

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模式、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

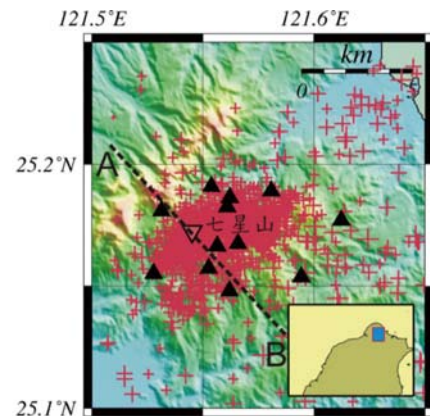


圖1 大屯火山地震觀測站位置與微震分布

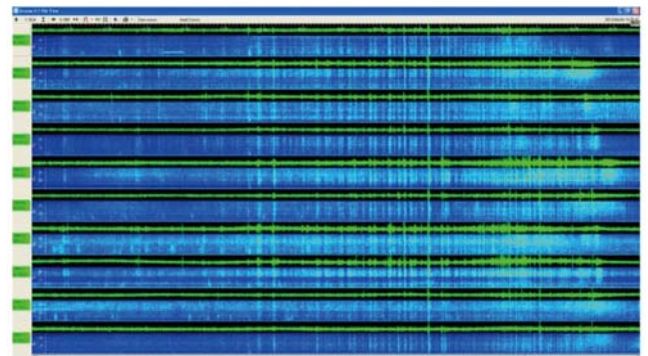


圖2 大屯火山地區群震現象之地震記錄



圖3 速報及預警系統之P波感應儀與地震警報器

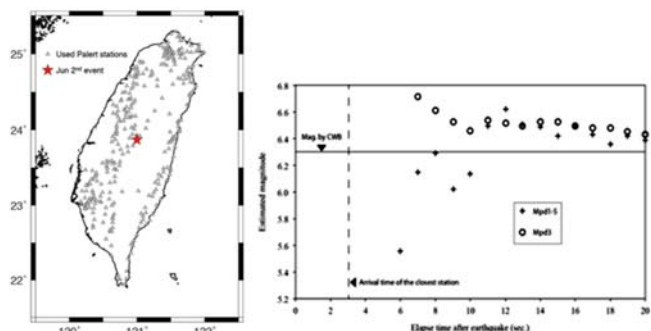


圖 4 2013 6 月 2 日規模 6.3 之南投地震之規模制定歷程

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。

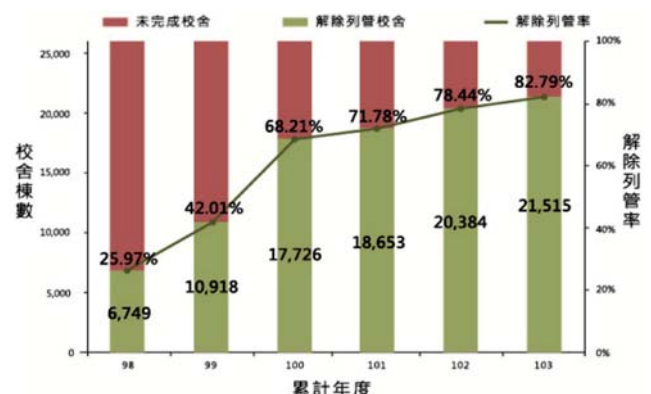


圖 5 公立高中職及國中歷年解除列管進度



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。

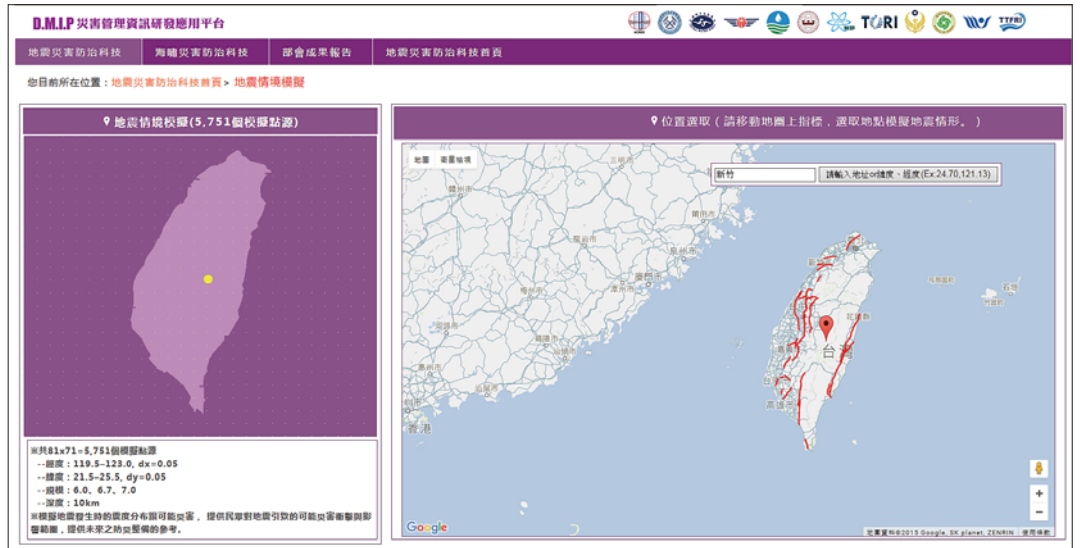


圖 8 地震情境模擬之功能網頁

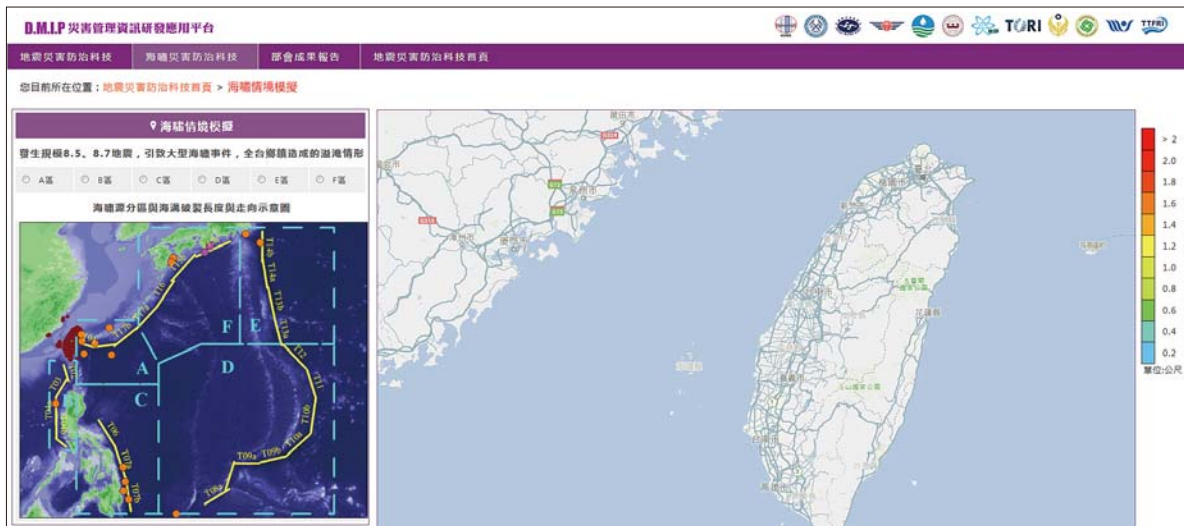


圖 9 模擬海嘯溢淹範圍之功能網頁

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				
		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	
	經濟部中央地質調查所 (構地)CGS	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。

4. 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。
5. 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。
6. 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。
7. 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。
8. 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。
9. 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。
10. 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。
11. 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).
12. 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. Let., 84, 1048-1054, doi: 10.1785/O220130085.