



科技新知技術摘要

AI：數位科技在隧道工程風險管理的應用

技術摘要

AI：數位科技在隧道工程風險管理的應用

長隧道開挖工程是危險性工作場所的一種。隧道施工雖然事前皆經地質調查，但由於工期與預算的限制，以及隧道地質的複雜多變，致使隧道開挖時仍可能落磐與湧水等事故。

根據 BS 6164 : 2019 標準「營造業隧道工程安全衛生實踐準則 (Health and safety in tunnelling in the construction industry - Code of practice)」的說明，除了常見的風險等級之外，針對低機率而高嚴重度 (low frequency but high consequence events) 的事件 (例如大規模落盤或湧水)，其後果對於業主、設計單位、施工單位等都是非常嚴重的，應在危害與風險管理系統 (hazard and risk management system) 中考慮。

此外，BS 6164: 2019 標準也提到應使用數位科技以進行持續即時的風險監測 (continuous real-time risk monitoring)，以提供數據驅動的洞察力 (data driven insights)，並使用這些洞察力以做出更明智的決策 (informed decision making)。活用數位科技能有效協助隧道工程風險管理與緊急應變能力。

數位科技在隧道工程風險管理的應用

Huang et al. (2021) 的研究回顧了近年來 BIM、機器學習與電腦視覺在隧道工程數位轉型的應用，並指出隧道工程數位轉型的未來將整合地理資訊系統、3D 地質模型、建築資訊模型、隧道工程管理等，提高風險管理與決策的敏捷力。

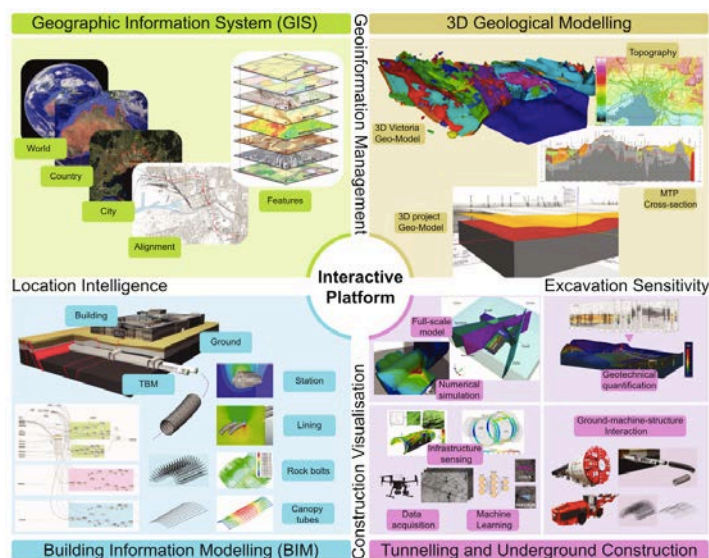


圖 1. 隧道工程數位轉型 (Huang et al., 2021)

許多工程實務中也都顯示出數位科技整合的應用與數位轉型的發展。如圖 2 所示，該案例整合了物聯網 (IoT)、雲計算、人工智慧 (AI)、沈浸式科技 (AR/VR)、機器人等數位科技，提高隧道工程風險管理與緊急應變的能力 (建災防, 2019a)。

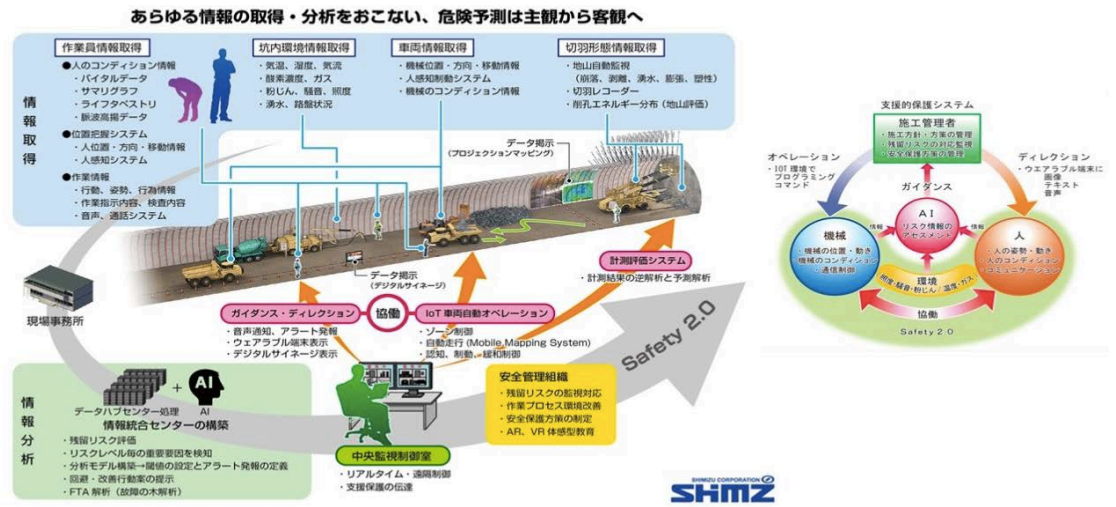


圖 2. 數位科技在隧道工程風險管理應用案例 (建災防, 2019a)

許多工程案例也都逐步發展數位科技的整合應用，提高隧道工程的風險管理能力。如圖 3 所示，除了物聯網、雲計算等數位科技，也整合了 3D 模型以關聯隧道工程相關的構造物、地形、地層、設計等資訊，建立隧道工程風險資訊儀表版，更好地監測與管制風險。



圖 3. 隧道工程風險資訊儀表版應用案例 (建災防, 2019b)

當然，自動化與機器人也是營造安全數位科技應用的重要發展方向。如圖 4 所示，整合物聯網、沈浸式科技、自動化、機器人等數位科技，建立遠端遙控隧道工程施工機器人，可從本質上減少風險。

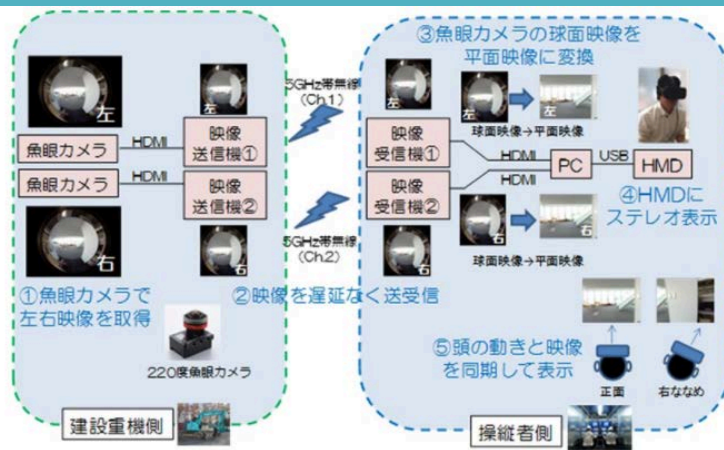


図1 臨場型遠隔映像システムの構成



図2 本システム設置掘削機



図3 本システム遠隔操作状況

圖 4. 隧道工程遠端遙控機器人應用案例 (建災防, 2019c)

參考文獻

- BSI. (2019). BS 6164: 2019 Health and safety in tunnelling in the construction industry - Code of practice.
- Huang, M. Q., Ninić, J., & Zhang, Q. B. (2021). BIM, machine learning and computer vision techniques in underground construction: Current status and future perspectives. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 108, 103677.
- 日本建災防. (2019a). 労働災害防止のための ICT 活用データベース. ICT 活用事例: CIM モデル活用によるトンネル工事施工情報管理システム. Available at: https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/entry/003081.html
- 日本建災防. (2019b). 労働災害防止のための ICT 活用データベース. ICT 活用事例: CIM活用シールド掘進監視システム [T-CIM®/Shield] . Available at: https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/entry/003123.html
- 日本建災防. (2019c). 労働災害防止のための ICT 活用データベース. ICT 活用事例: 臨場型遠隔映像システム [T-iROBO Remote Viewer] . Available at: https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/ict/entry/003396.html

AI：機器人在營造安全的應用

網址：<https://www.yuejin-ai.com:967/fs/files>

國內參考實例

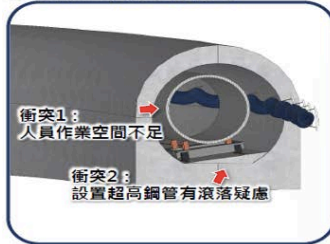
1. 109 年優良工程金安獎：湖山水庫第二原水管工程

該工程運用 BIM 技術模擬隧道鋼管安裝，檢討軌道及台車的施工性。

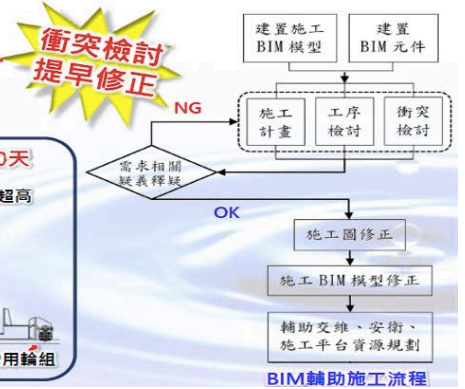
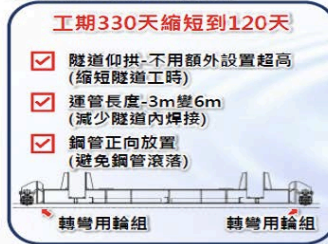
輸水路工程BIM模擬

本工程配合隧道鋼管安裝，**利用軌道及台車**，**並結合BIM模擬施工程序**，檢討施工衝突。

原方案：車輪不能轉動



新方案：車輪能夠轉動



2. 109 年優良工程金安獎：石門水庫防淤隧道工程計畫（第 1 階段）

該工程採用人員定位結合行動化監控、隧道內氣體監測、CCTV 監看、定期監測隧道變位數值等方式，保障隧道施工安全。

二、主動式監控-監控安全衛生計畫成效及符合標準程度

● 設備輔助監控

RFID

主動式門禁管制，人員即時定位結合行動化監控。



固定式氣體偵測

24小時隧道全程偵測，隨時應對有害氣體危害。



CCTV監控

8處攝像鏡頭，即時掌握工區現況並錄影存檔。



施工前 隧道變位計測

定期進行隧道變位監控，確實掌握地質應力變化。

