩餘壽命 $R_{life}(t')$ 以 (六) 中所述方式得到。

(八) 平均失效間隔時間 (MTBF)

元件之平均失效間隔時間 (Mean Time Between Failure, MTBF) 為失效維修完成至下一次失效開始發生之間隔時間，亦即元件可連續運作不發生失效之平均時間，若元件失效後即刻維修完成或屬於不維修類型，則平均失效間隔時間等於平均失效前時間 (Mean Time To Failure, MTTF)；水工閘門系統之維修時間一般遠小於平均失效間隔時間，故 $MTBF \approx MTTF$ ，而元件在 t 時間之 MTTF 以下式計算：

$$MTTF = \int_0^{\infty} \tau \left[\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{\tau}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{\tau}{\eta}\right) \right] d\tau \quad (\text{式 22})$$

式中， β 及 η 為 t 時間之韋伯形狀及加權尺度參數。另外，元件在 t 時間距離下一次發生失效之時間 T_f 計算如下：

$$T_f = \int_t^{\infty} (\tau - t) \left[\frac{\beta}{\eta} \left(\frac{\tau}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{\tau}{\eta}\right) \right] d\tau \quad (\text{式 23})$$

五、實際案例應用

本節以國內某水庫弧形閘門捲揚式吊門機之鋼索為例，利用實際檢查（測）結果進行可靠度及剩餘壽命推估，其中少數檢查（測）、維修及量測作業為虛擬，以說明對應之可靠度計算方式。

(一) 檢查（測）及維修紀錄

自更新後使用 127 個月 (=10.6 年) 至 227 個月 (18.9 年) 間之檢查（測）及維修紀錄如表 5 所示，共有 6 次檢查（測）作業結果，其時間點分別為 $t_1 \sim t_6$ ，還包含維修 2 次，時間點分別為 t_{m1} 及 t_{m2} ，而最近一次量測作業時間為 t_5 。

表 5 鋼索之檢查（測）及維修紀錄

鋼索	間隔時間(月)								
	78	127	142	170	172	189	202	224	227
設置或更新後使用時間(月)	78	127	142	170	172	189	202	224	227
鋼索	有無測試		有	有	有	維修	無	有	有
傳遞吊力及使門扉平穩上升/下降	權重	屬性	量測			修理、調校			檢驗、調校
1.一燃間索絲斷裂程度◎	0.33	6	4-	4-	4-		3+	3+	3+
2.直徑減少程度◎	0.11	6	4-	4-	4-		4-	4-	4-
3.異物沾附情形	0.06	9	m	3+	3+	3-	4-	4-	3+
4.索面潤滑情形	0.06	9	6	3+	3+	3+		3+	3
5.扭結、變形或鬆弛	0.13	10	q	4-	4-	4-		4-	4-
6.二側拉力不平均△	0.17	10	4	3+	3	3-	4-	4-	3+
7.搖動異常△	0.14	11	o ₆	4-	3+	3		3	3-
8.劣化、磨損、疲勞等	0.10	N/A	0.92	--	--	--		--	--

(二) 狀態指標平均值計算

以「1. 一燃間索絲斷裂程度◎」及「二側拉

力不平均 Δ 」二個檢查(測)項目 t_1 時間之紀錄為例, 因本次有進行運轉測試, 其狀態指標平均值計算如下:

1. 「一燃間索絲斷裂程度◎」

$$CS = 「4 - 」, CI_{\mu,0} = 85, t_s = 78$$

$$CI_{\mu} = 85 - 30 \times (127 - 78) / 360 = 80.9$$

2. 「二側拉力不平均 Δ 」

$$CS = 「3+」, CI_{\mu,0} = 75, t_t = 127$$

$$CI_{\mu} = 75 - 60 \times (127 - 127) / 360 = 75$$

同樣方式計算其餘檢查(測)項目之平均值, 如表 6 所示。

表 6 鋼索檢查(測)項目狀態指標之平均值

時間編號	t_1	t_2	t_3	t_{m1}	t_4	t_5	t_6	t_{m2}		
設置或更新後使用時間(月)	127	142	170	172	189	202	224	227		
鋼索	測試指標	0	0	0	1	0	0	0		
傳遞吊力及使門座平穩上升/下降	權重	量測	指標	轉動力平均	調整	調校	協助異常	調整		
1.一燃間索絲斷裂程度◎	0.33	1	80.9	79.7	77.3		65.8	64.7	62.8	
2.直徑減少程度◎	0.11	1	80.9	79.7	77.3		75.8	74.7	72.8	
3.異物沾附情形	0.06	0	75.0	75.0	65.0	85.0	85.0	75.0	75.0	
4.索面潤滑情形	0.06	0	75.0	75.0	75.0		75.0	75.0	65.0	85.0
5.扭結、變形或鬆弛	0.13	0	85.0	85.0	85.0		85.0	85.0	75.0	
6.二側拉力不平均 Δ	0.17	0	75.0	65.0	55.0	85.0	82.2	75.0	75.0	
7.擺動異常 Δ	0.14	0	85.0	75.0	65.0		61.8	55.0	45.0	85.0
8.劣化、磨損、疲勞等	0.10	0	62.8	59.2	52.4		47.8	44.7	39.4	

(三) 可靠度計算及剩餘壽命推估

1. $t_1 (=127)$ 之可靠度計算

以「1.一燃間索絲斷裂程度◎」項目為例, 其 $CI_{\mu,1} = 80.9$, $CI_{\sigma,1} = 3.04$, 失效門檻值機率分布 $\Psi_{F,1}$, 則以式 10 及式 11 計算失效機率 $P_{f,1}$ 如下:

$$P_{f,1} = \int_{\tau=0}^{\tau=100} \Phi\left(\frac{\tau-80.9}{3.04}\right) \times \Psi_{F,1}(\tau) d\tau = 0.00003$$

同樣方式計算其餘檢查(測)項目 2.~8. 之失效機率, 分別為 0.00003、0.00170、0.00170、0.00001、0.000170、0.00001 及 0.08295, 再以式 12 計算得到失效機率 $P_f(t_1) = 0.0088$, 以式 13 得到可靠度 $R(t_1) = 1 - 0.0088 = 0.9912$ 。

2. t_1 至下一次檢查(測)期間之可靠度推估

以鋼索捲揚式吊門機元件之 $R_a = t_p / t_r = 1.93$, 代入式 17 計算得到韋伯形狀參數 $\beta = 2.87$, 再以 t_0 及 R_{t_0} 利用式 18 計算得到韋伯尺度參數 $\eta = 662.09$, 故 t_1 後任意時間 t' 之可靠度為

$$R(t') = \exp\left(-\frac{t'}{662.09}\right)^{2.87} \quad (式 24)$$

例如 t_1 後 8 個月 ($t' = 127 + 8 = 135$) 之可靠度 $R(t') = 0.9895$ 。

3. t_1 之剩餘壽命推估

以式 19 計算加權韋伯尺度參數 $\bar{\eta} = 662.09$, 再以 β 及 $\bar{\eta}$ 代入式 5 計算 $D_{life} = 582.59$ 個月, 故剩餘壽命 $R_{life}(t_1) = 582.59 - 127 = 455.59$ 個月 = 37.97 年。

4. $t_2 (=142) \sim t_3 (=170)$ 之可靠度計算及剩餘壽命推估如同 t_2 之計算方式及過程, 分別如下:

- (1) 可靠度 $R(t_2) = 0.9765$, 可靠度 $R(t_3) = 0.9230$;
(2) 剩餘壽命 $R_{life}(t_2) = 29.95$ 年, 剩餘壽命 $R_{life}(t_3) = 21.55$ 年。

由上可知, 可靠度由 t_2 之 0.9765 下降至 0.9230, 剩餘壽命也從 29.95 年縮短為 21.55 年, 必須進行維修以提高可靠度及延長剩餘壽命。

5. $t_{m1} (=172)$ 維修後之可靠度及剩餘壽命推估

本時間針對「3.異物沾附情形」及「6.二側拉力不平均 Δ 」二項目進行維修, 維修後狀態等級均回復至 $CS=4-$, 對應之 $CI_{\mu,1} = 85$, $CI_{\sigma,1} = 3.04$ 及 $CI_{\mu,2} = 85$, $CI_{\sigma,2} = 3.04$; 本時間之可靠度 $R(t_{m1})$ 推估為 0.9205, 2 個項目 t_3 時間之失效機率分別為 0.05592 及 0.22300。

- (1) 利用 $CI_{\mu,k}$ 及 $CI_{\sigma,k}$ 以式 10 ~ 11 計算維修後之失效機率 $P_{f,1} = 0.00001$ 及 $P_{f,2} = 0.00001$;
(2) 以式 21 計算整體維修後降低之失效機率
 $\Delta R = 0.9230 - 0.9205 = 0.0025$
 $\Delta P_{f,1} = 0.05592 - 0.06 \times 0.0025 - 0.00001 = 0.0561$
 $\Delta P_{f,2} = 0.22300 - 0.17 \times 0.0025 - 0.00001 =$

0.2234

$$\Delta P_f = 0.06 \times 0.0561 + 0.17 \times 0.2234 = 0.0404$$

(3) 以式 22 計算維修後之可靠度 $R'(t_{m1}) = 0.9205 + 0.0404 = 0.9609$;

(4) 以式 17 計算維修後之韋伯尺度參數 $\eta = 529.32$, 則 t_{m1} 後任意時間 t'' 之可靠度如下 :

$$R(t'') = \exp\left(-\frac{t''}{529.32}\right)^{2.87} \quad (式 25)$$

(5) 計算維修後之加權韋伯參數 $\eta = 515.80$, 代入式 5 計算剩餘壽命 $R_{life}(t_{m1}) = 453.86 - 172 = 281.86$ 個月 = 23.49 年。

6. $t_4 (=189) \sim t_{m2} (=227)$ 時間之可靠度及剩餘壽命
 參照前述方式計算可靠度及剩餘壽命, 其結果分別如圖 3 及圖 4 所示。

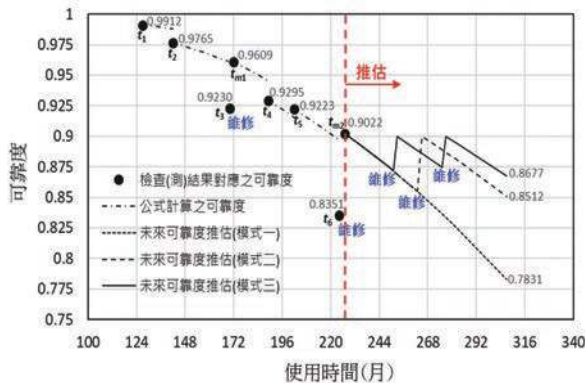


圖 3 鋼索可靠度隨時間之變化情形

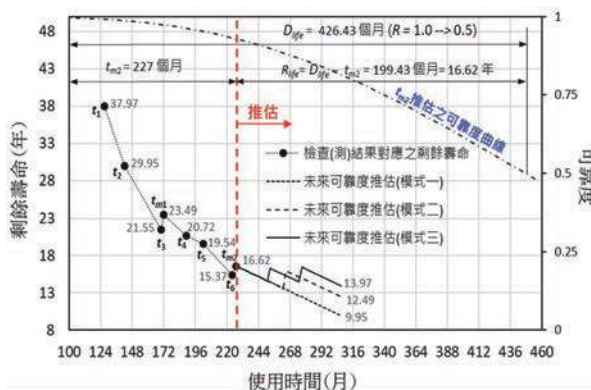


圖 4 鋼索剩餘壽命隨時間之變化情形

(四) 檢查 (測) 頻率對可靠度及剩餘壽命之影響

$t_{m2} (=227)$ 時間後考慮三種檢查 (測) 作業模式: (1) 模式一: 不進行檢查 (測)、(2) 模式二: 每 3 年檢查 (測) 一次及 (3) 模式三: 每 2 年檢查 (測) 一次, 其中每次檢查 (測) 後均進行維修, 且維修項目維修後之狀態均為「4-」, 其結果繪製於圖 3 及圖 4 中; 由圖中可知, 元件於三種模式下 6 年後之可靠度分別為 0.7831、0.8512 及 0.8677, 相較原先 (t_{m2}) 之可靠度 0.9022 分別降低 13.2%、5.7% 及 3.8%, 檢查 (測) 及維修頻率越高 (間隔時間越短) 則可靠度降低越緩慢, 且只要有檢查 (測) 及維修則可靠度將較不做任何檢查 (測) 及維修之可靠度明顯要高; 剩餘壽命也有類似趨勢, 三種模式下之剩餘壽命分別較原先 (t_{m2}) 之剩餘壽命縮短 40.1%、24.8% 及 15.9%, 比較可知剩餘壽命受檢查 (測) 頻率影響程度較可靠度為大。另外, 若未來可靠度要求不得低於 0.80, 則至少 5 年需檢查 (測) 及維修一次, 而若可靠度不得低於 0.85 則至少 3 年需檢查 (測) 及維修一次。

(五) 平均失效間隔時間及距下次失效時間

以 t_{m2} 時間之 $\beta=2.87$ 及 $\eta=459.18$, 代入式 26 及式 27 分別得到平均失效間隔時間 = 34.51 年及距下次失效時間 = 17.62 年。另外, t_{m2} 時間 6 年後三種檢查 (測) 作業模式之平均失效間隔時間分別為 31.62、34.87 及 36.71 年, 距下次失效時間分別為 12.07、14.36 及 15.72 年, 可知隨檢查 (測) 及維修頻率增加, 平均失效間隔時間及距下次失效時間均隨之增加, 一如預期。

(六) 失效率變化

利用各時間點之韋伯形狀參數 β 及加權尺度參數 η , 帶入式 4 計算失效率, 其結果如圖 5 所

示；由圖中可知失效率隨時間逐漸增加，而維修後則略微降低，之後又隨時間而增加，同時增加檢查（測）及維修頻率後失效率會降低，符合一般水工閘門系統元件（除少數電氣元件外）之劣化趨勢，亦可佐證本文可靠度及相關參數計算方式之合理性。

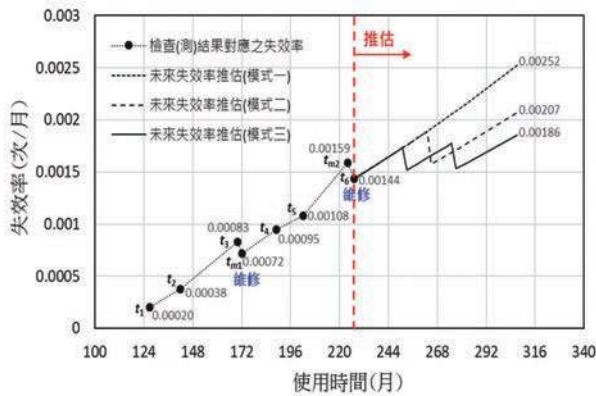


圖 5 鋼索失效率隨時間之變化情形

六、結 論

本文提出利用檢查（測）及維修資料之可靠度計算及剩餘壽命推估方法，經實際案例應用，不僅可合理求得可靠度與剩餘壽命並預測未來可靠度變化，亦可有效反映維修後之可靠度提高及剩餘壽命延長等效應；除此之外，本文所提方法只需少數檢查（測）記錄即可合理計算當前及推估未來可靠度變化趨勢，計算過程亦不繁複，也方便程式化，具有良好的實用性。

利用本文方式獲得可靠度、剩餘壽命、失效率及平均失效間隔時間等資訊後，可檢討調整現有檢查（測）作業頻率及評估是否進行元件之更新或大修作業；另外，計算元件維修前、後之可靠度，可量化評估維修之成效。

最後，建議未來國內各水庫持續記錄閘門系統各元件失效狀態及評定等級，建立實際失效等級與本研究模式推估可靠度值之對應關係、建立

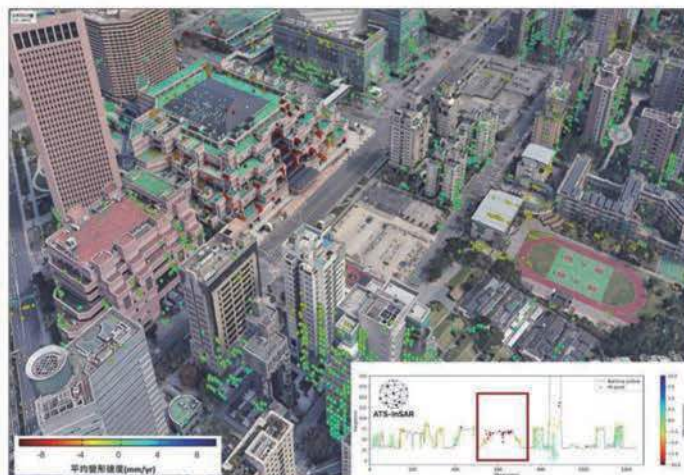
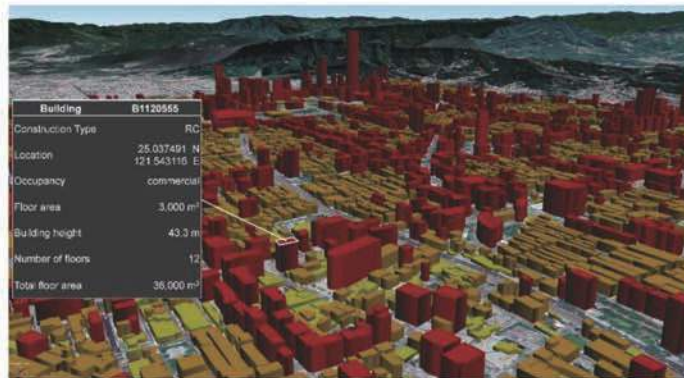
可靠度退化（特別是退化至 0.9 及 0.5）之時間序列及比對實際平均失效間隔與本研究模式推估結果之差異等，再以這些資訊修正本研究模式之參數，進而應用至其他缺乏失效資料（特別是新設或更新）之元件，作為精進元件維護管理作業之參考。

參考文獻

- Astes, A. C., Foltz, S. D., and McKay, D. T. (2005) Estimating Risk from Spillway Gate Systems on Dams Using Condition Assessment Data, Engineer Research and Development Center, United States Army Corps of Engineers (USACE)
- 吳演聲 (2021)，基於狀態指標之水工閘門與機電設備可靠度分析方法，中興工程季刊，第 150 期，第 67-75 頁
- 經濟部水利署 (2020)，水庫水工閘門機電設備可靠度及維護策略研究
- 日本國土交通省 (2011)，ダム用ゲート設備等点検・整備・更新マニュアル (案)
- 日本國土交通省 (2018)，ダム用ゲート設備等点検・整備・更新マニュアル (案)

人工智慧與衛星影像於廣域智慧防災之多 元應用技術

有鑑於政府與民間單位對於導入人工智慧用在廣域智慧防災為未來的需求，中興社以 AI 技術主軸研發了：(1)AI 辨識及萃取都會區建物屬性技術，結合遙測影像與 AI 為都會區建置建物曝險基本資料庫且效率式更新，可用於都市巨災風險評估與防災措施規劃。(2)AI 於合成孔徑雷達影像分析技術與都會區廣域防災應用，結合 SAR 影像與 AI 技術建立都會區房建物安全監測分析方法，可評估工址開挖或地下施工於不同時期之沉陷槽與影響範圍，提供鄰損鑑定之量化數據，亦可結合土壤液化高潛勢圖進行變形區監測分析，評估潛在地層下陷熱區或建物潛在沉陷。(3) AI 機器學習於廣域邊坡安全評估技術，透過 AI 資料庫與使用者介面輸入岩坡基本參數如擾動因子 D、地質強度指標 GSI、岩性係數 m_i 、坡度、坡高(m)、地下水位比、岩石單壓強度與單位重等，可初步求得廣域岩坡淺層岩屑滑動之安全係數與機率。



相關資訊請洽 財團法人中興工程顧問社 防災科技研究中心
邵國士博士(02-87919198, 分機 323)、李璟芳博士(分機 344)
臺北市內湖區新湖二路 280 號

農塘水面型太陽光電案場環境及 可行性評估

許恆瑜 * 許振崑 ** 陳俊愷 *** 林伯勳 ****
林瑞仁 ***** 方彥鈞 ***** 諸予涵 *****

摘 要

本文旨在探討農塘水面型太陽光電案場環境及可行性評估。透過環境評估作業篩選出鹿角埤、三平茅埔農塘、豐德發電廠南側農塘及新化區礁坑里農塘等四處具有良好發展條件地點，再進行可行性評估，可作為未來農塘水面型太陽光電案場設置參考。透過本文研擬標準化評估程序，可確保農塘水面型太陽光電案場施作可行性和最大化其發電效益。

關鍵字：農塘、水面型光電案場

一、前 言

水土資源保育係屬永續經營工作，農業部為積極配合達成 2040 年農業淨零排放的目標，制定了以「減量」、「增匯」、「循環」及「綠趨勢」為四大主軸的政策。建構能源自主農漁村係未來農業發展之重要方向。綠能發電案場評估需要考量再生能源來源、發電效率、環境影響及經濟效益等各個面向；其中，太陽能光電案場建置須考慮日照時間、土地取得難度等因素。北部地區因

土地成本較高且日照時間偏短，致使裝置量較低；反觀南部地區因日照時間較長且土地取得相對容易，建置可能性較北部高。故本文聚焦於南部地區農塘，旨在探討建置水面型太陽能光電案場之可行性評估。水面型太陽光電案場是將太陽光電設備設置於水面上或水域鄰近區域，具節省土地資源、減緩水分蒸發及增加水資源利用等優點。惟受限於陽光照射強度、水域面積、水域深度、生態環境、周圍基礎設施等原因，設置水面型太陽光電案場前須經過完善環境及可行性評估。

- * 中興工程顧問社防災科技研究中心助理研究員
- ** 中興工程顧問社防災科技研究中心正工程師
- *** 中興工程顧問社防災科技研究中心高級研究員
- **** 中興工程顧問社防災科技研究中心土砂監測模擬組組長
- ***** 行政院農業部農村發展及水土保持署臺南分署科長
- ***** 行政院農業部農村發展及水土保持署臺南分署工程員

本文蒐集設置水面型太陽光電案場案例，以瞭解水面型太陽光電案場設置工法。為有效利用水域資源，針對農塘水面型太陽光電案場實施環境及可行性評估，制定合宜且可操作之設置標準化評估程序，可作為未來設置農塘水面型太陽光電案場示範區參考。

二、水面型太陽光電案場

本節回顧水面型太陽光電案場之設置工法，以及過往水面型太陽光電案場設置案例，說明如後。

(一) 太陽能板設置工法

水面型太陽光電案場之設置工法，可依太陽能板設備支撐結構架設差異，主要區分為固定式及浮動式 (Floating Photo Voltaic, FPV)。固定式工法係指將太陽能板的下部支撐結構，如基樁、鋼軌樁或微型樁等基礎，打入水體下方之地層；浮動式則是在水平面上建置浮動平台，再裝載太陽能板 (如圖 1)。透過浮台之間的鉸接，連結成大面積的牽絆浮動結構，並以錨碇系統 (mooring system) 支撐及穩定太陽能板位置。

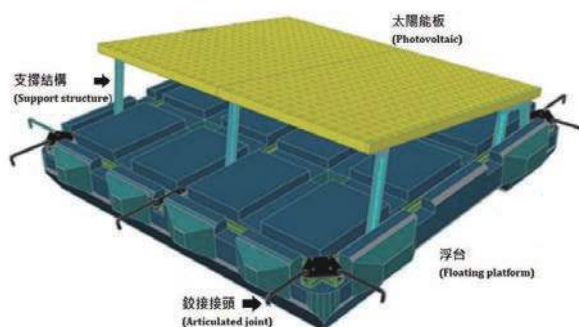


圖 1 浮動式太陽能板架設示意圖
(摘自 Santafé, et al, 2014)

由於臺灣颱風事件頻傳，故水面型光電案場

設置工法，相較於陸域型，需要更多的安全考量並考慮更多環境因素。即便使用與陸域型結構雷同之固定式工法，亦須考量強風引起之水浪、水花、高速水流、漂流物等外力干擾。因此，實際設置上仍需根據現場水域環境、周圍地形、水文、水位起伏情況等，再行評估選用合適之設置工法。專家建議國內進行系統建置時，應特別注意抗強風能力及水位上升問題，以減少無謂的維修支出。原則上，若水位不深且水位落差變化較大，如有時水位驟升，有時可能乾枯並有泥沙淤積，建議可考慮採固定式工法施工。反之，若水位較深，如湖泊、滯洪池或水庫則較適合以浮動式工法進行施作。

(二) 水面型太陽光電案場設置案例

臺灣水面型太陽能光電案場規劃始於行政院於民國 105 年 9 月核定之「太陽光電 2 年推動計畫」，分別由經濟部水利署負責水庫與滯洪池，農業部負責埤塘與魚塢，逐步進行場域規劃及推動 (農村水保署臺南分署，2023)。

本文蒐集南部地區已完成較有規模之浮動式水面型太陽光電案場，包含位於高雄市阿公店水庫、鳳山水庫、屏東縣大武丁、大潭牛埔排水、烏龍排水、嘉義縣新塢滯洪池，以及位於臺南的鹽水埤水庫、永康科技園區滯洪池及芒仔芒大埤等。各案場相關資訊，彙整如表 1 所示。民國 105 年屏東縣大武丁抽水站設置全臺第一座水面型浮力式太陽光電系統，總裝置發電量約 499KW，為全國水域空間 (水庫、滯洪池、埤塘及魚塢等) 開啟設置水面型太陽光電設施之可能性。隔年，民國 106 年 6 月水利署南區水資源分署配合政府大力推動的再生能源發展政策，選擇阿公店水庫作為全臺第一個最大水面型水庫浮力式太陽能發電系統的示範場址，總計發電量可達約 5.3MW，預估年發電量有 600 萬度。此外，農

田水利署嘉南管理處亦於民國 108 年進行臺南市玉井區之芒仔芒大埤之水面型浮力式太陽能發電系統架設，興建發電量 1,500 萬度的太陽能發電板，使水面型太陽能光電案場建置逐漸轉向於小型埤塘水域設置。

臺灣土地利用資源有限，水面型太陽能光電案場無需占用陸地資源，係現階段多元綠能推動規劃的重要課題之一。以往案例證明水庫及滯洪池設置水面型太陽能光電案場之可行性和效益。近年隨綠能發展不斷增長，需要更多選擇來滿足能源需求，故水面型太陽能光電案場的焦點轉向農塘愈趨重要。相較於大型水庫及滯洪池，農塘分布較廣、數量較多，且農塘往往散布於各個農村地區，具涵養豐富水資源。若水面型太陽能光電案場建置於農塘上，不僅可以有效利用這些水域資源，且提供更多的再生能源供應，促進當地綠色經濟的發展。

表 1 南部地區水面型太陽能光電案場主要資訊彙整表

項次	案場名稱	水域類別	鄉鎮市區	裝置容量	年發電效益
1	阿公店水庫	水庫	高雄市燕巢區	10MW	約為 1,200 萬度
2	鳳山水庫	水庫	高雄市小港區／林園區	2MW	約為 240 萬度
3	鹽水埤水庫	水庫	臺南市新化區	1.992MW	約為 239 萬度
4	大武丁	滯洪池	屏東縣林邊鄉	0.499MW	約為 63.8 萬度
5	大潭牛埔排水	滯洪池	屏東縣東港鎮	0.499MW	約為 60 萬度
6	烏龍排水	滯洪池	屏東縣新園鄉	0.499MW	約為 60 萬度
7	新塹滯洪池	滯洪池	嘉義縣	35.5MW	約為 5,000 萬度
8	永康科技園區	滯洪池	臺南市永康區	0.101MW	約為 12 萬度
9	芒仔芒大埤	埤塘	臺南市玉井區	1.6MW	約為 1,500 萬度

三、農塘水面型太陽光電案場環境評估

本文農塘水面型太陽光電案場環境評估係先進行農塘篩選作業，再進行現地勘查，作業流程展繪如圖 2 所示。

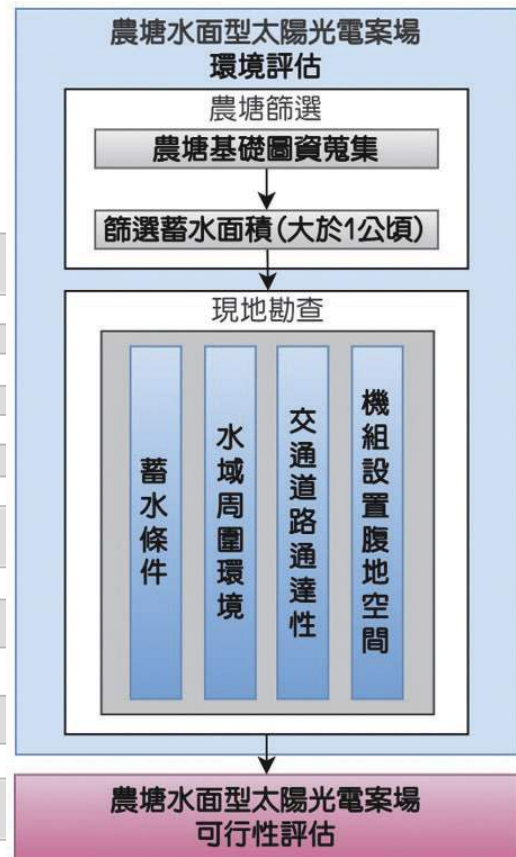


圖 2 農塘水面型太陽光電案場標準化評估程序圖

(一) 農塘篩選

農塘篩選作業原則主要係考量未來發電效益，應優先考量可容納更多太陽能光電板之水域，且農塘蓄水面積大意味水體更加穩定，有利於光電系統穩定運作，降低未來修復及損壞成本。本文根據農村水保署「農塘資料庫管理平台」中全臺農塘資訊，彙整南部地區列管之農塘資料，繪製其空間分布（如圖 3），並篩選最大可蓄水面積大於 1 公頃之農塘，執行後續現地勘查作業。

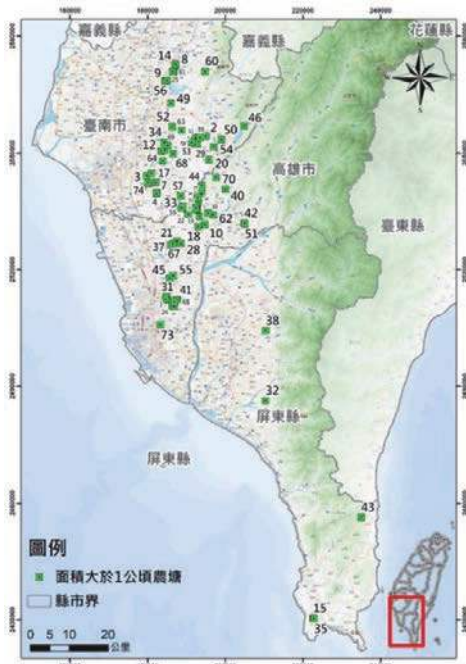


圖 3 南部地區面積大於 1 公頃之農塘分布圖
 (摘自農村水保署臺南分署, 2023)

塘排除評估, 清查後擇定 9 處農塘水面型太陽光電案場作為現地勘查名單。

現地勘查作業係以無人機空拍配合地面調查方式, 評析農塘水面型光電案場發展可行性。茲就現勘評估條件, 分述如後。

1. 蓄水條件

考量太陽能板佈設限制, 應將農塘蓄水範圍呈狹長型、不規則型或農塘呈淤積貌排除。

2. 水域周圍環境

因太陽能光電設施可能會因陽光反射而產生光污染, 對附近民宅居住環境、生活品質或農業產生影響。本文透過國土利用現況調查成果圖資配合現勘, 評估農塘水域周圍係民宅、果園或植生圍繞, 若為民宅或果園則應排除後續評估。

3. 機組設置腹地空間

評估農塘周圍地形是否平坦開闊, 以確保後續具有足夠空間擺放太陽能機組及機電設施。

4. 交通道路通達性

評估農塘周圍是否具鄰接道路, 並具適當路寬, 以確保後續施工或維護時, 人員及機具進出管理作業順暢。

(二) 現地勘查

針對前述蓄水面積大於 1 公頃之農塘水域, 共計有 74 處, 分別為臺南市 37 處、高雄市 32 處及屏東縣 5 處。本文將已開發水面型光電案場、既有觀光遊憩使用、超過 6 成以上為私有地、土地所有權屬其他機關、所有權人數眾多或使用現況為家禽養殖等, 需克服較多課題方能推動之農

現地勘查成果彙整如表 2 及圖 4 所示。經評析後發現多數農塘水域周圍環境雖無民宅及果園, 且具有機組設置空間、交通道路通達性, 惟

表 2 農塘水面型光電案場現勘成果彙整表

項次	案場別	面積 (公頃)	蓄水條件	水域周圍環境	機組設置腹地空間	交通道路通達性	現勘總結
1	農改場 1 號池	3.859	◎	草地、林地	◎	◎	初評可行
2	內門區光興里三真宮農塘	3.498	蓄水範圍呈狹長、不規則貌	竹林	無腹地空間	路幅狹小	排除評估
3	內門區三平茅埔農塘	2.315	◎	竹林	◎	◎	初評可行
4	豐德發電廠南側農塘	2.024	◎	草地	◎	◎	初評可行
5	內門區光興里客寮農塘	1.953	蓄水範圍呈狹長、不規則貌	竹林	無腹地空間	◎	排除評估
6	田寮區新興里農塘	1.828	蓄水範圍呈狹長、不規則貌	竹林	◎	◎	排除評估
7	樣仔湖	1.277	◎	果園	◎	◎	排除評估
8	旗山區永和里農塘	1.154	農塘淤積	竹林	◎	◎	排除評估
9	新化區礁坑里農塘	1.14	◎	竹林	◎	◎	初評可行

註: 「◎」表示該評估條件符合農塘水面型光電案場發展可行性

蓄水範圍呈狹長型、不規則型或農塘呈淤積貌，若進行光電案場建置恐影響後續發電成效及維護

成本，故排除後續農塘水面型太陽光電案場建置之可行性評估。



綜整上述，現地環境評估後可將「農改場 1 號池」、「豐德發電廠南側農塘」、「內門區三平茅埔農塘」及「新化區礁坑里農塘」等 4 處納入後續可行性評估範疇。

四、農塘水面型太陽光電案場可行性評估

經環境評估初步完成後可進行農塘水面型太陽光電案場設置可行性評估，包含案場規模、預估年可發電量、鄰近饋線可併容量、所在土地權屬分析、回收年限、後續綠電應用模式等六大面

向。茲就六大面向及可行性評估成果，分述如後。

(一) 案場規模

水面型太陽光電案場規模係參考農田水利署灌溉蓄水池設置太陽光電設施管理原則，不可超過灌溉蓄水池滿水位面積的百分之 50，故原則以蓄水面積較大之農塘為佳，可設置較大設置容量（以峰瓦，kWp 為單位）。其中，每 100 坪，約等於 330 平方公尺的淨空面積，大約可鋪設 182 片標準太陽能板，係指設置為裝設太陽電池模板於標準狀況，其模板溫度為 25°C、地面平均照度為 AM1.5，以及太陽光照射強度為 1,000W/m² 的

最大發電量總和。並依據 2021 年常用模組，一片約為 330 瓦的功率計算裝置容量。

(二) 預估最大年可發電量

依據能源局公告之估計年平均發電量公式，係參考裝置容量 (kWp)、各縣市年日照時數 (hr)、模組逐年衰退比例 (約 0.9)，將上述三者乘積後得出結果，如式 (1) 所示。參考民國 111 年台灣電力公司統計之各太陽光電機組平均每瓦年發電量，本文研究範圍為 1,234 度。若以案場規模 3,500 kWp 估算，則預估年可發電量約 388.71 萬度電 (3,500*1,234*0.9)，本文據此作為後續農塘水面型太陽光電案場預估年可發電量估算。

年平均發電量

$$= \text{裝置容量 (kWp)} * \text{各縣市年日照時數 (hr)} * 0.9 \quad (1)$$

(三) 鄰近饋線可併容量

囿於台電於農業區電網架設，大多都為低壓農業用電，可併聯用饋線容量有限。由於饋線普遍不足或拉線距離過遠而使成本過高，亟須解決；解決方式如擴大併網容量、擴大區域輸配電電網、變電站、變電所等基礎設施，以容納綠能所產生電力。

除上述擴大饋線容量及新設饋線外，亦可考慮新建太陽能案場設置足夠容量的電池，以「儲能電廠」的概念將日間生產綠電全數存下，待日落饋線容量閒置時，儲能再併網以釋出綠電，滿足夜間尖峰用電需求，使饋線利用率極大化。台電公司現已開設「再生能源併網專區」，提供再生能源可併網容量查詢、申設案件進度查詢、併網容量已滿排隊查詢、併網問題諮詢窗口及系統衝擊分析報告範例等服務，民眾可由該專區查詢現階段配電級再生能源可併剩餘容量 (如圖 5)。

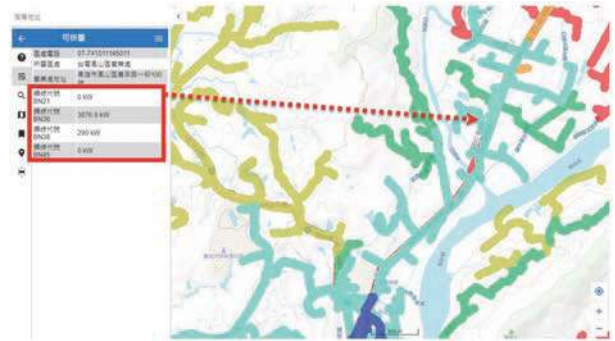


圖 5 查詢區域鄰近饋線可併網容量示意圖
(圖片來源：配電級再生能源可併容量查詢系統)

(四) 土地權屬分析

農塘土地可能涉及私有地及國有地，因此在太陽光電案場規劃階段，須盤點其土地權屬，俾利後續綠電案場推動作業。現可透過國土測繪圖資服務雲查詢 (如圖 6)。



圖 6 土地權屬資料查詢示意圖
(圖片來源：國土測繪圖資服務雲)

綜整現階段法規及相關機關辦理情形，如涉及及國有地，初擬主要方案 (申請設置) 與次要方案 (申請撥用)。主要方案係將於涉及國有地之案場申請開發設置，展列如表 3 所示；次要方案係將於涉及國有地之案場申請撥用，惟需考量國有不動產撥用要點、申撥之國有土地範圍內存有無須撥用之國有建物者、各級政府機關互相撥用公有不動產之有償與無償劃分原則辦理及停止撥用後須依財政部訂頒「國有公用不動產變更為非

公用財產作業注意事項」規定辦理，以避免後續衍生問題。

表 3 國有地申設水面型太陽光電案場建議作為彙整表

順序	依據法令	建議作為
1	國有非公用土地提供申請開發案件處理要點	申請開發
2	國有非公用財產委託經營實施要點	申請委託經營
3	再生能源條例	申請容許使用
4	非都市土地使用管制規則	申請容許使用

(五) 回收年限

參考「公民電廠推動資訊網」，以臺南地區年平均發電量每瓩 1,234 度為例，若設置 1,000 瓩太陽光電發電設備，一年約可產電 1,234,000 度，若每瓩平均設置及維護費用為 60,000 元，預估設置費用約為 74,040,000 元。依據 112 年度再生能源躉購費率（採用浮動式）每度 4.3960 元計算，約 11.06 年左右可回收成本。

(六) 綠電應用模式

經濟部已於民國 112 年 1 月公告「中華民國 112 年度再生能源電能躉購費率及其計算公式」，與 111 年度躉購費率相比，均保持平穩或微幅上漲，並新增小水力發電不及 500kW 費率級距及「農林植物」躉購費率類別。後續綠電應用，可依慮電發展經營與用途，初步分類為以下四種：

1. 社區營利型

將電業視為社區發展產業的一種，綠電躉售台電或轉供第三方，以臺南市設置容量 100kW 試算，每年約有 55,673 元租金收入。若未躉售台電時，能再附加再生能源憑證收益。

2. 農業經營型

綠電直供社區企業、農（漁）場經營或自用，用以協助農產業經營，多餘的綠電躉售台電或轉供第三方。若未躉售台電時，能再附加再生能源憑證收益，並可促成第三方支持認購其生產之農特產。

3. 公共服務型

綠電直供社區使用，投入於社區如夜間照明、充電站、供餐、學堂、居民聚會點所需用電等公共服務事項。

4. 民生節電型

綠電直供、轉供出資公民居家民生使用，發揮節電效益，多餘綠電可躉售台電或轉供第三方（購電方）。若未躉售台電時，能再附加再生能源憑證收益。

本文依據前述環境評估作業篩選出水面型光電案場設置可行性較高之 4 處案場，包括鹿角埤、三平茅埔農塘、豐德發電廠旁農塘及新化區礁坑里農塘，進行農塘水面型太陽光電案場可行性評估作業。各案場之可行性評估成果，展列如表 4 所示。

表 4 水面型太陽光電案場可行性評估成果彙整表

項次	案場別	案場規模 (kW)	預估最大年可發電量 (萬度電)	鄰近饋線可併容量	土地權屬分析	回收年限 (年)	綠電應用模式
1	鹿角埤	3,500	388.71	4E15 (0kw)	100%國有地	11.06	農業經營型 公共服務型
2	三平茅埔農塘	2,000	222.12	BN34 (0kw)	100%國有地		社區營利型 民生節電型 農業經營型 公共服務型
3	豐德發電廠南側農塘	1,800	199.91	4E17 (5,500kw)	15%國有地		農業經營型 公共服務型
4	新化區礁坑里農塘	500	55.53	KY37 (340kw)	100%國有地		民生節電型 公共服務型

其中，以三平茅埔農塘綠電應用模式最為多元，鄰近內門貳埔社區，內門公所、內門區農會、宋江兵器展示館及鴨母寮文化園區等，未來可優先推動以農村社區營利型與民生節電型進行初步規劃與社區民眾意願調查，將電業視為當地發展一環，回饋農村社區。

五、結論與建議

南部地區由於日照較長且土地相對容易取得，水面型太陽光電案場具有良好的應用前景，使其成為增加再生能源產能，並提高能源自主性的重要方法。而相比於水庫及滯洪池等大型水域，農塘分布更廣且相對容易取得，若將水面型太陽光電案場建置於農塘，應可有效利用水域資源，並提供更多再生能源供應。本文已建立農塘水面型太陽光電案場評估作業，含篩選面積、環境評估及可行性評估等三大評估重點，經標準化評估程序後可助於未來農塘水面型太陽光電案場開發，據以確保建置可行性，以及後續運作時可最大化其發電效益。

另建議後續可納入物聯網觀測技術（如水位、日照計等），經長時間累積環境觀測資料，應可有效掌握農塘即時蓄水面積、太陽日照強度，以利更有效量化農塘水面型太陽光電案場發電量。

謝 誌

感謝行政院農業部農村發展及水土保持署臺南分署，提供計畫（編號：ARDSWC-112-152）經費補助，作者深表謝忱。

參考文獻

農村水保署臺南分署（2023），「112年臺南分局韌性坡地保育暨二仁溪內門農塘示範區推動計畫」。

內政部國土測繪中心（2023），國土測繪圖資服務雲，<https://maps.nlsc.gov.tw/T09/mapshow.action>。
台灣電力公司（2023），配電級再生能源可併容量查詢系統，<https://hcweb.taipower.com.tw/geohc/>。
經濟部能源署（2023），公民電廠推動資訊網，<https://www.cre.org.tw/>。
Redón-Santafé, M., Ferrer-Gisbert, P. S., Sánchez-Romero, F. J., Torregrosa Soler, J. B., Ferrán Gozávez, J. J., & Ferrer Gisbert, C. M. (2014). Implementation of a photovoltaic floating cover for irrigation reservoirs. *Journal of cleaner production*, 66, 568-570.

Vue.js 前端框架之初探

謝昇航* 林永青**** 黃舒郁*** 蕭釗瑛** 謝銘智**

摘要

網頁前端技術的發展，從最初的 HTML 和 CSS 到 JavaScript 的誕生，再到 jQuery 等函式庫的應用，以解決 DOM (Document Object Model, DOM) 操作和事件處理的問題。隨著網頁應用變得更加複雜，單頁式應用程式 (Single Page Applications, SPA) 概念應運而生，推動新一代前端框架的興起。其中 Vue.js 為輕量、易學及漸進式框架，提供較為平滑的學習曲線，可快速開發中小型的網頁應用，同時於大型網頁應用仍能保有足夠的擴展性。

宣告式渲染 (Declarative Rendering) 及元件系統 (Component system) 分別為 Vue.js 兩個重要的核心概念。開發者藉由宣告式渲染可只需要關注資料狀態，將應用的狀態與 DOM 進行綁定，使得代碼更簡潔且易於理解；元件系統則允許開發者將使用者介面劃分為獨立及可重複使用的元件，促使前端開發更具結構性及可維護性。本文以運輸資料流通服務平臺 (TDX) 中，臺北捷運車站出入口基本資料作為實例演練標的，對比 Vue.js 與網頁原生開發上的差異，藉此探討 Vue.js 為開發者所提供直觀且高效的開發體驗。

關鍵字：網頁前端、Vue.js、漸進式框架、宣告式渲染、元件系統

一、前言

網頁前端技術的演進是一個不斷發展的過程，最初為基本的 HTML (超文本標記語言) 及 CSS (階層式樣式表) 組合而成，分別用於結構化和美化網頁內容。隨著用戶網頁需求的增加，靜態網頁已經無法滿足需求。其後 1995 年誕生的 JavaScript 提供動態網頁的基礎，使得開發者可以

動態地更新及修改頁面內容，實現與用戶的即時互動。

另外，文件物件模型 (Document Object Model, DOM) 常用為 HTML 文件的程式介面，使得 JavaScript 能夠更簡易地操作和改變網頁結構。早期為了解決網頁瀏覽器兼容性問題及簡化 DOM 操作和事件處理，開發者通常依賴 jQuery、ExtJS 等函式庫。這些函式庫簡化上述操作，使得開發

* 中興工程顧問社土木水利及軌道運輸研究中心副研究員
** 中興工程顧問社土木水利及軌道運輸研究中心高級研究員
*** 中興工程顧問社土木水利及軌道運輸研究中心正研究員
**** 中興工程顧問社土木水利及軌道運輸研究中心地理資訊組組長

者能夠更輕鬆地實現互動性效果。惟隨著網頁應用程式變得越來越複雜，這些函示庫的限制及問題也逐漸浮現。

近年隨著網路速度的進步及瀏覽器功能的提升，網頁應用及服務也更加豐富及複雜，促使 SPA (Single Page Applications) 的概念逐漸興起，將整個應用程式加載在單一網頁，而不是傳統的多頁應用於切換頁面時，均需要重新加載整個頁面，提供更流暢的使用者體驗。

於此背景下，新一代的前端框架應運而生，目前 Angular、React 和 Vue.js 逐漸備受開發者關注，以上框架皆有獨特的優勢和特點。Angular 主要由 Google 開發及維護，是一個全面且功能豐富的框架，適合用於開發大型、多功能且需要長期維護的企業級應用。Angular 強調全面性，提供了許多開發工具和功能，同時採用了 TypeScript 作為主要開發語言。由於設計理念及架構較為複雜度，其學習曲線較陡峭；React 由 Facebook 打造，以虛擬 DOM 和元件化的設計而著稱。React 提供了自由的開發風格，開發者根據項目需求，可靈活搭配其他函式庫和工具，並採用 JSX (JavaScript XML) 語法協助開發；Vue.js 由尤雨溪 (Evan You) 開發，起初為作者於 Google Creative Lab 工作期間受 Angular 的啟發，另外啟動一個實驗性專案，於 2014 年對外發布 Vue.js 0.8 版本。其後隨著不斷的發展及改進，使 Vue.js 於開發者社群受到廣泛的關注及使用，最後在於 2015 年 10 月正式發布 Vue.js 1.0 版。Vue.js 為輕量、易學及漸進式框架，並借鑑 React 的虛擬 DOM 概念，同時參考 Angular 的雙向資料綁定。由於 Vue.js 在輕量性及易學性上取得了平衡，適用於中小型網頁應用程式。目前，Vue.js 已經更新至 Vue 3 版本，以優異的性能及特性，提供使用者更好的開發體驗。

在以上三者之中，我們選擇聚焦於 Vue.js，

並非忽視 Angular 及 React 的重要性，而是基於 Vue.js 具有輕量、易學及靈活等特性，且納入 React 和 Angular 的優勢，並避免了它們的複雜性。特別是對於初學者，Vue.js 提供較為平滑的學習曲線，可快速開發中小型的網頁應用，同時於大型網頁應用仍能保有足夠的擴展性。

二、Vue.js 基本概念

Vue (音同 view) 是一個基於標準 HTML、CSS 及 JavaScript 用於開發網頁應用的 JavaScript 漸進式框架，並提供一套宣告式渲染 (Declarative Rendering)、元件系統 (Component system) 的程式設計模式，提高使用者的開發效率，適用於簡單到複雜的網頁程式應用。

(一) 漸進式框架

Vue.js 於官網中介紹自己是一個漸進式框架 (The Progressive Framework)，其設計理念主要著重於框架的靈活性及逐步整合性。開發者可以按照需求引入 Vue.js，從基本使用如圖 1 的宣告式渲染、元件系統到前端路由 (Client-Side Routing)、大規模狀態管理 (Large Scale State Management) 及最後的建構系統 (Build System)。開發者可充分利用其功能，而不必直接面對陡峭的學習曲線。Vue.js 的漸進式特性使其適用於大多數開發項目，從小型網頁應用到大型網頁應用，都能夠找到適合的整合方式。



圖 1 Vue.js 漸進式框架

(二) 宣告式渲染

宣告式渲染是 Vue.js 中一個核心概念，為基

於標準 HTML 延伸一套模板語法，使開發者可以宣告式描述輸出 HTML 與 JavaScript 狀態之間的關係。開發者只需要關注資料的狀態，Vue.js 會自動更新並重新渲染 DOM。這種方式相對於命令式的 DOM 操作，使得程式碼更簡潔且易於理解。

（三）元件系統

元件系統是 Vue.js 的另一個重要概念，它將使用者介面區分為獨立及可重複使用的部分，且可以對每個部分進行獨立設計，即每個元件可封裝其自定義的內容、樣式及邏輯。而整個網頁應用程式則由這些元件以樹狀結構組成。每個 Vue.js 網頁應用或元件皆由實體（Vue instance）開始，是 Vue.js 的核心元素之一。於建立實體過程時，開發者可使用 Options API 或 Composition API 兩種不同的撰寫風格進行定義。

（四）Options API

Options API 是以「元件實例」（component instance）為中心，使用基於物件的語法來定義元件選項，如 data、methods、computed 和 watch。這種類別為基（class-based）的撰寫風格，使物件導向程式設計（Object-oriented programming, OOP）背景的開發者更容易理解及使用。這種以物件方式定義元件組成，並隱藏響應式細節，對於初學者更友好及易於上手。

（五）Composition API

Composition API 是在 Vue 3 中引入的，提供以函數的方式開發元件。它允許開發者在函數範圍內定義響應式狀態變數，並通過多個函數管理這些變數，可有效處理複雜問題。這種模塊化管理程式碼的撰寫風格，使組織結構更具靈活性，並且對 TypeScript 提供更好的支持。然而，這種方法需要理解 Vue.js 的響應式工作原理，對初學

者來說具有一定的挑戰性。另外，對於簡單的元件來說，基於函數的方式可能顯得過於複雜。

Vue.js 主要核心概念在兩種風格之間皆通用，可供初學者按自己需求選擇更易於理解的撰寫風格。而 Options API 因其簡單性和結構性，通常被推薦作為學習 Vue.js 的起點。在生產環境中，如果不使用構建工具或應用場景較為簡單，建議使用 Options API；如欲計劃構建完整的應用程式，則可選擇 Composition API。Vue.js 設計支持兩種 API，未來將持續改進及支持這兩種撰寫風格。選擇使用哪種 API 將取決於開發項目的具體需求及開發者對 Vue.js 概念的熟悉程度。

由於本文旨在介紹和探索 Vue.js 前端框架，因此選擇使用 Options API 作為範例，以便初學者能夠更輕鬆地理解及掌握 Vue.js 的基礎知識及操作。

三、宣告式渲染

Vue.js 的模板語法以宣告式來描述網頁結構。類似常見的 HTML，另加入一些特殊的指令，使我們能夠實現資料的綁定、條件渲染、列表渲染等功能。模板語法的直覺性使開發者能夠更容易地構建動態且豐富互動性的網頁應用。

（一）模板語法

Vue.js 的模板語法採用 Mustache，即在 HTML 中以雙大括號 {{ }} 方式來表示，括號中的內容則為代入的資料。如圖 2 所示，雙大括號中的 message 會被替換為元件實體中 message 的屬性值。

（二）實體與資料綁定

實體與資料綁定是 Vue.js 實現宣告式渲染的方式，通過將 Vue.js 實體與介面元件進行綁定，

任何資料的變動都會自動反映在畫面上，使畫面保持與資料的同步。在 Vue.js 實體中，data 用於定義 Vue.js 實體的資料。這些資料可以在模板中被綁定，並且當資料發生變化時，相應的畫面部分會自動更新；methods 用於定義 Vue.js 實體的方法。這些方法可以被模板中的事件觸發或被其他實體或方法調用；而 computed 則用於定義基於 Vue.js 實體資料計算而來的屬性，這些計算屬性可以直接被模板使用，當被計算的資料變動時，會自動觸發重新計算。這樣的設計確保了資料為單一的變動來源，使資料狀態更容易追蹤和管理。



圖 2 模板語法

圖 4 條件渲染 v-if、v-else、v-else-if

由於雙大括號不能直接於 HTML attributes 中使用，如想要綁定一個 attributes 時，則使用 v-bind 指令，即 v-bind:[attributes]。此外，v-bind 使用頻率很高，可使用直接省略 v-bind 的語法，如圖 3 所示。而指令 (Directives) 是帶有 v- 開頭的特殊屬性，為 HTML 元素提供額外的行為。這些指令以宣告式的方式將 JavaScript 邏輯應用於 DOM，使得開發者能夠輕鬆地操作元素、資料及事件。



圖 3 Attribute 綁定

(三) 條件渲染 (Conditional Rendering)

條件渲染是指根據特定的條件來動態地顯示或隱藏特定的元件或網頁內容：

1. v-if、v-else、v-else-if

v-if 用於有條件地渲染一塊內容，這塊內容僅在指令的表達式傳回 true 時才被渲染；v-else 則必須放置於 v-if 或 v-else-if 元素後，否則將視為無效；v-else-if 提供的是對應 v-if 的 else if 內容，如圖 4 所示。

2. v-show

v-show 為根據條件的真假來切換元素的可見性，不同於 v-if，元素始終存在於 DOM 中。即 v-if 是以渲染的方式來控制內容是否顯示；而 v-show 則是以 style 的方式來控制。

(四) 列表渲染 (List Rendering)

Vue.js 透過 v-for 指令可將陣列、物件或數字範圍進行迭代渲染，即歷遍指定對象的屬性並生成重複的元素，如圖 5 所示。

(五) 事件處理

v-on 指令用於監聽 DOM 事件，如點擊、鍵盤輸入、滑鼠移入移出等事件。當指定的事件被觸發時，執行對應的 JavaScript 或 Vue.js 實體的方法。由於 v-on 使用頻率很高，Vue.js 提供如同

v-bind 另一種簡化的語法，如圖 6 所示。



圖 5 列表渲染



圖 6 事件處理

將模板、資料及邏輯封裝成一個獨立的單位，以利重複使用及維護。每個元件都有自己的作用域，元件之間的資料和方法相互獨立，不會互相影響。元件系統的組織使得網頁應用程式的結構變得更加清晰，嵌入的方式與 HTML 元素類似。通過將一個網頁應用程式切分為多個小型、獨立的元件，開發者可以更容易地管理程式碼，並提高程式碼的可讀性及可維護性。元件之間的嵌套關係形成一個樹狀結構，使開發者可以按照邏輯及結構，組織整個網頁應用，如圖 8 所示。

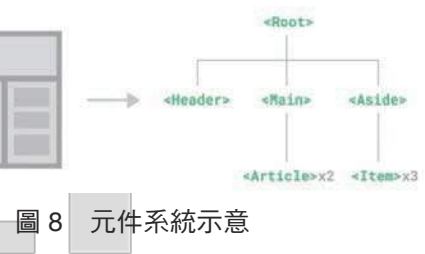


圖 8 元件系統示意

(六) 表單輸入綁定

v-model 主要用於將表單元素 (input、textarea、select 等) 的值與 Vue 實體中的資料進行雙向綁定。即當表單元素的值發生變化時，所對應 Vue.js 實體的資料也會同步更新；反之亦然，如圖 7 所示。

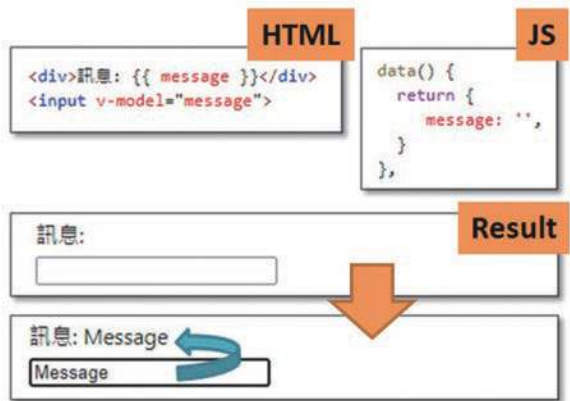


圖 7 表單輸入綁定

(一) SFC

SFC (Single File Component) 係 Vue.js 的元件檔案，主要將元件的模板、腳本及樣式同時放置於一個檔案，提供開發者更方便管理及使用的建構方式，是較常見的元件使用方式。每個 SFC 檔案都以 .vue 為副檔名，且通常包含以下三個區塊，如圖 9：

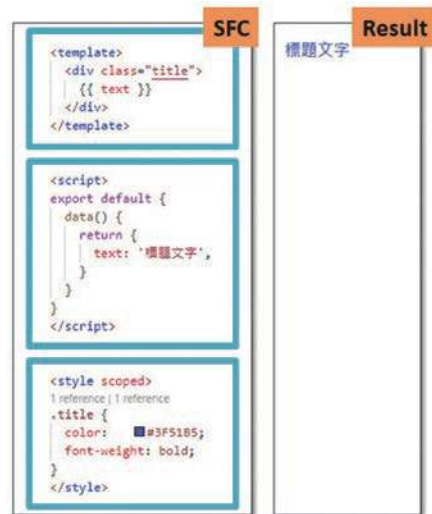


圖 9 SFC 單一元件檔

四、元件系統

元件系統是 Vue.js 中最主要的功能之一，它

1. 模板 (Template)

<template> 區塊主要放置 HTML 元素或其他元件，用於描述元件的結構。

2. 腳本 (Script)

<script> 為元件主程式區塊，放置元件的主要程式碼或引用其他 SFC 檔案，而 export default 用於導出元件實體。

3. 樣式 (Style)

<style> 區塊為放置元件樣式，如同 HTML 的 <style> 主要使用 CSS 來定義元件中元素的樣式。此外，可使用 <style scoped> 來將樣式規則限縮於該元件，防止元件間樣式產生相互影響。

件傳遞給子元件，子元件無法直接修改父元件的資料。這種溝通方式簡單明瞭，方便不同元件之間的互動且易於追蹤資料變化。



圖 11 元件之間溝通

(二) 元件的嵌入與溝通

嵌入 SFC 元件前，需於 <script> 區塊透過 import 的方式引入元件，並於 Vue.js 實體加入 components 屬性後，將元件註冊在 components 內。註冊後即可於 <template> 區塊中調用，需注意元件檔案及 <script> 區塊引入通常以大駝峰式 (PascalCase) 命名；而於 <template> 區塊嵌入則以烤肉串式 (Kebab Case) 命名，如圖 10 所示。

五、實例演練

本文以開放式資料 (Open Data) 「運輸資料流通服務平臺」(Transport Data eXchange, TDX) 中，臺北捷運車站出入口基本資料作為實例演練標的，使用 Vue.js 實作臺北捷運車站出口位置網頁，如圖 12 所示。

```
<template>
  <my-content></my-content>
</template>

<script>
import MyContent from './MyComponent.vue'

export default {
  components: {
    MyContent,
  }
}</script>
```

圖 10 嵌入元件

元件系統允許父子元件之間，以單向資料流的概念進行溝通。即父元件向子元件傳遞資料時，子元件通過 props 屬性接收；而子元件則以通過 emit 事件向父元件發送消息。資料單純的從父元

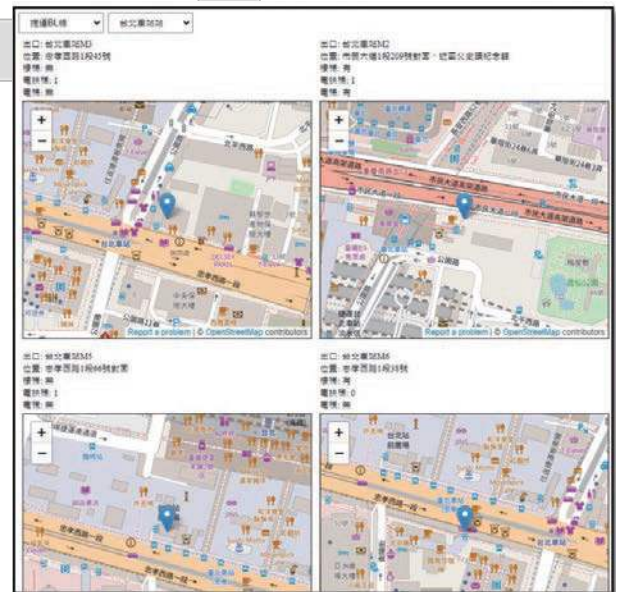


圖 12 臺北捷運車站出口位置網頁

宣告式渲染及元件系統等核心，討論 Vue.js 提供開發者更直觀且高效的開發體驗。Vue.js 作為前端框架的優勢和應用是廣泛而深厚的，且提供 Options API 及 Composition API 兩種撰寫風格，開發者可依據開發項目的具體需求及對 Vue.js 概念的熟悉程度，選擇適合自己的 API 作開發。建議開發者未來能夠進一步深入學習 Vue.js 生態系統，如 Pinia、Vue Router、TypeScript 等工具，有助於開發者更靈活及全面地應對各種前端開發需求。

參考文獻

黃舒郁、蕭鈞瑛、謝銘智、林永青、謝昇航（2021）開放

式 GIS_API 整合 Open_Data 在手持裝置開發方式之初探，中興工程季刊，第 153 期，PP. 37-45
許國政（2021），重新認識 Vue.js：008 天絕對看不完的 Vue.js 3 指南（初版），博碩文化股份有限公司
中華民國交通部「運輸資料流通服務平臺」，<https://tdx.transportdata.tw/>
中華民國交通部「臺北捷運車站出入口基本資料」，<https://tdx.transportdata.tw/api/basic/v2/Rail/Metro/StationExit/TRTC?%20format=JSON>
中華民國交通部「運輸資料線上 API 使用指引」，<https://tdx.transportdata.tw/api-service/swagger/>
Vue.js. 2024. 「The Progressive JavaScript Framework」. <https://vuejs.org/>
尤雨溪. 2016. 「Vue 2.0—漸進式前端解決方案」. <https://www.infoq.cn/article/vue-2-progressive-front-end-solution/>

叢書訊息

(一) 堆填壩施工手冊(增修版)

邱鴻章 編著

2022 年 2 月初版

(二) 廢污水生物急毒性檢測與應用評析

許國恩、林宜璇、吳佳娟、
烏春梅、林淑滿等 編著

2020 年 11 月初版

(三) 台灣地區巨積混凝土配比與熱學特性之研究

詹穎雯、陳育聖、邱暉仁、
何季軒等 編著

2020 年 7 月初版



智慧科技結合工程實務 / BIM及VR技術整合

數位技術創新應用

■ 持續整合BIM及VR等數位技術能力

中興公司強化新式資訊設備與技術於工程與管理的應用，並積極導入更多元的智慧科技與創新構想於工程實務，有效且持續提升工程品質與管理效率。中興具備優異的BIM設計自動化及跨專業整合能力，有效地將工程計畫所含項目及其設施之物理和功能特性，以數值方式儲存，整合成資訊並轉化為共享的知識資源，作為工程全生命週期決策支援之依據。應用BIM技術促進資訊整合與溝通，大幅減少工程生命週期各階段或跨階段可能遭遇的問題、降低工程施作的時間與成本，有效管控工程品質，進而降低風險。

BIM協同作業平台功能模組) 元件共享) 程式更新) 模型管理) 模型預覽) 議題追蹤) 整合報表) 工作會議

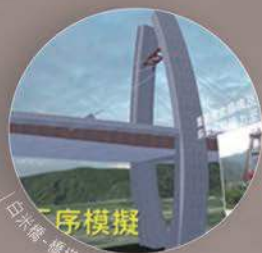
■ 虛擬實境技術的工程應用三軸向

◆ 勾勒願景-工程規劃與設計構想的實現 /

盡可能準確傳達工程規劃與設計的理念與構想，讓利害關係者能夠適切的了解提案內容，進而接受設計理念或至少能夠聚焦議題，避免因認知上的落差，導致不斷反覆修正、產生不信任等負面觀感，除應用於工程規劃或設計概念的體現，中興工程並應用VR進行人因工程的檢討，提升規劃設計成果的品質。



星興樞樑大樓-虛擬實境



日米橋-橋塔工序模擬

◆ 重現實景-設計成果與施工過程之實景體現 /

透過VR完整而充分地回顧工程設計特色及施工管理的過程與細節，對內可以提升團隊的榮譽感並建立知識傳承，對外則是設計監造服務成果的品質保證以及能力展現。中興公司結合計畫管理資訊系統(PMIS)的影像與工序資料保存，以擴增虛擬實境的觀念打造虛擬展示空間；成功應用VR重現關鍵工法及工序。



VR應用-工安教育訓練

◆ 訓練技職-施工現場危害預防之落實 /

中興公司於2019年通過ISO 45001驗證，基於對於勞工安全衛生的高度重視，將VR技術應用於重要工程監造工安教育訓練。根據工程管理專業經驗彙整之高危險、高重複性之工安與品管檢查項目，結合各式建模技術並與工地實景整合，完成極具臨場感的VR教材，強化相關人員掌握工地現地狀況、確保安全的能力。



應用 BIM 技術整合輸出數量 計算書

楊宗融* 許睿勳* 吳中期* 黃琬淇**

摘 要

數量計算書及預算書在工程設計成果中扮演十分重要的角色，但在執行跨專業複雜的設計計畫時，各個專業部門不同工程師所產出的計算書及預算書可能會依部門性質不同而有些微差異，進而產生資料不一致的問題，需要再花費大量時間進行調整，也會造成後續應用的困難。因此中興公司以 BIM (Building Information Modeling) 技術為主要基礎，建置從 BIM 模型產出數量計算書及可兼容於 PCCES 的預算書之流程。技術面基於中興公司自主開發之 PMIS-BIM 協同作業平台及規範預算輔助平台，在元件共享模組、Revit 軟體以及資料對應模組之間，透過 Revit API (Application Programming Interface) 的開發進行資料的傳遞、應用及擷取。政策面要求各個部門人員長期上傳預算書，於規範預算輔助平台檢核後，成為中興工料手冊進而統一預算編碼，來確保各個專業部門之專業人員進行跨部門合作時，資料的一致性與正確性。此流程不僅可以維持預算書的品質，也讓中興公司同仁能夠進行資料的參考及延伸後續的應用。

關鍵字：BIM、數量計算書、PCCES、預算書、Revit API

一、背景與緣起

BIM (Building Information Modeling) 技術是一種工程資訊管理的方法及流程，能夠整合多個專業領域的成果，降低專業人員之間溝通的障礙，近年來導入 BIM 技術的工程服務計畫數量逐漸攀升。重大計畫執行 BIM 工作，建立各個專業領域的 BIM 模型已是不可避免的任務，每個 BIM 模型都是由一個個獨立的元件所組成。這些元件本

身擁有各自的參數屬性以及外觀，能夠向使用者或瀏覽者傳達重要的設計資訊，也能減輕建置模型的負擔，因此元件在 BIM 流程中扮演著相當重要的角色。

中興工程顧問股份有限公司（以下簡稱中興公司）針對公司同仁所製作的元件資產，於 PMIS-BIM 協同作業平台中開發元件共享模組來管理公司組織內部的元件，如圖 1 所示。藉由網頁介面提供管理功能，以及整合至建模軟體之元

* 中興工程顧問公司研發及資訊部工程師

** 中興工程顧問公司研發及資訊部副經理

件擺放程式，讓計畫可以統一元件，同仁也不需要將元件下載至個人設備之中進行管理。進而達到公司元件資源共享，也能夠避免產生各種重工或品質下降的問題（許睿獻等，2020）。



圖 1 BIM 元件共享模組介面

而在執行計畫時，數量計算書及預算書一直是工程設計成果中非常重要的一環。中興公司採專業分工，各個專業部門都具備有特定專業人員來產出這些設計成果，但面臨跨部門或跨專業的工作時，不同工程師所產出的計算書及預算書可能會有些微差異，整合時需要再耗費大量時間進行調整，部分的內容也可能因為工程師或部門性質不同，而有不一樣的名稱或格式，雖然不致於影響成果的正確性，但資料不一致的問題會造成品質的疑慮及後續應用的困難。

因此中興公司以 BIM 技術作為主要基礎，應用過去在預算編制及 BIM 工作所累積的資料庫，配合元件共享模組上的功能以及元件的參數資訊，依專案成果提交之需求，建置使用數量計算書及預算書產出之程式。透過對應 PCCES（Public Construction Cost Estimating System）中的公共工程綱要與細目編碼，找出歷史相對應的預算項目以及工作項目作為參考，並制定使用之標準作業程序，以產生品質符合計畫需求之數量計算書及預算書提交參考內容。

此外，中興公司於政策面導入 ISO9001 品質管理系統，在知識管理程序書中要求各部門人員

上傳施工規範（趙志偉等，2010）及預算書（林芳輝等，2022）至規範預算輔助平台，並透過平台功能檢核分類後，彙編成為中興工料手冊，逐步統一預算編碼。如此從技術面與政策面同時出發，不僅增加數量計算書及預算書的品質及正確性，也提升工程師的產出效率。

二、開發架構與目標

應用 BIM 技術整合輸出數量計算書之方法架構，如圖 2 所示，主要是由元件共享模組、Revit 軟體以及資料對應模組三個部分所組成，並透過 Revit API（Application Programming Interface）進行資料的傳遞、應用和擷取，來確保資料的一致性及正確性。以下則針對此三個部分分別做說明。

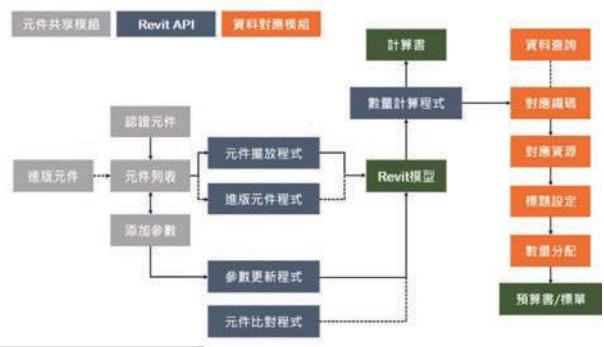


圖 2 應用 BIM 技術整合輸出數量計算書方法架構

（一）元件共享模組

目前元件共享模組已蒐集中興公司各個部門過去在實際計畫中提送的元件，總數超過一萬個，並提供特定機制來整理及分享元件群組，供後續計畫重複運用，避免重工並提高成果產出的一致性。於圖 2 的開發架構中，可以於此模組進行認證元件、添加參數以及進版元件的動作；說明於後。

1. 認證元件：

各個部門的設計或建模工程師，於模組中標

記部門或計畫常用且有效的元件進行認證。

2. 添加參數：

預算編列人員針對認證完成的元件進行添加 PCCES 編碼相關參數的作業。

3. 進版元件：

若認證元件有修改屬性或是新增尺寸類型，可將元件進版。

(二) Revit 軟體

為了使平台資訊與 Revit 軟體之間做資料溝通，於圖 2 的開發架構中，中興公司開發 5 個 Revit API 程式，來確保平台與 Revit 軟體資料的一致性及其正確性。以下分別針對此 5 個 Revit API 做功能上的說明：

1. 元件擺放程式：

設計或建模工程師可透過元件擺放程式，將平台認證元件列表的元件，直接使用於 Revit 模型當中，無需另外下載至本機端。

2. 進版元件程式：

若認證的元件在平台上有進版，設計或建模工程師即可使用進版元件程式，於 Revit 模型進行新版元件的更新或版本的切換。

3. 參數更新程式：

預算編列人員在平台上，將 PCCES 相關編碼參數新增完成後，設計或建模工程師即可透過參數更新程式，快速將平台添加的參數，同步更新到 Revit 模型中。

4. 元件比對程式：

設計或建模工程師在建置模型時若不是透過元件擺放程式來使用認證元件列表中的元件，或是建置完模型後再進行認證元件。這樣的情況就會造成 Revit 模型與平台無法做資料的連動。此時可透過元件比對程式，讓 Revit 模型中的元件與平台上的元件做資料的連結，後續即可進行資料同步作業。

5. 數量計算程式：

主要開發 2 種形式的數量計算程式。第一種為從 Revit 模型中，元件數量經過一定客製化規則計算，直接產出計算書的「數量計算程式」。第二種為將 Revit 模型中具有 PCCES 相關參數的元件數量，依據編碼所對應的單位做數量的擷取，並上傳至資料對應模組的「上傳 PCCES 數量資訊程式」。

(三) 資料對應模組

資料對應模組主要是提供一個平台可以做預算書與標單的歷史資料查詢，以及可透過從 Revit 軟體上傳的元件數量資訊資料，經過數量資訊分配的功能，進一步地產出新的預算書或標單。因此可以藉由此平台的資料，來統整相關的 PCCES 編碼及資源項目名稱，作為公司層級的產出標準，讓預算書建置作業具有一致性，以提升中興公司發包文件產出之品質。以下分別針對此模組於圖 2 開發架構的功能做說明：

1. 歷史資料查詢

資料對應模組的首頁會列出平台上所有歷史預算書的資料，其資料來源主要是從中興規範預算輔助平台介接預算書資料，如圖 3 所示。可以透過計畫、合約名稱、合約編號、政府單位以及預算書的標籤，來進行預算書資料的篩選查詢並觀看，如圖 4 所示。

2. 管理 PCCES 數量資訊

透過「上傳 PCCES 數量資訊程式」，可將 Revit 模型中具有 PCCES 相關編碼參數的元件數量，上傳至資料對應模組並成為一個計畫的 PCCES 數量資訊項目。此時平台程式會自動將 PCCES 相關的編碼資訊，與平台資料的編碼做比對，找到相符的編碼並關聯相對應的資源。繼而可透過預算書標題設定，將設定的標題進行相對應資源項目中元件數量的分配，分配完成後即可產出此計畫預算書或標單的 xml 檔案，提供預算

編列人員進一步再匯入 PCCES 軟體補充 BIM 模型中沒有建置的部分。因此若模型中有建置相關

資訊，資料即可有效連動，模型建置越完整，後續預算編列人員需要補充的資訊就會越少。

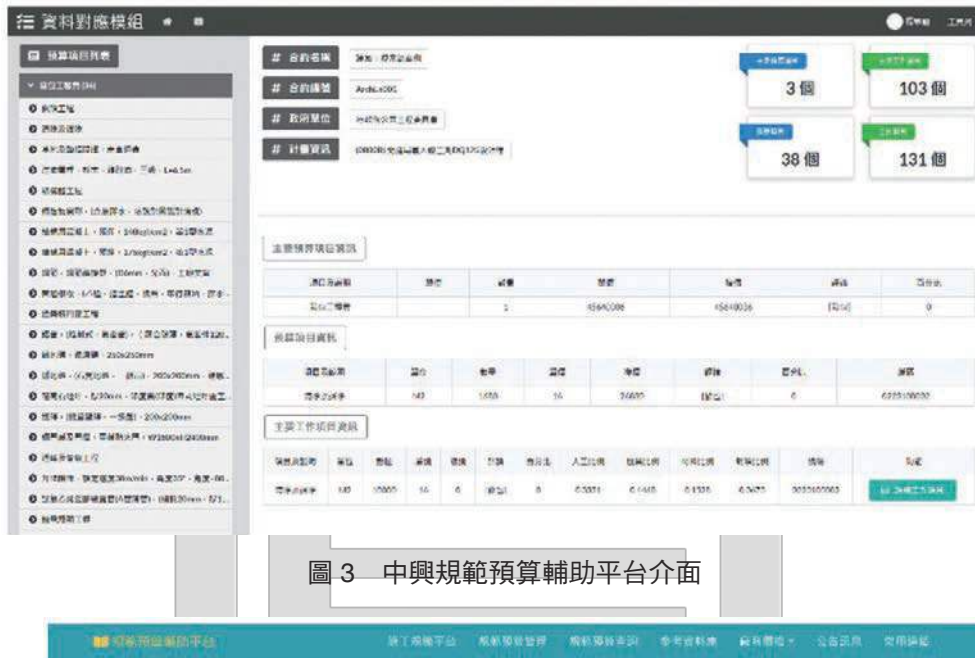


圖 3 中興規範預算輔助平台介面



圖 4 資料對應模組資料查詢介面

綜合上述的說明，整體應用 BIM 技術整合輸出數量計算書方法的架構，除了透過 Revit API 將資料在元件共享模組、Revit 軟體以及資料對應模組之間傳遞，來確保資料的正確性及一致性外，也將執行計畫時設計或建模工程師以及預算編列人員的工作區分開，如表 1 所示，可以讓不會操作 BIM 軟體的預算編列人員，透過操作平台的方式來融入 BIM 協作流程，進而降低 BIM 協同作業的門檻。

因此整體整合 BIM 及 PCCES 技術的執行流程，不僅能透過認證元件的動作來提升中興元件

庫的品質，也能藉由預算書資料的累積快速輔助應用至類似的計畫上。

表 1 專業人員工作項目區分

| 工作項目 | 操作軟體 | 設計或建模工程師 | 預算編列人員 |
|-------|-------|----------|--------|
| 認證元件 | 平台 | ✓ | |
| 添加參數 | 平台 | | ✓ |
| 建立模型 | Revit | ✓ | |
| 匯出數量 | Revit | ✓ | |
| 製作預算書 | 平台 | | ✓ |
| 補充資訊 | PCCES | | ✓ |

三、應用 BIM 技術整合輸出數量計算書案例

應用 BIM 技術整合輸出數量計算書的方法，可以運用於有執行 BIM 的計畫中，產出計畫的數量計算書或預算書。以下即以一個建築設計計畫為例，說明如何依據圖 5 的流程圖，依序就元件共享模組、Revit 軟體以及資料對應模組三個部分進行操作後產出此計畫的預算書，並在最後提出小結。



圖 5 產出預算書的執行流程

(一) 元件共享模組

設計或建模工程師在進行模型建置之前，需先到元件共享模組進行「認證元件」的動作。首先，需要先在平台中建立一個元件分類，並將此計畫會使用到的元件加入新增的元件分類中。設計或建模工程師先於元件共享模組首頁的工具列中，點選「我的收藏」的按鈕，進入到頁面後點選「新增元件分類」的按鈕，即可選擇元件分類的類型，並輸入分類的名稱，如圖 6 所示，內容輸入完成後可點擊「建立」的按鈕，就完成元件分類的建立。

元件分類建立完成後，可透過平台的搜尋功能，包括元件名稱、元件品類、Revit 版本、部門等過濾條件以及進階搜尋的方式，來找尋此計畫所需使用的元件。尋找到元件後，即可點選元件

右下角「設定分類」的按鈕，並選取新建立的分類，如圖 7 所示。重複上述步驟，將計畫會使用到的元件都加入到分類當中，即完成「認證元件」的動作。



圖 6 新增元件分類介面



圖 7 設定元件分類介面

設計或建模工程師認證完元件後，就可通知預算編列人員到平台中，進行「添加參數」的動作。需要先在平台中找尋到認證元件的列表，針對元件的類型進行 PCCES 相關編碼參數的新增。找尋到欲新增參數的元件，點選「檢視元件」的按鈕，並於元件資訊介面上方點擊「新增元件參數」的按鈕進行參數的新增。

將欲新增的 PCCES 相關參數內容輸入後，包含參數名稱、參數值、實體或類型參數、新增或刪除參數、參數唯讀與否以及使用與否，即可點擊「新增」的按鈕，就可以將參數新增完成。而

新增完成的結果會顯示於元件資訊列表的中興參數中，如圖 8 所示。



圖 8 新增元件參數內容介面

(二) Revit 軟體

於元件共享模組完成「認證元件」的動作後，設計或建模工程師即可開始進行模型的建置。在 Revit 軟體中，於「中興研資」的頁籤點選「使用收藏」的按鈕。就可以點選認證元件列表的元件分類，點擊列表裡的元件進行元件的擺放，程式會直接將選取的元件載入到 Revit 專案讓使用者做建置。

在使用元件擺放程式進行模型建置的同時，程式就會自動將此元件與平台做資料的連結。如果此元件已經被預算編列人員添加 PCCES 相關的參數，元件在建立的同時，參數也會同時被新增於元件當中，如圖 9 所示。



圖 9 元件 PCCES 參數新增

設計或建模工程師無論在預算編列人員是否完成添加參數的工作，都可以先在認證元件完成後進行模型建置，在模型建置的過程中或是模型建置完成，預算編列人員只要完成參數的添加，或是針對添加過的參數進行修改，設計或建模工程師就可以透過「更新中興參數」的程式，將參數更新到 Revit 模型中。

而當模型建置完成並確定參數更新後，就可以將整個 Revit 專案中具有 PCCES 相關參數的元件數量及資訊，上傳至資料對應模組。即可在「中興數量」頁籤中點選「上傳 PCCES 數量資訊」的按鈕來執行。設計或建模工程師可針對此 Revit 模型所屬的計畫進行選擇，選擇完後點選「上傳 PCCES 數量資訊」的按鈕，程式就會將具有 PCCES 相關參數元件的數量，依據 PCCES 編碼所對應的預算或工作項目之單位進行數量的擷取，並上傳至資料對應模組。

(三) 資料對應模組

將 PCCES 數量資訊上傳至資料對應模組後，即可針對此計畫上傳的 PCCES 數量資訊項目進行設定並下載預算書或標單。在資料對應模組首頁點選右上角「管理 PCCES 數量資訊」的按鈕，就可進入個人上傳的 PCCES 數量資訊列表頁面，如圖 10 所示。



圖 10 PCCES 數量資訊列表頁面

在列表中透過計畫資訊及 Revit 模型檔案名稱，找尋到此計畫上傳的 PCCES 數量資訊項目。就可以透過點擊「設定合約資訊」的按鈕，進行此計畫合約名稱、合約編號以及政府單位等必要基本資訊的設定。合約資訊設定完成後，可

點擊「設定詳細項目」的按鈕，進入此計畫設定 PCCES 數量資訊的頁面。

在上傳 PCCES 數量資訊到資料對應平台的同時，平台就會針對上傳的 PCCES 相關編碼，與平台的預算書歷史資料做比對，將此 PCCES 編碼相對應的預算及工作項目，其資訊列在元件數量列表中，如圖 11 所示。

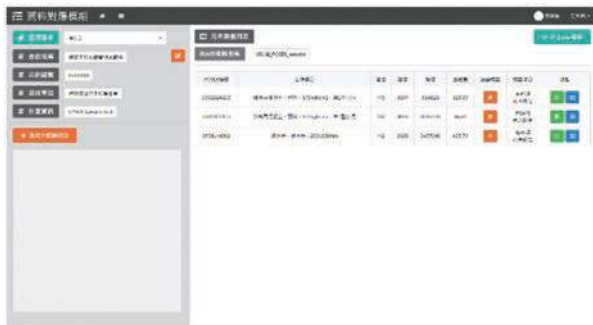


圖 11 PCCES 數量資訊頁面

可以透過相對應的預算及工作項目內容，或是點選「建議標題」的按鈕，觀看此 PCCES 編碼建議的標題項目內容，即可點選頁面左邊的「新增主標題項目」按鈕，進行標題項目的新增。將項次編號以及標題名稱輸入完成後，點選「新增」的按鈕就可以完成主標題的項目新增，如圖 12 所示。若要在主標題內新增次標題項目，可在主標題項目後點選加的按鈕，進行次標題項目的新增。

標題項目新增完成後，即可進行元件數量分配及所屬標題設定。在元件數量列表中，點選所

要進行編輯的 PCCES 編碼項目之「設定標題項目」按鈕，就可以針對觀看在此 PCCES 編碼項目的元件之元件 ID、品類名稱、族群名稱、類型名稱、樓層、數量以及單位，進行標題項目的元件數量分配。



圖 12 建議及新增標題項目內容

先選擇要進行設定的標題，透過選擇的標題平台會自動判斷是否有次標題項目需要進行選擇，接著透過勾選或全選的方式，將所需的元件選擇完後，點選「設定」的按鈕，進行標題的設定及數量的分配。

重複上述步驟，將元件數量都設定完成後，其頁面就如圖 13 所示。就可以點選右上角「匯出 xml 檔案」的按鈕，透過選擇的檔案類型，進行此計畫預算書或標單的下載。而檔案下載完成後，預算編列人員就可以將下載的預算書 xml 檔案，匯入 PCCES 軟體做進一步的操作，如圖 14 所示。



圖 13 數量資訊設定完成之頁面



| 項次 | 項目及說明 | 單位 | 數量 | 單位單價 | 總價 | 工項代碼 | 工項外碼 | 單位造價 | 分項權重(%) | 標準固定單價 | 備註 |
|----|----------------------|----|--------|--------|-----------|------------|------|------|---------|--------|----|
| 1 | 鋼地磚·邊厚磚·250x250mm M2 | M2 | 405.79 | -2,188 | 3,457,040 | 093414002 | | 0.00 | 0.00 | | |
| 2 | 結構用混凝土·預拌·175kg M3 | M3 | 128.89 | 3,149 | 566,820 | 0331024103 | | 0.00 | 0.00 | | |
| 2 | 結構用混凝土·預拌·140kg M3 | M3 | 66.81 | 3,045 | 3,045,000 | 0331023103 | | 0.00 | 0.00 | | |
| 合計 | | | | | | | | | | | |

圖 14 匯出 xml 於 PCCES 軟體

(四) 小結

在應用 BIM 技術輸出預算書的流程中，透過 Revit API 將資料在 Revit 軟體與平台之間做溝通，可確保資料的一致性及正確性。同時利用於平台上進行認證元件與添加 PCCES 相關參數的方法，可以讓了解編碼而不會建置 BIM 模型的預算人員，不需操作 Revit 軟體就可從平台上將編碼資訊新增為參數，並透過 Revit API 將資料同步給會建置 BIM 模型但不了解預算編碼原則的工程師；由此不僅能夠節省處理資料不一致問題的時間，也能提高執行的效率及品質。

四、結論與建議

本研究主要以 BIM 技術為基礎，建置從 BIM 模型產出預算書及計算書之流程與配套資訊工具。在元件共享模組、Revit 軟體以及資料對應模組之間，透過 Revit API 的開發進行資料的傳遞、應用及擷取，來確保各個專業部門之專業人員進行跨部門合作時，資料的一致性及正確性。同時利用介接規範預算輔助平台的歷史預算書資料，以及保存未來利用資料對應模組產出的預算書資料，不僅可以維持預算書的品質，也可便於中興公司同仁進行資料的參考及後續的應用。

整體而言，由技術面與政策面雙向並行運用本研究成果，所具備的效益可分為三項作說明：

(一) 平台化

基於對從 BIM 模型產出預算書及計算書之整體執行流程有效拆分的結果，其中的元件共享模組以及資料對應模組，都屬於透過平台化的方式，使資料能夠維持一致性並具有可變動性。同時可以讓不會操作 BIM 軟體的預算編列人員，直接在平台上進行作業，進而融入 BIM 的協作流程。此外，藉由平台化的方式可以將過程中各個專業知識的資料保存下來，來提升中興元件庫的品質，並累積中興預算書的資料庫，以利後續的參考及應用。

總結平台化效益可歸納為以下 5 點：

1. 高品質元件庫；
2. 中興預算書資料庫；
3. 降低 BIM 協作門檻；
4. 減少重工提升效率；及
5. 提升資料的一致性及可變動性。

(二) 標準化

要成功透過此方法產出計算書或預算書，在前置作業中編碼的一致性及正確性扮演著十分重要的角色。中興公司透過規範預算輔助平台，由各部門的專業工程師來上傳預算書資料，再由平台功能來檢核後，以標準化的方式建立中興工料分析手冊。

以此方式預算編列人員就能在元件共享模組

上，新增有規則性的 PCCES 相關編碼參數到個別元件上。而資料對應模組則透過介接規範預算輔助平台的資料，來維持編碼相對應資源項目的一致性。藉由標準化編碼資料規則的建立，不僅能夠確保計算書及預算書的品質，也能保存中興公司的知識資產。

(三) 自動化

在從 BIM 模型產出預算書及計算書之整體執行流程中，透過 Revit API 的程式，可以讓平台與 Revit 模型中的資料自動互相地傳遞和連動，來維持資料的一致性及正確性。在建置模型的過程中，藉由元件擺放程式，設計或建模工程師可以直接使用平台上認證的元件於模型中，而不需額外做

下載及載入進 Revit 軟體的動作。此外，若針對特定專業領域的項目需要產出數量計算書，如風管鐵皮，也可以透過客製化的程式自動產出。因此將自動化程式導入整體執行的流程，不僅可以提升工程師執行的效率，也能夠降低錯誤率。

參考文獻

- 許睿叡、陳宜民、吳中期、陳柏愷、陳志文、吳翌禎（2020）。Open BIM 議題管理平台之整體設計。中國土木工程學刊，32 卷 5 期，425-430 頁。
- 趙志偉、黃志民、王承順（2010），知識管理導向之施工規範編審輔助平台建立，中興工程季刊，第 108 期，47-54 頁。
- 林芳輝、程慶寧、周子祥、陳志浩、林君頤（2022），以施工規範預算平台之建構談招標文件品質提升，中興工程季刊，第 156 期，27-34 頁。

應用程式

公開發售

結合 ETABS 之位移法耐震性能設計及評析程式

售價：新臺幣 9,190 元/套(含報告)

訂購電話：(02)8791-9198 轉 467 陳小姐

傳 真：(02)8791-2198

E-MAIL：louis@sinotech.org.tw



機電統包工程

從概念到穩定營運 智慧化機電工程的領先者

- > 計畫內容包括電聯車、供電、號誌、通訊、中央監控、月台門、自動收費、機廠維修設備等子系統。
- > 中興參與機電統包工程之招標、審標及開標作業、設計文件審查、時程管理、契約管理、現場設備安裝、系統整合測試及穩定性測試之監造技術服務工作。
- > 後續執行機場捷運延伸線工程，連結桃園國際機場高鐵桃園站及臺鐵中壢站，有效提升捷運路網整體運輸的效益。

SINOTECH

臺灣桃園國際機場聯外捷運系統建設 - ME01 機電統包工程

本廣告圖文未經同意不得轉載
中興工程顧問集團廣告

正派經營 品質保證 追求卓越 創新突破

中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.



桃園機場服務的延伸—機場捷運新北產業園區站（A3 車站）行李預辦登機服務

李文杰 * 吳鴻耀 ** 劉志賢 *** 林志桓 **** 李智修 *****
葉富清 **** 陳景池 ***** 吳鳳慶 ***** 簡朝鑫 *****

摘要

機場捷運新北產業園區站（A3 車站）正式啟用並與台北車站（A1 車站）同步辦理行李預辦登機服務，以最先進的科技技術及自動化輸送設備，將旅客行李透過桃園機場捷運列車運送至機場，有節能減碳及降低私人運具運量、減輕機場聯外運輸走廊負擔、確保安全性與準點性、提供進出桃園國際機場旅客優質運輸服務品質之效益，並扮演機場服務延伸分流角色，進一步提升桃園國際機場之競爭力及形象。

關鍵字：預辦登機服務、行李處理自動化、月台門、控制系統

一、前言

交通部鐵道局於 2003 年 9 月機場捷運計畫的規劃報告書，已將新北產業園區站（A3 車站）納入市區預辦登機服務及行李處理設施服務，預留預辦登機及行李託運作業空間及界面。繼捷運環狀線第一階段已於 2020 年 1 月 31 日通車營運，新北產業園區站（Y20 車站）與桃園機場捷運的

新北產業園區站（A3 車站）交會，此交會站鄰近新北產業園區、頭前重劃區、知識產業園區、新莊副都心區域，為新北市產業發展重鎮並串連新店、板橋、中和、新莊等區域。為能儘早服務 A3 車站出國旅客，先行辦理第一階段工程，建置報到櫃台、自助報到機、行李查驗 X 光機、行李輸送帶等旅客服務設施，採臨時的運送行李方式提供服務。

- * 中興工程顧問公司機場延伸線監造工程處經理
- ** 中興工程顧問公司機場延伸線監造工程處副理
- *** 中興工程顧問公司機場延伸線監造工程處 ME03A 標組長
- **** 中興工程顧問公司機場延伸線監造工程處 ME03A 標工程師
- ***** 臺北市政府捷運工程局副局長
- ***** 交通部鐵道局北部工程分局第五工程隊前隊長
- ***** 交通部鐵道局北部工程分局第五工程隊副工程司

由於 A3 車站鄰近重要產業園區及串聯新北 5 大區域為產業發展重鎮，為持續提升服務品質及利用捷運系統便利及準點的優勢，啟動行李預辦登機以服務商業旅客及出國民眾，為桃園國際機場服務延伸分流且幫助首都減壓，確有其必要性。因此行政院於 2020 年 08 月 03 日啟動第二階段工程：機場捷運新北產業園區站（A3 車站）預辦登機及行李處理系統建置計畫（以下簡稱：ME03A 標），新北產業園區站（A3 車站）與台北車站（A1 車站）同步辦理行李預辦登機服務，藉由機場捷運列車將旅客行李運送至機場，提供進出桃園國際機場旅客優質運輸服務，並扮演機場服務延伸分流角色，進一步提升桃園國際機場之競爭力及形象。

二、預辦登機概述

行李預辦登機服務於機場捷運新北產業園區站（A3 車站）報到大廳共有 4 個人工報到櫃台和 4 座自助行李託運設備（Self-service Baggage Drop，以下簡稱 SBD）。每個報到櫃台有秤重用的過磅輸送帶及電磁感應的分派輸送帶。旅客在人工報到櫃台完成登記且交付託運行李後，工作人員即在登記櫃檯的過磅輸送帶上完成行李條碼的貼附作業。若使用 SBD，則旅客應以登機證（手機上顯示、在家自行列印或是在自助櫃台列印）讓 SBD 讀取登機證完成列印行李條及收據後，在過磅輸送帶上完成行李條碼的貼附作業。

行李藉由分派輸送帶及收集輸送帶往下游傳送，途中經 X 光機（隸屬航警單位）的掃描，若有可疑的託運行李會在一旁行李複檢台開箱檢查，合格的行李經行李輸送帶繼續輸送至行李裝載區，航勤公司人員將這些託運行李以人工方式掃描行李條碼紀錄後，將託運行李放入行李櫃，再藉由行李櫃輸送機（滾筒式）及垂直升降設備送至 2 樓第二月台載台區，等待送上直達列車之行李車廂。配合

直達列車進站，行李櫃輸送機之舉升橋可將 6 個行李櫃送到進站的直達列車行李車中再運至桃園國際機場第二航廈（A13 車站）。上述行李處理及行李櫃處理流程及設備位置詳圖 1 ~ 圖 3。

當列車抵達 A13 車站後，行李櫃輸送機將直達列車上的行李櫃送到月台層，然後這些行李櫃將被送到月台層的另一端，透過行李櫃垂直升降設備，將行李櫃升至上層的行李卸櫃區，再由航勤公司人員將行李櫃內的行李搬運到行李處理輸送帶，最終這些行李將會被送入桃園國際機場的行李分揀系統。



圖 1 A3 車站託運行李運至 A13 車站之間的細部流程圖

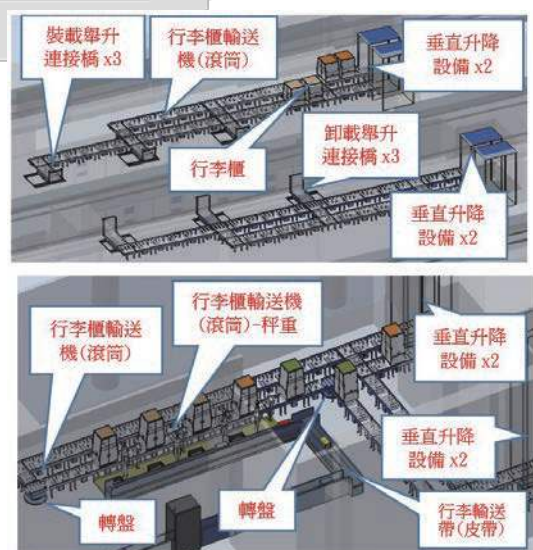


圖 2 A3 車站行李櫃處理系統的整體示意圖（橘色 = 實櫃，綠色 = 空櫃）



圖 3 A3 車站穿堂層行李處理區實況（人工報到櫃檯、SBD 設備、過磅輸送帶、分派輸送帶及收集輸送帶）

三、行李處理系統設備介紹

(一) 新北產業園區站（A3 車站）預辦登機及行李處理系統（Baggage Handling System，以下簡稱 BHS）配置如圖 4，說明如下：

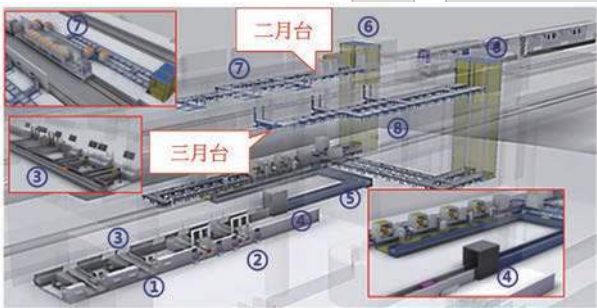


圖 4 預辦登機及 BHS 配置圖

1. 報到區設人工報到櫃檯（上圖①）及 SBD 設備（上圖②）。人工報到櫃檯及 SBD 設置過磅輸送帶及分派輸送帶，分派輸送帶即將行李輸送至收集輸送帶（上圖③）。
2. 收集輸送帶上行李經過 X 光機（上圖④）檢查後，運送至行李處理區。行李裝櫃後由行李櫃輸送帶（上圖⑤）經行李櫃電梯傳送裝置（上

圖⑥）運抵月台層。

3. 月台層分別有第二月台及第三月台，第二月台的行李櫃輸送設備（上圖⑦）為處理行李櫃上櫃運送至機場端；第三月台的行李櫃輸送設備（上圖⑧）處理行李櫃下櫃再由行李輸送設備運送至穿堂層行李櫃裝卸區。

(二) BHS 設備分為 1. 行李輸送帶設備處理系統 2. 行李櫃處理設備 3. 月台門設備，行李輸送帶設備配置照片詳見圖 3 所示，行李櫃及月台門設備配置照片見圖 5 所示，各設備概述如下：

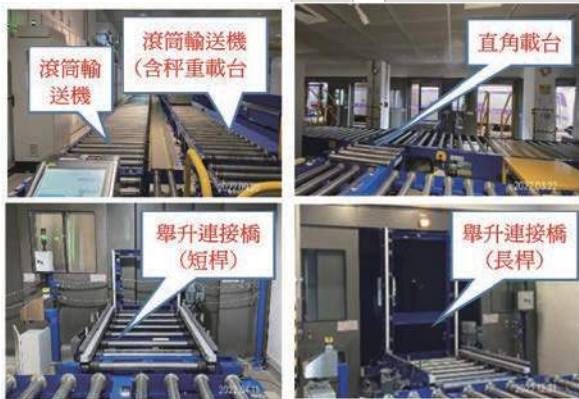
1. 行李輸送帶設備處理系統：包括下列 4 個主要設備。

- (1) 人工報到櫃台：由櫃台、過磅輸送帶及分派輸送帶組成。
- (2) SBD：由電氣控制單元、列印設備單元、過磅輸送單元、氣動控制單元及 UPS 單元組成。
- (3) 行李輸送帶設備：由輸送皮帶、支撐架、驅動裝置、驅動馬達及軸承組成。
- (4) X 光機：托運行李安全檢查之設備

2. 行李櫃處理設備：行李櫃由一系列的滾筒輸送機、直角載台輸送機、轉盤、行李櫃垂直升降設備、裝載／卸載舉升連接橋及行李月台區月台門設備等組件組成，其主要用途為裝載／卸載行李櫃以及儲存行李櫃。子設備概述如下：

- (1) 滾筒輸送機：由滾筒、齒輪鍊條、動力驅動馬達組成。
- (2) 滾筒輸送帶（含秤重載台）：由滾筒輸送機，秤重載台組成。用於檢視行李櫃之重量與行李櫃從行李櫃處理系統至周邊堆場及卸貨區之輸送。
- (3) 直角載台：由橫向／縱向滾筒輸送機和舉升架組成。

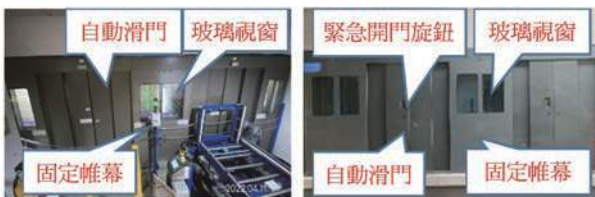
- (4) 轉盤：由滾筒輸送機、旋轉框架和轉向驅動裝置等部件組成。
 - (5) 裝載／卸載舉升連接橋：由滾筒輸送機、鉸鍊連接橋裝置、鉸鍊連接橋支撐裝置、舉升架裝置、偏移裝置支架及隔離柱組成。用於月台層行李櫃輸送系統和行李櫃車廂內系統之鏈接。
 - (6) 行李櫃垂直升降設備：由行李櫃吊艙、行李櫃吊艙輸送帶、平衡配重及行李櫃電梯驅動系統組成。用於 A3 站之月台層與行李處理區樓層之間之銜接。
3. 月台門設備：由自動滑門、固定帷幕及月台門控制機櫃等組件組成。行李處理區之月台門作安全屏障，防止工作人員或行李櫃掉入軌道上。



5A 行李櫃處理設備



5B 行李櫃垂直升降設備



5C 月台門設備

圖 5 BHS 設備相關配置照片

四、控制系統介紹

控制系統設計為全自動化的操作系統，由現場感應器、IO 模組、人機界面、可程式邏輯控制器 (Programmable Logic Controller, 以下簡稱 PLC) 及複聯式伺服器等元件設備硬體，並結合軟體組成的控制系統。確保所有設備穩定運作不中斷。控制系統主要負責 A3 車站內設備控制、監控及與 A1、A13 車站連線交換資料。

控制系統主要由 (一) 行李輸送帶控制系統 (二) 行李櫃控制系統 (三) 監控系統 (SCADA) (四) 行李調撥系統等子系統所組成，各子系統相互配合，達成行李運送功能，A3 車站的控制系統方塊圖如下圖 6：

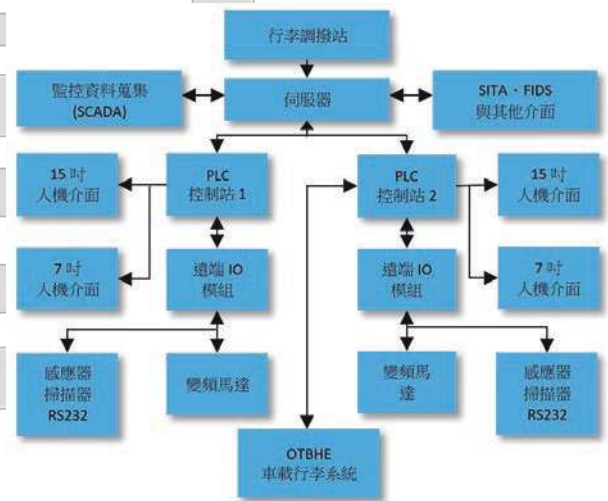


圖 6 A3 車站的控制系統方塊圖

(一) 行李輸送帶控制系統：

行李輸送帶控制系統由 PLC 組成，主要負責行李輸送，其中包含人工報到櫃台、SBD 設備、過磅、加籤、分派和收集、X 光機檢查，能將行李依序運送至行李裝載區。

(二) 行李櫃控制系統：

行李櫃控制系統同樣由 PLC 組成，主要控

制行李櫃輸送帶、行李櫃升降設備、行李區月台門及與車載行李系統（On Train Baggage Handling Equipment，以下簡稱 OTBHE）連接。

1. 行李櫃之輸送流程均為自動轉運，除了裝填行李或取出行李的作業外，均不需人為操作設備，行李櫃裝載及卸載的流量管控，亦能依營運需求，由現場控制盤上調整，且控制盤均採用彩色觸控式螢幕，易於工作人員操作。
2. 行李區月台門啟閉控制，均配合號誌系統、行李車及行李櫃裝卸載的流程自動控制，必要時還可配合營運需求改為手動模式操作。
3. 列車進入行李月台區時，系統利用無線 WIFI 設備，將行李車內行李櫃狀態，及行李車車門狀態資訊等，傳送到行李處理區之控制系統，行李櫃控制系統再依列車狀態安排適當的行李櫃上下數量（包含空行李櫃），並顯示欲裝卸行李櫃資訊，於觸控式螢幕之控制盤上，以利工作人員執行管控。

定時間內能順利登機，並在行李抵達機場端時移交給機場行李分揀系統，同時本系統亦應提供相關行李紀錄予機場行李分揀系統，流程如下圖 7：



圖 7 行李調撥系統流程

五、系統設備測試運轉執行

系統設備測試運轉執行範圍涵蓋所有原型機測試、工廠測試、工地安裝測試、車站運轉測試、系統整合測試、營運前及運轉測試及可用度測試驗證等，廠商必須協同業主、監造、總顧問與營運單位進行及主導系統測試運轉工作執行，證明全系統之設計完整性及安全性。針對重要的測試運轉說明如下：

（三）監控系統：

監控系統主要監控現場各設備的運轉狀態如運轉、停止、故障、警報、緊急停止、手動與自動模式及儀表量測值，並回傳電腦室工作站，並使用圖控人機界面，以利值班人員監視現場設備，達成自動化運作及管理的目的。

（四）行李調撥系統（Baggage Reconciliation System，以下簡稱 BRS）：

係使用國際航空電訊集團公司（SITA）提供之行李託運資訊（BSM: Baggage Source Message），並結合航班資訊系統（Flight Information Display System, FIDS），以確認旅客託運之行李能在約

（一）車站運轉測試：

車站運轉測試以驗證車站內的所有單元可正常運轉及監控。本測試含車站設備的所有功能操作及行李輸送，並充分測試控制電腦系統和骨幹傳輸網路間的通信和相互操作及統計資料。相關照片如下圖 8 所示：

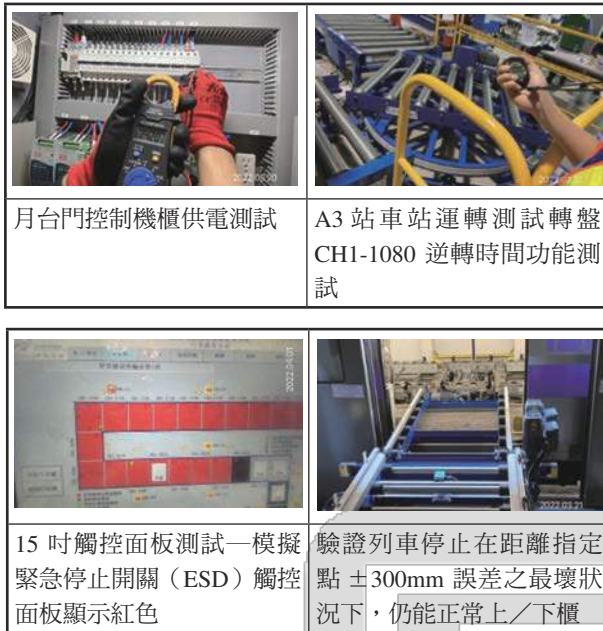


圖 8 車站運轉測試照片

(二) 系統整合測試：

在車站運轉測試完成後，依系統整合測試程序進行各相關測試，確保行李處理設備順利運轉。此測試必須能清楚的展現本 BHS 設備運轉順利，符合所規定的功能，與各關連廠商所提供的設施可互相協調整合，且對周遭環境無不良影響。相關照片如下圖 9：



圖 9 系統整合測試照片

(三) 營運前運轉測試：

系統整合測試完成後，必須配合業主及營運單位要求進行至少為期 15 天的營運前運轉測試，其標準如下：

1. A1 站標準：系統應驗證列車停止在距離

指定點有 $\pm 300\text{mm}$ 誤差之最壞狀況下，於 A1 站裝、卸載 7 個行李櫃（#2 車門上 3 個及 #3 車門上 4 個行李櫃；#3 車門下 1 個、#4 車門下 3 個及 #5 車門下 3 個行李櫃），其所需之時間不得超過 200 秒（自系統收到號誌系統提供之車輛停妥訊號開始，至作業完成關閉月台門後系統傳送訊號給號誌系統為止）

2. A3 站標準：系統應驗證列車停止在距離指定點有 $\pm 300\text{mm}$ 誤差之最壞狀況下，於 A3 站裝、卸載 6 個行李櫃（#1、#5 等 2 個車門各裝、卸載 3 個行李櫃），其所需之時間不得超過 90 秒（自系統收到號誌系統提供之車輛停妥訊號開始，至作業完成關閉月台門後行李櫃輸送系統傳送訊號給號誌系統為止）。

取樣期間：於 15 天的營運前運轉測試期間，必須有連續 2 天（配合桃捷公司直達車行車班表）的測試成果。

A1 車站穩定性要求標準：

不超過 200 秒 $\geq 99\%$

A3 車站穩定性要求標準：

a. 不超過 90 秒 $\geq 90\%$

b. 不超過 105 秒 $\geq 99\%$

結果如下表 1 ~ 表 3，全數通過測試。

表 1 A1 站穩定性要求測試成果

| 日期 | 4/22 | 4/23 |
|---------------------|---|------|
| 直達車總班次 | 23 次 | 29 次 |
| 裝、卸櫃超過 200 秒的直達車班次數 | 0 | 0 |
| 連續 2 天測試結果 | 穩定度測試共計 52 班次，穩定性要求：
（連續 2 天的直達車總班次數 52 — 裝、卸櫃超過 200 秒的直達車班次數 0 / 連續 2 天的直達車總班次數 52）= 100%（ $\geq 99\%$ ）。 | |

表 2 A3 站（離峰時間）穩定性要求測試成果

| 日期 | 5/4 | 5/5 |
|----------------|---|------|
| 二月台上 6 櫃 | 14 次 (含行李運送作業 4 次) | 15 次 |
| 三月台上 6 櫃 | 14 次 | 14 次 |
| ≤ 90 秒次數 | 28 | 29 |
| 連續 2 天
測試結果 | 穩定度測試共計 57 班次，穩定性要求：
a. (連續 2 天的直達車總班次數 57- 裝、卸櫃超過 90 秒的直達車班次數 0 / 連續 2 天的直達車總班次數 57) = 100% (≥ 90%)
b. (連續 2 天的直達車總班次數 57- 裝、卸櫃超過 105 秒的直達車班次數 0 / 連續 2 天的直達車總班次數 57) = 100% (≥ 99%) | |

表 3 A3 站（尖峰時間）穩定性要求測試成果

| 日期 | 5/6 | 5/9 | 5/10 |
|----------------|---|------|------|
| 二月台上 6 櫃次數 | 13 次 | 10 次 | 4 次 |
| 三月台下 6 櫃次數 | 14 次 | 11 次 | 3 次 |
| ≤ 90 秒次數 | 26 | 19 | 7 |
| ≥ 90 秒、≤ 105 秒 | 1 | 2 | 0 |
| 連續 3 天
測試結果 | 穩定度測試共計 55 班次，穩定性要求：
a. (連續 2 天的直達車總班次數 55 - 裝、卸櫃超過 90 秒的直達車班次數 3 / 連續 2 天的直達車總班次數 55) = 94.54% (≥ 90%)。
b. (連續 2 天的直達車總班次數 55 - 裝、卸櫃超過 105 秒的直達車班次數 0 / 連續 2 天的直達車總班次數 55) = 100% (≥ 99%)。 | | |

在隔月可用度故障審查 (Failure Review Board, FRB) 會議中討論，以確認展現期間內的故障是否納入可靠度展現之故障統計中，可用度測試期間 (111 年 07 月 29 日至 111 年 12 月 25 日止，為期 5 個月)。本系統於 A1 車站及 A3 車站皆無相關且究責失常次數。相關 RAM 展現結果統計表如下表 4：

表 4 RAM 展現結果統計表

| ME03A 標 RAM 展現結果統計表 | | | |
|---|-------------------------------------|---------------------|------------------------|
| 相關且究責失常次數 | 0 | 修正維修工時 (MTTR, hr) | 0 |
| 操作時間 (hr)
A1 站 06:00-21:30
A3 站 09:00-16:00 | A1 站：
1949.5hr
A3 站：
623hr | 平均失效間隔時間 (MTBF, hr) | 0 |
| BHS 可用度 (A) | | | A1 站：100%
A3 站：100% |
| 備註：可用度 (Ai) = MTBF / (MTBF + MTTR) | | | |

可用度測試相關照片如下圖 10：



圖 10 可用度測試照片

(四) 可用度測試

RAM (Reliability, Availability and Maintainability) 目標如下：

- 行李輸送系統必須能夠可靠地操作並有不多於 99.5% 之可用度 (A)。
- 在每一車站內每 7300 操作小時，行李輸送系統的每個單元之平均故障數需 < 15 次，若於可用度測試期間內，其操作營運時間少於 7300 小時，其每個單元之平均故障數應依每 7300 操作小時發生 15 次故障之比例來估算之。

RAM 營運展現期間的報修及失常紀錄皆已

六、現場執行精進作為

(一) Covid-19 疫情期間影響材料及設備交貨時程，為了避免工程進度延誤，採取下列具體及有效作為：

1. 廠商提早訂購所需的材料及設備。
2. 為避免設備到貨延誤，將原安排海運運送的設備，改由空運運送以縮短交期。
3. 疫情期間設備供應商因停工或缺料因素無法及時交貨，協調代理商調度同型號設備暫用或更換優於原設備之現貨設備。

(二) Covid-19 全球疫情導致控制元件交期展延後，讓原型機測試完成時程延後，為避免工程延誤，改採兩階段進行測試。

1. 第一階段原型機測試採外觀檢查、結構檢查及維修示範，測試合格後允許該設備的硬體可先行在工廠製造及組裝，不必待原型機測試全部完成，才可進行設備的硬體製造及組裝。
2. 第二階段待控制元件到貨後，驗證原型機控制功能，包含設備整體運轉、循環運作測試、相容性及人機控制功能測試。

(三) 本工程契約工期短且受 Covid-19 全球疫情影響施工時程，具體趕工措施如下：

1. 調整施工工序，在盤體設備尚未到場前先施作相關纜架、佈設控制線及電纜線，待設備進場後再進行安裝及結線工作。
2. 增加工班人數，採 2 班制進行趕工。
3. 夜間營運結束後，增加施工人員於月台層同時進行施工，加趕工程進度。

具體成果：車站施工時程：民國 110 / 10 / 12 ~ 民國 110 / 12 / 06 = 55 天縮短至民國 110 / 11 / 06 ~ 民國 110 / 12 / 12 = 37 天，縮短整體時程工期 18 天。

(四) 利用夜間非營運時間來搬運大型設備，並協調使用捷運軌道工程車，在收班後吊掛設備至月台層，降低風險與縮短進場時間，總計執行 6 次 A3 站高風險獨佔作業。

(五) 原列車靜態測試僅能使用夜間收班後至營運前空檔進行測試，預估需要 133 個工作日才能完成測試。經與桃園捷運公司積極協調，最終同意於日間營運時段在 A3 站改用 1、4 月台作為營運月台，空出 2、3 月台，提供本工程進行直達車靜態測試，最終僅以 38 個日曆天完成，大幅縮短 95 個日曆天。

七、創新與效益

(一) 針對維修系統以 AR 實境輔助檢視系統即時顯示數據資訊，提升人員對設備維運效率，以下為針對細部維護項目說明維運的資訊：

1. (1) ON / OFF 狀態 (2) 即時數值 (3) 警報資訊 (4) 開啟盤體虛擬門等項目迅速診斷。
2. (1) 門定位置異常顯示 (2) 換掉門號顯示 (3) 模組狀態 (4) 電路配線圖顯示等項目即時顯示。
3. 對於 (1) 維修流程指引 (2) 操作流程指引等項目進階診斷。

(二) 不斷電系統採用鋰鐵電池有別於以往鉛酸

電池，更能提高電池使用壽命。

- (三) 裝載／卸載舉升連接橋升級為高精度 CMOS 光學對位系統，提升裝載／卸載速度與對位精度，與既有 ME03 標採用條碼對位系統比較，本工程升級為光學對位系統，約增加 10% 速度與 15% 對位精度。
- (四) 在 A3 站月台層管制區，設置 2 處監視器嚴密監控與管理以避免影響軌道區域，閉路電視監控系統採用嚴密監控，攝影機位移偵測警報提供相關人員，以維護列車運轉安全。
- (五) 馬達選用超高效率等級 (IE3)，搭配高效率與節能的變頻器，節省電量提升，馬達耗能低，性能優越。
- (六) 輸送帶動力全面採用變頻式馬達，讓啟動及運轉作業更加平穩；以劃分多段區間運作模式，避免輸送帶空載運轉。將反射式接近感應器安裝在皮帶輸送帶上，可偵測是否有行李出現。當皮帶輸送帶正在移動時，若輸送帶上的感應器在一段時間 (可調整) 內未偵測到有行李時，PLC 就可假定沒有行李需要運送到下一個輸送帶。接著 PLC 控制系統會停止該輸送帶，使該輸送帶進入省電模式。當皮帶輸送帶進入省電模式時，倘若在前一台輸送帶上偵測到有行李時，PLC 控制系統會啟動下一台 (下游) 輸送帶以準備接收行李。當目前的輸送帶偵測到有行李時，就會對下一台 (下游) 輸送帶重複該程序。同樣的行李櫃輸送系統同樣亦採用上述同樣模式的節能作為。
- (七) 落實主要設備國產化 (包含行李輸送帶、行李櫃輸送設備及月台門等設備，占工程總設備費達 70% 以上)，加強產業國際競爭力。
- (八) 轉移私人運具使用至低碳捷運系統，降低

公路運輸空污、節省能源、降低私人運具肇事率提升運輸安全，依據運量預測民國 119 年使用 A3 站預辦登機人數為每日 1,450 人，假設其中有 50% 旅客乃受本服務吸引選擇機場捷運，預估本計畫全年可節省碳排量約 960 公噸，相當於 2.5 座大安森林公園的吸碳量；預估民國 119 年至 129 年可節省約 33 座大安森林公園的吸碳量 (12,850 公噸)。

- (九) 配合地方發展，結合機場捷運與捷運環狀線，擴大旅客服務。新莊副都心區域多商業活動及遊憩景點帶動整體商圈效益。環狀線和桃園機場捷運線聯通，五股、三重、新店、中永和、板橋、新莊及土城一帶的民眾，就能抵達桃園機場捷運 A3 站，旅客提早辦理預辦登機及行李託運，而後在市區內洽商或購物，進而提升新北產業園區及週邊區域之經濟發展，如走路 3 分鐘到晶冠廣場逛街看電影吃美食，或搭機場捷運到新莊副都心站 (A4 站)，走路 3 分鐘到新北市最大百貨宏匯廣場，逛逛最引以為傲的 Zepp 演唱會場館、日本第一 VR 主題樂園「VR Zone」及美麗新影城後，愉快搭機出國去。

八、結 論

新北產業園區站 (A3 站) 預辦登機及行李託運服務作為台灣桃園國際機場航廈的延伸，將新北市提升為全球第 8 個以捷運系統為基礎提供市區預辦登機及行李託運服務之城市 (臺北市、仁川、香港島、九龍、吉隆坡、維也納及新德里)，不僅可以分流機場報到櫃台人潮，且以捷運列車載運行李，可將私人耗能的運輸工具使用轉移至低碳的捷運系統，有節能減碳及降低私人運具運

量，減輕機場聯外運輸走廊負擔，確保運送安全性與準點性，提升服務品質，落實大眾運輸發展政策等巨大效益。旅客提早辦理報到手續、託運行李且完成行李安檢後能在市區內洽商或購物，進而提升新北產業園區及週邊區域之經濟發展。

對應未來桃園機場第三航廈的啟用營運，鐵道局也擘劃建置第三航廈站（A14 站）行李處理系統設備，提供出國旅客更佳便捷及更完整的服務。

參考文獻

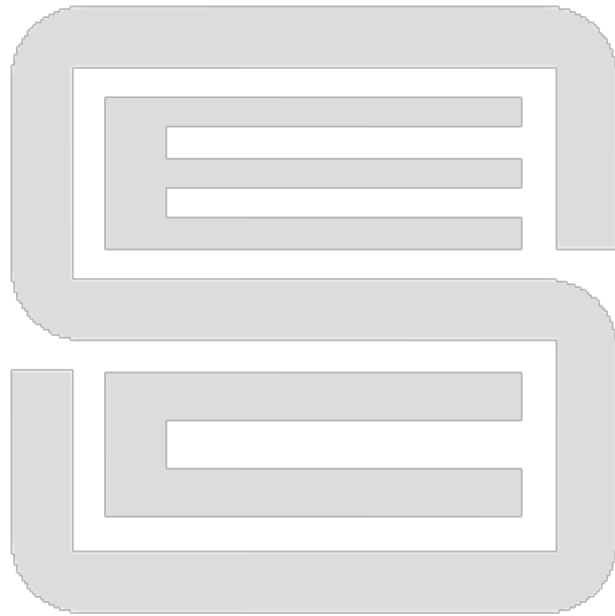
交通部鐵道北部工程處 110 年—「預辦登機服務及行李處理系統建置計畫」ME03A 標 A3 站行李處理設備系統工程契約書。

交通部鐵道局 109 年 8 月—機場捷運新北產業園區站（A3）預辦登機及行李處理系統建置計畫。

「機場捷運新北產業園區站（A3）預辦登機及行李處理系統建置計畫 ME03A 標 A3 站行李處理設備系統工程」細部設計文件。

「機場捷運新北產業園區站（A3）預辦登機及行李處理系統建置計畫 ME03A 標 A3 站行李處理設備系統工程」最終設計文件。

「機場捷運新北產業園區站（A3）預辦登機及行李處理系統建置計畫 ME03A 標 A3 站行李處理設備系統工程」參加 22 屆公共工程金質獎—簡報資料。



中興社研發叢書及電腦程式銷售

中興工程顧問社已發行研發、編譯叢書 317 種及電腦程式 23 套，多屬規劃、設計、施工、管理等方面之工程技術，其叢書及程式目錄、售價、摘要、申購表、繳款方式及信用卡繳費單等，皆已上「中興工程顧問社」之網站 www.sinotech.org.tw，歡迎上網查閱選購；若需進一步查詢請電話或傳真至電話：(02)8791-9198 轉 467 陳小姐，或傳真：(02)8791-2198

「資源整合之區域排水規劃經驗分享」 ——以桃園機場第三跑道為例

朱哲廷* 鄭斯文* 陳俊良** 張怡蘋***

摘要

「臺灣桃園國際機場第三跑道及基礎設施計畫工程」為桃園國際機場持續發展之指標性建設，因第三跑道開發計畫位於埔心溪及南崁溪下游區域，具備鄰近出海口之背景條件，且該兩水路重力排水條件良好，有整治提升空間。經行政院跨機關指導，將部分都市計畫區開發逕流增量納入考量並進行整治，由個案出流管制方案提升為區域整體防洪排水之優化方案，將開發後增加逕流量納入水道整體檢討承納，不增加區外鄰近地區淹水風險，就開發單位已無新增逕流問題，爰不適用水利法第 83-7 條規定，故開發免提出流管制計畫書，並將原第三跑道建置滯洪池之工程經費部分補助埔心溪及南崁溪等區域排水整治，除可避免設置滯洪池吸引鳥類聚集，提升機場飛航安全，更共同提升區域防洪功能，對整體環境排水安全及飛航安全更具效益。

關鍵字：區域整合、第三跑道、出流管制、滯洪池規劃

一、前言

為強化桃園國際機場在亞太地區的競爭能力，進而提升國家競爭力，政府推動「桃園航空城」計畫，以桃園國際機場為引擎，匯聚各類產業與機能，讓人流、物流、商流、資金流和資訊流得以暢通，期待帶動機場及周邊土地與產業繁榮發展，打造現代化多功能之航空都會城。為貫徹「桃園航空城」發展政策，行政院經濟建設委

員會會同交通部共同研商並擬具「國際機場園區發展條例」。

交通部遂依據前述發展條例，規劃辦理「臺灣桃園國際機場園區綱要計畫」，擬定機場園區之功能定位及發展策略，該計畫於民國 100 年 4 月經行政院核定，確立配合旅運成長及航空城發展需求，於既有機場北側進行擴建，並於距離既有北跑道 1,295 公尺處新建第三跑道，機場專用區用地將新增 615 公頃。

* 中興工程顧問公司機場專案工程師
** 中興工程顧問公司機場專案計畫經理
*** 中興工程顧問公司機場專案經理

後續辦理之實施計畫修正版確立第三跑道建設之必要性及急迫性，桃園國際機場股份有限公司（下稱機場公司）即按實施計畫所列之建設項目，依序推動包含「第三跑道先期規劃」、「衛星廊廳區先期規劃」、「第三跑道環境影響評估」、「第三跑道建設計畫案-埔心溪疏洪道專案報告書」、「第三跑道及基礎設施設計計畫書」等計畫。

「臺灣桃園國際機場第三跑道及基礎設施計畫工程」（下稱本計畫）為桃園國際機場持續發展之指標性建設工作。計畫範圍達 860 公頃，規模如同新建一座國際機場，主要建設除包括跑道、滑行道、助導航等航機運作必要設施外，擴建區域之供電、給水、排水、防洪、消防、維生等基礎設施需一併完成，俾供未來廊廳區、維修區及貨運區發展使用。其中防洪排水規劃經行政院跨機關指導，將原第三跑道開發範圍之規劃，提升為整體區域防洪排水優化方案。

設計。至於機場內的埔心溪段則配合埔心溪整體治理及機場用地作整合性考量。

爰上所述，為提升整體防洪能力，並減少機場開發對周圍水環境之影響，排水系統規劃減洪設施以吸納因開發所增加之逕流量，並設置埔心溪疏洪道分洪極端暴雨之外水，以區域防洪保護標準為前提、機場內重要設施安全為導向，考量氣候變遷、風險管理、韌性防災等進行防洪排水規劃。

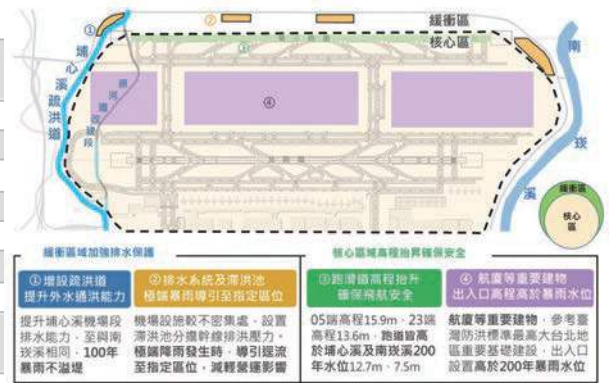


圖 1 桃園機場防洪排水規劃策略圖

二、原第三跑道開發計畫之防洪排水方案

本計畫為既有機場擴建土地之開發，必須依計畫需求、相關法令及規範，進行防洪排水規劃。計畫基地位於埔心溪及南崁河流域下游，現況埔心溪部分水道穿越基地，且近年氣候變遷引發異常之水文情勢，埔心溪曾因極端降雨有淹水事件，故本計畫必須整體考量進行防洪排水方案之規劃。

現有防洪排水分工，有關埔心溪及南崁溪治理工程由桃園市政府負責，本計畫之基地內排水及機場內埔心溪水道處理則由機場公司負責。從機場公司土地開發經營而言，內水處理可充分提高保護標的（諸如航廈、跑滑道）之自我防災能力，以及機場排水系統結合「出流管制」需求的

面對氣候變遷挑戰，為達防洪排水韌性機場，擬定相關規劃策略。機場排水規劃主要區分為核心區與緩衝區。核心區包含跑道、滑行道、航廈等重要建物、緩衝區則為機場北側邊界周圍，以及臨南崁溪、埔心溪疏洪道之區域，對應之原排水防洪規劃策略則包含增設疏洪道、設置滯洪池、跑滑道考量外水位高程進行整地、航廈等建物出入口設置高程抬升等（詳圖 1），規劃成果分述如下：

1. 增設疏洪道、提升外水通洪能力：原埔心溪機場段改建為箱涵，增設疏洪道提升埔心溪防洪保護標準至與南崁溪河川相同 100 年暴雨不溢堤。
2. 排水系統設置滯洪池、緩解排水幹線壓力：於機場設施密度較低處，設置滯洪池分擔排洪壓

力、導引逕流至指定區位減輕營運影響。

3. 跑滑道高程配合外水高程進行整地：配合外水位高程，跑道高程抬升至埔心溪及南崁溪 200 年水位以上，確保飛航安全。
4. 航廈等重要建物出入口高程設置高於 200 年暴雨水位：參考臺灣最高防洪保護標準一大台北地區重要基礎建設，出入口設置高於 200 年暴雨水位。

原規劃成果及法規檢視如后所述。

(一) 原規劃成果

原規劃排水系統由西往東概分為 B1、M1、G1、A1 及 K1 幹線（詳圖 2），其中 B1、M1 及 G1 幹線屬埔心溪流域，幹線上游分別銜接機場既有 B 及 M 排水幹線，下游 B、M 幹線合併後排入後厝支線、G 幹線排入下海湖支線等區域排水路後，匯入埔心溪；至於 A1 及 K1 幹線則屬南崁溪流域，其上游銜接機場既有 A 排水幹線，下游排入海方厝排水及南崁溪主流；另計畫範圍部分區域屬於埔心溪改建箱涵之集水分區，將直接匯入改建箱涵。

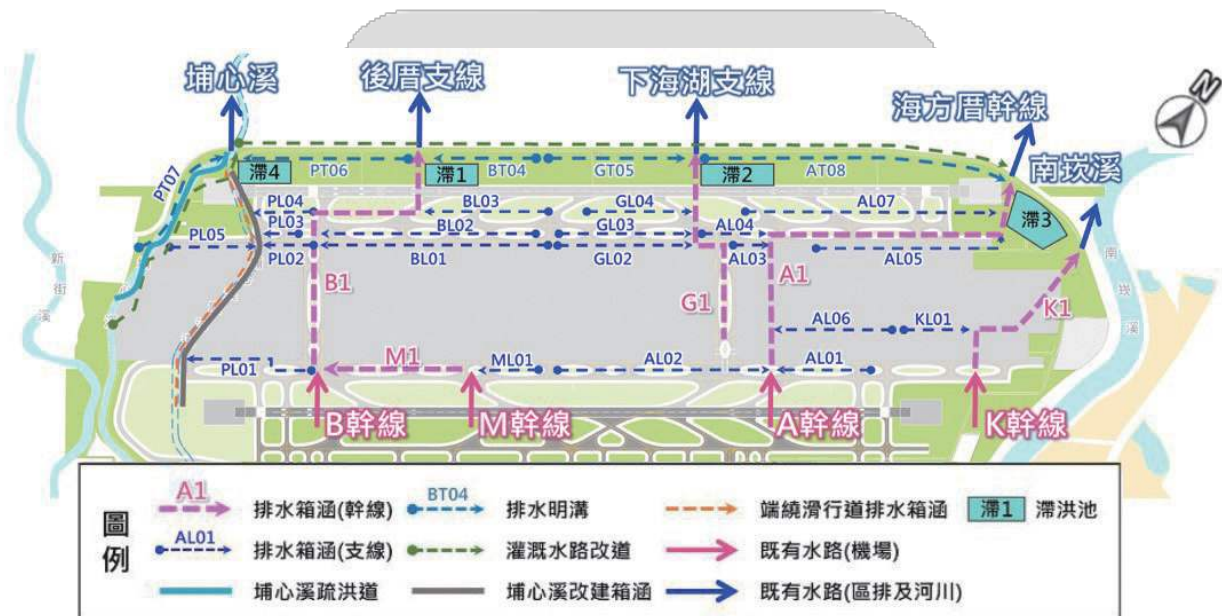


圖 2 原規劃第三跑道開發後排水設施示意圖

另外，為避免地表逕流增加而影響原排水設施或渠道防洪防災安全，將設置排水系統，收集地表逕流，經滯洪池調節後銜接至區外排水系統，不增加區域排水負荷。

為減少土地開發後對於區外排水之衝擊，本計畫設置離槽式滯洪池，將超過出流管制量之逕流流入滯洪池，使本計畫區暴雨期間之出流量不大於出流管制量。其量體計算方法係將開發後 24 小時逕流歷線與基地出流管制量相減，並乘以安

全係數 1.2 得到所需滯洪量體。依相關計算求得本計畫所需之滯洪量體共約 35 萬立方公尺（詳表 1）。

(二) 法規檢視

依水利法第 83-7 條之 1「辦理土地開發利用達一定規模以上，致增加逕流量者，義務人應提出出流管制計畫書向目的事業主管機關申請，由目的事業主管機關轉送該土地所在地之直轄市、

縣(市)主管機關核定。」本計畫擬提出個案出流管制計畫，埔心河流域防洪保護標準達 25 年不溢堤，且於計畫範圍內設置 4 座永久滯洪池。而為降低貫穿機場專用設施用地之埔心溪水位，以埔心溪疏洪道分擔原河道流量，埔心溪機場段原河道採加蓋、箱涵化方式辦理。

表 1 原第三跑道滯洪池規劃成果彙整表

| 集水分區 | 滯洪池 1
(BM 幹線) | 滯洪池 2
(G 幹線) | 滯洪池 3
(A 幹線) | 滯洪池 4
(埔心溪箱涵) |
|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 水系 | 埔心溪 | 埔心溪 | 南崁溪 | 埔心溪 |
| 開發後洪峰流量 | (10 年重現期) (cms) | | | |
| | 39.10 | 35.91 | 54.92 | 32.60 |
| 出流管制量 (cms) | 20.57 | 7.27 | 17.60 | 6.87 |
| 所需滯洪量體 (m ³) | 45,176 | 93,401 | 129,671 | 82,044 |
| 總計 (m ³) | 350,292 | | | |

(2) 埔心溪機場段 ~ 出海口之防洪保護標準提升至與南崁溪相同之 100 年暴雨不溢堤，另機場段採護岸加高及改道方式提升防洪安全。

2. 第三跑道計畫之排水方案則配合埔心溪及南崁溪治理內容，進行相關工程規劃。

爰此，桃園市政府及機場公司，分別對於周邊水系治理及第三跑道排水系統同步啟動優化作業。桃園市政府配合重新辦理埔心溪及南崁河流域之治理規劃檢討，同時考量水文環境變遷、第三跑道建設後逕流量，透過河道拓寬或整建等方式，增加下游河道排洪能力、蓄洪容量及防洪保護能力，讓國家關鍵基礎設施及下游區域之排水安全獲得更有效的保障。機場公司則配合機場周邊水系治理，檢討第三跑道計畫排水及滯洪池方案，並進行優化作業。

相關優化成果、效益分析，以及法規檢視如后所述。

三、整合區域排水資源之第三跑道開發計畫防洪排水方案

(一) 埔心溪及南崁溪治理規劃檢討提升防洪能力

桃園機場第三跑道計畫為國家級大型建設，有提升防洪安全之需求，行政院於民國 111 年 5 月起召開數次「研商桃園航空城第三跑道設計計畫埔心溪疏洪道工程相關事宜」等相關會議，考量排水上下游具密切關聯性，相關區域排水需進行整合，透過資源整合、共同合作，以防洪安全、飛航安全及整體觀點進行規劃，將個案出流管制方案提升為區域防洪排水之優化方案。相關會議記錄略以：

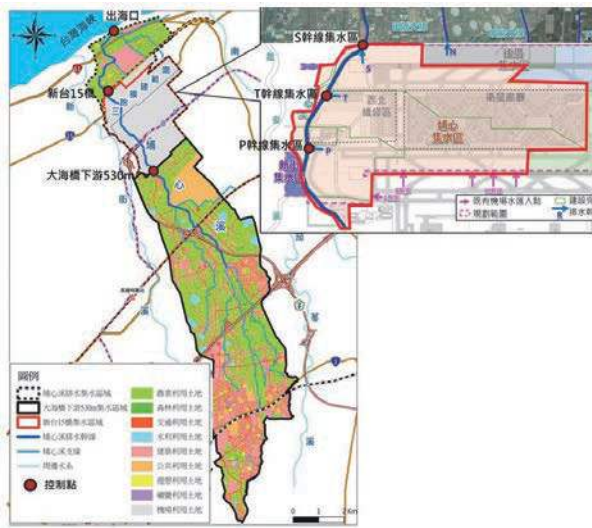
1. 埔心溪及南崁溪整體治理規劃

(1) 因鄰近河川、區排出海口，故採用整合南崁溪及埔心溪治理規劃，納入第三跑道建設後逕流量，以水道治理方式，保障開發區至下游段整體流域的防洪安全。

1. 埔心溪

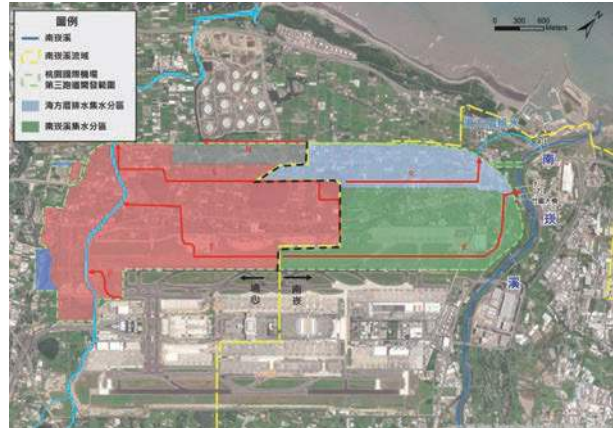
埔心溪排水幹線原治理計畫公告距今已超過 10 年，桃園市政府配合國家重大設計計畫，整體考量埔心溪集水區內桃園機場及周邊防洪安全提升之需求，於民國 111 年 8 月重新辦理「埔心溪治理規劃檢討案」。

鑒於第三跑道距離出海口僅約 3.2 公里，埔心溪治理將桃園機場至出海口段之系統納入整體改善，透過提升下游水道承洪能力，使第三跑道開發後逕流量能順利排入海，機場至出海口段治理標準提升至 100 年暴雨不溢堤，且納入第三跑道開發後逕流量，以確保集水區內防洪安全及符合整體發展需求，如圖 3 所示。



(資料來源：桃園市埔心溪排水幹線治理規劃檢討報告)

圖 3 埔心溪治理規劃檢討納入本計畫逕流量



(資料來源：桃園市市管河川南坎溪下游段(河口~坎下橋)規劃檢討)

圖 4 南坎溪治理規劃檢討納入本計畫逕流量

2. 南坎溪

南坎溪於民國 98 年完成「南坎溪水系治理規劃報告」並於民國 102 年核定公告「南坎溪治理基本計畫(第一次修正)」，距今已逾 10 年。

南坎河流域屬桃園精華發展地區，下游河段流經國家重大建設—桃園航空城開發計畫，河道沿岸地區發展需求強勁。爰此，配合國家重大建設計畫，南坎溪於民國 111 年 12 月辦理「南坎溪下游段規劃檢討及治理計畫修正」，其下游段(河口至坎下橋，0k + 000 ~ 5k + 117) 需檢討提升防洪保護標準，並依此檢視現有防洪設施之通洪能力，以及將第三跑道排水規劃納入考量(如圖 4 所示)。依據集水區地文、水文、人文環境及以往洪水成因，檢討河川通洪能力重新辦理規劃檢討，做全盤檢視與分析，確保南坎溪下游段防洪安全符合整體發展需求。

上述埔心溪及南坎溪經治理提升後之河口計畫流量彙整如表 2 所示。

(二) 桃園機場第三跑道排水設計優化

第三跑道排水設計優化，整體考量南坎溪、

表 2 埔心溪及南坎溪計畫流量表

| 水系 | 計畫年份(民國) | 河口計畫流量 (cms) | 說明 |
|-----|----------|--------------|--|
| 埔心溪 | 100 年 | 354 | 民國 100 年 埔心溪排水系統—埔心溪排水幹線排水治理計畫 |
| | 112 年 | 492 | 民國 112 年 桃園市埔心溪排水幹線治理規劃檢討 |
| 南坎溪 | 102 年 | 1,680 | 民國 102 年 南坎溪治理基本計畫(第一次修正) |
| | 112 年 | 1,830 | 民國 112 年 桃園市市管河川南坎溪下游段(河口~坎下橋) 規劃檢討及治理計畫修正 |

埔心溪等流域治理規劃內容，將部分集水區透過局部整地、排水路重新規劃，調整排入通洪能力更高之主流，並重新劃分幹線集水區。優化後排水規劃成果如圖 5 所示，並分述如下：

1. 取消原規劃四座滯洪池：因第三跑道建設，計畫範圍地表特性改變，將造成逕流量增加，依「出流管制」的規定，應以相關工程手段處理因地表地文因子變化而新增的逕流量，但因新增逕流量已納入桃園

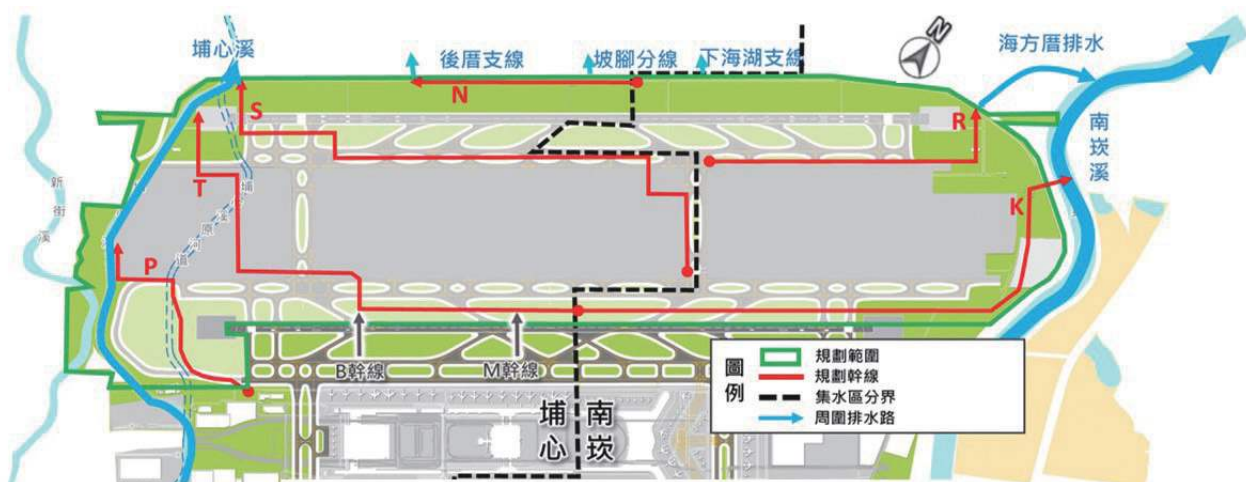


圖 5 優化後第三跑道開發後排水工程規劃示意圖

市政府同步辦理的埔心溪、南崁溪治理計畫中，故原本計畫需處理的「新增逕流量」課題已獲解決，因而取消四座原規劃之滯洪池。

- 2. 埔心溪集水區：**本集水區地勢原流向埔心溪，開發後因跑滑道用地需求，填平原埔心溪河道，依排水流向收集逕流後導往埔心溪新河道（原疏洪道），共規劃 S、T、P 三條排水幹線。
- 3. 後厝集水區：**本集水區主要收集埔心溪流域北跑道以北至計畫邊界之逕流，並最終以 N 幹線排水箱涵，由北側基地邊界排往下游既有後厝支線。
- 4. 下海湖集水區：**配合埔心溪整治經由 S 幹線排入埔心溪，計畫區內將無下海湖排水及其支流坡腳分線。
- 5. 海方厝集水區：**配合埔心溪、南崁溪之整體規劃，重新劃分區內集水區，將部分原海方厝排水（最後匯入南崁溪）集水面積，透過 K 幹線直接排入南崁溪主流。本集水區排水系統，由最上游貨運園區西南側往東北進行布設，以 R 幹線排往海

方厝排水。

- 6. 南崁溪集水區：**本集水區整體趨勢為西南高東北低，排水系統配合南崁溪治理規劃，納入部分原海方厝排水集水面積，幹線佈設由最上游北跑道北側綠地，將逕流收集後導往竹圍大橋附近，並由 K 幹線穿越新台 15 線後，沿都市計畫綠帶排入南崁溪。

（三）效益分析

1. 提升區域整體防洪能力、減少淹水災害

原規劃第三跑道下游水系，尚無納入整體區域開發後狀態進行治理規劃檢討，故依水利法規定設置四座 10 年重現期不溢淹之滯洪池暫時滯納水體，僅確保不增加下游負擔並不造成開發區淹水，原規劃之滯洪池削減洪峰流量於埔心溪流域共計約 72.9cms、南崁溪流域約 37.32cms，詳表 1。

經南崁溪、埔心溪等流域治理規劃檢討納入第三跑道開發的新增逕流量後，機場至出海口河段皆進行治理標準提升，埔心溪河口計畫流量從原本 354cms 提升至 492cms，提升約 138cms，高於原規劃削減之 72.9cms，而南崁溪河口計畫流

量從原本 1,680cms 提升至 1,830cms (詳表 2)，提升約 150cms，高於原規劃削減之 37.32cms，提升後計畫流量已考量本計畫開發後土地利用狀態，並且提升機場及下游整體區域之防洪安全。

2. 提升飛航安全

本次優化因已提升下游埔心溪、南崁溪之通洪能力，進而取消原規劃滯洪池，可降低滯洪池水體吸引鳥類之可能，對飛航安全具正面效益。

3. 納入埔心溪及南崁溪整治，提升資源效益

原規劃於計畫區內設置滯洪池，優化後將相關工程經費部分補助用於區域排水整治，可提升計畫區及下游區域之防洪安全，更具經濟效益。

(四) 法規檢視

有關本計畫優化(取消滯洪池)之適法性一節，經主管機關水利署表示，參照水利法第 83-7 條規定，開發應提出出流管制計畫書之法定要件，係以開發利用面積達一定規模，且有增加逕流量者為限。本計畫第三跑道開發位置，主要位於桃園市管埔心溪、南崁溪集水範圍內，經水道主管機關桃園市政府同意，採整體綜合治水規劃，將開發後增加逕流量納入水道整體檢討承納，不增加區外鄰近地區淹水風險。因開發所增加之逕流為零，爰不適用水利法第 83-7 條規定，開發免提出出流管制計畫書。

本計畫出流管制計畫書審核係桃園市政府權責，原基地內規劃 4 座滯洪池，是以周邊水道不改變現有通洪能力為前提而設計；現考量機場段至鄰近出海口，由機場公司挹注工程部分經費與桃園市政府合作提升水道防洪能力，開發所增逕流量已由市府整體綜合治水規劃承納，本計畫取消滯洪池並無水利法適法性疑義。

行政院於指導本案及其他出流管制相關排水規劃的過程中，發現部分計畫常錯用水利法第 83-7 條之立法原意。原因即為出流管制計畫審查

時未考量都市計畫劃定過程即有規劃減洪內容，計算出不符實際需求之逕流增量，認為有檢討相關規定之必要。遂於 112 年 12 月公告「提升國土防洪治水韌性之整合作業指引(修正版)」，該指引表示開發基地應結合開發區域內、外水系綜合規劃，納入水道現有或檢討後之容受能力，並整體檢討開發區及相關排水系統，以整體思維設計最為經濟及可行減洪方案，並輔以非工程避災措施，減輕淹水災害所帶來之損失。

四、結論與建議

(一) 一般區域開發，當開發超過一定規模時，依水利法第 83-7 條之 1，向目的事業主管機關提送「出流管制計畫書」並配合設置出流管制設施(常用為滯洪池)，使計畫區暴雨期間之出流量不大於出流管制量，惟過往執行較無與鄰近水道共同規劃或工程資源整合案例。

爾後如有大型開發計畫，除可參考本案之經驗外，亦可依據「提升國土防洪治水韌性之整合作業指引(修正版)」進行規劃設計，以提升國土防洪韌性。

(二) 本計畫第三跑道開發位於埔心溪及南崁溪下游區域並鄰近出海口之背景條件，該兩水路重力排水條件良好，有整治提升空間。經行政院跨機關指導，將部分區域都市計畫區(包含本計畫區)開發逕流納入考量並進行整治，由個案出流管制方案提升為區域防洪排水優化方案，將開發後增加逕流量納入水道整體檢討承納，不增加區外鄰近地區淹水風險，因開發所增加之內水逕流增量已納入防洪外水的水道，故無內水(土地開發之逕流)增加量的處理課題，爰不適用水利法第 83-7 條規定，開發免提

出流管制計畫書。將原第三跑道建置滯洪池之工程資源用於埔心溪及南崁溪等區域排水整治，除可避免設置滯洪池吸引鳥類聚集，提升機場飛航安全，更共同提升區域防洪功能，對整體環境排水安全及飛航安全更具效益。

參考文獻

桃園國際機場股份有限公司，「臺灣國際機場第三跑道及基礎設施綜合規劃報告書（核定版）」，民國 112 年 3

月。

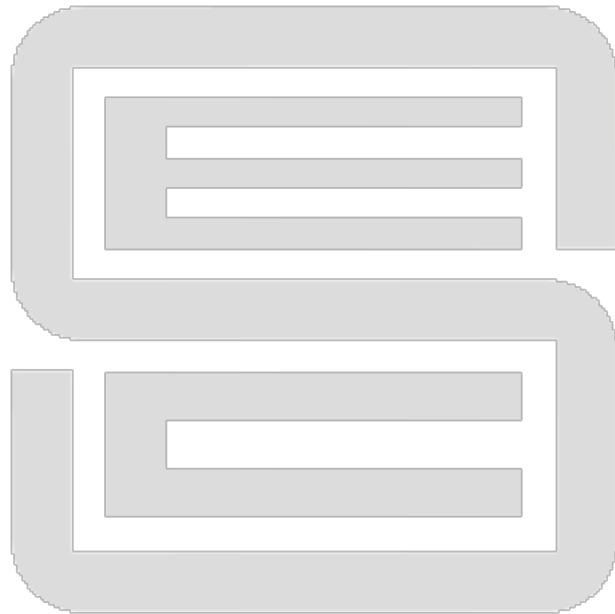
桃園國際機場股份有限公司，「臺灣國際機場第三跑道環境影響評估報告書（定稿本）」，民國 109 年 4 月。

桃園國際機場股份有限公司，「臺灣國際機場第三跑道環境影響評估報告書（第二次環境影響差異分析報告）」，民國 112 年 11 月。

桃園市政府水務局，「桃園市埔心溪排水幹線治理規劃檢討報告」，民國 112 年 1 月。

桃園市政府水務局，「桃園市市管河川南崁溪下游段（河口～崁下橋）規劃檢討」，民國 113 年 4 月。

行政院，提升國土防洪治水韌性之整合作業指引（修正版），民國 112 年 12 月。



新書推介

(一) 環境水體關切藥物及六溴環十二烷分析方法開發

許國恩、劉婉儀、吳佳娟、
林宜璇、吳紗糸、李品蕙、
楊淑娟、林淑滿 編著

2023 年 2 月初版

桃園航空城景觀規劃與設計 及七大主題亮點營造

徐廣達* 蘇美婷**

摘要

桃園航空城區段徵收工程面積廣達約 2,302 公頃，為台灣有史以來最大的土地開發案。規劃設計團隊於計畫之初即倡議融合 Aerotropolis（航空城）+ Airport Urbanism（機場城市主義）的概念：保留文化古蹟、埤圳等當地紋理，以機場及綠線捷運串聯機場內外與周邊區域，連結土地與人文的思維，納入可持續發展的韌性城市理念，打造一個國際接軌、在地融合的航空城，執行並調修都市計畫。

「自然」與「文化」是桃園航空城獨特地景與人文歷史元素，團隊提出在「國土生態線網」的架構下，以縫補與跨域合作來實現「森、川、里、海」，找回「人與自然的連結」；以建設「綠色生態城市」為目標，並以「hybrid 混搭」自然與文化形成「航空城之匯」理念，發展「水、文、道、食」四個面向與八個場景，為保護自然、調適共生與歷史再造研提方案；並且延續深化規劃理念，透過自然與文化的景觀系統架構，以及園道景觀軸線之串聯，貫徹航空城四大景觀面向；最後整合打造出本團隊所提七大主題亮點的設計，為後續統包工程的細部設計先期擘劃。

關鍵字：航空城（Aerotropolis）、城市規劃、綠色生態城市、區段徵收工程、景觀工程

一、背景與緣起

桃園航空城計畫歷經十多年的前置作業，終於在民國 108 年進入實質規畫及基本設計的階段，於民國 110 年 11 月以統包工程開工動土。規劃設計團隊歷經近二年夙夜匪懈的努力，在有限的時間內達成業主所交付的使命。過程中所激發出來的創意成果，實有必要整理當時的構思，以作為經驗傳遞及日後大尺度景觀規劃設計的重要參考。

空間規畫設計，基本上即處理空間的點、線、

面，對應在空間的尺度，則是由小而大的空間尺度。景觀的規劃設計，面對航空城的超大尺度，我們先從大尺度著眼，先勾勒出全區的景觀願景，然後進入中尺度架構全區的景觀空間系統，最後落在著手執行公園、綠地、園道的小尺度設計，接下來也將依此層次來說明：

二、形塑航空城景觀願景

（一）「航空城之匯」找回人與自然的連結

* 中興工程顧問公司工程美學中心景觀組組長

** 中興工程顧問公司工程美學中心主任

「自然」與「文化」是航空城獨特地景與人文歷史元素，尤其是特殊的 U2 黑貓中隊與機場。我們從「找回人與自然的連結」開始，在國土生態綠網下，找回森川里海的連結，以建設航空城成為「綠色生態城市」，以「hybrid 混搭」自然與文化「航空城之匯」的理念，以尋求對這個城市風貌最有利的解方。

（二）「航空城之匯」的四大面向

在航空城公共空間景觀規劃中，有四大面向的混搭值得我們研究與探索，並進而提煉成為特色，分別是水岸河廊、航空文化、園道交通與可食地景在此交匯：

水—水岸河廊與城市優生態

既存的埤圳、溪流是現代的地景珍寶，我們提出以近自然工法營造生態棲地環境，讓過去的農業地景有新的意象，進而將其改造融入未來的開放空間與生活場景，成為當地的重要景點，更成為航空城的「小自然」走向「大自然」的通道。

文—航空文化與城市大歷史

在天光下的口口埤塘像是無數個清澈藍眼睛，為桃園過往農田水利的智慧結晶與獨特的文化地景，加上計畫區內已列文化保存的重要軍事遺跡，以在歷史中「尋寶」的概念，提出利用機堡、埤塘與舊滑行道成為歷史載體，展現新的城市美學。

道—園道交通與城市新人本

加強橫向連結至生態廊道，以人為本的思考，營造城市門戶與園道混合的風景：以原生種紫花樹—棟樹為 50m 園道行道樹，既有樹木再利用展現紫色浪漫的景觀；LID 的設計調節微氣候；西南季風引導及東北季風防制、高架捷運噪音減緩

調適的樹木配置，讓土木基建工程變成景觀基建，具象描繪了人在城市中的移動美學。

食—可食地景與城市樂派對

近年來國際皆致力於發展都市農耕及可食地景，藉此增加綠地面積、降低熱島效應、減少碳足跡。透過公園、綠地保留農地耕作，或以「食物森林」的具體實踐，我們可以重新定義農與都市的新關係，提供市民工作機會，更可用食物與當地農作將居民與旅客媒合，打造未來的航空城成為一個可以農耕、派對的共享田園城市。

（三）「航空城之匯」的八大場景營造

計畫執行初期即指認出典型的重要場域，將航空城的景觀願景，以混搭自然與文化的設計，具體勾勒出八個場景，為保護自然、歷史再造，讓公園綠地及園道成為桃園航空城最美的印記。八大場景分別為「水岸環境—溪流生態廊道與埤圳地景」、「中央林道—特色綠林道及地下滯洪」、「黑貓跑道—在地棟樹的紫花大道」、「藝文大道—綠色藝文氛圍」、「城市雙翼—帶動城市起飛的門戶意象」、「文化綠廊—向歷史致敬的地景之 U2 剪影」、「塔台園道—線性漫步之故事公園」、「可食田園—可食花園與食物森林的營造」。

三、景觀系統架構概念

（一）開放空間景觀系統架構

經由都市計畫土地使用分區圖的分析盤點，區段徵收工程之公園、綠地、廣場等用地區位，分別散落於貫穿計畫區的河川兩側及各埤塘水圳、文化古蹟保存區周邊，宛若散落一地的水晶。由此發想計畫區的公園綠地，好似拾起如散落水晶般的埤塘水圳等，利用規劃設計手法予以研磨

(串聯)、拋光(特色區域)後，淬鍊出以水環境及綠鏈結為組合的自然景觀系統，以及以文化園區與蘇活藝文區(整合廣場用地及機關用地)的文化景觀系統，漸次逐步打造出具特色的景觀亮點。

1. 自然景觀系統：依據在地地景架構出老街

綠映、藍翠新街、紫韻埔心、南崁青田等水道印象，以及紫色棟樹花的林蔭大道，以埤塘為核心的生活社區等。

2. 文化景觀系統：以空軍基地紋理為主體的大文資圈包括黑貓文化園區、空軍基地、航天十字軸，以及廣場及清華醫療園區的蘇活藝文區。



圖 1 「航空城之匯」—找回人與自然的連結



圖 2 「航空城之匯」的四大面向—水、文、道、食



圖 3 「航空城之匯」的八大場景

(二) 道路景觀系統架構

延續整體景觀系統架構概念將航空城的道路景觀系統層次分為航空城大街、綠鏈結走廊、生活綠街區等，創造最大綠地空間，形成友善綠網。

1. 航空城大街 (Boulevard) 60 米林蔭大道 + 航天十字軸：塑造足以展現當地風格特色與城市特色地景—紫都大道、黑貓跑道及塔台園道。

2. 綠鏈結走廊 (Greenway)：著重於建立綠

廊道與生活空間氛圍的串連，包括 50M 捷運共構園道、40M 產專區綠園道、25M 水圳綠園道。

3. 生活綠街道 (Street)：因航空城保留部

分水圳紋理，結合周邊綠地、可食地景與自行車道等，成為舒適安全的帶狀綠廊，提供休憩及親水環境，成為城市綠帶的一環。

NATURE+CULTURE = 碧珠鍊 + 藝文町



圖 4 航空城景觀系統架構概念圖



圖 5 航空城道路景觀系統架構概念圖



圖 6 紫都大道、黑貓跑道、塔台園道模擬圖

(三) 航空城大街設計構想說明：

1. 紫都大道：利用基地既有苦楝樹群經假植撫育後打造為在地棟樹的紫花大道意象。廣場、人行道與步道將自然景觀與人文、商業空間串聯起來，促使社區居民與自然的和諧互通，塑造城市友善的、舒適的步行空間，更可連結至機場，成為國內都市空間營造「步行城市」的典範。

2. 黑貓跑道：空軍基地中，主跑道兩端 05、23 編號，是空軍空勤任務起始與結束的端點，是空軍全面換裝噴射機後使用的跑道，極具保留價值。建議跑道編號以水刀整塊切割保留在未來的 50 米園道，移設至街道路兩端，並設置地面銅雕牌記事解說；中央分隔島可將跑道鋪面破碎的混凝土塊再利用，石塊間隙種植耐陰植物造景，以特殊的景觀設計來紀念黑貓跑道的歷史現場與記憶。

3. 塔台園道：保留既有的塔台，曾經是空軍基地中最高的建築物，引領著黑貓隊員們執行任務，十足具有歷史意義，將利用道路綠帶保留後持續矗立在航空城中，成為 33 米道路中央綠帶。長 200 米，寬約 13 米的線狀公園，進一步導入步道、廣場家具等設施，以及導入軍事元素主題的

解說設施及鋪面設計，傳遞歷史的記憶與故事，使人們在漫步時亦能同時咀嚼過去的歷史。

四、開放空間系統七大主題亮點營造

提煉地景紋理中的「自然」與「文化」，並與開放空間系統結合，以尋求對城市風貌最有利

的解方，是本計畫亮點營造的設計理念。篩選面積大於 0.5 公頃與較具特色，且可與重要軸線連結的用地，例如臨近水岸或文化資產保存區，將它作為區徵景觀工程活化重點，予以轉化為公園、綠地、廣場之使用，並透過園道景觀軸線之串連，成為散布各區在點、線、面不同尺度下航空城的七大主題亮點（見圖 7）：



圖 7 航空城開放空間系統七大主題亮點區位圖

（一）老街溪景觀線廊道（見圖 8）：

老街溪為桃園是重要之水岸資源，坐落於航空城都市計畫最西側，現況水岸環境自然，為良好之自然界線，周邊未來以產業區與住宅區為主，水岸綠地之連續動線提供居民良好之休閒空間，串連基地內部之帶狀綠帶（197 ~ 211）與埤塘公園，營造出都會空間中的自然意象。

（二）新街溪水岸綠生活（見圖 9）：

新街溪為桃園是重要之水岸資源，位於老街溪與國道 2 號之間，並有桃園機場捷運通過，鄰近園林道路 1-2-50。現況水岸環境自然，未來周邊以商業區及住宅區為主。未來以新街溪之自然

環境為主角，串連周邊的公園、綠地、自行車道系統、休憩點、水圳、埤塘等，呈現水岸綠生活的地景廊道。

（三）林蔭大道埔心藍帶（見圖 10、圖 11）：

本區串接中央綠林道之重要景觀軸帶與埔心溪，以保留空軍遺址之意象與營造林道休憩空間為主軸，並透過綠帶之連結，創造融合文化與自然的重要開放空間。林蔭大道根據周邊土地使用類型分段處理。林蔭大道兩側延續埔心溪既有棟樹景觀營造紫花大道，輔以多樣化喬木形塑都市鬱鬱廊道意象。

老街溪景觀綠廊道

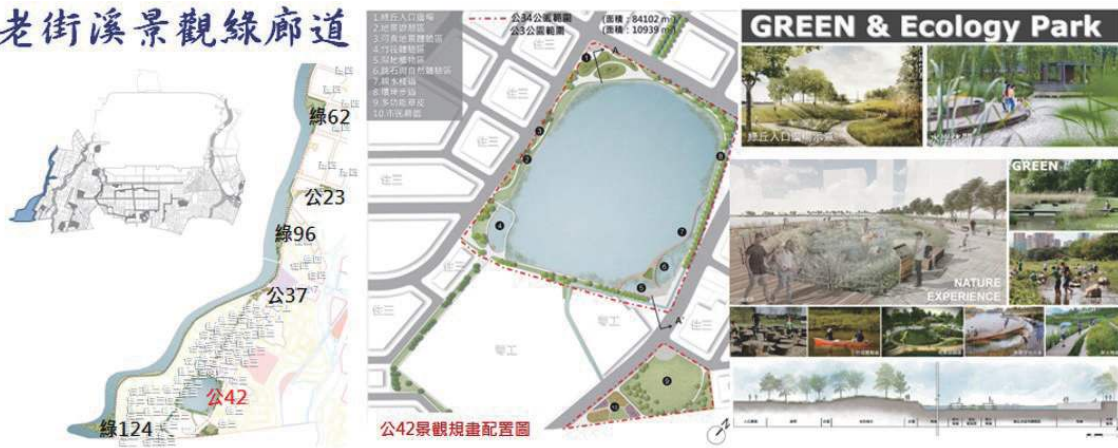


圖 8 老街溪景觀綠廊道

新街溪水岸綠生活

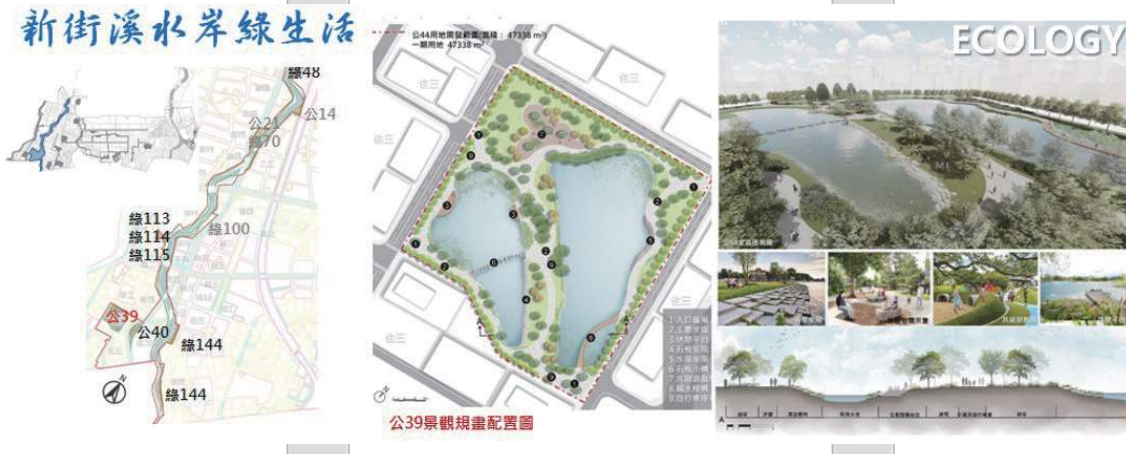


圖 9 新街溪景觀綠廊道

林蔭大道埔心藍帶



圖 10 林蔭大道埔心藍帶



圖 11 林蔭大道埔心藍帶—林蔭大道配置構想

(四) 清華園區藝文大道 (見圖 12)：地，配合美國中央情報局執行 U-2 高空夜間偵查串聯廣場、公園、商業區與清華醫療園區，任務，現已除役並劃入航空城計畫範圍。以藝文為主軸，創造不同尺度的活動空間。廣場以軍事歷史為主要重點資源，透過綠園道串整合道路兩側園區，並將廣場主題定調為藝文大道連各開放空間，整體規劃設計延續空軍文化記憶，大道，搭配多彩之鋪面、植栽規劃，塑造舒適且以並提供未來核心商業區與周邊住宅區優良之步行與活動場域。公園、綠地與廣場等場域空間，以含蓄的手法展現對空軍遺址的尊崇，以新時代的風貌轉化為未來航空城之都市場域。配合「空軍基地保存計畫」保留「歷史現場」的原則，盡可能全部保留區內軍事設施，以並以不超過保存設施之高度為原則，打造現代都會休閒空間。

(五) 空軍遺址文化綠廊 (見圖 13、圖 14)：本區為前空軍桃園基地，建於日治時期，並於冷戰期間作為空軍第 35 中隊—黑貓中隊—之基



圖 12 清華園區藝文大道



圖 13 空軍遺址文化綠廊



圖 14 空軍遺址文化綠廊—公 27、公 28 黑貓文化園區配置構想

(六) 埤圳樞紐田園聚落 (見圖 15) :

基地現況為農田紋理，周邊開發程度低，深具鄉間田園風貌，周邊未來多為住宅區，北側銜

接 50 米園道，經由 50 米園道串接至公園，而南側未來將有高中及小學設立，為重要之生活圈，本區開放空間以水圳紋理串連，保留既有埤塘將其營造為生態滯洪池。呼應過往農田地景並以可

食地景為主題。

(七) 田園農村樂活綠地 (見圖 16) :

本區周邊未來多為住宅區，為航空城東側基地與未開發區農田景觀相接之重要開放空間，基地現況存在大面積的埤塘，周邊為低矮平房及農

田，整體景觀氛圍相當自然，本區西側捷運用地，捷運高架下方已規劃自行車動線，透過自行車道與綠帶往北串連至莊稼園埤。整體以農村景觀為主題，融入可食地景之營造，串連周邊整體景觀，並可將基地結合食農教育作為田園農村樂活區主要環境教育解說場域。



圖 15 埤圳樞紐田園聚落

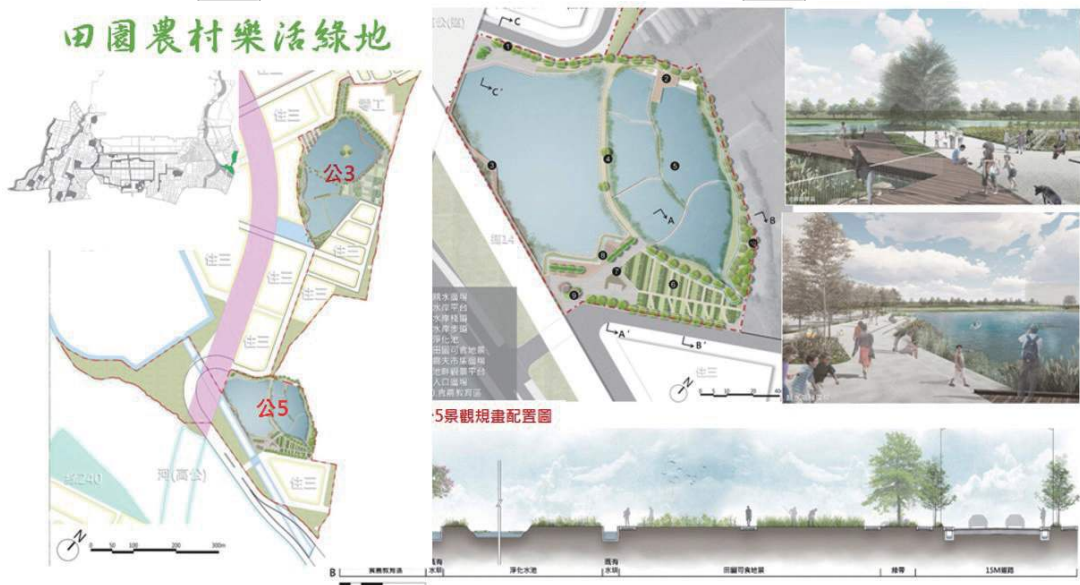


圖 16 田園農村樂活綠地

五、結論與建議

本案藉由團隊的景觀與跨領域整合平台將整地、排水、交通、都市計畫、生態等各專業，以「hybrid」混搭自然與文化的理念，以期達成「找回人與自然的連結」、建設「綠色生態城市」的各項願景與目標，已初具成效。以下分享數項已納入後續設計準則及統包需求書之課題與建議對策，供各界參考：

（一）既有樹木的調查、保護與移置：

既有樹木為重要的自然生態資源，大尺度土地開發的資源調查耗時費力，植物調查又常是被忽略的一環。本團隊開發應用光達測量技術進行大面積樹木調查技術，在規劃階段即估算出原地保留及需移植的樹木數量，並進而規劃移置區位與編列工程費用等（應用空載光達技術於公共工程規劃之大面積樹木調查，郭鎮維等，2022）。但因現行技術的限制，仍無法以光達或其他快速的技術獲得樹木的樹種及生長狀況等資訊，仍需由後續細設與統包團隊進一步辦理每木細部調查。

（二）區內既有重要自然元素的保留：

為使既有重要自然元素儘可能保存。本案在公園、綠地儘量保持既有地形，整地工程配合僅作必要地表整理；既有埤塘保留原有池型與面積，尤其池岸土堤盡量不予擾動以保留其生態的完整，並維持水路、水源不予斷絕；水圳水路儘量採用環境友善的近自然工法施作，如砌石護坡明渠等。

（三）非屬文資法保存的文化元素的去留：

航空城計畫區內的文化古蹟，多已經由市定古蹟保存計畫妥善保留，但如營區大門、塔台、

水塔、部分房舍、以及機堡、防爆牆、機場跑道及其標線、編號等，雖非屬市定古蹟保護的軍事設施，但都是區內重要的歷史現場，若一旦清除就不復見。本案藉由公園綠地，甚至道路路型的規劃設計，建議保留公園綠地用地內或道路綠帶的所有軍事設施，將之納入景觀整體設計，並已有初步成果，但仍需後續統包團隊繼續深化處理。

（四）滯洪池與公園用地的共存：

航空城因應進出流管制計畫之需求進行都市計畫變更，將部分公園用地規劃作為滯洪池使用。本團隊因應相關變更，建議公園用地如有設置滯洪池之需求，可結合公園、乾式滯洪池的多目標使用功能，引入適合的活動型態與空間，如社區籃球場、可食地景、體適能健身遊戲場、戶外劇場、多功能草坪等，再以步道聯繫周邊社區或水岸步道，讓滯洪池的功能與公園的使用共存。

目前桃園航空城正如火如荼的進行統包工程的細部設計階段，機關擬透過專家建議、參與式設計及設計審查會等手法，確保全區重點景觀設施能提供更臻完美之使用者體驗，更期藉由規劃設計之七大亮點主題營造的持續推動與深化，以準確傳達航空城的景觀願景與理念。

誌謝

感謝合圃公司及荷蘭顧問 MVRDV 的鼎力合作，以及同仁郭鎮維博士在 GIS、光達技術應用於樹木調查及林益正於生態規畫、生態檢核等方面的協助。另感謝工程美學中心同仁宋美玲、林嘉莉、李恆欣、劉家華支援設計階段最為繁瑣的圖說、規範、預算製作等。與此一併致謝參與的團隊成員。

參考文獻

桃園市政府航空工程處，桃園航空城計畫區段徵收工程規劃暨基本設計報告書（2021）
 郭鎮維、徐廣達、蘇美婷（2022）應用空載光達技術於

公共工程規劃之大面積樹木調查，中興工程，155。
 魏永坤、吳建銘、陳威宇、徐廣達（2019）；里山倡議於都市開發之實踐—觀音草漯市地重劃工程案例探討，中興工程，145。

財團法人中興工程顧問社歷年之研發成果，已開發下列程式，若有需要，歡迎洽購。
 聯絡電話：(02) 8791-9198 轉 467 陳小姐
 E-MAIL：louise@sinotech.org.tw
 網址：http://www.sinotech.org.tw

| 序號 | 程式名稱 | 版次 |
|-----|---|------|
| 1 | 泛用型非線性靜動態平面結構分析程式 | V1.0 |
| 2 | 深開挖土層參數回饋分析 (DEXC-OPT)
深開挖土層參數回饋分析 (RUIP) | V1.0 |
| 3 | 進出港操船模擬分析程式 | V1.0 |
| 4 | 預力混凝土中空矩形斷面橋墩重力應變關係分析程式 | V1.0 |
| 5 | 單目標多座水庫系統運轉程式 (ORES) | V1.0 |
| 6 | 區域流量延時曲線分析程式 | V1.0 |
| 7 | 台灣地區水庫資訊系統 | V1.0 |
| 8 | 台灣電子地圖網站 | V1.0 |
| 9 | 岩盤隧道施工資料自動化處理 | V1.0 |
| 10 | 預力預鑄混凝土橋柱分析 | V1.0 |
| 11 | 非線性混凝土結構分析系統 | V1.0 |
| 12 | 加長型單肋板補強梁柱接頭設計輔助程式 | V1.0 |
| 13 | 區域水資源系統即時操作模式建立 | V1.0 |
| 14 | 結合 ETABS 之位移法耐震性能設計及評析程式 | V2.0 |
| 15 | 混凝土非破壞檢測儀 (Sino-NDT-IE) 之改良 | V1.0 |
| 16 | SinoPad 中興現地調查系統 | V1.0 |
| 17 | 隧道支撐設計整合系統 | V1.0 |
| 18★ | 二維泛用地表水分析軟體 (註) | V2.5 |
| 19 | 柔性加勁擋土牆之設計參數與數值分析方法研究 | V1.0 |
| 20 | 台灣地區大眾捷運安全管理系統之建立 (一) | V1.0 |
| 21 | RFID 設施巡檢系統、RFID 設備盤點系統、RFID 主動式監測系統 | V1.0 |
| 22 | 隧道 (1) 輸進資料、(2) 地質 資料、(3) 監測資料等處理系統及 (4) 隧道施工資料查詢系統 | V2.0 |
| 23 | 沖刷監測預警裝置開發 | V1.0 |

(註)：序號 18★之程式現階段僅開放政府機關申購。

數位化管理與監測資訊系統平台之 整合與建置

汪彥廷* 簡至培** 林昱廷*** 紀宛君****
石豐銘***** 張權***** 林志偉***** 曾騰毅*****

一、前言

隨著 18 世紀的英國以機器取代手工工具，工業革命一詞至此誕生並沿用至今，這不僅是所謂技術的變革，更拉近了世界各國之間的距離，背後意味著連結性的增加，各國間相互影響力也大大提升。於現今，我們正身處於第四次工業革命的環境，科技進步的速度與步伐非昔日所能比擬。如何因應如此劇烈的變革，將是各國的一大考驗。相信這樣的環境是危機，也是化危機為轉機成為發展的機會。如何內化外在因素及科技所帶來的好處形成部門的優勢，亦是現在及未來的關鍵課題。綜觀全球局勢，保有競爭力與適當彈性將是部門能夠永續發展的努力方向，而實際作為將是毅然地迎向數位創新、數位化的浪潮。

我國之國家發展委員會於民國 109 年通過「國家發展計畫（110 至 113 年）」，提出未來四年國家發展策略，當中提出了全球重大發展趨勢包括：美中貿易戰、後疫情時代的全球經貿新秩序；5G、AI 等數位科技及數位經濟發展的重要

性上升。因此國家發展委員會除了訂定未來四年總體目標外，也將數位創新列為政策四大主軸之一，以開創經濟發展新模式。本計畫的研究目的也於此誕生一藉重數位科技內化於自身進行數位轉型，建置系統整合平台以創造新價值。數位轉型是一個結合數位科技與既有營運模式的過程，從營運流程、價值主張、顧客體驗、數位文化、到徹底轉型，成為一個極為靈敏具高度彈性，且不斷更新轉型的組織。數位轉型可概略性以五大層面作定義，包含數位策略與執行、組織與文化、人才與能力、科技與工具、及數據管理與分析。

本研究計畫聚焦於科技與工具及數據管理與分析兩大層面。科技與工具的概念主要在於將數位科技導入運營流程，驅動內部運作流程的更新及轉變。而數據管理與分析則為建構完整的數據生態管理系統，數據生態管理的流程，包含數據的獲取、系統架構建立到數據的管理及應用。

本研究藉由建立一套數位化資訊系統平台，可同時儲存與整合各地案場銷售資訊與相關監測系統，以達到以下四大目標：

* 中興工程顧問社防震制振技術研究中心助理研究員
** 中興工程顧問社防震制振技術研究中心副研究員
*** 中興工程顧問社防震制振技術研究中心助理工程師
**** 中興工程顧問社防震制振技術研究中心防震設備暨監測組代理組長
***** 中興工程顧問社企劃推廣處高級研究員
***** 中興工程顧問社防震制振技術研究中心主任
***** 中興工程顧問社企劃推廣處資深研究員
***** 中興工程顧問社企劃推廣處高級工程師

- (一) 資訊數位化，既有實體案件資料數位化方便管理整合，使資料易於統分析
- (二) 以地圖式首頁呈現案場管理與產品效能展示
- (三) 建置自動化監測系統完整架構，模組化系統功能
- (四) 透過數位化資訊系統平台整合各地案場與各監測系統資訊

二、研究方法

本研究之系統建置流程，將依循一般管理資訊系統 (Management Information System, MIS) 的系統開發生命週期 (System Development Life Cycle, SDLC) 所定義之工作方法，並整合需求分析結果及選用之開發技術，來建置部門級別之智慧管理與監測資訊系統。本研究計畫主要執行方法包含：「資料蒐集與需求分析」、「系統分析」、「系統規劃設計」、「資料庫設計與資料匯入」、「系統開發」、「系統運轉與整合測試」等，如圖 1 所示。相關工作項目說明如下：

1. 資料蒐集整理—研究前期將進行業務相關資料蒐集彙整，包含業務執行中相關流程表單，及產品相關規格資訊等。
2. 需求分析—以蒐集之文件為基礎，進一步釐清部門各角色業務之現況以整合需求，作為開發人員資料庫規劃設計及程式功能開發之參考依據。
3. 系統分析—將系統需求轉化為系統性架構，過程中將依需求分析之結果釐清課題的範圍與性質，以尋求課題之解決辦法。其過程明確辨識分析問題的性質與範圍，並統整需求建立系統結構。
4. 系統規劃設計—建立初步之設計架構後，依據需求及系統分析之結果進行系統細部規劃與設

計，包含關聯式資料庫的設計、軟硬體需求規格制訂、網站系統功能畫面與操作設計等，並反覆進行討論，以釐清與修正問題。

5. 資料庫設計與資料匯入—將資料庫設計概念轉換為實體的資料表並進行正規化，待正規化作業完成即著手於資料之整理與轉換匯入。
6. 系統開發建置—本研究依循程式系統開發生命週期進行系統開發建立。開發人員利用系統規劃與設計之系統雛型先進行開發，並向使用者展示及討論，並依其意見進行系統功能微調修正，以便快速完成系統之開發。
7. 系統運轉與整合測試—系統建置完成後，依據需求規劃測試情境與案例，以驗證功能正常並符合設計需求。

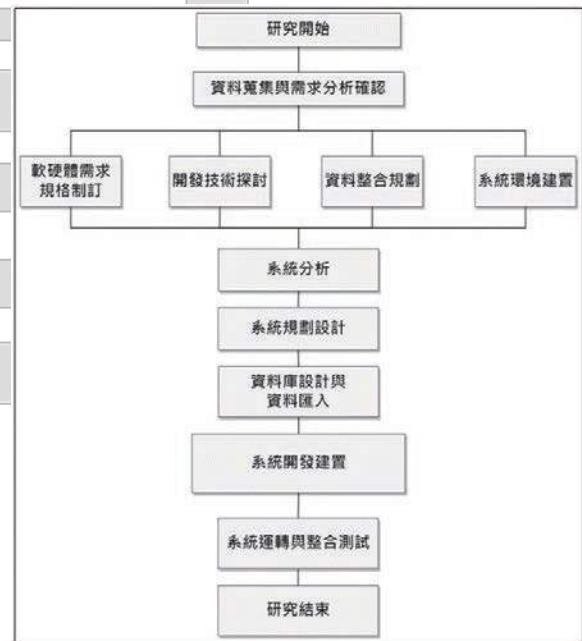


圖 1 研究流程圖

(一) 程式開發技術

本研究考量專案時程等因素，為有效縮短開發時間，避免前期學習曲線過長，使用過去較具開發經驗之語言，編譯式語言 C#，為主要系統開發語言。編譯式語言是以較接近人類語言的程式

語言編寫程式碼，並透過編譯器將所撰寫好的程式碼一次性翻譯成電腦能夠辨識的機器語言；而直譯式語言則是在執行期間將程式碼逐行翻譯為機器語言，因此編譯式語言的執行速度快於直譯式語言。使用編譯式語言另一好處在於具備強型別（Strongly-typed）的檢查機制，因此較容易在開發階段除錯。為配合 C# 程式語言，在網頁開發技術上選用微軟 .NET 框架。

系統網頁前端之發建置，除使用基本之 HTML、CSS、JavaScript 外，另外使用了 Telerik UI for ASP.NET Core 作為開發套件，Telerik UI 提供各式精美使用者介面元件，包含下拉式選單、表格、日期選取器及各類數值圖形等，協助開發人員縮短網頁前端開發時間。

（二）物聯網 IoT 技術應用

物聯網（Internet of Things, IoT）是一種計算裝置、機械、數位機器相互關聯的系統，能將真實世界數位化。物聯網可分為三大層面，包含感知層、網路層及應用層。感知層的定義為具感測及傳輸數據能力的設備；網路層的定義為數據傳輸與指令發送的媒介，可於網路通訊協定之間進行轉換；而應用層則為實現應用目的的管理應用，將收集到的資料進行儲存加以利用提供更好的服務。

本研究之監測系統部分為基於物聯網技術之開發應用，監測系統之架構主要分為四大階段：擷取資料、共享資料、處理資料、根據資料行動，以上述之四大階段達成現場感測器連結網路、資料自動化回傳，由伺服器端或使用者端軟體服務執行資料即時串流處理、儲存、查詢、圖形化展示、報表出圖、加值分析等功能。其中，共享資料階段使用 MQTT 通訊協定。MQTT 是一種基於「發布/訂閱」機制的訊息傳輸協定，資料傳輸透過在伺服器運行的軟體服務，稱代理人（Broker），

負責各用戶端（Client）之間資料轉發。MQTT 通訊協定提供機器之間（Machine-To-Machine）或感測器與使用者之間一個輕量、可靠的二進制資料傳輸方法，由於 MQTT 協定的訊息格式精簡，非常適用於網路頻寬有限的物聯網裝置，監測系統需求是全時段的即時監測，且案場地點位於戶外環境，行動網路服務頻寬受基地台距離影響，MQTT 的輕量特性，能降低網路頻寬的負擔，提升資料即時回傳穩定性。

三、系統架構

本研究開發之系統架構中，系統平台為資料整合中心，其下涵蓋兩大業務區塊資訊，包含業務銷售資訊管理及監測系統區塊。業務銷售資訊內容屬內部資訊不對外，內部人員可藉由內網閱覽本系統內容；而監測系統部分，各案件業主管人員可由外網連線，閱覽獨立監測系統內容，如圖 2 所示。

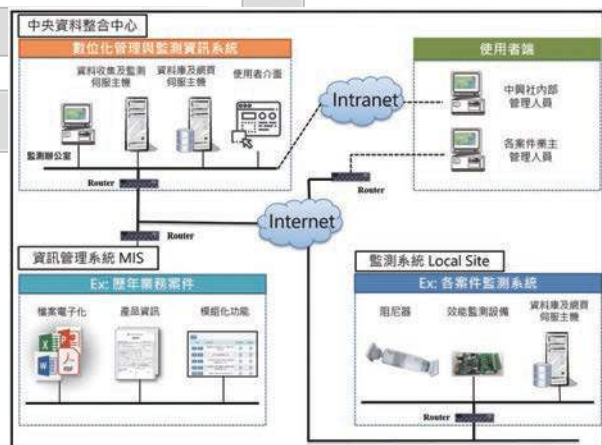


圖 2 系統整體架構示意圖

藉系統開發前期進行資料蒐集彙整與需求確認工作，可了解設備業務銷售作業流程，涵蓋案件的醞釀、承接、簽訂、計畫執行、維護等作業，

作業流程中將產出品質及各式業務表單；而監測系統部分則包含資料擷取、資料介接與格式統一與資料展示應用。由此，可將資料大致分為工程資料、產品資料、計畫資料、契約資料、訂單資料及案場監測資料。

本系統依據資料類型、業務型態與使用者體驗等面向進行通盤考量，將系統頁面之第一階層分為七大頁面，包含「地圖式首頁」、「工程資訊」、「產品資訊」、「計畫管理」、「訂單管理」、「案場監測」、「登入登出」，提供使用者明確易懂的查詢體驗。系統整體頁面架構，如圖 3 所示。系統各頁面簡要功能說明，如表 1 所示。

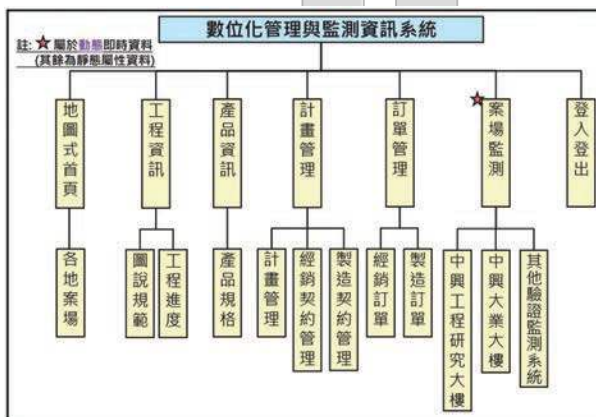


圖 3 系統頁面架構圖

表 1 系統頁面功能說明

| 需求頁面 | 簡要功能說明 |
|-----------|---|
| 地圖式首頁 | 提供使用者以地圖化方式查詢各地案場，並檢視案場及相關資訊 |
| 工程資訊 | 提供使用者工程資訊查詢及閱覽 |
| 工程資訊—圖說規範 | 以工程資訊為基礎延伸，展示圖說規範基本資訊，及規範存檔功能，以利使用者快速查詢檢視 |
| 工程資訊—工程進度 | 以工程資訊為基礎延伸，展示工程進度資訊，以利使用者進行進度紀錄及追蹤 |
| 產品資訊—產品規格 | 提供產品規格、型號等相關資訊的新增、查詢及閱覽 |

表 1 系統頁面功能說明（續表）

| 需求頁面 | 簡要功能說明 |
|-------------|--|
| 計畫管理—計畫管理 | 提供使用者計畫管理頁面，可進行計畫內容新增、查詢與編修 |
| 計畫管理—經銷契約管理 | 提供與合作經銷商簽訂之經銷契約管理頁面，可進行契約新增、查詢與編修 |
| 計畫管理—製造契約管理 | 提供與合作製造商簽訂之製造契約管理頁面，可進行契約新增、查詢與編修 |
| 訂單管理—經銷訂單 | 提供經銷訂單的新增、查詢與編修 |
| 訂單管理—製造訂單 | 提供製造訂單的新增、查詢與編修 |
| 案場監測 | 使用者可導覽至各案場監測系統，並查詢監測系統相關資訊與監測資料 |
| 登入登出 | 本頁面提供使用者輸入帳號密碼登入，系統將進行驗證動作。系統預設需具備權限方可閱覽其他系統頁面 |

四、系統開發結果

本研究依據前期需求確認與規劃設計結果進行系統之開發，此系統平台為單一入口網站，整合業務銷售相關資訊系統與監測資訊系統。以下針對主要頁面與功能進行說明：

（一）地圖式首頁

本系統規劃設計之構想除了以業務運作流程之項目做系統架構及功能分類外，亦期以視覺化的方式提供使用者更直覺的使用體驗，本社產品販售歷年所承接之業務案件數量眾多，且場址分布於全台各地，因此本系統由工程案場的角度切入，以地圖的方式建構本系統的首頁。地圖式首頁主要分為三大區塊，由左至右分別為案場資訊查詢、中心地圖及圖資切換區域，如圖 4 所示。案場資訊查詢區塊，使用者可透過縣市區或進階搜尋選項快速查詢案場資訊，資訊內容包含產品銷售數量、工程基本資訊等。中心部分透過經緯

複合條件快速查詢功能，查詢條件包含訂單狀態、計畫年度、產品類型、出力範圍等條件。另外，訂單管理頁面提供訂單自動生成與匯出之功能，省下業務承辦人員需重複填寫基本資料的動作，訂單頁面如圖 7 所示。



圖 7 經銷訂單頁面示意圖

(六) 案場監測

案場監測頁面主要展示現地案場裝設監測設備之相關資訊，主要包含五大區塊，包含案場配置圖、阻尼器資訊、最新摘要資料、動態資料查詢及地震事件資料查詢區塊。案場配置圖區塊展示現地案場相關儀器配置位置，方便相關人員快速了解現場狀況；阻尼器資訊區塊顯示阻尼器相關規格資訊與安裝照片；最新摘要資訊顯示近期一次地震事件量測記錄資料；動態資料查詢區塊可以分別查詢及對照現地量測儀器所記錄之即時資料；而地震事件資料查詢頁面則提供使用者查詢歷次地震事件紀錄數據，如圖 8 所示。



圖 8 案場監測頁面示意圖

五、結論與建議

為因應世界數位創新時代的趨勢，本研究透過將科技融入於業務中，調整作業模式，以提升工作效率並創造更大的價值。藉由歷年來業務運作之經驗與回饋配合需求分析之結果，針對產品研發銷售及監測系統業務範圍建立整合性資訊平台—「數位化管理與監測資訊系統」。此平台以資料庫系統性的集中管理分散之業務案件資料，並藉由網頁架構之開發提供內部人員一個整合式快速查詢及管理之工具。

在產品銷售業務方面，此系統設計複合式地圖查詢頁面，提供業務案件資料快速查找功能，搭配地震事件、斷層分布、高鐵設置位置等不同圖層資訊，讓使用人員得以快速掌握案件狀況及取得所需資料。本計畫也整理歷年案件業務資料與產品規格等基本資訊，將長期且分散的資料集中管理，避免資料年久遺失或毀損。各頁面上提供資料增刪改查功能方便資料管理維護；查詢功能提供複合式條件索引，改善過去從海量資料中翻閱紙本的時間，而部分頁面提供自動產製表單的功能，舉經銷訂單為例，經銷訂單欲填寫之欄位約 72 欄，透過系統自動產生之表單可協助填寫約 55 欄（占整體填寫內容比例約 75%），大幅減少表單資料填寫動作，省去基本資料重複作業時間，並可降低內容填寫不一致與錯誤等問題，進而提升工作效率。

而監測業務方面，本研究以物聯網為核心架構，結合微軟最新框架技術，建置自動化監測系統，改變傳統量測人員須親自前往現場的作業模式；舉例來說，自動化監測系統完成後，不再需要每月派 2 名量測人員至現地進行量測，只需進入系統頁面進行閱覽即可確認各地案場狀態，不僅節省人員工時與交通費等成本支出，空出之時間可再投入於其他工作項目上增加產能。自動化

監測系統另一優勢在於其常時運作的特性，有別於固定單次的量測頻率，可長時蒐集海量數據，作為未來大數據分析重要基礎；當發生較大規模地震時，亦可藉由系統平台讓使用者迅速掌握狀況。此外，在系統設計開發上，採用多種設計模式、選用內容管理系統與網站開發套件，除了增加開發效率，也大幅提升程式碼的再用性及可替換性，並為未來系統的擴充保留更大彈性。

此研究藉由導入數位科技建置系統，改善過去之作業模式，大幅降低作業流程所耗費時間及相關成本，進而提升工作效率增加產值，然尚有幾點待後續擴充改善，建議如下：

- (一) 目前系統僅有部分基礎統計功能，未來可擴充開發統計分析功能，提供更多比較資料、統計圖表等，作為判斷業務趨勢之參考，協助制定業務目標與方向。
- (二) 建議可強化響應式網頁設計技術，讓系統頁面能適應不同裝置螢幕大小，優化使用者操作體驗。
- (三) 因應本社引進新版 ISO 9001：2015 品質管理系統認證，部分程序流程增加新的表單，後續可檢視整理出有基本資料重複填寫需求的表單，並將其納入系統自動產出表單功能的範圍內。



財團法人中興工程顧問社經累積多年之研發成果，已出版下列各項工程類別之銷售叢書，其內容精闢專業，深具參考價值。若有需要，歡迎申購。

聯絡電話：(02) 8791-9198 轉 467

E-MAIL : louise@sinotech.org.tw

網址 : <http://www.sinotech.org.tw>

| 類別 | 序號 | 書名 | 編號 |
|-------|----|---|------------|
| 水利工程類 | 1 | 台灣南部區域枯旱特性 | R-HY-01-01 |
| | 2 | 河川水理輸砂模式 SEC-HY11 | R-HY-01-02 |
| | 3 | 台灣地區地面水及地下水調查與運用 | R-HY-01-03 |
| | 4 | 混凝土壩非線性分析商業化程式發展(一) | R-HY-01-04 |
| | 5 | 攔河堰二維水理分析軟體 SEC-HY20 | R-HY-01-05 |
| | 6 | 敲擊彈性波技術應用在巨積混凝土結構物裂縫之檢測 | R-HY-01-06 |
| | 7 | 近岸地形變化之數值模式 | R-HY-01-07 |
| | 8 | 敲擊回音儀器改善開發及在混凝土波速與裂縫檢測上之應用 | R-HY-02-02 |
| | 9 | 巨積混凝土非破壞品質檢測技術之研發 | R-HY-02-03 |
| | 10 | 橋基側向侵蝕防治技術與設計指引(彩色版) | R-HY-02-04 |
| | 11 | 水平二維動床模式之應用 | R-HY-02-05 |
| | 12 | 多座水庫系統聯合運轉模式(四)多目標水庫串聯系統與攔河堰聯合運轉 | R-HY-02-06 |
| | 13 | 混凝土壩應力分析之工程應用模式建立(一) | R-HY-03-01 |
| | 14 | 即時逕流與河川演算人機介面模式 | R-HY-03-02 |
| | 15 | 敲擊回音儀器改善開發及其在巨積混凝土裂縫與隧道襯砌厚度檢測上之應用 | R-HY-03-04 |
| | 16 | 區域水資源系統即時操作模式之建立 | R-HY-04-02 |
| | 17 | 混凝土壩非線性分析商業化程式發展(二) | R-HY-04-03 |
| | 18 | 混凝土壩非線性分析商業化程式發展(三) | R-HY-04-04 |
| | 19 | 河川水理、輸砂及污染質傳輸模式 SEC-HY11 | R-HY-05-01 |
| | 20 | 混凝土非破壞檢測儀(Sino-NDT-IE)之改良 | R-HY-05-04 |
| | 21 | 含自由液面之三維不可壓縮黏性流數值模式發展與應用 | R-HY-05-05 |
| | 22 | 類神經網路於河川洪水預報系統 | R-HY-07-02 |
| | 23 | 蝶閥啟閉過程中閘體受力之數值模擬 | R-HY-07-03 |
| | 24 | 橋梁水理資訊系統 | R-HY-09-01 |
| | 25 | 蓄水庫風險管理(二)風險辨識與風險控制及壩安全導則研訂 | R-HY-09-02 |
| | 26 | 水平二維動床模式之研發及應用(二)岸壁沖刷 | R-HY-10-01 |
| | 27 | 都市水岸縫合與環境改善研究——以美崙溪為例 | R-HY-13-01 |
| | 28 | 宜蘭東澳地區海洋深層水多目標園區可行性研究 | R-HY-14-01 |
| | 29 | 集集南岸三小水力發電計畫可行性研究 | R-HY-16-01 |
| 大地工程類 | 1 | 堆石壩靜態與動態行為研究(二)軟岩材料含量對工程性質之影響 | R-GT-01-01 |
| | 2 | 大地工程流形數值分析方法之發展(一)流形方法之引進與大地工程上之應用 | R-GT-01-02 |
| | 3 | 隧道設計整合系統之發展(一)隧道支撐設計 | R-GT-01-03 |
| | 4 | 隧道水文地質調查準則(含解說) | R-GT-01-04 |
| | 5 | 基樁完整性檢測技術發展與應用 | R-GT-02-01 |
| | 6 | 多功能壓密沉陷數值程式之開發、模擬與驗證〔二〕施工模擬與尺寸效應 | R-GT-02-02 |
| | 7 | 軟弱土層特性與深開挖行為〔三〕深開挖施工訊息化系統 | R-GT-02-03 |
| | 8 | 岩盤隧道施工資料自動化處理系統 | R-GT-02-04 |
| | 9 | 鬆軟地盤改良作業之評估、設計與檢驗方法 | R-GT-03-01 |
| | 10 | Seismic Resistance Design of Earth Structures and Deep Foundation-(1) Dynamic Effective | R-GT-03-02 |
| | 11 | 隧道施工專家系統 | R-GT-04-01 |
| | 12 | 節理岩體力學特性研究(二)實際工程岩體力學參數之評估與應用 | R-GT-04-02 |
| | 13 | 大地工程流形數值分析方法之發展(二)節理岩體斷裂破壞程式發展 | R-GT-04-03 |
| | 14 | 地震時潛盾隧道與既有建築物之互制分析 | R-GT-04-04 |
| | 15 | 樁基礎分析及設計程式發展 | R-GT-05-01 |
| | 16 | 粉土細砂現地觸探結果設計參數之CPT標度 | R-GT-05-02 |
| | 17 | 隧道交叉段力學行為與支稱對策 | R-GT-05-03 |
| | 18 | 地理資訊系統於大地工程之應用(一)地質資料輸入、地質模型建立與地工分析模式發展 | R-GT-05-04 |
| | 19 | 新興感測科技於環片計測之應用(一) | R-GT-06-01 |

| | | | | |
|-------|-------|---|--|------------|
| 大地工程類 | 20 | 強震資料庫建置與維護及使用者平台開發(一) | R-GT-06-02 | |
| | 21 | 預力混凝土既有應力非破壞檢測技術開發 | R-GT-07-01 | |
| | 22 | 柔性加勁擋土牆之設計參數與數值分析方法 | R-GT-07-02 | |
| | 23 | 台灣地區地震危害度分析程式發展與強地動衰減模式建立 | R-GT-09-01 | |
| | 24 | 強震資料庫建置與維護及使用者平台開發(二)台灣地區隱沒帶強震資料建立 | R-GT-09-03 | |
| | 25 | 暨有混凝土橋梁內部損傷監測資料無線傳輸技術開發及應用測試(二)無線音射資料感測模組研製 | R-GT-10-01 | |
| | 26 | 落石問題分析技術 | R-GT-10-02 | |
| | 27 | 隧道施工專家系統整合應用與改進 | R-GT-10-03 | |
| | 28 | 集水區土砂災害分析 | R-GT-10-05 | |
| | 29 | 遙測技術於土木水利工程上之應用(一)——台灣中部地區土石災害潛勢研究 | R-GT-10-06 | |
| | 30 | 景美礫石層降水工法於大台北都會區深開挖工程之應用 | R-GT-10-07 | |
| | 31 | 隧道前方地質弱帶探查技術 | R-GT-12-01 | |
| | 32 | 高岩覆對隧道設計與施工影響研究——完整岩盤隧道影響探討 | R-GT-12-02 | |
| | 33 | 隧道開炸振動環境影響評估與技術準則之研訂 | R-GT-12-06 | |
| | 34 | 堆填壩施工手冊(增修版) | E-GT-12-01 | |
| | 35 | 台灣山區地下水資源調查與評估技術之建立 | R-GT-13-01 | |
| | 36 | 隧道施工資料管理系統(二)——應用與改進 | R-GT-13-02 | |
| | 37 | 地下水補注敏感區判釋與評估技術之建立 | R-GT-15-02 | |
| | 38 | 流體注儲行為之力學機制研究與工程應用 | R-GT-16-01 | |
| | 39 | 高岩覆對隧道設計與施工影響研究(二)脆性破壞特性評估與因應對策 | R-GT-17-01 | |
| | 環境工程類 | 1 | 加速型溶劑萃取法萃取底泥樣品中有機錫 | R-EV-01-01 |
| | | 2 | 土壤樣品中 Cu、Cd、Hg 和 Pb 的直接分析——利用 USS-ETV-ICP-MS 法 | R-EV-01-02 |
| | | 3 | 粉狀活性碳在降低消毒副產物生成之應用 | R-EV-01-03 |
| | | 4 | 界面活性劑液相層析質譜分析方法 | R-EV-01-04 |
| | | 5 | 自來水水質生物穩定性評估方法 | R-EV-01-05 |
| | | 6 | 應用固相微萃取法偵測水中微量亞拉生長素 | R-EV-01-06 |
| | | 7 | 消毒系統在工業區廢水處理之應用 | R-EV-01-07 |
| | | 8 | 國內污水下水道管材使用現況與發展趨勢 | R-EV-02-01 |
| | | 9 | 去除染整廢水中色度及殘餘 COD 高級處理技術 | R-EV-02-02 |
| | | 10 | 石化業製程廢水及污泥處理技術 | R-EV-02-03 |
| | | 11 | 以 Fenton 法處理柴油污染之土壤 | R-EV-02-04 |
| | | 12 | 工業區污水處理廠提昇生物處理技術 | R-EV-02-05 |
| | | 13 | 下水道污泥之硒直接分析 | R-EV-02-06 |
| | | 14 | 粉狀活性碳對自來水中土臭味物質之控制應用 | R-EV-03-01 |
| | | 15 | 自來水處理之薄膜積垢物去除技術 | R-EV-03-02 |
| | | 16 | 空氣污染排放總量及背景空氣品質預測 | R-EV-03-03 |
| | | 17 | 利用陰離子界面活性劑移除土壤中重金屬 | R-EV-03-04 |
| | | 18 | 利用不要的米(Unwanted Rice)製造活性碳之技術研發 | R-EV-03-05 |
| | | 19 | 周界空氣中揮發性有機物分析 TO-14A 樣品製備及質譜鑑定分析 | R-EV-03-06 |
| 20 | | 水中鹵化乙酸(HAA)之鑑定 | R-EV-03-07 | |
| 21 | | 幾丁聚醣擔體固定化細胞技術處理水中 VOCs | R-EV-04-01 | |
| 22 | | 不明廢棄物棄置(掩埋)調查採樣計畫及污染判定標準程序訂定 | R-EV-04-02 | |
| 23 | | 以 HPLC/Fluo 分析環境空氣中真菌含量 | R-EV-04-03 | |
| 24 | | 空氣污染控制策略及成本效益分析 | R-EV-04-04 | |
| 25 | | 彰濱金屬區電鍍廢水高級處理與資源化技術 | R-EV-04-05 | |
| 26 | | 地下水 MTBE/BTEX 油品污染之物理處理技術 | R-EV-04-06 | |
| 27 | | 固定化微生物擔體於反應式阻牆技術之應用 | R-EV-04-07 | |
| 28 | | 以化學氧氣法處理受有機物污染之土壤 | R-EV-04-08 | |
| 29 | | 自來水供水系統微量臭味物質鑑定技術 | R-EV-05-01 | |
| 30 | | 塑膠管長期管剛性評估機制(一) | R-EV-05-02 | |
| 31 | | 污染場址水文地質調查技術之發展 | R-EV-05-03 | |
| 32 | | 高錳酸鉀氧化技術於地下水污染整治之應用 | R-EV-06-01 | |
| 33 | | 薄膜海水淡化廠出水水質穩定化控制技術 | R-EV-06-02 | |

| | | | | |
|-------|----------|---|------------------------------|------------|
| 環境工程類 | 34 | 含高濃度 BTEX 尾氣之處理技術評估 | E-EV-06-01 | |
| | 35 | 生物反應式透水阻牆整治工法應用研究——材質開發與模場驗證 | R-EV-06-03 | |
| | 36 | 工業區污水處理廠放流水再生利用 | R-EV-07-01 | |
| | 37 | 三合系統於場址評估之應用與方法建立 | R-EV-07-02 | |
| | 38 | 塑膠管長期管剛性評估機制(二) | R-EV-07-04 | |
| | 39 | Bio-MF 應用於都市污水處理之探討研究 | R-EV-07-05 | |
| | 40 | 交通噪音振動改善措施研究 | R-EV-08-02 | |
| | 41 | 生物性緩釋材之開發與應用 | R-EV-08-03 | |
| | 42 | MBR 薄膜系統原型機開發與應用 | R-EV-08-04 | |
| | 43 | 廢水處理廠生物即時監測系統 | R-EV-09-01 | |
| | 44 | 現地氧化試劑配方之快速評估程序開發 | R-EV-09-03 | |
| | 45 | 以截流式微過濾膜回收淨水場快濾池反沖洗水並產生污泥餅之研究 | R-EV-10-01 | |
| | 46 | 不同化學氧化法搭配生物復育技術降解土壤中 BTEX 污染物 | R-EV-10-02 | |
| | 47 | 生質物之造粒、裂解與氯化 | R-EV-11-01 | |
| | 48 | 中空絲超過濾膜膠體性阻塞趨勢與系統效能之評估 | R-EV-11-02 | |
| | 49 | 以末端過濾操作微過濾薄膜分離富含油脂之藻類 | R-EV-12-02 | |
| | 50 | 以液相層析串聯質譜儀建立水中全氟化物及抗生素之分析方法 | R-EV-12-06 | |
| | 51 | 溫室氣體總量管制政策工具應用於能源技術服務之法規機制可行性評估 | R-EV-12-08 | |
| | 52 | 以雙槽式薄膜反應器 (Dual MBR) 進行小球藻培養及濃縮之研究 | R-EV-13-02 | |
| | 53 | 碳抵換合作模式分析研究 | R-EV-13-03 | |
| | 54 | 人工濕地作為低碳污水處理單元之生命週期研究——以高雄洲仔濕地為個案探討 | R-EV-15-01 | |
| | 55 | 添加生物炭對土壤污染之影響研究——針對重金屬污染土壤與酸洗後土壤改良之評估 | R-EV-16-01 | |
| | 56 | 廢污水生物急毒性檢測與應用評析 | R-EV-20-01 | |
| | 57 | 環境水體關切藥物及六溴環十二烷分析方法開發 | R-EV-23-01 | |
| | 結構與耐震工程類 | 1 | 高壓阻尼器之研發 | R-ST-01-01 |
| | | 2 | 封閉式液流阻尼器結構減震之模型試驗 | R-ST-01-02 |
| | | 3 | 加長型單肋板補強梁柱接頭耐震行為與設計 | R-ST-01-03 |
| | | 4 | 鋼筋混凝土耐震結構性能設計法(二)直接位移法及其結構實驗 | R-ST-01-04 |
| 5 | | 鐵路橋梁耐震設計可靠度分析(三)RC 連續橋梁地震反應分析 | R-ST-01-05 | |
| 6 | | 雙鋼管充填混凝土中空橋柱耐震行為(一)——軸力與彎矩 | R-ST-02-01 | |
| 7 | | 斜張橋空氣動力穩定性之風洞實驗與數值分析 | R-ST-02-02 | |
| 8 | | 遲滯型消能器減震技術改良與應用加勁阻尼系統之結構耐震性能設計方法 | R-ST-02-03 | |
| 9 | | 預鑄混凝土橋墩之耐震行為(三)綜合應力行為 | R-ST-02-04 | |
| 10 | | 鋼骨箱型柱梁柱接頭耐震行為(一)鋼骨箱型柱肋板補強梁柱接頭耐震行為 | R-ST-02-05 | |
| 11 | | 地震工程性能設計法之應用(一)單自由度橋柱及建築物之耐震性能評析與設計 | R-ST-02-06 | |
| 12 | | 鋼筋混凝土耐震結構性能設計(三)消能隔減震系統之位移設計法 | R-ST-03-01 | |
| 13 | | 液流阻尼器全尺寸結構防振功能之振動台測試 | R-ST-03-02 | |
| 14 | | 雙鋼管充填混凝土中空橋柱耐震行為(三)中空雙鋼管混凝土柱與基礎接合耐震行為 | R-ST-03-03 | |
| 15 | | 斜張橋空氣動力穩定性之風動實驗與數值分析(二) | R-ST-03-04 | |
| 16 | | 高韌性鋼橋柱耐震行為(一)——先期試驗 | R-ST-03-06 | |
| 17 | | 流場引致結構物振動之分析技術現況評析 | R-ST-03-07 | |
| 18 | | 垂提式閘門振動分析及評估指南 | R-ST-04-03 | |
| 19 | | 鋼骨箱型柱梁柱接頭耐震行為(二)箱型柱與鋼梁偏心接合耐震行為 | R-ST-04-04 | |
| 20 | | 載荷 100 噸級液流阻尼器特性試驗及技術推廣之預備工作 | R-ST-05-03 | |
| 21 | | 加消能裝置鋼構架位移設計法之試驗 | R-ST-05-04 | |
| 22 | | 建築結構之多振態性能評析與設計方法應用(一)考慮多振態之位移導向耐震評估與設計 | R-ST-06-01 | |
| 23 | | 特殊形狀建築物承受風壓分析——Phoenics 軟體應用手冊 | E-ST-10-01 | |
| 24 | | 雙間隙液流阻尼器 | R-ST-10-01 | |
| 25 | | 工程保險巨災風險評估模型開發 | R-ST-10-02 | |
| 26 | | 不規則建築物耐震性能導向設計與評析 | R-ST-12-01 | |
| 27 | | 建築物環控分析 Flair 軟體應用指引 | E-ST-12-01 | |
| 28 | | 橋梁監測及緊急調查回報系統 | R-ST-14-02 | |

| | | | |
|-------|----|--|------------|
| 資訊應用類 | 1 | 台灣地區水庫資訊系統(二) | R-CS-01-01 |
| | 2 | 電腦繪圖支援系統(一)——Visual Fortran 繪圖程式庫 | R-CS-01-02 |
| | 3 | 地理資訊系統的發展及在營建工程上的應用與研發 | R-CS-01-03 |
| | 4 | 向量式地理資料在 Internet-Intranet 之應用 | R-CS-01-04 |
| | 5 | 台灣地區水庫資訊系統：水庫安全評估子系統(一) | R-CS-02-01 |
| | 6 | PDA 圖型編繪核心及無線通訊、GPS 整合 | R-CS-03-01 |
| | 7 | Development of Neural Networks for Seismic Safety Evaluation of Prestressed Concrete Bridges | R-CS-03-02 |
| | 8 | PDA 與無線通訊、GPS 整合之應用——現場調查 | R-CS-04-01 |
| | 9 | 知識管理系統(一) 電子圖書館 | R-CS-04-02 |
| | 10 | PDA 圖形編繪核心與 Web GIS 整合 | R-CS-06-01 |
| | 11 | 台灣地區大眾捷運安全管理系統(I)：緊急應變及視訊監控子系統 | R-CS-08-01 |
| | 12 | 台灣地區水庫資訊系統：水庫安全評估子系統(二) | R-CS-08-02 |
| | 13 | 射頻識別應用在設施與設備安全管理之研究 | R-CS-12-01 |
| | 14 | 台灣地區大眾捷運安全管理系統之建立(二)——設施巡檢、監測預警與基於風險之決策支援子系統 | R-CS-12-03 |
| 工程管理類 | 1 | 工程契約模式(一) EPC 統包與簡易型工程契約 EPC 統包與簡易型工程契約中興樣本 | R-CM-02-02 |
| | 2 | 公共工程施工管理與作業要點第一篇工務管理與作業標準(全兩冊) | E-CM-03-03 |
| | 3 | 契約管理常見問題及其解決預防之道 | E-CM-03-05 |
| | 4 | 契約管理作業概要 | E-CM-04-01 |
| | 5 | 公共工程品質管理作業指南 | E-CM-05-01 |
| | 6 | 公共工程施工品質查核常見錯誤態樣及改善對策 | E-CM-06-01 |
| | 7 | 工程專業管理人員處理及預防工程爭議之研究 | R-CM-07-01 |
| | 8 | 工程規劃設計階段之安衛風險管理研究 | R-CM-09-01 |
| | 9 | 工程契約管理與爭議處理案例研析 | E-CM-10-01 |
| | 10 | 公營事業閒置土地資產活化開發模式研究——以台鐵局及都更再開發案為例 | R-CM-14-01 |
| 工程材料 | 1 | 於地熱環境下澆置的鋼筋混凝土強度與耐久性 | R-MT-06-01 |
| | 2 | 自充填混凝土施工監造技術指引 | E-MT-06-01 |
| | 3 | 混凝土問題診斷與處理對策 | E-MT-07-01 |
| | 4 | 新舊混凝土黏結介面品質之非破壞檢測評估 | R-MT-07-02 |
| | 5 | 卜作嵐混凝土使用手冊 | E-MT-07-03 |
| | 6 | 自充填混凝土最佳化配比與水合特性之整合 | R-MT-08-01 |
| | 7 | 混凝土結構物修補技術指引 | E-MT-09-01 |
| | 8 | 混凝土工程監造技術指引 | E-MT-09-02 |
| | 9 | 高流動化混凝土材料配比及施工規範探討 | R-MT-10-01 |
| | 10 | 開發應力波檢測技術以推估混凝土之早齡期強度 | R-MT-12-01 |
| | 11 | 高飛灰摻量混凝土於中興社研發大樓新建工程之應用 | R-MT-13-01 |
| 交通運輸 | 1 | 台北與東部運輸走廊交通預測模式建立 | R-TR-07-01 |
| | 2 | 台灣高鐵營收管理模式研發(一) | R-TR-08-01 |
| | 3 | 鐵路車站轉乘設施設計準則 | R-TR-11-03 |
| 防災科技 | 1 | 遙測技術於土木水利工程上之應用(二)——土砂災害資料倉儲系統建置及莫拉克災區案例分析 | R-DP-13-01 |
| | 2 | 坡地災害風險管理及其應用(一) 莫拉克颱風災區坡地災害研究 | R-DP-13-02 |
| | 3 | 因應地質法與極端氣候研擬坡地防災調適策略——以坡地住宅及土地利用為例 | R-DP-14-01 |
| | 4 | 應用雷達影像評估坡地災害 | R-DP-16-01 |
| 其他 | 1 | 軌道運輸系統營運模式現狀評估 | R-MS-01-01 |
| | 2 | 半導體廠製程排氣設計方法(二) | R-MS-01-02 |
| | 3 | 捷運地下車站火災時人員安全避難容許時間之探討與分析模式 | R-MS-01-03 |
| | 4 | 3C 最佳化風管設計方法 | R-MS-02-01 |
| | 5 | 發電系統穩定度 | R-MS-02-03 |
| | 6 | 寬頻接取技術現況與趨勢 | R-MS-02-04 |
| | 7 | 長隧道通風研究(一) 列車隧道空氣動力模擬程式研發 | R-MS-08-01 |
| | 8 | 長隧道通風研究(二) 隧道空氣動力模擬程式視窗展示前後處理軟體研發 | R-MS-09-01 |
| | 9 | 建築節能之被動冷卻系統分析法——FDS5 軟體應用指引 | E-MS-12-01 |
| | 10 | 台灣地區巨積混凝土配比與熱學特性之研究 | R-MS-20-01 |



鐵道建設

縱橫阡陌的路網與城鄉中 構築出臺灣的發展動脈

>> 中興工程顧問負責 C210、C215 標 (桃園段) 及 C260、270 標 (彰化嘉義段) 之設計工作與 C230、C240 及 C250 標 (新竹台中段) 之土木結構耐震強度安全評估工作。工程包含車站、隧道、地震評估、橋梁及機電界面細部設計車站工程負責南端終點左營車站之建築規劃、設計及施工諮詢與台中車站之結構工程設計，軌道工程則參與版式軌道之工程設計。
高鐵桃園及彰化至嘉義路段工程・細部設計及施工諮詢

SINOTECH

本廣告圖文未經同意不得轉載
中興工程顧問集團廣告

正派經營 品質保證 追求卓越 創新突破

 中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.

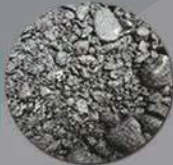


桃園航空城計畫 區段徵收工程

中興工程 > 規劃、基本設計

資材循環再利用、兼顧環境永續發展

瀝青剷除粒料



氧化矽



焚化再生粒料



> 電弧爐煉鋼氧化矽

· 瀝青混凝土摻混電弧爐煉鋼氧化矽，增加耐磨性並提升增加道路服務年限

> 瀝青剷除粒料

· 應用於道路面層，天然級配比替代率30%

> 焚化再生粒料

· 管道開挖回填用CLSM添加焚化再生粒料

· 公園人行道地磚採用添加焚化再生粒料之環保地磚

· 焚化再生粒料與既有過濕土方拌合，提升承载力並加速工進

台灣走過高速經濟成長的年代，但付出的代價是自然資源過度開採及環境遭到大量破壞。為創造經濟與環保雙贏並接軌邁國際，蔡英文總統宣示「要讓台灣走向循環經濟的時代，把廢棄物轉換為再生資源」。政府更將它列為「五加二產業創新」政策之一，中興公司在辦理「愛臺12建設」桃園航空城區段徵收工程之規劃及基本設計階段，配合桃園市政府在循環材料再利用積極推動下，全國首創大規模將氧化矽、瀝青剷除料及焚化再生粒料納入公共工程使用，希望能夠在物質生產、消費、廢棄及再生等各階段，將廢棄物資源化妥善運用，以替代自然資源開採，達成循環經濟之目標。



SINOTECH

本廣告圖文未經同意不得轉載
中興工程顧問集團廣告

正派經營 品質保證 追求卓越 創新突破



中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.



建築美學 & 工程監造

宏觀的視野觀察及環境特色
創造人與生活的連結

交通部民航局飛航服務總臺規劃興建樓高 65M 之新塔臺園區
以符合為強化機場整體景觀、桃園航空城需求
及符合國際高運量機場水準之園區需求。
園區建築外觀採玻璃帷幕 + 鋁板帷幕及複層節能材料
並取得銀級綠建築及合格級智慧建築
航管塔臺造型意象源於野柳女王頭
外觀流線由裙樓騰昇至天際，猶似女王睥睨著機場
工程已於 2019 年底順利完成新舊塔臺無轉移作業。

臺灣桃園國際機場塔臺暨整體園區新建工程・設計、施工監造

SINOTECH

本廣告圖文未經同意不得轉載
中興工程顧問集團廣告

正派經營 品質保證 追求卓越 創新突破



中興工程顧問股份有限公司
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.



正派經營 · 品質保證 · 追求卓越 · 創新突破
工程不只源於需求，更在於生活價值的實現

中興工程顧問

規劃設計 · 施工監造 · 專案管理

業務範圍：水利 / 電力 / 環境 / 交通 / 建築 / 機電



封面(底)照片 | 臺灣桃園國際機場第三跑道及基礎設施

依據桃園機場綱要計畫運量預測，倘桃園機場維持既有2條跑道之服務容量，未來將面臨尖峰時段跑道服務容量飽和，無法應付運量成長需求，故第三跑道建設推行刻不容緩。第三跑道及基礎設施計畫為中興工程顧問公司與台灣世曦聯合承攬，總開發面積約860公頃，包含北側新增用地581公頃，及現有05L/23R跑道以北至機場圍牆約279公頃用地，其工作內容包含計畫區之補充調查作業、第三跑道、周邊滑行道及基礎設施之綜合規劃、基本設計、細部設計、施工監造及相關配合工作等。



中興工程 Vol.165 / OCTOBER 2024

ISSN 0257-554X



ISSN 0257-554X



9 770257 554007 >

出版者：財團法人中興工程顧問社

社址：114065 臺北市內湖區新湖二路280號

電話：(02) 8791-9198

傳真：(02) 8791-2198

網址：www.sinotech.org.tw

E-mail：adm-dpt@sinotech.org.tw

* 本刊圖文未經同意不得轉載 *

誠信·創新·品質·服務

 財團法人中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.