

中 | 華 | 技 | 術 | 128

CECI ENGINEERING TECHNOLOGY

2020. 10. 31 出版

科技創新 數位轉型



台北郵局許可證
台北字第3758號

專訪人物／

交通部部長林佳龍

神通資訊科技公司董事長蘇亮



國際標準ISO 19650資訊協作管理實作經驗分享

深度學習應用於影像裂縫辨識：發展智慧維運系統以監控結構安全性

InSAR角反射器的應用及案例分享

營建管理的數位創新應用-以勤美之森開發計畫為例

利用行動裝置APP查驗表單推動營管資訊化成果分享

財團法人中華顧問工程司 發行

CECI 台灣世曦工程顧問股份有限公司 編製

科技創新
數位轉型

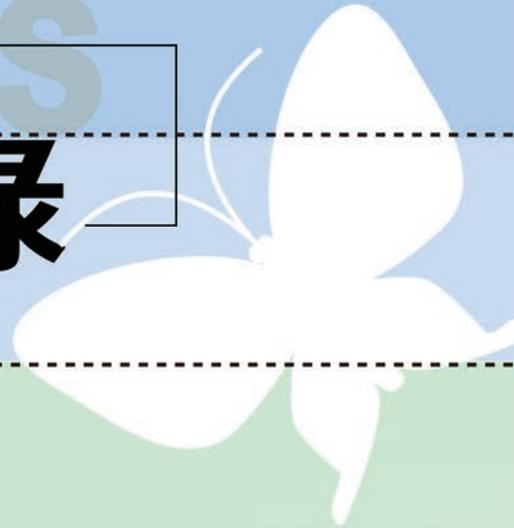


ISO 19650

CONTENTS

中華技術 128

目錄



專輯前言

1 | 人物專訪

6. 訪交通部部長林佳龍談「交通運輸科技應用願景及推動發展策略」... 整理：賴建中·攝影：詹朝陽

22. 訪神通資訊科技董事長蘇亮談「企業數位轉型的契機與對策」..... 整理：賴建中·攝影：詹朝陽

2 | 工程論著

34. 工程全生命週期成本估算與管理之發展趨勢..... 王維志



PMIS

發行人 林陵三
主任委員 陳茂南
發行所 財團法人中華顧問工程司
地址 台北市辛亥路二段185號28樓
電話 (02)8732-5567
網址 <http://www.ceci.org.tw>

編審工作小組
總召集人 施義芳
副總召集人 李順敏
128期召集人 林曜滄
128期審查委員 周昌典、李魁士、黃炳勳、蕭秋安、彭國源、鄧建華、鄭宏達

總編輯 張鈺輝
副總編輯 李志宏
執行編輯 袁雅玲
編輯 詹朝陽、吳妍瑱、李綺馨
設計 台灣世曦工程顧問股份有限公司
地址 台北市內湖區陽光街323號
電話 (02)8797-3567
網址 <http://www.ceci.com.tw>

◎ 經刊登之文章，文責由作者自負 ◎



3 | 專題報導

50. 國際標準ISO 19650資訊協作管理實作經驗分享..... 蘇瑞育、陳昭惠、李怡瑤

64. 數位分身：BIM結合IoT於大樓營運階段之創新應用..... 蘇瑞育、王淑娟、林志全

76. 深度學習應用於影像裂縫辨識：發展智慧維運系統以監控結構安全性..... 許舜翔、張庭維、張家銘、陳俊杉、韓仁毓、林曜滄、李魁士、張廷榮

88. InSAR角反射器的應用及案例分享..... 黃子珉、張嘉哲、張嘉興、紀建宇、饒書安、曾國欣

102. PMIS專案管理系統與新興科技整合應用..... 柯婷玟、陳玫蓁、羅挺洋、賴鈺蒨



112. 營建管理的數位創新應用—以勤美之森開發計畫為例..... 鄧建華、陳協良

130. 利用行動裝置APP查驗表單推動營管資訊化成果分享..... 彭國源、江明珊、鍾增煌



4 | 特稿

144. 偏鄉移動服務整合型改善套案..... 陳茂南

156. 混凝土橋梁常見劣化類型探討—下部結構..... 蔡欣局、王鶴翔、毛一祥、葉承軒、王忠信

編後語



專輯前言

「數位轉型」是工程產業提升相對競爭力的趨勢與機會，企業面對數位轉型的時候，應思考如何將新興科技技術融合應用去驅動服務的創新和掌握新業務成長的機會。本期期刊針對科技創新和數位轉型所牽涉到的關鍵議題進行深入探討，跟大家分享企業在導入數位轉型時面臨的挑戰及對於新科技應用趨勢的觀察，帶領您掌握各類數位工具的運用之道，幫助您的企業加快轉型步伐。

本期特別專訪交通部 林佳龍部長談「交通運輸科技應用願景及推動發展策略」，分享他對於臺灣交通運輸科技產業發展的擘劃、推動與期待。專訪神通資訊科技公司 蘇亮董事長談「企業數位轉型的契機與對策」，提供務實可行的轉型策略及推動發展建議。另專題分享台灣世曦推動數位轉型計畫的經驗，包括PMIS專案管理資訊平台、BIM協作標準與設施管理平台、干涉合成孔徑雷達(InSAR)技術應用之國土安全監測平台、GIS智慧防災系統及AI人工智慧、IoT物聯網等新興科技技術的加值創新應用發展。

PMIS專案管理資訊平台是提供專案團隊進行專案執行、管控以及團隊溝通的重要平台，台灣世曦利用自主研發的PMIS平台進一步結合BIM、GIS、行動化裝置、UAV、Line即時通訊軟體等多種新資通訊技術進行整合創新應用，提升遠距工程管理效率，達成專案執行與管理的數位轉型。

BIM國際標準ISO19650是營建標準的發展重要里程碑，涵蓋從業主需求、採購過程與專案執行之架構體系，台灣世曦將ISO19650相關標準內化成世曦內部的程序書，讓BIM作業程序及資訊管理模式有一套標準可以遵循，專案各成員團隊可在共同的標準模式下進行作業，運用CDE(Common Data Environment)平台推動跨專業協作的數位轉型，進行BIM資訊交換管理過程和程序的實踐，以提升BIM的作業水準。

公共工程全生命週期中營運維護階段的時程最長，也是工程永續最關鍵的部分，台灣世曦自主開發BIM的設施管理平台V3DM，將BIM設計施工資訊延續至營運維護階段應用，並導入數位孿生Digital Twin的創新思維，以BIM模型為數位分身，並輔以結合IoT物聯網、AI影像辨識及節能減碳等新科技應用，發展結構健康診斷平台及智慧化的設施管理服務，提供智慧永續的新世代營運管理解決方案。

AI人工智慧之崛起，讓過去影像相關之資料，獲得更多科技應用之機會，台灣世曦將公司累存多年的橋梁、隧道、道路等工程的結構裂縫影像資料庫，作為人工智慧模型訓練的根據，採用了深度學習的AI演算法，學習工程師判讀設施結構裂縫的技術知識，建立裂縫的智慧化自動辨識系統，可應用於快速提醒構造物可疑瑕疵裂縫區域並檢測劣化趨勢，實現以AI輔助人眼判斷，除可降低工程師負擔，且易於管理裂縫對構造物影響。

台灣地理環境特殊，天然災害頻繁，在環境監控領域中，必須透過完整而長期的監控，以儘早獲知災害情勢，對潛勢地區發出預警以降低傷害，同時透過災害的趨勢分析進行研判，提升決策者預警操作與資源調度的應變能力，已成為極重要課題。本期針對國家防災減災決策的智慧化科技應用為主題，介紹本公司國土安全監測平台的應用及發展，提供工程先進參考。

近年來政府積極投入大型公共工程建設，執行預算相當龐大，項目複雜且繁多，施工期間長，加上從業人力多，物價行情波動，工率差異及市場環境需求時間有所變化，如何合理編列預算，以利公共工程順利推動與執行，為當前政府工程主管機關及民間廠商所面臨須共同解決的重要課題。本期特邀請對於工程經費的編列、分析及管控有深入研究的交通大學王維志教授協助撰稿，客觀地探討公共工程專案預算/成本估算與管理的實務問題，並提出未來可行的建議解決方向。

不同團隊對於數位轉型的定義不同，需求也不同，配合本次主題，選擇本公司運用最新資通訊科技，佈建營建管理、BIM延伸加值應用、結構安全監測、防災及工程經費執行管控等不同工程應用領域，成功運用新科技應用推動數位轉型的經驗與發展成果，透過本期刊能與業界分享及擴大交流，期能拋磚引玉為工程應用新科技及企業數位轉型創新的未來方向提供更好的視角。



台灣世曦工程顧問股份有限公司

總工程師 林曜滄

1

人物專訪

| 中 | 華 | 技 | 術 |
INTERVIEW



訪交通部部長

林佳龍 博士

談

**交通運輸科技應用願景
及推動發展策略**

整理：賴建中 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

全球先進國家皆視數位科技為驅動國家進步與經濟轉型的重要因素，隨著資訊產業快速發展，無論大數據、無人機、自駕車、物聯網、AI、5G等創新科技應用，無不在改變民眾交通行為，也給交通產業與政策帶來全方面的影響與挑戰。

林部長108年元月接任交通部長，秉持「做實事、接地氣、讓民眾有感」的施政態度，提供安全、效率、品質，以及符合環境永續的綠色交通服務，讓「交通部」成為名符其實能「交流」、會「溝通」的部會。提出鐵道、公共運輸、電動巴士、電動機車、觀光、海空港服務、無人機科技、智慧物流、交通大數據、5G智慧交通等十大科技產業發展的政策白皮書。戮力推動臺灣交通科技產業發展，推動創新商業模式，提升我國交通科技產業的國際競爭力，促以實現臺灣智慧運輸現代化之願景目標。

並以「安全」、「效率」、「品質」及「綠色」等4大主軸，善用先進科技工具推動「交流感動、通往美好」的各項交通施政措施，利用智慧運輸、交通大數據分析等資訊精進作為，加強落實交通運輸以及工程安全管理，提升用路便利性及順暢度，強化陸海空各項交通建設工作，提供人民有感完善優質的交通環境。推動觀光永續及綠色運輸發展，積極將各項建設及服務措施融入綠色相關元素，全面展現交通建設及服務的效用及價值，落實以人為本的交通服務，體現「交通就是感動」的施政目標內涵。

本期很榮幸於民國109年8月4日專訪交通部林佳龍部長，以下是訪談紀要：

貳、訪談紀要

問：部長上任後即指示成立「交通科技產業會報」以引領交通部進行治理創新，請問目前已有哪些重要成果？

答：交通部去(108)年成立交通科技產業會報，在產官學研各界的共同努力之下，完成編撰國內首本交通科技產業政策白皮書，作為政

府施政的藍圖，以及產業投資方向的重要參考。在會報三大主軸之下，今(109)年廣續推動的相關工作與預計成果，包括

■ **產業興利**：支持本土產業發展與迎向全球市場

在鐵道產業方面，持續完備國車國造及系統與零組件國產化的環境條件，並針對基隆捷運計畫作成國產化評估，以及導入智慧化應用



方案。其次，於臺鐵支線環保客車採購招標中提升國產比例。

在智慧電動巴士科技產業方面，完成訂頒電動大客車示範補助作業要點及修正公路運輸補助電動大客車作業要點，今年補助業者汰換電動大客車預計可達150輛。

在智慧電動機車科技產業方面，鼓勵業者於電動機車加裝聯網智慧安全設備，並制定公布電動機車充換電能源補充設施國家標準。

■ 以人為本：創造互動與感動的交通服務

在智慧公共運輸服務產業方面，已完成支付設備產業標準訂定，並擇北中南適當路線進行支付系統驗證測試。

在智慧物流服務產業方面，完成港埠物流之大數據分析，以及啟用台北港南碼頭區離岸風電第1期廠房設施。

在智慧海空港服務產業方面，提供新創科技產業服務試驗場域，發展概念性驗證，並完成桃園國際機場各項智慧系統及自駕車接駁服務試辦計畫。

在自行車與觀光旅遊產業方面，配合環島



(左1)周振發協理 (左2)周昌典協理 (左3)林燿滄總工程師

自行車道升級暨多元路線整合推動計畫，完成7條亮點自行車深度旅遊路線。

■ 科技創新：淬鍊全球交通解決方案

在無人機科技產業方面，藉由舉辦創意應用競賽、產業整合示範計畫，以及試辦無人機防制計畫，深化產業鏈結、開拓發展機會。

在交通大數據科技產業方面，完成建置交



(中左)施義芳董事長 (中右)林佳龍部長 (右3)劉國慶資深協理 (右2)鄭宏達協理 (右1)賴建中經理

通數據產業生態系共享媒合平台，並鼓勵研提運輸資料平台永續營運模式。

在智慧交通實驗場域產業方面，於淡海新市鎮完備5G垂直應用實驗環境與條件，並完成AI輔助交通安全提升與C-V2X車聯網場域應用示範。

另外，推動觀光產業數位轉型，提升國內旅遊之品質與便利性。將推出媽祖遶境及國家

風景區的數位觀光平台，導入5大觀光元素：遊程、購物、美食、住宿及交通，建構觀光資源、重點行程等一條龍式資訊與服務供給的標竿案例。

問：部長提出交通部第一本「交通科技產業政策白皮書」，勾勒交通科技10大產業的發展願景，未來如何分工推動落實，並能相互整合建立可永續發展的生態體系？



答：交通科技產業政策白皮書的擬訂，係依循交通部施政目標與主軸，並參考先進國家交通科技發展與應用趨勢，全局思考、通盤檢視國內交通科技產業相關議題、釐清現況及發展需求，共彙集32項重要議題、55項發展策略及101項推動措施，由本部科技顧問室統籌，並與路政司、航政司、運研所、管理資訊中心、鐵道局、公路總局及觀光局一起肩負主辦機關的重責大任，以十年為期擬定執行計畫，逐年辦理。



同時，由於交通運輸及觀光旅遊涵蓋陸海空領域，上中下游相關產業及其產品與服務所涉權責機關橫跨交通、科技、經濟、內政、財政、環保等不同部會署，牽動的產業生態系廣泛且綿密。因此，交通部也將會持續藉由交通科技產業會報此一跨域溝通協調平台，偕同產業界、學研單位、行政院相關部會署與地方政府來共同努力，落實以下5項關鍵行動，以促進交通科技產業生態系永續發展：

(一)透過政府的投資與建設，支持本土交通科

技產業發展。

(二)與產業緊密攜手共同擘劃國家未來交通建設藍圖，迎向全球市場。

(三)善用前瞻創新科技，提出全方位的交通解決方案。

(四)積極調適法規、培育人才與輔導產業，以適應未來環境的轉變。

(五)打造以人為本、智慧便捷、安全永續的交通運輸服務網絡，厚植國力與民生。

問：如何利用科技做好資訊整合串連，提高運輸的可靠性及確定性，並讓交通運輸更安全順暢，讓國人行旅更輕鬆便利？

答：交通部自105年起即積極推動『公共運輸』開放資料之數位化服務，建立「公共運輸整合資訊流通服務平臺」(Public Transport





1
人物專訪

林佳龍部長視察桃園機場北跑道完工鋪面



公共運輸整合資訊流通服務平台

data eXchange, 簡稱PTX平台), 透過標準化Open API開放民間加值, 截至目前(109年7月底)已累積超過1,400個國內外單位接洽, 使用對象橫跨產、官、學、研, 累積接洽次數逾30億次, 每日接洽次數約4百多萬次, PTX平台已成為許多App加值業者、地方政府、交通運輸業者、學術單位、顧問公司、新創產業及智慧交通產業不可或缺的利器, 累積的創新應用也逐漸多元, 包含: 旅運規劃、語音助理、智慧音箱、LineBot線上機器人、穿戴式智能手環、智慧顯示看板、交通數據分析、資料視覺化、物聯網平台、旅遊及MaaS交通行動整合服務等。

透過交通數據基礎建設之不斷強化, 並建立交通數據的統一標準與開放應用, 做好國內跨區域、跨單位、跨系統、跨運具之交通資訊整合與串連, 並逐步提升交通資訊之可靠性、即時性、正確性與穩定性, 未來將以「交通數據資料市集」概念, 進一步擴大建構「運輸資料流通服務平臺(Transport Data eXchange, 簡稱

TDX平台)», 除公共運輸旅運資料外, 將更進一步匯集即時路況、道路事件、停車、票證、交通安全等資料, 以一站式服務打造全方位運輸資料流通的新藍圖, 期待透過更廣泛、更開放之交通數據數位化服務, 協同公部門、學界、民間與產業之力量, 適時導入5G、人工智慧(AI)、大數據(Big Data)、自駕車、區塊鏈、車聯網、智慧道路等新技術, 透過資訊的相互「連結」, 創造「行」的安全與幸福感, 讓交通運輸更安全順暢, 讓國人行旅更輕鬆便利。



- Safety 安全
- Mobility 行動化
- Accessibility 可及性
- Responsiveness 彈性化
- Trustiness 可靠

問：如何激發提升台灣智慧運輸新興產值, 為進軍國際市場準備, 向海外輸出打世界盃?

答：交通部自近年來推動智慧運輸系統發展建設計畫(106-109), 在許多領域應用新興技術, 帶給人民生活創新體驗, 比如自駕車計畫, 透過各個場域提供國內相關車輛、資通訊、科技業者, 進行測試、實驗模式蒐集經驗, 發展屬於我國自行開發的產品或系統。而在改善交通車流擁塞方面, 運用AI配合影像

辨識技術，縮短過去傳統資料收集時間，加快應變車流狀況予以調節，改善行車通行時間，這些技術應用於我國汽機車混和車流的經驗，未來可以提供部分也有龐大機車數量的東南亞國家，甚至輸出技術給他們，進而打開海外市場。也由於我國機車數量眾多，智慧運輸計畫也發展聯網智慧機車系統，可以提醒機車騎士危險車況預警，降低比如大彎道路段、或橫向車輛撞擊風險，這些技術的經驗也可以給有同樣需求的國家，提供相關的產品或服務。

問：新冠疫情爆發以來，交通部肩負著守護國門的重要使命，台灣率世界之先宣佈停飛武漢航班，成功將病毒阻絕於境外，邁入後疫情時代，交通部起手救觀光拼經濟，請問新興科技導入智慧觀光應用有哪些機會與挑戰？

答：後疫情時代，國內旅遊比海外旅遊提早復甦，交通部積極推動觀光數位轉型，規劃「防疫旅遊與安心旅遊」，未來將以全國13個風景



更重要的是，透過下一個四年的「智慧運輸系統發展建設計畫(110-113)」及「5G帶動智慧交通技術與服務創新及產業發展計畫」，鼓勵與輔導業界更多結合5G技術，在交通部提供的場域發揮創意，創造多元體驗的新產品或服務，都將成為未來我國產業界進軍國際市場、向海外輸出，提供最好、最務實也最豐富的支援與資源。

區管理處做平台，透過科技導入建構以使用者為核心的觀光整合行動服務，結合地方政府及觀光業者建立區域觀光聯盟，串連地方的特色小吃、民宿、景點、伴手禮品等，推動優質旅遊及觀光亮點。

(一) 觀光產業數位轉型



推動觀光旅運「行」的整合出發，積極導入運具整合、行動支付與線上訂票功能，透過介接此平台資料推動觀光產業數位化，提升旅客便利性、友善度，打造智慧觀光服務整合平台，提供便捷之網路服務及食宿遊購行資訊，以行動版網站開發於行動環境即可完成旅遊服務訂購之快速流程，並可藉以掌握旅客使用者行為數據，後續可運用於分析智慧觀光發展及優化平台商業營運模式。

(二) 行動化便捷觀光服務

強調以旅客為中心的服務核心思維，為旅客打造專屬個人化的智慧觀光服務，透過適地性行動化服務(LBS, Location Based Service)使讓旅客可依據個人需求隨時隨地取得想要的資訊。最終蒐整旅遊前、中、後使用者行為數據，彙整觀光局業管資料及規劃蒐集電信信令數據、航空班次資訊及線上旅行社(OTA, Online Travel Agency)訂房資訊等外部數據資料，建置觀光大數據平台分析觀光需求，後續運用於精準行銷之參考，期推動臺灣觀光產業朝多元化資源整合與智慧服務等方向發展。

(三) 新媒體虛實整合行銷臺灣

透過社群媒體的經營方式加強網友忠誠度，目前觀光局已建置Facebook、Line、IG等

管道，提供網友即時之旅遊資訊，吸引網友參與旅遊話題，加強社群使用者強大的黏著性，贏得使用者長期之忠誠度。並透過網紅的旅遊經驗分享，搭配上實體遊程活動，讓線上網友們看見觀光品牌、認識在地觀光圈資源。另著手拍攝及製作虛擬實境(VR)影片，透過VR影片之沉浸感，打造觀光旅遊體驗場域，藉此行銷臺灣特色遊程、路線或景點，提升臺灣觀光宣傳效益。

問：近年來各國政府及產業積極投入自動駕駛技術與周邊產業之應用發展，交通部身為國家交通建設與交通管理的主管部會，對於我國推動自動駕駛技術應用之藍圖與策略為何？又如何藉由自動駕駛技術之發展，帶動國內相關交通科技產業及提升交通環境？

答：近年來各國政府及產業積極投入自動駕駛技術與周邊產業之應用發展，交通部身為國家交通建設與交通管理的主管機關，自106年起啟動為期4年之「智慧運輸系統(ITS)發展設計計畫」，以行動服務、車聯網、智慧廊道、智慧交通管理及偏鄉公共運輸平台作為交通運輸發展重點，提供資金補助地方政府結合業者推動自駕技術測試發展相關計畫。



1
人物專訪



在ITS智慧運輸計畫執行下，逐步導入自動駕駛車輛進行相關研究與示範運行計畫，並配合自駕技術於國內建置測試場域以及相關管理規範(包含交通部道安規則以及經濟部無人載具科技創新實驗條例)，迄今國內已核發5案自駕車道路測試申請，未來將持續推動自駕技術應用並提升我國道路運輸智慧化。各年度導入歷程摘要如下：

106年度／各縣市政府積極與自動駕駛業者合作，初次導入自駕巴士於封閉場域測試運行，觀摩國際間創新科技之應用與規劃，探索國內適地性之智慧交通運輸應用。

107年度／各縣市政府委託專業交通顧問公司，評估自駕車適合的營運模式及行駛路線，再依據評鑑結果申請自動駕駛測試計畫，於各區展開自駕車輛測試與商業模式驗證。

108年度／國內首座自駕車測試場域「臺灣智駕測試實驗室」以及桃園虎頭山「車聯智駕中心」正式啟用，ARTC打造臺灣自研自製電動自駕巴士，新竹市政府與工業技術研究院取得交通部核准取得首張自動駕駛測試號牌，為國內智慧交通發展史寫下歷史新頁。

109年度／主要聚焦於各縣市政府結合業者申請「無人載具科技創新實驗」，加速推動自駕

車公共道路測試與商業營運實際應用，連結5G科技打造5G智慧交通實驗場域。此外，KPMG安侯建業辦理全球自駕車準備度報告，經本部敦請該公司將台灣納入，已於2020年報告中，首度將台灣納入全球自駕車準備度評比，台灣在30個國家中排名第13，超越德澳法等國。



林佳龍部長(右2)出席中華電信5G研討會，與時任政務委員龔明鑫(右1)等人，體驗自駕車

我國為促進智慧交通運輸產業發展，透過ITS智慧運輸計畫，新北市、桃園市、台北市陸續規劃或啟動自動駕駛相關應用計畫、測試及評估現行交通運輸整合自動駕駛運用之可行性。並鼓勵發展無人載具科技之研究發展與創新應用，由新北市、台北市、桃園市、彰化縣、台南市結合國內業者，依循「無人載具科

技創新實驗條例」申請自駕巴士營運計畫案。此外，針對自動駕駛場域，目前已完成建置臺灣智駕測試實驗室、虎頭山創新園區以及結合5G技術之台灣淡海新市鎮-5G智慧交通科技實驗場域，為國內自駕車業者提供優質的實驗場域。



自動駕駛車輛多元化的營運模式，在未來結合5G、AI、大數據等新興科技應用，預期將大幅改變未來交通運輸型態，因此在自動駕駛車輛之發展規劃，係以發展引導自動駕駛技術進入公共運輸領域使用為優先，提升既有公共運輸系統服務能力與競爭力。為使自動駕駛技術車輛產業逐步落地並穩定發展，其相關技術

之標準化工作勢必進行訂定，將持續關注國際間涉及自動駕駛技術相關標準之訂定情況，並適時導入國內實施，以讓相關技術產業之發展有其安全標準之遵循方向。

問：交通除了是臺灣最大的服務業外，交通建設亦佔國家最大的建設預算，請問部長對於工程的規劃設計階段，對於運用交通大數據等新科技應用來提昇工程產業之加值與創新，有什麼想法？

答：交通部在交通建設的推動上，除了投入預算以提升運輸服務品質與效率外，也相當重視如何同時提昇國內相關工程產業的加值與創新。以大數據發展為例，國內既有的智慧運輸系統及各項交通設施已蒐集巨量的交通數據，可作為發展大數據分析及相關應用之基石，開放提供學界、工程產業界共享，這些資料透過整合匯流、分析研究，可廣泛應用到交通建設的規劃設計，進一步轉換為交通監督管理、服務創新與決策支援的有用資訊。以臺鐵第四代票務系統為例，刻正推動運用交通大數據對旅客運輸需求詳細分析，以強化我國軌道運輸規劃的能力，並提升我國軌道工程產業的加值與創新。



今年度本部也將「推動智慧港口服務」納入施政的重點，透過諸如物聯網、5G、人工智慧(AI)、無人載具、區塊鏈等智慧科技，提供港埠、棧埠、港內車輛即時性資訊服務，推動項目包含港灣設施智慧巡檢偵測、無人載具投入應用及資通訊基礎設施佈建等，以智慧化來升級港口作業效率、營運安全以及環境永續，並擴大公民營產業參與，透過輔導獎勵導入科技等措施，輔導及協助港口作業單位智慧轉型，促進我國智慧港埠發展。



近年來隨著科技數位化的發展，工程軟體也進入資訊科技化的時代，在工程的規劃設計階段即可善用建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)技術來輔助工程師在資料取得、需求確認、方案溝通、設計檢核等方面快速做出反應，提升生產力也能產出最佳化的設計方案。同時藉由三維視覺化模型，可讓相關單位多方即時溝通，共同解決問題，大幅提升作業整合的效率，將有助於工程的規劃設計更符合實際情況，促使後續的工程建設更能達到預定成效。

問：台灣世曦除了承辦既有的規劃、設計、監造及專案管理等業務外，近年亦積極跨入交通維運管理業務，如蘇花公路及南迴公路的交控中心暨交控及機電系統委託民間營運管理服務，請問部長對交通公共設施委託民間營運管理的政策方向有什麼展望？

答：將公路交控中心(包含交控及機電系統設備)委託民間營運管理服務，此方式在歐洲、日本與香港等地區已有不少的案例。而國內交通部公路總局，將新舊台九線蘇花公路及南迴公路的交控中心委託給有經驗與能力的台灣世曦公司來營運管理，從通車以來到現在，經歷過年春節、228連假、清明節及端午節等連續假期，台灣世曦的營運管理團隊，展現出管理績效。

所以，從政府人事精簡、政府公權力的維繫，以及引用民間創意與管理技術，讓公共服務品質更好的立意來思考，委託民間營運管理的政策方向是值得來推廣的。

未來交通部各機關可在其管轄的職權範圍，更進一步評估擴大交通公共設施委託民間營運的範圍，尤其像公路隧道需要高度交控及機電專業能力管理的路段，以結合民間活力，讓交通管理更專業、更靈活、更有創意，提供



1
人物專訪



民眾安全、有感的順暢交通。

問：台灣世曦是交通部所屬財團法人中華顧問工程司的轉投資事業，CECI集團除了在研發及業務領域的持續成長外，近年亦積極加強數位轉型，如發展設施維護管理平台、移動服務平台、國土安全監測平台、PMIS專案管理平台、BIM設施管理平台等，請問部長對CECI集團發展方向有什麼期許？

答：中華顧問成立五十餘年來，對於我國重大公共工程建設有著不可磨滅的功勞，因應「工程技術顧問公司管理條例」於民國96年轉投資成立台灣世曦後，轉為研發前瞻知識與技術，近年來因應數位化環境發展趨勢，積極投入ITS技術平台，在協助政府推動智慧交通運輸發展與精進交通設施維護管理，已經有良好成效，未來應用「金門大橋監測系統」以及「移動服務相關的概念與平台」等所發展出的技術，提供創新服務，持續扮演交通部工程技術人才培育與導引的角色。

而台灣世曦為知識與技術密集的工程顧問服務公司，近幾年積極借助資通訊新科技的加值應用，推動工作方法的優化及服務創新，拓展業務新藍海。目前在橋梁防災管理、國土安

全監測、工程資訊整合、BIM 3D技術等領域均有相當好的成果，未來可再進一步結合AI、大數據、行動化網路及雲端服務，發展更多元的創新應用與加值服務。

台灣世曦可多透過推廣宣導，將PMIS工程專案管理資訊平台的成功經驗推廣複製至各工程機關及廠商，加速引導工程產業朝向電子化高效率運作的方向發展。並透過工程資訊相容交換的標準，促進系統互通與資料交換共享，提昇上中下游電子化資訊的整合應用，發揮工程資訊價值鏈資訊整合之加乘綜效。

關於世曦自主開發的BIM設施管理平台V3DM，將BIM設計施工資訊延續至營運階段應用，讓營運單位工作更簡單、更確實。除應用於建築維運管理，未來能可擴大應用推廣用於捷運、公路、機場等大型基礎建設的設施維護管理，並結合新創科技技術，如物聯網、影像辨識、節能減碳並輔以VR、AR等新科技應用，擴展應用市場，提供新世代營運管理的解決方案。

至於國土安全監測平台，期望未來可在「交通設施智慧防災」的課題中，發展成國家級智慧防災系統，照護國家生命線設施，讓國家關鍵基礎設施平時可以「未雨綢繆」，災時得以「轉危為安」，協助政府防災減災之智慧



(左) 施義芳董事長

(右) 林佳龍部長

決策輔助參考。

後記

承蒙 林部長於日理萬機之中抽空接受本公司專訪，分享他對於臺灣交通運輸科技產業發展的擘劃、推動與期待。對於當前及未來施政重點，如何運用交通大數據、AIOT的創新科技加強在交通工程、監理、產業及服務各項業務的加值應用。

在採訪過程中，林部長侃侃而談對於交

通服務及產業科技創新應用的發展願景、推動策略及成果現況，特別強調交通科技產業是國家重要的數位基礎建設，應有「國家隊」的概念，透過全國產官學研跨域交流與合作，協助臺灣的產業更快跟上科技發展，促進交通科技產業數位轉型並蓬勃發展，帶領臺灣交通運輸走向「民眾便利、產業興利」的更美好未來。

透過本次專訪整理，林部長充滿新思維的見解，更像是決策者推動科技創新實現數位轉型的典範教材，很值得提供各界參考，謹將本次精彩的對話內容與大家分享。



訪神通資訊科技董事長

蘇亮

談

**企業數位轉型的契機
與對策**

整理：賴建中 · 攝影：詹朝陽

壹、前言

營建業面對數位轉型浪潮的來襲，也意識到了企業需善用新科技讓工程流程變得更有效率、增加客戶體驗及找出新的市場定位等的重要性。然而，營建業施工場域環境特殊、產業科技人力偏少，面對數位科技的來臨，多數營建廠商無所適從。

營建企業亟於找出數位轉型的需求及成功的轉型策略，只是這條數位轉型之路，走得快不如走得對，如能有專家提供推動數位轉型的趨勢洞見，才能用最少的資源，走在最正確的路途上，成功邁向數位化之路。

神通資科在企業數位轉型的領域耕耘多年，更以自身導入經驗先行，從技術、流程到企業營運，都經過深入的應用與探討，希望為企業找到務實有彈性的數位轉型解決方案，本期很榮幸於民國 109 年 8 月 25 日專訪神通資科蘇亮董事長，分享企業數位轉型的成功經驗，並提供務實可行的轉型策略及推動發展建議，以提供營建企業決策者、IT 主管參考。

貳、訪談紀要

問：神通公司於業務擴展或系統建置時，如何整合應用新科技推動數位轉型，維持公司技術領先的不凡成就？

答：作為 45 年歷史的老牌公司，神通不論在人員、思維、技術及系統各方面，都需要面對新舊交替及經驗傳承的挑戰。我們於公司內部成立了「數位技術委員會」，整合資源共同推動公司的數位轉型發展，確立整體推動的方向、策略及機制，並扮演監督的角色，定期開會討論集團事業群各自發展的技術，藉由會議

進行整合開發，促成不同技術使用及資訊平台的整合及共用，引進了相當多的數位轉型工具，包括 Google GCP、VMWare、Microsoft Azure、SugarCRM、RPA、BI 系統等，落實集團的 3V 哲學：洞悉力（Visibility）、速度（Velocity）與附加價值（Value）。洞悉力是指首先要看清楚現場狀況，每個面向都看清楚了，轉型的速度就會加快，附加價值也會因此而產生。這也是本公司推動數位轉型最重要的原則。

以資訊系統為例，我們採用新舊並存的作法，將重要的進銷存財會作業保持在舊系統，另以新技術開發模組化的功能，如作業簽核、



管理報表等，以逐步切割縮減舊系統的負荷。目前採購業管已成功轉換不少內部ERP系統資料，包括各層級BI(Business Intelligence)報表的產生，讓資訊更為透通，也降低貿然全部置換採用新系統可能產生風險。神通公司的數位轉型是在既有的傳承基礎下，採取漸進式的轉型，與時俱進地去逐步讓工程流程變得更有效率及建構新的經營模式。

問：數位時代來臨，關鍵企業如何實現競爭力轉型升級？企業要能夠成功數位轉型之關鍵為何？有哪些新的資通訊科技，值得企業特別重視？如何評估及導入最符合自己的數位轉型科技應用？

答：雖然數位轉型創新對企業的成長與成功相當重要，但要成功轉型並不容易，企業數位轉型應把握三個關鍵面向找到合適的轉型模式：(一)定義新客戶；(二)使用新技術；(三)找到新定位。

(一)定義新客戶

企業以服務客戶為導向，企業面臨瓶頸需要數位轉型時，找到新客戶就更顯得尤為重要。需從新客戶角度來思考，在什麼樣的時間點或情境下，客戶會有何種感受，精準地掌握



(左1)吳文隆副總工程師 (左2)林曜滄總工程師 (左3)李順敏總經理

需求情境以提供對應的服務。

(二)使用新技術

導入可增加新客戶體驗所需的新技術，並與內部核心營運流程相結合進行優化轉變，運用新的科技技術，協助各領域持續地改善及升級創新。並建構可供資料介接與系統服務串接的PaaS數位平台，將合作夥伴或相關的產品與服務全部整合到同一個平台上，針對客戶的需

1

人物專訪



(前左)施義芳董事長 (前右)蘇亮董事長 (右2)周昌典協理 (右1)賴建中經理

求提供一站式服務，以便產生更大的效益。

(三)找到新定位

數位轉型是一個企業核心價值的根本轉化，需從根本層面探討目前提供的產品與服務，找到新的定位及價值主張，並定義出需要被優化或是新增的環節點，再建立明確的策略以利有效的執行。

問：新冠病毒疫情影響，零接觸的工作協作及網路溝通已成未來趨勢，後疫情時代企業的數位轉型契機與攻略？

答：新冠肺炎帶來衝擊，從很多疫情期間的統計數字我們可以發現，實體店面的營收大幅衰減，電子商務的銷售大幅提升，相關宅經濟產品、影音串流服務、遠距溝通所需的軟硬體的銷量都呈現爆炸性的成長。另美中貿易大戰及國土安全議題引發反全球化趨勢興起，這些



都會讓企業的經營或我們的生活產生高度不確定性，而且未來「不確定性」已成為回不去的新常態。這些新生活型態，改變了人的生活習慣，也改變了公司的運作模式，唯有不斷增強數位力，才能提升效率與應變力，避免在社會或經濟變局中傷筋動骨，還能順勢墊高創新競爭力。許多企業為降低營運衝擊，紛紛藉助數位科技，啟動線上會議、遠距辦公、數位行銷等新興模式，意外激發了數位轉型動能，也加快了企業數位轉型的速度。

企業面對這樣的現實，不得不提早佈建數位轉型的工具、建立新的工作模式，而網路連線品質、網路資安問題、商用影音、雲端服務等就成了企業在後疫情時代的顯學，進而幫助企業在成本可控、資安可防之下加快數位轉型步伐，進而解決業務痛點產生新的產品價值定位及改善商業模式，創造長遠的生存利基。

問：企業推動數位轉型，如何做好與企業文化融合發展？如何培養提升員工的數位技能及數位協作能力？如何將新科技導入於工作流程的優化及自動化發展，以加快企業數位轉型的速度？

答：新兵不打仗，不會變老兵，企業推動數位轉型時，除了著重於員工資訊技能的提升之

外，還要改善公司的工作環境，讓員工有練兵的機會。神通資科最近於公司3樓所設立的創意基地，目的就是分享各部門進行的產品及專案，達到互相學習、成長的目的，讓員工跟員工之間從互動中產生火花，培養提升員工的數位技能及數位協作能力，以這樣的凝聚力成功達成數位轉型。

另舉例為了讓員工有一個發展AI、IoT及大數據等新科技整合平台的試驗練兵場域，我們在公司地下一樓錦鯉池，加裝有不同的水溫、水質含氧量等IoT感測設備及攝影機，並介接氣象局的大數據資訊，運用智慧化的資訊整合平台，可自動辨識不同的魚種、即時監看錦鯉的健康狀態，並動態調整適合錦鯉生長的最佳生態環境。讓員工藉由試驗場域的演練，促進創新的技術及應用研發。

數位轉型一定會帶來許多變化，確實會對於企業組織造成一定的影響，每個員工都需要調適，每個人的數位思維及能力程度都不相同，因此要做好融合發展，企業必須要建立一個推動轉型的「數位技術委員會」，專責規劃推動的方向、策略及機制，並執行企業內的數位轉型，系統化的深入每種業務的細節，促成不同工具軟體使用、技術學習及資料庫的整合共用，提高數位轉型的落地性，更要針對不同層級、角色的員工，給予不同的訓練，再通盤



1
人物專訪

蘇琿董事長(中)與台灣世曦施義芳董事長(中左)及各級長官們聽取簡報



了解公司對於推動數位轉型的想法和方向，主動學習新的技術和管理技能，真正落實企業的轉型目標。

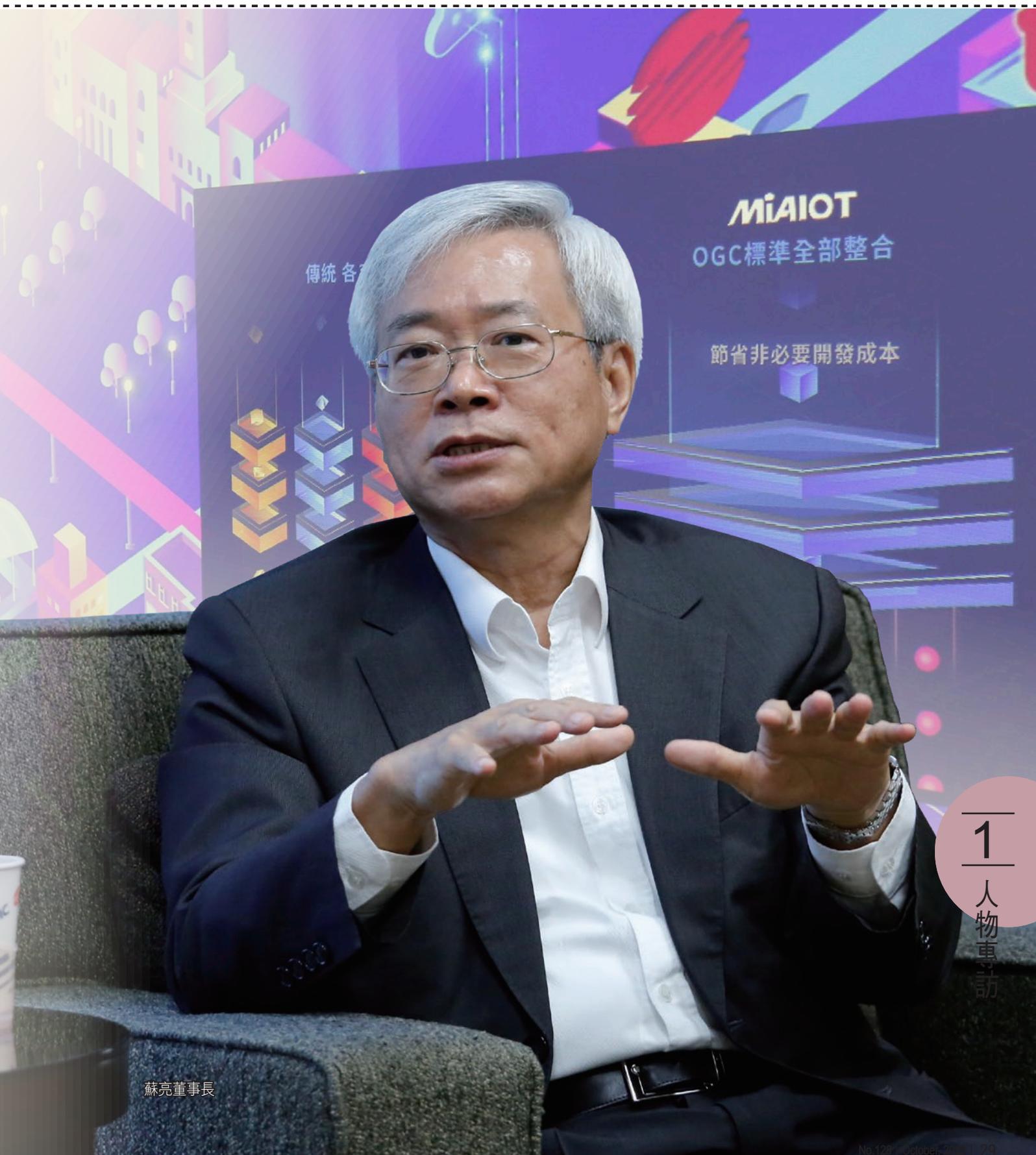
問：神通資料為國內最大的系統整合廠商，長期協助國家進行電子化政府在智慧城市相關領域的系統發展，請蘇董事長分享台灣智慧城市發展藍圖及如何進行推廣落實？

答：當人工智慧（AI）和物聯網（IoT）匯流成為人工智慧物聯網（AIoT），催生更多的智慧城市創新應用，更帶動新一波的智慧城市發展，在傳統的智慧城市建设中，由於將智慧應用細分成眾多的領域，建設內容相當廣，而在政府採購法的規範下，許多政府專案，仍呈現碎片化的狀態，各種智慧系統的開發基礎，是建立在個別執行單位上，不論是場域或是系統本身，規模過小且各自獨立，使得在推動智慧城市建設時，不僅城市管道、土木等皆重複施作，浪費成本；在技術和數據缺乏標準的情形下，資料格式不一，無法共用，無法形成有效的資源整合，廠商（特別是系統整合商）無法藉此累積整合經驗，當然也無法孕育出整合實績，對於輸出國際是一大劣勢，無法在國際舞台上發揮台灣科技產業的真正實力，甚是可惜。

神通資料多年發展智慧城市的智慧交通、智慧醫療、智慧教育、電子化政府等領域經驗，建議政府應長期性策略支持應用服務廠商，確保永續發展。可以在發展智慧國家的目標下，優先挑選場域經濟價值高的應用，由系統整合商（SI）做為主導整合的業界領頭羊，並與互補性的各家廠商整合成國家隊，將多元的智慧城市產業應用深化整合成具國際競爭優勢的整體解決方案輸出國際，藉此累積市場實力，提升國際能見度。

問：近年5G、AIoT等為創新科技的熱門議題，請教神通資料之研究重點與未來的應用方向？其中垂直應用試驗場域的建置是非常重要的環。請問您對民間自主投入試驗場域之建置的看法及建議，另請教神通資料投入之意願及規劃？

答：5G、IoT物聯網與AI人工智慧的結合，會是未來智慧城市的主流，另外AI加上IoT，就是現在所講的AIoT，整個科技環境愈來愈成熟，對於實際應用有很大的幫助。神通資料具豐厚系統整合經驗與核心技術，洞悉雲服務與邊緣設備的體系化整合將在智慧新時代扮演重要角色，看準5G將對智慧城市巨量數據的高速



傳統各

MiAIOT

OGC標準全部整合

節省非必要開發成本

1

人物專訪

蘇亮董事長



傳輸與低延遲將帶來關鍵助力，希望攜手策略夥伴業者整合5G服務與AIoT平台，結合雲端運算、大數據等技術資源，為有意進入領域發展的企業夥伴提供5G、IoT智慧化應用的解決方案。

AI應用很廣泛，我們本著「為了需求而研發，為了使用而建置」的務實想法，先從簡單且重複性高的系統導入AI技術，目前導入的兩個主軸方向，一個是AI人臉辨識，另一個是AI工廠機台故障預測。AI人臉辨識目前應用在桃園機場自動通關系統及台電大潭電廠、長庚醫院及貿協展場等案場門禁管制，未來也會將AI臉辨識應用在大量人流辨識及預防跌倒的偵測，對於公共安全提升將有大幅助益。

在智慧製造方面，工廠通常有上百個機台，雖然目前都已有自動化方案，但不知道什麼時候機台的工具或是零件可能會發生故障，造成產線中斷並發生損失，因此我們利用AI偵測，提供早期的故障預測並更換工具或零件。神通最近的案例是協助高爾夫球具的製造商，導入AI的機台故障預測模型，透過大數據分析，能夠精準有效的預測機台損壞，大幅節省人力與成本。

問：目前工業4.0及智慧城市都在討論數位孿生，您也非常強調虛擬與實體的整合效益，台灣世曦在工程設計監造應用許多BIM技術，未來與AIoT技術是否有什麼整合商機？

答：神通資科的MiAIOT平台運用OGC (Open Geospatial Consortium)包含GIS地理資訊系統技術，建置物聯網之資訊為主，因此對於智慧城市建設或城市治理的地理空間及屬性資訊，有其廣泛性且與全面性的涵蓋，能夠協助城市管理者進行重要任務的決策分析。

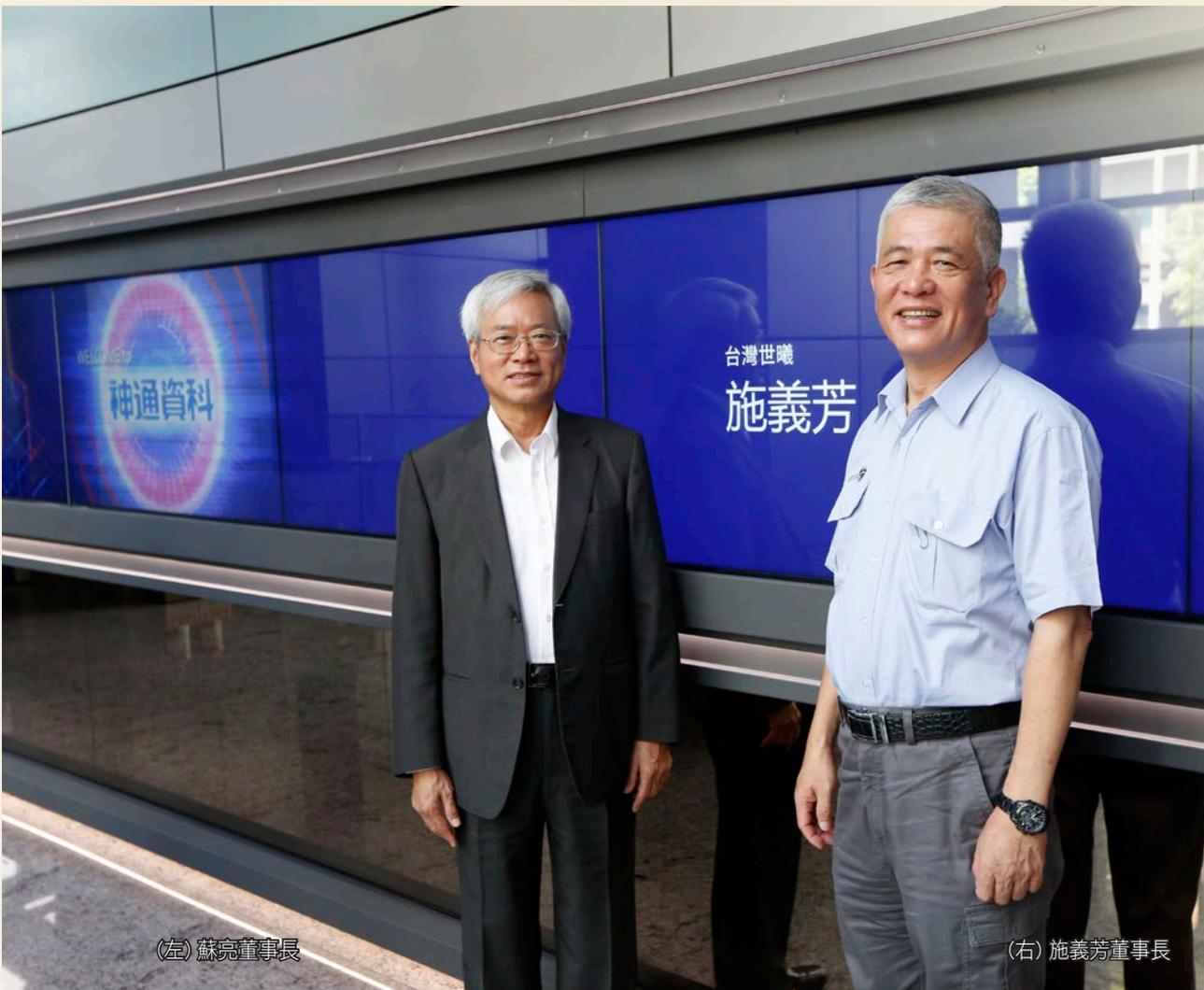
BIM 技術的應用主要是在都市個別區域設施的管理，尤其是在營運維護階段。因此若能在智慧城市各項OGC資訊中，結合個別設施的BIM 資訊，就能深化數位資訊的掌握程度，進行更多元的決策分析。

BIM是一個元件，如能與智慧大樓或智慧工廠的MiAIOT平台整合應用，將更可運用自如。例如，對一般視覺上看不見的部份，賦予AR/VR檢測設備管線定位問題，配合平台上的人工智慧功能，就能夠整合提出客戶所需要的方案。透過有效的設備資訊管理，進而完善設施的營運維護，達到生命週期管理的永續性。

問：台灣世曦在BIM設施管理系統往智慧大樓發展時，發現系統整合的重要性，目前觀察到各項個案都沒有標準，導致每個計畫都從零開始，浪費太多時間及重複磨合，如何制定跨領域資訊交換及跨機關資料流通應用的開放標準，以利公共服務數位化轉型的加速推動，神通是否也有相關經驗並請提供建議？

答：神通作為系統整合商，常常碰到業主只是針對特定問題解決就好，沒有長遠的標準規

劃，神通在五年前引入OGC物聯網連接的國際標準，具備開放性及統一性。神通引入此標準的原因，主要是鑑於當時IoT的資料沒有標準，後來，我們與台北市政府合作，將政府開放資料以OGC標準提供給新創公司使用。過去一年我們又用OGC作為桃園市汙水處理系統的資料標準。我們和澳洲昆士蘭州的城市合作案，也是使用標準資料平台做病媒蚊分析和道路資產管理。當使用資料標準化之後，可以讓投資不會浪費，資訊的模組與子系統都可以重複使用。



(左) 蘇亮董事長

(右) 施義芳董事長



在智慧城市治理上，已經有很多國際的城市，如新加坡，都是採用這個標準。我們一樣使用OGC作為感測器資料收集的標準應用在智慧大樓管理系統平台的建置上。例如我們在大樓應用的「智慧化分析告警系統」，就使用可以重複使用的AI與儀表板模組，創造出也可以在其他智慧大樓建置重複使用的案例。

問：台灣世曦近年亦積極進行數位轉型，如開發國土安全監測平台、PMIS專案管理平台、BIM設施維護管理平台等，您也擔任世曦的董事，請問您對世曦的數位轉型有什麼建議？

答：世曦在工程建設領域實力堅強，神通在系統整合的經驗也相當豐富，因此雙方應可有戰略上的合作，讓科技與工程有跨領域的融合，加速彼此在數位轉型的創新與改革步伐，共創更多新的商機。

台灣世曦運用BIM技術結合物聯網、IoT感知器、AI大數據應用，自主開發工程設施維護的科技化管理平台，並用GIS空間資訊技術，結合環境開放資料(Open Data)，以及INSAR、UAV、GIS、Big Data、AI等新科技應用，打造智慧防災平台。神通資科過去參與臺灣各項國家級交通建設的自動收費系統，包括臺北捷

運、高鐵、臺鐵、公車、高速公路、淡海輕軌等，近年來更致力於智慧城市應用的各項應用平台發展。

CECI 國土安全監測平台

GIS整合平台
本平台整合及介接「InSAR監測數據」、「航遙測影像」、「開放街圖」、「DEM」、「地調所地質資料倉儲」及「氣象局自然災害資料倉儲」等資訊，建立大數據分析平台。

InSAR形變趨勢線
InSAR 形變累積變化量
Source: 發布日期: 2018/12/05

大數據為核心、專家模組為架構
以此資料平台提供空間大數據為核心，並以創新科技提供系統服務(專家模組)為架構，開發「InSAR形變趨勢線」、「InSAR形變剖面」、「地震及颱風資料比對」等模組，結合介接資料可進行多面向數據比對，提供工程人員專業相關圖層及數值資料之查詢、分析等功能。

監測平台防災應用

- 坡地防災**
應用單位：高公局、公路總局、台閩、水利署、水保局...
用途：崩塌管及安全評估、崩塌地地質地檢討、崩塌地地質地檢討、崩塌地地質地檢討、崩塌地地質地檢討
- 地質構造**
應用單位：地調所、水保局...
用途：斷層活動性評估、高震化潛勢區之地震地質評估
- 地層下陷**
應用單位：水利署、高鐵公司...
用途：平原區地層下陷變形地檢討、高震化地層下陷變形地檢討
- 路廊研選**
應用單位：台電、公路總局、原民會...
用途：電塔之穩定路廊研選、敏感區域之穩定路廊研選、敏感區域之穩定路廊研選
- 交通經濟**
應用單位：高公局、公路總局...
用途：路廊穩定性評估、敏感區域之穩定路廊研選

InSAR應用方向

- 高震化潛勢區地層下陷**
用途：高震化潛勢區地層下陷

效益

- ◆ InSAR技術可獲得大區域高精度之地表變化量，所需成本亦相對低廉。
- ◆ 以空間數據為核心，提供全量分析成果影像及地層變化曲線網路查詢服務。
- ◆ 可做為大範圍區域長期防災監測工具，以達「智慧國土、智能防災」目標。

以3D-BIM模型為基礎的視覺化互動協同作業管理平台

平台特色

- 3D BIM視覺化應用平台
- 管理資料符合COBie標準
- 提供多面向營運管理使用
- 真實虛擬連結技術
- 提供RESTful API介接服務
- 全生命週期運轉更新



(中左)施義芳董事長 (中右)蘇亮董事長 (右4)丁玉成副總經理 (右3)林曜滄總工程師 (右2)周昌典協理 (右1)林啟豐協理
(左1)賴建中經理 (左2)吳文隆副總工程師 (左3)丘金勝副總經理 (左4)李順敏總經理

希望能與世曦公司合作，兩家公司的平台能夠透過API加以整合，以開拓更多元加值服務及創新應用，提升城市公共運輸的服務品質，藉此奠定智慧城市的發展基礎，同時創造更多智慧城市的產業商機。

後記

工業4.0的旋風襲來，近年來數位技術的持續進步與普及應用，企業應該思考的是如何結合數位技術以強化體質及提供服務創新的機

會，以全方位角度確保企業能夠在各種持續或突發的危機下，仍有能力健全營運。

本期中華技術特別邀請神通資科蘇亮董事長分享見解，從數位轉型的策略、神通成立創意基地、利用跨系統平台的整合思維來驅動產業生態系的進步與創新，談到聯華神通集團的3V核心價值與組織文化，以及神通成功轉型的心路歷程。透過本次精采的專訪，蘇董事長充滿新思維的見解，希望能為企業找到成功導入數位轉型的解決方案，很值得提供各界參考。

工程全生命週期成本估 算與管理之發展趨勢

Trend of Life-Cycle Construction Cost Estimation and Management Practice

關鍵字 (Key Words) : 成本估算 (Cost Estimate)、成本管理 (Cost Management)、成本工程師 (Cost Engineer)、工程生命週期 (Project Life Cycle)

國立交通大學 / 土木工程系 / 教授兼系主任 / 王維志 (Wang, Wei-Chih) 

摘要 ABSTRACT

提升工程預算或成本的估算準確度以及有效的控制，是所有工程專案管理目標的基石，近年來，因預算單價偏低、數量誤差與成本管控不善，經常衍生工程執行不力的問題，為進一步洞知問題所在，本文由工程生命週期各階段，整體探討預算/成本估算與管理之實務與學術現況，並建議未來可能的發展重點。主要議題包括估算不確定性的觀念、面對預算偏低的作法、單價分析(包括工率對單價之影響)、數量計算(包括建築資訊模型算量)、技術服務費，以及精進公共工程資料庫之建議藍圖等。最後本文提醒成本估算與管理的專業性，此時應是建立國內成本工程師制度、數量計算統一規則，以及技術服務人員薪資資料庫之契機，且可藉由組成工程成本工程師協會，作為推動的平台。



Abstract

Enhancing the estimation accuracy and efficient control of budgets and costs for construction projects is the keystone of all project management goals. Recently, many construction projects are executed ineffectively because of the problems of extremely low budgets, errors in quantity takeoffs, poor cost control, etc. To improve the perception of the problems, the study investigates the current practice and research trend on the cost estimation and management in each life-cycle phase of construction projects. The main focused aspects here include cost uncertainties, methods dealing with low-budget practice, unit pricing, quantity takeoffs, consultant fees, and future improvement of public construction information database. Finally, this study suggests forming a cost engineer association to promote the establishment of a certificated system of cost engineers, standard measurement of quantities and an engineering manpower salary database for improving the profession of cost estimation and management.

壹、前言

執行營建工程專案的主要目標，包括「如期」(於契約期限內完成)、「如質」(合乎契約規範要求的品質)、「如算」(於預算內完成)與「如安」(合乎營造安全規範)等。長期以來，公共工程特別重視如質與如安這兩項管理目標，並於每年透過舉辦金質獎與金安獎活動，激勵工程各方參與者的投入。「如期」目標的管理成效，可能由於主要屬於乙方廠商端的責任，故在公共工程上，與工程進度規劃有關之規範或法令，相對少許多。

至於「如算」目標之管理，業主在乎預算編列是否合理與可否於額度內完成，廠商則是重視是否有利潤。基本上，預算(成本)之估算與管控，亦與其他管理目標息息相關，完整精確的估算，實不容易。例如工期管控不當，則會有逾期罰款；施作未達到契約規範要求的品質，則會導致重作(成本超支)；勞安設施與個人安全設備之經費不足，恐導致工安事件等。各個管理目標間雖有複雜的關係與影響，但工程的「如算」目標，亦即，提升預算或成本的估算準確度以及有效的控制，應是所有管理目標的基石。

政府為能落實工程經費詳實化，於1998年透過四合一計畫，參考國外做法與國內經驗，建構了「公共工程技術資料庫」，內容包括屬於單價方面的經費電腦估價系統(PCCES)與營建物價調查機制，以及屬於規範/編碼方面的施工綱要規範資訊整合中心與基本圖(後續應用較少)。之後，政府就定期針對PCCES、營建物價以及施工綱要規範進行持續改進。

經過了20餘年的發展，近年來，國內公共工程因預算編列與管控不善所導致的問題，依然經常且重複的發生。例如，工程需求高但預算不足，即使採用最低標，仍然流標；工程的

工作項目漏項，數量計算誤差過大，導致爭議不斷；物價調查單價偏低，導致預算偏低，造成發包不易；監造費用過低，導致技術服務廠商不願承接。近年來，政府與業界公會透過各種管道(例如論壇、座談會與研究計畫)，嘗試解決這些問題。至於這些年在成本管理相關研發方面，主要乃由於建築資訊建模(BIM)技術的推廣，促使廠商開始嘗試運用BIM輔助成本的數量計算，不過目前大都仍流於表面形式的層級，其餘則無特別提出精進成本估算與管理之創新作法。

完整探討工程成本各種面向並不易，因不同工程參與者的角度或不同工程類型，其所關注的重點將有所不同。例如，工程參與者可能包括業主、設計監造與專案管理技術服務廠商，施工廠商(包括土建、機電與設備)、專業協力廠商、材料供應商等；當針對統包工程，又會有統包商出現；而當面臨私人工程時，可能會有建設公司的角色與更多的彈性做法；即使是公共工程，建築工程、捷運工程與港灣工程的成本管理重點就有很大的差異；此外，「專案」與「公司」的成本範圍又有極大的不同。限於篇幅，本文主要由業主的角度，客觀地探討公共工程專案預算/成本估算與管理的實務問題，並建議未來可能的解決方向，同時說明目前學術界的研發重點。

貳、各階段之成本估算與管理

一、成本估算種類

營建專案工程各階段涉及不同的成本估算種類，詳圖1。於規劃階段的預算概估與概算開始，經過設計階段的發包預算訂定，投標階段的底價核定(Wang, 2002)、次低標價評估(Wang et al., 2006)與施工廠商的標價決定(Wang et al., 2007)，簽約階段的合約單價調整(Wang,

2004)，施工階段的估驗計價與變更設計追加減帳，乃至於營運階段的維護管理費用編列。

(一)不同階段的決策目的不同

不同階段因為所可取得的資訊以及所需決策的目的並不相同，故所要求的估算準確度亦不相同。例如，在規劃階段，僅有基本需求與粗略的工程資訊，一般會使用參數估算法(例如單位基準法的單位面積、單位設備或單位體積，以及成本對應產量法等)、百分比法、因素估價法等，概估所得出預算與最後完工成本之誤差可能達正負30-40%。不過，由於此階段的決策目的，主要乃在了解投資規模大小，故進行較粗略的估算細度(Level of Detail)且可容許較大的誤差(Carr, 1989)。

(二)不同角色的估算重點不同

圖1中，不一樣的工程參與者，對於同一個階段的成本估算重點並不相同，例如，業主針對發包預算(或底價)之估算，考量的是一般物價(不會針對特定廠商)，但廠商的投標價，考量的是要低到可以得標且有利潤的成本估算。

(三)不同工程類型的主要成本大項不同

圖1中，主要乃以工程的施工成本為分析重點，若是土木工程，則由材料(鋼筋、模板或混凝土等)或工項(結構工程、大地或裝修工程等)探討單價與數量；若是機電工程，則由系統(給排水、電力、空調、消防與弱電系統等)切入。須留意的是，工程專案的主要成本大項，尚包括用地取得與拆遷補償費(不一定有)、設計監造與專案管理技術服務費用、工程預備費、物價調整費與其他等(工程會，2018)。

二、成本估算的不確性

(一)估算是一種預測

估算(estimate)，可定義為針對材料(material)、時間(time)與成本(cost)的數量(quantity)所進行的預測(prediction)，而預測本身帶有不確定性(uncertainties)，於是成本估算便會有不準確度(Carr, 1989)。例如，在進行成本項目(例如鋼筋)的估算時，需預測該成本項目的內容(例如鋼筋規範要求)與數量、預測什麼時間點會採購該項目(考慮價格的漲幅)，以及預測會由哪個地方採購(是否需進口)等。

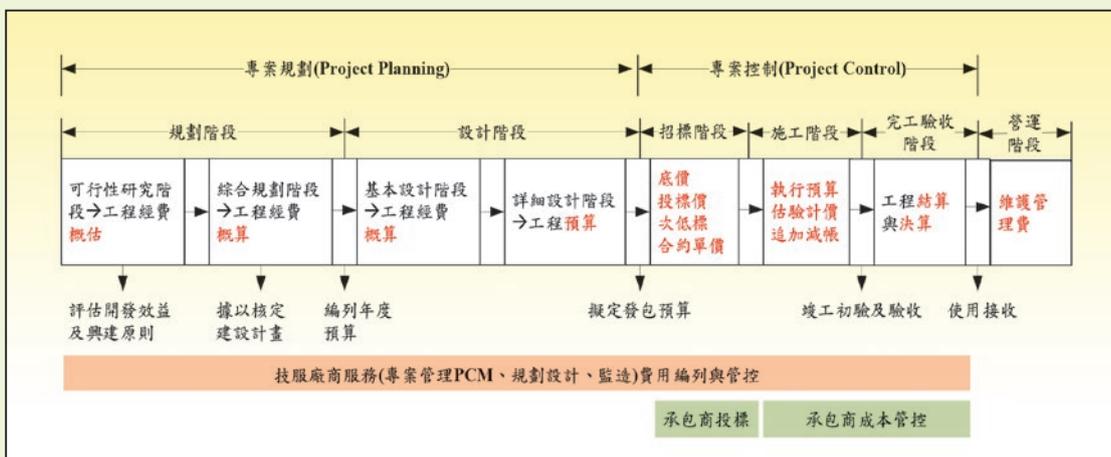


圖1 工程生命週期各階段之成本估算

隨著工程由規劃階段往設計階段的進展，愈來愈多的需求與設計資訊可獲確認，不確定性逐漸降低，成本估算的精準度便逐漸提高，一直到設計完成且施工標的發包文件備妥後，不確定性瞬間降低(圖2的斜率)，準確性更高(Clark and Lorenzoni, 1985)。圖3乃是透過成本累積曲線，隨著工程的進展，展現在不同階段的不確定性(Soibelman, 2001)。

換言之，與其他許多產業最大的不同，營建工程執行時，充滿著許多造成不確定性的因素(例如業主需求、用地取得、各種請照作業、大宗材料的國際價格以及天氣等)，除非工程結束(結算或決算時)，所有工程內容皆已定案(沒有不確定性了)，此時的估算才不會有誤差。

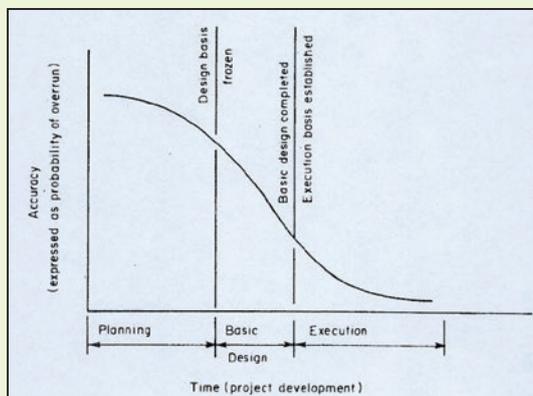


圖2 成本估算不確定性隨著工程進展而降低 (Clark and Lorenzoni, 1985)

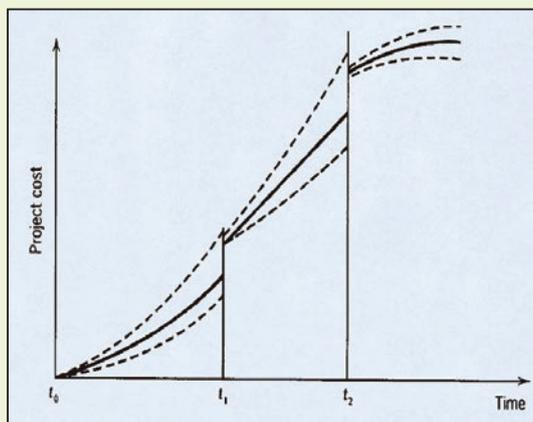


圖3 成本累積曲線於不同階段的不確定性 (Soibelman, 2001)

(二)面對預算偏低的可能作法

由於未曾身歷其境，非工程人員經常抱怨機關的工程承辦人與委託廠商(例如建築師、工程顧問公司或PCM)不夠盡責或不够專業(或許有些情況確實如此)，於規劃階段的概估不準確，致使流標或產生後續的追加減帳。但降低早期的概估與竣工決算間之落差，確實不易。近年來，更由於工程建設預算的降低，例如由2010年的5,200億元降至2016年的3,600億元(林柏君, 2017)，若再加上機關需求不調降的情況下，便更易導致過低的概算(先求通過工程經費審議，先啟動再說)，而造成工程建設計畫的推動一路下來都是坎坷不平的情境。

理論上，當經設計而瞭解預算過低時，只要再詳實估算並刪減部分需求，依然可得到合理的預算，再進行後續發包作業。但由於刪減原編列於機關工程規劃書之需求項目(減項發包)，恐導致相關行政懲處或不允許，故實務上，經常直接將所有工程項目的單價，按比例打折，以符合工程前期規劃階段的原編預算，如此，終將發生流標或劣質廠商的低價搶標。

提高規劃階段概算之準確度，亦是學術界一直的主要研究方向之一，但「工程唯一不變的，就是它一定會變」，概算本質上總會伴隨著高度的誤差，或許應輔以適當的行政程序加以配合。例如，建立一個公信的審查機制(例如專家委員會或本工程師協會)，審查刪減需求項目與預算間的合理性，使得機關有所依據(可不必背負圖利廠商之疑慮，並降低行政責任)，而可在合理的預算下進行後續採購作業，這或許是可進一步思考的做法。簡言之，減項發包與減少額外需求的產生，乃是常見面

臨預算過低時的管理做法。

三、降低工程成本的技術 (價值工程)

面對預算偏低的另一個常見的作法，就是降低成本，但並不是直接將業主預算/廠商成本打折(雖然實務界常採用)，而是研擬替代方案(即所謂的價值工程或分析)，找尋能符合原方案的主要機能，刪除次要機能以降低成本(例如，改變材質、造型或改變較難施工的設計方案等)。當然，若能改變工法以降低成本，而能保持原有的所有機能，乃是最佳的方案，但是經常仍會面臨取舍的決策。

基本上，價值工程(value engineering或VE)已是一門被國內外所認可的管理技術，是降低成本的有效方法，且經常運用於大型工程的規劃階段(亦可運用至施工階段)，以利選擇最佳的規劃或設計方案。執行價值工程的機能分析，需要價值工程師的專業，但國內具此專業的專家不多，故經常只考慮維持機能但可降低成本的方案，此時，應該僅能稱為「研擬或評估替代方案」。

由於價值工程或評估替代方案可降低成本，國內外課程有時會將此部分納入成本估算與管理的教材，但執行VE的過程，其實最主要的重點是分析對象(例如捷運工程)的技術專業，而非成本數據。

四、學術研究趨勢

國際上，有關營建工程成本估算與管理的創新理論，常發表於一些重要期刊上，包括ASCE Journal of Construction Engineering and Management (經常有一些實務案例驗證)、ASCE Journal of Management in Engineering (有一些成本管理策略的研究)、Project Management Journal(較多專案成本管理指標與實獲值管理)，

以及Automation in Construction (較多IT與新穎的學術工具)等。

基本上，由20年前左右的較注重成本理論與問題本身(包括WBS、成本變數、生產力等)，近年來學術發表的主要趨勢，主要是透過加入IT資訊技術(例如BIM)或較理論的學術工具(例如類神經網路理論、最佳化等)，以提高成本估算準確性與管理效益。所探討的成本相關議題則包羅萬象，包括實獲值管理(earned value management)、施工成本超支之機率(probability of cost overrun)、工程標價的決定(bid-price or markup decision)(Wang et al., 2012)、預算訂定(Lai et. al., 2008)、施工預備費估算(cost contingency)、成本影響因子(cost impact factor)、成本預測模式(包括統計、回歸分析、電腦模擬、BIM與各類AI)(Hsiao, et al., 2012)、物價指數的預測(cost index)、工程初期成本估算(conceptual cost estimation)(Wang et al., 2017)，以及時間/成本的平衡分析(time-cost trade off)等。這些研究似乎並未展現一個固定趨勢，而只要可以協助成本估算與管理的創新方法，都是可探討的。

不過，長期以來，成本研究的對象，一直是以建築工程較多(可能是較易取得數據，土木工程較少)、以施工成本居多(技術服務費用較少)、施工階段較多(工程初期與維護管理階段較少)、以土建較多(機電較少)，以及以成本整體較多(較少特別針對單價或數量計算)。

參、成本估算架構

工程成本的估算組成，包括成本項目、單價與數量等三方面。其中，成本項目是否完整，影響鉅大且是常見之估算爭議。理論上，應由工作分工結構(work breakdown structure或WBS)或成本分工結構(cost breakdown structure或

CBS)逐層細分，不一樣的工程類型，具有不同的CBS，或許是因為熟練的估算或識圖經驗，才是實務上避免漏項之最重要因素，故學術研究近年來甚少單獨由成本項目角度，探討成本估算之準確性。

工程的CBS或工程預算書組成內容，包括總表、詳細價目表、單價分析表、資源統計表等四個層級，如圖4(翁紹偉等人，2016)。前三層級為台灣實務估算時的必要內容，第四層級的資源統計表，為統計工料項目(人力、機具、材料、雜項)之工程用量，主要為因應公共工程的要求，雖然具有實務上之意義(例如，統計該工程所有灌漿工的總時數)，但卻較少受到重視。事實上，資源統計表的部分呈現概念，與美國

作法相似，實值得進一步探討於國內施工廠商端的運用價值(例如發小包策略)。

肆、單價分析及工料分析

單價分析乃針對前述工作項目之單價分析表，依施工規範及設計圖說之要求，考慮每一工料項目之人工工率與施工機具使用工作小時(即工率)，以及材料及工料單價等，分別列入單價分析表中，求得工作項目單價，稱為單價分析(鄭正光，2002)。單價分析之重點，包括各工料項目之內容否完整，以及數量(單位用量或工率)與單價是否適當。對於單價分析之部分重點如下。

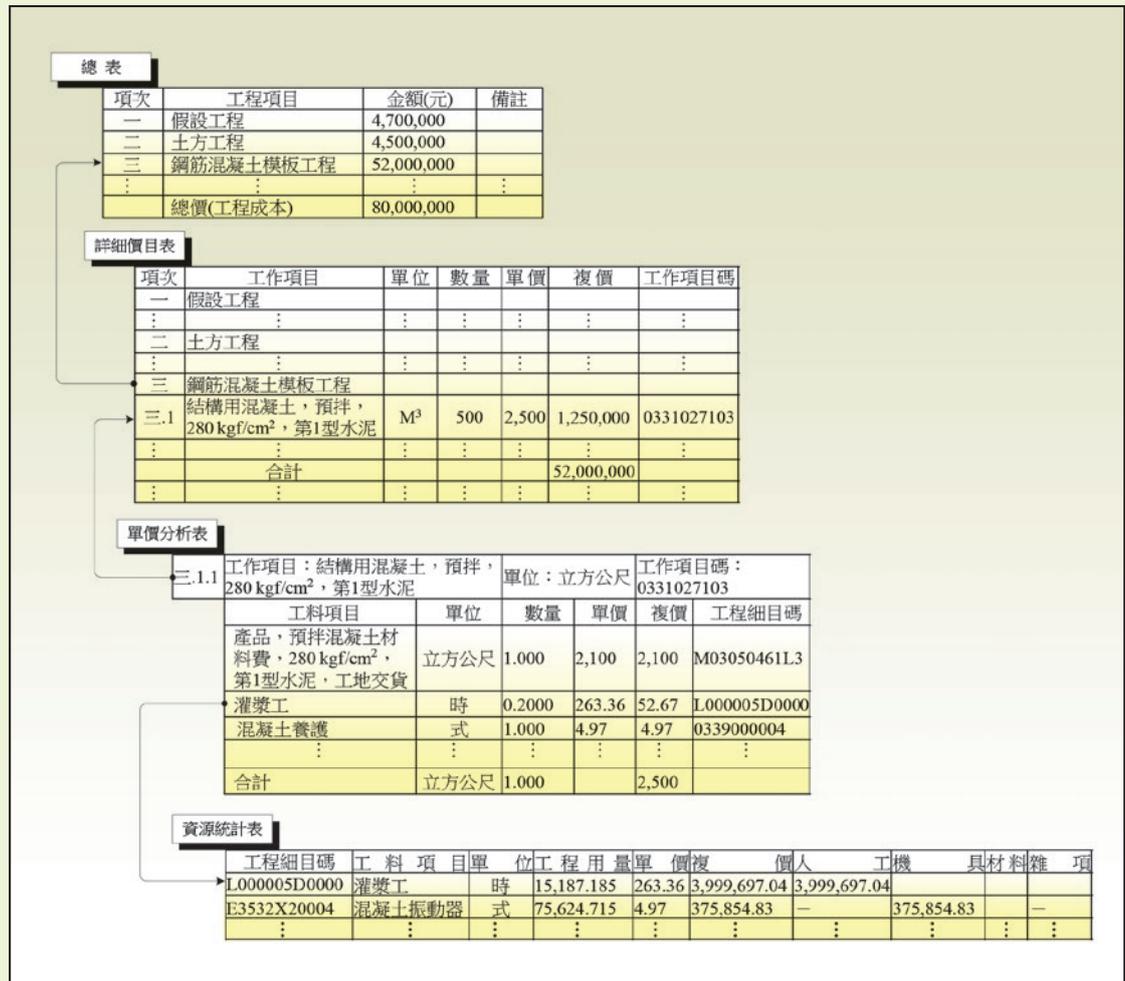


圖4 工程專案成本(預算書)之組成(翁紹偉等人，2016)

一、營建物價調查機制

工程標案預算偏低，可能原因除標案需求過高之外，業界經常提及所公布的營建物價偏低。單價偏低，除可檢討工作項目單價分析表之整體單價與各工料項目單價的合理性外，實可探討現行物價調查方法之合理性，包括政府投入營建物價調查的經費與人力是否不足，致使訪查工作無法深入或多樣；納入最低標之決標單價，是否經過適當篩選等。在美國，RSMMeans公司可經由提供營建物價而生存百餘年，其單價分析做法應有其客觀性，值得進一步瞭解。

二、使用單價分析表之角度(合約單價調整機制)

理論上，單價分析表主要是由設計者角度，俟完成細部設計後，考量一般施工經驗(如工班配置、施工條件，以及工率分析等)所分析得來之結果，之後再透過詳細表與總表之彙整，形成預算書或契約總價。何德操(2010)指出，由業主(或設計者)角度所建立之單價分析表，為原設計者編列預算之佐証資料，其中包含太多主觀認定之估算參數及假設性施工條件，較無法反映施工廠商實際施作情況。

而俟工程決標，實務上，大部分公共工程之契約單價訂定作法，皆直接以甲方預算書為主的打折方式，此時，最後契約單價，是屬於「甲方角度」之單價，此不合理性(政府多年以前已列為採購錯誤態樣)，或可透過較為公平的合約單價調整機制加以改善(李建中、王維志，2001；Wang, 2004)

三、工率對於單價之影響

單價分析表內尚有一個「數量」參數較少引起討論，當工作項目的單價偏低時，一般會

調整工料項目(例如人力、機具、材料及雜項)的單價，很少會調整該「數量」，其實該「數量」乃是所謂的「工率」。以1/2B磚牆之單價分析表為例(圖5)，完成該工作項目1平方公尺工作量，假設需0.08個巧工技術工。若工率高(例如，0.09個巧工技術工，執行1平方公尺工作量，需要更多工)，代表生產力不佳，工率與生產力，互為倒數。

| 1/2B 磚牆 | | 單位：M ² | | |
|------------|----------------|-------------------|-------|--------|
| 工作項目 | 單位 | 數量(工率) | 單價(元) | 複價(元) |
| 1.紅磚 | 塊 | 72.000 | 3 | 216.00 |
| 2.1:3 水泥砂漿 | M ³ | 0.025 | 2,570 | 64.25 |
| 3.巧工技術工 | 工 | 0.080 | 2,200 | 176.00 |
| 4.巧工小工 | 工 | 0.090 | 2,000 | 180.00 |
| 5.工具損耗 | 式 | 1.000 | 3 | 3.75 |
| 合計 | M ² | | | 640.00 |

圖5 1/2B磚牆單價分析表

雖然並不是為了修訂單價分析表內的數值，早期，國內外有許多學者(例如，國外的德州大學奧斯汀分校與普渡大學，國內的台大、台科大與中央大學等)，積極探討工地作業之生產力(工率)，近年來，對於生產力的研究，似乎沒有以前熱絡。不過，對於單價分析表內工率之討論，過去確實曾有學者投入分析(李文偉，2002；劉子綸，2004)。

由提高工作項目的單價角度切入，若工率高，單價便會提高。但根據王維志與王世旭(2020)的初步研究顯示，雖然國內單價分析表內之工率數值，可能過去數十年從未修正，但工率高(生產力低)之情況，似乎並不顯著，惟後續值得進一步研究。

伍、數量計算

數量計算之準確性，直接影響規劃與設計階段的預算編列、投標階段的標價決定、施工階段的進度規劃與成本估算等工作之成效(王世旭等人，2017)。例如，幾乎每件營建工程皆會因某些數量計算誤差(或漏項)，造成契約爭議，施工廠商經常抱怨甲方提供錯誤的數量或未考慮現場施工損耗，甲方則認為施工廠商應自行負責算量的準確性，長久以來，雙方都忽略數量計算的專業性(王世旭等人，2017)。

一、專業性與統一規則

數量計算並不是單純的加減乘除數學問題而已，其計算亦涉及統一的規範(或做法)，例如，各種成本項目應儘可能明確算量的範圍，避免隨意加入「凡為完成本工程所須之一切工料均已包含在相關單價內」之規定。當英國與世界許多國家(包括中國大陸、香港、新加坡、馬來西亞、紐西蘭與非洲等)皆具數量計算之標準規範時(官素仔，2017)，台灣實應重視數量計算專業以減少工程爭議，而惟有相同的算量規範或標準，才會有相同的基準，而才有公平之契約。例如，水保局正嘗試建立水保工程的數量計算規則，如圖6之混凝土工項(王維志與王世旭，2020)。

二、BIM運用至數量計算

近年來，數量計算乃是BIM的主要運用之一，且主要以細部設計階段之細估為主。若BIM模型包含所要計算的成本項目，且提供清楚的資訊(例如鋼筋的損耗百分比等)，理論上，透過BIM，應可產生較準確之數量。

(一) 應用至設計與施工階段

雖然BIM算量目前仍較為耗時(若包括建模與算量資訊的輸入)，但當數量計算工作需要重覆時(例如變更設計或需求改變，而需要重新計算成本時)，BIM算量較為快速且精準的效益，便會顯著，且BIM數量計算所產生視覺化展示與連動式查詢的效益(圖7)，更是有利各工程參與者於成本估算與管理上之溝通。

(二) 應用至工程初期階段

國內外透過BIM進行初期成本估算之研究並不多(吳俊良等人，2018)。部分國內學者建議可於工程初期(例如可行性與規劃階段)，以工程經費編列估算手冊所要求之成本項目為依據，再依據可取得的設計資訊下建立BIM量體模型(如圖8)，並擷取

| 場站結構用混凝土 | |
|--|--|
| 工作範圍 | 通用規則 |
| 一、施作範圍 依照設計圖說規定之混凝土種類、強度及型式等進行施作。 | 一、計價範圍 |
| 二、內容組成 (一)材料 1.結構混凝土材料...2.混凝土附屬品：...3.混凝土養護材料... (二)人工... (三)機具... | 二、計量 (一)依照不同類型之混凝土項目，以立方公尺計量。 (二)數量標註：... (三)應扣除數量：... (四)因切除或敲除過度而修補之混凝土，... (五)數量計算時，取小數點位數2位... |
| 三、施工作業 (一)施工前...(二)施工中...(三)施工後... | 三、容許誤差 (一)坍度：... (二)抗壓強度試驗：... |
| 四、配合工作 (一)坍度試驗：... (二)強度試驗：... (三)施工期間粗、細骨料之例行性試驗項目及頻率... (四)鑽心試驗：... | 四、其他... |

圖6 水保工程混凝土工項數量計算規則

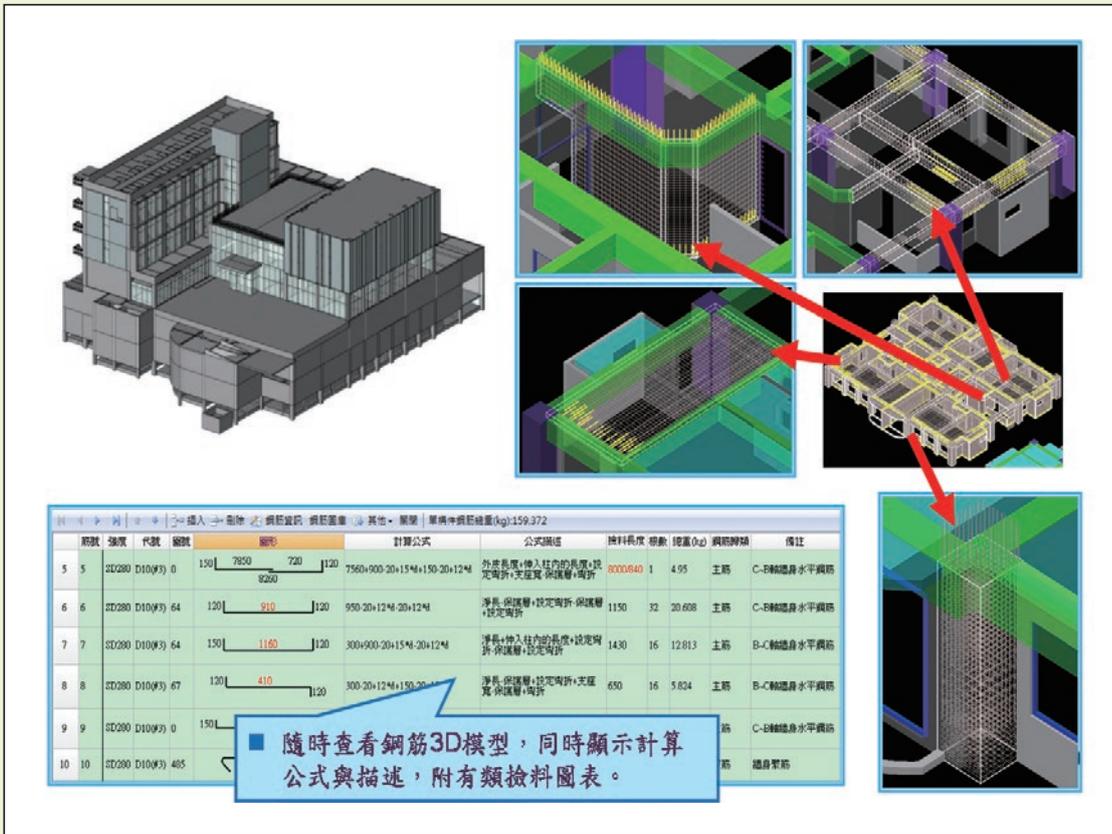


圖7 BIM數量計算之視覺化展示與連動式查詢

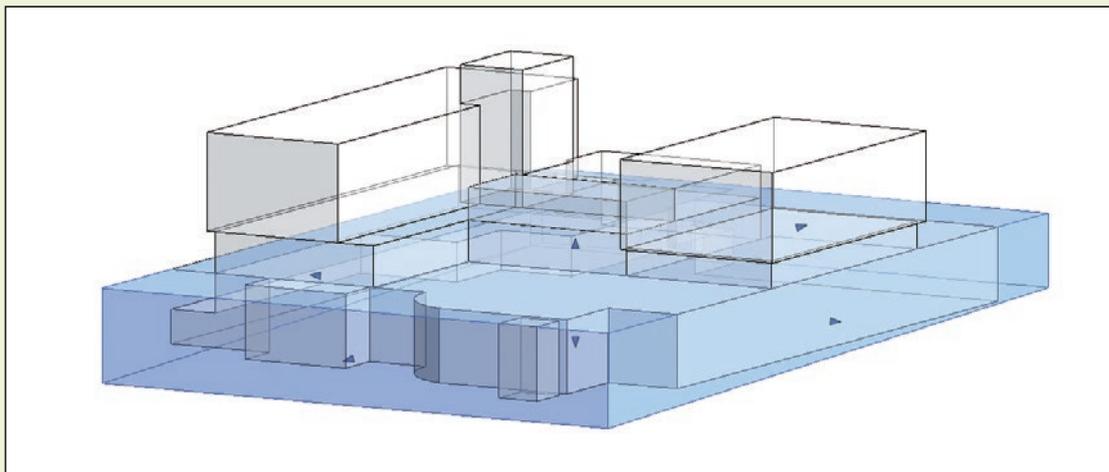


圖8 概念可行性階段之BIM模型(王琨淇等人, 2016)

所需數量計算之參數，輔助產出工程概算(王琨淇等人, 2016)。例如，在綜合規劃階段，大地工程部分之數量計算，可透過量體元件參數之協助；結構工程除透過樓板面積進行鋼筋與模板之估算外，此階段

可由粗略柱樑板牆等元件之體積，直接估算混凝土之數量；裝修工程部分則主要是透過房間元件進行數量計算(王琨淇等人, 2016)。

(三) 透過元件導向應用至工程初估算

在國外方面，Charette與Marshall (1999)指出，數量計算可分為元件導向(Object oriented)與產品導向(Product oriented)兩種計算方式。產品導向之計算方式，是以使用材料(例如鋼筋模板或混凝土)之數量計算為基礎，比較適合於施工階段，且MasterFormat編碼比較適合此類之估算。而元件導向之計算方式係以柱、梁、板、牆等建築元件做為數量計算之基礎，將元件依其類別之不同進行分類計算，特別適合於工程初期許多資訊不明朗之成本估算，且元件分類法(Uniformat II)比較適合此類之估算。然若要採用元件導向之估算方式，首先第一個困難乃是該方式並不符合目前國內公共工程之做法，亦即不符工程經費編列估算手冊之編列程序。再則，必須具有柱、梁、板與牆等元件之單價，此類單價之收集在實務上則較為少見，是以邱垂德與郭宇芬(2012)建議國內應考慮改用國際標準編碼，以現有的工料分析資料建立元件單價資料庫。整體而言，運用BIM數量計算輔助工程之概算應是可行，值得進一步發展。

(四) 呈現數量計算式的必要性

雖BIM算量有技術門檻，且不同BIM軟體(例如Revit或Tekla)於數量計算有不同強項，不過，最根本的困擾是，大多數的BIM算量軟體並無法提供全面且完整的數量計算式(以利審查其正確性)，然而數量計算書卻是大部分公共工程必備的設計圖說文件之一，這也導致目前BIM算量在台灣實務上，至今僅能扮演「輔助或參考」的角色。

撰寫BIM的API程式以協助數量計算並產生計算式，一些學術研究應已證明其可

行性，但要全面開發一套較完整的BIM算量軟體，在台灣市場規模小的環境下(投資報酬率太低)，實是不易，目前似乎僅能期望國外軟體廠商的開發與導入。

陸、技術服務費

技術服務費用占整體公共工程之經費比率雖不大，但若因技術服務品質不佳，例如規畫設計錯誤、監造不實或管理不當所衍生損失之金額，將遠遠超過技術服務費用。服務費用是否合理，乃是影響技服廠商之服務品質的主因之一。此道理雖理解，但國內外學術界極少探討技術服務費用的理論或合理性(王世旭等人，2010、2011；鄭淵源等人，2012；李明聰等人，2012)。此輕忽的主要原因可能包括：幾乎沒有國內外教科書討論技術服務費用的專章；大部分營建管理學者並不熟悉顧問公司的營運管理運作；相對於施工費用，設計監造與PCM費用所占比例確實少；此外，實務上大部分使用建造費用百分比法計算技術服務費用，計算容易。

不過，近年來，政府與業界公會特別針對設計與監造費用的合理性，進行研議，尤其因施工階段三級品質管理制度的要求(需要更多監造人力)，監造費用的不足，各方似有共識。

技術服務費用的本質，主要包括直接費用(人力直接薪資與其他直接費用)、管理費以及公費(利潤等)。如同施工費的「漏項或工項」觀念，技術服務涉及技術服務的工作事項與範圍是否合理(應明確區分為基本與額外服務事項)，另一項則是人力的薪資(單價)如何訂定，亦即後續應建立一個較客觀的技術服務人員薪資資料庫(工程會，2019)。

柒、成本工程師制度

目前已有許多國家(英國、澳洲、中國大陸與日本等)已建立公家或民間(協會)的工程估價制度，其中，英國的工料測量(Quantity Surveying或QS)是最悠久且為國內常聽聞的制度，制度內容包含成立工程估價相關組織，辦理專業人員培訓、考照，並編制統一標準工程量計量計價規則(楊志偉，2009)。

根據前述的分析，應可瞭解國內估算人員各有其不同的經驗背景與不同的習慣作法，並沒有一個明確的制度，相關爭議處理、仲裁與訴訟，主要仍以個案處理為原則。如此，不僅估算過程更為費時，專案與專案間之估算可能無法產生一致性，資料整合與建檔也相對的困難((楊志偉，2009)。建立一個適合國內的數量計算統一規則與適合國內之成本工程師制度，使得成本估算與管理之作法更為一致，應能改善目前國內許多成本估算實務相關缺失(楊志偉，2009)。

事實上，國內於2009年便已倡導建立成本工程師制度，直至2017，為解決台灣營建業長久以來的數量計算誤差與爭議問題，許多業界專家與台灣營建研究院共同合作，建立工程估價師制度，建立台灣自己的第一版建築工程(包括土建與機電)數量計算規則(楊亦東等人，2016)。原擬透過學界與營建業各方算量經驗與培訓意見之交換後，再進一步改善此數量計算規則，然可惜，此一制度經過第一屆培訓後，便已停滯(師資與經費不足應是主因之一)，後續建議可透過成立類似美國「成本工程師協會」之平台，繼續推動。

捌、精進公共工程資料庫之建議藍圖

公共工程資料庫是目前政府有關工程成本估算與管理的主要參考依據，且仍是每年有所更新，提供給各方參考。然該資料庫主要重點為單價部分，建議應再納入數量計算與成本工程師制度兩大部分，並建議後續精進公共工程資料庫之藍圖，如圖9(王維志，2017)。

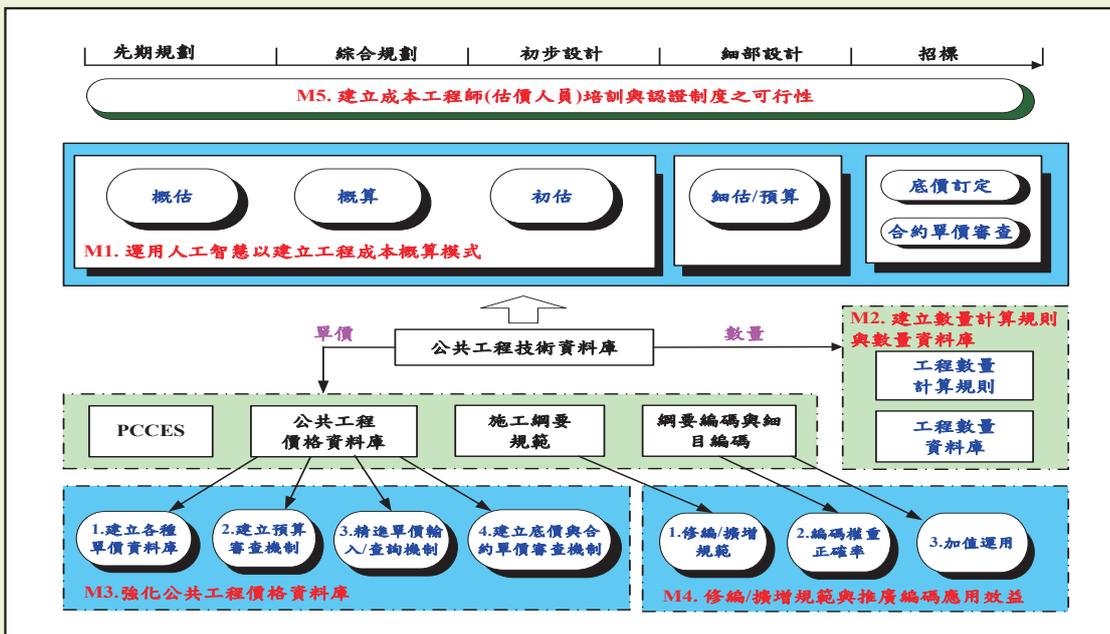


圖9 精進公共工程資料庫之建議藍圖 (王維志，2017)

此精進藍圖主要包括(王維志, 2017): (1) 為提升預算審議品質, 建立工程成本概算模式, 以提供各單位做為經費概算之參考(模組1); (2) 為提升公共工程技術資料庫之完整性, 創新建置工程數量資料庫, 並訂定工程數量計算規則, 以減少履約爭議(模組2); (3) 增強各種價格資料庫與經費管理機制, 以提供各單位做為經費概估、預算編列、底價訂定及經費審議之參考(模組3); (4) 為逐步統一預算編列做法, 持續修編與擴增規範, 並推廣編碼應用效益(模組4); 以及(5) 為提升工程估價水準, 提供工程估算人員加強本職學能之管道(模組5)。

玖、結論

提升工程預算/成本的估算準確度以及有效的控管, 是最重要的工程管理目標之一。工程生命週期各階段可取得的資訊完整性不同, 故有不同的不確定性與不同的估算準確度。工程初期, 因估算的決策目的主要為匡列預算或概略了解投資規模, 雖估算誤差大, 但仍可做為決策之依據; 到了設計已完成的發包與施工階段, 則需要謹慎的計畫控制, 可容許的成本誤差變小許多。

不論哪一階段, 工程成本估算乃是由成本項目、單價與數量等三個參數所構成。例如, 於工程初期階段, 以建築工程的單位面積法而言, 專案乃當成一個整體項目, 透過單價(例如每平方公尺的金額)乘以數量(總樓地板面積), 即可求得概估。至於細部設計階段, 乃是將專案透過CBS切分為許多成本項目, 再透過複價作法(單價乘以數量), 逐一累計形成總價。估算的準確性, 乃受制於成本項目、單價與數量的不確定性。

基本上, 成本項目的分割是否完整, 有賴於工程識圖的專業性; 單價的訂定, 不僅有賴工程經驗(例如對於工作項目施作內容的了解), 亦須熟悉市場價格的交易作法; 至於數量的計算, 雖加減乘除容易, 但若缺乏實作經驗(例如, 瞭解設計量與施工量之差異), 將難以納入適當的損耗比例並將造成數量短少情況。簡言之, 成本估算與管理具專業性。

不論政府部門與民間, 長期輕忽成本估算與管理的專業性。政府主要考量營建物價(單價)之調查, 鮮少討論數量計算的準確性; 在民間公司, 估算工程師與經理則往往是附屬或支援的角色, 且由業界算量公司受委託進行數量計算的極低價格, 便可顯示數量計算專業確實不被重視。

當近年來面臨層出不窮的預算編列與管控不善問題時, 應該是建立國內成本工程師制度(包括證照與培訓課程等)、數量計算規則, 漏項與數量誤差之爭議處理原則, 以及技術服務人員薪資資料庫之契機。鑒於台灣市場不大, 商業誘因不高, 這些工作的推動並不易, 或許可有賴產官學各界, 共同建立工程成本工程師協會, 作為推動的平台。

最後, 目前學術與實務界對於探討成本估算與管理之範圍, 主要到完工階段為止(除了橋樑工程經常需要針對維護費用評估), 例如, 設計時的成本考量, 一般僅思考至施工階段的可施工性。然部分國外學者, 建議應再延伸至興建工程設施後續營運管理階段所生產的效益, 例如, 以科技廠房之興建為例, 設計或施工階段因變更設計所追加的費用(例如2億, 占全部設計施工費10億的20%), 雖看似很高, 但因為該修正(變更)所造成營運階段的正向產值(例如100億), 會是值得的。簡言之, 成本估算與管理的專業應被重視, 且各方應更積極的投入與發展。

參考文獻

1. 工程會，2018，公共建設工程經費估算編列手冊，行政院公共工程委員會。
2. 工程會，2019，工程技術服務合理費用之探討，委託研究報告。
3. 王世旭、鄭淵源、李明聰、翁紹偉、王維志、張書萍、林志錚、周昌典、李順敏，2010，“美國、日本與台灣技術服務成本加公費法之比較”，營建管理季刊，第85期，第14-27頁。
4. 王世旭、鄭淵源、李明聰、翁紹偉、王維志、張書萍、林志錚、周昌典、劉沈榮，2011，“各國技術服務計費制度之分析”，營建管理季刊，第89期，第14-30頁。
5. 王世旭、官素仔、林依蓓、王維志、黃沁琪、楊亦東，2017，“工程數量計算專業之重要性”，營建管理季刊，第108期，第40-48頁。
6. 王琨淇、何孟丞、王維志，2016，“運用BIM數量計算輔助公共工程之概算”，營建管理季刊，第104期，第1-13頁。
7. 王維志，2017，台灣營建研究院委託計畫之建議書。
8. 王維志、王世旭，2020，水土保持工程數量計算規則暨單價與工率分析及調整計畫，委託研究報告，行政院農業委員會水土保持局，南投。
9. 李文偉，2002，應用多元迴歸建立營建工程工率評估模式之研究-以橋梁工程為例，碩士論文，國立中央大學營建管理研究所，桃園。
10. 李建中、王維志，2001，“電腦模擬與單價比對在工程採購招標之運用”，土木工程，第二十七卷，第四期，第3-12頁。
11. 李明聰、鄭淵源、王世旭、王維志、張書萍、張儀婷、姚立瑜、林志錚、周昌典、劉沈榮，2012，“技術服務廠商成本結構之分析”，營建管理季刊，第92期，第1-14頁。
12. 林柏君，2017，我國營造業之發展現況與趨勢，中華經濟研究院。
13. 官素仔，2017，各國數量計算標準之比較，碩士論文，國立交通大學土木工程學系，新竹。
14. 吳俊良、王琨淇、王維志，2018，“結合BIM與結構分析設計之工程初期成本估算模式”，營建管理季刊，第111期，第1-15頁。
15. 何德操，2010，“論調整後業主價目單及單價分析表之迷思(上)”，營建知訊，第328期，第70-74頁，臺北。
16. 何德操，2010，“論調整後業主價目單及單價分析表之迷思(下)”，營建知訊，第329期，第67-72頁，臺北。

17. 邱垂德、郭宇芬，2012，“建築資訊模型結合元件分類在設計階段估算建安成本之實證研究”，營建管理季刊，第91期，36-47。
18. 楊亦東、李孝安、黃沁琪，2016，“推動工程估價師認證制度起跑”，營建知訊，第407期，第15-24頁。
19. 楊志偉，2009，英國工程估價(Quantity Surveying)制度與導入之研究，碩士論文，國立中央大學營建管理研究所，桃園。
20. 翁紹偉、王翰翔、王維志，2016，“單價分析實務作法之探討”，營建管理季刊，第105期，第1-18頁。
21. 劉子綸，2004，工率迴算模式建立營建工程單價分析之研究，碩士論文，國立中興大學土木工程系，臺中。
22. 鄭正光，2002，工程估價實務與資訊之連結(第一版)，財團法人中華顧問工程司，臺北。
23. 鄭淵源、王世旭、李明聰、翁紹偉、王維志、張書萍、張儀婷、林志錚、周昌典、劉沈榮，2012，“採用建造費用百分比法之服務費用合理性分析－由法令演進角度切入”，營建管理季刊，第90期，第1-16頁。
24. Charette, R. P., and Marshall, H. E. 1999, UNIFORMAT II Elemental Classification for Building Specifications, Cost Estimating, and Cost Analysis, U. S. Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6389.
25. Clark, F. D. and Lorenzoni, A. B. Applied Cost Engineering, Marcel Dekke, USA, 1985.
26. Carr, R. I. 1989, Cost estimating principles, Journal of Construction Engineering and Management, 115(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1989\)115:4\(545\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1989)115:4(545)).
27. Lai, Y. T., Wang, W. C. and Wang, H. H. 2008, “AHP- and simulation-based budget determination procedure for public building construction projects,” Automation in Construction, 17(5), 623-632.
28. Soibelman, L. Seminar handouts at the Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University, Taiwan, 2001.
29. Wang, W. C. 2002, "SIM-UTILITY: Model for project ceiling price determination," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 128(1), 76-84.
30. Wang, W. C. 2004, "Electronic-based procedure for managing unbalanced bids," Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 130(3), 455-460.
31. Wang, W. C., Wang, H. H., Lai, Y. T. and Li, J. C. 2006, “Unit-price-based model for evaluating competitive bids,” International Journal of Project Management, 24(2), 156-166.

32. Wang, W. C., Dzung, R. J., and Lu, Y. H. 2007, "Integration of simulation-based cost model and multi-criteria evaluation model for bid price decisions," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 22, 223-235.

33. Wang, W. C., Wang, S. H., Tsui, Y. K., and Hsu, C. H. 2012, "A factor-based probabilistic cost model to support bid-price estimation," *Expert Systems with Applications*, 39(5), 5358-5366.

34. Wang, K. C., Wang, W. C., Wang, H. H., Hsu, P. Y., Wu, W. H., Kung, C. J. 2016, "Applying building information modeling to integrate schedule and cost for establishing construction progress curves," *Automation in Construction*, 72, 397-410.

35. Wang, W. C., Bilozero, T., Dzung, R. J., Hsiao, F. Y. and Wang, K. C. 2017, "Conceptual cost estimations using neuro-fuzzy and multi-factor evaluation methods for building projects," *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(1) 1-14.

36. Hsiao, F. Y., Wang, S. H., Wang, W. C., Wen, C. P., and Yu, W. D. 2012, "Neuro-fuzzy cost estimation model enhanced by fast messy genetic algorithms for semiconductor hookup construction," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 27(10), 764-781.



國際標準ISO 19650 資訊協作管理實作 經驗分享

關鍵詞(Key Words)：ISO19650、BIM、國際標準(international standard)、通用資料環境
(Common Data Environment)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM中心／副理／蘇瑞育 (Su, Jui-Yu) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM中心／正工程師／陳昭惠 (Chen, Chao-Hui) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM中心／正工程師／李怡瑤 (Lee, Yi-Yao) ❸



摘要

BIM國際標準ISO 19650是營建標準的發展重要里程碑，已成為國際間營建產業新技術應用的代名詞，涵蓋從業主需求、採購過程與專案執行之架構體系，讓營建產業在面臨規劃BIM專案服務時，有效辦理專案發包並達成品質管控的要求。BIM標準的目的，為解決專案團隊溝通障礙、資訊重複利用的問題，並避免浪費資源在改正人員因缺乏訓練，而導致管理資訊丟失及誤解等專案風險。

本文將透過ISO 19650中通用資料環境(CDE)相關規範為導引，說明台灣世曦如何因應國際標準對BIM資訊管理的要求，進行BIM資訊交換管理過程和程序的實踐，將BIM國際標準內化成企業內的品質管理程序書；進而解析分享目前台灣世曦在BIM專案上如何引用標準程序，執行協同管理作業之經驗。



International standard ISO 19650 information collaboration management practice experience sharing

Abstract

ISO 19650 is a very important milestone in the development of construction for BIM international standard, it has become synonymous with the application of new technologies in the international construction industry.

ISO 19650 covers owner's requirements, procurement processes and project execution, then the construction industry is extremely effective when facing planning BIM project services and manage the project outsourcing and attain the requirements of quality control.

The purpose of the BIM standard is to solve the problem of communication barriers and information reuse of the project team, also avoid wasting resources in correcting personnel for lack of training, leading to project risks such as management information loss and misunderstanding.

This article will use the Common Data Environment (CDE) in ISO 19650 specifications as a guide to describe how CECI meets the requirements of international standards for BIM information management. And for carry out the practice of BIM information exchange management process and procedures, and internalize BIM international standards into enterprise quality management procedures, then share how CECI uses standard procedures in BIM projects to perform collaborative management operations currently.

3

專題報導

壹、前言

BIM作業大量運用資訊技術來解決工程問題，但一般工程人員普遍缺乏資訊概念，也缺乏方法。大部份的工程人員其實不知道BIM要做什麼，大多從軟體廠商的宣傳動畫聽說BIM好厲害，希望從此沒有設計變更，工程不會有介面，最好一次直接把模型建到施工模型…等。完全忽略了每一個階段的工作重點與目標，也忘記了建立組織的資訊需求(Organization Information Requirements)；包括專案資訊需求(Project Information Requirements)及資產資訊需求(Asset Information Requirements)，這些都是導入BIM作業時應全力避免的錯誤樣態，以將BIM技術導向正確的方向，在沒有大量增加計畫成本與時間的前提下，發揮BIM技術最大的效益。

貳、ISO 19650規範通用資料環境

ISO 19650-1:2018 3.3.15 通用資料環境定義為「任何專案或資產所協定的資料來源，透過管理流程，收集、管理和傳播各資訊的容器」。廣泛地說，通用資料環境(Common Data Environment，簡稱CDE)是一個資訊管理系統的

架構，會由承包團隊的代表建立與維護，其專業分包團隊各自被分配對應的權限，以控制與檢視所負責專業的設計內容(Work In Progress 工作中資料區)，團隊間依據專案中約定好的協作邏輯去更新與同步模型內容(Shared共用資料區)，業主代表在設定的里程碑依據該階段所要求的內容進行檢驗後，進入發布(Published發佈區)，並且發佈的專案資訊會進行歷史建檔供追溯使用(Archived建檔區)。

CDE是提供單一環境來儲存共享資產資料和資訊，提供所有需要生產、使用和維護的人員應用。它是一個資訊管理的流程，也是一個可以留存共享資訊的資料庫，共享資訊環境的作法不僅降低了資訊協調的時間，更重要的是具有權限分配的管控，及資訊授權的權責觀念，以確保專案資料產出的品質。

參、台灣世曦制定程序

一、QP-08-19之制定

世曦於106年6月發布QP-08-09「建築資訊模型建置與應用程序」，主軸以同仁執行BIM作

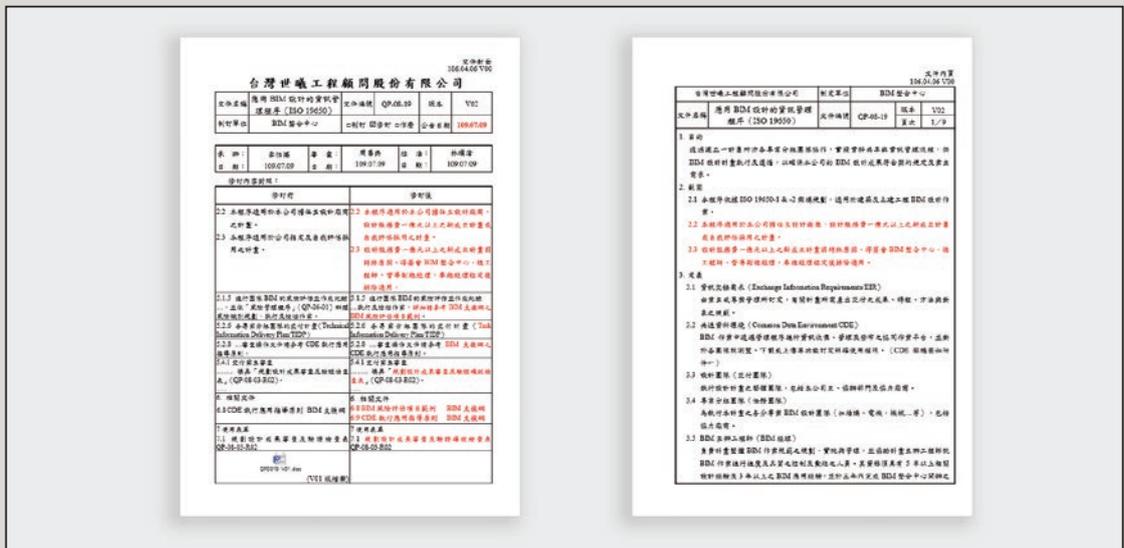


圖1 QP-08-19發布

業、協同流程及檢核做為品質管理主要重點內容。

QP-08-09執行2年後，因應導入ISO 19650-1&2，於108年開始策畫編擬QP-08-19「應用BIM設計的資訊管理程序」，依據ISO 19650其對於受委任團隊BIM相關人員資/經歷、人員權責、動員計畫、通用資料環境（Common Data Environment ,CDE）與執行等，對應實際執行特性與計畫擬定適宜之規定與標準，亦從投/備標、執行（包含成果提送）乃至結案作業訂定相關合適之BIM作業執行流程及資訊傳遞標準，並於109年4月正式首度發布，目前最新版本為V02，如圖1。

二、QP-08-19內容概要

QP-08-19以ISO 19650章節架構作為撰寫參考，依序為：1.目的、2.範圍、3.定義、4.權責及5.作業內容，其中「5.作業內容」為訂定計畫執行BIM作業標準及流程，根據計畫生命週期擬定各階段之作業程序及執行依據，其階段分別為：5.1 投標準備、5.2 BIM起始作業、5.3 協同作業產出、5.4 成果交付至5.5 計劃結案。5.1、5.2主要規定計畫規劃期間對於評估計畫團

隊組成及執行、交付策略、共通資料環境等執行標準策畫，包含5.1投標期間之BIM服務建議書、團隊BIM能力及能量、動員計畫…等，與5.2起始階段之議約協商、BIM執行計畫書、團隊責任矩陣、分組團隊及設計團隊交付計畫、CDE…等，計畫初始階段應訂定相關之執行依據與準則。

在QP-08-19中「5.3 協同作業產出」、「5.4 成果交付」為訂定BIM作業中最重要的CDE平台執行流程，CDE分為工作區、共享區（專業分組、客戶端）、發布區及歸檔區，係為計畫執行階段進行BIM協同作業主要資訊傳遞流程及成果收存的共通資料環境平台，其5.3、5.4規範專業分組團隊、BIM協調人及BIM經理於進行BIM作業之成果品質檢查流程及CDE環境資料傳遞與版本留存，自專業分組團隊作業的「工作區」由BIM協調人審查通過後授權將BIM資訊傳遞至「專業分組共享區」進行跨專業成果協調整合，接著BIM經理就交付策略與重要資訊管理議題進行設計團隊內部審查，確認符合契約交付條件後才可將審查內容上傳至「客戶端共享區」供業主審查，待業主（委任方）通過後其相關提送之BIM成果資訊檔案始傳遞至「發布區」，已發布之BIM階段成果及結案資訊

| | CDE資料夾 | 相關者 | 資料夾目的 | 程序 | 上傳者/下載者 | 配合動作 |
|---|----------------|-------------|--------------------------------------|--|--|--|
| 1 | 網域內工作 共用資料夾 | CECI | 中央模型RVT 各專業設計模型NWC 自主檢查後的模型NWD | 由主辦組BIM協調人提醒各專業BIM協調人確認要進入「Shared-分享」提送版本。以此版本轉運出NWC，進行整合檢核模型是否符合BEP內容，並將此整合NWD檔，提出檢核項目，交由BIM經理核可。 | 確認版本： 各專業BIM協調人 轉檔上傳： 主辦組BIM協調人 | 跨專業內部會議討論 視需求填PMIS議題 檢核資料 BIM經理核可 固定時間>備份> 轉檔>整合>上傳 |
| | WIP-工作中 | | 中央模型備份管理(版控) | 將要討論版本的中央檔案分離成獨立檔案，上傳至WIP-工作中，作為模型版本管控之用。 | | |
| 2 | Shared-分享 | CECI | 協作討論模型上傳NWD | BIM經理核可後，上傳要討論的模型及資料。 | 上傳：主辦組BIM協調人 | 協作會議討論 計畫經理核准 |
| | Shared-協作 | CECI/ 業主 | 要上傳給業主審查的資料位置 | CECI上傳：經協作會議討論，計畫經理核准後 業主下載：獲通知，於此資料夾下載階段模型、會議記錄等資料，進行審查 | 上傳：主辦組BIM協調人 下載：業主 | CECI上傳 業主下載審查 |
| 3 | Published-公布 | 業主/ CECI | 業主下載shared資料，審查後無誤，可將資料存放於此資料夾 | 經業主發文核定後，上傳核定模型及相關資料 | 上傳：CECI | 收發文 |
| 4 | Archived-歸檔 | 業主 | 成果歸檔 | | 上傳：CECI | |

圖2 通用資料環境CDE執行流程對照圖

最終則至「歸檔區」存檔並由業主視情況交付後續另一受委任團隊運用。

上述BIM作業執行及成果審查流程，其過程紀錄與審查結果均規定應於CDE平台記錄保存，而相關產生之資訊管理議題發布、討論處理過程及整合完成至結案資訊亦均須於CDE平台紀錄留存。而完整於CDE應執行BIM作業流程、對應資料夾、操作項目、平台操作執行者，逐一於「CDE執行應用指導原則」文件內說明，如圖2。

三、BIM支援網

除QP-08-19外，由BIM整合中心所建置之「BIM支援網」亦提供相對應QP-08-19所規範之文件樣板，如：BIM服務建議書樣板及範例（Pre-BEP）、CDE應用指導原則及BIM風險評估項目範例，透過樣板及實際範例給予同仁做為執行編撰文件之參考依據，以臻完整落實QP-08-19規定與執行。



| 文件名稱 | 審核狀態 | 審核單位 | 審核時間 | 操作 |
|--------------------|------|-------|---------|---------|
| QP-08-19 國際標準項目口實表 | 通過 | BIM中心 | 2008/07 | 查看 / 詳情 |
| CDE執行應用指導原則V2 | 通過 | BIM中心 | 2008/07 | 查看 / 詳情 |
| QP-08-19 國際標準建議書範例 | 通過 | BIM中心 | 2008/04 | 查看 / 詳情 |
| CDE執行應用指導原則 | 通過 | BIM中心 | 2008/04 | 查看 / 詳情 |
| PM 國際標準口實表範例 | 通過 | BIM中心 | 2008/04 | 查看 / 詳情 |

肆、專案執行經驗

本篇文章所要分享的專案執行經驗，主要工作執行階段訂定在細部設計階段的資訊協作管理，如何依照ISO 19650通用資訊環境之建議，配合本專案設計服務需求，建立協同作業資訊分享的流程、作為，以及使用的平台工具、準備等，將於下述逐一說明：

一、CDE協同作業流程

專案依循CDE環境架構的四個步驟-1.

進行中工作(Work In Progress)，2.共享/協作(Shared)，3.正式送審發佈(Published)及4.階段歸檔(Archive)，並配合專案執行的流程，擬定整體協作流程圖如圖3，流程說明詳如下述。

(一)設計作業中自主檢核

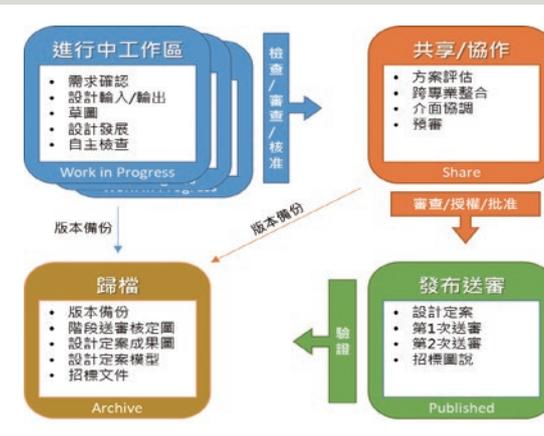
於階段送審前兩週，由各主辦組BIM協調人自主檢查後，確認需要整併檢核的設計模型版本，整併成NWD檔後，提出檢核項目，於平台上填報議題檢核資料，交由BIM經理核可檢核議題。

(二)內部審查作業

待BIM經理核可檢核議題後，協作討論模型及資料上傳於『Shared-分享』資料夾，並透過正式協作會議進行討論，由BIM經理執行BIM審查，計畫經理執行設計審查，留下審查決議紀錄。此部分的詳細作法，將於文章後段持續說明。

(三)階段成果送審作業

經由協作會議討論，計畫經理核准後，可將階段成果上傳至『Shared-協作』資料夾，並發布通知予業主，於此資料夾下載階段模型成果資訊，進入業主審查流程。



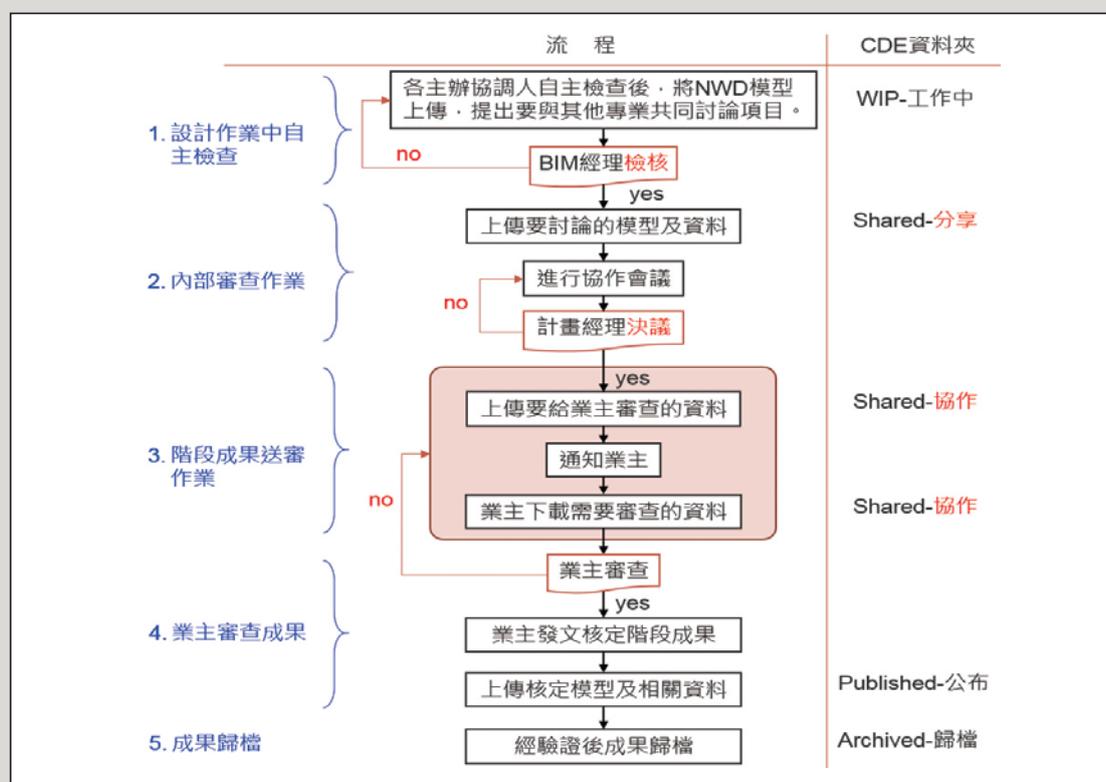


圖3 整體BIM協作流程圖

(四)業主審查成果

業主下載模型資料進行審查，經業主發文核定後，將成果複製上傳到『Published-公布』資料夾，做為階段性成果收存。

(五)成果歸檔

專案結束後，將完整的專案資訊模型，上傳至『Archived-歸檔』資料夾。

二、CDE執行解決方案

(一)工具選擇

專案執行採用本公司自行開發之PMIS(Project Management Information System)做為BIM設計協調與整合之共通數據環境(CDE)，其入口網站頁面如圖4所示，採取使用者註冊與

驗證安全措施，讓各專業代表窗口，可透過國際網路，隨時藉由電腦、平台或手機，進行資訊分享與協同作業。PMIS平台已成功運用在國內外重大工程建設，包括跨國合作的T3主體航廈計畫、勤美璞真台中綠園道住宅/酒店/教堂新建工程專案管理及廣慈博愛園區整體開發計畫委託專案管理等技術服務案。

PMIS的主要功能包括溝通、協作與紀錄保存，主要應用於BIM設計整合相關的作業，涉及合約有關之作業或計畫需求的變更或新增，仍應透過正式的公文處理；相關議題之資訊交換與分享，可視需要在PMIS平台上做先期的溝通與協調，以提昇整合的效率。

為此，於PMIS上應用『會議管理』、『BIM模型管理』、『BIM協作管理』三大模組功能如圖5，模組功能分別說明如下：

1. 會議管理

會議管理模組將應用於本計畫設計團隊與捷運局各專業窗口之相關整合會議之通知發佈，會議紀錄保存，工作提醒，共用行事曆等作業。

2. BIM模型管理

依照ISO 19650-CDE之架構建議，將使用BIM模型管理模組，分別建立『WIP-工作中』、『Shared-分享及協作』、

『Published-公布』、『Archive-歸檔』四大工作目錄區，完整的紀錄模型與圖說發展過程，亦將作為品保自主檢查文件的一部分。

3. BIM協作管理

針對跨專業重大之設計整合議題，將運用BIM協作議題管理模組進行追蹤管理，並將連結相關圖資與模型，以提昇溝通與協調之效率，協同作業之過程紀錄。

台北捷運環狀線南環段委託技術服務DF115設計標 專案管理資訊系統

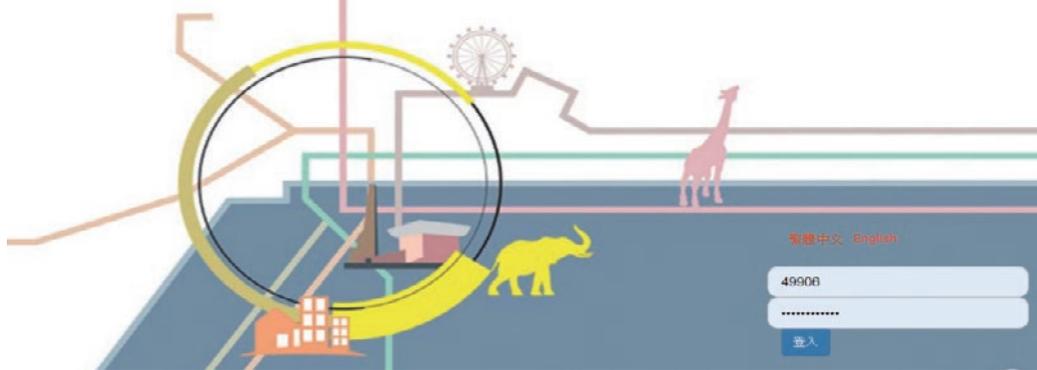


圖4 PMIS入口網站首頁

PMIS模組

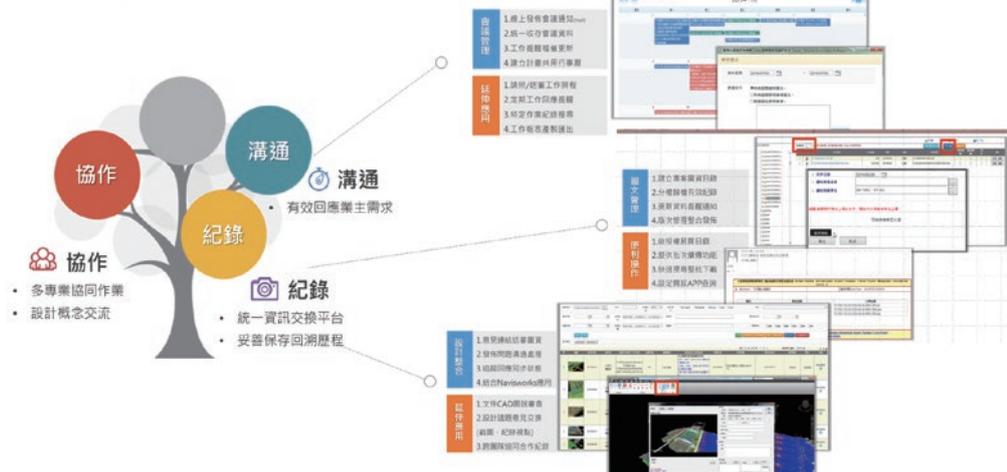


圖5 PMIS應用-三大模組功能

(二)平台導入準備項目

PMIS系統具有嚴密的權限管控，可使用對象不再侷限於公司內部同仁，也可以讓專案團隊協力廠商或業主，利用平台參與專案資訊分享及溝通協調；不同身分各有不同之功能操作及資料瀏覽權限，因此在平台導入前，建議可先訂定分組名單規劃、定義角色群組的權限，方可將團隊組織內的人員進行分組及角色群組指定。分組名單規劃範例如圖6。

人員權限設定完成後，PMIS中「圖文管理模組」的目錄架構，將依據ISO 19650-CDE架構規劃，建立四大工作目錄區，並於四大工作目錄區下，配合專案流程規劃目錄子資料夾，範

| 單位/分組代號 | 單位/分組名稱 | 權責人員 | 角色群組 |
|-------------|-----------|----------------|-------|
| AR-01 | 建築師事務所 | hong,pai | 設計(協) |
| CECI-00 | CECI-督導組 | Lin | PCM |
| CECI-01 | CECI-計畫經理 | paia | PCM |
| CECI-AR-00 | 建築及景觀組 組長 | itufrr,lhll | 設計 |
| CECI-AR-01 | 建築及景觀組 | popo,qwqw,.... | 設計 |
| CECI-BIM-00 | BIM 小組 經理 | HUOO | PCM |
| DR-01 | 土建處本部 | bschang,cjiaw | 業主 |
| DR-01-01 | 土建處第一課 | f0010 | 業主 |
| DR-01-02 | 土建處第二課 | kyliou | 業主 |
| DR-01-03 | 土建處第三課 | yhlin | 業主 |
| DR-01-04 | 土建處第四課 | tyhwang | 業主 |

圖6 PMIS分組名單規劃表 (範例)

例如圖7，以符合專案文檔管理作業。各資料夾目錄的瀏覽權限，有權限之使用者僅可查閱其權限許可範圍之文件檔案，無權限之資料夾目錄則自動隱藏不顯示。

| +文件庫 | 用途 | 可上傳文件使用者 | 參與者 |
|---------------------------|---|--------------------------|---------|
| +BIM模型管理 | CDE架構 | | |
| +0. WIP - 工作中 | 設計作業中的工作 | 設計作業人員 | / |
| Y01站 | 凍結模型版本管控/模型檔案備份管理 | BIM經理、BIM協調人 | |
| Y2A站 | | | |
| | | | |
| +1. Shared - 分享及協作 | 傳遞流程中的相關資訊 | | |
| +Shared- 分享 | 協作討論/雙周會使用 | | |
| +1080916-1080927 | 以兩週期間為一個資料夾名稱，存放內部要協作檢討的資料(模型、文件、圖片..等) | 計畫經理、BIM經理、BIM協調人 | 業主、協力廠商 |
| W3內部會議 | | | |
| W5雙周會議 | | | |
| +1080930-1081004 | | | |
| +1081007-1081018 | | | |
| | | | |
| +Shared- 協作 | 提交業主使用 | | |
| +01. 第一次送審 | 擬依送審日期設定 | 計畫經理、BIM經理、BIM協調人 | 業主、協力廠商 |
| +土建施工標 | | | |
| A標-1090213 | | | |
| B標-1090314 | | | |
| C標-1090413 | | | |
| +水電環控E標 | | | |
| +電梯電扶梯F標 | | | |
| +02. 期終 | | | |
| +土建施工標 | | | |
| A標-1090513 | | | |
| B標-1090612 | | | |
| C標-1090712 | | | |
| +水電環控E標 | | | |
| +電梯電扶梯F標 | | | |
| +招標文件 | | | |
| 1091109 | | | |
| +2. Published - 公布 | 上傳核定模型及相關資料 | 計畫經理、BIM經理、BIM協調人 | 業主 |
| +01. 第一次送審 | | | |
| +02. 期終 | | | |
| +3. Archived - 歸檔 | 經驗證後結案資料 | 計畫經理、BIM經理、BIM協調人 | 業主 |
| +01. 第一次送審 | | | |
| +02. 期終 | | | |

圖7 圖文管理模組目錄架構規劃

(三)團隊組織於CDE之分工權責

為使專案順利進行依專案規模，分設六大專業分組，組織表詳圖8，且團隊組織成員應各司其職，除了協作分工，更大的隱含意義在於設計成果的品質保證，因此除了業主特定條款規範的BIM專業人員的資格與權限外，我們也在程序面QP-08-19中皆已規範人員之權責，本專案專業人員之職責如圖9所示。各方與團隊之間的資訊管理介面關係如圖10。

為全盤掌握整體捷運設計作業，各分組除設置組長做為該專業組別之設計指揮、整合及管控時程管理之責。各組下設置一位分專業BIM協調人，執行分專業BIM整合協調作業、定期檢討BIM執行狀況、掌握建模品質；設置多位專業設計工程師，以BIM工具及模式執行細部設計作業。

此外，須於專案中擬定責任矩陣，識別各工作項目、資訊交付與各專業分組團隊之分工。本專案列出BIM目標及達成該目標應交付的BIM成果，依據各任務及成果之責任歸屬，對應相關回應團隊，提出「BIM產出資訊與責任矩陣」，如圖11所示。圖中所列為基本提送項目需求，依照契約擬定BIM執行項目，可自行增加

「專案分組團隊」，並且說明專案成員在各交付項目中擔任建模者或用模者之角色，可於表格中分別填入建模的負責方(A：建模者)，及授予模型資訊的使用權(U：用模者)。

(四)設計團隊協作流程-PMIS運作模式

為了進一步改善正式工作會議的協調品質與效率，擬強化正式工作會議前的溝通與協調工作，希望能夠解決大部分的作業與技術層面的問題，在大型的工作會議中，只針對重大議題的政策與策略面進行討論並做成決策。並藉由PMIS平台作為團隊間協作溝通及資料交換的工具，亦可保留完整的資訊產出軌跡，以供後續稽核、查驗使用。而對於3D BIM模型的瀏覽檢核衝突問題，則使用Navisworks或Revit工具軟體進行設計瀏覽及標註。雙週設計整合會議主要分為工作週及會議週的循環作業，詳述如下圖12。

設計整合會議工作程序及內容如下說明：

1. 會議週期起始

計畫經理與BIM經理規劃設計整合會議之主題，通知召開雙週整合會議，發布會議通知。

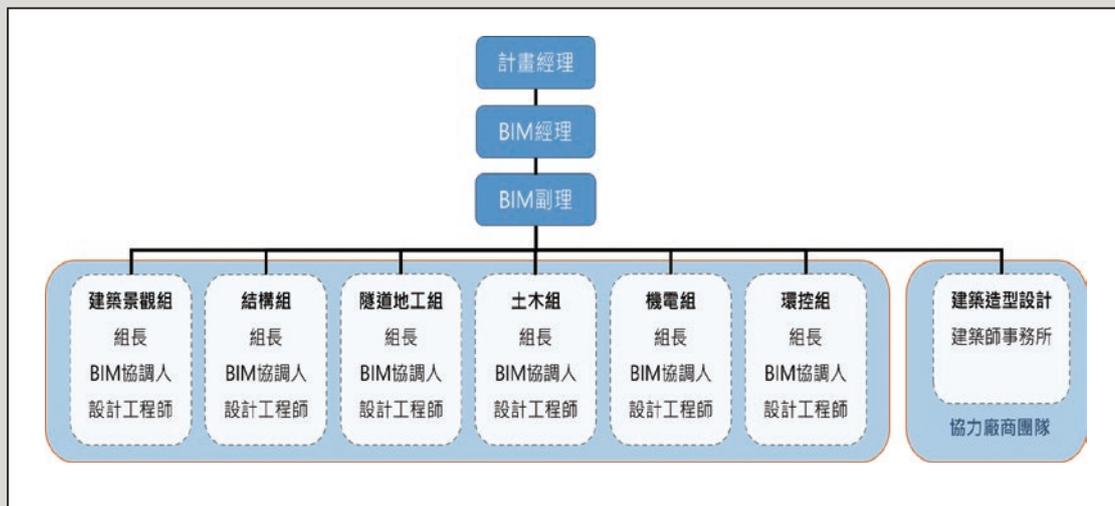


圖8 團隊組織架構圖

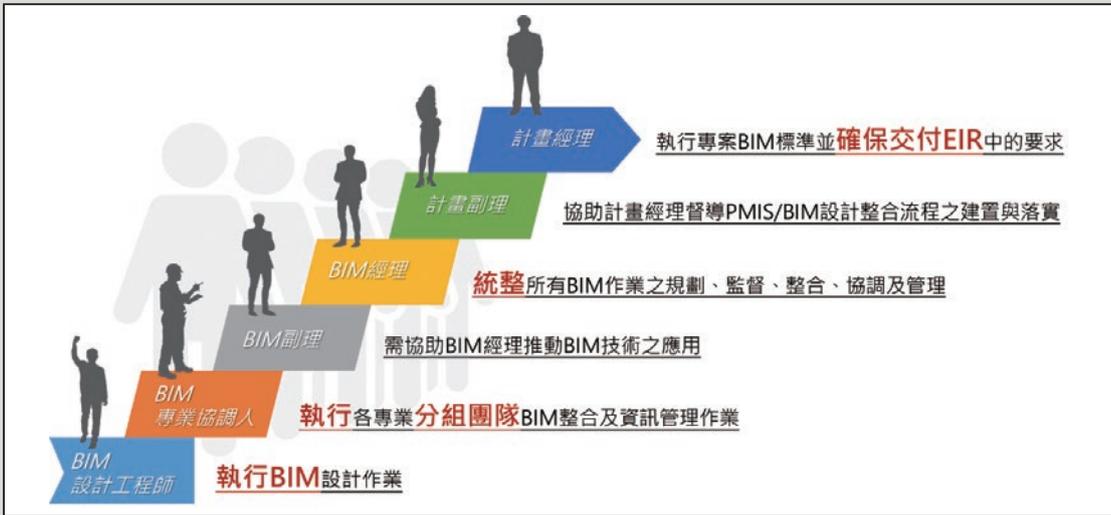


圖9 本專案專業人員之職責

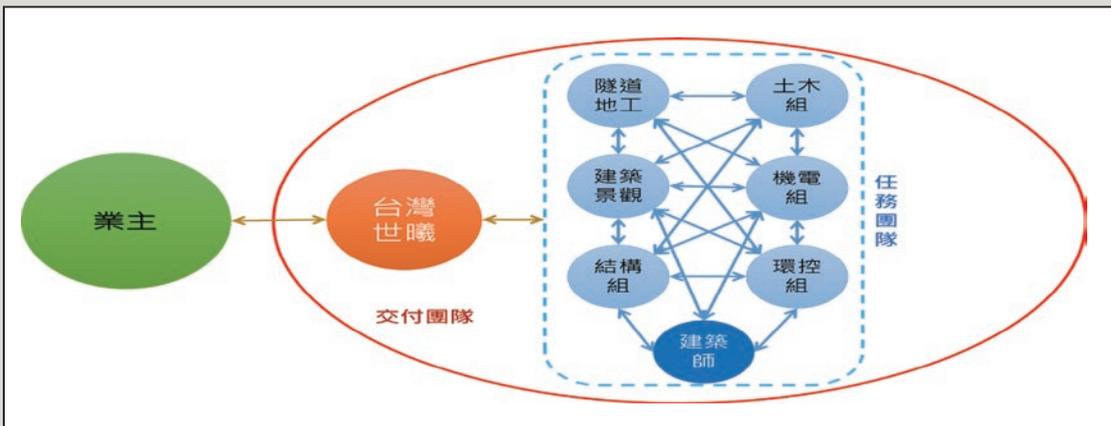


圖10 團隊之間的資訊管理介面

| 專案需求 | 產出資訊 | 業主 | 計畫經理 | BIM經理 | 建築及景觀組 | 結構組 | 隧道及地工組 | 土木組 | 機電組 | 環控組 | 建築師 |
|----------------|---|----|------|-------|--------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|
| 專業模型建置 | 建築模型 | | | | A | U | U | U | | | A |
| | 土木模型 | | | | U | U | U | A | | | |
| | 隧道結構模型 | | | | U | U | A | U | | | |
| | 結構模型 | | | | U | A | U | U | | | U |
| | 機電模型 | | | | U | U | | | A | A | U |
| 3D模型整合/3D視圖化協調 | 執行模型的設計整合。 - 確認元件衝突和干涉 - 確認有效淨高、施工及維護所需的工作空間 - 衝突解決 - 設計協調會議 交付項目： ● 自主檢查表 ● 整合後的NWD模型 | | U | U | A | A | A | A | A | A | A |
| 細設圖面生成 | 在細部設計階段，產製、並儲存定案BIM模型 交付項目： ● 階段定案BIM模型、文件、2D圖紙 ● 送審核定之細部設計BIM模型、文件、細部設計圖說 | U | U | U | A | A | A | A | A | A | A |
| 輔助數量計算 | 主要工程項目由BIM模型中產出數量。 交付項目： ● 數量計算表 | U | U | U | A | A | A | A | A | A | A |

圖11 BIM產出資訊與責任矩陣

| 作業項目 | 工作周 | | | | | | | 會議周 | | | | | | | 工作周 | | | | | | |
|--|-----|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|--------|---|---|---|---|---|---|
| | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 日 | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 日 | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 日 |
| 發布會議通知 | * | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 各專業BIM協調人需確認並通知，可進行轉檔的中央模型及必要2D圖說位置 | | | | | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主辦組BIM協調人備份中央檔案，轉匯出NWC整併成模型NWD檔，上傳NWD檔及相關文件至「Shared-分享」供參用 | | | | | | | | V | | | | | | | | | | | | | |
| 主辦組BIM協調人檢核模型是否符合BEP內容 | | | | | | | | V | V | V | | | | | | | | | | | |
| 專業BIM協調人/專業設計工程師檢視模型NWD檔，提出議題 | | | | | | | | V | V | V | | | | | | | | | | | |
| 內部會議，BIM經理決議是否需要納入雙週協會議討論 | | | | | | | | | | V | | | | | | | | | | | |
| 進行雙週協議會 | | | | | | | | | | | | | ◎ | | | | | | | | |
| 主辦組BIM協調人彙整會議記錄，經計畫經理決議後，上傳會議記錄及自主檢查表掃描檔 | | | | | | | | | | | | | V | | | | | | | | |
| 各專業進行BIM模型修正 | | | | | | | | | | | | | | | * V | V | V | V | ○ | | |

- 第一週工作週
週1(發布會議通知)→週2→週3→週4→週5(各專業協調人通知)
- 第二週會議週
週1(主辦組BIM協調人檢查)→週2→週3(BIM經理審查通過或退回及通知業主開會，會議準備)→週4→週5(雙週設計整合會)

圖 12 雙週設計整合會議循環作業

2. 同意模型分享

各專業協調人提供需要討論的BIM模型及資料，由主辦組BIM協調人確認需要整併檢核的設計模型版本，整併成NWD檔後，上傳至『Shared-分享』資料夾，並通知協作關係人，由各專業BIM設計工程師或協作關係人進行模型檢核瀏覽及標註。

3. 設計瀏覽及標註

不同專業設計工程師無法解決的衝突問題，需由主辦組BIM協調人主動填報「議題管理」，通知BIM經理進行協調，若協調成功者，則執行設計修正、BIM經理執行議題結案，該議題不列入內部CIP會議討論。反之，若協調不成者，則進行內部CIP會議討論；待內部會議討論後，再決議是否列入雙週會討論項目。

4. 辦理設計整合會議

由BIM經理辦理雙週協作整合會議，依據內部CIP會議決議的項目，進行設計協作或臨時動議討論，說明設計整合議題(包

括各單位意見)及上次會議決議事項與辦理情形，會議中確認議題回覆並記錄其他溝通意見，計畫經理於聽取各專業意見後，應針對設計界面進行協調與整合，涉及業主需求衝突或不明確部份，應提出建議方案，納入後續協調。

5. 決議檢核紀錄

會議記錄內容確認，請主辦組BIM協調人檢閱修正後，將彙整後的會議記錄及自主檢查表上傳至PMIS平台上，BIM經理應檢視相關記錄檔案之完整性與正確性，紀錄留存後發布給各專業負責單位，作為後續設計憑據，並追蹤管制辦理情形。

(五)資訊核准授權流程

專案執行過程，各專業團隊根據執行計畫書規定進行各專業協調整合和交叉引用CDE平台內的共享資訊，協調整合出現問題時，應通知各專業BIM協調人。

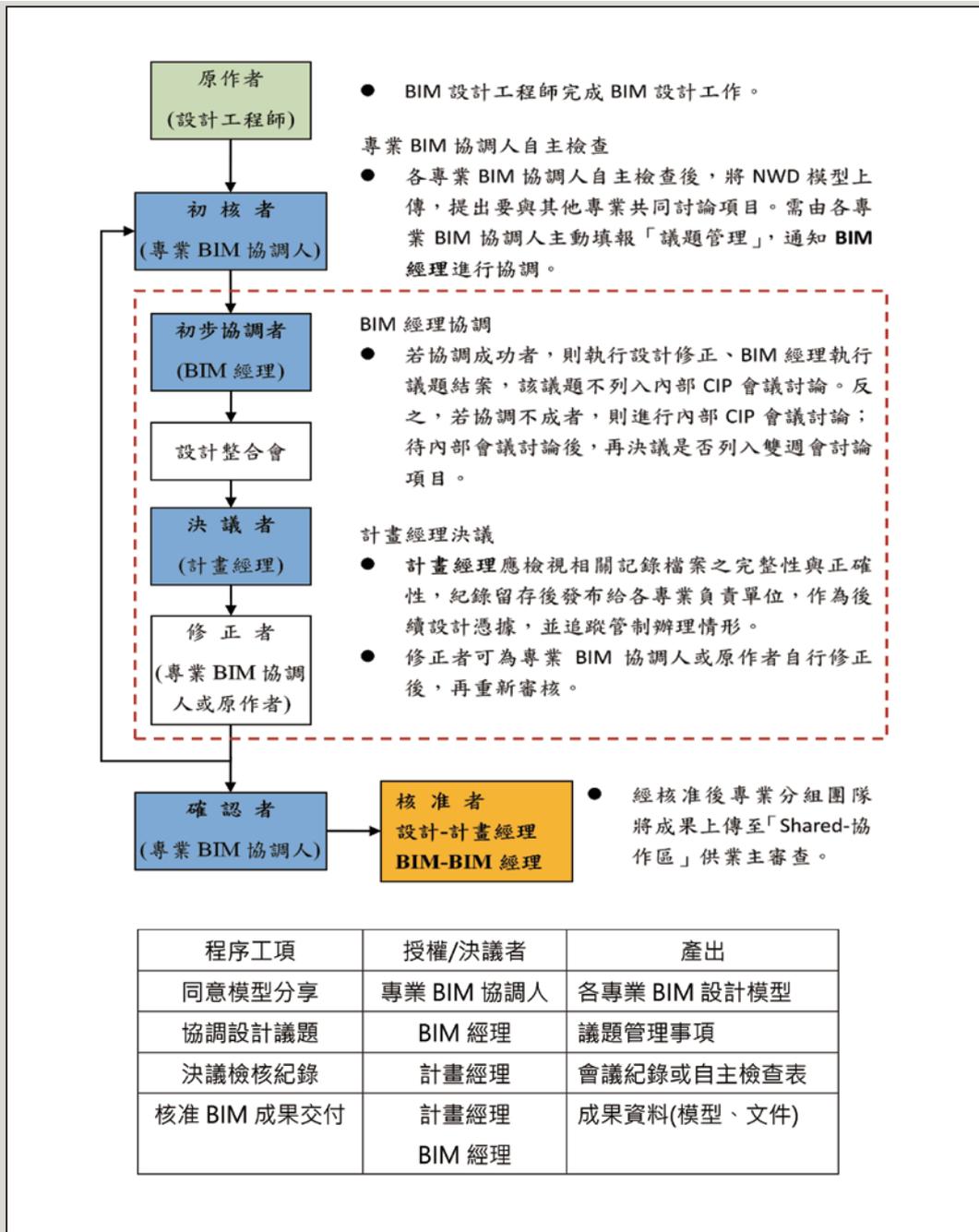


圖13 資訊授權核准流程

專業BIM協調人對於作業產出進行審查前，須根據產出程序與方法進行品質檢查，其檢查結果應依其BIM檢核項目，確認是否符合BIM執行計畫書、專案標準、交付計畫及重要資訊管理議題。其中，重要資訊管理議題的發布、處理過程及結案，可採以CDE平台管理；但各專業團隊所產生之重要資訊管理議題，若未能在該

專業中解決或需要跨專業協調整合時，應將該議題轉至設計協調會處理。

跨專業成果整合時，須經各專業BIM協調人審查核准，始能將成果從「工作區」上傳至「Shared-分享區」進行整合；未通過之成果應持續於「工作區」修改並重新審查。各專業團隊依

據跨專業成果整合結果，回到「工作區」繼續修改及深化設計，不可於「Shared-分享區」直接進行編輯。

BIM經理根據團隊BIM執行計畫書、專案標準、交付計畫與重要資訊管理議題進行設計團隊內部審查，確認是否符合成果交付條件，相關BIM成果審查作業過程紀錄與審查結果應於CDE平台留存。

其設計成果經計畫經理核准，BIM成果經BIM經理核准，各專業團隊始能將成果上傳至「Shared-協作區」供業主下載審查，必要時業主得與設計團隊召開會議就提送之BIM成果進行審查，審查作業過程紀錄與審查結果應於CDE平台留存；各專業團隊應依據業主審查意見，回到協同作業產出流程進行修正。

上述執行過程中的產出內容及相對應的授權決議權責，詳如圖13。

伍、結語

ISO 19650國際標準的結構相當嚴謹，不僅僅是建立標準及品質管理，而是從業主需求為出發的方法論，力求成果的產出是符合業主的需求。此外，在CDE通用資料環境這一部份，標準中對於CDE環境應用的模式更明確，包含權責、流程、批准、授權程序等，這些流程的制定，都是希望能達到BIM資源的共享，且能進行資訊交付循環的狀態，這些原則上都是對專案有利的作為。可以有完整的資訊產出軌跡，可供稽核、查驗使用；更期望導入標準中所規範的管制程序，團隊間能夠減少不必要的活動，從中獲得效率及品質。

藉由ISO 19650的發布，國際間越來越多國家將ISO 19650標準做為提升營建產業的政策作為，而我們將此標準內化成世曦內部的程序書，讓BIM作業程序及資訊管理模式有一套標準可以遵循，讓大家都建立在共同的標準模式下進行作業，以提升專案BIM應用的水準，成為國際間合格的供應商認證，做好未來承攬國際業務的準備。

參考文獻

1. BSI電子報179期2019/01/24
2. <https://www.bsigroup.com/localfiles/zh-tw/e-news/no179/bim-standards-iso19650-alaric-kuo.pdf>



ISO 19650

數位分身：BIM結合IoT於大樓營運階段之創新應用

關鍵詞(Key Words)：建築資訊模型(BIM)、物聯網(IoT)、結構健康診斷(SHM)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／副理／蘇瑞育 (Su, Jui-Yu) ❶

朝陽科技大學／營建工程系／副教授／王淑娟 (Wang, Grace S.) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／工程師／林志全 (Lin, Chih-Chuan) ❸



Digital Twin
BIM and IoT

摘要

數位分身Digital Twin為近年被全球權威IT研究機構連續三年評論為全球十大科技趨勢之一，這股浪潮從工業4.0吹向營建產業，數位分身以BIM (Building Information Modelling) 模型為3D虛擬圖像，並以IoT(Internet of Things)技術為感知神經，兩項技術串聯整合便能延伸許多應用價值。

BIM技術用在營運階段主要應用其工程資訊續用至維護管理階段，充分發揮其BIM資訊價值，台灣世曦開發的V3DM(Visual 3D Facilities Maintenance Management Platform)平台經過實際計畫的驗證，包含：世曦大樓、鳳山車站、八卦山隧道…等計畫，八卦山隧道維護採用V3DM平台已於2020年初正式營運，為業主作為考核廠商維護作業績效的工具，可見其效益。

V3DM應用工程資料屬於靜態資料庫的部分，而我們一直在思考如何能更即時、更智慧化的協助設施管理，V3DM視覺化設施管理平台結合IoT技術成為必然的結果，亦是目前資通訊技術發展的趨勢，也是目前工業4.0所發展的數位分身。本篇將以世曦大樓及瑞光社會住宅為實驗場域中的經驗，探討IoT感測設備與V3DM平台整合的過程及效益，世曦大樓整合監控系統及室內偵測器發展符合ISO 50001 能源管理系統的節能管理平台，瑞光社會住宅整合地震儀感測數據及結構模擬進行結構安全分析，發展為結構健康診斷平台。透過視覺化BIM模型結合IoT感測器的資訊整合，為大樓設施提供虛擬化及智慧化的管理服務，為使用者提供更貼心、舒適及安全的居住空間。



Digital Twin: The Innovative Application of BIM and IoT in the Building Operation Phase

Abstract

Digital Twin has been commented as one of the top ten global technology trends by global authoritative IT research institutions for three consecutive years in recent years. This wave has blown from Industry 4.0 to the construction industry. The digital twin is based on the BIM (Building Information Modelling) model as its digital clone. And with IoT technology as the sensory nerve, the two technologies can be connected in series to extend many application values.

BIM technology is mainly used in the operation stage to continue to use its engineering information to the maintenance and management stage to give full play to the value of its BIM information. The V3DM platform developed by CECI has been verified by actual plans, including: CECI Building, Fengshan Station, Bagua Mountain Tunnel...and other projects, the Bagua Mountain Tunnel maintenance has been officially operated using the V3DM platform, and has been listed by the owner as a tool for evaluating the maintenance performance of the manufacturer, showing its benefits.

V3DM (Visual 3D Facilities Maintenance Management Platform) application engineering data is part of the static database, and we have been thinking about how to assist facility management more instantly and intelligently. V3DM visual facility management platform combined with IoT (Internet of Things) Technology becomes an inevitable result, which is also the current development trend of information and communication technology, and it is also the digital twin of the current development of Industry 4.0. This article will use the experience of the CECI Building and Ruiguang Development as the experimental field to discuss the process and benefits of the integration of IoT sensing equipment and the V3DM platform. The development of the CECI Building integrated monitoring system and indoor detectors conforms to ISO 50001 Energy Management. As a systematic energy-saving management platform, Ruiguang Development integrates seismograph sensing data and structural simulation for structural safety analysis and develops into a structural health diagnosis platform. Through the visual BIM model combined with the information integration of the IoT sensor, it provides virtualized and intelligent management services for building facilities, and provides users with a more intimate, comfortable and safe living space.

3

專題報導

壹、前言

資訊技術對土木工程產業的影響日益增加，土木工程受其他產業跨界發展更是屢見不鮮，數位分身即是。引用產品生命週期管理(PLM)的先驅者Michael Grieves對數位分身的定義，數位分身是一個虛擬圖像乘載實體產品的所有資訊，並能將這些資訊反應在整個產品生命週期上。簡而言之：是在實體與數位世界之間搭建橋樑，透過數據傳輸映射同步所有資訊，藉由分析及模擬，協助我們了解實體的相應部分如何作動。

就上述定義可知，數位分身可應用到土木工程的生命週期管理，其目的為降低成本及提升效率，本文將專注於生命週期的營運管理階段來探討。

數位分身中兩項重要關鍵技術：虛擬圖像及數據傳輸，根據美國學者邁克爾·格里弗斯(Dr. Michael Grieves)於2002年發表的文章，他認為實體設備的數據，可以在虛擬(資訊)空間建構一種聯繫關係，不僅是單向和靜態的，而是貫穿設計、製造和服務階段。

虛擬圖像既是在工程領域我們較為熟悉的3D BIM虛擬模型；而數據傳輸則是資通訊領域較為擅長，這兩技術整合甚至延伸其他技術，如：物聯網IoT、AI機器學習、雲端預算、大數據分析及5G技術的結合產生綜效，在建築工程領域更通用名詞則是智慧建築，但兩者之間差異在數位分身更強調以全生命週期的過程介入，從虛擬概念階段開始到最後營運階段，更廣泛應用於工業製造、智慧城市及建築等多個領域。

本篇就工程領域BIM應用出發，就台灣世曦自行開發V3DM設施管理系統往數位分身發展的途徑中，探討虛擬圖像與資訊技術整合應用的

可能性、問題及效益。

貳、BIM與數位分身發展趨勢

一、BIM全生命週期

BIM是從建築圖學技術的變革開始，經過多年的軟體技術不斷進化，進而發現3D圖形元件化及資訊化衍伸出的價值，並嘗試去延伸到工程各階段生命週期應用。從虛擬圖像去建構未來實體產品的可能性，從設計、分析、製造、功能性數據、物件化、數據檢測…等，這些應用都跟數位分身所談論的不謀而合甚至是相輔相成，但BIM對於數據傳輸上並沒有這麼強的訴求及嚴謹的定義，造成BIM在工程領域上常常會有做半套的事情發生，虛擬與實體連貫不起來，導致效益不彰，所以常常被人詬病BIM是做假的情況。

「假BIM」無用，這樣說對BIM有失公允，BIM的3D幾何模型、物件化的資訊架構對建構數位分身是非常有幫助的，我們更可以說BIM是建立了數位分身虛擬圖像的基礎，是工程領域從設計、施工延續到營運階段的必要途徑，這也是數位分身的另外一個概念-數位主線(Digital Thread)，有了BIM的虛擬圖像基礎，使得資訊銜接續用至數位分身變得水到渠成。

BIM目前的發展進程，在虛擬與真實之間的聯繫尚須持續再進化，借用學習數位分身的概念及技術是必要的，BIM與數位分身兩者的技術的整合，能在工程領域發揮最大效益。

二、智慧建築

智慧建築(Intelligent Building)意指建築物具備智慧能力，在建築營運管理階段應用資通訊科技(ICT)技術、感知與自動控制技術來管理，

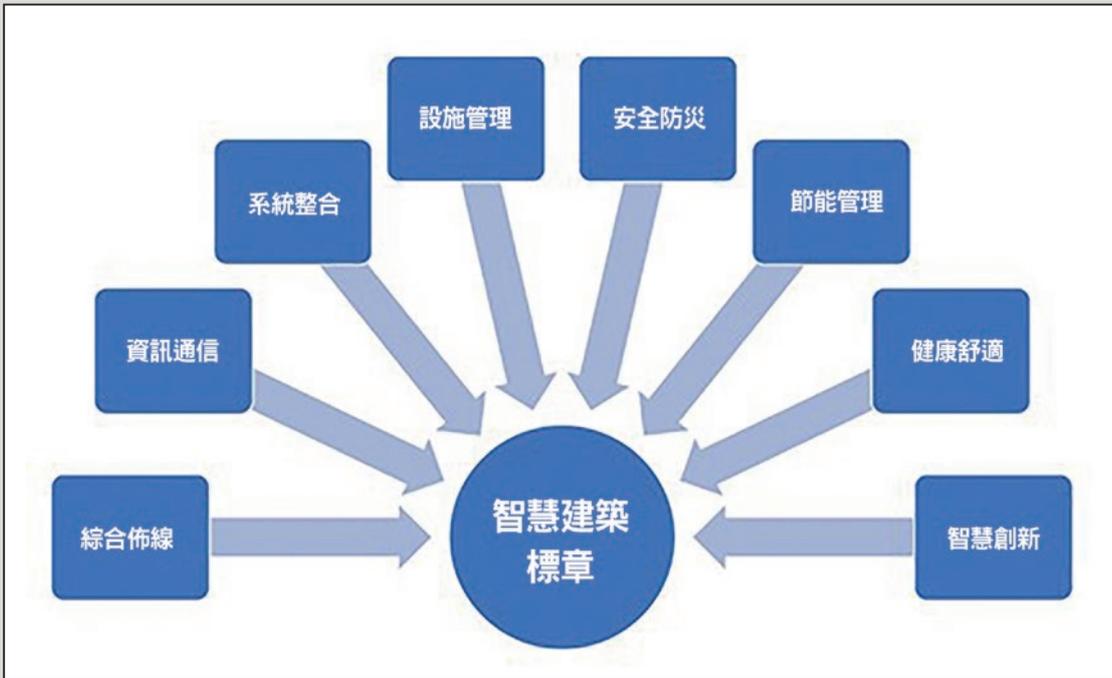


圖1 智慧建築標章八項評估指標

使人居空間能更安全、健康、便利、舒適、節能及永續等特點。

我國「智慧建築標章」所規範與評定標準是從綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、安全防災、節能管理、健康舒適及智慧創新八項指標(如圖1所示)，各自有不同的配分原則，受評估的建築再依據獲得分數，頒予不同等級的標章。

而智慧建築標準所規範的指標比較偏向感知器與控制設備硬體上的系統整合，在工程標別中較常以土建、機電標之外，以ICT標的方式發包，在資通訊技術上的應用已經相當成熟。

智慧建築在虛擬圖像中仍停留在傳統2D時代的圖控系統，這點我們可以從鼓勵「智慧建築標準符號」可以觀察到尚未與BIM技術及數位分身技術發展進步而整合，也由於各項指標是各自評定，即使有系統整合指標，也由於各系統之間設備商與系統商有各自的通訊標準而

難以整合，即使未來推動工程的數位分身也將遭遇系統整合不易而失敗，業主也不願貿然投資。

經濟部也為了推動台灣ICT產業與國際接軌，嘗試整合台灣的ICT產業標準發揮影響力，建立平台與標準共通化，匯流建築內異質的資通訊系統，有助於系統架構整合與快速建置平台，甚至可延伸到數位分身的資訊整合概念。

參、建築監控系統與感測器(IoT)與BIM管理整合-以世曦大樓為例

一、世曦大樓現況

台灣世曦大樓於2017年起將大樓竣工模型優化及設施維護資料進行標準化、3D設備物件化與作業流程整合…等，進而導入本公司開發的V3DM視覺化設施管理平台於大樓日常維運管



圖2 V3DM應用於世曦大樓現況

理作業中，相關管理單位得以透過3D 基礎平台操作、設備查詢模組、圖說文件管理模組、議題管理模組等(如圖2所示)，系統性地進行大型機電設備的管理資料查詢、年度定期管理資料與維護管理資料的追蹤、查詢與統計分析等，經過近3年實證BIM得以延伸應用於維護管理之技術可行性。然除BIM設施維護管理作業之基礎作業落實外，應進一步朝向「智慧化」發展，首要目標即是在既有視覺化設施維護管理平台之基礎結合大樓中央監控系統與感測器應用及發展符合ISO 50001 能源管理系統的節能管理平台，續以世曦大樓為實驗場域進行導入與驗證。

二、系統整合

由於世曦大樓具備多樣管理系統，包含中央監控系統(iFIX圖控系統)、資訊機房能源管理系統、辦公處所的環境感測器…等，面對繁多的異質系統介面，因此須有一整合平台來收整複雜的異質信號，更進一步將收集信號轉換進行分析、統計，以輔助維護管理作業、達到智慧化能源管理目的地(如圖3所示)。緣此依不同特性分別採用關連式資料庫(SQL)、非關聯式資料庫(NoSQL)及通信協定技術，將複雜的異質信

號來源介接至節能管理平台之伺服器資料庫累積為設備大數據資料，並將相關資訊整合以提供後續節能分析使用，而經智能分析之重點結果資訊，將依管理需求、共通資訊拋轉模式至V3DM平台以視覺化方式呈現。

三、節能管理

節能管理平台除綜整介接系統設備點位資訊外，更依據ISO 50001能源管理系統架構，將已收集到的資料再整理，呈現出能源使用趨勢，進一步找出能源損耗的源頭，協助從根本問題解決能源不當耗用，進而達到節約能源目標。本平台係以Web化操作介面呈現，使系統管理者或內部使用者得以藉由瀏覽器依需求設定設備點位加以收集數據、查詢點位功能等，並可設定邏輯運算，將收集運算後的數據，以圖表的方式顯示。依ISO 50001 PDCA步驟循環檢討之步驟，以世曦大樓6樓為實驗場域做為能源績效改善範例(如圖4所示)，達到(1)建立能源基線，觀察節能實驗效果;(2)收集能源影響因子，設計不同節能實驗;(3)建立數據分析標準作業模式;(4)統計分析結果以視覺化圖表及數據方式呈現等效益。

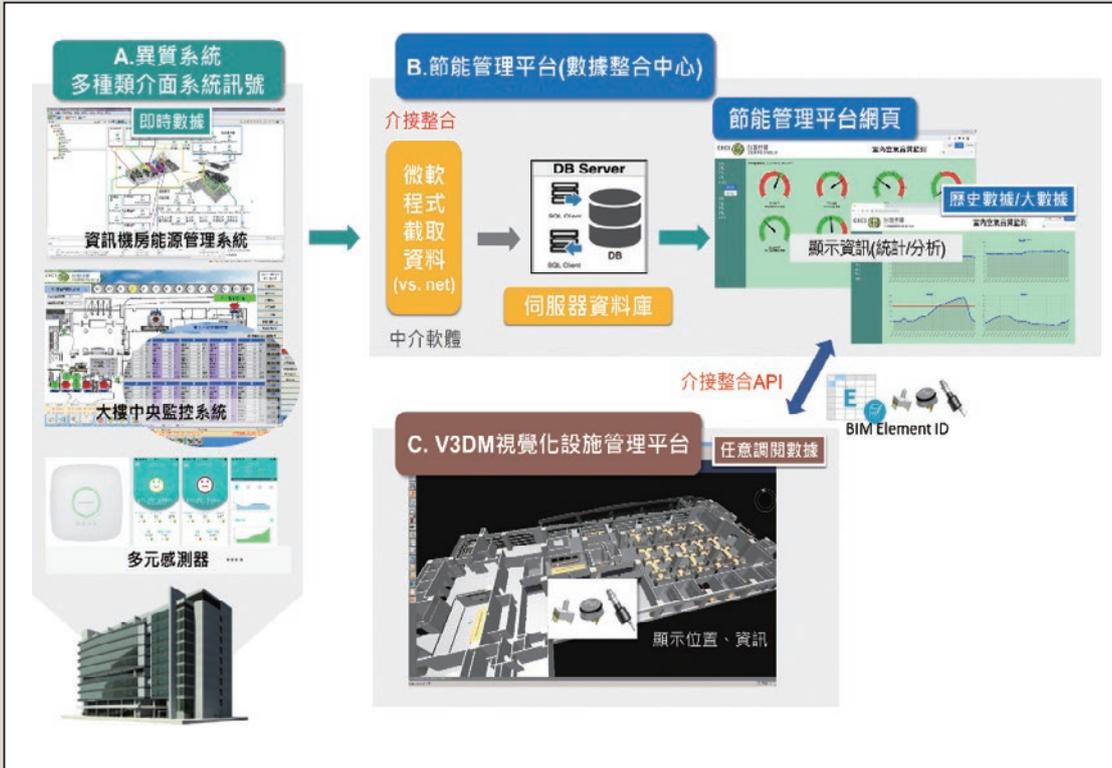


圖3 系統整合架構

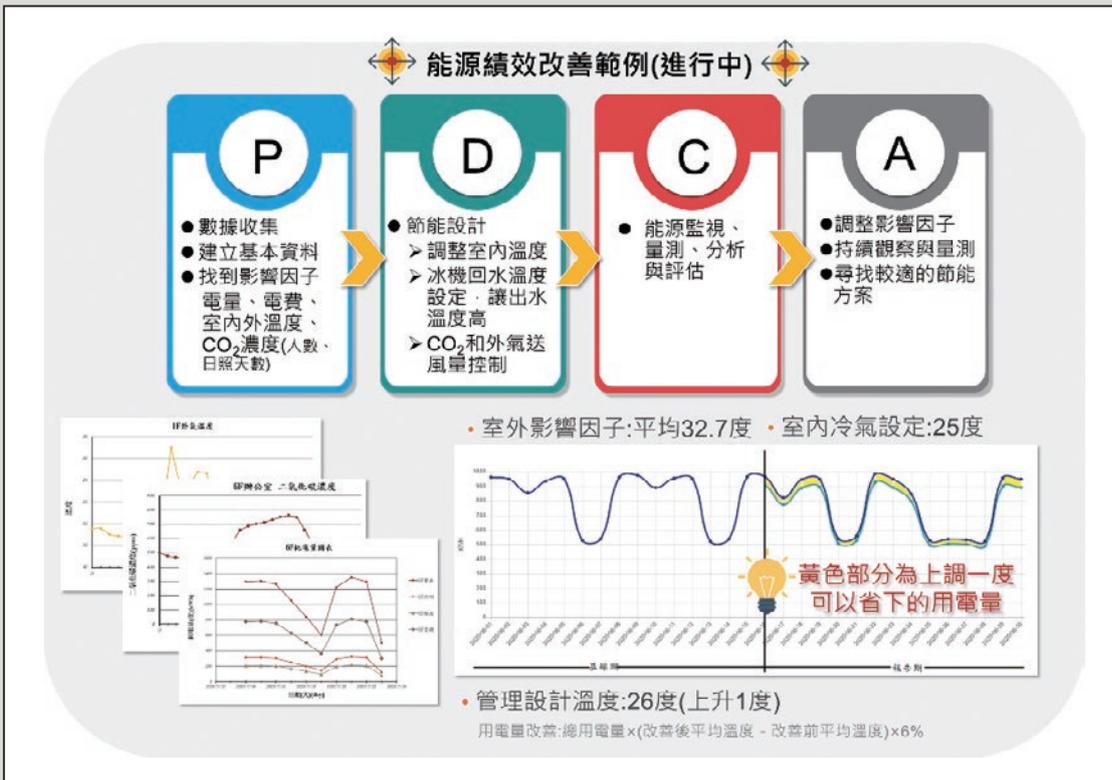


圖4 節能管理平台績效改善範例

四、智慧數據(兩系統整合呈現、圖形化、遙控、應用情境)

智慧數據將焦點於節能管理平台與V3DM間資訊互動呈現之模式。節能管理平台的智慧化統計分析結果除於網頁上以點位圖表資訊方式呈現外，更依據管理資訊需求將相關大數據資料，藉由系統間共通的通訊協定、權限認證及設備ID 對照表的交換，與V3DM即時介接進行雙向互動操作展示，而其將以亮顯、渲染、分布圖等視覺化形式呈現之(如圖5所示)。當設備受到即時監測，發生異常時，除節能平台警示外亦同步顯示於V3DM平台相對設備模型點位；亦或設備於長期監測下，經節能維護管理平台偵

肆、地震儀感測與BIM整合應用於結構健康診斷-以台北市瑞光社宅為例

一、瑞光社會住宅背景

台北市政府瑞光社會住宅位於內湖區瑞光路及陽光街交叉口，緊鄰台灣世曦內湖總部大樓，瑞光社宅是多目標使用社會住宅，一樓設置規模約390坪的智慧超級市場，提供389戶社會住宅及社福設施進駐，本案也是台北市社會住宅智慧社區示範計畫的示範場域。



圖5 V3DM結合節能管理平台視覺化呈現

測相對設備耗能狀態高，建議執行節能因應作為時，亦同步提醒於節能管理網頁與V3DM平台中。兩者平台之智慧化與視覺化搭配整合將有助於強化(1) 3D 視覺化維護管理品質，便利人員迅速維護與搶修品質；(2)提供維護表單資訊化管理，節省人力與重工作業；(3)設計異質系統間的互動操作模式；(4)透過大數據資料，強化設計V3DM 視覺化資訊展示之機制；(5)即時與互動性的設備預警機制。

二、結構健康診斷平台

台灣世曦團隊為瑞光社會住宅專案管理單位，為了落實建築生命週期維護管理，亦落實耐震標章作業要點於保固期間。對於建築之耐震性能計畫予以檢核與維護，台灣世曦與台北市政府合作於瑞光社宅以地震儀進行實驗場域前瞻研究。

除建築中心與台北市政府安裝5顆快篩用途

網路型三軸向地震儀外，台灣世曦為進行地震後結構健康診斷，額外安裝6顆地震儀，地震儀安裝配置如圖，所有地震資訊將即時收存於一樓中央監控室的地震監控主機，提供地震事件預警，世曦將地震儀收集相關數據發展視覺化的結構健康診斷平台(如圖6)。

之參數值。

為了提高基因演算法搜尋參數的效率，並解決該法於微調上不甚理想的情況，造成搜尋效率降低、計算時間過長等問題，作者提出改良型基因演算法，係導入局部搜尋法的概

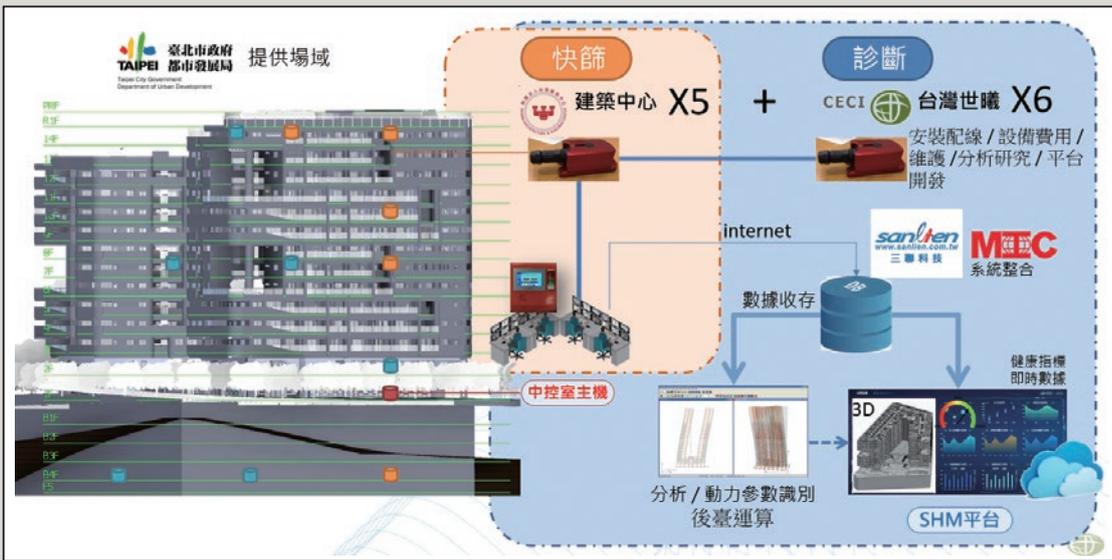


圖6 瑞光社宅地震儀配置與結構安全診斷平台

三、結構之系統動力參數識別及健康診斷

近二十年來，很多學者利用系統識別結果從事結構健康診斷研究。結構健康診斷是利用比較結構目前狀態與未受損狀態或基線狀態(Baseline State)之過程來決定建築物受地震或其他外力作用下是否有損壞產生，從而決定損壞位置及程度。目前常用的損壞指標包括最大軟化指標(Maximum Softening Index)【1】、近似樓層勁度損壞指標(ASDI, Approximation Story Damage Index)【2】及MAC(Modal Assurance Criterion)指標等【3】。

系統識別藉由系統量測反應為已知，利用最佳化方式調整系統參數，使系統量測反應與估測反應間的誤差為最小，為最佳化問題。基因演算法為目前最常用的最佳化演算法之一，利用它優越的全域搜索能力來找尋符合該系統

念，將基因演算法搜索出的個體以局部搜尋的方式找出最佳的個體值，期增加基因演算法收斂率，並減少計算的時間。時間域之遞迴式改良型基因演算法是改良時間域改良型基因演算法，使其可應用於非線性系統識別，主要是自動式之分段識別，並將各分段之起始位移及速度設定為識別參數，藉由改良型基因演算法之搜索能力進行識別，但在計算反應上需花費較多的時間。為解決時間域遞迴式改良型基因演算法在計算反應花費較多時間，因此發展頻率域遞迴式改良型基因演算法，一樣將紀錄分段，利用有限傅立葉轉換將分段後地震紀錄轉至頻率域上求解反應，頻率域反應在運算僅需要利用代數方式進行運算，相較時間域解微分方程較快速。

標的物瑞光社會住宅結構健康診斷計畫係應用作者過去發展之頻率域遞迴式改良型基

因演算法進行系統識別，並利用識別之參數進行結構健康診斷。首先以結構物所收集到之地震反應進行分析，探討該結構物動態時變特性及比較不同地震反應下之不同。針對每個地震反應事件所分析之結果建立該結構物分析報告書，並比較不同地震事件之反應分析，建立識別及診斷報告。進行步驟包括：

- (一) 結構物之描述(含強震儀之佈設位置決定、結構形式及種類)等。
- (二) 利用頻率域之遞迴式改良型基因演算法探討結構物振態頻率、阻尼比及振態形狀，並探討結構物動態特性之時變性。研究所得之各結構相關的資料皆存檔備存，可供後續的研究參考與相關應用。
- (三) 利用最大層間變位角、最大軟化指標及近似樓層勁度損壞指標來判斷目標結構物之損壞程度。

四、系統整合及應用情境

瑞光社宅的數位分身架構，是透過地震儀聯繫了虛擬圖像(3D BIM)與真實環境的結構三軸向的空間位移量，透過地震後的結構位移量及相對位移量，可推出層間變位角…等資訊，透過數位分身平台可更輕易了解這些點在立體空間的變位量，甚至可反向驗證地震儀數據的合理性；對於輔助結構安全評估上，可快速透過圖像化資訊理解各點結構變位趨勢，可更快透過立體影像抓出結構弱點及結構破壞程度，結合結構巡檢可長期追蹤，建立結構地震檢測的SOP，對於住戶，可提供更即時、可視化的資訊，並提供地震後的詳評報告，讓住戶更安心的居住，更落實管理可讓設施延壽，發揮最大效益。

伍、結語

綜合兩個實驗場域發展經驗，雖具有初步成果，但工程產業前往數位分身的路途上仍有許多瓶頸點需要突破，以下整理四點經驗總結可供未來發展參考。

一、智慧建築資訊通標準

從案例可以觀察到系統整合的重要性，未來推動數位分身的案場會因為資通訊系統垂直向與橫向之間整合風險或代價太高而失敗，這些標準包含Modbus、BACnet、Lonworks、OPC、OpenADR、SEP、IEEE 1888 等，現階段無論是資料格式、通訊協定、使用介面與應用程式介面都各自不同。

有鑑於此，台灣資通訊產業標準協會陸續發佈智慧建築各系統資料格式標準，將建築不同子系統的通訊標準建立資訊交換的標準，從標準中可知透過JSON(JavaScript Object Notation, JSON)作為資料交換格式已經是資通訊產業的資訊標準語言，系統與系統之間應提供應用程式介面(Application Programming Interface, API)使資料可以互相拋接與互動，甚至在資訊的取用授權憑證上也有建議標準。

當資通訊產業越來越多系統廠商依循共通標準時，跨系統之間的整合應用變的越來越可行，將有助於數位分身的發展並發揮綜效。

二、政府的BIM戰略目標

BIM的初衷是為了能將工程設計以資訊化的方式貫穿全生命週期，這與數位分身中的數位主線概念相通，但台灣大小工程對於BIM規範並無統一標準，交付格式標準、BIM使用需求、資訊內容…等每個計劃都不盡相同，相較英國政府對BIM的戰略目標是很清晰的，預定

2025達到BIM Level 3全建築生命週期管理，以降低成本33% (Low cost)、加速交付50% (Fast delivery)、減少碳排放50% (Low emission)、增進出口50%(Improvement in exports)。

政府應設法作為領頭羊的角色帶領產業發展，明確化公共工程BIM目標，並給予獎勵及資源。對於廠商而言，有了政策面的鼓勵，降低產業的整合介面分歧，並降低整合成本時，自然利於發展數位分身。

三、與國際接軌-ISO 19650

台灣工程業在BIM交付上最缺乏的就是履約標準、交付標準，以至於BIM成果幾乎無法作為最後營運階段使用。

BIM的國際標準ISO 19650已經在2018年發佈，BIM已經成為國際工程產業新技術應用的代名詞，ISO 19650-1&-2是一套涵蓋從業主需求、採購過程與專案執行的資訊管理體系，確保成果交付符合國際品管標準，英國、馬來西亞及澳洲等國陸續對外宣稱政府公共採購採

用ISO 19650標準，台灣世曦為符合國際工程發展趨勢，在2020年六月取得ISO 19650-1&-2認證，為台灣工程顧問業界第一家被認證企業，成為國際上合格的工程產業供應鏈的一環(如圖7)。

在2020年接續頒佈ISO 19650-3資產營運階段，確保BIM成果交付可符合營運管理階段使用，並確定採用COBie(Construction Operations Building Information Exchange)作為工程資訊交換標準。台灣世曦在鳳山車站設計監造計畫亦採用COBie作為竣工交付資訊格式，並可續用至V3DM設施管理系統，是台灣第一個以數位系統並符合COBie標準作為鐵路車站竣工交付的案例，車站站長及營運人員在車站尚未竣工前，已經可以透過V3DM實際體驗空間環境及未來要管理的設施設備，每樣資產設施內有豐富的設施資訊、型錄及操作維修手冊，這種新型態的竣工交付模式讓工程資訊順暢的流動到下一個階段是以往沒發生過的，可確實縮短營運人員接手時程，修補以往資訊斷鏈的狀況，並發揮價值。



圖7 台灣世曦獲頒ISO 19650認證

四、智慧營運

數位分身透過虛擬圖像結合IoT感知器，建立起真實與虛擬的鏈結達成第一階段的基礎建設，透過數據採集之後的大數據分析與人工智慧才是數位分身的重點，透過虛擬化達到高效及智慧化的管理。

在世曦大樓的場域我們實證的BIM設施管理與節能管理的整合，實作出跨平台系統之間的通訊整合，資料可互相拋接，透過虛擬圖像(3D BIM)可快速索引的耗能熱區位置，以立體全貌的方式分析能源耗損狀況，未來透過自動控制及AI智能，建立智慧化兼顧舒適度的節能管理系統。

在瑞光社宅的場域驗證，將虛擬圖像(BIM)與地震儀感知器結合，透過地震數據的收集及結構數據分析，可做地震後的建築結構安全評估(SHM)，透過虛擬圖像可得知建築結構弱點及位移量分布，診斷報告結合後續結構檢查的SOP，並透過系統持續追蹤檢測作業，並建立年度的檢測計畫。透過大數據可視化分析可提升數據分析的效率及準確性，並可以直觀的方式呈現，並透過電腦學習供給混雜數據比人工判讀高效率，甚至透過數據反饋驗證可識別傳感器故障所引起的數據異常，高維度數據分析可提供新的思維，在識別問題中展現應用的潛力。

數位分身是新科技下的產物，其最終目的將傳統管理轉型為智慧化的營運管理，達到降低成本提升效率外，更重要是持續優化，甚至是創造新的應用價值。

參考文獻

1. 李萬利、蘇瑞育、林志全(2013)，「以BIM竣工模型打造智慧建築之應用」，中華技術，第97期，第92-103頁。
2. 李萬利、陳昭惠、蘇瑞育、盧祥偉(2010)，「以裝修工程塑造CECI大樓的BIM新內涵」，中華技術，第88期，第14-23頁。
3. 社團法人台灣資通產業標準協會(2020)，「智慧建築能源管理系統資料格式測試規範」，第5-7頁。
4. 展大國際 Blog—數位轉型得力推手 has been muted so you will no longer see their stories.
5. Dipasquale, E., and Cakmak, A.S., "Seismic Damage Assessment Using Linear Models," Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 9, No. 4, pp.194-215, 1990.
6. Jer, F.W., Chi, C.L., and Shih, M.Y., "A story damage index of seismically-excited buildings based on modal frequency and mode shape," Engineering Structures, Vol 29, pp 2143-2157, 2007
7. Alampalli, S., Fu, G., and Dillon, E., "Signal Versus Noise in Damage Detection by Experimental Modal Analysis," Journal of Structural Engineering, Vol. 123, pp.237-245, 1997.



Digital Twin

BIM and IOT

3

專題報導

深度學習應用於影像裂縫辨識：發展智慧維運系統以監控結構安全性

關鍵詞(Key Words)：裂縫辨識 (Crack Image Processing)、深度學習 (Deep Learning)、智慧維運 (iMaintenance)

國立臺灣大學／土木工程學系／專任研究助理／許舜翔 (Hsu, Shun-Hsiang) ❶

國立臺灣大學／土木工程學系／碩士生／張庭維 (Chang, Ting-Wei) ❷

國立臺灣大學／土木工程學系／副教授／張家銘 (Chang, Chia-Ming) ❸

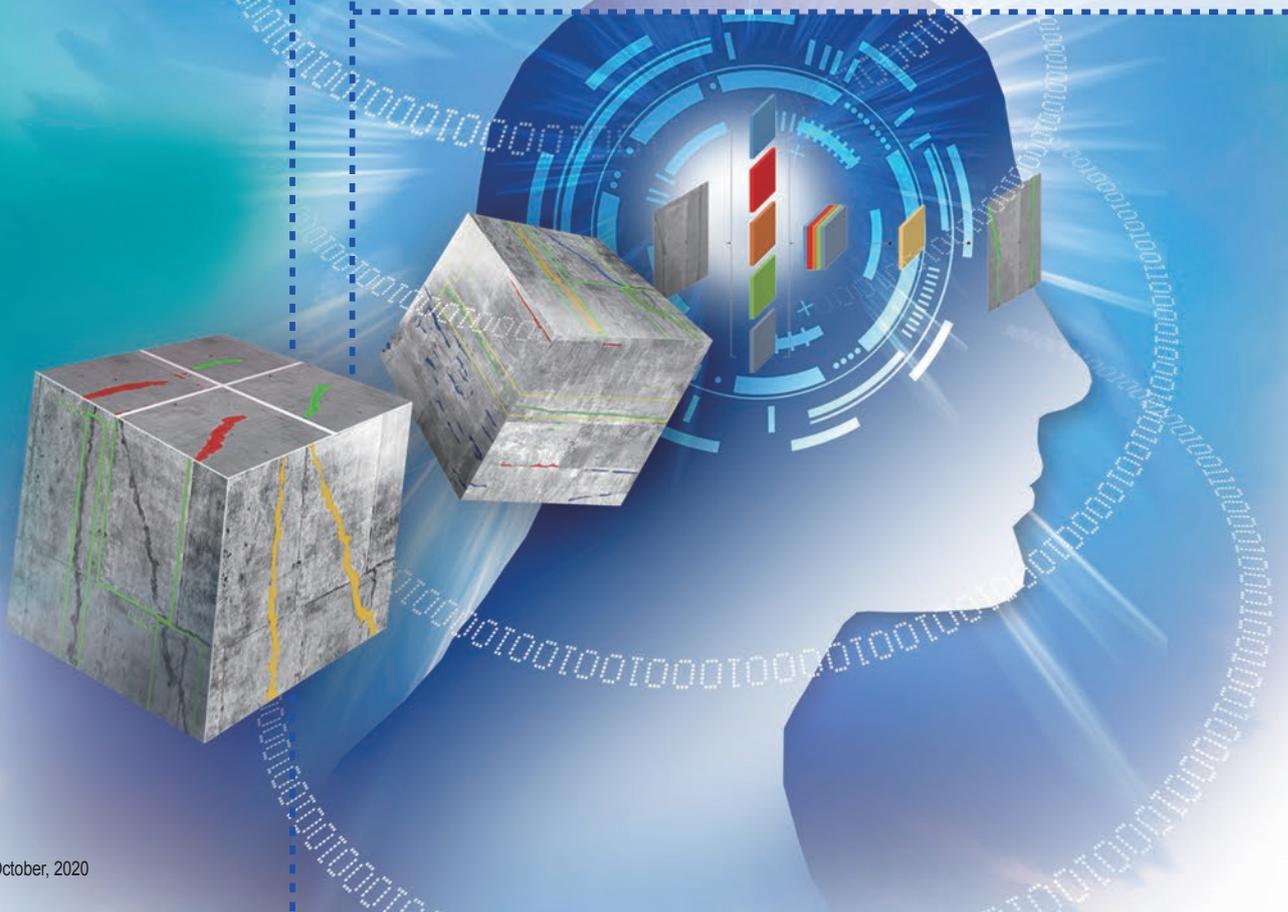
國立臺灣大學／土木工程學系／教授／陳俊杉 (Chen, Chuin-Shan) ❹

國立臺灣大學／土木工程學系／教授／韓仁毓 (Han, Jen-Yu) ❺

台灣世曦工程顧問股份有限公司／總工程師／林曜滄 (Lin, Yew-Tsang) ❻

台灣世曦工程顧問股份有限公司／防災中心／主任／李魁士 (Li, Kweishr) ❼

台灣世曦工程顧問股份有限公司／防災中心／正工程師／張廷榮 (Chang, Tyng-Lo) ❽



摘要

結構健康監測在構造物完工之維護營運後扮演相當重要的角色，而觀察與檢視結構表面裂縫為維護健檢之重要工作，主因是這些裂縫可作為結構劣化之指標。由於影像辨識逐漸於工程領域廣泛應用，因此該技術亦可應用於判別結構物裂縫，並成為未來發展智慧化維護系統之關鍵。自動辨識技術主要是藉由結合影像擷取、深度學習裂縫影像切割、檢測履歷資料建檔和視覺化平台等一系列作業流程，以增進傳統作業流程所需人力運用與時間效益。本文將深度學習應用於裂縫影像辨識，以隧道襯砌影像作為資料集，實作深度學習模型，針對影像的裂縫特徵進行辨識，定位出裂縫位置，以期能取代傳統的裂縫人工標註作業，使巡檢方式邁向智慧化以及自動化。



Application of Deep Learning on Crack Image Processing: Development of iMaintenance System for Structural Health Monitoring

Abstract

Structural health monitoring (SHM) plays an important role in maintenance stage. One of SHM tasks is to observe and recognize surface cracks of structures during structural operation and maintenance. These cracks can be treated as an indicator for structural degradation. Moreover, image processing and computer vision have become more popular in engineering applications. These two techniques can be also applied for crack detection and will be the key for intelligent operation and maintenance of structures in the future. In this autonomous crack detection, the framework consists of image acquisition, deep learning based image segmentation, crack database, and visualization, resulting in a more cost-effective inspection approach. In this study, a crack detection method is developed that exploits deep learning techniques and computer vision to identify crack existence and to further perform segmentation. Images obtained from tunnels are employed as the database. A deep learning model is established from these images and associated crack characteristics. Then, the developed method can locate and highlight cracks in the images. This development can yield the periodic inspection to be more intelligent and autonomous.

壹、前言

『逢山開洞，遇水架橋』，橋梁、隧道是交通路網不可缺少的一環，扮演著極重要的角色。若要維持交通運輸系統之暢通，有賴於良好健全之管養維護，而傳統之維運管理需要工程人員至現場目視巡檢，發現問題，耗費龐大的人力及時間。伴隨著人工智慧(AI)、物聯網(IoT)等新科技的發展，智慧維運系統(iManagement)孕育而生，得以發展智慧維運系統進行結構安全監控，優化營運管理。橋梁、隧道因設計、施工、使用等因素產生裂縫，裂縫生成後將導致環境中腐蝕因子入侵，破壞結構，造成混凝土剝落、鋼筋銹蝕，進而影響其使用性與耐久性，嚴重時亦會降低其承載能力，危及結構安全。因此在營運使用階段，須確實掌握結構物裂縫之形成。現今利用深度學習開發之影像辨識技術漸趨成熟，無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)結合影像裂縫識別技術，導入智慧維運系統，可精進人工判定之可靠性，強化整體巡檢之成效，亦可做為構造物修復與補強之相關依據，進而提升整體構造物之安全性，本文將以橋梁及隧道為例，探討橋梁、隧道等基礎建設之智慧維運。

貳、智慧化維運管理

基礎建設的生命週期可以分為規劃、設計、施工、維護、拆除五個階段，而維護階段和構造物壽命有關，橋梁或隧道的使用年限經適宜之維護後可長達100年以上，隨著時間推進，構造物行為可能會因環境因素而受到損害，如混凝土剝落、鋼筋銹蝕等，導致構件發生變形或破壞，為了確保構造物的安全性，必須進行定期的巡檢作業，監測材料變化，其目的為藉由觀測可能影響結構安全的潛在因子，以進行相關的修復工程。維護工作必須持續且確實的完成，方能確保使用者的生命財產安

全，如2019年發生的南方澳大橋斷裂事故，其中部分原因是該橋梁並未能及時獲得結構缺陷之相關資訊。為避免悲劇重演，宜發展一自動化巡檢的系統，透過智慧化維運，發展建設履歷表，以落實構造物全生命週期管理之願景。

一、影響結構的安全因子

基礎建設的安全性監測建立在各項安全性指標的觀測，其所需觀測項目目前於法規已皆有明確規範，如《公路橋梁檢測及補強規範》中明定公路橋梁於定期檢測所需觀測項目，如橋面板、橋墩等，並規範特定的檢測方式，以及其損壞評估指標。以橋梁檢測作業為例，除橋梁基本資料調查外，主要以工程師目視檢視的結果進行評估分析，DERU目視檢測法詳細羅列各項構件劣化指標，將橋梁各個構件之裂縫寬度和混凝土剝落做標準化的排序，並進行綜合性的損壞狀況評估，最後提出維修補強建議以作後續預算編列。

二、智慧化檢測方法

橋梁、隧道由於工程規模龐大且遇受損時復舊困難、衝擊大，為確保使用時安全無虞，現行做法多是在維運階段定期安排結構安全相關的檢測；然而，因其建設面積較大，且受限於人可以活動的範圍而容易有觀測上的死角，現場蒐集得到的資料又需再經人工進行判識，以完成安全性評估，致使若要持續監測結構體變化，將需要耗費大量的人力和時間成本。因此，系統化的自動檢測及評估結果管理流程將是未來維運階段智慧化的首要目標，如何有效掌握其結構安全，並進一步延長使用壽命。由於近年來的計算機速度及儲存能力擴展，建物結構安全檢測程序邁入智慧化。建物資訊建檔漸被使用於各項土木以及建築工程，相關研究成果也逐步影響法規的修訂，近期政府標案常會要求廠商提供建築資訊模型(Building

Information Modeling, BIM)供未來維運使用。另外一方面，近年興起的人工智慧應用於工程領域之研究，如裂縫影像辨識、工作模態分析、損傷診斷技術雖逐漸成熟，但仍僅侷限於學術上，目前尚未被廣泛導入實務之巡檢系統。

參、現行巡檢系統之檢討

現行巡檢系統隨著檢測儀器的發展，已部分自動化，如隧道的光達點雲掃描，可協助建立隧道的平面影像，最終還需要仰賴工程師經驗進行人為判識。另一方面，目視檢測為相對常用手段 [1-3]，且諸如《公路橋梁檢測及補強規範》中即明載定期檢測方式以目視為主。人工目視檢測可針對不同的構造物類型使用不同的巡檢方式，如橋梁檢測時人員須盡量靠近構件觀測，隧道則可以依賴紅外線顯影等技術輔助，不同構造物其觀測因子以及觀測重點也不盡相同。人工目視檢測仰仗於檢測人員本身之專業素養、經驗以及判釋，藉由觀測構件來估計其劣化情形，進而評估適當的修復工法，有效進行維運經費配套。以下針對現行巡檢之缺點與未來發展可行方法加以說明。

一、現行巡檢系統之缺點

橋梁及隧道於維運階段依法規規定，需定期檢測以維護其使用安全性，巡檢過程多需耗費龐大人力，且因目前倚賴工程師人工目視檢測，易受工程師主觀判斷影響，不同工程師對於同樣建物的填表結果會有所差異，無法得到客觀的評估結果。再者，工程師經驗多寡對於評估結果也會有所影響，經驗的累積並非一朝一夕可成，經驗不足之工程師可能較難正確的判斷建物劣化程度。最後，橋梁或隧道等結構巡檢通常伴隨著風險，《公路橋梁檢測及補強規範》中明述目視巡檢時，工程師或相關檢測儀器須盡量靠近構件，但就橋梁而言，通常跨

越水域或山谷，為檢測其特定構件，人員須利用繩索攀附其上，或由船上遠望裂化區域。最終，除了對人身安危造成風險之外，也易受天候、環境等因素影響而難以施作。

二、自動化巡檢發展趨勢

自動化的智慧巡檢系統為未來趨勢，可大致分為兩方向，包括判釋系統的進步以及檢測儀器的改良。傳統人工巡檢方式將逐漸由自動化巡檢系統取代，智慧化巡檢系統會針對擷取的影像或是感測器等儀器回傳值，經預建立的評估指標，客觀地進行構造物之劣化評估。另近年運用於巡檢系統的智慧化檢測儀器，以無人飛行載具為例，高度的機動性搭載高精度檢測儀器，使巡檢更為快速且更具效益，藉由UAV能夠擷取人員難以接近之構件資訊，進行更全面之結構劣化評估。

肆、深度學習於影像切割技術的發展

深度學習應用於影像辨識發展較為成熟者為卷積神經網路 (Convolutional Neural Network, CNN)，大多數用於影像辨識的深度學習模型都是以CNN作為其架構，其已被過去的研究證明具有良好的特徵提取能力，其透過卷積運算保留影像中重要的部分，以梯度傳播的方式來更新模型權重，而訓練出來的模型能夠有效處理影像辨識的不同任務，如影像切割 (Image Segmentation)。而就結構裂縫辨識課題，深度學習也已廣泛應用在案例探討上，如Li和Zhao於2019年利用卷積神經網路進行混凝土表面裂縫辨識 [4]。

首先簡介電腦視覺中影像相關議題，並總結深度學習於這些議題的技術發展現況；而案例實證的部分，將以機場捷運T3隧道及台鐵三

義隧道作為測試對象，利用其雷射掃描的點雲資料所進一步後製成像的平面照片，切分數個適合模型輸入的小圖，再以深度學習模型預測裂縫位置，模型輸出的結果輔助專業人員作後續的分析及評估，詳細說明如下。

一、影像辨識類別

欲實作深度學習影像切割技術，本文回顧了以下三個議題的國內外研究成果，各個議題定義如圖1所示，為重現效能較好的模型算法，將以遷移式學習（transfer learning）方法建置模型，加入自身資料集來訓練模型學習提出影像特徵，同時判別是否屬於人為訂定的裂縫或其他損害種類，詳細的內容如下：

(一) 目標檢測（Object Detection）：即結合物件分類（Object Classification）和物件定位（Object Localization），包含判斷屬於某個特定類的物體是否出現於圖中，以及對該物體定位，常用的定位方式乃透過標定物件框（Bounding Box）中心位置和尺寸，當輸入測試圖片時，即可輸出檢測到物體的類別和位置。

(二) 語義分割（Semantic Segmentation）：即輸入為整體影像，為一像素級的分

類器，將圖中每一個像素標註為某物體類別，然此一方法無法區別同一物體的不同個體。

(三) 實例分割（Instance Segmentation）：目前流行的方法框架即為利用目標檢測先行得到目標物件框，再對框內影像作二元的語義分割，即只判斷目標物和背景，目標種類係採用前目標檢測的預測結果。相較於物體檢測的物件框，實例分割可精確到物體的邊緣，而相對於語義分割，實例分割可標註出圖上同一物體之不同個體。

二、整體技術發展現況

卷積神經網路在過去相關研究中，已經被廣泛證明擁有極佳的特徵提取能力，能有效於影像中進行物件分類，並能夠應用於各種不同的研究課題上，因此，為滿足隧道裂縫辨識，將採用基於卷積神經網路的深度學習模型。而多數CNN模型是建立於一骨幹（backbone）上，如ResNet、MobileNet等，基於此來完成不同任務。面對越來越多樣的骨幹結構，近年來，學術界興起了「自動網路搜索」（Neural Architecture Search, NAS）[5] 以取代人工設計網路結構。NASNet是由一系列運算層疊加而成，利用強化學習（Reinforcement Learning）訓

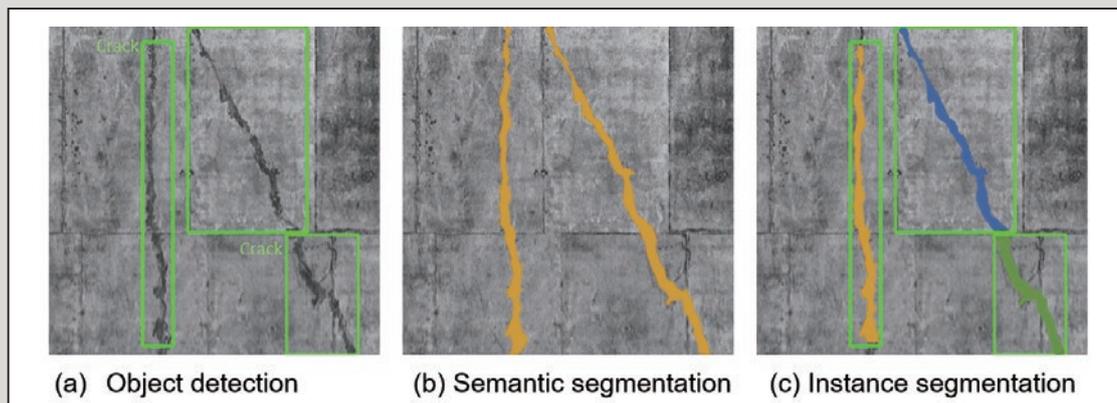


圖1 影像辨識種類定義，其中(a)目標檢測、(b)語義分割、(c)實例分割

練方法，隨機組合運算層產生模塊，通過評估選擇最優模塊組成網路結構。由於影像上的每個像素都會被分類，語義分割相對於目標檢測更能有效解析圖像，完成目標檢測無法完成的任務，例如自動駕駛的全景分割、醫療圖像診斷、衛星圖分割等等。NAS技術也被應用於語義分割的工作，如來自Google DeepLab團隊，開發出之Auto-DeepLab [6] 模型，即是將NAS應用於DeepLab系列模型，使其能夠在極少數數據用於訓練的情況下，仍能有良好的表現。

三、以現實案例驗證之深度學習模型

本文實作卷積神經網路於隧道裂縫影像切割，並採用機場捷運T3隧道以及三義隧道的點雲成像資料作為訓練資料集，並進行模型效能驗證，欲成功分類裂縫以及達到像素級的分割結果，基於此，模型的輸出如圖2所示。而根據輸出之辨識型態，本文分別實作了語義分割、實例分割以及目標檢測等三個深度學習方法，分別為DeepLabv3+ [7]、Faster R-CNN [8]和Mask R-CNN [9]。

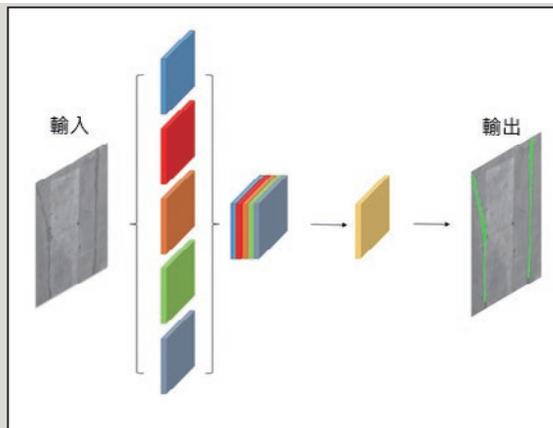


圖2 模型輸出示意圖

DeepLabv3+為Google發布之開源語義圖像分割模型。其使用兩種型別的神經網路—空間金字塔模組和編碼器—解碼器(encoder-decoder)結構做語義分割。空洞卷積 (astrous convolution) 指在每個卷積中加入空洞，使每個卷積層的視野域 (receptive field) 更大，進而避免特徵損失，DeepLabv3+採空間金字塔池化 (Astrous Spatial Pyramid Pooling, ASPP)，以建立不同尺寸的空洞卷積提取多尺度信息。而編碼器—解碼器結構中，則是藉由控制編碼器提取特徵的分辨率，解碼器則利用增加中間層來改善訓練中的特徵損失，使模型能夠獲得更清晰的物體邊界。

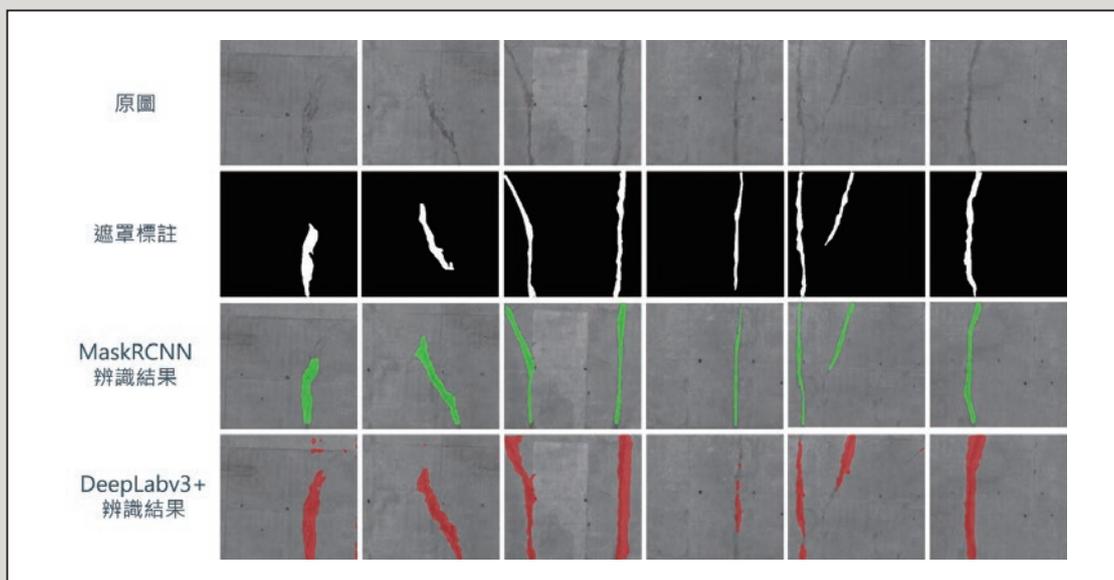


圖3 模型辨識成果

Faster R-CNN乃利用卷積運算之特徵圖（feature map）篩選出檢測目標可能存在的區域，再輸入特徵圖到Region Proposal Network（RPN）中輸出多個可能包含目標物（即裂縫）的候選框，再對預測框進行尺寸上的修正，以更加逼近實際人工框選的範圍，得到更精確的目標座標。

Mask R-CNN為Faster R-CNN之延伸，除了保留Faster R-CNN對目標分類和目標框選範圍修正的兩種輸出，額外加入遮罩（mask）輸出的分支，等同於語義分割中DeepLabv3+對各個像素進行分類，只是改為僅預測前項RPN輸出的框選範圍，而這三種輸出互相平行，相較於其他實例分割演算法先分割後分類，Mask R-CNN的平行設計簡單而高效。

總體而言，DeepLabv3+、Faster R-CNN和Mask R-CNN三種模型架構在過去研究發展上扮演相當重要的角色，也有許多研究基於他們的架構去發展。此外，也因為分別由Google和Facebook所積極開發維護，網路上開源的內容相當完整，因此本實作採這三類模型作案例實證，如圖3所示，並以機場捷運T3隧道及三義隧道之影像做為驗證資料，比較各資料集在不同模型下，獲得之成果表現與誤差討論。

伍、裂縫辨識的挑戰與困難

裂縫常能作為構造物的安全指標，若能在構造物的生命週期裡定時檢測及監控，將能及早發現並改善，避免造成進一步的危害及人身安全的疑慮。就本文選用之深度學習模型於機場捷運T3潛盾隧道及三義NATM隧道的裂縫辨識成果，並對辨識成果進行比較分析。本文目前已實作利用深度學習模型進行半自動化分析，而針對不同類型隧道若想獲得同等的預測準確度，仍需人工加入該檢測物影像進行微調，未

來將朝向全自動化分析裂縫邁進。以機場捷運T3隧道為例，本文所輸入的測試影像以及經模型辨識得到的結果則可見圖4，係由Mask R-CNN進行預測輸出，除去偵測框的輸出結果，僅保留針對裂縫進行遮罩預測的結果，綠色的部分即為切割的像素範圍。而以三義隧道為例，同樣輸出給Mask R-CNN之隧道影像部分範圍以及輸出結果如圖5所示，值得一提的是，此模型大部分係由機場捷運T3隧道的資料作訓練（約100張），僅加入不到20張三義隧道的影像進行訓練，由圖所示，辨識的結果已具備相當程度的精度，可得知裂縫的影像特徵不比一般影像任務複雜，僅需加入少量的資料就能於實務上輔助工程師使用。

探討深度學習於裂縫辨識課題的困難以及挑戰，將從資料集的構成以及模型對裂縫特徵的偵測能力兩方面切入，進行分析，並探討其對於模型裂縫辨識成果的影響。

一、資料不易取得

裂縫本身外觀特徵較為簡單，除了深度學習方法，過去亦有不少其他基於電腦視覺的方法，透過分析灰度變化來定位裂縫於影像中的位置，惟裂縫的外觀容易因為表面材質或破壞方式的不同，而有很大的差異，因此很多方法都僅侷限於應用在單一案例上。近年來，深度學習的竄起帶來了其他可能性，是否能發展一方法更全面地辨識各種類型的裂縫或破壞型態，將是巡檢系統自動化的關鍵。

二、模型預測能力

目前非破壞性檢測裂縫的技術主要為敲擊回音法和超音波檢測法，此兩項方法都只能小範圍檢測，並且都需要專業人士的解讀，影像式的檢測方式能準確的預測裂縫的位置，搭配雙相機的攝影系統，便能得到裂縫的所有觀測

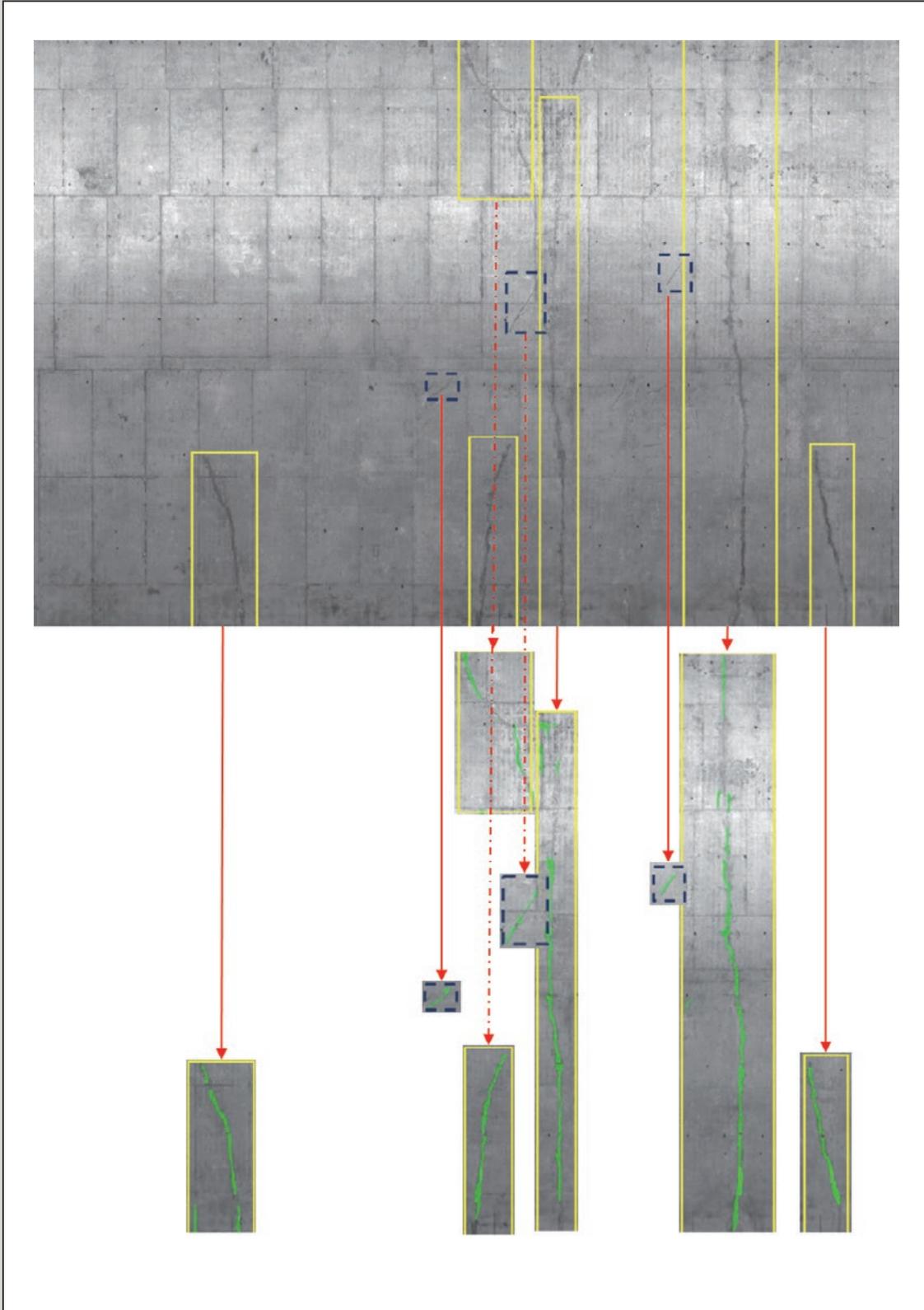


圖4 T3 機場捷運隧道部分範圍影像及辨識成果

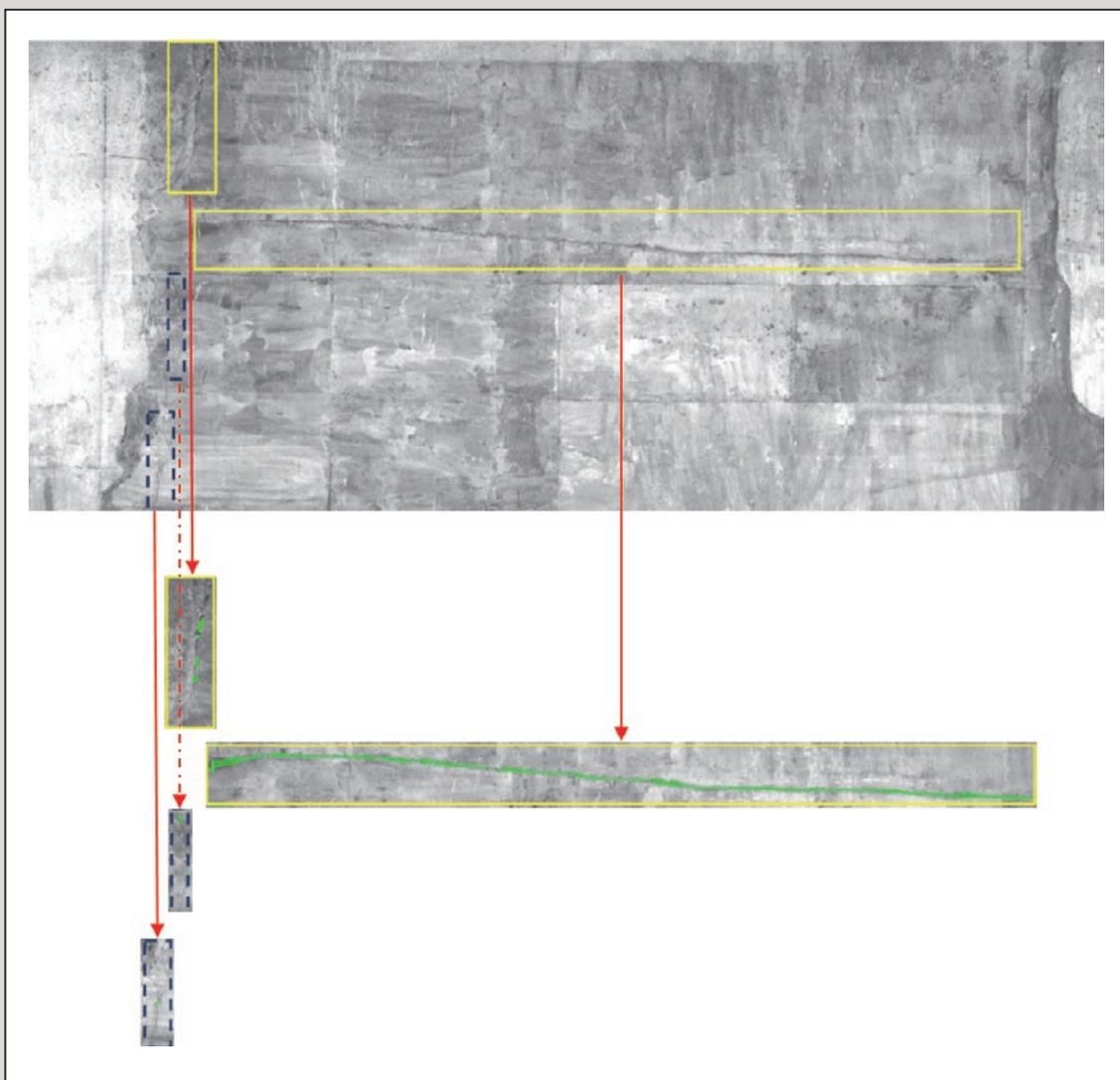


圖5 三義隧道部分範圍影像辨識成果

值，且能擴大檢測範圍，並改善人力資源運用效率。惟是否能滿足實務上所需使用的精度，透過下列的誤差討論，包含影像之雜訊、影像解析度及模型誤判之可能性，將能更加了解模型預測能力不足的地方，以期在未來發展進行修正，方能達到自動化辨識的目的。

(一) 背景雜訊的干擾

從上述的成果圖中，我們可以發現機場捷運T3隧道的預測結果較三義隧道為準確，原因應為訓練資料中包含機場捷運T3隧道的

標註資料，並未包含三義隧道的資料，這使得模型學習到隧道的背景資訊及裂縫特徵。若未來能在測試資料中加入更多不同背景及特徵的裂縫，應能增加模型的泛化能力，或者在不同結構物上訓練不同模型也不失為一個提高準確率的方法。

本文使用之驗證資料是以點雲產製而成之影像，因此依據表面反射率的不同，會產生不同明暗度的影像，同時也會影響掃描成果，本研究發現在不同明暗處的裂縫辨識預測成果會有些許差異，隧道掃描的清晰度以

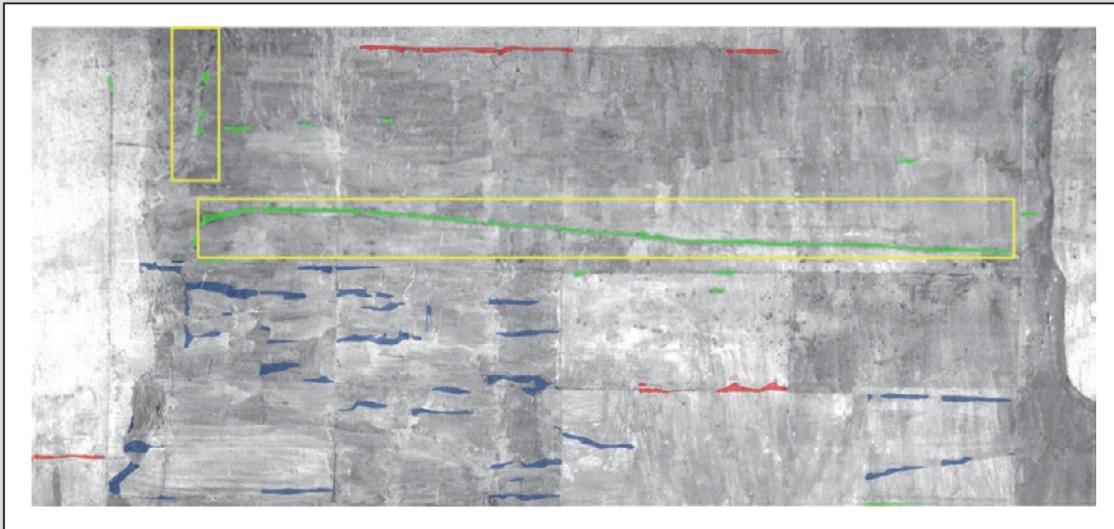


圖6 主裂縫(綠色部分)、施工縫誤判(紅色部分)、細微裂縫(藍色部分)

及影像產製會影響裂縫於影像中相對背景的灰階差異，造成辨識結果差異。

(二) 非結構安全裂縫之排除

在辨識的過程中，一些施工縫及接縫處被模型誤判為裂縫，如圖6所示，但施工縫及接縫處皆有特定的分佈情形，因此能經由發展影像後處理的方式，把相對筆直的判別結果加以排除，以此優化辨識結果。

陸、裂縫影像資料庫

深度學習的裂縫影像辨識需仰賴標註後的裂縫影像作為訓練資料集，然而不同的施工工法(如潛盾與NATM隧道)所呈現的破壞樣態並不相同，因此同一筆資料來源所得的模型無法應用於其他差異大的構造物，但針對不同的構造物，並不需要重新建立完整的訓練資料，經研究發現，在既有的模型上加入部分檢測目標的資料，深度學習模型即可學習到該檢測目標的特徵，使其能夠應用於不同的檢測目標。

一、從裂縫辨識到資料建檔

裂縫辨識模型能夠將輸入影像中的裂縫標註出，模型得到的裂縫資訊則能夠被利用於檢測的評估指標，經由幾何資料的校正，可以將裂縫的幾何資訊萃取出，如寬度、長度、樣態，可用於取代目視檢測中的部分項目，使整體檢測作業更客觀，或是用於初步快速評估設施安全性。除了單次的檢測程序外，經模型判斷的裂縫影像依據其位置或年期編號能夠統整至建物資訊模型或是其他影像資料庫中，用於定期檢測項目中，可將過去的裂縫資料疊圖分析，觀測裂縫的發展概況，進而精確分析建物的劣化趨勢。

二、視覺化整合資料平台—檢測履歷表

為使維運階段能更有效地利用前述提到的深度學習辨識方法，應將預測結果經由人工二次確認後，並融入現行巡檢系統中，提供一視覺化的整合平台，如此一來，除了透過模型預測外，也能結合過去的裂縫辨識結果，可觀察已發生損害的區域變化，若有擴大或加重的趨勢，應再研擬使用更精確的檢測儀器。基於

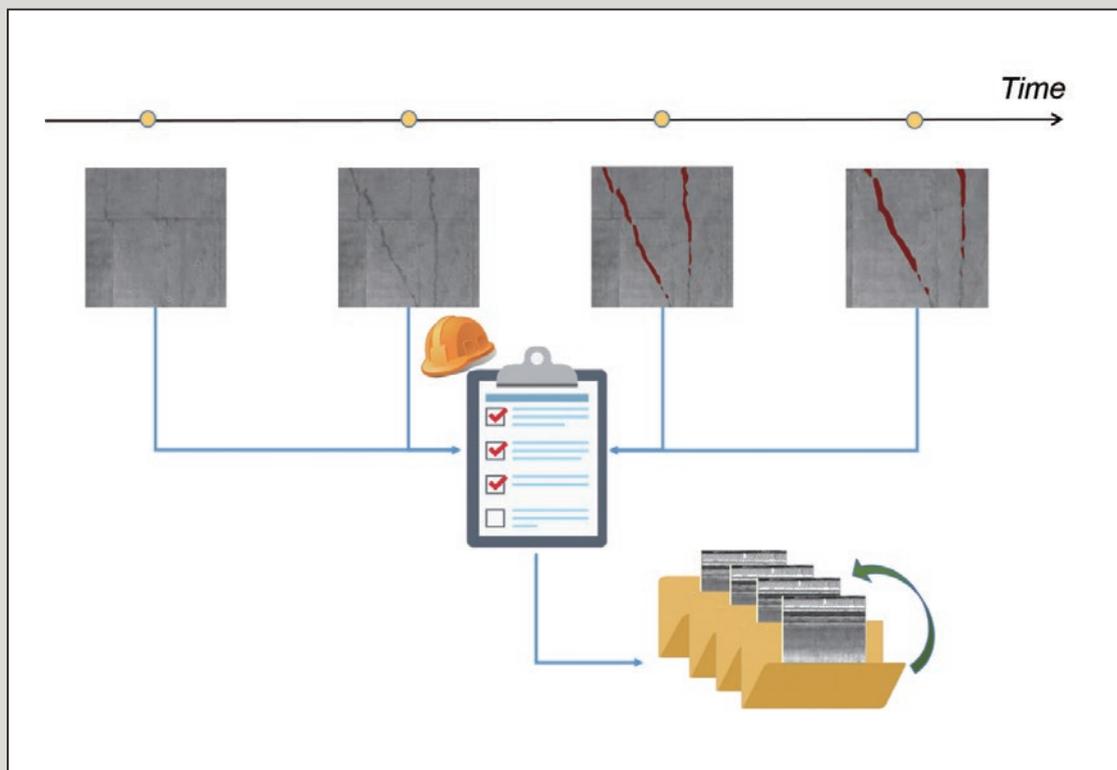


圖7 裂縫資料建檔流程

此，也應相容實務上常用的模型軟體，以便建立一檢測履歷表，使整個生命週期中有關維運相關的歷史記錄得以統整呈現於平台上，一方面便於工程師管理，也能讓業主甚至是一般民眾，更加了解不同構造物的健康狀況，可望透過全民監工的方式，讓政府更加重視相關的經費編列，以延續構造物壽命且確保使用者安全。

柒、結語

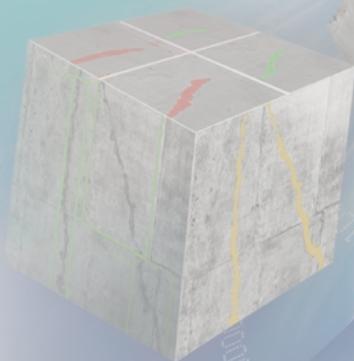
目前深度學習應用於裂縫影像辨識已能夠在特定檢測目標達到約65~75%的檢測精度，已足以使用於結構裂縫的半自動化快速檢測。針對不同的構造物類型，根據本文實證結果，仍需要人工加入部分待檢測標的影像做模型微調，使模型能夠適應該構造物特徵。未來建立影像資料庫的標準作業流程後，工程師將能利

用標準化的影像上傳機制，將不同構造物的影像資料歸類建檔，並擴充影像資料庫，使模型的精度能夠依照特定的劣化辨識要求，從資料庫撈取影像資料進行模型微調，進而提升系統的泛用性。完善的影像上傳平台以及後端運算機制預期能夠使現行巡檢系統達到自動化監控的效果，結合資料庫科學同時能夠進行構造物的檢測履歷分析，建立維運階段各時期構造物的使用安全性歷程，期望在相關技術的持續發展下，自動化監控系統能夠取代現行巡檢系統，達到人員分配之最大效益，並完成客觀且精確評估之目標。

為達有效之橋隧設施維護管理，整合先進科技技術是必然之趨勢，也可成就智慧維運與永續經營於公共工程之應用。

參考文獻

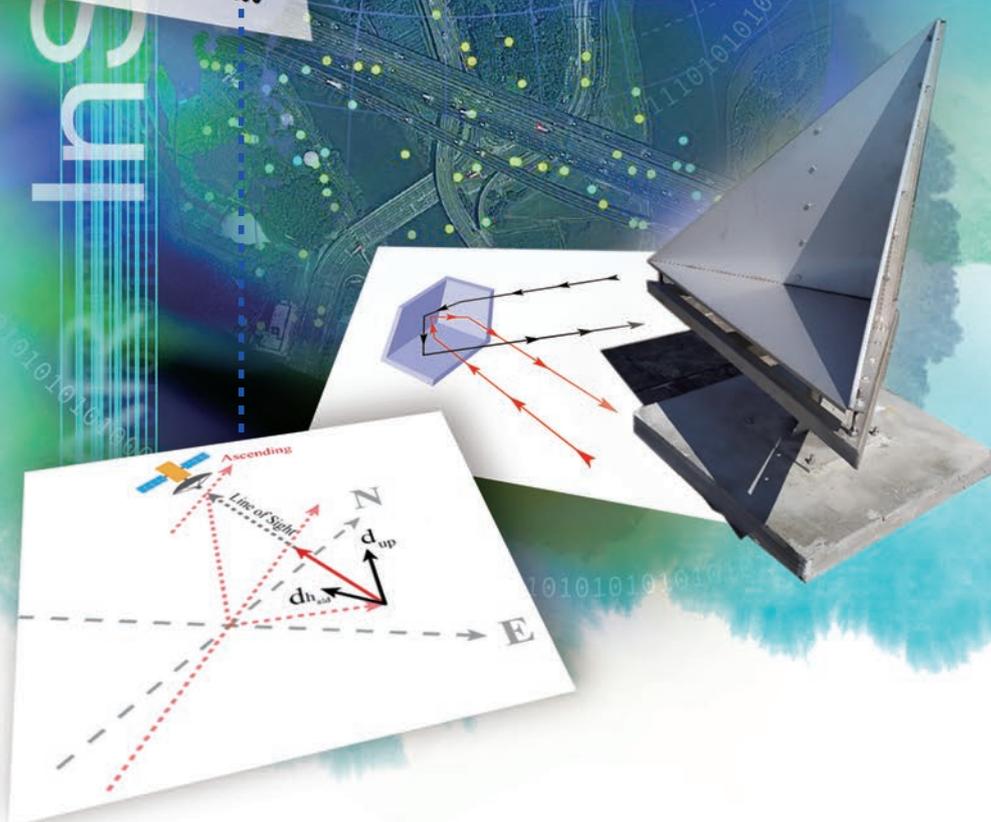
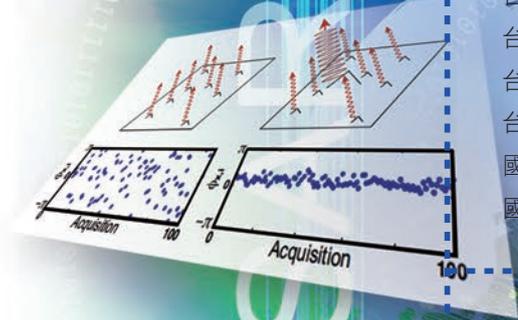
1. 蔡欣局、王鶴翔、毛一祥、葉承軒、王忠信，「混凝土橋梁常見劣化類型探討—上部結構 (II)」，中華技術期刊，126期，第146-155頁。
2. 交通部，「公路橋梁檢測及補強規範」，公路工程局，民國109年
3. 蕭牟淵、游本志、王泰典、蕭興臺，「台灣公路隧道安全檢測及評估之研究」，臺灣公路工程第 36 卷第 5 期，民國98年
4. Li, S., & Zhao, X. (2019). Image-Based concrete crack detection using convolutional neural network and exhaustive search technique. *Advances in Civil Engineering*, 2019.
5. Zoph, B., & Le, Q. V. (2016). Neural architecture search with reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:1611.01578*.
6. Liu, C., Chen, L. C., Schroff, F., Adam, H., Hua, W., Yuille, A. L., & Fei-Fei, L. (2019). Auto-deeplab: Hierarchical neural architecture search for semantic image segmentation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 82-92).
7. Chen, L. C., Zhu, Y., Papandreou, G., Schroff, F., & Adam, H. (2018). Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation. In *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)* (pp. 801-818).
8. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 91-99).
9. He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., & Girshick, R. (2017). Mask r-cnn. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 2961-2969).



InSAR角反射器的應用及案例分享

關鍵詞(Keywords)：SAR(Synthetic Aperture Radar)、InSAR(Interferometry Synthetic Aperture Radar)、角反射器(Corner Reflector)、GIS(Geographic Information System)、國土安全監測平台(Homeland Safety Monitoring Platform)

- 台灣世曦工程顧問股份有限公司/地理空間資訊部/副理/黃子珉 (Huang, Tzu-Min) ❶
 台灣世曦工程顧問股份有限公司/地理空間資訊部/約聘工程師/張嘉哲 (Chang, Chia-Che) ❷
 台灣世曦工程顧問股份有限公司/大地工程部/副理/張嘉興 (Chang, Chia-Shin) ❸
 台灣世曦工程顧問股份有限公司/大地工程部/工程師/紀建宇 (Chi Chien-Yu) ❹
 國道高速公路局中區養護工程分局/大甲工務段/段長/饒書安 (Jao, Shu-Ann) ❺
 國立中央大學太空及遙測研究中心/副教授/曾國欣 (Tseng, Kuo-Hsin) ❻



摘要

台灣由於特殊的地理位置，颱風及地震等天然災害頻繁，面對各方面的威脅，主管機關對其公共設施在設計、建造與維護管理的過程中，無不將可能面臨災害的安全性作為重要考量。近年來遙測技術快速發展，合成孔徑雷達衛星(SAR)可提供地表微變監測，並具有全天時、全天候成像的優勢，幾乎不受晝夜、氣象等條件限制。隨著取像頻率與資料量增加，現階段發展出各類多時域雷達干涉技術(Multi Temporal InSAR, MT-InSAR)，採用多時期影像之雷達干涉合併處理方法，不僅可提供高密度面狀資訊，同時在高程方向可達公分級精度。其常見的方法包含：SBAS(Small Baseline Subset algorithm InSAR)、TCPInSAR(Temporarily Coherent Point InSAR)、PSInSAR(Persistent Scatterer InSAR)等。利用歐盟Sentinel-1雷達衛星影像、角反射器與PSInSAR方法，以遙測技術對工程結構與其周邊區域進行監測，除了確認結構體之變形狀態，亦能觀察周邊可能對其產生影響之地質敏感區，相關資訊能用作預警或供研擬對策之參考。最後以3處InSAR角反射器(Corner Reflector)試驗場域之案例，說明以反射器增加監測點位數量及應用之狀況。



Application and case sharing of InSAR corner reflector

Abstract

Due to Taiwan's special geographical location, typhoons and earthquakes and other natural disasters are frequently encountered. In face of threats in this regard, the competent unit take the safety of disasters as an important consideration in the process of design, construction and maintenance of their public facilities. In the past few years, remote sensing technology had been developed rapidly, Synthetic Aperture Radar (SAR) satellite plays a key role owing to its capability in detecting subtle surface changes and the advantages in all-weather and high-resolution observations. At the present day, Multi Temporal InSAR (MT-InSAR) is developed to provide high-density planar surface information and centimeter-level ranging accuracy. Some popular methods are, for example, SBAS (Small Baseline Subset algorithm InSAR), TCPInSAR (Temporarily Coherent Point InSAR), and PSInSAR (Persistent Scatterer InSAR).The EU Sentinel-1 radar satellite image, corner reflector and PSInSAR method is adapted to monitor the engineering structure and its surrounding area with new remote sensing technology. In addition to confirming the deformation state of the structure, it can also observe the surrounding geology that may affect it. In sensitive areas, relevant information can be used as early warning or reference materials for subsequent research and countermeasures. At the end of this article, three InSAR corner reflector test sites are used as examples to illustrate the use of reflectors to enhance the reflection intensity and application conditions.

3

專題報導

壹、前言

近年來各地天災頻繁，全球氣候與環境的改變使得降雨強度、分布與過去之特性相異，而台灣正好位於板塊邊界，造成活躍的造山與斷層活動，也使得地質相對破碎，而強降雨、地震、崩塌、地層下陷等問題持續考驗著建物、交通建設、橋梁、水壩等各項設施的安全性。因此，能夠針對結構體觀測之技術對於設施調整養護與改善的策略有相當的必要性與急迫性。合成孔徑雷達干涉(Interferometric Synthetic Aperture Radar，以下簡稱InSAR)技術起源於1990年代，此方法利用雷達波相位的資訊解算出地表微小的變形，經過二十年的發展後，目前已是普遍使用的大地測量工具。雷達波擁有優越的穿透性，比起可見光，雷達波更能輕易穿透雲霧煙塵的遮蔽，到達地表再反射至衛星感測器。另外，主動式微波訊號不受日照影響，在夜間亦能施測，而雷達測量以電波掃描，能快速提供整個面狀的地表資訊，是其他測量方法難以達到的。運用歐盟之Sentinel-1合成孔徑雷達影像如上述之雷達波特性一樣，具有全天時、全天候成像的優勢，幾乎不受晝夜、氣象等環境條件限制。InSAR現階段發展出多樣化的多時域雷達干涉技術(Multi Temporal InSAR, MT-InSAR)，不僅可提供高密度面狀的形變觀測，同時在衛星視角(line-

of-sight, LOS)方向測距亦可達公分級精度。其常見的處理技術包含：Small Baseline Subset algorithm InSAR (SBAS)、Temporarily Coherent Point InSAR (TCPIInSAR)、Persistent Scatterer InSAR (PSInSAR)等。

依據波長，衛星雷達波分為X波、C波、L波，不同波長適用於不同場域，如表1及圖1。

針對使用歐盟Sentinel-1之C波段雷達衛星，由於部分目標物可能對於雷達衛星訊號散射能力貧弱，難有效成相於影像中並進行形變量監測。為了解決此現象，運用角反射器特性以強化反射訊號，補足並精確InSAR監測。

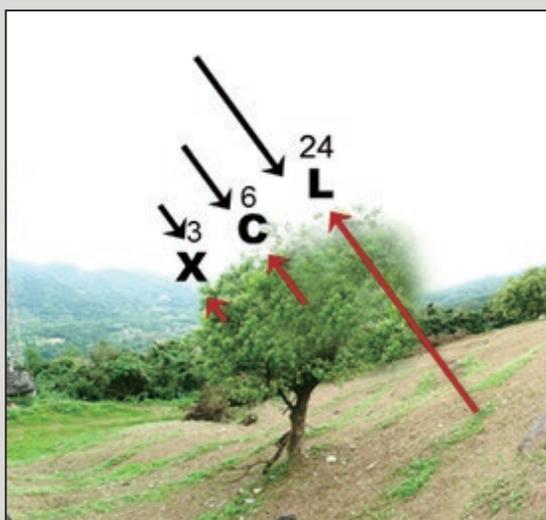


圖1 不同雷達波之穿透性示意圖

表1 雷達波長及其適用範圍

| 雷達波別 | X波段(3公分) | C波段(6公分) | L波段(24公分) |
|--------|---------------------|--------------------|----------------|
| 代表衛星 | TerraSAR-X (德+法) | Sentinel-1 (歐盟) | ALOS-2 (日本) |
| 適用範圍 | 平原區、構造物 | 平原區、裸露地 | 平原區、植被區 |
| 邊坡解析應用 | 較不合適 | 大面積出露之淺/深層崩塌 | 大面積之淺/深層崩塌 |

貳、世曦InSAR技術發展現況

一、全台PSInSAR變位資料庫

運用歐盟Sentinel-1降軌雷達影像解算，彙整成果至MS SQL Server資料庫，此一空間資料庫數據具有平面位向關係，及雷達視距方向之高程變化量，透過PSInSAR技術進行台灣大範圍之大地變位分析，可快速地由年均速率圖(圖2)判斷出具有較大變化量之地區。圖中綠

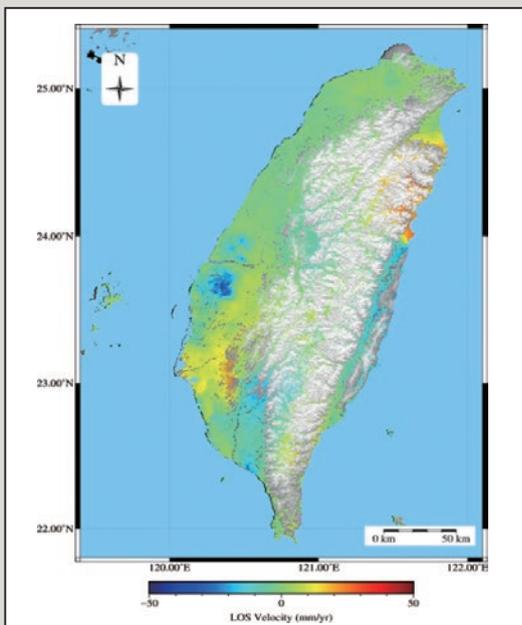


圖2 全台多時序的Sentinel-1降軌雷達年均速率圖

色區域為地表較為穩定區域，冷色區域為沉陷區，暖色區域為抬升區，變形的成因除常見的地層下陷與塊體運動，亦包括地震等事件型位移所殘留的地表變形。

目前資料庫內有5年期(2015-2019)、4.5年期(2015-2019/06)及4年期(2015-2019)垂直向(參考鄰近GPS站)等3類InSAR變位資料(圖3)，介接地質環境、雨量等圖資，可做為各級機關防減災之決策支援數據。

二、引用政府開放資料

由於雷達衛星原始資料所分析的地表變形為相對變化，在三維方向無明確的統一基準，容易造成分析困難與誤判，因此本系統同時納入GPS變化趨勢線(圖4)做為變形參考，採用中央研究院地球科學研究所，超過500個測站之歷年三軸變化量進行繪製(<http://gps.earth.sinica.edu.tw>)，藍色點位為原始每日數據，紅色線為移動平均擬合線，移動窗格 n 為查詢時間段內總天數/5取整，將每期加上前後各 $n/2$ 期的形變量取平均作為中間時間點之趨勢線數據，若移動窗格 n 大於30天，則統一設定31天，保持至少一個月一筆數據。



圖3 平台提供4-5年期全台InSAR變位資料庫

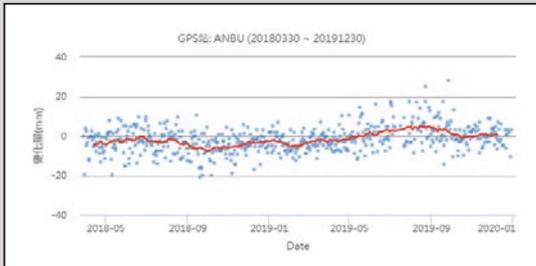


圖4 GPS高程趨勢圖(以台北ANBU站為例)

此外，利用氣象局地震及颱風資料比對模組(圖5)，根據查詢的時間擷取地震和颱風清單，點選日期即可導頁至中央氣象局網站查看詳細資訊(圖6)，便於使用者查看、比對與分析數據。未來也規劃介接氣象局水位及雨量等開放資料，提供InSAR變位監測更多之分析及評估資訊。

在地質資料模組部分，平台係根據查詢地點擷取地質鑽探資料，包含「地質調查計畫資料」、「簡易土層表」、「柱狀圖」(圖7)等，以瞭解地質環境。

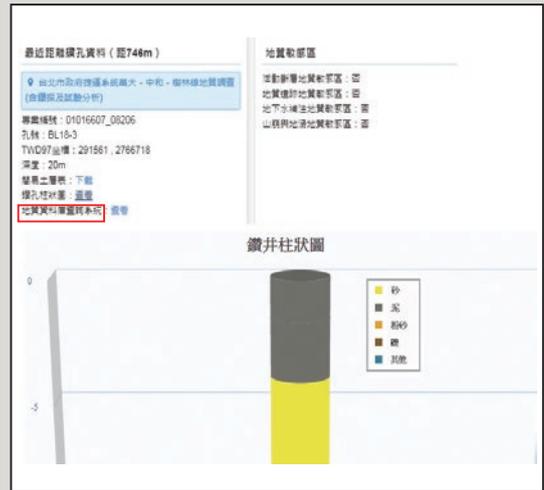


圖7 地質資料查詢介面



圖5 地震及颱風資料比對



圖6 氣象局官網詳細資訊(以地震為例)

三、GIS分析系統-國土安全監測平台

世曦已建立之「國土安全監測平台」，係整合及介接「InSAR監測數據」、「航遙測影像」、「Google街景」、「地調所地質資料倉儲」、「氣象局自然災害資料倉儲」、「中研院全台GPS站」等資訊。以空間大數據為核心(資料庫)及系統服務(專家模組)為架構，開發「InSAR形變趨勢線」、「InSAR形變剖面」、「地震及颱風資料比對」、「GPS高程變化趨勢線」、「現地街景查詢」等模組，結合介接資料可進行多面向數據比對，提供工程人員快捷套疊相關圖層及數值資料之查詢、分析及評估等功能。

InSAR形變趨勢線(圖8)為顯示該地歷年來每一期影像解算出來之累積形變量，淡藍色線為累積變化量、深藍色線為累積變化量擬合線，

化量下載為.csv檔，提供分析使用。

參、InSAR角反射器(Corner Reflector)

角反射器可應用於對雷達衛星訊號散射訊號較弱或不易被觀測之區域，如植被覆蓋之潛在滑動坡面、某些特定走向之橋梁等目標，設置角反射器後將可提供優良的反射訊號，產生穩定之訊號用以解算變形量。角反射器設置成本及維護較一般監測儀器簡易且經濟，角反射器於國外如澳洲等地皆已應用多時且成效良好，台灣世曦於2019年起於全台有多處與機關合作之試驗場域(如表2)，其成果陸續彙整至InSAR變位資料庫，以補充局部反射點訊號稍弱之區域。



圖8 InSAR形變趨勢線

該擬合線採用移動平均之方式抓取趨勢線，移動窗格為五期時間段，將每期加上前後各兩期的形變量取平均作為中間時間點之趨勢線數據。紅色實線為GPS之擬合線，此GPS擬合線置於InSAR形變趨勢圖上方便比較。綠色虛縱線為地震發生之日期，該數據同樣與「地震及颱風資料比對」內之篩選模式相同，綠色方框內之數字為地震代碼，移動至方框上會顯示基本地震參數，如：地震日期、規模、深度、點選點與震央距離、震央位置等，點擊方框會導頁至中央氣象局查看該地震更詳細之資訊。除了繪圖外，授權使用者亦可將此InSAR原始之累積變

表2 角反射器試驗場域統計表

| 位置 | 監測場域類型 | 數量 |
|-----|--------|----|
| 台北市 | 建物 | 2座 |
| | 橋梁 | 3座 |
| 新北市 | 邊坡 | 1座 |
| 苗栗縣 | 邊坡 | 1座 |
| 彰化縣 | 橋梁 | 1座 |
| 南投縣 | 邊坡 | 2座 |
| 嘉義縣 | 邊坡 | 4座 |
| 台南市 | 邊坡 | 1座 |
| 高雄市 | 邊坡 | 3座 |

角反射器由三片正交之金屬板構成，當入射波抵達角反射器時，入射波會在金屬角上產生折射，最後以平行它的來向反射回去(如圖9)，在感測器上產生很強的回波信號。

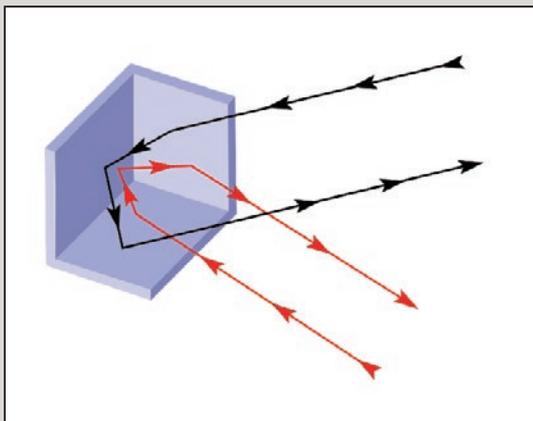


圖9 角反射器示意圖

茲為接收歐盟Sentinel-1之雷達衛星，並反射其雷達波而安裝之角反射器規格約為1米尺寸大小(圖10)，對準衛星掃描方位及仰角，將可

以完全反射Sentinel-1之雷達波。以下針對已安裝之案例，分別為台灣世曦大樓、國道3號之烏溪1號橋及台18線之五彎仔路段等場域，說明InSAR角反射器之成效。

肆、角反射器案例分享

經以合成孔徑雷達(SAR)進行形變監測，採用永久散射體差分干涉法(PSInSAR)技術進行解算，其核心概念是找尋地表具有穩定雷達波散射特性之地表特徵物。在多時序雷達影像中萃取相位變化穩定的永久散射體(PS點，圖11)，透過影像對之基線資訊，進行大氣及地形效應誤差校正，解算出時間段之地表平均變動量(Ferretti et al., 2000; Hooper et al., 2004)。

取得Sentinel-1衛星影像之計算成果為衛星視角(LOS)方向之變化量，可以看做是東西、南

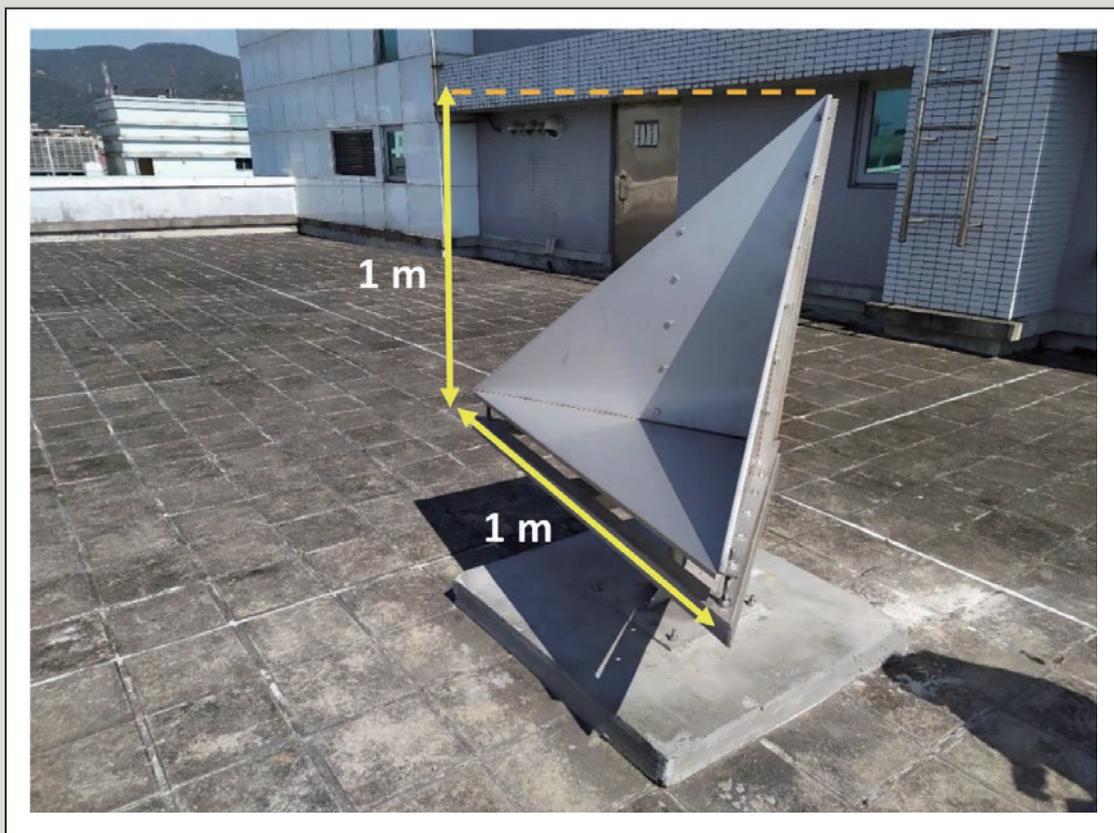


圖10 角反射器現況及尺寸(以台灣世曦大樓為例)

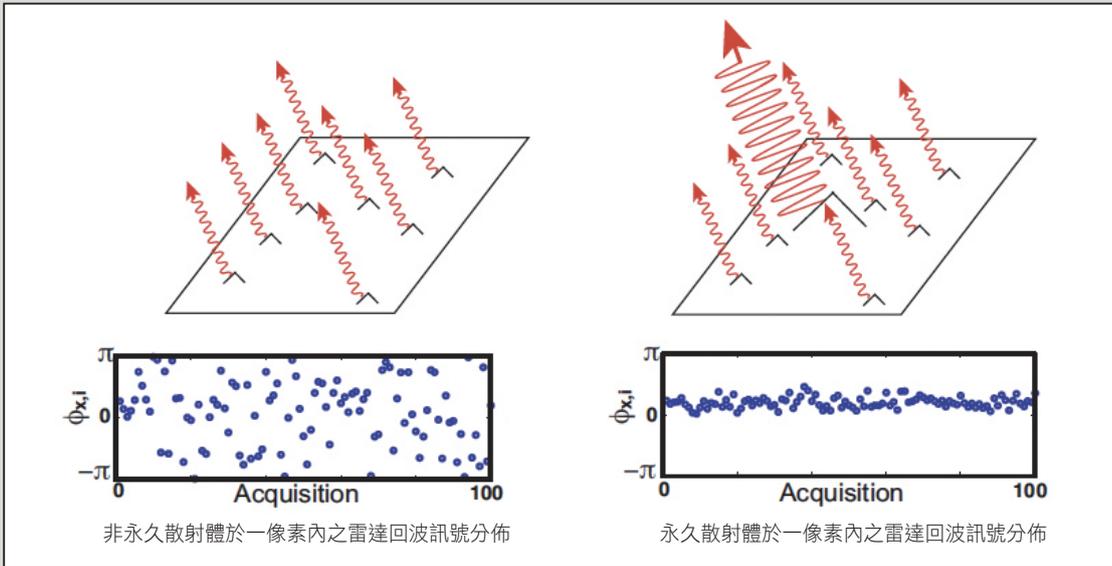


圖11 永久散射體雷達回波示意圖 (Hooper et al., 2004)

北及垂直這三維空間上的變形，綜合以衛星視角的一維方向呈現之觀測量。以軌道方向為昇軌(衛星由南向北飛行)為例，若其變化量為正值代表被觀測物向衛星靠近(地表向上抬昇或向西移動)；而變化量為負值代表被觀測物遠離衛星(地表向下沉陷或向東移動)，圖12為衛星視角方向示意圖。

一、台灣世曦大樓角反射器應用案例

台灣世曦大樓為最早開始利用角反射器做監測之測試場域，在2019/12/21於樓頂裝設大小為1米之角反射器，如圖10。

安裝完畢後，首次接收訊號時間為2019/12/31，由於本試驗場位於都會區內，周邊建築造成的雷達散射回波相當強，圖13為該角反射器訊號強度驗證成果，圖中以紅框標示出一個受到角反射器影響而強度增強的像素，強度由原本約0.6增加至2左右。

本案例變形量監測時間由2019/12/31至2020/08/15，共計20幅影像並利用PSInSAR技術進行解算。圖14標記處即為角反射器設置位

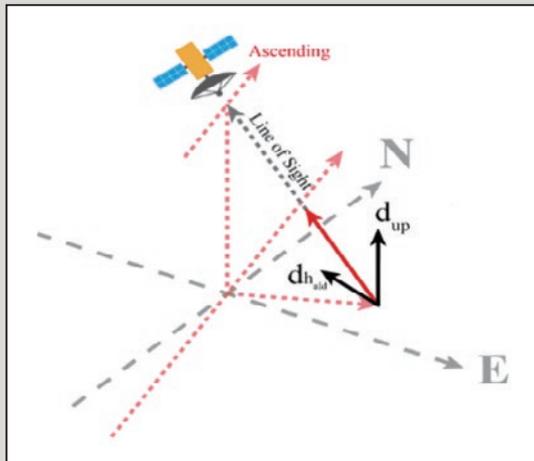


圖12 衛星視角方向(LOS)示意圖

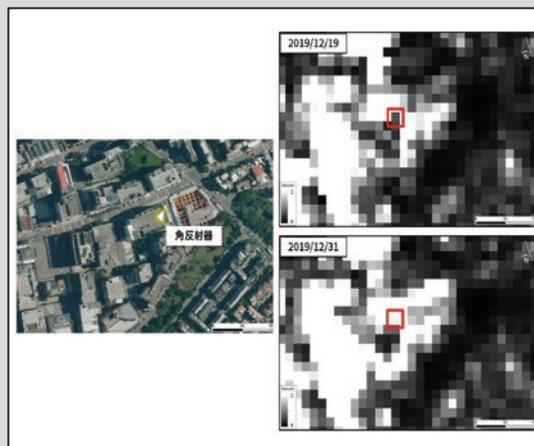


圖13 台灣世曦大樓角反射器訊號強度驗證成果

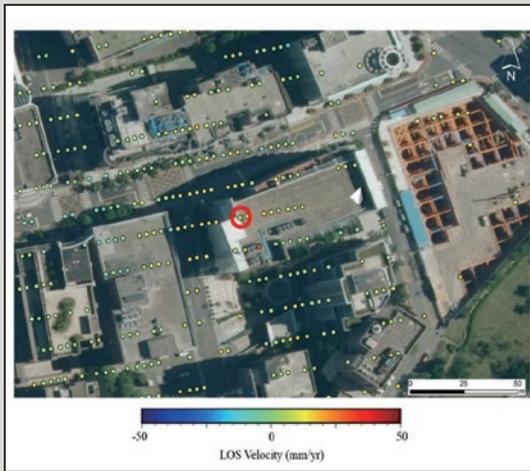


圖 14 台灣世曦大樓角反射器位置與PSInSAR成果

置，左側的紅圈為衛星資料經解算後代表角反射器的PS點位，資料顯示其在衛星視角方向之年均變化速率約為+4mm/yr，顯示變化不大。

另亦將該處各期衛星影像解算的累計形變量，繪製為時間序列如圖15，此時間序列以2019/12/31第1期影像做為初始值，往後各點之Y軸數值為相對初始值之累積變動量，可見到在各期影像中，其值變化量約在±5mm以內起伏，最後1期影像累積變動量約落在+7mm，時間序列整體顯示該點位略有抬昇或朝西移動之趨勢，惟其量值變化不大。

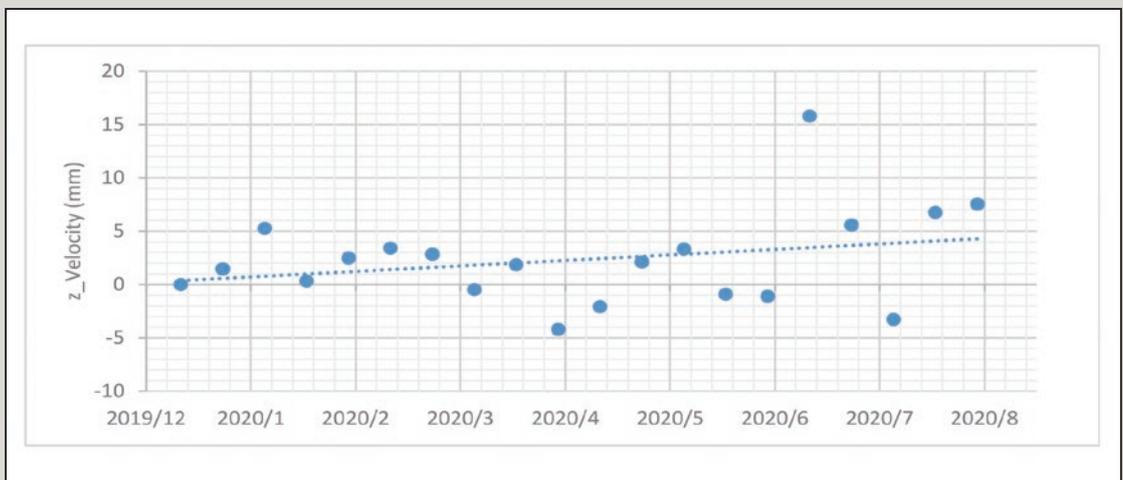


圖 15 台灣世曦大樓累積形變量時間序列

二、國道3號烏溪1號橋角反射器應用案例

烏溪1號橋為國道高速公路局中區養護工程分局大甲工務段所轄之橋梁，為全台首座安裝角反射器以InSAR技術監測之橋梁，高公局積極利用雷達衛星遙測新技術辦理監測作業，以更「高」的視角掌握國道重要設施狀況，增進用路人之行車安全。

烏溪1號橋之角反射器安裝於2020/03/26，於南下線之護欄外側裝設大小為1米之角反射器，如圖16。

安裝完成後，首次接收訊號時間為2020/04/05，圖17為烏溪1號橋角反射器驗證成果，圖中紅框範圍為角反射器訊號影響範圍，取其像素點進行強度分析，成果顯示訊號當日反射強度自0上升至約1.3左右，強度增幅符合預期，表示角反射器於該場域運作良好。

本案例監測時間由2020/04/05至2020/08/15，共計12幅影像並利用PSInSAR技術進行解算。圖18標記處即為角反射器設置位置，左側的紅圈為衛星資料經解算後代表角反射器的PS點位，資料顯示其在衛星視角方向之年均變化速率約為+4.7mm/yr，變化量不大。

另亦將該處各期衛星影像解算的累計形變量，繪製為時間序列如圖19，此時間序列以2020/04/05第1期影像做為初始值，往後各點之Y軸數值為相對初始值之累積變動量，可見到

在各期影像中，其值變化量約在±5mm以內起伏，最後1期影像累積變動量落回初始值附近，整體時間序列顯示該點無明顯移動現象。



圖16 烏溪1號橋角反射器

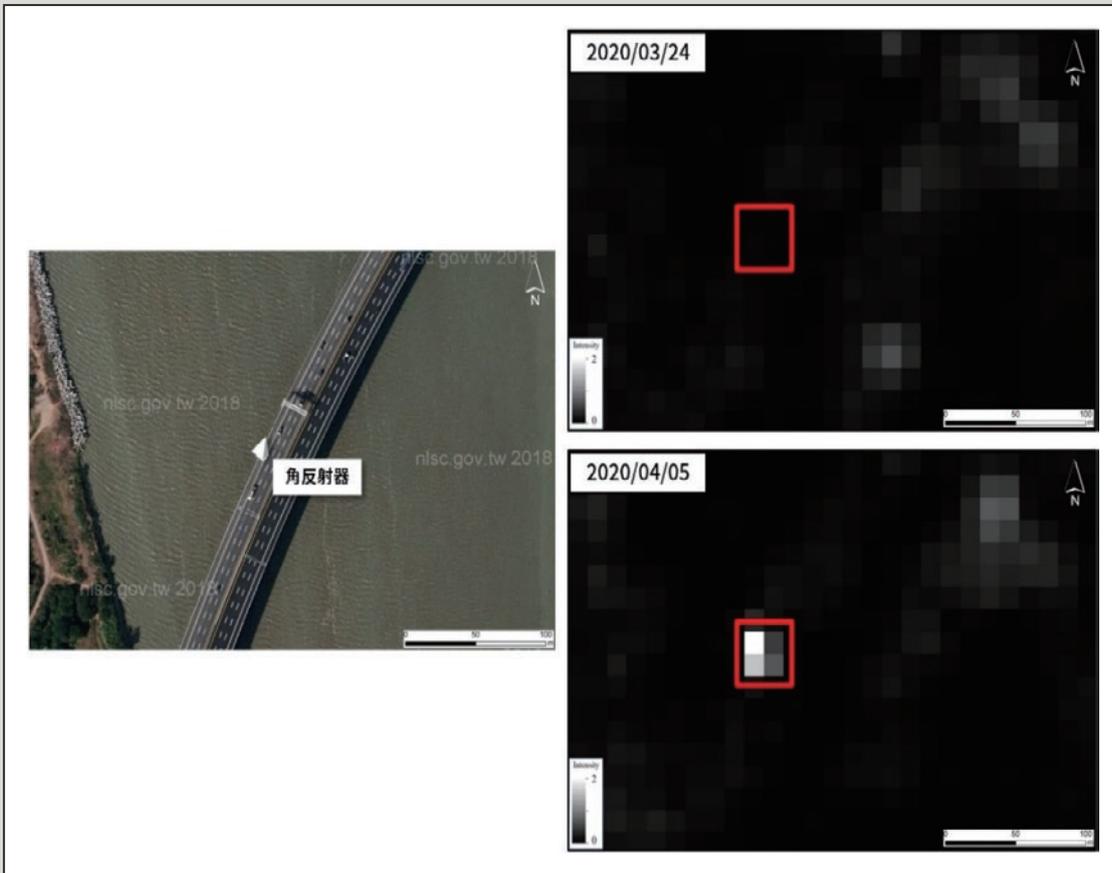


圖17 烏溪1號橋角反射器驗證成果

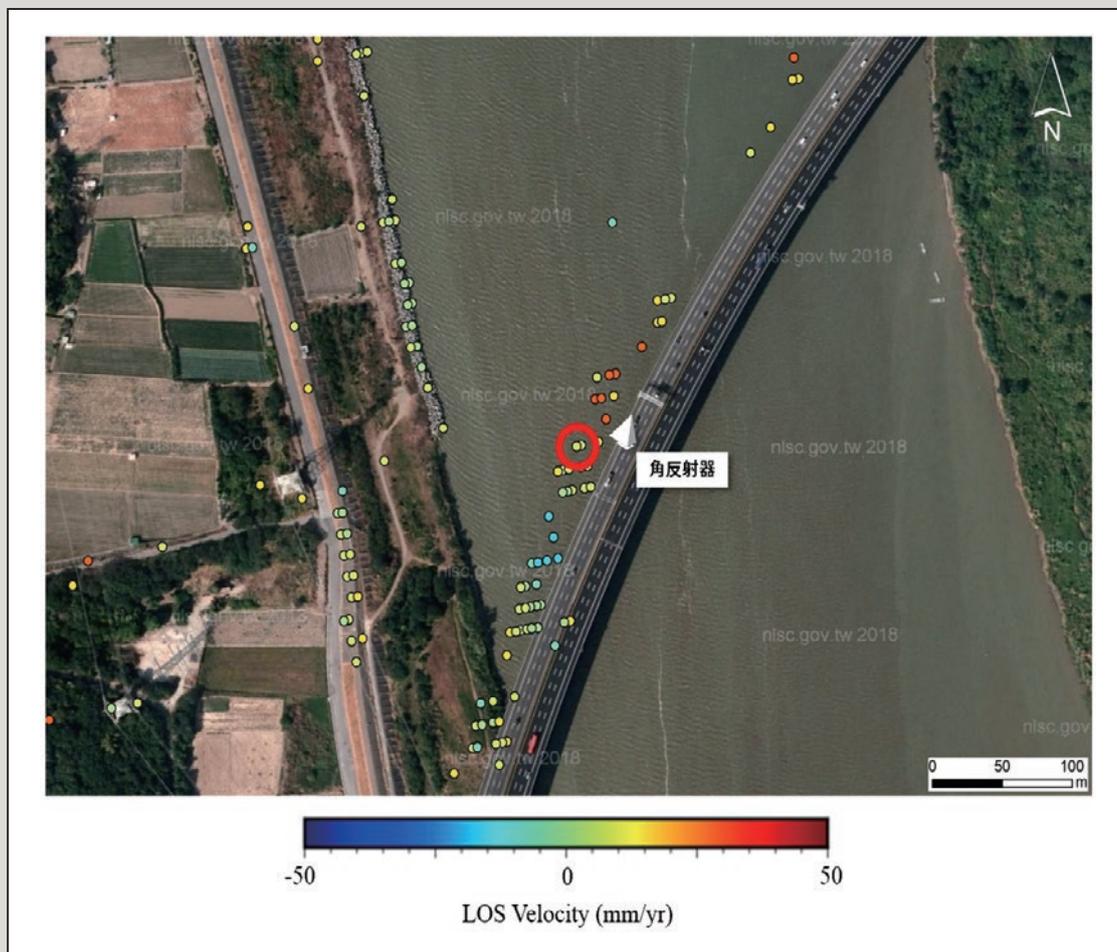


圖18 烏溪1號橋角反射器位置與PSInSAR成果

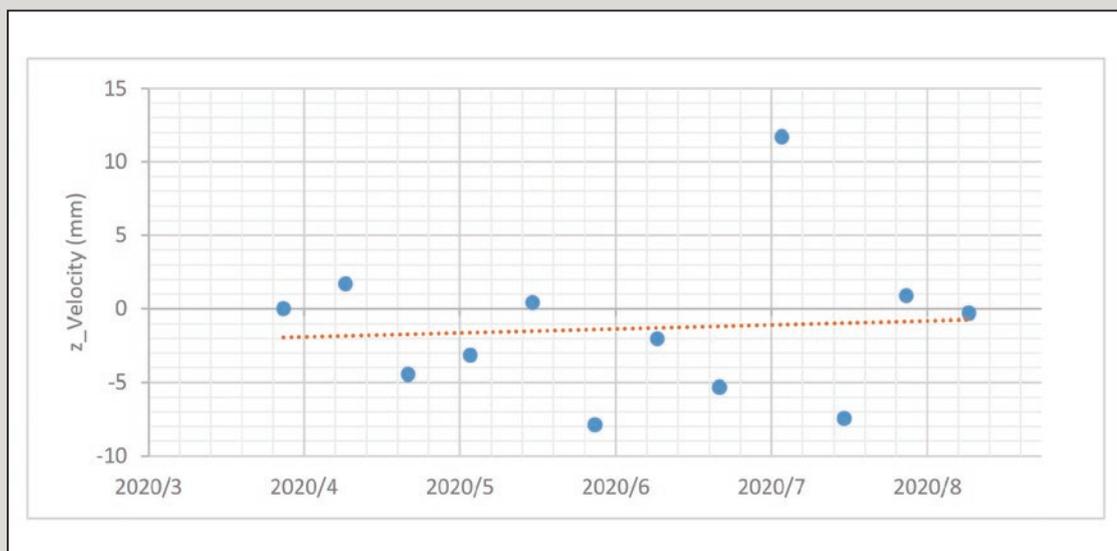


圖19 烏溪1號橋累積形變量時間序列

三、台18線之五彎仔路段角反射器應用案例

公路總局第5區養護工程處管轄之阿里山公路(台18線)，為嘉義至阿里山之主要聯絡道路，其中28k+900~31k+500五彎仔路段自1983年通車以來，每遇颱風豪雨侵襲，地層滑動、路面下陷情況迭有發生，雖屢次進行修復與邊坡整治，但未能有效改善地滑災害，最終在2003/06/26發生大型崩塌，造成路基滑失約150公尺而導致道路中斷。此路段之變動量雖在後續道路改線，及邊坡工程整治之作為下而有趨緩，但仍屬於易致災路段，亦為公路總局關注之重點路段。

為了能有效的對此路段邊坡進行監測作

業，於五彎仔路段崩場地範圍，設置四處角反射器(圖20)，並於2020/05期間完成安裝。安裝位置參考過去舊崩場地範圍，選擇1處不動之控制點及3處可能滑動點進行觀測，以期觀測成果可分辨邊坡滑動之行為。考慮此邊坡之坡向為向西，為了有更好之觀測效果，本路段採用降軌之Sentinel-1影像，因此角反射器之角度則為方位角100度。

由安裝角反射器後之影像觀察到反射強度有明顯的增強，二彎之反射強度由0.07增強為0.9，舊四彎之角反射器位置之強度則由原本之0.04增強為1.39(圖21)，雷達波反射強度皆有明顯之改善，後續將持續利用InSAR分析此處之邊坡變位量，作為評估邊坡穩定性之參考依據。



圖20 五彎仔角反射器安裝位置示意圖(底圖參考google map繪製)

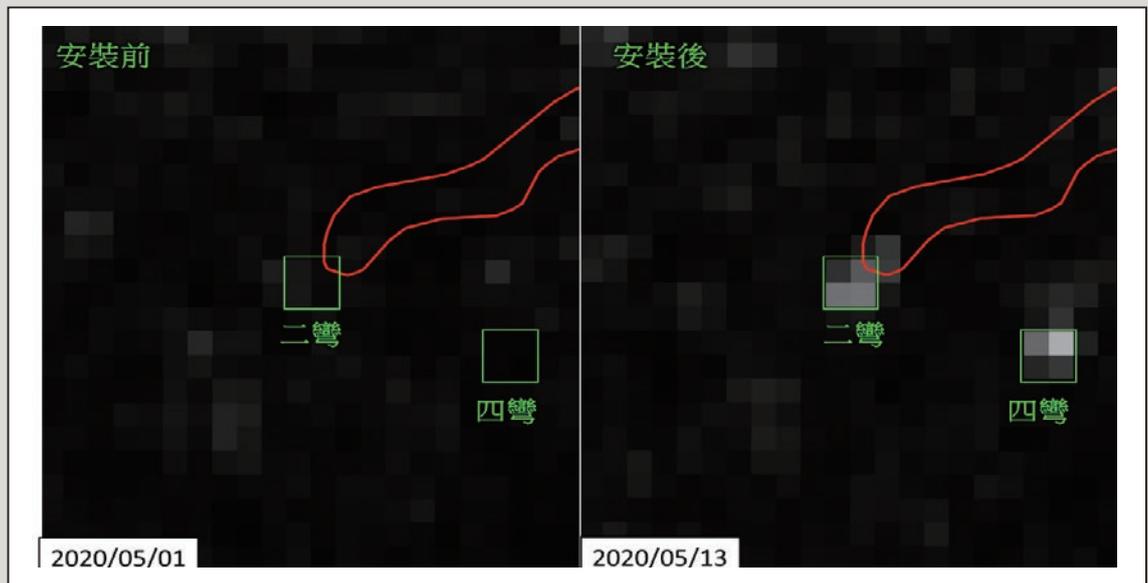


圖21 五彎仔角反射器安裝前後強度比較

伍、結語

在科技應用不斷創新的情況下，採用衛星雷達影像作為監測之方式，為近10年來國內產、官、學界不斷追求突破之技術，期望能獲得地表變位更全面資訊。台灣世曦亦於近年來投入大量經費及人力，研究開發及建立「國土安全監測平台」，整合及介接「InSAR監測數據」、「航遙測影像」、「Google街景」、「地調所地質資料倉儲」、「氣象局自然災害資料倉儲」、「中研院全台GPS站」等資訊，以供防災、避災及減災之應用參考。而其中又以InSAR監測數據趨近即時之監測資訊，為本平台最可作為監測全台地表變動之參考依據，不但可獲得地表之變動趨勢，更可獲得地表或結構體之量化資料。尤以近一年來InSAR結合角反射器之應用，已初步獲得良好之成效，未來衛星雷達影像資料期數愈多後，對結構體及崩塌地變動量之蒐集必能更趨於完整，進而對所產生之變位可獲得大量之解算資料及合理解釋，以提供相關單位進行必要之維護及整治參考，並達防減災及設施延壽之目的。

參考文獻

1. 徐若堯、張彥汝、簡留玄、戴于恒、曾國欣、黃子珉，「提升InSAR多時序地表變形監測資料品質與GIS平台建置」，中華技術，台灣世曦工程顧問股份有限公司，台北，2020
2. 林曜滄、宋裕祺、黃子珉、張廷榮、徐若堯、張彥汝，「國家級防災管理平台之開發與應用」，技師期刊，台北，2020
3. 郭隆晨（2018），CGPS連續觀測站解算結果。<http://gps.earth.sinica.edu.tw>。GPS Lab，中央研究院地球科學研究所，台灣台北。

4. Ferretti, A., Prati, C., & Rocca, F. (2000). Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 38(5), 2202-2212.

5. Hooper, A., Zebker, H., Segall, P., and Kampes, B. (2004), A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers, *Geophysical Research Letters*, 31(23), 611-615.



PMIS專案管理系統與新興科技整合應用

關鍵詞(Key Words)：專案管理系統(PMIS)、數位轉型(Digital transformation)、協同作業平台(Collaboration platform)、行動應用(Mobile Application)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／正工程師／柯婷玟 (Ke, TingWen) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／正工程師／陳玫蓁 (Chen, Meichen) ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／正工程師／羅挺洋 (Lo, TingYang) ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／BIM整合中心／副理／賴鈺蒨 (Lai, Yuhchiann) ❹

PMIS



摘要

新時代工程管理思維，需善用科技化工具，以迅速掌握施工資訊交換時效並展現執行績效，尤以受新型冠狀病毒疫情影響，零接觸作業已形成未來趨勢。傳統工程產業辦理技術服務業務，多仰賴面對面交談溝通或親臨現場掌握實況，而今更需學習如何克服時空阻隔，透過新興科技的整合應用，期以兼顧人員健康安全防護及工作效率，提升遠距工程管理效率。台灣世曦十數年來積極投入專案管理系統 (Project Management Information System, 簡稱PMIS) 研發工作，目標以不干擾工地現場作業習性為首要考量，以既有表報集中管理為核心，透過系統自動擷取、轉製及彙整產生不同層級所需工程管控資訊共享。進一步更結合行動裝置及通訊軟體之特性，開發查驗APP整合應用，以加速工地訊息回傳效率，進而提昇工務管理之便捷性及訊息傳遞之即時性。



Integrated application of PMIS project management system and emerging technologies

Abstract

In the new era of project management, It is necessary to make good use of technological tools to facilitate the grasp of construction information to improve efficiency and execution performance. Especially affected by the new coronavirus epidemic, zero-touch operations have become a future trend. In the past, the engineering industry handled engineering project management business, it mostly relied on face-to-face communication or on-site visits to grasp the actual project situation. Now it is even more necessary to learn how to overcome the barriers of time and space. Through the integration and application of emerging technologies, it is hoped that personnel health protection and work efficiency can be taken into consideration and the efficiency of remote project management can be exerted. CECI has engaged in the research and development of the Project Management Information System (PMIS) for more than fifteen years. With the goal of not interfering with the operation habits of the construction site, and for the purpose of centralized management of existing report information, the system automatically captures, transposes, and integrates the project management information required at different levels. It further integrates mobile devices and network communication tools to develop mobile applications for inspection APPs to accelerate the information return on the construction site, thereby enhancing the convenience of construction management and the real-time transmission of information.

3

專題報導

壹、建立跨域協同作業平台

PMIS資訊平台可協助管理人員即時掌握專案執行脈絡，提高專案資訊溝通、傳遞、彙整、運用及紀錄留存應用。台灣世曦進一步將PMIS與BIM協同作業平台整合於同一資訊架構，使用者能更輕鬆地在PMIS與BIM協作平台間無縫切換，讓團隊成員得以隨時/隨地/隨需存取BIM模型及關聯的文件檔案；將各項設計衝突的議題加以列管追蹤並快速分流處理，以利不同專案團隊彼此間能更有效率進行協作，確保計畫能如期如度地執行。

一、以文件共享開始的協同作業

工程自設計至施工各階段皆產出大量圖說文件，工程進行中亦須倚靠即時文件交換以促進溝通減少重工填報。近年來各大型計畫之推動紛紛引入國際團隊，便利各工作團隊間的橫向聯繫溝通亦為協同作業的重點，需建立資訊集中管理及同步化的環境，方便各參與成員單位皆能使用正確一致的更新資訊。因此，台灣世曦PMIS系統之協同作業應用即以促進文件共享為起點，提供成員依權責提交、分享成果資訊。PMIS輔助協同作業的應用機制如圖1所示，

其主要重點包括：

(一) 圖資調閱應用

行動通訊的發展使得協同作業環境不再受制於辦公處所，PMIS彙集的圖說亦可提供現場人員隨時調閱查用，使文件的應用發揮最大效益。台灣世曦自行開發一圖說調閱APP，結合PMIS雲端服務，針對授權開放調閱之文件進行查閱及調用。除可定位所在地點查詢週邊相關圖資，如檔案有更新版本亦將發送提醒，以利現場人員判斷是否同步取得更新檔案，避免過去現地人員須攜帶大量紙本文件及查閱不易的困擾。

(二) 續傳程式輔助

由於視覺化及3D化工具逐漸普及，圖說成果之檔案規模亦逐步攀升，不論是跨國間合作訊息的交換，或是異地資料備存，協同工作順暢與否都將受限於網路回應速度。台灣世曦為有效提升現地人員作業便利性，發展一續傳程式將資料同步傳輸至PMIS系統，以供分處各地人員可同



圖1 文件共享輔助應用機制

步上傳更新、下載協同作業所需之巨量檔案。

本項續傳程式主要以單機執行架構開發，沿用PMIS既有權限及認證機制，提供成員可同步本機或網路硬碟檔案。續傳程式設計之架構如圖2所示，採非同步多工檔案傳輸技術，將檔案切分為每2MB為最小單位進行傳輸，透過切檔使用多個執行緒和多個連接，將檔案下載使用者以平行方式使用所有硬體資源，允許在同一時間使用最小伺服器記憶體進行多個區塊的檔案的平行下載。換言之，透過建立簡單、多執行緒、平行、低記憶體使用量檔案下載

程式，可以將檔案分割成區塊，持續不間斷地於背景執行資料的上傳或下載，並允許使用者於下載失敗後重新啟動執行至傳輸完成。

二、訊息交換及工作管理進階應用

協同作業實際之執行非僅止於檔案交換，包含推動過程中協商會議的辦理、決議事項的落實、乃至溝通討論紀錄的追蹤，皆為跨團隊協同作業的重要歷程。台灣世曦以PMIS系統作為基底平台，搭配會議管理、待辦事項追蹤、設計審查溝通及界面整合議題管理等功能，進階達成協同作業平台完整化之構建。圖3即為台

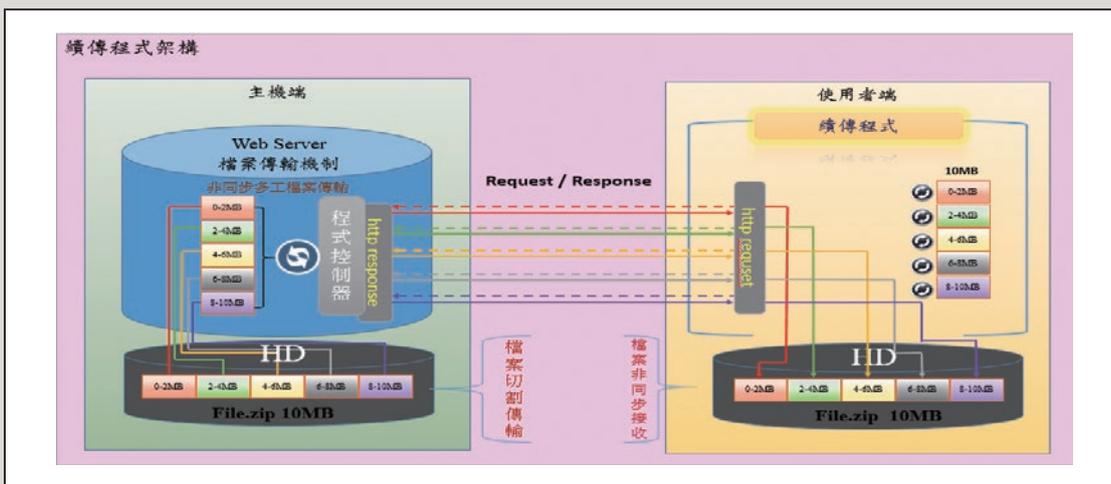


圖2 文件續傳架構設計



圖3 T3計畫協同作業平台運作畫面

灣世曦辦理桃園機場第三航站區(T3)新建計畫透過遠距會議的辦理、工作追蹤及BIM設計審查功能以進行協同作業之畫面，其系統運用重點包含：

- (一) 遠距會議管理：透過共同行事曆排定視訊會議議程，預先發送會議資料連結提醒上線討論，並於會後可追溯各重要紀事的辦理歷程。
- (二) 待辦提醒：依據會議結論及契約建立待辦追蹤及待協調事項，由系統稽催權責單位回報實際辦理情形，提供計畫管理人員追蹤各項任務之作業進程。
- (三) 審查控管：提供專案管理人員將契約執行過程中各階段計畫書及送審文件之預定期程追蹤管制及送審歷程作詳實紀錄及管控，針對BIM設計之成果結合

Navisworks API開發檢核工具，將議題視角的資訊同步至PMIS，方便續做模型位置之圖視調閱及議題之管理追蹤。

- (四) 界面整合：預先建立並管理各項工程銜接界面與相關設施間潛在影響界面之管控條件，持續紀錄界面議題之處理情形以確保各階段工作資訊無縫相互銜接。

延伸T3專案導入成功經驗，台灣世曦亦持續於勤美璞真台中綠園道住宅/酒店/教堂新建工程、第一果菜市場改建統包工程及捷運環狀線南北環段等計畫推動協同作業平台導入應用，建立協同作業標準應用機制，並於2020通過ISO 19650國際標準查證，是為國內首家通過ISO 19650查證的工程顧問公司(如圖4所示)。台灣世曦透過取得ISO 19650證書與國際接軌，成為國際工程合格供應鏈之一環，更進一步發揮BIM應用價值，共同推動營建產業升級。

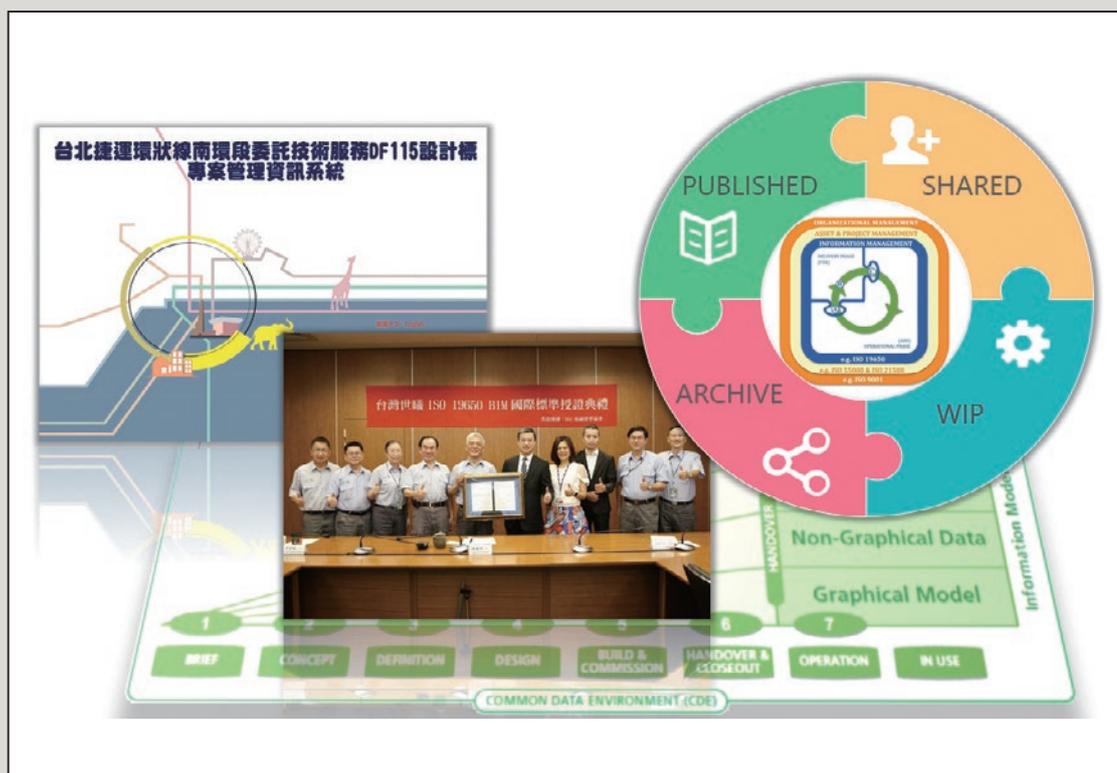


圖4 台灣世曦為國內首家通過ISO 19650認證之工程顧問公司

貳、結合行動裝置發展隨身查報

除了提供管理系統應用服務，台灣世曦亦持續以PMIS作為資料供輸匯集樞紐，結合網路雲端服務與新興科技應用，研發各式APP進以輔助現場人員發揮更佳的協作與行動力。

一、運用Cordova開發跨行動裝置通用的App

台灣世曦多年持續投入APP行動化應用的發展，過往運用Object C、Swift等語言發展iOS作業系統之原生APP，多受限於無法跨平台而維護不易。後則另尋跨平台之解決方案，運用Apache Cordova的行動開發框架，使用標準的網頁技術如HTML5、CSS和JavaScript進行跨平臺開發，其特性即可提供應用程式可針對不同平臺重新封裝執行，圖5即為其應用程式執行架構。

由圖5可知Web App層將可提供以網頁的形式撰寫，透過WebView層用來呈現使用者介面。而台灣世曦即使用Jquery Mobile的框架來製作響應式APP，並運用Plugins機制，在JavaScript程式碼中呼叫各平臺原生功能。Cordova專案已經包含一些核心的plugin，如台灣世曦現地監造同仁常用的功能如：相機、相片簿、GPS function，便利開發人員不用撰寫原生程式即可操作手機達成所需顯示的功能。

此解決方案優點在於程式開發人員學習Cordova架構的學習曲線遠低於學習原生語言，只需學習一個架構就可完成iOS及Android兩者平台APP的撰寫，程式撰寫時間的節省等同成本上的節省，對於功能複雜度不高的工程應用APP來說是非常適當的解決方案。

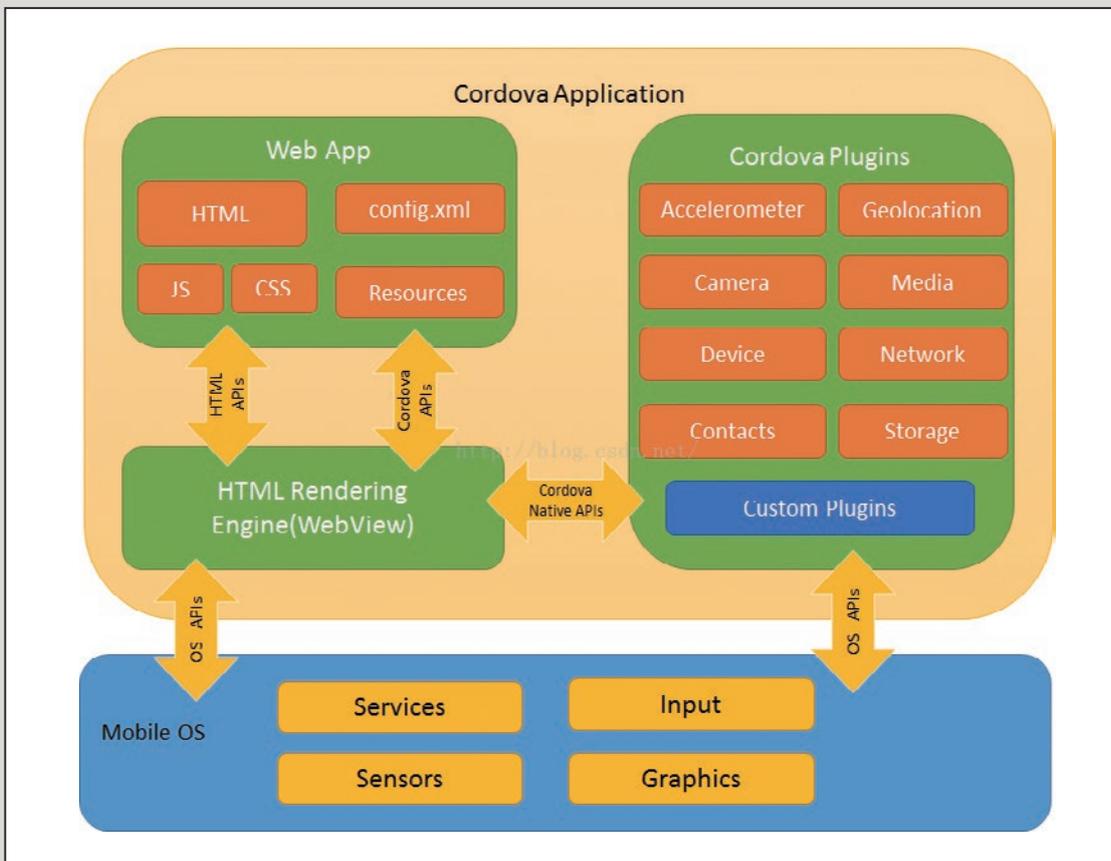


圖5 Cordova架構圖

(資料來源: <https://cordova.apache.org/docs/en/9.x/guide/overview/index.html>)

二、貼近實務工作應用

台灣世曦PMIS系統應用程式服務的開發多以現地實務為出發點進行推展，構思如何提供更便捷的工具協助減輕現場人員的負擔，進以蒐集更完整的管理資訊，是為系統發展的主要目標。圖6所示即為PMIS APP推展的各個主要面向。

(一) 工作日誌進度填寫

台灣世曦自105年起協助台北、新北、宜蘭、台南及台中等縣市辦理土壤液化潛勢調查，鑽探作業日程緊迫且數量繁多，為快速回報鑽掘工作現況，透過整合即時影像檢視介面，搭配自行開發之行動APP提供現場快速填寫鑽掘進尺並拍攝相片上傳，整合各鑽孔位置地理資訊呈現，提供管理人員有效掌握鑽探工作推動進度。

(二) 勞工安全告知警示

有鑒於工地安全日益受到重視，除透過經驗傳承方式進行危害告知提醒，台灣世曦內部亦彙整多年經驗轉製一監造手冊，具體列出各項工程應注意之作業細節及高風險事項，以利新進同仁查閱參考。PMIS行動應用之發展則針對廠商提報預定辦理高風險工作日程，紀錄計畫行事曆進行待辦提醒，並提供現場監造同仁透過手機即時查閱監造手冊中提示該項高風險工作相關應注意事項。同仁於現場監造執行時，亦可啟動錄影模式紀錄辦理情形，並即時回傳PMIS備存。

(三) 品質查核改善紀錄

為符合機關查核文件要求，監造現場查驗不合格項目，須由廠商改善後拍攝照片，並於內業製作改善前中後紀錄納入月報。PMIS品質查核APP之研發即以便利操作為原則，將改善前中後應備資訊納入介面設計開發，並結合監造與廠商接續辦理



圖6 PMIS結合行動裝置APP應用

流程，以達運用本項APP即可完成現場查核及改善紀錄同步製作，減少重複文書作業之辦理。

參、運用即時通訊軟體蒐集資料

行動通訊的蓬勃發展改變了人與人之間通訊機制，對於工程管理團隊更因此面臨多方訊息管理之挑戰。近年來即時通訊軟體的便利性 & 快速傳達，造就機關習慣運用通訊軟體蒐集

資訊或發佈工作訊息，對於現場人員而言，除即時回應指示事項，有效管理並紀錄歷程資訊亦為PMIS系統發展之重要需求，甚或透過蒐集資訊做為未來延伸虛擬顧問服務分析應用之基礎，如圖7所示，目前PMIS與即時通訊軟體的結合管理，是為歷程記錄的重要利器。

一、通訊軟體開放介接模式

台灣世曦研發之即時通訊軟體整合應用主要為介接LINE Messaging API，讓工作群組的訊

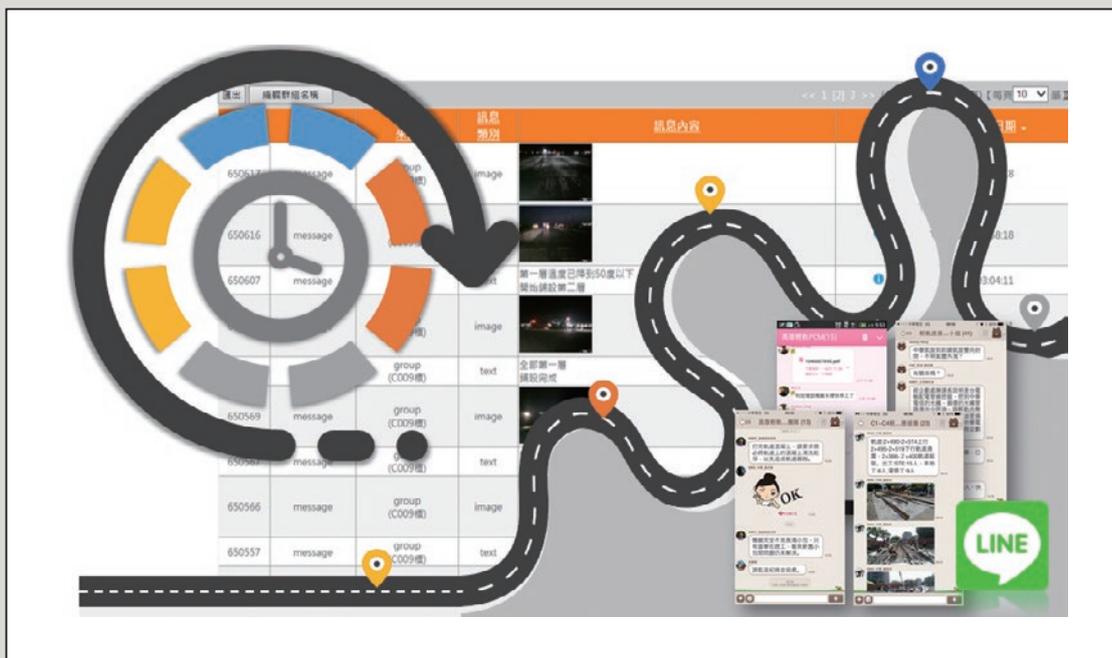


圖7 PMIS結合即時通訊軟體掌握訊息



圖8 LINE Messaging API應用（取自LINE Developers網站）

表1 LINE Messaging API服務（參考自LINE Developers網站）

| Messaging API | 說明 |
|---|--------------|
| https://api.line.me/v2/bot/message/push | 發送訊息給使用者或群組 |
| https://api.line.me/v2/bot/message/reply | 回覆訊息 |
| https://api-data.line.me/v2/bot/message/{messageId}/content | 取得訊息內容 |
| https://api.line.me/v2/bot/profile/{userId} | 取得使用者基本資料 |
| https://api.line.me/v2/bot/group/{groupId}/summary | 取得群組基本資料 |
| https://api.line.me/v2/bot/followers/ids | 取得加機器人為好友的帳號 |

表2 LINE Messaging API事件（參考自LINE Developers網站）

| Messaging API 事件 | 說明 |
|--------------------|----------------------|
| Follow event | 加機器人好友觸發事件 |
| Unfollow event | 解除機器人好友觸發事件 |
| Join event | 機器人加入群組或聊天室觸發事件 |
| Leave event | 機器人離開群組或聊天室觸發事件 |
| Member join event | 使用者加入機器人所在群組或聊天室觸發事件 |
| Member Leave event | 使用者離開機器人所在群組或聊天室觸發事件 |

息可於PMIS系統及LINE Platform之間傳遞。先使用LINE提供的加密金鑰驗證訊息來源，再呼叫Messaging API服務解析訊息傳送人員基本資料與內容文字或檔案，將結果紀錄於PMIS系統中供使用者查詢彙整。圖8所示即為LINE應用官方網站所提供之架構圖示，參用之API規格則參考表1及表2之說明，透過軟體已發展成熟之接口服務，即可快速並有效的蒐存群組對話或檔案資訊。

二、獨創通訊紀錄應用功能

多數廠商發展即時通訊軟體之應用皆著重於商業訊息的發送，及與使用者間的互動。業界因應訊息快速傳遞之需求，多數工程主管機關亦習慣運用通訊軟體進行訊息之交換及現況資訊之同步。台灣世曦評估通訊軟體對應工程管理之應用並非如前述情境以與系統互動為主，訊息紀錄之留存及應用始為其關切之重

點。故相關應用即針對專案群組紀錄的有效蒐存進行研發，甚或透過智慧化歸檔機制，提供現場應用通訊軟體傳送相片或檔案給群組單位之同時，即可同步收存至PMIS系統中無須重複作業，此項功能亦為工地現場帶來有效且貼合需求之獨創應用效益。

結語、跨域整合共創嶄新應用

數位轉型已成為各類型產業積極推動之重點趨勢，經由內部觀念的轉化、資源的重新調配及組織的調整改變了管理流程，進而完成產業轉型之預備作業。PMIS導入起始階段亦以完成試點計畫為目標，藉由應用試驗場域及培養種子人員，建立成功範例以延伸其他計畫應用。透過與工程主管或主辦機關共同研討蒐集建議，下一階段則以整合式資訊呈現為目標，透過提供圖型化及警示燈號之易讀介面，搭配

空間資訊及現地照片影像提供遠端管理人員快速掌握現地狀況，圖9即為台灣世曦整合戰情室呈現圖型化管理資訊之應用。

隨基礎環境建置漸次成熟後下一步推展之面向，則將由內部資訊再利用延伸至跨域合作，透過整合不同產業之發展創造新的延伸效益。台灣世曦整合空間資訊、災害預防平台，運用PMIS資訊通報之基礎，發展災情勘查通報

運用。圖10即為PMIS整合災害通報應用之畫面，透過即時訊息交換做為資料快速蒐集的平台，並運用累積的歷史資訊做為後續知識管理運用之參考。另一方面，導入試點計畫之類型也由工程專案管理推展至中小型廠商內部工作管理，台灣世曦嘗試與廠商共同討論將公司治理作業視為特殊專案應用，透過組織建立及權限授予，提供公司團隊協同作業之共通平台，也為PMIS的應用建立新的商業拓展模式。



圖9 PMIS整合戰情室機制延伸應用



圖10 災害通報訊息整合應用

營建管理的數位創新應用——以勤美之森開發計畫為例

關鍵詞(Keywords)：營建管理(Construction Management)、專案管理系統(Project Management Information System, PMIS)、建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)、無人機(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)、迷你攝影機(mini cam)、即時監測(Real-Time monitoring)

台灣世曦工程顧問股份有限公司／中區辦事處／協理／鄧建華 (Teng, Chien-Hua) ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／中區辦事處／計畫經理／陳協良 (Chen, Hsieh-Liang) ❷

- 01. 結案報告
- 02. 組織表
- 03. 使用人員注意事項
- 04. 規劃設計

- 01. 契約管理
- 02. 專案成員通訊錄
- 03. 綱要綱圖
- 04. 會議紀錄
- 05. 專案簡報
- 06. 資料交換

摘要

臺中市已躍昇全台第二大都會人口區，預期未來將產生住宅、商業及遊憩需求，因此勤美集團計畫於臺中市西區推動住宅建築開發並引進國際知名洲際飯店(InterContinental)，同時於基地內興建教堂及藝術館各一座。

基地位於串聯臺中科博館生活圈及美術館生活圈之草悟道精華地區，開發後除可滿足住宅空間、提供優質住宅環境，同時可提升本區生活機能、活化地區都市形象，並提供臺中市民一處開放綠地及藝術空間。

由於大型開發計畫團隊成員組成複雜、涉及專業眾多、會議密集，因此專案管理效率至關重要，將直接影響計畫成敗。

本文係以「勤美之森」開發計畫為例，說明數位創新工具於營建管理之應用目的暨其效益。



The study of Digital Innovation Application via Construction Management-The Case of Taichung City

Abstract

Taichung City has risen to the second most populous metropolitan area in Taiwan, and is expected to generate residential, commercial and recreational demand in the future. Therefore, CMP Group plans to promote the development of residential buildings in Taichung West District and introduce the internationally renowned InterContinental Hotel (InterContinental). One church and one art gallery are built in the base at the same time.

The base is located in the essence of Calligraphy Greenway, which connects the life circle of Taichung Science Museum and the life circle of art museum. After development, it can not only satisfy residential space and provide high-quality residential environment, but also improve the living functions of the district, revitalize the urban image of the area, and provide Taichung citizens an open Green space and art space.

Due to the complex membership, numerous majors, and intensive meetings of large project, the efficiency of project management is very important and will directly affect the success of the plan.

This paper uses a case of "CMP Midtown" to discuss the purpose and benefits of digital innovation tools in construction management.

3

專題報導

壹、計畫概述

一、基地位置

基地位於台中市西區草悟道精華地段(圖1)，北臨10M明義街、東臨10M公益路155巷、西臨10M館前路、南側則以6M巷道與勤美誠品相隔(圖2)。

二、團隊組織：

- (一) 業主：勤美股份有限公司/璞真建設股份有限公司
- (二) 專案管理(PCM)：台灣世曦工程顧問股份有限公司
- (三) 建築師：
 1. 李祖原聯合建築師事務所(台灣)



圖1 開發計畫基地位置圖



圖2 開發計畫基地平面配置圖

- 2. 隈研吾建築都市設計事務所(日本)
- 3. HANDEL ARCHITECTS(美國)

(四) 土建廠商：大陸工程股份有限公司

(五) 專業顧問群：



- (3) 藝術館棟/地上一層/地下一層
- 3. 總樓地板面積：78,776.87m²

(二) B 基地：

- 1. 基地面積：4,263m²
- 2. 建築用途/樓層數：

三、計畫開發概要

本計畫因建照區分A基地、B基地(圖2)，開發規模概要如下：

(一) A 基地：

- 1. 基地面積：8,624m²
- 2. 建築用途/樓層數：
- (1)住宅(A棟)/地上35層/地下5層
- (2)住宅(B棟)/地上32層/地下5層

- (1)酒店棟/地上18層/地下5層
- (2)教堂棟/地上1層/地下1層
- 3. 總樓地板面積：42,283.37m²

貳、營建管理數位化執行情形

本計畫業主於台中市西區精華地帶投資超過新台幣100億元開發「勤美之森」，基地內除



圖3 開發計畫透視圖(西向)

35層及32層超高層豪宅建築外，另將興建18層樓高之洲際酒店(InterContinental)一棟、17.8M高造型教堂一棟。此外，為承襲基地舊址之勤美術館文化傳承，亦同時規劃設置3D綠屋頂藝術館一棟(圖3)。

由前述概要顯示，「勤美之森」除投資金額龐大外，基地內同時具有用途屬性相異之大型建築數棟，係屬國內罕見之大型複合式開發計畫。此外，由於開發計畫涉及各類專業(飯店、室內設計、結構、機電、景觀、消防…)，故團隊除來自台、美、日3家知名聯合建築師事

務所，業主另委託多達20家以上之專業公司組成顧問群，因此，擔任本案專案管理(PCM)角色之台灣世曦如何適時管理、轉發同時應付來自業主、建築師及專業顧問群之龐大專案資訊量，將直接影響團隊效率暨專案成效甚鉅。茲將本案營建管理數位化執行情形分述如後。

一、建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)：

建築資訊模型(Building Information Modeling)係以建築工程專案各項相關資訊資料

表1 台灣世曦辦理本案BIM工作階段發展目標及主要工作內容

| 階段劃分 | 階段發展目標 |
|----------------------|--|
| 設計前置作業 | <ul style="list-style-type: none"> ◆針對專案特性及需求制訂BIM工作執行內容及相關準則，以利後續BIM執行發揮預期效益。 ◆主要工作內容：擬定BIM執行計畫書。 |
| 細部設計階段 | <ul style="list-style-type: none"> ◆通過細部設計BIM模型之建置及應用分析，協助設計單位發展工程技术可行及符合預算目標之設計方案。 ◆主要工作內容：檢核建築、結構、空調、給排水、電氣、消防…等各專業之設計界面衝突。 |
| 招標發包階段 | <ul style="list-style-type: none"> ◆依據專案特性、時程及業主需求擬定招標文件，協助業主選擇優質廠商。 ◆主要工作內容：訪談業主維管需求、制定招標文件、審查廠商BIM執行規劃內容。 |
| 施工階段 (BIM專管及監理作業) | <ul style="list-style-type: none"> ◆督導承包商為施工營造方法及順序、工程預算、設備及構件之安放與組裝，供料動員預警…等，提供完整模型及圖說依據，並再次確認工程項目設計之合理性暨施工實施可行性。 ◆主要工作內容：督導承包商根據核准之設計方案編製可供施工及安裝依據之設計文件，施作前解決各專業工程界面衝突，協助統籌調度、監控施工現場人、機、料…等資源。 |
| 驗收移交階段 | <ul style="list-style-type: none"> ◆驗收承包商模型成果，並將模型導入BIM設施維護管理系統。 ◆主要工作內容：根據設計釋疑、監造查驗紀錄及設備送審型錄…等文件查驗竣工模型，確認模型內設備資料文件關聯，督導承包商將竣工模型轉換為維運管理模型，再將模型導入設施維護管理系統。 |

作為模型基礎，進行建築模型之建立，通過數位資訊模擬類比建築物所具有之真實資訊，其具有視覺化、協調性、模擬性、優化性及可出圖性等五大特點。

設計階段透過3D模型之建置，可依據模型檢核設計中之錯誤、不合理處或各專業介面之衝突產出檢討報告或所需資訊予設計單位進行施工前除錯、界面協調暨整合，以減少營造施工落差及錯誤，避免延宕工期，降低非必要之營建成本。本計畫業主委託台灣世曦BIM中心協助辦理設計階段之BIM工作，主要階段工作發展

目標暨工作內容如表1所示。

經本公司於設計階段分四階段(期初、期中、期末一、期末二)建置BIM模型(圖4)共發現酒店B1機車道入口淨高不足、酒店5F景觀露台降板與結構桁架衝突、住宅廁所馬桶坐梁、住宅機車道與空調設備衝突、教堂風管與樓梯衝突、藝術館排煙路徑與樓梯衝突...等各類衝突/圖疑計471處(土建部分佔207件、機電部分佔264件，表2)，經召開會議研商、追蹤後，均已於施工前獲得設計單位改正。

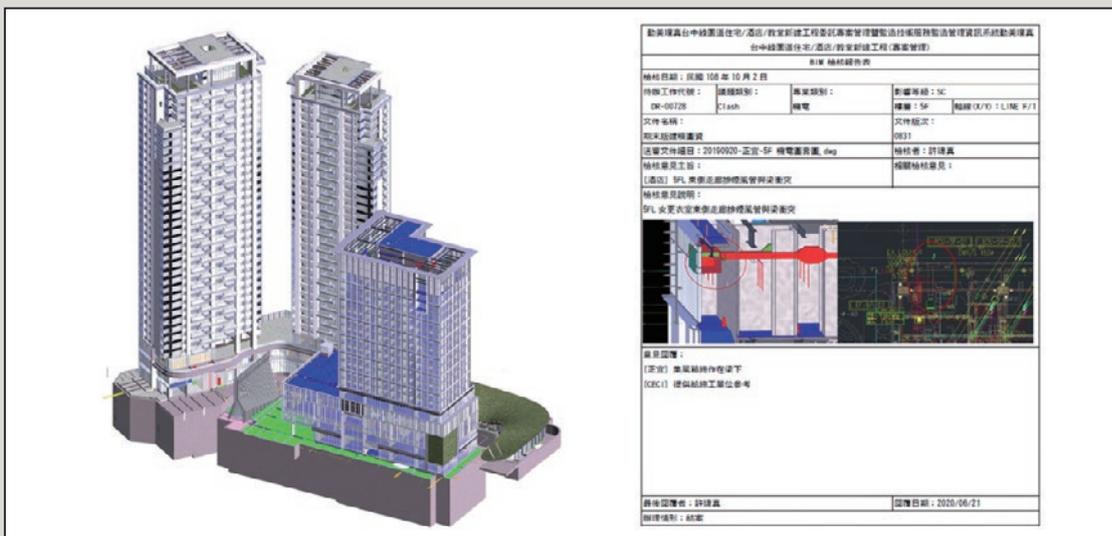


圖4 設計階段BIM模型及結案衝突報告

表2 設計階段BIM衝突/圖疑數量統計一覽表

| 區域 | 衝突/圖疑 | 土建 | 機電 |
|-------|-------|-----|-----|
| 住宅棟 | 241 | 99 | 142 |
| 藝術館 | 39 | 31 | 8 |
| 酒店棟 | 182 | 72 | 110 |
| 教堂棟 | 9 | 5 | 4 |
| TOTAL | 471 | 471 | |

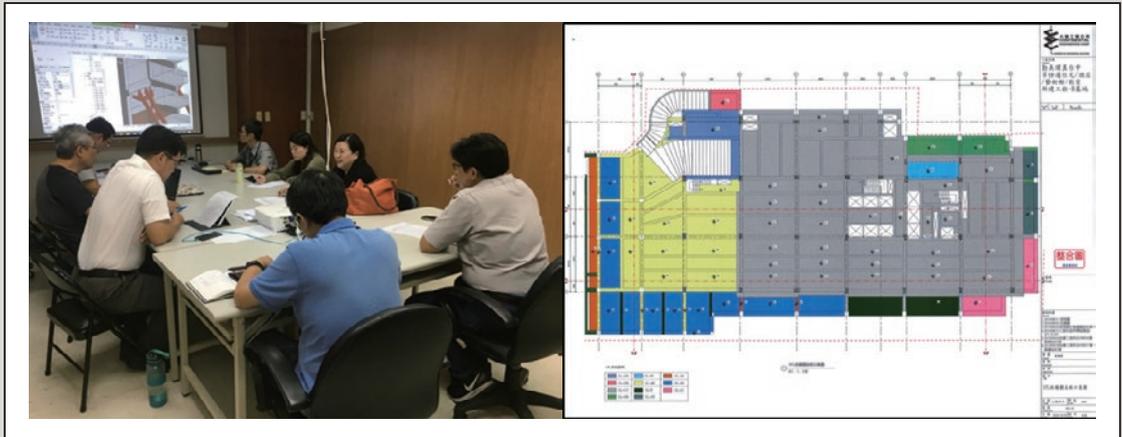


圖5 施工階段BIM衝突檢討及整合施工圖產出

施工階段則由監造單位責成施工廠商於“施工前”建立數位化建築/機電模型進行施工进度優化或施工方法之模擬、產出衝突檢討報告、召開會議研商對策(圖5)、修正施工模型、產出施工圖(圖5)據以施工，持續發揮BIM視覺化、模擬化等優點，減少施工錯誤或工期損失情形發生機率。

二、專案管理系統(Project Management Information System, PMIS)：

台灣世曦為國內大型工程顧問公司，每年執行工程專案超過百餘件，因此提升專案管理效率一直是台灣世曦關心且持續精進之發展目標，台灣世曦十數年來積極投入專案管理系統(Project Management Information System, PMIS)之開發，現已全面推動至各工程計畫全生命週期之專案管理。

PMIS系統最早係用於施工階段之會議/行事曆管理、稽催警示提醒、待辦事項追蹤、計畫書送審、工程進度彙整、計畫圖文管理等工作，用以輔助傳統以人、書面報表為主之工地管理，而隨著近年來數位產品大量開發及人們對於資訊數位化之渴求，PMIS系統功能亦隨之擴張(PMIS 2.0)，並逐漸運用至如「勤美之森」及「桃園機場第三航廈興建計畫」等大型專案

之規劃設計階段使用。

台灣世曦自行開發PMIS系統多年來已推展至司內所有工地專案，相關應用模組已有多篇期刊/文章介紹，不再贅述，以下將舉部分PMIS系統模組於「勤美之森」專案規劃設計階段之使用對於專案管理團隊，乃至業主、建築師/專業顧問群之助益說明。

(一) 會議管理：

大型專案涉及專業項目廣，界面整合及協調工作往往十分繁雜，「勤美之森」自2017年6月執行三年以來已召開各式會議超過千餘場，扣除假日外，平均每日均有數場會議舉行，而每場會議參與單位及人員迥異，因此需要藉助系統輔助管理會議。

1. 會議召開前/後：

(1)PCM主動/業主指示/設計單位請求召開會議時，可至系統新增事件(圖6)

(2)填入會議”主題”、”起訖時間”、”提醒天數”、”相關單位”、”出席人員”、”會議地點”等，並可於該事件/會議頁面附掛會議資料，以上傳會議前資料，供與會單位人員事先閱覽(圖6)。

(3)會議召開後由PCM上傳會議記錄、會後參考文件供各單位參閱查詢，藉由統一會議資訊可避免各單位資訊不同步，並減少郵件往返、漏寄或漏失情形。

(4)視訊影音檔：跨域會議多伴隨視訊會議，藉由視訊會議影音檔之上傳，可提供不克出席該次會議人員或對該會議主題有興趣之設計顧問調閱觀看(可設定調閱權限)，了解會議情形不受時間地點限制(圖6)。

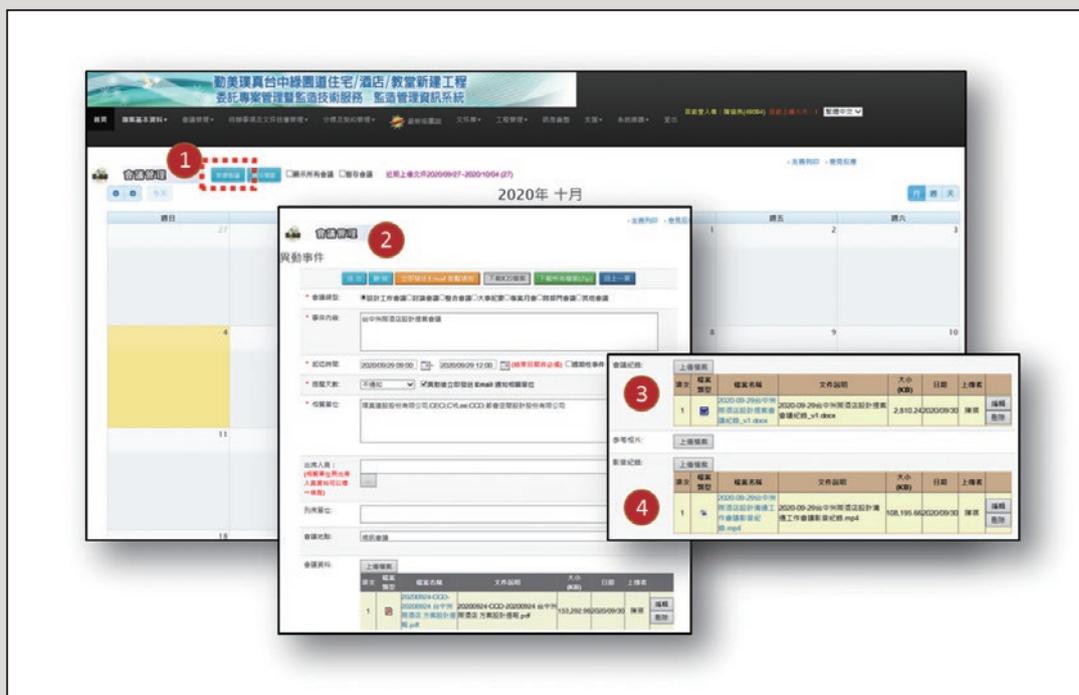


圖6 PMIS會議管理模組

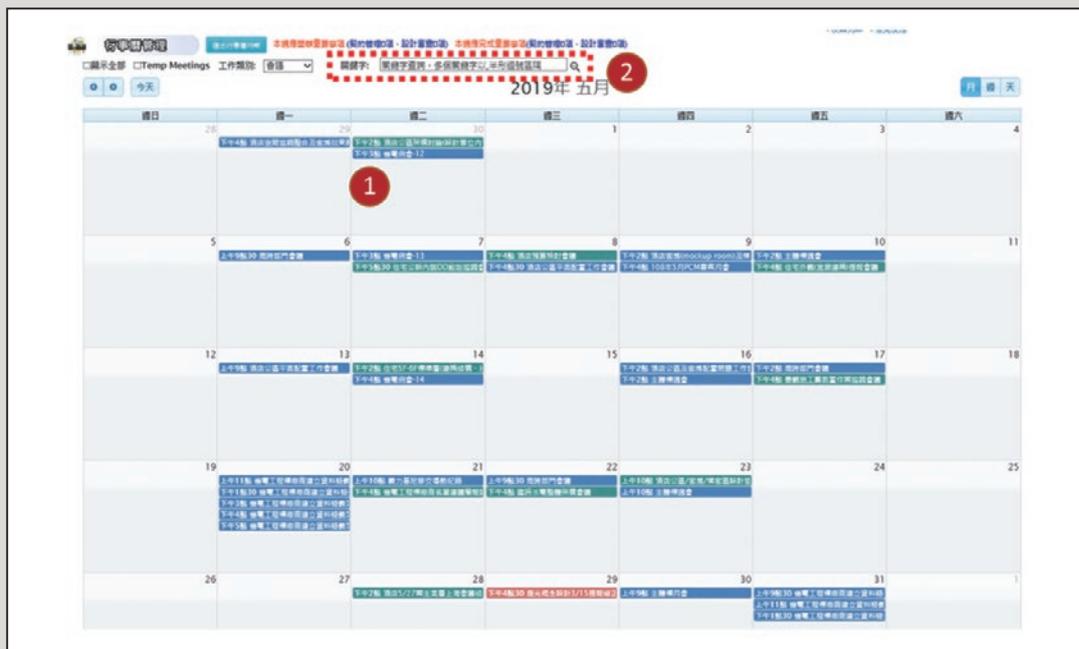


圖7 PMIS行事曆管理模組

2. 會議行事曆：

- (1) 歷次專案會議均以會議日期、時間、主題顯示於行事曆，一目了然(圖7)。
- (2) 可利用關鍵字搜尋會議(圖7)。

(二) 文件庫：

拜科技及攝影、儲存設備日漸平價之賜，各式施工期間檔案多如牛毛，以進行中之「勤美之森」專案為例，筆者之檔案量即高達2,349

個資料夾、18,712個單一檔案，儲存量已達70.3GB之譜。(圖8)

根據過往經驗，不論業主、專案管理人員、建築師/設計單位，甚或施工廠商承辦人，於長達數年之專案執行期內均不乏有因職務調動而調職、或因生涯規劃離職者，亦或因需要必須調閱某年/月/日之某次會議討論事項及結論、設計歷程、設計變更原因、重大事件處理

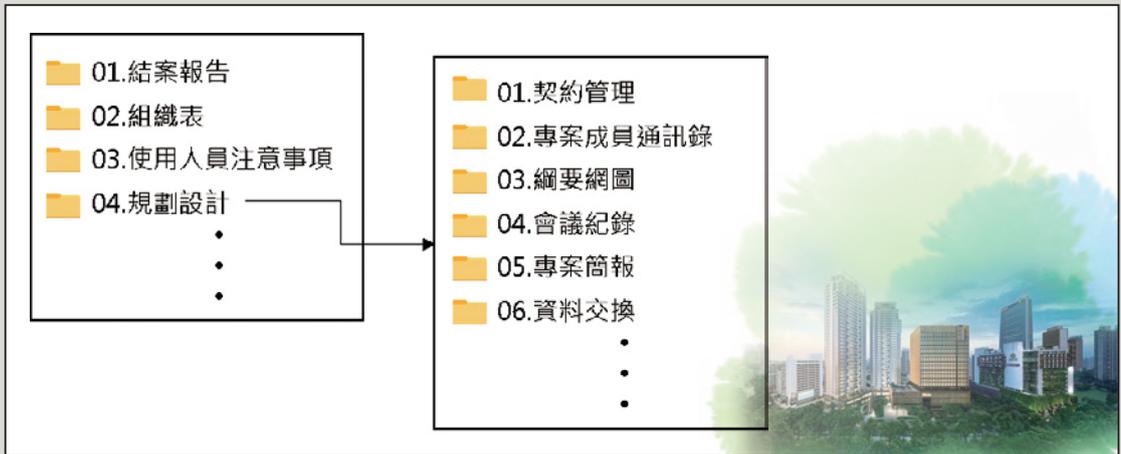


圖8 勤美之森PMIS系統文件庫樹狀圖

| 項次 | 文件名稱 | 版次 | 大小 (KB) | 日期 | 上傳者 | 文件說明 | 下載 | 上架 | 操作 |
|----|-------------------------------|-----|---------|------------|-----|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| 1 | 勤美-委訂-廚房及洗衣房空間規劃設計合約(用印完).pdf | (0) | 2,613 | 2019-05-08 | 張敬廣 | 勤美-委訂-廚房及洗衣房空間規劃設計合約(用印完).pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |

圖9 PMIS契約管理模組

| 項次 | 文件名稱 | 版次 | 大小 (KB) | 日期 | 上傳者 | 文件說明 | 下載/移動 | 上架 | 操作 |
|----|---|-----|---------|------------|-----|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| 1 |  通訊錄(更新)-2020-08-19台中勤美之森案.xls | (0) | 243 | 2020-08-19 | 張芳瑜 | 通訊錄(更新)-2020-08-19台中勤美之森案.xls | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |

圖10 「勤美之森」文件庫(專案通訊錄)

| 項次 | 文件名稱 | 版次 | 大小 (KB) | 日期 | 上傳者 | 文件說明 | 下載/移動 | 上架 | 操作 |
|----|---|-----|---------|------------|-----|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| 1 |  勤美之森專案綱圖_2018.12.12.pdf | (0) | 412 | 2018-12-12 | 陳協良 | 勤美之森專案綱圖_2018.12.12.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |

圖11 「勤美之森」文件庫(專案綱要綱圖)

經過…時，如何順利從上萬件檔案中取得所需資訊，即顯平日做好檔案管理之重要性。又，考量不同單位/承辦人因不同之工作歷練及經驗，對於檔案管理習慣亦不盡相同，因此，大型專案之各單位對於檔案管理如有”共同語言”，對於專案管理工作將達事半功倍之效。

1. 契約管理：專案團隊係基於契約賦予之權利義務執行相關業務，而由於本計畫團隊龐大，透過文件庫之契約管理(圖9)可避免業主及專案管理顧問對於專業顧問於遴選階段、議約階段、簽約階段不同版本契約之誤用。另藉由系統權限設定功能(建築師/專業顧問契約一般僅供業主及PCM查詢)，則可避免非權責人員任意調閱他公司契約情形。

2. 通訊錄：「勤美之森」計畫團隊超過30家公司，每家公司亦有數名至數十名成員參與，而隨計畫執行期間亦隨時有單位/人員加入/離開團隊，如各單位成員均賴PCM窗口管理計畫團隊成員，將形成PCM不斷接獲詢問某公司窗口聯絡方式之來電或來信，降低工作效率，透過文件庫通訊錄之滾動管理及上傳(圖10)，即可避免大量電話或來信之時間往返。

3. 綱要綱圖：存放專案綱要綱圖，使團隊或中途加入之單位成員知悉計畫整體目標或里程碑。(圖11)

4. 資料交換：以往團隊各成員交換檔案多依賴電子郵件傳遞，惟電子郵件多具有空間限制、傳輸速度慢、重要郵件易因大量郵件遭到忽視等缺點，近年雖因網速發達而興起雲端空間之廣泛使用，卻因資安考量遭到部分公司行號限制使用。

本團隊因建築師事務所電子郵件大小受到限制、位於上海之飯店顧問無法使用Dropbox、香港室內設計顧問無法存取Google雲端硬碟等因素，必須於各單位檔案交換方式上取得”最

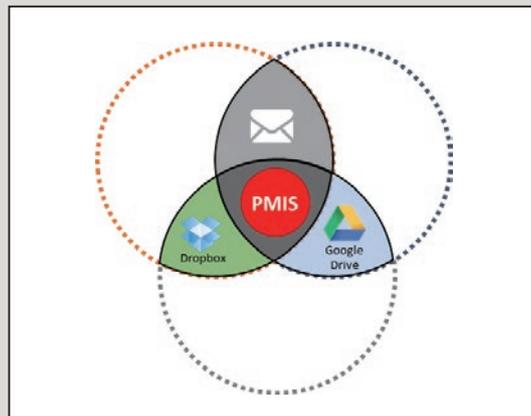


圖12 PMIS系統作為各單位檔案交換橋梁

大公約數”，否則A公司檔案透過PCM轉發B、C、D…公司、C公司郵件透過PCM轉寄A、B、D、E公司…等之工作量將暴增，且一旦漏寄某公司或遭某公司郵件伺服器退件，均將造成專

案團隊資訊不對等情形，甚至遭到究責。

除PCM統一管理文件庫外，本計畫各單位亦可透過台灣世曦自行開發之PMIS系統文件庫

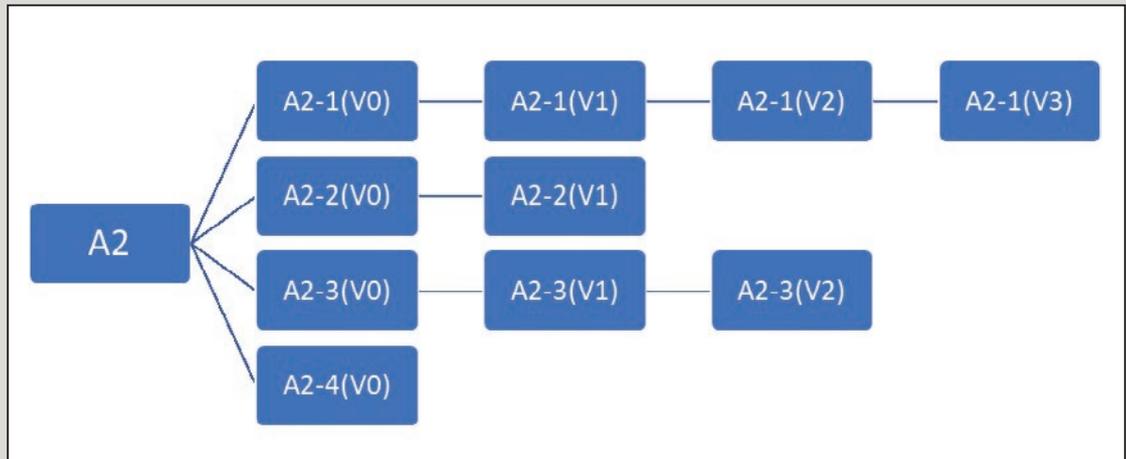


圖13 圖說版次發展示意圖

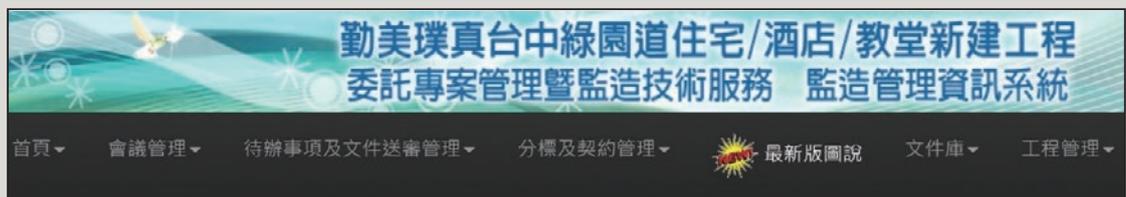


圖14 「勤美之森」PMIS系統客製化新增最新版圖說單一入口

| 項次 | 文件名稱 | 版次 | 大小(KB) | 日期 | 上传者 | 文件說明 | 下載/移動 | 上架 | 操作 |
|----|------------------------------|-----|--------|------------|-----|------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------|
| 1 | 璞真台中旅館 A0-00 封面.pdf | (0) | 270 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A0-00 封面.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 2 | 璞真台中旅館 A1-01索引表.pdf | (0) | 575 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-01索引表.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 3 | 璞真台中旅館 A1-02工程注意事項及圖例.pdf | (0) | 1,059 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-02工程注意事項及圖例.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 4 | 璞真台中旅館 A1-03室內粉刷材料表圖.pdf | (0) | 1,621 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-03室內粉刷材料表圖.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 5 | 璞真台中旅館 A1-04現況測量圖.pdf | (0) | 941 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-04現況測量圖.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 6 | 璞真台中旅館 A1-05a現況測量圖及建築放樣圖.pdf | (0) | 638 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-05a現況測量圖及建築放樣圖.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 7 | 璞真台中旅館 A1-05b現況測量圖及建築放樣圖.pdf | (0) | 701 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-05b現況測量圖及建築放樣圖.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 8 | 璞真台中旅館 A1-05c現況測量圖及建築放樣圖.pdf | (0) | 422 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-05c現況測量圖及建築放樣圖.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 9 | 璞真台中旅館 A1-06a柱放樣圖.pdf | (0) | 389 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-06a柱放樣圖.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |
| 10 | 璞真台中旅館 A1-06b柱放樣圖.pdf | (0) | 386 | 2020-03-11 | 張芳瑜 | 璞真台中旅館 A1-06b柱放樣圖.pdf | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 刪除 編輯 |

圖15 「勤美之森」最新版圖說客製化文件庫

(資料交換區)，隨時隨地以一般網頁瀏覽器登入帳號密碼之後交換大型檔案，且不受檔案大小限制。(圖12)

(三) 最新版圖說(圖說管理)：

大型工程計畫建築、結構、機電、景觀等各專業設計圖量動輒以千計，如加計變更版次(圖13)，計畫執行期間將達數萬張之規模，如因圖說管理不當造成版次混亂，將直接導致施工錯誤之重大損失，因此，有系統之圖說版次管理係專案管理團隊極為重要之課題。

本計畫參酌本公司過往豐富之施工及設計管理經驗，摒棄部分工程人員習慣以臚列每張圖說版次表(每次調圖均得查詢版次是否最新)之低效率且容易出錯之傳統管理方式(如專案具有上萬張圖說，可以想見光版次表即有多龐大)，並以系統單一入口取得”最新版圖說”方式替代，使團隊成員僅需登入系統即可獲得設計單位頒布之最新圖說，如此則可避免業主、監造單位、設計團隊、施工廠商各持不同版次圖說設計，或監督/施工之現場混亂情形，作法如下：

1. PMIS系統首頁新增”最新版圖說”單一入口明顯按鈕(圖14)，使用者可於登入後直接點選該圖示進入。
2. 設定權限由專人管理，視需要建立相關資料夾如A/B基地、建築、結構…(圖15)。

3. 設計單位頒布圖說後，由專人管理抽換舊版同圖號設計圖以新版設計圖替代，並將舊圖移至”OLD”資料夾內供未來查閱(工務所紙本管理亦同)。

三、無人機(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)應用：

台灣世曦係以技術為導向、服務為宗旨之大型工程顧問公司，自公司成立迄今，除所屬專業部門「地理空間資訊部」持續致力於航拍測繪領域之研究及應用外，隨著近年來無人機(UAV)技術漸趨成熟穩定，於2012年即開始投入消費型無人機(UAV)之研發，經過多年來不斷摸索及測試後，已逐步擴展至各大計畫及工地現場。

無人機(UAV)之研發初期僅係利用其可遙控飛行並搭載攝影設備之特性，採用”鳥的視角”對於工程開工前/施工過程/竣工之影像紀錄，其後則進一步應用至地形測量，或利用空拍影像資訊後處理成果之進階使用，台灣世曦採用無人機於「勤美之森」計畫主要應用如下：

(一) 工程紀要：

重要工程紀事除地面視角外另透過無人機(UAV)以空中視角拍攝透視圖/影片保留，可拍攝基地全貌、去除地面障礙物產生之拍攝影像不



圖16 無人機(UAV)於「勤美之森」計畫之應用(工程紀要)



圖17 無人機(UAV)於「勤美之森」計畫之應用(工程進度比較)

連續情形，同時可增加影像可讀性、張力。

(二) 工程現況說明/進度比較：

有別於傳統以工程預定進度百分比(%)與實際進度百分比(%)對比，並輔以施工照片及文字說明方式，透過近況空拍並與過去拍攝透視影像並列呈現，可更容易看出工程標的物於過去數月(或數年)之變化，提供更直觀之判斷(圖17)。

(三) 原地貌保留(實景建模)：

都會地區因建築、人口密集，多伴隨民生管線、電器設備、私人花園、牌面廣告…等設施，故為避免日後因施工衍生各項爭議，實有必要於施工前就施工區域周邊詳細調查、拍照，而以無人機(UAV)搭配後處理軟體則可保留原始地形地貌之3D數位實景模型，未來除可以各角度任意檢視基地周邊外，具有高程資訊之模型亦可進一步進階應用(圖18)。



圖18 無人機(UAV)於「勤美之森」計畫之應用(原地貌保留)

前述實景環境模型經加工套疊設計後，可製成完工或施工模擬3D透視圖(圖19)或動畫展示，以作為規劃設計或施工階段團隊成員對於工法內容之溝通工具。



圖19 無人機(UAV)於「勤美之森」計畫之應用(3D施工模擬)

(四) 開挖土石方估算：

UAV空拍影像可以後處理地形等高線，亦可自動產生環境實景模型，結合上述兩項應用即可運用於開挖土方量計算。

此項技術於2020年應用於「勤美之森」地下室開挖驗證(圖20)，獲得開挖量89,302m³，與車上方統計值(約92,000m³)比較，誤差僅2.7%。

相較於傳統挖填量計算需派遣測量隊至現場收方、下載地形測量數據、後處理…始獲得成果，使用UAV空拍技術於土方挖填計算僅需執行兩次空拍(數小時不等，視基地面積大小而

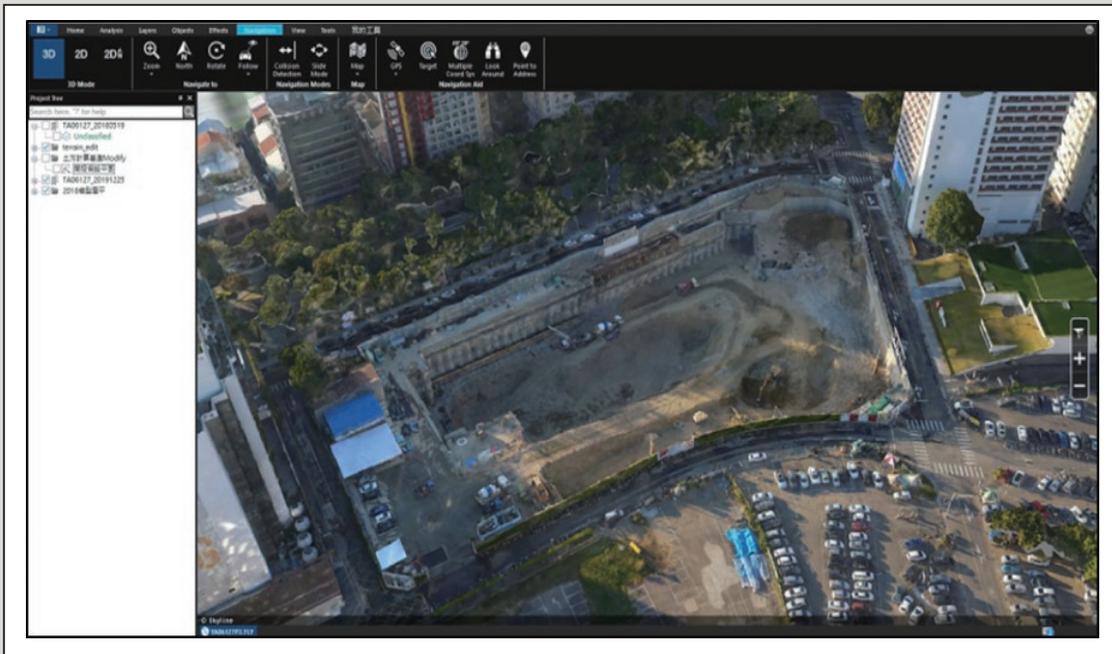


圖20 無人機(UAV)於「勤美之森」計畫之應用(基地開挖量估算)



圖21 影像紀錄設備體積最小化概念 (圖片來源：網路)

定)，並交由後處理軟體執行計算即可快速取得現場量體，效率獲得大幅提升，並減少人力資源浪費，如若使用精度較高之UAV機種，則可大幅提高地形測量成果之準確性。

此項地形測量技術亦可用於人員不易到達之山坡地坍方量估算，並據以推估下游土石流量體，減少過去因邊坡坍方量獲取不易而使用不同經驗公式計算衍生之爭議，其具有可快速抵達災難地點、快速測量，並減少人員赴險機會之優點。

四、迷你攝影機(mini cam)應用：

營建管理工作值此數位時代各界已開始具有數位頭盔(如Microsoft HoloLens)檢視設計逐漸替代傳統紙本圖說概念想法，而數位影像紀錄方式拜奈米科技所賜，亦有設備體積最小化趨勢，如能結合兩者優點概念(圖21)則可用於施工現場。

「勤美之森」專案監造工程師藉由配戴迷你攝影機於安全帽上或胸前以釋放雙手(試驗計畫，圖22)，於丈量構造物尺寸同時對於監造過程或工地現況做成數位化之影像紀錄(圖23)。



小型攝影機
單張攝影
普通錄影
延時錄影
慢動作錄影

圖22 「勤美之森」監造工程師配戴迷你攝影機進行現場查驗情形(試驗計畫)



圖23 迷你攝影機隨時紀錄工地施工現況影像情形(試驗計畫)

五、相片倉儲系統(Photobase)應用：

鑒於各部門及專案收存工程相片之歸檔管理方式不一，且多缺少拍攝空間或時間相關資訊致查找不易且不便延續利用，台灣世曦特自行開發建置「Photobase工程相片倉儲系統」以

留存施工過程照片，另外，藉由行動裝置APP之輔助應用，同時提供專案同仁更機動便捷之資訊回報及存取服務，展現更佳之工作效率暨更有效之資訊共享。

「Photobase工程相片倉儲系統」具有設定

權限、屬性查詢(如關鍵字、工程分類、日期、拍攝人員、標別、事件)、空間查詢(拍攝照片GPS定位點)，以及手機APP上傳、查詢等功能(圖24)。

六、即時監測(Real-Time monitoring)應用：

大型建築專案往往伴隨地下室深開挖作

業，而為了解擋土支撐系統於地下室開挖期間之安全性，通常係以土壓計、鋼筋計、水壓計、水位觀測井…等安全觀測系統監測。常見設備及監測頻率如表3所示。

傳統監測工作係由人工攜帶設備至現場依規定頻率量測，再回到辦公室讀取分析量測結果、出具報告，以節省系統建置經費，惟此一



圖24 「勤美之森」專案「Photobase工程相片倉儲系統」應用

表3 常見監測系統設備及量測頻率

| 監測儀器 | 管理項目 | 量測頻率 |
|-------|-----------|----------------------------|
| 水位觀測井 | 地下水位 | 每周2次/開挖階段、每周1次/平時 |
| 建物傾斜計 | 基地鄰房傾斜量 | 每周2次/開挖階段、每周1次/平時 |
| 沉陷觀測點 | 基地附近地表沉陷量 | 每周2次/開挖階段、每周1次/平時 |
| 土中傾度管 | 土壤側向位移 | 各階段開挖前後、地錨預力前後、拆除地錨前後各觀測1次 |
| 支撐應變計 | 量測鋼支撐受力 | 每天1次/開挖期間、每周1次/非開挖期間 |

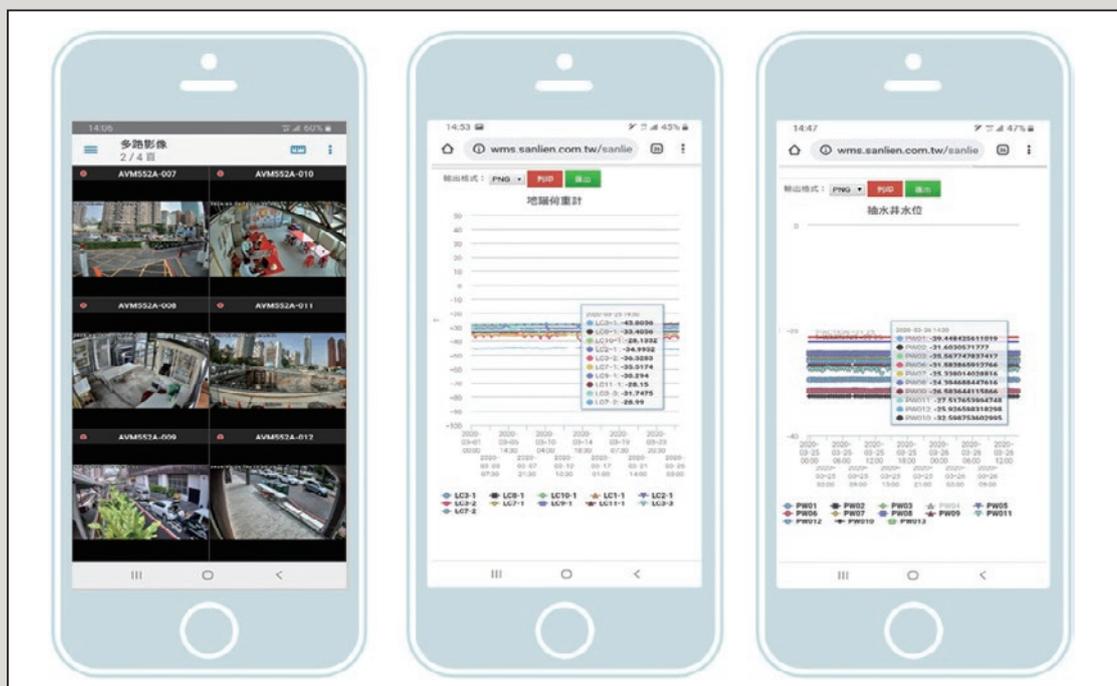


圖25 「勤美之森」專案即時監測(工地影像/安全監測/水位監測)應用

表4 「勤美之森」專案專案數位應用綜整表

| 項次 | 數位應用工具/項目 | | 特色/目標/效益 |
|----|---------------------------------------|-----------|---|
| 1 | 建築資訊模型(Building Information Modeling) | | 建築、結構、機電衝突檢討 / 減少施工錯誤 |
| 2 | 專案管理系統 (PMIS) | 會議管理 | 會議資料存取、會議紀錄發布 / 資訊統一、減少PCM人員工作量、提升工作效率 |
| | | 文件庫管理 | 各單位交換檔案平台、檔案大小不受限制 / 提高工作效率、異地隨時存取 |
| | | 最新版圖說 | 圖說版次管理單一資訊入口 / 避免誤用版次 |
| 3 | 無人機 (UAV) | 工地影像紀錄 | ”鳥的視角” / 基地全貌紀錄 |
| | | 3D原地貌模型保留 | 原地貌保留 / 3D檢視 |
| | | 土石方開挖估算 | 實景模型 / 土石方開挖估算等進階應用 |
| 4 | 迷你攝影機(mini cam) | | 極小化設備 / 紀錄工地影像、釋放雙手 |
| 5 | 相片倉儲系統(Photobase) | | 影像管理、空間屬性查詢 / 資訊共享、提升效率 |
| 6 | 即時監測(Real-Time monitoring) | | 開挖安全設施、工地影像(CCTV)、空氣品質...等即時監測 / 節省量測人力、即時應變、避免災害擴大 |

作法無法獲得即時回饋，如若非量測時遇擋土支撐變形，則工地相關人員無法於第一時間獲得警告立即採取應變措施，此外，以人工長期量測亦屬人力資源之浪費。

有鑑於此，「勤美之森」專案於水位井水位高度、抽水馬達輸出功率、支撐應變計、傾度管、地錨荷重計、土壓計…等設備導入自動化監測概念，甚至工地即時影像、空氣品質現況，團隊人員均可透過網頁或手機APP登入系統取得即時數據或影像(圖25)。不僅如此，如相關監測儀器即時量測超過設定之警戒值時，將自動發出警示訊息至相關人員手機，爰工地可於接獲警告即採取應變措施，避免災害發生。

參、結語

1946年，佔地50坪之ENIAC電腦每秒僅可執行5,000個指令，時至2017年，手掌大小之iPhoneX每秒已可執行6,000億個指令；而建築平面圖自過去僅能手繪至近代電腦平面製圖技術崛起，乃至於3D建築模型發展，亦僅歷經30-40年；資訊化、數位化，儼然成為時代趨勢，不進則退，營建產業，亦同。

觀諸「勤美之森」專案數位應用項目、目標、效益(表4)可知：「勤美之森」專案自規劃設計至施工階段係透過BIM、PMIS系統、UAV、mini cam、Photobase、自動化監測等各項數位資訊工具輔助專案團隊作業，應用範圍除一般傳統工地現場照片管理、2D設計圖文管理、會議文件管理、施工送審文件管理、契約管理…等項目外，已擴展至3D建築及實景模型、視訊會議影像管理，乃至於工地即時監測工作。

由本專案計畫數位化工具應用經驗可知，營建管理專案團隊藉由數位化工具之活用，除可統一專案資訊、提高團隊(或專案)工作效率、減少人力資源浪費、避免施工錯誤發生之外，並可有效降低團隊成員更迭對於專案之影響，為企業形象及團隊創造多贏局面，值得酌參。

參考文獻

1. 陳協良(2020)。無人機於土木工程之應用。技師期刊，1815-6460。



利用行動裝置APP 查驗表單推動營管資 訊化成果分享

(新型專利申請中)

關鍵詞(Key Words)：施工抽查、查驗表單、行動裝置、關聯式資料庫

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／資深協理／彭國源 ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／副理／江明珊 ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／高辦處／正工程師／鍾增煌 ❸



摘要

監造單位施工抽查表及施工廠商自主檢查表之填寫方式，目前仍以紙本作業方式辦理，對於各分項工程及查驗項目之合格率統計無法達到即時回報及分類統計之目的，且查驗項目之內容亦無法標準化導致查驗表單品質不一，對於施工經驗傳承效果無法最大化。台灣世曦高雄辦事處於107年、108年研發計畫提出以關聯式資料庫、雲端伺服器及行動裝置APP為工具，將查驗表單內容資料標準化建置、結構化方式留存並利用人手一台的行動裝置填寫查驗成果，期能增進表單管理效率進而提昇施工抽查品質。



The Result of Informationization for Supervising Check Form with Relational database and Mobile Device APP (R.O.C Utility Model Patent Pending)

Abstract

This case is a systematic research and application development case. It uses information system and equipment to help supervisors to use the mobile device to complete the form filling, and quickly complete the form statistics, track missing items, and standardize the data management operation procedures to standardize the database to implement. management. In addition, the system is equipped with a defensive function, which can reduce the probability of mistake. The system can also store photo taken by mobile device camera with each check item. We already completed the development of this scope of contract, including system analysis, database schema planning and establishment, web application and mobile device APP development. Supervising engineers can use mobile devices to complete form filling, form statistics, tracking failed items, and output statistics form, which can reduce the chance of mistake and improve form management efficiency, thereby enhancing CECI's competitiveness. In addition, we make project plan linked with time schedule and daily report to quickly view the Scheduled progress and actual progress of each main item.

壹、前言

公共工程三級品管制度行之多年，各工程主辦機關亦已全面落實執行，監造單位因應各工程之特性、工項種類於監造計畫中制訂查驗內容並放置於業主專屬表單作為二級品管現場查驗(抽驗)之辦理依據。監造單位品管人員再將完成查驗之表單分門別類歸檔並製作統計資料放置於監造月報及各級會議資料中向業主彙報並上傳至公共工程標案管理系統中。后再於各級施工查核(包含金質獎、金安獎、工程會不定期查核)中，查核委員依據重點工項及查核重點將確認核定監造計畫中訂定之查驗項目是否符合契約規範要求並調閱已歸檔之查驗表單查看是否依規定填寫。

關於施工表單常見缺失，如下說明：

- 一、施工查驗時未使用正確版本表單；
- 二、未能依據規範撰寫所有工項，導致表單種類疏漏；

- 三、檢查標準未訂量化、容許誤差值；
- 四、填寫內容錯誤，未確實記載檢查值；
- 五、因表單雜亂導致數量統計錯誤。

鑒於此，台灣世曦高辦處研發計畫利用資訊化工具及人手一台的行動裝置，將已結案同性質標案之表單移轉至新標案，利於工程經驗傳承；在系統內建立版次管理工具，協助監造同仁使用正確版本表單；於程式內置入偵錯功能協助監造同仁利用行動裝置完成表單填寫；並迅速完成表單統計、追蹤缺失項目，將查驗資料管理作業程序用程式將資料庫標準化以落實管理。

期能降低缺失產生之機率、傳承台灣世曦之工程經驗並增進表單管理效率進而提昇台灣世曦競爭力。

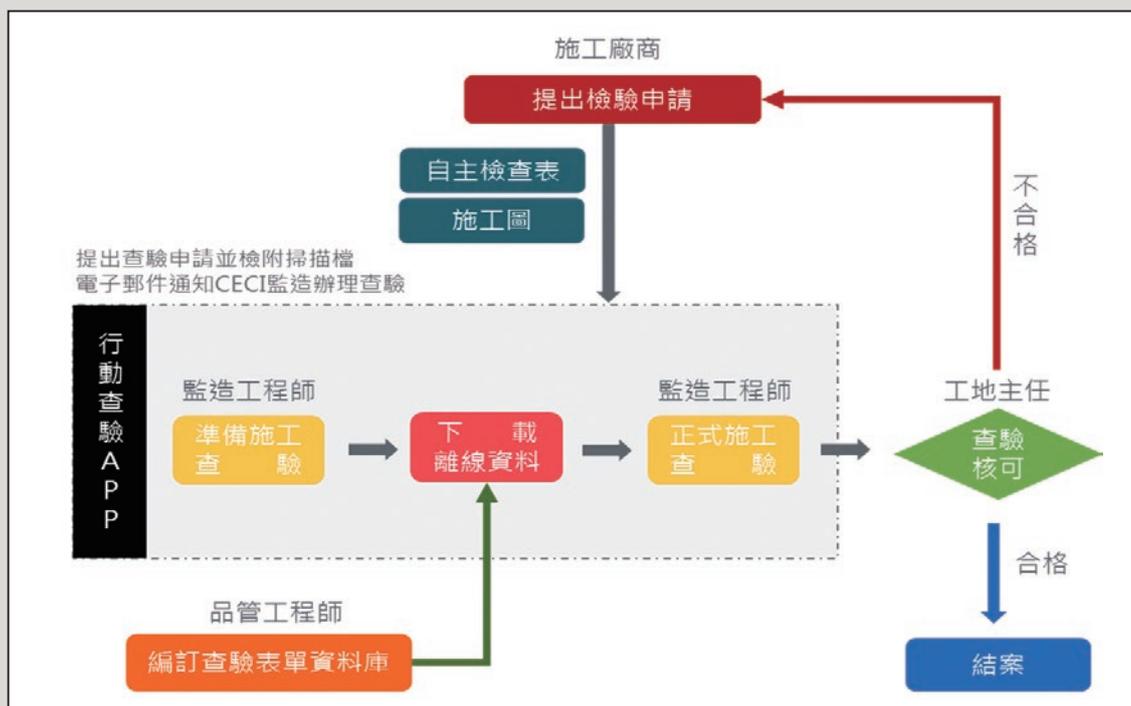


圖1 查驗表單執行流程說明圖

貳、電子表單流程規劃

本研發計畫以監造二級品管範圍進行資料庫開發及流程規劃(詳圖1)，所以系統針對施工廠商自主檢查表(一級品管)表單採用紙本掃描，於申請查驗時需上傳自檢表及施工圖的掃描檔，提供監造單位於行動裝置上進行檢視。

為避免紙本表單及電子表單之編製需重複進行，讓工程起始階段的監造人力更加吃重，所以本系統規劃監造之品管工程師於工程計畫起始階段於本系統之操作後台依契約施工規範進行電子表單資料庫之建置，完成後系統可依據公司或業主ISO表單格式套印出各分項工程查驗表單範本，放置於監造計畫附錄，無需另以文書軟體編製表單範本。

在施工廠商於操作後台提出查驗申請後，監造工程師會收到電子郵件通知有待查驗事項，監造工程師於行動裝置APP可同步找到該查驗電子表單，於有網路的地方將表單填寫內容

完成下載後即可至無網路環境(如地下室、偏遠山區及海邊)之工區進行現場查驗，完成查驗後回到有網路的環境重新開啟APP即可將查驗結果回傳至雲端資料庫。

監造工地主任可於操作後台進行查驗結果之檢視，並針對查驗成果進行確認與核定，若有文本資料存檔需求，可套印出含查驗成果之查驗表單，由負責查驗之監造工程師、工地主任簽認後歸檔備查。

參、資料庫架構規劃

本案與其他資料庫規劃最大不同，就是無論施工查驗表單或是安衛檢查表單之連結皆以「施工分區」(例如：一支基樁、一座基礎、一塊底板、一個墩柱升層…)作為主鍵(Primary Key)進行結構化收存(詳圖2)，而非單純將個別事件(查驗或檢查)以流水帳方式收存，為符合營建工程之特性的工作拆解結構(WBS)方式。如此之規

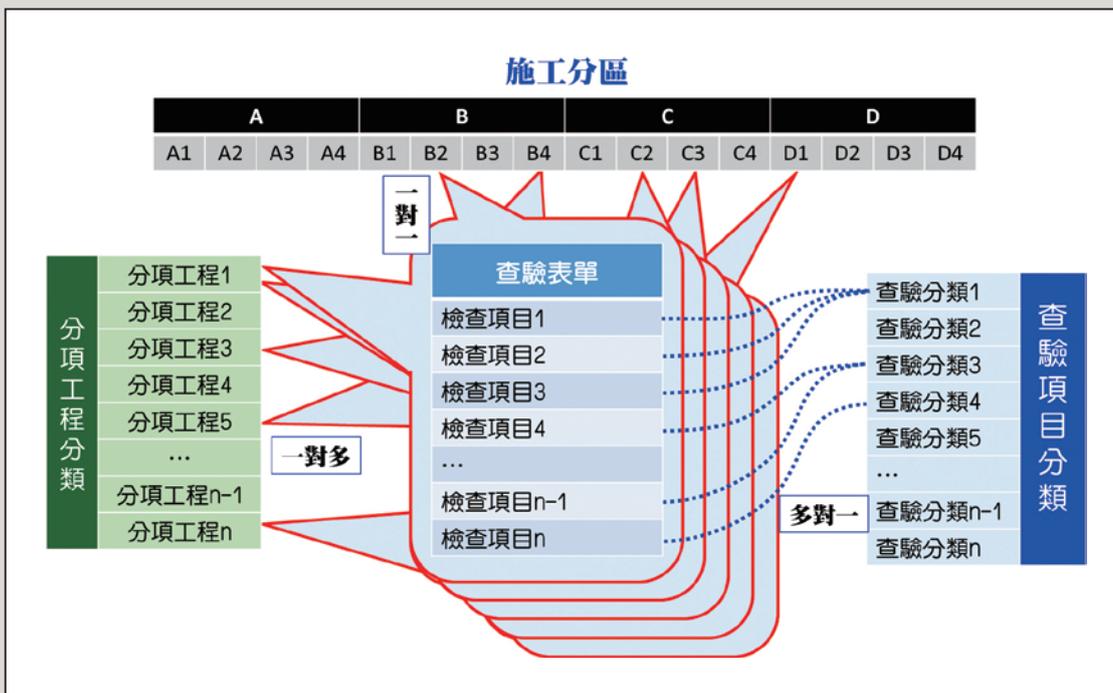


圖2 查驗項目管理資料庫架構規劃圖

畫方式，未來除了可以統計工程計畫之查驗合格率外亦可針對「施工分區」作為統計方式，最主要還能將施工查驗或安衛檢查之資料庫利用「施工分區」與建築資訊模型(BIM)之模型元件或是時程管理軟體(例如：MS Project或Oracle Primavera P6)工項之連結，作為提供工程資訊管理系統或戰情室之基礎資料庫來源。

本系統及資料庫設計另一特點就是於查驗表單編制階段需先將每份查驗表單依據工程專案之「分項工程」分類進行歸類，對於後續其它類似工程專案找尋可參考之範例提供快速索引；另外在查驗或檢查合格率之統計，除上段所提以「施工分區」作為統計方式外，更能提供以「分項工程」作為統計方式，對於品質管制之工項分類統計及矯正預防措施之效果提供決策支援之資訊，對於安衛檢查之缺失改善追蹤亦有相同效果。

本案於表單編制階段亦須將查驗表單中每項檢查項目依據工程專案之「查驗項目」分類進行歸類，歸類建議方式如圖3，圖4為以反循

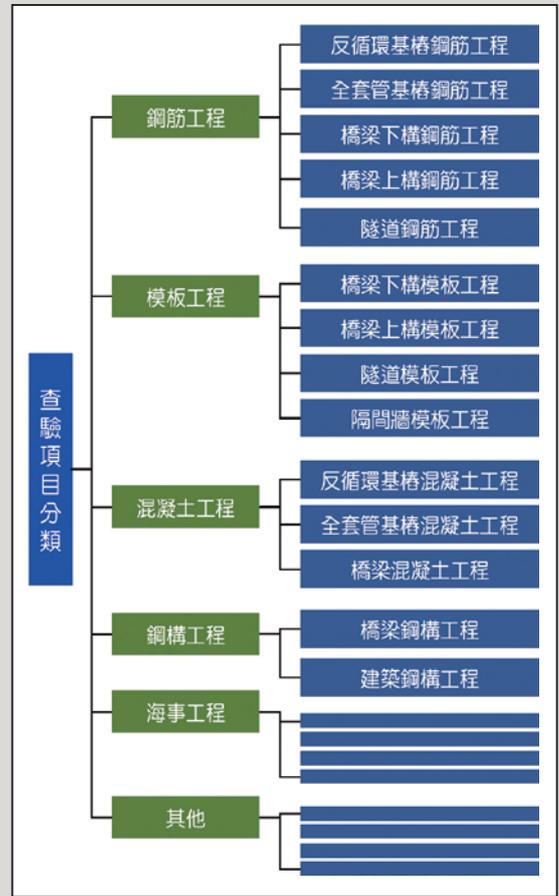


圖3 「查驗項目」分類圖

| 工 程 名 稱 | 高雄鐵路地下化鳳山車站開發大樓新建工程 | | |
|------------|--|--|---------|
| 分項工程名稱 | 監造子項(施工基礎工程-或構模工程) | 檢 驗 時 機 | 檢 查 日 期 |
| 檢 查 位 置 | 0001- | | |
| 廠商自填品管及件紀錄 | | | |
| 檢 查 結 果 | <input type="radio"/> 合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正後再確認 <input type="radio"/> 無此項檢查項目 <input type="radio"/> 缺失已改善 | | |
| 檢 查 項 目 | 設計圖書、規範之檢查標準 (查驗項目) | 實際檢查情形 (現場檢查) | 檢查結果 |
| 地工前 | ★路心檢測 | 依地工圖面標位量(3000.000~2900.000)，本項檢查值為-17.50cm 與規範標位差XXX(檢查前量化填入檢查紀錄表) | ✓ |
| ★管位量偏差 | 管位量偏差量出[7.5]cm | OK | ✓ |
| ★鋼筋檢查量偏差 | 鋼筋量偏差量<[1/100] | OK | ✓ |
| ★基樁控深深度 | 控深深度[60]m~[60.75]m | OK | ✓ |
| ★主筋直徑 | 依地工圖，主筋直徑-032 | ✓ | ✓ |
| ★主筋節長度 | 依地工圖，主筋節長長度[20]cm | OK | ✓ |
| 地工中 | ★主筋直徑 | 依地工圖，主筋直徑-130 | 是 |
| ★鋼筋直徑 | 依地工圖，鋼筋直徑-018 | ✓ | ✓ |
| ★鋼筋節長度 | 依地工圖，鋼筋節長長度-[120]cm | OK | ✓ |
| ★鋼筋間距 | 依地工圖，鋼筋間距-151cm | OK | ✓ |
| ★主筋直徑 | 依地工圖，主筋直徑-[60]是 | 是 | ✓ |
| ★主筋長度 | 每根[18]-[18]m | ✓ | ✓ |
| ★鋼筋直徑 | 每根[6]-[6]mm，每根[3]-[3]mm | ✓ | ✓ |
| ★混凝土強度 | 基礎混凝土強度：[18][2]cm | OK | ✓ |
| ★混凝土強度 | 基礎混凝土強度出[15] | OK | ✓ |
| ★混凝土強度 | 基礎混凝土強度-280 kg/cm2 | ✓ | ✓ |
| ★混凝土試驗製作 | 基礎混凝土試驗製作：[3]組 | ✓ | ✓ |
| 地工後 | ★標位量 | 依地工圖 (3000.000~2900.000) 標位差XXX | ✓ |

查驗項目分類

反循環基樁/開挖檢查
第一層 第二層

鋼筋/反循環基樁
第一層 第二層

混凝土/反循環基樁
第一層 第二層

分項工程：反循環基樁

圖4 BIM模型衝突檢核表

| 契約工項 | 各施工分區分配之工項數量 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 65 | 70 | 62 | 48 | 85 | 64 | 75 | 62 | 48 | 85 | 64 | 75 | 62 | 48 | 85 | 64 |
| 鋼筋 | 65 | 70 | 62 | 48 | 85 | 64 | 75 | 62 | 48 | 85 | 64 | 75 | 62 | 48 | 85 | 64 |
| 混凝土 | 152 | 148 | 170 | 132 | 165 | 135 | 160 | 150 | 130 | 150 | 135 | 155 | 140 | 145 | 170 | 150 |
| 模板 | 85 | 88 | 76 | 84 | 92 | 91 | 87 | 89 | 84 | 95 | 92 | 93 | 94 | 85 | 81 | 87 |
| 續接器 | 160 | 148 | 160 | 156 | 180 | 172 | 160 | 170 | 156 | 180 | 172 | 160 | 156 | 180 | 172 | 160 |
| 其它... | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| A | | | | B | | | | C | | | | D | | | |
| A1 | A2 | A3 | A4 | B1 | B2 | B3 | B4 | C1 | C2 | C3 | C4 | D1 | D2 | D3 | D4 |

圖5 契約工項統計與施工分區連結示意圖

環基樁查驗表單為例之分類示意圖。本系統增加此分類方式之設計目的主要是能針對各主要工程項目(例如：鋼筋、混凝土、模板、土方、鋼構…)個別之查驗或檢查合格率進行統計分析，亦能加入其他變數(例如：施工分區、施工廠商、專業分包商..)進行交叉分析，可提供營建工程之區塊鏈資訊及大數據之資訊來源。

依工程慣例，一個工程分區完成施工查驗後，即可視為此分區完成，可將該施工分區所包含契約工項之數量視為已執行，可列入實際進度之計算。為利用本系統進行實際執行金額統計，本案另開發後台程式及資料庫將契約工項分攤至「施工分區」，當一個「施工分區」所包含的施工查驗表單查驗合格並由監造工地主管同意，就將該「施工分區」所代表契約工項的數量加乘契約單價後列為實際執行之金額，契約工項統計與施工分區連結示意圖詳圖5。

肆、管理後台操作介面說明

本案管理後台分為兩大模組，分別為施工

廠商及監造單位(詳圖6)，以施工廠商頁籤登入後可利用本系統上傳施工圖、自檢表並提出施工查驗申請；以監造單位頁籤登入則可以進入本系統主要編輯功能，基本資料模組、表單管理模組及統計模組(詳圖7)。

「基本資料模組」主要功能為廠商、業主資料管理及人員管理，人員管理模組可進行廠商及監造操作人員之登錄、權限設定，與行動裝置APP之查驗模組權限、通知電子郵件位置之設定。

「表單管理模組」為本案核心操作功能區，可進契約工項管理、施工查驗表單管理、安衛檢查表單管理、高風險查驗表單管理，施工查驗、安衛檢查、高風險查驗可個別進行電子表單編製、版本控制、檢視查驗(檢查)成果及表單核定作業。

統計模組則是以時間區間、施工分區、分項工程產生施工查驗、安衛檢查、高風險查驗之統計圖表，可進行趨勢分析及提供各級會議簡報協助說明之圖檔(詳圖8)。



施工廠商

監造單位

行動查驗管理後台

帳號 / username

username

密碼 / password

驗證碼 / code

M-U-R-M

記住帳號

Login

圖6 控制後台登入頁面

基本資料模組

表單管控模組

統計模組



契約工項管理

施工查驗

安衛檢查

控制後台模組說明

高風險查驗

圖7 控制後台模組說明

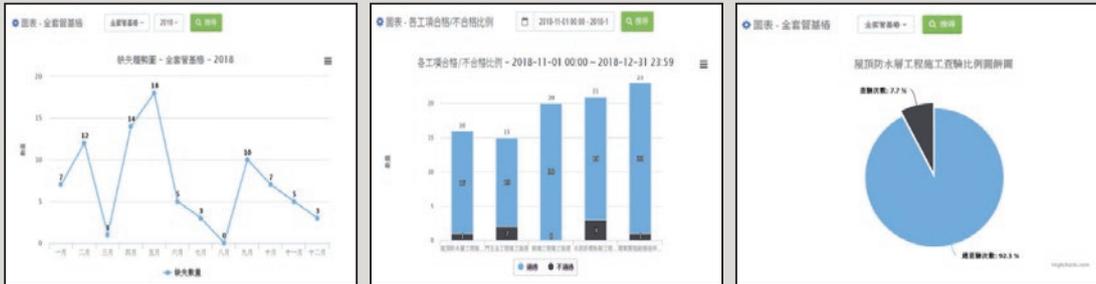


圖8 統計圖表成果

伍、查驗成果填報方式

本案起始初期，研發團隊先進行資料庫標準化研析，為利現場工程師與監造工程師以最佳方式於行動裝置進行查驗成果填報，對於可量化及利於分析之標準化成果進行查驗項目之題型分類，系統內初步先將題型設定為三類別，包含「文字」、「選擇」、「數值」，經多個工程計畫的測試，應可包含95%查驗、檢查表單的題型需求。

一、題型類別：文字

此類題型類似傳統以手寫於查驗(檢查)表單之方式，只是於行動裝置中改為以輸入方式填入，查驗之成果可為一般項目之檢查，使用者可依工程經驗判斷後依據查驗標準填報，此類查驗成果並無標準化，對於資料庫檢索或關鍵字搜尋並無幫助，唯一可提供統計的是該項之抽查合格與否。管理後台新增「文字」類型查驗項目頁面詳圖9，利用行動裝置APP填報進行「文字」類型查驗成果填報頁面詳圖10。

二、題型類別：選擇

選擇題型設計目的為加速現場工程師與監造工程師完成查驗及檢查成果填報，以預設答案選項供操作人員選擇，可避免查驗表單僅有填寫「合格」二字導致查核委員認定檢查人員便宜行事。管理後台新增「選擇」類型查驗項

圖9 文字類型查驗項目編輯頁面

圖10 文字類型查驗成果填報APP頁面

目頁面詳圖11，利用行動裝置APP填報進行「選擇」類型查驗成果填報頁面詳圖12。

圖11 選擇類型查驗項目編輯頁面

圖12 選擇類型查驗成果填報APP頁面

三、題型類別：數值

本填報類型為本案之特色之一，查驗項目編製時需於管理後台設定檢查值之上限值及下限值，若上、下限值為空白則代表無該項限制，該數值範圍會隨著行動裝置APP下載查驗或檢查表單時帶入，若於APP填報之檢查值超出該數值範圍，此項查驗項目不可勾選合格，可協助現場工程師與監造工程師對於量化檢查項目

判斷是否符合契約施工規範要求，可有效避免誤填。管理後台新增「數值」類型查驗項目頁面詳圖13，利用行動裝置APP填報進行「數值」類型查驗成果填報頁面詳圖14。

本案資料庫設計於每個查驗項目可對應一張查驗相片，可輔助說明查驗表單或檢查表單之檢查成果。利用行動裝置APP拍攝相片之介面詳圖15，

圖13 數值類型查驗項目編輯頁面

圖14 數值類型查驗成果填報APP頁面



圖 15 查驗相片拍攝APP頁面

陸、查驗成果自動匯算實際進度

第參節末段已說明本案利用各「施工分區」查驗表單之完成作為該「施工分區」所代表契約工項的數量加乘單價後之合計是否列為實際執行金額之依據，目前大型工程契約項目多則上千項，若要以手動方式逐筆輸入至管理後台，將是一項龐大的工作，且容易造成錯誤，研發團隊開發讀取公共工程委員會之經費電腦估價系統(PCCES)的XML檔功能，可直接將契約工項匯入系統中作為進度統計之基礎。

完成契約工項匯入後，管理後台於「工程基本設定」下設置「契約工項管理」模組，在此模組下可將各契約工項之數量分配至各「施工分區」(詳圖17)，並且可以以契約工項列表檢視契約數量及已分配契約數量之比較(詳圖18)。



圖 16 PCCES之XML檔匯入系統



圖 17 工項數量分配至施工分區之操作介面



圖18 檢視契約數量介面

染、以行動裝置APP進行查驗成果填報介面設計

為方便現場工程師與監造工程師利用較小

螢幕但便攜之行動電話進行現場查驗及檢查作業，研發團隊改變傳統表單於表格內填報成果之方式，改以清單顯示所有查驗項目，點入後再逐項進行查驗成果填報(如圖19)，利用行動裝

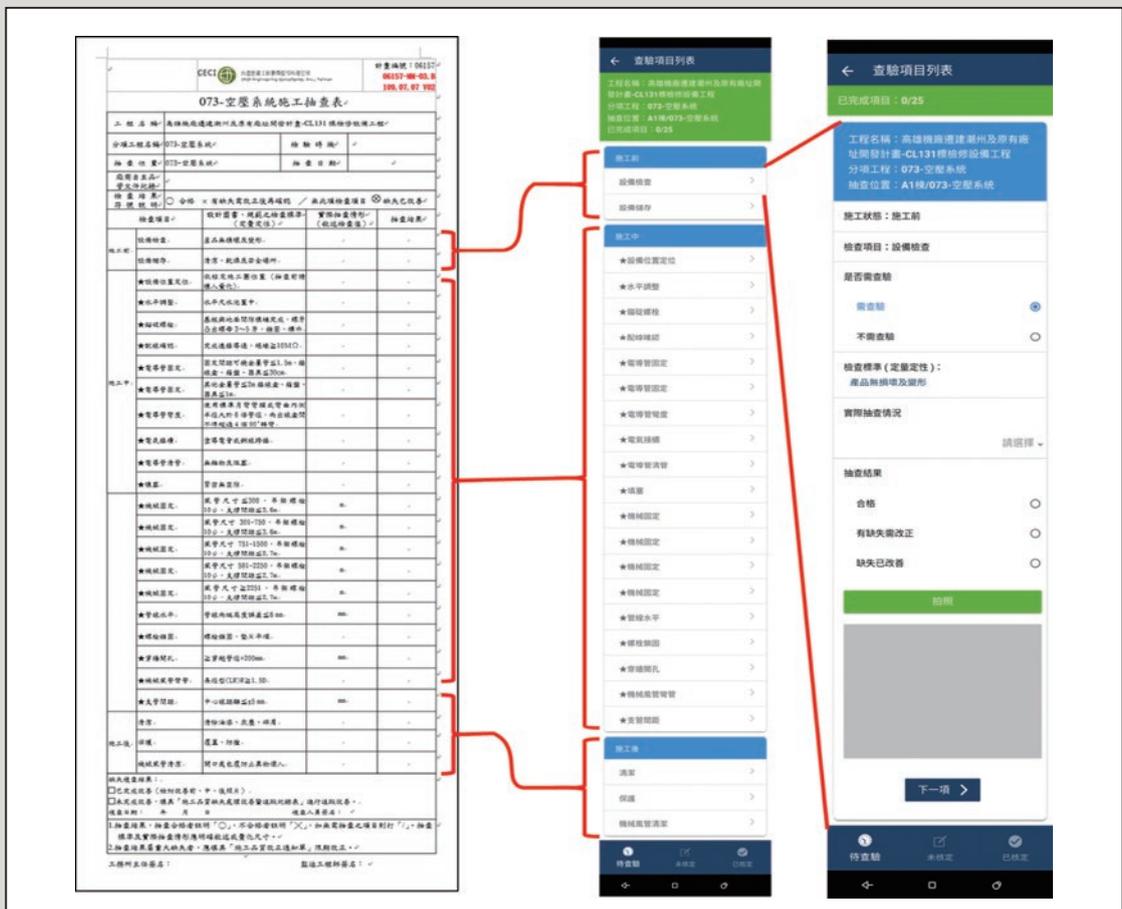


圖19 查驗項目清單及查驗成果填報APP介面



圖20 行動裝置APP檢視成果介面

置觸控螢幕上下滑動的功能，檢視清單頁面及查驗成果填報頁面，並且在行動裝置APP介面上方顯示已完成填報之項目及需檢查項目之總數，以利操作人員了解目前填報進度，不會因為冗長的清單失去填報之耐心。現場工程師與監造工程師於檢查或查驗完成後，可利用行動裝置APP檢視自己的檢查成果，顯示介面詳圖 20。

捌、查驗成果匯出ISO表單

一般而言，如使用電子表單進行檢查或其他登錄作業，應不需列印紙本簽名後收存，所有檢查成果可隨時利用網際網路連線至雲端管理後台檢視每筆檢查成果，且簽核流程及簽核人員資料皆已留存於資料庫內隨時可以查閱。但目前各級工程查核、金質獎及金安獎評選作業仍需進行實體查驗表單紙本內容之確認，故本案研發「套表模組」可將查驗成果依據台灣世曦ISO表單或是其他業主制式表單輸出WORD

檔案進行列印(如圖21)，再由監造工程師及監造主管簽名後進行實體留存。若查核委員對於電子方式謄寫查驗成果有所質疑，可利用雲端管理後台檢視檢查之成果(如圖22)說明實際辦理查驗之方式。

| CECI 台灣工程建設有限公司 CECI Engineering Consultants, Inc. Taiwan | | 計畫編號: 06157-01 06157-RL-01 109.3.24 V08 | |
|--|--|---|------|
| 道岔工程施工抽查表 | | | |
| 工程名稱 | 高雄機廠遷建潮州及原有廠址開發計畫-CL151標檢修設備工程 | | |
| 分項工程名稱 | 道岔工程 | 檢 驗 時 機 | |
| 抽 查 位 置 | 106A | 抽 查 日 期 | |
| 廠商自主品 管文件紀錄 | | | |
| 檢 查 結 果 符 號 說 明 | <input type="radio"/> 合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正後再確認 / 無此項檢查項目 <input checked="" type="radio"/> 缺失已改善 | | |
| 檢查項目 | 設計圖章、規範之檢查標準 (定量定性) | 實際檢查情形 (數值檢查值) | 檢查結果 |
| 道岔前鋪軌距 | 規範值 1067mm(+4mm~-3mm) | 1067 mm | ⊕ |
| 道岔前鋪水平差 | -6mm≤ 水平差 ≤ +6mm | 2 mm | ○ |
| 尖軌前鋪軌距 | 規範值 1092mm(+4mm~-3mm) | 1092 mm | ○ |
| 尖軌前鋪水平差 | -6mm≤ 水平差 ≤ +6mm | 0 mm | ○ |
| 尖軌前鋪高低差 | -6mm≤ 高低差 ≤ +6mm | 0 mm | ○ |
| 尖軌前鋪方向差 | -6mm≤ 方向差 ≤ +6mm | 0 mm | ○ |
| 道岔中 | | | |
| 尖軌後鋪軌距 | 規範值 1083mm(+4mm~-3mm) | 1082 mm | ○ |
| 尖軌後鋪水平差 | -6mm≤ 水平差 ≤ +6mm | 0 mm | ○ |
| 尖軌後鋪軌距 | 規範值 1083mm(+4mm~-3mm) | 1082 mm | ○ |

圖21 以WORD套印檢查成果至ISO表單

表單核定及管理

基本資訊 檢驗結果

是否核定通過 是

| 檢查項目 | 檢查標準 (定量定性) | 實際檢查情形 (敘述檢查值) | 檢查結果 | 圖片(點擊可看大图) |
|---------|------------------------|----------------|-------|------------|
| 道位前鋪軌距 | 規範值1067mm(+4mm ~ -3mm) | 1067 | 缺失已改善 | |
| 道位前鋪水平差 | -6mm≤水平差≤+6mm | 2 | 合格 | |
| 尖軌前鋪軌距 | 規範值1092mm(+4mm ~ -3mm) | 1092 | 合格 | |
| 尖軌前鋪水平差 | -6mm≤水平差≤+6mm | 0 | 合格 | |
| 尖軌前鋪高低差 | -6mm≤高低差≤+6mm | 0 | 合格 | |
| 尖軌前鋪方向差 | -6mm≤方向差≤+6mm | 0 | 合格 | |

圖22 雲端管理後台檢視檢查之成果

玖、未來發展方向

交通部於109年7月31日針對所屬機關頒佈修訂之監造計畫「施工抽查程序」、「施工抽查標準表」及「施工抽查紀錄表」範例，其中「施工抽查紀錄表」新增「施工流程」、「施工作業應提出證明文件」欄位，缺失複查新增「施工前」、「施工中」、「施工後」欄位，管理項目分類由兩層調整為三層等等，本案資料庫皆由台灣世曦研發團隊掌控亦具備擴充之彈性，故將可依交通部新頒規定調整資料庫結構、控制後台及行動裝置APP後繼續延伸使用。

本案資料庫初期規劃即採用符合工程特性之施工分區作為工作分解結構(WBS)，作為查驗、檢查表單之主要關聯，即所有的統計皆可與工程專案之實際工項串接，除可簡化繁瑣工程內業工作，亦可依需求製作交叉分析及作為區塊鏈資訊來源，並且容易與時程管控軟體中之工項連結，未來可利用查驗、檢查表單之執行情形更新時程表各工項之實際開始日期、實際結束日期及完成百分比，簡化進度表定期更新之作業，亦提升時程管控之準確性。

未來亦能以本案之施工分區與建築資訊模型(BIM)之模型元件連結，可快速將施工階段產出之現場查驗、檢查資訊延伸應用至維護管理階段，目前已嘗試利用開放式營建資訊交換標準(COBie)將查驗、檢查留存之資訊與BIM模型產生連結，未來利用實際案例進行實證並發展應用之功能。

拾、結語

本案於107年、108年台灣世曦高辦處提出研發計畫開始發展，資料庫規劃、管理後台的各模組設計及行動裝置APP的開發皆以現場工程師操作角度、需求為導向，並依循公共工程委員會編定的三級品管制度進行流程規劃及108年3月13日函文各機關加強落實執行公共工程工地管理資訊化作業方向辦理，期能在符合實際需求，避免營建管理資訊化未帶來便利性反而造成工程師需重複作業，增加工作負擔。本案經由兩年時間選擇部分工程計畫進行測試執行，在介面設計及功能開發皆有相當之改善。

然而，電子化查驗流程與傳統查驗方式在操作上有極大差異，於試行過程中發現，監造工程師對於控制後台的操作、表單之設計及以行動裝置APP輸入查驗成果等操作，需一、兩個月適應的陣痛期使能漸入佳境，對於國內公共工程一開工即開始趕工之特性，要導入電子化查驗流程有相當的困難度，就像原中華顧問導入電子流程辦理表單簽核時，雖經歷陣痛期但卻完成劃時代之創舉，若確定以電子流程辦理查驗為提昇營造業之必要之舉，除了依工地實際需求開發系統及資料庫外，更需有各級長官的支持始能順利推廣提升營造業競爭力。

參考文獻

1. 彭國源、陳懿佐、鍾增煌、何應廷、委外廠商：威誠資訊科技有限公司，2018，「應用關聯式資料庫與網頁應用程式及行動裝置APP進行工地查驗表單電子化之研究」，台灣世曦107年研發計畫。
2. 彭國源、蔡同宏、鍾增煌、何應廷、委外廠商：威誠資訊科技有限公司，2019，「應用關聯式資料庫與網頁應用程式及行動裝置APP進行工地安衛檢查表單電子化及工程契約管理模組之研究（二）」，台灣世曦108年研發計畫。



偏鄉移動服務整合型改善套案

關鍵詞(Key Words)：移動服務(Mobile Service)、偏鄉(Rural Area)、需求導向(Demand Orientation)、生態系(Ecosystem)、需求反應式運輸服務(Demand Responsive Transit Service, DRTS)

財團法人中華顧問工程司 / 執行長 / 陳茂南 (Chen, Mao-Nan) ❶

摘要

偏鄉移動服務先天條件不足，本質上有供給稀缺、需求稀缺與資源稀缺的難題，傳統公共運輸或所謂的需求反應式服務，難以符合民眾需求與維運永續的雙重條件。面對偏鄉行的難題，亟需打破舊有框架，翻轉傳統以供給為導向，並由內而外且先群體後個人的固有模式，改以需求為導向，先個人再群體，並發展「在地需求優先由在地供給」的創新服務模式，來突破過去的困境。

本套案可視為交通科技產業白皮書中有關偏鄉運輸議題的具體執行概念方案，其中有許多創新想法與作法，需要測試、驗證與政府協助鬆綁。也正因如此，整個套案才具有足以翻轉現況的龐大影響力、創新力與傳播力，期待各界能一起共襄盛舉。



Integrated Improvement Package for Rural Mobile Services

Abstract

Insufficient mobile service conditions in rural areas, Essentially there are problems of scarce supply, scarce demand, and scarce resources. Traditional public transportation or Demand Responsive Transit Service, It is difficult to meet the two conditions of people's needs and sustainable maintenance.

Facing the problem of rural transportation, it is necessary to break the old framework and reverse the traditional supply orientation, from the inside out, the inherent pattern of the group first and then the individual, Change to demand-oriented, first individuals and then groups, and develop an innovative service model that "local demand is prioritized by local supply", to break through the past difficulties.

This set of cases can be regarded as the specific implementation concept plan for rural transportation issues in the transportation technology industry white paper.

There are many innovative ideas and practices that require testing, verification, and government assistance to loosen regulations. Because of this, the whole set of cases has great influence, innovation, and dissemination power to change the current situation. It is expected that all fields can participate together.

壹、前言

偏鄉居民多依賴小汽車或機車等私有運具來維持生活與生計，但人口結構中，老人、弱勢與小孩的比例很高，這些人只能依賴包含公共運輸在內的各種移動服務，來滿足醫療、教育、照護等所衍生出之行的需求，因此行的服務常屬剛性需求，直接關乎民眾的生活與健康。

包含交通部、教育部、衛福部等中央部會，以及各級地方政府均相當關注偏鄉的移動需求，並編列有相關的計畫與補助。例如：交通部有公共運輸發展計畫、智慧運輸發展計畫，衛福部有長照服務資源不足地區交通接送量能提升試辦計畫，教育部則有地區學校交通車、交通費與租車費補助等計畫，這麼多的計畫與資源挹注，照說偏鄉交通不便問題當會有大幅度的改善。

但實際上，因各自為政的服務規劃，各種不同的適用條件限制，造成許多的人為障礙，讓每年可觀的補助與補貼，只能在初期激起些許漣漪，隨後便可能難以為繼，交通不便問題依舊未獲得適切改善。交通部林部長在109年4月1日接受聯合報訪問時指出：交通是基本人權，每個人都是國家的一份子、也都有繳稅，不應因為地理空間、階級地位而有差別。當政府宣稱大眾運輸普及率達九成，有效率、很便宜時，卻仍有人無法得到服務時，「這就是一種剝削，這是劫貧濟富」。因此，偏鄉中每個人行的便利都是政府基於公義對在地居民的承諾。林部長允諾出面整合跨部會資源，特別是教育部、衛福部與原民會，提供偏鄉與弱勢最後一哩路的整合式服務。

過去大家多將偏鄉運輸定位為「基本民行」，在作法上強調所謂的涵蓋率，以為只要有幾班次的客運服務就可以了。然而，所提供

共榮GO

-CCMS社群協作行動服務-

萬榮鄉，為花蓮縣三個山地原住民鄉之一，全鄉面積618.5平方公里，實際走訪萬榮，我們發現在當地若沒有自己的運具，就如同斷了腳一般寸步難行。許多人認為偏鄉的運輸問題有著先天的條件不足，但我們認為，翻轉腦袋中的框架並活用偏鄉的限制，偏鄉運輸問題就會迎刃而解！

因此我們提出「CCMS社群協作行動服務」，利用當地原有的資源、人力解決運輸問題，達到永續，並以CCMS為基礎製作出APP「共榮GO」，打造一個協作共乘的媒合平台，運用當地人的熱心和順風車與共乘的概念，解決當地運輸問題。



圖1 共榮GO 社群協作行動服務概念圖

服務是否方便？能否契合在地民眾需求？等實質的成效問題，卻常被忽略而流於形式，在實際的訪查中，我們曾見到有條偏鄉的客運路線，每天只有往返一班次的服務，約十多天才會載到一位乘客，而這樣的服務已經存之有年，且不曾看見有所改善。

所謂基本民行，指的是民眾生活中醫、食、住、行、育、樂、購等活動所需配套行的服務，如果忽略了這些服務背後所代表的生活需求，空有服務卻不能滿足偏鄉民眾的真正需要，只是讓偏鄉行的困境長期存在；所以，如何找出真正有效的解決方案是本套案創新思考的重點。

二年前中華顧問選派參與DIGI+ Talent 跨域數位人才加速躍升計畫的同學組隊走訪花蓮萬榮鄉進行調查與深度訪談，發現，若偏鄉居民沒有自己的交通工具，就如同「少了一雙腳」，當地的公共運輸站點不但間隔遙遠且班次又少；居民要外出、就醫皆費時又費力；因而，創生出許多新的想法，包括：建立平台串聯每個人的行程，攜手各界推動「共榮GO社群協作行動服務」，活用55歲以上退休人口發揮「人人互助」的特色，讓有相同目的的人可以

找到彼此一起出發等。

透過同學們的觀察與構思，讓大家注意到偏鄉行的問題有許多創新的解決方法，在智慧化的數位時代，有效提升偏鄉行的便利是可能的，而其癥結則在於能否打破舊有框架，實事求是並力求創新來建立新的服務架構，爰提出偏鄉移動服務整合型解決套案供各界共同討論。

貳、改善偏鄉移動服務問題的整合型概念

偏鄉移動服務先天條件不足，本質上有供給稀缺、需求稀缺與資源稀缺的難題，傳統公共運輸或所謂的需求反應式服務，難以符合民眾需求與維運永續的雙重條件；偏鄉還有弱勢與落差的課題，生活與移動服務屬剛性需求，選擇性少、負擔能力不足，而在地反映其需求的聲音也相對微弱，以致於不靠外援，幾乎找不到解決的方法。面對偏鄉行的難題，亟需打破舊有框架，創造一個新的框架，來突破過去的困境。



圖2 共榮GO 問題意識圖

我們認為生活、活動與移動應整合起來一起思考解決方案。醫、食、住、行、育、樂、購等生活需求中，有許多是屬於剛性需求，也就是所謂的基本需求，如果無法被適切滿足，則生活品質與經濟動能必將斷傷，造成地域上的發展落差與社會上的不公義。然而，生活供給、經濟活動與運輸服務都有其經濟規模與經濟範疇，偏鄉需求、供給與資源稀缺的本質，使得常態性的市場活動難以發展與延續。所以，解決之道首重整合，改善稀缺的狀況來催動市場機制；如果各種生活需求能夠相互整合，進而共用各種移動服務，而各類交通服務也能整合，提供各類型的需求對象使用，則市場供給的服務水準必能提升。

在數位時代的互聯網環境中，偏鄉稀缺的特性不一定會形成障礙，反有可能因為人數不多，而以客製化的服務來突破需求與需求、需求與供給以及供給與供給間的壁壘，並可透過實際場域來進行試辦與驗證，而不需考慮複雜的產業生態與法規問題，讓新觀念與新方法能夠有萌生的機會。

綜言之，偏鄉的問題在生活，生活的主體為活動，活動的載體為移動，能以活動為主，移動為輔，解決生活問題，翻轉傳統以供給為導向，並由內而外且先群體後個人的固有模式，改以需求為導向，先個人再群體，並發展「在地需求優先由在地供給」的創新服務模式，才能解決偏鄉運輸問題。

在移動方面，需要全方位的運具整合方案，從預約式公車、在地運輸媒合、大公共運輸整合到因地制宜的客製化在地服務，希望可以將既有運輸系統、在地運能及偏鄉補助資源整合，提供充足運能。

在活動方面分成常態性活動和臨時性活動，常態性活動藉由就源運輸服務來因應，將

原本由人透過運具去取得資源的方式反轉為資源媒合透過運具定期送進偏鄉，臨時性活動則提供活動共乘媒合服務，盡量由在地的運輸資源去滿足在地的運輸需求。

在生活方面，則將生活需求與移動需求串整起來，透過點數分潤機制串聯偏鄉所有服務的提供者與參與者，型塑偏鄉生態圈，活化並促進地方創生。

綜合上述想法，可以統整出八個概念，用以型塑出創新的偏鄉移動與生活服務內涵。

- 偏鄉交通問題是偏鄉生活需求問題的延伸
- 翻轉思維從需求導向與在地移動服務出發
- 運輸規劃需整合服務設計以落實生活需求
- 偏鄉要發展在地化的服務供給與鬆綁法規
- 移動服務平台是數位加值與賦能的施力點
- 個人就服務與服務就社區雙模式整合應用
- 建立商業與運營生態系是擴展與永續關鍵
- 試辦、驗證、部署、推廣讓偏鄉全面翻轉

再針對以下四個如何？來尋找解決策略方案：

1. 如何妥善規劃來滿足偏鄉民眾生活所需？
2. 如何創新供給來滿足偏鄉民眾行的所需？
3. 如何強化運營與綜效來讓服務健全發展？
4. 如何數位加值並建立商業與營運生態系？

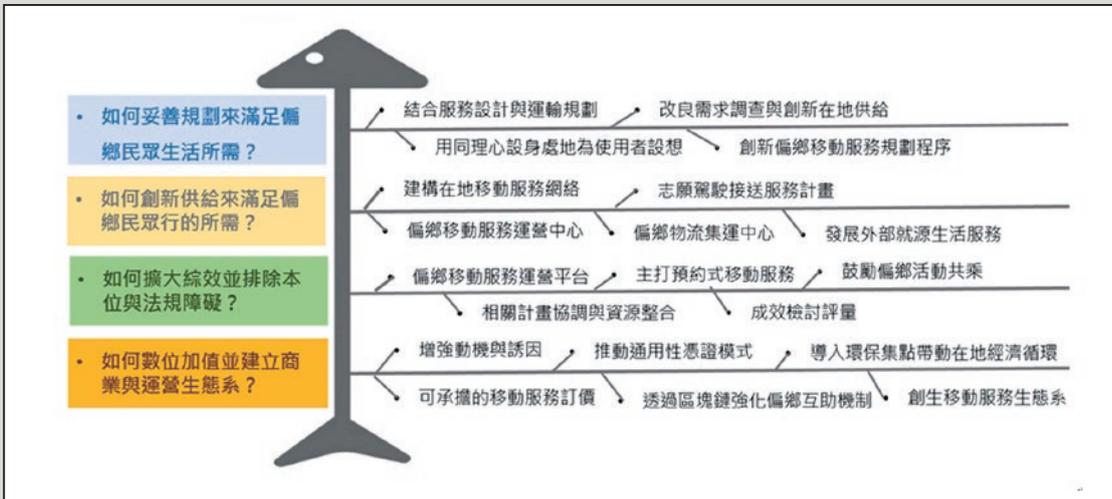


圖3 偏鄉移動服務整合型改善策略

參、偏鄉移動服務整合型改善架構

對應前述四個如何?分別說明具體改善架構如下：

一、以生活需求為核心進行規劃

(一)用同理心結合服務設計與運輸規劃

同理心 (Empathy) 是透過換位思考，體會對方想法與需求，不同族群與年齡層所需使用移動服務之目的、起迄、頻次與使用運具等均有不同，傳統運輸需求預測屬於巨觀的分析程序，無法完全契合偏鄉的實際環境與不同被關照社群的需要。服務設計是為需求者解決問題的一種方法，是一個可由需求轉化為實質服務的架構，結合服務設計與運輸規劃，可以讓需

求見樹又見林，在運輸服務規劃的同時，能關注使用者與關聯者的體驗（例如，友善、快樂和幸福），並精準地從個人需求轉化為實質的群體服務。

新方法是從偏鄉的人口輪廓，聯結到每個人的生活輪廓，再由生活輪廓中找出移動服務需求輪廓。首先以鄉區與聚落人口為分析對象，建立特定地區、分年齡層與特殊社群的人口輪廓資料，再由各年齡與社群分類，找尋其中具代表性之需求者或使用者類型，透過深度訪談，就各類型之代表人物進行人物誌的調研，以掌握生活需求輪廓。記錄各種生活需求或活動中對於行的需求，整理包括：目的地、起迄、頻次、方式、費用、時間等重要資訊；最後，依據人口輪廓進行放大推估，得到包含運輸需求在內的各種生活需求數量與內涵。

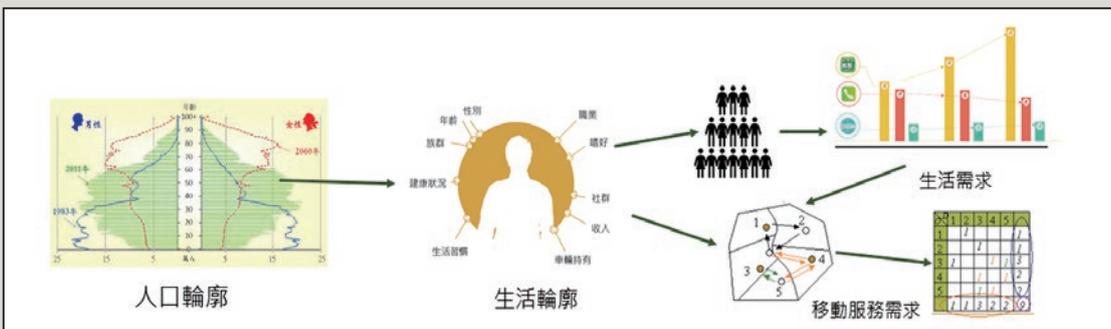


圖4 以人為本的多層次需求分析方法示意

(二)調整偏鄉移動服務規劃程序

主要程序項目包括：

1. 偏鄉需求輪廓

由鄉鎮人口組成與相關利害關係人進行剖析，由生活輪廓進行生活相關需求統整，藉由問卷訪查以歸納生活需求，如學童課輔、巡迴醫療、居家照護、文化參與等，期望聚合相關週期性活動，俾利需求整合。

2. 運輸資源盤點

事先盤點現地運輸資源供給，除傳統公共運輸外，善用在地資源發展在地移動服務企業或組織，以及在各社區與社群建立志願者移動服務模式。

3. 行的服務設計

以在地需求優先考量在地供給的概念，規劃各類供給服務；在服務型式方面包含：固定路線、彈性路線、按需接送、預約接送、共乘服務、志願者接送等類型，並透過移動服務平台進行供需媒合、服務整合與運營。

4. 偏鄉實地場域試行

找尋合適場域進行試行與驗證，藉由逐步改善達成計畫目標。

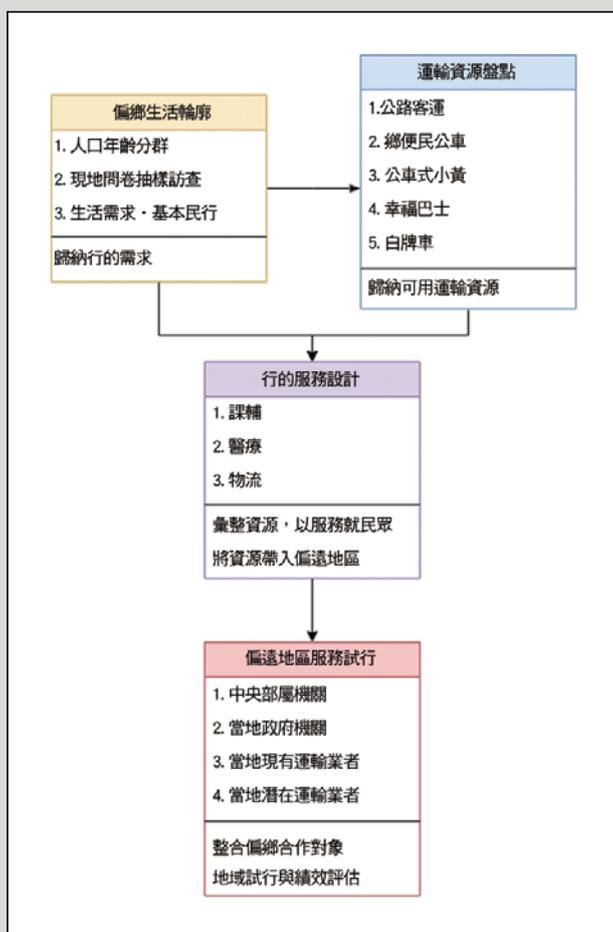


圖5 偏鄉移動服務規劃程序

二、建構在地移動服務網絡

偏鄉運輸問題常發生在所謂的「最後一哩路」，要建構一個讓各地點有需要時都有車可用的服務網絡，在規劃上應先從最底層的及戶服務著手，規劃各社區利用自有車輛的志願者來提供鄰里移動服務，讓供需間之距離縮到最短；再成立地區的移動服務整合運營中心，整合在地的運輸服務如計程車、交通車等，負責在地的服務提供；整體則透過客製化的移動服務平台，來串整鐵路等現有的公共運輸服務資訊，並進行各類移動需求與供給的媒合，滿足偏鄉各種行的需要。

其中共有四個重要的發展模式：

(一)偏鄉移動服務運營中心

負責在地移動服務的運營與管理，移動服務類型包括：固定路線、彈性路線、固定班表、特定生活目的之接送服務、交通車、志工車、共乘、預約接送等。

服務項目包括：乘客預約或訂位、車輛與駕駛調度與排程、就源生活服務的派遣、物流配送、支付、清分、票證、優惠券以及跨域合作等。

偏鄉移動服務運營中心可純為在地移動服務平台，本身不必擁有營運的車輛、設備與人員，亦可不參與實際移動服務的提供與管理。各區域運輸中心、在地移動服務業者、社福團體、地方發展協會、鄉公所、民間業者等都可

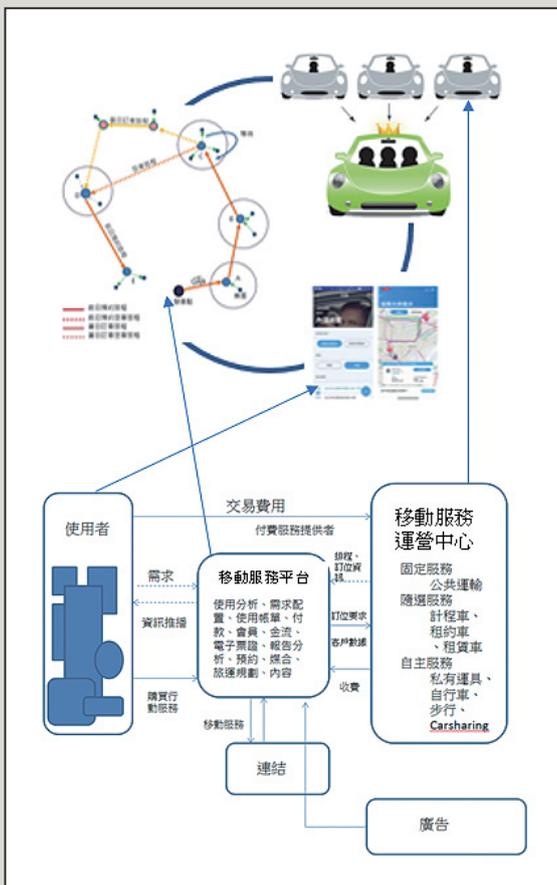


圖6 偏鄉移動服務運營中心示意

以成為運營者，擔綱偏鄉便利行的重任。

(二)志願駕駛接送服務計畫

主要的概念來自於將現有白牌車服務納管，並給予適當的法規地位。志願駕駛接送服務計畫徵求在地或社區內志願者來擔任駕駛，一般使用自己的私有車輛，並由贊助單位與承辦機構，負責招募駕駛，進行背景調查，提供培訓，管理志願駕駛的班表並為符合條件的乘客提供服務；計畫可補貼參與者油資或按里程支給費用，相關費用由政府補助、企業捐助或使用者付費等多元方式支付。志願駕駛服務計畫是解決供給缺口非常創新的突破性作法，有許多需要政府支持並提供資源與協助的地方。

(三)偏鄉物流集運中心

串聯偏鄉物流的「最後一哩路」。若能建立物流媒合平台，設置一般商業偏鄉物流終點集貨站，以提供物流末端的取貨與送貨服務，建構物流需求之接單、付款、媒合配送人員及稽核送貨等機制，結合在地使用自有運具的居民，兼職擔任物流員送貨，除可順路或空閒時送收貨，節省人力成本外，也因對當地環境與居民較為熟悉，可活絡社區情誼，增加生活照護，對貨物運送安全也更有保障。

(四)發展外部就源生活服務

就源服務是指前往需求的源頭(社區、部落、家戶)提供相關服務，以克服偏鄉運輸障礙。現今有許多超市與賣場已經在宜、花、東等地展開類似的行動超市服務，此類模式可以廣泛推廣到各種生活層面、例如賣菜、餐車、居家護理、家庭訪視、預約居家服務等，透過移動服務與生活服務平台來串接服務者與需求者，利用事前預約、定期巡迴、服務地點與行程告知、預期服務到臨時間等，在流動服務與

民眾間建立起強固的信賴關係與持續的業務發展。

三、善用多元整合加速部署進程

(一)發展偏鄉移動服務共用運營平台

所有的偏鄉創新移動服務都需要建置整合性移動服務平台，協助整合在地化運輸服務量能，輔以自動化預約與排程管理，提升居民「行」的便利性，達到在地資源服務在地之願景。在運營上，平台透過乘客端與駕駛端APP以及移動服務業者端與平台業者的後台管理系統，進行運營及管理。而共用平台建構則可用非營利機構開發的移動服務平台作為底層，介接各種功能模組，並針對各鄉區特性，打造多樣性的外觀，讓各地區都有自己專屬的服務平台，且數據可以聯通，服務可以串整。

(二)推展預約式移動服務

由於偏遠地區公共運輸服務班次間距長，民眾需求分散，以致乘載率不足；事前預約是介於固定班表與需求回應之間的服务方式，可

以匯集同樣路徑的需求，縮減等候時間，兼顧乘客負擔能力，是一種改善偏鄉行的品質非常有效的作法。預約方式可適用於各類型的移動服務，進而發展預約式公共運輸服務，特別是屬於小眾運輸部分，諸如：特定目的別的專車服務，復康車、長照車、醫療專車、購物專車等。

(三)鼓勵偏鄉活動共乘

偏鄉移動力稀缺，如能充分利用私有運具內之閒置座位資源，供鄰里搭乘，不惟可相互支援、聯絡感情及增加地方向心力，且由乘客方所補貼之油資，可分攤汽車/機車使用成本，增加民眾對於移動服務的承擔能力。偏鄉共乘可用鄰里、社區或社群作為分群的依據，由參與者加入會員並自組社群，對於費用的分攤可以自行協議或依既定的方式分攤，再透過手機APP以里程、時間計費，如果鄉里中長者不熟悉智慧型手機的使用，則可透過電話請地區移動服務中心、社區子弟或鄰里幹事代為安排。

(四)協調整合相關計畫與資源

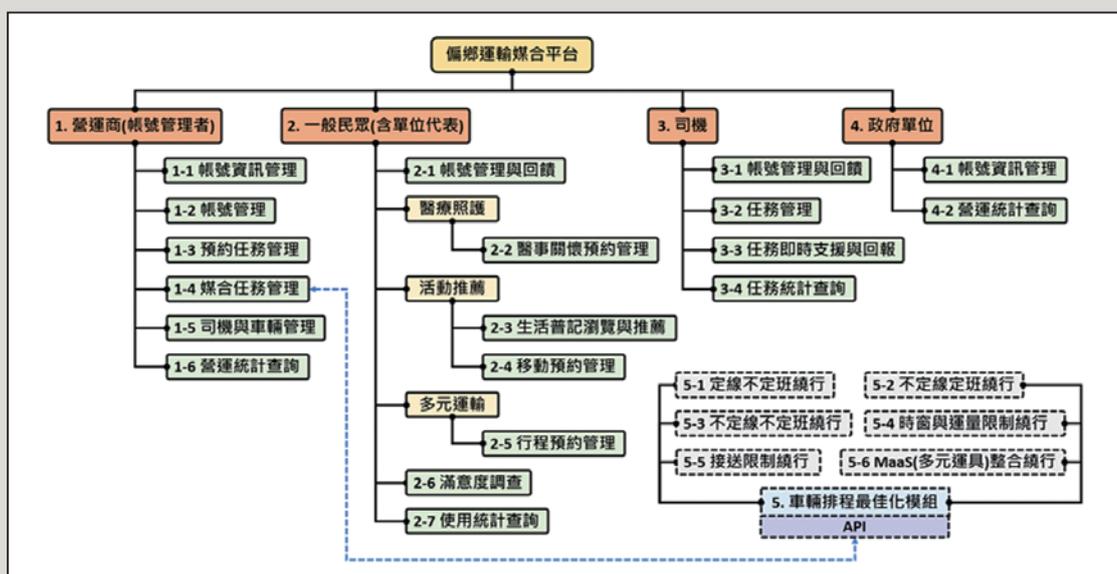


圖7 偏鄉移動服務運營平台架構

偏鄉移動服務通常可由交通部、內政部、衛福部、教育部、原民會、客委會、國發會、地方政府以及民間企業等處獲得資源與資金的挹注，為充分整合現有資源，解決偏鄉資源匱乏問題，可透過申請協助與使用協調來突破困境，並加強相關部會與機關的意見整合，與公益團體、在地非營利機構、工作場所、運輸服務業者等發展夥伴關係，共享資源、知識與資金，先以特定範圍的試辦或示範計畫進行測試。

(五)以客觀成效評量爭取捐輸

偏鄉移動服務的成效不能單以經濟效益來評估，故將導入「社會投資報酬率」(SROI)的方法，來計算投入能創造的社會價值。在全球化的影響下，越來越多的企業開始重視企業社會責任(CSR)，在追求公司最大利益外，還要兼顧所有相關利害關係人的權益，許多企業自己無暇從事公益服務，則可以透過捐獻方式，請社會公益團體來協助。

四、利用數位加值建構生態系

(一)增強供需動機與誘因

一個好的移動服務模式要得到廣泛的支持，利益關聯者的動機與促成其實踐的誘因設計非常的重要。各級政府希望能得到好的施政成果、民眾滿意度，進而得到民眾的支持與信賴；一般企業希望得到收益、名聲與善盡企業社會責任；對於地區希望在經濟發展與生活品質上有所提升，對於實際的服務供給者與需求者則希望能夠在可負擔的費用之內，得到生活與活動所需的移動服務，這些動機可以透過互惠共榮的誘因設計，達到多贏的成效。唯有在兼顧需求與利益的情形下，才能夠完成多元整合。

(二)設定可承擔的服務訂價

移動服務訂價以在地民眾負擔得起為最優先考量，參照現行公路客運與計程車之費率對於不同移動服務型態設定基本運價結構，另考量偏鄉民眾負擔能力，對於幼童、學生、老年人、孕婦、殘障者、部落人口、居住在特定區域、聚落的民眾、移動距離較長的路線等的乘客，可考量給予專屬的折扣優惠。

(三)推動通用性憑證模式

所謂憑證是指一般商業上常用的虛擬點數、代幣等，是另類的循環經濟，在偏鄉經濟支付能力不強的區域，可更有彈性的選擇、更多的連結、更廣泛的交叉補貼。許多特定目的之移動服務如醫療、購物等，過去常由營運業者來提供專車服務，後續或可於服務或消費後給予點數，讓客戶能夠用來減免車資，共同建立社區夥伴關係。

(四)以區塊鏈強化互助共享機制

偏鄉移動需求中存有眾多點對點的服務，這些需求如果要透過遠端的服務供給來因應，必將缺乏效率並產生浪費。如果善用去中心化的區塊鏈，來協助提供智能合約、服務紀錄、安全認證、支付、清分與追索並能防止竄改，將可在偏鄉建立相互信任、資源共享與互助合作的在地生活與移動服務生態系。

區塊鏈技術應用於偏鄉移動服務的項目包括：資源投入、費用補貼、乘車/共乘付費、駕駛路線查核、車輛保養維修履歷稽核、駕駛安全履歷、車輛、人身保險、支付與清分等。

(五)創生偏鄉移動服務生態系

生態系統不同於傳統商業競爭模式，成員

間能力互補，相互合作，共創共榮。

偏鄉移動服務要長期持續發展，必須先創
生在地移動服務生態系，由政府為領頭羊，給
予適當的資源與協助；法人倡議與糾集夥伴，

並協助計畫的規劃與推動執行；各界則協力打
造共用服務平台、服務方案的規劃設計，並跨
產業進行異業結盟，用多個特定目的服務平台
來滿足各關聯者的需求，共同籌應發展所需資
源。

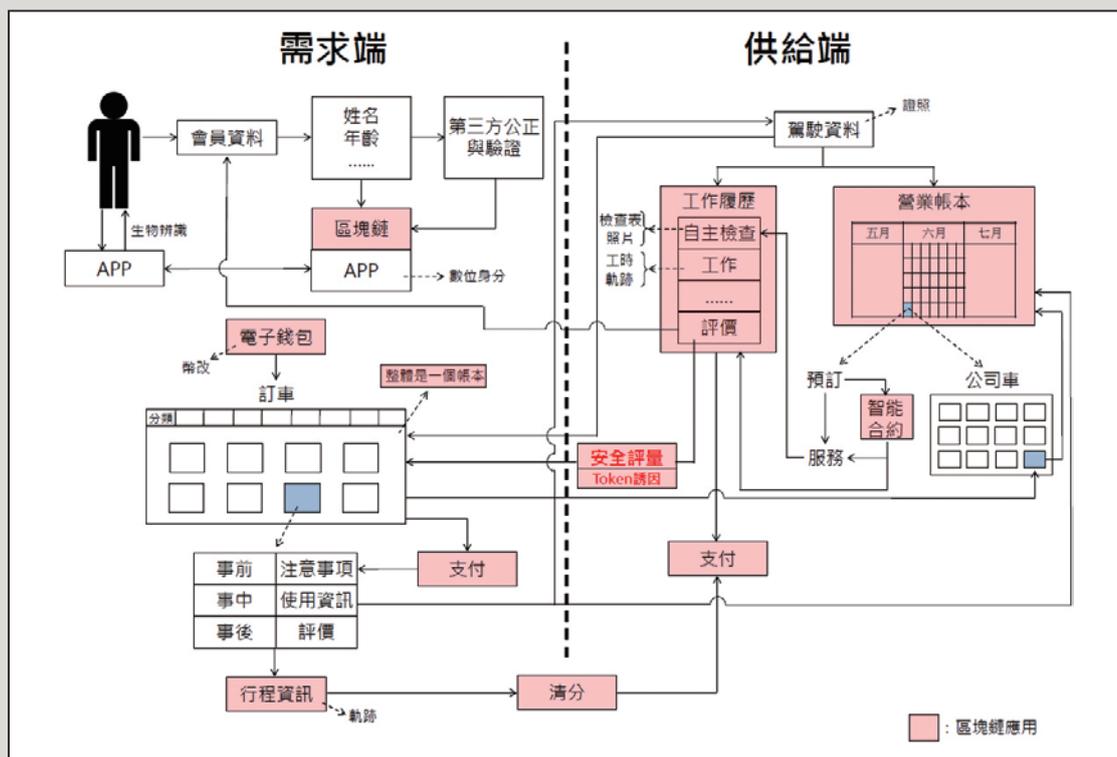


圖8 區塊鏈在移動服務平台上之應用

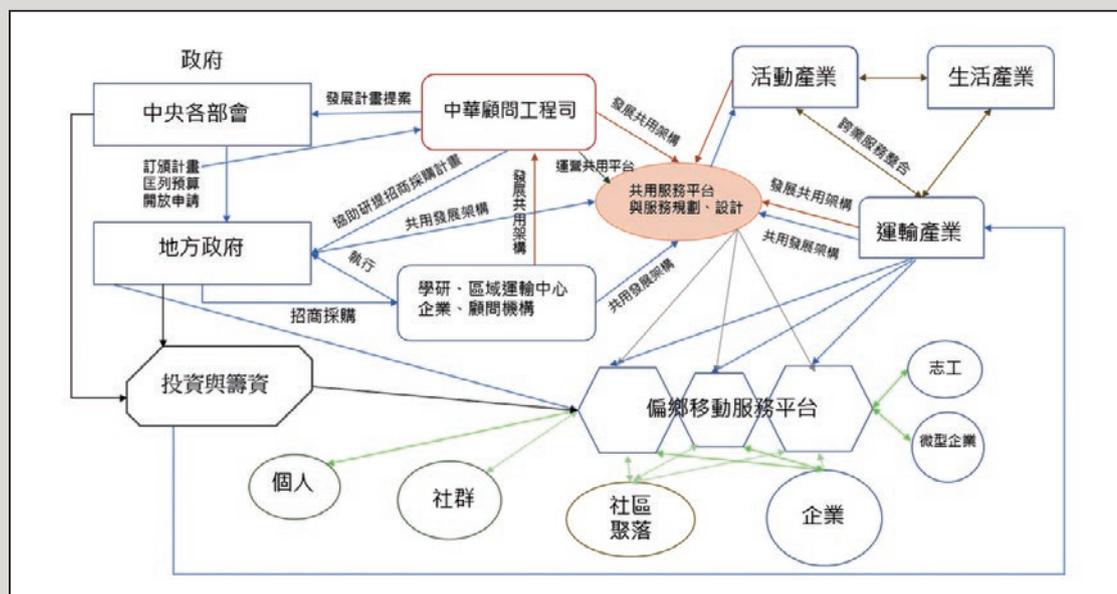


圖9 移動服務生態系組成與關聯示意

肆、結語

偏鄉移動服務創新解決套案以公義為出發點，試圖跳出傳統窠臼，有效解決偏鄉行的難題，其中有許多癥結點需要政府協助鬆綁，資源匱乏更需要各界支持與協助。

本套案可視為交通科技產業白皮書中有關偏鄉運輸議題的執行概念方案，其中有許多創新想法與作法，需要測試與驗證，要想落地實踐，更需要克服許多的困難與挑戰；也正因如此，整個套案才具有足以翻轉現況的龐大影響力、創新力與傳播力，期待各界能一起共襄盛舉。

參考文獻

1. 中華顧問工程司，「財團法人中華顧問工程司110年業務計畫書」，台北，第7-9頁。



混凝土橋梁常見劣化類型探討——下部結構

關鍵詞(Key Words)：劣化(Deterioration)、下部結構(Substructure)、橋台(Abutment)、橋墩(Pier)、帽梁(Pier Cap)、基礎(Foundation)、裂縫(Crack)、剝落(Spalling)、銹蝕(Corrosion)、磨蝕(Abrasion)、沖蝕(Erosion)、沖刷(Scour)、白華(Efflorescence)、蜂窩(Honeycomb)、空洞(Cavity)

財團法人中華顧問工程司／設施管理研發中心／代理主任／蔡欣局 (Tsai, Hsin-Chu) ❶

新中光物理探測股份有限公司／顧問／王鶴翔 (Wang, Helsing) ❷

中國科技大學／土木與防災系／助理教授／毛一祥 (Mao, I-Shiang) ❸

財團法人中華顧問工程司／設施管理研發中心／工程師／葉承軒 (Yeh, Cheng-Hsuan) ❹

財團法人中華顧問工程司／前橋梁技術中心／主任／王忠信 (Wang, Chung-Hsin) ❺



摘要

橋梁生命週期中營運階段佔大多數的時段，在臺灣橋梁工程的「中年期」面對超載車輛、頻仍的天然災害，以及材料的老劣化，橋梁維護作業逐步受到相關單位的重視。目視檢測仍為當今橋梁檢測最主要的方式，檢測作業品質良劣常受限於第一線的檢測人員的素質，如何藉由相關橋檢訓練累積經驗，以期檢測人員能有效判釋並詳實記載各類劣化現象，作為橋管單位後續維護決策的根據。本文係就橋梁檢測外部稽核公益協作中，彙整混凝土橋梁下部結構的橋台、橋墩及帽梁，以及基礎等三大部分檢測成果，彙整其常見的劣化類型，並探討劣化可能成因，以俾提供橋檢相關單位/機構參考。



Common Deterioration Found in Concrete Bridges in Taiwan — Substructure

Abstract

The operation stage builds the leading period in the life cycle of bridges. Several highway bridges in Taiwan are getting into their middle age of design life, 25 to 30 years. Extreme traffic flow, frequent natural hazards, or aging construction materials usually threatens safety and serviceability. Bridge maintenance and management deliver the prompt enhancement spot in Taiwan. Currently, visual inspection is still the most essential and accessible approach to know the conditions of bridges worldwide. For bridge agencies, bridge inspection contractors, and quality assurance companies or organizations, the first key concern is to effectively identify the in-service level of bridges through visual inspection. In this paper, the relevant bridge inspection findings are collected and reviewed during the audit public welfare collaboration period. With an emphasis on substructures, including abutments, piers, pier caps, and foundations, the common types of deterioration and their causes on concrete bridges are classified and shared for bridge inspection professionals.

壹、前言

臺灣多元的地形與自然環境，不論在公路或軌道系統串聯中，橋梁的興建相當頻繁，而國內運輸工程自1970年代之興建高峰期起，迄今已近半世紀，隨著國內重大公共建設陸續完工通車，以及已興建公共工程逐漸邁入工程設計「中年期」，加上存在的車輛違規超載(Overloading)、頻仍的天然災害(Natural Disaster)，以及材料的老劣化，運輸設施的維護管理問題已然成為國家未來建設之長程規劃重點，橋梁維護(Maintenance)作業逐漸受到相關單位的重視。

世界各國多採目視檢測(Visual Inspection)方式進行橋梁檢測[1-4]，在臺灣橋梁相關檢測資料均輯錄於臺灣地區橋梁資訊管理系統(Taiwan Bridge Management System, TBMS)，目前已有2萬9千餘座橋梁登錄於該管理系統中。然而目視檢測良莠常受限於第一線的檢測人員的素質，如何藉由相關橋檢訓練的經驗累積，以期檢測人員能有效判釋，並詳實記載各類劣化現象，以提供橋管單位的後續維護決策。

對於老舊橋梁耐震(Earthquake Resistance)或耐洪(Flood Resistance)之安全性評估，與上部結構(Superstructure)與下部結構狀況相關，混凝土橋梁上部結構的常見劣化類型，已詳細探討於前兩期專文中[5-6]，本文側重於下部結構的劣化類型與判釋，爰就近年執行橋梁檢測外部稽核公益協作，計檢視300餘座橋梁，收集混凝土橋梁的各類常見劣化類型，依下部結構的橋台、橋墩及帽梁，以及基礎等三大區塊，彙整為常見劣化類型，並探討其劣化之可能成因，以俾提供橋檢相關單位/機構參考。

貳、橋台常見劣化

橋台位於橋梁頭尾兩端，為承載上部結構及銜接路堤(Embankment)之結構物，橋台主要功能除了為傳遞上部結構載重至基礎結構之外，尚具有銜接路堤及引道(Approach)的作用，使道路與橋梁的線形可以平順地連接。橋台結構體需能抵擋背填土(Backfill)土壓力(Earth Pressure)，穩固橋頭路基，保護土堤結構，達到穩定路堤與橋梁之功能；對於跨河橋梁，橋台

表1 橋台常見劣化類型及常見位置

| 劣化類型 | 常見位置 |
|---------------------|---|
| 1. 混凝土裂縫 | · 支承座下方及附近處 · 翼牆與橋台銜接處 · 橋台胸牆(Parapet)、背牆底部 |
| 2. 混凝土剝落、破碎、鋼筋外露、銹蝕 | · 橋台胸牆、背牆、耳牆或側牆、翼牆 · 支承座下方及附近處 · 翼牆與橋台銜接處 · 橋台混凝土水份入滲處附近 |
| 3. 混凝土磨蝕、沖蝕 | · 橋台胸牆下緣 |
| 4. 水份入滲混凝土、白華現象 | · 橋台胸牆、背牆 · 橋台洩水孔處 |
| 5. 混凝土蜂窩/孔洞 | · 橋台胸牆 · 施工縫附近 |
| 6. 植物生長 | · 翼牆與橋台銜接處 · 混凝土砌石保護工 |

又需具備保護橋梁兩側河岸堤岸，避免沖刷危害之功用。

橋台常見損傷劣化類型，除了既有混凝土材料自然老劣化之外，尚可能因外在環境的洪水沖刷、基礎下部土壤之差異沉陷(Differential Settlement)、橋台背填土流失、地震災害等各種因素，並衍生不同類型的劣化，例如：河流沖刷造成的混凝土磨蝕，橋台背填土流失導致被動土壓降低或沉陷，最終引起橋台滑移(Sliding)和傾斜(Tilting)，以及地震造成混凝土開裂與擠壓(Squeeze)破損等現象。

表1羅列橋台常見劣化類型及其常見位置，其中混凝土裂縫、混凝土剝落及破損、鋼筋(Rebar)外露(Exposure)、銹蝕、混凝土磨蝕及沖蝕、水份入滲混凝土及白華現象、混凝土蜂窩/孔洞、植物生長等現象，為橋梁檢測中較常發現的橋台劣化類型。

一、混凝土裂縫

由於橋台容許的水平向與垂直向變形相對地較小，以及其上部多為配置縱向可活動支承，因此在正常載重使用下，較少發生類似上部結構之撓曲、剪力裂縫等力學性裂縫，若無鋼筋腐蝕問題的狀況下，通常僅為部分混凝土乾縮(Shrinkage)造成的表面裂縫，甚至無混凝土裂縫劣化現象。因此，橋台一旦發現有混凝土裂縫，通常皆是肇因於其它外力作用，例如：地震、不均勻沉陷、伸縮縫(Expansion Joint)伸縮容量不足、支承(Bearing)功能障礙等因素所引致的額外應力，使橋台承受額外過大之外力，進而造成混凝土開裂，且通常該類型的裂縫寬度與深度都較大。

圖1顯示橋台胸牆橫向開裂跨約整個橋台胸牆，可能發生橫向裂縫的成因為：上部結構伸縮功能障礙，俟因溫度上升造成膨脹，衍生往



圖1 橋台胸牆橫向開裂

兩端水平力量推擠，驅使上部結構推擠橋台所致，或是地震造成上部結構往橋台方向推擠，造成胸牆混凝土橫向開裂。圖2顯示橋台胸牆斜向開裂，可能發生斜向裂縫的成因為：基礎下方土壤局部沖刷，或基礎土壤不均勻沉陷引致之橋台裂縫。圖3顯示橋台胸牆垂直裂縫，可能發生垂直裂縫的成因亦為：基礎下方土壤局



圖2 橋台胸牆斜向開裂



圖3 橋台胸牆垂直裂縫

部沖刷，或基礎土壤不均勻沉陷引致之橋台裂縫。圖4顯示橋台胸牆塊狀裂縫，可能發生塊狀裂縫的成因為：地震造成橋台混凝土開裂。



圖4 橋台胸牆塊狀裂縫

二、混凝土剝落、破損、鋼筋外露、銹蝕

橋台與上部結構相同，都會因材料自然老劣化及外在環境的影響，而有鋼筋外露、銹蝕等問題。然而，因橋台必須承受上部結構傳遞的載重，以及天然災害產生的附加力量，因此常衍生更多各類型之混凝土裂縫、破損等劣化，進而造成水氣，以及有害物質更易侵入至鋼筋表面，而引發銹蝕與腐蝕。此外，跨河橋梁又因河流的沖蝕、磨蝕，加速了混凝土劣化與損壞，削減橋台鋼筋的混凝土保護層(Concrete Covering)厚度，增加鋼筋腐蝕速率。

圖5顯示橋台胸牆混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：鋼筋的混凝土保護層不足，空氣中水氣及有害物質易侵入，造成鋼筋銹蝕膨脹，表面混凝土剝落，或是伸縮縫漏水，導致雨水直接沿橋台流下，造成水份入滲混凝土，於混凝土表面浮現白華現象。圖6顯示橋台混凝土磨蝕、鋼筋外露變形，可能發生損壞的成因為：河流夾帶土石磨蝕混凝土，導致鋼筋的混凝土保護層消失，鋼筋外露、變形及斷裂。圖7顯示橋台混凝土剝落、鋼筋外露、嚴重銹蝕且斷裂，可能發生損壞的成因為：橋梁位於沿海地區，鋼筋的混凝土保護層

不足，導致鋼筋嚴重銹蝕、斷面損失及斷裂。



圖5 橋台胸牆混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕



圖6 橋台混凝土磨蝕、鋼筋外露變形



圖7 橋台混凝土剝落、鋼筋外露、嚴重銹蝕且斷裂

三、混凝土磨蝕、沖蝕

對於跨河橋梁而言，由於橋台位於河岸兩側，當洪水來臨時，常因河水夾帶大量土石及雜物，沖刷及撞擊橋台胸牆混凝土，而造成混凝土磨蝕現象。若為位處中、上游或山區之橋

梁，則因河川流速較快，混凝土磨蝕現象通常會更趨顯著，甚至可能遭受土石流(Debris Flow)侵害，而產生更嚴重的劣化。圖8顯示橋台混凝土磨蝕；圖9顯示橋台混凝土磨蝕、鋼筋外露變形，可能發生的成因為：洪水夾帶大量土石及雜物沖刷橋台，造成混凝土磨蝕、鋼筋外露變形之劣化。



圖8 橋台混凝土磨蝕



圖9 橋台混凝土磨蝕、鋼筋外露變形

四、水份入滲混凝土、白華現象

橋台水份入滲混凝土為非常普遍常見的劣化類型，一般可於橋台胸牆、背牆發現水份入滲痕跡，並往往具有混凝土表面變色、長青苔、霉斑，以及白華等劣化現象，如圖10及圖11所示。大部分成因為伸縮縫止水帶或導水設施破損，路面排水直接從伸縮縫處流下，而導致漏水，水份入滲橋台情形。



圖10 橋台胸牆混凝土表面具水份入滲、長青苔痕跡



圖11 橋台胸牆混凝土表面具水痕、長青苔、白華痕跡

五、混凝土蜂窩/孔洞

混凝土蜂窩常可於橋台胸牆處觀測其劣化現象，造成混凝土蜂窩的因素甚多，對於橋台而言，造成其混凝土蜂窩的因素，較多是肇因於混凝土澆置(Concrete Placement)過程，因模板品質不佳，或者施工不良有漏漿的情形，拆模後混凝土表面呈現蜂窩現象。此外，由於橋台量體較大，常需分段澆置混凝土，因而造成施工縫位置常有蜂窩、冷縫(Cold Joint)等缺陷，或因搗實(Tamping)不足而造成混凝土蜂窩現象。部分橋梁則因施工廠商使用不當材料，導致橋台衍生產生蜂窩或空洞等劣化現象。

圖12顯示橋台胸牆混凝土蜂窩，可能發生蜂窩的成因為：模板品質不佳或施工不良有漏漿的情形，造成拆模後混凝土表面蜂窩現象，

或是二次混凝土澆置處理不佳，造成接縫處混凝土蜂窩。圖13顯示橋台胸牆混凝土蜂窩、空洞，可能發生蜂窩與空洞的成因為：使用不當材料(紅磚)作為保護層墊塊，造成澆置後混凝土蜂窩及空洞，或是搗實不足，引致多處混凝土蜂窩。



圖12 橋台胸牆混凝土蜂窩

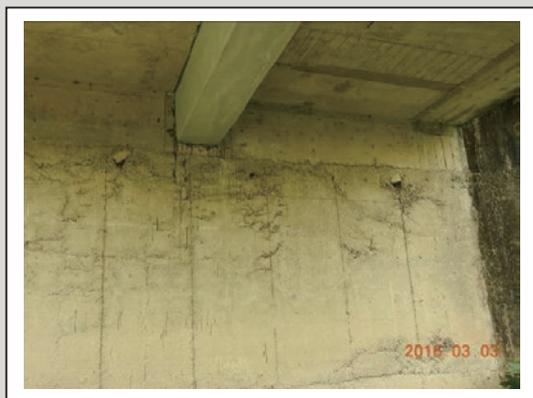


圖13 橋台胸牆混凝土蜂窩、空洞

六、植物生長

橋台一般會結合翼牆或擋土牆與道路連接，或透過漿砌卵石、混凝土護坡等設施，進行橋台與河岸保護，避免受到洪水沖刷侵蝕而影響橋台的穩定性。然而，橋台與翼牆、擋土牆連結常留有間隙，又或兩者間相互擠壓，以致混凝土產生裂縫，經過長期雨水滲入，常有木本植物從橋台及翼牆、擋土牆背填土長出，進一步加速混凝土開裂、破碎等劣化情形，對於既有劣化缺陷，亦會加速其損傷程度及範圍；漿砌卵石護坡則因混凝土砂漿與卵石間的

膠結強度較差，常有開裂分離現象，故容易有植物生長問題，破壞護坡之完整性。另外，其它各類因素使橋台混凝土開裂、破損及滲水，進而衍生之植物生長問題。

圖14顯示橋台護坡植物生長、開裂，可能發生損壞的成因為：開放式橋台結合漿砌卵石護坡，因雨水沿兩者間隙、護坡裂縫、空洞滲入，引致植物生長之劣化現象。圖15顯示橋台混凝土蜂窩、裂縫、植物生長，可能發生損壞的成因為：雨水沿橋台裂縫及蜂窩缺陷滲入背填土，導致植物從缺陷處生長。圖16顯示橋台側牆植物生長、開裂，可能發生損壞的成因為：雨水沿橋台側牆裂縫滲入背填土，導致植物從裂縫內生長。



圖14 橋台護坡植物生長、開裂



圖15 橋台混凝土蜂窩、裂縫、植物生長



圖16 橋台側牆植物生長、開裂

參、橋墩及帽梁常見劣化

橋墩的功能在於依據橋跨的配置，給予各振動單元穩固的支撐及力量的傳遞，並於天然災害的外力侵襲下，提供適度的束制與消能，確保無重大傷害之落橋事件發生。橋墩及帽梁常見的劣化類型與橋台類似，有混凝土材料劣化及腐蝕問題，洪水沖刷、土石流磨蝕、撞擊造成之損傷缺陷，以及地震造成的力學性破

壞等；少部分情形為伸縮縫或支承構件的功能障礙，造成上部結構傳遞額外的力量至橋墩，而衍生其它類型之損傷模式。表2為橋墩及帽梁常見劣化類型及其常見位置，包括：混凝土裂縫、剝離、剝落、破損、磨蝕及沖蝕，鋼筋外露、銹蝕，水份入滲混凝土及白華現象，混凝土蜂窩/孔洞，以及植物生長等現象，為橋梁檢測過程中較常被發現的劣化類型。

一、混凝土裂縫

鋼筋銹蝕將引致本身體積膨脹數倍，使混凝土內部產生張應力，累積至一定程度時，將導致混凝土產生裂縫、剝離及剝落等劣化情形。橋墩及帽梁混凝土膨脹、剝離多屬鋼筋銹蝕、腐蝕及膨脹問題所衍生出的劣化類型，成因多為橋梁位於海邊及其鄰近區域，且鋼筋的混凝土保護層厚度未配合該腐蝕環境而調整，導致沿海區域橋梁大部分都有鋼筋腐蝕問題，加速該類之劣化進一步惡化。

表2 橋墩及帽梁常見劣化類型及常見位置

| 劣化類型 | 常見位置 |
|---------------------|--|
| 1. 混凝土裂縫 | <ul style="list-style-type: none"> 墩體及帽梁各處腐蝕裂縫 支承座下方及附近處 帽梁受拉側混凝土 柱底撓曲裂縫(單柱式) 柱底、頂撓曲裂縫(構架式) |
| 2. 混凝土剝落、破碎、鋼筋外露、銹蝕 | <ul style="list-style-type: none"> 伸縮縫漏水處橋墩及帽梁 支承座下方及附近處 帽梁底板處 跨河橋橋墩墩體 |
| 3. 混凝土磨蝕、沖蝕 | <ul style="list-style-type: none"> 跨河橋橋墩墩體 |
| 4. 水份入滲混凝土、白華現象 | <ul style="list-style-type: none"> 伸縮縫漏水處橋墩及帽梁 |
| 5. 混凝土蜂窩/孔洞 | <ul style="list-style-type: none"> 帽梁與橋墩連接處底板 施工縫附近 橋墩與基礎連接處 |
| 6. 植物生長 | <ul style="list-style-type: none"> 帽梁平台 |

圖17顯示帽梁混凝土裂縫，可能發生裂縫成因為：橋梁位於出海口，帽梁保護層不足，內部鋼筋應已銹蝕膨脹，造成混凝土裂縫及剝離。圖18及圖19顯示帽梁支承處混凝土開裂，可能發生裂縫的成因為：帽梁混凝土因水份入滲劣化，有銹水痕跡，鋼筋應已銹蝕，且受到大梁(Girder)承壓應力作用，造成帽梁鄰近支承處混凝土開裂、剝離。



圖17 帽梁混凝土裂縫



圖18 帽梁支承處混凝土開裂



圖19 帽梁支承處混凝土開裂

二、混凝土剝落、破碎、鋼筋外露、銹蝕

橋墩及帽梁鋼筋外露、銹蝕的劣化類型及成因，一般包括材料老劣化、環境因素、洪水沖蝕、地震及土石流災害等各類因素，引致的鋼筋劣化現象。其中以腐蝕環境、洪水及土石流磨蝕造成橋墩及帽梁鋼筋外露、銹蝕的案例最多。



圖20 帽梁底板混凝土整體剝落、鋼筋外露銹蝕，且部分鋼筋斷裂

圖20顯示帽梁底板混凝土整體剝落、鋼筋外露銹蝕，且部分鋼筋斷裂，可能發生損壞的成因為：橋梁位於出海口位置，長期飽受海風侵襲，且鋼筋的混凝土保護層厚度不足，引致鋼筋外露、銹蝕。圖21顯示帽梁混凝土剝離、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因亦為：橋梁位於出海口，帽梁保護層不足，內部鋼筋應已銹蝕膨脹，造成混凝土裂縫及剝離，除路面排水直接從伸縮縫流下之外，橋梁鄰近沿海區



圖21 帽梁混凝土剝離、鋼筋外露銹蝕

域，橋下淨高不足，漲潮時可能淹及帽梁，由於帽梁保護層不足，造成內部鋼筋銹蝕、混凝土剝離。圖22顯示橋墩墩體混凝土磨蝕，鋼筋外露、變形、斷裂，可能發生損壞的成因為：河流夾帶土石磨蝕混凝土，導致鋼筋的混凝土保護層消失，鋼筋外露銹蝕、變形及斷裂。圖23顯示帽梁混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：路面排水直接沿伸縮縫流



圖22 橋墩墩體混凝土磨蝕，鋼筋外露、變形、斷裂



圖23 帽梁混凝土剝落、鋼筋外露銹蝕

下，造成混凝土劣化、鋼筋外露銹蝕，或是鋼筋的混凝土保護層不足，水氣及有害物質易侵入至鋼筋，造成鋼筋銹蝕膨脹，表面混凝土剝落。

三、混凝土磨蝕、沖蝕

跨河橋橋墩常位於主河道及深槽區，比起橋台更具有沖刷、磨蝕之問題，故常見橋墩墩體混凝土有嚴重磨蝕、破碎、鋼筋外露變形等

現象。

圖24顯示橋墩墩體及帽梁混凝土磨蝕；圖25顯示橋墩混凝土磨蝕、鋼筋外露變形、斷裂，可能發生的成因為：洪水夾帶大量土石及雜物沖刷、撞擊橋墩，造成混凝土磨蝕、破碎、鋼筋外露變形等劣化現象。



圖24 橋墩墩體及帽梁混凝土磨蝕



圖25 橋墩混凝土磨蝕、鋼筋外露變形、斷裂

四、水份入滲混凝土、白華現象

橋墩及帽梁常有混凝土水份入滲，導致白華現象，一般多於帽梁兩側腹板、底板、橋墩墩體等處，可觀測混凝土表面具水份入滲痕跡，並伴隨著混凝土變色、長青苔、霉斑及白華等劣化現象。同樣地，多數原因為伸縮縫止水帶或導水設施破損，路面排水直接從伸縮縫處流下，導致漏水、水份入滲情形，以及後續加劇混凝土劣化。

圖26顯示水份入滲橋墩混凝土、白華現象，圖27顯示帽梁底板混凝土白華、鋼筋外露銹蝕，可能發生損壞的成因為：伸縮縫止水帶破損，路面排水直接沿伸縮縫流下，造成水份入滲橋墩帽梁混凝土，導致白華現象浮現，以及鋼筋外露銹蝕現象。



圖26 水份入滲橋墩混凝土、白華現象



圖27 帽梁底板混凝土白華、鋼筋外露銹蝕

五、混凝土蜂窩/孔洞

橋墩及帽梁混凝土的蜂窩常發生於墩體與帽梁連接處之帽梁底板位置，主要原因係該處為兩構件連結處，鋼筋數量較多、排列較密集，故混凝土搗實作業較為困難；且懸臂帽梁底板又常有鋼筋的混凝土保護層不足、模板漏漿的現象發生，因此造成此處常有混凝土蜂窩現象。此外，由於橋墩高度較高，必須分段進行澆置，在施工接縫處容易有蜂窩、冷縫及孔洞等缺陷；橋墩墩體亦常因搗實不均、施工品質不佳，以致混凝土表面有蜂窩之劣化現象。

圖28顯示帽梁底板蜂窩、空洞，可能發生劣化的成因為：帽梁與橋墩連接處，鋼筋排列密集、混凝土搗實不易或不足，且鋼筋的混凝土保護層厚度不足，造成帽梁底板混凝土蜂窩、孔洞，以及鋼筋外露現象。圖29顯示帽梁側緣混凝土蜂窩，可能發生蜂窩的成因為：可能因模板品質不佳，引致澆置混凝土時發生漏漿問題，導致帽梁側邊表面產生蜂窩現象。圖30顯示橋墩墩體混凝土蜂窩、鋼筋外露，可能



圖28 帽梁底板蜂窩、空洞



圖29 帽梁側緣混凝土蜂窩

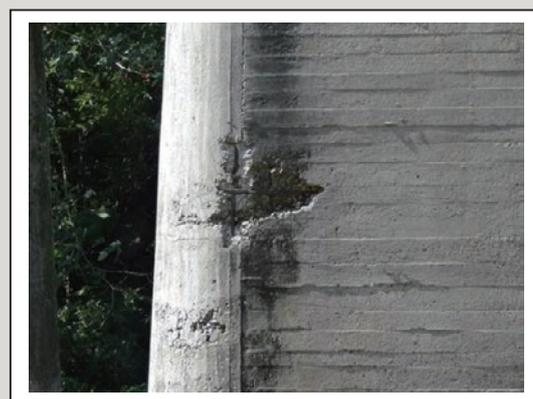


圖30 橋墩墩體混凝土蜂窩、鋼筋外露

發生損壞的成因為：混凝土搗實不足，引致深層內部混凝土出現蜂窩現象。

六、植物生長

橋墩帽梁頂板常因雨水沿兩側懸臂板流下或伸縮縫漏水，使其常有積水或受潮現象，加上帽梁平台上易堆積塵土與雜物，一旦滲水滋潤後，極容易有植物生長情形。若為草本淺根植物，一般僅攀附於混凝土表面，不會造成結構性劣化損傷，但若為木本植物，根系可能沿既有表面裂隙探入橋墩帽梁，造成混凝土開裂、破損，或於既有缺陷內持續生長，加劇既有的劣化損傷程度。

圖31及圖32分別顯示木本植物與草本植物生長，可能發生植物生長的成因為：帽梁堆積砂土，並經常受到雨水沿懸臂板或伸縮縫流下淤積滋潤，導致植物生長。



圖31 木本植物生長



圖32 草本植物生長

肆、基礎常見劣化

橋梁基礎的功能在於傳遞上部結構力量至底下土壤或岩盤(Bedrock)，基礎結構的劣化、承載力及穩定性，皆為影響橋梁結構安全的關鍵要素，故橋梁基礎裸露一直為橋梁檢測作業中最被重視的要點之一。臺灣河川大多有坡陡流急之特性，再加上砂石被盜採與超採等因素，使得臺灣橋梁基礎裸露情形甚為嚴重，且造成基礎結構衍生許多損傷劣化現象。表3詳列基礎結構之基礎沖刷、裸露，混凝土裂縫、破碎、

表3 基礎常見劣化類型及常見位置

| 劣化類型 | 常見位置 |
|------------------|---|
| 1. 基礎沖刷、裸露、掏空 | <ul style="list-style-type: none"> 主河道、深槽區橋墩基礎 河道彎道沖擊岸側橋台 固床工損壞處橋墩基礎 |
| 2. 混凝土破碎、磨蝕 | <ul style="list-style-type: none"> 基礎裸露部分之混凝土結構 河道上游或山區橋梁基礎 |
| 3. 鋼筋外露、銹蝕、變形、斷裂 | |

磨蝕與沖蝕，以及鋼筋外露、銹蝕、變形與斷裂等劣化類型與其常見位置。近年來更因極端氣候(Extreme Weather)，導致時有超乎預期之超大豪雨，原已嚴重裸露之基礎經豪雨洪水沖刷，將可能發生基礎穩定性降低，誘發橋墩傾斜或落橋(Bridge Falling)事件發生。

圖33及圖34分別顯示沉箱基礎與樁基礎沖刷、裸露，可能發生的成因為：長期一般沖刷(General Scour)導致整體河床下降，造成大部分橋墩基礎沖刷、裸露及磨蝕。圖35顯示箱基礎



圖33 沉箱基礎沖刷、裸露



圖36 沉箱基礎裸露



圖34 樁基礎沖刷、裸露



圖37 沉箱基礎裸露、護岸崩塌



圖35 箱基礎裸露、固床工局部破壞

可能發生損壞的成因為：一般沖刷造成整體橋梁沉箱基礎裸露，或是該墩位於河道彎道攻擊側，導致基礎裸露及凹岸崩塌嚴重。圖38顯示橋台基礎局部沖刷掏空，可能發生局部沖刷掏空的成因為：固床工破壞引致河道跌水(Drop)，造成橋台基礎局部沖刷，基礎土層掏空。圖39顯示沉箱基礎保護工鋼筋外露、銹蝕、變形、斷裂，可能發生損壞的成因為：跨河橋橋墩位



圖38 橋台基礎局部沖刷掏空

裸露、固床工局部破壞，可能發生損壞的成因為：整體河床沖刷下降，造成大部分橋墩沉箱(Caisson)基礎裸露，且因固床工局部破壞，導致河道有局部沖刷(Local Scour)情形發生。圖36顯示沉箱基礎裸露，可能發生裸露的成因為：河床填土施工便道阻礙河道通水斷面，造成河道束縮沖刷(Concentration Scour)，橋墩基礎被沖刷裸露。圖37顯示沉箱基礎裸露、護岸崩塌，



圖39 沉箱基礎保護工鋼筋外露、銹蝕、變形、斷裂

於山區主河道及深槽區，長期一般沖刷引致整體河床下降，橋墩基礎沖刷、裸露，加上洪水夾帶大量土石及雜物沖刷，造成基礎保護工的混凝土磨蝕、破碎，繼之導致鋼筋外露、銹蝕、變形、斷裂等劣化現象。

伍、結論

本文就執行橋梁檢測外部稽核公益協作中，就發現彙整下部結構的橋台、橋墩及帽梁，以及基礎等三大部分之常見劣化類型，其中橋台與橋墩及帽梁的常見劣化類型包括：混凝土裂縫、剝離、剝落、破損、磨蝕及沖蝕，鋼筋外露、銹蝕，水份入滲混凝土及白華，混凝土蜂窩及孔洞，以及植物生長等現象；基礎常見劣化類型包括：基礎沖刷、裸露，伴隨混凝土裂縫、磨蝕、破碎及鋼筋外露與變形等現象；文中亦依各劣化類型，詳細說明或判釋其可能成因。文中所述混凝土橋梁下部結構之常見劣化類型與成因說明，可提供橋梁維護管理單位、橋梁檢測廠商、橋檢品質保證單位/機構等相關專業人員作實務性參考。

誌謝

本文係財團法人中華顧問工程司於102年至106年度間，交通部運輸研究所橋梁檢測外部稽核公益協作中，收集彙整各類橋梁常見劣化樣

態之部分成果，作者由衷感謝相關橋管單位協助與支持，現地稽核所有的參與協助人員在此一併申謝。

參考文獻

1. Ryan, T.W., Mann, J.E., Chill, Z.M., and Ott, B.T., Bridge Inspector's Reference Manual (BIRM), Report, Report No. FHWA-NHI-12-049, National Highway Institute, Federal Highway Administration, Arlington, Virginia, U.S.A. (2012).
2. Everett, T.D., Weykamp, P., Capers, H.A., Cox, W.R., Drda, T.S., Jensen, P., Juntunen, D.A., Kimball, T., and Washer, G.A., Bridge Evaluation Quality Assurance in Europe, Report No. FHWA-PL-08-016, Federal Highway Administration, Arlington, Virginia, U.S.A. (2008).
3. New Zealand Transport Agency, Bridge Inspection and Maintenance Manual, SP/M/016, Transit New Zealand, Wellington, New Zealand (2001).
4. 交通部，「公路橋梁檢測及補強規範」，交通部頒布規範，臺北，臺灣 (2018)。
5. 蔡欣局，王鶴翔，毛一祥，葉承軒與王忠信，「混凝土橋梁常見劣化類型探討—上部結構(I)」，中華技術期刊，第125期，第158-169頁 (2020)。
6. 蔡欣局，王鶴翔，毛一祥，葉承軒與王忠信，「混凝土橋梁常見劣化類型探討—上部結構(II)」，中華技術期刊，第126期，第146-155頁 (2020)。

稿約格式

一、文字：稿件應以中文或英文撰寫，中文及英文摘要以400字為限。

二、單位：所有含因次之量須採用SI單位公制。

三、打字：

來稿請使用電子檔（以Word編排）圖、文需以單欄橫向編排方式，共同排列在文稿內(過大的圖或表可以附件方式呈現)，論文之長度(含圖)字數限5-6,000字以內；左、右邊界2.5公分，上、下邊界3公分，內文字體為細明體12點字，行距為1.5倍行高。

四、題目/作者：

論文題目宜簡明，作者姓名、任職機構、部門、職稱、技師科別列於論文題之下方，其服務部門及職稱以1, 2, 3編號註記在首頁末，另附上作者之生活照高畫質之電子檔。

五、關鍵詞：在題目中須選出中文及英文二至四個關鍵詞，並置於作者姓名下方。

六、章節及標題：論文之章節標題須列於稿紙之中央對稱位置，且加編號。小節標題亦應加編號但必須從文稿之左緣開始，例

壹、大標題（居中）

一、中標題（齊頭）

(一) 子標題（齊頭）

1、小標題（齊頭）

(1) 次小標題（齊頭）

七、數學式：所有公式及方程式均須書寫清楚，其後標式號於圓括弧內。為清晰起見，每一式之上下須多空一列。

八、長度：論文之長度(含圖)，內文以不超過6,000字或其相當之長度為準(以A4規格約8頁(含圖)計算)。

九、插圖與圖表：不論在正文中或圖裡本身，所有圖表、照片必須附有編號及標題或簡短說明，其編號請用阿拉伯數字，不加括號表示。如圖1、表2；Table 1、Figure 2，表的標題置於表的上方中間，圖的標題置於圖的下方中間。

十、符號：內文所有符號須於符號第一次出現時加以定義。

十一、參考文獻：

所有參考文獻須按其在文中出現之先後隨文註號碼於方括弧內，並依序完整列於文末；文中引用提及作者時請用全名，未直接引用之文獻不得出現。

參考文獻之寫法須依下列格式：

(1)期刊

林銘崇、王志成，「河口海岸地形變化之預測模式」，中國工程學刊，第六卷，第三期，第141-151頁(1983)。

Bazant, Z. P., and Oh, B. H., "Strain-rate effect in rapid triaxial loading of concrete," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.108, No.5, pp.764-782(1982).

(2)書籍

張德周，「契約與規範」，文笙書局，台北，第177-184頁(1987)。

Zienkiewicz, O. C., "The Finite Element Method," McGraw-Hill, London, pp.257-295(1977).

(3)論文集

蔡益超、李文友，「鋼筋混凝土T型梁火災後彎矩強度之分析與評估」，中國土木工程學會71年年會論文集，臺北，第25-30頁(1982)。

Nasu, M. and Tamura, T., "Vibration test of the underground pipe with a comparatively large cross-section," Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Italy, pp.583-592(1973).

(4)學位論文

陳永松，「鋼筋混凝土錨座鋼筋握裹滑移之預測」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，台南(1982)。

Lin, C. H., "Rational for limits to reinforcement of tied concrete column," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Texas, Austin, Texas (1984).

(5)研究報告

劉長齡、劉佳明、徐享崑，「高屏溪流域水資源規劃系統分析之研究」，國立成功大學臺南水工試驗所研究報告，No.53，台南(1983)。

Thompson, J. P., "Fire resistance of reinforced concrete floors," PCA Report, Chicago, U.S.A., pp.1-15(1963).



編後語

隨著新科技發展，數位轉型在其中扮演著重要角色，營建工程產業該如何掌握導入數位轉型的正確演化之路並非一蹴可幾，但是基於其是未來保持競爭優勢所不可或缺，則勢必應從根本的服務思維，進行全面化的佈局與因應做出調整。

本期中華技術內容聚焦蘊涵數位轉型的科技創新應用實作案例介紹，引領我們了解所處的位置，並希望能協助企業如何結合人工智慧（AI）、物聯網、大數據、雲端應用、5G等新興科技來優化企業流程以找到新的商業模式，落實數位轉型，並為運用資通訊科技來提昇工程產業之加值與創新提供更好的契機。

僅此特別感謝交通部 林佳龍部長及神通資科 蘇亮董事長能在百忙之中接受專訪，指引工程的科技創新應用與未來方向，以及撰寫專題報導的諸位作者貢獻心力，提供寶貴資料並分享實務經驗。

附記：

本刊於每年一、四、七、十月份以季刊方式發行，來稿請備紙本稿件一式三份及原稿電子檔，以掛號郵寄台北市11491內湖區陽光街323號10樓，台灣世曦工程顧問股份有限公司／企劃部轉『中華技術』編輯小組收。

 財團法人中華顧問工程司
CHINA ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

台北市10637辛亥路二段185號28樓
28F., No.185, Sec. 2, Sinhai Rd., Taipei 10637, TAIWAN
Tel: (02) 8732-5567, Fax: (02) 8732-8967, <http://www.ceci.org.tw>



台灣世曦
工程顧問股份有限公司



金門大橋大鵬展雙翅，第一對預鑄節塊吊裝揭開序幕



Creativity · **E**xcellence · **C**onservation · **I**ntegrity

台北市11491內湖區陽光街323號
No. 323 Yangguang Street, Neihu District, Taipei City 11491, TAIWAN
Tel:(02)8797-3567 Fax:(02)8797-3568
E-mail:pr@ceci.com.tw

用心
做好每一件事情

匠心，才得以淬煉「專業」品質
誠心，才足以貫徹「人本」信念
悉心，才可以恢宏「關懷」情操
台灣世曦永遠以「心」為出發
持續履行對土地、對人民不變的承諾
一個環境永續的生態樂園
一個幸福溫馨的生活家園