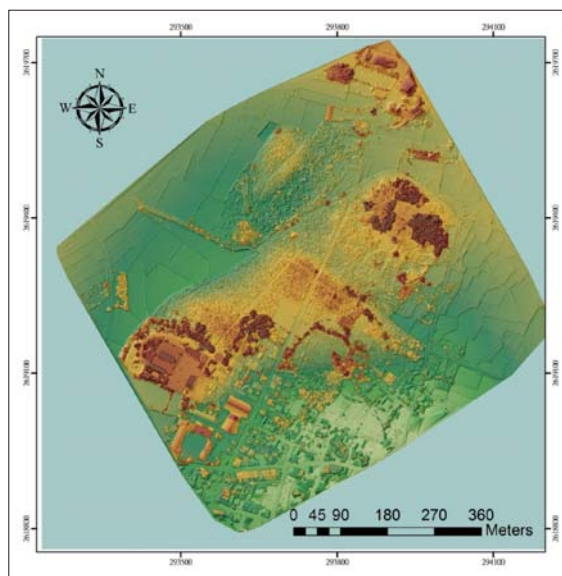


土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

August
2014



ISSN 0253- 3804



NT\$300



9 770253 380006



Volume 41, No. 4

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

災後國土保育
水利／水害觀點

土木文化資產
第1號揭牌

中國土木水利工程學會 103 年年會

文明躍境

翻轉土木

讓生活更

美好

時間：103 年 12 月 6、7 日（六、日）

地點：高雄蓮潭會館

主辦：高雄大學

12/6 年會論壇議程

- 白皮書論壇（一、二）
- 防災特論：輸水及輸油氣管線之管理
- 高雄環狀輕軌介紹
- 日月潭大觀發電廠 80 周年的回顧與再興
- 3D BIM 學生軟體應用競賽成果發表（一、二）
- 高雄鐵路地下化工程之介紹

工程參訪：高雄火車站鐵路地下化工程參訪

12/7 國際研討會 提升土木產業之國際化與政策影響力研討會

國際論壇（一）：Public Policy Engagement: How Civil Engineering Society can be more Effective? 如何提升土木產業對公共政策之影響力

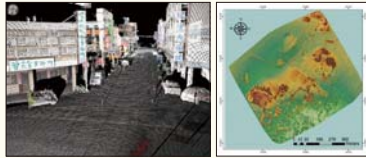
國際論壇（二）：Critical Civil Engineering Issues in Asia's Growth 亞洲急遽發展下土木產業面臨的關鍵議題



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

土木水利雙月刊

中國土木工程學會會刊



封面相片

左上：地面光達掃描苗栗街道圖 (LinkFast Technology Co., Ltd)
右上：md4-1000搭載Olympus EP2之DSM成果
左下：景美溪觀景堤防 右下：土木文化資產認證第1號揭牌

土木水利半月集

圖多利用

土木社群 網頁
www.ciche.org.tw

先進工程社群

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

永續發展社群

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

國際兩岸社群

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習社群

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

學會活動社群

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

出版活動社群

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊
- 土木水利半月集

分會活動社群

- 土水學會
- 土水中部分會
- 土水南部分會
- 土水東部分會

發行人：呂良正

出版人：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工程系教授) (兼總編輯) (編輯出版委員會)

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、李維森、周中哲、周功台、周頌安、徐景文、高邦基

張添晉、劉格非、陳立憲 (依姓氏筆劃排序)

秘書：宋慧敏

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 中國土木工程學會

會址：10055 台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：<http://www.ciche.org.tw>

電子郵件信箱：行政服務ciche@ciche.org.tw、會員服務ciche.roc@msa.hinet.net

印刷者：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

中國土木工程學會第二十一屆理監事

理事長：呂良正

常務理事：曹壽民 沈景鵬 張荻薇 陳仲賢

理事：莫若楨 曾大仁 楊偉甫 歐來成 歐善嘉 龔誠山 王昭烈

李威亨 周永暉 鄭國雄 馬俊強 黃洪才 丁澈士 張武訓

蔡清標 吳瑞賢 陳存永 鄭文隆

常務監事：周南山

監事：楊永斌 李建中 張培義 許俊逸 黃燦輝 賴世聲

秘書長：倪惠妹

副秘書長：賴勇成

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。

土木水利雙月刊對來稿有刪修權，不願刪修者，請註明。

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

特別報導

- 📖 石門水庫五十週年慶活動紀實 — 土木文化資產認證第1號揭牌 李文彬 4

防災！救災！

- 📖 莫拉克颱風災後國土保育治理思維 — 水利／水害觀點 顏清連 6
- 📖 災害應變輔助系統於地方應用之研發 — 以疏散避難決策輔助資訊為例
蘇文瑞／廖楷民／林祺岳／李中生／張智昌／周學政／洪榮宏 13
- 📖 淺談臺灣災防科技發展與挑戰 顏清連／林翠儀／李文正 24
- 📖 臺北市多元化防洪治水成效展示 黃治峯 32

科技應用及創新

- 📖 快速多時的空間資料獲取科技 — 高機動性雷射掃描儀 張哲豪／鍾明格 43
- 📖 無人飛行載具數值地形模型精度評估及應用 黃美甄／張國楨 52



土木與文明

- 📖 藉長崎重點文化資產透視日本文化交融 陳清泉 59

活動交流

- 📖 香港建造商會青年工程師來台參訪交流紀實 王華弘／楊國鑫／李 寧 70
- 📖 大觀電廠八十週年慶活動報導 李文彬 72
- 📖 環境暨景觀工程美化參訪活動 邱琳濱 73

秘書處報告

- 📖 第二十一屆會員代表大會選舉結果 74
- 📖 中工會103年年會 — 土水學會獲獎最多 75
- 📖 2014海峽兩岸橋梁建設新發展研討會 77



石門水庫五十週年慶活動紀實

土木文化資產認證第1號揭牌

李文彬／中國土木水利工程學會土木歷史與文化委員會委員



石門水庫於五十年前，即民國 53 年 6 月 14 日正式完工啟用。104 年 6 月 14 日這個日子對石門水庫而言具有特殊的意義。管理機關水利署北區水資源局舉辦了「石門五十，水漾年華」的慶祝大會，安排有：土木文化資產認證揭牌、環境教育館新館落成開幕揭牌、長官及貴賓致賀詞等開幕儀式，並由吳副總統敦義先生主持切五十年慶蛋糕。整個慶祝活動並配合有園遊會、健行、彩繪寫生等活動，並進行多項表演，包括原住民舞蹈、牧師祈福、摸彩送好禮……等，把全場氣氛帶到最高潮。當天艷陽高照晴空萬里，這難得的好天氣似乎上天也來參與這場盛會，與擁擠人群共渡這次熱烈的石門水庫五十週年慶祝活動。

第一號「土木文化資產」揭牌

上午 9 時 30 分，先為石門水庫所獲得本學會所認定的第一號的「土木文化資產」揭牌，作為五十年慶祝活動的序幕，由五位首長共同揭牌，包括前內政部長李鴻源、經濟部次長杜紫軍、水利署長楊偉甫、北區水資局局長劉駿明及本學會理事長呂良正等（圖 1）。

在南苑園區新建的環境教育館是本次五十年慶活動

中的焦點，特請吳副總統等多位長官蒞臨現場開幕剪彩（圖 2）。

於環境教育館中庭特邀來女子提琴四重奏，悠揚琴聲迴繞耳際；館內迴廊牆上張貼「石門源流」海報，以照片搭配文字敘述水庫興建及運行大事記錄，經由瀏覽彷彿見到當年工程建設過程之艱難及克服萬難之諸位長官及工程前輩。館內右側為文化資產展示區，入口邊牆



圖 1 五位首長共同主持揭牌

上吊掛一張由本學會頒發之「土木文化資產認定證書」(土文資第10101號),已於最早啟動的揭牌典禮,由多位長官揭開紅布幔與世人見面(圖3)。展示室中,除了牆上精美之圖文解說外,還展示當年工程師所使用的測量儀器、計算與製圖工具、試驗設備等,室外也陳列一座汰舊的何本閘實物。將來參訪

的遊客經由這些實體與圖文即可一窺本水庫工程之興辦不易與五十年來的艱辛歷程,成就不凡(圖4)。

像石門水庫這類仍在營運中的公共設施受到關愛乃理所當然,但還有許多土木設施曾經攸關人民生活、社稷安全、經濟發展,卻因需求不再或老舊失能,正面臨被拆除、改建、遺棄的下場,固然新陳代謝是世間常態,有限空間也不可能讓舊的設施全部保存,但部分具有歷史文化及工程科技教育價值者,應思考如何讓它們再度發光發熱,以擴大充實我國文化資產的內涵。有鑑於此,文建會(文化部前身)於民國96年委託本學會辦理「台灣土木文化性資產評定準則研究計畫」;復於民國98年及102年兩度委託本學會辦理「文化性資產清查及保存再利用實務研習計畫」,上述三項計畫均由本學會土木歷史與文化委員會(其前身為土木史委員會)執行,在主委陳清泉教授指導下圓滿完成。近兩年,陳教授更在台灣大學及台北科技大學開設「土木文化資產工程講座」,傳播青年學子文資相關理念。

學會努力得到肯定 以土木工程為榮

本學會在文資保存領域之耕耘這幾年逐漸受到土木工程界與文化界之肯定,期許學會以主動或受委託或共同辦理方式,持續推動土木文化資產之評審認證、宣導及活化輔導等作業。就相關土木工程所具有歷史、文化及工程科技之價值進行評鑑,不僅彰顯公共建設(主要為土木類建設)對國家經濟之長遠貢獻,亦可豐富文化內涵與提昇文明水準。石門水庫的文資認證是本學會跨出的第一步,未來將廣續辦理各類土木文資認證與相關保存活化再利用實務。

本文之撰寫承蒙北區水資源局楊顥伊秘書及曾美鳳小姐的多方協助,陳清泉教授的斧正補充,以及本學會秘書處同仁的相助始能順利完成,特此誌謝。



圖2 石門水庫環境教育館由吳副總統率多位長官共同揭牌



圖3 石門水庫文化資產展示區入口



圖4 五十年代興建石門水庫時的十一份辦公區全景



莫拉克颱風災後國土保育治理思維 — 水利／水害觀點

顏清連／國立臺灣大學土木工程學系名譽教授、水工試驗所特約研究員

前言

從水利／水害的觀點來看，國土是由許許多多流域單元組合而成的。每一個流域都各有其特色的地形、土壤、地質以及各種生物（包含人類），而各種生物賴以維持生命及活動的要素除陽光、空氣之外，當然還有水與土。

水是由降雨而來，其於地表及地下之流動對土地產生沖刷、運移、淤積等作用，使水與土有著密切的互動。由於水土長期互動的結果，流域中自然而然形成一個相對穩定的河系，讓降雨逕流可以順暢排出。因此，在國土保育治理概念中，河系是一個必須被納入考量的重要元素。

生物為了生存與活動必須利用水土資源，因而使水土互動的頻度與強度增加，尤其當人類過當地利用水土資源時，很可能在相對短期間內造成水土互動的劇烈變化。這些劇變反過來會對水土資源利用產生嚴重的不利影響。

在自然狀態下，降雨逕流與土地的長期互動會使一個流域單元達到某一種動態平衡。劇烈的人類活動或氣候的變遷可能使動態平衡遭受到破壞，而導致遠遠超過預期的大規模災變。2009年莫拉克颱風超大降雨量所引發的災變就是屬於這種規模。

本文以下首先對莫拉克颱風災害情況作一簡要回顧、歸納其特性並指出未來因應此種規模颱風事件

之重點；其次，就水文及泥砂資訊的掌握，包括情境模擬、頻率分析、調查觀測站網及基本資料庫之建立等，作簡要論述；進而，探討未來國土保育與治理工作各個面向應考慮的因素，並輔以實際上必須面對的案例作說明。

莫拉克颱風災變特性與省思

降雨量

莫拉克颱風侵襲台灣期間（8月5日至10日）的累積降雨量可說是破紀錄的大。依據水利署的資料[1]，一共有15個雨量站的實測累積雨量超過2,000 mm，其中阿里山站的累積雨量2,884 mm為最高，而其48小時的累積雨量達2,361 mm，亦刷新了台灣的單站雨量紀錄。從濁水溪、曾文溪、高屏溪至知本溪等13個大小流域共69個雨量站的紀錄資料分析結果，可以發現其中24、48及72小時降雨量之重現期距超過2000年者分別有28、33及33個站，約佔全部雨量站之40～50%；換言之，這13個流域大約有1/3至1/2總面積上的雨量是超過2000年一遇的。

不過，在這69個雨量站當中，紀錄年限以四重溪牡丹站的69年為最長，其次為阿里山站60年，平均大約只有32年。顯然，以如此短年限的紀錄資料分析各種延時降雨量的重現期距，其結果之可信度或許不盡理想。

洪峰流量

如上所述，莫拉克颱風期間相關流域測站之各種延時降雨量重現期距超過 2000 年者甚多，因此對應的河川洪峰流量超過台灣防洪保護最高標準 200 年一遇者當然亦很多，例如高屏溪流域的 9 個控制站就有 6 個站的洪峰流量重現期超過 200 年，其本流九曲堂站之洪峰流量更高達 $35,064 \text{ m}^3/\text{s}$ 。其次，曾文溪流域 4 個控制站之洪峰流量重現期距都超過 200 年，而且曾文水庫上游端的入庫尖峰流量高達 $11,729 \text{ m}^3/\text{s}$ ，已接近水庫設計當時所採最大可能洪水流量 [2]。太麻里溪 3 個站有 2 個的洪峰流量重現期距超過 200 年。另外，濁水溪本流的 5 個站當中，有 2 個站的重現期距超過 200 年，另 3 個站接近 200 年。

由以上可知，莫拉克颱風帶來的超大降雨量造成河川洪峰流量超過主要河川防洪保護標準的 100 年（淡水河 200 年）一遇洪水流量，更遠遠超過支流及次要河川的 50 年一遇的保護標準。據歷史文獻記載：1823 年「台灣大雨，鹿耳門內，海沙驟漲，變為陸地。」水利署估計該大雨事件之規模可能不亞於莫拉克颱風降雨事件 [3]。二者相隔 186 年，與 200 年重現期相近，極端水文事件的意義值得特別關注。

災損概況

莫拉克颱風災害在南部各流域所造成的災害大致上可依上、中、下游順序予以區分成三個類型。第一類型為上游山區坡面崩塌，衛星影像判識及現場調查結果顯示，崩塌地總面積高達 51,000 多公頃 [4]。據估計，崩塌土石量約為 $12 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。其中約有 $4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 隨著逕流進入大大小小的河道，還有約 $8 \times 10^8 \text{ m}^3$ 殘留在坡面上 [5]。部份崩塌土石形成土石流造成重大災害，包括房屋損毀 1,626 戶、死亡失蹤人數共 728 人 [4]。山區道路路基沖毀淘空 238 處、橋梁沖毀 106 座 [6]，以致台 20 線及台 21 線中斷。另外，崩塌區域植被遭受破壞生態受到干擾。

第二類型為進入河道的大量土石，由於河道底床坡度較上游集水區之坡面者為緩，輸送砂石容量不足而致部份淤積於河床上淤積量約 $0.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，長度約 110 km^2 [4]，造成水位抬高溢堤並造成潰堤。這次莫拉克颱風期間各河川潰堤總長度高達 240 km。進入水

庫的砂石絕大部份沉積於庫區，曾文水庫的淤積量為 $0.918 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，南化水庫淤積量為 $0.17 \times 10^8 \text{ m}^3$ 並因濁度升高而停止供水 8 天。

第三類型為下游平原地區，因降雨量遠遠超出排水系統的排水容量，本就已經淹水，再加上溢堤潰堤之溢流外水進入平原區，使淹水面積高達 765 km^2 [4]、淹水深度及延時更加惡化。另外，由於潰堤溢流水量挾帶大量土砂沉淤於淹水地區。

以上所列舉者僅僅是較重大項目，用以約略表明災害規模及其多元性。據估計，各項災損金額總和高達新台幣 1,100 億元。就單一颱風事件而言，其所造成之損失可以說也是空前的。

災害特性

由以上所述雨量、流量及災損概況，可以將莫拉克颱風災害的特性歸納成下列四項：

- (1) 雨量特大：受災區域近半數雨量站紀錄雨量之重現期距超過 2000 年，肯定是嚴重的災害性降雨量。
- (2) 災害規模大：災區許多主、支流河川之洪峰流量遠超過防洪保護標準，而且崩塌土石量體、淤積土砂量、堤防潰損長度、淹水面積等皆為前所未見。
- (3) 災害種類多：土石流造成屋毀及人員傷亡，崩塌冲刷造成路毀橋斷，河道淤積抬升水位造成溢堤潰堤、溢流外水加重平原區淹水損失，水庫淤積造成庫容減損 … 等等。單一颱風事件同時造成這麼多種災害並不多見。
- (4) 受災範圍廣：從中部濁水溪流域往南到高屏溪流域再向東到知本溪流域，幾乎含蓋半個台灣島，其中降雨量重現期距超過 2000 年的地區約 $3,200 \text{ km}^2$ 。

省思

莫拉克颱風災後至今已歷經五年，重建工作將於近期告一段落，災後重建委員會預定於八月份功成身退。此次重大災害事件的發生及重建過程必然有許多寶貴的經驗值得學習，以作為思考未來如何面對類似事件的重要參考。從經驗學習的角度來看，有正面的經驗，亦有負面經驗；前者可作為今後處理同類事件時直接應用，而後者則可作為改進處理方法之重要依據。在面對未來大規模災變課問時，首先須能確實掌握引發災變的自然現象；其次再思考該做什麼？能做

什麼？最後還要能具體呈現其成果與績效。基於這樣的思考邏輯，本文以下就可改進之處提出下列四項課題，以作為後續討論的起點，期能有拋磚引玉之效。

水文變化之基本資訊：如前所述，莫拉克颱風降雨量在許多測站都超過 2000 年一遇的規模，然而測站紀錄平均年限約為 32 年，明顯不夠長；河川洪峰流量亦有類似情況。因此，推估方法創新與觀測站網建置維運均應加強。

泥砂沖淤運移之基本資訊：據調查估算結果，莫拉克颱風降雨逕流造成集水區坡面崩塌量體的約 2/3（8 億 m^3 ）仍殘留坡面上。對於此殘留量體以及其日後沖淤運移的調查、觀測、估算有待加強。

保育治理工作之整體性：降雨逕流與崩塌土石沖淤運移，從山區到平地，是上、中、下游一體的。任何人為或天然因素對流域現況的重大改變都會有全面性、長期性的影響。因此，任何一項保育治理作為都必須放在全流域、跨世代的架構下，作嚴謹的整體性考量，千萬不可以切割分散而作個別處理。

保育治理績效之評量：保育治理計畫之規劃研訂要做到整體性的考量或許不難，但實際執行時仍會因政府各相關部門不同任務而分工。分工執行成果必須有嚴謹的績效評量系統來把關，才能確保計畫執行成果與績效的完整性，但此一評量系統亦須能同時顯現各執行部門的個別績效。

水文與泥砂之基本資訊

由於任何一項保育或治理作為都將對水與土的互動發生影響，為確實了解其影響的程度，對於事前與事後的水文與泥砂的變化情境必須能有適度的掌握。事實上不論是水文或泥砂的實測資料都是比較有限的。為彌補實測資料的不足，於是有各種模擬模式的發展；雖其應用已逐漸普遍，但模式的可靠度仍有賴更豐富的實測資料來提升。在資料與模式兩者交互前進的作用之下，未來對水文與泥砂基本資訊的掌握度的改進，假以時日應是可預期的。以下就現階段，在這兩方面可能可以做到的，簡要說明如下：

水文變化

如前一節所述，莫拉克颱風期間，有許多雨量站

及水文站依實測資料推估之重現期距超過 2000 年；同樣地，有許多水文站的洪峰流量也有類似情況。在紀錄年限不長的情形下，這種推估重現期距的可靠性可能會不盡理想。事實上，自然界的降雨量變化是非常複雜的動態現象，不僅個別降雨事件之間有明顯差異，而且季節之間、年際之間、世紀之間亦都有可觀的變化。因此，為對頻率雨量及頻率洪峰流量有較好的掌握，可考慮採用下列作法：

- (1) 頻率雨量：藉助各種不同延時的雨量紀錄資料的統計特性，透過繁衍模式模擬出許許多多的降雨情境，據以建立雨量與其發生頻率的關係。繁衍模式應具有將氣候變遷因素納入考慮的能力；同時，亦應注意大氣物理條件限制下的最大可能降雨量（Probable Maximum Precipitation, PMP），以免繁衍模式產生無限上綱的結果。
- (2) 頻率洪峰流量：將上述各種降雨情境的結果輸入逕流模式，模擬產出對應的逕流歷線及尖峰流量情境，並據以進一步建立洪峰流量與其發生頻率的關係。同樣地，模擬產出的洪峰流量也應有最大可能洪峰流量（Probable Maximum Flood, PMF）之限制。
- (3) 頻率枯流量：流域生態環境如遭受人為或自然力量的破壞，則將導致逕流量增加而使崩塌沖蝕更為嚴重，進而造成水源涵養能力降低；氣候變遷因素也可能使地下水補注量減少。在這些不利條件之下，枯水期流量可能更低的風險升高。因此建立河川枯流量與其發生頻之間的關係是必要的。方法可比照頻率雨量和頻率洪峰流量的模擬作法。
- (4) 水文基本資料觀測：降雨量、洪峰流量及枯流量的模擬需有可靠的現場實測資料作為模式檢定與驗證的依據。因此，完善的雨量與流量觀測站網是必要的。而且這些站網必須長期維持才能建立可靠的水文基本資料庫。

泥砂沖淤變化

雨滴衝擊與逕流剪力造成地表土壤沖蝕；同時部份雨水滲入土壤中甚至進入岩盤裂隙中，以致坡面不穩而造成滑坡崩塌，部份崩塌土石受到雨滴及逕流作用，沿坡面移動而進入河道，之後因河道水流沿程輸送能力高低互見，而有沖淤變化。河道淤積的結果可能抬高洪水位而致溢堤甚至潰堤，造成洪水氾濫；冲刷可能造成橋毀路塌，因而交通中斷。為能更準確掌

握在坡面上及河道中的土石泥砂動態變化，可考慮採用以下作法。

- (1) 坡面土石動態模擬：在坡面上的崩塌土石不論是殘留或新增者都是相對較不穩定的；在較大降雨時，其沿坡面冲刷運移至支流河段的歷程以及量體，如圖 1 所示，可藉由二維沖淤模式來模擬。模擬所需輸入資料包括地形坡度、崩塌土石的量體、位置及粒徑分布等。當然模擬亦需設定各種不同的降雨情境。

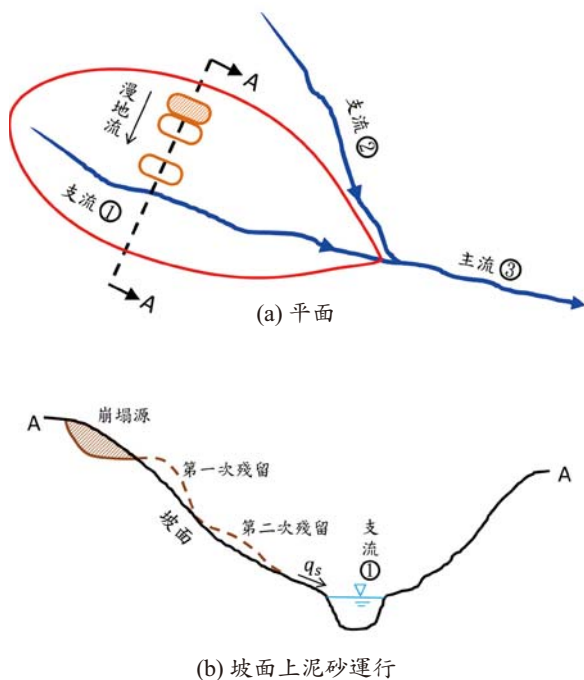


圖 1 集水區及河系水砂流動示意圖

- (2) 河系沖淤模擬：上述坡面土石動態模擬結果即為進入上游支流河段的泥砂量，因而成為河系泥砂模式的輸入資料。在各種降雨情境下，可循序逐步模擬往中、下游各河段沿程沖淤運移的歷程及量體，如圖 2 所示。模擬結果可作為建立各河段河床沖淤與降雨情境之關係。

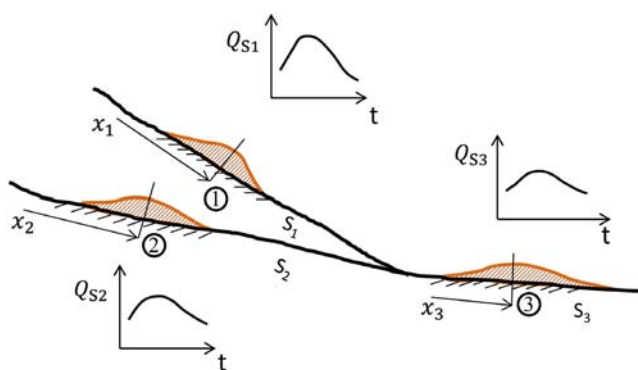


圖 2 河系縱剖面及泥砂運移示意圖

- (3) 泥砂基本資料調查觀測：土石、泥砂運移模擬亦需有現場實際調查觀測資料作為檢定與驗證之依據。因此，建置系統性的崩塌地分布及量體調查網絡、坡面以及河川泥砂沖淤運移觀測站網是必要的。調查觀測站網也必須長期維運，才能建立完整的土石泥砂動態基本資料庫。

保育與治理

台灣平均每年遭受 3 至 4 次的颱風侵襲而帶來強風豪雨，再加上地形陡峻、地質脆弱等惡劣的天然條件，集水區坡面上常發生大規模崩塌，產生大量土石方隨水流往下游運移釀成嚴重災害，並且往往同時破壞集水區植被而對環境生態造成重大干擾。在另外一方面，近數十年來人口增加且經濟快速發展，因而導致水土資源利用的密度與強度大幅升高。這樣的社會與經濟發展過程已經對國土造成不少傷害，也對國土保育治理工作增加了很大的難度與壓力。在這些不利的自然與社經環境之下，研訂未來國土保育與治理計畫時，必須慎重考慮下列事項：

目的與目標

國土保育與治理計畫之目的在於維持流域之水、土與生物之長期性動態平衡，以減輕災害、增進水土與生物資源之利用效率，並確保其永續性。

從人類社會的立場來看，減輕災害、增進資源利用效率的受益者應該就是人，但是不要忘記構成國土的每一個流域單元都是一個包含水、土與生物의完整系統，因此受益者應該要包括系統裡的所有成員。至於人的部份也應該考慮到與流域有一定關聯的所有人口，而非特定的一部份人而已。基於這樣的理念，一個好的國土保育與治理計畫應該能達成下列三項目標：

- (1) 促進經濟發展，以適度提升人們的生活水準與品質。
- (2) 維護社會公義，以確保不同社會階層不同世代間的正義公平。
- (3) 保護環境生態安全，以達成人與環境生態之間的和諧平衡。

尺度

完整的保育治理計畫實施結果，往往影響範圍甚廣而且時間長久，因此計畫必須有全盤性的思考，包括：

- (1) 全流域：降雨逕流與土石沖淤運移從上游往下游形成一個系統，上游或下游任何條件的改變都會交互影響，尤其是上游的改變對下游的影響特別顯著。因此計畫的研訂與實施必須由上游往下游依序安排，並作全流域考量。
- (2) 跨世代：水文現象有各種不同時間尺度的週期性變化，而且泥砂運移從崩場地源頭開始，一路走走停停，到下游河段往往須經過數年甚至數十年之久，端視水文與泥砂條件而異。有些保育治理從規劃、設計、施工到成效顯現亦常需要很長時間，因此就必須作跨世代的考量。

策略

在全流域跨世代的整體性考量之下，為達成上述目的與目標，可採用的策略如下：

- (1) 減少人為干擾：不論是為生產或生活，在集水區進行任何開發的行為都會對水土與生態平衡造成干擾，其干擾程度則隨開發規模與強度而增加。雖在工程技術上可以採取減輕干擾的保護措施，但也僅能做到一定程度而已。在超過保護程度的降雨發生時，保護措施可能就會完全失效，甚至引發超出預期的災損。因此，大規模的開發計畫應該予以禁止，而非要不可的小規模開發案必須經過最嚴謹的環境影響評估以及詳細的經濟／社會效益評估。另外，對於已存在於災害潛勢區的開發案，應設法勸離，以免受災。
- (2) 環境生態復育：在各種降雨情境之下，集水區坡面上發生崩塌的比率與量體各不相同。在崩塌影響所及的範圍內，水土與環境生態平衡必然受到一定程度的破壞，而平衡狀態的恢復往往需要很長的時間。復育措施可以採非工程方法、工程方法或兩者並用。不論何種措施應盡量考慮順應自然的原則，尤其工程措施更應特別注意不可違反水流運動或土石運移的原理，同時亦要能順應生態自然發展的趨勢。同樣地，這些復育措施也須有嚴謹的環境影響評估及經濟／社會效益評估。

- (3) 山路橋河共治：不論在流域中有無國土開發案，建設交通系統是無可避免的，其中最脆弱的部位為山區道路邊坡、路基與橋梁。當這些弱點受到崩塌、土石流及水流的衝擊破壞時，整個交通系統立即中斷癱瘓。莫拉克颱風災後重建工作一開始，交通主政機關已深刻體認到路橋重建必須與山河治理密切聯結，因此提出突破性的「山路橋河共治」理念。山路河橋共治的主要目的有二，其一為確保路與橋暢通，其二為維護河道與堤防安全。就前者而言，重點作為在於慎選路線、跨河地點及保護措施，而後者的重點在於減少淤積量與沖刷量、並布置保護措施。以莫拉克災後重建的經驗來看，淤積量的控制是以疏浚為主要手段，今後似應認真思考以疏浚開挖出合適深水槽，利用水力輸送部份泥砂至河口。不論如何，這些重點作為皆有賴於對上游來水來砂情境之充分瞭解與確實掌握。在共治的理念之下，前述水文泥砂變化的情境模擬應考慮納入殘留在坡面上泥砂流出的適度控制作為。至於何者為適度作為則必須由上、中、下游任務分工的單位互相討論、深入分析之後，以最佳整體效益為前提作成決定。

在這次重建過程中，有一點可惜的是還沒能將山路橋河共治的理念充分落實。例如台 20 線勤和至復興路段，在荖濃溪與布唐布納斯溪匯流口附近的溪底便



(a) 610 水災前之削山便道

(b) 610 水災後之削山便道

圖 3 荖濃溪與布唐布納斯溪匯流處彎道外岸之台 20 線削山便道被洪水衝毀情況 [7]

道（見圖 3(a)）由削山便道取代後，雖然逢雨中斷的情況大幅改善，但卻在 610 水災時因荖濃溪左岸邊坡被淘空而致路基崩毀（見圖 3(b)）。顯然削山便道在選線時並沒有考慮到來流水文、彎道水理以及支流帶來的土石量等因素。這一缺失雖然不免令人遺憾，但卻更突顯出「山路橋河共治」理念的正確性以及不同部門之間合作落實的重要性。

(4) 水庫通砂*：就台灣的水文、地質及地形等條件而言，降雨逕流將集水區的大量崩塌土石帶入水庫是必然的。以莫拉克颱風為例，單就曾文和南化兩座水庫合計的淤積量就高達 $1.09 \times 10^8 \text{m}^3$ ，約佔進入各流域河系土石量 $4.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 的 27%，造成相當嚴重的庫容及年供水量的減損。土石一旦進入水庫，除少部份較細顆粒可藉由洩洪操作予以排除之外，較粗顆粒必須另設庫區通砂道予以疏通；至於更粗顆如礫石者則有賴機械疏浚，但因其成本太高，僅能作為輔助方法配合運用。整體而言，要維持水庫庫容的最理想方式應是儘量讓泥砂繞庫通過到下游河段。這種方式除可維持庫容之外，亦可將自然狀態下的泥砂通量適度釋放。

繞庫通砂的基本原則包括：(1) 在庫區上游端附近布置潛堰及通砂道設施，如圖 4 所示，(2) 來流量超過預先設定門檻值時即起動通砂運作，讓泥砂隨洪水繞庫通過，(3) 來流量超過通砂設施設計容量時，讓部份來流及泥砂進入水庫，(4) 入庫未沉淤的泥砂再由庫區通砂設施通過至下游河段。

為降低曾文水庫庫容將來再度遭受大量來砂淤積減損的風險，水利署已完成維持庫容整體規劃報告 [8]，包括初步評估數個繞道通砂可能布置方案，如圖 5

所示，其中以方案 DL-3 較具可行性。後續的調查、研究、規劃、環評、審核、推動、設計、施工等一連串的工作，據估計大約需時 20 年的時間。此案若能順利推動，則實現庫容維持的目標是可以預期的。由此可見，針對這種規模超過 200 年一遇的颱洪事件，國土保育治理計畫必須用長遠宏觀的觀點來作思考，絕對不宜亦不可能以緊急應變的思維去作處理。

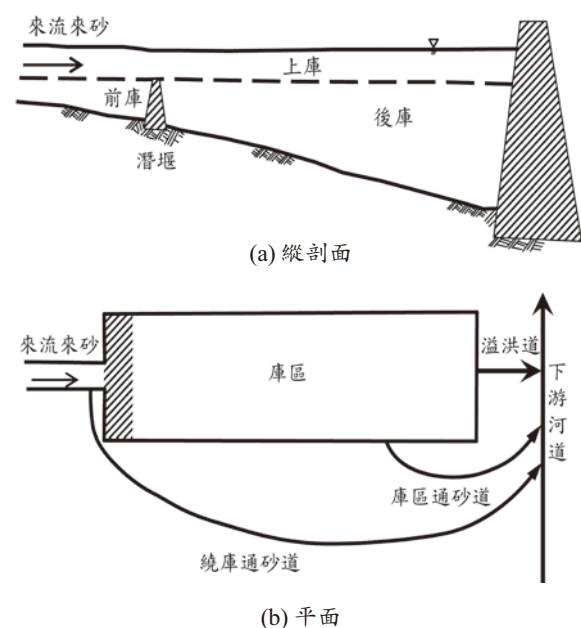


圖 4 庫區與繞庫通砂平面布置示意圖

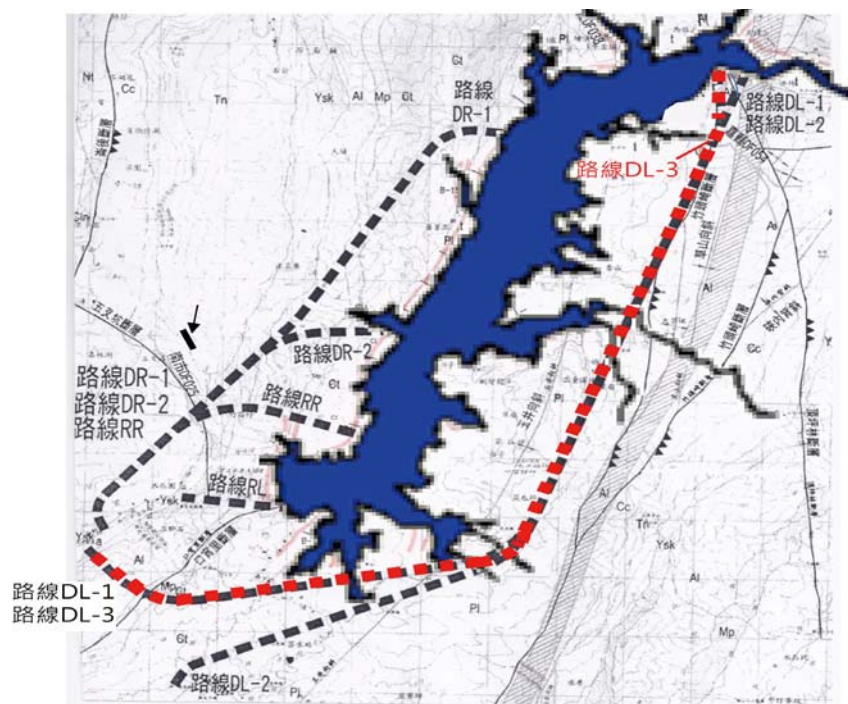


圖 5 曾文水庫各通砂方案路線布置圖 [8]

* 在未建水庫之前，原來河道來砂是暢通無阻的，而建庫之後泥砂淤於庫區減損庫容。為維持庫容，設法將淤砂經由庫區或繞過庫區流通至下游河道，以盡量恢復原來河道狀態，故稱之為通砂，應較符合環保概念。

流域綜合治理

從水害及水利的觀點來看國土開發利用與保育治理，其中最重要的元素就是水與土，而水土與生態平衡是所有涉及國土的各種活動必須考慮的關鍵點。上述四項保育治理策略就是在設法維持水土與生態的平衡關係，在每一項策略之下都可以有若干不同的措施，結果就形成一個由許多策略措施交錯在一起的複雜局面。顯然這些策略及措施互相之間必須有上、下游順序及時間先後的搭配才能達到整體的最佳效益，意即經濟、社會及生態環境等面向的綜合效益為最佳。這裡要特別提醒：個別策略或個別措施最佳效益的總和並不等於互相搭配的策略與措施最佳綜合效益。

在理念上，最佳綜合效益受到認同或許不難，但實際去作綜合效益評量卻是相當不易的，因為這三個面向的效益表達方式並不一樣，而且彼此之間的權重配置又是見仁見智的大難題，更何況效益有時間稽延特性，故必須有跨世代的考量。正因為建立綜合效益評量系統難度較高，而又是推行流域綜合治理不可或缺的有效工具，所以應該儘早大力投入建立綜合效益評量系統。

在另一方面，保育治理工作的各執行機關之間傳統上是依上、中、下游不同任務而分工的。這樣的分工在原則應該是可行的，而實際執行時卻往往是各管各的，甚至於各自追求個別最佳效益，但卻忘了最佳綜合效益。多年來雖曾推行「上中下游一體、水土林海一家」的觀念，但畢竟因缺少整合的工具與機制，而尚未能將此觀念有效地落實。未來待綜合效益評量系統建立及環境資源部成立之後，應會有機會提供良好的整合工具與機制，促使流域綜合治理的理念可以早日實現。

結語

以上各節所討論的內容可以歸納成下列數項要點：

1. 在以流域為單元的國土中，水土與生態系統必須維持平衡，才能使國土資源永續利用。
2. 為了解並掌握水與土的動態，水文變化及泥砂沖淤之模擬模式、調查觀測站網、以及水文泥砂基本資料庫等之建立是必要的。
3. 國土保育治理計畫之研訂應有宏觀、長期性之考量，其目標必須涵蓋經濟發展、社會公義及環境生態安全等面向。
4. 保育治理計畫的各項策略與措施應依上、中、下游順序與時間先後秩序作緊密搭配，以求綜合效益最佳化。
5. 為落實流域綜合治理的理念，建立綜合效益評量系統及整合機制是必要的。

參考文獻

1. 經濟部水利署，2009，莫拉克颱風暴雨量及洪流量分析。
2. 龔誠山，2010，治水，工程手段有時窮，營建資訊，第327期，第55-64頁。
3. 游保杉、陳憲宗、謝龍生，2010，八八水災的省思，土木水利雙月刊，第39卷，第1期，第25-31頁。
4. 國家災害防救技中心，2010，莫拉克颱風之災情勘查與分析（摘要本）。
5. 經濟部水利署，2009，全國治水會議（簡報）。
6. 何泰源、吳文隆、楊智堯，2010，跨領域整治、坡地保育新課題，營建資訊，第327期，第42-54頁。
7. 交通部公路總局，2012，610水災對台20線、台21線莫拉災區衝擊（簡報）。
8. 經濟部水利署南區水資源局，2014，維持曾文水庫有效庫容之整體規劃報告。



中國土木工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

歡迎您的加入

電話：(02) 2392-6325
傳真：(02) 2396-4260

e-mail:ciche@ciche.org.tw
請上網下載入會申請表



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

災害應變輔助系統

於地方應用之研發

—以疏散避難決策輔助資訊為例

蘇文瑞／國家災害防救科技中心資訊組組長

廖楷民／國家災害防救科技中心社會與經濟組佐理研究員

林祺岳／國家災害防救科技中心專案佐理研究員

李中生／國家災害防救科技中心地震與人為災害組助研究員

張智昌／國家災害防救科技中心助研究員

周學政／國家災害防救科技中心副主任

洪榮宏／國家災害防救科技中心資訊組召集人

摘要

莫拉克颱風災過後國家災害防救科技中心於 2010 年著手建置以地理空間技術為基礎之「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情資研判輔助決策使用。為擴大使用層面至縣市政府，本中心著手開發整合性之颱風災害地方應用模組，並期望透過本系統之災害應變圖資與預警分析資訊，提供地方協力團隊及地方政府情資研判相關人員使用，並於災害應變分析研判工作上能獲得即時性、整合度高與豐富的災害應變決策輔助資訊。運用共同作戰的概念，使中央與地方單位在緊急應變期間，獲得相同的資訊供研判之用，並透過情資的整合與即時傳遞，逐步達到防減災之目的。

本研究以縣市政府災害應變之疏散撤離應用情境為例，從了解需求到系統設計與開發，最後透過與地方政府應變人員溝通過程中進行問卷調查，從中了解地方政府應用狀況與改進方向。

關鍵字：決策輔助、災害應變、地理資訊系統，共同作戰圖像。

前言

台灣因身處的地理位置，經常受到地震、颱風、洪水、土石流、山崩等許多天然災害的侵襲，幾乎每年均會造成人民生命及財產的損失。莫拉克風災過後，國家災害防救科技中心著手開發建置可於災害應變中心操作，快速呈現地圖化整合資訊之『中央災害應變決策輔助系統』。系統中整合了各部會的預警、監測、情資資訊，並且透過空間化的整合方式，用來提供災情預判、防災整備、動態資訊監測、災情綜整等資訊。已逐步發揮空間資訊技術於防災應變時的功效。

本團隊近年來所開發之災害應變決策輔助系統在中央災害應變中心已發揮其作用，但是綜觀整體中央與地方政府災害應變流程中仍有以下幾點待強化：

■ 地方政府較缺乏統整資訊能量

檢視現行地方政府在災害應變過程中，可發現各單位主管業務之範疇不同，因此在應變需求整體資訊統合運用分析上，較少串連應用，由於相關資訊的因分屬不同主管單位權責，故整合運用之效能仍有強化之空間。尤其各地方政府經費充裕程度不一，部分縣市可能較有經費進行相關資訊的整合與運用，但是也有縣市呈現資源不足之狀況。

中央與地方空間資訊需加強整合與同步加值運用

在面對不同類型之災害時，因災害本身特性其需協調、整合的相關空間資訊也隨之同，以颱風災害為例，其需整合之資訊包含由事前的災情分析研判預警，到災後的災情分佈統計及救災資源調度等。預警情資目前屬於各政府單位相關主管機關會進行，而災時災情資訊的蒐整則有賴各地方政府應變中心填報至消防署建置的緊急應變管理資訊系統。中央災害應變中心在蒐整到不同單位災害的情資後，會透過情資研判會議討論後續應變操作作為，並將研判結果分送各縣市參考。但由於情資研判結果各縣市接收與運用的資訊方式不一，可能造成相關圖表訊息解讀不一之現象。

系統非常態性使用與地方人員流動大

本系統主要開發目的為災害應變支援，因此在非汛期的 11~4 月，地方防災人員系統使用率相對較低，再加上地方災害專責人員替代頻率偏高，以及相關成員大多非地理資訊技術相關背景出身等因素，雖然相關人員仍具備有防災素養與第一線防救災經驗。總的來說，要如何能夠開發出可讓地方應變人員容易上手之應變決策輔助系統，為目前需面對之重要課題。

綜合以上之問題，本團隊從 2012 年開始為了擴大災害應變決策輔助系統應用層面，以建立中央與地方共同作戰地圖（Common Operation Picture）為目標，建置以地理資訊系統技術為基礎之地方版災害應變決策輔助系統，其主要目的在整合各部會災害應變之資訊，以災害應變情資分析為目的進行災害應變決策輔助系統開發規劃，以提供空間資訊之圖像化資訊給決策者及各單位進行參考。

本系統在開發過程中一方面著手了解縣市應變人員的使用需求與能量，另一方面也針對縣市應變人員於災害應變中最需獲得之資訊進行分析，以確實掌握地方需求並開發出符合縣市災害應變人員應用之災害應變決策輔助系統。本研究即是以地方應變人員從災害應變過程中的疏散撤離操作資訊需求分析、系統設計開發到應用問卷調查進行整體之探討，以作為未來相關系統開發之參考。

疏散避難決策輔助資訊需求分析

依據災害防救法第 24 條：「為保護人民生命、財產安全或防止災害擴大，直轄市、縣（市）政府、鄉（鎮、市、區）公所於災害發生或有發生之虞時，應勸告或強制其撤離，並作適當之安置。」，依照現行制度運作，地方政府疏散避難決策往往需要眾多資訊進行先前研判，災害發生之虞時，地方政府依據「土石流防災疏散避難作業規定」、「水災危險潛勢地區疏散撤離標準作業程序」及「封橋封路標準作業程序」規定，實施當地居民之避難勸告或指示撤離，並提供避難處所、疏散路線、危險區域、災害概況及其它有利避難之資訊（災害防救白皮書，2012）。

土石流防災疏散避難作業規定

陳振宇（2013）曾針對土石流潛勢地區地方政府疏散決策因子進行分析，其建議因應疏散決策所需考量因子包含六大面向，詳見表 1：

表 1 地方政府疏散避難決策因子及內容說明

參考重點	參考資訊	參考資訊說明
一、警戒資訊	1. 颱風警報	考量該地區是否位於颱風警報範圍
	2. 氣象局預測雨量值	依據氣象局發布之總雨量預測及 24 小時雨量預測，評估該地區受災之風險
	3. 目前實際雨量值	依據鄰近該地區之氣象局自動雨量站之觀測值，或以當地土石流防災專員以簡易雨量筒觀測之現地雨量作為參考
	4. 水保局土石流警戒	依據水土保持局是否已針對該地區發布之土石流黃色警戒或土石流紅色警戒
	5. 水利署淹水警戒	依據水利署是否已對該地區發布淹水警戒
	6. 公路局封路封橋資訊	考量該地區周邊的重要道路、橋梁是否已被或可能被列入封路封橋範圍
	7. 基層單位現地回報之狀況與建議	依據鄉公所或村里長回報現地的風雨及災情狀況，以及對於啟動疏散與否之建議
二、環境現況	1. 已有明顯風雨	該地區已有明顯的風雨
	2. 已有災情傳出	該地區附近已有災情傳出（淹水、土砂災害）
	3. 部份道路或橋梁已中斷	該地區已有部份交通要道中斷，若不先行疏散，擔心後續變為孤島
	4. 通訊是否容易中斷	考量如通訊中斷，聯絡不易，故先行疏散
	5. 擔心入夜後發生災害	考量災害可能於入夜後發生，不易通報及疏散，故先行疏散
三、過去經驗	1. 警戒誤報率	考量該地區過去已有多次發布警戒，甚至已疏散民眾，但多未發生災害之情形
	2. 警戒命中率	考量該地區曾經有警戒發布後，確實發生災害之情形
	3. 有多次災害記錄	考量該地區災害發生之頻率較高
四、災害潛勢	1. 位於災害潛勢區	考量該地區是否位於土石流潛勢溪流、淹水潛勢區或地質敏感區
	2. 交通易中斷，形成孤島	考量該地區是否易因交通中斷，形成孤島
五、社區現況	1. 人口結構	考量該地區是否有較多的弱勢族群，災時需較多的資源與協助
	2. 是否有自主防災能力	該地區是否有自主防災組織及充足物資，可因應短期災害或受災第一時間能自助自救等
	3. 避難處所位置	考量該地區之避難處所是在社區內，或必須至外地避難，涉及所需動員之人力物力及是否在風雨來臨前即作預防性撤離
六、行政考量	1. 上級機關要求疏散	中央或縣市政府下令疏散
	2. 疏散民眾及開設避難處所之費用與人力	考量每次疏散鄉公所或村里所需耗費的人力與經費
	3. 當地民眾對疏散之配合度	考量民眾是否願意配合疏散，亦即落實執行疏散之困難度

資料來源：陳振宇（2013）

水災危險潛勢地區疏散撤離標準作業程序

另依照水災危險潛勢地區疏散撤離標準作業程序規定（詳見圖1），直轄市、縣（市）政府應於進行疏散撤離前蒐集分析下列資訊：

- (1) 提供直轄市、縣市管河川水位警戒資訊或由專人現地巡查監視提供水位資訊。
- (2) 依據「縣（市）水災危險潛勢地區保全計畫」劃定之水災保全地區，擬訂疏散撤離地點、規劃疏散撤離所需交通物資動員作業方式。
- (3) 依據中央氣象局颱風警報及豪雨特報、雨量資訊及颱風期間提供雨量預報資訊、中央管河川水位警戒資訊、水庫洩洪警報資訊、淹水警戒資訊及自行發佈之直轄市、縣市管河川水位警戒資訊，研判疏散撤離時機。

封橋封路標準作業程序

除土石流、淹水災害疏散避難撤離標準或因子之外，封橋封路資訊亦是疏散避難決策的重要參考資訊，依照交通部公路總局封橋封路標準作業程序規定，道路封閉警戒時機如下：

- (1) 列為重點監控之橋梁：
氣象局發布陸上颱風警報或上游集水區發布大豪雨特報。
- (2) 其他橋梁：

養路單位巡查或網路監看上游河川管理單位水位站及雨量站資料、氣象局雨量站等資料，經認定有需要時。

- (3) 接獲用路人、當地居民、警政單位或上游水利設施管理單位放水通報，經養路單位勘查、認定需要者。
- (4) 列為重點監控之道路路段：
先前災害尚未修復之路基缺口、具坍方潛勢尚未辦理坡面防護之上邊坡及位於河流攻擊岸之路段，經氣象局發布陸上颱風警報或上游集水區發布大豪雨特報。

綜合以上，針對縣市政府在進行疏散避難時所需之資訊，可參考陳振宇（2013）所分析之成果並考量現場各類資訊搜整難易度之進行通盤考量。因此本研究針對地方政府在進行疏散避難作為時所需研判之資訊需求，進行資訊綜整，並透過災害應變決策輔助系統提供相關資訊以作為疏散避難決策輔助之參考。本系統可因應疏散避難決策所需提供警戒、環境、過去經驗、災害潛勢、社區現況等六大面相之資訊，分別說明如下。

■ 警戒資訊

- (1) 颱風現況（包含目前位置及預測路徑）
- (2) 氣象局預測雨量值（包含未來12小時及24小時預測雨量值）

落實水災危險潛勢地區疏散撤離標準作業

(99.5.5經濟部修正函頒)

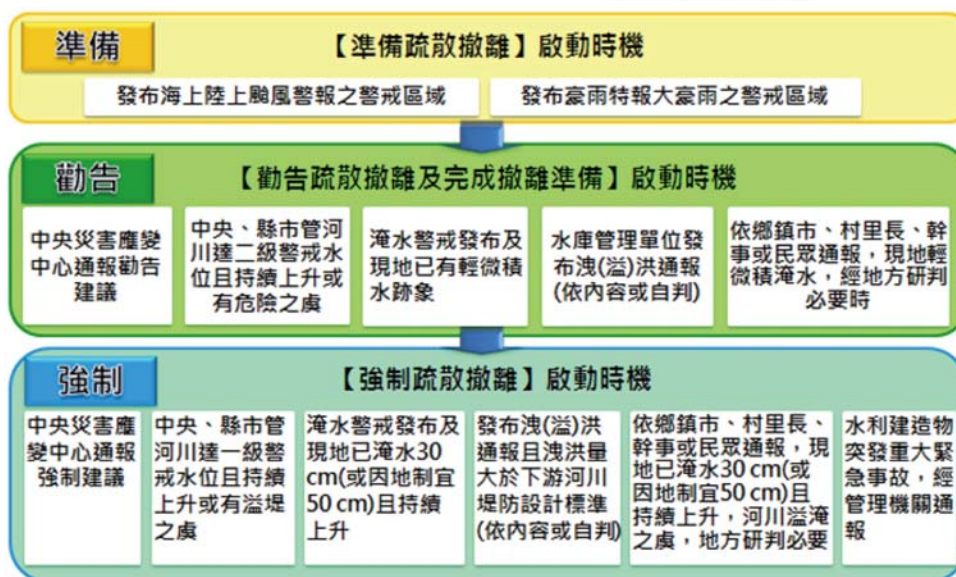


圖1 水災危險潛勢地區疏散撤離標準作業程序

資料來源：經濟部水利署

(3) 目前實際雨量值

- A. 當日累積雨量 累積 3、12、24 及 48 小時累積雨量查詢
- B. 氣象局各單點雨量站雨量查詢（可依任意雨量值篩選）

(4) 水保局土石流警戒

(5) 水利署淹水警戒

(6) 水利署水庫水位警戒

(7) 水利署水位警戒水位

(8) 公路局封路封橋資訊

■ 環境現況

(1) 即時災情包含

- A. 中央災害應變中心即時災情
- B. 公路總局道路通阻

(2) 現地狀況

- A. 即時雨量監測資訊
- B. 即時河川水位監測資訊
- C. 各地即時監測影像 CCTV

■ 過去經驗

(1) 近年災害點位

(2) 近年人員傷亡紀錄

(3) 近年交通阻斷資訊

■ 災害潛勢

(1) 易成孤島地區

(2) 淹水及坡地災害潛勢

■ 社區現況

(1) 社福機構（老人安養中心）

(2) 收容所

(3) 疏散避難處所

■ 行政考量

(1) 人事行政總處停班停課資訊

以上之資訊均為目前各部會於災害應變期間可提供之資訊內容，本系統為讓應變人員於災害應變期間更容易掌握相關資訊，將針對透過地理空間技術進行資訊轉化，將各類數據轉化成容易閱讀之空間資訊，讓地方應變人員能夠快速了解各類資訊之涵意並進而進行後續應變作為。

系統應用設計與開發

地方災害應變決策輔助系統發主要參考中央版災

害應變決策輔助系統研發時的經驗，並且考量使用者需求進行開發，其中各類資訊分別分散於各權責部會中，對於地方應變人員來講，往往無法輕易進行套疊操作，本系統運用共同作戰圖像（Common Operation Picture）理念，設計地方政府災害應變情資整合為需求的決策輔助系統，整體系統設計原則如下：

- A. 有效整合各部會災害防救相關圖資，減少各級地方政府重複投入資源。
- B. 透過本中心實務運作中央版輔助系統之經驗，開發符合災害應變操作邏輯與需求的使用者界面。
- C. 平時整備期間，建全災害防救資料庫，提供災害防救規劃業務所需相關資料。
- D. 災害應變期間，同步傳遞 CEOC 研判情資、整合災害預警發布資訊、展示災情空間分布。

本系統主要透過主題圖方式，針對颱風豪雨災害應變期間縣市政府需要了解的資訊進行蒐整，並將複合型的空間資訊及監測資料以書籤方式進行合併呈現，提供使用者快速檢視現有狀況，進行決策判斷，而不需逐一開啟每個圖層，本文以颱風應變主題圖分類為警戒階段與災害階段分別說明疏散撤離時使用主題圖之時機。

■ 警戒階段

警戒階段為氣象局已發布颱風警報，各縣市政府需了解颱風對於當地之影響，本系統透過各國颱風路徑預測、氣象局之颱風暴風半徑預及測衛星雲圖等資訊，讓應變人員了解颱風對該地影響狀況，如圖 2。

當確認颱風可能對該地區造成影響，本系統分別整理即時監測資訊與未來警戒預報資訊提供應變人員可以掌握即時並透過未來預報進行疏散撤離時間點之研判。以下為各資訊之說明。

(1) 鄉鎮警戒雨量主題資訊

提供各鄉鎮附近雨量站即時雨量監測資料，並提供雨量累積值篩選機制，作為疏散撤離判斷依據，系統上提供的雨量警戒標準係本中心整理自水土保持局、水利署等單位之「歷史災害調查資料」與「降雨、水情監測資料」結合分析而得之統計值，主題圖中透過即時累積雨量與各地警戒值疊合運用，可了解各地警戒狀況，如圖 3。



圖 2 即時颱風觀測資訊

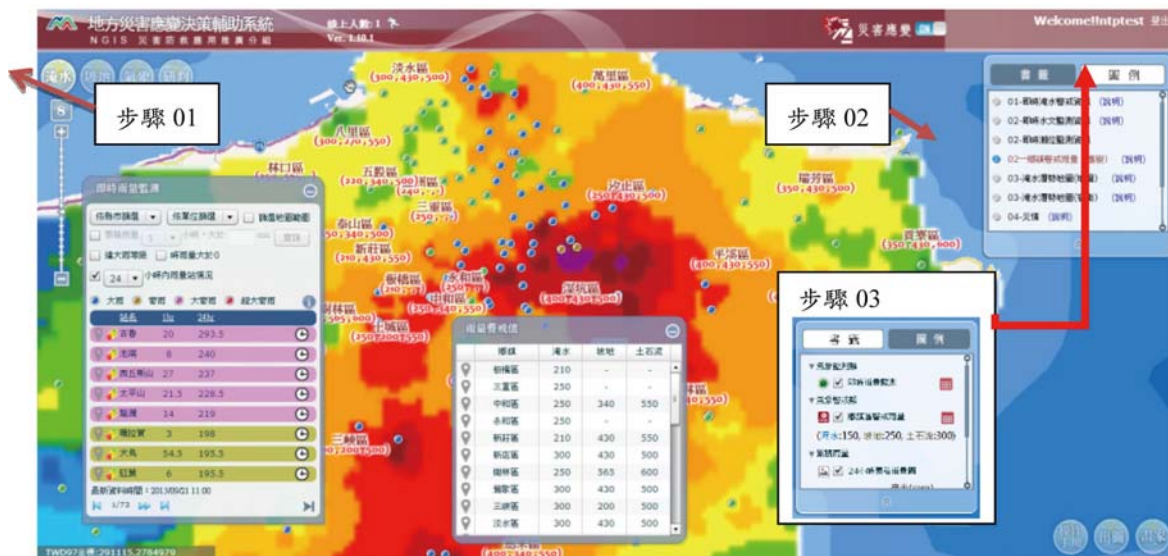


圖 3 鄉鎮警戒雨量

(2) 即時水文監測資訊

即時水文監測資訊主要是提供水文監測點紀錄的河川水位警戒等級及水庫水位高低，供使用者參考，

使用者可透過系統中的分析表了解目前已超過警戒值的水位站，並從中掌握哪些地區為發生災害的高風險地區，如圖 4。



圖 4 即時水文監測資訊

(3) 災害潛勢地圖資訊

本主題圖整合各類潛勢地圖如淹水潛勢土石流潛勢等，透過相關資訊能夠清楚知道地區災害潛勢，另外為讓應變人員確實掌握弱勢人口分布狀況以進一步進行疏散撤離，本主題圖也彙整各地的老人及社會福利機構與收容所，可以作為優先疏散撤離對象的決策參考，如圖 5。

(4) 即時警戒資訊

即時警戒資訊地圖主要提供各單位以發佈之警戒資訊例如農委會水土保持局的土石流警戒紅黃警戒、公路總局的道路封閉資訊以及水利署的淹水警戒區域，透過警戒資訊彙整能夠讓地方應變人員清楚知道立即知道當前各類之警戒地區，以及道路通阻狀況。讓應變人員判斷哪些地區應優先撤行撤離，哪些地區應就地進行避難的參考，如圖 6。

(5) 情資研判主題

災情研判主題主要提供中央災害應變中心災害情資研判之相關的建議資料（PDF 檔案），提供地方政府使用者線上瀏覽或檔案下載，可藉由簡報資訊了解中央災害應變中心之情資研判結果，並與現地資訊相結合已作為後續行動之參考，如圖 7。

■ 災害發生階段

當災害發生後，為進一步掌握各地狀況，本系統也整合了各類災害即時資訊，包含災情資訊與現地即時影像觀測等，相關資訊應用說明如下：

(1) 災情主題

本主題圖提供災情資訊，提供積水與電力中斷區域，以及人員傷亡、受困統計，配合公路橋梁災點與道路阻斷點的資訊，作為災害應變處理上的輔助決策參考資訊，如圖 8。



圖 5 災害潛勢地圖



圖 6 即時淹水警戒資訊

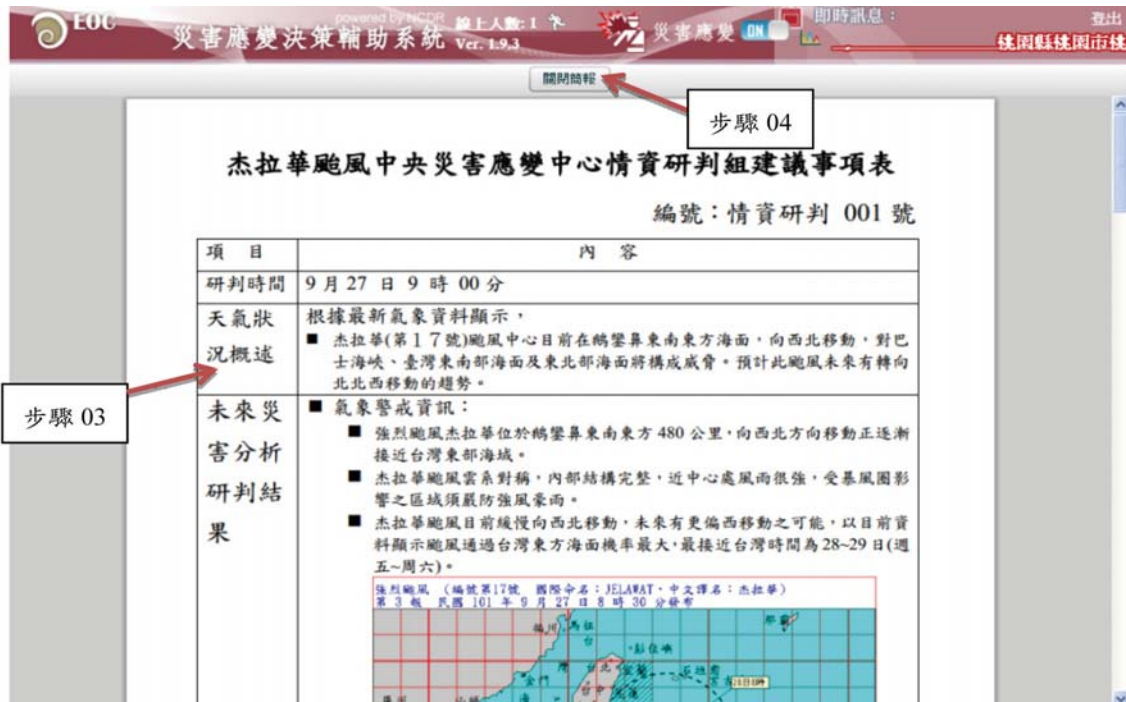


圖7 中央災害應變中心情資研判建議事項



圖8 災情分布主題圖

(2) 撤離收容主題

撤離收容主題圖主要提供應變人員清楚知道各地區已撤離及勸離人數，可以確實掌握疏散撤離的狀況，如圖9。

(3) 即時影像(CCTV)觀測資訊

本主題圖彙整各單位已建置之CCTV地圖，期望透過即時影像能夠清楚掌握現地災害狀況，供應變人員指揮調度參考，如圖10。

綜合以上，本系統依照六大面向進行主題書籤編輯，方便讓地方應變操作人員能將以上綜整資訊不僅作為進行預先疏散撤離研判作業之參考，也可在災害發生後進行緊急疏散撤離之研判資訊來源。對於應變人員來說，可透過本系統清楚掌握應變過程中時空資訊。

易用性分析

本研究除了設計相關主題圖，並透過易操作之決策輔助系統呈現相關資訊外，為了解地方使用者對於系統操作使用的情況，特地設計一份易用性問卷進行系統使用狀況評估，本調查採用「後系統使用性問卷」(The Post-Study System Usability Questionnaire, PSSUQ)進行研究，此問卷為Lewis(1995)提出，主要用來測量使用者對於電腦系統使用之滿意度。PSSUQ問卷由系統易用性、資訊品質、介面品質等三個子問卷組成，共19題，其中系統易用性8題，如「我覺得使用這個系統是輕鬆的一件事」；資訊品質7題，如「在系統上找到我需要的資訊是容易的」；介面品質4題，如「這個系統的介面令人滿意」。受試者針



圖 9 疏散收容主題圖



圖 10 CCTV 主題資訊

對每個敘述句回答同意程度，從非常不同意至非常同意，採 Likert 七點量表。

另外，本次調查也設計了電腦能力自評問卷與應變相關應用資訊問卷，目的是探討受訪者之電腦能力與對應變相關應用資訊的瞭解是否與系統的易用性相關。電腦能力部分共 8 題，受訪者針對每一描述，判斷其熟悉程度，由非常不熟悉到非常熟悉，採 Likert 七點量表；而防災相關應用資訊共 9 題，內容為地方版應變決策輔助系統中所使用的應變資訊，受訪者亦是判斷對其熟悉程度，填答方式與計分均與電腦能力問卷相同。

本調查之實施時間為 2013 年五月至六月上旬，在國家災害防救科技中心至各縣市辦理「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，學員背景均為地方應變相關人員。

本次調查共發出 218 份問卷，回收有效問卷 131 份，其中，男性受訪者 82 人（佔 63.1%），女性受訪者 48 人（佔 36.9%），整體年齡平均為 36.9 歲，標準差為 8.5 歲；在教育程度方面，人數最多的是大學學歷，有 56 人（佔 43.1%），其次是碩士學歷，有 42 人（佔 32.3%），而專科學歷有 24 人（佔 18.5%），高中/職則有 8 人（佔 6.2%）；在工作單位方面，受訪者大多來自政府單位，有 117 人（佔 92.1%），來自防災協力機構則有 10 人（佔 7.9%），整體平均年資為 4.89 年，標準差為 5.6 年（詳見表 2）。

表 2 受訪者基本資料

性別		人數	百分比
	男	82	63.1%
	女	48	36.9%
年齡	M = 36.9 (23 ~ 56)	SD = 8.5	
教育程度		人數	百分比
	高中 / 職	8	6.2%
	專科	24	18.5%
	大學	56	43.1%
	碩士	42	32.3%
	博士	0	0.0%
工作單位		人數	百分比
	政府單位	117	92.1
	協力機構	10	7.9
	年資 (政府單位)	M = 4.89 (0.17 ~ 23.83)	SD = 5.60
問卷回收率 (131/218) 60.1%		人數	回收率
	台東	8/36	22.2%
	花蓮	28/37	75.7%
	中部	17/20	85.0%
	桃竹苗	21/37	56.8%
	北部	19/37	51.4%
	南部	19/26	73.1%
	雲嘉南	19/25	76.0%

易用性分數

針對地方版應變決策輔助系統易用性調查進行描述統計之分析，結果發現，整體分數的平均為 5.18，標準差為 0.93，在七點量表中，位居於中間偏高的位置，顯示整體而言，受訪者同意地方版應變決策輔助系統具有易用性。進一步將易用性分成系統易用性、資訊品質與介面品質三部分做統計分析，結果發現，在系統易用性部分，平均數為 5.25，標準差為 0.99；在資訊品質方面，平均數為 5.17，標準差為 .92；在介面品質方面，平均數為 5.04，標準差為 1.10。由此結果可知，受訪者對這三個向度均有中間偏高的認同，其中，系統易用性之認同度最高，其次為資訊品質，最後是介面品質（見圖 11）。

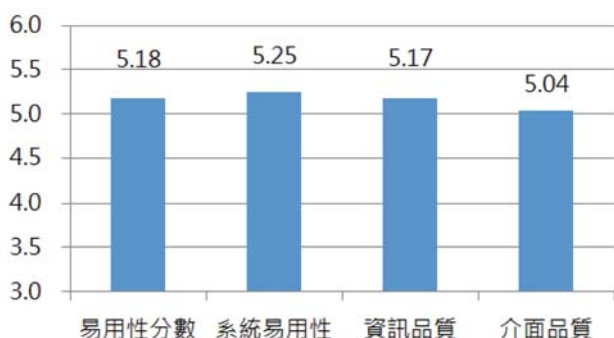


圖 11 易用性分數之平均數長條圖

系統應用調查結果分析與討論

電腦能力與應變相關應用資訊之瞭解程度

在電腦能力方面，本調查將每題分數加總後求平均，得到電腦能力分數，最高為 7 分，最低為 1 分。分析結果發現，受訪者之電腦能力平均為 5.14，標準差為 .99，顯示受訪者自評之電腦程度還算不錯。

應變相關應用資訊瞭解程度之結果如表 2 所示，透過分析發現，受訪者對於 EMIS 系統的熟悉度最高，平均數為 5.40（標準差為 1.45），其次為土石流警戒，平均數為 5.24（標準差為 1.22），最不熟悉的是 PGA，平均數為 3.84（標準差為 1.65），此結果顯示即使是最熟悉防災事務之地方應變相關人員，對於防災相關應用資訊之瞭解程度僅在中上左右，值得相關單位持續努力推廣與教育。

表 3 應變相關應用資訊之瞭解程度

	平均數	標準差
7-1 我瞭解什麼是 GIS（地理資訊系統）	4.85	1.48
7-2 我瞭解什麼是風雨預報單	5.04	1.32
7-3 我瞭解什麼是土石流警戒	5.24	1.22
7-4 我瞭解停班停課的標準	4.99	1.33
7-5 我瞭解什麼是淹水潛勢圖	5.18	1.25
7-6 我瞭解什麼是 PGA（最大地表加速度）	3.84	1.65
7-7 我瞭解什麼是 EMIS（防救災資訊系統）	5.4	1.45
7-8 我瞭解什麼是海嘯溢淹圖。	4.27	1.53
7-9 我瞭解什麼是中央災害應變中心通報單	5.18	1.41

易用性分數與電腦能力、應變相關應用資訊瞭解程度、年齡、年資之關係

透過相關性之統計分析，可發現應變相關應用資訊瞭解程度與易用性分數有顯著相關（ $r = 0.308$ ），而在易用性的三個向度中，受訪者對應變相關應用資訊瞭解與系統易用性（ $r = 0.308$ ）與資訊品質（ $r = 0.343$ ）的關係較高。電腦能力與系統易用性與資訊品質有顯著相關（ $r = 0.256$ ），意味電腦能力越好，受訪者越覺得系統容易操作，也較同意系統有好的資訊品質，但電腦能力與介面品質無關。最後，年齡與工作年資與系統易用性的三個向度均無顯著相關（詳見表 4）。

系統改版建議

透過本次的系統易用性調查，可得知應變決策輔助系統對地方應變人員來說具有一定程度的易用性，

表 4 系統易用性與電腦能力、應變資訊瞭解程度、年齡、年資之相關表

	易用性	系統	資訊品質	介面品質	電腦能力	應變資訊瞭解程度	年齡
	分數	易用性					
易用性分數							
系統易用性	0.967**						
資訊品質	0.954**	0.886**					
介面品質	0.866**	0.769**	0.759**				
電腦能力	0.256**	0.262**	0.295**	0.12			
應變資訊瞭解程度	0.308**	0.308**	0.343**	0.184*	0.647**		
年齡	-0.04	-0.07	-0.04	0.035	-0.18	-0.01	
工作年資	-0.12	-0.14	-0.11	-0.08	0.094	0.159	0.403**

*: $p < 0.01$; **: $p < 0.001$

是容易上手的系統，而未來若要更新系統，建議可先從使用介面著手，藉由使用者經驗的導入來提升介面設計品質；其次可提升資訊品質來改善系統，將從各單位取得之基礎資料，整理轉換成使用者較容易理解的資訊。另外，對應變相關應用資訊的瞭解仍有相當大的提升空間，本調查發現，對應變相關應用資訊的瞭解程度越高，對系統易用性的評價也越高，顯示這類系統需要對專業知識的瞭解，因此，提升使用人員之專業素養，絕對有助於系統使用。最後，工作年資或年齡與系統之易用性無顯著相關，意味雖然應變相關人員之平均年資偏短（約 4.89 年），但只要具有一定的電腦能力與對應變相關資訊的瞭解，就能進行系統操作，在應變相關人員流動頻繁的現實環境下，思考如何在短時間內讓新進人員對應變相關應用資訊有足夠的瞭解，為一個未來重要的努力方向。

結語

近年來空間資訊技術的蓬勃發展，相關技術已廣泛應用於災害管理各方面。以本文所述之颱風災害應變為例，在災害應變的不同階段，空間資訊技術不論是在災害資訊的收集、分析及管理上皆可發揮其作用。本文透過地方災害應變決策輔助系統從需求分析到開發及後續應用意見調查進行分析探討，相關結論與建議說明如下

1. 透過本研究災害應變過程中之地方災害疏散撤離資訊需求分析了解，近年來由於資訊共享技術已逐步成熟，相關資訊需求可透過雲端化技術以及地理資

訊系統等相關技術達到共同作戰地圖之目的。

2. 本團隊所開發之系統可提供地方政府於災害應變期間疏散撤離所需之相關研判資訊，對於地方政府於災害應變過程中，可以有效輔助應變人員對於預先或緊急疏散撤離相關資訊之掌握。
3. 透過本次的系統易用性調查，可得知應變決策輔助系統對地方應變人員來說具有一定程度的易用性，是容易上手的系統，而未來若要更新系統，建議可先從使用介面著手，藉由使用者經驗的導入來提升介面設計品質。
4. 本調查發現，對應變相關應用資訊的瞭解程度越高，對系統易用性的評價也越高，顯示這類系統需要對專業知識的瞭解，因此，提升使用人員之專業素養，絕對有助於系統使用。
5. 根據問卷分析結果顯示，地方災害應變人員的平均年資偏短（約 4.89 年），但只要具有一定的電腦能力與對應變相關資訊的瞭解，就能進行系統操作，在應變相關人員流動頻繁的現實環境下，未來應思考如何在短時間內讓新進人員對應變相關應用資訊有足夠的瞭解，以輔助其進行災害應變相關工作。

參考資料

1. Lewis, J. R. (1995). IBM computer usability satisfaction questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 7, 57-78.

2. 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。
3. 內政部 (2012 修正)，「災害防救法」。
4. 行政院災害防救委員會，(2004)，防救災緊急通訊系統整合建置計畫 (修正核定本)，台北。
5. 行政院災害防救辦公室，(2012)，「行政院 101 年度災害防救白皮書」，行政院中央災害防救會 報，<http://www.cdprc.ey.gov.tw/cp.aspx?n=E4B3184A108C3664>。
6. 交通部公路總局，(2009)，交通部公路總局封橋標準作業程序，行政院災害防救委員會中央災害應變中心芭瑪颱風專區，<http://www.ndppc.nat.gov.tw/parma/>。
7. 徐百輝，(2007)，數位化防救災資訊，國科會科學發展月刊，第 410 期，pp. 32-37。
8. 徐百輝、黃俊宏、林峰田，(2005)，LBS 於災害管理及勘災作業之應用，國土資訊系統通訊季刊，第五十六期 — 行動化空間資訊系統，pp. 45-65。
9. 徐百輝、蘇文瑞，(2009)，應用多時序數值地形資料於地層下陷監測及淹水模擬，第二十八屆測量及空間資訊研討會，國立中央大學，桃園。
10. 徐百輝、蘇文瑞、葉家承，(2009)，航測及遙測科技於災害監測之應用，土木水利 第三十九卷 第五期 第 38-45 頁。
11. 黃俊宏、蘇文瑞、葉家承、包正芬、謝龍生、周恆毅，(2009)，服務導向架構應用於災後現地勘查之研究，臺灣災害管理研討會，臺灣災害管理學會。
12. 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。
13. 經濟部水利署，(2000)，水災疏散撤離標準作業程序，經濟部水利署防災資訊網，<http://fhy.wra.gov.tw>。
14. 蘇文瑞、林峰田 (2009)，從莫拉克颱風災害事件看台灣防災資訊系統的建立，建築師雜誌，第 418 期。
15. 蘇文瑞、黃俊宏、吳上煜 (2009)，國家災害防救科技中心資訊組團隊，應用資訊服務平台技術於災害管理，國研科技，國家實驗研究院，第 24 期。
16. 蘇文瑞、黃俊宏、周恆毅 (2012)，災害防救資訊應用與推廣。國家災害防救科技中心災害防救電子報。

土木水利雙月刊

向您約稿

本刊出版有關土木水利工程之報導及論文，以知識性、報導性、及聯誼性為主要取向，為一綜合性刊物，內容分工程論著、技術報導、工程講座、特介、工程新知報導及其他各類報導性文章及專欄，歡迎賜稿，來稿請 email:ciche@ciche.org.tw 及寄台北市仁愛路二段 1 號 4 樓 (郵遞區號 100)，中國土木水利工程學會編輯出版委員會刊編輯小組收，刊登後將贈送每位作者一本雜誌，不再另致稿酬；歡迎以英文撰寫之國內外工程報導之文章，相關注意事項如後：

- 工程新知及技術報導，行文宜簡潔。
- 技術研究為工程實務之研究心得，工程講座為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。工程報導為新知介紹及國內外工程之報導。
- 本刊並歡迎對已刊登文章之討論及來函。
- 工程論著及技術研究類文章，由本刊委請專家 1 ~ 2 人審查，來文請寄原稿，請以電腦撰寫並寄行政服務電子郵件信箱或附磁片。
- 文章應力求精簡，並附圖表照片，所有圖表及照片務求清晰，且應附簡短說明，並均請註明製圖者及攝影者，請勿任意由網站下載圖片，以釐清版權問題。

淺談臺灣災防科技發展與挑戰

顏清連／臺灣大學名譽教授 口述

林翠儀／前自由時報資深文字編輯 整理

李文正／國家災害防救科技中心副研究員 校正

發展歷程回顧

簡要歷程

臺灣災防科技發展的簡要歷程如圖 1 所示。從國科會大型防災研究計畫，經過防災國家型科技計畫，到後來幾個衍生的方案，這些計畫簡單地說有些成果。但這些成果的價值是不是得到社會大眾的了解與認同，頗有疑問。所以本人就反過來思考，要請目前正在崗位上推動及執行防災科技研發落實應用的同仁，把它當做是一種挑戰。

防災法令研訂

國科會真正開始進行大型防災計是在 1982 年。如果再往前回溯，在政府體系中，1964 年之前關於防災方面，並沒有正式的法令或體系。法制面是從 1964 年之後才有「防救天然災害及善後處理辦法」，不過這只是一個處理辦法，層次不是很高，當時幾乎全都由臺灣省政府負責。其後有 1994 年的「災害防救方案」，

我記得很清楚，當年發生華航名古屋空難和美國洛杉磯北嶺地震，引起行政院的通知，所以擬訂了此一方案，同時納入了天然與人為災害。

「災害防救方案」之後行政院決定草擬「災害防救法」，草案送立院被退回一次或兩次，法條談了很久，但送來送去就是無法通過。防災國家型科技計畫成立兩年後，行政院就要求國家型計畫將草案擬出來，所以當時我們常開夜車，接著在 1999 年發生了 921 大地震，對「災害防救法」發揮了催生作用。終於在 2000 年 7 月立法院通過「災害防救法」。

防災研發計畫與方案之推動

從 1982 年至今，政府推動的防災研發計畫及方案，包括國科會大型防災研究計畫（1982-1997）、防災國家型科技計畫（1997-2006）、強化災害防救科技研發落實運作方案（簡稱強化方案，2007-2010）及災害防救應用科技方案（簡稱應科方案，2011-2014）。

防災國家型科技計畫是從 1998 年正式開始，97 年是它的預備年。為何會有這個計畫，其實有個小故事。大型防災研究計畫從 1982 到 1997 年，一共 15 年，當時分為 3 期，每期 5 年，做到第 3 個 5 年快結束時，大家提議是否要有第 4 個 5 年或甚至第 5 個 5 年繼續下去時，先對過去做了些回顧。當年推出的大型防災計畫時，主要都是學校的幾位教授，帶頭的是前行政院長劉兆玄先生，那時他是國科會企劃處處長；他的學術領域背景是化學，但他和我們這幾位學者還算熟，所以就從地震開始談，於是成立研究計畫，但基本上是由學校的這些老師規劃與推動。



圖 1 臺灣防災科技發展簡要歷程

註：NCREE = 國家地震工程研究中心；NCDR = 國家災害防救科技中心；TTFRI = 臺灣颱風洪水研究中心

當時雖然強調希望研究的成果可以落實應用，但是教授們主要還是希望國科會能提供經費補助他們進行研究計畫，帶領研究生、撰寫論文。至於落實應用，說實話，現在回頭想想，15 年的研究成果，真正能夠落實的東西不多。這並非大家無心落實，而是當時的行政體系和社會條件也不足以進行落實的工作。可是每到 5 年，就會有人檢討這 5 年做了什麼，有沒有落實應用。結果我們每次被問的時候都面紅耳赤。

所以在 1996 年開始規劃後續防災科技研究，我們就說要做就做大一點的，那時劉兆玄先生擔任國科會主委，已經有防災國家型科技計畫的概念，同時還有另一個計畫是電信國家型科技計畫。兩個計畫差不多同一時間開始規劃，但較早動手的是防災國家型科技計畫。所以防災國家型科技計畫是第一個國家型科技計畫，不過規模比電信國家型計畫小很多。

防災科技從 1982 年來到 2011 年經費的成長，如圖 2 所示。國科會部分為紫色，其他部會則為綠色，由此圖可知，國科會的投入鼓勵帶動了其他部會在防災科技上的投入。從大型防災計畫、防災國家型計畫、強化方案到災防應科方案這 4 個階段的經費統計下來，大概 82 億元。我們一路下來 30 年，一直強調落實應用，究竟落實應用了多少成果，現在變成一個很重要的課題。

三個研發中心之成立

時間往前回溯，大型防災研究計畫一開始就已經構想要成立國家地震工程研究中心（NCREE）。NCREE 於 1990 年正式成立之前，有一段漫長且曲折過程，先由臺大報請教育部支持，教育部卻說沒有預

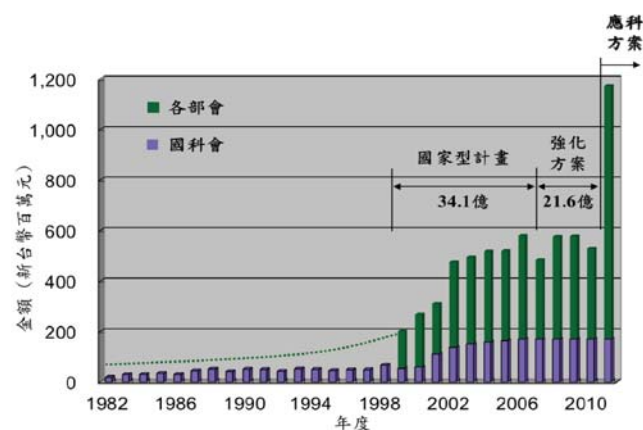


圖 2 投入防災科技研發經費統計 (NCDR 提供)

算，之後由教育部轉報行政院，由時任政務委員的李國鼎先生幫忙，經過多次的專家評估審查，才由國科會支持成立。

接著是 921 大地震之後，防災國家型科技計畫受到很多注目，但我們無法馬上有什麼太大的貢獻。國家型計畫第 1 期 3 年、第 2 期 5 年，於是大家又開始思考 8 年之後該怎麼辦，不能說國家型計畫一直像以前那樣做。不論結束或延續都該有一些規劃，所以就決定成立一個單位可以把先前以及 1998 年以來做的研究成果，想辦法落實應用到實際的系統裡。這個單位就是國家災害防救科技中心（NCDR），所以 NCDR 的重要任務就是要把研究成果落實應用到實務上。

防災國家型科技計畫 8 年退場後變成的 NCDR，其基本概念就像是一個水庫用到一個年限後的延壽計畫。所以，接下來的強化方案與應科方案，以及八八水災之後於 2011 年成立的臺灣颱風洪水研究中心（TTFRI），實質上都是防災國家型科技計畫的延壽計畫。

NCREE、NCDR 及 TTFRI 這三個中心的成立規劃過程本人有幸都能夠直接參與，而且成立之後亦有機會去關心與了解，可說是與有榮焉。就個人所知，NCREE 成立最早，成果最為豐富，貢獻最大；其次就是 NCDR。TTFRI 才成立不久，所以我們有很高期待，但目前還不能說它有很大的貢獻。

大型防災研究計畫

在 1982 年以前雖有些零星的研究計畫，但簡而言之就是：缺乏統籌協調規劃，不同部門有些重覆執行相同課題，部份重要課題乏人問津，以及研究成果落實應用比例偏低。這是我們在推動大型防災計畫時，將落實應用列為重大目標之一的原因，也是後來經常被檢討的一點。

執行概要

國科會大型防災研究計畫一共 3 期 15 年。計畫件數差不多有 1 千件，經費約 6.7 億元，參與的老師 1,645 人年，平均每年有 110 人；研究生 1,138 人年，平均年培育產出約 80 人，詳如表 1 所示。學生人數比老師少的原因在於有些研究生是由一位以上的教授共同指導的，所以老師人數就比培育產出學生多了。

表 1 國科會大型防災研究計畫執行概要

國科會大型防災研究計畫	第一期	第二期	第三期	總期程
期程	1982~1987	1987~1992	1992~1997	共 15 年
計畫數	300	395	4001	1,096
經費 (億元)	1.88	2.37	2.45	6.70
參與教師 (人年)	450	593	602	1,645
培育研究生 (人年)	324	395	419	1,138

成果與檢討

- 成果陸續被相關單位採用。
- 完成「地震工程研究中心」籌設，建置振動台系統、進行結構模型擬動態試驗。
- 相關部會分別進行相關課題研究，缺乏密切聯繫。
- 較偏重於個別性、局部性的研究，少有跨部會之跨領域整合性研究及合作的作法。
- 未能針對各階段防災業務所需，將研究成果循防災體系落實於各個部門，難以迅速地發揮效果。
- 總結一句話就是落實應用還不夠多。

防災國家型科技計畫

執行概要

由於在「大型防災研究計畫」的檢討中，發現對於本土災害的自然與人為因素都不夠了解，而且掌握到的科技也很少真正貢獻在減災的目標上。因此，防災國家型科技計畫推動主要目的就是要落實，不能單由學術機構進行研究，而是要將有關的部門統統涵括進來，共有 13 個部會 21 個單位參加；各部會各自編列經費，國家型科技計畫 8 年共花了 34 億元，參與老師 1,356 人年、學生 4,378 人年，詳如表 2 所示。

表 2 防災國家型科技計畫執行概要

防災國家型科技計畫	第一期	第二期	總期程
期程	1997~2001	2002~2006	共 8 年
計畫數	207	697	904
經費 (億元)	7.51	26.55	34.06
參與教師 (人年)	310	1,046	1,356
培育研究生 (人年)	959	3,419	4,378

主要成果

- 帶動防災研發成果有效移轉至實務。
- 颱風災害應變作業由被動搶救提升為主動預警。
- 建立地震災害損失評估系統提升減災應變作業能力。
- 引導防災工作由工程措施與緊急應變改進為全方位作為。
- 建立法制基礎與運作體系。
- 強化防災資訊系統提升作業效能。
- 由中央擴展至地方 (縣市) 強化基層防救災作業能力。
- 成立國家災害防救科技中心。
- 推動校園防災教育加強師生防災素養。

在這些成果中，最重要的應是國家災害防救科技中心的正式成立，另一個就是颱風災害應變作業由被動搶救提升為主動預警。預警的資訊主要是來自防災國家型科技計畫所產出的淹水潛勢地圖。由於潛勢地圖分析與製作，並非百分之百準確，所以當初行政院防災會報還不敢貿然公開，因為淹水潛勢的範圍一公開，可能引發爭議。現在回想起來，這種考量也是對的。防災國家型科技計畫發展了此一技術，後來由 NCDR 及水利署接手持續更新。當時規劃是每 5 年更新一次，因為各種條件，如社會、環境以及工程設施等都在改變，所以淹水潛勢地圖必須根據現實狀況修正，目前已經進入第三代了。

強化研發與落實方案

執行概要

從 2007 年開始就是延續的強化方案，共有 20 個重點、76 個課題。這個階段 4 年共有 14.84 億元經費，參與人力共計教師 634 人年、研究生 1,875 人年，詳如表 3 所示。

表 3 強化研發與落實方案執行概要 (NCDR 提供)

強化研發與落實方案	96 年度	97 年度	98 年度	99 年度	總計
計畫數	97	126	105	94	422
經費 (億元)	3.14	4.05	4.07	3.58	14.84
參與教師 (人年)	146	189	158	141	634
培育研究生 (人年)	393	496	519	467	1,875

主要成果

- 更新 22 縣市淹水潛勢圖。
- 建立易致災地區之安全建地劃設機制與準則。
- 更新臺北盆地設計地震微分區。
- 建置防災教育 @ 數位平臺入口網站。
- 更新 33 條第一類與第二類活動斷層圖。

強化方案結束後，接著推出的是應科方案，目標是健全災害風評與災害管理體制、強化災害防救資訊共通平台，以落實資源共享、提升災害應變作業效能及加強防災知識傳播與溝通認知。換言之，就是將科技能量再擴散出去的一個方案。這項方案目前仍在執行中，規劃的經費約 27 億元，預定至 2014 年執行完畢，尚未有執行成果統計出來。

研發機構

一路走過來，政府支持設立有關防災科技的研究單位有三個，也就是前面提到過的國家地震工程研究中心 (NCREE)、國家災害防救科技中心 (NCDR) 以及臺灣颱風洪水研究中心 (TTFRI)。現在來看看這三個中心的人力，如表 4 所示。NCREE 編制人力有 110 人、計畫人力有 33 人，NCDR 編制人力 93 人、計畫人力 9 人，TTFRI 因為較晚成立，目前編制人力有 43 人、計畫人力 4 人，加起來約有 290 人。這 290 人是從那裡來的？大部分都是歷年來在防災研究計畫及方案項下所培育出來的。有的是當年參與的研究生，有的是由學校教職轉任，國家地震工程研究中心有些這種教職轉任案例。

表 4、政府支持單位研發機構概要

單位	成立時間	現有專任人力
國家地震工程研究中心 (NCREE)	1990 年	110 (編制) + 33 (計畫)
國家災害防救科技中心 (NCDR)	2003 年	93 (編制) + 9 (計畫)
臺灣颱風洪水研究中心 (TTFRI)	2011 年	43 (編制) + 4 (計畫)

這 290 名人才今天可以擔任這些工作，應該說是防災科技這個領域所培育人才的貢獻；同時這些計畫及方案也創造了機會讓他們能在這裡發揮。如果只是培育，卻沒有提供讓他們發揮的空間，那也是白培育

的。所以本人認為光是培育人力本身就是一個重要的成果，不曉得立法院能否認同。NCDR 去年送立法院的資料雖然很好，但仍嫌不足，沒有充分表達我們在這方面的貢獻。這三個中心的宗旨，就是要能降低地震、颱風及各種災害的災損，他們各有一個很重要的任務，詳如表 5 所示，希望這些研發任務所帶來的成果可以降低災損。

表 5 三個研發機構之宗旨及任務

單位	宗旨及任務
國震中心	- 從事基礎及應用研究，以提升地震工程技術水準。 - 落實研究成果、解決耐震問題，以降低地震災損。
災防中心	- 結合研發能量、強化研發成果，以提升災防科技水準。 - 整合跨領域、跨部門之災防科技資源，並將之落實應用，以降低災損。
颱洪中心	- 研發颱風災害預報關鍵技術，建立先進颱風災害模擬能力，以降低颱風災損。 - 提升研發能量，建立具區域特色、世界知名的颱風研究機構。

另外，颱洪中心的宗旨有一個特別的地方，就是建立具區域特色、世界知名的颱風研究機構。臺灣是有這種研究機會的少數國家之一，一年有 3 到 5 次的颱風經過臺灣，我們如果能抓住這個機會，臺灣可望在這個領域會有突出的表現。因此，本人非常認同颱洪中心的這一點，除了能對於降低災損有所貢獻，也能讓臺灣在世界上有一個亮點。

因為研發的成果必須落實，所以在當初的設計中，希望有當地的大學機構可以協助落實。目前除了 NCREE、NCDR 及 TTFRI 三個中心之外，全國有 14 所國立大學及 3 所私立大學參與 NCDR 協力機構，8 所大學成立防災研究中心。這些從台北到苗栗、台中、台南、高雄，甚至於金門，都有配合的學校。另外，民間也有了防災研究單位的設立，中興工程顧問社的防災科技研究中心就是其中一個例子。這是一個好的現象，中興社的構想就是發展防災產業。

成果落實應用

災害潛勢地圖應用

落實應用的項目有很多，就以淹水潛勢地圖及坡地災害潛勢地圖為例來講，目前已提供給 19 個縣市 93 套、287 個鄉鎮區 1,159 套，詳如表 6。現在大家用得

表 6 災害潛勢地圖分發數量統計 (NCDR 提供)

圖幅尺度	圖層名稱	縣市/鄉鎮 (單位數)	出圖數量
縣市	災害雨量門檻值	19	19
	淹水潛勢地圖 (24小時降雨量300mm、450mm、600mm)	19	57
	坡地災害潛勢地圖	17	17
鄉鎮區	淹水潛勢地圖	287	861
	坡地災害潛勢地圖	205	205
災害潛勢地圖總計			1,159



也都很習慣了，而且有的縣市已經在期待下一個更新版本。我們很簡單地算一下，這些鄉鎮區有了這些淹水潛勢地圖及坡地災害潛勢地圖之後，假如他們確實根據這些去做防災工作，受惠的人數大概可以分別約 219 萬人及 28 萬人。這僅僅是一種表示的方式，應可以再進一步去追蹤分析民眾受惠的程度。

颱風災害應變作業效能提升

颱風豪雨期間根據降雨預報資訊及災害潛勢地圖，運用資通訊系統作出研判、決策與應變指揮，因而提升災害應變的效能。例如表 7 所示，從民國 90 年至 96 年疏散撤離及傷亡人數減少的趨勢。每年颱風的次數和強度不同，所以數字有所變動，但長期下來，可以看到其中的減少趨勢。至於民國 97 年至 99 年的數據則無明顯的下降趨勢。固然這段期間極端強降雨規模較大是一個因素，但亦顯示颱風應變作業還有相當大的改進空間。希望防災科技能作出更多貢獻。

表 7 民國 90～99 年颱風災害受難人數統計 (NCDR 提供)

颱風事件	最大降雨強度 (mm/hr)	總累積雨量 (mm)	疏散撤離 (人)	死亡與失蹤 (人)
90.7.28 桃芝颱風	147	757	----	214
90.9.17 納莉颱風	142	1,462	24,000	104
93.6.30 歐普利颱風	167	2,005	9,500	41
94.7.18 海棠颱風	177	2,124	1,208	15
94.9.1 麥利颱風	119	766	1,207	5
95.7.12 碧利斯颱風	95	1,013	409	3
96.08.16 聖帕颱風	122	1,399	2,531	1
97.07.16 卡玫基颱風	161	1,027	179	26
97.09.10 辛樂克颱風	97	1,608	1,987	22
98.08.08 蘭拉克颱風	140	3,060	24,775	693
99.9.19 凡娜比颱風	125	1,128	16,568	2
99.10.21 梅姬颱風	182	1,195	3,453	38
合計	—	—	85,817	950

主動預警，災害減少

災害規模擴大且複雜

被動搶救 (桃芝颱風) → 主動研判預警疏散 (納莉颱風、歐普利颱風與七二水災...)

校舍耐震能力提升

教育部校舍耐震補強計畫概要

這是媒體不太注意，但本人認為很重要部分。在 921 大地震之後，全國高中職及國中小出現了很多危險教室，國家地震工程中心開始設法推動校舍的耐震補強工作。耐震補強是很早就有的構想，想想看怎麼進行，一棟建築物是否有真正的危險必須先去作評估，評估之後有必要才會去做補強，評估及補強都需要技術，可是技術在哪裡？所以 NCREE 就從 1991 年開始作評估及補強技術研發工作。雖然至今仍在發展中，但並非等技術發展到非常完美了才開始運用，能用的部分就轉化為技術規範。訂定規範的同時，亦開始研擬補強計畫。補強計畫的擬定是教育部主導，國震中心於 2004 到 2008 年協助，接著在 2009 到 2011 年實施補強計畫。評估與補強的工作分成初步評估、細部評估、補強設計及工程實施，一共投入 176 億元，詳如表 8 所示。

表 8 校舍耐震評估與補強資料統計 (NCREE 提供)

初步評估		詳細評估		補強設計		補強工程	
6,000 棟次	0.36 億	3,298 棟次	8.64 億	1,411 棟次	5.52 億	1,411 棟次	157.74 億
共投入 176 億元							

成果與績效

這項工作花費一大筆預算，但換一個角度來思考，如果不投入 176 億元進行補強工程，而將危險教室統統打掉再興建新教室，據估算約須花費 1,600 億元，本益比大約是 1：9，省下大筆經費。同時，工期從 2 年縮短成 2 個月。危險教室補強完畢，學生與學生家長也都能安心，受惠人數大約 240 萬人，佔全部人口的一成，詳如表 9 所示。由上述簡單資料可以看到校舍補強計畫的效益很大。這也是國震中心成立 20 多年來的一件很重大的貢獻，所以要評估它的績效需要有較長遠的眼光；不要像是設計一個電子產品，一年後就可以上市獲利，畢竟性質不一樣。因此，做這種工作，不能今年給 5,000 萬元，明年就問你花這些錢有多少效益，不能這樣看也不能這樣問，這點很重要。

表 9 校舍耐震補強成果統計 (NCREE 提供)

目前實際執行情形	校舍棟數	保障師生人數
評估確認無疑慮	6,591 棟	91 萬
完成耐震補強	1,880 棟	29 萬
合計	8,471 棟	120 萬

註：1. 補強後可承受震度從 5 級提升至 7 級。

2. 假設每戶有 2 位學童，則 120 萬學生背後有家長 120 萬人。

未來挑戰

前面說明的是防災科技發展之回顧。本人真正想說的是未來的挑戰，這是比較重要的部分。我們做了防災科技研發跟政府的施政計畫究竟有什麼關係？做出有用的成果，如何讓大家覺得有用、願意拿去用。

防災科技與施政計畫

國家型計畫時期

當初國家型科技計畫規劃時即考慮到，研發成果要能確實應用落實必須與政府各部門的防災施政計畫緊密聯結。圖3說明了政府各部會有關防災施政計畫與國家型計畫之間的互動運作關係。簡單地說，施政計畫如有科技方面的需求，可以透過各種管道提出；國家型計畫經由研究、開發、整合之後，將成熟技術回饋給需求面。

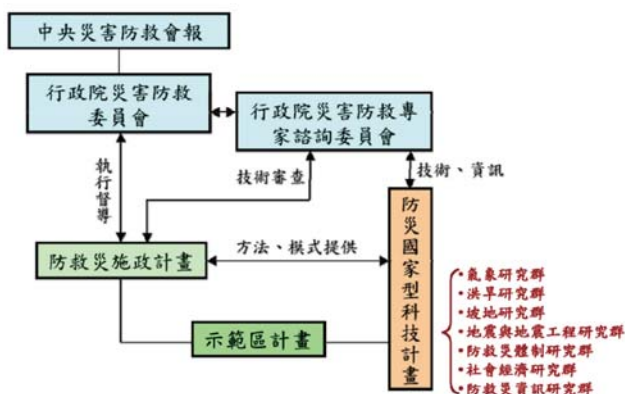


圖3 防災國家型科技計畫與各部門之互動關係

應科方案時期

防災國家型科技計畫結束之後，研發工作以及落實應用由NCDR接手繼續推動。科技與施政之間的互動關係基本思維雖沒改變，但為了強化落實應用而將其範圍擴大到地方政府，同時也加入了協力機構，詳如圖4所示。此圖是在應科方案規劃時，配合行政部分組織及想法的改變而做了修正，不過重點仍在如何落實。

未來設想

本人認為未來的科技與施政互動可以簡單化，最上層為行政院、立法院及社會大眾。預算從行政院編列，經由立法院審議。防災施政計畫最高層次為行政院的防災會報，底下依次是中央相關部會、地方政府及社區、民間企業等，詳如圖5所示。

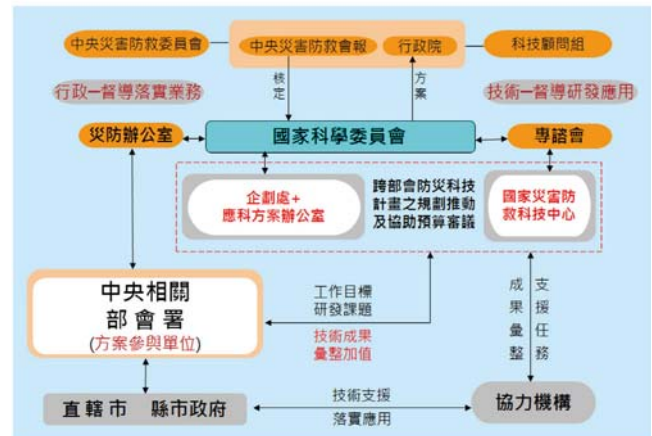


圖4 應科方案與各部會及地方政府之互動關係 (NCDR 提供)

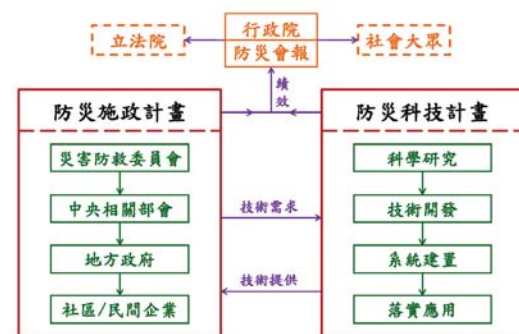


圖5 未來防災科技與施政互動關係(設想)

防災科技計畫最基本的是科學研究，必須先對自然現象有所了解，今天了解這個，明天發現新問題，必須一路追下去，這是無止境的。技術開發的部分，上游的就是對自然現象有所了解，然後針對已經了解的，研究如何進行防救災的工作，需要什麼樣的技術，技術開發出來要建置系統，接著就是落實應用。

兩者之間存在著互動關係。所謂的互動，首先要由施政單位提出技術需求，也就要確定負責防救災的部會想要什麼技術。然後由研究單位研發出來，再將技術提供回去，NCDR 就是要想辦法將這兩個區塊接合起來，也就是要負責搭橋的工作。

NCDR 全名為國家災害防救科技中心，要成立之前，曾討論很多次，重覆強調，不要加上「研究」兩個字，我是贊成不將「研究」二字加進去的。因為十年前、二十年前大學裡強調的就是研究，也就是用論文來評量教授的表現。災防科技中心不需要做那樣的事情，而是要整合學研界研究出來的好成果，並將這些好的成果開發成可以用的技術後，推薦給有需求的單位去應用。因此，NCDR 就要在學研單位進行研究之前，先去了解每個部會的技術需求，經過分析過濾之後交給研發單位去做研發。做這些事情時，須經常思考要能讓行政

院、立法院和社會大眾了解，有沒有績效。績效如何評估、如何呈現才能讓人家了解，也是值得研究的課題。不能只告訴行政院，我們的成果有 10 篇論文、20 個專利，重要的是這些研究有沒有效用。

防災科技中心要做的事情可以歸納成三部分：了解防災施政計畫需要什麼技術；使研發成果變成可運用；評價運用結果減少多少損失、保全了多少人口、保護多少農田、房子等等。未來的挑戰重點應該是在這三塊，比較細部的技術和自然現象的了解，應該分派給各個上游的研發單位。同時 NCDR 應被賦予推動這些任務所必須要有的一股力量，才有可能達成任務。

技術需求

回過頭來談談施政計畫之科技需求。首先要想了解施政單位需要什麼的話，必須請防災施政計畫的部會提出需求，並且提醒一定要明確，同時要有下列幾項特性：

- 具有政策高度 — 眼光遠、視野廣
- 設定短、中、長程具體目標
- 跨越部門與層級
- 有可預期具體成效

第 1 點要具有政策高度，也就是眼光要長遠，視野要廣闊；要能看到 5 年、10 年後，甚至是更長遠以後，我們要做到什麼樣的水準。接著是那些要應用的技術，必須涵蓋減災、整備、應變到復原重建的循環。所以說，在技術的需求方面，必須請提出需求的部會單位有其政策高度。接著就是要設定短、中、長程具體目標，短程為 5 年、中程 10 年、長程 20 年。

NCDR 必須留意技術提供是跨部會性質的，一項技術最好是可以適用於跨部會、跨層級的各單位。另外，每一項技術需求都必須有明確且可預期的具體成效，例如水利署要求研發出一項新技術時，必須清楚表明，對於某一規模的降雨，希望 5 年後 10 年後，可將受災人口減半的預期具體成效。

假如這些都能夠很清楚，進行研發的人也就能夠了解自己做出的成果可否滿足實際需求。研究單位和提出需求的單位若有如此明確的具體預期，那麼預算的編列也就不成問題，這就是「需求應明確」的意思。希望 NCDR 未來要擔負起與各部會有關防災科技的溝通、協調、整合工作。

技術供應

技術的供應大致可以歸納成下列三類：

1. 模式方面，包括

- 災害潛勢評估模式
- 預測 / 預警模式
- 預報模式
- 脆弱度與風險評估模式
- 績效評估模式

2. 資訊方面，包括

- 監測系統建置與維運
- 資訊系統建置與維運
- 基本資料庫之建置與維運

3. 體系方面，包括

- 行政體系效率提升
- 法規增修訂

第一類是學研界比較習慣的。這些學研界都可以進行，但要留意結果能否適用的問題。第二類是因模式的應用需要許多資訊。資訊的來源就得依賴監測系統及基本資料庫等，這裡要特別關注建置完成後的維護與營運。第三類則是技術供應之後，還必須有行政體系效率的充分配合，才能發揮成效。

總而言之，有了模式和資訊可以做出好的預測或預報，進行落實之際，行政體系若過於混亂也會失去效果，所以 NCDR 在這一部分還有很多事情要做。現在參與的部會非常多，要避免力量相互抵銷，因此體系的流線化（streamlining）是可以嘗試的方向。

績效追蹤制度之建立

前面已經說過，整個防災科技成果的落實應用績效是社會各界所關注的焦點，因此如何建立一個好的績效追蹤制度，是 NCDR 一項非常重要的工作。這個制度必須考慮到幾個面向以及相關各種因素，簡要列舉如下，供 NCDR 參考：

1. 績效指標構面與參數

- 學術面：論文 / 報告之質與量、培訓人力之質與量
- 技術面：專利 / 創新之項數、成熟度、應用度
- 經濟面：災損減少程度、產值 / 利潤
- 社會面：受益人數、受益程度、傷亡人數減少

2. 參數品質值與權重

- 每一參數應先研訂一基本貢獻量，再據以推估其品質值（0 ~ 10）
- 每一參數配置一定權重（0 ~ 1.0）

3. 基本資料

- 系統化的資料調查、蒐集與整理

4. 運作機制

- 技術需求者與供應者共同參與
- 依災害類別定期作績效追蹤評估（每隔 3~5 年）

績效追蹤制度建立之後，最重要的事就是要透過運作機制，進行績效追蹤評估，評估的結果，從上游到下游都可以清楚地看到績效。績效最後必須回饋到最上層，然後編列下一個計畫的預算，才會獲得支持。

結語

回首感觸

回溯到 1981 ~ 1982 年本人參加大型防災研究計畫規劃工作的情形，當時環境很克難，做簡報用手寫的，然後用透明片投影。投影片上的幾行字是本人所寫的如圖 6 所示。

第一點是「技術水準」，意思是我們做大型防災計畫，希望提升技術水準。第二就是當時我們已注意到「整合性」，不同領域的整合，例如氣象與水利的整合，雨量多少與水利的設計、管理、營運都有密切的關係，這些不同領域的人必須整合起來；然後是學術與實務的整合，這也是我一再強調的事。還有一點就是「研究人才培育」，當時我們進行大型防災研究計畫的規劃時，並沒有想到多少年後該怎麼辦，但我們相信持續做下去，應該可以培養一批研究人才。

那時我們幾個人就引用了一句話「？天地不仁，以萬物為芻狗？」，是天地不仁嗎？還是人要順應自然？重點是要將科技落實應用，使人類可以做調適。看看臺灣，先前提到的地震與颱風，人如何跟天然災害共

- 技術水準
- 整合性 < 不同領域
學術與實務
- 研究人才培育
- ？天地不仁，以萬物為芻狗？

圖 6 1982 年大型防災研究計畫簡報投影片之一

存，而不是去想人定勝天。我們從小被教育要「人定勝天」，現在回過頭來想想，那是錯誤的概念。不過「人定勝天」的概念，是當時政治氣氛之下的產物，去打敵人可以，但不要把自然當敵人。我們必須認知到面對災害，除了要防災之外，還是考慮到調適，最後才能追求到人與自然的和諧，也就是天人合一的境界。

當年參加 1982 年國科會大型防災科技計畫規劃的主要成員，2001 年為了規劃 NCDR 的成立，大家又齊聚一堂（如圖 7 所示），回憶過去策劃未來，不亦樂乎之感油然而生。



1982年參加國科會大型防災研究計畫主要人員再齊聚一堂
NCDR籌備規劃座談會(2001.7.12)會後合影

左起：黃榮村政務委員、蔡義本教授、許茂雄教授、劉師琦博士、李堯治教授
蔡清彥政務委員、茅聲慶教授、顧清建教授、洪如江教授

圖 7 大型防災研究計畫規劃主要人員再聚會

本人已經退休 10 年了，回想 30 年一路走來，在臺大任教 26 年半，其中有 13 年兼任行政工作，但沒有放棄教學研究。整個換算下來，大概行政工作佔掉了約 1/4 的時間，其餘有 3/4 的時間有一半在做防災研究。今天回頭想一想，有什麼成就？其實沒有；有沒有後悔？很難說。

對 NCDR 的期望

本人對 NCDR 有很高的期待，首先 NCDR 要能夠了解掌握到部會實務上的技術需求，回過頭來去要求研發單位做出需要的技術，之後整合在一起並回饋給需求面去落實應用。然後再確確實實作出績效評估，並呈現給政府最高層級及社會大眾，那個層次不需要看很細的東西，但能看到有效的成果。這樣才能獲得社會的支持，所以說 NCDR 任重道遠。

臺北市多元化防洪治水成效展示

黃治峯／臺北市政府工務局新建工程處處長

摘要

臺北地區因其地形及氣候之特性，每逢颱風、豪雨期間甚易造成淹水災情。臺北市政府雖一向致力於減災及排水改善等工程，但工程方式常受各項條件限制，並且受到近年來全球氣候變遷影響，創新之防災科技等非工程防洪措施，乃成為近年來臺北市政府工務局水利工程處（以下簡稱水利處）著重發展之防洪工作，其中包括總合治水計畫及抽水站自動化均為提升整體防洪能量的重大策略，並且以多元化的河濱景觀營造方案，提供民眾更加優質的水域環境，讓防洪設施不再只是一道阻隔的牆，而是串連水岸及都市交界處的絕佳藝術。

關鍵詞：防汛整備、總合治水、抽水站自動化、景觀生態

水文概述

臺北市位於北臺灣之臺北盆地，三面環山，基隆河橫貫其中，西有淡水河，南有新店溪、景美溪等與新北市為鄰。沿河地帶地勢低窪，部分地區甚至低於平均高潮位，需有堤防及抽水站保護。臺北盆地總面積約 272 平方公里。平地及山區年平均雨量分別約 2,900 mm 及 4,500 mm。臺北盆地屬亞熱帶氣候區，每年 7、8、9 月為颱風季，年平均颱風侵襲臺灣本島次數約 3.6 次。

防洪建設概述

臺北市由於地勢低窪易有水患，水利處依臺北地區防洪計畫，以沿岸築堤方式為主，河道整治及河川管理為輔之原則，辦理各項防洪及排水設施興建工作，辦理情形如下：

■ 堤防

臺北市轄內之跨省市河川為淡水河、基隆河、新店溪、景美溪，市管河川為雙溪、貴子坑溪、水磨坑溪、磺港溪、磺溪、指南溪，另包括區域排水內溝溪、大坑溪及四分溪等，共計 13 條河川及區域排水，其防洪保護標準依等級而有所不同，跨省市河川：200 年重現期計畫洪水位加 1.5 m 出水高；雙溪望星橋下游段：100 年重現期計畫洪水位加 1.0 m 出水高；雙溪望星橋上游段及其他河川或區排：50 年重現期計畫洪水位加 0.8 m 出水高。目前各防洪設施興建情形如下：計畫興建堤防 131,231 公尺，迄 103 年 6 月底已完成 109,141 公尺（完成率 83.2%）。

■ 雨水抽水站

計畫興建抽水站 72 座，目前已興建永久抽水站有 65 站，於都市計畫未定地區另設置 21 座臨時抽水站，總計 86 座抽水站，409 部抽水機組，總抽水量達 2,128 cms，其中南港區玉成抽水站經擴建後總抽水量高達 234 cms，為東南亞最大抽水站。

■ 雨水下水道

臺北市雨水下水道計畫興建總長度約 540 公里，目前已興建約 522.158 公里（102 年底，實施率 96.70%），於民國 88 年起分區進行下水道縱走、調查作業，並於民國 94 年完成 GIS 資料建檔等工作，以達成應用資訊化、科技化及自動化目標，提高管理及維護之效率

防洪應變作為

為確保防洪安全，水利處歷年來均積極辦理各項防洪工程，但受到全球氣候變遷影響，近年來極端降雨事件逐漸頻繁，以目前既有的防洪建設成果及防洪

保護標準，可能還是有遭受洪水災害之可能，因此除了防洪設施硬體建設外，水利處更積極辦理各項防洪應變及整備工作，相關應變作為說明如下：

■ 水利建造物檢查

分為定期檢查及不定期檢查，其中定期檢查為每年 5 月汛期前辦理之全市防洪設施 3 階段檢查，檢查對象包括全市 33 段堤防、36 座疏散門、356 座閘（閘）門、57 座沉砂池及 86 座抽水站，並於汛期前針對有立即影響防洪安全者改善完成。另依經濟部 92 年 12 月 3 日頒訂「水利建造物檢查及安全評估辦法」規定，每 5 年委託專業廠商針對全市水利建造物進行全面性整體評估，並對需改善事項研擬對策。

不定期檢查部分包括當中央氣象局發布海上颱風警報，警戒區域包含北部及東北部海面，及本市發生超過 4 級（含）以上地震時，水利處隨即派員針對全市防洪設施進行重點性檢查，以確保相關設施之安全。

■ 水災保全計畫

本保全計畫之目的，乃針對本市轄區域較易受颱風、大豪雨危害之水災危險潛勢地區，就其保全對象及警戒範圍擬訂各項應變暨疏散撤離措施。應變期間及時啟動相關應變及疏散撤離作業，以有效減少災損及保障民眾生命財產安全。

本市水災保全範圍之劃定係依過往歷史積淹水調查紀錄、淹水潛勢圖及考量防洪排水設施狀況，優先劃定下列 4 個保全對象（詳如表 1），並於汛期前邀集當地里民、里長、本市公共運輸處、本府警察局、消防局、社會局、民政局及教育局等相關單位辦理現地

會勘確認整體疏散撤離方案（保全地圖範例詳圖 2，現地訪視照片詳圖 1），並送交經濟部水利署備查。



圖 1 現地訪視情形



圖 2 保全地圖範例

表 1 臺北市水災危險潛勢地區保全計畫表

水災危險潛勢地區 (區-里)	保全戶數 (1樓及地下室)	保全 人數	避難 處所	避難所地址
社子島 (士林區福安里、富洲里)	518	1254	社子國小 福林國小	臺北市士林區延平北路六段 308 號 臺北市士林區福志路 75 號
洲美及關渡平原地區 (北投區八仙里、一德里)	195	600	桃源國中 北投國小	臺北市中央北路 4 段 48 號 臺北市中央北路一段 73 號
興德路、福興路 (文山區興旺里、興光里)	60	201	景興國中 萬興國小	臺北市景興路 46 巷 2 號 臺北市文山區秀明路 2 段 114 號
中正區汀洲路三段 230 巷一帶 (水源里)	6	18	螢橋國中	台北市中正區汀洲路 3 段 4 號

■ 防汛應變編組

為維護臺北市之防洪建造物及雨水下水道等公共設施，保障民眾生命、財產安全，水利處於每年 5 月至 11 月防汛期間派員值日，並視實際需要成立「颱風暴雨動態監視小組」、「擴大暴雨動態監視小組」或「防汛搶險隊」等防汛搶險編組，以料敵從寬、禦敵從嚴之精神，於颱風暴雨期間辦理各項防汛搶險工作，並可視外縣市災情需求協助調派人力支援，以達人飢已飢人溺已溺之精神，相關編組組織如圖 3～圖 5。

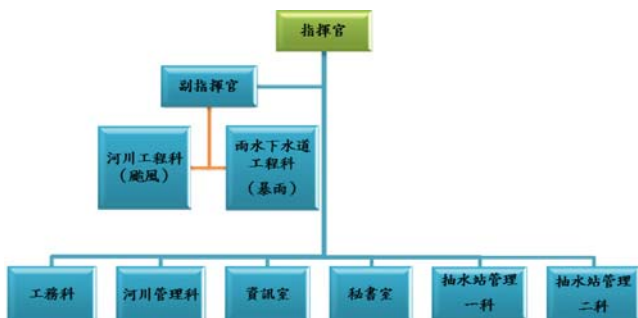


圖 3 「監視小組」組織系統圖

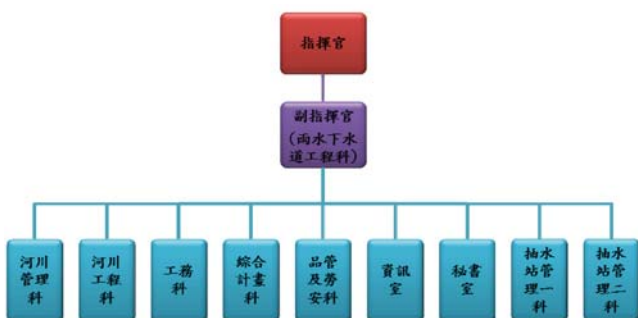


圖 4 「擴大監視小組」組織系統圖

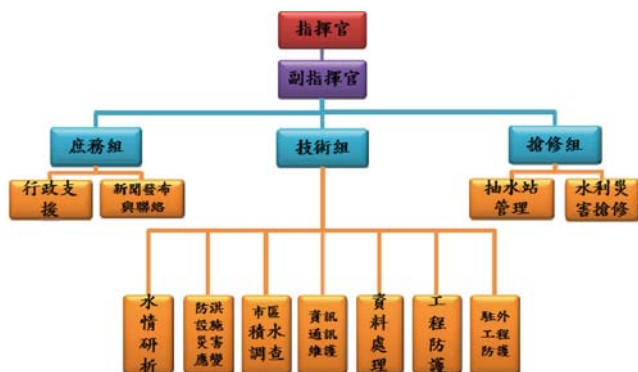


圖 5 「搶險隊」組織系統圖

水利處除了以上防汛搶險編組配合於颱風期間成立外，並配合臺北市政府依不同災害所律定之主政單位辦理相關應變作為。其中風災由本府消防局主政成立市災害應變中心（簡稱 EOC）；水災由水利處主政成

立 EOC，ECO 組織架構如圖 6。其中風災情況下，水利處擔任工程搶修組之水利分組，主要負責聯繫各項災情及水情資訊；水災情況下，水利處則擔任各編組之災害防救業務主管機關，統籌辦理各項應變作業。

■ 擴大搶險能量

臺北市政府已與其他 21 縣市簽訂相互支援協定，並明訂相關支援內容。如爾後颱風事件所需防汛設施及人力超出市府負荷，亦可即時與鄰近縣市（新北市、基隆市）調度支援，亦能於其他縣市政府需擴大能量時，秉依人飢已飢、人溺已溺之精神，提供相關機具人力協助搶險。

水利處除已備妥 9 部 12 英吋移動式抽水機、40 部 4 英吋移動式抽水機、133 臺沉水式抽水機、15 台發電機、3 部卡車及其他防汛太空包與砂包，以備不時之需。另為了擴大救災搶險能量，每年汛期前均完成委外辦理緊急搶修及防汛搶險開口契約訂定，由民間協

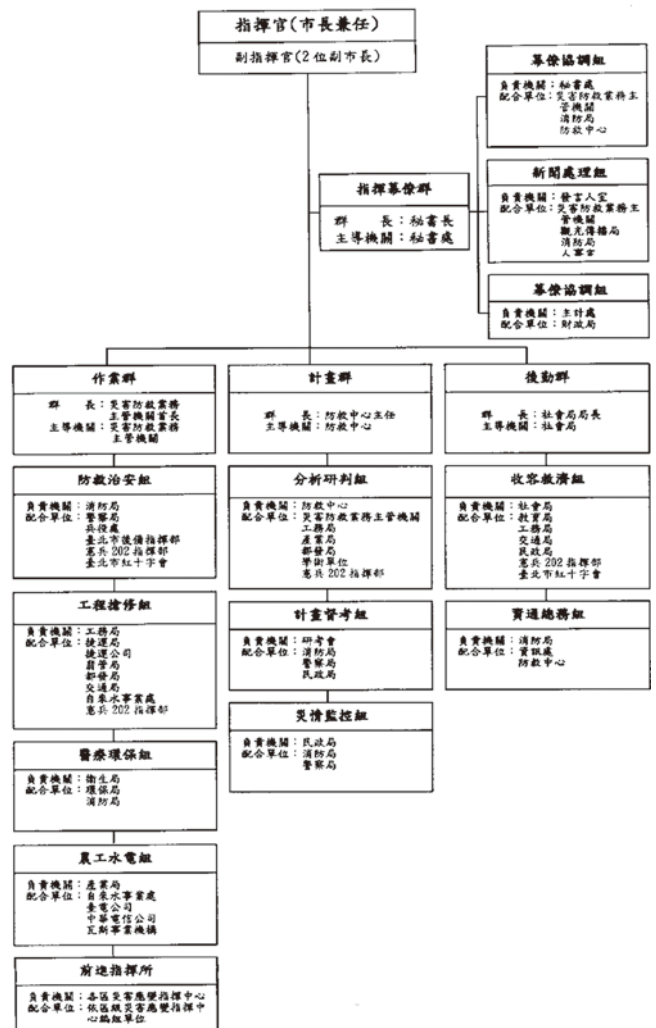


圖 6 EOC 組織架構圖

力廠商支援機具配合，以確實掌握機關及民間救災資源，並加強聯繫及落實相互支援協定。

防洪治水創新作為

臺北市身為臺灣地區的首善之都，其地勢低窪、地狹人稠之情況下，確保防洪安全甚為重要，水利處除了積極辦理各項防洪設施新建、改善及防災整備、應變等工作外，為了讓防洪安全升級，並且提供市民更便利舒適的河濱生態環境，近年來更積極辦理下列各項防洪治水創新作為：

■ 總合治水推動

1. 推動緣由

由於全球暖化及氣候變遷造成極端降雨屢見不鮮，對高度都市化地區之防洪治水更是一大挑戰。為解決都市防洪排水問題，臺北市參考先進國家治理方式（如美國德州哈里斯郡減洪策略，歐洲萊茵河洪水管理計畫，日本鶴見川、寢屋川治水計畫等經驗），採用結合各項工程與非工程手段作為長期治水之策略，如流量分擔與淹水風險管理方式，進行內水排除、外水治理及暴潮防禦工作，同時配合土地利用的規劃與管制，研修訂定相關法規，公佈淹水資訊並納入市民意見，達到降低區域淹水風險的全方位治水方式。

2. 推動歷程

臺北市近 10 年來歷經 2000 年象神、2011 年納莉颱風及 2004 年九一一超大豪雨重創後，鑑於傳統工程有其限制，故積極推動治水相關工作，於 2003 至 2004

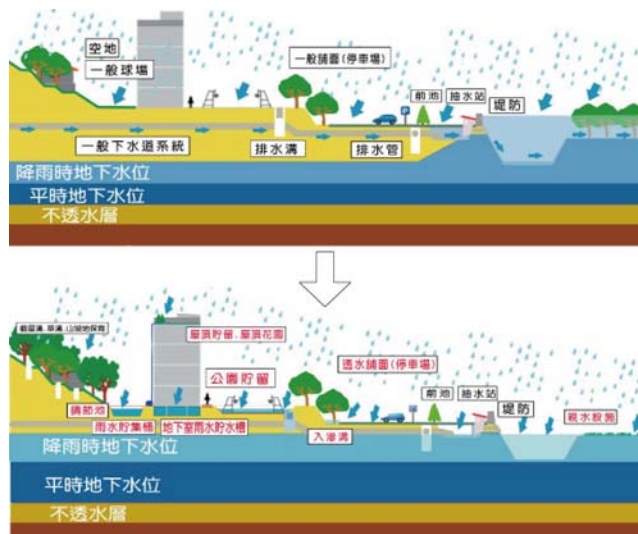


圖 7 總合治水前後比較示意圖

年間開始研擬「總合治水對策規劃」，具體規劃出總合治水五大策略及六大綱要計畫（詳圖 8），2005 年訂定「臺北市公共設施用地開發保水作業要點」及「臺北市總合治水推動委員會設置要點」，並於 2006 年成立「臺北市總合治水推動委員會」，2007 年辦理「日本總合治水理論與實務研討會」，2009 年辦理總合治水中小學教師宣導說明會，2011 年完成「臺北市總合治水總體目標與綱要計劃規劃及推廣業務」專案計畫，2013 年訂定「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流量標準」。

3. 防洪目標及推動現況

臺北市總合治水目標主要為降低洪水災害，提昇整體排水系統容受度，藉由總合治水擬定之各局處執

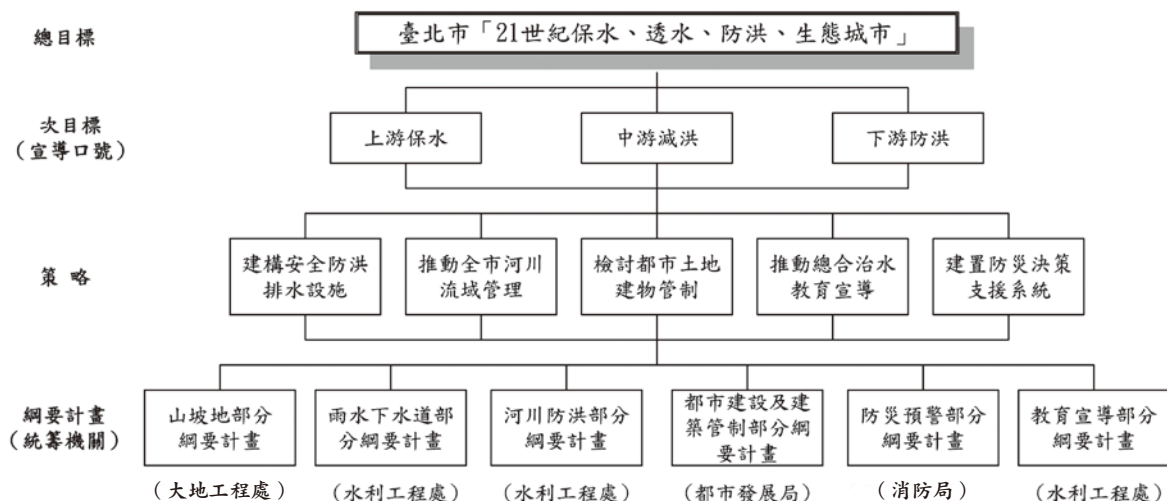


圖 8 臺北市總合治水策略及各綱要計畫架構圖

行事項，下水道貯留分擔、調洪池分擔、流域流出抑制設施分擔及排水系統改善等措施，確保排水設施達 5 年重現期暴雨排水保護標準，再透過流域分擔方式推動基地保水（含貯留及滲透），以提供超過排水設施標準時之餘裕量。圖 9 為總合治水對策分擔量示意圖。現階段臺北市政府已推動或計畫推動與總合治水相關工作中，列舉說明如下：

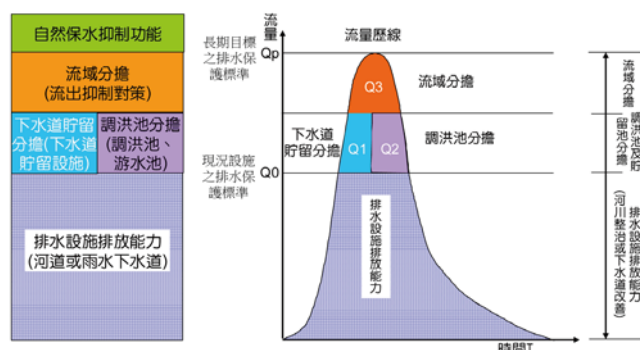


圖 9 總合治水對策分擔量示意圖

(1) 學校及市區人行空間增設貯留滲透設施

北市府教育局為增進校園透水鋪面設計，並廣設兼具生態與蓄洪功能的生態池，以促進地表層之水循環能力，調節微氣候，緩和都市內的高溫現象，近年來配合校園綠美化、綠建築等計畫，推動學校、運動場及體育館等增設相關貯留滲透設施，回收雨水再利用設施等，期建構兼具生態與環境教育之永續校園。近年完成之校園貯留滲透設施詳表 2。

人行道透水鋪面係將孔隙率高、透水行性良好之材料用於面層及基層，使雨水能透過鋪面材料滲入路基土壤，以涵養地下水，且天晴時地下水可透過透水鋪面降低局部溫度，減緩都市熱島效應。北市府新工處近年完成之人行道透水鋪面統計詳表 3。

表 2 臺北市學校推動總合治水成果

年度	學校個數	透水鋪面 (m ²)	生態池 (m ³)	雨撲滿 (m ³)
2008	9	4,549	85	30
2009	12	2,291	242	125
2010	12	2,593	79	29
2011	19	1,713	178	137
2012	31	12,896	0	126
2013	13	13,846	250	46
總計	33	37,888	834	493

表 3 臺北市人行道透水鋪面設置辦理成果統計表

年度	2004 ~ 2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	總計
施作面積 (m ²)	4,550	1,200	2,159	4,493	4,865	2,441	3,635	23,343

(2) 擴大推動適用基地保水指標及本市公園增設貯留滲水設施

為推動臺北市公共設施之基地保水與透水鋪面設計，加強雨水貯留與滲透，本府於 2005 年訂定「臺北市公共設施用地開發保水作業要點」，要求納入涵養、貯留、滲透雨水功能之設計。迄 2013 年底，水利處共列管本市保水案 84 件，其中有關公園綠地保水量化資料共有 22 件。

(3) 臺北市淹水潛勢分析

由於工程手段均有保護極限，如可預先研判災害潛勢，可於災害發生前提早進行因應措施以降低災害損失，為此水利處除參考經濟部水利署公佈之「淹水潛勢圖資」外，於 100 年完成「臺北市淹水潛勢圖製作及淹水預報系統建設工作」，設定各種降雨情境進行本市淹水潛勢分析，為維持系統運作於 102 年起每年皆編列維護預算，強化系統使用便利性及調整功能，更新模式參數等工作，相關成果將作為災害防救之參考（淹水預報系統功能展示詳圖 10）。

(4) 大溝溪生態治水園區

為了積極解決內湖大湖山莊街一帶，每逢颱風豪雨來襲時週邊就容易出現積淹水情形，水利處在 2001 年著手規劃，在兼顧治水與環境保護，結合總合治水「上游保水、中游減洪、下游防洪」的總目標，以大溝溪之自然山谷地形建置 13 萬立方公尺的調洪沉砂池，並在園區內闢設人行步道、涼亭及階梯式植栽區等休憩及造景設施，池內緩坡栽種有四千平方公尺的大地花海，與天然石塊鋪設溪畔步道。

本計畫歷經 10 年整治完成，在 2013 年參加國家卓越建設獎評選，榮獲最佳環境文化類最高等級卓越獎，並於 2014 年代表臺灣參加世界不動產聯合會（FIABCI）舉辦之全球卓越建設獎，榮獲銀獎殊榮（園區及獲獎照片詳圖 11）。

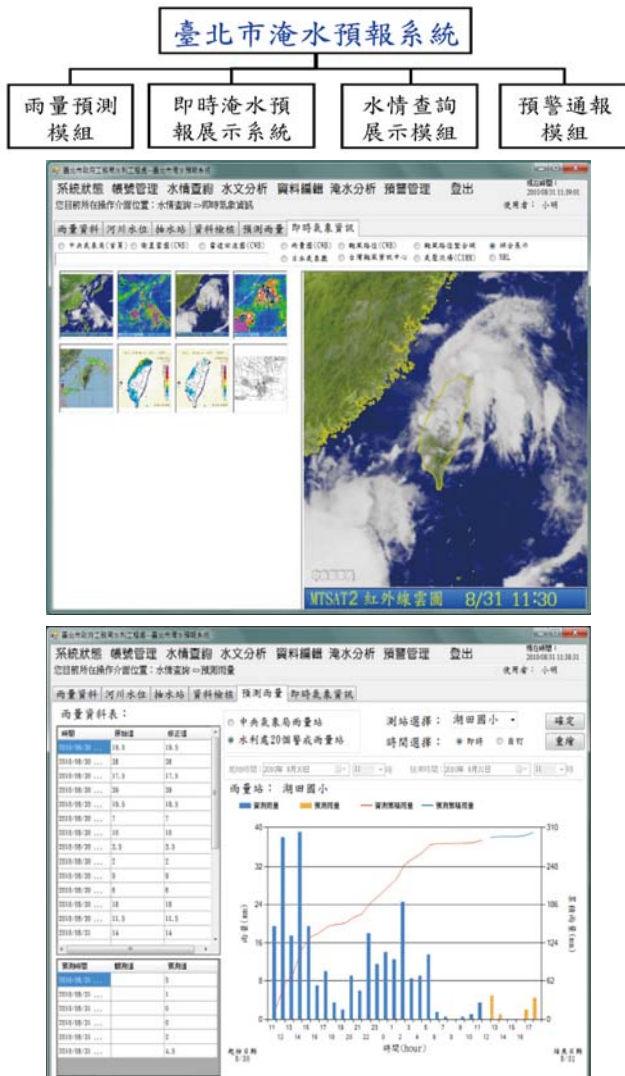


圖 10 淹水預報系統功能展示

■ 臺北市雨水抽水站自動化遠端監控系統

為提升抽水站管理效能、降低人力及強化應變指揮能力，水利處計畫逐步對全市現有抽水站建置自動化監控系統（預留都市計畫未定區增設抽水站自動化空間），將抽水站操作管理自動化、電腦化，並規劃採群組管理方式即依河系、地域及操作特性，劃分為設定 7 個分區，若社子島整體開發後，第 7 分區併入第 4 分區，各分區流域及所屬抽水站如圖 12 所示。各分區設置「分區管理中心」，並設置總一及總二兩處「總管理中心」，藉以將所有抽水站防汛設施操作畫面及資訊，傳送至臺北市政府防颱中心。其中各分區管理中心可遠端遙控其所轄之抽水站內抽水機及相關防洪設施，並藉由光纖網路傳回各抽水站機組實際運轉狀態參數及現場即時影像畫面，達到抽水站運轉完全自動化之目標，以提升抽水效能確保本市防汛安全。



圖 11 園區及獲獎照片

水利處已於民國 96 年完成建置第一分區新生大排沿線等 9 座抽水站自動化監控系統，並歷經民國 97 ~ 101 年間各颱風豪雨之考驗，系統已逐步穩定可靠。

臺北市現有第一分區抽水站自動化監控系統雖已具備依內、外水位變化自動操控柴油引擎抽水機組及閘門啟閉之功能。然而，位於淡水河與基隆河下游之感潮抽水站因每日均受潮汐漲退影響，若僅依前述內、外水位變化之自動操控策略，將無法有效自動操控柴油引擎抽水機組及閘門啟閉。因此必須利用臺北市防颱中心雨水下水道及水情整合監視系統之水情資訊，即時將各抽水站集水區內之降雨量、下水道水位、河川水位等即時監測資料，提供予各抽水站操作人員或自動化監控系統，

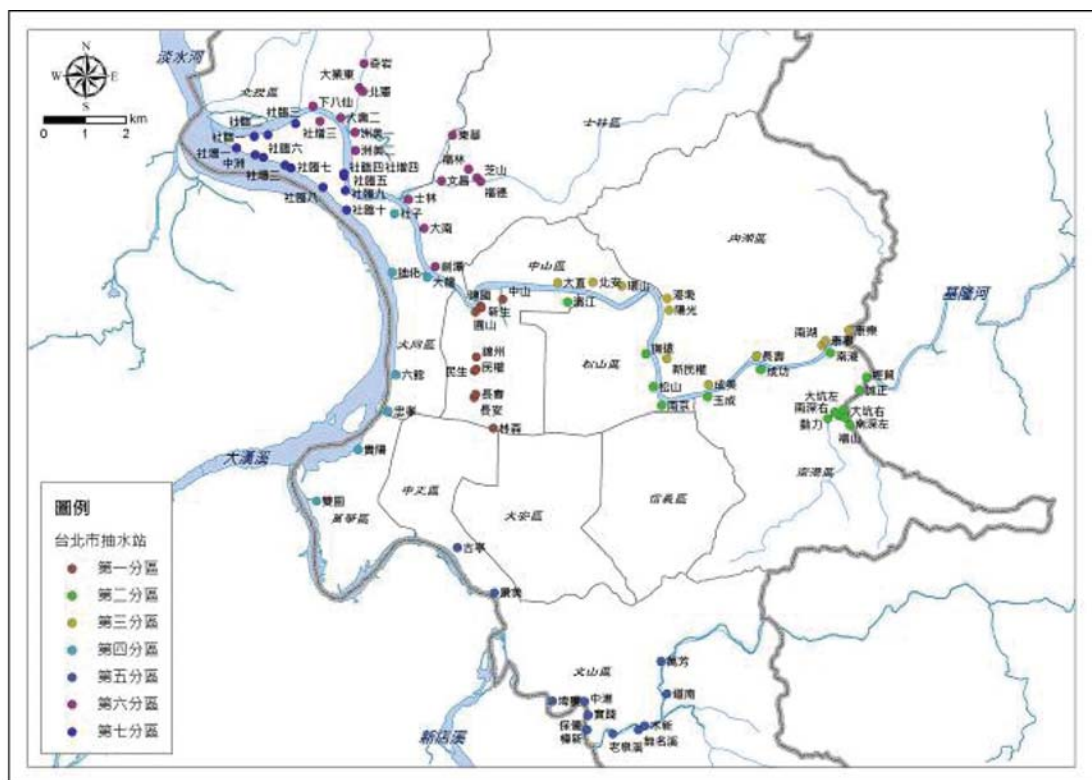


圖 12 臺北市抽水站分區位置

作為防洪設施操控之參考，當可在洪水發生初期，及早啟動柴油引擎抽水機組，以提高抽水站防汛管理效能。

臺北市抽水站自動化監控系統其架構規劃如圖 13 所示，架設於防颱中心之水情整合監視系統可收集全市各雨量、下水道水位及河川水位資訊，並將各項資訊透過無線網路之方式傳送至總一、總二管理中心。

各總管中心再將各水情資訊透過光纖迴路分別傳送至各分區管理中心，作為抽水站防汛監控之參考。此外，各分區管理中心亦可將所屬抽水站之內外水位及抽水機組防汛操作情形透過光纖迴路傳送至總管中心及防颱中心。防颱中心及各總管中心皆配備有電視牆及視訊會議展示系統，以利防災人員指揮調度。

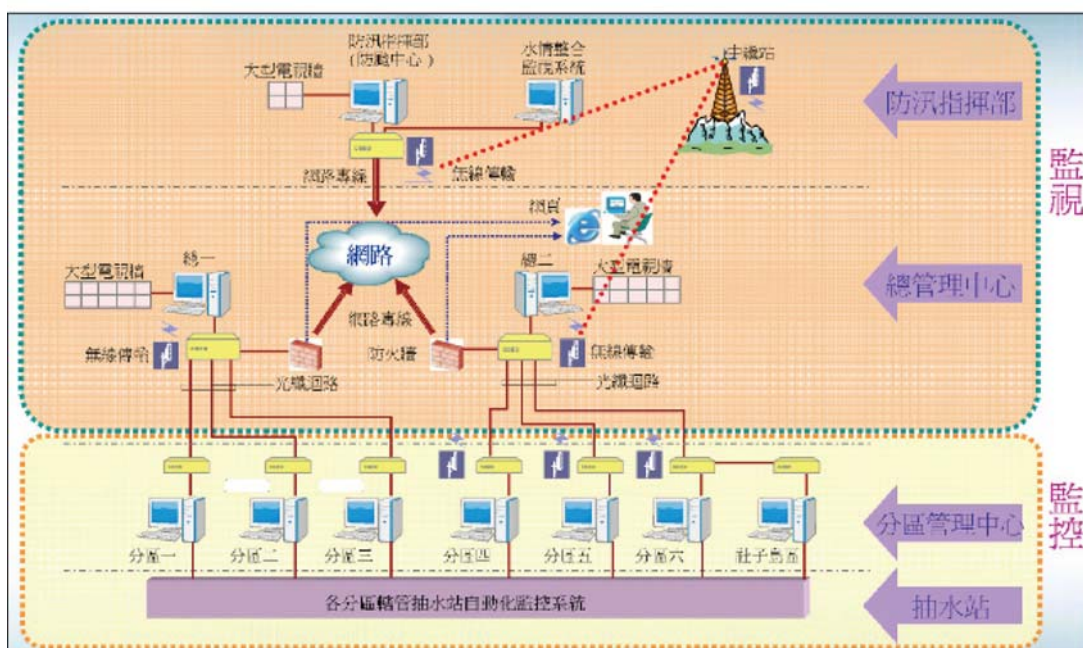


圖 13 臺北市抽水站群組化管理架構

■ 防洪設施多元化與景觀生態營造

防洪建造物是阻隔洪水與都市的重要設施，但也因此成為水域環境與都市之間隔絕的最大因素，為了讓民眾同時擁有防洪安全、遊憩休閒、景觀美化、親水生態的水域環境，水利處在防洪建設過程也注入了多元化的景觀親水元素，讓整體河濱環境更加提升，相關營造成果如下：

1. 濕地營造

臺北市社子島地區為淡水河與基隆河之交匯口，可遠眺大屯山與觀音山，景觀視野極佳，又因鄰近關渡自然保留區，且社子島頭及社六抽水站旁灘地皆位於 100 年度內政部公告之國家級溼地——【淡水河流域溼地】之範圍內，極具生態保育價值。且溼地具有非常重要功能與價值，是地球各生態系中生產力最高者之一。

故水利處於該地區積極辦理濕地營造，期可達到階段性溼地保育及防災等功能，穩定生態與維護生物多樣性，並營造親水、休閒、遊憩及美化溼地環境。其營造重點包括營造多元物種生存之水域生態環境、提供多樣性環境教育設施、引入多樣性物種及水質自然淨化處理。

透過社子島濕地營造，將大幅發揮該地區的自然景觀特色，完成後之溼地將委外由維護管理廠商進行溼地環境維護管理，進一步搭配學者專家、社區民眾及熱心團體的共同參與經營、認養、維管，

以營造社子島的溼地自然生態環境，重新建構溼地生態與社區文化的互動與傳承，為臺北市增添一個傲人的休閒遊憩景點，濕地營造成果詳圖 14。

另有關水利處於 103 年度辦理完成之社子島新舊防潮堤濕地工程獲得由社團法人中華民國不動產協進會舉辦之「2014 年國家卓越建設獎」之最佳規劃設計類優質獎殊榮，頒獎照片詳圖 15。

2. 生態調查

臺北市河川高灘地是很多生物及鳥類的棲息地，但這些生物多樣性資源，卻因以往未曾做過調查工作而有所欠缺，同時，這些河濱區域的生態資源也因為缺乏資料，無法被合理的保護，也無法作為進一步河濱生物多樣性的指標及保育之用，實為可惜。



圖 14 社子島濕地營造成果



圖 15 社子島新舊防潮堤濕地工程獲獎照片

因此水利處於 102 年起著手進行所轄河川區域的生態調查工作，期能針對所調查出來的資料，加以利用、建檔及成立相關資料庫，能夠作為後續河濱公園規劃管理之參考及生物多樣性維護管理之基礎資訊，並據以檢討河濱環境的生態教育、復育要點與方針，以此規劃本市河濱特色發展之目標，另亦有建置河濱生態調查網站及製作宣導摺頁供民眾查閱（詳圖 16）。



圖 16 河濱生態調查網站及宣導摺頁

3. 全市堤牆美化

防洪設施雖然阻絕河川生態與都市，但水利處近年積極改變防洪牆給人的生硬印象，辦理多項堤牆美化工作，使得各河濱公園有更豐富色彩，讓臺北市成為一個優質便利的河濱親水都市。

目前全市已完成了 31 處堤牆美化工程，美化面積約 35,000 平方公尺，預定於 103 年底前可再完成 12 處堤牆美化，創造臺北美麗河濱新風貌，目前美化成果如圖 17。

4. 六大主題河濱公園

臺北市擁有遼闊的河岸空間，總面積約 777 公頃，約佔本市面積 3%，目前水利處已開闢 28 處河濱公園（基隆河系有 12 個，景美溪河系 3 個，新



圖 17 美化成果照片

店溪河系 6 個，淡水河河系 5 個及雙溪河系 2 個），面積約 485 公頃，另有 1 處北市府動物保護處維管的華江雁鴨公園，面積約 28 公頃。

目前 28 座河濱公園多已具備自行車道、體育、體能、遊憩等基本設施，隨著民眾日益升高的使用率，河濱公園已是假日輕鬆趴趴走的好去處，惟各河濱公園大同小異缺乏主題性，因此，本府針對 6 處河濱公園規劃不同主題重新加以塑造，希望帶給民眾新鮮的體驗與更貼切的選擇。

列入改造的 6 座主題河濱公園如下：

- (1) 大佳（親子親水）主題河濱公園
- (2) 彩虹橋（愛情）主題河濱公園
- (3) 華中（露營）主題河濱公園
- (4) 社子島（溼地環境生態導覽）主題河濱公園
- (5) 古亭（花海及拍婚紗）主題河濱公園
- (6) 關渡大稻埕（人文、歷史、寺廟深度旅遊）主題河濱公園

水利處目前已完成 3 座主題式河濱公園包括大佳親子親水主題河濱公園、彩虹橋（成美左右岸）愛情主題河濱公園、社子島生態濕地主題河濱公園等（成果照片如圖 18～圖 20），民眾可依需求選擇適合的主題遊玩賞景，其餘 3 座也將於 103 年底建置完成，屆時河濱公園將有別以往的風貌，使用率將再創新高。

■ 觀景堤防

1. 設置目的

觀景堤防設置之目的係為利用土堤緩坡形式設計堤防，以避免傳統堤內建築物被高大防洪牆阻隔景觀的情形發生。



圖 18 大佳（親子親水）主題河濱公園

2. 設置功能

- (1) 提高治水防洪之功效：觀景堤防將堤防內側土地加高，並採取一緩坡形式的土堤設計，在堤內側以填土的方式增加其高程，因此，當發生超過計畫洪水標準時，可避免潰堤以降低洪水帶來的損害，進而防止重大災害發生。
- (2) 有效提高土地利用：在興建觀景堤防時，可輔導並轉換住宅用地或未開發土地之使用，並因應地區需求，供給不同土地利用方式，更藉由興建中高層建築物，促進住宅用地之充分利用，以提高土地的附加價值。



圖 19 社子島（溼地環境生態導覽）主題河濱公園



圖 20 彩虹橋（愛情）主題河濱公園

- (3) 促進良好居住品質：不同於以往傳統堤防造成土地利用與堤內用地之分界，觀景堤防可促進河川空間與都市建設之整體性，而堤外側的河邊及綠地可與休閒生活相互結合，建造親水娛樂之空間，以提高其居住品質。

- (4) 減少公共設施保留地之需求：觀景堤防將堤防內側加高，使期能作為正常的土地利用，故當與鄰近區域的土地重劃整治計畫合併進行時，即可減少公共設施保留地的需求，以及建設經費的負擔，亦可降低容積率的限制。

3. 辦理情形

水利處目前已完成景美溪萬芳路與木柵路四段路口至萬芳交流道觀景堤防新建工程（成果詳圖 21），後續將於 104 年底配合北投士林科技園區開發一併辦理洲美觀景堤防新建工程，預定於 106 年底前完成，另社子島及關渡地區之觀景堤防則配合後續都市計畫整體開發方案一併施築觀景堤防。

結論

水利處長年以來致力於臺北市防洪工程建設，對於防災整備及應變業務更是充份發揮人溺己溺、人飢己飢、料敵從寬、禦敵從嚴之精神，致力於讓民眾不受水患之苦。同時在防洪安全的前提下營造多元化的河濱生態環境，期待能夠提供更加優質、便利及舒適的親水環境，並且積極推動總合治水及抽水站自動化，減少水患發生、降低財產損失、生命不再受威脅，讓臺北市成為更生態、更適合居住的優質城市。



圖 21 景美溪觀景堤防

快速多時的空間資料獲取科技 高機動性雷射掃描儀

張哲豪／國立臺北科技大學土木工程副教授

鍾明格／國立臺北科技大學工程科技研究所博士班

空間資料線上運用已經深入我們日常生活中。地圖伺服器所帶來的全球資訊，搭配上各種具有定位功能的行動裝置，以及穿戴式科技的發展，不難想像到，一個現場實景與數位資訊的整合內容，即將在我眼前展開。在相關技術中，即時獲取超高解析度空間資料，無疑地會是其中主要議題之一。特別在土木工程應用上，配合著變遷或災害議題，在空間或時間的尺度上，都必須考慮具有更高彈性的作業需求。本文將以空間資訊收集上，具有高機動性的雷射掃描儀為主題，說明土木工程面上的應用與結合。

空間資料獲取技術

『空間資訊』一詞雖在近十多年才廣泛地被大家所認知與使用，實際上人類開始使用『空間資訊』，可追溯至公元前 2700 年時由蘇美人所繪製的地圖，為人們提供定位與辨識方向的功能。爾後隨著測量技術與科技發展，地圖的精度與品質亦隨著提高。當電腦問世後，地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）也開始蓬勃發展。GIS 即為針對空間資料進行處理、分析與應用的資訊系統，從地圖的繪製、國土調查規劃、導航、災防分析應用等，都屬於 GIS 的範疇，如圖 1 為政府與 Google 所合作的『台灣防災地圖』，整合中央氣象局、水利署所提供與颱風相關的及時資訊於 Google Map 上。

GIS 提供處理空間資訊的技術與工具，而空間資料的精度與內容則決定了 GIS 分析與應用的範疇。空間資料來自於各式的測量工具儀器，如地形測量以往使

用水準儀與經緯儀，近年來由於雷射掃描儀（光達）技術不斷進步，其掃描精度準確且快速，不但可以提高工作效率還可減少成本耗費等優點，逐漸取代傳統測量趨勢。因雷射掃描儀結合數位像機互補技術，不再只是侷限於傳統測量之 2D 展示，並賦予掃描點雲之實況顏色，可呈現 3D 模型展示，大大提升了測量物辨識度，因而在測量技術上更是一項突破，也讓成果更多了附加價值之參考依據。而透過雷射掃描儀所儲存下來的資料，具有完整空間的三維資料，可永久保存使用，可促進未來相關領域的研究發展。如在颱風預報或豪雨特報前、後期，快速將邊坡崩落地掃描，以便能提供後續量測、建置 3D 數位模型及點雲資料處理分析等運用。當空間的資料具備了時間性，即可利用不同時間點的空間資料進行比對分析，如颱風後的土石崩坍量，甚至不同處的滑動量都可透過分析得知。

針對高解析度與機動特質的需求，目前常用的空間資料獲取技術可簡單分為攝影測量與光達，而這兩種技術都可再細分為空中與地面形式，因此可取得空間資料的解析度也有所差異，如一般空載光達高程解析度可至 30 cm，地面光達則可達到公釐等級。掃描或拍攝的涵蓋範圍也有很大的差距，空載光達多在 2000 m 左右的高度進行掃描，比起地面光達可一次取得更大範圍的資料；此外飛機受限飛行限制與天氣影響，地面作業則易受交通條件所限制，因此各種空間資料獲取技術各有其適用限制的條件。針對雲層限制，空載部份還可以有微波遙測的應用，可以穿透雲層，克服天候不佳的應用困難。

目前五種常見的快速空間資料獲取技術可分述如

後，其中，航空攝影測量與密集點雲屬被動式測量，需利用可見光反射；空載 InSAR、空載光達與地面光達則為主動式測量，發射微波或雷射量測目標物。

1. 空載光達：將雷射掃描儀裝設至飛機上，飛機上裝置 DGPS 精密動態定位裝置與 INS 慣性系統取得慣性姿態，以此求解每一條掃描航線的瞬時三維坐標與姿態參數，以解算大量的空間座標，稱為點雲資料，如圖 2 所示。而空載光達系統會以雷射光進行掃描，會接收到目標物的多重反射訊號，藉此測距。而第一回波（First return）為地表最上層的反射，如 DSM；而在有植被覆蓋的區域，掃描光波可能穿透至地表物，而產生接近地表的最後回波（Last return），但也可能無法穿透而沒有最後回波，如圖 3 所示。藉由此項的特性，空載光達的點雲資料，可透過程式與人工的編修，將地表物與地面分隔出來亦即產生地形與植被的三維空間資訊。大面積 高精度 高解析度 穿透能力佳
2. 地面光達：雷射掃描儀可以不用接觸測量物本身，利用遠距離且非破壞方式實施掃描，並且可以快速並精確的獲得目標的點雲資料，因此取代了傳統測

量且被廣泛應用在不同領域。例如：評估岩石邊坡之穩定、古蹟調查及維護、調查災損的管線掃描、森林樹木的生長狀況監測評估。目前地面雷射掃描儀每秒的掃描速度可多達數萬點，依規格不同距離可從數十公尺到上千公尺，近距離精度可達公釐等級，掃描效果如圖 4 所示為例。

3. 空載 InSAR：合成孔徑雷達干涉技術（Interferometry Synthetic Aperture Radar, InSAR）為利用雷達微波方式，於不同時間或不同位置獲取同一地區兩幅以上的影像，藉由相位（Phase）值的差量獲取地表的空間資料。大面積，因雷達具有穿透雲層的特性，故 InSAR 較不受天候雲層的影響，可快速獲取大面積高精度的空間資料。
4. 航空攝影測量：將量測型相機裝置於飛機上，利用航線規劃拍攝重疊的立體相片，配合地面控制點量測與空中三角平差計算，完成立體製圖、數值地形模型（DTM）或正射影像。可快速拍攝大範圍面積，不受測區交通影響，但需事先申請空域，且受限於需被動接收可見光，易受天候與雲層所影響。
5. 密集點雲：隨電腦計算能力大幅增進，與計算機視

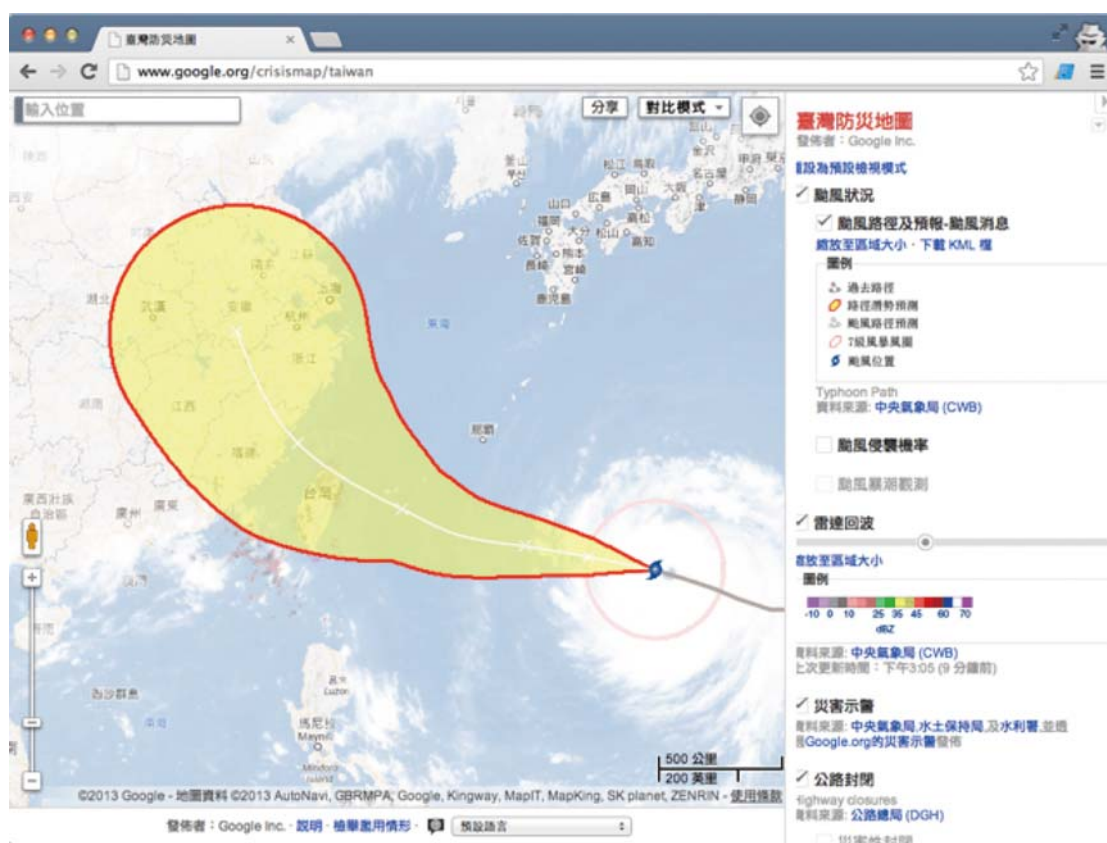


圖 1 台灣防災地圖

覺及演算法的進步下，利用高解析度的重疊影像重建空間資料，可程式自動化產生高密度的點雲資料，如圖 5。其點雲密度依據影像解析度而有所差異，可獲得比光達點雲資料密度更高的結果，且因由影像解算，點雲資料具備影像顏色資訊，對於視覺化呈現相當有幫助，如圖 6。

由於現場安置容易，作業程序也很能夠配合傳統土木工程場址，本文將以雷射掃描儀為主題，以實務案例的呈現，說明新型空間資訊獲取技術，如何與土木工程對應結合，發揮其高精度與多時性的特點。

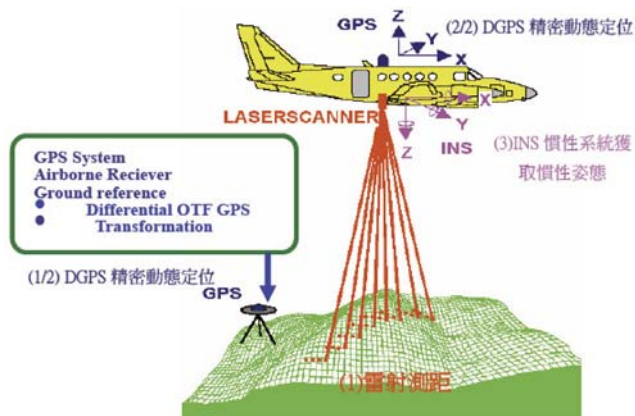


圖 2 空載光達裝置示意圖（史天元, 2004）

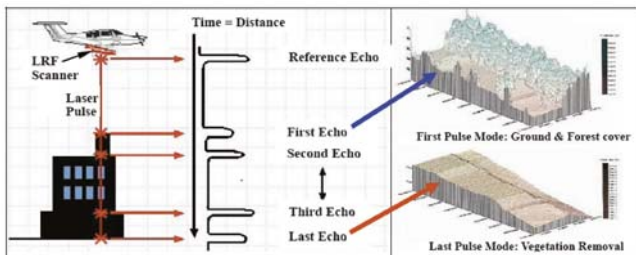


圖 3 空載光達接受目標物多重反射訊號示意圖（史天元, 2004）



圖 4 地面光達掃描苗栗街道圖（LinkFast Technology Co., Ltd）



圖 5 密集式點雲 3D 模型資料（acute3D）

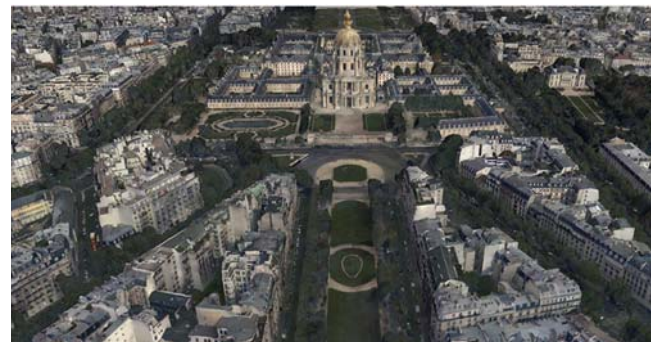


圖 6 密集式點雲 3D 模型資料（acute3D）

高機動性雷射掃描儀工程特點

地面 3D 雷射掃描儀（Terrestrial Laser Scanner），亦即光達（Light Detection And Ranging, LiDAR）為近年來大量應用的三維空間資料掃描技術，雷射掃描儀可以非接觸式且遠距離的測量目標物，並快速準確的獲得目標物的三維空間資料（Rottensteiner, Trinder, & Clode, 2005），稱為點雲（Point Cloud）。目前地面光達已廣泛應用在不同的領域，如使用地面雷射掃描儀測量邊坡後，使用點雲資料量取地層的傾角與傾向，結果顯示點雲量測結果較現地量測來得準確，且雷射掃描儀可以遠距離對目標物測量，而現地因地形因素無法測量的地點，在點雲上皆有機會量取結果（Yiu & King, 2009）。利用光達的非接觸式測量特性於古蹟調查與維護（Palombi, Cecchi, Lognoli, Raimondi, & Masotti, 2007）。或利用演算法從點雲資料中將樹體萃取出，以評估樹木的生長狀況及監測評估（Thies, Pfeifer, Winterhalter, & Gorte, 2004）。點雲資料也被使用於橋樑監測，道路設計規劃（Lee, Park, & Ru, 2008）等。

而在水利領域也有許多相關的應用，如使用點雲資料的高精度高密度特性評估地表的摩擦係數，以供模式使用（Smith, Cox, & Bracken, 2011）。

地面雷射掃描儀為地面測量上一項相當大的突破，相較於傳統地面測量的儀器及測量技術上有著明顯的不同。以繪製山區等高線為例，葉怡成（2004）於書中提到在傳統地面測量中等高線的繪製，必須由測繪人員由水準儀、全測站等儀器施測地形測量，於現場測取高程點並標記於圖上，然後利用線性內插的方式繪出等高線。或。若要求山區之等高線完整且高精度，在測量外業上必須逐一架設多次測站，耗費相當人力、時間及成本等，才能完整測量出整各山區之地形。另一種方式則採取航空攝影測量來製作等高線。航空攝影測量雖然具有涵蓋面積寬廣的優點，但拍攝時間受天氣影響，內業資料處理也相對較為龐大，小區域地形測量成本不夠經濟等。

相對這些方法，地面雷射掃描儀具有下列優點：

- (1) 移動容易：架設在一般腳架上，重量多在 5 ~ 12 kg 內，容易攜帶與安置；
- (2) 取得三維空間資料快速：掃描速度可達將近每秒百萬點，可以大量獲取空間點雲資料；

因此，在山區中，地面雷射掃描儀器執行地形測量運行移動較為快速，且獲取三維點雲資料密度較傳統方法密集；經由內業處理三維點雲資料，可以得到較傳統測量之高精度的等高線資訊，也較為節省人力、時間及成本。特別是在較為困難的山區陡坡地形上，不需要人員直接到達，減少了許多風險。

圖 7 為山區 345KV 高壓電塔下方邊坡滑動，正是這樣的案例：包含地形困難，植被覆蓋，人員難以接近等等因素。以土木工程關注角度而言，後續該邊坡的所有可能處理與維護，都需要考量到現況地形的空間資訊，例如邊坡上任一指定方向的高程剖面線；指定位置的坡度與坡向等，這些物理量都要從地形空間資訊上來推求。如何在人員安全考量下，又能夠以高效率作業得到地形，又或是識別濃密植被下的真實地面，便成空間地形空間資訊獲取時的主要需求與挑戰。

比較圖 7 而言，圖 8 則為使用雷射掃描儀掃描後之現場點雲資料，凸面中的每一個點，都具有三維空間坐標，以及相對應的顏色。因此，透過人為識別，

可以認定邊坡各項特徵，進而在一個符合現場的模型中，量取必要的空間資訊，包含剖面線與特定位置的坡度，如圖 9 中，69KV 電塔邊坡與其剖面圖所示；甚至於改變視角，觀察各個角度的影像。

以目前常見的雷射掃描儀 Riegl VZ-400 而言，掃描儀的電子測距模組如圖 10 所示，主要針對需要高速掃描而設計，擁有高速的雷射掃描、快速及高精度的訊號處理，以及多樣高速的資料傳輸介面。掃描儀本身的掃描動作是利用雷射光束及內部一個反射鏡，垂直掃描的範圍為 100 度（水平向上 70 度，水平向下 30 度），在高速掃描或是垂直方向的掃描下，反射鏡是持續以可調整的速度進行旋轉，但在慢速的掃描或是很小的掃描角度，它就只會上下擺動；而水平方向的掃描動作，就是利用機體本身，作環場 360 度旋轉完成整個掃描動作，利用快速且準確的脈衝雷射，將待測物以多個測站進行完整掃描。

掃描模式又分為以下兩種，高速模式（High Speed, 縮寫 HS）和長距模式（Long Range, 縮寫 LR）；在高速模式下，掃描儀的測距範圍約為 350 米，掃描速度為每秒發射 122,000 點，掃描精度為 5 mm；而長距模式，掃描儀的測距範圍約為 600 米，掃描速度為每秒發射 42,000 點，掃描精度為 5 mm，詳細規格如表 1 所示。

上述 Riegl VZ-400 雷射掃描儀可歸類為長距離型，非常適合野外現地掃描作業，掃描距離可長達數百公尺，其掃描點雲密度對於現地景況記錄已十分足夠。但若掃描目標的尺度較小，譬如隧道裂隙或建築物裂縫，VZ-400 的掃描精度與點雲密度便可能無法完全記錄這些細節。因此，另一種近距離、高密度類型的雷射掃描儀，也許較為適合用來記錄較為細節的目標，如 FARO 的 FOCUS 3D（圖 11），其規格如表 2，可明顯看出掃描作業距離較近，約在百米左右，但掃描速度與精度皆高於 VZ-400，標準差達到 2 mm，非常適合近距離高精度的掃描作業，如圖 12 所示。因應精度需求與現場距離的限制，是選擇適當工具的最主要考量方向。

目前地面雷射掃描儀通常會搭配相機，目的在掃描的同時拍攝現場的實際影像，而相機與雷射掃描儀會經由原廠的率定，確定其相對關係。因此經過計算後，雷射掃描儀的點雲可對應至相機影像的顏色，也就賦予點雲色彩，使展示更加擬真。



圖 7 台電 345KV 高壓電塔邊坡滑動情形



圖 8 台電 345KV 高壓電塔與邊坡點雲

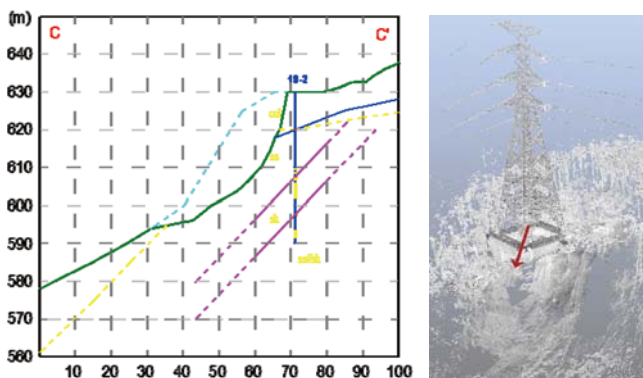


圖 9 台電 69KV 高壓電塔、平面圖、與邊坡剖面分析



圖 10 地面雷射掃描儀
RIEGL VZ-400



圖 11 地面雷射掃描儀
FARO FOCUS 3D

表 1 地面雷射掃描儀 RIEGL VZ-400 規格

儀器型號	RIEGL VZ-400	
	長距模式 (LR)	高速模式 (HS)
測距範圍	600 m	350 m
光束參數	100 kHz	300 kHz
掃描速度	42,000 點 / 秒	122,000 點 / 秒
重量	9.6 Kg	
內建記憶體	32 GB	
最大掃描角 (垂直 / 水平)	100° / 360°	
掃描精度	5 mm	
測角精度 (水平 / 垂直)	1.8" / 1.8"	
相機	外接式高階數位相機	

表 2 地面雷射掃描儀 FARO FOCUS 3D 規格

儀器型號	LASER SCANNER FOCUS 3D
測距範圍	0.6 m ~ 120 m
掃描速度	122,000 / 244,000 / 488,000 / 976,000 點 / 秒
重量	5 Kg
內建記憶體	32 GB
最大掃描角 (垂直 / 水平)	305° / 360°
掃描精度	10 m 和 25 m 時為 ± 2 mm
相機	內建相機解析度：最高 7000 萬像素

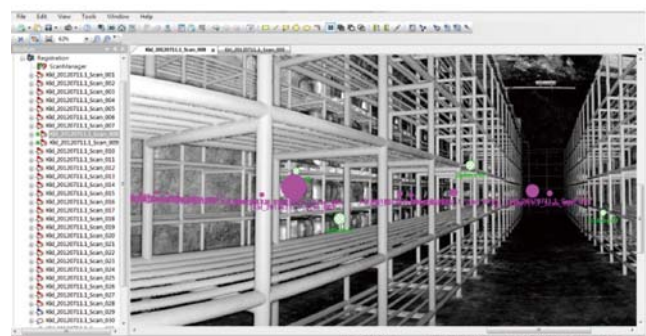


圖 12 FARO FOCUS 3D 掃描點雲示意圖

隧道基本參數分析

傳統隧道測量一直是難度相當高的挑戰，在工程上需求之下，需要能夠盡可能完整檢視與記錄坑道內的細節。然而，受限於經費與技術能力，傳統採用多個斷面記錄，依照其連結順序，以說明坑道隨著軸向距離的變化。雷射掃描儀在此案例中，可以突顯大量點雲所建構的連續坑道模型，可提供相關工程參數具體數據的量測能力。

隧道的基本工程參數中，包含了岩石節理的走向與傾角。透過這些參數的統計分類，以及空間資訊的協助判識，可以引導出具有潛在墜落與滑落問題的關鍵岩塊的可能位置，藉此確認坑道中的可能風險之處。

本案例地下坑道平面圖如圖 13，屬於狹窄的小型坑道，在地下坑道內架設儀器較不容易。本案例選擇前述地面雷射掃描儀 FARO FOCUS 3D 來執行，以其高精度，輕量，體積小為主要考量，比較適用於本案例之小型坑道。圖 13 中點位為測量站位，總數為 29 站，採用多測站位的方式補足所有視角，以記錄各岩石節理面向，避免有掃描的死角。圖 14 即該地下坑道點雲中，展示某部位之頂部模型。圖中 X 軸表示東西方向，Y 軸表示南北方向，Z 軸表示天頂方向。圖 14 的 Z 軸指向紙面，表示天頂方向即為指向紙面。

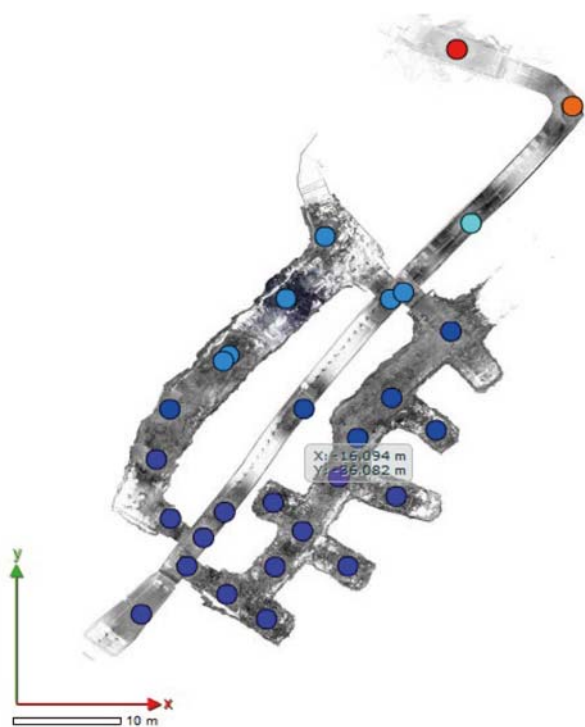


圖 13 地下坑道平面圖與測站分佈

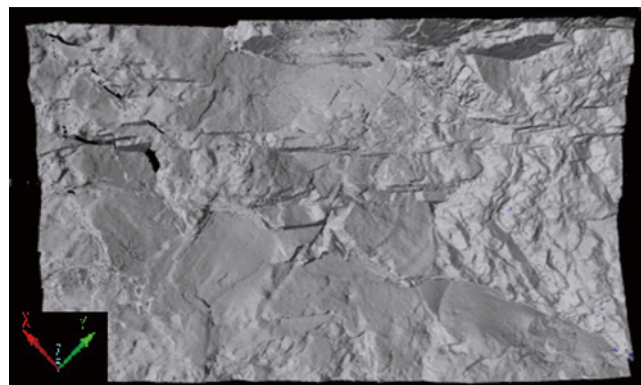


圖 14 地下坑道頂部模型

經由現地觀測紀錄岩塊的分類繪製，以及後續的統計分析，可推論得到主要節理群之走向與傾角。在點雲處理中，透過作業軟體，是使用線條的方式，分別採用紅、黃、綠線，將所量測的主要節理群展示於坑道頂部的點雲模型之上，對照圖 14，圖 15 加註了各主要節理群的判識，以及可能弱面的組合位置，如圖中『1211』的標示。

圖 16 即是以此『1211』位置，將視角由垂直 XY 平面，略為傾斜，使得可以由側面觀察到，紅黃綠三個主要節理線，變成在空間中節理面的展示。這三個面向所交叉構成的關鍵岩塊，可能受到重力影響，而有潛在風險，據此辨識示意在圖 16 中。

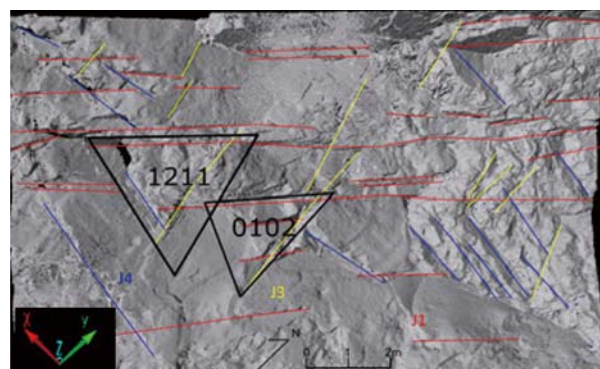


圖 15 地下坑道岩壁頂部弱面繪製

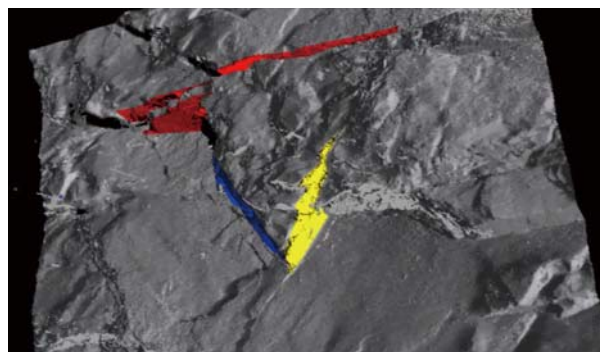


圖 16 地下坑道岩壁頂部關鍵岩塊示意

歷史建物監測

松山菸廠文創園區位於台北市信義區內，緊臨光復南路與市民大道，佔地面積約 18 公頃。前身為臺灣省菸酒公賣局松山菸廠，地上建物於民國 26 年開始興建，民國 29 年全區完工，並於 90 年由台北市政府指定為第 99 處市定古蹟，其辦公廳、製菸工廠、鍋爐房與一至五號倉庫為古蹟本體，佔菸廠舊址約 8 公頃面積，其於 10 公頃則規劃為台北體育園區（又稱台北大巨蛋），因台北大巨蛋興建基地緊鄰園區內鍋爐房位置，基於保存古蹟，遂於台北大巨蛋興建期間，同步對鍋爐房及其煙囪等建物進行監測，以確保於施工期間古蹟免於遭受破壞。

本掃描監測作業以地面雷射掃描儀定期掃描松山菸廠文創園區內鍋爐房及其煙囪，檢視評估古蹟建物受損情形，並重建三維空間資料以利後續比對監測。掃描範圍為園區內煙囪及鍋爐房建築（描述時以“面對鍋爐房門口”為正面，煙囪於鍋爐房左側）俯視圖如圖 17。目的為完成指定範圍內建物掃描之整體模型，提供重點處量測數據，如裂縫寬度、位置等。

松山菸廠監測作業共於 101 年 4 月至 103 年 6 月掃描五次，圖 18～圖 23 為各期掃描作業時，煙囪及鍋爐房外觀建物狀況。第一期掃描作業時可以完整看到煙囪整體，如圖 18；第二期掃描時，可發現針對煙囪頂部裂縫區域及底部已有施作維護工程，如圖 19；第三期掃描作業進行時，後方台北大巨蛋工程地基部份完工，如圖 20；第四期掃描作業時，後方大巨蛋工程開始搭建塔樓鋼構，如圖 21；第五次掃描作業時，鍋爐房周架設鐵圍籬，後方大巨蛋塔樓低樓層處已完工，如圖 22、圖 23。

以第五次掃描作業為例，先於 103 年 5 月 31 日進行評估現場，鍋爐房建築長約 24 公尺、寬約 15 公尺。煙囪高度約 35 公尺、直徑約 2.5 公尺。現地觀察到煙囪實施維護工程作業：煙囪的上部分有鐵網包覆，底部有鐵架支撐，鍋爐房及煙囪的四周新增鐵圍籬。

將掃描資料與照片像素結合，可建立擬真的三維立體模型，如圖 24 為 2012 年 4 月份之掃描模型，圖 25 為 2014 年 6 月份之掃描模型。完成後之三維立體模型可進行測量，提供建物損壞情形測量與後續不同時期掃描資料監測比對等。



圖 17 鍋爐房及煙囪俯視圖（Google Map）



圖 18 煙囪及鍋爐房外觀（2012 年 4 月份建物情況）



圖 19 煙囪及鍋爐房外觀（2012 年 12 月份建物情況）

當各時期的資料經由完整的測量過程以點雲形式完整保留後，很容易可從點雲模型中量取各項資料，或比較不同時間建築物的變化狀態。如圖 26 為第一期與第三期之疊合資料，可明顯看出煙囪底部新增了防護設施。如圖 27，煙囪頂部的裂縫也可被保留於點雲模型中，在現場難以測量的裂縫長度與位置，可在點雲模型中利用內業的方式便可測得數據。



圖 20 煙囪及鍋爐房外觀 (2013 年 6 月份建物情況)



圖 21 煙囪及鍋爐房外觀 (2013 年 12 月份建物情況)



圖 22 煙囪及鍋爐房外觀 (圍牆外) (2014 年 06 月份建物情況)



圖 23 煙囪及鍋爐房外觀 (圍牆內) (2014 年 06 月份建物情況)

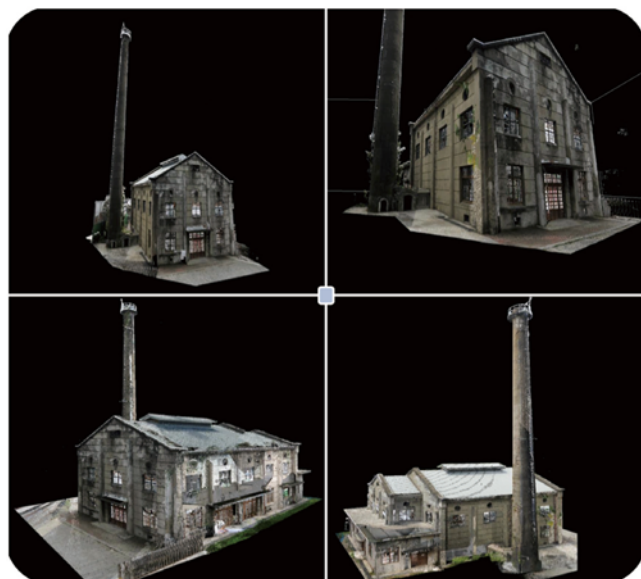


圖 24 點雲模型 _2012 年 4 月份



圖 25 點雲模型 _2014 年 6 月份



圖 26 第一期與第三期掃描點雲疊合 (藍色為第三期)

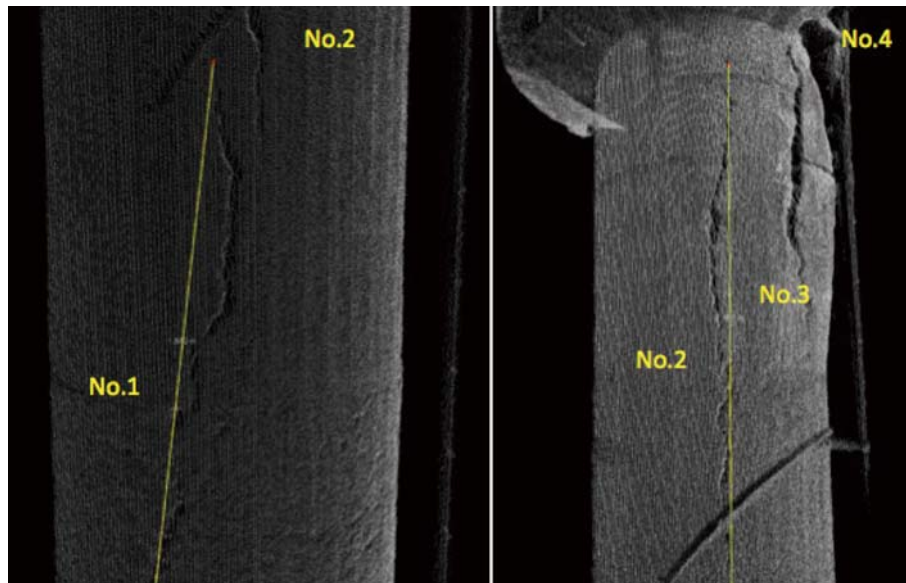


圖 27 煙囪裂縫點雲模型

從 101 年 4 月至 103 年 6 月五次掃描作業中，不同時期所測得的數據，便可比較分析，提供施工單位或政府單位參考。搭配現場佈設多種監測儀器，如傾斜儀，就可以相互比較，說明整個歷史建物的變遷結果。

結論

本文介紹了由航空攝影測量至光達系統的新式測量方法，其共同特色都是加快空間資料的擷取速度，並且具備更佳的精度與應用潛力。當可以短時間取得大範圍的空間資料後，測量的時間間隔便可以縮短，有機會完整紀錄各個時期地形地物的變化，對於國土規劃或特定目標的監測便十分有幫助。如本文以松山菸廠為例，不同時間的掃描結果便可比較其變化量，可作為施工單位與政府單位的參考。而不論空載或地面光達皆大幅縮短了測量外業的時間，幾乎可以完整將現地狀況以數值資料（點雲）的形式保留，外業的時間減少也代表成本的降低，許多原本需在現地完成的工作，現在都可在內業使用數值資料的後續處理來完成。如本文以地下坑道為例，現場由於空間與設備限制，在空間狹小的情況之下，要在現場完成對於岩塊的分析與判斷相當困難，或根本無法實際量取資料，也必須耗費相當的人力與時間，但利用雷射掃描儀對現場數值化後，後續判斷工作便可利用內業方式進行完成，可節省相當多的時間與外業耗損。未來透過新科技所獲取的空間資料會日益龐大，資料精度與

速度也會有所增進，如何從空間資料中分類、擷取土木工程各領域所需的基本參數，並加以分析，使空間資料轉化成各類工程資訊，將是未來重要的課題。

參考文獻

1. Lee, H. J., Park, E. G., & Ru, J. H. (2008). Practical use of LiDAR data for environment-friendly road design. *Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography*, 26(3), 255-262.
2. Palombi, L., Cecchi, G., Lognoli, D., Raimondi, V., & Masotti, L. (2007). A fluorescence imaging lidar for the control of cultural heritage. Paper presented at the Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering.
3. Rottensteiner, F., Trinder, J., & Clode, S. (2005). Data acquisition for 3D city models from LIDAR. Paper presented at the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS).
4. Smith, M. W., Cox, N. J., & Bracken, L. J. (2011). Terrestrial laser scanning soil surfaces: A field methodology to examine soil surface roughness and overland flow hydraulics. *Hydrological Processes*, 25(6), 842-860. doi: 10.1002/hyp.7871
5. Thies, M., Pfeifer, N., Winterhalder, D., & Gorte, B. G. H. (2004). Three-dimensional reconstruction of stems for assessment of taper, sweep and lean based on laser scanning of standing trees. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(6), 571-581.
6. Yiu, K., & King, B. (2009). Stereonet data from terrestrial laser scanner point clouds. *Survey Review*, 41(314), 324-338.

無人飛行載具 數值地形模型精度評估及應用

黃美甄／國立臺北科技大學土木與防災研究所碩士

張國楨／國立臺北科技大學土木與防災研究所副教授

摘要

無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）為一近年來新興熱門的技術，但其資料及後端產品之品質仍存爭議。本研究運用定翼型與旋翼型兩種飛行器，針對不同載具、不同相機、不同飛行特性、及地面控制點數量及分佈 … 等因子，在同一地區的拍攝之影像及數值地形模型建模成果進行討論。研究成果顯示控制點分布最為重要；再以空載光達資料為基準，其剖面之高程誤差之可控制於 $\pm 20\text{cm}$ 以內；再與現地進行的精密水準高程測量做比較，其無人機建模之高程精度和空載光達資料相近。

Abstract

In recent years, unmanned aerial vehicle (UAV) become a popular technology, and is very useful for natural disaster assessment and hazard mitigation study. However the data quality is still a debated issue. This study is thus focus on the feasibility and adaptability analysis of the UAV techniques and its' applications. We compare the quality evaluation of DTM from these two kinds of UAV (fixed wing and the rotor wings). Different factors are also evaluated in this study, including UAV platform, digital cameras, different sets of GCP groups, by comparing the DTM quality that applying in the same area based on the airborne LiDAR data. The result shows the distribution and the amount of the ground control points are the dominant factors affecting DTM quality. The precision of the UAV-derived DTM could be better than 20cm, compared

with airborne LiDAR data. Based on the objective of this study, some suggests and results related with different platforms and equipment selection, and the mission planning is thus discussed accordingly.

緒論

無人飛行載具（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）為一近年來新興且熱門的科技，尤其在防災方面擁有許多優勢及發展空間。UAV 依不同的目的、任務而有不同的分類模式，單就動力推進方式的不同，可分為定翼型與旋翼型兩類，各有其優缺點，但無論那一型飛行載具，其運用及風險依然仍高；另一方面即為其產品之仍不易定義及規範。本研究主要在討論不同硬體平台下，所建置之數值地形模型精度差異及比較，分析之對象及參數包括搭載相機不同、無人飛行載具不同、飛行特性不同，在同一地區拍攝的成果建置模型進行討論；期望透過本研究，在未來的飛行任務中，針對不同需求，以選取效率最高、風險最低、且最合適的飛行載具。

研究方法

研究方法與流程

本研究是利用 UAV 搭載相機拍攝影像來建置數值地形模型。利用不同無人飛行載具、並掛載不同相機所拍攝之影像來建置數值地形模型，針對所建置的模型之精度加以比較。首先取得目標影像及每張影像拍攝時的空間位置資訊與瞬時飛機姿態角，設計不同

參數和控制點位分布建置數值地形模型；並以不同之地面控制點數量與分布來控制數值地形模型建模及平差，再以空載光達及現地水準高程測量之資料相互比較，以討論 UAV 之建模精度。

使用之無人飛行載具比較

本研究團隊主要使用的 UAV 為德國 Microdrones 公司的 md4-1000 四旋翼 UAV（圖 1），為目前市面上最大型的旋翼無人飛行載具之一，視飛行任務需求可選擇搭載 Canon 6D、Olympus EP2、Sony a7r...等相機或多光譜儀。另一台由觀天科技所生產之定翼型無人飛行載具 SV1000（圖 2），搭載 Sony RX100 或 Sony QX100 相機。



圖 1 Microdrones md4-1000 無人飛行載具



圖 2 SV1000 無人飛行載具

研究設計

本研究設計基礎為表 1 裡四組影像資料，搭配無控制點以及三組分布之控制點共四種不同地面控制點，進行模型精度分析，控制點使用現地擁有之高精度地形資料的高程資訊 GCP1（圖 3）、GCP2（圖 4）、GCP3（圖 5）。

表 1 航拍任務及影像資料

UAV	搭載相機	航線數	日期	照片張數	對地飛行高度 (m)
md4-1000	Canon 6D	3	2013/11/30	300	130
md4-1000	Olympus EP2	6	2013/3/17	666	130
SV1000	Sony RX100	1	2013/11/30	275	230
six rotors	Sony RX100	1	2013/11/30	283	80

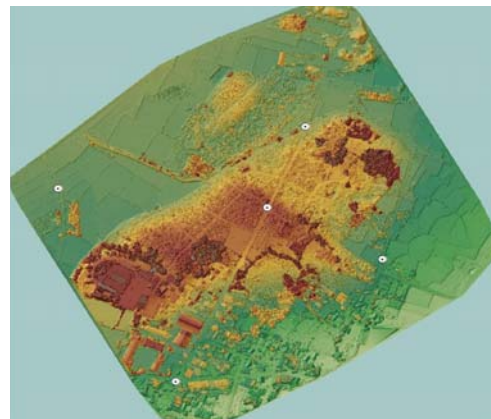


圖 3 GCP1 分布圖（白色圈圈處）

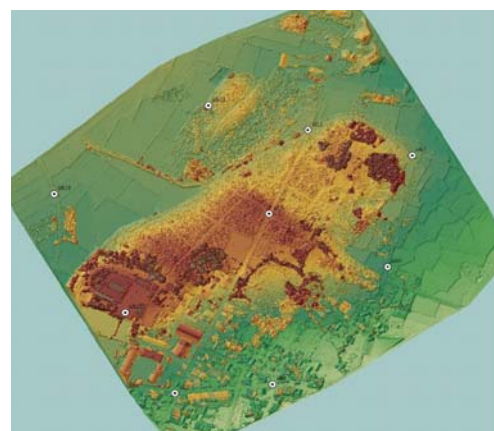


圖 4 GCP2 分布圖（白色圈圈處）

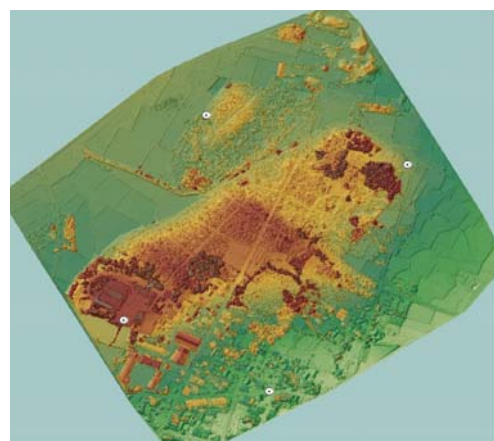


圖 5 GCP3 分布圖（白色圈圈處）

研究成果

影像正射及 DSM

正射影像是航空像片經過幾何修正與拼接的真實地表資訊，含有地理資訊座標資訊，方便使用、容易辨識，能依所需在地理資訊系統上疊圖、量測與分析，若配合三維的數值地形模型能進行更多應用，由於正射影像以像片為基礎拼接再修正，像片解析度大大影響了正射影像的細緻度。由 UAV 拍攝影像所建置之 DSM 其地面取樣距離（Ground Sampling Distance, GSD）小於 6 cm。

點雲（point cloud）

由於 UAV 拍攝影像多、解析度高，故本研究建置之點雲數量皆相當龐大，點雲數量與模型範圍沒有正相關，似乎與照片數量比較有關係，但也非絕對，再視軟體對像片裡物體辨識情形而定，若相機對物以多重方向拍攝，此物四面八方皆能辨識出點雲則點雲數量也會增加。圖 8 為點雲成果展示截圖。

表 2 各模型所建置之點雲數量

UAV+ 相機組合	點雲數量	照片張數
md4-1000 + Canon 6D	60,486,280	300
md4-1000 + Olympus EP2	84,931,024	666
SV1000 + Sony RX100	66,572,359	275
六旋翼 + Sony RX100	63,598,000	283

DEM 建置

高密度點雲資料透過不同的過濾方法，在去除人工建物、地表植被、雜訊後，可分類為地面點與非地面點。本研究中之分類皆使用軟體自動分類，未加入任何之人工點雲分類、編修。從點雲取剖面確認分類大致無誤後才使用地面點內差製作成 DEM。若使用人工分類及檢核，其結果較為準確，但需花費大量時間與精神；由於本研究之花蓮光復地區，其植被密度不高、地形較為平坦，使用自動分類之結果已然足夠。

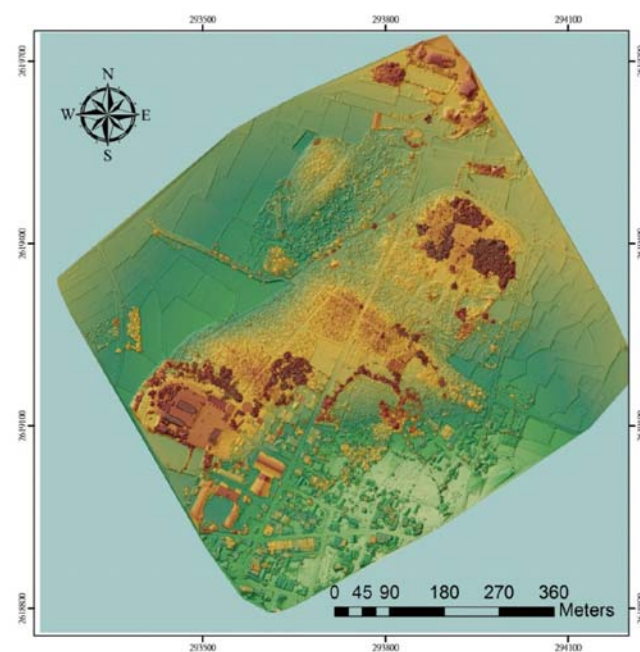


圖 7 md4-1000 搭載 Olympus EP2 之 DSM 成果



圖 6 Canon 6D 像片建置之正射影像細部



圖 8 光復地區點雲截圖

成果討論

DEM 精度及誤差

1. 資料剖面

為了解 UAV 影像建置之 DTM 能達到何種程度的精度，於平差結果取剖面進行討論（圖 9）。

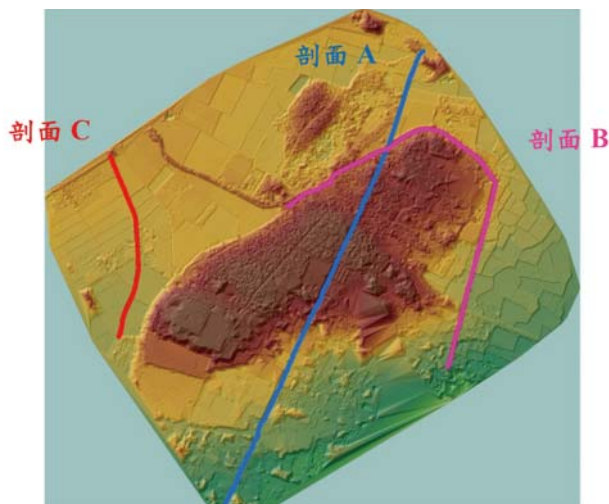


圖 9 剖面位置圖

經過檢查顯示大部分誤差突然異常變大的原因為點雲自動分類時所產生之錯誤，點雲人工分類或許可以解決這類錯誤，但需耗費大量的時間與人力，故本研究並未再針對點雲人工分類的模型再做討論。排除這些錯誤資訊，誤差範圍大都於 $\pm 20\text{cm}$ 內。

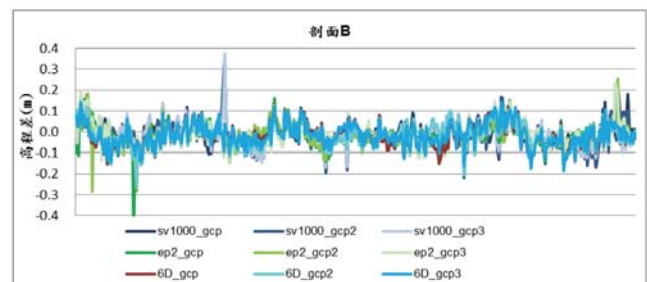


圖 10 剖面 B 高程差

2. 植被影響

拍攝時間不同時植物與作物生長狀況直接的影響到 DEM 結果，例如拍攝當時稻田的水稻高度。於不是那麼密集生長的稻作，由像片能辨識出來之空間算出地面點，如圖 11 所示，DSM 與 DEM 皆有零星的地面點位，這種情況能就零星之地面點，經人工分類取那幾點地面點對該片農地做內差，取得較正確的 DEM。

林區狀況類似，過於緻密的大片密林區無法取得地面資訊，本研究區域內的樹木生長不茂密、面積也不大，所以樹林區還是能取得地面點製作出 DEM。



圖 11 在稍微能看見地面的植被地區也能判斷出地面點

地面控制點與誤差關係分析

控制點分布及數量對模型建模結果比較中，其中第一組五點控制點（GCP1）與九點控制點（GCP2）造成結果其實相近，最大的變化都在外圍，研究區域內的變化則不大。結果顯示，相較於四點控制點模型（GCP3）及九點控制點模型（GCP2），GCP1 五點控制點已經能良好修正與掌握整個地形的變形，較高重疊率的相片搭配控制點的效果更好。建議於航拍任務規劃中，其拍攝範圍比目標區域還要大一些，以減少邊緣重疊率過小、且又無控制點時造成模型修正不易的問題。

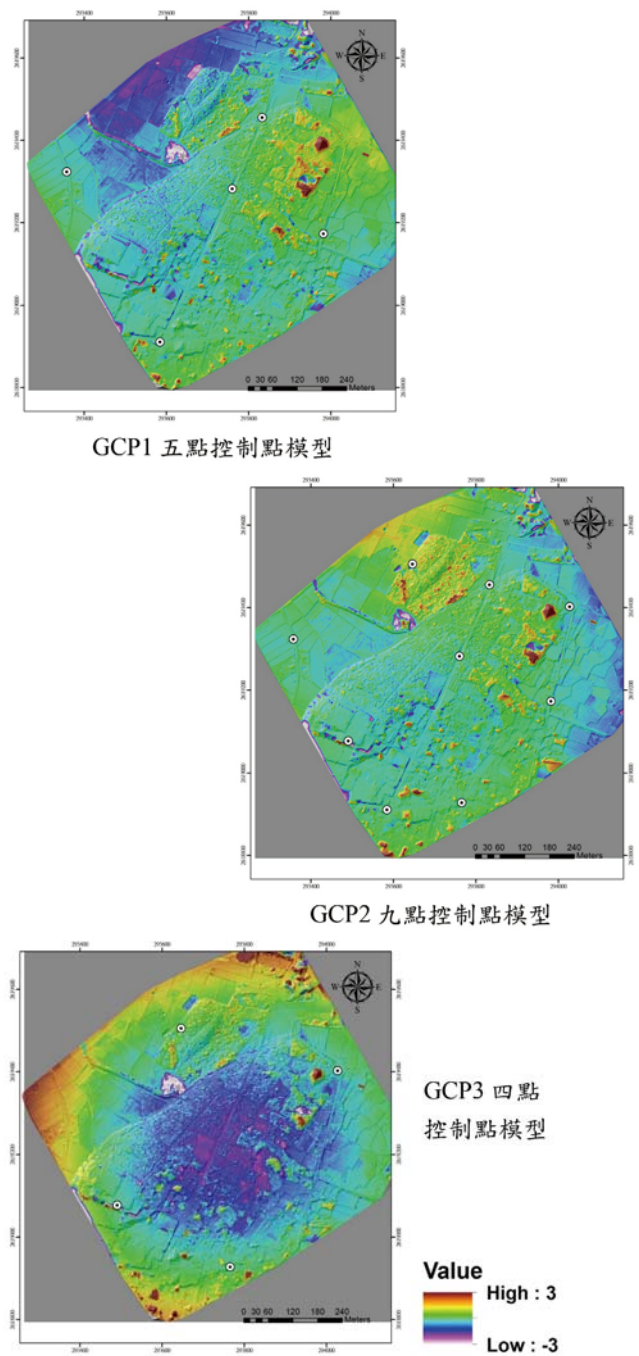


圖 12 各組控制點誤差分布狀況

無控制點誤差情況

無控制點的模型，因 UAV 定位由 GPS 而來，故模型之建模為橢球高，須換為正高後方能與基準比較，其中發現 SV1000 這組成果單純之 GPS 定位所出現之 X 與 Y 位置錯誤的情況（如圖 13），表示未給控制點的模型有可能因 GPS 定位出現 X、Y 的誤差。無控制點之模型，其水平之誤差過大，故未再討論其高程誤差。

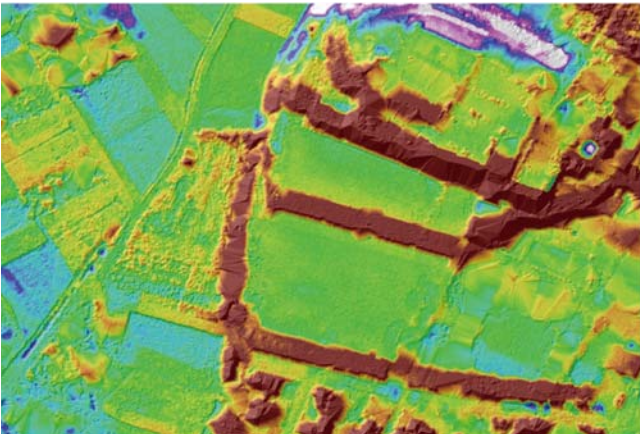


圖 13 未給予控制點之成果有水平向位移情形

不同 UAV 與相機影響分析

表 3 模型成果資訊

UAV	搭載相機	對地飛行高度	模型面積	像片解析度	模型解析度
md4-1000	Olympus EP2	130m	56.17h	4.03cm	3.20cm
md4-1000	Canon 6D	130m	47.15h	4.07cm	3.71cm
SV1000	Sony RX100	230m	172.04h	6.11cm	5.55cm
Six axis	Sony RX100	80m	34.04h	2.12cm	2.26cm

從表 3 的原始像片資訊與模型成果，推斷影響模型解析度的因素為 UAV 飛行高度，飛行高度影響原始像片的像素解析度進而影響製作的 DTM 模型解析度，像片和模型解析度越細緻，就能對越小的物體做辨識，有模型解析度要求的時候，需要從 UAV 飛行高度做調整。

表 4 DEM 全區域誤差評估 *

	No_GCP	GCP1	GCP2	GCP3
md4-1000 與 Canon 6D	M:0.46m SD:1.14m	M:-0.23m SD:0.55m	M:0.2m SD:0.45m	M:-0.17m SD:0.54m
md4-1000 與 Olympus EP2	M:-0.07m SD:0.71m	M:-0.20m SD:0.64m	M:0.06m SD:0.58m	M:0.17m SD:1.08
SV1000 與 Sony RX100	M:-0.34m SD:1.30m	M:-0.21m SD:0.56m	M:-0.20m SD:0.65m	M:-0.22m SD:0.53m

*（M：平均誤差；SD：標準差）

表 4 中除了有一組因控制點設置方式使全區域標準差高達 1.08m 之外，沒辦法從中清楚的分別出是哪台 UAV 或是哪台相機的模型成果誤差最小，md4-1000 與 Olympus EP2 此組像片稻田與墓園區都是剛整理過的狀態，理論上全區誤差應該較小才對，結果卻是普遍的比其他兩組大，再將原始像片拿出來比較，Olympus EP2 這台相機拍攝的像片較其他兩台模糊，影響到軟體匹配精準度，推測原始影像的地面解析度對成果精度有影響（圖 14）。

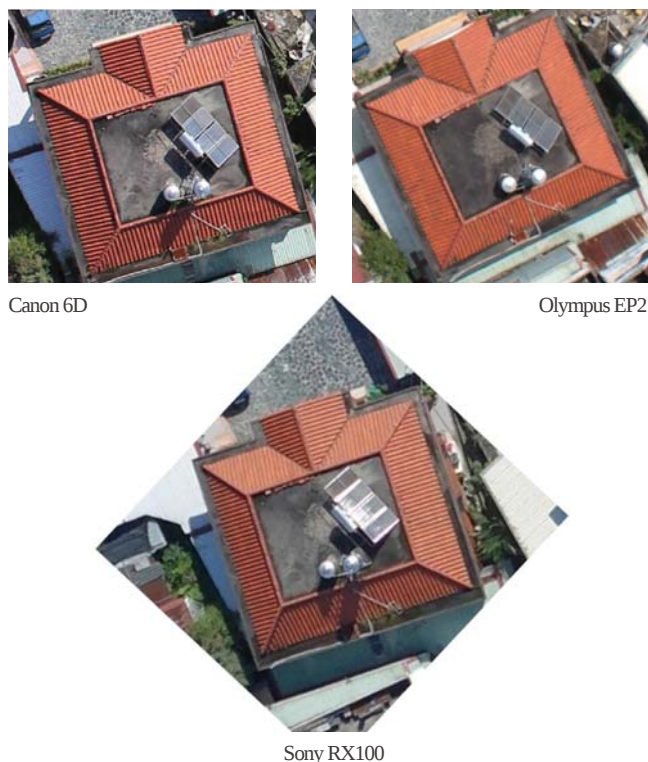


圖 14 原始像片地面解析度比較

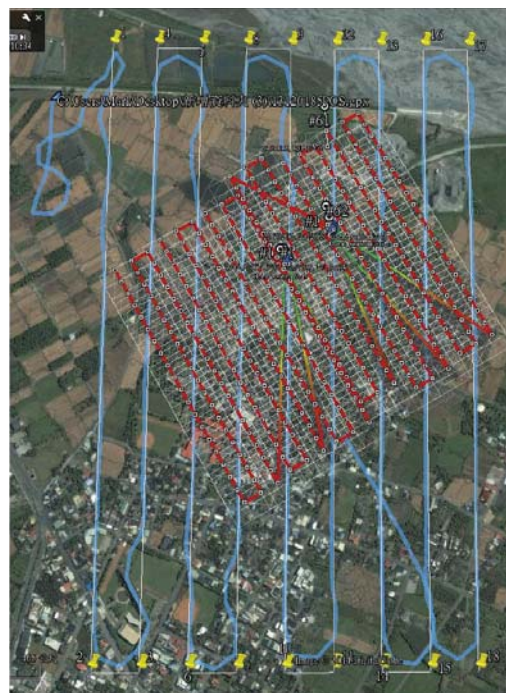
從本研究中成果無法看出不同 UAV 對誤差影響，從既有觀念之定翼機飛行高度高、速度快的情況下，所拍攝像片較不清晰、姿態較不穩定。但以現有軟體在像片匹配的過程中能容許些微的誤差自行修正，這些來自 UAV 拍攝過程之定位及姿態的誤差，由模型成果來看，幾乎不會影響成果的精度。

因此挑選 UAV 就依當地地形情況與飛行效率，如圖 15 以光復這樣的平原區使用定翼機最為有效率，一趟 25 分鐘左右即可拍完 172 公頃的區域（藍色航線），md4-1000 搭載 Canon 6D 全片幅相機需要飛三個架次飛行時間共 60 分鐘拍攝 42.15 公頃（紅色區域），md4-1000 搭載 Olympus EP2 需要飛六個架次飛行時間

共 120 分鐘拍攝 56.17 公頃（紅色區域）。但如果是山谷等地形起伏度大的地區，亦或無起降場地時，旋翼機會是最好的選擇。因此每一 UAV 平台，在搭配不同的設備，都有其最適合的飛行任務。

模型三維建模

UAV 影像除了可以進行傳統上的影像正射、DSM 建製外，針對植生不茂密的地區，還可進行 DEM 產製。因無人機拍攝影像之重疊率大，側面影像亦可部份取得，在傾斜攝影（oblique photogrammetry）及真實三維建模的工作上變為可能。本研究中影像之重疊率大致為 60% 及 30%，三維建模的效果中，建築物垂直牆面仍有不足，再設置 75% 及 40% 的情形下，可大幅度改善，若能再增加傾斜拍攝之影像，真實三維建模成果及提供之資訊，亦相形提昇。圖 16 及 17 呈現真實三維都市模型，其中圖 16 指示高雄市凱旋路上，因氣爆所造成之地表下陷及車輛翻覆情況之現場三維模型；本區之互動式三維模型之動畫範例詳見 <https://www.youtube.com/watch?v=x-jkx4n4n7k> 所示。圖 17 則指示另外區域之三維都市近景視覺效果。



md4-1000+Olympus EP2 六條航線 共飛行約 120 分鐘

md4-1000+Canon 6D 三條航線 共飛行約 60 分鐘

SV1000+Sony RX100 一條航線 共飛行約 25 分鐘

圖 15 UAV 拍攝效率比較



圖 16 UAV 影像互動式三維建模成果之畫面截取



圖 17 UAV 影像互動式三維建模成果之垂直牆面畫面截取

結論與建議

結論

1. UAV 影像因飛行高度低、其地面解析度相較於傳統之航空像片細緻許多，其解析度可達十公分以下。
2. 影響模型解析度的因素為 UAV 飛行高度，飛行高度影響原始像片的像素解析度，進而影響製作的 DTM 模型解析度。
3. 經過檢查顯示大部分 DEM 誤差突然異常變大的原因為點雲自動分類時所產生之錯誤，排除這些錯誤資訊，其剖面誤差範圍大都控制於 $\pm 20\text{cm}$ 內。
4. 可在非植被密集地區製做出 DEM，但是誤差較大。
5. 控制點的分布比數量重要，最大誤差均位於區域邊界，研究區域內的變化則不大。
6. 在像片匹配的過程中能容許些微的誤差自行修正，這些來自於 UAV 定位及姿態的誤差，對建模成果精度影響不大。

建議

1. 建議任務時，其拍攝範圍比目的區域還要大，可減少邊緣像片重疊率不足、且又無控制點修正時所造成的問題。
2. 最外圍的控制點可設置於研究區域之邊緣或區外，以減少邊界區域誤差變大的問題。
3. 欲將植物的影響減至最低，可以選擇植生較稀疏的季節拍攝，以保最佳成果。
4. 點雲自動分類，可再經人工分類檢查，以確保 DEM 品質。

致謝

本研究呈蒙中央地質調查所提供模型資料比較的機會，台北科技大學、先鋒材料、迅聯光電、群立科技、觀天科技及福徠鷹航拍資訊等公司在 Acute3D、Pix4D 及航拍任務等軟硬體上的部份協助及科技部研究計畫（102-2116-M-027-002）的經費支助下，得以完成，特此申謝。



藉長崎重點文化資產透視 日本文化交融

陳清泉／臺大土木工程名譽教授、中國土木水利工程學會會士
中國土木水利工程學會土木歷史及文化委員會主委

前言

長崎（Nagasaki）一直是日本西部讓人們印象深深刻膾炙人心，具有悠久歷史文化濃郁的港都。以長崎縣轄區境內而言，縣轄及國定者已有 271 處有形文化遺產（或稱文化財），由此可見其文化資產的豐富於一斑。

就地理而言，長崎位於日本九州島的西北端，北緯 $32^{\circ}45'$ ，東經 $129^{\circ}52'$ 的位置，與朝鮮半島釜山港僅隔海不到 300 公里，與中國大陸上海市隔海約 800 公里，與臺灣基隆港隔海約 1,160 公里，長崎港是一座天然三面環山深袋形的良港。但長崎有史以來最為震撼的是 1945 年原子彈爆炸，圖 1。與臺灣最早有關的

紀念文物為位於長崎縣平戶市海濱的鄭成功兒誕石，用以紀念我國民族英雄鄭成功於 1624 年誕生於日本海濱的地點，圖 2。

長崎市區面積約 340 平方公里，現時人口約 45 萬人。具溫暖多雨的海洋性氣候，氣溫受到暖流的影響，高低氣溫差不大約僅攝氏 17 度。年均降水量約 2,000 mm，集中在七到九的三個月份內，是日本國四大島內雨量較多的城市。市區三面由山丘所環繞，許多住宅建於山坡地上，形成許多階梯式或位於斜坡的街道。由此可理解「長崎は今も雨だつた」是一首很附合當地，斜坡道上雨中情懷的流行演歌。

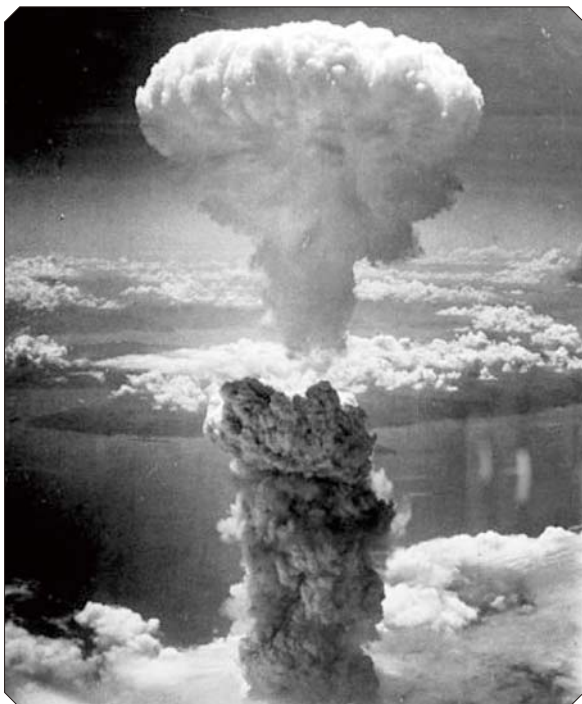


圖 1 長崎 1945 原子彈爆炸, Wikipedia



圖 2 平戶市海濱鄭成功兒誕石, Wikipedia

長崎是以貿易港聞名於世，自 1571 年開港以來，中國（明朝 1368~1644 年）及葡萄牙的商船就開始往來，由於貿易漸繁榮人潮漸多，投入的建設漸多，逐漸匯集成為城市，圖 3。1635 年起，當時日本由德川幕府掌握執政大權，封建地施行鎖國政策，限定貿易只能在長崎港進行，之後近兩百多年間，長崎成為日本唯一的國際貿易港。當時只剩華人及荷蘭的商船得以在長崎從事貿易，圖 4。由於來自中國的商船數量逐漸增加，因此在長崎建設有唐人屋敷，以供華人居住。直到幕府末期才開放對外貿易，陸續才漸有來自美國、俄羅斯、英國等國家的船隻進入長崎港。



圖 3 長崎開港時景象示意 (Wikipedia)



圖 4 長崎港內展示荷蘭古帆船

明治維新時代（1868 年起）以長崎港為中心，開展著與眾多國家的交流往來，孕育東西交融的文化特色。長崎臨近碧綠的海洋，並有懸崖地形，自然風光美不勝收，再加上溫泉的樂趣，令人留連。漸有避暑勝地的美稱，廣為歐洲人士所熟知。留有許多歷史交流珍貴拓展的史跡。

在長崎市內尚有著名的唐人屋敷、興福寺、關帝堂、土地堂、廣濟寺、福州會館、孔廟和中華街，長崎新地中華街是日本三大唐人街之一（另兩個是橫濱

中華街和神戶南京町）。尚有其他與中華文化息息相關的文化遺產隨處可見，這裡無論是食、衣、住、行和日常生活，都保留著濃厚的中華文化氣息。

這些文化遺產已經融入日本社會，成為日本多元文化遺產的一部分。在這些與中華文化相容的遺產中，有相當一部分已經被指定為日本國家以及長崎縣的歷史文物保護單位，並成為該市觀光旅遊的重要資源。

在第二次世界大戰末期，1945 年（昭和 20 年）8 月 9 日，美國轟炸機在長崎投下第二顆原子彈，使長崎成為除廣島之外另一個受原子彈轟炸的唯二城市，除市區嚴重破壞，並造成約八萬多人死亡（當時人口約 24 萬人），而建築物大約 36% 受到全面燒毀或破壞。[註：1945 年 8 月 6 日於廣島受到第一顆原子彈轟炸，造成約十四萬人死亡]。迫使日本於當年 8 月 15 日向盟軍無條件投降，結束第二次世界大戰。十年後於 1955 年 8 月，為此於長崎建立平和雕像及平和公園，以紀念如此人類有史以來非常慘痛的事件。

東方及西洋文化之初期交流

長崎出島

長崎於 1571 年開港時，日本屬戰國時代社會相當保守，與外國貿易很少，只有少許歐洲葡萄牙船隻及華人（明朝）的外國船隻進出港區。

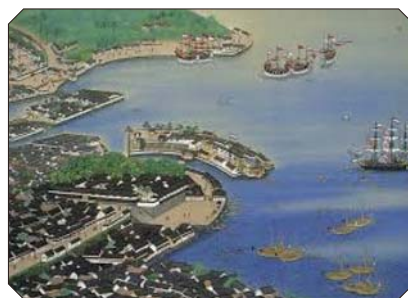


圖 5 長崎港出島之昔日位置示意圖



圖 6 長崎港出島之房屋史跡

時至江戶幕府時代，實施鎖國政策兩百多年間（1603~1858）的鎖國封閉時期，為限制西歐基督教宣教，於1636年在長崎港建造扇形人工島名為出島（Dejima），是當時日本對西方世界唯一開放的貿易港口。當時出島擁有四十多棟建築物，包括當年荷蘭商館人員用餐的料理部屋、住屋及儲藏砂糖、染料與貨物的倉庫等，近年來大部份陸續修復。若走在出島街道上，彷彿穿越時空進入江戶幕府時代與外國交流的場景。出島是實行鎖國政策之後，西方人唯一可以在日本合法滯留的地方。出島當時是一個人工小島，北側長約190公尺、南側約233公尺、東西側寬約70公尺，呈扇形，其面積共3,969坪（13,696平方公尺，約兩個標準足球場大小），當時出島僅以一座橋與長崎市區相連接，圖5。出島目前已修復的房舍包括商館長宅、商館員宅、倉庫、炊事場、浴室、家畜小屋、日本官員守候室等數十棟建物及菜園等。

唐人屋敷及兒誕石

自從1571年開港起，長崎始終在日本跨國文化交流中扮演著重要角色。日本與國的兩國使者、商人與僧侶通過長崎港源源不斷地往返於中國大陸與日本之間，帶回精緻商品與優美的詩書及禮樂經文。自宋朝起，閩浙沿海一帶的商旅也紛紛東渡長崎。日本在幕府時期，1688年曾在長崎市郊區建有以專供華人聚合租賃住房舍，當時可供約2,000人居住，稱為唐人屋敷，後來曾毀於火災。1888年之後以原房屋遺構加以修飾復建成福建會館（圖7）、天后堂（圖8）、土神堂及觀音堂等。

在長崎縣境內與臺灣相當有關的文化財，應屬



圖7 唐人屋敷中之福建會館



圖8 唐人屋敷中之天后堂

平戶市海濱的鄭成功兒誕石，圖2。遠在1630年鄭芝龍（當時投効明朝而為提督）率船隊到長崎平戶（Hirado）想迎接他的日籍太太田川松（Tagawamatsu）及當時6歲的兒子鄭成功，但礙於當時社會相當守舊政府封建，執政當局不准讓田川氏離開日本。於1624年，田川氏單獨一人漫步平戶海濱，當時鄭芝龍在福建海域督軍，不克在她身邊陪伴，未料突然臨盆生下鄭成功，為紀念該地點，日本文化單位立碑，稱為鄭成功兒誕石，現在已成為重要文化景點。

長崎中華街

唐人屋敷館舍於1784年遭受一場意外大火焚毀，華人遂聚居於長崎港海岸一帶，藉著重建家園的機會，數年間相繼建造大批華式屋舍建築。這一帶成為後來的新地町，便是發展成今天的中華街。中華街是一處充滿華人風味及華夏建築文化的唐人街。與橫濱中華街及神戶南京町，並列為日本三大中華街。

中華街的建築外觀大量採用金色、紅色及黃色等濃烈中華色彩，房屋結構由原來的木構造於戰後漸漸復修改建為RC造，寓意美好的龍鳳圖案也頻頻見於梁柱間。街區布局緊湊井然有序，在兩條交叉成直角的主要街道上，乃依青龍、白虎、朱雀、玄武等靈獸塑像，意在祈求吉祥和諧，顯明地呈現華夏文化的精華。一直以來中華街的華人，主要乃靠餐飲業與零售業維持生計，目前形成50餘家的華式餐館和華式特色商店。每逢節假日，街道人潮湧現，繁華景象可見，圖9。

於中華街附近與興福寺相鄰，跨越中島川，於1634年建造的石造拱構，與其清澈水影相配合有如眼

鏡，故被稱為「眼鏡橋」。已為日本文化廳指定為重要文化財，圖 10。跨越中島川清澈溪水的石造拱橋除眼鏡橋外尚有不下十座不同結構形狀的跨川橋，大多於二次大戰後陸續以原構造形式修復，有其具文化資產再利用的實現。



圖 9 長崎新地町中華街牌樓，1784 ~



圖 10 長崎中島川眼鏡橋

長崎燈會的發祥地就在新地的中華街，每逢農曆年正月，中華街都被數以萬計的各式燈籠，點綴得滿街通紅。來自世界各地的觀光客，蜂擁而至觀賞華人傳統的舞龍舞獅表演及二胡等演奏，並參與盛大的燈會遊行。節日期間觀眾載歌載舞，華人店舖生意興隆。以新地中華街為代表的長崎歷史景觀，融匯四百多年來旅日華人深長的文化及回憶。中華街的前身「唐人屋敷」，歷經數百年水害火災及風雨摧殘，目前僅餘於明治時期整修過的土神堂、天后堂、觀音堂及福建會館 4 處遺址。其大門則保存在長崎的興福寺內，成為記錄中日往來的珍貴文物。

長崎孔廟

座落於長崎的大浦町的孔廟，無疑是日本最大的孔廟。這座壯觀的廟宇占地 3,300 平方公尺，設大成殿與崇聖殿。分別供奉孔子及其祖先，以及著名 72 賢儒雕像，於 1893 年由長崎華僑及當時清朝政府合力建造。在鐫刻著近 2 萬字的《論語》全文的大理石殿廊裡，激發旅日華人魂迴夢縈的中華文化情懷，隨著日本經濟的發達吸引越來越多的喜愛中華文化的人，由全球各地前往長崎尋夢築夢甚至到終老，圖 11 及圖 12。



圖 11 長崎大浦孔廟大成殿



圖 12 長崎大浦孔廟前堂

長崎四大唐寺

聞名於世的「長崎四福寺」，分別為崇福寺、興福寺、聖福寺與福濟寺，這四座寺廟全都是約四百年前由中國大陸地區渡海到長崎的僧侶及華人所建，所以這四福寺都像華式寺廟，故此四間寺廟又稱為「長崎四大唐寺」。數百年前日本與唐朝的交流十分頻繁，九州的長崎又很鄰近中國，所以當時不但有日本僧侶、學者前往中國取經學習，也有很多唐僧及華人來到日本，引進大量中華文化，而其中不少人也就此長期居留於長崎。

福濟寺是於 1649 年由唐僧蒞謙戒琬所開基，信徒以漳州及泉州旅日華僑居多。屬日本的黃檗宗，曾於 1945 年被原子彈的爆風所完全摧毀。1951 年才又重建完成，包括大觀音像及寺廟結構體等都主要以鋼筋混凝土所修復，圖 13。幕府末期著名反幕志士坂本龍馬，於 1864 年從京都來到長崎，住在福濟寺一段日子，對於長崎這個融合大和文化、中華文化及西歐文化的城市，在他心中留下很深刻的印象。

位於長崎市玉園町的聖福禪寺，於 1677 年開創以延續京都宇治黃檗山萬福寺，由鐵心禪師為開基住持，屬於佛教黃檗宗，信徒以廣東旅日華僑居多。寺廟結構體以木構造為主，圖 14。

位於長崎市寺町的興福禪寺始建於 1624 年為最古老的黃檗宗，由華僧真圓為開基住持，信徒以江蘇及浙江旅日華僑居多，寺廟結構體以木構造為主，圖 15。



圖 13 長崎福濟禪寺



圖 14 長崎聖福禪寺大雄寶殿



圖 15 長崎興福禪寺



圖 16 長崎崇福禪寺

位於長崎市鍛冶屋町聖壽山崇福禪寺始建於 1629 年屬黃檗宗，由唐僧超然禪師為開基住持，信徒以福州旅日華僑居多，寺廟結構體以木構造為主，圖 16。

明治維新初期文化資產

龜山社中紀念館

於江戶幕府末期，在 1858 年發生美國培理黑船 [註 1] 來迫事件，不得不打破鎖國主義，自 1859 年起才擴大開放長崎、橫濱、函館等港口對外國的通商，出生於蘇格蘭的湯姆士哥拉巴 (Thomas Blake Glover) 就在當年來到長崎經商。哥拉巴氏在江戶幕府末期暗中協助坂本龍馬等幕末志士，並曾資助伊藤博文 [註 2] 留學英國，是明治維新時期的西歐重要人物，之後他對於日本引進近代科技與經濟的發展也有顯著的貢獻。

設於長崎的龜山社中是坂本龍馬 [註 3] 1865 年到長崎成立的股份公司 (株式會社)，(圖 17)，據說是日本第一個株式會社。藉由薩摩藩的資助，替長州藩購買軍艦與槍砲，促成薩長同盟，奠定推翻幕府體制的基礎。其中大力協助坂本龍馬的主要英國商人湯姆士哥拉巴 (Thomas Blake Glover)，他在長崎所長期居留的西洋住屋，開闢成目前的哥拉巴園 (Glover's garden)。



圖 17 龜山社中紀念館

註 1：美國培里黑船，1853 年，美國東印度艦隊司令官馬休培理 (Mathew C. Perry) 率領四艘火輪戰艦 (黑船) 至江戶灣浦賀，以武力威脅，要求開港通商。更於次年率領七艘火輪戰艦前來逼迫簽約開港，日本朝野為此震動，由於這些軍艦大砲，遠比當時日本在江戶灣的海防砲射程及火力為大，在不開港通商就開火的威脅下，幕府只好屈服，取消鎖國的禁令。黑船事件後的日本政局一天比一天混亂，埋下幕府滅亡的種子。

註 2：伊藤博文 (1841 年 ~1909 年)，日本明治維新時期首任及多任內閣總理大臣，日本憲法起草人，日本近代推動富國強兵影響顯著的政治家。

註 3：坂本龍馬 (1836 年 1 月 3 日 ~1867 年 12 月 10 日)，圖 18，日本江戶幕府時期末的土佐藩鄉士，後來兩度脫藩而成為維新志士，是促成薩摩藩與長州藩成立軍事同盟的重要推手之一，因而群起推翻江戶幕府，得以使各藩大政奉還，於 1868 年使日本政府治理大權還給明治天皇，進入統一治權的維新時代。而由坂本龍馬所研擬提出的「船中八策」建言，也成為後來明治維新政府的重要指導方針。



圖 18 龜山社中紀念館內部

哥拉巴公園

著名的英商湯姆士哥拉巴（Thomas Blake Glover）當年來到長崎經商所居留的西洋式典雅木造住屋及西式庭園，成為長崎的著名文化資產，稱為哥拉巴公園（Glover Garden），（圖 19 及圖 20）。也是傳說中「蝴蝶夫人」的故居，由於普契尼的作品《蝴蝶夫人》中描述的地點與哥拉巴公園極其相似，所以在這裡除立有哥拉巴銅像外，也立有「蝴蝶夫人」的塑像。



圖 19 哥拉巴公園之一



圖 20 哥拉巴公園之二

大浦天主堂

為紀念殉道的「日本 26 聖殉教者」而建成的「大浦天主堂」（Oura Catholic Church），是於 1864 年由法國傳教士培提真伯納（Bernard T. Petitjean）到長崎所籌建，原全名為「日本二十六聖殉教者天主堂」。由於幕府時代施行鎖國政策，對於西歐的天主教等，都被日本幕府認為是異教，當年封建保守執政者認為有害於日本社會而嚴禁其傳教，甚至大舉殘殺歐美的傳教士，至 1597 年就有殉教者達 26 人。鎖國兩百多年後，時到幕府末期，日本執政者始開放天主教的傳教，才得以在長崎外國居留地哥拉巴公園（Glover garden）旁建造一座大浦天主堂，以面對著西坂之丘的殉教地。今成為日本最古老的歌德式教堂建築，並被指定為日本國寶，教堂內裝配有一百多年前的彩繪玻璃窗，為教堂增添不少神聖又藝術的氣氛。

位在山坡上的大埔天主堂，是日本最古老的教堂，已經被認為日本國寶。在 1864 年創建時的教堂原為木造，在 1879 年時才改建成磚砌平房，（圖 21 及圖 22）。

目前所見的浦上天主堂（Uracami Catholic Church），位於長崎市本尾町，原建於 1895~1914，但於 1945 年 8 月原爆時毀壞，圖 23。原於 1865 年江戶幕府末期解除鎖國政策，使西歐的天主教得以在日本傳教，在長崎浦上村宣教時頗受村民所感動，使全村幾乎都成為教徒，即開始建造小型教堂。主要的浦上天主堂大教堂，則自 1875 年起由 Francine 神父開始籌建，並於 1895 起擴建至 1914 之計用 19 年時間才完



圖 21 大浦天主堂



圖 22 大浦天主堂內部

成。於 1945 年 8 月原爆時因主教堂只距原爆中心僅 500 公尺，而致全毀。於二次大戰後，在多方努力贊助促成之下，於 1959 完成重建復舊。目前為長崎天主教總教區主教座堂，呈現仿羅馬式建築（Romanesque architecture），由磚塊為主要結構材料建造，具結實厚重牆體、半圓形拱券，堅固柱體，拱形穹頂，高大塔樓雙塔高 64 m，富於裝飾的連拱飾，顯得雄偉莊重，採用規則對稱的立面及平面，與哥德式建築比較時，總體上較具質樸形象。目前為東亞地區最大的天主教堂，圖 24。



圖 23 浦上天主堂原爆遺構（Wikipedia）



圖 24 浦上天主堂，1895~1914 擴建，1959 重建

明治維新相關文化資產

平戶城與島原城

平戶城（Hirado Jou）位於長崎縣平戶島，在平戶市街的東部。在平戶海峽突出的丘陵上，眺望九州本島。三面海水圍繞成為天然的堀。是在丘陵的頭頂部建起本丸，南側建造二之丸，東側配置三之丸的梯郭式平山城。最初安土桃山時代因為松浦鎮信（法印）而建卻被破壞，到江戶時代中期被重建。1871 年由於廢藩置縣成為廢城，1962 年模擬天守復興建造。天守成為松浦黨等的資料館，圖 25。現在的城址在龜岡神社院內，有龜岡公園和市民運動場等設施。

島原城（Shimabara Jou）矗立在長崎縣島原市中心，圖 26，為島原半島的地標建築，為 1624 年的城主松倉重政在高台上所建造的城池，耗時 7 年才完工，最大的特色就是正中央擁有白色牆面的天守閣，是以安土桃山樣式來打造，頗為壯觀。歷經 250 年的歲月，島原城在明治時代 1871 年廢城，幸於 1964 年以 RC 造重修呈五重五階，如今在天守閣內，展出天主教及藩政時代的鄉土情事以及民俗資料等相關展示，並有日本著名雕塑家北村西望的紀念館，最頂端則是能夠眺望島原市區全景的展望台。春天是島原城最美的季節，城牆邊會開滿粉嫩的櫻花林道，讓人留連忘返。



圖 25 平戶城復建天守



圖 26 島原城

造船工業文化資產

日本在 1868 年起，成立新政權推行版籍奉還，結束長達 600 多年的武士封建制度，建立日本近世統一的中央集權政府。力圖建立仿效西方三權分立的新式政府。經濟上則推動財政統一，穩定幕府後期嚴重負債的國家財政，並推行殖產興業，學習歐美重視技術，進行工業化。社會上提倡「文明開化」，大力發展教育等措施。對外關係上，除了推動廢除與列強之間的不平等條約外。明治維新在日本近代史中扮演關鍵的角色，它建立起穩固的中央政府和新的社會體系，以藩閥和大資本家取代過去武士統治的階級政治，打下不可逆的現代化基礎，使日本快速發展，為日後躋身世界強國之列，是日本近代化的起航。廣義來說，明治維新是要將封建的日本透過「富國強兵」、「殖產興業」、「文明開化」三大政策來達至現代化的目的。1871 年廢藩置縣代表幕府體制至此終結，新政府下的統一國家正式確立。因而在維新的政策下，長崎開始推動工業化，一百多年來培植出許多工業，三菱重工及其造船廠可算是其中的翹楚，製造有多著名艘戰艦、貨輪及遊輪等具其輝煌的成就，圖 27 及圖 28。

日本三大軍港之一的佐世保港（Sasebo harbor）也是成功的一例，位在長崎縣北部的佐世保市，距長崎市西北方偏北約 50 公里，佐世保市在江戶幕府時代還是一個漁村，於 1889 年日本海軍在此設置佐世保鎮守府，成為日本防衛西側海域的重心，創下許多輝煌的戰史紀錄。但在第二次世界大戰結束日本敗戰後，

佐世保海軍工廠的設備大部份託管給轉型為民間公司「佐世保重工」，但部分被盟軍接收供美國海軍使用，也部份提供給日本海上自衛隊使用。目前「佐世保重工」主要業務乃包括民間船舶的建造、修理，及日本自衛艦的建造、保養修理和美國海軍艦艇的保養修理等維持相當重要的造船工業，圖 29 及圖 30。



圖 27 三菱重工史料館



圖 28 三菱重工造船所之一



圖 29 佐世保海軍凱旋紀念館



圖 30 佐世保重工造船廠之一

馬關條約與工業化文化資產

甲午戰爭 (1894~1895)，北洋艦隊完全瓦解，滿清敗戰之後，訂定「馬關條約」。即滿清與日本於 1895 年 4 月 17 日在日本山口縣赤間關市馬關港（即現今的日本山口縣下關市下關港）簽署的重要媾和條約。李鴻章為滿清代表，日方代表為內閣總理（首相）伊藤博文。據此條約，割讓台灣及澎湖群島給日本，且讓朝鮮受日本控制，並賠款約兩億五千萬兩白銀，使滿清國力大傷。日本則因而利用這筆巨大賠款注入工業化並活潑商業及出口，推行其「殖產興業」，進入世界強國之列，大大振奮日本人心。正因此勝戰使日本走向軍國主義，並擴大重工業發展，如造船、重機械、鋼鐵製造業及軍事工業，壯大軍力以推動「富國強兵」。明治維新時代 1889 年所創設九州鐵道（現已改組併入日本鐵道），其紀念館設於九州沖繩，圖 31。長崎市街道上尚有還在營運載客服務的街道電車，其相關公司創立於 1914 年，也是出現在這段快速發展的時期，圖 32。

自甲午戰爭到二次大戰前的快速工業成長商業繁榮，及軍事多次勝利，鼓動民族意識及推崇軍國主義。因而埋下挑起二次世界大戰的禍種，最後因誤判盟國實力、突襲美國珍珠港及霸道掠奪失利，且慘遭原子彈攻擊，致使日本慘敗不可收拾，不得不無條件投降。



圖 31 九州鐵道紀念館



圖 32 長崎街道上運行之電車

產業文化遺產相關之軍艦島

位於長崎外海約 19 公里的端島，遠望之如軍艦，又名軍艦島 (Gunkanjima)，是一座岩質半人工小島，圖 33。為擴大煤炭開採和容納越來越多來島上工作的人，端島進行數次填海造地，擴大為南北約 480 公尺，東西約 160 公尺而成，其面積約 6.3 公頃。於 1870 年（明治 3 年）起，該島上開始設有採礦商社，為煤礦開採陸續有工人進住。於 1890 年，三菱會社買下該島，於低於海平面煤礦進行擴大開採，由一個豎坑增多到三個豎坑，最深處達地下 161 m，坑長達 616 m。

為容納逐日增加工人居住之需，於 1916 年建造島上第一座（也是日本第一座）鋼筋混凝土造 (RC 造) 公寓大樓，高達七層樓，自此之後不斷在島上建造密集的 RC 造公寓大樓，圖 34。此類 RC 公寓由三層起最高者達十層樓，計 30 棟之多，以容納眾多的員工和其家屬居住，1945 年二次大戰末期，曾遭到美軍轟炸電力設備受損等的洗禮，所幸公寓未受波及。在島上居民數量最多時，於 1960 年竟達到 5,259 人。於 1965 年出煤炭記錄以月產量 35,000 噸為最高，一度為日本



圖 33 長崎外海的軍艦島 (維基百科)



圖 34 軍艦島 RC 造公寓大樓

重要礦業重點。然隨著近代世界潮流演進，石油漸代替煤炭，煤炭業逐年蕭條，於是日本漸漸關閉各地的採煤礦場，於是三菱會社於 1974 年宣布關閉軍艦島採煤礦場，並撤離島上所有工作人員，四十年來已成無人荒島。然島上的 RC 公寓樓群立，採煤的礦坑及其重點構造尚存，確具有產業遺產的價值，而被日本文化廳作為準世界產業文化遺產。目前已成為觀光重要景點，每年約有一萬人次遊客數。

國民革命與長崎

為紀念辛亥革命 100 週年，緬懷孫中山先生的革命精神，並促進日本與中國情誼，於 2011 年長崎市文化單位舉辦一系列相關促進文化交流活動。其中很引人注目的是國父孫中山先生與長崎梅屋莊吉間的友情故事。梅屋莊吉先生出生在日本長崎縣的一個殷實的家庭，崇尚維新，與孫中山先生一見如故，並促成孫中山先生與宋慶齡女士的婚事。在 1900 年前後，梅屋先生不僅為支援國民革命，共同為推翻滿清的革命事業四處奔走，還投入大量財力，不求任何回報。中國大陸向長崎縣贈送以孫文與梅屋莊吉夫婦銅像，目前正安置在長崎市公園內。這也是孫中山先生與梅屋夫婦銅像首次安置在日本國內，圖 35。其事跡故事陳列於已列為長崎文化財，1904 年建造之典雅石造的前香港上海銀行長崎支店紀念館中，圖 36。

日本敗戰的痛苦和平省思

明治維新之後的日本，在其「富國強兵」、「殖產興業」、「文明開化」三大政策來達至現代化的指導下，



圖 35 孫文與梅屋莊吉夫婦像



圖 36 前香港上海銀行長崎支店，1904

國力跳躍增加，軍力及經濟力突飛猛進。經過 1895 年日清「甲午戰爭」獲取巨大賠款及奪取臺灣、1905 年「日俄戰爭」得控制朝鮮，1918 年「第一次世界大戰」及 1931 年 9 月 18 日的「瀋陽事變」之後落實控制朝鮮及中國東北三省而成立偽滿洲國。明治維新四十年來日本得到太多戰勝的利益，工業繼續升級商業繼續繁，使力促軍國主義者在內閣中佔多數並以軍人掌權，勢力增大，決策均以軍國主義者的理念，以向外掠奪擴張為前提，以資本家利益為優先，把歷代相當尊重的儒家「仁恕信義」「世界大同」及「人類和平」的思想，嗤之以鼻置之不理，也因之埋下罪惡的禍害種子！

自 1937 年由德國侵入波蘭而發動的第二次世界大戰起，日本竟然參加德、義陣營而成為軸心國的一員，同時向各鄰國發動侵略。1941 年 12 月日本軍人執政內閣更不顧國際外交義理，不加以公開宣戰，竟突襲美國珍珠港！雖然戰果輝煌，也因之激起美國朝野的憤怒，即刻宣佈參加同盟國，向德日義軸心國宣戰。自美國參戰之後使戰局逆轉直下，軸心國戰事節節敗退，到 1945 年初義大利及德國分別投降，日本也遭受到其國內空襲及轟炸的窘境，經 8 月 6 日的廣島及 8 月 9 日的長崎原子彈轟炸之後，分別約 14 萬人及 8 萬人被炸立即死亡，建築物及設備破毀空前慘重，迫使日本不得不於 8 月 15 日宣佈無條件投降，這才結束第二次世界大戰。在大戰中死亡者日本約 260 萬人，中國約 1,800 萬人。

日本在眾多愛好和平人士的大力推動下，為紀念原子彈轟炸的慘痛教訓，並祈求世界和平、人類平等及愛護地球，長崎市於其松山町特設置平和公園及原爆資料館及紀念公園等。1955 年於平和公園內豎立銅製平和雕像。其右手指天，表示原子彈由此落下，左手平舉以示祈求世界和平，閉雙眼以為原爆死亡者祈

福超生，以男性健美襯托出聖哲形象，圖 37 及圖 38。

平和公園正前方設有噴水池，即為「平和之泉」，其正前方石版上刻有臨終前小女孩字跡以日文寫著：「口渴難忍！但水面一片浮油，太渴了很想喝水，就這樣連油一起喝下！」。「平和之泉」旨在用不停的泉水來慰藉亡魂，以解他們在天之靈的口渴，圖 39。

長崎的浦上天主堂因此次原子彈轟炸變成廢墟，但是這座天主堂主鐘在廢墟中被找到並未被毀壞，信徒們將它重新掛起，和平的鐘聲再度響起。文學名著「長崎和平的鐘聲」作者永井隆（他是樂善救人仁心醫師，也是一位虔誠的天主教信徒）在重建長崎的工作上，付出很大貢獻，且行醫濟世救助許多戰時受傷的人們，而他的著作中，勸世人相助相愛，因為惟有愛才能維持世界永久的和平。讓和平的鐘聲繼續地響下去，代表著人類祈求世界永久的和平，圖 40。目前尚有淒涼警世的日本演歌「長崎の鐘」流行於世。

尾語

若對以上各節之重點文化資產含工程加以閱覽、理會及分析，祈望讀者也許可能領略到，時經數百年來東北亞地區的滄海桑田，政權更替，社會變遷，看到人們為生存艱辛地奮鬥，努力追求工業化及科技化，以及有智慧地升華人文藝術等，而提升人類文明水準。

由各文化資產的背景加以理解並透視其內涵，可以發現人類漸能理會以「大同世界」為目標，以尊儒



圖 37 平和公園內平和雕像正面

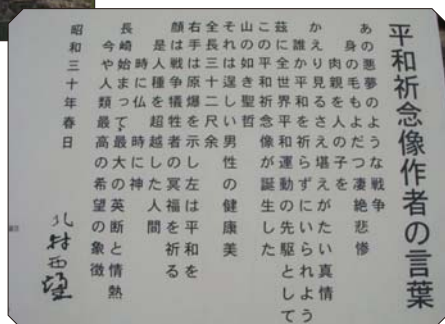


圖 38 平和雕像雕塑者的創意說明



圖 39 平和公園內平和之泉



圖 40 平和公園內長崎之鐘

思想為引導，即尊重王道而唾棄霸道，並順應自由、平等、博愛之民主思潮，已漸形成世界的思想主流。日本由於以前鼓吹軍國主義，受到強權掠奪霸道思想所引導，而致二次世界大戰的慘敗惡果，必須歸還所掠奪的領土，使社會崩解生民塗炭，得證霸道必敗。

歷代哲人已漸成共識：「權力越大越容易犯錯，其犯錯造成的傷害及罪惡則越大。」這可以用甲午戰爭之後日本及滿清的領導核心人，由他們好大權勢、採用霸道、強權掠奪及鼓動軍國主義等錯誤，加上盲目研判及錯誤決定，造成人類太大的傷害災難及罪惡，歷歷在世難以抹煞，得以殷鑑。

第二次世界大戰結束後，幸有美國及友邦給予日本以王道相助。輔助日本走向民主，輔助日本經濟復興，加上日本國內外眾多愛好和平人士，共同努力快速復興，才能看到目前繁榮超越戰前日本的景象。謹以拙文，野人獻曝地呈上給各位讀者，當你要作決策時，敬祈以造福人群為宗旨，以人類平等世界和平為目標。則地球乃一村，世界慶大同，應不遠矣！

香港建造商會青年工程師 來台參訪交流紀實

王華弘、楊國鑫、李寧／中國土木水利工程學會青年工程師委員會

經過近半年時間的籌畫，擁有超過四千名會員的香港建造商會（Hong Kong Construction Association），所成立的青年會員社團（Youth Members Society），於2014年6月18日至6月22日籌組了40人的訪問團，前來台灣進行工程參訪。其中包含30位香港大學、香港科技大學、香港理工大學等各大學土木及營建工程相關學系的在學學生，在10位目前任職於香港各大營造的專業工程師的陪同下前來台灣，此次行程除了各地的工程參訪之外，還特別安排前往國立台灣科技大學與營建系所學生交流。藉由此次參訪行程，來訪團員深入瞭解我國工程界近年來施工安全的提升，並且在公共工程及基礎建設所展現的優質技術。全團許多第一次到台灣來的成員，對於台灣友好的風土民情及接待單位的用心和熱忱，均留下極深刻的印象。

本次參訪行程規畫地十分精采，多位本學會青年工程師委員們也積極協助聯繫安排，在此特別對於香港來賓協助接待的各單位表達深切的謝意。四天行程中參與接待的單位和代表，分別有台中市政府陳大田總工程師、台中市政府建設局江杰儒股長，另外有交通部公路總局蘇花公路改善工程處曹家永科長、台灣世曦工程股份有限公司吳江富協理、周允文協理、蘇花改專案侯嘉松經理，以及中華顧問工程司王忠信主任、王梅經理，中龍鋼構彭朋畿博士等；學生交流由國立台灣科技大學營建系黃兆龍主任安排、施俊揚教授、方立果先生、吳孟娟小姐協助熱情接待。在為期四天的參訪中，動員許多同仁擔任簡報介紹與導覽，另外本活動的策劃，也由多位中國土木水利工程學會青年工程師委員協助執行，在此一併公開表達感謝之意。

此次參訪行程內容豐富緊湊，首先全團在6月18日星期三上午自香港搭機抵達台灣，行程的首日中午

抵達桃園機場之後，全團立即前往台中入住飯店，當天下午便由大陸工程公司安排，介紹該公司位於台中分公司目前執行的計畫，隨後其餘下午的時間，拜會了台中捷運CJ930標工程。隔日6月19日星期四上午9時至10時30分，全團參訪了台中鐵路高架化工程。在台中市政府建設局的協助，於台中市北屯區東光路與東成路口台中鐵路高架化願景館，聽取簡報並到現場介紹工程進度與內容。中午用餐之後，下午一點搭乘高鐵抵達台北，隨即驅車前往新北市八里區的焚化爐參觀。第三天6月20日星期五，全團上午九點即搭乘座車，穿過雪山隧道前往宜蘭蘇澳鎮蘇花公路改善工程處，經主管機關暨監造單位台灣世曦工程顧問股份有限公司的協助，全團參訪了蘇花改工程資料展示館及多媒體展示館，並且由負責監造的台灣世曦工程顧問股份有限公司，安排一輛工務車擔任參訪巴士前導車，進入觀音隧道工地。

行程的第四天6月21日星期六上午，全團造訪國立台灣科技大學，獲得營建系所大學部及研究生共十八位熱情的接待，不但學校準備了一間寬敞的國際





會議廳，也為每一位來賓預備了名牌。台科大參與交流的學生共分成五組，分別以自行設計十分有創意的簡報檔，介紹出席的每一位組員，各自以台灣的古宮、夜市、著名小吃、景點作重點介紹。同學們搭配動畫和勁歌熱舞，甚至其中多位台科大同學以熟練的廣東話問候，讓全場來賓雖然短短的幾分鐘，現場氣氛驚呼連連高潮迭起。由於上午時間有限，現場將香港來賓及台科大學生混和編成兩組。當其中一組前往台科大建築科技中心（Taiwan Building Technology Center, TBTC）參訪時，另外一組便留在會議廳內以「比手畫腳」遊戲方式，各人展現表演天分，由組員猜題作答。由於表演的題目均取材香港當地的工程技術片語，雖台港兩地專業術語有不小的差異，但以年輕人的活潑和熱情，不斷爆出許多笑料，也很容易地使全場打成一片。

當天中午就在雅苑海鮮樓，前來台北的香港訪問團亦邀請台科大接待的師生一同用餐，除了進一步在學業、研究和專業工作上的心得作交流之外，也分享此行的收穫及經驗分享。在用餐過程中氣氛融洽歡樂，席間並與台灣科大學生互相交換連絡方式，香港訪問團也正式邀請中國土木水利學會青年工程師委員會未來組團訪問香港，或是參與該社團所辦理赴其他國家海外參訪的行程計畫。在用餐的最後，全體拍照留念並贈送感謝禮，從交流的過程中，雙方深刻地體認到台港兩地青年工程師在工程界和文化上許多的相似，並且雙方的領袖對於未來交流互動均有許多共同的理念，盼望將來能因為實質交流，獲取值得互相學習之處。

經過香港來賓五天的工程參訪與交流行程，本學會青年工程師委員會感受到香港政府及工程界對於青年工程師栽培的用心，不但所有參與成員個人只需要付擔一部分費用，香港政府的補助，加上香港建造商會所提供的贊助經費，大大減輕了青年工程師赴海外開拓視野所造成的財務負擔。而香港工程產業領袖長期支持此類出國交流參訪活動，不但過去曾辦理赴日本、中國大陸及新加坡參觀訪問學習，同團之中更安排多位在職的中生代工程師做青年學生導師，在幾天朝夕相處的環境，不但看見代代經驗的傳承，更用心於鼓勵後進、發掘人才。當台灣需要青年工程師出頭，最好的方法恐怕還不只是提供資金和資源，更重要的是放手讓年輕人自己安排行程、設計參訪交流的目標和方法。就在國立台灣科技大學在校學生與香港訪客互動交流時，所有成員出於自發性地設計內容，展現出青春洋溢的活力、令人驚豔的表現和豐富創意，深深感受到新一代年青工程師無論是在學習媒介的廣度、溝通與表達的方式和創意的作為，均有獨到之處。因此，作為工程學科的教師，實在不應該限制或將新一代工程師在教育時，侷限在過去個人成長所想得到所經歷過的範圍。建議學會需要提供更具體的資源，創造舞台讓青年工程師加以發揮。該團參訪結束之後一度來信表達感謝之意，字裡行間表達感佩台灣各機關的熱情招待，所造訪之處均感受到溫暖的人情味和細心的照顧。學會若能積極鼓勵台灣青年工程師強化國際觀，搭配社交技巧的強化，讓台灣工程界未來能在國際上更為閃耀。許多香港建造商會可參考的活動資訊，請參考該商會網頁 Hong Kong Construction Association - Youth Members Society (<http://www.yms.com.hk/>)。

大觀電廠

八十週年慶活動報導

登高玉山

胸懷日月

洋洋大觀

樂在台灣

吳副總統敦義先生祝詞

李文彬／台電再生能源處組長、中國土木水利工程學會土木歷史與文化委員會委員

大觀電廠在台電的電廠中既不是最老的也不是最大的，甚至很多年輕人不知道它的存在，它的八十週年慶按理只是水里鄉或頂多南投縣的地方事，為何能獲得副總統的親臨誌賀及日本友人的關注？因為它是日月潭水庫創建的目的，也是日月潭五個電廠的老大。而日月潭水力發電工程是台灣土木工程史上第一個世界級的公共工程，它在上個世紀初期興建完成時（1934年）站在世界舞台上，大觀電廠成為當時東亞最大的發電廠，受到各國矚目。它不只是台電公司的瑰寶，也是台灣土木工程的早期榮耀之一。

台電感念這座八十歲的老電廠，在早期台灣「水主火從」的供電時代，承擔供電主力達40年之久，把日月潭的水轉換成電力送到台灣南北各地；經歷重重挑戰，度過二戰空襲、多次大地震及最近的921大地震，至今仍屹立不搖。台電表示，應飲水思源，承接前人使命與理念，讓這顆台電心臟繼續跳動，為臺灣的未來發展續作貢獻。

為了這八十週年慶，不光是大觀電廠全體員工，連台電高層都動員起來，策劃了精彩的慶祝活動。本學會土木歷史與文化主委陳清泉名譽教授應台電鍾副總經理炳利的邀請，代表土木水利工程學會參加盛會，並商討如何進行土木文化資產的評審作業。

103年7月29日當天在台中烏日高鐵站搭乘專車，約1小時車程抵達水里溪畔大觀電廠廠區。報到處設在椰林大道頭，另一側為海報牆一路延伸至一廠廠房，展示建廠及長期營運期間重要的照片。10時慶祝活動在水里國小學生太鼓隊迎賓鼓聲中展開，台電黃董事長重球親率高級幹部迎接到場的貴賓；在門牌

潭發電廠意象區，廠方安排一列小火車裝載著各式工具從山洞駛出，接著的儀式中由5位廠內老領班將這些工具交接給5位年輕同仁，象徵世代交替與技術傳承。11時正，吳副總統敦義在舞獅表演中到達廠區，與台電黃董事長重球及貴賓一起揭下一廠廠房側壁的大紅布幕，露出先總統蔣公中正所為本發電廠所賜名的「大觀」兩個藍色大字；然後到慶典會場，大家欣賞「日月瑰寶・蔚為大觀」的回顧影片後，由吳副總統致詞，首先說出16字祝詞：「登高玉山、胸懷日月、洋洋大觀、樂在台灣」，由於早年曾擔任南投縣長的緣故，吳副總統還說了些與日月潭有關的逸事，風趣的言語讓聽者歡欣不已；日方貴賓有當年的承攬商鹿島組（今鹿島建設）代表親臨致賀辭，當年台灣電力株式會社社長松木幹一郎的小孫女因腿傷不克來台，亦拍發電報致賀，將這段台日攜手共同創建本工程的夥伴情誼昇華至最高點；接著原住民邵族舞蹈、切慶生蛋糕、合唱依序上場，並以大合照記錄下參與這場饗宴的人物，最後的植樹活動則為80週年慶畫下完美的句點。

民國90年底虞兆中基金會聯合本學會等六個團體曾評選「日月潭水力發電工程」為「十大土木史蹟」之一，紀念牌猶掛在大觀一廠廠房入口外牆，今年正值它完工80週年紀念，本學會計劃在今年12月6日的年會上進行文資論壇來宣揚此一偉大建設，並擬予以評審認定為國家級土木文化資產作為紀念活動的最高潮；今天的慶典算是暖身運動，敬請土木人持續關心並踴躍參加未來一系列活動，俾更加了解本工程之偉大與其文化資產之可貴。

環境暨景觀工程美化參訪活動

邱琳濱／中國土木水利工程學會環境暨景觀工程美化委員會主任委員

土木水利工程學會環境暨景觀工程美化委員會於本（103）年度8月7日舉辦「102年工程美化暨景觀獎」之「工程美化類」得獎工程參訪活動，共參訪三項工程，分別為「深坑老街騎牌樓復舊、保存暨景觀道路設計改善工程」、「新北市林口區頭湖國民小學校舍新建工程」、「社子大橋新建工程第一期第一標」，活動順利圓滿。

於「深坑老街騎牌樓復舊、保存暨景觀道路設計改善工程」中，看到了原本普通但具有古早特色的老街，經由建築師巧手的規劃設計後，所呈現出來的是深坑老街騎牌樓舊有的面貌，不但保留古式建築，形成地方特色，亦留存百年老樹，營造永續綠色環境，因而造就深坑老街成為新北市遠近馳名的觀光景點之一。

於「新北市林口區頭湖國民小學校舍新建工程」中，瞭解到學校為了使學生有個舒適的讀書環境，不但將地方特色納入學校建築（茶葉意象），且加入節能減

碳、永續經營的概念（太陽能發電區、具滯洪功能之操場…），以及處處充滿文學氣息意象（公共藝術裝置），讓學生從小學習環境友善的觀念。頭湖國小亦獲內政部鑽石級綠建築標章，五星級校園，實至名歸。

於「社子大橋新建工程第一期第一標」中，驚見土木工程不再只是以既土又木的方式呈現，而是能將在地特點精神與環境融入，社子地區因有水鳥保護區及生態溼地，且在地重要生物如白鷺鷥、招潮蟹等，因此社子大橋則以白鷺意象方式納入傳統工程，進而完成一座與環境融合，具地方特色之橋梁。

參觀了三項工程美化的得獎工程後，獲益良多，也感謝土木水利工程學會的精心安排，以及新北市政府城鄉發展局、林口頭湖國小、台灣世曦股份有限公司派員精闢的導覽解說，讓所有參與的學員有了趟難得又寶貴的工程美化深度之旅。



參訪林口頭湖國小合影



參訪深坑老街合影



參訪社子大橋工程合影

第二十一屆會員代表大會選舉結果

中國土木工程學會 公告

機關地址：100 台北市仁愛路二段一號四樓

聯絡人：陳耀志小姐

聯絡電話：(02) 2392-6325

日期：中華民國 103 年 6 月 24 日

字號：(103) 土水 (21) 發字第 100 號

主旨：為公告本會第二十一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。

公告事項：當選名單如下：

北一區：曹壽民 龔誠山 廖同柏 侯秉承 阮聰義 杜俊 江東法 劉恒昌
黃本源 陳吉宏 劉達中 陳國慶 邱琳濱 張國揚 魏顯祥 冀樹勇
李咸亨 蔡輝昇 廖宗盛

北二區：李建中 周功台 張荻薇 林曜滄 黃洪才 李順敏 李元唐 魏雲魯
黃炳勳 王炤烈 何泰源 劉沈榮 吳江富 廖學瑞 李萬利 吳榮煌
曾淳錚 陳幼華 林信忠 林文松 朱旭 郭蔡文 呂良正 馬俊強
陳清泉 黃一平

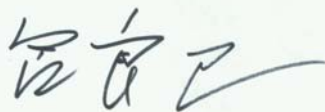
北三區：莫若楫 高宗正 鄭文隆 黃兆龍 歐來成 沈景鵬 徐健一 徐力平
吳瑞賢 許俊逸 黃榮堯 莫仁維 林炳昌 曾景琮 王華弘 張武訓
吳福祥 何明錦 林利國

東區：徐輝明 趙紹錚

中區：楊偉甫 林其璋 方富民 蔡清標 黃清和 潘吉齡 林連茂 溫志超
陳忠琛 杜健生 李惠平

南區：阮振興 方一匡 陳景文 歐善惠 林仁益 黃忠信 許泰文 丁澈士
謝啟萬 高家俊 王和源 黃世偉 詹錢登 陳存永 陳文源 蔡光榮

理事長



6 月 16 日周常務理事南山及周頌安主委監票



6 月 10 日投票



電腦開票



秘書們逐筆檢查

中工會103年年會 土水學會獲獎最多

中國土木工程學會秘書處

中國工程師學會有 25 個專業學會，包括中國土木工程學會、台灣化學工程學會、中國造船暨輪機工程師學會、中華民國紡織工程學會、中國電機工程學會、台灣農業工程學會、中國機械工程學會、中國鑛冶工程學會、中國測量工程學會、中國工業工程學會、中華民國環境工程學會、中華民國核能學會、中華民國光電學會、中華民國運輸學會、臺灣建築學會、中華民國防蝕工程學會、中華民國結構工程學

會、中華民國生物醫學工程學會、中華鋪面工程學會、中華民國大地工程學會、國際電機電子工程師學會中華民國分會、中國材料科學學會、台灣海洋工程學會、及台灣混凝土學會。

103 年 6 月 6 日工程師節也是中工會年會，吳副總統敦義先生特別蒞臨頒獎並致詞。會中頒發的獎項若以領域區分，土木水利領域是獲獎最多的，在此恭賀各得獎人！

中工會獎項

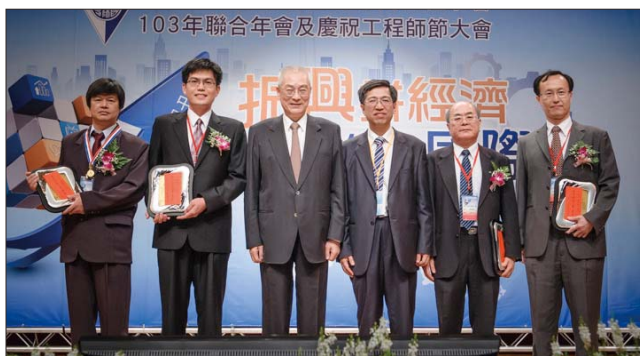
工程獎章：張荻薇

傑出事業機構：臺北市政府捷運工程局、交通部鐵路改建工程局



詹天佑論文獎章：劉光晏、王柄雄、李政寬
李路生、張國鎮、宋裕祺、Witarto

石延平工程論文獎：簡文郁、邱建國、莊育泰



工程論文獎：Sanjaya Brahma、黃肇瑞、劉全璞、L.M. Kukreja、S.A. Shivashankar、尹衍樑、張國鎮、王瑞禎、王柄雄、林志平、洪瑛鈞、尤仁弘、吳柏林

傑出工程教授獎：

李文智 國立成功大學環境工程學系講座教授兼系主任
蔡克銓 國立臺灣大學土木工程學系特聘教授



傑出工程師獎：

周文彬 臺北市政府捷運工程局南區工程處處長
林曜滄 台灣世曦工程顧問股份有限公司協理
陳福將 交通部台灣區國道新建工程局處長
廖源輔 中鼎工程股份有限公司副總工程師
蔡振中 中鼎工程股份有限公司經理

優秀青年工程師獎：

楊智堯 台灣世曦工程顧問股份有限公司正工程師

優秀工程學生獎學金：

高怡絹 國立臺灣海洋大學河海工程系

沈怡獎學金：

李忠霖 國立臺灣科技大學材料科學與工程所
周立生 國立臺灣大學土木工程所



吳副總統敦義先生致詞



科技部張部長善政專題演說



陳理事長振川致詞



曹董事長壽民報告大會執行狀況



中國工程師學會 103 年年會工作團隊讚！

中國土木水利工程學會 兩岸交流委員會 2014 海峽兩岸橋梁建設新發展研討會

日期：2014 年 10 月 11 日 地點：武漢

主辦：中國土木水利工程學會 兩岸交流委員會

中國中鐵大橋局集團有限公司

協辦：北京茅以升科技教育基金會

◎ 上午「海峽兩岸橋梁建設新發展研討會」

◎ 下午參訪橋文化展廳及「武漢鸚鵡洲大橋」

參訪長江三峽大壩及三峽五級船閘 共八日遊（2014.10.10 ~ 2014.10.17）



行程特色：舉辦「海峽兩岸橋梁建設新發展研討會」交流兩岸橋梁技術，並實地參訪「武漢鸚鵡洲大橋」。研討會後搭乘全新啟航的「黃金八號」超五星級豪華遊輪，自宜昌逆流而上，參訪三峽大壩及沿岸風光。全程無購物點，獨立出團。

委託旅行社：台灣運達旅行社 候鳥旅遊網 <http://www.travelbirds.net/index.htm>

旅遊景點：◆ 荊州古城 ◆ 荊州博物館 ◆ 西陵峽 ◆ 巫峽 ◆ 大寧河小三峽（環保遊船）
★ 小小三峽（自費 RMB120） ◆ 瞿塘峽 ◆ 張飛廟 ★ 石寶寨（自費 RMB280）
◆ 酆都鬼城景區 ◆ 鵝嶺公園 ◆ 中國三峽博物館 ◆ 黃鶴樓 ◆ 辛亥革命紀念館

預定名額 32 人（團費 39,600 元刷卡 / 38,900 元現金）報名請洽王惠娜小姐 Tel: 2392-6325 ! **歡迎報名！**

小啟

「土木水利」雙月刊副總編輯鄒鳳雲女士於 6 月底辭職，為感謝鄒副總編多年來的辛勞，本會於 8 月 20 日理監事會中贈送「妙筆生花」感謝狀及紀念品一份。本刊廣為流傳，深獲好評，鄒副總編功不可沒！





1. 現況鑑定。
2. 安全鑑定。
3. 損害之修復鑑定。
4. 損害之安全及補強鑑定。
5. 未報勘驗之安全鑑定。
6. 地震前七日內澆置混凝土之安全。
7. 地震後建築物損害之修復。
8. 地震後建築物損害之安全及補強。
9. 構造物受火害之安全。
10. 高氯離子混凝土構造物之安全。
11. 臺北市老屋健檢案件。
12. 工程鑑定。
13. 公共工程。

求實、專業、公正

審查業務

1. 特殊結構設計審查。
2. 水土保持計畫書件審查。
3. 施工計畫說明會及高鐵安全評估、
高鐵施工計畫審查。
4. 耐震詳細評估。
5. 營造業評鑑。

統一編號：21001770 地址：台北市松山區東興路28號9樓
電話：02-27455168 傳真：02-27458999



本會使命

提高土木工程執業水準
發揚服務精神
協助推動國家建設

促進會員聯繫
保障應有權益
提高執業水準
發揚服務精神
協助推進國家建設

本會宗旨



**「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	

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

中國土木水利工程學會

刊登月份：

○ 41.5 ○ 41.6 ○ 42.1 ○ 42.2 ○ 42.3 ○ 42.4 共 次
(10月) (12月) (2月) (4月) (6月) (8月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；

相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣

元整

隨單繳送請查收摺據
請於刊登後檢據洽收

機構名稱：
商號

(請蓋公司印)

負責人：

地 址：

廣告聯絡人：

電 話：

2014

第一屆全國大專院校 工程創意競賽

競賽主題：

本次為首屆創意競賽活動，規劃以實際之工程環境加入未來發展之規劃構想，作為參賽團隊發揮設計創意之基本條件，參賽團隊需發揮創意並結合工程實務，提出合理可行之創意規劃構想。思考在發展觀光事業時，如何落實永續發展的理念，去整合工程建設、社經成長及環境保護等相關議題，使小琉球發展成為一個具有本土化、生態化、多元化價值均衡系統的優質觀光新環境。

活動緣起：

本活動的目的在促進學生與業界之交流，希望透過競賽活動，提供學生跨界合作、導入創意、實務發表及宏觀視野之學習環境，亦提供業界發掘人才及持續創新之發展機會，因此活動之主軸係以創新及傳承為核心，期望藉由活動之舉辦，結合學生與業界之能量，為工程界之發展注入新的活力。

主辦單位：

中華民國工程技術顧問商業同業公會
台北市工程技術顧問商業同業公會
中國土木水利工程學會

獎勵辦法：

依決賽成績，評定下列獎項：

- (1) 金獎（1名）：團隊獎金新臺幣60,000元、團隊及個人獎狀乙紙
- (2) 銀獎（1名）：團隊獎金新臺幣30,000元、團隊及個人獎狀乙紙
- (3) 銅獎（1名）：團隊獎金新臺幣10,000元、團隊及個人獎狀乙紙

競賽時程：

- 1. 報名截止：103.11.14（以郵戳為憑）
- 2. 預賽結果公布及通知：103.12.05
- 3. 決賽入選團隊說明會：103.12.15
- 4. 決賽規劃方案書收件截止：104.04.15（以郵戳為憑）
- 5. 決賽評選：104.04.30

注意事項：

競賽簡章將於8月份於中華民國工程技術顧問商業同業公會網站提供下載（<http://www.caec.org.tw/>），請密切注意。

國際化工程人才訓練計畫



本訓練已申請技師積點
及工務人員終身學習

宗旨

為加速我國工程專業人才之國際化，透過引進美國土木工程師學會 (American Society of Civil Engineers, ASCE) 之既有教學訓練資源，增進專業工程人員的英語聽力及專業技能。

辦理方式

擬以每次 60-90 分鐘方式，透過預先發放之演講資料與說明，熟悉外籍講師所教授之全英文專題演講內容，俟學員出席研習會現場，則以網路連線方式聆聽身在美國本土講師教學內容，現場透過引言人協助互動式學習，課程結束後進行成效評量結果，通過者獲頒美國 ASCE 修業時數證明 (如下圖所示)。

預期成果

工程人員未必出國留學或具備足夠之國際經驗，但是將國際人士授課的課程內容逐漸累積，透過接觸外籍人士全英語演講增進聽力和自信。

時間

10月15日、22日、29日 (每週三) 19:00 p.m.

地點

國立台灣大學土木系館 203 教室

經費

每位學員每堂課 (60 或 90 分鐘) 酌收新台幣 2,000-3,000 元，報名後恕不退費。

報名請洽

連絡人：楊斯涵小姐
手機：0910-215-946/ 傳真：02-2922-9207
<http://www.blessedluz.com>



計畫提供訓練課程之名稱和內容 (全程英語教學)

課程名稱	時間長度	內容概述
From Project Engineer to Project Manager – Look Before You Leap (AWI041913) 從專案工程師到專案經理	1.0 小時	非會員每人原價 \$145.00 美金 This pragmatic one hour webinar will guide project engineers through the process of deciding if one wants to become a project manager and, if so, how to do it. Project engineer, project architect and similar position roles differ markedly from the project management role; that's the premise of this webinar. Those differences are described to help individual and employers decide if someone should make the move. Recently appointed project managers will obtain advice on how to be more effective. This webinar is intended for both private and public sector personnel. Participants receive a detailed handout on which the webinar will draw. The handout includes references to articles, books, e-newsletters, websites and other self-study materials.
Improving Project Communication (AWI021611) 工程師的溝通技巧	1.5 小時	非會員每人原價 \$185.00 美金 This 90-minute webinar presents 19 practical methods that the project manager can use for encouraging communication within the project team and between the project team and the client, owner, and other stakeholders. The webinar also speaks directly to the individual team member by offering communication tools and techniques that he or she can unilaterally apply. Participants receive a handout summarizing the webinar and a list of supporting articles, books, e-newsletters, and websites.
Negotiating Better Engineering and Architectural Contracts (AWI031111) 協商最佳的工程與建築合約	1.5 小時	非會員每人原價 \$185.00 美金 This webinar will focus on conflict resolution related to engineering contracts by applying improved techniques of negotiation. It will begin with a better understanding of the nature of conflict and how it affects our business and personal lives. We will touch on the skills required to be an effective negotiator and show the strategies and tactics for planning and conducting a negotiating session. Specific techniques that lead to better contracts with clients will be emphasized in a manner that leads to both parties feeling like winners. The ideas from this webinar will impact all aspects of your business and personal lives — not just better engineering and architectural contracts.

演講者

1) Stuart G. Walesh, Ph.D., P.E., D. WRE, Dist. M. ASCE 2) Gary D. Bates, P.E., F. ASCE

主辦單位



中國土木水利工程學會



美國土木工程師學會台灣分會

分毫不差

才足以教人驚豔

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



Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

省道即時交通資訊APP

廣告



地址：10041臺北市中正區忠孝西路1段70號
總機：(02)2311-3456(代表號)
監理及大客車投訴專線：0800-231035
路況及災害查詢專線：1968

提供用路人更優質、生活化的服務。
用路人得以調整行車路線、變更行程，讓旅次規劃更有效率。

So Easy to go!

簡單下載，
輕鬆趴趴走~



結合省道即時交通資訊及地圖顯示，提供使用者於行前規劃或旅途中，查詢交通部公路總局轄管道路之防災資訊、交管措施、即時路況影像、資訊可變標誌訊息及其他交通生活資訊，讓您一手掌握省道最新路況。

服務功能如下：

1. 運用區域選擇及GPS定位，快速查詢省道即時路況。
2. 查詢大客車禁行路段、風景路線績效，確保旅遊安全及品質。
3. 最新消息、防災資訊及交管措施，迅速掌握省道通阻資訊。
4. 單鍵撥號功能及更貼心的交通生活資訊。



首頁最新消息跑馬燈提醒用路人重要交通資訊。



提供用路人即時風景路段壅塞情形。



提供即時路段管制資訊。



提供大客車禁行路段資訊。



提供使用者即時掌握防災資訊以及Safe Taiwan平台超連結。



連結即時路況影像以及提供OMS內容。



提供用路人最新的國道替代道路交通資訊。



提供公立停車場、加油站、便利商店以及氣象資訊。



可單鍵撥打路況及災害查詢專線、監理及大客車投訴專線。



三種系統使用者介面一致，主要功能快捷鍵切換，圖形化按鈕一目了然。

完全對應