

2025 BLM春季論壇 技術創新-建築自動化的發展及AI/管理上的配套應用

AI技術在營建工地 的應用與發展

謝尚賢 教授

台大土木工程資訊模擬與管理研究中心 主任

AI技術在營建工地的應用 與發展

謝尚賢

國立臺灣大學土木工程學系 教授
兼工程資訊模擬與管理研究中心 主任
及臺灣BIM聯盟 召集人



營建工地智慧視覺監視與自動報告系統的研發

Development of a Smart Vision-based Construction Site Monitoring System with Automatic Reporting

MOST 產學合作計畫

2020.11 – 2023.10



PI: 謝尚賢



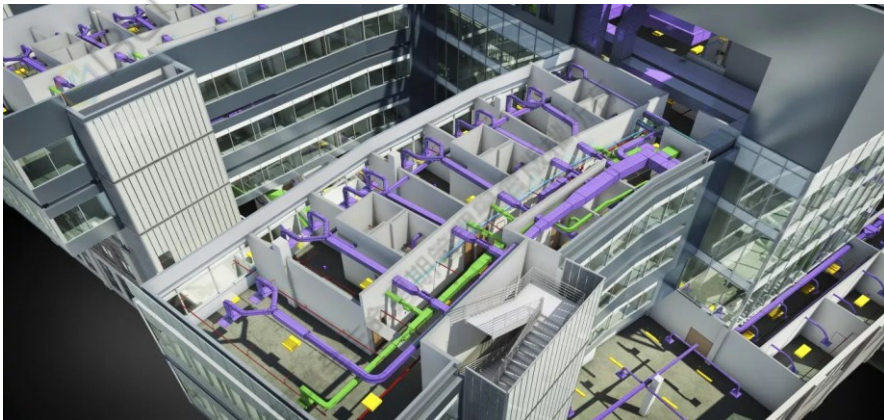
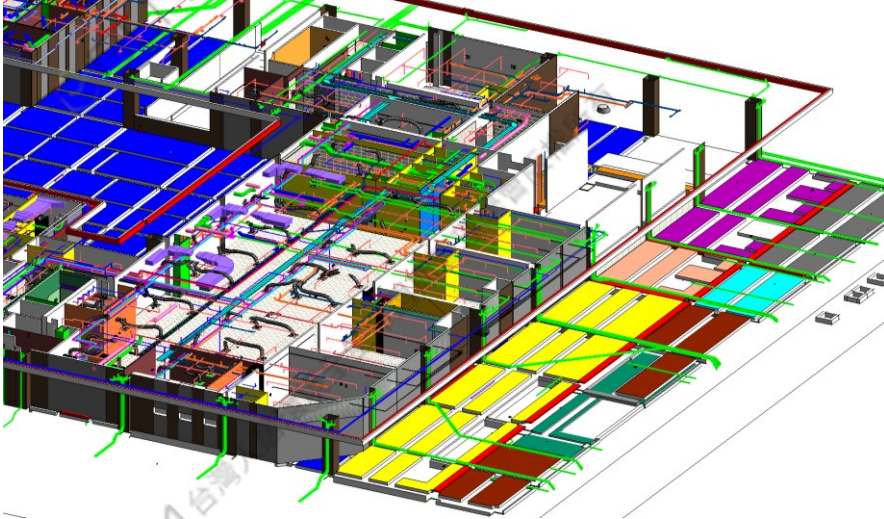
Co-PI: 林之謙

國立臺灣大學土木工程學系



BIM and visual data

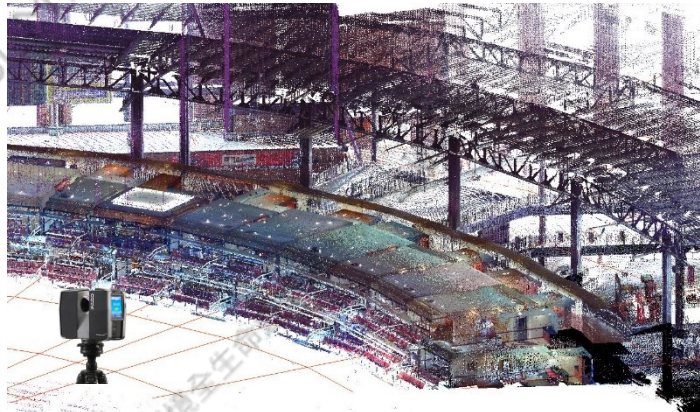
LOD 350+ BIM in production level



Drone photos



Laser scanning



Time-lapse videos



360 images

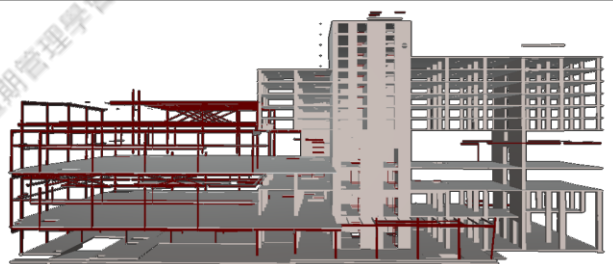
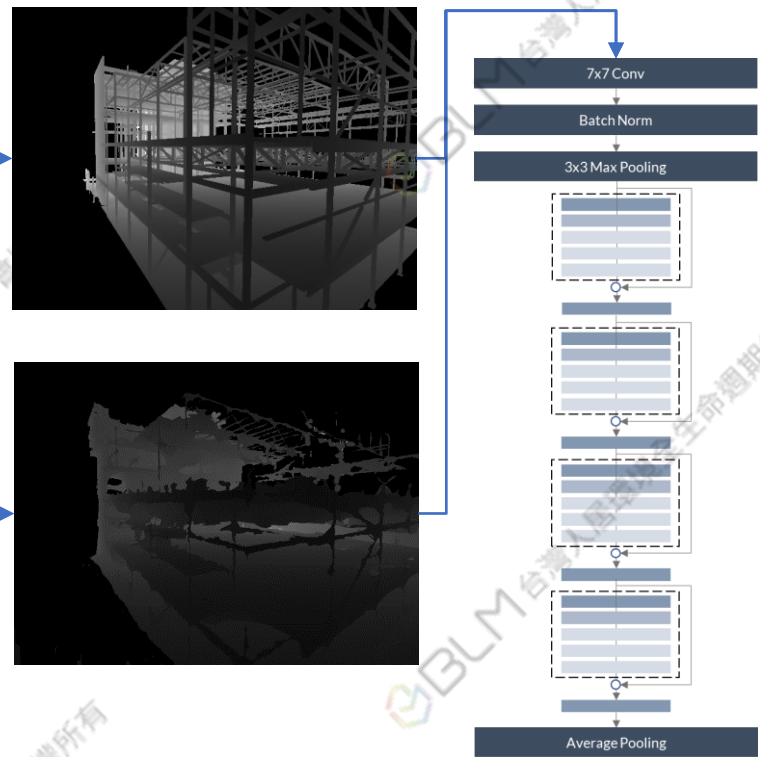


自動化工程進度判讀

Geometry Filtering



Depth-based geometry detection

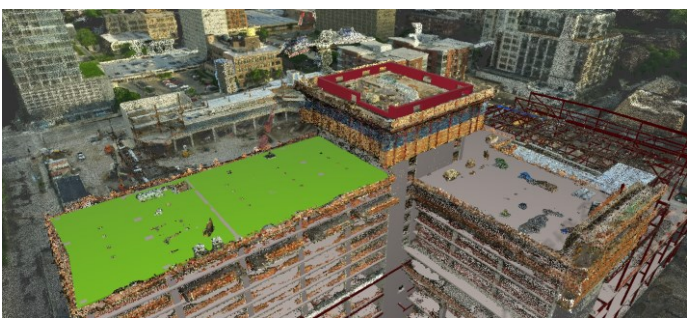


Synthetic image enhanced material classification



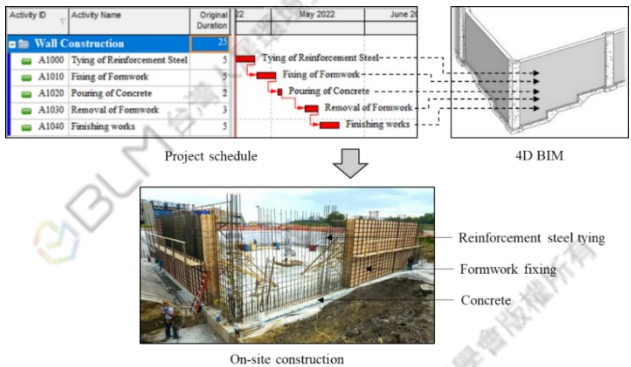
Adding material classification improved accuracy of automated progress monitoring from 85% to 93% (8%+)

Progress deviation analysis

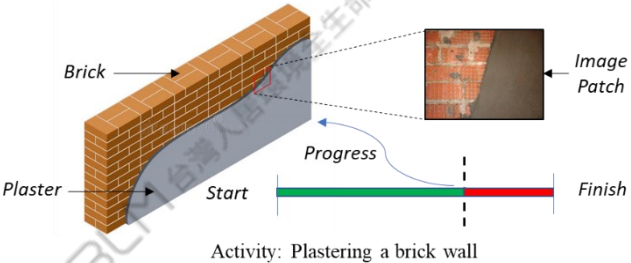


Lin, J. J., & Golparvar-Fard, M. (2021). Visual and virtual production management system for proactive project controls. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(7), 04021058.
Pal, A., Lin, J. J., Hsieh, S. H., & Golparvar-Fard, M. (2023). Automated vision-based construction progress monitoring in built environment through digital twin. *Developments in the Built Environment*, 16, 100247.

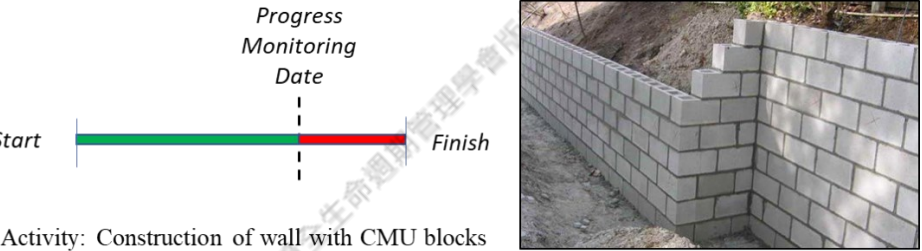
自動化工項百分比進度判讀



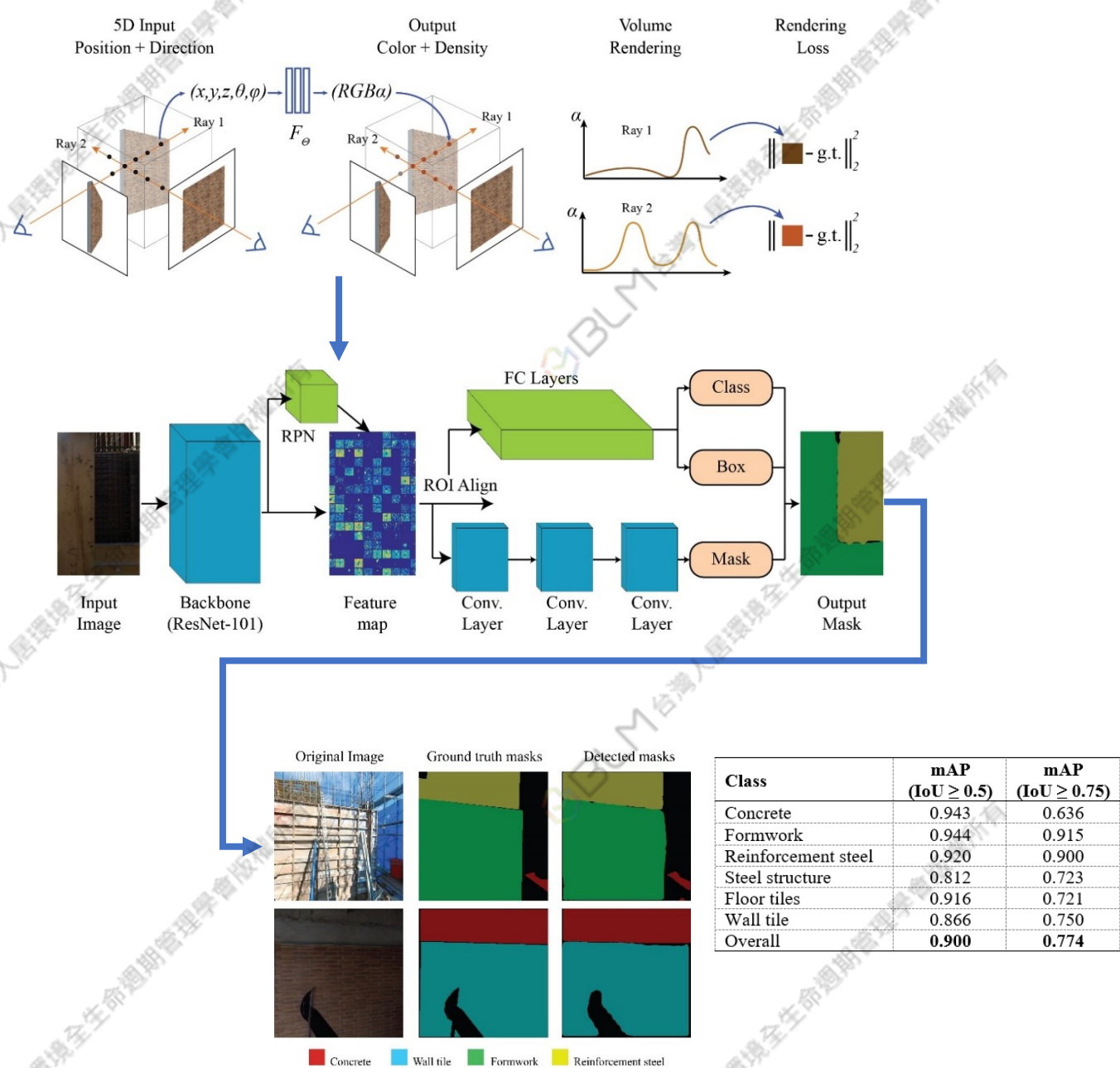
Many to one relationship between project schedule and BIM



Multiple materials on a single image patch

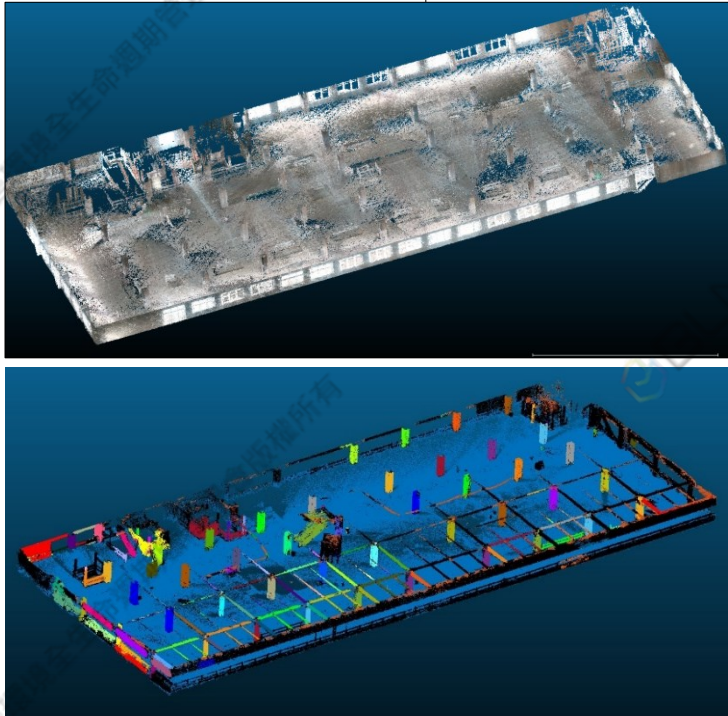
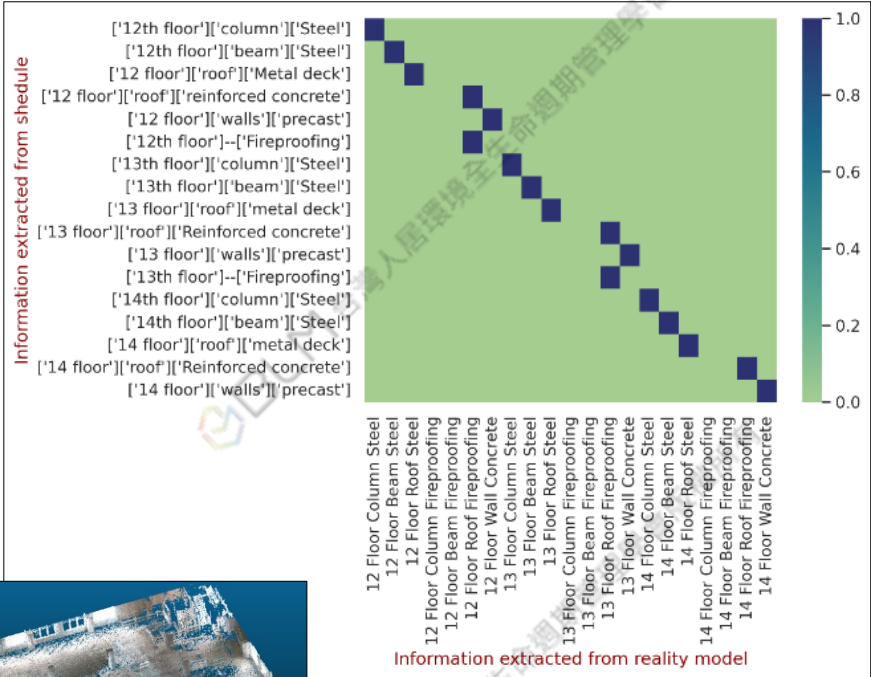
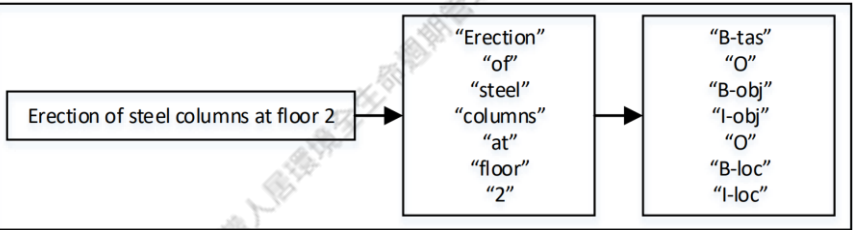
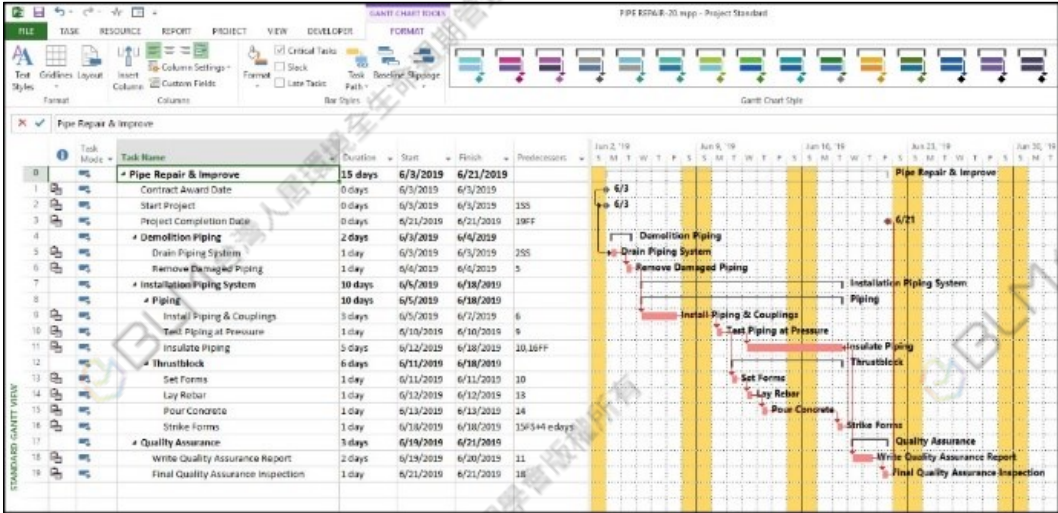


Partial completion of construction on the progress reporting date



自動化排程工項與3D點雲元件進度連結

- 1. Location – Element - Material (LEM) recognition from reality models
- 2. L-E-M Recognition from activities by NLP techniques and Large Language Model
- 3. Match LEMs for schedule and reality model linking



Restricted Area Detection

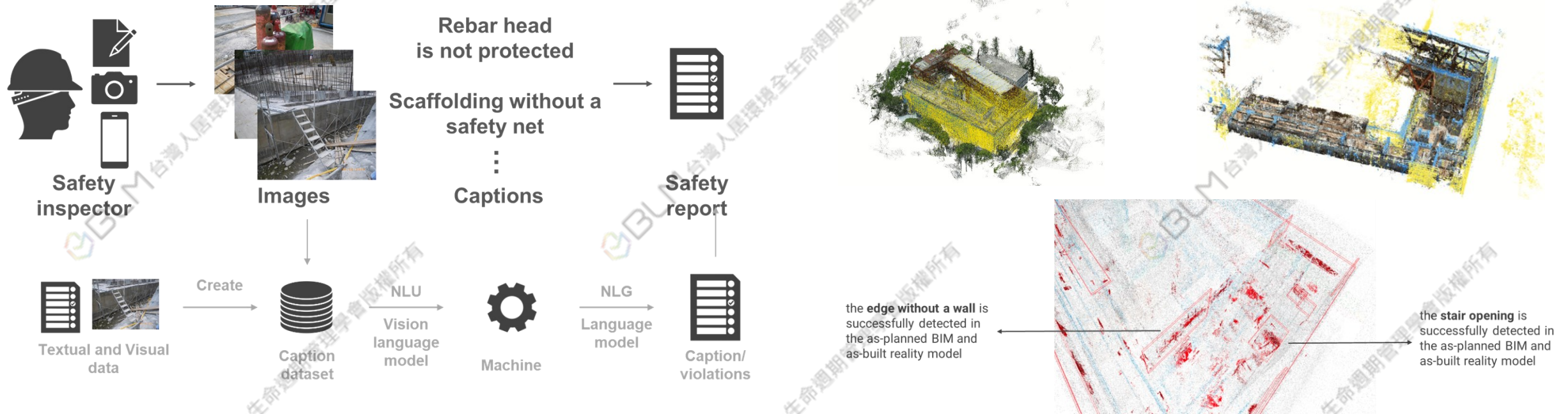
Object Detection
Objection Tracking

Identify the restricted area defined by red cones. When a worker steps into the area, show the bounding box of the worker.



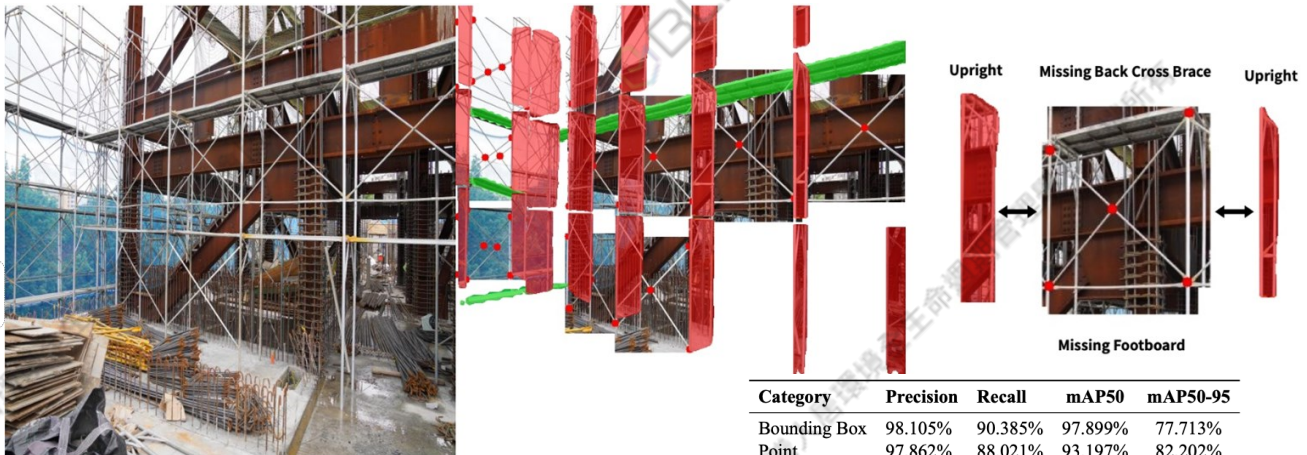
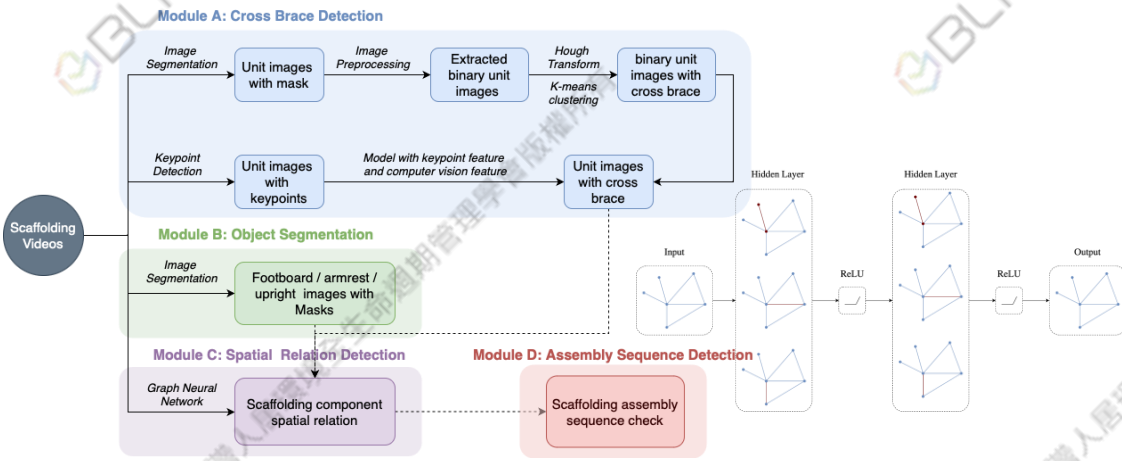
智慧化工程安全管理

- 開發自動化影像註解模型，協助工地環安衛巡檢效率提升及資料系統化。
- 自動辨識工地墜落相關潛在區域，並將工程現地之現實元件與BIM模型連結。

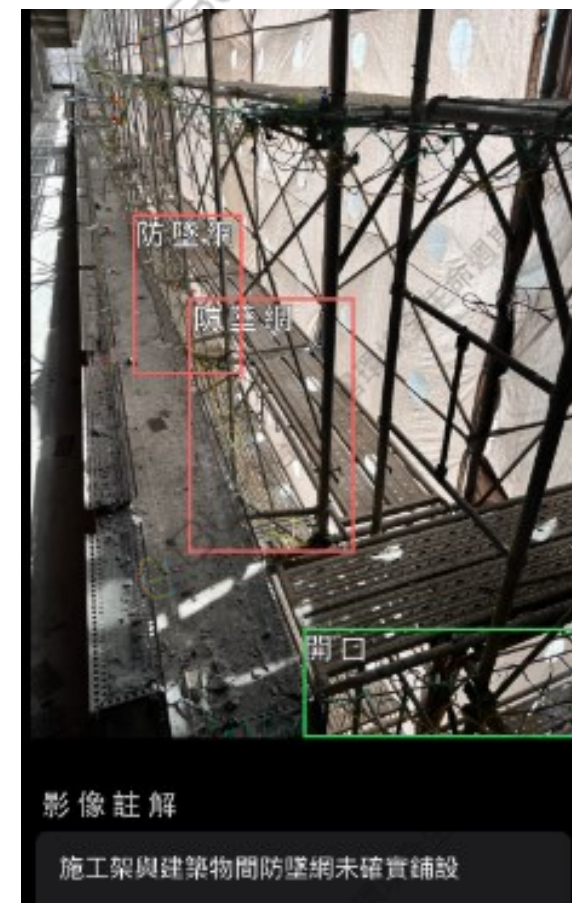


工程安全相關物件辨識

- 物件辨識、應用圖像化神經網路(Graph Neural Network)串連施工架各組件之空間關係進行安裝完整度及安全性判斷。



App for Smart Detection of Safety Issues



智慧營建工地面面觀

- (Why) 需要應用AI的理由？
- (How) 如何應用AI來實現智慧營建工地？
- (What) 智慧營建工地如何定義？
- 技術面 (軟硬體、人才...)
- 管理面 (SOP、人與AI協作、資訊安全...)
- 法規面/制度面
- ...

《智慧工地安全管理白皮書》正式上線

Updated: Mar 6

在數位轉型的浪潮中，我們深知營建產業的工地安全與管理效率提升，離不開全體專業人士的共同努力。

今天，我們誠摯地向大家分享《智慧工地安全管理白皮書》，由中興工程顧問公司及台灣BIM聯盟數位轉型委員會經過長時間的資料整合與多次實務討論，共同攜手打造的一份重要參考指引。

白皮書主要內容：結合六大智慧安全項目與17項功能，全面涵蓋工地安全、施工者保護及管理系統升級的需求。適用於建築、公路、軌道與隧道工程，為不同行業與規模提供具體的實施建議與案例分析。聚焦降低導入智慧技術的難度，標準化應用方法，推動全產業智慧化升級。

這份白皮書的完成，離不開來自學界、產業界與政府機構的專家支持建議。感謝所有參與本次專案的專家與團隊，讓這本白皮書得以順利誕生！讓我們共同努力，為台灣營建產業創造更安全、更高效的未來！

立即下載，攜手推動安全智慧工地的未來，若您對白皮書有任何建議，也歡迎隨時與我們聯繫：

<https://bit.ly/41eo5bd>

2025

NTU BIM Center
15th Anniversary

智慧工地安全管理白皮書

SMART CONSTRUCTION SAFETY MANAGEMENT IMPLEMENTATION WHITE PAPER

報告者：臺大BIM中心 林之謙 副主任

日期：2025.01.15

簡報大綱

智慧工地安全管理白皮書

01

推行緣由

02

白皮書內容說明

03

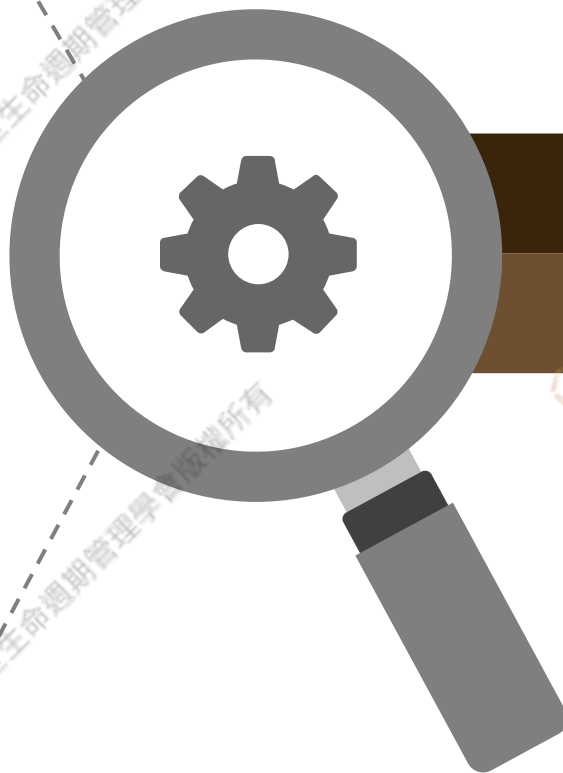
今年活動與未來方向

推行緣由

01

智慧安全工地是指運用先進科技和數位工具來提升工地場域的安全性和管理效率。運用智慧化技術包括物聯網 (IoT) 感測器、監視錄影機、穿戴式設施、數據分析和人工智慧等，能夠實時監測工地環境、工人健康狀況及作業流程進而減少事故發生，並提升施工效率。

智慧設施乃指稱運用科技技術如物聯網 (IoT)、人工智慧(AI)、大數據(Big Data)、光達(LiDAR)、虛擬實境(AR)等軟、硬體設施進行工地之安全管理監測，達到全自動或半自動之安全管理輔助，提升工地安全。



智慧安全工地

1

智慧設施

2

營造業的安全需求

根據勞動部職業安全衛生署之統計資料顯示，112年度營造業之死亡人數佔所有產業近五成，且該行業長期被評定為高風險類別

顯示營造產業具有高度的安全管理需求。

工地應用智慧設備之阻力

根據過去的研究顯示[1-3]，由於技術效益說明的缺乏、技術支援有限，以及營造業與技術開發部門之間的合作薄弱，因此安全技術的採用仍然面臨挑戰。

制定指南，以推動營造產業採用並實施安全技術，顯得尤為重要。

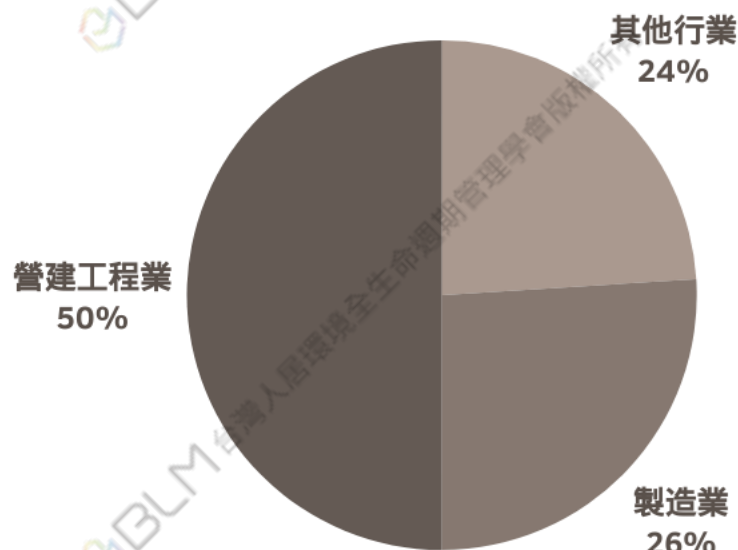


圖-1、112年度全產業重大職災死亡人數占比統計

數據來源: 112勞動檢查統計年報

波蘭 Poland

- Digitalisation of the construction planning in Poland

**英國 UK**

- 英國衛生安全執行署發布HSE's regulatory approach to Artificial Intelligence (AI)
- BuildingSMART – Technical Roadmap

**韓國 South Korea**

- 韓國職業安全衛生公設法人機構-智慧安全工地指引
- 土地基礎設施與交通部- 促進營造業生產力創新和安全增強的智慧建築技術路線圖

**美國 US**

- 美國安全專業人員協會於2021安全專業人員期刊(PSJ)發布智慧設施應用於工地之相關研究

**德國 German**

- Federal Ministry of Transportation and Digital Infrastructure - Road Map for Digital Design and Construction

**中國大陸 China**

- 中國建築業協會-智慧工地技術標準
- 重慶市公路水運-智慧工地建設及運行指南
- 吉林省市場監督管理廳- 智慧工地建設標準
- 山東省建築安全與設備管理協會-智慧工地建設評估標準
- 廣西壯/寧夏建設廳-智慧工地建置技術標準

香港 Hongkong - 香港建造業議會

- 建築地盤智能安全相關科技指南
- 安全智慧工地系統標籤計劃
- 建造數位化路線圖

新加坡 Singapore - 建設局(BCA)

- Integrated Digital Delivery (IDD) Construction and facilities management
- Common Data Environment Standard
- Guidebook for Site Management Platforms
- Site Management Data Standards for Data-Driven Project Performance Monitoring and Benchmarking
- Guidebook for Virtual Top/CSC 360 Capture

營建業常見危害



墜落



物體飛落



被撞



中毒



感電



火災



爆炸



缺氧



與高溫、低溫之接觸

傳統安全檢查

傳統安全檢查效率較低、容易遺漏隱患，且紀錄與追蹤困難，難以支撐長期安全管理需求，判斷結果也容易因人而異。

智慧安全監控

智慧安全監控透過 IoT 感測器、AI 等技術實現即時監測與預警，能提升覆蓋範圍與效率，同時減少人為錯誤並支援數據驅動決策，是未來趨勢。

紙本

數位化

即時
警告

白皮書內容說明

02

重大職災風險與高需求背景

- 根據統計，營造業重大職災死亡人數佔全產業近五成，顯示其高風險特性與安全管理提升之迫切性。

智慧技術的未來趨勢與應用挑戰

- 人工智慧、物聯網、大數據等技術可補足傳統安全管理的不足，但目前台灣智慧技術在營造業的普及率較低，缺乏政府指引是主要障礙。

國際智慧工地推行經驗的啟示

- 以新加坡和香港為例，其發布的指引與手冊為智慧技術的推行提供實質助益，可為台灣參考。

導入智慧技術的潛在效益

- 提升工安事故預防效率，減少人力巡檢成本，強化安全監控的精準度。

推動台灣智慧工地的必要行動

- 制定與普及智慧工地相關指引，增強技術應用的認知與落地性，實現營造業工地安全管理的數位轉型。



智慧工地安全管理

6 智慧安全項目



17 智慧安全功能



圖示：

S

工地安全 Site Safety

W

工作者安全 Worker Safety

C

施工安全 Construction safety

M

管理系統 Management System



圖-4、智慧工地安全架構圖

常見危害

工地特性

專家意見

智慧安全功能標選配

表-8、建築工程 - 安全功能標選配

安全項目	小規模	中規模	大規模	巨型規模
S1-1進場工作者身分及資格辨識		●	●	●
S1-2入侵警告與靠近偵測	●	●	●	●
S2-1預防墜落設施移開偵測		●	●	●
S2-2配電箱使用狀態偵測		●	●	●
S2-3設置危害區域及管制區域		●	●	●
S2-4警告標示與防護措施檢查	●	●	●	●
S2-5車輛機具運行檢查與監測				●
W1-1個人防護具檢查	●	●	●	●
W1-2偵測工作者進入管制及危險區域		●	●	●
W1-3避免工作者被車輛機具撞擊			●	●
W2-1工作者姿勢與動作分析				●
W2-2工作者健康及生命跡象偵測				●
C1-1支撐結構安全狀況監測				●
C1-2臨時工程結構安全狀況監測			●	●
C1-3自然環境監測	●	●	●	●
M1-1工地安全管理資訊系統	●	●	●	●
M1-2施工安全即時管理系統			●	●

● 標配功能 空白: 選配功能

表-9、公路工程 - 安全功能標選配

安全項目	小規模	中規模	大規模	巨型規模
S1-1進場工作者身分及資格辨識	●	●	●	●
S1-2入侵警告與靠近偵測	●		●	●
S2-1預防墜落設施移開偵測				●
S2-2配電箱使用狀態偵測		●	●	●
S2-3設置危害區域及管制區域			●	●
S2-4警告標示與防護措施檢查	●	●	●	●
S2-5車輛機具運行檢查與監測				●
W1-1個人防護具檢查	●	●	●	●
W1-2偵測工作者進入管制及危險區域			●	●
W1-3避免工作者被車輛機具撞擊		●	●	●
W2-1工作者姿勢與動作分析				●
W2-2工作者健康及生命跡象偵測				●
C1-1支撐結構安全狀況監測				●
C1-2臨時工程結構安全狀況監測			●	●
C1-3自然環境監測	●	●	●	●
M1-1工地安全管理資訊系統	●	●	●	●
M1-2施工安全即時管理系統			●	●

● 標配功能 空白: 選配功能

表-10、鐵路工程 - 安全功能標選配

安全項目	小規模	中規模	大規模	巨型規模
S1-1進場工作者身分及資格辨識	●	●	●	●
S1-2入侵警告與靠近偵測	●	●	●	●
S2-1預防墜落設施移開偵測			●	●
S2-2配電箱使用狀態偵測		●	●	●
S2-3設置危害區域及管制區域		●	●	●
S2-4警告標示與防護措施檢查	●	●	●	●
S2-5車輛機具運行檢查與監測				●
W1-1個人防護具檢查	●	●	●	●
W1-2偵測工作者進入管制及危險區域		●	●	●
W1-3避免工作者被車輛機具撞擊		●	●	●
W2-1工作者姿勢與動作分析				●
W2-2工作者健康及生命跡象偵測				●
C1-1支撐結構安全狀況監測				●
C1-2臨時工程結構安全狀況監測			●	●
C1-3自然環境監測	●	●	●	●
M1-1工地安全管理資訊系統	●	●	●	●
M1-2施工安全即時管理系統			●	●

● 標配功能 空白: 選配功能

表-11、隧道工程 - 安全功能標選配

安全項目	小規模	中規模	大規模	巨型規模
S1-1進場工作者身分及資格辨識	●	●	●	●
S1-2入侵警告與靠近偵測	●	●	●	●
S2-1預防墜落設施移開偵測			●	●
S2-2配電箱使用狀態偵測		●	●	●
S2-3設置危害區域及管制區域			●	●
S2-4警告標示與防護措施檢查	●	●	●	●
S2-5車輛機具運行檢查與監測				●
W1-1個人防護具檢查	●	●	●	●
W1-2偵測工作者進入管制及危險區域			●	●
W1-3避免工作者被車輛機具撞擊				●
W2-1工作者姿勢與動作分析				●
W2-2工作者健康及生命跡象偵測		●	●	●
C1-1支撐結構安全狀況監測		●	●	●
C1-2臨時工程結構安全狀況監測			●	●
C1-3自然環境監測	●	●	●	●
M1-1工地安全管理資訊系統	●	●	●	●
M1-2施工安全即時管理系統		●	●	●

● 標配功能 空白: 選配功能

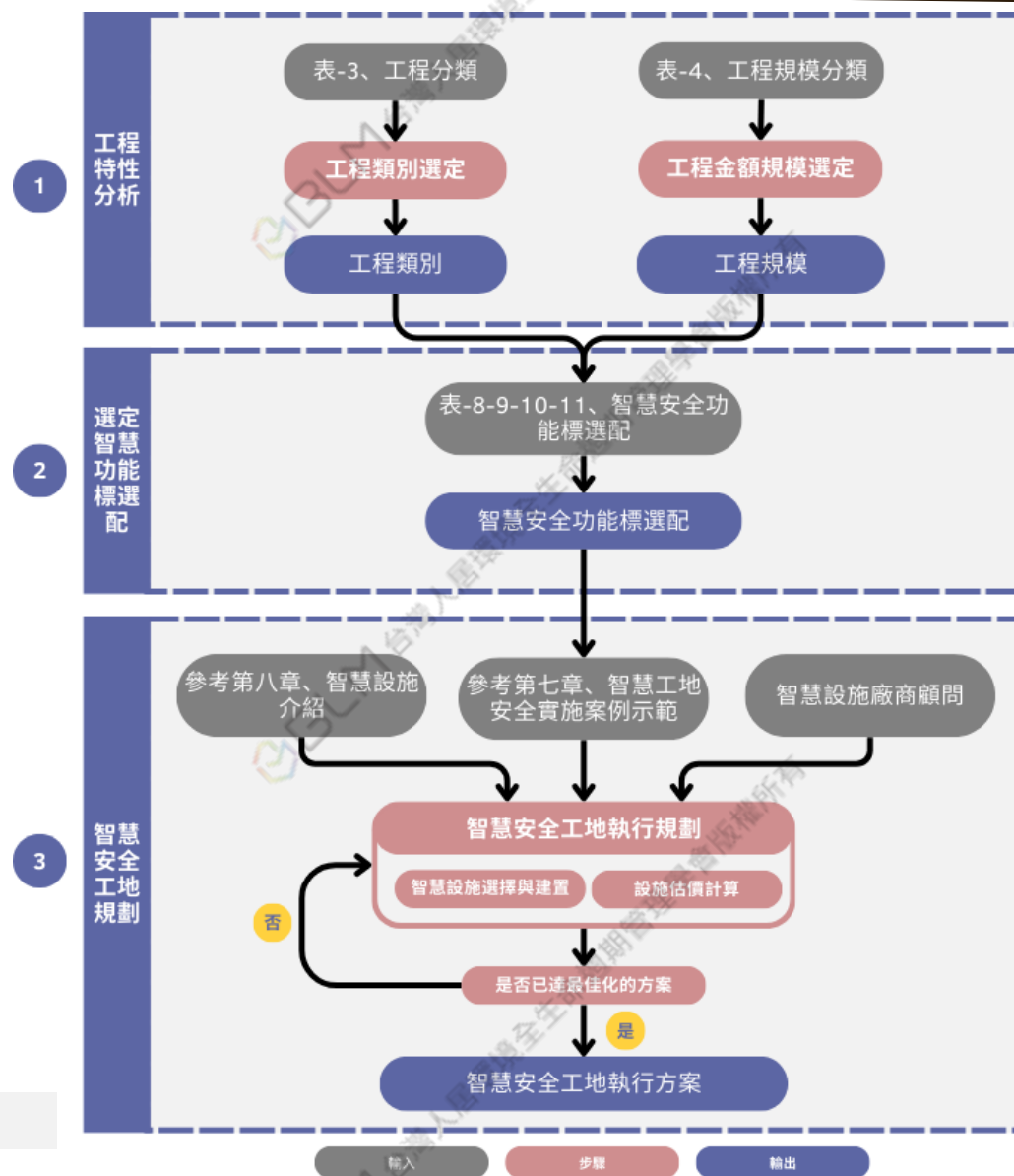


圖-2、智慧安全工地規劃流程

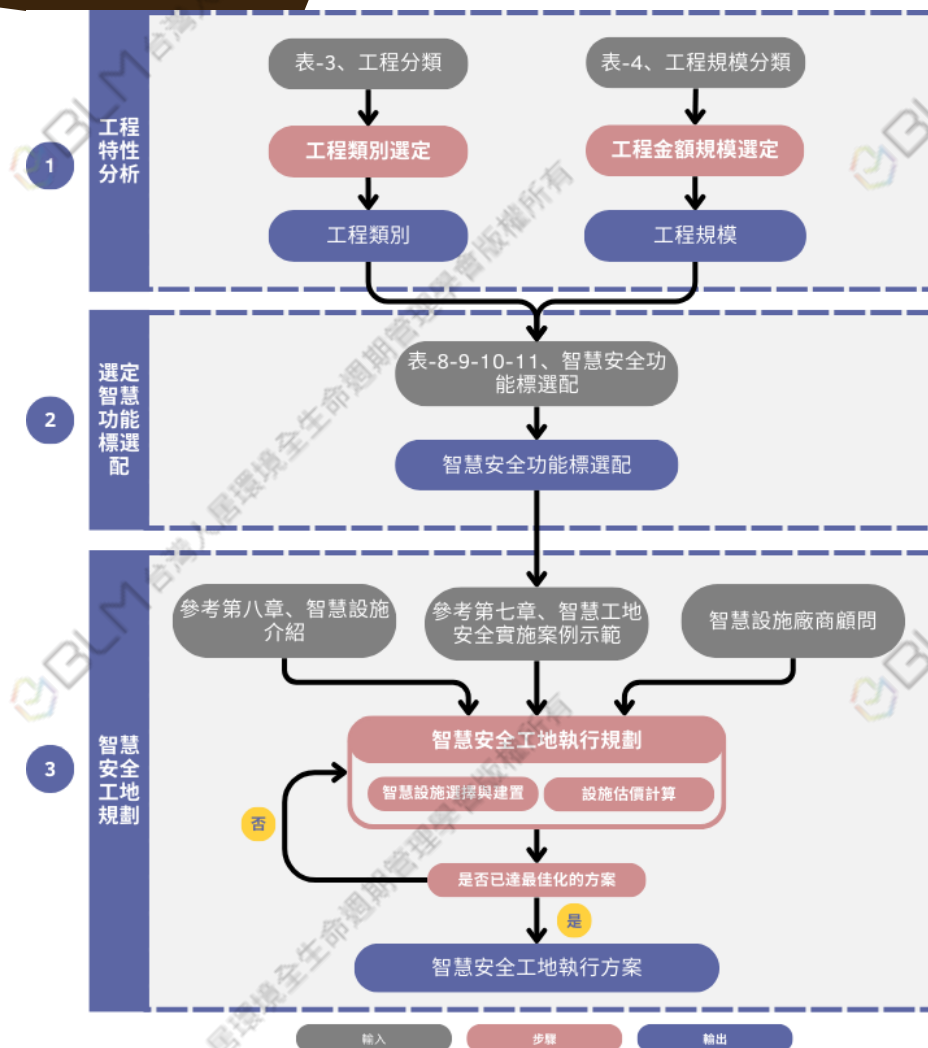


圖-2、智慧安全工地規劃流程

表-3、工程分類

工程分類	內容說明	法規來源
建築工程	建築：為定著於土地上或地面下具有頂蓋、樑柱或牆壁，供個人或公眾使用之構造物或雜項工作物。	建築法:民國 111 年 05 月 11 日
公路工程	公路：指國道、省道、市道、縣道、區道、鄉道、專用公路及其用地範圍內之各項公路有關設施。	公路法:民國 112 年 12 月 06 日
軌道工程	鐵路：指以軌道導引動力車輛行駛之運輸系統及其有關設施。	鐵路法:民國 112 年 06 月 28 日
隧道工程	隧道:是指建於地下的中空結構物，主要作為通道使用者。	隧道工程通用指南之探討:民國 87年12月

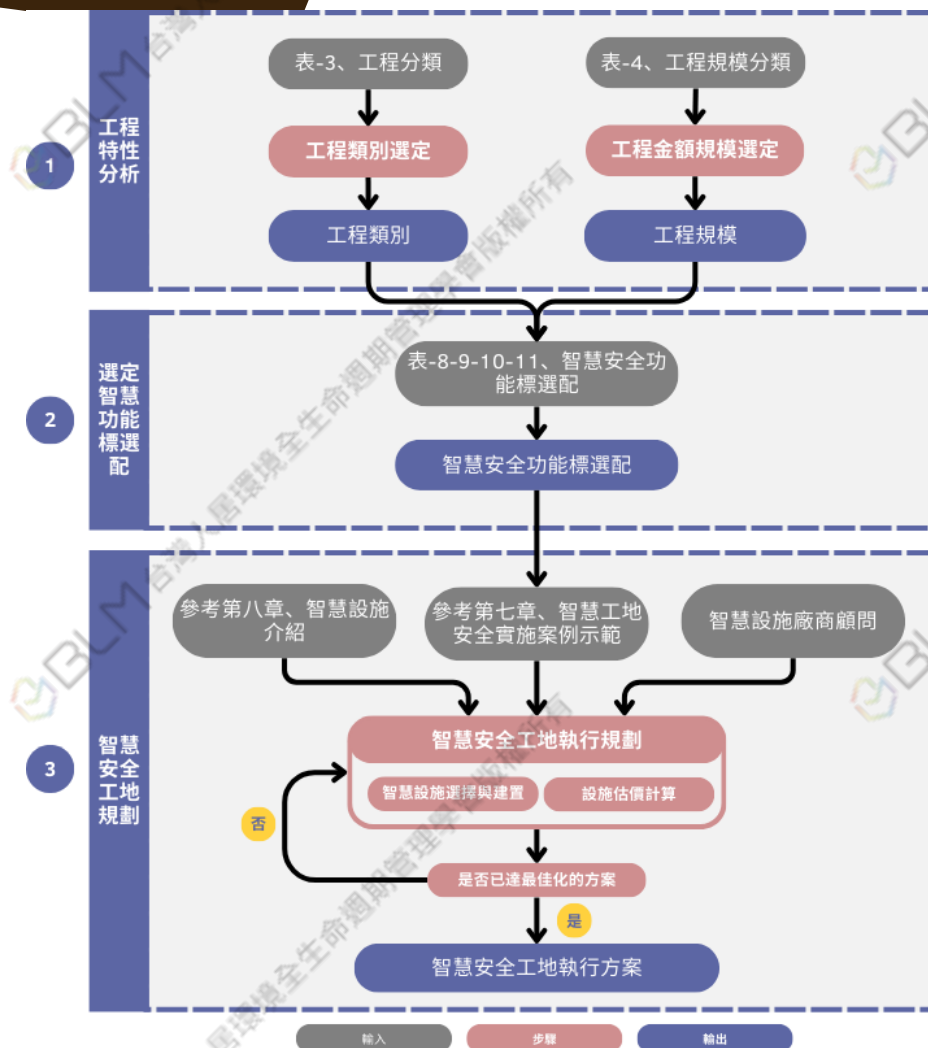


圖-2、智慧安全工地規劃流程

表-4、工程規模分類

工程規模分類	內容說明
小規模	工程金額<5千萬
中規模	5千萬<工程金額<10億
大規模	10億<工程金額<50億
巨型規模	工程金額>50億

資料來源：勞動部職業安全衛生署 營造工程風險評估技術指引

智慧工地安全管理白皮書 - 第五章 (P15)

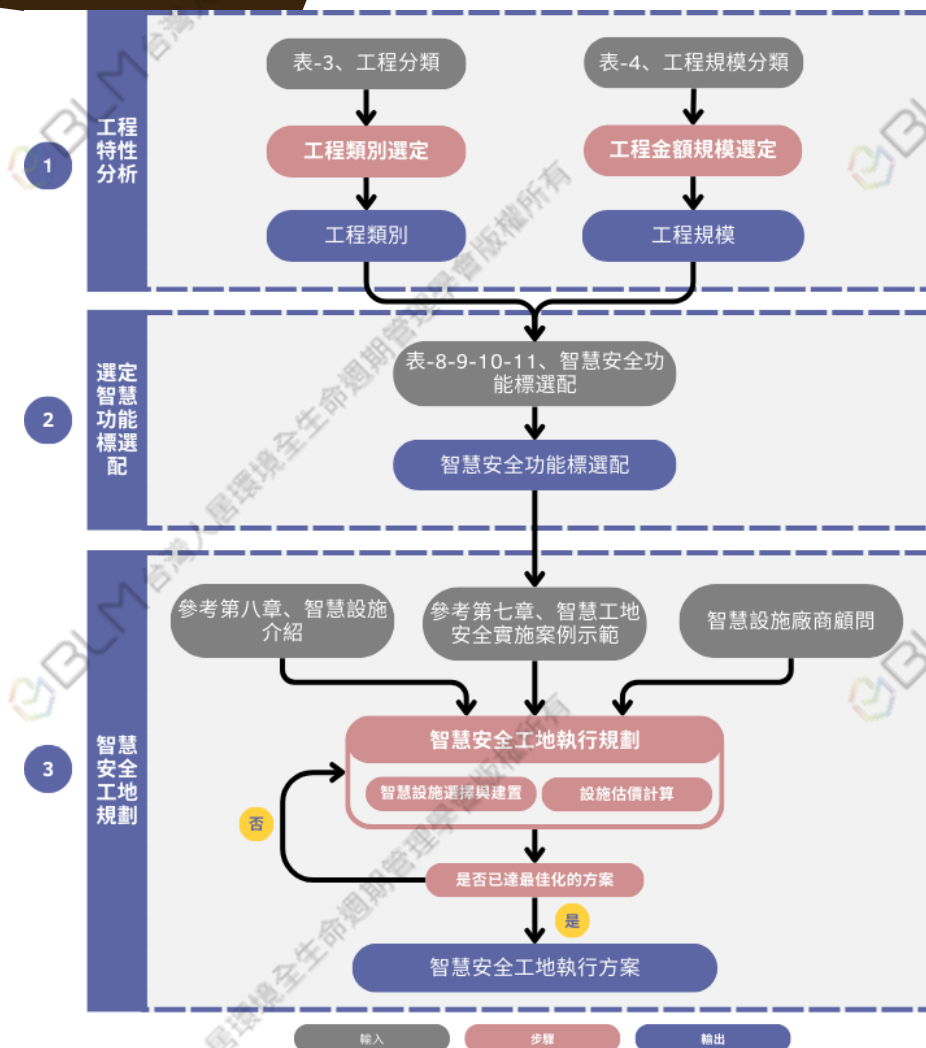


圖-2、智慧安全工地規劃流程

表-8、建築工程 - 安全功能標選配

安全項目	小規模	中規模	大規模	巨型規模
S1-1進場工作者身分及資格辨識	●	●	●	●
S1-2入侵警告與靠近偵測	●	●	●	●
S2-1預防墜落設施移開偵測		●	●	●
S2-2配電箱使用狀態偵測		●	●	●
S2-3設置危害區域及管制區域		●	●	●
S2-4警告標示與防護措施檢查	●	●	●	●
S2-5車輛機具運行檢查與監測				●
W1-1個人防護具檢查	●	●	●	●
W1-2偵測工作者進入管制及危險區域		●	●	●
W1-3避免工作者被車輛機具撞擊			●	●
W2-1工作者姿勢與動作分析				●
W2-2工作者健康及生命跡象偵測				●
C1-1支撐結構安全狀況監測				●
C1-2臨時工程結構安全狀況監測			●	●
C1-3自然環境監測	●	●	●	●
M1-1工地安全管理資訊系統	●	●	●	●
M1-2施工安全即時管理系統			●	●

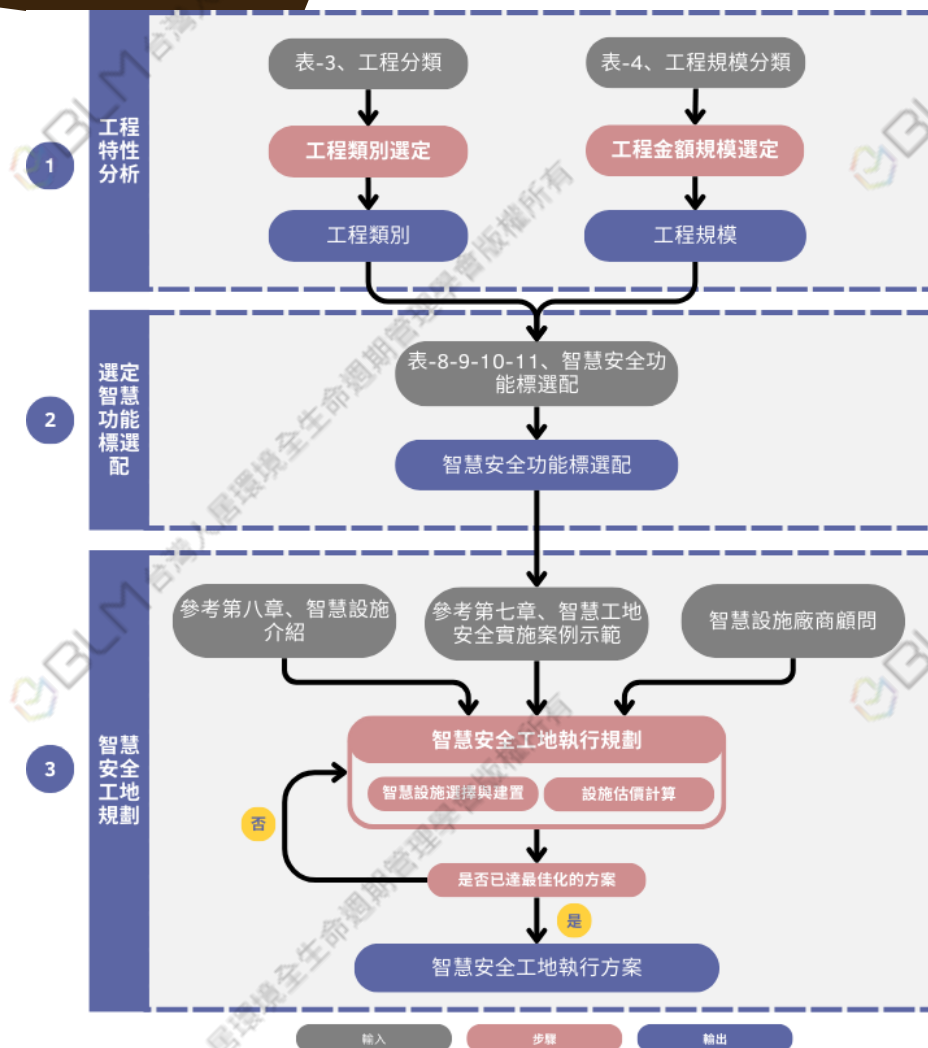


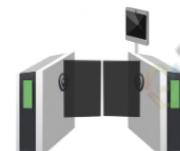
圖-2、智慧安全工地規劃流程

智慧設施推薦

智慧工地安全管理白皮書 - 第八章 (P49)

參考設施

Recommended Devices to Use



智慧開門

使用人臉辨識機結合工地管理系統進行即時人員身分比對，並使用通關開門(如:三叉機、電子開門)進行雙向管制通行，當偵測到可疑人士或是入侵將發送警報訊息給安全管理人員。



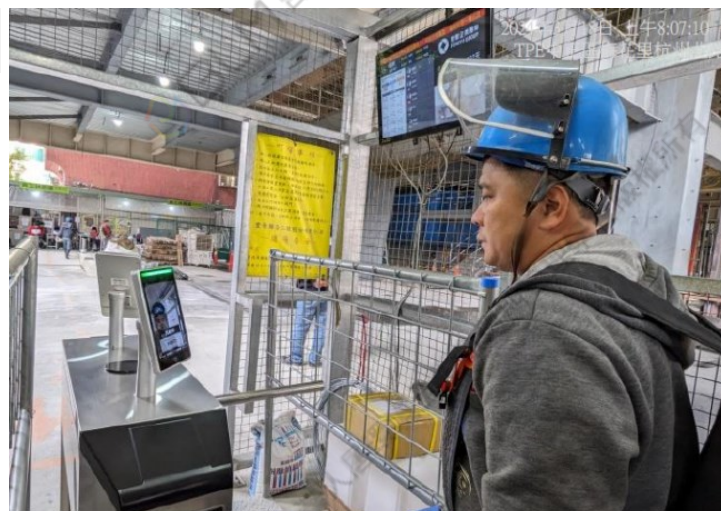
使用搭載視覺辨識功能之攝影機辨識及記錄工地出入車輛之車牌，並以柵欄機阻擋車輛直接進入工區內部。



需於工務所安裝主機及辨識軟體，並事先建立工區授權人員名單及證照資料庫，再利用網路連結工地出入口之影像紀錄設施。如有需要可考慮於出入口架設電視螢幕連動主機設施顯示工區人數與當日工種資訊，協助工安人員掌握現場狀況。

案例示範

資料來源：豐譽集團
智慧工地安全管理白皮書 - 第七章 (P35)

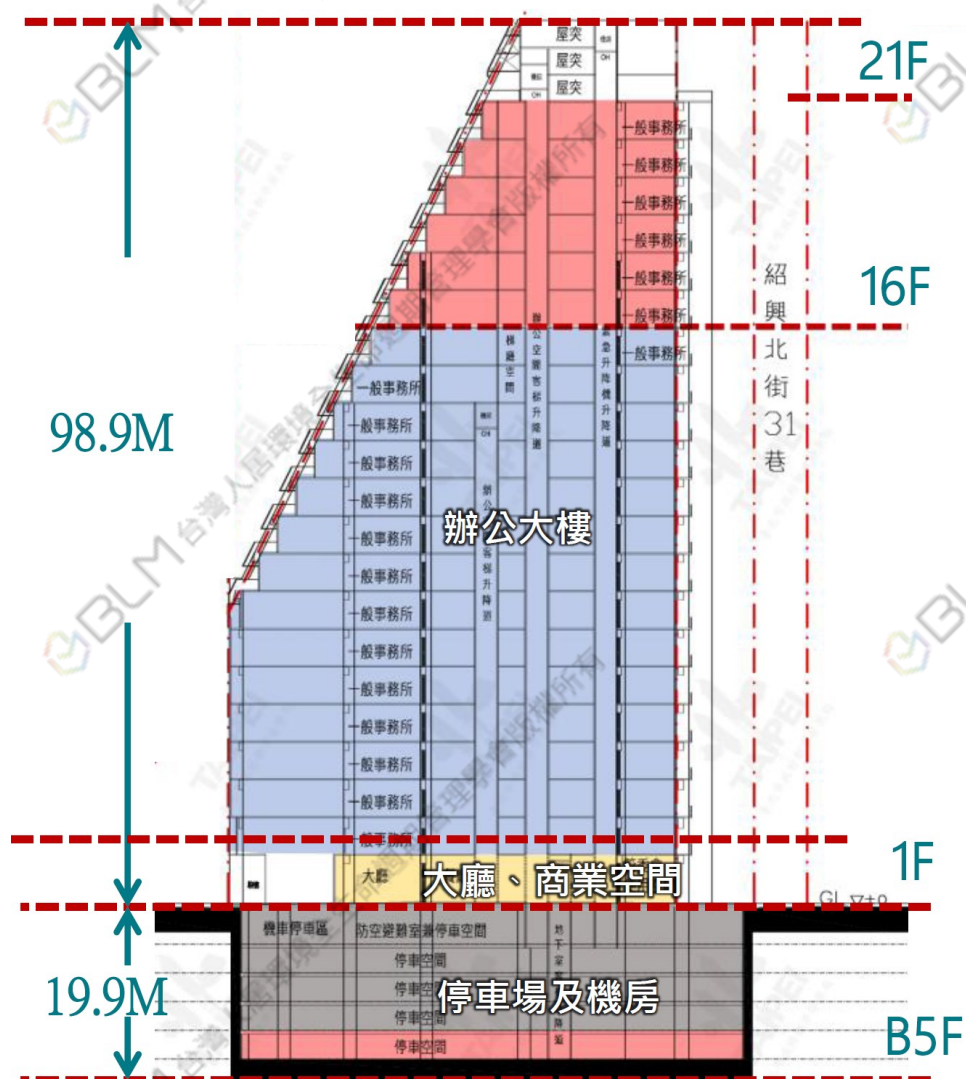


人員進出管制(人臉辨識)

1. 案例背景
2. 執行功能
3. 應用設施與技術
4. 預算編列建議
5. 廠商之契約文件建議
6. 採購招標文件建議

案件背景資料	說明
工程名稱	新光杭州北路辦公大樓 - 新建工程
業主單位	新光人壽保險股份有限公司
設計監造單位	李祖原聯合建築師事務所
施工承攬單位	豐譽聯合工程股份有限公司
基地面積	2,563 平方公尺
總樓地板面積	33,805 平方公尺
工程基地位置	新光杭州北路一帶
合約金額	2,830,000,000元





結構型式	地上層SS 地下層SRC造 地上21層地下5層	建築工法	逆打工法 擋土措施： 連續壁 外牆單元帷幕 &傳統帷幕工法
合約工期	開工日起1095+250日 竣工	丁類危評 工作場所	高度80m以上 開挖深度18m以上

安全衛生相關費用占總工程金額

3.16%

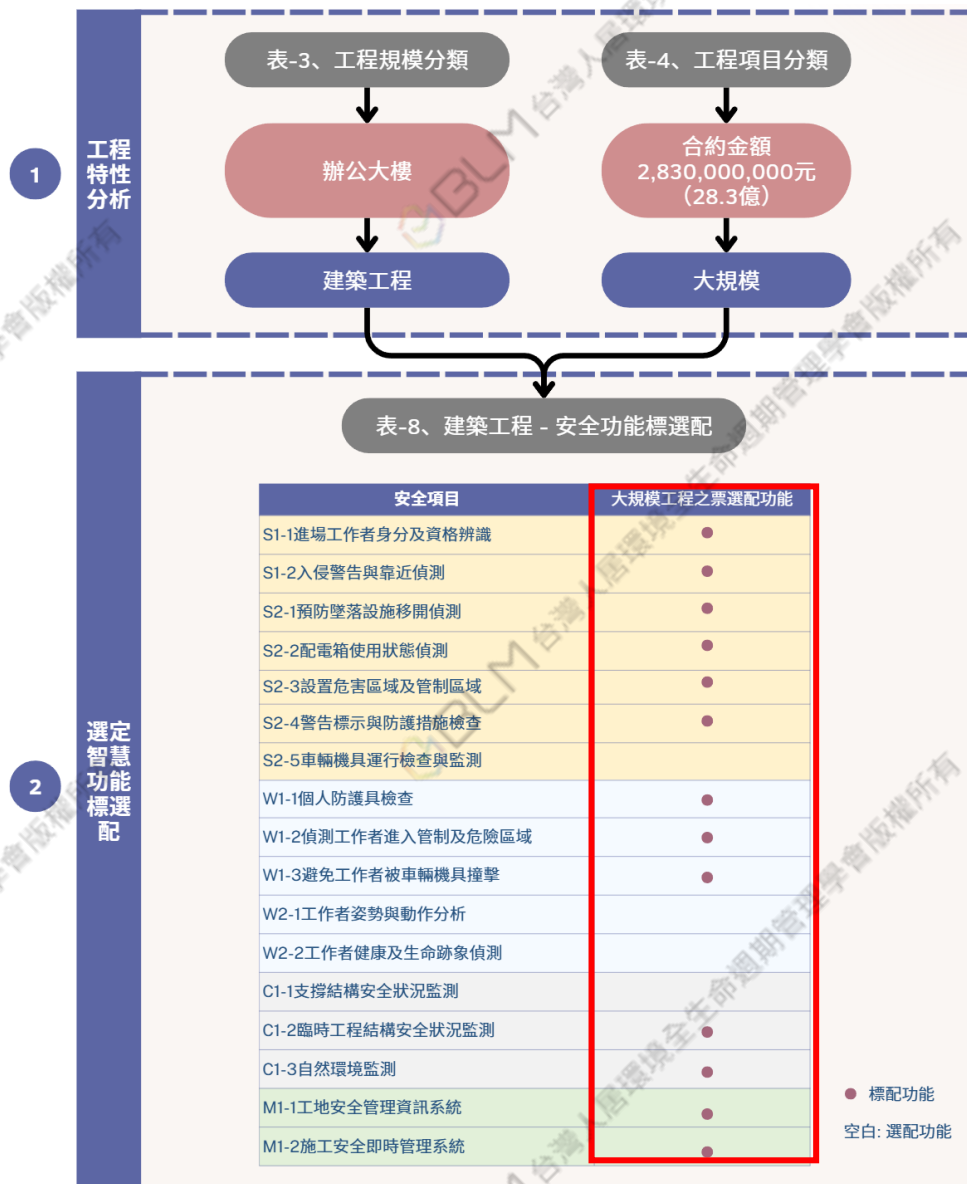
建築工程

大規模

已進行13/13智慧安全功能

圖-5、案例分析 - 智慧安全功能標選配選定

智慧工地安全管理白皮書 - 第七章 (P33)



S1-1進場工作者身分及資格辨識



三叉機

S1-2入侵警告與靠近偵測



CCTV監控系統

S2-1預防墜落設施移開偵測



即時偵測技術與傳統護欄結合



S2-2配電箱使用狀態偵測

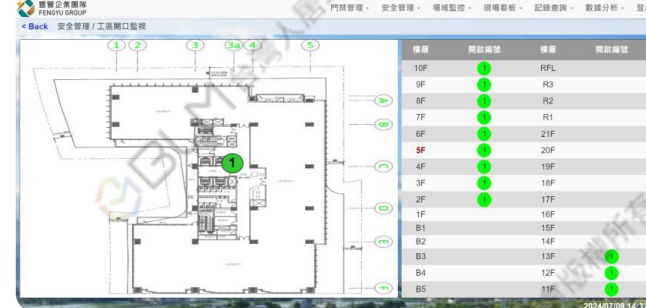


S2-3設置危害區域及管制區域



掌握開口位置

S2-4警告標示與防護措施檢查



走動管理結合科技監控



電箱開啟警示提醒系統

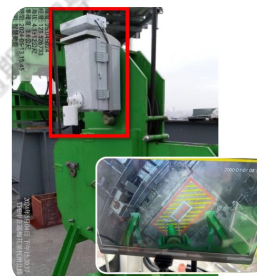
LINE Notify

【新光台北-智慧監控群組】警報通知 - 電箱開啟
時間: 2024-03-20 09:14:06
工地: 新光台北建築
樓層: 13F
感測器名稱: 臨時電箱31
感測器編號: 1
感測器地點:
警報編號: 121819

上午 9:14



電子圍籬管制



塔式起重機CCTV監視



電氣設備定期巡檢



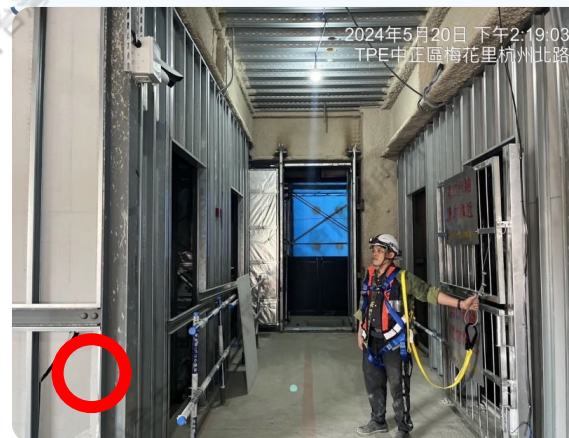
欄杆每日巡檢

W1-1個人防護具檢查

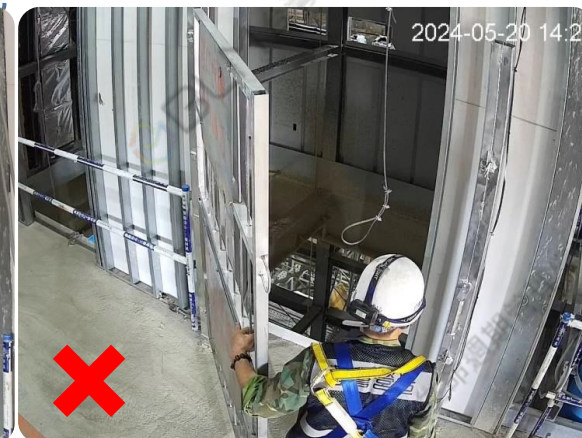


攝影機智慧監控個人防護具穿戴情況

W1-2偵測工作者進入管制及危險區域

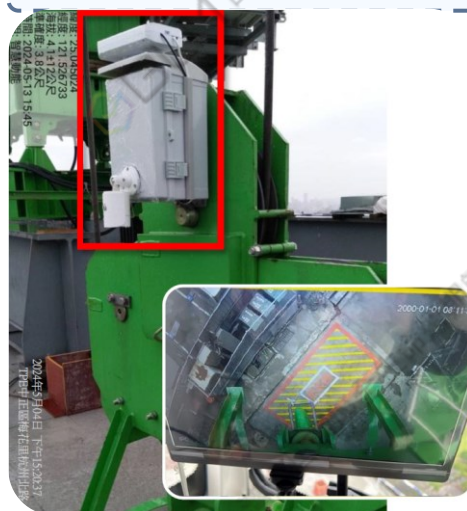


確認正確勾掛後遠端開啟監控門

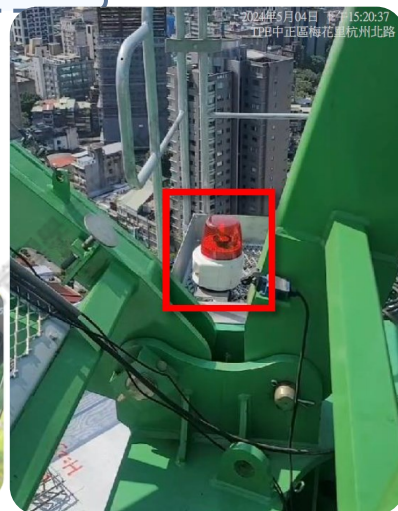


即時監控不安全行為

W1-3避免工作者被車輛機具撞擊



塔式起重機CCTV監視



塔式起重機警示鳴笛

C1-2臨時工程結構安全狀況監測



提出風險評估對策，將斜面玻璃帷幕
變換成單元帷幕，提升安全性

	原設計	風險評估對策
帷幕 型式	一般式 玻璃帷幕	單元式 玻璃帷幕
施工架 需求	逐層搭施工架	模矩化吊裝 不需施工架

減少斜面施工架上作業風險及施工架組拆風險

C1-3自然環境監測



環境感知系統 - 資訊電子看板

M1-1工地安全管理資訊系統

SharePoint

瀏覽 檔案 文件庫



首頁 公司資訊 經營管理 專案管理
B.開挖階段・B2.07.外作

安衛作業要領

安衛知識文件

安衛法規

安衛檢測儀器

危評資料庫

+ 新文件檔案，或將檔案拖曳到這裡

所有文件

尋找檔案

✓	名稱	表單下載
01.	外牆施工架-設置標準	...
02.	外牆施工架-防塵網標準	...
03.	外牆施工架-規畫重點	...

雲端平台



豐譽安衛大家庭 (45)

Q 電話 目錄

下午 5:02



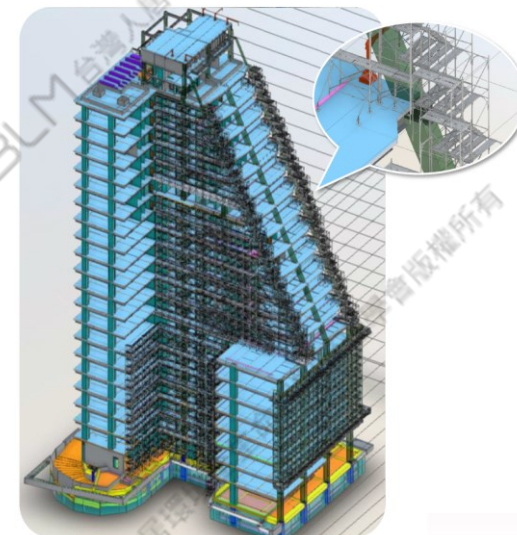
吳羽強



下午 5:44

儲存 | 另存新檔 | 分享 | Keep

Line群組



BIM輔助檢討

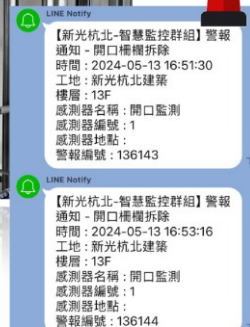
M1-2施工安全即時管理系統



移動式攝影機



欄杆防護



臨時電盤開啓即時監控

數據傳輸

LoRa

固定感測器

LTE

移動攝影機

電路拉線



前期活動與未來方向

03

智慧工地工程安全專家座談



智慧工地需求

可應用設備

連結業界各單位

智慧安全工地重要性

113年8月29日



智慧工地工程安全專家工作坊



執行智慧工地挑戰

具備資源

實際效益

114年1月9日





智慧工地
安全管理
白皮書



智慧安全
工地導入
等級
評估方法



智慧安全
工地範例



評估智慧
安全工地
執行
實際效益



感謝聆聽