TELES與TERIA地震分析在防救災決策之研析—以宜蘭縣災害防救演練為例

莊睦雄* 楊礎毓** 林文苑***
*銘傳大學都市規劃與防災學系
**銘傳大學國土減災規劃設計研究中心
***銘傳大學都市規劃與防災學系

摘要

以往地震災害的模擬，都是設定參數後透過臺灣地震損失評估系統(TELES)模擬災後衝擊後之可能境況，如每一村里可能的傷亡及建物毀損總量等，但「地震衝擊資訊平台」(TERIA 平台)則提供另一套思考模式，以500m×500m 地理網格範圍為單元，在該範圍內可能的傷亡及建物毀損數量等，呈現風險分布之情形。

本研究針對宜蘭縣宜蘭斷層錯動，運用「TELES」以及「TERIA 平台」，模擬宜蘭斷層震源參數，進行各式的地震模擬如 PGA 之震度分布、土壤液化風險、人員傷亡情形及建物損壞情形等分析，並將兩種分析模式所產出的資料特性進行比較，瞭解兩種資料應用於「災害防救演習」之差異性，提供宜蘭縣「災害防救演習」新的演練規劃想法與依據。

關鍵字：TELES、TERIA 平台、地理資訊系統、災害防救演練、宜蘭縣。

一、前言

(一)研究背景與動機

臺灣位於環太平洋地震帶上，地震是臺灣主要的天然災害之一，頻繁的地震情形無法避免，並且經常有強烈的地震發生。依據中央氣象局自 2001～2015 年 15 年的觀測資料顯示，臺灣地區平均每年約發生 26,686 次地震，其中約有 965 次為有感地震。以 2016 年 5 月宜蘭地區為例，中央氣象局之地震活動彙整統計中宜蘭地區 5 月份共發生了 233 次地震，其中有感地震 14 次，平均每天發生 7 次左右的地震，其中最大一起地震為，以 2016 年 5 月 12 日宜蘭外海發生規模 6.1 地震，隨後密集發生有感餘震，其中有 2 個規模大於 5 顯著有感餘震，分別發生在 5 月 12 日規模 5.73 與 5 月 13 日

規模 5.24。地震災害至今仍屬於不可預知之天然災害，其災時應變相較於有充分預警時間的颱洪等災害而言，相對艱難，且強震發生後，各地區將遭受程度不一之損害，如通訊及交通系統中斷，將導致災情難以有效查報、通報及回報，進而影響應變決策及救災效率。因此，分析評估地震災害造成的災損與脆弱性，從而建立具有高耐災韌性的家園是許多國家的重要任務。其中一個有效的方法就是透過地震損失評估工具，評估可能的地震衝擊災損與災害規模。

(二)研究目的

「地震衝擊資訊平台」以 500m×500m 地理網格為單元，運用「地震衝擊網格化分析」方式，提升空間分布細緻度，建立具量化與空間化之分析結果，藉以協助整合學研界的分析技術以及政府的資訊數據，並提供一個標準化、整體性的地震衝擊評估研究流程與環境。

「地震衝擊資訊平台」利用網格化方式提供地震災害研究全面性的衝擊情境影響評估的量化數據，主要提供給研究機構，事業主管機關，地方政府和中央政府使用,可以做為未來複合式災害的研究,事先擬訂緊急應變計畫、災後復原計畫以及減災整備策略的參考依據，進而提升臺灣都會區的地震耐災韌性(李中生等，2015)。

其著重於受地震災害影響之災損，以及交通系統及維生系統設施之脆弱度分析，並估算交通及維生系統供給失靈的狀況，如橋樑、道路、電力、供水等相關災損分析，其損壞機率及需要修復之天數，作為未來規劃災前減災策略以及研擬防救災與應變計畫之參考。

(三)研究架構

地震災害防救災演練上必需先想定災害發生之規模、境況及影響層級，並由此設定衍伸出可能發生之災害衝擊議題及可能產生的狀況，依據狀況擬定防救災議題對策與腳本，如圖 1 地震災害防救災演練之流程架構圖所示。

目前在地震災害防救災演練上，地震災害防救災演練之腳本多依據臺灣地震損失評估系統(Taiwan Earthquake Loss Estimation Syastem，以下簡稱 TELES)模擬推估成果來協助規劃，較少使用新開發之地震衝擊資訊平台(Taiwan Earthquake impact Research and Information Application platform，以下簡稱 TERIA 平台)做規劃。兩個情境模擬分析，TELES 以村里為單位，且能有效評估地震潛在的風險與可能引致的災損，可應用平時物資整備與風險評估，TERIA 平台以 500 公尺網格為單位，可精確推估可能發生災害的位置，或是災害風險相對較高的範圍，能應用於災前規劃與災時應變的參考依據。

本研究針對臺灣地震損失評估系統(TELES)與地震衝擊資訊平台(TERIA平台),兩個情境模擬分析在防救災演練議題設定與對策研擬之影響與應用，以及對於模擬推估成果之差異比較分析。藉由兩種方式的模擬分析功能預先評估，提供演練之量化數據做參考，且提供災前減災策略規劃與設計演習情境與腳本之依據，並可作為平時整備與災害應變時的參考。

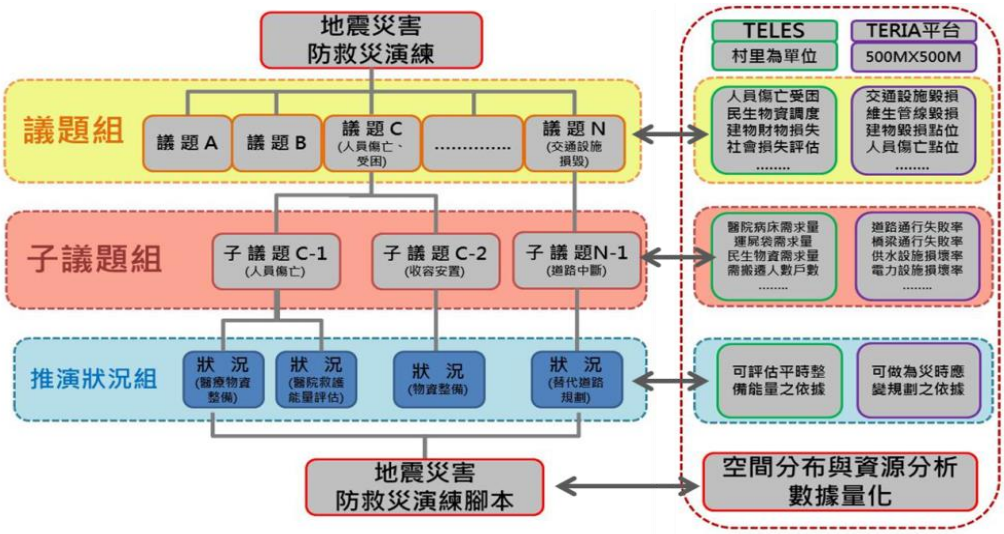


圖1 地震災害防救災演練之流程架構圖

資料來源：馬士元(2014)重繪

二、文獻探討

(一) 地震模擬應用於防救災決策之現況

1. TELES之Tpesh及Tgbs子系統分析可應用於防救災決策之資料

臺灣地震損失評估系統(簡稱TELES)，是國家地震工程研究中心整合地理資訊系統、分析模式與資料庫，開發適用於個人電腦的「震災境況模擬軟體」，該軟體是本土化地震風險評估模型，可有效評估地震潛在的風險與可能引致的災損，應用在政府的防救災業務、民間企業的風險評估及災害管理上。

透過臺灣地震損失評估系統，模擬設定地震發生之情境規模，推估可能的災損數據,並根據模擬的數據結果,提供各縣市政府研擬防震減災的對策，如規劃救災人員和機具的數量、救災資源是否充足、震後火災及消防用水量、臨時避難所的容量和分布、民生必需品的庫存和調度機制、民生基礎設施系

統的緊急搶修策略和人力物料的調度等。

TELES 的分析流程及架構可詳見圖 2，大致分為「地震災害潛勢分析」模組、「工程結構物損害評估」模組、「地震引致二次災害評估」模組、和「社會經濟損失評估」模組等四大模組。

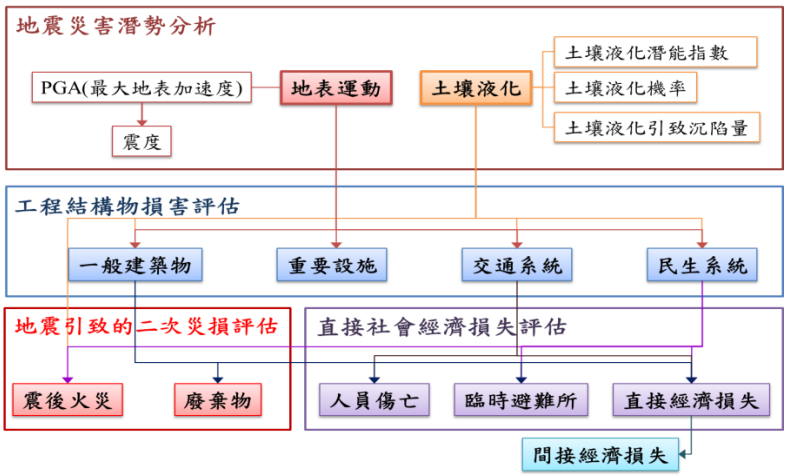


圖2 TELES 系統架構與分析流程與架構示意圖
資料來源：施邦築(2006)

(二) 地震災害衝擊評估網格化分析可應用於防救災決策之資料

地震災害對於災害防救及災害管理人員而言，需針對災害發生所造成各種面向的衝擊，進行全盤的資訊呈現，若能精確推估可能發生災害的位置，或是災害風險相對較高的範圍，將能提供減災、整備及應變的參考依據。

針對上述的情境需求，災害防救及災害管理人員需要一個地震災害衝擊評估結果的呈現系統，快速的了解地震所造成衝擊程度與分布位置，因此，透過「TERIA 平台」所產出的「地震衝擊網格化分析(以 500m×500m 地理網格為單元)」，建立具量化與空間化之分析成果，來達成前述的需求與應用。

「TERIA 平台」分為兩個主要部分：地震資料倉儲與地震資料/運算模組，地震資料倉儲主要儲存各種地震相關的基礎資料，包含：建物、橋梁、道路、等(如圖 3 所示)，目前地震災害衝擊評估網格化分析，除了基礎的地動、潛勢及人口網格資料外，現階段已開發五種主要類型的衝擊分析模組(如圖 4)，分別為：①建物、②橋梁、③道路、④供電系統、⑤供水系統。。

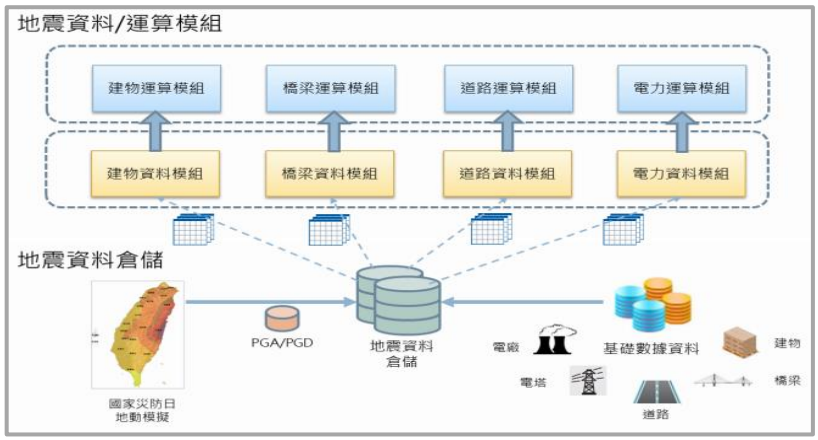


圖3 地震資料/運算模組關係圖

資料來源：李中生等(2015)

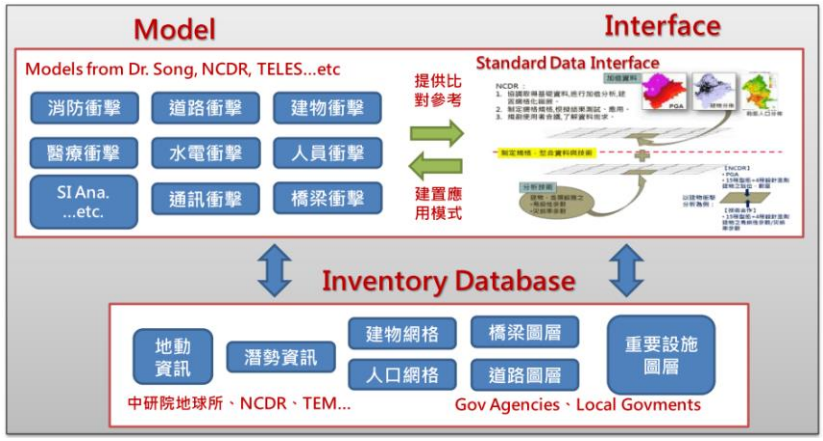


圖4 地震災害衝擊評估與資訊應用概略架構

資料來源：李中生等(2015)

上述現階段已開發之衝擊分析模組，其技術整合可分析的項目如表1所示，地震動分析包含地動模擬、土壤液化引致沉陷量及崩塌潛勢分析等，可呈現震度、土壤液化潛勢及沉陷量分布情形；衝擊分析則包含建物、建物引致傷亡、交通、供電及供水系統分析；建物衝擊部分，因民國62年之前未頒布建築物耐震規範，在耐震設計上可能與民國62年後建造之建物有所差異，故特別將民國62年之前所建造之老舊建物獨立出來做分析評估；傷亡分析部分則以夜間時段(凌晨5時)、上班通勤時段(上午8時)、日間時段(中午12時)、下班通勤時段(下午18時)四個時段，分析住宅及非住宅引致不

同傷亡程度之人數；交通衝擊分析分為道路及橋樑通行阻斷機率分析；供電及供水則針對其系統設施損壞機率分析，以及管線管網受到衝擊中段的機率分析。

表 1 TERIA 之模組與震災境況模擬子系統關係簡介

項目		計算單元	內容說明
一、地震動分析			
（一）地動模擬		500m 網格	最大地表加速度、速度與位移模擬
（二）土壤液化&引致沈陷		500m 網格	液化潛勢（PL 值）與引致最大可能地表沈陷量
（三）崩塌潛勢分析		500m 網格	震後坡地崩塌潛勢
二、衝擊分析			
（一）建物衝擊分析	1.一般建物衝擊分析	500m 網格	一般建物毀損棟數（易損性分析）
	2.老舊建物衝擊分析	500m 網格	老舊建物毀損棟數（易損性分析）
（二）建物引致人員傷亡分析		500m 網格	住宅及非住宅引致人員傷亡數(夜間、上班通勤、日間、下班通勤等四個時段)
（三）交通衝擊分析	1.道路通阻分析	500m 網格	平面道路阻斷機率分析(易損性分析)
	2.橋梁衝擊分析	點位、線段	橋梁(含高架道路橋)毀損機率分析（易損性分析）
（四）供電衝擊分析	1.電力設施衝擊分析	點位	電廠、電塔毀損機率分析(易損性分析)
	2.末端管線衝擊分析	500m 網格	供電中斷程度分析（易損性分析）
（五）供水衝擊分析	1.供水設施衝擊分析	點位	取水口、淨水場、加壓站毀損機率分析（易損性分析）
	2.供水管網衝擊分析	500m 網格	供水中斷程度分析（易損性分析）

資料來源：柯孝勳(2016)

運用現階段已建置開發的衝擊分析模組及技術整合項目，地震衝擊網格產除了地動與液化之地震潛勢分析，其傷亡程度分析分為四個時段，分別為：夜間(凌晨 5 時)、上班通勤(上午 8 時)、日間(中午 12 時)及下班通勤(下午 18 時)；交通分析包含道路及橋樑，其分析主要考量通行失敗機率，模擬災時可能中斷的道路位置分布，並研擬救災時可能通行的替代道路；在民生系統的供水及電力設施方面，考量其損壞機率、不服務機率、不服務影響人口、需修復天數、修復百分比、震後復原時期影響人口等供給面之考量。

(三) 地震模擬應用於災害防救演練之災害想定項目與議題

依據美國聯邦緊急事務管理署（FEMA）對於全災害管理的說明，全災害管理模式具備情境取向、功能取向、能力取向等三項特性，分別敘述如下：

1.情境取向：建構一災害或威脅之情境分析，並透過分析其可能造成之影響策訂適當之因應方式。2.功能取向：此面向主要區辨出於災害威脅下權責機關所應有之基本功能。3.能力取向：此面向係針對權責單位之能力來辨訂其所應採取之行為。

執行防救災演練之目的，是為強化面對大規模災害之整備、應變及復原措施，充分運用政府及民間力量，落實中央與地方間相互支援與合作策略，檢視整備能量、應變策略及復原能力是否需要足夠，或是找出需要補足之課題。因此地震災害衝擊情境模擬能預先評估，提供災前減災策略規劃與設計演習情境與腳本之依據，並可作為災害應變時的參考。

目前地震災害防救演練之腳本，多依據過去 TELES 模擬推估成果來協助規劃，本研究利用兩個情境模擬分析，強化整體災害防救演練議提設定與對策研擬之規劃，使其朝向整體性的地震災害影響與衝擊情境量化分析，以符合規劃減災戰略和整備行動的需求，提升地區地震耐災韌性。

地震災害發生後，其可能產生之災情與災害搶救議題甚多，但演練之項目與議題大多與建築物毀損、人員傷亡及受困、交通設施毀損、維生管線毀損之緊急搶修與重建、醫療院所毀損、民生物資調度、建物財損、社會損失推估及災後瓦礫殘骸清運有高度相關。

兩個情境模擬分析，TELES以村里為單位，能有效評估地震潛在的風險、人員傷亡所需之醫療資源、避難人數、物資整備數量與可能引致的災害損失等，使政府單位能有效地了解震災衝擊後之需求面，做為平時物資整備之依據；而 TERIA 平台以 500 公尺網格為單位，可提供較詳細的區位資料，不受行政面積大小的影響，且考量各項設施供給失靈之情形，使政府單位能有效地了解震災衝擊後之供給面，能應用於災前規劃與災時應變的參考依據。

本研究整理提供議題相關設定依據之 TELES 與 TERIA 平台如下表 2，在建物毀損及傷亡程度分析上，兩者皆有模擬推估圖資可供參考，其差別在於兩者統計單位不同，因此在圖面的呈現上也有所不同。兩者在災害議題的特殊場所毀損、電信系統毀損及醫療院所毀損等分析，尚在建立分析系統資料庫中。

表 2 演練災害想定與相關設定依據及可提供之因應對策

災害想定項目	細部議題項目	TELES (村里、鄉鎮市)	TERIA 平台 (500m×500m)	提供因應對策
建築物毀損	建築物全倒、部分毀損情形	建物損害分析(面積、棟數)	建物損害分析(面積、棟數)	災情查報、建築物緊急評估鑑定
	建築物火災	震後火災起火點數、消防隊數量、消防用水量	-	大規模災害搶救
	特殊場所毀損(如：車站)	-	-	人員返家困難緊急收容安置
人員傷亡、受困	人員死亡、重傷、輕傷人數	傷亡程度分析、救護車救護次數、醫院病床需求量、運屍袋需求數	傷亡程度分析	人命救援及大量傷病患對策（含運送）
	建築物受困人數(含電梯內)	受困人數=中度傷害人數*0.01 + 重度傷害人數*0.1		人命救援
	車站受困人數			人命救援
	孤島受困人數	直升機飛行需求數	-	人命救援
	收容安置人數與地點	臨時避難人數	-	收容場所開設與緊急物質調度支援
交通設施毀損	道路(國道、省道、縣市道路)、橋樑等損壞情形	Thighway 子系統：推估橋梁與道路之損害、修復費用、橋梁中斷機率、修復時間及車輛繞道成本等	道路、橋梁系統分析模組：道路通行失敗機率、橋梁通行失敗機率等	災情查報、道路搶修、替代道路
	道路中斷引發的交通事故、塞車			交通管制對策
	鐵路、高鐵中斷情形及車站受損	Trailway 子系統：鐵路系統震損評估	-	災情查報、乘客輸送與安置
維生管線毀損緊急搶修與重建	自來水毀損數目與區域	Twater 子系統：推估自來水地下管線災損數量、修復時間、人力等	供水系統分析模組：設施損壞機率、管線損壞數量、不服務機率值、不服務影響人口、需修復天數	災情查報、自來水支援調度、搶修作業、環境衛生消毒

災害想定項目	細部議題項目	TELES (村里、鄉鎮市)	TERIA平台 (500m×500m)	提供因應對策
	瓦斯毀損數目與區域	Tgas子系統	-	災情查報、搶修作業
	電力毀損數目與區域	Tpower子系統	電力系統分析模組：設施損壞機率、修復百分比、影響人口等	災情查報、搶修作業
	電信毀損數目與區域	-	-	災情查報、搶修作業
醫療院所毀損	醫療院所毀損	-	-	醫療院所毀損影響評估與支援
民生物資調度	震後民生物資需求	震後民生物資需求分析：寢具、帳篷、飲用水量、衛浴、廁所、垃圾量、排泄量	-	震後災區民生物資需求，提供物資支援調度參考
建物財損	建物財務總損失	建物財務總損失(百萬元)	-	重建階段災害救助金發放參考
社會損失推估	需要搬遷的人數、家庭數	需要搬遷的人數、家庭數(戶)	-	重建階段中長期安置計畫參考
災後瓦礫殘骸	廢棄物重量(噸)	總鋼石廢棄物重量、總木磚廢棄物重量、總廢棄物重量	-	重建階段廢棄物處理參考

註：反灰底之TELES子系統本篇研究未討論，且該子系統尚未公開使用
參考整理自：馬士元(2014)

三、宜蘭縣民安2號兵棋推演之地震情境圖資應用與分析

(一) 宜蘭縣基本資料

宜蘭縣位於台灣東北角，全境東西寬52公里，南北長78公里，東面緊鄰太平洋，因北西南三方被高山環繞，形成特殊的地理條件，冬季受東北季風影響，夏季多受颱風侵擾。境內自然景觀豐富，包含海洋、島嶼、高山、森林、湖泊、瀑布、地熱、溫泉和冷泉，且縣內地下水豐富且河川密佈，使蘭陽平原成為重要的一級農業生產地區，盛產各類雜糧、蔬果、漁獲、畜產及花卉等，尤其三星蔥更是遠近馳名。

台灣可區分為三個主要的地震帶：西部地震帶、東部地震帶、以及東北部地震帶。宜蘭縣位於東部與東北部地震帶中，其境內有 6 條活動斷層帶的分布(如圖 5)，由於受到沖繩海槽擴張的影響，造成本縣地震活動頻繁，但多發生在外海，所以造成的災害相對地較小，亦沒有發生具破壞性的海嘯。綜觀宜蘭縣內近 50 年之地震災害統計，共造成 44 人死亡，震央多位於宜蘭東南方。

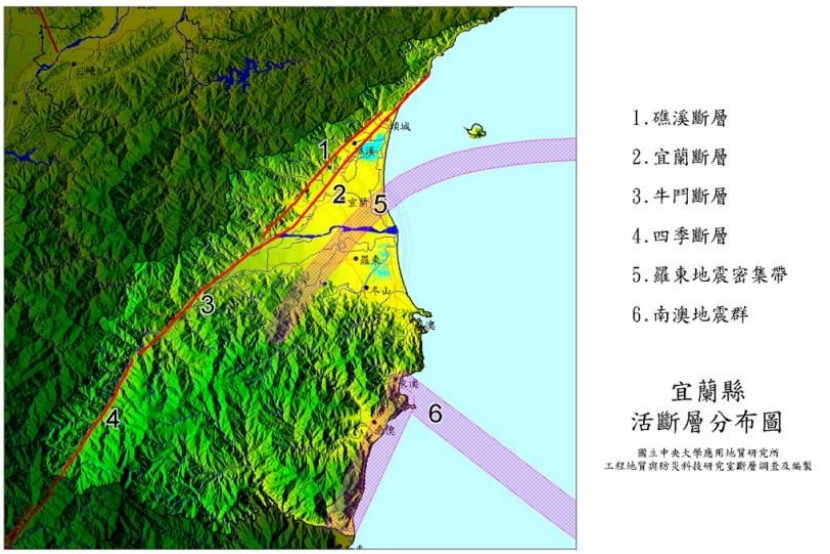


圖5 宜蘭縣活斷層分布圖
資料來源：國立中央大學應用地質研究所編制

(二) 地震災害模擬規模設定

本研究以國家地震工程研究中心所取得的資料，以 TELES 和 TERIA 平台進行宜蘭縣的地震損失模擬，設定以牛門地震作為本研究地震規模之設定，地震規模與境況設定為（D）日上午 9 時，震源規模 7.0，深度 10 公里，震央位於宜蘭縣壯圍鄉北側，其經度 121.8E，緯度 24.8N，為臺灣東北部之宜蘭斷層錯動，震央位置如圖 6 所示。

項目	規模與境況
發生時間	上午9時
地震規模(芮氏)	7.0
震源深度(公里)	10
震央位置	121.8E，24.8N
斷層名稱	宜蘭斷層

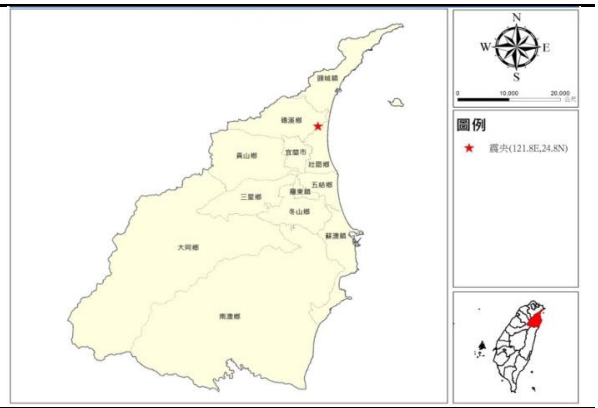


圖6 震源參數與震央位置示意圖

(三) TELES 圖資應用與分析

TELES 在此地震災害情境模擬(可參考圖 7 及圖 8)，宜蘭市是宜蘭縣各鄉鎮市中，災情最嚴重的行政區，除了震央距離宜蘭市較近之外，也因其人口密集，社會經濟發展程度較高，因此傷亡及各種損失也相對較高。

大同鄉與南澳鄉雖然傷亡、損失及防救災資源的需求量相對較低，但其人口數與人口密度皆不高，且兩鄉之行政面積較大，聚落位置分散，在資源配置的密度上，也相對偏低，在災時若有其他突發狀況，會有遠水救不了近火的情況發生。

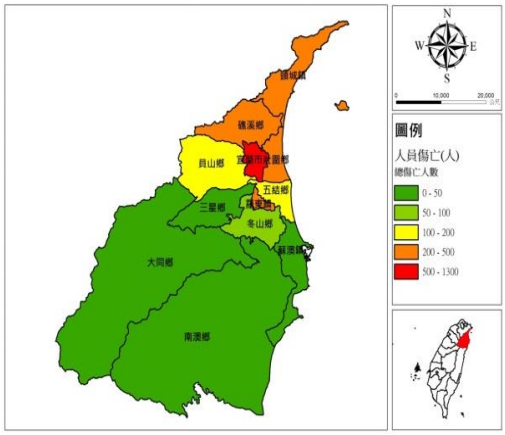


圖7 TELES-日間總傷亡人數分布

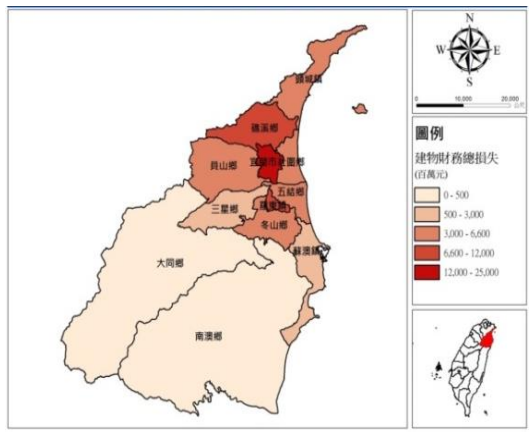


圖8 TELES-建物財務總損失

因此統整分析了 TELES 之優勢、劣勢、其發展的機會與可能的威脅，如表 3 所示，其優勢在於其數據成果，以鄉鎮市或村里為單位做統計，方便以行政轄區為單位做整備之參考，且在分析的程中發現，TELES 較著重災前整備之各項資源需求量分析，是以需求面作為考量，其模擬推估成果可作為防災規劃及災害防救計畫，防救災資源及避難收容等劃設依據，也可提供地震發生初期各級政府之災害應變中心使用，推估地震可能致災的範圍、規模等資訊。

若針對災情較嚴重之鄉鎮市或村里加強減災的策略，可以減低災害衝擊可能造成的傷亡及災損，但 TELES 之成果圖無法呈現可能發生災害或災損的分布位置，因此減災的方式及救災資源的分配尚需研究與討論。

表 3 TELES 分析應用於災害防救之 SWOT 分析

優勢(S) **Strengths**	**劣勢(W)** **Weaknesses**
1. TELES 分析數據成果，以鄉鎮市或村里為單位，各鄉鎮市及村里災前整備資源之數量，可以此分析數據為基準。 2. 從地震災害衝擊後之需求面為出發點，著重災前整備之救災資源項目。 3. 針對災情較嚴重之鄉鎮市或村里加強減災策略。	4. TELES 成果圖面未能呈現可能發生災害或災損的分布位置。
機會(O) **Opportunities**	**威脅(T)** **Threats**
5. 模擬推估成果可作為防災規劃及災害防救計畫，防救災資源及避難收容等劃設依據。 6. TELES 可提供地震發生初期各級政府之災害應變中心使用，推估地震可能致災的範圍、規模等資訊。	1. 因 TELES 始以村里或鄉鎮為單位之災害統計數量，無法根據資料推估災害位置，災情在圖面上的呈現也會因面積範圍而被分散。 2. 若鄉鎮面積範圍較廣，聚落位置分散，雖人口數及人口密度不高，防救災需求資源量也相對較低，但資源配置的位置也相對分散，在災時若有其他突發狀況，會有遠水救不了近火的情況發生。

(四) TERIA 地震衝擊網格化圖資應用與分析

從 TERIA 平台在此地震災害情境模擬之網格圖資(如圖 9~圖 12)，可以看出較嚴重之災情區域皆集中於宜蘭市及羅東鎮市中心，而宜蘭市的災情相對羅東鎮更嚴重，除了震央距離宜蘭市較近之外，也因其人口密集，社會經濟發展程度較高，因此傷亡及各種損失也相對較高；其中較特別的是宜蘭市之東北側，有一網格之模擬災情皆是最嚴重之區域，受災害衝擊之風險相對非常高，有必要針對此區之環境特性與災害潛勢做調查，並在未來針對都市規劃之防減災措施，以及救災資源分配上做考量；大同鄉與南澳鄉雖然傷亡及損失相對較低，但可針對出現災情之區域做重點規劃。

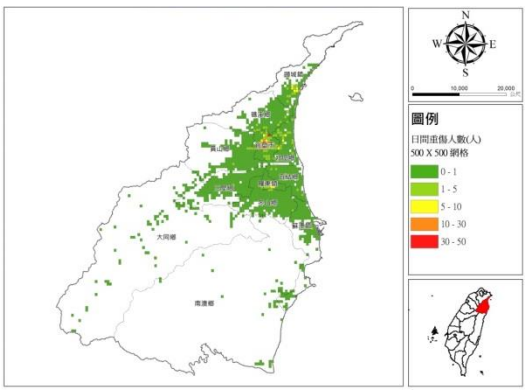


圖9 TERIA-日間重傷人數分布

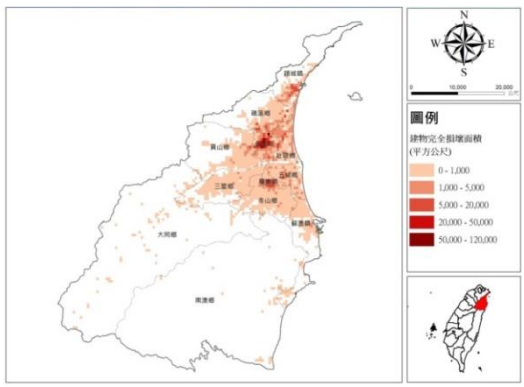


圖10 TERIA-建物完全損害面積

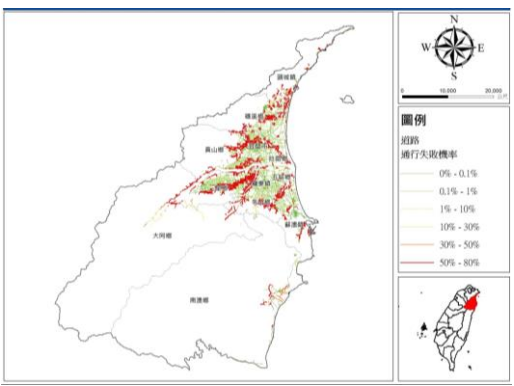


圖11TERIA-道路通行失敗機率

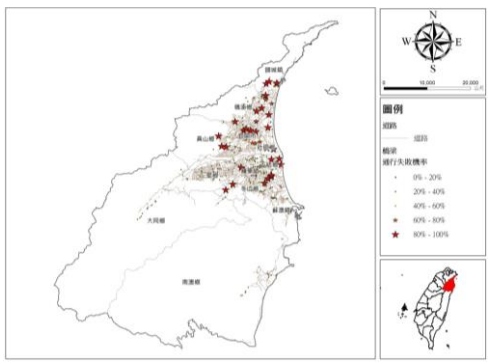


圖12TERIA-橋梁通行失敗機率

以下統整分析了 TERIA 平台分析資料之優勢、劣勢、其發展的機會與可能的威脅，如表 4 所示：其優勢在於其以 500m×500m 地理網格為單元的網格資料，可推估災害風險，以及可能發生傷亡與災損的精度較高之位置，呈現災情之傷亡或損害程度的分布，針對分析結果風險較高之區域範圍、橋樑

道路及民生設施加強減災策略，或針對這些地點設置防災資源。

其著重災時應變之民生系統損壞分析，從地震災害衝擊後，可能供給失靈造成的影響人口、天數及復原成見所需時間為出發點做分析，提供即時應變對策，或考量各項設施供給失靈之情形，作為減災、整備、應變規劃之依據。由此可知 TERIA 平台之地震網格資料，相當適合應用於地區災害防救計畫及都市計畫通盤檢討中，其以分析供給面之思維，提供防減災規劃之依據。

但在災時應變階段，因地震網格圖資未能從圖面所呈現之資料分布，馬上得出該鄉鎮市或村里可能的**總傷**亡人數、建物總損壞棟數或面積等資訊，在即時分析之統籌資源上相對劣勢。

表 4 TERIA 地震衝擊網格化分析應用於災害防救之 SWOT 分析

優勢(S) **Strengths**	**劣勢(W)** **Weaknesses**
1. 較著重災時應變之民生系統損壞分析，提供即時應變對策。 2. 以 500m×500m 地理網格為單元的網格資料，呈現災情之傷亡或損害程度的分布。 3. 可針對分析結果風險較高之區域範圍、橋樑道路及民生設施，加強減災策略。 4. 從地震災害衝擊後，可能供給失靈造成的影響人口、天數及復原成見所需時間為出發點做分析。	1. 未能從圖面所呈現之資料分布，馬上得出該鄉鎮市或村里可能的總傷亡人數、建物總損壞棟數或面積等資訊。
機會(O) **Opportunities**	**威脅(T)** **Threats**
1. 可推估災害風險與可能發生傷亡及災損之精度較高位置 (500m×500m 地理網格)，並針對這些地點設置防災資源。 2. 考量各項設施供給失靈之情形，作為減災、整備、應變規劃之依據。	1. 目前在土壤液化分析，鑽探點位資料尚有不足，故在土壤液化潛能分析宜蘭縣僅有部分點位。

四、TELES 與 TERIA 應用於防救災決策資料差異比較分析

目前地震災害衝擊之境況模擬推估系統，有 TELES 及 TERIA 地震衝擊網格化分析兩大系統，兩者分析震災衝擊的出發點略有不同(如表 5)，TELES 以震災衝擊後之需求面為考量，地震網格則以供給失靈產生的影響為考量；

分析單位也有差異，各有其優勢，TELES以村里為最小分析單位，提供各層級(鄉鎮市區、縣市) 方便計算該鄉鎮市或村里可能的總傷亡人數、建物總損壞棟數或面積等資訊，地震網格以500m×500m地理網格做分析，成果圖面可以呈現可能發生災害或災損的分布位置，並顯示風險較高之區域範圍、橋樑道路及民生設施；兩者主要分析項目如表6所示，其分析項目可以互補，提供地震災害衝擊演練規劃更加詳盡。

其中TELES之Tgbs子系統模擬分析之特色在於推估救災資源、消防資源、民生物資、避難人數等需求，也分析了可能建物財務總損失、需搬遷人數、家庭數及復原重建時之廢棄物重量等，以災害發生後之需求面為出發點作分析，較適合應用於整備、應變與災後短期重建中。

但目前Thighway、Trailway、Twater、Tgas及Tpower等子系統並未公開,因此目前在交通設施毀損,以及維生管線毀損緊急搶修與重建兩大項目，較無精確之依據,但TERIA系統目前則可提供交通設施之道路橋樑通行失敗機率分析、供水供電設施系統分析，補足了交通及維生管線系統之規劃依據。

TERIA地震衝擊網格化分析，其特色在於提供交通設施毀損、維生管線毀損緊急搶修與重建議題之設定參考，其以設施通行失敗機率、損壞機率、損壞數量、影響人口、需修復天數等供給面為考量，推估災時交通系統、維生管線設施無法正常供給使用時，可能衝擊之狀況，在設定演練腳本時，可依據模擬發生之災情，提出其他救災與應變備案。其考量各項設施供給失靈之情形，相當適合應用於地區災害防救計畫及都市計畫通盤檢討中，其以分析供給面之思維，提供防減災規劃之依據，也可作為演練腳本之區位設定依據，較適合應用於減災、整備與災後長期重建之規劃中。

表 5 TELES 與 TERIA 兩大系統之比較

		TELES	TERIA 平台
出發點		震災衝擊後之需求面	震災衝擊後之供給面
分析單位		村里	500m×500m 地理網格
主要分析項目	潛勢	地動液化分析	地動液化分析
	傷亡	三個時段與傷亡程度	四個時段與傷亡程度
	建物	面積、棟數	面積、棟數
	救災資源	救援隊人數、直升機飛行需求數、救護車救護次數、醫院病床需求量、運屍袋需求數	-
	消防資源	火災數量、震後火災所需用水量、火災所需消防隊數量	-
	社會損失	考量需臨時避難人數、需要搬遷的人數及需要搬遷的家庭數	-
	民生物資	寢具、帳篷、飲用水量、廁所、衛浴	-
	財損	建物財務總損失	-
	廢棄物	需清運之結構物廢棄物重量、垃圾及排泄物量	-
	交通系統	(系統不公開)	道路、橋梁
	維生系統	(系統不公開)	供水、電力設施
優點		1. 提供防災規劃及災害防救計畫，防救災資源及避難收容整備能量等規劃依據。 2. 適合檢討資源儲備及救災資源能量是否足夠。 3. 以行政單位統計數據。	1. 考量各項設施供給失靈之情形，相當適合應用於地區災害防救計畫及都市計畫通盤檢討中，其以分析供給面之思維，提供防減災規劃之依據 2. 在兵推演習規劃部分，提供較詳細的區位資料，可以較有根據的設定災害發生點位，如：道路中斷與替代道路規劃。 3. 分析結果較不受行政面積大小的影響。
		較適合應用於整備、應變與災後短期重建	較適合應用於減災、整備與災後長期重建
		兩者分析內容可互補	

若將 TELES 資料嘗試轉換，以 500m×500m 為單位，計算其面積，比較兩者圖面資料，分析圖資災情之區位分布，以下以礁溪鄉各村里作分析。礁溪鄉以二結村面積最廣，約 2,464 萬平方公尺，面積最小為大義村，約 11 萬平方公尺，將其轉換以 500m×500m 為單位之網格，計算其網格數，二結村約 99 格，大義村不到 0.5 格，可見在二結村，其統計數值較容易被面積平均分散。以下網格圖資以傷亡人數做比較分析，點圖資以橋樑、線圖資以道路做兩者的比較分析。

根據 TELES 的圖面來看，如圖 13、14 所示，可以看出德陽村的輕傷人數較高，約 50 人以上，龍潭村次之，再來是時潮村、玉田村、六結村及三民村，以重傷人數分布來看，依然是德陽村較嚴重，約 15 人以上重傷。TELES 圖面，可透過各行政區域為單位統計可能傷亡數量及所需物資。

但在二結村、匏崙村及林美村等面積較廣之村里，輕傷人數在 5 人以下，重傷需急救之人數約 1 人，以二結村為例，其災點區位易被面積平均分散，救災物資及演練重要區位較難設定。

若以 TERIA 地震網格分析，如圖 15、16 所示，可以發現傷亡人數多集中於礁溪鄉東南側村里，如龍潭村及吳沙村出現了單一網格 5 人以上輕傷之情況，在時潮村則可以看到有兩個網格輕傷人數達 3 人以上，有些區位則較無傷亡情形出現，玉田村則以南側出現 2 至 3 人輕傷較嚴重，而面積最廣的二結村，在 TELES 之輕傷人數約 5 人以下，但透過 TERIA，則可發現輕傷人口多分布於東南側，較不受行政範圍面積平均分散之影響。

在重傷方面，發現傷亡人數多集中於礁溪鄉南側村里，如龍潭村及吳沙村出現了單一網格 3 至 4 人重傷之情況，是較嚴重的區域，林美村之災情根據 TERIA 圖資發現集中於東側，匏崙村東南側可能出現 3 至 5 人重傷的情況，二結村之重傷人口多分布於東南側。

整體來說，TERIA 地震網格分析，其影響嚴重的區域，分布位置多位於礁溪鄉東側及東南側，影響較輕微的地區，為大忠村、林美村、匏崙村及二結村，這與 TELES 的分析趨勢相同，但在災點區位的分析，如：大忠村西側可能出現傷亡及災損，而林美村、匏崙村及二結村災點多分布於東側，因此可以發現 TERIA 提供較精細的分析單位，其分析數值較不受行政區域面積的影響，可針對傷亡及災損情形檢視防救災據點服務範圍、配置防救災資源，或是規劃演練腳本的重要災情點位、可能的傷亡及災損情形、周邊救災資源的調度、大量傷患後送的醫療單位分配、死亡者的大體停放空間以及瓦礫殘骸的推放空間等。

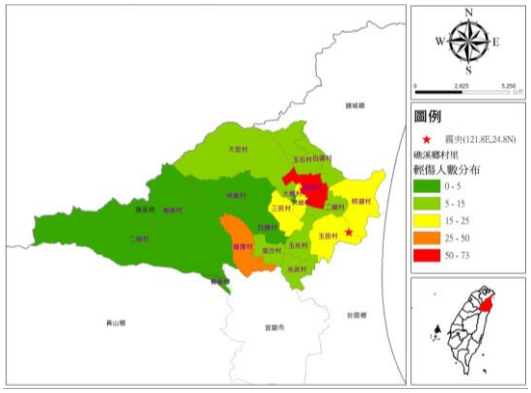


圖13TELES-礁溪鄉村里輕傷人數分布

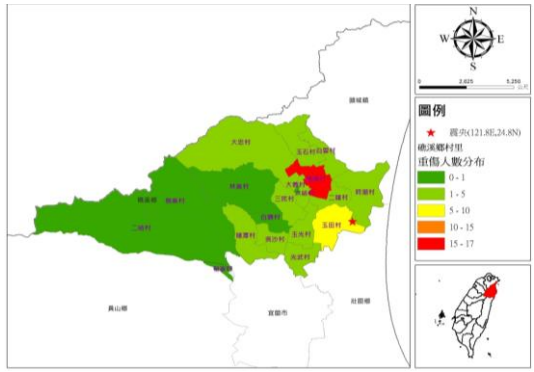


圖14TELES-礁溪鄉村里重傷人數分布

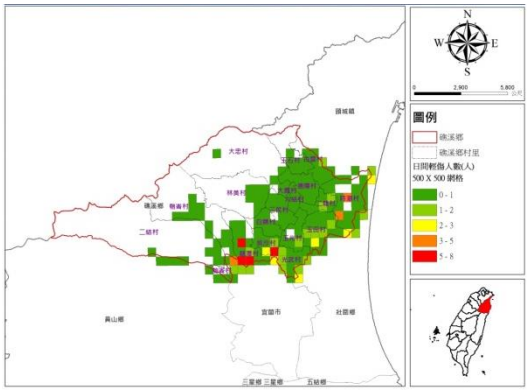


圖15TERIA-礁溪鄉村里輕傷人數分布

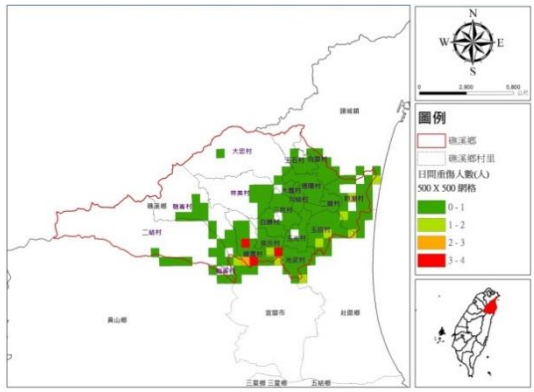


圖16TERIA-礁溪鄉村里重傷人數分布

另外在交通分析，道路中斷部分，TERIA 以線資料呈現道路中斷機率，如圖 17、18 所示，可以清楚分析主要道路中斷風險分布情形，以礁溪鄉來說其東側及南側之道路中斷機率皆有 50%以上，風險較高。橋梁中斷部分，礁溪鄉東側車路頭橋、南側結龍橋、市區東南側的港尾橋及玉龍橋，皆有 80%以上的中斷機率；皆為中斷風險較高之橋梁。

因此在兵推設定道路及橋樑中斷情形，工務處可考慮東南側或東北側中斷風險較低之道路，做為緊急替代道路使用，並研擬道路、橋梁替代路線方案圖，且可推估緊急搶修作業所需經費及時間。

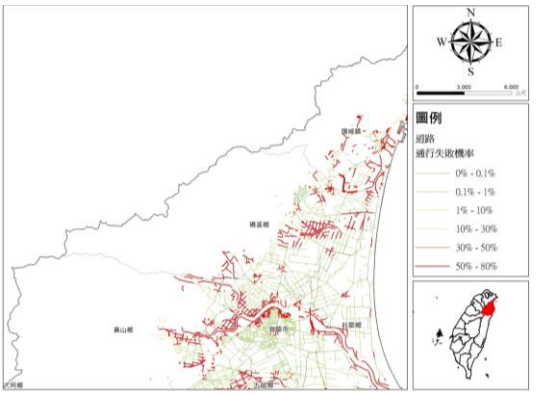


圖17TERIA-礁溪鄉道路通行失敗機率分布

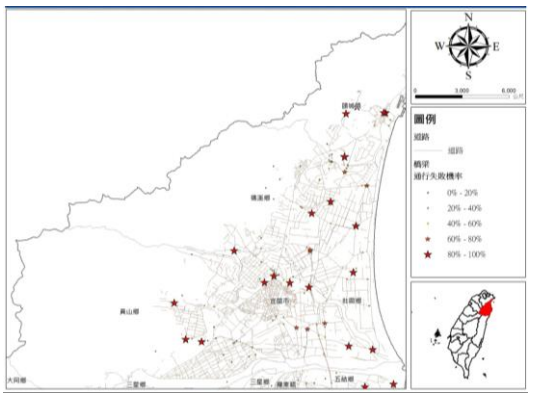


圖18TERIA-礁溪鄉橋樑通行失敗機率分布

五、結果與討論

透過文獻探討整理地震演練腳本的編寫流程與災害想定項目，可以瞭解其想定項目包括建築物毀損、人員傷亡、人員受困、交通設施毀損、維生管線毀損緊急搶修與重建、醫療院所毀損、民生物資調度、建物財損、社會損失推估及災後瓦礫殘骸等。

(一) 建築物毀損

在建築物毀損部分，TELES與TERIA皆有建物損害分析，並針對受損程度之面積及棟數做分析，TELES雖有村里或鄉鎮市區為單位統計之數據，可以即時呈現各鄉鎮或村里之整體受損數量，但無法呈現風險分布情形，因此在腳本編寫規劃上，無法針對某一風險較高區域及區位特性，加強物資調度及救援之演練，而TERIA地震網格圖資，提供精度較高的風險分布情形，雖無法藉由圖面馬上得出總損害情形，但可以明顯看出受災害衝擊影響下，風險較高或是災情較密集之區域，可以提供編寫腳本規劃演習的區位範圍做考量。

(二) 人員傷亡及受困

在人員傷亡及受困的部分，跟建築物毀損分析一樣，TELES與TERIA皆有針對各種程度之傷亡做分析，TERIA最大的特色在於，提供精度較高的風險分布情形，因此在不同區位的規劃上可以提供考量。

輕傷者僅需包紮，不需住院，因此在臨時救護站的設置位置及數量可依據TERIA之網格資料，配合公共設施進行劃設，或針對救災資源設置位置作檢討，且資源整備數量分配可做為參考。

而 TELES 可協助分析中、重傷者較密集之區域，可配合考量急救責任醫院之服務範圍及服務能量、急重症之急救能力、加護病房之床位量等，。

死亡者，因需要運送及保存大體之屍袋，以及停放大體之空間，可作為應變規劃之區位空間分配考量。受困者，是由中傷與重傷人數進行推估，因此除了推估可能受困人數之外，也可藉由網格圖資之中傷及重傷人數分布情形，規劃區域緊急救援人力的調度與分配。

(三) 交通設施毀損

在交通設施毀損分析的部分，TELES 有分析交通設施之子系統，但由於該子系統未公開，因此在演練腳本的規劃上，並無較精確之依據；但 TERIA 提供道路及橋樑通行失敗機率之分析，可做為救災道路規劃、替代道路方案及疏散避難道路規劃做參考，也可做為腳本設計道路中斷情形之依據，並於演習時實際操作道路中斷之救災情形。

(四) 維生管線毀損緊急搶修與重建

在維生管線毀損緊急搶修與重建部分，TELES 有分析維生管線之相關子系統，但由於該子系統未公開，因此在演練腳本的規劃上，並無較精確之依據；但 TERIA 則有供水系統分析模組，以及電力系統分析模組。

在供水系統分析模組，提供了設施損壞機率、管線損壞數量、不服務機率值、不服務影響人口、需修復天數等分析；電力系統分析模組，則提供設施損壞機率、修復百分比、影響人口等分析，皆可提供緊急搶修與重建之規劃參考，並做為演練腳本維生管線毀損之情境設定依據。

(五) 醫療院所毀損

在醫療院所毀損的部分，目前 TELES 與 TERIA 皆無法透過目前既有資料庫或模組分析可能災損，雖然 TERIA 可以較精確分析風險較高之網格區域，但目前無法再細緻分析至 500m×500m 地理網格中，醫療院所是否包含在受損的建物之中。倘若醫療院所在災時也成為受災對象，在中傷及重傷人員之醫療風險將提高。

(六) 民生物資調度、建物財損、社會損失推估及災後瓦礫殘骸

在民生物資調度、建物財損、社會損失推估及災後瓦礫殘骸分析，由於TERIA 是以各項設施之供給失靈機率做分析，因此較著重在各鄉供給設施，較適合災前減災、整備及可能的災前應變規劃，重建階段則結合減災規劃做考量。但 TELES 則著重在災害衝擊後，可能產生的需求為主要考量，因此有針對震後民生物資需求之分析，如：寢具、帳篷、飲用水量、衛浴、廁所、垃圾量以及排泄量之需求推估，也有建物財損之建物財務總損失分析，社會損失推估之需要搬遷的人數及家庭數，災後瓦礫殘骸之總鋼石廢棄物重量、總木磚廢棄物重量及總廢棄物重量，作為短期重建階段。

TELES 與 TERIA 所模擬的地震境況資料，應用於災前規劃與演習各有優點。TELES 提供防災規劃及災害防救計畫，防救災資源及避難收容整備能量等規劃依據，適合檢討資源儲備及救災資源能量是否足夠，且以行政單位統計數據，方便地方政府單位做整備工作；TERIA 考量各項設施供給失靈之情形，相當適合應用於地區災害防救計畫及都市計畫通盤檢討中，其以分析供給面之思維，提供防減災規劃之依據，在兵推演習腳本部分，提供較詳細的區位資料，可以較有根據的設定災害發生點位，且分析結果較不受行政面積大小的影響。

六、結論與建議

本研究針對臺灣地震損失評估系統(TELES)與地震衝擊資訊平台(TERIA平台)，兩個情境模擬分析在防救災演練議題設定與對策研擬之影響與應用，以及對於模擬推估成果之差異比較分析，可發現 TELES 與 TERIA 平台在情境模擬分析上， TELES 提供平時物資整備與資源評估之依據，由震災衝擊後之需求面出發，TERIA 平台提供災前規劃與災時應變之依據，由震災衝擊後之供給面出發，兩種方式模擬分析由不同的面相出發，相互彌補，使地震災害情境模擬更為全面。

因此建議地方政府於地震災害防救災演練議題設定與對策研擬上，應進行兩個情境模擬分析，以強化整體災害防救演練設定與對策研擬之規劃，使其朝向整體性的地震災害影響與衝擊情境量化分析，符合規劃減災戰略和整備行動的需求，提升地區整體地震耐韌性。

七、參考文獻

李中生、柯孝勳、劉致灝、劉淑燕、吳佳容、黃俊宏、吳子修、吳秉儒、包正芬、鄧敏政、張子瑩(2015)，〈地震衝擊研究與資訊應用平台(I)：架構開發與資料庫建置〉，國家災害防救科技中心。

柯孝勳(2016)，〈網格化地震衝擊評估技術發展與地震應變應用〉，國家災害防救科技中心。

劉淑燕、吳佳容、柯孝勳、李中生(2016)，〈網格化地震衝擊評估技術於 GIS 應用--以屏東縣建物與人口為例〉，第十五屆離島資訊技術與應用研討會，pp. 1052-1057，高雄：樹德科技大學主辦。

馬士元(2014)，〈應用 TELES 模擬於國家防災日地震推演規劃之經驗〉，國家地震工程研究中心。

施邦築(2006)，〈地震災損推估在都市防災空間系統規劃之應用〉，臺灣地震科學中心。

國家災害防救科技中心地震人為災害組(2015)，〈都會區大規模地震衝擊情境分析－網格化地震衝擊評估技術開發與應用〉，國家災害防救科技中心。

行政院(2016)，〈全災害管理體系建構以都會行大規模地震災害為例〉，第七屆行政院災害防救專家諮詢委員會，2016 年 5 月。

劉季宇(2014)，〈TELES 與地理資訊系統簡介〉，國家地震工程研究中心。

國家地震工程研究中心(2012)，《臺灣地震損失評估系統(TELES)使用手冊》，台北：國家地震工程研究中心。

Federal Emergency Management Agency（2010）Developing and Maintaining Emergency Operations Plans- comprehensive Preparedness Guide （CPG 101 ）, Federal Emergency Management Agency.

Simulation Information Analysis for Earthquake drill of TELES and TERIA model-Case Studies on Yilan County

Mo-Hsiung Chuang*、Chu-Yu Yang**、Wen-Yen Lin***
*Urban Planning and Disaster Management, Ming-Chun University
**Urban Adaptive Planning and Mitigation Design Research Center
***Urban Planning and Disaster Management, Ming-Chun University

Abstract

Taiwan Earthquake Loss Estimation System(TELES) is a popular tool for earthquake scenario simulation --- defining parameters and running simulation to obtain the estimations such as collapsing buildings and casualty based on administrative spatial units. Taiwan Earthquake impact Research and Information Application(TERIA), however, is a new alternative with novel design by using 500 by 500 meters grid raster maps to estimate possible casualty and building damages and to assess the risk distribution.

This paper compares the results, such as PGA distributions, soil liquefaction risks, building collapse and casualties, from TELES and TERIA respectively on scenario simulations by the same earthquake parameters in Yilan. By examining the differences and possible applications of the results from these tools, the findings can provide new planning frameworks and data for disaster drills in Yilan county.

Keywords: TELES, TERIA, GIS, disaster drills, Yilan County