



114年推動我國職業安全衛生業務與國際交流合作計畫

主辦單位： 勞動部職業安全衛生署

執行單位： 財團法人安全衛生技術中心
SAFETY AND HEALTH TECHNOLOGY CENTER

日本基礎設施數位轉型與 i-Construction 2.0：產官學合作的實踐與啟示

From i-Construction to DX: Industry–Government–Academia Collaboration

主辦單位：The Global Initiative for Safety, Health and Well-being (GISHW 2025)

主持人：Shida Masaaki (國土交通省 技術調查課革新推進室 室長)

講者：Takashi Cho (東京大學 教授)、Katsunori Tateyama (三重大學 教授)、Masaki Nozaka (近畿地方整備局 計畫部長)、Yuki Matsushita (清水建設株式会社 代表)、Takashi Kawamura (木下建設株式会社 代表)

會議連結：<https://www.youtube.com/watch?v=thDcM8uZXrM>

- **國土交通省**：綜合臺灣交通部、營建署、公共工程委員會及觀光署部分職能
- 地方整備局**：類似臺灣公共工程委員會轄下工程處或區域工程管理局，負責地區性公共建設、河川、道路及防災工程

背景與前言：從 i-Construction 到 DX 的演進

2015年日本國土交通省推動 i-Construction政策，以數位技術全面提升建設工地的生產力與安全性，作為日本營建產業結構轉型的起點。2016年，日本政府於未來投資會議提出明確目標：至2025年前，整體建設工地的生產力提升20%。為達成此目標，國土交通省以 i-Construction 為核心政策，推動從測量、設計、施工到維護管理的全流程數位化與自動化。

2020年政府進一步成立基礎設施DX推進本部，正式將數位轉型 (Digital Transformation, DX) 納入公共工程政策主軸，該部門致力於在營建工程全流程導入人工智慧 (Artificial Intelligence, AI)、無人航空機 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)、三維建模 (3D Modeling) 與數據平台 (Data Platform) 等技術，以提升施工自動化、遠端管理與維護效率，並因應建設產業的人力短缺與高齡化挑戰，維繫營建工地中對工作者的安全防護。

- **基礎設施DX推進本部**：基礎設施數位轉型推進本部

基礎設施DX行動計畫的三大變革

國土交通省2021年公布《基礎設施DX行動計畫 (第一版)》後，於2023年再發布《基礎設施DX行動計畫 (第二版)》，明確將推動重點歸納為：

建造變革

Transformation of Construction Methods：以自動化、機械化與數位施工技術提升現場效率。

使用變革

Transformation of Infrastructure Utilization：透過智慧化管理與遠端操作強化設施維運。

數據運用變革

Transformation of Data Utilization：建立跨機構資料共享與分析機制，實現即時決策與透明治理。

i-Construction 2.0 的三大支柱

i-Construction 2.0政策成為日本基礎設施數位化政策的新階段象徵，其核心聚焦於三大支柱，其目標是在因應人力短缺的環境下，同時提升效率、安全與工作者福祉 (Well-being)，推動營建產業邁向高生產力、高品質與永續發展的新階段。

01

施工自動化 (Construction Automation)

以機械控制、自動化與自駕化技術減輕人力負擔，提升施工效率與安全性。

02

數據連結自動化 (Data Connectivity Automation)

透過共通數據環境(Common Data Environment, CDE) 串接設計、施工與監理資料流，促進資訊整合與跨部門協作。

03

施工管理自動化 (Construction Management Automation)

運用感測技術、AI分析與遠端監控系統，實現即時管理與職災風險預防。技術創新：AI、UAV 與 Well-being 導向的安全管理

AI與UAV應用於結構物檢測之革新

Takashi Cho 教授團隊以AI與UAV支援結構物檢測的最新研究成果，其研究團隊開發的系統可透過AI影像分析自動辨識橋梁與下水道的鏽蝕、裂縫與滲水等劣化現象，並自動生成維修報告。同時，無人機可依據AI指令自動飛行進行二次檢查，有效降低人工巡檢所需人力與高空作業風險。亦展示擴增實境 (Augmented Reality, AR) 技術於維護管理的應用。維護人員可於現場使用平板電腦即時疊合歷史檢查資料與3D Modeling，進行視覺化比對與劣化追蹤。

配合數位分身 (Digital Twin) 技術，能整合地質、地下空洞及建築資訊 (如：政府開放資料平台)，進行結構健康診斷與事故模擬，達成預防性維護的目標。為確保 AI 模型的精準度與可持續運用，Takashi Cho 教授團隊強調訓練資料品質與持續更新的重要性，並推動建立開放式資料標註平台 (Open Data Annotation Platform)，促使地方政府與承攬業者共同累積影像與結構數據，形成跨部門協作的資料共享生態系 (Collaborative Data Ecosystem)，以加速基礎設施維護的智慧化與效率化。

以 Well-being為核心的數位化安全管理

Katsunori Tateyama教授團隊以Well-being為核心，說明建設業如何藉由數位化達成安全與福祉的雙重目標。事故預防方面，導入AI分析現場的虛驚事件與良好行為報告，將工地經驗知識數位化並自動分類，轉化為教育訓練與風險預測的重要資料；安全教育方面，運用安全與風險管理模型與元宇宙 (Metaverse) 技術重現實際案例，讓學員透過沉浸式模擬環境學習正確操作與風險應對，以強化行為覺察與臨場反應能力；施工環境管理方面，透過感測器即時監控並自動調整通風、照明與設備運轉條件，以精確管理 (Sei-Management) 降低能源消耗與過剩投入，同時兼顧安全與環境永續。實際應用於隧道通風系統的案例更顯示，依據污染度自動控制風量，可達到約15% 節能效果。

❏ **安全與風險管理模型**：用於識別潛在危害、模擬施工風險及執行危險辨識與安全培訓的數位平台。

元宇宙：結合VR與AR的沉浸式數位空間

精確管理：運用感測器與數據分析技術，即時監控並自動調整施工現場的環境與設備運作條件，以提升能源效率、安全性與工作舒適度的智慧化管理方式。

這種以員工福祉為導向的數位轉型，使安全管理從防止災害進一步提升為促進健康與福祉 (Promotion of Health and Well-being)，展現建設業在數位時代中以人為本的轉型方向。

制度革新與實務應用：從政府到企業的數位轉型

行政與制度面的數位轉型

國土交通省近畿地方整備局計畫部長 Masaki Nozaka說明日本政府推動基礎設施DX (Infrastructure DX) 的整體策略。近畿地方整備局位於災害頻發地區，為提升施工與監理效率，推行遠端施工 (Remote Construction) 與遠短監控管理 (Contactless Supervision)，並透過基礎設施生產力革命智慧管理計畫 (Productivity Revolution Infrastructure Smart Management, PRISM) 整合混凝土出貨、施工、監督、管理與檢查等資料流，實現跨產業的數據連動與自動化管理。

- **生產力革命智慧管理計畫 (PRISM)**：透過數位技術、資料整合與自動化管理，推動公共工程與基礎設施管理的生產力革新 (Productivity Revolution)。

實務應用上，該局導入無人化施工系統 (Unmanned Construction System)、AI 影像辨識 (AI Image Recognition) 與UAV巡檢技術，可即時掌握河川滯留車輛與土石災情，縮短災害應變時間並提升現場安全性。隨著技術逐步成熟，制度面的改革亦須同步推進，包括推行數位檢查 (Digital Inspection)、無紙化給付 (Paperless Payment) 及更新職業安全衛生法規 (Occupational Safety and Health Regulations, OSH Regulations) 等配套措施，方能使公共工程的數位化流程真正正常態化，達成高效率與透明化的營建管理模式。

共通數據環境的建構

日本營建業推動具信任機制的共通資料環境(Reliable Common Data Environment, RCD) 建構構想，RCD是在傳統CDE架構加以強化，導入應用程式介面 (Application Programming Interface, API) 串接功能，使不同系統間的資料可自動交換與整合，並結合區塊鏈 (Blockchain) 驗證機制，以記錄並追蹤資料的變更歷程，確保資訊的真實性 (Authenticity) 與可追溯性 (Traceability)。



系統採取：作業中(Work In Progress, WIP)→共享(Shared)→發布 (Published)→歸檔 (Archive)。四階段工作流程管理資料狀態，確保版本控制的一致性 (Consistency) 與資訊透明化 (Information Transparency)，建立可確保跨組織資料共享與協作安全的信任型數據管理平台。

土木情報通信技術(Information and Communication Technology for Civil Engineering, ICT) 應用於土方工程與山岳隧道的試辦專案中，RCD系統展現出顯著的生產力提升成效：承包商作業時數平均減少 68-75%，發包單位作業時數則減少約78%，RCD 的核心價值在於開放與共享 (Openness and Collaboration)。為促進產官學共同開發，擬將核心程式碼公開為開放原始碼 (Open Source) 架構，讓不同企業與機構能在相同平台上進行應用與擴充。亦建議政府應建立制度基礎，使無紙化驗收與遠端檢查得以在法規上合法化並常態運作，以確保數位化流程能在公共工程中持續推進，達成營建管理高效率與透明化的長期目標。

地方中小企業的數位轉型實踐

以地方型中小建設企業導入 i-Construction 2.0 為例，說明中小企業透過數位轉型提升營運效率與安全管理水準。木下建設株式會社與機械製造商、3D 列印供應商及電腦輔助設計服務商合作，共同建立涵蓋設計、施工與檢核流程的3D數據流通體系 (3D Data Flow)。

透過全球導航衛星系統 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 進行運輸作業的可視化模擬，進行運輸模擬，提升車輛調度效率，使每日施工量增加約 240 m³，工期縮短10天；構件製作方面，導入3D列印 (3D Printing) 技術後，施工週期由41日縮短至10日，工時自81人工降至35人工，顯著改善生產效率與施工精度。

□ **全球導航衛星系統 (GNSS)**：由多國衛星組成的定位與導航系統，用於提供地面設備位置、方向與時間資訊。

針對偏遠工地的網路連線限制，公司導入衛星通信 (Starlink Satellite Communication) 系統，確保現場與雲端平台間的即時資料傳輸，並配合智慧穿戴裝置 (Smart Wearable Devices) 監測作業人員的心率與體溫，以預防熱危害 (Heat Stress) 與生理負荷過高；安全教育方面，導入生成式人工智慧 (Generative AI) 技術進行影像辨識與危險辨識訓練，系統透過影像辨識自動標示潛在風險點，輔助現場人員進行預防性學習與即時判斷，提升作業安全與應變效率。持續推動數位轉型，木下建設的平均加班時數降至每月12.1小時，員工年休假達 130天、特休16天。此成果顯示，數位轉型不僅提升生產力與安全管理效能，亦促進員工的工作與生活平衡 (Work-Life Balance)，落實以幸福職場 (Well-being Workplace) 為核心的企業經營模式。

全球趨勢、我國現況與未來展望

全球與我國發展現況

國際現況

全球營建產業的數位轉型正快速推進，從工程設計、施工管理到維運階段，皆朝向資料驅動與智慧化管理發展。2024年英國皇家特許測量師學會 (Royal Institution of Chartered Surveyors, RICS) 發布《Digitalisation in Construction Report 2024》指出全球建設業雖普遍認知數位化的重要性，但實務上仍存在導入不足與應用落差，特別是在生命週期碳排管理與跨系統資料整合方面仍具挑戰 [1]；同年，歐盟執行委員會 (European Commission) 旗下的BUILD UP平台發表《Building the Future: How Digitalisation and Artificial Intelligence Are Reshaping Competitiveness in Europe's Construction Sector》指出AI、感測技術與自動化正重塑營建產業的競爭結構，並強調數位化能有效降低工地風險、提升能源效率與工程透明度 [2]。

2025年奧地利創新研究機構StartUs Insights發布《Digital Transformation in Construction》顯示約七成營建企業已啟動或規劃導入AI、IoT與機器人技術，用以強化預測性維護、工地安全與資源管理 [3]；同年7月，世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF) 發表《3 Key Insights on the Digital Transformation of Construction》指出建設業的數位轉型不僅是技術升級，更涉及組織文化與產業結構的變革。成功推動的關鍵在於建立跨產業、跨部門協作機制，促進資料共享與創新共創，形成人本導向的智慧建設生態系 [4]。營建產業正由專案導向轉向平台導向，以CDE與API為協作基礎，並以AI、自動化與資料共享為推進引擎。數位轉型不僅提升效率與安全，也促進治理透明與產業永續，為各國政府與企業提供下一代基礎設施治理模式的藍圖。

我國現況

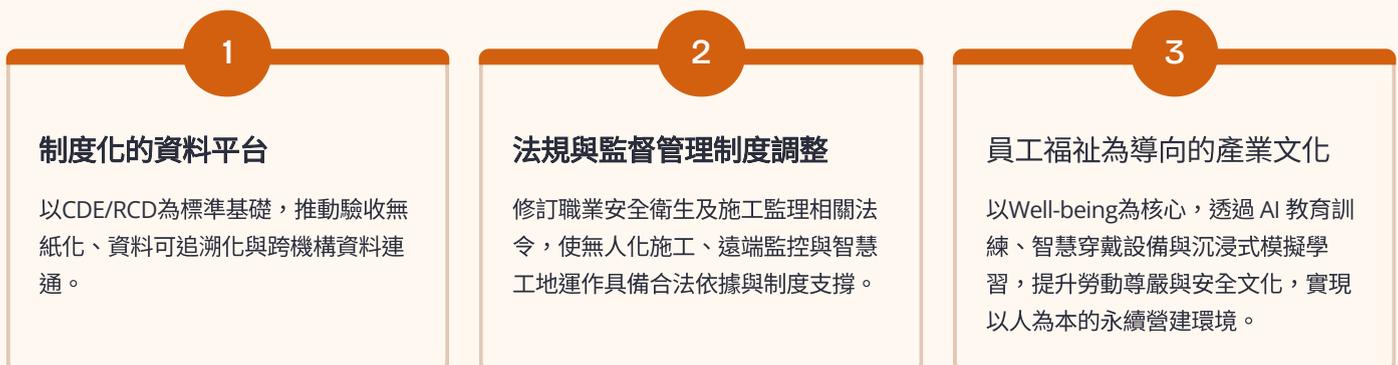
我國公共工程與營建產業的數位轉型近年持續推進，政策主軸集中於導入建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM)、智慧工地推廣與工程安全管理數位化。

2019年起行政院公共工程委員會 (Public Construction Commission, PCC) 推動公共工程運用BIM推動計畫，以建立工程生命週期資料整合機制，提升設計與施工階段協作效率。該委員會並於2025年施政計畫中，將建構公共工程雲端系統及營造公共工程全生命週期電子化整合環境列為重點項目，顯示政府正朝向以數位化方式提升工程透明度與品質管理 [5]。勞動部職業安全衛生署則持續推動智慧科技應用於工地安全管理，同年2月正式修訂發布營造工程風險評估技術指引 (第三版)，強化風險辨識、控制與文件化管理機制，及導入 AI 影像辨識、穿戴式感測器與遠端監控系統等新興技術，用以提升高風險作業監測與勞工健康保護成效 [6]。

空間資訊整合方面，內政部國土測繪中心持續建置並維運圖資服務雲 (Map Service Cloud) 平台，整合全國地理與測繪資料，提供公共工程及規劃單位即時下載與應用，為後續推動跨機關資料共享與數位治理奠定基礎 [7]。我國營建產業的數位轉型正逐步深化至制度層面，現階段重點仍集中於 BIM與智慧安全管理的普及與落實，並透過政府主導的公共工程雲端系統與地理資訊整合，逐步建立跨部門協作與資料透明數位化營建環境。

綜合觀察與結語

日本營建產業正逐步由災害應變導向轉向平時常態化技術應用 (技術の平時常態化)。透過數位轉型、AI、自動化機械與資料共享機制的整合運用，施工現場不僅得以因應人力短缺與高齡化挑戰，亦能全面提升安全性、效率與透明度，邁向高生產力與永續發展並行的新階段。未來推動方向朝三大重點發想：



日本透過數位治理與人本導向並行的策略，成功將技術創新與社會永續結合。此模式對亞太地區具有高度參考價值，推動公共工程數位轉型的同時，建立兼顧效率、安全與福祉的營建新生態。

資料來源

1. Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). (2024). Digitalisation in Construction Report 2024. Retrieved from: <https://www.rics.org/news-insights/digitalisation-in-construction-report>
2. European Commission BUILD UP. (2024). Building the Future: How Digitalisation and Artificial Intelligence Are Reshaping Competitiveness in Europe's Construction Sector. Retrieved from: <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/articles/digitalisation-and-ai-reshaping-competitiveness-construction-sector>
3. StartUs Insights. (2025). Digital Transformation in Construction. Vienna, Austria: StartUs Insights GmbH. Retrieved from: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/digital-transformation-in-construction>
4. World Economic Forum (WEF). (2025). 3 Key Insights on the Digital Transformation of Construction. Retrieved from: <https://www.weforum.org/stories/2025/07/construction-sector-digital-transformation>
5. 行政院公共工程委員會 (2025)。114 年施政計畫：建構公共工程雲端系統與全生命週期電子化整合環境。國家發展委員會施政計畫文件。Retrieved from: <https://share.google/aiOQiBD2XrXuENae7>
6. 勞動部職業安全衛生署 (2025)。營造工程風險評估技術指引 (第三版)。Retrieved from: <https://www.osha.gov.tw/1106/29646/1150/33055/33057>
7. 內政部國土測繪中心 (2024)。圖資服務雲平臺。Retrieved from: <https://maps.nlsc.gov.tw/homePage.action>