

# 土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

February  
2025



ISSN 0253- 3804



NT\$350



Volume 52, No. 1

社團法人  
中國土木工程學會 發行  
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

學會資訊看板

吳澤成分享會  
KSCE 2024 紀實  
SERC B 公告

資訊爆量時代的  
工程資訊管理

專 輯

緬 懷

茅聲燾教授  
謝季壽董事長

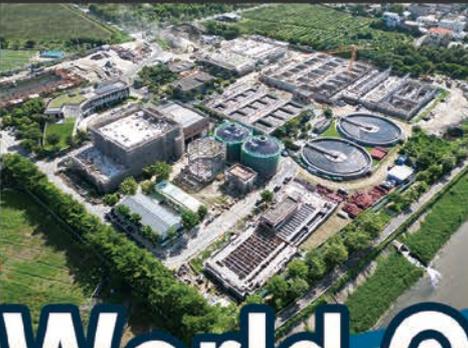


亞新工程顧問股份有限公司  
MOH AND ASSOCIATES, INC.

台北 | 台中 | 高雄 | 仰光 | 曼谷 | 新加坡 | 香港 | 北京



運輸工程 | 大地工程 | 數位工程 | 結構工程 | 環水工程 | 專案及施工管理 | 建築、都市計劃、景觀及室內設計 | 機電工程



# Our World Our Work

亞新集團創業於 1975 年，多年來的經營發展，已逐漸成為亞洲地區居於領先地位的國際工程顧問公司。亞新集團主要是為東亞及東南亞地區政府及私人企業提供包括基礎建設、土地開發、建物結構、環境工程及資訊科技等綜合性國際化技術與管理的全方位專業服務。

目前，亞新集團有一千二百餘位具有不同專業領域的技術人員，分公司及關係企業依地理位置主要分布於大中華地區（台北、台中、高雄、香港、北京），東南亞地區（仰光、曼谷、新加坡），藉著從事專業活動的溝通與互動，將這些地區緊密的結合創造一個共同體，建構分享一個完整的專業服務網絡。



221411 新北市汐止區新台五路一段112號22樓（東方科學園區A棟）

Tel: (886-2) 2696-1555 Fax: (886-2) 2696-1166 Website: [www.maaconsultants.com](http://www.maaconsultants.com)

E-mail: [maagroup@maaconsultants.com](mailto:maagroup@maaconsultants.com)



114年春酒聯歡會翦影

# 土木水利



社團法人中國土木工程學會會刊

發行人：高宗正

出版人：社團法人中國土木工程學會

主任委員：周頌安 (中興工程顧問股份有限公司總工程師、編輯出版委員會主任委員兼總編輯)

定價：每本新台幣350元、每年六期共新台幣1,800元 (航郵另計)

繳費：郵政劃撥00030678號 社團法人中國土木工程學會

會址：10055台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：<http://www.ciche.org.tw>

電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

美編印刷：中禾實業股份有限公司

地址：22161新北市汐止區中興路98號4樓之1

電話：(02) 2221-3160

**社團法人中國土木工程學會第二十六屆理監事** (依姓氏筆劃排序)

理事長：高宗正

常務理事：朱惕之 余信遠 廖學瑞 賴建信

理事：王宇睿 王昭烈 林子剛 林祐正 林聰利 胡宣德 高銘堂

張荻薇 莊均緯 許泰文 陳仲賢 曾榮川 黃一平 楊正君

楊偉甫 歐善惠 謝尚賢 謝震輝

常務監事：宋裕祺

監事：王藝峰 吳文隆 呂良正 沈景鵬 邱琳濱 賴建宏

## 先進工程

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

## 永續發展

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

## 國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

## 教育學習

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

## 學會活動

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

## 出版活動

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊

## 分會

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

## 中國土木工程學會任務

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

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

**中國土木工程學會和您一起成長！**

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

## 緬懷耆老

- 📖 松風遺韻 ~ 謝季壽先生 3
- 📖 風範長存 ~ 茅聲燾先生 3

## 「資訊爆量時代的工程資訊管理」專輯 (客座主編：周頌安總工程師)

- 📖 專輯序言：資訊爆量時代的工程資訊管理 周頌安 4
- 📖 以 PMIS 為核心的工程資訊管理新典範：從資訊爆量到智慧工地整合 林芳輝／呂斌豪／林之謙 5
- 📖 BIM 與 GIS 整合平台之全生命週期資訊管理研究 張凱硯／張嘉哲／許庭瑄／鄭宏遠／林志全 13
- 📖 參數化建模與 BIM 整合：資訊爆量時代的橋梁工程資訊管理新思維 藍士棠／林禮賢／吳承諳 23
- 📖 UAV 及 AI 技術於土地開發工程自動化進度比對計算應用 黃文俊／翁淑卿／李俊璋／游中榮 30
- 📖 工程施工自主檢查表智能生成系統 陳賢明／洪秋金／王韋翔／蕭北昇 36
- 📖 營建工地影像生成文字摘要系統之開發與應用：以工地安全缺失摘要生成為例 蔡明修／張傳育／許輝煌／盧祥偉／陳炳宏 41
- 📖 工程顧問數位知識管理系統智慧轉型 黃琬淇／許睿叡／楊宗融／吳中期／黃健倫 48

## 學會資訊看板

- 📖 2024.10.16-18 KSCE 2024 Convention 紀實 鄭錦桐 54
- 📖 「解決問題當樂趣—我的公務生涯分享」吳澤成分享會紀實及簡報分享 56
- 📖 中國土木水利工程學會—114 年春酒聯歡會翦影 60
- 📖 SERCB 公告及 SERCB Tools 功能介紹 65

## 廣告特搜

- 中興工程顧問股份有限公司 — 數位技術創新應用 封底
- 亞新工程顧問股份有限公司 — Our World Our Work 封面裡
- 義力營造股份有限公司 — 義呈實諾 力呈卓越 29
- 慧築營建科技股份有限公司 — 營建施工 都更危老 創新整合 循環永續 53



## 松風遺韻 ~ 謝季壽先生 (1930.8.2 – 2025.2.7)

### 謝季壽先生 務實的工程界典範、有遠見的經營者

謝先生克盡職守費心經營於工程界達 43 年，無論督導重大工程規劃設計，參與或辦理完成大部分國家重大建設工程之技術顧問工作，於推動國家重要經濟建設有重大貢獻；同時參與國內最主要的大型顧問公司之中興工程顧問公司成功轉型，並積極爭取國內外顧問服務工作，成績斐然。謝先生對台灣工程的貢獻與表率，工程界有目共睹，一致推崇。

民國 94 年，我國為加入亞太工程師 (APEC Engineer) 組織，入會英文文件 (即 Assessment Report) 初稿係由謝先生撰寫，經陳振川教授、莫若楫董事長兩位複審後，始予定稿，並經在香港召開之大會審查獲得通過。我國才正式成為“APEC”之會員。此後台灣技師得以經認證後，到其他亞洲地方執業。謝先生是我國進入亞太工程師的推手及功臣。

學歷：國立臺灣大學土木工程學系學士

經歷：吉興工程顧問股份有限公司董事長／中興工程顧問股份有限公司高等顧問／財團法人中興工程顧問社總經理、副總經理、協理、經理、副理／公共工程委員會工程技术鑑定委員會委員

本學會榮譽：民 82 年 工程獎章 (優良設計類)

民 92 年 會士

民 105 年 程禹傑出工程師獎



105 年度「程禹傑出工程師獎」得獎人  
謝季壽先生簡介

## 風範長存 ~ 茅聲燾先生 (1943.1.19 – 2024.12.17)

### 茅聲燾教授 傑出的土木工程學者和教育家

1973 年 茅教授受恩師 虞兆中教授 招募回台大任教，三十歲就成為台大土木系歷史上最年輕的系主任，並創設台大地震工程研究中心。

茅教授為台灣引進地震危害分析研究，公布臺灣第一版耐震設計標準分區圖。與加州大學柏克萊分校合作的「德基水壩強迫振動試驗」和「翡翠水壩有限元素分析」等研究，開啟台灣結構健康監測的創新領域。

1984 年 茅教授受聘到美國休斯頓大學土木與環境工程系任教。1989 年 榮獲 ASCE 授予著名的 Moisseiff 獎。茅教授於 2024 年底過世，享年 81 歲。

茅教授在他的學術生涯之外，亦擅長書法、琵琶，和散文及詩歌創作。

本學會榮譽：第 6 屆理事長、榮譽會員、會士



2006 年茅教授獲頒中華民國地震工程學會  
第一屆傑出貢獻獎

學歷：美國康乃爾大學結構工程博士／國立臺灣大學土木結構工程碩士／國立臺灣大學土木工程學士

經歷：加州州立大學北嶺分校教授／加州州立大學北嶺分校工程與計算機科學學院院長／新澤西理學院客座教授、副教授、教授、特聘教授兼院長／休斯頓大學土木與環境工程系講師、副教授、教授、主任／國立臺灣大學土木工程系系主任、教授／麻省理工學院航空航太系高級研究工程師

茅聲燾先生生平事蹟  
(台大土木系社風電子報 200 期)





# 資訊爆量時代的 工程資訊管理 專輯序言



專輯客座主編 周頌安\* / 中興工程顧問股份有限公司 總工程師

2022 年底由 OpenAI 公司推出的 ChatGPT 一出現就造成轟動，現今許多的創作發想都離不開類似的生成式 AI 工具，而要產出這樣幾乎萬能的生成式 AI 應用，除了需要複雜的演算法及強大的算力之外，就是需要非常大量的資料，才能訓練出可用的電腦模型。

猶記得大數據 (Big Data) 一詞剛出現時，掀起一陣風潮，各行業都在思考如何處理大量結構化及非結構化資料、發展出各種資料處理方法以及如資料視覺化等各種應用，例如輔助決策支援等，資料科學一時風靡各界。土木水利等工程領域也不落人後，認知到資料驅動 (Data-Driven) 是發展的趨勢，紛紛在企業經營管理、工程設計及資料加值方面呈現出了多樣化的應用，這包括新一代的知識管理、設計整合、監測資料應用等，例如 BIM 協作、淹水預測、空汙預測、沉陷預警。這也讓工程業界發覺到資料、尤其是數位化資料的價值。然而這幾年來人工智慧 (AI) 的橫空再現，無疑是對資料的價值又開拓了新的視野！由資料中找出邏輯，正是 AI 的精髓，因此資料的多寡就決定了決策的品質。由分辨式的 AI、到生成式的 AI，再再都讓人感受到擁有資料以及分析處理資料的能力，是企業經營不可或缺的資產。

本期專輯即是著眼於此，邀請國內工程界學者專家針對工程由規劃、設計、到施工等階段，所蒐集、產出以及交互應用後衍生的資料，提出應用觀念及說明實例。專輯第一篇文章是由台灣大學土木系林之謙教授與中興工程顧問公司共同提出，說明如何以廣泛應用於工程監造的專案管理資訊系統 (PMIS) 整合繁複的工地資訊，尤其是在智慧安全管理方面提出「智慧工地安全管

理白皮書」，包括有建置方式及導入建議等相當豐富的內容，足以成為未來智慧工地的典範；接續兩篇分別由台灣世曦工程顧問公司及林同棧工程顧問公司所撰寫，分別針對 GIS 與 BIM 之資料自動化交換共享以達成 BIM 與 GIS 技術在工程全生命週期中的深度整合，以及在橋梁設計方面如何整合 BIM 之資料並開發自動化建模與出圖技術做詳細的解說及應用實例介紹。除了設計階段，工程在施工階段產生的資料更是豐富。亞新工程顧問公司近年成立了數位工程發展部，針對土地開發工程監造方面，發展出透過 UAV 空拍影像結合 AI 判釋，以找出大面積施工時如何快速估算工程進度；萬鼎工程服務公司自行研發一項相當實際的應用，能夠透過工地常見的手寫板照片，採用 AI 辨識及文字生成技術自動化生成廠商的自主檢查表；淡江大學蔡明修教授、許輝煌教授及雲林科技大學張傳育教授與台灣世曦合作，針對營建工地影像發展出能針對現場照片經由 AI 辨識場景及內容，生成對應的圖說文字摘要以及找出是否含有可能的缺失；最後一篇文章是中興工程顧問公司所撰寫，說明多年來推動知識管理，由早期文件保存及數位化到近期企業知識搜尋及生成式 AI，如何將大量的工程資料轉化為工程師所需要的專業知識。

時代進步的腳步越來越快，資料儲存與應用的發展趨勢，早已超越所謂每兩年倍增的摩爾定律。在這人手一機、行動裝置與通訊技術日新月異的時代，能夠掌握關鍵數據就能領先他人，及早發現問題找出解決方法掌握致勝的優勢。君不見近期地震頻傳，而震波到達預警的服務已經成為安定人心的解方。能夠取得及善用爆量的資料，做出精準的預測及決策，猶如在資料大海中尋得光明的燈塔，會是未來一切行業成功的關鍵能力。

\* 通訊作者，chous@mail.sinotech.com.tw



# 以 PMIS 為核心的 工程資訊管理 新典範： 從 資訊爆量 到 智慧工地整合

林芳輝 / 中興工程顧問股份有限公司 工程管理部 資深協理

呂斌豪\* / 中興工程顧問股份有限公司 工程管理部 技術經理

林之謙 / 國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組 副教授

在資訊爆炸的數位時代，工程管理面臨著前所未有的挑戰與機遇。隨著工程專案規模擴大與管理需求提升，傳統的工程管理方式已難以有效處理與運用龐大的工程資訊。專案管理資訊系統（PMIS）結合智慧工地系統的創新整合模式，為這些挑戰提供了全方位的解決方案。

PMIS 建立起標準化的資料交換機制，實現工程資訊的智慧整合與應用。採用感知層、平台層和應用層的分層架構，完整實現工地保全、災害辨識、工作者安全防護、環境監測、結構安全監控等智慧安全管理功能。將工程安全管理從被動應對到主動預防的重要轉變，透過即時監控與數據分析，以提升了工程管理效能，更為營建產業的數位轉型奠定基礎。透過「智慧工地安全管理白皮書」的發表，營建產業可對不同規模工程的智慧安全工地系統的建置提供了完整的實務導入建議。

PMIS 與智慧工地安全管理系統的整合不僅提升了工程品質和安全水準，更為營建產業的數位轉型帶動了具體前行的方向。透過與國際趨勢發展的與時俱進，持續的進行技術創新和管理優化，這種整合將為營建產業帶來更多價值，邁向更安全、更智慧的未來，也為營建產業的永續發展提供重要支撐。

關鍵詞：專案管理資訊系統、智慧工地、資訊爆量、數位轉型

## 背景與緣由

隨著工程專案規模擴大與管理複雜度提升，而工程管理的數位化轉型不僅是提升效率的需求，更是因應產業風險的必然選擇。依據勞動部職業安全衛生署的統計顯示，2023 年營造業重大職災死亡人數占所有產業近五成，凸顯了工地安全管理的迫切性。有鑑於

營造產業之高風險特性，各國對於營造產業相關安全管理議題皆予以高度重視。隨著科技日新月異，諸多科技技術已被廣泛應用於安全管理領域，在此轉型時期，建立以專案管理資訊系統（PMIS）為核心的工程資訊管理系統，整合智慧工地安全管理系統，將是解決資訊爆量挑戰的關鍵策略。

然而，台灣營建產業在智慧技術的應用上缺乏標準化的作業指引始終是各單位導入智慧技術的主要障

\* 通訊作者，ahow@mail.sinotech.com.tw

礙之一。台灣 BIM 聯盟與中興工程顧問股份有限公司（以下簡稱：中興公司）有鑒於此，故於 2025 年 1 月已共同發表了「智慧工地安全管理白皮書」，藉以提供透過智慧技術與設備以具體評估及規劃營建工程安全管理相關系統架構之參考資料。

本文即由 PMIS 功能發展演進與「智慧工地安全管理白皮書」的介紹，透過數位化及資訊整合的角度，探討建立智慧化的工程整合性管理，以利在資訊爆量的時代，透過數位智慧來整合龐大的工程歷程資訊，藉以提升管理效能、強化風險控管，俾能為營建產業的永續發展奠定基礎。

## PMIS 與工程智慧整合管理

### PMIS 發展與資料交換串聯

PMIS 的數位化發展，促使營建工地管理從紙本文件逐步進化到電子化，再進一步到數位化資訊交換與多元利用。以中興公司發展的 PMIS 系統為例如圖 1 所示，理念上即是透過 PDCA（Plan-Do-Check-Act）循環式的品質管理思維，除了發展無紙化的數位監造查驗，再藉由串聯數位化監造管理作業所產生的數據與整合電子化文件倉庫的資料擷取，整合決策資訊與既有作業資料，達成資訊整合與多元利用的目的。

PMIS 的發展歷程反映了工程管理模式的重要轉變。從最初作為單純的電子化文件儲存空間，逐步發展成為整合性的工程數位化管理平台，支援專案起始、

計劃、執行、控制及結案各階段管理活動。藉由記錄、傳遞、儲存及整合並處理專案相關的各類資訊，從而為專案管理人員和團隊提供準確、即時的專案決策依據及作業評估。不僅支援專案全生命週期的管理活動，更成為推動工程管理數位轉型的核心引擎。這種轉變不僅提升了管理效率，更從根本上改變工程資訊的處理方式與應用模式<sup>[1]</sup>。

PMIS 的核心價值即在透過內部資訊整合，外部系統資料交換的機制，確保來自不同來源的資訊能夠有效整合與應用。各單位根據自身的專業特點和管理需求，開發和維護適合自己的資訊系統。而為了實現不同系統之間的數據共享和交換，應建立產界內數據交換的具體作法，包含了數據內容欄位定義的統一制定及檔案的標準交換格式。將有助於工程管理從被動的大量篩選龐雜資訊，轉向主動的取得有效資訊，以進行資料依據需求再利用而產生有效的決策支援<sup>[2]</sup>。

由資訊的數位化以提供即時、準確的數據支持，其關鍵就在於需求端資料的整合應透過標準化的數據格式，使不同的系統和組織可以更容易地分享和利用資訊，促進跨單位合作。參考數位發展部（以下簡稱：數發部）112 年 4 月所公布之「領域資料標準制定流程參考指引」，透過相關作業流程與步驟模式如圖 2 所示，依據實務需求，以建立資料交換標準，以持續深化擴大推動領域資料流通及加值應用，係可應用於營建產業建立資料交換參考作業指引<sup>[3]</sup>。



圖 1 PMIS 介面範例（以中興公司為例）



圖 2 資料交換作業模式概念圖

### 工程管理數位化趨勢

現代工程管理正經歷前所未有的數位化轉型，國際標準的發展也隨之與時俱進，更加強調資訊整合與智慧應用的重要性。共同描繪出一個以人為本、注重永續發展的工程管理新願景。這些標準的演進特別關注如何透過數位科技增強管理韌性，同時確保工程實務能夠更敏捷地因應變革。

在資訊化發展方面，ISO 21500 為 PMIS 的整合提供了基礎框架。該標準強調資訊流的串聯與知識的累積，要求建立完整的資訊生命週期管理機制。這種思維與 PMBOK 的演進，如圖 3 所示，強調的價值導向管理相輔相成，特別是在數位時代，如何透過資訊科技提升決策品質，創造更大的專案價值。標準的實踐需要仰賴智慧化工具的支援，包括人工智慧輔助決策、大數據分析、以及物聯網技術的整合應用。

PRINCE2 7.0 注重專案治理與靈活適應，支持多元化專案場景，以確保專案執行價值的輸出；而進一步簡化與強調關鍵決策點，以推動更有效的專案計劃、監控與交付。強調專案中的永續性與社會影響的價值評估，同時建議引入數位化專案工具的支持，包含協作平台和數據驅動的決策<sup>[4]</sup>。

歐盟營建 5.0 架構則從更宏觀的角度，強調工程產業的智慧化轉型必須建立在永續發展的基礎之上。其

核心理念包含了數位轉型、循環經濟、永續發展、工業化和社會價值等面向，特別強調以人為本的發展理念。這意味著未來營建產業的發展，善加利用智慧化工具的導入是必然的基礎建設，但不應只關注技術層面，更要考慮如何透過這些工具提升人的能力，創造更大的社會價值。

這些標準共同指向更智慧化的工程管理模式。這包括：建立智慧化的專案績效管理體系，運用預測性分析提升決策品質；發展敏捷的資源配置機制，確保資源能夠因應需求快速調整；建立即時的風險監控系統，強化專案的韌性表現；以及導入永續管理工具，實現更環保、更具社會責任的工程實務。也就是工程管理的發展將更加注重人與科技的協同，在關注永續發展的前提下，持續關注如何在推動數位轉型的同時，維持以人為本的核心價值。

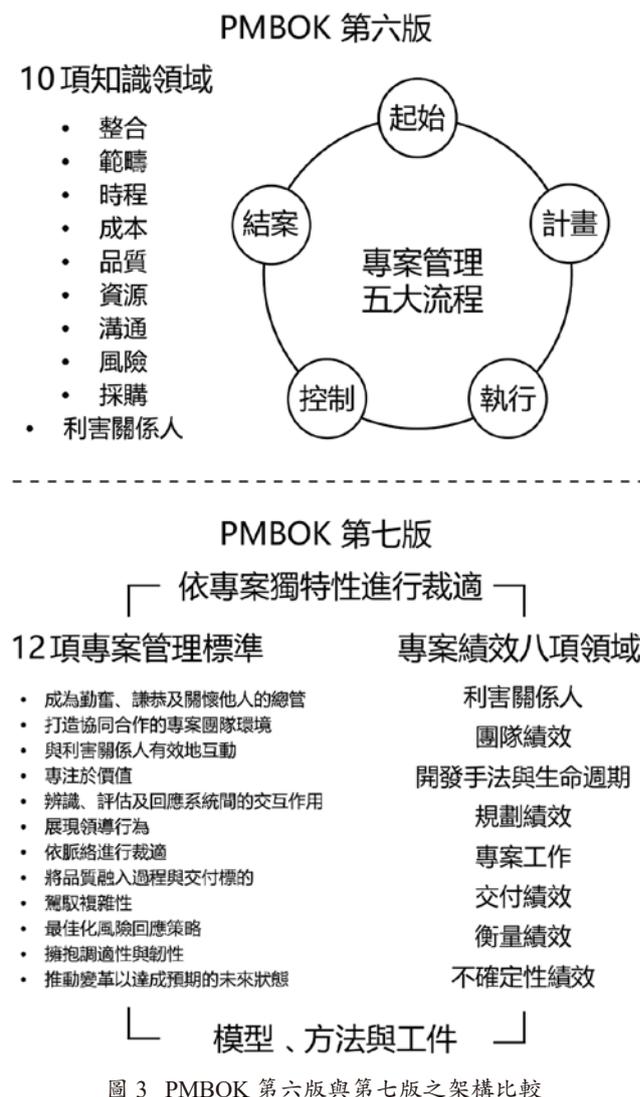


圖 3 PMBOK 第六版與第七版之架構比較

## PMIS 與智慧安全管理系統的整合發展

### 智慧安全工地系統的發展與推動

在當前營建產業轉型升級並且強調「以人為本」的永續發展理念，藉由 PMIS 的數位資訊，以數位平台進行數據串聯及策略評估，進一步納入及整合安全智慧安全工地系統（Smart Safety Site System, 4S）將成為未來的趨勢。

傳統工地安全管理主要依賴人為巡檢或手動操作，難以精確識別和預防潛在的安全隱患。隨著科技的進步，營建產業逐漸導入 4S 智慧安全工地系統，以提升工地安全性，減少風險事故的發生。結合智慧感測器、人工智慧（AI）、物聯網（IoT）等技術，對工地的環境條件、設備運行狀況和工人健康狀態進行監測，並透過數據分析進行風險評估和操作建議，確保施工過程的安全和效率。透過 4S 智慧安全工地系統的應用，從而有效降低工地意外事故的發生率，亦能提升整體施工管理的效能，強化風險控管。

智慧安全工地系統的導入，並非單項感應設備的應用與獨立運作，應依據工程實際需求及工作環境風險，和與管理系統整合的全盤規劃考量方能發揮最適當的效益。

從系統需求的確立、技術選擇，設備的安裝、使

用者培訓，最後再到持續的系統監控和回饋改進，透過智慧工地系統的實施，工程安全管理從傳統的被動反應模式，轉變為主動預防的智慧化管理模式。系統能夠即時分析各類安全相關數據，預測潛在風險，並提供適當的預警與建議，大幅提升安全管理的效能與可靠性。這種轉變不僅提升了工程安全的管理水準，更為產業的永續發展奠定了重要基礎<sup>[5]</sup>。

### 智慧安全管理的系統整合架構

透過 PMIS 的資料串聯與數據分析，管理者可以在 4S 系統提供的即時安全監控資訊基礎上，進行更全面及更精確的方式進行資源調度與風險管理。而 PMIS 與 4S 系統的整合採用了分層架構的方法，包含感知層、網路層和應用層三個主要層次，如圖 4 所示。

感知層作為數據採集的基础，整合了多元的智慧感測設施，包括工業物聯網感測器、高解析度影像監控設備、智慧穿戴裝置等。這些設備形成了密集的感受網絡，能夠全天候監測工地環境狀況、工人健康狀態、設備運作情形等關鍵參數。特別是在危險作業區域，透過多重感測技術的配置，確保安全監測的全面性與可靠性。

網路層的建置著重於建立穩定且安全的數據傳輸環境。系統整合了有線與無線網路技術，建立起多重



備援的通訊網絡，確保在各種工況下都能維持穩定的數據傳輸。在資訊安全方面，系統採用了多層次的防護機制，包括數據加密傳輸、存取權限管理、入侵偵測等功能，全面保障系統運作的安全性。在機制上必須與資訊安全管理機制與專案授權架構共同整合。

在應用層面，PMIS 平台扮演著數據整合與智慧分析的核心角色。系統透過標準化的資料處理機制，將來自不同來源的安全監測數據進行整合與分析，轉化為有價值的管理資訊。特別是在風險預警與決策支援方面，系統運用人工智慧技術進行數據分析，能夠即時識別潛在的安全風險，並提供適當的處置建議。

這種智慧化的管理模式，使安全管理從傳統的被動反應轉向主動預防，以提升整體性專案管理作業效能的同時，針對工程安全管理亦能做到具體的強化與風險的控管。

### 智慧安全工地規劃項目與功能

有鑑於不同工程項目具有不同的風險屬性與特性，意外事故的發生頻率會有所不同，因此安全檢查和監測任務的優先順序也會有所差異。需要根據項目預算來決定優先部署哪些智慧化功能，以便針對不同規模的項目制定最有效的實施方案，同時將工地管理數位化。

而進行相關 4S 系統的規劃設計階段之施工風險評估及管理時，應先進行工址環境現況及工程功能需求潛在危害辨識後，透過設計方案的評選以控管對後續所可能遺留之施工風險。透過前述「智慧工地安全管理白皮書」的內容，可以將這種規劃評估的作業流程，如圖 5 所示，聚焦於六大核心安全管理面向及相關的 17 項智慧安全功能如圖 6 所示，相關內容包含以下：

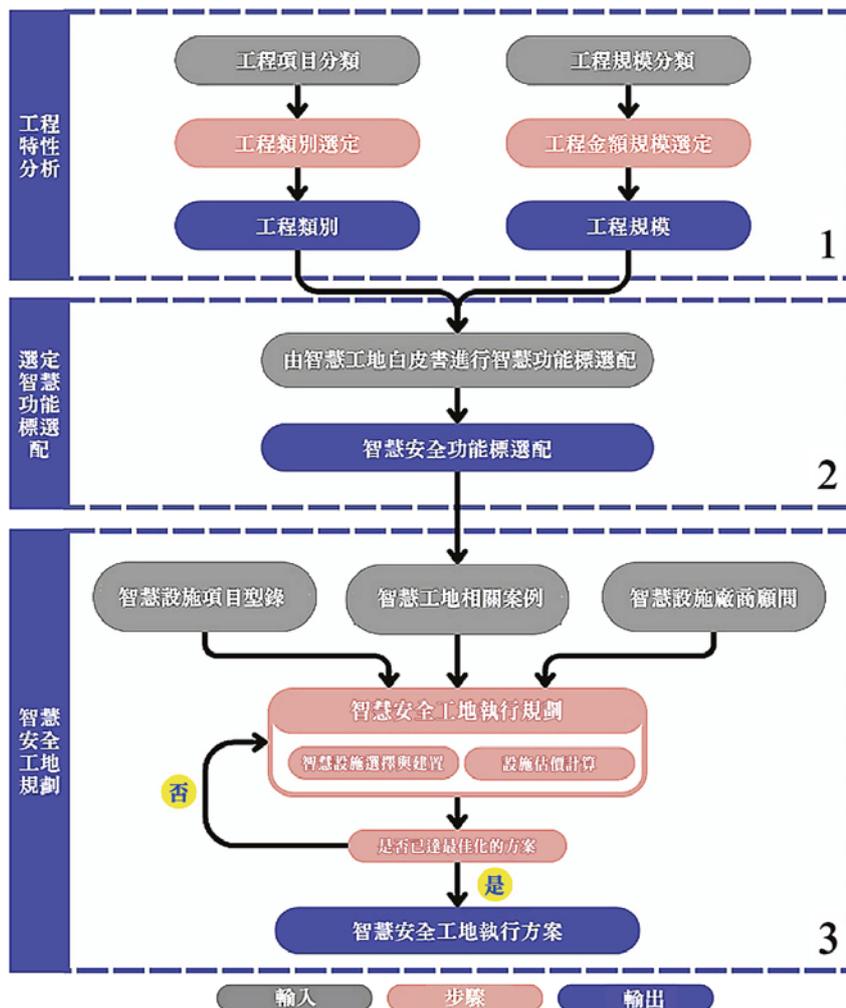


圖 5 智慧安全工地規劃流程圖  
(引用自：智慧工地安全管理白皮書)<sup>[6]</sup>

### S1 工地保全

工地保全係指透過必要之保護措施，確保工地區域之安全。該保護措施包括但不限於：監測系統、警衛巡檢、圍欄及其他安全設施。防範項目應涵蓋偷竊、破壞及未經授權之進入等行為。所建議之智慧安全功能可具備：

1. S1.1 進場工作者身分及資格辨識
2. S1.2 入侵警告與靠近偵測

### S2 工地災害辨識

工地災害係指因自然環境或工項作業需求可能產生之潛在危害，如颱風、爆炸及豪雨。其辨識乃透過相關智慧設施進行偵測、感應、計算或其他途徑，以有效提前發現潛在危險，並發送相關訊息，以利採行適當之預防措施。所建議之智慧安全功能可具備：

1. S2.1 預防墜落設施移開偵測
2. S2.2 配電箱使用狀態偵測
3. S2.3 設置危害區域與管制區域
4. S2.4 警告標示與防護措施檢查
5. S2.5 車輛機具運行檢查與監測

### W1 工作者安全辨識

工作者安全辨識係指識別及分析工人可能面臨之各種安全風險，包括但不限於進行高空作業、操作大型機械等情形。此程序應即時提供安全措施，以保護工人免受傷害。所建議之智慧安全功能可具備：

1. W1.1 個人防護裝備檢查
2. W1.2 偵測進入管制或危險區域
3. W1.3 避免工作者被車輛機具撞擊

### W2 工作者健康風險辨識

工人健康風險辨識係指識別工人在工作過程中可能面臨之健康風險，辨識內容包括但不限於心率驟升、心率驟降、呼吸困難、過度疲勞及壓力過大等情形。其目的在於保護工人健康，並減少職業病之發生。所建議之智慧安全功能可具備：

1. W2.1 工作者姿勢與動作分析
2. W2.2 工作者健康及生命跡象偵測

### C1 工作環境監測

工作環境監測乃指施工現場支撐結構之安全狀況（如擋工牆、施工架及邊坡穩定等）應予以全面評估，



圖 6 智慧安全工地架構圖  
(引用自：智慧工地安全管理白皮書)<sup>[6]</sup>

該評估應涵蓋 變形、加速度、位移及壓力等指標，並依相關法規及技術標準進行檢測與紀錄，以確保結構之穩定性與安全性。所建議之智慧安全功能可具備：

1. C1.1 支撐結構安全狀況監測
2. C1.2 臨時支撐結構安全狀況監測
3. C1.3 工地環境監測

## M1 安全管理系統

安全管理系統係一套系統化之管理方法與工具。該系統應包含設施、網際網路、資料庫、平臺之整合功能，並應具備查詢、檢視資料及事故預警等機制，旨在確保工地及工人之安全，並符合相關法規及安全標準。

1. M1.1 工地安全管理資訊系統
2. M1.2 施工安全即時管理系統

這種全面性的系統整合為工程安全管理帶來多重整合效益。首先是實現了安全管理的標準化，建立統一的資料格式與交換機制，確保安全資訊的有效整合與應用。其次，系統的即時監控功能使管理人員能夠快速反應各類安全事件。建立起主動預防、即時反應、持續改善的智慧安全管理體系。透過數據驅動的決策支援，系統不僅有效降低了工安事故的發生率，更為工程管理的整體效能提升提供了重要支援。

## PMIS 整合智慧工地實踐策略

### 工地管理系統整合實務

#### 配合工程規模與風險特性的有效管理

智慧工地管理系統的實務整合必須考慮工程規模、場址特性及作業性質等多重因素。根據工程規模的不同，依據上述白皮書的建議，系統建置可分為小規模（5 千萬以下）、中規模（5 千萬至 10 億）、大規模（10 億至 50 億）及巨型規模（50 億以上）等不同等級。每個等級都有其對應的標準配備和選配功能，確保系統投資效益的最佳化。

在設備部署策略方面，需要特別注意感測設備的配置密度和覆蓋範圍。以工地保全系統為例，電子圍籬的設置必須考慮工地地形特性和周邊環境，選擇最適合的感測技術組合。對於高風險區域，如開挖區域或高架作業區，則需要配置更密集的監測設備，建立多重的安全防護機制。

數據收集和管理平台的建置同樣關鍵。系統必須

能夠處理來自不同設備的大量即時數據，並將這些數據轉換為有意義的管理資訊。這包括建立統一的數據格式標準、資料庫結構設計，以及開發適合現場管理人員使用的操作介面。同時，系統要具備足夠的擴充性，能夠因應工程進展不斷增加的監測需求。

### 注重資訊安全與系統運作風險管理

在推動智慧工地系統整合的過程中，資訊安全扮演著關鍵角色。系統必須建立完善的資訊安全防護機制，包括設備層級的安全防護、網路傳輸加密，以及資料存取權限管理。特別是在處理人員身分識別、生理監測等敏感資料時，更需要嚴格的隱私保護措施。

系統運作風險的管理同樣重要。這包括設備故障風險、網路中斷風險、以及人為操作風險等多個面向。針對這些潛在風險，系統需要建立完整的備援機制和應急處理程序。例如，關鍵的監測設備應該配置備用電源，重要的數據需要定期備份，並建立異地備援機制。

### 持續系統優化與反饋

智慧工地系統的持續優化是確保系統效能的關鍵。這需要建立定期的效能評估機制，收集使用者回饋，並根據實際運作經驗不斷改進系統功能。在效能評估方面，需要建立具體的評估指標，包括系統運作穩定性、數據準確度、反應時效性等多個面向。

人員培訓和能力建設同樣重要。系統的成功運作離不開專業人才的支持，因此需要建立完整的培訓體系，提升管理人員和操作人員的專業能力。這包括設備操作培訓、數據分析能力培養，以及安全管理知識的更新<sup>[6]</sup>。

## 整合相關發展的協同推動

具體而言，PMIS 與智慧工地安全系統的整合應用需要多方協同合作，才能真正實現藉由營建產業的數位轉型，提升整體競爭力。

首先，學術界應積極參與技術標準的制定，並撰寫相關作業原則，彙整國際趨勢相關理論研究和創新思維，以為政府及業界提供務實可行的方案策略方向的引導，以助於提升系統的實用性和可操作性，並推動相關技術的不斷創新和完善。而藉由「智慧工地安全管理白皮書」的公開，相信後續將對智慧安全工地系統有更具體的持續發展方針與發展模式建立的參考原則。

同時，政府的支持也是推動數位創新和智慧安全技術廣泛應用的關鍵。通過制定鼓勵性政策，政府可以為企業採用 PMIS 與 4S 整合技術提供政策性的誘因，以促進營建產業數位轉型進程的加速，並降低企業採用新技術的成本和風險。目前公共工程委員會 113 年 11 月已將「科技減災」的項目新增於「公共工程安全衛生項目編列參考附表」之中，可見智慧設備應用於工地安全管理已成為公共工程未來趨勢。

在工程規劃設計階段，設計單位則應當主動將智慧管理系統的需求納入考量，編列適當的預算項目，確保相關技術能夠藉由契約及預算層面順利融入工程實施的各個階段，以利於施工過程中的落地執行。這部分必須建立自規劃、設計即開始的作業安全風險評估的觀念，結合「設計階段施工風險評估實施計畫」的落實，並可參考白皮書的評估作業流程，強化相關風險辨識與工程設計方案的結合，將有助於後續施工階段的作業安全管理。

最後，施工廠商結合相關專業設備廠商的共同努力，更是這一整合管理模式成功實施的直接關鍵。藉由施工廠商積極採納專業設備廠商的新技術與設備，共同重視工程有效管理與作業風險，並為相關人員提供充分的培訓。也就是藉由與時俱進的產業集體意識，以提升工程品質與效率，實現營建產業的資訊數位化與透明化，才能達成產業升級及企業永續的目標，更能使營建工程從業人員的專業與權益得到更有效的彰顯與保障。

## 結語與展望

隨著科技進步，PMIS 結合智慧安全工地段理系統已成為推動營建產業數位轉型的重要引擎。透過資訊的標準化整合與智慧化應用，不僅能提升管理效率，更能強化工地安全管理。

而智慧工地管理系統的發展正朝向更智慧化、自動化的方向邁進。人工智慧技術的應用將進一步深化，特別是在影像識別、行為分析、預測性維護等領域。例如，透過深度學習技術，系統將能更準確地識別危險行為，預測潛在的安全風險。

大數據分析技術的應用也將更加深入。透過對海量工地監測數據的分析，系統將能夠發現更多潛在的



安全隱患，提供更精準的決策建議。同時，物聯網技術的進步將使感測設備更加輕巧、省電，並具備更強的數據處理能力。

雲端運算和邊緣運算技術的結合，將為系統帶來更高的運算效能和更低的延遲。這對於需要即時反應的安全監控特別重要。此外，5G 通訊技術的普及將大幅提升數據傳輸的速度和穩定性，為更多創新應用提供可能。

現階段大量的工程資訊與管理所需的背景資料，透過科技的整合與資訊的智慧串聯，依據管理的目標有效的建置，才能讓過度龐大爆炸的資訊得到資訊的有效擷取與確認，方能有助於決策與後續的作業改善需求。

整體而言，PMIS 與智慧工地安全管理系統的整合不僅提升了工程品質和安全水準，更為營建產業的數位轉型帶動了具體前行的方向。透過與國際趨勢發展的與時俱進，持續的進行技術創新和管理優化，這種整合將為營建產業帶來更多價值，邁向更安全、更智慧的未來，也為營建產業的永續發展提供重要支撐。

## 參考文獻

1. 林芳輝、呂斌豪、郭瑋明、陳廣揮、曾枸諺、郭燕菁 (2024)，「公共工程實驗室數據數位化交換以淡江大橋工程為例」，第 51 卷，第 4 期，第 68-74 頁。
2. 林芳輝、唐士宸、呂斌豪 (2023)，「從監造作業全數位化談公共工程三級品管制度」，中國土木水利學刊，第 50 卷，第 2 期，第 45-52 頁。
3. 數位發展部 (2023)，「領域資料標準訂定參考指引 (V2.0)」。
4. 陳仲俊、陳金塗、呂斌豪 (2025)，「由專案管理發脈絡說明搶修工程裁示原則及韌性策略—以臺鐵災後搶修工程為例」，現代營建，第 541 期，第 20-29 頁。
5. 呂斌豪、林芳輝、曾鳳捷 (2024)，「由 PMIS 專案資訊管理系統談智慧安全工地之推動」，工地主任季刊，第 70 期，第 5-10 頁。
6. 台灣 BIM 聯盟 (2025)，「智慧工地安全管理白皮書」。



# BIM 與 GIS 整合平台之 全生命週期資訊管理 研究

張凱硯\* / 台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部 工程師

張嘉哲 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部 工程師

許庭瑄 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部 工程師

鄭宏達 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部 資深協理

林志全 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司 BIM 中心 工程師

隨著數位孿生與智慧城市等技術的快速發展，BIM（建築資訊模型，Building Information Modeling）與 GIS（地理資訊系統，Geographic Information System）在土木工程全生命週期資訊管理中的角色也變得越來越重要。其中，BIM 技術專注於建築與設施的三維模型與工程資訊管理，涵蓋從規劃設計、施工到維護的全生命週期管理。而 GIS 技術則憑藉其空間分析與地理資訊處理能力，為宏觀規劃與周圍環境資訊提供了強而有力的支援。兩者的結合不僅能將微觀的工程細節與宏觀的空間資訊聯繫起來，還能實現多尺度、多維度的資料整合與應用，成為未來建構智慧城市的核心技術支柱。

為了達成 BIM 與 GIS 技術在工程全生命週期中的深度整合，本研究以 BIM 的 APS（Autodesk Platform Services，亦稱 Forge）與 GIS 的 ArcGIS JavaScript API 原生套件為技術基礎，建構了一套跨領域的整合性應用平台。該平台可同步操作 BIM 模型與 GIS 空間資訊，且充分利用 Autodesk Construction Cloud（ACC）進行 BIM 模型的上傳與管理，結合 APS Viewer 提供細緻化的 BIM 模型檢視功能。同時，透過 ArcGIS JavaScript API 的三維地圖與空間分析能力，完成從建築細節到廣域環境的全景展示與綜合應用，為跨平台應用提供了更高的視野。

另一方面，為了達到 BIM 模型與 3D GIS 資料自動化交換共享，本研究另針對 BIM 模型轉換成 3D GIS 的作業研究，透過 ArcPy 工具開發 3D GIS 轉換成 IFC 格式 BIM 模型的批次轉換程式，提升轉換效率並降低人工處理的錯誤風險。同時，也針對 3D GIS 圖資轉換成 BIM 模型，也透過 ArcPy 工具完成批次轉換，確保了 GIS 與 BIM 之間資料互通的正確性與便利性。

透過本研究對 BIM 與 GIS 整合的驗證，實際展示全生命週期資訊管理技術的可行性，同時也為智慧城市建設與數位孿生的發展提供了應用示範，並為數位建設奠立相關技術基礎。

關鍵詞：數位孿生（Digital Twins）、智慧城市、建築資訊模型（BIM）、地理資訊（GIS）、Autodesk Platform Services（APS）、ArcGIS JavaScript API

## 前言

工程生命週期可分為規劃期、施工期和營運期三大階段<sup>[1]</sup>，每個階段都有其獨特的特徵與重要性，而空間資訊科技在每個階段中都扮演了關鍵角色。

在工程的規劃期，這一階段涵蓋了概念形成與可行性研究。工程師會根據需求設定土地使用功能，並進行可行性研究。在此過程中，土地的空間資料收集至關重要，如地形、土地利用和地質結構等，這些資訊有助於深入了解土地特徵。透過 GIS（地理資訊系統），可進一步進行空間分析，例如探討地貌與地物的

\* 通訊作者，sunshineyen@ceci.com.tw

幾何關係，或進行適宜性分析，評估土地特徵是否符合設定的使用需求。

隨著工程進入施工期，涵蓋了規劃設計與施工建設的階段，初始階段收集的土地空間資料會成為規劃設計的基礎。在規劃設計過程中，工程師需考量工程屬性與相關法規，整合地形、土地利用、環境敏感區域與地下管線等資料，並運用 GIS 進行進一步分析。同時，BIM（建築資訊模型）在此階段也扮演了關鍵角色，作為一個高度整合的數位平台，BIM 能將多種工程資訊匯集於單一模型中，提升規劃設計的精確性與效率。例如，BIM 可用於分析日照、風向與能源效率等，幫助設計方案最佳化。此外，在施工階段，BIM 技術可用於檢測管線與結構間的衝突（clash detection），預防施工變更風險，並動態更新設計變更資訊，確保施工計劃的準確執行。

在工程全生命週期的營運階段，涵蓋了營運維修與除役拆除兩大部分。營運維修可通過監測結構物的變形、應力與振動等相關參數，及早發現潛在問題，進行維修與保養，提升結構物的安全與耐久性。而利用 BIM 模型或 3D 模型進行拆除規劃，能預測拆除過程對周圍環境的影響範圍，協助預先擬定相關計畫，以確保拆除工作的效率與安全性。

綜合上述分析，GIS 和 BIM 在不同階段各自扮演了關鍵角色，解決了特定的問題。然而，隨著工程設計需求的提升，BIM 已無法完全滿足所有需求<sup>[2,3]</sup>。儘管 BIM 提供了來自幾何和語義視角的豐富建築結構資訊，但它缺乏對周圍環境的描述。許多情況下，BIM 系統需要結合 GIS 空間資訊，才能進行環境評估、資源配置和安全分析<sup>[4]</sup>。此外，在缺乏地理空間資訊支援的情況下，BIM 僅有單一建築物的詳細資訊（如捷運、橋梁），對於周遭資訊（如公共管線、LoD1 房屋模型等）等相關資訊則無從得知。

因此，將 GIS 與 BIM 整合已成為工程設計中不可或缺之趨勢，為提升整體設施管理的效能和精準度。因此，GIS 與 BIM 兩邊的資料平台整合與格式互通有其必要性；然而，目前在 GIS 與 BIM 雙平台的整合過程中，常面臨資料格式不相容、精度差異、語義標準不統一等挑戰。因此，為了完成 GIS 與 BIM 在工程全生命週期中的有效整合，必須進行技術創新與標準化。首

先，可針對兩者的網頁平台開發交互控制的程式模組，進而在不同平台間相互操作。其次，可藉由現有的技術開發兩者資料互通的程式模組，加速資料轉換的作業。

最後透過這些技術改進，GIS 與 BIM 的有效融合將能促進整個工程項目的協同工作，提升設計精度、施工效率與營運管理的智慧化水準，實現工程全生命週期的精細化管控與可持續發展。為此，本研發計劃將基於 ArcGIS JavaScript API 與 APS 建置 3D GIS 與 BIM 的同步平台，完成跨平台資料整合與應用。通過收集並上傳 BIM 測試案例至 Autodesk Construction Cloud (ACC)，利用 ArcGIS API 與 Autodesk APS 技術，達成 3D GIS 與雲端 BIM 的無縫整合。用戶可在平台中同時檢視 BIM 模型細節並結合 3D GIS 來取得廣域空間資訊。

## 整合 BIM 與 GIS 之技術分析

### Autodesk Platform Services (APS) 簡介

Autodesk Platform Services (APS，亦稱 Forge) 提供一個整合性的雲端服務平台，其核心功能包括模型轉譯 (Model Derivative)、視圖與資料擷取 (Data Extraction)、即時協作 API (Real-Time Collaboration APIs) 等，這些功能使第三方開發者能夠基於該平台，輕鬆建構自動化工作流程與客製化應用。模型轉譯服務不僅能將複雜的 BIM、CAD 資料轉換為輕量化的 Web 格式（如 SVF 或 JSON），還支援進一步的資料分析與提取，為將資料視覺化並輔助決策，圖 1 為利用 APS Viewer 展示 BIM 資料之成果。

透過 Web 上傳的 BIM 資料可利用 Autodesk Construction Cloud (ACC) 作為協同管理平台（如圖 2 所示），整合、管理並交換專案檔案，讓專案成員即時查看正確圖資，提升施工管理效益。同時，ACC 能完整保存工程文件與設計版本，並透過雲端作業提高效率與速度。

此外，APS 也提供支援超過 50 種以上的 CAD 文件格式，清單請參見圖 3。其中，支援格式涵蓋主流的設計與工程文件，如 DWG、RVT、IFC、STEP 等。該平台提供一致性的資料產置、存取、展示與使用介面，使資料能快速且便利地在不同系統間傳遞，並大幅降低資料轉換成本。



圖 1 APS Viewer 展示建物模型示意圖

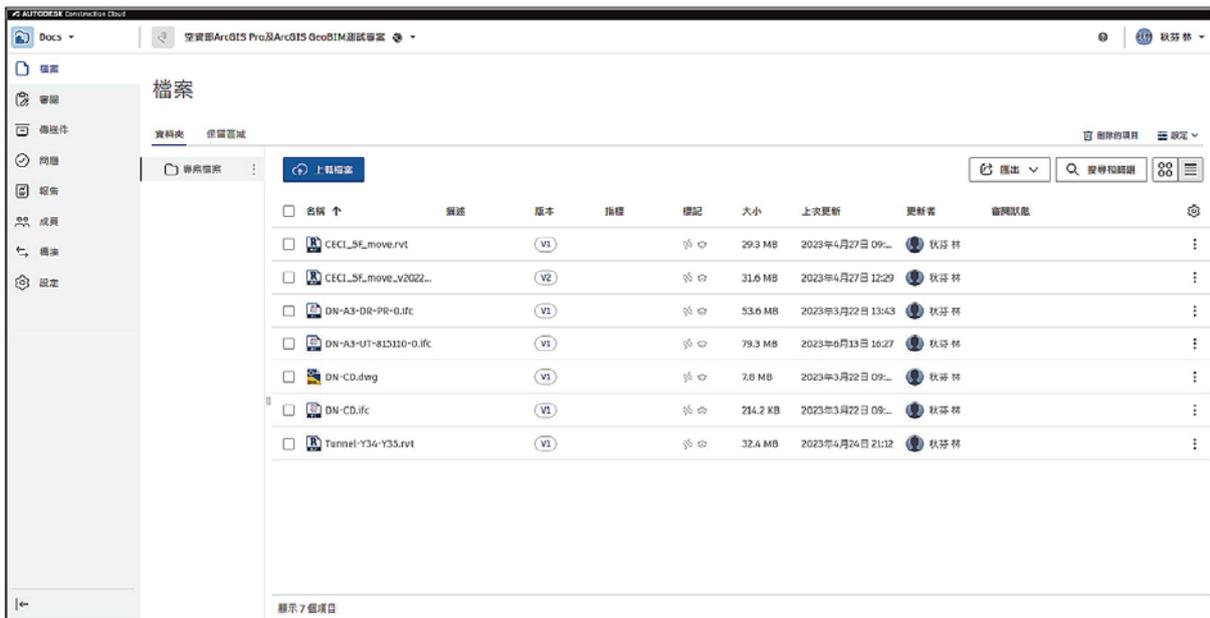


圖 2 Autodesk Construction Cloud 管理畫面

• IFC	• DWT	• JT	• SMT
• RVT (Revit® 2013 - 2018 的檔案)	• EXP	• MODEL	• STE
• DWG (Object Enabler 檢視僅支援 AutoCAD® Architecture、AutoCAD® Plant 3D 和 AutoCAD® Civil 3D®)	• F3D	• NEU	• STEP
	• FBX	• NWC	• STL
	• G	• NWD	• STLA
• ASM	• GBXML	• OBJ	• STLB
• CAM360	• IAM	• PRT	• STP
• CATPART	• IDW	• SAB	• WIRE
• CATPRODUCT	• IGE	• SAT	• X_B
• CGR	• IGES	• SESSION	• X_T
• DAE	• IGS	• SKP	• XAS
• DLV3	• IPT	• SLDASM	• XPR
• DWF	• 3DS	• SLDPRT	
• DWFX	• 3DM	• SMB	

圖 3 Autodesk Platform Services (APS) 支援的 CAD 文件清單示意圖

台灣世曦團隊透過 Autodesk APS 套件做為技術基底，開發了 V3DM 平台（Visual 3D Facilities Maintenance Management Platform）<sup>[5,6]</sup>，針對結案資料查詢、建物設計檢討與 IoT 監測等；同時，V3DM 平台已導入實際計畫並取得驗證，包含：世曦大樓、鳳山車站、八卦山隧道…等相關計畫，圖 4 為 V3DM 展示捷運 Y35 建物模型細節示意圖。

### ArcGIS JavaScript API 簡介

ArcGIS JavaScript API 是一個功能強大且靈活的開發套件，專為在 Web 瀏覽器中建立互動式地理資訊系統（GIS）應用而設計。其由 Esri 公司開發及維護，該 API 使開發者能夠輕鬆地在網頁中嵌入和操作地圖，提供豐富的工具和方法來處理地理空間資料，以下是 ArcGIS JavaScript API 的一些主要特點和功能：

1. 互動式地圖渲染：提供高效能的地圖渲染引擎，支援 2D 和 3D 地圖顯示與支援多種地圖投影和座標系統，滿足不同應用需求，圖 5 為台灣世曦透過

ArcGIS JavaScript API 建立 3D GIS 及 BIM 整合平台分析興達南科地下洞道設計與其他管線衝突分析之情境。

2. 豐富的圖層管理：支援多種圖層類型，包括圖磚圖層、向量圖層、影像圖層和 3D 圖層並提供靈活的圖層控制和操作，包括圖層添加、刪除、透明度調整和順序變更，圖 6 為利用圖層比對的概念，檢視台北市在 2009 年與 2020 年之差異。
3. 地理分析工具：提供多種地理分析功能，如環域分析、空間查詢、路徑分析和視野分析等，使用豐富的分析服務，圖 7 為使用 ArcGIS JavaScript API 為國土管理署建置再生及放流水，任一地點最佳取水路線。
4. 資料視覺化：提供豐富的資料視覺化選擇，包括符號化、分類渲染、熱力圖和標籤與相關可自定義之方式，以滿足個別的業務需求，圖 8 為 ArcGIS JavaScript API 其一的範例，展示美國加州目前的人口估算密度圖。



圖 4 V3DM 展示捷運 Y35 建物設計管理畫面



圖 5 興達南科地下洞道設計電力管線分析畫面

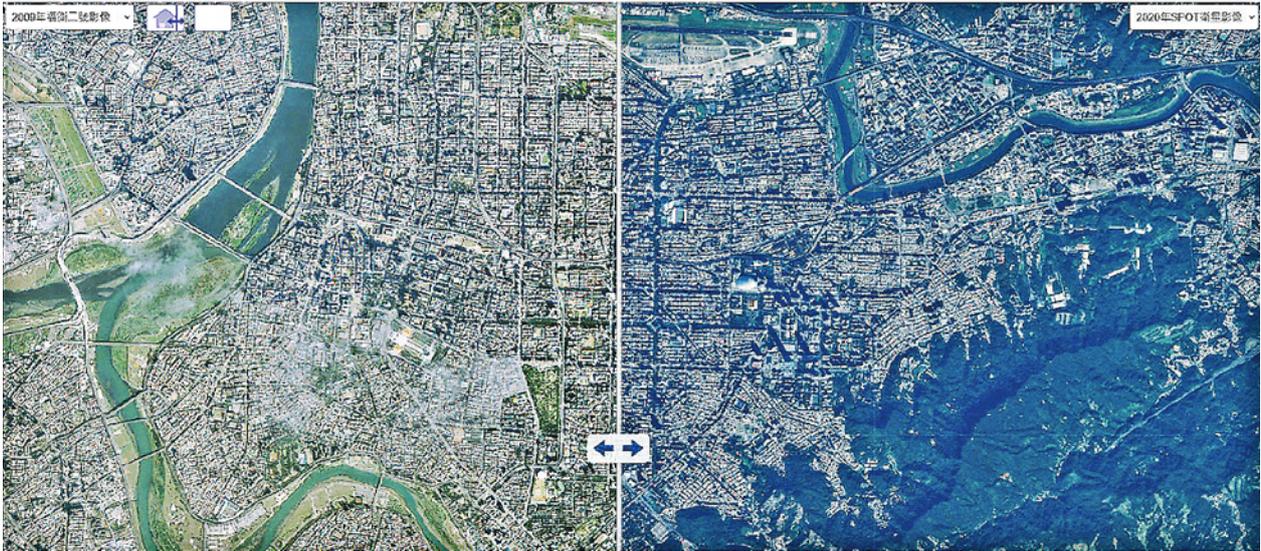


圖 6 用 ArcGIS JavaScript API 建置圖資比之圖台畫面



圖 7 再生及放流水最佳取水路線分析圖

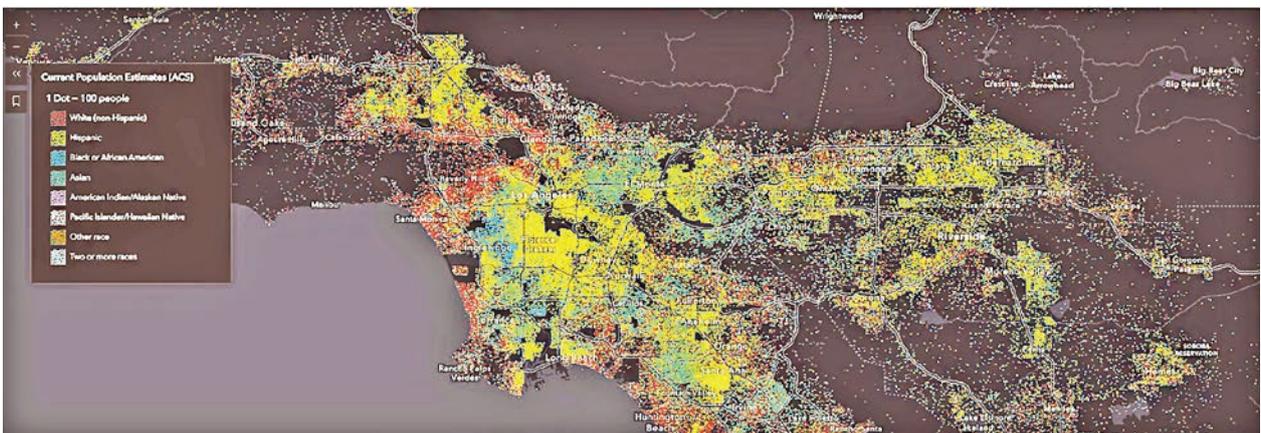


圖 8 美國加州人口估算密度圖

## BIM 與 GIS 資料格式探討

目前 BIM 格式種類繁多，例如常見的 Revit、Civil 3D、Navisworks、Microstation DGN、IFC 等，而從 BIM 技術的發展歷史來看，實際存在的格式可能高達 50 種以上（參見圖 3）。每種格式由於其應用領域、資料結構、以及軟體廠商的技術標準不同，導致在轉換為 3D GIS 格式時，需採用針對性的作業方法來確保資料的準確性和完整性。這些差異化的格式為 BIM 資料集轉檔上架至 GIS 平台產生阻礙，帶來相關自動化轉換技術的需求。

為了應對這些挑戰，本節將系統化地比較各種主要的 BIM 格式，從格式特性、支援的資料類型、轉換的難易度等角度進行深入分析。此外，將詳細說明針對不同格式進行轉換的作業流程，並探討在轉換過程中可能遇到的技術瓶頸與解決方案，從而為建立高效、可靠的 BIM 到 3D GIS 轉換 workflow 提供參考依據。

同時，也將探討未來如何透過自動化工具和標準化流程來進一步提升轉換效率，降低人工介入的需求，促進 BIM 與 GIS 的高度整合，作業流程如下：在將 BIM 模型轉換為 3D GIS 格式的過程中，通常需要利用專業的地理資訊系統（GIS）軟體，例如 ArcGIS Pro，或者使用 Esri 提供的 Python 函式庫 ArcPy 進行轉檔處理。這是因為 ArcGIS Pro 具備高度整合的工具和功能，能有效處理不同格式的 BIM 模型。

由於 BIM 格式的多樣性及其與 GIS 應用的相容性存在差異，因此在比較和選擇合適的轉檔方法時，我們必須以 ArcGIS Pro 為核心工具，深入分析不同 BIM 格式的特性。透過 ArcGIS Pro，可以將 BIM 模型的結構、屬性數據和幾何形態以更高的保真度轉換至 3D GIS 格式，這為後續的地理空間分析和應用提供了可靠的基礎。

例如，Revit、Civil 3D、Navisworks、MicroStation

DGN 及 IFC 等常見的 BIM 格式在 ArcGIS Pro 中都有相應的處理方法。每種格式在資料結構和應用場景上各具特點，因此通過 ArcGIS Pro 的工具進行詳細比較與評估顯得尤為重要。

## BIM 與 GIS 整合實務應用及測試

### APS 與 ArcGIS JavaScript API 整合測試

本研究已完成 Autodesk APS 與 ArcGIS JavaScript API 的整合目的，並深入理解兩者的底層程式邏輯。為了完成 APS-ArcGIS JS API 雙平台的視角同步，我們需要同時從系統中截取兩個系統的視角座標  $(x, y, z)$  及額外的外部參數，包括偏航角  $(\omega)$ 、俯仰角  $(\phi)$ 、以及翻滾角  $(\kappa)$ ，以了解其系統所呈現的畫面。

在整合過程中主要的挑戰來自於 ArcGIS JavaScript API 採用的是絕對座標系統，模型的位置和視角直接以地理座標進行定義，能夠直接對應到真實地表空間；而 Autodesk APS 則基於相對座標系統，模型的位置相對於設定的原點進行定位，必須先將原點設定地理參考點方可對應到真實地表空間上，也因此，雙方的座標系統需透過程式轉換才能完成雙平台的視角同步。

圖 9 左邊所示為 APS 及 ArcGIS JS API 雙平台的初始視角（視角 1），在進行平移與旋轉操作後，雙平台的視角更新至圖 9 右邊的狀態（視角 2），此同步過程要求對雙方的座標系統、視角角度以及空間參數進行動態調整與轉換，確保同步的準確性與穩定性。

首先是 Autodesk APS 的地理定位與相對座標處理，Autodesk APS 在函式庫中提供了 Geolocation 函式，能夠為取得模型中設定之地理參考點，並基於此參考點將模型的相對空間位置和方向轉換為絕對座標。此函數的使用有效地將 APS 的內部相對座標系統與地理座標對接，為後續同步奠定基礎。



圖 9 Autodesk APS 與 ArcGIS JavaScript API 雙平台整合應用示例

其次為 ArcGIS JavaScript API 的視角控制與絕對座標處理，ArcGIS JavaScript API 使用 View（例如 MapView 或 SceneView）來定義地圖的場景顯示的畫面。我們可藉由控制 camera 參數中的 heading（方向角）和 tilt（傾斜角度）屬性來進行地圖畫面的視角調整，來進行 APS-ArcGIS JS API 雙平台的視角同步。

而座標系統與角度範圍的轉換則是因為 ArcGIS JS API 支援的 tilt（傾斜角度）範圍為 0 至 180°，而 APS 的角度範圍則為 0 至 360°。因此，整合過程中需要將超過 180° 的角度重新轉換至 ArcGIS 支援的範圍內。同時，兩平台對經緯度的輸出格式有所不同，這要求在整合時對座標資料進行格式化處理。

最後則是動態同步與平滑過渡，為了確保視角同步過程的流暢性，ArcGIS 的視角更新採用了 goTo 方法，並透過提高畫面的更新頻率將相機移動過渡時之畫面進行平滑化，提升使用者的操作感受，也減少同步過程中的卡頓感。

透過上述的開發成果，我們可達成 APS-ArcGIS 雙平台之間的雙向視角同步，其整體流程如圖 10 所示。在整合後，兩平台在不同場景下的同步表現良好，視角的改變能夠即時同步在另一平台，為多平台協作立下一定的基礎。此外，這兩個平台的整合也為後續應用開發提供更多可能性。例如，在智慧城市的應用場景中，則可用於整合及檢視不同來源的空間資料，將過往的 BIM 模型與 ArcGIS 圖資套疊，提供更加豐富的地理資訊視覺化效果。



圖 10 雙平台操作之程式處理流程

### BIM 模型轉為 3D GIS 圖資作業研究

在前述 BIM 與 GIS 資料格式探討曾提到，目前常見的 BIM 格式包含 Revit、Civil 3D、Navisworks、Microstation DGN 與 IFC 等，各種格式因其結構與用途的差異，導致轉換為 3D GIS 的流程略有不同，如圖 11、12 所示。本節將著重如何運用資訊技術提升自動化程度，以達到高效且準確的自動化轉換，優化工作效率並減少人工介入。

- BIM 格式為 Revit、Civil 3D、IFC 格式的轉換流程。
- BIM 格式為 Navisworks、DGN 格式的轉換流程。

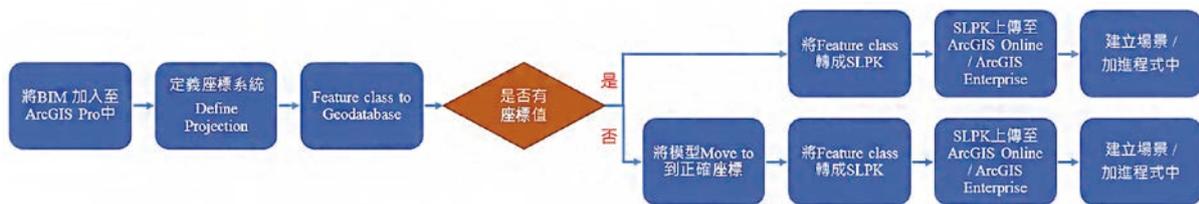


圖 11 Revit、Civil 3D、IFC 格式轉換流程圖

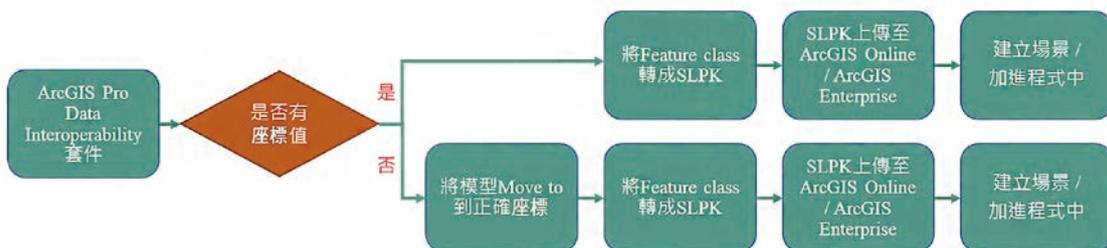


圖 12 Navisworks、Microstation DGN 格式轉換流程圖

若想達到自動化，需透過 ArcPy 套件大幅提升自動化處理的比例，使得 BIM 數據能夠通過一系列高度集成的操作，順利發布為 GIS 圖資。而本研究先以 BIM 常用的 IFC (Industry Foundation Classes) 格式與 ArcGIS Pro 的 Slpk 格式作為本次研究的資料格式目標，並用 ArcPy 作為轉檔的核心套件進行開發，流程圖可參照圖 13。

透過上述流程，可大幅提升自動化並完成 BIM 資料轉換、取得空間與屬性等重要資訊，且大幅減少人工操作的時間成本。此外，本流程還支援批次處理，可一次性處理多個 BIM 模型，快速轉換且符合應用需求的 GIS 圖層；此外，還可將處理完成的 GIS 圖資自動化發布成網路服務如 ArcGIS Restful API，達成 BIM 轉換為 3D GIS 的即時共享和跨部門協作。

圖 14 展示了捷運東環線 Y35 站 BIM 模型與轉換為 3D GIS 格式後的示意圖。其中本資料包含了牆面、階梯、梁柱等多種類型構件，均以獨立元件形式存在，且採用相對座標系，因此在轉換為 GIS 圖資時需進行兩個步驟。

首先，需先定義空間座標系統，將 BIM 的相對座標轉換為 GIS 的絕對座標，確保元件空間正確，避免位置

偏差。其次，需整併同類構件並結構化處理，減少冗餘的資訊，提升視覺化、操作與資料轉換效率，如合併牆面為單一組件並保留屬性摘要，方便後續分析。

在完成 Feature Class 轉換的處理後，可將其轉換為 Scene Layer Package (SLPK) 格式，以便進行 3D 視覺化與共享。隨後，透過 ArcGIS Pro 中的工具或 ArcPy 套件，將 Feature Class 導出為 SLPK，保留其空間幾何、屬性等資訊。最後，將生成的 SLPK 上傳至 ArcGIS Server，並發佈為圖層服務，即可在 Web GIS 應用中進行 3D 展示，圖 15 為捷運東環線 Y35 站轉換成 3D 服務的成果。

### 3D GIS 圖資轉為 BIM 模型作業研究

另一方面，本研究也進一步探討如何從 3D GIS 轉換成 BIM 模型的處理流程，期望完成兩個平台之間的資料互通性，並為設計分析與工程應用提供更廣泛的應用。研究中選取了 GIS 常用的 3D Features (Multipatch) 格式做為 GIS 資料格式，並以 BIM 領域常用的 IFC 格式作為轉換目標，構建一套自動化轉換流程，建立與 BIM 轉 3D GIS 圖資類似的步驟。

本研究之轉換使用 ArcPy 進行雙平台資料轉換的程式開發，圖 16 為 3D GIS 轉換成 BIM 的作業流程，

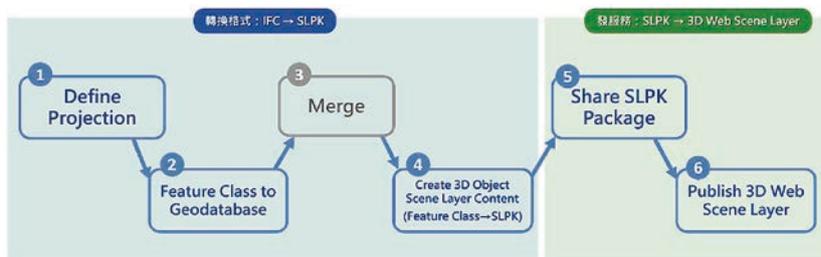


圖 13 BIM 資料轉換成 3D GIS 格式作業流程圖

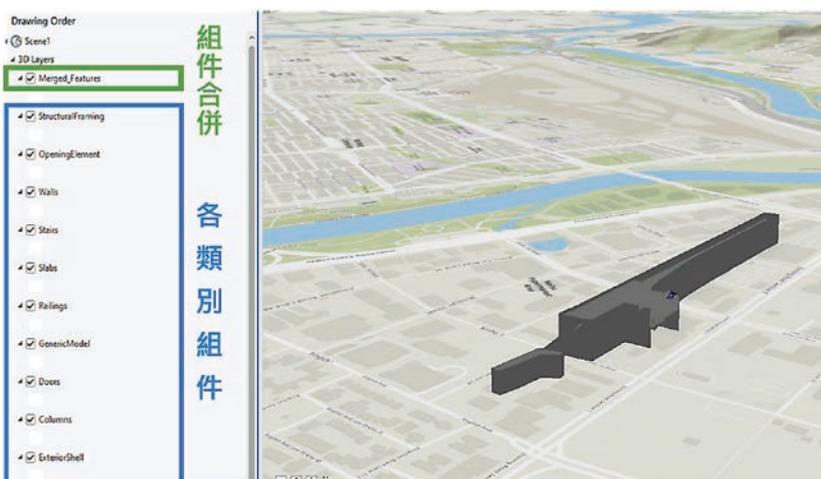


圖 14 東環線 Y35 站以 ArcGIS Pro 展示示意圖 (含 BIM 各組件如牆、柱等)



圖 15 捷運東環線 Y35 站以 ArcGIS Online 展示示意圖

從 3D Features (Multipatch) 格式到 IFC 格式的詳細轉換流程，包含資料格式轉換、建立 3D 屬性與建立 BIM 元件屬性等步驟，共有六個步驟。透過本研究的資料轉換流程，3D GIS 和 BIM 之間的技術障礙可進一步克服，達成雙平台資料共享，為智慧城市建設、基礎設施管理以及建築設計提供強而有力的技術支持。

在捷運、橋梁等工程設計中，公共管線與下水道設施是設計的重要考量之一，因其直接影響設計過程，故本研究採用國土管理署下水道 GIS 圖資作為研究基礎，首先篩選相關 GIS 資料，如圖 17 所示，在系

統上圈選所需範圍並匯出相應下水道 GIS 圖資，以進行後續資料轉換。

匯出之下水道 GIS 圖資以 3D Features (Multipatch) 資料格式儲存，依據圖 16 所示的操作流程，依次進行 Layer 3D To Feature Class、Add 3D Formats To Multipatch 和 Export 3D Objects 等步驟，定義 Feature Class 的結構、補充 BIM 所需的 3D 屬性資訊，最後輸出成 IFC 格式。圖 18 為下水道三維管線轉換成果，並以本公司開發的 V3DM 進行展示驗證，證明了從 3D GIS 自動轉換至 BIM 的可行性。

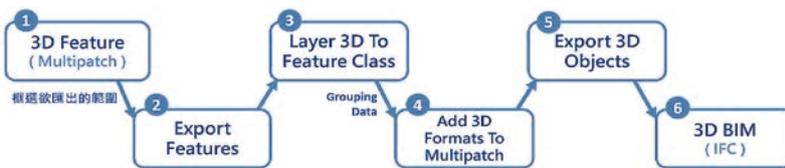


圖 16 3D GIS 轉換成 BIM 資料格式作業流程圖

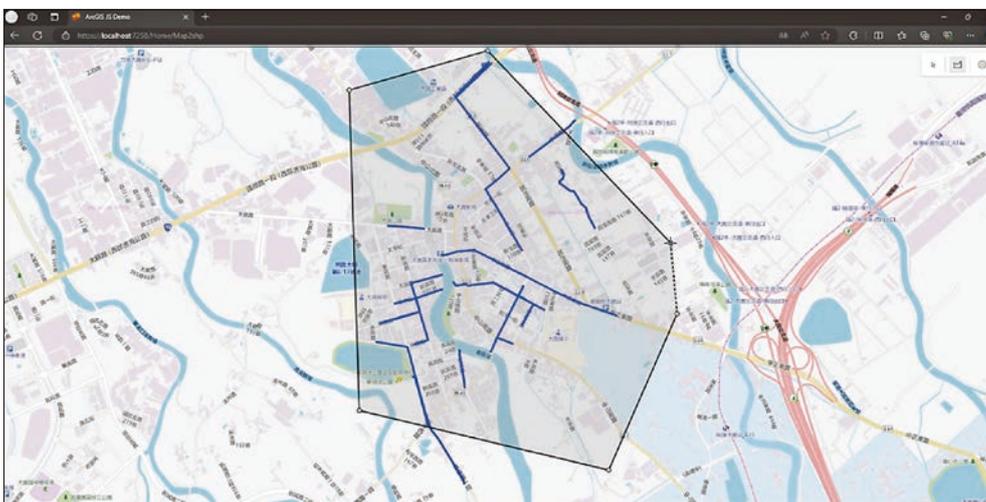


圖 17 透過線上圖台圈選欲轉換的 GIS 圖資示意圖

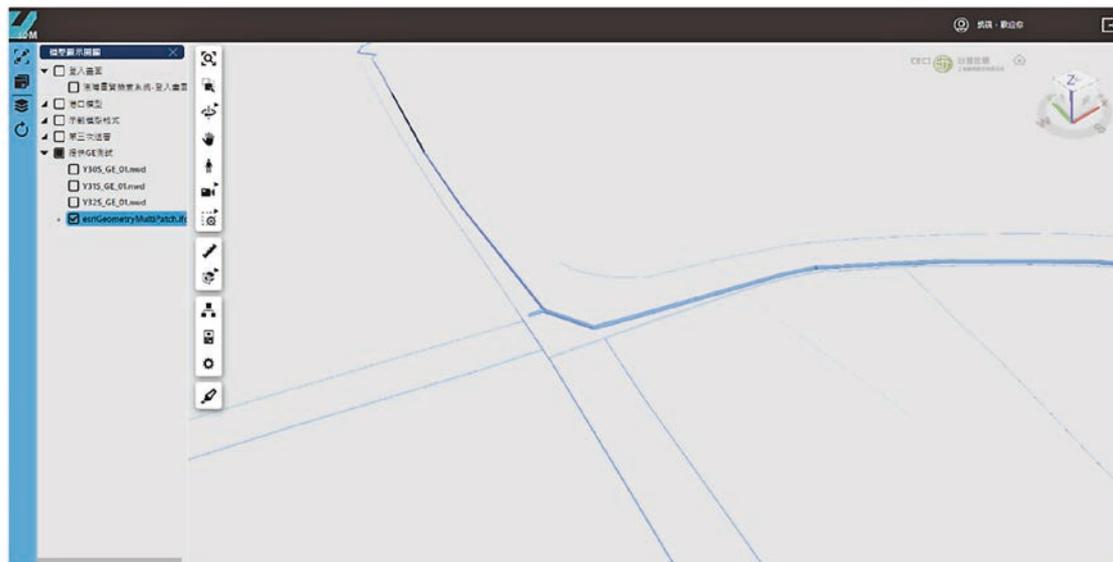


圖 18 V3DM 展示 GIS 轉換完的 BIM 圖資示意圖

## 結論與建議

本次研究的主要目標為研究並完成 BIM 與 3D GIS 之間的平台整合與資料格式轉換，進一步驗證其技術可行性並優化流程。研究結果如下：

首先，在 Autodesk APS 與 ArcGIS JavaScript API 的整合測試中，已成功驗證兩者平台之間的相互操作性，並進一步完成操作優化，為後續應用提供了穩固的技術基礎。其次，針對 BIM 模型轉為 3D GIS 的作業研究，透過 ArcPy 工具完成 IFC 格式 BIM 模型的批次轉換作業流程，顯著提升了轉換效率並降低了手動處理的錯誤風險。最後，針對 3D GIS 圖資轉為 BIM 模型的作業研究，同樣透過 ArcPy 工具成功開發了批次轉換流程，確保 GIS 與 BIM 之間的資料互通的正確性及便利性，這對促進 BIM 與 GIS 技術在工程、規劃與管理等相關領域的應用上帶來了新契機。

同時，基於本次研究成果，提出以下幾點建議以供未來參考。首先，建議持續優化資料轉換的多樣性，在現有 IFC 與 3D GIS 格式轉換的基礎上，研究如何支援更多 BIM 與 GIS 數據格式（如 Revit、Navisworks、CityGML 等）的轉換方法，以應對不同應用場景的需求。

其次，可建立可上傳的資料整合平台，並具有資料審核功能，資料審核者可針對使用者所提出的申請進行審核，並於審核通過之後依照資料類型；同時，

以對應的方式提供於使用者提供收納的三維及 BIM 模型圖資查詢，使用者可利用系統查詢所需圖資並提出申請。

最後，利用本技術建立更多場景應用，例如智慧城市建設、環境監測與基礎設施管理，並與相關領域專家學者合作，促進跨領域的創新應用發展，發掘 BIM 與 GIS 整合更大的可能性。透過持續的技術優化與應用探索，BIM 與 GIS 的整合在多領域將展現更大的效益，並為決策支援與智慧化管理提供強大的技術支援。

## 參考文獻

1. 姚大鈞 (2021), 「公共工程全生命週期的風險管理」, 土木水利, 48:3 2021.06 [民 110.06], 第 36-43 頁。
2. Sani, M.J. and Abdul Rahman, A. (2018). GIS and BIM integration at data level: A review. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 299-306.
3. 張引玉、謝尚賢 (2018), 「BIM 與 GIS 整合應用回顧與展望」, 營建知訊, 第 425 期, 第 61-66 頁。
4. 楊黎熙、陳世昕、王琨淇、王維志 (2021), 「運用 BIM 與 GIS 技術於校園多建築設施管理」, 營建管理季刊, 第 112 期, 第 35-48 頁。
5. 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。
6. 蘇瑞育、王淑娟、林志全 (2020), 「數位孿生：BIM 結合 IOT 於大樓營運階段之創新應用」, 中華技術, 第 128 期, 第 66-75 頁。



# 參數化建模 與 BIM 整合： 資訊爆量時代的 橋梁工程資訊管理 新思維

藍士棠\* / 林同棧工程顧問股份有限公司資訊技術服務中心 BIM工程師

林禮賢 / 林同棧工程顧問股份有限公司資訊技術服務中心 經理

吳承諳 / 林同棧工程顧問股份有限公司資訊技術服務中心 BIM組副組長

在資訊爆量時代，工程資訊的管理面臨前所未有的挑戰。橋梁工程作為高度定製化的設計產物，即使是同一座橋梁，其組成單元也可能存在高度差異性，難以重複利用既有設計。因此，如何在爆炸性增長的數據中，有效率地以參數化方法描述橋梁設計單元，並整合各階段的資訊，成為提升工程效率的關鍵。

本文著眼於此，沿用內部既有的鋼橋設計制式化表格，透過參數化建模工具 Grasshopper 彙整鋼橋關鍵構件的設計數據，工程師僅須調整表格數據，即可同步更新模型與圖說，此方法不僅能精確之 3D 模型重現設計意圖，制式表格更能有效管理大量的設計變數。在 Rhino/Grasshopper 環境中，將模型透過 API 無縫銜接至對應的 BIM 軟體環境，同時寫入必要之參數，實現設計資訊在不同平台間的有效傳遞與應用。圖說作業亦透過 Rhino/Grasshopper 的製圖功能，自動化生成箱梁之平面與縱向配置圖，並且完成尺寸標注及圖層設定，不僅減少了傳統作業中繁瑣的人工操作，更重要的是，透過單一平台整合設計的 2D 及 3D 作業，有效避免了不同軟體間的版本誤差與資訊遺失，確保了橋梁設計資訊的一致性與準確性。

關鍵詞：鋼箱梁、BrIM、資訊管理、Grasshopper、Tekla

## 前言

隨著資訊科技迅速發展之下，工程的目的不僅僅是如質如期完成，全生命週期與永續管理已經是設計與施工單位必須重視的課題，在此前提下，如何有效、系統化的管理工程資訊，將影響專案執行成效。在此背景下，建築資訊模型（Building Information Modeling, BIM）已被廣泛應用於建築領域，模型完整紀錄了外型幾何、地理資訊、空間資訊以及物件屬性

資訊，用於工程衝突檢討、圖說產出、數量計算、協同作業等，有效提升工程效率與品質，此外，BIM 更可作為資訊整合平台，延伸應用至建築執照審查、社會住宅營運管理、建築能效評估（如 BERS 系統）等領域，甚至結合地理資訊系統（GIS）應用於智慧城市之規劃與管理，展現其在推動產業升級與永續發展上的巨大潛力。

然而，由於橋梁設計的高度客製化且線性分佈之特性，使得現有以建築設計為主的 BIM 平台應用於橋梁工程時顯得力不從心，不僅在建模上存在諸多

\* 通訊作者，stlan@tylin.com.tw

不便，延伸應用亦相當受限。橋梁資訊模型（Bridge Information Modeling, BrIM）在設計階段之建置方法仍以後 BIM 方式為主，原則上由路工完成定線設計，橋梁工程師依據定線進行橋梁結構分析與配置，BIM 工程師則依據定線、橋梁設計圖說及設計數據建置模型。BrIM 模型組成一般可分為上構及下構兩部份，依據不同橋型構件，其上構建置作法存在差異<sup>[1,2]</sup>。以 Revit 為例，有別於建築類可以使用程式內建之柱、梁、板、牆等元件進行組合，由於 Revit 本身不具備橋梁相關元件，因此需要自行依設計需求另外建立參數化之橋梁族群使用，搭配 Dynamo 放置橋梁單元至指定座標位置並完成單元幾何參數之設定，其特點是每個單元可視為獨立模型，但對於鋼構細部的支援有限，複雜幾何造型可能須人工調整；Tekla Structures（以下簡稱 Tekla）則是提供橋梁創建工具（Bridge Creator）之擴充功能，工程師可透過設定關鍵斷面之方式進行橋梁外型量體建模，適合混凝土箱型梁或 U 型梁等外型連續變化之橋梁類型。然而，鋼箱型梁是由多個構件組成，包含翼板、腹板、隔板、縱向加勁板、豎向加勁板、橫梁等，其各個構件之施工切割點與尺寸變化點位置均不相同，故若要精確再現鋼箱梁幾何外型，則需將鋼箱各構件分別獨立建置，故上述方法並不完全適用。

除了使用常見 BIM 軟體建置 BrIM 模型，國內另外也有以結構分析模型建模再匯入 Revit 模型之案例（家源橋）<sup>[3]</sup>；以空拍機傾斜攝影之高解析度影像搭配點雲建立三維模型（安坑輕軌系統安心橋）<sup>[4]</sup>；因應複雜造形設計而採用 Dassault 3DEXPERIENCE 平台（淡江大橋）<sup>[5]</sup>；自行開發之鋼箱梁參數化建模程式並串連 Tekla（三鶯大橋）<sup>[6]</sup> 等案例。

目前橋梁設計圖說產製作業與 BrIM 建置作業彼此是無關聯，內部橋梁作業流程是先透過 AutoCAD 自動化程式讀取設計數據與出圖參數設定，進而完成 2D 圖說繪製，再交由 BIM 工程師依據圖說內容及設計數據表格進行 BrIM 模型建置，此流程最大的缺點在於 2D 圖說與 3D 模型為獨立產出，當設計發生變更時，無法即時同步更新，須等待圖說修正完成，並額外花費時間人工確認，方能確保 2D 圖說與 3D 模型的一致性。因此，現行橋梁資訊模型建置流程亟需改良，應探索更高效且整合度更高的 BrIM 技術，以充分發揮其在橋梁工程中的價值。

### 技術方法

利用 Tekla 結合參數化工具 Grasshopper，透過制式化表單及可重複應用之程式腳本，提供橋梁資訊模型與圖說連動之作業方案，降低建模與出圖所需之人力，並提高鋼箱型梁精確度，並且增進 BrIM 後續應用的可能性（圖 1）。

### BIM 與參數化工具

Tekla 是專注於結構專業之 BIM 軟體，針對結構細部、鋼筋、鋼鍵、螺栓等具備豐富的元件與自動化工具，使用者可以輕易的完成結構模型建置與圖說製作工作。Tekla 在橋梁工程方面也有豐富的實際案例，如：Norway 的 Randselva Bridge 即是使用 Tekla 取代傳統圖紙施工案例；E6 Ranheim- VÆRNES HIGHWAY 使用 Grasshopper 與 Tekla 完成高架橋及隧道入口模型建置，其橋梁模型採用參數化方式建置，可隨定線方案調整即時更新橋梁模型。

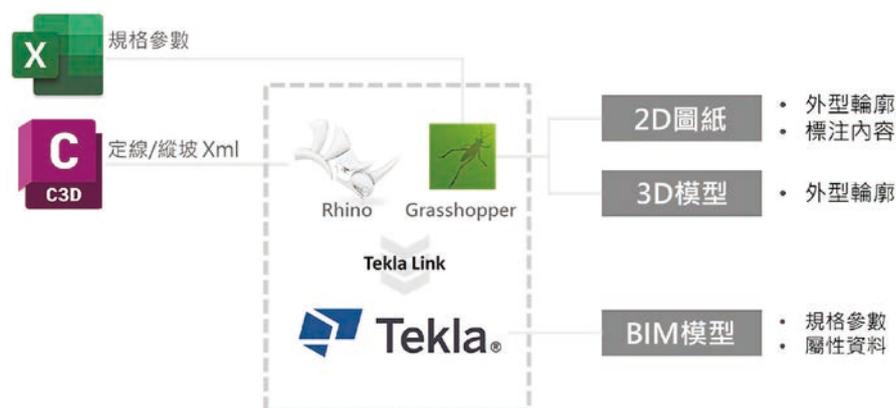


圖 1 Grasshopper + Tekla 鋼箱梁建模作業原理



圖 2 Grasshopper-Tekla Live Link 功能

Rhinoceros 3D (以下簡稱 Rhino) 是一款 3D 建模軟體，因其強大的自由造型功能，Rhino 應用領域相當廣泛，包含建築設計、工業設計、珠寶設計、遊艇設計等不同領域。而 Grasshopper 為針對 Rhino 環境之視覺化程式設計語言，使用者透過串連節點的方式，即可直觀的建立程式指令並執行參數化設計與分析工作，熟悉 Python 或 C# 的使用者亦可直接在 Grasshopper 環境以程式語言建立客製化之節點，可增進程式運算的效率。Rhino/Grasshopper 同時具備相當豐富的外掛資源，近年並已發展多種跨平台之解決方案，可針對不同專業之作業流程，增強既有工具操作體驗，例如：Grasshopper-Tekla Live Link (圖 2)、Rhino. Inside®.Revit、MIDAS GH 等，可將 Rhino/Grasshopper 之作業成果快速連接至不同軟體平台，並透過 Grasshopper 進行參數化控制，實現最佳化設計的任務，亦可將成果反向回傳至 Grasshopper，再做其他分析與應用。

### BrIM 建模流程

鋼箱梁建模作業流程整合 Tekla、Rhino 及 Grasshopper 工具，主要共 4 個步驟 (圖 3)，(1) 設計數據與定線資料匯入與整理；(2) 建立全線箱梁外型輪廓線；(3) 依里程提取個別構件輪廓線與塑形；(4) 模型及屬性資料轉換至 Tekla 環境。

### BrIM 建模前置作業

首先，啟動 Tekla、Rhino 與 Grasshopper，並確認模型單位和公差設定無誤。完成初始設置後，即可匯入設計數據與定線資料。設計數據是由橋梁工程師負



圖 3 鋼箱梁建模流程圖

責填寫並以純文字格式形式儲存，包含零件里程、零件尺寸、板厚、編號、材質、標注內容等資訊，可利用 Grasshopper 之 Read File 功能直接讀取，或是透過 Python 匯入檔案，並利用 Codecs 模組將設計數據轉換為 Big5 編碼，確保中文內容正確顯示。由於原始數據中常包含空值與註解，因此需進行清理、轉換和分類操作。由於 Grasshopper 腳本是透過連接節點的方式實踐，故若腳本包含一連串複雜指令或腳本中存在大量參數時，其界面將充斥大量連接節點的線段而難以閱讀與管理 (圖 4)，故可將設計參數定義全域黏性變數 (Global Sticky Variables)，以便於後續調用參數時，不需線段連接數據之節點 (圖 5)。

### 基於定線數據建立箱梁外型輪廓線

橋梁設計是以定線為基礎，而定線是以 Civil 3D 製作並使用 XML 作為資料交換格式。XML 為可延伸標識語言，其數據可在 Grasshopper 環境透過 Python 中的

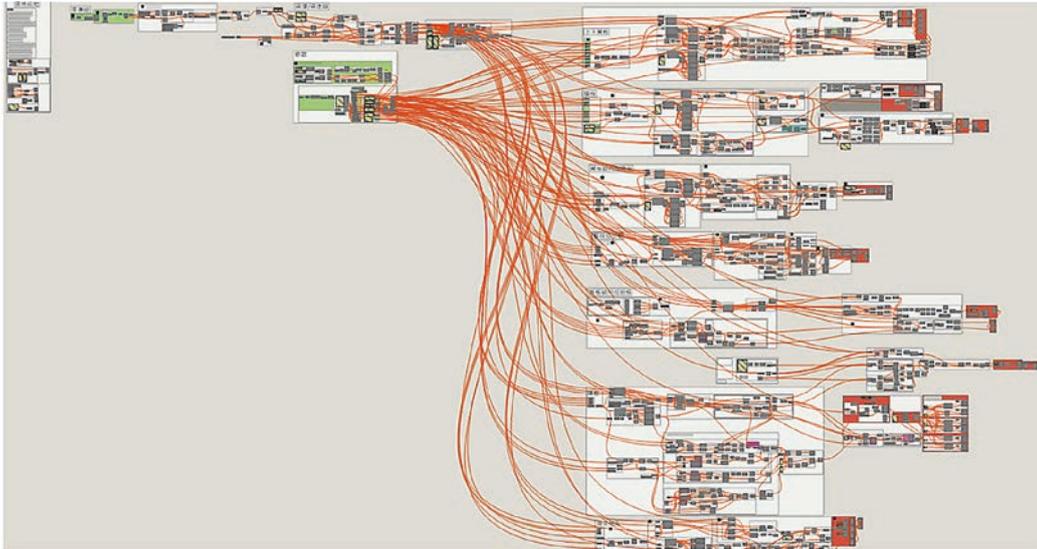


圖 4 未經最佳化的鋼箱梁脚本

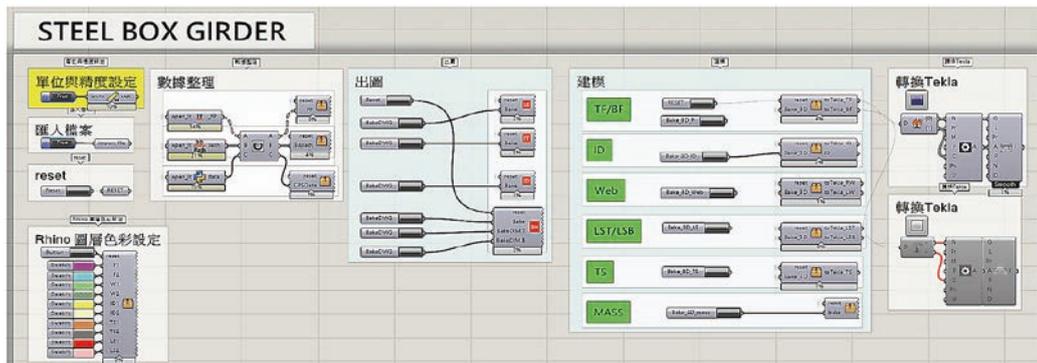


圖 5 經最佳化的鋼箱梁脚本

ElementTree 模組讀取，並根據 XML 文件中的平面線型與縱坡資料於 Rhino 環境中再現三維定線曲線。定線完成後，依據設計之漸變、高程漸變、超高、HUNCH 之偏移量與里程，定義全線箱梁上下翼板、左右腹板之輪廓線位置（圖 6），為後續提取各構件輪廓線提供參考。

### 依里程與輪廓線建立箱梁構件實體

鋼箱型梁的組成包括翼板、腹板、縱向加勁板及隔板等構件。建模方法是根據各構件設計斷點里程建立以定線方向為法向量的切割平面，利用該切割平面對輪廓線（表 1）進行切割，進而確定各構件單元在三維空間中的範圍（圖 7）。隨後，將該範圍圍塑成曲



圖 6 箱梁輪廓線位置定義

面，並依據設計之鋼板厚度沿曲面法向量方向擠出形成封閉實體（Closed BREP），此即構件單元。此方法不受線形限制，並解決以往在曲線段單元間未能順接而產生間隙的問題。

### 依構件特性建立 Tekla 箱梁構件

再透過 Grasshopper-Tekla Live Link，可將 Grasshopper 中的封閉實體及屬性資料轉換至 Tekla 環境。由於 Tekla 在幾何功能上的限制（表 2），除了完全為平面之構件，非平面構件需以「項目」（Item）匯入，確保模型整體平滑與正確性。屬性資料則可利用 User-Defined Attributes (UDAs) 加入至 Tekla 零件屬性中。至此，

表 1 構件建置使用之輪廓線

構件	翼板輪廓線	腹板輪廓線
翼板	○	—
腹板	—	○
隔板	○	○
縱向加勁板	○	—
豎向加勁板	○	○

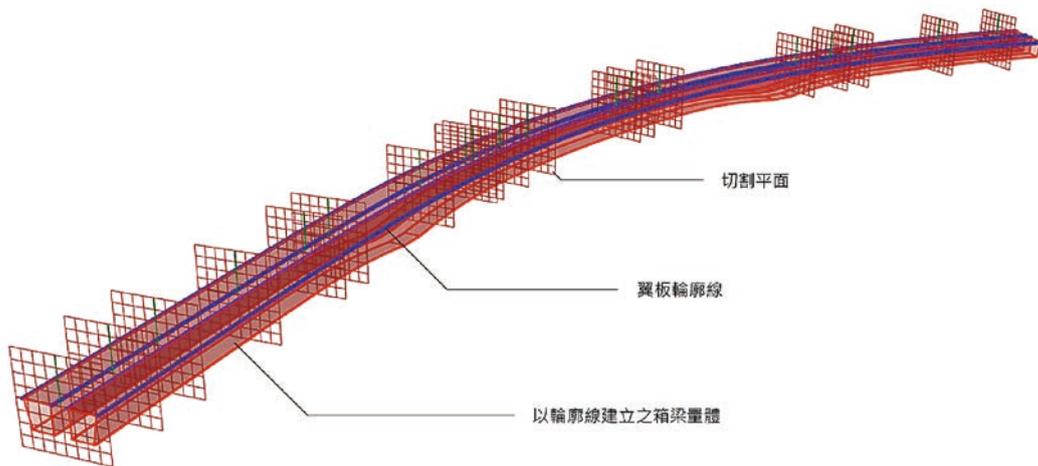


圖 7 依據里程建立切割平面

表 2 Tekla 元件之功能限制比較

Tekla 元件		功能限制
	板	板控制點須要共平面
	梁	斷面無法漸變
	梁 + 可變橫斷面	僅適合直線漸變元件，如：托架
	梁 + 零件切割	以切割多餘零件型塑所需要的造型，整體作業複雜
	項目 (Item)	適合特殊、複雜造型，無法直接編輯
	元件 (Components)	適合大量且重複之細部。透過約束條件及參數控制造型，類似 Revit 參數化元件。

箱梁的翼板、腹板、縱向加勁板及隔板等主要構件的建置即可完成 (圖 8)。

### BrIM 模型深化方法

鋼構細部如連接板、螺栓、開孔、焊接等，可透過 Tekla 自定義元件 (Custom Components) 補充，再借助 Grasshopper 即可實現批次元件放置，大幅提高模型深化的效率並降低遺漏的風險。例如，在橫梁細部建模中，首先建立橫梁腹板，然後在 Grasshopper 中將橫梁腹板指定為 Detail Component 的主件，使自定義元件自動依主件補充相關細節 (圖 9)，如橫梁翼板、加勁板、連接板、螺栓孔等，進一步完善 BrIM 模型。

### 鋼箱梁出圖作業

針對現有 BIM 軟體在橋梁設計圖繪製上的不足，透過 Grasshopper 讀取設計數據，依據設計比例自動生成翼板與腹板之配置圖與標註，並匯出 CAD 圖說 (圖 10)。當設計數據需要修正時，工程師僅需更新制式化表格中的數據，即可快速同步更新模型與圖說。

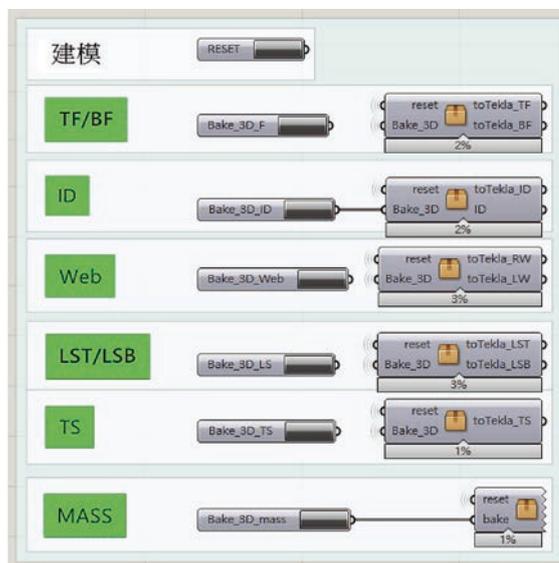


圖 8 依構件分別提取輪廓線並完成型形

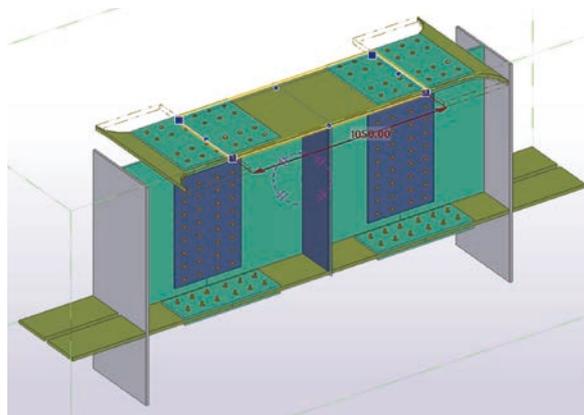


圖 9 自定義之橫梁元件

此外，透過 Grasshopper 的預覽功能，工程師隨時檢視 2D 圖說與 3D 模型 (圖 11、圖 12)，從而降低人為錯誤，並確保設計資訊的一致性。

### 結語與建議

BrIM 作為橋梁工程資訊的整合平台，其模型資訊的一致性與準確性至關重要，本研究基於既有鋼箱梁設計繪圖流程，發展出結合 Tekla Structures 與 Grasshopper 的橋梁資訊建模作業流程。此流程以制式表格為基礎，透過自動化方式讀取設計數據，快速生成鋼箱梁模型，顯著縮短了傳統仰賴設計圖說與人工判讀的時間，大幅提升了建模效率。不僅有效解決傳統設計與建模過程中常見的痛點，更為後續的應用與管理奠定

可靠的基礎。具體結論與建議如下：

1. 完善橋梁資訊模型：透過 Grasshopper 讀取設計數據，並控制鋼箱梁構件幾何形狀與屬性資訊，運用 Grasshopper-Tekla Live Link 於 Tekla 環境建立鋼箱梁模型。後續建議運用 Tekla 在鋼構細部的強項，針對鋼構製造圖、組裝圖、BOM 表等應用，建立相關自動化作業程序，以發揮 BrIM 技術於工程全生命週期之最大價值。
2. 深化模型細節與元件管理：透過 Grasshopper 批次

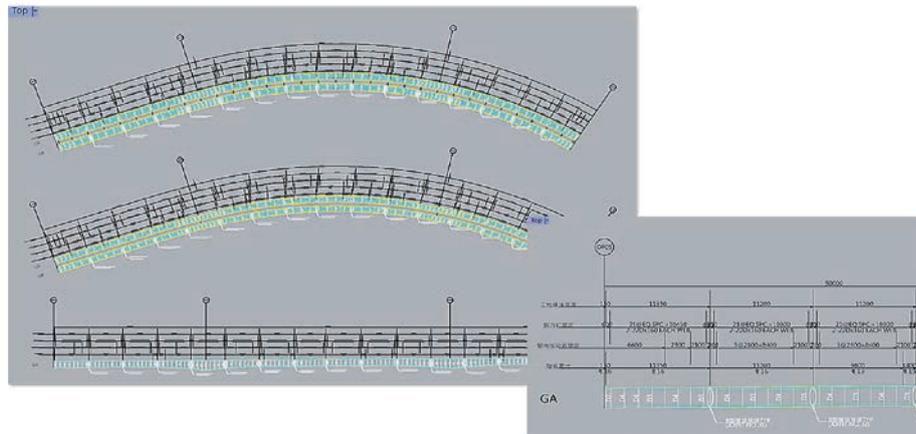


圖 10 以 Grasshopper 自動化繪製鋼樑配置圖說

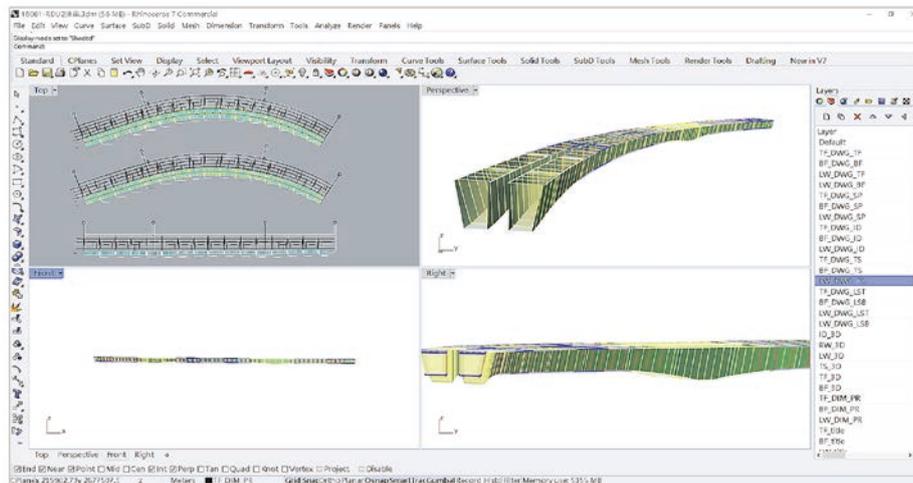


圖 11 於 Rhino 環境檢視 2D 及 3D 作業

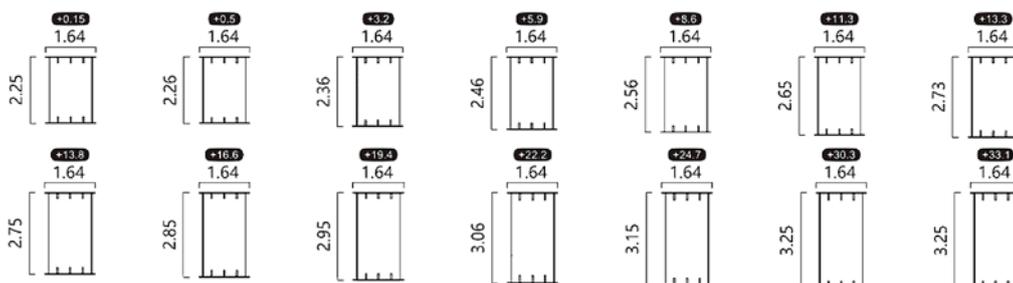


圖 12 任意指定里程產出箱梁斷面

放置 Tekla 自定義元件，可有效深化模型細節，進而提升模型的完整度與應用價值。為確保模型準確性與一致性，建議在建模前即依據設計圖說完成細部元件的設計與定義，並建立完善的元件庫管理機制，以利後續維護與應用。

3. 實現模型與圖說的同步更新：透過 Grasshopper 實現橋樑參數化設計，2D 圖說與 3D 模型的同步更新，有效解決傳統作業流程中模型與圖說資訊不一致的問題，並確保資訊的一致性。建議持續針對 Grasshopper 腳本的最佳化，提升模型與圖說產製的效率與完整性。
4. 拓展 BrIM 應用與資料串連：Grasshopper 具備豐富的外掛資源及 API，可與其他軟體平台串連，進一步擴展 BrIM 應用並促進資料交換與跨領域協作。建議後續研究可將此流程擴展至以下面向：
  - (1) 結構分析軟體：整合結構分析與驗證流程，加速設計迭代與優化過程。

- (2) 地理資訊系統 (GIS)：整合橋樑周邊環境資訊，進行更全面的規劃與分析。
- (3) 生命週期評估工具 (如 One Click LCA)：進行橋樑工程的碳足跡評估，輔助工程師落實橋樑的永續設計。

### 參考文獻

1. 蔡俊鏡 (2022), 「BIM-Revit 應用在橋樑概念設計」, 營建知訊, 第 473 期, 第 71-81 頁。
2. 許舜翔、劉鑑禎、林子皓、周敬淳、謝尚賢、曾榮川、李育謙 (2019), 「橋樑於備標階段外觀塑形自動化之初步研究」, 營建知訊, 第 434 期, 第 66-73 頁。
3. 王茲為、石晉方、廖吳章 (2017), 「BIM 在橋樑工程的應用—以家源橋為例」, 土木水利, 第 44 卷, 第 3 期, 第 108-113 頁。
4. 李政安、鄒宏基、周茂益、劉泰儀、吳崇弘 (2021), 「建築資訊模型 (BIM) 於安坑輕軌系統安心橋設計施工應用實務探討」, 土木水利, 第 48 卷, 第 1 期, 第 29-36 頁。
5. 鄧挺發、藍毅哲、林舜元、詹文宗 (2020), 「3D 數位化橋樑設計、整合與管理—從淡江大橋出發」, 中興工程, 第 147 期, 第 81-88 頁。
6. 曾榮川、陳政雄、李育謙、吳淑珍 (2017), 「鋼箱梁參數化三維建模—以三鶯大橋改建工程為例」, 土木水利, 第 44 卷, 第 3 期, 第 6-11 頁。

EARTHPOWER CONSTRUCTION CO., LTD

**義力營造股份有限公司**

卓越  
誠信  
安全  
品質

## 義呈實諾 力呈卓越

創立於民國八十三年·甲等綜合營造業

深耕台灣·致力鑽研土木、環境、建築、區段徵收、開發工程·秉持追求全員工安、品質提升的精神·在誠信踏實的經營態度之下·堅守營建道德崗位·各項工程實績屢獲優良工程金安獎、公共工程金質獎

土木工程

整地、道路、排水橋梁、隧道護坡、植生景觀、管線工程

建築工程

辦公大樓、廠辦新建、特殊建築、集合住宅

環境工程

掩埋廢棄物分類清除、土壤污染改良、污水處理、復育工程、廢棄物分類機械製造

區段徵收

區段徵收工程、土地重劃、公設工程施工

開發工程

工業園區開發、社區開發、租售管理











# UAV 及 AI 技術於 土地開發工程自動化 進度比對計算應用

黃文俊\* / 亞新工程顧問股份有限公司數位工程發展部 計畫經理

翁淑卿 / 亞新工程顧問股份有限公司數位工程發展部 工程師

李俊璋 / 亞新工程顧問股份有限公司工務部 工程師

游中榮 / 亞新工程顧問股份有限公司數位工程發展部 資深經理

亞新工程顧問股份有限公司（以下簡稱亞新公司）近年來廣泛應用 UAV 蒐集現場影像資料，呈現各時期的工程施作進度，並結合 AI 影像辨識技術，分析並核對工地現況，掌握工程進度。透過 UAV 拍攝成果影像結合 AI 影像辨識，以自動化的比對技術掌握工地現況施工進度。本應用主要開發六大 AI 比對功能，並開發建置系統平台，以此平台為基礎，將 AI 技術與各項圖資整合至系統平台中，針對特定任務與目標進行自動化的追蹤與判斷，以提升施工管理品質。

關鍵詞：UAV、AI、GIS、施工進度管理

## 前言

傳統土地開發工程之進度管理，缺乏數據化的資訊以核對各項目的執行進度，導致工程進度管理難以核實，亞新公司為推動 UAV 及 AI 在土地開發工程自動化進度比對技術，以桃園市中壢運動公園區段徵收工程案作為研究及測試案場。本案工址位於桃園市中壢區，整體計畫面積約 72.97 公頃，以地區發展帶動周邊產業之活化轉型，形塑水漾森林藍綠共生的綠色生活圈體建設施結合藍綠帶之串連，打造森林般之運動園區，計畫開發構想如圖 1。

## 系統開發流程

本計畫開發作業流程，首先進行空拍影像資料收集，將收集完之影像資料進行整合及處理，影像資料導入所開發之 AI 比對系統進行分析及比對作業，最終

將比對完成資料導入平台作為資料查詢存儲使用，整體自動化進度比對計算分析流程如圖 2。

## 正射影像與數值地表模型標準化產製流程

為定期拍攝施工現場影像，如實記錄現場施工進度變化，本計畫透過標準化無人機航線規劃，以開源軟體（open source software）為基礎架構，開發航線規劃系統以因應不同工地現場需求，並訂製標準化影像產製流程（如圖 3），以獲得統一化之正射影像與數值地表模型品質。

## AI 技術工程分析開發成果

本案目前開發六大 AI 技術分析（如圖 4），包含土地覆蓋型變化、高程落差判讀與警示分析、管線工程進度自動化評估、道路側溝施作進度評估、防塵網鋪設範圍辨識、瀝青鋪設進度辨識等功能，輔助不同施工管理應用。

\* 通訊作者，andy.huang@maaconsultants.com



圖 1 計畫開發構想

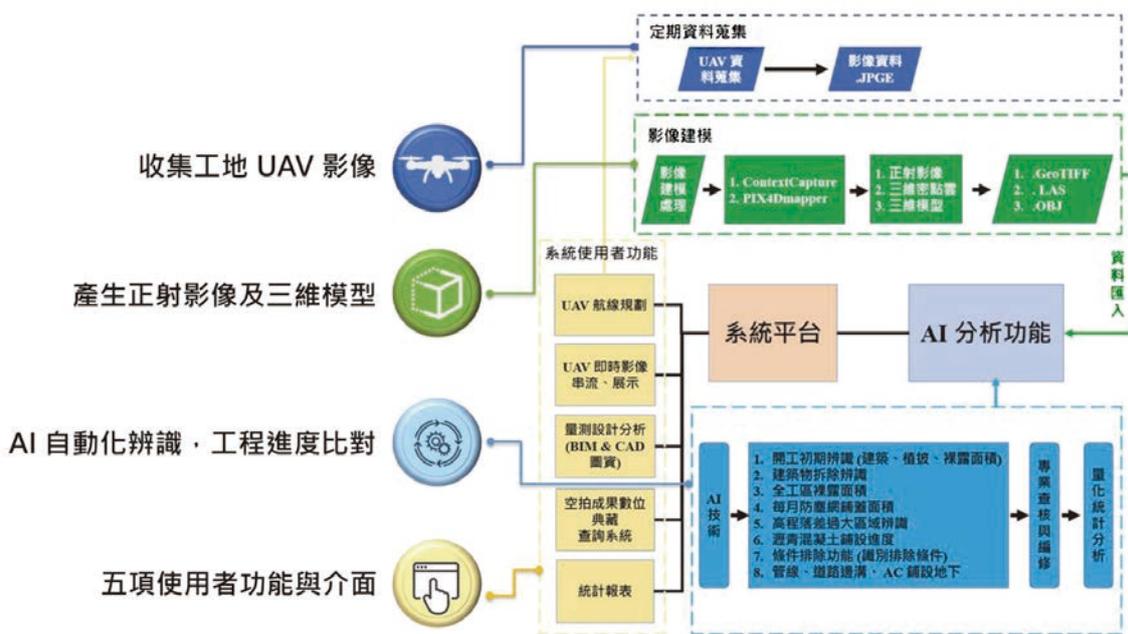


圖 2 自動化進度比對計算分析流程

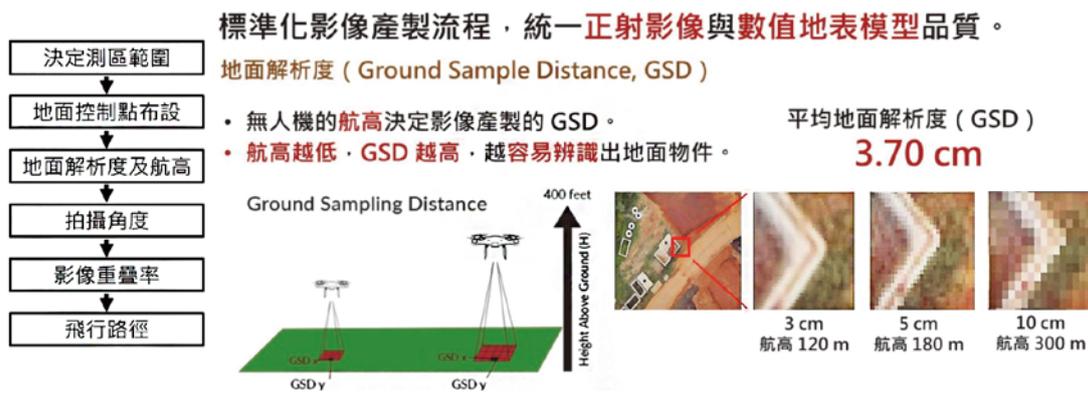


圖 3 正射影像與數值地表模型標準化

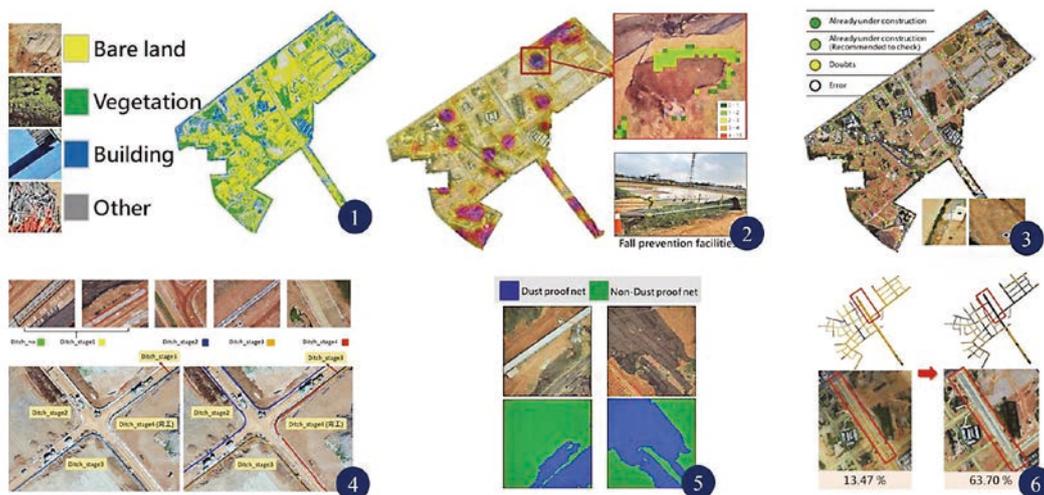


圖 4 六大 AI 技術分析功能

### 土地覆蓋變化

將土地覆蓋分為四大類型包含裸露地、植被、建物及其他等四種類型（如圖 5），透過不同時期影像分析了解開發區域土地變遷情形，掌握工地開發進度。

### 高程落差分析

藉由地表高程標準差量化地形高程變化程度，應用智慧化分析辨識高程落差較大之處，針對落差較大處進行相關安全防護措施（如圖 6）。

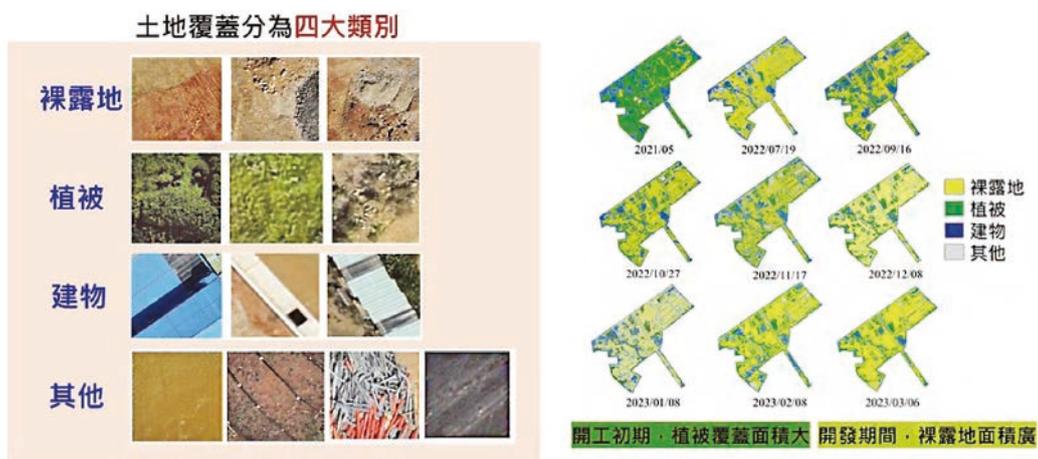


圖 5 土地覆蓋變化



圖 6 高程落差分析

### 管線工程進度自動化評估

透過影像分析判讀地表已施作之污水孔及共管人孔，套疊人孔平面圖說進行施工位置差異分析，針對實際施工位置與平面圖資差異較大之處進行檢核（如圖 7），有效掌控施工狀況及進度。

### 道路側溝施作進度評估

將道路施作進度影像分為 (1) 側牆底板模板組立及混凝土澆置、(2) 拆模、(3) 溝蓋板鋼筋組立、(4) 澆置溝蓋板混凝土四個施工階段，包含未施作管溝狀態，總計五種施工階段類型（如圖 8），可快速辨識各道路

側溝施工進度，辨識分析驗證準確度達 98%。

### 防塵網鋪設範圍辨識

透過 AI 影像訓練及辨識，分析防塵網鋪設範圍（如圖 9），有效掌握工區防塵網鋪設狀況，辨識分析驗證準確度達 94%。

### 瀝青鋪設進度辨識

將各期影像結合設計道路圖資，切割出道路影像，結合圖資並透過 AI 分析辨識，計算道路鋪設進度，確實掌握現場道路鋪設狀況（如圖 10）。



圖 7 管線工程進度自動化評估

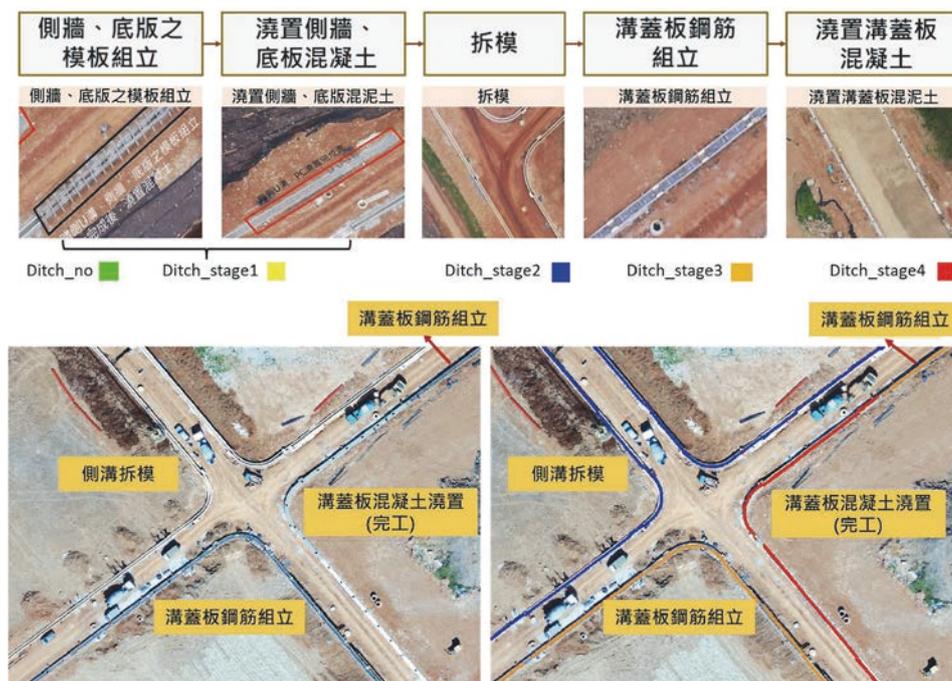


圖 8 道路側溝施作進度評估

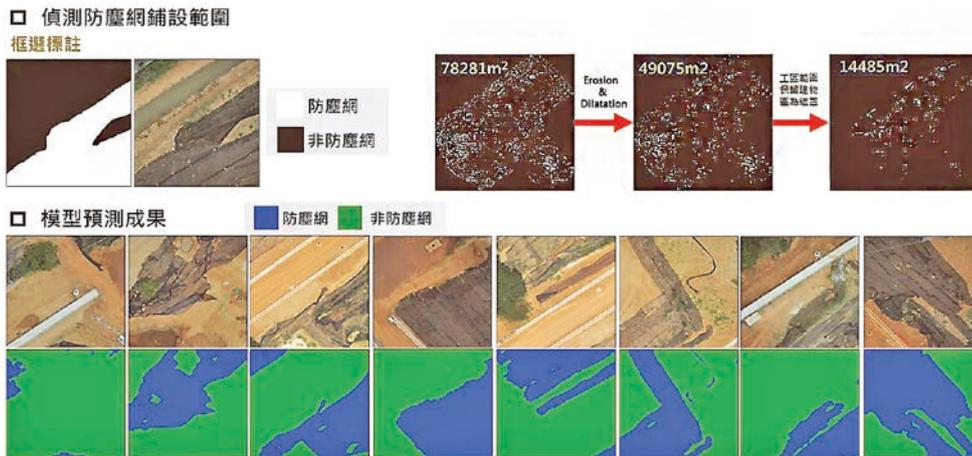


圖 9 防塵網鋪設範圍辨識



圖 10 瀝青鋪設進度辨識

### 系統平台建置

為整合相關資料，提供土地開發施工進度管理快速展示、查詢應用，亞新公司亦建置 3D GIS 系統平

台，結合 3D GIS、BIM 空拍資料，提供土地開發施工進度管理應用所需之圖資整合、量測、統計分析報表等，並具備管理功能（如圖 11）。

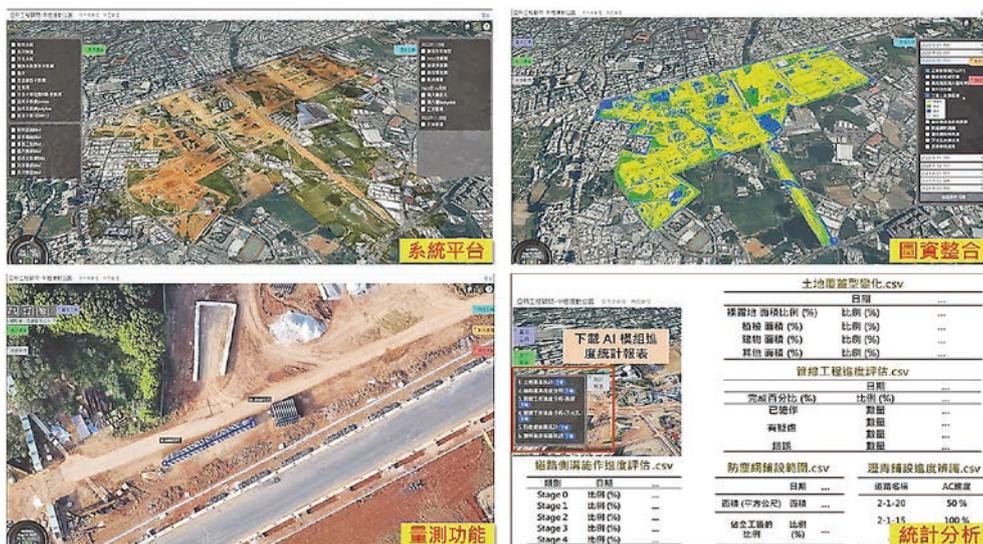


圖 11 系統平台建置



圖 12 獲獎殊榮

## 結語

為提供土地開發進度管控智慧化應用，亞新公司透過資料蒐集，完整記錄施工現場影像，將不同時期影像導入 AI 模型訓練數據庫，強化分析準確度，並藉由監造施工管理經驗回饋，優化 AI 分析模組精準度，快速輔助工地現場施工管理。且 UAV 空拍作業及 AI 分析比對作業時間僅一至兩日，可快速統計各專業工項施工進度，大幅減少現場監造施工進度核實之人力需求，並可查找潛在墜落工安風險預先防範，強化工安品質。另外，所建立之圖資平台，亦可納入施工過程影像及分析數位典藏，詳實紀錄施工進程。透過本創新應用技術，亞新公司期望達成品質如式、進度如期、預算如度、環境如新、安全無虞之智慧化工地管理。

本案 UAV&AI 開發比對分析，榮獲中國土木水利工程學會「2023 年工程數位創新應用獎」、「2024 AI 應用獎」及中華空間資訊學會「第一屆空間資訊永續應用獎產業轉型組－優良獎」，並協助獲得桃園市政府「公共工程金品獎 土木工程類第一級 監造－佳作」。未來亞新將持續精進 AI 技術應用輔助工程管理，提升工程品質及效率。

## 誌謝

本文相關資料，均由亞新工程顧問股份有限公司相關計畫提供。感謝亞新公司同仁提供寶貴資料與模型，並整合亞新公司相關工作經驗。另外，也感謝台灣大學土木系韓仁毓教授團隊提供寶貴技術應用，桃園市政府新建工程處提供案場，使得本創新技術應用得以完成，謹表最誠摯之謝忱。



歡迎加入學會



下載入會申請書

網址：<http://www.ciche.org.tw>

e-mail: [service@ciche.org.tw](mailto:service@ciche.org.tw)

電話：(02) 2392-6325

傳真：(02) 2396-4260

# 土木水利 雙月刊

向您約稿

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

- 工程新知及技術報導，行文宜簡潔。
- 技術研究為工程實務之研究心得，工程講座為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。工程報導為新知介紹及國內外工程之報導。
- 本刊並歡迎對已刊登文章之討論及來函。
- 工程論著及技術研究類文章，由本刊委請專家 1 ~ 2 人審查，來文請寄電子檔案，照片解析度需 300dpi 以上。
- 文章應力求精簡，並附圖表照片，所有圖表及照片務求清晰，且應附簡短說明，並均請註明製圖者及攝影者，請勿任意由網站下載圖片，以釐清版權問題。



# 工程施工 自主檢查表 智能生成 系統

陳賢明\* / 萬鼎工程服務股份有限公司 BIM 中心 經理  
 洪秋金 / 萬鼎工程服務股份有限公司 製造部 經理  
 王韋翔 / 萬鼎工程服務股份有限公司 BIM 中心 工程師  
 蕭兆昇 / 萬鼎工程服務股份有限公司 建造一部 工程師

藉由導入工程施工自主檢查表智能生成系統，以 AI 辨識工程照片手寫字，輔助現場工程師降低重複性作業，有效降低自檢表製作工作量約 75%~90%；並建立各類查驗範本最佳查驗照片長寬比數據，克服工程現場因任務需要，頻繁職務調動時，作業產製訓練時程可有效降低，新手同仁透過系統協助可為即戰力。並透過現場工程師的反饋，激盪出更多面向的工程智能化的發展，規劃以整合工程專用詞資料庫，並以量化低秩調整 (QLoRA, Quantized Low-Rank Adaptation) 微調大語言模型 (LLM, Large Language Model)，再透過智能代理 (Agent) 提供更精準的說明文字，適時加入 MCP (Model Context Protocol) 讓智能系統融入施工現場與作業流程，相互緊密結合創造出共贏的局面。

## 前言

本公司承接石化管架結構梁、柱構件預鑄生產工作，在預鑄廠預先以鋼模生產 RC 梁、柱構件，再載運至工地由大型吊車進行現場吊裝及組立，此預鑄工法具有縮短現場施工時程及解決缺工問題等特性。生產構件尺寸可達：柱斷面 0.8 × 0.8 m 及 1 × 1 m、大梁深度 0.9 m、構件最長達 10 m。

本公司及業主相當重視預鑄構件生產品質，業主在每次灌漿前皆到廠進行查驗，而在查驗前預鑄廠須先完成每支構件鋼模、鋼筋、預埋件等自主檢查工作（如圖 1），再將自主檢查表及照片等文件送交業主後，待業主派員完成查驗及混凝土取樣試驗後，方可進行澆置工作。前述自主檢查及查驗過程需拍攝相當

多照片，而事後照片整理成為品管工程師每天在電腦前面處理之雖極為重要但卻是繁瑣的工作。

預鑄生產作業特別注重尺寸、鋼筋配置、施工精度等，這些構件資訊若在灌漿前無法做到精準，待構件灌漿完成後並運至工地吊裝時才發現錯誤，其嚴重性可能不只是該支構件報廢重作而已，甚至會影響工程進度達 1 個月以上。因此預鑄廠相當重視品管及自主檢查作業，也就是在完成一支構件過程會伴隨產出很多檢查照片（如圖 2）。預鑄廠每批生產構件約 8~10 支，其自

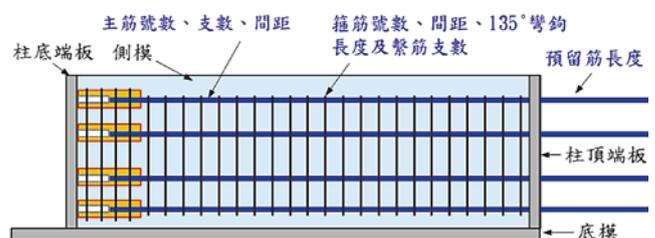


圖 1 柱構件之鋼筋自檢項目

\* 通訊作者，kingen@res.com.tw

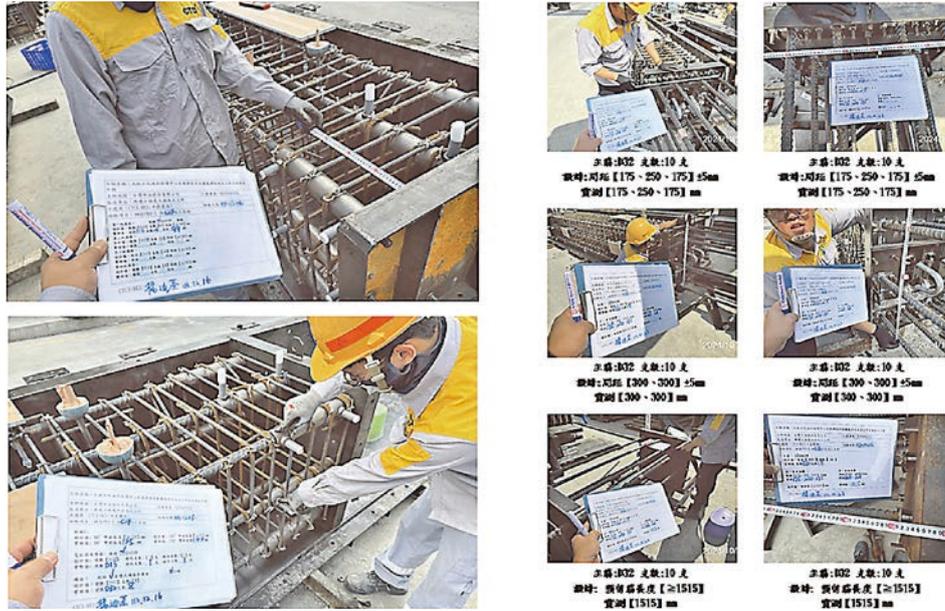


圖 2 柱構件之鋼筋自檢照片

主檢查過程照片達百張以上，再加上業主到廠查驗過程照片，累積約有 150 張需整理到檢查表中。

以柱構件為例，鋼筋自主檢查項目包括主筋號數、支數、間距、預留筋長度、箍筋號數、間距、135° 彎鉤長度及繫筋支數等。上述自主檢查過程同時配合手寫板紀錄檢查數據及照片，經由品管工程師在電腦上彙整、貼照片及輸入說明資訊等，另有鋼模、預埋件、混凝土等項目自主檢查照片需處理。人員作業所需時間約 8 ~ 9 小時，平均整理 1 支構件照片約 1 小時。每次業主到廠查驗照片約 40 張，後續查驗照片整理增加約 2 小時，每批生產構件會有約 1.5 天電腦作業時間。

## 工程需求說明

與工程專案工程師訪談痛點需求後，整理以下可用 AI 手寫辨識並搭配系統資訊技術，舒緩此痛點。

1. 查驗照片貼附至查驗表格中時，螢幕畫面需重複於檔案總管與查驗檔案之間切換，並且須逐一調整查驗照片之長寬比以符合不同查驗表（如圖 3）之最佳展示效果。
2. 自動將查驗照片貼附於查驗表格中，並智能生成照片白板手寫文字，減少重新繕打工作。
3. 基樁製作時程較長，故拍攝基樁製作過程與基樁成品會有時間差異，而導致儲存在記憶卡中的同一基

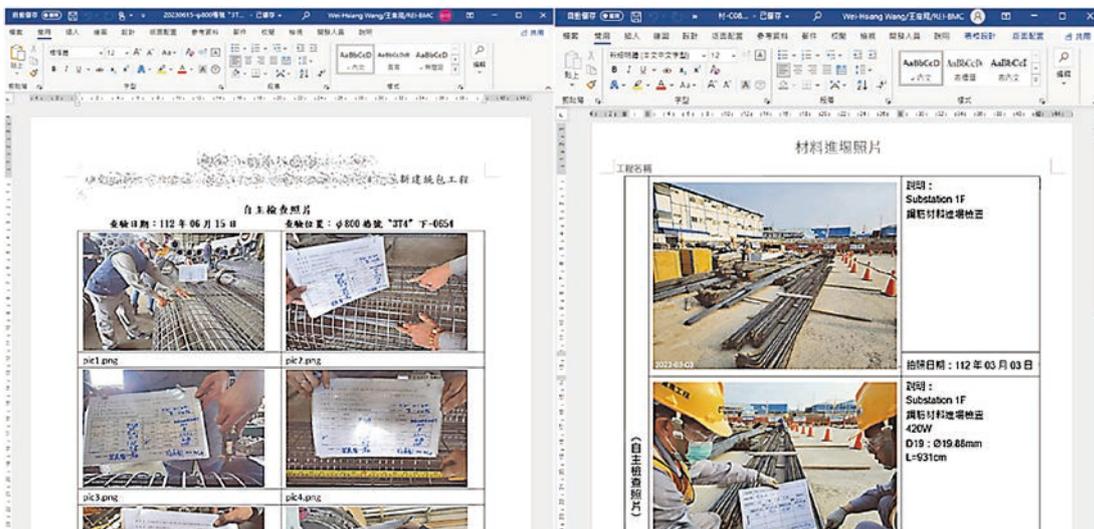


圖 3 不同自檢表格格式範例

樁照片時間區段非連續，且亦可能基樁製作過程的拍攝順序與基樁成品的拍攝順序有差異，增加人工判讀為同一基樁照片難度。

### 系統目的

1. 提升自主檢查表作業效率：以 AI 辨識自主檢查過程拍攝的手寫文字照片，並自動產製符合自檢表格式之報告，無需人員手動逐一插入圖片及調整大小，提升作業效率。
2. 降低錯誤機率：由系統依讀取的查驗順序及內含之照片自動插入，避免貼圖錯誤，如將 A 基樁的照片貼到 B 基樁的檢查表。
3. 操作容易：依原始工作流程進行，僅將重複繕打及貼照片流程自動化，簡易教育訓練即可使用。
4. 完整歷程記錄：查驗紀錄完整保留於資料庫，遇偶發需求均可再應用。

### 系統架構與功能

#### 系統架構

本系統分為三個部份，分別為使用者介面模組、表格智能生成模組、AI 手寫字辨識模組（如圖 4），各模組之功能說明如下：

1. 使用者介面：提供使用者選取欲生成之查驗範本，以及查驗照片上傳之網頁介面。
2. 表格智能生成：將查驗照片傳送至 AI 手寫字辨識模組進行圖片文字辨識，並將該模組回傳之成果文字與查驗範本進行整合後，生成自檢表超連結給予使用者進行下載。
3. AI 手寫字辨識：接收查驗圖片並進行文字辨識，並回傳辨識後結果給予表格智能生成模組進行整合。

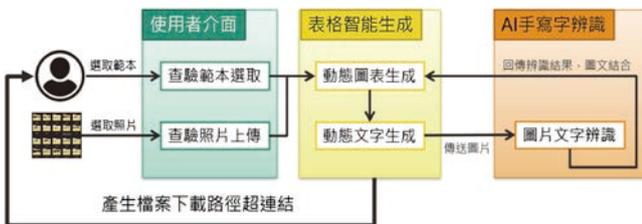


圖 4 系統架構圖

#### 系統功能

操作人員使用系統功能之邏輯流程如圖 5：

1. 查驗範本選取：提供使用者以下拉式選單選取包含歷史專案之自檢表範本。

2. 查驗照片上傳：提供使用者以資料夾方式上傳已分組之查驗照片。
3. 動態圖表生成：將使用者所上傳之查驗照片以及照片之文字辨識內容，與所選取之自檢表範本整合並生成結果檔案。
4. 動態文字生成：配合查驗照片及自檢表範本生成文字。
5. 圖片文字辨識：辨識傳入之查驗照片，並提取文字內容後回傳。



圖 5 操作人員使用系統功能邏輯流程

### 實際作業步驟分解

操作人員使用系統功能之實際流程如圖 6：

1. (手動) 查驗照片分組：現場工程師從數位相機將查驗照片傳送至電腦，並依查驗基樁樁號分組進行分組（如圖 7）。系統則依資料夾分組結構自動判讀並對照片進行查驗基樁樁號分組，作為後續查驗基樁樁號判讀之依據。
2. 選擇查驗範本：現場工程師依本次查驗種類選取欲套用之查驗範本，若無歷史範本可供套用，則由系統管理員協助建置新範本。
3. 上傳查驗照片分組資料夾至系統：使用系統介面選取欲上傳的資料夾，系統會對資料夾結構進行判別是否為多組查驗地點。
4. AI 手寫文字辨識：對資料夾內照片進行手寫文字辨識，並將辨識結果填入對應的查驗表格中。
5. 智能生成自主檢查表壓縮檔：將生成的單筆或多筆

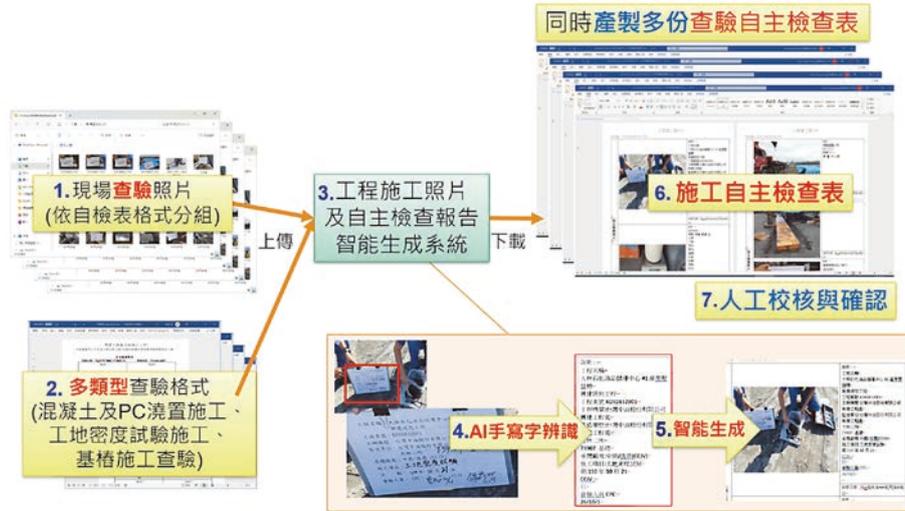


圖 6 操作人員使用系統功能之實際流程

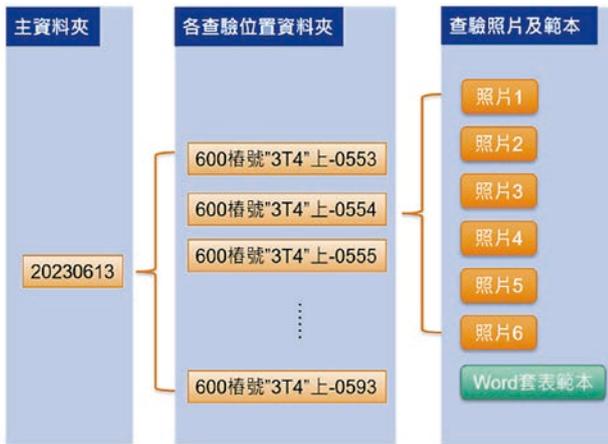


圖 7 查驗分組示意圖



圖 8 自動生成自檢表文件

查驗自主檢查表（如圖 8）檔案打包成單一壓縮檔案並生成壓縮檔超連結回傳給工程師。

6.（手動）人工校核與確認：工程師下載壓縮檔後，再透過人工校核辨識內容是否與預期產製的資料相符。

## 應用現況及預期效益

### 應用現況

本系統已建置多種不同類型之專案操作模式，含：預鑄廠驗、高科廠房、一般建築施工等類型；查驗範本約 5~7 種，從開始的基樁廠驗報告、施工現場材料進場報告、施工現場施工成果報告等（如圖 9）；目前處理現場拍攝超過 5,600 張（2.5 GB）的查驗照片。

### 預期效益

1. 大幅降低傳統作業時調整照片格式之所需人時。

2. 建築類施工案皆有類似需求，僅需修改套表範本，即可應用至其他專案，如：工程施工自檢表、材料進場自檢表等。
3. 一般現場施工作業，含施工現場鋼筋自檢表製作、膨脹混凝土及 PC 澆置自檢表製作及基樁施工查驗自檢表製作等類型，約可節省 75% 人時。
4. 預鑄廠廠驗自檢表製作，因工作連續性約可節省 90% 人時。

### 後續展望

擴大系統適用性：工程施工專案皆有查驗表黏貼照片及繕打說明之類似需求，唯查驗表格各工程單位格式各不同，因此將查驗表範本格式歸類，同時程式模組化亦配合分類，將能更有效率讓本系統能適用於各單位查驗表。本公司執行中的社宅專案，亦將引進本系統。



圖 9 專案查驗照片成果

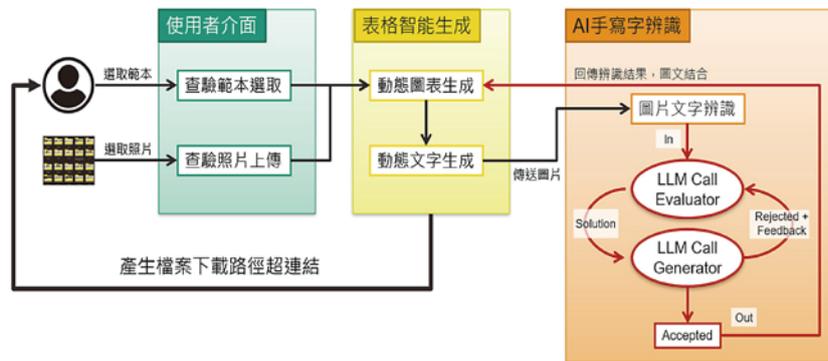


圖 10 結合 LLM 精進規劃系統架構圖

提升辨識正確率：施工檢查現場為白板搭配手寫文字，手寫文字的工整或潦草勢必影響辨識正確率，若手寫字能稍加工整，辨識正確率皆達 90% 以上，也因此執行過程中，工程師們為節省更多工時，都逐漸調整手寫字的工整度。

智能發展：手寫文字的辨識度雖能透過工整度提高，但有些辨識出來的用詞並非工程用詞，針對此現象，加上近期 AI 往大語言模型 (LLM, Large Language Model) 及智能代理 (Agent) 發展的成熟度，系統精進方向將朝此發展，精進規劃如圖 10。

1. 工程專用詞資料庫建置：收集並整理常用工程字詞，系統可以過濾比對方式，提供常用工程字詞，供工程師選項使用。
2. 智能發展：以工程專用詞資料庫微調 LLM，然後以已辨識的說明文字輸入，透過 Agent 提供更精準的說明文字。

(1) 工程專用詞資料庫 LLM 微調：選擇合適的 LLM，以量化低秩調整 (QLoRA, Quantized Low-Rank Adaptation) 微調技巧 [1]，可透過凍

結模型權重，並以先前已建置的工程專用詞資料庫，且此資料庫包含錯誤及正確的工程專用詞，在模型中插入新權重。融合量化和低秩適應的好處，同時保持過程高效和模型對所需任務的有效性。經過微調的 LLM 已累積大量的工程專用詞知識，此時新的 LLM 只是個工程專用詞知識智慧者，但它仍不知道如何發揮知識的力量。

- (2) 智能代理 (Agent)：智能代理 [2] 能接收使用者的工程用詞需求，連結 LLM 收集工程用詞任務足夠的訊息，獨立規劃和執行。並重中獲得反饋，繼續規劃與執行，直至工程用詞任務辨識完成。後續可再加入 MCP (Model Context Protocol) 讓整個作業流程更加智能自動化 [3]。

參考文獻

1. LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models, <https://github.com/microsoft/LoRA>
2. Building effective agents, <https://www.anthropic.com/research/building-effective-agents>
3. Introducing the Model Context Protocol, <https://www.anthropic.com/news/model-context-protocol>





# 營建工地影像

## 生成文字摘要系統 之開發與應用：

### 以 工地安全缺失摘要生成 為例

蔡明修\* / 淡江大學土木工程學系 助理教授

張傳育 / 國立雲林科技大學資訊工程學系 特聘教授

許輝煌 / 淡江大學資訊工程學系 教授

盧祥偉 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司BIM中心 副理

陳炳宏 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司營建部 計畫工程師

本研究開發了一套基於生成式人工智慧的「營建工地影像生成文字摘要系統」，透過整合多模態模型、大語言模型和圖像檢索 RAG 技術，實現工地安全影像的智能分析與管理。研究團隊建立了包含 1,373 筆的工安缺失影像資料集，並開發出能自動分析工地照片並生成專業摘要的 AI 引擎，該引擎可產生包含場景描述、工安缺失、造成原因以及違反法規等完整資訊。系統採用台灣本土優化的 Llama-3-Taiwan 作為大語言模型，結合圖像檢索 RAG 技術提升專業知識的準確性。實測結果顯示，系統在場景描述正確性及缺失內容正確性方面表現優異，特別是在法規檢索方面較其他 AI 模型展現出顯著優勢。研究成果不僅提供了便捷的工地影像管理與分析工具，更為工程知識的累積與傳承提供創新解決方案。透過 API 的佈署，本系統可與既有的工地管理系統整合，為推動智慧工地的發展奠定重要基礎。

關鍵詞：多模態模型、大語言模型、RAG、工地安全、法規、工地影像

## 前言

隨著人工智慧 (AI) 技術的快速發展，各行各業都在積極探索其應用潛力，營建工程也不例外。特別是在工地安全管理方面，AI 技術的應用變得越來越重要。根據研究，全球營建業每九分鐘就發生一起死亡事故<sup>[1]</sup>，顯示出傳統安全管理方法的侷限性。尤其是在工地現場管理方面，影像資料的處理和分析扮演著至關重要的角色。傳統上，工地影像的分析主要依靠人

工方式，但這種方式耗時費力，且容易受到主觀因素影響。因此，發展自動化的工地影像分析技術已成為提升工地管理效率和安全性的關鍵。

近年來，深度學習技術的突破為工地影像分析帶來了新的契機。深度學習模型，特別是多模態模型，具備同時處理影像和文本資料的能力，能夠從工地影像中提取關鍵資訊，並生成易於理解的文字摘要。結合大型語言模型 (LLM) 的強大推理能力和檢索增強生成 (RAG) 技術的知識整合能力，可以進一步提升工地影像分析的準確性和專業性。最新研究表明，在

\* 通訊作者，mht@gms.tku.edu.tw

營建安全管理領域，RAG 技術可提升 21.5% 的效能，而 fine-tuned LLM 則可提升 26% 的效能<sup>[2]</sup>，這證實了 AI 技術在提升安全管理效率方面的巨大潛力。

本研究旨在開發一套基於多模態生成式人工智慧的「營建工地影像生成文字摘要系統」，重點關注工地安全缺失的辨識與描述，以提升工地安全管理的效率與準確性。近期研究指出，整合文字、視覺和聲音等多模態數據的 AI 系統，是未來營建安全管理的重要發展方向<sup>[1]</sup>。本系統的研究成果與此趨勢相互呼應：從最容易取得的照片影像出發，整合了多模態模型、中文大型語言模型和專業知識檢索技術，能夠自動分析工地影像，生成包含場景描述、工安缺失、造成原因和違反法規等資訊的專業摘要，並提供便捷的影像管理、查詢和評估功能。本系統的開發將有助於提升工地安全管理效率，促進工程知識與經驗的有效學習傳承，為營建產業的 AI 輔助安全管理提供創新解決方案。

## 問題與對策

### 問題定義

將生成式人工智慧技術應用於工地影像分析，特別是工地安全缺失摘要的生成，仍面臨著許多挑戰：

1. **工地場景多樣性**：工地現場環境複雜多變，不同類型的設備、多樣的工人活動和施工流程，以及天氣、光線、拍攝角度等外部因素，都為影像分析帶來了挑戰。如何讓模型適應這種多樣性並準確識別安全隱患是首要問題。
2. **文字描述的專業性與嚴謹性**：生成的文字描述必須符合工地安全專業需求，正確描述安全缺失，並對應相關法規。如何確保文字描述的專業性、正確性、一致性，以及避免語言模糊、重複或不符合專業語境等問題是另一項挑戰。
3. **影像中細節與背景資訊的辨識能力**：工地影像中經常包含大量細節和模糊的背景資訊，模型需要具備精確識別細節和篩除干擾資訊的能力，才能避免錯誤歸類或無法準確識別安全缺失。
4. **法規的精準性**：工地安全相關法規繁雜且多層次，不同地區和工程類型可能適用不同的規範<sup>[2]</sup>。模型需要準確匹配具體法規條文，避免引用不當導致錯誤解讀或法律責任問題。

5. **多目標優化的矛盾**：在保證摘要專業性、準確性的同時，還需考慮生成效率和模型佈署資源等限制。如何在專業性、正確性與效率之間取得平衡，並確保系統在實際工地環境中的可用性是另一個重要挑戰。

### 研究方法

為解決營建工地影像分析中的關鍵技術挑戰，本研究提出了一種基於多模態模型、大語言模型和檢索增強生成 (RAG) 技術的創新解決方案。我們的方法旨在整合視覺理解、語言推理和知識檢索，以實現高效且正確的工地影像安全摘要生成。

1. **多模態模型**：負責視覺的處理，主要功能是識別影像中多樣且複雜的工地場景、設備和人員活動，並生成詳細的場景描述<sup>[3,4]</sup>。在本研究中，我們採用測試後符合實務需求之圖文多模態模型作為生成引擎之「眼睛」，以處理工地圖像和文本的轉換與整合<sup>[5]</sup>。
2. **大語言模型**：作為系統的「推理大腦」，負責「推理」與「判斷」的任務，主要功能是根據多模態模型生成的場景描述，以及圖像檢索 RAG 提供的工安缺失和違反法規資訊，進行綜合邏輯推理，生成工安缺失、造成原因和違反法規等文字內容。本研究採用 Llama-3-Taiwan 模型作為大語言模型，因其在繁體中文的理解和生成能力上表現出色<sup>[6,7]</sup>。
3. **圖像檢索 RAG**：用於知識擴展，負責提供「專業知識」的補充。但不同於傳統的文字 RAG，本研究所建立之圖像檢索 RAG 可根據輸入影像的特徵，從知識庫中快速檢索出相似的影像，並提供相應的工安缺失和違反法規資訊，作為大語言模型推理的依據。本研究使用深度學習模型進行特徵提取，並建立包含工安缺失影像、場景描述、安全缺失說明及違反法規條款等內容的知識庫<sup>[8-10]</sup>。

### 「工地安全摘要生成智慧引擎」開發與評估

為了解決工地影像分析所面臨的挑戰，本研究結合多模態模型的影像解析能力、大語言模型的語言推理能力，以及 RAG 的知識擴展能力開發了「工地安全摘要生成引擎」。此方法的優點是能夠綜合利用各模型的優勢，生成更準確和專業的摘要。以下說明工地安全摘要生成引擎之開發內容。

### 資料收集與處理

本研究的資料收集主要包含兩個面向：工安缺失

資料和工安法規資料。工安缺失資料由工程師提供的一萬張工地影像和對其中數千張工安缺失影像標註的文字描述組成，經過 AI 工程師進行資料清洗，包括錯字修正、冗字移除和同義詞統一等處理。工安法規資料則由人工從國家法規、技術標準和行業規範中篩選整理，建立結構化的資料庫。

### 多模態模型與大語言模型選擇

在模型選擇方面，本研究測試了多種多模態模型的工安缺失生成效能。評估採用人工評分方式，若生成的缺失描述與圖像相符則得 1 分，透過大量測試選出最適合且資源需求合理的模型。為確保系統具備專業性和在地化能力，本研究選用 Llama-3-Taiwan 作為大語言模型，其在繁體中文的理解和生成能力上表現優異，並經過台灣在地資料的優化，能更準確地理解和表達符合本土工程專業用語，這對於工地安全管理的專業性和實用性極為重要。

### 圖像檢索 RAG 技術

圖像檢索增強生成 (Retrieval-Augmented Generation, RAG) 技術是本研究中提升工地安全影像分析準確性的關鍵所在。該技術通過將深度學習模型與專業知識庫相結合，能夠顯著增強模型對特定領域的理解和生成能力。在本引擎中，我們結合了深度學習、傳統影像特徵提取技術及圖像文字知識庫，來增強多模態模型對工地安全狀況的理解和評估能力。實現步驟如圖 1。

系統的運作可分為兩個階段。在預處理階段，系統會將收集到的工地影像進行標準化處理，並建立圖像檢索知識庫。在實際使用階段，當新的工地照片輸入後，系統會在知識庫中搜尋最相似的歷史案例，並提

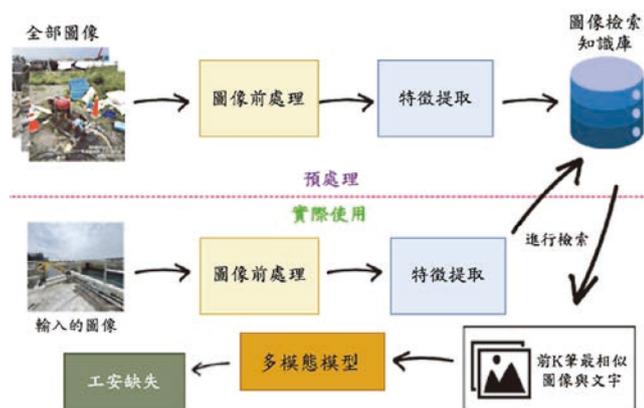


圖 1 圖像檢索 RAG 技術

取這些案例對應的安全缺陷描述和違反法規資訊。這些資訊會輸入到多模態模型中進行分析，最終生成包含工地安全缺陷、造成原因及違反法規等內容的專業評估報告，協助工地管理人員更好地了解和處理現場的安全隱患。圖 2 為本研究透過深度學習模型所得到之相似度圖像索引結果，此結果符合本研究之要求，可供生成引擎整合之用。

### 工地安全摘要生成引擎整合架構

整合上述的工地安全缺失資料、多模態模型、大型語言模型和圖像檢索增強生成 (RAG) 等關鍵技術，本研究開發了一套創新的工地安全摘要生成引擎演算機制 (圖 3)，此機制可動態調整生成策略，確保輸出的摘要具有高精確度與實用性，適用於工地安全監控與決策支持。

當引擎接收上傳帶有工地安全缺失的照片後，將分為 3 步驟生成該照片的安全缺失摘要及違反法規內容。此機制可動態調整生成策略，確保輸出的摘要具有高精確度與實用性，適用於工地安全監控與決策支持。

表 1 呈現了二張不同測試案例工地場景照片的生成結果。其中，表 1 左圖可發現生成引擎能甚至能發現

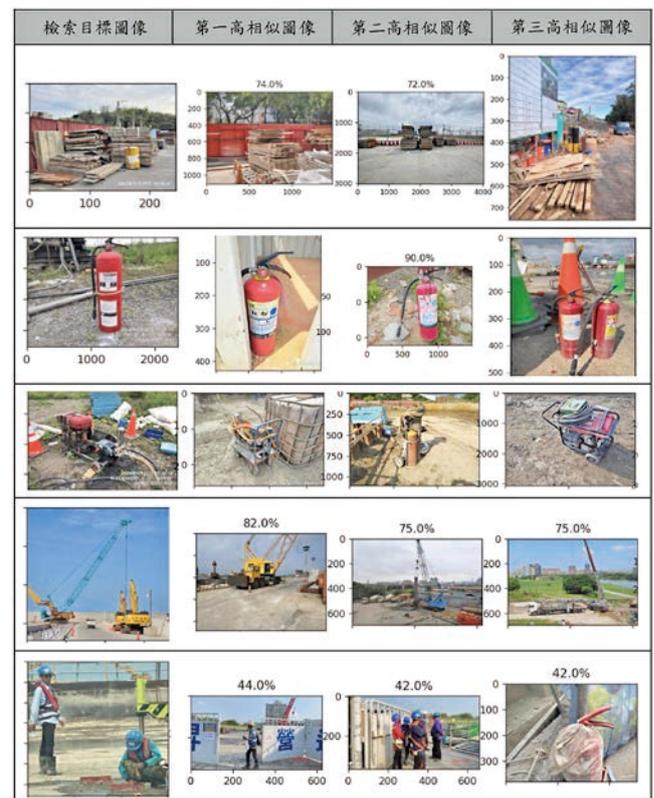


圖 2 圖像 RAG 相似度檢索結果範例

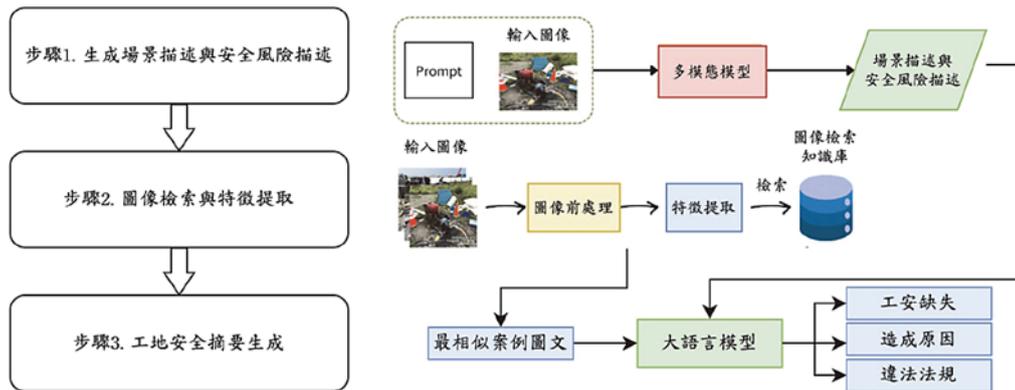


圖 3 整合多模態模型、大語言模型及圖像檢索 RAG 技術之工地安全摘要生成引擎演算架構

表 1 生成引擎生成內容範例

欄位名稱	測試案例 1	測試案例 2
輸入圖像		
場景描述與安全風險描述 (AI 生成內容)	<p>1. 場景描述：這張影像顯示了一個室外的工地場景。在影像的左側，可以看到一名身穿白色襯衫、藍色安全帽和紅色反光背心的工人，他正在觀察周圍的環境。工人身旁有一瓶水。在影像的右側，另一名工人身穿藍色上衣、藍色安全帽和紅色反光背心，正蹲在地上，似乎在進行某些工作。背景中可以看到一些建築結構和起重機。</p> <p>2. 安全風險描述：在影像中，可以看到兩名工人都佩戴了安全帽和反光背心，這表明他們採取了基本的個人防護措施。然而，其中一名工人沒有穿著合適的工作靴，這可能會增加滑倒或踩到尖銳物體的風險。此外，地面上似乎有一些雜物或碎屑，這可能會導致工人滑倒或被刮傷。工人的活動區域也沒有明顯的標記或屏障，這可能會增加意外碰撞的風險。</p>	<p>1. 場景描述：這張工地影像顯示了一個港口或碼頭的場景。一輛黃色的 KOMATSU 挖掘機正吊起一個輪胎，輪胎被一條黃色的繩索吊起，並且已經接近地面。在挖掘機的右側，可以看到一艘船的一部分，船上堆放著一些物品，包括繩索和一個大型的金屬結構。在挖掘機和船的周圍，有幾名工人，他們都穿著安全帽和反光背心，有些人站在挖掘機旁邊，有些人則站在船旁。地面上還有一些其他的裝置和物品，包括一個黑色桶和一些雜物。</p> <p>2. 安全風險描述： 影像中顯示的工地存在以下安全風險： (1) 工人未穿著完整的個人防護裝備，例如手套、耳罩等，僅穿著安全帽和反光背心。 (2) 現場有大量雜物和裝置，可能導致工人跌倒或被物品擊中。 (3) 吊起輪胎的過程中，如果繩索斷裂或吊裝過程中出現失誤，可能會對工人造成傷害。 (4) 工人站的位置和行動可能會影響挖掘機的操作，存在被挖掘機吊臂或其他部件撞擊的風險。</p>
工安缺失、造成原因與違反法規 (AI 生成內容)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工安缺失：作業人員安全帽帽扣未扣緊。</li> <li>● 造成原因：影像中左側的工人並未佩戴安全帽，違反了提供適當安全帽並使其正確戴用的規定。</li> <li>● 違反法規：營造安全衛生設施標準第 11-1 條 1 僱主對於進入營繕工程工作場所作業人員，應提供適當安全帽，並使其正確戴用。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工安缺失：使用挖土機吊掛物件</li> <li>● 造成原因：挖土機未經改裝或加裝吊掛裝置，直接使用挖斗作為吊掛工具，存在吊掛物掉落或挖斗損壞的風險，可能導致工人被掉落物砸傷或物件掉落造成的二次傷害。</li> <li>● 違反法規：職業安全衛生設施規則第 116 條九、不得使車輛機械供為主要用途以外之用途。</li> </ul>

左邊工人的安全帽未正確配戴。故從生成內容來看，無論是場景描述、安全風險評估，還是工安缺失判斷與法規引用，系統都能正確識別人員、機具在工地場景中的狀況，並能正確引用安全衛生法規。此一致性證實了生成引擎具有一定良好的穩定性，能在不同場

景下維持可靠的分析水準。這種特性不僅確保了系統判斷的一致性和可信度，對工地安全管理的實務應用也極具價值。更重要的是隨著知識庫資料的持續擴充和更強大模型的導入，引擎對工地安全缺失判斷與陳述的正確性還能進一步的提升。

### 工地缺失摘要生成引擎成效評估

為了驗證工地缺失摘要生成引擎的效能與實用性，我們設計了一套專家評分機制，針對生成結果的多面向表現進行嚴謹的評估。題庫設計、評分構面設定與評分結果統計的具體說明如下：

1. 題庫設計：評估的基礎資料來自訓練資料集以外的「台北市勞動檢查處職災案例」，透過從中挑選 26 個實際案例作為測試考題。這些案例涵蓋多種常見的工地安全缺失類型，包括施工架安全 (34.6%)、開口墜落 (30.8%)、物料堆放 (19.2%) 與個人防護具 (15.4%) 等，確保評估具有多樣性與代表性 (圖 4)。

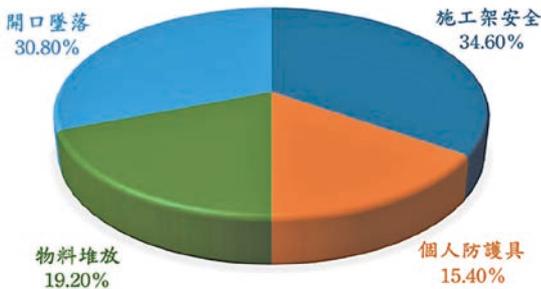


圖 4 工安缺失考題分類及比例

2. 專家評分構面：針對工安缺失摘要的生成需求，擬定五個評分構面 (表 2)。專家依據此五大構面，針對每個影像的生成結果進行 1 至 5 分的評分。此評估方法不僅著眼於生成摘要的技術正確性，還考量實際應用於工地安全教育與管理的價值，從而為引擎的持續優化提供依據。
3. 評分結果分析：針對工地缺失摘要生成引擎的生成內容進行綜合評估，分析多項指標與不同缺失類型的生成表現，並比較模型與 ChatGPT-4o 的比較，提供以下深入觀察與結論。

- 場景描述正確性 (表 2)：在場景描述正確性構面上，生成引擎的表現尤為突出，獲得平均 4.3 分，能準確還原影像中的人物、物件及場景細節，並避免產生錯誤或虛構資訊。
- 缺失內容正確性 (表 2)：引擎在缺失內容正確性構面評分為 4.1，能有效反應影像中實際存在的安全問題，提供準確的缺失描述，對工地安全管理的應用具有高度參考價值。
- 法規適合性的專業性 (圖 5)：法規適合性雖然是本生成引擎模型中評分最低的一項 (3.5)，但相較於僅使用 ChatGPT-4o 的 1.2 分，仍展現出顯著優勢。這表明本生成引擎在結合法規條文與本地安全標準時具有更高的準確性與專業性，有助於在實際應用中提供更可靠的安全建議。然未來仍可增加法規知識庫之案例，能進一步提昇正確性。
- 潛在缺失辨識能力不足 (表 2)：在潛在缺失辨識構面，系統表現仍有待提升，評分僅為 3.8。這反應了模型在捕捉影像中隱性安全風險的能力有限，未能充分發揮對隱性問題的檢測作用。

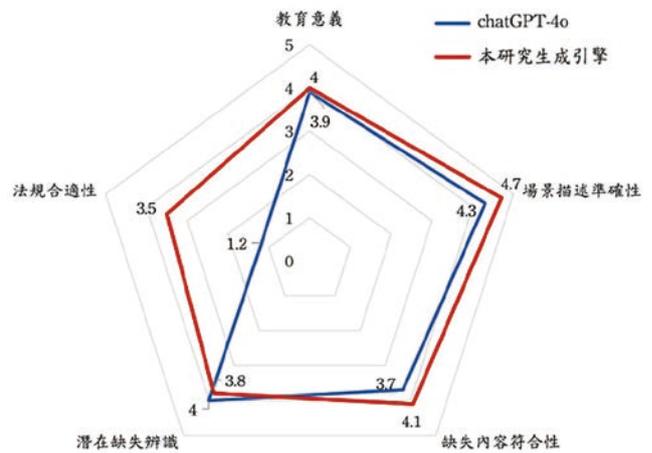


圖 5 本研究生成引擎 (紅) 與 chatGPT-4o (藍) 生成結果評分比較

表 2 工安摘要專家構面說明及各構面評分分數

項目名稱	說明	平均分	標準差	最低分	最高分
場景描述準確性	除了應陳述的場景內容外，AI 的描述人事物正確，並沒有產生幻覺？	4.3	1.06	2.0	5.0
教育意義	此 AI 缺失描述有助於我對工地安全缺失的認識？	4.0	1.43	1.0	5.0
法規適合性	所引用法規與條款正確。	3.5	1.48	1.0	5.0
潛在缺失辨識	所描述的缺失內容包含了該照片可能潛在的工地缺失？	3.8	1.22	1.0	5.0
缺失內容正確性	所描述的缺失內容符合該照片所呈現的缺失？	4.1	1.32	1.0	5.0

### 「營建工地影像生成文字摘要系統」開發與實作

本研究基於上述工地安全缺失摘要生成引擎，進一步開發「營建工地影像生成文字摘要系統」，提供使用者上傳工安缺失照片，並自動生成摘要內容以方便查閱與教育訓練。使用者可以批次上傳工地照片（圖

6），系統會自動進行分析並生成摘要（圖 7）。系統內同時提供了專業評分功能，讓專家可以對 AI 生成的摘要進行評估，不僅有助於評估系統效能，也為後續模型優化提供了重要參考。此外，系統還整合了多關鍵字檢索功能（圖 8），方便使用者快速查找所需的工地影像資料。

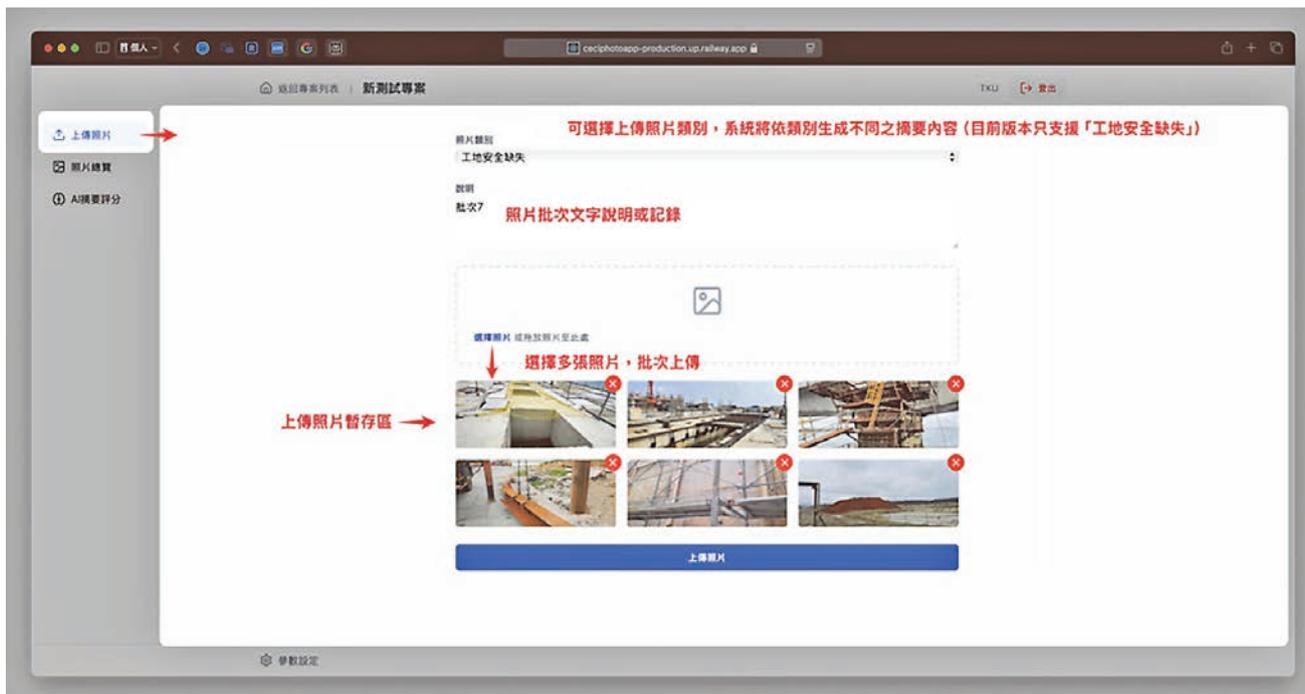


圖 6 上傳照片主頁面及功能說明（上傳後自動調用生成引擎生成工安缺失摘要）



圖 7 顯示照片自動生成摘要資訊（查看 AI 生成摘要）

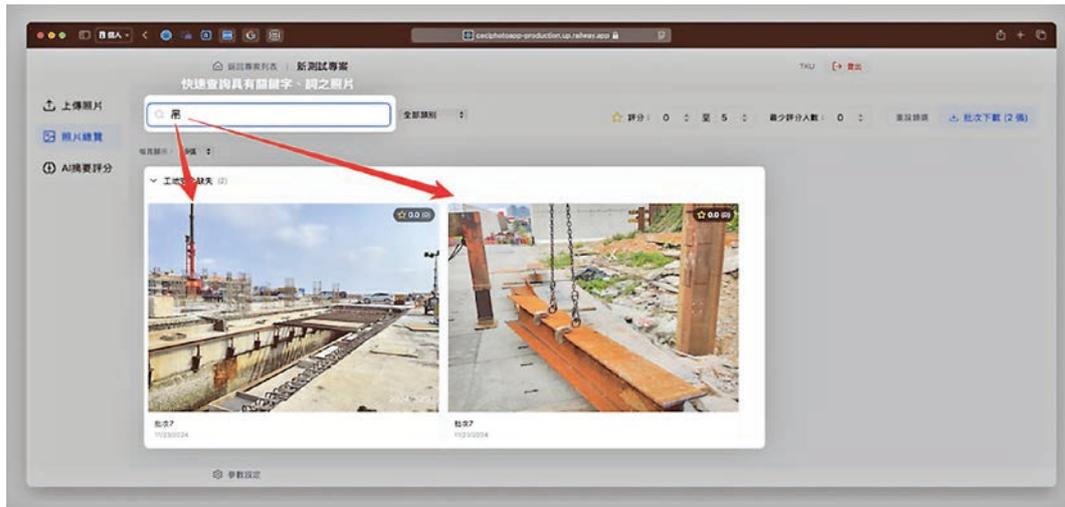


圖 8 上傳照片後不用另外輸入即可以在專案照片瀏覽頁面以關鍵字查詢圖片內容  
(ex. 輸入「吊」字查詢出剛上傳之吊車及吊掛照片)

## 結語

本研究成功創新整合多模態模型、大語言模型及圖像檢索 RAG 技術，完成「營建工地影像生成文字摘要系統」在工地安全上的開發與應用，為工地安全智慧化管理的願景向前邁進一步。重要結論如下：

1. 「工地缺失摘要生成引擎」驗證了生成式 AI 技術應用於工地影像分析的可行性。透過整合多模態模型的視覺理解、大語言模型的語言推理及專業知識檢索等技術，生成引擎高比率且正確地分析工地影像並生成專業的安全缺失摘要。而在工安題庫的測驗中，生成引擎在場景描述正確性及缺失內容正確性方面均獲得優異評分，更展現了對法規正確檢索的能力。
2. 「營建工地影像生成文字摘要系統」的開發為工程實務帶來潛在的顯著效益。系統不僅提供便捷的影像管理與摘要生成功能，更透過智慧化的分析，快速方便提供工程師明顯或潛在的安全缺失及潛在安全風險資訊。此外，系統的知識累積與傳承功能，為營建產業的永續發展提供了重要想像可能。
3. 本研究為 AI 微服務之應用建立可實現的技術基礎。本系統透過 API (Application Programming Interface) 的佈署，能以微服務的形式與既有專案管理資訊系統、機械狗、空拍機等各類智慧工地影像設備整合，實現工地安全監控的自動化，為建立完整的智慧工地生態系統奠定重要基礎。

未來研究將持續擴充知識庫、強化多模態模型的視理解能力、優化圖像檢索準確度。同時，我們將深化

與其他智慧工地系統的整合，探索更多元的應用場景，如工程進度追蹤、品質管理等領域。透過這些優化與擴展，本系統將在提升工地安全管理水準、促進工程知識傳承、推動營建產業數位轉型等方面發揮更大的價值。

## 參考文獻

1. A.B.K. Rabbi and I. Jeelani (2024). "AI integration in construction safety: Current state, challenges, and future opportunities in text, vision, and audio based applications," *Autom. Constr.*, Vol. 164, pp. 105443.
2. J. Lee, S. Ahn, D. Kim, and D. Kim (2024). "Performance comparison of retrieval-augmented generation and fine-tuned large language models for construction safety management knowledge retrieval," *Autom. Constr.*, Vol. 168, pp. 105846.
3. A. Dosovitskiy, L. Beyer, A. Kolesnikov, D. Weissenborn, X. Zhai, T. Unterthiner, et al. (2021). "An Image is Worth 16 × 16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale," *arXiv preprint arXiv:2010.11929*.
4. D. Lowe (2004). "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *International journal of computer vision*, Vol. 60, No. 2, pp. 91-110.
5. Wang, P., Bai, S., Tan, S., Wang, S., Fan, Z., Bai, J., and Lin, J. (2024). Qwen2-VL: Enhancing Vision-Language Model's Perception of the World at Any Resolution. *arXiv preprint arXiv:2409.12191*.
6. P.-H. Chen, S. Cheng, W.-L. Chen, Y.-T. Lin, and Y.-N. Chen, "Measuring Taiwanese Mandarin Language Understanding," *arXiv preprint arXiv:2403.20180*, 2024..
7. Y.-T. Lin, "Llama-3-Taiwan-70B-Instruct," Hugging Face, [線上]. Available: <https://huggingface.co/yentinglin/Llama-3-Taiwan-70B-Instruct>. [存取日期：2025年2月10日].
8. Lewis, P., Perez, E., Petroni, F., Karpukhin, V., Küttler, H., Lewis, M., and Kiela, D. (2020). Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks. *arXiv preprint arXiv:2005.11401*.
9. Soudani, H., Kanoulas, E., and Hasibi, F. (2024). Fine Tuning vs. Retrieval Augmented Generation for Less Popular Knowledge. *arXiv preprint arXiv:2403.01432*.
10. Balaguer, A., Benara, V., de Freitas Cunha, R.L., Estevão Filho, R.M., Hendry, T., Holstein, D., and Chandra, R. (2024). RAG vs Fine-tuning: Pipelines, Tradeoffs, and a Case Study on Agriculture. *arXiv preprint arXiv:2401.08406*.



# 工程顧問 數位知識管理系統 智慧轉型

黃琬淇\* / 中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 副經理  
許睿叡 / 中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 工程師  
楊宗融 / 中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 工程師  
吳中期 / 中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 工程師  
黃健倫 / 中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 工程師

近年來各式極快速且猛烈的變革衝擊全球，從新冠疫情帶來的生活模式轉變並牽動市場結構與商業行為的轉變，到企業組織必須正視數位與淨零轉型之際，又有生成式人工智慧技術橫空出世且超高速進化中。面對不得不且無盡的改變，實有賴系統性整合過往所累積的資訊資源與當代的資訊技術，才能免於重複不斷的疲於因應。對於須提供高度知識密集服務的工程顧問業而言，知識管理是用以維持競爭力與生產力的基本作為。本文即基於中興工程顧問經驗，說明持續精進知識管理系統至今及應用 GenAI 技術進行內部創新創價之初步成果，作為智慧轉型之基礎。

關鍵詞：知識管理、生成式人工智慧 (GenAI)、智慧轉型

## 前言

如同其他服務業，致力於第一線服務工作的人，是提供工程顧問服務的核心，也是工程顧問公司生產力與競爭力的來源。然而與一般服務業有所不同的是：大型工程顧問公司所被要求提供的，是全方位整合型的工程顧問服務，是一系列由多種工程專業、高技術知識的工程師們協力合作，才能提出符合當下可有效解決問題的程序與方法。近二十年來，由於社會、經濟、環境與科技快速變遷，大幅帶動價值觀及生活與商業模式及的改變，以及因應能資源需求、氣候風險控管所衍生的淨零減碳、永續發展等共同的目標，再再都對基礎工程建設的直接或間接要求，產生重大的影響。包括：工程規模變大，使得空間上複雜

度變高；為能在工程全生命週期考量下確保最小環境衝擊等各種負面影響，使得工程自發想到實踐的管控項目與控制點大幅增加；綜合環境、社會、經濟等面向的考量因子變多，專案的執行需要靠更多專業的整合；專案成果交付前的可作業時間壓縮，使得顧問服務作業流程的改善與效率的提升，經驗所造就的知識累積及跨領域整合的能力建構無比重要，但少子化連帶影響志在營建產業的人才明顯變少，工程師專業的傳承與養成實屬不易。

此外，近幾年來電腦算力大躍進，帶動的人工智慧技術發展與應用與未來無限可能的趨勢，大型工程顧問公司的經驗與知識如何自前述所見與所及的困境下，結合新思維、新技術，於順應國內外理念與規範及公司既有組織文化與作業流程的同時與時俱進、創新整合，是數位與淨零雙軸轉型、雙重衝擊下永續經

\* 通訊作者，wanchi5926@mail.sinotech.com.tw

營與治理的關鍵課題。爰此，本文將以中興工程顧問往推動知識管理的歷程為始，說明知識管理迴路學習<sup>[1]</sup>如何被應用於工程顧問服務知識的蒐集、儲存、維管與傳遞，從而伴隨資訊技術的演進與數位轉型的推動，帶到將知識管理雙迴路學習精進成為知識管理多迴路學習，從而以系統性架構有彈性地繼續累積，成為巨量的工程相關資訊，作為結合當前不可忽視的生成式人工智慧（GenAI）技術的重要基礎。基於這樣的發展脈絡，讓中興工程顧問有幸能在 113 年國科會舉辦的首屆「GenAI Stars 生成式 AI 百工百業應用選拔」中以「設計圖說自動生成施工查驗表單」為內部營運創新成果，在來自各行業共 263 個參賽隊伍中奪得銅獎的殊榮。

期能透過本文的經驗分享，與更多營建產業鏈上下游志同道合的夥伴攜手向前，讓肩負建設人居環境要角的工程營造產業能夠順應淨零、永續及未來更多的轉型議題持續發展。

### 中興公司知識管理推動歷程

有鑒於 OECD 於 1996 年提出知識經濟概念、國際間自 1998 年開始關心卓越知識企業，中興工程顧問亦早在 20 多年前就開始進行知識累積佈局<sup>[2]</sup>：先於 2000 年推動全面 e 化，達成一人一機（電腦）目標，提升服務生產力；更同時推動過往技術及計畫文件的數化掃描及圖文辨識，進行工程技術資料的保存與管理；並於 2002 年具體落實知識管理作為，建立第一版知識管理平台，利用集結過往自產文件數化及外部資訊收集的成果，於企業內網（Intranet）環境建置網頁化平台，提供同仁查找所需資料。截至 2007 年底，即已累積工程圖

逾 27 萬張、技術文件及規範總量近 1,200 萬頁<sup>[3]</sup>。

在爾後的十餘年，中興公司歷經將知識管理明文納入公司的品質管理系統（ISO 9001）：以程序書明訂同仁應伴隨計畫執行之需求與產出，遵守取得、保存與應用的作業要點，併同知識管理雙迴路學習<sup>[1]</sup>機制與知識重整策略，確保公司產出的知識能完整保存於資料庫系統中、內部知識能正確地傳遞與再利用，如圖 1 所示。由於資訊技術不斷更新，電腦作業系統、各式資通訊設備與應用程式的快速發展，陸續有輔助計畫執行的資訊系統因應不同需求開發建置，讓工程顧問服務的知識累積與管理轉而成為各系統持續運作下的背景工作，取而代之，較常被提及作為業務亮點的轉而是各式輔助工程規劃、設計的軟體整合應用，如強調參數化及視覺化的 BIM 設計與協作軟體和虛擬實境技術的應用，以及可輔助蒐集工區現地資料的 IoT 技術等。

直至 2019 年底，全球新冠肺炎在無預警情況下爆發且疫情蔓延至境內，致使各行各業為因應衝擊無不盡全力改善組織營運流程、加速進行一系列數位佈署，工作模式與溝通模式的巨變，大幅加快企業組織內外資訊流交換型態的改變，也同時喚醒企業重新檢視組織知識是否有效共享，著重於以系統化的方式建構不受時空限制妥善儲存知識、讓組織成員皆有效運用的知識管理系統。中興工程顧問為因應異地辦公需求而重新建構內網及落實軟體資源共享，也在此同時於知識管理面相有所作為，開啟人員與資訊資源整合行動：藉由掌握專業工程師使用工程軟體使用狀況，在有效節省費用的同時蒐集足以供辨識出不同專業主要工作者的數據資料，形成公司的專家庫。

而後進入後疫情時代，過往推動知識管理作為已

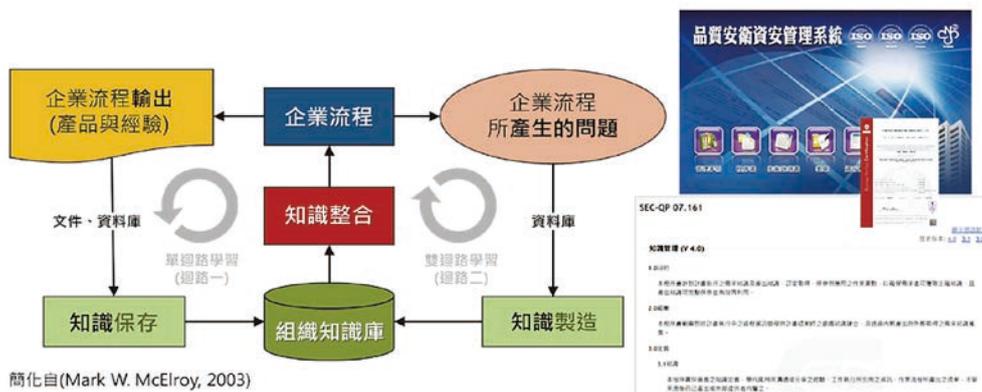


圖 1 中興工程顧問知識管理雙迴路學習架構與知識管理程序書

行之有年、自產與外來知識皆累積至相當規模的中興工程顧問，進一步關注於如何整合既往知識管理成果及於公司數位轉型作為下，強化新一代工程師的作業流程與組織資訊與知識的產生方式，有效提升工程師的知識生產力、創造公司在資訊數位環境下的競爭力與永續經營的能力。也因此，在公司內部啟動了知識管理三迴路學習的開發與實作：透過搜尋引擎的框架與索引機制的建立，整合公司內部各式資訊資源，透過單一窗口：Single 搜尋提供查詢，藉此活化公司一直以來持續累積的數位資產，如圖 2 右側所示。

自 Single 於 2022 年第三季上線迄今，已由一開始的近千萬筆至 2024 年底來到五千九百多萬筆，索引內容包含：圖書及期刊館藏、技術文件、工程圖冊、工程問題與對策、部門組織知識、PMIS 計畫文檔 / 會議管理 / 收發文、部門封存及結案封存、碳足跡資料庫等各類型資料（如圖 2 左側）。使用狀況部分，目前 Single 平台的資料量以及搜尋資料的準確度亦同資料量

持續成長，使用次數穩定地增加中；經統計，至 2024 年 6 月底已有超過 4 萬 3 千次的搜尋次數，以及超過 1 萬 5 千次的資料點擊次數，相當於平均每五分鐘就有一人到 Single 進行資料搜尋，顯示透過 Single 查找所需的企業與部門知識已為中興同仁的工作日常，且各專業工程師的查找關鍵字與邏輯亦透過知識管理第三迴路學習機制持續累積，將是為未來可用以訓練各專業技術工程師智慧助理的重要基礎。

總整前述發展歷程，可繪製中興知識管理軌跡如圖 3。由該圖可看出，知識管理在中興公司的發展是連續、從不間斷的，惟伴隨時代變遷、資訊科技的快速發展，一路從知識收集儲存的精進：從文檔管理到圖文電子化與辨識，到知識的處理：部門與專業知識重整，再進展到廣泛的利用平台化技術，讓使用者行為資料可一併被收集形成專家大數據。接下來可以預期的發展，即是再將這些知識與劃時代資訊技術：生成式人工智慧的整合應用。

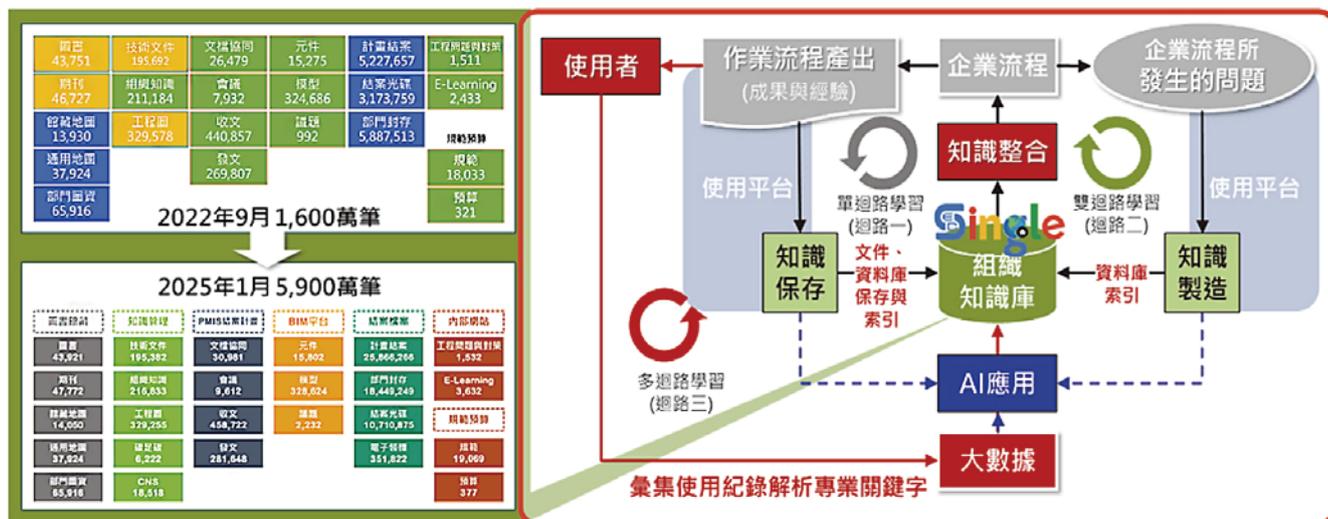


圖 2 中興工程顧問知識管理三迴路學習架構及 Single 搜尋引擎示意圖  
(2024 數位轉型鼎革獎智慧管理轉型獎獲獎專案)



圖 3 中興工程顧問知識管理軌跡

## 工程資訊結合生成式人工智慧技術之應用

在中興工程顧問推動知識管理雙迴路學習、知識重整與人資整合的 2010 至 2020 年間，有一項非常關鍵性的計畫知識保存數位轉型作為，就是開發用以輔助工程顧問服務計畫的管理資訊系統 (PMIS) 及全面推動落實公司內部普及化：中興工程顧問於各計畫成立時即配給專用 PMIS 的機制，除輔助提升計畫管理執行效率、打造不受時空限制的工程團隊協作環境，亦同時有效保存計畫過程資訊。鑑於中興工程顧問近半數員工是駐外在工程現地從事監造服務工作，中興工程 PMIS 系統另特意強化工程數位查驗、材料設備檢試驗等功能，以切合因應數位轉型而改造的新監造作業流程，有效提升查驗作業效率、確保監造作業品質的保證與管制，同時也創造無紙化環境效益 [4]。

合規、正確的查驗項目，是監造同仁確保工程施

作與建造結果品質的重要依據，更是避免工程契約爭議與糾紛的基礎。然而，要做好監造作業的第一步：從大量的契約、施工規範、圖說等文件中，解析出每個經由客製化設計、具有獨特性的工程，其查驗所需檢查的項目與數值，是非常耗時且高度仰賴經驗的（如圖 4）；其中最困難的部份，就是必須仔細檢視適用於不同工程所必須查驗的細節。

憑藉以 PMIS 輔助監造查驗工作持續蒐集多年的查驗表單資料，經綜整歸納，查驗表單內的各檢查項目文字敘述與檢核標準數據皆已數位化建置於資料庫中，由專家依據經驗及工程屬性，將資料庫內容分成機場、橋梁、隧道、捷運系統等各類查驗表單範本並滾動式精進，作為新計畫有效制定監造計畫書附表之參考。也因此，伴隨近年生成式 AI 技術快速發展、各種工具與開源資源也不斷的釋出，中興工程顧問有機



圖 4 工程監造品質提升標準流程

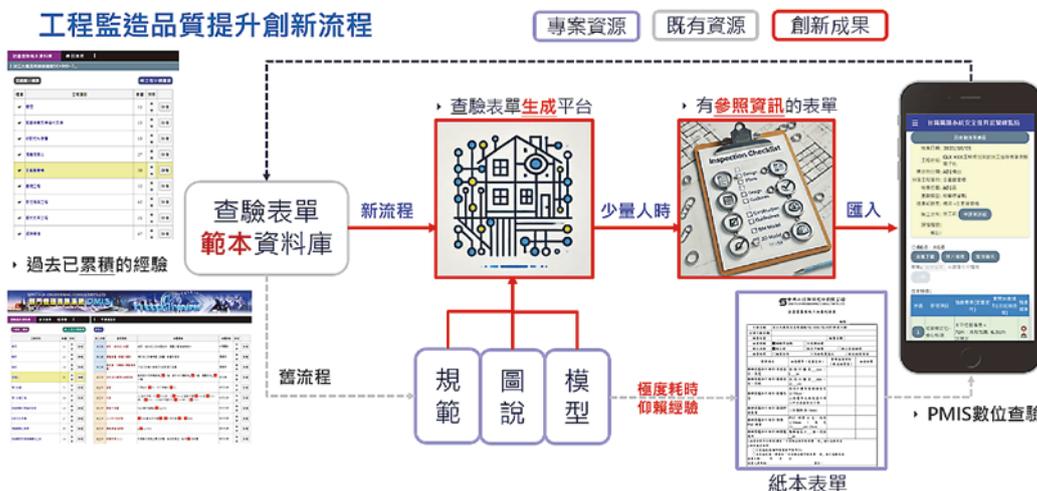


圖 5 工程監造品質提升創新流程



圖 6 查驗表單生成平台介面

會在 2024 年由應用端的角度切入，探討並實作出中興專屬、幫助監造計畫利用 GenAI 的技術自動生成施工查驗表單的系統。

縱然大型語言模型的發展速度奇快，但企業希望 AI 真正落地，直接使用生成式模型回答問題，得出來的成果大部份並不如意；欲使模型更準確地學習並回應企業特定需求，必須要強化專業知識、投入產業專家協作，將企業數據整合到服務中。為此，中興公司應用 GenAI 技術所設計的服務流程如圖 5，另條列說明各程序重點內容於後。

1. 查驗表單生成平台：建置可提供上傳契約、施工規範、工程圖說、BIM 模型四種不同類型的設計資料之平台，並於此配合公司獨有的查驗範本資料庫，利用擷取增強生成 (Retrieval Augmented Generation, 簡稱 RAG) 技術與特殊搜尋方法，轉換成對應所傳圖說規範所須的監造查驗表單。
2. 查驗項目生成與確認：由監造及專管同仁在平台上針對所需的查驗項目點選「問 AI」的按鈕，平台就會利用內建的 RAG 的流程及資料搜尋的方法，找出最符合此查驗項目抽查標準的前 10 個 (Top 10) 選項，並由 AI 來判斷正確的答案。再經由工

程管理部同仁審核確認無誤後，供其轉匯入 PMIS 數位查驗系統中 (如圖 6)。

3. 除了列舉顯示基於對查驗項目的理解，找到的 10 個可能選項以及 AI 建議的答案於平台外，也同時提供資料溯源功能：同仁能夠藉由點擊選項資料的方式，開啟提及該抽查標準的檔案頁面、圖面甚至 BIM 模型。

中興工程顧問藉由建置工程查驗專用 AI 平台，整合施工規範、圖說、BIM 模型三種不同類型的設計資料；再配合獨有的查驗範本資料庫，透過 RAG 技術與特殊搜尋方法轉換成監造所須的查驗表單，最後經由同仁簡單審核確認無誤後再匯入 PMIS 數位查驗系統中。透過這樣的流程，即可適時以專業經驗與通用生成式 AI 相輔相成，共創更有效率、更優質的解決方案：在保有產出查驗項目與表單的可信賴度的同時，減少同仁進行多來源資料比對的負擔及產出表單所需的時間。

## 結論與展望

回顧近年全球所面臨的各式快速且猛烈的變革衝擊，從新冠疫情帶來不得不的生活模式轉變，並牽動

市場結構、商業行為的轉變，使企業必須正視數位轉型的必要，正值適應之際就又有生成式 AI 技術橫空出世且超高速進化中，如何妥適導入、應用與落地內化，再再都考驗著企業組織如何順應改變、維持韌性，找出適當定位進而尋求新的穩定發展模式。由過往至今可以看到的趨勢是轉型議題將沒有終點且持續延伸：從數位轉型到加入淨零轉型的雙軸轉型，再到又再加入更多自然、人文考量如自然解方、資訊安全與數位信任等所提出的智慧與永續轉型理念。為此，更多系統化的數據蒐集處理、資訊整合應用，輔以因時制宜的程式設計與開發等，將會是應用新興資訊技術管控未知風險所必須做足的準備；正如同中興公司自主進行的工程碳管理系統研發工作<sup>[5]</sup>，恰能適時接軌國家政策、自 2023 年起積極推動的我國工程碳管理進程一般。

展望未來，中興工程顧問將持續以自身整合跨部門專業工程技術能力的成功案例為樣板促進經驗交

流，期能與工程產、官、學各界夥伴攜手正面且務實地面對轉型壓力，進而克服轉型焦慮，在人力、經濟與環境條件都將更加嚴峻的未來，藉由工程的數位化與智慧化走出能實質有助於達成全球氣候目標、輔助國家淨零永續之路。

### 參考文獻

1. 鄭明淵、黃志民 (2008), 「知識管理導向企業流程再造模式之研究—以工程顧問機構為例」, 土木水利, 第 20 卷, 第 3 期, 第 443-460 頁。
2. 王承順、洪建龍、黃志民 (2003), 「知識管理與應用 (一)—技術文件知識管理」, 中興工程季刊, 第 78 期, 第 75-88 頁。
3. 洪建龍、黃志民 (2007), 「中興工程顧問公司知識管理資訊系統簡介—「知識管理」系列介紹之二」, 水利土木科技資訊, 第 38 期, 第 1-8 頁。
4. 林芳輝、郭鴻祥、黃正緯 (2021), 「公共工程之監造科技管理—淺談數位轉型」, 土木水利, 第 48 卷, 第 4 期, 第 95-101 頁。
5. 黃琬淇、廖翊含、吳中期、許睿敏、嚴世傑 (2024), 「中興工程顧問數位轉型輔助淨零轉型之現況與展望」, 土木水利, 第 51 卷, 第 6 期, 第 36-41 頁。

**慧築營建科技股份有限公司**  
Hui-Hgui Investment & Construction Co., Ltd.

營建施工  
都更危老  
創新整合  
循環永續

電話：02-25583189

地址：台北市大安區仁愛路三段136號4樓408室

Facebook：慧築營建科技



## 2024.10.16-18 KSCE 2024 Convention 紀實

鄭錦桐 / 興創知能股份有限公司 總經理

韓國土木學會 (Korean Society of Civil Engineers, KSCE) 成立於 1951 年；2024 年為 KSCE Convention 50 週年，2024 KSCE Convention 於 10 月 16 至 18 日假韓國南部的濟州島國際會議中心 (ICC) 舉行，除研討會論文發表之外，也有產官學研的土木技術展覽與發表。研討會中也邀請國際土木相關學會之國際來賓參加，並舉辦圓桌論壇 (International Roundtable Meeting, IRM) 討論未來趨勢之土木工程議題，這次主題是【Future Cities and Smart Urban Development】會議由 KSCE 會長 Dr. Choong-Ki Chung (鄭忠基教授) 親自主持與接

待，有來自台灣、韓國、尼泊爾、菲律賓、巴基斯坦、英國、蒙古 ... 等土木相關學會代表出席。本學會由任職於中興工程集團的興創知能股份有限公司，且為本學會國際關係委員會鄭錦桐委員代表前往，並受邀於 IRM 中以 “Aiot Technology for Smart Urban Development and Resilience Capacity Building” 為題進行演講發表，介紹我國在推動人工智慧與物聯網的發展經驗，並以實際案例說明我國土木工程因應氣候變遷的機會與挑戰。會中也在展覽攤位上與韓國著名工程顧問公司交流經驗，收穫豐富。



2024 KSCE Convention 開幕典禮



鄭錦桐博士在 IRM 進行專題演講



與 KSEC 會長鄭忠基博士合影



IRM 會議後參與之國家代表與演講者合影留念

## KSCE 2024 CONVENTION 會議主題

<p><b>道路與基礎設施</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 位置基礎道路設施管理</li> <li>● 數位技術與基礎設施安全管理</li> <li>● 城市道路設施維護技術</li> <li>● 未來智慧監測技術</li> <li>● 道路安全設施的現況與發展方向</li> <li>● 能源與環境</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 水資源與洪水管理</li> <li>● 氣候變遷與新型水基礎設施管理</li> <li>● 智能建設與 BIM</li> </ul> <p><b>人工智慧 (AI) 與大數據應用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 智慧城市與數位雙胞胎 (Digital Twin)</li> <li>● BIM 數位協作與標準化</li> <li>● 智能基礎設施維護</li> <li>● 結構與地盤工程</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地下隧道與空間設計</li> <li>● 高耐久結構材料</li> <li>● 國際與特別論壇</li> </ul> <p><b>KSCE-CSCE (韓國 – 加拿大土木學會) 聯合會議</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 建設政策論壇</li> <li>● 學生研討會</li> <li>● 北韓基礎設施與韓朝合作</li> <li>● 國土交通領域的氫能技術應用</li> </ul>
<p><b>海上風電與海洋基礎設施</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 核電廠結構耐震技術</li> <li>● 碳中和基礎設施技術</li> </ul>	<p><b>橋梁與混凝土結構</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 地盤工程與震動影響</li> </ul>	



與首爾大學趙在悅教授經驗交流



會中產官學研的土木技術展覽與發表

本研討會中觀察到韓國土木工程學會 KSCE 致力國際化的特色與貢獻列點如下：

- **KSCE 搭建國際合作平台**：KSCE 協助韓國土木工程業執行多項協助邦交國的工程項目，借此海外輸出土木工程各項技術，形成供應鏈生態，包含能源、通訊等大型企業也一同海外爭取業務發展，由韓國之國家資源支持大企業，讓大企業以大帶小，爭取國際專案，提供 Turnkey solution 輸出國外。
- **KSCE 成為 KOICA 執行援外工程的單位**：KSCE 學會的平台，已廣納韓國產官學研單位共同合作，並且透過韓國國際協力團 (KOICA) 辦理許多韓國援外計畫，協助開發中國家建設大型公共建設，讓韓國土木工程產業可以接軌國際，並且提供服務的機會增加獲利，於 KSCE 研討會中也特別安排菲律賓 Department of Public Works and Highways (DPWH) 官員主講【Reshaping Philippine Cities of Tomorrow: Accelerating Resilient and Sustainable Infrastructure under the Build, Better, More Program】其分享的簡報內容中，可見韓國工程顧問公司實際參與的許多菲律賓公共工程專案。
- **培養年輕一代具有國際化的工程師**：本研討會中特別規劃 Session 讓外籍生以全英文發表，並且與韓國

- 學生共同以英文進行簡報，且研究議題都是國際目前十分新穎的土木工程議題，涵蓋 AI, BIM, 減碳，綠能發電等議題。
- **由展覽內容看出土木產業數位轉型的決心**：今年 KSCE 韓國廠商展覽的內容利用 AIoT, BIM 與 Digital Twn，實現土木工程在數位轉型與綠色轉型的雙轉型的企圖心，並提升土木工程安全與品質。
- **韓國政府與大型顧問公司合作密切**：共同經營國際化市場：大型顧問公司 (ex: Yooshin 友信工程集團, K-Water 等) 以及首爾大學，在會中共同討論到韓國國內已關注到土木工程永續延壽，與生命週期管理議題，以及人才不足與跨領域合作之挑戰，會場中與晚宴過程中彼此有諸多經驗交換，本人也介紹並說明台灣顧問工程業也正面臨轉型與跨域合作，以及國際合作的重視。

未來值得安排機會再訪 KSCE 理事長鄭忠基教授與首爾大學趙在悅教授，請益與考察韓國於土木業國際市場拓展之經驗，期待台韓間在土木工程新領域技術合作之可能性與新契機。

大會更多資訊可參閱網站：<https://convention.ksce.or.kr/Default.asp>



## 「解決問題當樂趣—我的公務生涯分享」吳澤成分享會紀實

吳澤成政務委員退休後新書「求是拓新 2.0—解決問題當樂趣」於 113 年 8 月出版，書中將他 55 年公務生涯挑戰困難的解決心法，用 14 個故事娓娓道來。出版後好評不斷，本學會特於 113 年 12 月 2 日舉辦分享會，聽吳政委親口闡述他的人生信念與堅定的做事態度，令人佩服。本文特別摘錄部分簡報以饗讀者。



高宗正理事長  
介紹吳政委



吳澤成政委  
分享人生信念與解決問題心法



台北市捷運局陳景池副局長  
致歡迎詞



會場座無虛席



現場交流分享

### 現場貴賓與吳政委對談



吳淑君小姐（撰稿人）



林傑主任



宋裕祺講座教授



賴宇亭教授



陳進發總工



陳政英副理事長



會後吳政委為新書簽名

吳澤成分享會 簡報摘錄分享



### 81住都局南工處長—豐漁橋遭遇的問題

狀況：東港豐漁橋改建中發現設計錯誤  
變更設計預算議價不成差距過大  
漁船無法進出捕漁引起漁民抗爭  
省議員出面協調要求四個月完工

### 人生信念

把每一件事情做好 獲得是額外的收穫  
實事求是(務實) 開拓新局(精進)  
事前準備 事中確定 事後追蹤  
源頭管理 釐清狀況 找出原因 提出對策  
借鏡學習 加速成長  
融會貫通 把解決問題當樂趣  
尊重人民 只要合理 設法達成

### 東港豐漁橋

做法：源頭管理 釐清狀況 找出原因 提出對策

針對問題原因 提出解決方案  
溝通尋求共識 完成變更程序  
符合契約規定 如期如質完工

### 人生歷程

- 72 住都局規劃課長—提整體業務企劃案
- 77 基隆市工務局長—充分準備面對問題
- 78 住都局執行秘書—全面掌握推動局務
- 81 住都局南工處長—豐漁橋遭遇的問題
- 83 住都局北工處長—中興路施工的問題
- 87 臺北縣工務局長—把解決問題當樂趣
- 95 行政院政務委員—推行砂石採售分離
- 98 宜蘭縣 副縣長—在家鄉服務更有感
- 106 行政院政務委員—兼主席殿除省政府

### 新店中興路

做法：縣政府不做 我們自己做

主動召開會議 協調解決問題  
每週勘查工地 確認順利執行  
找出存在問題 隨時協調解決  
持續勘查確認 追蹤貫徹完成  
縣長知道完工 出面表達謝意

### 72 住都局規劃課長—提整體業務企劃案

辦理「綜合運輸規劃」推動道路及捷運建設  
十八個生活圈計畫：配合規劃生活圈交通設計計畫，經建會認同，很快核定。  
省政府配合列經費：中央核定的計畫，都照案通過。

**「生活圈道路系統建設計畫」至今持續進行**  
2006年以前未計，這個生活圈道路系統建設，迄2027年共核定2839億元。  
交通部「生活圈道路系統建設計畫(公路系統)」核定1224億元。  
內政部「生活圈道路系統建設計畫(市區道路)」核定1615億元。

**「都會生活圈捷運建設計畫」至今持續進行**



### 87 台北縣工務局長—把解決問題當樂趣

- 當下的工務局因林肯大郡案死了二十八人等事件影響，有人收押，有人辭職，有人離開，整個工務局動盪不安，士氣低迷。
- 蘇貞昌一九九七年底選上台北縣長，局處首長陸續就位，工務局長一直沒有人接任，外界知道台北縣工務局是「是非之地」，也沒人要接。曾任省議員的台北縣政府主秘林錫耀，想起接觸過的省政府住都局組長吳澤成，推薦吳澤成去接工務局長。

#### 做法：只要合理 設法達成

已經做好準備，決心面對一切，解決任何問題。  
導正不良習慣，主動發掘問題，設法解決問題。  
尊重人民，只要有道理，就想辦法，協助解決。  
追蹤列管，確認落實執行，即時回報執行結果。  
看到人民問題獲得解決滿意的表情，感到欣慰。  
每日準備因應任何問題，以解決問題感到高興。

### 98 宜蘭縣副縣長—在家鄉服務更有感

#### 做法：把每一件事情做好 獲得是額外的收穫

不要期待獲得才要做事  
把每一件事都視為己任  
把每一件事做好是應該  
如有收穫都是意外得到  
採購發包要注意合理性

### 106 行政院政務委員—兼主席廢除省政府



### 95 行政院政務委員—推行砂石採售分離

狀況：大陸禁止砂石出口 造成砂石風暴  
主動向副院長請求 負責協調解決  
國內砂石採售弊端 黑金問題頻傳  
水利同仁怕到不敢 辦理砂石業務

#### 做法：源頭管理 釐清狀況 找出原因 提出對策

全面了解砂石供需情形  
確認砂石料源不足原因  
採行緊急應變措施舒解  
將砂石採售制度合理化  
改為採售分離正常供應  
檢察官與工程司共識營

### 消除蒼蠅 改善環境

狀況：宜蘭蒼蠅已存在數十年  
已經嚴重影響人民生活



#### 做法：源頭管理 釐清狀況 找出原因 提出對策

查明來源及產生的原因  
從生雞糞管理著手改善  
輔導產業轉型種植花卉  
追蹤檢討確認執行成效

### 協調樂生保存方案



做法：源頭管理 釐清狀況 找出原因 提出對策

堅持做對的事定目標協調整合  
樂生保存最多對捷運影響最少  
協請設計監造人提出可行方案  
請技師公會提供意見出面說明  
向檢察官說明實情後立即簽結

### 善用採購策略-班班有冷氣為例

行政院蘇院長二〇二〇年七月宣布「班班有冷氣」政策，全台三千五百多所學校，要裝十八萬四千台冷氣，總經費約新臺幣三百五十八億餘元，並要求二〇二二年四月完成。有時免錢的紛爭更多，案子要順利發包，好的採購策略很重要，工程會提出的採購策略讓全案吃下定心丸，也化解各個學校對招標作業的恐懼。

做法：源頭管理 釐清狀況 找出原因 提出對策

妥善運用採購策略  
由縣政府統一發包  
固定價格複數決標  
合格廠商均有機會  
學校家長選擇廠牌

### 解決濁水溪百年揚塵

狀況：河道寬流域長坡度緩  
流速慢易淤積成沙洲  
遇季風易引起風飛沙

做法：源頭管理 釐清狀況 找出原因 提出對策

以水覆蓋避免成沙洲  
成沙洲則以綠化覆蓋  
協調整合並列管追蹤



### 找出水淹三重真相

做法：源頭管理 釐清狀況 找出原因 提出對策

現場勘查深入了解  
確定水從箱涵灌入  
掌握致災關鍵資料  
委託技師公會鑑定  
堅持立場為民求償



### 分享會總結

★ 只有不合理 沒有不可能  
人民有其生活上的需求  
照顧人民是政府的責任  
政府掌握公權力可執行  
合理的需求應設法達成



全部簡報  
歡迎下載



## 中國土木工程學會—114年春酒聯歡會翦影



114年3月4日本學會於格萊天漾大酒店舉辦114年春酒，除了理監事們之外，特別邀請團體會員代表、委員會主任委員們一起出席，共有近百位貴賓蒞臨。當晚場地設備新穎、菜色豐盛，有歌、有酒，更有好朋友齊聚一堂，度過了熱鬧歡樂的晚宴。

依照本學會章程，卸任理事長為本學會當然會士。高理事長於晚宴前頒發「當然會士證書」予宋裕祺前理事長。



114 年春酒近百位貴賓蒞臨，熱鬧滾滾



### 貴賓合照



### 舞台上的歡樂合唱





茲附上廣告式樣一則  
請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致  
社團法人中國土木工程學會

「土木水利」雙月刊  
廣告價目表

(費率單位：新台幣元)

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

刊登月份：

52.2  52.3  52.4  52.5  52.6  53.1 共 次  
(4月) (6月) (8月) (10月) (12月) (2月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；  
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

隨單繳送請查收摺據  
請於刊登後檢據洽收

機構名稱：  
商號 (請蓋公司印)

負責人：

地 址：

廣告聯絡人：

電 話：

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

98-04-43-04

郵政劃撥儲金存款單

收款帳號	0 0 0 3 0 6 7 8	金額 新台幣 (小寫)	仟	萬	拾	萬	仟	佰	拾	元
------	-----------------	-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

通訊欄 (限與本次存款有關事項)

收款戶名	社團法人中國土木工程學會
------	--------------

寄 款 人 主管：

姓名	
----	--

地 址	□□□□—□□
-----	---------

電 話	
-----	--

經辦局收款戳

經辦局收款戳	
--------	--

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

- ◎ 寄款人請注意背面說明
- ◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款帳號戶名	
--------	--

存款金額	
------	--

電腦紀錄	
------	--

經辦局收款戳	
--------	--

繳納會費

- 常年會員年費 1,200 元
- 初級會員年費 300 元

訂閱土木水利雙月刊，一年六期

- 國內·個人會員 新台幣 300 元
  - 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800 元
- 自第 卷第 期起， 年期雙月刊 份

訂閱中國土木工程學刊，一年八期

- 國內·個人會員 新台幣 1,600 元
  - 國內·非會員及機關團體 新台幣 3,600 元
  - 國外·個人 美金 80 元
  - 國外·機關團體 美金 200 元
- 自第 卷第 期起 年期學刊 份

# 社團法人中國土木工程學會

## 信用卡繳納通知書

姓名		款 別 注：入會時請先填入會申請書，傳真學會審查，我們會立即通知您，資格符合時請繳費，入會費一人僅需繳交一次	繳納會費 <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200 元 <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300 元
會員證號碼			訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 國內·個人會員 新台幣 300 元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800 元 自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份
身分證號碼			訂閱中國土木水利工程學刊，一年八期 <input type="checkbox"/> 國內·個人會員 新台幣 1,600 元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 3,600 元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 80 元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 200 元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
卡 別	<input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB		白天聯絡電話
信用卡卡號			通訊地址
信用卡末三碼			
信用卡有效期限	(月 / 年)		
信用卡簽名			
繳費金額			

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

回覆後請務必電話：(02) 2392-6325 確認，謝謝！

### 郵政劃撥存款收據 注意事項

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

### 請 寄 款 人 注 意

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

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

本聯由儲匯處存查 600,000 束 (100 張) 94.1.210 × 110mm (80g/m<sup>2</sup> 模) 保管五年 (拾大)

## SERCB 公告 2025.1.23

感謝業界肯定及支持 PSERCB、SERCB 建築物耐震評估系統，隨著理論進步及實務所需，系統每年 1 月 1 日定期更新。並為服務各類專業技師、建築師及工程師，PSERCB、SERCB 均為免費使用。

系列程式中 SERCB Tools 為 SERCB 之後處理程式，公布使用以後廣受好評。SERCB Tools 可自動化產出結構計算書，內容符合「建築物公共安全檢查申報相關規定」及「住宅性能評估或耐震設計標章之查核要點」，並可作為建築物詳評與補強報告書之內容。

### SERCB Tools 簡介

程式自動化建立之結構計算書內容符合建築物公共安全檢查申報相關規定、住宅性能評估或耐震設計標之查核要點，並可作為建築物詳評與補強報告書之內容。報告書內數據與圖表皆由本程式自動輸入，無需使用者手動計算、輸入數值或匯入圖表，可節省大量時間，避免人為錯誤。

SERCB Tools 歡迎 免費 下載使用



<https://reurl.cc/ZODVQ6>

### SERCB Tools 六大特點

**斷面資訊檔：**提供 Excel 輸入模板，讓使用者方便輸入各項參數，並會自動化建立斷面資訊檔。鋼筋位置可透過程式自動化計算，大幅節省 Key in 斷面資訊的時間。

**平行運算：**利用多核心處理器同時計算多個塑鉸，可顯著的減少電腦運算時間，尤其在桿件數量多的大型結構分析中，節省時間效果更加明顯。

**快速截圖自動儲存：**可截圖自動把每一張圖片儲存到使用者指定的位置，並彙整至報告書中，節省大量整理報告書的時間。

**動力歷時檢核：**可以自動化檢核每一筆動力歷時分析之結果，並標示韌性超出上限的構件，減輕人工檢核的負擔。

**遲滯迴圈圖：**能根據動力歷時分析結果，將超出韌性上限的構件自動化建立遲滯迴圈圖，更有助於結構耐震性能檢核。

**自動化建立報告書：**可將計算書中的數據與圖表由程式自動轉換，無需手動計算、輸入數值或匯入圖表。對使用者非常便利，除可節省大量時間，更可避免人為錯誤。

### SERCB Tools 自動產生報告書

#### 自動產生建築物耐震能力詳細評估檢查報告書(側推分析法)

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 1. 建築物基本資料及評估結果摘要表 | 8. EPA-Sd 圖           |
| 2. 材料試驗            | 9. 分析模型圖              |
| 3. 結構物基本分析資料       | 10. 補強方案規劃位置圖         |
| 4. 耐震能力詳細評估表       | 11. 分析模型平面圖           |
| 5. 容量曲線圖           | 12. 模型塑鉸位置設定圖         |
| 6. 容量震譜圖           | 13. 模型Final Step塑鉸發展圖 |
| 7. 側推分析結果表         |                       |

## SERCB Tools 特色功能—斷面資訊、結構計算自動化

### 自動化建立斷面資訊檔與材料資訊檔

**輸入斷面基本資訊**

Story	Name	Type	Width	Height	Cover	MainRebar	Count	Row	
1	1FC1	Rectangle	50	70	4	D22	16	5	
2	1	1FC2	Circle	60	60	4	D22	20	0
3	1	1FC3	Rectangle	70	50	4	D22	16	5
4	1	1FC4	Rectangle	50	70	4	D22	16	5
5	1	1FC5	Rectangle	50	70	4	D22	16	5

**自動計算鋼筋位置**      **自動計算斷面參數**

```

$ RC Rectangle Section Definitions
$ Name RCMaterial Width Height Cover SNo Spacing Sp
1FC1 1FC1 180.00 100.00 4.00 D16 10.00 13
1FC1a 1FC1a 180.00 100.00 4.00 D16 10.00 13
1FC2 1FC2 180.00 100.00 4.00 D16 10.00 13
1FC2a 1FC2a

$ Kawashima constitutive law
$ Name Fc Fcy (kgf/cm^2) Av (cm^2) EL(2) EL(3)
1FC1 350.00 4200.00 15.89 31.05 21.40
1FC1a 350.00 4200.00 15.89 31.05 21.40
1FC2 350.00 4200.00 15.89 31.05 21.40
1FC2a 350.00 4200.00 15.89 31.05 21.40
                    
```

### Beam自動判斷 i j 端斷面

STORY	BEAM	BEAM	CONC	MAIN BAR	STIRRUP	B	H
SID	BID	#	fc'	fy	fys	(CM)	(CM)
584	4FB2	350	4200	4200	4200	75	90
585	4FB5	350	4200	4200	4200	75	90
603	4FB15	350	4200	4200	4200	75	90

BAR (top)					
ENDI	MIDDLE		ENDJ		
7+7+2	-D32	4	-D32	7+7+2	-D32
7+7	-D32	4	-D32	7+5	-D32
7	-D32	4	-D32	7+5	-D32

**建立模型** → **耐震分析** → **分析結果判讀** → **補強** / **不需補強** → **彙整報告**

### 自動化建立結構計算書 - 附件

**斷面資訊 方便確認**

**塑鉸資訊 方便確認**

**截取塑鉸設定圖**      **截取塑鉸發展圖**      **自動化匯入計算書**

**ETABS**      **MIDAS**

### SERCB Tools 超強攻略 影片介紹

RC 建築物耐震能力詳細評估  
SERCB 之全自動化後處理程式  
SERCB TOOLS【超強攻略】

<https://youtu.be/w0xtEgY28OM>

**趙國宏**  
國立中央大學結構研究所 負責人  
國立中央大學土木工程研究所 博士  
土木技師/結構技師

**陳穎詮**  
國立中央大學土木工程研究所 博士

66

Vol. 52, No. 1 February 2025 土木水利 第五十二卷 第一期

# SERCB Tools 特色功能—動力歷時分析輔助工具

**Auto**

**塑鉸平行運算**

**SERCBWin 塑鉸計算**

**1 時 14 分**

**CPU**

**構件數 x 1800 根**

**Auto**

**塑鉸平行運算**

**13 分**

**效率提升**

**Auto**

**自動化合併雙向塑鉸**

計算正、負向塑鉸資料

+X

-X

+PH -PH c2k

**一、三象限非對稱塑鉸**

**建立模型**

**塑鉸設定**

**動力歷時分析**

**構件檢核**

$\bar{R}=?$  ✓: ✗

**彙整檢核資料**

**Auto**

**構件韌性比檢核**

ETABS 匯出 Max/Min HingeStates

TABLE: Hinge States	Story	Frame/Wall	Case/Coigned	Hinge	Generated Hinge	Active	Displacement	Absolute Displacement	F	V2	V3	T	M2	M3	U1	PlasticU2	PlasticU3	PlasticK1	PlasticK2	PlasticK3	PlasticInerz	Slating	State
4	7F	B1	TAPO24_92H-Beam9	B1H11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001006	D to E	A	A	0	0	A to D	
5	7F	B1	TAPO24_92H-Beam9	B1H12	1	0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0008996	D to E	L5 to CP	0	0	L5 to CP		
6	7F	D1	TAPO24_92H-Beam9	D1H11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0009898	B to C	L5 to CP	0	0	L5 to CP		

**自動產生建築物耐震能力  
詳細評估檢查報告書(動力歷時分析)**

**OK/NG 構件塑鉸資訊 Load Case R值**

Story	Frame/Wall	Case/Coigned	Hinge	Generated Hinge	Active	Displacement	Absolute Displacement	F	V2	V3	T	M2	M3	U1	PlasticU2	PlasticU3	PlasticK1	PlasticK2	PlasticK3	PlasticInerz	Slating	State
NG	5F	C31	Column	PH-H3-Column368J	H3	TAPO32_921_475	Max	0	0.567988													
NG	7F	B148	Beam	PH-Beam862J	H3	TAPO32_331_475	Min	0	0.572813													
NG	5F	B224	Beam	PH-Beam1083J	H3	TAPO24_921_475	Min	0	0.617697													
NG	5F	B224	Beam	PH-Beam1083J	H3	TAPO32_331_475	Max	0	0.755630													
NG	5F	B224	Beam	PH-Beam1083J	H3	TAPO32_331_475	Min	0	0.542349													
OK	7F	C5	Column	PH-H2-Column289J	H2	TAPO32_331_475	Min	0	0.001376													
OK	7F	C6	Column	PH-H2-Column281J	H2	TAPO32_331_475	Min	0	0.008565													
OK	7F	C16	Column	PH-H2-Column288J	H2	TAPO24_921_475	Min	0	0.007998													
OK	7F	C16	Column	PH-H2-Column288J	H2	TAPO32_331_475	Min	0	0.018451													
OK	7F	C16	Column	PH-H2-Column286J	H2	TAPO32_921_475	Min	0	0.005910													

**Auto**

**構件滯迴圈**

ETABS 匯出 Step-by-Step HingeStates

Story	Frame/Wall	Lead Case/Combo	ized	Inerzated	Hive	Displacement	Dist	M2	M3
7F	B44	TAPO24_921_475 0	PH-Beam8	B44H11	0	0	0	-15413	0
7F	B44	TAPO24_921_475 0	PH-Beam8	B44H12	1	626.644	0	41454	0
7F	B44	TAPO24_921_475 0.08	PH-Beam8	B44H11	0	0	0	-15413	0
7F	B44	TAPO24_921_475 0.05	PH-Beam8	B44H12	1	926.644	0	41531	0
7F	B44	TAPO24_921_475 0.1	PH-Beam8	B44H11	0	0	0	-15380	0

**SERCB Tools Beta**

ETABS: c2k1 model.c2k

Step-by-Step (-.xlsx) : HingeState Step-by-Step.xlsx

**SERCB 系列叢書，歡迎訂購**

鋼筋混凝土建築物耐震能力  
初步評估 PSERCB  
— 理論背景與系統操作

PSERCB 網路購書

鋼筋混凝土建築物耐震能力  
詳細評估 SERCB  
— 理論背景與系統操作

SERCB 網路購書

PSERCB 弱層檢核  
— 理論背景與系統操作

弱層檢核 網路購書

鋼結構建築物耐震能力  
初步評估 PSESSB  
— 理論背景與系統操作

PSESSB 網路購書

智慧科技結合工程實務 / BIM及VR技術整合

# 數位技術創新應用

## ■ 持續整合BIM及VR等數位技術能力

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

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

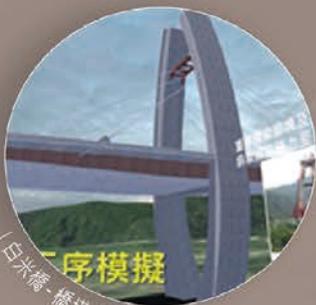
## ■ 虛擬實境技術的工程應用三軸向

### ◆ 勾勒願景-工程規劃與設計構想的實現 /

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



馬興橋樂大樓-虛擬實境



白米橋-橋塔工序模擬

### ◆ 重視實景-設計成果與施工過程之實景體現 /

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

### ◆ 訓練技職-施工現場危害預防之落實 /

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



VR應用-工安教育訓練

