

# 新北市政府114年度自行研究報告

## AI 在捷運工程之運用

研究機關：新北市政府捷運工程局

研究人員：陳加乘

研究期程：114年1月1日至114年12月31日

## 新北市政府114年度自行研究成果摘要表

計畫名稱	AI 在捷運工程之運用
期程	自 114 年 1 月 1 日至 114 年 12 月 31 日
經費	無
緣起與目的	<p>近年來 AI 資訊科技產業快速發展，包括 AI 運用於工程之研究，也油然而生。</p> <p>捷運建設與一般建築、橋樑或道路的建設截然不同。捷運建設成本龐大，每公里可達新台幣 40 億至 50 億元，規劃和建設週期通常長達 15 至 20 年。因此，擁有設計困難、土建水環與機電施工界面複雜、維護年限長等特色的新北捷運，如何運用 AI 協助規畫、設計、施工及營運，以成為必須探討之課題。</p> <p>再者，目前公職環境缺乏土木職系人員，已有日趨嚴重之趨勢，本研究期透過 AI 導入，協助工程同仁提升工作效率，避免因人力短缺，所造成工作量壓力。</p>
方法與過程	<p>本研究針對 AI 運用於工程，進行論文之蒐集，並加以探討，並分析本局目前各推動項目，包括規畫、設計及施工等階段，導入 AI 應用之方法及可行性。</p>
研究發現及建議	<p>影像辨識</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 導入 AIoT 邊緣運算提升監控即時性</li> <li>2. 結合 UAV 與 MMS 進行自動化進度比對</li> </ol> <p>圖說辨識</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 推動設計圖說自動比對</li> <li>2. 建立結構資訊自動擷取機制</li> </ol>

# 目錄

壹、摘要.....	1
貳、主旨及背景說明 .....	2
參、相關研究、文獻之檢討 .....	3
一、相關研究摘要介紹 .....	3
二、AI 運用於工程的建議 .....	14
肆、本局資訊化推動成果 .....	16
一、捷運工程 BIM 中長期發展及混合實境應用計畫.....	16
二、汐東線捷運建設導入 BIM 整合 MR 混合實境應用 .....	18
三、捷運建設導入計畫管理資訊系統(PMIS) .....	19
伍、研究發現.....	20
一、影像辨識.....	20
二、圖說辨識.....	21
陸、結論與建議.....	21
一、研究結論.....	21
二、未來建議.....	22
柒、參考文獻.....	23

## 圖目錄

圖 2-1 新北市政府捷運工程局三環六線願景圖 .....	2
圖 3-1 CAMITA 成本效益分析模式 .....	4
圖 3-2 營建產業與 AI 之特性 .....	6
圖 3-3 透過 GEN-AI 生成查驗表單流程圖 .....	7
圖 3-4 自動化進度比對計算分析流程 .....	8
圖 3-5 辨識模型應用流程 .....	11
圖 3-6 損傷診斷模型建立流程圖 .....	11
圖 3-7 AI 橋梁檢測車檢測流程 .....	12
圖 3-8 操作人員使用系統功能之實際流程 .....	13
圖 4-1 BIM & MR 應用 .....	17
圖 4-2 三鶯線 PMIS 資訊管理系統 .....	19

# 壹、摘要

人工智慧 (AI) 已成為推進營建與土木工程數位轉型的核心動力，應用範疇橫跨規劃設計、施工營運至維護管理的完整生命週期。在自動化監測與管理方面，透過無人機 (UAV) 與邊緣運算 (AIoT) 感測器結合卷積神經網路 (CNN)，可實現工地的即時進度比對、個人防護裝備 (PPE) 辨識及墜落風險偵測，顯著提升施工安全並降低管理成本。針對結構安全與診斷，AI 能自動化辨識結構平面圖以進行耐震能力初評，或利用震動反應數據精準預測建物損傷位置與程度。

生成式 AI (Gen-AI) 的崛起則為工程領域帶來了破壞性創新，其利用大型語言模型 (LLM) 與檢索增強生成 (RAG) 技術，能自動解析龐雜的設計圖說與規範，並智慧生成施工查驗表單，減少高達 70% 以上的人工作業時間。此外，AI 亦被廣泛應用於智慧城市治理與防災，包括利用類比模式進行即時都市淹水預測、偵測海洋廢棄物與裂流，以及結合高精地圖 (HD Map) 進行道路資產盤點與交通安全行為分析。儘管面臨數據稀缺與隱私安全等挑戰，AI 的深度整合不僅強化了工程韌性，更成為落實 ESG 永續發展的重要技術基石。

新北市捷運工程三環六線正在依規劃期程逐步展開規劃、設計、施工及營運，然而隨著全球城市化進程的加速，捷運系統作為城市公共交通的重要基石，其建設規模與複雜度不斷提升。傳統的營建工程設計與施工方法面臨著越來越多的挑戰，包括設計誤差、施工風險、溝通不暢以及資源浪費等問題，更遑論具有土建水環與

機電設計施工界面複雜、維護年限長等特色的捷運工程。

在此背景下，新興科技的應用成為解決這些問題的重要途徑，AI 在工程中的角色就像是為工程師裝上了「超級大腦」與「全知之眼」，它能從海量的數據中學習人類難以察覺的特徵，協助我們在瞬息萬變的環境中預見風險並做出最佳決策。

## 貳、主旨及背景說明

大臺北都會區捷運建設二期路網陸續通車，隨本府規劃捷運三環三線建設藍圖，大臺北都會區捷運建設由以臺北市為中心逐漸轉為以新北市為核心，並擴大路網規劃將三環三線升級為三環六線（三環三線+三線）(如圖 2-1)，可服務新興開發區，將捷運核心路網往外圍地區延伸，透過路線轉乘機能擴大整體路網面。藉由三環六線的推動，不僅可以紓解目前轉乘站的人潮壓力，更提供大臺北的乘客更完整、更便捷的捷運路網。



圖 2-1 新北市政府捷運工程局三環六線願景圖

考量捷運工程龐大施工量體及營運需求，以及土木機電工程項目界面複雜，因此期望藉由蒐集 AI 技術應用相關文獻，提出對於捷

運工程管理的未來執行方向，協助提升捷運建設工程品質及效率及減少捷運工程管理困難，以達到利用 AI 及資訊相關系統進行捷運工程管理之願景。

## 參、相關研究、文獻之檢討

為瞭解近年，工程對於 AI 的發展近況，本研究蒐集近五年有關 AI 運用於工程之論文，並加以分析，並著重於 AI 運用方式，藉以探討運用於新北捷運工程之可行性。

### 一、相關研究摘要介紹

#### (一) AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究[1]

這篇研究探討了人工智慧物聯網影像感測器 (AIoT-IS) 如何改變智慧建築的監控模式。傳統上，影像辨識需仰賴雲端平台，容易造成延遲與資安疑慮；本研究指出，因應深度學習 (DL) 技術發展，邊緣運算已能使感測器端具備即時辨識能力。

研究團隊歸納了建築物生命週期四大階段中的 18 種應用情境 (如工地安全監控、人臉辨識門禁、結構位移監測等)，並開發出「建築智慧科技應用成本效益分析模式 (CAMITA)」。透過兩個模擬案例驗證，發現在「建築施工工地安全監控」中，其益本比 (BCR) 高達 5.10；而在「智慧社區安全管理」中則為 2.10，顯示出極佳的經濟效益。然而，研究也提醒需注意隱私權侵犯等社會風險，並建議應依循 OECD 隱私保護原則建立數位影像處置規範。

AI 應用方式：該研究利用深度學習 (Deep Learning) 技術於邊緣運算 (Edge Computing) 設備端，使感測器能脫離雲端進行即時影像辨識。具體應用包括使用 YOLO 與 DeepLab 演算法進行人臉

辨識、車牌偵測、安全帽配戴檢測及結構位移監測。

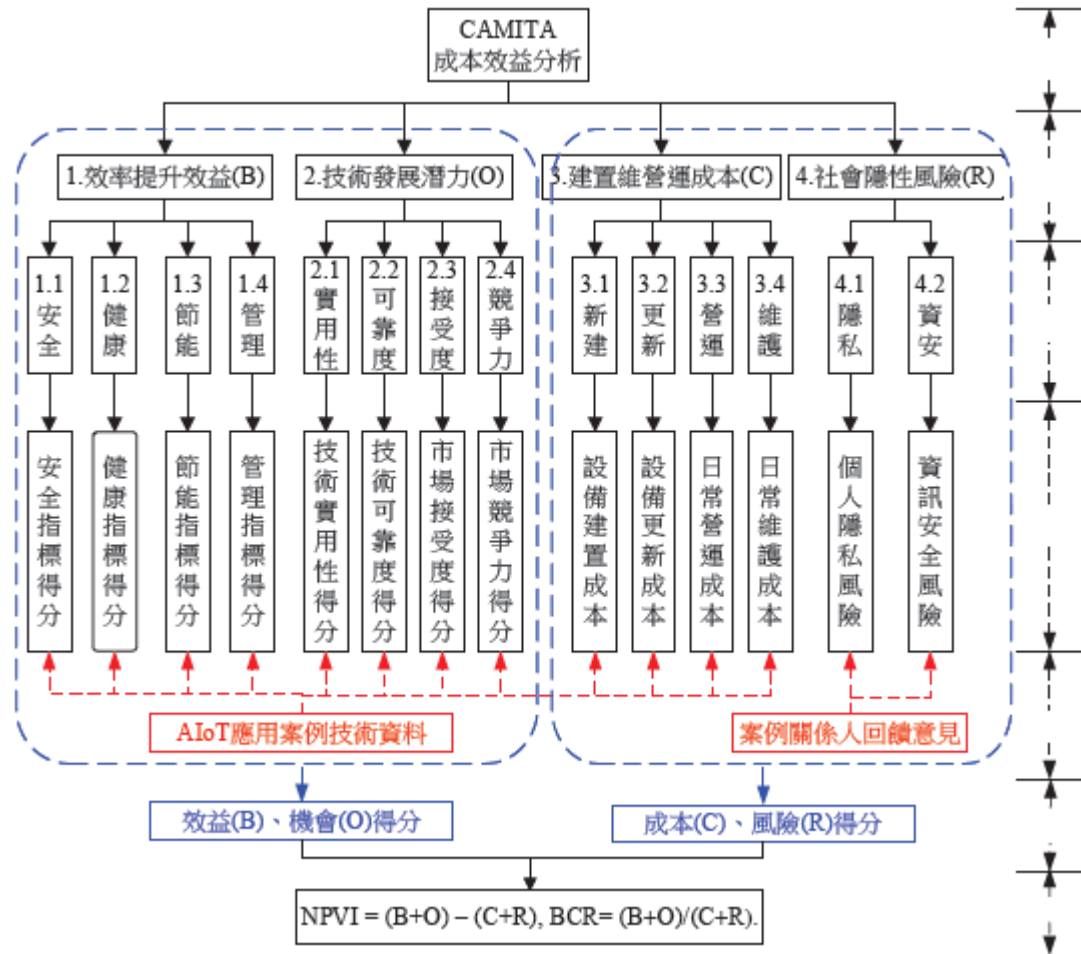


圖3-1 CAMITA 成本效益分析模式

## (二)AI 人工智慧於水土保持工程的具體應用[2]

本文闡述了 AI 在水土保持工程中，如何透過地形分析與水文模型來提升效率並保護生態。技術核心在於利用卷積神經網路 (CNN) 自動提取數字地形模型，準確度可達 95% 以上，大幅節省人力資源。

在水文預測方面，研究探討了隨機森林、支持向量機 (SVM) 及循環神經網路 (RNN) 的應用，能有效預測土地利用變化及降雨流量的時間序列，有助於降低洪水與泥石流風險。雖然發展潛力巨

大，但仍面臨可靠數據源缺乏及模型穩定性（捕捉複雜系統細節能力）的挑戰。結論強調應強化數據共享與跨學科交叉融合，發展更智慧化的模型優化技術。

AI 應用方式：主要應用於地形分析與水文模型開發。技術上利用卷積神經網路（CNN）從遙感數據中自動提取數字地形模型（準確度達 95% 以上），並透過支持向量機（SVM）、隨機森林及循環神經網路（RNN/LSTM）預測土地利用變化及降雨流量的時間序列，以降低洪水與泥石流風險。

### **(三)AI 在推進營建產業數位轉型之角色與挑戰[3]**

本研究深入探討營建產業長期面臨的「碎片化、不可複製性、團隊化及去中心化」等數位轉型障礙。作者指出，現代 AI 具備的互動性、創造性及多模態分析能力（如大型語言模型 LLM 與電腦視覺）是破壞性創新的關鍵。

具體應用範疇包括：自動化進度管理（結合 4D BIM 與影像辨識推算工項進度）、品質管理（如預鑄構件安裝精度之即時檢測）、以及職業安全管理（偵測工地人員是否佩戴安全帽或存在墜落風險）。研究強調，成功導入 AI 的關鍵在於選擇正確的應用場景，透過 AI 處理施工日誌、材料單及影像等多模態資料，能有效解決人才短缺並提升產業韌性。

AI 應用方式：應用範疇涵蓋自動化進度管理（結合 4D BIM 與影像辨識比對施工進度）、品質監控（偵測預鑄構件安裝精度）及職業安全（分析人員姿態以監控生產力及安全風險）。此外，亦利用大型語言模型（LLM）自動生成施工日誌與品管表單。

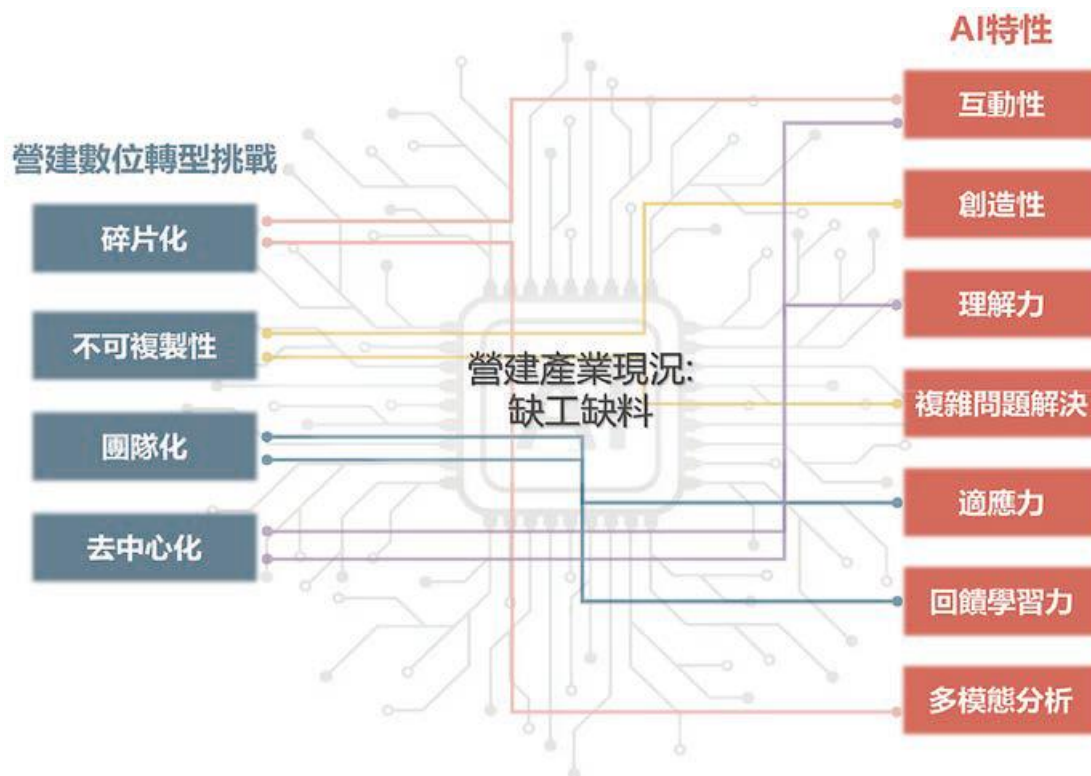


圖3-2 營建產業與 AI 之特性

#### (四)AI 對於友善環境之影響研析—以營建產業為例[4]

本篇從 ESG 永續發展的角度探討 AI 在營建產業的角色。關鍵技術包括 BIM 與光達 (Lidar) 掃描輔助設計，能優化空間配置並減少材料浪費。AI 在智慧建築與交通系統 (ITS) 的應用，則能透過大數據分析自動調節能耗與優化路網流量，進而達成節能減碳目標。

在工廠自動化方面，AI 驅動的焊接或綁扎鋼筋機器人能解決營建業高齡化與缺工問題。然而，研究也警示了 AI 帶來的負面影響，如資訊安全漏洞、個人隱私侵犯以及自動化導致的失業問題。結論建議應透過法律規範 (如歐盟人工智慧法) 與提高數據品質，確保 AI 在環境友善模式下的合法發展。

AI 應用方式：透過物聯網 (IoT) 結合 AI，在智慧大樓中自

動調節能耗並預測能源需求。此外，在智慧交通系統（ITS）中應用自動駕駛與自動控制（ATC）技術減少擁塞，並在工廠端使用焊接或綁扎鋼筋機器人來應對勞動力短缺問題。

### (五)Gen-AI 技術推動工程設計圖說自動生成監造數位查驗表單[6]

針對公共工程三級品管制度，中興工程研發了「設計圖說自動生成施工查驗表單」系統。該系統利用生成式 AI 與 RAG（檢索增強生成）技術，從龐大的施工規範與 BIM 模型中自動提取查驗項目與數值。

實務應用顯示，此系統能自動識別圖說中的工程資訊，使表單生成的效率大幅提升，減少了 70% 的人工作業時間，且初始準確率達 60%。透過「人機協作」模式，工程師由製作者轉化為檢核者，確保資料透明可追溯，有效改善了監造管理的公信力與作業品質。

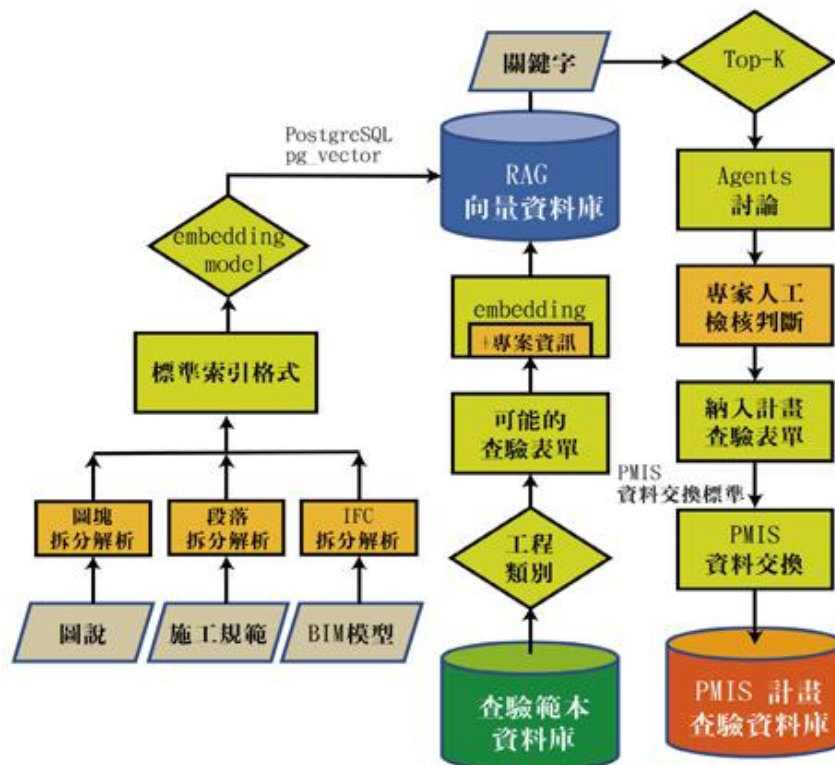


圖3-3 透過 Gen-AI 生成查驗表單流程圖

AI 應用方式：利用生成式 AI (Gen-AI) 與檢索增強生成 (RAG) 技術，對龐大的施工規範、工程圖說及 BIM 模型進行智能解析與向量化。系統能自動提取查驗標準並生成表單，減少了 70% 的人工作業時間。

### (六) UAV 及 AI 技術於土地開發工程自動化進度比對計算應用[8]

亞新公司以桃園中壢運動公園為案例，利用 UAV (無人機) 蒐集現場影像，結合 AI 辨識技術開發出六大自動化功能：土地覆蓋變化、高程落差判讀、管線工程、道路側溝、防塵網及瀝青鋪設進度辨識。

其中，道路側溝辨識準確度高達 98%，防塵網辨識則達 94%。此技術僅需 1 至 2 日即可完成傳統需耗費多時的統計工作，大幅減少現場監造核實的人力需求，並能透過高程差分析查找潛在墜落工安風險。此外，建置的 3D GIS 系統平台能整合圖資，提供數位典藏與統計分析報表。

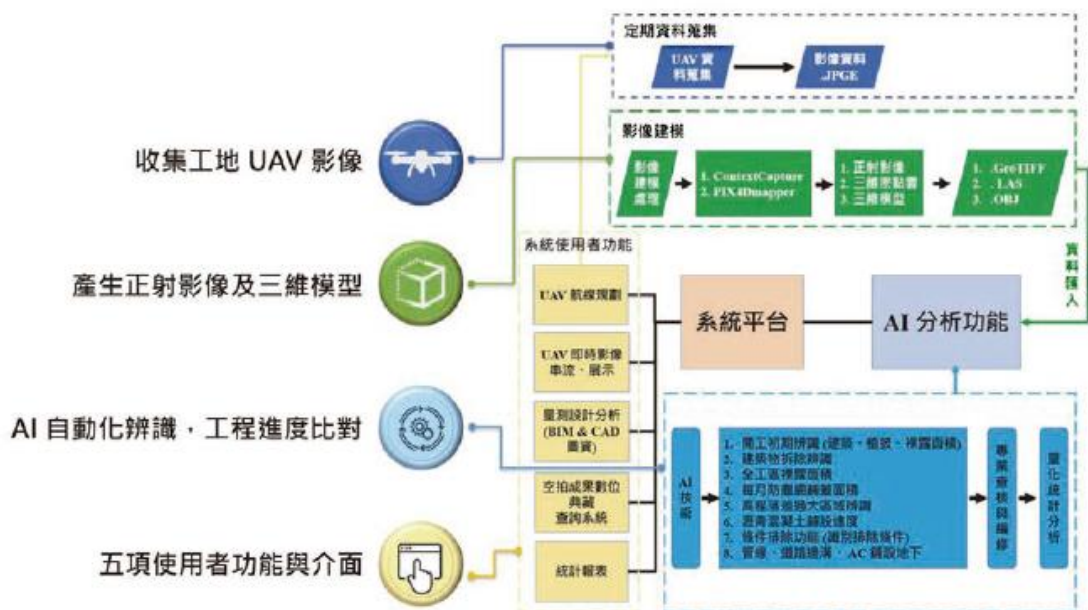


圖3-4 自動化進度比對計算分析流程

AI 應用方式：開發六大 AI 分析功能，包含利用影像辨識監控土地覆蓋變化、計算高程落差以防範工安意外，以及自動評估道路側溝（準確度 98%）與瀝青鋪設的施工進度。

### **(七)UAV 應用於土木高架橋梁工程專案管理之研究[9]**

本研究聚焦於如何利用 UAV 降低高架橋梁檢測人員的作業風險。數據顯示，高架工程職災率為一般營建工程的 2 倍。透過 UAV 搭載的高解析度攝影機，管理者可以獲得實境影像，進行進度監控、品質檢查及安全維護。

問卷調查顯示，94% 的工程專案管理人員未來計畫使用 UAV。研究提出了三階段改善策略：短期用於規劃階段的風險辨識；中期用於施工階段的進度與成本精確估算；長期則將 UAV 完整整合入工程生命週期管理機制中。此技術不僅能避免人員暴露於高空作業風險，亦能提升管理績效。

AI 應用方式：雖然主要強調載具應用，但亦涉及利用感測器影像與熱感應分析輔助結構監測。UAV 採集的數據可建立 3D 點雲圖與數值地形模型，用於規劃階段的風險辨識與施工階段的品質查核。

### **(八)人工智慧在都市淹水預測之應用與展望[10]**

歐盟計畫 FloodCitiSense 比較了多種數據驅動模型。第一種「純粹數據驅動模型」依賴歷史降雨與淹水報告，雖能預測致災事件，但受限於淹水報告資料分佈離散且不全，無法有效預測空間分佈。

第二種「氣候類比模型」則展現高度潛力，透過分析大氣參數

與雷達降雨影像的相似性，結合預先建立的水理模擬資料庫，平均準確度超過 70%。研究結論指出，未來應利用高品質的水理模型模擬結果來訓練 AI，以彌補傳統淹水回報資料在時間與空間上的連續性不足。

AI 應用方式：開發了氣候類比模型（Analogue Model），結合主成分分析（PCA）與 k-近鄰演算法（kNN），將當前大氣參數與雷達降雨特徵與歷史致災事件資料庫比對。此模式能結合預先模擬的水理地圖，提供準確度達 70% 以上的空間淹水預測。

#### **(九)人工智慧影像辨識應用於工程圖自動化辨識[11]**

這篇研究利用 SSD（Single Shot MultiBox Detector）演算法，建立了一套能自動辨識校舍結構平面圖中「柱標記」的模型。該模型針對 C1 至 C5 等五種柱標籤進行偵測，成功取代傳統人工判讀。

研究結果顯示，系統能在 15 秒內自動辨識一張平面圖，且平均數量誤差僅約 5.56%，平均均準度（mAP）達到 82.09%。這項技術能快速獲取結構柱數量與對應面積，大幅加速了建築物耐震快篩與初步評估的實行效率，為城市等級的耐震補強順序提供了科學依據。

AI 應用方式：採用 Single Shot MultiBox Detector (SSD) 演算法結合 ResNet152 網路架構，並應用遷移學習（Transfer Learning）技術。模型能在 15 秒內自動辨識平面圖中的各類柱標記（C1 ~ C5），平均數量誤差僅 5.56%。

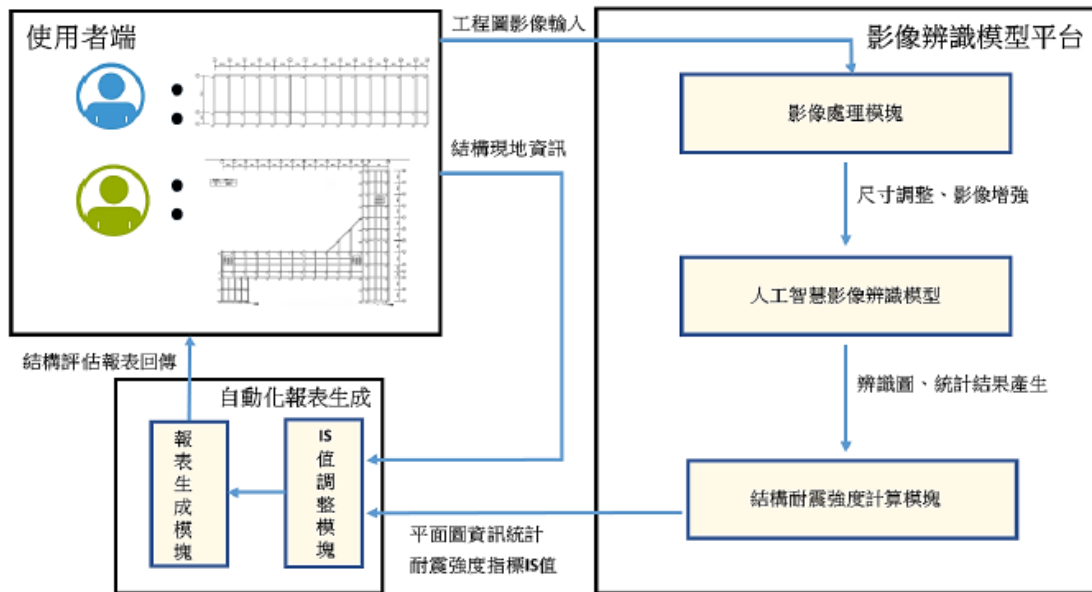


圖3-5 辨識模型應用流程

### (十)人工智慧應用於建物損傷診斷[12]

本研究開發了三種基於 AI 的結構健康監測方法。第一種利用頻率響應函數的相位差特徵，能有效估算殘餘勁度並判斷損傷位置。實驗顯示該方法可由低頻段資訊診斷損傷，突破了傳統方法對模態參數的高依賴性。

第二種方法引入「樂透彩券假說」對神經網路進行裁減，刪除權重較小的神經元，在維持精度的前提下，使運算效率提升且減少儲存空間。第三種為多目標深度模型，能同時預估層間位移與殘餘勁度比，消除了傳統積分加速度產生位移誤差的問題。

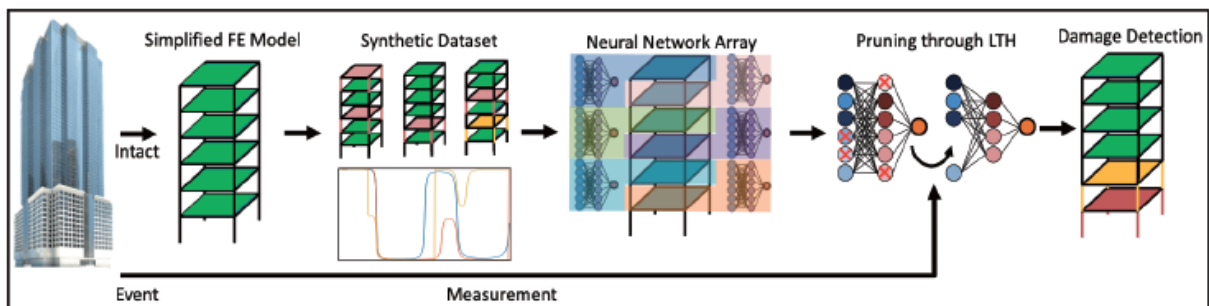


圖3-6 損傷診斷模型建立流程圖

AI 應用方式：包含 (1) 利用 頻率響應函數相位差 建立深度神經網路以預測殘餘勁度；(2) 採用 樂透彩券假說 (LTH) 對網路進行裁減以提升運算效率；(3) 開發 多目標模型 結合 LSTM 與 短時傅立葉變換 (STFT)，同時預估層間位移與殘餘勁度比。

### (十一) 人工智慧橋梁檢測車之研發與應用[13]

為了解決檢測人員在橋面徒步作業面臨的高撞擊風險，研究團隊開發了搭載 5 組攝影鏡頭的 AI 智慧橋梁檢測車。該車結合全局快門相機與 YOLOv8 模型，能以時速 40 至 80 公里自動偵測橋護欄、排水設施及伸縮縫的劣化狀況。

針對伸縮縫「間隙異常」等稀缺樣本，研究利用 ControlNet 生成式 AI 擴增高品質訓練樣本，顯著提升了偵測精確度。場域驗證顯示，此技術能精準檢出混凝土剝落與護欄生鏽等劣化，成果與人工檢測相符，且大幅降低了交通干擾。

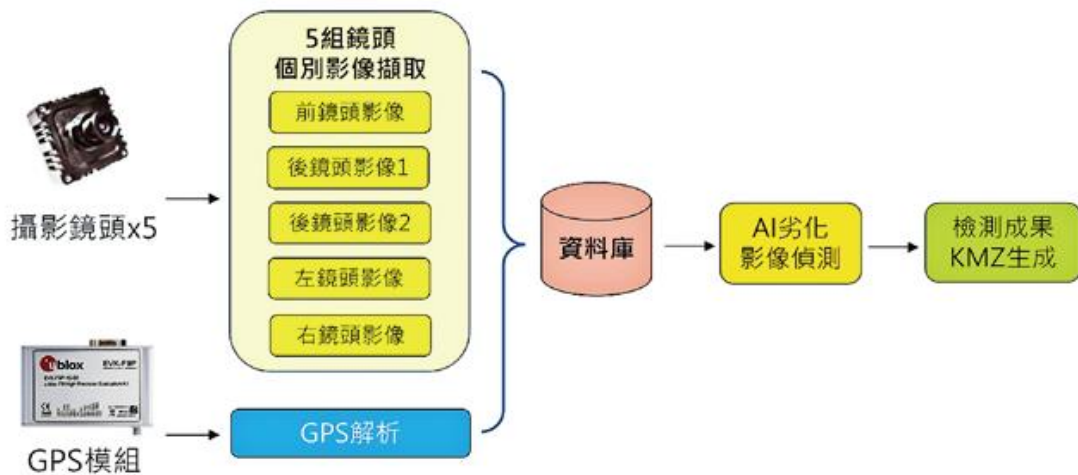


圖3-7 AI 橋梁檢測車檢測流程

AI 應用方式：採用 YOLOv8 演算法於高速行駛中（時速達 80 公里）自動偵測橋護欄、排水設施及伸縮縫劣化。針對稀缺的「間隙異常」樣本，利用 ControlNet 生成式 AI 擴增高質量的訓練數據，

大幅提升了模型的辨識能力。

## (十二) 工程施工自主檢查表智能生成系統[14]

這項技術針對預鑄構件生產過程中產生的龐大照片整理工作，開發了手寫白板辨識系統。傳統上，品管工程師需耗費大量時間將白板數據繕打入表單；該系統能自動擷取照片中的手寫文字並轉換為電子格式，辨識率達 90% 以上。

導入此系統後，整理一支預鑄構件的人時可節省 75% 至 90%。未來計畫利用 QLoRA（量化低秩調整）技術微調大型語言模型（LLM），並結合智能代理（Agent）來精準處理專業工程用語，讓作業流程邁向全面智慧自動化。



圖3-8 操作人員使用系統功能之實際流程

AI 應用方式：導入 AI OCR 技術辨識工程照片中的手寫白板字，辨識正確率達 90% 以上。未來規劃使用量化調整（QLoRA）技術微調大型語言模型（LLM），並結合智能代理（Agent）來精準處理專業工程用語及自動生成說明文字。AIoT 影像感測器在建築物

安全應用與效益研究。

## 二、AI 運用於工程的建議

依據前面的研究計畫，彙整並針對捷運建設之規劃、設計及施工三個階段，導入人工智慧（AI）技術的具體建議如下：

### （一）規劃階段：數位地景與風險預估

在工程初期的路線選址與環境評估中，AI 可協助處理海量空間數據並預測潛在風險：

1. 地形分析與自動建模：利用深度學習技術（如卷積神經網路 CNN）自動從光達（LiDAR）或航空攝影中提取「數字地形模型（DTM）」，準確度可達 95% 以上，大幅縮短場地研究與規劃時間。

2. 都市淹水預警與排水設計：地下車站與隧道對水災極度敏感。建議導入「氣候類比（Analogue）模型」，結合歷史致災資料與大氣參數，精準預測都市淹水空間分布，作為通風口、出入口高度設計之依據。

3. 高精地圖與資產盤點：建立「三維高精地圖（HD Map）」，比例尺需優於 1/500。透過 AI 自動辨識道路設施（如人孔、號誌、地下管線），以解決不同座標系統無法套疊的問題，優化施工前期的資產盤點。

### （二）設計階段：智慧化審核與模型整合

設計階段應側重於自動化檢核與 BIM（建築資訊模型）的深度應用：

1. 工程圖說自動化辨識：利用 SSD（Single Shot MultiBox Detector）演算法，在 15 秒內自動辨識結構平面圖中的構件（如柱標

記) 與數量。這能協助快速將紙本或二維圖資轉化為結構耐震初評所需之數據。

2. GenAI 輔助法規檢核：捷運設計規範繁複，可導入生成式 AI (GenAI) 自動進行法規與標準規範的比對，確保設計方案符合安全性標準，避免後續修改延誤。

3.4D BIM 與施工模擬：將 3D 模型結合時間軸 (4D BIM)，並利用 AI 最佳化材料選擇與資源配置，從設計端就開始考慮如何降低碳排放與提升施工效率。

### (三) 施工階段：全方位監控與品質自動化

施工是最關鍵的階段，AI 可在進度、安全、品質三方面發揮「破壞性創新」：

#### 1. 工地安全監控 (AIoT)：

即時行為辨識：利用 AIoT 影像感測器自動偵測工人是否佩戴個人防護裝備 (PPE)，監控高處開口墜落風險，並在人員闖入移動式起重機作業區時即時警報。

地下工程監測：針對隧道施工，導入基於 AIoT 的潛盾機參數監控與地表沉陷預測模型，降低挖掘過程導致的鄰房損傷風險。

2. 無人機 (UAV) 自動化進度管控：定期利用無人機拍攝施工現場，透過 AI 影像辨識將現況與 BIM 模型進行自動化比對，計算瀝青鋪設面積、側溝進度等，大幅節省人力核實成本。

#### 3. 自主檢查表智能生成：

手寫辨識與表單產製：捷運工程包含大量預鑄構件。建議導入「工程施工自主檢查表智能生成系統」，利用 AI 辨識施工現場白

板手寫文字，自動將照片貼附並填寫說明，可減少自檢表製作約 75% 至 90% 的工作量。

RAG 技術溯源：運用檢索增強生成（RAG）技術，將設計圖說與規範轉換為 AI 可理解的向量資料庫，自動產製具備原始資訊溯源功能的施工查驗表單，準確率可大幅提升。

導入 AI 的捷運建設流程，就像是為工程團隊配備了一位「擁有過往所有經驗且永不疲倦的數位總工程師」。在規劃時，他能預見十年後的淹水高度；設計時，他能瞬間讀懂數千張圖紙並點出法規缺失；施工時，他能從高空監看每一顆螺絲的進度，並在工人忘記戴安全帽的零點一秒發出警示。這不僅是技術的升級，更是讓複雜的捷運工程從「人為判斷」走向「數據治理」的跨越。

## 肆、本局資訊化推動成果

目前，本局在捷運工程導入新的資訊化管理，分別說明如下：

### 一、捷運工程 BIM 中長期發展及混合實境應用計畫

#### （一）計畫背景與動機

新北市政府為推動「三環六線」捷運路網，建設範疇涵蓋 206 站、全長 235 公里，工程量體極為龐大。由於土木工程產業對新科技導入相對緩慢，且捷運工程項目複雜，本計畫旨在透過建築資訊模型（BIM）結合專案管理資訊系統（PMIS）及混合實境（MR）技術，解決工程設計、施工至維運階段的介面衝突與管理效率問題，並響應國際減碳浪潮，導入碳足跡管理機制。

#### （二）四大核心發展目標

本計畫將捷運 BIM 之中長期發展劃分為四大核心目標，以建構智慧化捷運建設環境：

### 1. 工程管理 (PMIS)：

將傳統紙本作業轉向雲端化，利用系統進行進度、品質及成本的三方管控。建立工程管理戰情平台，透過數據視覺化（如 S 曲線、甘特圖）即時掌握各案場施工動態與預警資訊。

### 2. 圖資管理 (BIM Repository)：

(1) 依據 ISO 19650 國際標準建立統一的圖資交付與驗收準則。

(2) 建置通用資料環境 (CDE)，達成竣工圖說、BIM 模型及技術文件的全文檢索與長期留存，解決資訊斷層問題。

### 3. BIM & MR 應用：

(1) 設計與施工階段：利用 MR 設備進行 1:1 實境套疊，於施工前檢討管線衝突，減少重工成本。

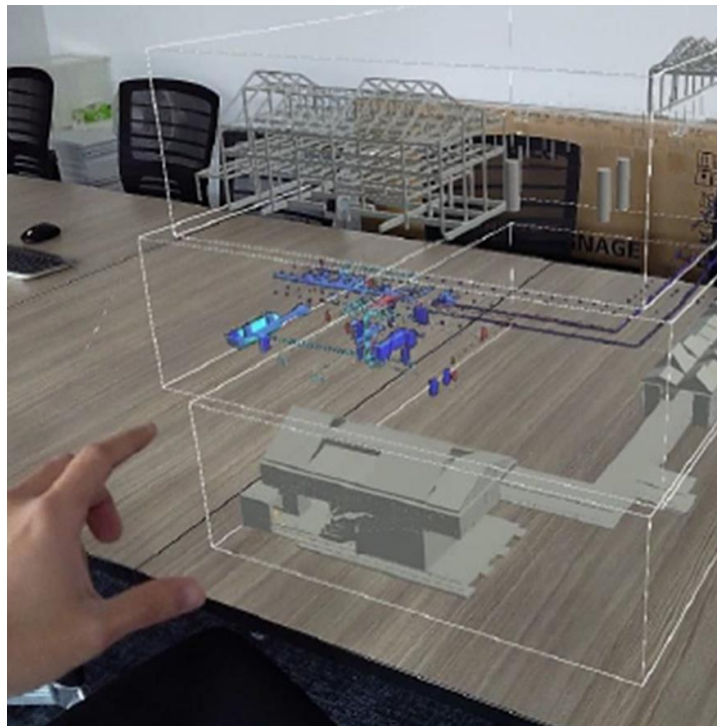


圖4-1 BIM & MR 應用

(2)維護管理階段：導入遠端技師協助與虛擬化巡檢，將 BIM 元件資訊與現場設備結合，提升檢修效率。

計畫參考了淡海輕軌的 4D 施工模擬、安坑輕軌安心橋的碰撞檢討及 JR 東日本的智慧維護經驗。

(1)示範執行：建議於基隆捷運優先推動 PMIS 與圖資倉儲系統；汐東捷運則已擬定需求書導入 MR 應用。

(2)預期效益：透過數位化轉型，預期可達成工程文件少紙化、降低日常督導成本，並落實政府對溫室氣體揭露與減量的社會責任。

## 二、 汐東線捷運建設導入 BIM 整合 MR 混合實境應用

### (一)計畫背景與動機

新北市政府為推動「三環六線」捷運路網，建設範疇涵蓋 206 站、全長 235 公里，工程量體極為龐大。由於土木工程產業對新科技導入相對緩慢，且捷運工程項目複雜，旨在透過建築資訊模型 (BIM) 結合專案管理資訊系統 (PMIS) 及混合實境 (MR) 技術，解決工程設計、施工至維運階段的介面衝突與管理效率問題。

### (二)設計階段：

於前述導入範圍內，配合業主、專案管理單位、監造單位要求，以 MR 混合實境進行下述工作，以強化設計階段的溝通作業。

- 1.結合設計 BIM 的展示。
- 2.管線、結構的衝突檢討。
- 3.設計成果與鄰近建築結構界面檢討。

### (三) 施工階段：

於前述導入範圍內，配合業主、專案管理單位、監造單位要求，以 MR 混合實境進行下述工作，以強化施工階段的工程品質。

1. 結合施工 BIM 的展示。
2. 設計專責人員進行遠端設計釋
3. 施工與設計成果差異比對。

## 三、 捷運建設導入計畫管理資訊系統(PMIS)

廠商於契約執行期間提供並使用 e 化資訊平台，以規劃、執行、維護、建置、更新及管理相關的計畫、設計、製造、安裝。廠商建置計畫管理資訊系統時應將業主所提供之「文件圖說管理計畫」規定及所建置之文件圖說管理系統運作納入考量，以利後續進行協同作業與管理。



圖4-2 三鶯線 PMIS 資訊管理系統

計畫管理資訊系統(PMIS)，包括以下功能：

1. 公文收發及文件圖說管理系統
2. 風險管理系統
3. 界面管理系統
4. 型態管理系統
5. 工地即時監看系統
6. 其他經業主指定之系統

## 伍、研究發現

藉由前述論文研究，並結合目前本局資訊推動成果，並考量本局現階段推動可行性，針對影像辨識與圖說辨識在捷運工程管理領域的推動，以下是具體的研究發現

### 一、影像辨識

影像辨識技術目前已廣泛應用於施工安全、進度管理與橋梁巡檢。

#### (一)導入 AIoT 邊緣運算提升監控即時性：

建議將原本依賴雲端決策的任務移至 AIoT 感測器的邊緣運算端，以提供即時的辨識結果（如：工地人員 PPE 穿戴辨識、高處墜落風險監控、機具碰撞預警等），這不僅能加速決策，還能提升資訊安全性。

#### (二)結合 UAV 與 MMS 進行自動化進度比對：

推動使用無人機（UAV）或行動測繪車（MMS）定期收集現場影像資料。透過 AI 分析施工進度、管線施工位置、伸縮縫異常、混凝土裂縫或鋪面損壞情形，可大幅減少現場監造核實進度的人力需求。

## 二、圖說辨識

圖說辨識主要聚焦於自動化獲取設計資訊，並轉化為管理數據。

### (一)推動設計圖說自動比對：

利用生成式 AI 與檢索增強生成 (RAG) 技術，自動解析大量複雜的設計圖說、施工規範與 BIM 模型，用以檢討設計是否符合相關法規或規範，亦或進行其他捷運建設計比較，如高架墩柱或鋼箱梁設計對照，以了解是否有過度設計。

### (二)建立結構資訊自動擷取機制：

推動以 AI 演算法 (如 SSD 演算法) 自動辨識結構平面圖中的柱位、尺寸與種類。這能取代傳統由工程師肉眼讀圖的方式，將辨識時間縮短至每張 15 秒內，有效支撐耐震能力快速篩檢作業。

## 陸、結論與建議

### 一、研究結論

#### (一)數位轉型與人力缺口之解方：

人工智慧 (AI) 已成為營建與土木工程數位轉型的核心動力。針對捷運工程高成本、長週期、設計困難及施工界面複雜等特性，導入 AI 技術能有效輔助規劃、設計、施工及營運各階段，並緩解目前公職環境土木職系人力短缺所造成的工作壓力。

#### (二)效率與精準度顯著提升：

**圖說與文書處理：**利用生成式 AI (Gen-AI) 與檢索增強生成 (RAG) 技術，能自動解析龐雜設計規範並生成查驗表單，減少高達 70% 以上的人工作業時間。

**影像與自動化監控：**透過無人機（UAV）與 AI 辨識，如道路側溝辨識準確度可達 98%，並將原本需耗費多日的統計工作縮短至 1 至 2 日。此外，AI OCR 技術在辨識手寫白板資料上也有 90% 以上的正確率。

**結構辨識：**採用 SSD 演算法辨識結構平面圖，可在 15 秒內完成單張圖紙，大幅加速耐震快篩效率。

#### （三）施工安全與風險預警之強化：

AIoT 影像感測器結合邊緣運算，能即時監控個人防護裝備（PPE）佩戴與高處墜落風險，其益本比（BCR）高達 5.10，顯示極佳的經濟與安全效益。

#### （四）落實 ESG 與韌性城市：

AI 的整合不僅強化了工程韌性，更是落實 ESG 永續發展（如碳足跡管理、節能減碳）的重要技術基石。

## 二、未來建議

#### （一）各階段技術深度整合：

**規劃階段：**應廣泛導入 CNN 地形分析與氣候類比模型，以精準預測都市淹水風險，作為車站出入口設計依據。

**設計階段：**推動 SSD 演算法自動擷取結構資訊，並利用 Gen-AI 進行法規審核，確保設計方案之合規性與精確度。

**施工階段：**強度導入 AIoT 邊緣運算監控與 UAV 進度自動比對，將現場作業由「人為判斷」轉化為「數據治理」。

#### （二）深化 BIM 與 MR 的協同應用：

建議延續「三環六線」的推動經驗，於基隆捷運與汐東捷運

等，優先推動 PMIS 管理平台與 MR（混合實境）應用，透過 1:1 實境套疊解決管線衝突並提升維檢修效率。

## 柒、參考文獻

- 1.王榮進、余文德、廖琬洲、張憲寬、林子怡（2022）。AIoT 影像感測器在建築物安全應用與效益研究。建築學報，(122)，1-20。
- 2.蔡易達（年份未詳）。AI 人工智慧於水土保持工程的具體應用。
- 3.林之謙、黎芳玲（2024）。AI 在推進營建產業數位轉型之角色與挑戰。土木水利，51(6)。
- 4.許書銘（2023）。AI 對於友善環境之影響研析—以營建產業為例。
- 5.黃隆茂（2024）。BIM 在職業安全衛生管理中實務案例之應用。土木水利，51(3)。
- 6.林芳輝、呂斌豪、許睿（2024）。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。土木水利，51(6)。
- 7.李秉展（2024）。GenAI 在營造業的應用探索。營建知訊，(496)。
- 8.黃文俊、翁淑卿、李俊璋、游中榮（2025）。UAV 及 AI 技術於土地開發工程自動化進度比對計算應用。土木水利，52(1)。
- 9.林保宏、蕭輔國（2020）。UAV 應用於土木高架橋梁工程專案管理之研究。中國土木水利工程學刊，32(6)，471-482。
- 10.汪立本、Susana Ochoa Rodriguez、Yuting Chen、Christian Onof（2021）。人工智慧在都市淹水預測之應用與展望。土木水利，48(2)。

- 11.吳越平、林子剛、蕭輔沛、凌于哲、徐侑呈、林佳蓁（2025）。  
人工智慧影像辨識應用於工程圖自動化辨識。中國土木水利工程學刊，37(1)，63-73。
- 12.周肇昱、劉捷妤、張家銘（2023）。人工智慧應用於建物損傷診斷。
- 13.陳威成、楊文榮、傅仲偉、董東璟、廖建明（2022）。人工智慧技術在海洋觀測之應用。土木水利，49(6)。
- 14.陳賢明、洪秋金、王韋翔、蕭兆昇（2025）。工程施工自主檢查表智能生成系統。土木水利，52(1)。