

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

December
2024



社團法人中國土木工程學會 113 年年會大會

智培國建
慧桃滿園



ISSN 0253-3804



NT\$350



Volume 51, No. 6

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

Gen-AI 技術生成
監造數位化查驗表單

工程技術及發展

專 輯

永續與數位轉型
土木營建產業

113 年年會

特別報導

淡化科技 活用海水 共創台南永續水資源



經濟部水利署南區水資源分署

廣告

土木水利



社團法人中國土木工程學會會刊



113 年年會大會在桃園盛大舉辦

先進工程

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

永續發展

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

國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習

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

學會活動

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

出版活動

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊

分會

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

發行人：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

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

亞洲土木工程聯盟 (ACECC) 捷報

- 📖 亞洲土木聯盟大會 (CECAR10) 大會「優良工程獎」— 水利署石門水庫阿姆坪防淤隧道工程 3
- 📖 亞洲土木聯盟大會 (CECAR10) 大會「個人成就獎」— 沈景鵬先生 3
- 📖 CICHE 成功爭取 CECAR11 2028 年 11 月在台灣舉辦！ 3

特別報導

- 📖 113 年年會大會及土木水利工程論壇紀實 4

「永續與數位轉型—土木營建產業的關鍵路徑」專輯 (客座主編：謝尚賢教授兼任主任)

- 📖 專輯序言：永續與數位轉型—土木營建產業的關鍵路徑 謝尚賢 19
- 📖 新北市永續數位轉型 鄔豪中／馮兆麟／譚羽文／林育群 20
- 📖 從氣候變遷倡議與國際標準趨勢聚焦人居环境永續發展 郭瀚嶸 28
- 📖 建築淨零永續轉型與國際認證之經驗成果分享 陳重仁 33
- 📖 中興工程顧問數位轉型輔助淨零轉型之現況與展望 黃琬淇／廖翊含／吳中期／許睿叡／嚴世傑 36
- 📖 公共工程綠色採購的重要拼圖—進口建材申報碳排 古國廷／葉毓君 42
- 📖 AI 在推進營建產業數位轉型之角色與挑戰 林之謙／黎芳玲 45

工程技術及發展

- 📖 Gen-AI 技術推動工程產業數位化發展以設計圖說自動生成監造數位化查驗表單為例 林芳輝／呂斌豪／許睿叡 50

學會資訊看板

- 📖 康樂活動 — 113年11月30日 參加第三屆臺大土木盃路跑 49
- 📖 第六屆台日交流活動報導 58

廣告特搜

- 台灣世曦工程顧問股份有限公司 — 夢想和幸福 零距離的接軌 封底
- 經濟部水利署南區水資源分署 — 淡化科技 活用海水 共創台南永續水資源 封面裡
- 亞新工程顧問股份有限公司 — Our World · Our Work 封底裡
- 地工技術 — T3-STONE2.0 · TORSO 3.0 封底裡
- 義力營造股份有限公司 — 義呈實諾 力呈卓越 27

台灣榮獲 CECAR10 優良工程、個人成就 兩項大獎

亞洲土木工程聯盟 兩項大獎



「優良工程獎」水利署石門水庫阿姆坪防淤隧道工程



「個人成就獎」沈景鵬先生



~~ 將於 2025.10.21-24 在韓國釜山 CECAR10 大會中頒獎 ~~

CICHE 成功爭取 2028 年 CECAR11 在台灣舉辦！

CECAR11 預定於 2028.11.13-18 在 南港展覽館 舉辦



我們贏了！台灣第一名！





113 年年會

桃園盛大舉行 光彩奪目

113年11月15日
桃園市政府

聯合主辦



桃園市政府、社團法人中國土木水利工程學會

協辦



亞新工程顧問股份有限公司、國立中央大學土木工程學系、中原大學土木工程學系



會場及報到

感謝各界先進遠道而來，參與 113 年會盛事，使大會增添無限光彩！

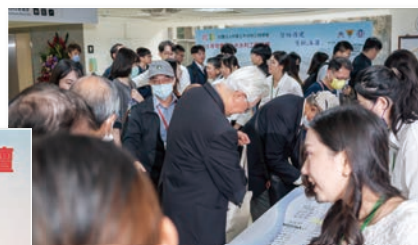


113 年年會暨土木水利工程論壇
智培國建 慧桃滿園
113.11.16

Welcome!



感謝各界贈送花籃賀禮



報到現場人潮絡繹不絕

開幕典禮



右起：宋裕祺常務監事、朱惕之常務理事、余信遠常務理事、洪汶宜系主任、張德鑫系主任



左起：張善政市長、吳正己校長、楊正宏理事長、吳瑞賢副校長、溫代欣秘書長、謝震輝總經理



高理事長開幕致詞

張善政市長致詞



吳瑞賢副校長致詞



楊正宏理事長致詞



理事長致詞



高宗正 理事長／中國土木水利工程學會
副董事長／亞新工程顧問股份有限公司

敬愛的貴賓們與會員先進，大家好！

首先感謝所有理監事與各委員會主任委員暨委員們通力協助下，中國土木水利工程學會這一年來業務推動得頗為順利，更謝謝會員先進們的熱情參與。今年在桃園市政府舉行年會，謹此代表中國土木水利工程學會對張善政市長及其相關團隊的協助表示十二萬分的感激。年會主題「智培國建 慧桃滿園」表達本學會係為國內代表性工程團體，數十年來持續導入新制度、新技術與新工法推動國家建設，亦同時培育新秀成為工程領域的國家棟樑；主題兩段文字分別以「智」、「慧」開頭，象徵積極導入智慧化早日達成工程數位轉型目標，開啟工程新時代，同時慧「桃」滿「園」呼應本年度之年會選在桃園市政府合力舉辦，結合產官學研的力量讓眾多工程先進齊聚一堂，共創新局。

本年初，學會廣續前屆發文至行政院相關公部門，呼籲政府應正視公務工程人員短缺與待遇偏低問題；因應人事總處與諸多公務單位回應之需求，特邀集水利署、公路局、鐵道局、臺北市工務局、新北市工務局、中興顧問、台灣世曦、亞新顧問、台聯顧問等召開會議，討論並完成民間企業與政府公務工程人員之薪資比較，且建議新設公務工程人員專業加給表等提供政府參考，並獲正面回應，自本年八月起全國公務工程人員已獲得薪資加給，雖未達預期但是好的開始。

一年來學會為推動各項工程新知與技術，自行辦理或結合相關單位及其他工程團體合辦之分享討論會、研討會、參訪活動不勝列舉，略如「台灣基樁工程技術的演進與精進研討會」、「桃園市道路管理系統建置與應用分享研討會」、「113 年度臺北捷運成果發表會」、「水利職人交流分享餐會」、「2024 工程履約爭議研討會」、「2024 新版鋼筋混凝土分析設計應用研討會」含北中南三地各場等、「0403 花蓮地震即時論壇」、臺日「河川預警與模擬技術」交流講習會、青年委員會「校園開講」系列活動、「2024 建築物耐震初評與詳評講習會」、車籠埔國小校外教學「參觀台灣公共建設紀錄展館等」、「台日潛盾隧道新技術與特殊案例研討會」高雄場與台北場、「能源工程參訪－台電卓蘭電廠景山分廠及小水力發電廠」、「2024 新版鋼構造標準圖講習會」、「第 42 屆測量及空間資訊研討會」、「2024 公共工程系統性減碳作為研討會」、「能源論壇研討會」、「建築物耐震初評與詳評系列上機課程」等等。另預告 113.12.2 下午將邀請吳澤成前政務委演講「解決問題當樂趣－我的公務生涯分享」，及 12 月中旬辦理捷運電聯車行、控中心與機廠參訪活動。

在出版方面，本學會今年九月完成最新出版「土木 404-113 混凝土工程設計規範之 RC 設計例」，另今年 0403 花蓮地震不但震驚全臺，世界各地也都非常關注，因應需求特別邀請產官學研各界從業人員在災後復建異常忙碌下，擠出時間撰文集成「0403 花蓮地震特刊」分享會員。其他如永續水資源之研究發展應用、離岸風電海域大地工程發展近況、勞工安全衛生、工程數位創新應用等相關主題均分別呈現於各期土水水利會刊中。而由本學會混凝土工程委員會與國震中心於本年五月完成「土木 401 混凝土設計規範－鋼筋銲接規定」相關修訂也於六月公告徵求各界意見中。

在兩岸及國際交流方面，今年我們恢復因 Covid-19 停辦四年之久的兩岸交流活動，於 2024.5.21-28 組團前赴鄭州、洛陽及西安等地，參訪鄭州大學與西北大學。派員參加 2024.2.29-3.2 ACECC 46th ECM (Executive Committee Meeting)，2024.9.27 CICHE 選派兩位青年代表參加 ACECC FLF 未來領袖論壇會議。另 CICHE 亦組團參加 2024.10.20-22 的 ACECC 47th ECM，經出席的 CICHE 團員們的辛苦努力，終於成功地爭取到 2028.11.13-18 亞洲土木工程聯盟大會 CECAR 11 在臺灣臺北的舉辦權。而 2025.10.21-24 將在韓國濟州島舉行的 CECAR 10 中，很高興水利署主辦的「石門水庫阿姆坪防淤隧道工程」榮獲「優良工程獎」，沈景鵬董事長榮獲「個人成就獎」，都是為國爭光的美事。113.11.3 由三位教授帶領學生及企業界年輕工程師，代表 CICHE 參加由日本 JSCE 在長崎舉行的「第六屆台日交流研討會」。

謹向會員先進報告令人感傷的是國內三位非常令人尊敬的工程前輩，含前公共工程委員會主任委員陳豫先生（1927.3.27-2024.1.22）、亞新工程顧問集團總裁莫若楫博士（1931.8.19-2024.3.26）與中興工程顧問社前副總經理陶家維先生（1926.7.24-2024.5.14）等不幸於今年仙逝，他們都是長期為工程界發展與創建制度而努力並頗有成效的長者，對國家工程建設貢獻良多，如今哲人已逝功德圓滿，三位工程耆老風範猶存，令人感佩。

會員委員會整理分析學會目前 2,581 有效個人會員與 153 團體會員的資料，發現會員組成 50 歲以下僅佔約 28%，61 歲以上則佔約 44%，有老化斷層失衡現象，另亦發現女性工程師比例不到 5%，顯示如何吸引年輕工程師並加強宣導女性工程師進入本學會以利傳承是當務之急。

個人承蒙學會會員與理監事們的支持，擔任學會第 26 屆理事長，謝謝一年來所有的前輩、歷任理事長指導與大家的協助及努力，在目前氣候變遷急遽，智慧數位科技發展快速下，且國內缺人缺工缺料等惡劣工程環境，我們將持續努力各項工程新技術推廣及加強數位轉型等作為，以利因應工程環境快速轉變，全力為國家建設而努力；最後謝謝所有贊助本年會之單位與廠商的支持。

祝福大家 身心愉快 平安健康

理事長 高宗正 敬上
2024.11.15

大會專題演講



現場貴賓專心聽講



張善政 市長／桃園市政府

學歷

美國康奈爾大學土木與環境工程學博士
美國史丹佛大學土木與環境工程學碩士
國立臺灣大學土木工程學系工學學士
臺北市立建國高級中學

榮譽

中國青年救國團青年獎章（1984 年）
一等景星勳章（2016 年）
《遠見雜誌》傑出領袖獎（2016 年）
中華民國電腦學會會士（2016 年）
中華民國管理科學學會管理獎章（2017 年）

經歷

財團法人善科教育基金會董事長 2019/04 - 迄今	科技部部長 2014/03/03 - 2014/12/07
財團法人台灣大哥大基金會董事長 2016/07/21 - 2019/04/30	行政院政務委員 2012 - 2014
社團法人國家生技醫療產業策進會會長 2016/06/22 - 2019/11/25	美商 Google 公司亞洲硬體營運總監 2010 - 2012
交通大學玄客書院院長暨講座教授 2016/06/13 - 2019/12/31	宏碁股份有限公司電子化事業群副總經理（龍潭）2000 - 2010
行政院院長 2016/02/01 - 2016/05/21	行政院國家科學委員會企劃考核處處長 1998 - 2000
行政院副院長 2014/12/08 - 2016/01/31	行政院國家科學委員會國家高速電腦中心主任 1991 - 1997



桃園市政府 張善政市長 專題演講

用智慧打造宜居桃花園

桃園市作為台灣的一個重要都市，面臨著快速發展，我們以智慧科技解決城市問題、以創新思維推動便民服務、以數位治理擘劃城市藍圖、以人才培育驅動改變力量，達成以科學決策數據治理。然而桃園推動桃竹苗大砂谷面臨許多挑戰，其中解決工業用地需求更是迫在眉睫，因此計畫推動「智慧製造」輔導及成立「智慧產業學院」，培育產業雙軸轉型（智慧化、低碳化），加速桃園全面升級。

桃園以大眾運輸場站為導向 TOD，有效整合交通和土地使用，減少城市擁堵；捷運綠線北段隧道均已貫通，預計 115 年初進行第一階段通車路段動態測試，串接桃園、中壢、平鎮、龍潭的橘線，以及連接桃園、青埔的青線皆已啟動可行性研究，未來將串聯桃園三個核心都會區，健全大眾運輸網絡。

社會住宅方面，全市規劃 46 處基地佈建社會住宅，總計 1 萬 1,534 戶以上；目標 119 年前完成 35 處，共計 9 千 377 戶以上，持續朝向區區有社宅的目標，提供多元的社會住宅選擇，實現社會的公平與正義。

「桃園舊城再生計畫」係針對桃園、中壢舊市區優先辦理改造計畫，保留豐富的文化、傳統特色，同時提升城市競爭力和居民的生活品質，展現了桃園市打造宜居新環境的堅定決心和成就。通學步道的建置及路口雙色溫路燈的改善，除了保障孩子們的出行安全，利用路口路燈色差提高駕駛人行車專注力，降低夜間肇事。

中壢新明市場周邊長年道路占用、垃圾堆置問題，有效地藉由工程改善及執法取締雙管齊下，改善違規亂象，藉由空間系統分析、耐心的溝通與堅決的意志力，最終獲得廣大市民的認可。樂天桃園棒球場自啟用以來，15 年未曾重大修繕，逢雨必淹，因此，市府與樂天球團及體育署攜手合作進行排水及噴灌系統、夜間照明及外野看台地坪及座椅優化，大幅提升樂天桃園棒球場的比賽品質，帶給大家耳目一新的體驗。

桃園正處於轉骨的關鍵階段，市府團隊務實地推動許多政策，為桃園的未來打下穩固基礎。未來將掌握每一個提升桃園的機會，以更宏觀的視野打造符合未來發展趨勢的宜居城市。



八德一號



八德二號



八德三號



中路一號



中路二號



中路三號



中路四號



中壢一號



平鎮一號



楊梅一號



蘆竹一號



蘆竹二號



舊城再生計畫
打造舒適安居有趣的人本走讀舊城區



推動桃園·中壢老舊城區改造
塑造街區全新風貌

9

工程、執法雙管齊下

- ☑ 改善道路交通安全
- ☑ 增設分隔島反光標誌
- ☑ 路樹修剪

加強取締違規

BEFORE



AFTER



13

以務實精神 積極行動
面對長久以來的問題



10

改善桃園棒球場

解決逢雨必淹的排水問題
主客場教練、球員、球迷認可



14

提升交通安全

- ☑ 通學廊道
- ☑ 道路改善

交通事故及死傷案件**下降1成**

降低夜間肇事

- ☑ 路口雙色溫路燈
- ☑ 降低維修提高安全

夜間肇事率**下降近3成**



11

以智慧治理
建構安心、永續的城市



15

整頓中壢新明市場

還給市民舒適的購物環境
和人行空間



12

讓桃園成為共好共榮、充滿活力的宜居城市



16

工程獎章 頒獎



工程獎章 終身成就類得獎人－歐善惠



工程獎章 工程事業類得獎人－李政安

中技社學術獎 頒獎



中技社土木水利學術獎得獎人－胡宣德

榮譽會員 頒獎



榮譽會員－宋裕祺



榮譽會員－施義芳
(黃炳勳副總代領)

會士 頒發證書



會士－余信遠



會士－周頌安

工程特殊貢獻獎 頒發

高理事長及歐晉德先生都提到當年在台北捷運及高速鐵路興建時的小故事，令人動容。

歐先生領完獎狀後即表示將所獲得獎金悉數回捐給中國土木水利工程學會，非常感激！



工程特殊貢獻獎得獎人－歐晉德先生



歐晉德先生發表得獎感言

論文獎 頒獎

恭喜六篇論文獲獎



以虛擬 3D 方式模擬協同合作下機
具防撞偵測機器學習資料



捷運系統短期電聯車維修排程最佳化



影響岩石介觀力學參數的顯著
微觀參數暨系統性選擇參數的方法



導入建築資訊模型與本體論之室內避難
收容所空間配置作法



三層樓住商混合建築構架試體振動台
實驗研究



應用風洞實驗探討建築物低開孔率
多孔性雙層牆之風壓特性

學生獎學金 頒獎

恭喜 21 位同學獲獎



吳恕葆、邱紀勳、李采儒、黃振誠、蘇士榮



楊子儀、蔡榮庭、黃浩、邱伯融、饒國紳、陳柏豪、李翊丞



朱致齊、王湘雯、盧宣豪、林澤崴、許思涵、田旭棋、林明威、劉昱加、楊千慧

「AI 應用獎」頒獎



AI 應用獎得獎人－陳俊杉



AI 應用獎得獎人－黃文俊 / 游中榮 / 翁淑卿 / 謝震輝 / 韓仁毓

113 年年會務報告



倪惠妹秘書長進行會務報告

唱大禹歌、禮成

113 年年會大會圓滿成功！



大會全體起立唱大禹歌是歷年傳統



論壇一

桃園市捷運工程現在及未來



劉慶豐局長演講



理事長、講者大合影



張維仁經理演講



今倉和彥所長演講



林元生經理演講



高煒城經理演講

論壇二

2024 學生 BIM 競賽優勝發表



優勝隊伍發表



主持人、講者大合影

論壇三

你 AI 了沒？人工智慧與工程產業轉型



韓仁毓教授演講



理事長、講者大合影



林之謙副教授演講



周頌安總工程師演講



吳錫賢技術經理演講



吳肇銘主委演講



蔡宗翰教授演講

論壇四

2024 學土木水利盃英語簡報競賽優勝發表



得獎人發表



主持人、講者大合影

晚宴 學生 BIM 競賽頒獎



第一名
Taiwan BIM Guys



第二名
笑到 BIM Great-GB



第三名
圖紙上談 BIM



佳作
勢在 BIM 行



佳作
Technobuilders_MUST



佳作
屏東大大大魷魚

晚宴 英語簡報競賽 頒獎

青年工程師組



金牌－高子涵



銀牌－林宛諭



銅牌－陳俊諒



優等－黃語哲



優等－余珮萱

學生組



學生組 金牌－程雁青



學生組 銀牌－林鈞湛



學生組 銅牌－蘇郁偉

感謝名單

113 年年會，各界熱烈迴響，共襄盛舉，銘感五內！

台灣世曦工程顧問股份有限公司	福清營造股份有限公司	新北市政府新建工程處
築遠工程顧問有限公司	聚泰科技工程有限公司	新北市政府養護工程處
志成橡膠廠股份有限公司	臺北市府捷運工程局	農業部農田水利署石門管理處
台灣電力股份有限公司	遠揚營造工程股份有限公司	臺中市政府交通局
宇泰工程顧問有限公司	黎明工程顧問股份有限公司	臺中市結構工程技師公會
林同棧工程顧問股份有限公司	台北市結構工程工業技師公會	慧築營建科技股份有限公司
禹順工程技術顧問有限公司	台南市土木技師公會	聯合大地工程顧問股份有限公司
義力營造股份有限公司	台聯工程顧問股份有限公司	東和鋼鐵企業股份有限公司
中興工程顧問股份有限公司	利德工程股份有限公司	大陸工程股份有限公司
中興保全科技股份有限公司	和建工程顧問股份有限公司	互助營造股份有限公司
王正源建築師事務所	社團法人中華民國大地工程技師公會	宏華營造股份有限公司
台北市土木技師公會	社團法人台灣省水利技師公會	社團法人中國工程師學會
台南市結構工程技師公會	桃園市政府捷運工程局	社團法人中華民國水土保持技師公會全國聯合會
立景工程顧問股份有限公司	桃園市結構工程技師公會	社團法人臺灣省土木技師公會
亞新工程顧問股份有限公司	財團法人中華顧問工程司	長昇法律事務所
泛亞工程建設股份有限公司	財團法人中興工程科技研究發展基金會	高雄市結構工程工業技師公會
社團法人台灣省結構工程技師公會	財團法人中興工程顧問社	經濟部水利署南區水資源分署
社團法人桃園市土木技師公會	財團法人台灣建築中心	農業部農田水利署瑠公管理處
社團法人新北市土木技師公會	財團法人臺灣營建研究院	日商鹿島營造股份有限公司台灣分公司
社團法人臺中市土木技師公會	國家住宅及都市更新中心	台灣工程技術顧問企業協會
建國工程股份有限公司	華光工程顧問股份有限公司	
泰興工程顧問股份有限公司	新北市政府捷運工程局	

大會圓滿成功 幕後工作人員居功厥偉

感謝各主辦、協辦單位



桃園市政府



社團法人中國土木水利工程學會



亞新工程顧問股份有限公司



國立中央大學土木工程學系



中原大學土木工程學系



感謝黃文俊及吳婉茹兩位司儀



感謝年會工作人員



專輯客座主編 謝尚賢*／國立臺灣大學土木工程學系電腦輔助工程組 教授
兼任工程資訊模擬與管理研究中心 主任

在氣候變遷與全球淨零排放目標的推動下，土木營建產業面臨著前所未有的挑戰與機遇。一方面，這個產業傳統上資源密集且碳排放量高，成為推動永續發展的核心戰場；另一方面，數位轉型浪潮為解決產業長期困境及實現永續目標提供了創新工具和全新思維。如何透過數位技術與創新模式實現碳減排、資源效率提升和產業韌性的全面提升，已成為產官學界共同關注的課題。

在本期《土木水利月刊》的「永續與數位轉型」專輯中，我們邀請了來自不同領域的六篇文章，涵蓋政策實踐、技術創新與產業應用，全面呈現了土木營建產業在永續與數位轉型上的努力與成果。

〈新北市永續數位轉型〉以地方政府為視角，介紹新北市在推進 BIM 與 GIS 深度應用上的具體策略，包括低碳建築評估與碳排檢核平台的建置，展現了智慧城市與低碳公共工程的示範價值。

〈從氣候變遷倡議與國際標準趨勢聚焦人居環境永續發展〉分析國際標準如 ISO 14064 在建築資訊塑模 (BIM) 和全生命週期碳管理上的應用，並強調透過政策與標準的引導實現資源循環與資訊透明。

* 通訊作者，shhsieh@ntu.edu.tw

〈建築淨零永續轉型與國際認證之經驗成果分享〉分享綠建築顧問公司推動 LEED 及 EEWB 認證的實務經驗，展示數位技術在節能設計與碳管理中的應用，並探討未來韌性設計的核心方向。

〈中興工程顧問數位轉型輔助淨零轉型之現況與展望〉以企業為例，展示如何結合數位工具與知識管理框架，系統性推動工程減碳策略與產業鏈合作，加速國家淨零目標的實現。

〈公共工程綠色採購的重要拼圖—進口建材申報碳排〉以台灣水泥的案例為基礎，探討建材碳排管理中的挑戰，並提出透過標準化與跨國合作提升碳管理效能的可行路徑。

〈AI 在推進營建產業數位轉型之角色與挑戰〉探討人工智慧 (AI) 技術如何克服營建產業碎片化、去中心化等特有挑戰，並在進度管理、品質監控和安全管理中實現突破，為全面數位化提供了理論框架與應用場景。

這六篇文章從產官學界的多元視角切入，不僅分享了最新的研究成果與實務經驗，更強調了跨領域協作與創新思維在應對永續與數位轉型挑戰中的重要性。希望本專輯能為讀者提供啟發，促進更多產業實踐與政策對話，共同推動土木營建產業向永續未來邁進。



新北市 永續數位 轉型

鄔豪中*／新北市政府工務局 科長

馮兆麟／新北市政府工務局 局長

譚羽文／新北市政府工務局 股長

林育群／新北市政府工務局 股長

本文介紹新北市在營建數位轉型與永續發展領域的策略與實踐。文章回顧了新北市政府在 BIM 技術應用的進程，包括建築全生命週期管理、建照輔助查核系統及公有建物資產管理平台的推動，展示了智慧城市的基礎圖台如何結合 GIS、UAV 和 IoT 技術，促進圖資整合與決策效率。為實現 2050 淨零排放目標，新北市引入低碳建築評估系統（LEBR），並建立公共工程碳排檢核平台，推動源頭減碳與透明化碳管理。此外，透過政策支持與數位技術結合，新北市已成功示範智慧建築與低碳公共工程的融合。本文指出，BIM 與 GIS 的深度應用是未來數位與永續雙轉型的核心，對其他城市具有重要參考價值。

新北市營建數位轉型推動現況

建築工程 BIM 全生命週期應用

新北市政府工務局自 2011 年起致力於 BIM（Building Information Modeling）發展應用，將 BIM 導入公有建築工程，新北市立圖書館案由施工階段導入；採統包方式之國民運動中心、三重醫院急重症大樓等重大工程則從設計及施工皆導入運用，並不斷調整 BIM 運用方式及目的，將應用經驗回饋至採購文件，目前新北市工程採購契約範本已訂定「建築資訊建模（BIM）工作補充條文」，新北市各機關可依需求訂定 BIM 契約工作項目，目前新北市社會住宅、捷運等大型公共工程均導入 BIM，輔助工程順利推動，如圖 1 所示。

BIM 建照輔助查核系統

除了公共工程以外，新北市政府工務局亦於 2011 年起推動建築工程應用 BIM 技術進行法規審查檢測技術研究，歷經 5 年努力，於 2015 年開發「建照輔助查

核系統」，結合建造執照開放空間預審系統並開放予民間申請案件運用，建築師事務所可經由系統平台進行 24hr 線上建造執照書圖模型繳交作業，再由法規檢測系統自動產出檢核報表及 3D PDF 圖示顯示錯誤樣態，檢測報告供申請人修正設計 BIM 模型，或續由行政人員做為審核依據，系統經實際驗證提昇建築物圖資正確率及法規檢核之效益。

公有建物資產管理平台

新北市政府工務局接續在 2016 年開發「公有建物資產管理平台」如圖 2，結合 BIM、FM、BA 系統，以 3D 直觀顯示之管理儀表板，包含建築物巡檢、定期維護工作、異常管理、報案管理、使用者管理、建物及設備管理、電子表單管理，及環境能源管理等 8 大功能。目前市府大樓及樹林藝文中心已導入使用，預計 2026 年完工的第二行政中心亦以此平台為基礎，配合智慧監控數據及 AI 運算模擬，將可提供更舒適的室內環境及最佳的能源效率。

* 通訊作者，aj6423@ntpc.gov.tw

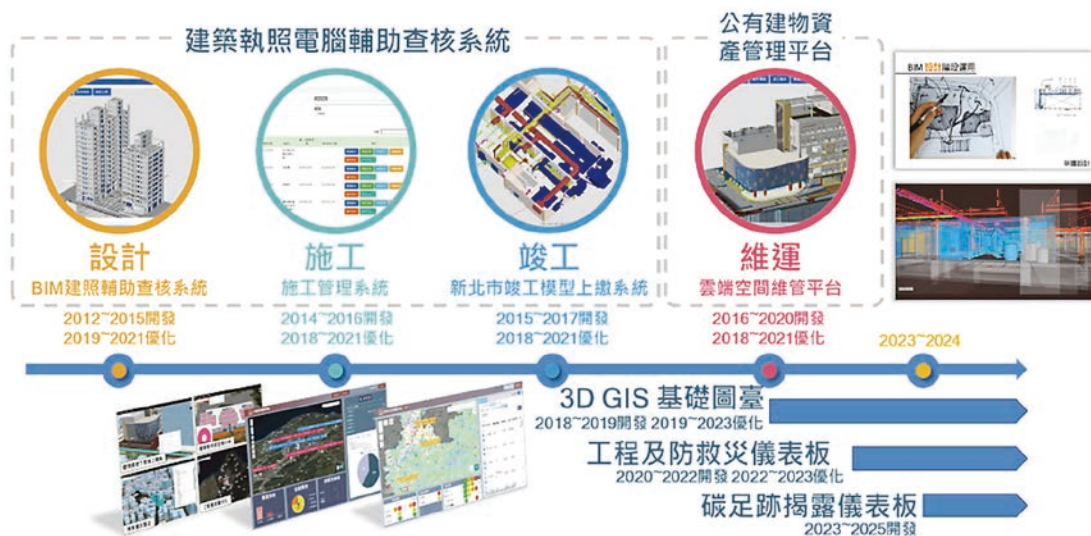


圖 1 新北市導入 BIM 進程

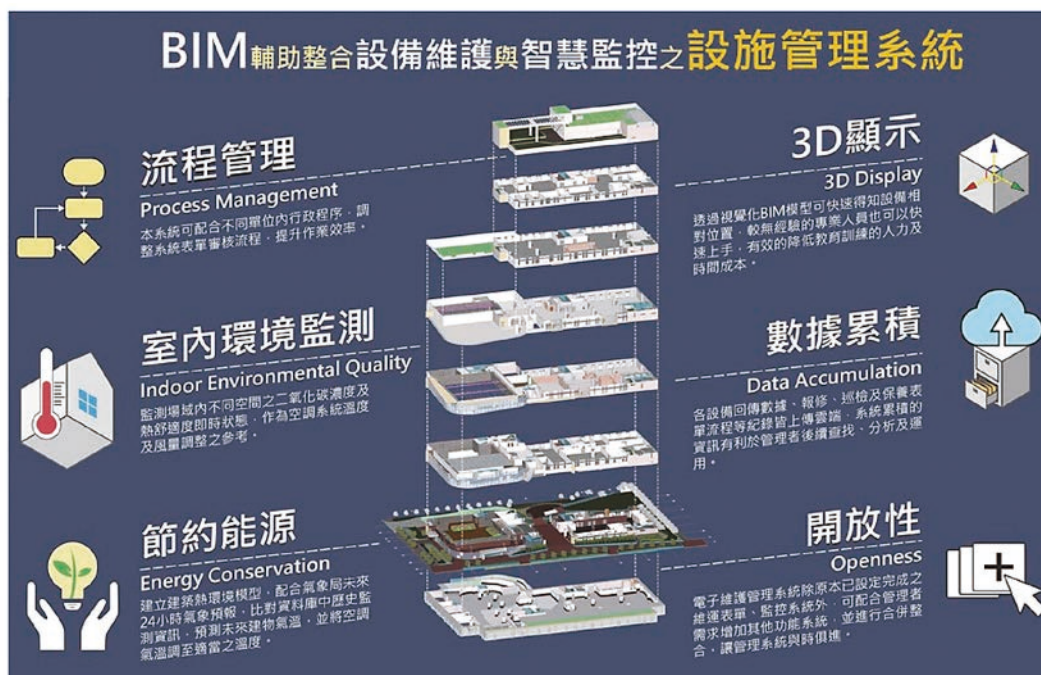


圖 2 新北市公有建物資產管理平台

3D GIS 圖台—城市基礎資料倉儲

新北市政府工務局基於智慧城市管理的理念，在 2018 年又開發「3D GIS 圖台」，整合都市計畫、地籍資料、道路管線、建管資料，匯入多達 100 種 3D 模型（包含 BIM 模型及 UAV 實景模型），介接使用分區、iLand、iRoad、標案管理、建築管理、建物與地籍套繪、EMIS（新北市防災資訊系統）等約 17 個系統，從地上的公共工程及建物，至地面土地產權與土地使用分區及道路系統，至地下 3D 管線資訊等，進行全面性整

合（BIM + GIS + UAV + MIS + IoT），可直觀視覺化查找詳細的圖資或模型內容，完成智慧城市的基礎圖台。

除了直接應用圖台查找資訊以外，配合業務需求延伸開發「工程管理儀表板」及「防救災管理儀表板」，以 3D GIS 圖台為基礎，納入建築、道路與工程管理等業務應用需求開發使用者介面，更快速便利提供決策參考。另因應國家淨零目標，目前正研發建築碳排放揭露儀表板，期能達到低碳建築揭露之目標，如圖 3 所示。



圖 3 新北市 3D GIS 圖台架構

營建產業之國家淨零目標

國發會於 2022 年宣示臺灣 2050 淨零排放路徑，提出能源、產業、生活與社會等 4 大轉型面向^[1]，其中產業轉型包含營建產業。環境部規劃自 2025 年起徵收碳費^[2]，第 1 階段徵收對象屬環境部公告應盤查且年排放量（直接與使用電力排放量）2.5 萬噸以上之廠家，其中鋼鐵及水泥製造業也在徵收對象之列，又鋼鐵及水泥為建築營造產業之主要使用材料，將衝擊整體產業發展。在此衝擊下必須思考整體轉型之策略，營建產業之產業內容又可概分為建築及公共工程兩大部類，內政部與工程會針對此 2 部類各自訂定推動目標及作法。

建築部分

內政部針對住宅部門，訂定 2050 年達到 100% 新建建築物及超過 85% 既有建築物須為近零碳建築之目標，再以 4 大推動主軸分階推動：提升新建建築物能源效率、改善既有建築物能源效率、提升家電設備能源效率、建築節能減碳新技術及工法研發與推廣應用。淨零建築之推動規劃由公有建築物帶頭做起，引導民間建築跟進，針對新建建築先採取鼓勵方式，再逐步修訂法規強制實施。

根據國際能源署（International Energy Agency, IEA）的調查報告^[3]，全球營建部門的溫室氣體排放占所有產業的 37%，其中 28% 是建築物能源使用的溫室氣體碳排，統稱使用碳排（Operational Carbon, OC），另外 9% 是鋼筋、水泥、玻璃等建材的製造運輸與施工的溫室氣體排

放，稱為蘊含碳排（Embodied Carbon, EC）。而內政部建築研究所（下稱建研所）針對 OC 及 EC 分別建構了建築能效評估系統 BERS（Building Efficiency Rating System）及低（蘊含）碳建築評估系統 LEBR（Low Embodied-carbon Building Rating System），並訂定推動期程^[4]：

建築能效評估制度 BERS

自 111 年 1 月 1 日起實施，建築能效等級由高至低依序分為第 1 至 7 級，以作為評定建築能效等級之方法。其中建築能效分級屬第 1 級之建築物，且能效評分尺度為前 50% 者，為近零碳建築（Nearly Zero-Carbon Buildings），以第 1+ 級標示。並自 112 年 7 月 1 日起，由公有建築物帶頭做起，分年分階段推動，於申請綠建築標章時，需同時申請建築能效評估，預計至 115 年公有新建建築物可全面達建築能效 1 級或近零碳建築（1+ 級）。

低碳（低蘊含碳）建築評估制度 LEBR

自 113 年 7 月 1 日實施，建築蘊含碳排標示依每棟建築物在進行蘊含碳排評估之碳排減碳率評定等級，由高至低依序分為第 1 至 7 級。其中低碳建築等級屬第 1 級之建築物，且碳排減碳率達 20% 以上者，為超低碳建築，以低碳第 1+ 級標示。因採取公式法計算建築物蘊含碳的排放量，可結合 BIM 技術快速計算建築蘊含碳，在規劃設計階段即可預估碳排，大幅提升建築碳排計算效率。因此，可用於評估不同規劃設計案的碳排差異，達到源頭減碳的效益。

公共工程部分

行政院公共工程委員會（下稱工程會）訂定「公共工程節能減碳檢核注意事項」（下稱注意事項），要求各工程主辦機關自計畫研擬核定開始至規劃設計、施工、維護管理等階段均納入節能減碳觀念，以逐步達成淨零碳排目標。並訂定短、中、長期之減碳規劃^[5]：

短期：推動公共工程全生命週期減碳

中央政府各機關辦理新臺幣 1 億元以上公共工程，或直轄市政府及縣（市）政府辦理受中央政府補助比率逾工程建造經費 50% 且補助經費達新臺幣 1 億元以上之個案公共工程，需優先依注意事項推動相關節能減碳策略。

中期：依公共工程特性分別訂定減碳指引及減碳目標

規劃將公共工程分為 8 大類別，如建築、下水道、水利、能源、橋梁、道路、隧道及軌道類，由各類別之工程主管機關（經濟部、內政部、交通部）依其工程類型特性訂定公共工程減碳指引，設定減碳目標及訂定符合機關工程特性之節能減碳檢核機制，據以辦理節能減碳作業。

長期：推動公共工程碳排放量計算具體執行管控

於 113 年 6 月 21 日公布「公共工程產品碳排放係數」，供各工程主管機關參考，督促各工程主辦機關逐年掌握公共工程碳排放量，以減輕公共工程對氣候變遷造成之負面影響。建議重大工程編列經費進行碳盤查作業，將碳盤查成果滾動檢討回饋到公布之產品碳排放係數。

新北市營建永續轉型目標

新北市 2050 淨零路徑暨氣候行動白皮書

新北市政府在 2022 年 8 月提出「新北淨零路徑暨氣候行動白皮書」，針對「工業部門」、「住商部門」、「運輸部門」、「農業部門」、「廢棄物部門」提出 80 項行動計畫，為進行住商部門之減碳，透過新建建築物公設耗電標準、綠建築管制規範、社會住宅導入智能管理系統、低碳社區改造等 31 項行動計畫，以「節能監控」、「節能改造」、「零碳電力」及公共設施行為改變四大策略，預計 2030 年公部門建築率先達成碳中和目標，2045 年新建物符合 1 + 級能效，2050 年 50% 既

有建築物達 1 + 級能效，實施近零建築願景^[6]。

建築工程淨零減碳

淨零建築推動法遵化

新北市政府於 2019 年起配合中央政策，針對取得候選綠建築證書之都更案件依等級給予 2%~10% 的容積獎勵，更於 2023 年配合低碳建築政策，要求都更案件除了應取得綠建築標章外，更新單元達 2,000 平方公尺以上者，應取得銅級綠建築標章及銅級低碳建築標章。

在建築能效部分，新北市政府在 2023 年 5 月 8 日公告，公有新建建築物建築執照申請案自 112 年 7 月 1 日起應達 1 級或 1 + 級；民間新建建築執照申請案自 113 年 1 月 1 日起部分類型建物需達特定等級，自 119 年 1 月 1 日起全面新建建築物能效評估應達 1 + 級。

三重第二行政中心碳中和

新北市三重第二行政中心基地面積約 9,668 平方公尺，為地下 4 層、地上 26 層建物，預計 2026 年完工，目前已取得黃金級綠建築候選證書及 1 級建築能效標示。本案導入智慧建築規劃，整合 BIM、FM 設施管理、BA 智慧建築三大系統，打造智慧建築維運管理平台，及時掌握大樓各項子系統及維運實況，詳圖 4 所示。平台導入建築碳足跡規範，透過 BIM 資訊，用 PMIS（Project Management Information System）模組統計材料碳排放量，BIM FM 系統蒐集用水用電紀錄、垃圾處理量與清運距離等來計算營運碳排，透過數位雙生模擬未來碳排以及減碳技術成效，完整掌握建築生命週期所產生的碳排放量。

低蘊含碳建築評估系統

配合建研所推動之 LEBR 制度，新北市政府工務局於 2024 年優化建照執照輔助查核系統，與建研所、成功大學研究團隊密切合作，將 LEBR 的公式及碳排資料建入系統，建築師於規劃階段可將 3D 模型轉匯成開放格式 IFC（Industry Foundation Classes），上傳至系統完成設定關聯後，即可自動代入模型資訊計算評估低碳建築等級，於規劃階段即可得到評估結果進而調整設計方案，簡化低碳建築評估流程，達到源頭減碳目標，期待未來應用案例增加後，可整合 GIS 建立建築物碳排放揭露圖台，如圖 5 所示。推動期程目標如下：

1. 2024 年公共先行：結合 BIM 技術開發低碳建築檢核系統，新北市公有建築物先行試辦。



圖 4 新北市三重第二行政中心智慧維運管理系統

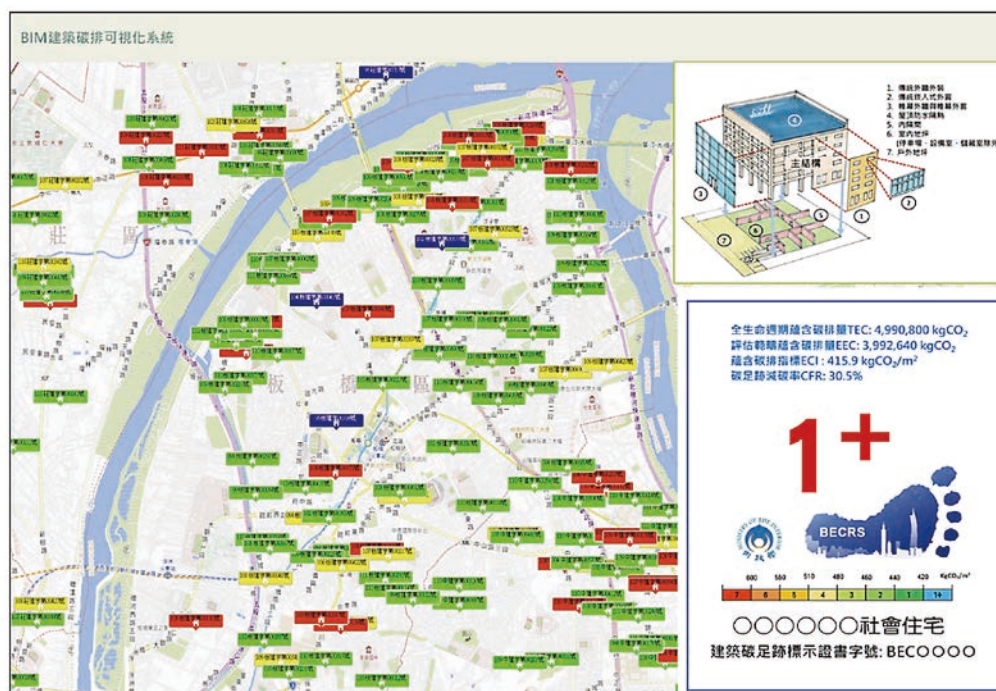


圖 5 未來願景：整合 LEBR + GIS 低碳建築揭露地圖

2. 2025 年公私同步：鼓勵民間建案採用低碳建築檢核系統評估蘊含碳。
3. 2026 年資料透明：建立新北市 LEBR 建築物公開資料庫，全面實施碳排揭露，並逐年滾動檢討推動方式與期程。

公共工程減碳策略

依工程會 112 年公布的公共工程經費估算編列手冊，公共工程類別計有公路、鐵路、橋梁、隧道、捷運系統、機場、港灣、水庫、水力發電、自來水、河川整

治、下水道、汙水處理廠、焚化廠、掩埋場、土方資源場、山坡地開發、建築、工業區開發、機電設施等 20 類工程，扣除由內政部主管的建築工程外，其餘 19 類工程工項差異性大，如要完整蒐集不同類型工程的碳排量，實為一大挑戰。然工程碳盤查為淨零減碳極重要之工作，所幸中央與地方政府單位如交通部公路局、經濟部水利署、農業部農村發展及水土保持署等單位均已著手進行工程碳盤查，運用盤查結果訂定機關減碳目標，甚至訂定相關工程減碳作業參考指引供各機關參考。

惟工程碳足跡盤查為工程設計完妥後於工程履約時進行盤查，屬事後查證，如能運用工程碳盤查結果或環境部及工程會公開的碳排放係數，則可於工程規劃初期進行碳排放檢核評估，調整規劃設計方案，從源頭進行減碳。

新北市公共工程碳排檢核平台

新北市政府目前與樺康智雲正研發「北市公共工程碳排檢核平台」(下稱檢核平台)，未來機關可於此平台匯入工程發包案件之 PCCES 檔案或 BIM 產出之材料數量清單，利用 AI 進行資料正規化後介接碳排係數資料庫，即可計算工程的碳排量，目前已完成概念性驗證，並已匯入檔案進行試算，後續將依照工程會的工程減碳分類，檢核公共工程碳排量，訂定減碳目標。未來公共工程於規劃階段，即可以 BIM 產出之材料數量表進行碳排放檢核，初期即可掌握碳排量，進行方案調整，無須俟細設預算編列完成後以 PCCES 進行碳排檢核，有效達成源頭減碳。此平台的關鍵課題如下：

1. AI 協助工項資料正規化

依政府採購法第 11 條及「工程價格資料庫作業辦法」規定，機關辦理工程採購預算達 1,000 萬元以上者，應於決標後將得標廠商之單價資料依「公共工程細目編碼編訂說明」之編訂規則，製作成「公共工程經費電腦估價系統」格式 (PCCES) 電子檔，傳輸至工程會之工程價格資料庫料庫，工程會自 105 年起要求機關細目編碼正確率須達 40% 以上、綱要編碼正確達 70%。故一個工程案件之工程細項之 PCCES 編碼，可能存在 60% 的誤漏。

另依照工程會統計資料，全國執業技師截至 113 年 9 月底，包含開業執業技師、受聘於工程顧問公司及其他執業技師計有 5,173 人^[7]，意味著同一個公共工程案

件，因設計單位不同，預算工項有可能多達五千多種編列方式。

基於前述原因，工程案件之 PCCES 資料編碼存在著極大差異性，就系統開發角度，無法直接利用 PCCES 之工項編碼介接碳排係數，故檢核平台利用 AI 學習，將中文名稱類似或相同但編碼不同之工項，依 PCCES 編碼規則定義正確的編碼，再介接到對應之碳排係數，方可正確計算碳排。

2. 碳排係數資料庫

目前國內公開可取得的本土碳排係數有工程會於今 (113) 年 5 月公開之「公共工程產品碳排放細數資料」、環境部的產品碳足跡資料庫，及建研所 LEBR 評估手冊附錄的初級資材及構建碳足跡資料等，但仍無法完整對應公共工程的繁多工項，於評估作業時仍需部分引用國外資料庫 (例如：SimaPro 或 Gabi 等國外軟體)，亟需國內各機關進行盤查及主管機關彙整。

新北市檢核平台初步評估成果

新北市於 2019 年至 2023 年決標工程案件 (扣除開口合約，或無法成功解析工項之案件)，總計 323 案之 PCCES 檔案，經匯入檢核平台分析，針對碳排占比高之工項如混凝土、鋼筋、鋼構建、瀝青混凝土、模板等，與採購金額進行統計比對，得出平均每百萬元碳排量為 7,289 kgCO₂e，其中以 2023 年 10,777 kgCO₂e/ 每百萬元最高，2020 年 7,243 kgCO₂e/ 每百萬元次高。進一步分析各工項組成，發現 2023 年與 2020 年發包案件中混凝土及鋼筋合計產生的碳排比分別達 98.89% 及 90.63%，顯示鋼筋、混凝土的數量與碳排放量似乎具決定性因素，未來工程案件之混凝土及鋼筋用量可評估酌減，如表 1 和圖 6 所示。

新北市營建數位 + 淨零雙轉型

建築營建產業往往涉及龐大的工程預算、動輒上千項的工料管理、人機料調度、工序安排等龐雜資

表 1 2019~2023 新北市決標工程案碳排量統計

年度 採購級距	2019	2020	2021	2022	2023	案件總計
1千萬以下	11	9	5	10	3	38
5千萬以下-1千萬	38	56	61	51	38	244
2億以下-5千萬	2	4	8	11	7	32
2億以上	0	0	0	4	5	9
年採購案件數	51	69	74	76	53	323
排碳數(KgCO ₂ e)	7,490,998	11,238,007	8,950,883	15,120,399	43,146,519	85,946,806
採購金額總計(千元)	1,129,547	1,551,464	1,984,017	3,121,923	4,003,674	11,790,625
每百萬元碳排量 (KgCO ₂ e)	6,632	7,243	4,511	4,843	10,777	7,289

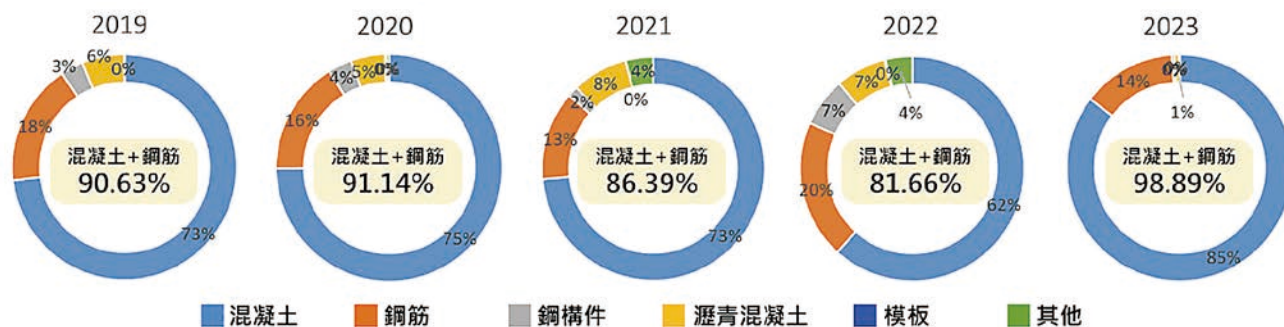


圖 6 2019~2023 新北市決標工程案主要材料排碳占比

訊，雖可運用 PMIS 系統、BIM 及其他資訊技術等提升管理品質及效率，但在數位轉型的進度始終緩慢，在 2050 淨零目標下，建築營造產業亦正面臨淨零轉型之考驗，除了既有的諸多須管理的資訊外，更須考量碳排放與淨零等因素，面對多維度、多面向的複雜議題，可妥善運用 BIM 為資訊載體，達到較佳之管理目的，進而推動數位轉型，如圖 7。

新北市對於 BIM 技術應用起步較早，面對國家 2050 淨零願景如圖 8，新北市配合中央訂定的政策目

標，在營建產業也運用了 BIM 技術，針對建築使用碳、建築蘊含碳及公共工程等三方面積極推動：

建築使用碳

強制規新建案須符合建築能效標示制度（BERS），逐年增加納入實施之建築類型，於 119 年達到所有新建建築物符合 1+ 級能效標示之目標；積極運用 BIM、FM、BA 整合之維管系統，針對市府廳舍大樓進行能源管理。



圖 7 淨零轉型驅動數位雙生

新北工程淨零碳策略路徑

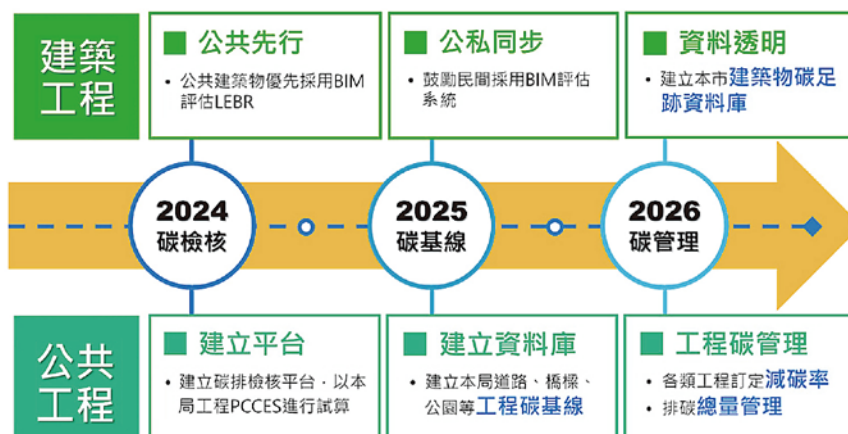


圖 8 新北市工程淨零碳策略路徑

建築蘊含碳

研發低蘊含碳建築評估系統，鼓勵建築設計從業人員於規劃前期直接使用 BIM 進行低碳建築評估（LEBR），增加推動誘因及降低評估門檻，達到源頭減碳，並由公共建築案件先行試辦，帶動民間建案加入評估。

公共工程

建立排碳檢核平台，盤點近年發包之工程案件排碳資料，初期先以道路工程新建與養護為研究標的，建立碳排標準，並訂定減碳目標，後續將逐步針對各類公共工程建立排放標準，未來可於規劃階段以 BIM 產製之材料清單進行碳排評估，進行最佳化設計，達成源頭減碳之碳管理目標。

參考文獻

1. 國家發展委員會，「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，第 12 頁、第 33-37 頁。
2. 環境部氣候變遷署，「碳費費率審議會專區」，網址：<https://www.cca.gov.tw/affairs/carbon-fee-fund/carbon-fee-rate-committee/review-status/2309.html>
3. 內政部建築研究所，「低碳（低蘊含碳）建築評估手冊」，第 1-3 頁。
4. 內政部建築研究所，「建築研究簡訊第 122 期」網址：<https://www.abri.gov.tw/PeriodicalDetail.aspx?n=861&s=2882&key=111&isShowAll=false>，上網日期：113 年 5 月 2 日。
5. 立法院，「立法院第 11 屆第 1 會期交通委員會第 14 次全體委員會議工程會函復」，網址：<https://ppg.ly.gov.tw/ppg/SittingAttachment/download/2024052317/5600420120160811002.pdf>，日期：113 年 6 月 28 日。
6. 新北市政府，「新北市 2050 淨零路徑暨氣候行動白皮書」，第 39 頁、第 66-68 頁。
7. 行政院公共工程委員會，「各科計師執業人數」，網址：<https://pcic.pcc.gov.tw/pwc-web/service/eng0817Query>



義力營造股份有限公司
EARTHPOWER CONSTRUCTION CO., LTD.

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



卓越
誠信
安全
技術
品質

優良廠商 / 優良營造業
金安獎、金質獎 雙獎特優

TEL: (04) 2435-0568
FAX: (04) 2435-0569

公司地址：
臺中市北屯區軍福11路553號1樓

郵箱：earth.power1d@msa.hinet.net
網址：www.earthpower.com.tw



從氣候變遷倡議與國際標準趨勢 聚焦 人居环境 永續發展

郭瀚嶸* / 英國標準協會台灣分公司 人居环境產品經理

本研究從氣候變遷倡議與國際標準趨勢出發，分析人居环境永續發展的挑戰與機遇。文章回顧了《聯合國氣候變化綱要公約》及其衍生協議（如《京都議定書》、《巴黎協定》）對建築與城市規劃領域的影響，並錨定國際標準（如 ISO 14064、ISO 14067）在碳管理與減排中的重要性。以英國和歐盟的政策為例，研究重點包括英國《淨零碳排放策略》、《倫敦計畫》與歐盟《綠色政綱》如何思考以建築資訊塑模（BIM）推動全生命週期碳管理（PAS 2080）與循環經濟（BS 8001），提升建築效率與資源利用率。本文強調透過國際標準和創新技術的結合，建立透明的資訊管理流程，促進資源循環與永續發展，最終實現全球淨零排放目標。

永續在人居环境中的意義是指在規劃、設計、營造和營運人類所能生存居住環境的生命週期當中，確保該環境在滿足當前社會需求與實現人類生命價值的同時，對環境和資源的影響最小化，並能夠在長期內維持資源的永續利用。這包括環境的健康、能源的節約、社會的公平，以及對自然生態系統的保護。永續人居环境強調不僅要滿足人們的生活品質需求，還要確保人類活動對環境衝擊以致對未來世代的影響是正向的。

永續人居环境與聯合國氣候變化綱要公約背景

為了達成永續人居环境，讓我們先從聯合國（United Nations, UN）在永續發展的進程開始回顧。《聯合國氣候變化綱要公約》（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）^[1] 於 1992 年在巴西的里約熱內盧召開的環境與發展會議上簽署，目的是應對全球氣候變化的挑戰。這一公約的簽署展現出國際社會對於氣候問題的重視，並成為全球應對氣候變化的法律基礎。公約的主要目標是穩定大氣中的溫室氣體濃度，以防止對氣候系統造成危險的干擾。在 UNFCCC 的框架下，

各國簽署了《京都議定書》（Kyoto Protocol）^[2] 和《巴黎協定》（Paris Agreement）^[3]。《京都議定書》於 1997 年簽署，要求已開發國家在 2008 年至 2012 年期間減少碳排放。儘管京都議定書的目標主要針對工業、能源等高碳排部門，但其長遠目標也影響到建築和城市規劃，促使全球朝著更永續的人居環境邁進。進而《巴黎協定》於 2015 年通過，目標是在全球範圍內將全球升溫限制在攝氏 2 度以內，並努力將升溫控制在攝氏 1.5 度。該協定要求所有國家制定《國家自主貢獻計畫》（Nationally Determined Contributions, NDCs）^[4]，包括城市規劃、建築和交通等關鍵領域，推動低碳發展模式。

UNFCCC 促進了全球對應對氣候變遷的政策和標準的調和，如《巴黎協定》鼓勵各國在制定本國碳減排政策時，參考國際標準，這間接推動了 ISO 14001 環境管理系統^[5] 等國際標準在建築和環境管理中的應用，其中包含 ISO 14064 系列標準^[6] 界定溫室氣體的量化、報告和查確證。它對《京都議定書》以及《巴黎協定》中涉及的碳排放量有直接影響。而 ISO 14067 國際標準^[7] 則是專注於產品和服務的碳足跡計算和報告，協助企業量化並減少其產品生命周期中的碳排放，這與 UNFCCC 中的減排目標高度相關。這些標準有助於系統化地管理和減少城市中的碳排放，推動永續人居环境的發展。

* 通訊作者，Alaric.Kuo@bsigroup.com

從國際氣候變遷倡議看向英國的國家淨零政策

聯合國氣候變遷對全球政策的制定產生了深遠影響，在具體實踐的考量來說，需要從國家層面進行立法與實質推動。特別由於英國是全球第一個宣布淨零目標的國家，因此我們先來了解在聯合國氣候變遷倡議的影響下，英國政府在建築和基礎建設領域制定的主要政策及戰略，這些政策促進了英國的碳減排目標和永續發展進程。

英國在 2011 年發布《政府營建產業策略 2011》（Government Construction Industry Strategy 2011）^[8] 是英國政府針對人居環境的一個綜合發展計劃。該策略在國際氣候變遷背景下，特別是對《京都議定書》的承諾下，設定了促進產業減碳、提高效率和競爭力的目標。這個政策的核心是透過推動數位營建技術來提高英國公共建設專案的效率和成本效益。其中，最具影響力的一項政策就是要求所有政府出資的公共工程專案必須在 2016 年之前達到 BIM Level 2，也就是全面導入建築資訊塑模（Building Information Modeling, BIM）的協作管理流程，此舉實質推動人居產業數位轉型，並且成為全球其他國家推行 BIM 政策的參考典範。

為具體實現《營建產業策略 2011》，《營建 2025》（Construction 2025）^[9] 在 2013 年提出了發展藍圖，旨在到 2025 年實現英國營建業的現代化、提升競爭力和永續性。該策略由英國政府和業界共同合作制定具體目標，首先要運用 BIM 提高設計和營建過程的效率和減少資源等 33% 成本浪費；鼓勵採用現代建設方法，如模組化營造和預鑄，來加快施工速度並降低能源消耗，進而縮短 50% 工期，並增加英國建設產品和服務的全球出口提升 50%。其中相當關鍵之處，在於該策略確立了到 2025 年減少 50% 營建業碳排放的目標。

隨著《巴黎協定》在 2015 年簽署，英國政府持續推展腳步，來到 2017 年發布《潔淨成長策略》（The Clean Growth Strategy）^[10]，旨在實現經濟增長與減少碳排放的雙贏。目標是到 2050 年減少碳排放 80%。它推動清潔技術和能源轉型。進而英國在 2019 年宣布成為全球第一個承諾於 2050 年實現淨零碳排放的國家，具體在立法方面的操作是提出與通過修訂案，即《氣候變遷法 2008（2050 目標修訂案）》（The Climate Change Act 2008（2050 Target Amendment））^[11]。

為延續了《潔淨成長策略》與《氣候變遷法 2008

（2050 目標修訂案）》的目標，英國政府在 2020 年發布《能源白皮書：推動我們的淨零未來》（Energy white paper: Powering our net zero future）^[12]，旨在推動清潔能源技術應用如電力、交通等部門領域，以達成淨零排放目標。同樣在 2020 年底，英國政府為公共部門基礎建設提出《營建手冊》（The Construction Playbook）^[13]，強調最佳實踐、透明性和合作夥伴關係，當中也明確指出業主與承攬商需要遵從《英國 BIM 框架》（The UK BIM Framework）^[14]，在過去 BIM Level 2 時期對應的英國標準為 BS/PAS 1192 系列標準，《英國 BIM 框架》現在則採用 ISO 19650 系列標準^[15]、國家附錄與英國 BIM 指南來執行公共工程專案，並同時要依循國家淨零目標進行全生命週期碳排管理。

英國首先制定了長期減排目標，隨後推動能源轉型，接著著手全面部署淨零碳排放路徑。首先聚焦在人居環境的發展全景來看，英國政府 2021 年度 9 月發布《基礎建設績效轉型：2030 道路圖》（Transforming Infrastructure Performance: Roadmap to 2030）^[16]，這是針對基礎建設績效的長期改革計畫，希望建構「系統的系統」這樣的概念，希望從更高的面向看到基礎建設行業內部與外部環境的關聯互動結構。這一概念強調基礎建設之間的相互依賴性，例如交通建設的效率影響能源需求，而能源系統的可靠性可能影響水資源的管理。在基礎建設規劃和管理中，應採用整體性思維，考慮各功能單元的協同運作，而不僅專注於單一專案的表現。此外，系統的系統概念強調政策、技術和營運的整合，確保各種政策共同促進基礎建設的優化而非矛盾。基礎建設還需具備韌性，以應對氣候變遷、技術變革和社會需求變化。最後，系統的系統還強調持續改進和創新，因此特別提到需要運用《英國 BIM 框架》達成英國《國家數位雙生計畫》（National Digital Twin Programme）^[17]，以確保基礎建設能滿足未來需求並推動永續發展，《基礎建設績效轉型：2030 道路圖》與《營建手冊》互相呼應，具體展現英國政府對於人居环境先以數位轉型為基礎走向永續轉型的雙軸並進政策。

英國政府為全面實現 2050 年淨零排放目標，在 2021 年 10 月發布了《淨零碳排放策略 2021》（Net Zero Strategy 2021: Build Back Greener）^[18]。這項策略涵蓋能源、交通、建築等高碳排放部門，並提供了減少這些部門碳排放的詳細政策路徑。在能源系統方面，目標是到 2035 年實現英國電力系統的全面脫碳，這需要大規模發展可再生能源，尤其是風能、太陽能和核能。對於建築

領域的脫碳，政府鼓勵家庭和企業採用清潔供熱技術，如熱泵，同時提升建築物的能源效率，以降低營運中的碳排放。交通方面，計劃到 2030 年禁止銷售內燃機車，並大力推動電動車及其充電基礎設施的發展。總體目標是通過技術創新、政府支持和市場激勵，推動各行業逐步實現低碳轉型，特別是為人居環境引入更多低碳技術和材料。在國際氣候談判的時空背景下，2021 年是英國主辦《第 26 屆聯合國氣候變遷大會》（The 2021 United Nations Climate Change Conference, COP 26）^[19] 重要里程碑，因此緊接著《淨零碳排放策略 2021》發布的同個月份，COP26 的活動在格拉斯哥舉行。此次會議的主要目標是加強全球對氣候變化的應對力度，並推動各國承諾減少溫室氣體排放。而國際化標準組織（International Organization for Standardization, ISO）與英國標準協會（British Standards Institution, BSI）在 COP26 期間發布《新倫敦宣言》（The New London Declaration）^[20]，將所有標準內容納入氣候因素考量，以加速實現氣候目標。此一宣言影響深遠，後續國際電工委員會（International Electrotechnical Commission）與歐洲標準化協會（Comité Européen de Normalisation）也加入倡議。國際認證論壇（International Accreditation Forum, IAF）和國際化標準組織於 2024 年 2 月 23 日發布了一份聯合聲明^[21]，將對現有的管理系統（Management System）標準例如 ISO 9001 品質管理系統^[22] 加入氣候變遷條款，具體操作層面會體現在內外部議題要先鑑別氣候變遷的影響，進而評估風險與機會的因應，此增修條款要求已全面即刻生效。

以倫敦計畫展開全生命週期碳管理與循環經濟

當了解到英國在國家政策的永續發展脈絡後，接著從城市治理進行實踐。首先，倫敦作為英國的首都，面臨著人口增長和城市化的挑戰。預計到 2030 年，倫敦的人口將增加到約 900 萬人，這對市民住房、交通、基礎建設和公共服務會帶來更大量的需求。因此《倫敦計畫 2021》（The London Plan 2021）^[23] 在這樣的時空背景展開，這是倫敦市在應對氣候變化和推動營建業永續發展方面的重要政策。

首先，計畫願景預計倫敦在 2030 年前達成淨零排放城市，這代表著在建造過程中需要使用可再生能源，並採用高效的能源管理系統。這將促使地產開發商在設計階段考慮使用環保材料和技術，以減少整體碳

排放。其次，《倫敦計畫 2021》強調建築的能源效率，要求所有新建建築需遵循嚴格的能源效能標準。這包括提升建築物的隔熱性能和安裝高效率的暖氣和空調系統，以降低營運過程中的能源消耗。再者，計畫強調在營造過程中要考慮社區的需求與意見，鼓勵地產開發商在設計和建造階段與在地居民進行溝通，確保新建工程能夠滿足社區的期望並增強社會凝聚力。此外，《倫敦計畫 2021》還要求在基礎建設的規劃和施工中考慮生態影響，如綠色屋頂、雨水管理系統和生態廊道，以提高城市的生態價值和韌性。最後，計畫提倡利用數位技術和創新方法來提升建造過程中的效率和透明度，應用 BIM 管理流程以在專案當中緊密協作。

具體來到專案的層面來說，《倫敦計畫 2021》對新建工程的管制要求包含公共與民間工程，都需要在專案階段繳交《全生命週期碳排評估報告》（Whole Life-Cycle Carbon Assessment）^[24] 與《循環經濟報告》（Circular Economy Statement）^[25]。這些報告需在專案的幾個關鍵階段提交，包括最前面申請案由階段、規劃階段與和施工後階段。目的是確保專案在執行過程中評估預測全生命週期碳排和考量減碳措施，並實現資源的永續利用。地產開發商需在提交規劃申請時提供詳細的材料使用和廢棄物管理計劃，並在施工完成後報告實際紀錄，以滿足循環經濟的要求。

在市政規範要求的背後，可以進一步發現標準文件作為支持政策工具的重要性。這裡可以看到兩套標準的直接關聯，一是 PAS 2080 建築與基礎建設碳管理框架^[26]，二是 BS 8001 循環經濟框架^[27]。PAS 2080 是一個針對建築與基礎建設在人居資產生命週期進行碳管理的標準，強調在設計、營造、營運和拆除階段以全局觀點最大化業主價值與實行減碳策略。當《倫敦計畫 2021》要求提交《全生命週期碳排評估報告》時，PAS 2080 的框架可以作為實踐的工具。開發者可以運用 PAS 2080 的碳管理方法，系統化地識別碳排放熱點，並在專案各階段與價值鏈協作挑戰碳目標，以確保在每個專案階段符合《倫敦計畫 2021》政策精神並落實到實質採購決策。接著在循環經濟的考量，《倫敦計畫 2021》的《循環經濟報告》從建築系統的各層層面切入，主要從營建材料的循環，從設計面就考慮到未來建材保留、翻新、拆解與再利用。《全生命週期碳排評估報告》搭配《循環經濟報告》可掌握建材從搖籃到搖籃足跡，而 BS 8001 的導入可進一步強化組織的創新

管理，通過設計資源閉環循環，再搭配 BIM 管理流程的透明分責協作，使得價值鏈持續協作並實現創新的循環經濟模式。當物業管理產業的商業機會被活絡，資產營運單位才能藉由更好的物質循環與經濟模式因應資產風險，進而真正實現人居環境長期資產永續經營管理。

自巴黎協定展開歐盟綠色政綱與綠色公共採購

在看過英國淨零路徑之後，我們可以進一步觀察鄰近英國最大的經濟體－歐盟（European Union, EU）如何因應此一議題。由於《巴黎協定》發生於 2015 年在法國巴黎召開的氣候大會上，並且歐盟的所有會員國包含法國都是聯合國會員，加上歐盟具有聯合國觀察員身分，作為全球氣候行動的先驅，歐盟積極參與該協定並承諾到 2030 年將溫室氣體排放量減少至少 40%。這一承諾催生了歐盟於 2019 年提出並於 2020 年通過的《歐盟綠色政綱》（European Green Deal）^[28]。此政綱不僅是對《巴黎協定》的回應，還是一個全面的經濟轉型計劃，目標是到 2050 年實現碳中和。協議的核心包括減少溫室氣體排放、推廣可再生能源、提高能效、保護生物多樣性以及促進永續經濟增長。通過這些措施，歐盟意在轉變成一個綠色永續的經濟體，並成為全球先驅。在《歐盟綠色政綱》的框架下，2020 年 3 月歐盟推出了《循環經濟行動計劃》（Circular Economy Action Plan）^[29]。這一行動計劃的目的是促進資源的永續利用，並減少廢物產生，以應對環境挑戰和資源枯竭。該計劃包含了一系列具體措施，旨在從生命週期觀點改變產品的設計、消費行為和廢棄物管理。在這些政策的推動下，歐盟於 2022 年首先提出《增修營建產品法規》（Revised Construction Product Regulation, CPR）^[30]，這一修訂旨在提高營建產品的品質和安全性，同時加強其永續性要求。根據新規定，所有建築產品必須提供《產品環境宣告》（Environmental Product Declaration, EPD）^[31]，以透明地顯示產品的環境影響和資源使用情況，此處針對營建產品全生命週期的揭露方式可運用 ISO 21930 國際標準^[32]呈現之。《增修營建產品法規》強調了循環經濟的原則，鼓勵使用可再生材料和資源回收，這與《循環經濟行動計劃》的目標相呼應。此外，該法規還促進了《數位產品護照》（Digital Product Passport, DPP）^[33]的推動，旨在為產品提供詳細的數位分身資料，幫助消費者和企業理解產品的環境影響和永續性，促進資源的有效使用和回

收。《增修營建產品法規》在 2022 年提出並直在 2024 年正式上路，與 2023 年推出的《綠色政綱產業計劃》（The Green Deal Industrial Plan）^[34]可相輔相成，前者在營建產品層面提供了必要的標準和框架，後者專注於促進整體的綠色技術和產業發展。除了以上政策，《綠色公共採購》（Green Public Procurement, GPP）^[35]也是歐盟推動永續發展的重要措施，ISO 20400 永續採購國際標準^[36]則是可實現此一措施的具體準則。透過《綠色公共採購》，旨在推動政府和公共機構在採購產品、服務和工程時，將環境影響作為考量因素，以促進永續發展和減少碳足跡。歐盟鼓勵各成員國將《綠色公共採購》納入公共採購政策中，進而從產品面、產業面、需求面促進環保產品的市場佔有率，以支持歐盟的氣候和環境目標。

建築資訊塑模建立永續人居環境透明信任基礎

總結來看，全球人居環境正經歷一場深刻的變革，這一過程既受到國際標準與技術創新的推動，也受到歐盟和英國等國際政策的影響。從《聯合國氣候變化綱要公約》到英國的碳淨零政策，再到倫敦計劃與歐盟的綠色政綱，這些措施共同為營建產業的永續發展提供了技術框架和政策支持。隨著全球淨零排放目標的推進，營建產業需要在碳管理、材料再利用和資源循環方面進行不斷創新，為未來智慧城市的建設奠定基礎。

國際標準為全球營建產業提供一致的技術框架，促進國際間的合作和交流。根據 ISO 15392 國際標準^[37]，人居環境的永續管理涵蓋社會、環境和經濟三個面向。要確保人類社會的長期發展，必須在自然環境與人居環境之間達成平衡，並以產品和服務來支撐經濟活動，進而體現文明的價值。透明性在這個過程中至關重要。藉由可追溯和可驗證的資訊流，可以貫穿人居資產的全生命週期，這需要 ISO 19650 系列標準來構建可靠的決策基礎和透明的資產資訊。

在人居環境的永續評估中，不論是建築物（ISO 21931-1）^[38]還是基礎設施（ISO 21931-2）^[39]，其全生命週期的評估都依賴營建產品。ISO 22057 國際標準^[40]進一步界定了如何透過 BIM 資料樣板連結營建產品的《產品環境宣告》（EPD）。《產品環境宣告》提供了建材在全生命週期中的環境影響，特別是碳足跡。因此，藉由 BIM 資訊管理流程，可以以積木方法構建《全生命週期碳排放評估報告》和《循環經濟報告》，

甚至可能成為《數位產品護照》資訊流的核心。這種透明化的資訊揭露，將有助於促進永續採購和關鍵決策，進而實現城市和國家的淨零排放目標。因此，BIM 就是營建產業雙軸轉型的關鍵。

參考文獻

- United Nations. (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- United Nations. (1998). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations. Available at: https://unfccc.int/kyoto_protocol
- United Nations. (2015). Paris Agreement. United Nations. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2021). Nationally Determined Contributions (NDCs). UNFCCC. Available at: <https://unfccc.int/ndc>
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 14001:2015 Environmental management systems – Requirements with guidance for use.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 14064-1:2018 Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 14067:2018 Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification.
- HM Government. (2011). Government Construction Strategy 2011. UK Government. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy>
- HM Government. (2013). Construction 2025: Industrial Strategy for Construction. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/construction-2025-strategy>
- HM Government. (2017). The Clean Growth Strategy: Leading the way to a low carbon future. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/clean-growth-strategy>
- HM Government. (2019). Climate Change Act 2008 (2050 Target Amendment). UK Government. Available at: <https://www.legislation.gov.uk/ukdsi/2019/9780111187654>
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2020). Energy White Paper: Powering Our Net Zero Future. UK Government. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/energy-white-paper-powering-our-net-zero-future>
- HM Government. (2020). The Construction Playbook. UK Government. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/the-construction-playbook>
- UK BIM Framework. (n.d.). The UK BIM Framework. Available at: <https://www.ukbimframework.org/>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles.
- Infrastructure and Projects Authority. (2021). Transforming Infrastructure Performance: Roadmap to 2030. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/transforming-infrastructure-performance-roadmap-to-2030>
- Centre for Digital Built Britain. (2020). National Digital Twin Programme. Available at: <https://www.cdbs.cam.ac.uk/what-we-do/national-digital-twin-programme>
- HM Government. (2021). Net Zero Strategy: Build Back Greener. UK Government. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/net-zero-strategy>
- United Nations. (2021). The 2021 United Nations Climate Change Conference (COP 26). UNFCCC. Available at: <https://ukcop26.org/>
- British Standards Institution. (2021). The London Declaration. Available at <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/uk-national-standards-body/london-declaration/>
- International Accreditation Forum. (2024). IAF and ISO Publish Joint Communiqué on Addition of Climate Change Considerations to MSS. Available at <https://iaf.nu/news/iaf-and-iso-publish-joint-communicue-on-addition-of-climate-change-considerations-to-mss>
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements.
- Greater London Authority. (2021). The London Plan 2021. Available at: <https://www.london.gov.uk/what-we-do/planning/london-plan/new-london-plan>
- Greater London Authority. (n.d.). Whole Life-Cycle Carbon Assessments Guidance. Available at <https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/planning/implementing-london-plan/london-plan-guidance/whole-life-cycle-carbon-assessments-guidance>
- Greater London Authority. (n.d.). Circular Economy Statement Guidance. Available at <https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/planning/implementing-london-plan/london-plan-guidance/circular-economy-statement-guidance>
- British Standards Institution. (2023). PAS 2080:2023 Carbon management in buildings and infrastructure.
- British Standards Institution. (2017). BS 8001:2017 Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations – Guide.
- European Commission. (2019). The European Green Deal. Available at: <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal>
- European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe. Available at <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>
- European Parliament. (2024). Parliament gives its final approval to the revised construction products regulation. Available at https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2024/4/press_release/20240408I PR20303/20240408IPR20303_en.pdf
- International EPD System. (n.d.). What is an Environmental Product Declaration (EPD)? Available at <https://environdec.com/>
- International Organization for Standardization. (2017). ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works – Core rules for environmental product declarations of construction products and services.
- GS1. (2022). Digital Product Passport Architecture. Available at https://gs1.eu/wp-content/uploads/2022/08/Digital_Product_Passport_Architecture_GS1inEurope_March_2022.pdf
- European Commission. (2023). The Green Deal Industrial Plan. Available at: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_en
- European Commission. (2022). Green Public Procurement (GPP). Available at https://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm
- International Organization for Standardization. (2017). ISO 20400:2017 Sustainable procurement – Guidance.
- International Organization for Standardization. (2019). ISO 15392:2019 Sustainability in buildings and civil engineering works – General principles.
- International Organization for Standardization. (2022). ISO 21931-1:2022 Sustainability in building construction – Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works – Part 1: Buildings.
- International Organization for Standardization. (2019). ISO 21931-2:2019 Sustainability in buildings and civil engineering works – Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works – Part 2: Civil engineering works.
- International Organization for Standardization. (2022). ISO 22057:2022 Sustainability in buildings and civil engineering works – Data templates for the use of environmental product declarations (EPDs) for construction products in building information modelling (BIM).





建築淨零 永續轉型 與 國際認證 之經驗成果分享

陳重仁* / 澄毓綠設計顧問有限公司 總經理

本文章分享 SSDC 澄毓綠建築設計顧問公司在推動綠建築與淨零永續轉型中的實務經驗與成果。文章回顧了公司自創立以來，從導入 LEED 與 EEWB 認證的先驅案例，到協助台積電、友達光電等高科技企業實現國際綠建築標準的歷程。同時，探討了數位技術（如 BIM 與智慧建築系統）在節能設計、碳盤查與綠能整合中的應用，並分析了再生能源（如太陽能光電系統）在建築設計中的嵌入式運用。透過這些案例，作者強調整合式服務與跨領域溝通對於成功實現淨零目標的重要性。本文最後展望 LEED v5 認證的新趨勢，指出建築脫碳與韌性設計將成為未來發展的核心方向。

以綠建築創業，預見永續轉型商機

提到 SSDC 澄毓綠建築顧問公司的起源，我不禁回想起當年赴美留學前，受成大建築系的指導老師江哲銘教授的鼓勵與建議，求學重點應該可以著重在未來建築領域裡面的新方向。在美國學習期間，研究方向即為一些新的建築技術與材料知識，為了學習更深入的能源與照明技術知識，更跨校 MIT 修課，奠定了之後的永續綠建築的知識基礎。

畢業後工作時，那時候大約是 2000 年左右，正巧美國綠建築協會 USGBC 正在推廣 LEED 綠建築認證，連哈佛的指導教授都在說這新的趨勢，在當時綠建築評估標準這個概念很新，知道的人還不多。當時工作的建築師事務所，是美東以醫院與實驗室設計著名的事務所 TK&A，特別重視永續設計，因為這些建築物的能耗都非常高，也必須很注重室內健康環境品質，因此事務所也很早就在案子中採用永續設計手法，並嘗試進行最早期的 LEED 評估認證，我也因為有這個機會接觸 LEED 標準，後來順利通過 LEED AP 考試，

成為第一個取得 LEED AP 資格的台灣人。

一般在事務所工作的年輕設計師，都會是事務所中操作 CAD 的主力，因此也在參與事務所評估 3D CAD 軟體的機會中，遇見 Revit 軟體的創辦公司 Charles River Software，並與事務所同仁一起接受了 Revit 的培訓，了解到 BIM 建築資訊模型的強大功能，也認知到了未來在建築領域，Green 跟 BIM 一定是會結合在一起。

這些種種機緣，讓我在 2004 年回台後，於潘冀聯合建築師事務所工作時，帶進了最新的綠建築設計觀念，包括 LEED 認證標準，以及最新 3D 建模工具 Sketchup。在事務所工作期間，陸續參與了台積電半導體廠與友達光電面板廠的設計。

特別的是，設計台積電廠房時，必須在台積電內使用跟國外軟體公司開發的資訊模型軟體來建模，以便於施工前檢討建築、空調與機電系統設計，管線空間管理與碰撞，以及製程設備尺寸配置等，登入程式後可以在虛擬的 3D 空間中看見其登入程式的設計人員、工程師，甚至是台積電的主管們，可以在線上虛擬空間中看著 3D 模型討論與檢查設計，這應該是台灣最早的 BIM 工具實務應用案例了，也是一種數位孿生的雛形。

* 通訊作者，jrchen@segreene.com

後來因為台積電建廠主管知道我有 LEED AP 資格，在當時建南科十四廠的時候，便興起申請 LEED 認證的念頭，目的是要嘗試讓最新設計興建中的廠房，符合國際最新的綠色設計標準，同時也要取得台灣的 EEWL 綠建築標章，全面性的提升廠房的綠色性能。我們認為半導體廠房導入綠建築設計，是一個台灣產業的創舉，在討論了可行性之後，便著手開始進行。觀察半導體大廠的決策動作，覺得綠建築應該是一個可以投入發展的專業工作，因此興起了用綠建築創業的念頭，那時候是 2006 年。

高科技業開啟了台灣建築物邁向國際綠建築認證的序幕

在創業前已經跟台積電在 LEED 認證工作起了個頭，後來創業後便繼續輔導台積電。經過兩年多所有參與團隊的努力，讓台積電南科 14 廠在 2008 年取得台灣第一個 LEED 黃金級認證，同時也取得台灣 EEWL 黃金級綠建築標章。

在輔導台積電的同時，友達光電也希望設計中的最新中科面板廠，也導入 LEED 設計並申請認證，希望能成為全球第一個取得 LEED 認證的面板廠房。因為也參與過友達光電廠房設計，所以駕輕就熟，在台積電取得 LEED 認證幾個月後，友達中科廠也順利取得 LEED 黃金級認證。這兩個國際綠建築認證案例，開啟了台灣的建築物邁向國際綠建築認證的序幕，以及成為 LEED+EEWL 雙認證的先鋒案例！

台積電取得第一個認證之後，每個新廠都要有 LEED + EEWL 雙認證便成為台積電的「綠色建廠政策」，十幾年來從未間斷，包括現在美國亞歷桑納州廠區以及日本熊本廠區，而且等級都要黃金級以上；友達光電也將 LEED+EEWL 雙認證列為建廠標配，納入友達的綠色承諾之一，友達光電后里廠更取得台灣第一個 LEED 白金級認證！

在工業用綠建築中，建築內部的節能是一大重點

在台灣追求高標準的綠建築設計，很特別，是電子廠開始帶起風潮的。自從台積電與友達光電兩廠取得 LEED 認證之後，我們陸續協助聯電、宏達電、台達電、日月光、奇美、富士康等公司的廠辦取得 LEED 認證，基本上這些企業都是接國際品牌大廠的訂單，或者是產品賣到全世界，特別是大家所熟知的蘋果供應鏈，

因此特別需要跟隨國際標準，不只是產品必須綠色環保，連生產廠辦都要是符合國際標準的綠建築，而台達電，節能減碳更是其商業模式的核心。

在綠建築標準中，大致要檢討基地生態環保、綠色交通、節能、節水、材料與室內環境品質，在工業建築中，節能都是大重點，晶圓廠與面板廠，是兩大最耗能的產業，尤其一座新世代面板廠的耗能，通常抵得上一個小城鎮；而一個電子廠執行 LEED 後的節能成效，相當於五、六千戶以上住宅的節能成效。

所以長遠來看，工業建築的低碳轉型是必須走的路，尤其是在導入 LEED 節能設計之後，這些半導體廠在設計的時候，有機會以全廠系統性的來檢討節能這個議題，而電子廠內的設備系統複雜，也需要精密的電子儀表來監控，因此我們在綠建築認證裡面要求的數位監控儀表部分，包括能源使用與空氣品質，反而都不是問題。這些大廠當年也都陸續開始進行碳盤查，而有 LEED 的能源計算與監測成果，也可貢獻碳盤查數據。

從現在的角度來看，當時這些企業的這個動作，已經是綠色轉型的開始了。到現在，一線的大廠，都已經準備就緒，現在是大廠上下游供應鏈，開始陸續要準備轉型，積極減碳，否則未來可能無法進入這個與國際趨勢緊密連結的龐大綠色供應鏈。

綠建築對外商已經是標配，傳產陸續跟上

另外，對於布局台灣的外商來說，從 2010 年左右起，就開始針對於坐落於台灣的辦公室要求符合 LEED 標準，一開始是外商銀行，例如花旗、星展銀行等，到現在，幾乎所有在台灣的知名外商，包括蘋果、Google、微軟、臉書、輝達等，高等級 LEED 綠建築認證已經是標配，要進駐的辦公室必須有 LEED 認證或是 WELL 國際健康建築認證，WELL 認證是近年來因為 ESG 議題而興起的國際標準。最近幾年內澄毓參與的 A 級商辦，基本上都有黃金級以上的雙認證，這點影響了台灣的商用不動產開發商，在投資高檔次商用不動產的時候，都會導入高等級 LEED 認證需求，希望租或賣個好價錢。

根據最近不動產業的調查，高等級綠建築的商用不動產價值提升高達 10%~15%，當時澄毓參與的台北南山廣場的租金溢價效益，甚至高達 30%！這樣的效益，正是目前驅動台灣不動產界朝向淨零永續轉型的主要動力。

最近十年，傳產也加入了綠色減碳行列，主要是台商於海外投資設廠的傳產，包括製鞋業、成衣業，與相

關供應鏈等，傳產代工廠基本上是遵循國際品牌大廠的要求，必須取得 LEED 認證。澄毓陸續輔導，甚至參與了 NIKE 與愛迪達等品牌代工廠的設計與 LEED 認證工作，協助這些台廠的廠辦取得 LEED 認證，這樣也穩定了代工廠的訂單。

澄毓經歷了台灣各產業的永續轉型

澄毓因為可以提供全方位整合式的綠建築服務與智慧建築服務，讓澄毓一路上可以提早參與台灣重點產業的淨零轉型工作，包括電子業、傳產、公共工程、商辦以及住宅建案，在綠建築與淨零的轉型過程，而提供智慧建築服務，也有機會讓澄毓在服務綠建築同時，把智慧建築整合進來，尤其是目前在綠建築也是必備的能源管理系統，未來更會朝向智慧化雲端能管系統邁進，澄毓甚至是透過整合式的服務，在專案前端協助擔任系統整合者的角色。

永續淨零轉型的工作內容中，最難的部分是「溝通」與「整合」。綠建築執行過程涉及龐大的整合工作，永續淨零轉型更是綠建築工作的升級版，而這需求對很多單位來說，是來得又快又急。一個建築工程涉及建築、空調、機電、景觀與室內設計的整合，現在又要整合節能技術、再生能源、綠色裝修、韌性設計等新議題，甚至是最新的建築能效議題，以及建築蘊含碳議題，一個案子絕大部分的利害關係人都沒有相關經驗，要落實有時候不是技術的問題，而是沒有共識與決心。因此要達到以較高的成效，在利害關係人之間的溝通說明與整合共識，是蠻關鍵的。就像現在專案裡面的 BIM 工作內容，大家常有不一樣的意見與看法，導致成效不彰。因此，永續淨零轉型這工作是需要有相當的決心的，這點公共工程就很適合帶頭，透過整合民間資源，把這產業帶起來。

再生能源利用是下一步綠建築的大重點

在我們輔導的案子裡，基本上都會納入再生能源議題，電子大廠也都除了裝設太陽能系統之外，也開始購買綠電。近年來，我們也發現，品牌對代工廠綠能的要求比例越來越高，因此我們在輔導或是設計廠辦的時候，都會把太陽能光電系統考慮進來，並且把未來擴充的可能性都考量進來，因為，品牌客戶對淨零碳排的要求只會越來越高。

為了呼應全球 2050 淨零碳排的目標，政府也公告

了淨零路徑，各縣市政府的淨零自治條例也陸續出台，再生能源條例 12-1 條修正案也於去年通過，未來新建建築將強制裝設一定比例的再生能源系統。澄毓參與的綠建築案，原則上 100% 都有太陽能光電系統，正因為如此，澄毓有機會在輔導的案例上面，協助強化再生能源的利用率，提高建築能效，並引導再生能源廠商進入建築市場，我們的主要工作，會是在再生能源系統與建築介面的設計整合，導向 BIPV 建築整合式光電系統設計。然而我們發現，台灣的綠能產業在這部分的著墨比較空白，這反而成為我們可以發展的優勢。

以往再生能源發展大多是聚焦在基礎建設，未來再生能源產業將跟建築業大重疊，這也讓我們看到下一步，再生能源在建築產業上的商機。因此，澄毓在今年也設立了綠能事業部門，除了輔導專案綠建築認證之外，也協助專案提升再生能源的利用率。

淨零與韌性設計是國際綠建築認證的下一步目標

因應全球淨零 ESG 趨勢，聯合國氣候大會也呼籲，未來建築應朝向高能效高再生能源利用率，以及韌性設計方向前進，目的是希望在 2030 年以前，讓新建建築能夠脫碳，到 2050 年所有的建築物全面脫碳。

因此，LEED 認證的下一版本 v5 版將有重大變革，其目標為驅動建築走向更符合公平、具備韌性，並能讓人們安全使用資源的低碳環境。因此新版本更針對三個核心目標分別調整得分比重為：脫碳（50%）、生活品質（25%），以及生態保護和恢復（25%），其中建築物脫碳的比重高達 50%！此外規定中也要求，欲取得白金級認證的建築物，要節能滿分（節能 50% 以上），並且 100% 利用再生能源，這將能加速節能綠能相關產業的發展，對於我們推動國內建築的淨零轉型與綠建築標準的更新，也有很大的示範作用。

基於上述原因，無論是在何種產業，淨零綠建築已經逐漸成為剛性需求。由於我們的工作是緊貼著國際 LEED 認證以及淨零建築，我們一方面協助企業取得各項國際綠建築認證，一方面也參與規劃與設計，到現在更協助業主分析與整合 ESG 的議題，透過綠色設計與跨領域整合，協助業主透過淨零綠建築的落實，達到企業 ESG 的目標。我們覺得最值得高興的是，在這過程中，可以產出許多淨零建築相關的設計與工程經驗，用來協助未來案子，更容易達到永續淨零的目標。 



中興工程顧問 數位轉型 輔助 淨零轉型 之現況與展望

黃琬淇*／中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 副經理

廖翊含／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

許睿叡／中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 工程師

嚴世傑／中興工程顧問股份有限公司 執行副總經理

繼我國於 2021 年呼應國際趨勢宣示 2050 淨零轉型目標並將之入法，從而推出一系列相應管制措施至今，百工百業無不面臨衝擊與挑戰，公共工程各界亦然。中興工程顧問早在 2009 年即投入公共工程節能減碳議題之研發與實作，並在數位轉型尚未成為潮流時，即推出平台支援相關經驗數據的蒐集與處理，進而得以與近年公司推動數位轉型而理出的知識管理三迴路框架及內部 Single 搜尋引擎相串聯，系統性整合專業工程減碳策略與盤查資料並開發碳排量化輔助系統，協助正確發展階段性減碳目標與策略，期透過知識工具的共享與產業鏈攜手，加速達成國家淨零目標及永續發展。

我國二氧化碳排放量約佔全世界的 1%，雖因政治因素無法直接參與聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC），但在經濟共榮發展與社會道義責任的綜合考量下，我國政府與民間團體仍積極主動參與各年度締約國大會（COP），並針對各項國際管制策略與減量目標等共識作為，對應進行國家策略與目標之研訂。伴隨 2021 年總統響應國際趨勢，宣誓臺灣 2050 淨零轉型目標後，國內各界現正再次開展一系列淨零轉型、落實永續發展的具體作為，包括法規公告：2023 年 2 月公告氣候變遷因應法、組織改制：2023 年 8 月環境部揭牌、成立專責單位「氣候變遷署」，以及中央與地方各機關紛紛響應臺灣 2050 淨零排放路徑及策略，發展的各式治理目標與策略。當前迫切且較大幅度的轉變與中長程的規劃與作為，將會是影響下一世代生活與發展模

式的重要關鍵與作為；也因此，公共工程相關管理機關與上下游產業供應鏈該如何面對與妥適銜接這一波淨零轉型，實為近期極為重要的課題。

以公共工程為主體推動節能減碳、落實環境保護，協助國內綠色產業發展的觀念，其實早在 2009 年就先有一波開展，只是用詞並非現在耳熟能詳的淨零碳排。先是 2009 年 3 月就有當時的行政院長在的「全國公共工程會議」中指示：編列「振興經濟擴大公共建設投資計畫－落實節能減碳執行方案」，要求公共工程預算必須含有至少一成的綠色內涵經費；同年 4 月更進一步指示在「振興經濟擴大公共建設投資計畫」中，各項公共建設應有適當比例之經費採用綠色工法或綠色能源相關產品。2010 年行政院接續公告「國家節能減碳總計畫十大標竿方案」其中的第八項：節能減碳公共工程暨標竿型計畫，即責成公共工程委員會（以下簡稱工程會）建構公共工程節能減碳規範，從而

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

有內政部、教育部、交通部、經濟部、農委會及體委會就所轄工程特性訂定節能減碳參考原則。當時這一系列對於公共工程綠色內涵、綠色工法或能源經費佔比的要求，確實有引起工程建設應兼顧環保與節能減碳的關注與探討，但在實務推動上因仍缺乏工程碳排量化相關標準與管制目標等共識，而未能讓工程碳排如同工程品質和成本一般被有效控管。

有鑑於此，工程會在 2013 年除了依據「政府公共工程計畫與經費審議作業要點」函請各機關於研擬及審查新興公共工程計畫時，要求填具與檢視「公共工程先期規劃構想節能減碳檢核表」外，亦同步開始推動公共工程碳排量估算試辦作業，於 2013 ~ 2017 間陸續納管交通部、內政部、經濟部（水利署）與農委會（水保局）和教育部等單位所提報之特定工程，進行工程碳足跡量化方法與結果追蹤，希望能在各工程管理單位不限方法各自發想、同步推動碳排量化與檢核相關作為後，整合回饋出一套能通用於我國工程碳排量化與管理的架構，惟列管後期因國際與國家碳排管制機制亦陷入膠著，工程碳排管制未有明確定位且相關數據蒐集與資訊分析工具為真成熟，成果仍未能發酵並有效延續。

所幸，伴隨國際與國家淨零轉型目標與配套政策在 2021 年後越趨明確，工程會再在 2022 年 8 月公告「公共工程節能減碳檢核注意事項」，要求特定公共工程應依四階段作業原則辦理節能減碳檢核作業，包括：填具「公共工程節能減碳檢核表」、訂定符合機關工程特性之節能減碳檢核機制及設定減碳目標；並鑒於 2022 至

2023 年間經濟部水利署陸續出版「水利工程減碳作業參考指引」規劃設計篇^[1]、施工篇與營管篇^[2]，及於 2024 年 2 月成為全球首獲 PAS 2080^[3] 碳管理證書的國際水利工程暨國內政府部門，逐步展開工程輔助國家淨零目標的對應策略與具體作為^[4,5]。目前已知有：將以引導各相關部會機關訂定減碳指引、提供工程碳排計算工具及設置植樹專區的目標著手，配合修正相關規定的研議，預計於 2026 年中達成指引公布與工程碳估算系統上線等；茲總整我國公共工程碳管理歷史脈絡如圖 1。

相映於圖 1 總整摘要我國工程碳管理這過往逾十年的歷史脈絡^[6,7]，以伴隨國家重大公共工程建設發展為使命的中興工程顧問公司，一如既往在每個里程碑都從未缺席。早在 2010 年即承接經濟部水利署水利規劃試驗所專案，開始以工程全生命週期為考量，就水庫工程碳排量化與節能減碳策略進行評估研究^[8,9]，發展一系列水庫工程碳排放推估量測與調查方法^[10]，完成具工程生命週期考量的水資源開發專案碳管理指引草案^[11]。亦在 2011 年承接交通部運研所專案^[12]，為打造永續、低碳的交通運輸工程，研提一套適用於工程規劃設計階段的碳排放量評估方法與工具，而後相關成果經呈報交通部、行政院獲青睞的機緣下，於 2012 年為國內外以施工與營運階段碳排量（工程碳足跡）盤查效力，開啟迄今已十餘年的工程碳排量化數據蒐集的苦行僧之路。

要能形成團隊、影響機關與承包商、協理廠商投入工程碳盤查先行者之路，在具生命週期考量的碳排放國際標準未明（碳足跡規範僅為 PAS 2050^[13]，屬於英國



圖 1 我國公共工程碳管理歷程總整示意圖

暫行標準)的當時,其實也是一項挑戰不可能的艱難任務。但中興工程顧問團隊本於對淨零減碳目標的認同與期待,先是在研究案提出碳排量化方法與必要項目,再基於可行性規劃出當時國內外未見的工程碳足跡盤查作業流程與分工內容,最後參考國內公共工程三級品管架構,建構出工程碳足跡盤查工作與結果檢核機制,並以此發展出契約條文,讓參與工程計畫碳盤查工作的各級單位(工程計畫管理機關、監造單位、盤查輔導團隊、承包商、查證單位)都能於法有據、各司其職,逐階段達成工程施工階段碳排活動清查與排放量化的目標^[14-16]。從而輔助工程計畫所屬機關一路隨國際標準的從無到有,取得 PAS 2050、ISO/TS 14067^[17]乃至於 ISO 14067^[18]查證聲明,且所有盤查成果皆達合理保證等級,並切合當時環保署的相關管制與公告規範,茲總整計畫執行成果如圖 2。

然而,即便歷經重重考驗、從無到有乃至於順利完成工程碳盤查作業首例,讓工程施工、營運階段碳足跡量化方法得以驗證,執行流程與成果能夠透明公開為其他工程所借鏡,卻在現今時有營建領域先進的貶損言論。究其說法,主要是因為工程受多重環境因素影響,並非量產、重複性產製的產品,最終結果較偏向一次性數據而認為投報率過低所致。所幸,中興公司自承作第一個工程碳足跡盤查計畫時,即以數據系統化蒐集、作業平台化留存的構想,規劃出獨一無二的工程碳足跡盤查資料管理系統架構,並以盤查啟始會議必須搭配教育訓練的機制,讓盤查數據蒐集主要作業人員都能在工程初期,即逐漸熟悉系統操作與登錄作業事項、線上完成各自負責的工作,從而能隨工程推進持續掌握不同工程排碳項目的活動量,最終以系統輔助盤查過程資料及排

放清冊內容的驗證。

由 10 餘年後的現在,回顧如此不同於當(2012)年:尚有許多廠商以紙本或試算表檔案提交施工日誌的做法,其實也就是一種改善作業流程的數位轉型方案。這也使得當初執行盤查作業的成果不只是一個某工程計畫的碳足跡排放量,而是能夠跨越時空的重要工程盤查過程資訊,恰能與近期中興公司近年所推動之數位轉型諸多技術細節與框架相銜接,成為中興公司內部知識管理實案例的一環。以下即先以中興公司推動數位轉型成果與知識管理框架作為簡要說明,再就以相同的框架輔助過往碳管理相關資料重整、支援淨零轉型的現階段成果做說明。

中興公司數位轉型成果與知識管理框架

基於對數位轉型的必要性的認同以及人力物資的具體投入,中興公司於 2019 年成立全新跨部門、由經管會直接督導的任務型組織:BIM 及創新委員會,推動提升各部門數位創新應用的能力與方法。透過將數位創新應用方法列入部門年度品質管理目標及將相關平台的使用納入獎勵等多管齊下、軟硬兼施的制度輔助,持續深化部門內的數位工具應用能力、部門間的專業技術數位整合能力,以及累積公司上下全體同仁的數位認同。從而將近期推動標準化、自動化、平台化、智慧化之重要工作成果彙整,在國內最具規模的數位轉型評選盛會、獲獎率不及 25% 的數位轉型鼎革獎連續兩年獲得六項入圍、五項獲獎的殊榮,得獎的主體含括領導人、企業整體、商業模式(設計作業、監造作業)及營運管理,為工程相關產業全方位推動



圖 2 中興工程顧問公司碳管理實績 (以工程生命週期為軸線綜整)

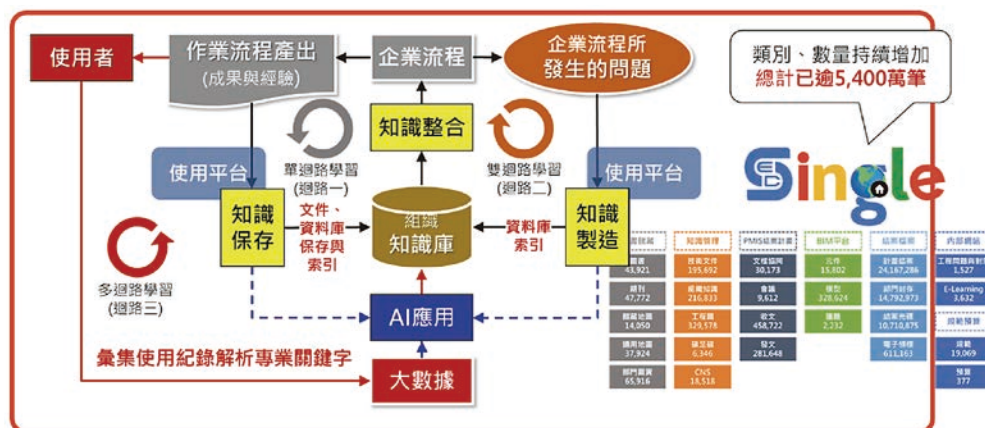


圖 3 中興工程顧問公司知識管理三迴路架構與 Single 搜尋引擎示意圖

(2024 數位轉型鼎革獎智慧管理轉型獎獲獎專案)

與落實數位轉型的實證。其中，中興獨有的知識管理三迴路框架（如圖 3）是為整合過往經驗與技術的關鍵架構，也是榮獲第四屆數位轉型鼎革獎智慧管理轉型獎項、本研究應用於開發淨零轉型輔助系統的依據。

中興過往 30 年執行各式工程專業技術服務的經驗與成果，都有因應時空背景條件，以當時可行的典藏技術進行最佳的保存與建檔，一路由複印紙本、掃描建檔乃至於現今各型式電子檔留存。然而，知識與資訊的價值不僅是有留存，而是要能夠被有效應用。為此，除了透過平台輔以流程改善，幫助無痕收存自產及外部回饋的資訊之外，中興嘗試建構出可蒐集使用者資訊應用軌跡的第三迴路輔助系統，自主設計與開發出內部搜尋引擎，並以 Single 為其名代表這是查知中興公司數位資源單一的（single）入口同時表達向搜尋引擎龍頭（Sin（otech + goo）le）致敬之意。

歷經近三年餘的努力，藉此活化累積的內部數位資產從一開始的近千萬筆，迄 2024 年中已來到五千多萬筆，可索引內容包含：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，讓公司內部各不同年齡層、不同資歷與不同專業面向的工程師們，都能有效查找、靈活運用公司與部門知識，並藉此留存相關查找邏輯，作為未來訓練各專業技術工程師智慧助理的基礎。

中興公司切合淨零轉型目標的數位轉型作為

如同前章中興公司知識管理三迴路的資訊蒐集與供應邏輯，中興公司內部因自發響應國家 2050 淨零，於 2022

年即究未來工程計畫生命週期各階段可能為此面臨的挑戰啟動研發專案，開始致力與過往碳管理經驗資訊的整理與活化工程：第一步就是整合過往碳管理相關作業的數據資料。以支援施工階段的工程碳盤查系統及營運階段的組織型盤查系統為例，過往主要是因應個案工作執行流程與支援計畫成果交付所需而開發，故資料流與資料儲存處理架構都是以單一系統運作的最有效性為考量（如圖 4 右）。

為了能從這些各自運作專案碳盤查資訊系統中擷取最重要的資訊資源：係數資料，從而讓它們可再次被應用於其他工程階段的技術服務工作，中興公司研發及資訊部首先利用標準化的概念重整輔助查證的各式盤查係數，並解析國內外公告碳足跡係數資料的屬性欄位，取關鍵聯集建置一套中興的工程碳足跡係數詮釋資料（meta-data）欄位，讓來自不同來源的係數都能有套一致的描述方式，在 Single 中為工程師所查詢與了解。

除了活化原本分散於施工、營運碳盤查系統中的數據，中興公司也秉持碳排資訊應回饋於規劃設計階段，才能更有效做好工程排碳控制、提升碳管理效益的核心理念，設計開發碳排估算輔助系統。基於前段新開發完成、可有彈性整合內外部工程碳足跡係數的資料庫系統，配合目前在工程設計階段既有可取得的碳排活動數據估計值：預算書的各資源項目活動量，輔助有效估算工程計畫的生命週期碳排量，讓工程師能在有限的設計時程內可顧及專案整體的減碳成效、研提較佳的低碳可行方案（如圖 4 左）。

同樣基於知識管理第三循環：累積與活用使用者經驗的框架，中興在 Single 碳足跡係數查詢模組後，緊接開發碳排估算輔助模組，改善過往個案進行碳估算經驗僅為一次性成果交付的狀況，將經驗資訊儲存並轉而成為能供其



圖 4 中興公司數位轉型作法輔助淨零轉型的實作示意圖

他計畫參考之資訊。進而以能明顯越趨減輕未來執行工程碳排排估算的壓力，以及間接輔助工程淨零任務為誘因，促成公司內各專業預算工程師基於其對於各訂工程工項編碼的了解，藉由跨部會的相互溝通與協商，研訂中興工料分析手冊。

藉由可持續擴充的工程碳排係數資料庫、與精進版碳排量化輔助工具的開發完成（如圖 4 中），中興公司將透過資源項目與碳足跡係數間所形成連結的可追溯性，逐步達成可有效評估、未來可自動化，進而再向工程生命週期的前段、輔助可研及基設階段評估方案碳排量的目標，落實以數位轉型做法支援淨零轉型作為的發展途徑。

中興公司工程碳管理系統架構

比照面對數位轉型挑戰時採取的務實累積、穩健成長策略，對於一樣是需求與要求同時快速發生，必須立即面對且採取作為的淨零轉型挑戰，中興公司亦積極整合公司跨部門之力，於 BIM 及創新委員下設置淨零轉型策略小組，促成環工、路工、園區、軌道、建築、機械工程與資訊部門的協力，強化內部淨零共識；透過內部工程碳足跡係數查詢平台與碳排估算輔助平台的操作教學課程的辦理及外部 PAS 2080 企業專班的導入與選訓，在提供碳排量化與減碳策略作業支援工具的同時，於公司內形成數位認知與碳管理目標與策略的認同，讓轉型之路得以持續落實，以衝擊較小的漸進式帶動所有同仁、甚而影響產業鏈能一同進入可達成全球、國家、企業永續的發展模式與新世代。

也因此，如同以中興公司數位轉型的重要資訊蒐集觸手：計畫管理資訊系統（Project Management

Information System, PMIS）推出公益版，中興公司在 2024 年 10 月下旬辦理的中興集團年度研討會「公共工程系統性減碳作為研討會」上亦推出工程碳排計算器推廣版^[19]：將如何以 PCCES 預算書自動連結碳足跡係數、完成設計階段工程碳足跡估算工作，以及現階段有初步成果的軌道工程、園區及城市開發與高速公路工程等工程碳排概算工具，直接以系統化的方式線上提供給對此議題有興趣的各界人士了解測試，期盼能藉此拋磚引玉，吸引並帶動更多投入工程輔助淨零減碳議題的關心、意願與資源。

憑藉著對工程碳管理發展流程及工程全生命週期各階段可取得、分析資料的掌握與瞭解，中興公司現正規劃以更多跨階段、跨專業、跨資訊系統的資料串連與整合模式，匯集出兼具工程預算管理與碳排控制考量的系統架構如圖 5 所示，作為輔助形成工程碳管理決策如：碳管理基線確認、碳管理目標設定、碳管理策略制定與追蹤管考等的科學性基礎。

結論與展望

回顧近年全球所面臨的各式極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

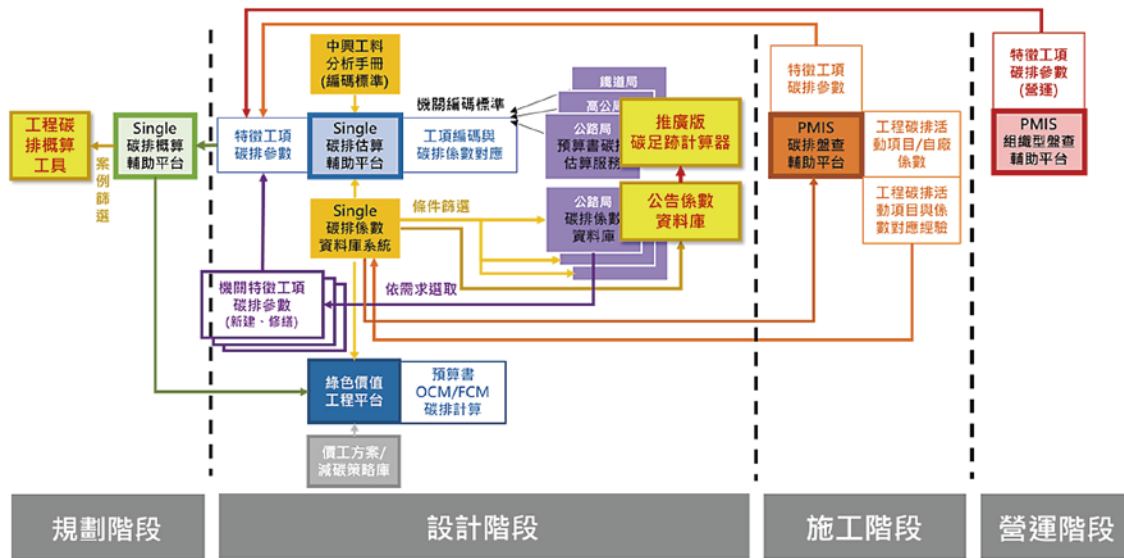


圖 5 中興工程碳管理輔助資訊系統架構規劃

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，與因時因時制宜的程式設計與開發等，將會是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，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，中興公司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. 經濟部水利署，民國 111 年，「水利工程減碳作業參考指引—規劃設計篇」、「水利工程減碳作業參考指引—施工篇」，出版品。
2. 經濟部水利署，民國 112 年，「水利工程減碳作業參考指引—營管篇」，出版品。
3. PAS 2080 (2023). Carbon Management in Buildings and Infrastructure. (建築與基礎建設碳管理國際標準)
4. 行政院公共工程委員會，民國 113 年，「公共工程減碳策略規劃」，公共工程系統性減碳作為研討會 Keynote 簡報資料。
5. 英國標準協會台灣分公司，民國 113 年，「PAS 2080 建築與基礎建設碳管理國際標準推動進程與實例」，公共工程系統性減碳作為研討會 Keynote 簡報資料。
6. 行政院公共工程委員會，民國 97 年，「永續公共工程—節能減碳政策白皮書（核定本）」。
7. 行政院公共工程委員會，民國 99 年，「公共工程納入節能減碳與綠色能源之策略及作法」，簡報資料。
8. 經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 100 年，「碳排放資訊於水資源有效用之評估」，計畫期末報告（中興工程顧問公司執行）。
9. Wang, Y.H., C.Y. Su, W.C. Huang, Y.C. Kuang, Y.D. Huang, W.L. Wu, C.P. Chu and Y.J. Chung, (2014). A Preliminary Estimation on Carbon Footprint of Raw Water from the Reservoirs for Domestic Use in Taiwan, British Journal of Environment and Climate Change, Vol. 4, No. 1, pp. 45-65.
10. 經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 102 年，「水庫系統碳足跡與水資源工程溫室氣體排放量評估（總報告）」，計畫期末報告（中興工程顧問公司執行）。
11. 經濟部水利署水利規劃試驗所，民國 104 年，「水資源工程計畫碳管理制度研究（總報告）」，計畫期末報告（中興工程顧問公司執行）。
12. 交通部運輸研究所，民國 100 年，「交通運輸工程碳排放量推估模式建立與效益分析之研究」，計畫期末報告（中興工程顧問公司執行）。
13. PAS 2050 (2008). Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. (英國商品和服務生命週期溫室氣體排放評估暫行標準)
14. 邵厚潔、李民政、李怡德、黃琬淇，民國 101 年，「碳管理構想與碳足跡盤查—以 9 線蘇花公路山區路段改善工程作業執行現況」，土木水利，第三十九卷第六期，第 35-41 頁。
15. 黃琬淇、夏明勝、許珮蒨、周武雄、曠永銓，民國 102 年，「蘇花改計畫工程碳管理制度之發展與應用」，工程，第八十六卷第六期，第 44-50 頁。
16. 黃琬淇、林彥宇、周武雄、許珮蒨、楊伊萍，民國 103 年，「道路工程碳足跡盤查規範制度」，中興工程季刊，第 125 期，第 86-94 頁。
17. ISO/TS 14067 (2013). Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification and communication. (溫室氣體—產品碳足跡—量化與溝通要求與指引國際標準技術文件)
18. ISO 14067 (2018). Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification. (溫室氣體—產品碳足跡—量化要求與指引國際標準)
19. 中興工程顧問股份有限公司，民國 113 年，「SINOTECH 工程碳排放估算器」，線上系統，<https://carboncalc.sinotech.com.tw/>。



公共工程 綠色採購 的重要拼圖 ——進口建材 申報碳排

古國廷／臺灣水泥股份有限公司永續辦公室 研究員
葉毓君*／臺灣水泥股份有限公司 永續長

本研究聚焦於公共工程低碳採購的挑戰，特別是進口建材碳排放申報的制度現況與未來發展。文章回顧了國內外低碳採購政策的推動背景，以及公共工程在實現淨零排放目標中的關鍵作用。台灣水泥分析碳足跡標籤在建材供應鏈管理中的應用，並指出透明且標準化的碳排放數據對政策執行的重要性。本文最後提出透過進口建材原物料碳排溯源，能有效提升建材碳管理效能，為低碳採購奠定基石。

2024 年 8 月 29 日環境部公告碳費三子法，10 月 7 日碳費費率審議會決議費率，一般費率每噸二氧化碳當量 300 元，優惠費率 A 與 B 各別為 50 元與 100 元，臺灣正式邁入碳有價時代。

全球 75 個國家或地區實施碳定價制度，臺灣急起直追加入行列。碳有價是淨零轉型重要基礎之一，然而減碳需要技術研發，政府透過綠色採購成為低碳產品「第一個買家」，有助產業低碳轉型，這也是歐美國家提倡低碳建材公共工程採購的原因。

臺灣公共工程委員會響應國際趨勢，2024 年 6 月開設碳排強度資料庫，只可惜設計出發點仍為「業者自願申報」；緊接著環境部長彭啟明 10 月表示 2025 年從進口水泥鋼鐵開始試申報碳排，無疑為臺灣公共工程低碳採購補上重要拼圖。政府未來如何設定公共工程蘊含碳減量目標，讓全球最大溫室氣體排放源之一的公共採購，華麗轉身成為淨零轉型火車頭，將是臺灣達成淨零目標的關鍵（圖 1）。

* 通訊作者，shellyyeh@taiwancement.com



圖 1 公共工程為臺灣的水泥與混凝土最大買家，一年混凝土採購量約達 4,319 萬公噸；據工程會估算，台灣公共工程碳排約佔全國碳排 1 成。

淨零轉型火車頭 政府採購當低碳產品第一個買家

根據 WTO 2023 年底於 COP28 會議發布報告《氣候行動之貿易政策工具 Trade Policy Tools for Climate Action》指出，各國政府每年採購金額約 13 兆美元，占全球 GDP 13%。世界各國政府採購所產生的直接與間接排放，約占全球總排放 15%。

因此政府推動綠色政府採購（Green Government Procurement），藉由採購低碳產品與服務，創造市場、

引導企業創新，進而顯著減少溫室氣體排放，並創造經濟效益與就業機會。依據世界經濟論壇 WEF 估算，政府透過政府採購減碳，可創造約 4 兆美元經濟效益，以及 300 萬個綠領就業機會。

依據 IEA 國際能源總署提出的 2050 淨零路徑圖，2030 年全球減碳主要依賴既有減碳技術，然而 2030 年之後至 2050 年，近半數減碳效益來自新的減碳技術，這時政府藉由綠色採購，成為「第一個買家 first customer」有助減碳技術研發創新。

全球政府公共採購碳排達 75 億噸 CO₂e 公共工程占 12%

根據世界經濟論壇 2022 年報告《綠色公共採購推動淨零經濟 Green Public Procurement: Catalysing the Net-Zero Economy》指出，公共採購每年產生之溫室氣體排放量達 75 億噸 CO₂e，其中公共工程占整體排放 12%。若進一步分析公共工程排放來源，最大宗來自水泥，占公共工程排放量 23.5%。

世界經濟論壇進一步分析公共採購於各行業別營收占比，公共工程採購占整體營建產業營收 25%，僅次於國防、廢棄物處理產業，因此政府帶頭落實綠色採購可引導前述行業減碳。

歐美國家帶頭提倡 低碳建材公共工程採購

有鑑於此，聯合國工業發展組織（United Nations Industrial Development Organization, UNIDO）等組織，於 2021 年共同發起工業深度減碳倡議（Industrial Deep Decarbonisation Initiative, 以下簡稱 IDDI），聯手政府部門、企業、組織推動水泥、混凝土、鋼鐵深度減碳。希望藉由綠色公共採購，創造低碳、接近零碳排之水泥、混凝土市場需求。

IDDI 於 2023 年 12 月提出綠色採購宣示，共有加拿大、德國、英國、美國等國政府響應，透過公共採購推動水泥等建材減碳。摘錄各國採購案例如下：

1. 加拿大：2025 年將針對政府主要建案計算全生命週期碳足跡；聯邦政府建案優先使用低碳建材等方式，達到建材蘊含碳減量 30% 目標。為此，加拿大公共採購部（Public Services and Procurement Canada）在指標性建案如首都整修議會中央大樓與新建議會迎賓大廳、魁北克新建稅務機關大樓等，使用低碳混凝土與其他低碳建材。

2. 德國：從 2013 年開始，新建聯邦建築或既有建築翻新，需要達到永續建築評估系統（Assessment System for Sustainable Building, BNB）銀級標準。2021 年德國政府修訂相關標準，使低碳水泥、混凝土、鋼鐵等需求增加，進一步邁向德國 2045 年淨零目標。
3. 美國：美國總統拜登 2021 年 12 月底推動聯邦清潔採購倡議（Federal Buy Clean Initiative）與聯邦清潔採購專案小組（Federal Buy Clean Task Force），於美國歷史性鉅額投資翻修交通、建築、能源基礎建設之際，舉凡聯邦政府採購與出資興建建設，聚焦水泥 / 混凝土、鋼鐵、瀝青、平面玻璃（flat glass）等四種高蘊含碳建材，優先使用美國製造之低碳建材。聯邦政府也與 13 個州政府合作，推動聯邦與州政府清潔採購夥伴關係（Federal-State Buy Clean Partnership），由州政府出資計畫優先採購低碳建材。

環境部推自願性產品碳足跡 將助力公共工程減碳

環境部長彭啟明 2024 年 10 月接受媒體訪問，提及環境部正研擬「自願性產品碳足跡管理辦法」，未來將逐步制訂強制性的碳足跡管理辦法，並提及強化公共工程與政府綠色採購，有助我國淨零生態系。

彭部長也進一步補充，未來針對國內課徵碳費的企業，若同業進口原物料與商品，都會要求申報碳排係數及碳足跡，以符合公平正義原則，預計 2025 年要求水泥、鋼筋進口須試申報。環境部上述政策，無疑是工程會推動公共工程減碳一大助力。

公共工程為臺灣的水泥與混凝土最大買家，一年混凝土採購量約達 4,319 萬公噸；公共工程也是臺灣主要排放源，據工程會估算，台灣公共工程碳排約佔全國碳排 1 成，混凝土碳排占公共工程年碳排 17.2%（圖 1）。

至於臺灣公共工程以建材為主的蘊含碳分析，以西濱快速道路八棟寮至九塊厝新建工程碳足跡盤查為例，無論是道路或橋梁之工程碳足跡，蘊含碳排放占比皆達約 90%，其中混凝土碳排占生命週期總碳排更超過 50%。

根據經濟日報 2024 年 10 月 1 日報導，工程會主委陳金德表示將建立排碳係數資料庫，並建立系統估算各項工程碳排放量，2025 年年底將提出自願性「減碳作業參考指引」。環境部推動自願揭露甚至強制性揭露碳足跡，加上進口建材申報碳排，可增加工程會資料庫數據準確度，無疑為公共工程低碳採購打下堅實基礎。

建立進口建材原物料碳排溯源 提高工程碳排資料庫精確度

以水泥業為例，水泥工業同業公會近十年統計，我國年進口水泥熟料量占國內水泥消耗量比例，從 2014 年 11% 急遽成長至 2023 年 25%。

依據 2023 年財政部關務署統計水泥與熟料進口量資料顯示，臺灣前三大進口國為越南（51%）、印尼（26%）、泰國（12%），合占我國進口水泥熟料量的 88%。另依據世界銀行彙整，目前除印尼針對電力業施行排放交易機制 ETS 外，這三個國家皆未針對水泥業施行碳定價。

臺灣若施行碳費，沒有台版 CBAM 做為配套，2026 年開始繳交碳費後將促使更多高碳洩漏風險企業從製造商變成進口加工業。碳費制度實施後，恐讓部分業者減少本地生產量，大幅進口國外無碳足跡資訊、無須負擔碳成本的低價原物料，再進一步加工。而若沒有要求進口原物料申報碳排，恐影響環境部碳足跡與公共工程碳排強度資料庫數據可信度。

舉例進口業者製造水泥產品，從 A 國進口高碳排熟料，從 B 國進口低碳排熟料。A 國無自廠碳排係數，B 國有第三方驗證之自廠碳排係數，當進口業者計算水泥產品碳足跡，因為 A 國進口無申報碳排，依據 ISO 相關規範可使用其他一級數據或資料庫係數，若採用 B 國較低的熟料碳排係數或資料庫係數，就會影響水泥產品碳足跡精確性。

倘環境部要求進口水泥、鋼筋須申報碳排係數及碳足跡，就可以根本解決上述問題。進口熟料、水泥等產品申報實際碳排，國內製造熟料與水泥也申報實際碳排，將可望大幅提高環境部碳足跡與公共工程碳排強度資料庫數據精準度（圖 2）。



圖 2 台泥 2023 年 10 月推出全新卜特蘭石灰石水泥混凝土後，全國已有超過百餘建設與營建公司採用。

土耳其政府帶頭綠色採購 值得同為地震帶臺灣省思

政府在全球低碳淨零轉型扮演至關重要的角色，透過公共工程採用低碳建材當「第一個買家」，不僅減碳，更能引導市場創新，創造經濟效益與就業機會。臺灣藉由進口產品碳排申報建立溯源機制，提高公共工程碳排資料庫精確度，搭配政府未來設定公共工程蘊含碳減量目標，向淨零目標邁出重要一步。

台泥為目前台灣唯一投資歐洲低碳水泥市場的企業，對國際先驅市場推動營建減碳的作為感受更為強烈，也意味著極大的挑戰。台泥子公司 Cimpor 目前在葡萄牙擁有 3 間水泥廠，其中 Souselas 廠 2023 年平均一噸水泥碳排量僅 613 公斤，低於歐盟 ETS 標竿值，因此獲得不少碳權。台泥在土耳其境的 7 座水泥廠，其中 Aslan 廠平均一噸水泥溫室氣體碳排量 628 公斤，Ankara 廠碳排量 652 公斤，皆遠低於一般傳統水泥的全球平均值 900 公斤（圖 3）。

土耳其於 2023 年剛經歷大地震，在全國積極重建時，土國政府也於 2024 年頒布公共工程低碳採購政策，要求土耳其所有公共工程自 2025 年起使用低碳水泥，並訂定明確的熟水比目標。此一兼顧國家韌性與減碳之最新案例，值得同樣身處地震帶的臺灣參考及省思。



圖 3 台泥在土耳其境內的 Aslan 廠平均一噸水泥溫室氣體碳排量 628 公斤，遠低於一般傳統水泥的全球平均值 900 公斤。



AI 在推進營建產業數位轉型之角色與挑戰

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

黎芳玲／國立臺灣大學土木工程學系 博士生

本研究探討人工智慧（AI）技術在推進營建產業數位轉型中的角色及挑戰，聚焦於 AI 的潛在應用及其破壞性創新特性。營建產業長期面臨碎片化、不可複製性、團隊化及去中心化等數位轉型障礙，而 AI 技術中的電腦視覺和大型語言模型（LLM），有機會在營建生產過程之進度管理、品質監控、安全管理及生產力監測等領域提供解決方案。研究指出，AI 的互動性、創造性和多模態分析能力能有效應對現有挑戰，例如自動化施工進度分析和品質檢測。此外，文章強調 AI 技術的長期應用對提升產業韌性的重要性，並提出未來成功導入 AI 的關鍵在於選擇適合的技術應用場景。本文認為，AI 有望引領營建產業的全面數位轉型，為解決人才短缺和提升專案效率提供切實可行的方向。

營建產業數位轉型歷程

營建產業在過去幾十年來經歷多次新科技的引進及數位轉型，包括工法的模組化、文件的數位化、圖紙的模型化、管理的敏捷化等等^[1]，然而即使在這些新科技的驅使下，營建產業似乎總有方式保持原有的步調，套用既有的邏輯、方法將需要執行的工程完成。當然也有另一條支線，希望能夠應用這些新的數位技術，改善原本的處理流程，更有效的達成目標結束工程。在某些情況下，從表面上來看，似乎用土法煉鋼跟新技術導入的方式，都可以達到類似的成果。

土法煉鋼主要藉由過去的經驗彙整，應用原有的資訊及方法，轉換至新的工程專案中，從表面上看，並沒有太多額外的學習成本支出。在另一方面，新技術的導入卻需要在前期投入高昂的成本，並同時有著陡峭的學習曲線^[2]。若在成果類似的印象下，必須要有更大的動機或者鼓勵措施才能誘使整個產業願意導入新技術轉型。然而確實是類似的成果嗎？往往新技術導入的成果

並不會單單呈現在專案的成功與否，例如完工時間、工程成本或者施工品質，故也不能夠僅由單一專案的成效來評估其效益^[3]。一般而言，新技術的導入必須要由其對整體組織的影響，以及長期的效果作為參考依據，並在整體產業遇到全面性的挑戰時，才能夠體現其韌性。另一方面，原始的方式雖能完成工程，但仍然在多數時間，面臨工期嚴重展延以及成本超支相關問題。

以目前世界產業現況來看，營建產業持續面對 缺工缺料 的挑戰，整體情況在短時間並不容易改善。而這其中也並不只是缺乏藍領階級的工人，同樣也面臨到工程師的缺乏^[4]。現今土木相關人才正在不斷的流失，若要留住相關的人才，必須改善整體產業形象。其中刻板印象包括土木相關行業的落後，以及工地的環境。

另一方面，即使人才能夠保留，在有限的基礎建設工程需求下，過去大型工程的經驗傳承，技術的銜接問題也逐漸顯現。而一般工程的經驗養成以及工程師的培養，也常需經過多項專案的歷練，工程師才能夠逐漸獨當一面。在人才不足的情況下，工程師培養的時間壓縮，也同樣可能造成工程執行面上的問題。

* 通訊作者，jacoblin@ntu.edu.tw

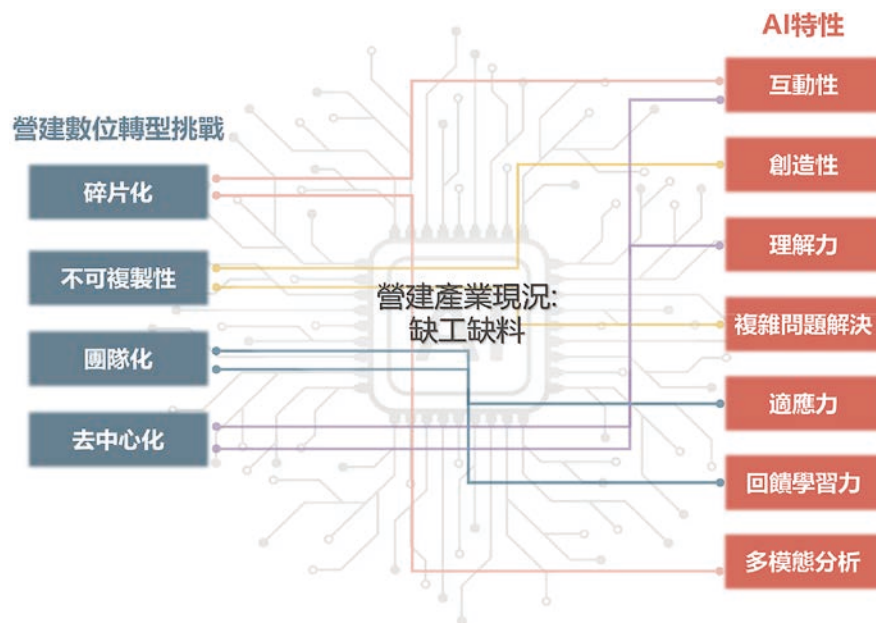


圖 1 營建產業與 AI 之特性

綜合而言，營建產業持續面臨挑戰，雖持續有各種的技術導入及轉型，然而並沒有直接破壞性的技術或事件，可以讓整個產業全面性的變革。但在現今產業所遭遇的人力資源問題，加上實際具破壞性的人工智慧（Artificial Intelligence, AI）技術，很有可能真正開始全面性的數位轉型。

在瞭解 AI 是否為具有破壞性前，可以先來瞭解過去數位轉型之主要挑戰。營建產業有幾項特性是與一般製造業有直接的差異的：(1) 碎片化：工程專案通常由許多不同廠商進行，過程又有許多的分包，造成在數位技術的導入需要在不同層級、單位進行溝通，也難以在短時間達成；(2) 不可複製性：工程專案每一案皆有其特殊性，幾乎很難找到一模一樣的專案具有同樣的設計和交付模式，故難以標準化執行流程進行改變；(3) 團隊化：專案團隊較少會由完全同一組人馬進行許多專案，團隊短暫的合作過程中，新工具的導入與訓練皆須系統化，否則較難建立可重現的新技術流程以及 (4) 去中心化：各專案主管皆可進行各自的執行方式，較難由公司全面性推動各專案一體執行。這些問題皆造成數位轉型技術常以點為單位在各專案導入，無法系統性在多專案共同持續進行。

而新的 AI 技術是否可克服上述的困難，答案也仍在持續進行解答中。但這次 AI 的導入確實有幾個面向，是在以往的數位轉型導入中並不可見的：**互動性**、

創造性、**理解力**、**複雜問題解決**、**適應力**、**回饋學習力**以及**多模態分析**^[5,6]。這之中如果對應至前述之問題，可以看到幾個關鍵，前述問題許多是需要在不同介面進行溝通協調才可進行，這些溝通也多需透過多模態的圖紙、文字、模型同時進行說明。在現今 AI 的發展下，開始可以進行互動並且理解多模態的輸入，並且透過互動中的回饋做出更準確的分析。另外，則是在創造性以及複雜問題的解決力開始可以對營建工程專案的特殊性進行拆解，標準化不同專案執行的方式。以工程中每日需產製的施工日誌為例，其內容必須包含不同承包商出工量、工項、執行進度、材料使用情況等相關資料，這之中相關文件包括排程、成本料單、影像記錄、圖紙所劃分之工區等多模態，並且必須與多家承包商推算、溝通工程的進度，最後產製施工日誌的表單。這裡面所牽涉到對問題的理解以及解決能力牽涉層面已相當廣泛，但在此一階段的 AI 發展之下，確實有機會達成。

這些 AI 的技術包含在近十年來已趨成熟的物件辨識電腦視覺，以及在近兩三年來造成轟動的大型語言模型（Large Language Models, LLM）。電腦視覺相關研究範圍廣闊，其中在物件辨識上，在具亮資料集的完整化以及電腦算力和深度學習的發展下，其精準度以漸漸達到商業用途可接受的程度。另外包括姿態辨識、三維重建、語意分割等也在相關技術、資源等驅使下有長足的進步。另外一放面，大型語言模型在繪圖處理器（Graphical

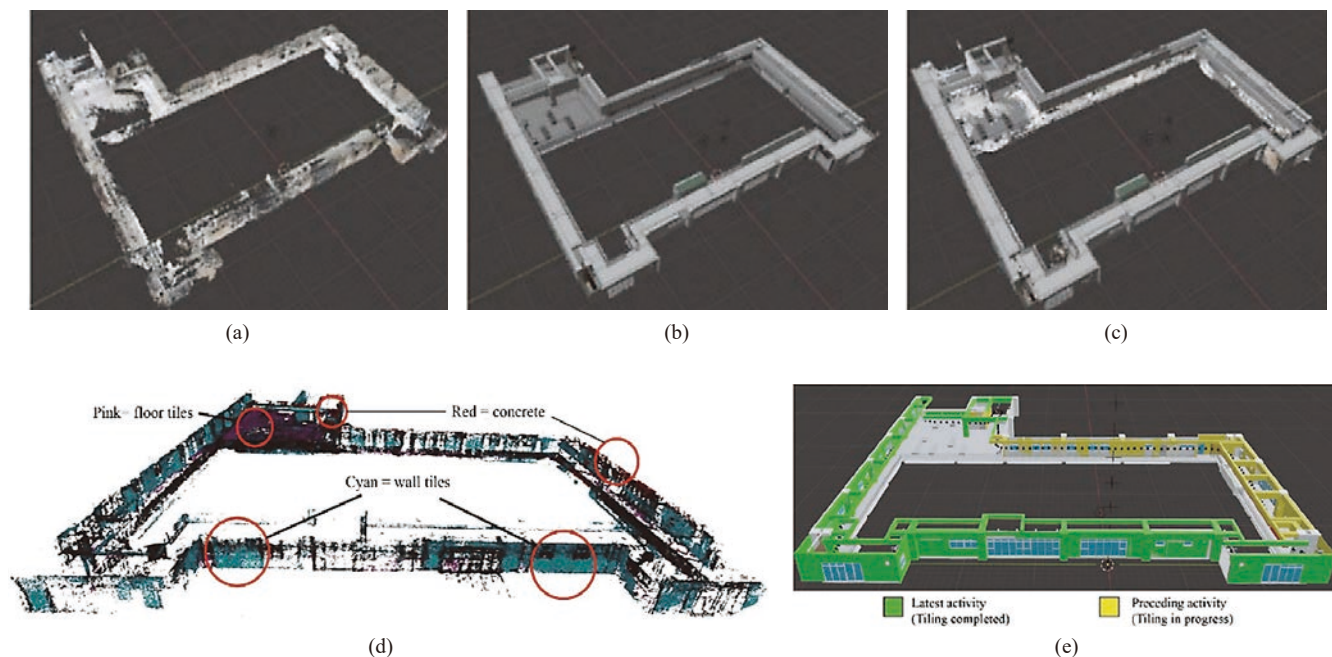


圖 2 4D BIM 與影像分析應用在監控施工進度。(a) 點雲模型、(b) BIM 模型、(c) 整合 BIM-點雲模型、(d) 通過點雲分割可視化施工進度、(e) 通過 BIM 模型可視化施工進度 [8]

Processing Unit, GPU) 算力的支持之下, 成功應用網路之文字資源作為資料集, 訓練成可以具有極高問題解決能力的模型 [7]。在這兩者的發展下, 營建工程的 AI 應用也進入到的下一階段, 並有機會成為具破壞性的數位轉型。以下將針對目前的主要相關應用進行介紹。

自動化進度管理

進度回報一直為營建工程至關重要的一環。若能夠確實掌握進度, 工程能夠準時完工的機會也就越高。故透過自動化的方式分析工程的實際進度, 一直是營建工程研究領域中相當熱門的議題。在不管透過無人機或一般相機進行影像蒐集慢慢在工地普遍後, 加上物件辨識以及語意分割的技術漸趨成熟下, 由影像所

重建的三維模型中, 辨識完工的物件並分析其進度在近年來更加進步。而目前對於結構元件, 基本上已可完整辨識, 並可直接與 4D BIM 比對分析後, 推算各排程工項之進度百分比 [8]。然而受限於 4D BIM 的實務應用仍缺乏, 如何直接透過大型語言模型分析排程並直接與分割後的照片及三維點雲連結分析, 也是目前正在進行的研究。整體而言, 此領域為電腦視覺與大型語言模型的整合應用, 並且已可達到一定的效果。

品質管理

同樣應用影像辨識, 許多營建工程的品質管理已可自動化進行。其中包括安裝準確度的查驗以及施工缺失的檢核。如預鑄構件在安裝上常需即時監控其精

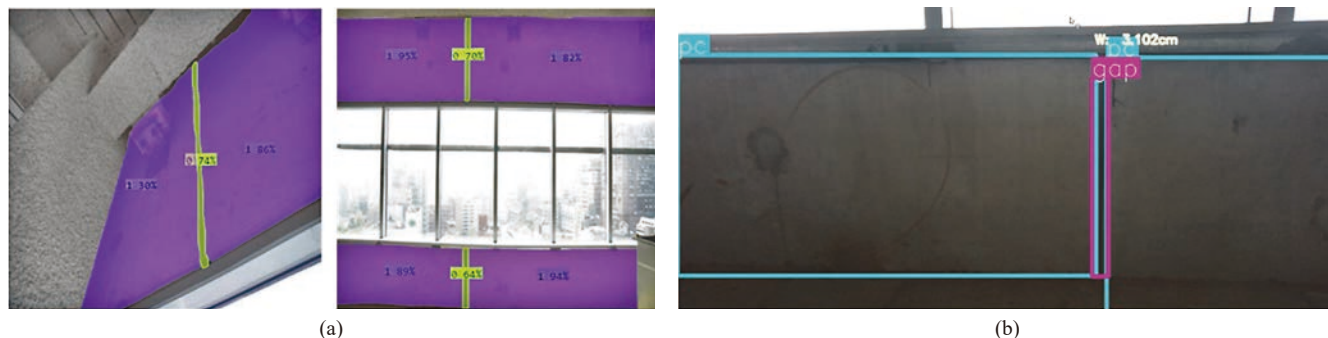
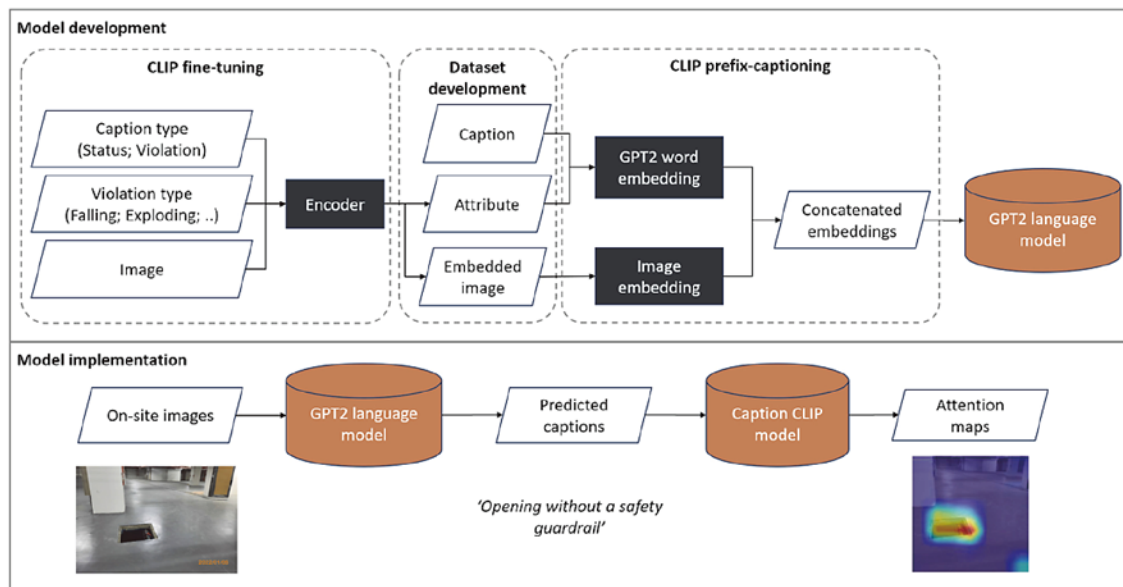


圖 3 (a) 利用彩色影像來辨識 PC 版片間的縫隙;
(b) 使用二維影像辨識測量間隙距離、案場實際量測距離進行比較 (單位: mm) [10]

圖 4 自然語言模型及影像處理分析協助施工安全條件檢查^[11]

準度，然而透過一般測量方式進行，往往需要人員之間的溝通，以及等待^[9]。而影像辨識則僅需相關人員拍照後，即可進行相關分析，確保之精準度。另外，品質管理一般皆為需多表單之填寫，與大型語言模型之整合，亦可自動理解表單之內容，並將影像分析之結果填入。最後，在許多表單及資料的彙整之下，也可運用大型語言模型分析理解其內容，並自動生成品質管理所需要的表單模版。

職業安全與衛生管理

在職業安全與衛生管理上，先進 AI 的應用其實相對較早開始。包括一般危害或安全相關的物件辨識，其中最常見的即為是否有配戴工地安全帽。而這些工程安全的相關 AI 技術，也是在營建工程領域裡，最多已有商業化產品的領域。其中許多危害也確實是可以由影像辨識來完成的，但另一方面，也有許多是需要靠多種感測器結果共同分析結果。其中多模態也就包括其他感應設備所蒐集到的資訊，與既有資料的分析。例如，假設工程的負重感測器、變位感測器以及影像，如何交互蒐集資料，並達到互補的效益。另外在工地安全檢核上，一般也需要環安衛人員進行固定的巡察，在巡察過程中必須同時記錄相關危害，透過模型分析註解巡檢影像，並自動填補資料，甚只與法規連結，也是透過語言模型與物件辨識交叉應用^[11]。

生產力 / 工率監控

生產力則一直以來在人力調配上是重要的依據，在缺工的情況下，蒐集工般的生產力資料並且有效的分配人力，也是目前可以克服相關困難的方法。一般而言，也是透過 CCTV 或縮時影像蒐集到連續的影片，在透過辨識人員的姿態分析工作項目，最後連結不同時間點之結果，判斷各工班實際執行工項的時間，以及各元素之時間長短。

圖 5 應用人工智慧分析施工活動以生產力管理^[12]

結論

從上述需多技術的展現，可以看到 AI 確實具有破壞性數位轉型的潛力，雖然不一定能在短時間內看到即刻全面性的成效，但若不及時的導入並開始應用、學習其使用方式，在產業面臨變革時，這些導入及應用的經

驗，將成為是否能保有韌性及面對挑戰之關鍵。另一方面，選擇對的問題應用適合的技術，也是導入成功與否的決定因子。故選擇好的問題，開始實際的導入 AI，並準備好接受破壞性的數位轉型！

參考文獻

1. Parusheva, S. and Aleksandrova, Y., Technologies, tools, and resources-driving forces in construction sector digitalization. In 2021 Tenth international conference on intelligent computing and information systems (ICICIS), 2021, IEEE: pp. 219-223.
2. Ramayah, T., Jantan, M., Roslin, R.M., and Siron, R., Technology readiness of owners/managers of SME's. The International Journal of Knowledge, Culture and Change Management 2003, 3, 475-486.
3. O'Connor, J.T., Yang, L.-R., Project performance versus use of technologies at project and phase levels. Journal of Construction Engineering and Management 2004, 130 (3), 322-329.
4. 行政院主計總處，事業人力僱用狀況調查報告－職位空缺概況，年報 2023.
5. de Silva, D., Kaynak, O., El-Ayoubi, M., Mills, N., Alahakoon, D., and Manic, M., Opportunities. Challenges of Generative Artificial Intelligence: Research, Education, Industry Engagement, and Social Impact. IEEE Industrial Electronics Magazine 2024.
6. Gozalo-Brizuela, R. and Garrido-Merchán, E.C., A survey of Generative AI Applications. arXiv preprint arXiv:2306.02781 2023.
7. Pal, A. and Hsieh, S.-H. Deep-learning-based visual data analytics for smart construction management. Automation in Construction 2021, 131, 103892.
8. Pal, A., Lin, J.J., Hsieh, S.-H., and Golparvar-Fard, M., Activity-level construction progress monitoring through semantic segmentation of 3D-informed orthographic images. Automation in Construction 2024, 157, 105157.
9. Chang, C.-C., Huang, T.-W., Chen, Y.-H., Lin, J.J., and Chen, C.-S. Autonomous dimensional inspection and issue tracking of rebar using semantically enriched 3D models. Automation in Construction 2024, 160, 105303.
10. 林之謙、曾仁杰、曾惠斌、程懷恩、呂鎮宇、程品鈞，結合 BIM 及 AI 人工智慧開發建築構件安裝即時檢測技術與流程改進 2023.
11. Tsai, W.L., Lin, J.J., and Hsieh, S.-H. Generating construction safety observations via CLIP-based image-language embedding. In European Conference on Computer Vision, 2022, Springer: pp. 366-381.
12. Khosiin, M.W. and Lin, J.J. Worker Accountability in Computer Vision for Construction Productivity Measurement: A Systematic Review. In The International Conference on Construction Engineering and Project Management, Sapporo, Hokkaido, Japan 2024.



學會資訊看板

113 年 11 月 30 日 參加第三屆臺大土木盃路跑

@ 台大田徑場



四位同仁代表學會參加第三屆臺大土木盃路跑



我們是烏拉呀哈隊～



明年邀請土木水利工程界一起參加優質活動，聯絡感情更促進身體健康！



Gen-AI 技術推動工程產業數位化發展 以設計圖說自動生成 監造數位化查驗表單為例

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

許睿叡／中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部 工程師

公共工程三級品管制度為台灣工程品質的基礎架構，涵蓋施工廠商自主管制、監造單位查證及主管機關查核三個層級。在傳統模式下，工程文件的處理與查驗標準的制定仰賴大量人工作業，不僅耗時且易生疏漏。由於營建產業現況面臨人力資源斷層的嚴峻挑戰，已積極推動數位化轉型與智慧化升級，包括導入建築資訊模型（BIM）技術和專案管理資訊系統（PMIS）等創新應用。而生成式 AI 技術的導入，為此帶來重要的轉變契機。

本文說明如何運用生成式人工智慧（Generative AI, Gen-AI）技術改善工程顧問單位的既有監造管理流程，由「設計圖說自動生成施工查驗表單」系統，透過 AI 技術處理工程圖說、規範等資料，自動生成施工查驗表單。不僅提高了檢驗表單生成的準確率，更減少了大量的人工作業時間。並運用檢索增強生成（RAG）技術，確保生成內容可追溯來源，結合人、機協作模式，由工程師進行最終審核，以提升工作效率同時維持專業品質。這個創新應用獲得了國科會舉辦的「Gen-AI Stars 生成式 AI 百工百業應用選拔」競賽銅獎，展現了傳統營建產業運用新技術推動轉型的成功案例。

透過執行 PMIS 系統的數位化查驗的需求，藉由 Gen-AI 改變了傳統上在工程產業必須大量翻閱圖說找尋規範的既有作業模式，並形成由 PDCA 循環為核心的整體性連動改善機制，不僅能改善工程顧問單位的監造作業效率，更期盼透過標準化、平台化、數位化及智慧化的轉型模式，推動整體營建產業的進一步升級發展，以為台灣公共工程管理再創新局。

關鍵詞：生成式 AI、監造數位化施工查驗表單、三級品管制度、數位轉型

背景與緣由

公共工程三級品管制度

台灣公共工程品質管理制度建立在系統化的三級品管架構，以確保工程建設達到規範標準及要求。包含施工品質管制系統（施工廠商）、施工品質查證系統（監造單位）及工程施工查核（主管機關）三個層級（如圖 1）。

* 通訊作者，ahow@mail.sinotech.com.tw

三級品管於施工廠商的部分屬自主品管的層級，即施工廠商必須建立完整的品質管制系統，包括成立專責品管組織、制定施工要領、訂定品質管理標準、建立材料設備及施工檢驗程序、製作自主檢查表，以及建立文件紀錄管理系統。特別是在施工要領方面，施工廠商必需針對各項作業訂定詳細的施工方法與品質要求，確保施工人員充分掌握工作重點。

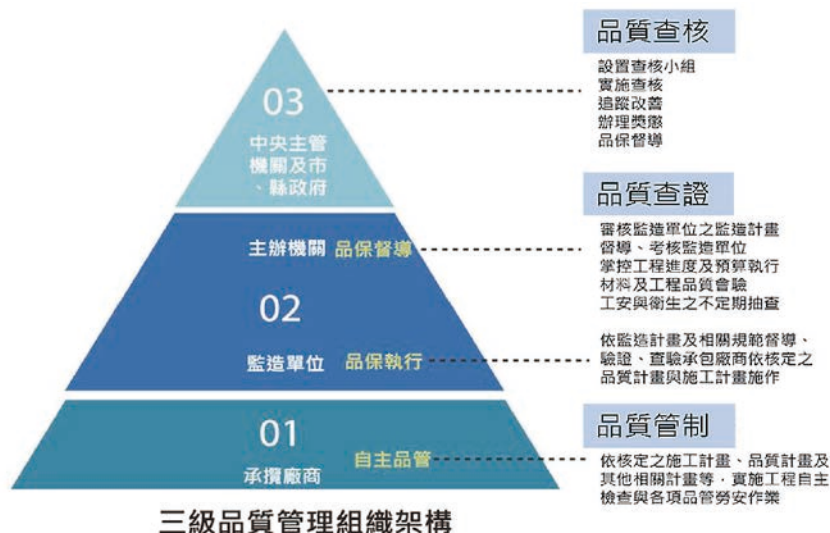


圖 1 三級品管架構圖

三級品管於監造單位係建立施工品質查證系統，必須在工程開工前，依據契約及圖說規範制定詳實的監造計畫書。此計畫書需涵蓋施工計畫審查程序、品質計畫審查程序、材料與設備抽驗標準，及施工抽查程序等內容。即監造單位為有效執行查證工作必須建立標準化的查驗表單系統。這些表單應涵蓋材料設備抽驗紀錄及施工抽查紀錄，並建立完整的文件紀錄。然而，如何從龐大的圖說規範中提煉出精確的查驗標準，仍為亟待解決的難題。傳統的人工整理方式不僅耗時費力，還容易因人為疏失而影響工程品質及引起履約爭議。

在工程施工查核層級，工程主管機關設立工程施工查核小組，依據查核基準評定品質優劣等級。查核內容除了主體工程品質外，還包含進度、安全衛生及環境管理績效。透過品質查核的機制，以督促各單位落實品質管理。

總結而言，台灣公共工程三級品管制度是確保工程品質的重要機制。然而在實務執行層面仍面臨諸多挑戰，特別是在制定施工查驗標準時，如何有效處理龐大複雜的圖說、規範內容，並再透過平台化、數位化與自動化等相關技術的導入來提升公共工程管理效率，已然成為亟需突破的關鍵課題之一。

台灣營建產業的難題與轉型

台灣營建產業目前正面臨結構性的挑戰。隨著社會快速變遷，人口結構的改變不僅造成專業人力的斷

層，更為傳統營建產業的後續發展帶來嚴峻的考驗。然而，這些挑戰也為傳統的營建產業轉型升級創造了契機，特別是在數位化與智慧化的相關應用方面。

當前營建產業迫切的問題是人力資源的斷層危機。因為營建產業具有高度專業性，隨著台灣人口結構持續老化，產業內之從業人員普遍年齡已然偏高，技術傳承面臨斷層的威脅。透過國家發展委員會的人口推估查驗系統，檢視目前及未來 20 年後的台灣地區的人口金字塔分布圖，如圖 2 所示，可以明顯發現台灣未來人力有顯著的缺口^[1]。

再根據勞動部勞動統計查詢網引用之行政院主計總處之事業人力僱用狀況調查（空缺概況）資料顯示，如表 1，營建業於 2024 上半年的職缺空缺率已達 6.46%^[2]。亦因社會價值觀對營建產業的觀感偏頗，即使提供具競爭力的薪資條件，年輕世代對傳統營建工作仍普遍缺乏興趣，加上少子化的影響，使得人才招募與技術傳承變得更加困難。

面對這些挑戰，台灣營建產業必須透過「數位化轉型」與「智慧化升級」，以突破傳統限制，建立更具效率、更永續的產業新模式。在數位化轉型方面，業界正積極導入建築資訊模型（BIM）技術，實現從設計、施工到營運維護的全生命週期管理。數位化工地管理系統的應用，如專案管理資訊系統（PMIS）的導入，也大幅提升了施工進度控管與品質監督的效率。雲端化專案管理平台的建立與數據交換標準的推動，更促進了跨單位間的協作效能。

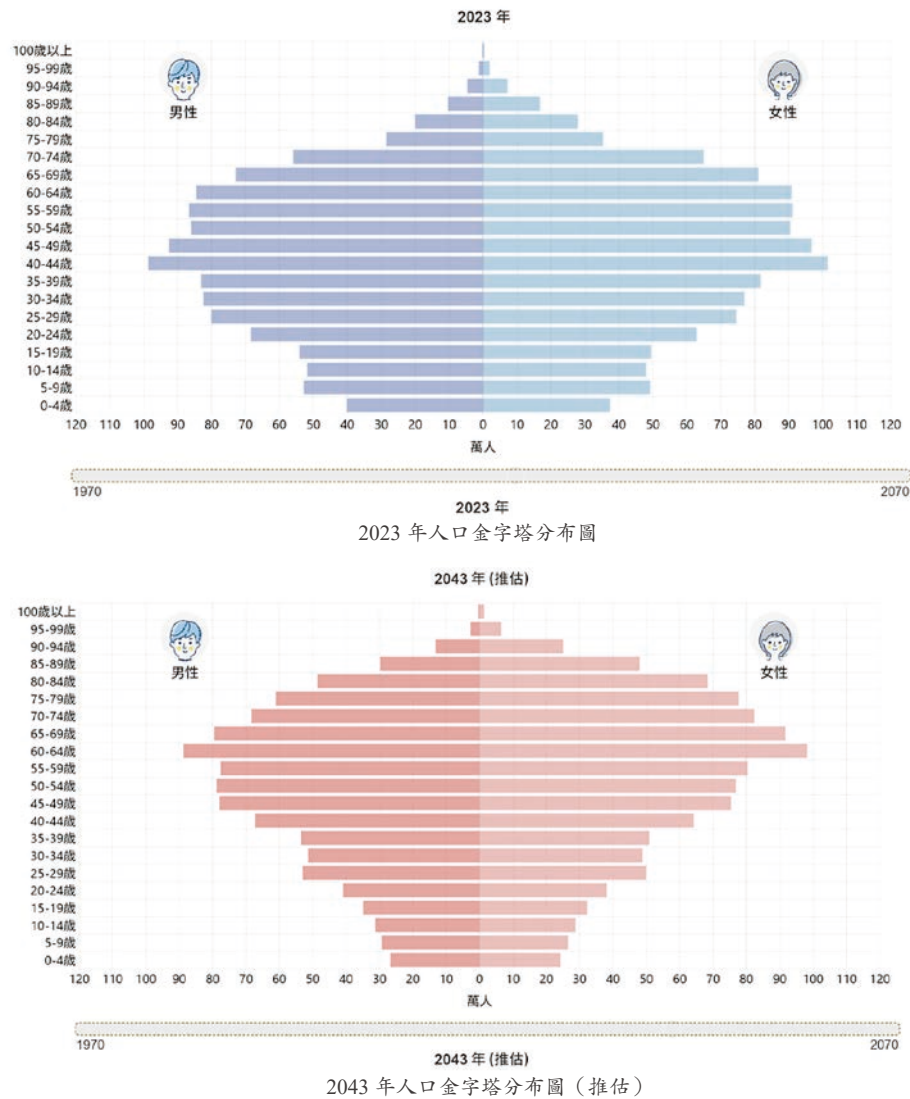


圖 2 台灣 2023 年及 2043 年之人口金字塔圖
(資料來源：<https://pop-proj.ndc.gov.tw/>)

表 1 營建業與其他產業之職缺率統計表

統計期	營建工程業	服務業	工業
105 上半年	2.44	2.75	2.62
105 下半年	2.27	2.70	2.71
106 上半年	2.45	3.05	2.95
106 下半年	2.44	2.76	2.86
107 上半年	2.56	3.14	3.05
107 下半年	2.26	2.71	2.73
108 上半年	2.46	2.94	2.75
108 下半年	2.62	2.70	2.70
109 上半年	2.34	2.61	2.74
109 下半年	2.97	2.76	2.75
110 上半年	5.98	2.69	3.91
110 下半年	5.14	2.70	3.37
111 上半年	4.97	2.57	3.77
111 下半年	3.84	2.70	2.80
112 上半年	3.01	2.49	2.70
112 下半年	7.69	5.42	5.42
113 上半年	6.46	5.44	5.83

單位：百分比
說明：職缺率(%)=職缺數÷(職缺數+受僱員工人數)×100。

在智慧化升級層面，近年來 AI 技術大放異彩，生成式人工智慧（GEN-AI）技術的應用則為工程設計與規劃帶來契機。智慧機器人與自動化施工設備的導入，不僅減少了对人力的依賴，也提高了施工精確度。AI 影像辨識技術，強化工地安全監控與品質檢測的能力。透過推動這些創新科技整合應用，才能逐步改變傳統營建業的面貌，強化其競爭力與體質內涵。

人工智能的發展與推動

AI 1.0 到 AI 2.0 發展的進程

人工智慧（AI）技術的演進歷程彙整如表 2 所示，展現了從基礎運算到智慧思考的重大躍升。這段發展始於 1950 年代圖靈（Allen Turing）奠定的計算

表 2 AI 發展進程說明表

1950 年代	人工智慧起源時代
1950 年，英國數學家圖靈（Alan Turing）提出著名的「圖靈測試」，奠定了人工智慧的基本概念，探討機器是否能夠模擬人類的思維進行決策和推理。此時期以電腦科學基礎及數學邏輯為核心，啟發後續 AI 技術的發展。	
1960 年代	機器學習萌芽時代
人工智慧進入實際技術的探索階段，主要著重於機器學習（Machine Learning）的雛形。此時研究者開始透過歷史數據和演算法訓練機器，使其從資料中學習，形成決策模型。這一時期出現了感知器（Perceptron），是早期的人工神經網路基礎。	
2017 年	深度學習革命時代
深度學習（Deep Learning）技術在此時達到高峰，得益於大數據、計算能力的提升及神經網路模型（如卷積神經網路 CNN）的大量應用。深度學習模仿人腦的多層神經網路，極大提升了資料處理和模式識別的能力，推動了語音識別、圖像處理和自動駕駛等技術的快速發展。	
2022 年	生成式人工智慧時代
生成式 AI（Generative AI）技術興起，代表性技術如 GPT（生成式預訓練變換器）和 DALL·E，能夠自動生成高質量的文本、圖像等內容。生成式 AI 不僅能理解資料，還具備創造新內容的能力，廣泛應用於自然語言處理、圖像生成及藝術創作等領域，標誌著 AI 邁向更具創新性的階段。	

機科學基礎，經歷多次關鍵性的技術突破。早期，AI 主要依循預設的規則運作，具有一定的侷限性。直到 1986 年，Back Propagation（反向傳播）技術的突破，使 AI 從規則導向（Rule-based）轉向資料驅動（Data-Driven）的模式，開創了機器學習的新紀元。

在這個基礎上，AI 技術經過近二十年的持續積累與演進，也迎來了重要轉捩點。2007 年，ImageNet 資料集的建立收集了 1,400 萬張經過人工標註的影像，為深度學習的發展奠定了堅實基礎。2012 年，AlexNet 在圖像識別領域取得突破性進展，不僅大幅提升了識別準確率，更開創了深度卷積神經網路（CNN）的應用時代，也使得 AI 在電腦視覺領域展現出前所未有的應用發展上的潛力。

2017 年則是 AI 發展的另一個重要里程碑。Transformer 架構的提出徹底改變了 AI 處理序列化資料的方式，特別是在自然語言處理領域取得重大突破。這項創新為後來 GPT（Generative Pre-trained Transformer）等大型語言模型的發展奠定了技術基礎，使 AI 具備了更強大的語言理解與生成能力。

2022 年，GPT 技術的進一步突破，則標誌著 AI 進入了 2.0 時代。這個階段的 AI 已經不再侷限於單一任務的處理，而是展現出更全面的理解、推理與生成能力。生成式 Gen-AI 的出現，使得機器不只能識別和分析資訊，更能創造符合人類需求的內容，從文字、

圖像到程式碼，都展現出驚人的生成能力，並且不斷的持續演進與發展。

AI 技術演進為各行各業帶來重大影響，特別是在工程專業領域。AI 技術能夠協助進行即時影像分析、品質檢測、風險預警等任務，大幅提升作業效率與準確度。而生成式 AI（Gen-AI）的出現，更進一步擴展了應用範疇，能夠自動生成專業報告、優化工程設計方案，甚至預測潛在問題，為工程領域的數位轉型開創嶄新機遇。

Gen-AI Stars 競賽

國家科學及技術委員會（國科會）於 2024 年推出「Gen-AI Stars 生成式 AI 百工百業應用選拔」競賽，匯集產、學、研能量，旨在鼓勵企業和創新團隊發展生成式 AI 的創新應用，協助台灣產業尋找數位轉型的關鍵布局，全面提升競爭力。透過 Gen-AI Stars 競賽，國科會期望能加速台灣產業 AI 化進程，協助更多企業掌握 Gen-AI 技術帶來的轉型契機。

而 Gen-AI 在傳統產業領域所帶來的則不僅只是技術創新，更是經營模式的革新。以製造業為例，Gen AI 能協助優化生產排程、預測設備維護需求，甚至自動生成品質檢驗報告。在營建產業方面，工程顧問公司可透過 AI 平台建置智慧工程管理系统，實現施工查驗表單自動化生成、工程品質即時監控等創新應用，大幅提升作業效率與品質管理水準。

本次 Gen-AI Stars 選拔競賽中，參加創新創業組的隊伍多達 263 隊，涵跨了包括：醫藥、金融、資訊、照護、製造、保險、零售等國內 19 大產業。最終進入決選共 20 隊裡，中興工程顧問股份有限公司（中興公司）是唯一來自傳統營建產業的單位。以所提出「設計圖說自動生成施工查驗表單」的 Gen-AI 應用榮獲銅獎（第三名）。

因中興公司現有逾 1,900 名員工，其中有 8 百多人是負責駐工地執行監造或專管的相關工作，必須依據正確的施工查驗表單執行作業。為提升監造作業品質與效率，正確的查驗表單有助於工程品質的確保，合理的查驗項目則可減少工程契約糾紛，但最困難的部份是必須從大量的契約、施工規範、圖說等文件解析出查驗所需之項目與數值。中興公司依據其企業內部需求進行作業流程之創新，本文後續即以該 Gen-AI 應用案例進行相關說明。

案例應用及效益說明

資料的優勢與重要性

在案例說明前，仍需要強調數位資料在企業數位轉型中的重要性不容忽視，在營建產業中更扮演關鍵角色。從建築設計、工程顧問、營造施工到物業管理，產業鏈上各環節累積的大量歷史資料，都是推動產業升級的重要基礎。隨著數位轉型的推進，營建產業越來越倚重數據分析來優化流程、提升效率並做出更精準的決策。根據產業調查，具備完整數位化資料庫並積極進行數據交換的營建企業，其專案執行效率與創新能力明顯領先同業。

數位轉型不僅是技術升級，更需要重塑產業生態系統的協作模式。透過標準化的數據交換平台，營建產業各方參與者能夠有效整合設計圖說、施工紀錄、檢驗報告等關鍵資訊，實現跨單位的即時協作。這種數據共享機制不僅消除資訊孤島，更建立起完整的營建專案生命週期數據。特別是在施工品質管理、工程進度掌控等關鍵領域，即時的數據交換與共享更能提升整體專案執行效率。

Gen-AI 技術結合營建產業的數位化資料，能夠提供更精準的分析與預測功能。在實務應用上，AI 系統可以分析歷史專案資料，從中識別成功案例的關鍵要素，為新專案提供參考依據。例如，在設計階段可透過分析過往案例提供最佳設計建議；在施工階段則能依據累積的工程數據，優化施工排程、資源配置；在營運維護階段，更可根據建築物使用數據提供預防性維護策略。

在營建產業的數位生態中，Gen-AI 與數位化資料

的結合創造出實質效益。AI 系統能夠快速處理與整合從規劃設計到施工營運的全週期數據，協助管理團隊做出更準確的決策。這包括自動化文件製作、工程進度監控、品質管理等多個面向。透過標準化的數據處理流程，不僅提升作業效率，更能降低人為疏失，確保專案品質。

企業數位資料是營建產業轉型的關鍵基礎。完整的數位化資料庫不僅支持日常營運決策，更重要的是透過產業鏈的數據交換與共享，促進整體產業的協同進步。結合 Gen-AI 的輔助分析能力，營建產業得以更全面地運用其累積的數據資產，有效提升營運效能，加速產業升級，邁向更智慧化的未來發展。

由 PMIS 平台到 Gen-AI 資料生成

中興公司自 1998 年起即持續發展專案管理資訊系統（PMIS）以提供監造及專管作業有效執行業務之工具，亦以 PMIS 為核心，架構各類功能之監造作業模組與數位平台入口，藉由數位資訊的串聯與儲存，進一步於不同資訊數位平台後端進行資訊分析、統計及加值應用，作為監造數位管理的內涵。

PMIS 之系統功能約有分為知識管理（KM）、現場查驗（Spot Check）、內部稽核（Internal Audit）、計畫控管（Project Control）等四大類，除包含文檔雲端儲存管理等基本功能外，並透過擷取各監造或專管計畫執行情況的實時數據，如工程進度、估驗進度及服務契約執行進度等，由統合性的管理介面（如圖 3），以律定進入系統之權限管理架構，以提供不同管理階層或利害關係人掌握所屬相關計畫訊息^[3]。



圖 3 中興公司 PMIS 平台頁面案例

中興公司透過 PMIS 的數位化平台作業，持續進行數位化施工查驗如圖 4 所示，透過監造工程師以數位化行動設備進行各項作業的施工檢查，已持續累積了超過 900 張的數位化施工查驗表單範本如圖 5 所示，並涵蓋 17,000 多項專業查驗項目，建立起完整的工程知識庫。這些豐富的專業資料不僅記錄了工程實務經驗，更成為發展 AI 智慧化工程查驗系統的重要基礎。

Gen-AI 生成查驗表單的系統流程

工程顧問業是營造產業鏈中知識高度密集、必須與時俱進又兼顧傳統的統合單位。中興公司持續透過內部組織的變革推動數位創新，並成立「BIM 及創新推動委員會」以跨部門推動公司內部之資訊應用及創新研發。並基於監造及專管相關業務的需求，完成透過 Gen-AI 技術發展「設計圖說自動生成施工查驗表單」之系統性作業，以提升作業效率及表單內容的正確性，對於所涉及作業流程的細節說明如下所列：

資料庫建立與前期處理

- (1) 中興查驗範本資料庫：中興公司基於多年工程監造及專管的實務經驗，配合 PMIS 數位化查驗作業流程，建置了查驗範本資料庫，累積各類工程項目的查驗表單範本，並完成數位化建置。使用者只需挑選工程類型，系統便能自動帶出「可能的查驗表單」，提供基礎資料來源，作為後續 AI 生成表單的依據。
- (2) 規範、圖說與 BIM 模型的智能解析：面對龐大的工程資料，中興公司透過 AI 技術，將各類資料進行前期拆分與處理，包含：
 - (a) 施工規範拆分析析：將繁雜的施工規範進行智能分段，轉化為可檢索的標準化格式。
 - (b) 圖說段落拆分析析：利用 AI 視覺化辨識，切割及解析設計圖說，將關鍵資訊自動提取與結構化。
 - (c) BIM 模型拆分析析：針對建築資訊模型（BIM）的元件內容資訊進行「IFC 解析拆分」，使 BIM-3D 模型的元件所涵蓋的資訊能納入系統運算。

圖 4 PMIS 施工紀錄分類留存畫面案例

標準	工程項目	數量	排序	詳情
✓	橋梁鋼結構 (製造作業)	13	▲▼	詳情
✓	橋梁鋼結構 (組合後工廠作業)	12	▲▼	詳情
✓	橋梁鋼結構 (表面處理與塗裝)	8	▲▼	詳情
✓	橋梁鋼結構 (工地用裝)	13	▲▼	詳情
	橋梁工程	3	▲▼	詳情

施工流程	管理項目	檢查標準	檢查時機	排序	詳情
施工前	設計	1. 強力螺栓及螺帽須符合 ASTM F3125 A325 Type 1 規定(探熱浸鍍鉻),鍍鉻附著量為381g/m2。螺絲53μm以上。2. 鋼構件均須經熱浸鍍鉻處理,鋼構內置必須鍍鉻,其鍍鉻附著量為650g/m2。螺絲91μm以上。	★設計後	▲▼	詳情
施工前	塗裝環境	1. 應獨立且與其他作業環境隔離,以確保無其他污染物進入。 2. 凡鋼材表面帶有濕氣、氣溫在10°C~32°C範圍以外、濕度超出85%以上時,或估計油漆塗層在乾燥前天氣可能有變化、陰雨、熱天鋼板溫度昇高、油漆黏稠可能引起各種情形時,均不得進行油漆工作。	★塗裝前	▲▼	詳情
施工前	補漆方式	1. 使用無空氣噴霧噴射法為原則。2. 構件外露之端口、銲縫磨鋒孔,應先行磨削,用手刷法塗漆時,塗刷之運用,應使塗層光潔均勻,且與金屬面成已有之漆面電氣接觸,並應使油漆能滲入所有角隅與孔隙。3. 塗漆系統依契約規定。	★補漆前	▲▼	詳情

圖 5 PMIS 施工數位化表單範本案例

本階段的作業係為確保系統能夠高效的處理工程圖說、規範所涉及之多模態工程資料，為後續 Gen-AI 生成施工查驗表單提供背景的基本數據基礎。

AI 向量化處理與匹配

- (1) 關鍵資訊向量化與存儲：透過將原始數據轉換成密集向量（即 Embedding）的模型技術，將規範、圖說及 BIM 模型的內容，轉化為 AI 可理解的數據形式。向量化後的資料再存入 RAG（檢索增強生成）向量資料庫，並結合專案資訊與關鍵字，以強化資料的檢索效率。
- (2) 透過 Top-K 精準檢索與 RAG 優化：基於「相似度檢索」機制，對查驗項目進行 Top-K 檢索，找出與查驗需求最匹配的內容。為確保檢索結果

的準確性，系統結合 RAG 技術，進一步優化結果，提供高精度的查驗標準來源（如圖 6）。

表單自動生成與人工覆核

- (1) 查驗表單自動生成：AI 系統根據檢索與匹配結果，生成施工查驗表單，並提供資訊來源的溯源功能，標明相關段落與索引，確保資料透明可追溯。
- (2) 人工覆核與專家參與：初步生成的查驗表單經由工程師進行「人工覆核」與「AI-Agents 專家討論」，以確保表單內容的準確性與一致性。透過「人、機協作」的機制確保表單內容的符合度。但傳統上工程師由表單製作者的角色則轉化為檢核者的角色，不僅提升了查驗表單生成的效率，也確保了最終結果的高可靠度，與減少工程師的作業負擔（如圖 7）。



圖 6 AI 表單平台之 RAG (Top-K) 案例



圖 7 AI 表單平台之人機協作介面案例

資料交換與系統整合

前述完成覆核的查驗表單，最終仍納入 PMIS 計畫查驗資料庫，再依據 PMIS 資料交換標準，實現數位化查驗流程的自動串接。相關作業流程亦符合品質管理的 PDCA 基本核心精神，這使現場監造人員能即時獲取標準化查驗表單，提升施工查驗的效率與精確度，推動工程管理標準化、系統化與智慧化。

以上有關中興公司透過 Gen-AI 技術發展「設計圖說自動生成施工查驗表單」之說明，相關作業流程彙整如圖 8 所示。

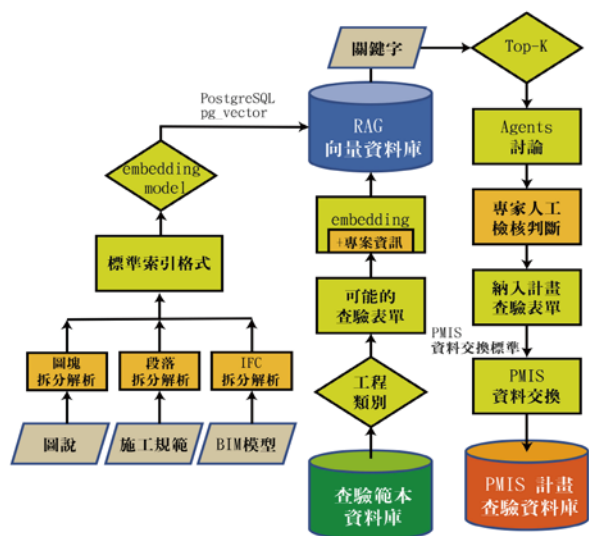


圖 8 透過 Gen-AI 生成查驗表單流程圖

Gen-AI 生成查驗表單的效益

土木營建產業因工程項目龐大、規範繁複，過去需依賴人工進行資料查詢、判讀與表單生成，過程耗時且容易出錯。運用 Gen-AI 技術，自動生成施工查驗表單的解決方案，以逐步克服傳統工程監造作業中「耗時」、「低效」與「易出錯」的問題。該系統實現了資料的解析、向量化處理及高效匹配，並結合人機協作，確保結果的準確性與可追溯性。

在實務應用層面，透過 Gen-AI 技術發展「設計圖說自動生成施工查驗表單」系統性作業展現出顯著的效益。表單生成的初始準確率達到 60%，大幅減少 70% 的人工作業時間。

這套系統性作業流程的開發不僅整合了多種 Gen-AI 技術，更重要的是通過持續收集使用者的經驗回饋，系統可以不斷擴充向量資料庫，優化查驗表單生成的準確性。這種半自動化的 AI 輔助系統既保留了專業工程師的判斷，又大幅提升了工作效率。

更重要的是，透過 RAG 技術可提供完整的資訊溯源功能，協助工程師快速驗證內容的正確性。在工程圖說的處理方面，系統能夠自動識別和處理工程名稱、圖說頁碼、編碼等基本資訊，以及圖說單元名稱和圖內文字內容，實現全方位的智慧化管理。

透過 PMIS 數位平台所持續累積的工程資源，再藉由 Gen-AI 技術的整合，突破性地改變了傳統上在營建工程產業必須大量翻閱圖說找尋規範的既有作業模式，並形成由 PDCA 循環為核心的整體性連動改善機制，提供從規範制定、實地查驗、範本建立到人員訓練的完整數位化方案，持續透過使用者回饋與專案工程人員的公司參與來優化監造或專管計畫的實際查驗內容，融入標準作業流程，並將寶貴的工程經驗累積為公司的數位資產。

結語與展望

透過 Gen-AI 技術將施工監造管理的查驗表單以智慧化的技術快速生成且形成可追溯的查驗流程，提升了工程監造管理的公信力，進而增強民眾對公共工程品質的信心，而這種從點到面的創新擴散，展現了科技創新應用在提升公共建設品質上的重要價值。這樣的數位化革新不僅只限於改善單一工程顧問公司的內部監造管理作業流程，其影響也正逐步擴及整個公共工程產業。

由中興工程的「設計圖說自動生成施工查驗表單」相關案例顯示，Gen-AI 技術的應用已不僅侷限於單一作業的改善，而是能夠建立完整的數位化管理方案，並可以為營建工程產業的效率提升與品質優化開創新局。這種結合科技創新與專業經驗的作法，正逐步改變台灣營建產業的面貌。隨著 AI 技術的持續進步，以既有累積的專業知識經驗為核心，透過完整工程知識庫為基礎的智慧化工程品質管理系統將持續優化。期許將推動台灣公共工程品質邁向新的里程碑，並為營建產業的永續發展奠定更穩固的基礎。

參考文獻

1. 國家發展委員會，人口推估查詢系統 (https://pop-proj.ndc.gov.tw/Custom_Pyramid.aspx?n=466&sms=0)
2. 勞動部，勞動查詢網 (<https://statdb.mol.gov.tw/statiscla/webMain.aspx?sys=210&kind=21&type=1&funid=q03016&rdm=riKYenf7>)
3. 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。



全體大合照

CICHE 代表團

領隊：羅元隆教授

教授：邱建國、詹滢潔

青年工程師：許祥榕、陳柏愷、陳學聖

學生：彭文辰、謝龍成、鄭仲倫

隨行秘書：吳玕璇



互贈紀念品



詹滢潔副教授 演講



邱建國教授 演講



羅元隆教授 演講



Dr. Takafumi Nishikawa 副教授 演講



現場交流分享



各小組討論中



青年工程師與學生 分組討論



分組報告後～頒發證書～



晚上餐會氣氛熱絡～



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：

○ 52.1 ○ 52.2 ○ 52.3 ○ 52.4 ○ 52.5 ○ 52.6 共 次
(2月) (4月) (6月) (8月) (10月) (12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	佰萬	拾萬	萬	仟	佰	拾	元
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	--------------------	----	----	----	---	---	---	---	---

通訊欄 (限與本次存款有關事項)

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

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	

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

- ◎ 寄款人請注意背面說明
◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款 帳號戶名	
存款 金額	
電腦 紀錄	
經辦 局收款戳	

社團法人中國土木工程學會

信用卡繳納通知書

姓 名		款 別 註：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， <u>入會費一人僅需繳交一次</u>	繳納會費 ☐ 常年會員年費 1,200 元 ☐ 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 ☐ 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
身分證號碼			訂閱中國土木水利工程學刊，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
卡 別 ☐ VISA ☐ MASTER CARD ☐ 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/m² 模) 保管五年 (拾大)



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 | 澳門 | 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



Tel: (886-2) 2696-1555 Fax: (886-2) 2696-1166 Website: www.maaconsultants.com E-mail: maagroup@maaconsultants.com



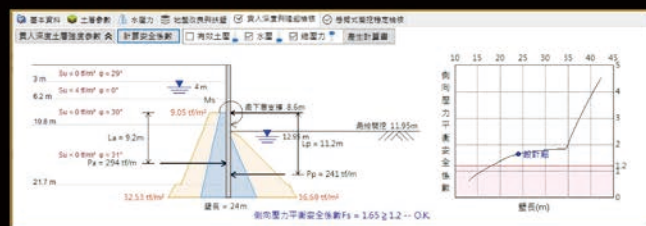
程式介紹



程式購買

T3-STONE2.0 開挖穩定性檢核工具程式

- 內擠檢核採用新規範進行分析
- 可採用公制或國際SI制單位~不用自己換算
- 新增垂直及水平超載任意分佈輸入
- 新增土層排水與不排水設定



內擠分析介面圖(依據新規範)



TORSAL

Taiwan Originated Retaining
Structure Analysis

TORSAL 3.0

深開挖工程擋土結構一維分析程式



- 神似RIDO的功能
- 友善的視窗介面
- 親民的程式售價
- 快捷的在地服務

合購(T3+T3-STONE2.0)

110,500 (原價121,500)

TORSAL3 99,000 (原價120,000)

T3-STONE2.0 22,500 (原價 25,000)



地工技術

夢想和幸福

零距離的接軌

技術必須經得起考驗，專業來自於永不妥協的堅持，
夢想的城堡、幸福的家園，就座落在不遠的前方，
台灣世曦和您一起攜手而行，用築夢的心、關懷的情，
戮力建設出每一項希望的工程。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

CECI



台灣世曦
工程顧問股份有限公司

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