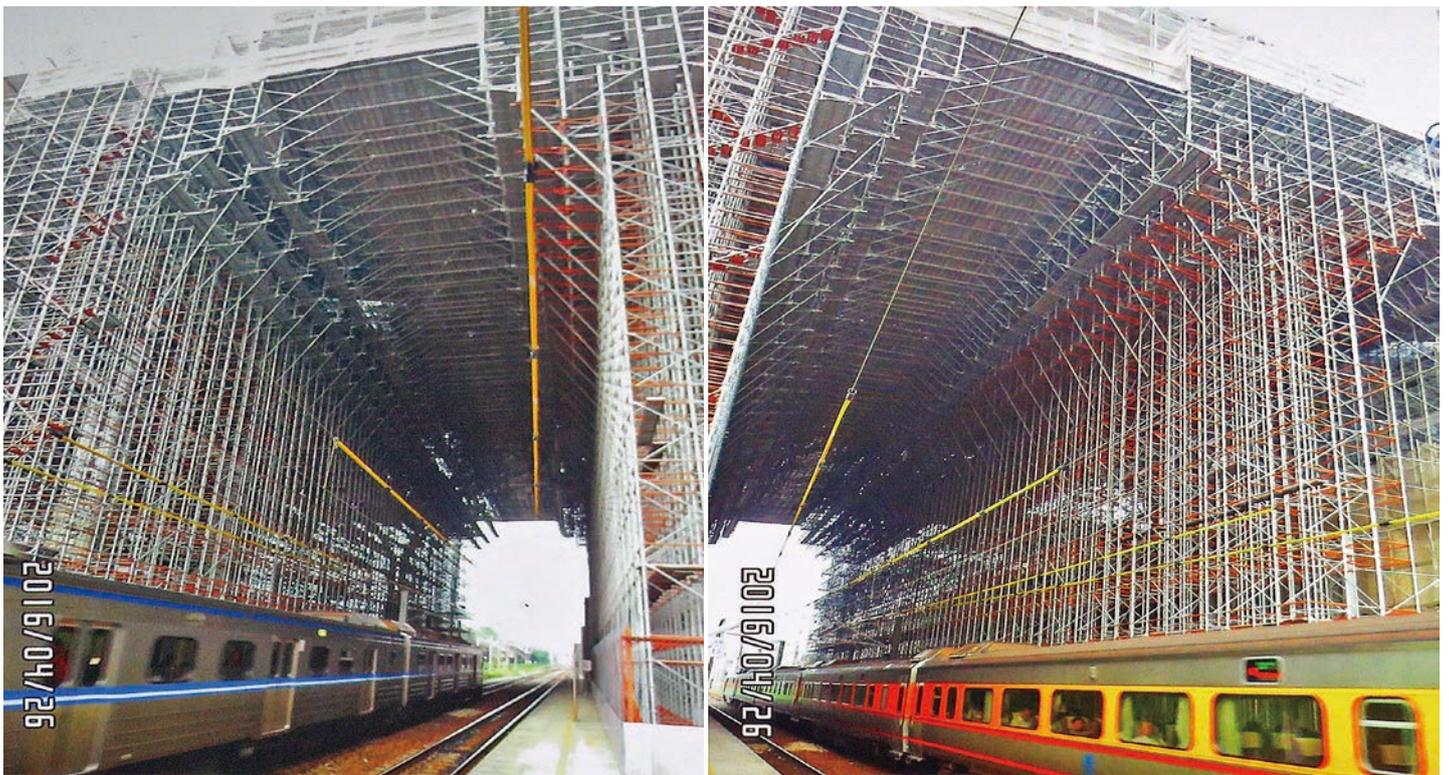


土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

June
2021



 **高泰鷹架機構**
High peaceful scaffolding organization

台中火車站跨軌系統架搭設工程
The Taichung train station cross axle systematic frame puts up the project



ISSN 0253-3804



NT\$350



Volume 48, No. 3

社團法人
中國土木水利工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

專 輯

防災產業

工程獎章、會士、
榮譽會員公告

101年度各競賽
開始報名

對政府建言

「離岸風電區塊開發
選商規劃」草案
國內工程設計參與建言

9 770253 438000 6

中國土木水利工程學會

110年各獎項評選公告

社團法人中國土木水利工程學會 公告

機關地址：100台北市仁愛路2段1號4樓
聯絡人：甄美
聯絡電話：(02)2392-6325#19
傳 真：(02)2396-4260

日期：中華民國110年5月31日
字 號：(24)土水發字第110056號
主 旨：公告辦理本學會110年度「工程獎章」受獎候選人提名推薦。
依 據：本學會「工程獎章」頒發辦法。

公告事項：

- 一、為獎勵對土木水利工程學術或事業有特殊貢獻之會員，本學會特訂定「土木水利」工程獎章頒發辦法（如附件）。
- 二、自即日起至七月三十一日止，為本年度「土木水利」工程獎章受獎候選人提名推薦日期。
- 三、推薦書須有會員五人連署推薦。
- 四、工程獎章計五類：終身成就、學術研究、工程事業、優良設計及優良施工獎。推薦書應載明推薦之工程獎章種類。
- 五、候選人推薦書及候選人相關資料乙份，請以掛號郵寄台北市仁愛路二段一號四樓本學會收，並請註明「土木水利」工程獎章候選資料（截止日期：110年7月31日，郵戳為憑）。
- 六、空白推薦書如附件，如需電子檔請上本學會網站（<http://www.ciche.org.tw/wordpress/?p=9306>）下載。
- 七、上述榮譽將於110年年會中表揚並頒發金質獎章。110年年會訂於110年11月27日（星期六）假新北市政府舉辦。
相關資料下載

理事長 **宗裕祺**

工程獎章推薦（截止日期：110年7月31日）

社團法人中國土木水利工程學會 公告

機關地址：100台北市仁愛路2段1號4樓
聯絡人：甄美
聯絡電話：(02)2392-6325#19
傳 真：(02)2396-4260

日期：中華民國110年5月31日
字 號：(24)土水發字第110054號
主 旨：公告辦理本學會會士候選人提名推薦。
依 據：本學會「會士」設置辦法。

公告事項：

- 一、為表彰本學會會員在土木、水利工程及相關工程領域之傑出工程人員及傑出學者，並對本學會有重大貢獻者，本學會特訂定「會士」設置辦法（如附件）。
- 二、自即日起至七月三十一日止，為本年度會士候選人提名推薦日期。
- 三、推薦書須由會士五人以上連署推薦。
- 四、請填具推薦書及會士資料表乙份，請以掛號郵寄台北市仁愛路二段一號四樓本學會收，並請註明「會士」候選人提名資料（截止日期：110年7月31日，郵戳為憑）。
- 五、空白推薦書暨會士資料表如附件，如需電子檔請上本學會網站（<http://www.ciche.org.tw/wordpress/?p=8379>）下載。
- 六、上述榮譽將於110年年會中表揚並頒發當選證書。110年年會訂於110年11月27日（星期六）假新北市政府舉辦。
相關資料下載

理事長 **宗裕祺**

會士推薦（截止日期：110年7月31日）

社團法人中國土木水利工程學會 公告

機關地址：100台北市仁愛路2段1號4樓
聯絡人：甄美
聯絡電話：(02)2392-6325#19
傳 真：(02)2396-4260

日期：中華民國110年5月31日
字 號：(24)土水發字第110055號
主 旨：公告辦理本學會110年度榮譽會員候選人提名推薦。
依 據：本學會「榮譽會員」學獎辦法。

公告事項：

- 一、為尊崇對土木水利工程事業、學術或教育方面有公認卓越成就之傑出人員，本學會特訂定「榮譽會員」學獎辦法（如附件）。
- 二、自即日起至七月三十一日止，為本年度榮譽會員候選人提名推薦日期。
- 三、推薦書須有會員二十人以上之連署。
- 四、填具推薦書乙份，並檢附論文或著作、研究報告或事蹟報告，以掛號郵寄台北市仁愛路二段一號四樓本學會收，並請註明「榮譽會員」學獎候選（截止日期：110年7月31日，郵戳為憑）。
- 五、空白推薦書如附件，如需電子檔請上本學會網站（<http://www.ciche.org.tw/wordpress/?p=8383>）下載。
- 六、上述榮譽將於110年年會中表揚及頒發當選證書。110年年會訂於110年11月27日（星期六）假新北市政府舉辦。
相關資料下載

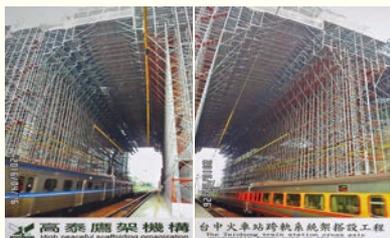
理事長 **宗裕祺**

榮譽會員推薦（截止日期：110年7月31日）

土木水利



社團法人中國土木工程學會會刊



台中火車站跨軌系統架搭設工程
高泰鷹架機構

土木水利半月集

先進工程

- 混凝土工程
- 鋼結構
- 運輸工程
- 鋪面工程
- 資訊工程
- 工程管理
- 非破壞檢測
- 先進工程

永續發展

- 永續發展
- 國土發展
- 水資源工程
- 大地工程
- 海洋工程
- 環境工程
- 景觀工程
- 綠管建工程
- 能源工程
- 天然災害防治工程
- 工程美化
- 營建材料再生利用

國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習

- 工程教育
- 終身學習
- 土木史
- 工程教育認證
- 大學教育
- 技專院校
- 學生活動

學會活動

- 學會選舉
- 學術活動
- 土水法規
- 介紹新會員
- 專業服務
- 學會評獎
- 學會財務
- 年會籌備
- 會務發展
- 會士審查
- 公共關係 [工程倫理]

出版活動

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊

分會

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

發行人：宋裕祺

出版人：社團法人中國土木工程學會

主任委員：劉格非（國立臺灣大學土木學系教授、編輯出版委員會主任委員兼總編輯）

定價：每本新台幣350元、每年六期共新台幣1,800元（航郵另計）

繳費：郵政劃撥00030678號 社團法人中國土木工程學會

會址：10055台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：<http://www.ciche.org.tw>

電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

美編印刷：中禾實業股份有限公司

地址：22161新北市汐止區中興路98號4樓之1

電話：(02) 2221-3160

社團法人中國土木工程學會第二十四屆理監事（依姓氏筆劃排序）

理事長：宋裕祺

常務理事：李順敏 高宗正 張荻薇 楊偉甫

理事：王宇睿 余信遠 林呈 林曜滄 邱琳濱 胡宣德 胡湘麟

高銘堂 張政源 許泰文 陳仲賢 陳彥伯 黃慧仁 壽克堅

廖學瑞 鄭燦鋒 賴建信 謝啟萬

常務監事：王昭烈

監事：呂良正 李建中 沈景鵬 林其璋 楊永斌 謝佳伯

中國土木工程學會任務

1. 研究土木工程學術。
2. 提倡土木水利最新技術。
3. 促進土木水利工程建設。
4. 提供土木水利技術服務。
5. 出版土木水利工程書刊。
6. 培育土木水利技術人才。

土木水利雙月刊已列為技師執業執照換發辦法之國內外專業期刊，土木工程、水利工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、水土保持、應用地質及交通工程科技師適用。

中國土木工程學會和您一起成長！

中華郵政北台字第518號 執照登記為雜誌 行政院新聞局出版事業登記証 局版臺誌字第0248號

「防災產業」專輯 (客座主編：單信瑜教授)

- 📖 專輯序言：攜手防災產業 邁向全民防災 單信瑜 3
- 📖 企業天然災害防減災模式可行性調查規劃 賴文基／陳峙霖／鄭錦桐／藤繩幸雄 6
- 📖 多時相衛星遙測技術於水資源防災產業發展芻議 王禹翔／沈哲緯／張淵翔／吳笙緯 20
- 📖 地震防災產業概述 — 自主性非工程手段之發展近況與契機 顏銀桐／曹鼎志／張玉舜／陳坤助／陳彥俊 29
- 📖 公共工程全生命週期的風險管理 姚大鈞 36
- 📖 氣象產業的發展 彭啟明／賴忠璋／吳聖宇／廖于霆／簡瑋靚／李知航 44
- 📖 民生公共物聯網與應用服務之發展 蘇亮宇／單信瑜／黃少薇 51
- 📖 災害監測新思維 — AIoT 解決方案 方耀民／蔡明璋／簡甫任 60

工程技術及發展

- 📖 多螺箍橋墩工法於國內橋梁工程之應用首例 郭呈彰／張瑜超／曹永德／莊孟曉／鄭吉益／林文政 69
- 📖 金門大橋主橋造型墩柱施工規劃與挑戰 郭呈彰／張震宇／潘小珍／黃俊憲／盧建州／謝克岱 76

學會資訊看板

- 📖 經濟部「離岸風電區塊開發選商規劃」草案落實國內設計廠商參與之建言 84
- 📖 公告三則：工程獎章、會士、榮譽會員開始接受推薦，7/31 截止 封面裡
- 📖 2021 電子計算機於土木水利工程應用研討會 (8/30-31 @中央大學，線上型式) 封底裡
- 📖 2021 全國大專院校工程創意競賽、110 年度工程數位創新應用獎評選、110 年工程環境與美化獎競賽。競賽開始，歡迎報名，詳情見官網 封底

廣告特搜

- 高泰鷹架機構 — 台中火車站跨軌系統架搭設工程 封面
- 日勝生活科技股份有限公司 — 細膩體貼·時尚科技·幸福共生·智慧管理 28
- 中華工程股份有限公司 — 工作解決方案 最佳合作夥伴 66
- 交通部公路總局 — 平安年年 — 安全回家的路 67
- 皇昌營造股份有限公司 — 桃園市觀音區草漯第一、三、六區整體開發單元市地重劃統包工程 68
- 臺北市府捷運工程局 — 首都環狀線 環型路網 一車直達 82
- 台灣世曦工程顧問股份有限公司 — 用心 做好每一件事情 83
- 中興工程顧問股份有限公司 — 正派經營·品質保證·追求卓越·創新突破 91
- 遠揚營造工程股份有限公司 — 誠勤·樸慎·創新 92
- 福清營造股份有限公司 — 福清營造 全域獨到 93
- 永可信工程有限公司 — 土方·拆除·景觀·土地重劃 94



攜手 防災產業 邁向 全民防災

專輯序言

專輯客座主編 單信瑜／國立陽明交通大學土木工程學系 副教授、社團法人台灣防災產業協會 監事

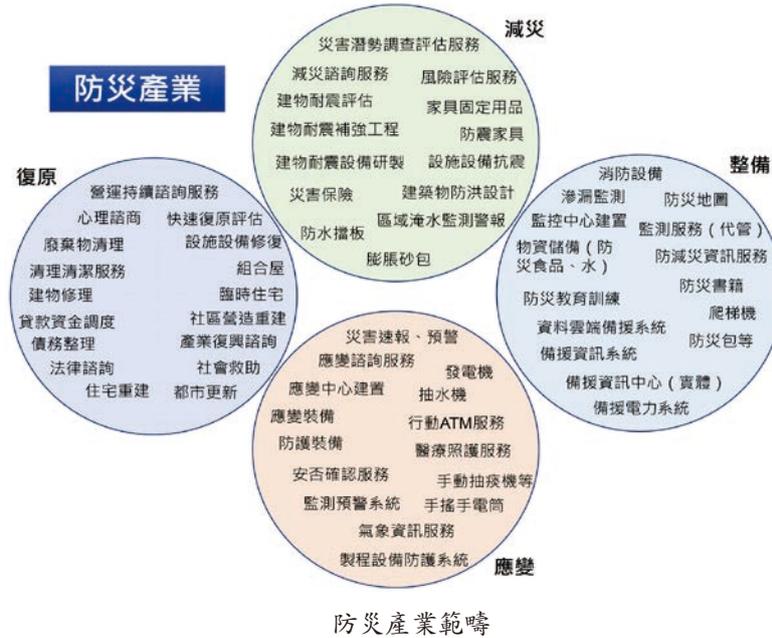
台灣是一個位於環太平洋火山地震帶的國家，由台灣島和其他幾個外島組成，面臨地震、火山、海嘯、颱風、豪雨、山崩地滑、土石流等各類天然災害與火災、爆炸、毒化災、傳染疫病等人為災害的衝擊。近年台灣面對的防災的挑戰還包括：在氣候變遷影響下災害的不確定性逐漸升高、經濟持續發展造成災害衝擊擴大、高齡人口增加提高災害應變困難度、人口與產業密集使得複合式災害情境較其他國家複雜、水電供應緊繃且維生系統脆弱度高等。

「防災」就是為了要降低災害的風險，事前預防災害的發生或設法降低災害發生的機率或災害發生後造成的損失與影響。所謂的「防災」泛指直接或間接與災害預防、降低災害發生機率或損失與影響、避免災害等相關的事務及物件。「防災」應該是個人、家庭、社區、企業、團體等主體全面的自主性的防災，而非僅侷限於政府預算執行的防災措施或政府所主導的防災政策。

因此，防災應該不僅只是因應政府部門減災工程和災害管理體系而存在的工程業和學術研究機構；而是有一群可以滿足政府以外的組織或個人防災需求的企業。以針對企業需要的服務和產品為例，包括：如地震、淹水等各類危害因子進行調查和風險評估與減災對策和緊急應變計畫及營運持續計畫的諮詢顧問服務、氣象與災

害性天氣預報服務、防災相關物資器材設備設施（如防震家具與五金配件、防水擋板等）、地震與淹水及火災警報系統與其與製程或建築物管理系統連動控制系統（供氣管閥、機臺、電梯、門禁等）、防救災相關教育訓練服務、人員與車輛機具安全回報資訊系統、備援資訊與線上服務系統、緊急供水/淨水設備等。依據 Michael Porter 提出對「產業」的定義「一群提供幾乎可以彼此替代的產品或服務來滿足客戶相同基本需要的企業。」提供前述防災服務或產品的廠商可歸納為一個產業：「防災產業」。亦即，「防災產業」並非以其服務或產品的「型式」或「型態」來定義，而是以滿足客戶對於「防災」的相同基本需求來界定。據此，防災產業定義可為：「防災產業是指所製造的產品或提估的服務，可以『直接』讓企業、機關、家庭、個人在災害前降低災害風險或於災害期間有助於應變（減少傷亡、增加便利性、降低災害關連死）和災後有助於復原的企業。」亦可簡化為「所有從事與防災相關或於災害發生後可提供有利於災害管理的事務或物件的企業或組織」。

此外，長久以來在防災工作上政府一直扮演主要的推動者和執行者的角色。政府需依法行政，且過於強調科層，所以著重代表性、公平及對於特殊性的、實驗性的、或開創性的民間需求，並沒有辦法提供，或是缺



乏反應的能力。以防災來說，除了平時法令與規範的制訂，應變時大規模的消防、警察與軍事人力動員，和政府在災害的稅務減免之外，許多的防災工作必須或可以透過民間自力來完成。由於政府也會失靈，所以民間的彈性與活力則可以彌補政府的失靈；因此，透過民間企業或非營利組織的特性是可以補充政府能力之不足。因此，公私協力被視為是近期最能解決政府財政問題的手段之一。防災產業也因而成為政府在強化國土災害韌性工作上仰賴的方式。

雖然相較於台灣地區所面臨的高度災害風險民眾企業社會與政府對於災害風險缺乏正確認知且防災意識較為薄弱，因而民眾企業社會與政府投入防災的資源不足且缺乏完善的規劃與實質整備，面對難以預料的複合式災害準備更為不足；但是危機就是轉機。挑戰提供了機會。透過民間本身的各種防災工作亦即風險處理手段，將災害風險降低到合理可接受程度（As low as reasonably practicable, ALARP）之內，就是防災產業的使命。

另一方面，台灣的土木工程人員，過去這半個世紀中針對天然災害的減災工作，無論是水利工程的水壩、提防、抽水站、排水系統，結構工程的耐震規範、結構物的耐震評估與補強，大地工程與水土保持土石流與坡地災害調查與治理等都已經和國際上的技術水準相去不遠，而讓台灣民眾的災害風險得以被適當的減輕。

然而，近年來的氣候變化也讓民眾和專家本身開始思考工程減災手段效果的侷限性和財務益本比的合理性。除了在工程技術的本質上持續精進以外，從更廣

泛的防災角度思考，工程人員或許可以將防災產業能夠提供的服務和產品（例如淹水即時觀測與即時模擬和警報）可提供的減災效果與對災害發生的時空效應，並配合以災害損失為本的風險評估，納入工程規劃設計的參考。防災產業必須和土木水利工程攜手並進、並肩作戰，才能讓彼此發揮最大的效和拓展更大的市場，不僅讓彼此受益，也讓國民和國家更安全、更安心。

承蒙土木水利工程學會會刊總編輯劉格非教授給我寶貴的機會擔任客座編輯，讓我可以邀請台灣社團法人防災產業協會的幾位重要成員，針對他們各自專精且致力拓展的防災產業領域做技術介紹或經驗分享。大多數的撰稿者本身亦為土木水利工程的專業背景，希望透過這些文章讓本刊的讀者對於跨土木水利工程領域的防災產業有更多的認識。

本期共有七篇與防災產業相關的專文。

首先由國立成功大學防災研究中心賴文基副主任與產業永續發展中心陳峙霖經理和興創知能股份有限公司鄭錦桐總經理及日本一般社團法人防災減災技術開發機構的藤繩幸雄撰寫「企業天然災害防減災模式可行性調查規劃」，先整體性地說明了企業防災的觀念以及政府機關之間的關係，清楚地點出了防災產業在提升社會整體防災力上可以扮演的角色。

王禹翔、沈哲緯等四位撰稿者任職於由財團法人中興工程顧問社支持創立的興創知能公司，該公司致力於用創新的觀測、監測與通訊和資訊技術運用在防災、交通以及土木、水利工程乃至於其他領域。他們撰寫的

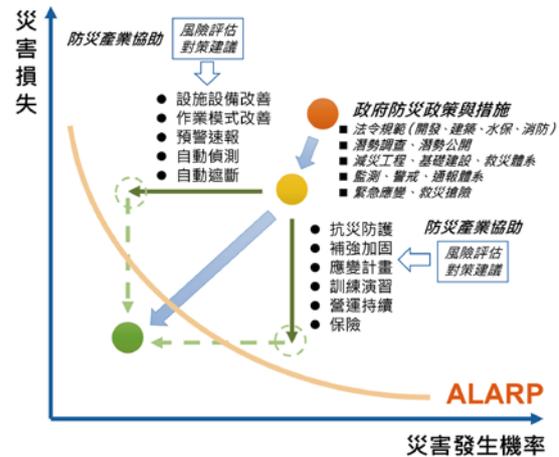
「多時相衛星遙測技術於水資源防災產業發展芻議」，其背景為近年來商用衛星的服務快速普及化，而其帶動的產業需求不斷擴大。文章從多時相衛星遙測技術發展開始，帶入水資源的防災產業議題，探討民生、農業、保險與空品等相關情境下的技術因應與產業案例；藉由這些案例點出空間數據整合的彈性與跨域應用的敏捷度，透過快速、精準的解讀數據可有助於達到災前風險評估、災中損害監控，以及災後重建復原。

財團法人中興工程顧問社的張玉焱主任、曹鼎志副主任、顏銀桐組長邀請了 KNY Co. 的陳坤助執行長與三聯科技的陳彥俊經理，共同撰寫了「地震防災產業概述—自主性非工程手段之發展近況與契機」，從地震潛勢調查與危害評估到結構耐震規範與設計的科學與工程面向開始，進一步介紹了地震現地觀測與速報預警、即時線上地震風險評估等新興地震防減災工具，提供了產業未來發展的路徑。

Eos Rhea Metis 公司的首席總監姚大鈞博士本身具有大地工程的專業背景，曾經參與台北捷運等重大公共工程，近年來從事工程保險與專案風險管理的諮詢顧問工作。他撰寫的「公共工程全生命週期的風險管理」，說明公共工程的全生命週期中各時期風險管理的要點及重要性，並特別強調公共工程的風險與災害息息相關。風險責任人應尋求專業的風險管理及防災服務，且應善用保險的專業資源協助進行風險管理。

天氣風險管理開發股份有限公司的彭啟明博士與其率領的團隊撰文介紹「氣象產業的發展」，氣候與天氣除了和防災息息相關之外，對於土木水利工程的規劃設計考量長期的風險與服務性與施工期間的風險管理更為重要；也扣結到姚大鈞博士「公共工程全生命週期的風險管理」的核心意涵。台灣面對的不是氣候變遷 (Climate Change)，而是進入氣候緊急狀態 (Climate Emergency)，善用氣象產業的服務才能有效降低公共工程全生命週期的風險。

社團法人台灣防災產業協會的蘇亮宇副秘書長和我本人則以「民生公共物聯網與應用服務之發展」一文介紹近年來政府透過「前瞻基礎建設」大力投入的物聯網建置和推廣。民生公共物聯網的發展自始就與土木工程密切相關，聚焦於「空、水、地、災」四大領域。推行至今，已對我國公共工程、產業商業模式、民眾生活樣態產生諸多根本性地變化；但目前卻也浮現了一些結構性的問題，希望能透過更多的民間資源與創新想法導入



風險圖像與風險處理示意圖

發展出可持續的經營模式。

逢甲大學地理資訊系統研究中心在近三十年來是地理資訊系統應用和服務的領頭羊，協助政府的災害防救業務機關如經濟部水利署、農委會水保局建置了無數的觀測系統、資訊系統、應變服務，是我國防災科技發展最重要的支柱之一。方耀民博士與蔡明璋、簡甫任兩位副處長以近年開發的技術和服務為本，撰寫了「災害監測新思維—AIoT 解決方案」，介紹了應用 iBeacons 的 AIoT 技術方案與利用感測器再結合物聯網和 AI 影像辨識技術，串聯的淹水監測系統，展現物聯網的實力與潛力。

台灣是天然災害風險極高的國家，防災產業的發展攸關國家安全與永續。政府必須檢討災害治理 (Governance) 模式與建立當責 (Accountable) 的風險管理機制，確認政府與民間風險責任分攤模式並立法規範和建立計畫導引民眾行為與市場走向。「自助、共助、公助」不僅僅是呼籲民眾提高自主防災意願的宣傳口號，更必須透過法令制度的建立來導引和落實。

在健全的法令制度下，防災產業可以透過對於企業和民眾的服務成長壯大，而非長期依賴政府的計畫生存。換言之，政府最重要的任務是建立並維護防災產業的市場，導引企業和民眾自己投資在必要的防災作為上，一來減輕政府負擔，同時更有效率提高災害防護力，真正達到公私協力的境界。

自古台灣即與災害共存，隨著科技發展，我們對於災害的瞭解更加深入且多元，防減救災的知識技術亦有大幅的進步，加上社會結構改變與經濟的發展，我們對於防災的態度也逐漸從逆來順受改變成積極主動防減救災。希望有更多土木水利界的人才一起投入防災產業，進行相關產品和服務開發和市場開拓，促進防災產業的發展。



企業天然災害防減災模式 可行性調查規劃

Industrialization Survey and Development Evaluation of Enterprise Disaster Mitigation in Taiwan

賴文基 Wen-Chi Lai / 國立成功大學防災研究中心 副主任
Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University.

陳峙霖 Chih-Lin Chen / 國立成功大學產業永續發展中心 經理
Industrial Sustainable Development Center, National Cheng Kung University.

鄭錦桐 Chin-Tung Cheng / 興創知能股份有限公司 總經理
ThinkTron Ltd.

藤繩幸雄 Yukio Fujinawa / 日本一般社團法人防災減災技術開發機構 最高技術顧問
Organization for Development of Resilient Community, Japan.

參考國內、外防災產業的規劃與推動作法，企業天然災害防減災可透過易受災損對象的準備、業務/生活支持兩種手段，企圖形塑高恢復力社會。而企業防災參與的構成要素包括產業、公共行政及保全對象三種成分，而防災保全服務的提供、推動自主防災的需求及市場透明機制的互惠三者之間重疊所產生有效的相互作用。本研究藉由：(1) 企業防減災模式彙總、(2) 代表性企業防災案例調查、(3) 企業防災服務需求調查、(4) 企業自然災害防減災模式的雛型建議及 (5) 企業防災產業發展策略建議等各項工作項目，依序完成防災保全產業參與要素現況與後續建議研訂。

關鍵字：企業防災、營運持續計畫、公私部門協力

The study focus on the survey and evaluation of the industrialization of enterprise disaster mitigation related business. Base on the review of the enterprise disaster mitigation business in EU, USA and Japan as the feedback for planning the base of the market development in Taiwan. Such as the Japanese government has spent last five years construction the Business Continuity Planning / Management (BCP/BCM), such contribution offer the good milestone as the development of the businesses related to disaster prevention and risk management.

The main items of the study include: (1) survey of the operate enterprise disaster mitigation related business, (2) case study of the typical enterprise disaster mitigation business, (3) demand and marketing of the enterprise disaster mitigation business in Taiwan, (4) prototype business model of the enterprise disaster mitigation techniques and (5) the strategy for development the enterprise disaster mitigation related business in Taiwan. In the current status, review and repackaging the survey and evaluation of the industrialization of enterprise disaster mitigation is needed to suit different needs in each field. Except to technological development, education to possible customer on how to behave in the face of the service and organizations and operation plan also need for development the enterprise disaster mitigation business.

Key Words: enterprise disaster prevention, business continuity plan, public-private partnership.

前言

近年來世界各地均發生多起重大天然災害事件，直接或間接地影響企業之生產或者民眾生活為之中斷，

因而產生重大影響及損失。在企業經營風險的項目中（圖1），天然與人為災害對企業的衝擊及影響極大，像是會產生有形的損失（供應中斷、財務問題）和無



圖 1 企業經營管理的天然災害風險^[1]

形的損失（品牌形象、商譽受損），而企業經營之風險更有可能直接影響國內民生基本物資供應之穩定，打擊經濟發展。現今的極端化氣候導致天然災害的預測判斷不易，且因氣象資訊專業性高、災害分類過於廣泛、缺乏企業、家戶以至於個人範疇之客製化資訊、災害分析資訊即時性弱等問題，最後造成無法提前加強災害防範應變準備，進而連帶產生後續不可彌補的損失。

位處在東太平洋颱風路徑及地震火環地區的台灣，在經年裡發生的地震、颱風及豪雨等極端氣候，每每造成嚴重的災情。由政府公共行政體系支撐的防災體制，在缺乏民間企業、一般市民、社區及各種非營利組織共同參與的狀況下，各種防災、避災的作為都無法成功。所以包含社會各層面的組成，共同以維持社會系統運作，保障生活的基本條件為目標，共同的行動與實踐各項準備與確實執行，才能夠達成安全社會的共同目標。尤其在近年的莫拉克颱風、台南市及花蓮市地震等巨大災害，以及影響長、範圍廣的 COVID-19 疫情，民間企業的知識及執行力可以善加運用，加速各項進行中及待解決的各項課題，此為目前建構台灣各項防災推動工作，效能再提昇不可或缺的動力。

防災產業化的本質並非將現有業務完全由民間承擔，而是在重新以新思維來分配資源並創造商機，減少政府的預算支出及人力負荷。台灣目前的防災工作主要是政府直接下達疏散或整備的防救災指令讓民眾依循，所有防災資源集中於政府機構，防災業務係伴隨於政府業務機構運作的配屬預算下執行，尚欠缺產業化厚植於民間防災能量的概念，產業界未有太多空間可主動參與或投資在防災整備或服務供應上。防災產業為因應著公、私部門，以及個人用戶，為了確保生命安全、降低財產損失及維持生活品質等需求，因運

而生的民生消費產品、資訊提供、防護服務…等各種產業模式。然而，任何的產業都奠基於科學技術的開發與落實，所以防災產業的興衰也緊緊於國民對生活品質的要求（需求面）及研究與生產技術的水準（供給面），此外供需媒合的產業扶植與規範（管理面）則組成防災產業的形成與永續經營基礎，這些防災產業是否得以經營與推廣的基本要素，都希望透過本研究的執行，提供後續防災產業發展學劃的參考依據。

企業防災

企業防災的概念

企業經營當然主要還是著眼於商業收益，所以企業防災推動的初期階段當然也都是以降低企業經營損失為推動目的。所以目前的企業防災著重的工作，主要在於運用 IT 的技術讓資料的查閱與決策支援能夠更有效率、緊急狀況時通訊的確保與資訊、情報等線路與系統的備援等。在日本的防災基本計畫的條文中，規定災害發生之際，企業所擔任的職責包括：照顧從業員、顧客的安全，經濟活動的維持、提供地區居民支援等各項工作。然而一旦遭受到天災影響，除了企業受災外，政府及地方團體（社區等）、居民等也會受到長期的影響^[2]。

日本企業防災的演變，從最早期「員工自我承擔」時代，逐漸的進入「人身事故等勞工災害的防止」，後來又進一步到「生產機具的損害防範及早期復原」，一步步的提昇管理與維護的層級。然而時代的逐步進步，目前企業生產經營面臨到品質要求的提高、生產作業的高密度集中、生產控制的資訊化等各項變化，企業經營追求效率化的結果，也造成重要產品的獨特化，生產零件或裝置分工成獨立企業，相關的產品製造或服務已逐漸擴大到生產或服務網路，以及依靠各項生產或服務供應鏈，才足以支撐，生產或服務的經營活動彼此間越來越倚賴，企業的經營管理幾乎無法獨立於社會系統而單獨操作。這樣的結果，一旦供應鏈中一部份企業受到災害造成生產/服務中斷，其所牽連及擴大的影響，幾乎都超過我們的想像，所以今後各項企業經營中，針對供應鏈的穩定與維護，甚至強化也成為關鍵的工作項目。企業的營運持續管理，今後順應著「全球化」、「資訊化」、「網絡化」、「IT 化」的演變情勢下，進行各項因應對策的考慮，進行企業經營管理中各項弱點的檢討，與可能演變的後續影響進行推測，進而求取在各項因應措施下的經營確保。

除此之外，企業防災，更有著企業經營營利活動以外，更重要的企業社會責任意義。這其中，包含了企業使命、企業倫理以及社會貢獻等對於回饋公民社會的積極意義，災害時能夠分享或回饋企業所擁有的資源（人力、物力、財力及資訊），完整各級政府防救災的體制，分擔身為社會組織及社區成員一份子的同舟共濟精神，這些都是推動企業防災能夠期待的社會活動與公私部門互相協力的進展（圖 2）。

營運持續計畫

近年來因氣候變遷使得環境中各種風險不斷提升，為了因應企業營運的災害風險管理，近年來各國推動營運持續管理（Business Continuity Management, BCM），主要是利用管理系統及手段，達到營運持續之目標，防止業務活動中斷，確保重要業務流程不受重大故障和災難的影響。結合預防和復原措施，將風險造成的影響降低到可以接受的等級。分析災難、安全缺失和服務損失的後果。制訂和實施應變計畫，確保在要求的時間內恢復業務流程。選用控制措施降低風險，限制破壞性事件造成的後果，確保重要作業能即時復原^[4]。

營運持續計畫（Business Continuity Plan, BCP），在 BCM 策訂各項企業營運目標後，依據各部門的業務屬性，制訂相關執行計畫，期望：(1) 企業資產—人、物、金，損害能夠降到最低限度；(2) 核心事業能夠維持運作，或以最快時間恢復基本運作，以此兩個目的作為營運持續計畫訂定的目標，繼而在 (1) 平時防災準備、(2) 災害發生後迅速因應、(3) 在災害影響下持續營運及 (4) 災後的營運復原與復興等各階段採取因應作為（圖 3），並回饋至平時的生產活動中，內化成公司營運操作的常態文化。

營運持續計畫指的是組織遭遇事件、事故、自然災害等營運妨害（緊急情事）時，組織營運能降低其衝擊持續的危害與影響，留存組織能量維持在最小限度的組

織持續性（韌性），讓組織的操作營運能繼續，維持恢復的彈性（及早恢復基本生產）。納入此一考慮的危害控管與緊急對策，而納入平常維運及生產文化中謂之。具體而言，營運持續計畫是守護企業組織賴以維生的關係者的「生命」、「資產」、「資訊」及「社會信譽」，避免組織遭遇自然災害、人為事故時因為營運遭受中斷影響，擴大對資產或信譽的損害，加速萎縮與衰敗的惡性循環。

營運持續計畫與企業的防災手冊，既是分工又是協力（表 1），廣義的 BCP 包含了我們一般所指的 (1) 企業防災手冊及 (2) 我們先前定義的企業營運持續計畫：

- (1) 企業防災手冊著重在人命的安全及資產的保全，其實踐在職員及顧客的安全確保、災害發生時損害的減輕、設施強化與儲蓄品的準備等等災害發生時的緊急應變對策、是以企業設施內部所涵蓋對象作為對策檢討的中心；企業防災手冊包含了規劃給管理者操作的災害對策基本規則，而交付給一般職員的則屬於個別類型與個別行動的操作流程，訓練時也區分為應變指揮中心與各編組人員的分工與垂直整合。
- (2) 狹義的營運持續計畫，是以組織的存續、營運的持續與社會責任的履行為主要的目標，實踐在確保上訴三個目的達成的各項因應措施，以及分層歸屬重要維生核心業務，及早規劃受影響後加速復原的各項方案，以及因應重大衝擊的業務整併與生產、管理移轉替代方案。

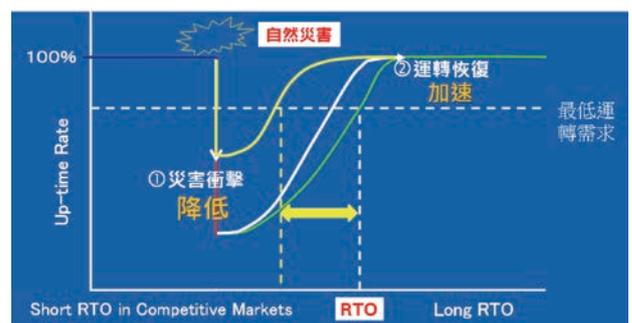


圖 3 營運持續計畫基本概念圖^[3]

表 1 營運持續計畫與防災計畫的差異^[5]

內容	營運持續計畫	防災計畫
目的	防災目的 + 危害發生機率降低，以及對營運影響的最小化	人身安全確保及設施受損程度的降低
對象範圍	組織運作的核心事業	限定的保全對象
想定風險類型	業務中斷的可能原因衍生的影響外力	特定的災害情境
復原目標	營運目標的中斷期限內	事後對災情及毀損的評估判斷
日常的執行操作	BCP 關聯準備與編定訓練	防災訓練等

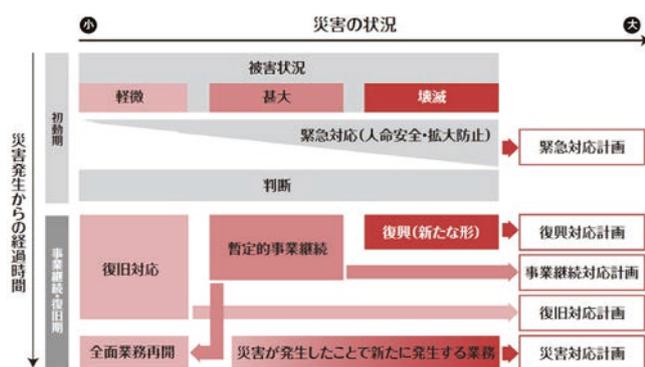


圖 2 311 東日本大地震後企業災害管理對策^[3]

企業防減災模式調查評估

參考國內、外防災產業的規劃與推動作法^[6]，防災保全產業參與可透過易受災損對象的準備、業務/生活支持兩種手段，企圖形塑高恢復力社會。而防災保全產業參與的構成要素包括產業、公共行政及保全對象三種成分，而防災保全服務的提供、推動自主防災的需求及市場透明機制的互惠三者之間重疊所產生有效的相互作用。其內涵包括(圖4)：

- (1) 產業：防災產業中實質的服務提供者。
- (2) 公共行政：即相關規則、法令及制度制訂與推動者。
- (3) 保全對象：此面向係由產業及個人的防災機制及行為，去決定他們所想要及需要；更決定人們與周遭環境發生交互作用的過程。

國內、外文獻回顧

近二十年來，有眾多國內外學者及研究單位針對企業防災或防災產業，進行了多面向的探討，以下羅列國內外與防災保全產業較具代表性的文獻內容，供作後續研究過作參考。

拓璞產業研究所^[7]則針對發展現況與趨勢剖析，對安全產業之定義為：泛指提供給個人工作者、家庭、企業、銀行、政府部門、公共場所重要基礎設施之安全防護產品與設備及服務的產業(圖5)。國土安全、治安、交通安全、公共衛生等領域雖與安全有關，但與產業發展關連度低且有其他機構主掌，故不列入安全產業推動範疇。亦廣泛收集各國對於安全產業之定義之比較：

- (1) 美國對安全產業定義：對美國基礎設施項目的維護，及對人明生命財產之保障等相關的產品與服務屬之。其中包含對資通訊設施、郵政設施、電訊設

備、公共衛生、運輸、能源、金融體系等項目之安全保障的產品服務，也包含反恐、人員救難與救災行動的相關產品及後勤作業服務等。

- (2) 日本對安全產業定義：與國際安全領域相關之產品與服務；可降低自然災害造成損失之相關產品與服務；與百姓能安心安全生活之相關產品與服務(如門禁管理系統、自動偵測、警報系統、安全設備系統、影像監控系統、防盜檢知系統、資訊安全系統等)。
- (3) 澳洲對安全產業定義：安全管理相關產品與服務；執行安全服務的人員與其訓練、雇用及執行；技術性服務；安全設施之製造、裝置、維護及控制配送中心等。

馬道^[8]將防救災產業定義為防救災產業定義為「防範及維護當災害發生時危害人身或社會大眾所延伸之生命安全及財產之相關產品或服務，並係運用於減災、整備、應變及重建四方面之產業」，如圖6所示，依據防救災所影響之對象包含私部門(個人、家庭及企業)和公部門(政府部門、公共場所及重要基礎設施)及所對應的減災、整備、應變及重建之防救災工作可延伸出之產業範疇包含風險評估及分擔、防災及預警、資通訊網路設備、消防及搶救設備及教育、顧問及醫療服務等五大領域。

國家災害防救科技中心自2007~2009年持續地進行防救災產業研究，並將防救災產業定義為「以維護人身或社會大眾之生命、財產為首要，而與研製、產銷安全產品或提供相關服務等所形成之產業結合防救災產業係以發展適合台灣災害特性且國內因過去之災例所累積可觀之防救災技術與知識(know how)為主，並為防範及維護當天然或人為災害發生時危害人身或社會大眾所延伸之生命安全及財產之相關產品或服務，且運用於災害減災整備、應變及復原重建等階段之產業稱之」^[9,10]。

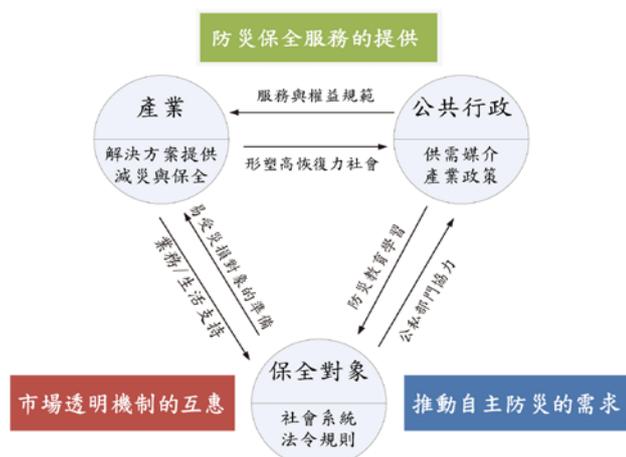


圖4 防災保全產業參與要素關係圖

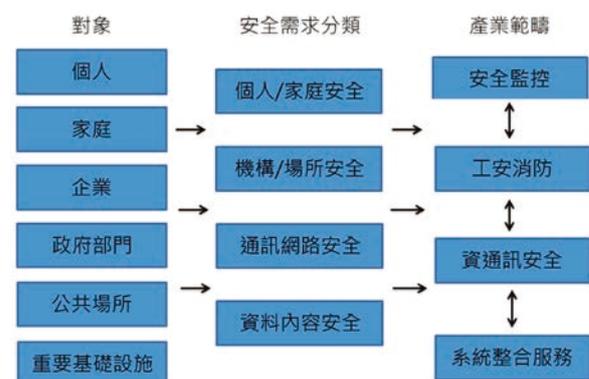


圖5 安全需求分類與產業範疇(2006年度經濟部工業局安全產業推動計畫)



圖 6 防救災分類與產業範疇^[8]

該研究建議防救災產業可區分成 (1) 災前整備、(2) 災中應變及 (3) 災後復原等三階段分別影響相關產業發展 (圖 7)，災前整備包括安全與保全有關的工安消防、資通安全、安全監控、系統整合等產業；災中應變方面與資訊整合產業、機械零組件產業等產業有關，專司災情傳遞、災情評估、緊急救災等相關工作；災後應變階段包含建材產業、醫療保健產業、工程與管理顧問業及廢棄物處理等。目前的分析結果，防救災產業與安全與保險產業、資訊整合產業、機械產業、工程顧問產業、醫療保健產業等有直接相關。未來若由政策面主導進行全面防救災產業推廣，則有機會引發綠色產業、運輸工具產業、機械設備產業等。另外防救災產業的推動則會加值國內正推動的策略，例如：國土安全產業、智慧化居住空間發展策略、ICT 產業等之蓬勃發展^[11]。

日本富士經濟研究所於 2012 年 5 月發表「後 3.11 東日本大地震危機管理相關產業全貌 2012」，將危機管理產業定義如下圖 (圖 8)，在危機管理相關產業中包括了 (1) 災害、地震、火災對策、(2) 災害、緊急醫療及救助救出、(3) 停電對策等屬於防災對策的項目，以及 (4) 緊急通訊、(5) BCP/BCM 支援。營運持續解決方

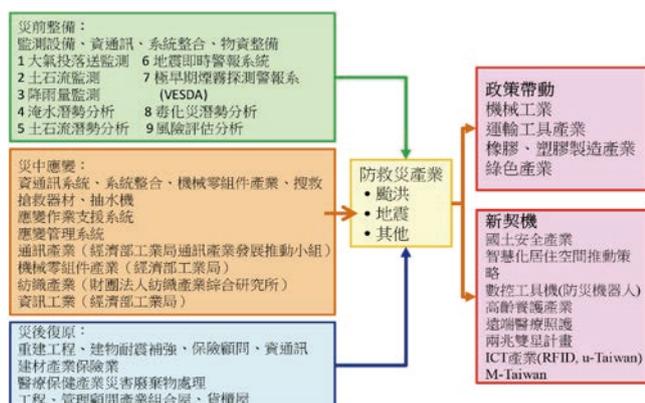


圖 7 防救災產業關聯分析圖^[11]

案、(6) 新興感染症對策等跟風險管理有關的項目等，作為相關調查的依據。但由於在東日本大地震的影響下，電力不足問題浮現衍生的 (7) 節電及停電對策、交通服務停擺時造成 (8) 返家困難、避難者對策等都是因為調查期間的企業用戶回饋建議後才新增上去的項目。

2014 年 2 月日本矢野經濟研究所彙整歷年各產業報告^[12]，該調查的產業項目包括：(1) 企業營運持續計畫顧問服務、(2) 防災復原資訊及修復等、(3) 防災強化：包括防災行政無線系統、消防指揮系統、總合防災系統、災害資訊管理及緊急速報系統、安全確認服務等。調查結果顯示企業營運持續計畫及防災復原 (Disaster Recover) 市場規模 2011 年的變化率為 104.3%、2012 年為 105.5%、2013 年為 103.4%，營業額達到 2,046 億日圓 (包括公私部門及建設類別)，2011 年至 2013 年的實際營業而平均成長率為 4.4% (因為基期已高，且包含的類別包括政府公共治理的部門)。從 2011 年起的長期預測，加上長期的市場變動因素推估，該研究報告預測 2014 至 2018 年平均成長率為 2.5%，2018 年市場總值將達到 2,234 億日圓。該預測也說明，因為 2011 年東日本大地震催化出來的需求，將隨時間逐漸淡化，各式企業營運持續計畫及防災復原服務的商品單價也將逐漸降低，比價的效果也是市場成長率降低的主因。

由於歐美不同風險管理顧問業種 (金融、IT 及耐久財生產部門... 等)，分工極細。彭啟明等人^[6]指出美國每年之防災產業需求約為 500 億美元，歐洲則約為 400 億美元。聯合國發展計畫署 (UNDP, 2010) 也指出，若能夠投資 1 元的防災，可減少 4~7 元的損失，防災不限於硬體的防災系統建置或購買相關商業保險服務。國際跨國公司有較佳的防災應變計畫，平均可減少 40% 的損失。有防災計畫者，平均損失幅度為一般損失的 5%。眾多企業見

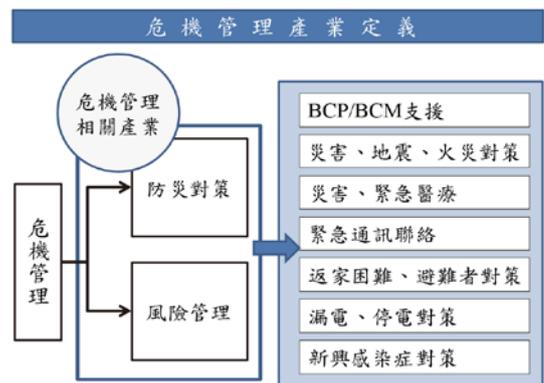


圖 8 日本富士經濟研究所危機管理產業定義組成圖^[13]

識到了日本 311 地震後，對於遠超過公司因應能力及設想情境以外的衝擊，不但是對公司營運造成慘烈的衰退與無以復加的衝擊，對於消費者及其他企業夥伴也可能永久的失去支持。企業在體認到營運持續計畫在經營與管理的重要性後，也急需尋求適當的輔導顧問業，協助企業儘速補強及提升公司文化在這方面的不足。然而這幾年，原本已接受其他企業風險管理輔導的業者，也面臨了企業生產與營運過程中的明顯變化：

- (1) 企業營運持續中所牽涉到的眾多產業聚落資訊提供者未被納入計畫及測試
- (2) 過去風險管理的範圍領域僅侷限於指揮總部，未擴及生產的前端與消費的後端程序與場所。
- (3) 過去風險管理僅著重於可能會造成管理系統失效的關鍵事件，然而可能忽略了會造成生產或營運干擾（不致命但會拖垮營運）的千、百種原因與狀況。

目前提供營運持續計畫顧問的包含了以下的專業技術：

第一部分 基本能力

- (1) 營運衝擊分析（BIA），來診斷及圈繪出企業的脆弱神經
- (2) 風險評估（RA），來鑑別出企業可遭受的影響
- (3) 因應對策及計畫，提供朝向目標的各項努力
- (4) 壓力測試，來確認計畫的有效性
- (5) 維護及營運的支持，維持著與企業同步成長與調整

第二部分 專業能力

- (1) 協力夥伴及產業聯合，提供資源的互補與提攜
- (2) 產業結構與企業分析，協助輔導者融入企業
- (3) 認證、稽核與評估服務，提供輔導計畫的品質保障
- (4) 實務操作專家及顧問，提供輔導服務的深度與有效性
- (5) 全球的操作能力與涵蓋性，提供服務的廣度及擴及供應鏈風險

13 家全球營運持續計畫顧問業的調查結果（圖 9）。調查結果建議，選擇營運持續計畫顧問前，企業應該做好以下準備，

- (1) 企業營運持續計畫的實務目的與明確設定
- (2) 確定營運持續計畫的涵蓋範圍
- (3) 所屬產業的標準與要求
- (4) 其他需客製化納入的考慮與要求

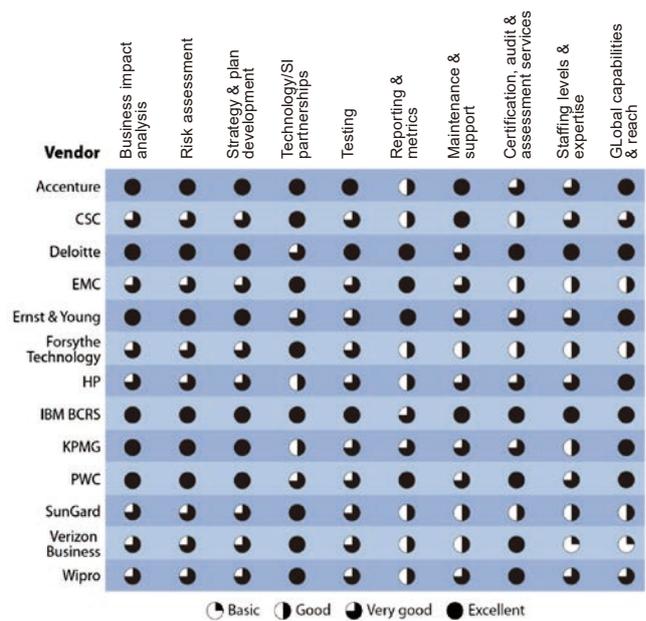


圖 9 Forrester 營運持續計畫顧問業市場調查分析結果 [14]

國外代表性企業防災模式調查彙整

日本綜合警備保障株式會社（ALSOK）BCP 服務

日本綜合警備保障株式會社對於企業的服務方案，不僅限於營運持續計畫。從 ALSOK 的企業服務總架構（圖 10），考慮的企業營運危害主要包含：(1) 治安犯罪—防犯及危機管理、(2) 資訊安全—資訊洩漏與被駭隔絕、(3) 事故災害—防災與減災及 (4) 特殊風險需求—客製化規格需求，(1) 防犯及危機管理中包含犯罪預防措施、犯罪損失防護及犯罪危機管理改善等；(2) 資訊洩漏與被駭隔絕部分包含安全管理、犯意抑止及威脅檢測等；(3) 防災減災部分，則提供教育訓練與講習（防災意識的提升與知識提供）、防減災準備（因應作為與物資確保）、防災訓練（災害情境與因應作為的熟悉）。

ALSOK 的防災保全服務及商品（圖 11），包括災前準備對策的 (1) BCP 計畫擬訂、(2) 教育訓練與講習、(3) 消防計畫擬訂與 (4) 自衛消防訓練；災害發生時的 (1) 緊急地震速報服務、(2) 急難用防塵防毒口罩、(3) 企業用滅火器與 (4) 家庭及個人簡易滅火器材；緊急應變行動中提供安全確認系統；復原活動中提供急難救助包及 AED 等相關服務及商品。在其他治安犯罪及物業、金流管理，ALSOK 也有提供警備輸送（包括災區的配送）、建物設施的安控與異常偵測系統、耐震診斷服務、企業支援向的客服服務等，也都可一併納入防災保全相關服務及商品。



圖 10 ALSOK 的企業服務總架構

日本セコム (SECOM) 株式會社 BCP 服務

2005 年起日本保全業龍頭セコム (SECOM) 株式會社開始推出營運持續管理的服務方案，方案中包含了 (1) 事前準備、(2) 災害發生、(3) 應變及 (4) 復原等不同階段的各項服務產品。

1. 事前準備 — 計畫擬定與資源確保

SECOM 針對災前的平時準備，提供了 (1) 營運持續計畫擬訂、(2) 緊急應變手冊編訂、(3) 全國各區避難疏散地圖 (返家支援)，其他服務與本項有關的還有 (4) 資訊保全、(5) 建物管線設施點檢與維護、(6) 消防設備點檢與維護及 (7) 特殊威脅服務—如禽流感、伊波拉病毒等感染疾病對策商品。

2. 災害發生 — 異常狀況的偵測與檢查

SECOM 針對異常狀況的偵測與檢查，主要是結合核心的系統保全業務，透過 SECOM 自建的災害情報資訊服務，以及安裝在企業生產及管理設施的安控、災害檢測器及監視攝影機等，掌握各地是否有異常警

訊，並聯合在地警報廣播系統及 SECOM 的巡邏人力進行迅速的應對處理。

3. 初期應變 — 指揮中心設置與狀況的掌握

SECOM 針對緊急應變的支援，包括 (1) 指揮中心的召集與成立、(2) 緊急通訊系統及聯絡網的建立、(3) 安全確認服務—包含職員、海外赴任或差旅職員、家眷等的安全確認與後續安排協助、(4) 供應鏈狀況確認—供貨商、供應商、物流業及銷售據點等狀況確認及 (5) 可攜式查報通報設備等，以提供應變指揮中心狀況掌握與決策依據。

4. 災後復原 — 調查評估與復原執行

SECOM 針對災後復原調查評估與執行，透過集團內地航遙測商 PASCO 提供對受災地區對策圖資的製作，藉由衛星影像及航空照片及早的掌握當地情形，並作為復原對策地圖的依據。除此之外，SECOM 集團內的企業金融及保險部門，啟動損害調查及後續預備金、保險理賠申請的協助事宜。

歐美地區保全產業

歐美的大型保全公司 (如 G4S、4Home、ISS、Ingersoll Rand ... 等)，也都因應著災害及事故時企業營運持續計畫推出相關服務。以美國的 G4S 公司為例 (G4S, Disaster & Emergency Services / fact sheet, 2013)，在美國 2005 年卡崔娜颶風期間，動員 1500 保全員支援保護顧客及資產設備等；2008 年 Gustav 颶風也動員 1,700 名保全員參與搶救及復原的過程；在 2010 年墨西哥灣漏油的事件中，在主要影響的海灣區域，G4S 也啟動保安機制，動員 350 名專職人員，協助沿岸顧



圖 11 ALSOK 的防災保全服務及商品

客保護投資資產及油汙清運中的安全保障；或協助在幾次洪水及龍捲風襲擊後，維持災區治安及客戶資產。2012年桑迪颶風侵襲包括紐約等美國東北部精華地區，造成嚴重災情，G4S調派全國350支援人力，連同原本的1100名既有保全員，值勤超過10萬小時，偕同當地警方維持災區治安及保護客戶資產。該公司成立10處應變指揮據點，專屬的應變支援團隊進駐，接受政府指派保護各地派送的水車、儲存槽及倖存的乾淨水源。此外，G4S派專人駐守受災的金融機構，防止因為失去電力而欠缺防護的ATM及銀行保險箱，另外也派員護送行動ATM車，提供災民提領重建所需資金。除此之外，因為G4S的保全員，很高的比例是來自退役的軍人或備役的國民軍（據內部統計高達25%），當遭遇大規模的災害及事故時，也成為國家防衛動員的直屬機構（類似國內的開口合約制度）。

國內企業防災服務需求調查分析

為使國內企業防災服務工作的進度與成果能充分的維持進度更新，更具體的展現實施成果，相關的營運持續計畫、防災計畫、風險管理以及需求分析直至今日仍馬不停蹄的進行；因企業類型複雜、且受災害程度不一，必須跨產業與企業及保全業者的訪談，單位的瞭解各地執行情形；企業防災工作雖然同步進行的方式顧及了時效性與內容品質，對於各級單位及關心民眾，有必要透過訪談及問卷方式進行瞭解。

意見調查議題設定

為能有系統的瞭解各意見調查單位各層面的現況及遭遇的問題，本研究針對研究議題擬訂調查分為以下四大項：

1. 自然災害情勢：近年來世界各地均發生多起重大天然災害事件，直接或間接地影響企業之生產或者造成供應鏈之中斷，因而產生重大影響及損失，請問貴公司/單位的見解。
2. 營運影響部分：當企業/單位遭遇天災或事故時，造成的損失或影響，請問你會尋求後續怎樣的補強或因應。
3. 營運持續部分：營運持續管理主要是利用管理系統及手段，達到營運持續之目標，防止業務活動中斷，確保重要業務流程不受重大故障和災難的影響，請問你對於輔導的必要性見解。

4. 企業防災部分：保全業服務推動的加值服務有沒有採購的意願？成功/失敗的案例？公司/單位反應如何，請問你對於後續處理的見解。

本研究藉由2014年9月23日中華防災學會會員大會，以及2014年10月6~7日企業氣候風險調適應變系統(CCRC)說明會辦理期間針對與會人員（包括各級企業單位、公務機關、相關服務商等產、官、學界及地方政府、NGO團體等人士合計189名，回收134份，回收率70%）進行簡報與會後問卷調查，並藉由其他訪談機會商請企業團體，也在簡報及綜合座談後填寫問卷（發出65份，回收48份，回收率74%），合計182份。填寫人員中，屬各公司行號代表95位（52%）比例最高，其他依次為人民團體33位（18%）、相關從業人員24位（13%）、公務機關人員13位（7%）、地方人士11位（6%）及其他6位（5%）。以探詢各界對於防災保全服務推動以及遭遇過的難題，以及對於企業防災的見解及建議。茲將此次意見調查中所記錄的各項意見，依各項對應的議題與本研究的課題綜合整理如下：

- (1) 自然災害情勢（圖12）

有高達94%的受訪者都認為屬被動跟進-維持競爭力；而有45%的受訪者認為公司/單位自行編組人力執行，有34%的受訪者認為減少生產力/營業據點，而認為應該提供民間服務供選擇佔了11%，其他為10%。有些受訪者認為，政府財政不足的情況下，應檢討目前的執行方案是否有效，更有效運用經費。

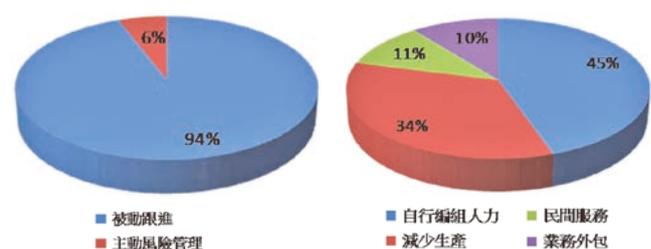


圖 12 災害情勢部分統計圖餅圖

- (2) 營運影響部分（圖13、圖14）

有接近半數（49%）的受訪者認為，加強監控，及早因應是目前最好的作法，其次是風險管理（26%），硬體建設的意願僅有22%；對於企業防災的投入的進行，僅有19%的受訪者願意投入更高經費，比例最高的事岩用現行作法（41%），其次則為其他相關作法：改善製程、分散投資、空間調整...等（30%）、業務轉移（8%）、未回答（2%）。另外，對於業務持續計畫，則有超過半數

(57%) 曾經參加過相關講習，26% 沒有意願或選擇不參加，另外 14% 則未收到相關訊息。對於推行營運持續計畫的困難，最主要的是推動難度高，花費不敷成本 (73%)，第二則是沒有足夠人員與技術 (21%)、增加公司員工負擔及推行效果難預期 (均為 3%)。

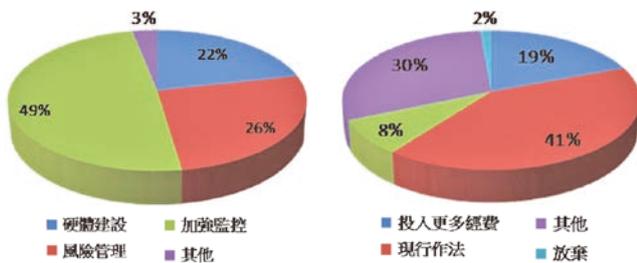


圖 13 營運影響部分統計圓餅圖

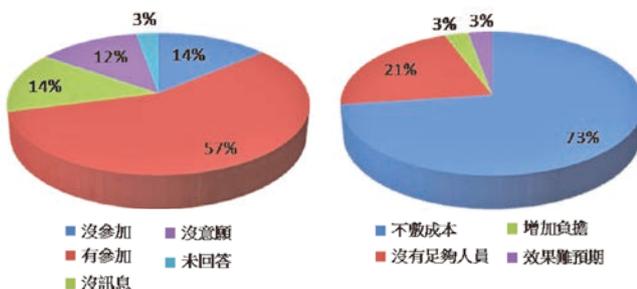


圖 14 營運影響部分統計圓餅圖

(3) 營運持續部分 (圖 15)

在未來有營運持續管理的相關規劃，主要原因 54% 的受訪者認為公司主管具有風險意識，其次為產業聚落及供應鏈共同輔導 (30%)、過去曾有受害經驗 (11%)、配合政府政策或補助計畫 (5%)。38% 的受訪者認為防災保全服務仍有其必要，應繼續推動，其次則是防災保全服務效果有限，應暫緩執行 (29%)、防災保全服務效果有限，應改由其他方式進行 (28%)、未回答 (5%)。

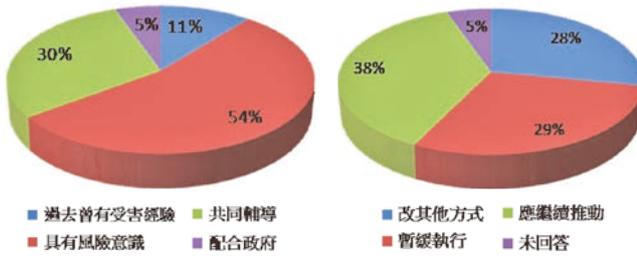


圖 15 防災保全部分統計圓餅圖

(4) 防災保全部分 (圖 16)

在保全業服務推動的加值服務的後續推動方式，受訪者認為主要為在現行保全服務上增加選項及結合環安衛的教育訓練 (均為 28%) 為最多人支持的方

式、其次為結合風險管理 (27%)，結合企業防災推動 (17%)，此部分的回答可能參考了部門的分工。在推行方式可能接受的價格 (現行保全費用的增幅)，明顯有價格偏向，由低至高為：10 ~ 20% (41%)、20 ~ 30% (24%)、30 ~ 50% (16%)，超過 50% 的接受度僅有 4%，但未作答的也有 15%。

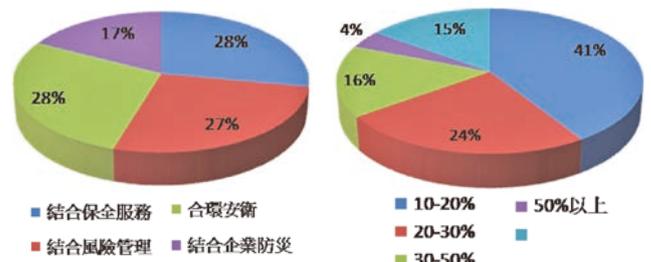


圖 16 營運影響部分統計圓餅圖

企業自然災害防減災模式的雛型建議

綜合上述國內外企業防災的服務內容與市場分析，本研究研提可供國內保全業參考之 BCP 服務方案雛型建議 (圖 17 和圖 18)，說明如下：

1. 事前準備：包含了 (1) 計劃 — 營運持續計畫擬定支援、(2) 資源確保 — 災害儲備品，資料庫及伺服器的備援及 (3) 訓練檢討 — 營運持續計畫訓練與檢討等服務項目。



圖 17 國內企業防減災模式架構



圖 18 國內企業防減災 BCP 支援方案雛型

2. 災害發生：主要為情勢掌握 — 透過儀器或人員掌控異常狀況的偵測與檢查服務。
3. 應變：包含了 (1) 指揮中心的設置 — 資訊傳遞方法的建立與掌握及 (2) 狀況的掌握 — 災情查報通報。
4. 復原：包含了 (1) 復原活動 — 復原活動支援及 (2) 復原計畫 — 調查，計劃。
5. 資訊服務與作業平台：藉由即時災害資訊服務，進行
 - (1) 收集 — 平時及災害發生前相關情勢的資訊提供、
 - (2) 分析 — 針對災害發生情勢的掌握及應變處治的決策支援
 - (3) 提供 — 作為災後營運調度支援與業務復原支援服務提供。

平時防災準備服務方案

計劃 — 計畫擬定支援

協助企業擬定納入安全文化，納入廣域、大規模災害時職員應採取的各項行動，並將個人的作業準則操作手冊化，成為人人取手可得的知識。可區分為 (1) 輕支援 — 客戶為中心、(2) 中支援 — 客戶與輔導單位互為支援及 (3) 高支援 — 以輔導單位為中心的三種服務方式。

(1) 輕支援 — 客戶為中心

輔導單位提供各類型的營運持續計畫範本供客戶參考，客戶可依自身的業務考慮，重新檢視各環節的管理作業，自行擬定營運持續計畫，並完成各項文書作業。輔導單位可從旁回答客戶相關問題，支援客戶完成營運持續計畫。具有高度企業自主性，具有足夠作業人力，僅需要諮詢服務的企業客戶較適合的方案。

(2) 中支援 — 客戶與輔導單位互為支援

輔導單位除提供各類型的營運持續計畫範本外，也協助營運持續計畫擬定所需之各項文書作業、出席各次相關會議給予指導，提供作業過程中的各項建議。企業客戶中，雖然有相關人力，但操作人力不足者，較適合此一方案。

(3) 高支援 — 以輔導單位為中心

輔導單位全力協助企業客戶，包含諮詢顧問與文書作業等，完成包括營運持續計畫所需之各項文書作業，討論會議，及其他所需之配合作業。企業客戶中如果缺乏能夠負責擬定營運持續計畫相關人力及技能時，可採取此一方案，由輔導單位派任專家及專任職員擔任客戶營運持續計畫擬定的任務。

執行期程也區分成 (1) 短期：1.5 ~ 3 個月、(2) 中期：6 個月及 (3) 長期：12 個月等三種作業規劃，端視

客戶的操作能量及擬定的急迫性而制訂。其他附帶的服務還包括營運持續計畫各操作手冊的電子化、還有因應營運持續計畫操作所需之相關資訊（如安全返家的支援交通地圖、生產機具與管線檢測、消防設備更新…等）

資源確保 — 災害儲備品，資料庫及伺服器的備援

(1) 防災儲備品及儲備品的管理

根據職員及業務的執行、組織的擴大與變動、營業項目與來訪顧客定期檢討與調整防災儲備品的配送、更新與保存管理。提供線上登錄與修改儲備品項、數量及地點等，方便公司的資源管理。

(2) 電子資料保管服務

由於公司營業相關資訊至為重要，已成為遭遇重大變故下營運持續的關鍵，故透過高速網路進行異地備援，並嚴格執行各項資訊安全的保障措施，是為營運持續重要的一項的服務措施。

(3) 資訊安全服務

儘管可以透過電子資料保管服務，將營運持續所需的電子資料進行保全。但營業場所及內部的各項生產、物流與總務等生產所需資訊，仍會遭受各種物理性、社會性及犯罪性的資訊安全威脅。透過企業資訊安全服務，提供除了人身及機具以外，另一項公司資產的重要保障。

訓練檢討 — BCP 計劃的檢討

營運持續計畫一旦擬定完成，還要透過教育訓練，以落實至公司全體職員。並內化成公司文化的一部分。訓練的方式，可透過共同研修的方式，透過室內與室外實況演練的方式，熟悉實際的操作。遭遇社會上重大天然災害及企業變故時，也需要適時檢討，納入可能的發生情境，藉由推估可能的影響情勢，診斷企業的生產與管理環節，並及早擬定對策。

由於營運持續計畫的擬定與檢討，操作上確實需要一定的資源。可透過集體研修或座談的方式，邀集不同的企業一起參加，也可降低經費支出。也可針對特定課題，商借或租用所需場地（如消防訓練基地）等，加深情境模擬，也較能激發出個別企業或產業的生產需求，與可資借鏡的因應對策等。

災時應變處置服務方案

情勢掌握 — 異常狀況的偵測與檢查

(1) 全時企業保全警備服務

結合平時的防竊、防火保全任務，透過全時的系統

監控與人員巡邏，保障企業的警備與消防安全保障。

(2) 保全監視系統

在建物建置各式的感測器及攝影機，透過連續不中斷的資訊監控，防範各種生產妨害的行為及影響。透過長期的連續紀錄，設置適切的警戒值與啟動值，達成異常偵測的高準度與低誤報率。

資訊監控 — 災害資訊宅配

(1) 劇烈天氣資訊

例如颱風、豪雨、地震、雷擊甚至龍捲風等劇烈天氣資訊，透過結合各公民營氣象觀測資訊融合，設定企業預警啟動條件，進行劇烈天氣資訊的掌握。

(2) 長期氣候不利因素預報

除了短期，瞬時萬變的劇烈天氣資訊外。一部分的災害威脅，則來自長期變動的趨勢，例如缺水對需水孔及的工業生產而言，能及早掌握變化趨勢，及早因應也能降低遭遇的生產風險或節省下因應作為的經費。

指揮中心的設置 — 資訊傳遞方法的建立與掌握

災害、事故及經營妨害發生時，提供服務企業迅速、完整的指揮中心啟動通知，提供人員、資訊及系統迅速到位，協助確認各負責組織與同仁召集與執行。

狀況的掌握 — 災情查報通報

透過無線電、(衛星) 行動電話或臨時架設的行動通訊網路，進行企業受影響(無損傷、可恢復、不可恢復... 等)程度的掌握，並依營運持續計畫啟動各階段應變計畫及損害控管。

安心確認 — 人員及營業的安全確認

國內外重大、廣域災害或事故發生時，安全監控中心立即啟動安心確認機制，透過保全人力確認職員及家屬的人身安全，確認營業場所、生產基地(包含第二及第三順位供貨廠商)及物流調度等的受災情形，迅速掌握企業營運的影響程度與區位，迅速展開營運持續與替代流程等的展開。

以上各項服務，包含了各項軟、硬體設施及運轉服務等，並可發展出各式攜帶式模組(災情盤點平板、緊急遠端會議及通訊系統... 等)購買及租借服務。

災後復原整頓服務方案

復原活動 — 復原活動支援

(1) 緊急聯絡網服務

為了啟動營運復原活動，在交通不便、社會活動中斷及空間區隔化下，透過緊急聯絡網成立，組成機動的營運與決策支援組織，匯集各方情報，形成共同判斷。

(2) 損害保險

同時起懂財務部門的損害鑑別，與商損紀錄，陪同與支援損害保險與賠償作業，補強財務缺口與健全後續營運復原與重建金流。

復原計畫 — 調查，計劃

為了彌補營運缺口(部門、區域或交貨承諾)，須針對損傷評估及營運持續計畫需求的調查結果，擬定復原計劃。

(1) 臨時業務營運支援

大部份的應變及重建期業務營運支援，除仰賴企業的防災儲備外，對於公用設施的現況與後續運作，也有公私部門協力的分工與介接。這部分須仰賴平時公私部門的應變與復原協議，藉以設定雙方的分工與共享資源，以於協議啟動之際，同步掌握後續情勢。

(2) 業務移轉及整併

企業針對營運缺口，開始展開因應營運缺口(部門、區域或交貨承諾)的業務移轉及整併，包括(1) 適任者搜尋及赴任指示、(2) 召任及赴任狀況確認、(3) 設施狀況確認、及(4) 公司資訊及資源配達與共享，用以佈建臨時業務營運支援，完成營運持續設定目標。

總體支援 — 即時災害資訊服務

災害發生時，提供災害指揮中心安心資訊的即時災害資訊服務。著眼於大數據與客製化系統的目的設定，提供正確及災害應變計畫所需的相關資訊，作為企業執行自然災害營運持續計畫決策支援的參考。

資訊收集

資訊收集主要針對(1) 即時災害資訊提供及(2) 海外風險資訊發送兩項，即時災害資訊提供除了透過服務提供商，彙總國內公私部門提供的即時災害天氣預警及重大事故訊息。雖然相關資訊已有公共平臺提供，但客製化系統可針對企業營運範圍的關鍵測站、關鍵災因、關鍵規模進行設定與篩選。避免預警監控啟動頻繁，而造成應變專注力失焦。此外，相關企業的生產活動可能擴及海外，成為不同的產業鏈結。故可透過生產鏈的輕重相關性，各自設定所屬空間範圍、威脅類型、防護能力，而列為自動營運診斷的常態作為。

狀況掌握

狀況掌握的要項包括 (1) 設施狀況收集、(2) 關聯子公司收集、(3) 供貨商檢索及供貨商狀況收集，設施（營業所、工廠、倉庫 … 等）狀況收集，主要針對設施的營運是否可操作、現地狀況、受損情形等即時狀況的收集、彙整、共享，以作為後續正確因應決策的依據；關聯子公司現況的確認與收集，則針對企業生產服務的上、下游服務商及供應商，或者是同集團下的其他子公司及分社等，能夠簡易、迅速的掌握營運持續所需的動態決策資訊。供貨商的狀況則是營運持續的另一項重點，這些組成供應鏈的製程協力廠商、零件供應商及物流服務業，是否能維持正常或營運最低量以上的供應，能否維持先前的供貨契約，能否及早的評估恢復生產的時程，也會成為營運是否能順利持續的重要訊息。

職員安全

企業所屬員工為公司的重要資產，更是遭受災害或事故後營運持續或恢復的重要資源。所以對於職員安全部分的資訊服務，進行包括 (1) 全體員工及災區員工的安全確認、(2) 外地（海外）就任或外地（海外）差旅人員的安全確認及 (3) 職員家人的安全確認與支援，所提供的服務，除了人員的安全確認，受災狀況及現況的掌握外，對於人身安全的需求、威脅排除與安全接送安排，亦可結合人身保全的警備服務，提供人身安全的保障。

復原行動

企業遭遇災害及事故後，除需依照上述四、復原行動的各項作業外，資訊服務服務端，也須提供復原行動決策支援的重要資訊，包含 (1) 現職及曾任職的職員檢索、(2) 營運復原所需職員及成員召集、(3) 其他人力支援（例如同業或關係企業）招聘與進駐及 (4) 營運復原所需技術與資源共享資訊站等服務，提供營運生產缺口的快速恢復與資源注入。

結論與建議

結論

不管政府本身有無投入財源，都需要政策工具去創造市場，台灣在防災產業未來發展與推動上，仍有許多問題亟待克服：市場開發層面上，受限於國內市場規模較小，拓展國外市場時又必須與國外大廠競爭，國內廠商在產品研發能力、安全效用驗證、設置操作

流程與周邊服務必須更具競爭優勢；政策層面上，政府目前尚未有明確的產業發展策略，有待政府各部門整合與規劃；社會大眾的防災意識層面上，目前對災害預防則普遍有認知不足的問題。

基於台灣原有的資通訊與製造的產業實力，防災產業相關技術，以及相關產品、服務等各方面皆有發展潛力與空間，部分類型廠商業已出現，惟目前還未進行跨領域整合，因而相關子產業或廠商仍然分散於其他產業。未來可透過防災產業核心發展技術策略聯盟之建立，配合防災產業政策規劃，促進防災產業的發展。如認知防災為重點產業，政府須明確推動建設防災為新興產業，必須投入相當程度的經費、時間與精力。完善的產業發展策略，乃至配套措施規劃，每項環節皆是新興產業能否順利推行的重要關鍵。若能仿效日本地震速報計畫，利用民間自助、互助及產業的力量，將政府研發之技術及資源轉移給民間產業進行商業研發，並針對基層建立良好的天災知識、防災觀念及良好的資通訊防災設備，在硬體設備和軟體防災觀念上彌補地方政府資源之不足，一方面可改善國內防災效率，另一方面則可創造防災產業之產值，預估未來幾年若能積極輔導，預估產值至少可達百億以上。

遵從市場智慧，學習市場機能，防災產業既是從私部門發跡，奠基於地方自治體、公司法人、家戶及個人消費者對於防災的客製化需求，本研究辦理防災產業圓桌論壇及說明會，改從下而上的市場形成機制，確切的提出防災保全產業推動的機會與市場障壁，具體建議鼓勵各項創新研發支援科技，克服防災產業市場障壁，獎勵防災產業推動及發展降低天災風險的公/私部門策略方案。

建議

從地震及颱風豪雨災害的教訓中，不同的產業別遭受到的衝擊也將不同，對於企業遭遇災害時，有些是可以靠企業自身的調整與修補可勉力維持的，但有些災害的衝擊則遠高於企業本身能夠承受，這時候政府就需要思索如何創造一個防護及復原支援機制（圖 19），這些機制無論是類似天災保險或防災保全的危機管理服務，又或者是政府機關直接協助，前提都是能夠協助企業能夠維持經營韌性，加速受創後的恢復力^[5]。

公務機關提供企業的支援

(1) 提高企業防災價值認定、支援培養企業體防災力

商家恐怕無法獨力負擔所有的開銷，強加要求可能造成經營的困難。可透過商家的聯誼會組織或結合地區組織，以互助金方式共同投資。

(10) 防災商品及系統推廣與普及的促進

從防災著眼設計的產品通常都有他的特殊性與市場局限性，而且其性能基準、防災規格設定、相關附屬品及備品等都有待市場的評價與認定。由於防災屬於防禦性產業，需要政府以政策引導創造需求，政府主管機關應該訂定相關的獎參條例鼓勵企業投資生產或採購防災商品及服務。且不只針對企業組織，應廣加考慮將防災的自我準備擴及到民生消費層面，讓家戶及個人都能夠認真考慮所需，準備好自己的安全之道。

(11) 防災資訊的提供

大規模災害發生時，企業急需要推估公司的經濟損失及因應災害情勢調整營運做法以降低損失，但相關的災害應變與營運維持做法都亟需政府行政資訊的配合，與災害緊急調查資訊的公開。所以在災後的資訊整合（道路、電力，通訊，能源供應、貨品集散市場…等），都需有這些災害資訊，提供所需企業做為後續營運維持的決策重要依據。

(12) 將企業防災力列入企業公共關係要項

類似 CSR（企業社會責任）報告書中，企業自身的防災力及對地區的防災協力，也應該是一個重要的要項，所以建議政府將企業的防災力及防災協力也當作企業公共關係的重要指標，對於事故、災害的案例報告、社會貢獻活動及環境報告等，提供社會觀察佐證，也可作為表彰與獎勵的典範企業，提供同儕企業的良好競爭。

行政機關與企業的共同協力

(1) 地方政府與企業的防災協定

地方政府與企業的防災協定可包括 (1) 專門技術的交流、(2) 物資的聯合調度、(3) 空間的活用及 (4) 資訊的提供與分享等，例如建設業的專業機具、車輛及船舶維修、破壞器材，及與醫療院所或醫師聯誼會在緊急醫療的合作等。

(2) 廣（跨）域支援

有些地方政府或企業的營運場所相當廣大，可能橫跨不同縣市或鄉鎮，這時藉助不同地方政府的協力與動員，可能才足以掌握與應付推動防災或營運持續計畫之所需。例如日本富山縣政府與境內有線電視業者共同合

作，共同鋪設 108 公里長的有線電視網路，也能夠提供全域各地方防災情報及平時通訊的使用，約節省了 10 億日圓的經費，也減少了後期維護與點檢的經費。

(3) 公私協力的防災動員

遭遇天災或事故時，公私部門有時其業務取向剛好互成互補，如災害發生時緊急物資的輸送，剛好就是連鎖超商的優勢，所以這些緊急物資的配送、管理，甚至救難人員所需的救援物資，甚至食物飲水補給等，都可透過公私部門的共同動員，達到最有效的戰力發揮。

誌謝

本研究承蒙科技部「台灣防災保全產業調查及趨勢評估」計畫經費補助（計畫編號：MOST 103-2119-M-006-003），以及社團法人臺灣防災產業協會相關同仁及會員協助。

參考文獻

- 賴文基、單信瑜、鄭錦桐、鄭澤芳、紀雲曜（2014）。台灣防災保全產業調查及趨勢評估，國科會研究計畫成果報告。
- 都市防災研究會（2006），企業防災，NPO 38。
- 東京工商聯盟（2013）東京商工会議所版 BCP 策定ガイド，事業継続に関する専門委員会編。
- ISO22301: 2019 (ISO22301) Business Continuity Management Systems (BCSMS) –International Organization for Standardization.
- 中澤幸介（2013），被災しても成長できる危機管理「攻めの」5 アプローチ，新建新聞社。
- 彭啟明、賴文基、曾鴻陽、賴忠璋、謝和修、簡瑋觀、劉啟文、黃威巽、徐文達、林振維（2011），防災事業產業化之發展策略，2011 年台灣災害管理學會研討會論文集，台北市。
- 拓璞產業研究所（2007），安全產業發展現況與趨勢剖析，拓璞科技。
- 馬道、褚秀紋（2009），「防救災產業化的論述與我國的發展」，臺灣經濟金融月刊。
- 張添晉、鄧敏政、蘇昭郎（2010），防救災產業之研究，國家災害防救科技中心。
- 張添晉、鄧敏政、吳佳容、蘇昭郎（2009），「防救災產業之研究」，NCDR97-T15，國家災害防救科技中心，民國 98 年 7 月（ISBN: 978-986-01-9613-9）。
- 張添晉、蘇昭郎、鄧敏政、吳佳容、吳秉儒、江申、黃詩倩、何燕婷（2008），防災產業調查及其發展可行性研究，96 年度「強化災害防救科技研發與落實運作方案」成果研討會
- 矢野經濟研究所（2014），事業継続／防災ソリューション市場の実態と展望。
- 株式会社富士経済（2012），ポスト 3.11 危機管理関連ビジネスの全貌。
- Forrester Research, Inc (2011), Stephanie Balaouras Market Overview: Global Business Continuity Consultancies, Q32011. 



多時相 衛星遙測技術 於 水資源 防災產業 發展芻議

王禹翔／興創知能股份有限公司 三課課長

沈哲緯／興創知能股份有限公司 技術研發部部長

張淵翔、吳笙緯／興創知能股份有限公司 產品分析師

面對劇烈的氣候變遷，水資源問題如臨大敵，長久以來考驗著各國經營管理與災害因應的能力。隨著太空科技的普及，多時相遙測是為現代衛星技術應用的重要課題，全球太空機構、企業龍頭的積極投入，造就許多有別過去的跨領域應用，當然也包含水資源防災的相關工作。從趨勢上來看，如何快速、正確且有效的整合包含遙測在內的各項資源，將勢必成為引領下一個世代的領先者。因此，本文將從多時相衛星遙測技術發展開始，透過時事案例引導，釐清技術本質與躍進；帶入水資源的防災產業議題，探討民生、農業、保險與空品等相關情境下的技術因應與產業案例；最終，從太空科技的新突破與新議題，設想水資源相關議題應用的潛在價值。人造衛星的發明成就了人類對這個世界無盡的好奇心，企圖更客觀的理解發生在地球上的一切。如今，撰文發現那些看似遙不可及的科學議題也不再只是國家級研究機構的唯一目標，商用衛星帶動的產業需求不斷擴大，也在資料搜集的過程中意外的發現許多值得分享借鏡的應用案例。

前言

人類從第一顆衛星發射升空至今已超過 60 餘年，累計超過 2,500 顆以上的衛星日以繼夜的繞行著地球進行觀測，不同的軌道高度、不同的設備搭載，拼湊出截然不同的工作任務，從地球觀測、網路通訊、導航定位、氣象預報、天文科學到軍事戰略，伴隨著太空科技的大躍進，遙測的技術應用可說是五花八門、無所不在。談及衛星的地球觀測任務，跨足農林漁牧、自然資源、災害評估、都市計畫與財務金融，歷經數十年的影像資源累積與軟硬技術成長，如何以多時相 (Multi-Temporal) 遙測的觀念，整合各項衛星資源，必然成為創造優勢、提升效率的重要課題。因此本文將以衛星遙測技術為核心，從時事案例中談論與分析潛藏於生活周遭的水資源防災產業，是如何善用衛星遙測資源，開拓眼下的下一片藍海。

多時相衛星遙測技術發展

2021 年 3 月 23 日，遠在埃及蘇伊士運河 (Suez Canal) 的長賜輪 (Ever Given) 阻塞事件^[1]，在全球經濟備受矚目的同時，意外掀起一場全球關注的衛星攝影展。透過多顆衛星高效率的輔助追蹤，掌握受影響的船舶位置、可用的脫困資源 (拖曳船和挖土機)，以及經濟衝擊與脫困時程的估計。像這樣為了掌握發生在地球地表上的大小事件，人類發射人造衛星持續性的執行地球觀測任務，隨著軟硬體技術的進步，運行的衛星數量不斷地在增加，而快速累積的遙測資源，也說明了產業上跨衛星的資料整合需求，因此除了大家熟知的國家級太空機構 (NASA、ESA、JAXA ... 等)，越來越多像是 MAXAR (1969 年成立的太空技術服務商，總公司位於美國) 的商業遙測公司嶄露頭角，基於自家或開源的衛星影像資源，從事著多時相衛星遙測與智慧空間資訊之服務。

衛星種類與硬體發展

衛星種類繁多歸咎於不同的軌道與載體的設計。受到地球地心引力（向心力）的牽引，衛星能夠沿著一條看不見的軌道飛行，只要符合軌道的力學需求就能夠長時間的重複繞行。如圖 1，若以軌道形狀來區分，有所謂的圓形軌道與橢圓軌道；若以軌道傾角來區分，則包含赤道軌道、繞極軌道和傾斜軌道；若以軌道高度來區分，又包含高地球軌道（HEO）、中地球軌道（MEO）與近地球軌道（LEO）；而若以太陽和地球運行特性來區分，則涵蓋了比較熟知的地球同步軌道（GSO）、地球靜止軌道（GEO）與太陽同步軌道（SSO）。在衛星載體的設計，隨著 IC 製程技術的進步，規格的選擇也越來越豐富，載體尺寸越變越小、越變越輕，模組化設計降低成本的同時也提升了不同載體部屬設計的彈性，甚至應用衛星陣列的形式物理性的提升觀測即時性與觀測精準度。相比於重達 2,300 公斤的重量級的 Radarsat-2（2007 年升空的加拿大雷達衛星），2021 年初剛發射成功的玉山衛星 YUSAT（由臺灣研製的船用衛星）只有 2 公斤（1.5U）左右，足足有兩千倍的差距。

拜太空科技之賜，現在運行在外太空的衛星已經琳瑯滿目難以細數，而地球觀測資源的應用也不再遙不可及，摸不著邊，人們對於衛星種類的認知與硬體

技術的發展決定了衛星資源的豐富性，也掌握了多時相衛星遙測技術的應用彈性。從觀測任務的設定到衛星軌道部屬、載體設計與設備搭載，已可發展出更具彈性的地球觀測任務。如同長賜輪的案例所見，事發不到 24 小時 Planet Labs（2010 年成立的地球觀測服務商，總公司位於美國）的衛星 Dove 就以公尺的解析度成功獲取貨輪擱淺的影像（圖 2），突顯現代地球觀測衛星的高度應變能力。

解析度決定服務型態

解析度往往是決定地球觀測任務的重要指標（圖 3），時間解析度（Temporal Resolution）用以定義衛星再訪同一地點的最短時間差距；空間解析度（Spatial Resolution）則說明衛星影像像素（pixel）所代表的實際地面大小；輻射解析度（Radiometric Resolution）係表示感測設備在灰階範圍裡的數值解析能力；而光譜解析度（Spectral Resolution）則用來說明感測設備偵測電磁波頻譜的波段和範圍。以 WorldView-4（2016 年升空的美國商用光學衛星）為例，時間解析度為 4.5 天、空間解析度最佳可達 0.3 公尺、輻射解析度達 11-bits，以及四個波段的輻射解析度（Red、Green、Blue、NIR）；相比於 TERRA/AQUA（1999 年 /2000 年升空的 NASA 光學衛星）多光譜衛星，時間解析度最多 2 天、感測設備 MODIS（中尺度影像光譜儀）的空間解析度最佳可

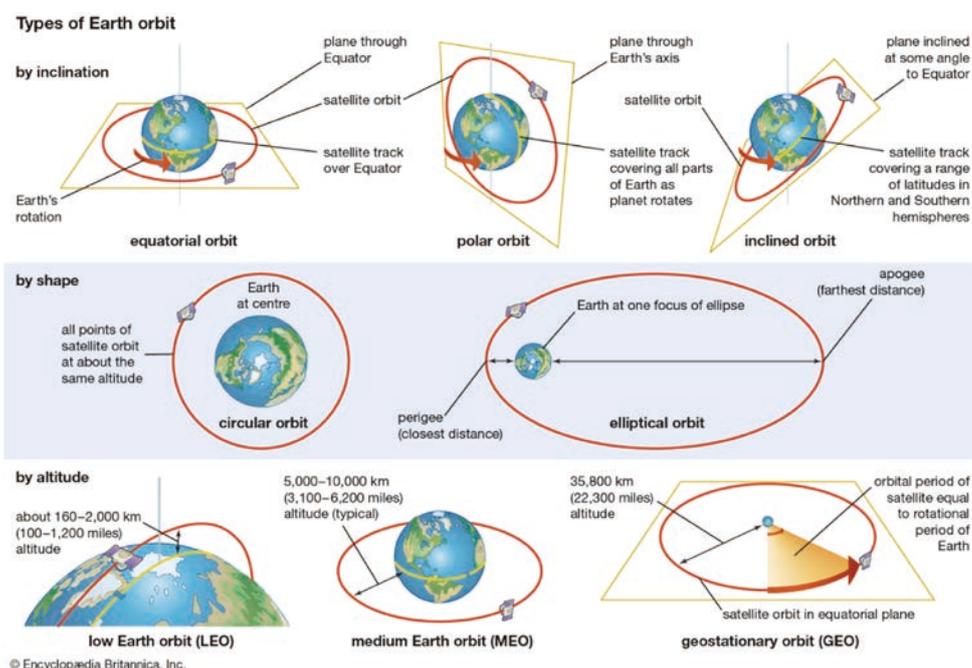


圖 1 人造衛星軌道型態分類^[2]

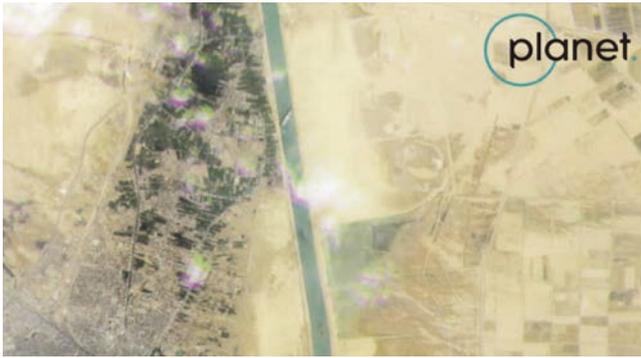


圖 2 Dove 衛星拍下的長賜輪影像 (2021 年 3 月 23 日)

達 250 公尺、輻射解析度達 12-bits，以及 36 個波段的輻射解析度。光是如此兩者在任務的設定就有相當巨大的差異，前者拍攝精度高、範圍小，除了應用於事件型的監測或也包含許多製圖與工程上的應用；後者拍攝波段多拍攝、範圍大，肩負著大環境的各種變遷，例如氣候、海洋、森林、土地、冰川等。

也因此，解析度決定服務目標與服務型態，不同需求選擇不同的觀測資源，甚至選擇多顆衛星搭配觀測，即是多時相遙測技術所強調的價值。回過頭來看長賜輪的案例，在微觀尺度上特定目標的監控，衛星

遙測也同樣有相當優異的表現，包含美國在內的許多衛星強國，紛紛釋出高空間解析度的貨輪相片 (圖 4)，精細到船上的貨櫃都可以一一的被計算出來。就連過去較為珍稀、再訪率較低的雷達衛星，也都沒有放過這場火力展示的大好機會。

影像分析技術之躍進

除了硬體的變革，影像分析的技術也不斷推陳出新，超過 30 餘年的地球資源衛星觀測歷史，高達十兆平方公里的影像資訊 (地球表面積約五億平方公里)，衍伸出各式各樣的影像產品，包含基本的原始資料 (L0)、經過官方校正的資料 (L1)，或是官方加值處理的資料 (L2/L3)。以最具代表性的 MODIS 來舉例，官網產品的羅列就超過 30 多種主題，和近百種的影像產品，橫跨大氣、陸地、海洋和冰凍圈。伴隨著科學研究的結晶，人工智慧 (AI, Artificial Intelligence) 的應用也在近十年快速升溫，根據一篇由 Thorsten Hoerer 等人 (2020) 在地球觀測數據應用的文獻回顧中指出，與遙測影像有關的 AI 資料庫服務全球就至少 14 種，包含影像辨識、像元分割、資料融合、特徵萃取

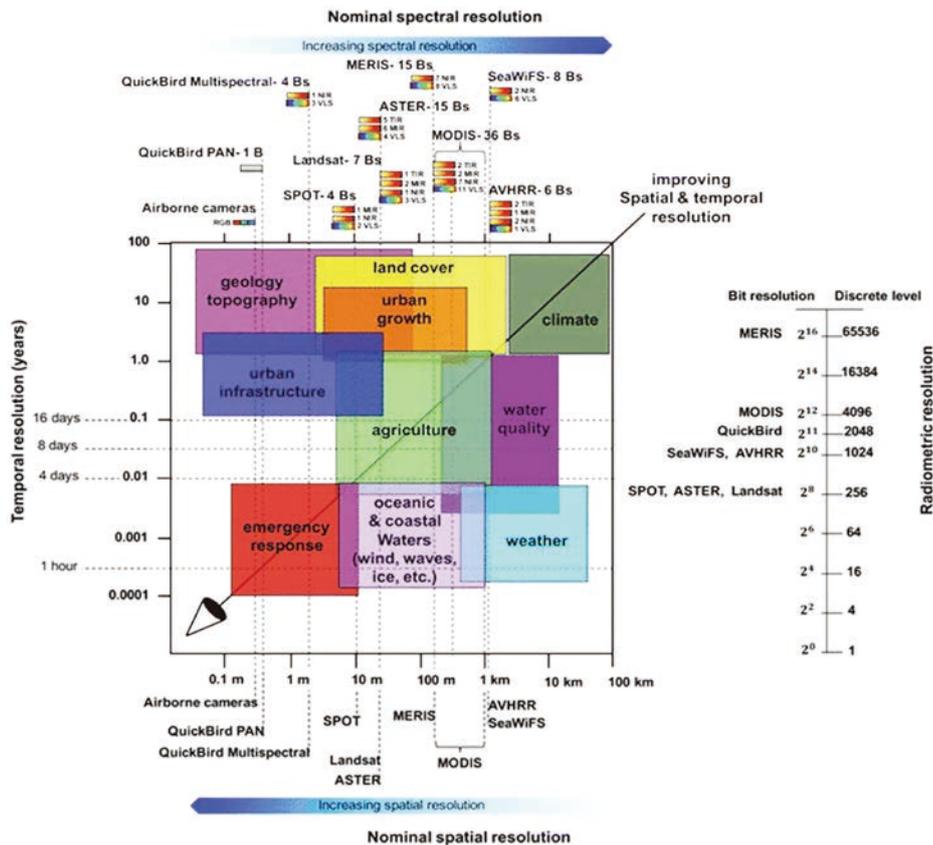


圖 3 衛星解析度特徵與應用場景圖譜 [3]

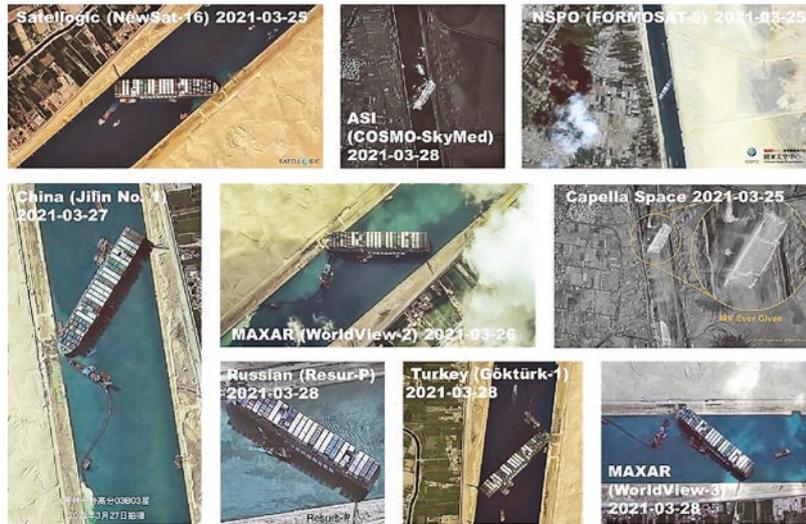


圖 4 各國高解析地球觀測資源衛星捕捉長賜輪之擱淺影像

等技術，開始被大量使用在衛星遙測領域。倚著豐富的歷史標記影像訓練、硬體資源的運算效率提升，以及跨領域專家科研技術的輔助，AI 的出現快速顛覆了人類在遙測資料分析上的限制。SpaceNet 一間位於美國的衛星數據服務公司，就與 AWS 合作開啟了遙測影像資料集的商业服務，含括了都市發展、環境氣候、道路建物等應用議題。

因此，人造衛星自太空高頻率的重複拍攝地球，完整記錄了地球的自然現象與人為動態，藉由人工智慧方法實現大量數據採集的需求，最終達成數位地球的理想（圖 5）。務實面對全球衛星遙測影像爆炸性的成長，資料立方（ODC, Open Data Cube）的倉儲架構也就此誕生（圖 6），在國際遙測衛星委員會（CEOS, Committee on Earth Observation Satellites）的極力推廣下，包含我國太空中心（NSPO, National Space Organization）在內已超過 43 個國家開始使用，透過雲端存取、收納各國可被開放的衛星遙測資料。特殊的倉儲設計讓使用者能夠自由選擇特定時間、特定範圍

內的衛星影像，進行相應的需求分析與使用，使用者不僅可以省去巨量資料存取的空間，也因為可控的影像範圍，提升了影像資料處理的效率，也助長了多時相衛星遙測技術在不同觀測議題的活用性。

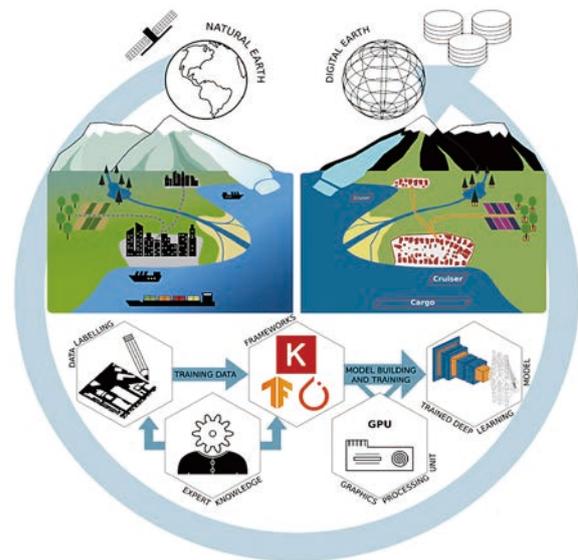


圖 5 人工智慧技術建構數位地球之藍圖^[4]

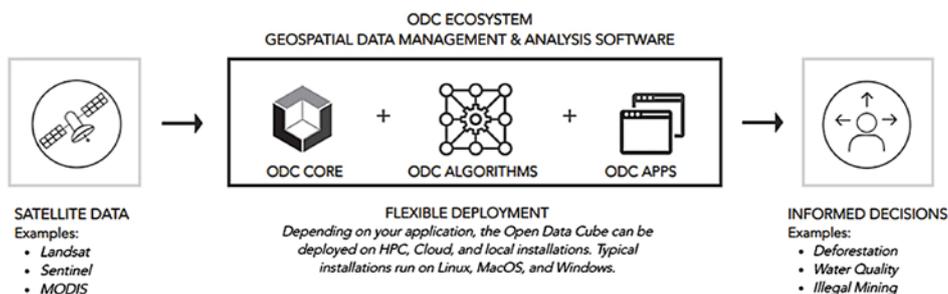


圖 6 ODC 資料服務架構^[5]

水資源議題下的防災產業

水是地球環境資源中維繫所有生態體系運作的必要物質。而就人類的角度而言，水資源指的是一切用於人類生產或生活之地表與地下水源。面對全球僅 0.8% 的可用淡水，以及全球氣候變遷的大哉問，水資源的經營管理與災害防救一直是考驗各國永續發展的重要課題。包含臺灣在內，2021 年上半年更面臨了 56 年來最嚴重的降雨不足（綠色和平^[6]），導致全臺 21 座水庫紛紛陷入缺水危機。而有感於全球衛星資源的普及，甚至到了百花齊放的地步，這也不禁令人好奇，眼下的多時相衛星遙測技術如何在這波全球性的水資源危機中運作發酵。承接著對資源衛星的基本認識，以下將深入探討遙測技術的水資源應用，借鏡成功的產業應用案例，尋找問題的解法與新興的產業價值。

民生水資源洩漏檢測

合成孔徑雷達（SAR, Synthetic Aperture Radar）是近代衛星觀測應用的一項重要技術，係藉由重複接收由衛星主動發射的電磁波反射訊號（後向散射係數，backscattering coefficient）來成像，因此反射訊號的解像除了取決於電磁波能量入射角（Incidence angle）、頻率波長（Wavelength）、極化狀態（Polarization）之外，更包含了複雜的物理現象與地貌特徵，透過表面粗糙度（Roughness）與電氣特性（Electrical characteristic），能加強特徵物的判斷。實際上如圖 7，反射訊號的強弱能清楚反映目標特性，例如垂直地面的基礎結構容易造成強反射現象；植被覆蓋可視為粗糙表面，均勻的散射現象減弱了反射訊號，亦反映出特定的紋理特徵；漫淹的水體能視為光滑表面使電磁波出現完全反射。

2013 年發跡於以色列的 Utilis 公司，善用了 L-band（波長 ~ 23 公分）的雷達衛星（例如日本 ALOS 衛星、阿根廷 SAOCOM 衛星），並基於相對介電常數（DC, Dielectric Constant）的解算與應用，取得水體反射訊號特徵。在電磁學裏，相對介電常數又稱相對電容率其定義為電容率（Permittivity）與真空電容率（Relative permittivity）的比例，以地球表面的乾燥材料而言 DC 大約位於 1 ~ 8 之間，而水體的 DC 則高達 80 左右。因此水份的存在的多寡將大幅度的影響地表材料的 DC 數值。Utilis 成功的應用了水體的特徵表現，為全球多個國家施行至少 250 項的地下水洩漏檢

測商業化應用服務，依據衛星的再訪週期以月為單位產出調查報告，透過大面積的遙測影像（圖 8）來節省傳統人力聽音調查的高額成本，甚至提升水源洩漏篩檢效率，近幾年更逐步推行土壤濕度調查與管線汰舊建議等服務。臺灣水資源環境面臨長期的旱澇交替，用水檢漏應成為最大化利用的重要課題，如何善用遙測工具強化監測效率，值得與自來水檢測產業一同突破。

農業水資源風險管理

從民生用水到農業用水，灌溉水資源的運籌帷幄又是另一門學問。緊扣著環境變遷衝擊下的糧食安全的議題，從作物種進土裡的那一刻開始，包含灌溉用水、氣候環境與自然災害，都密切影響著收成期間的產量和定價。隨著農耕人力結構老化，企業化經營擴大栽種面積，遙測技術必然成為傳統田間調查的重要幫手。實際上，農業衛星遙測技術發展甚早，從大面積的作物辨識、土壤含水量估計、風災作物倒伏、旱澇災損監控，與生長健康評估早已都是相當成熟的技術，也包含臺灣在內，許多國家均已應用多光譜光學特性了解作物分布與產量預估等工作。

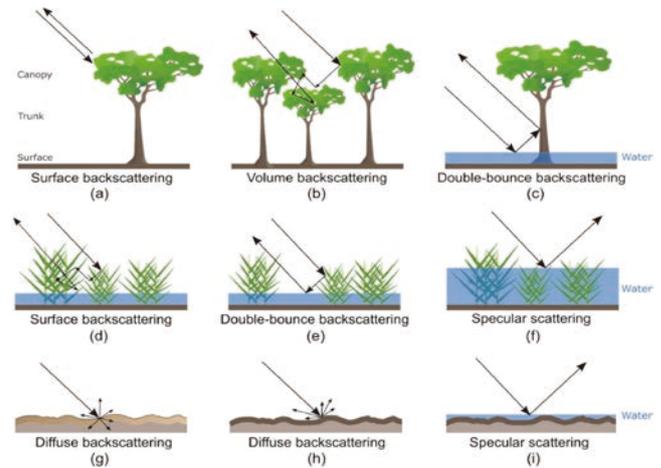


圖 7 電磁波反射機制與特徵訊號差異^[7]

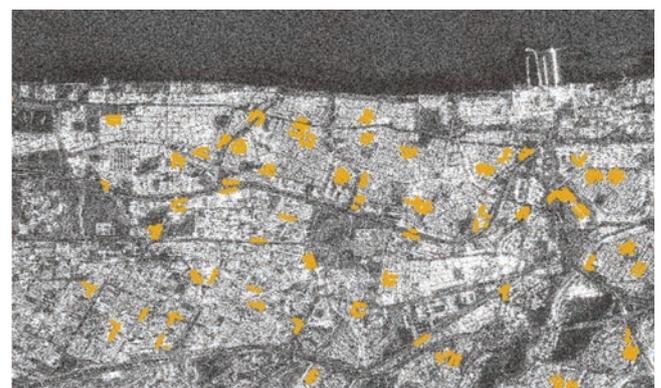


圖 8 雷達影像漏水檢測熱區圖^[8]

技術上來看，最常應用衛星遙測的常態化差異植生指數（NDVI, Normalized Difference Vegetation Index）來進行作物健康度分析，透過紅光與近紅外光（NIR, Near Infrared）的反射訊號，可反映出不同農作物葉片中的葉綠素含量多寡，指數一般介於 $-1 \sim 1$ 之間，數值愈大大致表示作物生長愈茂密、越健康。類似的指標相當多樣，舉例還包含強化型植生指數（EVI, Enhance Vegetation Index）、地表水指數（LSWI, Land Surface Water Index）等。面對乾旱問題，近年來更有研究應用短波紅外光（SWIR, Short Wave Infrared）來建立缺水指標（SPSI, Shortwave Infrared Perpendicular Water Stress Index），以評估作物含水情形，一系列的指標若加入多時相的遙測數據與氣候變化關係，時序上的作物生長情況和特性便一覽無遺（圖 9）。看準巨大的農業商用需求大地量子 TerraQuanta（2017 年成立的衛星資源應用服務商，總公司位於中國）即善用這些指標參數，發展精緻農業遙測與災害風險管理。

水資源衝擊產業保險

隨著全球氣候變遷加劇，與水有關的自然災害造成的生命財產損失與糧食供應危機接踵而來，包含颱風洪水、乾旱水荒、地震海嘯等議題。實際上，衛星遙測一直是環境災害監測的必要手段之一，例如在 2011 年 311 東日本大地震發生之後，海嘯與核災的襲擊造成難以估計的重大損失，得透過遙測快速比對了解大範圍災損情況。諸如類似的案例迫使保險產業亦逐步擴大使用衛星遙測數據，開始更敏捷的因應災前風險評估、災中損害監控，以及災後再保分析，保障客戶權益精準處理索賠問題的同時，也為產業降低調查成本創造更好的獲利空間，以洪水為例（圖 10），ICEYE（芬蘭微衛星製造商）與 Swiss Re（瑞士再保險

公司）的跨界合作說明了遙測應用的潛在需求，而農業保險問題也不例外，包含農作物種植面積掌握、區域旱澇損失、健康生長評估，鏈結至最終農作物收成產量的影響，都是業者和保戶相當關心的議題。

當遙測資源日漸豐富，再訪率、解析度均大幅度提升的同時，傳統的影像分類技術也有許多技術性的突破。在近幾年討論熱烈的電腦視覺（Computer vision），卷積神經網路（CNN, Convolutional Neural Network）的出現，成為最為人熟知的一個經典的影像辨識框架，由卷積層（Convolutional）、池化層（Pooling）與全連接層（Fully-connected）組成的架構，能夠有效萃取目標物的紋理特徵，以作為影像辨識的依據。伴隨著其他進階網路框架的推進，例如全卷積網路（FCN, Fully Convolutional Networks）、U-Net 的出現，使得影像的尺寸限制與訓練效率得以有更廣泛的應用，面對動則數百 GB（Gigabyte）的衛星影像，能夠更有效率的完成農作物面積、淹水災損範圍…等影像辨識（圖 11）。

河川揚塵與空氣品質

水與空氣息息相關密不可分，水氣在高空凝結降水，河川水由陸地流入海洋，透過蒸散作用水再度從海上回到空中，在整個水循環過程可能非常短暫，也可能緩慢進行影響人類珍貴的水資源。因此當我們談論空氣污染時，對於水資源的影響也是不可忽視的。大氣中的主要污染源懸浮微粒（PM, Particulate Matter），在大氣遙測領域以氣膠（Aerosol）做別稱，其粒徑大小介於 $0.01 \sim 10 \mu\text{m}$ 之間。因為粒徑與降水需要的凝結核（CCN, Cloud Condensation Nuclei）相仿，當過高的污染源散佈於大氣之中，間接影響了水滴的凝結，增加降水的困難度，國內的研究團隊更曾證實，2021 年受到空氣污染的影響，桃園地區的降水特徵因而改變，降雨

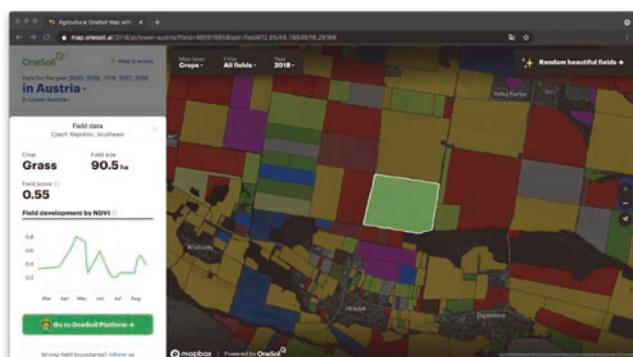


圖 9 One Soil 基於遙測與人工智慧技術所提供的智慧農業資訊平台^[9]

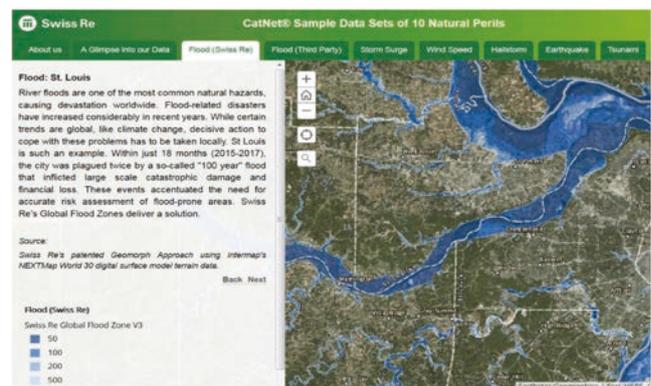


圖 10 Swiss Re 所提供的 CatNet® 災害風險資訊地圖服務^[10]

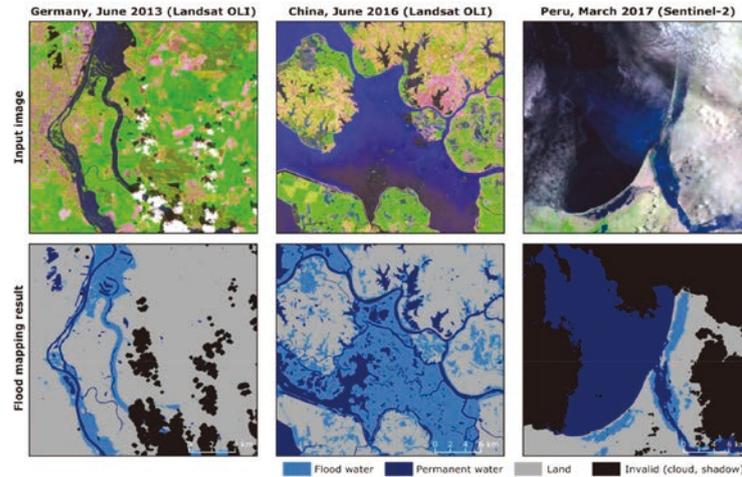


圖 11 使用人工智慧方法偵測淹水區域^[11]

變得困難，進而影響整體石門水庫蓄水與水源供應。同樣在臺灣，另一個與之相關的空污議題，河川揚塵也是氣膠污染的一種，也正困擾著管轄單位與居民生活，由入冬後的乾涸河川遭逢強勁的東北季風所造成，其他像是中國的沙塵暴、日本的櫻島火山火山灰或東南亞的生質燃燒，也都氣膠污染研究關注的議題。

氣膠光學厚度 (AOD, Aerosol Optical Depth) 是空氣污染的研究中重要的遙測指標，一般 AOD 低於 0.2 代表大氣狀況良好乾淨，如果 AOD 大於 0.6 代表大氣已受到空氣污染。物理意義上代表著大氣介質的消光係數在垂直地表方向上的積分，用來描述氣膠對光造成的衰減現象。在技術上善用氣膠的散射特性，可由光學衛星的可見光波段 (波長 ~ 550nm) 進行萃取，包含國際上的許多研究機構 AOD 的解讀與應用已相當豐富，以 Himawari-8 (國家級氣象衛星由 JAXA 於 2014 年發射) 而言，十分鐘一張的光學影像 (圖 12)，拍攝

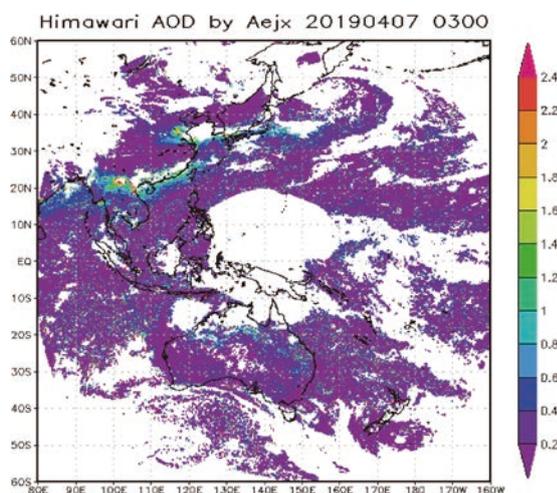


圖 12 透過 Himawari-8 光學影像反演的 AOD 數值^[12]

面積涵蓋半個地球之大，空間解析度大約 1 公里，所設定的就是一系列與大氣相關的監測與預報。儘管在商業上，要清楚掌握消長快速的空氣污染其實還是不太容易，但著眼於多時相遙測技術的成熟，或許有機會成為下個階段爭先發展的服務模式。

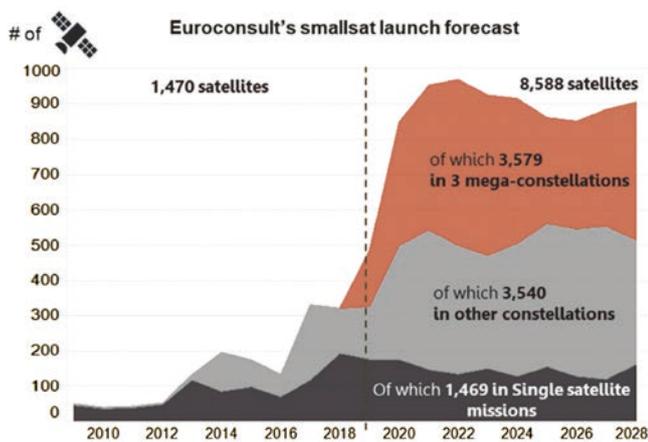
本節已嘗試從幾個重要的水資源防災議題切入，探討多時相遙測技術扮演的角色與價值，的確除了空氣污染在水環境上的商業應用較為匱乏外，其實包含民生用水、農業用水和自然災害在國際上早有許多成功的應用案例能夠借鏡，對比於臺灣的跨域應用，包含自來水偵漏檢測、田間智慧灌溉，以及農業物產保險，都將有機會導入商業化的遙測服務，串起臺灣水資源防災產業網絡，撰文團隊也嘗試從不同領域尋找多時相遙測應用的新契機 (表 1)。

更上一層樓的衛星黑科技

其實衛星遙測並不是什麼遙不可及的黑科技，隨著航太工程技術的提升，小型衛星 (重量 < 500 kg) 的籌組與應用已成為全球爭先發展的國際趨勢，除了重量變輕、體積變小意味著運載火箭可同時搭載更多衛星，降低燃料成本、提升發射效率，機構零件的模組化，也讓衛星製程更加快速精準，並能大規模生產。一份根據 Euroconsult (2020) 的小型衛星市場前景研究報告指出，地球觀測 (Earth observation) 與寬頻通訊 (Broadband communications) 將是引領未來 10 年間 (2018 ~ 2028) 衛星發展的兩大議題，平均每年將會有超過 800 顆的小型衛星發射升空，高達 83% 的衛星將組成星群 (或星系, constellations)，以提供更高密度與更完善的應用服務 (圖 13)。

表 1 撰文團隊遙測技術應用工作之推動

服務案例	技術應用
議題：水資源 地點：泰國 資料屬性：雷達衛星 Sentinel-1 主題：河道水生植物淤積監控 合作：臺灣大學地理系	利用雷達衛星 (Sentinel-1) 後向散射係數，萃取河道與水生植物的反射訊號特徵，藉由定義好的訊號門檻進行辨識，監測水生植物過度繁殖的情況。排除天氣的影響，雷達衛星得穿透雲層直接偵測目標物，以取得高頻率 (每週一張) 的河道影像，除了即時的面積擴散掌控，由歷史的觀測數據也能夠協助了解淤積熱區，加強清除或預防改善。
議題：農業 地點：臺灣 資料屬性：光學衛星 Sentinel-2 主題：農糧署水稻田影像辨識 合作：航遙測學會	善用太空中心的 ODC 資源，該計劃以光學衛星 (Sentinel-2) 影像與舊有水稻田標記資料，建立人工智慧水稻辨識模型 (CNN & LightGBM)，藉由訓練好的模型來偵測其他區域的水稻分布情況，加上 Web GIS 的圖台整合大幅降低模型操作的使用門檻，只要有衛星影像就能給模型做辨識，如此一來便能有效加速管理單位在水稻種植清查之效率。
議題：林業 地點：臺灣 資料屬性：航攝光學影像 主題：農航所森林樹種分類 合作：農航所	樹種辨識一直是森林資源調查的重要作業，過去極高度仰賴專業人事進行圍繪，但判斷效率不佳、標準容易制定，容易影響調查成果。因此，該計劃以臺灣的重要樹種為辨識目標，基於航空飛機空拍影像、波段因子與地文因子，建立人工智慧 (CNN) 樹種分類模型。以模型的辨識結果為輔助，提供樹種辨識建議，並優化實務的製圖流程。

圖 13 微衛星星群發展趨勢^[13]

走向商業應用的微衛星服務

Axelspace (2008 年成立，總公司位於日本) 一家日本的微衛星新創公司，除了具備客製化商用微衛星生產的能力，更在 2018 年以自家的微衛星星群展開地球觀測資料服務計畫 AxelGlobe，持續發射的衛星星群，預計包含 50 顆 GRUS 微衛星 (尺寸 600 × 600 × 800 mm，重量 100 kg)，搭載 5 個光學波段，57 公里寬的條帶影像，最佳空間解析度為 2.5 公尺，完成所有的太陽同步軌道 (Sun-synchronous) 衛星發射計畫，AxelGlobe 預計將可提供高解析度的每日全球影像，鎖定在水資源、農業、林業與基礎建設的監控服務，展現令人期待的多時相商業遙測應用。實際上，這樣的微衛星地球觀測資料服務並不稀奇，包含 Axelspace 在內，其他像是 Planet Labs、Satellogic (2010 年成立的地球觀測服務商，總公司位於烏拉圭)，與 Spaceflight Industries (2010 年成立的微衛星營運商，總公司位於美國) 也同樣在這全球市場中佔據重要地位。

突破物聯網想像的通訊衛星

SpaceX (2002 年成立，總公司位於美國) 旗下的衛星連網服務「星鏈」(Starlink)，日前正式宣布開放申請服務，包含美國在內共計八個國家已可開放申請。做為一間太空服務公司 SpaceX，2015 年開始，藉由低軌道衛星群的布局，提供覆蓋全球的高速網際網路存取服務。在 400 公里高空，預計部屬 12,000 顆低軌道衛星 (現已成功發射 1,445 顆)。預估通訊延遲在 50 ms 以內，傳輸速度則是 100 Mbps/20 Mbps。這樣的新型態網路服務，對於都市地區並無顯著的差異，畢竟固網骨幹可到的地方速度快、資費便宜，但是對於無 4G 訊號的深山或海上，Starlink 顯然是個吸引人的解決方案，「水資源物聯網」下，那些為了掌握水資源而大量廣布的物聯網設備，遍及整個集水區，包含河川、防洪、農灌、結構物…。數以千計的設備位在人煙稀少的艱困環境，該如何保持網路暢通，使大數據分析得以順利，真正發揮水資源供需調度最大效益，將是下一個物聯網時代的關鍵課題。

從太空發展法看防災產業化

2021 年二月行政院通過太空發展法草案，明定科技部為主管機關，同時規劃專責法人協助推動太空發展相關業務，展現國家太空發展的決心。併同 2019 年正式啟動的第三期「太空科技長程發展計畫」，太空中心身負重任結合國內產學界能量，發展高成本效益且具競爭力的太空計畫。繼福衛七號 (2019 年升空的氣象衛星衛星群) 之後，蓄勢待發的獵風者衛星 TRITON (氣象衛星) 與福衛八號 (高解析度光學衛星星群) 都將相繼升空，持續創造屬於臺灣的地球觀測資源。有感於全球乃至於臺灣多時相衛星遙測技術的躍進，衛星遙測不再只是一種工具，空間數據整合的彈性與跨域應用的敏捷

度，也包含快速、精準的解讀數據才可能真正達到災前風險評估、災中損害監控，以及災後重建復原的目標。

結語

人造衛星的發明成就了人類對這個世界無盡的好奇心，地球資源衛星肩負著資訊採集到數位地球的過程。企圖更客觀的理解發生在生活周遭的一切，小至一艘卡在運河的貨輪，大至全球尺度的氣候變遷課題。觀測解析度不斷升級，涉及許多軟硬技術與 AI 的應用發展，包含透過 IC 技術讓感測元件的性能得以提升，增加輻射解析度與光譜解析度；以同規格、同軌道的衛星星群縮短時間解析度；甚至善用影像融合 (Image fusion) 技術截長補短提升空間解析度。眼看全球共生的遙測生態系日漸壯大，那些看似遙不可及的科學議題也不再只是國家級研究機構的唯一目標，商用衛星帶動的產業需求不斷擴大，也在此次撰文中意外的發現許多值得分享借鏡的應用案例。

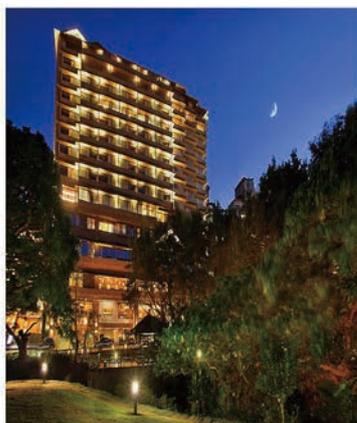
參考資料

1. BBC 中文網站 (2021)，台灣巨輪「長賜號」擱淺卡死蘇伊士 運河 歐亞航線癱瘓。https://www.bbc.com/zhongwen/simp

2. Encyclopædia Britannica, Inc. (2021) "Space applications," https://www.britannica.com/science/space-exploration/Space-applications.
3. Kasampalis, D.A., Alexandridis, T.K., Deva, C., Challinor, A., Moshou, D., and Zalidis, G. (2018), "Contribution of Remote Sensing on Crop Models: A Review," J. Imaging 2018, 4, 52. https://doi.org/10.3390/jimaging4040052
4. Hoerer, T., Bachofer, F., and Kuenzer, C. (2020), "Object Detection and Image Segmentation with Deep Learning on Earth Observation Data: A Review—Part II: Applic," Remote Sens. 2020, 12(18), 3053. https://doi.org/10.3390/rs12183053
5. Open Data Cube Website. (2020), "An Open Source Geospatial Data Management & Analysis Platform," https://www.opendatacube.org/
6. 綠色和平網站 (2021)，氣候緊急！臺灣面臨 50 年來最嚴重乾旱，可能與「它」有關。https://www.greenpeace.org/taiwan/
7. Ottinger, M. and Kuenzer, C. (2020), "Spaceborne L-Band Synthetic Aperture Radar Data for Geoscientific Analyses in Coastal Land Applications: A Review," Remote Sens. 2020, 12(14), 2228. https://doi.org/10.3390/rs12142228
8. Warner, B. (2021), "Water tech that's out of this world. Atlas of the Future," https://atlasofthefuture.org/project/utilis/
9. One Soil Website. (2021), "Free apps for precision farming," https://onesoil.ai/en/
10. Swiss Re Website. (2021), "Swiss Re announces strategic partnership with radar satellite-based flood monitoring provider ICEYE," https://www.swissre.com/media/news-releases
11. Wieland, M. and Martinis, S. (2019), "A Modular Processing Chain for Automated Flood Monitoring from Multi-Spectral Satellite Data," Remote Sens. 2019, 11(19), 2330. https://doi.org/10.3390/rs11192330
12. MSC JMA Website. (2019), "Aerosol Optical Thickness (AOT)," https://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/product/product_AOT.html
13. Najjar, A. (2020), "Euroconsult's View: An assessment and forecast for the smallsat market," http://www.satmagazine.com/story.php?number=1435526317#



Co - living on
日勝生活科技股份有限公司
RADIUM LIFE TECH. CO., LTD.



百年精神 榮耀無限
日式建築 和風之美
管家文化 細膩體貼
會席料理 食之雅韻

日勝生加賀屋國際溫泉飯店

時尚 科技 環保 引領潮流
結合趣味與創意 多元生活
品味時尚與生活 喜悅樂活

京站實業股份有限公司

日勝生活 幸福共生
榮獲全國第一座
雙鑽石綠建築
聯合國理想生態宜居社區
創造台灣另一個宜居城
日勝生-浮洲案 4000 戶

轉運台北 首權國際
智慧化管理 卓爾不群
獨一無二
首都國門空中巴士站
臺北轉運站



地震防災產業 概述 — 自主性非工程手段 之發展近況與契機

Earthquake Disaster-Prevention Industry – the Development and Opportunity of Autonomous Non-engineering Means

顏銀桐 Yin-Tung Yen / 財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 高級研究員兼組長
Principal Researcher & Group leader, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, Inc.

曹鼎志 Ting-Chi Tsao / 財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 副主任
Deputy director, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, Inc.

張玉萍 Yu-Lin Chang / 財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 主任
Director, Disaster Prevention Technology Research Center, Sinotech Engineering Consultants, Inc.

陳坤助 Kun-Chu Chen / KNY Co. 執行長
CEO, KNY Co.

陳彥俊 Reid Chen / 三聯科技股份有限公司 業務經理
Sales Manager, Sanlien Technology Corp.

臺灣為世界上數一數二地震頻繁的國家，觀測資料顯示每年發生平均約3起芮氏規模大於六以上地震，暗示著面臨遭受地震災害衝擊的機率相當高。縱使從地震防減災想法出發，仍必須考量產業面是否能提供及開發出對應之服務及產品，方得以落實防災構想。政府機關除了法規之擬定以保障基本安全外，災害基礎資訊之提供也能讓產學研相關之因應作為得以展開。地震防災產業面向相當廣泛，大致可從工程及非工程手段做廣義的分類，本文僅著墨非工程手段之解決方案方面，概述地震防災相關產業之服務產品資訊與其未來之發展契機。

關鍵字：地震防災產業、斷層發震潛勢、耐震設計規範、地震危害度、地震預警

Taiwan is one of the most tectonically active regions with frequent earthquakes in the world. Observation data shows about three earthquakes with a magnitude greater than six each year. The view of earthquake prevention and mitigation implies that the probability of facing earthquake disasters is relatively high. Whether the industry can provide and develop appropriate services and products is a key to support that the ideas of disaster prevention and mitigation can be implemented. From the government's point of view, the formulation of laws and regulations ensures basic safety. The provision of basic hazard information can also gradually enable industry-government-related responses to be carried out. This article will introduce the potential seismic maps from the current government's announcement and then outline the knowledge and the future development and opportunity of related industries.

Key Words: earthquake disaster-prevention industry, earthquake occurrence potential, seismic design specifications, seismic hazard analysis, earthquake early warning.

前言

根據交通部中央氣象局近 10 年地震規模及次數統計，臺灣地震年平均發生次數約有 3 萬 4 千多次，其中有感地震年平均次數約 1 千餘次，規模 6 以上的地震年平均約 3 次^[1]。臺灣每年遭受約 3 起芮氏規模大於六以上地震襲擊，也代表每年受地震災害衝擊的機率相當高，但即便如此，由於比起氣候所造成的致災頻率來的低，往往在每次地震災害過後，人們也隨著時間慢慢淡忘。再者，臺灣中小地震頻仍，自 1974 年起訂定耐震規範，至今不斷修訂，1999 年 921 集集大地震後新一代耐震規範新增考量近斷層效應、震區劃分及耐震工程品管^[2]，使地震災損更加有限。雖然民眾的生命財產更加有保障，但風險意識卻仍舊趨於淡化。大規模致災性的地震遲早要面臨，一旦發生將造成可觀的社會經濟損失，所幸大規模致災的地震頻率不高，使政府及人民有更多的餘裕去準備。地震防災必須時時刻刻檢視並改善不足之處，為能將災前整備、災中應變及災後重建規劃做好，必須在下次大地震來襲前檢視各方面防減災整備之量能，如此才得以確保每個地震危害暴露單元都能有強韌的應對能力及回復力。

隨著都市化的趨勢，都會區之重大公共建設也伴隨而生。而臺灣板塊構造由東向西碰撞的特性，導致西部為斷層密集帶，而斷層為未來地震主要發生潛在位置，也突顯出西部人口密集處直接面臨地震危害的風險。雖然地震危害高的地方往往為人口及建設密集所在地區，但大多數人並不清楚自身面臨的危害程度。慕尼黑再保險公司 (Munich RE) 統計 1980 至 2019 年涵蓋全球地區所引致之地震災損，資料顯示每次重大地震之損使平均超過 5 千萬美元 (圖 1)，而地震所涉及的防災產業，除了保險方面的避險及移轉，工程手段及非工程手段之軟硬體預防及補強措施也同樣重要。致災性地震發生前，從預防整備之角度思考如何降低或避免地震災損

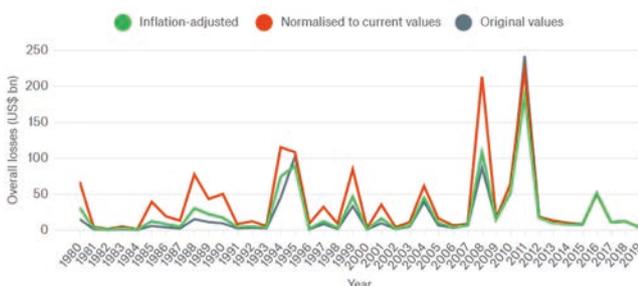


圖 1 全球 1980 ~ 2019 年地震損失^[4]

為防災首要要務，此外亦能利用科技方法強化減災整備之效益。本文從政府公開斷層發震潛勢圖資介紹出發，進而探討從圖所揭露資訊所衍生之防減災應變想法，透過非工程手段進行防減災作為之實務及觀念，衍生說明其現階段地震防災之服務案例，探討未來地震防災產業之發展契機及方向。

防災產業涵蓋領域相當廣泛^[3]，概括性可分類為工程 (engineering) 及非工程手段 (non-engineering) 之作法，本文主要鎖定在介紹自主性預防之非工程手段防減災相關服務及產品。

臺灣活動斷層可能引致之地震災害潛勢

斷層引致地震造成之危害程度揭露，有助於釐清臺灣多震之土地上，一旦面臨致災性地震來臨所遭遇時間及空間上之衝擊差異性。地震發生與斷層所在位置密不可分，若能清楚瞭解斷層之位置及其特性，探究每條斷層之發震潛勢，可以從上述衝擊差異性來探究整個影響鏈如何從事完善之防減災策略規劃。

斷層發震潛勢圖資

2021 年 3 月經濟部中央地質調查所 (簡稱地調所) 首次對外界公開斷層活動潛勢圖 (圖 2)^[5]。該圖資係由地調所自 2013 年至 2016 年逐步推動臺灣中部、北部、南部及東部活動斷層潛勢評估工作而完成。臺灣主要活動斷層分布在花東縱谷與西部麓山帶，地調所從戮力活動斷層之普查與精查工作，並同步與學術界及產業界合作，藉由蒐集地質、地球物理、地震及大地測量等各方地球科學專業資料，逐步建立各活動斷層之地下斷層三維幾何模型，再由幾何模型所估算及反演斷層上之活動速率，加上評估斷層上可能之地震活動機率參數，合理地評估每條斷層活動之發震機率。圖資揭露分布於臺灣各地 33 條活動斷層未來 50 年發生規模 6.5 以上之發生機率。

潛勢圖資評估工作期間邀集潛在產業、官方、學研、法人機構等相關人員，討論斷層活動潛勢圖公布相關議題，一方面討論圖資之呈現方式，另一方面藉由專家討論會，避免圖資公布引起不必要之恐慌。潛勢圖資另一個目的是希望能配合地質法「活動斷層地質敏感區」之公告，使民眾了解活動斷層有各自之發生機率特性，若位於敏感區內可考量使用年限內之發生機率進行防減災作為。

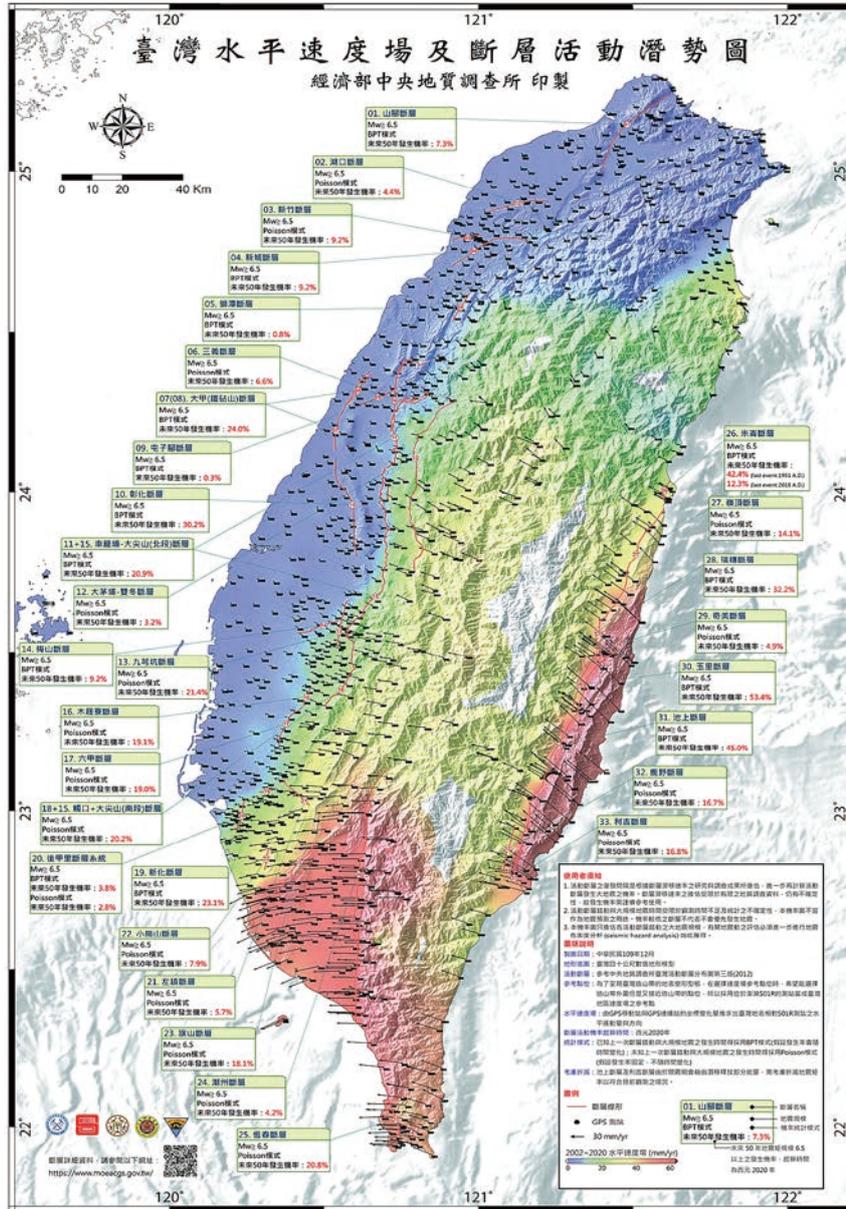


圖 2 臺灣水平速度場及斷層活動潛勢圖

潛勢圖資與產業鏈結

潛勢圖公開對地震防災產業之發展有一定程度效益。基本上，中央政府與鄰近之地方政府、民間企業到個人，都能依據潛勢圖資資訊，從地震模擬災害劇本擬定開始，假定當特定斷層發生地震，事先量身訂做自主防救災計畫，內容可涵蓋災前整備、災中應變及災後重建之整體地震防減災規劃。然而，規劃擬定後必須同時考量其因應之解決方案，也因此將衍生出各項服務及產品。舉例而言，災前整備涵蓋結構耐震設計與規劃、耐震評估、企業風險識別、防災器具、災害潛勢客製化資訊等服務；災中則有即時自動停機、截斷及通報作業等軟硬體設備及服務、逃生警示

軟硬體設備之產品；災後，則會有企業風險顧問及結構損壞評估及工程補強上的需求。

地震防災之相關產業概述

建築物耐震設計規範，進行規劃設計並建造出符合規範標準的結構物^[6]，經由重新檢視結構損害狀況可確保建築物是否仍可安全使用，另可依據自身結構重要性而另外執行高出法規標準之地震危害評估。上述兩者評估工作及其衍生之服務業務及產品需求，即為傳統地震防災產業相當基礎的一環。地震發生時即時之「地震警報訊息」，或是預告性質之「地震預警訊息」，也都有該類訊息推播軟硬體產品及服務。此

外，以強震之前結構物屬性參數及可能所受到之震動大小，亦能提供即時性或半即時性簡要評估服務。再者，透過即時自動截斷作業軟硬體裝置可防止震動導致設備損壞，降低損失。而地震過後專業評估結構物健康狀況或是自身財產面臨之損失風險，則為災後評估或補強等相關工作。

結構耐震及地震危害評估

既有樓房結構係按建造當時之規範設計及施工，因時空背景知識性差異，耐震能力可能有所疑慮，必須經專業研判是否符合現今之耐震標準，以決定是否需要補強需求。詳細評估之程序需要蒐集多項資訊，包括工址資料、結構資料、勁度、強度，可綜合判釋評估結果，作為後續補強的依據 [7,8]。既有建築物在地震作用下行爲及其所造成影響，亦可藉由耐震性能設計評估了解結構是否需要補強，其流程涉及地球物理、地震學、土木工程、營造工程及社會經濟學等各領域之專業知識 [9,10]。

我國政府於 2019 年核定「全國建築物耐震安檢暨輔導重建補強計畫」(2019 至 2021 年)，該計畫主要在全面執行全國危險及老舊建築物快篩、耐震評估、補強及重建等工作，期望能大舉降低地震害造成之結構危害(圖 3)。這部份衍生之產業類別所需工作，係由專業技師或受政府指定之評估機構執行。

其他重要關鍵基礎設施，包含水庫、橋梁、核電廠、風機等重要結構物，則以高於規範要求之專案方式進行地震危害度分析，以作為環境評估、初步設計及細部設計之參考依據 [11,12]，此部份專業分析及軟體開發工作多由工程顧問公司及專業從業人員執行，服務對象多為政府機關、國營企業及民間私人企業，是為地震防災產業相當重要之一支。



圖 3 全國建築物耐震安檢及重建補強宣導圖 (引用自 <https://www.cy.gov.tw/>)

即時性訊息揭露產品

從民眾自身的 FCP (Family continuity planning) 風險管理概念，地震預警報及預警訊息為重要的地震防災資訊，衍生的產業為即時性訊息揭露之相關服務，而這部份產品大部分為即時訊息推播軟體，藉由人手一機的普遍性訊息接收狀況，主動提供地震預警的訊息。目前坊間即有各類地震預警推播 App 產品，於接收中央氣象局地震測報中心所發布之地震警報後，可以在極短時間內發布予所有用戶，並且可以於 App 內設定客制化應用反應資訊，以利各種不同情境與使用者需求之防災應變反應措施。

一般而言地震規模達六以上時之致災機會較高，但該類地震頻率不高，因此地震預警 App 若能搭配日常資訊可增加該 App 之留用率，以每日天氣資訊作為基底，外加與中央氣象局地震測報中心界接，民眾手機可設定警戒地震動級數，一旦超過警戒設定，使用者就會收到對應級數之地震預警通知(圖 4)。圖 5 為 2006 年芮氏規模 6.6 美濃地震時之即時強震預警訊息。

即時訊息若從硬體界接，即為輔助監測及示警設備相關之產業別。交通部臺灣鐵路管理局經由安裝警報器及多組地震儀於各處變電站，能即時顯示中央氣象局發布之地震資訊，包含強震即時警報、地震觸發通報、地震格點震度報告及有感地震報告等資訊(圖 6)。

從民生需求用品角度，則能開發出結合生活用品及預警訊息之商品。有別於臺灣市場，此類的商品於日本



- ★ 全台灣天氣地震資訊最豐富的 APP——KNY 台灣天氣·地震速報
- ★ 獨家地震專區，輕鬆設定地震速報、地震資訊不漏接
- ★ 百萬下載肯定，您最好的天氣小夥伴選擇

KNY 致力將最完整的天氣、地震資訊提供給您，美好的早晨，您還縮在被窩裡，苦思今日衣著的厚薄嗎？要不要帶雨具？防曬乳、太陽眼鏡該出門了嗎？打開「KNY 台灣天氣」，迅速掌握今日天氣狀態。充足的準備，讓您擁有一整天的好心情！

圖 4 「KNY 臺灣天氣·地震速報」App



圖 5 2016 年美濃地震強震即時警報 App 訊息截圖
(KNY Co. 提供)



圖 6 Cube 警報器即時顯示有感地震報告畫面
(三聯科技公司提供)

相對廣泛，如圖 7 為日本一款具地震預警功能之商品，結合日曆、時鐘、警報器及收音機。圖 8 則為結合地震預警及手電筒功能之家用產品。上述產品不僅單純作為警報及預報設備，更可作為日常居家使用，加上此類商品重視外觀設計感，提升民眾購買意願。

即時性初步評估產品

建築物新近竣工尚未使用之狀況下，透過系統量測震動數據搭配專業技師診斷，可建立第一筆結構健康診斷報告，亦即為最佳健康狀態報告。當未來受地震影響，後續量測與診斷報告將可與第一份識別報告參照比對，即可得知建築結構物本身之生命週期。除此之外，系統本身更具備建築結構物之快篩檢測，當大規模地震



圖 7 結合電子日曆時鐘及收音機功能之地震警報裝置
(引用自 <https://www.rbbtoday.com>)



圖 8 結合手電筒之地震預警家電產品
(引用自 <http://www.j-force.net>)

來襲後，能夠於短時間內透過警示燈號反映建築結構物當下狀態，以評估建築物本身即時健康狀態（圖 9）。國內營運中耐震能力存疑之建築物若辦理耐震補強工期較長，如重要醫療機構，則可藉由建立健康管理系統進行持續監測、即時診斷與主動預警，為建築物生命週期安全維護管理提供決策支援^[13]。

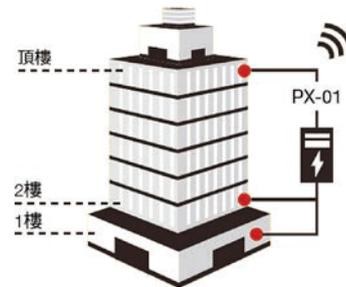


圖 9 結構健康監測系統架構示意圖（三聯科技公司提供）
(其中圖點為地震儀裝設位置，PX-01 為主要控制及分析系統)

強震預報應用產業別還有即時控制之硬體設備及智慧判釋程式開發。地震預警結合斷電機制產品係為典型案例，藉由資訊整合與傳遞，將警報器數位化顯示與既有變電站之斷電機制整併進行現地優化功能，警報器內建判斷邏輯可將地震儀與既有強震儀同時收到之震度作判斷，藉以達到智能斷電效果（圖 10）。

非即時性線上地震災害風險及耐震評估工具

地震災害頻率不高，因此常被淡忘進而降低防災意識，但是相反的也提供了我們更多準備時間。藉由非即時性線上評估產品，簡要提供居住所在地位置及結構方面等相關資訊，就能呈現自身面臨地震災害風險，而民眾即能主動從事地震防減災環境作為。一般民眾最在意係為自身居住之建築是否鄰近公園、學校及其他有利環境，地震安全考量優先度較低。因此，除了科普教育及防災宣導以外，若能提供便利操作之評估工具，應能提升個人防災作為。

國家實驗研究院國家地震工程研究中心開發之街屋耐震資訊網（圖 11），一般民眾由網頁界面填入相關檢測參數，即可初步瞭解建築物是否有耐震安全疑慮。然而，若能更直接地提供各類別解決方案之聯繫

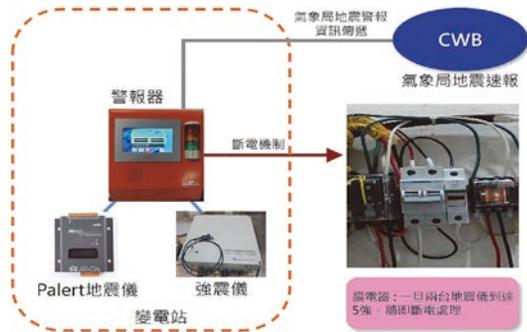


圖 10 鐵路變電站地震監測自動斷電設備 (三聯科技公司提供)



圖 11 國家地震工程研究中心提供的階屋耐震資訊網 (http://streethouse.ncree.narl.org.tw/)

管道，應能更有效率地將民眾防減災需求轉化成消費行動。美國 Tremblor 公司就有類似服務性質產品^[14,15] (圖 12)，此類工具之優點在於將產學提供之災害潛勢轉換成民眾方便理解且有感的資訊，並且依據這些資訊提供各類解決方案之分析評比，讓民眾依據自身的財力及對於風險之理解狀況作選擇。

Temblor 提供之線上評估工具，可以根據特定房屋的位置和規格，概述性地分析該房屋可能因地震動而造成之損壞，並且對地震保險以及房屋進行改造成本效益進行綜合整體分析 (圖 13)，並提供各類解決方案供應商之聯繫資訊 (圖 14)，民眾可以直接聯繫廠商進行諮詢。



圖 12 temblor 公司即時檢視地震災害風險入口網站 (https://temblor.net/)

地震防災產業發展契機

臺灣身為地震大國且地狹人稠，任何地震災害都可能造成重大損失，如此上天給予的劣勢，也能是個機會，拋開傳統觀念對「防救災」的想像，防救災不該只是專屬於政府及專家學者們之職責，相反地，防救災的觀念、知識及方法，應該可以透過新科技及新知識之力量，深入民間日常生活，讓民眾也成為「地震防災知識+」，將民眾需求轉變成一項防災產業，讓政府及專家學者回歸其防災規劃擬定及專業研究本業，使臺灣科技防救災整體政策及學術研究領域更精進，則地震防災產業也能隨之蓬勃發展。

以臺灣地震災害相關的警報訊息傳遞產業為例，經由公私協力完成，可讓地震警報訊息之產業生生不息。若存在一個民間組織針對地震相關產業發聲管道，作為與官方商討相關產業政策、警報技術研究、教育推廣、以及法規制訂之橋樑不失為可行之道。日本地震警報訊息產業鏈中由官方主導之非營利組織「特定非營利活動法人地震情報利用協議會」(Real-time Earthquake and Disaster Information Consortium, REIC)，其負責在第一線整合民間業者力量、教育宣導等，政府機關則是扮演傳遞正確資訊，以及落實政策執行之角色 (圖 15)。

若向日本阪神大地震震災救援的自助的比例高達七成的概念中學習，臺灣民眾教育能有自助認知才能追溯到產業解決之需求服務及產品發展，如此一來防救災將能成為一高潛力之新興產業。此外，不同產業別之間跨業結合也能拓展地震防災產業之面向及廣度，以地震風險評估作為起點，衍生後續之解決方案，則可包含保險相關、建築承包商、耐震結構補強相關產品、工程顧問、地震預警及預報軟體商等相關產業，彼此相互串連推廣建立更多元商業模式，勢必能藉此讓產業順勢發展。

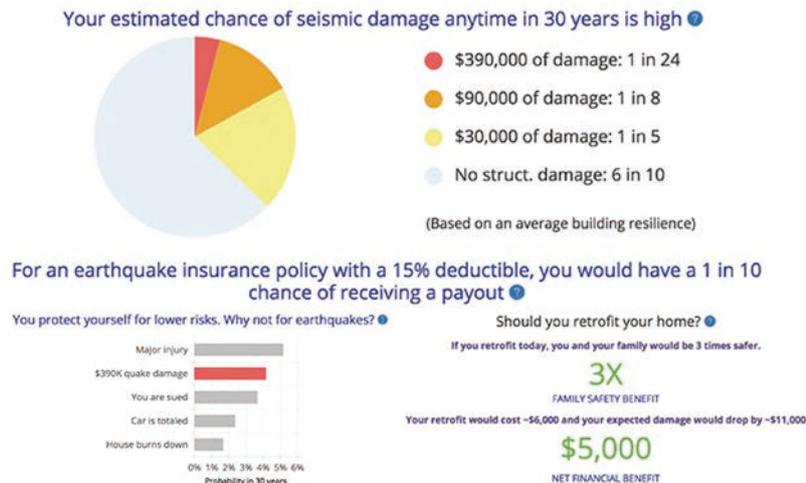


圖 13 根據特定房屋地址與規格所評估之成本效益分析數據圖

More	
RECOMMENDED PROVIDERS	
Insurance Agents	
Retrofit Contractors	
Structural Products	
Structural Engineers	
Quake Prep Consulting	
Become a recommended provider	

圖 14 各類建議的解決方案之供應商聯繫資訊

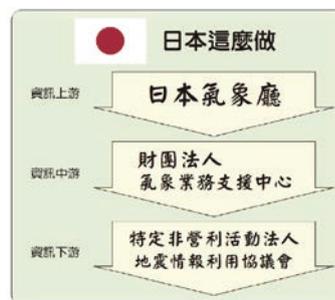


圖 15 日本地震警報訊息政府與非營利機構之關係架構

結論

吾等身處臺灣頻繁多震之地理環境，政府、企業及民眾，任何人事物都無法完全避免災損。藉由科學研究揭露空間上斷層潛勢之差異性，加上科技進步讓通訊與監測技術能完善地設計出符合效益之預警預報服務及產品，如此得以讓地震防減災更有機會妥善縝密規劃並付諸實際行動。藉由產官學合作之災害潛勢基本資訊，定期滾動揭露可能之地震危害潛勢衝擊程度，搭配既有規範及法規，企業與個人都可藉由商業或公部門所開發之客製化評估工具，獲得初步因應解決方案建議，再透過地震防災產業相關廠商資訊之鏈結，降低地震可能引起之損失。上述一系列配套之運作，相信得以讓臺灣之地震防災產業更加蓬勃發展。

參考文獻

1. 行政院 (2019), 108 年災害防救白皮書, 臺北, 民國 108 年。
2. 鄧崇任、柴駿甫、翁元滔、蔡克銓 (2009), 臺灣集集大地震後建築物耐震設計規範之演進與前瞻, 土木水利, 第 36 卷, 第 4 期, 第 16-25 頁。
3. 王華弘、鄭錦桐 (2017), 擊劃台灣防災產業國際行銷, 社團法人臺灣災害管理學會。
4. Munich Re, Earthquake risk: A deadly threat, retrieved May 13, 2021, from: [https://www.munichre.com/en/risks/natural-disasters-losses-are-](https://www.munichre.com/en/risks/natural-disasters-losses-are-trending-upwards/earthquakes-a-deadly-threat.html)

5. 經濟部中央地質調查所, 斷層知多少, https://www.moeacgs.gov.tw/News/news_more?id=5bb06a0c9f4c43a195cf167075b61202, 存取於: 2020/4/30
6. 內政部營建署 (2011), 「建築物耐震設計規範及解說」。
7. 楊耀昇、周維苓、鍾立來、賴勇安、邱聰智、賴昱志 (2018), 「結構耐震評估與補強設計結果之檢核 (上) (下)」, 技師報, 第 1123 及 1124 期。
8. 鍾立來、陳俊鴻、楊耀昇、邱聰智、涂耀賢 (2019), 「結構耐震評估: 審查重點及結果彙整表」, 技師報, 第 1180 期。
9. 薛強、吳嘉偉、陳正忠、陳國慶 (2007), 台灣建築物耐震性能設計規範之研擬, 中興工程季刊, 第 96 期, 第 7-15 頁。
10. 薛強、邱天宏、張權、翁健煌、陳正忠 (2014), RC 建築物震後損失評估, 中興工程季刊, 第 122 期, 第 15-22 頁。
11. 鄭錦桐、江憲宗、林柏伸、李錫堤 (2010), 「地震危害度分析技術之發展與應用」, 中興工程 40 週年工程技術論文, 第 232-248 頁。
12. 林柏伸 (2016), 美國 [資深地震危害分析委員會] 程序簡介, 中興工程季刊, 第 133 期, 第 27-33 頁。
13. 薛強、簡宗益、林威廷、翁健煌、張仁綺、白燕菁、曾騰毅、吳璋晉、李其航、劉建均 (2017), 醫療院區建築結構健康管理, 中興工程季刊, 第 137 期, 第 74-84 頁。
14. Sevilgen, V., Jacobson, D.S., Stein, R.S., Lotto, G.C., Sevilgen, S., and Kim, A. (2016, December). Temblor, an App to Transform Seismic Science into Personal Risk Reduction. In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 2016, pp. NH23C-1876).
15. Stein, R.S., Sevilgen, V., Sevilgen, S., Kim, A., and Madden, E. (2015, December). Temblor, an app focused on your seismic risk and how to reduce it. In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 2015, pp. T13D-3033).



公共工程 全生命週期的 風險管理

Risk Management in Life Cycle of Public Infrastructures

姚大鈞 / Eos Rhea Metis, Ltd 首席總監

公共工程的全生命週期從初始期的概念形成與可行性研究，到建設期的規劃設計及施工建設，最終至運營期的運營維修與除役拆除，大致依序可分為三個時期與六個階段。一個全生命週期結束即是下一個全生命週期的開始。每一個生命週期中，公共工程的核心目的是為公民的必要福祉與生活品質提供設施與服務，而為達到上述的核心目的，公共工程必須達成各階段的目標，公共工程各階段的風險責任人則需盡責進行必要的風險管理以降低達成各階段目標的風險。公共工程的風險主要源自人為危害及天然危害所產生的風險，因公共工程階段性的特性不同，各類危害所產生的風險在各階段亦不相同，政府作為公共工程的最終管理人，責無旁貸地必須要求各階段風險責任人進行持續完整且有連貫性的風險管理，以達到公共工程的核心目的。本文主要闡述公共工程核心目的及目標與風險管理的連結，說明公共工程的全生命週期中各時期風險管理的要點及重要性，並從防災減損的角度提出公共工程風險管理的建議。

前言

六千年前在美索不達米亞 (Mesopotamia) 地區，即現今的伊拉克 (Iraq) 及敘利亞 (Syria) 區域，就已經有在幼發拉底河 (Euphrates) 流域興建運河灌溉系統 (Canal Irrigation System) 的紀錄，成為兩河文明的代表性標誌。在中國大陸距今約兩千五百年前開始建造且迄今仍然在使用的京杭大運河是現有仍具當初興建功能的古代運河之一。位於希臘約建於西元前 1190 至 1300 年，迄今已有超過三千年歷史的 Arkadiko Bridge (圖 1) 是現在已知最古老且仍在使用的拱橋，雖然橋可能已不負擔當初興建的完整原始功能，然仍保有橋的人員通行基本功能。而位於台灣龍潭於 1907 年完工的魚藤坪橋 (原名，即現在的魚藤坪斷橋，或稱龍騰斷橋) 於地震中毀損，完全喪失當初興建的功能，卻變身為震災紀念物，成為觀光景點，轉型成不同功能的結構物。這些公共工程都是土木工程，是跨越數個世代的建設，公共工程的功能也許會隨著時間改變，但是設施結構的本體可跨越數個世代仍屹立不搖。

美國公共工程協會 (America Public Works Association, APWA) 對公共工程 (Public Works) 的定義是「公共工程結合實體的資產、管理作業、政策與人員，是政府為其公民必要的福祉及可接受的生活品質所提供並維持的結構設施與服務」(Public works is the combination of physical assets, management practices, policies, and personnel necessary for government to provide and sustain structures and services essential to the welfare and acceptable quality of life for its citizens.)。公共工程是一項資源需求較高且影響層面較廣的長期建設與服務，與一般建設不同之處在於公共工程的核心目的 (Goal) 是為公民的必要福祉與生活品質提供設施與服務。近年來，由於網際網路 (Internet) 逐漸成為人類生活必要的條件，許多政府也將網際網路的建設，包括相關的軟硬體及韌體納入公共工程的範疇。

各國的公共工程皆依據規範規劃設計施工，亦依據相關的作業規範操作營運管理，一般而言現今的公共工程設計的使用年限從數十年到百年，對於一些早

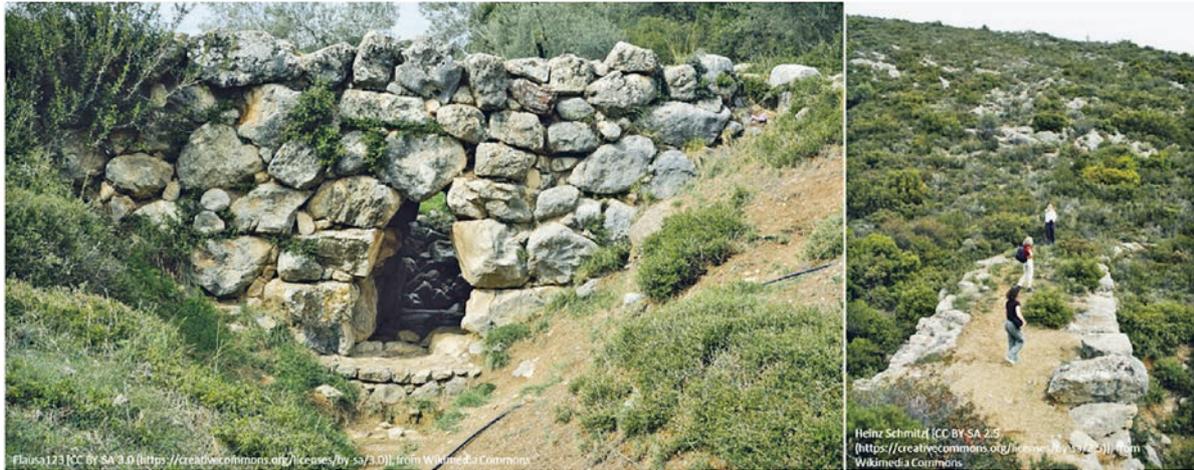


圖 1 希臘的 Arkadiko Bridge (約建於西元前 1190 至 1300 年前)

已進入已開發國家的地區，自十九世紀至上個世紀初建設完工的公共工程迄今已有百年或百年以上的歷史，許多公共工程已近除役的時限，其功能與品質安全已不符現今的要求標準，在營運與作業上存在極高的挑戰，需要進入全生命週期的下一階段。

公共工程全生命週期依作業程序大致可分為六個階段（圖 2），從初始期的形成概念需求到可行性評估分析，在建設期進一步開始規劃設計到施工建設，至運營期進行的運營維修及到達設計使用年限時，必須進行的除役拆除作業，並於工程原址形成新的概念需求，重複開始新的生命週期循環。公共工程開始每一次新的生命週期循環在本質上是基於上述公共工程的核心目的，因應社會變化及政策需求賦予土地使用新的功能。

為達到公共工程的核心目的，在公共工程全生命週期的每一階段皆須達成該階段的核心目標（Objective），一般公共工程在全生命週期的各個階



圖 2 公共工程的全生命週期

段，其核心目標皆不相同（表 1），但是所有的核心目標皆是為順利完成初始期於概念形成時所設定的功能而訂。換言之，依序達成公共工程各階段的核心目標，即可達到公共工程的核心目的並滿足原定土地使用的功能。在完成一個公共工程生命週期的循環後，即應視當時的需求開始新的生命週期循環並形成新的土地使用概念與功能。

風險管理概述

ISO31000 (CNS31000)^[1] 中「風險」(Risk) 的定義為「不確定性對(達成)目標的效應」(Effect of uncertainty on objectives)，說明風險的本質為不確定性，而且是針對需達成目標所產生的效應或影響，進而言之，必須有需要達成的目標且是否達成目標有不確定性，這些不確定對於達成目標的影響就是風險。討論風險必須先確認目標，沒有明確的目標，風險的討論可能就失去意義。ISO31000 (CNS31000) 對風險管理的定義為「針對風險所進行引導與控管組織的整合作業 (coordinated activities to direct and control an organization with regard to risk)。任何有意義的組織皆有其成立的目的，為達到組織的目的，組織可能有分項或分階段需要達成的目標，藉由達成分項及階段性的目標，組織方得達到其原定的目的。而是否達成目標的不確定性，即這些不確定性的影響效應，為組織在達成特定目標的風險。風險愈高，組織達成目標的不確定性愈高，影響也愈大；若是組織無法達成既定的目標，達到組織原定目的的可能性亦將受到影響，所以組織為降低達成目標的不確定性及影響以順利達

表 1 公共工程生命週期個階段目標

時期	階段	作業內容	核心目標
初始期	概念形成	根據需求設定土地使用的功能 根據土地使用功能形成建設的概念	公共工程基本功能滿足需求
	可行性研究	可達到土地使用的功能 確認功能及建設概念具體可行 有可接受的本益比	如期完成相關評估及完整的可行性研究報告
建設期	規劃設計	具體化所有的功能 形成具體化的實施計畫	如期完成可據以施工建設的完整合規且內容正確的文件
	施工建設	執行實施計畫完成建設	如期如質如量如價完成施工建設與驗收
運營期	運營維修	操作管理設施 確保所有功能完整運行（達到土地使用的核心目的）	維持完整功能正常運行至除役
	除役拆除	還原土地至建設期前狀態 準備設定新土地使用功能的前置作業	還原土地至近於初始狀態

到既定目的，必須進行風險管理。

風險一般的操作型定義可以「機率與後果的組合」為之。機率為不確定性的量化指標，後果為影響效應的具體說明，結合機率與後果可提供風險管理者較為具體的風險圖像，有助於風險的闡述及風險管理作業順利進行。然而風險管理者需要深入瞭解風險事件（Event）後果及相對應機率的內涵與意義，方得合理進行正確的風險分析評估工作。

公共工程在其全生命週期中各階段可能發生的風險事件大致源於人為危害（Anthropogenic Hazards）及天然危害（Natural Hazards）所導致的災害事件，或源於兩者的複合式危害（Convoluteds Hazards）事件。災害事件可能於任一階段發生，導致影響達成公共工程建設目標的後果。狹義而言，公共工程的風險管理即為公共工程的災害風險管理；廣義的風險管理則可擴及至創造公共工程建設的價值。本文將以討論公共工程的災害風險管理為主。

公共工程全生命週期中的可能危害

公共工程於全生命週期中各階段的可能危害主要可分為人為危害及天然危害兩類。台灣因特殊的地理位置及地質環境，天然危害的種類極多，如氣象事件的颱風豪雨與雷擊；氣候事件的乾旱熱浪與野火；水文事件的洪澇及土石流；地球物理事件的地震海嘯及火山山崩；宇宙事件的隕石墜落及太陽風暴，還有地層下陷的地質危害及病毒細菌傳染病的生物危害等，這些危害皆為台灣地區公共工程在其全生命週期中的

主要天然危害。根據世界銀行 2005 年的研究^[2] 台灣的自然災害種類是全世界最多的地區之一，天然災害對社會經濟及人員安全的風險亦為全世界最高的地區之一，天然災害對於公共工程的威脅不可小覷。

在人為災害方面如社會相關的犯罪與騷亂事件、管理不當、政治經濟不穩定及政府財務困難、網路攻擊及人因相關的疏失遺漏與錯誤、或是因設備故障或管線破壞導致的火災爆炸、材料問題及設施毀損與人機界面問題等皆可能在公共工程的任何階段造成災害。

危害與災害

危害是潛在損害的源頭（A source of potential harm），但是不一定會造成災害。危害造成災害的第一步是需要發生危害事件，並且具體影響公共工程（圖 3），如颱風事件形成且暴風半徑涵蓋公共工程所在位置。進一步危害事件的特性必須對公共工程造成威脅，例如淹水對於高架橋的影響有限，但是對於地下的捷運系統則有明顯的威脅，此時災害或損失尚未發生，單一危害事件對於公共工程可能產生不同程度及不同種類的災害，並且各有相對應的機率，結合所有可能災害後果與對應的機率即為風險。而所有危害事件的風險的總和即為公共工程的風險。最後因為災害的觸動機制啟動，才產生具體災害與實質損失。災害的觸動機制如淹水高度超越未設置防洪閘門的捷運出入口高程，或是地震力超越結構現況可承受的範圍等，而這些具體災害與實質損失將造成公共工程偏離階段性目標的後果與影響。

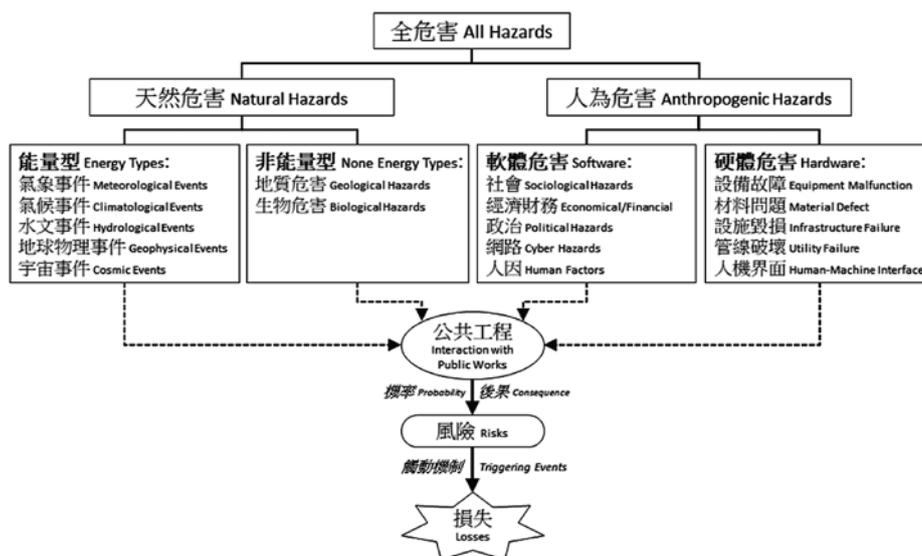


圖 3 公共工程的危害及災害發生機制

危害的後果

雖然人為危害與天然危害造成災害後所產生的後果，如人員傷亡、財物損失與時程影響等，對於不同的後果承擔人而言，可能造成不一樣有形或無形的損害（如人員傷亡對政府而言與對傷亡人員及其家屬而言是不同的損害）。然從達成公共工程核心的目的與土地使用功能而言，公共工程所設定各階段的核心目標重點是在全生命週期中確保公共工程得以依原定時程建立完整功能並順利運行至除役拆除的階段。循此，本文以下所稱公共工程的災害，係指在全生命週期中公共工程現況偏離原定該階段目標的狀態。而災害事件所造成的如人員傷亡、財物損失與時程影響等即為災害的後果。簡言之，偏離公共工程原定目標即為災害。而各種導致該偏離相關的人為危害與天然危害則為災害事件的原因，且所造成的人員傷亡、財物損失與時程影響即為災害後果。一般而言，各種危害所產生的財物損失多指直接影響公共工程的硬體設施設備功能，而人員傷亡與時程影響則多影響各類非物質性功能。

本文中將災害定義為偏離公共工程的原定目標的狀態，特別是該階段的目標，所以公共工程的災害風險即為可能偏離其目標的不確定性效應，此定義亦與 ISO31000 (CNS31000) 的定義一致。

公共工程的全生命週期的災害（初始期、建設期、運營期）

公共工程的全生命週期根據目前一般作業的流程可概略分為三個時期及六個階段，分別自初始期從概念形成到完成可行性評估；建設期從規劃設計開始到施工建設至交付運營；運營期則自施工完成交付試運營開始至除役拆除完畢止。從公共工程實體的角度而言，初始期主要是將土地使用的功能概念具體化並確認是否可以實行，但是建設的實體仍未形成，僅限於文字圖面概念性的描述。建設期為將文字圖面的概念性描述做成計畫並形成實體的過程，如規劃設計與各式設施設備建造安裝作業；而運營期則為所有功能運行的階段，公共工程完整功能的運行即滿足土地使用的功能，並藉此達到公共工程核心的目的。人為危害及天然危害可能於公共工程的全生命週期中各階段產生不同的影響與後果，甚至是災害，以下將分時期說明各式危害對公共工程可能造成的災害。

初始期

於初始期中的主要的工作內容是功能概念的確認與形成文字圖形的說明與評估成果，尚無實體的設施設備，所以各式危害於初始期中產生人員傷亡及財物損失的災害風險較低，在初始期因天然危害及人為危害導致的災害較少，常見的是因作業遲延導致時程相關的損害為初始期主要的災害種類。

然而雖然初始期中發生災害的風險較低，初始期的不當工作成果卻可能成為建設期與營運期中重大的危害，並於建設期或營運期中發生災害造成損失，甚至影響阻礙公共工程原定功能的正常運行。由於初始期為公共工程生命週期之始，其作業內容必須綜觀公共工程全生命週期中所有可能影響土地使用功能正常運行的問題，並於可行性評估中納入考量，建議可行的方向並確認可行性，土地使用功能概念的可行性除了建設期的技術與財務外，亦須確認營運期的資產保護、充足的管理與人員資源及維持運營所需的資源保障，甚至須更進一步規劃除役拆除所需的技術與財務可行性，方得降低後續階段的風險，成為真正的全生命週期的公共工程建設。

初始期常見可能於後續階段造成災害的人為危害主要為作業錯誤疏失或遺漏及誤判，特別在後續階段的財務、時程、社會環境的變化與天然災害風險評估的部分。此外，若是於初始期未適當考慮後續階段的公共工程所處環境的天然危害並將天然危害於建設期及營運期可能對於公共工程的影響納入可行性評估考量，則可能大幅增加建設期及營運期的天然災害風險。

建設期

建設期接續初始期工作成果，進一步將公共工程的功能概念具體化成可實施的計畫並完成建設。一般而言，相較於初始期及營運期，建設期的時間較短，但是因為設施結構處於建設階段，尚未形成完整的防護，容易因人為危害及天然危害導致災害，所以災害風險較高。

規劃設計階段位於建設期的前期，類似於初始期的概念形成及可行性研究階段發生災害的風險較低，一般常見的如設計規畫錯誤或疏失，雖然在初始期未造成災害，卻經常於後續施工建設階段或營運期中造成災害。這些危害部分可以透過 BIM (Building Information Modeling) 或 IV&V (Independent Verification and Validation) 的方式降低災害的風險，然而仍無法完全避免災害的發生。

施工建設階段為建設期中災害風險最高且災害後果較嚴重的階段，各式的人為與天然危害皆可能於施工建設階段造成嚴重的損失。除了因前述設施結構尚未形成完整的防護，容易發生財物損失外，亦因此階段參與的人員與公司組織、設備機具、物資材料與施工界面較多，存在大量的人為危害如管理不當、設備

機具故障毀損、物資材料瑕疵缺陷、與人員錯誤疏失及其他的人因與人機界面問題，這些人為危害在歷史中曾經造成多次且嚴重施工中的災害事件。施工建設階段除了本身的風險較高外，公共工程也經常因為施工建設的品質問題，造成營運期的災害。

營運期

公共工程的營運期時間最長，可歷經數個世紀甚至是數千年。這段期間，人員管理可能更迭，部分的設施結構與設備可能仍然屹立，甚至功能運行正常，但是人文與自然環境可能已經改變，土地使用的功能也可能已經多次變化。營運期的人為危害及天然危害必然存在，一般而言天然危害是造成設施結構及設備毀損最大的原因，而設施結構與設備毀損直接導致公共工程功能運行失效，偏離營運期的目標，嚴重時可能必須啟動新一輪公共工程全生命週期的循環。天然事件如地震、颱風淹水、土石流山崩、沉陷變形、溫度變化或雷擊等亦可能於營運期造成公共工程的災害。除了天然危害，人為危害中如管理不當、維修保養不良及財務問題亦經常是提前啟動新一輪公共工程全生命週期的循環的重要原因。人為危害在一般常見如錯誤疏失與疏漏等風險必然隨時間增加外，特別是運營相關作業因長期不變的狀況下所產生的作業慣性對危害潛變視而不見，導致災害發生亦是營運期常見的風險，此外設施結構隨時間增加產生的衰變及長期運行的設備損耗、材料磨蝕、火災爆炸等是常見營運期的人為危害。

營運期除了本身的危害外，亦承接前期作業不良，甚至是錯誤疏失的危害。公共工程在營運期的管理作業上需面對並適當管理多種危害產生的風險，如何分配年度資源，滾動式管理營運期的風險，是極大的挑戰。

公共工程的風險管理

公共工程在全生命週期中將牽涉數量極大的相關單位與個人，多數為階段性的參與者，唯有土地所有權人的政府必須全程參與主導公共工程全生命週期內的事務，是最終責無旁貸的風險責任人 (Risk Owner; ISO31000/CNS31000)。換言之，政府有責任主動進行公共工程的風險管理，同時亦須要求所有參與公共工程的相關單位與個人進行風險管理。更重要的是，做為公共工程最終的風險責任人，政府必須進行公共工程全生命週期的風險管理，維持全生命週期中各階段

風險管理的連續性與連貫性，以降低各階段公共工程的風險，以確保土地使用功能的正常運行並達成土地使用的核心目的。政府主導進行的風險管理可參考表一的核心目標說明設定風險管理的目標。以下進一步說明政府做為公共工程的業主所需要進行的風險管理。

初始期的風險管理

初始期的初期由於完整的土地使用功能尚未完全確定，所以風險管理重點需要著重在降低這些不確定性並盡速確認土地使用的主要功能。後期進行可行性評估時最大的危害是資源的限制。因為資源的限制導致資訊收集的深度與廣度無法完整滿足可行性評估所需，此為認知不確定性（Epistemic Uncertainty）。此外，可行性評估的內容包含大量對於未來環境狀況的預測與判斷，這些預測與判斷的不確定性亦是公共工程的主要危害之一，此為偶然不確定性（Aleatory Uncertainty）。初始期的風險包含了認知不確定性及偶然不確定性，風險管理必須針對這兩種不確定性進行處置。

針對認知不確定性的危害，風險管理的做法最直接的當然是增加資源，確認足夠的資訊進行可行性評估。然而在目前政府主計制度及公共工程預算執行的規範下，增加資源的風險管理方式對於降低風險的成效有限，所以風險管理的重點應著重於風險的辨識與說明。風險責任人需瞭解認知不確定性的風險，完整揭露資訊不足的內容及建議未來補充的方式與說明。例如土地的地質地下水資訊經常無法於初始期完整取得，但是設施的基礎及地下空間的費用受地質地下水條件影響甚鉅，可能直接影響可行性評估的結果，同時間接影響財務分析的正確性。風險責任人需確實揭露此類風險及處置建議。

關於偶然不確定性的風險，風險責任人需明確說明各項預測與判斷的基礎及依據，並說明各項誤差可接受的範圍及修正的方式。例如氣候變遷可能影響未來暴雨淹水的風險（如淹水深度及淹水頻率增加），對於淹水敏感的設施如博物館或美術館等需積極因應的公共建設，風險責任人須在可行性評估中特別針對淹水的風險分析說明淹水的深度與範圍，而不僅是暴雨洪澇的回歸期年限，主要因為氣候變遷可能大幅改變基於歷史紀錄統計所得的回歸期數據在未來環境狀態變異後的可靠性。此外，風險責任人應揭露處置偶然不確定性相關風險的建議，如博物館或美術館的基地可以填土加高或減

少地下空間的方式降低淹水洪澇的風險，亦應建議納入移動式的防洪設施如防洪閘門等做為應對實際狀況與預測有顯著差異時的風險管理措施。

風險責任人須將風險管理的費用納入可行性評估中的財務分析，並編列預算。風險責任人須瞭解風險處置費用若未編列預算，將導致無法確實執行以管理風險，而未適當管理的風險勢必成為公共工程全生命週期中的危害甚至造成災害，防災思維必須納入公共工程全生命週期初始期的風險管理中。

建設期的風險管理

建設期是公共工程實體設施結構形成的時期，亦是災害發生頻率較高的時期。規劃設計階段承接初始期的風險管理成果，將風險管理及防災的觀念具體化為設計並分析評估設計成果的風險。例如提高關鍵設施的設計標準（醫院及消防設施採用較高的抗震設計標準）或避免將電力通訊設備置於地下空間以降低洪澇的危害，將捷運高架段電力設備置於高架車站的空間內，避免置於高架墩柱底部所可能發生的水損危害，或設置電氣室的淹水警報器等。公共工程的剛性防災設計是風險管理重要的風險處置方式之一。風險責任人應要求規劃設計須加入風險管理的防災設計，並完成風險管理報告分析評估並建議施工建設階段及運營維修階段的危害處理方式。

施工建設階段的風險管理是目前在公共工程建設中較廣為認知接受且進行的作業。一般勞檢工安進行的環安衛（Environment, Safety, and Health, ESH）是公共工程施工作業常見的風險管理作業，但是從達成施工建設階段的核心目標（表1）之風險管理而言，目前環安衛之風險管理內容僅為施工建設階段風險管理的一部分，在工程實務上目前環安衛的管理內容仍無法適當管理許多後果較為嚴重的危害所產生的風險，例如新式但尚未被完整驗證的技術或施工設計的未知危害、地質變異與地下水的危害、施工技術不良、錯誤及疏失、與天然的危害等，仍需根據危害的特性進行客製化的風險管理。由於公共工程的型式繁多且涵蓋的專業種類極廣，工程依賴專業的程度較高，目前制式的環安衛管理對於專業技術所衍生的相關危害尚無法提供適當具體的管理成效，急需要專業的工程風險管理作業填補。政府的風險責任人應尋求專業工程風險管理服務協助進行施工建設階段的風險管理。

施工建設階段的各風險責任人承接規劃設計階段完成的風險管理相關資料，需進一步完成施工建設階段的風險管理計畫並進行風險管理。政府亦須要求其風險責任人根據施工建設階段的風險管理成果編製運營期的風險評估報告及管理建議做為完工驗收文件。

運營期的風險管理

運營期是公共工程生命週期中最長的時期，所有的人為與天然風險皆隨著運營的時間而增加。根據完工驗收文件中的運營風險評估及建議報告，政府於公共工程運營期的風險責任人需進行運營期的風險管理並編製執行風險管理計畫。「維持公共工程的完整功能正常運行至除役」（表 1）應為營運維修階段風險管理的核心目標，風險責任人須盡責辨識所有影響達成核心目標的人為及天然危害，評估所有危害的風險且在年度的管理費用中編列適當的預算，按計畫依序處置公共工程所有的風險。

由於運營維修階段的時間長，短則數十年，長可達數百年甚至更久，風險可能產生動態變化，政府的風險責任人必須定期（每年）更新修正風險管理計畫，維持最記錄完整的風險記錄表（Risk Register）及風險處置記錄。運營維修階段內所進行的重建或部分重建、改建或部分改建、改善或升級、更新置換或維修保養工作皆應視為風險管理的一部分，並納入定期的風險評估內容。此外，必要的監測與定期檢測必須

確實執行，並將成果納入定期風險評估報告中檢討評估新增風險處置工作的必要性。

2019 年 10 月 1 日位於宜蘭縣的南方澳大橋斷橋事故後國家運輸安全調查委員會於 2020 年 11 月出版的調查報告中，指出與風險有關的調查發現目前公共工程在橋樑檢測評估、養護管理及維修補強作業上的問題。這些風險相關的問題皆為運營維修階段的風險管理內容，並須於定期風險管理報告中評估並提出相應的風險處置建議，政府的風險責任人需根據風險處置建議的內容編列年度預算執行風險處置的建議，方能降低公共工程運營期事故的風險。

相較於其他階段，除役拆除階段的風險管理較為簡單，為達成「還原土地至近於原始狀態」的核心目標，風險責任人需根據運營維修階段的風險管理報告內容，辨識於除役拆除階段可能產生的危害，特別注意的主要危害為拆除作業的施工安全（如作業程序及拆除順序等）及公共工程生命週期前期階段所產生的有毒廢棄物、污染的設備設施及土壤或地下水等，風險責任人需針對這些危害及其他危害編製執行風險管理計畫以管理風險。

保險與風險管理

保險是公共工程的重要相關及參與者，在公共工程的各階段幾乎是不可或缺的參與者，於公共工程的全生命週期中，常見的保險種類如表 2 所示。

表 2 公共工程全生命週期常見的保險

標的	保險 (Insurance)
資產	營造綜合險 (Contractor's All Risk Insurance, CAR) 安裝工程綜合險 (Erection All Risk Insurance, EAR) 電子設備綜合險 (Electronic Equipment Insurance, EEI) 商業火災綜合險 (Commercial Fire Insurance) 土木工程完工險 (Civil Engineering Completed Risk Insurance, CECR Insurance) 資訊網路安全險 (Cyber Risks Insurance) 營建機具綜合險 (Contractor's Plant and Machinery Insurance, CPM Insurance)
利潤	預期利潤損失險 (Principal's Advance Loss of Profit Insurance, ALoP Insurance) 延遲完工險 (Delay-in-Start Up Insurance, DSU Insurance)
品質	專業責任險 (Professional Liability Insurance, PL Insurance) 完工瑕疵險 (Inherent Defects Insurance, IDI) 工程保固保證險 (Maintenance Bond)
保證	投標保證險 (Bid Bond) 履約保證險 (Performance Bond) 營造契約保證險 (Construction Contract Bond) 保留款保證險 (Retention Bond) 工程預付款保證保險、工程押標金保證保險、工程支付款保證保險、工程履約保證金保證保險
責任	第三者意外責任險 (Third Party Liability Insurance) 雇主意外責任險 (Employers' Liability Insurance)

雖然保險在公共工程全生命週期的各階段皆可提供相應的產品及服務作為參與者，但是保險的本質是提供事故發生後的損失填補功能，而且是以對價的金錢提供補償。從風險管理的角度，買保險並無法減少事故發生的機率，亦無法降低事故的後果，所以保險不應視為風險管理的做法或是風險管理的一部分。然而，若是從財務的角度，保險的保障及補償可以減少財務的部分損失，所以在財務風險管理中，保險應可視為財務風險管理的一部分。

除了提供事故發生後的損失填補功能，保險在跨產業及全世界履行保險責任中所累積的經驗與統計資料透過適當的管道及機制，確實可以協助公共工程進行有效的風險管理並提供管理上的重要參考。除了專案服務外，保險一般可提供公共工程的服務包括課程培訓及風險查勘與改善建議，善用保險提供的風險管理相關服務可以有效降低公共工程各階段的風險，公共工程的風險責任人應邀請保險的專業人員提供有價的服務並善用保險的資源協助進行風險管理。

由於氣候變遷導致極端氣候事件發生頻率及致災強度增加已大幅增加公共工程設施與結構的安全風險，營運維修階段的設施結構遭遇致災強度的天然事件的機率增加，損失後果也較以往嚴重。以 2001 年納莉颱風對台北捷運造成的災害為例，在營運數十年內即發生回歸期 400 年的洪水事件，導致以回歸期 200 年作為洪水設計標準的台北捷運嚴重損失，營運中斷數月之久。此外許多橋梁道路水電設施在暴洪或山崩土石流事件中毀損或一般設施結構物於地震中產生震損，喪失功能不堪使用也是一例。公共工程風險責任人需瞭解公共工程的設施結構於災害事件中仍然可能產生損壞或是功能失效，保險可提供公共工程設施結構毀損後復原重建的財務支持。特別是完工土木工程保險可以提供公共工程營運期的風險責任人除了火災綜合保險外，特別是對於設施結構有較大威脅的天然危害所造成的災害損失，減輕在復原重建所需的財務負擔，應是政府在災害發生時財務風險管理上的重要資源。

結論

公共工程因特性不同，全生命週期各階段所需的專業亦不相同，各階段風險管理所需涉及的專業廣度與深度是政府進行風險管理時風險責任人極大的挑

戰，政府的風險責任人應尋求專業的協助整合風險管理所需的各項專業及處理專業間的界面問題，從防災的角度出發是風險管理的開始。2021 年 4 月 2 日台鐵 408 車次太魯閣號於清水隧道發生的事故前，若是台鐵進行公共工程全生命週期的風險管理，在建設期與運營期中任何一個風險責任人善盡風險管理的責任，辨識出施工中異物入侵軌道（顯而易見的風險）的風險並錄入風險記錄表，進行風險處置，建立如防止、監測並速報處理或減速通過的防災機制避免事故發生或降低事故發生機率及後果，即使現有的環安衛管理機制無法防止違規事件的發生，仍能避免災害的發生或至少能降低事故的後果減少傷亡。

本文主要闡述政府於公共工程建設全生命週期中作為風險責任人所需進行的風險管理，然如前所述，所有在公共工程全生命週期內參與相關的單位與個人皆須主動進行自身的風險管理，使公共工程得以順利達成其核心的目的以提供公民的必要福祉與生活品質設施與服務，同時亦能達成自身參與公共工程的目標。政府應將風險管理的內容作為風險決策（Risk-based Decision）的參考，並以目標導向（Objective Orientated）做為評量經濟方案的參考，而不應以省錢做為目標。風險管理與價值工程（Value Engineering）不同，風險管理是針對可能發生，但尚未發生的不確定事件進行管理作業。政府須認知做為公共工程風險責任人所需負的責任及應作為的事項，並應盡責管理。總結公共工程全生命週期風險管理的重點如下：

1. 政府作為公共工程的風險責任人須確保每一階段風險管理順利進行並注意各階段風險管理的連貫性；
2. 公共工程各階段的風險管理須達成階段性的核心目標，並在全生命週期中達到公共工程的核心目的；
3. 公共工程的風險與災害息息相關，防災是達成核心目標的重點；
4. 風險責任人應尋求專業的風險管理及防災服務協助確保風險管理作業的完整性、經濟性及有效性；
5. 保險雖僅能視作財務風險管理的一部分，但應善用保險的專業資源協助進行險管理。

參考資料

1. ISO31000:2018(E), "Risk management – Principles and guidelines," International Organization for Standardization (ISO).
2. The World Bank, 2005, "Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis," Disaster Risk Management Series No. 5. 



氣象產業的發展

彭啟明／天氣風險管理開發股份有限公司 創辦人及總經理、社團法人台灣防災產業協會 理事長

賴忠瑋／天氣風險管理開發股份有限公司 副總經理

吳聖宇／天氣風險管理開發股份有限公司 氣象部協理

廖于霆／天氣風險管理開發股份有限公司 氣象服務協理

簡瑋靚／天氣風險管理開發股份有限公司 營運業務協理

李知航／天氣風險管理開發股份有限公司 業務部經理

全球的氣象產業（Global Weather Enterprise）在近二十年大幅成長，隨著科學進展、科技演進、商業型態與人類生活方式的轉變，氣象服務型式及獲取氣象資訊的方式不再只限於傳統顧問服務或電視氣象播報，而有更多管道、想像空間及可能性。

2015 年底全球資訊服務巨擘 IBM 併購 The Weather Company，成了全球規模最大的民營氣象公司，知名家電公司 Panasonic 也跨行投入全球數值天氣預報模式的研發，並開始提供服務，其負責人 Dr. Neil Jacobs 後來轉換跑道成為 NOAA 的助理署長及美國商務部的次長，在美國前總統川普期間實際領導美國政府在氣象方面的發展。

聯合國世界氣象組織（WMO）在 2017 至 2019 年間著手研議鼓勵全球政府主動藉由資料開放與共享，以公私合作的方式描繪氣象產業前景，並於 2019 年 6 月的世界氣象組織大會中通過建議各國的策略方針，明確定義產官學界在氣象服務的角色及合作模式。

台灣則於 2004 年修訂氣象法後，開始有本土的民營氣象公司，然而氣象預報許可制度的相關辦法、政府與產業的角色分工定位、氣象資料的取得方便性，及其所形成的整體商業環境等因素，使得產業的發展步調相較於歐美及東亞鄰近國家等相對較蹣跚。未來若要能與國際接軌及競爭，必須仰賴產官學各界共謀合作，逐一排除限制因素，找到解決方案。

我國氣象產業的發展

2001 年 6 月交通部曾舉行全國交通會議，邀請產官學界專家進行會議結論，在 2002 年 1 月正式發布《交通政策白皮書：氣象》，作為未來十年我國氣象發展的政策及依據。和前次發表的 1994 年版本相比，新增了氣象資訊服務，即「為因應氣象資訊增值服務之需求，輔導民間氣象服務產業發展，提升氣象服務品質」，並訂定目標，希望在國內進行服務的氣象公司數量至 2006 年能提升為 5 家，且每家可使直接受惠民眾總數達 100 萬人次。

另一方面，當時正逢台灣媒體全面開放，電視媒

體百花爭鳴，為了吸引大眾目光、提高收視率，新聞和電視台的氣象主播們常常使用聳動的畫面或標題、文字，尤其在颱風和豪雨等災害性天氣發生時，發布和官方不同的颱風預報路徑及影響程度，造成社會許多困擾，當時稱為媒體颱風亂象^[1]，

政府於 2003 至 2004 年修正氣象法，並於 2004 年正式頒布，明訂欲發佈氣象預報之個人或團體，須得通過交通部中央氣象局許可。此舉主要是為了規範媒體對天氣預報的言論，但是另一方面卻也正式賦予了民間參與發佈氣象預報的權利。其條文為「機關、學校、團體或個人經中央氣象局許可者，得發布氣象或

海象之預報，但不得發布警報或災害性天氣中之豪雨及颱風之預報。」

同年亦公佈《從事氣象海象預報業務許可辦法》，欲從事氣象或海象預報，申請資格為必須曾經從事氣象或海象預報相關技術工作滿3年以上，並具有公私立（或教育部承認之國外）專科以上學校大氣或海洋科學相關科系所畢業者、公務人員高等考試（或特種考試三等考試）氣象類科考試及格並領有證書者。填具申請書及備妥計畫書，經評審小組審查合格後，由中央氣象局發給許可證。與一般能力證明的證照不同，從事氣象及海象預報業務許可證之機關、學校、團體或個人須為「執業」之考量，如未於6個月內開始執行業務者，則註銷核發許可。

當年度由筆者彭啟明博士獲得台灣第一張個人氣象預報許可證，氣象應用推廣基金會獲得第一張團體許可證。這十多年來，至目前為止共有二十餘張許可證。

2015年氣象法再度修改，放寬部份災害性天氣預報範圍，災害性天氣指的是可能造成生命或財產損失之颱風、大雨、豪雨、雷電、冰雹、濃霧、龍捲風、強風、低溫、焚風、乾旱等天氣現象。目前除了颱風、豪雨不能公開預報外，其他都可以透過申請氣象預報許可的方式，獲得公開預報的資格，不過目前在災害性天氣預測通過預報證照者少之又少，在市場性不足，加上限制又多的情勢下，至2019年底只有賈新興博士獲得低溫預報的資格，其他的災害性天氣預報之許可，尚未有團體或個人取得。

雖然開放氣象預報證照制度，可以代表公開預報的決定，代表我國進入氣象預報資訊多元化的時代，而且必須經由專業化的認證來進行，可惜的是官方單位並未主動宣傳該項政策，只能靠民間單打獨鬥，致社會大眾不了解其差異，在氣象專業的辨識度上仍有很大的努力空間。

立法院要求氣象預測言論免責

發生在電視媒體的亂象也發生在網路社群，許多網紅和版主們為了得到更多點讚數，也開始使用聳動的文字和畫面，使社會上常瀰漫對天災恐慌的氛圍，並時有反彈輿論。立法院交通委員會遂要求氣象局加強落實執行氣象法，並於2011年立法院第7屆第8會期決議：

「為避免討論氣象和天氣的言論動輒違反氣象法第18條第1項之規定，而扼殺氣象學之討論，爰此，凡針對氣象和天氣之討論言論有附註「以上言論僅提供學術討論之用，氣象預報應以氣象局為準」等標語者，即可免責。」

2017年立法院第9屆第4會期交通委員會則決議：

「對於目前網路社團或粉絲專頁，對於氣象預報基於搶快、增加點閱率、增加人數等各種理由，而以誇張、聳動、片段之方式預報氣象，造成國人對於氣象預報的混淆。因此中央氣象局應依氣象法相關規定，要求此類氣象文改善或加註非屬中央氣象局正式預報等警語。」

於是在社群網站上貼出或公佈與氣象及海象相關之話題或資訊時，是否違反氣象法，成為一個灰色地帶，若社群網站為公開之網站，依據立法院（100年）第7屆第8會期交通委員會之決議，應於討論區加註「以上言論僅提供學術討論之用，氣象預報應以氣象局為準。」字樣，且須註明引用資料之來源。換句話說，只要在公開的網站上加註上述警語或相關文字，即可規避氣象法對於天氣預報的規定。

此外，媒體或社群網路引用CNN等國外媒體或JTWC、JMA、ECMW等各國的氣象資訊或颱風路徑進行報導或發佈，也有可能抵觸氣象法。相應的做法是，也必須同時公佈氣象局的預報結果，讓民眾可以參考或瞭解其差異。根據氣象局公佈的相關規定為

「該新聞傳播媒體未同時註明中央氣象局所發布的颱風與豪雨的預報資訊部分違反氣象法第19條第2項之規定，經中央氣象局通知更正而不立即更正者，得處以新台幣10萬元以上50萬元以下罰鍰。（氣象法第24條第3項）。如該新聞傳播媒體皆依規定引用非中央氣象局之相關資訊，雖無違反氣象法之規定，但若因此造成資訊混淆或民眾恐慌不安，則散播、誇大或過度延伸氣象資訊部分，恐有觸犯氣象法以外之相關法令的可能。」

也就是說只要有警語，並同時列出氣象局的預報結果，就不算違反氣象法，不在氣象局於法可管的範圍內，但是如果實在太聳動而引起社會恐怖，還是有可能違反其他法律。只是氣象局不管，至於由哪個單位來管，氣象局不做出定論。

不過就氣象法對預報的定義和規定而言，要違反氣象法其實不太容易。氣象法第十三條指出「預報：指以觀測結果為基礎，發布氣象、地震或海象等現象所為之預測。」也就是說，如果是憑個人感覺、直覺或一般俗稱的特異功能在公開場合（電視、社群媒體）向大眾描述或預測未來可能發生的氣象、海象，甚至是地震，可能都不算違反氣象法，甚至透過宗教、動物行為和星象占卜等，也都不在此限，以上都是屬於社會秩序維護法的範疇，若散佈謠言，足以影響公共之安寧者，要處3日以下拘留或新台幣3萬元以下罰鍰。

也就是說，在公開預測天氣時，只要不述明資料來源係來自觀測，可能就不算違反氣象法。不過其中也有一個值得討論的空間，就是一位沒有通過氣象局許可的氣象專業人士（大專相關科系畢業）在不引用氣象觀測或預報資料來源的情況下公開預測天氣，算不算違法氣象法，他的專業背景是否應該被認定其預測必定來自以觀測為基礎的科學預報？答案如果是肯定的話，那麼目前的氣象法就只是用來管理及限制氣象專業人士，甚至是取得氣象預報許可的人員，非氣象專業人士規避氣象法可以說相對容易。

具備專業的人處處受限，沒有專業的人卻能大鳴大放。這對氣象專業人士從事氣象服務事業或產業來說，不是一個有利的條件。

世界各國都積極推動扶植氣象產業政策

政府與民間產業的角色分工定位不明，也是阻礙氣象產業發展的一個重要因素。在近代天氣預報發展歷程中，以歐美日等國的經驗來看，早期氣象係屬於軍事情報，有國家安全考量，資訊不甚透明，另一方面要發展氣象預報技術並使其作業化也相當昂貴，只能由政府來做。因此早期多由政府來提供免費的公眾天氣預報服務，甚至針對有特定需求者，提供付費的專業服務。

然而隨著資訊越來越透明，科技及天氣預報技術的突飛猛進使成本下降、需求也日益增加，氣象服務產業逐漸形成，民間的氣象公司越來越多，政府的角色則漸漸轉為較著重於中上游的基礎設施之建置，例如廣佈的地面氣象站、氣象雷達、氣象衛星及數值天氣預報模式的發展，而產生的資料則提供給民間氣象

公司進行加值應用，在下游進行免費的公眾預報服務，或付費的專業諮詢服務，政府單位也較少提供末端的服務，和民間產業的關係由競爭轉為合作，甚至將氣象產業的發展列為其政績或重點發展項目，並提出相關政策辦法。

日本於1994年成立氣象產業支援中心（Japan Meteorological Business Center, JMBSC），取代原本氣象協會（Japan Weather Association, JWA）做為氣象廳外圍服務機構的角色。支援中心的主要任務之一是提供氣象廳的觀測或數值模式資料給民間氣象公司，建立相關輔助辦法，酌收少量資料處理費用，減少業者的負擔，而原本氣象協會的氣象服務部門，則轉型成獨立的氣象服務機構，幾乎可以說是一間氣象公司，與日本氣象協會無涉。而一般性的天氣預測，多由民間氣象公司負責，目前日本已經有超過60家氣象公司，形成將近每年超過四百億日幣以上的氣象產業。

另一方面，為鼓勵投入氣象服務產業，日本政府建立氣象預報士制度，26年來已經有二十二萬人報考，並有一萬多人取得預報士資格，錄取率為5.5%，讓日本在民間氣象預報作業上累積許多人才，氣象專業也逐漸受到各界重視，另外也開放通過認證之合格公司可公開進行氣象加值服務。換句話說，民間公司須具備資格始能對外發布氣象資訊，該公司必須有一定人員具備氣象預報士資格及相關設備之技術能力。同時，媒體播報人員，氣象主播也以具備有氣象預報士為主要的標準資格，雖然仍有美女主播獲得許多支持，但有播報特長並具有專業的氣象預報士主播仍受到社會重視。並且，亦有許多非氣象專業背景主播，考取氣象預報士資格。

美國針對氣象產業發展的態度是以自由不限制為原則，氣象資料完全免費提供，無論你是否為氣象產業的業者、無論你是否為美國公民，幾乎可以說皆無限制，也沒有相關法律限制發佈天氣資訊的範圍，因此偶而會出現民間和政府的災害性天氣預報差很大的情況，不過卻也沒有造成太大的困擾，因為市場機制會進行淘汰，氣象資訊誇大不實或準確度不高者，將受到公眾的輿論壓力，久而久之就失去市場了。

美國氣象學會（American Meteorological Society）也有類似核可氣象顧問證照的制度（Certified

Consulting Meteorologist)，雖然僅是一種資格上的證書，視為在工作上可被認可的一種資格，但卻可以一方面鼓勵更多人從事天氣預報服務，另一方面也提升民眾對氣象專業的辨識度，例如美國知名有線電視台 CNN 的氣象團隊，就有多名氣象主播通過此認證。近年來美國民間氣象產業規模發展成熟，民間氣象從業人口有將近一萬人，並且已陸續成立國家氣象產業人員協會（National Council of Industrial Meteorologists, NCIM）及美國天氣及氣候產業協會（[American Weather and Climate Industry Association](#)）。

官方與民間從業人員的競爭衝突，在美國也不是沒有，從原本的競爭關係轉為合作夥伴並非完全無痛的過程。然而相關產業協會常常會和政府溝通協商，甚至常常聯名投書給政府，以定義各自的職責、定位，以尋求新的合作方式，達到新的平衡。

早期關於美國氣象產業發展，可參閱 [Fair Weather: Effective Partnerships in Weather and Climate Services](#) (2003)。

至於與我國相近的韓國，則是把氣象當成重點扶植產業，建立相關制度，改善氣象產業的投資環境。韓國氣象廳於 1997 年引進氣象事業者制度，以氣象廳無法個別提供服務的特定需求者為對象，銷售氣象預報，並於 2008 年 10 月，「氣象·氣候產業培育」被指定為李明博政府的 100 大國政課題之一，由此氣象廳為了培育該領域產業，樹立了各種對策，其中之一就是授權氣象事業者針對普通國民提供預報服務。

韓國於 2009 年制定公佈「氣象產業振興法」，明訂氣象事業者也可以針對普通國民提供預報服務，而氣象廳為了防止氣象從業人員或公司在提供預報服務時發生問題，制定了人力與設施等具體標準，並召集學術界、產業界與市民團體舉辦了公聽會，以發展國家氣象事業體系。目前韓國已經有將近三十家氣象公司，以國家隊的方式積極在國際上對外輸出其氣象軟硬體產業。在每年國際的氣象展當中，韓國也開始由氣象廳組織，有韓國國家館的概念，協助韓國氣象產業對外拓銷，目前韓國的氣象軟硬體產業，在這十年的扶植下，已經大幅成長，規模上尚未贏過日本，但已經有全球布局，由官方協助民間努力進行。

世界氣象組織推動全球氣象產業

民間氣象產業的發展，已經是一種全球趨勢，而且勢不可擋。近年來隨著氣候變遷越來越受到重視，天災越來越嚴重也更加難以預測，光靠政府已經無法做好防災減災的工作，因此世界氣象組織也積極推動政府與民間氣象業者要進行合作，並推動全球氣象產業（Global Weather Enterprise），理由為

1. 社會大眾越來越需要氣象資料
2. 政府預算成長的壓力
3. 全球觀測及預測系統的標準愈趨統一
4. 開放資料成為全球潮流，氣象是最佳案例
5. 群眾智慧與參與國際觀測共享
6. 科學與技術的創新在民間
7. 民間商業思維的創新成長
8. 支援較落後國家需要新的方法

世界氣象組織 160 個會員國和會員地區代表，並進一步於 2019 年 6 月 3 日至 14 日，於日內瓦舉行了第十八次世界氣象大會，會中考慮到與極端天氣、氣候、水及其它環境事件有關的議題或衍生的全球社會風險，應透過跨學門和跨部門的夥伴關係加以解決，並發佈宣言如下^[4-7]：

我們注意到

1. 如聯合國《2030 永續發展目標》、氣候變遷《巴黎協定》和《仙台減災風險框架》所述，全球應強烈關注與天氣、氣候和水有關的動態和長期風險；
2. 對在全球、區域、國家和地方等各層面，公眾、企業和學術等部門及民間團體，應建立包容性夥伴關係，以說明實現永續發展的目標；

我們進一步注意到

1. 科學和技術的進步可大幅提高我們為民眾、企業和社會製作決策支援產品和服務的能力；
2. 透過加強公眾、企業和學術等部門之間的協調與合作，對天氣、氣候和水等資訊和服務的需求，在快速增長和變化，合作可有效地滿足這一需求。

我們承認

1. 需要加強整個天氣、氣候和水的服務價值鏈。從獲取和交換觀測資料，到資料加工和預報，再到服務提供，以滿足不斷增長的社會需求；

2. 民間企業部門的能力在不斷發展，尤其在加強價值鏈的所有環節，並不斷創新，使參與者越來越多；
3. 不同利益族群牽涉到不同的商業模式，需要有不同的法令框架；
4. 在提供基本服務方面，已開發國家和發展中國家之間存在長期的能力差距，這也有礙於抗禦自然災害；
5. 政府預算逐年減少的壓力，會妨礙一些國家氣象和水文部門，聯合國國家氣象及水文服務（National Meteorological and Hydriical Services, NMHS）維持必要基礎設施和服務的能力；
6. WMO 必須更緊密攜手開發機構和資助機構、企業部門和國際金融界來與設計和指導，以縮小能力差距及發展援助；
7. 需要採取創新方法和激勵措施，以公平和公正地獲取資料，包括獲取所有部門迅速增加的非傳統資料；

我們重申

1. WMO 的使命是在協調會員國制定和提供資料及服務，以保護生命、財產、環境和促進永續發展；
2. WMO 將努力制定和頒佈國際標準，以確保資訊和服務的品質、相容和適用性，以及確保使所有利益相關者遵守這些標準；
3. NMHS 使命的至關重要性，在監測和瞭解天氣、氣候和水方面，以及在提供氣象、水文和相關資訊、警報和服務，以滿足國家、區域和全球的需求；
4. 會員國承諾按照世界氣象大會決議 40 (Cg-12)、決議 25 (Cg-13) 和決議 60 (Cg-17)，確保免費和無限制地交換氣象、水文和氣候資料，並免費和無限制地利用 WMO 及其計畫所協調的全球氣象和水文基礎設施。
5. 會員國之政府有責任維護和維持必要的基礎設施，以及用於觀測、資料交換和資訊提供的國際系統和設施的運行。

我們歡迎

1. 公眾、企業和學術等部門之間更密切的合作，將為所有利益相關者和更廣泛的用戶群體帶來新機會；
2. 所有部門的參與，以滿足社會對關鍵天氣、氣候及水相關資訊和服務的需求；
3. 會員和國際組織夥伴為 WMO 及其計畫所衍生的全球氣象基礎設施做出貢獻；
4. WMO 是在促進、建立並擴大公眾、企業和學術等部門及各利益相關者之間的夥伴關係，從而顯著提高

所有國家的高品質天氣、水和氣候相關資訊和服務的可用性。

我們敦促公眾、企業和學術等部門的所有利益相關方遵守《聯合國全球契約》以及 WMO 制定的成功夥伴關係原則，以便：

1. 共同推動實施《WMO 公約》中所述的總體目標；
2. 尊重共同價值觀，為基於科學的創新和增長創造機會，利用專業知識為各方提供積極成果和解決方案，支持知識和技術轉讓及採用，投資地方研究，並開發人力資源；
3. 尋求可提高效率和更好服務社會的多部門參與的機會，從而促進全球基礎設施的可持續性；
4. 促進免費和無限制的國際資料共用，但要根據國情，並適當尊重智慧財產權；
5. 透過協調的方式使公眾、企業和學術等部門以及民間團體和投資夥伴參與，使所有國家共同進步，要特別關注彌合發展中國家、最不發達國家（LDC）和小島嶼發展中國家（SIDS）的現有差距；
6. 促進和維護公平和透明的安排，遵守品質和服務標準，推進在提供公益產品方面的共同目標，同時考慮具體利益相關者的需求，例如：
 - 確保在公共和私營部門實體之間，平等地對待具有使用限制的商業數據；
 - 承諾在提供數據和避免競爭行為方面，遵守相關的國家和國際立法和政策；
7. 透過參與互惠互利的關係和夥伴關係，以尋求完整性，造福社會；
8. 在決定如何組織和提供天氣、氣候和水等服務方面尊重會員主權，包括採用國家和區域政策，按照免費和無限制的原則提供資料和產品；
9. 確保透明度，告知有關實體和廣大公眾關於機構和業務安排的性質和範圍等資訊。

我們呼籲夥伴組織和發展機構與 WMO 密切合作，以便：

1. 利用所有部門的投資和專業知識，透過戰略性夥伴關係，提升能力及影響力；
2. 利用財務上可行的商業模式，確保充分利用發展資金，以縮小能力差距，為發展中國家、最不發達國家和小島嶼發展中國家的基礎設施現代化，和加強服務提供可持續的解決方案；
3. 透過更多地參與 NMHS 的專業知識，與其他公共機

構，企業和學術部門以及民間社會合作，優化國家適應規劃和災害風險管理，以建立各級的復原力；

4. 加強發展中國家，最不發達國家和小島嶼發展中國家的能力，透過 WMO 全球系統促進數據和產品的國際交流，並從會員國共同製作的全球公共產品中受益。

台灣的氣象產業如何發展

民間氣象產業的發展，政府與民間在氣象等相關面向的合作，已經是一種全球趨勢。民間氣象產業的發展，除了靠本身的力量之外，若有政府的支持將可大幅提高競爭力，而政府對於氣象產業的支持，可以從三個面向來看，第一是資料取得的難易度、第二是對氣象從業人員或公司的能力認可制度、第三是氣象產業發展環境的營造。

資料取得的難易度

氣象資料是氣象產業的命脈和根基，若業者取得資料的門檻太高，產業就很難發展。日本氣象廳透過 JMBSC 以合理的價格提供業者資料，來協助產業降低成本，將相應的資源投入於發展更好的技術，以提高競爭力。美國更是完全免費，資料全面開放取用。前面沒有提到的澳洲也是採用類似日本的方式，以合理的價格資料交換的方式，將資料提供給業者。由於全世界開放資料的潮流下，政府係擁有人民納稅的費用，因此所有的資料是免費，但需要即時的處理，需要維持穩定及網路費，能獲取氣象相關單位所有的即時觀測與預測所有的資料費用為 60~120 萬元新台幣。

相較之下台灣在資料這個面向就還有進步的空間，雖然氣象局有開放氣象資料供大眾免費使用或商業應用，而且開放資料在數量上於國內還算是名列前茅的優等生。但是在品質和種類上，可能還不足夠讓氣象業者以商業為目的進行應用。除了開放資料的時間落差與氣象局內部使用之資料時間仍有一定落差外，例如氣象雷達資料，是做為降雨預警的重要資料，然而氣象局僅開放 CAPPI 圖像資料，無法做更進一步的應用。另外數值天氣預報資料，氣象局開放的資料不僅限制了層場、也限制了預報天數和時間解析度，不符合商業需求。

若是因為考量網路或硬體的負荷及處理資料的人事成本，所以有所限制，甚至需要付資料處理或網路等基礎設施的費用，筆者認為這都是在可以接受的範圍之內。日本和澳洲也是採用相同的做法，然而氣象

局依據的規費收費標準太不合時宜。根據氣象局於 2004 年頒佈的規費收費標準，光是要取得即時的台灣全區氣象雷達資料，一年的費用就要 700 萬台幣以上，全部資料則需要將近一千萬，這不僅對國內氣象從業人員來說是天價，對國外氣象公司來說都是天文數字，同樣的資料在日本及澳洲的取得價格皆在台幣百萬元左右，美國甚至完全不收取任何費用。另外，我國於 2014 年推動開放資料政策後，超過二十年以上的氣象資料規費法已經不符合政府開放資料之潮流，建議國發會、交通部、氣象局或立法院應思考國際發展潮流，將規費法進行有效的刪除或修正。

氣象專業能力認可制度

全球各國氣象單位制度雖不同，但亞洲各國都有氣象從業人員或公司的能力認可制度，台灣確實也有，如本文第一、二篇章所描述，然而台灣當前對此許可制的消極態度，對氣象從業人員或取得許可證人員的諸多限制，不只沒有鼓勵，反而令原有意進入此產業的專業人員打退堂鼓。這可以從有意願申請預報證照人員成長緩慢可以看出，建議應將本制度透過氣象產業的意見表達進行必要的修正，才能夠讓新進氣象從業人員能看得到遠景。

氣象產業發展環境的營造

至於第三點，氣象產業發展環境的營造，除了前述於 2002 年公佈的《交通政策白皮書：氣象》之外，近 18 年來幾乎再也沒有出現過與氣象產業相關的官方政策。氣象局與民間氣象業者的關係仍然是競爭多過於合作，持續提供免費的公眾服務，而且越做越多，自行車、媽祖遶境、職業棒球等。

許多政府官員迄今仍認為，發展氣象產業並非氣象局之執掌，除非要申請氣象預報類之工商登記時，必須有預報證照制度，才需要由氣象局核發，如果不需要這類服務，氣象局無管理或輔導之責。但以實際上的氣象資訊傳遞來說，其實已經影響各行各業的資訊內容，又加上有氣象預報證照制度，這兩者如果不具有前瞻性思考，在台灣從事氣象的環境比不上鄰近國家，將成為未來氣象工作者的隱憂。

氣象產業發展環境的營造

2020 年 11 月，交通部中央氣象局首次舉辦氣象產業論壇，前交通部長林佳龍指出「美國氣象產業每

年有高達 2100 億元的產值，日本年產值達 200 億元，韓國也有 80 億元，但台灣產值年 2~3 億，進步空間還很大，根據專家給的意見，台灣氣象產業有潛力可以成長到 30 億元產值，高達 10 倍的成長，在這幾年應該可以快速的增長。」林佳龍也提到，交通部去年成立交通科技產業會報，也發表交通科技產業政策白皮書，包含 10 大交通相關產業，藉由政府跟產業合作關係提供更好服務，讓政府治理更好。因此他也宣布，將氣象產業納入交通科技會報正式項目，連帶要有工作小組，結合產學研、中央、地方來成為一個大聯盟、組織國家隊，同時也希望發表台灣氣候事業發展白皮書，成立各種工作小組，創造好的生態系。交通部也將盤點現在政府、民間正在進行的氣象相關業務，讓服務、創新能互補，而非競爭。

氣候緊急狀態下更需要氣象的創新發展

台灣於 2020 年 1 月 2 日由社團法人台灣防災產業協會提出台灣也進入氣候緊急狀態，受到媒體很大的回響、喚起國人的重視。台灣面對的不是氣候變遷 (Climate Change)，而是進入氣候緊急狀態 (Climate Emergency)，目前的防災減災作為恐怕已趕不上氣候變化的步伐，遂呼籲政府、產業、社會大眾、學研各界等，積極正視未來的極端天氣事件及其所衍生的各種災害。除了減碳的緩和政策之外，調適以因應未來

災害的發生更加重要，僅靠政府統籌已經不夠，為了強化應變體質，應加入產業能量創新發展。民間產業也必須積極思考如何面對氣候緊急狀態對其本身、供應鏈及市場的衝擊，投入資源建立中長期調適與及時應變的解決方案，這是危機卻也是機會。

氣候極端化，這是每位氣象人更必須保護國人的使命，氣象的專業絕對能發揮比預期更多的貢獻，氣象產業也可以發揮一定功能，也期許氣象學會能夠扮演一個平台溝通身分，共同促進台灣氣象事業的再創新。

參考文獻

1. 彭啟明，媒體「颱風亂象」何時了 (民國 91 年 9 月 8 日)。中國時報。
2. 陳泰然，預知「祢」的氣象密碼 風起雲湧誰先知，<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/qL11.htm>
3. 氣象予報士試驗結果一覽，http://www.jmbisc.or.jp/jp/examination/pdf/cwfe_result.pdf
4. 2014: WMO World Weather Open Science Conference (WWOSC): 2014_WWOSC_Report-Special_Joint_Panel_on_the_Future_of_the_Weather_Enterprise.pdf
5. 2016: 68th Session of WMO Executive Council: WMO_EC-68_2016_-_PPP_special_dialogue.pdf
6. 2018: WMO Special Session on Strengthening Partnership within the Global Weather Enterprise, AMS Annual Meeting, Austin, Texas: Report-AMS-2018_WMO_GWE_session.pdf
7. 2018: First Meeting of the Global Weather Enterprise Forum, Singapore: GWEF-1_report_ver04_20180507.pdf
8. 台灣防災專家共同聲明【台灣 2020 進入氣候緊急狀態】https://docs.google.com/document/d/1dO89uhypXQ36VRvNQtrNHJM5VD7tDtnWx7n9_DMdIMs/edit



土木水利 雙月刊

向您約稿

本刊出版有關土木水利工程之報導及論文，以知識性、報導性、及聯誼性為主要取向，為一綜合性刊物，內容分工程論著、技術報導、工程講座、特介、工程新知報導及其他各類報導性文章及專欄，歡迎賜稿，來稿請 email: service@ciche.org.tw 或寄 10055 台北市中正區仁愛路二段 1 號 4 樓，中國土木水利工程學會編輯出版委員會會刊編輯小組收，刊登後將贈送每位作者一本雜誌，不再另致稿酬；歡迎以英文撰寫之國內外工程報導之文章，相關注意事項如後：

工程新知及技術報導，行文宜簡潔。

技術研究為工程實務之研究心得，工程講座為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。工程報導為新知介紹及國內外工程之報導。

本刊並歡迎對已刊登文章之討論及來函。

工程論著及技術研究類文章，由本刊委請專家 1~2 人審查，來文請寄電子檔案，照片解析度需 300dpi 以上。

文章應力求精簡，並附圖表照片，所有圖表及照片務求清晰，且應附簡短說明，並均請註明製圖者及攝影者，請勿任意由網站下載圖片，以釐清版權問題。



民生公共物聯網 與 應用服務之發展

蘇亮宇／社團法人台灣防災產業協會 副秘書長

單信瑜／國立陽明交通大學土木工程系 副教授

黃少薇／社團法人台灣防災產業協會 秘書長

我國政府於 2017 年在「前瞻基礎建設—數位建設」計畫下提出「建構出民生公共物聯網」計畫，以解決民生問題為發展主軸，並強調產業鏈結、海外輸出與資訊安全等議題。民生公共物聯網的發展自始就與土木工程密切相關，聚焦於空、水、地、災，亦即空氣品質、水資源管理、地震、防災預警系統四大領域。民生公共物聯網推行至今，已對我國公共工程、產業商業模式、民眾生活樣態產生諸多根本性地變化，且仍持續不斷深化之中。然而，隨著執行期間拉長，相關問題也逐漸浮現，此些問題一方面將限制整體計畫之效益，以長遠而言，甚至可能影響整體國家與產業發展。政府應積極尋求公私協力，將更多的民間資源與創新想法導入，形成「民間為主、政府為輔」的民生公共物聯網永續經營模式。

前言

為善用與扶植台灣於資通訊產業（ICT）硬體製造上的能力，同時促進如大數據、人工智慧等軟體技術的能力建構與運用，並解決台灣本身面臨之各種民生領域的問題，我國政府於 2017 年在「前瞻基礎建設—數位建設」計畫下提出「建構出民生公共物聯網」計畫（以下簡稱民生公共物聯網）。民生公共物聯網以解決民生問題為發展主軸，並不同於許多過往政府計畫，更加強調產業鏈結、海外輸出與資訊安全等議題。民生公共物聯網推行至今，已對我國公共工程、產業商業模式、民眾生活樣態產生諸多根本性地變化，且仍持續不斷深化之中。

發展與目標

規劃項目與目標

民生公共物聯網隸屬於「前瞻基礎建設—數位建設」計畫，自 2017 年起開始執行，至 2020 年結束第

一期計畫，現為第二期（2021～2022 年）階段，並規劃 2023～2025 年為第三期計畫期程。民生公共物聯網規劃初期由時任政委吳政忠召集學者專家與各方代表，經一系列 35 場前置會議討論後，選定以「水資源」、「空氣品質」、「地震」、「防救災」等四大與民眾生活息息相關之領域為優先項目^[1]。透過物聯網設備的布建，蒐集環境資料，並應用人工智慧、數據分析等技術，建置各式智慧生活服務，協助政府與民眾解決種種業務或生活上的問題與需求。

民生公共物聯網在第一期計畫設計上，同時強調了硬體布建、開發，以及數據分析、資料開放等項目。在空氣品質方面，包含了空品感測器國產化研發、微型空品感測器的布建，以及數據模擬分析；水資源則逐步進行各端口之流量、水位監測，如水閘門、易淹水地區，蒐集完整的水流資訊；地震部分，透過氣象局擴建海纜觀測系統，強化地震與海嘯測報速度，並搭配國震中心，整合現地型與區域型地震資料；防救災方面，透過災害系統與物聯網資料的整合，以共

通的感測網標準進行傳遞，強化防救災量能。又奠基於四大領域所蒐集之資料，相關資料將開放產業於民間接洽，使包括半導體、光電、醫療、觀光、農業、文化等各產業皆能受益於民生公共物聯網，提升整體能量^[1]。第一期計畫整體規劃如圖 1 所示。

承襲第一期計畫之規劃與成果，民生公共物聯網第二期將持續朝：(1) 智聯網—跨世代環境治理計畫、(2) 環境物聯網產業開產、(3) 都會區強震預警精進計畫、(4) 智慧地震防災預警服務、(5) 數據政府災防決策應用、(6) 災害防救智慧應變服務、(7) 民生公共物聯網資料應用與推廣，等 7 項目標推動^[2]。同樣在水、空、地、災四大領域的框架下，延續第一期布建的環境感測物聯網成果，包含空氣品質、水質、地震等等，優化硬體設備開發、資料分析，發展空品預報、地震預警、防災決策分析等多元服務，進而促進資料經濟發展與國際輸出。

總而言之，民生公共物聯網即是借助我國 ICT 產業的優勢，發展較低價之感測設備，並將之廣布於環境之中，蒐集大量環境資料，搭配後端數據分析、GIS 圖台、人工智慧等技術，解決過往因設備昂貴而產生的環境資料空間解析度不足問題。在過去，由於許多監測設備所費不貲，設置數量極少，單一測站數值須代表數十至數百平方公里之監測，導致後端難以準確分析；相反地，在民生公共物聯網下，各機關廣布低價、簡易之環境感測器，產生大量、密集的即時資

料，藉此提升空間解析度，以數據協助機關或廠商提供民眾更精準、更快速的服務。同時藉由民生公共物聯網，扶植國內廠商自主研發相關環境感測設備，並通過這些大量的數據，加速我國產業轉型，推動知識服務，發展數位經濟。

組織架構與涉及機關

在組織架構上由科技部擔任計畫主責機關，行政院科技會報辦公室負責協調各行政機關，如水利署、環保署、氣象局、國震中心、消防署、NCDR、中研院等等，進行感測設備布建與開發，以及資料蒐集與應用；並由清大呂忠津教授籌組推動小組，協助計畫之規劃與執行，同時與「民生公共物聯網產業聯盟」、「LASS」等團體串聯，強化計畫與產業和公民團體的鏈結。

又因應計畫目標含括資料應用，故另責成國網中心建置整合各單位所蒐集之即時資料的展示平台，並遵循開放地理空間協會（Open Geospatial Consortium, OGC）訂定之 SensorThings API 標準，提供 API 使產業與民眾可直接介接各機關之物聯網即時觀測資料。計畫亦訂定感測器與資料傳輸之資安標準，供各機關於設備建置與資料應用上之參考。除此之外，也搭配工業局之補助計畫，輔導廠商運用民生公共物聯網之資料進行應用，並將相關商業應用推展至國外，進行海外拓銷。2017~2020 年計畫架構如圖 2 所示。

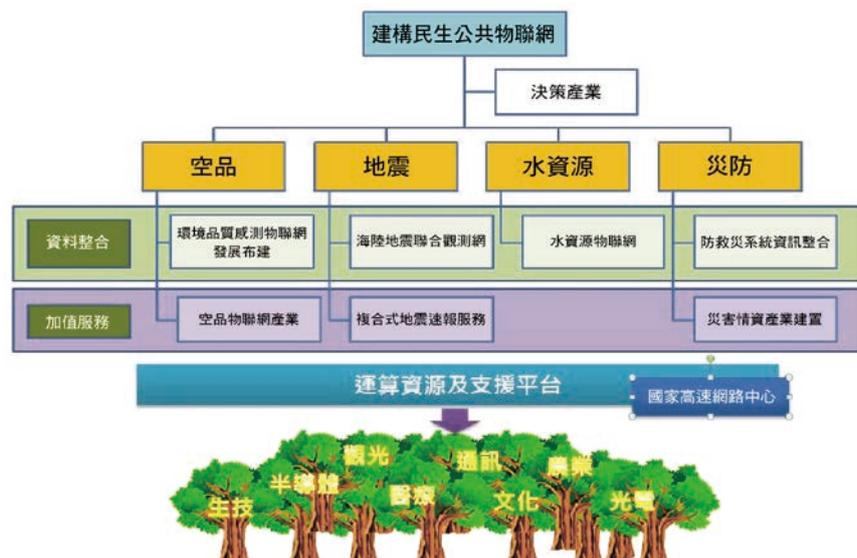


圖 1 民生公共物聯網第一期規劃 (資料來源：科技部^[1])

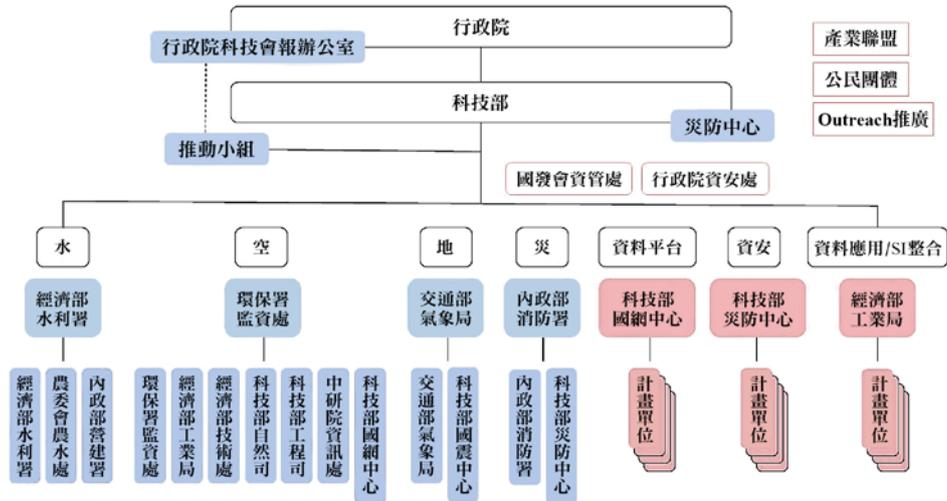


圖 2 2017-2020 民生公共物聯網計畫架構 (資料來源：陳永裕^[3])

新期程計畫 (2021 ~ 2015) 之基礎架構與第一期相同，較大不同處為水資源領域交回水利署統籌規劃，但計畫與水利署仍保持合作關係，水資源之資料持續於計畫平台上展現與供民間介接。另一不同處為原推動小組之角色由科技部科政中心取代，負責計畫之行政與相關事務，並另成立民生公共物聯網顧問團，由各方學者專家擔任顧問，針對四大領域、數據應用、產業開展等議題提供協助。整體架構如圖 3 所示。

民生公共物聯網應用服務

民生公共物聯網一方面由機關廣布物聯網感測器，蒐集大量即時環境監測資料；另一方面也將這些即時資料，以 API 的方式，提供機關、廠商、民眾介接，發

展各式智慧應用。表 1 顯示民生公共物聯網提供介接之單位與項目，其中橫跨數十個單位，項目包含了空品、地震儀、地磁、水位、雨量、淹水感測器、堤防結構、水閘門、氣象站等等，且無論是單位、項目或是數量都仍持續增加之中。通過大量不同領域資料的介接，配合 GIS、數據分析、人工智慧，幫助機關進行跨領域的治理、廠商發展創新 B2B 的商業模式等等，以達到民生公共物聯網數位經濟、數位治理之目標。

水利署智慧河川

在民生公共物聯網之下，水利署於 2018 年推行「智慧河川管理計畫」，針對台灣重要河川流域，如大甲溪、北港溪、朴子溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、

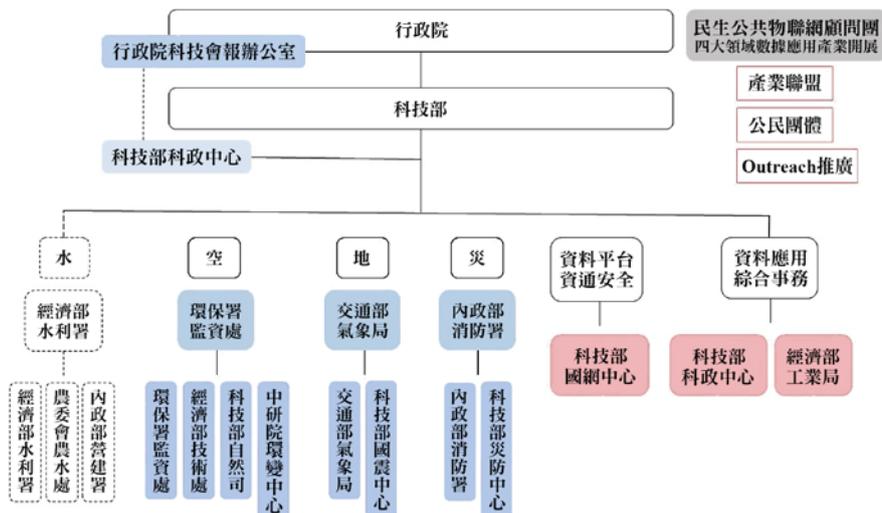


圖 3 2021-2015 民生公共物聯網計畫架構 (資料來源：陳永裕^[3])

表 1 民生公共物聯網資料服務平臺收錄項目

領域	單位	項目	數量
空氣品質	環保署	國家空品測站	77 站
		智慧城鄉空品微型感測器	10,197 站
		空品監測即時影像站	64 站
	中研院	校園空品微型感測器	3,233 站
	科技部	智慧園區空品測站	20 站
	大同股份有限公司	大同空品微型感測器	500 站
	暨南大學	在地空品微型感測器	200 站
台固	台固空品微型感測器	500 站	
地震	中央氣象局	地震儀	149 站
		地磁觀測站	10 站
		地震地下水觀測站	6 站
		全球導航衛星系統觀測站	22 站
	國震中心	地震儀	95 站
防救災	災防中心	災害示警	47 項
	消防署	災情通報	41 項
水資源	水利署	河川水位站	288 站
		雨量感測站	9 站
		非連續性淹水感測器	78 站
		淹水感測器	267 站
		堤防結構安全測站	31 站
		閘門	37 站
		水利防災用影像	284 站
	水利署 (與縣市政府合建)	雨量感測站	90 站
		非連續性淹水感測器	4 站
		流量感測器	233 站
		區域排水水位站	270 站
		淹水感測器	977 站
		移動抽水機	120 站
		抽水站	393 站
	農田水利署	閘門	152 站
		雨量感測器	1 站
		流量感測器	47 站
		埤塘水位站	110 站
		農田灌溉圳路水位站	63 站
	營建署	閘門	27 站
化學需氧量感測器		54 站	
汙水放水量感測器		54 站	
懸浮固體感測器		54 站	
雨水下水道水位計		210 站	
台北市	抽水站	77 站	
氣象	中央氣象局	局屬氣象站	74 站
		自動氣象站	431 站
		雨量站	1091 站
		中央氣象局雷達整合回波圖	全台

資料來源：民生公共物聯網資料服務平台^[4]

高屏溪、花蓮溪和秀姑巒溪等等，強化河川局既有之防災應變系統，盤點各河川流域所面臨環境管理課題，進行現地技術研發，運用物聯網技術提供解決方案，保護沿岸重要城市防洪安全。

各河川局一方面進行基本流域水文觀測盤點，包含流域內之雨量站、流速站、水位站、路面淹水感知器、閘門、移動式抽水機、滯洪池等設備與建造物；另一方面，亦依據歷年淹水紀錄、淹水潛勢圖資等產生之防汛熱點，新增水文觀測點^[1]，並以 10 分鐘之回傳頻率，將資料上傳至「水資源物聯網感測基礎雲端作業平臺」

(Internet of Water, IoW)。在新增設備中，路面淹水感知器可說是一大特色，其布建數量近年來呈倍數快速成長，雲林、嘉義、台南、高雄、屏東等防汛熱點，均各別新增百餘支或近百支路面水感知器。此些路面淹水感知器多安裝於電線桿上，平時無積淹時，1 小時回傳 1 筆資料，積淹超過警戒值則自動改為每 10 分鐘回傳，而淹水警戒值由縣市政府或河川局訂定，多數為 5 公分或 10 公分。透過路面淹水感知器，使河川局與各縣市政府得更快了解都市地區之即時積淹情形，提升水位資訊之空間解析度，可有效減緩短延時強降雨所造成之損害。



圖 4 路面淹水感知器實際布建
(資料來源：盛邦科技^[5])

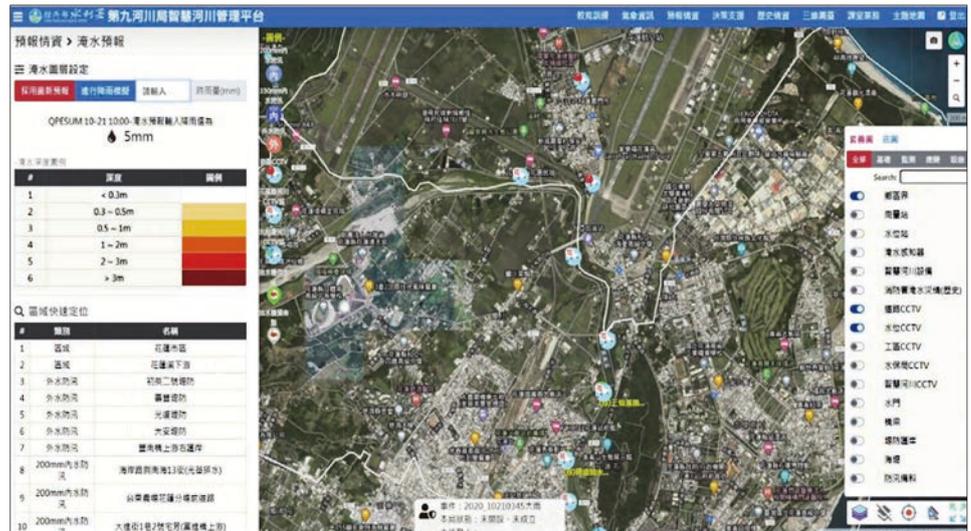


圖 5 智慧河川平台防汛預警 (資料來源：第九河川局、興創知能^[6])

除前端硬體設備布建外，各河川局亦建置智慧河川管理平台，其可顯示所有自建的感測設備總單，檢視各站之即時與歷史資料。同時透過 IoW 與民生公共物聯網資料集，介接外單位之資料，如其他河川局、水資源局、縣市政府之水文觀測站，或是氣象局之氣象資料，搭配高解析度 DEM、SOBEK 淹水模擬、機器學習等等，進行二維水災預報模式的建置。再透過預報之結果，評估水災範圍極可能災損，並將相關結果提供決策管理者參考。結合防汛作業與應變作為，針對溢堤淹水、堤防潰堤、內水積淹等致災事件，以自動化、流程化的方式，提供第一線防汛人員應變作業建議與指引。

複合式地震速報與應用

為有效避免地震災害，我國長期投入地震儀與地震預報之布建和研發。其大致可分為兩類，一類為中央氣象局之區域型地震儀，當地震發生時，藉由震央周圍測站群記錄資料，統合推估該地震事件之相關影響，大範圍、高密度的觀測群可以提升系統的預估準確性，然也相對耗時；另一類為國震中心之現地型地震儀，其是運用現地的地震儀直接進行相關地震警報的預測演算，計算時間可以大幅縮減，能提供快速的地震預警，但相對的其準確度較區域型地震警報系統遜色^[7]。

在民生公共物聯網的支持下，氣象局與國震中心

持續於全台廣布地震儀，並由國震中心整合區域型與現地型地震儀，發展複合式地震速報服務。於地震發生後，一方面由中央氣象局依區域型地震儀之資料，透過「災防告警細胞廣波訊息系統」(PWS)，對全台所有人發布警訊。另一方面，國震中心之複合式地震速報則可針對特定對象提供個人化服務，靠近震央的地方依現地型地震儀，其餘地方靠區域型地震儀，加快告警速度。平均而言，過往發布地震警報需 17 秒，盲區約 70 公里，在執行民生公共物聯網後，警報發布僅需 10 秒即可，盲區亦減少至 45 公里。又使用複合式地震速報之特定個體，近震央區域發布警報更僅需 6 秒，盲區減少至 25 公里^[8]。

在複合式地震速報之應用上，國震中心積極尋找不同合作單位，進行場域試驗。如在桃園市社會住宅中，提供 222 戶住宅與 10 間辦公室獨立地震速報聲光警示，以及抗震餐桌椅。當地震來臨時，由有介接地震速報訊號之家具發出聲光警訊，警示住戶就近或於抗震餐桌下躲避。此外也與幼兒園與台南市政府合作，於校園與辦公室內安裝地震速報聲光警示或防震 OA。除聲光警示與抗震家具外，複合式地震速報亦與瓦斯遮斷結合，當感測到地震後，自動將天然瓦斯遮斷，避免可能引發之火災危險^[9]。另一方面，提供即時警示的管道也相當多元，除常見的多媒體電子看板，也包含了臥室夜燈、個人智慧手表，甚至是卡拉 OK 機等等，針對不同群體的特性，發展各式介接途徑。

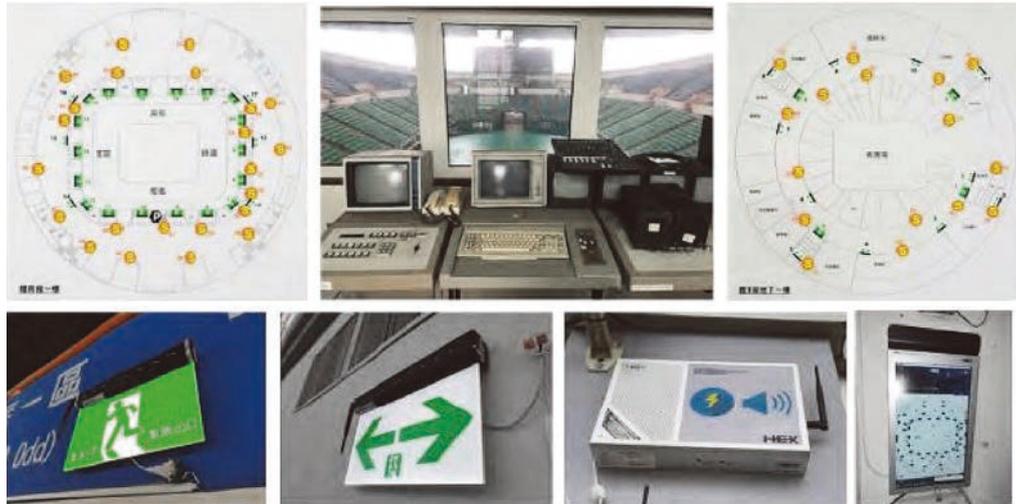


圖 6 應用複合式地震速報於體育館緊急疏散
(資料來源：國家地震工程研究中心^[9])



圖 7 應用複合式地震速報與聲光警示之連結應用 (紅框處)
(資料來源：瑞德感知^[10])



圖 8 微型空品感測器—智慧城鄉感測點
(資料來源：廣域科技^[11])

工廠偷排偵測與空品預報

過往空氣品質的監測皆僅由環保署之 77 座國家監測站進行，此些測站的設備擁有高精度之特性，可以提供非常準確的量測資料，但同時也因體積大、成本高的因素，而無法大規模布建。在民生公共物聯網的支持下，環保署推動「多層式空氣品質物聯網」，除國家監測站之外，亦廣泛布建與整合其他單位之微型空品感測器，包含智慧城鄉感測點、中研院之校園微型感測器，以及民間自行布建之微型感測器。利用微型空品感測器成本較低的優勢，與國家測站互補，取得高密度空間之環境監測數據，搭配後端數據迴歸分析，更加精準與細緻地了解各地環境監測數據變化^[12]。

廣義來說，智慧城鄉感測點、校園微型感測器、民間微型感測器等三類皆可被稱為「空氣盒子」，三者皆是以小體積、低成本、大範圍布建為發展目標，然各自設備之精度則有所不同。其中以智慧城鄉感測點所布建之儀器的精度最高，且布建前須與國家標準測站進行比對，每年亦有抽查 10% 測站的制度。又智慧城鄉感測點主要係以污染熱區鑑定為目標，故環保署多將此類微型感測器布建於工業區周圍，提升工業區內之數據空間解析度達 100 ~ 300 公尺^[12]。結合智慧城鄉感測點儀器的精密度與可靠度，以及後端的數據分析與模擬，環保署在計畫執行以來，已開出 7,000 萬餘元之罰緩，並追收短繳空汙費約 4 億元。

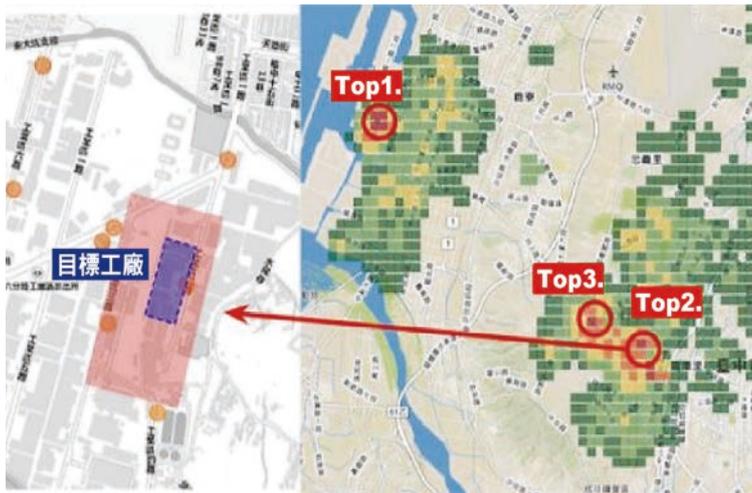


圖 9 空汙熱點視覺化分析 (資料來源：環境保護署^[13])

另一方面，校園微型感測器與民間微型感測器之精度雖不比國家測站與智慧城市感測點，其所測之數值仍可用於分析空品相對變化趨勢及原因。環保署與中研院近年來均積極發展空氣品質預報，透過大量的空品數據，搭配氣象資料、地理資訊，預測未來空品狀況，迄今環保署已可提供未來三日空品預報。能實現空品預報，僅靠國家測站與智慧城市感測點是不夠的。在預測未來空品變化的模擬中，校園微型感測器與民間微型感測器亦是重要的資料來源，透過數學方法的處理，即可彌補精度上的不足，讓模擬有更多資料可以參考，以提升模擬準確度。

潛在問題

民生公共物聯網發展至今，對我國機關執行業務、產業發展方向、民生生活方式產生許多翻轉。因為布於環境中的大量感測器，人們可以了解更多過去不了解的資訊，並做出更精準的決策，進而避免或減緩災害的發生。然而，隨著民生公共物聯網執行期間拉長，相關問題也逐漸浮現，此些問題一方面將限制整體計畫之效益；另一方面，以長遠而言，此些問題甚至可能影響整體國家與產業發展。

資料品質參差不齊

民生公共物聯網雖提供了大量的環境即時監測資料，然資料品質卻是一大問題。民生公共物聯網所布建的感測器多具有一特性，其價格低廉，因此主管機關可以大範圍地布建，但也因為價格低廉，其不若高

端設備可以提供穩定品質的資料，資料精度不足、資料數值無故跳動、回傳頻率、回傳時間序列混亂等皆是現況常見的問題。對於資料應用服務而言，資料並非數量足夠即可，資料的品質亦是相當重要的一環。若未將資料的極端值或缺漏剔除，後續的分析可能因此產生嚴重的偏差，減損資料應用成效。

以淹水資料為例，路面淹水感測器近年來獲得大量的布建，但時常發生沒有降雨紀錄，感測器卻有淹水紀錄的情況。此種狀況乃係數值明顯錯誤，故分析時人員可自行過濾篩選；然而，假若今日數值有誤但不明顯，

後端便有可能無法發現，造成錯誤應用。另一方面，各個感測器的回傳頻率並不統一，如空品感測器中有 3 分鐘回傳，亦有 1 小時才回傳；即便如水利署統一規定每 10 分鐘回傳，各筆資料的時間序列也不是都準點為每小時的 00、10、20 分 …，而出現 05、15、25 …、07、17、27 … 或是其他時間。

民生公共物聯網鼓勵跨領域、巨量的資料結合，然參差不齊的資料，加上應用端不一定對所有領域資料均有深入的了解，錯誤應用之可能性便隨之增加。又不同的回傳頻率與時間序列將造成資料難以於同一基準上進行比較，而可能造成預測與決策上的錯誤。如欲做長期的歷史資料分析，更會因大量但品質不齊的資料而無法分析。是故，隨著民生公共物聯網資料數量已有一定規模，資料品質將是未來需要著重的地方，以更高的資料品質，協助產製更好的資料應用服務。

感測器缺乏分級標準

民生公共物聯網之優勢乃是透過廣布感測器，以大量的數據彌補部分感測器不夠精準或是故障的缺點。如 10 支微型空品感測器中，其中 4 支精度偏低，則後端資料分析時，則以其他 6 支高精感測器所測得之數值，修正該 4 支低精感測器。然而，我國目前並未對感測器制定任何標準，高、低精度感測器之間的關係無法被確定，而將導致後端應用上雖然知道可以用高精校正低精感測器，卻難以針對不同的感測器特性進行精準的模型調整。

以空氣品質而言，目前空氣品質監測感測器包

含：國家監測站、智慧城鄉微型感測器、校園微型感測器等三類，然此三類感測器之間各自的準確度如何卻無數據標準。在缺乏標準之下，廠商如欲進行空氣品質資料應用，其便面臨如何調和該三類空品感測器所檢測出數值的問題。如空品預報需要大量的空品資料才能獲得更準確的預報結果，我國目前雖有萬逾點之空品感測器，然這當中包含了三類感測器，因此預報端需針對不同感測器進行不同的調整，而在缺乏明確標準之下，便難以進行合適的調整，導致無法應用全部空品測站的資料，廣布感測器的美意也因此大打折扣。

低精度的感測器資料並非不能使用，惟應用上需經更細緻的處理，若感測器能針對精度有所分級，後端應用便可以較清楚了解各類感測器間的相關係數，從而透過分析模型上的校正，產製更精確的應用服務。另一方面，對感測器實施分級除讓後端應用能有所依循外，前端規劃時，業主也能根據自身需求，布建合適之感測器。是故對於整體產業生態系與應用而言，感測器標準分級將有助上下游業者更精準地合作，產製更符合雙方與民眾需求之服務。

驗證場域難尋

在推廣物聯網相關解決方案的過程中，首重場域試驗的進行，經過實際的試煉，才能夠實際瞭解解決方案的功效與限制。於參與民生公共物聯網上，我國廠商進行場域驗證需求迫切，但以現況而言，許多規模較小的團隊受限於人力、財力、管道的不足，並沒有足夠的資源進行場域試驗。我國廠商擁有豐富的想像與頂尖的技術，有能力運用民生公共物聯網之資料產製多元的應用服務，惟苦無相對之試煉場域，而需要政府開放更多場域，提供該些中小團隊進行測試。

於場域驗證上，現今遭遇到最大之困境為相關場域申請流程複雜。許多場域同時擁有多個主管機關，造成對口甚多，廠商團隊不清楚該向何一單位申請，又各單位對於開放場域態度不一，造成申請上之困難。以感測器時常附掛的路燈或電線桿為例，有些設備屬於台電公司、有些屬於中華電信、有些又屬於地方政府，因此廠商如欲進行驗證，便時常遭遇申請對象錯誤的問題。又如我國河川，水保局、水利署、林務局等單位均係經管單位，廠商若想進行場域試煉，

便需先行瞭解各單位之權責劃分，導致申請上的嚴重不便。

另一方面，廠商與政府間溝通管道的通暢程度亦是取得驗證場域與否的關鍵因素之一。部分廠商能夠有直接與地方首長或是高階官員溝通之管道，但也有廠商幾無管道，而在參與提案上難有表現之機會。對於向上溝通順暢的廠商，其任何解決方案要進行場域驗證皆是相當容易的事情，但對平常政府關係網絡較薄弱的公司，縱使擁有再佳的解決方案，其都無法擠進驗證的窄門，而難以有效推廣自身的資料應用服務。

缺乏多元商業模式

不同於過往許多的政府計畫，民生公共物聯網更強化與產業的鏈結，期待藉由開放產業介接各機關的即時監測資料，發展 B2G、B2B 或是 B2C 的多元商業服務。然而，以現況而言，廠商介接民生公共物聯網所產製的應用服務仍都係以政府機關為大宗客戶，鮮少應用民生公共物聯網資料直接提供服務給民眾。民眾缺乏購買意願乃是此一現象的主因，縱使民生公共物聯網選擇與民生相關的水、空、地、災為主題，但多數民眾皆認為相關資訊或服務應由政府免費提供，或認為使用率不高而減少購買意願。

以較貼近民眾生活空氣品質與水資源資料為例，對許多民眾而言，公布相關資訊為政府之職責，人民納稅便應獲得政府免費提供服務，而不願意另行付費向民間廠商購買相關服務。又如國震中心的複合式地震速報，相關警示或連動服務已實際安裝於國內場域，然就近兩年之經驗，僅有花蓮縣與台東縣有較多次因地震而啟動相關警示或連動，過往曾因地震而發生嚴重傷亡之台南市幾無啟動相關警報或連動之案例，台北市啟動之次數更在少數，導致民眾感受不到購買相關服務的急迫性。

在缺乏多元商業模式之下，廠商介接民生公共物聯網資料可說皆僅是以政府計畫為目標，此一模式不僅無法達成原計畫目標，限縮民生公共物聯網之效益，更可能造成長遠的影響。對廠商而言，雖民生公共物聯網現提供免費介接，但廠商若加值相關資料，發展商業產品、服務，進行營利行為，其也願意就資料使用支付費用，而相關費用即可回饋至計畫本身，有助設備維運。然若缺乏願意購買應用服務的客戶，廠商願意發展的服

務項目與支付的費用便有所限制，進而對民生公共物聯網布建設備的長期維運產生負面影響。

缺乏資源長期維運

延續上段長期維護問題，民生公共物聯網計畫之經費來源屬特別預算，現階段各機關布建與維護大量感測設備的經費來源均來自此一特別預算。然特別預算並非穩定的經費來源，未來當計畫結束，此些感測器維護的經費便須由各機關自行籌措。民生公共物聯網所布建的感測器雖較低價，但相對精度與耐用性亦較低，不僅汰換頻率增高，大量布建後的維運成本亦十分沉重，倘若加上通訊與電力費用，對機關實為沉重的負擔。當計畫結束後，維運責任回歸到機關自身，如欲維持現今之布建規模，機關需要花費大量的經費定期維運與更換，勢必引發經費排擠的問題，機關若不縮小現有布建規模，則需縮減其他業務之預算。

民生公共物聯網計畫應係一個示範計畫，透過相關的驗證場域，讓業者了解透過物聯網科技取得的環境資料能有什麼樣的應用方式，又還有什麼潛在商機的存在；同時，讓民眾知悉相關環境監測數據、連動設備對於其健康、安全、生活能產生什麼樣的助益。然而，倘若政府經費持續投入於其中，無論是廠商或是民眾均會養成過度依賴政府之習慣，而過度依賴政府容易造成廠商的產品與服務遭政府規格所侷限，缺乏多元樣態。

面對龐大的維運費用，政府經費又不穩的窘況，另一籌措財源的途徑即為向使用資料的廠商收取費用，將費用回饋至感測設備的維運與汰換。但如同上述，受限於商業模式的單一，縱使廠商支付資料使用費用，最後仍需由機關支付多數維運經費。民生公共物聯網欠缺了永續經營的商業模式，當其在短時間內將感測設備的數量大幅提升，但僅依靠臨時的特別預算，又無法吸引更多元的民間資源投入，則民生公共物聯網終將面臨無以為繼之結局。

結論

2017年起開始執行之「建構出民生公共物聯網計畫」迄今已進入第二階段，於過去2年多中，各機關廣泛布建大量感測設備，接收大量的資料，並獲得產

業介接，產生多項應用服務，而相關成果亦幫助機關更有效地執行業務。然而，民生公共物聯網仍須面對資料品質、感測器分級、驗證場域、商業模式、長期維運等問題。政府應積極透過如採購標的調整、辦理商業競賽、法規調整等方式，尋求公私協力，將更多的民間資源與創新想法導入，形成「民間為主、政府為輔」的民生公共物聯網永續經營模式。

由民生公共物聯網發展的歷程也可以觀察到，雖然科技的運用逐漸滲透入土木水利工程、防災與環境管理的領域，但是實際上土木水利工程界的專家在初期就與ICT產業共同研發或建置物聯網服務的案例比例偏低，即使在監測數據產出後，對於數據的應用或加值的參與度也同樣偏低。希望透過本文的介紹，讓更多土木水利工程專業人員更瞭解民生公共物聯網的現況與發展，吸引更多人投入相關系統或服務的研發、建置與運用，讓土木水利工程領域可已因善用物聯網的技術開拓更大的技術服務市場。

參考文獻

1. 科技部 (2018)，建構民生公共物聯網計畫，台北：科技部。
2. 科技部、環保署、交通部、經濟部、內政部、中研院 (2020)。民生公共物聯網數據應用及產業開展計畫 (核定本)。台北：科技部。
3. 陳永裕 (2021)，Civil IoT Taiwan，氣象產業課程，台北：天氣風險管理開發股份有限公司。
4. 民生公共物聯網資料服務平台 (2021)，民生公共物聯網資料集。2021年5月15日，取自：<https://ci.taiwan.gov.tw/dsp/environmental.aspx>。
5. 盛邦科技 (2021)，易淹水監測系統，2021年5月14日，取自：<https://www.procal-tech.com/procal/Default.aspx>。
6. 第九河川局、興創知能 (2020)，第九河川局智慧河川系統建置及維護計畫，花蓮縣：第九河川局。
7. 林沛鳴、黃謝恭、江宏偉、許丁友、盧恭君 (2012)，現地型強震即時警報系統研發，國家實驗研究院地震工程研究中心研究計畫，未出版。
8. 民生公共物聯網 (2021)，地震，2021年5月23日，取自：<https://ci.taiwan.gov.tw/earthquake>。
9. 國家地震工程研究中心 (2019)，108年度國家地震工程研究中心研究成果報告，台北：國家地震工程研究中心。
10. 瑞德感知 (2021)，動態導引系統，2021年5月23日，取自：<https://www.facebook.com/hexsave/>。
11. 廣域科技 (2021)，相片庫，2021年5月26日，取自：<https://ensensetech.business.site/>。
12. 環保署 (2021)，認識空汙感測物聯網。2021年5月25日，取自：https://airtw.epa.gov.tw/CHT/Encyclopedia/AirSensor/AirSensor_2.aspx。
13. 環保署 (2019)，空汙感測物聯網應用於環保稽查推動成果。2021年5月26日，取自於：<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/4d1b964c-9294-4505-8814-6d14d57ae05d>。



災害監測 新思維 — AIoT 解決方案

方耀民／逢甲大學地理資訊系統研究中心 處長、準線智慧科技股份有限公司 總經理

蔡明璋／逢甲大學地理資訊系統研究中心 資深副處長

簡甫任／逢甲大學地理資訊系統研究中心 副處長

災害監測在過去都需要投入大量的建置與人力成本，是為了解決災害期間的電力與通訊中斷和異質資訊整合的問題。隨著物聯網（Internet of Things, IoT）技術漸趨成熟，系統與資料必須透過標準和共同協定，整合在同一個平台進行無縫介接，完備資料同步化與存取功能，才能協同運作與同步處理災害問題，也正是台灣複合式災害的特性。利用 Web 或 Apps，即可隨時隨地掌握監測資訊，除了本身資料之外，更介接了相關公開資料與其他允許公開資料，可更便利地整合所有數據，應用在所需之監測領域上，使資源配置更加完善。以人工智慧（Artificial Intelligence, AI）機器學習的方式進行影像辨識分析，並建立影像判釋演算法之運算流程，可提升災害監測的成效。所謂「工欲善其事，必先利其器」，感測器再結合 AIoT 技術，串聯出最佳監測網絡應用，將防災成果達到最高效益，守護珍貴的環境與生命資產。

緣起

全球氣候變遷及極端氣候影響，加上台灣自然環境脆弱，所造成之環境災害日趨頻繁，風災、豪雨、山崩、土石流和淹水等，造成的生命財產安全損失居高不下，近年更有災難級的豪雨警報，增加防災預警的困難性，也讓防範淹水成了都市防災的首要課題。防災監測在過去都需要投入大量的建置與人力成本，是為了解決災害期間的電力與通訊中斷和異質資訊整合的問題。自 2010 年開始，物聯網（Internet of Things 以下簡稱 IoT）各環節技術漸趨成熟，在物聯網時代，設施多樣、廠商不一、採用資料傳輸協定多元多樣並存、開放架構存在專屬協定等因素影響，系統與資料必須整合在同一個雲端平台進行無縫介接，完備資料同步化與存取功能，才能協同運作與同步處理，正是台灣複合式災害的特性。

新的藍牙通訊技術最大的優點是設備體積小、短距離、低功耗，一般智慧型手機都有此功能，目前所稱得 Beacon 設備即是使用藍牙 4.0（BLE, Bluetooth

Low Energy）或稱為低功耗藍牙。藍牙傳輸不受視距的影響，但對於複雜的空間環境，藍牙系統的穩定性稍差。而 iBeacons 是基於藍牙 4.0 中 BLE 這個特性發展而來的，是由蘋果公司主導且大力推廣的應用，只要產品經過蘋果公司發布的標準進行資料傳遞且經過認證後即可稱之為 iBeacons 產品，未來能讓使用者得知目前位置以及了解周遭資訊，當裝置接收到使用者靠近的訊號時，當下可立即推播相關資料，提升防災監測訊息發布的工作。

而低功耗感應器可做為環境監測的前端佈設使用，可依據監測的特殊性需求籌組開發相關感測器類別設備及功能，並可依照監測對象的特性調整資料截取類別及發送頻率。因此可以透過廣佈低功耗感測器方式取得初步結構是否有明顯變異的資訊，在不耗費龐大經費的情況下可先確認其變化情形及是否需要精密儀器進行量測，對於後續投入測量及修復的能量有所依據，對於許多礙於經費而缺乏監測的工作，可藉

由此方式做為初步的資料蒐集，在有限的經費下取得廣布監測的效益。透過 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) 的通訊協定，再搭配影像串流開發出多領域通用之雲端平台，以利應用於各項產業，未來將透過此一雲端平台能透過 AI 機器學習和深度學習找出預測或可再利用價值。本文介紹不同應用 AIoT 技術在不同的場域驗證。

工區安全示警智慧化

本文特別針對施工人員安全及健康等方面，協助規劃設計及建置阿姆坪隧道工程 IoT 物聯網監控系統，整體監控系統架構 (圖 1) 從車輛進出工區之門禁管制，進入隧道前出勤人員進行簽到及酒測血壓量測，進入隧道後人員定位追蹤，且提供隧道內全區 Wi-Fi 環境，將觀測數據回傳並整合於石門水庫阿姆坪防淤隧道監控系統平台^[1]。

以下就協助建置之車牌影像辨識門禁管制、施工前人員簽到及生理監測、人員定位追蹤及全區 Wi-Fi 環境等安全監控系統分別進行介紹。

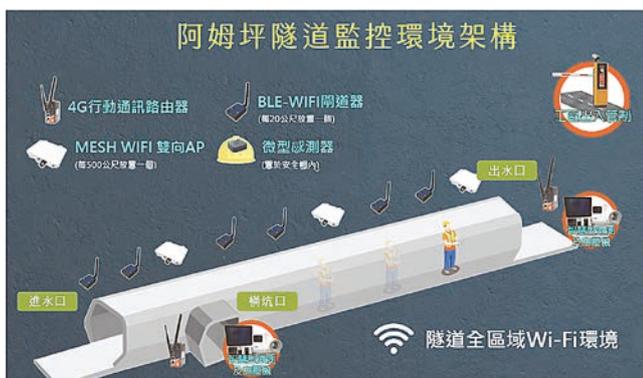


圖 1 阿姆坪隧道 IoT 物聯網監控環境架構

車牌影像辨識門禁管制

工區車輛出入以攝影機進行車牌影像辨識，可事先設定車牌白名單，進行出入工區車輛之身份識別，透過系統自動化管理有利於後端人員查詢及統計車次及材料進出場數量，能更快速且方便地管理及填寫施工日誌，如圖 2 和圖 3 所示。

施工前人員簽到及生理監測

為維護工程施工安全，隧道進水口及出水口處皆設置酒測打卡簽到機 (圖 4) 及血壓量測機 (圖 5)，於施工人員出勤前，透過臉部或指紋識別打卡簽到之



圖 2 車輛進出門禁管制

圖 3 車牌辨識系統設定

同時需進行酒精濃度及血壓脈搏量測，若酒精濃度不符合標準則不得進入工區執行任務，並自動將量測數據回傳至後端平台，每月協助產製報表提供職安主管預警，同時針對異常之人員進行關懷與健康追蹤，以確實掌握施工人員身體狀態，降低發生意外事故風險。

人員定位追蹤及全區 Wi-Fi 環境

為建立隧道內無死角人員位置追蹤，首先需將隧道內全區建立 Wi-Fi 環境，每 500 公尺架設 1 組「Mesh Wi-Fi 雙向 AP」，每 20 公尺處安裝 1 組「BLE Wi-Fi 開道器」(圖 6)，每個人進入隧道前需配戴「微型定位感測器」，微型定位感測器每 2 秒會傳送一次訊號給 BLE Wi-Fi 開道器，透過 Mesh Wi-Fi 雙向 AP 回傳至後端系統，再由系統定位演算出人員位置，並即時將人員位置顯示於隧道監控系統平台。而微型定位感測器裝置則安裝於個人安全帽內，後端人員可事先於電腦批次登入個人基本資料，並同時連動指紋打卡簽到機，參訪來賓可直接掃描微型定位感測器之 QR Code (圖 7)，迅速且方便地建立個人基本資料。此外，即使人員在隧道內行動裝置無 3G/4G 訊號，緊急狀況時仍可透過 Wi-Fi 訊號對外通訊聯繫，主管亦可透過隧道監控系統 (圖 8) 即時查看隧道內人員健康及位置等狀況。



圖 4 酒測結合打卡簽到機



圖 5 血壓量測機



圖 6 BLE Wi-Fi 開道器安裝



圖 7 透過 QR Code 建立基本資料



(a) 電腦版 (b) 手機版
圖 8 電腦版和手機版監控系統

智慧水情資訊系統

受到全球氣候變遷影響，極端降雨事件越發頻繁，為了因應嚴峻水情之挑戰，地方政府皆積極進行各項治理工程，然而工程手段有其限制，許多都會區發展多已定型，實務上難以將所有下水道防洪標準提升至 25 年甚至 50 年以上重現期，因此，除了持續規劃進行分洪、滯洪管理之水利治理工程外，如何透過掌握水情訊息、進行水情預報作業，盡早提供民眾正確的防災應變訊息，在災前即有系統地逐步引導民眾自主避災、減災實為當務之急。

因應豪大雨、颱風來臨時必須有效掌握各地的水情與土石流等災情之課題，各縣市開始建置符合地方政府層級災害應變決策的防災應變中心以及水情防災應變系統，從災害發生前之預防、災害發生時之應變及災害發生後之復原的災害循環的生命週期角度進行水情防災應變系統的開發與整合。水情防災應變系統主要包含防災整備子系統、災害應變子系統與主管資訊展示平台三大階段之資訊，整合現有各防災單位之相關資源，包含中央氣象局、國家災害防救科技中心、水利署、消防局、水土保持局、公路總局等單位，以服務導向架構 (Service-Oriented Architecture, SOA) 相關技術進行資料共享與介接，讓災害應變時的相關資訊能夠即時傳遞與共享，提供災情彙整研判、救災派遣、資源調度等作業，而針對決策支援方面，透過警戒儀表板展示與兵棋圖台方式，可提供早期預警與主管決策資訊，作為各項防救災整備作業與防災應變決策的資訊管理整合平台。

水情資訊系統除了整合各防災單位災情資訊雲端服務外，同時與地方政府共同建置區排河川水位偵測站、

雨量站、路面淹水監測站、下水道水位與流量監測站等水情監測服務，透過廣布監測設備的方式有效掌握地方即時水情資訊，而為了讓防汛人員以最有效率的方式執行應變輪值作業，對各式監測站設定警示門檻值，當達警示門檻值時透過資通科技的自動通知預警功能，主動即時通知防災人員與民眾，並可依據不同的水情警示通知，馬上進行應有的整備作為，例如是否有沙包堆置需求、抽水機預布、水門啟閉、封路封橋、疏散撤離等，建構多層次、全方位的水情監測網絡 [2]。

除了地方政府內部的水情防災應變決策平台外，並以親民、高閱讀性、易理解性的視覺化方式建立民眾版與行動版系統，由地方政府向下垂直提供所有民眾最即時的防災訊息，民眾可自行訂閱接收推播資訊，包括氣象局會發佈大雨預報、河川警戒、淹水警戒、水位站警戒與土石流紅黃警戒等，供民眾及早預防，提前準備，讓防災訊息精準、即時傳送到民眾手中，此外，一旦發生淹水、路面積水、土石崩落等災情時，無論第一線防災人員或是一般民眾，皆可透過行動 APP 的淹水通報功能進行最快速、最即時的災情通報，透過適地性服務 (Location Based Service, LBS) 技術，主動將附近災害訊息反饋推播給所在位置 500 公尺範圍內的民眾，透過群眾的力量將防災效益發揮極致。

AI 影像判釋

本文介紹道路淹水辨識模組中所使用的影像訓練與辨識方法，該項模組採用物件辨識模型來判斷道路是否淹水。目前已蒐集路口影像，訓練模型用以辨識車輛輪胎與車輛行駛積水路時激起的水花如圖 9、路面標記線與積水時標記線的水波紋變化，判斷是否有淹水事件發生 [3]。



圖 9 輪胎水花

影像收集

現行本文提供之攝影機於淹水事件之影像數量有限，圖 10 為計畫所提供的攝影機影像，然而足夠的樣本影像為模型訓練重要因素之一，因此除現有影像外，額外使用桃園市路口淹水影像如圖 11，作為模型訓練之影像來源。

資料標記

應用 AI 實作影像物體偵測需要大量已知的資料集進行訓練，資料集需含有影像照片上標示物件所在位置及名稱，此作業流程稱為資料標記，為 AI 監督式學習中最重要且最花人力的步驟，由人員對每張影像進

行標記並使用在模型訓練。本項目應用 LabelImg 軟體標記影像中物體的位置、大小及名稱，如圖 12，標記的物體為輪胎、標記線、斑馬線、水花以及水波紋。

模型訓練

本項目以 python 語言進行開發，並以 TensorFlow 為開發架構，採用 Faster-RCNN 演算法進行物件辨識。訓練的樣本為依據前述原則已標記影像約 15,000 張，訓練過程如圖 13 所示，整體訓練時間約花費 28 小時，圖 14 為模型訓練期間損失函數趨勢圖，透過每次模型參數更新，損失函數逐漸減，待收斂後停止模型參數更新。



圖 10 攝影機影像 — 參考文獻提供

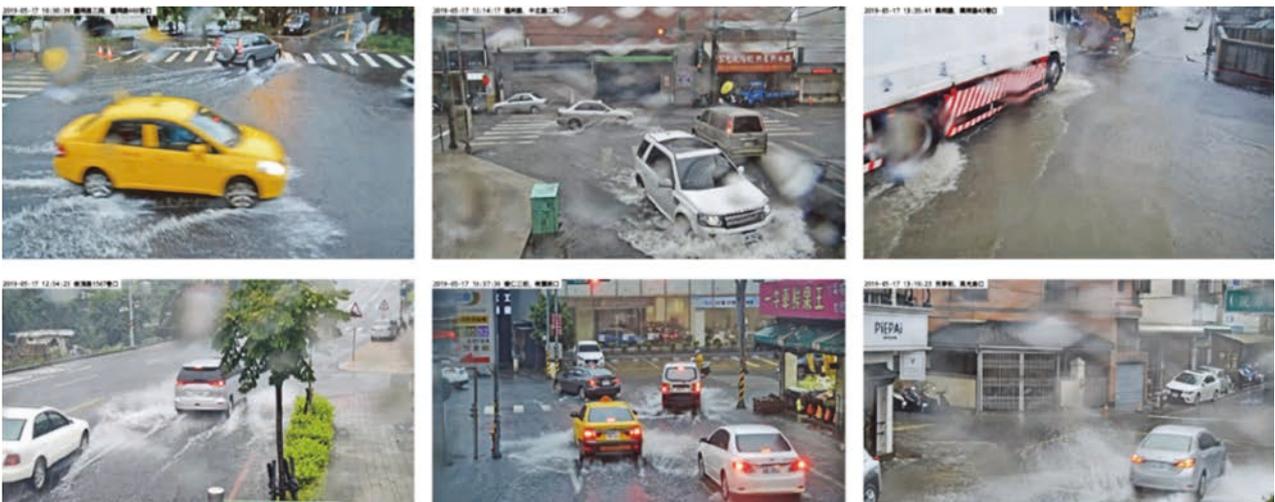


圖 11 攝影機影像 — 桃園市路口

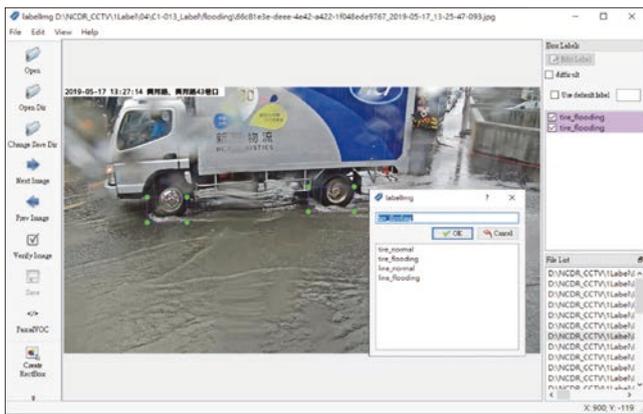


圖 12 資料標記 — LabelImg

```

Anaconda Prompt - python train.py --logtostderr --train_dir=training/ --pipeline_config_path=training/faster_rcnn_inception_v2_pets.config
INFO:tensorflow:global step 37450: loss = 0.2310 (0.359 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37451: loss = 0.1155 (0.312 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37452: loss = 0.0648 (0.311 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37453: loss = 0.0707 (0.309 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37454: loss = 0.0396 (0.388 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37455: loss = 0.1024 (0.322 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37456: loss = 0.0696 (0.323 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37457: loss = 0.0781 (0.321 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37458: loss = 0.1184 (0.303 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37459: loss = 0.0391 (0.303 sec/step)
INFO:tensorflow:global step 37460: loss = 0.0493 (0.319 sec/step)
    
```

圖 13 模型訓練

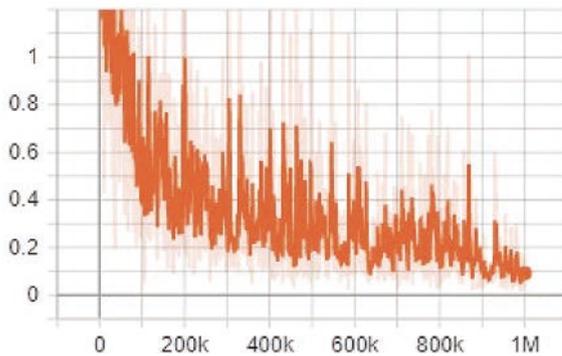


圖 13 損失函數趨勢圖

模型測試

在本文提供的攝影機影像測試方面，受到影像品質的限制（解析度、明暗度、拍攝範圍大、目標物偏小），使得影像中目標物特徵不明顯，進而增加物體偵測辨識的難度。表 1 以第三群設置於宜蘭 108 年 10 月 31 日降雨影像為例，該影像解析度為 352 × 240，從原始影像可以看出車輛行進時激起的水花，但由於解析度有限，在輪胎的特徵上並不顯著。應用初期所訓練

表 1 宜蘭大雨影像 (108/10/31)

	第一張 (10:08:33)	第二張 (14:42:23)
原始影像		
初始模型		
目前模型		



圖 15 實際辨識出之路面淹水結果

的版本為測試結果，第一張影像無偵測出特徵，第二張影像則偵測出有淹水及沒淹水兩種標籤。經團隊討論後，目前影像上輪胎特徵不顯著，但水花或水波紋等特徵可以有效被模型辨識，因此在目前版本已加入水花與水波紋標記重新進行模型訓練，訓練結果第一張及第二張影像皆有辨識出淹水及水花的特徵。

由於本文提供的攝影機隸屬不同單位管理，在解析度、影像角度、拍攝範圍或拍攝標的皆無法做設定，要確實從影像上辨識出是否淹水有其限度，為改善該現象，目前模型所使用的 15,000 張訓練樣本也涵蓋了從 320×240 至 $1,920 \times 1,080$ 的解析度影像，盡可能模擬各種會出現的解析度影像。系統上線後，實際淹水影像之辨識結果如圖 15 所示。

結論

最後透過符合國際標準的監測整合平台，可以利用 Web 或 Apps，即可隨時隨地掌握監測資訊，除了本身資料之外，更介接了相關公開資料與其他允許公開資料，可更便利地整合所有數據，應用在所需之監測領域上，使資源配置更加完善，不論是山區、河川、

道路，橋梁或是下水道等，皆是應用範疇。所謂「工欲善其事，必先利其器」，一個好的感測器再結合物聯網和 AI 影像辨識技術，串聯出最佳監測網絡，將防災成果達到最高效益，守護珍貴的環境與生命資產。

參考文獻

1. 經濟部水利署北區水資源局，阿姆坪防淤隧道計畫全球資訊網，網址：<https://amp.wranb.gov.tw/>
2. 桃園市政府水務局，109 年度桃園市水情防災資訊系統擴充及維護計畫，(2020)。
3. 國家災害防救科技中心，CCTV 影像異常即時辨識與警示模組開發，(2020)。

歡迎加入學會



www.ciche.org.tw

下載入會申請書



中國土木工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

e-mail: service@ciche.org.tw

電話：(02) 2392-6325

傳真：(02) 2396-4260

BES 中華工程

SHAPING
THE FUTURE OF
CONSTRUCTION.

工程解決方案 最佳合作夥伴。

提供企業最佳的工程解決方案
絕對比你能想到的多更多。



專精本業，持續創新，在別人停下的地方我們繼續前進，自民國七十八年承攬之淡水線、木柵線至新莊線CK570A、D、H區段標，環狀線CF650區段標工程，迄今桃園綠線機電GM01標及GC02地下段土建統包工程等，克服各種困難，累積豐富的捷運土建、機電工程經驗。

多年的土木工程實務經驗，採用更先進的管理方式不斷突破，在新莊線CK570D更一舉榮獲三金獎項，長約五公里之八卦山隧道貫穿八卦山台地，也是漢寶草屯線施工項目最艱難的一段，在在證明中華工程實力堅強，專精土建、水電、環控、電梯、電扶梯及機電等工程統包經驗，提供業主全週期及全方位的服務。

超過60年營造資歷，一同攜手再造未來。



BES engineering corporation
中華工程股份有限公司
台北市松山區東興路12號6樓
TEL:886-2-8787-6687

BES 優勢服務 創新價值 道義相挺 誠信負責

BES Engineering Corporation - Since 1950
6F, No.12, Dongxing Rd., Songshan Dist., Taipei 10570, Taiwan, R.O.C.
<http://www.bes.com.tw>



橋 隧 串 連



廣告



東澳隧道
全長 3381 公尺
維護單位 南澳工務段
聯絡電話 039982161

平安年年 — 安全回家的路



交通部公路總局
DIRECTORATE GENERAL OF HIGHWAYS, IOTC

廣告

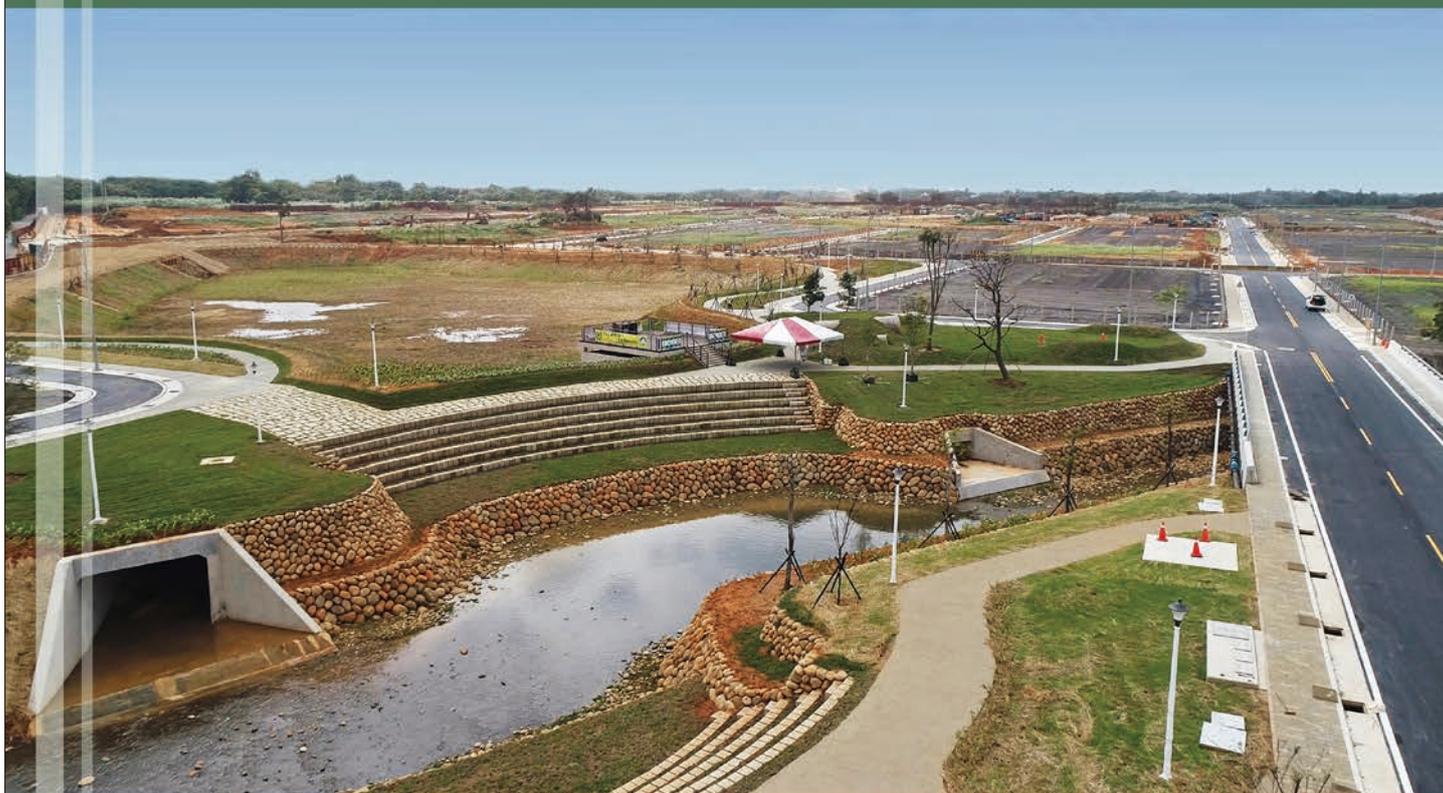
這裡還有最新道路訊息喔！

交通部公路總局全球資訊網 www.thb.gov.tw



皇昌營造股份有限公司

Hwang Chang General Contractor Co., Ltd.



本公司承攬之桃園市觀音區草漯第一、三、六區整體開發單元市地重劃統包工程

本工程位於草漯市中心之成功路及大觀路上，分為三個工區，開發面積約 147.88 公頃，以綠色、韌性、循環、智慧、創新科技等五大指標，大量使用再生材料，落實循環經濟，創造智慧、綠能、低碳城市。



台北市內湖區行善路 353 號 8 樓、(02)2792-2988、www.hcgc.com.tw





多螺箍橋墩工法於 國內橋梁工程之應用首例

郭呈彰／交通部高速公路局第二新建工程處 處長

張瑜超／交通部高速公路局第二新建工程處第四工務所 主任

曹永德／中興工程顧問股份有限公司國道四號豐潭工程處技術組 組長

莊孟曉／中興工程顧問股份有限公司國道四號豐潭工程處 主辦工程師

鄭吉益／新亞建設開發股份有限公司潭子施工處 主任

林文政／樂志營造有限公司 負責人

國道4號臺中環線豐原潭子段第C715標潭子系統交流道工程之匝道1~4橋墩共計有41個墩柱(其中33墩為單柱,8墩為雙柱)採用「多螺箍橋墩」工法進行箍筋施作,為國內首次橋梁工程於同一橋墩內採多重螺箍筋組合疊套之施工法。該標工程於2018年2月開工,已於2021年3月完工,所有採多螺箍筋施作之橋墩均已施作完成。

由於多螺箍筋工法此前之案例均為建築工程,並無應用於橋梁工程相關經驗,故施工初期雖已參考建築工程之應用案例,但實際應用在本工程時仍然面臨諸多困難,其中包含多螺箍筋產製設備、螺旋箍筋捲繞固定、大小螺箍筋組立套疊等問題,施工團隊必需一一尋找解決之道;爰此,本文將從設計、設備、螺箍筋產製、套疊、檢驗、吊運及現地組立等作業階段,分別敘述多螺箍橋墩工法作業概要,以及所遭遇之問題;另外,也將針對多螺箍橋墩工法之實際應用進行效益分析,以作為後續工程推廣應用之參考。

前言

台灣多山的地勢條件,再加上近年來對自然環境保護需求意識之高漲,為避免大規模開挖與路堤施工,降低對環境之衝擊,對高橋柱的需求越來越高。目前大部分的高橋柱為鋼筋混凝土橋柱,此種橋柱具大量主筋量、緊密箍筋與繁複中間繫筋等需求,以達到應有的結構性能,所需作業方式具備了相當的施工困難度與危險性,也進而影響工期與造價。此外,若未經妥善的施工計畫,緊密排列的鋼筋也會造成混凝土澆置作業的困難,進而對於整體橋柱之施工品質與耐震行為造成不良影響。為解決這些實務上之困難,推動

營建自動化,同時達到省工、品質穩定、抗震性能提升等效益有其必要性。

依據101年3月前交通部臺灣區國道新建工程局(以下簡稱「前國工局」,已於107年2月12日併入高速公路局)委託財團法人國家實驗研究院辦理之「營建自動化橋梁墩柱工法之研究(第1期)」案中所提出之先進工法,提出預先製作完成之多螺箍鋼筋籠,取代傳統橫向箍筋橋墩繁瑣的箍、繫筋綁紮,以達到節省人力、縮短工期及減少箍筋用量的目的。

設計說明

依據前國工局「國道4號臺中環線豐原潭子段工程設計暨配合工作」(以下簡稱本計畫),設計單位中興工程顧問股份有限公司參考前國工局101年及102年辦理之「營建自動化橋梁墩柱工法之研究」相關研究報告及其附錄,包括「多螺箍筋橋墩設計及施工手冊」等,並經結構分析結果提送「多螺箍橋墩」工法評估及設計報告,其內容至少包含與傳統橫箍筋工法於施工性、耐震性及經濟性之評估比較。

評估結論如下:

- (1) 多螺箍橋墩工法之施工性評估可行,推動此營建自動化的工法對環境保護及節能減碳也有貢獻。
- (2) 依據國家地震中心執行的試驗結果,及分析撓曲強度安全係數的結果,證實多螺箍橋墩之耐震性優於傳統橫箍橋墩。
- (3) 以鋼筋用量來比較,多螺箍橋墩比傳統橫箍橋墩具經濟性。

故多螺箍橋墩工法之施工性、耐震性及經濟性評估皆為可行。

除此之外,研議於本計畫非主線橋梁,並以一個交流道範圍之原則,選擇適用多螺箍橋墩工法設計施工之橋墩,擬從本計畫豐勢交流道、潭子交流道、潭子系統交流道等3處交流道如圖1著手考量,並依下列因素進行評估最適施作地點:

- (1) 多螺箍筋模擬接近矩形橋墩之造型,橋墩最大尺寸約300公分長(垂直橋軸向)及200公分寬(橋軸向)。
- (2) 螺箍之製造需以盤元鋼筋加工製成形成,鋼筋供應廠現有之最大盤元竹節鋼筋為6號(19φ)筋。
- (3) 市場上可製作直徑約180公分螺箍成品之螺箍加工成型機械。

綜合以上因素評估結果,「國道4號臺中環線豐原潭子段第C715標潭子系統交流道工程」之潭子系統交流道部分橋墩,具有墩柱尺寸較小、所需螺箍筋直徑約180公分之特性,可符合前述設計及施工的需求,採用「多螺箍橋墩工法」施作。其布設位置為潭子系統交流道匝道1高架橋P2~P4、P9~P19,匝道2高架橋P2~P10,匝道3高架橋P2~P6、P11~P12,匝道4高架橋P2~P12等共41墩。

潭子系統交流道匝道1~4多螺箍橋墩工法之橋墩設計,共分單柱與雙柱兩種設計,其斷面設計配筋如圖2及圖3所示,墩柱螺箍筋外圍可能產生混凝土張力裂縫之區域設置竹節鋼線網,以減少因混凝土體積變化(如塑性收縮與乾燥收縮)以及溫度束制所衍生之混凝土裂紋。

多螺箍鋼筋特色及優點

1. 自動化機械加工生產、提升工作效率及工程品質。

採用自動化多螺箍鋼筋籠成型機生產,將設計之尺寸規格輸入電腦,透過鋼筋送料架及盤元鋼筋整直器等相關輔助設施,確保產製之螺箍直徑與間距符合規範規定品質,同時藉由系統化之重複作業提升工作效率。

2. 多螺箍鋼筋籠地組完成再行吊裝作業。

在工廠內將生產完成之單螺箍鋼筋籠,依設計要求尺寸套疊固定,完成後運至工地進行吊裝,減少工地進行墩柱箍筋與繫筋綁紮等高空作業,大幅降低發生工安事故之風險。

3. 減少現場鋼筋綁紮作業人員,舒緩缺工問題。

得助於自動化生產及工廠內螺箍鋼筋籠預組套疊,大量減少現場墩柱鋼筋綁紮人工,緩和缺工問題。



圖1 交流道位置暨採用多螺箍工法之橋墩位置圖

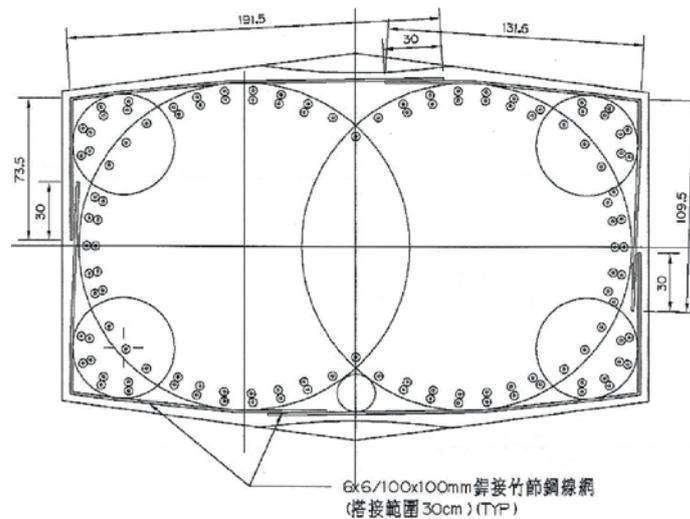


圖 2 多螺箍橋墩工法單柱配筋圖

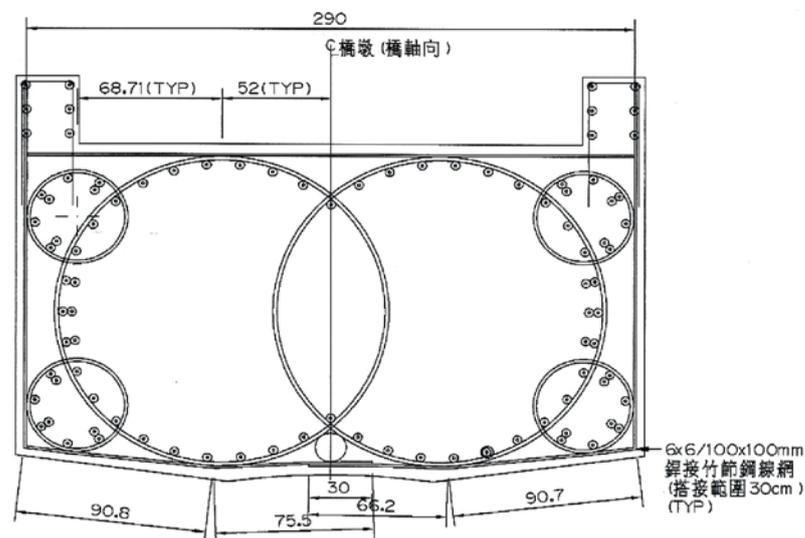


圖 3 多螺箍橋墩工法雙柱配筋圖

4. 節省材料，兼具節能減碳效益。

依本案細部設計成果，多螺箍橋墩工法橋墩相較於傳統箍筋橋墩，箍筋量約減少 46%~56%，主筋量約減少 3%，節省材料，具節能減碳效益。

5. 結構韌性較佳、提升墩柱耐震能力。

依據前國工局委託國家地震中心辦理「營建自動化橋梁墩柱工法之研究（第 1 期）」，案中所執行之大尺寸傳統橫箍及多螺箍橋墩試驗結果顯示，在橋墩試體側向位移比為 5% 的反復加載後，傳統箍筋橋墩已產生嚴重的箍筋和繫筋鬆脫、主筋挫屈、混凝土碎裂及強度折減等情況；反觀多螺箍橋墩僅產生保護層剝落，核心圍束混凝土仍保持良好的圍束狀態，且沒有顯著之主筋挫屈與強度折減的現象，故驗證其韌性行為明顯優於傳統箍筋橋墩。

螺箍成型設備設置與試作

工程決標後，螺箍成型加工廠之選擇成為得標廠商之首要工作。在設計階段，原規劃可選擇工區以外之既有加工廠製造完成後，運送至工地進行墩柱鋼筋組立；施工廠商考量工區內有足夠之設廠空間，且相較於工區外加工廠產製需有額外之運輸規劃，工區內之螺箍運輸顯然單純許多。就以上考量，在工區內設置螺箍加工廠，應屬較佳之決策，但伴隨的風險是設備來源的不確定性，以及從全無產製經驗到完成學習曲線所耗費之時程。

決定於工區內設置螺箍加工廠後，本工程施工廠商新亞建設開發股份有限公司即積極尋找螺箍成型機之製造廠商，包括全球生產螺箍成型機主要廠商義大利 (M.E.P 公司)、日本鑽石 (Diamond) 公司及 Toyo

公司等廠商，然而洽詢結果皆回應製造技術及規模最大僅能生產 16φ 螺箍，無法滿足本工程 19φ 螺箍之設計需求。遭此瓶頸，廠商當務之急是必須盡其所能極力尋找既可產製設備硬體又有能力開發控制程式之廠商，所幸在有限時間內終能尋得有合作意願共同開發生產螺箍成型機之製造廠；至此，原以為解決螺箍產製問題，未料螺箍成型機組配完成後，試運轉初期的 2~3 個月期間，產製問題接連發生，例如螺箍真圓度不足、銲接定位不易、及銲道尺寸等技術問題，幸得廠商投入大量之人力及資材，不斷進行修改、補強及調整，終於 107 年 8 月首次產製 10 m 長完整單元之螺箍鋼筋籠。然而，這段期間僅是為測試螺箍成型機所損耗之鋼筋即多達 40~50t，耗費之心力更是難以勝數。

組配完成之螺箍成型機，是當時所知唯一可生產 19φ 螺箍的成型機，機體本身具有可程式控制馬達，可設定轉速以及進行正、反向轉動，並可在指定時間內停止，以因應螺箍成型製造之需求，相關經驗也可作為後續推動相同工法之參考。

螺箍成型加工

螺箍成型設備包含輔助筋送料架、輔助筋前端定位架、箍筋送料架及螺旋箍筋成型轉盤、自動電銲機等如圖 4，同時，藉由切換成型機轉盤，製作出符合契約規定尺寸之大、小螺箍。螺箍成型作業係將盤元鋼筋經整直器整直後送料至螺旋箍筋成型轉盤，再透過轉盤旋轉帶動螺旋箍筋纏繞於輔助筋外側。為確保螺旋箍筋成型固定效果，設置成型用輔助筋 (25φ)，經由電腦儀控設備設定箍筋間距及電銲位置，於輔助筋與螺旋箍筋交點處施以電銲固定，直至規劃之每單元 10 m 長度螺箍產製完成。



圖 4 螺箍鋼筋籠成型機

螺箍產製初期屢屢發生螺箍成型後無法符合品質要求之情形，其中主要的關鍵問題及解決對策有以下幾點：

- (1) 成型之螺箍暫置一段時間後，會因殘餘應力而造成螺箍之扭曲變形：透過調整盤元鋼筋整直器之滾輪數量及布設，使經整直器產出之盤元鋼筋彎曲接近成型螺箍之曲率，再纏繞及點銲於輔助筋，消除大部分殘餘應力，解決螺箍扭曲變形之現象。
- (2) 螺箍成型後真圓度不足：增加輔助筋支數來增加螺箍成型後之真圓度。
- (3) 螺旋筋間距大小控制不易：採用加長轉盤上之套筒長度、更換盤元鋼筋整直系統以及調整程式加強控制轉盤旋轉速率與往前推動速率等措施，以確保螺旋箍筋之間距符合要求。

多螺箍套疊

製作完成之大、小螺箍利用加工廠內地坪錨碇系統及配合廠內固定式起重機進行吊裝套疊。首先將 1 大 2 小螺箍進行套疊預組為半成品，待兩組預組螺箍完成，再將 2 組預組螺箍套疊以完成一完整單元多螺箍鋼筋籠成品。套疊組合過程，以輔助筋進行定位，並以交叉斜撐鋼筋增加鋼筋籠之勁度，確保整組多螺箍鋼筋籠符合設計要求，以及完成後儲放與吊運過程不致產生變形。

辦理大、小螺箍套疊作業初期，常因大、小螺箍螺旋筋斜率不同、螺旋筋間距誤差及產製成型螺箍尺寸誤差等因素，導致無法完整套疊；後經更換盤元鋼筋之整直系統、提高螺箍產製精度及加強螺箍固定方式等措施，逐漸增加套疊成功比例，終能順利完成多螺箍鋼筋籠套疊作業。

因應多螺箍橋墩工法在國內公共工程首次應用，於監造計畫與品質計畫新增相關表單如表 1，辦理套疊完成之多螺箍鋼筋籠查驗，表中查驗項目除主筋續接及 T 頭鎖固需於現場辦理外，其餘項目皆於螺箍加工廠內查驗完成，對於螺箍成品品質管控及減少高空作業曝險時間有明顯之助益。

儲放

於加工廠內設置螺箍鋼筋籠儲放區，製造完成之單一螺箍成品儲放時，需設置輪擋以防止滾動造成人員危險，套疊完成之多螺箍則無滾動之虞，無須設置

表 1 查施工抽查紀錄表

表 7.4 新亞建設開發股份有限公司潭子施工處

工程名稱：鋼筋工程自主檢查表(含多螺箍鋼筋)

編號：_____

工程名稱	國道 4 號臺中環線豐原潭子段		編號	
分項工程名稱	第 C715 標準系統及流道工程		協力廠商	
檢查位置		檢查日期	年 月 日	
檢查時機	<input type="checkbox"/> 施工前 <input type="checkbox"/> 施工中檢查 <input type="checkbox"/> 施工完成檢查			
檢查結果	<input type="radio"/> 檢查合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正 <input type="radio"/> 無此檢查項目			
施工前應提出證明文件記錄	材質證明及試驗報告		<input type="checkbox"/> 齊全	<input type="checkbox"/> 不齊全
檢查項目	檢查標準 (定量化)	實際抽查情形 (叙述抽查量)	抽查結果	
施工前	邊場堆置及完成加工之堆置	邊場鋼筋必須墊高≥10 cm，防止鋼筋污染及銹蝕		
	★螺箍筋	1. 大螺箍筋直徑 ϕ _____ mm，間距 _____ cm，內徑 ϕ _____ cm。		
		2. 小螺箍筋直徑 ϕ _____ mm，間距 _____ cm，內徑 ϕ _____ cm。		
	★輔助筋	1. 每種型式是否已辦理吊運測試？		
		2. ϕ _____ mm 螺箍筋直徑 ϕ _____ mm。		
		3. 斷面至少採用 12 號輔助筋。		
	★多螺箍筋位置	1. 大螺箍筋中心距柱心機軸向 _____ cm。		
		2.1 小螺箍筋中心距柱心機軸向 _____ cm。		
	★螺箍筋擺塊	1. 需加綁螺絲 1.5 倍圍周長做為編碼。		
		2. 兩端綁距 ≤ 5cm。		
3. 綁立固定方式。				
★主筋與螺箍筋	長度超過 9.6m 時允許一次綁(綁)接。			
★丁頭	主筋與丁頭是否綁固？			
★螺箍筋與主筋	1. 淨間距 ≤ 3cm。			
	2. 主筋是否在指定位置？			
★螺箍筋安裝	是否有斜撐調整與定位？			
★綁接鋼線網	是否確實編碼？			

表 7.3-3 鋼筋工程施工抽查紀錄表(含多螺箍鋼筋)

工程名稱：_____

編號：_____

工程名稱	中興國 4 豐潭段工程			
分項工程名稱		檢查日期	年 月 日	
檢查位置		檢查日期	年 月 日	
檢查時機	<input type="checkbox"/> 抽驗時留點★ <input type="checkbox"/> 隨機抽查			
檢查結果	<input type="radio"/> 檢查合格 <input checked="" type="radio"/> 有缺失需改正 <input type="radio"/> 無此檢查項目			
施工前應提出證明文件記錄	材質證明及試驗報告		<input type="checkbox"/> 齊全	
檢查項目	檢查標準 (定量化)	實際抽查情形 (叙述抽查量)	抽查結果	
施工前	邊場堆置及完成加工之堆置	邊場鋼筋必須墊高≥10 cm，防止鋼筋污染及銹蝕		
	★螺箍筋	1. 大螺箍筋直徑 ϕ _____ mm，間距 _____ cm，內徑 ϕ _____ cm。		
		2. 小螺箍筋直徑 ϕ _____ mm，間距 _____ cm，內徑 ϕ _____ cm。		
	★輔助筋	1. 每種型式是否已辦理吊運測試？		
		2. ϕ _____ mm 螺箍筋直徑 ϕ _____ mm。		
		3. 斷面至少採用 12 號輔助筋。		
	★多螺箍筋位置	1. 大螺箍筋中心距柱心機軸向 _____ cm。		
		2.1 小螺箍筋中心距柱心機軸向 _____ cm。		
	★螺箍筋擺塊	1. 需加綁螺絲 1.5 倍圍周長做為編碼。		
		2. 兩端綁距 ≤ 5cm。		
3. 綁立固定方式。				
★主筋與螺箍筋	長度超過 9.6m 時允許一次綁(綁)接。			
★丁頭	主筋與丁頭是否綁固？			
★螺箍筋與主筋	1. 淨間距 ≤ 3cm。			
	2. 主筋是否在指定位置？			
★螺箍筋安裝	是否有斜撐調整與定位？			
★綁接鋼線網	是否確實編碼？			
★鋼筋直徑、支數、間距、位置	依施工圖 (圖號: _____)			

輪擋。無論單一螺箍或多螺箍儲放時，均設置相關防穿刺及圈圍等安全措施，如圖 5。

基礎與墩柱施作

多螺箍鋼筋籠吊運

多螺箍產製規劃，配合墩柱模板昇層高度、搬運交通工具及規範規定橋墩主筋長度超過 9.6 m 時允許一次搭接等因素，每一單元產製長度設定為 10 m，大小螺箍套疊後寬約 2.8 m，重量約 5 噸，採用 23 噸吊卡車運送；受限於卡車寬度，每次僅能運送一單元。自螺箍加工廠運出後，利用工區施工便道可到達墩柱位置，無須另設區外交維設施或進行夜間道路封閉，不影響工區周邊交通。

多螺箍鋼筋籠吊裝之前須先檢核吊點配置，且吊耳應設置於堅固之節點（如螺箍與斜撐鋼筋交點）。多螺箍鋼筋籠運至預定吊裝之墩柱位置後，以 25 噸吊車進行吊裝。多螺箍鋼筋籠之續接係以輔助筋進行鉚接固定，以吊車進行主筋吊放，並以續接器進行主筋續接，完成多螺箍鋼筋籠昇層後，進行墩柱鋼模組立及混凝土澆置。

基礎施作

相較於傳統橋梁基礎墩柱，多螺箍橋墩工法在現地之施作存在許多明顯之差異，由於相關經驗付之闕



圖 5 螺箍鋼筋籠儲放情形

如，必須透過預先規劃及模擬，以及現地施作的即時回饋調整，方能迅速達成符合施工品質之要求。其相關施作步驟如下：

- (1) 基礎下層鋼筋綁紮。
- (2) 基礎內多螺箍鋼筋籠依設計圖說位置吊放固定。
- (3) 柱主筋吊裝組立並進行與螺箍筋之綁紮固定。本工程墩柱主筋於基礎底端原設計採 L 形彎鈎以利固立於基礎底層，惟因基礎內多螺箍鋼筋籠吊放定位後，採 L 形彎鈎之主筋將難以置入多螺箍鋼筋籠。依據契約特訂條款，相關施工可參考前國工局「營建自動化橋梁墩柱工法之研究（第 2 期）之附錄 A 多螺箍橋墩設計及施工手冊」，故依據該文獻內容將墩柱主筋於基礎底端之 L 形彎鈎調整為 T 頭錨碇施作。經調整後，主筋置入鋼筋籠容易，且鉛垂定

位精準度高，主筋與螺旋箍筋間之淨間距可輕易符合小於 3 公分之規範規定。

- (4) 基礎上層鋼筋綁紮。
- (5) 基礎頂面上方多螺箍鋼筋籠依規劃高度調整及吊放，上下 2 節鋼筋籠間銜接之輔助筋銲接後，拉設鋼索將鋼筋籠定位牢固。
- (6) 進行主筋續接，主筋下端為 T 頭錨定，上端則為螺牙續接器母頭與上層主筋續接，續接位置應預先規劃，必須同時考量相鄰主筋錯開 60 cm 以上，以及基礎頂面上主筋續接必需避開塑鉸區之規定。
- (7) 鋼筋查驗合格後組模進行基礎混凝土澆置。

墩柱施作

墩柱調整層施作

基礎澆置養護完成拆模後，進行測量放樣，接續施做墩柱調整層之鋼模組立及混凝土澆置。調整層之設置係依模板計畫由柱頂或帽梁底高程向下推算整模昇層數至柱底，本工程墩柱模板採 5 m 一昇層（每單元 2.5 m，2 單元為一整模），柱底不足 5 m 整模尺寸者進行調整層施作，該調整層一般均於墩柱完成後覆蓋於回填覆土層內，有利於墩柱整體外觀。

墩柱一般昇層施作

承前所述，因應多螺箍墩柱模板計畫以 5 m 為一昇層及主筋不得在塑鉸區範圍內續接之規定，必須隨墩柱高度適時調整每節多螺箍鋼筋籠長度及其續接之位置如圖 6。

辦理次一單元多螺箍鋼筋籠吊裝及續接時，施工人員可利用鋼模附設工作平台進行多螺箍鋼筋籠銲接固定作業，隨即在墩柱四邊以斜拉鋼索進行調整與定位，同時作為防傾措施，完成多螺箍鋼筋籠之定位與固定後，吊車始可脫鉤。

主筋之續接分為大、小螺箍主筋，一般先進行大螺箍主筋之續接，完成後再施作小螺箍主筋之續接。全部柱主筋續接完成，於螺箍筋與主筋結點綁紮固定後，即可將多螺箍鋼筋籠斜撐拆除，進行後續墩柱模板組立及混凝土澆置作業。

傳統工法與多螺箍橋墩工法比較

本工程設計 41 墩多螺箍墩柱業已全數完成，依據此段期間施作所獲得之經驗，針對傳統橋墩工法與多螺箍橋墩工法比較如下：

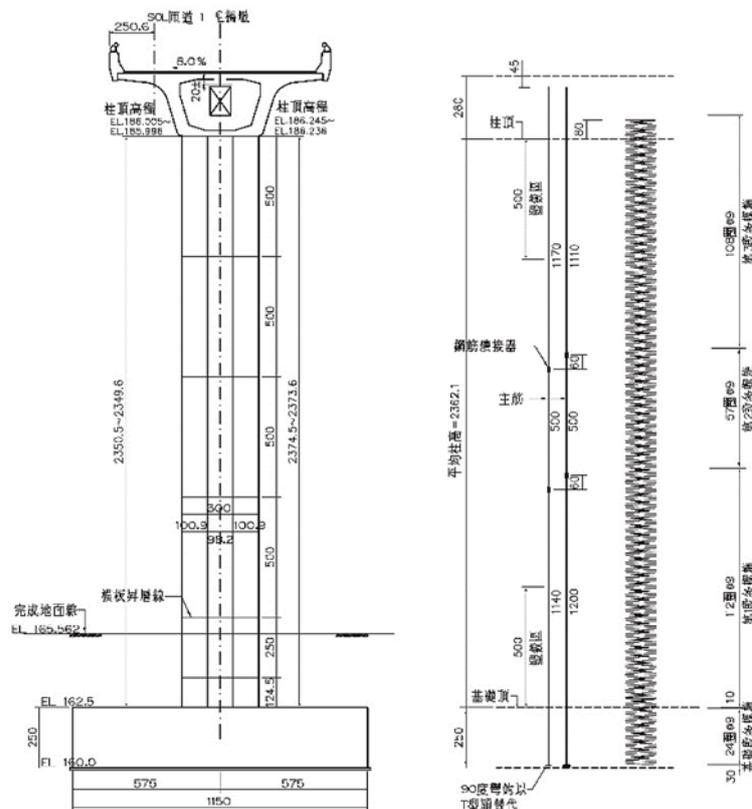


圖 6 墩柱模板昇層規劃與主筋續接位置及多螺箍搭接示意圖

現場施工需時及人力比較

傳統工法

以墩柱昇層一單元 5 m 進行分析，箍繫筋裁切、加工彎曲約需 3 工 × 1.5 天 = 4.5 工，墩柱樣架及主筋吊放約需 4 工 × 2 天 = 8 工，箍繫筋綁紮約需 6 工 × 2 天 = 12 工，合計 24.5 工，需時 5.5 個工作天。

多螺箍橋墩工法

以墩柱昇層一單元 10 m 進行分析，多螺箍鋼筋籠成型約需 3 工 × 3 天 = 9 工，多螺箍鋼筋籠吊放固定約 3 工 × 0.5 天 = 1.5 工，主筋吊放約需 4 工 × 1 天 = 4 工，無箍繫筋現場綁紮作業，合計 14.5 工，需時 4.5 個工作天。

兩種工法同以 10 m 墩柱昇層比較

傳統工法需 24.5 × 2 = 49 工，5.5 × 2 = 11 個工作天
多螺箍橋墩工法需 14.5 工，4.5 個工作天

施作品質

另因採用工廠內自動化設備生產螺箍，不受天候影響，生產速率穩定且快速，利用電腦儀控螺箍間距，並用自動電鍍機焊接固定，可穩健控制多螺箍鋼筋籠間距，大幅提昇施工品質，且可於廠房內進行自主檢查及查驗，確保工程品質。

施工作業安全

傳統工法需鋼筋工於高架上進行現場箍、繫筋之組立，面對高溫及高架施工環境，易造成人員身心疲憊，甚至衍生缺工之情形；相對的，多螺箍於現場組立時間如前述僅需 1.5 天，大幅降低高架作業時間，以墩柱 25 m 高（含基礎部分）為例，並依工項排序（非工序），每墩節省鋼筋作業約 15 天，對於降低高架作業危害有明顯之助益。

新工法面對之課題

畢竟多螺箍橋墩工法為國內橋梁工程之應用首例，機具設備初設成本甚高，且相關技術人員尚須培訓，初期所投入之學習成本較高，這也是採用新工法時必需面對的課題。

施作廠商經驗回饋

如本文文中多次提到，多螺箍橋墩工法，是橋梁工程首次之應用，非僅是現地施作，規範制定也是首

次之經驗，因此本工程施作時可說是在摸索中前進；而今在工程施作完成之際，提出相關建議，期能對後續其他工程採用此種工法時有所助益：

1. 本工程採用 2 大 4 小螺箍組合而成多螺箍筋籠，原設計規劃之輔助筋為 12 支，明顯不足，應考量螺箍之成型以及大小螺箍套疊組合之實際需求，適量增加。
2. 契約規定多螺箍橋墩鋼筋為組立、搬運及吊運所需設置之輔助筋及支撐樣架，其補貼數量按基礎頂面至橋墩箱梁底面間之墩柱混凝土體積以 8 kg/m³ 為計量標準，建議應依實際需求且經核可之使用數量計付。
3. 建議契約制定多螺箍正式產製前應進行試作之規定，並編製所需之相關材料及人力成本。
4. 目前多螺箍成型加工廠之設置成本是否可納入契約單價作整體考量。
5. 結構設計許可的情形下，基礎內橋墩主筋下端可將 T 頭錨碇之設計納入契約，作為主筋施作選項。
6. 在基礎上層筋與螺箍之介面處理應考量實際交錯之空間，並作適當處理。

結論

多螺箍橋墩工法在本工程施作歷經 21 個月，期間遭遇種種困難，工程單位秉持不畏艱難的執著，得以完成此項工作，當然也從中獲取不少的實作經驗；另一方面，也因為國內橋梁工程未曾有過此類的案例，施工期間吸引產官學眾多機構前來參訪，高速公路局基於國內營建自動化發展理念，不吝將本工程之實作經驗分享各方專業單位及人員，並以本文分享此項新工法各項資訊。基於此信念，相信在可見的未來，受到高速公路局帶頭示範效應的影響，國內會有愈來愈多工程單位願將多螺箍橋墩工法，應用於橋梁設計，讓台灣此項新型橋梁工法，躍上國際工程舞台。

參考文獻

1. 交通部高速公路局，「國道 4 號臺中環線豐原潭子段第 C715 標潭子系統交流道工程」特訂條款及設計圖，2017 年。
2. 國道新建工程局，「營建自動化橋梁墩柱工法之研究（第 2 期）」，2013 年。
3. 國道新建工程局，「營建自動化橋梁墩柱工法之研究（第 1 期）」，2012 年。



金門大橋 主橋造型墩柱 施工規劃 與 挑戰

郭呈彰／交通部高速公路局第二新建工程處 處長

張震宇／交通部高速公路局第二新建工程處第五工務所 主任

潘小珍／交通部高速公路局第二新建工程處第五工務所 副主任

黃俊憲／台灣世曦工程顧問股份有限公司 工程師

盧建州／台灣世曦工程顧問股份有限公司 工務所主任

謝克岱／台灣世曦工程顧問股份有限公司 計畫副理

金門大橋工程（以下簡稱本工程）為國內少見之大型跨海橋梁，其建設目的為提供大、小金門間全天候陸運交通服務，以解決小金醫療匱乏、土地利用失衡及水路交通限制等問題，並期達到活化大小金門與促進觀光產業發展之願景。

本工程路線全長 5.41 公里，跨海橋梁段共 4.77 公里（圖 1），其中跨越深槽區最深之主橋共落有 5 墩（橋墩編號 P44～P48），橋長 1,050 公尺，為金門大橋主跨路段。主橋橋墩柱提供跨徑 200 公尺之脊背橋梁支撐及金烈水道 5,000 噸級客輪通過大橋淨空所需，墩柱最高 39.15 公尺，連同橋塔總高為 78.5 公尺，整體造型呈現「高粱穗心」意象。本文以海上造型墩柱施工為主題，冀望藉由經驗之分享提供後續國內相關施工作業參考。

穗心傳語 風情再現

金門大橋主橋造型係由金門縣縣民進行票選，最終由「穗心傳語 風情再現」之高梁穗心造型獲得勝選，設計者利用三條不同曲率半徑的線條及單柱分雙

柱等結構線形變化進行設計，充分將金門縣在地的高粱文化與橋梁結構結合為一體（圖 2）。墩柱的造型，其出水面後由單柱收縮腰身再分支成雙柱，再順延橋塔呈現高粱結穗飽滿的意象，由斷面來看，分別由四

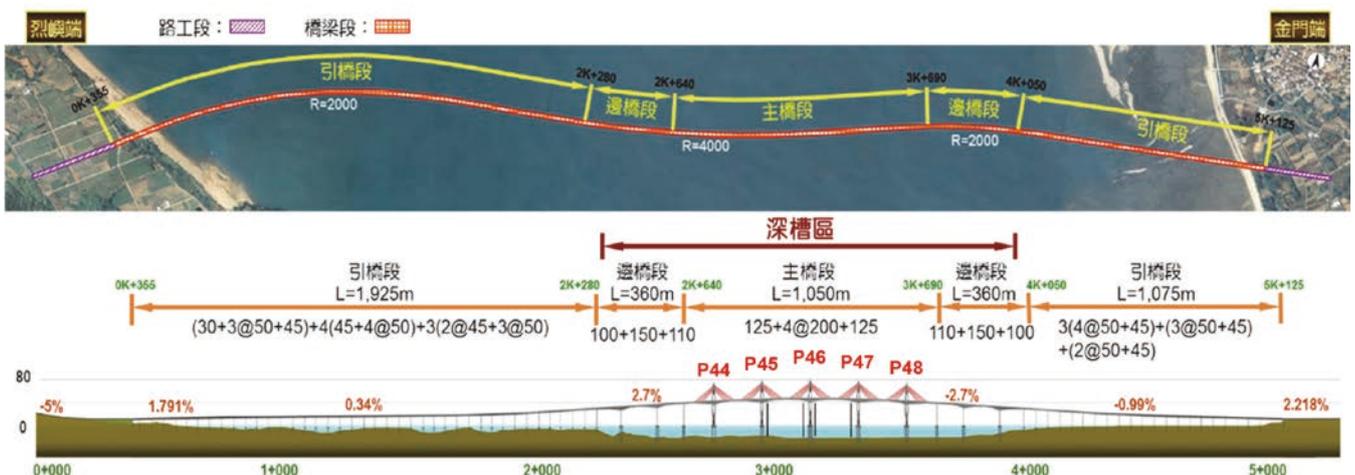


圖 1 金門大橋橋梁配置圖



圖 2 金門大橋造型墩柱 — 穗心傳語風情再現

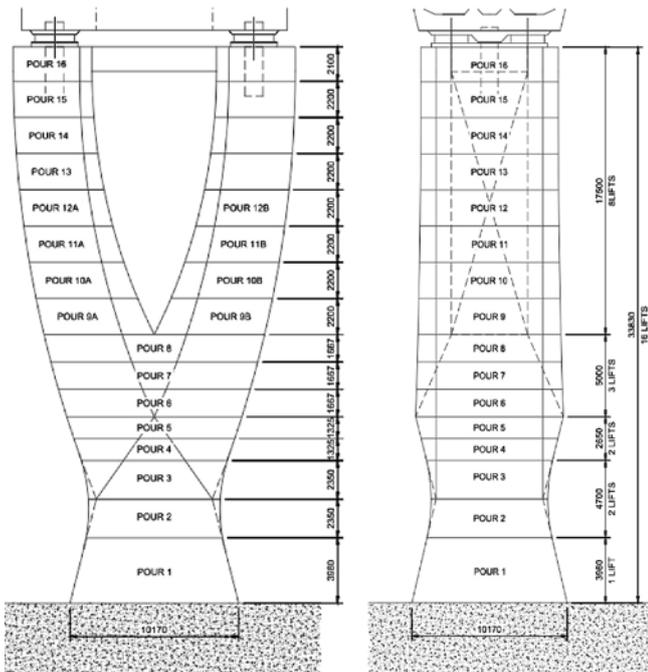


圖 3 金門大橋造型墩柱分層圖示

方型漸變成八角形、八角型變成十角形，逐漸上昇後，再分支成六角形對稱二支柱直抵柱頭梁底(圖3)。

由於墩柱線條複雜、結構線形變化大，在每昇層曲率鋼筋續接量超過上千支、如何準確呈現結構優美線條、及在海上有限作業空間之規劃及物料管理等環境背景下構築此造型橋墩柱，實為工程師一大挑戰。

海上施工特殊考量

海域施工機具及空間規劃

海域深槽區每一墩位宛如獨立孤島工作面，施工初期須設置墩柱施工所需之吊車站立位置及物料堆置空間，故分別規劃以打設施工構台或搭配船機施工。承載起吊機具分為二階段，第一階段由於墩柱尚低於海水潮位面，在利用鋼箱圍堰阻水之條件下，採施工構台或船機承載吊車，構築1~5昇層墩柱並於樁帽基

礎預埋塔吊基座(圖4)。第二階段墩柱昇層已高於海水面，則規劃於樁帽頂部構築內構台(圖5)，並採用塔式吊車施作其餘墩柱昇層、柱頭節塊、塔柱及外置預力等，此時施工構台或平台船則作為物料暫置空間。

施工控制測量

受限於海上佈設固定控制點有其困難度，若於近岸採傳統式全測站經緯儀則因測距過長精度不易控制，故現場施工測量主要以衛星定位系統(GPS)搭配即時動態定位(RTK)為主，近距則以全測站經緯儀為輔。為消彌衛星定位系統誤差，以增加測回及觀測時間方式減少誤差。

鋼筋施工特殊考量

本工程位於極嚴重鹽害區，原設計於橋墩鋼筋係規劃採用「環氧樹脂鋼筋」或「鍍鋅鋼筋」，承包商可依自身規劃安排擇一使用，本工程墩柱鋼筋則採用熱浸鍍鋅鋼筋。而物料運補受限海上作業空間不足，所有鋼筋材料均於岸上清點後，利用船機運送至現場暫置，再依序以塔吊分別吊至施工位置綁紮。



圖 4 樁帽基礎預埋塔吊基座



圖 5 樁帽頂部內構台設置

為克服主橋造型變化，主筋於加工階段即將各斷面設計曲率預彎成型，考量鋼筋曲率各種變化及工作性，規劃高度每 6 公尺續接 1 次（此續接長度遠較一般直線主筋續接每 9 公尺一處縮短許多，其考量於下段詳述），由於鋼筋為曲線續接，現場於鋼筋角度調整完成後，採 3 件式續接器對鎖施工以維持鋼筋曲線方向性。

箍筋、繫筋長度亦隨墩柱造型漸變，綁紮時搭配符合結構需求的搭接方式施工（圖 6），施工過程中鍍鋅鋼筋若有損傷，則依本工程特訂條款 05081 規定，以高鋅成份 94% 以上之富鋅漆 3 度修補。

預埋件安裝

各項假設工程或附屬工程之預埋件於施工前預先規劃完成，於施工階段進行放樣預埋。本工程採用 EFCO 系統模板，於每昇層鋼筋綁紮完成須埋設模板固定用套件 unicorn — anchor D32 mm × 61 cm，俾利模板爬昇固定，另配合場鑄柱頭節塊施工埋設托架預留孔（圖 7）、活動端柱頭板臨時固定設施、塔吊或上下設備墩柱連結預埋件，以及設計圖說各項設施盤式支承下盤安裝樁孔、剪力鋼箱、腐蝕感測器（圖 8）、排水 PVC 管、避雷針接地管線…等，均需預埋於準確位置。

EFCO 系統模板規劃

本工項選用 EFCO 系統模板，EFCO 系統模板具有支撐系統化、模板客製化，並提供施工平台作業空間等優點，適合墩柱線型變化及海上作業環境所需。主橋墩柱 5 墩依高度及型式不同分為 3 種 Type（表 1），高度各為 33.83、38.07 及 39.15 公尺，分別規劃採 16



圖 6 主筋 3 件式續接器對鎖施工

~ 18 昇層施工，並因應各昇層斷面變化，每昇層高度由 1.325 ~ 4.00 公尺不等（圖 3）。受制海上施工空間有限，系統模板於現場安裝前先行於陸域端依斷面需求配置修改單模尺寸並進行預組（圖 9），續經由船機運送至工作面後再於工作平台清潔並噴塗脫模劑。

因本工程位於極嚴重鹽害區，橋墩主鋼筋之保護層規定為 12 cm、橋墩箍筋之保護層為 10 cm，每片單模皆使用 4" × 3/16" TUBE 支撐，螺栓連結固定並調整模板弧型，模板完成定位後，保護層厚度為本階段施工檢查重點，接續安裝灌漿平台及上下設備以維護混凝土澆置人員安全（圖 10）。

海上混凝土澆置作業

主橋墩柱位於海上深槽區，混凝土澆置作業需倚賴混凝土拌和船進行供料。混凝土澆置時，需將海上拌和船錨碇完善，澆置前先以清水清洗澆置面（圖 11），以免鹽分附著影響品質，再以泵送車及輸送管進行混凝土澆置（圖 12）。



圖 7 柱頭節塊埋設施工托架預留孔



圖 8 鋼筋腐蝕感測器埋設

表 1 深槽區主橋墩柱型式統計表

墩位	橋墩型式	支承型式	剪力鋼箱型式	昇層階數	昇層高度	墩柱高 (m)
P44	活動端支承	5000tonf 雙向活動型	2000tonf 縱向活動型	16	1.325 m ~ 3.98 m	33.83
P45	固接端	-	-	17	1.825 m ~ 4.22 m	38.07
P46	固接端	-	-	18	1.30 m ~ 4.00 m	39.15
P47	固接端	-	-	17	1.825 m ~ 4.22 m	38.07
P48	活動端支承	5000tonf 雙向活動型	2000tonf 縱向活動型	16	1.325 m ~ 3.98 m	33.83



圖 9 EFCO 系統模板陸域地組



圖 10 EFCO 系統模組立情形



圖 11 澆置面清洗



圖 12 墩柱昇層拌和船澆置

依墩柱昇層規劃，每昇層混凝土約 43 ~ 386 立方米，採連續澆置方式完成。海上拌和船滿載混凝土量約 800 立方米，可滿足單次最大澆置量 386 立方米，每次採用一艘拌和船作業，另一艘作為備用或支援。

造型墩柱採用 350 kgf/cm² 自充填混凝土，澆置時施工人員持長桿或 PVC 管沿模板面緩慢上下抽動以利空氣之排出，避免拆模後外觀有過大之氣泡產生。由於海上施工淡水取得不易難以濕治養護，故拆模後以噴灑或塗抹養護劑為主（圖 13、圖 14）

海域造型墩柱施工經驗分享

曲線造型鋼筋施工

本工程造型墩柱主筋每層續接量超過上千支是極為困難及挑戰的工作，再加上墩柱造型變化，原採用二件式鋼筋續接器鎖固後無法配合墩柱角度塑型，經重新檢討後改採用三件式續接器，其特點可固定上下曲線鋼筋，再藉由第三件反向螺牙進行鎖固，藉以克服曲線鋼筋具方向性問題。



圖 13 養護劑噴灑



圖 14 養護劑塗抹

以往經驗，墩柱主筋續接一般規劃採 9 公尺長度續接以減少損耗及提升工率，惟實際施工時發現曲線鋼筋因自重易下垂對接不易，且受限海上作業僅能以一部吊車或塔吊逐一吊裝續接端，以一個斷面需續接上千支主筋而言，工率無法有效提升。在起吊機具資源受限之下，為能加快鋼筋續接速度，重新檢討將主筋縮短為 6 公尺一搭，除克服鋼筋下垂不易控制問題，將 D36 單支重量降到 47 公斤上下，鋼筋吊至定點入牙即可脫離由人力接手，並輔以樣架支撐，可分成 2 組人員分別進行對接及鎖固動作，雖然縮短鋼筋後會增加續接器數量，但藉由減少機具依賴調整為人工分組組裝結果，可提昇工率達 50%。

在解決主筋續接及工率問題後，墩柱箍、繫筋綁紮亦為施工挑戰，隨造型墩柱斷面不斷變化，除箍、繫筋長度隨之改變外，箍筋設計內、外各三層，最長達 8 公尺，繫筋最長則達 13.3 公尺，綁紮時需平行穿過層層主筋鉤掛於正確位置。施工初期以整段箍、繫筋定尺作料，由於鋼筋較長，在僅 2.5 公尺寬作業平台的有限空間環境下搬運具相當之危險性，且因曲率造成箍、繫主筋鉤掛品質控制不易。經與設計單位研議，同意將箍、繫筋拆解，增加搭接及彎鉤以縮短鋼筋長度，減少對穿以增加工作性，改變作法後工率提昇達 33%。

材料精確管理

本工程位於離島地區，物料補給本就不易，所有材料皆需仰賴台金間之貨船運輸，以主筋為例，每支鍍鋅鋼筋在台灣端由鋼鐵廠出廠後，需經過續接器加工廠、鍍鋅廠、高雄港海運至金門料羅港，下料後再

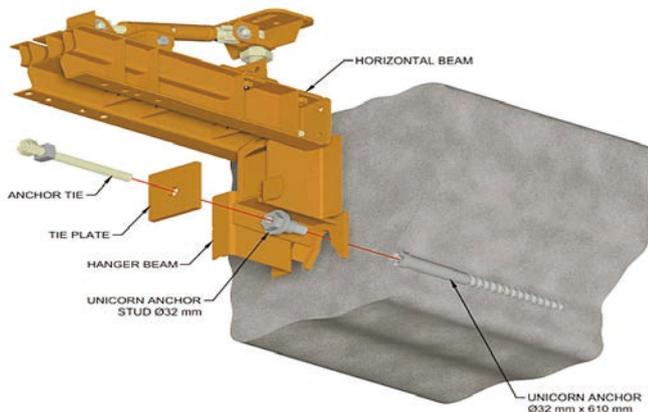
陸運至工區暫置區，經分料以後才可分送至海上各工作面，其中任何一環節發生遺漏，即出現缺料問題。工作初期，曾以一般過磅秤重的方式管控鋼筋，結果於施工過程發現支數短缺造成作業停擺，由於墩柱鋼筋有特殊造型及鍍鋅需求，每層鋼筋亦有專屬尺寸在變化，幾乎無法於鋼筋短缺時遞補使用。因此用料時程管控提早於 1 個月前下單訂製，於台灣端加工廠製作時，數量估算必須保守不可太過於精算，並且分別於台灣端及金門工區現場指派專員配合到料數量、位置逐支清點，始徹底解決鋼筋物料的補給問題。

系統模板選用

因應主橋造型墩柱每一昇層造型變化，模板選用 EFCO 系統模板，EFCO 系統以各項構件組成構架，以芬蘭板作為模板面，模板面可隨造型墩柱曲率變化進行裁切，塑造所需造型。

囿於海上空間有限，無暫置模板空間，故需於陸域事先進行地組。工地備有二套模板系統，在前一昇層拆模之前，次一昇層模板即可於陸域端進行地組，在鋼筋綁紮完成後直接將模板運至海上進行吊裝組立。EFCO 系統設有 2.5 公尺寬工作平台，並預埋 32 號螺栓鎖固（圖 15），設計荷重 700 kgf/m²，工作平台除作為模板可調斜撐支點外，最重要的是提供人員安全作業之空間（圖 16）。

由於主橋各墩 5~8 昇層為單柱分成雙柱之前置階段，造型變化相對複雜，該部份除 EFCO 系統模板外，另搭配訂製造型鋼模作為輔助，縮短作業時程（圖 17），並藉以完成主橋造型墩柱（圖 18）。



CANTILEVERED WALL SYSTEM ANCHOR SETTING

圖 15 【EFCO】D32 mm × 61 cm unicorn — anchor



圖 16 系統模板工作平台



圖 17 墩柱搭配鋼模造型位置



圖 18 墩柱完成

結語

本工程造型墩柱施工經驗累積至今，謹彙總施工心得如下，期望對讀者有所助益：

1. 審慎規劃：詳實評估主筋曲率變化，精確模擬續接處變化。
2. 良好施工性：系統模板預先拆解及地組、減少高空作業壓力。
3. 模板系統適時轉換：依造型階段性，以適當鋼模輔助塑型。
4. 分層確實：昇層澆置明確、準確控制外觀曲率。
5. 提升穩定性：配置塔式吊車、施工期間有效降低浪潮影響。
6. 掌握施工契機：配合海象研判最佳施工時機、階段全力投入資源趨趕。

參考文獻

1. 金門大橋建設計畫第 CJ02-2C 標金門大橋接續工程施工技術規範：第 03110 章【場鑄混凝土結構用模板】、第 03214 章【熱浸鍍鋅鋼筋】、第 03315 章【自充填混凝土】。
2. 工程設計構想基本資料。
3. EFCO 系統模板施工圖。 



臺北市政府捷運工程局

<http://www.dorts.gov.taipei>

臺北市中山北路二段48巷7號
<http://www.dorts.gov.taipei>
Tel: 886-2-25215550

首都環狀線

環型路網 一車直達



臺北捷運增環狀 生活交通不一樣

讓大臺北地區成為更宜居，更便捷的城市



匯通藝文新地標／大港橋

全臺首座水平旋轉橋梁，串聯亞洲新灣、駁二、蓬萊商港區，完備港灣環鏈遊憩線，點亮港都海灣觀光新廊道。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

台北市 11491 內湖區 陽光街 323 號

No. 323 Yanguang Street, Neihu District, Taipei City 11491, TAIWAN

Tel:(02)8797-3567 Fax:(02)8797-3568

E-mail:pr@ceci.com.tw

用心
做好每一件事情

匠心，才得以淬煉「專業」品質
誠心，才足以貫徹「人本」信念
悉心，才可以恢宏「關懷」情操
台灣世曦永遠以「心」為出發
持續履行對土地、對人民不變的承諾
一個環境永續的生態樂園
一個幸福溫馨的生活家園



DOI: 10.6653/MoCICHE.202106_48(3).0011

經濟部「離岸風電區塊開發選商規劃」草案

產業關聯審查中「工程設計」僅列為佔比相當低的加分項目而非必選項目，

將**無法落實**提升**國內離岸風電工程設計**產能之問題與**相關建言**

中國土木水利工程學會 110年6月15日



正本

社團法人中國土木水利工程學會 函

機關地址：100台北市仁愛路二段1號4樓
聯絡人：倪惠妹
聯絡電話：(02) 2392-6325 #18
傳 真：(02) 2396-4260

100210
臺北市中正區福州街15號
受文者：中華民國經濟部
發文日期：中華民國110年6月15日
發文字號：(24)土水發字第110063號
連 別：最速件
附 件：陳情書

主旨：陳情有關經濟部110年5月11日召開「離岸風電區塊開發選商規劃」草案說明會議，草案中「工程設計」僅列為佔比相當低的加分項目而非必選項目，將無法落實提升國內離岸風電工程設計產能之問題與相關建言，敬請查照。

說明：

- 一、我國發展離岸風電，以技術深耕、厚植臺灣實力，並能永續經營管理為政策目標。
- 二、離岸風電工程設計項目，其金額比例佔整體工程雖不高，卻是關鍵技術，影響深遠。國內之工程設計能力，在風力機下部結構、海纜及海上變電站設計（不含風力機設計）已具國際水準，唯缺少實踐。本次離岸風電區塊開發，是決定工程設計技術能否在地扎根的重要時機。
- 三、本陳情書建議兩種方案，來保障國內工程技術服務業之參與。建議方案一將國內廠商參與工程設計提升為「資格審查」必要條件；建議方案二將工程設計項目納入「關鍵發展項目」單獨列項（詳情請見陳情書）。兩種方案均與技術深耕及永續發展的政策相符。
- 四、本次離岸風電區塊開發是建立臺灣工程團隊的最後機會，不容錯過。呼籲政府重視我國工程師優異素質與卓越能力，在招商策略上明確給予國內工程技術服務業發揮的舞台，方能促進國家能源政策永續發展，進而創造優質的國家離岸風電工程團隊！

正本：經濟部
副本：行政院公共工程委員會

理事長 **宋裕祺**



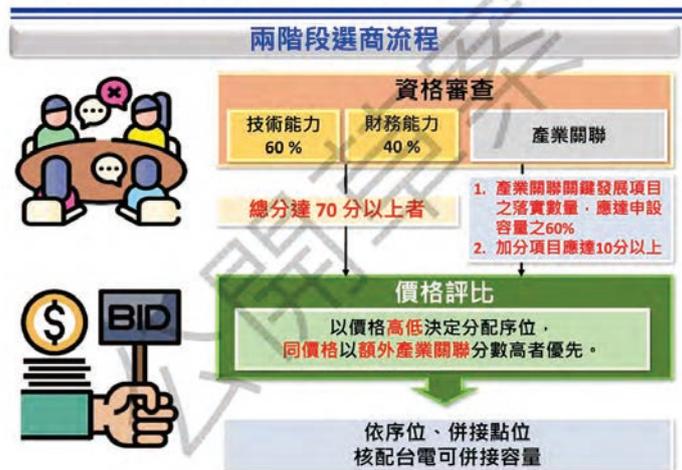
工程設計技術 — 國家建設與產業發展之基石

經濟部近日公布「區塊開發選商機制之兩階段流程」，有關產業關聯審查中「工程設計」僅列為佔比相當低的加分項目而非必選項目，不利於我國風電產業專

業設計技術之本土化目標，對未來離岸風電之發展影響深遠。

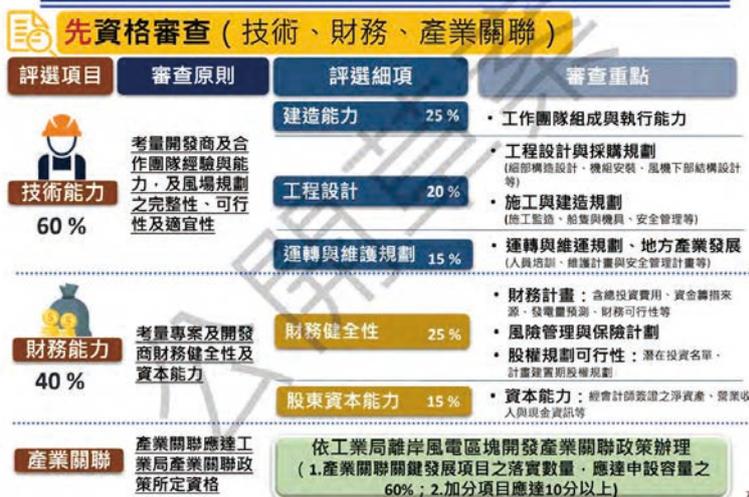
以下部分摘錄離岸風電區塊開發選商規劃草案說明會議簡報，為便於後續說明，編號為原圖1至原圖4。

經濟部 **三、區塊開發選商機制規劃-選商流程**



原圖 1 區塊開發選商機制之兩階段流程

經濟部 **三、區塊開發選商機制規劃-資格審查標準**



原圖 2 區塊開發選商機制之資格審查



區塊開發產業關聯執行方案政策(草案)

二、承諾產業關聯執行方案**關鍵發展項目**清單：分四大類共計26項。

項目	電力設施	水下基礎	風力機零組件	海事工程
關鍵發展項目	1.陸上電力設施 (1) 變壓器 (2) 開關設備 (3) 配電盤 (4) 陸上電纜線	型式1：單槽式 包含 ➢ 主管件 ➢ 轉接段 型式2：套筒式 包含 ➢ 轉接段 ➢ 主管件 ➢ 基樁	1. 全機艙組裝及扣件 2. 塔架及扣件 3. 變壓器 4. 配電盤 5. 鼻錐罩與機艙罩 6. 電纜線 7. 輪殼鑄件及機艙底座鑄件 8. 功率轉換系統及不斷電系統 9. 葉片 10. 樹脂 11. 變壓系統	1. 環境調查船工程服務 2. 地工鑽探船工程服務 3. 水下基礎安裝船工程服務 4. 風力機安裝船工程服務 5. 輸出海纜鋪設船工程服務 6. 運維作業船(CTV、SOV、多功能工作船)
	2.海上變電站 (1) 變壓器 (2) 開關設備 (3) 配電盤 (4) 功率轉換系統			

綠色字體-延續潛力場址項目 藍色字體-業者建議新增項目

原圖 3 產業關聯執行方案—關鍵發展項目清單 (落實數量應達申設容量之60%)

區塊開發產業關聯執行方案政策(草案)

三、加分項目：由開發商可自選項目、自選數量及核心技術自述。

(一)關鍵效益群28項、投資永續群11項、周邊擴散群18項。

(二)計分方式

1. 關鍵效益群每項配分：			2. 投資永續群每項配分：			3. 周邊擴散群每項配分：		
風場安裝數量100%	60%<風場安裝數量<100%	風場安裝數量60%	風場安裝數量100%	0%<風場安裝數量<100%	未做	風場安裝數量100%	0%<風場安裝數量<100%	未做
2分	0<配分<2	0	2分	0<配分<2	0	1分	0<配分<1	0
風場安裝數量100%	0%<風場安裝數量<100%	未做						
4分	0<配分<4	0						

群組	總分100分	加分項目說明	
關鍵效益群	60分 共計28項(發電機、海纜各4分,其他每項2分)	電力設施8項、水下基礎1項、風力機零組件11項、海事工程(服務)6項 電力設施1項 風力機零組件1項	關鍵效益項目之數量超過風場所需安裝數量60%者方列入計分。 26項內容詳如關鍵效益項目(見第4頁)。 水下基礎新增淨動型式 海纜、 風力機、發電機
投資永續群	22分 共計11項(每項2分)	船舶製造(新造)7項 海事工程(服務)4項	1.水文海床勘測船、2.海床鑽探船、3.拖船、4.打撈船、5.支援船、6.人員運補船、7.海纜鋪設船。 1.工程設計：風力機下部結構/風力機/海纜/海上變電站相關設計。 2.陣列海纜鋪設船工程服務、3.運維技術服務：風力機運維技術/風場支援設施運維技術、4.營運期環境監測：生態監測、海氣象觀測。
周邊擴散群	18分 共計18項(每項1分)	電力設施1項 水下基礎4項 風力機零組件13項	海上變電站鋼結構 1.灌漿材料、2.塗料、3.防蝕系統：犧牲陽極或外加電流保護、4.打撈工程架板鋼構、 1.塔架、塗料、2.葉片、玻璃、3.葉片、發電機及拉擠板、4.葉片、脫模劑、5.葉片、膠黏劑、6.葉片、套材加工、7.葉片、發泡材(PET或PVC)、8.葉片、輪軸板、9.葉片、雷擊防護網、10.風力機、機艙冷卻系統、11.風力機、偏航系統、12.風力機、潤滑系統、13.風力機、軸承底座及固定輪軸件。

●開發商自主承諾加分項目需敘明核心製程技術，且符合產業關聯方案樣態。
●藍字-業者建議新增項目 召開83場次會議，書面意見函1份，共計徵詢86家廠商意見。

原圖 4 產業關聯執行方案—加分項目清單(廠商得自選執行項目，其累積分數必須大於10分)

依據行政院公共工程委員會主管之「工程技術顧問公司管理條例」所稱工程技術顧問公司，指從事包括規劃與可行性研究、基本設計、細部設計、協辦招標與決標、施工監造、專案管理及其相關技術性服務之公司。

工程設計為離岸風電產業鏈的最上游工業，也是國家工程技術軟、硬實力的展現，尤其離岸風電工程為重大民生工程產業，若相關工程技術完全仰賴國外廠商，國內工程技術無法自給自足，將會衍生無法永續經營的困境。唯有國內工程技術單位具備產業之工程技術實力，方能肩負整體產業技術創新，也才能針對臺灣特殊海域環境量身訂定合宜的離岸風電工程設計，補足國外離岸風電產業技術在我國本土應用性與可行性的缺口。國內工程技術單位可成功扮演技術把關與技術創新的關鍵重要角色，以達到技術深耕、厚植臺灣離岸風電產業實力的政策目標。如何加速國內工程技術顧問公司具備前期方案研究規劃、中期設計與監造以及後期營運管理顧問角色之全生命週期的整合能力，應為目前離岸風電發展的重要工作之一。

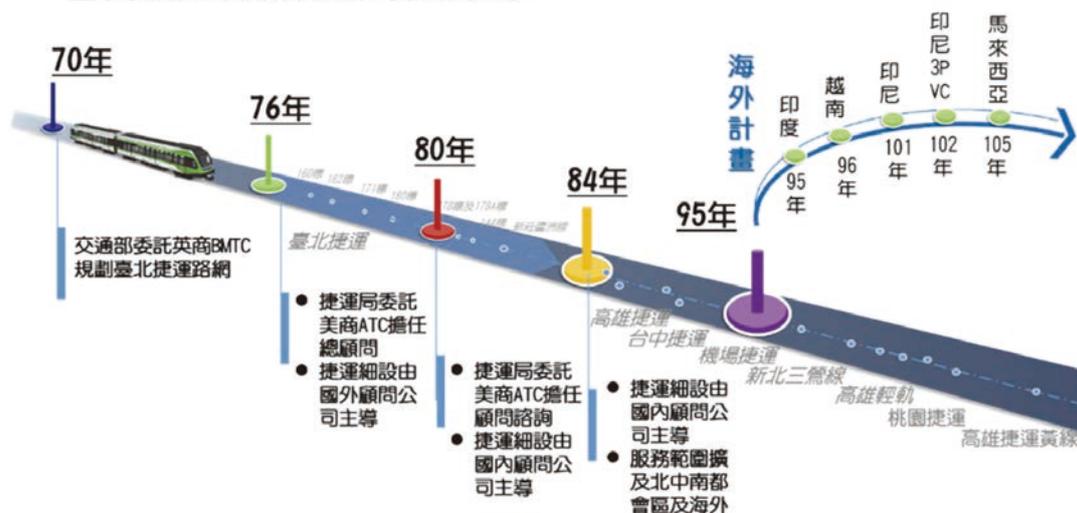
國內工程技術單位專業技術人才養成不易，現有各類工程技術人才之孕育，大多伴隨以往各時代技術需求所演化推移，然其中最大的觸媒應該是國家政策的推動。如1970年代十大建設及1980年代捷運建設的政策方針，培育出無數國家建設所需技術人力，從無到有，乃至現今已能技術外銷即為明顯案例。

從無至獨立自主之發展過程——以臺北捷運為例

民國70年臺北交通日益惡化，交通部運委會考量國內顧問公司並無捷運規劃設計經驗，聘請「英國大眾捷運顧問公司」(BMTIC)與國內顧問工程公司辦理臺北都會區大眾捷運系統「路網可行性研究規劃」及「初步工程設計」。後續臺北市政府捷運工程局以四期服務合約聘美國捷運顧問公司(ATC)(柏遜、貝泰、凱撒)主導捷運工程細部設計，國內顧問公司亦結合國外知名顧問公司聯合承攬(JV)，進行捷運細部設計工作之學習及技術轉移，並藉由細部設計到施工中服務的長期參與，累積無數技術及經驗，國內顧問公司逐漸獨立自主建立捷運細部設計能力。

由於國內顧問公司從設計階段的做中學乃至於長期參與施工階段負責細設成果疑義的澄清，逐漸建立捷運細部設計能力。爾後臺北市政府捷運工程局增修捷運規劃手冊、設計手冊及細部設計合約內容，以落實捷運技術自主化。其後的捷運新莊蘆洲線、信義線、松山線則完全委由國內顧問公司主導細部設計，國內顧問公司參與細設的能量，逐漸由早期參與的2家顧問公司擴增至5家顧問公司。其後的高雄捷運、桃園捷運、臺中捷運均架構在臺北捷運執行經驗及國內顧問公司豐富的細設人才及經驗下逐一完成。並於民國95年以後至海外捷運，包括印度、越南、吉隆坡、雅加達等，爭取海外細部設計工作(如陳情圖1)。

臺北捷運系統細部設計的發展軌跡



陳情圖 1 臺北捷運系統細部設計能力—聯合承攬 (JV) 至國內獨立自主設計之發展大事紀

落實離岸風電工程技術服務本土化之關鍵效益

國內離岸風電發展已完成 2018 年第二階段潛力場址的遴選與競價，現正朝向 2025 年達成 5.7GW 的目標前進。當時或因時程緊迫，在工程設計技術的本土化方面未能有完善的政策規劃，失去培植工程技術國家隊的先機。但現正值政府規劃 2026 ~ 2035 第三階段區塊開發的廠商遴選重要時機，是工程設計技術能否在地扎根的關鍵時期。值此當下，應當深思如何建立負責離岸風電全生命週期工程服務的設計團隊，不僅可以提供國內離岸風電設計、施工與維運所需的工程技術，更期許未來能組成國家隊，將技術輸出國外，以迎合全世界綠能工程的龐大市場需求。

國內工程教育品質優良，培養的工程師具備扎實的學術理論基礎與豐碩的工程實務經驗；國內工程設計顧問業者兼具務實與創新，工程作品屢屢在全世界重要工程領域獲得大獎，此為我國有形與無形的資產。但國內工程設計顧問業者在離岸風電工程卻苦於沒有舞台可以發揮，無法取得工程實績，在目前全球離岸風電工程技術市場的遊戲規則中，國內廠商無法具備參與資格，遑論輸出優異的工程技術。此時，政策上當務之急，應優先考慮如何扶植國內工程設計團隊，建立工程實績，取得往後參與國內、外離岸風電設計競技場的門票。在之前第二階段已錯失培養臺灣國家隊實力之良機，現在是關鍵時刻，不容再次錯過。

綜上歸納，培養我國離岸風電設計能力的效益如下：

1. 在政策上，我們應優先扶植國內工程設計顧問業。
2. 設計是工程最優先也是最重要的部分，國內工程顧問公司之設計能力早已達國際水準，需要的是可以發揮的舞台。
3. 臺灣的環境獨一無二，國內設計廠商的參與是關鍵效益，只靠國際廠商經驗，缺乏在地熟悉度，工程無法竟其功。
4. 國內工程顧問公司有在地便利，與國際廠商相比，價格優勢巨大。
5. 工程設計金額在整體工程金額佔比雖不高，卻影響深遠。國內工程顧問公司現已具備設計能力，國內廠商參與工程設計服務應放在廠商資格審查中的「技術能力」評選項目強制執行，或是加重工程設計在產業關聯執行方案的佔比，以保障國內廠商參與實務設計機會，持續增強國內設計技術能力，健全我國離岸風電完整產業鏈。

由兩試算例窺探經濟部所擬辦法草案無法落實工程設計技術服務之本土化目標

依據本次公布之離岸風電開發廠商的選商機制規劃草案，將採資格審查與價格評比的兩階段方式進行。資格審查中「技術能力」佔 60%；「財務能力」佔 40%，二者總和至少須達 70 分。此外，屬於「產業關聯」的「關鍵效益群」（保障國內產業），在落實數量達申設容

量之 60% 後，可開始列入加分項目。總加分項目應達 10 分以上（如原圖 1、2）。產業關聯執行方案之「關鍵發展項目清單」（關鍵效益群），分四大類共計 26 項（如原圖 3）。產業關聯執行方案政策之加分，廠商得依其自身優勢可採自選項目、自選數量或核心技術自述後，選取欲執行的加分項目，「關鍵效益群」加「投資永續群」及「周邊擴散群」，為全部加分項目，各項目有指定配分，其累積分數須大於 10 分（如原圖 4）。

然綜觀所有加分項目中，工程技術服務屬性的項目僅列入「投資永續群」海事工程（服務）內的「工程設計」乙項（包含風力機下部結構 / 風機 / 海纜 / 海上變電站相關設計），配分 2 分，僅佔加分項目之 2%，非但未保障國內廠商（非關鍵效益群），相較於在關鍵效益群內的材料及設施等項目佔比高達 60%，可見工程技術服務受重視程度比例差距有如天壤之別。

依此辦法草案，工程設計服務並未強制要求國內廠商之參與，必須承諾項目亦不見納入工程技術服務類別，國際開發團隊只需挾資金優勢即可輕易主導，無須與國內廠商合作，此勢必對於國內工程顧問技術公司參與可能性的衝擊將相當大。

茲列舉兩試算例，凸顯目前辦法草案之不合理性（分數佔比，詳原圖 3 及原圖 4）：

【試算例一】

假設開發廠商於「關鍵發展項目」全部必須承諾的 26 項，將其落實國內採用數量從申設容量強制佔比之 60%，略為小幅提高為總數 70%，則其「關鍵效益群」貢獻的累計分數為：

$$\begin{aligned} \text{加分項目累計分數} &= (26 \text{ 項}) \times (2 \text{ 分}) \times (70\% - 60\%) \\ & / (100\% - 60\%) = 13 \text{ 分} \\ & > 10 \text{ 分 (合格)} \end{aligned}$$

【試算例二】

假設開發廠商於自選承諾的「周邊擴散群」共 18 項材料設備，將其落實國內採用數量從申設容量非強制 0%，提高為總數 60% 的採購數量。則其累計分數為：

$$\begin{aligned} \text{加分項目累計分數} &= (18 \text{ 項}) \times (1.0 \text{ 分} \times 60\%) = 10.8 \text{ 分} \\ & > 10 \text{ 分 (合格)} \end{aligned}$$

依上述試算結果可知，以目前辦法草案，國內工程顧問公司得以參與的項目「工程設計」納於「投資永續

群」架構下，作為開發廠商得自選、非必須承諾的選項中，在加分項目累積分數僅須達到 10 分的低門檻下，只要稍微提高採購數量，即可屏除國內工程顧問公司參與工程設計的機會，工程設計淪為加分選項中可能的最後順位選項，本土化目標成為資材代工產業，此非國家及全民之福。因此在此呼籲政府相關單位，應再予以深思「工程設計」項目於目前辦法草案的合宜性。

建議方案

承以上各點所述及目前辦法草案，針對保障我國可自主設計的三項工作：「工程設計」項目中的風力機下部結構、海纜及海上變電站設計（不含風力機設計），研擬建議方案如下：

建議方案一：

調整國內參與工程設計為資格審查必要條件

建議方案一，調整原「投資永續群」（陳情圖 3）中「工程設計」工作項目中的風力機下部結構 / 海纜 / 海上變電站設計，提高至廠商「技術能力」評選項目之「工程設計 20%」評選細項之審查重點。原草案中「工程設計」評選細項之審查重點，如採購規劃、施工與建造規劃，均屬建造能力之範疇，應將其移至「建造能力」之評選細項為宜（陳情圖 2）。資格審查「技術能力」之「工程設計 20%」並應規定，須由國內工程顧問公司單獨承攬或與國外工程技術顧問公司聯合承攬（Joint Venture），依承諾國內工程顧問公司之承攬金額或最低人力參與所佔比例，分數為 0 分 ~ 20 分，以保障國內廠商參與設計的機會。

建議方案二：

將「工程設計」項目納入「關鍵發展項目」單獨列項

另一個可行方案是，建議將我國可自主設計的工作：「工程設計」項目的風力機下部結構、海纜及海上變電站設計（不含風力機設計），納入「關鍵發展項目」中，並單獨列項。關鍵發展項目成為五大類，共計 27 項（陳情圖 4）。其「關鍵效益群」之配分，增加工程設計 1 項，達申設數量 60% 以上可列入加分（陳情圖 5）；並須保證開發風場 60% 以上的離岸風電工程之設計，由國內工程技術顧問公司承攬或與國外工程技術顧問公司聯合承攬（Joint Venture）。

區塊開發產業關聯方案規劃 建議方案一



陳情圖 2 技術能力之工程設計建議修正 (方案一)

區塊開發產業關聯方案規劃 建議方案一



陳情圖 3 投資永續群之工程設計建議修正(方案一)

區塊開發產業關聯方案規劃 建議方案二



區塊開發產業關聯執行方案政策(草案)

二、承諾產業關聯執行方案**關鍵發展項目**清單：分五大類共計27項。

新增「工程設計」類別
分五大類共計27項

項目	電力設施	水下設施	風力機零組件	海事工程	工程設計
關鍵發展項目	1.陸上電力設施 (1)變壓器 (2)開關設備 (3)配電盤 (4)陸上電纜線	型式1：單槽式 包含 > 主管件 > 轉接段 型式2：套筒式 包含 > 轉接段 > 主管件 > 基樁	1.全機艙組裝及扣件 2.塔架及扣件 3.變壓器 4.配電盤 5.昇降罩與機艙罩 6.電纜線 7.輪殼鑄件及機艙底座鑄件 8.功率轉換系統及不斷電系統 9.葉片 10.齒箱 11.變漿系統	1.環境調查船工程服務 2.地工鑽探船工程服務 3.水下基礎安裝船工程服務 4.風力機安裝船工程服務 5.輸出海纜鋪設船工程服務 6.運維作業船(CTV、SOV、多功能工作船)	包含 風力機下部結構設計 海上變電站設計 海纜設計
	2.海上變電站 (1)變壓器 (2)開關設備 (3)配電盤 (4)功率轉換系統				

綠色字體—延續潛力場址項目 藍色字體—IDB建議新增項目
紅色字體—建議新增項目

陳情圖 4 關鍵發展項目之工程設計建議修正 (方案二)

區塊開發產業關聯方案規劃 建議方案二



區塊開發產業關聯執行方案政策(草案)

三、加分項目：由開發商可自選項目、自選數量及核心技术自述。

(一)關鍵效益群28項，投資永續群11項，周邊擴散群18項

(二)計分方式

1.關鍵效益群每項配分：

風場安裝數量100%	60%<風場安裝數量<100%	風場安裝數量60%
2分	0<配分<2	0
風場安裝數量100%	0%<風場安裝數量<100%	未做
4分	0<配分<4	0

2.投資永續群每項配分

風場安裝數量100%	0%<風場安裝數量<100%	未做
2分	0<配分<2	0

3.周邊擴散群每項配分

風場安裝數量100%	0%<風場安裝數量<100%	未做
1分	0<配分<1	0

工程設計1項(納入關鍵效益群)

群組	總分100分	加分項目說明
關鍵效益群	60分 共計29項(發電機、海纜各3分,每項2分)	電力設備8項、水下基礎1項、風力機零組件11項、海事工程(服務)6項、 工程設計1項 關鍵發展項目之數量超過風機所須安裝數量60%者方列入計分 27項內容詳如關鍵發展項目(見第4項) 水下基礎新增浮動型式
		電力設備1項 風力機零組件1項 海纜 風力機、發電機
投資永續群	22分 共計11項(每項2分)	船舶製造(新造)7項 海事工程(服務)4項 1.水文海床勘查船、2.海床鑽探船、3.拖船、4.打樁船、5.支撐船、6.人員運輸船、7.海纜鋪設船、 1.工程設計：風力機下部結構/風力機/海纜/海上變電站相關設計、 2.陣列海纜鋪設工程服務、3.運維技術服務：風力機運維技術/風場支撐設施運維技術、 4.營運期環境監測：生態監測、海氣象觀測。
周邊擴散群	18分 共計18項(每項1分)	海上變電站鋼結構 海上變電站鋼結構
		水下基礎4項 風力機零組件13項 1.瀝青材料、2.塗料、3.防蝕系統：犧牲陽極或外加電流保護、4.打樁工程架板鋼構、 1.塔架_塗料、2.葉片_玻璃纖維、3.葉片_鋼鑄及拉擠纖維、4.葉片_脫模劑、5.葉片_膠黏劑、6.葉片_套材加工、7.葉片_發泡材(PET或PVC)、8.葉片_輪殼板、9.葉片_雷擊防護網、10.風力機_機艙冷卻系統、11.風力機_偏航系統、12.風力機_潤滑系統、13.風力機_軸承底座及固定軸鑄件。

工程設計：風力機(其餘刪除)

- 開發商自主承諾加分項目需附核心技术自述，且符合產業關聯方案建議。
- 藍字—業者建議新增項目IDB依建議方案，關鍵效益群配分重新調整
86家廠商意見

陳情圖 5 關鍵效益群之工程設計建議修正 (方案二)

離岸風電工程已將進入區塊開發階段，目前正是決定建立離岸風電臺灣工程設計團隊的最後機會。呼籲政府能夠重視我國工程師優異素質與工程技術服務業卓越能力，開創此重要資產的價值。在區塊開發招商策略上作出正確的決定，提供國內工程技術服務業在離岸風電工程設計的舞台，協促擁有工程實績奠定進軍國際的基礎，為國家能源政策永續發展創造優質的國家技術團隊！





* 湖山水庫工程
掌握億萬年記錄的奧秘

湖山水庫由湖山主壩、湖山副壩及湖南壩等壩所組成於清水溪建置桶頭攔河堰越域引水，並與集集攔河堰聯合運用中興自2002年起參與大壩及溢洪道等結構物之規劃與設計從大壩完工至今，持續負責水庫安全檢查與監測工作



大地工程團隊

中興團隊專業服務

水利、大地、電力、結構、建築、軌道、交通、系統機械、環境、海岸及港灣、都市設計、工業城鄉開發園區規劃等之規劃、設計與施工監造管理

聯絡資訊

105409 臺北市松山區南京東路五段171號

電話：(02) 2769-8388 傳真：(02) 2763-4555

E-mail：sinotech@sinotech.com.tw

https：//www.sinotech.com.tw

正派經營·品質保證·追求卓越·創新突破

 **中興工程顧問股份有限公司**
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD.





遠揚營造工程股份有限公司

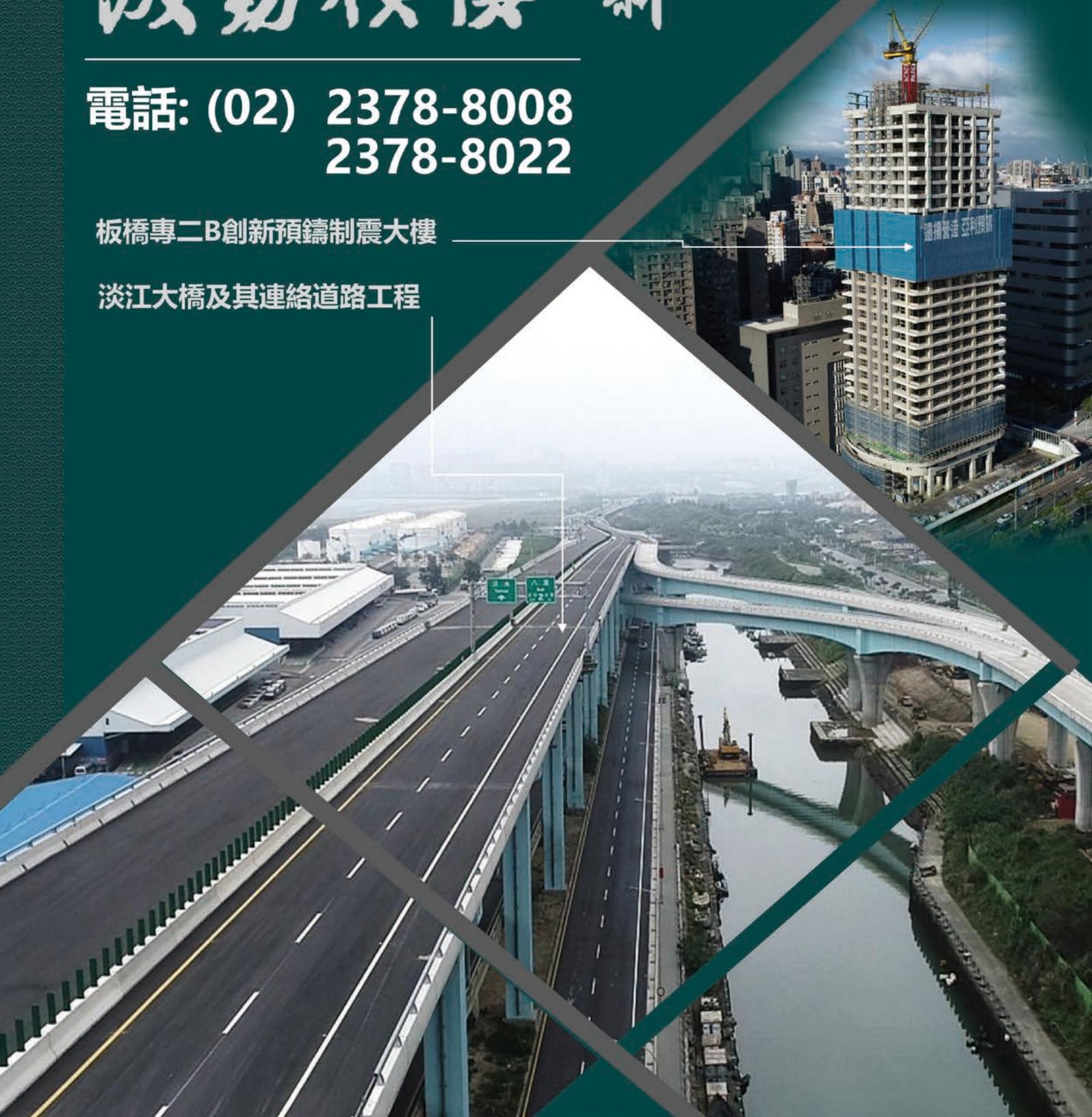
<http://www.fegc.com.tw/>

誠勤樸慎 創新

電話: (02) 2378-8008
2378-8022

板橋專二B創新預鑄制震大樓

淡江大橋及其連絡道路工程

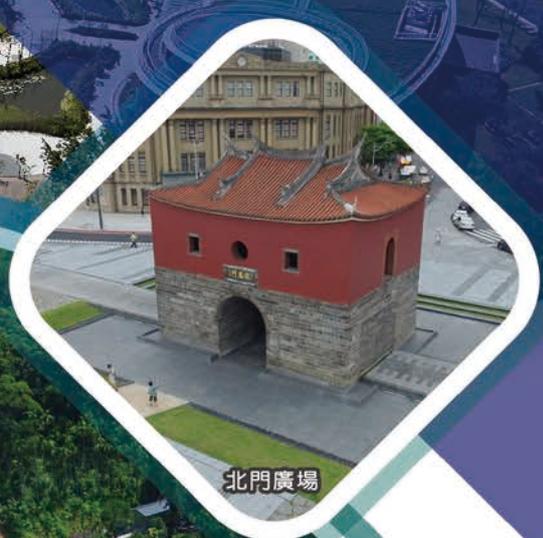




福清營造 全域獨到



台北花博夢想館



北門廣場



安坑一號道路
雙安隧道



福清營造

SINCE 1975

台北市內湖區民權東路六段160號10樓

02-2796 3949

www.for-tune.com.tw



勞動部職業安全衛生署
OCCUPATIONAL SAFETY and HEALTH ADMINISTRATION, MINISTRY of LABOR

第14屆公共工程金安獎

第19屆 公共工程 金質獎

土木類 優等

臺北市政府
公共工程卓越獎
經典百工·卓越傳世

109年度公共工程卓越獎

永可信工程有限公司

服務項目

- 土方工程
- 拆除工程
- 景觀工程
- 土地重劃

- 地下室開挖
- 砂石買賣
- 整地

- 托運

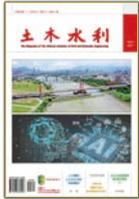
- 地質鑽探調查工程

- 廢棄物清運



公司地址：406 台中市北屯區太和路一段 225 號

TEL:04-22394109 FAX:04-22390381 Email:yongkexin4109@yahoo.com



茲附上廣告式樣一則
請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致
社團法人中國土木工程學會

「土木水利」雙月刊
廣告價目表

(費率單位：新台幣元)

刊登位置	金額 (新台幣元)	敬請勾選
封面全頁 彩色	60,000	
內頁中間跨頁 彩色	80,000	
封底全頁 彩色	50,000	
封面裏/封底裏 全頁彩色	40,000	
內頁全頁 彩色 (直式)	30,000	
內頁半頁 彩色 (橫式)	15,000	
內頁 1/4 頁 彩色 (直式)	8,000	
折扣	3期9折， 4期以上8.5折	

刊登月份：

48.4 48.5 48.6 49.1 49.2 49.3 共 次
(8月) (10月) (12月) (2月) (4月) (6月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

隨單繳送請查收摺據
請於刊登後檢據洽收

機構名稱：
商號 (請蓋公司印)

負責人：

地址：

廣告聯絡人：

電話：

廣告訂單聯絡：社團法人中國土木工程學會 電話：(02) 2392-6325 email: service@ciche.org.tw

98-04-43-04

郵政劃撥儲金存款單

收款帳號	0	0	0	3	0	6	7	8	金額 新台幣 (小寫)	仟	萬	拾	萬	仟	佰	拾	元
------	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

通訊欄 (限與本次存款有關事項)		收款戶名	社團法人中國土木工程學會	
繳納會費		寄款人		主管：
<input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200元		姓名		
<input type="checkbox"/> 初級會員年費 300元		地址	□□□□—□□	
訂閱土木水利雙月刊，一年六期		電話		
<input type="checkbox"/> 國內·個人會員 新台幣300元		經辦局收款戳		
<input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣1,800元				
自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份				
訂閱中國土木工程學刊，一年八期				
<input type="checkbox"/> 國內·個人會員 新台幣1,600元				
<input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣3,600元				
<input type="checkbox"/> 國外·個人 美金80元				
<input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金200元				
自第__卷第__期起__年期學刊__份				

◎ 寄款人請注意背面說明
◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款帳號戶名	
存款金額	
電腦紀錄	
經辦局收款戳	

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

◀ 社團法人中國土木工程學會 ▶

信用卡繳納通知書

姓名		款 別 註：入會時請先填入會申請書，傳真學會審查，我們會立即通知您，資格符合時請繳費， <u>入會費一人僅需繳交一次</u>	繳納會費 <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200元 <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300元 訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 國內·個人會員 新台幣 300元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元 自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份 訂閱中國土木工程學刊，一年八期 <input type="checkbox"/> 國內·個人會員 新台幣 1,600元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 3,600元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 80元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 200元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
會員證號碼			
身分證號碼			
卡 別	<input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB		
信用卡卡號			
信用卡末三碼			
信用卡有效期限	(月 / 年)		
信用卡簽名			
繳費金額		白天聯絡電話 通訊地址	

回覆請利用傳真：(02) 2396-4260 或 email：service@ciche.org.tw

回覆後請務必電話：(02) 2392-6325 確認，謝謝！

郵政劃撥存款收據

注意事項

- 一、本收據請詳加核對並妥為保管，以便日後查考。
- 二、如欲查詢存款入帳詳情時，請檢附本收據及已填妥之查詢函向各連線郵局辦理。
- 三、本收據各項金額、數字係機器印製，如非機器列印或經塗改或無收款郵局收訖章者無效。

請 寄 款 人 注 意

- 一、帳號、戶名及寄款人姓名地址各欄請詳細填明，以免誤寄；抵付票據之存款，務請於交換前一天存入。
- 二、每筆存款至少須在新台幣十五元以上，且限填至元位為止。
- 三、倘金額塗改時請更換存款單重新填寫。
- 四、本存款單不得黏貼或附寄任何文件。
- 五、本存款金額業經電腦登帳後，不得申請撤回。
- 六、本存款單備供電腦影像處理，請以正楷工整書寫並請勿摺疊。帳戶如需自印存款單，各欄文字及規格必須與本單完全相符；如有不符，各局應婉請寄款人更換郵局印製之存款單填寫，以利處理。
- 七、本存款單帳號與金額欄請以阿拉伯數字書寫。
- 八、帳戶本人在「付款局」所在直轄市或縣(市)以外之行政區域存款，需由帳戶內扣收手續費。

交易代號：0501、0502現金存款 0503票據存款 2212劃撥票據託收

本聯由儲匯處存查 600,000 束 (100 張) 94.1.210 × 110mm (80g/m² 模) 保管五年 (拾大)



2021 電子計算機於土木水利工程應用研討會

2021 Conference on Computer Applications in Civil and Hydraulic Engineering (CCACHE 2021)

中華民國 110 年 8 月 30 日至 8 月 31 日 @ 國立中央大學 (採線上型式)

為協助國內各界提升土木水利工程品質，促進電子計算機於土木水利工程相關應用，中國土木工程學會 (Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering) 自民國 63 年舉辦第一屆計算機應用研討會至今已 47 年，期間每兩年舉辦一次，已是國內在土木水利工程之資訊應用領域最重要會議。感謝各位先進們的指導與支持，本屆電子計算機於土木水利工程應用研討會，由國立中央大學舉辦，將聯合 2021 年度科技部土木水利工程學門成果發表會，線上舉行。

重要日期 (Important Dates)

- 2021/6/30：徵稿截止 (長摘要或完整論文皆可)
- 2021/7/15：早鳥報名開始 (Early bird registration: Start)
- 2021/7/20：論文審查通知 (Acceptance notification)
- 2021/8/5：早鳥報名截止 (Early bird registration: End)
- 2021/8/10：論文定稿 (長摘要或完整論文)、授權書、簡報影片上傳 (Upload final paper or extended abstract, authorization form and presentation video file)
- 2021/8/29：線上報名截止 (Online registration: End)
- 2021/8/30-31：研討會 (Conference Days)

研討會各場次規劃三類型：專題演講、產官學界論壇、學術論文 (含科技部土木水利工程學門成果發表)。主題如下：

- 資通訊技術在結構工程應用 (Information Technology in Structure Engineering)
- 資通訊技術在大地工程應用 (Information Technology in Geotechnical Engineering)
- 資通訊技術在水利工程 / 水資源領域應用 (Information Technology in Water Resource Engineering)
- 資通訊技術在交通工程應用 (Information Technology in Transportation Engineering)
- 資通訊技術在營建工程與管理應用 (Information Technology in Construction Management)
- 資通訊技術在工程材料應用 (Information Technology in Engineering Materials)
- 空間資訊技術應用 (Information Technology in Geoinformation Engineering)
- 資通訊技術在環境工程應用 (Information Technology in Environmental Engineering)
- 資通訊技術在設施維護與管理應用 (Information Technology in Facility Management)
- 資通訊技術在節能減碳相關應用 (Information Technology in Green Energy)
- 資通訊技術在智慧城鄉相關應用 (Information Technology in Smart Cities)
- 資通訊技術在防救災領域應用 (Information Technology in Disaster Mitigation)
- 土木工程資通訊技術教育 (Education of Information Technology in Civil Engineering)
- 數位創新 / 數位轉型技術 (如 AI/IoT 等) 在相關領域應用 (Digital Innovation/Digital Transformation, e.g., AI and IoT in Related Areas)



研討會官網

<https://sites.google.com/view/ccache2021/home>



研討會粉絲專頁

<https://www.facebook.com/ccache2021>



競賽官網

110 年工程環境與美化獎競賽

報名期間：110 年 5 月 10 日 ~ 110 年 7 月 15 日止



工程景觀粉絲專頁

本學會為鼓勵土木水利工程界重視工程環境及工程美化，以提升我國土木水利工程水準，爰舉辦「110 年工程環境與美化獎」競賽，報名期間自 110 年 5 月 10 日至 110 年 7 月 15 日止。敬邀踴躍報名參賽。

說明：

- 一、依本學會「工程環境與美化獎」評獎辦法辦理。
- 二、「110 年工程環境與美化獎」共分 2 類，分別為「工程美化與景觀類」及「工程生態與環境類」。
- 三、參選資格為工程已完成（完工或營運或提供服務），且完成未滿五年內（105 年 8 月至 110 年 7 月）之工程。其工程具創新性、獨特性、挑戰性；符合節能減碳、永續發展、生態工程原則；或造型特殊、美觀，且同一工程未曾獲得本學會歷屆「工程環境與美化獎」之特優或優良獎者。
- 四、申請參選單位為中華民國各工程主辦單位（含民間工程業主）、設計單位、專業營建管理單位（PCM）、監造單位、承攬廠商、營運管理單位等，可合併或自行報名。
- 五、獲獎工程之參與單位，於本學會 110 年 11 月 27 日年會大會上午頒發獎狀、獎牌公開表揚，下午進行優勝發表；並刊載於本學會會刊及網頁。



敬邀報名

110 年度工程數位創新應用獎評選

報名期間：110 年 5 月 15 日 ~ 110 年 8 月 31 日止

近年來自動化、智慧化、大數據、物聯網、VR、AR、BIM 以及人工智慧等資通訊創新科技蓬勃發展，對各行各業產生重大影響，形成數位轉型風潮。中國土木水利工程學會為鼓勵營建產業應用數位創新技術以創造價值及提升工作效率與品質，自民國 108 年起設置「工程數位創新應用獎」，每兩年舉辦一次，頒發給國內使用數位創新技術於工程規劃設計、施工或營運維護等之績優單位。

評選對象：

本項評選以工程專案為評選對象。申請工程專案應填具規定之表單及檢附有關資料。申請工程專案應有具體應用數位創新技術不同以往之事實，且須符合下列條件之一：

- 由國內或國外單位所執行位於國內之工程。
- 由國內單位所執行位於國外之工程。

請其就符合條件的工程專案提出申請，並附上業主推薦函。



其餘請詳活動網頁

2021



工程創意競賽
INNOVATIONS

2021 全國大專院校工程創意競賽

競賽主題：永續營建新思維

金獎獎金 10 萬元

等你來拿！



粉絲專頁