



韌性社會根本之道

科技加持 增益基礎設施韌性

地震、洪水、野火、戰爭等天災人禍，影響交通、通訊、網路、電力等重要社會公共服務設施運作，一旦基礎建設遭到破壞，不僅衝擊產業發展，也影響民眾日常生活。因此提升基礎設施韌性，成了韌性社會的根本之道。

撰文／陳怡如

還記得921大地震嗎？房屋倒塌，橋樑斷裂，受影響的地區，交通瞬間停擺，城市陷入漆黑，人民生活被打亂，這樣的突發狀況，更加凸顯了建構基礎設施韌性的重要性。

基礎設施涵蓋甚廣，不只有電力，還包括通訊、網路、交通、物流、醫療等重要的社會公共服務設施。談到建立韌性，工研院首先盤點出關鍵的基礎設施，像是交通、資通訊網路和電網設施等三大基礎設施，「這些基礎設施全都是服務公共社會，不僅是人們每日生活必須，更重要的是跟人們的生命線息息相關，」工研院綠能與環境研究所副所長張簡樂仁說。

布建感測元件 即時掌握交通設施損害

首先，在交通設施部分，張簡樂仁指出，邊坡、橋梁、軌道等交通基礎設施的一大特點，「就是分布範圍廣泛，在有限人力下，要做到風險預警難度很高。」此時便需要建立無人的預警機制，透過廣布低功耗的感測元件，平日就能及時偵測交通設施的慢性潛變，達到預警和快速應變功效。

以邊坡偵測技術來說，邊坡滑落大多與土石流相關，工研院透過分析土質潛變，第一時間掌握災害發生，讓相關管理人員能即早應變。

除了災前預警，當災害發生時，交通阻斷無法通行，便需透過無人載具挺進災區進行災害辨識與物資運補。無人機和影像辨識皆是工研院關注的技

術領域，短期目標希望建立無人機的AI影像辨識，中期目標則是運用無人載具進行協同救援和運補任務，長期目標則希望達到30公里內無人載具自主巡航，減輕人力負擔。

打造陸空通訊渠道 確保網路不斷線

建立資通訊設備的韌性，可分為通訊和資訊兩大部分，張簡樂仁表示，在通訊設備上，如俄烏戰爭時，俄國破壞烏克蘭的地面通訊系統，烏克蘭仍可依賴低軌衛星通訊，維持必要的信息傳遞。臺灣若面臨基地台或線路斷訊的狀況，亟需建立陸空的通訊渠道，低空像是利用飛船或氣球，搭載通訊設



電網韌性攸關供電穩定，工研院長期投入智慧電網、監測和饋線自動化投切技術。

備；高空則是建立低軌衛星系統。

在資訊設備上，「我們現在非常依賴伺服器與資料中心處理很多事情，當遇到惡意攻擊時，如何防禦就變得非常重要。」張簡樂仁認為，資安防護首先要做到情資資料庫的介接，才能有效抵擋外部攻擊。

「另一個狀況是，伺服器或資料中心因某些原因無法正常運作，此時便需要跨資料中心的分散式資源調度技術，讓其他資料中心接替處理，」張簡樂仁表示，中期目標是達到算力共享，分散風險；長期目標則是建立完整的基礎架構跟資料模型，對抗外部衝擊，快速復原。針對資訊設備，工研院在資安防護以及資料中心的運算資源調度上，也很有經驗，未來將鏈結外部資源，達到異質性的資料整合。

建構區域電網 協助快速復電

在電網設施方面，電網韌性攸關供電穩定，增強電網韌性的工作可分為事前與事後，事前進行電力樞紐的遠端監控，並發展自動化的應變技術。針對重要的供電樞紐進行監測，像是建構AI數位孿生模型、異常關聯性分析等，達到預警監控，倘若

真的發生異常，也能透過自動化轉供技術，縮短反應時間，讓電網盡快復原。

當大範圍停電後，事後的復電技術，則需要區域電網的重構技術。針對重要區域和關鍵基礎設施，如交通、醫療或救災單位等，建立小範圍的區域電網，即使大電網失效，也能確保電源供應，甚至整合再生能源和儲能系統，「最後透過區域電網的互相連結，協助大電網盡快復電。」針對電網韌性，工研院也長期投入智慧電網、監測和饋線自動化投切技術。

在強化基礎設施韌性時，張簡樂仁認為，如果只是為了未來「可能」發生的災損而投入，常會陷入兩難，究竟涵蓋的範圍要多大、投資金額要多少、時間又該持續多久，「如果以經濟角度來看的話，很難去評估它的CP值。」

也因此，工研院挑選的基礎設施領域和技術發展，「平時就有它的功能性，而不是只在災害發生時，才派上用場。」就像未來不只基地台，也會用到其他的陸空通訊系統；區域電網的建置運作，也能減輕台電負擔，「最重要的是，在災害發生時，能夠放大量能，快速應變調整，這就是建立基礎設施韌性最核心的精神。」■



在資安防護以及資料中心的運算資源調度上，工研院未來將鏈結外部資源，達到異質性的資料整合。