



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。

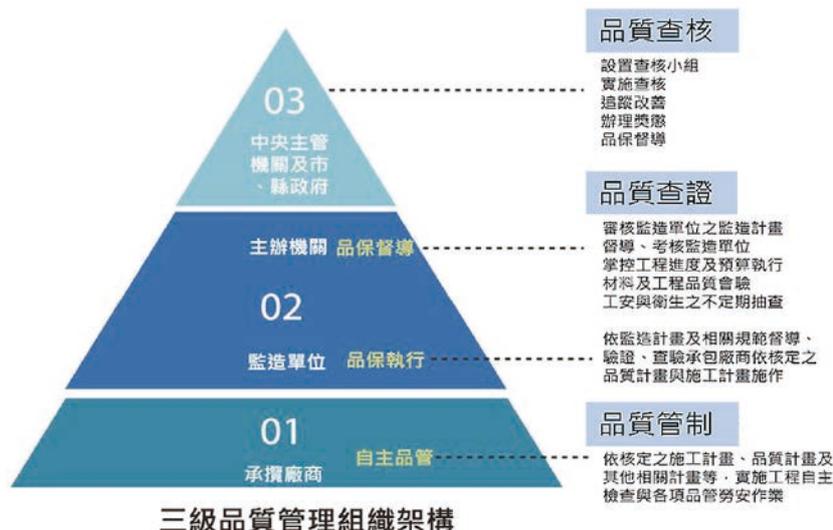


圖 1 三級品管架構圖

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

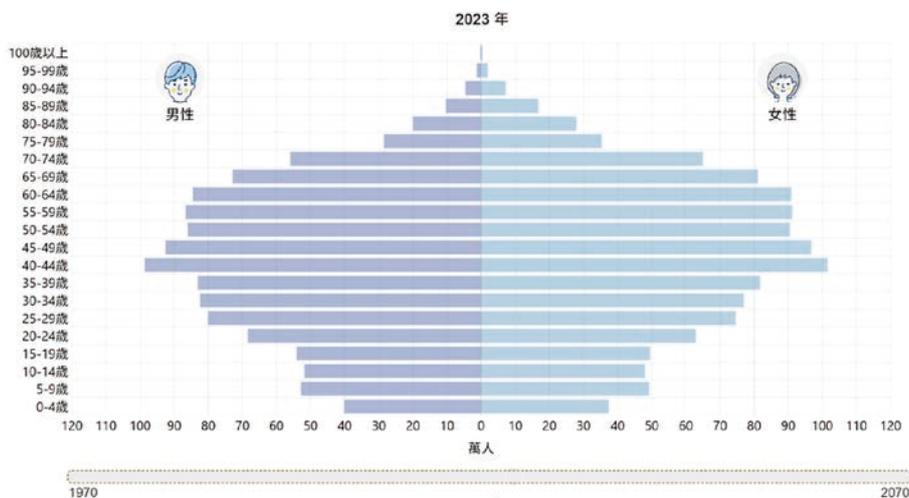
台灣營建產業目前正面臨結構性的挑戰。隨著社會快速變遷，人口結構的改變不僅造成專業人力的斷

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。

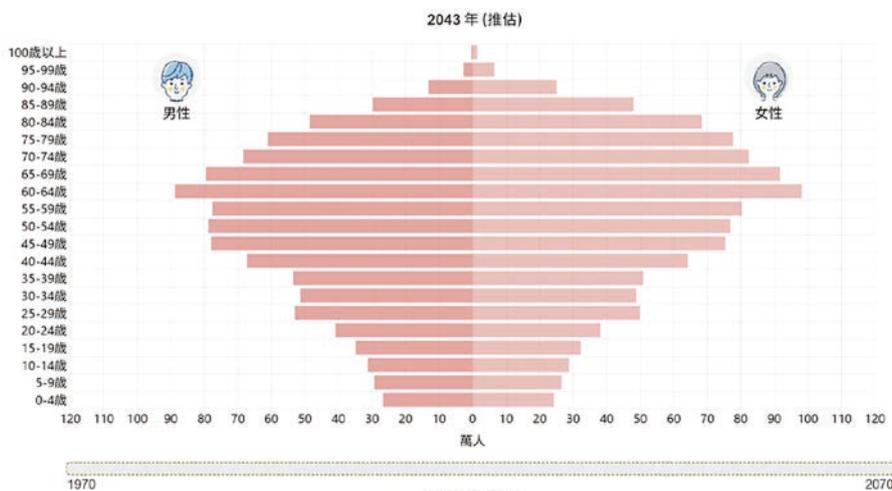
當前營建產業迫切的問題是人力資源的斷層危機。因為營建產業具有高度專業性，隨著台灣人口結構持續老化，產業內之從業人員普遍年齡已然偏高，技術傳承面臨斷層的威脅。透過國家發展委員會的人口推估查驗系統，檢視目前及未來 20 年後的台灣地區的人口金字塔分布圖，如圖 2 所示，可以明顯發現台灣未來人力有顯著的缺口^[1]。

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。



2023 年人口金字塔分布圖



2043 年人口金字塔分布圖 (推估)

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



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。

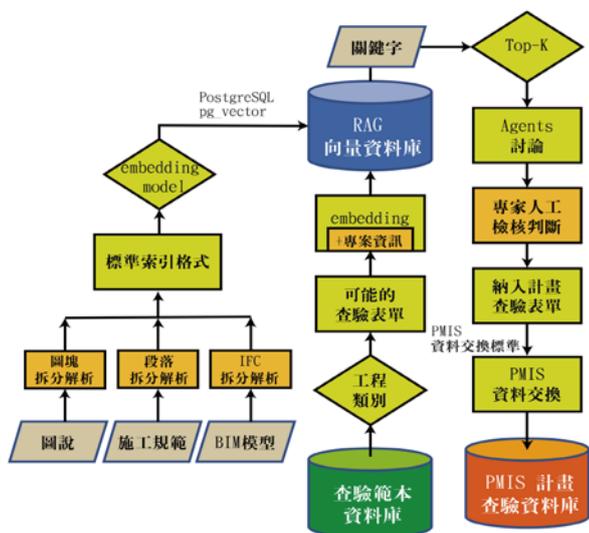


圖 8 透過 Gen-AI 生成查驗表單流程圖

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同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。