

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

June
2016



堅持給您最好的



ISSN 0253- 3804



NT\$300



9 770253 438000 6



Volume 43, No. 3

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

2016
災害防救

專輯

木鐸集
土木工程與古文明生死

鹽下微言
營建業的現代商業觀念

中國土木水利工程學會

105年各獎項評選公告

社團法人中國土木水利工程學會 公告

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

日期：中華民國 105 年 5 月 31 日
字 號：(22) 土水發字第 1050114 號
主旨：公告辦理本學會 105 年度「土木水利」工程獎章受獎候選人提名推薦。

依據：本學會「土木水利」工程獎章頒發辦法。

公告事項：

- 一、為獎勵對土木水利工程學術或事業有特殊貢獻之會員，本學會特訂定「土木水利」工程獎章頒發辦法(如附件)。
- 二、自即日起至七月三十一日止，為本年度「土木水利」工程獎章受獎候選人提名推薦日期。
- 三、推薦書須有會員五人連署推薦。
- 四、工程獎章計五類：終身成就、學術研究、工程事業、優良設計及優良施工獎。推薦書應載明推薦之工程獎章種類。
- 五、候選人推薦書及候選人相關資料乙份，請以掛號郵寄台北市仁愛路二段一號四樓本學會收，並請註明「土木水利」工程獎章候選資料。
- 六、空白推薦書如附件，如需電子檔請上本學會網站(www.ciche.org.tw)下載。
- 七、上述榮譽將於 105 年年會中(訂於 105 年 11 月 19 日(星期六)於臺中舉辦)，頒發金質獎章。

理事長



工程獎章推薦 (截止日期：105 年 7 月 31 日)

社團法人中國土木水利工程學會 公告

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

日期：中華民國 105 年 5 月 31 日
字 號：(22) 土水發字第 1050115 號
主旨：公告辦理本學會 105 年度「程禹傑出工程師獎」候選人提名推薦。

依據：本學會「程禹傑出工程師獎」設置辦法。

公告事項：

- 一、為紀念程禹先生，並表彰本學會從事土木與水利等工程實務優異之工程師會員，本學會特訂定「程禹傑出工程師獎」設置辦法(如附件)。
- 二、自即日起至七月三十一日止，為本年度「程禹傑出工程師獎」候選人提名推薦日期。
- 三、候選推薦須由任職或曾任職之服務單位及本學會理事或監事 3 人以上推薦。
- 四、推薦表及相關資料乙份，請以掛號郵寄至台北市仁愛路二段一號四樓本學會收，並請註明「程禹傑出工程師獎」候選推薦。
- 五、空白推薦書如附件，如需電子檔請上本學會網站(www.ciche.org.tw)下載。
- 六、上述榮譽將於 105 年年會中(訂於 105 年 11 月 19 日(星期六)於臺中舉辦)，頒發獎金。

理事長



程禹傑出工程師獎推薦 (截止日期：105 年 7 月 31 日)

社團法人中國土木水利工程學會 公告

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

日期：中華民國 105 年 5 月 31 日
字 號：(22) 土水發字第 1050116 號
主旨：公告辦理本學會會士候選人提名推薦。

依據：本學會「會士」設置辦法。

公告事項：

- 一、為表彰本學會會員在土木、水利工程及相關工程領域之傑出工程人員及傑出學者，並對本學會有重大貢獻者，本學會特訂定「會士」設置辦法(如附件)。
- 二、自即日起至七月三十一日止，為本年度會士候選人提名推薦日期。
- 三、推薦書須由會士五人以上連署推薦。
- 四、請填具推薦書及會士資料表乙份，請以掛號郵寄台北市仁愛路二段一號四樓本學會收，並請註明「會士」候選人提名資料。
- 五、空白推薦書暨會士資料表如附件，如需電子檔請上本學會網站(www.ciche.org.tw)下載。
- 六、上述榮譽將於 105 年年會中(訂於 105 年 11 月 19 日(星期六)於臺中舉辦)，頒發當選證書。

理事長



會士推薦 (截止日期：105 年 7 月 31 日)

社團法人中國土木水利工程學會 公告

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

日期：中華民國 105 年 5 月 31 日
字 號：(22) 土水發字第 1050117 號
主旨：公告辦理本學會 105 年度榮譽會員候選人提名推薦。

依據：本學會「榮譽會員」舉薦辦法。

公告事項：

- 一、為尊崇對土木水利工程事業、學術或教育方面有公認卓越成就之傑出人員，本學會特訂定「榮譽會員」舉薦辦法(如附件)。
- 二、自即日起至七月三十一日止，為本年度榮譽會員候選人提名推薦日期。
- 三、推薦書須有會員二十人以上之連署。
- 四、填具推薦書乙份，並檢附論文或著作、研究報告或事蹟報告，以郵政掛號寄台北市仁愛路二段一號四樓本學會收，並請註明「榮譽會員」舉薦候選。
- 五、空白推薦書如附件，如需電子檔請上本學會網站(www.ciche.org.tw)下載。
- 六、上述榮譽將於 105 年年會中(訂於 105 年 11 月 19 日(星期六)於臺中舉辦)，頒發當選證書。

理事長



榮譽會員推薦 (截止日期：105 年 7 月 31 日)



麗明營造

BEST GIVING

電話：(04) 2255-9888

地址：台中西北區府會園道169號4樓 MAP

網址：http://www.best-giving.com/

土木水利半月集

先進工程

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

永續發展

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

國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習

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

學會活動

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

出版活動

- 中國土木水利工程學刊
- 土木水利雙月刊

分會

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

土木水利

社團法人中國土木工程學會會刊



發行人：呂良正

出版人：社團法人中國土木工程學會

主任委員：宋裕祺 (國立台北科技大學土木系教授、編輯出版委員會主任委員兼總編輯)

副主任委員：王華弘 (明新科技大學土木工程與環境資源管理系副教授)

委員：王昭烈、何泰源、李順敏、李維森、林鎮洋、徐景文、曾昭衡

曾惠斌、黃尹男、廖肇昌、劉格非、鄭家齊、謝尚賢

(依姓氏筆劃排序)

定價：每本新台幣300元、每年六期共新台幣1800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：100055 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二十二屆理監事

理事長：呂良正

常務理事：曹壽民 張荻薇 楊偉甫 歐善惠

理事：王昭烈 朱旭 李元唐 宋裕祺 沈景鵬 林其璋 吳瑞賢

胡宣德 高宗正 莫若楫 許泰文 陳仲賢 陳彥伯 陳國慶

廖學瑞 歐來成 劉恒昌 謝啟萬

常務監事：周南山

監事：李建中 李順敏 林志棟 張培義 楊永斌 壽克堅

秘書長：倪惠妹

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。

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

中國土木工程學會和您一起成長！

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

木鐸集

📖 土木工程與古文明生死關鍵的個案分析 一、導論

洪如江 4

鹽下微言

📖 讓現代化商業觀念中的數字、事實和邏輯在台灣營建產業中
勝過節用、防弊為先的傳統思維

高銘堂 9

2016 災害防救專輯 (客座主編：李維森研究員)

📖 專輯序言：土木人對防災的擔當與思維

李維森 16

研判評估篇

📖 地震山崩快速潛勢評估建立與應用

柯明淳／黃明偉／林聖琪 17

📖 定量風險分析技術於重要設施地震衝擊評估之應用
— 以水管橋為研究範例

柯孝勳／施邦築／陳煒欽／李中生 27

📖 網格化土壤液化快速評估工具 — 高雄美濃地震實例分析

吳秉儒／黃明偉／柯孝勳 34

📖 我國地下管線之安全管理現況介紹

鄧敏政／李中生／李維森 39

大數據篇

📖 地下三維構造模型建置與地震減災之研究

林義凱／柯明淳／柯孝勳／楊耿明／陳文山／吳逸民 47

📖 數位網格化技術於地震衝擊分析與應用

劉淑燕／吳佳容／柯孝勳／李中生／李維森／張芝苓 55

📖 房屋稅籍資料之加值應用

黃俊宏／劉致灝／吳子修／劉淑燕／吳佳容 63

📖 大數據與災害防救 — 監視器影像的雲端應用

張智昌 68

📖 社群災情趨勢分析及綜整於地震災害應變之研究

劉致灝／簡頌愷／包正芬 73

2016 災害防救專輯

災害應變篇

- 📖 以使用者為中心探討颱風災害情境模式的應用
 — 以災害情資服務平台為例 蘇文瑞／楊鈞宏／黃俊宏／唐修國 80
- 📖 避難收容安全物資存量評估與模式建置 陳素櫻／李欣輯 87

全球減災發展趨勢

- 📖 「仙台減災綱領」相對於科技發展之檢視與建議 陳可慧／李燕玲／張芝苓／李維森／陳宏宇 92

學會資訊看板

- 📖 公 告：中國土木工程學會 105 年各獎項評選公告 封面裡
- 📖 公 告：中國土木工程學會 第二十二屆會員代表大會選舉結果公告 99
- 📖 出版品：ACI 318-14 中文版最新出版 ~ 會員優惠中 歡迎訂購 ~ 封底裡

廣告特搜

- 麗明營造股份有限公司 — BEST GIVING 堅持給您最好的 封面
- 台灣電力公司 — 只想給你更好的 封底
- 吉翁企業有限公司 — 以全方位的服務提供您專業諮詢 33
- 經濟部水利署南區水資源局 — 更新・活化・永續利用 38
- 財團法人中華顧問工程司 — 永續・新思維 工程・新發展 72
- 經濟部水利署南區水資源局 — 曾文水庫努力再現水庫風華 79
- 美華集團 — 全球頂尖的全方位綜合服務企業 86
- 達欣工程股份有限公司 — 新加坡TRILINQ-御品居 91
- 實固股份有限公司 — 最安全、實用、堅固的第一選擇 100
- 臺北捷運工程局 — 臺北動起來 For You・For Youth 101
- 台灣世曦工程顧問股份有限公司 — 用心做好每一件事情 102

土木工程與古文明生死關鍵 的個案分析 一、導論

洪如江／國立臺灣大學土木工程學系名譽教授，中國土木水利工程學會會士

引言

當史前智人（真人），擴散到地球上的許多地區之後，因為人口日益增加，「採集與打獵」的生活方式已經難以維持下去的時候，有三種選擇：(1) 跟隨草食動物遷移，(2) 遊牧，(3) 定居。

現在居住在北歐北端拉普蘭（Lapland）地區的沙米人（Sami），其祖先，可能是原來穴居於法、西邊界的比利牛士山麓者。約 12 萬年前，一次「間冰期」開始，地球北冰帽自南歐向北退縮，人口約三萬的沙米人祖先，追隨數約三十萬頭馴鹿向北遷移，於 4000 年前左右，到達「斯堪地那維亞」半島。中世紀之時，維京人（Vikings）將沙米人趕入北極圈內的拉普蘭（Lapland）地區。

蒙古地區與阿拉伯地區，尤其是它們沙漠邊緣的草原，至今仍有遊牧民族的存在。遊牧民族，通常居無定所（甚至於沒有墓園），很難發展出高度的文明。但蒙古人，曾經征戰亞、歐兩洲，聞名於世。

阿拉伯地區的貝多因人（Bedouin），曾經幫約旦擺脫土耳其人的控制而能夠獨立建國。

選擇定居下來的人，開始種植穀物，最初只靠天吃飯。當人口日多，為得到可靠的糧食，「引水灌溉」（灌溉工程）；進而發展廣義農業（耕種、畜牧、養魚、等等），產生餘糧。餘糧使分工成為可能，農夫、工匠、軍人、官吏、教師、商人、巫醫、等等行業的出現，讓具有「嚴密社會組織」的「城市」，以人造環

境取代部分自然環境。

最古老的人類文明，在城市誕生；最古老的國，也從一座城市開始。

「古文明」（Paleo Civilization，或 Lost Civilization），指曾經存在於世界上的人類文明，尤其是光輝燦爛的文明，卻已經消失者，例如美索不達米亞（或稱兩河流域）、埃及（尼羅河）、印度河、馬雅、邁諾安、吳哥、等等古文明。

本系列文章討論重點，定位在土木工程（尤其指引水灌溉、築城防衛、信仰、等相關工程）與文明生死的關鍵。因此，不是在討論人類文明的歷史。

中華（或稱黃河）文明，四個大河文明之碩果僅存者，雖然不是一個古文明，卻非常適合作為對照例，證明正確的土木工程，可以是一個文明永續長存的關鍵。

灌溉工程

公認為世界上最偉大的四大文明：今伊拉克的兩河流域（又稱美索不達米亞）、埃及的尼羅河的兩岸及其三角洲、印度河流域、中國的黃河大三角洲，都是因引水灌溉的便利而興盛，而誕生所謂的「大河文明」。

除上述四個大河文明之外，灌溉工程也是許多大、小規模文明誕生的關鍵。例如：

(1) 中國秦王嬴政（秦始皇，259BC ~ 10BC）元年，聽從被捕的韓國間諜鄭國（也是水利工程師）的建

議：引涇河之水灌溉關中平原，可保秦國糧食充裕。秦王認為有理，動員 20 萬人，令鄭國負責建渠，完工之後，名「鄭國渠」。

- (2) 中國四川省的都江堰水利工程（圖 1），自秦朝李冰父子建設（約 250BC）至今，成就了成都平原的文明至今不斷，而且其灌區日益擴大，號稱天府之國。
- (3) 中國新疆省吐魯番，以高溫、乾燥著名，幾乎無雨水可用；但因開挖許多地下隧道及豎井，稱「坎兒井」者，引天山之水灌溉，竟將沙漠變綠洲，盛產葡萄而聞名於世。目前，吐魯番地區尚有 1,600 條、長達 3,000 多公里的水利工程系統。
- (4) 民國 94 年 5 月，筆者赴蒙古共和國訪問，前往蒙古古都成吉思汗故鄉「哈爾和林」考察，見其完善的灌溉渠道。判斷成吉思汗的豐功偉業，並非全靠騎馬射箭本領；農業生產使糧食充裕，才有力量對外發展。
- (5) 吳哥古文明的興盛，主要在於湄公河下游的水流特徵與灌溉工程的成功。種植稻米，其量極大，自用之外，尚可輸出鄰近各國。
- (6) 台灣，1930 年代，「烏山嶺引水隧道」（長約 3 公里）、土壩（壩頂長 1,273 公尺，壩高 56 公尺）、

「烏山頭水庫」（庫容 1.67 億立方公尺）及「嘉南大圳」網絡（總長度 1,410 公里），次第完工（設計及監造者皆為八田與一技師），灌溉雲林、嘉義與台南地區約 16 萬公頃的農地，成為台灣最大的穀倉，提供台灣最大的產值至 1970 年代，才逐漸由輕工業成為經濟發展的主角。1973 年，曾文水庫（庫容 7 億立方公尺）完工，嘉南農田水利工程系統的供水能力更加穩定。

缺乏灌溉工程或灌溉用水不繼，糧食不足，國必動亂，甚至於衰亡。

築城防衛工程

城的等級

戰鬥之城

住家的房屋，是生活的處所，也是安全最起碼的工程，遮風、避雨、防獸、防敵，為個人或一家人的第一個城堡，神聖不可侵犯。房屋的門戶與圍牆，聚落周圍的拒馬、柵欄，步兵野戰時的鐵絲網、沙包堆、散兵坑、壕溝、小碉堡，等等，都可以是「戰鬥之城」。

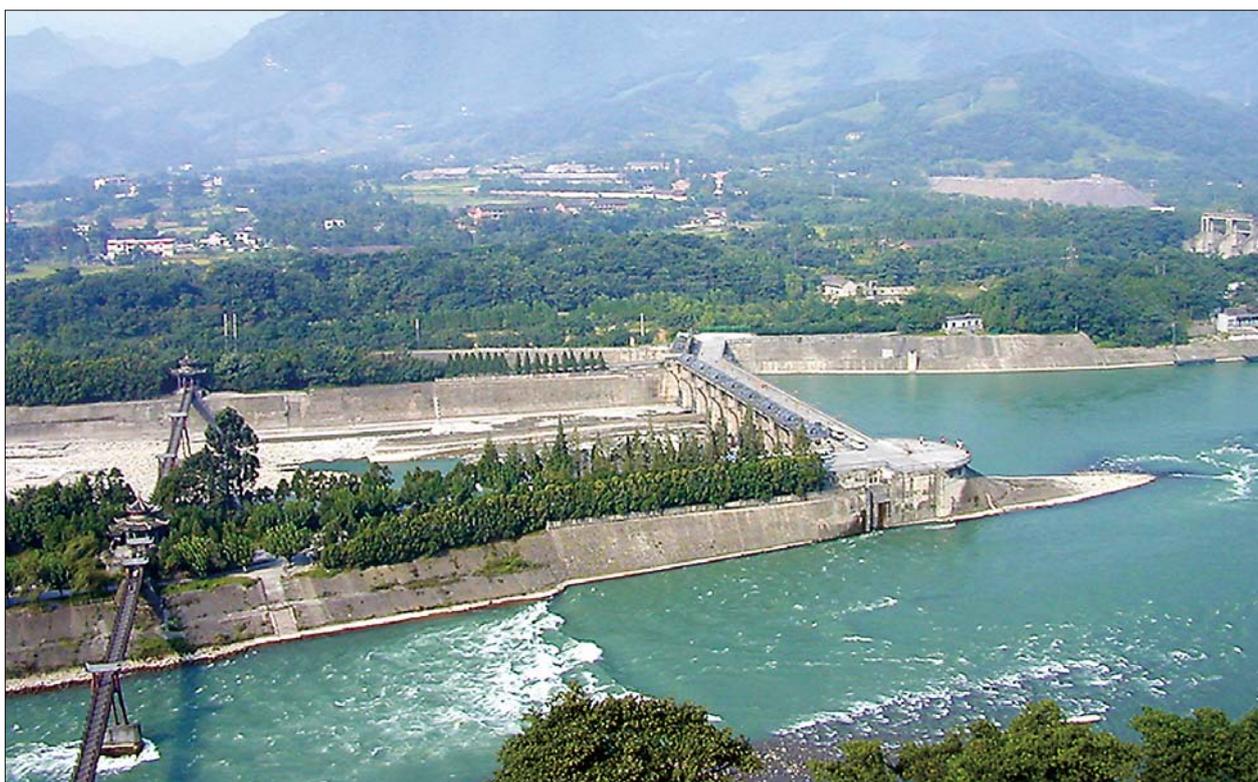


圖 1 中國四川灌縣都江堰近況（陳正興教授攝）

最原始的住屋包括：居住於岩洞之中、在樹上築巢、在草原之中搭建棚屋。有些棚屋，只是用獸骨與獸皮搭建起來。有樹木的地方，用木材建造房屋。有板岩的地方，採取石板建築房屋。缺少木材、石板之地，製作土塊或燒粘土為磚瓦，以建房屋。為增加防衛縱深，房屋之外建築石牆或木柵欄。

戰術之城

許多城市或城邦的城牆、護城河，閩南與粵北客家的圍樓（或稱土樓），古代歐洲國家的城堡（citadel），等等，都可以是「戰術之城」（圖 2 示古長安城南側）。

吳哥寺（又稱小吳哥、吳哥窟）的護城河寬達 190 公尺，是個人所見之最寬者。

戰略之城

中國的萬里長城（圖 3），隔離中原的「農耕文明」與塞外的「遊牧文

明」，達兩千年之久，為「戰略之城」。

萬里長城係由秦始皇將原來北方諸國所建防衛匈奴的城牆連接起來而成。秦始皇集重兵於咸陽，但修直道（後世稱之為秦直道）通往長城，當匈奴攻打長城之時，駐在咸陽的騎兵或戰車部隊，可以迅速衝往長城支援。



圖 2 唐朝所建長安城（戰術之城）南側（林美聆教授攝）

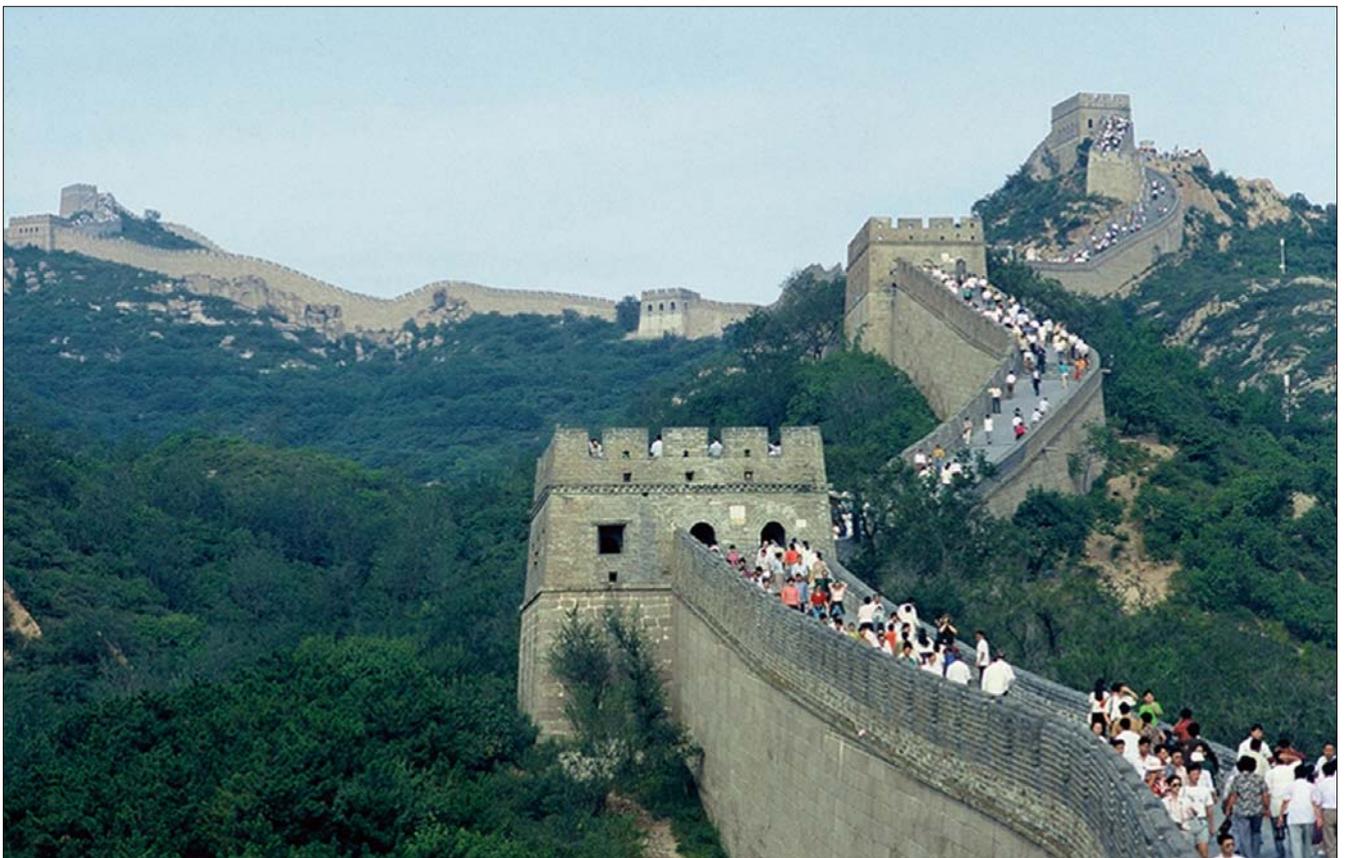


圖 3 戰略之城：中國萬里長城，保護中華農耕文明達數千年之久（洪如江攝）

城的防衛極限

一般而言，若兵器的先進程度及兵士的作戰能力相當，攻城一方的兵力（數量）必須是守城兵力的3倍以上才可能攻佔一座建造良好的城堡。若敵對雙方的兵力相當，城堡可保無虞。

人類歷史上，幾乎沒有不破之城。若圍城時間長久，城內糧食用盡，進攻者就會得逞。萬里長城曾經被外族攻破，因為兵力懸殊。北京城被八國聯軍攻陷，因為聯軍的兵器優勢。

城市與人類文明的誕生

漢文「城市」一詞的奧妙，在於：「城」指硬體的土木工程建設，「市」指軟體的貨物交易、知識交易、信息交易。

「城」的硬體建設，主要有「安全相關的工程」、「民生相關的工程」、「思想及信仰相關的工程」。

安全相關的土木工程，由外至內，包括：堤防、護城河、城牆、排水溝、住宅、等等。

民生相關的土木工程：住宅、水井、學校、市場、劇場、城中街道、城間道路、等等。

思想及信仰相關的工程，包括：

- 思想相關的工程：例如儒家思想的孔廟，道家思想的道觀。

- 宗教建築：例如歐洲大城的教堂，佛寺，清真寺。
- 民間信仰的廟宇：例如台灣的媽祖廟、關帝廟（台北市的行天宮）、三山國王廟、等等。
- 迷信相關的工程：原始社會之人，震於自然現象（例如太陽、月亮、雷、雨）的威力，野獸（例如狼、豹、蛇、鱷魚）飛禽（例如老鷹）的兇猛，國王屍體（尤其指埃及法老王木乃伊）復活迷信，聽信祭司（或巫師、巫婆）的胡言亂語，建廟（或金字塔）加以崇拜。

義大利翡冷翠（Firenze），以聖母百花大教堂為範疇所建設的**神聖之城**（圖4）。

傾國家之力建造迷信相關的工程，而忽視引水灌溉及築城防衛這兩大工程，國多滅亡。

「市」的貨物交易部分，農村生產糧食、初級建材（木材、石材、土磚、土瓦）、燃料（木材、木炭、煤），入城交換工藝產品。城內交易、城鄉間交易、與城市間貿易，是城市經濟發展的重要因素之一。城市間道路，除了便利貿易之外，常有「文化交流」與「文明接觸」的功能。

為記帳、紀錄、傳遞訊息（包括命令、法規、信件）、與教育，發明文字，書寫於樹皮、獸皮、泥板、紙張，或雕刻於竹片、木片、石碑、石牆、石柱，「書寫歷史」開始，人類主流文明從此誕生並向前發展。

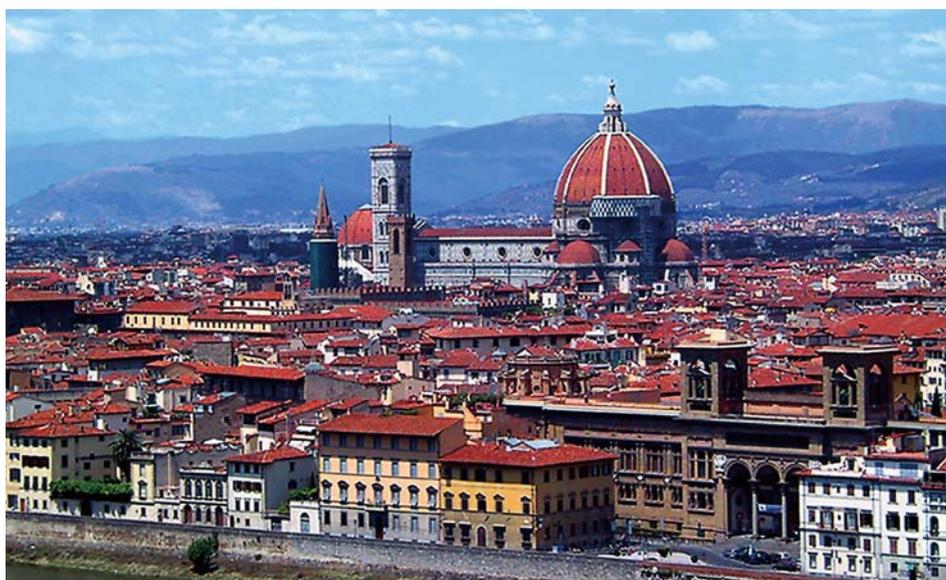


圖4 義大利翡冷翠（Firenze），以聖母百花大教堂為範疇所建設的神聖之城，文藝復興的發源地，也是義大利少數最富裕城市之一（洪如江攝）



圖 5 古代絲綢之路（洲際貿易、文化交流與文明接觸之道路）路線網絡簡圖（洪如江攝於澳門博物館）

城邦林立與大思想家的輩出

和平共存的城邦，因為有一個相當安定的時段，也因為競爭，會誕生許多「大思想家」。

希臘城邦林立的時代，有蘇格拉底（Socrates, 470 ~ 399BC）、柏拉圖（Plato, 428 ~ 358BC）、阿基米德（Archimedes, 287 ~ 212BC）、亞力士多德（Aristotle, 384-347BC）、等等大思想家。

中國春秋（770 ~ 476BC）、戰國（475 ~ 221BC）時代的「大思想家」有：老子（600? ~ 470BC?）、孔子（551 ~ 479BC）、墨子（約 480 ~ 400BC）、孟子（372 ~ 289BC）、莊子（約 369 ~ 286BC）、荀子（約 313 ~ 238BC）、韓非子（約 281 ~ 233BC）、等等。

城邦互鬥或一一被滅之後，統一的帝國出現，只有皇帝的聖旨以及皇帝欽定的經典（或國教）才算是正統思想，從此難以誕生大思想家。

洲際道路與文化交流及文明接觸

橫跨亞歐兩大洲的「絲綢之路」（圖 5），促進國際貿易、文化交流、與文明接觸。印度佛教傳入中

國，與儒家思想及道家思想互相激盪，催化出「漢化佛教」，不但使中華文明有新一波的躍昇，也傳播到越南、朝鮮（今韓國）、與日本。

結論

定居，「引水灌溉」與「築城防衛」是人類文明誕生的必須條件。文明誕生的充分條件，還必須加上「城市」、「嚴密的社會組織」、「文字」、與「書寫歷史」。

灌溉工程，發展可靠的農業，產生餘糧，使得分工成為可能。

築城，建造居住房屋，到建設萬里長城，可以有許多層次的安全防衛工程。

城市出現，形成嚴密的社會組織，發明文字，建立書寫歷史，文明從此誕生。

具有神聖性的城市工程，使城市文明、具有**永續性**。

城邦林立時代，出現許多大思想家，使文明向上躍昇，助益文明的永續長存。

繼本文導論之後，將以系列案例，分析土木工程（尤其是灌溉工程、築城防衛工程）與古文明的生死關鍵。

讓現代化商業觀念中的數字、事實和邏輯 在台灣營建產業中勝過節用、防弊為先的傳統思維

高銘堂／泛亞工程建設股份有限公司前總經理、萬鼎工程顧問股份有限公司前董事長

營建業面對榮景已過的本土工程市場有何選項？退而結網，何網？

台灣的基礎工程建設已趨飽和，民間房地產建築榮景亦已過去，絕大多數工程業者希望政府能增編公共工程預算，刺激景氣；但政府卻苦於財政困難，也僅能提出「將工程界的市場擴及海外，使其營運更具規模經濟。」及「針對國際金融界推動對第三世界基礎建設投資的機會，結合智庫與業界共同研議我國最佳之參與政策。」等宣導式的口號來回應產業界，間接承認政府能力有限，業者不能只靠國內工程市場。到了105年10月28日工程全球化全國會議，並作成結論如下：「以目前國內公務預算有限，且大型公共建設陸續完工之情況下，國內工程產業進軍海外市場將成為產業永續發展之新藍海策略。」

大多數業者認為進軍海外，財務、實績等門檻均高，加上國內工程業者體質與他國競爭者相較，實力懸殊，因此望而卻步。此外，國際大工程的合約條款、規範及執行慣例，幾乎等同歐、美等先進國家國內工程的延長，我國承包商處於陌生的經營環境，要背負極大的風險。但也有較樂觀的人士，認為近二十年來，台灣工程界在設計與施工技術上已有世界級的實力，工程採購與管理系統也參考國外先進國家，從投標、決標、設計、施工直到完工、驗收，都有周密嚴格的規定，廠商對應已相當熟悉、能夠適應，並已栽培出相當多的人才，知道針對不同性質的工程建立有效率的組織；到國外去，唯一要解決的是克服身處不同文化、語言、稅務、法規、市場的困擾而已。

三、四十年前國內大型營造公司也曾取得許多海外工程，金額、規模到了要動員一、兩千名工程師的程度，他們並沒有像今天的工程師們在出國以前，就有與國際工程管理制度相差不多的國內經驗。所以事在人為，台灣廠商能不能成功的進軍海外，是意志與努力的問題。

我國面積、人口及經濟量體不算很大，相對的工程市場也不夠大，但也有一定的規模，不至於如新加坡等地，要依賴國外的廠商做為建設主力。所以台灣工程市場經過二、三十年已發展出一套獨特的公共工程管理文化，雖然其顯示在外的制度中的具體規定，如合約條文、規範標準、審核程序，文字上與主流國際工程所通用的大同小異，但在解讀及實作上，因國情及民意的不同、業主與承商的相對地位也不一樣，其結果，就工程本身達成的效益，與社會大眾的感受，可能是兩個世界的差距。

所以不只是為工程產業經適當加持後能否進軍海外，台灣工程產業也面臨經營弱化、管理與技術人才出現斷層的困境。我們應該認真的檢視現行的制度與產生此制度的文化背景，是不是有什麼問題，才會讓政府投資的公共工程經常處於品質、工期、壽命、終極成本都不穩定的狀況？有人認為原因是公共工程以節用防弊做為指導原則，無法顧及其他的變數！另有人則認為，制度本身有它的「理想性」，是廠商「低價搶標」等陋習造成惡性循環，無法讓公共工程順利執行，產業健全發展！而不管是非曲折如何，當我國其他的產業急著向全球化、智慧化的經濟靠攏，以掙脫成長遲滯困境的現在，工程產業不能成為國家的負擔，也應擁抱新科技與進步觀念，真正接軌國際，才有希望。

全球化時代的國際工程，專業、技術、勞務的價值被壓低，先進國家廠商藉資本及其法權維護者的參與，佔有建制，而掌握了市場主導權

開發中國家開始其基礎工程建設時，多依賴密集勞務，只有本土廠商能依著當地習慣的工法以及便宜、容易取得的建材承建工程。但當經濟進一步發展，基礎建設的規模與複雜程度越來越高，資本與工程技術的引進變得必要。在這個階段，其他國家的工程業者有能力填補當地工程產業資本、技術之不足，就有機會進入該國承包工程。早期我國公、民營業者設計方面有向先進國家學習機會，施工方面亦較早進入組織化與機械化的階段，所以能憑藉相對成熟的施工技術以及優質的藍、白領勞務，與當地的廠商互補合作，在中東、東南亞營建市場，承攬相當額度的工程。

但到了二十一世紀初的現在，新建工程的完工時程，甚至能否完工，受環境、社會、市場、經濟、政治及其他非工程技術因素影響至為鉅大，業主常需由具經驗與能力的大包商代替其直接面對問題，解決困難。重大工程的業主與出資者、融資者在工程管理上的觀念漸漸調整，不再只追求低價，因為他們要保障投資及貸款安全，不容許工程施工或完工出現任何變數，寧可付出較高成本，尋找擁有能迅速動員多項資源，並具複雜大型工程完工經驗的國際主流包商來承攬工程。此外，投標、決標、訂約、履約，直到完工接收的過程，還要找同樣是跨國經營，有「品牌」的金融、保險、法務、顧問、評鑑、公證等組織或企業參與，他們需就工程進度、設計及施工圖說、各項性質付款的情形、施工機具的配備、勞工事務、材料與施工品質、主要設備性能、安衛設施與災變管理計畫、工程款的請領支付、法律事務的遵守、合約義務的履行等，協同承包商或以獨立的身分，提出各項報告、承諾、具結、保證、證明、簽證、驗證等，作為背書，才能對出資者及融資者有所交代。

面對此種嚴酷、繁雜、需動用龐大資源的要求，先進國家的領先公司，憑藉他們在國際工程產業中既有的優勢地位，樂於給予正面的回應。因為這樣的做

世界排名	營建公司	國家
1	ACS 	Spain
2	HOCHTIEF 	Germany
3	Bechtel 	USA
4	VINCI 	France
5	中國交建 	China
6	TECHNIP 	France
7	BOUYGUES 	France
8	Skanska 	Sweden
9	STRABAG 	Australia
10	Saipem 	Italy

ENR (Engineering News-Record) 2015 年世界前十大營建公司排名
http://www.enr.com/toplists/2015_Top_250_International_Contractors3

法等於是讓先進國家工程、金融、法務以及各種專業組織，對契約中有關交易安全、工程品質、建造流程所需遵循的規範及標準，掌握了制訂權與解釋權。也就是說除了他們在本國以這樣的方式進行工程，在第三世界國家進行的大型工程，如是以國際金融組織貸款或西方國家政府援助為主要財源、或是跨國大公司的投資，都以這種他們熟悉的制度辦理。也因這樣，執行工程的資源，有一部分要支付給既有建制裡的金融、財務、法務以及相關的獨立驗證單位，所以分配到技術與勞務管理的部分相對變低。也因如此，新興國家工程業者雖然在技術及施工管理上學得很快，但卻因缺乏與建制及金融資本的連結，而且不習慣於這種制度，從投標資格開始，工程實績、財務與信用額度證明、主要設備廠商合作意願書等的取得，就有一定的難度，或需較高的成本，很難有機會與先進國家的領先公司在同一個層次上競爭。

諷刺的是，藉著建立這種排他性、帶有些俱樂部性質的關係，國際主流廠商與其在「資本主義建制」的支持者可以進行微妙的價值交換，所分配到的高額附加價值，除了能支撐其龐大的公司管理費用與利潤外，還能讓他們用來更進一步築高競爭壁壘，排除無法融入先進經濟體商業體系的非西方國家工程公司。

以本土思維為體，先進國家工程管理制度為用，未能建立新的市場秩序，卻激化了各方的矛盾，產業面臨考驗

台灣這幾年在工程管理制度，尤其在公共工程，自台北捷運初期網路工程以來，也參考先進國家制度，作很大的改進。採購程序、契約條款、技術規範、審查步驟、估驗計費、驗收、保固等，都有嚴格詳盡的要求與規定，較任何版本的國際契約與實務制度不遑多讓。但實施起來，工程契約各方，廠商、設計監造、機關都認為對工程品質的維持，進度的加速，並無幫助。所產生的合約爭議、訴訟不絕如縷，給各方帶來困擾。尤其是對廠商的處分、機關人員的懲處，將公共工程履約各方應有的良好互動變成零和賽局。令人擔心長久下去，整個工程產業將無法健全發展。

為什麼一個制度在其他工程市場實行的結果，客觀的品質、工期與預設目標不會有太大的差異；且當事各方傳出的感受與第三者如使用公共工程的社會大眾，不像在台灣會有許多負面的情形？來自產業界的意見，通常認為國內公共工程在鼓勵競爭，節省費用的原則下，從編列預算開始，費用就不夠；其次，工期、執行細節、與管控流程的擬定，是以防弊為出發點，又考慮不讓公務員增添麻煩，更是嚴酷。一有技術或非技術因素風險發生，工程團隊除了沒有資源去克服困難，還要被迫去試一些官僚制度下認為必須，卻易造成二度傷害，更可能擴大損失的蠢事，來證明工程團隊已竭盡所能，然後還要負擔最後的結果！這種做法等於付路邊攤價錢，卻要享受大餐廳的美食與服務，沒有風險發生時可能還很好，但常見的是，最後急急上菜，還翻了桌椅。

就機關而言，他們認為低價是業者搶標的結果，因為無論預算和底價編得如何低，工期及承包條件如何苛薄，不論是規劃、設計、監造、施工、統包，總是可以標得出去。至於預算中有沒有對相對於合約所要求，廠商須提供審核各項計畫、報告、計算、圖說、證明、驗證等所需要的專業費用，或有沒有編列合理的風險準備金，機關不認為是重點；因為每個標案總有「有為」的廠商，找到最「有效率」的辦法來

處理這些資料，並且不在乎風險準備金。如果預算真的列這些費用，廠商會把它當成利潤，在搶標激烈時就直接把這些費用砍掉。現在機關的承辦人員，承認得標價壓低，執行時會造成各方困擾，包括工程品質與工期風險。但要脫離這種惡性循環，只調高預算並不是解決的辦法！

廠商背負了「殺價搶標」的原罪，導致專業不被信任、尊重，改革路遙

其實工商社會中，不合理的經營方式並無法長久存在；「搶標」現象由來已久，但其產生的品質、工期、真正成本等問題，因為契約的模糊與行之多年的潛規則，尚不致驚動社會大眾。但近年來，政府主管機關效法先進國家，也漸漸建立繁複的工程發包、履約制度後，經過一段時間，許多工程師考慮到個人應負的責任，不會再把堆積如山的文書資料只當成形式，於是某些工程履約瑕疵在其中會被「發現」，甚至被「製造」出來，產生出許多履約問題，讓廠商遭受重大的財務損失，也面臨嚴重的行政罰甚至刑事處分。另一方面，相關單位及社會大眾也因許多案例的發生，更懂得如何去檢視公共工程，其結果通常是公眾更加不信任公共工程的水準。在這種「獵巫」的氣氛下，常見到為業者發聲的專家學者竟被當成結構性共犯，在國家建設與營建產業政策的討論中不受重視，嚴重影響到營建業尋找出路的機會。因此面對社會大眾的成見，營建產業必須先洗脫「殺價搶標」的原罪，找回自己的尊嚴。



履獲國際大獎肯定的高速公路五楊段拓寬工程
承包工程的廠商卻沒有一家賺錢

工程契約管理缺乏法治、平等與現代商業開放的概念，加上不允許政府承受任何變數的迷思，實質上傷害了公共利益

所以台灣工程界，包括產官學，普遍認為這種專業被「踐踏」的現象，是一種委屈，也是工程產業無法正常發展的關鍵。追根究底，就是我國公共工程的履約缺乏先進國家工程管理制度裡蘊涵的法治、平等與開放的觀念，包括：

- 允許個別機關就個案有解釋及裁量的空間，而非為管理目的，勉強建立的一個統一標準，並由非專業人員決定承包商的利害生死；
- 認事用法，斟酌情節比例，而非不分鉅細，一體適用；
- 處於合約或管理層面優位一方對權力行使，有所節制，而非對弱勢者予取予求，無限上綱；
- 尊重市場機制，允許廠商在自行負責及不增加業主風險下，自行決定合約範圍內之商業行為，而非只為管理方便，變相限制廠商執行合約自由度。

再其次，如果由契約規範等書面資料看來，我國到目前實施的工程管理制度，其中已有重視風險，想要事先掌控變數，因而緊盯細節，隨時作準備的精神。但機關及其委託或輔助人，在實務運作上仍不認為管理各項風險，需要付出相對機會成本。所以從預算及工期的訂定開始，就一廂情願，以理想狀況作為基準，遇有工程進行與原先預期的不一樣，就認為應該是有人犯錯，必須負責，如是歸咎廠商，有違約罰金及行政罰伺候；機關人員則須受行政處分。結果大家就只能在前面所述的零和遊戲下兜圈子，於是契約雙方沒有資源，也沒有機制，可針對遭遇的問題提出解決方案。時間越長，國家重大工程中箭落馬的越多，越難補救，造成的公共利益損失越來越大，對相關廠商以及整體產業的傷害，更是嚴重。

所以業界雖然一再疾呼，要求改正、修法，尤其每次政黨輪替，國會換屆，總是期待新政府、新民意能迅速頒布政策、修改法令、導正相關人員「錯誤」的

態度，讓公共工程的「沉痾」霍然而癒，但結果總要失望。因為這些造成產業界陷入困境的「直接原因」，從更為宏觀的時空背景看來，其實只是「結果」：營建業多年來給社會大眾的刻板印象、民族文化裡對私人領域與公共事務的不同態度，以及傳統農業社會文化對實物以及抽象事物的價值觀等問題，所形成的綜合效應，也就是「民意」，政府或民意機關的決策或立法不能違背民意。如果產業要正常發展，產官學多方都要努力，要調整態度以爭取社會大眾的信任，改變社會大眾對公共工程以及產業的觀感。

東、西方都有只重實質完成品的傳統價值觀，但資本主義的開放發展，讓先進國家的公共工程得以全面自由化

國人傳統上鄙視商業，不承認「無形」的價值，從春秋戰國就有「農家」主張，產品應依據長短、輕重、多寡、大小等數量、質量規定相應的價格，使「市賈（價）不貳」、「莫之或欺」，不贊成商人居中剝削，歷經數千年，深植民心。反映在對工程的成見，就是依最後完成構造物的尺寸、數量、質量來評定其價值。如果說同樣的構造物，一個是經過嚴謹的品管步驟，排除業主所有的工期變數與完工風險；另一個則沒有在品管、工期及風險分擔上對廠商作特別嚴格的要求，在我們傳統的觀念裡面，絕不會認同兩個工程發包的價錢要相差百分之十以上。而且因為完成品應該是一樣的，「市賈（價）不貳」，如果以低價發包的工程，不管是遭遇了是不是廠商應歸責的風險，導致了品質的瑕疵、工期的延宕、以及種種使用上的問題，那就是弊病。廠商或經手工程的人在工程上榨取最大利益的，是違反了「莫之或欺」的傳統美德，應該課以嚴刑峻罰。

其實在 18 世紀後半，西洋也有類似我們「農家」的所謂「重農主義」學說，而且在西歐各國形成了主流的經濟學說。其中「純產品學說」觀點，認為財富的來源應該是生產而不是流通，認為物質的創造和量的增加才是財富生產的唯一手段。後來資本主義發達以後，尊重專業，正視風險，承認交換帶來的附加價值，才成為現代商業習慣的要素。這個取代的過程是漫長的，在

西方花了近兩百年，而且對公共工程與服務而言，在近二、三十年來大規模的開放給私人經營以後，如 PFI 等，對相關政策的擬定、計畫的評估、成果的驗收等，才能引用一般商業的思考模式，也就是尊重數字、事實和邏輯。而不是以公益、道德正當性等理由，用感性、主觀與臆測性的態度來制約參與工程的各方。

資本主義的勝出，不在制度的優越，而在它順著人性；傳統的價值觀與商業模式要藉封閉的市場保留著，社會與產業必須付出代價

資本主義的發展，因它順著人性的好惡，所以兩個世紀以來，所向披靡。也因為這樣，與它對抗的各式各樣各種理論、主義、國家、集團，也曾有短期、局部的聲勢，但終究要向其靠攏。而資本主義本身也隨著科技的發展、生產方式的改變，國際政治形勢的變遷，而有極大調整。從前初萌芽的資本家靠著掠奪資源與剝削勞工，繼而藉著機械的發明與技術的提升，增加附加價值。但，現階段的資本主義已進化到只靠「佔有」的手段，也就是說藉著控制與支配金融資本的能力，以佔有價值（value captured）代替附加價值（value added），進行全球套利。過去幾年，新興國家及部分發展中國家急起直追，在各種商品的生產技術與效率上超越了先進國家，讓人以為「西方的沒落」就要來到，但出乎意料的是，未「生產」價值的先進國家金融資本家卻大量的「佔有」價值，並藉此創造了另一種型態的榮景，解決了「不事生產」可能帶來的蕭條。

既然資本主義的建制難以挑戰，甚至有「歷史的終結」這種說法（出自 Francis Fukuyama 1992 年著作 “The End of History and the Last Man”），台灣這麼小的經濟規模，無法抗拒全球化的壓力，是不是應該向資本主義的主流價值觀以及商業模式靠攏？其實台灣大部分的工商業已經做了選擇，對各行各業而言，這個改變已經不是願不願意，而是能不能的問題。台灣的營建廠商無法或無意願到國外去，但國內完成的公共工程能否經得起準時完工啟用的考驗？啟用後能否經得起異常天候，營運與歲月的挑戰？最終使用者，

及社會大眾的最佳利益，能否在付出一些機會成本換取某些重要的附加價值而得到保障？難道我們的傳統觀念中，沒有付出高價錢，換取零品質瑕疵、零風險的概念？民意一旦無法忍受遇豪雨就無法使用的機場、久不通車的捷運系統、每隔一段時間會爆炸的石化管線或工廠，就必須做正確的選擇。營建業界及政府的主管部門，必須引導社會大眾改變觀念，不能等到產業土崩瓦解，全民為殘破的基礎建設付出巨額的代價，再來想辦法。

與國際工程制度接軌，先從尊重數字、事實和邏輯做起，而不是現在媒體、產官學，常見的感性、主觀與臆測性的論述

要與國際工程制度接軌，尤其是希望社會大眾能夠接受以較高價格換取高附加價值工程建設的觀念；雖然說群眾因其成見很容易受民意代表及媒體，臆測性的煽情論辯，認為這只是虛耗納稅人金錢的藉口。但如營建業能自重、自強，爭取業務不再持投機心理，一味殺價搶標；履行合約嚴守工期，確保品質；對政策與法令作出建議，坦誠與政府領導人、學界、社會意見領袖溝通；不能再以短促、狹隘之行業利益遊說、壓迫政府單位及民意機關，造成政府、輿論、民眾一致批評，其結果只是讓專業意見更無立足之餘地。

在政府方面，我們肯定過去二十年來，歷任政府推動基礎建設投資的心力，讓台灣的營建業成為推動經濟的火車頭。同時也因適時頒行採購法，維持了工程市場的採購秩序，脫離前一代的圍標、綁標、



採用國際標的機場捷運，爭議何其多！

中間剝削等陰影。但是這些源於節用、防弊本土思維的政策、法令已完成階段性的任務。面對公共工程執行結果不穩定，產業僵硬弱化，人才斷層等問題，必須聯合學界及工程業者一起說服民眾，讓他們認同主流國際工程制度及其所代表的價值觀與商業模式，向它們靠攏。也就是如前所說，任何政策、計畫與執行，必須依循數字、事實和邏輯做決定，而不是現在公共工程論述中，所常見的訴諸於感性、主觀與臆測性的論述。

也許要求社會大眾對公共事務的觀念作即刻的調整，不是那麼的簡單，尤其是對行業的觀感有成見的時候。就主管機關來說，對「先進」、「國際主流」，以及它們能不能適用於台灣公共工程也不是很確定。尤其改變涉及修法，或重大國家政策，都會引起仁智互見的激辯。但如果徹底實行以數字、事實和邏輯作為原則與方法，應用在公共工程相關政策、法令、計畫的擬定與執行，應該是馬上可以做到的，我們可以舉兩件事來說明。

預算的編列，不能過度的標準化，各項工程在各種時空環境有不一樣的管理費用與風險成本，廠商每況愈下的投標價，不能當成「對」的標價

首先是預算的編列，特別是稅捐、管理與利潤。為什麼是直接費用的 8% 或 10% 或任何的 %？為什麼不依照合約所要求，廠商須提供審核的各項計畫、報告、計算、圖說、證明、驗證的複雜度及專業性，並參考工程的特性、規模，編排管理組織表，列出所需要的工程師、商業、行政人才與委外機構，依他們於本工程的服務時間、合理的薪資與勞、健保費用，再加上各項管理及行政費用，估算合理的管理費用？另外各項工程在各種時空環境有不一樣的風險，承辦工程師或計畫主持人必須評估其性質，分配風險，編列準備金，不能視而不見，或以聊勝於無的一個百分數，當成個別工程的風險成本。現階段所有公共工程的稅捐、管理與利潤費用，工程性質、大小，不論是否有特殊要求，該項費用都是大多數機關一體適用的一個百分數，而且依決標結果一直往下調，這就是不



金門大橋因難度遠超過預期，該如何解套？

(圖片摘自列嶼觀察筆記 <http://taconet.pixnet.net/blog/post/46339063>)

以數字、事實和邏輯作為編列預算的根據，這樣的作法可能一開始就誤導廠商，不去做評量風險，不重視分配資源，以期降低工程失敗機率。雖然近幾年，某些機關允許廠商在仍然狹隘的範圍內自己訂定稅捐、管理與利潤的百分數，是跨了一小步，但仍然還不夠，應該從預算編列就把如期、如質完成工程所需的資源一一臚列，強迫工程相關人員，包括顧問公司與營造廠商有一個深入了解工程各項成本因子的機會，有機會磨練他們的專業。

「有利標」的評選，不是找人來投標、背書；也不能是電視綜藝節目，票選優勝的比賽

再其次，鑒於最低標造成許多問題，目前公共工程、決標的方式似乎又朝向採用「有利標」；但沒有人去審視為什麼當年實施了一陣子的「有利標」，為何被改回最低標？國際上通行的最低標是怎麼辦理的？但如果思考的結果，只是在公務員怕負責任，不容易找到適當的評審委員這些理由間打轉，認為克服了這些困難，就能重新出發；恐怕又要造成市場混亂，劣幣驅逐良幣的結果。

現行的「有利標」常用的「序位法」，其實只是由建築師比圖的辦法轉化而來。因建築作品的選擇，包括主觀的美學判斷，所以除了交給有經驗、有名譽的評審，以他們的好惡，與短暫的印象來決定誰應該是建築師，是合理的，而且沒有別的辦法。但就幾億到幾十億甚至百億以上的重大工程決標，用選美、歌唱比賽，或表演性質競賽的評分辦法，實在不適當。

國際上的「有利標」評選，從定義上開始就不會排除價格的競爭。因為對機關而言，再怎麼說，價格自然是最重要。但依台灣現行的方式，「有利標」評選，幾乎是等同於「有理標」。價格不列入競爭，或是佔一小部分，化程序分等於沒什麼差異。往好的方向想，是不鼓勵廠商殺價，但如果沒有適當的配套，恐怕會從「有理標」變成有「禮」標。這是前面所說的，為什麼當年實施了一陣子的「有利標」，又改回最低標的原因吧？

「有利標」除了標價外，最重要的就是要評估將工程交給該廠商的風險，也就是廠商本身的實力，包括財務、人力資源、相關工程實績、品管及安衛紀錄、履約爭議情形等。在某些先進國家也會檢視該公司的公司治理政策及企業社會責任（CSR）。另外就是審視投標廠商針對該特定工程的了解程度及準備，包括施工計畫、主要項目施工方法、施工機械來源、主要材料及設備來源、組織及指揮流程、人員資質、勞務管理計畫、報價條件、工期承諾等，然後依招標工程的特性，訂定各分項評分標準，並請投標廠商依說明於標書中提供正確資料。

我們的「有利標」也幾乎有同樣的設計，但評選會議「不過夜」，必須當日就有結果的考量，讓評選委員必須依賴每家廠商以分鐘計算的簡報與答詢，以及工作小組提綱式的評估報告，做出決定。儘管各評選項目分項評分會訂出標準，但終究只是供評選委員參考，分項評分經加總轉換成序位，再進入彙整合計各廠商序位的過程，實務上並沒有以廠商送審，或工作小組找出來的各項數據做為計算的根據，所以實際上委員還是決定一切的「造王者」。

在國外所謂的「最有利標」，比較接近我們「最有利標評選辦法」裡價格納入評分的「總評分法」。最大的不同是，評分大多由工作人員依標書中規定的標準評分，再由評審委員檢視工作人員是否有依標書規定與正當程序來評分，如發現錯誤，即進行改正。過程中都由數字、事實及邏輯說話，就不會有「序位法」評選中，可憑著主觀判斷、感性印象來操弄投標結果的弊病。這樣的評審方式公信力可以維持，但前提是要組成一個工作態度嚴謹，具相當工程及商業知識的

工作小組，事先須依市場上可能參加投標的承包商情況及工程的需要設定一個公平、簡明、可行的評分標準。廠商基本上必須要有誠信，不能在服務建議書及附件上做文章，但也必須允許工作小組與廠商之間有澄清送審資料，或在公平的基礎上議約的機會。

這種類似我們價格納入評分的「總評分法」，在許多先進國家幾十年來視為理所當然。但在台灣，或許考慮招、審、決標的過程要花太多時間與費用，而且某些做法，如與廠商反覆澄清，允許雙方改正錯誤，可能會讓主管機關增加很大壓力。但採用「序位法」，一切推給評審委員，對提高公信力沒有幫助，更不是能夠持續長久的制度。機關應該相信在人心中傾向現代化、法制化的台灣社會，增加透明化，能讓數字、事實、邏輯回答問題的招、審、決標方式才是減輕承辦人員、單位責任的制度。

時間不多，營建業一直弱化；從觀念、制度上，公共工程須接受商業化、世俗化，與產業建立平等的夥伴關係，否則基礎建設將一直是台灣經濟的絆腳石

目前公共工程的進行只要遭遇變數，政府在社會大眾的支持下，必以公益與泛道德的理由，甚或行政、刑事的責任來壓迫廠商，要求讓步。須知這種只因政府永遠不能吃虧，就不肯依數字及事實解決問題的傳統觀念，表面上替政府與社會大眾在當下爭取了一些利益，但實質上這些都是債，在完不了工的工程以及未來的標案，會由全民付出更多來償還。

一個弱化的營建產業，終究無法再接受業主的囑託，最近台灣幾個大規模工程能否完工啟用的陰影已回應了社會的疑慮。所以從觀念及制度上，政府與社會大眾必須接受公共工程採購及管理制度的商業化與世俗化，也就是大家必須建立平等的夥伴關係，共同創造出附加價值，在消弭工期與品質變數的基礎上才能談到公平的競爭。建立尊重現代商業，讓數字、事實與邏輯，作為發掘真相，解決問題的觀念，我們的基礎建設才不會成為經濟發展的絆腳石。 

土木人對防災的擔當與思維

專輯序言

專輯客座主編 李維森／國家災害防救科技中心研究員

傳統以來土木人與防災工作一直息息相關，不論是治山防洪，或是耐震安全，舉凡國土防災、減災之各項基礎，幾乎都是由土木建設做先鋒。然而，隨著社會快速的進步與民眾防災意識的提昇，社會大眾對於防災的要求與時俱進，這不僅考驗土木工程師的智慧，同時亦是工程師們對國家社會的使命感。如何以前瞻思維將「以人為本」的防災減災理念，納入工程設計與施做中，是土木工程人員必修的一門課。本期特邀請國家災害防救科技中心的同仁與國內相關研究人員，分享最新的防災趨勢與研究，期待藉由相關內容之介紹，能提供防災的新思維。

本期內容，除介紹崩塌判斷機制與斷層三維剖面研究外，也將介紹大數據在防災上的應用。例如，房屋資料的數位化、網路社群資料之防災應用、快速化之地震災損分析模組、雲端監視畫面之應用等，都是可以協助土木工程師進行災害風險分析的工具。同

時，也透過土壤液化分析與地下管線安全的簡介，反映國內防災需求面。

自去年「仙台減災綱領」公布以來，全球已開展一連串的行動以落實相關目標與優先事項，而以科學及技術協助防災落實推動，已經是一項全球共識。繼去年介紹「仙台減災綱領」概要，今年亦持續報導國際防減災新動態，持續關心相關發展。土木工程師除掌握設計規範與施工細節外，更應該瞭解防災實際需求，因此本期也收納推估防災需求一文，提供作為後續防災規劃的參考。

防災工作是一門「未來學」，我們必須應用與利用現有的知識與科技，以降低未來災害的損失。所以除土木基本學識外，21世紀土木工程師必須要懂得災害對社會的衝擊，進而找到緩解之道。提昇國家防災韌性(resilience)，建立一個安全的社會，土木結構的耐災能力，將國家永續發展的基石。🏡

地震山崩快速潛勢評估 建立與應用

柯明淳／國家災害防救科技中心助理研究員

黃明偉／國家災害防救科技中心副研究員

林聖琪／國家災害防救科技中心助理研究員

大規模地震發生後，各類型災害發生迅速且影響的層面廣泛，災害應變作業需於震後短時間內了解災情可能集中之區位，藉以佈署災後的防救災資源。然而相較於結構物與維生管線等具有標準設計與規範之設施而言，崩塌因受控於現地環境差異，現階段發生位置仍無法百分之百有效預警，管理單位因此常處於被動而延誤救援契機。本研究以500公尺 × 500公尺網格為單元，以岩性、坡度以及地質構造等環境條件繪製地文敏感網格資料庫，並利用1999年921集集大地震的崩塌紀錄及地表加速度記錄為基礎資料，透過地文環境、強震區地表加速度與崩塌事件之關聯性，分別建立地震崩塌的加速度警戒值與強震區影響特性，以矩陣方式評估地震後崩塌分布的潛勢等級，希望於地震後短時間內提供崩塌潛勢範圍資訊，給予相關單位作為安全查報的參考資料。

This study tries to build a rapid potential assessment model of earthquake landslides to help people knowing where landslides occurred after earthquake happened. The mode is based on the database, such as geo-susceptibility database, the record of landslides occurred by Chi-Chi Earthquake and ground motions of Chi-Chi Earthquake and is with the square grids by 500 meter. The model is started by the results for analysis of ground motions, geo-susceptibility database and the record of landslides. This model has been on-line since 2013. Its effectiveness could be achieved the original objectives. But its accuracy may still be upgrade after testing by earthquake events. Then it could be provided a more accurate forecasting information to managers as reference for earthquake emergency operation.

前言

崩塌的發生往往因其位置的不確定性而無法於短時間內有效預估，但當發生時其威脅到包含道路安全、救援避難以及生命傷亡等各種層面。然以臺灣地區的崩塌事件而言，除受重力影響外，主要誘發的原因多為降雨事件或地震事件所導致，其中更以因季風與颱風等季節性之降雨所引致的崩塌致災事件為多，故現階段針對於降雨誘發型崩塌的研究其成果相當顯著與豐碩，除常見的坡地現地監測系統外，透過歷史災害與降雨紀錄，利用雨量警戒值監測方式，或者是模擬影響範圍推估等方式，皆可於各降雨事件發生時，及時提供管理單位作為減災或是疏散避難時使用參考資料（林等人^[1]）。

然而對於的地震引致的崩塌事件，臺灣地區因相關崩塌紀錄有限，相對的預警模式也就少於針對降雨型崩塌各種預警與評估模式。除因紀錄較少外，大規模地震發生後，相較於如結構物倒塌損毀與倒塌、維生管線損壞等各種面向災害不同之處，結構物設計與管線鋪設時皆有其相關設計規範與確定地座落位置，震後較易於進行查報檢核或災損模擬，而崩塌發生與否主要受控於其環境條件，即使鄰近兩個環境相似之區域，受到相同外力衝擊其發生位置仍無法有效標定，再加上地震本身所具備地突發性，使得地震型崩塌的預防作業更加難以防範。

現階段地震崩塌的研究主要仍利用 1999 年 921 集集大地震所引致臺灣中部地區的崩塌事件進行探討。根據相關研究結果，認為地震後影響崩塌發生的主要條件為地表震動強度、震央距離、斷層破裂位置距離、岩層性質以及坡地坡度等五項 (Edwin *et al.* [2]; Keefer [3]; Sassa *et al.* [4]; Tibaldi *et al.* [5]; Wieczorek *et al.* [6]; 洪等人 [7]; 廖 [8]; 林等人 [9])。然而相對變動性較小的地質地形條件，地表震動的分析便為各研究討論之標的，但由於分析者分析之方式之差異，研究結果也出現不同之處，廖 [8] 利用衛星影像判釋 921 集集地震的崩塌分布，發現受地表加速度 250 gal (PGA) 以上區域內的崩塌面積，佔總面積的 96.8%。林等人 [9] 針對 921 集集大地震後所發生的崩塌與土石流進行研究，根據崩塌紀錄所推估結果，地震誘發地崩塌紀錄，其發生多在受地表加速度值逾 400 gal 或以上之區域。林等人 [10] 則利用 921 地震後大地工程破壞紀錄以及遙測判釋結果，引致崩塌發生最低門檻應在水平地表加速度 (PHGA) 100 gal，垂直向加速度 (PVGA) 則在 70 gal。Huang 等人 [11] 根據分析 921 地震崩塌資料則認為易導致崩塌發生處為地表加度為垂直地表加速度超過 150 gal，水平地面加速度超過 250 gal 之坡面。而在國外對於地表震動強度引致崩塌研究也有不太相同之看法，Keefer [12] 利用 40 個地震的崩塌紀錄進行分析，顯示規模大於 $M_L 4.0$ 以上之地震才有崩塌之可能性，Mousavi 等人 [13] 針對伊朗地區因地震所導致地崩塌行為，推斷地震導致當地崩塌的地表加速度臨界值約在 370 gal。

而本研究主要之目的，為建立一個能於短時間內能針對震後的崩塌影響範圍的評估方法，能於地震發生之初期提供中央應變中心協助評估影響公路、聚落等安全性查報作業與研判災情時所需的參考資訊，減少災害未明時期的過渡期，提升避難疏散與救援之速率。

模式建置規劃與資料採用

本研究所建立地震崩塌快速評估模式，其目的為於地震事件發生能夠於短時間內提供中央災害應變中心相關參考資料，為使地震發生時程式能於短時間內演算完成，本研究將評估模式分為的模式建置、環境

條件影響與誘發強度門檻等部分，皆必須加以規劃，以達到短時間及時運算之效能，本章節則對模式各項工作內容進行說明：

模式建置說明

為達到地震發生 5 至 10 分鐘的短時間內能有效說明崩塌的高風險或發生高潛勢區域，同時在時間限制下，且不遺失現地環境條件對於崩塌發生的影響性。故本研究設定以網格作為模式進行分析之基本單元，希望藉由網格有效呈現現地之條件同時增加模式演算之速率。本研究中所採用網格單元大小，主要為採用林等人 [1] 以及柯等人 [14] 針對崩塌預警系統研究時，整理目前地質、地形、地震與氣象等相關資料解析度後 (表 1)，認為現階段適合資料的網格尺度，應為長寬為 500 公尺之網格。而這些網格在然後結合地文環境資料、地震崩塌目錄以及強地動等資料，便可針對歷史災害事件與地文環境、強地動的相關性進行分析，以作為地震引致崩塌的基礎分析資料庫 (圖 1)。

表 1 各項資料現有之精度與產製單位

資料種類	資料名稱	範圍或比例尺	產製單位
氣象	劇烈降雨系統 (QPESUMS)	1.25 公里網格	交通部中央氣象局
地震	地表加速度演算	2.5 公里網格	國家災害防救科技中心
地形	數位地形資料 (DTM)	1 公尺、5 公尺、30 公尺、40 公尺	內政部國土測繪中心
地質	地質圖	1 : 25000 1 : 50000 1 : 250000	經濟部中央地質調查所

而考量地震發生的時間不確定性，再者由於應變作業人員也無法長時間持續進行監控或有足夠的時間餘震後進行分析評估，因此地震山崩快速潛勢評估模式也需朝自動化演算為方向，透過程式自動化監控與運算，於每一次的地震發生後地震崩塌之潛勢分布。此外，為使應變作業相關人員更能有效使用模式所產出之分析資料，在模組程式中除初步自動化的地圖繪製功能外，更能產出符合現階段兩大地理資訊系統 (ArcGIS 與 MapInfo) 以及 Google Earth 所能使用的 shp、tab 以及 kml 等檔案格式 (圖 2)，以提供災害管理機關或單位進行救災部屬或他項工作時所需資料的加值與應用。

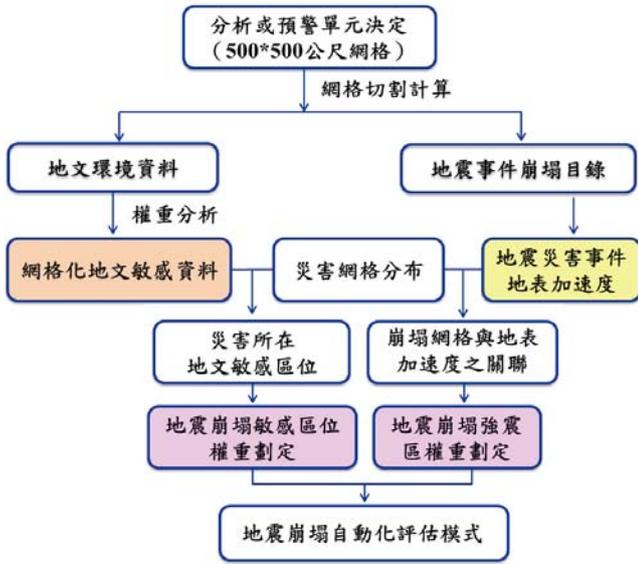


圖 1 本研究資料分析與研究流程

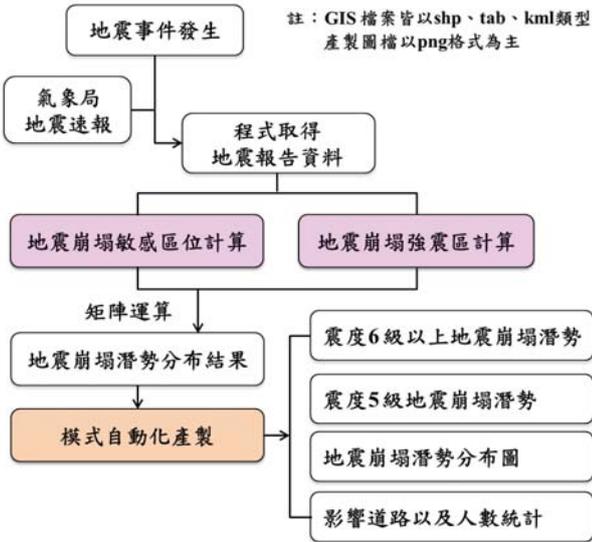


圖 2 地震崩塌快速潛勢評估模式的演算流程與產出

地文環境條件選擇與分析方法

地文環境條件的選擇，主要由林^[15]、李等人^[16]以及溫^[17]針對崩塌評估的 50 多項影響因子中，選擇常用的岩石性質、地形坡度以及地質構造分布等條件，優先作為代表地環境之評估資料。本節中則分別說明本研究對於各因子之選用因素以及相關分析方式。

岩石性質

岩石性質之資料主要以中央地質調查所出版的地質圖幅內的岩層資料為主，但受限於現階階段的調查進度，故暫以大比例尺的 1：25,000 環境區域地質圖為底，結合比例尺 1：50,000 的區域地質圖、流域地質圖

與 1：250,000 的台灣地質圖陸續將未涵蓋之區域補足，故本研究中共接合 157 幅比例尺 1：25,000 環境區域地質圖、56 幅比例尺 1：50,000 區域地質圖以及 18 幅比例尺 1：50,000 流域地質圖（柯等人^[14]）（圖 3），為有效反映岩石於現地之情況，再依中央地質調查^[17]所訂定的岩體強度分級分類（圖 4）分別給予強至弱，1 至 7 分的配分（岩體越完整強度越強者，分數越低），利用面積透過加權平均進行各網格岩體強度資料計算。然而由於本研究參考岩性資料，為岩層的空間分布以及岩體強度資料，故在不同圖幅邊界的地層延續、分層等條件的合理性則暫不作考慮與要求。

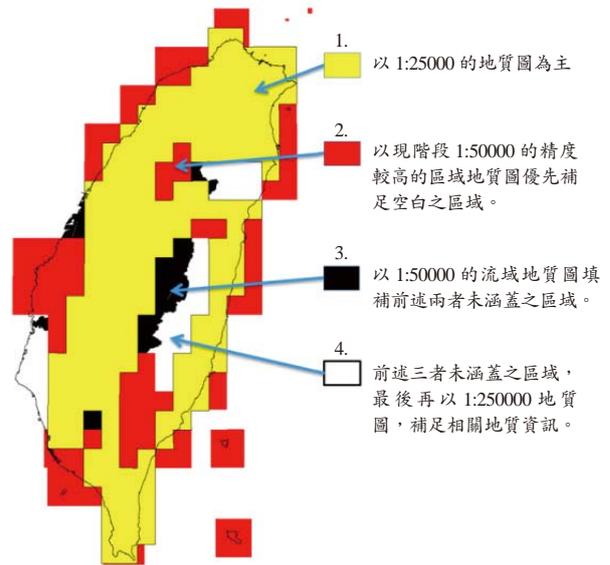


圖 3 各比例尺地質圖使用分布說明

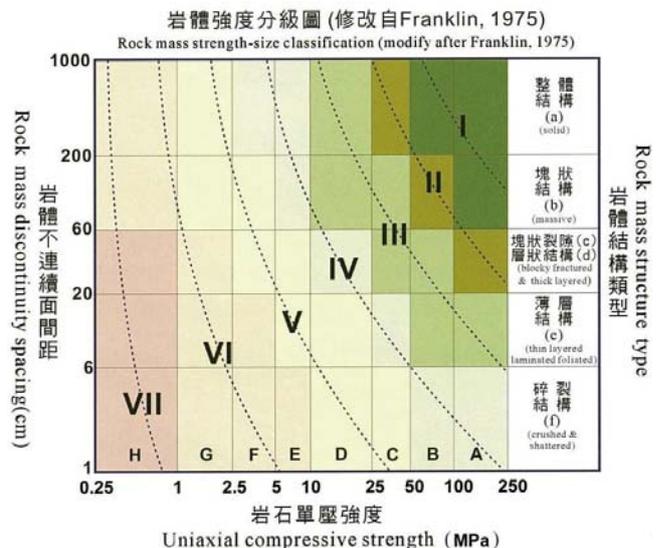


圖 4 岩體強度分級圖（中央地質調查所^[18]）

岩體弱面資料分析

出露於坡面的岩體由於受風化侵蝕作用或受到斷層與褶皺等構造生成時之影響，常發育出節理、劈理等弱面發育，使得岩體原始強度減弱，受外力影響而易於造成崩塌，然而再進行相關評估時，詳細的弱面資料除特定目的或細部區域於研究所繪製大比例尺地圖外，大多數比例尺地質圖的弱面資料多無呈現。故在地文敏感資料建置過程時，增加兩個條件暫以表示岩石弱面的影響程度（柯等人^[14]），此條件分別為：

1. 考量因溪流沖蝕邊坡坡腳後，易造成上邊坡岩石出現解壓節理（林^[19]），故本研究中將溪流資料與網格進行計算溪流比值（式(1)），藉以代表溪流所造成的解壓節理現象，而其相關權重分數便以其溪流比值作為評分分數之來源；

$$D \frac{\sum L}{A} \tag{1}$$

式中， D 為溪流密度； $\sum L$ 為溪流總長度； A 為單位面積。

2. 斷層以及褶皺等地質構造生成時，岩體因擠壓、張裂而出現弱面，故再詳細的地質資料時，構造分布也可作為弱面資料的參考來源，然而地質圖中地質構造線所代表為構造於地表上之所在位置與延伸方向，但地質構造影響範圍應為一個帶狀的破壞範圍，本研究以地質構造 1 公里影響範圍進行環域分析（柯等人^[14]、陳^[20]）；而每一個地質構造在本研究中皆視為獨立事件，若網格內含有多條地質構造線時，則視為多次事件之影響。評分依據以各網格內地質構造影響面積與各網格面積比值作為分數並進行累加，所得分數越高代表區域內弱面影響性較高。為避免構造線之區位因比例尺大小差別而造成位置差異過大，地質構造資料以中央地質調查所已出版的 1：50,000 比例尺區域地質圖為主，對於未調查之區域暫時為無地質構造經過區域，爾後待新調查完成並取得時資料再進行修正。

地形坡度資料分析

崩塌現象於地質學上之意義實屬於塊體運動，其主要原因來自於重力持續不斷的牽引，後因地震與降雨所誘發，然而根據相關研究（Anbalagan^[21]；Brunsdn^[22]；Donati and Turrini^[23]；Guzzetti *et al.*，

[24]；Varnes^[25]；Zhou *et al.* [26]）坡度平緩或陡峭則為應為地形上影響崩塌發生要素之一。（林等人^[11]）則利用過去所收集的災害資料，配合臺灣地區的 DTM 資料所分析的地形資料，與崩塌事件和坡度間進行比對，由相關結果顯示，崩塌發生率（特定坡度區間之崩塌面積與網格面積比率）在坡度 40° 以上有明顯增加之趨勢，而坡度介於 60° ~ 70° 間之邊坡位置，崩塌發生之頻率則較高（圖 5）。而由於地震崩塌發生之規模通常較小以及崩塌發生的重複性，本研究選擇以崩塌數量之結果為參考依據，將坡度分為 0° ~ 30°、30° ~ 50°、50° ~ 60° 以及 60° ~ 90° 等給予 1 至 4 級別分數並於各網格中進行加權之運算。

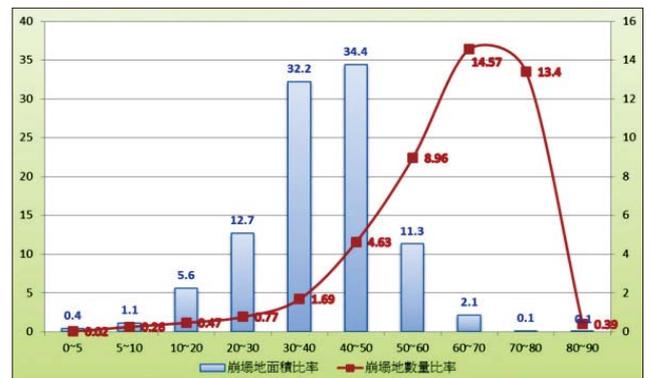


圖 5 各坡度與歷史崩塌紀錄之關係

環境的地文敏感分級

透過地理資訊系統中空間疊合功能，將各網格所涵蓋的岩體強度、溪流密度、弱面評估以及地形坡度等條件，利用權重分析個別計算網格之評估分數（式(2)），後依其之值劃分為低敏感、中低敏感、中敏感、中高敏感以及高敏感等五等級，建置相關地文敏感資料庫，同時繪製全台崩塌地文敏感值圖（圖 6）。

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\frac{A_j}{A_{grid}} \times S_j \right) \tag{2}$$

式中， P 為網格所得所有崩塌地文敏感總分數； P_i 為第 i 項因子敏感值； n 為因子項目數； m 為 i 因子分組項目數； A_j 為 i 因子之 j 分組面積； A_{grid} 為網格面積； S_j 為 i 因子 j 分組敏感值。

地震崩塌的歷史記錄

地震引致崩塌事件主要仍以 921 集集大地震後所導致的紀錄為主，本研究嘗試收集地震後判釋崩塌相關

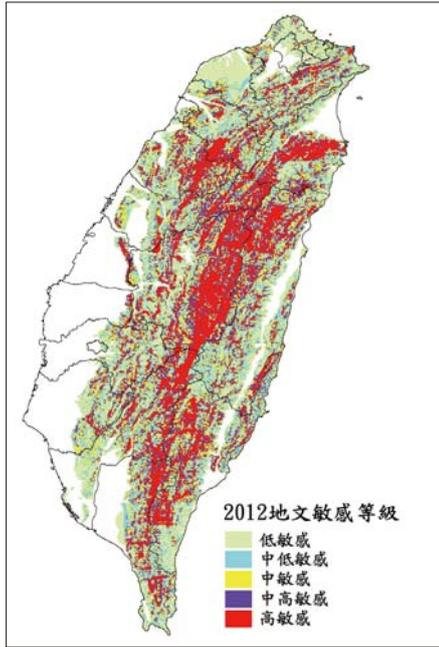


圖 6 本研究所使用的地文敏感圖 (引用柯等人 [14])

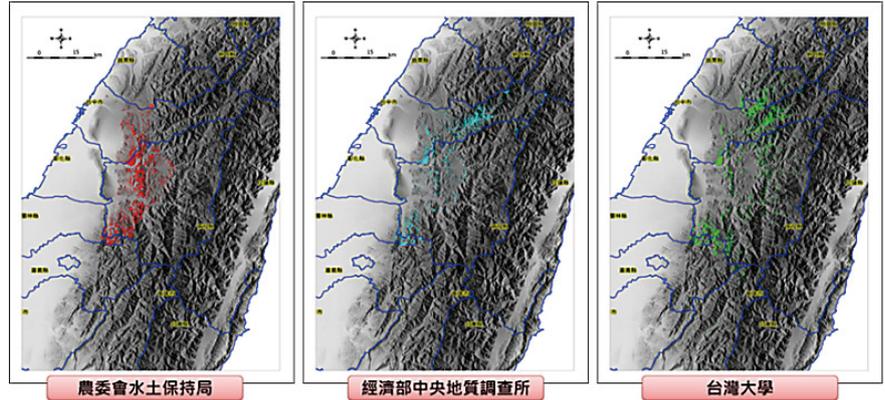


圖 7 921 集集大地震地震山崩紀錄，由左至右為農委會水土保持局、中央地質調查所、台灣大學。

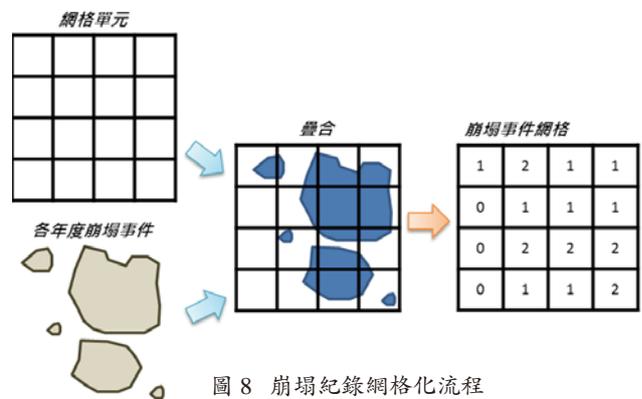


圖 8 崩塌紀錄網格化流程

資料，相關資料中，以農委會水土保持局、中央地質調查所與台灣大學土木工程系所判釋資料較為完整，但可能因為各種判釋原則或方法的不同，再加上地震後降雨事件的影響，崩塌分布也呈現不相同之分布結果 (圖 7)。本研究建構的分析模式以網格主要分析單元，為避免崩塌紀錄受到遺漏，本研究將所收集的 921 集集地震後的各崩塌紀錄與網格進行整合，透過具崩塌資料的網格 (圖 8) 結合 921 集集地震的地表加速度紀錄、地文敏感等資料，建立模式運算時所需的強地動與震後崩塌分布、地文敏感與震後崩塌分布之關係。

崩塌快速評估模式的條件設定

崩塌與強震區

將具崩塌紀錄的網格資料與 921 集集大地震的地表加速度 (PGA) 計算後，便可了解各崩塌網格當時所受的最大地表加速度值，故利用累進百分比之統計方式，探討影響震後崩塌的地表加速度範圍，藉其結果設定導致崩塌產生的地震分區，區別在不同受震範圍內崩塌發生的程度差異，最後在給給予各分區域不同之權重以利分析模式之運算。

根據相關結果 (圖 9)，在 $PGA \geq 40$ gal 時，已有零星之崩塌事件產生；當 $PGA \geq 240$ gal 以及 $PGA \geq 460$ gal 分別則出現快速累積之情況； $PGA \geq 600$ gal

後，崩塌累積數量則已趨近於百分之百。故本研究將崩塌強震區以 PGA 為小於 240 gal、介於 240 gal 至 460 gal 以及大於 460 gal 等三個區域，然而崩塌所占網格數量，地震加速度 240 gal 至 460 gal 區間雖多於地震加速度大於 460 gal 區域之數量，但根據崩塌數量統計，地震加速度大於 460 gal 區域仍為主要崩塌集中之區域 (表 2)，因此權重分數的配分上仍以地震加速度大於 460 gal 區域為最大的影響範圍，各分區的權重上分級則暫以等比數列方式，個別給予 1、2、4 的權重，以強調各強震區對崩塌事件所帶來之影響。

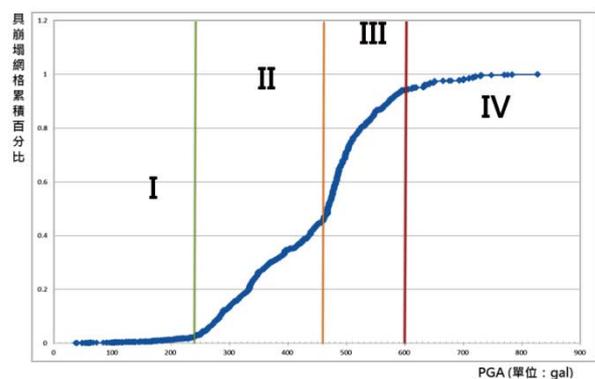


圖 9 具崩塌網格與地表加速度累積百分比圖

表 2 劃分崩塌強震區後的分析結果

PGA 分組 (gal)	崩塌所占 網格數量 (個)	比例 (%)	涵蓋崩塌 數量	比例 (%)	權重初步 設定
PGA < 240	937	9.1%	979	2.3%	1
240 ≤ PGA < 460	5040	48.7%	17972	43.0%	2
PGA ≥ 460	4370	42.2%	22847	54.7%	4

地文條件的影響

本研究另將具崩塌紀錄網格債與地文敏感資料進行比對，主要目的為希望透過地文敏感資料，使得未來在進行震後崩塌評估時分析之結果能貼近於實地發生情況。故根據 921 集集地震後之崩塌紀錄結果顯示，各地文敏感等級在 921 集集地震發生時所釋放能量影響下，皆有崩塌事件紀錄的存在，但若轉換為網格資料，同時透過各網格的地文敏感分級，便可了解震後崩塌與其周遭地文敏感之情況。根據前段地表加速度分區結果，各等級的地文敏感在受到不同大小的地表加速度皆有崩塌紀錄，但地文敏感等級較高之區域受到較小的地表加速度影響，較多崩塌紀錄（圖 10），在總量的比較結果中，地文敏感等級較高之區域也較敏感度低之區域多，故在權重設定部分，則以各群組分級，以 1 至 5 分作為其配分（表 3）。

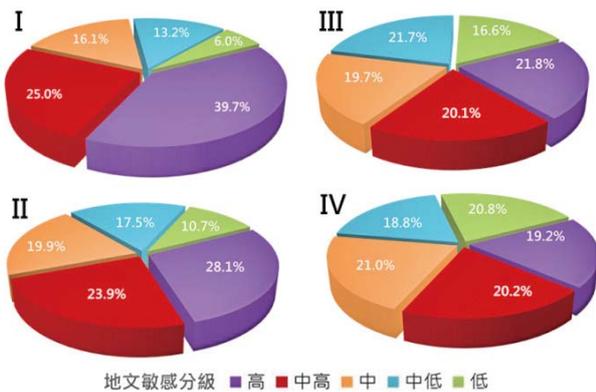


圖 10 各地文敏感等級於地表加速度累積崩塌分區內所占百分比

表 3 具崩塌紀錄網格之地文敏感等級分布狀況

地文敏感 等級	崩場所占 網格數量 (個)	比例 (%)	涵蓋崩塌 數量	比例 (%)	權重設定
低	1314	12.7	5202	9.9	1
中低	1935	18.7	9141	17.4	2
中	2031	19.6	10000	19.0	3
中高	2347	22.7	12431	23.6	4
高	2720	26.3	15898	30.2	5

地震引致山崩潛感值與快速演算模式之建立

在本研究中盡量將各項條件於先前所提之引致崩塌強震區以及地文敏感中於網格方式進行權重評分所得之 G 與 S 兩值以矩陣方式進行計算（式 (3)），後再利用所得之積分 P ，劃分出震後的崩塌高潛勢區、中潛勢區與低潛勢區（圖 11）。

$$P = G \times S \quad (3)$$

P 為潛勢分級之總分； G 為崩塌地文敏感之權重； S 為崩塌強震區之權重。

		地文敏感 (G) (低-----高)						
震區 PGA(S)		配分	1	2	3	4	5	震後崩塌潛勢分級
100~240 gal	1	1	2	3	4	5	高潛勢區	
240~460 gal	2	2	4	6	8	10	中潛勢區	
≥460 gal	4	4	8	12	16	20	低潛勢區	

圖 11 潛勢分級與權重配分

快速評估模式之應用

地震事件即時監控之應用

以 2013 年 6 月 2 日 13 時 43 分的南投縣仁愛鄉規模 $M_L 6.3$ 之地震為例，根據中央氣象局資料。臺灣各地震度以雲林縣草嶺 6 級最為強烈，雲林縣古坑、四湖、南投縣日月潭、埔里、名間、彰化縣二水、彰化市、嘉義縣阿里山、嘉義市、臺中市大肚以及臺南市則皆達震度 5 級。本快速評估模式於接收到中央氣象局的地震速報資料後，計各網格單元便會依照其所所在位置地表加速度分布 (PGA) 與地文敏感分級，計算震後崩塌潛勢分布之可能情況（圖 12）。根據評估結果，本次地震崩塌高潛勢區主要位於南投縣竹山鎮以及雲林縣古坑鄉交界帶，中潛勢與低潛勢區則涵蓋南投縣仁愛鄉、信義鄉、魚池鄉、水里鄉、竹山鎮、鹿谷鄉以及雲林縣古坑鄉、嘉義縣阿里山鄉、竹崎鎮、梅山鄉等鄉鎮。而根據實際公路紀錄本次事件共造成 21 起震後崩塌事件，7 起崩塌事件發生於中潛勢區；14 起發生於低潛勢區，主要崩塌類型主要為淺層崩塌與零星落石為主（圖 13）。

而 2016 年 2 月 6 日高雄美濃規模 $M_L 6.4$ 之地震（同

南投仁愛地震地表加速度分布



依據中央氣象局地震報告繪製

崩塌潛勢的自動演算結果



為避免資料數過多使Google Earth無法展示結果
自動演算程式預設不展示低潛勢區之評估結果

圖 12 20130602 南投仁愛地震 ($M_L 6.3$) 地震事件地震崩塌快速評估結果



圖 13 2013 年 6 月 2 日震後崩塌預估結果與實際崩塌案例之對照

年 3 月 6 日上修至 $M_L 6.6$), 其中雲林縣草嶺、高雄市旗山、台南市楠西、嘉義縣草山與嘉義市等地區皆於震度五級 ($250 \text{ gal} \geq \text{PGA} \geq 80 \text{ gal}$) 之範圍內, 本研究模式本文中以高雄美濃地震於 0206 報告為分析基礎 (圖 14), 配合公路總局所提供資料 (含路面落石清掃出動紀錄) 成 11 起崩塌事件, 2 起崩塌事件分別位於高潛勢區與中潛勢區, 其餘 9 起則位於崩塌低潛勢之區域 (圖 15)。

區域性地震災害強化之提醒

除支援應變時潛勢區分析使用外, 本評估模式也可協助強化地方地震防災力之進行, 現階段雖無法明確表定震後崩塌物理運動行為, 但暫時仍可地震規模提供應注意震後崩塌潛勢範圍, 提醒各地區應注意可能因震後

高雄美濃地震地表加速度分布



依據中央氣象局2月6日地震報告繪製

崩塌潛勢的自動演算結果



為避免資料數過多使Google Earth無法展示結果
自動演算程式預設不展示低潛勢區之評估結果

圖 14 2013020 高雄美濃地震 ($M_L 6.4$) 地震事件地震崩塌快速評估結果



圖 15 2013 年 6 月 2 日震後崩塌預估結果與實際崩塌案例之對照

崩場所造成之影響，本模式現階段已使用於花蓮地區可能出現最大規模地震（吳等人^[28]）、山腳斷層錯動（柯等人^[29]）、2013 年與 2014 年兩次 921 國家防災日等區域性地震災害強化之規畫。

以大台北都會區周緣坡地地震崩塌潛勢評估為例，參考山腳斷層的斷層參數，假設山腳斷層錯動時可能導致地震規模大小。初步評估台北都會區周遭坡地於地震後所可能出現的崩塌潛勢，而這些成果希望相關資料可以協助地方政府或相關權責單位，針對位於崩塌潛勢區域加強地震防護工作與教育宣導，降低地震可能所帶來災害規模，大台北都會區事件震後崩塌潛勢評估之結果如圖 16 至圖 18 所示。

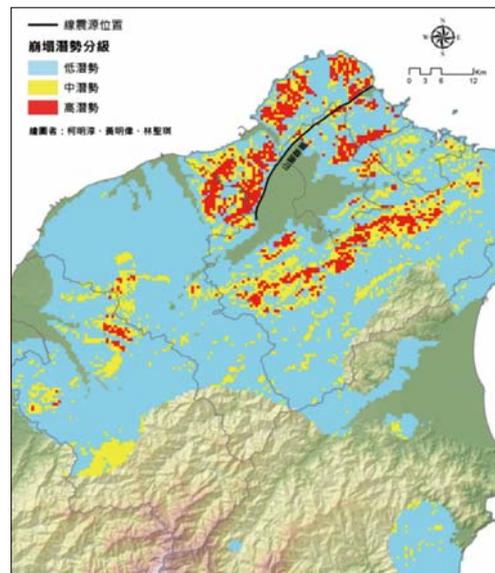
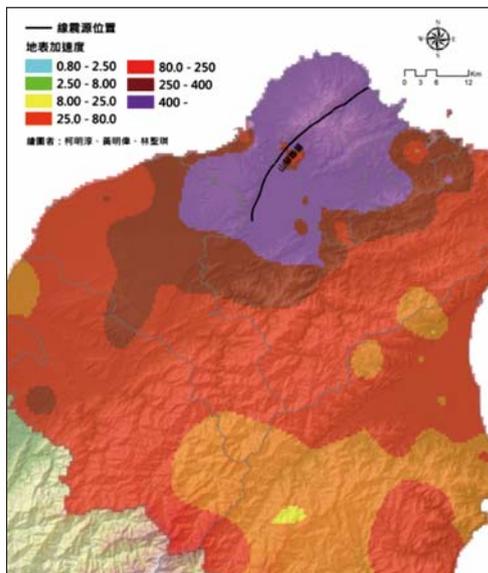


圖 16 (左) 模擬山腳斷層全段錯動，地震規模 M7.1 地表加速度圖、(右) 地震崩塌潛勢圖

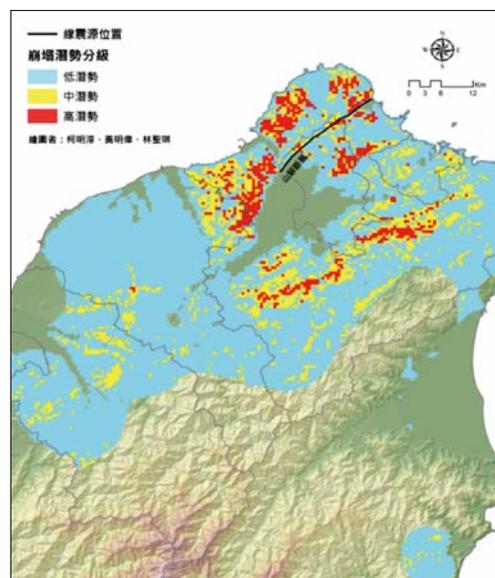
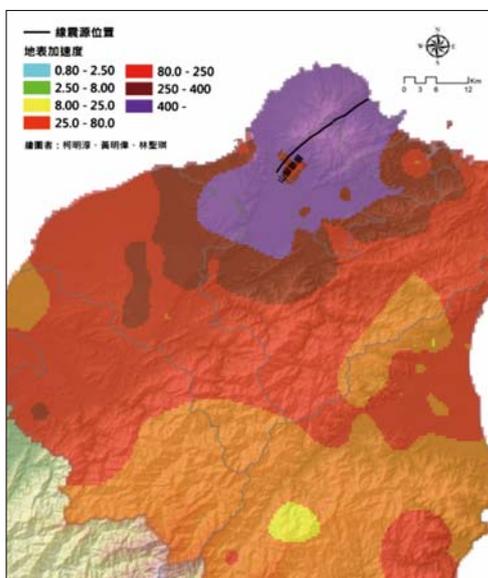


圖 17 (左) 模擬山腳斷層北段錯動，地震規模 M6.9 地表加速度圖、(右) 地震崩塌潛勢圖

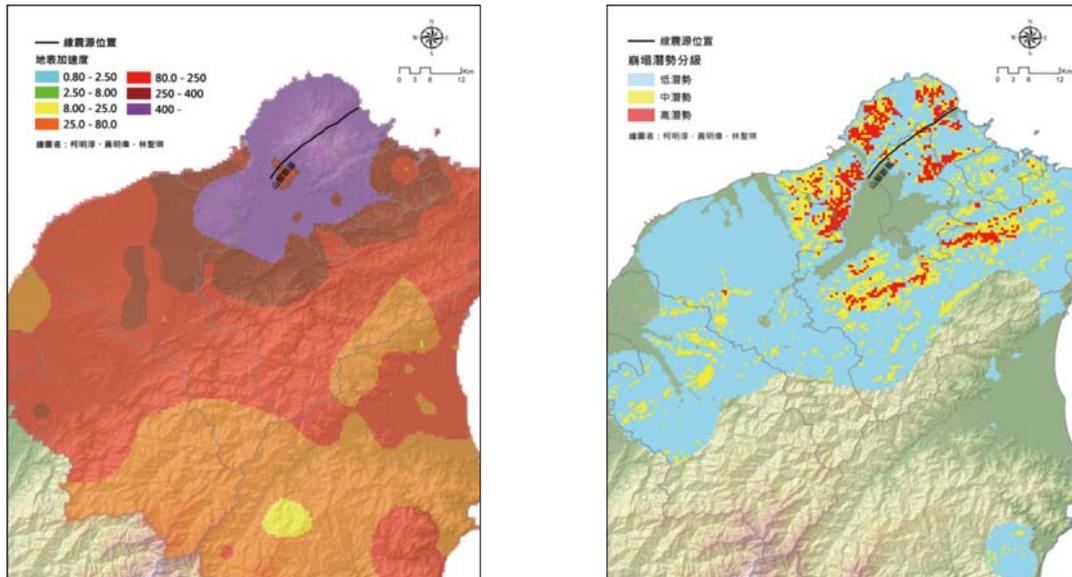


圖 18 (左) 模擬山腳斷層南段錯動，地震規模 M6.3 地表加速度圖、(右) 地震崩塌潛勢圖

表 4 震後崩塌潛勢結果

模擬事件名稱	強震區主要位置 註 1	崩塌高潛勢區內影響人口 (單位: 人) 註 2	崩塌高潛勢區影響鄉鎮 (依照影響範圍大小排列) 註 3
山腳斷層全段錯動 地震規模 M7.1	台北市 新北市 基隆市 桃園縣	200,259	新北市淡水區、桃園縣龜山鄉、新北市新店區、石碇區、三峽區、石門區、林口區、五股區、台北市士林區、新北市萬里區、金山區、三芝區、泰山區、新竹縣關西鎮、新北市平溪區、土城區、深坑區、桃園縣蘆竹鄉、新北市汐止區、八里區、台北市文山區、北投區、新北市新莊區、桃園縣楊梅鎮、新北市瑞芳區、台北市內湖區
山腳斷層北段錯動 地震規模 M6.9	台北市 新北市 基隆市 桃園縣	150,155	新北市淡水區、五股區、石碇區、台北市士林區、桃園縣龜山鄉、新北市新店區、金山區、石門區、泰山區、三峽區、三芝區、林口區、萬里區、平溪區、八里區、台北市北投區、新北市深坑區、新莊區、土城區、汐止區
山腳斷層南段錯動 地震規模 M6.3	台北市 新北市 桃園縣	34,316	新北市三峽鎮、桃園縣龜山鄉、新北市泰山區、新店區、林口區、新莊區、土城區、五股區、八里區、台北市士林區

註 1：強震區為震度 6 級以上或 $PGA \geq 250gal$ 所涵蓋之範圍。

註 2：人口資料為 2010 年災放科技中心利用鄉鎮市人口資料與土地使用結合 500 公尺 500 公尺網格計算之結果。

註 3：採取鄉鎮市為說明單元，在於配合防災業務推動之便利性。

輔助其他決策之需求

而本快速評估模式所產出之結果，隨原有之設定會透過系統轉換為可符合 GIS 或 Google Earth 所用之 shp 檔或是 kml 檔，藉以提供各位使用。就目前為止，支援災害應變作業管理之相關單位，使用對象雖仍以國家災害防救科技中心針對中央以及地方政府所建立的災害情資網與決策支援輔助系統為主，近期配合公路防災之需求，透過網路即時傳輸，提供震後崩塌潛勢評估資料至交通部公路總局 SafeTaiwan 系統使用，以協助公路總局針對其管轄山區道路震後道路通行之安全評估作業。

結論與建議

本研究中所快速評估模式所設立之目的在短時間內能夠提出震後崩塌可能影響之範圍，以利相關單位進行震後災害防救的應變措施，然而現階段成果已能初步符合當時所設立之目標，但仍然需要再考量其他條件，就 2013 年 6 月 2 日南投仁愛地震 ($M_L 6.3$) 與 2016 年 2 月 6 日高雄美濃地震 ($M_L 6.6$)，雖然震後經通報的崩塌災害事件皆在範圍內，但仍有需要再加以精進之處，其中包含：

1. 實際崩塌災害發生位置分布與崩塌潛勢等級仍有預估之誤差，未來如何透過不同地震事件加以修正模式。

2. 舊有崩場地之存在，由於崩場地具有原處在崩場地重複性，藉由此次地震，可發現如：水里郡坑等地區曾發生崩塌之位置，在南投仁愛地震事件中，因受地震地表震動而再發生土石崩落情況，故為要提升評估精度，舊有崩場地實需另設為一特殊別條件，藉以表明舊崩場地對於崩塌潛勢之影響。
3. 由於地表震動會因地形場址效應而有所放大或延長時間，來如何有效反映此條件對於崩塌事件之影響也需再加研討。

未來希望藉由上述條件之增加，可再提升震後崩塌的分析精度，以提供各管理單位較高精度之分析結果，作為震後應變以及協助區防災力之參考資料。

參考文獻

1. 林聖琪、柯明淳、陳韻如、陳聯光、周憲德 (2008), 「崩塌及土石流預警精進研究」。國家災害防救科技中心編號 NCDR 97-T18 技術報告。
2. Edwin L. Harp, David K. Keefer, Hiroshi P. Sato, Hiroshi Yagi, (2011), Landslide inventories: The essential part of seismic landslide hazard analyses, "Engineering Geology," Vol. 122, pp. 9-21.
3. Keefer, D. K. (2000), "Statistical analysis of an earthquake-induced landslide distribution — the 1989 Loma Prieta, California event," Engineering Geology Vol. 58, pp. 231-249.
4. Sassa, K. H. Fukuoka, G. Scarascia - Mugnozsa, K. Irkura and T. Okimura (Japan). (1995), "The Hyogoken - Nanbu Earthquake and the distribution of triggered Landslide," Landslide News.
5. Tibaldi, A., Ferrari, L. and Pasquaer, G. (1995), "Landslides trigger by earthquakes and their relations with faults and mountain slope geometry - An example from Ecuador," Geomorphology, 11, 3, pp. 215-226.
6. Wiczorek, Gerald F. and David K. Keefer, (1987), "Earthquake - triggered landslide at La Honda, California Earthquake of April 24, 1984. Seena N. Hoose, ed.," U.S. Geological Survey Bulletin 1639, 73-79.
7. 洪如江、林美聆、陳天健、王國隆 (2000), 「921 集集大地震相關坡地災害、坡地破壞特性與案例分析」。地工技術, 第 81 期, 第 17 至 32 頁。
8. 廖軒吾 (2000), 「集集地震誘發之山崩。國立中央大學地球物理研究所碩士論文」。
9. 林慶偉、謝正倫、王文能 (2002), 「集集地震對中部災區崩塌與土石流之影響」。2002 臺灣之活動斷層與地震災害研討會。
10. 林美聆、黃紀禎、高贈智、王國隆 (2009), 集集地震邊坡滑動門檻條件。地工技術 121 : 5-14。
11. Ming-Wey Huang, Chien-Yuan Chen, Tzu-Hsiu Wu, Chi-Ling Chang, Sheu-Yien Liu, Ching-Yun Kao, (2012), "GIS-based Evaluation on the Fault Motion-Induced Coseismic Landslides," Journal of Mountain Science, Volume 9, Issue 5, pp. 601-612.
12. Keefer, D. K. (1984), "Landslides caused by earthquakes," Geol. Soc. Amer. Bull., 95, pp. 406-421.
13. S. Mostafa Mousavi, Babak Omidvar, Fereydon Ghazban and Reza Feyzi, (2011), "Quantitative risk analysis for earthquake-induced landslides — Emamzadeh Ali, Iran," Engineering Geology, ENGEO-03242; No of Pages 13.
14. 柯明淳、林聖琪 (2012), 崩塌地文敏感圖之更新與應用。第十三屆海峽兩岸三地環境資源與生態保育學術研討會 (花蓮), 編號第 183 號。

15. 林彥享 (2003), 以類神經網路進行地震誘發山崩之潛感分析。國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
16. 李錫堤、潘國樑、林銘郎 (2005), 「山崩調查與危險度評估 — 山崩潛感分析之研究」。經濟部中央地質調查所報告第 94-18 號。
17. 溫振宇 (2004), 結合地震與颱風因子之山崩模式分析。成功大學地球科學系碩博士班碩士論文。
18. 行政院經濟部中央地質調查所 (2008), 「都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖及說明書」。行政院經濟部中央地質調查所出版。
19. 林銘郎 (1992), 河谷解壓節理的研究 — 以太魯閣大理岩峽谷為例。國立台灣大學土木工程研究所博士論文。
20. 陳崇華 (2004), 「台 11 線海岸公路沿線邊坡崩塌災害分析」。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
21. Anbalagan, R. (1992), "Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain," Engineering Geology, Vol. 32, pp. 269-277.
22. Brunsden, D. (1996), "Mass movement, the research frontier and beyond: a geomorphological approach," Geomorphology, Vol. 7, pp. 85-128.
23. Donati, L. and M.C. Turrini (2002), "An objective method to rank the importance of the factors predisposing landslides with the GIS methodology - application to an area of the Apennines (Valneria; Perugia, Italy)," Engineering Geology, Vol. 63, pp. 277-290.
24. Guzzetti, F., A. Carrara, M. Cardinali, and P. Reichenbach (1999), "Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy," Geomorphology, Vol. 31, pp. 181-216.
25. Varnes, D.J. (1978), "Slope Movement Types and Process In: landslides, analysis and control." Transportation Research Board Special Report, Vol. 176, pp.11-33.
26. Zhou, C.H., C.F. Lee, J. Li, and Z.W. Xu (2002), "On the spatial relationship between landslides and causative factors on Lantau Island, Hong Kong," Geomorphology, Vol. 43, pp.197-207.
27. 吳子修、蘇昭郎、柯明淳、劉淑燕、柯孝勳、李中生 (2013), 「花蓮潛勢地震情境分析」。國家災害防救科技中心編號 NCDR 102-T16 技術報告。
28. 柯明淳、黃明偉、林聖琪 (2013), 地震引致崩塌即時評估之初步研究, 2013TGA 聯合研討會。
29. 李馨慈 (2004), 「應用累積位移法於地震引起之山崩潛勢分析」。國立成功大學資源工程研究所碩士論文。
30. 柯明淳、黃明偉、柯孝勳、林聖琪、王安翔、李維森 (2010), 「發展網格化災害預警系統之初步研究」, 2010 台灣災害管理研討會。
31. 柯明淳、黃明偉、林聖琪 (2010), 「地震導致崩塌災害範圍評估之初步研究」。兩岸第一屆地震工程青年學者研討會論文集。
32. 柯明淳、黃明偉、林聖琪 (2014), 「台北都會區周緣坡地地震崩塌潛勢評估」。2014 中華民國地質學會與中華民國地球物理學會學術聯合發表會。
33. 黃春銘 (2005), 「運用模糊類神經網路進行山崩潛感分析 — 以台灣中部國姓地區為例」。國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
34. 彭文飛 (2008), 「地震引起山崩之潛勢圖製作 — 考慮地形放大效應與土體滑動堆積行為」。國立成功大學資源工程研究所博士論文。
35. 廖啟雯 (2006), 「機率式地震誘發山崩危害度分析 — 以國姓地區為例」。國立中央大學地球物理研究所碩士論文。
36. 謝寶珊 (2008), 「台灣地區愛氏震度衰減式之研究」。國立中央大學應用地質研究所碩士論文。
37. J. Delgado, J. Garrido, C. López-Casado, S. Martino and J.A. Peláez, (2011), "On far field occurrence of seismically induced landslides," Engineering Geology, Vol. 123, pp. 204-213. 

定量風險分析技術於 重要設施地震衝擊評估之應用 —— 以水管橋為研究範例

柯孝勳／國家災害防救科技中心地震與人為災害組副研究員

施邦築／國立臺北科技大學土木工程系副教授

陳煒欽／國立臺北科技大學土木工程系碩士

李中生／國家災害防救科技中心地震與人為災害組副研究員

由於地震發生所具有突發性、高度不確定性及瞬間摧毀之特性，相較於其它天然災害具有更高之威脅性，故本研究目的擬結合定量風險分析技術（事件樹與故障樹）進行水管橋之耐震安全評估，以提升管理之有效性及可靠性。本研究以水管橋於震後是否喪失持續輸水功能為主要考量，透過事件樹之邏輯推演，列出地震後對水管橋所造成影響之可能事件，再以故障樹之邏輯演繹，由事件結果反推所有可能事件失敗之因素，並藉由失敗機率之推算，分析重要之風險因子。

而本研究中於定量風險分析之參數量化方法，主要分為二部分：

(1) 橋梁結構之損壞機率利用橋梁易損性分析進行探討 (2) 鋼材損壞機率以鋼材可靠度進行分析。

本研究以新店水管橋為例進行個案分析，所建立之定量風險分析模式可提供其他關鍵性基礎設施應用之參考。

前言

台灣位處於菲律賓板塊與歐亞板塊互相碰撞之處，故地震仍是威脅橋梁安全之主要災害之一，尤其水管橋為重要維生管線，地震中若產生災害而發生局部中斷，造成無法維持正常輸水，對社會、經濟等層面必定造成難以評估之損害。而目前國內水管橋安全性評估主要亦以耐震為主要考量。

臺北自來水處曾針對所業管之 4 座水管橋梁進行安全檢測及評估，採用之方法為 D.E.R.&U 目視檢測評估法，並配合中央橋梁維護管理系統，以 D.E.R.&U 及 ABCD 系統為架構外，並首先訂定優先評選項目及其權重，進行初步評估篩選對象。

而交通部頒布之「公路橋梁耐震設計規範」中說明橋梁之耐震能力分析係依據橋梁現場檢測資料、實際尺寸、配筋及材料強度，配合橋梁結構耐震分析，決定橋梁發生各種破壞模式相對應之地震地表加速度。

而近年來，相關研究以風險推估結構物之強度與壽命，以增加評估之可靠性，如橋梁耐震易損性曲線分析，地震造成橋梁結構系統損害之致災因子大致分為地表震動和土層破壞兩類，其中地表震動強度以地表最大加速度（PGA）表示，土層破壞程度則以地震引致之永久位移量（PGD）表示。

而定量風險分析方法中，事件樹是一種次序邏輯之事故分析法，可為時序或順序邏輯，而故障樹分析

技術是由各失敗事件結果反推所有可能發生之原因，並可藉由統計基本原因之故障率資料推算事件發生之機率。本研究擬應用定量風險分析之技術於橋梁耐震安全評估，配合事件樹（Event Tree）與故障樹（Fault Tree）之風險分析技術，並藉由統計基本因子之故障率資料推算事件發生之頻率，計算出事件損壞之機率，據以了解水管橋受震後之損害風險。

定量風險分析應用於水管橋

於本研究之定量風險分析中，分別以故障樹分析與事件樹分析作為事件之分析法：

- 故障樹分析法（Fault-Tree Analysis, FTA）：係利用邏輯演繹法，由事件之後果反推發生之所有可能之基本原因，並可藉由統計基本原因之故障率資料推算事件發生之頻率。故障樹技術經過波音航空公司加以實行，逐漸被廣泛應用於如核能發電廠、化學工業等領域，以防止重大災害之發生。
- 事件樹分析法（Event-Tree Analysis, ETA）：係利用邏輯歸納法，透過時序或次序邏輯進行事故分析之技術。本方法以一個初始事件為起點，按照事故發展的順序分成各階段分析，而每一事件之後續事件只能取完全對立的兩種狀態之一為原則（即發生或不發生兩種狀態），逐步向結果發展，直到系統故障或事故發生為止。

本研究採用之方法係利用事件樹與故障樹之定量風險分析工具及橋梁易損性曲線分析技術，針對水管橋在地震後之可能受損風險進行分析。而事件樹之建立分為橋梁與水管兩大部分，以水管之破壞而造成輸水之功能喪失為前提，對水管造成直接破壞或間接破壞之可能事件進行分析。

橋梁耐震風險評估模式與新店水管橋介紹

首先於事件樹之建立，包含地震發生，經過「土壤是否液化」、「橋梁是否破壞」、「錨定是否破壞」至「水管是否損壞」等事件，來計算其情境之發生機率。並透過故障樹分析技術，針對事件樹之各失敗事件結果推演可能發生之原因。本研究並使用 FaultTree + V11.20 分析程式，藉由故障樹中之各基本故障事件失效量化參數，計算出各失敗事件之失效機率及事件樹中各情境發生機率，再據以分析相關結果。

本研究以北部地區一處水管橋為個案研究對象，進行耐震安全之定量風險評估。該水管橋為清水輸水幹管之水管橋，結構形式為一鋼拱橋，橋長達 290 m，上部結構為 3 跨之鋼拱，鋼拱每跨跨距約 70 m，拱高約有 10.6 m，以 11 根連桿支撐輸水幹管；下部結構為單柱鋼筋混凝土橋墩與樁式基礎，橋墩高度約 12 m；輸水幹管為內徑 2,400 mm、管厚 20 mm 之鋼管。水管橋之構造參見圖 1。



圖 1 水管橋構造

事件樹與故障樹之建立

本研究進行定量風險分析時，最主要之方法為事件樹之建立與故障樹之建立，找出可能之失敗事件與造成該事件之原因，再配合參數量化方法計算出各事件之失敗機率，以針對破壞機率高之事件作維護。

事件樹之建立，係由地震發生之開始至輸水功能喪失，推演事件之發生至結束，從地表之土壤液化經過橋梁破壞、錨定破壞再傳向水管落橋與水管損壞，故事件樹之建立係於水管輸水功能是否喪失為考量下，參考國內、外地震造成基礎設施破壞、土壤液化以及維生管線各類災損情形為參考，針對水管與橋梁作出彼此影響之判斷，擬定「土壤是否破壞」、「橋梁是否破壞」、「錨定是否破壞」、「水管是否損壞」之可能失敗事件，本研究建立之事件樹如圖 2 所示。

事件樹建立後，再針對各失敗事件進行可能肇因之探討，建立其故障樹。本研究故障樹分析由「本體損壞」與「受外力破壞」二個部分因素進行研析，而由一個基本故障事件或者多個基本故障事件共同造成該失敗事件之發生。

各故障樹建構之考量與，參考橋梁與管線破壞之相關研究分析如下：

1. 於水管橋之橋梁破壞部分，因本文探討之水管橋有別於一般之橋梁，於橋台、橋墩之上方為水管，而非主梁與橋面板，且於水管上方亦有鋼拱梁抵抗彎矩，故橋梁破壞所考慮之範圍分別為地面下之基礎、地面上之結構體（上結構與下結構）之部分：

(1) 基礎破壞方面，基礎沉陷以土壤液化與地表錯動為主，基礎位移以土壤側向滑動及傾斜為主。

(2) 結構體破壞方面，分為上部結構破壞及下部結構破壞二部分：

A. 上部結構破壞，以鋼拱梁破壞與落橋為考量，而鋼拱梁破壞又分為鋼拱梁變形量過大及外力破壞：鋼拱梁變形量過大有位移、傾斜、變形，外力破壞有撓曲破壞、撓剪破壞、剪力破壞、撓剪破壞等因素。

B. 下部結構破壞，以橋台破壞及橋墩破壞為考量：

- a. 橋台破壞有地表錯動、回填土不確實、土壤液化。
- b. 橋墩破壞分為橋墩變形量過大及外力破壞，橋墩變形量過大有位移、傾斜、變形；外力破壞有撓曲破壞、剪力破壞、撓剪破壞。

橋梁破壞之故障樹分析如圖 3 所示。

2. 在水管橋之錨定破壞部分，錨定為橋梁之接合處、橋梁之固定端及橋梁之表面維護，分別為 U 型鋼環破壞、螺栓破壞及塗膜劣化三部分：

(1) U 型鋼環破壞方面，本體缺陷主要以銹蝕為考量，而外力破壞為剪力破壞與變形過大所致。

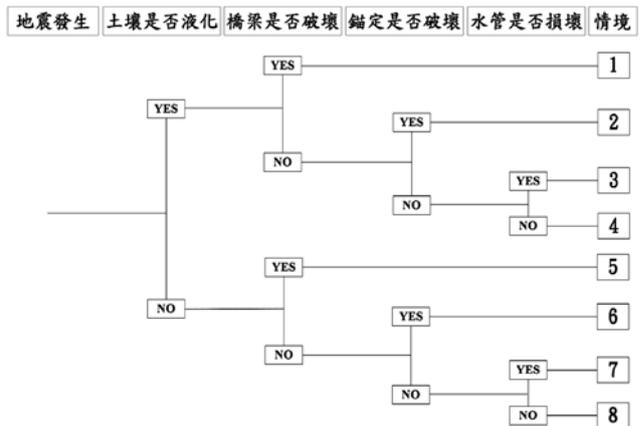


圖 2 水管橋之事件樹分析

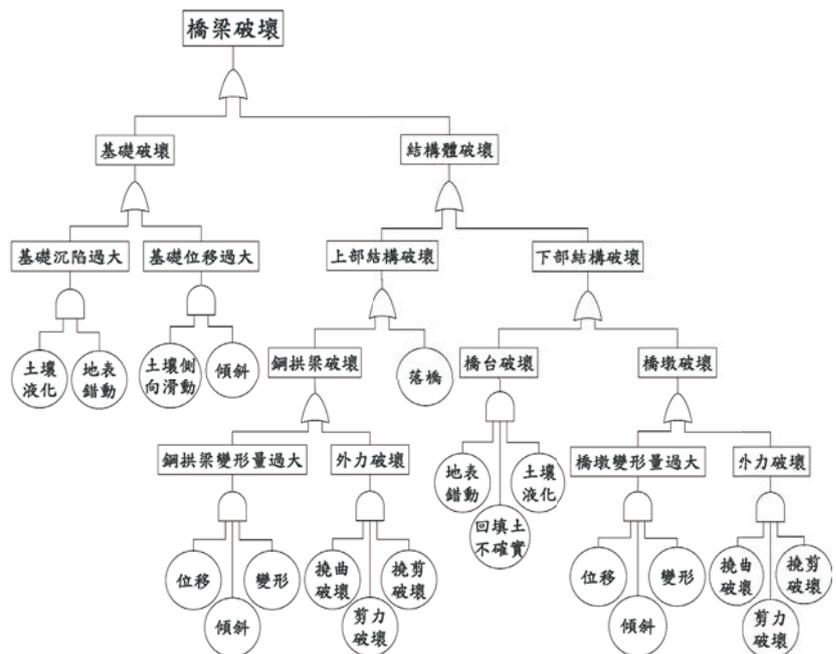


圖 3 橋梁破壞之故障樹分析

- (2) 螺栓破壞方面，螺栓缺陷以本體之材質不良為考量，如銹蝕、溫差、老化、偷工減料等。而外力破壞為剪力破壞與拉拔破壞所致。
- (3) 塗膜劣化方面，錨定材料通常曝露於陽光下，再加上風吹雨淋，故塗膜表面難免都有劣化情況，如剝離、浮腫、龜裂、變褪色、生銹。錨定破壞之故障樹分析如圖 4 所示。

3. 水管橋之水管損壞部分，以水管之破壞而造成輸水之功能喪失為前提，分別進行接頭破壞、管體破壞及附件破壞三部分之分析：

- (1) 接頭破壞方面，接頭缺陷主要為本體之材質不良問題，而外力破壞主要為張力破壞、承壓破壞、水壓破壞、撓曲破壞所致。
- (2) 管體破壞方面，管體缺陷主要為本體之材質缺陷問題，如管壁開裂、溫差、硬化、偷工減料。外力破壞主要為龜裂破壞、變形彎折、斷裂、水壓破壞所致。

- (3) 附件破壞方面，主要考量為水管周邊設施對水管造成破壞之影響情況，如管線固定設備破壞、人孔破壞龜裂及錨定螺栓鬆脫。

參數量化方法

於本研究之故障樹中各基本故障事件發生機率之參數量化方法，主要分為橋梁結構之損壞機率參數與材料損壞機率參數量化二部分：

橋梁結構之損壞機率以橋梁易損性進行分析

台灣世曦工程顧問股份有限公司之「公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性」研究報告中，已針對省道公路橋梁之各典型橋梁分類中挑選出 148 座具代表性之橋梁進行耐震詳細評估，並作成耐震易損性分析完整性報告。該報告依其分析結果並參考 TELES 橋梁之分類類型，提供各類型橋梁易損性曲線參數（中值與標準差）之平均值與修正方式，包括最大地表加速度耐震易損性曲線與位移耐震易損性曲線，可方便建立橋梁之易損性曲線。本研究依其方法建立最大地表加速度（PGA）易損性曲線圖及位移易損性曲線圖，並以 PGA 為 1 g 與地表永久位移 0.2 m 計算損害機率，相關考量如下：

- (1) 藉由集集大地震最大地表加速度作為極端地震事件發生之地表震度強度，其損害機率分別為輕微損壞之機率為 0.907、中度損壞之機率為 0.699、嚴重損壞之機率為 0.313 和完全損壞之機率為 0.073。
- (2) 依據「臺北區地下自來水管線地震危害度之研究」對於震後地下管線災損率之分析，取 0.2 m 作為可能發生之境況，其損害機率分別為輕微損壞之機率為 0.971、中度損壞之機率為 0.790、嚴重損壞之機率為 0.391 和完全損壞之機率為 0.087。

鋼材損壞機率以鋼材可靠度進行分析

本研究考量水管橋鋼材之 4 個使用階段之材料可靠度，分別為正規化使用時間（已使用時間 / 平均使用年限）為 0.25、0.50、0.75 及 1.00 之 4 個階段，材料可靠度隨時間退化之情形如參見圖 6 所示。而依其圖，此 4 階段之材料可靠度分別為 0.915、0.728、0.542 與 0.400，亦即失效率分別為 0.085、0.272、0.458 與 0.600。

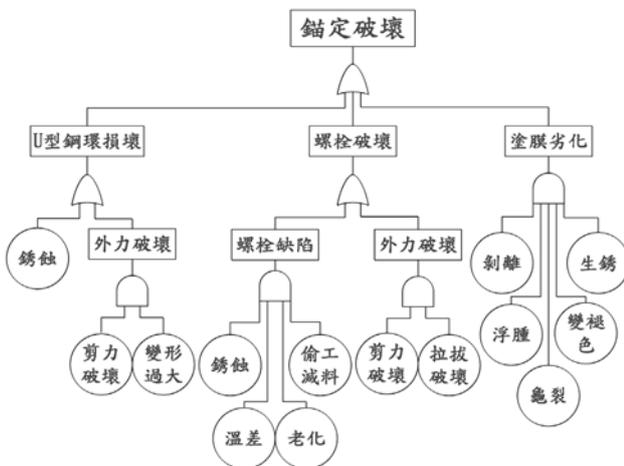


圖 4 錨定破壞之故障樹分析

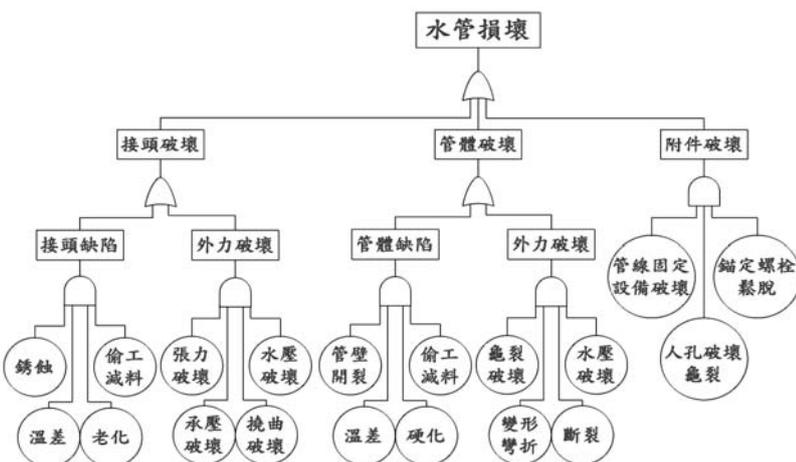


圖 5 水管損壞之故障樹分析

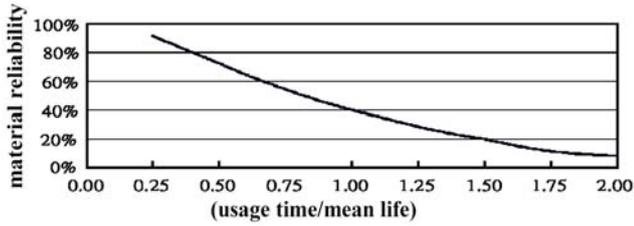


圖 6 鋼材可靠度圖

水管橋定量風險評估之分析結果

本研究使用 FaultTree + V11.20 分析軟體進行事件樹與故障樹計算，分析結果如圖 7 與圖 8 所示。

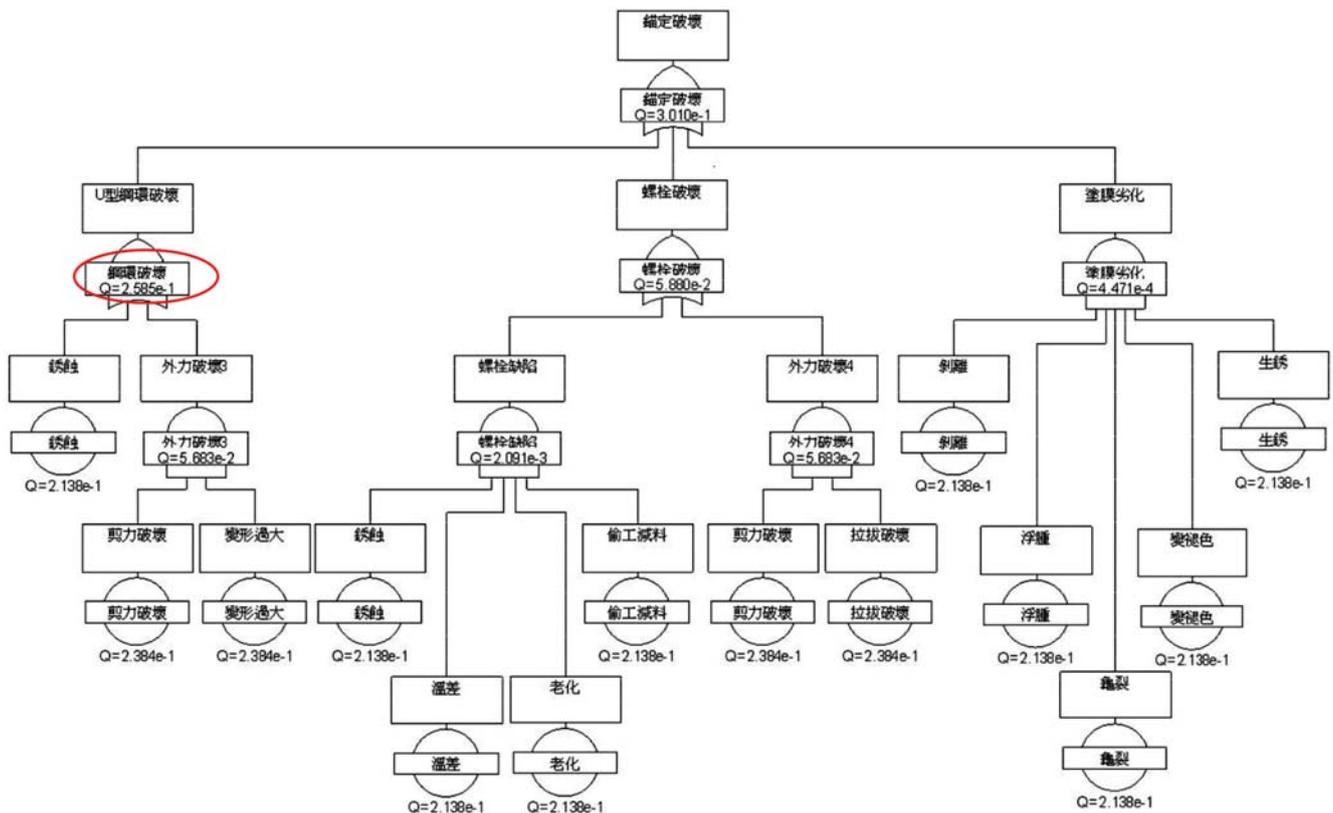
由本研究水管橋量化失敗事件之機率計算，主要分析結果如下：

地震發生	土壤液化	橋梁破壞	錨定破壞	水管掛壞	Consequence	Frequency
w=1.996e-3	Q=4.012e-1	Q=3.037e-1	Q=3.010e-1	Q=2.027e-2	Not set	1.549e-3
Success	Success	Success	Success	Success	Not set	5.700e-4
Success	Failure	Success	Success	Success	Not set	2.486e-4
Success	Failure	Failure	Success	Success	Not set	1.070e-4
Success	Failure	Failure	Failure	Success	Not set	2.215e-6
Failure	Success	Success	Success	Success	Not set	3.819e-4
Failure	Success	Success	Success	Success	Not set	1.666e-4
Failure	Failure	Success	Success	Success	Not set	7.171e-5
Failure	Failure	Failure	Success	Success	Not set	1.484e-6
Failure	Failure	Failure	Failure	Success	Not set	1.484e-6

[以正規化時間 (used time/mean life) 為 0.50 之分析結果為例]

圖 7 水管橋地震災損事件樹分析結果

於事件樹中，鋼材可靠度之正規化時間（使用壽命／平均使用年限）為 0.25（time/mean life）至正規化時間為 1.00（time/mean life）中，其輸水功能失敗事件之機率最高之值分別為 8.483e-4、1.088e-3、1.143e-3、1.156e-3。於事件樹中，鋼材可靠度之正規化使用時間為 0.25 至 1.00，其輸水功能失敗事件之機率最高之值分別為 8.483e-4、1.088e-3、1.143e-3、1.156e-3。



[以正規化時間 (used time/mean life) 為 0.50 之「錨定破壞」事件故障樹分析結果為例]

圖 8 故障樹分析結果

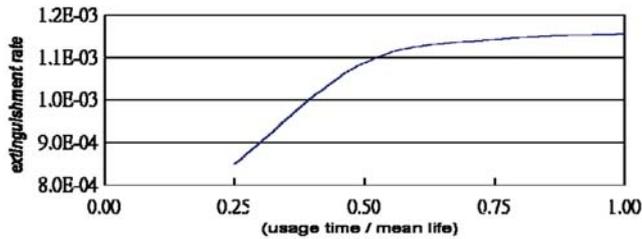


圖 9 輸水功能失效機率趨勢圖

由上述結果得知，失敗事件機率愈來愈高，代表可靠度鋼材會隨時間之增長而鋼材本體之強度減低，使得造成水管之損壞率愈高，鋼材隨時間之增長而失敗機率曲線增高後於正規化時間為 0.50 (time/mean life) 趨於平緩。

於事件樹各正規化使用時間分析結果中可得知，正規化使用時間為 0.25 至 1.00 之控制因子為橋梁破壞與錨定破壞。而由錨定破壞之故障樹分析顯示，於正規化使用時間為 0.50 後，螺栓破壞之控制因子由外力破壞開始轉為螺栓缺陷，此結果可供營運單位依不同使用時間規劃檢測或維修之重點。

於各故障樹之錨定破壞，正規化時間為 0.25 (time/mean life) 至正規化時間為 1.00 (time/mean life) 之控制因子為橋梁破壞與錨定破壞，橋梁破壞之失敗機率值並無隨著時間而變化，而錨定破壞之失敗機率有隨著時間之變化，故以錨定破壞為控制因素，可看出其中由螺栓破壞之外力破壞轉向螺栓缺陷；再進一步地推估，同一控制因子螺栓破壞，隨著時間之增長而其機率值亦逐漸地增高；控制因子由外力破壞轉向為螺栓缺陷後，其機率值亦逐漸地增高。

結論

本研究建立水管橋於地震發生後之事件樹與故障樹，研提各基本故障事件參數之量化方法，透過 FaultTree+ 軟體計算各境況之發生機率，並以水管橋進行個案分析。由相關評估過程與分析結果，可綜整以下幾點結論：

透過定量風險分析技術，相較於目前評估方法係以全面性之風險整合考量，本方法可依據災害時序之發展境況，針對不同構件之影響進行考量，並可

依據所設定不同之防護目標，建立不同之事件樹與故障樹。同時評估過程可考量鋼材可靠度隨時間變化之因素，研析防護目標於不同生命週期下之風險管理重點。

本研究透過橋梁易損性曲線與鋼材可靠度分析，推估各相關基本故障事件之失效機率，此方法可簡易提供量化之數據，方便進行初步之評估。

於事件樹中可得知，正規化時間（使用壽命／平均使用年限）為 0.25 (time/mean life) 至正規化時間為 1.00 (time/mean life) 之控制因子為橋梁破壞與錨定破壞，而錨定破壞之失敗機率隨著時間之變化，故以錨定破壞為控制因素，由錨定破壞之故障樹可看出其中由螺栓破壞之外力破壞轉向螺栓缺陷，其失敗機率曲線逐漸地隨著曲線增高後平緩；再進一步地推估，同一控制因子螺栓缺陷，隨著時間之增長而其機率值亦逐漸地增高；控制因子由外力破壞轉向為螺栓缺陷後，其失敗機率曲線增高後於正規化時間為 0.50 (time/mean life) 趨於平緩。

透過定量風險分析技術，相較於目前評估方法係以全面性之風險整合考量，本方法可依據災害時序之發展境況，針對不同構件之影響進行考量，並可依據所設定不同之防護目標，建立不同之事件樹與故障樹。同時評估過程可考量鋼材可靠度隨時間變化之因素，研析防護目標於不同生命週期下之風險管理重點。

誌謝

感謝中華民國自來水協會、臺灣自來水公司、臺北自來水事業處等單位協助提供相關資料與營運管理實務之諮詢，使本研究工作得以順利進行。

參考文獻

1. American Lifelines Alliance (2001), "Seismic fragility formulations for water systems," Part1and Part2.
2. ASCE TCLEE (1999), "Guideline for the seismic evaluation and upgrade of water transmission facilities," Technical Council on lifeline earthquake engineering Monograph, No. 15.
3. Newmark N. M. (1967), "Problems in Wave Propagation in Soil and Rock," Proceeding of International Symposium on Wave Propagation and Dynamic Properties of Earth Materials, Albuquerque, New Mexico, pp. 7-26.

4. 日本水道協會 (1996),「阪神・淡路大震災水道管路被害の概要, 日本」。
5. 王炳鑫 (2000),「台灣九二一集集地震公共給水管線設備損害報告」, 中華民國自來水協會會刊第十九卷, 第一期, 第 64-81 頁, 台北。
6. 台灣世曦工程顧問股份有限公司 (2008),「公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性研究」, 交通部公路總局。
7. 交通部 (2000),「公路橋梁耐震設計規範」, 幼獅文化。
8. 行政院公共工程委員會 (1999),「震後橋梁結構快速診斷及補強手冊 - 震後橋梁結構快速診斷手冊之建立與震後橋梁快速補強手段」。
9. 吳景輝、林家德、高梓木 (2005), 量化風險評估技術與應用, 中華民國第六屆可靠度與維護度技術研討會論文集, 桃園。
10. 吳陽龍、范川江、陳昭明 (2006),「管橋安全檢測及評估」, 自來水會刊, 第二十五卷第四期。
11. 李秉乾 (2008), 利用集集大地震震損資料建立建物易損性曲線之研究, 碩士論文, 逢甲大學土木工程研究所, 台中。
12. 李崇正、周建捷、許文科、熊大綱、陳柏成、溫惠鈺 (2001), 地下維生線系統耐震即改善之研究, 行政院公共工程委員會, 台北。
13. 李敏誠 (2008), 地下管線受震之損壞研究, 國立台灣大學土木工程研究所, 台北。
14. 施邦築、張晉添、陳偉堯、曾惠斌 (2000), 九二一集集地震維生管線損害之後續調查與初步研究, 國家地震工程研究中心, 台北。
15. 施邦築、葉錦勳、劉季宇 (2006),「台北區地下自來水管線地震危害度之研究」, 台北自來水處研究期末報告。
16. 許芳勳 (2001),「動態可靠度模型之探討及其應用」, 博士論文, 國立中央大學。
17. 陳思達 (2005), 光碟製成設備故障樹分析與動態可靠度估算, 國立中央大學機械工程研究所, 桃園。
18. 蔡錦松 (2003), 維生管線地震危害度分析整合型研究, 行政院國家科學委員會, 台北。
19. 賴明皇 (2004),「台灣地區公路橋梁特性統計分析之研究」, 碩士論文, 國立中央大學。
20. 簡賢文、柯孝勳、謝蕙如、王廣文、許文勝 (2009),「重要設施防減災策略研擬與定量風險評估技術應用」, 國家災害防救科技中心技術報告。

吉翁企業有限公司

JI WENG SCAFFOLD LTD.

專業鋼管施工架製造廠商
從材料製造到工程承攬
吉翁以全方位的服務提供您專業諮詢

吉翁移動式施工架影片介紹



YouTube

吉翁水平踏板生產流程影片



YouTube

吉翁關節伸縮扶手先行影片介紹



YouTube

吉翁鷹架小桁架影片介紹



YouTube

吉翁斜角度水平踏板(桶槽架)



YouTube

吉翁斜角通用三角架影片介紹



YouTube

吉翁可掀式防墜網支架影片



YouTube

吉翁伸縮樓梯影片介紹



YouTube

吉翁壁連座(壁拉桿)施工流程簡介



YouTube

官網: www.scaffold.com.tw

基隆廠: 基隆市六堵科技園區工建路17號

台中廠: 台中市大甲區大安港路208號

網格化土壤液化快速評估工具 — 高雄美濃地震實例分析

吳秉儒／國家災害防救科技中心助理研究員

黃明偉／國家災害防救科技中心副研究員

柯孝勳／國家災害防救科技中心副研究員

0206 高雄美濃地震造成臺南市多處民宅因為土壤液化而下陷或傾斜，引起媒體及民眾高度關注，擔心自己的住家是否位於土壤液化潛勢區內。政府在 3 月公開了八個縣市的土壤液化潛勢圖，然而仍有許多縣市的土壤液化潛勢資訊尚待揭露，需要能廣泛涵蓋全臺之評估結果。本研究建立一套網格化土壤液化快速評估方法，蒐集及處理國內相關單位建置之工程鑽孔資料，結合對應網格上之地表振動實測值進行土壤液化分析，使分析結果較能貼近實際狀況，並透過地理資訊系統以 500 m × 500 m 網格細緻呈現分析結果。研究成果已實際應用於本次高雄美濃地震，提供政府於地震災害應變分析研判之參考。

前言

臺灣平原地區約佔總面積的三分之一，人口稠密的都會區往往位於河川沖積平原地區。在河川的沖積下，地盤通常蘊含較為軟弱的砂土層或黏土層；在砂質地盤且地下水位較高的地質條件下，當遭遇較大規模的地震作用時，就有可能發生土壤液化而出現噴砂、地表沉陷或地盤側潰（Lateral spreading）等現象，使得結構物下陷、傾斜或破壞。在過去臺灣的地震災害歷史上也曾發生幾次較為明顯的土壤液化現象，例如 1946 年臺南新化地震、1964 年臺南白河地震、1999 年南投集集地震、2010 年高雄桃源地震，這次高雄美濃地震造成臺南地區明顯的土壤液化災害，使得土壤液化成為全民熱烈討論的話題，也促使政府彙整既有調查資料，旋即於 3 月 14 日公開了臺灣第一版的土壤液化潛勢圖（經濟部中央地質調查所^[1]），涵蓋了臺北市、新北市、宜蘭縣、新竹縣、新竹市、臺南市、高雄市、屏東縣等 8 個縣市。然而，仍有許多縣市境內有著豐厚的沖積土層，

亟需詳細的土壤液化潛勢資料以解答民眾的疑惑。此外，土壤液化分析所用之地表加速度，各行政區採用建築耐震設計規範所訂之 475 年回歸期設計地震力，這與實際地震地表加速度隨著震央距離增加而遞減之分布型態不同，分析結果可能與實際狀況有所差異。因此，本研究整合國內政府單位、研究機構、工程顧問公司建置之工程鑽孔資料，涵蓋臺灣大部分的平原地區，建立一套自動化土壤液化評估方法，能在地震後套用實際之地表加速度分布，快速完成土壤液化之初步分析；可提供政府在震後救災應變研判之參考，以及平時防災計畫情境模擬之應用。

工程鑽孔資料彙整及處理

現今世界各國學者所提出之土壤液化簡易評估方法中，以工程鑽孔資料取得標準貫入試驗（Standard Penetration Test, SPT）N 值為基礎的方法為最普遍。因此，工程鑽孔資料的品質、資料完整性以及是否均勻

涵蓋整個分析區域，攸關土壤液化分析結果是否能適切地呈現整個地區的實際狀況。本研究蒐集及處理目前國內各單位所建置之工程鑽孔資料庫（圖 1），包括以下幾個來源：

1. 中央地質調查所建置的工程地質探勘資料庫：為國內最為完整的工程鑽孔資料庫，其來源主要為高速公路、快速道路、捷運、下水道等公共工程興建期間所做的地質鑽探。本研究採用 Geo2010 之版本，共 15,634 孔。
2. 中央氣象局與國家地震工程研究中心合作建置之強震測站工程地質資料庫：主要是在中央氣象局的自由場強震測站場址進行地質鑽探，去除場址位於山區或卵礫石地盤者，共採用 449 孔資料。
3. 921 地震液化場址鑽探資料：921 地震之後，當時國家科學委員會（現為科技部）委託國家地震工程研究中心及國內各大學院校，分區進行土壤液化分析與研究，並於南投、霧峰、員林等土壤液化嚴重地區進行地質鑽探，本研究共取得 73 孔資料。
4. 民間建設之工程鑽孔資料：主要為富國技術工程股份有限公司所負責之工程設計案之工程鑽孔資料，共 1,496 孔，已取得 326 孔資料。

表而影響到結構物，因此 Iwasaki 等人^[3]提出定義液化潛能指數（Liquefaction Potential Index, P_L ），考慮地下 20 m 以內之影響，以深度加權法評估整個地盤的液化潛勢：

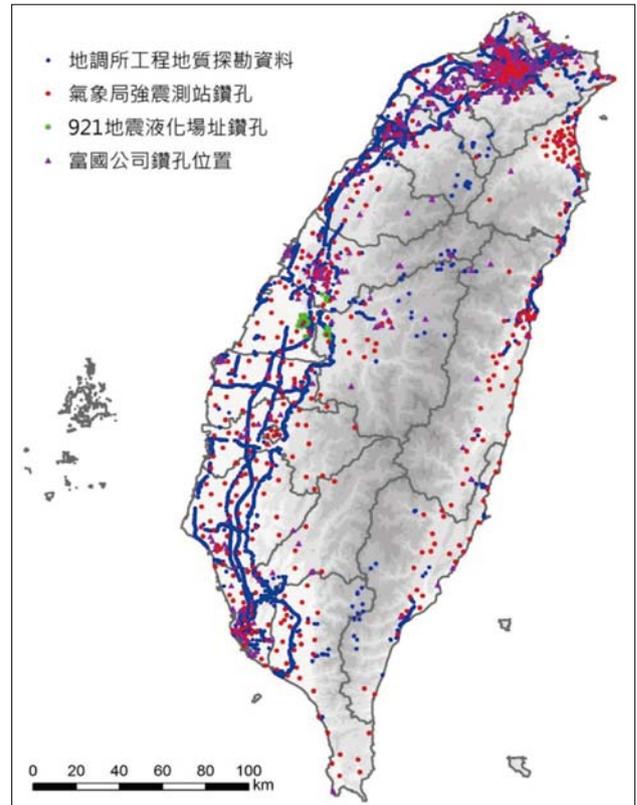


圖 1 本研究所採用之工程鑽孔資料

土壤液化分析方法

國外已有許多學者提出液化潛勢評估方法，本研究採用我國建築耐震設計規範^[2]建議之方法（圖 2），主要以工程鑽孔所進行之基本物理試驗及標準貫入試驗獲得之土壤參數推估土壤抗液化強度。定義抗液化安全係數（ F_L ）為土壤抗液化強度除以地震引致土層剪應力。當地震引致土層之剪應力大於土壤抗液化強度時，即抗液化安全係數小於 1，則達到初始液化程度。

受到土壤覆土應力的影響，在地下越深處越不容易發生土壤液化，深層土壤即使發生土壤液化也不容易發展至地

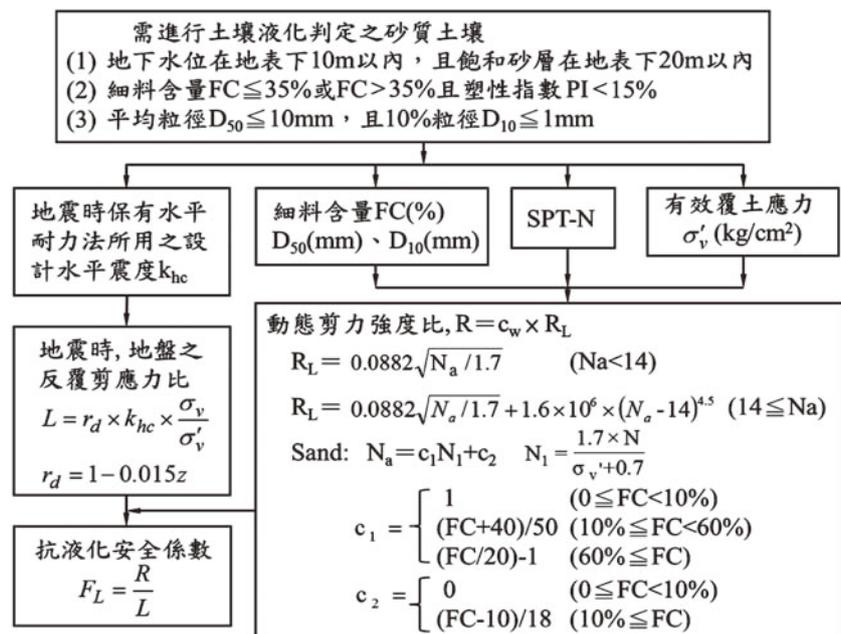


圖 2 土壤液化評估流程（內政部^[2]）

$$P_L = \int_0^{20} F \times W(z) dz \quad (1)$$

其中， $F = 1 - F_L$ ，當 $F_L \leq 1.0$

$F = 0$ ，當 $F_L > 1.0$

$W(z) = 10 - 0.5z$

F_L 為抗液化安全係數

z 為距地表之深度，單位為公尺

Iwasaki 等人^[3]分析過去 6 次地震案例，綜合 64 個液化區域和 23 個非液化區域的資料，發現 $F_L = 15$ 為大部分液化與非液化工址的主要分界線，並提出液化嚴重程度之分級方式：

$P_L = 0$ ：沒有液化或極少液化；液化風險非常低。

$0 < P_L < 5$ ：輕微液化；液化風險低。

$5 \leq P_L < 15$ ：中等液化；液化風險高。深層可能液化，但地表沉陷不明顯。

$P_L > 15$ ：嚴重液化；液化風險非常高。地表可能出現明顯液化表徵，如噴砂或顯著沉陷。

Ishihara 及 Yoshimine^[4]提出液化引致沉陷量之預估方法，Yi^[5]進一步將其所用之圖表以回歸公式表示，可由液化評估所得之抗液化安全係數 (F_L) 推估體積應變，將不同深度的體積應變量疊加得到總沉陷量。

自動化分析程序

在地震發生後，透過網際網路接收中央氣象局發布之地震訊息文字檔，包含地震規模、震央位置、各測站實測最大地表加速度 (Peak Ground Acceleration, PGA)，程式在收到地震訊息後自動啟動運算，包含產製地表振動分布圖 (以 500 m × 500 m 網格呈現)、計算各孔位之土壤液化潛能指數、及估算各孔位液化引致沉陷量 (如圖 3)。倘若一個 500 m × 500 m 網格內有多個鑽孔，則將各孔位分析結果取平均值。最後將有資料的網格做為控制點，以反距離權重法 (Inverse Distance Weighting) 進行內插運算，求得所有網格上的數值，並產製地理資訊系統圖層。

高雄美濃地震實例分析

2016 年 2 月 6 日 AM3:57 發生了震驚全臺的高雄美濃地震，除了造成 117 人死亡之外，在臺南市多處民

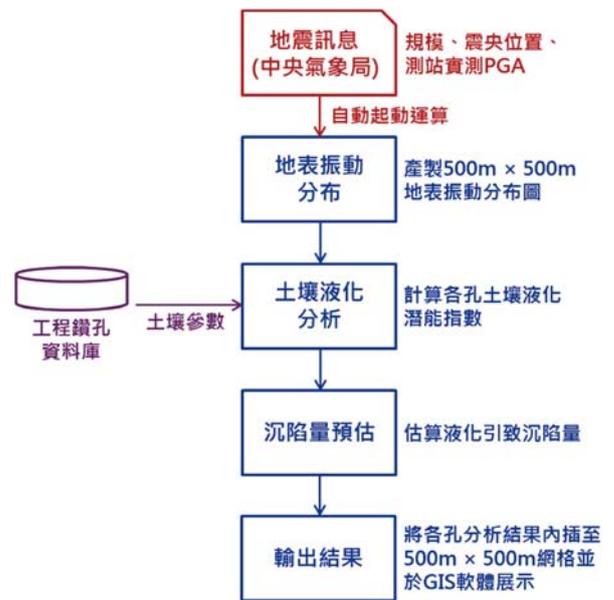


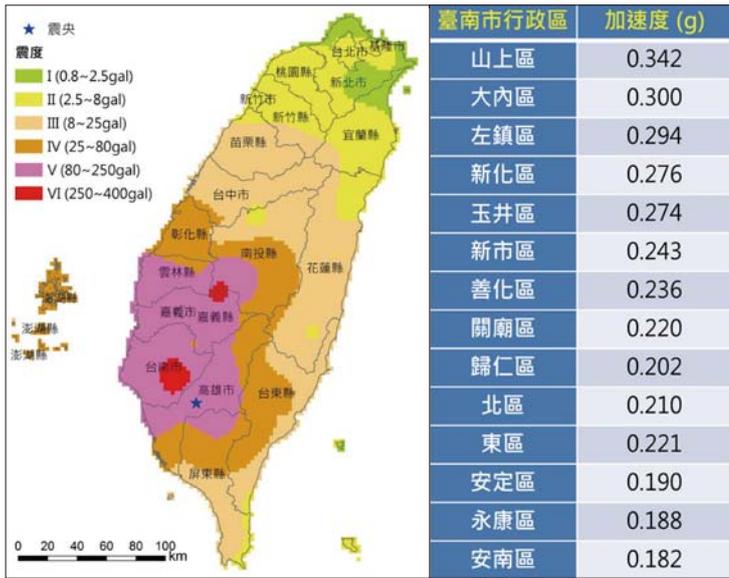
圖 3 自動化土壤液化分析程序

宅因為土壤液化而下陷或傾斜，經過政府單位的宣導及媒體的報導，使得全國民眾對於土壤液化的發生機制及可能造成之後果有更進一步的認識。本研究在震後收到中央氣象局傳送的地震訊息之後，立即啟動土壤液化自動評估模組。處理程序之特點在於使用網格化實測地表加速度，以及對應網格內之工程鑽孔資料進行土壤液化分析，使分析結果能更貼近地實際狀況。

圖 4(a) 為高雄美濃地震全臺實測地表加速度分布，可看出臺南市、以及雲林縣與嘉義縣交界處之最大震度達六級，圖 4(b) 為臺南市各行政區地表加速度平均值。離震央較近的山上區、大內區，其最大地表加速度超過 0.3 g，其他行政區之最大地表加速度則介於 0.18 g 至 0.3 g 之間。

根據中央地質調查所^[6]之地質調查報告及本中心於地震應變期間所蒐集之災情查報資料，多個行政區出現了土壤液化常見的現象 (如圖 5)，以鹽水溪沿岸最多，尤其在新市區和新化區交界處，此處過去 1946 年的臺南新化地震及 1964 年的臺南白河地震也曾發生噴砂及地盤沉陷等。而位於安南區及新市區的建物沉陷及傾斜，則是這次媒體關注的焦點。另外，位於善化區的國道三號路堤也發生側潰破壞及噴砂現象。

以本次地震實測地表加速度，結合工程鑽孔資料進行土壤液化分析。分析結果如圖 6，圖中標示土壤液化高潛勢區及中潛勢區，其中安南區出現大範圍的高



(a) 全臺地表加速度分布 (b) 臺南市各行政區地表加速度平均值

圖 4 高雄美濃地震震測地表加速度分布

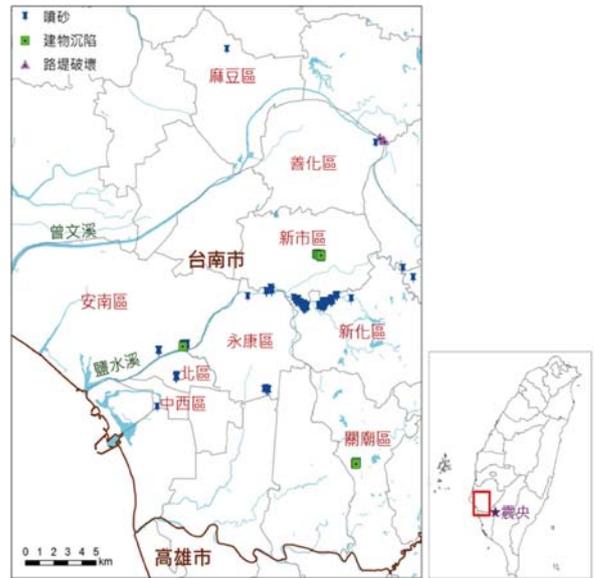


圖 5 高雄美濃地震土壤液化發生位置

液化潛勢區與中液化潛勢區；而在學甲區、七股區、下營區、麻豆區、新市區、新化區、仁德區等也存在中度液化的可能性。

土壤液化引致建物沉陷之分析結果及建物沉陷位置如圖 7，預估沉陷量嚴重地區與評估之液化潛勢中高潛勢區（圖 6）一致。本次地震土壤液化造成安南區及新市區多處建物產生明顯沉陷，其位置皆位於中液化潛勢區內，驗證建物沉陷與土壤液化潛勢具有高度相關性。根據國家地震工程研究中心^[7]之現地調查報告，安南區及新市區之建物沉陷量約為 1 m 及 45 cm，本研究之預估沉陷量分別為 30 cm 及 25 cm。推測其原因，可能是評估方法假設地盤為自由場而無建物在上方，而這些建物的基礎型態多為獨立基腳或地梁，結構物的自重加劇了沉陷量的產生。

結論與建議

本研究提出一套網格化土壤液化自動評估工具，運用國內相關單位建置之工程鑽孔資料，結合對應網格之實測地表加速度進行土壤液化分析，有別於過去整個分析區域或各行政區採用單一地表加速度的方式，使分析結果更為細緻且能貼近現地情形。經由高雄美濃地震的實例分析，土壤液化分析結果及沉陷量預估皆能適切掌握本次地震之實際狀況，研究成果已

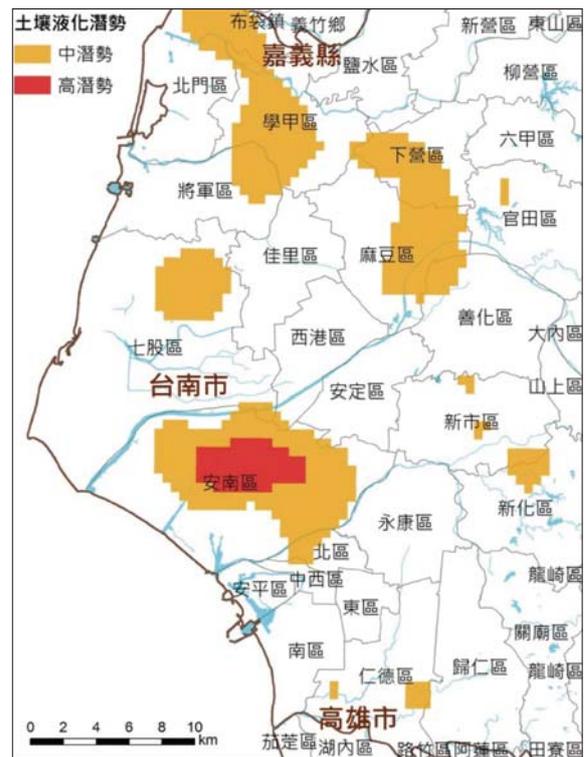


圖 6 高雄美濃地震土壤液化分析結果

實際應用於地震應變作業中。然而，倘若需要更高精度的分析資料，目前內政部正研擬相關措施，補助地方政府進行「中級」精度土壤液化潛勢地圖的調查計畫，經由政府及學術單位共同合作，建置更為完善的土壤液化潛勢圖資。

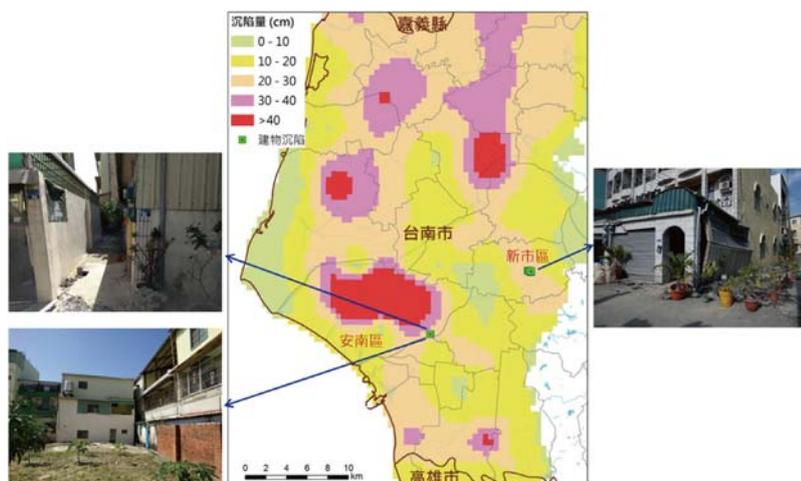


圖 7 土壤液化引致沉陷分析結果與建物沉陷位置

誌謝

感謝中央地質調查所、中央氣象局、國家地震工程研究中心、及富國技術工程股份有限公司提供工程鑽孔資料，使本研究得以順利完成。

參考文獻

1. 經濟部中央地質調查所 (2016a), 土壤液化潛勢查詢系統 (<http://www.moeacgs.gov.tw/2016.htm>)。
2. 內政部營建署 (2011), 建築物耐震設計規範及解說。
3. Iwasaki, T., Arakawa, T. and Tokida, K., (1982) "Simplified Procedures for Assessing Soil Liquefaction during Earthquakes", Proceedings of the Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Southampton, pp. 925-939.
4. Ishihara, K and Yoshimine, M. (1992), "Evaluation of Settlements in Sand Deposits Following Liquefaction during Earthquake", Soils and Foundations, Vol. 32, No. 1, pp. 173-188.
5. Yi, F. F. (2010), "Procedure to evaluate liquefaction-induced settlement based on shear wave velocity", the 9th US National and 10th Canadian Conference

on Earthquake Engineering: Reaching Beyond Borders, Toronto, Canada.

6. 經濟部中央地質調查所 (2016b), 「20160206 地震地質調查報告」。
7. 國家地震工程研究中心 (2015), 「0206 高雄美濃地震初步勘災報告」。

曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫 南化水庫防淤隧道工程

更新·活化·永續利用

防淤隧道完工後進行排淤運轉，可減緩水庫淤積延長水庫壽命，增加水庫防洪能力、降低颱風期水庫原水濁度、補充下游河道及海岸砂源



我國地下管線之安全管理現況介紹

鄧敏政／國家災害防救科技中心助理研究員

李中生／國家災害防救科技中心副研究員

李維森／國家災害防救科技中心研究員

近年來國際間頻傳都會區地下管線爆炸事件，且事故後果衝擊影響層面廣泛，例如引起火災、爆炸、道路塌陷、維生系統損毀、產業供應鏈以及持續營運等問題，不僅衝擊到都市機能的正常運作，更嚴重影響民眾生命安全與財產安全，故此必需要積極重視危險物質管線系統的安全防護與管理。本文針對國內地下管線設施管理現況加以分析、彙整管線災害案例、災害特性與管理問題，藉由管線管理現況與災例的研析，歸納出管線設施之災害特性，以供管線災害之管理改善措施或建議之參考。

前言

我國於 1990 年開始推動全國公共設施管線資料庫政策及制度，藉由行政院於 1992 年核定之「國土資訊系統實施方案」相關研究計畫推動，歷經十年之後，分別於 1999 年與 2010 年公佈「公共管線資料庫標準制度」以及「公共設施管線資料標準共同規範」。依據上述標準規範，全國各縣市開始分年建置其管轄內公共設施管線資料庫，並將公共管線地理圖資於道路挖掘管理系統中加以應用（內政部營建署^[1]）。

美國運輸部（Department of Transportation, DOT）轄下的管線與危險物質管理局（PHMSA）管線安全辦公室（Office of Pipeline Safety, OPS）負責管線管理，依據美國運輸部危險物質運輸指引（Hazardous Materials Transportation Guides），危險物質定義為：「危險物質為在物質使用或運輸的過程中，會對健康、安全及財產等產生危害風險的有害物質或材料」（DOT^[2]）。基於上述定義，地下管線其輸送物質，可能包含易燃、易爆之固體、液體、氣體等危險品，倘若發生管線物質洩漏或外力破壞時，將導致火災、爆炸或環境污染，威脅位於災害點周遭之民眾健康、安全、環境危害及財產損失等情況。

而在國際上已發生過管線內危險物質大量洩漏發生爆炸嚴重影響週遭民眾生命財產的重大事件。根據美國國家運輸安全委員會（National Transportation Safety Board, NTSB）事故報告（NTSB^[3]），近十年美國發生 13 起重大危險物質管線安全事故，總共造成 23 人死亡、128 人受傷。另外，根據中國國家安全生產監督管理總局的事件統計（中國國家安全生產監督管理總局^[4]），2013 年至 2015 年 5 月分別發生 33 起瓦斯以及 2 起油料管線的重大爆炸事件，總共造成超過 380 人死亡。尤其以 2013 年 11 月 22 日山東省青島市發生的輸油管氣爆事件，造成 62 人死亡、136 人受傷最為嚴重。南韓亦曾經發生過數幾起氣爆事件，例如 1994 年首爾市麻浦區瓦斯廠爆炸造成 12 人死亡、1995 年大邱市地鐵瓦斯爆炸造成 102 人死亡，以及 1998 年京畿道富川市油罐車瓦斯氣爆（台視新聞^[5]）。我國曾於 1997 年發生高雄市前鎮區鎮興橋中油液化石油氣（LPG）管線事件，因管線換裝作業之人為疏失，大量液化石油氣體外洩且引致大規模火災及爆炸，該事件共造成包含消防人員在內之 14 人死亡、15 人受傷、20 棟建物損毀。2014 年 8 月 1 日凌晨於高雄市發生危險物質管線洩漏引發爆

炸與火災，造成 30 人死亡、3 百多人受傷，則是我國最嚴重的管線爆炸災害事故（中央災害應變中心^[6]）。同年 8 月 15 日，新北市新店區又發生住宅瓦斯氣爆事件亦導致 3 人死亡、十餘人受傷（新北市政府^[7]）。

有鑑於近年來都會區危險物質管線爆炸事件發生頻繁，且事故後果衝擊影響層面廣泛，例如引起火災爆炸、道路塌陷、維生系統損毀、以及影響石化產業供應鍊之持續營運等問題，嚴重威脅民眾生命安全、財產以及都市機能的正常運作，故各國均致力於危險物質管線系統的安全防護與管理。綜觀近年來國內外多次氣爆事件中，仍存在救災人員與周遭民眾傷亡的情形，故強化危險物質管線之災害管理，與限縮其災害衝擊層面，為現代都市安全亟重要之課題。

國內管線管理體系介紹

管線分類與管理單位

都會區管線分類主要可區分為電信、電力、自來水、下水道、瓦斯、水利、輸油、綜合及工業管線（如圖 1 所示），其中電信、電力、自來水、下水道、瓦斯、水利、輸油、綜合等八大類管線，係屬於內政部營建署所制訂之公共設施管線範疇。公共設施八大管線資料庫的建置與推動，迄今已超過 20 年，尚未包含工業管線。依據經濟部之「工業管線災害防救業務計畫」內容，將工業管線定義為：「產業基於產業鏈之大量供應、生產與輸出入需求，藉由廠際間之工業管線，串連國內石油煉製業、石化產業、化工業及倉儲業，進行工業原料之輸送」。

國內管線之中央主管部會，分別隸屬不同權責機關管理，如經濟部主管瓦斯、輸油、電力、自來水及工業管線，下水道管線則由於內政部負責管理（如表 1 所示），因此在管線平時維護、稽核及其災害防救業務等管理工作，目前尚無單一監督單位來統籌負責。

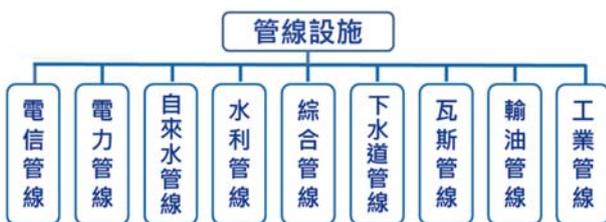


圖 1 管線設施分類

表 1 管線管理權責機關

名稱	細項名稱	主管機關
電信	電信、軍訊、警訊、有線電視及交通號誌	交通部
電力	台灣電力公司輸電線路	經濟部（國營會）、地方政府
	民營輸電線路	經濟部（能源局）、地方政府
自來水	台灣自來水公司管線	經濟部（國營會）、地方政府
	臺北自來水事業處管線	臺北市政府
水利	灌溉	經濟部（水利署）、農田水利會、地方政府
下水道	雨水、污水管線	內政部（營建署）、地方政府
綜合	共同管線及寬頻管線	內政部（營建署）、地方政府
瓦斯	公用氣體管線	經濟部（國營會）、地方政府
	民營公用氣體管線	經濟部（能源局）、地方政府
輸油	公用油料管線	經濟部（國營會）、地方政府
	民營油料管線	經濟部（能源局）、地方政府
工業	工業區內工業管線、地下工業管線	經濟部（工業局）、地方政府
	科學園區內工業管線	科技部（科學園區管理局）

體系（法規）、平時維護與災害防救管理

公共設施管線於平時維護管理上大抵已有專法規範（如表 2 所示），分別制訂於石油管理法、天然氣事業法、工廠管理輔導法及消防法等，然對於工業管線則需要明文之法律約束。瓦斯、輸油及工業等危險物質管線管理，可分為平時維護與災害防救管理，平時維護管理分別由天然氣事業法、石油管理法與工廠管理輔導法中規範，而災害防救執行工作，主要於災害防救法中規範。相關法規要求重點，例如查核頻率、設施維護及緊急應變計畫等，詳如圖 2 彙整所示。圖 2 顯示主管機關每年需進行管線安全查核一次，且相關災害防救工作亦有對應之災害防救業務計畫可供依循。

為了加強地下工業管線清查及進行石化管線總體檢，經濟部於 2014 年 10 月完成「協助地方政府加強地下工業管線維護管理計畫」，已協調消防、勞檢、環保、工務等中央主管機關及地方檢查單位、專家、產業代表等，總計約 600 人次至工業管線之所屬現地，執行相關管線設施巡檢、維護、汰換、檢測及緊急應變等查核工作，並協助高雄市、宜蘭縣完成 12 場次

(高雄市 11 場次、宜蘭縣 1 場次)地下工業管束清查。

經濟部已於 2014 年召開多次跨部會協調會議，討論廠區外地下工業管線管理規範之不足，並決議將廠區外之地下工業管線視為工廠設施之延伸，要求其安全管理應與廠區內相同。另外，依據上述計畫及管線總體檢所見之問題，修正「工廠管理輔導法」、「工廠危險物品申報辦法」等法令，以及訂定「工業管線災害防救業務計畫」。經濟部於 2015 年 5 月 21 日頒訂「工業管線災害防救業務計畫」，依據該計畫內容，工業管線被定義為：「產業基於產業鏈之大量供應、生產與輸出入需求，藉由廠際間之工業管線，串連國內石油煉製業、石化產業、化工業及倉儲業，進行工業原料之輸送」。基此，各級權責機關皆須就其掌理業務或事務，擬訂工業管線災害防救業務計畫。

由於高雄氣爆事件衝擊影響，中央及地方政府已針對工業管線安全管理相關法令進行增修，例如經濟部於 2014 年 10 月 9 日公告新增丙烯等 6 項地下工業管線輸送物質，將丙烯等危害物質納入管理，以及針對「工廠管理輔導法」進行修訂，另經濟部工業局於 2014 年 12 月頒佈「地下工業管線安全管理參考指引」；高雄市政府於 2015 年 3 月為了要求工業管線業者妥善管理既有埋設於地下之管線，提出「既有工業管線管理自治條例草案」，並於 5 月 21 日經議會審查三讀通過，除規範工業管線業者須將公司所在地設籍外，並需提送管理計畫及繳納管線監理檢查費，以落實管線業者自主管理的責任（高雄市政府¹⁸⁾。高雄市政府

依據上述自治條例，通過「高雄市既有工業管線管理維護辦法」與「高雄市既有工業管線監理檢查費收費辦法」二個子法；2015 年 7 月所訂定「高雄市既有工業管線管理維護辦法」包含管線運作之維護管理、災害預防應變及人員訓練等面向，例如第十六條中規範：「既有管線所有人應以管束聯防組織為單位，統整組織之人員、設施及資源，訂定管線洩漏緊急應變計畫。第四條中規範：「既有管線所有人應參照國際標準規範所建立之管線完整性管理原則，於每年十月三十一日前，擬定次一年度管

線維運計畫，報主管機關備查，其內容包含管線安全管理系統、管線資訊管理系統及資料分析管理、管線完整性評估及管理、管線操作管理及監控系統、巡管作業及配套措施、管線維修保養及檢查、管線變更管理、管線維運人員能力訓練及管理、成立管束聯防組織及管理計畫、管線異常通報機制與緊急應變計畫」。此外，高雄市政府於 2015 年成立專責的「管線安全辦公室」，負責輔導管線業者、儲運廠場及公用天然氣事業，推動災防業務，以強化管線安全管理。

表 2 管線相關規範彙整

主管機關	法規名稱
經濟部	<ul style="list-style-type: none"> 石油管理法 天然氣事業法 工廠管理輔導法（修正草案） 工廠危險物品申報辦法 地下工業管線安全管理參考指引
內政部	<ul style="list-style-type: none"> 消防法 災防法 公共危險物品及可燃性高壓性氣體設置標準暨安全管理辦法 下水道法 共同管線法
勞動部	<ul style="list-style-type: none"> 勞動檢查法 高壓氣體勞工安全規則
科技部	<ul style="list-style-type: none"> 科學園區挖掘道路埋設管線申請辦法
高雄市政府	<ul style="list-style-type: none"> 高雄市既有工業管線管理自治條例 高雄市既有工業管線管理維護辦法 高雄市既有工業管線監理檢查費收費辦法
地方政府	<ul style="list-style-type: none"> 道路管理自治條例 挖掘道路埋設管線申請辦法

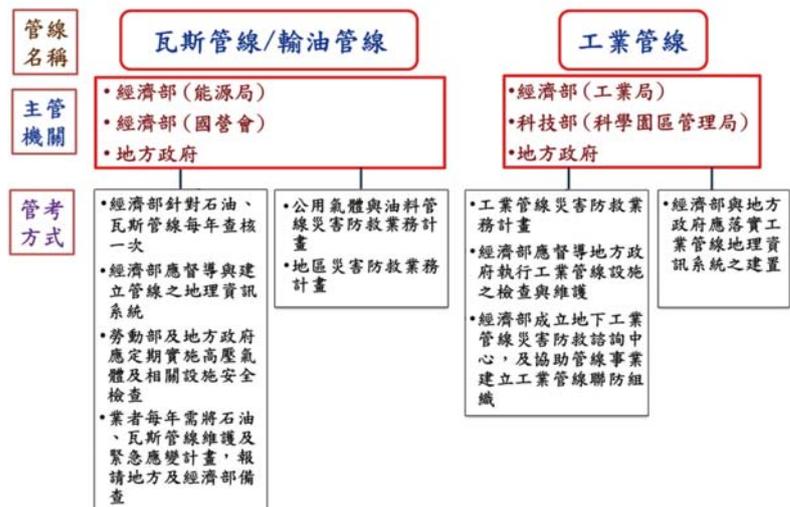


圖 2 瓦斯、輸油及工業管線管理彙整

管線圖資平台介紹

現行國內管線圖資平台眾多，不同管線有不同權責機關管理，管線圖資維護與整合相對困難，且圖資使用目的與應用範疇各有不同，為有效協助政府推動管線防救災管理工作，仍需要由各管線主政機關進行圖資管理平台（詳見表 3 所示）的整合，及建置管線圖資共通平台與強化資訊共享機制，俾利防救災管理以及都市開發規劃等多用途之應用。

管線圖資除可強化民眾風險認知的權益，更可協助政府實施有效率的管線安全管理，例如業務主管機關及地方政府進行災害衝擊評估以強化減災工作，以及提供於應變決策時救災人員的安全保障。現行國內管線圖資系統主要係依據內政部營建署所制定之「公共設施管線共同規範資料標準」加以建置，例如工業局為整合工業區內各類公共設施管線之資訊，於 2011 年度起開始建置公共設施管線之地理資訊系統，截至 2014 年底止已完成 20 處工業區圖資建置。另各縣市亦分年建置其「道路管線挖掘分布查詢系統」，惟各縣市建置進度與對外公開資訊皆有不同。

根據經濟部及科技部相關資料統計，國內現行危險物質管線總長度約為 2.4 萬公里，以瓦斯占 79% 為主、其次為輸油與工業管線，分別各占 16% 及 4%（如表 4 所示），表中所示之瓦斯及輸油管線為全台事業單位於各縣市埋設管線之總長度，工業管線之總長

表 3 管線管理平台彙整

項目	系統/平台	建置機關	開放程度
公共設施管線	公共設施管線資料庫系統	內政部營建署	供民眾連結至各縣市系統
	地方政府道路管線挖掘管理系統	地方政府	各縣市開放程度不同
石油	中油輸油氣管線查詢系統	台灣中油公司	僅供相關公部門單位查詢
天然氣	臺灣地區油氣管線圖資管理系統	經濟部能源局	僅供相關公部門單位查詢
工業管線	產業園區資訊服務系統	經濟部工業局	僅供工業局及各服務中心、地方政府查詢
	中科網際網路管線中控管理系統	中科管理局	僅供園區管理局及廠商查詢
	南部科學工業園區地理資訊系統	南科管理局	開放民眾查詢
	既有工業管線圖資查詢系統	高雄市政府	僅供相關公部門單位查詢

度，則僅包含 1 座石化廠區、20 個工業區及科學園區等廠區內特定廠商的資料。圖 3 顯示為全台瓦斯管線分布，若以瓦斯管線長度為例，主要集中分布於北區（包含臺北市、新北市、基隆市、桃園市、新竹市、新竹縣）約佔有全台總長度之 47%，其次為中區（包含苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣）約佔有總長度之 35%，而南區（含雲林縣、嘉義市、嘉義縣、臺南市）及高屏區（含高雄市、屏東縣）則僅分別各占 9%（如圖 4 所示）。此外，由於工業區內工業管線圖資尚處建置階段，故其比例相對較低，然因其事故衝擊大，故平時管理與災害防救災工作，更加不容忽視。

表 4 危險管線管理數量彙整

資料來源：經濟部、科技部

項目	總長度 (km)	所佔比例 (%)
瓦斯	19,000	79
輸油	4,000	16
工業	1,000	4
合計	24,000	100

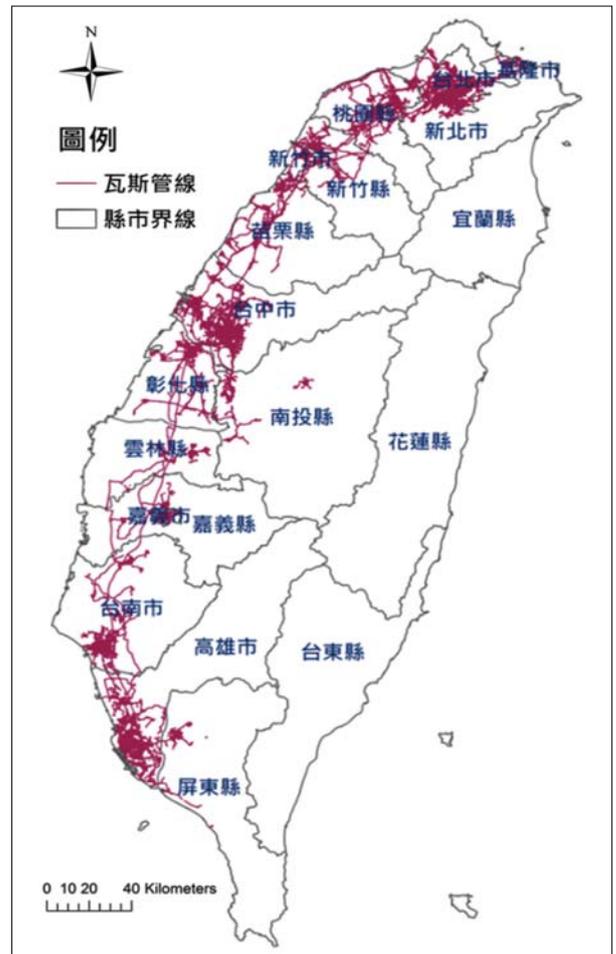


圖 3 全台瓦斯管線管線分布（資料來源：經濟部）

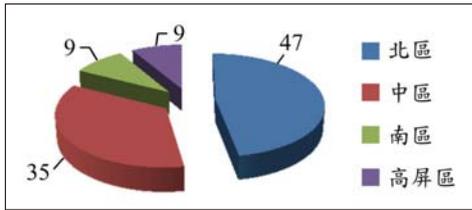


圖 4 瓦斯管線總長度統計

管線災害之特性概述

都市中運送危險物質之管線大抵埋設於地下，導致平時檢測維護、汰舊換新與災害防救工作，均較一般地上明管困難，且隨著都市快速發展，管線數量多且更加複雜，必需特別提高其管理上的要求，及遇異常狀況時更應提高警覺、小心應對，如能進一步瞭解其災害發生特性，將有助於規劃災前防範措施與降低災後衝擊的影響，以下列舉國內重大案例，進行災害描述與特性分析。

- 高雄市鎮興橋液化石油氣爆炸事故：1997年中油公司位於高雄市前鎮區鎮興橋液化石油氣（LPG）管線，因管線換裝作業未確認管內殘氣是否已完全清除，便逕行切割較大孔徑之孔洞，導致大量液化石油

氣體噴出，遇火源而引致爆炸，造成 14 人死亡 15 人受傷、20 棟建物損毀，燃燒 14 小時。本次災害原因，除管線頂水作業未依標準作業程序施工外，管線未於適當距離裝設緊急遮斷閥，導致災變發生時無法緊急遮斷，且周邊火源管制未能嚴格執行亦是主因。其後果不僅造成工程人員、救災人員與民眾傷亡外，對於環境污染、天然油氣供應中斷、周遭建物財產損失及廠商所需支付之鉅額賠償金等社會衝擊（鄧等人^[9]），相關火災搶救照片如圖 5 所示。

- 高雄市石化管線爆炸事故：2014 年 7 月 31 日 20 時 46 分，高雄市政府消防局接獲多位民眾報案，懷疑高雄市前鎮區與苓雅區有瓦斯洩漏，消防局除陸續派員至現場處理外，並通報天然氣公司及環保局到場確認，惟因遲遲未能及時檢測出洩漏氣體為丙烯，亦不知該處有運送丙烯之管線，僅朝瓦斯外洩的方向調查，待檢測出丙烯，並得知該處有榮化公司丙烯管線時，已因洩漏之丙烯濃度過高，加上不明火光，於 7 月 31 日 23 時至 8 月 1 日凌晨間，發生多起爆炸事件（如圖 6），造成 32 人死亡、321 人受傷、周邊多輛車被炸毀，並造成至少包括三多



圖 5 鎮興橋液化石油氣爆炸事故現場搶救照片（圖片來源：施多喜教授）



圖 6 高雄市石化管線爆炸事故現場照片（圖片來源：高雄市消防局）



一、二路、凱旋三路、一心一路等多條重要道路嚴重損壞、燒毀凱旋三路 323 號建物，為我國最嚴重的管線爆炸災害事件（高雄地檢署起訴書^[10]）。

- 2014 年 8 月 15 日新店永保安康社區發生瓦斯氣爆，造成 3 死 13 人受傷。災害發生前一天已有住戶聞到瓦斯味並通報瓦斯公司，但檢測人員只簡單檢查 10 多分鐘，認為是沼氣非瓦斯外洩，相關人員被提起公共危險罪及業務過失致死罪（東森新聞網^[11]）。

上述國內案例，皆因人為疏失造成，包含主管機關未盡追蹤檢查之責任、施工業者未如實進行工程作業、業者未盡按時維護保養等因素外，從業人員常忽略工作的高度危險性，及應有的安全性作為，皆成為災害致災的導火線。

綜整過去國內外案例以及根據中央災害防救會報 2014 年核定之「公用氣體與油料管線災害防救業務計畫」（中央災害防救會報^[12]），公用氣體與油料管線災害之特性如下：

1. 公用氣體與油料之管線為供應國內產業及民生之能源需要，敷設範圍遍佈各地，其輸送物質具可燃、易燃性或易肇致環境污染，一旦發生油氣洩漏事故，易致火災、爆炸或環境污染。
2. 由於都市地區人口集中，各類管線多埋設於道路下方且密度高，因道路開挖破壞公用氣體或油料管線，肇致油氣洩漏災害時有所聞，影響公共安全。
3. 公用氣體與油料管線等工程開挖道路前，如未先行與管線單位聯繫、套繪、確認管線位置，而任意挖掘道路，將造成嚴重之意外事故。
4. 公用氣體與油料管線事業機關（構）單位如未加強操作維護人員之風險意識、落實管線內外部檢測及巡管，易肇致災害擴大。
5. 管線單位如未建立完善之管線地理資訊系統，不配合施工單位確認管位，易肇致災害。

另依據美國管線與危險物質管理局（Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, PHMSA）管線事故報告統計分析，管線事故其主要原因包括：腐蝕；不正確的操作；材料，焊接或設備故障；天然災害之破壞，如地震和洪水；道路挖掘的損壞，和其他外力導致的損傷。並強調雖然管線的事件發生頻率較少，其事故卻可能產生災難性的後果，故不容輕視（PHMSA^[13]）。

管線現況問題探討

輸送石化原物料以及危險品之工業管線，因為管線埋設較早於都市發展，造成尚有埋設於工業區外之地下工業管線存在於都市區域內；另一方面，因為目前各級政府之管理法令與計畫尚未顧及此一風險，導致肇生類似高雄氣爆之公安事故。而國內由於土地利用限制與生活機能 and 便利性的要求，都會區與工業區比鄰發展的現象已無可避免。對於較早期發展的大型都市，其工、商與住宅區域已高度重疊。另一方面，由於都市機能的發展與需求，使得都市基礎設施、維生管線與工業危險物質管線的設置狀況更加錯綜複雜（李等人^[14]）。

防救災整體改善工作除可從歷史災例中學習外，亦需瞭解國內現行管線管理實際執行所面臨的難題，才能進一步提出有實質效益的管線管理解決策略。本文除瞭解國內管線管理外，並進一步彙整高雄氣爆發生後，經濟部實施「協助地方政府加強地下工業管線維護管理計畫」之管線維護缺失事項、行政院舉辦之「2014 年災害防救業務年終研討會」，經濟部於會中提出之地下工業管線安全現況問題（翁^[15]），最後再經由地方政府管線承辦人員訪談後，歸納出國內現階段管線管理問題，範疇包含：安全管理體系與架構之檢討、災害預防準備工作尚須加強、需再強化緊急應變能量與通報系統，以及復原重建行動需整合等四大面向，相關內容重點綜整如下：

安全管理體系與架構之檢討

- (1) 管線安全管理體系之檢討：目前石油管理法及天然氣事業法針對石油及天然氣相關管線訂有管理機制，惟對於工業管線尚未建立完善的管理體系，故需進行危險物質地下管線安全管理體系之檢討。
- (2) 既存穿越都市之危險物質管線管理問題：由於國內管線埋設早於都市開發的腳步，因都市的快速開展，早期埋設的管線未遷移及汰舊，導致現存於都市且人口密集地區之工業管線，肇生公共安全事故的風險；目前工業區及科學園區對於工業管線有規範進行約束，地方政府亦完成既存管線之管理法令與防救災計畫之修訂。
- (3) 強化工業管線安全管理：高雄市政府於 2015 年 5 月 21 日通過「高雄市既有工業管線管理自治條例」並頒佈「高雄市既有工業管線管理維護辦法」與「高雄市既有工業管線監理檢查費收費辦法」二個子法，值得關注的事，地方政府已開始謀求有效

的管理措施，以加強轄內之管線安全，並喚起中央各級政府、管線設施業者，對於工業管線安全管理法規修法之高度重視。

- (4) 石化專區設立與規劃：石化產業如果位於工業或石化園區內設廠，不僅管線等基礎設施可遠離都市住宅與人口密集區，更可制定特定規範以防範事故發生的風險。然而既存於都市內石化廠與儲槽、管線等設施之遷移時程對產業之衝擊為何？以及石化專區之土地徵收、補償與環境影響評估等完整性規劃，需要各級政府加強溝通協調，共同合作且分階段完成石化專區的設立規劃。
- (5) 地下管線安全法令之不足：有鑑於高雄氣爆事件，其管線運輸之危害物質未納入法規管理，經濟部於 2014 年 10 月 9 日公告新增丙烯等 6 項地下工業管線輸送物質，將丙烯等危害物質納入管理。此外經濟部已提出「工廠管理輔導法」法規修正草案，針對工業區外的工業地下管線明文約束，然地方政府對於該修正草案存在「既有管線就地合法化」之疑慮，導致該修正草案尚未核定。

災害預防準備工作尚須加強

- (1) 強化管線設施完整性管理與管理系統：美國聯邦法規規定（49 CFR Part 192 Subpart O, 195.450 及 .452, 74 FR 63906）提供關於危險物質運輸完整性管理規定，以確保管線完整性和改進能源產品的運輸安全記錄。美國石油協會（American Petroleum Institute, API）亦推動之管線安全管理系統實施建議（Recommended Practice 1173- Pipeline Safety Management System Requirements, PSMS），PSMS 開發目的係提供管線管理者一個完整且全面的管理架構，而實施步驟則採用計畫－執行－檢核－改進（Plan-Do-Check-Act, PDCA）之循環週期原則，不斷的持續評估和改進措施，以提高風險管理的有效性，及促進管線安全與韌性（API^[16]）。
- (2) 管線周遭土地利用與安全緩衝區之界定：都市內對於土地分區使用皆有明訂，管線埋設沿線需依嚴重程度訂定和周邊建物土地之間的緩衝區。2014 年經全台灣管線總體檢，仍有高雄市及宜蘭縣存在工業地下管線。此外，高速鐵路工程局或臺灣鐵路管理局於 2015 年 3 月完成管線清查，亦發現行車路線周遭，仍埋設有輸油、瓦斯及工業等危險物質管線，恐對交通設施產生公安意外的威脅（交通部高速鐵路工程局^[17]）。

- (3) 未建置數位化管線圖資共通平台與維護困難：國內管線主管機關所建置圖資系統眾多且內容不一，其維護與整合相對困難，且未有專責機關建置管線圖資共通平台，每年圖資的維護與整合上相對困難。
- (4) 缺乏管線災害情境與衝擊評估：在歷經高雄氣爆事件後，各級政府已開始著手進行危險物質管線圖資之防救災應用規劃，惟管線於執行減災規劃工作上，仍需導入災害情境與衝擊評估之整體思維，以強化管線圖資與防救災領域之應用。

需再強化緊急應變能量與通報系統

- (1) 管線即時資訊之聯繫與整合：不同管線設施分屬中央與地方各主管機關負責管理，例如危害物質管線之瓦斯、輸油及工業管線，其中央主管機關為經濟部能源局、國營會及工業局，然而地方政府因道路挖掘需求，實際上管線管理業務工作卻是工務處或建管處，而非主管工商產業管理之經濟發展局，故各級政府於管線管理與防救災應變工作上，仍需更強化管線即時資訊之垂直、橫向之聯繫與整合。
- (2) 缺乏單一通報系統：目前管線體系下並未建置單一通報系統，故於平時道路挖掘時，需通知各管線機關共同會勘，然於發生緊急事件時，仍會發生類似高雄氣爆事件對於地下管線資訊掌握不足的情況。根據美國、加拿大資料顯示，單一通報系統為防止管線外力損壞之有效方法。
- (3) 緊急應變能量不足：近年國內多次氣爆事件中，仍有救災消防隊員與周邊民眾傷亡的情形，凸顯管線爆炸災害緊急應變之重要性，此外於災變現場中，針對洩漏的不明氣體之快速偵檢應變能量與人員訓練不足，另需強化災害緊急應變演練，及建立結合公、私部門之管線區域聯防合作體系。
- (4) 管線災害連鎖效應：地下工業管線均以管群、管束設置，導致管線災害交互影響，如缺乏應變情資整合與災害衝擊之通盤考量，於災害發生之際，恐無法發揮有效的應變功能，與提供妥適之應變決策。

復原重建行動需整合

- (1) 復原重建經費編列不足：臺灣現行發生重大災害之財務編列，主要以災害準備金，或預備金等特別預算加以因應，對於政府財政負擔已造成排擠與衝擊，故需檢討目前之復原重建經費編列機制，才能於災害發生後，迅速協助產業與民眾進行復原重建工作。

- (2) 災後重建資源需整合：國內重大災害重建工作，政府及民間團體資源往往需進行整合。舉凡 921 大地震、莫拉克風災以及高雄氣爆等事件，皆看到民間團體及企業，充分彌補政府於災後有限的重建資源，並發揮協助災後重建工程、善款捐贈，以及監督災後捐款流向與運用等功能，故政府和民間團體對於重建資源與合作機制，需有伙伴關係之整體規劃。
- (3) 需重視災民心靈重建與救助工作：重大災害發生後，除了迅速修復家園與產業重建等緊急復原事項，對於災民的心靈重建工作卻常常被忽視。為了協助民眾走出心理的悲傷及紓緩民眾受創的心靈，政府除協調宗教團體、民間慈善機構協助災民心靈重建救助事宜，對於心理衛生、賠償、災民慰問、救（濟）助金發放等災民協助工作亦需重視。

結論與建議

公共設施管線資料庫因配合政策推動，建置之初係基於道路挖掘系統之應用，並非以防杜管線災害之安全管理為目的。現行管線圖資平台眾多宜加以整合，圖資使用目的與應用範疇雖各有不同；然而在經歷多次的瓦斯氣爆意外及高雄市氣爆重大事件後，對於危害物質管線防救災的議題必須加以格外重視。依據上述國內外案例分析顯示，要降低管線災害風險之防救災重要議題包含：管線安全法令增修、加強設施維護管理與運作資訊掌握度、增加管線預防與減災相關研究計畫、實施情境式之災害衝擊評估、擬訂管線防救災業務計畫、演練與建置管線圖資共通平台與強化民眾災害風險認知與管線風險告知。

國內管線分別隸屬不同部會（機關）管理，為有效協助政府推動危險物質管線防救災管理工作，未來需要跨主管機關進行圖資系統的整合，及建置管線圖資共通平台與強化資訊共享機制，才能進而輔助管線災害應變決策及管線風險界定。

本文歸納出國內現階段管線管理問題，主要包含：安全管理體系與架構之檢討、災害預防準備工作尚須加強、需再強化緊急應變能量與通報系統，以及復原重建行動需整合等四大面向，其中，於安全管理體系與架構之檢討面向主要問題包含：工業管線尚未建立法治化的管理體系、既存穿越都市之危險物質管線管理問題、強化工業管線安全管理、石化專區設立與規劃、地下管線安全法令之不足等；此外，災害預

防準備工作尚須加強上所面臨的問題包含：強化管線設施完整性管理與管理系統、管線周遭土地利用與安全緩衝區之界定、未建置數位化管線圖資共通平台與維護困難，以及缺乏管線災害情境與衝擊評估。

參考文獻

1. 內政部營建署，公共設施管線資料庫，2015 年 4 月 20 日，http://duct.cpami.gov.tw/pubWeb2/util/p1_0.aspx。
2. The United States Department of Transportation (DOT), Hazardous Materials Transportation Guides, February 1991, <http://ntl.bts.gov/DOCS/hmtg.html>.
3. National Transportation Safety Board (NTSB), Accident Reports, 2015, <http://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Pages/AccidentReports.aspx>.
4. 中國國家安全生產監督管理總局，2015 年 5 月 30 日，<http://media.chinasafety.gov.cn:8090/iSystem/shigumain.jsp>。
5. 台視新聞，首爾瓦斯紅外線監測，2014.08.04，<http://www.ttv.com.tw/103/08/1030804/10308040029900V.htm>。
6. 中央災害應變中心 0731 高雄氣爆新聞稿，2014 年 8 月 6 日，<http://eoc.nfa.gov.tw/eoc/List.aspx?ID=37&MenuID=952&ListID=2525>。
7. 新北市政府，新北市政府市政新聞，2014 年 8 月 16 日，http://www.ntpc.gov.tw/ch/home.jsp?id=28&parentpath=0,6,27&mcustome=multimessages_view.jsp&dataserno=201408160011。
8. 高雄市政府市政新聞，工業管線地方自治安全城市建構未來，2015 年 3 月 10 日，http://www.kcg.gov.tw/CityNews_Detail.aspx?n=F71D73FAAE3BE82&ss=4816D910C4687BB85E1BEA0127D8C88CED6FA34CB705D88419B1D53BA8CEFA8CEFA4FC07AA8DCB8B5。
9. 鄧敏政等，2010，0909 加州天然氣管線大火災情初步分析，國家災害防救科技中心電子報，第 64 期，第 1-8 頁。
10. 高雄地檢署，2014。台灣高雄地方法院檢察署檢察官起訴書，麗股，103 年度偵字第 22296 號，<http://www.ksc.moj.gov.tw/mp021.html>。
11. 東森新聞網，新店氣爆，2014 年 8 月 16 日，<http://www.nownews.com/n/2014/08/16/1372487>。
12. 中央災害防救會報，公用氣體與油料管線災害防救業務計畫（經濟部），2014 年 5 月 21 日，<http://www.cdprc.ey.gov.tw/cp.aspx?n=CB2CC71D8D1BDF11&s=867F5398A49F758A>。
13. PHMSA, Pipeline Emergency Planning & Response Tools, January 1, 2012, <https://primis.phmsa.dot.gov/comm/publications/PipelineEmergencyPlanning-and-ResponseTools-Article-FireRescue-January2012R2.pdf>.
14. 李中生等，2014，都會區危險物質管線安全管理經驗學習，國家災害防救科技中心電子報，113 期：頁 1-16。
15. 翁榮洲，2014，高雄氣爆事件之省思，103 年度中央與直轄市、縣（市）災害防救業務年終研討會，花蓮：行政院災害防救辦公室。
16. American Petroleum Institute (API), June, 2014, Pipeline Safety Management System Requirements, <http://www.api.org/~media/Files/Oil-and-Natural-Gas/pipeline/2014-Pipeline-Safety-RP-1173/API-RP-1173.pdf>.
17. 交通部高速鐵路工程局新聞稿：高鐵沿線危險管線清查及安全維護機制，2015.04.14，<http://www.hsr.gov.tw/homepage.nsf/825ef54697127cdd48256913003469e5/f1990e00369d0f8248257e2700302d3d?OpenDocument>。

地下三維構造

模型建置與地震減災之研究

林義凱／國家災害防救科技中心地震與人為災害組佐理研究員

柯明淳／國家災害防救科技中心地震與人為災害組助理研究員

柯孝勳／國家災害防救科技中心地震與人為災害組副研究員

楊耿明／國立成功大學地球科學系副教授

陳文山、吳逸民／國立台灣大學地質系教授

台灣地區對於地質構造的地下三維模型建置多為局部地區，且其建置深度也較淺，對於地震防災上之協助仍然有限。本研究主要目的為利用歷史地震資料及地表地質調查資料與地球物理資料等，建置活動斷層的地下三維構造資料與模型，可提供地震災害風險評估或於重大地震事件發生後立即分析震源與斷層之三維空間關係與餘震分布趨勢。本研究以新竹地區為示範區，擬以初步研究方式，針對各類型地質資料進行整合與模型建置，另外將根據三維模型建置成果，並利用三角剪切帶分析模式推估可能地震規模與地表變形範圍，同時藉由小區域的地下三維構造建置成果與經驗，做為未來建置台灣全區活動斷層地下三維構造模型之參考。分析結果顯示，若新竹斷層發生錯動，可能引發規模 6.76 地震，地表可能變形範圍寬度達 286 公尺。

前言

活動斷層是指過去曾經活動，且可能再次發生錯動的斷層。在 1999 年 921 集集地震後，活動斷層對於地表結構物的影響逐漸受到人們注意，而地表變形主要受地下三維構造幾何形貌與地下覆土厚度等因素所控制。根據地調所對於 921 集集地震車籠埔斷層沿線的槽溝探察結果顯示，地震造成地表破裂的位置，往往與基盤上之覆土層厚度有關，當覆土層厚度愈厚，材料性質愈疏鬆，則斷層可能出露地表的可能性愈高。由地震引發地地表破裂，於斷層錯動形成的震波在傳播過程中，會對地表建物造成結構毀損（動態影響）及永久塑性變形行為（靜態影響）。而於都會區發

生地震可能導致的災害，主要為地表變形所導致，包括維生管線、交通設施等因地表變形造成剛性的管線（瓦斯或電纜）或鐵道設施（鋼軌）損壞，然而對於線狀設施及結構，避免通過活動斷層應為首要目標，但往往於建設之經濟性或目的性，相關設施並非完全能夠避開活動斷層。且依活動斷層相關研究定年成果顯示，斷層活動多具有重複性，故於斷層帶附近之建物安全性應須特別注意。各種地震造成的災害，對民眾安全及社會經濟造成相當大的影響。因此，對於斷層再活動造成地表變形行為與變形影響範圍、包括寬度、變形程度及再現周期評估，以目前地震防災的角度而言，似有進一步研究的空間。

地質構造特性與地表變形分析的關聯性

在台灣西部麓山帶地區常見到的地質構造多為斷層擴展褶皺 (fault-propagation fold), Suppe^[1] 將其定義為發生在擴展中的斷層前方的變形作用, 並造成斷層上覆岩層發生變形而產生褶皺 (圖 1)。由既有的研究成果得知, 影響斷層錯動造成地表變形的因素包括: 斷層種類、覆土層厚度與土壤性質 (Bray *et al.*,^[2]、Lin *et al.*,^[3])。當斷層再活動時, 會對其上方的岩層 (包括近地表之岩層與近代沖積物) 與結構物將造成何種影響之資訊, 室內以實驗室砂箱模型 (魏^[4]; 鍾^[5]) (圖 2) 與數值模擬的方法進行研究 (Oettle *et al.*,^[6]; 林等人^[7]), 而野外經由槽溝開挖的方式進行地表變形行為的研究 (陳等人^[8]) (圖 3)。然而以防災需求的角度而言, 事先了解地震可能造成的地表破裂或地表變形位置實屬相當必要, 因此需優先了解斷層擴展褶皺與地表變形的構造演化, 三角剪切模式 (Trishear model) 的研究則可合理解釋其斷層與褶皺構造的相關性 (Erslev^[9]; Chen *et al.*,^[10]; 陳^[11])。

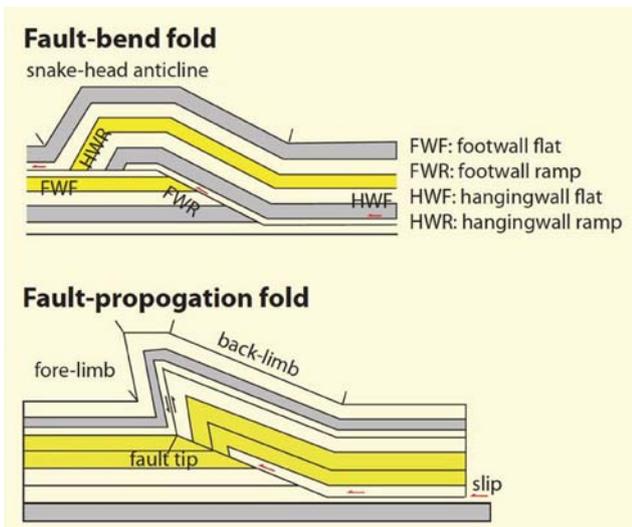


圖 1 斷層彎曲褶皺與斷層擴展褶皺示意圖 (修改自 Suppe^[1])

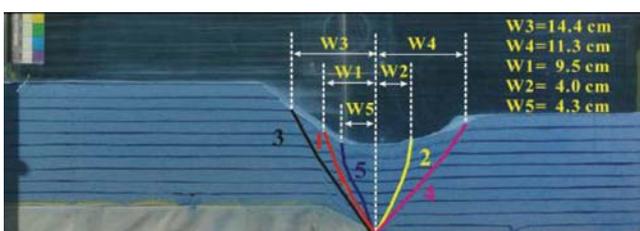


圖 2 砂箱模型分析圖 (鍾^[5])

三角剪切模式最早由 Erslev^[9] 提出, 主要是用於解釋褶皺形貌的問題, 此模式之變形作用主要發生在斷層前緣前方的三角型區域內, 故稱為三角剪切模式 (圖 4)。由於三角剪切模式相當於單剪作用於一平面上, 但在此三角形的變形區域中保持面積守恆, 所以此變形區域之質點位移方向與斷層滑移方向斜交。Allmendinger 於 1998 年^[12] 開始進一步應用三角剪切帶變形模式的概念發展相關數值模擬軟體 (FaultFold 4.5.4), 此數值模擬的主要輸入參數包括: 斷層傾角 (θ)、三角剪切帶張角 (2ϕ)、斷層破裂距離 (P)、斷層滑移量 (S)、斷層破裂滑移比 (P/S)、斷層尖端位置 (t)。而其中斷層傾角、斷層尖端位置與斷層滑移量可於現地調查或震測剖面得知, 而 P/S 值與三角剪切帶張角無法確切得知, 僅以假設為 P/S 值為定值並針對不同之三角剪切帶張角進行分析。FaultFold 軟體可以分析因斷層活動造成的地層應力方向與應變分布狀態, 但多屬運動學分析, 對於地質材料性質、特性與應力、應變狀態等力學機制未能有效定義, 而主要控制褶皺形貌的 P/S 值之力學意義也未完全明確, 故針對力學性質加以探討有其必要性 (Cardozo^[13])。

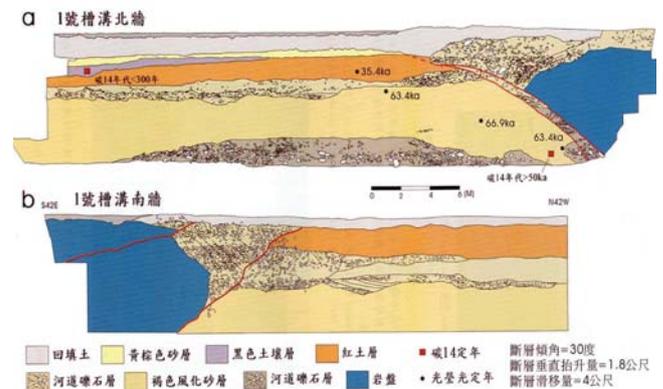


圖 3 新竹篤行 1 號槽溝南北剖面圖 (陳等人^[8])

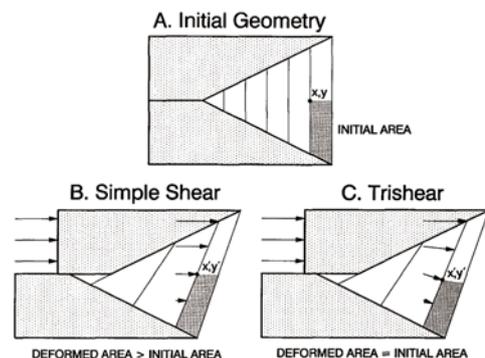


圖 4 Trishear 分析理論示意圖 (Erslev^[9])

Wells and Coppersmith^[14] 統計已發生的斷層破裂與寬度，並與該地震規模對比，經迴歸分析可得斷層錯動量與地震規模、斷層長度、斷層面面積等相對應之關係式。該研究分別迴歸分析正斷層、逆斷層及橫移斷層造成地表破裂之歷史紀錄得到相對應斷層種類的經驗公式，將欲評估之斷層依其斷層特性採適用之迴歸公式可得到預估斷層造成地表破裂的寬度及範圍（圖 5）。

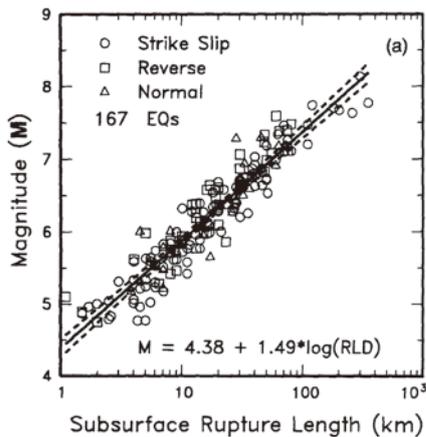
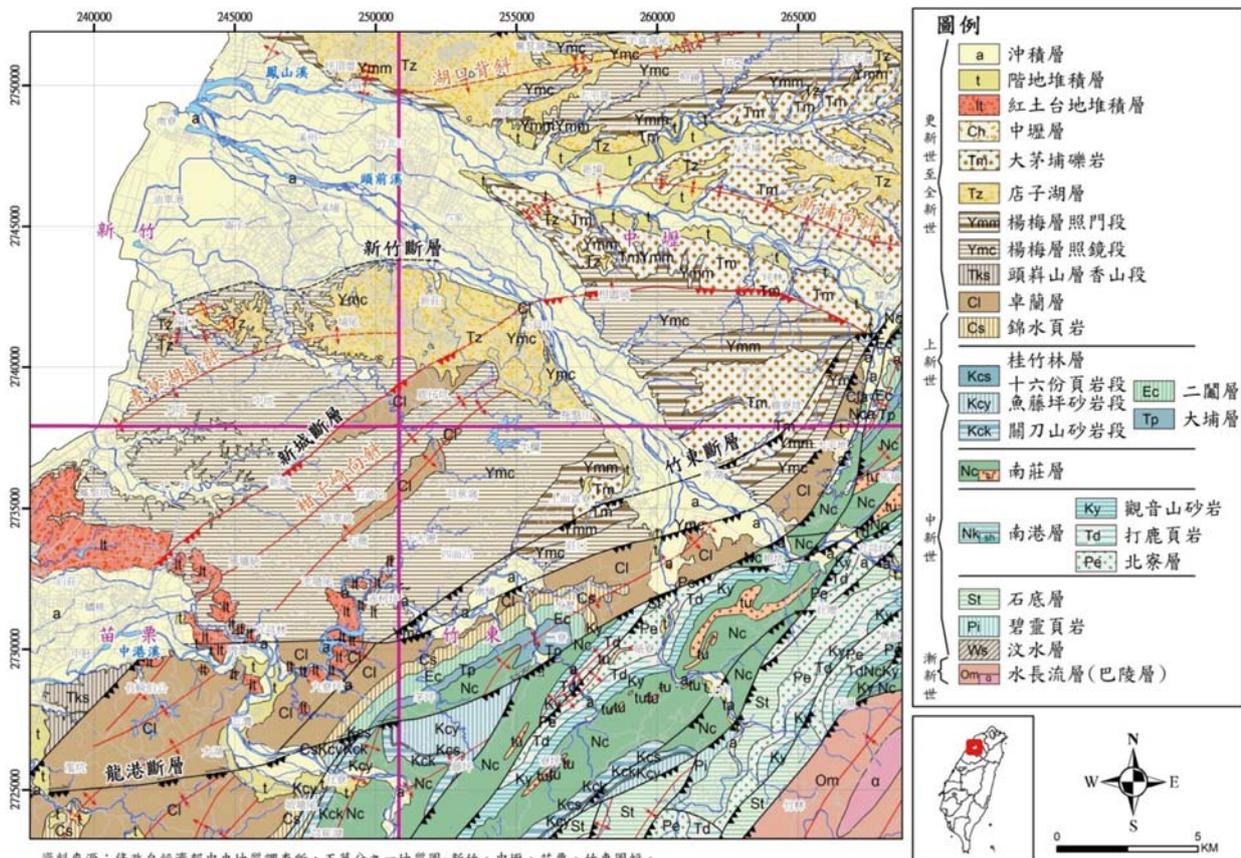


圖 5 斷層規模與破裂長度迴歸分析圖 (Wells and Coppersmith^[14])

新竹地區之地層分布狀況，根據經濟部中央地質調查所出版之五萬分之一台灣地質圖說明書—新竹圖幅^[15]、中壢圖幅^[16]、苗栗圖幅^[17]與竹東圖幅^[18]及易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置圖冊^[19]，得知本研究區域主要出露地層由老至新分述如下，包括漸新世的地層為水長流層，其岩性以板岩、硬頁岩為主；中新世的地層依序為：汶水層、碧靈頁岩、石底層、北寮層、打鹿頁岩、觀音山砂岩、南港層、南莊層、大埔層、桂竹林層關刀山砂岩段及部分魚藤坪砂岩段，其岩性以砂岩、粉砂岩、頁岩及泥岩為主；上新世的地層依序為：桂竹林層部分魚藤坪砂岩段與十六分頁岩段、二鬮層、錦水頁岩，其岩性以砂岩、粉砂岩及頁岩互層為主；更新世的地層依序為：卓蘭層、頭嵙山層香山段、楊梅層照鏡段、楊梅層照門段、店子湖層、大茅埔礫岩、中壢層，其岩性以砂岩、粉砂岩、頁岩及礫岩為主；全新世的河階礫石層與沖積層則多由礫石、砂、泥等未膠結沉積物所組成（圖 6）。另依地調所公告資料，本區域主要有 2 條



資料來源：修改自經濟部中央地質調查所，五萬分之一地質圖—新竹、中壢、苗栗、竹東圖幅。

圖 6 研究區域地質圖

活動斷層，分別為新竹斷層與新城斷層（圖 7）。其中新城斷層通過新竹科學園區南緣，又屬第一類活動斷層，極具活動潛勢。由近期的精密水準測量得知（2002 年至 2006 年），橫跨新竹斷層、新城斷層與大平地斷層的新竹—五峰水準測線，共有 4 次施測結果，整條水準測線的高程差變化量均在 8 公厘以內，於觀測期間內新竹斷層及新城斷層均未有明顯活動跡象（圖 8）。饒瑞鈞等^[20]另由 GPS 觀測資料得知新城斷層上盤以每年約 1 公分的速度往西北方向位移，下盤以每年約 0.2 公分的速度向西北西方向位移的趨勢（圖 9），然斷層兩側仍為壓縮作用而維持逆移形式。綜合上述之前人研究顯示，本研究區域因位在菲律賓海板塊與歐亞大陸的碰撞帶，板塊擠壓速率快速（每年約 8 公分），導致碰撞帶快速累積能量，因而地震風險也較高。故考量臺灣產業因應大規模災害衝擊、落實永續發展、降低災害風險以及減少災害損失是目前政府極為重要的執行課題之一。

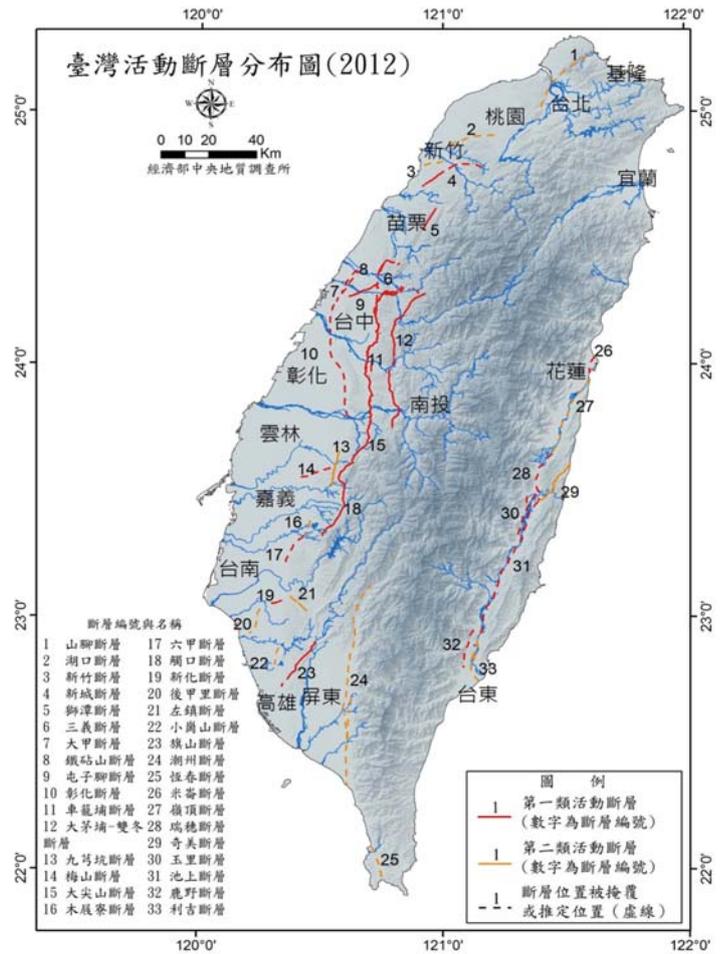


圖 7 全臺活動斷層分布圖 (摘自經濟部中央地質調查所^[21])

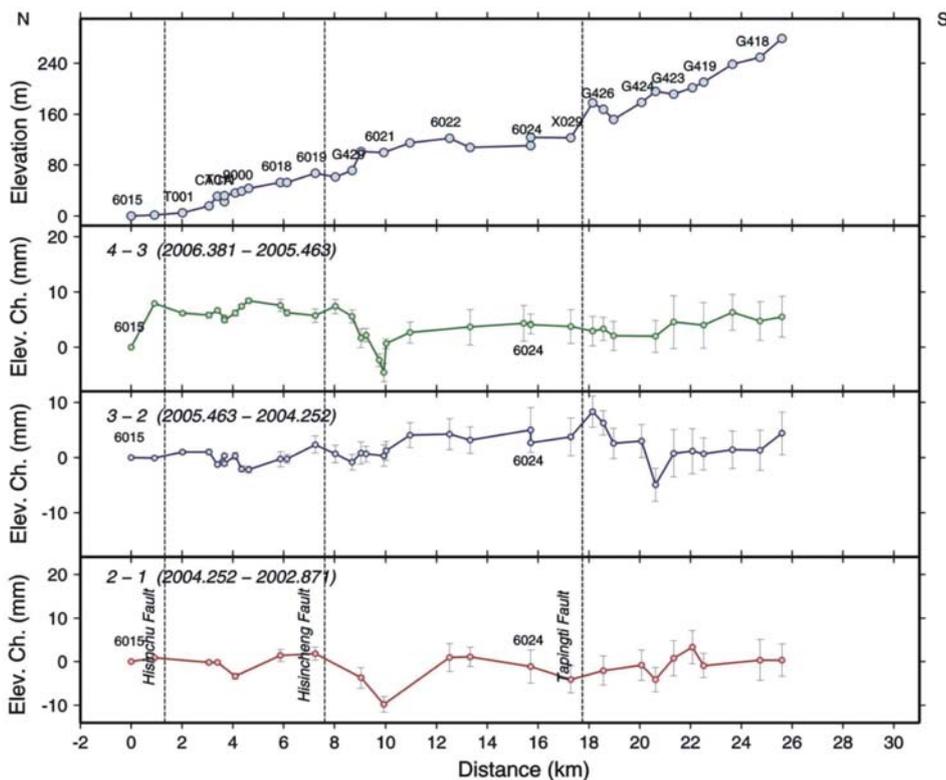


圖 8 新竹地區的精密水準測量結果。新竹至五峰測線 2002 年 10 月至 2006 年 4 月間每兩次之高程差變化圖 (饒等人^[20])

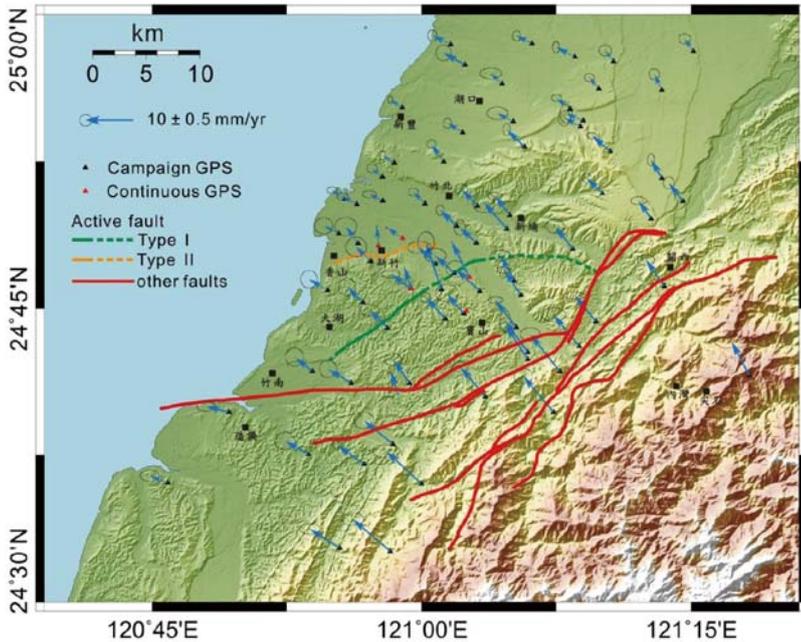


圖 9 新竹地區 2002 ~ 2010 年 GPS 速度場 (黃^[22])

模型建置流程及推估斷層可能引發的地震規模

本研究將以新竹地區為初步研究區域，並根據中油公司地鑽井、地球物理震測資料以及地表露頭等地質調查成果，彙整建置平衡剖面資料，配合中央地質調查所的地質圖及斷層位置資料，建立活動斷層地下三維構造。以地調所比例尺 1/25,000 的活動斷層條帶地質圖，找出活動斷層位置，加上縱向的平衡剖面圖，建立初步斷層地下形貌，最後連結數條剖面的斷層，便能得到斷層的三維構造模型。為了準確地建立活動斷層地下三維構造，本研究將每種資料的座標系統，都轉換成相同的座標系統。在整合資料的座標系統過程中，也將各平衡剖面的位置予以重新校正，確認剖面上主要斷層與地質圖上出露位置相符之後遂進行 SKUA-GOCAD 數化建模之工作。於三維構造模型建置完成後，將以 Wells and Coppersmith^[14] 之迴歸公式依斷層面積參數推估可能引發之地震規模與斷層滑動距離 (S) 等。

$$\text{Area} = 10 (-3.99 + 0.98 \times M_w)$$

$$\log(\text{MD}) = -0.44 + 0.42 \times \log L$$

M_w ：地震規模；Area：斷層面積（平方公里）；
MD 為最大斷層錯動量（公尺）；L 為斷層破裂長度（公里）

接下來將各構造平衡剖面，利用三角剪切變形帶之模擬軟體（FaultFold 4.5.4）數化分析，由於構造平衡剖面資料可直接量測斷層傾角 (θ)、斷層尖端位置 (t)，故將假設斷層破裂距離 (P) 配合上述斷層參數推估之斷層滑動距離 (S)，並依據砂箱模擬經驗劃定分析三角剪切帶張角範圍在 50° 至 80° 間，即可進行分析求得地表可能變形位置與範圍。

最後彙整上述研究成果，可建立完整的活動斷層地下三維模型與資料庫；於應用層面，針對地震發生的即時地震評析、相關地質資料之展示、以及後續餘震評估與相關因應措施之

擬定，均具有相當有效之助益。然經由各類型地質資料整合及相互校驗、輔助分析，對於建立更精確之地下構造形貌。經由模型分析與滑動傾向評估，搭配各調查成果與資料，可建立斷層活動性評估及地表可能造成之影響範圍。

三維斷層構造模型的特性描述與立體展現

根據中油公司鑽井、震測資料以及地表地質所建構的平衡剖面資料，配合中央地質調查所出版的五萬分之一地表地質圖幅及全台活動斷層分布資料，建立活動斷層地下三維構造模型。模型建置流程如下：首先根據地調所的活段斷層條帶地質圖、活動斷層分布圖，找出活動斷層位置，加上縱向的平衡剖面圖及震測剖面，確認斷層地下形貌，最後連結數條剖面的斷層，以三維模型建置軟體建置斷層的三維構造模型。根據本研究蒐集位於竹苗地區的構造平衡剖面及震測剖面。將所有剖面數化並於三維空間系統中重新定位，其數化與定位成果見圖 10。此外將特別針對新竹和新城兩條活動斷層之地下形貌與該兩條活動斷層在地表出露位置作比對而加以校正，並依序建立其三維形貌（圖 11、12），茲將模型建置之活動斷層地下三維構造詳述如下：

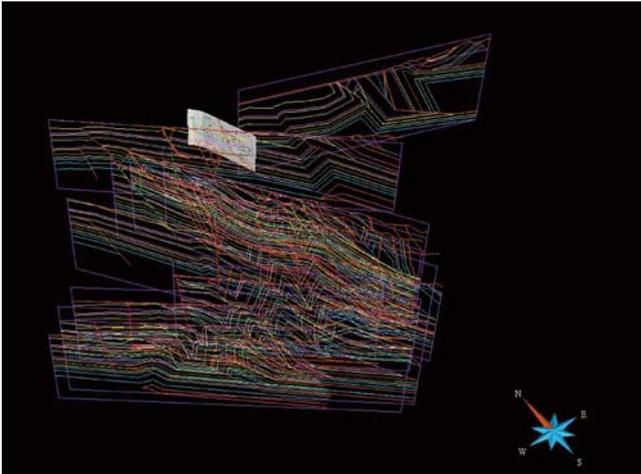


圖 10 數化竹苗地區構造平衡剖面 and 震測剖面

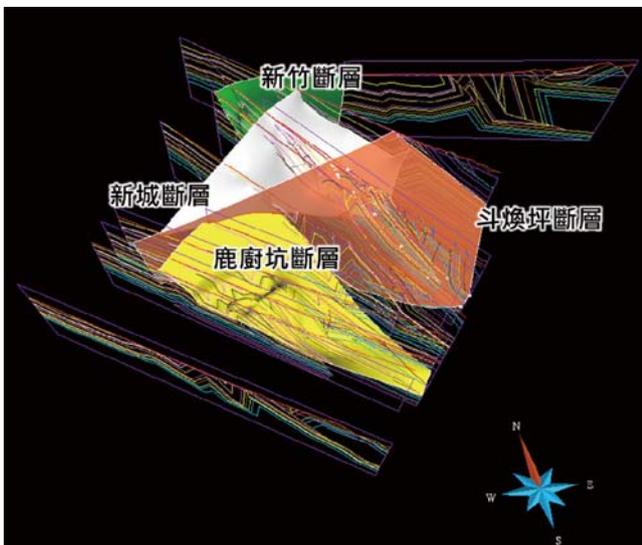


圖 11 三維模型成果 (新竹、新城、鹿廚坑、斗煥坪斷層)

新竹斷層

新竹斷層位於外麓山帶，走向東—西向，斷層面向南傾斜，斷層自新竹市區東南方的光復中學附近，延伸至新竹市區西南方的美山村。根據井下資料和震測解釋，新竹斷層的地下構造形貌有三條分支斷層，其中一條高傾角近乎垂直，其餘兩條淺部亦為高傾角，但是在北寮層內合併轉成低傾角斷層。高傾角的新竹斷層分別向東和向西伸展較長的距離，但由於構造剖面的限制，僅繪出部份長度。根據地表資料，新竹斷層東段（即該斷層和新城斷層交會處以東）應保持高傾角東西走向延伸至為內麓山帶軟橋斷層所截之處。新竹斷層西段，無論是高低傾角斷層皆形成向北凸出的曲面。

新城斷層

新城斷層位於外麓山帶，走向北北東—南南西，為一向東傾之低傾角逆斷層，在構造平衡剖面上地下有兩條分支斷層，新竹斷層北段由關西南方至頭前溪呈東北東走向，長約 12 公里；新竹斷層南段由頭前溪延伸至頭份東北方的頂埔里，呈東北走向，長約 16 公里。新城斷層的地下三維構造形貌有從北到南的變化，其特徵有三：(1) 斷層面從北段簡單的上凹或圓錐狀曲面向南轉變成向上凹凸的較複雜的曲面；(2) 斷層面最深處之深度向南加深；(3) 斷層面北段向北抬昇和 新竹斷層會合，但南段則為東西走向的斗煥坪斷層所截。

斗煥坪斷層

斗煥坪斷層位於外麓山帶新城斷層南側，主要位於竹東丘陵南緣一帶，從斗煥坪至社寮坑，並截切新城斷層。斗煥坪斷層為一東西走向高低傾角近乎垂直的斷層，向東延伸止於內麓山帶竹東—北埔斷層的南端。

湖口斷層

湖口斷層位於外麓山帶，由新竹縣湖口向東延伸至桃園縣平鎮，野外調查未發現斷層露頭出露，且鑽井資料僅看到褶皺現象，所以將可能為斷層的位置標註為褶皺軸。地調所在該區域進行許多地質調查，包含光螢光定年、野外地質、鑽探、震測、重力、地電阻、水準測量、GPS，推測湖口斷層位於向斜軸的急折面 (hinge surface) 與地表的交線。

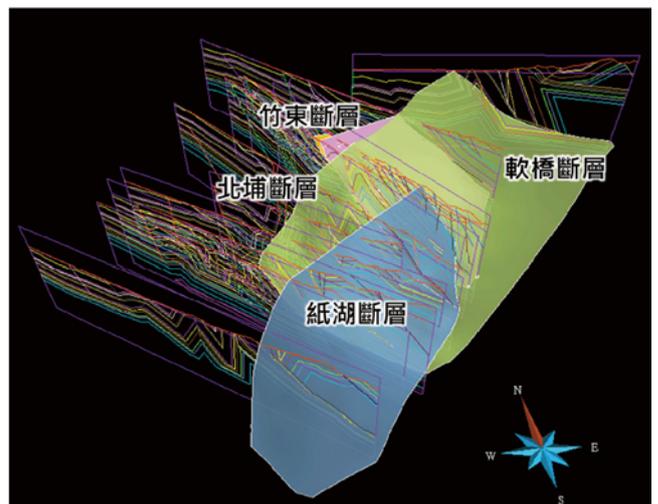


圖 12 三維模型成果 (竹東、北埔、軟橋、紙湖斷層)

如何利用三維模型精進地震防災分析技術

於防災應用層面，可將建置完成之三維構造模型提供至既有之應變簡報使用，因目前應變簡報僅利用二維地質剖面相關資訊研判地震相關資訊，若新增三維模型資料，可更明確掌握震央位置與地下斷層之關聯性及後續餘震研判（圖 13）。然而於災害發生前之整備階段，亦可針對潛在危險性高的區域持續關注，並對於該區域之可能發生災害研擬對策。本研究採用模擬震源的地動分布圖層，進行建物震災損失評估，並建立網格化建物震災損失分布圖，另外利用 Arc Gis 套疊分析成果於三維模型，可推估斷層影響可能造成之建物毀損數量（圖 14）。再利用三角剪切帶模式分析

地表可能變形範圍，本研究暫以新竹斷層為例，進行地表變形範圍分析，依分析結果顯示，倘若三角剪切帶張角自 $60^\circ \sim 90^\circ$ ，其變形範圍自 68 ~ 286 公尺（圖 15），與地調所公告之地質敏感區範圍寬度相近。

根據本研究建置之三維斷層模型，可評估新竹地區潛在活動性高的斷層活動可能引發的地震規模，分別為新竹斷層、新城斷層、斗煥坪斷層、湖口斷層，茲將可能發生地震之規模及分析成果將詳述如下（地震斷層參數彙整詳表 1）：

- (1) 新竹斷層，由本研究建置之三維模型研判，新竹斷層長度可能長約 28 公里，可能引發之地震規模 $M_w = 6.76$ ；斷層面面積約 135 平方公里，可能引發地震規模 $M_w = 6.16$ 。

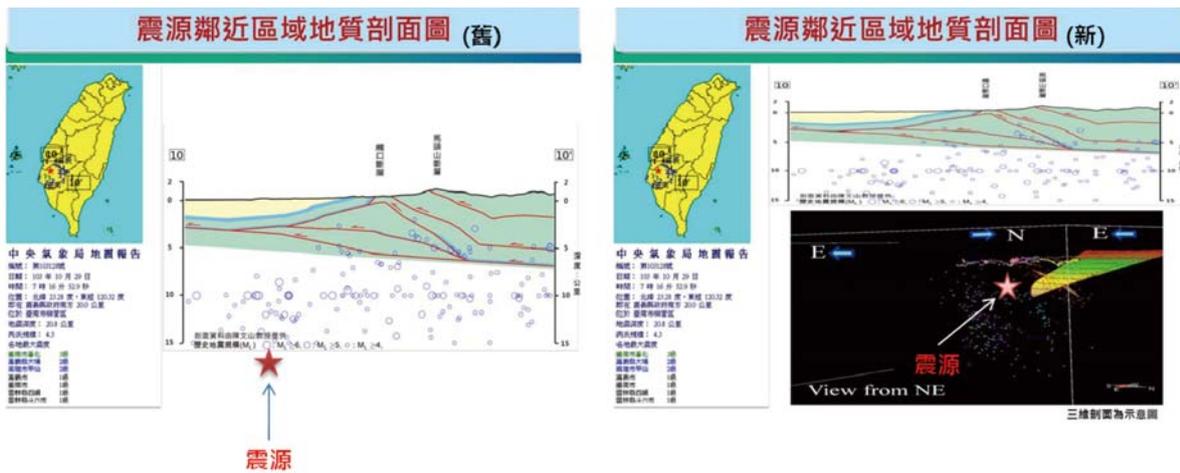


圖 13 應變簡報版型修改示意圖

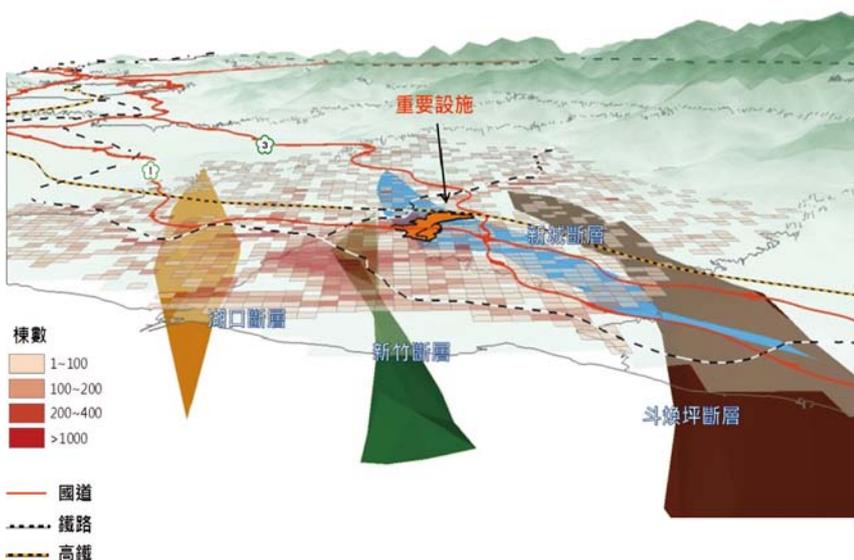


圖 14 鄰近斷層之損害評估

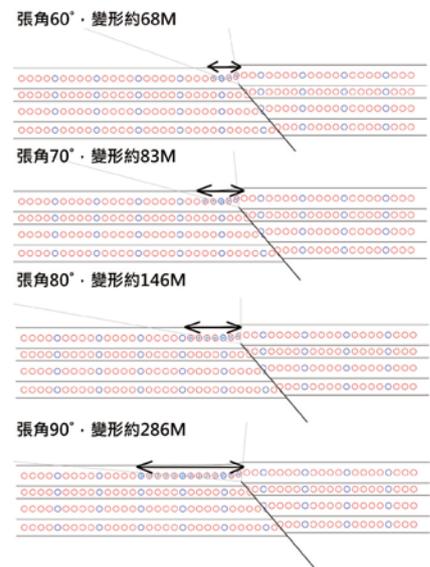


圖 15 三角剪切帶分析地表變形範圍圖

- (2) 新城斷層，斷層長度約 28 公里。然由三維模型研判，新城斷層錯動面積約 225 平方公里，可能引發之地震規模 $M_w = 6.39$ ；若依地表地質特性與斷層面幾何形貌，可將斷層概分為 2 段，其斷層北段長度為 11 公里，斷層南段則為 17 公里，依照單一性帶狀的面積推算，其斷層北段面積約為 88 平方公里，可能引致之地震規模為 $M_w = 5.9$ ；斷層南段面積為 137 平方公里，可能引致之地震規模為 $M_w = 6.17$ 。
- (3) 斗煥坪斷層，經由三維模型研判斷層長度可能約 28 公里，可能引發之地震規模 $M_w = 6.76$ ；斷層面積約 364 平方公里，可能引發最大地震規模 $M_w = 6.6$ 。
- (4) 湖口斷層，經由三維模型研判斷層長度可能長達 21 公里，可能引發之地震規模 $M_w = 6.43$ ，斷層面積約 171 平方公里，可能引發地震規模 $M_w = 6.26$ 。

表 1 各斷層參數表

斷層名稱	斷層長度 (km)	依斷層長度推估地震規模 (M_w)	斷層面積 (km^2)	依斷層面積推估地震規模 (M_w)
新竹	9	6.16	81	5.93
	28*	6.76*	135*	6.16*
新城	22	6.63	364	6.6
	28*	6.72*	225*	6.39*
斗煥坪	10	6.22	130	6.14
	28*	6.76*	364*	6.6*
湖口	15	6.61	189	6.31
	21*	6.43*	171*	6.26*

*：由本計畫建置之三維模型所得斷層參數

結論與建議

經由建置完成之活動斷層地下三維模型，將於地震發生可提供即時提供地震評析、展示相關地質資料及對於後續餘震評估等提供相當助益。且由本模型成果對於地震發生後之應變作業提供一完整的研判資料，以利於研判後續餘震位置並可立即推估可能錯動之斷層及地表可能錯動範圍，以利災後救援。經由分析結果顯示，新竹斷層若發生錯動，可能引發規模 6.76 之地震，且可能造成地表變形區域之寬度約 286 公尺，此變形帶寬度恰與中央地調所公告之地質敏感區相近。未來應加入有限元素法或離散元素法進行分析，可更精確評估斷層靠近地表周圍之變形程度。

參考文獻

1. Suppe, J. (1985) Principles of Structural Geology, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
2. Bray, J.D., Seed R.B. and Seed H.B. (1994) Analysis of earthquake fault rupture propagation through cohesive soil. J. Geotech. Engrg., 562-580, doi:10.1061/(ASCE)0733-9410(1994)120:3(562).
3. Lin, M.L., Chung, C.F., Jeng, F.S., (2006) Deformation of overburden soil induced by thrust fault slip. Eng. Geol., 88(1-2), 70-89., doi:10.1016/j.enggeo.2006.08.004.
4. 魏勇帆 (2006) 覆土材料性質對於逆斷層錯動引致上覆土層變形之探討，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，共 172 頁。
5. 鍾春富 (2007) 逆斷層錯動引致上覆土層變形行為及對結構物影響之研究，國立臺灣大學土木工程學研究所博士論文，共 271 頁。
6. Oettle N.K., J.D. Bray, D.S. Dreger (2015) Dynamic effects of surface fault rupture interaction with structures, Soil Dyn. Earthq. Eng. 72, 37-47., doi:10.1016/j.soildyn.2015.01.019.
7. 林銘郎、李崇正、黃文正、黃文昭 (2011) 活動斷層進地表變形特性研究 (1/4)，經濟部中央地質調查所報告，共 220 頁。
8. 陳文山、劉力豪、顏一勤、楊小青、李龍昇、游能梯、張徽正、石瑞銓、陳于高、李元希、林偉雄、石同生、盧詩丁 (2003) 新城斷層的古地震研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 14 號，第 11 ~ 23 頁。
9. Erslev, E.A. (1991) Trishear fault-propagation folding. Geol., 19(6), 617-620, doi:10.1130/0091-7613(1991)019 <0617:TFPF> 2.3.CO;2.
10. Chen, W.S., K.J. Lee, L.S. Lee, D.J. Ponti, C. Prentice, Y.G. Chen, H.C. Chang, and Y.H. Lee (2004) Paleoseismology of the Chelungpu Fault during the past 1900 years. Quat. Int., 115-116, 167-176, doi:10.1016/S1040-6182(03)00105-8.
11. 陳伯軍 (2006) 斷層擴展褶皺之斷層破裂距離與斷層滑移量比值 (P/S) 力學特性之研究，國立中央大學應用地質研究所碩士論文，共 52 頁。
12. Allmendinger, R.W. (1998) Inverse and forward numerical modeling of trishear fault-propagation folds. Tectonics, 17(4), 640-656, doi:10.1029/98TC01907.
13. Cardozo, N., Allmendinger, R.W. and Morgan, J.K. (2005) Influence of mechanical stratigraphy and initial stress state on the formation of two fault propagation folds. J. Struct. Geol., 27, 1954-1972. doi:10.1016/j.jsg.2005.06.003.
14. Wells D.L., Coppersmith K.J. (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bull. seism. Soc. Am., 84(4), 974-1002. http://www.bssaonline.org/content/84/4/974.short
15. 江婉綺、劉桓吉 (2011) 臺灣地質圖幅及說明書，新竹圖幅 (1/50,000)，經濟部中央地質調查所。
16. 塗明寬、陳文政 (1990) 臺灣地質圖幅及說明書，中壢圖幅 (1/50,000)，經濟部中央地質調查所。
17. 何信昌 (1994) 臺灣地質圖幅及說明書，苗栗圖幅 (1/50,000)，經濟部中央地質調查所。
18. 塗明寬、陳文政 (1991) 臺灣地質圖幅及說明書，竹東圖幅 (1/50,000)，經濟部中央地質調查所。
19. 經濟部中央地質調查所 (2013) 易淹水地區上游集水區地質調查及資料庫建置圖冊，共 53 頁。
20. 饒瑞鈞、余致義、洪日豪、胡植慶、李建成、詹瑜璋、許麗文 (2006) 地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫，活動斷層監測系統計畫 (5/5)，經濟部中央地質調查所報告，共 256 頁。
21. 經濟部中央地質調查所 (2012) 臺灣活動斷層分布圖。
22. 黃宣維 (2012) 以三維構造幾何形貌和大地測量分析台灣西北部新竹地區之新期構造活動，國立臺灣大學理學院地質科學系碩士論文，共 158 頁。



數位網格化技術於地震衝擊分析與應用

劉淑燕／國家災害防救科技中心助理研究員

吳佳容／國家災害防救科技中心佐理研究員

柯孝勳／國家災害防救科技中心副研究員

李中生／國家災害防救科技中心副研究員

李維森／國家災害防救科技中心研究員

張芝苓／國家災害防救科技中心助理研究員

利用數學模式預先分析地震衝擊影響、瞭解災害情境，再透過評估結果進行演練、擬定計畫、推動防救災工作，進而提升區域以及都會區對於地震災害的耐災能力、降低災害損失，為國際間重點研發的課題。國家災害防救科技中心為增進防救災研發能量，整合地震衝擊相關研發成果與技術，建置地震衝擊分析所需基礎資料庫，並結合地理空間資訊，以 500 m × 500 m 地理網格為單元進行模擬，利用國內外既有的分析模型，量化評估示範區域遭受大規模地震衝擊之後的災害情境。本研究工作以地震情境設定，分析研判該地震事件可能造成的災害衝擊與設施失效的影響，分析項目包括建物、人口、交通系統、水電維生設施損壞與衝擊評估。本研究期望能建立整體性的地震衝擊自動化評估流程與研究環境，並得出地理空間性較佳的預測結果，作為未來規劃災前減災策略以及研擬防救災與應變計畫之參考。

前言

處於菲律賓海板塊衝撞歐亞大陸板塊的交界面上，臺灣飽受地震災害的威脅，依據行政院九二一災後重建委員會的統計資訊，1999 年襲擊臺灣集集的 M7.3 地震，造成高達 2,455 人罹難，50 人失蹤，超過 11,000 人受傷，逾 8 萬戶房屋全半倒，以及水、電、橋梁、交通等維生設施中斷等嚴重災情；而今年 2 月 6 日發生芮氏規模 6.6 的美濃地震，亦造成 117 人死亡、551 人受傷，台 20 線、台 86 線及台 3 線交通阻斷，累計停水 400,300 戶、累計停電 173,163 戶等，影響範圍包含臺南、高雄地區（內政部消防署^[1]）。因此，評估地震災害的損失與脆弱性，從而建立具有高抗災韌性的都會區始終為各界重視之課題。

國家災害防救科技中心（以下簡稱災防科技中心）被賦予之規劃協調、政策研議、技術支援與落實

應用等任務，以推動與整合災害防救研發能量，運用各項災害防救科技研發成果，研提災害調適策略，協助政府強化災害防救作業效能與提昇社會整體抗災能力為發展目標。為達此目的，災防科技中心利用網格化方式提供地震災害研究全面性衝擊情境影響評估的量化數據，並將研發成果應用至減災防災，提供研究機構，事業主管機關，地方政府和中央政府使用。其主要應用為支持學術研究，強化評估模型，藉以具體量化分析地震衝擊情境，作為研擬大規模地震相關防災與應變計畫之防護目標與規劃依據，圖 1 為網格化地震衝擊分析及其應用架構。

國際對於地震災害衝擊分析之趨勢

由於土地過度開發，都市化地區不斷擴充，氣候變遷以及防災意識的低落，愈來愈多的生命與財產暴

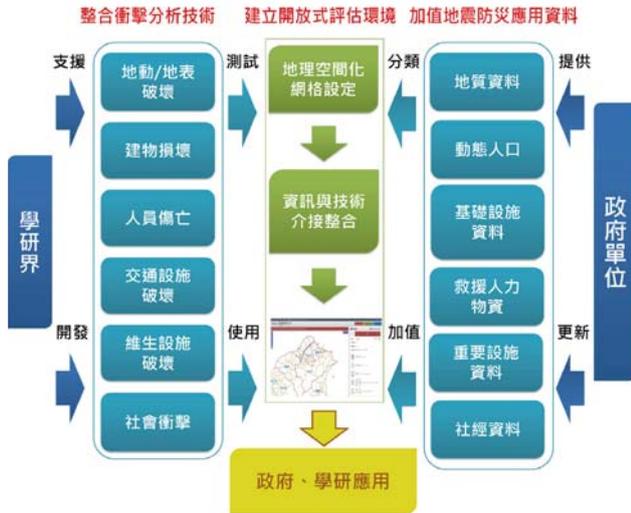


圖 1 網格化地震衝擊分析及其應用架構

露於較高的災害風險中。在現今的環境條件下，一旦發生大規模的天然災害，其損失規模與衝擊將較以往更加擴大嚴重。1999 年臺灣集集地震、2003 年伊朗大地震、2008 年中國四川汶川地震、2011 年東日本大地震、2013 年菲律賓地震、中國四川雅安地震等近來發生的大規模震災，其共同特徵為造成都會區建築物、交通、水利、電力與其他重要基礎設施的嚴重損壞，並引發連鎖性的災害，擴大了災害的複雜度，造成更嚴重的損害。

因此，分析評估地震災害的損失與脆弱性，從而建立具有高耐災韌性的都會區是許多國家的重要任務。其中一個有效的方法就是開發地震損失評估工具，藉由系統性的分析能預先評估地震災情及災損，亦可作為災前建立救災準備與減災策略規劃之依據。

參考美國緊急應變管理局 (FEMA) 建立的地震災損評估系統 HAZUS 評估架構 (FEMA [2])，我國國家地震工程研究中心，於 2002 年開發台灣地震損失評估系統 TELES (Taiwan Earthquake Loss Estimation System)。TELES 以行政區域作為分析單元，建立資產設施資料庫，並以國內地質資料以及歷史災情資料修正各項評估模型。此外，結合中央氣象局的地震速報系統，TELES 已增加提供早期地震災損評估之功能 (Yeh [3])。

地震災損分析與減災的關係與基本步驟如圖 2 所示，包括了地震情境的模擬、建立分析資料庫、直接與間接災害衝擊評估，以及復原計畫與減災策略。其中，



圖 2 地震損害分析與減災之關係架構

地震情境的模擬包括分析震源、模擬地動分佈，以及地質情形與土壤狀況等。建立分析資料庫則針對社經資產，並對於重要設施作地理空間位置上的系統資料彙整與分析。而直接災害衝擊則利用易損性模型，分析地震情境下設施項目損壞的災害風險。藉由分析建築物以及重要基礎設施的損壞範圍與程度，評估人員傷亡以及直接經濟損失。對於重要基礎設施失效後，衝擊其他產業與社會經濟狀況所造成的間接損失，則必須作進一步的分析評估。最後，利用地理資訊系統，分析並展示在模擬地震情境下的災損分佈狀況，作為事先擬訂緊急應變計畫、災後復原計畫以及減災整備策略，達到提升都會區地震耐災韌性之目的。

因應台灣特性之分析方式

參考國內外發展之災損評估系統，震後損壞評估之分析架構如圖 3 所表示，包括地震情境模擬、基本資料調查、易損性模組開發、直接損壞評估以及設施失效後之衝擊分析。其中地震情境模擬將以最嚴重發生之地震情境作為分析對象；基本資料調查就所選定

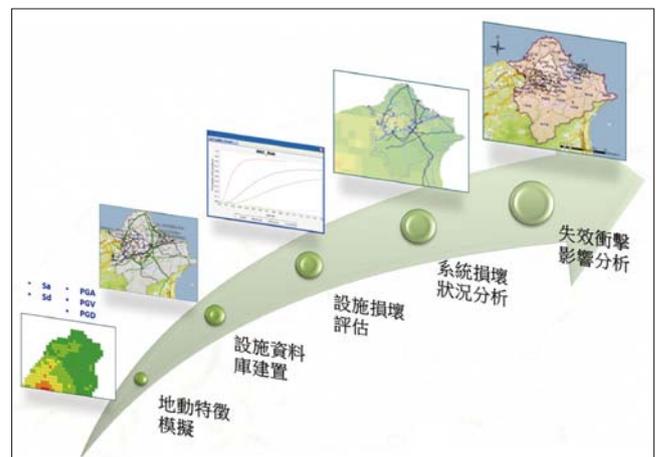


圖 3 設施系統震後損壞衝擊評估發展架構

之設施系統項目作清單調查，建立設施資料庫包括設施位置坐標、材料型式、設備容量等；易損性模組開發將蒐整國內外之易損性曲線，篩選適合該區域設施特徵之曲線函數；設施直接損壞評估模組則利用所建立之易損性模組進行分析；設施失效後之衝擊評估則利用設施損壞分析之結果，套疊區域人口、社經資料以及其他重要設施等圖層，建立其影響關係矩陣並作進一步之衝擊分析。

本研究利用網格化方式提供地震災害研究全面性衝擊情境影響評估的量化數據，其目的在於成為衝擊情境分析技術和資料收集的平台，藉以協助整合學研界的分析技術以及政府的資訊數據，並提供一個標準化、整體性的地震衝擊評估研究流程與環境。

何謂數位網格方式

本研究採用內政部臺灣地區五萬分之一圖幅，以2013年臺澎金馬範圍行政區界為基礎，500 m 為網格單位進行數位化，取得 500 m × 500 m 網格共計 132,712 筆，命名為「臺澎金馬 500 m × 500 m 網格」(圖 4)。

由於高樓大廈林立，人口密度不斷提高，地震災

害衝擊評估運用一般平面屬性資料恐會失真，因此災防科技中心運用房屋稅籍資料，推估建物、人口的數量、地理分布，並作為建物毀損、人口傷亡計算模組之分析基礎資料。又房屋稅籍資料量相當龐大，本研究參考 TELES 建物分類方式(葉^[5])，依據建物結構型態、建物高度、建造年代、耐震設計規範等進行資料處理工作，將大量房屋稅籍資料轉化為具一致性及正確性之基礎資料。

房屋稅籍資料須先將地址 2D 化，去除樓層資訊後再轉換成坐標值。再依建材、樓層高度分門別類(共有 15 類)，並以坐落位置、建物年份換算出 4 種耐震設計值，並依地址坐標得出坐落的網格。最後每個網格透過不同建材類別、不同耐震設計進行統計，共計有 60 種組合。

目前人口資料多以戶籍人口為主要統計數據，但戶籍人口用於表示區域內實際停留的人口數則較為不符合實際現況，故本研究建立一簡易動態人口評估模式(吳等人^[6])，由主計總處「99年人口及住宅普查」獲得臺灣地區常住人口與活動人口基礎資料，進行四個時段(夜間居家時段 22 時 ~ 6 時、上班通勤 6 時 ~

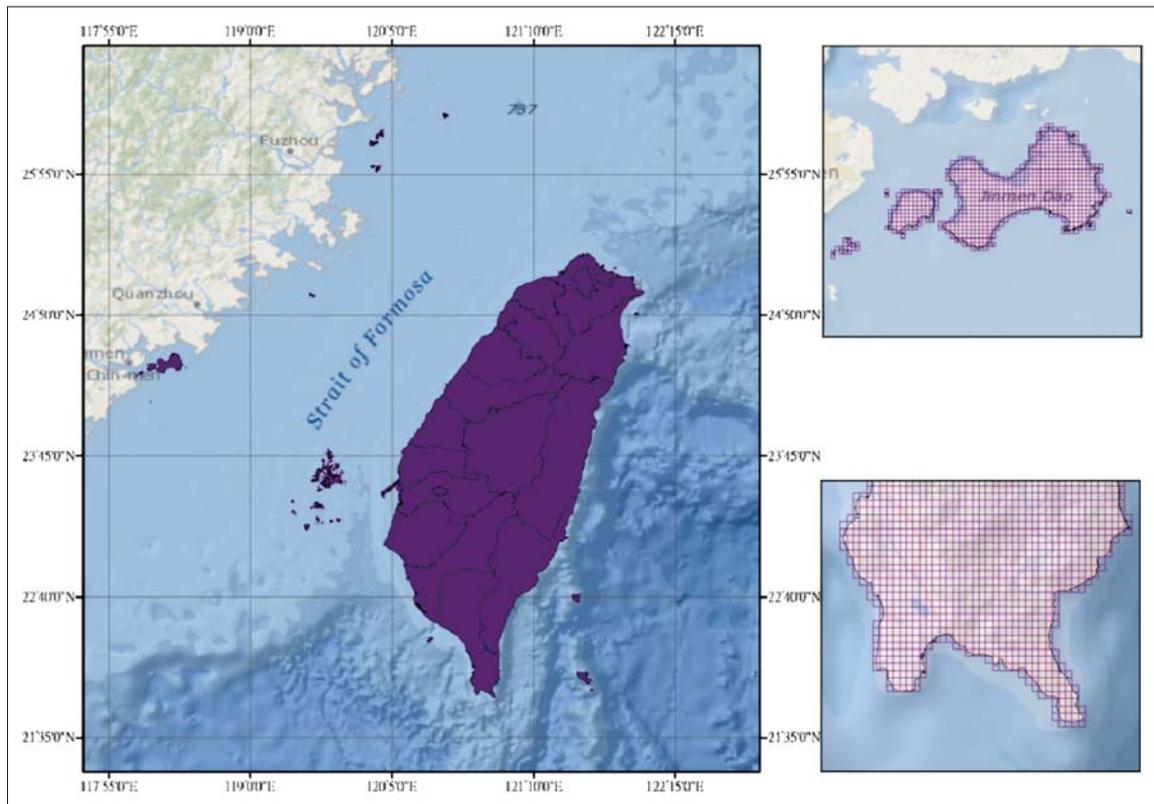


圖 4 臺澎金馬 500 m × 500 m 網格 (李等人^[4])

9時、日間上班時段9時~17時、下班通勤17時~22時)室內人口運算。人口分布資料之網格化工作，是將稅籍地址資料轉化成坐標後，統計出行政區建物總面積，再與鄉鎮人口數換算出鄉鎮動態人口密度，並用此人口密度與坐落於此行政區之網格建物總面積相乘，而得出此網格的動態人口數。

利用地理資訊系統技術將橋梁點位與路網數值圖套疊，或搭配網際網路上的電子地圖如 google.com 等進行坐標資料的檢核作業。完成坐標校正後，與網格圖層套疊，便可取得每座橋梁所在位置之網格編號。其次，利用重要聯繫道路篩選原則(劉等人^[7])進行各縣市內之重要聯繫道路/橋梁篩選，再採用 TELES 典型橋梁分類依結構系統、橋跨數、建材、地盤種類、幾何尺寸、橋墩型式、建造年代等特性進行 24 種橋梁分類。目前建立臺灣本島共 8,898 座重要公路(含國道)橋梁資料。

將國土測繪中心的全臺道路圖層資料，以道路等級編碼篩選重要聯繫道路，並以網格圖層切割分段進行網格化作業。其中，國土測繪中心道路圖層並無車道數欄位，但在進行道路衝擊評估時，須使用車道數進行道路分級，以決定所適用之易損性參數。因此，參考《交通部公路路線設計規範》及《營建署市區道路及附屬工程設計標準》道路車道寬度規定，依道路等級編碼分別以路寬制定車道數(李等人^[4])。

另外，災防科技中心將全臺電力系統與供水系統的資料進行轉置與分析，已完成全臺各縣市發電廠、變電所、電塔、末端管網、淨水場、加壓站、配水池、導水管線及配水管線等基礎資料之建置。目前已建置之全臺網格化基礎資料庫如圖 5 所示。

地動分布預估與土壤液化分析方法

本研究採用地動預估模式整理如表 1 所示，將最大地表加速度(Peak Ground Acceleration, PGA)、最大地表速度(Peak Ground Velocity, PGV)、最大地表位移(Peak Ground Displacement, PeakGD)以及譜加速度(Spectral Acceleration, SA)之各項數據整合，分析與建立地動分布預估模式。各地之地動分布預估流程可分為兩個階段，首先以地動預估模式進行各觀測站位置的地動值計算，最後再加以場址修正量(圖 6)。PGV 與 PeakGD 以相同流程進行各地之地動預估。

經由國內外相關研究之回顧與盤點，考量分析尺度及基本資料細緻程度，建立土壤液化之初步分析與詳細分析兩種評估方法如圖 7：

1. 土壤液化敏感性初步分析法：對於大範圍地區，在尚未取得工程鑽孔資料之前，參考 HAZUS 方法，使用地質圖、數值地形資料、水系分布資料，初步評估土壤液化敏感性。
2. 土壤液化風險詳細分析法：對於液化敏感性較高的地區，採用我國耐震設計規範之建議方法(內政營建署^[13])，及中央地質調查所提供之工程鑽孔資料，結合特定震源之地表最大加速度(PGA)分布值，詳細分析之土壤液化風險，其分析流程如圖 8。

自動化評估功能模組開發

圖 9 的易損性曲線主要用以描述結構物在地震作用下超越不同損害程度的機率，橫軸為震動強度參數或永久位移量，縱軸則是超越不同損害狀態的機率，其值介於 0 與 1 之間。參考 Hazus®-MH MR5^[2]定義

表 1 本研究選用之地動預估模式

	預估模式	修正項
Jean and Loh ^[8]	PGA, PGV, SA (T = 0.3 s), SA (T = 1.0 s) (Campbell, 岩盤站)	1. 無場址修正
張 ^[9]	PGA (Campbell, 岩盤站)	1. 各觀測站之場址修正 2. 地震規模修正
Jean et al. ^[10]	PGA, SA (T = 0.3 s), SA (T = 1.0 s) (Campbell, 岩盤站)	1. 各觀測站之場址修正 2. 地震規模修正
章 ^[11]	PGV (Campbell, 岩盤站)	1. 各觀測站之場址修正 2. 地震規模修正
Liu and Tsai ^[12]	水平向與垂直向 PGA, PGV, and PGD (Joyner and Boore)	1. 無場址修正項 2. 只針對 1999 年集集大地震與 2003 年成功地震得到殘差值分析

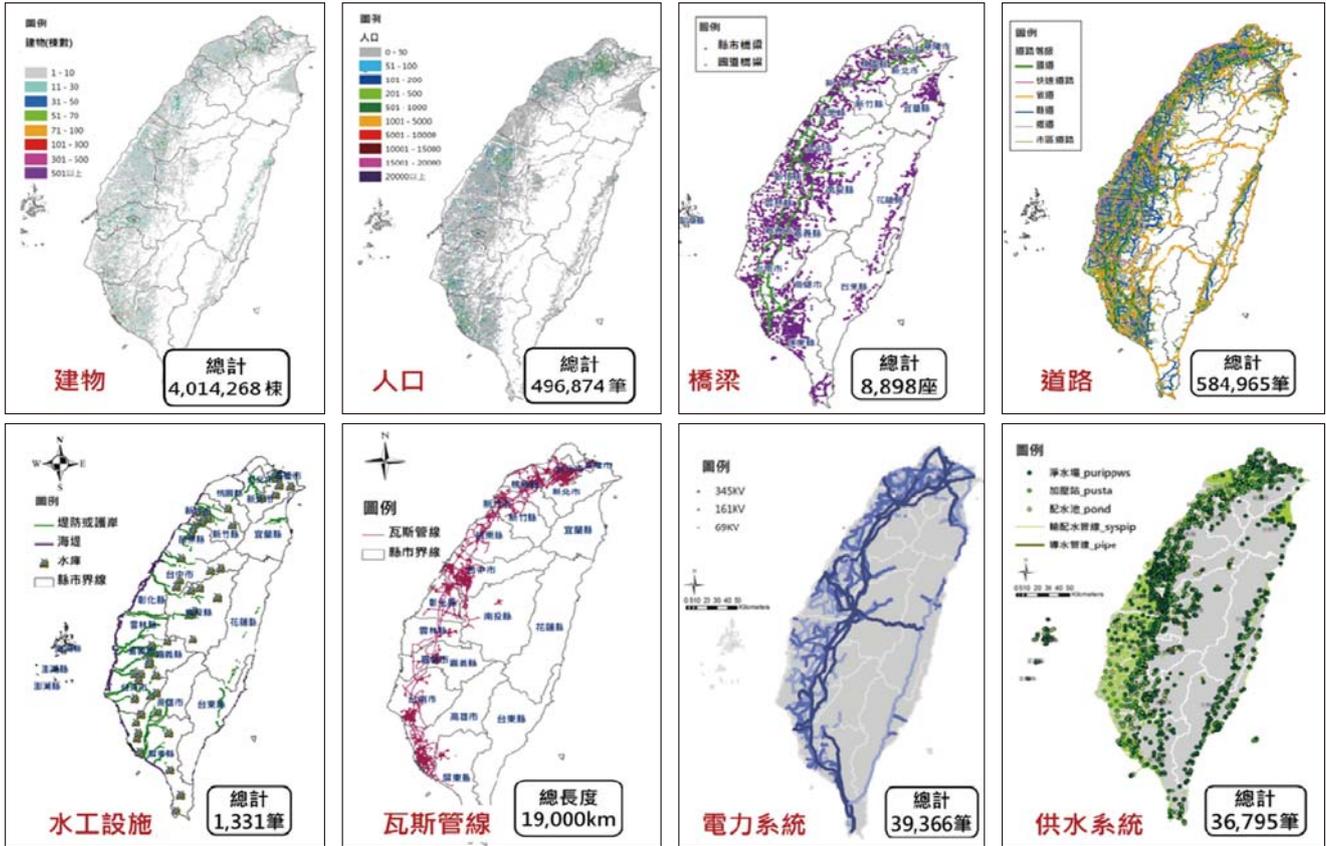


圖 5 全臺網格化基礎資料庫

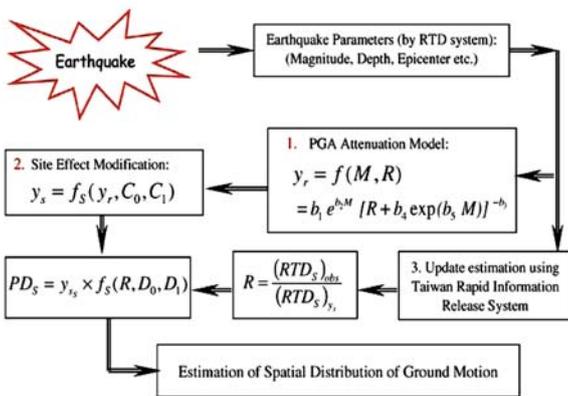


圖 6 地動預估之流程 (Jean et al.^[10])

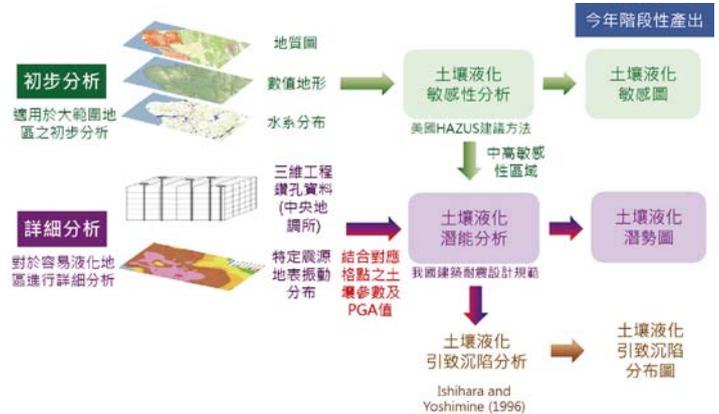


圖 7 本研究提出之土壤液化分析流程 (吳等人^[6])

損害狀態的方式，將損害狀態分為無損壞 ds_1 、輕微損壞 ds_2 、中度損壞 ds_3 、嚴重損壞 ds_4 與完全損害 ds_5 等五級。易損性曲線通常以對數常態分布之機率分布函數來描述，將地表永久位移 (PGD) 或地表最大加速度 (PGA) 視為隨機變數 x ， m 為上述各損壞狀態對應 PGD 或 PGA 之中值 (median)， β 為其變異係數，則其機率密度函數如下：

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \beta x} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \ln m}{\beta} \right)^2 \right] \quad 0 \leq x < \infty \quad (1)$$

將式 (1) 積分為機率分佈函數 $F(x)$ ，並繪出其圖形，即為易損性曲線。

本研究採用非線性靜力分析 (易損性分析) 的評估方法，開發網格化地震衝擊評估自動化模組。首先蒐整國內外之易損性曲線，篩選適合建物、人口、道路、橋梁、供水、電力等各項系統特徵之曲線函數，利用所建立之易損性分析方法進行設施直接損壞評估，再將各項設施系統損壞分析結果，考慮區域人口、交通阻斷機率等因素，做進一步之衝擊分析。其

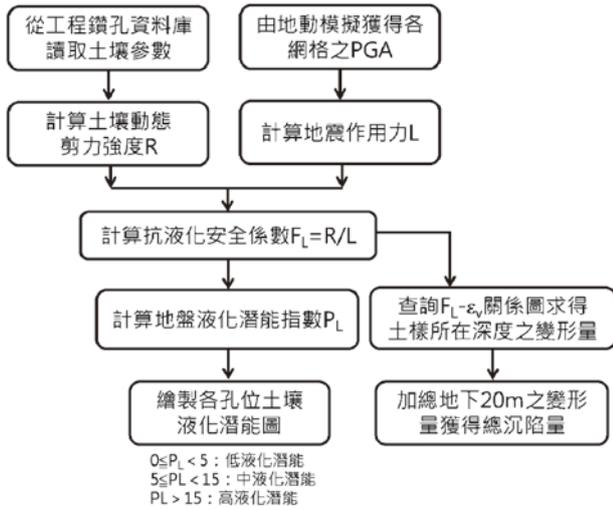


圖 8 土壤液化風險詳細分析流程 (李等人 [4])

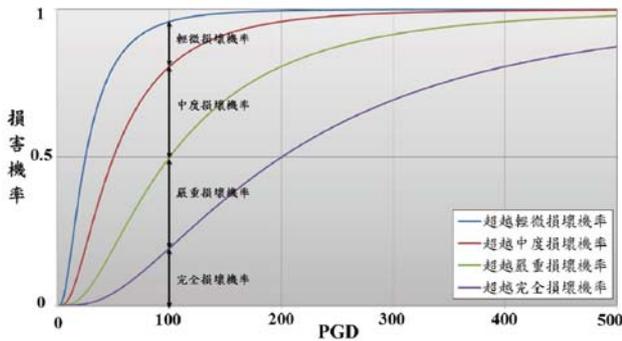


圖 9 不同損害狀態之易損性曲線與機率示意圖

次，將分析流程撰寫為模組化程式，建置自動化分析模組，只需讀入相關參數，便可自動計算每一個網格不同衝擊程度的設施或人員數量 (李等人 [4])。

地震衝擊分析應用

以網格化資訊整合震後衝擊情境

支援 103 年度國家防災日演練情境探討，模擬 103 年 9 月 19 日，花東縱谷斷層錯動，引發規模 7.0 的地震，東部地區最大震度高達 7 級。應用本研究所開發之網格化地震衝擊評估技術，將強震區內重要設施如醫院、消防單位、兒童福利機構、身障福利機構、老福機構等搭配建物倒塌、人員傷亡、電力中斷、供水停止等衝擊主題的網格分析結果，再綜整至同一空間呈現如圖 10 所示，可提供決策者更細緻的研判震後須優先進行緊急醫療與救援疏散的空間性趨勢。

建立不同防護地震之耐災力評估方法

考量國內防災計畫情境模擬現況及防災規劃需求，從防護規模的角度著手，針對極端地震及防護地震情境，設定不同震度地震進行情境模擬，分析其對

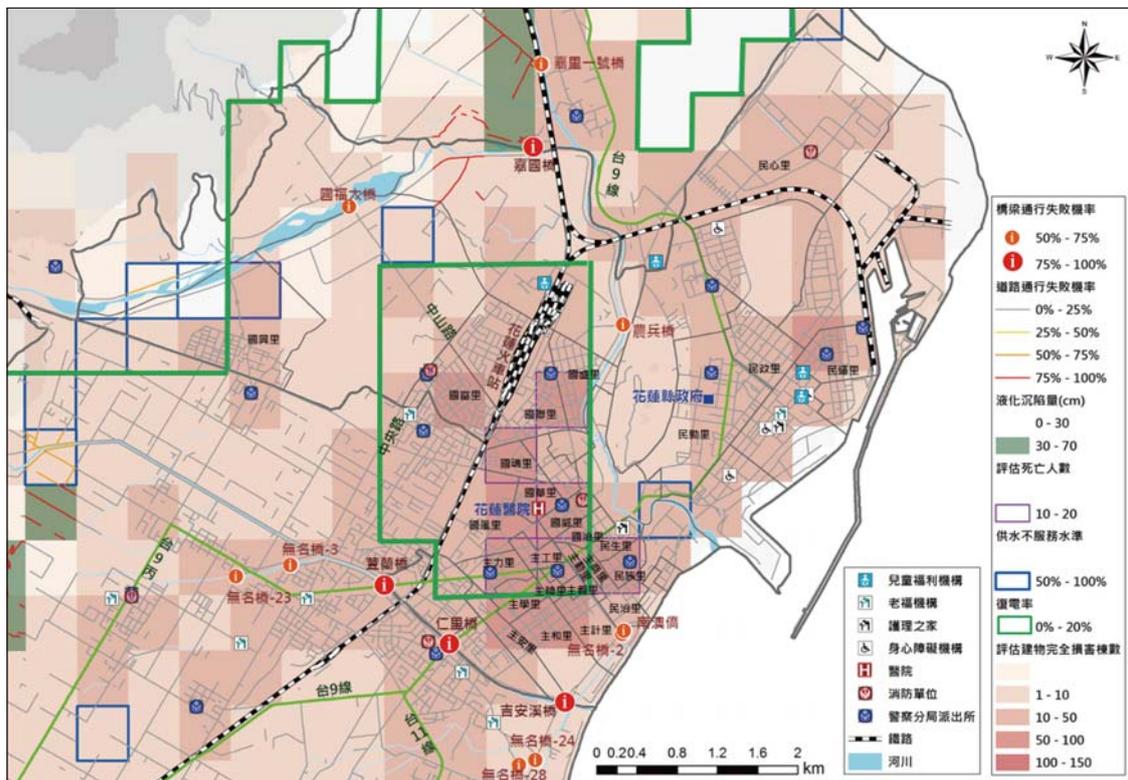


圖 10 強震區內各衝擊主題綜整圖

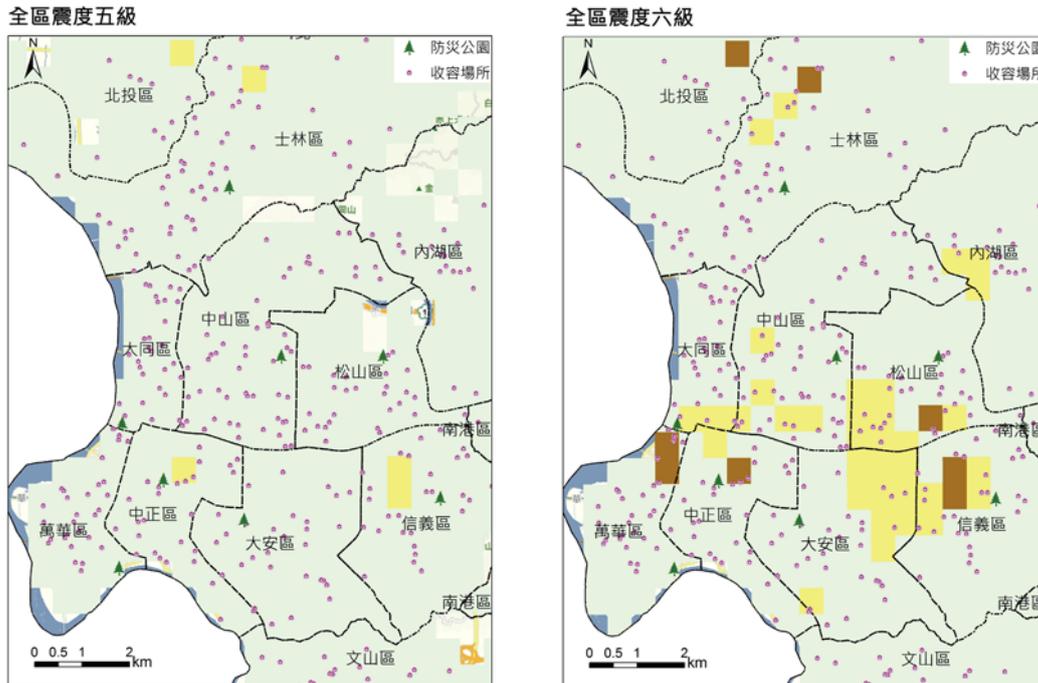


圖 11 不同等級地震避難收容人口衝擊分析



圖 12 TERIA 圖台操作介面

網格化分析工具開發： 地震衝擊資訊平台 TERIA

防災科技中心建立具量化與空間解析特性之細緻化地震衝擊評估平台，彙整各項衝擊評估模式，並運用 GIS 地理資訊系統，以 500 m × 500 m 地理網格為單元進行模擬。「地震衝擊資訊平台 (TERIA)」以視覺化理念進行開發，具備基礎資料統計分析、衝擊評估運算與分析結果查詢展示，並達到自動化匯出圖資與數值資料等功能。圖 12 為 TERIA 圖台操作介面。

建物及各項設施造成之衝擊，掃描弱點項目及所在地區，提供地方政府設定防護等級、研擬防災強化對策之參考 (吳等人^[14])。

防災科技中心協助行政院災害防救專家諮詢委員會「全災害管理體系建構—以都會型大規模地震災害為例」議題，選定臺北市為示範區，分別設定全區震度五級 (240 gal)、六級 (320 gal) 為兩種防護等級地震情境，以土壤液化、建物及死亡人口、避難收容、交通、醫療救護、維生系統 (水、電) 為地震衝擊情境模擬項目，建立分析情境。圖 11 為避難收容人口衝擊分析。

結論與建議

防災科技中心彙整各項衝擊評估模式，建置地震衝擊分析所需基礎資料庫，並運用 GIS 地理資訊系統，以 500 m × 500 m 地理網格為單元進行模擬，用以評估示範區域遭受大規模地震衝擊之後的災害情境。本年度開發線上分析及展示平台的使用者操作介面，可迅速將分析結果展示於畫面中，能提供空間化及統計分析整合的減災資訊；此外，同時能自動化將分析結果輸出空間及數值資料，可提供決策者執行更進一步的分析加值作業。

綜上所述，地震災害衝擊情境的預先評估，能夠提供減災策略規劃、設計演習情境與腳本之依據，建立整體性的地震衝擊自動化評估流程與研究環境，並得出地理空間性較佳的推估結果，作為未來規劃減災策略以及研擬防救災與應變計畫之參考。

然而，本研究尚有待加強之工作項目如下：

1. 網格化資料庫的擴充與更新：考慮地震後的避難收容場所，以及重要設施持續運作功能的重要性，校舍與公有建物資料以及軌道橋梁資料尚待蒐整，水工設施與危險物質管線資料亦須加值處理後方能運算。
2. 本土化參數的建立：平面道路與隧道衝擊評估係採用 Hazus@-MH MR5 (FEMA^[2]) 所提出之設施易損性分析方法，雖然此模式廣泛被使用，且多次進行模式、參數更新，然每個國家或地區有其特殊環境背景，尚有賴相關研究單位協助將易損性分析之模式／參數予以本土化的調整。
3. 相依性分析方法的建立：目前進行地震衝擊評估時，將每次地震視為單一獨立發生事件，若在大規模地震後發生較大規模之餘震，在對該餘震進行衝擊評估時，並未考慮前次主震引致災損對其之相關影響。另外，目前採用之地震衝擊評估技術，亦未考量各項設施之間的相依性，以及影響設施持續營運之影響因子而進行分析。
4. 分析模組的擴充與更新：目前已建置之分析模組為建物、人口、道路、橋梁、供水、電力六大類，將持續朝其他如軌道橋梁、危險物質管線、山崩潛勢分析等分析模組開發努力；未來希望能納入更多相關專家學者所開發之新模組或分析參數，產出更客觀豐富的資訊供決策研判者參考。

誌謝

感謝中央研究院地球科學所、中央氣象局、中央地質調查所、國土測繪中心、臺灣區國道高速公路局、公路總局、財政部財政資訊中心、各地方政府（稅捐、工務單位）、臺灣自來水公司、臺北自來水事業處、臺灣電力公司、國家實驗研究院、國家地震工程研究中心等單位協助提供相關資料與技術，並感謝

黃明偉博士提供地動與液化分析程式、吳秉儒博士提供液化潛勢評估方法、吳子修博士提供建物衝擊分析程式、陳秋雲小姐提供人口衝擊分析方法及協處理臺北市圖資、劉致灝博士撰寫衝擊分析模組、黃俊宏先生處理房屋稅籍資料、包正芬小姐處理道路資料，使本研究工作得以順利進行。

參考文獻

1. 內政部消防署 (2016), 0206- 災害應變處置報告 <http://www.nfa.gov.tw/main/List.aspx?ID=&MenuID=556&ListID=4664>
2. FEMA (2010), Hazus@-MH MR5 Technical Manuals and User's Manuals, Washington, D.C.
3. Yeh, C.-H., Loh, C.-H., and Tsai, K.-C. (2006), "Overview of Taiwan Earthquake Loss Estimation System," *Natural Hazards*, Springer, 37, pp. 23-37.
4. 李中生、柯孝勳、劉致灝、劉淑燕、吳佳容、黃俊宏、吳子修、吳秉儒、包正芬、鄧敏政、張子瑩 (2015), 地震衝擊研究與資訊應用平台 (I): 架構開發與資料庫建置, 國家災害防救科技中心, NCDR 103-T05。
5. 葉錦勳 (2003), 台灣地震損失評估系統 - TELES, 國家地震工程研究中心, NCREE-03-002。
6. 吳子修、黃明偉、吳秉儒、陳秋雲、蘇昭郎、李中生、柯孝勳 (2014), 大臺北地區大規模地震衝擊情境之災害潛勢與建物人員災損分析, 國家災害防救科技中心, NCDR 102-T14。
7. 劉淑燕、吳佳容、李沁妍、鄧敏政、李洋寧、李中生、柯孝勳、簡賢文 (2014), 大臺北地區大規模地震衝擊情境分析報告 II: 道路系統、水電設施、重要設施、情境綜整, 國家災害防救科技中心, NCDR 102-T15。
8. Jean, W.Y. and Loh, C.H. (2001), "A Study on the Classification of Site Effects and Its Application to the Seismic Hazard and Microzonation," 10th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, SDEE' 2001, Volume of Extended Abstracts, 82.
9. 張毓文 (2002), 場址特性分析及最大加速度衰減模式校正, 國立中央大學碩士論文。
10. Jean, W.Y., Chang, Y.W., Wen, K.L., and Loh, C.H. (2006), "Early Estimation of Seismic Hazard for Strong Earthquakes in Taiwan," *Nat. Hazards*, 37, pp. 39-53.
11. 章順強 (2009), 場址特性分析及最大速度衰減模式校正, 國立中央大學碩士論文。
12. Liu, K.S. and Tsai, Y.B. (2005), "Attenuation Relationships of Peak Ground Acceleration and Velocity for Crustal Earthquakes in Taiwan," *Bull. Seism. Soc. Am.* 95, pp. 1045-1058.
13. 內政部營建署 (2011), 建築物耐震設計規範及解說。
14. 吳秉儒、陳秋雲、李沁妍、劉淑燕、劉致灝、柯孝勳、李中生 (2016), 不同防護等級地震衝擊分析方法研究, 國家災害防救科技中心, NCDR 104-T20。 

房屋稅籍資料之加值應用

黃俊宏／國家災害防救科技中心助理研究員

劉致灝／國家災害防救科技中心助理研究員

吳子修／國家災害防救科技中心副研究員

劉淑燕／國家災害防救科技中心助理研究員

吳佳容／國家災害防救科技中心佐理研究員

近年資訊技術蓬勃發展，不論是地理資訊系統開發技術、地址定位服務及開放資料服務，帶動防救災與資訊技術整合應用。國家災害防救科技中心（以下簡稱災防科技中心）為強化災害衝擊評估技術，以降低複合型天然災害對人民生命財產的威脅風險，2013年起向財政部財政資訊中心及各縣市政府申請房屋稅籍資料，萃取其建物結構型態、建物高度、建造年代、耐震設計規範等建物屬性資料（以下簡稱建物資料）。因建物資料相當龐大，因此運用500公尺見方網格進行建物資料加值統計，並將成果應用於建物毀損、人口傷亡等災害衝擊評估上，大幅縮短建物人口災損模組運算時間。

多階層網格資訊整合架構

防救災資料採用多階層網格資訊整合架構^[1]，其優點是在不同應用情境下，選用不同網格密度，可呈現不同資料精細度及細部資料屬性，更符合真實的地理空間特性。

以地震災害為例，地震影響範圍極廣，為能快速推估各地之地震震度，震度資料是以低密度網格（2.5公里×2.5公里）^[1]方式產製，但在進行地震災害衝擊評估，如：評估建物、重要設施、電廠等之損壞機率時，若採用低密度網格計算，將導致分析結果細緻度不夠，故災防科技中心評估計算效能與結果細緻度，最後選用中密度網格（500公尺×500公尺）^[1]，做為加值建物資料之網格密度。多階層網格資訊整合架構應用於地震災害情境如圖1所示。

災防科技中心以2013年縣市行政界圖為範本，運用中密度網格（500公尺×500公尺）進行網格繪製，並以網格中心點坐標值作為該網格的編號，全國22縣市共可繪製出132,712個網格。

資料洗滌作業

建物資料需經過資料洗滌作業，方能加值成為網格建物統計資料。依據教育部國家教育研究院定義，資料洗滌（data scrubbing）為：「保持資料的一致性和正確或只篩選所欲的部分的措施」^[2]。建物資料洗滌作

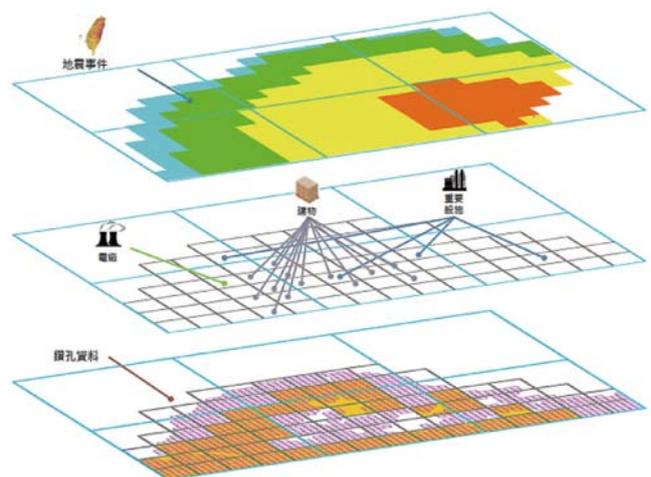


圖1 多階層網格資訊整合架構

業，就是要把大量建物資料轉化為具資料一致性的網格建物統計資料。資料洗滌作業流程^[3]如圖 2 所示：



圖 2 資料洗滌作業流程

全國建物資料共計 4,000 多萬筆，為減輕資料洗滌工作量及建立「棟」概念，首先，建物地址應先去除樓層資訊，再將建物地址轉換成坐標值，再依建物建材、樓層數分門別類，並透過坐落位置、建物年份換算出耐震設計水準值，再標定出建物坐落網格編號。每個網格依不同建材類別、不同耐震設計水準，最多可有 60 種不同統計組合。各個流程步驟說明如下：

(1) 建物地址

建物地址需進行初步整理，把明顯不符合地址結構，如無詳細地址、地籍編號、特殊字元等挑出，並予以註記，後續步驟將排除此類建物資料。

(2) 建物地址去樓層化

帶有樓層資訊之建物地址屬於 3 度空間分佈概念，若每一筆建物資料都進行地址轉換坐標工作，不僅重複轉換且工作量倍增，去樓層化可大幅減輕後續資料洗滌工作量。同時，去除樓層後的建物地址可轉換出「棟」的概念。

(3) 地址轉坐標

災防科技中心嘗試運用各式網路服務進行地址轉坐標作業，首先，運用災防科技中心自行開發的地址轉坐標程式，進行地址轉坐標工作。建物地址若無法求得最佳坐標值，再採用內政部資訊中心開發之全國門牌地址定位服務，進行第二次地址轉坐標作業。最後，仍無法辨識之建物地址，則採用人工檢視及 Google Map 地址定位服務功能，進行地址坐標資訊之採集。

(4) 建材分類

建材分類制訂方式，主要依據每棟建物的構造分類及樓層數而定。因建物資料中每樓層的建物構造皆有紀錄，建物資料透過簡易轉換，即可獲得所屬的建物構造分類代碼。

表 1 建物構造分類表

建物構造分類名稱	建物構造分類代碼	最高樓層數
木造	W1	不分
輕鋼構	S3	不分
鋼構造	S1L	1~3 樓
	S1M	4~7 樓
	S1H	8 樓以上
鋼筋混凝土構造	C1L	1~3 樓
	C1M	4~7 樓
	C1H	8 樓以上
預鑄混凝土構造	PCL	1~3 樓
磚造	URML	1~2 樓
加強磚造	RML	1~3 樓
	RMM	4~7 樓
鋼骨鋼筋混凝土	SRCL	1~3 樓
	SRCM	4~7 樓
	SRCH	8 樓以上

(5) 耐震設計規範

建物耐震設計規範與建物所在鄉鎮行政區及建物建造年份有關，而建物資料已提供鄉鎮行政區及課稅年數欄位資訊。首先，將課稅年度減去課稅年數，可推斷出該建物的建造年份。再依據建造年份，選定所屬年份的震區劃分圖，再選定建物坐落的鄉鎮行政區，即可獲得該建物的耐震設計規範及設計地震力。

又早年震區劃分圖皆為紙本手繪如圖 3 所示，災防科技中心將紙本震區劃分圖與現行行政區界圖套疊，透過圖資數化方式，完成各年份震區劃分與現行行政區之對照表。

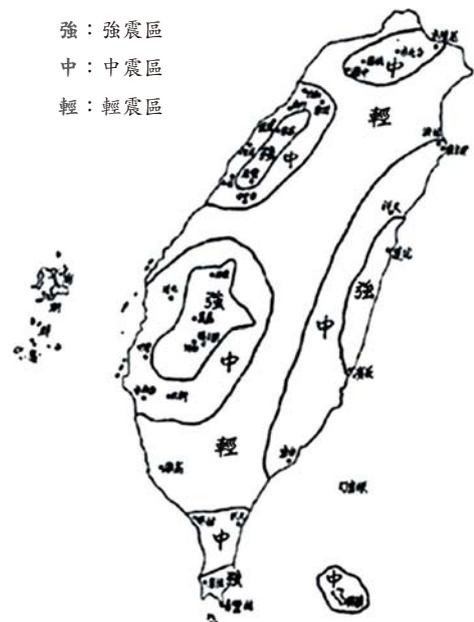


圖 3 紙本手繪震區劃分圖

(6) 網格建物面積統計

網格建物面積統計運算，是利用資料庫軟體，針對每個網格所屬建物資料進行快速、大量的面積統計。其中，統計每個網格建物面積時，須針對建材分類、耐震設計水準分別統計其建物面積，故每個網格總共有最多 60 種不同參數組合的建物面積值。

(7) 網格建物統計資料

全國建物資料經過層層資料洗滌作業及網格化作業，將全國 4,000 多萬筆建物資料轉換成近 50 萬筆不同參數組合之網格建物統計資料，並已完整匯入防災資料庫中。後續分析發現，全臺網格中僅約 4.7 萬個網格具有網格建物統計資料，其餘網格因無建物分佈，故無網格建物統計資料。

網格人口推估

人口分佈推估是防救災的重要因子。災防科技中心的網格人口推估方法，是透過建物資料統計各鄉鎮市區的建物總面積，再依據各鄉鎮市區人口數換算出各鄉鎮市區建物人口密度，並用此人口密度與坐落於各鄉鎮市區之各網格建物面積相乘，以推估各網格人口數。並再區分 4 個不同活動時段，分別推估各活動時段的網格人口數。網格人口推估詳細流程如圖 4 所示。

鄉鎮市區建物人口密度

取得網格人口資料前須先知道鄉鎮市區建物人口密度：

建物人口密度 = 人口數 / 建物總面積

鄉鎮市區人口數以行政院主計總處「99 年人口及住宅普查」縣市報告之常住人口與活動人口為基礎資料。由於活動人口資料精度不一致，需再進行資料單元換



圖 4 網格人口推估流程

算^[4]，以區分出總人口、室內人口、戶外人口。此外，災防科技中心亦參考日本大阪府、大阪市、京都府及和歌山縣的人口活動統計資料，計算都會型態的人口活動趨勢，進行四個時段人口分佈推估^[5]：

- (1) 居家時段：22 時 ~ 6 時。
- (2) 上班通勤：6 時 ~ 9 時。
- (3) 上班時段：9 時 ~ 17 時。
- (4) 下班通勤：17 時 ~ 22 時。

鄉鎮市區建物總面積部分，透過資料庫軟體統計全部建物資料，可統計出各鄉鎮市區的建物總面積。

取得 4 個不同時段的鄉鎮市區人口數及建物總面積後，即可計算各個鄉鎮市區每平方公尺在 4 個不同時段的建物人口密度值。

網格人口推估

鄉鎮市區 4 個不同時段的建物人口密度值，再與鄉鎮市區所轄網格的建物面積相乘後，即可換算出各網格在 4 個不同時段的建物總人口推估數、住宅人口推估數及其他屋內人口推估數。上述網格人口推估值已建置於網格人口資料庫中，作為人口傷亡模組運算之參數。

應用模組建構

網格建物統計資料可茲應用的模組可區分為建物損壞評估模組及人口傷亡評估模組：

建物損壞評估模組

近年來，美國應用技術協會出版 ATC-40 耐震評估法，但 ATC-40 耐震評估法較適合用於新建結構物之耐震設計，較不適用於既有老舊建築物的耐震能力評估。為避免 ATC-40 評估法中所需反覆迭代的複雜運算，災防科技中心建立更為直接且易於接受的建物損壞評估模組^[6]，並參考國家地震工程研究中心的台灣地震損失評估系統 (TELES) 做法，將結構損壞狀態訂為四類，區分為輕微損壞、中度損壞、嚴重損壞與完全損壞，以決定結構物發生某種損害程度的機率。

人口傷亡評估模組

地震後人口傷亡評估模組，是將網格人口推估值，結合建物損壞評估模組的建物損害機率值，再乘以台灣地震損失評估系統 (TELES) 的傷亡率參數，可得到網格人口傷亡數 (如圖 5)。

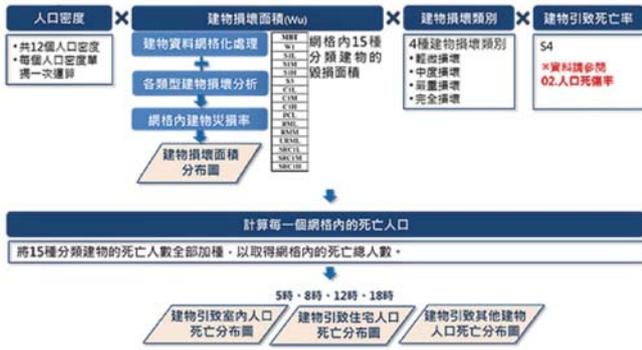


圖 5 人口傷亡評估模組分析流程

可行性評估

防災科技中心依據大臺北地區的山腳斷層震源模擬結果，選取最大加速度（PGA）模式預估值為地動分布圖層，導入建物損壞評估模組及人口傷亡評估模組後，其分析結果如大臺北地區網格化建物災損分布圖（如圖 6，完全損壞）、大臺北地區網格化人口傷亡分布圖（如圖 7，居家時段）所示，顯示建物損壞評估模組及人口傷亡評估模組具可用性。

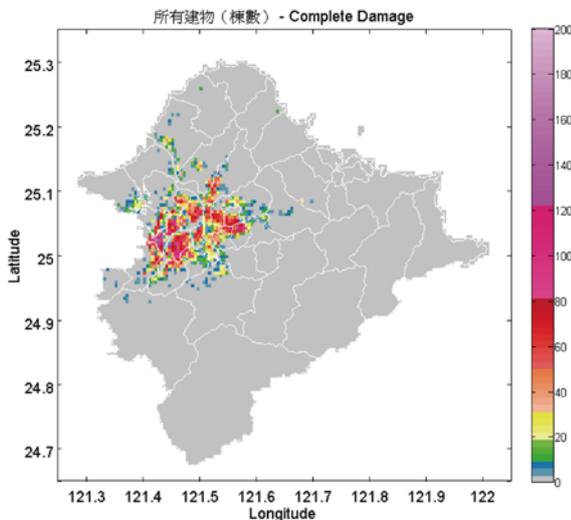


圖 6 大臺北地區網格化建物損壞分布圖(完全損壞)



圖 7 大臺北地區網格化人口傷亡分布圖 (居家時段)

運算模組開發

防災科技中心著手開發建物損壞評估模組及人口傷亡評估模組之應用程式。其中，模組會使用到的最大加速度、網格建物參數、網格建物統計資料、網格人口推估資料均已存放於防救災資料庫中。

建物損壞評估模組及人口傷亡評估模組的應用程式設計，包含三個主要的運算模組：(1) 建物衝擊損害機率模組、(2) 建物損害棟數模組、(3) 傷亡人口模組（如圖 8）^[7]。

建物衝擊損害機率模組主要負責處理計算各種建物的可能損壞機率，由於建物損壞機率的計算流程複雜性較高也較為耗時，因此在開發上運用平行化程式的技術來改善運算效能。平行化技術是運用多工處理續，分別進行建物損壞評估模組運算，運算後產生各種建物損壞機率，再分別傳送至建物損害棟數模組及傷亡人口模組，以運算出建物損壞棟數與人口傷亡數。

建物損害棟數模組是透過各網格的建物損壞機率，根據不同建材類型的面積單位進行運算，以產生實際的建物棟數損壞情況。

傷亡人口模組利用網格人口推估資料，與建物可能損壞機率結合運算，再乘以台灣地震損失評估系統（TELES）的傷亡率參數，產生最後的人口傷亡資料。

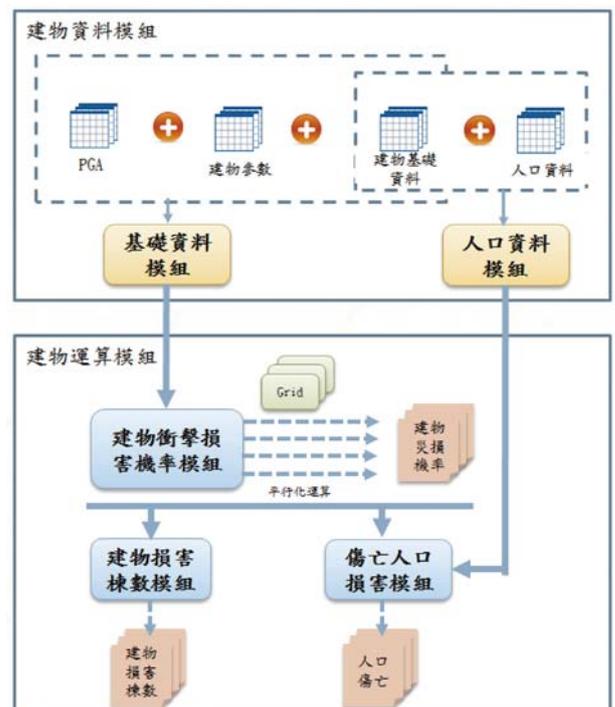


圖 8 建物人口模組化設計概略圖

系統應用

災防科技中心於 2015 年建置地震衝擊資訊平台（簡稱 TERIA 平台），其目的在於成為衝擊情境分析技術和資料收集的平台，藉以協助整合學研界的分析技術以及政府的資訊數據，並提供一個標準化、整體性的地震衝擊評估研究流程與環境。

TERIA 平台已實際運用網格建物統計資料，透過平行化技術，導入建物損壞評估模組及人口傷亡評估模組，以計算地震災害事件下之建物損壞棟數及人口傷亡統計。其中，平行化技術可依地震災害規模，結合多台運算伺服器，共同運算建物損壞評估模組，以加快分析效率。TERIA 平台已陸續開發系統介面以展示各式衝擊評估模組的分析結果（如圖 9、10）^[8]。

結論

現行應用房屋稅籍資料大多是以行政區界為加值應用範圍，災防科技中心因應災害衝擊分析需求，在分析運算效能與資料精準度上取得適度平衡，將房屋稅籍資料運用資料洗滌作業輔以 500 公尺 × 500 公尺網格化，建構網格建物統計資料，並結合物理運算模式，設計一套整合性的地震衝擊評估自動化流程及導入資訊系統的模組化設計開發方式，開發出具有彈性與擴充性之 TERIA 平台。災防科技中心期望透過 TERIA 平台的建置，未來能快速提供地震災害研究者更完整的評估數據，以利後續之決策參考。

衝擊分析統計							
		總覽	建物	人口	道路橋梁	供水	電力
鄉鎮區域		新竹市					
耐震設計		完全耐震	嚴重耐震	中度耐震	輕微耐震		
統計		4,094	5,731	10,659	13,668		
北區	小計	764	1,123	2,193	2,966		
	高耐震	17 (2.23%)	35 (3.12%)	82 (3.74%)	129 (4.35%)		
	低耐震	186 (24.35%)	265 (23.6%)	501 (22.85%)	663 (22.35%)		
	中耐震	354 (46.34%)	596 (53.07%)	1,245 (56.77%)	1,757 (59.24%)		
	無耐震	207 (27.09%)	227 (20.21%)	365 (16.64%)	417 (14.06%)		
東區	小計	2,578	3,471	6,230	7,680		
	高耐震	149 (5.78%)	233 (6.71%)	449 (7.21%)	589 (7.67%)		
	低耐震	417 (16.18%)	561 (16.16%)	1,004 (16.12%)	1,250 (16.28%)		
	中耐震	1,567 (60.78%)	2,214 (63.79%)	4,062 (65.2%)	5,051 (65.9%)		
	無耐震	445 (17.26%)	463 (13.34%)	715 (11.48%)	780 (10.16%)		
香山區	小計	752	1,137	2,236	3,022		
	高耐震	39 (5.19%)	72 (6.33%)	159 (7.11%)	240 (7.94%)		
	低耐震	160 (21.28%)	233 (20.49%)	445 (19.9%)	594 (19.66%)		
	中耐震	461 (61.3%)	734 (64.56%)	1,477 (66.06%)	2,014 (66.64%)		
	無耐震	92 (12.23%)	98 (8.62%)	155 (6.93%)	174 (5.76%)		

圖 9 新竹市不同耐震設計水準之建物毀損棟數統計分析

衝擊分析統計							
		總覽	建物	人口	道路橋梁	供水	電力
鄉鎮區域		新竹市					
耐震設計		完全耐震	嚴重耐震	中度耐震	輕微耐震		
統計		4,094	5,731	10,659	13,668		
北區	小計	764	1,123	2,193	2,966		
	高耐震	17 (2.23%)	35 (3.12%)	82 (3.74%)	129 (4.35%)		
	低耐震	186 (24.35%)	265 (23.6%)	501 (22.85%)	663 (22.35%)		
	中耐震	354 (46.34%)	596 (53.07%)	1,245 (56.77%)	1,757 (59.24%)		
	無耐震	207 (27.09%)	227 (20.21%)	365 (16.64%)	417 (14.06%)		
東區	小計	2,578	3,471	6,230	7,680		
	高耐震	149 (5.78%)	233 (6.71%)	449 (7.21%)	589 (7.67%)		
	低耐震	417 (16.18%)	561 (16.16%)	1,004 (16.12%)	1,250 (16.28%)		
	中耐震	1,567 (60.78%)	2,214 (63.79%)	4,062 (65.2%)	5,051 (65.9%)		
	無耐震	445 (17.26%)	463 (13.34%)	715 (11.48%)	780 (10.16%)		
香山區	小計	752	1,137	2,236	3,022		
	高耐震	39 (5.19%)	72 (6.33%)	159 (7.11%)	240 (7.94%)		
	低耐震	160 (21.28%)	233 (20.49%)	445 (19.9%)	594 (19.66%)		
	中耐震	461 (61.3%)	734 (64.56%)	1,477 (66.06%)	2,014 (66.64%)		
	無耐震	92 (12.23%)	98 (8.62%)	155 (6.93%)	174 (5.76%)		

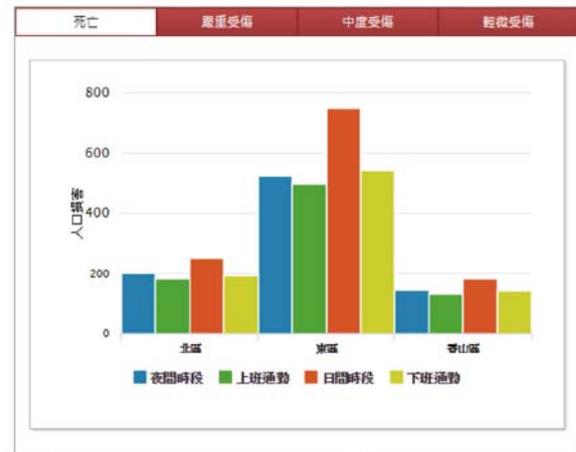


圖 10 新竹市不同時段人口傷亡統計分析

參考文獻

- 包正芬、劉致灝（2015），以多階層之網格資訊整合架構應用於地震災害資訊系統。2015 年台灣地理資訊學會年會暨學術研討會。
- 教育部國家教育研究院，雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網：<http://terms.naer.edu.tw/detail/1276210/>。
- 黃俊宏、吳子修（2016），房屋稅籍資料之加值應用 - 網格建物統計資料。國家災害防救科技中心災害防救電子報第 129 期。
- 李中生、柯孝勳、劉致灝、劉淑燕、吳佳容、黃俊宏、吳子修、吳秉儒、包正芬、鄧敏政、張子瑩（2014），地震衝擊研究與資訊應用平台 (I)：架構開發與資料庫建置。國家災害防救科技中心技術報告。
- 陳秋雲、黃俊宏、吳子修、李中生（2014），應用 GIS 於人口空間分布在地震防災之研究。2014TGIGS 與結構工程研討會
- 陳秋雲、吳子修、黃明偉、柯孝勳、李中生、黃俊宏（2014），網格化建物地震損壞與人員傷亡分析方法介紹。中華民國第十二屆結構工程研討會暨第二屆地震工程研討會。
- 劉致灝、李中生、黃俊宏、劉淑燕、吳佳容、吳子修、包正芬、吳秉儒、黃明偉、張子瑩、柯孝勳（2014），地震衝擊評估自動化模組及平台建置。國家災害防救科技中心災害防救電子報第 112 期。
- 劉淑燕、吳佳容、劉致灝、黃俊宏、黃明偉、吳秉儒、柯孝勳、李中生（2015），地震衝擊研究與資訊應用平台 (TERIA) 開發與應用。國家災害防救科技中心技術報告。

大數據與災害防救 — 監視器影像的雲端應用

張智昌／國家災害防救科技中心助理研究員

本文介紹的研究開發工作，研發目的是利用現有各單位已建置的監視器影像（Closed-Circuit television，CCTV）串流，進行都市防減災與災害應變的應用，是大數據應用的一個最佳範例。本研究將介接自各單位的監視器影像，針對不同影像串流格式進行編碼轉換及分類，再將取得之影像資料暫存於伺服器，轉換為單一格式（JPEG）後，提供災害防救相關系統使用。本項成果的優點是所提供的影像服務可以適用各式終端應用裝置，無論是桌上型電腦、筆記型電腦、平板電腦與手機等，不需安裝程式皆可利用瀏覽器順利顯示。並可將截取之影像應用在災害的監控與判釋上，目前已進行測試應用在易致災區域的淹水警戒與監控。

前言

過去許多政府單位為了業務需求，例如國道高速公路局、公路總局與各地方交通局於重要道路架設監視器、警察局為了治安需求在許多路口與巷弄內也都架設了監視器、水土保持局與水利署為了各自的業務需求也都架設了許多的監視器。除了政府單位，各個民間企業乃至於一般家庭也會架設監視器，例如大街小巷的各個便利商店也幾乎都有裝設監視器。而各種監視器影像的應用也因應各種目的快速發展中，例如家中裝設監視器可透過手機監控家中狀況，同時還可以防盜，而各個商家的監視器除了防止顧客偷竊行為外，也有督促員工的效果，甚至現在幾乎每人車上都裝設行車記錄器，除了記錄行車狀況外，也為許多突發狀況提供了有效的證據。而政府單位的監視器應用也很廣泛，例如國道 ETC 利用車牌辨識進行收費，警政單位利用車牌辨識進行犯罪偵查，水保局與水利署利用影像辨識技術進行坡地災害監測與水位及淹水監測等。

依目前法規，災害的監測與應變依不同災害特

性各有所屬主管機關負責，而台灣位居於天然災害多發的區域，全台幾乎每一寸土地都有遭遇災害的可能性，雖然現在監視器的架設越來越方便，成本也越來越便宜，然而若依據各個單位的業務需求與職掌的不同就要架設專用監視器，則又顯得浪費，例如交通監控的監視器難道不能用來做為犯罪偵防嗎？犯罪偵防的監視器就不能用來做災害防救嗎？或許從部份法規上來說，尚有一些需要克服之處，然而從政府的經費預算來看，將各個單位現有的監視器系統進行資源共享與整合應用，是一個好的且可以發展的方向，並可將多出的預算用在其他更緊急更需要的地方。

什麼是大數據

中文維基百科（Wiki）對於大數據的定義，「大數據（Big data 或 Megadata），或稱巨量資料、海量資料、大資料，指的是所涉及的資料量規模巨大到無法透過人工或者計算機，在合理的時間內達到擷取、管理、處理、並整理成為人類所能解讀的形式的資訊。…」。IBM 與牛津大學賽德商學院合作的研究報告中亦



圖 1 大數據的核心價值

指出，大數據（大資料）是資料四個面向的結合，數量（Volume）、多樣性（Variety）、速度（Velocity）以及真實性（Veracity）。本文所使用的監視器影像就符合資料量規模巨大的情況以及不同類型的資料和資料來源，再加上要在災害中進行應用，在合理的時間內進行截取、處理等工作，並能整理成人類所能理解的資訊也非常重要，因此速度與真實性更是不可或缺的部分。

數量龐大的監視器影像

監視器的演進，從最早類比影像時代開始，監視器就被利用在即時播放，再搭配錄影機做歷史紀錄，因此非常適合做為影像監測用途。並且隨著時代的發展一路演進，數位攝影機、網路攝影機，到現在雲端時代的雲端整合大數據應用。根據統計，全台包含各政府機關、警政系統、便利商店、銀行、加油站、社區保全等所裝設之監視器數量已逾上百萬台。

然而，各單位建置的監視器串流格式具有高度異質性，目前常見的有 SNAPSHOT、STREAM、MPEG4、MJPEG、H.264、RTSP 等，然而就算是同一個單位的監視器，因為建置的時間有先後，或是承包的廠商不同等因素，格式也並未完全統一。另外，不同的串流格式，其影像解析度大小也不相同，因此要統整這些數量龐大又格式不一的監視器影像，就已經

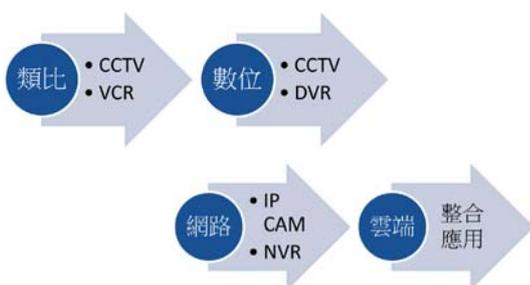


圖 2 監視器演進

是一項大工程，再加上後續要針對這些影像進行分析與應用，非得靠大數據的各項技術才有可能處理，過去在許多電影或戲劇裡，常常會看到電影中的人物盯著一大片的電視牆，從這一大堆的銀幕中找尋他要的影像畫面，實在很難想像要是災害應變時，要同時盯著上千台，甚至上萬台銀幕時，所要耗的人力與物力要如何估算。

網路頻寬以及開放與非開放資料

要線上看某一支監視器的影像，就如同在線上看一部影片一樣。許多人都曾經有過在線上看影片的經驗，無論是在家裡的電腦或是利用手機，只要在看影片，那台電腦或是裝置就很難再處理其他工作，有時光是單看一部影片，畫面不時就會鈍鈍的，有時還要暫停一下才有辦法再繼續順暢的看下去。那一次看上百支呢？一次看上千上萬支呢？

在防災的應用上，確實是需要一次監控上千上萬支監視器，但並不需要真正的順暢的影片，因為災害的監控只需要靜態的影像就可以做到，不需要順暢的一秒三十張影像串流，所以如何能在有限的頻寬限制下，在最短的時間內擷取最多支攝影機的影像畫面是本研究所要解決的問題。

監視器的影像取得來源，目前許多單位的監視器影像是直接公開在網路上的開放資料，例如高速公路局的即時路況影像 (<http://1968.freeway.gov.tw>)，水利署的防災資訊服務網 (<http://fhy.wra.gov.tw>)，水土保持局的土石流防災資訊網 (<http://246.swcb.gov.tw>)，都是可以隨時上網取得的監視器影像。然而非開放的監視器影像是更多，例如民間企業或是一般社區大樓的監視器影像，有的是在該企業單位的區域網路內，有的甚至沒有網路連結。另外也有許多政府單位的監視器影像是非開放的，可能是受限法規上的限制，例如個資法或該單位的監視器管理辦法，也有的是在該單位的私有網路內，例如捷運公司的監視器、警政監視器等。然而災害並不會預告要襲擊哪裡，因此許多單位在經過多次協調過後，大多同意可以在架設專線，且有限制區域與使用對象，包含災害應變中心及災害應變相關人員，同時符合相關法規且沒有個資疑慮後，可以有條件的使用。



圖 3 交通部高速公路局即時路況資訊
<http://1968.freeway.gov.tw/cctv>



圖 4 經濟部水利署防災資訊網即時影像
<http://fhy.wra.gov.tw/fhy/Monitor/CCTV>



圖 5 農委會水土保持局土石流防災資訊網即時影像
<http://246.swcb.gov.tw/debrisInfo/StationMonitor.aspx>

影像的擷取與格式的轉換

目前各單位所使用的監視器常見的影像串流格式有以下幾種：單張串流 (SNAPSHOT)、壓縮影像串流 (MPEG4, MJPEG, H.264)、動態影像串流 (STREAM) 與即時動態影像串流 (Real Time Streaming Protocol, RTSP)。本研究利用多核心平行處理的方式，將須截取影像的攝影機依序排入排程進行影像擷取，無論原先的串流格式為何，經截取後轉換成單張 JPEG 影像格式存放於暫存目錄中，以 300 站的序列為例，每站約以 5 至 10 分鐘的頻率進行單張畫面擷取。但是在影像的擷取過程中會遇到許多問題，例如連線品質不佳導致無法連線、畫面正好有車輛或物品遮蔽、雜訊過多等種種問題。目前已開發完成自動偵測連線異常、自動刪除雜訊過多畫面等功能，可方便後續在應變中心進行相關應用。

擷取好暫存的畫面，在應用端如果需要展示該監視器所在區域的情況時，可以 5 至 10 張影像輪播的方式播放擷取的畫面。擷取的單張影像也可以提供做為災害判釋的影像來源，例如水利署近年來持續發展中的淹水自動判釋預警系統。

表 1 擷取網路監視器影像串流格式與擷取時間

網路串流格式	擷取單張影像所需時間	影像大小
SNAPSHOT	0.233 秒/站	320 × 240 × 3
MPEG4 MJPEG H.264	0.856 秒/站	704 × 480 × 3
STREAM	0.834 秒/站	720 × 480 × 3
Real Time Streaming Protocol (RTSP)	1.504 秒/站	640 × 480 × 3

雲端監視器災防應用系統架構

本研究所研發的雲端監視器災防應用系統目前正在進行測試，主要提供兩大類的服務，第一項服務是介接監視器並可自定監視器畫面擷取頻率，第二是利用擷取的影像進行淹水自動判釋與預警，系統運作架構與流程如圖 6。

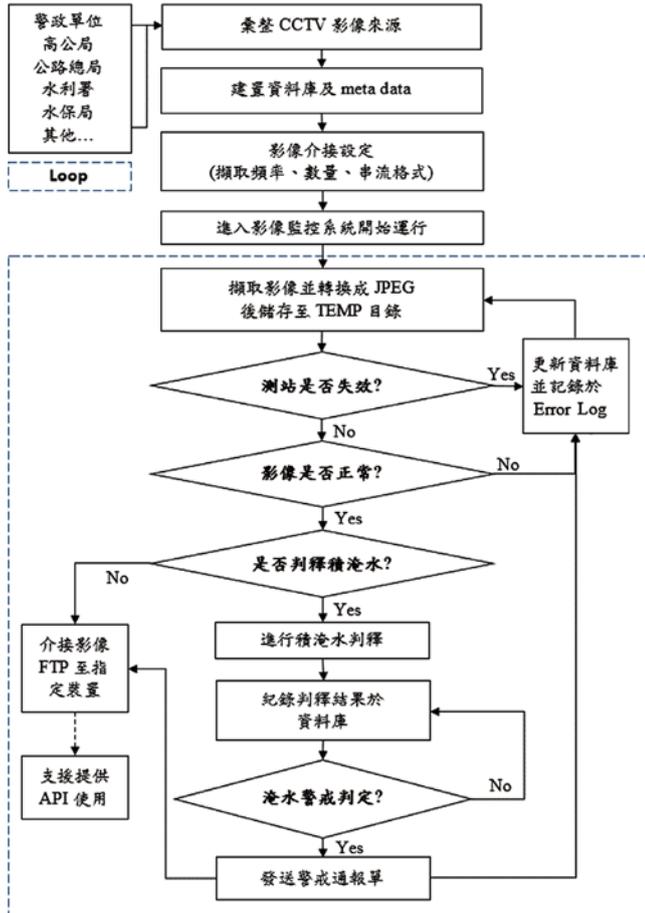


圖 6 雲端監視器災防應用系統運作架構流程

目前本系統於監視器畫面擷取先進行監視器是否正常連線以及畫面是否正常的自動判斷，然遇到的困難處非常多，首先是串流格式的不同，使得每一種格式可以成功擷取畫面的時間無法固定；監視器可能因為機器維護、網路中斷、設備損壞、全藍畫面、黑白畫面、干擾性跳動畫面、電子雜訊畫面、扭曲畫面等各式各樣不明原因造成畫面中斷，如圖 7。再來是各個監視器於建置時，可能因為其運用目的的考量與建置經費的限制，在網路頻寬上僅規劃剛好可以用的程度，因此當增加了使用範圍，例如將原先治安需求的監視器開放給災防應用時，治安需求通常是以錄影為主，而災防運用是以即時影像為主，便有可能因為頻寬不足，導致於擷取畫面時，無法順利擷取到一張完整的畫面。因此本研究嘗試利用影像串流的緩衝 (buffer) 技術來擷取完整畫面的影像，但必須付出的代價便是等待時間。單看某一支攝影機時，這樣的等待時間並不太會讓使用者有太多的感覺或不便之處，然而若一支攝影機的緩衝時間為 3 秒，1,000 支就是 3,000 秒，



圖 7 各種監視器畫面中斷無法擷取狀況

已將近一個小時，更遑論數千支乃至上萬支，因此目前仍是以真正有災害危險的警戒區域才納入優先擷取影像進行應用，同時本研究團隊也積極研擬更好的解決方案。

監視器於災防應用與未來展望

近年來監視器在災防的應用上越來越廣泛，最常見的運用是在各級災害應變中心內，災害應變人員可以透過應變中心內的電視牆或是資訊系統就可以看到即時的災害現場或周圍的狀況。例如歐美常有野火事件，嚴重時會擴散到住宅區影響民眾生命財產安全，因此國外許多研究機構與私人公司便發展利用家中的監視器進行野火的偵測與擴散範圍的推估，像澳洲的 Insight robotics 使用監視器進行野火與煙霧偵測。目前國內針對監視器在災害的應用也正積極發展，例如水利署近幾年嘗試利用監視器影像對於積淹水進行判釋，過去水保局也曾經利用監視器影像來做土石流自動監測，都是很好的防災運用。而國內各個防災單位所建置的監視器多僅限於特定地點，仍然有許多可能發生災害的地方並未建置有監視器，例如近年來因劇烈天氣現象越趨常見，可能一場午後的強降雨因為排水不良就造成市區積淹水，然而過去災害主管單位多把監視器架設在歷史災害區域或是災害高潛勢區域，並不會在都市區內架設監視器，因此國家災害防救科技中心發展了災害情資網，除了介接各單位提供的防救災監測資訊外，也提供可直接介接的監視器影像，同時也透過本研究所提供的服務，介接警政雲端調閱平台的影像，而警政的監視器遍布在大街小巷，剛好可以補足過去防災監測上的不足之處。

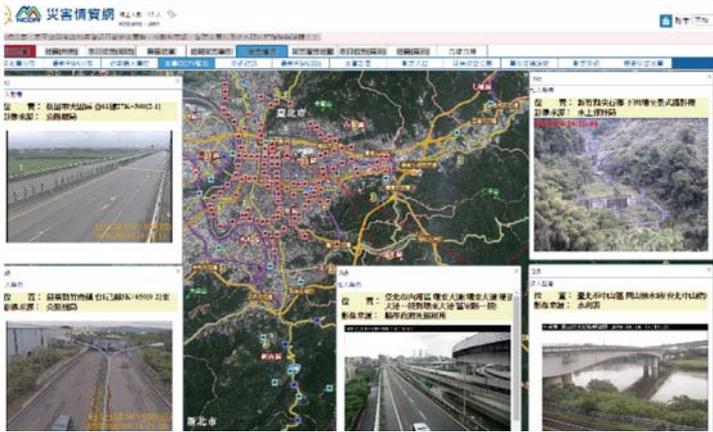


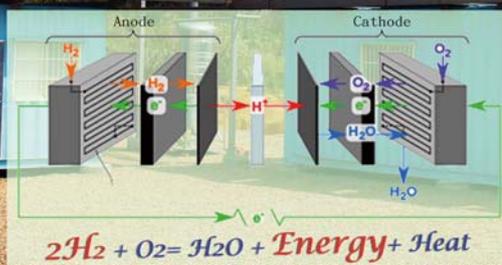
圖 8 各種監視器畫面中斷無法擷取狀況

展望未來，期望國內的災害防救工作能在技術已相當成熟的災害自動判釋技術上，透過各個政府部門與機關團體的合作，串連大街小巷中數量龐大的監視器，除了居家安全、治安防治、交通監測外，也能防止災害發生、預防災害擴大以及有效災害應變上能派上用場。

參考文獻

1. 高速公路局，即時路況資訊，<http://1968.freeway.gov.tw/cctv>。
2. 水利署，防災資訊服務網，<http://fhy.wra.gov.tw/>
3. 水土保持局，土石流防災資訊網，<http://246.swcb.gov.tw/index.aspx>
4. 國家災害防救科技中心，災害情資網，<http://eocdss.ncdr.nat.gov.tw/>
5. 國家災害防救科技中心（2015），CCTV 監視器影像於災害防救之應用與分析－專案成果報告
6. 經濟部水利署台北辦公區（2014），積淹水影像監控技術應用先期規劃。
7. 莊淑欣、陳美心、周天穎、黃博惠（2007），序列影像分析於土石流事件判釋之研究，中華水土保持學報，38(3)。
8. IBM 商業價值研究院（2012），分析：大量資料在現實世界中的使用。<http://www.sysage.com.tw/Guest/getFile.aspx?fileid=119>
9. Insight robotics (2015), "Protection by detection-How early bushfire detection reduces economic, natural and human devastation," White Paper - Australia. 

永續. 新思維 工程. 新發展



研究發展 · 人才培育 · 工程技術 · 公益推動

財團法人中華顧問工程司

臺北市10637辛亥路二段185號28樓
28F., No. 185, Sec. 2, Sinhai Rd., Taipei 10637, TAIWAN
Tel : (02)8732-5567, Fax : (02)8732-8967 <http://www.ceci.org.tw>

社群災情趨勢分析及綜整 於地震災害應變之研究

劉致灝／國家災害防救科技中心助理研究員

簡頌愷／國家災害防救科技中心佐理研究員

包正芬／國家災害防救科技中心佐理研究員

社群網路是近年興起的熱門議題，也帶動了巨量資料的技術發展。當前網路使用者藉由資訊散佈、分享及回饋在社群網路傳遞資訊。災害發生期間，使用者藉由行動裝置將災情資訊傳遞到社群網站，然而目前災害應變中沒有社群災情資訊綜整流程，同時社群災情收整、分析與綜整面臨許多的挑戰，本文提出社群災害情資綜整流程機制，並藉由社群趨勢分析及災情時空綜整的方式來整合社群網路上的災害情資，最後以 2016 年 2 月 6 日高雄美濃地震為案例，展示社群網路災情綜整的成果。

簡介

網路資訊科技發展迅速，資訊傳遞的方式也產生很大的演進，最早網路資訊以網頁方式被動的提供使用者瀏覽，現今使用者透過互動的方式與整個網路及使用者交流，並具備從各種來源管道獲取自己有興趣的資訊的能力，這樣的網路環境也造就大量的資料的成長，進而帶動巨量資料技術的發展。巨量資料（Big Data）是近年來熱門的資訊議題，其基本定義主要具備 3V 的特質^[1]，分別是（1）大量（Volume）、（2）多樣性（Variety）、（3）即時性（Velocity）。後續也有人提出「真實性」（Veracity），形成所謂的 4V 理論，然而不論是 3V 或 4V 的定義，當前社群網路的資料特質完全符合巨量資料的定義。

社群網路（Social Web）是當前網路發展下的熱門產物，目前知名的社群網站如：臉書（Facebook）、推特（twitter）、批踢踢（PTT）等^[2]。使用者相互之

間可以建立連結，同時藉由發佈資訊來分享其他網站的資訊，而其他使用者瀏覽到發佈的資訊，會產生相對應的資訊回饋，使用者也能透過參加社群網站的社團，定期取得自己有興趣的相關資訊。根據財團法人台灣網路資訊中心上網調查顯示^[3]，台灣民眾每天平均花費 3.25 小時上網，其中瀏覽社群網路的佔總時間的 64.32%，成為上網瀏覽項目的第一名，也顯示出社群網站發展的熱門程度。另外，根據 EMC Digital Universe Study 量化結果顯示，預測每年資料量兩年成長一倍，到 2020 年會成長十倍^[4]，顯示網路資料驚人的成長力，也是資料大量的特性。這些資料存在網路上具備各種不同類型的各式，像是檔案、影像、多媒體等，具備資料的多樣性，同時這些大量且多樣性的資訊是隨著時間快速的產生，要能夠即時的處理運算這些資訊，才能產生資料的價值，這就是資料即時性。

社群網站的資料包羅萬象，也包括災害發生時的各種災情資訊，像是風災造成路樹、路燈、招牌彎曲

或折斷進而影響道路通行，市區內街道淹水的情況，或是地震災害造成房屋倒塌的災情等，這些資訊如果能夠即時的收集與分析，並綜整成為災情資訊，對於災害應變決策能提供有用的資訊，然而要將社群網路災情資訊導入正式的應用還面臨到許多的挑戰^[5,6]，需要處理大量且多樣性的災防資訊，並即時的運算處理，擷取出有用的資訊，也是一項考驗。

從防災資訊的完整性角度來看，應變期間本中心會收集政府各機關單位產製的防災資訊，透過資訊科技技術配合監測、收集、整合，經過綜整後提供給情資研判作為參考依據^[7]，然而在災情通報上，政府單位正式管道的災情通報，因需要經過詳細地確認程序，過程需花費較多時間，相對社群網路上的災害資訊，雖然資訊品質不一，但是卻具備災情取得時間較快速的特質。一般而言社群網路上的資訊通常是依照網民個人的動機及撰寫風格，提供經過路段或是居家附近單一災點的災害情資，資料描述品質上較不完整。但是因為是由現場或是災點附近的民眾直接透過行動裝置收集，快速上傳散佈到社群網路上，災害情資出現的時間較接近第一時間。

本研究針對社群網路災情資訊進行收集、分析與綜整 3 個階段，並提出「社群網路災情綜整流程」，期望探索社群網路災情資訊對於災害防救應用上的效益及可能的創新應用，同時也期望提供災害應變情資研判期間新的災情參考資訊。

相關研究

當前社群網路的發展熱絡，許多的資訊都存在不同的社群網站，不同的社群網站也提供不同的管理與經營模式，許多研究著力於社群網路上資料的應用，其中在商業上面的應用研究上，透過社群網路上面的使用者提供的資訊，收集使用者對於使用產品後的意見回饋進行收集與分析，並提供產品製造商進行相關的產品改善。也有些國外研究透過 twitter 社群平台來收集相關的災害資訊，並監控災害的情況^[8-10]，這些應用案例都是透過現有社群的特性，並導入到相關的領域進行創新的應用。

其中在資訊處理上面都必須先進行資訊收集、再分析綜整相關的資訊，本文也用相同的資訊處理流程模

式，並以案例分析來建立社群網路於災害防救上面的應用情境與流程，提供災害防救工作上面的的創新應用。

社群趨勢分析及災情綜整

針對當前社群網路環境的特性及面臨的挑戰，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。本文第三節會先介紹社群網路災情綜整流程及社群網路來源及趨勢分析、第四節介紹災情時空綜整機制及案例成果展示，並以 2016 年 02 月 06 日當天發生的高雄美濃地震為案例（簡稱 0206 震災），最後總結並呈現出社群網路於災害防救應用上所帶來的助益。

社群網路災情綜整流程

社群網路資訊以分散式存在並隨著時間增加資料量，以災害防救工作任務上而言，社群網路上的災害資訊具有即時性^[10]，然而目前沒有針對災害情資的綜整分析流程，本文首先建立一套「社群網路災情綜整流程」，透過基本的資訊處理流程：資訊收集、資訊分析、資訊整合來 3 個步驟，並結合社群網路趨勢分析及災情分析綜整機制，圖 1 為社群網路災害綜整流程之概念。

如圖 1 中，整個社群網路由許多各類型的網站組成，使用者透過資訊分享、散佈與回饋的方式，讓資料再整個網路之間傳遞，並一個大型的巨量資料。在資料處理上，使用資料攀爬技術獲取網路上的資料，並存入單一資料索引庫，該索引庫提供建立索引系統及資料儲存與查詢功能，提供後續資料分析上使用關鍵字進行查詢，以取得相關資訊的資料集合。在本文中災害情資的分析上，主要為「社群來源分析」及「社群趨勢分析」，社群來源分析主要可以了解不同社群網站來源頻道熱門程度，而社群趨勢分析可以看出各議題的討論情況。另外，在災情時空綜整的部分，從取得相關的資料集合中，針對資訊內容擷取地理、時間及災害情資的資訊，分析後以地理空間及時序方式提供社群網路災情綜整資訊。

社群網路來源與趨勢分析

從社群網路攀爬資料並匯入到單一資料庫的工作上是一項複雜的工作，實際的攀爬技術需要針對不同社群網站提供的 API 或是網頁內容來進行解析，在透



圖 1 社群網路災情綜整流程

過不同的攀爬程式去擷取相關的網路資訊，本文使用 Opview 口碑資料庫作為單一資料庫^[11]，該資料庫會收集各來源網站，包含：社群網站、討論區及部落格等類型網站，並透過索引技術將資料有效的管理儲存，其中要從 Opview 資料庫取得相關的資訊需輸入關鍵字進行資料查詢，該動作也可以視為資訊過濾^[12]。在社群網路資料分析上，關鍵字詞是基礎的分析元素，因為網路上面的資料屬於非結構性的資料，通常以文字的形式存在，藉由關鍵字詞的查詢能找出文章內容有包含該關鍵字詞的文章，下圖 2 為利用關鍵字詞為基礎的資料分析概念。

整個社群網路的資訊相當於一個巨大的資料庫，其中資料的聲量與分佈是了解整個社群網路的主要指標項目。在社群網路來源分析上，一個來源象徵某一個社群網站或是討論區，而聲量代表以該關鍵字詞查詢後，在該網站來源的文章數。不同的社群網站都有各自的使用族群，而依據各國國情及習慣的不同，使用族群的偏好也不一樣，像是美國或日本使用者族群偏向使用推特 (twitter)，而台灣使用族群則偏向使用臉書 (Facebook)。另外，目前社群網站推層出新，有一些不同型態的社群網站出現，像是 Flickr 及 Instagram

等，從資料聲量與分佈來看，使用族群較多的社群網站其資料提供量較大，資訊較多，而不同社群網站的資料類型分佈也會有所不同，這些特性透過社群網路來源分析，能夠呈現出那些社群網站上的使用族群較多，並具備較多的災害情資。下圖為以「地震」作為關鍵字詞的社群網路來源分佈，統計時間為 2016 年 02 月 06 日當天社群網路上的資訊。

下圖 3 中，顯示「地震」關鍵字詞在 2016 年 2 月 6 日當天的來源分佈，社群網路上的資訊來源是由各種不同的社群網站所攀爬而來，而社群來源分析最主要的評量就是以聲量為主要指標，聲量的計算方式就是以關鍵字詞查詢該來源頻道網站數量，計算後的總量表示成為該社群網站的聲量，也可以視為是該社群來源頻道的資料量。社群網路來源聲量越大代表該社群網站的使用族群較多，對於災害主題討論數量多，同時也象徵網路討論的熱度。另外數量最多的前兩名分別是臉書粉絲團 (Facebook) 及批踢踢 (PTT)，從臉書粉絲團收到大約 3 萬多筆資料，而批踢踢大約收到 2 萬多筆資料，第三名的撲浪大約 2 千多筆資料，與前兩名差距很大，從這樣的資訊也顯示出台灣網路族群偏向使用臉書及批踢踢。



圖 2 關鍵字詞社群網路資料分析概念

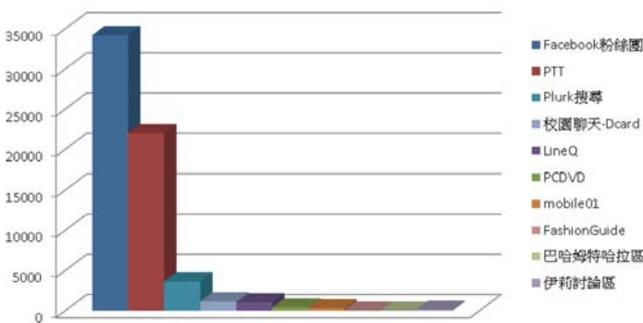


圖 3 0206 震災社群網路頻道聲量分佈

在社群趨勢分析上，以關鍵字詞為基礎元素，並觀測整個網路對於特定議題的討論熱度，以關鍵字詞而言，通常有些關鍵字詞可以代表網路上對於某個議題的討論面向，例如：當地震災害發生時，使用者就會在網路上發佈地震相關的議題，其內容描述就可能包含「地震」這個關鍵字詞，同樣的當地震發生時，如果有造成房屋的倒塌或是人員的傷亡，而網路族群使用者看到這樣的情況，並且將相關的災情發佈到網路上時，就有可能包含「倒塌」這樣的相關字詞，因次，透過不同字詞在網路上的聲量，觀測其隨著時間

的變化，可以顯示出該災害面向在網路上的熱度變化。

就地震災情蒐整的角度而言，第一時間需要掌握地震所造成的建物損毀、人員傷亡，以利後續的救災行動。本文初步建立：倒塌、傾斜、下陷、損壞四類型的字詞，關鍵字詞類型透過萬用字來將相關的關鍵字組合，如：倒塌、全倒、半倒描述為「? 倒 | 倒 *」（? 表 0 或 1 字元、* 表 0 ~ 5 字元），下圖 4 為 2016 年 2 月 6 日高雄美濃地震的關鍵字詞聲量變化，並分別針對各關鍵字詞類型進行評估。在評估關鍵字詞時，有一項評估指標「災點涵蓋率」，其定義為透過該關鍵字詞能夠尋找到的災情佔全部災情的比率。

圖 4 中統計時間從當天凌晨 3 點 58 分到下午 4 點整，可以看出倒塌是網民最常使用的關鍵字，其災點涵蓋率也最高，但是下陷與傾斜所顯示的使用量較低、涵蓋率也較低，但時有些災情必須透過下陷的關鍵字才能擷取到，例如：橋梁下陷的災情，而不同關鍵字所對應的災害嚴重程度也不相同，這些評估對於未來配合災防資訊收集與資訊擷取的工作上，提供關鍵字詞組合的參考依據。

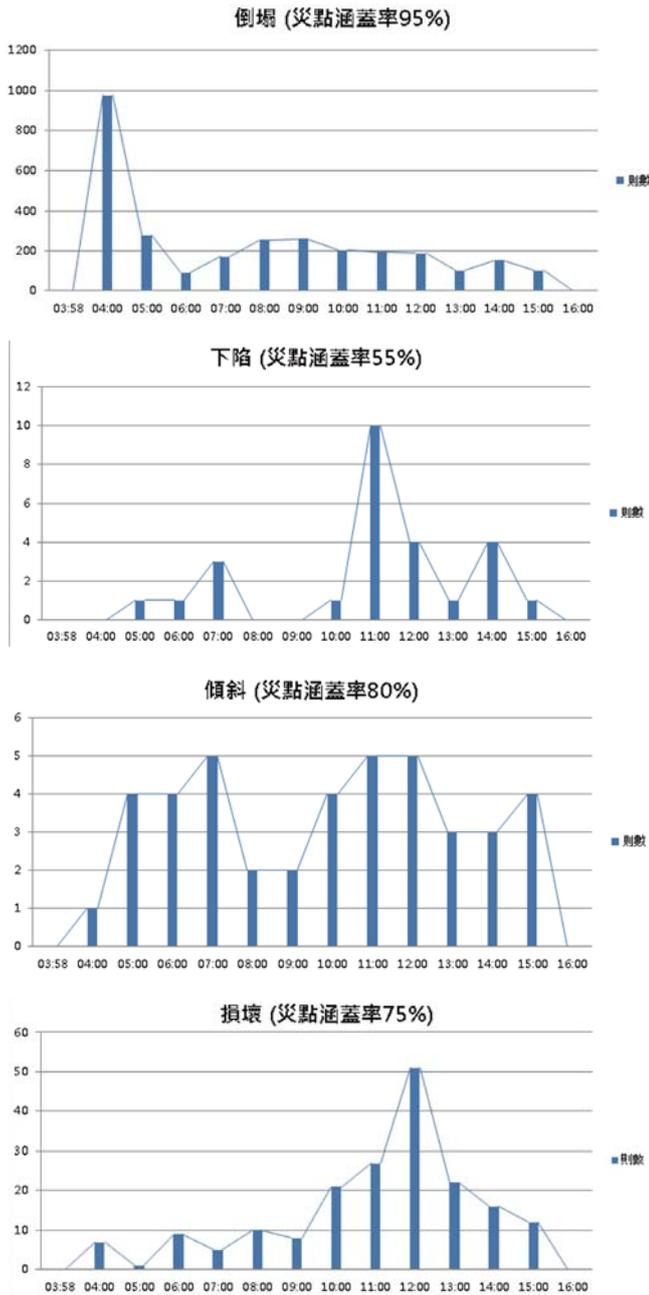


圖 4 基礎關鍵字趨勢聲量分析及災點涵蓋率評估

0206 震災案例災情時空綜整及成果展示

在 2016 年 2 月 6 日凌晨 3 點 58 分於高雄美濃發生規模 6.4 地震，並造成房屋倒塌及人員傷亡的傷害，稱為「0206 震災事件」，災害傷亡較嚴重地區集中在台南地區，圖 5 為高雄美濃地震的震度分佈圖^[13]。

圖 5 星號地區就是震央的位置，而數字分別表示各地區的震度。在災情時空綜整方面，藉由關鍵字詞取得地震相關的資料集合，並針對網路使用者對於

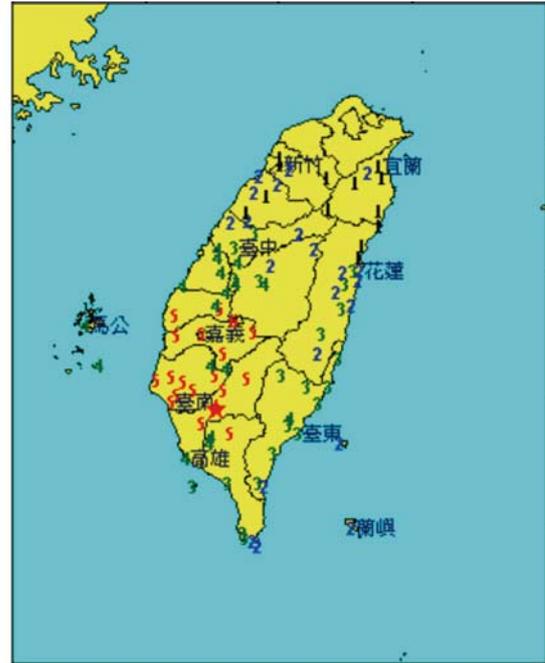


圖 5 2月6日高雄美濃地震震度分佈

災情的描述內容中，擷取出時間、地點及災情描述，在社群網路時間資訊上，可以擷取到使用這在社群網站上面的發佈時間，這個時間與實際災害發生的時間會有一定的落差，但是通常與實際發生時間不會相差太遠。而地點資訊在社群網路資訊部分，通常是以文字的方式描述，然而要能夠輸入到地理資訊系統中，必須要轉換成為經緯度的資訊，因此，擷取出地理相關的描述資訊後，必須透過定位服務轉換為經緯度再繪製在地圖。而災情資訊通常是描述災害的類型及發生的情況等，將這些資訊擷取後呈現在地理資訊系統上，如圖 6 所示。

圖 6 中顯示 2 月 6 日當天的災情資訊，在凌晨 4 點 56 分發佈到社群網站上，其地點描述資訊為台南歸仁信義北路，而災害描述是台南歸仁信義北路公寓下陷，受困民眾喊救命。右邊的地圖上的點位，就是透過定位服務轉換成為經緯度資訊，再繪製到地圖上。將每個災情將過轉換後再繪製在地圖上，就可以看出地震災害造成災害範圍，也表示成為災情的地理空間分佈，圖 7 顯示 0206 震災造成的房屋倒塌之災情範圍。

圖 7 中顯示 0206 震災的房屋倒塌的災情範圍（地圖上紅色編號點位代表一則災情），主要都集中在台南地區，從這樣的地理空間資訊可以提供災害防救對於災害範圍的了解，同時對於救災也是很有價值



圖 6 0206 地震災害情資

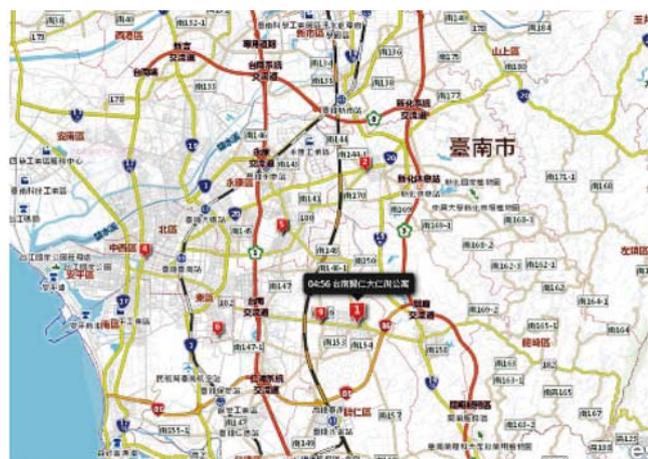


圖 7 0206 震災房屋倒塌之災情範圍

的資訊。另外，在災情時序綜整上，依照社群網路發布的時間進行排序，並從中找出社群網站及社群新聞發布的時間進行比較，下圖 8 顯示 0206 震災的災情時序圖。

在圖 8 中顯示從 2 月 6 日當天凌晨 3 點 57 分開始到 11 點之間收集到的相關災情資訊，在社群網路上，最早在 4 點 14 分的時候接收到京城銀行及永康區永大路大樓倒塌的災情，而 5 點 10 分的時候蘋果即時新聞當中出現永康區永大路大樓倒塌的消息，顯示出社群網站上災情出現的時間較快。

一般而言，傳統災情通報方式是透過 1999 專線進行災情的通報，也是台灣正式採用的通報方式，本文依照 1999 災情通報的時間與社群網路災情的時間進行比對，其結果如圖 9 所示。

從圖 9 顯示淡藍色的方框表示 1999 通報的災情時間與描述，紅色方框表示社群災情時間與描述，在進行災情時間比對後，平均上 1999 災情通報在時間上有較快表現，其中在京城銀行傾協的災情，社群網路災情出現時間（04：14）較 1999 災情通報時間（04：

35）快。但是從資訊提供方面而言，在社群網路上的災情會附帶現場的災情圖，而 1999 通報的方式是以電話方式進行，只有單存的文字描述，缺乏較多的災情資訊。

結論

本文提出社群網路災情綜整流程，並以社群網路來源及趨勢分析提供整個社群網路的聲量分佈，也呈現出台灣網路族群的使用分布情況。另外，針對災情時空綜整上，以 2016 年 2 月 6 日高雄地震為案例，提供空間及時序的災情資訊，從地理空間的分佈上，可以看出災害造成傷害的範圍，而災害時序綜整上，顯示出社群網路災情出現時間較快，



圖 8 0206 震災災情時序



圖 9 社群災情及 1999 災情時序比對

相較於 1999 通報的方式也提供較多的災情資訊。社群網路災情綜整流程的成果對於災害防救應用上有一定的價值，也提供應變期間災情綜整的新來源。

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. 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.
3. 台灣寬頻網路使用調查，available at: <http://technews.tw/2014/08/20/twnic-online-behavior-survay-more-mobile-sulfig/>
4. EMC. The Digital Universe of Opportunities. Available at: <https://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-digital-universe-2014.pdf>
5. Andreas, M. Kaplan, Michael Haenlein. (2010) Users of the World, Unite! The Challenges and Opportunities of Social Media. Vol. 53, No. 1, January-February 2010, pp. 59-68.
6. Pantti, M., Wahl-Jorgensen, K. and Cottle, S. (2012) Disasters and the Media. Peter Lang, New York, p. 248.
7. 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。
8. Andreas M. Kaplan, Michael Haenlein. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. Vol. 53, No. 1, January-February, pp. 59-68.
9. Dittrich, A., & Lucas, C. (2013). A step towards real-time analysis of major disaster events based on tweets. Proceedings of ISCRAM, 13.
10. Choi, S., & Bae, B. (2015). The Real-Time Monitoring System of Social Big Data for Disaster Management. In Computer Science and its Applications (pp. 809-815). Springer Berlin Heidelberg.
11. Opview 社群口碑資料庫，available at: <http://www.opview.com.tw/socialDB.html>
12. Zheng Xiang, Ulrike Gretzel. (2010) Role of Social Media in Online Travel Information Search. Vol. 31, No. 2, April, pp. 179-188.
13. 交通部中央氣象局。地震活動彙整、available at: http://www.cwb.gov.tw/V7/earthquake/rtd_eq.htm 

超大坑室中間柱 隧道設計再創新

曾文水庫努力再現水庫風華



 經濟部水利署南區水資源局 廣告

以使用者為中心探討 颱風災害情境模式的應用 — 以災害情資服務平台為例

蘇文瑞／國家災害防救科技中心副研究員

楊鈞宏／國立清華大學工業工程與工程管理學系博士候選人

黃俊宏／國家災害防救科技中心助理研究員

唐修國／國家災害防救科技中心佐理研究員

國家災害防救科技中心於 2010 年運用網路地理資訊技術開發了「災害應變決策輔助系統」。過去災害應變決策輔助系統主要功能在於提供指揮官及地方防災人員在災害應變期間情資研判使用，而情資研判如同中央災害應變中心的大腦，帶領應變中心掌握防災重點方向，輔助指揮官提升決策效益為依據的作業。情資研判過去主要是以指揮官為服務對象、以輔助決策為中心的資源驅動災害研判機制，即限制了一般大眾透過系統檢索利用資訊的效益，又束縛了整體的效能和發展。現代資訊技術和網路的發展為災害資訊服務提供了巨大的機遇和挑戰，因此國家防救科技中心在 2014 年建構了「災害情資服務平台」，讓民眾認識和掌握災情資訊提出了新的視野。

為了提供一班民眾及地方防災人員災害情資的服務，在設計前、後將使用者角度進行深入思考與探討，以符合使用者為中心的設計（User Centered-Design, UCD）思維，更為了讓一般大眾及防災人員能夠快速地掌握災情資訊，以及配合大眾使用資訊及通訊系統的習慣，在系統設計面考量使用者為中心的思考，導入美國聯邦緊急事務管理署（FEMA）所訂出的決策模型深入了解使用者的能力與限制、洞察使用者的需求，結合決策思考的模型及災害應變作業三階段流程：(1) 啟動階段、(2) 整備階段以及 (3) 應變、復原階段，開發颱風災害應變模式。而在分析的部分則引用一直被廣泛用於快速測試產品系統介面的 System Usability Scale (SUS) 系統使用性量表作為平台使用性測試的依據。本文將從災害情資服務平台開發的分析著手，探討建立新的資訊服務機制的思路和方向。

前言

臺灣每年夏秋之際，常面臨颱風及豪大雨挾帶豐沛雨量，加上地球暖化所造成的極端氣候現象，為了加強災害應變的減災、應變、復原等災害防救能力，國家災害防救科技中心（以下簡稱本中心）從 2010 年起著手開發了「災害應變決策輔助系統」，提供災害應變期間中央災害應變中心防災人員情資研判使用（如

圖 1），此系統不僅於應變作業中輔助情資研判作業，包含颱風、地震及氣爆等應變應用超過 34 場情資研判及應變演練會議，迄今已近 5 年皆獲得良好之成效（蘇等人^[1]）。為了能強化災害防救之觀念，使一般民眾也可以具備相關知識如何做好災害整備、預警、應變、避災，有效保護人民生命財產安全，符合民眾需

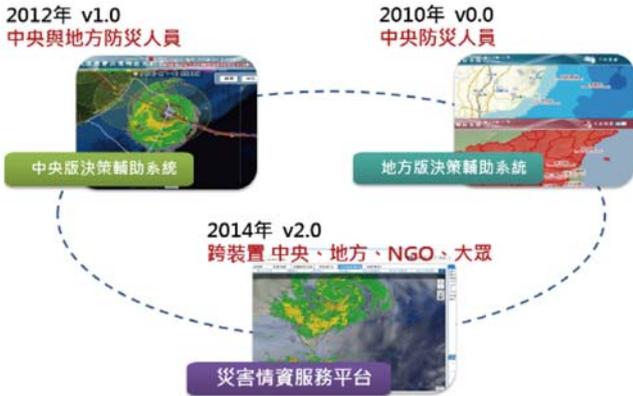


圖 1 災害應變情資服務發展歷程

求且可行的災害情資平台的建立，就顯得格外重要了（蘇等人^[2]）。有鑑於此，本中心為了配合民眾使用資訊及通訊系統的習慣，從 2014 年開始，著手開發災害情資平台透過災情查詢及救災資源之整合，讓使用者可以透過網頁的方式快速預覽即時災情資訊。災害情資平台最初的功能是作為各種災害類型的提供，期望透過網路提高應變人員對於災害初期資訊的研判，運用網際網路的特性提供「無地域與無時差」的特性，結合豐富的災情資訊與相關單位的挹注，創造一種新型態提供情資的方式。隨著網際網路與電子商務的競爭加劇，導致以使用者為中心的思考變成決定災害平台成功與否的關鍵因素（Loiacono^[3]）。而平台成立至今，總瀏覽人次已將近萬人，颱風期間單日更可達數千人次，服務人次成長之趨勢可表示民眾及地方應變人員在颱風豪雨期間對於掌握災情和警戒資訊有高度的需求。

決策模型結合應變情境

決策模式導入

災害應變決策輔助系統從 2010 年開發使用至今，由於相關技術日新月異，檢討災情資料工具如何運用，其根本問題還是在決策模型與資訊架構的理解（科技產業資訊室^[4]）。目前有關於災害決策相關文獻，大部分皆在討論有關地震的決策模式如 Hassanzadeh 等人在 2013 年提出 Karmania hazard model 透過災害相關單位提出的災害資訊以地震風險評估，損失評估，建置災害模型；CAPRA 模型則由減災和災後復原為基礎的地震災害模型（GEM^[5]；GFDRR^[6]）；OK-FIRST

（Morris *et al.*^[7]）模組則是改編自 Lusk 等人的認知模式。將認知模式導入極端氣候的應變模式，提升決策過程的可視化；而 Federal Emergency Management Agency（FEMA）提出的 Emergency Response Decision Making Model 則是專門開發以滿足當地應變機構災後管理的實際需求。但是不同的應變作業將導致不同的系統功能配置及決策模式。因此如何將適用的決策模式結合台灣的災害應變作業則為目前研究的重要課題。

本研究沿用 FEMA 將災害情資平台導入美國聯邦緊急事務管理署所訂出用於防災應用的決策模型（如圖 2），目的在於協助中央與地方災害應變中心建立「網頁式的決策輔助系統」，透過彙整各單位即時資訊並以空間化地圖呈現，提升災害應變時決策者情資研判的能力。根據 FEMA 的基本模型的五個步驟是：(1) 確定問題，(2) 列出解決方案清單，(3) 選擇替代方案，(4) 實現解決方案和，(5) 評估解決方案。以下則分別闡述 5 個步驟的說明：

確定問題（Determine The Problem）

應變管理的決策是指災害發生後，應變單位根據當前應變情勢識別應變的任務目標，制訂應變行動方案，並快速地組織相關部門，調動各類資源，有效開展應變處置工作。當發佈颱風警報時，政府即需掌握分析模擬預警及監測等相關資訊，以了解颱風侵襲可能造成之災害及目前各地之狀態。



圖 2 FEMA 災害決策模型

列出解決方案清單 (List Possible Solution)

為了瞭解致災過程的演進透過空間地理資訊圖針對颱風應變可能需要了解的資訊進行蒐整，將複合型的空間資訊及監測資料以圖資方式進行主題式合併，提供使用者快速檢視現有狀況，而不需逐一開啟每個圖層。

選擇替代方案 (Decide Best Solution)

除了整合現有災情通報資訊外，也納入即時回報及即時監控之技術，在天候狀況許可下進行災害規模監控。以上相關資訊需快速提供給應變相關人員，以進行後續之疏散避難及人員機具調度等工作。

實現解決方案 (Implement The solution)

針對災害應變資訊的需求，其背後需要之災害相關資料包含基本資料、歷史資料、模式資料即時監測資料、遙測影像資料及救災資源等資料，以上相關資料因政府本身權責分工分屬不同部會署，需要橫向的串連各部會署，讓決策者及相關應變人員能快速掌握相關資訊。

評估解決方案 (Re-Assess)

另外，為更迅速掌握災害發生之規模，CCTV 影像之運用已成為未來災害應變監測不可或缺之技術，雖然颱風期間監測運用易受天候影響而難以發揮即時性之功效，但因其可進行廣泛且安全的進行災區監控，對於災害規模評估及後續重建之規劃仍佔有重要的地位。

應變作業需求整合

前一小節則是透過 FEMA 災害決策模型，將完整性規則建置避免資料使用者漏失相關資訊的對應。而當氣象局發布颱風警報後，各級政府分別成立應變中心以因應可能發生的災情。情資研判之決策輔助系統的情資平台則是側重於整備預防及應變處置兩階段並以地理資訊系統進行整合，建立共通防救災資料交換平台，以提升災害應變效能。

「整備」期間根據氣象局提供的氣象資訊，進行全國各地區淹水與坡地災害分析（如圖 3），並把結果提供給作業單位參考，做為抽水機調度、防救災人員配置、救災物資調配等決策的依據。另外，在「應變處置」期間，透過空間資訊的轉換套疊淹水區域潛勢資料使防救災人員可以依各地區的實際狀況參考使用。

此階段系統的應用則是災害即時監測與災中應變。當颱風逐漸影響或登陸台灣後，災害即時監測就逐漸取代早期的災害潛勢分析。災害潛勢資訊主要提供災害發生前之減災整備參考，而災害即時監測的重點在於最新氣象、水情、交通等重要防災資訊的彙整分析，針對未來可能造成的災情進行研判，主動採取災中應變作為，以減低可能的生命財產損失。以下將進一步闡述災害應變期間系統的應用情況。

颱風應變作業支援為本中心主要任務，本系統在災害應變流程可應用的階段可統整為三個階段：(1) 啟動階段、(2) 整備階段以及 (3) 應變、復原階段（中央災害應變中心作業要點^[8]）。而各個階段決策輔助系統可以搭配的主要功能模組對應（如圖 4）。後續也會針對各階段進行情境應用的說明。

系統應用情境說明

當颱風或豪雨侵襲台灣時，災害情資平臺提供了動態資訊以及多種靜態潛勢資訊查詢，其中共包含了 12 個主題式地圖書籤，包含氣象資訊類的衛星雲圖、

應變階段	應變事務	救災應變需掌握之資訊	
海上颱風警報	颱風動態與災害預判	颱風動態及降雨分析 海上警戒區域 近期重大活動可能影響	歷史個案分析 災害區位及類型預判 近期重大工程點位資訊
	防災整備	各級應變中心開設狀況 收容物資場所整備	救災人力機具預劃 登山離島遊客流工廠疏散安置
	動態監測資訊蒐集	雨量、水情 各地停班停課情形	交通阻礙狀況 疏散撤離人數與收容所開設情形
陸上颱風警報	預警作為	災害規模預判 預警訊息發佈	預防性疏散避難
	緊急災害應變作為	調節性洩洪，低窪地疏散，封橋	異地收容的整備
	災情綜整	坡地災害 交通中斷 關鍵基礎設施 建物損失	淹水災害 人員傷亡 農業損失
搶險救災	救災資源調度 民間救災物資與志工調度狀態	緊急疏散與安置	

圖 3 颱風應變時期需掌握資訊綜整 (蘇等人^[11])



圖 4 颱風應變時期需掌握資訊綜整

颱風觀測、示警資訊、豪大雨特報、累積雨量觀測、即時及預報淹水警戒、即時交通資訊、停班停課資訊等。各種情資都搭配圖文說明方式呈現，其中大部分的主題書籤都能搭配地方定位功能，讓使用者能更容易獲取在地資訊。

整備預防階段

當颱風警報發布的當下，各部會機關以及各地方政府應變人員，都有災害應變初期颱風情資掌握之需求。災害應變決策輔助系統在此階段主要能提供以颱風事件以及各國颱風路徑、歷史颱風資料庫等相關資訊做為情資研判參考。

颱風路徑預報資訊

當颱風警報發布的當下，各部會機關以及各地方政府應變人員，都有災害應變初期颱風情資掌握之需求。災害應變決策輔助系統在此階段主要能提供以颱風事件比對模版以及各國颱風路徑、歷史颱風資料庫等相關資訊做為情資研判參考。



圖 5 各國颱風路徑觀測

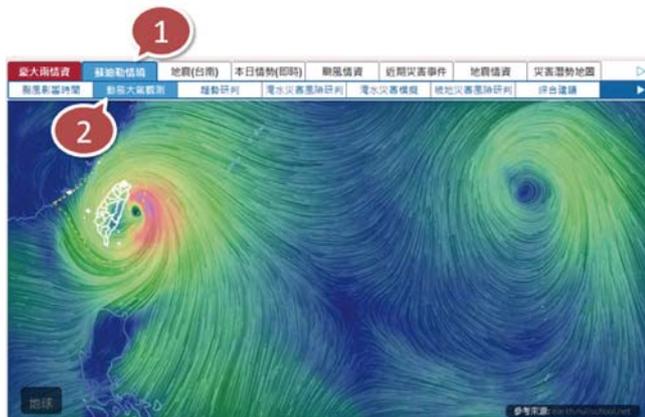


圖 6 颱風動態大氣圖

趨勢研判

颱風之動向仍有不確定性，情資研判組、氣象局及科技中心，持續監控颱風動向與後續發展，並隨時提供即時且正確之情資研判資料，供各相關機關及地方政府應變參考。



圖 7 氣象災害風險趨勢研判

示警燈號

颱風已逐漸影響台灣，尤其直接直撲宜蘭縣而來，透過衛星雲圖及雷達回波圖發現部分地區已開始降雨，為掌握地區發佈警戒狀況，可透過情資服務平台示警燈號頁籤進行了解掌握可能災害區域之監測、災情資訊。

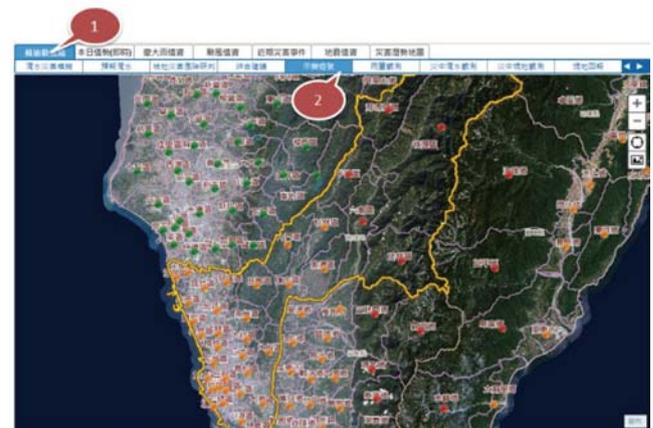


圖 8 動態大氣颱風觀測

淹水災害風險研判

淹水潛勢地圖主要是提供水利署分析的日降雨量大於 300 毫米以上的可能淹水區域，並搭配社會經濟資料（身心障礙機構、老人福利機構、社會收容所）與重點監控路段橋梁等。掌握可能淹水區域之整備狀態及救災資源整備。



圖 9 淹水災害潛勢

坡地災害風險研判

坡地災害風險研判地圖。則預防可能坡地災害區域之整備、救災資源整備。極端降雨事件發生頻率的增加趨勢已日益顯著，勢必將嚴重影響臺灣地區未來坡地災害發生之潛勢（陳^[9]）。由於地理位置、地形及降雨等因素的不同，其受氣候變遷之影響亦不盡相同。透過建置坡地災害發生潛勢影響評估模式，保全對象與災情資料的蒐集，結合未來情境的資料，進行未來坡地災害發生潛勢的影響評估之參考。

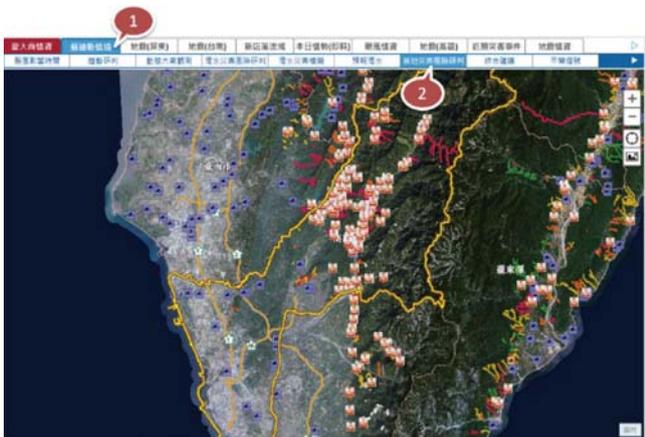


圖 10 坡地災害潛勢

應變處置階段

為了讓應變相關人員能快速掌握災害情資，防災人員可以在有網路狀態下，快速掌握各項情資研判分析資訊，以快速進行後續防救災工作。使用者可透過其隨身行動平板裝置進入本系統掌握災害防救情資，讓本系統更能發揮「共同防災地圖」之功效。

災中淹水觀測

各地出現大量降雨，為了解未來 6 小時及 12 小時的降雨是否會對高雄地區造成淹水之風險，情資平台提供預測淹水之訊息，讓防災人員及淹水救援單位方可知悉淹水情形，致使在救災工作上不會錯失最佳救援時機。



圖 11 災中淹水觀測

災中現地觀測

應變階段經通報已有災情傳出，現地回報頁籤可以讓防災人員透過現場情況即時回報來修正資訊判斷的誤差。



圖 12 災中現地觀測

災中現地回報

應變過程中主要針對現場情況資訊進行現地拍照、回報。災害情資平台則提供整合服務讓防災人員透過現場情況即時回報來修正資訊判斷的誤差。掌握可能災害區域之監測。



圖 13 災中現地回報

透過整體災害應變流程情境以及對應功能模組應用情境說明，可瞭解災害情資平台已可以在應變期間各個階段，扮演重要的輔助功能。未來亦會加強情境化使用者溝通，讓系統更能符合使用效益與發揮系統效用。

$$SUS = 2.5 \times \left[\sum_{n=1}^5 (U_{2n-1} - 1) + (5 - U_{2n}) \right]$$

系統績效評估

系統滿意度調查主要用於分析及評估使用者對於系統的滿意程度，讓分析結果具有相當的服務品質，並且提高評估及驗證服務時的嚴謹度。

SUS 系統使用性分析

系統滿意度調查主要用於分析及評估使用者對於系統的滿意程度，採用 1986 由一個叫 John Brooke 提出的 System Usability Scale (SUS) 系統使用性尺度量表來衡量使用者對於系統整體使用性看法，評量表共分為 10 題，本調查採用李克特五點尺度量表形式之問卷，1 分代表非常不同意、5 分代表非常同意，每個問項經 SUS 系統使用性尺度量表做設定，並採正反面交叉詢問方式，單數題（第 1、3、5、7、9 題）為正向題，雙數題（第 2、4、6、8、10 題）為反向題。將各題所得之原始分數加權調整之後，可計算出 0 至 100 的 SUS 分數，分數越高代表受測者對系統的使用性評價越高。

參與者

在各縣市府進行教育訓練中施測 SUS 系統使用性分析問卷，調查對象為 2015 年 1 月 29 日至 6 月 17 日，分別在臺南、高雄、桃園、臺北、屏東、南投之

消防局辦理「地方版應變決策支援系統」教育推廣之課程時，於課程結束後發放問卷進行調查總計共 336 份有效問卷。結果如下（詳見表 1）：

表 1 受訪者基本資料

工作單位	人數	百分比
縣(市)府層級	237	70.5%
鄉鎮區層級	84	25.0%
協力單位	12	3.6%
國小附幼	2	0.6%

SUS 系統使用性評測結果

將本調查所發放之 336 份問卷答案做計算與加總平均後，可得出本系統之 SUS 使用性評估分數為 68.7 分，系統使用性尺度量表 (System Usability Scale SUS) 得分高於 Bangor 等人所提出之 62 分等級，因此顯示本系統對使用者來說為良好 (Good) 的系統。

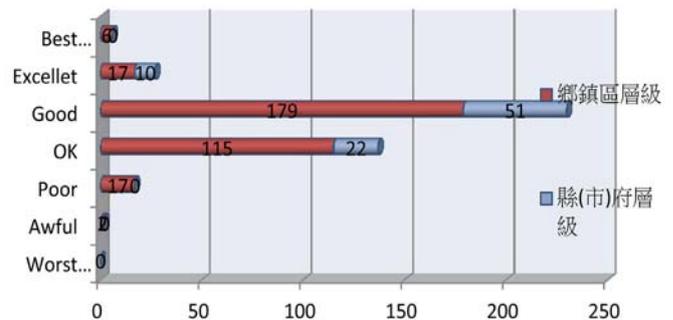


圖 14 SUS 分數轉換表

結論

本中心所開發的災害情資服務平台，已從第一版之資訊整合功能提昇至第二版之跨中央與地方應用及跨裝置使用雲端化系統於今年度完成災害情資平台建置並上線服務，期間提供全台各縣市全年無休之應變服務，過程中已服務超過 14,000 人次，提供在地化之情資快速綜覽，協助防災人員掌握各地現況。未來將研發更符合防災人員應用之資訊；雖然目前災害情資服務平台也進一步化繁雜之防災資訊為簡要之重點資訊，為災害情境千變萬化，因此平台將持續導入各項科技於災害情資服務平台的研發，讓相關資訊更符合各級防災人員及大眾之需求。

參考文獻

- 蘇文瑞、徐百輝、吳上煜、黃俊宏、葉家承、周恆毅、周學政 (2010)，空間資訊科技於災害防救之應用，前瞻科技與管理，2010/11/01, pp. 29-46。
- 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，2015/06/01, pp. 44-42。
- Loiacono E. T., iRandomizing survey question order vs. grouping questions by construct: an empirical test of the impact on apparent reliabilities and links to related constructs. Proceedings of the thirty-fifth Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS35), January, 2002.
- 國家災害防救科技中心 (2013)，「災害情資模組延續開發與輔助系統維運」成果報告。
- GEM, 2011 <<http://www.globalquakemodel.org/>> .Last accessed 17.11.11.
- GFDRR, 2011. GFDRR Case Study: Central American Probabilistic Risk Assessment (CAPRA). World Bank. Last accessed 17.11.11at <http://gfdrr.org/docs/Snapshot_CAPRA.pdf>
- Morris, D. A., 2001: The design and implementation of a Web-based decision-support system for public-safety agencies. Preprints, 14th Int. Conf. on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanograp.
- 中央災害應變中心 (2009)，莫拉克颱風災害應變處置報告，行政院災害防救委員會。
- 陳振宇 (2013)，土石流潛勢地區地方政府及民眾之疏散決策因子，中華水土保持學報，44(2): 165-178。
- L. AUMGARTE, J. BASS, BRENDA PHILIPS, KEVIN KLOESEL, and Y.-R. Wue, (2008), "Emergency Management Decision Making during Severe Weather", WEATHER AND FORECASTING, Las Vegas, USA, 30 May30.
- Brooke, J. (1986). Sus: A quick and dirty usability scale. In P.W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClland (Eds.), Usability evaluation in industry, 189-194.
- 蘇文瑞、黃俊宏、吳上煜、周恆毅、郭政君、徐百輝、周學政 (2011)，應用災害防救資訊服務平台於防災應變，自動化科技學會會刊，2011(6), pp. 4-1-4-11。
- FEMA, 2003a. HAZUS@MH MR4 Earthquake Model User Manual. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C. Available at <www.fema.gov/library/viewRecord.do?id=3732> (accessed July 2012).
- 科技產業資訊室「巨量資料分析與精準情報決策」，民國 101 年 11 月 22 日，取自：http://cdnet.stpi.org.tw/techroom/analysis/2013/pat_13_A002.htm



MWH
美華集團

now
part of



Stantec

全球頂尖的全方位綜合服務企業

專注於服務全球「涉水基礎建設」(Wet Infrastructure) 的大型技術與管理顧問集團。我們提供客戶綜合性解決方案，包括策略規劃、可行性研究、規劃、設計、工程管理、工程建設、操作與營運管理、資產管理、災後重建、風險管理、財務與法務、稽查與評估等服務，業務範圍涵蓋水、污(廢)水、水資源、環境、生態、土壤與地下水、工業、水力、石油與天然氣、礦業、港灣、交通等專業領域

- 上下水道系統規劃設計
- 管線檢視修繕
- 污、廢水處理工程
- 漏水控制與用水削減
- 工業用水與廢水處理
- 履約管理督導與專案管理
- 管線資產管理系統規劃
- 地面水體污染防治規劃
- 生態水質淨化工程
- 水資源管理與規劃
- 土壤及地下水污染
- 工業與有害廢棄物處理



Top International Design Firm
Wastewater Treatment
2015 Global Sourcebook,
Engineering News-Record



Top International Design Firm
Sewer & Solid Waste
2015 Global Sourcebook,
Engineering News-Record



Top Firms
Water
NCE Consultants File 2015
New Civil Engineer



Top International Contractor
Wastewater Treatment
2015 Global Sourcebook,
Engineering News-Record

美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 / 美華環境科技股份有限公司



避難收容 安全物資存量 評估與模式建置

陳素櫻／國家災害防救科技中心體系與社經組助理研究員

李欣輯／國家災害防救科技中心體系與社經組副研究員

2001年7月桃芝颱風所夾帶狂風豪雨，造成全臺高達214人死亡。兩個月後，雨量更豐沛的納莉颱風更造成北部首都更嚴重的淹水災情，唯死亡人數卻降為104人，之後更逐年陡降，甚至維持在個位數以下。其中主要的原因在於納莉颱風開啟了臺灣之中央災害應變中心的作業體系，因而有效的減少因颱風災害造成的人命傷亡，當中最大的關鍵就是預先疏散避難作業的執行。然而因應避難收容之物資需求，安全物資存量的災前預估就非常重要。本研究依據國家災害防救科技中心所發展之「臺灣颱風災損評估系統（簡稱TLAS）」，進行避難收容安全物資存量評估之研究。TLAS系統有七大損失評估模組，其中影響戶數評估模組可針對每場颱風事件來臨前之坡地及淹水警戒區，預先進行影響戶數的評估。在影響戶數評估模組下，本研究依據法規提出民生物資安全存量建議，並將民生物資安全存量之評估方法建置於TLAS系統。依據TLAS的自動計算流程，災防單位在災害範圍確定下，即可於災前或災中快速評估及調整民生物資的安全存量，提升防災業務單位關鍵物資準備之精度及效率。

前言

2005年美國卡崔娜颶風（Katrina）後，為了從災害經驗學習，美國政府提供各州政府改進方向，並使整備能力評估結果能回饋至整備能力建構歷程。美國緊急災難管理署（Federal Emergency Management Agency, FEMA）訂定「國家整備計畫指導原則」（The National Preparedness Guidelines），以風險評估為基礎，協助各州政府建構災害整備能力（莊等人^[1]）。此原則包含37項能力標的，各能力標的皆有定義、行動流程、連結能力（與其他核心能力之關聯性），以及整備工作任務，其中災害關鍵資源物流管理能力就是重點項目之一（Department of Homeland Security^[2]）。所謂災害關鍵資源物流管理能力，主要以提供突發事件所需關鍵資源為目的，在時間效益最大化和災

害損失最小化原則下，進行關鍵資源的合理分配，並適時適切地送至待援者手上。然而當災害關鍵資源物流管理能力不足時，會造成救災資源無法充分發揮效用的情況（供過於求或供不符求），因此關鍵物資安全存量的設計就非常重要。

安全存量設計係為因應突發性之天然災害引致之緊急應變的需求而設定，過去民生物資安全存量設計，僅提供三級儲存原則與食米、飲用水的供應原則，加以地區影響人口數係以地區人口統計報表或保全人口預估，故多會出現高估的情形。為進行合理的儲備，本研究透過模式計算較精確的可能影響人數，並提供颱風災害必需民生物資安全存量細部計算，讓防災單位可利用此方法擬定各項民生物資的安全存量。

研究方法

國內法規

回顧災害防救法、國軍協助災害防救辦法、社會救助法、全民防衛動員準備法、救災物資調節作業規定、因應天然災害緊急救濟物資儲存作業要點規範、各級地方政府訂定災害搶險搶修開口契約應行注意事項、中央對各級地方政府重大天然災害救災經費處理辦法，以及國軍支援災害防救各項作業經費分攤機制等 9 項法源依據，並依權責、協力義務、物資整備、取得，以及費用分攤進行分類，各項法源依據整理如表 1。

表 1 執行「災害關鍵資源物流管理」法源依據

項目	法源依據	重點說明
權責	<ul style="list-style-type: none"> 災害防救法：第 23 條第一項第 5、6 款；第 27 條第一項第 10 款 	<p>述明業務主管機關權責，唯於災時應變之工作項目與權責規範較不足。</p>
協力義務	<ul style="list-style-type: none"> 災害防救法第 34 條 	<p>說明哪些單位應支援主管機關完成此能力</p>
物資整備	<ul style="list-style-type: none"> 社會救助法第 27 條第二、六項 全民防衛動員準備法 救災物資調節作業規定 直轄市、縣（市）危險區域（村里、部落）因應天然災害緊急救濟物資儲存作業要點範例 	<p>平時災害關鍵物資的盤點與儲備機制，過去民生物資安全存量設計，未考量災害規模，僅區分為三級儲存原則與食米、飲用水的供應原則。</p>
取得	<ul style="list-style-type: none"> 災害防救法：第 31 條第一項第 4、5 款；第 32 條；第 49 條 各級地方政府訂定災害搶險搶修開口契約應行注意事項第 3 點 	<p>主管機關可透過哪些方法獲得災害關鍵資源，目前國內做法缺乏物流管理精神，僅單靠政府的力量，未於平時即納入民間企業的能量。</p>
費用分攤	<ul style="list-style-type: none"> 災害防救法：第 43 條；第 43 條之 1 中央對各級地方政府重大天然災害救災經費處理辦法第 5 條 國軍協助災害防救辦法第 16 條 國軍支援災害防救各項作業經費分攤機制 	<p>說明經費來源以及災害應變的經費分攤機制，目前無具體經費比例分攤機制，致地方政府在向中央政府爭取補助時，只能各憑本事。</p>

資料來源：本研究整理。

整體觀之，與民生物資儲備作業相關法令與規範中，「救災物資調節作業規定」為目前國內詳述民生物資儲備及調度較為詳細之行政命令，而「直轄市、縣（市）危險區域（村里、部落）因應天然災害緊急救濟物資儲存作業要點範例」，則提供地方政府具體擬定因應天然災害民生物資儲備調度之作業規範，唯民生物資安全存量設計，未考量災害規模，僅區分為三級

儲存原則與食米、飲用水的供應原則，不易突顯地區災害特性，無法切合地方需求。

安全存量計算方式

民生物資的儲備作業，透過平時儲備規劃（含：方式、種類，以及數量）至災時提用、調度，以及補充之一連串的循環，始得有效運轉。本研究為精確估算可能影響人口數，除參考保全人口外，並因應災害特性，透過模式計算，進行災害情境設定與危害度估計，進行合理的儲備，安全存量計算方法如下式：

$$\text{民生物資安全存量} = \text{每人安全存量天數} (\text{地區儲備等級}) \times \text{每人日消耗量} \times \text{預估可能影響人口數} \times \text{人口特性} \times \text{物資儲備比例分配}$$

依歷史災害經驗，擇定可能最大災害規模事件，以水災為例，運用 TLAS 系統，輸入該事件平均淹水深度，預估可能影響人口數，搭配土地使用型態（如：一般住宅、商家，以及工業廠區），可規劃不同時段之救援熱點（如：日間工業廠區、夜間一般住宅），再參考內政部研訂之「直轄市、縣（市）危險區域（村里、部落）因應天然災害緊急救濟物資儲存作業要點範例」建議，代入陳素櫻^[3]建議之民生物資安全存量公式，即可預估縣市因應水災所需的必需民生物資安全存量。

依地區特性，分別估算儲備量。儲備天數分別為山地村（里）、孤立地區 7 日；農村、偏遠地區 3 日；都會、半都會地區如前述 2 日。計算方式如下：

- 必要用水：建議飲用水每人每日 3 公升、生活用水每人每日 20 公升。
 - 飲用水（公升）：臨時收容人數 [過去災例實際收容比例 × 可能影響人數 (TLAS)] × 3 × 儲備天數 × 儲備比例分配¹；
 - 生活用水（公升）：臨時收容人數 × 20 × 儲備天數。
- 糧食：建議食米每人每日 0.4 公斤、食鹽每人每日 10 公克、食油每人每日 45 公克、嬰兒奶粉每人每日 150 公克。

1. 過去研究建議物資儲備比例分配為：家庭與社區佔總儲備量 1/3、地方政府佔 1/3、流通業者佔 1/3。

- (1) 食米 (公斤): 臨時收容人數 × 1 歲以上佔總人口比率 (依地區人口結構) × 儲備天數 × 0.4 × 儲備比例分配;
- (2) 食鹽 (公克): 臨時收容人數 × 1 歲以上佔總人口比率 × 儲備天數 × 10 × 儲備比例分配。
- (3) 食油 (公克): 臨時收容人數 × 1 歲以上佔總人口比率 × 儲備天數 × 45 × 儲備比例分配。
- (4) 嬰兒奶粉 (公克): 臨時收容人數 × 未滿 1 歲佔總人口比率 × 儲備天數 × 150 × 儲備比例分配。

除上述規定外, 泡麵、乾糧、罐頭食品, 以及麵粉等需酌量配置, 物資供應時程於震災發生後 3 日內以泡麵、乾糧, 以及罐頭食品為主; 3 日以上以熟食、便當為主。

3. 藥品

目前只算一般常備用藥, 建議各地衛生局掌握慢性病患的特殊藥品需求, 思考各地區藥品儲藏數量, 結合地理資訊系統, 掌握災區老年人或疾病患者人數, 進行有效配送。

4. 臨時廁所、盥洗設施

建議盥洗設施每座可供 18 人使用、臨時廁所每座可供 100 至 150 人使用。

- (1) 盥洗設施 (座): 臨時收容人數 ÷ 18。
- (2) 臨時廁所 (座): 臨時收容人數 ÷ (100 至 150), 其中為考慮殘障人士及行動不便者, 應設置無障礙型流動廁所, 若無則改採座式馬桶替代, 蹲式與座式便器的比例可採 4:1 或 5:1 設置。
- (3) 水肥車 (輛): (臨時廁所設置總數 × 每人每日排泄量 × 臨時廁所每座可供使用人數) ÷ 水肥車裝載量²。震災初期需每日抽取清理, 可隨時間適狀況調整抽取頻率, 但間隔時間不得超過 7 天, 以免蠅蛆或臭味產生。

5. 生活用品:

建議衛生紙每人每日 1 卷、女性生理用品每人每日 5 個、紙尿布每人每日 6 片、鍋子 1 鍋可供 4 人使用。

- (1) 衛生紙 (卷): 臨時收容人數 × 1 × 儲備比例分配。
- (2) 女性生理用品 (個): 臨時收容人數 × (10 以上未滿 50 歲人口數比例) × 女性比例 × 5 × 儲備比例分配。
- (3) 紙尿布 (片): 臨時收容人數 × 未滿 3 歲佔總人口比率 × 6 × 儲備比例分配 (幼兒用)、成人用適當配之。
- (4) 睡袋 (個): 臨時收容人數 × 儲備比例分配。
- (5) 鍋子 (個): 臨時收容人數 × 1 歲以上佔總人口比率 ÷ 4 × 儲備比例分配。
- (6) 奶瓶 (瓶): 臨時收容人數 × 1 歲以下佔總人口比率 × 儲備比例分配。

除上述規定外, 電池、手電筒、輕便雨衣、蚊香、衣物、毛巾、手提收音機、家用發電設備、柴油、垃圾袋、水桶、肥皂、牙刷、牙膏、蠟燭、打火機、燈泡等需酌量配置。

6. 垃圾量與垃圾桶: 建議垃圾量每人每日 200 公克、垃圾桶每 16 人共同一桶。

- (1) 垃圾量 (公克): 臨時收容人數 × 200。
- (2) 垃圾桶³ (個): 臨時收容人數 ÷ 16 × 儲備比例分配。

民生物資安全存量評估系統建置

TLAS Taiwan 建置的內容包括空間的彙整輸入與分析、損失計算模組、分析與展示三項功能 (李等人^[5])。空間的彙整輸入與分析功能包括彙整系統所要之地理圖資, 例如行政區圖、水系流域圖、地形圖、歷年災害圖、門牌資料及各類土地利用圖層等, 建立成可以隨時取用之應用圖資的資料庫。損失模組共分成七類, 包括影響戶數估算模組、土地流失模組、住宅損失模組、農林漁牧模組、工商服務損失模組、公用建物損失模組、交通及水利設施損失模組, 各項損失模組細項分類架構如圖 1 所示。其中本研究之民生物資安全存量評估模式, 即為影響戶數估算模組之子系統。

影響戶數估算模組是依據內政部之門牌點位資料 (99 年、100 年、101 年) 以家戶單位進行分析, 只要確定災害影響範圍 (淹水或坡災), 就可以利用最新的門牌點位精準計算出受淹的人數。接著本文再依據前

2. 市面上現有可見之流動廁所貯污槽容量約在 300-400 公升、每人每日排泄量約 1.5-2 公升、臨時廁所以 100-150 人/座比例設之、一般 3.5 噸水肥車抽滿一台量約 1.5 噸 (劉^[4])。

3. 加蓋垃圾桶 (容量約 50-100 公升)。



圖 1 TLAS 架構下之民生物資安全存量模組
資料來源：本研究繪製。

述安全存量計算式，將民生物資安全存量的各項分類建置成模組，系統會依據影響人數的結果，直接評估計算區域內所需物資總量，藉以提供政府單位進行災前物資整備工作。

案例分析

以 2012 年蘇拉颱風為例，將經濟部水利署水利規劃試驗所提供之淹水範圍調查結果代入 TLAS 系統，輸入該事件淹水範圍與淹水深度，經模式計算可能影響人數結果如下：住宅使用影響人數範圍介於 6,479 ~ 7,917 人、商業使用介於 338 ~ 416 人、工業使用介於 217 ~ 272 人，總計影響人口介於 7,034 ~ 8,605 人。

續參考內政部研訂之「直轄市、縣（市）危險區域（村里、部落）因應天然災害緊急救濟物資儲存作業要點範例」建議，依地區特性，分別估算儲備量。儲備天數分別為山地村（里）、孤立地區 7 日；農村、偏遠地區 3 日；都會、半都會地區 2 日。再者，代入本研究建議之民生物資安全存量公式，即可預估因應此事件所需的必需民生物資安全存量（請參考表 2）。

表 2 民生物資安全存量建議表

種類	細項	建議存量	計算公式	安全存量試算 ⁴
必要用水	飲用水	每人每日 3 公升	$3 \text{ (公升)} \times \text{臨時收容人數} \times \text{儲備天數} \times \text{儲備比例分配}$	25,790 公升 ⁵
	生活用水	每人每日 20 公升	$20 \text{ (公升)} \times \text{臨時收容人數}$	516,300 公升
糧食	食米	每人每日 0.4 公斤	$0.4 \text{ (公斤)} \times \text{臨時收容人數} \times 1 \text{ 歲以上人口 \%} \times \text{儲備天數} \times \text{儲備比例分配}$	3,394 公升
	食鹽	每人每日 10 公克	$10 \text{ (公克)} \times \text{臨時收容人數} \times 1 \text{ 歲以上人口 \%} \times \text{儲備天數} \times \text{儲備比例分配}$	84,860 公克
	食油	每人每日 45 公克	$45 \text{ (公克)} \times \text{臨時收容人數} \times 1 \text{ 歲以上人口 \%} \times \text{儲備天數} \times \text{儲備比例分配}$	381,801 公克
	嬰兒奶粉	每人每日 150 公克	$150 \text{ (公克)} \times \text{臨時收容人數} \times \text{未滿 1 歲人口 \%} \times \text{儲備天數} \times \text{儲備比例分配}$	18,069 公克
臨時廁所與盥洗設備	臨時廁所	每座供 100 至 150 人使用	$\text{臨時收容人數} \div (100 \text{ 至 } 150)$	58 ~ 87 座 ⁶
	盥洗設備	每座供 18 人使用	$\text{臨時收容人數} \div 18$	479 個
	水肥車	災後初期每日清理，後續可視狀況調整抽取頻率，但不得超過 7 天	$(\text{臨時廁所設置總數} \times \text{每人每日排泄量} \times \text{臨時廁所每座可供使用人數}) \div \text{水肥車裝載量}$	初期建議每日 8 ~ 12 車 ⁷
生活用品	衛生紙	每人每日 1 卷	$1 \text{ (卷)} \times \text{臨時收容人數} \times \text{儲備比例分配}$	8,605 卷
	女性生理用品	每人每日 5 個	$5 \text{ (個)} \times \text{臨時收容人數} \times 10 \sim 50 \text{ 歲人口 \%} \times \text{女性 \%} \times \text{儲備比例分配}$	11,347 個
	幼兒紙尿布	每人每日 6 片	$6 \text{ (個)} \times \text{臨時收容人數} \times \text{未滿 3 歲人口 \%} \times \text{儲備比例分配}$	1,136 片
	睡袋		$\text{臨時收容人數} \times \text{儲備比例分配}$	2,869 個
	鍋子	1 鍋可供 4 人使用	$\text{臨時收容人數} \div 4 \times 1 \text{ 歲以上人口 \%} \times \text{儲備比例分配}$	707 個
	奶瓶		$\text{臨時收容人數} \times \text{未滿 1 歲人口 \%} \times \text{儲備比例分配}$	41 個
垃圾桶	垃圾桶	每 16 人共同一桶	$\text{臨時收容人數} \div 16 \times \text{儲備比例分配}$	180 桶

資料來源：本研究整理。

4. 小數點後採無條件進入。
 5. $3 \times 1000 \times 2 \times 0.33 = 25,790$ (公升)。
 6. 以每座供應 100 人估計。
 7. 臨時廁所設置總數估計 10 個，每人每日排泄量以 2 公升估計，臨時廁所每座可供人數以 100 人估計，水肥車抽滿一台輛以 1.5 公噸估計。

結論

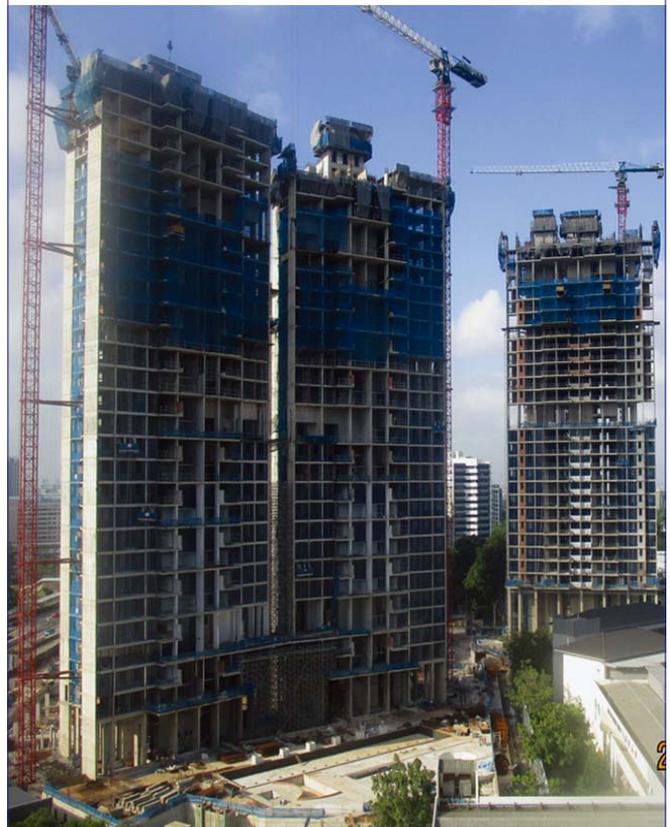
近年在極端氣候的威脅下，天然災害發生的頻率漸增，為了因應並減輕災害危害，疏散避難作業為每次防災的重點工作之一。然而依據災害防救法及相關作業規定，地方政府須提供膳食口糧之救助，並具體擬定因應天然災害民生物資儲備調度之作業規範。然而過去預估地區影響人口數係依各直轄市及縣市政府自訂之危險區域（村里、部落），配合地區之人口統計報表或保全人口預估，且估算標準僅依據天然災害緊急救濟物資儲存作業要點之地區儲備等級（地區之危險性）及糧食、民生用品供應原則，在無明確受災範圍及物資種類規範下，常有安全物資高估或低估的情形。

為進行合理的儲備，本研究依據實際災例、地區儲備等級、每人日消耗量、人口特性及物資儲備比例等，擬定合理的民生物資安全存量計算方法，包括：必要用水、糧食、臨時廁所與盥洗設備、生活用品、垃圾桶等五大類。同時，本研究配合 TLAS 的計算程序，將此評估方法建置於影響人數評估模組下，透過內政部歷年更新之門牌點位資訊，精準估算可能的影響戶數。使用者只要透過災害範圍的輸入，即可依行政區（縣市、鄉鎮、村里）產出合理的民生物資儲備數量。此系統的建置可於災前在特定災害情境與危害度設定下，預估可能的影響人數及所需物資之安全存量，減輕物資整備之人力及防災成本；再者，利用此評估系統快速計算的特性，災時因應災害範圍的變化，可隨時進行民生物資的調整及配置，提升災防單位於應變期間災害關鍵資源分配之效率，使各項關鍵資源發揮最大的效益，進而降低災害衝擊。

參考文獻

1. 莊明仁、陳素櫻、張歆儀（2012）。地方政府災害防救能力評估機制之探討。臺灣災害管理研討會，臺北。
2. Department of Homeland Security. (2007). Target Capabilities List. Retrieved from <http://www.fema.gov/pdf/government/training/tcl.pdf>.
3. 陳素櫻（2014）。颱風與地震災害之民生物資安全存量設計。2014 臺灣災害管理學會年會暨研討會，臺灣臺北。
4. 劉瑞祥（2000）。地震災區糞便排泄物緊急應變系統研究（未出版之碩士論文）。國立台北科技大學，臺北市。
5. 李欣輯、陳怡臻、郭玫君（2013）。臺灣颱風洪災損評估系統之建置與應用。農工學報，第五十九卷，第四期，第 42-55 頁。

達欣工程(股)公司-海外建案
新加坡 TRILINQ-御品居將於2017年底竣工



中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

電話：(02) 2392-6325

傳真：(02) 2396-4260

e-mail: service@ciche.org.tw

一個凝聚產官學土木專業知識的團體
一個土木人務必加入的專業學術團體
一個國際土木組織最認同的代表團體
一個最具歷史且正轉型蛻變中的團體

歡迎加入學會



<http://www.ciche.org.tw>

請上網下載入會申請表

「仙台減災綱領」相對於科技發展之 檢視與建議

陳可慧／國家災害防救科技中心專案助理研究員

李燕玲／國家災害防救科技中心佐理研究員

張芝苓／國家災害防救科技中心助理研究員

李維森／國家災害防救科技中心研究員

陳宏宇／國家災害防救科技中心主任

2016年1月27至29日，來自世界各國超過700位科學家、政策制定者、實務工作者、災害風險管理人員和商界代表聚集於瑞士日內瓦，為2015年通過的「2015～2030仙台減災綱領」(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction)，共同商討逐步推動之實踐方案。「聯合國減災策略組織科學技術會議 (UNISDR Science and Technology Conference)」以科技應用於減災為主題，旨在啟動全球「科學技術合作夥伴關係」，討論並確認推動仙台綱領之科學技術實施路徑圖，並配合仙台減災綱領中的4項優先行動，藉由應用科學技術的行動、方法和預期成果，輔以監測實施情況並檢視防救災需求。此次會議將進一步推動減災的相關科技發展，希冀為決策者和社會大眾提供更好的科技服務。

此次會議強調投入減災為永續發展投資之重要性，並聚焦由科學研究轉化為政策制定，以及當地社區和民眾在減災方面參與的必要性。會議中亦促成新科技合作組織的成立，以匯集防減災相關組織和機構的力量，並組成年輕科學家研究減災風險之平台，以支持防減災領域的跨世代參與。

前言

2015年全球災害造成22,773人死亡、665億美元的經濟損失，有9,860萬人受到災害的影響。其中346件災害紀錄中，又以152件發生在亞洲地區，2015年亞洲地區因災害死亡人數相較於2005～2014年更增加了16%（如圖1）(UNISDR^[1])。即使災害管理的投入已減少部分災害可能發生的損失，然氣候的變化、全球供應鏈的擴張仍持續加重災害所帶來之威脅。如何強化科學技術、並應用於減災、整備及應變，亦是當前世界各國積極發展及協調的重要防災工作。

「聯合國減災策略組織科學技術會議 (UNISDR Science and Technology Conference)」2016年1月27至29日在瑞士日內瓦召開，這是自2015年聯合國第3屆世界減災大會後，第一個召集世界各國共同討論防減災工作的國際科學會議，共同商討如何為實施「仙台減災綱領 (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction)」提供最強有力的科學技術支持，並謀求重要的科技合作夥伴關係。

聯合國祕書處減災特別代表 Robert Glasser 於開幕致詞時指出：「災害加重了貧窮，並直接影響每年超過

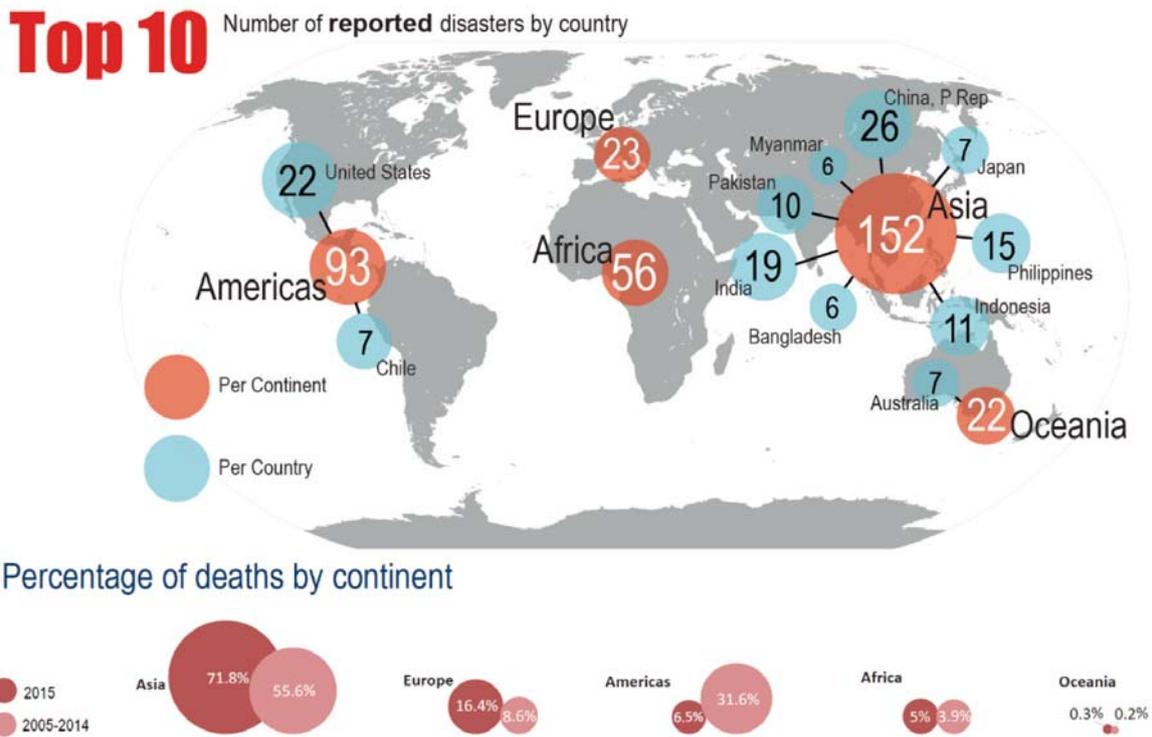


圖 1 2015 年世界各國災害事件及各洲死亡人數百分比

資料來源：UNISDR^[1] 2015 disasters in numbers.

100 萬人的生命。這次的會議使我們能匯集更多的知識，以減少生命和經濟不必要的損失。對未發展國家而言，災害可能無法影響全球很大的經濟損失，但這樣的努力對於長期永續發展卻具有特別重要的意義。科技的應用對於降低逐年攀升的災害損失非常重要，特別有些地方因生態系統的破壞而加深潛在的紛爭與衝突。」

Glasser 並強調：「過去 10 年，每年平均災難死亡人數來到 7 萬 6 千人，173 萬人飽受洪水、暴風雨、乾旱、地震等災害。同時，去（2015）年全球各大旱災紀錄中，影響人數增加了一倍、超過 35 萬人。提升農業工作的預報和抗旱發展可以減少種族對抗及減緩農牧民的緊張局勢。聖嬰現象（El Niño phenomenon）對作物生產造成破壞性影響，世界上許多地方正發生荒漠化蔓延和糧食安全等問題。」（UN News Centre^[2,3]）

此次會議作為 2016 年的第一次重大國際減災活動，目的是確定科技與知識的需求及落差，匯集世界超過 700 位科學家、政策制定者、實務工作者、災害風險管理人員和商界代表一起討論，會議最重要的是使得科學能夠獲得應用的新途徑。

聯合國重要減災工作及 2015 ~ 2030 仙台減災綱領

聯合國為協助各國與國際間對災害的緊急應變事務，於 1999 年成立聯合國國際減災策略組織（United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 後簡稱 UNISDR），旨在作為聯合國減災系統協調的聯絡點，確保在社會經濟和人道主義領域，聯合國系統和區域組織減災活動之協調合作。聯合國國際減災策略組織的運作是透過國家、地方政府、政府間組織和社會，包括私部門等多元利益關係者，以及全球合作夥伴網絡等的協調關係（UNISDR^[4]）。

聯合國自 1989 年第 44 屆大會起開始推動、確立國際防減災工作之重要性，包括 1990 ~ 2000 國際減災十年宣言（The International Decade for Natural Disaster Reduction, IDNDR）、1994 橫濱戰略與行動計畫、2005 ~ 2015 兵庫行動綱領（Hyogo Framework for Action, HFA），和 2015 ~ 2030 仙台減災綱領（Sendai Framework for Disaster Risk Reduction）。20 多年以來，從開始提倡提升國家的防災能力與措施，一直到強調

社區層級的減災計畫、提昇大眾防災意識、與地方非政府組織建立支援網絡、提昇社區參與和婦女賦能，以及對災害弱勢族群的強化和關注，皆是希望世界各國能同時由上重視、並由下而上地關心災害問題，共同致力、投資於防減災工作，以確保災害時生命與社會安全、降低全球供應鏈之經濟損失。

2015 ~ 2030 仙台減災綱領 (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 ~ 2030, 後簡稱仙台綱領) 是 2005 ~ 2015 兵庫行動綱領的接續，旨在加強國家和社區的災害韌性。仙台綱領於 2015 年 3 月 18 日日本仙台第 3 屆世界減災大會 (the Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction) 通過，是 2012 年 3 月利益關係者會議，以及 2014 年 7 月至 2015 年 3 月政府間談判磋商的結果，並獲得聯合國國際減災策略組織 (UNISDR) 的支持和聯合國大會之要求。國際減災策略組織負責綱領之實施、後續行動及審查。

仙台綱領的目的是透過整合及包含經濟性、結構性、法律性、社會性、健康性、文化性、教育性、環境性、科技性、政治性、組織性措施的實行來防止並減少風險暴露及災害的不安全性，增加整備、應變和復原能力，以達到防止新災害及減少現有災害風險之目標。仙台綱領的規劃係考量跨部門的全災害風險管理，與先前兵庫行動綱領的主要不同之處，在於從管理災害移轉到管理風險，這項改變需要對不同範圍的風險有更深的認識，因此「科技」在提供佐證及知識上將扮演重要的角色 (UNISDR^[5])。

仙台綱領以兵庫行動綱領為基礎，包含 4 項優先行動、7 個目標、13 項原則以及對國際、區域、國家及在地利害關係人之建議行動，希望在未來 15 年內達成以下成果：實質減少個人、企業、社區至國家的災害風險及損失，特別在於生命、生計和健康以及經濟、物質、社會、文化和環境資產等項目。4 項優先行動包括 (國家災害防救科技中心^[6])：

1. 明瞭災害風險；
2. 利用強化災害風險治理來管理災害風險；
3. 投資減災工作以改進耐災能力；
4. 增強防災整備以強化應變工作，並在重建過程中達成「更耐災的重建」(Build Back Better)。

2016 聯合國減災策略組織科學技術會議

會議主要結論

「聯合國減災策略組織科學技術會議」旨在匯集所有科技界、政策制定者、實務工作者和研究人員，討論如何以科學技術有效支持 2015 ~ 2030 仙台減災綱領之落實。並啟動「UNISDR 科學技術合作夥伴關係」，應用科學技術實施仙台綱領，定義相關行動、方法和預期成果。全球與會者表達自願性的承諾，基於仙台綱領，達成對科學技術的期待。並同意推動 UNISDR 「科學技術路徑圖」，協助落實會議產出，並做為「科學技術合作夥伴」及其諮詢小組工作之基本原則與優先順序。

由 3 天會議及 4 個分組討論內容之建議，總結此會議 10 項重要議題及相關討論如下 (UNISDR^[7])：

減災的科學範圍

會議中以更廣的災害風險範圍來檢視仙台綱領，包含：災害規模大小、發生頻率、突發或緩慢發生。相關災害可能源自於自然或人為災害，同時也包含與環境相關、科技性及生物性災害。會議重申需要更多整合與推廣，以整體性檢視與災害相關之科學。來自科學技術界的支持應包括：原始研究和調查、災害評估、風險分析，包括複合型災害；應用工具和各項標準的發展及驗證；新技術的設計和使用；教育和溝通。與會者強調下列事項的重要性：應用定性和定量方法，利用在地與傳統知識及科學。這些過程都需要決策者的參與。

促進科學技術於減災之機制

主要機制是一種「夥伴關係模式」，幫助不同領域、不同地區的科學家、實務工作者與決策者相互連結。強化在地民眾參與瞭解災害風險資訊與多重災害之早期預警系統。國家層級的減災協調機制，應有系統地強化「科學/政策」和「科學/實務者」之間的對話。且有必要建置或強化國家層級減災科學政策之會議 (平台)。區域性的科學技術網絡，將協助強化科學團體、支持政府進行基於科學的決策，並加強學術界、決策者及其他利害關係者之連結。強化跨領域之實例、參與性及包容性的相關原則。過程中大學與研究機構等研究人員及私部門的參與將是關鍵因素。年輕科學家、在地居民與終端使用者，需列為優先參與對象。

數據與資料管理

會議強調，需要多重災害風險、暴露度、脆弱性，災害損失和影響等更多「高品質」的數據。支持開放獲取開放資料的平台，以標準化方法收集數據和圖資，以及一個可通用操作的系統。此方面可再進一步提高私部門的投入以發揮效用。科學和技術需倡導由國家當局建立數據的所有權、維護和共享政策。與研究機構和專業人士進行資訊共享也至關重要。更有系統地收集和管理數據為工作重點，包括地方機構進行更好的協調和能力建構，以及對空間與非空間數據的收集，並強調正式國家系統需整合其他機構之數據收集（例如群眾外包、遙測和地理空間資料）。國家統計單位於減災資料收集之角色需要釐清與加強。對於提供極端事件與災害的官方統計數據和指標，需密切與人口、經濟和環境資訊的專門機構合作。仙台綱領、永續發展目標、氣候變遷巴黎協定等國際機構間所需的數據需有一致性。

減災研究

研究重點包括：瞭解風險，系統風險評估和分析；記錄和分析災害影響，以及減災措施的效果與評價；新興災害風險，如核能與技術災害。應用科學做有效的決策，包含能讓各國衡量相對基準的指標。此部分也需要容易傳達給決策者以利更加可靠的操作。為融合當地傳統知識與科學研究，需要與當地原住民和地方文史工作者、耆老等進行溝通對話。

瞭解需求

會議強調，因應政策制定者和實務工作者的知識需求，必須以即時和可及的方式傳遞科學佐證。這些佐證也應能觸及終端使用者。應用科學技術於減災時，須確保更多婦女參與減災的科學研究，強調女性在社會方面的重要性。需更加瞭解風險認知和行為，並鼓勵科學家提供風險資訊的方法，幫助人們接受風險並採取必要的行動。呼籲促進科學家與決策者在減災議題之連結。

技術與創新

技術創新需能可及、可應用以衡量減災風險。定期監測地球衛星數據和實地觀測數據，應用技術支援減災、暴露度和脆弱性。預警系統應由科技支援，以

人為本、低成本且包含多重災害。全國性的、強大的應急應變通信系統之需求應提升具規模性。

教育、能力建構與科學傳播

社區和正規、非正規教育系統科學的整合參與，需要強有力的夥伴關係，並不斷修正調整。技術創新之傳播、教育和能力建構為工作重點，包括使用社交媒體與學習技術，例如便於使用的網路互動平台、決策者對於利用現有技術（如衛星圖像）的培訓。溝通需要基於可信賴的、相關的多重災害風險評估、預警和潛在影響。需要學習資訊如何應用、反應，並適當修正。定義不確定性參數作為風險評估的一部分，訓練預警和通報流程，確保資訊最後的傳遞。此部分需要更多的研究，並以多種語言進行。

標準和標準制定

會議確認使用數據和標準時瞭解不同尺度的重要性（全球、國家、地方）。研究需注意標準的影響和價值，並記錄使用情況。與會者確立了標準化的即時差距，包括納入社會經濟脆弱性、風險評估、災損資料庫，以及技術和生物危害的關鍵指標。標準制定工作需要匯集更多機構的合作，包括技術和生物危害。

利用科學技術於減災風險的監管

發展科學技術於減災指標之貢獻，包括性別標記。會議確立盤點機制，評估數據和科學的當前狀態，以便瞭解執行差距與需要。新科學和研究方面的差距亦須進行定期檢視。採用多種災害監測和評估方法，包括跨界、生物和技術災害。重要的是，監控與評估仙台綱領和落實減災之成效，須與永續發展目標（SDGs）及氣候變遷巴黎協定之資料收集與監測系統連結。

融資與永續性

此次會議確定減災研究和創新資金列為最高優先等級。減災研究的創新資助計畫需更為彈性、可預測且長期投資。減災創新和研究的私部門資金挹注，可提供決策者、私人投資者和研究人員之間對話的機會。

科技路徑圖的預期成果與行動

協助仙台綱領落實之科學技術路徑圖（The Science and Technology Roadmap），在 4 個優先行動架構下包括

預期結果、行動與可做到的事項，科技群體可依據路徑圖規劃工作方向。

路徑圖中可見相對應的可執行的工作項目（包含負責事項、成果及時間表），這些計畫將基於 UNISDR

科技諮詢小組支持及夥伴建立上發展。

依據討論結果與共識，落實 2015 ~ 2030 仙台綱領之科技路徑圖，依據 4 項優先行動分別說明如表 1 至表 4（UNISDR^[5]）。

表 1 對應仙台綱領優先行動「明瞭災害風險」之科技路徑圖

仙台綱領優先行動 1：明瞭災害風險		
預期成果	行動	可執行的項目
1.1 評估並更新關於減災科學、當地及本土知識，以及專業技術可應用的最新狀態，以填補新知識的缺口	<ul style="list-style-type: none"> 針對現存災害建立全球資料庫，包括暴露度及脆弱性的資訊，建立災害風險變動的認知及知識，以有效傳播風險資訊，包含對公共健康災害等 針對國家風險評估及災害風險變化的監控，發展方法、模型及工具（包含空間性） 將災害資料、土地使用與社會經濟活動資訊建檔，並鼓勵社區參與災害資料收集 尋求災害風險管理解決方案之調查與研究，並增加全球、地區、國家及在地應用之研究 分析災前、災中、災後科學投入的規範，並提出每個人應用科技之挑戰 	<ul style="list-style-type: none"> 建立分享災害與統計資料之網絡 針對由地方到全球暴露性及脆弱性之已改善、開放與可取得的資料整合其標準 全球風險之定期報告 針對資料保存、紀錄、災損報告與分類的資料，發展方針與標準 支持國家災損資料庫之實施 發展國家、區域複合災害、風險評估、圖資與災害模組之方針 發展國家及區域於災害風險管理及能力評估之方針 災害風險管理能力之定期調查 減災內容傳播之分析與訓練
1.2 以即時且可及的方式整合、提供並傳遞科學佐證資料，以回應政策決策者和實務工作者所需之資訊	<ul style="list-style-type: none"> 推廣即時或近乎即時之管道來提供可靠資訊、訊息及通訊科技之使用 整合傳統與在地的減災知識與操作 推廣科學家、決策者、私部門與社區領袖間永續的夥伴關係 發展科技社群與災害風險管理組織間永續的夥伴關係 推廣科學著重於災害風險因素與情境，包含新興災害風險與公共健康威脅 發展利用策略建構減災政策之專業與人資 	<ul style="list-style-type: none"> 建立國家與區域的災害管理知識中心，建構知識中心連結的方法 利用已紀錄與傳播之在地和傳統知識，進行方案與個案研究 科技社群與災害風險管理組織之夥伴關係 進行減災知識佐證之研究 確認與支持國家統計組織之角色和責任
1.3 確保科學資料與資訊用於減災及重建過程之監控及檢視	<ul style="list-style-type: none"> 發展監管的系列指標，包含性別標記，以評估使用減災科技之過程 推廣標準和議定項目之使用，例如國家或區域等層級之認證 以多重災害策略來整合過去經驗，包含跨領域、生態及技術性災害 於減災科技夥伴關係中重視性別平等與融合 推動減災與後 2015 工作事項（尤其永續發展指標和氣候變遷）在資料收集和指標的一致性，以協助監管與評估，而不造成各國家重複回報之負擔 	<ul style="list-style-type: none"> 科技社群在減災所使用的指標與術語 災害與氣候風險資料考量性別因素 多重災害最佳實行方案的發展與傳遞 確認與提出女性角色在減災科技夥伴關係之挑戰 後 2015 工作事項（尤其永續發展指標和氣候變遷）發展能相互支援之減災監管與評估工具（指標與資料收集）
1.4 建構相關能力，以確保所有部門及國家得以瞭解並使用科學資訊，以利決策參考利用	<ul style="list-style-type: none"> 推動發展中國家之保險與社會安全網研究 推動整合及多元領域研究，以橋接社會與自然科學，並使用雙方質與量的資料 廣納使用早期科技研究的人 動員研究社群，以方法的定義來確保減災計畫之設計、執行和改善。執行的監控過程予以標準化 將風險評估納入跨部門之災害管理 推廣包容性、跨領域及跨世代參與之方法，減災之科學應用需廣納年輕科學家 	<ul style="list-style-type: none"> 提供災害風險管理技術建議之途徑（例如諮詢或知識中心等） 與社區和公民團體對話，以情境傳遞科學給決策者和一般民眾 建構啟動知識管理、創新與學習、研究與技術之能力發展方法 進行減災科技之訓練和能力建構 發展整合性及跨領域研究的方針，以橋接社會及自然災害，加強相關出版 在科技能力建構與訓練方面，建立易於使用之網路互動平台 設計並執行年輕科學家全球性之論壇（包含年輕科學家獎項或獎助金設立）

表 2 對應仙台綱領優先行動「利用強化災害風險治理來管理災害風險」之科技路徑圖

仙台綱領優先行動 2：利用強化災害風險治理來管理災害風險		
預期成果	行動	可執行的項目
2.1 支持各部門、各層級在政策制定與決策中，強化科學的參與和應用	<ul style="list-style-type: none"> 推動科學家與決策者之間的減災對話和網絡 增加科學認知並提升災害風險對社會影響的認識 推廣災害風險評估的計畫及發展，特別是土地使用定位（海岸地區、河流盆地與都市）、鄉村發展及生態系統管理 強化科學參與國家減災工作之合作或平台 	<ul style="list-style-type: none"> 針對災害風險管理，建立國家與區域多重災害知識中心 開創科學家與決策者之對話空間 檢視過去災害之跨部門平台 應用科學實施仙台綱領的最佳實行方案與個案研究 促進科技專業應用於區域與國家減災平台

表 3 對應仙台綱領優先領域「投資減災工作以改進耐災能力」之科技路徑圖

仙台綱領優先領域 3：利用強化災害風險治理來管理災害風險		
預期成果	行動	可執行的項目
3.1 提供科學佐證以促進投資及發展計畫之政策決策	<ul style="list-style-type: none"> 提供科技獎助金及資源，以促進風險認識，包括透過獎勵或與商業部門合作以強化知識與技術的移轉 根據經濟成長、安全與公眾福祉之評估，提出投入減災工作產生之影響 支持地質觀察及地理空間資料於風險與決策制定之創新 確認社會及人類科學在減災分析時扮演的角色 檢視指導方針、發現災害新挑戰及脆弱性之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 提供推廣合作的機會，募集學術、科學等研究機構，以及私部門網絡之基金和資源，以促進使用現有、或發展中的新產品與服務 發展並傳播社會及人類科學於減災角色之定期報告 建立包含成本效益的減災分析方案 分享預警系統、災害地圖與地理空間資料等資訊 投入減災項目之研究報告 在全球與區域的減災平台安排科學與決策者之對話

表 4 對應仙台綱領優先行動「增強防災整備以強化應變工作，並在重建過程中達成「更耐災的重建」之科技路徑圖

仙台綱領優先行動 4：增強防災整備以強化應變工作，並在重建過程中達成「更耐災的重建」		
預期成果	行動	可執行的項目
4.1 確認並回應相關政策及各層級決策者的科學資訊需求，以強化整備、應變及「更耐災」的重建，降低脆弱社區的損失與影響	<ul style="list-style-type: none"> 依據改善的氣候資料、大氣與空間資訊、緊急應變服務與終端使用者溝通，推廣多重災害預警系統 確認並提出未開發或小島國家之預警系統的需求 發展並分享新型威脅與風險之最佳方案（包含傳染性疾病）以加強整備計畫 發展並推廣突發事件計畫與關鍵基礎設施保護之資訊與方案，包括「更耐災」重建的方法 建構有效率的回復與重建策略，以減少災害並推動韌性發展 整合「更耐災」重建的保險政策 告知國家減災計畫及策略，聚焦在社區整備與防災意識，包括對女性、孩童、身殘人士與年老人的災時需求 推廣以科學依據做為安遷的決策過程 	<ul style="list-style-type: none"> 針對多重災害預警系統進行國際會議，以發展新思潮與新方法 以科學佐證過程傳達更有效的預警系統，以確保即時的預警資訊傳達至社區 落實並支持未開發國家及小島國家「氣候風險預警系統（CREWS）倡議」 舉辦減災與健康會議分享最佳實行方案與健康風險整備方法（包含傳染性疾病） 針對突發事件計畫、關鍵基礎設施保護及建構考量性別議題之「更耐災」的重建方法，進行論壇與研究 針對保險、「更耐災」的重建與其他社會保護進行特別論壇 簡化災後複合需求評估之方法 推廣社區整備、防災意識與安遷過程的研究與個案，包括對女性、孩童、身殘人士與年老人的災時需求

結論與建議

現今正值減災工作的關鍵時期。先前的「兵庫行動綱領」（HFA）成果僅實現防減災工作的一部分。在聯合國通過國際減少天然災害十年（IDNDR）宣言後

的 25 年、以及兵庫行動綱領實施 10 年之後，全球的災害風險並沒有大幅減少，災害仍持續削減永續發展所努力推動的成果。儘管災害管理的進步已經讓一些國家大幅減少傷亡人數，但每年的平均經濟損失仍達到 2,500 ~ 3,000 億美元（UN^[81]）。快速的都市化、全球

供應鏈與跨國貿易的迅速擴張持續增加民眾及經濟活動的災害風險。必須以更創新的科學技術、更切實的夥伴合作與更深化的民眾溝通及教育加以因應。

仙台綱領中有許多關於科技參與減災工作之面向，例如學術科學研究應著重於災害風險因素與情境，包括中期、長期之新興災害風險；增加區域、國家和地方性的應用研究；支持地方社區與地方政府的行動；透過現有網絡和不同層級、不同區域的研究機構之間協調動員，達到以科學佐證為基礎支持仙台綱領之落實，以最佳的空間資訊科技傳遞風險資訊，提供災害評估準則、災害風險模型與資料的使用、確認研究與科技實務之間的差距，並建議減災研究之優先領域、推廣並支持科技決策的可行與應用、以災後檢討作為提升學習和公共政策的機會。

以 2016 年日本熊本地震經驗，可見資訊科技協助災時救助、災後復原之應用，包括協助民眾瞭解即時避難資訊及親友安全情況；協助決策者掌握災情與資源，利於統整分配，做出更有效的決策（國家災害防救科技中心^[9]）。

仙台綱領後的下一步防減災工作階段，將著重科技的應用與整合，從此次聯合國會議的討論及路徑圖可見以下工作重點：

1. 需要以更廣的角度及範圍來檢視防災，並整合多元領域的減災研究。藉由科技來橋接並強化各領域間的夥伴關係合作。科學技術的應用亦需要重視、採納當地或部落的傳統知識與防災經驗，與科學技術共同整合於防減災相關決策。
2. 將科學技術與資訊轉化為知識，深化於地方、社區及民眾，需要更多的教育與溝通，並能考量女性、孩童、身殘人士與年老者的災時需求。科技於災前、災時、災後都需要更多的可及性，相關防減災系統之設計需以人為本，從決策者到民眾都能易於接觸並瞭解。
3. 國內及國際間倡導開放資料的共同使用，建立機構間的合作以發展一致性的數據資料。建立災害資料庫，確實紀錄災害歷程並建立分享機制，以充分向災害學習。

鑑於仙台綱領係以科技做為防災的基礎，除了科

技社群在第 3 屆聯合國世界減災會議上的承諾外，更需要穩固的合作關係，針對發展跨國際及區域合作需規劃更明確的方向與策略。在路徑圖中的共同目標與行動方面，落實增進國際及區域組織合作，並發展具一致性的減災措施。

我國投入防減災工作已近 20 年，在如此人口密集、災害頻繁複雜的島嶼從事防災，都是各部會、各研究單位、地方政府與人民的努力與受災經驗積累而成。尤其在災防科技部分業已呼應國際災防趨勢，發展我國特有整合平台與技術，致力推動智慧防災，強化災防資訊的彙整與應用，建立各政府之間的情資分享。建議未來應持續擴大民眾與網路社群參與，深化災防意識並提供便利的預警資訊。

我國相關防減災科技成果近年來亦透過能力培訓活動、APEC 等國際組織分享或移轉輸出，受到國際防災組織之重視。建議未來應掌握國際減災科技應用路徑圖相關事項，持續發展我國防災科技及相關領域整合、與民眾溝通，並透過目前國際減災發展策略，強化我國與國際、區域防災組織之合作，促進仙台綱領之實踐。

參考文獻

1. UNISDR (2016). 2015 disasters in numbers from <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/47804>
2. UN News Centre (2016). Senior UN official points to science as “vital” in managing disaster risk, promoting development. From <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=53094#.V01Mhfl96UI>
3. UN News Centre (2016). Science and technology can help save lives, livelihoods when disasters strike. From <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=53108#.VymTgYR96Uk>
4. UNISDR (2016). UNISDR’s mandate from <http://www.unisdr.org/who-we-are/mandate>
5. UNISDR (2016). UNISDR Science and Technical Roadmap. UNISDR Science and Technology Conference on the Implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 ~ 2030.
6. 國家災害防救科技中心（2015）。仙台減災綱領中文版。
7. UNISDR (2016). Summary of Outcomes. UNISDR Science and Technology Conference on the Implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 ~ 2030.
8. United Nations (2015). Preface-Disaster risk still on the rise. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR) 2015.
9. 國家災害防救科技中心（2016）。日本熊本地震事件應變對策彙整說明。取自 <http://www.ncdr.nat.gov.tw/EarthquakeKumamoto1050416.aspx>



中國土木水利工程學會 第二十二屆會員代表選舉結果公告

社團法人中國土木水利工程學會 公告

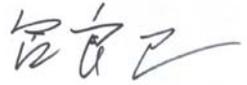
日期：中華民國 105 年 6 月 24 日
 字號：(22) 土水發字第 1050137 號
 主旨：為公告本學會第二十二屆會員代表大會選舉結果。
 依據：人民團體選舉辦法及本會章程。

機關地址：100 台北市仁愛路 2 段 1 號 4 樓
 聯絡人：林玉婷
 聯絡電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

公告事項：當選名單如下： (依姓氏筆畫排序)

- 北一區：王華弘 江東法 余信遠 吳素禎 沈景騰 卓瑞年 周頌安 邱琳濱
 侯秉承 張國揚 張龍均 曹壽民 許泰文 陳國慶 陳耀維 黃本源
 黃崇仁 劉恒昌 蔡文豪 冀樹勇 嚴世傑 龔誠山
 北二區：王昭烈 何泰源 吳榮煌 呂良正 李元唐 李建中 李順敏 李萬利
 周功台 周永暉 周昌典 林曜滄 徐仁財 張荻薇 張欽森 陳泓德
 陳清泉 陳進發 曾淳錚 曾榮川 黃一平 黃文鑑 黃炳勳 楊偉甫
 廖學瑞 劉沈榮 劉格非 駱尚廉 謝尚賢 魏雲魯
 北三區：吳祥任 吳瑞賢 吳福祥 周南山 林志棟 林炳昌 倪惠妹 徐力平
 徐健一 高宗正 張達德 莫仁維 莫若楫 許俊逸 曾景琮 黃兆龍
 黃榮堯 歐來成

- 中區：方富民 王瑞德 吳春山 林岳 林其璋 陳樹群 黃清和 溫志超
 壽克堅 潘吉齡 蔡清標 蔡榮得
 南區：方一匡 林仁益 胡宣德 陳存永 陳純森 黃世偉 黃清和 詹錢登
 劉玉雯 歐善惠 蔡光榮 蔡博至 謝啟萬 鍾禮榮
 東區：徐輝明 趙紹鈺

理事長 

第二十二屆會員代表簡介 (共 98 人)

北一區 (22 人)

- 王華弘 明新科技大學土木工程與環境資源管理系副教授
 江東法 中興工程顧問股份有限公司副總經理
 余信遠 中興工程顧問股份有限公司副總經理
 吳素禎 財團法人中興工程顧問社經理
 沈景騰 日勝生集團副執行長、日勝生活科技股份有限公司總經理
 卓瑞年 中興工程顧問股份有限公司總經理退休
 周頌安 中興工程顧問股份有限公司研發及資訊部經理
 邱琳濱 環興科技股份有限公司董事長
 侯秉承 中興工程顧問股份有限公司副總經理退休
 張國揚 中興工程顧問股份有限公司業務部協理
 張龍均 中興工程顧問股份有限公司總工程師
 曹壽民 中興工程顧問股份有限公司董事長退休
 許泰文 臺灣海洋大學海工工程學系教授兼副校長暨研發長
 陳國慶 財團法人中興工程顧問社副執行長
 陳耀維 台北市政府捷運工程局副局長
 黃本源 中興工程顧問股份有限公司副總經理
 黃崇仁 中興工程顧問股份有限公司軌道一部協理
 劉恒昌 中興工程顧問股份有限公司執行副總經理
 蔡文豪 中興工程顧問股份有限公司水利部協理
 冀樹勇 財團法人中興工程顧問社主任
 嚴世傑 中興工程顧問股份有限公司副總經理
 龔誠山 中興工程顧問股份有限公司總經理兼代理董事長

北二區 (30 人)

- 王昭烈 台灣世曦工程顧問股份有限公司總經理
 何泰源 台灣世曦工程顧問股份有限公司鐵道部協理
 吳榮煌 台灣世曦工程顧問股份有限公司副總經理
 呂良正 國立台灣大學土木工程學系教授系主任
 李元唐 台灣世曦工程顧問股份有限公司副總經理
 李建中 台灣世曦工程顧問股份有限公司董事長
 李順敏 台灣世曦工程顧問股份有限公司總工程師
 李萬利 台灣世曦工程顧問股份有限公司 BIM 中心協理
 周功台 台灣世曦工程顧問股份有限公司副總經理
 周永暉 交通部臺灣鐵路管理局局長
 周昌典 台灣世曦工程顧問股份有限公司企劃部協理
 林曜滄 台灣世曦工程顧問股份有限公司資深協理
 徐仁財 交通部台灣鐵路管理局總工程師
 張荻薇 台灣世曦工程顧問股份有限公司副董事長
 張欽森 台灣世曦工程顧問股份有限公司港灣部協理
 陳泓德 台灣世曦工程顧問股份有限公司資深協理
 陳清泉 國立台灣大學土木工程學系名譽教授
 陳進發 交通部公路總局副總工程師
 曾淳錚 台灣世曦工程顧問股份有限公司水環部協理
 曾榮川 台灣世曦工程顧問股份有限公司第一結構部協理
 黃一平 台北市政府工務局副局長
 黃文鑑 台灣世曦工程顧問股份有限公司海外中心協理
 黃炳勳 台灣世曦工程顧問股份有限公司第二結構部協理
 楊偉甫 經濟部常務次長
 廖學瑞 台灣世曦工程顧問股份有限公司副總經理
 劉沈榮 台灣世曦工程顧問股份有限公司資深協理
 劉格非 國立台灣大學土木工程學系教授
 駱尚廉 國立台灣大學環境工程學研究所特聘教授

- 謝尚賢 國立台灣大學土木工程學系教授
 魏雲魯 台灣世曦工程顧問股份有限公司運土部資深協理

北三區 (18 人)

- 吳祥任 國立中央大學水文與海洋科學研究所所長
 吳瑞賢 國立中央大學土木工程學系教授兼總務長
 吳福祥 中華大學營建管理學系教授
 周南山 國立台灣大學土木工程學系兼任教授
 林志棟 國立中央大學土木工程學系榮譽教授
 林炳昌 中原大學土木系教授
 倪惠妹 中國土木水利工程學會秘書長
 徐力平 臺灣營運研究院副院長
 徐健一 亞新工程顧問股份有限公司總經理
 高宗正 新北市政府副市長
 張達德 中原大學土木系所教授、環控防災科技中心主任
 莫仁維 亞新工程顧問股份有限公司執行副總經理
 莫若楫 亞新工程顧問股份有限公司董事長
 許俊逸 行政院公共工程委員會政務委員兼主任委員退休
 曾景琮 榮工工程股份有限公司副董事長
 黃兆龍 國立臺灣科技大學營建工程學系教授兼系主任
 黃榮堯 國立中央大學營建管理研究所教授
 歐來成 榮工工程股份有限公司董事長

中區 (12 人)

- 方富民 國立中興大學土木工程學系教授
 王瑞德 經濟部水利署署長
 吳春山 麗明營造股份有限公司董事長
 林岳 台灣自來水股份有限公司副總經理
 林其璋 國立中興大學土木工程學系特聘教授
 陳樹群 國立中興大學水土保持學系特聘教授兼農資學院院長
 黃清和 建國科技大學土木工程系教授兼副校長
 溫志超 國立雲林科技大學環境與安全衛生工程學系特聘教授
 壽克堅 國立中興大學土木工程學系教授
 潘吉齡 朝陽科技大學營建工程學系教授兼理工學院院長
 蔡清標 國立中興大學土木工程學系特聘教授兼主任秘書
 蔡榮得 國立中興大學土木工程學系教授兼系主任

南區 (14 人)

- 方一匡 國立成功大學土木系名譽教授
 林仁益 國立高雄應用科技大學名譽教授、高雄銀行董事長退休
 胡宣德 國立成功大學土木工程學系教授兼系主任
 陳存永 高雄市政府捷運工程局局長退休
 陳純森 天恩土木結構技師事務所負責人
 黃世偉 經濟部水利署南區水資源局局長
 黃清和 高雄土木技師公會副理事長
 詹錢登 國立成功大學特聘教授兼總務長
 劉玉雯 國立嘉義大學土木與水資源工程學系教授
 歐善惠 國立成功大學名譽教授
 蔡光榮 長榮大學土地管理與開發學系講座教授
 蔡博至 中華民國土木技師全國聯合會學術暨國際交流委員會前副主任委員
 謝啟萬 國立屏東科技大學土木工程學系教授
 鍾禮榮 高雄市政府捷運工程局副局長

東區 (2 人)

- 徐輝明 國立宜蘭大學土木工程學系教授兼工學院院長、東部分會主委
 趙紹鈺 國立宜蘭大學土木工程學系教授兼學務長

實固股份有限公司

圓盤系統® 支撐架 圓盤系統® 施工架 系統模板

產品通過 歐盟EN12810-1認證 最安全、實用、堅固的第一選擇

—— 良好穩定品質 確保設計安全性 ——

精良的製造技術/完善的規劃設計/豐富的工程經驗
專業的設計團隊/效率化的施工方式/誠摯的服務熱情



以色列



哥倫比亞



大陸 重慶



印尼



外銷世界60餘國



越南



泰國



菲律賓

實固股份有限公司

407-64 臺中市西屯區台灣大道四段1836號

TEL : +886-4-2359 8338 FAX : +886-4-2359 8480

e-mail : info@sucoot.com http : //www.sucoot.com.tw





臺北捷運工程局 · 邀您一同參與



- 臺北捷運工程局代辦臺北市和平國小暨籃球運動館新建工程

臺北動起來

For You · For Youth



2017 臺北世界大學運動會

29TH SUMMER UNIVERSIADE 

2017.8.19-8.30



CECI



台灣世曦
工程顧問股份有限公司

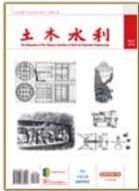


Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

台北市11491內湖區陽光街323號
No. 323 Yangguang Street, Neihu District, Taipei City 11491, TAIWAN
Tel:(02) 8797-3567 Fax:(02) 8797-3568
<http://www.ceci.com.tw> E-mail:pr@ceci.com.tw

用心 做好每一件事情

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



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
社團法人中國土木水利工程學會

「土木水利」雙月刊
廣告價目表

(費率單位：新台幣元)

刊登地位	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：

43.4 43.5 43.6 44.1 44.2 44.3 共 次
(8月) (10月) (12月) (2月) (4月) (6月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

隨單繳送請查收摺據
請於刊登後檢據洽收

機構名稱： (請蓋公司印)
商號

負責人：

地址：

廣告聯絡人：

電話：

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

98-04-43-04

郵政劃撥儲金存款單

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

通訊欄 (限與本次存款有關事項)

報名費
 繳納 _____ 研討會
報名費 _____ 元

繳納會費
 常年會員年費 1,500元 (土木水利紙本)
 常年會員年費 1,200元 (土木水利電子版)
請留 email: _____
 初級會員年費 300元

訂閱土木水利雙月刊，一年六期
 新台幣 1,800元
自第 _____ 卷第 _____ 期起，_____ 年期雙月刊 _____ 份

訂閱中國土木水利工程學刊，一年四期
 國內·會員 新台幣 800元
 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元
 國外·個人 美金 40元
 國外·機關團體 美金 100元
自第 _____ 卷第 _____ 期起 _____ 年期學刊 _____ 份

收款戶名	社團法人中國土木水利工程學會	
姓名	寄款人	
地址	主管：	
電話	經辦局收款戳	

存款金額	
電腦紀錄	
經辦局收款戳	

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

◎ 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 注：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 1,500元 (土木水利紙本) <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200元 (土木水利電子版) 請留 email: _____
身分證號碼			<input type="checkbox"/> 初級會員年費 300元
卡別 <input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB			訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 新台幣 1,800元 自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份
信用卡卡號			訂閱中國土木水利工程學刊，一年四期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 800元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 40元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 100元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
信用卡簽名欄最後三碼			白天聯絡電話
信用卡有效期限 (月/年)			通信地址
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)

ACI 318-14 中文版最新出版

～ 會員優惠中 歡迎訂購 ～



2016 年最新出版

結構混凝土建築規範 (ACI 318-14) — ACI 標準
結構混凝土建築規範解說 (ACI 318R-14) — ACI 報告
繁體中文版 (全書 528 頁)

會員優惠價：700 元

(含發票稅金及運費，售價約為定價七三折)

歡迎踴躍訂購！

混凝土結構在近代工程中始終扮演重要的角色，為廣泛使用之建築結構型式之一，其構造品質直接影響結構物使用性、強度及耐久性，且攸關民眾生命財產安全。因此建設良好的混凝土結構實為不可輕忽的重要課題，包括其結構之設計分析、材料規格及施工作業等均需注意、要有所規定，以使混凝土結構能有效發揮功能，達到使用目的。

美國「ACI 318 結構混凝土建築規範與解說」為反應最近研究成果及為使規範更方便使用，其最新版 ACI 318-14 規範不但內容有所更新，且規範架構亦重新更改，各章節名稱與編排方式均大幅變動，以使規範內容更為充實與包含新進研究成果，且能更容易使用與方便查閱。

本學會混凝土工程委員會成立於 1965 年，向來以提升混凝土技術為宗旨，五十年來編訂混凝土工程相關設計、施工規範與技術手冊無數，深獲工程界信賴與肯定。今值 ACI 318 規範變革之際，本學會混凝土工程委員會乃

積極參與 ACI 318-14 規範之翻譯工作，以期更增進國內各界對最新混凝土結構規範發展之瞭解，並可提供工程師在實務工作上之參考依據。

由於我國鋼筋混凝土設計與施工規範，長年來均係以 ACI 318 規範為藍本，本「ACI 318-14 結構混凝土建築規範與解說」中文翻譯本之完成，將方便我國各界瞭解最新版的鋼筋混凝土規範，有助提升與推廣鋼筋混凝土工程，且可做為我國後續修訂新版結構混凝土設計與施工規範之重要參考資料。

本手冊得以順利出版，特別感謝本學會混凝土工程委員會王烈烈主任委員及各委員，由於你們長期犧牲假期、不辭辛勞與熱心參與翻譯工作與審訂，才得以順利完成。最後並祈希望各界工程先進、專家學者多多惠賜卓見與指教。

信用卡付款授權書

結構混凝土建築規範 (ACI 318-14) 及解說 (ACI 318R-14) 繁體中文版
會員優惠價：每本 700 元 (含發票稅金及運費、售價約為定價七三折)

卡 別： VISA Master Card JCB 發卡銀行：_____

卡 號：_____ 末三碼 _____

有效期限：_____ 月 _____ 年 持卡人身分證字號：_____

持卡人簽名：_____ 付款金額：NT\$ _____

統一發票： 二聯式 三聯式：發票抬頭 _____ 統編 _____

寄書地址：_____

(一律掛號寄書)

只想給你更好的

推動再生能源

打造永續環境

廣告

 台灣電力公司
TAIWAN POWER COMPANY

台電綠網與您一同關愛地球
<http://greennet.taipower.com.tw>

