

# 地震應變與防災資訊系統建置之研究

## Development of Seismic Disaster Precaution and Response Systems

主管單位：國家實驗研究院

葉錦勳

劉季宇

陳志欣

Yeh, Chin-Hsun

Liu, Gee-Yu

Chen, Chi-Hsin

國家地震工程研究中心

### 摘要

台灣位於歐亞板塊和菲律賓板塊之間的環太平洋地震帶，長久以來飽受地震的威脅。由於強震可能在短時間內造成大規模的人員傷亡與經濟損失，故震前之減災整備與風險管理、震後之緊急應變與救災資源調派與人民的生命財產息息相關。本研究藉由台灣地震損失模擬資訊網、台灣地震早期損失評估資訊網及地震災情資訊上傳系統等三系統之研發，於震前提供相關單位模擬地震事件下可能造成之地震災害潛勢和災損情形，以進行防災演練、救災資源整備及學術研究；於震後第一時間可快速且自動評估地震所造成之後果，提供防救災單位災情評估資訊，以利於快速成立應變中心及進行搶救作業；於震後調查、蒐集及分析建築物、橋梁等結構物之損害程度、數量和分布等，有利於災情研判及歷史災情紀錄。

關鍵詞：台灣地震損失評估系統，震災境況模擬，地震早期損失評估

### Abstract

Taiwan has suffered from the threatening of earthquakes for a long time since Taiwan is located between Euro-Asian and Philippine tectonic plates on the Pacific Earthquake Rim. Because earthquakes may devastate cities, cause casualties and economic losses, therefore, all are vital that risk management, resource preparation, and rescue plan. To help people implement the three important tasks, this study developed three websites. The website Taiwan Seismic Scenario Database can estimate damage loss for a simulated earthquake in Taiwan. Before earthquakes arrive, one could use this estimation to prepare resource or excise rescue for earthquake disaster relief. The website of Taiwan Early Seismic Loss Estimation provides disaster estimation right after an earthquake. This estimation could help the government or non-government understand what disasters the earthquake would cause and then could save people as soon as possible. The website of Earthquake Disaster Upload System provides a platform for collecting structure damage descriptions, which could be applied for earthquake disaster determination and even would bring out an improved structure seismic design.

**Keywords** : TELES, earthquake loss estimation, early seismic loss estimation

## 一、前言

以目前科技水準，地震前兆監測仍無法有效進行地震預測。相較於颱風、洪水和土石流等天然災害，地震發生的時間、地點、規模等均具較大的不確定性。一旦發生強烈地震，在短時間內即可能造成大規模的人員傷亡、結構物損壞及經濟損失等。故震前的防災準備是否充足、震後救災人力與資源是否快速到位…等，都將與人民生命財產息息相關。如能事先做好減災整備與風險管理，可減少地震引致災害的數量和範圍、減少人命傷亡與經濟損失。

台灣位於環太平洋地震帶，地震是無法避免的。為有效減少地震所造成之災害，必須從平日防災整備、震後應變能力及省思等面向來改善。平日防災整備包含結構物之耐震補強、防災規劃、防災教育、防災演練等。事先做好防災準備以求震後有效進行救災作業。震後應變能力必須快速掌握地震造成之災損情況、人力物資須迅速到位以進行救災作業。震後省思則包含蒐集災情資訊、研判致災原因，以作為未來防災規劃及結構物耐震補強之依據。

本研究藉由「台灣地震損失模擬資訊網」、「台灣地震早期損失評估資訊網」及「地震災情資訊上傳系統」等三個地理資訊系統之研發，運用台灣地震損失評估系統之震災境況模擬技術，提供地震損失模擬資訊來輔助防救災作業之整備；震後可快速提供災情評估資訊以啟動應變中心並協助各項救災、避難、醫療與民生物資等資源調派；建置災情資訊平台以蒐集、彙整、分析災情數量和分布，並可作為地震災情資料庫，供防災學術研究[1]。透過地理資訊系統之圖形化界面的輔助，藉由空間分析工具及各類圖資之輔助，可以協助防救災單位進行災情研判。

## 二、台灣地震損失評估系統

台灣地震損失評估系統(Taiwan Earthquake Loss Estimation System，簡稱 TELES)為國家地震工程研究中心近年來所研發之地震損失及風險評估軟體。TELES 可結合地球物理、土木工程、社會經濟各領域的知識，有效評估地震災害潛勢、可能引致的災難和損失，應用在政府的防救災業務和民間企業的風險評估與管理上，作為研擬防災計畫、空間規劃、地震保險與風險管理策略的參考，藉以減低地震對社會與經濟的衝擊[1]。

TELES 可依據模擬地震事件的定義以進行地震災害的境況模擬，其分析流程如下圖 1。根據震源參數的定義及活動斷層分佈資訊，首先進行地震災害潛勢分析，推估各地之地表震動強度、土層破壞機率及永久位移量等。依據地震災害潛勢分析結果進行工程結構物的損害暨損失評估。依不同結構系統特性，如建築物、橋梁和地下管線等，推估各類工程結構物的損害狀態機率與數量。該系統可進一步推估震後火災、廢棄物、人員傷亡、臨時避難需求、經濟損失等[1,2]。

TELES 主要包含三種類型的應用：單一地震的境況模擬、地震早期損失評估及機率式地震風險評估。單一地震之境況模擬的應用如上所述，依據模擬地震事件之定義進行災損推估，評估結果包含地表最大加速度、一般建築物的損害、橋梁損害、人員傷亡、經濟損失等多種資訊。圖 2 為以 921 地震之震源參數所推估之人員傷亡數及地表最大加速度分布圖。地震早期損失評估為在地震發生後能自動啟動，並依據中央氣象局所發布

之震源參數及速報站實測地表最大加速度值，在短時間內由損失模擬資料庫內查詢最可能的災情數量和分布，並將摘要資訊利用簡訊或電子郵件等方式，通知地震應變人員。機率式地震風險評估則結合地震危害度分析理論和震災境況模擬技術，以機率和統計方法評估各種風險暴露之潛在的地震風險或損失[2,3,4]。

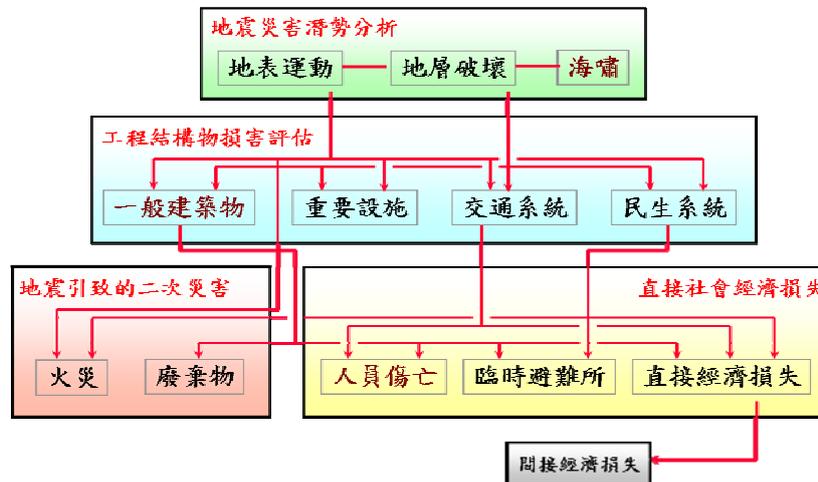


圖 1 TELES 分析流程

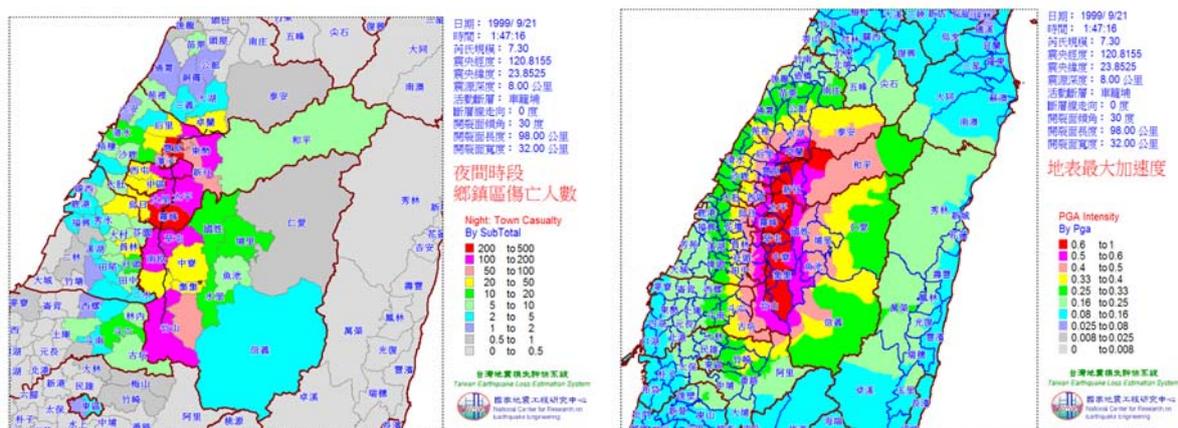


圖 2 921 地震人員傷亡數及地表最大加速度推估分布圖

### 三、地震防災應變網路地理資訊系統之建置規劃

為有效提升地震防救災與應變能力，本研究應用 TELES 之震災境況模擬與地震早期損失評估等技術來建置地震防災應變網路地理資訊系統。其中，「台灣地震損失模擬資訊網」之主要目的為提供模擬地震事件下之災損評估結果，可提供政府機關、公民營事業、防災協力機構、一般民眾等作為震前防災整備、學術研究、風險評估等的參考資訊。「台灣地震早期損失評估資訊網」之主要目的為震後快速提供地震災情評估資訊，供中央與縣市地震災害應變中心和政府機關等使用，作為應變決策與資源調派的參考。「地震災情資訊上傳系統」之主要目的為提供災情資訊彙整平台，收集一般民眾提供的災情資訊和專業人員之結構物損害調查報告，提供政府機關、防災協力機構和學術研究單位等使用。

地震防災應變資訊系統除了數據查詢與分析外，空間地理資訊之輔助能提供使用者以貼近實際狀況進行相關的研擬與分析，如了解建築物分布、觀測地形、擬定物資集散地等。此外，災情之研判與分析往往需要藉由混搭(Mash Up)多種類型之圖資(表 1 為本研究建置之圖資列表)，經由相互比對後以擬定因應策略。故系統之建置採用 ESRI ArcGIS Server 之地理資訊系統平台以提供地圖操作環境介面，該平台提供快取地圖(Cache Map)之功能，藉由事先製作地圖快取，以利於多人操作環境下仍保有良好之操作瀏覽效率。此外，由於使用者之操作環境(如作業系統、瀏覽器)不盡相同，為消弭操作環境差異性所伴隨的相容性問題，系統開發建置採用 Microsoft ASP.NET、Java Script 及 AJAX (Asynchronous JavaScript and XML)等軟體開發語言與技術，並相容於目前市面上主流之瀏覽器，使用者無須安裝外掛程式來進行操作。資料庫部份則採用 Microsoft SQL Server，並建立為空間資料庫，以利於即時進行地理資訊空間分析。

由於建置完善的輔助資料需耗費大量人力、物資與經費，如能妥善運用外部既有的各項服務與資源，將可使系統獲得更大的效益。本研究除了自行建置地理資訊系統、建置各類輔助圖資、分析輔助工具外，亦整合來自外部多元的資源，其中包括整合 Google Maps 的地圖影像、Google Maps 定位服務、Google Maps 街景圖、Google Earth 三維立體展示、國家高速網路與計算中心之雲端圖資(如福衛二號衛星影像)等。此外，本系統遵循 OGC (Open Geospatial Consortium)之標準，可輕易套疊符合其標準之 WMS (Web Map Service)、WFS (Web Feature Service)來源之圖資。

表 1 圖資建置表

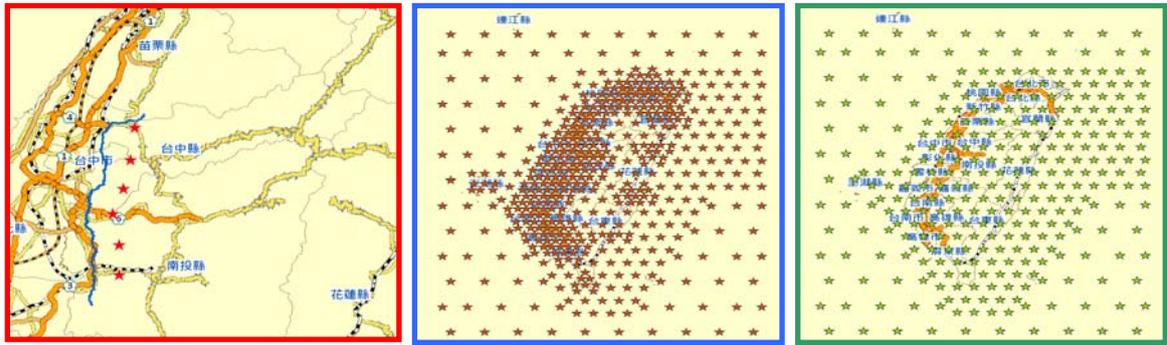
圖資分類	圖資名稱
基本圖資	交通路網、行政區界、地標、水文、橋梁
影像圖資	福衛二號衛星影像、航照影像
地震相關圖資	歷史地震目錄、活動斷層分佈
民生系統圖資	自來水管線、瓦斯管線
電力系統圖資	電塔、變電所
地理相關圖資	地形圖、地質圖
重要設施圖資	國中小學校舍
外部圖資	Google Maps、Google Earth、Google 街景圖

#### 四、台灣地震損失模擬資訊網

台灣地震損失模擬資訊網主要目的為運用 TELES 之震災境況模擬技術提供推測地震事件下之災損情形。為增進系統查詢效能，應用 TELES 事先依照不同之震源類型、震央座標、地震規模、震源深度、斷層長度、斷層開裂方向等不同組合之震源參數，模擬運算各推測地震下之災損評估資訊，建立約含九萬筆地震事件之損失模擬資料庫，以供使用者查詢[5]。

震源類型包括已知活動斷層、區域震源(概分為淺層與深層區域震源)，如圖 3。使用者可選擇台灣地區活動斷層來擬定地震事件，亦可透過區域震源的方式來模擬各種可

能發生之地震事件。



活動斷層

淺區域震源

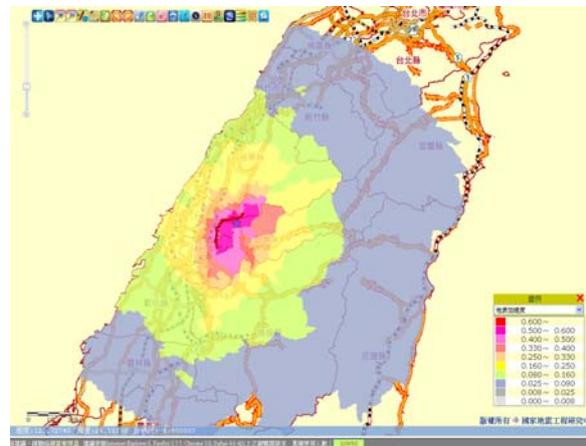
深區域震源

圖 3 震源類型

台灣地震損失模擬資訊網依據上述震源參數之設定提供各項資訊，內容包含災情評估資訊、重災區風險暴露及基本資料等三大類。災情評估資訊為 TELES 震災境況模擬之評估結果，包含地震災害潛勢評估(如地表最大加速度、譜加速度、液化潛能指數、液化機率、液化引致沉陷量等)、一般建築物相關之損害暨損失評估(如建築物損壞、人員傷亡、經濟損失)、橋梁損害暨損失評估(如損害程度、失敗機率等等)，下圖 4 為地震災害潛勢評估及地表最大加速度主題圖。

縣市	鄉鎮	村里	地表加速度 (a)	譜加速度 (0.3) (a)	譜加
台北縣	鶯歌鎮	尖山里	0.036	0.071	
台北縣	鶯歌鎮	二橋里	0.035	0.070	
台北縣	鶯歌鎮	二甲里	0.036	0.072	
台北縣	三峽鎮	三峽里	0.037	0.074	
台北縣	三峽鎮	八張里	0.037	0.074	
台北縣	三峽鎮	中埔里	0.037	0.074	
台北縣	三峽鎮	弘道里	0.037	0.074	
台北縣	三峽鎮	霧山里	0.037	0.074	
台北縣	三峽鎮	大埔里	0.038	0.076	
台北縣	三峽鎮	嘉添里	0.036	0.072	

災損評估-地震災害潛勢評估



地表最大加速度主題圖

圖 4 台灣地震損失模擬資訊網評估資訊

重災區風險暴露主要提供工程結構物或設施於該模擬地震下之風險暴露情況，評估方式主要分為兩種：地表震動強度及活斷層距離。地表震動強度之評估方式主要依據 TELES 之地震災害潛勢評估所獲得之地表最大加速度(PGA)，依此評估在不同震度下，如六級弱以上( $PGA > 0.25g$ )、六級強以上( $PGA > 0.33g$ )、七級以上( $PGA > 0.4g$ )等之風險暴露。活斷層距離之評估方式主要依據模擬地震之斷層線，進行等距離緩衝區之空間運算後，評估工程結構物或設施之風險暴露情況。所評估之工程結構物或設施主要包含建築物及橋梁，下圖 5 重災區風險暴露評估資訊與暴露範圍圖。未來亦可考量各類不同的

結構物，如水利設施、電力設施、學校等。基本資料部份則提供各類參考資料來輔助分析與研判，包含了建築物及橋梁等兩類基本資料查詢。

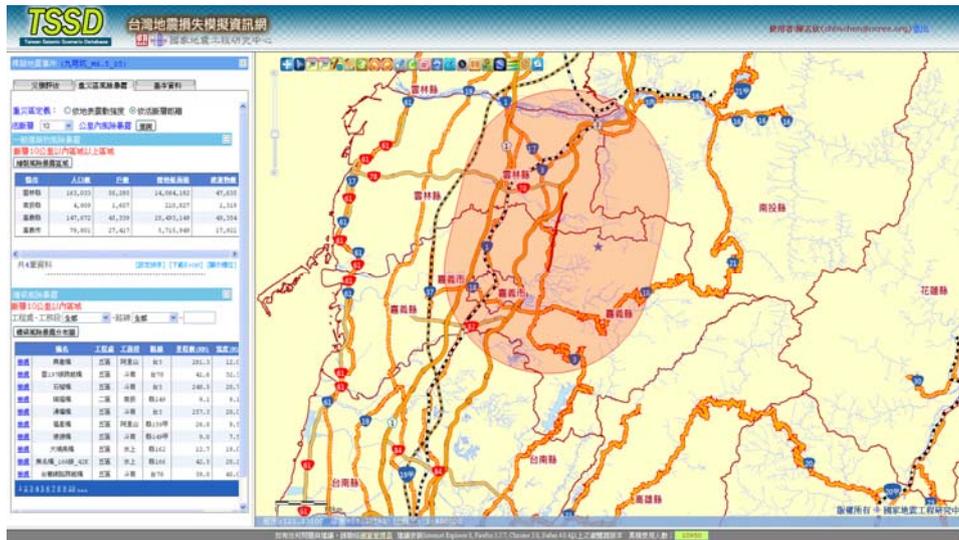


圖 5 重災區風險暴露評估資訊與暴露範圍圖

## 五、台灣地震早期損失評估資訊網

台灣地震早期損失評估資訊網主要目的為運用 TELES 之震災早期評估技術，於地震發生後立即進行災損評估，透過網頁之方式提供防救災單位進行人力物力和醫療資源派遣之參考。TELES 之震災早期評估之評估流程主要於地震發生後，自動接收中央氣象局所發布之地震報告郵件，依據該郵件中之震源資訊、速報站的實測地表最大加速度值進行震災早期損失評估，震災早期損失評估主要將震源資訊、速報站的實測地表最大加速度比對 TELES 事先運算好之損失模擬資料庫，在短時間內於損失模擬資料庫中選取數組最可能之損失評估，以提供地表震動強度、建築物損害、人員傷亡、經濟損失等評估資訊[3]。本研究則進一步將評估資訊匯入空間資料庫，以於台灣地震早期損失評估資訊網提供災損評估資訊查詢與分析。

災損評估資訊之查訊內容分為第一階段災情評估結果、第二階段手動評估結果、基本資料等三大類。第一階段災情評估結果為上述 TELES 之震災早期評估於地震後自動啟動並評估之災損資訊，第二階段手動評估結果則為當地震發生後，針對地震規模及影響範圍較大之地震事件，國震中心將會蒐集更詳細的震源參數與斷層面解，以手動方式進行第二階段手動評估，進行更詳細與準確之災損評估，並將評估結果匯入系統供使用者透過資訊網查詢。

由於 TELES 之震災早期評估主要是依據震源參數與速報站實測地表最大加速度值進運算最可能之災損評估資訊，故於第一階段災情評估結果提供了數組模擬地震事件供使用者查詢各模擬之評估資訊。評估資訊主要包含了地表反應推估(如地表最大加速度、譜加速度、液化潛能指數、液化機率、液化引致沉陷量等)、一般建築物損失(低、中、高樓層之損害)、人員傷亡統計等，如圖 6。

第二階段手動評估結果除了重新計算後所推估之地表反應推估、一般建築物損失人

員傷亡統計外，額外提供了經濟損失統計(如結構形式、非結構系統、家具與庫存、搬遷費用、租金費用等)。



圖 6 台灣地震早期損失評估資訊網第一階段災情評估

## 六、地震災情資訊上傳系統

地震災情資訊上傳系統之目的為蒐集、分析、研判災情狀況及日後之社會經濟或工程結構物之易損性分析的需求。當強震發生後，國震中心將即時啟動緊急應變機制，概分災情研判、災情彙整、勘災調查和行政支援等分組。其中災情研判組負責分析、判斷地震所造成之損害情況；災情彙整組蒐集相關電子媒體發佈之地震災情資訊和影像圖資等，並整理勘災調查組與防災協力人員所調查的資訊；勘災調查組負責到災害現場勘災，蒐集災情資訊。

地震災情資訊上傳系統提供資訊蒐集、整理及分析之平台來輔助上述作業之進行。當地震發生後，TELES 之震災早期評估將立即進行災損評估，地震災情資訊上傳系統將視評估結果之嚴重性，自動新增並啟動地震勘災調查事件，勘災人員即可依標的物的種類，如建築物、橋梁等，紀錄其基本資料、損壞狀況、現場之照片等，如圖 7 左圖。系統提供資料審核之機制以提供災情彙整人員修訂、確保資料之準確性與完整性。

經由災情資訊之匯整後，災情研判人員即可於系統中查看各項災情報告，應用地理資訊系統之衛星影像、交通路網、河川湖泊等圖資之輔助，了解實地之地形地貌、交通路線，擬定物資集散地等。此外，藉由系統統計分析功能，能獲得輔助之研判資訊，如圖 7 右圖。



圖 7 地震災情資訊上傳系統上傳勘災報告與統計分析

## 七、結論與展望

地震應變能力為防救災作業不可忽略之一環。地震發生當下，如能提供完整的災情評估資訊、地理圖資、統計分析等輔助工具和資訊，將能有效輔助救災作業之進行。本研究以地震發生前之防災準備、發生後的應變救災及災情彙整等三個面向之實務需求，研發台灣地震損失模擬資訊網、台灣地震早期損失評估資訊網及地震災情資訊上傳系統等三個系統。

本研究未來發展方向，將分為資料面與系統面等兩個面向。在資料面部份，將持續蒐集各類圖資，以輔助災情研判；蒐集並建立建築物基本資料庫，除可增進 TELES 之災損分析準確性外，亦可提供災前預防準備及風險暴露之參考資訊。

在系統面部份，除了地震所造成的直接災損外，未來可涵蓋地震伴隨海嘯所造成之影響範圍。目前系統所提供之災損推估、風險暴露及基本資料等為地表變化、建築物、橋梁等，然而尚有多項結構物、設施必須納入分析之範圍，故未來災損分析將朝交通系統、民生系統、重要設施等結構物損害評估，如自來水管線災損、瓦斯管線災損、電力設施、國中小學校舍等。在風險暴露資料的收集方面，除了上述可供災損分析的項目外，亦將涵蓋相關重要設施，如水庫、河川等[2]。

地震防災應變網路地理資訊系統之研發只是開端，救災作業尚需更多之輔助資訊以作為救災人力物力和醫療資源派遣的參考，本研究亦將持續發展精進，使地震災害的預防與救災能更加地完備。

## 參考文獻

1. 葉錦勳(2003)，「台灣地震損失評估系統-TELES」，國家地震工程研究中心研究報告，編號 NCREE-03-002。
2. 陳志欣、林主潔、葉錦勳(2011)，「地震防救災應變高解析三維環境展示平台之應用」，資訊科技國際研討會，台中朝陽大學。
3. 葉錦勳(2008)，「台灣地震損失評估系統使用手冊」，國家地震工程研究中心，第 3-5 頁。
4. 葉錦勳、簡文郁(2007)，「地震危害度分析與震災境況模擬技術整合研究(II)」，國家地震工程研究中心研究報告，編號 NCREE-07-040。
5. 葉錦勳(2006)，「地震危害度分析與震災境況模擬技術整合研究(I)」，國家地震工程研究中心研究報告，編號 NCREE-06-015。