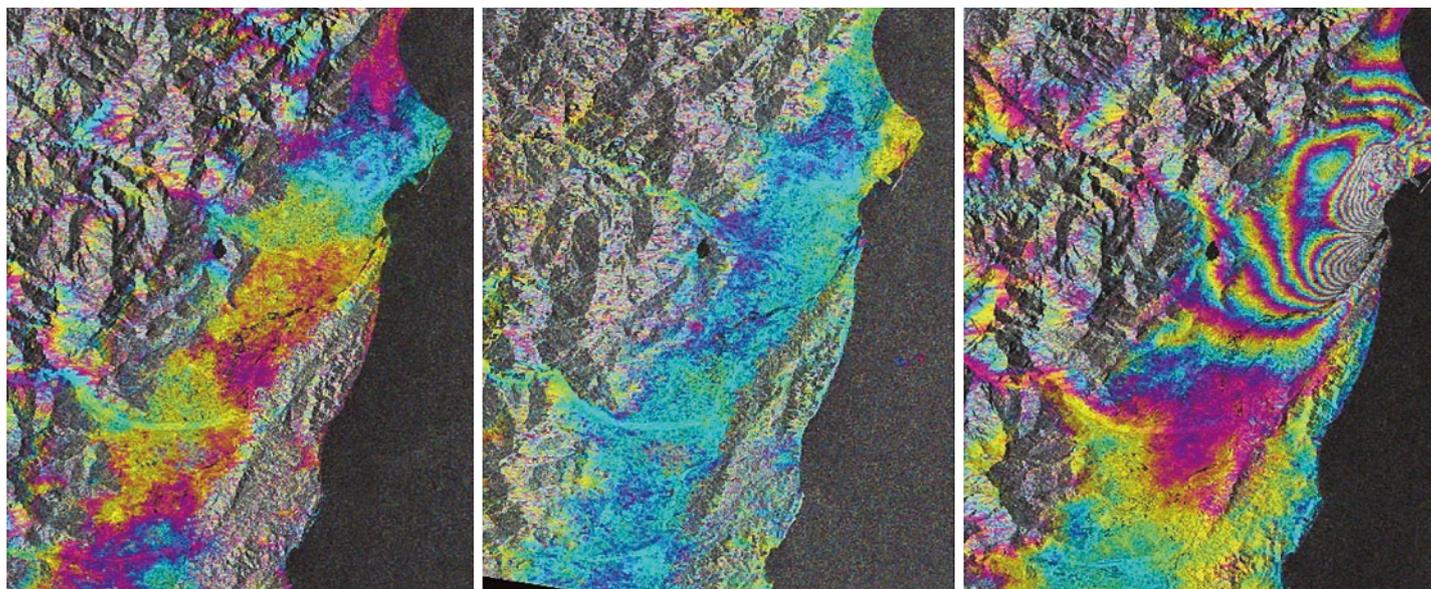
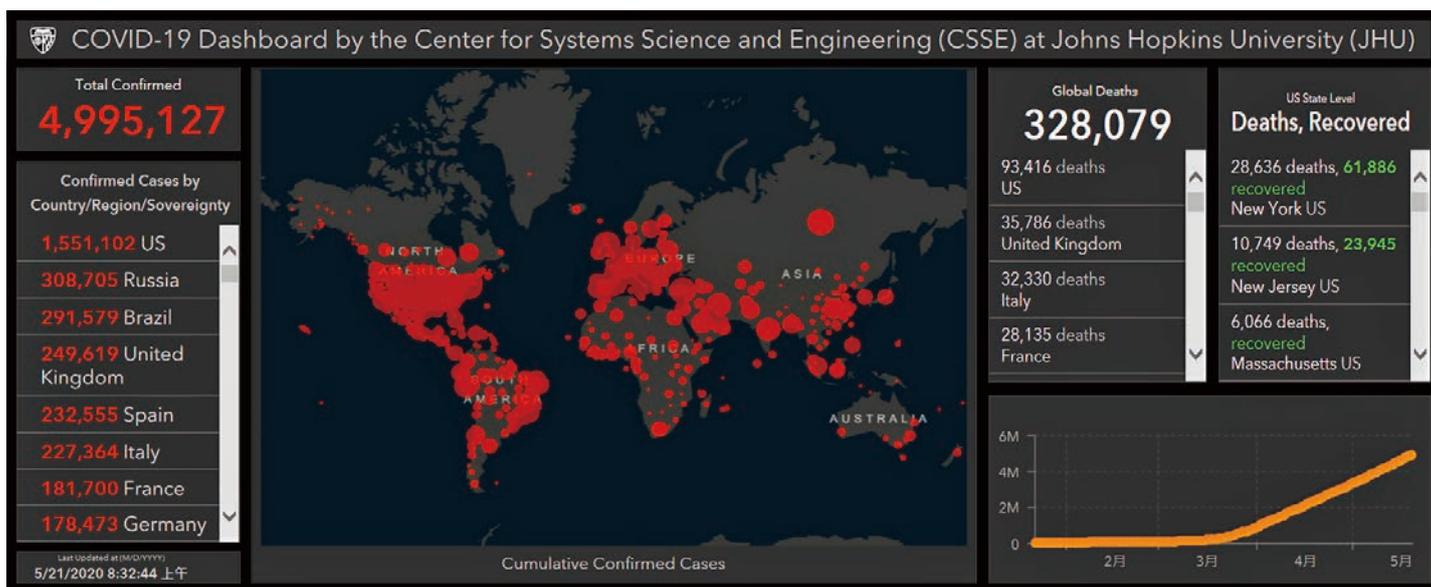


土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

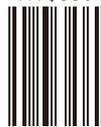
February
2020



ISSN 0253-3804



NT\$350



Volume 47, No. 1

社團法人
中國土木工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

COVID-19

新冠肺炎特輯

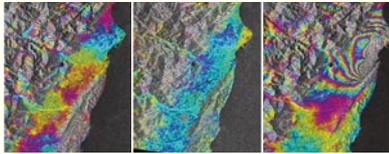
專輯

新興科技在
環境永續及智慧防災
之應用



土木水利

社團法人中國土木工程學會會刊



上：COVID-19 Map - Johns Hopkins Coronavirus Resource Center
quoted from <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
下：0206 花蓮地震震前及同震干涉條紋

土木水利半月集

先進工程

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

永續發展

- 永續發展
- 水資源工程
- 海洋工程
- 景觀工程
- 能源工程
- 工程美化
- 國土發展
- 大地工程
- 環境工程
- 綠營建工程
- 天然災害防治工程
- 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
- 土木史
- 大學教育
- 學生活動
- 終身學習
- 工程教育認證
- 技專院校

學會活動

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

出版活動

- 中國土木工程學會會刊
- 土木水利半月集

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 胡相麟
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. 研究土木水利工程學術。
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。

土木水利半月集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！

新冠肺炎特輯

- 📖 序言：新冠肺炎特輯 宋裕祺 2
- 📖 COVID-19（武漢肺炎）疫情對公共建設之影響與因應措施 行政院公共工程委員會 3
- 📖 新冠肺炎疫情對工程產業之衝擊與因應探討 7
施義芳／林曜滄／劉念平／吳文隆／周昌典／邱水碧／吳淑惠
- 📖 疫情！疫情！營建物價影響乎？ 李佳龍／盧宗憲 15
- 📖 新型冠狀病毒（COVID-19）對台灣營造產業影響之初探 劉泰儀／周南山／陳柏翰 20
- 📖 營造業在新冠肺炎疫情下所衍生履約問題之探討 26
謝佳伯／張斐雯／陳澤榮／楊哲璋／林詩涵／楊羽蕓
- 📖 新冠疫情下土木工程與遙測技術之應用與契機 34
黃韋凱／李璟芳／張玉舜／高銘堂／陳振宇／賴澄漂
- 📖 公共工程招商不順 — 探討近年國內營造生態及近期新冠病毒影響 鄭燦鋒 48

「新興科技在環境永續及智慧防災之應用」專輯（客座主編：林美聆教授）

- 📖 專輯序言：新興科技在環境永續及智慧防災之應用 林美聆 52
- 📖 空載光達技術應用於環境地質與崩塌判釋 謝有忠／費立沅 54
- 📖 百公里外制敵機先的毫米變形偵測 — 差分干涉合成孔徑雷達分析 62
王國隆／陳建帆／邱亭瑋／林俊廷
- 📖 應用IoT與MEMS於坡地監測系統之開發經驗分享 謝佑明 70
- 📖 物聯網於山坡地監測之應用 黃亦敏／方耀民 79
- 📖 0206花蓮地震事件之社群網路災情蒐整與分析應用 劉致灝／蔣佳峰 87
- 📖 大數據、AI與IoT防災設備於城市淹水預報之應用 94
張麗秋／王藝峰／黃克禮／古潑瑜／張斐章

學會資訊看板

- 📖 中國土木工程學會 喜訊報導 78

廣告特搜

- 工信工程股份有限公司 — 淡江大橋 封底
- 台灣世曦工程顧問股份有限公司 — 分毫不差 才足以教人驚豔 封底裡
- 中華民國土木技師公會全國聯合會 — 土木技師 國之棟樑 102



新冠肺炎特輯

序言

COVID-19 在 2020 年重創全世界，至截稿為止，全世界已有 471 餘萬人確診，超過 31.5 萬人死亡，人類的生活型態因為此次疫情為之翻轉，首當其衝的觀光、餐飲、交通、食宿和服務等各項產業受到社交活動大幅萎縮而萎靡不振，其他諸如製造業和高科技產業等也因為全世界原物料及上游產品供應鏈中斷，導致營運困難的案例也比比皆是。由於土木營建產業為火車頭工業，能否順暢推展影響國計民生甚鉅，值此疫情肆虐之際，特邀請產官學各界撰文探討疫情對於營建工程產業的衝擊與影響，並研議相關因應對策，冀能化危機為轉機，開創後疫情時代的營建產業新契機。

行政院公共工程委員會撰寫「COVID-19（武漢肺炎）疫情對公共建設之影響與因應措施」，文中先就國內公共建設推動之影響進行評估，並介紹工程會在穩定砂石供應機制、進口砂石短期缺口及預拌混凝土價格波動、穩定工程勞動力供應與相關採購措施等重要事項提出具體的相關因應措施，並積極擘畫加速推動公共建設之策略與作法，最後宣導公共工程之防疫措施。文章有助於讓讀者了解工程會與其他各部會如何掌控源頭管理，落實各項因應措施，及早發現問題，透過每月公共建設督導會報委員會或專案會議積極協調解決，與時俱進採取滾動調整相關因應措施，穩定工程材料及勞動力之供應，確保各項公共建設順利推動。

施義芳、林曜滄、劉念平、吳文隆、周昌典、邱水碧與吳淑惠等諸位先生撰寫「新冠肺炎疫情對工程產業之衝擊與因應探討」，首先探討疫情對全球性經濟及工程產業之衝擊與評估，續分別說明疫情對於工程顧問公司有關工程規劃設計技術服務工作、專案管理與監造技術服務等之衝擊與影響，進而提出擴大導入科技應用輔助工作之建議。

李佳龍與盧宗憲以「疫情！疫情！營建物價影響乎？」一文先就砂石、預拌混凝土、鋼筋、瀝青混凝土等主要營建資材價格進行統計並預測其發展趨勢，並建議因應疫情營建業紓困方案。

劉泰儀、周南山與陳柏翰三位先生撰寫「新型冠狀病毒（COVID-19）對台灣營造產業影響之初探」，分別就疫情可能造成的人力短缺與原物料價格上漲等問題進行情資蒐集與分析，並對國內營造業股票上市櫃公司前幾個月的平均月營收與股價漲跌幅度進行統計與分析，探討其影響，最後並就政府可以再協助什麼提出相關建議，相當程度反映輿情。

疫情籠罩對於土木營造工程履約風險會有怎樣的影響實值探討。謝佳伯、張斐雯、陳澤榮、楊哲瑋、林詩涵、楊羽蘋等諸位法律專家撰寫「營造業在新冠肺炎疫情下所生履約問題之探討」一文，介紹國內外相關法令規定，並提醒營造相關產業除了疫情發生之事後處理方案外，亦宜先考量如何事先規避風險，並詳實具體提列各項超前布署之因應建議，值得業界研讀。

黃韋凱、李璟芳、張玉焄、高銘堂、陳振宇與賴澄漂等諸位先生撰寫「新冠疫情下土木工程與遙測技術之應用與契機」，介紹在新冠疫情衝擊下，如何善加運用遙測圖資、地理資訊系統、新興測繪技術與 AI（人工智慧）等科技，以維持工程顧問業既有業務執行量能，並期望引領土木工程邁向下一個新的里程碑。

最後，營造業前輩鄭燦鋒先生撰寫「公共工程招商不順——探討近年國內營造生態及近期新冠病毒影響」，闡述當今國內營建生態及相關困擾，並就公共工程推動過程當中的繁文縟節提出針砭，最後提出相關建議。

本特輯所邀文章作者們均深耕土木營建產業多年，熟知產業特性，值此疫情肆虐未艾之際，如何因應，並在逆勢中為營造產業開創新局，作者們的鏗鏘之作實值品味細讀，相信應可以為產業增能發揮暮鼓晨鐘之效。

理事長 宋路陞

2020 年 5 月



COVID-19 (武漢肺炎) 疫情對公共建設之影響與因應措施



鑑於COVID-19 (武漢肺炎) 疫情對經濟之衝擊影響，加速推動公共建設有助於穩定經濟發展，工程會積極與工程產業界及工程相關執行機關密切合作，即時掌握並排除公共工程推動上所遭遇的困難與障礙，提升執行績效，增進經濟動能。

COVID-19 (武漢肺炎) 疫情對公共建設之影響

意見蒐集

工程會經洽相關工程技術顧問業、營造業公會及業者與工程執行機關，多表示目前疫情對執行國內公共工程之影響不大，惟提及部分個案若有部分機具、材料係國外生產製造，目前難以派人赴國外進行廠驗、進口時間延後，或各國為了疫情而採人員流動管制，恐將影響後續工程進行。

就國內公共建設推動之影響評估

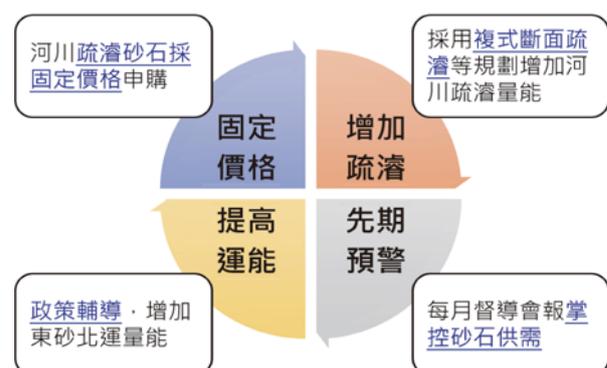
1. 機具設備：我國政府工程採購多採用國產機具設備，個案若允許交付其他國家製造之設備者，因承包商多有預留船期或生產過程遭遇風險之時程，且現場施工可預為調整工序，故影響程度尚待觀察。
2. 營建資材：工程會經盤點水泥、鋼筋、瀝青混凝土等大宗資材，目前供應尚稱穩定，僅北部砂石因部分仰賴中國大陸進口，較易受影響，惟已有因應措施。
3. 現場工作：工地多為開放空間，故現場工作影響不大，惟部分參與公共工程廠商之勞工，因防疫措施

需依規定居家檢疫、隔離或出工意願降低，致影響人力調度。

工程會相關因應措施

既有穩定砂石供應機制

107 年底，南部因河川疏濬進度落後，砂石供應不足而有價格上漲情況，經行政院吳政務委員澤成邀集各界討論，工程會已統籌相關部會提出相關因應措施如下圖，除已於當時穩定砂石供應及平穩價格，相關措施並持續運作。此外，也要求經濟部積極加速推動河川疏濬及陸上砂石開發，俾利砂石長期穩定供應，並按月於公共建設督導會報委員會議列管追蹤。



疫情造成進口砂石短期缺口及預拌混凝土價格波動之因應

109年初因受疫情影響大陸地區砂石場停工，而造成進口砂石短期缺口及預拌混凝土價格波動，工程會已於109年2月26日邀集經濟部及交通部等相關部會研商，並研擬相關因應對策，增加國內自產砂石供應，已有效穩定砂石及預拌混凝土價格，說明如下：

進口砂石短期缺口部分

1. 疏濬增量跨區調配

因進口砂石主要供應北部地區，經濟部已研擬增加河川疏濬量與跨區調配（北區自產料源、東砂北運、中砂北運）等，109年度預計增量調節533萬公噸，可補足大陸進口砂石之缺口（以108年推估109年進口量483萬公噸）。

依經濟部礦務局統計，自109年1月至3月，進口砂石量計99萬公噸，較去年同期減少44萬公噸，已藉由東砂北運71萬公噸（較去年同期增加18萬公噸）、中砂北運48萬公噸（較去年同期增加8萬公噸）、區內自產317萬公噸（較去年同期增加43萬公噸），合計增量69萬公噸，已補足進口砂石減少之44萬公噸。

2. 提升東砂北運海運之運能

工程會已要求交通部航港局統籌協調國內船舶業者提升東砂北運運能，並成立「東砂北運海運運務小組平臺」，現有3艘砂石船舶（每月38萬公噸），且中鋼公司可調度旗下4艘船舶支援（每月24萬公噸），合計62萬公噸，已可滿足東砂北運每月平均40~60萬公噸之需求。另臺灣港務公司已於109年2月17日核定「提升臺北港東砂北運量短期振興專案」，目前已可讓東砂船自由選擇碼頭停靠，有助於提升東砂北運量。

3. 加速河川疏濬並推動陸上砂石開發

工程會已請經濟部水利署基於河防安全加速河川砂石疏濬量並採固定價格申購，以穩定國內砂石之供需與價格；同時，亦要求砂石主管機關經濟部

礦務局積極加速推動陸上砂石開發，俾利砂石長期穩定供應。

預拌混凝土價格平穩

1. 經濟部工業局已於109年3月6日召開「預拌混凝土價格波動情形及其原因討論會議」，目前預拌混凝土穩定供應，另近年因其原物料價格及運輸成本上揚，而有調整售價情形，應屬合理反映成本，如有哄抬價格及聯合壟斷等不法行為，將由公平會及法務部進行查處。
2. 另就預拌混凝土中原物料飛灰及爐石粉部分，經濟部國營會已於109年3月2日召開「研商飛灰及爐石粉之固定價格方式」會議，要求飛灰及爐石粉採固定價格販售，台電及中鋼公司已同意採行，以維持預拌混凝土原物料價格之平穩。

綜上，109年砂石及預拌混凝土供應及價格穩定，預拌混凝土公會並於109年3月13日函工程會表示：「混凝土價格已趨於平穩」，工程會亦將持續追蹤市場價格變動情形。

穩定工程勞動力供應

1. 有關部分參與公共工程廠商之勞工，因防疫措施需依規定居家檢疫、隔離或出工意願降低，致影響人力調度部分，工程會已於109年3月6日通函各機關說明處理方式，「工程採購契約範本」第17條第5款已有規定，因天災疫情或事變等不可抗力或不可歸責於契約當事人之事由，致未能依時履約者，工程主辦機關及廠商得依個案契約約定，申請延長履約期限。
2. 有關申請外籍營造工部分，工程會已協調勞動部研處，該部已於109年3月31日發布修正「專案核定民間機構投資重大經建工程及政府機關或公營事業機構發包興建之重要建設工程聘僱外籍營造工作業規範」，刪除百億元計畫門檻限制，業者承攬10億元以上工程，均可在確認本國勞工招募不足之情形下，申請外籍營造工，亦可紓緩目前缺工之情形。

因應疫情之相關採購措施

針對 COVID-19（武漢肺炎）疫情，工程會業已通函各機關相關採購因應措施，如下：

1. 緊急採購：109 年 1 月 30 日工程企字第 1090100098 號函，各機關需緊急辦理與 2019 新型冠狀病毒肺炎（武漢肺炎）有關之各項採購，政府採購法第 22 條第 1 項第 3 款及第 105 條第 1 項第 2 款已有緊急採購機制，請視個案情形依規定儘速妥處。
2. 展延工期或免除契約責任：109 年 3 月 6 日工程企字第 1090100202 號函，各機關履約中之政府採購案件，因 COVID-19（武漢肺炎）疫情因素致廠商未能依契約履行者，廠商得依契約約定，檢具相關事證向機關申請延長履約期限；不能履約者，得免除契約責任。
3. 優先採購國產品：109 年 3 月 26 日工程企字第 1090100278 號函，因應疫情對國內經濟及產業造成之影響，請各機關優先向我國內廠商採購國產品；對於辦理不適用條約或協定之採購，得於招標文件規定僅允許我國廠商投標，且提供原產地為我國之產品或勞務。
4. 提前規劃採購期程：109 年 3 月 25 日工程企字第 1090100246 號函，因應疫情所造成之經濟影響，請各機關提前規劃年度採購期程，建議措施包括：提前規劃招標、適當分標、落實履約管理、縮短付款期程等。

加速推動公共建設

1. 為因應 COVID-19（武漢肺炎）疫情對經濟之衝擊，行政院於 109 年 3 月 18 日核定「一百零九年度加速公共建設計畫執行成效措施」，以擴大公共建設之投資效益，穩定經濟發展。工程會亦研提加速推動策略，於 109 年 3 月 2 日函請各機關加速推動。「一百零九年度加速公共建設計畫執行成效措施」重要內容說明如下：

- (1) 加速措施：包括提前發包及加速執行，如加速計畫前置作業、年度發包作業提前辦理、分段設計及發包、採用統包方式、允許共同投標、增加工作面及發放趕工獎金等。
 - (2) 配合措施：盤點可加速執行之計畫或標案，管控進度，排除障礙；加速審查各項證照許可。
 - (3) 獎勵：以計畫、工程標案為考核對象，計畫預算達成率 100%，最高記 1 大功，並頒給團體最高 50 萬元、個人最高 5 萬元；工程標案於 109 年底前竣工且實際竣工超前 10% 以上，最高記功 1 次。另工程會將遴選 10 名以內為重大傑出貢獻人員，辦理 1 次記 2 大功專案考績，並由行政院公開表揚。
 - (4) 分工與績效追蹤：工程會透過公共建設督導會報，計畫主管機關透過公共建設推動會報，督導加速計畫或標案執行，按月追蹤成效。
2. 經各部會盤點 109 年可加速推動金額超過 1,600 億元，包括加速發包開工 1,412.35 億元、加速完工 166.41 億元、加速復工 36.23 億元，其中以加速發包開工占大宗，包括交通部 957.63 億元、經濟部 347.95 億元、內政部 57.06 億元為前三高，個案如嘉義計畫鐵路高架橋及橋下平面道路工程、曾文南化聯通管工程、臺南市安平再生水廠新建工程等。另將盤點 110 年建設計畫提早於 109 年設計案件，俾利 110 年初即可發包施工。
 3. 工程會將持續滾動檢討各部會提報案件，依「一百零九年度加速公共建設計畫執行成效措施」納入「公共建設督導會報」列管，並按月追蹤執行成效及協調解決跨部會或通案性問題，且不定期實地訪查，主動發現問題，協助排除困難，以加速推動公共建設，提升投資動能。



公共工程之防疫措施

1. 中央流行疫情指揮中心目前已針對 COVID-19 (武漢肺炎) 公布「社交距離注意事項」、「大眾運輸」、「公眾集會」、「社區管理維護」、「防疫旅館設置及管理」、「企業因應嚴重特殊傳染性肺炎疫情持續營運指引」等相關指引，行政院人事總處 109 年 2 月 27 日總處培字第 1090027684 號函，擬具各機關應變措施指導原則，包含規劃人力運用及辦公場所應變 (含異地辦公) 等措施。
2. 工程會就公共工程因應 COVID-19 (武漢肺炎) 之防疫措施，於 109 年 2 月 20 日工程管字第 1090300094 號函，請各機關就所屬公共工程履約期間，視個案工程環境特性 (例如：局限空間、地下室或空氣流通較差等)、工地現場勞工人數及作業型態 (例如：工程規模大且施工人數多或單一工作面人力密集等) 及其他可能之傳染因素，並參酌疫情指揮中心公布之相關因應指引內容，增加必要之防護及管理措施，以避免傳染風險，及產生防疫破口。另 109 年 3 月 20 日工程管字第 1090300214 號函，請各機關查核小組辦理施工查核或工程督導時，督促廠商落實防疫措施。
3. 近期因行政院加速推動公共建設及勞動部放寬公共工程外籍勞工申請門檻等政策，未來公共工程引進外籍勞工人數將會增加，工程會基於 COVID-19 (武漢肺炎) 之防疫安全考量，避免公共工程成為防疫之缺口，已抽查部分國內現行重大公共工程之工地現場執行現況，各工程視需要已辦理之防疫措施包含：門禁管制、勞工健康狀況追蹤、衛教宣導、環境清潔及消毒、保持工作場所空氣流通、宿舍區門禁管理及非獨立寢室須戴口罩、分區辦公、會議人數控管等。另於 109 年 4 月 24 日召開「公共工程落實執行防疫措施會議」，邀請相關目的事業主管機關，以及相關重大公共建設之工程主管機關及直轄市政府，確認所屬公共工程防疫措施及監督作業之落實執行情形，後續仍請各機關除要求主辦機關、監造單位及廠商落實執行，並透過工程督導及查核，加強查察防疫措施之落實情形外，有引

進移工者，應參照現行中央疫情指揮中心相關指引及勞動部 109 年 4 月 24 日發布之雇主聘僱移工指引等，強化工作及住宿管理作為，確保本國勞工及外籍勞工之工作環境無染疫之風險。

結語

有關 COVID-19 (武漢肺炎) 疫情對公共建設之影響，工程會已善用近年來建立的源頭管理機制，統籌各主管機關有效掌握，正面回應業界需求，包括穩定工程材料與勞動力供應等相關因應措施，有效推動公共建設，穩定經濟發展。

工程材料部分，多可穩定供應且價格平穩，可能受疫情影響的北部進口大陸砂石短期缺口，已採增量調節措施補足，而台電及中鋼之飛灰與高爐石粉，亦將採固定價格申購，不帶頭漲價，預拌混凝土公會也明確表示混凝土價格將維持穩定，後續將持續追蹤市場變化，並預為因應。

工程勞動力部分，因營造業為火車頭產業，解決營造業缺工除可促進施工期間上下游關聯產業發展與勞工就業外，工程早日完工後，因提早營運所創造的就業機會與經濟貢獻效益更大，工程會已協調勞動部修正進用外籍營造工相關規範，增加業者可以引進之人數。

加速推動公共建設及防疫措施部分，除每月召開公共建設督導會報追蹤檢討執行情形外，並透過實地訪查持續管控各重大公共建設執行進度，即時解決困難問題，亦請各機關就契約可付款部分加速估驗計價付款作業，加速公共建設預算執行，並透過工程督導及查核，加強查察防疫措施之落實情形，確保工程品質及安全。

綜上，工程會將持續會同各部會秉持源頭管理精神，落實各項因應措施，並及早發現問題，透過每月公共建設督導會報委員會或專案會議積極協調解決，同時，亦將與時俱進滾動調整相關因應措施，以穩定工程材料及勞動力之供應，確保各項公共建設順利推動。🇯🇵



新冠肺炎疫情對工程產業 之衝擊與因應探討

施義芳／台灣世曦工程顧問股份有限公司 董事長
林曜滄／台灣世曦工程顧問股份有限公司 總工程師
劉念平／台灣世曦工程顧問股份有限公司 總工程師室副總工程師
吳文隆／台灣世曦工程顧問股份有限公司 總工程師室副總工程師
周昌典／台灣世曦工程顧問股份有限公司 BIM整合中心協理
邱水碧／台灣世曦工程顧問股份有限公司 營建管理部協理
吳淑惠／台灣世曦工程顧問股份有限公司 總工程師室主任工程師

新冠肺炎又稱COVID-19或武漢肺炎，自109年年初開始擴散疫情以來，因其快速傳播的特性，讓感染案例快速上升，如今疫情已為世界衛生組織WHO（World Health Organization）定位為全球大流行的狀態。為了控制疫情，各國紛紛採取封鎖隔離的方式，以便能減少區域感染與傳播速度，但此舉卻直接中斷全球性之貿易交易與生產分工，讓各國之經濟運行出現危機，甚至陷於恐慌。面對此一災害，吾人除了關切全球是否能夠順利結束疫情之外，更重要的是，就吾人所處之工程產業環境領域內，新冠肺炎疫情對工程產業及國家建設之衝擊為何？如何因應之措施？相關問題為本文探討的重點。

對全球性經濟及工程產業之衝擊與評估

對全球性經濟衝擊面評估

新冠肺炎導致全球疫情嚴重的國家或地區，以鎖國、封城強制限制人自由移動措施，以降低病毒傳播及感染之機會，另限制人的群聚活動，避免交叉感染，以保障人民的生命安全，此舉對經濟產生極大衝擊。包括：

1. 人力：受疫情影響，人員流動性降低，衝擊旅遊、運輸、餐飲與實體零售業，其次則是電子與工具機等製造業，且因鎖國效應致各國之外勞人數大量減少。
2. 成本：跨國產業供應斷鏈，導致成品完成不可預期及成本增加。

3. 產能：非剛性需求降低，導致訂單減少，產能過剩，致失業率增加。
4. 零接觸經濟：宅經濟、物流、網路與家庭娛樂相關產業則蓬勃發展。
5. 企業經營：企業投資趨保守，以節流求生為主，私營企業市場縮減。

為降低重大經濟衝擊，各國政府紛紛提出振興經濟與緊急紓困措施，如企業稅賦減免、人民社會救濟措施等。對台灣經濟影響初步評估包括中國經濟下修，降低對台灣機械、石化、塑膠、金屬等需求，加上中國原物料無法出口，恐引發生產線斷鏈危機。同時，民眾消費信心也受到影響，傳統產品出口、相關產業鏈及內需均受衝擊。

對國內工程產業之衝擊評估

由於國家重要基礎設施逐漸老舊，抗災能力不足，人口也呈現老化趨勢，無障礙設施需求增加，另外隨著經濟持續成長，人民生活水準提高，對於民生公共設施需求增加，導致政府須持續公共工程的投資。另近年來中美貿易大戰，美國對中國商品課稅議題，促使台商陸續回流湧現，返台投資建廠需求增加等因素，工程建設投資不減反增，對於工程產業市場需求是呈現上揚趨勢。

工程顧問服務業：提供業主工程設計及監造服務，為生產製造環節之一部分，影響較低。蓋設計部分，固以人力服務為主，可透過在家上班、遠距作業等降低疫情風險；監造部分，則以營建廠商之施工現場為其執行工作主要場所，依據工程契約，達成如質、如期及如度要求，其乃屬三級品管制度之二級品質保證，履行監造工作時並無須長時間或近距離與施工廠商人員接觸，故除因施工廠商受疫情影響、工程展延致監造廠商亦延長監造服務，而有監造服務費增加之請求外，其角色扮演主要在協助或檢核施工廠商完備展延工期、增加成本之相關文件以符契約要求。

營造業：因疫情導致人員、機具、材料、設備有供應不足現象，或因供應不及致額外成本及工期增加，產生契約爭議糾紛，財務周轉困難，增加營運風險。

各級政府機關對工程產業之因應

因應疫情影響，政府已提前對工程產業因應，提出相關措施，包括 (1) 109 年 2 月 5 日行政院公共工程委員會（以下簡稱工程會）發布新聞稿，指引機關可以援引「緊急採購」之快速機制，即：依採購法第 22 條、第 105 條及「特別採購招標決標處理辦法」及「機關依政府採購法第 105 條第 1 項第 2 款辦理緊急採購作業範例辦理。」；(2) 工程會 109 年 3 月 2 日工程管字第 109003657 號函：「為因應 COVID-19（武漢肺炎）疫情對經濟之衝擊，請加速公共建設執行一案，…。」；(3) 工程會 109 年 3 月 6 日工程管字第 1090100202 號函：「各機關履約中之政府採購案件，因 COVID-19（武漢肺炎）疫情因素致廠商未能依契約履行者，其處理方式詳如說明…。」；(4) 各直轄市、縣市

政府、水源特定區管理局亦陸續發布公函，例如新竹市政府 109 年 3 月 24 日府都建字第 1090049629 號函、台中市政府都市發展局 109 年 4 月 7 日中市都工字第 1090057515 號函、新北市政府 109 年 4 月 7 日新北工施字第 1090610179 號函、經濟部水利署台北水源特定區管理局 109 年 4 月 13 日水台建字第 10901018470 號函等，已陸續自動發函將建照執照施工期限延長壹或貳年等。綜上，中央與地方政府機關目前已對在建工程，提出契約彈性處理措施，對施工廠商如何因新冠肺炎疫情所致工期展延或成本增加之契約及法律條文指引其適用，或自動展延建照執照之預防性措施，減緩疫情可能之衝擊，以求順利履約完工，並減少廠商受疫情損失或影響。

對工程規劃設計技術服務工作之衝擊評估

新冠肺炎蔓延全球，對國內社會、經濟產生相當程度之衝擊，就工程規劃設計技術服務業產生衝擊評估如下。

商業投資減少

外商公司受邊境管制人員出入境，無法來台考察與商業投資，則工程建設、工業區開發、建廠需求遞延，技術顧問設計業務短期減少。國外營造廠商參與我國之統包工程，因疫區無法入境我國，以致放棄投標的機會，擔任設計分包商之國內顧問公司，也連帶受影響，無法參與設計工作，業務則自然減少。外國因疫情關係，封城、停工，商業活動降低，經濟成長衰退，以致海外公共工程建設投資、建廠需求受到波及，技術顧問海外設計業務減少。

台商回流

近年來中美貿易大戰，美國對中國商品課稅議題，促使台商陸續湧現回流，返台投資建廠需求增加，再加上台灣公衛體系健全，防疫措施得當，成為全球典範，對台商而言，更強化與加速其回台投資意願及動能，技術顧問服務需求增加。

邊境管制人員出入境

國外專業技術人員無法來台，進行工程技術指導與顧問，以致工程設計多少受影響，如特殊工程施工

高風險作業之指導、設計審查與諮詢、技術交流等。我國工程人員短期內無法赴國外工程考察與觀摩交流，以致對新技術、新工法技術推廣交流受限。外勞人員，因無法來台，何時解除管制，尚未明朗，以致合理工期規劃存有不确定因素。因疫情需要，需增加人事成本與管理費等。

進口材料、機具設備

有關國外材料、機具設備因受疫情影響，工廠停工或運輸航班停航、減班，廠商無法報價，以致編列發包預算不易。且疫情何時解除不得而知，民眾具感染風險，廠商招募工人不易，施工工期加長，不确定因素變數多，未來市場行情不易掌握。

設計工作執行

設計人員協同作業，工作討論會，因會議場所受限規定需另安排。大型研討會、討論會、會員大會、工地參觀、技術成果發表會等暫緩或停辦，影響技術交流。另採異地辦公或遠距視訊會議，增加辦公室租賃費用及設備添購額外支出。

綜上對於工程規劃設計服務而言，主要是本土化甚高之技術服務為主，屬辦公室內作業，可以在家上班，透過網路可以進行分析自動化設計，透過視訊會議進行問題討論或議題溝通，可以避免疫情的衝擊；另國內技術顧問業的海外業務比重不大，所以整體而言受疫情影響尚屬有限。

對專案管理與監造技術服務之衝擊評估

專案管理工作包含先期規劃、招決標及設計書、圖之諮詢審查，主要工作為文件的編製送審或審查討論，監造工作包含辦理施工品質查驗、材料設備檢試驗、設備功能運轉抽測、工程進度管控、職業安全衛生措施查驗，工程完工後之驗收協助等。

疫情對於專案管理及監造工作影響，因工作須經常與相關人員（包含業主、承攬廠商、協力廠商人員...等）近距離接觸，常有大量人員於密閉空間（工地辦公室、工務所、施工密閉空間）同時作業之需求，因此存在人員感染的風險。另在工程上，施工廠商之材料、機具、人員是否到位，進口原物料、設備零組

件、外籍勞工、外籍技術人員、進口石材、進口原裝機具設備等，因疫情限制措施，原產地生產線停工，無法如期到位，進度落後，對專案管理與監造之技術服務工作都會有所衝擊影響，

針對疫情對於專案管理與監造工作影響及工程勞工及進口材料、設備可能影響，探討及因應對策。

專案管理與監造工作影響與對策

國內目前尚未針對營建工地發佈相關的防疫規定，現階段工地現場大多依據衛生福利部與疾病管制署、中央流行疫情指揮中心的相關指引及公告訊息，承攬廠商目前於工地出入口加強施工人員的體溫量測與手部酒精消毒，對於疑似案例限制進入工地，並要求所有施工人員配戴口罩等措施。基於防患未然與超前部署的觀念，思考如何避免營建工地發生群聚感染的防疫作為及設施，避免營造工地因故致被要求檢疫停工而影響整體工進推展。

技術服務廠商人員若因疑似或確診必須隔離或檢疫無法正常出勤，甚至可能因群聚感染，使得大量人員需被隔離，將導致技術服務廠商人力調派遣受嚴重挑戰，更可能辦公或工作地點必須封閉無法營運。

專案管理與監造主要服務內容及其受影響程度模擬

為避免因服務中斷，針對專管監造業務主要服務內容及其受影響程度模擬，並依 109 年 3 月 5 日衛福部公布「企業因應嚴重特殊傳染性肺炎（COVID-19）疫情持續營運指引」擬定降低風險因應對策，如表 1。

降低風險因應對策

經歸納分析，建議應就主要接觸對象、服務中斷影響評估其風險等級，並視其駐地需求，提出降低風險因應對策供參考如下。

(1) 專案管理服務

1. 於規劃設計、招決標及設計內容之諮詢審查作業階段，主要工作為文件的編製送審或審查討論，且接觸對象較為單純，故除中央流行疫情指揮中心「持續營運指引」加強人員的健康管理及進行工作場所之環境消毒外，建議相關審查討論作業應以視訊會議方式辦理，以降低人員因接觸感染風險。

表 1 專管監造業務主要風險及因應對策

專管監造業務主要服務內容	主要接觸對象 (A)				服務中斷影響 (B)				風險等級 A*B	駐地需求 ○/X	降低風險因應對策					
	主辦單位	業務同仁	相關廠商	現場工班	無違約	違約罰款	影響施工	影響施工、連帶賠償			加強健康管理	視訊會議	遠距上班	分流上班	異地備援	
																1
1. 規劃設計階段																
(1) 提出專案監造工作執計畫	●	●				●			4	X	■					
(2) 鑽探、測量、基本設計計畫檢討	●	●	●			●			6	X	■	■				
(3) 辦理環評、水保及工程會審議	●	●			●	●			4	X	■	■				
(4) 提出全案預算及進 及管制建議	●	●				●			4	X	■					
2. 招決標之諮詢及審查																
(1) 調查及編擬各單位需求計畫書	●	●				●			4	X	■	■				
(2) 招標文件之準備	●	●				●			4	X	■	■				
(3) 協辦招標文件之審查及評比	●	●	●		●				3	X	■	■				
(4) 協辦招決標、簽約作業	●	●	●		●				3	X	■					
3. 設計內容之諮詢及審查																
(1) 審定各項設計書圖、數量及預算	●	●	●			●	●		9	X	■	■				
(2) 審核建材設備採購時程及可 性	●	●	●		●	●	●		9	X	■	■				
(3) 督導都審、交評、建照申請作業	●	●	●		●	●	●		9	X	■	■				
(4) 召集相關會議、列管事項之追蹤	●	●	●		●	●	●		9	X	■	■				
4. 施工督導與 約管 諮詢及審查																
(1) 審查、審定計畫書圖送審文件	●	●	●	●	●	●			8	X	■	■	■			
(2) 各工作項目界面之協調及整合	●	●	●	●	●	●			4	X	■	■	■			
(3) 督導及辦理各項三級品管作業	●	●	●	●	●	●	●		12	X	■	■	■			
(4) 督導或稽核各項安衛環保作業	●	●	●	●	●	●	●		12	X	■	■	■			
(5) 提報工進預算執行及改善建議	●	●	●		●	●			6	X	■	■				
(6) 審定工程估驗計價	●	●	●		●	●			6	X	■	■				
(7) 審定設施安全評估報告	●	●	●	●	●	●			8	X	■	■	■			
(8) 複核竣工圖及結算資	●	●	●		●	●			6	X	■	■				
(9) 審核、督導設備維護及運轉	●	●	●	●	●	●			8	X	■	■	■			
5. 監造技術服務 — 施工前																
(1) 督導廠商申辦開工	●	●	●		●				3	X	■	■				
(2) 提送監造計畫及人員提報	●	●			●	●			4	X	■	■				
(3) 審查或審定各項計畫書圖	●	●	●	●	●	●			8	X	■	■	■			
6. 監造技術服務 — 施工中																
(1) 對施工廠商實施專業教育	●	●	●	●	●	●			8	○	■	■		■		
(2) 審查進度及主要計畫書	●	●	●		●	●	●		9	○	■	■				
(3) 審查材料或設備製造商資格	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(4) 審查或審定各項計畫書圖	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(5) 放樣及各項測量之校驗	●	●	●	●	●	●	●	●	16	○	■	■		■		
(6) 督導、檢查勞工全衛生及環保	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(7) 監督安全監測作業	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(8) 召開協調會檢討設計疑義	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(9) 材料檢 (試) 驗、追蹤及記錄	●	●	●	●	●	●	●	●	16	○	■	■		■		
(10) 施工抽查及缺失改善追蹤	●	●	●	●	●	●	●	●	16	○	■	■		■		
(11) 監督履約進度及工程估驗查驗	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(12) 負責廠商配合及界面協調作業	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(13) 提出變 建議、評估及審查	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(14) 辦理設施安全之評估	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(15) 督導、辦 設備之測試運轉	●	●	●	●	●	●	●	●	16	○	■	■		■		
(16) 整合工程界面及工程糾紛處理	●	●	●	●	●	●	●		12	○	■	■		■		
(17) 填報監工日報等各項報表	●	●			●	●			4	○	■					
7. 監造技術服務 — 完工後																
(1) 取得使照及送水送電作業	●	●	●		●				3	X	■	■				
(2) 初驗、正驗作業	●	●	●	●	●	●			8	○	■	■		■		
(3) 竣工圖、竣工結算作業	●	●	●		●	●			6	X	■	■				
(4) 督導、審查操作及維護作業	●	●	●	●	●	●			12	○	■	■		■		
8. 其他																
文書提交、收發等行政作業	●	●	●		●	●			6	X	■					
主要接觸對象分為 4 級	(第 1 級) 主辦單位公務人員，接觸人數約 1 至 5 員 (第 2 級) 業務工作協辦同仁或廠商人員，接觸人數約 6 至 15 員 (第 3 級) 營造廠及相關廠商承辦人員，接觸人數約 10 至 30 員 (第 4 級) 營造廠協力之施工工班或材料廠商人員，接觸人數約 20 至 100 員以上															
服務中斷影響分為 4 級	(第 1 級) 無違反契約規定，未延誤現場工進，屬輕微影響。 (第 2 級) 違反契約規定遭受罰款，但未延誤工程進度，屬嚴重影響。 (第 3 級) 除違反契約規定外，尚延誤施工廠商工程進度，屬重大嚴重影響 (第 4 級) 延誤施工廠商工程進度且有遺求償風險者，屬極為重大影響。															
註：1. 考量主要接觸對象、單位及人數之接觸感染機率與服務中斷所導致影響衝擊程度，本表分析建議於感染機率及影響衝擊程度加乘風險等級 12 (含) 以上者，應視為重大風險，並指派專員予以監督管控。 2. “●”表示有對象或會發生；“■”表示有需要；“○”表示有駐地需求；“X”表示無駐地需求																

2. 於施工督導與約管作業階段及監造技術服務施工前階段，相關作業人員雖無駐地需求，但作業接觸對象將擴大至各工項廠商或工班，基於接觸感染來源風險升高，建議相關作業人員應調整為遠距管理，若實無法避免，應全程配戴口罩，以降低風險。

(2) 監造技術服務

1. 施工中及施工後階段，在同樣面臨接觸對象較為複雜，且人員需駐地或長時間處於密閉空間作業等執行監造業務特性，建議監造人員應全程配戴口罩，或依監造業務特性分流因應，以免發生影響現場抽查驗工作之情事。
2. 因國內公共工程作業規定，有派駐品管或安衛人員駐地執行監造業務之要求，建議針對該等需報核人員及其執行之業務，應有異地備援人力之安排。

綜上，除因應業務特性擬定各項因應對策外，考量風險等級高者，有較大的執行風險，建議比照「持續營運指引」要求擬定「符合重要客戶需求之方案」，並指定人員擔任應變負責人，以確保各項應變工作落實執行及降低履約風險。

施工人力及材料、設備可能影響與對策

施工人力、機具設備及工程材料為工程推動的重要因素，而因疫情衍生的交通封鎖及製造業停工措施，可能造成產業斷鏈的問題，並且隨疫情持續時間延長，而擴大影響層面。

技術顧問服務對於執行中之重大公共工程調查工程施工可能遭遇困難影響，建議因應對策如下。

施工人力

(1) 可能遭遇困難

施工人員或國外技師因染病或防疫作為（居家隔離、居家檢疫或自主健康管理）無法到工。

(2) 建議因應對策

1. 施工人員之工作場所或居住環境確實消毒，減少人員感染機率，惟消毒時，應注意酒精或其他消毒液體可能引起之火災及危害。
2. 每日進行體溫量測，篩選並隔離可能遭感染人員。

3. 個人防護裝備避免共用及定期清潔。
4. 在侷限空間或通風不充份場所作業時，應加強通風換氣，降低作業人員相互感染風險。
5. 若現場人力不足，可評估改由工廠製造或預鑄方式辦理。
6. 增加協力廠商或尋求其他分包商支援。
7. 引用無嚴重疫情爆發國家外籍勞工。
8. 國外測試技師提前來台接受隔離檢疫，避免影響工期，惟可能增加隔離檢疫期間費用。

施工材料

(1) 可能遭遇困難

1. 工程材料因運輸通路封閉或遭隔離無法到場。
2. 國內生產或既有材料，因搶購造成價格上漲。

(2) 建議因應對策

1. 隨時確認工程重要材料在國外廠商供應狀況，隨時確認供應商出貨情形。
2. 若材料供應商產能受疫情影響，可改委託其他廠商承製，惟可能增加違約金及漲價風險。
3. 尚未施工之工項，進行變更設計，儘量使用未受影響或影響較小之材料替代。
4. 現場材料數量不足時，僅施作局部範圍，讓後續作業可不受影響繼續施工。
5. 檢討施工時程，調整施工順序，部分工項可以提早或延後施工。
6. 永久或臨時設施採用混凝土材料者，在預算不增加原則，可變更設計使用預鑄產品，或改使用鋼材。
7. 增加材料供應商或契約增加物調規定，以穩定供貨來源。
8. 評估整體工程使用數量，重要核心材料提早採購。一般材料可分階段採購，並應有準備安全庫存量。
9. 交控系統工程使用材料，大多為電子產品，相關設備或電子零組件可能為國外廠商生產，產品有無法下單訂貨、運交及供應的風險。
10. 進口污水處理設備，因疫情影響船運無法進場時，建議改採國產設備取代。惟須依契約約定項目審查核定辦理。

施工機具及設備

(1) 可能遭遇困難

1. 需使用國外進口之特殊機具及設備，因運輸通路封閉或遭隔離無法到場。
2. 機具之維修零件供應中斷。
3. 國內自有機具價格上漲。

(2) 建議因應對策

1. 掌握國外機具設備之整備狀況，隨時確認供應商出貨情形與設備製作進度。
2. 特殊機具及設備改向國內、外，未受疫情影響業者租用。
3. 重要機具提早採購或租用。
4. 採用其他同類型或較小功率機具替代。
5. 變更施工法，改以其他施工機具施工。
6. 受影響工項，檢討施工時程，調整施工順序，提早或延後施工。
7. 重要或亦損壞之維修零件應準備安全庫存量。
8. 增加機具開口契約或契約增加物調規定，降低機具供應衝擊。

擴大導入科技應用輔助工作

新時代工程管理思維需善用資訊技術，以反映時效、加速訊息交換及展現執行績效，尤以目前新型冠状病毒感染蔓延，受疫情影響，零接觸經濟的發展已形成未來趨勢。傳統工程產業辦理技術服務業務，多仰賴面對面交談溝通或親臨現場掌握實況，透過科技化工具之輔助，即可兼顧人員安全及工作效率之考量下，遠距辦理工程管理工作。以台灣世曦工程顧問股份有限公司（簡稱台灣世曦）為例，十餘年來積極投入專案管理系統 PMIS（Project Management Information System）的持續開發及優化，累積超過 150 個各類型大小計畫的使用經驗及回饋，包括「國道 1 號五股至楊梅段拓寬計畫」及「蘇花公路改善計畫」等大型工程實際成功驗證系統遠距作業效益。專案參與團隊透過 PMIS 平台即可同步現地工程進度，收存共享各類圖說文件，滿足履約管控需求。台灣世曦 PMIS 系統架構如圖 1 所示，以下針對遠距溝通、工作追蹤、訊息同步及資料共享四個面向，說明防疫期間 PMIS 輔助現場管理之重點應用。



圖 1 台灣世曦 PMIS 系統功能架構

遠距溝通 – 輔助意見交換

- (1) 配合政府減少外出接觸、保持安全距離等防疫政策，辦理技術服務業務常見之設計議題研討、工作進度彙報、工地定期會議等亦隨之改為遠距辦理以降低群聚。運用 PMIS 系統功能輔助遠距意見溝通與記錄，將可有效提升訊息交換效率，如圖 2 所示。
- (2) 透過 PMIS 會議管理功能搭配視訊會議軟體，預先安排虛擬會議並發予與會單位，接獲通知之人員即可預先上線檢視會議資料，並藉由發送之連結進入虛擬會議室進行線上討論分享檔案，會後可於 PMIS 系統檢閱會議紀錄。
- (3) 藉由虛擬會議軟體側錄影像功能，即可將開會情形上傳至 PMIS 供無法參加會議之成員同步掌握。針對會議決議屬待辦事項者，則可納入 PMIS 續追蹤工作辦理情形。
- (4) 應用 PMIS 送審之設計成果，透過結合 Navisworks 檢視模型，設計者可與業主或廠商於同一視角下討論設計議題，並可將疑義同步至 PMIS 要求權責辦理單位回應處理情形。



圖 2 PMIS 輔助遠距視訊溝通

工作追蹤 – 提醒應辦事項

- (1) 會議決議的推動、契約重要里程碑的檢核及現地查核追蹤的處理，均能透過 PMIS 待辦事項功能登錄列管，由系統主動發送稽催紀錄，提供管理人員預先掌握辦理情形，即可有效減少現場接觸的需要。
- (2) 對於辦理工作的釋疑及廠商處理的說明，運用 PMIS 線上同步發送郵件訊息予管理人員接收確認，可有效記錄各項待辦之處理歷程，如圖 3 所示。



圖 3 PMIS 協助工作追蹤

訊息同步 – 反映現場實況

- (1) 業主及高層長官可利用 PMIS 戰情中心功能，透過桌機或行動裝置即可連線檢閱掌握現場實況，有效降低工地訪視的頻率及群聚效應的風險，如圖 4 所示。
- (2) 對於工地專管、監造及施工單位而言，監造報表 / 施工日誌的填寫、重要工作相片之拍攝，重點工作完成之紀錄等皆為日常既有作業。透過上傳至 PMIS 系統自動擲轉至戰情中心，結合 CCTV 及現地 UAV 空拍影像，提供業主或主管人員遠端掌握工程執行現況。
- (3) 綜合以上兩點，配合防疫措施下的遠距管理仍需以既有作業為基礎，方能有利推動。PMIS 所提供的服務係以對現地作業干擾最低的前提下，應用資訊技術將資料轉置為管理所需之資訊，以促進遠距管理之應用。



圖 4 運用 PMIS 建立戰情中心

資料共享 – 圖說文件紀錄

- (1) PMIS 運用於圖說文件交換及跨域設計協同作業管理，讓分散於不同地域的設計人員可以應用圖文管理功能遠距進行設計文件發佈及交換。
- (2) 應用 PMIS 發送圖說成果的通知功能，除可提供審閱者直接上線下載進行審查討論，減少現場交付紙本文件及當面討論，亦可協助紀錄成果提送歷程。對於現場施作人員而言，透過遠端線上發佈圖說，可有效確保參與人員同步接收最新版本圖說，如圖 5 所示。
- (3) 有效的電子文件交換為工程管理資訊化推動之基礎，對於完備遠距管理或在家上班的機制更是不可或缺。考量資料共享之便利性，PMIS 的圖說文件管理功能，除備有主動提醒功能，亦提供續傳及下載機制及 APP 行動化查詢調閱，降低因使用者設備、網路環境影響系統操作方便性，提供更有效率且友善的作業輔助工具。



圖 5 應用 PMIS 提供圖文共享環境

結語與展望

結語

新冠肺炎導致全世界到處鎖國封城，以降低感染病毒之機會，另採取限制人的群聚活動，避免交叉感染，以保障人民的生命安全，所以中央流行疫情指揮中心相關措施，都是希望把病毒封鎖在可控制空間及範圍，包括邊境管制、大型會議與活動取消或延期、維持社交距離、自主健康管理、居家檢疫、居家隔離、勤洗手、戴口罩等。這些限制措施直接影響的是服務業、製造業，也就是需要人力密集的產業，或者須要群聚工作的產業，或者是短期生活上非主要需求的產業，如旅遊業、餐飲業、娛樂業、交通運輸業、製造業等。當防疫期間愈長，限制人自由活動期間愈久，對經濟影響層面愈大，除了防疫工作外，政府也提前部署，積極在思考振興經濟與產業紓困措施，避

免因某些產業的停滯、勞工失業、公司倒閉等造成惡性循環發生，導致經濟嚴重衰退，如何復甦產業同樣是當務之急，將影響國家社會的層面及範圍縮小，讓此問題可以隨著疫情之後緩步復甦迎刃而解，所以政府要加速公共建設投資，促進經濟活絡，應是不二法門。

疫情對於工程顧問業影響而言，因其主要工作是辦理工程規劃設計、施工監造、專案管理為主。工程規劃設計主要是利用辦公室空間、網路環境，進行規劃設計構思、電腦作業、軟體分析、數量計算、設計繪圖與報告編撰等，這些工作可以透過在家作業，網路環境進行分析、設計、繪圖，視訊會議進行問題討論或議題溝通，所以整體而言因可以彈性調整，受疫情影響尚可適當控制。對於專管、施工監造作業是在工地現場，或工務所內業，監督施工廠商，辦理施工品質查驗、材料設備檢試驗、設備功能運轉抽測、工程進度管控、職業安全衛生措施查驗等，只要施工廠商可以施工，專管、監造工作應可以配合進行，所以其影響主要端賴施工廠商之材料、機具、人員是否到位，各分項工程之施工安排與計畫，因此各工地影響程度不一。但是施工廠商受到疫情影響可能因其性質條件而較大，例如進口原物料、設備零組件、外籍勞工、外籍技術人員、進口石材、進口原裝機具設備等，因為疫情限制措施，原產地生產線停工或斷鏈，無法如期到位，都會造成衝擊，導致進度落後，工期展延，增加工期，增加成本等。這時工程技術顧問服務業可以積極協助處理與因應，以避免損害擴大，例如：

- (1) 對於在建工程，協助施工廠商，釐清契約規定、蒐集證據，讓廠商受疫情影響的問題，能獲得合理解決，也確保工程能持續推動。
- (2) 對於進行中的工程設計計畫，盡量採用本土化材料、設備、機具、人力等，避免受到國外生產線斷鏈、材料進口不及、人員移入管制，而使工程無法順利推動。

3D設計作業自動化

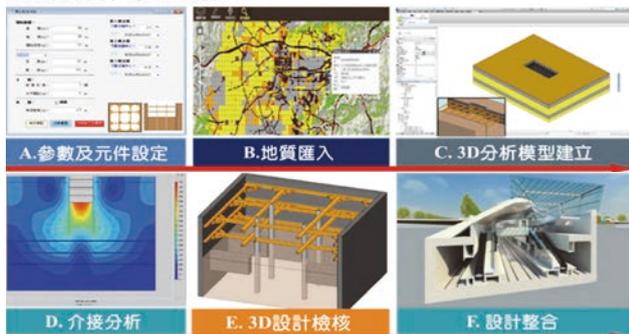


圖 6 以 BIM 為基礎架構開發自動化設計作業

展望

此次的疫災影響甚過以往自然災害如地震、洪水、土石流、海嘯等災害，所影響範圍是全球性的，尤其歐、美、日及中國災情都超乎想像，因為不是侷限在某些國家或區域，過去企業永續經營的布局是採分散式的生產供應鏈，隨時可以互相替補，但這次的疫情影響，企業恐需再重新思考，重新布局。搶救災是工程師的天職，要協助政府及施工廠商，共同度過難關。經過疫情洗禮之後，工程顧問業也要有新的思維，在工程設計的考量上，盡量使用本土化的設備、材料、機具；在工作面考量上，多用網路、少用馬路，加速設計自動化技術開發，提升產能，並導入科技創新應用，減少人工作業；在制訂契約面的考量，多一些彈性作業規定，如替代方案，或增加在無法預判的特殊情況，允許現場一些彈性作法，以因應不可逆料外在環境的快速改變因素等。

現今工程產業市場是相對活絡，加上新增促進經濟、建設投資計畫，短期而言，人員、機具、材料、設備受環境因素影響，仍需調適因應，中長期而言，工程產業如何降低現有產業營運之人力需求，追求模組化設計、模組化施工，以精進人力並發揮產業效能，持續本土化研發材料、機具、設備及建立在地化施工技術規範，將是後疫情時代工程相關產業可以加速辦理的發展方向。另外為求人力減少，後續工程產業應以生命週期循環模式，在規劃、設計、施工、營運維護管理各階段，加速「數位轉型」，加速進入「工業 4.0 及智慧城市」時代，以 BIM 作業、資訊管理標準化、設計自動化（如圖 6、圖 7）、營建管理資訊化、維運管理雲端化手段實現工程產業再升級。

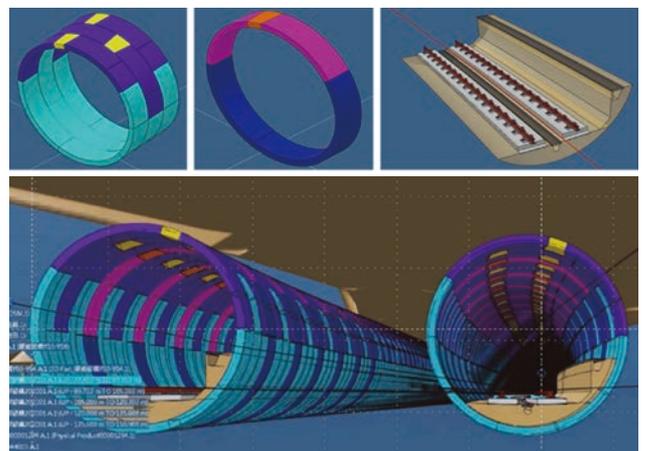


圖 7 地下捷運 3D 設計自動化示意圖



疫情！疫情！營建物價影響乎？

李佳龍／財團法人臺灣營建研究院營建管理組 副組長、曾任營建物價總編輯

盧宗憲／財團法人臺灣營建研究院營建管理組 計畫工程師、現任營建物價總編輯

前言

108年底剛跨越109年的新年，緊接著而來的是傳統的農曆新年假期，然而在一片新年喜氣氣氛下，對岸中國大陸出現不明狀況肺炎，經相關專家研究後命名為新冠肺炎，新冠肺炎（2019 新型冠狀病毒，COVID-19）與 91 年至 92 年爆發的嚴重急性呼吸道症候群（SARS）病毒相似，但新冠肺炎傳播率相當快速，中國大陸自 108 年 12 月底至 109 年 1 月 30 日確診數逾 9 千例，也超過當年 SARS 全球病例數。

109 年 12 月 31 日，中國大陸向世界衛生組織（WHO）通報人口 1100 萬的湖北省會武漢市出現多起肺炎病例，病毒未知，其中多名患者在武漢市華南海鮮批發市場工作，該市場旋即於 109 年 1 月 1 日關閉，WHO 於 109 年 1 月 7 日宣布發現新病毒，來自成員包含 SARS 和一般感冒的冠狀病毒家族，WHO 將其正式命名為 2019 新型冠狀病毒，並於 109 年 1 月 31 日宣布新冠肺炎構成「國際關注公共衛生緊急事件」，是史上第 6 宗警告。

國內疫情方面，自 109 年 1 月 21 日起出現首例新冠肺炎確診個案，截至 2 月底國內因疫情控制得宜，確診人數僅 39 例，於國內尚未出現社區感染狀況，但自 3 月起因大批留學生、旅遊民眾等自海外歸國，陸續確診感染新冠肺炎，截至 4 月 20 日止已確診 422 例（境外 343 例、本土 55 例、敦睦遠訓支隊 24 例）、6 例死亡、203 例解除隔離，雖有零星社區感染疑似個案，但仍未出現社區感染狀況；國外疫情方面，亞洲部分國家自 2 月初起疫情急速升溫，而美洲與歐洲等國家大約自 3 月中起疫情陸續升溫，為因應疫情擴散，各國均宣布相關因應措施，包含居家隔離、大眾場所配戴口罩、維持社交距離等，較嚴重的國家甚至採用封城方式，以抑止疫情快速擴散，表 1 為截止 4 月 20 日

止全球確診人數狀況一覽，全球已有 2,407,111 人確診、死亡人數則已達 165,270 人。

疫情爆發至今約兩個多月，疫情仍嚴峻並持續當中，而國內營建資材之需求、供給及價格動態趨勢等是否受疫情影響，抑或僅有進口材料受影響，本篇將就國內大宗資材之砂石、預拌混凝土、鋼筋與瀝青混凝土等近期價格趨勢、供給面狀況及政府相關政策措施等各方面來探討疫情期間營建主要材料市場之物價波動趨勢，以及未來可能面臨之挑戰。

表 1 新冠肺炎全球確診狀況一覽

排名	國家／地區	確診	死亡
1	美國	759,086	40,661
2	西班牙	198,674	20,453
3	義大利	178,972	23,660
4	法國	154,097	19,744
5	德國	145,184	4,586
6	英國	121,172	16,095
7	土耳其	86,306	2,017
8	中國大陸	83,805	4,636
9	伊朗	82,211	5,118
10	俄羅斯	42,853	361
107	台灣	422	6
全球		2,407,111	165,270

數據資料截至 2020 年 4 月 20 日止

資料來源：奇摩新聞網新冠肺炎專欄、本文彙整

營建主要大宗資材價格趨勢

砂石價格趨勢

有關台灣本島砂石價格趨勢，蒐集行政院公共工程委員會（以下簡稱工程會）所建置之公共工程技術資料庫中大宗資材價格資訊、臺灣營建研究院出刊之營建物價刊物（砂石價格為廠交、不含運費、不含稅）以及行政院主計總處（以下簡稱主計總處）所公布之台灣區營造工程物價指數進行分析比較，由於疫情約自 108 年底開始，因此

比較基準均自 108 年 12 月起數據資料，另營建物價刊物部分由於為單月出刊，因此數據基準自 109 年 1 月起，如表 2 與表 3 所示，自 108 年底疫情開始，於大宗資材、營建物價與物價指數方面，砂石部分價格並未有明顯漲跌幅，漲幅約 1% 至 4%，另由表 4 經濟部礦務局砂石價格統計來看，砂石價格也並未有明顯漲跌幅，由於台灣地區砂石於中、南、東部主要為河川砂石為主，而北部地區則主要以進口砂石為主，且主要以大陸砂石為主，大陸砂石

受疫情礦山停工影響下，如表 5 所示，北部地區由 108 年 12 月至 109 年 2 月止，進口砂石短少約 30 萬噸，但經濟部水利署自 109/01/01 至 109/02/16 止持續推動加強河川野溪及水庫疏濬後續計畫，目前累計執行量為 754 萬立方公尺，顯示國內砂石仍持續供應，因此雖北部地區進口砂石量短少，但中、南、東部地區砂石量仍足夠供應，北部地區可向中、南、東部地區調運，且各砂石業者應有囤積庫存砂石，短期內價格變化不大。

表 2 砂項目近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材 (M3 / 元)					營建物價 (M3 / 元)				物價指數 全區 (砂)
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	700	650	560	410	430	-	-	-	-	106.25
109/01	700	650	560	410	430	700	650	590	430	106.52
109/02	710	660	570	410	430	-	-	-	-	106.52
109/03	710	660	570	410	430	710	660	590	430	107.21
漲跌幅	1.43%	1.54%	1.79%	0.00%	0.00%	1.43%	1.54%	0.00%	0.00%	0.90%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 3 石項目近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材 (M3 / 元)					營建物價 (M3 / 元)				物價指數 全區 (級配料)
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	680	560	550	400	410	-	-	-	-	103.03
109/01	680	560	550	400	410	660	560	580	410	103.43
109/02	690	560	550	400	410	-	-	-	-	103.43
109/03	690	560	550	400	410	690	560	580	410	103.94
漲跌幅	1.47%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.88%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 4 108/12~109/02 台灣本島砂石價格資訊 (礦務局統計)

年月 / 資料別	砂 (T / 元)				碎石 (T / 元)			
	北	中	南	東	北	中	南	東
108/12	387	386	283	289	385	337	274	251
109/01	386	389	284	289	377	337	273	251
109/02	387	378	283	291	385	333	275	252
漲跌幅	0.00%	-2.07%	0.00%	0.69%	0.00%	-1.19%	0.36%	0.40%

資料來源：經濟部礦務局、本文彙整

表 5 108/12~109/02 台灣本島進口砂石統計

單位：公噸

進口砂石統計 - 公噸	108/12	109/01	109/02	增減量
北部 (基隆港、台北港)	520,486	343,929	219,138	-301,348
中部 (台中港)	928	717	433	-495
南部 (高雄港)	3,500	2,753	1,973	-1,527

資料來源：經濟部礦務局、本文彙整

預拌混凝土價格趨勢

有關台灣本島預拌混凝土價格趨勢，由表 6 與表 7 大宗資材價格資訊、營建物價刊物 (預拌混凝土價格為工地交、含運費、不含稅) 以及物價指數進行分析比較，由表可得知預拌混凝土因疫情影響有明顯漲幅，且主要為北、中、南部地區上漲，上漲幅度約 2% 至 10%，但上漲原因

並非為水泥價格上漲，由表 8 可得知國內截至 109 年 3 月水泥自給率皆大於 100，顯示水泥供給量足夠，另經由前述 (一) 章節砂石價格也未有明顯漲幅，主要原因有二，其一因疫情影響，北部地區由於砂石主要仰賴進口，且目前大陸砂石進口量少，因此預拌廠若要購買砂石，勢必需向中、南、東部地區購買，因此大幅增加運輸成本，預拌

混凝土價格因此有明顯漲幅，中、南部地區也因北部地區業者向中、南部地區砂石業者調運砂石，因供需關係，價格亦有上漲，且中部地區上漲幅度較南部地區大，因北部地區業者考量運輸距離會先購買中部地區砂石，若不足才向南部地區購買，因此中部與南部地區預拌混凝土價格亦同步上漲，其二因環保問題，環保署要求預拌混凝土業者

汰換車輛，因此造成成本增加，位於較都市化之北、中、南部地區尤其注重環保問題，去年度業者即已醞釀漲價，而東部地區因工程量體不大，且本身亦有生產砂石，加上北部地區因距離考量，購買砂石並非首選地區，因此預拌混凝土價格目前皆維持平盤，短期來看預拌混凝土受疫情影響，價格趨勢仍不穩定。

表 6 預拌混凝土 210 kg/cm² 項目近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材 (M3/元)					營建物價 (M3/元)				物價指數 全區
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	2320	2050	1980	1930	1790	-	-	-	-	120.74
109/01	2320	2050	1980	1930	1790	2300	2080	2030	1970	122.37
109/02	2560	2240	2070	1930	1790	-	-	-	-	124.99
109/03	2560	2240	2070	1930	1790	2560	2240	2070	1970	127.52
漲跌幅	10.34%	9.27%	4.55%	0.00%	0.00%	11.30%	7.69%	1.97%	0.00%	5.62%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 7 預拌混凝土 280 kg/cm² 項目近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材 (M3/元)					營建物價 (M3/元)				物價指數 全區
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	2520	2250	2180	2130	1990	-	-	-	-	120.74
109/01	2520	2250	2180	2130	1990	2500	2280	2230	2170	122.37
109/02	2760	2440	2270	2130	1990	-	-	-	-	124.99
109/03	2760	2440	2270	2130	1990	2760	2440	2270	2170	127.52
漲跌幅	9.52%	8.44%	4.13%	0.00%	0.00%	10.40%	7.02%	1.79%	0.00%	5.62%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 8 108/10~109/03 水泥生產及進出口量統計表

月	108.10	108.11	108.12	109.01	109.02	109.03
生產	933,044	1,092,616	993,668	941,710	1,022,411	1,009,055
進口	35,000	20,040	44,900	29,700	35,100	29,266
出口	214,550	199,062	172,000	262,338	231,860	182,225
表面消費量	753,494	913,594	886,568	709,072	825,651	856,096
自給率	123.8	119.6	112.1	132.8	123.9	117.9

表面消費量 = 生產量 + 進口量 - 出口量 自給率 = 生產量 / 表面消費量
資料來源：營建物價、台灣區水泥工業同業公會

鋼筋價格趨勢

有關台灣本島鋼筋價格趨勢，由表 9 與表 10 大宗資材價格資訊、營建物價刊物（鋼筋價格為工地交、含運費、不含稅）以及物價指數進行分析比較，由表可得知鋼筋並未因疫情影響而有價格漲幅趨勢，由於國內鋼筋大部分為自行生產較少仰賴進口，且由表 11 可得知國內鋼筋自給率大於 100，鋼筋供應量體無虞，雖未有漲幅但跌幅約為 -5% 至 -7%，主要仍受疫情影響，國內方面因疫情影響，工程進度多有停滯，且目前政府多數經費仍以投入防疫為優先，工程量體還未明顯提升，加以傳統年後是工程淡季，需求體量減少，因此價格下跌，國際方面，由於近期全球庫存增加及需求減少，造成國

際鋼品原料價格呈現下滑，廢鋼價格由 108/12 之 8,800 元 / 噸至 109/02* 之 8,200 元 / 噸，調降 -600 元 / 噸，跌幅約 -7.3%，另依據國際波羅的海指數（BDI - 散裝航運運價指標）的資料顯示，108/12/24 指數為 1103 與 109/02/21 指數為 497，指數跌幅約 -55%，顯示近期國際間航運船隻之服務需求大幅下滑，另近期美國貨櫃廢鋼由 108/12/23 之 267 美元 / 噸至 109/02/23 之 243 美元 / 噸，調降 -24 元 / 噸，跌幅約 -9.9%，日本廢鋼報價則由 108/12/23 之 277 美元 / 噸至 109/02/23 之 250 美元 / 噸，調降 -27 元 / 噸，跌幅約 -10.8%，顯示整體國際鋼品市場呈現下滑，因此短期之內鋼筋價格應不致有上漲狀況，但價格是否持續探底，仍視疫情影響狀況而定。

表 9 鋼筋 SD280 項目近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材					營建物價				物價指數 全區
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	17200	17000	16700	17300	17300	-	-	-	-	123.35
109/01	16700	16500	16200	16800	16800	17000	16800	16500	17100	123.04
109/02	16200	16000	15700	16300	16300	-	-	-	-	117.73
109/03	15900	15700	15400	16000	16000	16200	16000	15700	16300	117.15
漲跌幅	-7.56%	-7.65%	-7.78%	-7.51%	-7.51%	-4.71%	-4.76%	-4.85%	-4.68%	-5.03%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 10 鋼筋 SD420 項目近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材					營建物價				物價指數 全區
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	18400	18200	17900	18500	18500	-	-	-	-	123.35
109/01	17900	17700	17400	18000	18000	18000	17800	17500	18100	123.04
109/02	17400	17200	16900	17500	17500	-	-	-	-	117.73
109/03	17100	16900	16600	17200	17200	17200	17000	16700	17300	117.15
漲跌幅	-7.07%	-7.14%	-7.26%	-7.03%	-7.03%	-4.44%	-4.49%	-4.57%	-4.42%	-5.03%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 11 108/07~108/12 鋼筋生產及進出口量統計表

單位：公噸

時間	108.07	108.08	108.09	108.10	108.11	108.12
生產	436,288	436,120	439,369	515,582	520,427	519,633
進口	50	66	3	54	0	63
出口	15,353	8,476	8,316	9,654	9,971	10,623
表面消費量	420,985	427,710	431,056	505,982	510,456	509,073
自給率	103.6	101.97	101.93	101.90	101.95	102.07

表面消費量 = 生產量 + 進口量 - 出口量 自給率 = 生產量 / 表面消費量

資料來源：營建物價、鋼鐵公會

瀝青混凝土價格趨勢

有關台灣本島瀝青混凝土價格趨勢，由表 12、表 13 與表 14 大宗資材價格資訊、營建物價刊物（瀝青混凝土價格為不含運費、不含稅）以及物價指數進行分析比較，其中表 13 與表 14 柏油價格為臺灣中油所公布之價格（不含運費），由表可得知近期瀝青混凝土並未受疫情影響價格，近期價格均維持平盤，另瀝青混凝土中所使用之砂石，由於大部分廠商均採用臺灣本島出產砂石，因此並未受大陸砂石短缺因素影響，但與瀝青混凝土材料相關之柏油，與國際原油價格息息相關，近期國際油價跌跌不休，如表 15 所示，國際

原油價格自 108 年 12 月至 109 年 4 月（截至 4 月 23 日）已下跌 55% 至 70%，部分因素仍因新冠肺炎造成全球多數國家因封城交通運輸停擺，石油需求量大為減少，在供給量大於需求量的情況下，油價自然下跌，為趨緩油價的跌勢，石油輸出國家組織及其產油盟國 4 月 12 日達成歷史性的減產協議，同意在今年 5 月到 6 月每日減產 970 萬桶，而臺灣中油有關柏油價格調整頻率約為每年度 1~2 次，目前柏油價格尚未調整，未來柏油與瀝青混凝土價格是否波動，仍視國際原油趨勢而定。

表 12 瀝青混凝土近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材 (T/元)					營建物價 (T/元)				物價指數 全區
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	2990	2620	2460	2700	2460	-	-	-	-	102.98
109/01	2990	2620	2460	2700	2460	2990	2620	2460	2760	102.98
109/02	2990	2620	2460	2700	2460	-	-	-	-	102.98
109/03	2990	2620	2460	2700	2460	2990	2620	2460	2760	102.98
漲跌幅	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 13 柏油 AC(1)-10 近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材 (T/元)					營建物價 (T/元)				物價指數 全區 (瀝青)
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	19000	19000	19000	19000	19000	-	-	-	-	110.64
109/01	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	110.64
109/02	19000	19000	19000	19000	19000	-	-	-	-	110.64
109/03	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	110.64
漲跌幅	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 14 柏油 AC(1)-20 近期價格趨勢

年月 / 資料別	工程會大宗資材 (T/元)					營建物價 (T/元)				物價指數 全區 (瀝青)
	北	中	南	花蓮	台東	北	中	南	東	
108/12	19000	19000	19000	19000	19000	-	-	-	-	110.64
109/01	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	110.64
109/02	19000	19000	19000	19000	19000	-	-	-	-	110.64
109/03	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	19000	110.64
漲跌幅	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

資料來源：公共工程技術資料庫、營建物價、總體統計資料庫、本文彙整

表 15 國際原油近期價格趨勢

單位：美元

時間	國際各原油月平均價格		
	西德州	杜拜	北海布蘭特
108年12月	59.77	64.51	67.27
109年01月	57.49	63.20	63.72
109年02月	50.50	54.17	55.61
109年03月	29.03	33.84	32.13
109年04月23日止	17.12	27.40	19.73
漲跌幅	-71.36%	-57.53%	-70.67%

資料來源：經濟部能源局、本文彙整

因應疫情營建業紓困方案

因應新冠肺炎疫情，政府於國內各產業已實施多項紓困與振興措施，而隨著防疫情勢的嚴峻，也衝擊到許多產業、事業，政府即以「防疫、紓困、振興」三大步驟因應，另針對受疫情衝擊的產業與事業亦以不分產業，秉持「雨露均霑、立竿見影、固本強身、加速公建」四大原則提出紓困方案，並於 109 年 2 月 25 日公布《嚴重特殊傳染性肺炎防治及紓困振興特別條例》，作為進行防疫作為及籌措資金的法源基礎，行政院依特別條例編列相關防疫處置及紓困、振興產業所需預算，首波以 600 億元為上限，並在 3 月 18 日由總統簽署公布。

而在營建業方面，因新冠肺炎疫情對營建業仍有部分影響，除造成部分物料及人力短缺外，亦影響建築工程施工進度，除上述大宗資材外，部分由中國大陸進口材料，上半年截至 4 月份，如外牆石材、砂石、五金材料等，皆因疫情影響無法進口，因此包含新北市、台中市、新竹市、嘉義縣、嘉義市、花蓮縣、台東縣、宜蘭縣等縣市皆祭出延長建築工期或建

築執照、雜項執照 1~2 年期限不等之紓困方案，地方政府在疫情期間，另也改變跑流程模式，不只延長建築期限，也免去奔波洽公風險，幫助營建業度過疫情難關，爭取短暫喘息空間。

結語

綜觀目前國內因新冠肺炎造成營建物價之影響程度，部分國內可自給自足之營建材料，因材料供應充足，價格應不至於有大幅波動趨勢，甚至有部分材料因目前工程量體尚未提升，價格有下跌趨勢，而仰賴國外進口或中國大陸進口之營建材料，皆因目前各國疫情影響實施封城或禁止出入口措施，造成材料無法順利進口至國內，部分營建業者工程亦無法順利進行，工程因此延宕，不過在政府祭出延長建築工期與建築、雜項執照延長政策下，營建業者可暫時渡過難關，未來營建物價趨勢短期內因供給與政府紓困政策仍可因應，長期來看仍視疫情變化狀況而定。

參考文獻

1. 奇摩新聞網，新冠肺炎疫情爆發時間軸 旅遊警示全球疫情總整理。
2. 奇摩新聞網，新冠肺炎專欄。
3. 奇摩新聞網，營造業紓困方案。
4. 臺灣營建研究院，營建物價刊物。
5. 行政院公共工程委員會，公共工程技術資料庫。
6. 行政院主計總處，中華民國統計資訊網總體統計資料庫。
7. 經濟部礦務局，土石業務統計。
8. 鋼鐵公會，鋼筋資訊。
9. 台灣區水泥工業同業公會，水泥資訊。
10. 台灣中油全球資訊網。
11. 經濟部能源局。
12. 自由時報電子報，財金新聞網。
13. 新浪新聞網、花蓮電子報、聯合新聞網、中時電子報、台灣新生報。



新型冠狀病毒 (COVID-19) 對 台灣營造產業影響之初探

劉泰儀／新亞建設開發股份有限公司 主任技師

周南山／國立臺灣大學土木工程學系 兼任教授

陳柏翰／國立臺灣大學土木工程學系 教授

2019年11月自中國湖北省武漢市傳出之新型冠狀病毒 (COVID-19) 所引起之肺炎，幾乎傳遍全球所有的國家。各國的經濟活動，也因這個疫情，造成空前的停滯。並對各行各業造成重大的影響與衝擊。在台灣，所有的行業也均受到波及，尤其以觀光、餐飲、交通、食宿和服務業等，影響最鉅。本文主要探討此一疫情對營造產業造成的影響。由於全球性的人流與物流管制，導致材料供應鏈中斷；以營造業來說，外籍移工的短缺和大宗材料（如：砂石材料）進口數量之短少，都嚴重影響工程之進度和營收，進而衝擊公司之經營績效。本文將就疫情對這些面向的影響進行初步的分析與探討。

關鍵字：新型冠狀病毒、台灣營造產業、外籍移工短缺、材料供應鏈中斷

COVID-19, a severe respiratory disease caused by a new coronavirus, started in Wuhan, Hubei Province of China in November 2019, and has led to significant social and economic impacts on almost all human societies and industries in the world. There is no exception for Taiwan, and the impacts are mostly on tourism, restaurants, transportation, and service industries. In this paper, the authors focus on the impact of COVID-19 on Taiwan's construction industry. Due to the COVID-19-triggered control orders over movements of people in most countries and the resultant interruption of material supply chain, decrease in quantities of imported foreign workers and raw materials became serious issues faced by the construction industry in Taiwan, and greatly affected the schedule and performance of construction projects as well as the profits of companies. Detailed discussion on the impact of COVID-19 is presented in this paper.

Keywords: COVID-19, Taiwan construction industry, foreign worker shortage, interruption of material supply chain

研究背景說明

自 2019 年 11 月湖北省武漢市販售海鮮和野味的華南海鮮批發市場爆發一種新型的肺炎，到今日筆者撰寫本文為止，全世界確診罹患此一由世界衛生組織 (WHO) 命名為『2019 新型冠狀病毒 (Coronavirus, COVID-19)』的人數，已經來到 2,754,506 人，而死亡人數也有 192,377 人^[1]；同一時期，台灣在此一全球疫情之環繞下，確診人數目前累計 428 人，死亡人數 6 人^[2]。圖 1 和圖 2 分別顯示 2020 年初至 4 月下旬全世界和台灣之單週確診人數與累計確診人數。

從圖 1 和圖 2 之趨勢線來看，並依台灣人口與全球人口比例分析，台灣從疫情開始到 4 月下旬這 14 週之單週確診人數及累計確診人數，依照人口比例換算，均較全球數據小上許多，算得上是疫情控制良好。然而，雖說台灣在此次 COVID-19 疫情中的防疫表現，在世界各國眼中，算是成功的範例，但對本地的各行各業，卻造成相當程度的衝擊和影響，尤其以觀光、餐飲、交通、食宿和服務業等為最；而許多製造業和高科技產業，也因為全世界原物料及上游產品供應鏈中斷，發生營運困難的情況，致使政府須採取各種紓困方案以協助



圖 1 全球每單週確診人數與累計確診人數統計及趨勢圖
(本文作者整理)



圖 2 台灣每單週確診人數與累計確診人數統計及趨勢圖
(本文作者整理)

業者度過難關。反倒是營造業在這次的疫情影響中，其衝擊較少被一般民眾所注意，主要是因其作業場域多在室外，工作空間相對空曠，人與人間的距離相對較大，也少有密閉群聚的情況，故病毒在工作人員間傳遞較不易。進一步探究，營造業的工作須在現場施作，無法像其他行業在家工作 (work from home)，而且工程建設似乎也大多沒停下腳步，故感覺上影響較小。然而實際上，在這一波疫情中，由於禁止外國人員進入國內，以及部分限制貨物流通之故，致使營造業因人力資源、鋼料、水泥、瓷磚及砂石等大宗原物料價格上漲，受到相當程度之衝擊，亦影響到各公司之營運績效。尤其在建築工程方面，包括台北市政府、新北市政府、桃園市政府、新竹市政府、台中市政府、高雄市政府以及宜蘭縣政府等地方單位均公告，即日起只要是在有效期限內之建築執照及雜項建照之有效期限，不須另外申請即自動展延 2 年，讓業者有更充分的時間來克服疫情之衝擊以完成工程，並振興經濟及健全投資環境。足見整體環境對營造業之嚴峻影響。

本文之後將就 COVID-19 在人力短缺、原物料上漲及公司營運績效等面向，作進一步探討。

疫情造成之人力短缺問題

營造業長期缺少足夠工人之問題，已經存在許久。加上年輕人越來越不願意投入現場工作，導致營造工人短缺之問題益形嚴重。已經有近 30 年之時間，由於缺乏足夠的工人，需以引進外籍勞工 (目前正式名稱為產業移工) 的方式來填補。依勞動部所公佈之統計資料顯示^[3]，這些產業移工，主要來自印尼 (38.83%)、越南 (30.80%)、菲律賓 (22.10%) 及泰國 (8.22%) 等四個國家。表 1 顯示 2019 年 2 月至 2020 年 2 月間營造產業每月引進之移工人數^[3]。

表 1 2019 年 2 月至 2020 年 2 月間營造產業每月引進之移工人數^[3]

月份	當月引進人數
2019 年 2 月底	4,089
2019 年 3 月底	4,147
2019 年 4 月底	4,142
2019 年 5 月底	4,114
2019 年 6 月底	4,093
2019 年 7 月底	4,143
2019 年 8 月底	4,273
2019 年 9 月底	4,292
2019 年 10 月底	4,292
2019 年 11 月底	4,366
2019 年 12 月底	4,416
2020 年 1 月底	4,429
2020 年 2 月底	4,520

上述國家在這次 COVID-19 疫情中，亦受不小衝擊，致使東南亞各國自 3 月中旬開始陸續宣佈禁止旅遊和封城命令，造成外籍移工引進受阻；台灣中央流行疫情指揮中心於 2020 年 3 月 17 日宣佈，自印尼、越南、菲律賓及泰國來台之移工，若未於 2020 年 3 月 17 日 16 時前入境台灣，均須依規定居家檢疫 14 天。疫情指揮中心更於 3 月 18 日宣佈，外籍人士一律禁止進入台灣。至此，所有移工皆被禁止進入台灣。雖然衛福部目前尚無 2020 年 3 月及 4 月之產業移工引進人數，但由現前國際上人員流動之管制策略來看，引進人數應該極少或趨近於 0，亦即每個月所需約 4,500 人之勞動替補人力，將立即發生嚴峻之短缺情況，此於原本就缺工嚴重的營建市場，無異雪上加霜。

除了引進移工減少可能的影響之外，因為營造業的工作場域都在施工現場，不像其他行業，還有在家上班之可能性，所以一旦有勞工因疫情影響須居家檢疫或居家隔離，其生產能力即立刻消失，將直接影響現場之施工作業之進度。目前雖尚無量化數字說明這一部份造成的影響有多大，但無論是移工的暫停引進，或是勞工

出工人數的可能減少，確實已經使進行中的工程進度受到相當程度的延誤。而直接影響的，就是營造公司的營收，這一點在之後會再作進一步探討。

疫情造成之原物料價格上漲

台灣營建市場砂石材料之供應，在北部地區長期供應不足，均仰賴東部砂石北運之方式，來填補北部料源不足之問題。據經濟部水利署之統計，2019 年全年北區砂石使用數量缺口共計 2,401 萬公噸，其中有 526 萬公噸仰賴進口，佔約 21.9%^[4]。表 2 顯示北區 2019 年統計及預估 2020 年砂石缺口調度填補情形。

依經濟部水利署之估計結果，北部地區 2020 年將有 500 萬公噸左右之砂石料供應缺口，而砂石料連帶影響到的，除了土方工程之外，亦包括預拌混凝土材料、瀝青混凝土材料等砂石相關產業，其供料也發生部份影響，此一影響極可能造成材料價格上揚，進而增加營造廠的**施工成本**，對營建業來說，有不可小覷的衝擊。表 3 為行政院主計總處所公佈之營建業主要物料之物價指數漲跌情況。圖 3 顯示營建業主要物料之物價指數漲跌圖。

由表 3 及圖 3 之結果，我們觀察到，營建物價總指數，較去年疫情開始之前，約有 0.92% 之漲幅，而其中主要項目，包括**預拌混凝土指數**、**型鋼指數**和**砂石**

材料指數，其漲幅分別為 6.96%、0.97% 和 1.20%，短短三個月時間，如此漲幅必定對營建市場，尤其是營造廠，造成**施工成本**升高之衝擊。

依一般產業對物價指數之了解，其所呈現之漲幅，通常較市場實際價格所反映出來的材料售價漲幅為低，故實際上之市場價格上漲幅度應更大。值得注意的是，鋼筋指數 (-3.73%)、鋼板指數 (-1.38%) 及金屬製品指數 (-1.66%)，在這一波疫情中，其物價指數不漲反跌，而且鋼筋指數之跌幅還不算小，這一點對市場會發生什麼影響，需要接下來依疫情之發展作持續觀察。

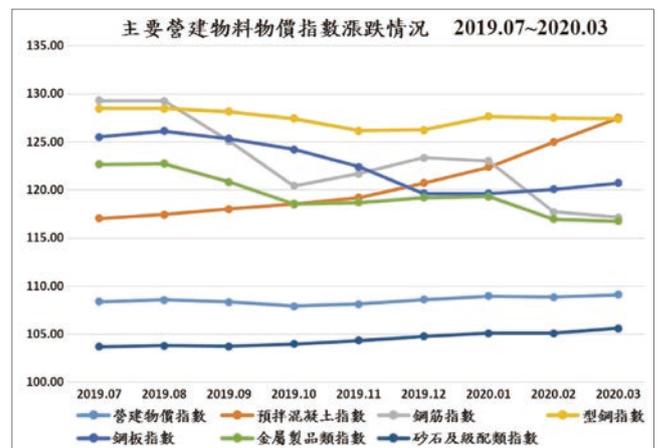


圖 3 營建業主要物料之物價指數漲跌圖 (本文作者整理)

表 2 北區 2019 年統計及預估 2020 年砂石缺口調度填補情形 (單位：萬噸)^[4]

年度	北區自銷		區外銷入				進口砂石		礦區砂石	合計
	河川疏濬	營建土方	東砂北運		中砂北運		已進口	菲律賓		
2019 年 實際銷售	455	717	260		180		526		263	2,401
2020 年 預估銷售	可供應	717	可供應	增加	可供應	增加	已進口	菲律賓	263	2,408
	455		40	260	161	180	248	34		

註：2020 年預估銷售列之『增加』是指水利署預定增加河川疏濬量來填補砂石進口短缺問題；菲律賓 50 萬噸為預定可進口之數量

表 3 營建業主要物料之物價指數漲跌情況表^[5-6] (本文作者整理)

	2019.07	2019.08	2019.09	2019.10	2019.11	2019.12	2020.01	2020.02	2020.03	2019.07 至 2019.12 平均	較 2019 後半年 漲跌幅	較 2019.11 月漲跌幅
營建物價 指數	108.40	108.58	108.34	107.92	108.12	108.62	108.98	108.86	109.12	108.33	0.73%	0.92%
預拌混凝土 指數	117.06	117.46	118.03	118.52	119.22	120.74	122.37	124.99	127.52	118.51	7.61%	6.96%
鋼筋指數	129.32	129.28	125.08	120.45	121.69	123.35	123.04	117.73	117.15	124.86	-6.18%	-3.73%
型鋼指數	128.50	128.49	128.16	127.43	126.16	126.23	127.65	127.50	127.39	127.50	-0.08%	0.97%
鋼板指數	125.52	126.12	125.34	124.22	122.42	119.64	119.65	120.08	120.73	123.88	-2.54%	-1.38%
金屬製品類 指數	122.69	122.75	120.84	118.57	118.71	119.22	119.31	116.98	116.74	120.46	-3.09%	-1.66%
砂石及級 配類指數	103.71	103.81	103.74	103.97	104.36	104.79	105.10	105.10	105.61	104.06	1.49%	1.20%

另依經濟部工業局所公佈之調查統計資料^[7]，2019年1月至2020年3月全國混凝土產量約6,900萬立方公尺(3,609+3,291)，較2019年同期(6,153萬)增加約747萬立方公尺(成長12%)，詳如圖4所示，而其混凝土供應價格統計，如圖5所示。

由圖5可以看出，北、中、南三區在2020年3月之混凝土實際供應價格，相較於疫情開始前之價格，其漲幅分別約為12.28%、10.89%及4.55%，而平均漲幅約為9.24%，較行政院主計總處所公佈之物價指數漲幅6.96%高出約50%。其中，北區之漲幅更較物價指數漲幅6.96%高出近2倍，所以在這波疫情對主要營建大宗物料之影響，應該較官方數據所示來的嚴峻。如果疫情持續，相信影響和衝擊也會持續，而且可能繼續擴大。

疫情對營造業營運績效之影響

一般公司之營運績效，尤其是股票上市櫃公司，可以從公司之財務報表看出其經營成效。而就本次COVID-19疫情來看，對營造業的衝擊與影響，應從其營運績效可看出一些端倪。本文就目前股票上市之75家營造公司，在疫情前後這一段時間之營運績效表現，來了解疫情的影響程度。以下就以每月營收和股價兩項最直接的指標來探討。



圖4 2019年1月至2020年2月預拌混凝土產量統計圖



圖5 2019年1月至2020年3月北中南區預拌混凝土價格統計圖

一般而言，影響公司績效的因素非常多，而這次的COVID-19疫情，或許不是影響公司股價和營收唯一的因素，誠如前面章節所言，因為疫情造成的人力短缺更形嚴重，也使部分大宗物料價格上漲，致使營造公司除施工進度受影響外，施工成本也被迫提高，同時影響到營收和股價。

本文彙整75家主要股票上市櫃之營造公司，依該公司之資本額(股本)大小，分成7組來進行討論。表4為彙整各組不同公司資本額之分佈情形。

表4 股票上市櫃公司不同股本分佈表^[5-6]
(本文作者整理，單位：億)

股本	<10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~100	100
家數	11	18	17	11	3	9	6

先來討論公司營收：自2019年1月至2020年3月，由公司之財務報表資料^[8]，來瞭解公司之營業績效。表5統計7組不同資本額在2019年1月至2020年3月間之單月營收合計情形，其金額為各家營造公司營收之合計。

從表5我們可以發現，無論哪一個資本額群組，在2020年1月期間，其合計營收均較2019年12月急劇減少約50%，其累計金額自454.9億急劇減少為231.3億。惟因2020年春節假期在1月下旬，其可工作天數減少，故COVID-19在全球傳染之疫情是否從2020年1月即開始影響台灣之營造公司，尚待進一步評估。若把表5以圖形方式表示，應該可以看得更清楚，如圖6所示。

若將表5之合計營收依據各群組之營造公司家數求取平均，其平均月營收金額將如表6所示。

從表6可以得到與前述合計營收相同之情況，無論哪一個資本額群組，在2020年1月期間，其平均營收相較於2019年12月亦是急劇減少約50%，而其累計金額自14.78億急劇減少為7.62億，這個部份是否係因全球正流行之COVID-19疫情對營造業工程進度影響，進而造成營收之衝擊，亦或是因為春節假期之關係，尚須進一步評估。若將表6以圖形方式呈現，則如圖7所示。

另外，從圖6和圖7我們可以發現，月營收在2020年1月和2月下滑之後，於3月略有回升，這應是反映政府對疫情之因應措施管控良好。儘管全球之確診數持續翻倍增加，但台灣疫情控制情況頗佳，且政府在砂石等原物料的調度上，能發揮必要之功能，使得工程施工進度得以維持，故得見3月營收上揚，

表 5 股票上市櫃公司不同股本分組於 2019 年 1 月至 2020 年 3 月之合計月營收表 (本文作者整理, 單位: 億)

股本 (億)	19M01	19M02	19M03	19M04	19M05	19M06	19M07	19M08	19M09	19M10	19M11	19M12	20M01	20M02	20M03
<10	9.19	4.01	6.1	5.28	18.83	5.82	31.88	6.87	6.37	8.1	10.38	13.16	8.32	5.15	7.33
10-20	32.8	21.85	38.31	32.4	36.15	31.15	30.08	32.42	37.98	32.78	49.6	73.61	31.14	33.84	41.28
20-30	51.37	34.02	75.23	46.17	48.95	61.8	92.45	79.79	129.1	69.2	85.67	74.91	39.33	41.57	51.94
30-40	27.32	19.14	29.14	27.99	30.98	33.07	35.63	26.54	39.1	31.57	33.81	52.45	25.76	29.02	38.85
40-50	3.44	2.28	4.56	13.63	7.66	5.19	8.36	4.62	10.57	8.57	3.71	44.12	5.86	7.3	4.12
50-100	66.07	40.46	83.01	61.29	62.32	88.43	89.14	59.91	63.56	70.47	95.12	108	75.23	47.58	56.6
>100	72.79	60.75	90.78	73.69	77.44	59.81	57.81	44.5	60.18	75.6	85.3	88.68	45.7	38.9	50.21
Total	263	182.5	327.1	260.5	282.3	285.3	345.4	254.7	346.9	296.3	363.6	454.9	231.3	203.4	250.3

表 6 股票上市櫃公司不同股本分組於 2019 年 1 月至 2020 年 3 月之平均月營收表 (本文作者整理, 單位: 億)

股本 (億)	19M01	19M02	19M03	19M04	19M05	19M06	19M07	19M08	19M09	19M10	19M11	19M12	20M01	20M02	20M03
<10	0.84	0.36	0.55	0.48	1.71	0.53	2.90	0.62	0.58	0.74	0.94	1.20	0.76	0.47	0.67
10-20	1.82	1.21	2.13	1.80	2.01	1.73	1.67	1.80	2.11	1.82	2.76	4.09	1.73	1.88	2.29
20-30	3.02	2.00	4.43	2.72	2.88	3.64	5.44	4.69	7.59	4.07	5.04	4.41	2.31	2.45	3.06
30-40	2.48	1.74	2.65	2.54	2.82	3.01	3.24	2.41	3.55	2.87	3.07	4.77	2.34	2.64	3.53
40-50	1.15	0.76	1.52	4.54	2.55	1.73	2.79	1.54	3.52	2.86	1.24	14.71	1.95	2.43	1.37
50-100	7.34	4.50	9.22	6.81	6.92	9.83	9.90	6.66	7.06	7.83	10.57	11.99	8.36	5.29	6.29
>100	12.13	10.13	15.13	12.28	12.91	9.97	9.64	7.42	10.03	12.60	14.22	14.78	7.62	6.48	8.37

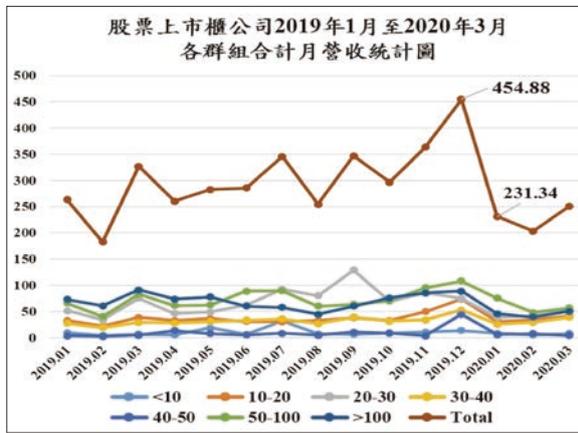


圖 6 股票上市櫃營造公司 2019 年 1 月至 2020 年 3 月各群組合計月營收統計圖

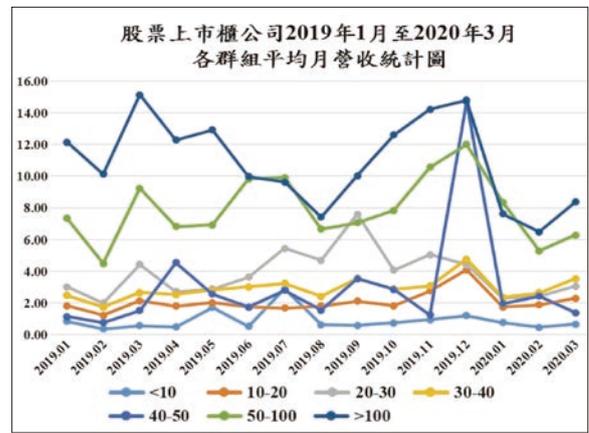


圖 7 股票上市櫃營造公司 2019 年 1 月至 2020 年 3 月各群組平均月營收統計圖

惟後續情況仍須看疫情之發展, 以觀察營收是否會有持續下滑的情況。

除了前述月營收之外, 股價也直接反映出投資人對公司營運的信心。我們都知道, 在這一段 COVID-19 疫情期間, 全世界的股票 (包括台股) 都遭殃, 當然營造業之股價也不例外。而股價對公司營運之影響, 雖然不是有立即直接的關係, 但對公司的長期運作來說, 必定也會發生些許程度之影響。

整理前述不同資本額公司群組於 2020 年 1 月至 2020 年 4 月期間股價之帳跌幅情形, 如表 7 所示。

由表 7 可見, 自 1 月底開始到 3 月下旬為止, 營造公司的股價也是下跌, 其反應時間較營收下跌時間約晚 1 個月, 此情況應屬合理, 因營收下滑之後, 投資信心亦會出現動搖, 導致股價跟著下跌。因受 COVID-19 疫情之衝擊, 此段時間之大盤指數也是下跌, 而營建股當然也無出其外。圖 8 所示為股票上市櫃公司不同股本分

組於 2020 年 1 月至 2020 年 4 月間之股價漲跌幅度統計圖。75 家上市櫃公司之週平均股價漲跌幅與股市大盤之漲跌幅比較如圖 9 所示。

和公司月營收情況相同, 營造業之股價自 3 月中旬回漲, 並呈現上下震盪情形, 這應與台灣疫情管控良好有直接關聯。然而後續情況, 亦是須依疫情之變化, 以觀察股價之變動。

政府可以再協助什麼? [9]

1. 目前部分縣市政府包括台北市政府、新北市政府、桃園市政府、新竹市政府、台中市政府、高雄市政府以及宜蘭縣政府等均已延長仍有效的建造有效期限 2 年, 其他未實施的縣市, 也應該盡速比照相同方式處理, 讓營造公司能專心趕進度, 不用擔心因疫情影響進度, 而無法於建照期限內完成工程。
2. 除了建築工程的放寬, 土木等基礎建設工程, 也建

表 7 股票上市櫃公司不同股本分組於 2020 年 1 月至 2020 年 4 月之股價漲跌幅度統計表
(本文作者整理, 單位: 億)

股本 (億)	W1 1/3	W2 1/10	W3 1/17	W4 1/24	W5 1/31	W6 2/7	W7 2/14	W8 2/21	W9 2/28	W10 3/6	W11 3/13	W12 3/20	W13 3/27	W14 4/3	W15 4/10	W16 4/17
<10	2.29	- 1.89	0.91	0.05	- 2.41	- 0.04	3.26	- 0.05	- 2.10	0.08	- 9.73	- 4.19	4.24	0.12	3.23	1.04
10-20	- 0.24	0.11	0.55	0.40	- 3.62	- 0.81	0.55	0.67	- 1.82	- 0.37	- 12.34	- 7.10	5.58	- 0.57	4.82	3.70
20-30	- 0.34	- 0.35	0.57	0.25	- 3.40	- 0.97	0.56	0.09	- 2.78	- 0.53	- 9.90	- 9.50	8.63	1.72	4.55	1.99
30-40	0.53	- 0.01	0.10	0.28	- 5.77	- 0.44	- 1.10	- 0.04	- 2.89	- 0.12	- 10.33	- 12.61	9.46	0.42	4.28	3.17
40-50	- 0.42	- 0.36	3.14	- 0.06	- 6.05	- 1.86	- 0.31	- 1.14	- 2.10	- 0.51	- 8.67	- 9.92	9.10	3.70	5.77	1.88
50-100	0.08	0.43	1.50	- 0.20	- 6.72	- 2.79	0.46	- 0.68	- 4.35	- 0.69	- 13.11	- 10.24	10.66	3.96	8.84	0.49
>100	- 0.74	0.44	2.45	0.48	- 5.00	- 2.14	0.57	- 0.34	- 2.83	0.27	- 11.95	- 9.82	7.09	1.23	7.46	1.91
Average	0.17	- 0.23	1.32	0.17	- 4.71	- 1.29	0.57	- 0.21	- 2.70	- 0.27	- 10.86	- 9.05	7.82	1.51	5.56	2.03

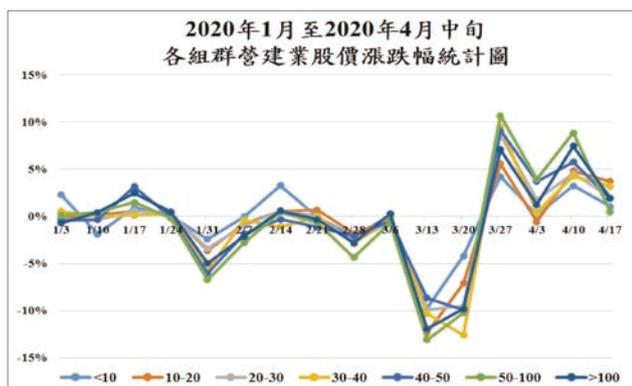


圖 8 股票上市櫃營造公司 2020 年 1 月至 2020 年 4 月中旬各組群單週股價漲跌幅統計圖

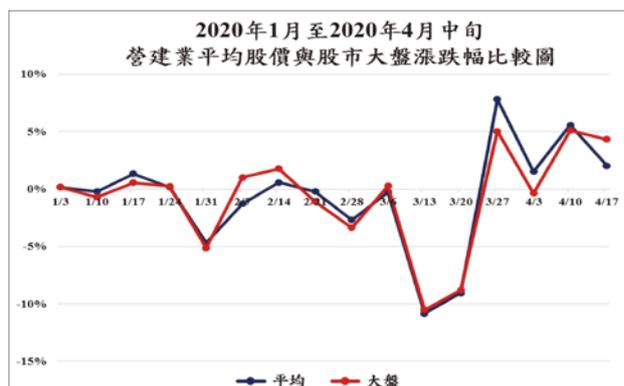


圖 9 股票上市櫃營造公司 2020 年 1 月至 2020 年 4 月中旬單周平均股價漲跌幅與股市大盤漲跌幅比較圖

議比照一例一休的方式, 給予承包商合理的工期展延, 以便與業主齊心完成工程建設。

3. 加速推動公共工程進度, 避免營造業工程師走入無薪假情況。
4. 政府應監督並防止材料供應商趁材料短缺時拉抬價格, 增加營造業之額外負擔。
5. 盤點全國砂石材料資源情況, 積極並有效管理河川疏濬之效益, 及協調全國砂石供應鏈之整合, 避免因材料短缺而影響工程施工進度。
6. 降低紓困門檻, 簡化作業流程並延長回繳期程, 以幫助真正面臨問題的廠商度過疫情難關。

結論

從 2020 年 1 月開始, COVID-19 病毒之疫情, 已確實對全球經濟活動造成重大影響, 各行各業均面臨嚴重衝擊, 包含營造業。而國際上人員流通的管制, 則直接促使本地工程缺工情況的加重, 影響施工進度。另外, 由於國際物流的限制, 短時間內部份大宗物料進口受阻, 其中尤以砂石材料為最, 亦衝擊營建工程之進度, 增加營造公司之成本, 使原本就不易經營的營建產業雪上加霜, 經營更加困難。這些衝擊和影響, 均直接表現在公司營運績效上, 除了影響公司的營收, 也使公司股價在疫情嚴重期間受到重創。

目前世界上 COVID-19 疫情仍持續延燒, 其對營建產業甚至各行各業之影響尚未結束, 在配合政府政策抗疫的同時, 也希望政府能有心協助營造產業解決疫情帶來的相關問題, 使我國的基礎建設, 得以由優良廠商持續努力完成, 切勿因 COVID-19 疫情讓優良營造廠折損, 若能如此, 將是全民之福。

參考文獻

1. 報導者 The Reporter, 「從武漢到世界 -COVID-19 疫情即時脈動」, <<https://www.twreporter.org/i/covid-2019-keep-tracking-gcs>>, April, 2020.
2. 台灣英文新聞 Taiwan News, 「全球最新確診與死亡人數統計」, <<https://www.taiwannews.com.tw/ch/news/3869160>>, April, 2020.
3. 勞動部官網, 「產業與社福移工人數」, <<https://statfy.mol.gov.tw/index12.aspx>>, April, 2020
4. 經濟部水利署, 「加強疏濬備擴料源全國河川水庫疏濬情形」, 經濟部水利署簡報, March 25, 2020.
5. 行政院主計總處, 「物價指數」, <<https://www.dgbas.gov.tw/lp.asp?ctNode=3091&CtUnit=333&BaseDSD=7>>, April, 2020.
6. 行政院公共工程委員會, 「工程採購物價指數查詢」, <<https://www.pcc.gov.tw/cp.aspx?n=7EB01344450BC29A>>, April, 2020
7. 經濟部工業局統計處, 「預拌混凝土價格及產銷情形說明」, 經濟部工業局簡報, March 31, 2020.
8. 台灣股市資訊網 Goodinfo!, 「營建業股市資訊」, <https://goodinfo.tw/StockInfo/StockList.asp?MARKET_CAT=%E4%B8%8A%E5%B8%82&INDUSTRY_CAT=%E5%BB%BA%E6%9D%90%E7%87%9F%E9%80%A0%E6%A5%AD>, April, 2020.
9. 台灣省土木技師公會, 「不受疫情影響 公共建設持續推動中」, 技師報第 1219 期, April, 2020.



營造業在新冠肺炎疫情下 所衍生履約問題之探討

謝佳伯 / 朋博法律事務所 主持律師
 張斐雯 / 朋博法律事務所 律師
 陳澤榮 / 朋博法律事務所 律師
 楊哲瑋 / 朋博法律事務所 律師
 林詩涵 / 朋博法律事務所 律師
 楊羽蘋 / 朋博法律事務所 法務

近數月以來，全球爆發因新型冠狀病毒（SARS-CoV-2）致生嚴重傳染性肺炎（COVID-19，下稱新冠肺炎）疫情（圖1），日均死亡人數居高不下（圖2），迫使各國減少經濟往來，需求面大幅下降，導致石油價格崩跌，又回頭衝擊金融市場與產油國資本支出，致呈現低油價無助於刺激消費投資，反而有害於全球經濟的特異現象。營造工程向有「火車頭工業」之稱，為國家經濟建設極其重要的一環，然因履約過程發生不可事先預料之情況甚多，極易受到市場景氣影響；於疫情籠罩而全球經濟走向低迷的背景之下，營造工程市場勢必將因此疫情產生履約風險。

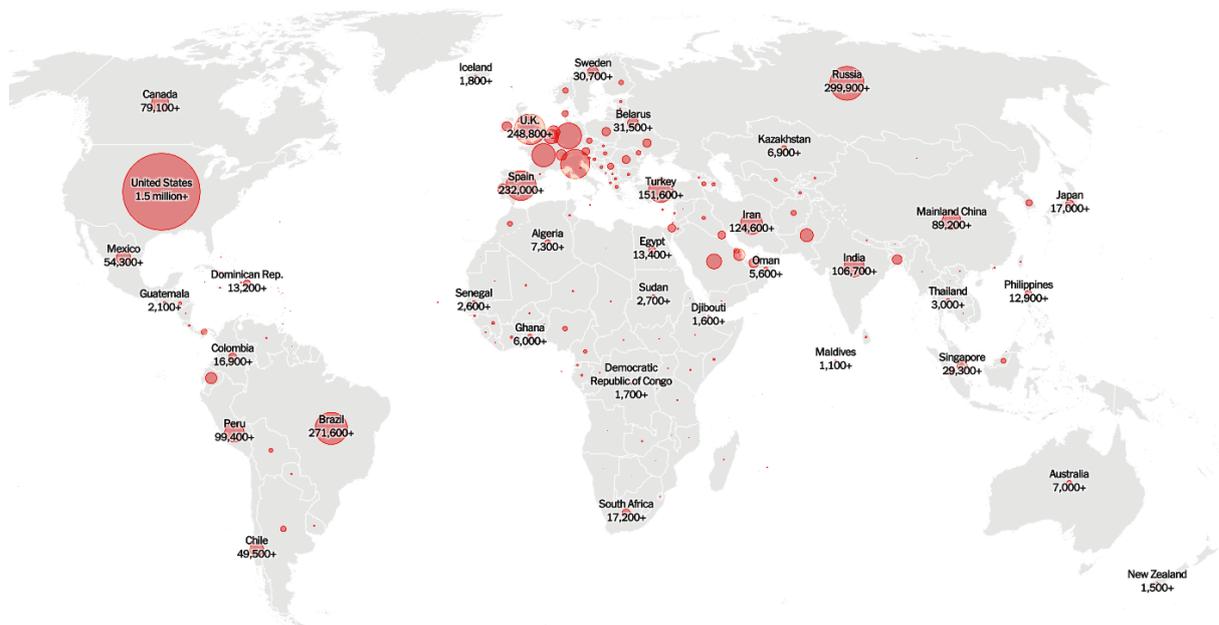


圖 1 迄 2020/05/18 止新冠肺炎全球各地已確診案例分布圖
 (https://www.nytimes.com/interactive/2020/world/coronavirus-maps.html#map)

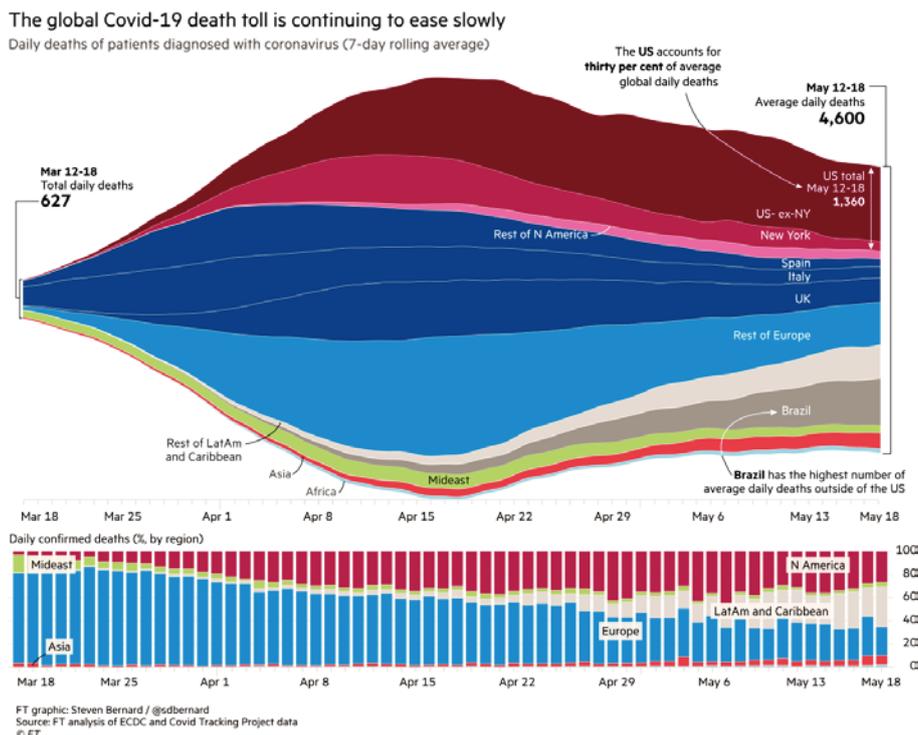


圖 2 迄 2020/05/18 止新冠肺炎全球各地日均（7 日移動平均數）死亡案例折線圖
(<https://www.ft.com/coronavirus-latest>)

由於新冠肺炎已被定義為全球大流行 (pandemic)，業如上述，對於國際間產業分工造成重大影響，我國目前疫情雖屬控制得宜，未達全面停工階段，然身為國際合作分工之一員，仍因國際產業鏈面臨斷鏈危機而同受影響。再者，營造業主要是在工程現場進行，無法如同一般行業，可採取居家工作之方式完成大部分工作，則人力可能因染疫而須隔離，或配合政府防疫須為居家檢疫，或外國顧問與移工因邊境政策無法入境或須進一步隔離檢疫，導致人力短缺；機具則可能因國外設備、機具，因國外廠房停工，或因虧損過鉅導致破產，導致交期延長或根本已無從取得；材料則如中國砂石斷鏈危機、價格上漲等因素，在在均會導致工期延長及成本增加，是工程業界不論業主或廠商，均將面臨上述之挑戰。是以，如何借鑒於國內外既存之法律制度，以處理相關法律議題，即為本文重心之所在。

國際諮詢工程師聯合會契約條款之相關規範

一、國際諮詢工程師聯合會 (Fédération Internationale Des Ingénieurs-Conseils 下稱 FIDIC) 各種類之契

約為國際普遍採用，且我國風力發電開發商亦有以此為契約架構，其中部分條款例如不可抗力之規定，與我國行政院公共工程委員會工程契約範本有類似規範，雖然就契約解釋之法律效果並非一致，惟其假設工程受新冠肺炎影響之程度與情狀等規定，可謂完整而具參考價值 (參 FIDIC COVID-19 GUIDANCE MEMORANDUM TO USERS OF FIDIC STANDARD FORMS OF WORKS CONTRACT)，故將之簡要列出供參：

1. 政府未頒布任何新的禁止建築活動或現場施工的法律或法規。但是承包商針對工地施工動員時會有人員安全考量，以及因供應鏈的問題而有施工物料方面遇到困難，廠商有何補救辦法？
2. 與上述第 1 種情況相同的情況，但承包商沒有遭遇動員或獲得物料的困難，而是遭受了政府管制措施造成相關延誤 (例如在現場進行高強度的健康和 safety 檢查)。廠商有何補救辦法？
3. 政府已頒布法律，限制工程現場的活動，但仍然可以繼續進行工程，然而由於這些變更導致工程會有延誤及 (或) 承擔額外費用。如何處理這種情況？

4. 政府已發布命令，禁止工程活動（包括封鎖，宵禁，無法進入的隔離區等），因此無法在工程現場進行施工，而導致承包商及（或）雇主無法履行合同規定的義務。在這種情況下如何處理此種狀況？
5. 在上述第 4 種情況下，此狀況是否符合自然不可抗力或其他不可抗力？如為肯定者，承包商獲得除展延工期之外，是否能獲得補償或賠償？
6. 在上述第 1、2 或 3 種情況下，雇主或承包商視不同情況以契約中約定之「不可抗力」[Force Majeure]、「異常（例外）事件」[Exceptional Events]，「或異常（例外）風險」[Exceptional Risks] 以解決此類情況？
7. 迄今為止，國家法律沒有變更，也沒有對動員或供應鏈產生實際影響。但雇主的人員（包括工程師或雇主代表，視情況而定）為預防措施而採用遠距工作的，因此該等人員大部分時間不在現場。此情況造成業主決策緩慢或無法現場監造而使工程遭受延誤及（或）承擔額外費用。如何處理這種情況？

二、針對上開各種假設情況，其與 FIDIC 契約規定有關之規定原則上不外為：

1. 健康和安全
2. 法律改變
3. 不可抗力 / 特殊事件
4. 人員和供應鏈中不可預見的短缺
5. 變更
6. 政府造成的延誤
7. 展延工期
8. 索賠和糾紛

然而在考量是否適用該等契約條款時，仍該應注意在某些大陸法系司法管轄區中，針對不可抗力之要件與法律效果，可能與 FIDIC 之契約條款有所差異（註：如本文後述所探討之不可抗力之要件乃針對工程會所頒布之工程契約範本規定，而與此處之不可抗力之要件及效果即不盡相同）。

我國相關法令之規定

一、我國民法等相關法規中，並無「不可抗力」之定義及規定，但如契約雙方於工程契約中對此為特別之約定，就如同民法亦未針對「估驗款」等工程契約付款條件有特別規定，則因民法採契約自由原則，只要不違反強行規定或公序良俗，該等約定均生法律上之效力。故工程會頒布之工程契約範本對於不可抗力有特別列明，而經契約雙方引為契約約定之內容者，自有拘束契約雙方之效力。至於我國民法有關契約（包括工程契約在內）之規範，就履約過程中，如發生上述之新冠肺炎大流行，致契約之一方或雙方無法履約或遲延履約，縱使契約未規範不可抗力等情形，除適用民法承攬或委任規定外，亦得依「不可歸責於契約雙方之事由」、「可歸責於債權人之事由」、「可歸責於債務人之事由」而致契約無法履行或遲延履行，分別適用民法中「給付不能」或「給付遲延」等相關規定。則因新冠肺炎疫情，而致履約不能或履約遲延，應屬不可歸責於契約雙方之事由，而有民法關於「給付不能」或「給付遲延」等相關規定之適用。另因新冠肺炎疫情影響履約，亦應探討有無民法第 227 條之 2 第 1 項情事變更原則之適用？而除民法等法律之規定外，以工程契約範本為例，新冠肺炎疫情是否屬契約範本中之不可抗力事由？亦為探討之重點。故本文以下特就「不可抗力」及「情事變更原則」二項予以探討。

二、行政院公共工程委員會（下稱工程會）契約範本中，有關不可抗力條款於新冠肺炎疫情影響履約情形之適用

（一）不可抗力事由之認定：

1. 新冠肺炎是否屬不可抗力事由：

如因新冠肺炎影響，發生勞動力下降、原物料無法充分供應、機具設備無法準時到位，甚至大幅增加施工成本，或達到無法繼續履約之情形，則應審視契約中有無因「不可抗力」或不可歸責於一方導致無法繼續履行契約，得終止或解除契約、或得展延履約期限之約定。

此時，新冠肺炎是否屬不可抗力之事由？即有探究之必要。

2. 我國法院實務上就不可抗力認定之標準：

依據最高法院 95 年度台上字第 1087 號判決意旨，所謂不可抗力係指人力所不能抗拒之事由，即任何人縱加以最嚴密之注意，亦不能避免者而言。一般認為不可抗力之事由，通常包括以下情形：天災、地變、戰爭、政府作為、罷工、恐怖攻擊、瘟疫及實施禁運等。

3. 工程契約範本就「不可抗力」態樣之規定：

依照行政院公共工程委員會於 109 年 1 月 14 日修訂的工程契約範本第 17 條第 5 款約定：「因下列天災或事變等不可抗力或不可歸責於契約當事人之事由，致未能依時履約者，廠商得依第 7 條第 3 款規定，申請延長履約期限；不能履約者，得免除契約責任：

- (1) 戰爭、封鎖、革命、叛亂、內亂、暴動或動員。
- (2) 山崩、地震、海嘯、火山爆發、颱風、豪雨、冰雹、惡劣天候、水災、土石流、土崩、地層滑動、雷擊或其他天然災害。
- (3) 墜機、沉船、交通中斷或道路、港口冰封。
- (4) 罷工、勞資糾紛或民眾非理性之聚眾抗爭。
- (5) 毒氣、瘟疫、火災或爆炸。
- (6) 履約標的遭破壞、竊盜、搶奪、強盜或海盜。
- (7) 履約人員遭殺害、傷害、擄人勒贖或不法拘禁。
- (8) 水、能源或原料中斷或管制供應。
- (9) 核子反應、核子輻射或放射性污染。
- (10) 非因廠商不法行為所致之政府或機關依法令下達停工、徵用、沒入、拆毀或禁運命令者。
- (11) 政府法令之新增或變更。
- (12) 我國或外國政府之行為。
- (13) 其他經機關認定確屬不可抗力者」。

4. 新冠肺炎與工程契約範本約定態樣之探討：

從上開內容以觀，該款係將天災、事變歸類為「不可抗力」，而新冠肺炎可能符合「不

可抗力」事項中之「瘟疫」、「原料中斷或管制供應」、「非因廠商不法行為所致之政府或機關依法令下達停工、徵用、沒入、拆毀或禁運命令者」、「政府法令之新增或變更」、「我國或外國政府之行為」及「其他經機關認定確屬不可抗力者」等事由。

5. 法院就「瘟疫」之認定：

本所張斐雯律師前於 SARS 期間所承辦之案件，雖為個案而仍具參考之實益，該案乃因廠商在 SARS 期間無法正常履約，遭業主扣罰工程款，而提出字典「辭海」就瘟疫解釋為「急性傳染病的泛稱」及相關佐證資料，經台灣高等法院審認「瘟疫」意指急性傳染病，依據 SARS 當時疫情，及經政府公告列為法定傳染疾病等情，進而肯認 SARS 為契約約定之「瘟疫」（參台灣高等法院 93 年度上易字第 419 號判決意旨）。若以上開判決對於「瘟疫」之解釋，新冠肺炎疫情造成全球性大感染，歐美甚至有封城之舉，且經行政院衛生福利部依傳染病防治法公告為第五類法定傳染病，應認符合工程契約範本第 17 條第 5 款第 5 目「瘟疫」之定義。

6. 政府行為及是否造成廠商無法履約：

再者，政府要求口罩不得外銷、徵用製造口罩的工廠、要求從境外進入之人民須隔離 14 天、政府限制海陸交通因而導致原物料運輸困難等等，因此有「原料中斷或管制供應」、「政府法令之新增或變更」及「我國或外國政府之行為」等情形，此應已符合工程契約範本第 17 條第 5 款第 11 目及第 12 目之事由。

但需強調者，縱有不可抗力之情形發生，仍須依個案加以認定，是否有因此造成無法依時履約之情形，否則縱有上開不可抗力事項，但仍無礙於履約之進行者，則廠商仍不得請求延長履約期限。

7. 與 FIDIC 就「不可抗力」定義之比較：

依 FIDIC1999 年黃皮書第 19.1 條規定：「在本條中，『不可抗力』係指某種特殊事件或情況：(a) 一方無法控制的；(b) 該方在簽

訂契約前，不能對之進行合理預防；(c) 發生後，該方無法合理避免或克服的；(d) 不可歸責於另一方」，且提出例舉情形，例如戰爭、內亂、輻射及自然災害。在自然災害中，FIDIC 僅例示地震、颶風、颱風或火山活動，而無傳染病或瘟疫之類似規定，然因第 19.1 條開宗明義已說明「只要滿足上述 (a) 至 (d) 條件」即屬於「不可抗力」事由，故除非廠商可以合理預防或避免新冠肺炎的影響，否則仍應構成 FIDIC 中「不可抗力」之要件。而我國工程契約範本就不可抗力之約定，並無上述 FIDIC 契約中不可抗力 (a) 至 (d) 條件之要件，故於法律適用上即不可一概而論。

(二) 工程契約範本不可抗力事由之法律效果：

1. 延長履約期限：

- (1) 工程契約範本第 17 條第 5 款約定廠商得申請延長履約期限，此外，同條第 6 款約定：「前款不可抗力或不可歸責事由發生或結束後，其屬可繼續履約之情形者，應繼續履約，並採行必要措施以降低其所造成之不利影響或損害。」亦即，並非發生不可抗力之事由時，廠商即得片面主張終止或解除契約，仍須視是否屬於可繼續履約之狀態。
- (2) 依據工程會所訂定之「採購契約要項」第 49 點：「機關及廠商因天災或事變等不可抗力或不可歸責於契約當事人之事由，致未能依時履約者，得展延履約期限；不能履約者，得免除契約責任。」以及各類採購契約範本，其履約期限及延遲履約條文，皆訂有因天災或事變等不可抗力或不可歸責於契約當事人之事由，例如瘟疫、非因廠商不法行為所致之政府或機關依法令下達停工、徵用命令、依傳染病防治法第 3 條發生傳染病且足以影響契約之履行、其他經機關認定確屬不可抗力，致未能依時履約者，廠商得檢具相關事證向機關申請延長履約期限；不能履約者，得免除契約責任。

- (3) 另查，除工程會各類採購契約範本外，臺北市政府工程採購契約範本第 18 條、新北市政府工程採購契約範本第 7 條、第 17 條亦均設有因瘟疫或傳染病不可抗力條款得展延履約期限之約定。

2. 終止或解除全部或部分契約：

- (1) 工程契約範本第 21 條第 7 款約定：「非因政策變更且非可歸責於廠商事由（例如但不限於不可抗力之事由所致）而有終止或解除契約必要者，準用前 2 款。」易言之，如屬不可抗力而有終止或解除契約之必要者，廠商即得終止或解除全部或部分契約。
- (2) 工程契約範本第 21 條第 13 款約定：「因契約規定不可抗力之事由，致全部工程暫停執行，暫停執行期間持續逾__個月（由機關於招標時合理訂定，如未填寫，則為 3 個月）或累計逾__個月（由機關於招標時合理訂定，如未填寫，則為 6 個月）者，契約之一方得通知他方終止或解除契約。」如發生不可抗力事由當時，廠商雖無法確認是否無繼續履約之可能，如其後因暫停執行達 3 個月或累計達 6 個月時，廠商得向機關主張終止或解除契約。
- (3) 惟上開約定之要件為「全部工程」暫停執行，故如僅部分停工者，有無本條之適用，恐有疑問。

3. 請求增加費用：

- (1) 工程契約範本第 4 條第 4 款第 1 目約定：「廠商履約遇有下列政府行為之一，致履約費用增加或減少者，契約價金得予調整：1. 政府法令之新增或變更」：在疫情期間，我國政府要求境外人士入境須隔離 14 天，若廠商依約有委聘外籍顧問之必要，則外籍顧問因隔離 14 天所增加之費用，是否屬因政府法令新增而致履約費用增加？容有討論之餘地。
- (2) 工程契約範本第 4 條第 8 款約定：契約履約期間，有下列情形之一（且非可歸責於廠商），致增加廠商履約成本者，廠商為

完成契約標的所需增加之必要費用，由機關負擔。但屬第 13 條第 7 款情形、廠商逾期履約，或發生保險契約承保範圍之事故所致損失（害）之自負額部分，由廠商負擔：

1. 戰爭、封鎖、革命、叛亂、內亂、暴動或動員。
2. 民眾非理性之聚眾抗爭。
3. 核子反應、核子輻射或放射性污染。
4. 善盡管理責任之廠商不可預見且無法合理防範之自然力作用（例如但不限於山崩、地震、海嘯等）。
5. 機關要求全部或部分暫停執行（停工）。
6. 機關提供之地質鑽探或地質資料，與實際情形有重大差異。
7. 因機關使用或佔用本工程任何部分，但契約另有規定者不在此限。
8. 其他可歸責於機關之情形。

(3) 與 FIDIC 契約規定之比較

FIDIC 第 19.4 條第 b 項約定：「如果承包商因已根據第 19.2 條（不可抗力的通知）的規定發出通知的不可抗力，妨礙其履行契約規定的任何義務，使其遭受延誤（或）招致增加費用，承包商應有權依據第 20.1 款（承包商的索賠）的規定，要求：(b) 如果是第 19.1 條（不可抗力的定義）中第 (i) 至 (iv) 目所述的事件或情況，且第 (ii) 至 (iv) 目所述事件或情況發生在工程所在國時，對任何此類費用應予支付」。雖然，FIDIC 第 19.4 條規定在符合第 19.1 條第 (i) 至 (iv) 所列舉的不可抗力之事由下，得請求費用，但由於新冠肺炎並非第 19.1 條列舉的不可抗力事由，承包商似難援引該條作為請求業主增加給付工程款之依據，併請注意。

(三) 不可抗力之舉證責任：

就有關不可抗力或除外情事影響之範圍如何認

定，原則上應由主張權利之一方負舉證責任，且舉證範圍不僅包括不可抗力或除外情事之存在，亦須證明該不可抗力或除外情事，與契約履行或損害發生具有因果關係，因此此次疫情是否能構成不可抗力事由，仍須依個案情形加以認定。

三、得否因新冠肺炎疫情而主張有情事變更原則之適用：

(一) 除上開工程契約範本有關不可抗力條款等約定，屬當事人間特約之情形外，一般工程則有討論是否有情事變更原則適用之需要，而按我國民法第 227 條之 2 第 1 項規定：「契約成立後，情事變更，非當時所得預料，而依其原有效果顯失公平者，當事人得聲請法院增、減其給付或變更其他原有之效果」，此即所謂情事變更原則。依臺灣高等法院 94 年度重上字第 348 號判決，該原則適用之要件：

1. 法律關係成立後，情事發生變更；
2. 該情事變更之發生，非當事人所得預料；
3. 依原定法律效果履行或實現，顯失公平。且情事變更與否，係就外在客觀事實以定之，與可否歸責於當事人之事由無關。

(二) 另最高法院 107 年台上 1197 號判決，所謂非當時所得預料，於工程承攬契約而言，係指該情事變更情況，非承攬人於締約時所能預見的風險，或雖可預見，無可合理防止損失、損害之發生之措施，致其損害超越所預期可控制之範圍而言。

(三) 故如契約中無不可抗力條款約定，則應參考契約履行地是否屬於疫區、雙方履行契約是否會受疫情影響等因素，綜合判斷有無情事變更原則之適用。

(四) 而本次疫情之發生，顯非契約當事人於訂約當時所得預見，且具有不得預料性，若因此導致工程合約無法履行，或繼續履約，卻因此導致遲延，或有額外費用的增加，如不能主張為不可抗力事由，此部分似仍得主張情事變更原則，以調整雙方之契約關係始為公平。

(五) 以 SARS 疫情期間發生之履約爭議為例，可否主張情事變更，實務上有不同見解，因此須個案認定：

1. 臺灣高等法院 93 年度國貿上字第 6 號判決：

按當事人雙方締約後，因國內 SARS 亦蔓延，導致耳溫槍市場大亂，加上經濟部復於 92 年 5 月 28 日公告體溫計暫停輸出，行政院衛生署亦向廠商徵用耳溫槍，上訴人因而未能如期交貨。兩造於契約成立後，殊無預料台灣亦將於 5 月 21 日列為 SARS 疫區之情事發生，市場耳溫槍既已供不應求，取得不易，則如仍令上訴人應依系爭買賣契約原有效果履行交付耳溫槍，自顯失公平，是本件買賣契約應有情事變更原則之適用。

2. 臺灣高等法院 94 年度上字第 86 號判決：

SARS 疫情雖然蔓延，但契約履行地並非疫區、疫情影響時間亦屬短暫，且原本營業收入長期不理想，顯見影響收入之因素非僅 SARS 疫情一端，從社會客觀事實及法律秩序安定性立論，SARS 疫情之影響尚未達動搖本件締約基礎之程度，故若據此請求終止契約，不符公平原則；又主張情事變更原則請求終止契約，亦屬無據。(若疫情尚未動搖締約基礎，則不構成情事變更。)

遵循工程契約所訂程序要件

我國契約及相關規定

除前述契約範本及民法規定之權利義務關係外，一般工程契約通常有針對契約變更、工期展延申請等程序，規範施工廠商應備文件及提出期限之程序要件，以利業主在工程進度、工程費用之審核及監督管理。因此，施工廠商如因新冠肺炎疫情影響，而有申請變更設計、調整契約價金或工期展延需求時，應注意契約內有無相關程序要件之規定。例如：工程會工

程契約範本第 7 條第 3 款規定，廠商應於事故發生或消滅後 7 日內通知機關，45 日內檢具相關事證，以書面向機關申請展延工期。如廠商未及時申請展延工期，雖多數實務見解認為仍應審酌工期展延之合理性、具體事證為要，未達成程序要件並不影響工期展延之認定，然臺灣高等法院 103 年度建上更(一)字第 28 號判決則持反面見解，認為倘承攬契約特別明文約定廠商未依契約規定之期限申請工期展延時，業主有不予受理之權，則廠商如未及時申請工期展延即生失權效果。從而，在法院實務見解不一之情形下，建議施工廠商應檢視契約規定之程序要件，並遵循相關規定提出展延工期之申請，以免徒生失權之風險。

除此之外，工期因疫情影響而有增加時，需視受影響之工項是否屬要徑工程，始得據以判斷得否展延工期。依一般工程實務，總工期係以要徑工程所需工期來計算，因此工程契約範本第 7 條第 3 款規定，在影響網圖要徑作業之進行下，廠商始得申請展延工期。換言之，縱廠商有受疫情影響致非要徑工項增加工作天數，並非必然得主張展延工期，業主仍應判斷廠商展延事由是否屬要徑工程，再進一步判斷受影響工期天數為宜。

另外，施工廠商如發現設備、機具、工料不能按期供貨，致無法進場施作時，應以書面方式通知業主，並與業主協商研討替代方案之可行性(例如：更換設備廠牌、替代工法以更換材料、機具等)，並就替代方案所可能增加之施工成本、工期一併提出說明，獲得業主之判斷及決策後，雙方才能進一步辦理契約變更。

最後，當施工廠商與業主就上述履約爭議協商不成時，施工廠商亦應檢視契約之爭議處理規定，並應依約踐行相關爭議處理程序。本所承辦案件中，即有工程契約約定，廠商應於接獲業主決定後 7 日內提起異議之規定，故如未在期限內提起異議，恐發生失權之風險。另工程會針對公共工程因新冠肺炎疫情所生之履約爭議，建議除依約辦理外，機關得成立採購工作及審查小組協助相關疑義或爭議處理之諮詢，並可洽詢工程會之公共建設諮詢機制，以幫助機關與施工廠商兩者間對契約條文認知歧異之問題。

FIDIC 契約規定

外國工程實務上較常使用之工程契約多係以 FIDIC (1999 年版) 為主要架構，我國風力發電工程亦有採為契約架構，故本文特就此部分著墨。舉黃皮書或紅皮書為例，就本次新冠肺炎所造成之延期 (extension of time) 或成本增加，可能構成 FIDIC 第 8.4 條第 1 項 (d) 規定，或第 19.1 條不可抗力 (Force Majeure) 之規定，業如上述，依照 FIDIC 之契約規定，亦皆應踐履一定之程序，始得據以請求 (claim)。

例如：第 8.4 條及第 19.1 條皆規定施工廠商應依照 20.1 條提出索賠請求，依 20.1 條規定：「如施工廠商認為其得依據本契約或與契約有關之文件請求延期或追加費用，施工廠商應向工程師發出通知，說明索賠事由或情形，該通知應盡快於施工廠商發覺或已發覺該事由或情形後 28 天內發出。」「如果施工廠商未能在上述 28 天期限內發出索賠通知，竣工時間不得延長，施工廠商應無權請求追加費用，而業主應免除有關索賠之全部責任。」故逾期提出請求，實屬重要。

另該條亦有規定施工廠商應做好同期紀錄 (contemporary records)，用以佐證提出之索賠請求，工程師亦應審核之。施工廠商於索賠事件發生後 42 天內 (或在工程師同意的合理時間內)，應提送一份詳細報告 (包括索賠依據、請求之工期及款項)。如果索賠請求為連續性的，則前述索賠報告會被認為是中期 (interim) 報告，施工廠商應按月持續提供進一步版本，並在索賠事件產生之影響結束後 28 天內 (或在工程師同意的合理時間內) 發出最終詳細報告。工程師則應就最終詳細報告於 42 天內 (或在工程師同意的合理時間內) 進行審核，並說明准否決定，且應附具理由。

又如施工廠商對於工程師之審核結果存有爭議，則可書面提交爭端裁決委員會 (Dispute Adjudication Board, DAB) 進行裁決。DAB 於收到前述爭議後，應於 84 日內 (或雙方同意之期限) 作出決定 (第 20.4 條)。未者，如任一方對於 DAB 所作之決定不滿，則得於收到 DAB 決定之 28 天內提出不滿通知 (notice of dissatisfaction) 予他造與 DAB (第 20.5 條)。於不滿通知發出之 56 天後，該方始得提付仲裁解決之。

小結

綜上，無論使用我國契約或 FIDIC 契約範本，施工廠商常常因工期緊迫，且申請程序耗時，致忽略漏未於契約規定之期限內提出申請，抑或擬於完工後再提出履約爭議，而未於期限內提起異議，導致雙方除了履約爭議外，尚且須因程序要件不符是否生失權效果而迭生爭執；倘經認定具有失權效果，施工廠商縱使確有不可歸責事由致履約成本增加、工期延長等情形，仍恐因程序要件不符而影響權益。

結論

以上係針對新冠肺炎對我國營造業之影響，就相關法律議題所為通案論述。然考量到紛爭解決程序 (包括訴訟、仲裁、調解、協議等) 曠日費時，且實際遭受的損害未必皆能舉證清楚量化，故除了對風險實現之事後處理方案外，亦宜先考量如何事先規避風險：例如，公司行號可成立專責單位以統籌應變疫情現況；在業務推展階段即先就疫情對人工材料資金調度之影響考量在內；生產營運時採用異地辦公、人力調配方案以降低疫情擴散風險；擬定異地備援、替代供應鏈等預備方案以避免供給因疫情爆發而中斷；善用數位工具以對外傳達正確營運訊息，並與上下游積極溝通確認現況；遭遇營運困難時積極向政府尋求紓困措施或相關資源，最終目的在維繫營造工程持續進行業務運作，將因疫情所生損失降至最低。本文係就通案所為陳述，惟因個案情況各有不同，於實際案例中應如何相對應調整，讀者仍宜先洽詢相關專案人員後再為處置。🇩🇪

朋博法律事務所小檔案

朋博法律事務所成立於西元 1999 年，主持謝佳伯律師係畢業於國立政治大學法律系、國立臺灣大學土木工程研究所，兼具工程及法律二領域專業，多年來提供營造業、工程顧問公司及一般企業等營建工程爭議問題分析及建議解決方案，包括異議、申訴、調解、訴訟及仲裁等，近年來更致力於工程合約法律風險評估，以客戶利益為導向之合約管理整合性專業服務。



新冠疫情下 土木工程與遙測技術 之應用與契機

黃韋凱／財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 副研究員
李璟芳／財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 正研究員兼組長
張玉彝／財團法人中興工程顧問社防災科技研究中心 主任
高銘堂／財團法人中興工程顧問社 執行長
陳振宇／行政院農業委員會水土保持局 副總工程師
賴澄漂／自強工程顧問有限公司 董事長

土木工程專案，於道路、橋梁、住宅、廠房、建築，或其他重大工程建設構建，皆需仰賴內業、外業各方專業人員在規劃、設計、施工、管理等之互相配合，彼等之溝通與合作於土木工程中至為重要。

然 2019 年底全球新冠疫情自中國武漢爆發，對於勞力需求密集、協同合作要求高之土木工程業造成巨大衝擊，影響原工程作業模式與規劃進度。

物聯網系統之建構受惠於現今遙測科技進步以及政府三維空間圖資、開放資料庫之建立，並能結合虛擬實境、擴增實境以及高效網路資訊傳輸，故部分工程外業已得以遠距作業之方式進行。而室內作業則能輔以廣域地球觀測及遙測影像資料分析，降低工程規劃選址現地調查踏勘時間，以及與人群接觸受疫情病毒感染之風險。

鑑此，本文將以新冠疫情衝擊下，論述如何善加運用遙測圖資、地理資訊系統、新興測繪技術與 AI（人工智慧）等科技，以維持工程顧問業既有業務執行量能，並期望引領土木工程邁向下一個新的里程碑。

關鍵詞：遙測、新冠病毒、土木工程、虛擬實境、擴增實境、物聯網

Civil engineering projects, despite different nature in road, bridge, residential, plant, building or other major construction, require professionals both work on and off site to collaborate through stages of planning, design, construction and contractual management. No single person to work his own way will be able to complete the project and that during the integrating process, team communication plays an important role.

However, the COVID-19 epidemic broke out in Wuhan, China, end of 2019, interrupted existing arrangement in almost every project for communication and coordination of engineering teams. Consequently, the progress of works is impeded and development of construction industry stagnated.

Fortunately, with the remote sensing technology advanced, and the 3D mapping and open data bases established, combined with virtual reality, augmented reality, and efficient information transmission via networks; it is possible to proceed indoor operation through the use of the Internet of Things system so that the risk of infections can be decimated while doing planning and site investigation.

With the view that good use of remote sensing data, GIS analysis, and emerging surveying and mapping technology; will provide solutions for civil engineers to counter the interrupting impact brought by the COVID-19 epidemic; the engineering firms will be confident continuing to offer technical service while construction industry is graciously blessed for next stage of the development.

Key Words: remote sensing, COVID-19, civil engineering, virtual reality, augmented reality, Internet of Things.

前言

2019 年末源自中國湖北省武漢市出現的新型冠狀病毒案例，迅速蔓延至 196 個國家，目前已造成全球超過 340 萬人確診及 24 萬人死亡（截至 2020/5/3 止），人類在公衛健康領域遭遇到前所未有的打擊，在斷絕產業供應鏈下的全球化經濟亦因而蒙受巨大損失。

土木工程產業受於本身行業類別與特性（防災、測量、建築、橋梁、隧道、道路與水利等），其作業方法複雜及工作環境險峻（山區、水域）等因素影響，造成從業人員之職災風險甚高。瀏覽全世界各國土木工程產業職業災害風險盛行率後，根據 Abdelhamid and Everett^[1] 研究，美國土木工程營造業僅佔約 5% 勞動人口，而每年卻有將近 20% 的職業意外死亡事故肇生於土木領域。根據美國勞工統計局的統計資料^[2]，在 2012 年所記錄的 4,383 件死亡傷害中，就有 817 件發生在營造業中（包括公部門、私部門及自雇員工），居所有產業之冠。反觀台灣土木工程業亦有相仿之產業風險特性，依民國 107 年度勞動部發布的勞動檢查年報^[3]，營造業造成之重大職災死亡人數占了全部行業別的 13%（圖 1），為僅次於製造業之高職災產業。

另探究本次新冠肺炎散播期間，各類型職業所面臨之接觸感染風險可如圖 2（綠色氣泡一較高風險之醫療護理職業；藍色氣泡一較低風險之非醫療護理職業）所示，圖 2 係以工作需接觸人數、密切接觸程度及暴露於危險程度等三項指標進行評比，其中土木工程屬於非醫療護理職業類型之藍色氣泡，而土木內業職員（office clerks）與現場施工人員（construction laborers），其職業風險評分則分別為 33 分（紅色大圓框）與 24（紅色小圓框），相對於疫情期間高風險之醫

療、護理職系而言，其初步可歸類為中低之暴露風險職業。

然如前所述，當面「溝通」與「協調」一直都是土木工程行業落實工作進度最直接且有效之作法，而因新冠疫情之影響，不論於室內規劃設計或室外施工作業，在配合政府相關防疫政策施行之異地分流與居家辦公情況下，前述之「溝通」與「協調」效率將因人與人間之社交距離限制而降低。故如何簡化現場施工及作業程序，並藉由新科技，改善作業流程，降低人員密技接觸需要，維持工程如期如質完工目標，為本文擬探討之關鍵議題。

目前遙測科技之進步以及政府空間圖資開放資料庫之建立，配合人工智慧物聯網、高效網路之資訊傳輸，使得部分室外工作得以遠距施工之方式進行，降低工作人員受疫情感染之風險；而室內作業原即能以此廣域遙測所得影像資料，縮短工程施工前規劃選址作業期程。

另受益於地球觀測技術之精進，更多元的開放圖資已無遠弗屆地提供全球使用者下載應用，以歐洲太空總署發起之全球環境與安全監測（GMES，Global Monitoring for Environment and Security）哥白尼（Copernicus）計畫為例，自 2014 年起，其陸續發射哨兵（Sentinel）一至六號各類觀測衛星，涵蓋陸地海洋全天候及晝夜雷達影像、光學及多光譜影像、海洋溫度、氣候變遷、大氣成分等，長期貢獻能源、環境永續發展、農業、生態、健康、緊急災害及氣候監測等領域長時穩定觀測資料。故在本次新冠疫情爆發期間，運用哨兵衛星評估各國封城，大規模人類活動趨緩後，地貌變遷與大氣條件（二氧化氮）改善關聯性、地球現況之變異等，應用亦十分便捷。以下針對空間圖資及遙測科技發展進行探討，提供土木營造與工程顧問業面對新冠疫情下的因應策略研擬。

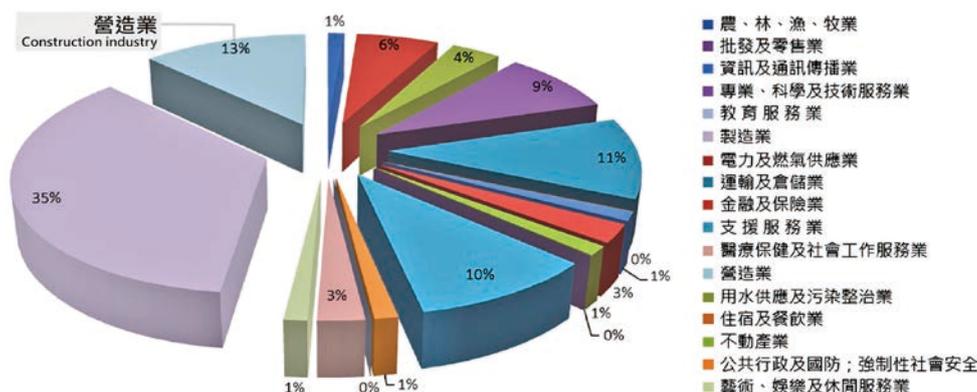


圖 1 民國 107 年臺灣重大職業災害死亡人數比例圓餅圖
 (資料改自勞動部勞動檢查年報資料庫：<https://www.osha.gov.tw/>)

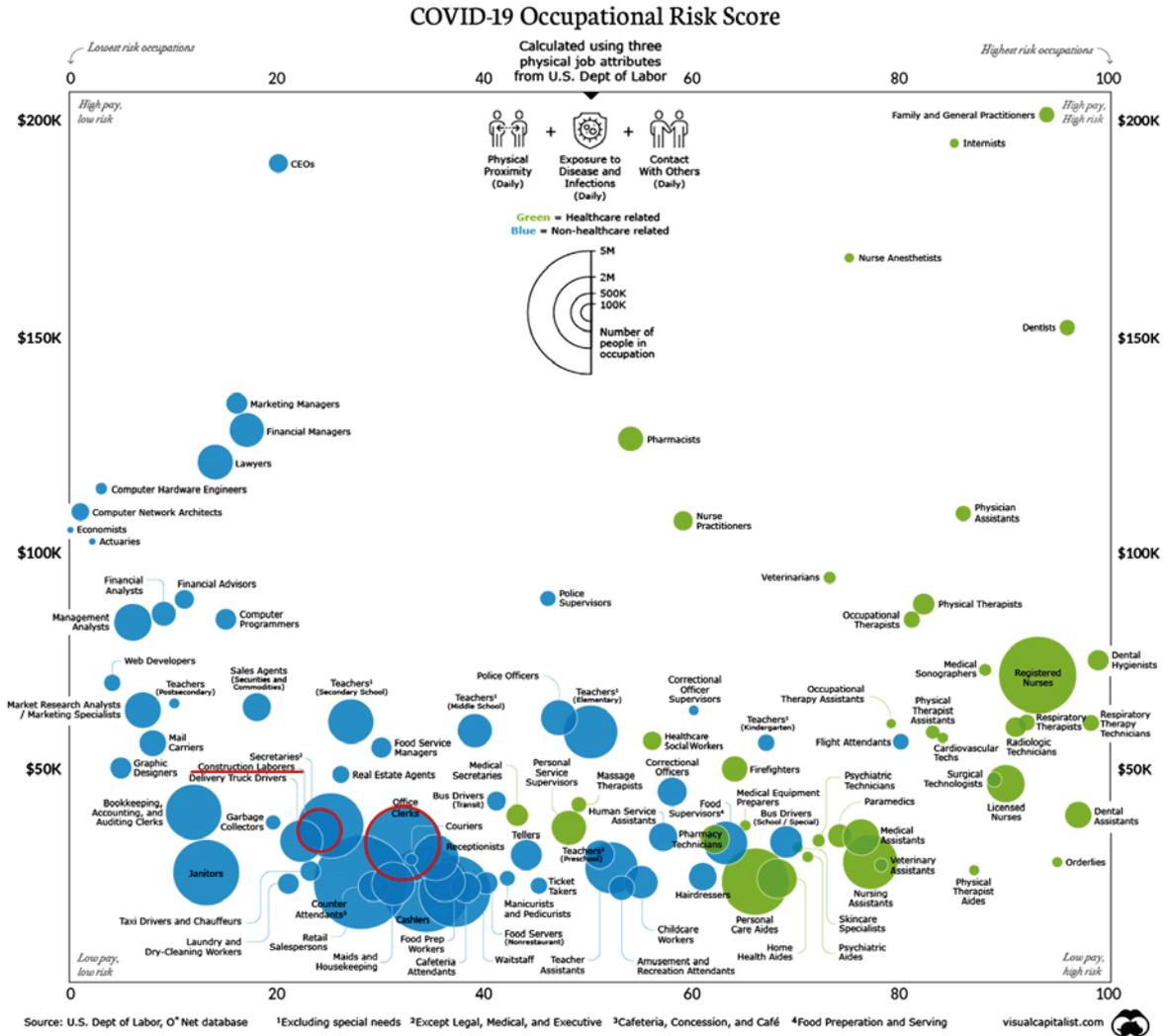


圖 2 新冠肺炎疫情下產業員工染疫風險氣泡圖
(修改自美國勞動部資料；https://www.visualcapitalist.com/)

土木工程利用遙測技術於新冠疫情扮演之角色

遙感探測簡稱遙測，一般定義為利用測量儀器偵測目標物後，以「非接觸」之方式取得某對象、區域或某現象之觀測資料，以獲得被觀測目標之訊息。故此次疫情爆發之際，即可利用遙測技術，非接觸式之資料獲取特點，以遠距獲取廣域地形資料，加值於後端應用分析，減少工作者與人群接觸感染機會。

遙測技術於土木工程上之應用已成為廣域調查分析評估之利器，如地形圖製作、地勢分析、基本資料調查與分析、環境影響評估、土地利用調查與監測、天然災害調查與防治、交通路網、都市、水資源調查與規劃、路廊調查與定線、橋隧調查、工址調查、環境與能源開發、施工與維護期監測及軍事工程等。

而各類地形資源與電腦之結合更開啟遙測技術於土木工程應用的新篇章，如地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 以及三維立體模型建置技術之發展，藉由與其他科學及技術之整合，如地理、測量、統計、資料庫及網路資通技術等，逐步發展出虛擬實境、擴增實境，並得結合各種 GIS 軟體系統。

遙測技術於土木工程產業上之擴展，除在設計、施工至維護管等各層面有效提昇工作效率外，在新冠疫情爆發之際，應能取代群聚溝通協調，可降低工作人員染疫之風險。故此，探討遙測技術發展於三維立體模型、虛擬實境、擴增實境、地球觀測大數據、無人機派遣及人工智慧識別於災害緊急勘查等「新世代遙測技術」於土木工程之發展實有其必要性，茲整理國內外「新世代遙測技術」應用概況如下。

三維立體城市發展

近年鑑於運動回復結構 (Structure-from-Motion, SfM) 及影像密集匹配 (Dense Matching) 攝影測量技術成熟化，利用航拍影像資料輔以建模軟體建構三維模型趨勢正蓬勃發展，土木工程圖像化也由原本二維圖面轉化為 3D (three dimension) 立體模型。其中又以數位城市模型建置於土木工程業發展最為快速，國際上與此領域相關的國際組織，例如 FIG (Federation Internationale des Geometres) 及 OGC (Open Geospatial Consortium) 等，也積極的推動發展與應用^[4]。根據

OGC 網站上的統計，目前已有 9 個國家 25 個城市已建置三維城市模型資料庫 (如表 1)。

國內方面，內政部自 95 年起開始推動國內三維城市模型發展，委託國立中央大學太空及遙測研究中心，規劃研擬與建置數位城市之模型機制與規範、關鍵技術研發與實務應用，逐步完成三維數位城市相關技術之規劃與研發，奠定臺灣地區建置三維數位城市模型及系統之基礎，為此國家發展委員會也通過將國家底圖升級為 3D 模式，陸續建置全臺三維建築及道路模型^[5] (圖 3)。

表 1 全世界已建置三維圖資城市列表

國家	具城市地理描述語言 (CityGML) 編碼標準	不具城市地理描述語言 (CityGML) 編碼標準
Austria	Linz、Vienna	Adelaide、Greater Geelong
Belgium	Brussels	-
Canada	Montréal	Fredericton、Toronto、Vancouver
Finland	Helsinki	-
France	Lyon	-
Germany	Berlin、Dresden、Hamburg、North Rhine-Westphalia (state)、Thuringia (state)	-
Netherlands	Dutch cities、Rotterdam、The Hague	-
United States	New York City (by TUM)、New York City by DoITT	Austin、Boston、Philadelphia、San Francisco
United Kingdom	-	Cambridge

※ 城市地理描述語言 (City Geography Markup Language, CityGML)



(a) 臺灣高鐵桃園站與停車場



(b) 大園區青埔路一段



(c) 大園區領航北路三段

圖 3 三維建築及道路模型 (引用自 [5])

虛擬實境與擴增實境之發展

多元尺度之遙測科技建置之 3D 模型資料品質及準確性漸趨精細，配合現今資訊科技 (Information Technology, IT) 可將實體轉化為隨使用者視角改變之「虛擬實境」(virtual reality, VR)。利用電腦模擬生成具立體及高擬真之 3D 空間，提供使用者如同身歷其境般之主觀感受。且能於任何時刻、絕對位置針對於 VR 建置之立體模型、影像、視覺影像等進行環境觀測。而該技術最具象徵性之代表，不外乎大眾廣為使用之 Google Maps 與 Google Earth 平台 (圖 4)；此外，由日商開發之 SYMMETRY VR 系統，強調可導入建築、工程以及施工模型 (圖 5(a))，於系統中可模擬日光、開發進度進行 1:1 實體比例展示，並能於工程建案中進行實體設計或進度監督控管 (圖 5(b))。

在國內發展現況上，業界已依循國家發展委員會規劃，落實智慧國土之國家地理資訊系統發展政策。在土木工程行業中，將工程圖資與相關資訊轉化成 VR 視覺化，讓施工、分析人員於室內遠距進行工址調查已不再遙不可及；圖 6 即為交通部公路總局數位公路服務平台之內容，該 VR 平台除提供目標位置之環景影像 (圖 6(a)) 外，並可輸入地號、公里里程等屬性資料以查詢瀏覽街景影像 (圖 6(b))，且根據街景三維立體模型可進行道路與物件尺寸量測 (圖 6(c))。

地上建物可由前述之三維模型技術建構出完整之資料庫，然而埋於地下之管路通道等，亦隨著城市建設規模之擴展，形成隱蔽而複雜之地下空間網絡系統，對傳統土木工程管路管理作業而言，是巨大挑戰。常見之城市地下管線主要由供水、排水、燃氣、熱力、



圖 4 Google Earth VR 示意圖
(引用自 Google Earth VR)



圖 5 SYMMETRY VR 系統於工程應用示意圖
(引用自 Symmetry Dimensions Inc.)

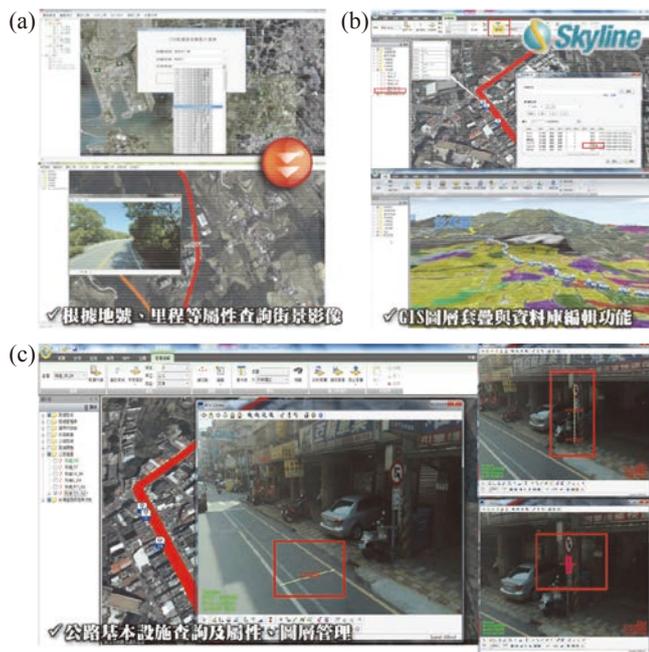


圖 6 交通部公路總局數位公路平台
(自強工程顧問公司提供)

電力、通訊、電視以及工業管線所組成，其提供了民生經濟活動之運作能源，稱為「城市血管 (urban blood vessels)」^[6]，如何合理規劃及有效管理地下管線，已成為維持城市正常運行不可或缺的一環。為解決此一問題，另一種 VR 技術之進階延伸 - 擴增實境 (Augmented Reality, 簡稱 AR) 遂因應而生。此技術乃利用視覺感測器計算虛擬 3D 物件於輸出圖像位置及角度，將虛擬資訊透過顯示器 (如：電腦螢幕、手機以及平板等) 讓使用者在真實世界與虛擬內容互動。如美國設立之 vGIS 公司，曾推出結合 ESRI 地理資訊系統平台以及 Microsoft 之 AR 技術，其整合 AR 技術配合既有管線圖資所建構之 3D GIS 資料庫，可準確、直觀、及時地顯示地下管線空間分布 (圖 7)，減少工程單位盲挖濫掘，造成之管路損壞或工安意外。

地球觀測大數據於新冠疫情之環境變異監測

全球性之遙測資料開放政策已成為大數據發展趨勢，特別是在新興衛星感測器逐年發射升空後，因為競爭，前一代衛星所獲取之影像資料庫，終將開放下載。當從網路平台可以下載全球任何地方的遙測圖資，千里之外的環境災害評估與空間變異分析都可呈現於眼前。在新冠疫情前景未明情況下，善用各類地球觀測數據配合特定演算法及 GIS 空間分析，對於大

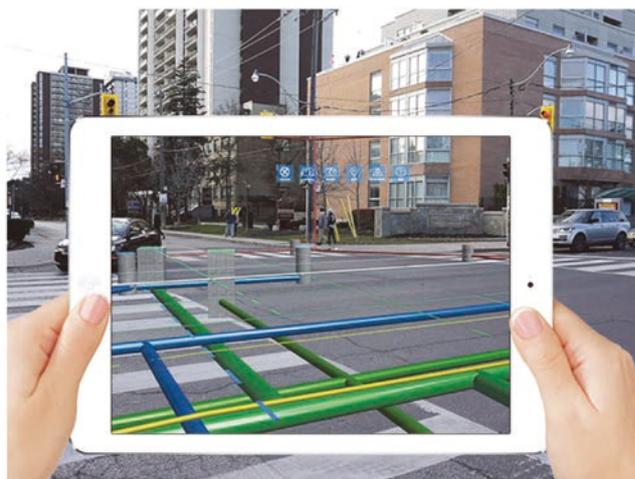


圖 7 地下管線 AR 擴增實境互動平台示意圖
(引用自 vGIS 網頁 <http://www.vgis.io/>)

尺度之廣域環境變異評估或緊急災害快速調查，可不受人群社交距離限制，降低人員暴露於災害之風險。

另從災害中學習，運用環境變異監測技術，可蒐集國外重要災害案例，在本地進行災因分析，累積知識，推升地球觀測數據之加值應用層面。以雷達 (SAR) 影像為例，可知其優勢為可全天候，不分晝夜成像，影像寬幅，常達數十至數百公里，對於廣域天然災害如颱風或地震，差分干涉分析後之干涉條紋通常反映出潛在地表變異，經由全相位回復後的地表形變，可供作為天災事件後的地貌變異熱區^[7,8]。

為基礎工程設施監測及兼顧防災需求，近年來中興社陸續投入合成孔徑雷達干涉 (Interferometric Synthetic Aperture Radar; 簡稱 InSAR) 技術探究各項可能之實務發展，並將 InSAR 各評估法彙整如表 2。表中 D-InSAR (differential InSAR)、PS-InSAR (persistent scatterer InSAR) 及 ATS-InSAR (adaptive time series InSAR) 為採用干涉差分技術衍伸之分析法，而雷達強度變異偵測及次像素偏移追蹤法則為利用回波訊號強度分析不同時期影像變異。值得一提的是，相較於第一代 PS-InSAR 分析法僅採用永久散射點 (PS)，中興社於 2019 年引進 ATS-InSAR 分析法，除進一步融合暫態分布散射體 (distributed scatterer, DS) 與永久散射體訊息，配合雷達衛星視域分析與濾波處理，可增加測得的地表變位點數目，有利於監測分析與評估。

中興社採用 ALOS-1 雷達影像對山區輸配電鐵塔周緣邊坡進行長時序 PS-InSAR 地表形變監測，如圖

表 2 常用 InSAR 分析方法與優劣比較

方法	D-InSAR	PS-InSAR	ATS-InSAR	雷達強度變遷偵測	次像素偏移追蹤法
分析影像幅數	2	20-25	>12	2	2
適用對象	事件型地表位移 (如山崩或地震)	具潛移特性之邊坡、集水區土砂位移	具潛移特性之邊坡、集水區土砂運移、基礎設施監測	廣域地表變異或土地利用改變偵測	具潛移特性邊坡 (地表裸露者為佳)
優點	干涉相位圖輔以瞭解邊坡破壞機制	可研析長時序地表潛移趨勢，適於人工建物與基礎設施監測	結合分布散射體 (DS) 與永久散射體 (PS)，研析長時序大地地表潛移趨勢特性與基礎設施監測	可快速判釋土砂災害熱區	可獲致地表水平位移向量值與滑動方向
缺點	時空相關性、大氣及軌道影響形變監測精度	植被茂密區之永久散射體數量較少	採用濾波對解析度及精度略有折減，全/短基線影像連結使處理時間增加	配合建物或墾植圖層，去除人為影響之地表變異	較不適於地表植被覆蓋較茂密之邊坡評估

8。由分析結果得知新店山區 #114 鐵塔於 2008 年 9 月 14 日辛樂克颱風侵襲臺灣後 (累積降雨 1,039 mm)，鐵塔周緣地形已有顯著潛移趨勢 (下陷 75 mm)，平均潛移速率為 32 mm/yr (圖 8，綠線)。2012 年 9 月 15 日凌晨，三巴颱風外圍環流與東北季風所挾帶之強降雨，於本鐵塔位處邊坡誘發平面型山崩，除造成坡趾兩戶房舍沖毀外，最終亦引發 #114 電塔塔基破壞傾倒。雖 PS-InSAR 分析之地表變異點之數量略少 (因邊坡植被茂密)，但山區之輸配電鐵塔多位處稜線，或沿著山脊線及坡面平緩處構築，鄰近若有建物或其他人工結構物，在視域無遮蔽處可獲得永久散射體位移資

訊，配合斜坡單元 (slope unit) 計算位於同一地文條件單元之位移資訊，以供評估輸電鐵塔周緣邊坡是否曾於觀測週期內發生潛移跡象。

中興社也利用新一代 ATS-InSAR 技術配合雷達視域、NDVI 與地文坡向綜合分析，篩除分析後可信度較差之形變點，保留萃取信賴度高之資訊，評估多時序土砂災害對省道公路之潛在影響。如圖 9 以台 20 線為例，吾人可發現於 2018/7/11 ~ 2019/7/12 期間，荖濃溪及其支流布唐布納斯溪受上游山崩事件所挾帶之土砂，經河道輸砂行為對台 20 線道路下邊坡造成衝擊。特別是布唐布納斯溪集水區堪稱莫拉克風災後之台灣

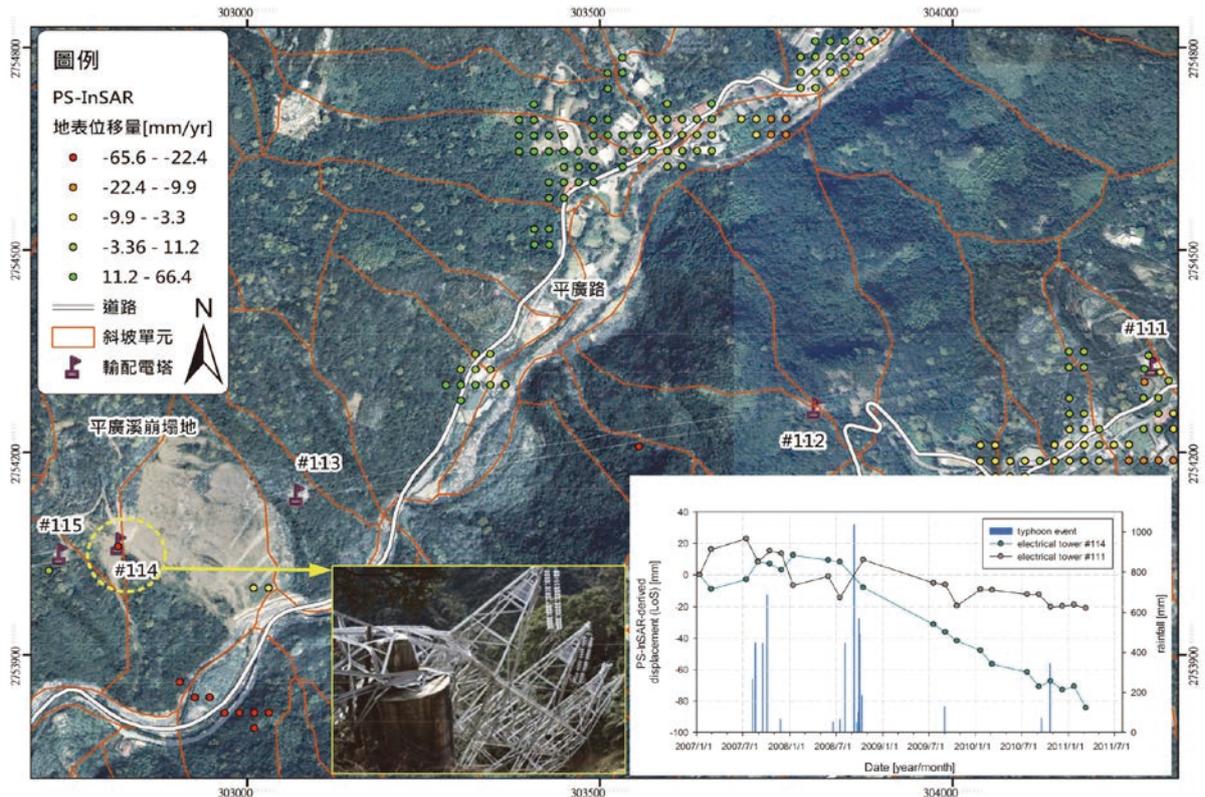


圖 8 多時序 InSAR 監測山區電塔地表形變 (2007/1/1 ~ 2011/7/1)

南部最大之裸露山崩區，山崩崩積材料殘存於溪床。每每於颱風豪雨侵襲下，形成主（荖濃溪）支流匯流口土石流災害，其流向幾與省道線形正交，對道路沿線橋梁基礎形成潛在冲刷與淤積隱憂，利用廣域地表形變時序曲線，可輔助瞭解特定天災事件前後地形起伏之變異。在布唐布納斯溪中上游集水區，近年來仍持續發生老崩場地復發現象（圖9；白虛線），相對業界多僅展示繁複 PS 點的空間分布，中興社團隊導入進階的地表形變點之活動變形區（active deformation area, ADA）分析，可以將 PS 及 DS 群聚點具有相近統計特性的單一點群集化，進而評估此區地表形變之時間序列趨勢（如線性、雙線性或拋物線），精確量化近期誘發災害前兆、破壞形態及其時空區位分布之關聯性。

同理，重要基礎工程設施的維運階段監測，常需要搭配人員定期巡查與定點監測，以掌握其潛在病灶防範未然。以南方澳大橋而言（圖10；災前分析），受限於監測設施通常僅限於特定点無法擴及到面，且著重於橋梁本身之異常受力變異行為，對於周緣環境地形變異多未涵蓋。若輔以多時序 InSAR 升、降軌影像分析，除了原有單點的 PS 與 DS 形變圖外（圖10(a)），藉由耦合兩軌道解析之形變資料，可獲得水平（即東-西向；圖10(b)）與垂直位移分量（圖10(c)），同時考量周緣環境變遷（如南方澳大橋西側人工堤岸沉陷）影響，納入長期維運與防災規劃策略，上述相關功能皆可於中興社 Sinotech InSAR 資訊展示平台呈現，提供橋梁管理單位視覺化的多元維度資訊。

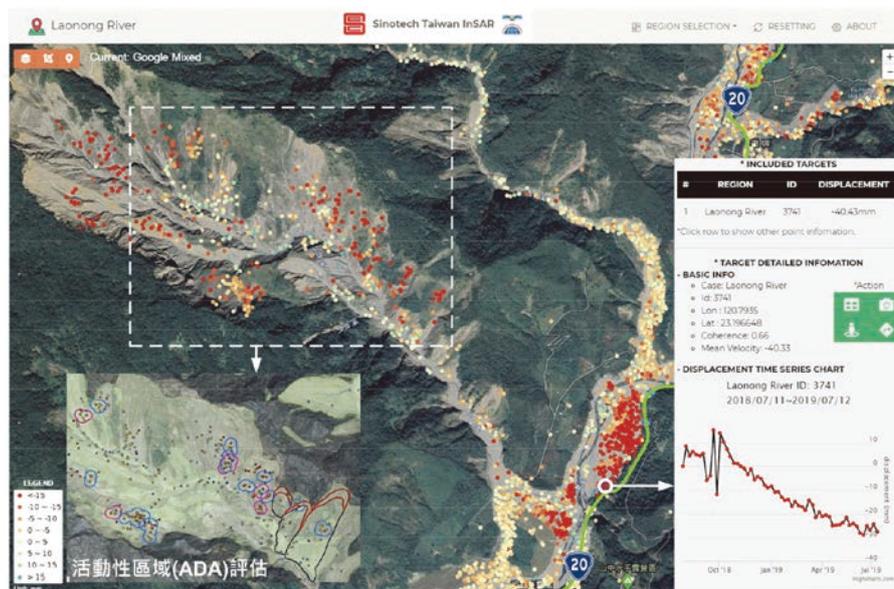


圖9 多時序 ATS-InSAR 監測河道土砂災害（資訊平台：中興社；2018/7/11 ~ 2019/7/12）

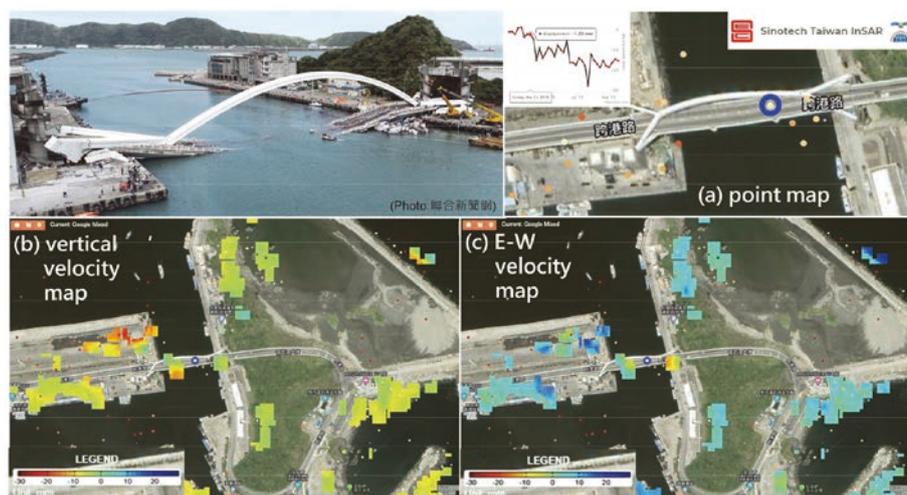


圖10 長時序 InSAR 於橋梁監測（資訊平台：中興社；2019/2/4 ~ 2019/9/26）

無人機派遣與 AI 識別於災害緊急勘查

除了 InSAR 廣域大範圍遙測評估技術外，在土砂災害好發之山區公路廊帶，無人機通常扮演著災後快速掃瞄災害熱區的遙測利器。但對於新冠疫情下可能發生之封城情境、災後道路阻斷或孤島效應等種種不利因素，原派遣人員前往致災場域進行無人機空拍之工作型態勢必需要適度調整，以確保災害防救的目標得以達到。日前中興社已與中光電智能機器人股份有限公司（以下簡稱中光電）攜手開發智能無人機邊坡巡檢系統（如圖 11），其功能包含定期巡檢（平時維運）與特別巡檢（如緊急天災），藉由多部無人機充電巢（內建通訊網路）的線形部署，單航程可巡航距離達 8 公里，防災人員可由室內遠端工作站電腦實踐簡易氣象觀測、航線規劃、無人機派遣及返航後自主資料回傳等工作。業管人員在航拍過程中也能即時透過手機連結資訊平台瞭解公路廊帶邊坡現況，可大量節省人力，並免除人員於

現場工作之風險。此外，為順應當前 AI 技術之發展趨勢，中興社也利用多年來投注全台土砂災害調查之無人機航拍影像，與中光電合作「UAV 自動巡檢與 AI 影像辨識系統整合研發」，如圖 12 所示。藉由大量不同拍攝角度、場景與天候之山崩影像資料庫，進行影像遴選蒐集、標註與分割，再導入機器學習訓練測試模組與優化過程，最終提出雲端版無人機 AI 影像平台服務，研發初期鎖定之偵測目標為新增或擴大山崩（以岩屑崩滑為主），未來將依需求逐步提升服務模式功能，可採遠端遙控無人機全自動完成航拍及 AI 判釋加值功能，以線上提供歷程圖資管理與數據分析報表，取代傳統現場航拍及後續內業建模分析等複雜流程（圖 13）。

目前雲端 AI 模式平台之判釋成功率約可達 80%（單幅影像判釋速度 < 605 ms），後續將針對工程與防災面向優化服務內容，希冀可擴及安防、測繪、重要基礎設施等領域，提升工程業務執行時效性，降低人員暴露危險性。

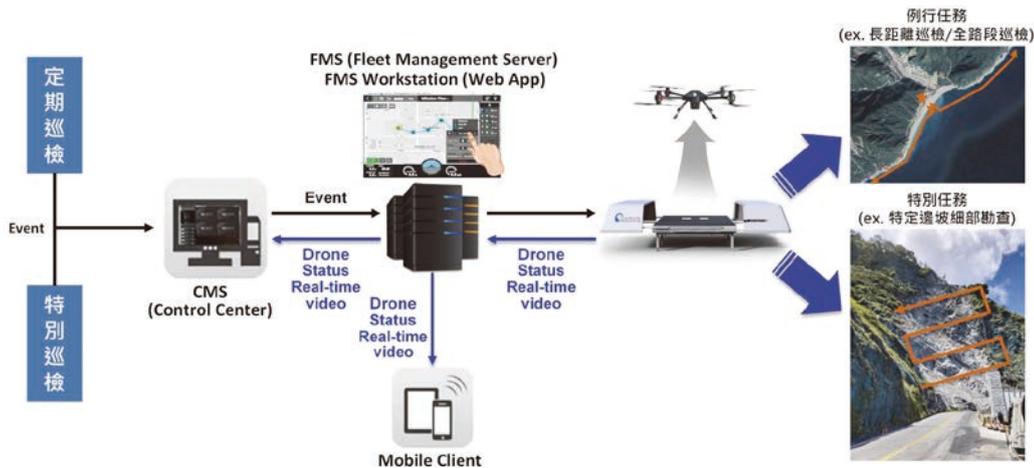


圖 11 智能無人機邊坡巡檢系統圖（中興社與中光電合作開發）

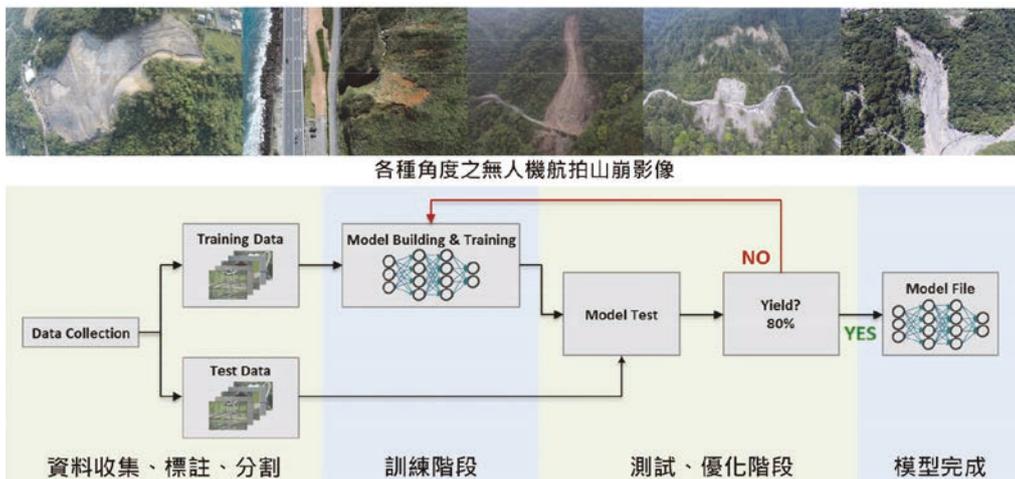


圖 12 AI 人工智慧於邊坡災害熱區分析流程圖（中興社與中光電合作開發）

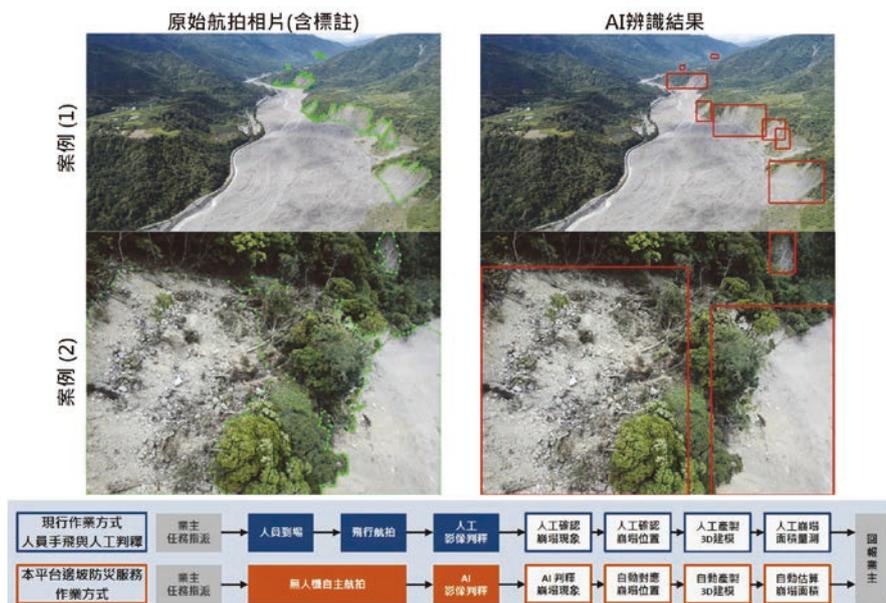


圖 13 智能無人機於邊坡土砂災害判釋成果及流程（中興社與中光電合作開發）

新世代遙測技術應用概況

在國際合作部分，為落實三維建築相關技術於天災保險業評估，中興社與新加坡南洋理工大學之巨災風險管理研究院（ICRM）合作，運用衛星影像判釋技術建立廣域都會區曝險量之效率化產製方式，除建置三維建築模型之外，於屬性資料中新增最重要之經濟曝險資料。有別於過去天災保險業所採用之行政區範圍資料。經濟曝險資料庫（Economic Exposure Data, EED）包含都會區範圍個別建物屬性基礎資料庫，細緻度遠高於以往採用之曝險資料庫，且可作為大數據分析基礎。中興社已於 2019 年成功研發出運用高解析度衛星影像產製廣域都會區建築物高度、面積等基本屬性之三維模型技術，並於雅加達、曼谷以及馬尼拉等東協國家重要都會區（圖 14）建立系統化 EED 資料庫（圖 15）與完備建置程序。該成果已獲得南洋理工大學及東南亞天災保險業界之認可，並將逐步落實應用於天災保險市場測試，以改善現行天災風險評估模式。

在國內 3D GIS 應用上，中興社近來也發展了擴增實境 AR 技術運用於行動裝置上，透過裝置上之 4G 或 WiFi 網路、GPS、三軸加速器與陀螺儀等硬體整合，使管線資料可透過傳輸與定位行動裝置的位置與姿態，配合數化建置管線基礎資料，供即時查詢管線之埋深、管線間相對距離、人手孔與設施屬性等資料，簡化且便利使用者外業巡查與鋪面開挖工程應用（圖 16）。

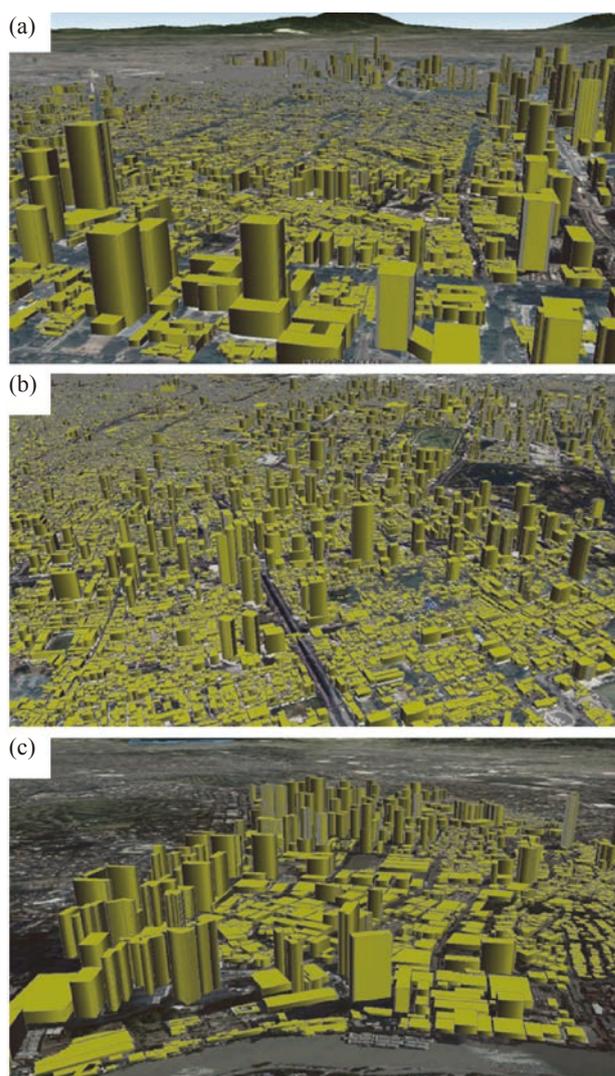


圖 14 廣域城市三維立體建物形貌
(a) 雅加達；(b) 曼谷；(c) 馬尼拉

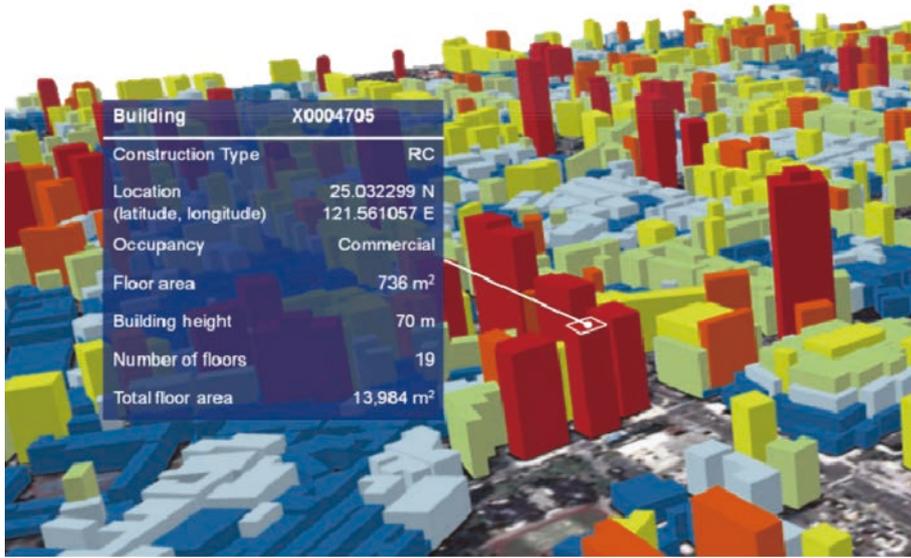


圖 15 都會區建物 EED 屬性資料示意圖

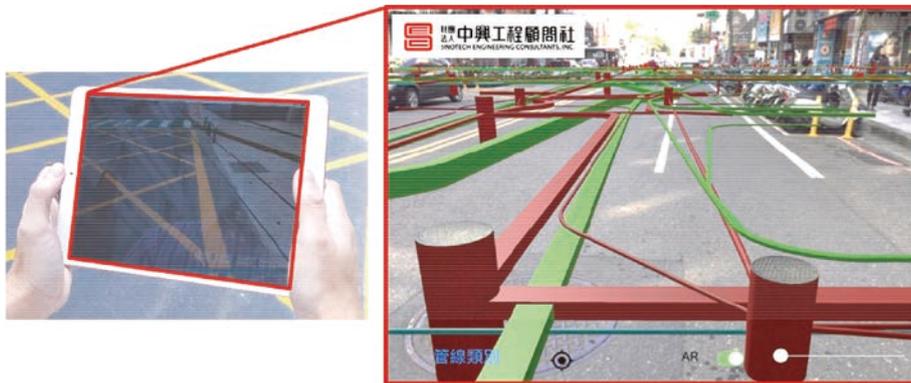


圖 16 擴增實境功能之三維管線與設施畫面

他山之石可借鏡－ 日本 i-Construction 工程無人化

世界各國土木工程產業中，日本因工程技術程度與臺灣地理環境相近，技術發展上與我國有相似之處。其高齡化勞動力及土木營建業之高傷亡事故率等問題，近年也成為日本土木行業之潛在隱憂。目前因新冠疫情之影響，缺工問題可能已提前反應於我國之土木營造業，故本文以日本作為借鏡，瞭解處於老齡化，及危險度高之新冠疫情下之缺工問題。

日本產業近 20 年來勞動力持續下降，分工細緻化，除造成土木工程介面整合風險增加，亦使產業組織複雜化、企業競爭力降低，資深、熟練員工（職人）待遇下降；而此等現象更進一步造成年輕人加入行業之意願低沉，勞動力更形老化，如下圖所示（圖 17）：日本當前土木工程技術勞動者雖有 340 萬人，今後 10 年內預估將有

110 萬人因高齡化而離開職場，未來將衍生大量缺工問題。

透過勞動問題的表述，日本各部會經過長期討論與試行後，於 2015 年由國土交通省應用資通訊技術（ICT, Information and Communication Technology）發展提昇生產力技術之革新能力，稱之為 i-construction，並於 2016 年揭示「營建現場的生產力革命」為目標，國土交通省主導 i-construction 各項整備專案迄今，並遵循三個重要方向：(1) 將土木工程仿效製造業具有先進工廠化之工作架構；(2) 引進先進之「供應鏈管理」於土木工程現場；(3) 以先進技術改善土木工程方法。

i-construction 主要目的為改善施工現場現況，該“i”之字義即為智慧化（intelligent）；期能整合遙測測繪與 ICT（information and communication technology）技術，實現施工生產過程與現場安裝之無縫銜接，以新科技解決勞動人口不足之現況，並提升土木工程「測量」、「施工」及「檢查」之效率（圖 18）。

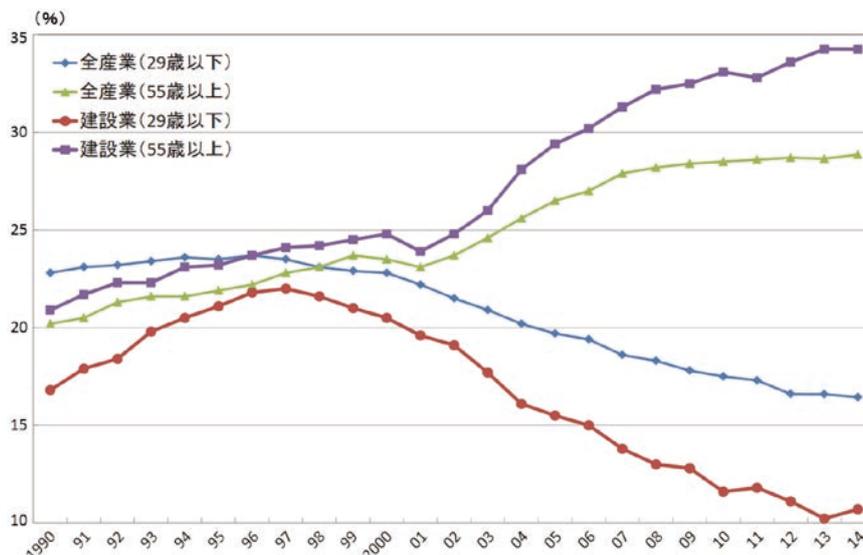


圖 17 日本厚生勞動省西元 1990 至 2014 年老年與青年勞動人力統計圖 (引用自 [9])

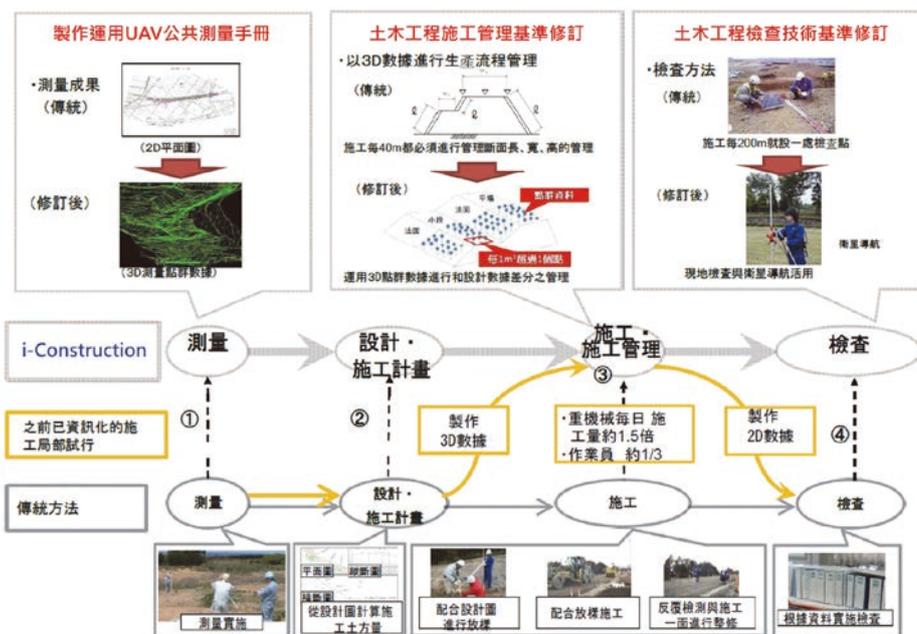


圖 18 i-Construction 引進之土木工程工作流程與新舊方法比較圖 (改繪自 [10])

i-Construction 之測量部分，其仰賴 ICT 技術導入之標準化測量實施技術手冊，將攝影測量技術配合無人載具 (unmanned aerial vehicle, UAV) 航空攝影方式引進公共場域之測量作業，兼顧傳統飛機航拍取像範圍廣、高效率之優點，但相對於傳統飛機航拍較為經濟，可將建物、施工區域製作成立體地圖以及 3D 點雲資料，並根據 UAV 攝影測量取得之 3D 點雲數據所構成之面狀竣工立體資料進行工程加值評估，取代傳統現場受視域範圍限制、人工效率低落狀況，進而改善傳統管理工作流程僅能針對代表性管理斷面進行長、寬、高測定等 2D 圖面資訊，無法呈現立面細節之缺點 (圖 19)。

施工部分則視需求引進 ICT 技術並配合物聯網 (internet of things, IoT)，聯結遙測地理資訊地形資料庫，建立各工程機具之合理排程 (圖 20(a))。日本土木建設業者小松製作所 (Komatsu)、日立建機 (Hitachi Construction)、Aktio 等廠，因應日本國土交通省 i-Construction 相關服務，已陸續開發出帶動土木設備產業 IoT 化之系統。如小松製作所目前已發展出混合實境 (mixed reality, MR) 技術及 5G 無線網路技術，可遠距遙控操作挖土機及推土機等設備 (圖 20(b))。小松製作所更率先與專精擴增實境 (AR) 技術的 Katak 公司合作，從 2018 年 8 月起推出名為「Kom Eye AR」

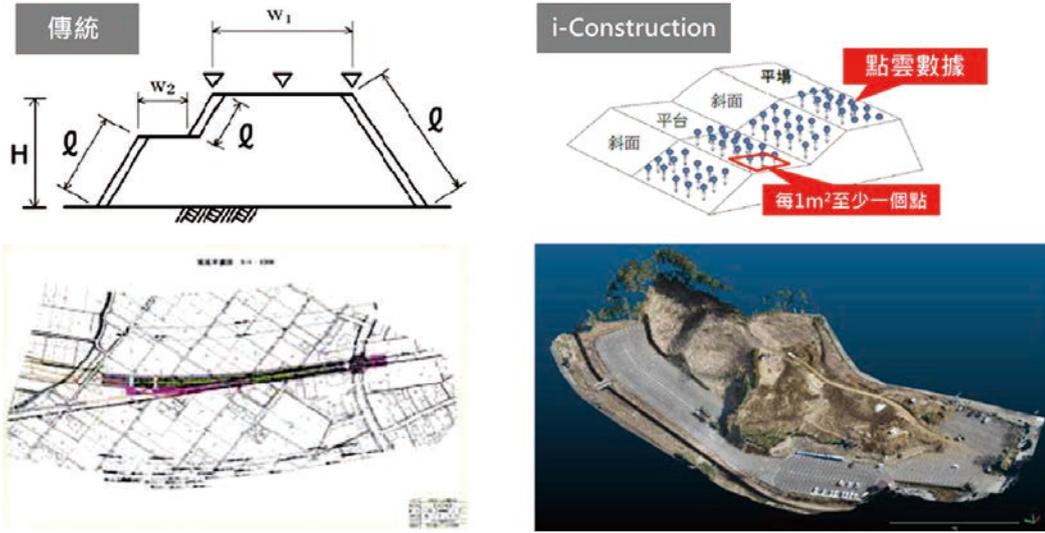


圖 19 i-Construction 於測量之改善示意圖 (改繪自 [10])

Operation Status on Mm/dd/yyyy	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Hydraulic excavator A	ICT	Slope forming						Slope forming			
Hydraulic excavator B	ICT	Ditch-digging			Loading						
Hydraulic excavator C			Slope forming					Digging & Loading			
Bulldozer A	ICT	Digging & Dozing			Grading						
Wheel loader A								Loading			
Vibrating roller A	ICT							Compaction			
Crawler dump truck A			Loading & Hauling								
Dump truck A									Loading & Hauling		
Dump truck B									Loading & Hauling		
Dump truck C						Offsite hauling		Loading & Hauling			
Worker A		Materials transfer							Inspection survey		
Worker B			Grading assistance							Grading assistance	

(a) 工程機具之排程



(b) MR 技術遠端操作



(c) IMC 智慧機械控制系統

圖 20 i-Construction 於施工之改善示意圖 (引用自小松製作所 <https://www.komatsu.eu>)

的服務，該服務搭配小松連網怪手 PC200i-11 (型號) 應用服務，使用者可透過 PC200i-11 上安裝之多具攝影機與感測器由遠端遙控怪手，並將現場影像與工程圖資套繪，即時評析當下施工計畫是否正確。此外，本系統也搭載智慧機械控制系統 (Intelligent machine control, IMC)，可於遠端調整怪手挖方量，以視覺化傳達施工訊息 (圖 20(c))，徹底實踐 i-Construction 之無人多機與提升工程效率之目標。

在工程檢查部分，則受惠 ICT 技術之引進，室內資料數據統一由電腦資料庫予以儲存，使傳統工程驗收紀錄文件大幅減少，室外則僅需少數工程人員即可進行驗收。再者，遙測地理資訊系統平台搭配 AR 科技，可比對工程施工成果是否與設計圖資相符，使實地驗收不再是傳統單點式校核或是橫縱斷面比對，驗收人員可逕由 3D 模型來全盤計測查核 (圖 21)，提升公共工程品質驗收成效。

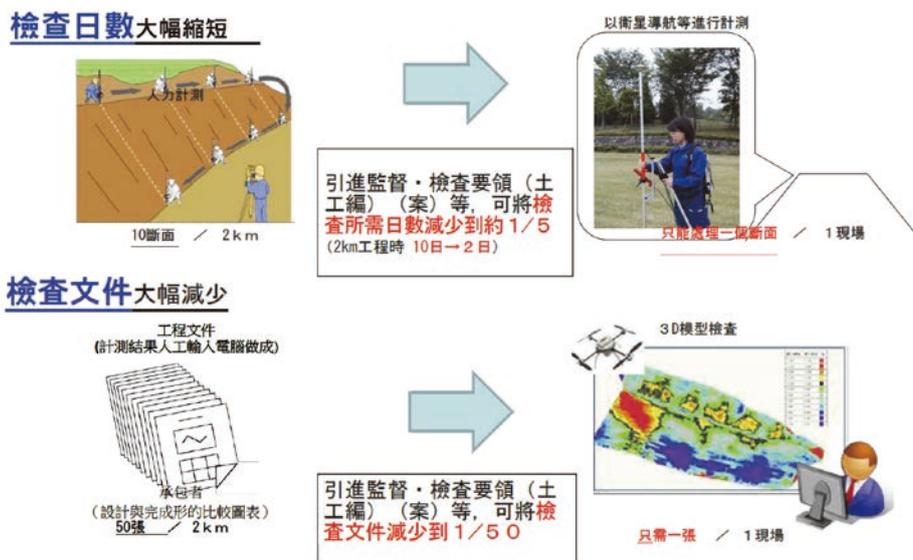


圖 21 i-Construction 於檢查之改善示意圖 (改繪自 [10])

結論

新冠疫情對於土木工程規劃、設計、施工、監造等工作之進度，於人員、機具、材料等資源之取得，有顯著之影響。對某些先期作業，或對現場情形判斷工作，遙測技術應有很大幫助。

本文介紹了地理資訊(3D-GIS)、虛擬實境(VR、AR、MR)、光學遙測影像製作經濟曝險資料庫(EED)、雷達遙測影像(PS-InSAR、ATS-InSAR)、無人機智慧巡勘(UAV)、航拍影像人工智慧判釋(AI)等實際應用案例，可適度解決土木工程於疫情期間之困境。再展望未來，i-Construction 結合資通訊技術(ICT)及物聯網(IoT)科技，朝智慧化土木營建之路行進，或可因應部分勞動力老年化、缺工、現因疫情，業界要提早面對的問題。

於此新冠疫情期間，土木工程業可趁此機會開展各項遙測自動化及數位轉型策略，並尋找新的商業模式，以減低業務緊縮衝擊；以期在新冠疫情困境中開創土木工程產業之新天地。

參考文獻

1. Abdelhamid, T.S. and Everett, J.G. (2000), "Identifying Root Causes of Construction Accidents," Journal of Construction Engineering and Management, 126(1), pp. 52-60.
2. U.S. Bureau of Labor Statistics (2017), 2016 Census of Fatal Occupational Injuries, Washington, D.C.
3. 行政院勞動部職業安全衛生署 (2019), 「107 年勞動檢查年報」。
4. 內政部國土測繪中心 (2018), 「三維實景三角網模型製作規範之研究 - 以虛擬中興新村為例」, 內政部國土測繪中心自行研究報告, 第 15-18 頁。
5. 蔡富安、張智安、黃智遠 (2018), 107 年度三維地形圖資技術發展工作案, 內政部地政司。
6. Shi, L., Liu, Z., Fu, J., and Yan, S. (2017), "Research on the utility tunnel location technology based on ZigBee communication network," C e Ca, 42, pp. 167-171.
7. 李璟芳、林士淵、蔡亞倫、黃韋凱 (2018), 「星載合成孔徑雷達影像於公路邊坡及電塔安全評估之應用」, 中興工程, 第 140 期, 第 21-31 頁。
8. Lee, C.F., Huang, W.K., Lin, S.Y., Chiu, C.L., and Chi, C.C. (2019), "National-wide deep-seated landslide mapping and susceptibility update via airborne laser scanning raster data and InSAR analysis in Taiwan," Proceedings of the XVII ECSMGE-2019, Reykjavik, Iceland.
9. 一般社団法人日本建設業連合会 (2015), 「再生と進化に向けて - 建設業の長期ビジョン」, 一般社団法人日本建設業連合会研究報告。
10. 國土交通省 (2015), 「i-Construction 新たに導入する 15 の基準及び積算基準について (報道発表資料)」, ICT 導入協議会第 2 回報道発表資料。



公共工程招商不順 —— 探討近年 國內營造生態 及近期新冠病毒影響

鄭燦鋒 / 遠揚營造工程股份有限公司 董事長

近期諸多重大公共工程，經招標多年卻無廠商投標，或預算經多次調整，結果只有一家參與，致主辦單位招商不順，工程執行效率不佳，困擾多時。經多方探討，除預算編列不足，未能貼近市場行情外，又因政府對工程管理，要求日益繁複，且社會干擾因素日增，更因社會少子化及教育改革，造成施工人力不足。謹以營建老兵分述各節，提具個人淺見，供工程界參酌。

又此次肺炎疫情，全球受害深重，所幸台灣防患得宜，各界大多作息正常，營造業迄今影響不大，但現今世界物料互通有無，希望在庫存物料用盡前，各國能速解除封城封關限制，否則完工期限尚難估算。

前言

「營建業」乃是國家建設最基層且務實的事業，上層係由「政府或投資者」擬定計畫及備妥財源後，先委由「工程顧問」完成設計，再由「營造公司」依設計圖說施工。早年施工者師徒相承，其熟巧者為「匠」，生魯者為「工」。後來工程日益繁重複雜，須結合百工，加上各層面的管理機制及各種機械設備組成「綜合營造公司」，但其仍屬執行層面。所謂能埋頭苦幹，不偷工減料，少說多做者，就是贏家。致營造業雖然每承接巨億資金，又係國家發展的帶動車頭，迄今除施工介紹外，卻極少在土木水利會刊上發言。

惟近年來，國內多項重大建設及艱鉅工程，規劃設計完成多年，財源亦早備妥，卻常招商不順，乏人問津；在關心「營建業」之產業生態及探討解決對策下，謹提供個人淺見。

經營綜合營造公司之要件及任務

早年社會對營造公司評價不高，常與「偷工減料」

及「酒池肉林」畫上等號。但近年來風氣改變，大型正派公司之生存，是靠財務、技術及管理，知名營造公司更自設研究單位，聚集人才，研究改良新工法。

謹將筆者帶領公司卅多年來之了解，分述於后。

1. **財務面**：欲承接大型公共工程，營造廠商需備有20%以上承攬額之資金，或銀行借貸信用額度。一般工程履約保證金是合約金之10%，另在執行期間，業主付款多有延遲，如變更手續CCO尚未完備，查驗、抽驗物料尚未完成，施工計畫及細部圖說，未完成終審，均不得計價；以上手續短則經月，長逾一年，應另備10%之週轉額度，若需新採購特殊設備，則資金需求更大。
2. **業務面**：承接工程除需對工作充分了解外，其履約能力與經驗、以往業績、並需先獲業主信任，才有資格投標。又甲方提供之合約圖說文稿，常不甚合理，需先評估自身之承受能力。經統計，台灣前四十大營造廠商，每十年有三分之一倒閉或退場，而能存活二十年者不及一半。
3. **公司管理面**：綜合性營造公司，其一般性管理規章須健全，諸如：



台中國四延伸綫工程：目前公共工程需備大量施工機具，本工程橋高達 46 公尺，同一區域有 24 組工作車，上下交錯一起施工。

- (a) 員工進用、訓練，薪資、福利及升遷考核、分配，均需有明確規定。
- (b) 會計、財務等一切收支帳戶應清楚透明，隨時接受查核。
- (c) 每承接一重大工程後，公司應立即會同工地負責人整理該工程數量、工法、編製執行預算，辦理分包工作。
- (d) 工程執行中公司應建立工程考工考核系統，並協助排解各工地執行困難及合約爭議。

4. 工地工務所執行方面：重大工程「工地負責人」，是完成任務之靈魂人物；舉凡 (a) 業主溝通、(b) 分包協調、(c) 進度及成本掌控、(d) 材料及品質掌控、(e) 工安及環境管理、(f) 業主及分包商計價以及業主及公司交付任務等，均需圓滿達成。因此不論大小工地，其工地負責人，需經長期循序培養，方能承接大任，而公司的經營成敗，是否能永續長存，是所依也。

各大型工地，其工地負責人之下，依工作種類區段再分設各作業組，及切分工區，再依專長特性分水電、結構、橋工、建築、裝修各施工組。

另公司在各地區，尚須分設「經理」督導之。

當今國內生態及社會相關困擾

營建從業人員日益減少

- a. 由於少子化及教育改革，國人學歷普遍提升，而不願擔任耗費體力及危險性高之工作，致勞動工班急速減少，甚至現場工程師也因工作環境較差，初任者離職率甚高，多願轉為室內工作，或擔任甲方監造。

- b. 因公共工程手續繁雜，文書作業更耗用數倍人力，致效率不彰，即投入後其 CP 值低，致多數廠商不敢介入公共工程。近期民間建築及建廠案件增多，同樣規模之民間工程所需管理人力，不及公共工程之一半。
- c. 台灣早年營建勞動力係以原住民為主幹，但現今原住民多轉休閒旅遊行業，目前主要是靠外籍勞工；但依法僱用外勞需聘更高比例之本國勞工，且申請手續繁複，種種限制下勞動力嚴重不足。

施工期間社會阻力加大

- a. 環保要求日增：公共工程不論造橋修路，施工期間對於周遭環境必有影響，或稍有改變附近居民生活習慣；在當今民意為先之前題下，凡有檢舉，小則罰款大則停工，因公共工程界面大，施工期間往往不勝其擾。
- b. 勞工安全要求提高：提高安全，廠商本應重視及配合，但工地隨時罰款或勒令停工是隱形額外施工成本；又重大工程，遭受意外停工之風險必需列入施工成本，這也影響廠商之投標意願。
- c. 其他社會團體干擾：當今社會多元，各種社運團體為彰顯其影響力，多以重大工程建設為抗爭對象，諸如樹木保護、動物保護、文化資產保護、甚至魚類、飛鳥保護等社團，且隨時出擊，串聯民意，致施工中干擾難以計數。
- d. 廢土外運困難重重：台灣四面環海，又缺乏建地，填築海岸新生地，本為最佳廢土去路，惟當今深受諸多環保團體及利益團體所影響，工程廢土常無出路，且棄置場明顯不足。

- e. 民權及民意高漲：當今社會風氣，受選舉文化影響，是有吵有糖吃，公共工程每成肥羊。沿線人民常假借民意，稍有不和，爭取賠償已成福利，不論私賠或國賠，最終還是廠商先行買單，再經由多年爭訟，才可能獲得補助。

社會地位與承擔責任不相稱。

政府政策及主辦官員心態

「合理標」形成廠商投標阻力

近年凡重大公共工程，多採用評分法，由委員票選得標，其目的是防止不良廠商以低價搶標後，工程偷工減料，或中途倒閉無法順利完工；另者，投標人可提出不同施工構想，若經委員同意後，可據以執行，減少日後爭訟。此法用於選擇建築師或顧問公司時，尚無爭議，且行之多年。但選擇營建廠商時，卻是當今減少廠商投標意願的主因。

- 備標投資太大：以前最低標只要估算價格即可決勝負；投合理標要先準備妥善施工計畫書，並附簡報、動畫、甚至模型。一般施工廠商多無此能力，需先委託顧問公司協助，若無幾分把握者，大多不願先做此投資。
- 業主或委員倘若已有主觀意見，廠商不願做無把握之投資。
- 業主恐預算偏高，圖利廠商之慮，常先壓低預算以明哲保身，流標多次後，漸測水溫，再慢慢調高，但工程卻早已拖延多日。

施工期間送審文件日益繁複

- 公共工程不論大小工項，施工前，乙方需提送施工計畫、施工圖說，經業主多次審查及修改，核准後方能施工，不似民間工程，大小施工問題可當場解決。公共工程耗用人力，何只倍增。
- 計價程序冗長，每期計價，除單位工項完成、物料檢驗合格外，更需經多層查核，簽認文件繁多，且各單位要求不同，實在無法一一列舉。
- 據統計，曾有某一公共工程，其全案文件耗用影印紙張，高達一千四百萬張，是否浪費？不符環保潮流，實應深切思考。

基層官員深恐誤踏「圖利廠商」法條

多年來政府整頓政風有成，國內重大工程執行單

位，各級官員不但清廉自守，甚至指示廠商於會議中不需提供餐點，深恐被冠上「圖利廠商」罪名。筆者先後承攬近千億公共工程，從無遭遇不法官員利益索取；但站在合法經營角度，若無合理利潤，公司何能生存，更無法繼續發展。

憶及當年趙耀東先生任經濟部長，上立法院被委員質詢是否有「圖利廠商」，圖利裕隆汽車公司一事？趙部長昂首長鳴：他是全國各公司董事長的董事長，有圖利全國廠商之責任，國內廠商若無法獲利怎能發展？國家何來稅收？國家怎能富強？語畢震驚全席，群起鼓掌，此時深感斯人遠矣。筆者參與多次政風座談，提及此事，法務人員咸稱：若無個人圖利行為，則無罪行；但承辦官員，心中仍有此陰影，造成不做不錯、拖延無罪的風氣。另有少數官員深恐社會或長官誤會其操守，處處與廠商對立，以示清廉。遇此等情況，日後工作必無法順利完成，且當爭訟不已。

觀諸國內企業之發展紀錄，從事「營建」，而無其他財源支持，其生存難矣，更遑論能成長壯大。

業主預算及物價指數不合市場行情

早年營造工程，常有傳言黑道挾持及廠商圍標情況，迄今已不存在。而低價搶標，再行偷工減料技倆，在重大工程主辦機構或顧問公司之嚴格監督下，也少有聽聞。但重大工程廠商卻步的主要因素，常是業主預算不足成本。據悉：業主及顧問公司編列預算，單價是依據多年前工程會「工程價格資料庫」；而每年單價調整則是依據行政院主計處所公布「營造業物價指數」調整。上項價格資料及物價指數，似未考慮市場人力供需條件，也就是不合市場行情，例如：民國 100 年元月營造工程物價指數（總指數）為 100，而 109 年元月總指數為 108，九年間之人工成本，單就一例一休致工時減少，人工成本就上漲 20% 以上，其他物料及間接成本上漲幅度，更無法列舉。以前公共工程，常以七八折以下決標，而今不打折也常多次流標，顯見預算不合市場行情。

驗收結案曠日費時

尤其是軌道工程，因需配合各項機電、通訊、車輛單位、更需等待通車營運順達，才能驗收結案。在未結案前，一切工程尾款、履約保證、工程保險、甚至人員留駐均不能減少支出，上項長達數年驗收期間，業主甚少將此數年支出，計入預算成本。



遠揚營造新建中的 27 層住宅大樓，位於板橋亞東醫院南側，採用第三代 RC 全預鑄（蓮根梁）工法。其特色是所有接頭不設在鋼筋交錯的柱頂，每層目標在五天到七天完成。現場有如樂高積木遊戲。

結論及建議

當今政府官員，多屬社會菁英，又公共工程執行辦法，亦經多次修改，應無疑慮，但因工程發包不能順利，本人早年擔任公職，又目前任職乙方（廠商）角色多年，常應邀參與座談，謹簡述如下。

1. 稍加調整「合理標」選商原則：減少部分委員主觀好惡，如增加價格或廠商履約能力比重，且減少備標費用投資，則可增加投標廠商意願。例如：採「合宜最低標」先排除能力不足廠商，保留二三家再開價格標方式，爭議較小。
2. 調整採購法 101 條款：有關工安停權等規定，應有「比例原則」，即視工程規模大小，直接或間接過失，屬蓄意或意外事件，應區別處罰輕重，否則重大且危險工作將乏人問津。
3. 放寬外勞人數及限制：目前國內年輕人參與勞力工作意願日減，甚至加薪也找不到人做，此缺工現象並非台灣所獨有，新加坡、香港、韓國等國家早已全數進用外籍勞工，不受當今台灣 40% 外勞限定。又技術性外勞，目前只留用二年限制，更應放寬，如比照看護工，可留用達九年，則更合宜。
4. 編列預算及物調指數要貼近市場行情：又主要材料、物調指數，宜單獨提列，並由廠商選擇，所謂虧本生意沒人做。
5. 工期若非承商因素延長時，其管理費應合理補助：目前最高常以公共工程費用之 2.5% 核定管理費補貼上限，不敷支用實際成本甚鉅。
6. 新工法宜放寬限制：照圖說施工是工程常規，但廠商提具代替工法，而能降低成本，增加效率，且提升安全與方便施工時，業主應鼓勵，更不宜恐廠商增加獲利而多加限制。



空載光達技術應用於環境地質與崩塌判釋
百公里外制敵機先的毫米變形偵測——差分干涉合成孔徑雷達分析

新興科技在 環境永續及智慧防災 之應用

專輯序言



專輯客座主編 林美聆／國立臺灣大學土木工程學系 教授

人類從進入二十一世紀以來，各項科技發展突飛猛進，尤以在機械、電機、電子方面的進展，使得各項操作功能愈形強大而體積則不斷縮小且速度愈加快速。以電子及機械領域之結合，在各項量測及偵測，傳輸與通訊的能力上更是突飛猛進。此外由量測及偵測所得到的大量資訊的收集，流傳，儲存，運算及分析研判，除了硬體上的需求，也需要軟體發展充分配合，同樣的這一部分也有快速的進展。軟硬體結合的新興科技，在我們的四周蓬勃進行，同時也持續滲透到日常生活應用上。

土木工程師常自詡為大地的雕塑師，與國土規劃及土地使用有密不可分的關係。國內已於 2016 年公布國土計畫法，而國土規劃及土地使用牽涉到各項天然災害潛勢及國土保育地區分級，需要有良好的國土監測，同時各項監測及資料收集與分析研判，對於天然災害防減，更是重要利器。考量目前全球氣候變遷情況下，極端氣候狀況的發生頻率有日漸增高的趨勢，也使得自然環境條件日益變動。目前各項新興科技發展，不論在微機電量測發展、航遙測監測技術、大量數據傳輸通訊、物聯網、大數據網路攀爬、及人工智慧分析方面的研發，應用於國土監測及天然災害防減

上，均已有相當程度的進展，地表資訊不但可以作為工程實務之用，對於土地使用管理及天然災害防治應用有重要的助益，更能提供環境永續及氣候變遷衝擊調適策略的重要參考。因此本期專輯特別邀請在上述新興科技應用於環境永續監測及智慧防災領域，長期從事及研發之相關單位及學研團隊，分享目前研發成果與實際案例應用，以提供相關產官學研專業從業人士之參考。

本期專輯共邀請六組團隊，針對其在新興科技包含：航遙測監測技術與應用、微機電量測元件開發、物聯網與大量數據傳輸通訊、大數據網路攀爬、及人工智慧分析，應用於各項國土調查與監測及天然災害防減領域，提供研發成果及經驗分享。首先為經濟部中央地質調查所謝有忠技正及費立沅前組長提供的「空載光達技術應用於環境地質與崩塌判釋」，說明了空載光達技術建立高解析度數值地形資料，及該資料於環境地質分析、崩塌判釋、三維地質圖製作等各項地形計測應用，提供國土保育、坡地土地利用與管理及相關研究之重要基本資料，在土木工程領域上更可搭配後續調查以發揮此資料更大的加值效益。其次為暨南大學王國隆教授及台北市政府團隊以衛星影像差分

應用 IoT 與 MEMS 於坡地監測系統之開發經驗分享

物聯網於山坡地監測之應用

0206 花蓮地震事件之社群網路災情蒐整與分析應用

大數據、AI 與 IoT 防災設備於城市淹水預報之應用

干涉合成孔徑雷達分析技術，快速解算獲得大面積的地表變形資訊，於分析美濃地震及花蓮地震提供地表變形資訊及斷層細部調查資料，應用在地層下陷解算地表變形及位置可提供水資源規劃的建議，對於坡體滑動監測則可掌握地表變形及方向，有機會在災害發生前發佈警訊及政府後續避災規劃參考。台灣科技大學謝佑明教授則提供應用物聯網與微機電元件於坡地監測系統之開發經驗分享，包括了樹莓派主控制器、微機電數位型三軸加速度感測器、通訊、儲存、及時鐘等模組，配合軟韌體程式開發、伺服器端的程式開發、以及最終透過網頁呈現資料，建構低單價三向度振動坡地監測系統，未來應可用類似之感測元件及物聯網相關技術於開發建構土木營建監測儀器，並應用於守衛國土安全。逢甲大學黃亦敏教授團隊分享兩件物聯網於山坡地監測之應用案例經驗，採用低功耗感測器及易建置的通訊平台工具，建立監測系統與物聯網、跨異質性資料整合。國家災害防救科技中心劉致灝博士團隊則針對社群網站頻繁且大量的交換各類資訊，在重大事件發生之時，大量資訊被散佈在社群網路，以網路攀爬技術自社群網站蒐整災情資訊進行分析，並以 2018 年 2 月 6 日的花蓮地震範例，呈現情資

蒐整的分析成果，提供為災害應變決策之參考。淡江大學張麗秋教授團隊應用大數據、人工智慧與物聯網防災設備於即時城市淹水預報，以二維淹水模擬資料建置虛擬大數據，再結合物聯網設備現地資料實際淹水情形，以人工智慧持續學習與立即修正，提升淹水預報準確性。在接收即時資料後，可於數秒內產出未來 1 至 3 小時淹水預報圖，並展示於 Google Map。未來實現局部地區淹水資料之大數據時，以人工智慧技術具有處理大數據、結合多元資料之特性，可整合與淹水情勢相關各種不同物聯網資訊，提供即時定點預報，在防災整備與應變期間提供最快速預報結果，以做為決策參考資訊。

本期專輯非常感謝六組團隊，在百忙中撥冗撰寫並分享團隊成果及經驗，在航遙測監測技術與應用、微機電量測元件開發、物聯網與大量數據傳輸通訊、大數據網路攀爬、及大量數據結合物聯網與人工智慧分析，實際應用於各項國土調查與監測及天然災害防減發展領域，並提供真實應用案例，實為難能可貴。也期望藉由相關資料及經驗分享，增加土木水利工程領域同仁在各該新興科技領域之認知，促進這些新興科技領域更廣泛之創新及應用。🇯🇵



空載光達技術 應用於 環境地質 與 崩塌判釋

謝有忠／經濟部中央地質調查所 技正

費立沅／經濟部中央地質調查所 前組長

隨著測繪技術演進，數值地形應用也逐漸蓬勃發展，空載光達技術為獲取廣域高密度與高解析度數值地形資料的最有效工具。本文介紹地調所在莫拉克颱風之後，進行的臺灣全島數值地形資料測製與相關應用成果，包括應用於地質製圖、山崩、土砂體積變化及地形變遷等方面，說明了空載光達數值地形資料可以提供國土保育、地形變遷、坡地土地利用與管理、科學研究等多領域之重要基本資料，在未來更可搭配後續更多的調查研究，讓此技術及成果能夠發揮更大的加值效益。

空載光達技術

光達 LiDAR (Light Detection And Ranging) 或稱激光雷達，是利用雷射光束進行測距、或量測物體物理特性的一種光學遙測技術。雷射光束可依照使用目的，選擇不同波段的紫外光、可見光或近紅外光等進行包含地表、岩石、水氣、化學分子等特性之量測。依其載具，可分為衛載光達、空載光達、無人機光達、車載光達、船載光達以及地面光達等。在地形測量方面，空載光達 (Airborne LiDAR) 技術為獲取廣域高密度與高解析度數值地形資料的最有效工具之一，因為整個系統具有大面積、高精度、快速測製、濾除植被等特性，且單位成本較傳統測量方式低。目前空載光達在臺灣已經成功應用在地理、地質、測量、水土保持、森林、水利等各領域。

空載光達系統包含三個主要的次系統：(1) 雷射測距儀 (Laser ranging)；(2) 全球定位系統 (GPS)；與 (3) 慣性系統 (IMU)。雷射測距儀為系統的核心設備，主要藉由雷射脈衝產生波長 1,064 nm 之近紅外光波

段，以發射後到接收回波的時間差來計算距離，進而產出實際之數值地形資料。國內數值地形資料之蒐集方法，在 2010 年以前，除地調所使用於大臺北地區，進行較長期且大範圍之空載光達測製計畫外，大部分仍以航空攝影測量之技術間接取得為主。2005 年第一版全臺高精度及高解析度數值地形模型測製 (測製成果為 5 米網格間距數值地形)，即是以航空攝影測量技術執行測製的成果。數值航測與空載光達兩者技術差異大致列如表 1。

實際獲取地形資料作業時，空載光達技術可以更快速有效地獲取地形資料，其地形表現取自雷射光束直接反射得到之觀測量 (地面點) 加以內插而得，而航空攝影測量之地形需經過人為約化萃取地形特徵後，再加以內插取得，比較兩者最終之數值地形，空載光達成果可得到較為細緻而正確之地形呈現。

雖然空載光達儀器成本高昂，但是考量時程、人員訓練門檻及後處理電腦硬體設備成本時，則相對較低。臺灣於莫拉克風災後地形劇烈改變，考量在短時間內，

表 1 航空攝影測量與空載光達技術差異^[1]

測繪技術	原始資料來源	測製環境	測製方法	主要測繪目的	人員訓練	地形測製
航空攝影測量	航拍影像	立體觀測設備	以人工方式描繪特徵點、線、面 → 內插生成 DEM	測繪地形圖	入門門檻高、不易上手	耗時
空載光達	光達掃瞄 → 點雲 (同時可拍攝影像)	效能好之電腦	點雲分類 取得地面點 → 內插生成 DEM	測製數值地形	人員訓練相對容易	相對較快

需投入大量的人力重新測繪已變動的地形，空載光達應是較佳的選擇，這也是地調所評估後最終決定採用空載光達測製全島地形的原因。此外，光達飛航掃瞄時，亦可同步進行影像拍攝並後處理製作成正射影像，以配合地形成果進行判釋分析，此部分亦可補足單純只用光達技術測製時，於地貌影像資訊上的不足。

如果暫時不論臺灣氣候條件影響飛行安全、山區地形起伏變化大、植被茂密、飛航限制及國防安全等因素影響外，空載光達成果最終是否能細緻呈現地形，最大的關鍵還是在於雷射點之穿透能力。當雷射點能夠有效穿過植被縫隙達到地面，再反射並被儀器所記錄到，則該點才可視為有效之地形表現點，我們稱之為地面點雲。由此可知，當山區有效地面點越多、越密集時，可預期的，其地形表現將會越理想越細緻，反之，當雷射點無法有效穿透達到地面時，則該區域之地形描述將會越粗糙，且數值高程模型（DEM, Digital Elevation Module）越不精確。

臺灣地區數值地形測製

臺灣大區域的數值地形測製主要皆由政府機關所執行，大區域的測製計畫所獲取的資料，均需依據國土測繪法、數值地形資料供應辦法等規定，於完成後交付給內政部，再由內政部依法統一供應給各界使用，因恐涉及機密，故有限制條件。

臺灣地區早期完整的數值地形資料乃由農林航空測量所，在 1983 年間以人工在解析測圖儀內，將預先以 40 m 間距網格點設定之坐標上，直接量測該點之地表高程值所產製之 40 m 解析度的規則網格資料，經過陸續修測、提升精度後，由中央大學太空及遙測中心管理，供各單位申請使用，此 DTM (Digital Terrain Module) 資料為目前最廣泛、普遍應用的數值地形資料。隨著技術演變及使用需求，內政部於 2004 年使用農航所拍攝之航空影像，以航測技術產製間格 5 m 之數值地形資料，並於 2006 年完成全島測製範圍。

自 2005 至 2011 年間中央地質調查所在「大臺北

地區特殊地質災害調查與監測」計畫中，開始利用空載光達技術，獲取高解析度與高精度數值地形資料。針對山腳斷層、大屯火山、龜山島海域火山及海岸山脈等區域，挑選特定的地質議題，進行活動性調查與監測。本計畫測製 2 m × 2 m 數值地形資料，歷年施測範圍包括大臺北地區、宜蘭地區、花東縱谷以及海岸山脈地區等。2009 年 8 月莫拉克颱風重創臺灣，在臺灣中部、南部及東部地區造成極多處之地質災害，地形地貌亦有大幅度的改變，考慮國內舊有的地形資料，對後續的土地管理、莫拉克災區重建、未來的防救災及國土復育等相關工作已不敷使用，中央地質調查所於莫拉克特別預算中提出全新的國土測繪計畫，國內測繪業宣稱這是臺灣歷年最大金額的測繪業務，也因為此一契機，引領國內測繪業技術的重大突破。自 2010 年起地調所開始執行「國土保育之地質敏感區調查分析計畫」，採用空載光達技術測製全島數值地形資料，於 2016 年完成全島 1 m × 1m 高解析度 DEM 及 DSM (Digital Surface Module) 數值地形資料及正射航照影像 (圖 1、2)。

全島空載光達數值地形資料成果

空載光達數值地形製作主要產製 1 米解析度之數值地形資料 DEM/DSM 及解析度 25 釐米的正射影像，以供後續地質敏感特性分析使用，並建置高解析度數值地形資料庫。主要工作包含下列六大項，(1) 空載光達飛航計畫規劃與申請；(2) 地面 GPS 基地站控制測量；(3) 空載光達施測資料獲取；(4) 光達點雲資料處理；(5) 數值高程模型 (DEM) 與數值地表模型 (DSM) 製作、正高改算、人工檢核與編修及圖幅鑲嵌處理等；(6) 正射影像製作。

在全島光達數值地形資料測製部分，原規劃分為莫拉克災區 LiDAR 高解析度數值地形製作 (執行年度：2010 ~ 2012 年) 與非莫拉克災區與特定事件 (颱風豪雨或地震等事件) 後 LiDAR 高解析度數值地形製作 (執行年度：2013 ~ 2015 年) 等 2 項計畫。都是利



圖 1 全島 1 m × 1 m 高解析度數值地形
(白色區域為無資料的限航區)

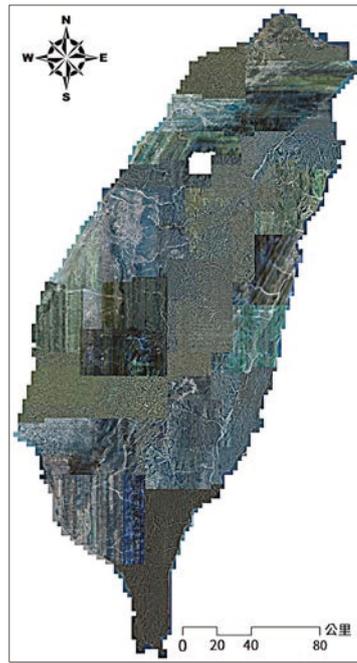


圖 2 全島正射航照影像
(白色區域為無資料的限航區)

用空載光達技術獲取高解析度之數值地形模型 (DEM & DSM)，再利用前述結果，以山區之聚落與具有保全對象之範圍者為優先分析對象。在計畫中使用國內測繪廠商所擁有的 5 台空載光達設備，包含 Optech ALTM 系列、Leica ALS 系列及 Riegl LMS-Q680i 等廠牌之雷射掃瞄儀。由於短時間要完成全島 36,000 平方公里的施測，其困難度極高，故規劃由國內 4 家具有能力的測量廠商分工測製，於 6 年計畫時間內，將全島分為 23 個作業區（每家廠商每年執行 1 個計畫區範圍），每個計畫區再依其地形特性劃分不同的子測區，共計 53 個子測區，共產製 5,380 幅 1/5,000 圖幅範圍之成果，測製面積約達 37,929 平方公里（設定於低潮位前後 1 小時施測，故範圍較陸域稍廣），主要成果資料包括 LAS（光達點雲資料）、1 米解析度數值地形資料網絡成果 (DEM&DSM)（圖 1）、水域範圍及正射影像（圖 2）等。

空載光達數值地形資料在環境地質之應用

利用空載光達技術所獲取得的全島數值地形資料，地調所已於完成後，依國土測繪法將資料交付內政部供應國內使用，目前已有許多政府機關利用內政部供應平台取得此資料，包括測量、水利、水土保持、森林、資訊、防災等單位都有申請，並妥善在各領域應用。地調

所自 2005 年大臺北特殊地質災害調查與監測計畫開始使用空載光達數值地形資料，應用於火山地質、構造地形、活動斷層、山崩及土石流調查等方面，皆已有豐碩之應用成果，本章節係節錄近年來利用全島數值地形，地質或其他方面之新發現應用。

地形計測方法

地形計測方法 (Geomorphometric analysis) 是將地表地形量化分析的科學方法，隨著現代測量技術演進，因為資料品質提升至近期空載光達產製之 1 米解析度資料，使得地形計測方法得以精進發展與應用，更能有效地降低複雜地形研究的困難度，並解決過去無法判釋或解讀的資訊，對於地形學研究具有很大的助益。

以車心崙地區為例^[2]，利用各類地形計測方法分析比較，其中坡度分析 (Slope angle)、日照陰影計算 (Hillshade)、坡向 (Aspect)、透空度 (Openness) 等結果，可以得到具有視覺化效果的影像，讓非專業人員的雙眼也可以直接判讀地形起伏與變化，對於曲率 (Curvature)、地表粗糙度 (Surface roughness)、特徵比值 (ER) 等可以得到數值化的分析成果，此項成果需要利用後續資料統計分析配合或再萃取，始可獲得。因此在數值地形資料的分析處理上，可以依據欲分析之目的，選擇適用的方法來進行。當瞭解每種地

形計測方法的原理和計算過程後，可以選擇最適用或最有效率的方法，則有助於後續應用分析，也不會有誤用或錯用之情形。

大規模崩塌判釋

空載光達技術所測製之數值地形資料，以網格式的數值資料格式和空間資料之地形計測，其已將地表植被完全去除，故能夠清楚呈現出地形特徵紋理，因為地形資料的解析度高，可以很清楚的顯現出山崩的小崖（Scarplet）、崩崖（Scarp）、多重山脊、坡頂緩斜面與趾部隆起（Convex landslide foot）等崩塌地細微地形特徵。尤其是在大規模崩塌的判釋方面，空載光達高精度數值地形資料提供比航空照片立體像對更多的崩塌細微地形特徵 [2-4]，亦成為判釋大規模崩塌最直接且有效的工具。

莫拉克風災後中央地質調查所在「國土保育之地質敏感區調查分析計畫」之子計畫 99~101 年「莫拉克颱風受災區域之地質敏感特性分析」、102~104 年「非莫拉克颱風受災區域之地質敏感特性分析」以及 106~110 年「潛在大規模崩塌精進判釋暨補充調查」5 年期計畫中，陸續完成潛在大規模崩塌之判釋與調查，判釋範圍如圖 1，主要係配合逐年完成之全島光達數值地形資料，再以此資料配合航照正射影像、現地調查等，判釋分析莫拉克災區（及非災區）範圍之潛在大規模崩塌分布區域，並初步探討崩塌滑動機制。在 99 至 104 年的 6 年期間判釋出 1,207 處潛在大規模崩塌地區，其中 113 處鄰近 103 個聚落。截至 2019 年底完成之資料統計如表 2，目前在全島已初步判釋超過 2 千餘處（圖 3）。

三維地質製圖

傳統地質製圖主要以野外調查成果為主，受限於地形底圖之比例尺，以及野外工作之諸多限制，例如植生茂密、交通難以抵達及露頭稀少等條件，使得傳統製圖

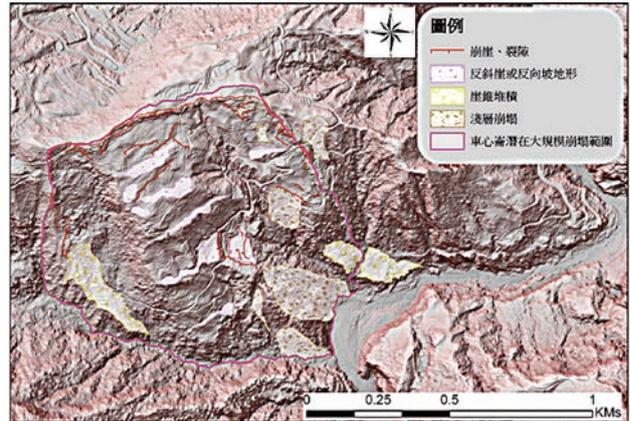


圖 3 以車心峯地區為例，使用的底圖係整合坡度及開闔度之紅色立體模型圖，再疊加地形陰影圖，此有助於視覺化判釋 [2]。

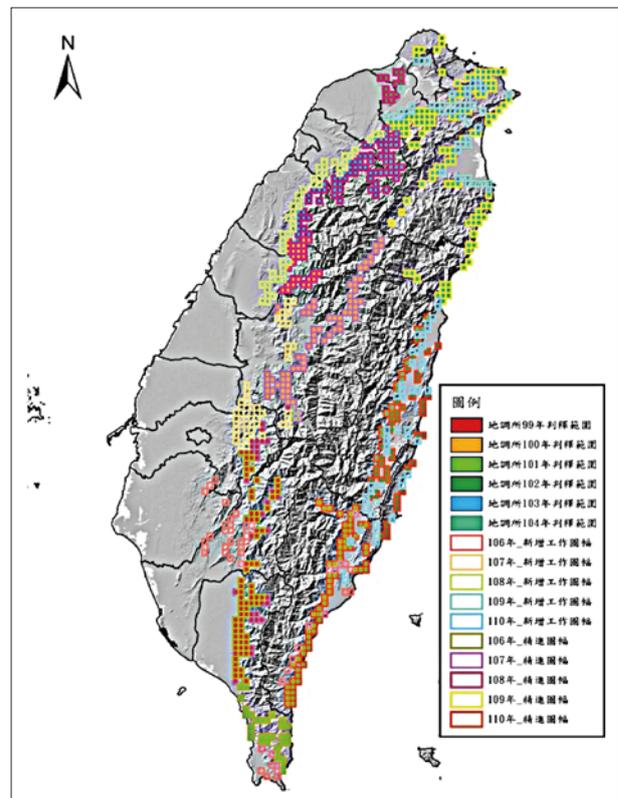


圖 4 莫拉克風災後中央地質調查所已完成之潛在大規模崩塌判釋範圍。

表 2 莫拉克風災後中央地質調查所判釋之潛在大規模崩塌資料統計

	莫拉克災區			非莫拉克地區			精進判釋暨補充調查					
	南部 99	中部 100	東部 101	北部 102	東部 103	東部 & 北部 104	106		107		108	
潛在大規模崩塌 數量 (處)	185	225	192	116	279	210	新增 543	精進 63	新增 515	精進 293	新增 106	精進 348
鄰近聚落崩塌地 (處)	13	27	16	16	22	19	128		185		191	
鄰近聚落潛在大規模崩塌地面積 (公頃)	987	1,310	858	1,386	886	1,317	2,517		3,549		1,837	
影響聚落 (處)	11	13	18	18	24	19	34		72		52	

在有限的露頭與位態資料下，需依靠地質學家的專家調查研判及作圖方法，建構出區域地質之可能模式；如今已有高解析度數值地形資料後，除可獲取大比例尺之地形底圖外，目前中研院利用本所資料，嘗試建立一套使用3維立體化地質製圖的技術(圖5)，已分別試用於沉積岩地區及變質岩地區，看起來有機會補足與克服傳統地質製圖之限制，而能重新檢視構造幾何之合理性，試圖精進現有之地質圖，應有助於大比例尺地質圖的應用。

大規模崩塌事件土砂體積估算

高解析度數值地形資料不僅可以判釋大規模崩塌的地貌特徵及分布範圍，而遙測技術的發展也使得山崩的調查研究也快速演進中。隨著精度和解析度的提高和不同時期資料的比對，多元多期的數值地形資料也提升了山崩機制的相關研究，例如地表活動性觀測、山崩量體計算及量體變化，災害規模評估及數值模擬等。

藉由其產製資料及比對過程之誤差分析，可合理應用至山崩之地形變遷比對。經由多期數值地形資料比對，可以解算出大型山崩事件所發生的土方量，以及山崩後之土方量搬移變化(圖6)。未來多期航空攝影測量(含無人機)和光達數值地形資料，可以在坡地災害後有效地應用於下游河道地形變遷及其潛在影響。

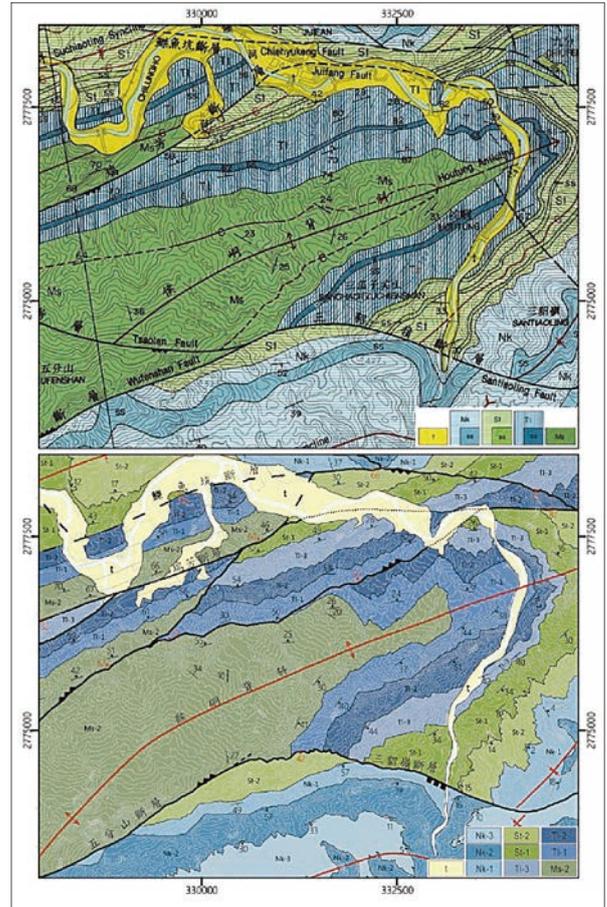


圖5 以猴硐地區為例，上圖為本所出版五萬分之一雙溪圖幅，下圖即為利用3維立體地質製圖所產製之新版雙溪地質圖[5]。

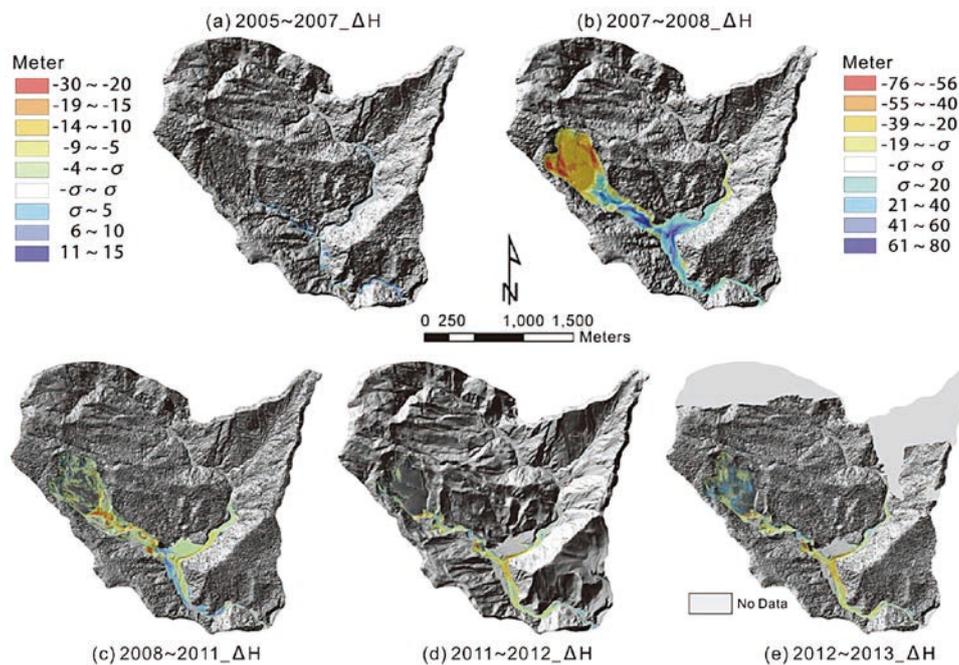


圖6 藉由6個不同時期的數值地形資料所產製之地形高程變化圖，可以分析大型山崩事件的土石體積量及事件後土石量體與下游河道的地形變遷[6]。

河流地形與輸砂

在河流地形研究上，以往數值地形資料可以應用在河道地貌、河流橫剖面、縱剖面等變化之分析，隨著資料品質提升，不僅地形變化的位置及範圍能有效量化，更多細微之地形變化也有機會判釋出；有關輸砂量的分析多以實測懸浮載觀測資料、水文站流量，配合河床質粒徑分析及水文分析資料，利用經驗公式或理論公式進而推算出河床總輸砂量，鮮有實測值驗證。在颱風、豪雨等事件發生時，並無法有實際觀測之懸浮載或粒徑分析等，容易造成推估上的誤差。

地調所曾選擇蘭陽溪為例，以颱風季節前後產製之不同時期高解析度數值地形資料，應用高程差值之地形計量方法，計算在颱風季節前後地形之變化，結果顯示河道搬運輸砂的主要影響控制因素應為河道坡度，當河道坡度越大，侵蝕作用越明顯；局部則受河道寬度及河流曲率的影響，而岩性分布也影響包含受限河谷及河道兩岸侵蝕、搬運之特性，另藉由範圍內河道體積變化量，也能推估颱風事件期間的河道輸砂量。

蝕溝侵蝕與地形變化

評估侵蝕速率為瞭解地質演化的一個重要研究課題，不論河道斷面量測、侵蝕釘、沉積物放射性定年法、河道懸浮質推估輸砂量、樹根年輪定年法、地形測製技術（合成孔徑雷達影像干涉技術（InSAR）、地面或空載光達、航測數值地形資料）等，各種技術都有其可以應用的最佳尺度和範圍，但也都有無法完全涵蓋之處，這些技術都是地質研究，應用在複雜時空尺度變化影響下的困難處。

經由多期空載光達數值地形資料比較，直接量測地形變化所求得之蝕溝下切深度，顯示利用前述之蝕溝侵蝕分析技術，可以減少費時且大量的侵蝕釘或斷面測量等野外工作。多期數值地形資料的比較，更可以直接呈現範圍內不同時期的地形演化。

高山湖泊

臺灣中央山脈高山地形險峻且交通不易到達，也限制著高山湖泊的發現或記錄。隨著科技發展，險峻高山地形隨著遙測技術的進步，而能被完整且較準確

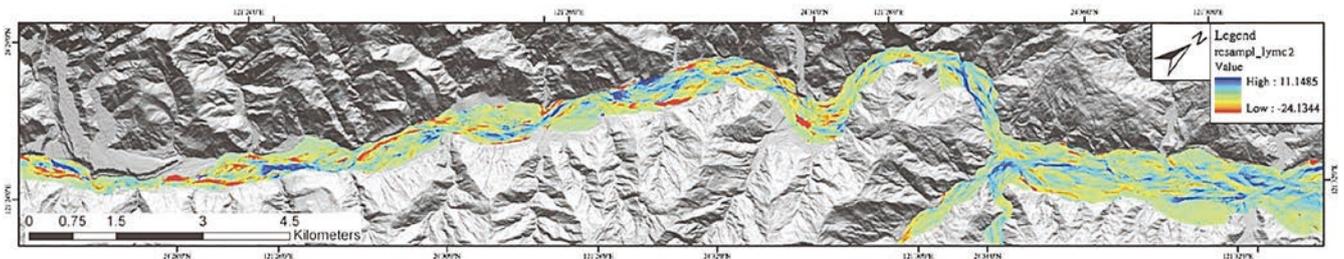


圖 7 颱風季節前後河道地形侵蝕與堆積變化之範圍，高程差值可計算出河道體積變化量^[7]。

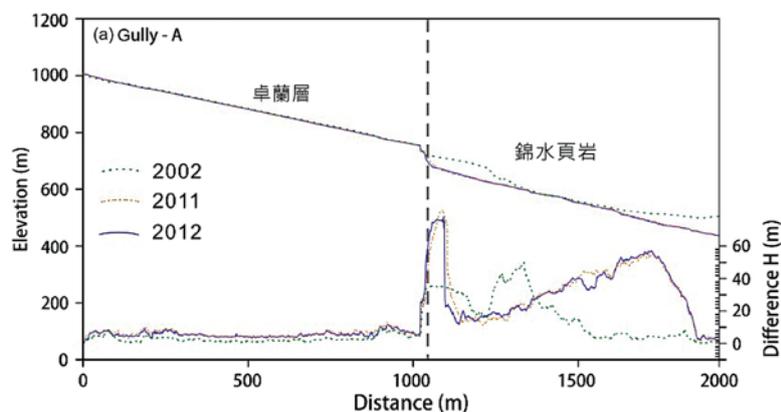


圖 8 以草嶺山崩坡面蝕溝為例，利用 3 期數值地形資料求出蝕溝高程剖面變化，進而直接計算蝕溝的下切速率，為目前可直接量測侵蝕速率的有效方法^[8]。

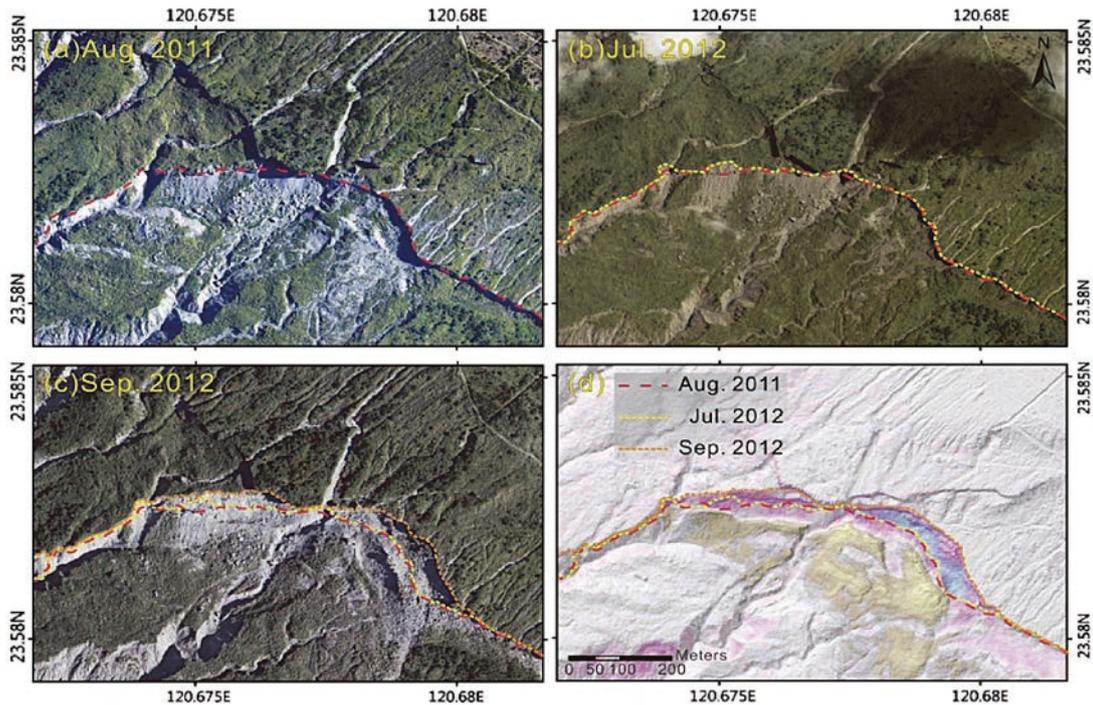


圖 9 利用數值地形資料與航照影像，觀察草嶺春秋斷崖崖坡後退的變化^[8]。

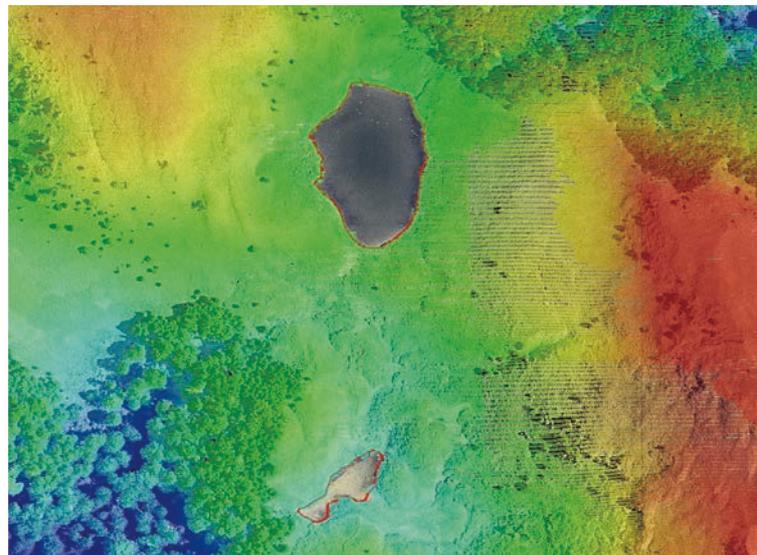


圖 10 本圖為屯鹿池（紅色框線）周圍區域航照影像疊加光達點雲資料之結果，可見屯鹿池水體範圍內出現較稀疏之點雲，水體中雖然仍有少數反射之點雲資訊，但受水體吸收雷射脈衝影響，造成點雲反映之位置可能為水體表面、水體中、或水體底層等不確定資訊，故處理程序中，需圈繪出實際水體範圍來排除受水體影響之資訊，以避免造成地形測繪之誤差。圖中藍至紅色之色階表示地表高程，藍色較低，紅色為較高之高程^[9]。

的測繪出。在光達資料處理程序中，由於近紅外光雷射不透水之特性，為求數值地形資料之精確，必須篩除施測區域內之水體覆蓋範圍，而此項資料卻非常有利於高山地區中水體範圍分布的判釋，故能進一步快速得到在中央山脈中所出現的湖泊、水池等分布的

範圍，使得這些隱匿於峰谷中不太明顯、乾濕季很容易出現變化的高山湖泊，很容易被新興科學技術所記錄。目前已判釋出超過兩百餘處之水體範圍，多數歸屬於中央山脈之高山湖泊，也為國內首次較完整呈現高山湖泊精確位置及範圍的資料。



圖 11 以屏東縣獅子鄉外麻里巴社地區為例，地形陰影圖中可見到階梯狀、格狀殘跡平緩地及道路系統，但在航照影像上因植生茂密而不可見^[1]。

石板屋遺址

臺灣原住民族為南島民族之一支，地理分布在南島語族區域的最北端，在臺灣南部山區主要為魯凱族和排灣族兩族的傳統領域。以前原住民族之聚落，住宅以半穴居之石板屋為主，以房舍大小規模及半穴居開鑿特性，而有機會利用空載光達數值地形資料來判釋出這些舊部落遺址的位置。目前在臺灣南部茂密林相分布之山區中，可以找到超過 150 處無人居住之聚落及道路，這些聚落地貌上多呈階梯狀，部分點位在現場調查後，都發現殘存石板屋建築。對比近百年臺灣古地圖（中研院），這些古聚落多可以在古地圖鄰近位置中找到舊社的名稱，顯然空載空載光達數值地形資料也同樣地在臺灣茂密森林中，可以找到過去原住民生活所留下的石板屋遺址，並可提供真實且正確的點位。除留下確切位置記錄重建聚落遷徙歷史外，在近年氣候變遷下，也可提供原住民居住環境與氣候變化之關係，或可提供原住民居住防災規劃之參考。

結論

隨著測繪技術演進，數值地形應用也逐漸蓬勃發展，在數值地形資料的選擇考量方面，因資料取得和資料產製成本等因素下，可選擇適合使用目的之資料解析度等級，並非所有用途都需使用最高階解析度之資料，或較低階解析度都無其應用之價值。亦即在數值地形資料的使用上，隨著應用目的、比例尺大小的不同，而選擇適宜之解析度數值地形資料。藉由前述簡要介紹目前數值地形資料相關應用成果，此部分也說明了空載光達數值地形資料可提供未來國土保育、坡地土地利用與管

理、科學研究等之重要基本資料，在未來可搭配後續更多的調查研究也能發揮此資料更大的加值效益。臺灣受地震、颱風影響下，地形變遷快速，未來除政府機關應投入資源定期獲取此類有效國土基本資料外，相關應用單位也可利用新興測繪技術，獲取不同精度等級之數值地形資料而達成任務需求。

參考文獻

1. 謝有忠、郭麟霖 (2019)，臺灣光達數值地形資料測製成果及應用，地質，第 38 卷，第 3 期，第 40-45 頁。
2. 謝有忠、侯進雄、胡植慶、費立沅、陳宏仁、邱禎龍、詹瑜璋 (2016)，地形計測方法應用於潛在大規模崩塌之判釋：航測及遙測學刊，第 20 卷，第 4 期，第 263-277 頁。
3. Chen, R.-F., Lin, C.-W., Chen, Y.-H., He, T.-C., Fei, L.-Y. (2015), Detecting and characterizing active thrust fault and deep-seated landslides in dense forest areas of southern taiwan using airborne LiDAR DEM: Remote Sensing, Vol. 7, No. 11, pp. 15443-15466.
4. Lin, C.-W., Tseng, C.-M., Tseng, Y.-H., Fei, L.-Y., Hsieh, Y.-C., Tarolli, P. (2013), Recognition of large scale deep-seated landslides in forest areas of Taiwan using high resolution topography: Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 62, pp. 389-400.
5. 施乃慈 (2018)，在三維環境中繪製高解析度地質圖：以臺灣北部雙溪地質圖幅為例，國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，第 145 頁。
6. Hsieh, Y.-C., Chan, Y.-C., Hu, J.-C. (2016), Digital Elevation Model Differencing and Error Estimation from Multiple Sources: A Case Study from the Meiyuan Shan Landslide in Taiwan: Remote Sensing, Vol. 8, No. 3, pp. 199.
7. 謝有忠、陳棋炫、曹恕中、李柏村、林書弘 (2009)，以數值地形資料探討颱風對地形特徵之影響－以蘭陽溪為例，經濟部中央地質調查所 98 年度研究發展專題，第 58 頁。
8. Hsieh, Y.-C., Chan, Y.-C., Hu, J.-C., Chen, Y.-Z., Chen, R.-F., Chen, M.-M. (2016), Direct Measurements of Bedrock Incision Rates on the Surface of a Large Dip-slope Landslide by Multi-Period Airborne Laser Scanning DEMs: Remote Sensing, Vol. 8, No. 11, pp. 900.
9. 謝有忠、陳勉銘、費立沅 (2016)，光達俯看中央山脈湖泊，科學發展月刊，第 524 卷，第 42-46 頁。



百公里外制敵機先的毫米變形偵測 — 差分干涉合成孔徑雷達分析

王國隆／國立暨南國際大學土木工程學系 副教授

陳建帆／臺北市政府工務局大地工程處 科長

邱亭瑋／臺北市政府工務局大地工程處 正工程司

林俊廷／國立暨南國際大學土木系 博士生

過去經濟發展的條件讓台灣沿海以養殖漁業為主要產業，養殖漁業需要使用大量新鮮的水來供給，為了能有足夠的水量，多數進行地下水抽取，長期的抽取地下水造成地層下陷，近年來除了養殖漁業以外，小型工廠及中型工廠對於地下水的使用也造成地下水位的逐年降低，難以恢復，合併產生的地層下陷亦沒有逆向的可能。此外，基於頻繁的板塊碰撞及造山運動影響，台灣發生地震的頻率相當高，淺層且規模大的地震發生頻率也在增加中，加上鄰近的太平洋夏季經常形成的熱帶氣旋及伴隨而來的颱風豪雨，令佔有台灣百分之七十面積的山坡地面臨崩塌的威脅，近年來隨著地狹人稠的影響，人為的開發逐漸往山區移動，此外，氣候變遷加劇了強降雨及長延時降雨的特性，亦為受地震侵蝕鬆動的山坡地增加滑動的危險，本文嘗試對於地表變形的偵測以大範圍的差分干涉合成孔徑雷達分析為主體，指出可能的應用方向提供參考。

前言

遙測技術於近年快速發展出不同波段及不同探測之分析方法，各種遙測新技術之發展為提供相關調查與變遷監測資訊之重要利器，合成孔徑雷達影像（SAR）是一種微波觀測技術，其基本原理利用衛星運行時連續發射雷達波，並將雷達回波接收後進行解算，以得到成像結果，雷達波具有優越的穿透性，比起可見光，雷達波更能輕易穿透雲霧煙塵到達地表，經反射後再被衛星接收，此外也能於夜間順利施測，圖 1 所示為旗山溪流流域合成孔徑雷達影像之單觀點複數影像（SLC），其運作時會從衛星上向地表發射一系列的電磁波，當電磁波遇到物體產生反射時，接收這些回波訊號，並量測反射波強度與時間差，以達到量測的目的。

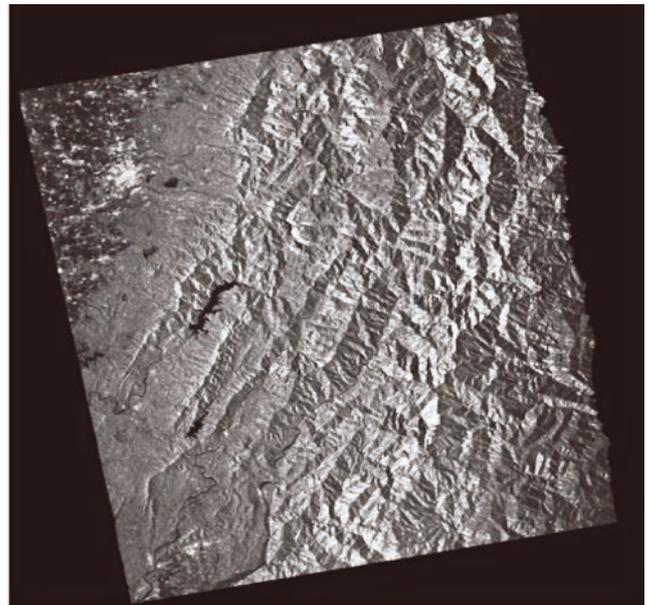


圖 1 合成孔徑雷達 SLC 影像

然而對於星載雷達而言，為了達到標準的解析度，必須安裝的雷達天線口徑會超過數百公尺，在現實中不可能達到，為了克服此問題，運用了都卜勒頻率位移的理論，在飛行過程中重複發射電磁波，在這過程中每個小天線接收到地面上的回波，會因都卜勒效應產生些微的相位變化，藉此相位史的變化過程可區分出地面的每個相元，將這一系列的回波匯整，就如同衛星搭載的小天線朝方位向移動，形成一個等效的大天線，即為合成孔徑雷達成相的運作原理，當 SAR 影像經過差分干涉處理時，可以得到相同地點多時序之地表變化量，解算成果可用於繪製地表變化量剖面圖。

差分干涉雷達（Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar, DInSAR）係利用兩幅同一地區不同時間（位置）所拍攝的影像作干涉處理，其解算原理如圖 2 所示，合成孔徑雷達利用衛星運行時，快速地重複發射雷達波，並將回波資料加以解算，當兩束波長相同、相位相同或保持固定相位差的光線照射在同一目標上，會產生一系列亮暗相間的干涉條紋，兩束雷達波在一定條件下也會產生干涉現象，當干涉雷達使用兩套相距 B 基線長的天線在地面產生干涉現象，干涉條紋出現時代表變形呈現雷達波波長的相位循環，將此一相位還原後經計算即可測得地表變形。

採用合成孔徑雷達影像的地表位移訊號使用差分干涉技術來取得衛星至地表變形量（Line of sight, LoS），然而單一組差分干涉技術所取得地表變形量可能存在多種誤差，利用時序性的合成孔徑雷達影像進行干涉分析時，主要產生的干涉相位資訊包含了地形、地表特徵變化、地表移動量以及大氣效應等（式 (1)），其中地形的

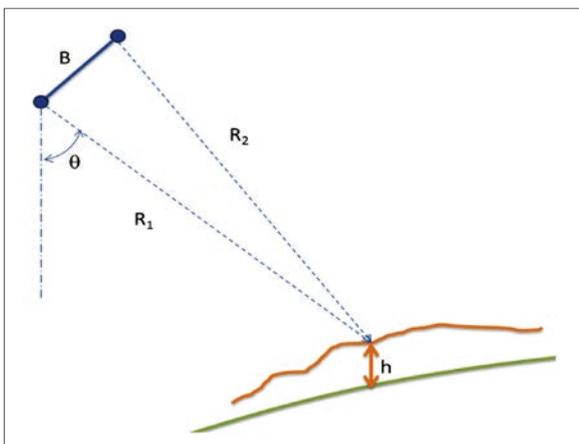


圖 2 合成孔徑雷達解算示意圖

相位變化資訊可以採用高精度數值地形及短基線長去除該項誤差，相干值（同調, coherence）的門檻調整則可以去除低相干區域的影響，以及副產品數值地形的精準度（謝嘉聲與史天元，1999），大氣效應的誤差可以用長時間多影像的觀測降低，當消弭可能誤差來源後，僅剩下地表移動及雜訊相位差，可藉以取得較高精度且可信任之地表變形量。

$$\begin{aligned} \phi_{Int} &= 4\pi \frac{R_1 - R_2}{\lambda} \\ \phi_{Int} &= \phi_{Topography} + \phi_{Change} + \phi_{Movement} + \phi_{Atmosphere} \\ &= \frac{4\pi B_n}{\lambda R_{sin} \theta} h + \phi_{Change} + \frac{4\pi}{\lambda} \Delta R_{Movement} + \phi_{Atmosphere} \\ &= \frac{4\pi B_n}{\lambda R_{sin} \theta} h + \frac{4\pi}{\lambda} \Delta R_{Movement} + \phi_{Noise} \end{aligned} \quad (1)$$

其中， R_1 及 R_2 為不同時間衛星至地表觀測點距離，

- $\phi_{Topography}$ ：地形相位變化、
- ϕ_{Change} ：地表特徵相位變化、
- $\phi_{Movement}$ ：觀測點移動相位變化、
- $\phi_{Atmosphere}$ ：大氣折射相位變化、
- $\Delta R_{Movement}$ ：衛星 1 及 2 至觀測點地表移動量、
- ϕ_{Noise} ：雜訊相位、
- B_n 為正常基線（Normal Baseline）、
- h 為待測位置地表高程、
- λ 為雷達波長、
- θ 為側視角。

採用差分干涉取得的相位差，在條件良好情形下可轉換為毫米等級之變形量，即使不進行相位還原及位移量解算，仍可由人工判釋出滑動塊體範圍，因此，由差分干涉產生出來的相位差資訊可顯示出地表變動位置，如果潛在滑移邊坡因地表高程發生些微變形，可進行進一步分析。

前述差分干涉取得之相位差僅由兩幅至四幅影像產製，雖可經由相位還原取得地表三維變形，但可能存在變位資料誤差而導致三維變形量失真，因此，可採用干涉堆疊技術進行改善並可分析得歷年之地表三維變形，利用雷達干涉堆疊技術求解地表變形趨勢主要有兩種方式，其一為採用地表永久散射體模式，其

二為採用短基線長模式，以雷達干涉堆疊技術消弭各項誤差，進而取得時序性監測下之邊坡位移量，經由干涉堆疊技術分析後所得之地表變位資訊相較於僅進行差分干涉地表變形量可靠，採用地表永久散射體模式需進行地表反射體設置或以現存之地表構造物作為散射體，經由散射體位置高反射訊號特性分析可獲得可靠之結果，此外，如雷達資料之基線長較短（低於 200 ~ 300 公尺），則可採用短基線長模式進行分析，亦可取得三維歷時變化情形。差分干涉合成孔徑雷達（DInSAR）及干涉堆疊技術（Interferometric Stacking Technique）等監測方法，可於多年期時序性資料中篩選出地表變形趨勢。

連續式地表變形解於干涉堆疊分析模式上，主要分為 PS 法及 SBAS 法兩類如表 1 所示，由表中可知兩法互有精確度及偵測地表變形之優勢，兩法中不管何法均需尋找地面持續存在地面點，亦即該點同調性（coherence）需保持相對較高方能使用，唯 PS 法需至少 20 幅以上合成孔徑雷達影像方能獲得較為精確解，如收集資料尚未達到 20 幅影像，可採用 SBAS 法進行分析。表 2 中列出目前運作中常用於差分干涉合成孔徑雷達影像，沒有運作中的合成孔徑雷達衛星資料仍可購買且價錢較低，由表中可看出各種不同波段衛星及國家政策目標不同，影像售價也不同，如侷限於預算，可使用 Sentinel-1A/B 的影像，其個別再訪週期均為 12 天，兩者搭配有機會可以取得間隔 6 天的影像；使用各種波段進行地表變形分析時需注意波長越長可以偵測到變形越大，且波長越長對於植生反射能力越佳，由過去經驗顯示，台灣山區除非高度開發地區使用 C 波段勉強可以進行偵測，而 L 波段效果較佳，然於平原地區使用何種波段均無太大差別。

表 1 連續式差分干涉合成孔徑雷達變形解算模式

PS (Persistent Scatters) 永久散射法	SBAS (Small Baseline Subset) 短基線法
獨立、不相關運動	空間相關運動佳
平滑連續時間觀測	可以處理時間上非連續資料
兩次資料取得時間受變形速率限制	兩次資料取得時間受時間相關性限制
PS 點上相當精確	稍微不精確
線性變形較佳	可進行多項式變形模型或無參數變形模型

表 2 運作中常用雷達影像相關資料

衛星	波段	波長	解析度	價格	國家
Sentinel-1A/B	C	5.6cm	5 ~ 20m	免費	歐盟
ALOS PALSAR-2	L	23cm	1 ~ 100m	24 ~ 40 萬日幣	日本
TerraSAR-X	X	3.1cm	1 ~ 16m	420 ~ 1400 歐元 (3m 解析影像)	德國
Cosmo-Skyrmed 2	X	3.1cm	1m	單幅 6000 歐元 / 多幅優惠	義大利

2016 美濃地震

2016 年高雄美濃地震發生於是 2016 年 2 月 6 日，美濃一帶災害不大，但臺南市震災相對嚴重，發生多處地滑甚至液化為主的災害及維冠大樓的倒塌，災害政府單位及學術單位分別對各種災害發生地點進行了廣泛的調查，為了瞭解美濃地震產生的影響，在本文利用了日本 JAXA ALOS-2 的影像及歐洲太空總署 ESA 的 Sentinel-1A 的影像，產生出來的干涉條紋如圖 3 及圖 4 所示，其中日本的 ALOS-2 衛星一般對台灣取像時間間隔較長，但地震後日本 JAXA 於 2 月 18 日對台灣取像，圖 3 所得的結果是 3 個月內時間基線結果，但仍可看出干涉環的存到，而圖 4 的歐洲太空總署 Sentinel-1A 是常態固定 12 天取像，所以可以看出相當漂亮的干涉環，干涉條紋的存在在這邊以 RGB 循環的色彩呈現，每一個 RGB 循環的呈現色彩代表了相對於半個雷達波長的變位，但此時變位是地表相對衛星（Line of Sight, LOS），干涉圖中有一處是 GPS 連續追蹤站，根據中央研究院 GPS Lab 查詢後該站編碼為 LNCH，向中央研究院申請下載該站美濃地震期間資料繪製高程變化如圖 5 所示，從圖 5 可以看出美濃地震期間該站高程上升約 8 ~ 10 公分，對比 ALOS-2 約為半個波長，而 Sentinel-1A 則約為 5 個波長，與圖 3 和圖 4 所呈現的干涉條紋一致，但兩者此時無法對比，仍需要將 LOS 的變位轉為垂直向方能與 GPS 觀測資料比較。

除此之外，從干涉條紋也可以觀察出可能的斷層構造，除了圖上南北向及東北—西南向的構造外，有一處較為明顯的干涉條紋處為中寮隧道通過位置，中寮隧道由於斷層通過造成隧道隆起淨空不足及隧道口高架段可能落橋危險，已進行部份隧道拆除及高架段改路堤施工，取中寮隧道位置 2015 年至 2019 年的歐洲太空總署 Sentinel-1A 雷達衛星訊號進行分析，可獲得年變形速率如圖 6 所示，可以明顯看出斷層通過位置及兩側地表抬生及下降情形，此圖中已將地表變形資料轉為垂直向，可與 GPS 觀測資料或水準觀測資料進行比對。

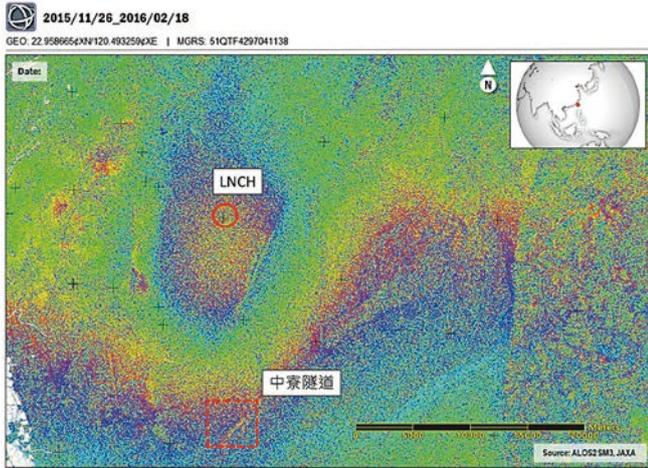


圖 3 採用日本 JAXA ALOS-2 分析所得的干涉條紋

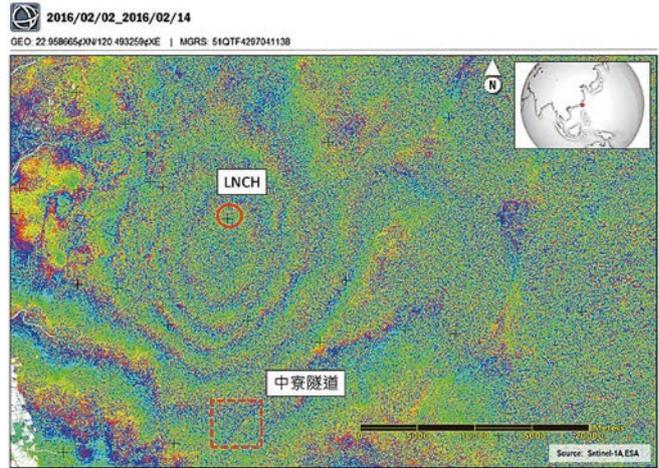


圖 4 採用歐洲太空總署 ESA Sentinel-1A 所產生的干涉條紋



圖 5 中央研究院 GPS Lab 提供之 LNCH GPS 連續追蹤站美濃地震期間高程變化

2018 花蓮地震

2018 年 2 月份花蓮地區出現連續的地震，於 2 月 6 日 23 時 50 分 42.6 秒出現芮氏規模 6.0 地震，花蓮、太魯閣及南澳測站測得震度七級，同時造成多處房屋傾

斜倒塌、17 人罹難之意外，地震後對於地震肇因是否由斷層或其他活動造成第一時間難以分辨，主要原因均指向米崙斷層之活動，於是本文取用歐洲太空總署提供之合成孔徑雷達衛星 Sentinel-1 號衛星資料進行分析，Sentinel-1 衛星分為 A 及 B 兩顆衛星，其再訪週期均為 12 天，兩顆衛星分別在不同軌道運行，交錯運行時可以取像時間可縮短至 6 天取得一幅影像，本文取用兩兩一幅進行分析，分析時參考地形使用內政部 5 公尺解析之數值地形，分析所得干涉條紋 (fringe) 如圖 7 所示，分析副像 (終止) 時間分別為 2 月 3 日、2 月 5 日及 2 月 9 日，前述提及干涉條紋出現時顯示地表可能出現變形，觀察圖 7 中時間序列干涉條紋可發現，截至 2 月 3 日時受力變形位置主要出現於南側的嶺頂斷層西側 (圖 7(a))，於 2 月 5 日時則集中至北側米崙斷層東側 (圖 7(b))，最後於 2 月 3 日至 2 月 9 日的像對出現明

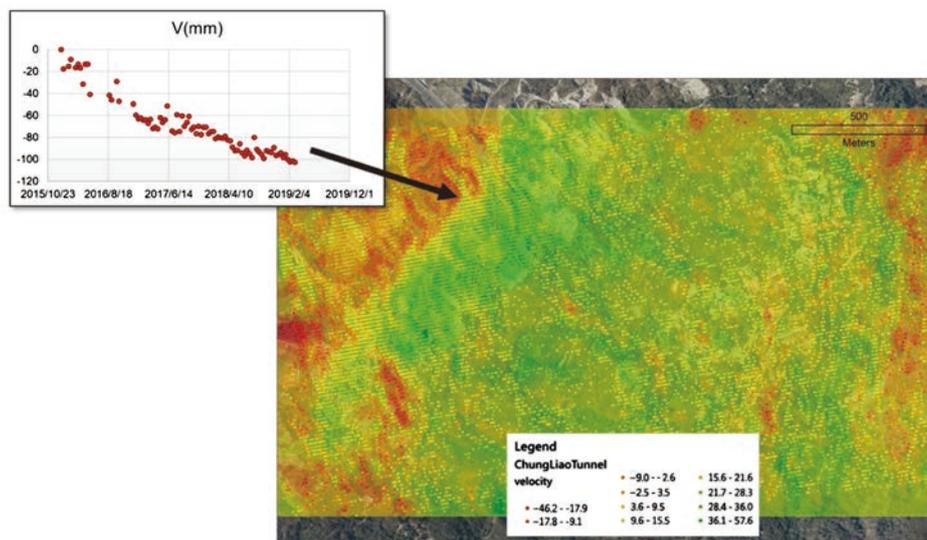
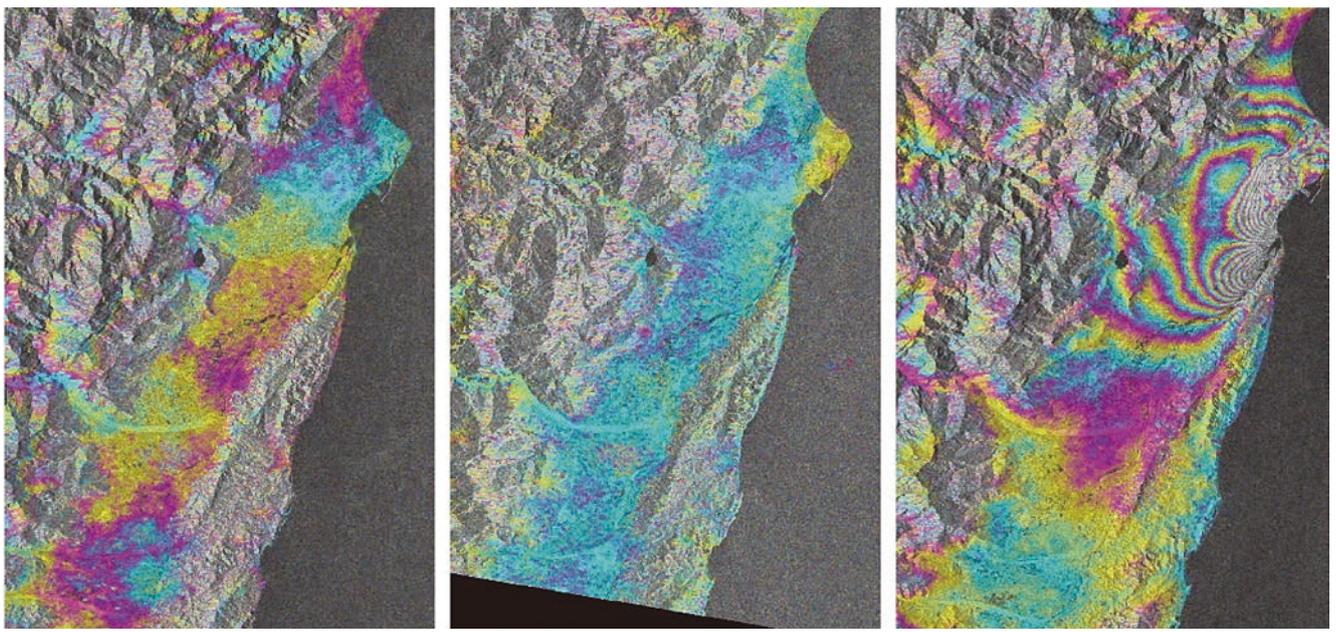


圖 6 中寮隧道 2015 年至 2019 年由雷達衛星訊號分析獲得之垂直向年變形速率 (mm/year)

顯干涉條紋，由圖 7(c) 中干涉條紋雖可觀察出變形集中位置，唯對於工程觀點而言無法有效研判變形方式，於是將干涉產生的相位差予以還原則可以解算得地面點相對衛星的距離變化 (Line of sight, LoS)，但是 LoS 無法與衛星追蹤站觀測資料比對，於是本研究將 LoS 資料再分析拆解其垂直向量製圖，以變化 2 公分間距為等高線繪圖如圖 8 所示，由圖中可知北側為沈陷，其最大值为

12 公分，而南側為升高，最大值为 36 公分。

然連續分析是否有機會追蹤或提前得知地震前兆？本文中嘗試以 2016 年底至 2018 年初歐洲太空總署資料進行分析，所得垂直向變化如圖 9 所示，從事後來看，2017 年 10 月開始該處的地表已經加速呈現下降的情形，如能從其他觀測成果獲得同樣結果，此一方法可以提供部份地震預警參考。



(a) 2018/1/22 ~ 2018/ 2/3 (b) 2018/1/12 ~ 2018/2/5 (c) 2018/2/3 ~ 2018/2/9

圖 7 0206 花蓮地震震前及同震干涉條紋

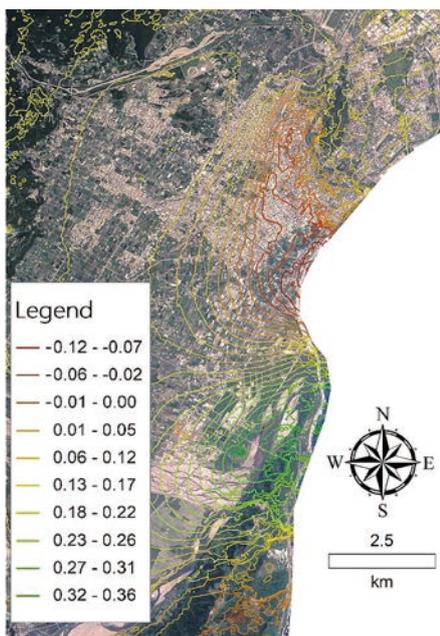


圖 8 0206 花蓮地震 2018/2/3 ~ 2018/2/9 DInSAR 地表垂直變形 (單位: 公尺)

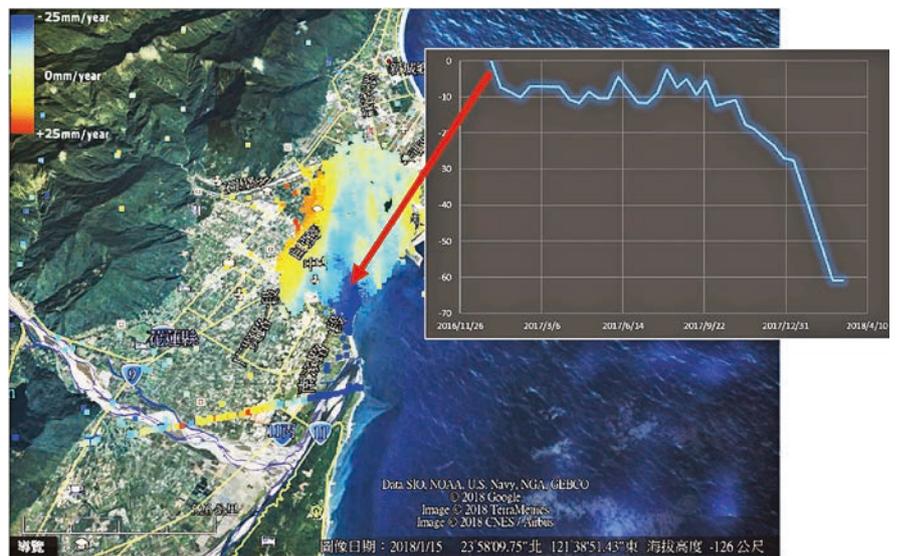


圖 9 花蓮地震前至地震發生後之序時地表垂直變化 (mm)

地層下陷

差分干涉方法於空曠地區可獲得更高精度成果，於解算本次花蓮地震時因採用 Sentinel-1 合成孔徑衛星資料，每幅資料可涵蓋半個台灣範圍，解算出干涉條紋時發現台灣西部出現一組干涉條紋如圖 10 所示，可能出現半個 Sentinel-1 波長之沈陷，將干涉條紋解算為地表垂直變形後切一剖面由西至東結果如圖 11 所示，由圖中可知此處確實出現沈陷錐，對比坐標位置發現沈陷中點位置附近有一內政部國土測繪中心衛星追蹤站，此一位置 DInSAR 解算之高程變化為降低 18.6 mm。

為驗證此一成果，本研究嘗試取得衛星追蹤站 GPS 變化資料，向國土測繪中心購買 2018 年 2 月 1 日至 2 月 9 日日臺西及北港兩衛星追蹤站 RINEX（每秒）資料自行進行點對點解算，解算時以北港衛星追蹤站為參考站，取得臺西站高程變化，假設北港衛星追蹤站之高程變化為 0，獲得之臺西衛星追蹤站高程變化如圖 12 所示，由圖中可知，與 DInSAR 解算相同時間（2 月 3 日至 2 月 9 日）之高程降低為 18.6 mm，而 DInSAR 解算成果為高程降低 19.2 mm，兩者成果相符，但觀察臺

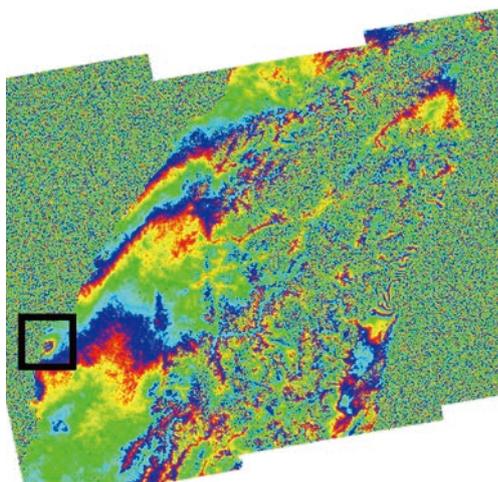


圖 10 2018/2/3 ~ 2018/2/9 北台灣同震干涉條紋

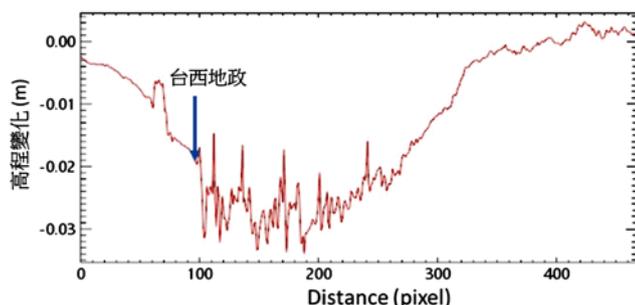


圖 11 2018/2/3 ~ 2018/2/9 DInSAR 台西鄉由西至東地表垂直變形

西站高程變化，與 2 月 6 日地震並無直接關連情形，而屬於持續降低，冬季期間高程持續降低是否與地層下陷有關或屬於季節性的高程上升下降趨勢，但觀察其變形加速時間點與停止時間點，或與該地四周均為養殖魚塢有關，在冬季期間養殖業者於部份時段抽取地下水，造成些微地層下陷，於停止抽水後下陷停止，但此部份本文僅就 GPS 及 DInSAR 兩者得出此一觀測討論，無法證實業者是否抽取地下水，本文目的僅在於驗證 DInSAR 成果可有效觀測地表變形量。



圖 12 以北港衛星追蹤站為參考站解算臺西衛星追蹤站高程變化成果

潛在崩塌觀測 — 以台北市為例

多時序差分干涉合成孔徑雷達影像比對及變形分析主要針對 6 處敏感性邊坡分析，分別為文山區貓纜 T16 及 T21 塔柱周邊邊坡，南港區舊莊街 2 段 334 號附近邊坡，內湖區 CGS-0624-NH-082、北投區陽明大學邊坡、士林區萬溪（主線）5 K + 250 ~ 5 K + 700 等。分析目的係瞭解邊坡是否產生潛移，並進行後續對策因應，考量是否有足夠觀測影像資料可以同步驗證，影像主要採用歐洲 Sentinel-1A/B 分析，觀測資料使用區間以 2017 ~ 2018 年為主及近年有災害事件者針對該年度區間進行影像判釋及分析，歐洲太空總署衛星通過台灣主要有兩個軌道，其相對軌道編號分別為 69（上升軌）及 105（下降軌），按照台灣地區衛星通過位置，邊坡主要坡向朝東分析結果較佳為上升軌道之 69 號，主要坡向朝西分析結果較佳則為下降軌道之 105 號，此外，由於衛星繞行為南北向，主坡向為南向或北向由於與衛星運行軌道同向，所得結果精確度相較於東西向較差，本文中遭遇主坡向為南北向時同步使用上升軌道及下降軌道測試分析結果，將各邊坡分析結果列如表 3 所示。

表 3 各邊坡分析條件彙整表

編號	位置	分析採用軌道	主坡向	備註
1	文山區／貓纜 T16 塔柱周邊邊坡	105	西	
2	文山區／貓纜 T21 塔柱周邊邊坡	69/105	南	105 雜訊較高
3	北投區／陽明大學邊坡	69	西南	
4	士林區／萬溪(主線) 5K+250~5K+700	105	西	
5	內湖區／CGS-0624-NH-082 邊坡	105/69	南	69 雜訊較高
6	南港區／舊莊街 2 段 334 號附近	105	西南	

分析結果顯示此六處邊坡均有速度不一之變形，故挑選部份邊坡進行現勘，圖 13 為貓纜 T16 塔柱周邊邊坡分析結果，於邊坡治理範圍內有部份的邊坡變形速率較高，於現場勘驗時尋找比對分析結果是否正確，圖 14 為現場勘驗時構造物裂縫情形，可知雖地表

有部份植生但分析結果仍具有參考性。

另於陽明大學分析結果如圖 15 所示，陽明大學內有部份位置地表變動量較高，尤其範圍內之操場，現場勘查照片如圖 16 所示，由圖中可知勘驗結果與 DInSAR 分析結果一致。

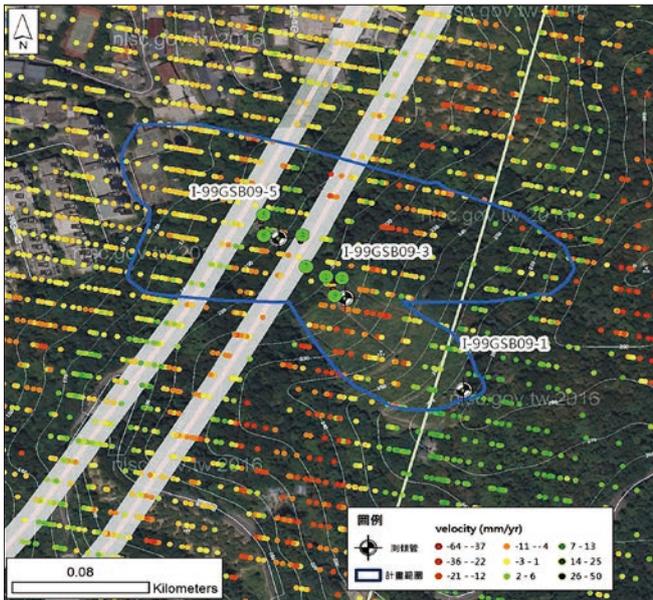


圖 13 貓纜 T16 塔柱周邊邊坡現勘位置圖

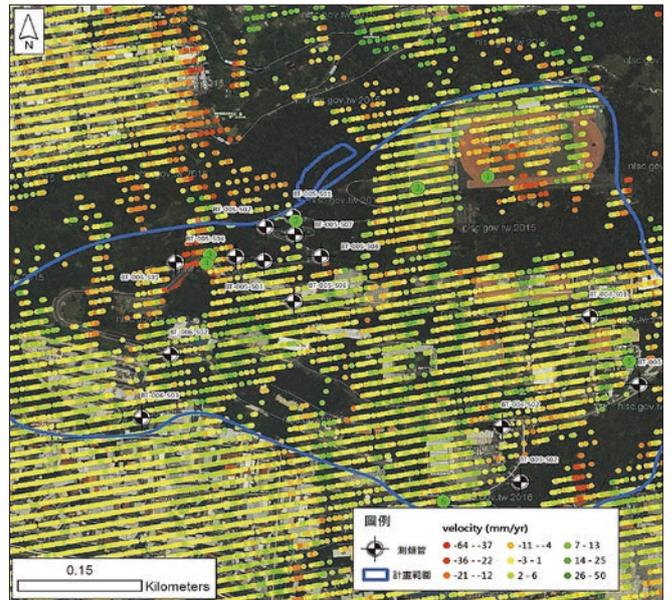


圖 15 陽明大學邊坡現勘位置圖



圖 14 圖 13 中點位 3 之構造物裂縫



圖 16 點位 1 邊坡上方操場產生龜裂

為測試是否能由此一遙測分析模式早期預警，挑選 2019 年 10 月 1 日米塔颱風期間發生崩塌位置進行分析，士林區至善路三段 150 巷邊坡分析時間為 2017/03 ~ 2019/06，分析坡向為西向，將連續式差分干涉合成孔徑雷達分析成果繪如圖 17 所示，圖中包含整體垂直變形暈染圖及等高線，藉由此兩種圖資可以快速找到崩塌頭部或崩塌界線如圖中之紅色虛線所示，兩虛線間之為變形最高地方，現場勘查時間為 2020 年 2 月 20 日如圖 18 所示，由圖中可以看出地表陷落情形，值得注意的是圖 17 的分析結果僅至 2019 年 6 月，並未涵蓋米塔颱風事件，為尋找可能促發時間，選擇崩塌線附近取出連續式變形資料如圖 19 所示，由圖中可知至善路三段 150 巷促發時間可提前至 2018 年 7 月，如能早期發現及現勘確認可儘早提出改善方案。

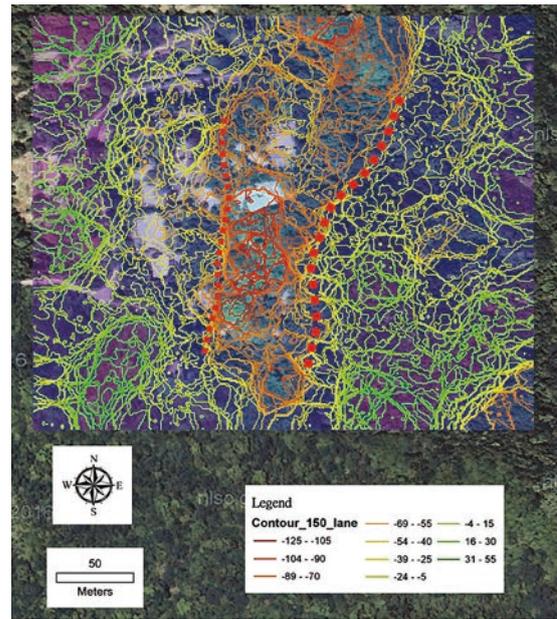


圖 17 至善路三段 150 巷連續式差分干涉合成孔徑雷達位移分析成果



圖 18 至善路三段 150 巷分析結果中變形速率最高位置現地勘查照片

結語

本文利用差分干涉方法分析地震、地層下陷及坡體滑動監測之可能性，結果顯示此一方法可快速獲得大面積的變形資訊，對於地表變形及方向均可掌握，於美濃地震及花蓮地震時獲得的地表變形資訊或可提供斷層細部調查的參考，地層下陷的位置可提供水資源規劃的建議，坡體滑動的監測如能保持持續性的關注，可提前部署監測系統，有機會在災害發生前發佈警告訊息通知影響範圍民眾及政府後續避災規劃參考。

本研究提供成功案例，但差分干涉合成孔徑雷達雖可於夜間或雲霧遮蔽時進行，但仍有其限制諸如由側視衛星造成的觀測角度、變形量過大、地表植生過密等問題，使用時對於產生之結果仍應審慎評估。

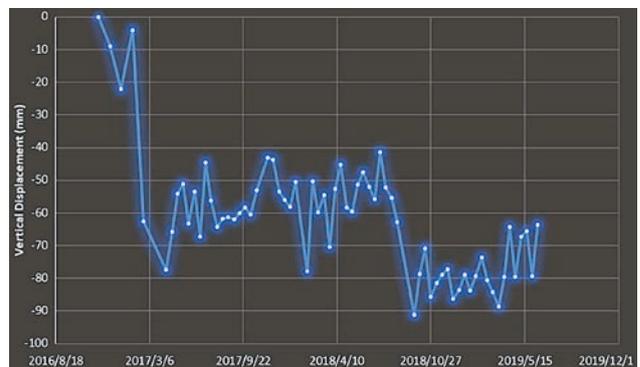


圖 19 至善路三段 150 巷崩塌頭部連續變形圖

參考文獻

1. 謝嘉聲、史天元 (1999), 「以雷達干涉量測技術產生數值高程模型資料實作探討」, 地圖, 第十期, 第 69-82 頁。



應用 IoT 與 MEMS 於 坡地監測系統之開發經驗分享

謝佑明 / 國立臺灣科技大學營建工程系資訊科技組 副教授

臺灣地區多山少平原，無論公共建設或私人建案都必須往山區發展，以滿足民生或工業建設需求。近年來由於全球暖化，短延時強降雨的極端氣候事件出現頻率愈來愈高，其對於山坡地安全性極為不利，因此山坡地監測技術無論在範圍和密度上都有其提升的必要性。物聯網（IoT, Internet of Things）或稱智慧聯網為近十年來一個新興的時髦術語（buzzword），泛指將裝置連接至網際網路，並有眾多控制器、MEMS 感測器、與通訊模組圍繞此概念被開發出來，而時髦的好處是相關產品大量生產而價格低廉，擁有極佳的效能 / 價格比，具有提升山坡地監測密度的潛力。本文將分享利用 IoT 相關軟硬體技術開發坡地監測裝置的經驗，並期望未來能看到更多土木營建方面的自動化監測設備能加以應用。

緒論

臺灣是個多山的小島，也為全世界平均人口密度前 20 高的國家。如圖 1 所示，全臺灣約一半的人口居住於圖中紅點處，也代表了若是民生經濟若要能持續發展，山坡地的開發與利用勢在必行。然而坡地開發的安全性近年來屢屢由於地震、強降雨、與老化的測試與挑戰，而發生了如小林村與國道 3 號 3.1K 的事故，使得自動化坡地監測技術愈來愈受到重視。而未來所需監測的範圍勢必將愈來愈大，且監測的空間密度需求也將愈來愈高，因此需要引入新技術，使得自動化監測成本能有效降低。

IoT (Internet of Things) 一詞傳由 MIT 的 AutoID 中心共同創辦人 Kevin Ashton 於 1999 年所創造^[2]，當時主要是為了發展 RFID (Radio Frequency Identification) 標準以協助物流管理，之後逐漸轉變為各式裝置連接至網際網路 (Internet) 的代名詞並透過網際網路進行資料交換。思科 (Cisco, 主要的網路交換器製造商) 則認為 IoT 約在 2008 至 2009 之間真正誕生，因為在該時間點上連接至網際網路的裝置數量已經超過了網際網路上人類的數量了^[3]。圖 2 整理了



圖 1 臺灣 90% 人口所居住區域^[1]

Google 的趨勢分析 (trends.google.com) 數據，由圖中可知全世界 IoT 的熱搜程度在 2014 年後快速上升，而這三年為 IoT 最為熱門的時段。而 IoT 的熱門代表著在無論在感測器 (sensors)、微控制器 (sensors)、與通訊模組 (communication modules) 在市場上有著多樣的選擇，且在成本上由於大量生產而能有著低廉的價格，而在開發上也能在全球資訊網 (World Wide Web) 上找到充份的學習資源與尋求幫助的論壇。

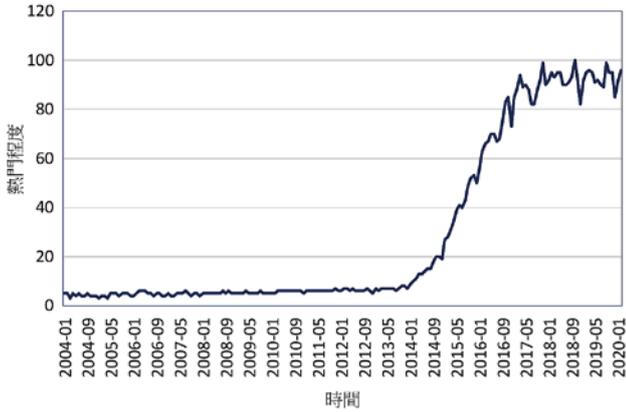


圖 2 Google 趨勢分析上 IoT 搜尋的熱門程度

本文將介紹使用熱門的 IoT 相關技術開發應用於坡地監測的裝置，該裝置具有的功能列於表 1。本文將介紹所選擇使用的硬體、軟體與伺服端程式開發，以及各種開發中的心得，以期能達到拋磚引玉的效果，看到未來有更多應用 IoT 相關技術的土木營建監測儀器被開發出來並應用於守衛國土安全。

表 1 本文所開發的坡地監測儀器所具有的功能

物理量	說明
振動	以 200Hz 讀取三軸向加速度，並將時間、三向加速度值、與溫度儲存至 MicroSD 記憶卡，16GB 的記憶卡可以記錄約 11 個月的振動資料。
傾斜	依指定時間間隔將三軸向加速度轉換為雙軸向的傾斜度，並透過網路回傳中央伺服器。
溫度	依指定時間間隔讀取當時的儀器所感受到的氣溫。
時間	記錄資料的時間。
—	可透過 ssh 遠端登入更新系統程式，並下載所有監測資料。
—	將 USB 隨身碟插入 USB 埠後會自動將監測資料轉移至隨身碟上，以方便資料下載。
—	透過燈號提示使用者目前的運作狀態
—	每一小時將前一小時所記錄的監測資料進行壓縮，使記憶卡能儲存更長久的監測資料
—	定時將過舊的監測資料刪除，使記憶卡上若太久沒有去下載資料時，仍能記錄新的監測資料

硬體設計

本文所開發的監測儀器之區塊圖如圖 3 所示，其中連線的部份即為製作時需要連接電線的部份，線上的文字代表的是連接線路上所使用的數位介面種類 (I2C、One-wire、USB) 以及所需供電電壓 (3.3V、5.0V)，而各區塊所代表的模組或元件整理如表 2，並於後文加以說明並分享一些心得。

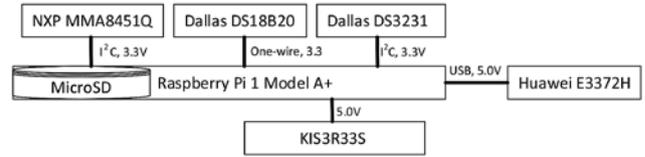


圖 3 本文介紹監測儀器之區塊圖

表 2 監測儀器中的主要元件或模組

類型	品名	簡要說明
控制器	Raspberry Pi Model 1 A+	運行所撰寫之監測程式，由各感測器取得資料並進行處理，並於預設時間間隔透過通訊模組將資料回傳中央伺服器。
感測器	NXP MMA8451	基於微機電技術的數位型三軸加速度計。 加速度之解析度：0.25 mg。 傾斜解析度 0.25/1000、0.014°、或 51 弧秒
	Dallas DS18B20	數位型溫度感測器
通訊模組	Huawei E3372H	USB 介面的 4G 網卡，用以連結至行動網路
儲存裝置	MicroSD 記憶卡	用來記錄收集的監測資料
時鐘模組	Dallas DS-3231	用來保存在系統重置或斷電時真實世界的時間
電源轉換	KIS3R33S	用來將 7-24 伏特的直流輸入電壓轉換為 5 伏特以供應電源給單板電腦

控制器

控制器一直是自動化監測儀器的核心，負責與不同感測器與模組進行溝通與控制，以執行自動化監測的任務。在目前自造者 (maker) 圈子中，最流行的兩種選擇為 Arduino 與樹莓派 (Raspberry Pi)。

Arduino 原為義大利 Ivrea 互動設計學院在西元 2005 年所開發出來^[4]的開發板 (development board)，讓非電子資工背景的學生能夠很容易地創造出與物理世界互動的裝置，並採取開放原始碼 (open source) 的方式將其硬體設計、韌體 (boot-loader)、與配合的整合式軟體開發環境 (IDE, Integrated Development Environment) 皆開放出來。也由於其開放的特性，如今可以在市面上買到各種形式與價格的 Arduino 相容開發板。

樹莓派為英國樹莓派基金所開發釋出運行 Linux 作業系統的單板電腦 (single-board computer)，亦即在一張板子上即擁有個人電腦的完整功能。樹莓派基金會為一英國的非營利組織，其宗旨在於促進電腦科學 (computer science) 的教育與相關主題^[5]。基金會在西

元 2012 年釋出第一代的樹莓派單板電腦 Raspberry Pi 1 Model B，定價為美金 25 美元，之後又出了另一 20 美元的版本 Model A，其移除了乙太網路與 USB Hub，使得體積更小而且價格更低。之後每一年至一年半都有一新版本上市，而更新版本常伴隨著更強大的效能、新增加的網路功能 (WiFi、藍牙)、與略為上揚的價格。

Arduino 與樹莓派兩者的硬體比較列於表 3，其中可以看到樹莓派可提供的效能與記憶體數量遠勝於 Arduino，但伴隨著的是略高的耗電與價格。另外兩點可能很重要的差異，其一是 Arduino 板本身並無記憶卡插槽，故其無法安裝如 MicroSD 記憶卡儲存大量的資料，而樹莓派則必要安裝記憶卡才能運作，但安裝容量愈大的記憶卡，則可在其上儲存愈多的監測資料。另一主要差異是樹莓派沒有 ADC (analog-digital convertor)，因此無法直接連結類比 (analog) 感測器 (感測資料是以類比的電壓或電流方式傳出)。然而由於 Arduino 的 ADC 解析度僅為 10-bit，其實不適用於高精度的監測，故若要達到高精度讀取類比感測器的讀值時，無論 Arduino 或是樹莓派都需要另外連結如 ADS1211 [6] 的 ADC 模組，將其訊號轉換為 SPI (Serial Peripheral Interface) 或 I²C (Inter-Integrated Circuit) 可讀取的數位訊號。而表 3 中的 SPI、I²C、以及 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 都是常見的標準數位介面，數位型 (digital) 的感測器往往可以使用其中的一種或以上連接至控制器。其中前兩者通常是針對在同一塊電路板上不同晶片之間的溝通，而 UART 則是以導線與不同電路板作較遠距離溝通時使用。USB 相信讀者們並不陌生，它是個人電腦連結週邊設備的標準介面。基本 Arduino 無法連結一般 USB 週邊裝置 (網路卡、USB 儲存裝置等)，但樹莓派可以。CSI (Camera Serial Interface) 則是連接攝影機模組的標準介面。

除了表 3 所列 Arduino 與樹莓派硬體上的差異外，在軟體開發上可用的資源也有著相當大的差異。Arduino 由於是開放原始碼的專案，無論硬體、韌體、或是開發環境上都有網路社群的貢獻與資源可以使用，但是它畢竟是屬於單一硬體架構下的軟體開發，因此它的軟體資源僅限於 Arduino 這個環境。相對而言，雖然樹莓派似乎也是單一硬體架構，但由於其上運行的是完整的 Linux 作業系統，因此即使是其它硬體環境下所開發出來的軟體，只要不涉及特殊硬體，一

樣可以運行於樹莓派上，也因此在樹莓派上可輔助開發的資源，例如程式庫，是遠遠多於 Arduino 的。而進一步地，樹莓派上可以選用多種的程式開發環境，如 C、C++、Python、Node.JS、PHP 等等，但在 Arduino 上選擇就非常受限。

然若耗電量為主要考量時，無論 Arduino 或是樹莓派都不是很理想的選擇，筆者過去指導的研究生使一基於義法半導體 (STMicroelectronics) 之微處理器 STM32F103C8T6 之便宜開發板 (低於新台幣 200 元) 並針對其供電電路進行修改，且在韌體開發上使用了處理器的省電模式，可得到含感測器電流消耗 5.4 mA [7]。

綜合前述因素，包含了較佳的效能、較大的記憶體、可使用記憶卡儲存監測資料、可使用 USB 擴充、以及豐富的軟體開發資源、以及供電無虞的條件下，本文所介紹之監測儀器使用如圖 4 之樹莓派 Model A，作為主控制器。

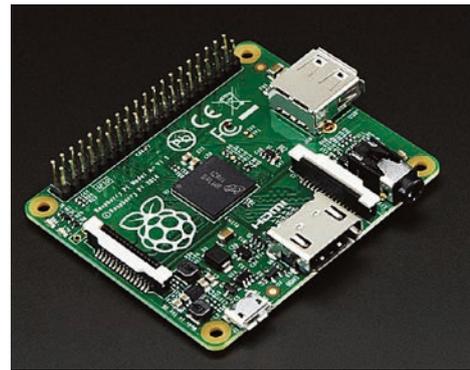


圖 4 樹莓派 Raspberry Pi 1 Model A+

表 3 Arduino 與樹莓派的硬體比較

	Arduino [a]	Raspberry Pi [b]
工作時脈	20MHz	700MHz
記憶體 (RAM)	32KB	512MB
運行時電流 (mA) [c]	46.5 [d]	100 [e]
價格 (新台幣) [f]	742	1063
記憶卡插槽	無 [g]	MicroSD
ADC	10-bit	無
I ² C	有	有
SPI	有	有
UART	有	有
USB	無	有
CSI	無	有
網路功能	另外購買 [h]	另外購買 [i]

[a] Arduino Uno Rev. 3

[b] Raspberry Pi 1 Model A+

[c] 無連接任何感測器時量測到的電流消耗

[d] <http://www.gadgetmakersblog.com/arduino-power-consumption/>

[e] <https://raspi.tv/2014/raspberry-pi-a-how-much-power-does-it-need>

[f] <https://www.digikey.tw>，其它網路商店可以找到更優惠的價格。

[g] 可外加記憶卡模組，但需另外購買且會佔用數位介面。

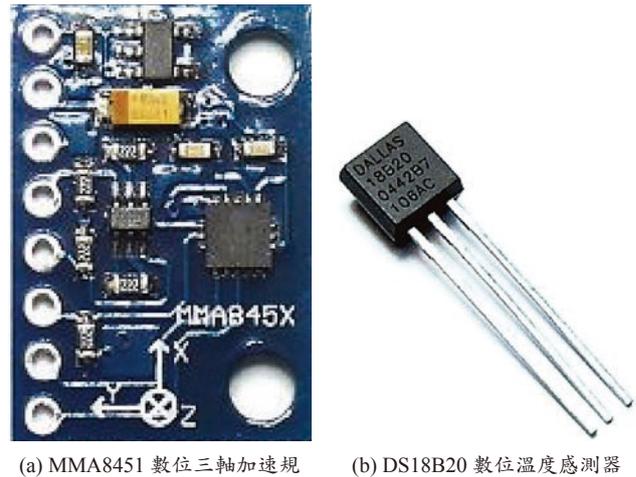
[h] 主要使用 UART 介面以及 AT 指令集，速度受限於 UART 的速度。

[i] 可使用如 [g] 所述之 UART 介面，也可使用標準 USB 網卡，速度較快。

感測器模組

所謂感測器模組 (sensor module) 如圖 5(a)，為廠商將特定感測器晶片依該感測器所建議之電路焊接於模組之電路板上，並將可能需要連接的接腳引出至電路板上易於連接處 (如圖 5(a) 左側的圓洞)。在選擇感測器模組時，有以下幾個重要因素需要考慮 (1) 使用介面、(2) 模組電路供電電壓 V_{cc} 、(3) 介面電壓以及 (4) 感測器規格。其中使用介面通常與感測器一致，可以感測器的規格書中找到。供電電壓與介面電壓則必需從模組的說明書或規格書找到，介面電壓通常為 5V 或是 3.3V，對應於 Arduino 與樹莓派的數位介面電壓，也有的模組會內含電壓準位轉換模組 (level shift)，使其模組可同時應用於 Arduino 與樹莓派。至於 4 的感測器規格，則依需求加以選擇。為了量測振動訊號，本文介紹之裝置使用了 NXP MMA8451^[8] 這顆基於微機電系統 (MEMS, Microelectromechanical Systems) 技術的數位型三軸加速度規的感測器模組，如圖 5(a)，其透過 I²C 數位介面連接於樹莓派，並使用樹莓派所提供的 3.3V 接腳作為其電源。MMA8451 是在 2011 年時所能找到 14-bit 解析度、低雜訊、便宜、且易取得的三軸加速規，其主要市場其實是應用於智慧型行動裝置如手機、平板電腦等以偵測手機的姿態^[9] 以及是否有動作等的感測器。熟悉訊號量測的讀者可能會覺得 14-bit 解析度並不高，但由於這類應用於消費性電子產品的三軸加速規其雜訊並不低，以 MMA8451 這顆規格書^[8] 上所給出的雜訊為 $99\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，14-bit 解析度已足夠^[10]，更高的解析度量測的也僅是雜訊的訊號變化而已。而在 2019 年，市場上已經可以找到更低雜訊與更高解析度的數位型三軸加速規模組。而另外應注意的是，數位型三軸加速規除了基本讀取三軸向加速度外，其晶片上往往不僅有將三軸向加速度數位化成讀值，而常常有許多額外的功能或模式，除了基本應設定欲量測的加速度範圍與取樣頻率外，其它尚有許多可能的設定，例如低功耗模式、高解析度模式、低雜訊模式、濾波設定等等。使用時除詳讀基本的規格書外 (例如參考文獻^[8])，也應注意感測器製造商所提供的應用筆記 (application notes, 例如參考文獻^[9,10])，常常可以發現許多有用的資訊。

而由於在過去經驗中，三軸加速規量測到的加速



(a) MMA8451 數位三軸加速規 (b) DS18B20 數位溫度感測器

圖 5 所使用感測器模組與感測器 (大小比例與真實不同)

度與溫度^[11] 關係密切，加速度值或是其換算出來的傾斜度皆需經過溫度的補償校正，才能得到較精準的結果。市面上可取得的數位型溫度感測器中，圖 5(b) 之 MAXIM 公司出產的 DS18B20 算是其中價格便宜、接線容易者。但其數位介面很特別，並非如表 3 中所列常見的數位介面，而是使用其獨有的 one-wire 數位介面，但無論 Arduino 或是樹莓派，都已經可以找到現成的程式碼或模組去取得 DS18B20 的溫度讀值。

通訊模組

為了讓所開發裝置能連上網際網路，且配合臺灣於 2018 年底停止 2G、3G 行動網路的服務並全面邁入 4G 行動網路的時代，而選擇使用了華為 E3372H 之 USB 介面支援 4G/LTE 的行動網卡，如圖 6。將其連接上樹莓派後，系統會多出一張網路卡，並可以網頁瀏覽器瀏覽至網址 <http://192.168.8.1> 以控制是否要連線至行動網路並讀取簡訊。然為了達到自動化監測的目的，筆者另外利用了 bash 並配合 Linux 下常見的工具撰寫了幾個不超過 20 行的小程式以控制此行動網卡以達到程式化控制連線狀態、讀取與清除簡訊等目的。



圖 6 華為 E3372H 之 USB 介面行動網卡

儲存裝置

樹莓派為一單板電腦，其必需使用標準的 MicroSD 記憶卡以儲存其作業系統，官方提供的作業系統為 Raspbian，其中最精簡版本安裝完約略佔據 1.8GB 的記憶卡空間，因此若使用 16GB 的記憶卡，大概會剩餘約 14GB 的空間可用來儲存監測資料。

時鐘模組

在一般個人電腦中，常見一 CR2032 的水銀電池，其供電給電腦中的時鐘模組用來保存與維護電腦在關機未通電狀態下的電腦時間，使其與真實世界的時間近乎同步。在樹莓派上並無此裝置，因此樹莓派開機時若沒有網路連線的話，其系統時間會不同於真實時間。為了能將所記錄的振動資料與真實時間連結起來，故需加裝一時鐘模組。

本文介紹之裝置使用了基於 MAXIM 公司的 DS3231 的時鐘模組，如圖 7，其背面為一 CR2032 水銀電池，正面則可看到兩顆晶片，其中大顆的即為 MAXIM 公司的 DS3231^[12]，其為 I²C 介面的晶片，負責記錄目前時間並處理計時更新的邏輯（e.g. 閏年、每月份不同天數等等）。小顆的則為一額外的 4KB 非揮發性記憶體晶片 AT24C32，對於使用 Arduino 的使用者來說可能值得加以利用，但由於樹莓派已有記憶卡可長期保存大量資料（遠遠超過 4KB），因此本文介紹之儀器並未加以應用。

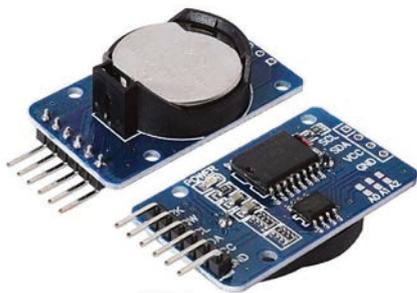


圖 7 DS3231 時鐘模組

電源轉換

在選擇電源轉換模組時，主要考慮 (1) 輸入電壓、(2) 輸出電壓、(3) 最大輸出電流、以及 (4) 轉換效率。

輸入電壓上，一般大地工程自動化監測常使用汽機車電瓶作為其電源，其好處是便宜、量大、穩定性高，但缺點是重量重、體積大（相對於鋰電池）。一般

汽機車電瓶標稱電壓為 12 伏特，但其電壓其實是隨著放電的過程逐漸下降，如圖 7 所示，且與放電電流（圖 8 中的不同 CA）大小相關，而感測器、單板電腦等等電子產品都需要固定且穩定低雜訊的工作電壓輸入，因此需要電壓轉換模組，將電瓶輸出電壓轉換至合適於供給各模組之所需。

在輸出電壓的考慮上，由於樹莓派本身設計上是以 USB 的 5 伏特供電，其板子上已內建降壓模組，將 5 伏特的 USB 輸入電壓降轉為 3.3 伏特與 1.8 伏特供外接感測器與板子上的系統晶片使用，因此前述的感測器、感測模組、與時鐘模組皆直接使用樹莓派所提供的 3.3 伏特作為其電源輸入，我們在設計上只要選擇一電源轉換模組將輸入電壓調節至 5 伏特，並且能供應的電流能滿足所需即可。

在最大輸出電流的考量上，而在所有前述模組或元件中，最耗電者應為 4G 行動網卡，由於其規格上並無說明其所耗費電流，故僅能以最大可能值估算，也就是 USB 2.0 介面規格上提供電壓 5 伏特、電流最大 0.5 安培。雖然樹莓派的規格書上建議使用 5 伏特 2 安培的電源供應器，但 2 安培應該是保守值，如表 3 所列之運行時電流僅為 0.1 安培，並沒有到 2 安培那麼多，應該只有在極端狀況下，如同時撥放影片、進行影片後製、讀寫記憶卡、存取網路等等才有機會到 2 安培。若取用保守值，則電壓轉換模組需能提供 2.5 安培的最大輸出電流。

最後應考量模組轉換效率，轉換效率指的是有多少電能被有效轉換，而用 1 減去轉換效率，即為浪費掉的電能。例如線性降壓（linear regular）模組其轉換效率較差，因其可視為使用一自動調變的可變電阻使輸出電壓降低至目標值，因此其壓降乘以電流的電能會以熱的形式散發出去，而若電流很大時會需要主動散熱以避免降壓模組燒毀，但它所輸出的電壓電流非常的穩定。另一種切換式降壓（switching regular）模組轉換效率較好，可避免電能的浪費，其原理是以極高頻率不斷地開關電路，使其輸出的電壓值平均於目標值，故其壓降不會產生廢熱也不會浪費電能，唯其輸出電壓會有漣波（ripple）的跳動現象，至於其跳動大小應可由降壓晶片的規格書中可以找到。

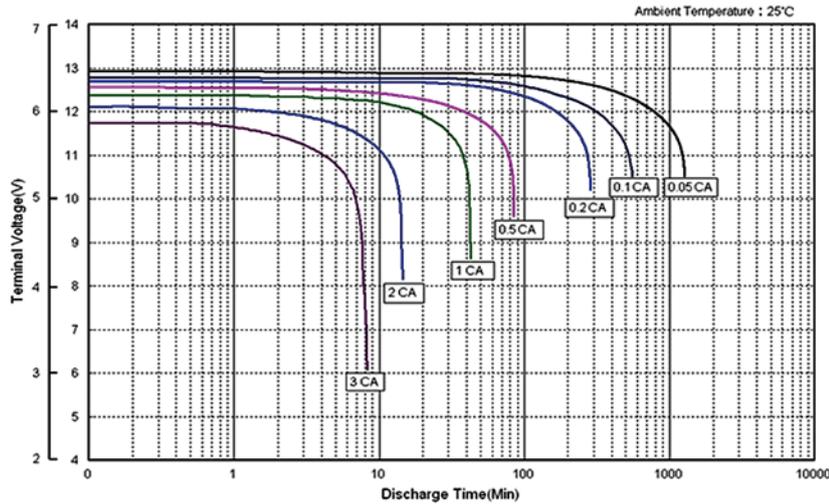


圖 8 鉛酸蓄電池放電曲線^[13]

軟韌體程式開發

在將前述所有硬體正確連接完成後，接下來是開發程式使其運作。所開發的程式主要依循著表 1 所列之功能，以 C++ 程式語言配合如表 4 的第三方程式庫、Linux 下的工具程式、以及多執行緒（multi-threading）技術實現之。其中，yaml-cpp 是用來讀取以 YAML^[14] 格式所撰寫如表 5 的設定檔，讓設定人員在對監測儀器進行組態設定時可以一般文字編輯器進行修改，並可在設定檔中加入註解。bcm2835 程式庫讓 C、C++ 撰寫的程式得以存取樹莓派使用的系統晶片，以透過 I²C 或 SPI 與不同的感測器溝通，並進行感測器的設定（如取樣頻率、過採樣率、使用低雜訊或省電模式等等）與取得讀數。OpenSSH 則為 SSH（Secure Shell）通訊協定的伺服器端與客戶端工具程式，為 Linux 機器上標準的安全遠端登入使用工具。而由於透過 4G 網路連線至網際網路所取得使用的 IP 位址常常為電信商私有的 IP 位址，無法直接從遠端機器直接連線登入系統，此時可用 OpenSSH 的通訊埠轉接（port forwarding）或稱通隧（Tunneling）

的機制，將裝置的 SSH 伺服器所使用的 22 號通訊埠轉接至中央伺服器上的指定通訊埠（如 22222），之後只要以 SSH 連線至中央伺服器的 22222 號通訊埠，即如同直接連線至裝置上的 22 號通訊埠，以克服無法直接遠端登入電信商私有 IP 位的問題。

而在資料儲存上，系統設計時應同時考量 (1) 批次寫入與 (2) 意外斷電時的資料損失。批次寫入指的是在使用基於快閃記憶體長期資料儲存媒介（long term storage，如記憶卡、硬碟等）不宜將監測資料逐筆寫入，而是應累積一定筆數資料後再進行一次寫入的動作，原因是快閃記憶體的壽命是由其被抹寫次數決定，如果沒有累積足夠量大小的資料寫入，會造成不必要的抹寫而降低壽命。如表 5 中的 save_interval 參數設定會累積 1 分鐘的監測資料量於記憶體中，再一次寫入磁碟中，以期能減少快閃記憶體被抹寫次數。然而若在該 1 分鐘期間發生斷電事件，則該分鐘的監測資料會遺失。故該參數愈大有助於延長記憶卡的壽命，但斷電時會遺失較多的資料。

表 4 所使用的第三方程式庫、工具程式、與技術

項目	說明與相連連結
yaml-cpp	用來讀取 YAML 格式的設定檔的程式庫，透過 apt install libyaml-cpp-dev 來安裝使用。 https://github.com/jbeder/yaml-cpp
bcm2835	用來存取樹莓派上的 BCM2835 系統晶片之 I ² C、SPI 等數位介面的 C 語言程式庫，自行由作者網站下載編譯使用。 https://www.airspayce.com/mikem/bcm2835/
OpenSSH	加密存取遠端伺服器的伺服器端與客戶端程式，已預安裝於 Linux 作業系統中 https://www.openssh.com/
lzma	使用 lzma2 演算法壓縮資料檔案的工具程式，已預安裝於 Linux 作業系統中 https://tukaani.org/xz/
usbmount	自動掛載 USB 隨身碟的工具程式，並可自訂掛載完成後要作的動作。
OpenMP	產生多執行緒的程式語言延伸，為大部份現代 C++ 編譯器所支援。 https://www.openmp.org/

表 5 監測儀器設定檔

```

station_id: 123

save_interval: 60          # seconds
temperature_update_freq: 5 # seconds
send_static_tilt_interval: 300 # seconds

data_path: data/          # folder to hold gathered data
days_to_keep: 270        # age of files to keep during cleanup
cleandisk_interval: 12    # hours between disk cleanup
    
```

而為了方便日後資料的整理，所開發程式會將每 1 個小時的監測資料儲存於不同的檔案之中，並將檔名以年、月、日、時的方式取名，例如 2019 年 4 月 1 日 20 點（晚間八點）0 分 0 秒至 59 分 59 秒的資料皆會儲存於 2019040120.bin 資料檔案中。一小時會產生 72 萬筆的振動資料，每筆振動資料皆包含了時間戳記、三軸向的加速度讀值、以及溫度，其所儲存的二進位檔案大小為 10.6MB。以 16GB 的記憶卡扣除掉作業系統與程式所佔空間後約有 14GB 的空間可供使用，因此可儲存約 56 天的監測資料。為了能在一張記憶卡上儲存更多的監測資料，本研究利用了表 4 所列之 lzma 工具程式將每小時的監測資料檔案進行壓縮，平均下來僅需原來的 16.8% 的儲存空間，也就是每小時的資料僅需約 1.78MB 儲存，因此相同的記憶卡可以儲存將近 11 個月的監測資料。

如表 1 所列，本文所開發之儀器在將 USB 隨身碟插入 USB 埠後，會將記憶卡上的監測資料自動地

轉移到隨身碟上，此功能乃透過 Linux 作業系統下的 usbmount 套件達成。此套件的設定檔在 /etc/usbmount.conf，其中需設定所欲支援的檔案系統，近年來大容量隨身碟需額外加入 EXFAT 或 NTFS 檔案系統的支援。另外在 /etc/usbmount/mount.d 目錄下可放入 bash 腳本檔，以在完成掛載後自動化地執行任務，以本儀器而言即為 (1) 改變樹莓派的燈號（透過寫入資料至 /sys/class/leds/led1/trigger 虛擬檔案達成）讓使用者知道檔案轉移已經開始、(2) 移動檔案至隨身碟上以及 (3) 所有檔案移動完成後自動卸載 USB 隨身碟，並改變燈號讓使用者知道資料已經轉移完成，並可以安全地將隨身碟拔除。

而由表 1 的功能列表、前述的介紹、以及表 5 的設定檔內容，可知所開發的軟硬體有數個不同發生頻率的任務需要處理，包括了每 1 秒鐘讀取時間與三軸向加速度 200 次、每 5 秒鐘更新 1 次目前的溫度資訊、每 300 秒計算 1 次目前的傾斜量並將資料上傳中央伺服器、每 1 小時更換 1 次記錄的資料檔案並把前 1 小時的監測資料檔案進行壓縮、每 12 小時進行一次記憶卡的清理，以確保記憶卡只保存指定期限內的資料。由於有許多不同發生頻率的任務，且每個任務的完成時間不固定，因此使用了表 4 中最後一項的 OpenMP 技術以產生多個執行緒，每個執行緒完成一項任務後休眠至下一次任務發生的時間。而所開發的程式其流程圖如圖 9 所示，其中

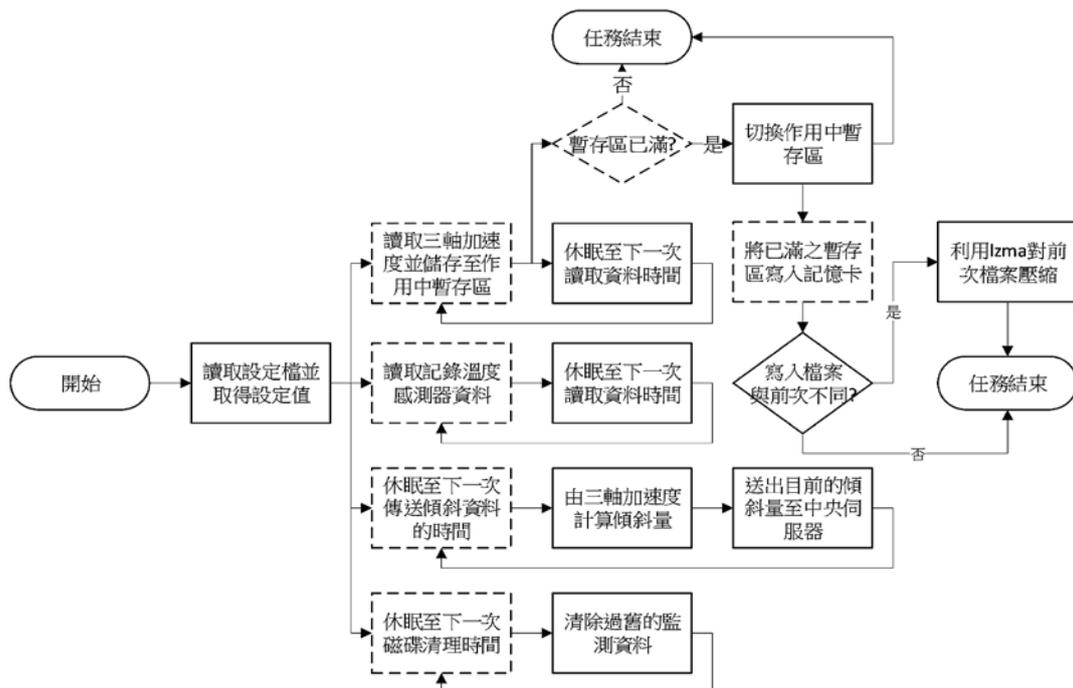


圖 9 所開發監測儀器之主要監測程式流程圖

虛線的部份代表利用 OpenMP 產生出新的任務 (task)，而不同的任務可以獨立而平行地以不同的執行緒執行，由圖 9 中可以看到有四個永不結束的任務，分別讀取加速度、溫度、計算傾斜並上傳伺服器、以及磁碟清理。另外有兩個臨時的任務，一個是當目前的記憶體暫存區已滿時將監測資料批次寫入磁碟、另一臨時任務是在寫入監測資料時，若當前的檔案與前次寫入的檔案不同時，代表前一個小時的監測資料已經寫完至檔案且不會再變動了，故此時可使用 lzma 將其壓縮儲存起來，以節省記憶卡空間。

而在圖 9 的流程中，可看到監測裝置會送出目前的傾斜量至中央伺服器，其乃透過 UDP (User Datagram Protocol) 通訊協定將資料單方向地送往伺服器，換言之在伺服器端也需一程式接收各監測裝置所送出的傾斜資訊。今天有許多新的伺服器程式開發技術，而

Node.JS 是其中的佼佼者。表 6 為伺服器上接收 UDP 封包的程式，其中包含了 (1) 引入 sqlite3 與 dgram 兩模組、(2) 開啟 sqlite 資料庫檔案、(3) 準備監聽 UDP 的 socket、(4) 當收到訊息時呼叫 parse 函式解讀客戶端所送出的監測資料並呼叫 saveDB 函式將監測資料存入 sqlite 資料庫、(5) 開始監聽 12123 通訊埠。注意到表 6 的程式其實為完整的程式，其中僅有 parse 和 saveDB 兩函式的內容沒有列出，由此可知伺服器端程式今日來說可以容易建立。

而資料儲存至中央伺服器後，可開發透過網頁將儲存於資料庫的資料作即時的查詢與呈現。如圖 10 的網頁透過 jQueryUI [15] 在網頁上加入一滑條以決定展示資料的起始時間與終止時間、透過 jQuery [16] 伺服器取得數據資料、並使用 Google Visualization API [17] 將資料以 X-Y 散佈圖的形式進行呈現。

表 6 伺服器接受 UDP 封包的程式

```

let sqlite3 = require('sqlite3');
let dgram = require('dgram');

let db = new sqlite3.Database("data.sqlite", sqlite3.OPEN_READWRITE);
let server = dgram.createSocket('udp4');

server.on('message', function(msg, rinfo) {
  if( msg.length != 0 ) {
    var info = parse(msg);
    info.time = new Date();
    saveDB(info);
  }
});
server.bind(12123);
    
```

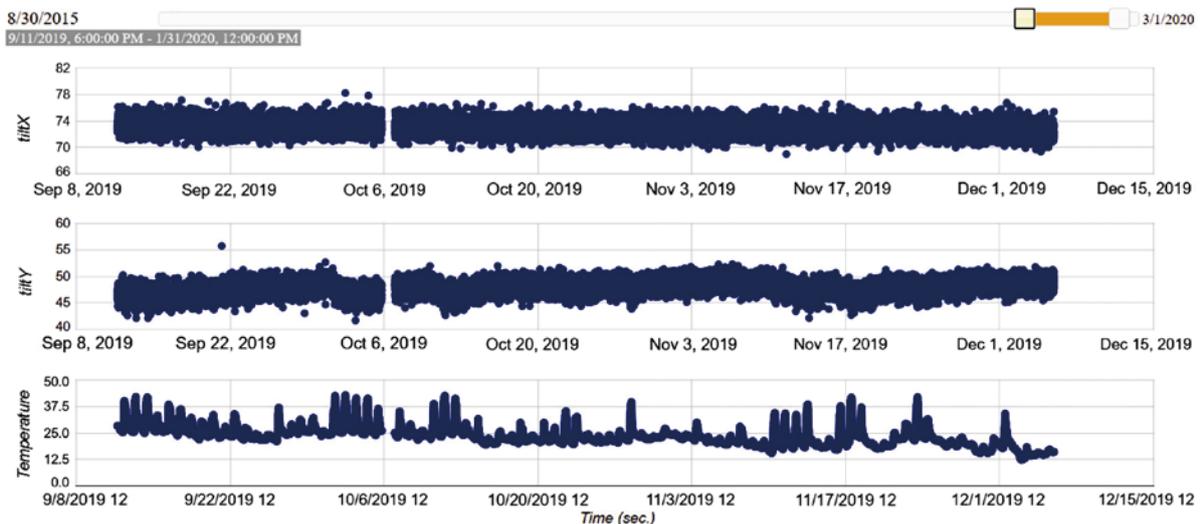


圖 10 透過網頁呈現伺服器上所儲存的監測資料

結語

本文分享了基於 IoT 技術開發的坡地監測儀器，包括其中不同的感測器或模組的選擇考量、其上軟體開發時的設計考量與所使用到的技術、伺服器端的程式開發、以及最終透過網頁呈現資料可用的相關技術。期待本文能達到拋磚引玉的效果，未來能看到更多、更密集、更先進的監測裝置，加入守衛國土家園的行列。

參考文獻

- 林佳賢 (2016), 「你知道台灣 9 成人口住在多少比例的土地上嗎? 4 張圖表看台灣和澳洲的人口分布」, The News Lens 關鍵評論, <https://www.thenewslens.com/article/33862>, 存取於: 2.24.2020。
- MIT AUTO-ID LABORATORY, retrieved Feb. 26, 2020, from: <https://autoid.mit.edu/>
- Evans, D. 2011. "The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything." Cisco Internet Business Solutions Group. Available at: https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf.
- Arduino. (2020, Feb. 21), In Wikipedia, the free encyclopedia. Retrieved Feb. 26, 2020, from <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- Raspberry Pi Foundation (2020, Feb. 21), In Wikipedia, the free encyclopedia. Retrieved Feb. 26, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi_Foundation
- 彭信華 (2009), 「應用三軸加速規於建物傾斜量測之設計與驗證」, 國立臺灣科技大學營建工程系碩士論文。
- 彭敬鈞 (2016), 「三軸加速規於橋梁結構安全監測系統之研究」, 國立臺灣科技大學營建工程系碩士論文。
- NXP Semiconductors (2017), "MMA8451Q, 3-axis, 14-bit/8-bit digital accelerometer." NXP Semiconductors Data sheet: Technical data, Document Number: MMA8451Q Rev. 10.3, 02/2017, From: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MMA8451Q.pdf>
- K. Tuck (2011), "Embedded Orientation Detection Using MMA8451, 2, 3Q." Freescale Semiconductor Application Note, Document Number: AN4068 Rev. 2, 10/2011, from: http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN4068.pdf
- K. Tuck (2010), "How Many Bits are Enough?" Freescale Semiconductor Application Note, Document Number: AN4075 Rev. 1, 09/2010, From: <https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN4075.pdf>
- 王煒剴 (2013), 「以數位式三軸加速規建構傾斜儀之設計與評估」, 國立臺灣科技大學營建工程系碩士論文。
- DS3231, "Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal." Maxim Integrated, Inc., Document Number: 19-5170 Rev. 10; 3/15, From: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>
- GS Battery, Taiwan, 「小型閥控式(密封式)鉛酸蓄電池的特性」, 台灣杰士電池密閉鉛蓄電池技術手冊, From: <https://www.gs-battery.com.tw/knowhow-technicalmanual-5.php>
- YAML Ain't Markup Language., retrieved Feb. 26, 2020, from: <https://yaml.org/>
- The jQuery Foundation, "jQuery User Interface." retrieved Feb. 26, 2020, from: <https://jqueryui.com/>
- The jQuery Foundation, "jQuery with less, do more." Retrieved Feb. 26, 2020, from: <https://jquery.com/>
- Google, "Google Visualization API Reference." retrieved Feb. 26, 2020, from: <https://developers.google.com/chart/interactive/docs/reference>



中國土木工程學會 喜訊報導

陳彥伯局長	榮陞	交通部政務次長
許泰文教授	當選	國立海洋大學校長
薛春明秘書長	榮獲	中國工程師學會 109 年傑出工程師獎
胡宣德教授	榮獲	中國工程師學會 109 年傑出工程教授獎
吳瑞賢教授	榮獲	中國工程師學會 109 年傑出工程教授獎



物聯網於山坡地監測之應用

黃亦敏／逢甲大學土木工程學系 助理教授

方耀民／逢甲大學地理資訊系統研究中心 統合處處長

防災監測一直是國內關注的議題之一，加上近年來極端氣候發生的頻率增加，更突顯對天然災害監測預警的迫切性及重要性。傳統上的防災監測工作，常常需要投注大量人力及物力在硬體建置及軟體規劃上；但隨著科技進步，製造能力的提昇，以及通訊技術的發展，開始出現低功耗感測器及易建置的通訊平台工具，監測系統建置成本降低，創造了無線感測網路等應用在防災監測的機會與環境，促使監測系統開始走向物聯網、跨異質性資料整合的方向。本文以近幾年筆者曾參與的山坡地邊坡監測案例經驗，介紹監測自動化、系統化的具體執行成果，並藉由案例的說明，簡介物聯網的應用方式，希望藉由本文的介紹，拋磚引玉，讓國內各界對物聯網在防災監測的應用更加成熟及普遍，朝向智慧防災的目標前進。

前言

近年來由於全球氣候變遷及極端氣候影響，對台灣先天脆弱的自然環境帶來很大影響，由其近幾年環境災害發生日趨頻繁，而且更有災難級天災出現，並常以複合式災害面貌出現，包括颱風、豪雨、山崩、土石流和淹水等天然災害，常常造成生命財產損失，及嚴重影響人民安全，增加災害預警及應變的困難性，也讓防災監測成為現代社會的首要課題。

在以往傳統的防災監測技術及系統上，需要投入大量的軟硬體建置與人力成本，其中大量成本耗費在硬體配置，也就是現地感測器（sensor）的架設，常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。隨著科技進步，監測方式也由人工量測，演變為全自動記錄及量測；監測系統也由早期提供數據，供人為判斷，逐漸進步成類似專家系統的自動判斷及預警。這些改變都增進了災害監測的能力，但仍需克服各類感測器間異質資訊傳輸及溝通的問題，而物聯網的崛起，正好為此類問題提供解方。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，因應設施多樣、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，系統與資料能夠整合在同一個平台（例如雲端空間）進行無縫介接，完備資料同步化與存取功能，進一步達到協同運作與同步處理，對照台灣複合式災害的特性，正是防災監測及應變的一個新契機。

智慧防災與物聯網監測技術簡介

國內產學研各界皆將防災視為重要的工作，自過去 20 年來，臺灣地區經歷過 921 地震（1999 年）、桃芝颱風（2001 年）、八八風災（2009 年）、高雄美濃地震（2016 年）、花蓮地震（2018 年）等重大天然災害事件，這些颱風豪雨及地震除帶給我們生命財產損失及難以忘卻的創傷外，也讓國內由每次災害事件中累積經驗，知道如何改進及提昇防災能力及能量，國人也逐漸體認到防災預警的重要性。我國在過去幾年中，同時吸收國外災害防救的案例（例如 311 東日本大地震，2010 年），防救災的發展逐步由傳統人工作業，進展到自動化、系統化；由零散資訊到雲端整合平台等的改變（圖 1），並朝向「智慧防災」目標前進。



圖 1 我國防災資訊科技歷程^[1]

「智慧防災」並沒有一個正式的定義，但通常指稱包含自動監測、遠距傳輸、具備遠端監控等功能的防災監測應變系統，可協助決策者或權責單位提昇災害預防、應變及搶救復建之機能的一套系統或平台。基本上「智慧防災」的「智慧」要能體現判斷及預警自動化，並進一步能預測災害的發生。但這通常並不容易實現，經常受限於硬體建置成本及軟體功能開發等諸多因素。但隨著新技術、新科技的發展，例如無人載具（UAV）普及，政府資料開放平台（Open Data，例如 LiDAR、衛星影像等），更好用的軟體工具（GIS，協作平台等），智慧防災的實現已經指日可待。

根據蘇文瑞等人^[1]，我國展智慧防災的方向可歸納為三重點：(1) 結合物聯網技術，強化防災監測網路；(2) 建立政府與民間的共享與協作機制；(3) 災害巨量資料分析與應用。其中第一項就提到物聯網（IoT）技術，這也是智慧防災的基礎，要藉由 IoT 來建構更強大、更廣泛的防災監測網路。由於物聯網在歷經數十年來發展，目前已成為現今 ICT 產業的主流趨勢，資料蒐集設備（TC）更成為未來建構相關系統服務時，所需具備的關鍵功能之一（DIGITIMES^[2]）。同時，藉助科技的發展，更耐用及具自我傳輸特性的感測器開始出現在市場上，例如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 Beacon 設備即是使用藍牙 4.0（BLE，

Bluetooth Low Energy）或稱為低功耗藍牙。目前由科技大廠蘋果公司主導且大力推廣的 iBeacons 產品，即是基於藍牙 4.0 的特性發展而來，較一般藍牙系統更具穩定性，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。

另一個有助於物聯網應用在防災監測上的優勢是低功耗感測器。低功耗感測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開發相關感測器類別設備及功能，因此可以透過廣佈低功耗感測器方式取得初步結果，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進一步詳細確認，再決定是否投入後續監測作業。除硬體技術上的改進外，異質資訊的交換也已有國際標準可循（例如 Open Geospatial Consortium 的 SWE 標準），這些都加速了物聯網在防災監測領域的實現。

現今隨著感測器製造成本降低，愈來愈多的無線感測網路（Wireless Sensor Network，WSN）、自動化監測系統等應用，都可視為物聯網的一種型式。而在實際應用上，防災監測在現場通常要能確保「連接」及「接收」這二件事，亦即感測器之間，以及與後端控制者間的連接；感測器間的溝通以及資料傳遞。這過程就牽涉到電力、通訊方法、交換及傳輸、資料整合等要項。本篇文章將以實際山坡地監測案例，說明如何導入物聯網概念於防災監測應用上。

應用案例

台 9 線蘇花公路 115k 邊坡崩塌監測

本案例監測對象為台 9 線蘇花公路 115k 的邊坡崩塌範圍，監測系統建置時間為 2010 年，建置緣由為 2010 年梅姬颱風登陸台灣期間，突發性強降雨短時間在宜蘭、花蓮等地降下驚人雨勢造成災害。以台 9 線蘇花公路最為嚴重，在 115k 處造成大塌方 5 萬立方公尺且路基流失 500 公尺、116k 路基流失 30 公尺，在當地造成嚴重災情^[3]。本案例為緊急應變狀況所需而建置，監測期程於 2012 年結束。

本案例邊坡崩塌範圍如圖 2 所示，共計有 4 處災害潛勢區，分述如下：(1) 坡頂沉陷裂縫區 -115.9k 上側坡頂、(2) 坡面崩塌區 -115.9k 土石流溪流、(3) 大坑橋與溪谷下切區 -115.9k 道路下方、4. 116.1 k 道路邊坡區 -116.1k 鄰近邊坡^[3]。

台 9 線蘇花公路 115k 崩塌監測主要採用 GPS 衛星定位接收器、雨量計及地震儀做為邊坡安全的監測儀器，現場並架設攝影機用以觀察現地情況，整體監測架構如圖 3 所示。本崩塌監測系統之主要任務為蒐集即時資訊，並透過 QPESUMS 雷達降雨預報的修正，修正現地雨量計資料，提供最即時及最正確的雨量預報。而崩塌預警的監測管理值則是參考 GPS 位移量、降雨量及地震資訊綜整評估設立，以現地即時觀測量為參考來源。

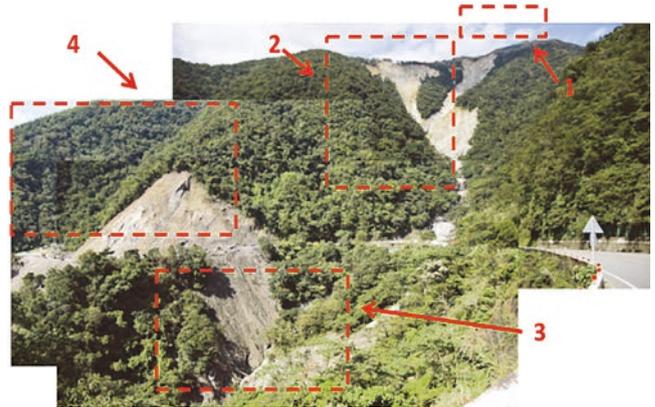


圖 2 災害潛勢區分圖 (NCDR 於 2010 年 11 月 10 日初步勘查)^[3]

為便於展示現地監測資料，本案例開發 115k 崩塌監測整合展示系統，畫面如圖 4，使用者可透過瀏覽器直接觀看現地狀況，以及各項監測數據。另配合「公路防救災決策支援系統」，特別設置單機版(圖 5)及網頁版(圖 6)的蘇花公路 115k 預警系統，這與 115k 崩塌監測整合展示系統是連動的，可於後端透過單一介面掌握現地情況。

在本案例監測期間，於 2011 年共偵測到 2 次較重大的異常事件，分別是 2011 年 09 月 13 日軍機撞山，及同年 10 月 02 日豪雨事件。軍機撞山事件發生時，現場的地震儀有捕捉到異常訊號(圖 7)，同時比對攝影機影像資料，發現夜間影像有明顯亮光，且時間與軍機失事時間點接近，因此確定此次震動是由軍機撞擊所造成。

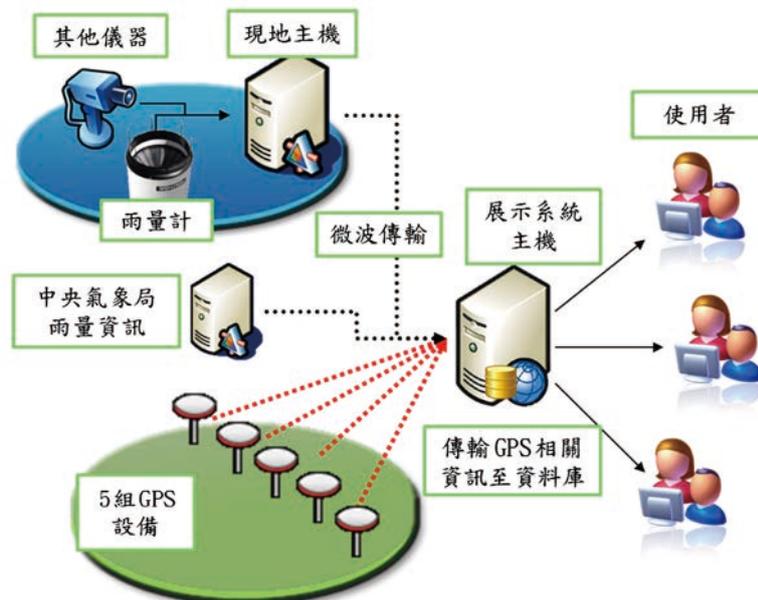


圖 3 監測系統整合架構^[3]

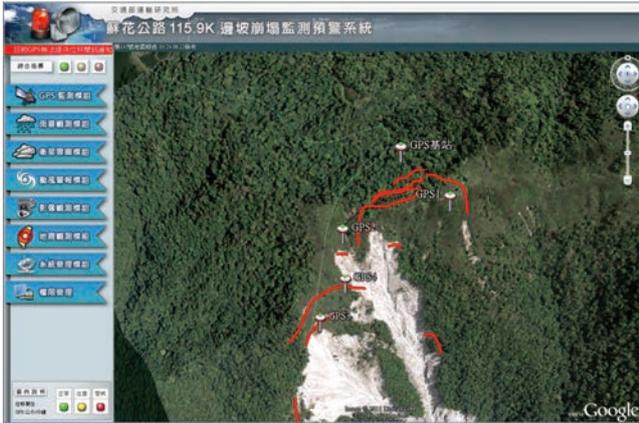


圖 4 邊坡崩塌預警系統畫面 [3]



圖 5 蘇花公路 115.9k 預警系統 - 單機版 [3]



圖 6 蘇花公路 115.9k 預警系統 - 網頁版 [3]

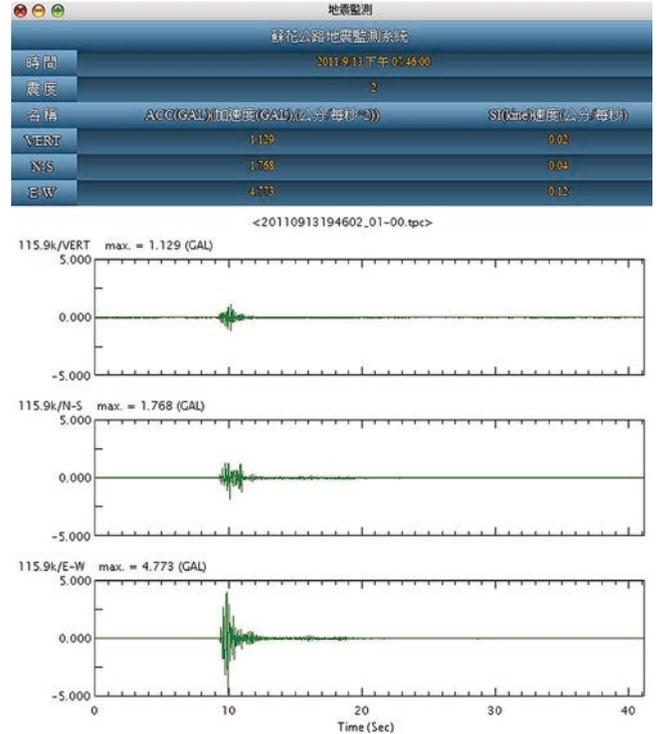


圖 7 2011/09/13 19:46 地震儀器偵測到異常事件 [3]

10月2日豪雨事件中，現地雨量計測得10月3日單日累積雨量達到450mm，最大時雨量為99mm。比對降雨前後影像，發現此次豪雨造成該崩場地範圍逐漸擴大，GPS量測最大位移為140cm，崩塌發生與降雨比對結果如圖8。

在本案例中，主要監測網路為GPS接收器所形成之監測網，觀注對象為邊坡上的裂縫位置及其位移量，而雨量計及攝影機則是「單點狀」的佈設，提供現地額外資訊供做崩塌潛勢判斷。全部的現地資料都經由無線通訊回傳至固定主機，並以系統平台方式呈現，已具有物聯網的雛型架構，達到監測自動化，能夠依管理值提供自動化預警的目標。

台 9 甲線烏來忠治段邊坡監測

本案例同為邊坡崩塌監測，地點位在省道台9甲線10.2公里處附近的邊坡崩塌，該處崩塌發生於2015年蘇迪勒颱風期間，6小時累積雨量442mm，造成烏來等地區受創，該處崩塌造成道路中斷及人員傷亡等情事。該崩塌局域政府已於災害發生當下進行搶救工程，並隨後辦理治理工程以穩定崩塌趨勢，但為能長期監控該區的邊坡安全性，主管機關遂於2018年調查現地崩塌潛勢範圍，並規劃建置邊坡監測系統以及預

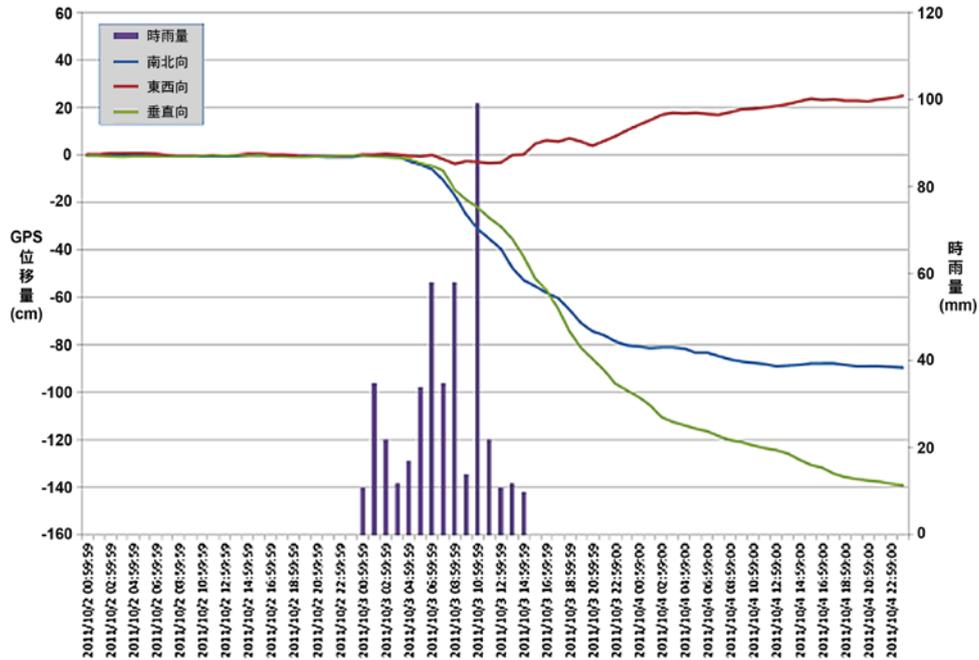


圖 8 GPS 位移量與時雨量比對分析^[3]

警模式，以進一步保障人民安全。圖 9 為崩塌潛勢調查範圍地質圖。

現場監測儀器則安裝傾斜觀測管（兼水位觀測井），亦設置戶外固定式攝影機、水壓計及雨量計等自動化監測設備進行邊坡觀測（圖 10）。現地監測系統的通訊方式，考量監測範圍位於山區且範圍廣大，電力取得不易及傳統網路通訊不良等現場環境，故於本案例中嘗試運用低功耗之物聯網通訊技術（LPWAN）蒐集監測資料，而部份水壓計無法申請市電之位置，則採用太陽能板之方式維持供電。圖 11 為水壓計分別以市電及太陽能供電的架構方式，實際架設結果如圖 12 所示。

LPWAN 與傳統通訊技術比較如表 1，對於山區環境需較長通訊距離及基站服務範圍廣的需求，LPWAN 能夠提供較佳的通訊架構，加上其建置成本相對較低，更顯出 LPWAN 的優勢。本案例參考國內 LPWAN 技術的提供者，有已提供服務 Sigfox、技術成熟的 LoRa 及 NB-IoT 等三家，三者不同的通訊指標（例如傳輸速度及頻寬等）比較如表 2 所示。而針對本案例的邊坡監測範圍，考量條件包含通訊頻寬、通訊速率、建置成本、維護作業等，以單一 LPWAN 平台為優先選擇，Sigfox、LoRa 及 NB-IoT 的適用性評估如表 3 所示。其中 Sigfox 因頻寬及傳輸速率不符需求而不考

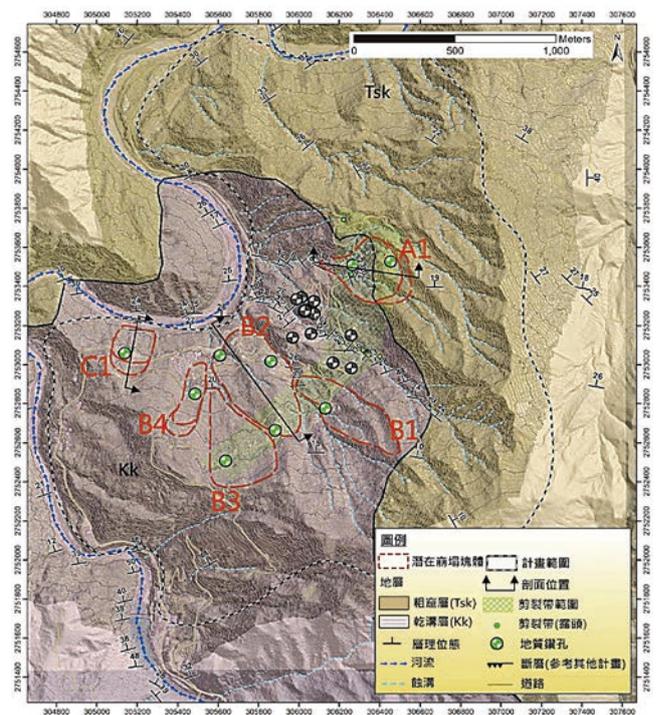


圖 9 崩塌地計畫範圍地質圖^[4]

慮，NB-IoT 為國內電信業者提供之服務，在現地實測時有發現通訊死角；因此本案例最後採用 LoRa 技術，於現地建立基站，做為水壓計的通訊架構。除 LoRa 技術外，邊坡監測系統還納入 4G LTE 及有線傳輸，以搭配雨量計、攝影機等儀器的不同需求，最後形成一個邊坡監測物聯網，提供現地即時資料。

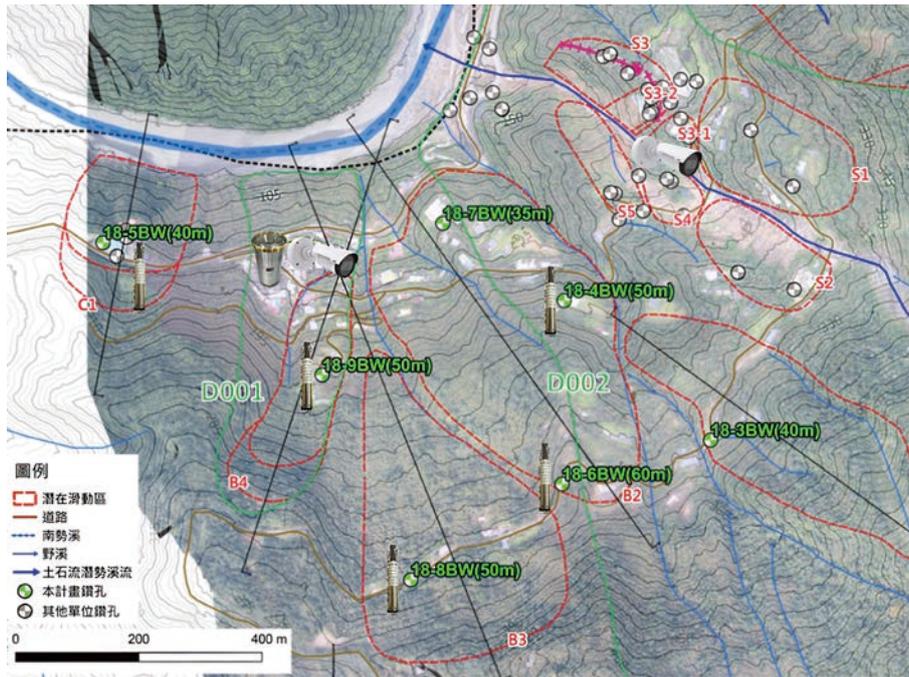


圖 10 邊坡監測儀器配置圖^[4]



圖 11 前端水壓計及 LPWAN 通訊設備^[4]



(a) 5BW-C1 籃球場



(b) 8BW-B3 上邊坡

圖 12 水壓計安裝成果^[4]

表 1 LPWAN 與傳統通訊差異比較表^[4]

通訊方式	ADSL 等有線傳輸	短距離 Wi-Fi	長距離 Wi-Fi	3G/4G	LPWAN
通訊距離	遠	短	遠	遠	遠
傳輸頻寬	高	高	高	中	低
建置成本	高	中	高	中	低
單一基站服務範圍	單 1 點	最高 256 個	單 1 點	單 1 點	數千點

表 2 LoRa、Sigfox 與 NB-IoT 通訊架構比較^[4]

技術	NB-IOT	LoRa Alliance Wide Area Networks for IoT	sigfox
使用頻譜	LTE/2G	非授權頻段	非授權頻段
覆蓋範圍	15km	10-22km	10-50km
發射功率	23dBm	14dBm	14dBm
傳輸速率	20-50Kbps	0.3-50Kbps	100bps
使用頻寬	200KHz	125、250、500 KHz	100KHz
支援漫遊	YES	YES	YES
模組價格	< NT\$ 200-400	< NT\$ 300	< NT\$ 200
主要業者	中華、台灣大哥大	正文、遠傳、亞太	優納比(UnaBiz)

表 3 針對本案例範圍物聯網通訊技術比較^[4]

項目	NB-IoT	LoRa	Sigfox
Gateway	4G 基地台	需自建基站	Sigfox 基站
傳輸速率	高	中	較低
覆蓋範圍	基地台範圍內良好，但現場部份地區 4G 訊號不良	不依賴蜂窩數據或 WiFi，基站覆蓋範圍保持相對穩定	基站覆蓋範圍內相對穩定
建置成本	低	高(基站)	低
維護成本	高(通訊費)	低	高(通訊費)
耗電量	較高	低	低
其他限制	訊號需仰賴基地台	需在自建基站範圍內	140 筆資料/天(不適用本計畫)

本案例之邊坡監測通訊架構說明如圖 13，各項儀器的通訊傳輸方式說明如下：

1. 雨量計採用訊號線回傳至資料紀錄器。
2. 攝影機透過 4G LTE 回傳，並使用記憶卡儲存高畫質影像。
3. 水壓計使用 LoRa 通訊方式回傳至資料紀錄器。
4. 資料紀錄器透過 4G LTE 回傳至局內後端系統。

除現地邊坡監測物聯網建置外，本案例也建立一後端整合展示平台，蒐集現地監測儀器資料，並介接其他機關的監測資料服務，並設立決策面板及警示燈號，以系統化、自動化方式推播簡訊示警相關人員，供主管做決策之依據。圖 14 為平台網頁版及行動版 App 之執行畫面。

在本案例中，採用了 LPWAN 技術，並在現地建立單一通訊平台，實現物聯網的概念。其中主要監測儀器為傾斜觀測管及水位計，而水位計以 LoRa 技術形成物聯網，搭配雨量計及攝影機，提供現地資訊供做崩塌潛勢判斷。全部的現地資料都回傳至後端整合展示平台主機，並且有自動警示功能，實現監測自動化、預警自動化的目標。

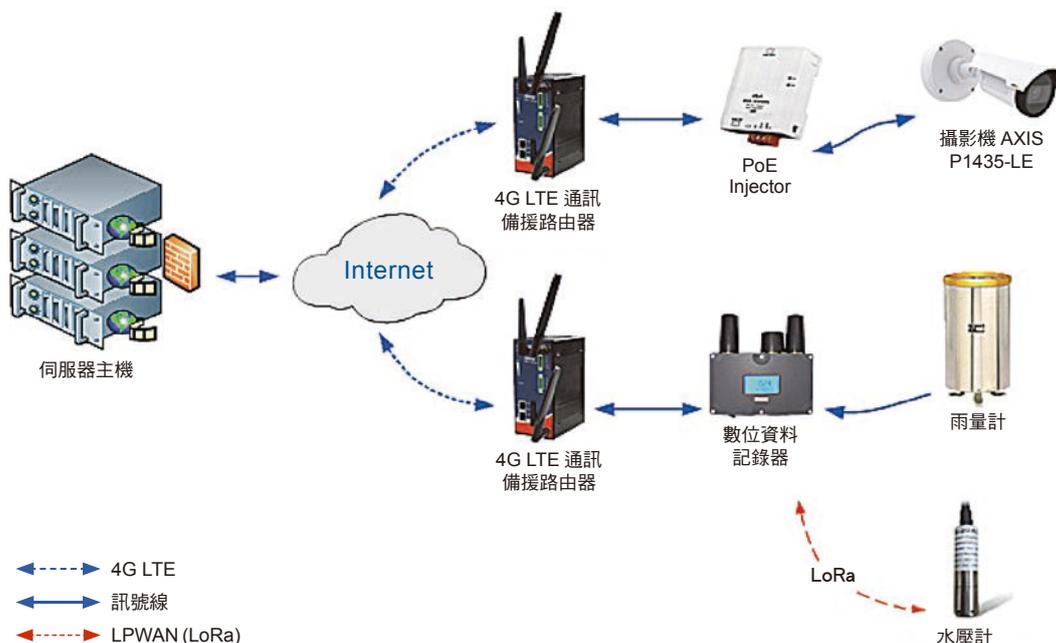


圖 13 台 9 甲線 10.2k 智慧監測物聯網通訊架構^[4]

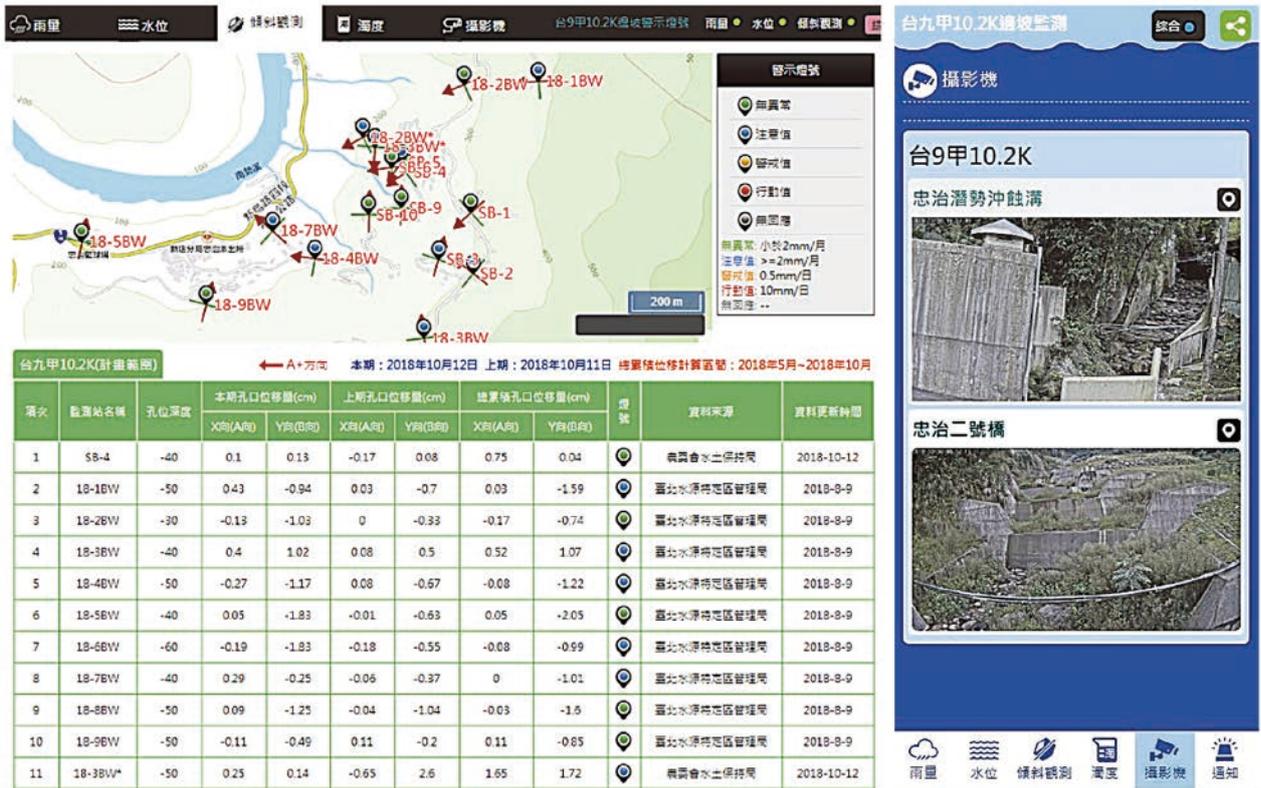


圖 14 台 9 甲線 10.2k 監測系平台及行動版 APP [4]

結論

防災監測一直是國內關注的重點工作，理想狀態下我們都期望能對所有具有潛在危險的狀況進行觀測及監測，但往往都有實際執行上的困難，需要耗費大量人力及物力，因而需要減小規模或加以取捨。相較於以往的監測方式，近年來因科技發展及新技術的出現，開始提供低成本感測器、大範圍通訊技術架構，及更快速的整合平台工具，使得物聯網有利於防災監測發展，朝向智慧防災邁進。本文以邊坡監測舉例說明物聯網於防災監測解決方案，除此之外，國內尚有其他案例可供我們參考，例如台中市的台中水情 App，以及水土保持局的土石流防災監測預警系統 [2]，都是現今符合物聯網的先進監測系統，充份發揮其在防災應變上的功效。整體而言，智慧防災是未來的目標，由前端預判到後端決策，不但需要物聯網提供感測器簡單且基本的反應，也要系統化蒐集資訊，整合後反饋，做為決策參考，最後若能運用人工智慧，達到主動感知，有效防災的理想目標，必能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. 方耀民、洪本善、鄭明淵、游保杉、黃茂信、黃彥豪 (2012)，「蘇花公路邊坡崩塌監測預警模式之建立研究」，港灣報導季刊 92：33-40。
2. 陳振宇 (2008)，「國內土石流警戒發布機制沿革」，臺灣水土保持季刊 63：1-7。
3. 張子瑩、蘇文瑞、陳宏宇 (2019)，「智慧防災：資料應用及公私協作之實現」，國土及公共治理季刊第 7 卷第 2 期 (6 月)：90-95。
4. 黃亦敏、方耀民、陳美心 (2018)，「台 9 甲線烏來忠治段邊坡監測系統建置與預警模式之建立」，成果報告，臺北水源特定區管理處，台北。
5. 蘇文瑞、張子瑩、陳宏宇 (2015)，「從資料整合與資訊加值的工作到智慧防災之實現與展望」，國土及公共治理季刊第 3 卷第 2 期 (6 月)：44-52。
6. DIGITIMES (2014)，「攸關智慧城市發展的智慧防災」，https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=130&id=0000404866_6ff73and7qduw75y38844



0206 花蓮地震事件之社群網路 災情蒐整與分析應用

劉致灝／國家災害防救科技中心 助理研究員

蔣佳峰／國家災害防救科技中心 佐理研究員

資訊科技演進帶動新興的資訊傳遞模式，智慧型手機的普及與社群網路的蓬勃發展，也提升了大數據資料分析的重要性。使用者於社群網站頻繁且大量的交換各類資訊，在重大事件發生之時，資訊將很快地被散佈在社群網路之中，若災害發生期間，能即時將這些情資加以蒐整，對於災情的掌握應有一定程度上的助益。本文將說明自社群網站蒐整災情資訊的方法，以關鍵字詞、文章聲量為基礎，使用 2018 年 2 月 6 日的花蓮地震作為範例，呈現情資蒐整的分析與結果。

簡介

資訊科技演進與手持式 3C 設備普及，帶動新興資訊傳遞模式，早期網路主要提供網頁給使用者瀏覽之用，此做法偏向「線上的圖書館」之形式，而現今能透過社群網路，提供使用者一個互相交換資訊的管道，大量的資料在網路環境中逐漸產生，間接帶動大數據 (Big Data) 資料研究的興起。大數據 (Big Data) 是近期熱門的研究議題，資料的基本定義包含 3V 的特性^[1]：(1) 大量 (Volume)、(2) 多樣性 (Variety)、(3) 即時性 (Velocity)。

社群網路 (Social Web) 已經成為網路使用者最常使用的服務^[2]，根據財團法人台灣網路資訊中心調查顯示^[3]，台灣網路使用者每天花 3.25 小時上網，其中使用社群服務的佔總時間的 64.32%，成為上網瀏覽項目的第一名，由此可知社群網路的熱門度。目前廣泛使用的社群網站如：臉書 (Facebook, FB)、推特 (twitter)、批踢踢 (PTT) 等。使用者發布資訊分享給好友或其他使用者瀏覽，一般而言，任何使用者都能對於資訊提供回饋與心得，達到資訊流通的互動性，使用者也能加入社群服務的社團，定期獲取特定主題的資訊。

另外，根據 EMC Digital Universe Study 預測結果顯示，每年社群網路資料量約兩年成長一倍，到 2020 年會成長至十倍^[4]，表示網路資料成長的幅度。這些資料具備不同的類型，如：檔案、影像、多媒體等，具備資料的多樣性，同時這些資料會隨著時間大量且快速的產生，要能夠即時性的蒐集與彙整這些資訊，才能產生出應用的價值，這也是資料的即時性，而我們正是希望能利用這樣龐大的資訊交流管道，達到災害訊息蒐集的目標。

一般而言，民眾在敘述災情時稍微會潤飾一番，例如：民眾在網路上談到「路樹、招牌或電線杆掉落」、「橋梁斷裂無法通行」、「路面淹水深度近腳踝」，甚至地震災害造成「大樓、房屋倒塌」或「有人遭到掩埋、失聯」等，一篇文章開始討論當下的災害事件時，除了原作者敘述的「正文」外，亦有其他讀者的「留言」，若能從這些訊息中擷取出來，並整理成災情資訊，也許能成為一個新興評估災害情勢的管道。

然而社群網路上的資訊變動速度較快，考驗資料蒐整的速度，可靠的資料來源獲取不易，需要投注人力資源找尋，要有效率地分析潛藏於資訊之中的災情內容，提供災害決策應變應用尚有許多待解之難處^[5-7]。

根據全台災害應變單位或災害應變中心，於災害應變期間蒐整設置於各地之感測器，將水文、坡地等觀測資訊作為研判資料，並提供給指揮官做為決策輔助之用^[8]，根據完整之災情通報流程，這些觀測資料需進一步人為確認、勘誤後，始能進行資訊發布，其過程需消耗大量時間與人力資源，相對於社群網路產生的災情訊息，由於屬民間流言或街坊八卦，內容的正確性有待證實，且敘述方式之品質參差不齊，但這類訊息之優勢為：訊息產生速度相當快速、傳遞範圍亦相當廣泛，每當災害事件發生之時，位於災區之熱心民眾，會主動將最新資訊散佈於社群網路中，也有賴智慧型手機的普及，這些消息能在事發後的短時間內，讓不在場的廣大使用者們也能知曉。

基於以上觀點，本研究針對社群網路作為主要資料來源^[9]，自使用者對於災情內容所發表的文章、留言進行初步的分析，並建構「社群網路災情蒐整流程」，並以關鍵字詞與文章聲量為基礎，針對災害發生時期的資訊進行分析，藉由探索與攀爬社群網路即時貼文資訊，呈現災情研判上的實質應用效益，也期望能做為一套標準化的災情資訊蒐整流程，能即時提供災害應變情資研判期間新的災情參考資訊。

社群關鍵字詞之趨勢分析

針對使用者於社群網路發布的文章的常見特性，本文利用社群網路來源及趨勢分析找出社群網路上使用者的習慣及災情資訊的變化，同時針對災情內的時空地理資訊進行擷取與綜整^[10]。本文會依次介紹社群

網路災情綜整流程及社群網路來源及趨勢分析、災情時空綜整機制及案例成果展示，以2018年2月6日深夜，於花蓮發生之強烈地震（以下簡稱為花蓮地震），並呈現出社群網路於災情研判上所帶來的助益。

社群網路災情綜整流程

由於社群網站屬於提供給使用者自由發表言論的管道，其抒發的內容並無多加限制，且沒有統一的格式，屬於自由文本（Free Text），即無格式、無限制書寫方式的文章內容存在於網路上，而新文章與新留言隨著時間與事件的進度（進展）而增加。基於以上特性，我們應對來自社群網路的資訊須有一些認知：社群網路上的災害資訊屬即時性，任何重大事件產生的短時間內即出現大量相關資訊，如同新聞快報般，越是具有較高的談論價值的內容，產生速度與傳播範圍隨之提升，其目的為激起民眾熱烈的討論，進而產生更進一步的詳細、最新資訊。

我們在事件發生階段的第一目標，乃是迅速獲取災害資訊，並將災情資訊中的「地理資訊」、「時間資訊」兩種重點項目進行展示，提供給情資研判做為參考資料。以下將說明一套「社群網路應用於災害情資蒐整」的流程，藉由常見的訊息處理的方法：先將資料蒐集匯入後，透過文本分析技術（關鍵字詞分析）取出重要災情資料，再將災情資訊配合時空資訊彙集成災情地圖。同時藉由關鍵詞的分析，能觀察災情趨勢分析來監測災害事件的發展軌跡，圖1為自社群網路蒐集資訊並加以綜整的流程圖。



圖 1 社群網路災情綜整流程

目前具有各式各樣的社群網站使用愛好者，不同年齡層與居住地區的使用者，其選擇也不盡相同，歐美國家盛行使用推特 (Twitter)、Reddit，以台灣為例，臉書、IG (Instagram) 與 PTT 較為被廣泛使用，屬使用者族群較多的社群服務。災害期間，在災害發生地點附近的民眾，透過大多透過智慧型手機，拍攝或錄製最新的情形，並上傳至社群網站上，發布文字、圖片與影片訊息，如：「某某大樓倒了」、「某某大橋斷了」，並附上大樓倒塌的照片。這樣的訊息一旦出現在社群網站上，其他災區使用者便開始跟進，回饋更多的災情資訊。

本研究藉由網路爬蟲，以臉書的開放式文章與 PTT 作為主要資訊來源，並事先建立既定的資料格式，將社群網站的資訊，爬取至資料庫中，以提供後續資料分析使用。這些資訊在不同的社群網站上的呈現格式不盡相同，我們則是將所有能蒐集的資料一併進行統整，使用統一的格式儲存這些第一手資訊，為有效過濾文章，我們以常見災害相關字詞作為搜尋基礎，從資料庫中挑選可能與災害相關的文章，藉由文章數量變化作為使用者對於該事件的關注度，同時代表災害事件的進展，關鍵字詞的過濾蒐尋亦有助於災情的地理資訊與災害描述資訊的過濾。

以文章數量作為社群聲量高低的標準，除了能凸顯該社群網站自身的熱門程度，且能代表災情規模或影響程度，「來源頻道分析」可透過「使用者數量」與討論各式事件「文章數量」的活躍程度，評價社群網站的影響力；「災情趨勢分析」可以從討論的相關文章內容，看出災害造成的嚴重度及時間分布。當相關文章數量達到高峰，又這些文章提及的地理詞資訊，顯示充分的時空間資訊，針對資訊內容擷取地理、時間及災害情資的資訊相對較為順利，整理後以地理分布、時間排序提供災情綜整資訊。

社群網路來源分布與災害趨勢分析

從社群網路爬取資料並儲存到單一資料庫的工作上是一項較困難的工作，攀爬技術需要針對不同社群網站提供的 API 或是網頁結構來進行分析，透過不同的攀爬策略去擷取相關資訊。資料庫收集各來源網站，包含：社群網站、各大討論區及個人部落格 (如撲浪、Xuite) 等類型網站，並透過索引 (Indexing) 將

儲存的資料有效管理。關鍵字是常見的過濾機制，以取得災害相關的社群文章^[7]。配合關鍵字詞的時間分布的統計，可分析：(1) 社群網路頻道來源分布、(2) 災害趨勢分析。

社群網路頻道來源分布，以收集的社群網站來源為基礎，基於災害相關的資訊量，作為該社群網路來源的指標性評量，計算方法可概略的統計某一種災害類型，其常見之關鍵字詞 (如地震相關事件則常使用「倒塌」、「震度」、「芮氏規模」、「掩埋」等相關字眼)，出現於該社群網站上的討論文章數量，也可視為此網站在該災害事件的討論熱度，通常稱為社群網路聲量。

依照來源社群網站於某一組災害關鍵字詞，所獲得的社群聲量，能凸顯該社群網站可靠度。一般而言，社群網路來源聲量越大，代表該社群網站的使用者較多，也表示對於災害議題的討論度可較為熱烈，重要資訊潛藏在其中的機會也相對較高。我們以花蓮地震發生後一星期內，根據地震相關字詞過濾後，社群網路來源分布結果，詳如圖 2 所示。

圖 2 為花蓮地震後一星期，熱門社群網站之聲量累積分析，時間區間為 2 月 6 日當天 00:00 至 2 月 13 日 23:59，共收集 367,311 筆資料。以 FB 及 PTT 為最本次事件主要社群類災情資訊來源。從數據上也顯示大部分的網民經常性使用的社群網站，表示 FB 的粉絲團是使用者主要的資訊交換媒介。

社群網路是一個龐大的資料傳遞管道，使用者主要發表各類型文章，以求瀏覽者透過留言的方式進行互動，一個新文章的出現其新鮮度較高時，在短時間內能匯集較多使用者觀看，討論量也相對較高。

當災害發生之時，首位目擊民眾且將此資訊上傳至社群網站中時，這訊息如同連鎖反應一般，激起現

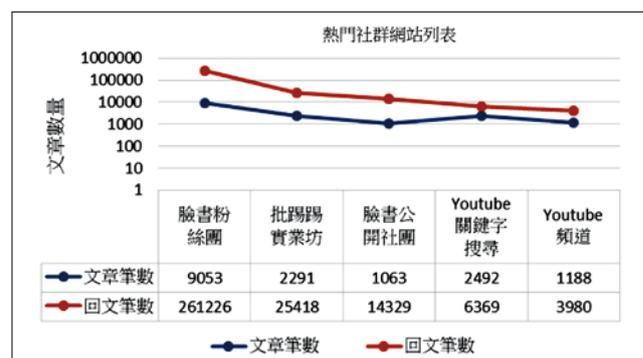


圖 2 熱門社群網站 (社群頻道來源聲量分析)

場民眾與社群網路上的觀看者熱烈的討論，災區內的民眾開始爭相發布自己獲得的資訊，活絡此事件的討論熱度，

圖 3 顯示，經地震相關的關鍵字詞過濾後，花蓮地震發生期間後六小時內，於 FB、PTT 等社群網站的聲量統計。

從圖中可以看到，相關文章數量於 2 月 7 日的午夜零時出現最高峰，而花蓮地震實際於 2 月 6 日晚間 11：50 分左右發生，在下一個時間區間，即 2/7 的 0：00 至 1：00 之間，與相關文章數目急遽升高，顯示社群網路在此事件發生後的反應結果，雖然社群網路沒辦法在事發的當下立刻反映討論熱度，原因為此類文章是依賴使用者主動發布資料迅速與否而定，但我們估略發生時間並在實際時間後一小時內，獲取足夠數量的文章數量，作為資訊倉儲或災情分析之用。

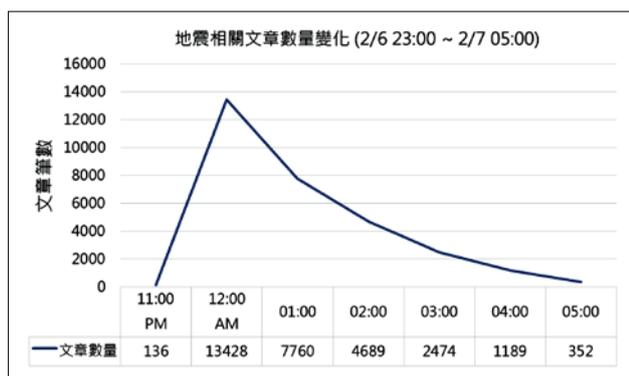


圖 3 2/6 23：00 至 2/7 5：00 花蓮地震相關文章統計

關鍵字詞整理流程

由前面所述，使用者於社群網路發布的資訊多以自由文本，陳述品質不一、用字遣詞較通俗的文章內容存在於網路上，而新文章與新留言隨著時間與事件的進度（進展）而增加。較為棘手的是，中文句子需經過許多事前處理，重要的關鍵字詞才能一一浮現，此階段的第一目標，為有效篩選句子，將不必要的常見字過濾，並正確的將句子切割成詞類的集合。

本文將說明自社群網路蒐集資訊，並將關鍵字詞應用於災害情勢追蹤的流程，藉由常見的訊息處理步驟：「資料蒐集」、「文本分析」、「詞類比對」等 3 個步驟，並結合災情趨勢分析來追蹤災害事件的發展軌跡，圖 1 為自社群網路蒐集關鍵字詞並加以綜整的流程圖。

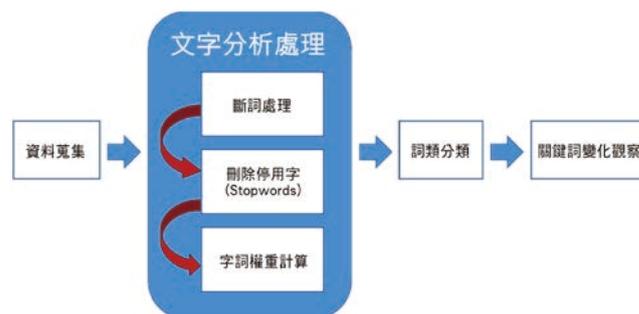


圖 4 關鍵字詞整理流程圖

首先藉由網路爬蟲，以臉書的開放式文章與 PTT 作為主要資訊來源，並事先建立既定的資料格式，將社群網站的資訊，爬取至資料庫中，以提供後續資料分析使用。

來自不同的社群網站的資料經過正規化、統一資料格式並儲存後，我們以常見災害相關字詞作為搜尋基礎，從資料庫中抓取災害相關資訊，藉由文章數量變化作為使用者對於該事件的關注度，同時代表災害事件的進展，關鍵字詞的過濾蒐尋亦有助於災情的地理資訊與災害描述資訊的過濾。

現今網路上常用的斷字斷詞工具種類相當之多，但是支援中文語法斷詞的目前以中央研究院所提供的斷字斷詞工具，以及結巴斷詞較為人所知，我們使用後者做為本研究分析文章的應用工具。

過濾文章的部分主要分為兩個階段，(1) 去除特殊、標點符號與 (2) 去除常見字詞，即停用詞 (Stopwords)。標點符號與特殊符號可藉由事先建立列表的方式進行篩選，停用詞如：「你」、「我」、「嗎」、「為什麼」、「應該」等過於口語的字詞，這些不足以做為關鍵字，但在出現頻率卻是相當之高，但在過濾上較為困難，因這些詞類數量龐大且較無跡可循，較為常見的作法為：使用網路上他人建立的停用字列表，或經統計計算蒐集的文章內容，將在單一文章內的頻率較高且廣泛出現於各文章的常見字進行過濾，以上兩種做法皆由其問題存在，前者受制於提供者對於選取字詞的嚴謹程度，無法保證過濾效果，後者則因為特定類型出現之常見詞類，如「地震」、「警報」、「震度」等內容，因為特殊時期造成使用者集中討論於此類事件，導致該時間區間內此類字詞廣泛出現於文章中，造成這類極具代表性的詞類卻被捨棄之情形發生。

根據以上所述，並結合下一階段的權重計算，可使用以下三種做法，計算詞類的重要程度：(1) TF-IDF、(2) 卡方檢定 (Chi-Square)、(3) 資訊獲利 (Information Gain)。

做法 (1) 主要計算該字詞於單一文章的詞類 (term frequency, tf)，以及在各文章出現的文章頻率 (Document Frequency, df) 倒數的乘積，若 tf 越高表示此詞在單一文章內越重要，df 則表示是否過於常見，可能為停用字之傾向。

而做法 (2) 與 (3) 較偏向計算詞類特徵重要度，以分布在目標類別的文章與否決定字詞鑑別度，以本研究為例，我們需要找出常見於地震相關卻不常出現在其他類文章的字詞，根據詞類出現是否計算分布程度，藉此取出地震相關的重要字詞。

由圖 5 與圖 6 的關鍵字變化，可以觀察事件發生的初期，民眾較為關切的主要為地震本身的相關資訊，在前幾名的詞類內容可以解讀出：(1) 花蓮受影響較大、(2) 是否還有餘震的可能、以及 (3) 統帥飯店可能有人受困等。

而兩天後的關鍵字排序則顯示出，民眾在情勢趨於穩定後，開始檢討此災難為何造成如此損害，以及

後續的救援，老屋、強震、家園等字眼顯示房屋結構與抗震之間的關連度，以及各地方人士是否出面，對於花蓮地區進行捐款或對此事件進行評論等。

花蓮地震案例災情綜整與成果展示

「花蓮地區 6 日深夜發生規模 6.0 強震，花蓮市震度達到 7 級，各地傳出不少災情。據了解，花蓮市內有兩棟大樓倒塌，包括花蓮市公園路的統帥飯店一樓整個坍塌，飯店「二樓變一樓」，另外在商孝街「阿官火鍋」所在的商旅大樓也整棟傾倒。目前花蓮已經成立一級應變中心，國軍花東防衛指揮部也動員救災。」以上節錄自 ETtoday 對於花蓮地震的相關報導，短短的文字蘊含了大量的地理與時間資訊，以下將針對擷取地理與時間資訊進行詳細說明。

在擷取地理與時間資訊部分，藉由關鍵字過濾出地震相關文章，並針對發文者對於災情的描述內容中，擷取出時間、地點及災情描述，在擷取社群網站上文章的時間資訊上，通常分為兩類，(1) 文章中明確說明事件發生之時間，此類能提供較為精確的事件發生時間、(2) 此文章被發布在社群網站上面的「發布時間」，此類時間與實際災害發生的時間會有一定的落差，但通常與實際發生時間相距不遠。

地點資訊在文章中較為直觀，通常是以文字描述區域、大眾感興趣的地點 (POI, Point of interest) 等，然而要能夠輸入到地理資訊系統中，必須先經正規化即地點資訊的數值化，將文字轉換為經緯度。因此，擷取出可能為地理相關的描述資訊後，須透過定位服務轉換為經緯度再定位至電子地圖上。而災情資訊往往伴隨描述災害類型 (例：倒塌、淹水、土石流等) 及發生的損害等，將這些資訊擷取後呈現在地理資訊系統上，如圖 4 所示。

圖 7 中顯示 2 月 6 日大樓倒塌的畫面，在 2 月 7 日晚間 00:06 發布到 Facebook 上，其地點描述資訊為花蓮商校街 2 號之 1，而災害描述是房屋倒塌。右側的地圖上顯示透過定位轉換的經緯度資訊，再繪製到地圖上。

將收集到的災情皆定位至在地圖上，就可以大略介定地震造成的影響範圍，也成為災情的地理空間分布，

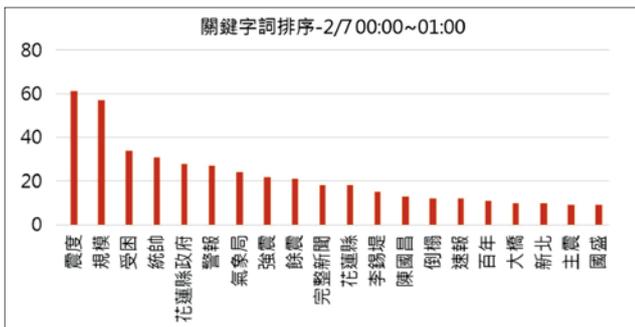


圖 5 2/7 00:00 至 01:00 花蓮地震的關鍵字詞排名

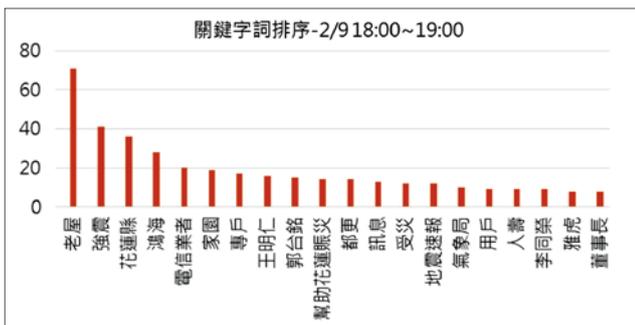


圖 6 2/9 18:00 至 19:00 花蓮地震的關鍵字詞排名

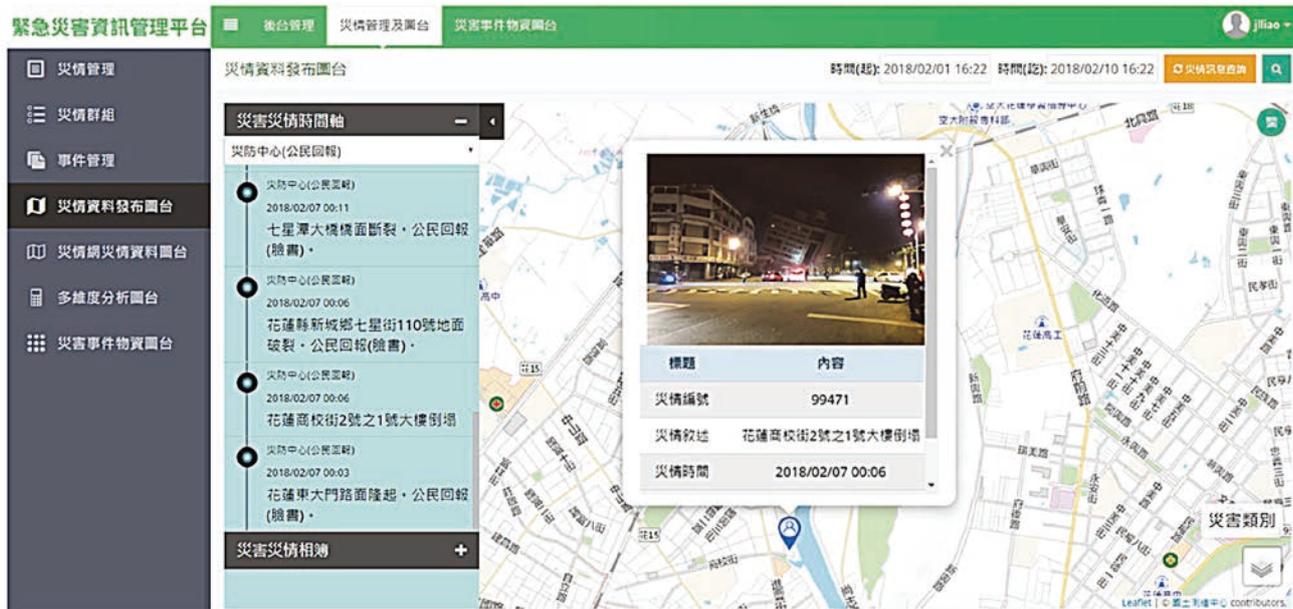


圖 7 花蓮地震災害情資



圖 8 花蓮地震影響主要區域分布

圖 8 顯示花蓮地震造成的災情範圍，可看出集中於花蓮地區，此類地理空間資訊有助於災害的影響範圍，對於救災人力的派遣、附近醫院的支援等，具有一定的參考效益。

自文章取得的災害地點資訊進行轉換、定位之後，依照時間資訊進行排序，呈現出花蓮地震的災情綜整，同時將完整的災情展示在社群網路災害綜整平台，並以瀏覽的方式提供災害時序情資。提供應變期間災害情資研判之參考依據，能夠讓情資研判時，對於災害情報的掌握更加齊全，並也能夠過現場的災情照片更快速的進行災情的判釋，如圖 9 所示。

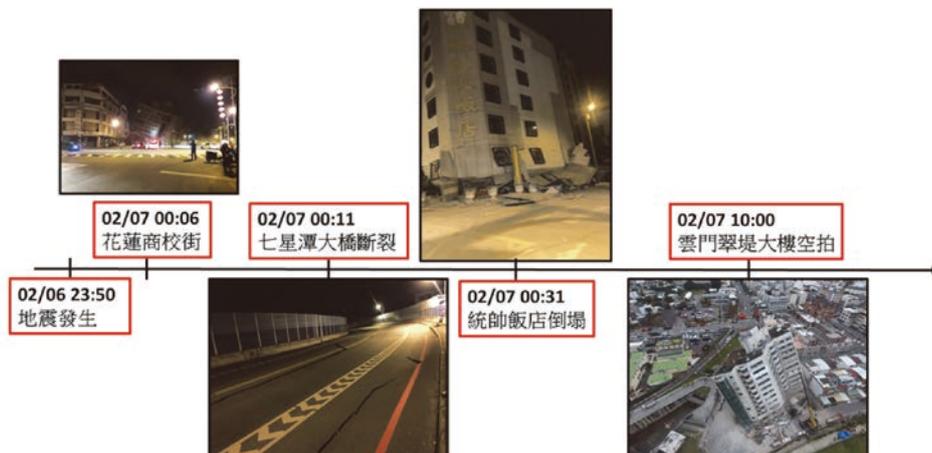


圖 9 0206 花蓮地震災情時序

結論

本文提出自社群網路應用於災害情資蒐整，並以社群網路聲量為基礎、關鍵字詞作為過濾條件，進行社群網路來源及災情情勢分析，也呈現出台灣地區使用者普遍使用的社群網站偏好，以及災情發展趨勢，後續佐以簡單計算公式，快速計算詞類權重以取得代表性關鍵字，並觀察隨事件進展之熱門關鍵字對應變化，這些文字留言與圖片將整併為災情資訊，萃取出地理與時間的資訊後，以時序圖的方式描繪整起災害事件輪廓，呈現於社群網路災害綜整平台中。

針對災情時間、地理資訊蒐整，以 2018 年 2 月 6 日花蓮地震為案例，提供空間及時間的災情資訊，顯示出社群網路於災情資訊綜整能呈現出該災害事件的時序。從地理空間的分布上，亦可以看出災害影響的有效範圍。從此案例可觀察出，社群網路可作為一個有效的資訊蒐集來源，分析文章並加以蒐整的成果對於災害防救應用上有一定的價值，對於救災單位在掌握災情上能做為一項新興的參考內容。

參考文獻

1. 大數據, available at: <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E6%95%B8%E6%93%9A>
2. 社群網站的使用行為：創市際調查報告, available at: <https://rocket.cafe/talks/78006>
3. 臺灣寬頻網路使用調查, available at: <http://technews.tw/2014/08/20/twnic-online-behavior-survey-more-mobile-surfing/>
4. EMC. The Digital Universe of Opportunities. Available at: <https://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-digital-universe-2014.pdf>
5. Haewoon Kwak, Changhyun Lee, Hosung Park, Sue Moon. (2010), What is Twitter, a Social Network or a News Media?. Proceeding of the 19th international conference on World Wide web, New York, USA, pp.591-600.
6. Andreas M. Kaplan, Michael Haenlein. (2010), Users of the World, Unite! The Challenges and Opportunities of Social Media. Volume 53, Issue 1, January-February 2010, pp. 59-68.
7. Pantti, M and Wahl-Jorgensen, K and Cottle, S. (2012), Disasters and the Media. Peter Lang, New York, pp. 248.
8. 林祺岳、蘇文瑞、楊鈞宏 (2015), WebGIS 緊急上圖框架應用於災害應變決策輔助系統, 台灣地理資訊學會年會暨學術研討會。
9. Opview 社群口碑資料庫, available at: <http://www.opview.com.tw/socialDB.html>
10. Zheng Xiang, Ulrike Gretzel. (2010), Role of Social Media in Online Travel Information Search. Volume 31, Issue 2, April, pp.179-188. 



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。



大數據、AI 與 IoT 防災設備於 城市淹水預報之應用

張麗秋／淡江大學水資源及環境工程學系 教授、淡江大學水環境資訊研究中心 主任

王藝峰／經濟部水利署 副署長

黃克禮／淡江大學水資源及環境工程學系 博士生

古澆瑜／力水科技股份有限公司 總經理

張斐章／國立臺灣大學生物環境系統工程學系 特聘教授

全球化 4.0 的核心為國家之間的數位和虛擬系統的互相連通以及理念和服務的流通。第四次工業革命最佳代表領先的技術為人工智慧、自駕車、物聯網等技術，並將在未來數十年內影響許多產業；因此，面對大洪水時代的來臨，以智慧型防災科技減少水患災害風險，達到水資源環境永續發展之目的。本研究發展 AI 即時城市淹水預報系統，依據淹水具有時空分布特性，結合自組特徵映射網路 (SOM) 與回饋式非線性自迴歸外因輸入模式 (RNARX) 模式，並以二維淹水模擬資料作為模式建置之虛擬大數據，再結合物聯網 (IoT) 設備現地資料學習實際淹水情形，AI 可持續學習與立即修正，提升淹水預報準確性。本系統對電腦資源需求低，在接收即時資料後，可於數秒內產出未來 1 至 3 小時淹水預報圖、輸出 KMZ 與 JSON 檔案，並展示於 Google Map。未來實現局部地區淹水資料之大數據時，以 AI 技術具有處理大數據、結合多元資料之特性，可整合與淹水情勢相關各種不同物聯網資訊，可提供即時定點預報。

The core of Globalization 4.0 is the interconnection of digital and virtual systems between countries and the circulation of ideas and services. The best representative technologies of the fourth industrial revolution are Artificial Intelligence (AI), self-driving cars and Internet of Things (IoT), and will affect many industries in the next few decades. To face the flood era, AI technologies would reduce the risk of flood disasters to achieve the sustainable development of water resources and environment.

Based on the characteristics of spatio-temporal distribution of the regional flood inundation, this study has developed the AI city flood forecasting systems that consists of the self-organizing mapping network (SOM) and the recurrent nonlinear autoregressive with exogenous inputs (RNARX) model. First, flood simulation data is used as virtual big data for model construction, then, the proposed systems can continuously learn from the real-time data through the Internet of Things (IoT) devices to improve the accuracy of flood forecasting. This system has the low hardware requirements. After receiving real-time data, it can produce the next 1 to 3 hours flood forecast maps, KMZ and JSON files within a few second. Users can browse the forecasting flood inundation information on the Google Maps. In the future, when achieving big data of flooding data in local areas, the AI technologies have the capabilities of analyzing big data and integrating multiple data. It can integrate various kinds of Internet of things information related to flooding situation and provide real-time flood forecasting of the specific location.

前言

根據聯合國亞太經濟暨社會委員會 (ESCAP) 於 2019 年「Disaster Riskscape Across Asia-Pacific: Pathways for Resilience, Inclusion and Empowerment」指

出，亞太地區長年遭受洪水、颱風、海嘯與乾旱等影響，未來天然災害的破壞潛力將更強大，希望各國能對氣候變遷做出因應辦法，防災能力可透過科技的快速進歩中提升，呼籲透過新興技術如大數據 (Big Data) 和

數位身份 (Digital Identities) 使得全亞太國家可以使用人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 和大數據技術迅速發展可靠的預警系統。

在氣候變遷衝擊下，除了颱風伴隨之總雨量經常破紀錄外，近年來受到熱帶低氣壓或對流雲系發展影響，短延時強降雨事件頻傳造成嚴重的災情；2018年8月23日嘉義、台南、高雄等多縣市受到熱帶性低氣壓影響，多處發生集中降雨且單日累積雨量超過500毫米，造成較長時間的淹水；2019年7月22日臺北市發生午後雷陣雨，大安區的時雨量破紀錄，通報淹水面積達36,290平方公尺，且淹水深高40公分。面對大洪水事件頻發，水利署現階段正推動智慧水管理產業發展計畫，建置以物聯網為骨幹之智慧防汛網，於前端廣布感測設施，取得大量即時傳輸資料，後端應有智慧化服務、大數據分析進行加值應用，以強化防災體系之應變措施及淹水預警機制。

本研究目的在發展具有持續學習與精進能力之即時智慧城市淹水預報系統，目前無論國內外皆缺乏局部區域或點淹水歷程之大數據蒐集、對局部地區淹水歷程之掌握度不高之現況下，以二維淹水數值模式（如SOBEK）所產生各種情境之淹水歷程，作為虛擬之淹水大數據（Virtual Flood Inundation Big Data），提供人工智慧（AI）與機器學習建置模式之基礎，再結合物聯網（Internet of Things, IoT）設備（如雨量站、河川水位計、路面淹水感測器等）之現地即時資料，AI可持續學習與立即修正，提高預報之準確率，對於現今與未來發展智慧防災有其必要性。由於AI在預

報階段快速運算之特性，可於數秒內完成城市區域之淹水預報，在防災整備與應變期間提供最快速預報結果，以做為決策參考資訊。

人工智慧整合物聯網 (IoT) 應用淹水預報之技術

人工智慧應用已廣泛於新時代生活中，智慧防洪新世紀具備了結合大數據與運用人工智慧技術分析之能力；圖1說明科技的演進對水利防洪科技之影響，2005年11月17日世界資訊峰會上，國際電信聯盟發布了《ITU網際網路報告2005：IoT》，其中指出「物聯網」(Internet of Things, IoT) 時代的來臨 (International Telecommunication Union, 2005)；2012年《紐約時報》的一篇專欄文章「The Age of Big Data」正式宣告大數據時代的來臨 (Lohr, 2012)；2016年世界經濟論壇將人工智慧視為第四次工業革命的核心 (World Economic Forum, 2016)；政府因應世界潮流與趨勢變化，在2016年11月行政院通過了「數位國家・創新經濟發展方案」，促成「前瞻基礎建設計畫」規劃與執行，其中「數位建設」的部分將於4年內投入431億元特別預算，這使得水資源與氣象領域上各種低成本感測設備被大量開發與佈設 (行政院, 2019)；2017年經濟部水利署積極推動以人工智慧技術整合物聯網進行智慧水資源管理，尤其重視城市淹水預報與管理；以AI技術具有處理大數據、結合多元資料之特性，可整合與淹水情勢相關各種不同物聯網資訊，未來實現局部地區淹水資料之大數據時，可提供即時定點預報。

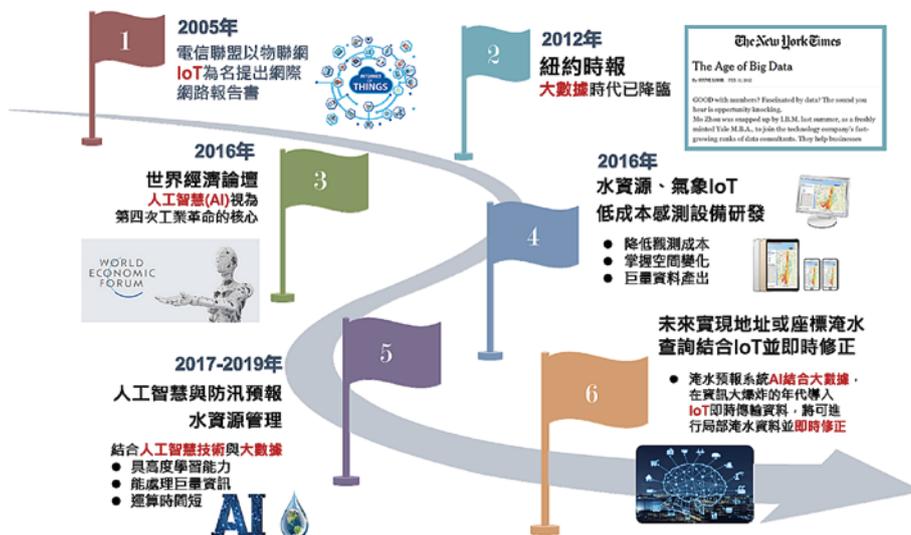


圖 1 邁向智慧防洪新世紀

因降雨具有時空分布之特性，造成區域淹水具有空間分布與時間序列之特性如圖 2 所示，故所提出之 AI 淹水預報系為結合具有可分析空間變化與時間序列之模式，包括可分析空間分布變化與拓樸關係之模式 – 自組特徵映射網路 (Self-Organizing Map, SOM) 模式，進行研究區域淹水空間分布分類；以及具有分析時間序列之預報模式 – 回饋式非線性自迴歸外因輸入模式 (Recurrent Nonlinear Autoregressive with exogenous inputs, RNARX)，預報區域之平均淹水深歷程。

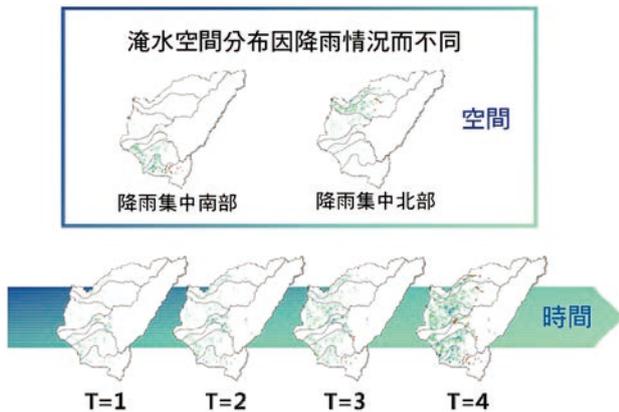


圖 2 淹水空間與時間分布特性示意圖

自組特徵映射網路 (SOM 模式)

SOM 為類神經網路方法的一種，其演算法主要以特徵映射方式將任意維度的輸入向量映射至較低維度的特徵映射圖 (拓樸層)，依據輸入向量與神經元之相似度彼此競爭，距離最近者為優勝神經元可獲得調整連結權重的機會，SOM 的神經元間具有鄰近關係的特性，故當優勝神經元被調整時，其鄰近神經元也會進行連結權重的調整，最後拓樸層的神經元會依輸入向量的「特徵」以有意義的「拓樸結構 (topology structure)」表現在其權重值上，也可稱為拓樸圖 (topology)，架構圖如圖 3 所示；拓樸圖中之單一神經元可看出不同淹水程度之淹水空間分布情況，鄰近神經元可看出淹水在空間上的發展趨勢，即從未淹水、漫淹至退水，在空間上將可以得知何處開始漫淹；SOM 淹水空間分布拓樸圖即是模擬淹水事件各場次、各時刻之巨量淹水圖之壓縮圖，且因其聚類特性具有鄰近關係，最適合應用於分析淹水空間發展情況。

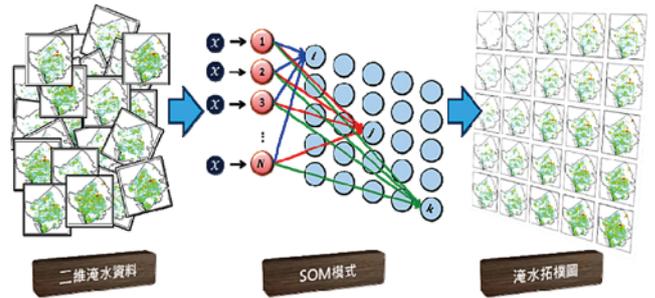


圖 3 自組特徵映射網路架構圖

整合物聯網 RNARX 即時修正模式

RNARX 模式為監督式動態類神經網路於訓練過程當中架構可進行動態式調整，具有處理非線性時序性資料之能力，相當適合結合即時觀測資料，本身有回饋機制對於時序性之資料較能夠有效掌握，可將具有時間因子之資料以遞迴之方式表現於網路架構中，其網路架構之優點學習速度快、網路具穩定性、可塑性與執行時間短。

透過 RNARX 建構平均淹水深之預測模式，其架構請參閱圖 4 所示，其輸出值為預測平均淹水深，輸入因子使用即時雨量資料、感測器資料與上一時刻之輸出項 (回饋項) 作為該模式之輸入因子。淹水歷程中，當時刻淹水深度對於下時刻之淹水深具有相當之影響性，但當前實際平均淹水深度並無法即時取得，因此藉由 RNARX 模式之回饋項，將模式前一刻所預測之平均淹水深回饋於輸入層，作為其中輸入因子，使得該模式更有效且精確預測出下時刻之平均淹水深；因此，AI 模式可在即時淹水感測資料回傳，即時修正誤差，掌握實際淹水情況，有效地提高淹水預報結果之準確性。

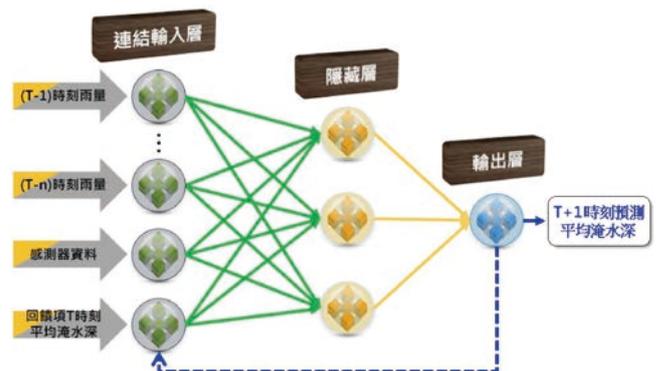


圖 4 結合物聯網 RNARX 架構示意圖

建置城市淹水預報系統之預報流程架構圖如圖 5 所示，蒐集研究區域之二維淹水模式模擬各情境之淹水歷程資料，分別建置 SOM 模式之淹水空間分布分類與 RNARX 之平均淹水深時間序列預報模式；透過整合 SOM 模式與 RNARX 模式，以機器學習訓練模式並調整其網路架構以模擬該區域淹水之變化關係，進而建置具有時序性與空間變化之自動化即時智慧城市淹水預報模式，以進行未來 1~3 小時全區域之淹水預報。

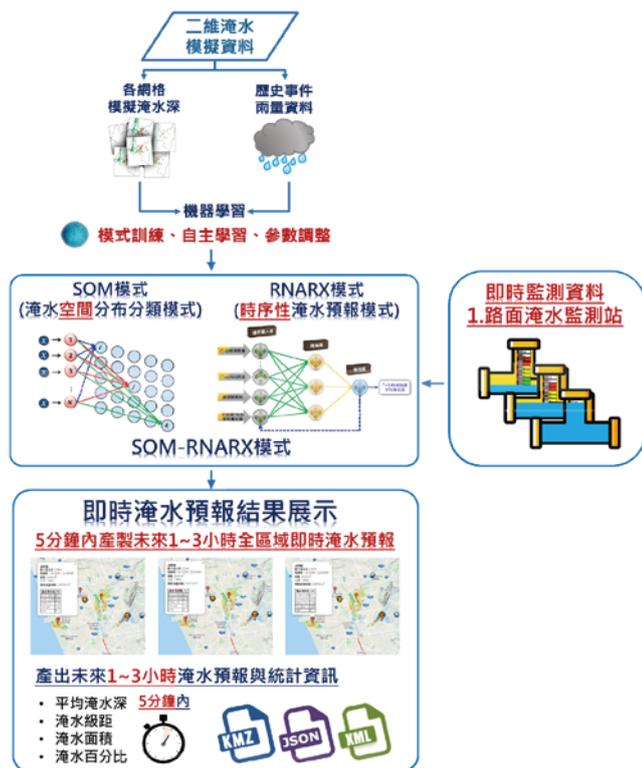


圖 5 AI 淹水預報系統建置流程圖

建置全年運轉常駐型城市淹水預報系統

AI 技術應用於常駐型淹水預報系統具有平行計算、運算速度快等優點，即可於接收資料後數秒內即產出未來 1~3 小時即時淹水預報圖，並進行相關統計分析及檔案輸出，提供決策者於豪雨事件來臨前預先進行災前整備與移動抽水機布署之參考建議，將運算預報淹水大量數據透過視覺化呈現易於快速提供淹水警戒。全年運轉自動預報流程如圖 6 所示，當系統執行時，自動依序啟動或偵測各項作業，以即時雨量資料更新頻率作為定時更新頻率，如遇雨量站或淹水感測資料無法即時線上回傳，系統維護人員可轉換為手動輸入或匯入資料方式取代；使用者可隨時透過網際網路瀏覽淹水預報結果。

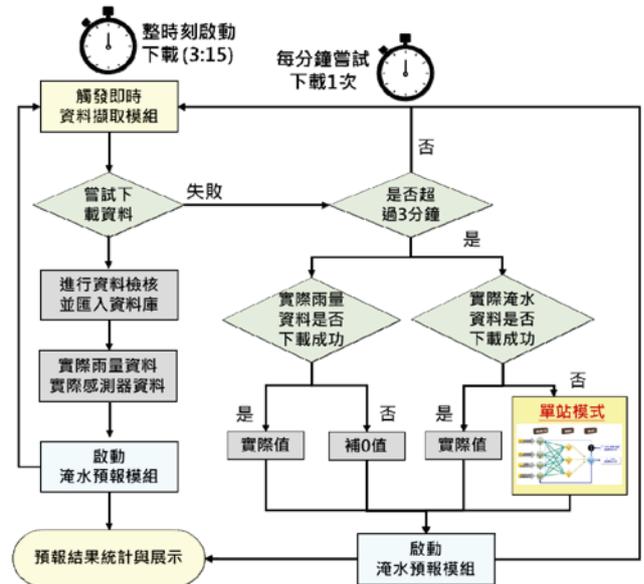


圖 6 AI 模式與 IoT 現地資料整合之自動化線上即時淹水預報流程圖

AI 淹水預報系統展示介面平台，以 Google Map 為目前社會大眾使用普及率最高的電子地圖，可精確掌握研究區域地理與地形關係，搭配本預報系統所預報之淹水相關資料，並配合不同行政區層級如區 / 鄉、村里等層級，以表格顯示較詳細的各行行政區層級之淹水統計資料，圖 7 為 2018 年臺南市發生較嚴重淹水之 0823 豪雨事件即時淹水預報展示介面，本 AI 模式以 18 點預測未來 3 小時 21 點說明，淹水通報資料共有 30 個行政區淹水，於這 30 個行政區內 AI 亦有預報 29 個區，AI 淹水預報模式命中率為 97%；亦提供 KMZ、JSON 與預報淹水圖檔與其他介面交接，有利未來以淹水預報結果檔做後續加值應用。

AI 淹水預報系統優勢

人工智慧具有平行計算、運算速度快等特性，且因使用終端設備進行邊際運算，加快資料處理與傳送的速度，減少網路所造成的延遲，故本系統對記憶體、CPU 資源需求少，因此可 24 小時常駐於電腦背景執行，透過淹水空間分布分類模式 (SOM 模式) 與淹水時序預測模式 (RNARX 模式)，即可於接收資料後數秒內即產出未來 1~3 小時即時淹水預報圖，並進行相關統計分析及檔案輸出。此外，本系統具有非常大的彈性，在交接物聯網時，當發生測站的異動時如增設或刪減雨量站或淹水感測器等，僅需要微調輸入參



圖 7 2018 年 0823 豪雨事件 AI 淹水預報系統展示介面

參考來源：2017、2018，「智慧即時動態區域淹水預報系統開發與應用 (1/2) (2/2)」計畫

數，人工智慧模式即可持續學習，不需要重新建置另一個全新的模式。

以臺南市淹水預報系統為例，臺南市 8 個集水區的淹水模擬資料網格大小為 40 公尺 × 40 公尺，共 1,378,508 個網格，預報淹水點總網格數為 450,907；圖 8 顯示本人工智慧淹水預報系統能於 2 秒內對臺南市全市產生未來 1~3 小時淹水預報結果。

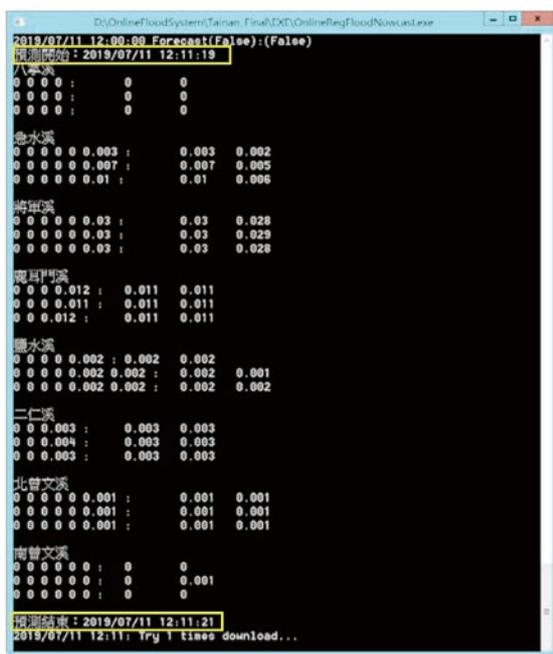


圖 8 本系統對臺南市 8 個集水區產生淹水預報

實務應用成效

未整合物聯網 (IoT) 資料淹水預報成效

2018 年 8 月 23 日 0823 豪雨事件熱帶性低氣壓挾帶龐大雨量登陸於屏東，降下致災性大雨，造成南臺灣淹水災情嚴重，彙整水利署、EMIC（消防署）與 CHT（中華電信）之 0823 豪雨淹水通報事件請參閱表 1 所示，透過此場淹水災害事件通報事件與預報結果進行驗證，臺南市與高雄市驗證結果參閱表 2 與圖 9 所示；臺南市以 8 月 23 日下午 21 時通報高峰時段進行驗證根據接獲通報淹水的行政區共為 30 區，未通報淹水的行政區共有 7 區；AI 預報有淹水的行政區共為 33 區，未預報淹水的行政區共為 4 區；於 30 個通報淹水行政區內 AI 預報 29 區，即 $29/30 = 97\%$ ，臺南市 AI 淹水預報模式命中率為 97%；高雄市以 8 月 23 日下午 20 點為通報高峰，以本系統預報 16 個行政區進行比對，當時刻接獲通報淹水共為 11 區，未通報淹水的行政區共有 5 區；AI 預報有淹水的行政區共為 12 區，未預報淹水的行政區共為 4 區；11 個行政區有淹水通報資料 AI 預報 9 區，即 $9/11 = 82\%$ ，高雄市 AI 淹水預報系統命中率為 82%；臺南市與高雄市 AI 淹水預報展示圖請參閱圖 10 所示。

表 1 0823 豪雨事件通報資料彙整表

縣市	災情來源		通報行政區數	詳細資訊
	EMIC	CHT		
臺南市	675	0	33	經統計結果顯示淹水長達 37 小時以上
高雄市	297	2	31	道路、地下道及民宅積淹水情況非常嚴重

表 2 AI 預報與通報資料比對結果表

縣市	AI 預報	淹水	無淹水
	通報		
臺南市	淹水	29	1
	無淹水	4	3
高雄市	淹水	9	2
	無淹水	3	2

資料來源：EMIC、CHT 淹水通報資料

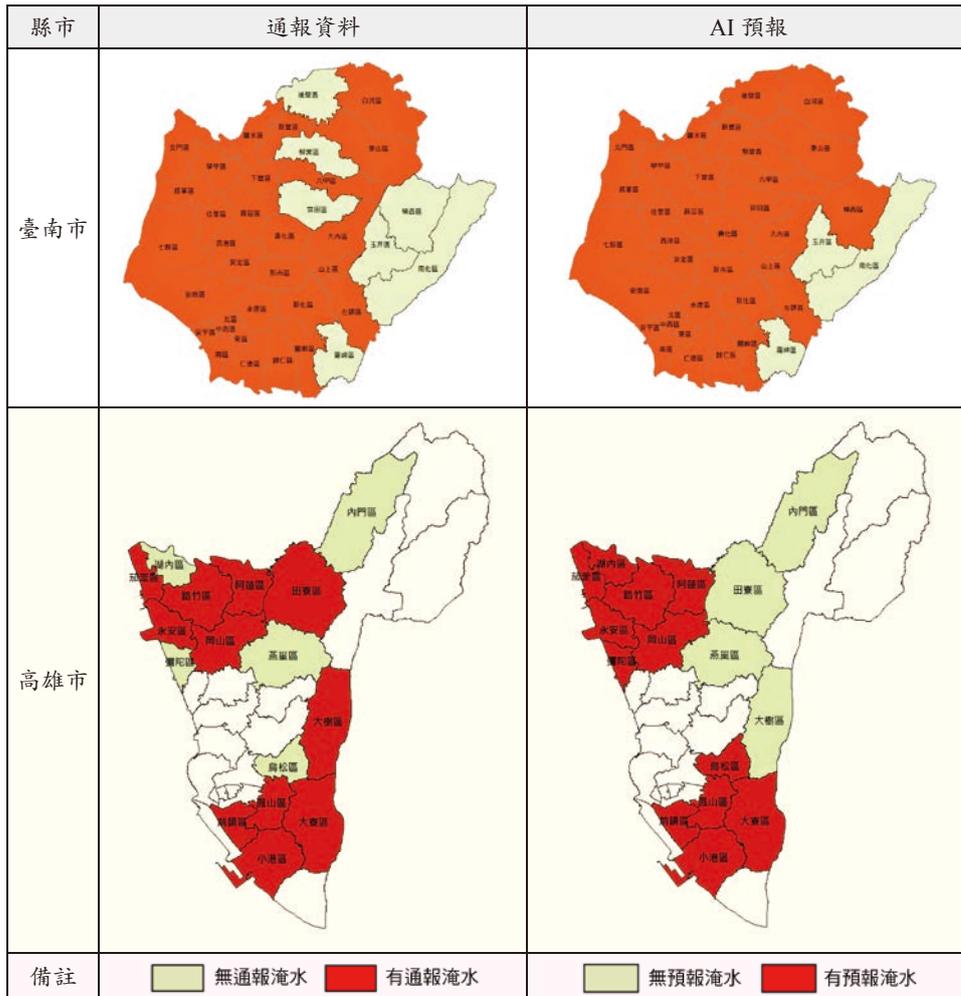


圖 9 0823 豪雨事件臺南與高雄市通報與 AI 預報位置圖



圖 10 0823 豪雨事件臺南與高雄市系統展示圖

整合物聯網 (IoT) 資料淹水預報成效

淹水感測器建置最多的臺南市進行淹水預報，臺南市淹水感測器分布較密集集水區坐落於淹水情形較嚴重地區二仁溪集水區其感測器 25 處，自 2018 年感測器建置完成，觀測資料於 2019 年 1 月上傳水資源物聯網平台，故挑選 2019 年發生 0813 豪雨為觀測到最多淹水數值之淹水事件進行驗證，驗證過程分為兩個部分 (1) 以淹水模擬資料作為感測器數據進行模式修正；(2) 以 2019 年 0813 豪雨實際事件感測器數據進行模式修正。

1. 以模擬資料作為感測器數據進行模式修正：

感測器數值作為 RNARX 修正模式之輸入因子，無感測器與加入感測器後模式修正結果如表 3 所示，誤差數值正數代表模式新增感測器後模式有改善，反之，負值代表無改善並且代表對於模式提高準確度較無成效，二仁溪預測 T + 1 至 T + 3 時距時皆為正值，即代表感測器能有效地提高模式預測之準確度。模式修正效果以模擬事件 15 與 16 為例如圖 11 所示，二仁溪 (T + 1) 模式修正前後之平均淹水歷程圖，能發現加入感測器資料修正後，預測數值有著明顯地修正效果，整體預測平均淹水深度有下降趨勢，因此新增感測器數值大多皆可有效改善 RNARX 模式之預測結果，對於後續淹水預報將更能提高預測精確度。

2. 以 2019 年 0813 豪雨實際事件感測器數據進行模式修正：

表 3 二仁溪 RNARX 模式有無感測器訓練結果比較

無感測器	RMSE			R ²		
	訓練	驗證	測試	訓練	驗證	測試
T + 1	0.019	0.023	0.007	0.89	0.9	0.95
T + 2	0.026	0.024	0.013	0.8	0.71	0.84
T + 3	0.026	0.024	0.013	0.8	0.71	0.84
有感測器	RMSE			R ²		
	訓練	驗證	測試	訓練	驗證	測試
T + 1	0.011	0.007	0.005	0.97	0.97	0.98
T + 2	0.011	0.007	0.005	0.97	0.96	0.98
T + 3	0.01	0.007	0.005	0.97	0.97	0.98
誤差	RMSE 差距			R ² 差距		
	訓練	驗證	測試	訓練	驗證	測試
T + 1	0.008	0.016	0.002	0.08	0.07	0.03
T + 2	0.015	0.017	0.008	0.17	0.25	0.14
T + 3	0.016	0.017	0.008	0.17	0.26	0.14

單點模式將以感測器 18 進行分析與討論單點修正模式之穩定性是否足夠感測器 18 單點修正 T + 1 模式結果如圖 12 所示為有感測器修正、無感測器與實際情況之淹水深歷程，發現該感測器修正後預測結果與原始無感測器結果相比其修正效果相當良好，修正後結果與實際情況相比 RMSE 為 0.057，R² 則高達 0.93，因此代表單點修正模式於資料量足夠之情況下，修正效果相當良好亦能夠準確且有效反應出該點實際淹水情況；透過單點修正模式之高準確性作為未來平均模式修正模式之輸入因子，將更可提升平均修正模式之準確性，比較圖 13 對於平均淹水深度高估情況大為改善，未來持續增加實際數據作為模式持續修正學習對象，預期其改善效果將會愈來愈顯著。

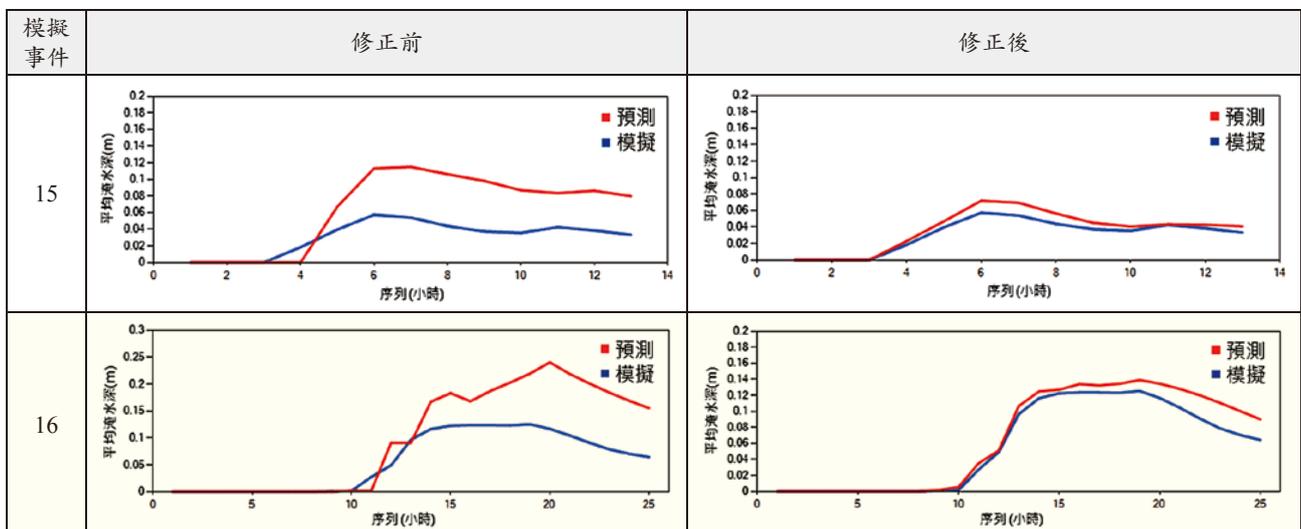


圖 11 二仁溪模擬事件 15、16 (T + 1) 模式修正前後歷程圖

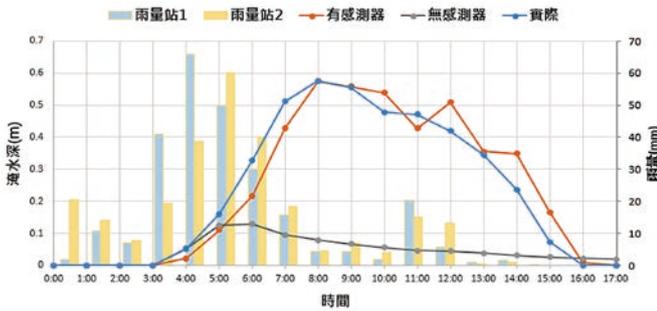


圖 12 感測器 18 單點模式 (T+1) 修正比較圖

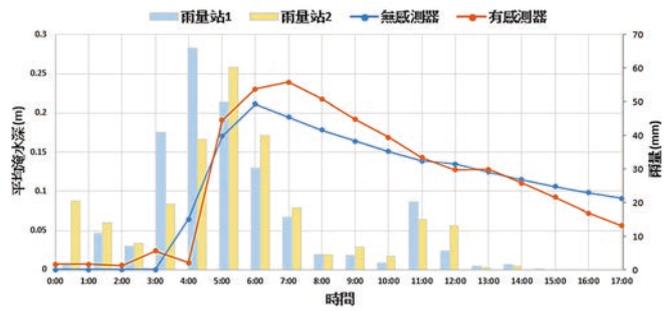


圖 13 二仁溪有無感測器平均淹水模式 (T+1) 比較圖

未來發展與前景

2019 年世界經濟論壇主題是「全球化 4.0：打造第四次工業革命時代的全球結構」，過往的全球化是因為貿易壁壘的消失而發展，全球化 4.0 的核心為國家之間的數位和虛擬系統的互相連通以及理念和服務的流通。第四次工業革命最佳代表領先的技術為人工智慧、自駕車、物聯網等技術，並將在未來數十年內影響許多產業；因此，面對大洪水時代的來臨，以智慧型防災科技減少水患災害風險達到水資源環境永續發展之目的。

在防災應變上，多元即時資料對於災害預判與救災行動決策提供重要資訊，IoT 設備提供現地即時資料，就如有了千里眼與順風耳，若有 AI 即時分析大數據，即可精確地預判災害的情勢、協助與加速防災單位進行正確的決策。不論是在地震、海嘯、林火等自然災害，各國都在積極將 AI 導入防災應變作業中。

本研究所提出之 AI 淹水預報系統可在下載觀測降雨與預報降雨資料後，於數秒產生淹水預報結果。在颱風豪雨來臨前，本系統可根據各種可能的天氣預報情境快速產生各種淹水模擬預報結果供水災兵棋推演之規劃；如颱風在登陸前之預報路徑可能有偏北部、偏中部或偏南部三種情形，即可套疊不同路徑或歷史颱風所造成之降雨情況，快速產生不同路徑之淹水預報結果。

中央政府與各縣市政府正積極發展水情資訊公開分享平台，未來可加值的功能有數項，在災害發生前，根據不同情境下 (1) 縣市政府現有的移動抽水機可應對災害的程度；(2) 自動查詢鄰近縣市的移動抽水機數量，並建議調配抽水機之策略；(3) 分析並建議水門關閉的時機；(4) 建議抽水站的操作策略等。在災害發生後，(1) 可快速彙整淹水發生位置，加快現場調查之效率；

(2) 從淹水發生位置與淹水分布檢討與改善排水工程設施；(3) 檢討 IoT 感測器之設置位置分布情形，對淹水空間分布掌握情況，以及是否有助於 AI 模式學習。

參考文獻

1. Chang, L.C., Amin, I.M.Z.M., Yang, S.N., and Chang, F.J. (2018), Building ANN-based regional multi-step-ahead flood inundation forecast models. *Water*, 10(9): 1283 doi.org/10.3390/w10091283
2. Chang, L.C., Chang, F.J., Yang, S.N., Kao, I.F., Ku, Y.Y., Kuo, C.L., and Amin, I.M.Z.M. (2019), Building an intelligent Hydroinformatics Integration platform for a regional flood inundation warning systems. *Water*, 11(1): 9 doi.org/10.3390/w11010009
3. Chang, L.C., Shen, H.Y., and Chang, F.J. (2014), Regional flood inundation nowcast using hybrid SOM and dynamic neural networks. *Journal of hydrology*, 519, 476-489.
4. Chang L.C., Shen H.Y., Wang Y.F., Huang J.Y., and Lin Y.T. (2010), Clustering-Based Hybrid Inundation Model for Forecasting Flood Inundation Depths. *Journal of Hydrology* 385: 257-268.
5. International Telecommunication Union (2005), ITU Internet Report 2005: The Internet of Things.
6. Lohr, S. (2012). The age of big data. *New York Times*, 11 (2012).
7. Shen, H.Y. and Chang, L.C. (2013), Online multistep-ahead inundation depth forecasts by recurrent NARX networks. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(3), 935-945.
8. World Economic Forum (2016), Global Agenda: World Economic Forum Annual Meeting 2016.
9. 行政院 (2019), 「前瞻基礎建設計畫—數位建設」, <https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/22f19306-5c3b-4c0a-9a89-2e8e2dfdb648>.
10. 張斐章、張麗秋 (2010), 「類神經網路導論 - 原理與應用」, 滄海書局。
11. 經濟部水利署 (2017、2018), 「智慧即時動態區域淹水預報系統開發與應用 (1/2) (2/2)」。
12. 經濟部水利署 (2019), 「人工智慧技術結合淹水即時觀測資料在都會區淹水預報研究」。

土木技師 國之棟樑

逢山開路，遇水架橋
高樓擎天，資源再造



 中華民國土木技師公會全國聯合會
CHINESE UNION OF PROFESSIONAL CIVIL ENGINEERS ASSOCIATIONS

理事長 洪啓德

地址：(105)台灣台北市東興路26號9樓
Address：9th Fl.,26,Tung-hsing Rd.
,Taipei,Taiwan 105, Republic of China
電話：02-2748-1699
傳真：02-2748-1038
網址：<http://www.cupcea.org.tw>
E-mail:cupcea@tpce.org.tw



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：

47.2 47.3 47.4 47.5 47.6 48.1 共 次
(4月) (6月) (8月) (10月) (12月) (2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	佰	萬	拾	萬	仟	佰	拾	元
通訊欄 (限與本次存款有關事項)		社團法人中國土木工程學會										
報名費	<input type="checkbox"/> 繳納 _____ 研討會 報名費 _____ 元											
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·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·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											
收款戶名	社團法人中國土木工程學會											
姓名	寄款人											
地址	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/>											
電話	主管：_____											
經辦局收款戳												
虛線內備供機器印錄用請勿填寫												

◎ 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	

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，入會費一人僅需繳交一次	報名費 <input type="checkbox"/> 繳納_____研討會 報名費_____元
會員證號碼			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
身分證號碼			訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 國內·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
卡 別	<input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB		訂閱中國土木工程學刊，一年八期 <input type="checkbox"/> 國內·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
信用卡卡號			白天聯絡電話
信用卡簽名欄最後三碼			通信地址
信用卡有效期限	(月/年)		
信用卡簽名			
繳費金額			

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)

分毫不差

才足以教人驚豔

搏得滿堂喝采的每一場演出，廣為客戶信賴的每一回肯定，
台灣世曦連番榮耀背後的，永遠都只是「專業」的累積，
以及「用心」的執著。



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

CECI



台灣世曦
工程顧問股份有限公司

台北市11491內湖區陽光街323號
Tel:(02) 8797 3567 Fax:(02) 8797 3568
<http://www.ceci.com.tw> E-mail:pr@ceci.com.tw



淡江大橋

營業項目：橋梁工程、道路工程、捷運工程、隧道工程、建築工程、機場工程、海事工程

Business projects : Bridge Engineering、Road Engineering、Rapid Transit、Tunnel Engineering、Building、Airport and Maritime Engineering

地址：台北市市民大道四段 102 號 8 樓

TEL: (02)27514188 FAX:(02)27218027

URL:www.kseco.com.tw//tc/index.aspx

