

中華民國一〇四年十月・第四十二卷第五期

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

October
2015

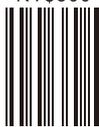


ISSN 0253-3804



9 770253 380006

NT\$300



Volume 42, No. 5

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

特別報導
五楊段拓寬工程
獲國際首獎

災害防救
應用科技方案
專輯

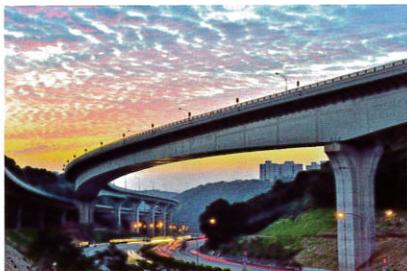


Creativity · Excellence · Conservation · Integrity

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

用心 做好每一件事情

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



繼臺灣計程電子收費ETC推動成果2015.08.31榮獲IBTTA年度最高榮譽首獎後，「國道1號五股至楊梅段拓寬工程計畫」也接續榮獲國際道路協會(International Road Federation, IRF)所頒發的「GRAA全球道路成就獎」設計類首獎，並於2015.09.17在土耳其伊斯坦堡舉行之第一屆IRF歐洲及中亞區域會議中頒發，由交通部政務次長曾大仁及設計監造單位台灣世曦工程顧問股份有限公司董事長李建中代表領獎。

土木水利

社團法人中國土木工程學會會刊



發行人：呂良正
 出版人：社團法人中國土木工程學會
 主任委員：宋裕祺（國立台北科技大學土木工程系教授）、（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：王炤烈、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）
 定價：每本新台幣300元、每年六期共新台幣1800元（航郵另計）
 繳費：郵政劃撥00030678號 社團法人中國土木工程學會
 會址：110055 台北市中正區仁愛路二段一號四樓
 電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260
 網址：http://www.ciche.org.tw
 電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

美編印刷：中禾實業股份有限公司
 地址：22161 新北市汐止區中興路98號4樓之1
 電話：(02) 2221-3160

社團法人中國土木工程學會第二十一屆理監事

理事長：呂良正
 常務理事：曹壽民 沈景鵬 張荻薇 陳仲賢
 理事：莫若樞 曾大仁 楊偉甫 歐來成 歐善惠 龔誠山 王炤烈
 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

先進工程

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

永續發展

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

國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習

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

學會活動

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

出版活動

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊

分會

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

中國土木工程學會任務：

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

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

中國土木工程學會和您一起成長！

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

特別報導

- 📖 台灣重大公共工程建設再度受到國際社會肯定
— 台灣世曦五楊段拓寬工程獲國際道路協會 (IRF) 年度設計類首獎 林曜滄 3

災害防救專輯

- 📖 行政院災害防救應用科技方案介紹 — 引言 謝尚賢 8
- 📖 100 ~ 103年行政院災害防救應用科技方案總成果發表會暨
減災與風險管理國際交流研討會報導 謝其泰 9
- 📖 大規模崩塌災害防治科技 — 崩塌災害瞭望台 劉哲欣/吳亭燁/張志新/林聖琪 15
- 📖 洪水災害防治科技 — 實驗型整合模擬平台 李正國/張駿暉/魏曉萍 21
- 📖 氣候變遷之災害衝擊與調適 — 面對未來的災害風險 陳韻如/林欣靜/黃熾蓁/陳永明 25
- 📖 氣象水文資料於旱象與水資源監測預警資訊之應用
朱容練/李正國/劉俊志/林士堯/詹景良/楊鈞宏/朱吟晨/陳永明/林李耀 33
- 📖 台灣的地震災害防治科技進展 黃明偉/柯孝勳/蘇昭郎/鄧敏政/劉淑燕/李沁妍 39
- 📖 災害管理資訊研發應用平台 看見台灣、瞭解災害、守護你我的家園 張智昌/蘇文瑞 44
- 📖 第三次世界減災會議與
2015 ~ 2030仙台減災綱領 簡潔、聚焦、具有前瞻性和行動導向的世界減災策略
李維森/陳宏宇 49

研究發展

- 📖 海峽兩岸建設工程品質監管法制之比較 蘇南/鄭曉曉 58

綠色土木工程

- 📖 順天應人 — 綠色大地工程之發展 周南山/鄭恆志 66

台灣重大公共工程建設再度受到國際社會肯定

台灣世曦五楊段拓寬工程 獲國際道路協會 (IRF) 年度設計類首獎

林曜滄／台灣世曦工程顧問股份有限公司協理

繼臺灣計程電子收費 ETC 推動成果 2015.08.31 榮獲 IBTTA 年度最高榮譽首獎後，「國道 1 號五股至楊梅段拓寬工程計畫」也接續榮獲國際道路協會 (International Road Federation, IRF) 所頒發的「GRAA 全球道路成就獎」設計類首獎，並於 2015.09.17 在土耳其伊斯坦堡舉行之第一屆 IRF 歐洲及中亞區域會議中頒發，由交通部政務次長曾大仁及設計監造單位台灣世曦工程顧問股份有限公司董事長李建中代表領獎。

國際道路協會 (IRF) 為一國際性之道路組織，共有 117 個會員國遍布全球 6 大洲，總部設在美國維吉尼亞州，自 1948 年成立以來，致力於全球各地道路工程之技術與品質提升。為能廣為傳達世界各地道路計畫之精進，每年邀請全球最佳之道路計畫參與「全球道路成就獎 GRAA」評選，該獎項分為資產維護與管理、環境影響減輕措施、設計、計畫財務與經濟、交通管理與智慧交通系統、道路安全、品質管理、城市



臺灣代表團上台與 IRF 會長及獎盃合照

規劃與流動性、技術創新及設備與製造、施工方法、計畫管理、研究等 12 個領域。

代表領獎的曾大仁次長除了說明本計畫之主要內容外，同時也將臺灣的創新工程技術及計畫管理介紹給世界各國代表。他表示，五楊拓寬工程是政府、設計監造與施工團隊共同努力的成果，已連續 2 年獲得國內公共工程最高榮譽金質獎土木類特優，以及中華民國結構工程學會所頒發的結構工程技術獎，今年 6 月更在美國舉行之國際橋梁研討會 (International Bridge Conference, IBC) 展示臺灣橋梁營建成果時，受到世界各國橋梁專家讚賞，本次再獲得 IRF「GRAA 全球道路成就獎」，對國內工程界及五楊段拓寬工程計畫團隊均是莫大的榮耀及鼓勵。

得獎作品主要功能是增加國道 1 號中山高速公路從五股至楊梅路段的交通服務容量，以解決北部路段嚴重的交通堵塞問題。國道 1 號五股至楊梅段拓寬工程總長度 40 公里，於 2009 年 10 月動工，並於 2013 年 4 月完工通車。本工程原則採中山高兩側高架拓寬，惟於泰山至林口路段因須迴避北上側地質敏感區，部分北上線調整與南下線共構，需在不影響既有交通情況下兩度跨越中山高速公路。

本計畫設計與施工條件極為嚴苛，除了緊鄰中山高施工空間受限，施工時必須維持中山高交通，部分路段須迴避地質敏感區，並且工期要求由原規劃 6 年縮短為 4 年等各種條件限制與嚴峻的挑戰。工作團隊秉持確保工程品質和施工安全的最高原則，並以創新的工法及思惟，先進的計畫管理方法進行用地取得，前期作業，資源規劃，分階段實施設計與施工作業，完成此一舉世矚目的典範工程。

「國道 1 號五股至楊梅段拓寬工程計畫」特色 優質創新的設計理念及施工方法

- 採取基本設計發包，將設計與施工進度併行 (Fast Track) 作業，縮短計畫期程。
- 以設定地上權方式辦理用地徵收，減少用地面積及建物拆遷，加速用地取得。
- 優化分配國內施工資源，依各路段特性採用不同工程材料及施工法。
- 採用特殊施工方法，如採用首次在國內使用之橋梁



曾次長與李董事長上台接受頒發 GRAA 獎



臺灣代表團出席頒獎大會合影

水平旋轉工法，用以興建跨越中山高之臺灣最大跨度鋼箱型梁橋，除縮短工期外，並可維持中山高正常交通運行。

- 獨創「F型」單柱式橋墩之雙層橋面結構，以避開地質敏感區，除了造型優美，並呈現序列的美感；利用先進之桁架式工作車進行全跨預製鋼梁吊裝作業，不但減少對大窠坑溪生態干擾外，且不影響中山高交通。
- 採用井式基礎及竹削工法，減少邊坡基礎開挖範圍，降低基礎施工對環境影響。

- 採用施工棧橋，減少施工車輛及機具進出工區對環境的影響。
- 周全的生態保護措施，包括施工前的樹木移植、工區設置無擾動區、保護動植物棲息地、設置動物逃生通道及蝙蝠窩等。
- 為提高於高架橋之行車安全性和降低行車噪音，橋面採用多孔隙瀝青混凝土排水鋪面。

成效卓著的交通效益及節能減碳

- 恢復國道 1 號快速順暢的交通功能，縮短旅行時間，將尖峰時段的行車速度由 40 公里 / 小時，提升到 90 公里 / 小時。
- 減少每年 32,500 噸碳排放，節約每年燃料成本達 5,100 萬元。
- 經過規劃、設計多方面的努力和協調，降低計畫經費支出，從預估的 882 億元，減少為 606 億元。

這是臺灣工程首次榮獲此項大獎，藉由五楊工程卓越的成果，除了讓臺灣工程建設得以躍登國際舞台，也讓世界看見臺灣、認識臺灣。現場參加之各國專家學者討論熱烈，對於臺灣工程技術水準均給予極高評價與肯定。

臺灣代表團出席會議，受到 IRF 高度重視

9/17 早上頒獎前，IRF President & CEO Mr. Patrick Sankey 主動邀請臺灣代表團單獨會晤，臺灣代表團一行包括交通部曾大仁次長、CECI 李建中董事長、國工局張純青副局長以及所屬共十二人出席，Mr. Patrick Sankey 首先感謝臺灣代表團參加此次 IRF ECA 會議，同時感謝中華民國道路協會 (CRF) 以及其他在臺的 IRF 會員多年來的支持，也恭喜交通部及台灣世曦此次以「五楊高架工程」獲得 IRF 2015 GRAA 設計類首獎。

Mr. Patrick Sankey 也說明最近 IRF 會對於全球的會士選拔制度有所變革，同時提出希望有機會能夠多與中華民國道路協會合作，將許多 IRF 已經行之有年的各項講習會，甚至未來的亞洲區域會議都能夠在臺灣舉辦。李建中董事長指出，在 2012 年 11 月，CRF 與 IRF 在交通部運研所共同舉辦兩天的「道路及施工區安全」講習會十分成功，也對於國內交通安全與設工程的改進，有著十分顯著的影響，可以考慮辦理該項研討會議以延續雙方的合作，最後 IRF 會長與臺灣代表團一行合影留念。🇹🇼



頒獎前 IRF 會長單獨會晤台灣代表團

防災設施看仔細 山區行車莫大意

善用公路防災設施，減少山區行車風險

當您行駛在山區路段，切記要隨時留意周遭環境，並掌握公路防災設施所在位置；遇有突發狀況，更應該要保持冷靜，盡速前往避難及尋求援助！

管制設施



撇步 1

遇道路管制，表示前方路段有危險發生，應避免進入。

安全
停駐



撇步 2

若需緊急避難，先找「緊急停駐空間」或「明隧道」，馬上前往避險並等待救援。

里程碑



撇步 3

利用路側的里程碑，確認所在位置，並告訴救援單位。

在山區遇到交通管制，我們就不要再繼續行駛，如果遇到緊急災難，上述的防災設施都能保護我們的安全哦！



交通部公路總局
Directorate General of Highways, MOTC

這裡還有最新道路訊息喔！

交通部公路總局全球資訊網 www.thb.gov.tw

行政院 災害防救 應用科技方案介紹

謝尚賢 / 科技部災害防救應用科技方案辦公室執行秘書

臺灣常受地震與颱風豪雨侵襲導致人民的生命與財產受到威脅、傷害與損失，過去無論是社會大眾或政府部門都相當重視災害防治的工作，並投入相當的人力與資源，期望能提升環境與民眾的抗災能力。尤其 98 年莫拉克風災長延時強降雨所引發的複合型大規模崩塌、堰塞湖、洪水等災害，除導致臺灣重大的人民傷亡與經濟損失外，亦凸顯防救災資料不足、資料分散與格式分歧的問題，後經檢視並考量我國迫切需要解決之災害重點課題，行政院於 99 年 3 月 4 日同意推動 100-103 年度行政院災害防救應用科技方案（簡稱應科方案）。應科方案主要由科技部（原行政院國家科學委員會）、內政部、經濟部、交通部、教育部、行政院農業委員會、行政院原子能委員會等 7 個部會署所屬 23 個單位共同規劃與推動。運作機制主要由科技部災害防救應用科技方案辦公室負責督導科技研發應用相關工作，國家災害防救科技中心擔任本方案推動之幕僚單位，負責資料綜整、課題規劃、溝通協調、應用推廣及執行成效檢討評估等，並透過行政院級會議之機制提報整體成果彙整與問題解決。

應科方案目標與研發課題（如表 1），以建構災害管理研發應用平台為主軸，透過實體平台的系統機制，整合資料、模式、管理三大系統相關研發能量與資源，

並融入災害管理概念，來提高整體防災作業效能。

本專輯彙編、盤點及整理過去 100-103 年四年間所推動的應科方案的重要執行成果，透過專文介紹「100-103 年行政院災害防救應用科技方案總成果發表暨減災與風險管理國際交流研討會報導」、「大規模崩塌災害防治科技 — 崩塌災害瞭望台」、「洪水災害防治科技 — 實驗型整合模擬平台」、「氣候變遷之災害衝擊與調適 — 面對未來的災害風險」、「氣象水文資料於旱象與水資源監測預警資訊之應用」、「台灣的地震災害防治科技進展」、「災害管理資訊研發應用平台 — 看見台灣、瞭解災害、守護你我的家園」等重要課題，以及特別介紹 2015 年 3 月 18 日於日本仙台「第三屆世界減災會議」中通過之全球減災策略 — 「2015-2030 仙台減災綱領」（Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, SFDRR）。

在根據前期應科方案成果，參考仙台減災綱領，綜合過去問題檢討與分析以及推動重點與目標，並經過多次專家學者研討與部會協商會議後，科技部與各部會署共同規劃「行政院災害防救應用科技方案第二期（104-107 年）」，以持續凝聚與綜整部會防災科技研發能量，精進災害防救科技與落實應用研發成果。此第二期計畫已獲行政院通過，正積極推動中。🇹🇼

表 1 方案目標與研發課題

課題	研發課題名稱	方案目標
一	大規模崩塌災害防治科技	(1) 提升災害應變作業效能 (2) 健全災害風險評估與災害管理體制 (3) 強化災害防救資訊共通平台，落實資源共享 (4) 加強防災知識傳播與溝通認知
二	洪水災害防治科技	
三	氣候變遷之災害衝擊與調適	
四	旱象與水資源	
五	地震災害防治科技	
六	基礎設施評估與監測	
七	災害管理資訊平臺	
八	核能災害課題	
九	新興課題（火山、複合性災害）	

100~103年 行政院災害防救 應用科技方案總成果發表會暨 減災與風險管理國際交流研討會報導

謝其泰博士／科技部災害防救應用科技方案辦公室

民國 98 年莫拉克颱風侵襲臺灣，造成崩塌、土石流、堰塞湖、淹水、交通中斷、基礎設施嚴重受損等複合型災害，行政院因應莫拉克複合型災害所凸顯之防救災資料不足、資料分散與格式分歧等問題，並考量臺灣迫切需解決之複合型災害重點課題，參酌美國、日本、歐洲等先進國家的災害防救工作經驗，由科技部（前身為行政院國家科學委員會）邀集 7 個部會（包括經濟部、交通部、內政部、教育部、行政院農業委員會、行政院原子能委員會以及科技部）所屬 23 個單位共同推動 100 ~ 103 年「行政院災害防救應用科技方案」（簡稱應科方案），在科技部錢宗良次長、自然科學及永續研究發展司陳于高司長、方案執行秘書謝尚賢教授帶領下以及國家災害防救科技中心同仁的努力，4 年累計投入 27.6 億元，推動 348 筆科研計畫，累積完成 557 項防救災資料、模式、管理等面向的各項成果。

前言

100-103 年的行政院災害防救應用科技方案成果包括：完成臺灣在氣候變遷下的基期（1979 ~ 2005）、近未來（2015 ~ 2039）與世紀末（2075 ~ 2099）之災害高風險區位；精進逐時天氣預報空間精度，由縣市尺度進步至鄉鎮市區尺度；提升降雨與河川洪水預報技術並應用於鐵路之預防性封閉作業；建立防救災資訊交流共通標準，提供巨量資料與高速運算分析環境；修訂建築耐震規範並應用於橋梁與校舍耐震補強；推廣微機電強震即時警報器系統之運用；災害示警資訊提供產業加值應用等。除上述所列之應用成果外，方案辦公室及相關單位於 104 年 4 月 14、15 日舉辦成果發表會，會場包含了專題演講、國際專題研討、四年度整體報告、103 年度方案計畫成果發表、成果主題館、部會成果攤位展示、成果海報展覽等，採跨領域方式進行以促進防災單位間之合作交流及學術界與實務界之經驗分享。

開幕 — 貴賓致詞

開幕（4/14）第一天由方案召集人科技部錢宗良次長主持開幕（圖 1）。錢次長表示，行政院災害防救應

用科技方案（應科方案）在 100 ~ 103 年 4 年間累積完成 557 項防救災資料、模式及管理各項成果，並協調國家災害防救科技中心及國家高速網路與計算中心共同建置災害管理資訊研發應用平台（簡稱災害管理平台）。未來將著重在跨單位的資訊與技術交流分享並加值應用，亦將持續積極透過各類合作機制及協助產官學研各界進行災害防救科技應用之研究發展。接著由葉欣誠政務委員致開幕詞（圖 2），葉政委肯定各單位的努力，並表示未來將深化精進現行的研發成果，希望帶能帶動提升社會整體的防減災能量。



圖 1 科技部錢宗良次長舉行開幕儀式



圖 2 葉欣誠政務委員蒞臨會議致開幕詞

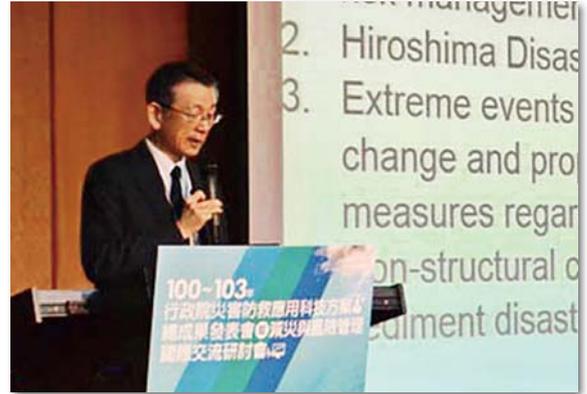


圖 4 日本交通省砂防部大野宏之部長專題演講

專題演講

方案執行秘書謝尚賢教授在進行四年度成果報告（圖 3）時指出，應科方案在 100 ~ 103 年度執行期間完成了如產官學合作交流平台建立、自動化即時監測技術精進、各類預警燈號建立、UAV 應用、資訊綜整及強化災害應變作為、災防先進技術儀器研發、相關防災產業加值應用、研擬耐震規範及耐震技術提昇補強、氣候變遷衝擊調適以及防災實驗交流平台建立等 10 項精進作為，並期許接下來應科方案能朝向機制整合、資訊共享及落實加值應用方面發展，並結合社會及經濟等人文因素來完善我國現有之災防科研發展。

本次還邀請到日本國土交通省砂防部大野宏之部長（圖 4）進行專題演講。大野部長分享日本土砂災害潛勢與風險管理工作，並以 2014 年廣島土砂災為案例說明氣候變遷下極端氣候導致土砂災害之改變與相關對策，以及非工程手段之減災方法。



圖 3 執行秘書謝尚賢教授進行成果報告

記者會

由科技部錢宗良次長、科技部自然司陳于高司長及應科方案謝尚賢執行秘書共同主持的記者會（圖 5），希望借此機會讓廣大民眾了解政府在災害防救科技研發所做的努力，並透過應科方案協調溝通合作機制，除了使我國面對天然災害的防救運作機制愈趨完備外，亦使臺灣之災害防救科技應用技術更符合世界防減災趨勢。行政院已在去（103）年底核定「行政院災害防救應用科技方案第二期（104 ~ 107 年）」，由 7 個部會 23 單位擴大到 10 個部會 32 個單位共同投入，未來將持續精進、凝聚與綜整各部會防災科技研發能量。

行政院也提出應用巨量資料（Big Data）與開放資料（Open Data）的政策方向，配合這項政策，於方案中積極推動產、官、學、研各界共同參與災害防救科技應用之研究發展，以帶動與提升社會整體的防災減災之能量。



圖 5 召開記者會

主題館及部會署攤位與海報

為了讓應科方案成果更聚焦我們以主題館方式呈現（圖 6），共計有六大主題，分別是「崩塌災害瞭望臺」、「科技整合、減災防洪」、「面對未來的災害風險」、「飲水思源，珍惜台灣」、「震撼台灣，生命永續」及「看見台灣、瞭解災害，守護你我的家園」等主題，以靜態資料展示及動態影片或相關科技平台方式來呈現。

部會署研究成果則是以攤位方式（圖 7）來呈現，計有內政部地政司（地政司）、內政部建築研究所（建研所）、內政部消防署（消防署）、交通部中央氣象局（氣象局）、交通部運輸研究所港灣技術研究中心（港研中心）、經濟部水利署（水利署）、經濟部中央地質調查所（地調所）、教育部資訊及科技教育司、行政院原子能委員會（原能會）、行政院農業委員會林務局（林務局）、行政院農業委員會水土保持局（水保局）、國研院儀器科技研究中心（儀科中心）、國研院台灣颱風洪水研究中心（颱洪中心）及國研院國家地震工程研究中心（國震中心）等 14 個單位參與，可謂是盛況空前。

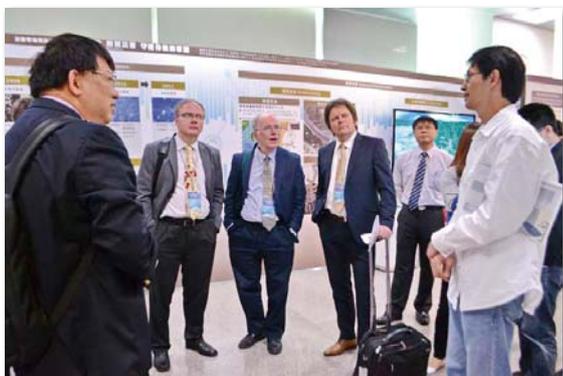


圖 6 成果主題館解說



圖 7 部會署成果攤位展示



圖 8 計畫成果海報展示

另本次大會於國際大樓 2、3 樓展出了共計百餘幅計畫成果海報及相關課題投稿海報（圖 8），展現了 100 ~ 103 年度間應科方案計畫所得之豐碩成果。

國際交流研討會

此次大會利用年度成果發表的機會，邀請了荷蘭 UNESCO-IHE 水教育學院 Chris Zevenbergen 教授（圖 9）、美國加州大學戴維斯分校 Jay Lund 教授（圖 10）、聯合國外太空事務辦公室 Lorant Czaran 先生（圖 11）、加拿大英屬哥倫比亞大學 Marc Parlange 教授、日本金澤大學宮島昌克教授、日本砂防協會岡本正雄理事長及新加坡南洋理工大學潘則建教授（圖 12）等 7 位國際知名專家學者與會，針對各項主題進行專題演講以及實務經驗分享，也藉此讓所有與會的國際防災領域的專家學者們瞭解臺灣在災害防救應用科技發展與實務應用上之成果。

- Chris Zevenbergen 教授指出，災害風險管理應以一個長期計畫性且靈活的方式進行，並擴大其影響範圍。目前荷蘭正在落實這種洪水風險管理策略。



圖 9 荷蘭 UNESCO-IHE 水教育學院 Chris Zevenbergen 教授專題演講

- Jay Lund 教授提到：水資源系統分析技術可以提供許多利益相關者在管理成本和收益上取得平衡。也回顧一些可用於供水管理和乾旱系統分析技術和洪水風險分析，並以薩克拉門托—聖華金三角洲為例。



圖 10 美國加州大學戴維斯分校
Jay Lund 教授專題演講

- Lorant Czarán 先生指出，UN-SPIDER 平台方案是基於減少空間技術提供者與災害管理之間的差距，並透過聯合國建立的，其主要目標是降低災害風險。而這個平台提供各國空間技術諮詢，透過這個機制形成其災害管理的指導方針。



圖 11 聯合國外太空事務辦公室
Lorant Czarán 先生專題演講

- Marc Parlange 教授指出，透過使用無線傳感器網路，我們將可獲得分佈式輸入通量以及應用新方法來獲得流量。
- 宮島昌克教授提到，災害對於飲用水供應設施的影響，並提到日本抗震技術及飲用水設施設計準則已通過多次破壞性地震考驗並進行修訂。災害對於飲用水供應設施的影響，並提到日本抗震技術及飲用水設施設計準則已通過多次破壞性地震考驗並進行修訂。
- 岡本正雄理事長表示，SABO 是通過保護及重建自然環境來防止泥沙災害，實現自然及人類和諧相處的方式。日本政府在 19 到 20 世紀分別制訂了泥沙災害防治相關法令來保障人民生命財產安全。

- 潘則建教授指出，由於人口密集及經濟快速增長所造成的風險，評估地震危險性對於現代都市來說是一重要課題。新加坡大多數建物已根據相關耐震法規設計，瞭解各建物在遠距離地震假設中的耐震性是非常重要的。



圖 12 新加坡南洋理工大學
潘則建教授專題演講

成果發表會

本次成果發表會參與部會眾多，近 550 人次出席會議；共分為 10 個組別進行 16 場次的討論，分組場次主題包括：部會署四年總成果報告 (I、II、III、IV)、國家災害防救科技中心 103 年度成果發表 (I、II)、洪水課題、氣候變遷、坡地崩塌、旱象與水資源、地震課題 (I、II)、防災資訊 (I、II)、關鍵設施及新興議題等，以下將就各主題簡略概述之。

● 部會署四年總成果報告

本場次計有地政司、國網中心、地調所、儀科中心、國震中心、建研所、原能會、教育部、氣象局、水利署、颱洪中心、港研中心、海研中心、消防署及科技政策中心等單位報告。各單位就 100~103 年期間之災防相關成果作一總體說明，有助於互相了解四年來各部會在災防工作主要方向及重要成果 (圖 13)。



圖 13 部會署總成果報告

● 國家災害防救科技中心 103 年度成果發表

本場次為災防中心 103 年度科研成果發表，以災害應變之任務及資訊傳訊為主軸進行報告。主題包含支援中央災害應變中心進行應變與情資研判作業之概要，透過天氣與氣候監測網及都會區大規模地震衝擊評估與情境分析等科研技術開發進行加值與應用，並利用災害示警開放資料平台與災害決策輔助系統，俾利共通式、即時性及整合度高的災害情資傳遞與研判決策，達到逐步防災應變與減災之目的。當日另有成果海報展覽與 6 組實機展示主題成果（圖 14）。



圖 14 災防中心成果攤位展示

● 洪水課題

本場次由水利署及颱洪中心發表相關成果：水利署針對流域防災資訊整合進行研究並研發民眾淹水警戒通報系統。而颱洪中心則為結合降雨之水文整合模擬技術研發，並推廣前瞻式水文模擬發展及試驗流域之水文觀測與設備維運。

● 氣候變遷

本場次分別由氣象局、災防中心及水利署發表相關課題研究：氣象局針對氣候變遷應用服務能力發展計畫，將所得資料數位化、網格化，並建立資訊應用服務如氣象 APP 等。災防中心則因應氣候變遷所造成的災害衝擊，進行全流域極端氣候模擬與氣候變遷風險地圖繪製，以及災害風險評估報告與調適策略。水利署則是針對水源設施進行脆弱度調查，研究氣候變遷影響下可能最大降雨、流量的改變，並研擬水源設施脆弱度盤查方法。

● 坡地崩塌

本場次邀請地調所、港研中心、建研所及林務局來發表相關研究成果：地調所針對大規模潛在山崩地區建立活動性監測系統以及活動性預測機制。港研中心研

發易致災路段管制技術以及監測預警系統，並將成果建置於 web GIS 上。建研所則是根據現地資料進行模擬分析，透過山坡地住宅社區鄰近自然邊坡量化安全檢查表，訂立危險度分級標準。林務局則針對國有林地產製林區淺層崩塌風險地圖。

● 旱象與水資源

因應近年水旱災頻仍，由水利署、國網中心及災防中心進行相關研究，成果如下：水利署方面持續研發人工增雨技術；國網中心則進行水庫水資源預測及調配模擬之技術發展介紹，並建立降雨長期模擬機制並發展水庫入庫流量推估模式及參數律定；災防中心建立乾旱監測預警概念模式，確立降雨監測指標，以及推廣應科方案之災害管理資訊研發應用平台。



圖 15 旱象及水資源課題發表

● 地震課題

本場次由氣象局、科技部、國震中心及地調所發表相關研究成果：氣象局利用台灣地區地震紀錄探討震後不同時間點之地震規模的情形，藉此找尋最佳的評估方法；科技部方面則為建立台灣發震構造資料庫、歷史地震彙整以及台灣地區地震危害度評估；國震中心在震前協助研擬地震風險管理對策及開發地震早期損失評估技術，並針對風險暴露資料進行統整及發展行動裝置之網路地理資訊系統。另一項成果則為校舍耐震評估補強服務，將現地普查資料建置於「校舍耐震評估及補強資料庫」；地調所則針對斷層潛勢分析與評估部分進行研究，進行大地測量資料、斷層潛勢、井下應變儀資料、地球化學觀測資料及整合觀測資料等分析。

● 防災資訊

本場次由海研中心、太空中心、地政司、國土測繪中心及氣象局發表相關研究，簡列如下：海研中心主要課題為因應防救災需求而建置之近海環境動態變化資料庫，並

確立海圖數位化流程及建立海象模擬及預測服務平台；太空中心為提供國內外衛星遙測資料於救災群眾資訊應用，並參與區域救災組織 Sentinel Asia；地政司探討空載光達點雲密度對林下道路萃取之影響。國土測繪中心發展無人飛行載具航拍技術及通用版電子地圖，已利用無人飛行載具完成 30,900 公頃航拍、氣象局則整合防災氣象資訊，小區域防災資訊精細度達鄉鎮尺度。並提供在地天氣指標、風險評估量化指標、颱風豪雨風險指標及航線天氣預報。

● 關鍵設施

本場次由建研所及港研中心進行發表成果，說明如下：建研所檢視國內自 921 震災以來建築物耐震設計規範之修訂，研提規範後續因應與修訂策略；港研中心透過相關模式、風險評估擬建置群橋生命週期維護策略最佳化模式。另一方面針對設施建物巡查與檢測作業，建立港灣構造物維護管理程序與系統。

● 新興議題

防災領域的新興議題部分，則是由消防署、原能會及地調所分享相關研究成果：消防署針對執行災害防救人員傷亡補償檢討與改進，並討論是否須檢討災害防救法第 47 條涵蓋範圍與改善空間；原能會針對核子事故之輻射與緊急處置措施，以及如何進行斷然處置措施為首

要目標；地調所則針對台灣北部陸上及海底之火山活動特徵，進行長期監測及調查研究。

頒獎及閉幕

最後我們邀請到行政院毛治國院長以及科技部徐爵民部長來針對參與災防應科方案有功主管單位及業務單位進行頒獎（如圖 16、圖 17）以及參觀成果主題館（圖 18）。

行政院毛治國院長（圖 19）在閉幕致詞中指出，災害防救工作在台灣，是在多重天災考驗下所逐漸發展出來一套制度。災害防救工作要做好，可用一個座標系統來解釋：縱軸為時間，第一個重點在於平實的預防及整備，第二個重點為災害調整，即災前、災中及災後有各階段不同課題；橫軸則表示各類不同性質的災害。在這個座標系統裡每一個空格均需填入具體的作法與資訊，而災害防救工作是屬於跨部會性質，沒有任何單一部會能夠獨力完成。台灣的防災系統在多次天災淬練之下，現行跨部會協調機制已可視為一無縫銜接的整體，希望全體同仁在現有基礎上能更為精進。我國所發展出來的防災系統在國際間亦有相當知名度，且多次對外伸出援手，但仍有精進空間，希望大家能持續精進努力。

（相關行政院災害防救應用科技方案成果及資料，請參考下列網址：<http://astdr.colife.org.tw/>）



圖 16 行政院毛院長主管單位頒獎

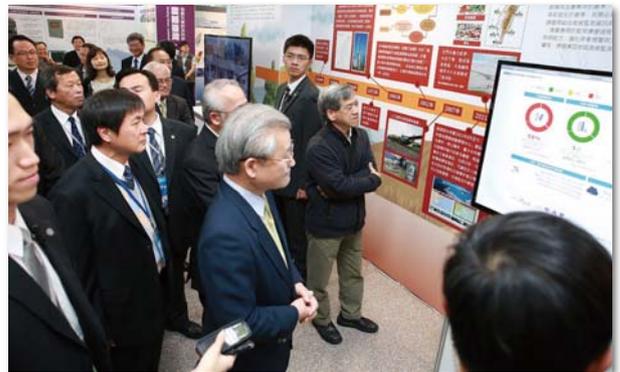


圖 18 行政院毛治國院長、科技部徐爵民部長參觀成果主題館



圖 17 科技部徐部長業務單位頒獎



圖 19 行政院毛治國院長閉幕致詞

大規模崩塌災害防治科技

— 崩塌災害瞭望台

劉哲欣／國家災害防救科技中心副研究員
 吳亭燁／國家災害防救科技中心助理研究員
 張志新／國家災害防救科技中心副研究員
 林聖琪／國家災害防救科技中心助理研究員

摘要

民國 98 年莫拉克颱風，造成當時高雄縣甲仙鄉小林村重大的坡地災害。行政院災害防救應用科技方案課題一「大規模崩塌災害防治科技」，彙整民國 98 年莫拉克風災迄今，各相關單位的重要成果，將其成果展示標題訂為「崩塌災害瞭望台」。「瞭」取其字意為瞭解，為瞭解本期方案課題一最重要的潛勢分析成果；「望」為視之意，故將地調所、水保局、林務局等單位監測分析的部分整理於此；而「台」則彙整課題一的平台建置成果。除此之外，加上課題緣起與範疇、未來重點工作等說明，期望能完整呈現本期應科方案課題一的主要成果。

前言

民國 98 年莫拉克颱風，造成當時高雄縣甲仙鄉小林村（現為高雄市甲仙區小林里）發生大規模崩塌災害，此深層崩塌滑動的土方量超過 2,500 萬立方公尺，且造成土石流、堰塞湖及潰決後的洪水災害等複合型災害，依戶政統計資料為 407 人罹難^[1]，這是莫拉克颱風罹難人數最多的地方，也是臺灣有紀錄以來，因降雨引發單一土砂災害造成最多人數遇難之案例^[2,10]。

據此，行政院災害防救應用科技方案（以下簡稱應科方案），將大規模崩塌災害議題納入課題一。本文即彙整莫拉克風災後迄今，參與此課題的主要部會，如行政院災害防救辦公室、行政法人國家災害防救科

技中心、經濟部中央地質調查所、農委會水土保持局、林務局等單位的重要工作成果，以課題緣起、潛勢分析、重點地區監測、課題平台建置與未來工作重點等部分進行說明。

課題緣起與範疇

緣起

大規模崩塌災害課題源於莫拉克風災，由於崩塌災害於災害防救法中無明訂主管機關，因此現階段國內各單位對於崩塌災害的預防、災害應變的措施、災後復原與重建等工作，主要是以第 13 次中央災害防救會報通過之「坡地崩塌防災權責分工表」進行各項工作的權責劃分，以解決環境資源部成立之前，崩塌災害於國內無主管機關的問題。

範疇

在大規模崩塌災害範疇界定方面，建議可依據「大規模崩塌防治推動策略規劃」中，以「災害」的觀點，考量某一災害發生後可能對於大範圍保全對象的影響衝擊，並造成人命傷亡或財產損失之區域。如考量在崩塌或其後續引發如土石流或堰塞湖等複合型災害的範圍內有重大保全對象為原則，並當這些災害發生時可能直接引致保全對象發生大規模災害的觀點。因此廣義的災害類別，不單只有如小林村的深層崩塌災害類型，而是包含淺層崩塌、地滑、堰塞湖及土石流等引致的大規模災害，但最主要還是以崩塌災害為主^[9]。

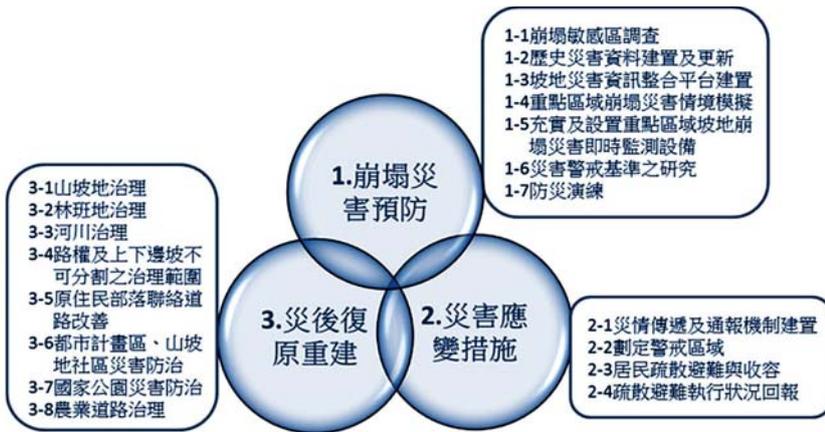


圖 1 坡地崩塌防災權責分類分工架構圖^[10]



圖 2 廣義的大規模崩塌災害範疇示意圖^[11]

崩塌災害瞭望台

本文彙整民國 98 年莫拉克風災迄今，各單位的重要成果，將其成果展示標題訂為「崩塌災害瞭望台」。「瞭」取其字意為瞭解，為瞭解本期課題最重要的潛勢分析成果；「望」為視之意，故將監測分析的部分整理於此；而「台」則彙整課題一的平台建置成果。

「瞭」：瞭解潛勢

中央地質調查所於坡地崩塌防災權責分工，主要負

責「崩塌敏感區調查」的主辦工作，利用「莫拉克與非莫拉克國土保育之地質敏感區調查分析計畫」及「強化坡地環境地質與防災應用」等計畫，進行潛勢地區判釋及重點地區監測等相關工作。在潛勢地區判釋部分，利用光達（LiDAR）數值地形資料、航照影像，輔以既有地質圖之地層與構造資料、合併地形坡向資料進行綜合判釋，對於大規模崩塌潛在地區進行初步分析，提出莫拉克災區（中部、南部及東部）及非莫拉克災區（新北市、桃園市及花蓮縣）受潛在大規模崩塌影響的地區共 585 處，其中 72 處會影響到 60 個聚落的安全，如圖 3 及表 1 所示。^[5-8]

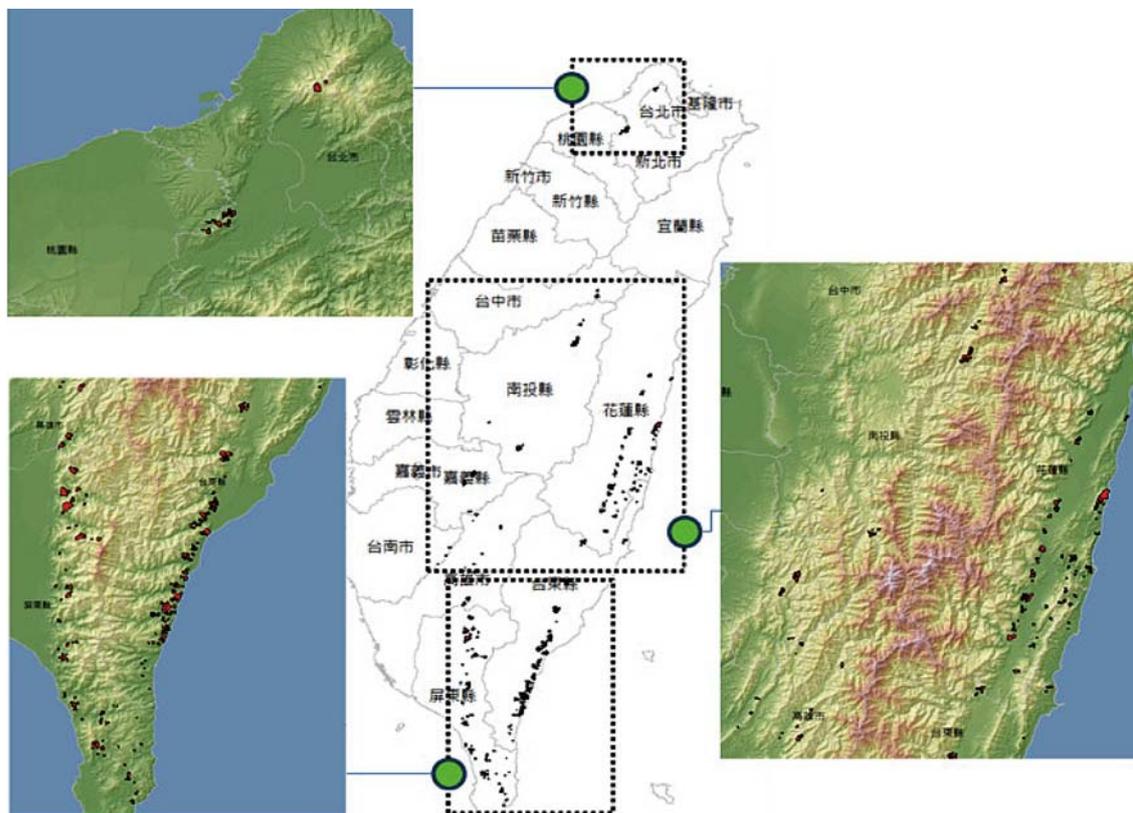


圖 3 莫拉克災區（中部、南部及東部）及非莫拉克災區（新北市、桃園市及花蓮縣）受潛在大規模崩塌影響的地區

表 1 大規模崩塌災害潛勢地區影響安全及聚落統計 (103 年 12 月)

區域名稱	調查縣市	數量	可能對安全有直接影響	鄰近聚落
莫拉克南部災區	嘉義縣 臺南市 高雄市 屏東縣	52	13	11
莫拉克中部災區	台中市 南投縣 嘉義縣	225	27	13
莫拉克東部災區	臺東縣	192	16	18
非莫拉克災區	新北市 桃園市 花蓮縣	116	16	18
總計：		585	72	60



圖 4 地調所大規模崩塌觀測系統介面

「望」：重點地區監測

● 經濟部中央地質調查所

經濟部中央地質調查所於 100 ~ 103 年辦理「大規模潛在山崩機制調查與活動性觀測」計畫，針對曾發生較大範圍崩塌，且鄰近聚落的 20 處地區，完成崩塌機制調查及潛勢評估，並對於其中具有近期崩塌活動徵兆者，進行自動觀測及預警。主要工作內容包括：(1) 大規模潛在山崩機制調查 (2) 潛在山崩地區的自動化觀測系統建置及 (3) 新式山崩觀測技術研發。山崩機制調查包括環境地質調查、地質鑽探調查及各項試驗；潛在山崩地區的自動化觀測系統建置包括雨量計、水壓計、孔內伸縮計、攝影機等儀器安裝及自動化傳輸與展示。

至 102 年底止，已陸續完成苗栗縣十八股、南投馬烈霸、嘉義瑞里與南投廬山溫泉北坡、廬山部落、和雅、翠巒、新北西羅岸、新竹梅花、嘉義太和、科子林、樂野、高雄竹林、二集團、屏東大武、新佳暮、達來、泰武等共 18 處大規模潛在山崩聚落地區之崩塌機制調查及活動性觀測。並於 103 年完成嘉義樣子寮及潮洲湖等 2 處之調查。此外，引進「多點式中變位儀 (SAA)」，研發「無線式地表位移計」及「多段式孔內伸縮計」等山崩觀測新技術，已試用於南投廬山溫泉北坡，進行岩體滑動自動化即時觀測，並獲得良好成效。相關研究及各項調查成果，均已提供相關防災單位，進行山崩防災應用與減災決策之參考，不僅強化國土利用及永續發展，對於聚落安全及產業重建等各方面，具有實質上的助益。

● 農委會水土保持局

水土保持局於坡地崩塌防災權責分工，主要負責「充實及設置重點區域坡地崩塌災害即時監測設備」及「山坡地治理」的主辦工作。在坡地崩塌監測方面，除早期的大梨山地區及九份二山等地區的地滑監測外近年先針對萬山、寶山及來義等多處大規模崩塌潛勢地區嘗試實施監測計畫；規劃監測系統對於計畫區域進行細部調查、監測、破壞機制分析，並建置自動化安全監測系統，即時掌握現地地表及地層變位、地下水位與降雨資料等，以作為防災應變之依據。後續再藉由長時間之觀測成果，或歷經颱風豪大雨事件後，視計畫區域之變化趨勢及崩塌機制，作為修正應變機制之參考，進而得到更為合理與適切的崩塌管理基準值 [3]。

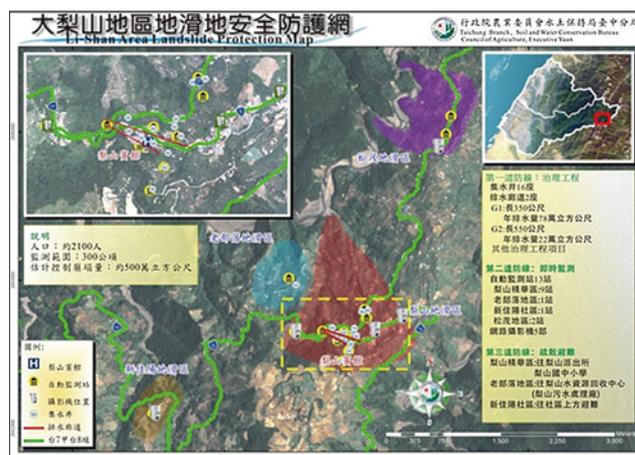


圖 5 水保局大梨山地區地滑地監測安全防護網

● 農委會林務局

林務局主要負責「充實及設置重點區域坡地崩塌災害即時監測設備」及「林班地治理」的工作。除了

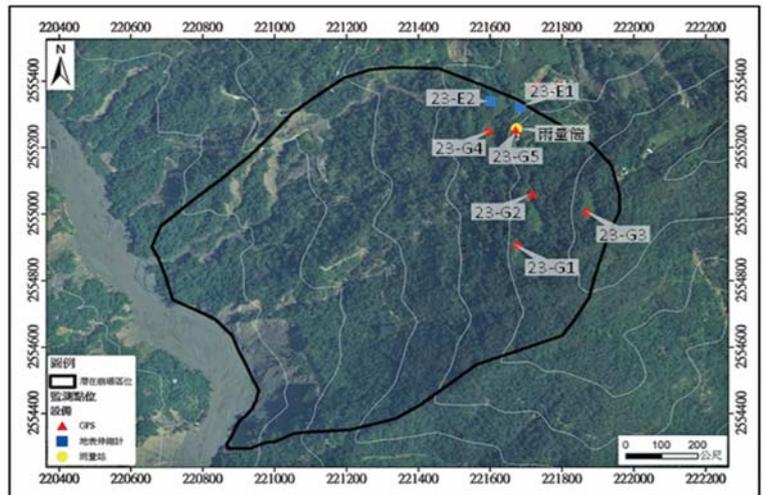
原先針對位於林班地之崩塌地，持續辦理治理工程以及林道維護工作之外，近年來也對於林班地的大規模崩塌地進行監測。以高雄市—桃源區—D346大規模崩塌簡易監測為例（如圖 6），由於大規模崩塌具有崩塌面積廣大，滑動體滑移距離長且常由數處崩塌組合而成之特性，當滑動體尚未完全崩滑前可能已有數十米之滑移現象。為達到有效、簡易、長期性的進行大規模崩塌活動性評估，利用單頻 GPS 設備，布置於適宜安裝儀器重點坡面，進行較長時期的、週期性的觀測作業；崩塌坡面裂隙發育是崩塌活動性的重要指標，且降雨易透過地表裂隙直接入滲到岩盤進到底部滑動面，導致滑動面強度降低，故配合 2 處地表伸縮計直接量測地表裂隙變化；因臺灣地區的地形及氣候特性，降雨隨空間的變異性相當高，為瞭解大規模崩塌較精確的降雨資訊，在崩塌潛勢坡面適當地點設置雨量觀測站，配合前述兩項移動監測資料進行分析，方能完整了解大規模崩塌的移動機制與特性。^[4]

「台」：課題平台

應科方案課題一平台的建置分為 3 個部分，分別為基礎圖資及報告查詢、歷史案例及即時觀監測資訊。在基礎圖資及報告查詢部分，除了各單位於本期應科方案各計畫的成果報告書及「大規模崩塌災害防治行動綱領」全文提供下載外，亦建置了大規模崩塌災害防治不同尺度（全國、集水區及坡面尺度）的階段性成果。

歷史案例部分，則彙整了國內外重大的坡地災害歷史災例，及介接地調所 9 百多處的山崩歷史資料庫。

即時觀監測資訊方面，主要介接地調所 20 處「大規模潛在山崩觀測」現地即時資訊、「豪雨引致山崩之即時動態警戒模式」及水保局「土石流潛勢溪流警戒燈號」等監測資訊，提供颱風應變時的參考。



(a) 監測儀器配置圖



(b) 坡面單頻 GPS 站

(c) 地表伸縮計

圖 6 林務局高雄市—桃源區—D346 大規模崩塌簡易監測



圖 7 應科方案平台課題一首頁

未來工作重點

國家災害防救科技中心為使大規模崩塌災害防治達成平時預防、災時應變、落實管理之推動目標，特別邀集行政院災害防



(a) 國內外重大的坡地災害歷史災例

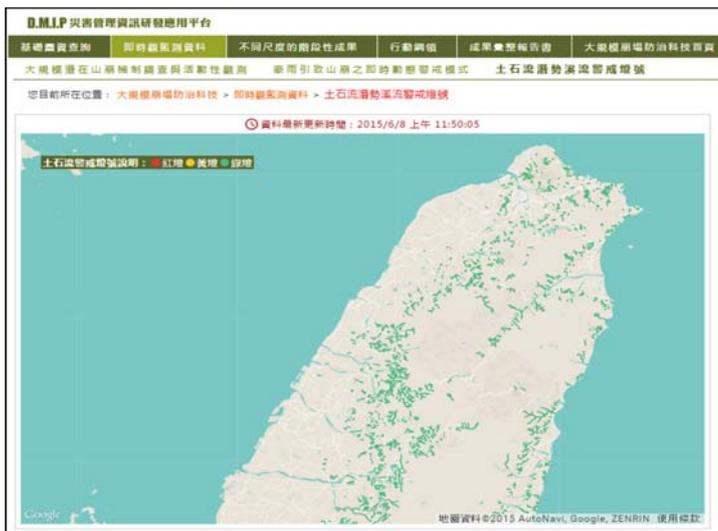


(b) 山崩歷史資料庫

圖 8 課題一歷史案例資料查詢



(a) 地調所 20 處現地即時資訊



(b) 水保局土石流潛勢溪流警戒燈號資訊

圖 9 課題一即時監測燈號資訊

仰賴完整的影響範圍評估，才能達到預期的觀測成果。因此在三大面向中，初期可先進行的部分為面向一、提升災害預防能量及面向三、整合災害管理效能中的部分工作，接著才進入到面向二、建立災害應變措施，及面向三中的部分工作。據此在三十項行動方案中，所相對應之分析尺度及近期可先進行的工作和中長期工作項目，分別如表 2 中的註記所示。而圖 11 則為現階段與下階段重點工作流程。

大規模崩塌災害雖為國內外近年常見的坡地災害類型，卻是一項新興需要開始重視的議題，其對山區聚落、人員、政府公共建設所造成的影響頗為廣泛。雖然目前國內於環資部成立之前，尚無主管機關，但於莫拉克風災後距今已五年餘，相關工作由初期的凝聚共識階段，至各權責單位共同擬定規劃策略，到現在已有多項工作提出階段性成果。這些都是相關單位於短時間內，配合政府整體的規劃，投入一定的經費、時間與人力，所帶來的成果。相信未來經由大家的持續努力，各項工作成果必能更加成熟。



圖 10 行動綱領三大面向及九大策略示意圖

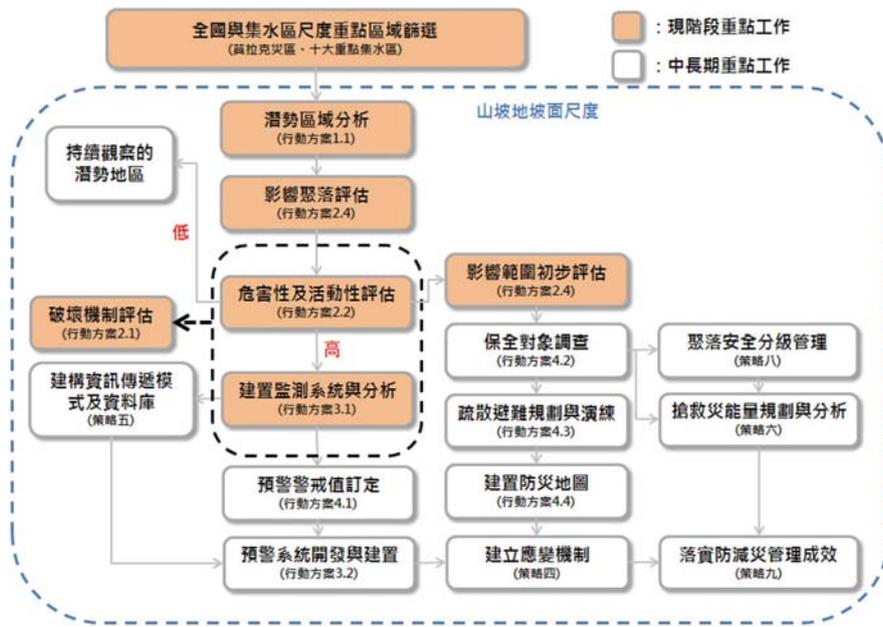


圖 11 現階段與下階段（中、長期）重點工作流程

表 2 大規模崩塌災害防治行動綱領架構表

三大面向	九大策略	三十項行動方案
一、提升災害預防能量	1. 強化潛勢分析技術與資料庫建置	1.1 強化崩塌潛勢調查與評估技術 *
		1.2 複合型災害潛勢區位評估技術 *
		1.3 崩塌災害資料庫建置與更新 *
	2. 建立崩塌機制與影響評估方式	2.1 崩塌機制調查與分析 *
		2.2 崩塌危害性與活動性評估 *
		2.3 複合型災害危害性評估 **
3. 建立多尺度觀（監）測資訊整合方法與應用	2.4 崩塌影響範圍評估 *	
	3.1 崩塌觀（監）測與預警模式最佳化評估 *	
	3.2 預警系統開發與建置 **	
二、建立災害應變措施	4. 建立應變機制	4.1 崩塌預警警戒值設定 **
		4.2 保全對象調查與評估 **
		4.3 疏散避難規劃與演練 *
		4.4 建置防災地圖 **
	5. 建構資訊傳遞模式	5.1 即時監測資訊傳遞 **
		5.2 災情與通報系統建置 **
	6. 搶救災能量規劃與分析	6.1 搶救災技術分析 **
		6.2 救災人員及機具調查與配置 **
三、整合災害管理效能	7. 擬定政策管理依據	6.3 觀光人潮緊急安置規劃 **
		7.1 落實土地保育與管理 **
		7.2 法規競合分析 **
		7.3 資料公開辦法 *
	8. 建立聚落安全分級管理	7.4 遷村與文化保存規劃 **
		8.1 聚落安全調查與分析 *
		8.2 聚落自主及定期檢查 *
	9. 落實防減災管理成效	8.3 加強風險溝通與強化教育訓練 *
		9.1 建成環境調適與規劃 **
		9.2 疏散避難成效評估 **
9.3 減災策略及效益評估 **		
9.4 災後復原重建 **		
9.5 經費與人力的妥適規劃 *		

*：現階段重點工作項目；**：中長期重點工作項目。

參考文獻

- 行政院莫拉克颱風災後重建推動委員會，2012：http://88flood.www.gov.tw/committee_news_detail.php?cn_id=1100。
- 行政法人國家災害防救科技中心，2015，大規模崩塌災害防治行動綱領。
- 行政院農業委員會水土保持局，2014，萬山、寶山及來義潛在大規模崩塌地區監測計畫，大規模崩塌災害論壇暨研發成果研討會，高雄。
- 林慶偉、何岱杰、張維恕、紀再仲，2014，南部重點流域國有林班地大規模崩塌監測案例分析，大規模崩塌災害論壇暨研發成果研討會，高雄。
- 經濟部中央地質調查所，2012，莫拉克災區潛在大規模崩塌地區分析報告，99 年度國土保育之地質敏感區調查分析計畫成果。
- 經濟部中央地質調查所，2013，莫拉克中部災區潛在大規模崩塌地區分析報告，100 年度國土保育之地質敏感區調查分析計畫成果。
- 經濟部中央地質調查所，2013，莫拉克東災區潛在大規模崩塌地區分析報告，101 年度國土保育之地質敏感區調查分析計畫成果。
- 經濟部中央地質調查所，2014，非莫拉克受災地區（新北市、桃園縣、花蓮縣）潛在大規模崩塌地區分析報告，102 年度國土保育之地質敏感區調查分析計畫成果。
- 國家災害防救科技中心，2012，大規模崩塌災害防治推動策略規劃，國家災害防救科技中心技術報告。
- 劉哲欣、張志新、吳亭燁、林聖琪、陳聯光，2015，大規模崩塌災害防治工作推動與階段性成果彙整，國家災害防救科技中心災害防救電子報，第 116 期。
- 劉哲欣、吳亭燁、陳聯光、林聖琪、張志新、林李耀、陳樹群，2013，大規模崩塌災害防治工作推動歷程，國家災害防救科技中心災害防救電子報，第 92 期。

洪水災害防治科技

— 實驗型整合模擬平台

李正國／國家高速網路與計算中心副研究員

張駿暉／國家災害防救科技中心副研究員

魏曉萍／國家災害防救科技中心助理研究員

摘要

每當颱風來襲時，經常在短時間內降下超大量與高降雨強度之豪雨，如此短時間且集中降雨的特性常造成臺灣許多災害，並導致複合性的災害之發生。因此如何即時且有效率地進行淹水預警及雨量預報，讓防災應變人員能即早進行決策判斷，在臺灣是一重要課題。本課題利用監測數據進行即時洪水演算，掌握流域之逕流、水位、淹水、暴潮、沖淤等狀況，藉以提供平時減災與應變預警參考，全面提升洪水災害防治科技水準。平台主要提供三個功能 (1) 未來三日實驗預報 (對象：防災人員，時機：情資研判，產品：判斷未來三天之雨量、水位、淹水可能性)、(2) 歷史洪災境況重演 (對象：研究人員，時機：減災研究，產品：重建歷史洪災境況與歷程，探討歷史災害特性)、(3) 極端條件洪水模擬 (對象：研究人員，時機：風險管理，產品：線上洪水模擬工具，使用者可自定條件進行操作)。

前言

洪水災害除導致相當嚴重之經濟損失外，對於民眾生命安全更是一大威脅，政府長久以來已投入大量的研發能量與治理經費進行水患治理。整體而言，臺灣洪水災害的致災主要原因可分為自然因素及人文經濟社會因素兩類，使得水患之治理成為相當複雜之分工過程。流域從河流源頭、上游、中游、下游至河口，事權跨越中央及地方各級政府主管機關 (經濟

部、環保署、農委會、內政部、財政部及各級地方政府)，各區段所衍生的問題互相關聯且交叉影響。因此，必須以流域為單元先進行各項即時監測資訊的整合，再以流域整合型治理模擬與預報模式模擬流域內各項水情的變化，配合災害風險管理的概念，才能達成完善的流域治理目標。洪水災害防治科技自防災國家型科技計畫與強化方案陸續推行下，至今已累積相當成果，目前正朝向流域整體為考量的跨領域整合規劃，滿足災害防救白皮書、行政院災害防救專家諮詢委員會以及中央災害應變中心等需求，提升洪水災害防治科技。課題二的主要目標，乃是利用監測資料配合模式計算以掌握流域之逕流量、洪水位、全流域河道水位、暴潮、溢堤處流量、淹水區域及局部河道水理與動床沖淤等狀況，並於平時進行減災方案的研擬及颱風期間應變時的災害境況模擬預警，以期能從傳統水患治理提升至全方位之綜合治理。

本課題分為「靜態資訊展示」與「動態即時模擬」兩大平台，靜態平台部分則針對課題規劃歷程、發展流程圖、使用模式與服務對象，進行詳細說明，並提供氣象局、水利署、颱洪中心、NCDR 等部會的成果報告書下載 (圖 1)。動態平台分成「未來三日實驗預報」、「歷史洪災境況重現」及「極端條件洪水模擬」三部分。「未來三日實驗預報」經由氣象局未來三日雨量預報，模擬淹水與河道水位警戒，提供災時參考相關資訊。「歷史洪災境況重現」整理歷史洪災事件造成的損失與重點災害，且針對歷史洪災事件重現淹水境況。「極端條件洪水模擬」提供使用者自行輸入時間、事件及模式，進行立即模擬。



圖 1 課題二平台靜態資訊展示

課題二平台的首頁如圖 2 所示，連接網址為 <http://140.110.27.125/flood/index.aspx>。該首頁簡潔清楚地說明了本課題的定位、目標與未來三日實驗預報、歷史洪災情況重現、極端條件洪水模擬三大功能及每一個功能使用對象、時機與產品特性。



圖 2 課題二平台首頁圖

未來三日實驗預報

本功能如圖 3 所示由左而右分為三個子功能 (1) 過去與未來三日累積雨量、(2) 未來 1、3、6 小時淹水警戒 (3) 臺灣主要河流未來 72 小時最高水位模擬運算結果。



圖 3 未來三日實驗預報

過去與未來三日雨量之展示

該功能展示未來與過去三日雨量，未來三日累積雨量使用為定量降水預報 (Quantitative Precipitation Forecasts ; QPF)，其資料來源為颱洪中心 [6]。過去三日累積雨量使用為劇烈天氣監測系統 (Quantitative Precipitation Estimation and Segregation Using Multiple Sensor ; QPESUMS)，其資料來源為氣象局 [4]，如圖 4 所示。

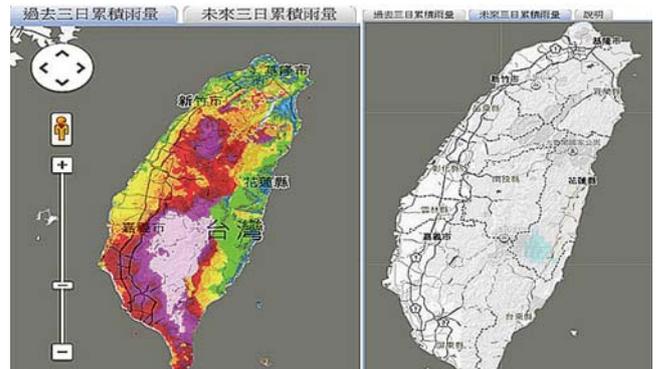


圖 4 過去與未來三日雨量之展示

預報未來 1、3、6 小時之淹水鄉鎮

使用定量降水預報 (Quantitative Precipitation Forecasts ; QPF) 所預報之未來三日雨量結合水利署所提供 1、3、6 小時之淹水警戒值，標示出未來淹水鄉鎮，示意圖如圖 5，水利署淹水警戒定義如下：

- 一級警戒：發布淹水警戒之鄉 (鎮、市、區) 如持續降雨，其轄內易淹水村里有 70% 機率已開始積淹水。
- 二級警戒：發布淹水警戒之鄉 (鎮、市、區) 如持續降雨，其轄內易淹水村里有 70% 機率三小時內開始積淹水。

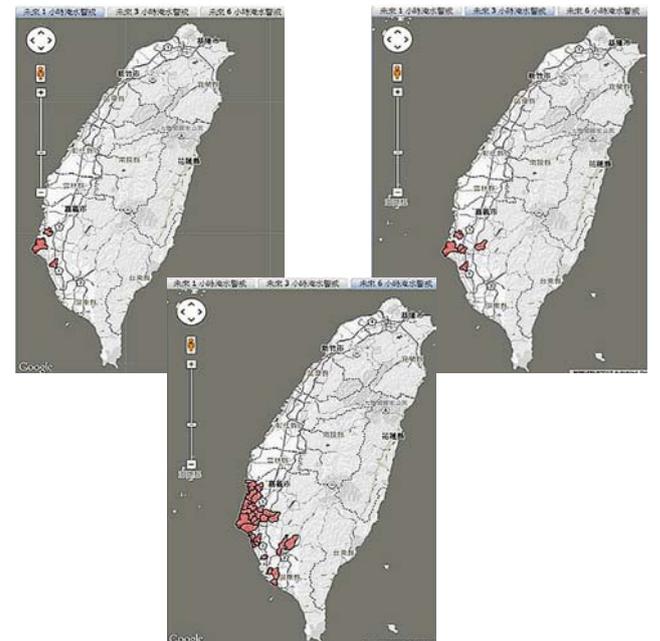


圖 5 預報未來 1、3、6 小時淹水之展示

河道未來 72 小時最高水位模擬結果

目前已經完成中港溪、宜蘭河與高屏溪三個流域^[1,3] (圖 6) 內河道各斷面未來 78 小時水位變化，蒐集研究區域內的雨量、水位、潮位、土地利用、數值地形高程、淹水歷程、淹水範圍、衛星圖層、及集水區範圍等資料，以供模式模擬。結合颱風中心產生的雨量預報資料，每日 4 次，每次約 20 組實驗結果，於研究區域內進行河道演算模擬。



圖 6 預報未來 1、3、6 小時淹水之展示中港溪、宜蘭河與高屏溪三個流域

圖 7 最右邊圖示中台灣左上角紅色區塊為中港溪流域，首先點選中港溪流域後，如圖 7 所示畫面展示中港溪流域 125 個河道斷面未來 78 小時水位變化，模擬結果每 6 小時更新一次，由於一次展示 20 組模擬結果畫面過於複雜，會使相關人員不易參考，故取 20 組模擬結果中每個斷面的最大值進行展示，圖中亦提供潰堤高度 (左、右岸高程取最低點) 資訊。

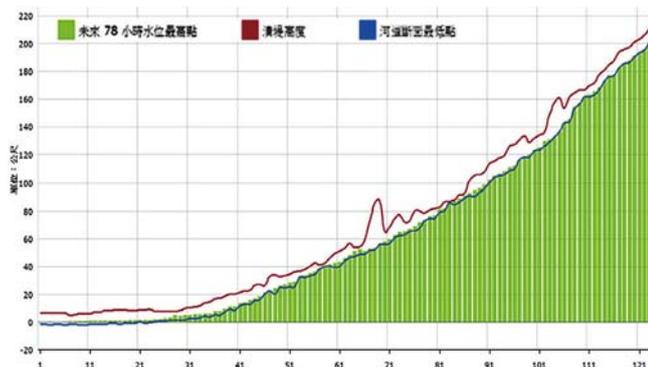


圖 7 中港溪流域 125 個河道斷面未來 78 小時水位變化模擬

歷史洪災境況重演

本功能細分為三個主要子功能：(1) 統計數據、(2) 災害回顧 (3) 情境重現。

統計數據

如圖 8 所示收集自 1963 年的葛樂禮颱風到 2013 年的康芮颱風造成台灣地區的死亡、失蹤人數以及農林漁牧損失 (億元)，其資料來源為氣象局與消防署^[5]。

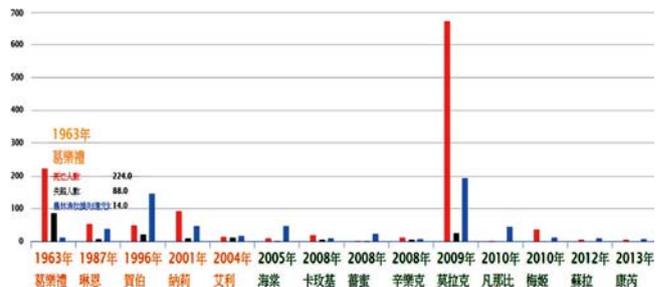


圖 8 1963 - 2013 年間颱風造成的死亡 / 失蹤人數以及農林漁牧損失土資料 (單位億元)

災害回顧

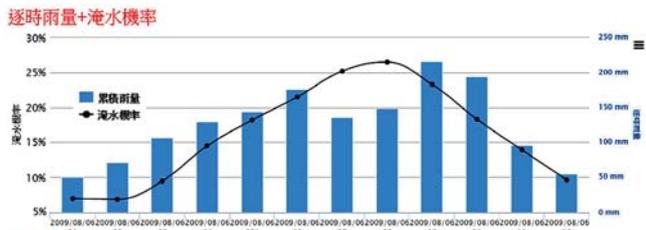
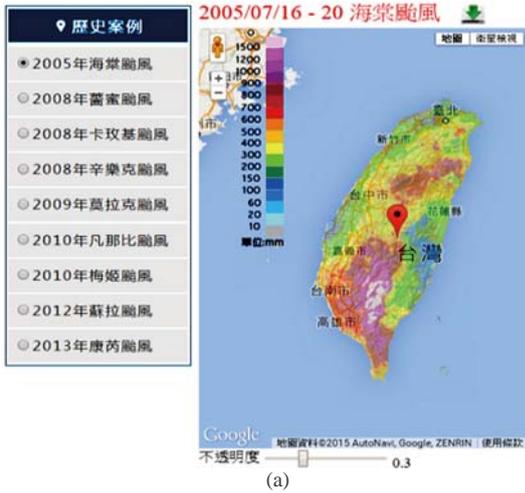
如圖 9 所示依據地區收集自 2004 年的敏督利颱風到 2013 年的潭美颱風造成的重點災情，其中包含颱風路徑、災害地區等，如圖 9(a) 為敏督利颱風在台中造成的重點災情，圖 9(b) 為潭美颱風在桃園造成的重點災情。



圖 9 歷史颱風災害回顧

情境重現

網頁展示如圖 10 所示，10(a) 以 Google Map 展示颱風累積雨量，使用者用滑鼠設定查詢位置，10(b) 展示該座標點在該颱風事件期間每一小時的逐時雨量與過去 24 小時的累積雨量以及淹水機率 [2]。



雨量資料說明：
使用為災防中心產製之整合估計降雨(KRID)資料
操作說明：
左圖顯示該颱風事件之累積雨量，請移動地圖上指標如看不清楚可以調整左圖下方不透明度，就可以看到該地點在該歷史颱風事件之淹水機率。

圖 10 歷史颱風淹水機率情境重現

極端條件洪水模擬

極端條件洪水模擬使用對象為研究人員，使用時機為風險管理，提供使用者自行輸入時間、事件及模式，進行立即模擬（網頁如圖 11），模擬步驟首先選取模擬事件開始與結束時間，若使用者選擇為未來時間雨量使用為定量降水預報（QPF），其資料來源為颱風中心；若選擇過去時間雨量使用為劇烈天氣監測系統（QPESUMS），其資料來源為氣象局，第二步驟選擇運算模式其中包含淹水機率模式、一維河道與二維淹水深度。模擬結果在淹水機率模式為整場雨量事件全台灣的淹水機率；一維河道：為整場雨量事件中港溪與高屏溪河道超越警戒水位；二維淹水深度為整場雨量事件新北市淹水深度。



圖 11 歷史颱風淹水機率情境重現

結論與討論

本課題分為「動態即時模擬」與「靜態資訊展示」兩大平台，前者串接不同研究單位模式，整合國內研發單位成果，利用監測與預報數據進行即時洪水運算，掌握流域之逕流、淹水、水位、潮位等狀況，銜接上、中、下游氣象與水文資料，即時進行淹水與水位模擬與預報，提供研究人員進行洪災預判。後者彙整歷年防洪減災相關部會之計畫成果，提供防災單位未來減災規劃參考。該平台使用的資料來源包括氣象局、災防科技中心、水利署，服務對象為防救災人員、學界與一般民眾，皆可利用平板電腦、NB，透過可以上網的環境，判定某場降雨造成該區域之淹水深度、面積、機率，提供平時減災與應變預警參考，全面提升洪水災害防救科技水準。

目前平台為初步完成中，資料與模式還需使用後才能測試其穩定性，目前穩定模擬的模式有限，但是防災需求面漸增趨勢下，未來如有新產製或研發的模式建議可以加入該平台，建立更多可以落實應用的防災科技。

參考文獻

- 賴進松 (2000)「台北都會區淹水區域預測之研究：三重蘆洲及新莊樹林研究區域」，國立台灣大學水工諮詢所，研究報告第 366 號。
- 張駿暉等，(2008)，「淹水機率模式於預警之應用」，第十七屆水利工程研討會。
- Yeh, G.T., Huang, G.B., Zhang, F., Cheng, H.P. and Lin, H.C. (2006), WASH123D: A numerical model of flow, thermal transport, and salinity, sediment, and water quality transport in WATERShed Systems of 1-D Stream-River Network, 2-D Overland Regime, and 3-D Subsurface Media, A Technical Rep. Submitted To EPA. Dept. of Civil and Environmental Engineering, Univ. of Central Florida, Orlando, FL。
- 氣象局：<http://www.cwb.gov.tw/>
- 內政部消防署：<http://www.nfa.gov.tw/>
- 颱風洪水研究中心：<http://www.ttfri.narl.org.tw/>

氣候變遷之災害衝擊與調適

— 面對未來的災害風險

陳韻如／國家災害防救科技中心副研究員

林欣靜／國家電腦高速網路計算中心助理工程師

黃熾蓁／國家災害防救科技中心專案佐理研究員

陳永明／國家災害防救科技中心副研究員

摘要

近年來全球受到氣候變遷的衝擊影響，使得高降雨強度、高颱風頻率，以及劇烈乾旱程度等極端氣候事件之頻率增加，造成了各地災害等事件層出不窮，不僅對臺灣國土環境的破壞造成了威脅，也使得人民生命財產的損失風險提高。應科方案課題三「氣候變遷之災害衝擊與調適」，希望藉由整合國內氣候變遷推估資料與災害風險評估技術，進而推動災害風險評估與調適政策，降低氣候變遷所導致之災害風險，強化整體防救災調適能力。本文中介紹目前國內產製之氣候變遷情境的資料，與未來氣候變遷衝擊下氣候因子（降雨、溫度）變化趨勢，與利用氣候情境資料評估全台淹水、海岸、乾旱與坡地災害風險圖，以及國內部會應用共同的情境資料所分析的災害衝擊評估結果。藉由瞭解臺灣災害之高風險區域與環境脆弱度高之區域，以作為未來國家安全與調適策略制定時的參考。

前言

聯合國於 1988 設立「政府間氣候變化綱要公約談判委員會」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)，並於並於 1990 年公布 IPCC 第一次氣候變遷評估報告 (First Assessment Report, FAR) 以 1992 年通過「聯合國氣候變遷綱要公約」(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，氣候變遷議題便受到國際間的重視，不僅針對溫室氣體管制與減量提出具體目標之外，亦開始針對氣候變遷可能造成的衝擊進行評估。在 1996 年 IPCC 公布第二次氣候變遷評估報告 (Second Assessment Report, SAR)，對京都議定書

協議內容產生重大影響。國內在 1990 ~ 2000 年間國科會（現名為科技部）氣候變遷相關研究計畫，以補助個人型申請計畫為主，領域則是以氣候變遷與大氣與水文農業議題相關為主。

2001 年至 2009 年期間，IPCC 於 2001 年公布第三次氣候變遷評估報告 (Third Assessment Report, TAR)，聚焦於衝擊的問題，並強調調適的重要性。加上國內外極端事件發生頻率增加，國內開始重視極端氣候對各領域衝擊，科技部與部會便開使進行相關氣候變遷衝擊評估計畫。2006 年國科會執行三前期之整合型計畫「氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究」，由國內氣象、淹水災害、土砂災害、水資源與社經風險評估等專家學者，共同評估氣候變遷可能的衝擊。由於當時國內尚欠缺台灣地區的氣候變遷情境資料，多數以假設情境與鄰近點的大尺度的氣候環流模式 (GCM) 進行未來氣候情境評估。2007 年 IPCC 發佈第四次氣候變遷評估報告 (Fourth Assessment Report, AR4)，針對後京都議定書時代，提出增溫控制在 2°C 的終極目標。國內行政院「強化災害防救科技研發與落實運作方案」，開始納入氣候變遷議題，整合國內學術與部會相關氣候變遷衝擊評估的研究。2008 年規劃第八次全國科技會議議題，於次年年初通過「制定國家調適政策綱領」。國內部會署開始著重於風險評估與調適策略等氣候變遷科研課題。

2009 年國科會開始規劃大型防災計畫，執行三大整合型計畫，包含發展台灣大氣環流模式、提供台灣氣候變遷情境資料、脆弱度與調適評估衝擊等，分別是「氣候變遷聯盟」(Consortium for Climate Change Study, CCLiCS，

科技部，2011)、「台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform, TCCIP, 科技部，2010)、「臺灣氣候變遷調適科技整合研究計畫」(Taiwan Climate Adaptation Knowledge Platform, TaiCCAT, 科技部，2011)。藉由整合型計畫提供共同台灣氣候變遷情境資料，並與部會合作，將各項資料落實於各部會氣候變遷研究計畫。國內部會署出版重要氣候變遷報告，包含行政院經濟建設委員會(2012)之「台灣氣候變遷調適政策綱領與行動方案」與科技部之台灣氣候變遷科學報告「許昆雄、吳宜昭、周佳、陳正達、陳永明、盧孟明，2011」。將調適策略議題開始從國家層級落實到地方政府，並對於國內過去氣候特性與未來氣候的趨勢，有更進一步科學證據與瞭解。

2010年至2014年期間，行政院災害防救應用科技方案(以下簡稱應科方案)，將氣候變遷災害衝擊與調適納入課題三，希望藉由不同面向整合氣候變遷評估工作，在科技面上建立較新的氣候變遷推估資料，以及災害風險評估技術，因應氣候變遷之不確定性與災害風險，優先推動科學整合評估工作，在工程開發面上，針對氣候變遷之可能災害衝擊，進行工程建設與開發政策檢討，在政策面上藉由政策整合與推動災害風險評估與調適政策，降低氣候變遷所導致之災害風險，強化整體防救災調適能力。應科方案中主要參與氣候變遷課題的主要部會，包含行政院災害防救辦公室、經濟部水利署、交通部氣象局、農委會水土保持局、內政部建築研究所、國研院科技政策研究中心、行政法人國家災害防救科技中心等單位。下文中將說明此課題里程碑規劃與目前各項重要成果進行說明，包含氣候情境資料、災害衝擊分析與災害風險圖等。

氣候變遷議題發展里程

應科方案中氣候變遷課題規劃，希望藉由各部會與研究單位的協助，整合國內各項研究能量，其研發技術里程碑如圖1。發展技術內容第一階段為氣候變遷的推估，工作內容包含歷史資料與全球氣候變遷推估資料蒐整，以及區域氣候變遷推估資料產製，工作目標則以建立氣候變遷災害衝擊與推估資料，此部分工作主要由科技部 TCCIP 整合型計畫與氣象局共同協助完成，包含歷史觀測趨勢與未來氣候變遷情境資料產製。

第二階段工作為災害衝擊分析，工作內容主要包含氣候變遷災害衝擊研究、氣候與環境變遷之災害風險評估技術的建立以及複合型與極端災害衝擊之研究，工

作目標為建立氣候變遷災害衝擊之關鍵技術，此部分工作主要由水利署、水保局、災防中心等協助完成淹水災害、水資源、土砂災害衝擊評估與災害風險圖。

第三階段為調適科技與策略之擬訂，工作內容主要為氣候變遷防災調適科技研究、氣候變遷防災調適政策與災害管理研究以及氣候變遷防災國土規劃策略研究，工作目標為建構氣候變遷調適科技與防災調適策略能力。此工作由科技部 TACCITA (2011) 整合型計畫提出調適評估方式，以及水利署針對防洪、海岸等區域提出相關防災調適策略。

氣候變遷情境資料

歷史觀測氣候趨勢

行政院國家科學委員會(2011)之台灣氣候變遷科學報告利用六個百年測站(臺北、臺中、臺南、恆春、臺東、花蓮)資料評估臺灣平地年均溫百年變遷趨勢，圖2顯示台灣暖化現象十分明顯，平地年平均溫度在1911年至2009年期間上升了1.4°C，增溫速率相當於每10年上升0.14°C，較全球平均值高(每10年上升0.074°C)。臺灣近30年(1980~2009)氣溫的增加明顯加快，每10年的上升幅度為0.29°C，幾乎是百年趨勢值的兩倍，與IPCC第四次評估報告結論一致。近30年台灣的西岸的測站增溫趨勢明顯高於東岸的測站。在季節特性方面，百年變化以秋季溫度的暖化幅度最大，但近30年的變化以冬季的增溫最為明顯。高溫日數變化呈現增加的趨勢，以台北增加幅度最大，約為每10年增加1.4天，近50年與30年的極端高溫日數分別增加為每10年2天與4天。

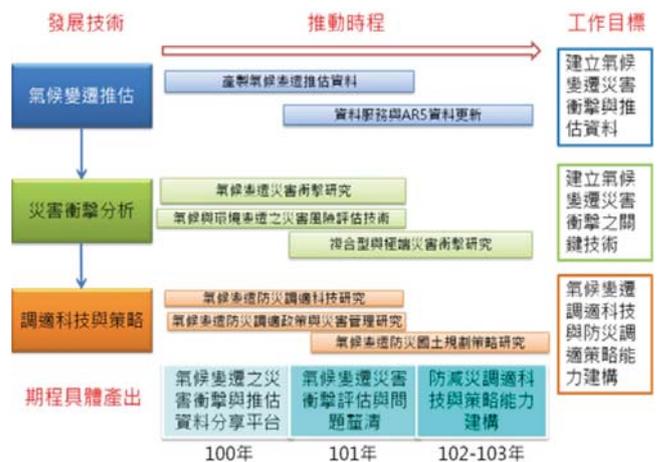


圖1 氣候變遷課題之里程碑圖(100~103年)

分析百年觀測降雨資料，顯示台灣在總降雨日數的變化趨勢方面，在 100 年、50 年與 30 年的紀錄中，其變化都有明顯下降趨勢，100 年的趨勢為每 10 年減少 4 天，30 年則增至每 10 年減少 6 天。台灣的大豪雨日（日雨量大於 200 mm）在近 50 年和近 30 年有明顯增多的趨勢，存在著大約 50 ~ 60 年週期的年代際變化現象，如圖 3 所示。台灣小雨日數則大幅度減少，百年趨勢為每 10 年減少 2 天，近 30 年增加為每 10 年減少 4 天（行政院國家科學委員會，2011）。

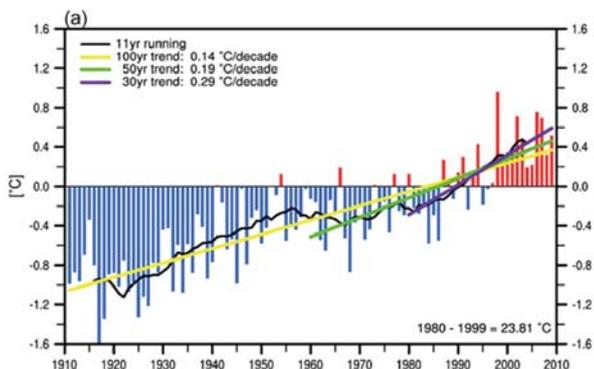


圖 2 歷史溫度變化趨勢（行政院國家科學委員會，2011）

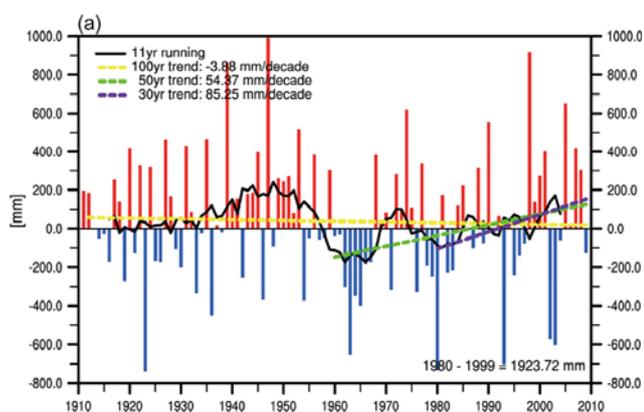


圖 3 歷史降雨變化趨勢（行政院國家科學委員會，2011）

高解析度的情境資料

過去台灣使用的氣候情境資料，多以 IPCC 提供的 200 ~ 300 km 的解析度資料，進行衝擊評估。由於解析度過粗，於台灣周圍只有少數幾個的網格點資料，無法直接應用於流域集水區或是都會地區衝擊評估，藉由台灣氣候變遷情境推估資料，精進了空間解析度，如圖 4 所示，從原本的 300 km 的解析度，提升到 25 km 與 5 km，可以看到更細緻的降雨與溫度的空間變化。

氣候情境資料的提供包含了動力降尺度與統計降尺度資料，動力降尺度資料目前只有單一日本 MRI 模

式，而統計降尺度資料為 IPCC 提供的所有大氣環流模式下的 5 km 解析度的氣候資料。針對不同的災害衝擊評估應用，可提供不同的氣候情境資料。

藉由應科方案的整合，部會署不僅可應用高解析度的氣候情境資料，且可整合採用相同的排放情境資料，進行災害衝擊分析。

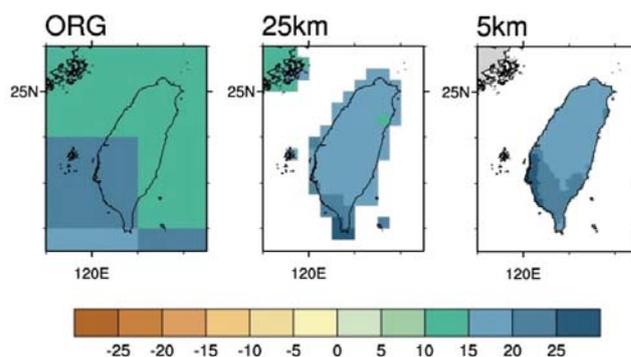


圖 4 氣候變遷情境資料解析度的精進

未來氣候變遷趨勢

根據 IPCC 最新的氣候情境第五次評估報告（Fifth Assessment Report, AR5），經過統計降尺度後，在未來最嚴峻的暖化情境下（Representative Concentration Pathways 8.5, RCP8.5），在近未來與世紀末期間，溫度與降雨的中位數空間分布變化如圖 5 與圖 6。

圖 5 顯示 RCP8.5 模式推估全台的溫度變化量，近未來期間溫度增加約 0.5°C ~ 1°C，到世紀末期間溫度主要是介於 2.75°C ~ 3.75°C 之間，臺灣西北部的變化比東南部推估的範圍更大。

臺灣地區降雨之變化率如圖 6 所示，近未來期間降雨改變率變化不大，到世紀末期間降雨改變率以中南部的降雨量明顯增多的趨勢。臺灣地區春、冬兩季在未來發展中會呈現越來越乾的趨勢，而夏、秋兩季則會越來

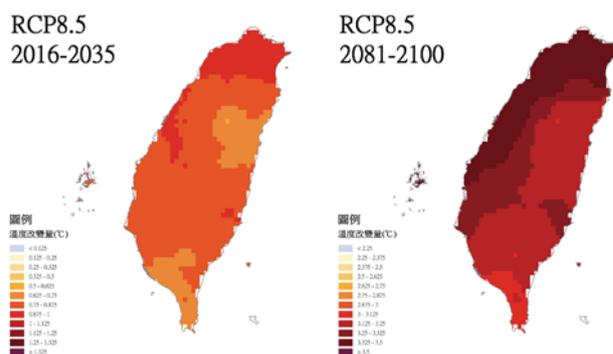


圖 5 近未來與世紀末未來溫度增加量（RCP8.5）

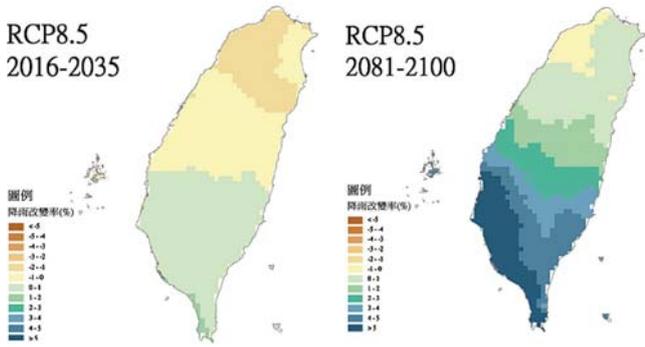


圖 6 近未來與世紀末下未來降雨改變率 (RCP8.5)

越濕。RCP8.5 情境的推估結果中，顯示春、夏與冬三季的全臺分布狀況差異不大，僅有秋季的空間分布上差異較為明顯，呈現臺灣西部與南部降雨變化率最多（變化率在 5 ~ 10%），其次是中部與北部（變化率為 0 ~ 5%），最少的是東北部地區（0 ~ -5% 左右）。

氣候變遷下災害衝擊

國內部會署針對氣候變遷議題所評估的災害衝擊成果，包含流域防洪、土砂災害衝擊、海堤、水資源衝擊與坡地災害等，相關成果說明如下。

氣候變遷對水文情境評估

經濟部水利署針對臺灣地區常見之四種降雨類型，進行分析其不同類型降雨事件的發生頻率與降雨量之統計特性，完成 83 個雨量站中氣候變遷下時降雨序列模擬資料、頻率分析結果與設計雨型資料雨量情境資料分析，圖 7 為全臺灣之重現期距 100 年降雨延時 24 小時設計雨量區域分析圖。北部地區 100 年重現期距 24 小時降雨延時的设计雨量變化率約為 -7 ~ 84%；中部地區的變化幅度約 -1 ~ 33% 的情形；南部地區之增加幅度約為 0.4 ~ 34%；東部地區之設計雨量變化幅度為 -1 ~ 13%。整體來說，未來氣候變遷下重現期距 100 年降雨延時 24 小時的设计雨量，統計降尺度的設計雨量有增加的趨勢。

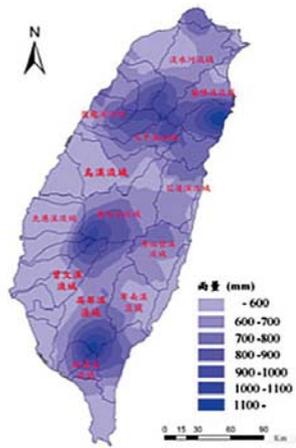


圖 7 氣候變遷下 100 年頻率年 24 小時設計雨量空間分佈圖 (資料來源：經濟部水利署 (2013))

氣候變遷對流域防洪與土砂災害影響

經濟部水利署規劃試驗所 (2013) 針對淡水河、大甲溪、曾文溪、高屏溪、濁水溪等流域進行評估，完成整合應用水文環境變化、衝擊評估、脆弱度及風險評估等成果。檢討氣候變遷下水文環境特性之變化，評估對防洪標準與設施之衝擊，與相關土砂環境特性之改變對水利事業之衝擊，繪製風險地圖，檢討現行預警系統並提出建議，並研擬水土災害處理對策及其行動調適策略方案。圖 8 為評估近未來期間四大流域防洪設施的衝擊情形，其中曾文溪流域的防洪設施的風險相對較高。圖 9 為氣候變遷衝擊下流域土砂的產量推估，則以濁水溪流域之清水溪的推估土砂量最為多。

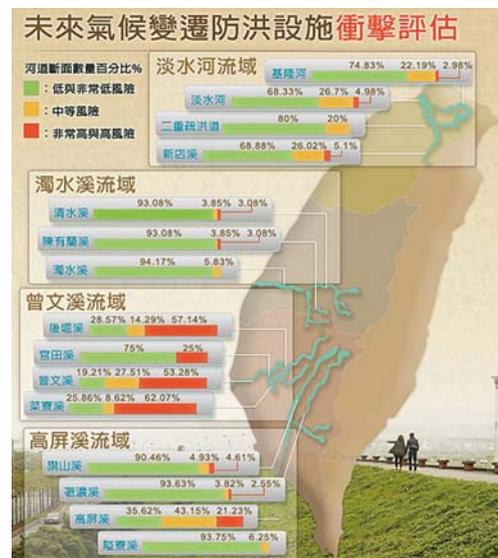


圖 8 氣候變遷下流域防洪設施衝擊評估 (資料來源：水利署)



圖 9 氣候變遷下流域土砂災害衝擊評估 (資料來源：經濟部水利署 (2013))

氣候變遷對海岸災害衝擊

經濟部水利署(2011,2013,2014)評估台灣東北、西北、西南與南部等海域,未來氣候變遷衝擊下海平面上升的衝擊、最大波高增加量與最大暴潮為增加量等,其成果如圖 10 所示。海平面上升以西南的嘉南地區可能的上升量最高約 14.57 cm,且最大暴潮為增加 39%;東北地區的波高增加約 61%。未來台灣東北與西北地區海堤大部分無法抵禦 50 年重現波浪而有溢流安全危機。

提出的海岸災害調適策略可區分為保護性策略、適應性策略以及後撤性策略三類,行動方案則分近程、中程、遠程之建議。中長期調適策略建議包含:(1)強化海平面監測能量、(2)強化海岸防護設施能力、(3)居民後撤與遷離之評估、(4)建立區域性颱風暴潮預警機制、(5)評估複合型海岸災害風險、(6)強化災害警戒資訊公布管道、(7)減緩波浪對海堤之衝擊、(8)強化低漥排水能力、(9)地層下陷防治、(10)控制海岸侵蝕、(11)自然海岸生態維護、(12)整合性海岸地區管理、(13)規劃災害救難計畫、(14)落實防災教育。

氣候變遷對水資源影響

經濟部水利署水利規劃試驗所(2013)以近未來之 A1B 假設最劣情境為例,產製產製全台灣水資源脆弱度、危害度與風險地圖,包含生活、工業及

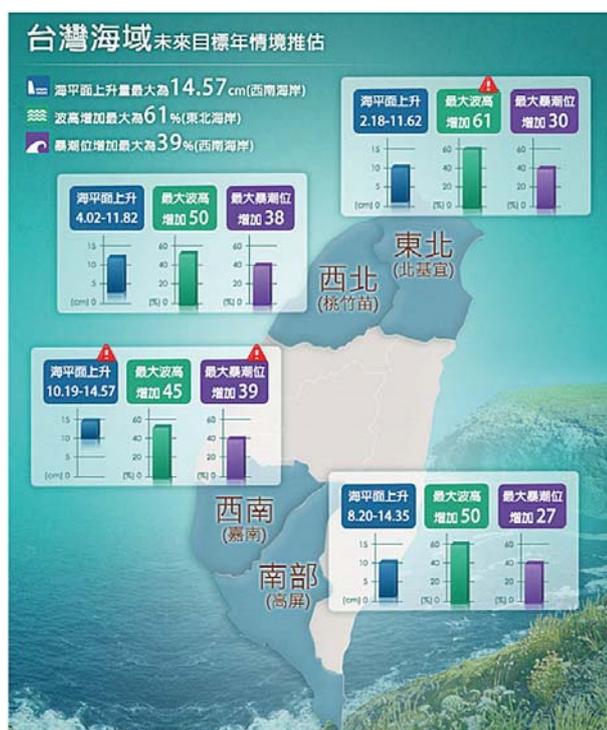


圖 10 氣候變遷下海岸災害衝擊評估
(資料來源:經濟部水利署(2013))

農業用水三個用水之風險地圖,如圖 11 所示。公共用水之高風險區包括:(1)桃園、(2)新竹、(3)彰化、(4)台南以及(5)高雄。以水資源經理基本計畫為基礎,評估民國 120 年(考慮氣候變遷)仍發生供水缺口的地區包括:(1)苗栗、(2)台中、(3)彰化、(4)嘉義、(5)台南、(6)高雄以及(7)屏東。

氣候變遷對崩塌災害發生潛勢影響

行政院農業委員會水土保持局(2013)針對氣候變遷下坡地災害潛勢評估及調適策略制定進行研究,以石門水庫上游及蘭陽溪集水區為例,如圖 12 所示,研究結果顯示高崩塌與土石流災害風險增加比例皆在 75% 以上,未來氣候變遷情境下,全台灣於短期所面臨的為與基期相比多出七成以上的高風險坡地災害。研究中建議未來可先針對坡地災害風險之村里進行現地調查及細部防災規劃,以增加未來因應坡地災害之承受能力。

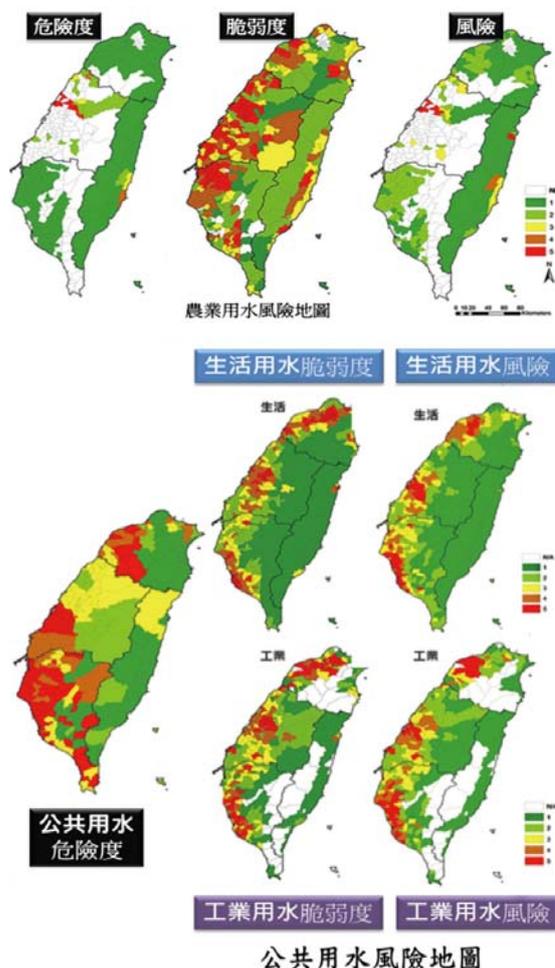


圖 11 氣候變遷下水資源風險圖
(資料來源:經濟部水利署水利規劃試驗所(2013))

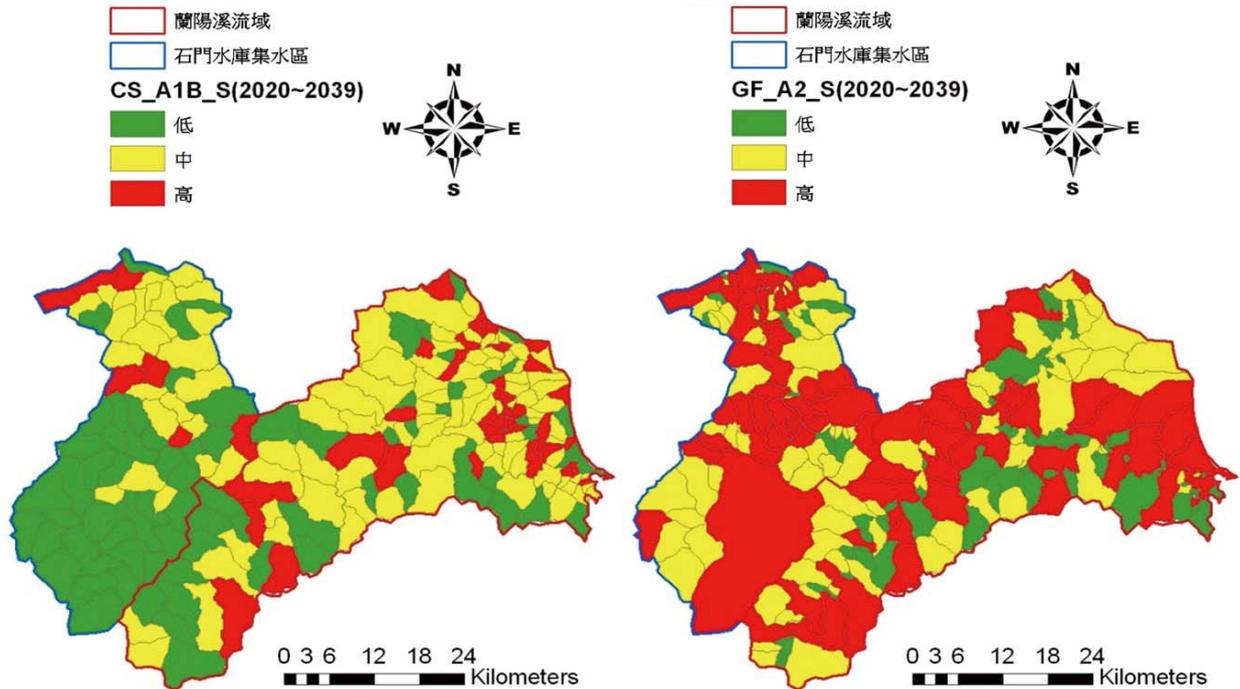


圖 12 石門水庫及蘭陽溪集水區內之 (a) 崩塌及 (b) 土石流災害風險圖成果 (資料來源：政院農業委員會水土保持局，2013)

氣候變遷災害風險圖

國家災害防救科技中心 (2014) 利用 AR4 情境下，日本氣象研究組織 (Meteorological Research Institute, MRI) 之 MRI-AGCM 3.2S 模式之動力降尺度資料，繪製的全台淹水、坡地、海岸與乾旱四種災害風險圖，並將分析成果於應科平台之氣候變遷之災害衝擊與調適議題展示，以提供部會署相關承辦人員查詢未來氣候變遷下高風險區位。氣候變遷議題平台首頁如圖 13 所示，平台提供的功能包含『全台風險圖展示』、『縣市風險圖』、『風險地圖應用』、『圖資說明』、『氣候變遷知識庫』等功能，於下文分別介紹平台各項功能。

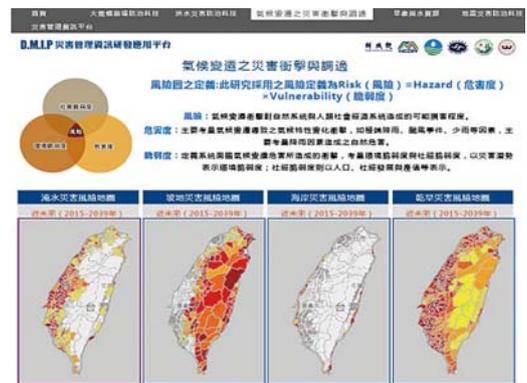


圖 13 氣候變遷災害風險圖展示平台首頁

全台災害風險圖

氣候變遷議題平台首頁，展示氣候變遷下於近未來時期 (2015 ~ 2039 年) 淹水災害、坡地災害、海岸災害與乾旱全台四種災害風險圖，點選圖資畫面便可進入各項災害類別，便可查詢在該項災害下，於基期 (1979 ~ 2005 年)、近未來時期 (2015 ~ 2039 年) 與世紀末 (2075 ~ 2099 年) 時，災害風險區位的變化。以全台坡地災害風險圖為例 (如圖 14)，左側的欄位，可點選風險圖的各項指標，包含危害度指標、環境脆弱度指標與社會脆弱度指標之全台空間分佈。點選圖中的縣市，可進一步查詢各縣市該項災害高風險的原因，藉由不同指標的燈號，可瞭解該項災害的特性。



圖 14 氣候變遷下不同推估期下坡地災害風險圖

縣市風險圖查詢

縣市風險圖查詢是可進一步查詢該縣市，災害風險的變化，以及鄉鎮的各項指標的組合與細部的資料。藉由左下角的下拉選單，可查詢其他縣市的風險區位變化。如圖 15 以點選台南地區為例，可知白河區高脆弱度的指標為社會脆弱度因子所影響，且台南地區坡地災害在世紀末則有明顯加重的趨勢。



圖 15 縣市風險圖查詢 (以台南市坡地災害風險圖為例)

災害風險圖應用

災害風險圖應用主要是提供使用者進行不同指標組合之應用與套疊其他圖資於風險圖等功能。指標組合是提供使用者，未來可針對不同的衝擊對象，進行風險圖套疊，故提供部分指標勾選，以產製不同的風險圖。例如，使用者可選擇不考慮地層下陷指標的情況下的，淹水災害風險圖，或不考慮人口密度下的風險圖，藉由平台的左側選單勾選不同的指標組合，便可產製風險圖成果。另一項風險圖應用，則是提供使用者圖資套疊風險圖之功能，可將相關的圖資與風險圖進行套疊，目前提供省道與聚落分佈之圖資，使用者可瞭解位在高風險區的聚落或省道相對位置，如圖 16 所示。未來將會再新增上傳圖資套疊之功能，以利使用者將不同的圖資與風險圖進行套疊。

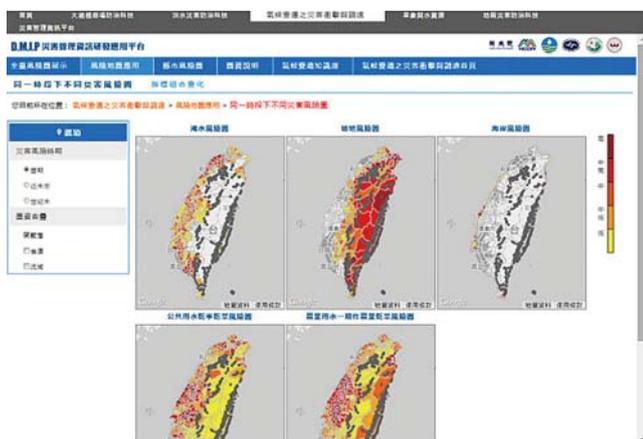


圖 16 風險圖應用—圖資套疊之功能

圖資說明與氣候變遷知識庫功能

平台中之圖資說明，為災害風險圖評估方法與過程說明，藉由 PDF 檔展示的方式，提供使用者查詢各個風險圖，採用的評估方法與各項指標成果。於知識庫查詢功能 (如圖 17)，則是提供常見問答、相關風險圖評估報告書下載與國內外相關網站之連結。

結論與未來展望

應科方案之氣候變遷課題，主要是針對減災作為之規劃，成果包含資料庫、模式庫與管理等，於資料庫方面提供氣候監測資料、台灣氣候變遷降尺度推估資料，模式庫方面則是透過極端氣候下之複合性災害防治、氣候變異對淹水、土砂、海岸、水資源系統等影響，發展災害風險評估技術模式並產製流域災害風險地圖及全國災害風險地圖等災害風險地圖。這些災害風險地圖的資訊，將可進一步以支援管理層面的調適科技及調適策略的規劃，以針對未來氣候變遷下極端天候所導致之災害能達到減災的目的。

氣候變遷推估資料著重於資料服務，目前已分析完成 AR4 與 AR5 情境資料降尺度與特性分析，部會署亦將 AR4 資料應用於災害衝擊評估，未來 AR5 資料可進一步提供部會署相關計畫應用。在災害衝擊方面，水利署完成示範流域的水資源、防洪設施、海岸溢淹以及土砂災害衝擊與風險評估，且災防中心以曾文溪



圖 17 氣候變遷課題平台之常見問答

流域為例，完成氣候變遷衝擊下複合型與極端災害之研究評估。在調適策略方面，部會署的成果，也都將各項災害列出調適選項參考。

全台災害風險圖以全台鄉鎮尺度表示，根據評估結果未來氣候變遷下，在世紀末時期，以彰化、雲林、嘉義與台南地區沿海鄉鎮，淹水、海岸與乾旱災害風險熱點區域較多，需提早規劃並加強防洪與水資源調適策略規劃。而中南部地區之南投、嘉義與台南等地區之山坡地鄉鎮熱點區域較多，在國土利用規劃時，則需避開高風險地區。

目前完成災防應科方案第一期（100 ~ 103年）成果，未來第二期（104 ~ 107年）將以第一期的研發基礎，強化與精進各項氣候變遷議題的成果，將著重於『極端氣候之災害風險評估與調適策略』為主要內容，係將方案前期所建構之氣候降尺度推估模式與氣候變遷情境下災害衝擊與風險評估技術等，因應極端氣候所引致的災害風險，進行評估與研擬調適策略，並推動防災調適教育推廣。

參考文獻

1. 經濟部水利署，2011，強化台灣西南地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫 (2/2)，經濟部水利署計畫成果報告。
2. 經濟部水利署，2013，強化台灣西北及東北地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫 (2/2) 經濟部水利署計畫成果報告。

3. 經濟部水利署，2014，氣候變遷對中部（雲中彰）與花東海岸防護衝擊與調適研究 (1/2)，經濟部水利署計畫成果報告。
4. 經濟部水利署，2013，氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究第2階段管理計畫 (4/4)，經濟部水利署計畫成果報告。
5. 經濟部水利署，2013，氣候變遷水文情境評估研究 (2/2)，經濟部水利署計畫成果報告。
6. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2013，淡水河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫 (2/2)，經濟部水利署水利規劃試驗所計畫成果報告。
7. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2013，濁水河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究，經濟部水利署水利規劃試驗所計畫成果報告。
8. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2013，高屏河流域因應氣候變遷防洪及土砂更新研究計畫，經濟部水利署水利規劃試驗所計畫成果報告。
9. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2013，曾文河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫，經濟部水利署水利規劃試驗所計畫成果報告。
10. 行政院經濟建設委員會，2012，『國家氣候變遷調適政策綱領』，行政院經濟建設委員會委員編。
11. 科技部，2011，氣候變遷研究聯盟研究計畫，中央研究院環境變遷研究中心執行。
12. 科技部，2010，台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫研究計畫，國家災害防救科技中心執行。
13. 科技部，2011，臺灣氣候變遷調適科技知識平台研究計畫，國立中央大學執行。
14. IPCC Report, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml
15. Kitoh, A.; Ose, T.; Kurihara, K.; Kusunoki, S.; Sugi, M., and KAKUSHIN Team-3 Modeling Group, 2009: Projection of changes in future weather extremes using super-high-resolution global and regional atmospheric models in the KAKUSHIN program: Results of preliminary experiments. *Hydrol. Res. Lett.* 3, 49–53.



氣象水文資料於 旱象與水資源監測預警資訊 之應用

朱容練／國家災害防救科技中心副研究員

李正國／國家高速網路計算中心副研究員

劉俊志／國家災害防救科技中心助理研究員

林士堯／國家災害防救科技中心專案研究助理

詹景良／國家高速網路計算中心專案佐理研究員

楊鈞宏／國立清華大學工業工程與工程管理學系博士班研究生

朱吟晨／國家災害防救科技中心專案研究助理

陳永明／國家災害防救科技中心副研究員

林李耀／國家災害防救科技中心研究員

摘要

本文利用各部會氣象水文資料進行旱象與水資源平台建置。平台整合資訊包含各縣市水情、水庫水情、降雨統計量以及多重尺度之氣象預報等氣象水文監測及預警資料。嘗試利用儀錶板的設計概念與視覺化網頁設計技術，將各種水情資訊呈現與平台上並與使用者進行互動。搭配自動化的資料轉譯，幫助非氣象水文專業領域使用者對於水文監測與氣象預測資訊的理解，大幅提高了資訊整合的使用效率。此外，即時累積降雨演算模組的設計，則可提供進階使用者在乾旱應變時作為水資源調度時之參考。

前言

台灣早期，農業是主要的經濟命脈，也是主要的水資源需求產業，台灣受地形影響，大部分地區乾濕季分明，若無水利設施的支援，旱季一來，勢必影響農業的施作。1930年嘉南大圳以及烏山頭水庫的完工，為台灣的農業奠定了良好的基礎。嘉南大圳與烏山頭水庫的完工，為嘉南平原耕作面積增加30倍。1964年石門水庫以及1973年曾文水庫的相繼啟用，更提升了台灣

稻米產量與灌溉效率，也為日後旱象與水資源的科技研發，累積了長期且寶貴的水文觀測紀錄。此外，中央氣象局根據「臺灣地區氣象與水文站網調查規劃」研究結論，自1985年起，分年分區在台灣各地建置蒐集雨量資料的自動雨量站及蒐集溫度、風向、風速、日照（或氣壓）、雨量等資料的自動氣象站，建置初衷，雖然是以加強颱風及豪雨之觀測為主，但相關的長期觀測資料，亦可用來進行水資源議題之應用。

然而，隨著社會人口結構與經濟活動的轉變，水資源的供需對象開始起了變化。降雨一旦偏少，台灣就會出現缺水甚至乾旱的情形，例如2002/2003年的乾旱事件。自此之後，經濟部水利署便著手啟動一系列的技術研發計畫，以因應日趨頻繁的台灣旱象。其中包含了前端的人工增雨技術以及後端應用的套裝式緊急淨水設備研發等，此外，也在乾旱歷史事件收錄及彙整工作上不遺餘力。另一方面，在氣象預報技術上，中央氣象局也自2002年起，啟動「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展」計畫，計畫中發展了「動力統計氣候預報系統」，此系統主要設計是以短期氣候預報為主，主要的預報時間為未來一季。

雖然過去數十年來，許多人已從氣象與水文的角
度，針對水資源進行研究，並已有豐碩成果，但缺乏
氣象水文資訊整合的部分。有鑑於此，本研究即針對
氣象、水文資料於旱象與水資源的應用進行資訊整合
與平台的建置。

本篇文章第一部分為前言，第二部分為設計理論
與資料來源說明，第三部分介紹平台整合內容，最後
則是結論與討論。

設計理論與資料來源

資訊視覺化

水情資料的種類繁多，觀測旱象的指標多元，因
此在目前水情相關組織資訊傳遞及整合的應用上仍存
在進步的空間。當面臨應變時

決策單位必須從各部會署，綜整大量資料再透過
系統進行轉換及分析，在處理大量資料上相當花費時
間，在資料的判讀及正確性的疑慮下，導致水情單位
容易延誤決策時間（蔡孟涵、黃詩閔、康仕仲、賴進
松，2013）。許多研究指出，設計良好的使用者介面可
以增加使用者在使用上的績效，並且可以降低人為失
誤發生的機率（Wickens, 2000; Jou et al., 2009; Hwang et
al., 2009; Ponsa et al., 2011; Salvendy, 2012）。因此為了
使決策者能夠更有效的使用系統監控水情資訊，系統
的介面設計則顯得非常重要。

視覺化圖示是重要的資訊和訊息接收方式。知名
心理學家 Treicher 通過大量的實驗，證明人類接收到的
信息中，83%是經由視覺化的圖示，其餘則是透過表
格，文字獲得。資訊視覺化的技術主要在 1981 年由學
者 Bertin 所提出，透過圖形來吸引人類的感官，提升
大量數據判讀及提升決策檢索效率的圖表。

Highcharts 是一款純 javascript 編寫的圖表庫，能
夠很簡單便捷的在 Web 網站或 Web 應用中添加交互
性的圖表，支援直方圖、曲線圖、面積圖、柱狀圖、
圓餅圖、散點圖等多種圖表，已成功運用在許多表現
視覺性圖表的領域，包括水文及大氣科學領域之應用
（Demir, 2010, Tarboton et al., 2009 and Williams et al.,
2009）。此外，Bruls、Huizing 與 Wijk（2000）開發
的 TreeMaps11、Robertson 等人開發的 Cone Tree 以及
Mackinlay、Robertson 與 Card 得研究等，也都是利用
視覺化方法來呈現資料的網頁設計。反觀國內外相關的

水情系統，雖然有共享水資源的相關數據及資訊（eg,
NOAA River Flood Outlook, UK Environment Agency
Flood Warnings, and USGS Flood Information），但大多
以靜態研究報告為主，在使用者互動的層面相對較少。
因此學者建議，水情資源的監控及資源整合的管理及分
析，透過視覺化技術的呈現，更能有效進行水資源的管
理（Guzzetti and Tonelli, 2004 and Holz et al., 2006）。

在資訊的統整部分，儀表板的設計是一種有效
解決資訊視覺化及空間與時間分布資料互動問題的方式，
透過資料的整理與適當的組織，可發掘資料之間的
關聯性（Andrienko, 2011）。此外，透過儀表板的設
計也更能有效地展示數據之間的關聯性（Hurter et al.,
2012）。將相關水情判讀的資訊呈現於單一介面中，使
用顏色、大小以及形狀來呈現不同屬性資料，並允許
使用者與資訊模組互動，將可有效強化使用者對資料
的認知與資訊的了解（Sorenson, 2002）。

本平台將應用資訊視覺化的技術以及儀表板的呈
現概念進行水情資料的展示。期望能藉由視覺化及以
使用者為中心的設計理念，讓決策者能快速掌握旱象
與水資源的重要訊息。

監測指標

● 水庫基本監測

水庫乾旱基本監測指標部分包括石門水庫水情資
料以及水文乾旱監測。石門水庫水情資料包含入庫旬流
量、水庫水位、農業、民生以及工業計劃需水量與實際
給水量、水庫操作規線、HAV 曲線資料、庫區雨量資
料以及水庫供需分析資料等。水文乾旱監測則包含各旬
之水位歷線、流量歷線以及有效蓄水量歷線等資料。

● 標準降雨指數（Standard Precipitation Index，簡稱 SPI）

乾旱主要源自於非常態性降雨量不足所引起的持
續性災害。而乾旱指標的功用在於提供早期乾旱預警
的指示，以及在乾旱發生時可靠地評估乾旱影響情況
與其未來的發展潛勢，作為緊急乾旱應變措施施行
的重要依據。在「旱災潛勢定義及其分析方法之建立」
水利署委辦計畫中比較各種乾旱指標，以及考慮台灣
地區乾濕季節特性分明，仰賴水庫蓄水以供乾季時民
生、農工業等使用特性後，選用標準化降雨指標（SPI,
standardized precipitation index）為乾旱監測指標。其詳
細過程可參考 McKee et al.（1993）。

● KRID 觀測降雨資料

KRID 資料是為取得無雨量站設置的未知點雨量估計之時間與空間分布情況，由中央氣象局所研發之 QPESUMS 系統雷達估計降雨資料，在林等（2006，2007）之研究顯示，逐時雷達估計降雨資料與地面雨量站觀測資料之相關係數可達到 0.9 以上，惟降雨估計精度仍不足，所以運用雷達／雨量站降雨整合估計技術，以 Chen et al.（2007）所使用之數值內插方法整合雷達估計及測站觀測值，取得更為精確的整合雨量資料作為乾旱發生時的即時雨量監測參考資料。

● 海溫（Sea Surface Temperature；簡稱 SST）

網站海溫監測使用美國 National Oceanic and Atmospheric Administration（NOAA）所提供之 Optimum Interpolation Sea Surface Temperature（OISST）資料。空間解析度上，其涵蓋範圍 89.5°N ~ 89.5°S，0.5°E ~ 359.5°E；資料網格為 1° × 1°。時間解析度上為每週一筆資料，一週的定義為週日至週六。詳細資料內容可參閱 Reynolds et al.（2002）。

預測指標

● 中央氣象局七天預報

資料使用中央氣象局（CWB）官方網頁上開放資料平台提供之「一般天氣預報／七天天氣預報」，該資料編號為「F-C0032-003」。網站呈現 CWB 七天預報資料中全臺各縣市的白天與晚上天氣狀態，並每日統計與更新水庫集水區所在縣市未來一週預測的降雨日數。

● NCEP GEFS 準雙周預報

為研發之「臺灣準雙週預報降雨指標」。資料介接為使用美國 National Centers for Environmental Prediction（NCEP）Global Ensemble Forecast System（GEFS）全球系集預報的 2.5° × 2.5° 網格雨量。網站使用此指標預測未來兩週內，全臺天氣系統通過的可能性與次數，該部分資料每日更新。

● CWB 季長期展望

資料使用 CWB 官方網頁上開放資料平台提供之「長期天氣預報／季長期天氣展望」，該資料編號為「F-A0013-002」。網站呈現未來三個月，臺灣北、中、南、東四大分區的降雨機率預測，以三分法（偏多、正常、偏少）表現，資料每月更新。

旱象與水資源平台

首頁設計如圖 1 所示，利用儀錶板的概念將資料分監測與預報兩部分進行視覺化呈現，系統從氣象局、水利署每日更新的水情監測資料中，自動判斷目前各監測標的（如限水狀況、水庫水情、聖嬰現象、全台月降雨、SPI 等）變化狀況，並依照嚴重程度，以燈號顯示於網頁，系統更進一步將研判結果加以文字說明。

預報的部分，則是考量乾旱具多重時間尺度的特性，提供未來一周、雙周以及未來一季的氣象預測資訊。為提高使用者對於氣象預測資訊的理解程度，系統會自動將水庫集水區附近之初步氣象研判結果以文字方式顯示於平台之上。惟受限於目前預報極限，準雙周預報是以未來可能通過台灣之天氣系統個數與時間點詮釋；季節預報則是以相較於歷史同期，該季降雨為正常、偏多或是偏少的方式呈現。



圖 1 應科平台旱象與水資源首頁

水庫水情監測

從首頁點選水庫水情監測之燈號即可進入水庫水情監測的網頁，可進一步了解全台各主要水庫的蓄水情形與逐日水位變化。平台水庫監測網頁的視覺化設計，引導使用者能輕易了解全台目前主要水庫蓄水量與水位變化（圖 2）。

網頁左半部則採用 Google Map 展示出 6 個水庫的位置以及集水區的範圍，引導使用者進一步檢視蓄水量可能有狀況的水庫水位逐日變化。以石門水庫為例，如圖 3 所示，相關該水庫的嚴重下限、下限、上限、五年歷史均線、2013 年水位線、2014 年水位線、2015 年水位線等均可呈現於圖上，使用者除了可以了解目前水庫水位的嚴重程度以及與歷史同期的差異之



圖 2 全台主要水庫蓄水量與水位

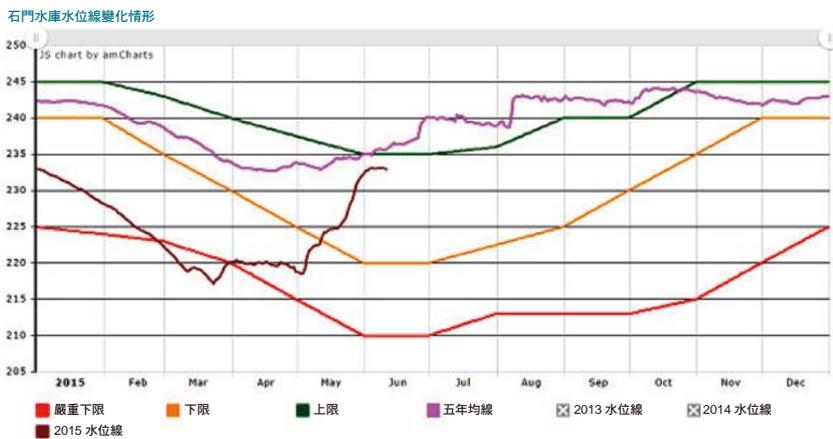


圖 3 石門水庫逐日水位變化圖。圖中綠色、黃色與紅色線分別代表該水庫水位之上限、下限以及嚴重下限；粉紅色為五年歷史平均水位；褐色則為 2015 年之水位。

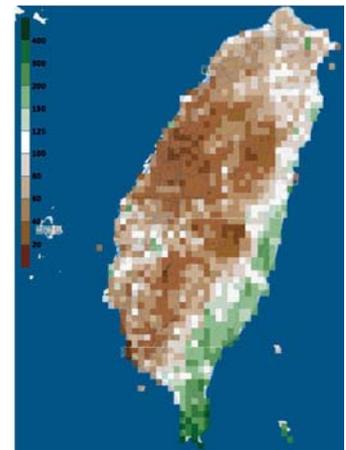


圖 4 2015 年 4 月台灣降雨百分比圖

外，還能與過去某一年的水情進行比較，搭配氣象預報資訊評估未來旱象可能的發展方向。

降雨統計量

本平台針對前一個月的台灣降雨統計特性進行分析與監測。分析統計量有月平均降雨、月降雨百分比、月降雨百分位、降雨距平以及 SPI 等。圖 4 為計算 2015 年 4 月，台灣降雨相對於過去 30 年歷史同期雨量的比例。由圖可知，2015 年 4 月西半部地區降雨僅為歷史平均值的 20% ~ 40%。水情嚴峻程度由此可見一斑。另外如降雨百分位則是提供該月份降雨量於歷史同期降雨之排名。由於該平台監測重點以旱象為主，因此百分位數值越低，代表其乾旱情形越明顯。

透過對前一個月降雨統計量的監測，可幫助使用者了解目前的氣候降雨情形，進而評估乾旱事件的發生與否以及旱象後續可能的演進。

KRID 計算模組

該模組主要針對進階使用者之使用目的而設計。資料使用中央氣象局劇烈天氣監測系統 (QPESUMS) 逐時雨量結合測站雨量與數值內插技術而得。乾旱應變過程中，評估一波天氣系統所帶來雨量以及降雨是否降在水庫集水區是很重要的參考資訊。本平台即提供了線上累積雨量即時演算的功能，如圖 5 所示，使用者只須設定開始日期與結束日期，系統自動將逐時資料進行累計，以 Google Map 為底圖套疊累積雨量，並自動將每個水庫在使用者查詢期間內逐日降雨量顯示於雨圖右側，全台降雨空間分布以及水庫集水區降雨延時變化一目了然。

氣象預報

在乾旱應變的過程中，乾旱來臨前強調預測何時不下雨；乾旱發生時則轉而預測何時下雨。這是乾旱與其他自然災害較為不同之處。另一為乾旱緩慢變化

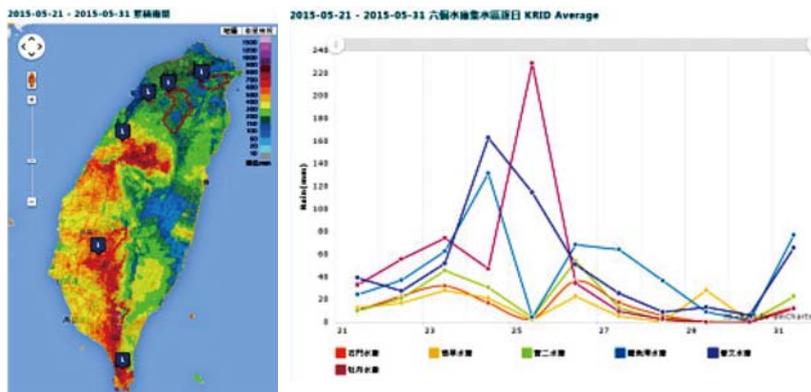


圖 5 KRID 累積雨量即時演算。圖中為所選取時期之累積雨量空間分布；圖右則為該時期主要水庫之日降雨延時，其中黃色代表翡翠水庫、橘色代表石門水庫、綠色代表寶二水庫、藍色代表鯉魚潭水庫、紫色代表曾文水庫、紅色代表牡丹水庫。

度。在季節預報的部分，則是以中央氣象局季長期天氣展望之三個月預測結果為主。

結語與討論

本研究為針對台灣旱象與水資源議題，進行平台建置，建置過程包含資料介接、整理以及展示等部分。呈現訊息主要可分為監測與預報資訊兩大部分。此平台介接氣象局、水利署以及 NCEP 等每日氣象與水文監測及預報資料，透過系統進行第一階段之

的跨時間尺度特性，國內乾旱從發生到結束平均大約為期三個月的時間。為此，平台即針對此一特性與使用者需求進行氣象預報資訊之整合。

本平台依照目前氣象預報產品的特性與限制，使用中央氣象局政府開放資料與 NCEP GEFS 雙周預報資料，規劃了日預報、雙周預報以及季預報等加值產品。日預報部分提供未來七天各縣市可能之降雨天數，準雙周預報則是以機率的方式呈現台灣地區整體未來二周的降雨趨勢以及標示可能有天氣系統通過的時間點。如圖 6 所示，NCEP GEFS 雙周降雨資料由 21 組系集成員組成，系集成員之算術平均值為圖中之紅色線走勢，背景灰色曲線則為各系集成員之預報結果，如此的資訊轉譯方式，除了能提供使用者未來二周天氣系統的主要變化趨勢外，從各系集成員預報結果的歧異度中，亦能傳達雙周預報結果的不確定性程

資料轉譯工作，將主要監測標的如水情燈號、水庫水情、降雨以及未來天氣預測等資料，依照嚴重程度，以不同燈號方式呈現於平台首頁，並輔以文字描述，讓使用者能快速掌握目前乾旱現況。

透過儀錶版的設計概念與視覺化的操作介面，搭配自動化的資料轉譯，幫助非氣象水文專業領域使用者對於水文監測與氣象預測資訊的理解，大幅提高了資訊整合的使用效率。此外，即時累積降雨演算模組的設計，則可提供進階使用者在乾旱應變時作為水資源調度時之參考。

本研究已將大部分之水資源監測與預測資訊進行整合與視覺化呈現，然而從 2015 年的乾旱事件應用中發現，平台中月尺度的降雨統計分析，似乎不易滿足乾旱應變需求，後續如提高降雨統計分析時效、即時訊息主動通報、APP 之製作等皆可作為日後之研發參考方向。

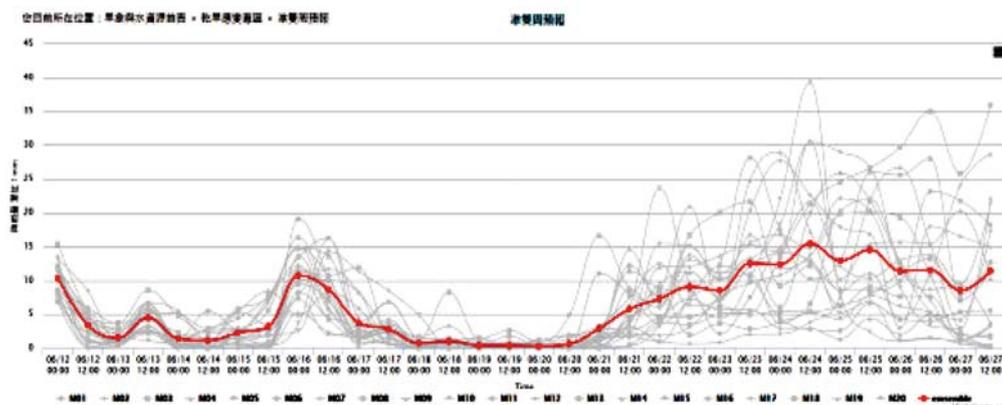


圖 6 NCEP GEFS 準雙周預報降雨趨勢圖。圖中紅色線代表預報資料系集平均之結果；灰色部分則為各系集成員之預報結果。

參考文獻

1. 林李耀、王安翔，2007：雷達降雨應用在洪水及淹水預報之研究（1/3）。國科會研究計畫報告書，第 1-48 頁。
2. 林李耀、王安翔、黃麗蓉、張智昌、林聖琪、李清勝及周仲島，2006：雷達雨量資料在土石流預警之應用。天氣分析與預報研討會，5-11 ~ 5-16。
3. 蔡孟涵、黃詩閔、康仕仲、賴進松，2013，〈防災決策支援系統〉，《災害防救科技與管理學刊》，第 2 卷第 2 期：第 21-33 頁。
4. Andrienko, N., & Andrienko, G. 2003. Informed spatial decisions through coordinated views. *Information Visualization*, 2: 270-285.
5. Bertin, J. 1981. *Graphics and graphic information-processing*. Berlin, Germany: Walter de Gruyter.
6. Bruls, M., Huizing, K., & Wijk, J. van. 2000. Squarified TreeMaps. Paper presented at the Joint Eurographics and IEEE TCVG Symp. on Visualization (TCVG 2000), Amsterdam, Netherlands.
7. Chen, C.-Y., L.-Y. Lin, F.-C Yu, C.-S Lee, C.-C Tseng, A.-H Wang, and K.-W. Cheung, 2007: Improving debris flow monitoring in Taiwan by using high-resolution rainfall products from QPESUMS. *Nat. Hazards*, 40, 447-461.
8. Demir, I., Beck, M.B., 2009. GWIS: a prototype information system for Georgia Watersheds, Paper 6.6.4. In: *Proceedings Georgia Water Resources Conference: Regional Water Management Opportunities*, April 27e29, 2009. UGA, Athens, GA, US.
9. Guzzetti, F., Tonelli, G., 2004. Information system on hydrological and geomorphological catastrophes in Italy (SICI): a tool for managing landslide and flood hazards. *Nat. Hazard Earth. Sys.* 4 (2), 213e232.
10. Holz, K.P., Hildebrandt, G., Weber, L., 2006. Concept for a web-based information system for flood management. *Nat. Hazards* 38, 121e140.
11. Horsburgh, J.S., Tarboton, D.G., Maidment, D.R., Zaslavsky, I., 2008. A relational model for environmental and water resources data. *Water Resour. Res.* 44 (5), W05406
12. Jou, Y.-T., T.-C. Yenn, C.-J. Lin, C.-W. Yang, and C.-C. Chiang., 2009. Evaluation of operators' mental workload of human-system interface automation in the advanced nuclear power plants. *Nuclear Engineering and Design.* 239(11): 2537-2543.
13. McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1993: The relationship of drought frequency and duration of time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Anaheim CA, pp.179-186.
14. Ponsa, P., R. Vilanova, and B. Amante., 2011. Human intervention and interface design in automation system. *Int. J. of Computers, Communications & Control.* 6(1): 166-174.
15. Richard W. Reynolds, Nick A. Rayner, Thomas M. Smith, Diane C. Stokes, and Wanqiu Wang, 2002: An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate. *J. Climate*, 15, 1609-1625.
16. Salvendy, g. 2012. *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. 4th Edition. John Wiley & Sons Inc.
17. Sorenson, M. 2002. Dictionary definition of dashboards, SearchCIO.com. Retrieved March 20, 2014, from <http://searchcio.techtarget.com/definition/dashboard>

隨手關緊水龍頭 珍惜寶島水資源

● 珍惜水資源·節水36計

臺灣是個缺水的地區，尤其南部地區為缺水高風險區域，請珍惜有限水資源，您每一個節水動作都可避免缺水危機。節水有撇步，你我這陣做！節水36計請參照經濟部水利署【節約用水資訊網】<http://www.wcis.org.tw/>

● 隨時隨地珍惜水資源

洗澡節水/洗衣節水/馬桶節水/廚房節水

台灣的地震災害防治科技進展

黃明偉、柯孝勳、蘇昭郎／國家災害防救科技中心副研究員

鄧敏政、劉淑燕／國家災害防救科技中心助理研究員

李沁妍／國家災害防救科技中心佐理研究員

摘要

台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的交界處，地震的發生是板塊碰撞後能量釋放的結果，歷史紀錄顯示不乏災害性地震，如何面對地震引致的災害就成為政府與民眾須面對的議題，台灣的災害防救工作自防災國家型科技計畫，接續強化災害防救科技研發與落實運作方案，到災害防救應用科技方案，都是為整合各單位間的災害防救資料與科技，其中地震的議題除延續基礎的監測資料收集與耐震補強技術研發外，亦借鏡國外災害事件，新增火山監測與海嘯溢淹模擬技術，以補強災害防治的完整性。此外，本文將地震情境模擬與海嘯溢淹範圍模擬兩功能建置於資訊平台上，提供網頁瀏覽與互動功能便於使用者可以了解地震與海嘯的災害。

前言

台灣位於活動板塊交界處，地震發生的頻率高，其中不乏災害性地震（鄭世楠等人，1999），自1999年集集大地震發生後，政府深知地震災害防救工作需投入更多資源以準備面臨下一次災害性地震的發生，因此，於民國88年至95年間推動「防災國家型科技計畫一、二期」（防災國家型科技計畫辦公室，2006），目的為整合各部會地震災害之研究，以期能真正落實於防災業務上，並能減輕地震相關災害所造成之損失；接續進行「強化災害防救科技研發與落實運作方案」（民國96年至99年）（行政院強化災害防救科技研發與落實運作方案，2011），目的為大規模地震災害防治整體性減災計

畫之擬訂與落實推動；而民國100年開始執行為期四年的「災害防救應用科技方案」（以下簡稱應科方案），目的為地震潛勢資料建立與地球科學監測資訊整合、強化地震應變作業效能、提升地震防治強化區防災能力等三項任務，除了持續收集地震監測資料、強化耐震技術與減災對策外，期間亦參考國外的災害地震經驗，如2011年紐西蘭基督城地震與東日本大震災、2014年日本御嶽山與阿蘇火山爆發等災害事件，新增海嘯與火山災害防治議題，以強化應科方案的完整性。地震課題主要蒐整地球科學監測資訊與地震潛勢資料，進行災害風險與損失評估，並應用於耐震與風險管理。本文敘明應科方案在地震課題的參與部會與研究成果，以基礎監測資料、災害評估模式與風險管理方法等分類說明。最後，相關成果也進行整合並以資訊平台的方式，建置實體網頁展現應科方案的具體成果，包含地震情境模擬、模擬海嘯溢淹圖、完整的地震課題成果報告書。

地震災害防災科技

地震監測資料

災害經驗的學習與了解，初始階段皆來自監測資料的蒐集，因此整合地震潛勢資料與地球科學監測現象的資訊甚為重要，此部分的工作項目鎖定地質參數的研究與地科監測資訊整合與應用，細項為潛勢地震地動資料建立、前兆現象與地球科學監測資料，具體成果有經濟部中央地質調查所針對斷層監測與潛勢進行分析研究，以及交通部中央氣象局針對台灣地區地震潛勢評估、地下水位變化與地震的關聯性、以及彙整分析台灣地區活動度與前兆監測資料。

災害評估模式

建立風險與災損評估模式為應科方案執行重點，平時可以提供相關評估數據供災害主管機關或單位參考，協助降低災害風險與災損的依據，此外，於災害緊急應變時，可以運用評估模式運算可能風險範圍與災損規模，提供處置單位救災的參考作業。本項鎖定的工作項目有強地動監測與推估演算技術、災損評估與風險管理、即時化應變作業模組建置。執行細項有強地動監測、高準確度之微震監測資料、安全管理操作技術與設施安全評估技術、港灣構造物安全檢查評估、運用即時化作業於地震應變作業管理模式（救援作業、疏散作業、醫療調度作業等主題圖）等，參與的政府單位有交通部中央氣象局、交通部運輸研究所港灣技術研究中心、內政部消防署、國家災害防救科技中心等。

災害風險管理

運用燈號標示風險指標為目前災害管理的手段（蘇昭郎等人，2012），簡單易懂的表示方式提供災害管理者於最短時間內掌握需處理的項目，此部分的工作項目著重於都會區之地震防治減災對策，設定都會區面臨的災害情境，運用監測資料與評估模式，標示出震災衝擊評估結果，運用於對策與法規研修、工程補強技術研發的工作項目。計劃案類別有強震即時警報系統推動、都會區建物易損性分佈資料、耐震工程與補強、地震防治強化區減災對策、社會經濟脆弱性指標等，執行單位有內政部消防署與建築研究所、交通部運輸研究所港灣技術研究中心、國家地震工程研究中心、國家災害防救科技中心等。

防災科技之應用

火山活動有關之地震觀測成果

利用北台灣地區火山地區現有的地震記錄，分析與火山活動有關之地震，並由專人全職監控各項火山活動訊號，評估未來可能之火山活動情況（林正洪，2014）。大屯火山群微震網所觀測之地震記錄顯示（圖1），陽明山國家公園內之七星山及大油坑下方，有明顯的微震活動存在，大多數之微震震源深度均集中於二至五公里附近。此外，比較每日之連續地震記錄，常發現一些不尋常的連續振動訊號（圖2）。鄰近台北都會區的大屯火山之活動狀況，一直是淺在的議題，該觀測站設置與紀錄分析，可以幫助釐清火山的活動狀態，並即

時監測與發佈預警訊息給防災單位。如2014年2月12日士林地區發生規模4.0地震，該地震引發台北居民的恐慌，甚至懷疑是否為大屯火山的噴發活動前兆，此觀測網提供相當數據給防災單位與一般民眾釋疑。

新型態地震觀測儀器與應用

科技部補助研發的地震觀測儀器（圖3）（Wu et al., 2013; Hsieh et al., 2014），具備有輕便與簡易特性，特別是在大地震發生後，精確的規模判定有助於增進防救災的成效。尤其在地震速報及預警系統中，地震預警需要及早決定規模（吳逸民，2013）；然而地震初

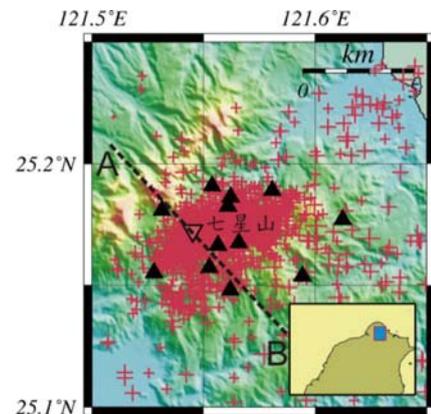


圖1 大屯火山地震觀測站位置與微震分布

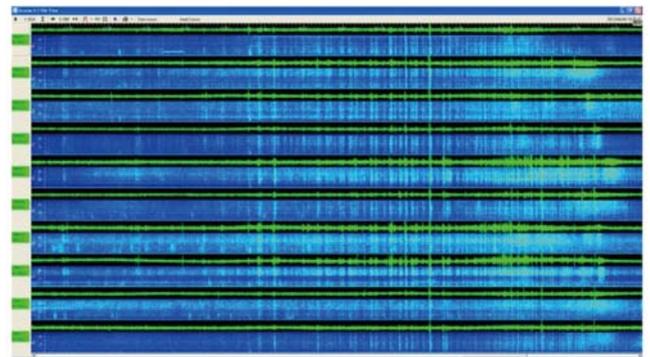


圖2 大屯火山地區群震現象之地震記錄



圖3 速報及預警系統之P波感應儀與地震警報器

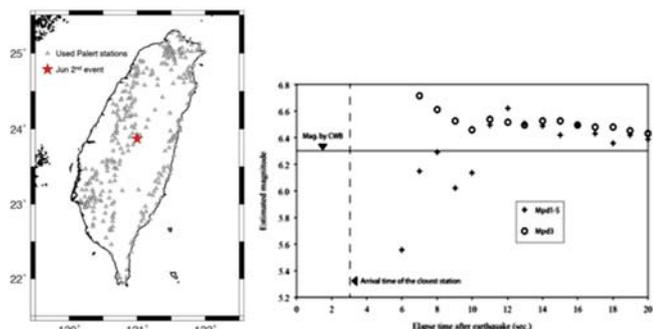


圖 4 2013 6 月 2 日規模 6.3 之南投地震之規模制定歷程

期所決定的規模，不確定度大並且大地震會有低估的情形。因此，加入時間因子在地震規模的制訂，探討不同時間階段最佳的規模制訂方法。由成果顯示，利用不同時段的位移振幅峰值，進行規模計算可以更精準估算。以 2013 年 6 月 2 日規模 6.3 之南投地震為例（圖 4），全台灣皆有感受其地震晃動，最大震度為五級。該地震共造成 五人死亡、十八人受傷、零星建築物的損壞、中部與南部科學工業園區，運用此系統，可以將地震規模在地震發生後 5 秒制定完成，後續可以預估各地震度，提供使用者進行緊急應變作業。

校舍耐震評估補強服務

全國公立高中職以下各級學校之校舍普查作業（蕭輔沛等人，2013），期使這些校舍均經過耐震評估與補強程序檢視其耐震能力，再給予耐震補強或拆除重建，已建置公立高中職與國中小學校合計近 3,700 所、逾 25,000 棟校舍資料，目前需進行補強設計的學校有 4,601 所（圖 5），已完成補強工程的學校有 3,118 所。於 99 年 3 月 4 日高雄甲仙地震，遭受相同震度的兩所學校玉井工商與玉井國中（圖 6），其中玉井工商之校舍耐震經補強並發揮實際成效，而未經耐震補強之玉井國中遭受結構的損壞。

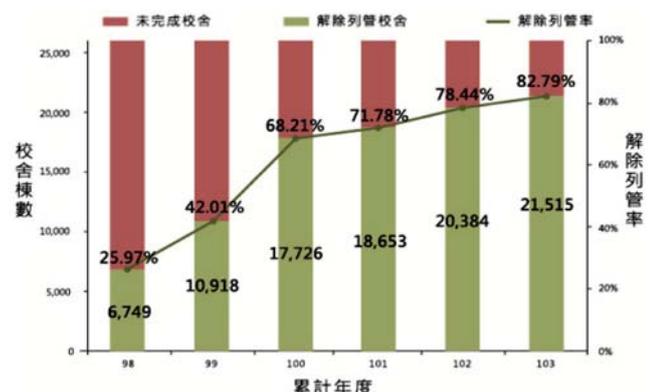


圖 5 公立高中職及國中歷年解除列管進度



玉井工商(已補強) 無結構性損壞
玉井國中(未補強) 多處柱產生結構性損壞

圖 6 真實地震之考驗案例

地震災害防治科技資訊服務平台

彙整政府部門及學研單位之研究技術與成果，提醒民眾地震災害衝擊與範圍，提示居家環境可能的地震災害，提升民眾防災意識，提供未來緊急避難參考。資訊平台的主要目的有整合災害模擬結果，包含地震與海嘯的模擬，分析高災害潛勢區域的相關設施，瞭解災害類型與損失結果；其次，進行地震災害管理於科學技術、社會經濟與體制法規等面向，提供具體量化數據，提供研擬減災對策，強化災害管理成效；最後，可加強人員即時緊急應變能力，運用災害模擬結果，檢視評估數據與整備資料，提供應變處置及決策建議。

● 平台整體流程

運用地震災害潛勢分析與海嘯災害模擬結果，了解災害潛勢區域內之相關設施與損失風險，並由不同災害規模可提供地震導致之災害類型與可能造成之災害損失，平台之具體效益與影響為整合交流相關單位災害評估結果，提供具體量化數據以供研擬地震減災對策（圖 7）。平台功能可以分為三類，第一類為「地震情境模擬」，模擬涵蓋台灣地區的易致災三類地震規模（圖 8），如規模 6.0、6.7、與 7.0 的地震發生時震度分布跟可能災害，提供民眾對地震引致的可能災害衝擊與影響範圍，如受影響人數、學校、醫療、水電、以及交通設施等（陳秋雲等人，2012），再輔以災損評估結果（葉錦勳，2003），如建築物毀損與人員傷亡的結果，資訊操作介面簡單易懂、互動式體驗、多樣化輸出格式、高解析圖資等特色。第二類為「模擬海嘯溢淹範圍」（圖 9）（葉錦勳，2014），自東日本大震災發生後，由海嘯引發一連串的災害事件，開始整合與校正不同來源、座標系統和解析度的陸地和海域的數值



圖 7 平臺入口網頁

地形資料，重新檢討可能影響臺灣地區的海嘯源，擬訂海嘯災損模擬資料庫內所需涵蓋的震源參數組合，並進行海嘯數值模擬；再者，提升海嘯模擬效率和縮短計算時間，探討不同巢狀網格配置對海嘯模擬結果之收斂性和正確性的影響。第三類為「參與部會報告書」，以 15 類別收錄部會成果報告書（圖 10），包含潛勢地震地動資料建立、地球科學現象監測、強地動監測、災損評估模式、即時化應變作業、強震即時警報系統推動、耐震工程與補強、地震防治強化區減災對策、資料分類、脆弱性資料、沖刷模式、監測與評估技術、建立風險評估指標、提升安全之技術、安全管理操作技術等，以連結方式提供報告書下載。

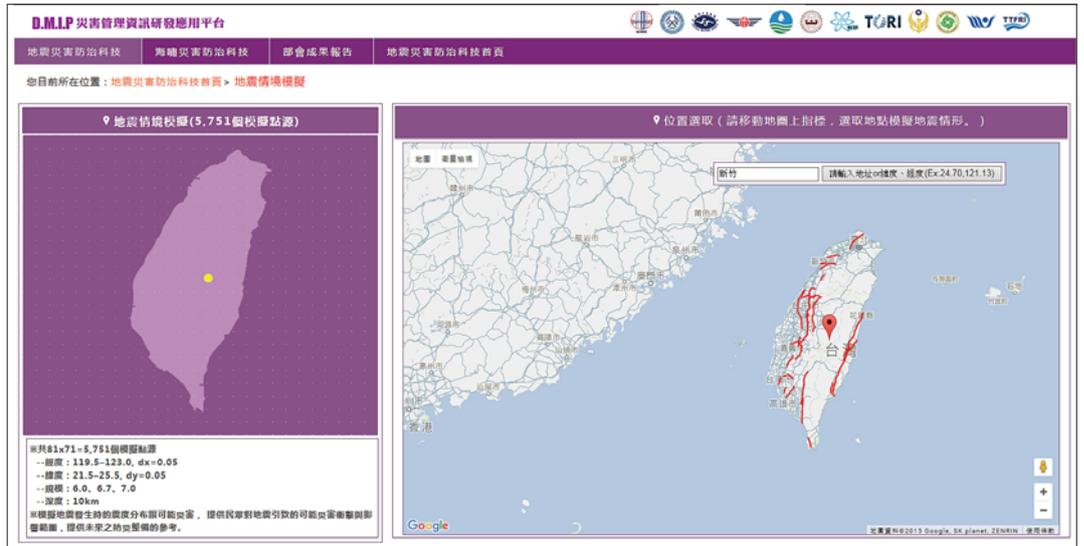


圖 8 地震情境模擬之功能網頁

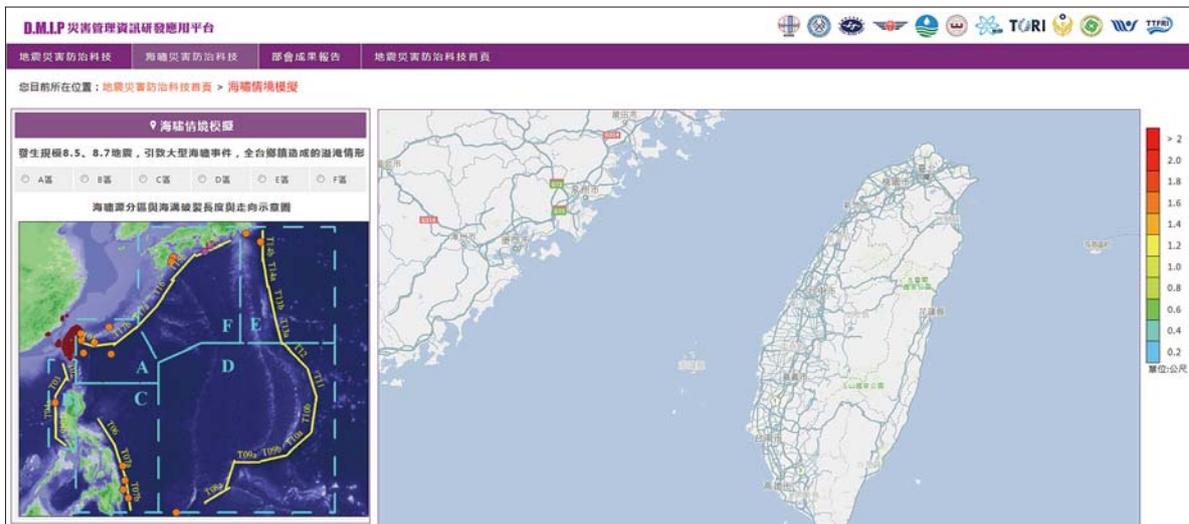


圖 9 模擬海嘯溢淹範圍之功能網頁

D.M.I.P 災害管理資訊研發應用平台					
地震災害防治科技		海嘯災害防治科技		部會成果報告	
地震災害防治科技首頁					
您目前所在位置：地震災害防治科技首頁 > 部會成果報告書					
5-1-1 潛勢地震地動資料建立	主管機關	計畫名稱	年度	報告檔案	
	國研院海洋中心TORI	底地震與板塊位移監測	100-101	5-1-1-TORI-1-100 5-1-1-TORI-1-101	
	國研院國震中心NCEE	地震動潛勢評估	102	5-1-1-NCEE-1-102	
	交通部中央氣象局(地震) CWB	台灣地區地震潛勢評估之研究(II)	101	5-1-1-CWB-1-101	
		臺灣地區中大型與火山地震震源資訊	102-103	5-1-1-CWB-2-102 5-1-1-CWB-2-103	
	重要活動斷層構造特性調查研究				
	經濟部中央地質調查所 (構地)CGS	活動斷層近地表變形特性研究	100-103	5-1-1-CGS-1-1-100 5-1-1-CGS-1-1-101 5-1-1-CGS-1-1-102 5-1-1-CGS-1-1-103	
		近斷層高精度地形資料之判釋與分析	100-103	5-1-1-CGS-1-2-100 5-1-1-CGS-1-2-101 5-1-1-CGS-1-2-102 5-1-1-CGS-1-2-103	
		斷層活動特性分析與評估	100-103	5-1-1-CGS-1-3-100 5-1-1-CGS-1-3-101 5-1-1-CGS-1-3-102 5-1-1-CGS-1-3-103	
	斷層活動性觀測研究第二階段(3-4/4)				
		斷層監測與潛勢分析研究	100-101	5-1-1-CGS-2-1-100 5-1-1-CGS-2-1-101	
		地球化學觀測與研究	101	5-1-1-CGS-2-2-101	
		斷層活動性觀測研究第三階段(1-2/4) 斷層整合性觀測與潛勢分析	102-103	5-1-1-CGS-3-102 5-1-1-CGS-3-103	

圖 10 參與部會報告書之功能網頁

結論

地震防減災技術的整合能夠有效降低災害帶來的影響，藉由此方案媒合，從地震監測資料的收集、災害評估模式的彙整、災害風險管理的方式等面向進行。地震災害具有複雜性，因此為便於使用者能了解災害特性與影響，建置互動式網頁提供地震情境模擬與模擬海嘯溢淹範圍的功能，另外也提供應用科技方案相關計畫案的成果報告書以利讀者深入了解。

誌謝

本項工作承蒙參與「災害防救應用科技方案」的單位協助，包含調整各業務計畫於防災應用與最後的成果報告提供，謹誌謝意。

參考文獻

- 林正洪，2014，火山地震之辨識與分析研究，交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。
- 吳逸民，2013，速報及預警系統中隨時變之地震規模制定，交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告。
- 行政院，2011，強化災害防救科技研發與落實運作方案 96-99 年

度成果總結報告，國家災害防救科技中心彙編。

- 防災國家型科技計畫辦公室，2006，防災國家型科技計畫成果彙編。
- 陳秋雲、黃明偉、柯孝勳、溫國樑，2012，地震災害主題圖研擬與資訊界面設定說明，國家災害防救科技中心。
- 鄭世楠、葉永田、徐明同、辛在勤，1999，台灣十大災害地震圖集，中央氣象局與中央研究院地球科學研究所，CWB-9-1999-002-9，290 頁。
- 蕭輔沛、鍾立來、葉勇凱、簡文郁、沈文成、邱聰智、周德光、趙宜峰、翁樸文、楊耀昇、涂耀賢、柴駿甫、黃世建，2013，校舍結構耐震評估與補強技術手冊第三版，國家地震工程研究中心。
- 葉錦勳，2003，臺灣地震損失評估系統 — TELES，NCEE-03-002，國家地震工程研究中心。
- 葉錦勳，2014，震損評估模式近期研發成果與應用，「台灣地震損失評估系統」講習會，國家地震工程研究中心。
- 蘇昭郎、鄧敏政、謝承憲、黃詩倩、吳佳容、李洋寧、周建成、李中生、簡賢文，2012，關鍵基礎設施災害脆弱度評估與風險管理：災害衝擊評估方法 I，國家災害防救科技中心。
- Hsieh, C. Y., Y. M. Wu, T. L. Chin, K. H. Kuo, D. Y. Chen, K. S. Wang, Y. T. Chan, W. Y. Chang, W. S. Li, and S. H. Ker, 2014, Low Cost Seismic Network Practical Applications for Producing Quick Shaking Maps in Taiwan, Terr. Atmos. Ocean. Sci. in press, doi: 10.3319/TAO.2014.03.27.01(T).
- Wu, Y. M., D. Y. Chen, T. L. Lin, C. Y. Hsieh, T. L. Chin, W. Y. Chang, W. S. Li, and S. H. Ker, 2013, A high density seismic network for earthquake early warning in Taiwan based on low cost sensors, Seismo. Res. Lett., 84, 1048-1054, doi: 10.1785/O220130085.

課題七

災害管理資訊研發應用平台

看見台灣、瞭解災害、守護你我的家園

張智昌／國家災害防救科技中心助理研究員

蘇文瑞／國家災害防救科技中心副研究員

本課題主要是結合國家災害防救科技中心與政府災害防救相關部會的資源，以大規模崩塌、洪水災害、地震災害、氣候變遷、水資源與旱災，以及資訊科技應用等議題進行相關應用開發，並與大資料技術（Big Data）連結，整合各種災害模式與資訊，建置災害管理資訊研發應用平台。在此平台上提供包括資料的整合運用分析、模式的銜接與模擬成果解析、成果圖型呈現以及決策管理指標的形成等。本課題除了平台的開發建置外，另外也在平台上提供服務，包含了結合衛星遙測、影像辨識技術等資源，提供影像查詢、比對與飛行模擬等功能，並介接防救災各相關資料再加以處理並加值應用與展示。未來希望可將平台推廣提供防救災相關產官學研單位進行展示或應用，以提昇國家與環境管理能力並希望能有效降低災害所帶來的損失。

前言

近年來資訊科技持續進步，除了硬體的進步，從過去電腦到筆記型電腦，到現在的手持裝置與行動裝置，而資訊內容也從過去的文字、統計圖表、圖片相片到現在許多的三維模擬與互動式呈現，而資料的來源也從過去人工輸入到透過網路傳輸，以及目前發展快速的大數據（Big Data）應用。災害管理的資訊系統包含了資料、模式、展示與管理等流程，必須針對資料的整合與運用分析、模式的銜接與模擬成果解析，成果圖型呈現以及決策管理指標的形成等，在各項流程中，必須經由

參與者共同溝通合作才能形成指標與決策。建置可結合各項災害資料，使災害防救相關單位可以即時應用災害資料與資源的線上平台是目前國際因應災害管理相關系統發展的主要趨勢，本課題研發之災害管理資訊研發應用平台主要工作包含整合應科方案各大課題內容，包含崩塌、淹水、地震、乾旱、氣候變遷等模式，與各單位的監測與遙測資料，並介接防救災各相關即時資料，再加以處理並加值應用與展示，可將整合後的資訊提供防救災相關產官學研單位應用。

災害管理資訊研發應用平台研發與應用

災害管理資訊研發應用平台是由國家災害防救科技中心與國家高速網路與計算中心共同合作研發建置，希望能有效整合與串聯資料、模式、展示等三個部分，在資料方面，提供資料的擁有者或資料的產製者與資料的使用者一個方便的供應服務管道，讓資料可以被加值活用；在模式方面，提供模式的研發人員一個良好的運算環境，並且可以方便的串接資料與產製視覺化的圖形；在展示方面，則可以透過本平台便利且即時的將資料的統計與模式產製的結果，利用平台的展示介面，提供良好的視覺化展示，對於災害防救的管理人員與相關產學界人員都可以方便的利用。

災害管理資訊研發應用平台已經過多年的研發，正在進行測試階段，為了讓使用者可以快速了解與使用本平台，研發團隊以大規模崩塌、洪水災害、地震災害、氣候變遷、水資源與旱災，以及資訊科技應用等議題進行相關應用開發^[1]。



圖 1 災害管理資訊研發應用平台首頁

大規模崩塌，提供了崩塌相關的基礎圖資查詢、即時觀測資料、不同尺度的模式模擬成果、國內外歷史案例與山崩歷史資料庫等服務。

洪水災害防治，提供了未來三日的雨量與淹水警告的預報、極端條件的洪水模擬與歷史洪災的境況重現等服務。

氣候變遷災害，提供因氣候變遷對於台灣地區所可能造成的危害度、脆弱度等指標所製作的風險地圖服務，可以提供相關單位進行調適策略制定的參考。

早象與水資源，提供與水資源相關的各式監測與預報資料，並以燈號展示各種水情示警狀況。

地震災害防治，提供台灣地區地震情境模擬與海嘯溢淹範圍模擬的服務，可應用於風險與災損評估上。

災害管理資訊研發應用平台，整合上述各項議題，提供各種服務與展示介面，另外也整合利用遙測與資訊科技的成果提供影像的查詢、比對與三維飛行模擬等服務。上述各項議題的詳細介紹請另參閱各課題詳細介紹，以下針對遙測與資訊科技部分進行說明。



圖 2 早象與水資源綜合燈號展示

遙測與資訊科技應用

莫拉克風災，造成台灣山區大量山崩與土石崩落，同時也產生許多堰塞湖，應變中心在應變過程中應用了大量的衛星與航照資料進行崩塌範圍的研判、道路橋梁受損情況以及堰塞湖的監控，另外在各主要河川包含大甲溪、濁水溪、高屏溪、卑南溪河口及花東海岸沿海有大量漂流木堆積連蘭嶼的港口也被漂流木塞滿，透過遙測影像的分析，可以了解漂流木分布的範圍與漂流的動向。

經過此次跨部會合作，了解到災害應變時可以快速利用航遙測影像掌握災害的範圍與相關的災情監測，因此促成後來災害發生後成立跨各部會署的空間情報任務小組，針對國內重大天然災害，整合運用國內科技部、內政部、國防部、農委會等下轄各單位的衛星與空中載具在第一時間進行現場勘查與勘災等任務，並由國家災害防救科技中心進行研判。

去年發生了震驚國人的高雄氣爆事件，事件發生後由國土測繪中心成功運用無人飛行載具（UAS）的直接地理定位技術，在有效縮短影像幾何鑲嵌校正作業時間的同時，提高幾何校正成果精度於高雄氣爆緊急災害應變拍攝任務，於 24 小時內完成 600 公頃災區拍攝與製作正射影像，快速提供緊急災害應變決策支援使用，而其他包含了國防部、農委會、科技部等也都出動航拍、衛星等工具對於災區進行拍攝作業，並將拍攝成果提供應變作業使用。

今年上半年國內各水庫的早象相當的嚴重，為了瞭解水庫早象的情況，除了連結水利署的各水庫庫容量的數據外，本課題亦透過科技部國研院國家太空中



圖 3 遙測與資訊科技服務與應用



圖 4 莫拉克風災六龜斷橋



圖 6 石門水庫旱象

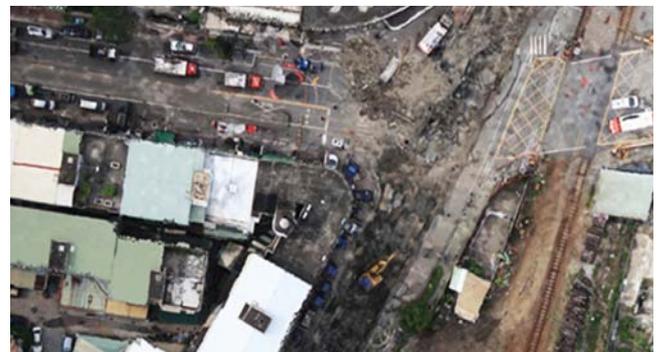


圖 5 高雄氣爆事件

心福衛二號的遙測影像來進行旱象的了解，並利用 2013 年的衛星影像與今年三月份的衛星影像來進行比對，以石門水庫為例，2013 年同時期的衛星影像，在水庫區域還是一片湛藍，但今年三月份的衛星影像顯示，除了接近大壩區域還有水外，越往水庫上游，所呈現的是一片乾涸。同時也結合了科技部國研院國家高速網路與計算中心所開發的三維飛行模擬技術，整合運用了福衛二號影像與內政部地政司的數值地形模型，來進行三維的立體展示，更容易以視覺直接感受現場地形與水庫旱象的情況。



圖 7 石門水庫福衛二號影像（左 2013 年、右 2015 年）

從上面幾個不同類型的災害經驗中可以看出，在遙測技術的應用上，對於快速了解災害規模與影響範圍研判相當有幫助，以及對於不同時期的影像比較，也可以清楚地了解到現地的變化。因此在平台上，本課題提供了歷史影像的查詢與展示服務，

在影像資料的蒐集方面，廣泛的蒐集了自 2006 年以來，每年一幅完整全台衛星影像，與歷年來台灣地區的災害事件影像，包含有衛星影像、航空照片與無人飛行載具所拍攝的影像，另外也蒐集了近年來重大淹水事件的雷達影像 (TerraSar-X)，而資料的來源單位也橫跨了政府各個影像產製單位與學術機構，包含了國防部、內政部國土測繪中心、農委會農林航測所、科技部國家實驗研究院國家太空中心、國立中央大學與科技部國家災害防救科技中心等。目前已蒐集了 120 幅影像並持續增加中。

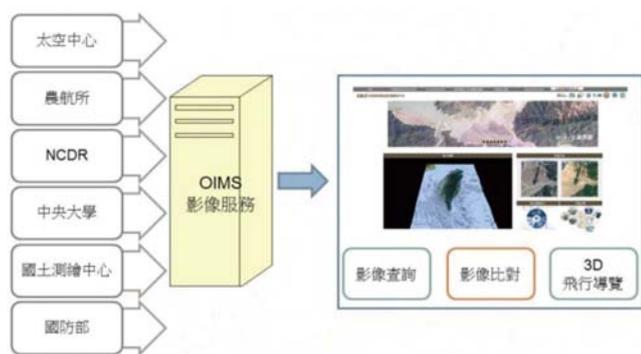


圖 8 遙測影像服務架構圖

影像比對服務，可以提供使用者進行兩幅不同時期的影像進行比對，可提供災害地區災前與災後的影像範圍判釋，也可用於堰塞湖的監測上，加上本服務蒐集自 2006 年起完整的歷年全台衛星影像，除了災害的相關應用外，對於土地利用監控與使用的變遷也有幫助，尤其對於山坡地的濫墾與過度開發利用都能清楚比對出來。為了方便使用者便利的使用，目前本功能已將歷年來的災害事件影像進行篩選，使用者可以點選災害事件，系統會自動將該災害事件地區的範圍以及災前災後的影像載入系統，使用者即可透過簡單的地圖放大、縮小、平移等操作來進行比對。未來本項服務也將提供使用者自選影像的功能，使用的彈性將會更大。

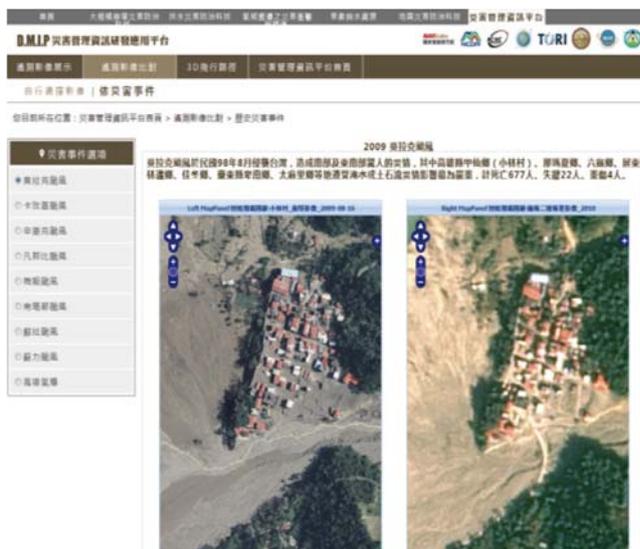


圖 9 遙測影像比對服務

三維飛行模擬，本項服務採用國家高速網路與計算中心所研發的 iFlyover 3D 地理資訊雲端立體瀏覽系統，可讓使用者利用衛星影像、航空照片影像，結合數值地形模型等三維地理資訊，整合三維地理資訊虛擬實境與雲端瀏覽技術，提供分散各地防災人員可於災後動態瀏覽與回顧災害情境，有利於復原減災與整備階段進行災後重建規劃評估、災後檢討與研究，另外也可以讓民眾體驗與科學教育等功能，有助於重要防災資訊的掌握與分享，以及決策支援。本項服務提供使用者可以自訂飛行路徑、飛行高度、飛行視角等設定，並提供線上即時的三維立體預覽功能，與設定好所有的路徑與視角後，系統會線上將飛行的結果錄製成影片，供使用者線上瀏覽或下載使用。



圖 10 iFlyover 三維飛行模擬

在遙測與資訊科技應用於災害相關領域，非常仰賴政府各部門的資訊提供與後續的應用推廣，本平台中除了提供上述幾項服務外，也針對遙測與資訊科技的相關研究進行收集，同時在各項服務中也應用了許多政府單位過去的成果，以下摘取部分重要成果，詳細的各項成果內容亦可在本平台中取得相關資料與報告。

教育部，建置防災校園網路，與中央氣象局合作，推動強震即時警報系統建置，並介接國家災害防救科技中心災害示警公開資料平臺，開發災前即時訊息通知^[2]。

交通部中央氣象局，防災氣象整合資訊，完成本土化醫療氣象指標之機率風險預測模型改良與精緻化、預報服務產品使用情形評估暨特定情境生活化氣象指標需求調查及落實防災氣象整合資訊實作系統等。另外也完成防災資訊整合網頁系統功能建置，強化防災資訊整合系統網頁產品，提供中央氣象局、水保局、水利署及公路總局不同的防災資訊事件項目^[3]。

內政部地政司，多平台製圖全系統，建立多平台製圖系統測試及率定實驗室、研製抗 GNSS 訊號脫落及干擾之定位定向系統演算法、結合內政部 e-GPS 系統、發展新式定位定向演算架構於應用領域^[4]。

內政部國土測繪中心，無人飛行載具航拍技術作業，發展可快速獲取地面空間資訊的航拍系統，以 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 搭載非量測型相機，UAV 除了具有機動快速的特性，且可以在低空雲下作業，較一般航遙測影像所受天候及雲層影響程度小，可以更為迅速取得災區影像資料^[5]。

台灣海洋科技研究中心，近海環境動態變化資料庫，收集了包含空中衛星遙測海面資料、岸基雷達即時監控海況、數值模擬資料與海底地形和地層測繪資料，對於未來海難救助及防災減災支援決策時，提高搜救成功率，也可提前避免災難的發生，對於中央災防應變中心空間資訊情報小組提供海洋觀測資訊，可補足目前缺乏海洋資料的問題^[6]。



圖 11 遙測與資訊科技相關研究成果

國家太空中心，多衛星聯合操作系統，可供使用者進行線上排程與任務分析作業，可根據拍攝需求建立自動化標準流程，快速提供包含融合與正射影像一連串不同等級產品之應用服務^[7]。

結論與未來展望

災害管理資訊研發應用平台是建置在國家高速與計算中心，由國家災害防救科技中心進行災害模式的整合與整個平台的規劃設計，並與國家高速與計算中心合作共同開發整合應科方案各課題內容，包含崩塌、淹水、地震、乾旱、氣候變遷等模式，與各單位的監測與遙測資料。本課題的內容涵蓋範圍包括災害管理資訊研發應用平台的硬體建置、資料收集技術的精進、以及災害模式的整合運用與資料的展示。

本課題藉由災害管理資訊研發應用平台的建置，整合國內災害防救應用科技方案中各個部會的研究成果，並收集與介接目前與災害防救相關的數據資料，將資料與模式結合，根據不同的災害課題，提出各種不同的應用服務，突破對於過去資源分散在各地的情況所造成的整合困難，提供了一個新的管道。未來冀望可以逐年增加可提供之防救災相關資訊內容，同時各種遙測技術、資訊處理與展示技術、大數據 (Big Data) 的相關技術也持續發展，除持續進行災害資訊蒐集技術開發與新技術導入外，蒐集與強化各個災害模式模組整合應用，並透過建置的災害管理資訊研發應用平台，實際操作各種應用模式，逐步實現各模式間的流程銜接，並透過良好的儲存運算及網路資源，讓災害管理資訊研發應用平台達到高效能的服務水準。

參考文獻

1. 國家災害防救科技中心，2014，災害管理資訊研發應用平台與系統雲端應用之規劃與建置。
2. 教育部資訊及科技教育司，2014，防災校園網路建置與實驗計畫成果報告書。
3. 中央氣象局氣象預報中心，2014，落實防災氣象整合資訊實作成果效益報告書。
4. 財團法人成大研究發展基金會，2014，多平台製圖技術工作案期末報告書。
5. 經緯衛星資訊股份有限公司，2014，發展無人飛行載具航拍技術作業工作總報告。
6. 國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心，2012，台灣四周海域表層即時觀測平台報告書。
7. 國家實驗研究院，2014，防災資料與模式整合應用平台之建置與服務。

第三次世界減災會議 與

2015-2030 仙台減災綱領

簡潔、聚焦、具有前瞻性和行動導向 的世界減災策略

李維森／國家災害防救科技中科技中心主任秘書
陳宏宇／國家災害防救科技中心主任

摘要

2015年3月18日來自世界187個國家2,800名政府代表，在經過5天馬拉松式的討論，於日本仙台舉行「第三屆世界減災會議」中通過今後15年的全球減災策略——「2015-2030 仙台減災綱領」(Sendai Framework for Disaster Risk Reduction, SFDRR)。仙台減災綱領闡述自2005年起推動「兵庫行動綱領」，全球防減災工作之成果、瓶頸與挑戰外，更進一步強調減災工作與永續發展及減緩氣候變遷衝擊之關連性。仙台減災綱領列舉今後15年全球具體七大減災目標與四大優先推動事項中，除強調社區的重要作用，並致力於將減少生命損失及人民生計。七大減災目標是：大幅減少全球災害死亡率；大幅減少受災害衝擊之民眾人數；減少災害造成的直接經濟損失；實質地減少災害對關鍵基礎設施的破壞，以及造成民生基本服務的中斷，並包含發展耐災能力；在2020年前增加制定國家和地方減災對策的國家數目；促進國際合作透過持續與充分的支援，大幅度強化針對開發中國家的能力建構，期能以改善相關國家之作為以落實此防災綱領。四大先優先推動項目包括：明瞭災害風險；利用強化災害風險治理來管理災害風險；投資減災工作以改進耐災能力；增強防災整備以強化應變工作，並在重建過程中達成「更耐災的重建」。

前言

最近10年各種自然災害造成全球70多萬人喪生、140多萬人受傷、約2300萬人無家可歸，經濟損失高達1.4萬億美元。「第三次世界減災大會」於2015年3月14日在日本仙台市召開，聯合國秘書長潘基文於開幕致詞中明確指出：「減少災害風險之工作有助於全球在推動永續發展和降低氣候變遷衝擊。」氣候變化加劇了成千上萬人所面臨的災害風險，特別是小島嶼發展中國家和海岸地區。他還強調：「國際社會應該強化個人之能力建構，向社區提供支援協助，透過提供各類資源以實現減災工作之承諾，還應特別注重防災弱勢族群的權益。」2005年通過「兵庫行動綱領」後，透過全球的推動與落實，挽救成千上萬人的生命，而本次仙台會議為聯合國歷來以來有關減災議題上最高層級之會議。在通過與公佈「2015-2030 仙台減災綱領」後，將代表開啟全球防災工作的新里程碑。據此，各國應該制定計劃，將減災對策納入2015年後發展議程中，並加強全球耐災能力，以降低災害風險。於會議期間除各國政府代表外，民間社會團體、地方政府、各國議會、兒童、青年、老齡、身障、學術以及私營部門等各方代表與會，共同制定減少災害風險之全球因應對策。

全球防減災工作推動之歷程

國際減災 10 年（1990 - 2000 年）

1989 年聯合國第 44 屆大會中，通過了由經濟與社會理事會提出之「國際減災 10 年」(The International Decade for Natural Disaster Reduction, IDNDR) 宣言，將 1990 年至 2000 年訂定為國際減災十年，宣導減少天然災害危害與採取相對應的行動，包括災害預防、減輕災害衝擊和災前整備工作，此外並訂定每年 10 月的第二個星期三為「國際減災日」。「國際減災 10 年」宣言中，主要目標係為提昇國家對災害影響的因應能力，其策略或手段主要有三方面：(1) 設立預警系統；(2) 提昇結構防護力；(3) 運用科技技術和策略，透過技術援助與技術教育和培訓等方案，發展減輕天然災害的措施。

第一次世界減災大會（1994 年）^[1]

1994 年 5 月 23-27 日，第一次世界減災大會在日本橫濱市召開，2,000 位多位分別來自 140 多個國家的政府代表團、國際機構、非政府組織與學術界的代表出席了此次會。這是全球第一次以減災為議題之世界性會議，具有劃時代的意義，代表聯合國將「減災」納入推動全球發展之內涵。呼籲各國加強協調與合作，共同因應自然災害對人類生命財產安全的威脅。

會後提出：「建立更安全的世界：橫濱戰略與行動計畫」，建立國際社會減災行動方向，主要內容有以下四方面：(1) 關於災害防救相關體制與計畫部分：各國承諾降低災害脆弱度，建立災害評估以及國家到社區層級的減災計畫；(2) 關於社經整體發展部分：在社會經濟的發展規劃中，應將風險評估納入考量；(3) 關於防災教育與防災意識的提昇部分：應施行防災教育與訊息發佈計畫，以提昇大眾防災意識；(4) 關於未來環境趨勢變化之因應部分：對於未來十年可能之災害，應進行境況模擬設定與境況境況。

第二次世界減災大會（2005 年）

2005 年 1 月 18-22 日，第二次世界減災大會在日本兵庫縣神戶市舉行，4,000 多名來自 150 多個國家的代表參加了此次會議。大會主要以全體大會、主要委員會、資深官員論壇、專題討論會議、區域型會議以及針對海嘯特別會議等。會議著重於討論降低災害風險、強化災害整備、提升災害預警能力、普及防災知識教育以及建立更安全、更耐災的社會等議題。

會中通過並宣佈「兵庫行動綱領」(Hyogo Framework for Action, HFA)，明訂 2005-2015 年全球減災對策和行動重點，強調減災理念應結合永續發展，加強防災減災體系架構，提高減災能力，降低災後重建階段的災害風險。並倡議開發因應多重災害之早期預警系統，並將其納入該階段減災行動的優先考慮範圍。強調國際社會應吸取印度洋海嘯教訓，在防災減災方面加強合作，儘早建立包括資訊共用等在內的地區性減災機制。

「兵庫行動綱領」主要包含五大主軸：(1) 確降低災害風險是國家與地方最優先之工作，在國家與社會各層面有堅強的機制支持與實踐；(2) 辨認、評估及監測災害風險區位（易受災及高脆弱度之區位與社群），強化早期預警系統；(3) 運用知識、創新與教育，建構社會各層級重視安全與回復力的文化；(4) 降低各種可能的災害風險因素（包括社會、經濟、環境、土地利用等狀態），面對氣候變遷與地球活動變化，應在發展規劃部門預先預先因應與導入於規劃計畫中；(5) 為了能有效應變，應強化各層級之災害整備之能力。

第三次世界減災大會（2015 年）

為準備本次會議，一共召開三次籌備會議 (Preparatory Committee, Pre-Com)，分別討論世界減災會議議程與檢視「兵庫行動綱領」之成果。在彙整全球建議與成果上，於亞洲、歐洲、美洲及非洲召開區域性論壇，另有 10 個國家成立任務小組，以準備相關文件。

2015 年 3 月 14-18 日，第三次世界減災大會在日本仙台市舉行，世界 187 個國家 2,800 名政府代表參加此次會議。聯合國秘書長潘基文、日本天皇夫婦、日本首相安倍晉三、法國外長法比尤斯、民間組織代表以及仙台市市長等出席開幕式。本次世界減災大會除正式會議外，會議期間舉行的公共論壇與會者人數超過 14 萬人，為歷來在日本召開規模最大的聯合國會議。

聯合國秘書長潘基文在開幕典禮上致詞表示，現今全球每年因災害造成的經濟損失已逾三千億美元，假若全球能夠每年撥出 60 億美元減低災害風險，預計到 2030 年前共可避免 3,600 億美元的經濟損失。日本首相安倍晉三於開幕致詞中，宣布日本將投入 40 億美元支持仙台減災綱領之落實。

第 3 屆世界減災大會分為三個主要部分：政府間

會議 (Inter-Governmental Segment)、利益相關方會議 (Multi-Stakeholder Segment) 及會議週邊活動 (Side Events)。在其它活動與展覽之活動之主題包括：世界防災展、防災海報展、防災產業展、女性防災展、東日本大地震重建展及戶外防災展覽等。

「2015-2030 仙台減災綱領」

以下將摘錄「仙台減災綱領」之重要內容，完整中文全文翻譯，請自國家災害防救科技中心網頁下載^[2,3]。

前言

自 2005 年通過兵庫行動綱領以來，透過國家與相關人員的努力，在國家級和區域性的推動報告中以及其它全球報告中已經顯示，各國以及相關單位在降低地方、國家、區域甚至全球的災害風險上皆有進展，進而降低因災害的人員傷亡。綜而言之，降低災害風險是預防未來損失最有效益的投資，有效的災害風險管理則有助於永續發展，各國已經提升災害風險管理能力。

然而，在過去十年，災害持續發生並且造成重大傷亡，使得民眾、社區和國家的福祉與安全受到影響。總共造成超過 70 萬人死亡、超過 140 萬人受傷以約 2300 萬人無家可歸，超過 15 億人口受到災害的影響，其中以婦女、兒童以及其他弱勢族群所受到之衝擊最為嚴重，而經濟損失估計超過 1.3 兆美元。此外，在 2008 到 2012 年之間，1.44 億人因為災害而被迫遷移。因此，特別是在地方與社區的層級，新興的災害風險以及持續升高的災害損失將對經濟、社會、健康、文化與環境造成短、中、長期的嚴重影響。

為了更有效的保護民眾、社區和國家，以及生計、健康、文化遺產、社會經濟資產和生態系統，並進而強化耐災力，針對災害風險進行預先評估、事先規劃和減災工作，是非常急迫且重要。

為使將低災害風險更具效率與效益，在實務上必須考量全災害並以跨部門為基礎，兼具有包容性與可操作性。政府在確認領導、規範和協調的角色之同時，必須邀集與防災相關成員，包括婦女、兒童與青年、身障者與窮困族群、新移民、原住民、志工、社區幹部以及年長者參與政策、計畫和規範標準的設計與推動。此外，公私部門和民間組織，學術、科學和研究機構必須要共同努力創造合作的機會，而企業必須要將災害風險整合到其實務管理之中。

在國際上、區域、次區域和跨境合作仍是支持各國達到減災成效的重要關鍵，包括支持國家與地方政府、社區、企業的減災工作。而現有相關國際機制在經檢視後或需要進行強化，以有效的支援，並使得推動工作更加落實。對於開發中國家，尤其是包括低度開發國家 (least developed country)、小島型開發中國家、內陸型開發中國家以及非洲國家，以及面臨特定挑戰的中等收入國家，需要特別的關注與支援，以增加其國內資源與防災能力。

在各政府間針對 2015 年後防災討論發展的議程、發展資金、氣候變遷以及減災方面的協商，將可提供國際社會一個難得的契機來強化整合跨越政策、機構、目標、指標和量測系統之間的推動工作。在推動過程當中，需要確保適當與可靠的連結，有助於建構耐災能力並達到消弭貧窮的全球目標。

為了要降低災害風險，必須要對付當前的挑戰以及為未來做準備。需要特別重視包括：監控、評估和了解災害風險並且分享資訊以及肇因；強化跨機構與部門的災害風險治理與協調並且讓適當層級的相關者能夠完全且有意義的參與；包括透過技術和研究，將資源投注在民眾、社區和國家的經濟、社會、健康、文化和教育的耐災力以及環境上；強化對複合式災害的早期預警系統以及準備、應變、恢復、復原和重建能力。為補強國家的行動力和能力，必須要加強已開發和開發中國家之間，以及國家和國際組織之間的國際合作。

預期成果與目標

雖然目前在建立防災韌性和減少損失和損害方面已取得部分進展，然而未來在實質的降低災害風險需要持續的耐心與毅力，同時更明確地以人民及其健康和生計為重點，並定期追蹤進度。仙台減災綱領以兵庫行動綱領為基礎，希望在未來 15 年內達成以下成果：「實質減少個人、企業、社區至國家的災害風險及損失，特別在於生命、生計和健康以及經濟、物質、社會、文化和環境資產等項目。」為上述達成預期的成果，須追求以下的目標：「透過從經濟、結構、法律、社會、健康、文化、教育、環境、科技、政治和體制上的整合措施，來預防及減少對災害的危害風險與脆弱度，並加強應變及復原重建的整備，進而提高耐災能力，以預防新興及減少既有的災害風險。」七大全球目標為：

- 至 2030 年前，實質地降低全球因災害的死亡率，以 2005 ~ 2015 年與 2020 ~ 2030 年，全球因災害平均死亡率（每 10 萬人的因災害死亡人數）進行比較。
- 至 2030 前實質地減少因災害影響的人數，以 2005 ~ 2015 年與 2020 ~ 2030 年，全球受災害影響平均人數（每 10 萬人的受災害影響人數）進行比較。
- 至 2030 年前，在全球各國，相對於國內生產毛額（gross domestic product, GDP），減少災害造成的直接經濟損失。
- 至 2030 年前，實質地減少災害對關鍵基礎設施的破壞，以及造成民生基本服務的中斷（例如有關醫療健康與教育之設施），並包含發展其耐災能力。
- 至 2020 年前，大幅增加具有國家和地方減災策略的國家數目。
- 在 2030 年前，透過持續與充分的支援，大幅度強化針對開發中國家的國際合作，使其能改善國家作為以落實此防災綱領。
- 至 2030 年前，實質地改善民眾對多重危害的早期預警系統和災害風險資訊與評估的資訊之可及性和管道。

指導原則

「仙台減災綱領」參照「橫濱戰略」，以及「兵庫行動綱領」之原則，考量國家狀況、符合各國國內法律以及國際義務和承諾。仙台綱領的實施將遵循下列指導原則：

- 每一國家皆須負擔預防和減少災害風險的主要責任，包括透過國際、地區、次區域、跨境和雙邊等合作。減少災害風險是所有國家共同關切的目標，此目標可延伸至透過持續的國際合作來進一步強化開發中國家在其個別狀況和能力範圍內，皆可有效加強和實施國家的減災政策和措施。
- 降低災害風險需要中央政府與相關國家單位、部門和相關利益關係人，依據國內狀況和治理制度來共同承擔責任。
- 管理災害風險旨在保護人民和其財產、健康、生計和生產性資產，以及文化和環境資產；同時促進並保護各項人權，包括發展權。
- 降低災害風險需要整個社會的參與和夥伴關係。對於易受災害影響的族群，尤其是赤貧人口，應提供強化訓練，同時賦予包容性，易於接近和無差別待遇的參與。所有政策和實務上皆須考量性別、年齡、殘疾和文化觀點；並鼓勵女性和青年領導力；為此應特別注

意改善公民有組織性的志願工作。

- 降低與管理災害風險有賴於各級部門內和跨部門以及相關利益關係人間的協調機制，並要求在國家和地方層級之所有行政和立法機構的完全參與，以及明確的跨公部門與私部門（包括產業界和學術界）之責任銜接，來確保相互拓展、合作、互補的角色以及相互責任和追蹤。
- 雖然國家和聯邦政府在啟動、指導和協調的角色十分重要，但是仍需適當授權給地方政府和當地社區進行減災，包括使切地提供資源、誘因和決策的責任。
- 降低災害風險需要一個能考量多重危害（multi-hazard）的方法，以及全方位考量風險相關資訊的決策。上述方法與決策，需基於可公開交換和傳播的分類資料，例如性別、年齡和殘疾等資料。同時，考量防災資料的易取得性、即時性、綜合性、科學性、非敏感的風險資訊，並與傳統知識互補。
- 在發展、強化和實施減災相關政策、計畫、實務和機制時，需要針對其延續性，需視情況與永續發展和成長、食品安全、健康和人類安全、氣候變遷和變異性、環境治理等議題結合。降低災害風險對達成永續發展有必要性。
- 依地域範圍來看，引發災害風險的因子可能具有地方性、國家性、區域性或全球性，但在決定減災的措施，須了解災害風險有其地方特性和具體特點。
- 在處理潛在災害風險因子上，可在公私部門投資時，考量災害風險資訊，比起主要依賴災後災害應變和復原重建的方式更符合成本效益，且有助於永續發展。
- 在災後復原、善後和重建的階段，關鍵在於避免增加風險，並藉由「更耐災的重建」（Build Back Better）和增強公共對災害風險的教育和意識，來預防並減少災害風險的發生。
- 一個有效且具有意義的全球合作伙伴關係以及如何進一步強化國際合作，包含已開發國家履行承諾，以落實各項正式發展協助，這對有效的災害風險管理有其必要性。
- 開發中國家，特別是低度開發國家、小島型開發中國家、內陸開發中國家、非洲國家以及中等收入國家和其他面臨災害風險挑戰的國家皆需要充分、持續和及時提供的支援，包括來自合作夥伴與已開發國家的協助，其項目包括：金融、技術移轉和能力建構等。這些支援項目必須依照其需求和優先順序，進行量身定做。

優先推動項目

考量「兵庫行動綱領」的經驗，以及為達到「仙台減災綱領」預期的成果和目標，必須要有聯合且聚焦之行動，因此各國會在地方、國家、區域和全球等不同層級，倡導以下四個優先推動項目：

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

為能達成降低災害風險，各國、區域和國際組織和其他利益相關者，應基於上述四項優先工作，規劃其可落實之關鍵活動，並在符合國家法律和規章下，適切地將防災各項能力與能量納入考慮。在全球日益相互依存的背景下，特別是在開發中國家，需要透過協調一致的國際合作、製造有利的國際環境和執行方式，來激發與啟發所有層級有關減災的知識、能力與動機之推展。

明瞭災害風險

在災害風險管理的政策和實施，應基於對災害風險有全方位的瞭解，包括：脆弱度、能力、人與資產的風險、危害特性和所處環境。相關知識有助於事先評估災害風險、防災與減災、發展與執行合宜的災害整備與有效的災害應變。

利用強化災害風險治理來管理災害風險

災害風險治理在國家地區與全球層級災害風險管理工作上，表現於相關工作之有效性及效率。故需要有明確的目標、計劃、能力和跨部門的指導和協調，以及利益關係人者的參與。因此必須強化災害治理於災害預防、減輕災害衝擊、災前整備、災害應變、災後重建與生活重建等工作，並可藉此促進各機制間和跨機構的合作和夥伴關係，實施相關減災與永續發展的辦法。

投資減災工作以改進耐災能力

公部門和私部門在防減災工作的投資，可透過結構性與非結構性的措施，對於提升經濟、社會、衛生，以及個人、社區、國家和財產的耐災能力是至關重要的，對於提升環境耐災能力也同樣如此。這些措施為創新、成長以及創造就業機會的驅動力。上述措施既符合成本效益，並有助於挽救生命、預防和降低損失，以及確保有效的復原重建。

增強防災整備以強化應變工作，並在重建過程中達成「更耐災的重建」(Build Back Better)。

災害風險在持續增長，其中包含民眾與資產的風險增加，再加上從過往災害經驗中所學習的教訓，顯示需要為應變更進一步強化災害整備，針對預期的事件採取行動，以及將降低災害風險納入應變整備，並確保在各層級中有效展現應變與復原能力。透過公開地倡導及推動性別平等與對於應變、復原及重建等措施的普遍可及性，是賦予女性和身心障礙者防災能力的一項關鍵因素。由過往的災害顯示，在災害於復原、復興與重建階段，需要做好災前的準備，這是可以做到「更耐災的重建」(Build Back Better)的契機，相關工作包含透過將降低災害風險策略納入各項發展措施中，使國家和社區民眾具備耐災能力。

利益關係人 (Stakeholders) 的角色

儘管各國均應對減少災害風險負起全面的責任，減少災害風險卻也是政府和利益關係人之間共同責任。特別是非官方的非國家的利益關係者，在依據地方、國家、區域和全球等不同層級實施框架下的國家政策、法律和規章，扮演重要動員者的角色，以提供各國相關支援。他們的承諾、商譽、知識、經驗和資源將是備受需要的。

在確定利益關係人的特定角色和職責時，除了根據現有有關的國際法規之外，各國應鼓勵所有的公共及私有的利益關係者採取下列各項行動：公民社會、志工、有組織志工作組織和社區組織；參與並與公共機構合作，特別是在於發展和落實降低災害風險之規範性架構、準則和計畫下，提供專業知識和務實指導；參與地方、國家、區域和全球計畫和策略的落實；促成並支持公眾意識，以及促成預防災害風險和防災教育之文化；並且提倡有耐災能力的社區和全體社會共同參與的災害風險管理，以適當地強化各個團體之間的協力合作。

國際合作和全球夥伴關係

由於發展中國家的能力不同，且針對實施現有防災綱領之連結，及所需取得的資源也不盡相同，因此，開發中國家需要透過國際合作和全球夥伴關係，持續得到國際支援，包括足夠、永續和即時的資源。以此為努力的目標——低災害帶來的風險。國際減災合作中包含了許多資源，因此相關國際合作是支援開發中國家推動減少災害風險之重要元素。為達成「全球防災夥伴關係」，必須執行以下項目：

- 確認針對開發中國家，特別是低度開發國家、小島型開發中國家、位處內陸的開發中國家和非洲國家、以及面臨特定挑戰的中度收入國家，透過雙邊和多邊管道，提供協調、持續和充足的國際協助以減低其災害風險，包括強化的技術和金融支援，並且以雙方商定的減讓及優惠條件進行技術移轉，藉此開發和強化其能力。
- 強化各國，特別是開發中國家，透過現有的機制，如雙邊，區域和多邊合作協議，聯合國和其他相關機構，取得下列項目，包括：資金、無害環境的技術，科學性和包容性創新及知識的資訊共享。
- 推動專題合作平台的擴展及使用，包括全球技術庫和全球系統等專題平台，分享專業知識、創新和研究，以確保其能夠在減低災害風險方面獲取有關的技術和資訊。
- 適度將減低災害風險的措施，融入於內部和各部門的多邊和雙邊發展援助計劃，如減貧，永續開發，自然資源管理，環境，都市開發和適應氣候變遷等方面。
- 為了改善各國在經濟發展、技術創新和研究能力方面的差異，各國在實施現有防災綱領的同時，亦應將技能、知識、想法、和技術由已開發國家移轉至開發中國家。

結論與建議

仙台防災綱領中，除重視由國家到社區層級落實防災減災工作外，另外也強調國際與區域性之合作。台灣雖受限於國際現實必須自力發展災害防救相關體系與科技，也因為如此積累出來自於本土技術之災害防救經驗。這些寶貴的經驗資產對於亞太各國，因天災種類與社經發展軌跡和台灣相近，因此我們的實際經驗適合與這些國家分享。而檢視我國值得與各國分享的經驗包括^[4]：

- 防災體系建置：台灣的防災體系建構的過程融入了美日兩國的特色，兼顧減災的落實與應變的動員，特別是歷經近年多次災變後對於體系的修正，則是向災害學習的典範。其中，台灣近年來為強化地防政府防災體質之計畫，對於各國是相當有價值的參考。
- 防災科技落實：透過各部會與科技部之推動，台灣以建立就有本土特色的科研成果，並且注重如何透過災害業務主管機關落實於實際工作。對於無法直接消化各國先進技術的開發中國家，台灣在各項防災科技轉換的經驗，將可協助各國加速科技的落實生根。

- 防災資訊分享：以颱風為例，台灣不論在颱風資料庫的建立與預報上，以及由中央到地方之情資共享，都可以成為鄰近國家最好的資訊來源。此外，台灣在推動國土數位化的歷程，也可藉由分享使開發中國家樂於以台灣經驗做為學習的範例。特別是，今後在討論防災與氣候變遷的影響，如何掌握國土的變遷是必要的資訊，而我們也可藉由資訊的交流取得區域性的資料。
- 民眾實質參與：近年來不論於推行社區防災與民間非政府組織的投入，台灣防災工作已呈現民眾多元化的參與，透過建立公私部門的夥伴關係，在防災作業上政府與民間已逐步朝向分工的配合。而在各國社會體系與台灣相似，因此台灣的實際案例對各國具有實際的說服力，在架構轉移上也較容易被接受。

綜合以上之台灣經驗，提出以下觀點作為協助開發中國家防災工作推動上的參考，配合既有國際組織之工作，逐步發揮我國的影響力。

短期工作

展開對話，瞭解各國防減災需求：各國面對的主要天然災害包括，地震、颱風、豪雨、坡地災害、火山與霾害，另外近年來也對氣候變遷可能引發極端氣候而致災，各國正積極研擬防災調適對策。以上這些議題除火山與霾害外，也都是我國目前防減災重點工作，且有均有具體成果可供分享。現階段可透過於雙邊與多邊場域掌握各國於相關議題之規劃，並說明國內目前各項工作推展的進程，以使各國在台灣經驗上找到最佳參考，以落實仙台減災綱領。

結合現階段已進行之國際防減災工作：目前各國國際性與區域性之防災機構，已經積極投入開發中國家之防減災工作。我國應結合相關友我機構，並基於我國防減災優勢，共同投入區域性防減災工作。對於各國國際組織而言，台灣將是於各國推動防災最佳的代言人，如何在高密度、高災害風險國家落實防災，台灣的經驗將是一個絕佳的範例。

中程目標

協助能力建構 (Capacity Building)：因我國不論於災害類型、社經發展歷程及產業結構，與亞太各國相近，就防災經驗導入上，較先進國家更能貼近亞太各國需求。同時佔地利之便，對各國提供成熟且熟悉之防災案例。故基於台灣多年來建立之防災體系，含法令、科技、落實與民間之共同配合，皆可做為東協各

國推動防災工作之借鏡。特別是如何透過體系建構與科技導入之結合，更可做為開發中國家研究之案例。此外，我國在社區防災、厚植地方政府能力與 NGO 主動投入等，均是值得推薦的經驗。基於上述優勢，我國可以建立課程內容，說明台灣推動防災的歷程、挑戰、困境與成功，以做為與各國交流之基礎。

防減災科技成果之移轉與輸出：在防災科研上如災害潛勢分析、災害監測技術，不論在各部會之防減災應用研究，以及國科會的基礎研究，我國近二十年來已經積累相當科研成果可與鄰近國家分享。

台灣特有的防災經驗，雖然是歷經血淚積累而成，由其中發展出為克服災害風險維持國家成長的歷程，卻是另一項特有的台灣經驗。現今多變的環境下人人必須了解災害的特性，並學習與災害共存。各國在災害應變與準備能力上的確存在著落差，包括所處環境造成的差異（自然環境條件、社會經濟條件、都市化與國土開發的程度）以及經驗與技術的落差（災害經驗、災害防救相關知識與技術、災害防救相關法制體系），而台灣可能參與協力的面向，可以從兩方面來思考：在協助的

面向上，可分為人員、物力、知識技術以及資訊、監測的提供、協力，並且就減災、整備、應變救災、復原重建等四階段來考慮；而在實際提供協助的技術面上，可以透過直接參與或提供、舉辦訓練課程、技術交流、建置系統或網路等方式進行。台灣在經濟發展過程中，透過災害所學習到的防災體認，除可作為提昇全民防災意識，建立耐災家園的基礎外，更可作為其它國家發展災害防救工作的最佳參考。未來將可將各項經驗教材化，邀請鄰近各國防災機構來台，透過實際案例研析介紹我國成熟防的災科技，以建立雙邊的實質交流，並協助仙台防災綱領之落實。

參考文獻

1. 張歆儀、莊明仁、李香潔，2013，聯合國減災策略發展回顧，台灣災害管理學會電子報第 13 期。
2. UNISD, 2015, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030.
3. 國家災害防救科技中心，2015，2015-2030 仙台減災綱領（中文版）。
4. 李維森，2010，亞太經濟合作（APEC）災害防救組織之發展與現況，遠景基金會。



達欣工程

DACIN CONSTRUCTION

智慧、創新、務實、勤奮
一步一腳印·向永續邁進





年會網站

<http://211.20.88.217/dneinfo/104ciche/>



網路報名



歡迎多多利用
網路報名

迎接 大未來

Anticipating a Grand Future

Friday, Nov. 20, 2015

第一天：104 年 11 月 20 日（星期五）

International Forum

Anticipating a Grand Future Experience Sharing of Megaprojects

14:00 ~ 15:20 Session 1: Taiwan, Japan, China

15:40 ~ 17:00 Session 2: Korea, ARUP, Taiwan

Venue: **Liang Kuo Shu International Conference Hall,**
College of Social Sciences, National Taiwan University

國際論壇 迎接大未：重大工程案例分享

14:00 ~ 15:20 台灣、日本、中國

15:40 ~ 17:00 韓國、ARUP、台灣

地點：台灣大學社科院 梁國樹國際會議廳（台大校總區，近辛亥路校門）

第二天：104 年 11 月 21 日（星期六） Saturday, Nov. 21, 2015

09:00 ~ 09:45 相見歡（註冊、報到與領取資料）

09:45 ~ 12:00 **年會大會** 集思台大會議中心 國際會議廳（羅斯福路四段 85 號 B1）

致詞：主席致詞、貴賓致詞、外賓致詞

專題演講（行政院 張副院長善政先生：土木工程對我生涯發展的啟發）

頒獎及授證：工程獎章、程禹傑出工程師獎、文化資產認證、會士授證

頒獎：論文獎、獎學金、工程美化得獎、BIM 優良工程、工程創意優勝

報告：年會籌備報告、會務報告

第 22 屆理事長交接

12:00 ~ 13:30 午餐（會員代表大會）

13:50 ~ 15:30 **工程建設論壇、工程美化論壇、資訊論壇** 台大土木系館（台大校總區，椰林大道上）

工程美化得獎工程發表 104 年 BIM 技術優良獎優勝發表

15:50 ~ 17:30 **水利工程論壇、文化資產論壇、學生論壇** 台大土木系館（台大校總區，椰林大道上）

2015 大專學生工程創意競賽優勝發表

18:00 ~ 20:30 **晚宴** 公館水源福利會館 玫瑰廳（台北市中正區思源街 16 號 2F）





社團法人中國土木工程學會 104 年年會報名表

<http://211.20.88.217/dneinfo/104ciche/>

姓名		會員證號碼		(非會員免填)
服務單位		聯絡電話	手機： 公司：	
身分證字號		出生年月日		(辦理保險用或積分用)
聯絡地址				
E-mail				
參加活動項目	11月20日(五)下午 13:30~17:00			
	<input type="checkbox"/> 國際論壇 — 台大梁國樹國際會議廳 (免費參加)			
	11月21日(六)上午 9:45~12:00 年會大會			
	<input type="checkbox"/> 年會大會 — 台大集思會議中心國際會議廳 (免費參加)			
	11月21日(六)下午 13:50~15:30			
	工程論壇及優勝發表(一) 台大土木系館 (免費參加/三選一)			
	<input type="checkbox"/> 工程建設論壇 (220 室) <input type="checkbox"/> 工程美化論壇 (224 室) <input type="checkbox"/> 資訊論壇 (203 室)			
	11/21(六)下午 15:50~17:30			
	工程論壇及優勝發表(一) 台大土木系館 (免費參加/三選一)			
<input type="checkbox"/> 水利工程論壇 (220 室) <input type="checkbox"/> 文化資產論壇 (224 室) <input type="checkbox"/> 學生論壇 (203 室)				
11/21(六)晚上 18:00~20:30 年會晚宴				
公館水源福利會館 (會員 500 元/非會員 1000 元)				
<input type="checkbox"/> 參加 <input type="checkbox"/> 不參加				
晚宴餐費	<input type="checkbox"/> 500 元 (會員)		<input type="checkbox"/> 1000 元 (非會員)	
技師積分	<input type="checkbox"/> 需要 <input type="checkbox"/> 不需要			
公務人員 終身學習時數	<input type="checkbox"/> 需要 <input type="checkbox"/> 不需要			
付款方式	<input type="checkbox"/> 郵政劃撥 (劃撥帳號: 00030678, 戶名: 中國土木工程學會)			
	<input type="checkbox"/> 信用卡 (敬請填寫下表信用卡授權書)			
膳食偏好	<input type="checkbox"/> 葷食 <input type="checkbox"/> 素食			
發票	拾 <input type="checkbox"/> 同本人 同服務單位 <input type="checkbox"/> 其他 _____			
	頭 <input type="checkbox"/> 二聯式 <input type="checkbox"/> 三聯式 統一編號 _____			
已完成報名者若無法參與, 恕無法退費				

@ 報名請先填寫註冊卡, 填妥請傳真學會 Fax: (02) 2396-4260

報名截止: 104.11.15

@ 年會詳細資訊: 104 年年會網站 <http://211.20.88.217/dneinfo/104ciche/>

信用卡授權書

卡別	<input type="checkbox"/> VISA	<input type="checkbox"/> MASTERCARD	<input type="checkbox"/> JCB
卡號		末三碼	
持卡人身分證字號		有效期限	
持卡人簽名		繳費金額	

@ 請將表單傳真至 (02) 2396-4260

@ 已完成報名者若無法參與, 無法退費

@ 以上資料僅提供學會辦理此次年會使用, 不另作其他用途



海峽兩岸建設工程品質監管法制之比較

Comparison of Legal System of Construction Quality Control on Cross-Strait

蘇 南／國立雲林科技大學營建工程系教授

鄭曉曉／北京建築大學經管學院碩士研究生、國立雲林科技大學營建系訪問研究生

摘要

隨著《海峽兩岸服務貿易協議》的簽署，兩岸建設業的交流與合作進一步加強，如何對兩岸營建廠商進行品質監管成為重要議題。本文旨在分析大陸地區與臺灣建設工程品質監管制度的背景與相關立法制度的沿革，並將兩地目前現行的建設工程品質監管制度進行對比研究，希望能為兩岸建設工程品質監管立法工作互相借鑒提出建議和對策。

Abstract

With the signing of Cross-Strait Service Trade Agreement, the exchange and cooperation of construction industry on Cross-Strait have been further strengthened. How to supervise quality of construction is becoming important issue. This paper evaluated the background and history related legislative system of construction quality supervision on China Mainland and Taiwan, and comparative currently existing quality management and monitoring of public construction on Cross-Strait. Furthermore, hoping to provide suggestions and countermeasures for quality of construction projects on Cross-Strait learn from each other regulatory legislation.

隨著海峽兩岸文化、經濟交流日益加深，兩岸合作領域不斷拓寬。2013年6月21日，兩岸海基會與海協會簽署了《海峽兩岸服務貿易協議》，其中建築業的開放規定，台資入股業者在大陸可投標工程，臺灣對大陸開放營造、裝修業，該規定標誌著臺灣地區建設商來大陸承攬業務已是大勢所趨，大陸的營造廠商與裝修單位也會到臺灣承攬業務。由於兩岸的法律體系有所不同，如何對兩岸營建商承攬業務之實施工程品質監管，誠為兩岸當前急需研究解決的課題。本文從品質監管立法的角度出發，對大陸地區和臺灣地區建設工程品質監管立法制度進行了較為全面的對比研究，期望對促進兩岸交流合作和大陸地區建設工程品質監管立法體制的改革提供一些有益的建議。

研究背景及目的

一般而言，美國採用的是政府直接參與微觀層次工程質量（台灣稱為品質）監督的監督模式，主要表現在政

府主管部門直接參與工程建設專案品質的監督和檢查。在美國，政府參加工程專案品質監督檢查的人員分為兩類：一類是政府檢查人員；另一類是政府臨時聘請或者要求業主聘請的，屬於政府認可的外部的專業人員。這類監督檢查人員都直接參與每道重要工序和每個分部、分項工程的檢查驗收，認定合格後，方可進行下一道工序。對工程材料、施工品質的檢驗都由相對獨立的法定或經認可的檢測機構執行，在所有監督檢查中，又以地下、基礎工程和主體結構的隱蔽工程為重點^[1]。

法國的品質監督模式的特點為政府不直接參與微觀層次工程品質監督的監督模式。即法國政府主管部門不直接參與工程專案的品質監督檢查，而主要是運用法律、市場及經濟手段，促使建築企業提高工程品質。這種監督模式在完整的法規的基礎上，依靠獨立的品質檢查公司完成。檢查公司必須保持其第三方客觀公正地位，品質檢查公司不得在國內參與品質監管以外的任何商業活動^[2]。

臺灣地區建築工程品質主要實行勘驗制度。其必須申報勘驗之部分，時限及內容規定，共有五個方面內容：一是放樣勘驗；二是擋土安全維護措施勘驗；三是主要構造施工勘驗；四是主要設備勘驗；五是竣工勘驗。於申報勘驗前，應由承造人及其專任工程人員先行勘驗，並經監造人勘驗合格會同簽章，交由承造人檢具勘驗申報檔，按規定時限向有關主管建築機關申報後，方得繼續施工^[3]。

本文亦對國外各地區建設工作品質監管制度進行了研究，但似乎尚無相關建設工程品質監管立法制度的研究，即沒有從法律層面思考工程監管相關問題。本文將藉《海峽兩岸服務貿易協議》簽署的契機，從兩岸品質監管制度的立法角度出發，研究兩岸相關法律法規的優缺點，指出兩岸互相借鑒學習與改正的地方，以促進兩岸建設業更好的發展。

大陸地區建設工程質量監管制度

大陸建設質量監管制度之背景

中國大陸在建國初期，國家實行計劃經濟體制，政府直接投資和監督工程建設專案。即投資與籌建一體、籌建與實施一體及實施與監督一體的三位一體模式^[4]，此際，政府被廣大人民群眾視為是工程品質的「直接責任者」。從大陸的建國初期到 50 年代，施工質量實行單一檢查制度，由施工企業個體自行負責質量控制，缺少監督的觀念。從 1958 年到 1966 年，由建設單位參與質量管制，建設工程質量監督實行由建設單位驗收的制度，即由施工單位內部實行質量控制，建設單位對工程質量進行檢查驗收。

1984 年，大陸地區國務院頒發「關於改革建築業和基本建設管理體制若干問題的暫行規定」，其中第十六條規定：「要改革工程質量監督辦法，對一般民用專案，在地方政府領導下，按城市建立有權威的工程質量監督機構，根據有關法規和技術標準，對本地區的工程質量進行監督檢查。」該條規定確立了在全國推行工程質量監督制度，大陸地區由此跨入了由政府實施建設工程質量監督與管理的新階段。

1988 年，原建設部頒發了「關於開展建設監理工作的通知」，在工程建設領域開始開展工程監理試點工作；為了使建設監理試點工作有所遵循，建設監理司

與試點城市和部門共同擬定了「關於開展建設監理試點工作的若干意見」；1995 年由建設部和國家計委聯合頒發的「工程建設監理規定」，標誌著工程監理制度開始了全面發展。工程監理制度的確立，為大陸的工程質量引入了社會監督方式。

大陸關於工程質量制度的立法沿革

按照法律法規層級劃分，與工程質量管制相關的現行法律有十幾部，如「中華人民共和國標準化法」、「中華人民共和國產品質量法」等，建築業的專門法律為「中華人民共和國建築法」；現行法規共四部，分別是「建設工程質量管制條例（2000 年）」、「信訪條例（2005 年）」、「民用建築節能條例（2008 年）」以及「招標投標法實施條例（2011 年）」。

大陸地區「建築法」頒佈之前，建築業沒有專門的法律法規對建設工程各參與方的質量責任作出規定，雖然 1984 年的「關於改革建築業和基本建設管理體制若干問題的暫行規定」在大陸確立了質量監督制度，可是工程質量責任不明確，政府的監督工作推行也將受阻。為了加強監督管理，明確建築工程質量責任，1987 年 1 月 22 日，大陸國務院城鄉建設環境保護部頒發了位階屬於部門規章的「建築工程質量責任暫行規定」，規定將勘查單位、設計單位、建築施工企業、建築構配件生產單位和建築材料設備供應單位的質量責任予以明確規範。這是首次為解決工程質量責任爭議與糾紛提供了明確的依據。進一步明確政府的監督管理：各地建築主管部門負責管理與監督本地區建築工程質量和建築構配件質量；各級質量監督站負責監督本地區除大、中型工業、交通建設專案以外的所有建築工程的質量；大、中型工業、交通建設專案，由建設單位負責監督檢查。

工程質量監督制度的實行對提高大陸工程質量有劃時代的意義，但是隨著中國大陸地區經濟體制市場化逐漸加深，原來的政府監管模式缺乏有效的規範與指導，1990 年，「建設工程質量監督管理規定」的頒佈，標誌著大陸政府層面的品質監督管理步入規範化軌道。該規定指出質量監督站實行站長負責制，明確了監督站的工作內容、許可權與責任，監督費用的管理與運用。前開規定使政府的監督工作有章法可循，大陸地區的工程質量監督制度得到進一步完善。

改革開放以來，大陸適時地制定了建設領域中各種法律、法規和規章以適應體制改革的需要^[5]。為了加強對建設工程質量的監督管理，明確建設工程質量責任，保障參與建設工程各方的合法權利，維護建築市場秩序。於1993年，建設部頒佈了「建設工程質量管制辦法」，同時1987年頒佈的「建築工程質量責任暫行規定」廢止。該辦法彌補了「建築工程質量責任暫行規定」的不足，進一步規定了建設單位的質量責任與義務，並將原來各單位經理、廠長對工程質量負責制度改為由單位負責制，由於質量缺陷造成的經濟責任由單位承擔更合情合理，並且損害賠償更有保障。該辦法也詳細規定了建設工程質量保修期限，為施工單位的維修責任提供了詳細指導。

為了加強政府對建築活動的監管，保持良好的市場秩序，1997年11月1日，中華人民共和國第八屆全國人民代表大會常務委員會第二十八次會議審議通過了「中華人民共和國建築法」（以下簡稱「建築法」），該法自1998年3月1日起施行。「建築法」是中國大陸地區第一部建築業的專門法律，其內容涉及從事建築行業的各方主體的責任與義務規定，明確了建設工程實行質量保修制度，是對建築業規定最全面的一部法律。「建築法」第六章即為「建設工程質量管制」。該法主要從建設企業的資質管理、禁止轉包（主體結構必須自己承建）和建築工程質量的終身制等幾個方面著手，對建築工程的質量進行了嚴格的規定^[6]。

2000年1月30日，國務院頒佈了「建設工程質量管制條例」，該條例是「建築法」的配套法規，它對建設行為主體的有關責任和義務作出了十分明確的規定，明確國家實行建設工程質量監督管理制度。至此，在法規和管理制度上，我國大陸地區建立了由政府、業主及其代表監理單位和實際參與建設單位三個層次構成的建設工程質量監督管理體系。「建築法」與「建設工程質量管制條例」的頒佈標誌著中國大陸地區建築行業的發展進入了法制軌道，是建築業法制建設的里程碑，對保證工程質量和促進行業健康發展具有重要的意義。

臺灣地區公共工程施工品質管制制度

台灣的工程品質制度背景

臺灣地區的公共工程為民生建設的根本，不僅攸關全民福祉，更能帶動經濟的復興，而工程品質更是

衡量一個地區發達程度的指標。但是，公共工程並不像一般的製造業，其最大的差異乃是先訂約後施作，而且幾乎長時間在戶外進行施工，品質的良莠往往必須等到工程結束後或是長期的使用方能判定，業主無法於交易前立即看到工程的品質會是如何，必須透過施工品質管制制度的執行方能確保施工品質，因此，如何管理施工品質對公共工程的品質尤為重要。

為確認工程品質管制工作執行的效果，並督促主辦工程單位及承包商落實品質管制，實施工程施工品質評鑒制度，成為提升工程品質的重要課題。1993年，臺灣行政院頒佈了「公共工程施工品質管制制度」，明確建設工程實行三級品質管制制度，引入了政府監管的機制，即第三層級主管機關的工程施工品質評鑒制度。所謂工程評鑒制度系由有別於傳統的品質管制方式，依適當的品質評鑒準則，利用制度化、系統化、科學化的方法，對評鑒專案實施抽樣評估，經匯總各評鑒專案成績後，評定工程品質的等級，並給予適當的獎懲措施，以落實品質管制。主管機關執行工程品質評鑒，評定施工品質的優劣等級。評鑒結果可供作為主辦工程單位考評的依據，並可作為改進承包商品管作業及評選優良廠商的參考，藉以督促主辦工程單位及承包商落實品質管制，達成提升工程品質之目標。

台灣工程品質制度的立法沿革

臺灣地區有關建築業的立法工作起步比較早，在1971年就公佈了全文共105條的建築管理基本法律「建築法」，該法第十三條第二款規定：「建築物設計人及監造人為建築師，以依法登記開業之建築師為限。但有關建築物結構與設備等專業工程部分，除五層以下非供公眾使用之建築物外，應由承辦建築師交由依法登記開業之專業技師負責辦理，建築師並負連帶責任。」由上述條文可知，建築師受業主委託監督工程施工，建築師是法定的監造人。建築監造制度是補充於行政監管制度的預防性介入措施^[7]。但並不是所有建築物都必須強制進行監造，台灣「建築法」第十六條規定：「建築物造價在一定金額以下或規模在一定標準以下者，可以免由建築師設計或監造。前項造價金額或規模標準，由直轄市、縣（市）政府於建築管理規則中規定。」以臺北市政府為例，依據其公佈的「建築管理自治條例」（2001）第十條，臺北市無須建築師監造的建築物，其設定之條件為：第一，非公眾使用之平房；第二，總樓

地板面積在 60 m² 以下，第三，簷高在 3.5 m 以下^[8]。

為了使參與實際工程施工任務的所有成員，均能認識工程品質的重要性，在施工過程中，應當有系統化的管理，有效的管理步驟，完善建設工程品質，達到規範標準與要求。1993 年 10 月，臺灣行政院頒佈了「公共工程施工品質管制制度」，建立了：(一) 第一層為承包商的施工品質管制系統；(二) 第二層是主辦工程單位的施工品質保證系統；及(三) 第三層為主管機關的工程施工品質評鑒制度三個層級的品質管制架構，即三級品管制度，如圖 1 所示。這種工程施工品質評鑒制度在日本、香港及新加坡等實際施行的結果，效果特別顯著。在行政院公共工程委員會之大力推動下，行政院頒佈了「公共工程施工品質管制制度」，積極實施公共工程施工品質評鑒。工程施工品質的評鑒基於「品質是設計出來的」「品質是看得見」和「品質是可以驗證出來」的理念，由獨立公正的具專業之第三者，以公平、客觀的評鑒標準，針對已完成施工之專案，以抽樣調查方式評估，並評定其優劣等級。工程施工品質評鑒之意義並非取代原有監造體系功能與職責，而是與施工品管系統相輔相成，以確保施工品質。2002 年 2 月，臺灣地區「政府採購法」第七十條第三款的規定，將第三層級的品質管制修改為主管機關的施工品質查核機制。

臺灣行政院公共工程委員會為落實公共工程施工品質管制制度，於 1996 年制定了「公共工程施工品質管制作業要點」，對於公共工程三級品管制度的實施方式加以規範；為強化主管機關查核機制功能，於 2002 年發佈「工程施工查核小組組織準則」及「工程施工查核小組作業辦法」兩個子法；為使工程施工查核小組定期

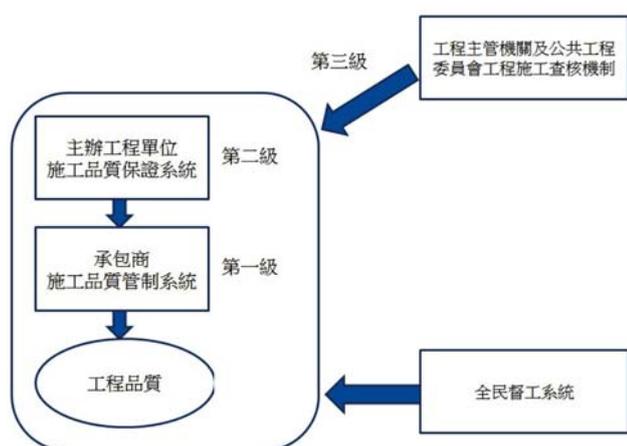


圖 1 臺灣的公共工程施工品質管制制度架構

檢查工程品質及進度等事宜，有效發揮查核功能，2003 年頒佈了「工程施工查核小組績效考核作業要點」。

公共工程品質攸關民眾生活福祉；2002 年，臺灣引進全民監督的機制，頒佈了「全民監督公共工程實施方案」，該方案除了提升公共工程施工品質外，還首次提到全民監督的概念，以民間力量監督政府施政，協助政府部門及早發現相關缺失，並謀求改善，以彰顯政府重視民眾心聲，共創優質公共建設的決心。「全民監督公共工程實施方案」中公佈了公眾通報的具體網址、專線電話號碼、傳真號碼和信函郵寄位址，保證民眾通報管道暢通，真正參與到品質監管體系中，使工程的實體品質與各層級的品質監管行為在全體人民群眾的監督之下進行，為確保工程品質起到了一定的作用。

臺灣對建築管理的態度注重細節的執行，法律規定得非常細緻繁多，對建築從業人員執業的限制也較多，例如臺灣地區有「營造業法」對營建廠商的行為、權利和責任進行約定；「建築師法」和「技師法」對建築師和技師的執業範圍、權利和責任又有相應的約束。

兩岸建設工程品質監管法律制度之比較

兩岸的建築法律體系不同

臺灣地區政府對建設業實施監管的框架模式一般由建築業管理的法律、法規規定的制度來確立。臺灣對於建設相關行業管理的法律法規分為兩類，一類是由中央政府頒佈的全國遵守使用的法律，是在臺灣從事建設活動的最低要求；一類是由臺灣的市、縣政府所頒佈，適用於市、縣轄區內應遵守的行為準則。

大陸地區各省市的法律法規和規範性檔不少，相對應的建設管理制度也很多。如安全生產許可證制度、特種設備安全監察制度、特殊工種持證上崗制度、進場工人教育制度等等，種類繁多。反觀，臺灣地區對於建設工程品質監管的制度則相對比較少一些。

兩岸的建築責任主體與管理方式不同

大陸地區建築行業責任主體較多，除了有建設、勘察、設計、施工、監理等五方面的主要責任主體外，還有檢測、施工圖審查兩個機構。在安全生產方面，還有出租單位、安裝拆卸單位和為建設工程提供機械設備和配件的單位。進一步言，大陸除了對勘察、設計、施工、監理等責任主體有相應的資質管理

規定外，同時也對勘察、設計、施工、監理等單位的從業人員資格進行管制；相對而言，臺灣地區的建築行業責任主體則比較簡單，只有起造人、設計人（含監造，即設計及監理單位）和承造人（即施工單位），並且只側重於對從業人員資格進行管理。

兩岸的建設工程監造制度不同

我國大陸地區的設計規劃單位一般負責設計工作，並不在施工現場進行監督，建設單位一般通常是委託監理單位在施工現場負責品質監管活動。換言之，大陸的設計與監理是分開設立的。按照大陸「監理規範」要求，監理單位不僅要履行「四控制兩管理一協調」（四控：安全控制、品質控制、進度控制、投資控制；兩管：資訊管理以及合同管理；一協調：組織協調）的責任和義務外；於「建設工程安全生產管理條例」尚規定監理單位應履行工地現場施工安全的監督管理職責。

雖然臺灣地區沒有監理工程師一職，惟臺灣的「建築法」亦規定，建築物的法定監造人為建築師，所以通常情形下，臺灣的建築師在建築管理制度上，既是設計人又是監造人。本文以為，臺灣地區的新建建築物通常是設計單位和監造單位合併在一起的，監造的內容既有工程品質也確保施工安全。值得一提的是，自 921 地震發生後，亦有很多建築物將工作委由具施工專業的土木技師或專業營建管理單位執行。

大陸「建設工程質量管制條例」與臺灣「公共工程施工品質管制作業要點」之比較

兩岸的法律位階及定性比較

針對建設工程品質監督管理法律體系定位問題，臺灣地區「公共工程施工品質管制作業要點」第二條規定：「行政院暨所屬各級行政機關、公立學校及公營事業機構辦理工程採購，其施工品質管制作業，除法令另有規定外，依本要點之規定。」該條規定保留了其他法律法規優先適用的空間。臺灣地區為了提升公共工程的施工品質，公共工程委員會在品質管理方面頒佈了許多法規與行政規則，有關條文還在不斷修改與完善當中，所以該條規定旨在維護與品質管理相匹配的法令適用處在優先的位置。與之相對比，中國大陸

地區「建設工程質量管制條例」第二條規定：「凡在中華人民共和國境內從事建設工程的新建、擴建、改建等有關活動及實施對建設工程質量監督管理的，必須遵守本條例。」即明確將「建設工程質量管制條例」定位為基本性之母法，沒有保留其他法規優先適用的空間。該規定雖然保持了「條例」在適用上的優越性，但卻阻礙了與質量監督相關法規的先進性。為了更好地適應當代國際、國內建築市場逐步一體化發展的要求，建設工程質量監管體制的改革成為當務之急^[9]。法律法規的進一步完善成為必然的發展趨勢，所以建議參考臺灣地區「公共工程施工品質管制作業要點」第二條規定「除法令另有規定外，依本要點之規定」，使適應時代發展的法律條文優先被適用。

兩岸的程序規範比較

在大陸地區，建築行業的進入門檻比較低，由此造成施工單位工作人員的經驗與能力參差不齊，監理單位的責任感不強等，這都為工程質量事故的發生埋下了隱患。事故一旦發生，有關部門應積極遵守有關規定，根據應急預案採取有效措施，將生命財產安全損失降低到最低。中國大陸地區「建設工程質量管制條例」第五十二條在事故處理常式有明確規定：「建設工程發生質量事故，有關單位應當在 24 小時內向當地建設行政主管部門和其他有關部門報告。對重大質量事故，事故發生地的建設行政主管部門和其他有關部門應當按照事故類別和等級向當地人民政府和上級建設行政主管部門和其他有關部門報告。」如果出現瞞報、謊報的情況，相應的處罰為第七十條規定：「發生重大工程質量事故隱瞞不報、謊報或者拖延報告期限的，對直接負責的主管人員和其他責任人員依法給予行政處分。」臺灣「公共工程施工品質管制作業要點」在事故處理程序上沒有相關規定，可提供大陸「建設工程品質管制條例」借鏡，作為日後修正參考之用。

兩岸的實體規範比較

責任與義務方面，大陸「建設工程品質管制條例」第三條就有規定：「建設單位、勘察單位、設計單位、施工單位、工程監理單位依法對建設工程品質負責。」「條例」的第二章到第六章主要為實體規範內容，依次為建設單位、設計單位、施工單位和監理單位的品質責

任與義務。臺灣的「政府採購法」第七十條規定：「中央及直轄市、縣（市）政府應成立工程施工查核小組，定期查核所屬（轄）機關工程品質及進度等事宜。」為落實該規定及行政院頒佈的「公共工程施工品質管制制度」，公共工程委員會頒佈了「公共工程施工品質管制作業要點」。臺灣有專門的「營造業法」，對營造廠商的執業、義務與責任有詳細的規定，針對設計與監造單位的責任與義務，又有「建築師法」和「技師法」，所以「公共工程施工品質管制作業要點」依據政府採購法，主要從主辦單位（業主）的招標檔出發，要求招標檔中應明確規定施工廠商、品管人員、監造單位與監造人員的主要工作內容及工作重點。

在罰則方面，大陸地區「建設工程質量管制條例」第八章為罰則的規定，而「公共工程施工質量管制作業要點」第十七條規定：「廠商有施工質量不良、監造不實或其他違反本要點之情事，機關得依契約規定暫停發放工程估驗款、扣（罰）款或為其他適當之處置，並得依政府採購法第一百零一條至第一百零三條規定處理。」與大陸地區相比，臺灣地區建立了更為嚴厲的懲罰機制，值得大陸地區借鑒學習。例如臺灣「建築師法」第四十七條規定：「直轄市、縣（市）主管機關對於建築師懲戒事項，應設置建築師懲戒委員會處理之。」而大陸地區的法律法規對於工程質量責任人的違規和違法行為的罰則不夠嚴厲，執業工程師牌照出租現象層出不窮，想要徹底禁止和根除，就要從立法工作開始，實有必要學習臺灣的立法制度，建立嚴厲的懲罰機制。

結論與建議

建設工程品質關係到廣大社會民眾的生命和財產安全，重要性不言而喻，有效的監管制度可以提高建築工程品質水準。海峽兩岸雖然建築體制不同，但文化背景是相同的，隨著兩岸交流的不斷深入，建設工程方面許多制度是可以借鑒學習的。臺灣地區建設工程品質監督立法比較完善，大陸地區法制建設正在快速發展，兩岸建設工程品質立法制度互相借鑒學習。建議將彼此的優點有針對性、有選擇性地應用吸收，對海峽兩岸互相交流學習具有積極的意義。此外，本文也提供下列建議：

建議大陸地區考慮將建築物設計與施工緊密結合

與大陸的監理工程師現場監管制度相比，臺灣地區建築師監造制度將設計與施工緊密結合起來，再要求施工單位按圖施工上，多了一層品質保障，有利於業主單位與設計者最初的設計意圖將更好地體現在最終的建築物上。大陸也越來越重視設計與施工的結合，EPC（Engineering Procurement and Construction）總承包模式得以推廣，即由總承包單位負責整個建設工程的設計、採購、施工，但EPC模式的運用需要滿足其適用條件，即對承包單位的整體實力要求較高，目前應用還不是很廣泛。大陸建設業針對其他承包模式下，如何將設計與施工緊密結合，台灣目前通常採用的建築師的監造制度為此提高了思路。

建議臺灣地區考慮增加對責任主體的管理規定

由於臺灣對建設行業各責任主體沒有相應的資質管理規定，可能將來會造成台灣營建商在大陸承攬業務時，可能將會遇到障礙並且受到限制。建議臺灣增加對建築企業責任主體的相關管理規定，加強建築企業的准入制度。臺灣地區營造業有依法登記開業，並在工程專案所在地設立分支機構的，需到工程專案所在地的大陸建設行政主管部門辦理備案登記，增加對責任主體的管理規定，可以提高成功申領大陸的安全生產許可證（臺灣無此制度）的機率，以便開展備案登記指定範圍內的相關活動。

參考文獻

1. 郭汗丁（2005），國外建設工程品質監督管理的特徵與啟示，建築管理現代化，第五期，第5-8頁。
2. 劉金濤（2007），國內外建設工程品質監督工作現狀及發展趨勢研究，西南公路，第四期，第56-61頁。
3. 徐志遠（2012），臺灣建築商在閩承攬業務政府監管模式初探，福建建築，第二期，第88-90頁。
4. 胡長青（2002），工程品質監管的三個層次及相互關係，建設監理，第三期，第40-42頁。
5. 章德君（2010），建設工程品質法律問題研究，吉林大學碩士論文，第10-15頁，吉林。
6. 謝琳琳、何清華、樂雲（2007），我國建設工程品質監管模式的現狀分析及改革設想，建築經濟，第五期，第6-9頁。
7. 章大偉（2009），論臺灣建築監造制度與建築事故刑事責任，復旦大學碩士論文，上海。
8. 余文恭（2005），臺灣建設工程監造法律制度，建設監理，第五期，第79-83頁。
9. 江小燕、完海鷹、劉超、李軍（2011），海峽兩岸建設工程品質監管體制比較研究，建築經濟，第三期，第11-14頁。





■ 大地工程 ■ 結構工程 ■ 運輸及土木工程 ■ 環境工程 ■ 機電系統工程 ■ 營建管理 ■ 土地開發 ■ 資訊科技



**公共工程
INFRASTRUCTURE**

- 道路及高速公路
- 軌道系統
- 機場
- 港灣
- 橋樑
- 隧道
- 人行道及自行車道
- 電廠
- 水壩
- 管線工程
- 共同管道
- 軍事工程

**環境工程
ENVIRONMENT**

- 水建設
- 固體廢棄物管理
- 環境污染防治
- 永續工程設計
- 環境影響研究

**土地資源開發
LAND RESOURCES**

- 新市鎮開發
- 渡假村及遊樂園
- 山坡地開發
- 都市更新
- 填海工程
- 土地再生工程
- 工業及經貿園區

BIM

- 規劃設計
- 施工管理
- 專案管理 (項目管理)
- 設施管理

**建築設施
BUILDINGS & FACILITIES**

- 住宅及辦公室
- 商務
- 藝術、運動及文化
- 醫療保健
- 教育及研究
- 工業
- 停車場

**地表資訊科技
GEOMATICS**

- 基礎建設管理
- 風險管理
- 計畫管理

**核心價值
MAA VALUES**

Advanced technology
project Safety
client's Satisfaction
Economical solution
Timely completion

ISO 9001 CERTIFICATION

服務項目 SCOPE OF SERVICES

- | | | | | |
|---------|-----------|--------|--------------|-------------|
| • 可行性研究 | • 工程規劃 | • 營建管理 | • 設計覆核 | • 現場儀器裝設及監測 |
| • 專案管理 | • 工址踏勘及調查 | • 施工監造 | • 工程現況評估 | • 營運測試 |
| • 主計畫規劃 | • 基本設計 | • 計畫管理 | • 現場試驗及實驗室試驗 | • 環境影響評估 |
| • 總顧問 | • 細部設計 | • 風險管理 | • 模擬分析 | • 設施管理諮詢 |



CONSTRUCTORS & ENGINEERS

亞翔集團

榮工工程股份有限公司 RSEA Engineering Corporation

新北市汐止區大同路一段175號13樓

13F., 175, Sec.1, Datong Rd., Xizhi Dist., New Taipei City
22145, Taiwan, R.O.C

TEL : (886)2-8691-7366 FAX : (886)2-8691-7866



信譽卓著 品質保證

專業團隊 與您夢想起飛



順天應人 — 綠色大地工程之發展

Harmony between Man and Earth — Development of Green Geotechnical Engineering

周南山 / 中國土木水利工程學會常務監事

鄭恆志 / 盟鑫工業股份有限公司總經理

摘要

受到全球暖化的衝擊，全球氣候越趨極端，改變了全球的生態，造成超越以往經驗之大規模災難。面對極端氣候的嚴重課題，講究安全、經濟、生態、減碳之綠色工法成為全球土木營建工程之新趨勢，大地工程也不例外。台灣綠色工程之發展是將綠建築、綠土木、生態工法、低衝擊開發以及屬於永續類的幾個核心概念互相結合而成為綠色／永續工程。而綠色大地工程屬於綠色／永續土木工程中重要之一環，尤其在綠色邊坡、土工合成材料及透水鋪面等領域，發揮之空間甚大。在環境永續發展之前提下，傳統工程人定勝天觀念，僅著重於結構強化的抵抗性作法已無法因應當今環境之快速變遷。因此，符合綠色內涵、節能減碳的綠色／永續工程乃成了這困局的一道解藥。本文探討綠色大地工程近年來的幾項發展，包括綠色邊坡、加勁擋土結構及土工合成材料應用等，並以歐美及台灣之案例加以佐証。大地工程需能兼顧安全耐久、經濟、生態環境、節能減碳、景觀（甚至人文、藝術）等面向，才能稱之綠色／永續的工程，而目前因方興未艾，類似綠建築之各項指標尚待建立。從事綠色大地工程者之理念與環保人士逢建設必反之極端態度有所不同，而亦著重人之需求，屬於儒家中庸之道。此與孟子「斧斤以時入山林，柴木不可勝用也」的順天應人哲學不謀而合。作者認為，以老祖宗所揭示的順天應人哲學，配合最新地工技術與材料，兼顧環境、生態、景觀、節能減碳之設計施工乃是綠色大地工程未來發展之趨勢。

Abstract

Due to the impact of global warming, extreme weather has caused many catastrophic damages in the world, including Taiwan. To face them, civil engineers tend to pay more attentions to ecology, environmental protection, energy saving, carbon reduction and landscape than ever. Geotechnical engineers are no exception. Green and sustainable concepts are especially important in the areas in slopes, geosynthetics-reinforced structures, etc. Traditional geotechnical structures should also accommodate ecology, environmental protection, energy saving, carbon reduction and landscape to meet challenges due to impacts of global warming. This paper demonstrates the development of green geotechnical engineering and introduces foreign and domestic examples in the areas of slope, geosynthetics-reinforced walls, tunnels, anchors, etc. Based on these examples, the Chinese philosophy of "Harmony between Man and Earth" may be concluded as the future trend of green geotechnical engineering.

全球氣候變遷趨勢

氣候變遷原本是一種自然現象，以不同形式及規模在地球上不斷持續發生。但自工業革命以後，因人類社會經濟驟然起飛、物質生活豐富度提升，各項需求接踵而至，大量開發自然資源以因應社會發展的步調以及

森林野地的過度開發利用，影響氣候變遷的因子。受到全球暖化的衝擊，全球氣候越趨極端，改變了全球的生態，造成超越以往經驗之大規模災難，依據聯合國國際減災策略組織、災害流行病學研究中心統計，全球天然災害造成的經濟損失急遽增加（如圖 1 所示），尤其在 2011 年造成創紀錄之 3,660 億美元之經濟損失。

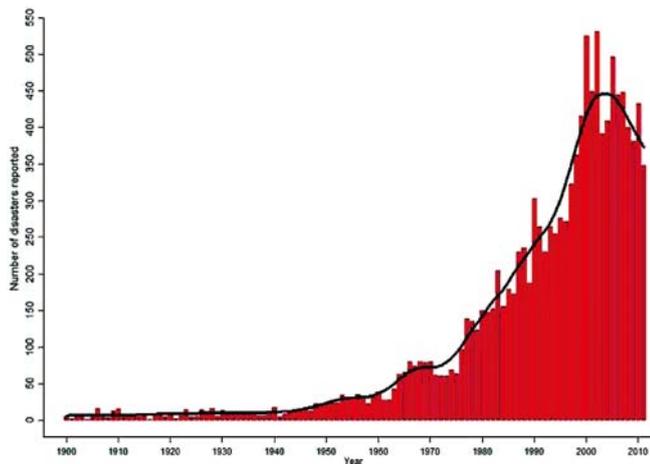


圖 1 1900~2011 年全球天然災害數量統計圖

台灣地處於菲律賓與歐亞板塊的交界帶，地質年代較輕，造山運動至今仍在持續進行。地殼因受造山運動的擠壓而褶皺斷裂，以致地表岩體破碎。由於臺灣土地狹小，山區佔全島面積 70% 以上，地理位置位處環太平洋地震帶，地震頻繁，且夏、秋兩季易受颱風暴雨侵襲。依照世界銀行發佈的全球風險分析，臺灣被列入未來的第一批氣候難民名單之列，是全球最容易受災的地區之一。

永續／綠色工程之發展

面對極端氣候的嚴重課題，講究安全、經濟、生態、減碳之綠色生態工法為全球土木／營建工程之新趨勢。傳統工程人定勝天觀念，僅著重於結構強化的抵抗性作法無視於對環境生態景觀之破壞（見圖 2 及圖 3），已無法因應當今環境之快速變遷（如表 1 所示）。

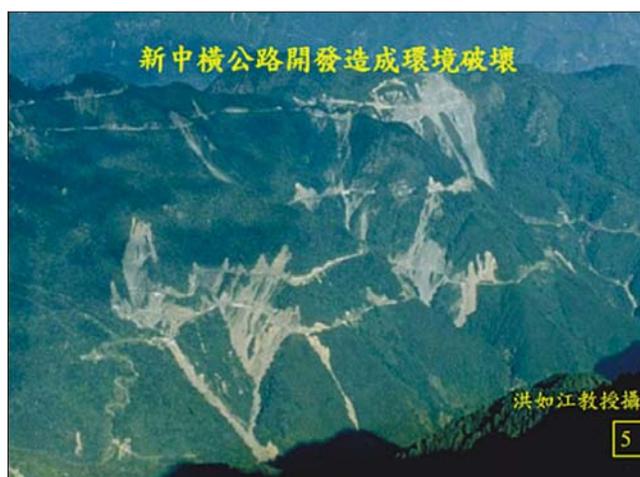


圖 2 公路開發造成環境之破壞^[1]



圖 3 台北市信義快速道路隧道洞口充斥了混凝土格梁結構（周南山攝）

表 1 國土保育政策新思維之比較表

	舊思維	→	新思維
人與自然的關係	人定勝天	→	尊重及順應自然
政策考量	當前性	→	永續性
經濟發展	不考慮環境及生態資源成本	→	綠色經濟
資源利用	無限制開發利用	→	依環境特性，規範開發及保育措施
國土規劃	劃設保護區 開發 ≥ 保育	→	劃設環境敏感區 開發 ≤ 保育
區域環境管理	片斷式 各機關各自為政	→	整體性 自然區域考量
工程理念與技術手段	重型硬式 工程「阻」、「擋」	→	輕軟性生態工法 「疏」、「導」並納入工程綠色內涵
天然災害處理	強化工程反覆修復	→	還地於自然 管理重於治理

台灣在 921 大地震後大力推廣生態工程，近年來擴大推動永續工程，而在建築領域，則推廣綠建築已廿餘年。台灣近年來綠色工程之發展，如圖 4 所示：綠色／永續工程是將綠建築（含機電）、綠土木、生態工法、低衝擊開發（Low Impact Development）、以及屬於永續類的幾個核心概念互相結合而成為綠色／永續工程。

嚴格來說，綠色工程與永續工程之定義並不完全一樣。所謂永續發展（Sustainable Development），係指滿足當代人的需求而不損及後代子孫滿足其需求的發展。中國大陸譯成“可持續發展”，著重於耐久性與未來性：吃了祖先的糧，不要斷了子孫的路。綠色工程目前國際上還沒有明確定義，本文建議可比照美國環保署對綠建築之定義，稱之為對環境友善、在生命



圖 8 日本大阪古城的護城牆 (周南山攝)



圖 9 莫斯科深達六十公尺的地鐵藝術車站 (周南山攝)

備，峽谷與河流共存，稱之為 Glenwood Canyon (葛蘭姆峽谷)，是美國高速公路系統中最後完成的一段，也是全美聞名的景觀生態道路。

I-70 Glenwood Canyon 段採取了多項與環境、生態與景觀相融合的新技術，包括：雙階棧橋、加勁擋土牆、雙 T 型預鑄擋土牆、預力懸臂式橋面版、預鑄節塊橋樑、隱藏式地錨錨頭、落石防護系統、低碳休息區、智慧型隧道系統、假隧道、生態廊道與環境相容的岩面染色等，對環境、景觀與生態之助益頗大，值得吾人借鏡。

I-70 在 1970 年代規劃之初，亦曾遭部份環保人士與沿線居民之質疑與反對。由於 Glenwood Canyon 為兼具雄壯與秀麗的峽谷，為免草率規劃、設計可能對環境、生態與景觀造成無可彌補的損傷，故短短二十餘公里的高速公路可行性研究、環評、規劃、設計，就花費長達十餘年的時間，且施工期間與細部設計部份重疊，

亦長達十年之久。為配合規劃設計，進行多項研究計劃，期間更數度透過研發與實驗之結果，變更設計，精雕細琢反覆研究討論，務必做到精益求精、天人合一的境界，其審慎態度可見一斑。I-70 Glenwood Canyon 榮獲 1993 年全美土木工程成就獎 (Outstanding Civil Engineering Achievement Award)。以下是該公路的一些與地工相關的特色：

以高架橋與棧橋通過環境敏感地區

由於峽谷地區空間有限，為避免開挖造成環境破壞及落石問題，多以高架橋及雙階棧橋 (Terrace Viaduct) 方式通過。採取雙階棧橋可以減少開挖量，並增加線型的優美。此外，所有的橋墩和擋土牆皆漆上與其峽谷岩石背景 (多為黃褐色砂、頁岩互層) 相仿的顏色，以降低結構物對周遭環境的衝擊。

生態與環境的保護措施

為避免橋墩施工破壞周遭環境，在規劃時特就預定路線詳細調查其植被，在設計時盡量避免將橋墩之位置座落於樹叢中。此外，懸臂式橋台較傳統式垂直面牆所造成的擾動要少很多，亦可減低施工範圍對植物的損害程度。尤有甚者，業主並將每一顆樹加以登記並予以標價，若包商因施工不當而損壞時，將依價碼賠償。例如：一顆木棉樹的價碼為美金 22,000 元。

雖然全線盡量避免開挖，但隧道口與部份落石區之開炸仍難避免。此時，爆炸雷管之位置及用藥量均經仔細規劃，以避免造成不必要之岩體開裂。經過開炸後的岩壁亦經染成黃褐色，與背景之風化砂岩顏色相仿，期與周遭環境相吻合。

為免公路之興築阻隔了本路段動物的行經路線，並在適當地點設計動物 (如牛、鹿、羊) 專用涵洞。此外，施工結束的地段，要求承商立即植生，並移植 315 萬顆樹苗及設置噴灑系統，按時灑水以利植生。由於濕地對於動植物之生態助益甚大，復原工作尚包括新增數十個濕地，以利野生動植物之棲息。

擋土結構

本路段之擋土系統可分填方與挖方兩大類：在填方部份，多採用下列二種擋土結構：

- (1) 雙 T 型預鑄、預力擋土牆：此種預力牆類似扶臂式 RC 牆，唯以預力鋼鍵穿過扶臂部份，連至基礎，並施以預力，使整體結構較為穩定，而預鑄面版之施工，亦達到快速、美觀、干擾交通較少等優點。
- (2) 加勁式擋土牆，科州以加勁牆來代替傳統的 RC 擋土牆，以避免醜陋的場鑄 RC 面版破壞了峽谷的天然美景，並節省鉅額經費。

科州是美國最早採用加勁擋土牆的數州之一。曾在 1970 年代，興建 I-70 穿越 Vail Pass 時，採用了造型優美的拱形面板式加勁擋土牆（圖 10）。

科州公路局曾早在 1980 年在 Glenwood Canyon 進行大規模的地工合成物加勁擋土牆現場試驗，經證明可行，即大量推行於該州公路建設中。在 Glenwood

Canyon 採用過的加勁系統，包括 Geogrid、Geofabric、VSL 及 Reinforced Earth 等不同系統。

在 I-70 Glenwood Canyon 加勁擋土牆之面版方面，則以預鑄式直條紋混凝土面版為主，線條簡單，適合於高速通過時之視覺焦點。此外，在次要公路邊坡則採用經過防腐處理後的原木面版，配合不織布或織布，造價低廉。

在挖方方面，以階梯式自上而下的地錨工法（與巴西地錨工法相似）較為常見。台灣地錨之設計，錨頭突出牆面，且常因施工品質差而補加地錨，零散座落於牆面上，導致視覺污染而影響環境景觀的美感（圖 11）。Glenwood Canyon 採用的地錨，乃經特殊設計，將錨頭隱藏於預鑄面版中（圖 12），且在階梯段中廣植白樺，與擋土牆之背景植被相符。每際秋天，形成一片金黃色燦爛的秋景（圖 12(a)），「停車坐愛楓林晚，霜葉紅於二月花」的美景再現，不但能與自然融合，並可軟化牆面，又可降低牆高的感覺。

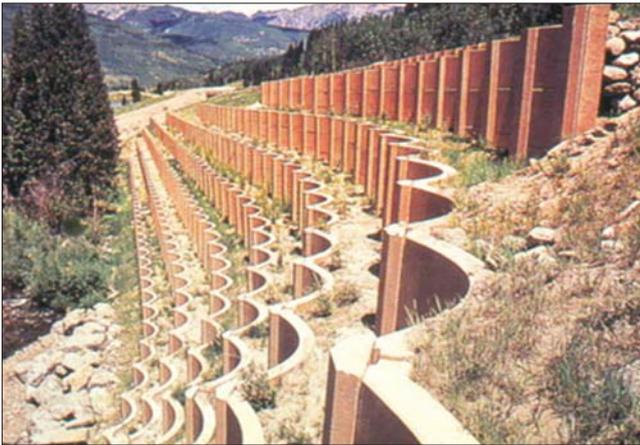


圖 10 I-70 造型優美的拱形面板式加勁擋土牆
(取材自科羅拉多州公路局)



圖 12(a) Glenwood Canyon 地錨隱藏在預鑄面版內



圖 11 台北市萬芳路地錨錨頭凌亂且出水



圖 12(b) 地錨之錨頭隱藏於面版中



圖 13 I-70 Glenwood Canyon 隧道洞口沿伸為假隧道以保護落石並形成公共藝術

在隧道洞口方面，採用假隧道之方式將洞口沿伸（圖 13），不僅可防止落石，避免洞口不必要的地錨設計，形成雜亂的景觀（見圖 3），且因洞口的特殊設計形成公共藝術。

綠色加勁擋土結構與土工合成材料之發展

古代羅馬人為解決土石氾濫以及道路穩定問題，數千年前就懂得利用天然纖維、布料或植物等材料與土壤相互混合，以提昇道路穩定性與品質。翻開中國建築史，使用天然植物作為加勁土壤結構之案例者，遠在新石器時代仰韶文化時期即已存在；又在玉門關一帶利用紅柳、蘆葦混合砂礫構築而成的漢長城，雖歷經了二千年之風沙，某些地段卻仍高達數米（如圖 6 和圖 14 所示）。

直至 1963 年，法國工程師兼建築師 Henri Vidal，因觀察鳥類利用泥和草築巢的過程中，啟發了加勁土



圖 14 漢長城的加勁材料：蘆葦、紅柳、樹枝（周南山攝）

壤結構的概念，乃提出以鋼片及砂質土壤結合混凝土面版建造加勁式擋土牆，正式將加勁土壤系統推展至全世界。

加勁材料從古代的蘆葦、紅柳、樹枝、岩塊等天然材料，至近代的鋼片、鋼筋網、土工織布、土工格網等人工材料，材料之進化與時俱進，但原理、目的則相同，都是去彌補土壤中張力強度不足，形成一種複合土壤結構。類似 RC 結構中鋼筋承受拉力，混凝土承受壓力；在加勁土壤結構中，加勁材料承受拉力，土壤承受壓力。而土壤與加勁材料之間因土重提供了摩擦力，卻可抵抗了側向土壓力，減少土體的側向變形。甚至漢長城和懸臂長城的加勁材料並不連續，卻也一樣達到加勁之功能（如圖 6 和圖 15 所示）。

近代土工合成材料（Geosynthetics）之發展更是快速，除了加勁的土工格網（Geogrid）外，還包括：織布與不織布、止水膜、蜂巢格網、沙腸袋、織物模版、土口袋等（圖 16）。

土工合成材料雖是高分子材料，乍看並非綠色材料，但因其耐久性，或其特殊之透空性質（如加勁格網容許草在其中生長），形成了永續且綠色工程的載體，例如台灣流行的回包式加勁擋土牆提供了邊坡綠化的典範（圖 17 和圖 18）。

此外利用土工合成材料加勁土壤結構取代傳統 RC 結構，因應土方平衡，減少混凝土用量，可以減少碳排放量，甚至在生命週期中因為加勁牆面之植生進行光合作用釋放出氧氣，可以平衡生產過程中排放的二氧化碳，而達到零排放的目標（即碳中和），因此是永續且綠色的工法。



圖 15 以黑色岩片夾入黃土中之加勁懸臂長城（周南山攝）

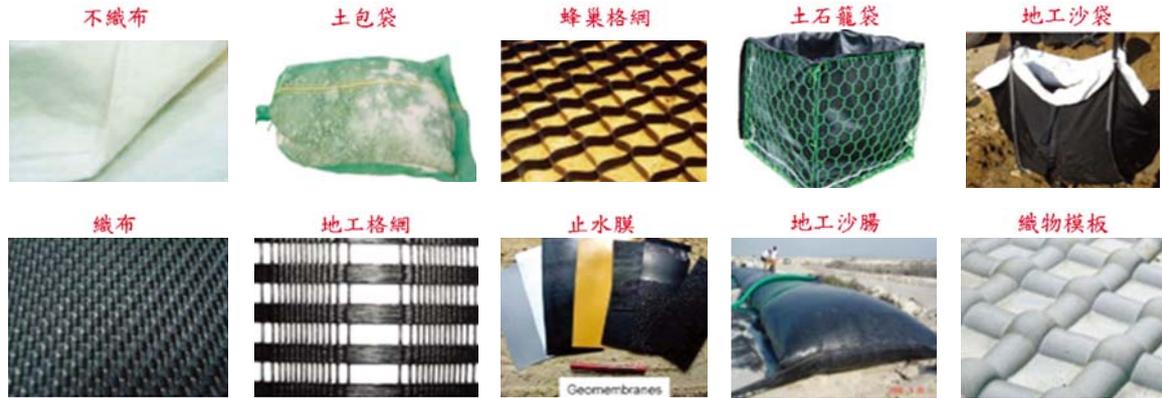


圖 16 不同類型的土工合成材料 (取材自盟鑫公司)



圖 17 暨南大學邊坡於九二一地震後重建，採用回包式加勁擋土牆 (周南山攝)

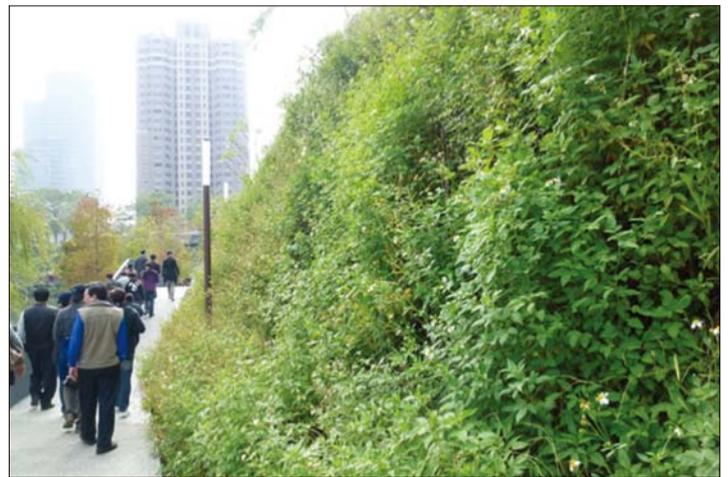


圖 18 台中秋紅谷四周加勁擋土牆植生茂密 (周南山攝)

以亞洲首張實體工程的碳足跡盤查驗證聲明書 — 盟鑫教育園區之加勁路堤為例 (圖 19 ~ 圖 21)，採用 PAS2050 為依據進行碳盤查，經評估分析後，得知功能單位「一座加勁路堤工程 (路堤總長 209 公尺、平均寬度 5.23 公尺、平均高度 2.54 公尺)」之碳足跡約為 101.22tonCO₂e。

如將相同之盤查標的結構形式與尺寸數量採用傳統 RC 構造來比較，其中 RC 構造方案僅採原料階段來做計算，尚不考慮製造 (施工)、使用 (維護) 及廢棄階段，即高達約 340.06tonCO₂e，約為加勁方案的 3.5 倍左右 (圖 22)，此結果與德國 Georg Heerten (2009)、成大研究發展基金會 (2009) 所得成果：「同樣尺寸之 RC 擋土結構與景觀加勁擋土結構，於結構安全無虞之前提下，生命週期 CO₂ 排放量 RC 擋土結構較加勁擋土結構高出 5 ~ 8 倍。」之趨勢符合，足見加勁工法對於減碳效益上的貢獻相當顯著，確實符合工程綠色內涵之低碳設計要求。



圖 19 亞洲首張工程碳足跡盤查證明書 (盟鑫公司提供)



圖 20 盟鑫綠色工程教育園區 (1) (盟鑫公司提供)



圖 21 盟鑫綠色工程教育園區 (2) (盟鑫公司提供)

考慮臺灣特殊立地條件，現今加勁擋土結構通常會與不同傳統工法複合設計使用，整體結構主要考量包含：基礎形式、加勁材料及填築土料、排水系統及面版系統等所構築而成的複合式結構物，藉由其本身的重量，抵抗來自牆體背後的土壓力或其它應力（圖 23）。目前加勁擋土結構之應用已經非常廣泛，包含：

- (1) 邊坡工程之應用：加勁擋土牆、加勁邊坡落石防護牆、土石流導流堤、落石防護牆、隧道洞口保護等。
- (2) 交通工程之應用：路堤、橋台、橋墩、隔音牆。
- (3) 水利工程之應用：河岸護坡、防（攔）砂壩、水庫淤泥處理、堤壩。
- (4) 垃圾及土石掩埋場之應用。

台灣成功之加勁擋土牆案例甚多，且以回包式植生牆面者佔九成以上。而國際上有關加勁結構之使用，如美國因地處乾旱，多採用 Keystone 或 Reinforced Earth 之類的混凝土面牆，植生式加勁牆較少見。而大陸的濕度因地而異，大多介乎台灣和美國之間，綠色的

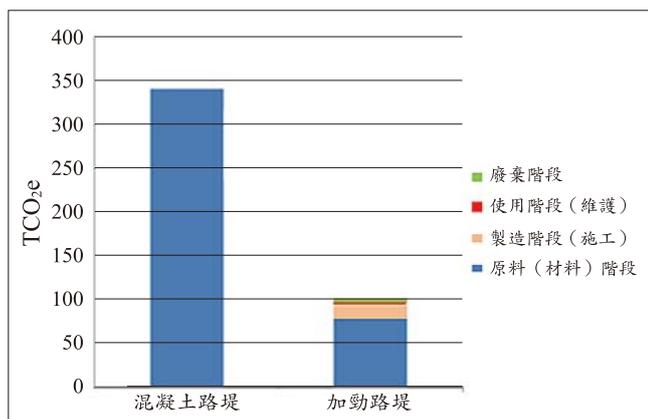


圖 22 加勁結構及傳統結構碳排比較圖



圖 23 加勁結構配置示意圖 (盟鑫公司提供)

邊坡或可期待。至於日本，原也適合回包式加勁牆，但因推廣 3R 工法（混凝土加勁面版），反而喪失了植生綠化和節能減碳的契機。

就加勁擋土牆與 RC 牆之工程效益比較如表 2 所示另外就各式加勁面版加以比較，如表 3 所示。作者認為不同面版形式之加勁擋土結構，以目前台灣大力推廣的回包式加勁擋土牆是最符合經濟、安全、生態、減碳等多目標的首選。

台灣綠色大地工程案例

案例一：台中市某崩場地整治修復工程

本工區自 921 地震後即開始鬆動，且因既有排水設施損壞，上邊坡匯集之水流直接沖刷邊坡坡面，導致邊坡土石流失造成向源侵蝕及 40 公尺高之崩塌，危及上邊坡房舍結構安全（圖 24），故需針對邊坡崩塌部分進行崩場地處理及坡頂與坡面安全排水處理。本工

表 2 傳統式剛性 RC 重力牆與柔性加勁牆之比較^[3]

比較項目	傳統鋼筋混凝土牆	加勁擋土牆
建造成本	台幣 5,000 ~ 8,000 元 / 平方米，隨牆之高度昇高，單價上漲頗鉅。	台幣 5,000 ~ 6,000 元 / 平方米，單價不因牆高而有太大變化。
外觀	混凝土場鑄一般變化甚少。	牆面可就幾何形狀、顏色、紋理及材料上做靈活的變化，而能與其所在環境配合。提昇美感。亦可採用植生牆面。
施工方式	傳統施工方式，需要開挖基礎，施工較慢。	施工簡易快速，惟精確度要求較高。
設計理念	外穩定—需要橋面與基礎聯結成一體，提供穩定力矩。	內穩定—藉加勁材料提供穩定的來源，牆面僅提供部分支撐力量。
耐震性	地震時因背填土無抗張性，而牆面較背填土堅硬，應力集中，易生裂縫。	牆面之柔軟提供了阻尼效應（DAMPING），可吸附地震所釋出的大量能源，且加勁材料抗張性強，應力分配均勻，耐震性較佳。
容忍沉陷之能力	一般以 2.5 公分為設計標準，以 5.0 公分為最大容許之沉陷量。	容許沉陷量達 30 公分以上。常用預壓法或二次施工法（牆頂部之結構物在主要壓密完成後再裝置），以消除施工後可能之沉陷。
排水系統	排水層緊貼於牆後，並設置排水管。	排水層置於背填土與原狀土之間，並設置透水性土工織布及排水管排水。
耐久性	一般約有 30 ~ 50 年壽命。	耐久性依使用之加勁材料而異，一般約有 75 年。
減碳效益	主要材料為混凝土，混凝土本身為高碳排放材料之一，整體碳排放量通常較高。	主要材料為現地土石及輕質地工格網，整體碳排放量低，除此之外可搭配綠化植生，有減碳及固探之效益。

表 3 各種加勁擋土牆面版比較表^[4]

Comparison of Facades

Factor \ Facing	Wrapped Around Facing	Keystone or Other Segmental Block	Reinforced Earth or Full Height Panel
Cost	1	2	3
Ecology	1	2	3
Reduction of CO ₂	1	3	3
Landscape	1	1	2
Construction Speed	1	2	3
Maintenance	1	1	1
Use of on-site Material as Backfill	1	3	3
Avg.	1.0	2.0	2.6
Popular Area	Taiwan Japan Europe	USA Europe Korea	USA

1. Best 2. Med. 3. worse



圖 24 台中案例一 施工前（2008/02）（盟鑫公司提供）

區多年來歷經多次整治，但均告失敗，最後依據工程綠色內涵之指標，採用複合式綠色工程設計（圖 25），終告成功。以下並按照安全、經濟、生態及減碳等各層面加以分析。

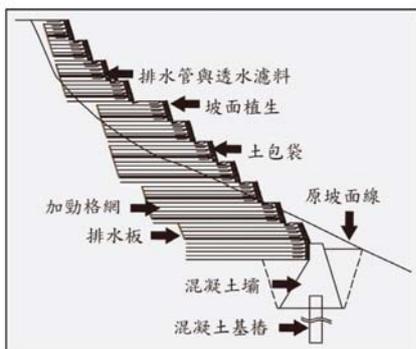


圖 25 台中案例一斷面示意圖 (盟鑫公司提供)



圖 27 台中案例一現況 (2014/08) (盟鑫公司提供)

安全層面

本案主體結構採用結合基樁、重力式擋土牆及排水系統之複合式加勁擋土結構，以極限平衡法針對加勁結構物總體穩定性（包含內穩定與外穩定）進行分析。其分析結果均符合建築技術規範規定之長期載重安全要求。加勁工法屬於柔性工法，耐震能力佳，完工後歷經莫拉克等多次颱風及地震侵襲，目前結構穩定，成功保護民眾生命財產安全。完工後見圖 26 及 27。

經濟層面

本案規模極大，且地質條件惡劣，就地取材並將以結構化，不但增加結構安全，亦能節省龐大經費開支。

生態層面

本案工法減少開挖面及現地擾動，另加勁工法可於坡面植生綠化，完工後回復 1,200 m² 之植生面積，減少工程對原有生態環境的衝擊，兼具保水功能，並融入當地自然景觀及恢復原有地貌，且供生物棲息及遷徙之場所。(圖 26 和圖 27)



圖 26 台中案例一施工後 (2009/08) (盟鑫公司提供)

減碳層面

本案大幅減少約 50% 以上之混凝土用量，且加勁工法所運用的材料均屬低碳、質輕、易於施工，減低運送及施工時機具所產生的污染。另增加約 1,200 m² 植生面積，可大幅降低碳排放量，此植生綠化的部份另可吸收 82,500 kg 之碳排放量，此為傳統混凝土擋土牆所不及之處。

案例二：暨南大學校門口邊坡整治工程

九二一集集大地震規模 7.3 級，埔里暨南國際大學校門口高 80 公尺之邊坡崩塌，損壞嚴重，警衛亭亦遭衝下之格樑撞毀。上邊坡之人行步道及共同管溝發生張力裂縫、岌岌可危。暨大邊坡於 1994 年曾發生順向坡坍塌，傷及行人。1999 年九二一地震後，此邊坡大規模下滑，範圍長達 180 m。

邊坡復建工程設計涵蓋：邊坡穩定分析、土釘、加勁擋土牆、修坡、排樁、排水工程及植生綠化^[5]。

規劃設計時為避免再次崩塌，特將聯外道路內移三十餘公尺，以緩和斜坡，並以大規模之自然斜坡配合植生綠化與排水，兼顧景觀與生態。

原有造成順向坡滑動之虞的硬粘土層，亦予以挖除。在下邊坡並以加勁擋土牆配合土釘，予以增厚坡趾，不但增加整體穩定性，亦可消化部份開挖之土方(如圖 28)。

加勁材料之設計強度 (Tallow) 為 50 kN/m，垂直間距為 0.5 m，採回包式施工方式。其施工順序為：(1) 自上至下逐階開挖 (每階 5 m)，隨即施打土釘，直至開挖面為止。(2) 自底部逐階施作加勁擋土結構，並將加勁材料與土釘聯結，以增加介面之穩定性。(3) 加勁結構填築至預定高程，並予植生綠化。

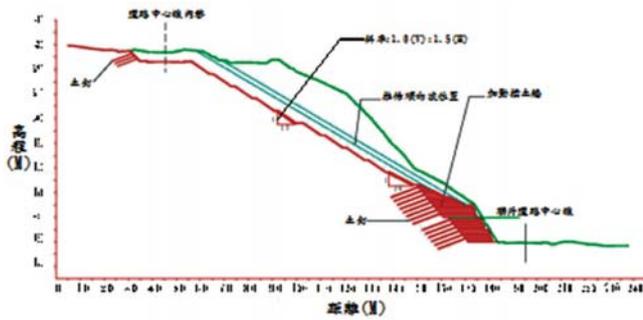


圖 28 暨大邊坡復建設計 [5]

完工後之暨大自然邊坡見圖 29，加勁邊坡見圖 18。暨大邊坡之設計，未採用一般大地工程常用之地錨與格框，而係考慮較為永續的道路退縮、挖除順向坡肇因之硬化粘土薄層和較為生態之土釘、加勁擋土牆與自然邊坡等工法，不僅安全與經濟可以確保，環境生態景觀亦均可兼顧。由於加勁格網提供了動植物攀爬之平台，益增生物之多樣性。(見圖 30)



圖 29 暨大邊坡復建完工後植生茂密 (周南山攝)



圖 30 暨大邊坡加勁擋土牆完工後生態豐富，加勁格網提供了動植物攀爬之平台 (周南山攝)

省思

由於氣候變遷，災害不斷，傳統土木工程人定勝天的思維，經過無數次大地反撲之後已經有很大的變化。在環境永續發展之前提下，傳統人定勝天之思維已經轉念。然而從事綠色工程與環保人士逢建設必反之態度有所不同，而與孟子「斧斤以時入山林，柴木不可勝用也」的順天應人哲學不謀而合。(圖 31)

傳統的土木工程教育一般均以安全係數符合要求為設計的準則，而對於安全係數外的環境、景觀與生態等問題則甚為忽略。在學校裡我們看重的是力學，

但土木工程原意即是民生工程（Civil Engineering），可惜土木工程師與大地工程師欠缺美學、生態的訓練，若有機會赴歐美、蘇俄旅遊，就會發現我們在這一方面的素養的確有所欠缺。台灣經濟的成長已使國民轉而對自然景觀與環境生態的重視，因此，土木及大地工程師在進行工程設計時，除安全與經濟上的考量外，應再對美學與環境生態上略下功夫。國內大學土木系所亦應加強開設綠色（永續）土木工程、工程美學與生態工程等課程。

對於新開發的技術，如何引進國內，亦需國內工程單位集思廣益。筆者建議工程會（未來之交通建設部）對新工法、新材料、新技術之使用，應訂立鼓勵公家機關採用創新工法之制度，並大力推動統包制。此外，亦建議透過價值工程方式，容許在原設計之外，由施工廠商提出替代方案，只需在「相同或更佳」的條件下，主辦單位應盡量鼓勵新工法、新技術的提出。審計單位、政風單位亦應以平常心視之，瞭解工程技術之推陳出新是提昇國家競爭力的主要原動力，而不要以懷疑的眼光看待工程師。

較諸國內電子資訊業的飛速進展、日新月異，為國家爭取數以億計的外匯，國內土木工程新技術之引進與研發相對而言甚為緩慢，彷彿蝸牛學步。此與電子業的輝煌成績相較，我輩土木工程師能不汗顏？其實土木工程師並非不長進，研發或引進新科技之最大障礙恐怕是法令規章之不足、承辦人員的保守心態和審計、政風單位的不當干預。

嘗聞審計單位對於價值工程之心態是：既有更佳設計，何以原設計單位未能洞燭機先，顯有失職之處。殊不知新技術之發展日新月異，在國內設計單位之作業時間與經費均被壓縮之情況下，很可能無暇他顧，且亦可能資訊不足，故只得抱殘守闕，習用舊章。因此國內工程設計有欠創新動機，不重環保與景觀，更遑論生態保育。偶有佳作，反而需擔心專利、綁標、規範等帶來的困擾。故整個創新的大環境亟待制度面的通盤檢討。



圖 31 土木工程開發觀念之改變^[2]

結語

1. 面對極端氣候的嚴重課題，講究安全、經濟、生態、減碳之綠色生態工法成為全球土木營建工程之新趨勢，大地工程也不例外。台灣綠色工程之發展是將綠建築、綠土木、生態工法、低衝擊開發以及屬於永續類的幾個核心概念互相結合而成為綠色／永續工程。而綠色大地工程屬於綠色／永續土木工程中重要之一環，尤其在綠色邊坡、地工合成材料及透水鋪面等領域，發揮之空間甚大。在環境永續發展之前提下，傳統工程人定勝天觀念，僅著重於結構強化的抵抗性作法已無法因應當今環境之快速變遷。因此，符合綠色內涵、節能減碳的綠色／永續工程乃成了這困局的一道解藥。
2. 本文探討綠色大地工程近年來的幾項發展，包括綠色邊坡、加勁擋土結構及地工合成材料應用等，並以歐美及台灣近年來之案例佐証。綠色大地工程需能兼顧安全耐久、經濟、生態環境、節能減碳、景觀（甚至人文、藝術）等面向，才能稱之永續的工程。而目前類似綠建築之各項綠色土木（含大地）指標則尚待建立。
3. 傳統土木工程人定勝天的思維，經過無數次大地反撲之後已經有很大的變化。從事綠色工程者與環保人士逢建設必反之態度有所不同，而與孟子「斧斤以時入山林，柴木不可勝用也」的順天應人哲學不謀而合。以老祖宗所揭示的順天應人哲學，配合最新地工技術與材料，兼顧環境、生態、景觀、節能減碳之設計乃是綠色大地工程發展之趨勢。
4. 吾輩工程師應認同一個觀念，即工程本身不是目的，只是手段，其目的在改善社會環境和生活水準，故工程的設計應有景觀保護和環境永續發展的觀念，否則我們只是工程「匠」，而非工程「師」。

參考文獻

1. 洪如江（2006），「天、地、人與大地工程」。
2. 周南山（2015），台大土木系「永續土木工程」講義。
3. 周南山（1993），「地工合成物加勁牆分析設計之探討與評估」，地下技術第 43 期。
4. 周南山（2015），「樹上有天，天上有月 — 地工合成材料應用於永續工程之展望」，GESM，永續綠色工程資訊網創刊號。
5. 堅尼士工程顧問有限公司（2000），「暨南國際大學台 21 線聯外道路崩塌復建計劃及震災損害調查報告書」。

6. 周南山 (2004), 「土工技術與環境景觀之融合 — 美國科羅拉多州環境敏感公路 I-70 Glenwood Canyon 之經驗與省思」, 技師報第 388 期。
7. 周南山 (2004), 「見證中國古代的土木水利奇蹟 — 2012 年蘭州兩岸土木工程研討會及絲路記行」, 土木水利第 39 卷第 5 期。
8. 交通部運輸研究所 (2013), 「交通運輸工程節能減碳規劃設計手冊研究與編訂」。
9. 交通部運輸研究所 (2012), 「交通運輸工程碳排放量推估模式建立與效益分析之研究」。
10. 行政院公共工程委員會 (2012), 「研訂公共工程計畫相關審議基準及綠色減碳指標計算規則」委託研究案 — 成果報告 減碳規則篇。
11. 行政院公共工程委員會 (2010), 「公共建設之永續性思維與作法 — 從綠色內涵到節能減碳」。
12. 台北市土木技師公會 (2004), 「結合生態與景觀之加勁擋土結構設計及施工規範」。
13. 台北市政府 (2009), 「台北市災害防救白皮書」。
14. 財團法人成大研究發展基金會 (2009), 「混凝土、RC 及景觀加勁擋土牆生命週期減碳之研究」。
15. 張珮真、鄭恆志、吳嘉文 (2011), 「從綠色工程新思維探討崩場地整治」, 農林學報第 60 卷第 2 期, 頁 147 ~ 157。
16. 盟鑫工業股份有限公司 (2015 ~ 2016), 「綠色工程實績手冊」。
17. 盟鑫工業股份有限公司 (2012), 「產品碳足跡研究報告書 — 盟鑫永續綠色工程教育園區加勁路堤工程」。
18. 鄭恆志、陳衍舜、黃品萱、蔡維哲、鄒萬祥 (2014), 「工程碳足跡評估及盤查實務 — 以加勁路堤為例」, 土木水利, 第四十一卷第一期, 頁 29-39。(土木水利會刊之一例)。
19. IPCC 2006 國家溫室氣體清冊準則。
20. IPCC 2007 氣候變遷之科學基礎報告。
21. PAS 2050: 2011 Specification for the Assessment of the Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Goods and Services.
22. Heerten, G. (2009). "Reduction of Climate-Damaging Gases in Geotechnical Engineering by Use of Geosynthetics," Proc. Int. Symp. On Geotechnical Engineering, Ground Improvement and Geosynthetics for Sustainable Mitigation and Adaptation to Climate Change Including Global Warming, Bangkok, Thailand. 



經濟部水利署南區水資源局廣告

積極清淤 水庫延壽。

透過陸挖、抽泥及水力排砂...等方式辦理清淤工作。





茲附上廣告式樣一則
請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致
社團法人中國土木工程學會

「土木水利」雙月刊
廣告價目表

(費率單位：新台幣元)

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

刊登月份：

42.6 43.1 43.2 43.3 43.4 43.5 共 次
(12月) (2月) (4月) (6月) (8月) (10月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

隨單繳送請查收摺據
請於刊登後檢據洽收

機構名稱： (請蓋公司印)
商號

負責人：

地址：

廣告聯絡人：

電話：

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

98-04-43-04

郵政劃撥儲金存款單

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

通訊欄 (限與本次存款有關事項)		收款戶名 社團法人中國土木工程學會	
報名費 <input type="checkbox"/> 繳納 _____ 研討會 報名費 _____ 元	寄款人		主管：
繳納會費 <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,500元 (土木水利紙本) <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200元 (土木水利電子版) <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300元	姓名		
訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 新台幣 1,800元 自第 _____ 卷第 _____ 期起，_____ 年期雙月刊 _____ 份	地址	□□□□—□□	
訂閱中國土木工程學刊，一年四期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 800元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 40元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 100元 自第 _____ 卷第 _____ 期起 _____ 年期學刊 _____ 份	電話	經辦局收款戳	

◎ 寄款人請注意背面說明
◎ 本收據由電腦印錄請勿填寫

郵政劃撥儲金存款收據

收款帳號戶名	
存款金額	
電腦紀錄	
經辦局收款戳	

虛線內備供機器印錄用請勿填寫

社團法人中國土木工程學會

信用卡繳納通知書

姓名		款別 注：入會時請先填入會申請書，傳真學會審查，我們會立即通知您，資格符合時請繳費，入會費一人僅需繳交一次	報名費 <input type="checkbox"/> 繳納_____研討會 報名費_____元
會員證號碼			繳納會費 <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,500元 (土木水利紙本) <input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200元 (土木水利電子版) <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300元
身分證號碼			訂閱土木水利雙月刊，一年六期 <input type="checkbox"/> 新台幣 1,800元 自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份
卡別 <input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB			訂閱中國土木工程學刊，一年四期 <input type="checkbox"/> 國內·會員 新台幣 800元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 40元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 100元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
信用卡卡號			白天聯絡電話
信用卡簽名欄最後三碼			通信地址
信用卡有效期限 (月/年)			
信用卡簽名			
繳費金額			

注：僅接受VISA, MASTER CARD, JCB

請傳真回覆：(02) 2396-4260

社團法人中國土木工程學會 電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260 email：service@ciche.org.tw 地址：100 台北市仁愛路四段一號四樓

郵政劃撥存款收據 注意事項

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

請寄款人注意

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

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

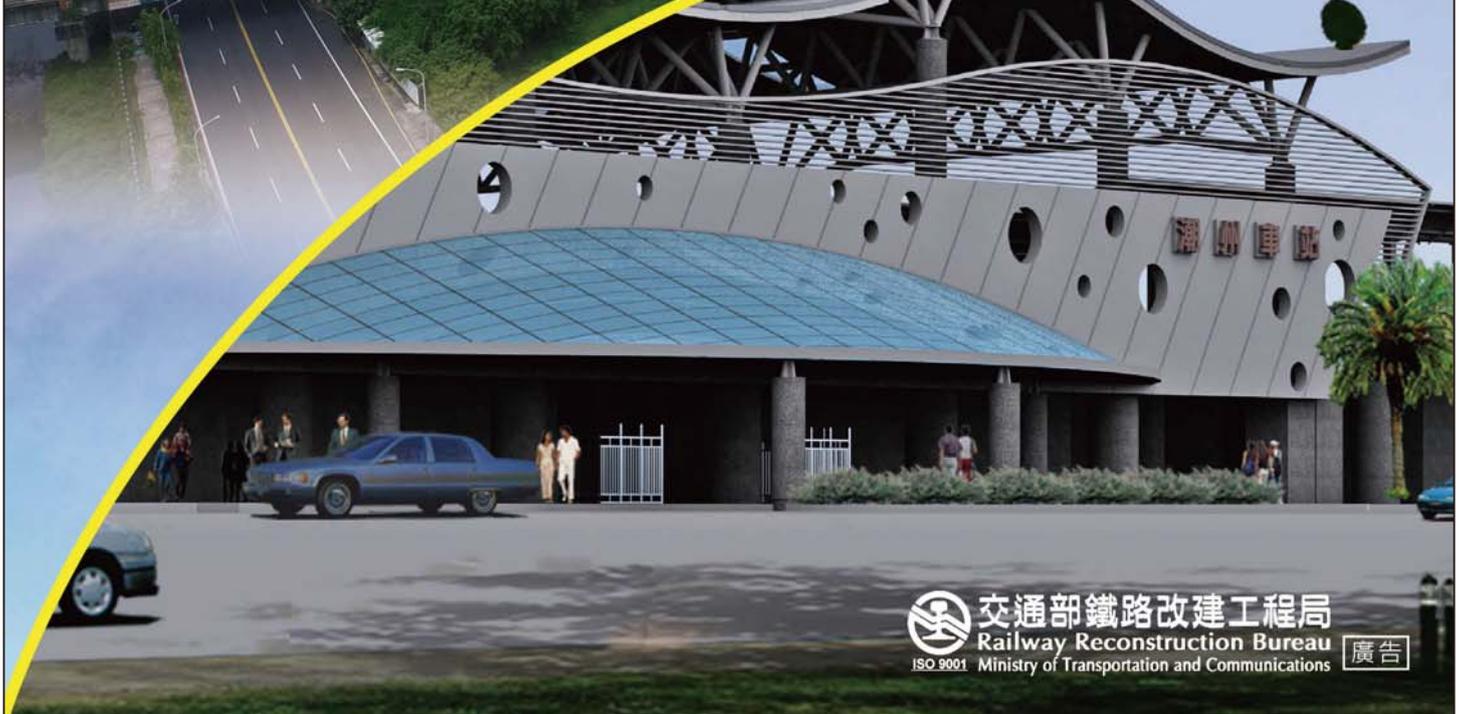
本聯由儲匯處存查 600,000 束 (100 張) 94.1.210 × 110mm (80g/m² 模) 保管五年 (拾大)



鐵道新動力

幸福屏東

屏東=潮州鐵路高架電氣化



交通部鐵路改建工程局
Railway Reconstruction Bureau
Ministry of Transportation and Communications

廣告

社團法人中國土木工程學會 Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering, CICHE

104 年年會議程 Program of 2015 Annual Meeting

第一天：104 年 11 月 20 日(星期五) 國際論壇 International Forum (in English) Friday, Nov. 20, 2015

日期	時間	活動名稱
11 / 20 (五)	13:30~14:00	Registration
	14:00~15:20 台大社科院 * 梁國樹國際會議廳 (台大校總區近辛亥路)	Anticipating a Grand Future: Experience Sharing of Megaprojects Session 1 Taiwan, Japan, China 迎接大未來(1) --- 重大工程案例分享：台灣、日本、中國
	15:20~15:40	Coffee Time
	15:40~17:00 台大社科院 * 梁國樹國際會議廳 (台大校總區近辛亥路)	Anticipating a Grand Future: Experience Sharing of Megaprojects Session 2 Korea, ARUP, Taiwan 迎接大未來(2) --- 重大工程案例分享：韓國、ARUP、台灣

* Liang Kuo Shu International Conference Hall, College of Social Sciences, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

第二天：104 年 11 月 21 日(星期六) Saturday, Nov. 21, 2015

日期	時間	活動名稱		
11 / 21 (六)	9:00~9:45	相見歡 (註冊、報到與領取資料)		
	9:45~12:00 集思 台大會議中心 國際會議廳 (羅斯福路 4 段 85 號 B1)	年會大會 1. 主席開幕致詞 2. 介紹貴賓及致詞 3. 介紹外賓及致詞 4. 專題演講 (行政院 張副院長善政先生：土木工程對我生涯發展的啟發) 5. 工程獎章小組報告、頒發工程獎章 與 得獎人致詞 6. 程禹傑出工程師獎：施顏祥董事長致詞、程禹夫人致詞、頒獎、得獎人致詞 7. 土木歷史與文化委員會報告、頒發文化資產認證證書 8. 會士審查委員會報告、頒發會士證書 9. 論文小組報告、頒發論文獎 10. 獎學金小組報告、頒發獎學金 11. 環境景觀暨工程美化委員會報告、工程美化得獎作品頒獎 12. 資訊委員會報告、BIM 技術優良獎頒獎、BIM 技術優良績優個人頒獎 13. 工程創意競賽活動報告、優勝頒獎 14. 年會籌備報告、會務報告 15. 第 22 屆理事長交接 16. 唱大禹歌、禮成		
	12:00~13:30	午 餐 (台大土木系館)		
	13:50~15:30 台大 土木系館 (台大校總區椰林大道上)	工程建設論壇 工程美化論壇 工程美化暨環境景觀 得獎工程發表 資訊論壇 BIM 技術優良獎 優勝發表		
		220 室	224 室	203 室
	15:30~15:50	Coffee Time		
	15:50~17:30 台大 土木系館 (台大校總區椰林大道上)	水利工程論壇 文化資產論壇	學生論壇 大專學生工程創意 競賽優勝發表	
		220 室	224 室	203 室
	18:00~20:30	晚 宴 (公館水源福利會館 玫瑰廳)		