

地震防救災應變高解析三維環境展示平台之應用

陳志欣

國家地震工程研究中心助
理技術師

chhschen@ncree.narl.org.tw

林主潔

國家地震工程研究中
心副研究員

jaylin@ncree.narl.org.tw

葉錦勳

國家地震工程研究中心
研究員兼任組長

chyeh@ncree.narl.org.tw

摘要

台灣位於環太平洋地震帶上，無時無刻不受地震災害的威脅，地震發生之瞬間，往往無法立即得知地震可能造成之災情，以致救災作業無法有效率進行。為有效於地震發生後快速掌握災損情形，提升震後應變能力，本計畫擬應用國家高速網路與計算中心（以下簡稱國網中心）所研發之「發展地球觀測近即時高解析三維環境應用平台」，於震後透過該應用平台可取得近即時（Near Real-Time）與擬自動化（Semi-Automation）之兩米解析度衛星（或機載航拍）影像資訊，透過三維立體之地理資訊系統之輔助以作為災情研判之依據。同時，結合國家地震工程研究中心（以下簡稱國震中心）近年來透過電腦資訊技術及網路地理資訊系統技術所研發之台灣地震損失評估系統（TELES, Taiwan Earthquake Loss Estimation System, 以下簡稱 TELES）所推估之地震損失評估結果，了解建築物損壞、人員傷亡、經濟損失、地表變化等評估資訊。此外，另結合歷史活斷層圖資資訊，以利於判斷地震可能發生之情形及造成之傷害。藉由上述資訊之整合，將使決策者快速掌握災害發生狀況及了解災損情形，以利於後續救災作業。另為增進平時防災應變演練及提供防災教育訓練，本研究另以該應用平台進行 921 地震建築物災損情形之展示，以真實案例傳承歷史經驗，提升未來地震應變能力。

關鍵詞：台灣地震損失評估系統、震災早期評估、3D GIS、TELES。

Abstract

This paper is focus on applying three-dimensional and stereo geographic information system for improving emergency response after earthquake occurs. With the combination of Taiwan Earthquake Loss Estimation System (TELES), historical faults

and 921 reports for damaged buildings, this three-dimensional GIS platform will provide the necessary and important information for both the disaster prevention excises before earthquake and rescue operations after earthquake.

Keywords: TELES、3D GIS、Earthquake.

1. 前言

地震的發生皆於瞬間而難以預期，近年來美國、日本、台灣、大陸相繼發生強烈地震，如加州北嶺地震、神戶地震、集集地震、汶川地震等，造成極大的人命傷亡與社會經濟損失。由於地震的發生難以預測，故震前的準備是否充足及震後的應變是否快速且到位，都將與人民的生命息息相關。

國網中心近年來發展環境觀測近即時高解析三維環境應用平台，透過三維立體地理資訊系統之方式，結合福衛二號衛星影像資訊及航拍影像資訊，建置一近即時高解析之地理資訊系統，提供最即時且真實之地理影像資訊。本研究之主要目的亦期望應用此平台，結合地震應變所需之分析研判資訊，如人員傷亡推估、建築物損壞推估、地震位置、斷層帶位置等，於震後決策者可藉此平台快速獲知可能之災損情形，以利救災作業之進行。此外，震前亦可用於防災應變或教育訓練，提升相關救災人員防救災之應變能力。

2. 環境觀測近即時高解析三維環境應用平台

國網中心近年來以美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration)所發展之三維地理資訊軟體開發工具-NASA World Wind 為依據，在開放原始碼之架構下，進而發展環境觀測近即時高解析三維環境應用平台，以 3D 虛擬地球之方式展現地理資訊，如下圖 1。

在圖資來源部份，該平台以符合 OGC

(Open GIS Consortium) 標準之 WMS (Web Map Service) 接收來自農航所航照倉儲影像資料庫，提供全台航照影像資料以及重大災害後最新發佈航照；國家太空中心、國立中央大學太空及遙測中心提供近即時之福衛二號衛星影像正射化影像等多方來源之影像資訊。

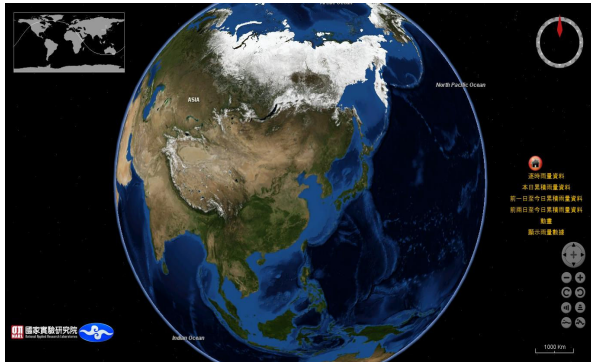


圖 1 環境觀測近即時高解析三維環境應用平台

透過上述影像圖資，該平台亦搭配數位高程地圖 (DEM)，進而呈現近即時且高解析之三維空間展示，如下圖 2 為國道三號七堵走山影像呈現。

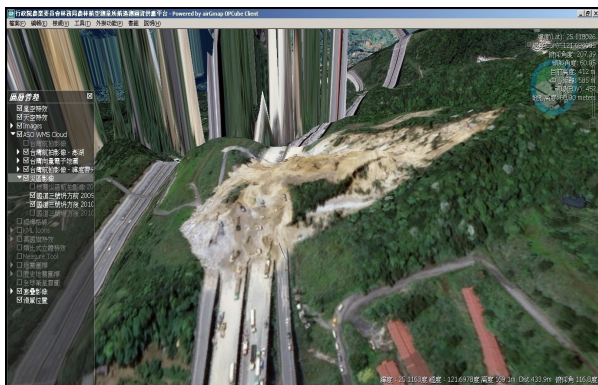


圖 2 國道三號七堵走山影像套疊

環境觀測近即時高解析三維環境應用平台提供了一個良好的三維地理資訊系統平台，易於整合套疊各類型的影像資訊、地理資訊圖資，同時搭配立體顯示螢幕及立體眼鏡，即可觀測幾近真實之模擬立體影像，上圖二為國道三號七堵走山時，利用此平台套疊影像資訊來模擬國道三號走山情況，亦可透過各種方向、過去不同時間點之觀測與比較來了解災損情形。

3. 台灣地震損失評估系統-TELES

由於地震具有許多的不確定性，地震之發生往往在一瞬間，並無充分時間來進行疏散或

進行結構物的臨時補強措施。此外，台灣地區活動斷層分布幾乎遍佈全島，地震的發生對於全台灣的影響幾乎是全面性的，一旦發生強烈之地震災害都將導致無法預期的嚴重後果。

TELES 之目的即希望結合地球物理、土木工程、社會經濟各領域的知識，提供各級政府與民間業者(包括保險業、高科技產業等)有關地震及地震工程的研究成果與災害損失評估工具，作為研擬相關耐震設計規範或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。透過地震災害的境況模擬，除在地震發生後的短時間內，提供可能災害的分佈範圍和規模，協助災害應變中心妥善規畫緊急應變措施外，在平時也可推估最大可能地震發生時的情境，藉以擬訂地區災害防救計畫，減少地震引致的人命傷亡、經濟損失和社會不安等災難。

TELES 之分析流程與架構如下圖 3，系統透過地震災害潛勢分析進而評估工程結構物之損害，而後推估直接社會經濟損失及地震導致之二次災損。下圖 4 為以 921 地震之震源參數進行模擬推估之建築物全半倒棟數推估，下圖 5 為以 921 地震之震源參數進行模擬推估之地表最大加速度推估。

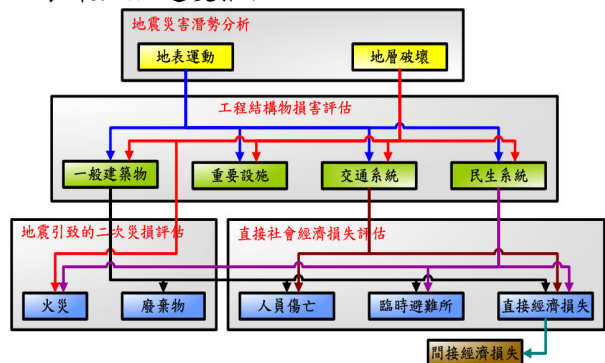


圖 3 系統分析流程與架構

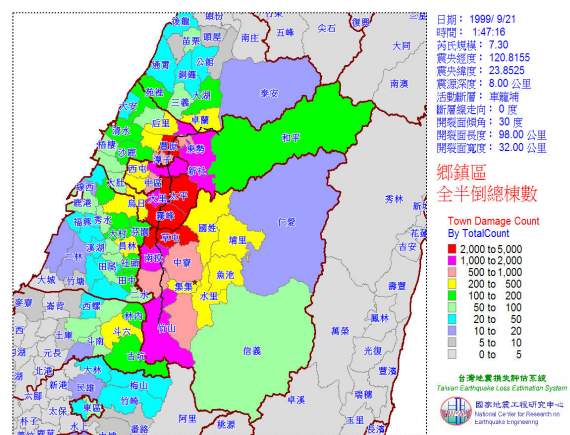


圖 4 921 地震建築物全半倒棟數推估

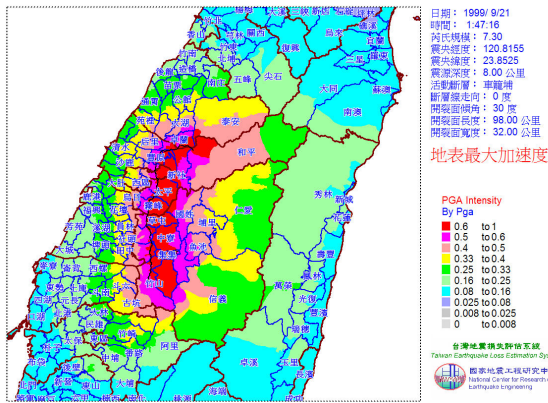


圖 5 921 地震地表最大加速度推估

TELES 可於地震剛發生時提供各級政府災害應變中心使用，推估地震可能致災的範圍、災害損失數量與損壞傷亡分布等資訊。而為節省計算所需的時間，國震中心進而發展震災早期評估 (Early Seismic Loss Estimation)。

當地震發生後，中央氣象局將發送地震訊息之 Email 予 TELES，系統將自動啟動並依據中央氣象局之震源參數查詢在一個事先由 TELES 依據不同震源參數模擬推估之震災模擬資料庫，藉由震源參數之比對，擷取出與該地震震源參數最為相近的模擬地震事件，故在短時間內可快速推估地表震動強度、一般建築物的損害狀態、人員傷亡程度、臨時避難需求、經濟損失評估等數據，並將此推估資訊利用 SMS 簡訊或 Email 等方式，通知緊急應變的人員，圖 6 為震災早期評估流程圖。



圖 6 震災早期評估流程圖

4. 921 地震建築物災損資料庫

921 地震，為國人印象深刻之地震事件，其所造成的破壞與傷亡亦點滴在心。歷史的經

驗能帶給後人更多的警惕與教育，故國震中心蒐集整理 921 地震當時之建築物勘災調查資料，包含建築物基本資料（如建築物結構型式、構造、周圍地形等）、建築物損害資料（如損壞程度、樑柱結構損壞等）、現場照片等，建立一 921 地震建築物災損資料庫，如下圖 7。



圖 7 921 建築物勘災調查資料庫

此外，921 地震建築物災損資料庫亦結合地理座標位置之定位，利用地理空間分布來進行呈現，如下圖 8 之 921 地震建築物損壞分布圖。藉由此資料庫之建置，可做為後續研究分析或作為教育訓練使用。

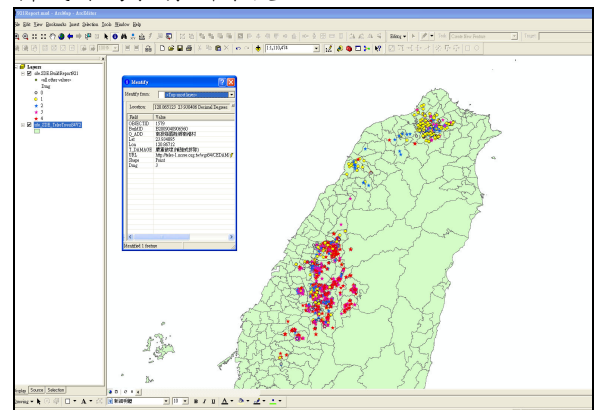


圖 8 921 地震建築物損壞分布圖

5. 系統整合架構

本研究之目的在於利用環境觀測近即時高解析三維環境應用平台來輔助地震防救災應變，並規劃以 TELES 之震災早期評估、歷史活斷層圖及 921 地震建築物災損資料庫等與該平台進行資料整合。

而有關各系統及圖資部分，環境觀測近即時高解析三維環境應用平台屬於單機版之應用程式，而以 Java 為軟體開發語言（地理座標系統為 WGS84）；TELES 為一以 C++ 為軟體開發語言及 MapInfo 之地理資訊系統而開發之軟體（地理座標系統為 TWD67），該系統並部署於國震中心之伺服器端。921 地震建築物災損資料庫為建置於國震中心伺服器資料庫（地理座標系統為 TWD67），並搭配以 Microsoft .NET Framework 開發之網頁查詢介面。而歷史活斷層圖則為一 TWD67 座標系統之地理資訊圖資。

由於存在不同座標系統之圖資資料及不同軟體語言所開發之軟體，再加上分散式架構的議題存在，系統整合勢必要有一共通性之標準，資料的傳遞亦是關鍵的整合要因。

座標系統方面，考量環境觀測近即時高解析三維環境應用平台目前採用之座標系統為 WGS84，其採用之衛星影像、航照圖之座標系統均為 WGS84 之座標系統，且目前市面上大部分之電子地圖亦採用此一座標，故本架構之圖資資料亦以此座標系統為依據。

在圖資資料整合方面，由於不同地理資訊圖資檔案格式之資料交換與整合往往存在繁瑣的資料轉換及整合等相關問題，OGC 組織為解決圖資資料交換之議題，定義了一套標準的網路地圖服務，亦即 WMS。其理念主要希望在網路分散式架構下交換地理資訊圖資。在 WMS 架構協定之下，當使用者透過 HTTP 之通訊協定向伺服器端發出圖資請求，伺服器端針對使用者端之請求參數（如地理座標位置、圖層等）同樣透過 HTTP 之通訊協定進行圖資資料之提供，而交換之地圖格式為 JPEG、GIF、PNG、SVG 等。藉此，在分散式架構之下得以整合各方圖資資訊。本系統亦採用 WMS 為共通性之地圖資料交換標準來進行資料整合。

下圖 9 為系統為整合架構圖，TELES 於地震發生後，將會產生 MapInfo Tab 檔案格式之損失評估結果，系統再將此損失評估結果進行資料處理、TWD67 與 WGS84 之座標轉換、資料格式轉換等，再行匯入 ArcSDE 空間資料庫。而後本系統建置兩種資料交換機制：Web Service 及 WMS。藉此，環境觀測近即時高解析三維環境應用平台可透過 Web Service 經由 SOAP（Simple Object Access Protocol）之通訊協定取得震災早期評估推估數值，此外，亦可透過 WMS 之通訊協定取得各類型損失評估

圖，如最大地表加速度主題圖。

其次，由於 921 地震建築物分布圖及歷史活斷層圖屬於固定不變之資料，此外，考量環境觀測近即時高解析三維環境應用平台之系統架構、系統效能及資料支援性等，該兩份圖資資料預先轉換為 WGS84 之座標系統，並透過 WMS 發布之方式整合至應用平台中，其次，應用平台以 HTTP 之網頁通訊協定至國網中心之 921 網頁查詢介面查詢地震建築物災損資料庫。

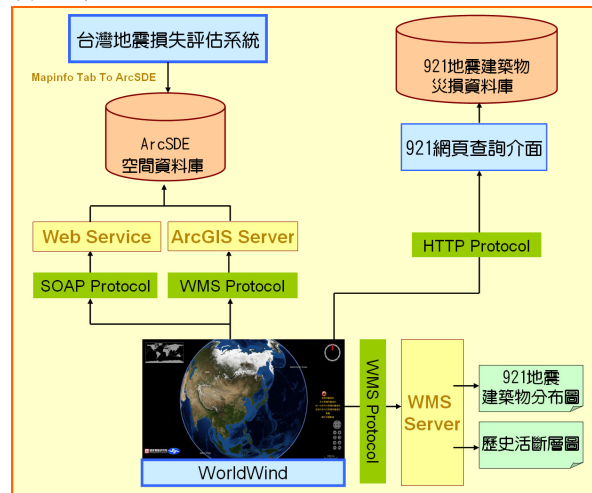


圖 9 系統整合架構圖

6. 系統建置整合成果

當地震發生時，中央氣象局透過 Email 方式通知台灣地震損失評估系統，並提供地震之震源參數（震央位置、地震規模、地震深度等），台灣地震損失評估系統將自動依此震源參數進行震災早期評估，進而推估出地震可能造成之建築物損壞、人員傷亡、地表震動強度等資訊。透過資料與格式之轉換進入 ArcSDE 空間資料庫，而後環境觀測近即時高解析三維環境應用平台得以透過 WMS 或 Web Service 獲得災損情形或災損分布圖。

應用平台透過農行所之航照圖、國家太空中心、國立中央大學太空及遙測中心提供近即時之福衛二號衛星影像正射化影像取得近即時高解析之影像圖，透過圖資之套疊，得以了解地震造成之損害情形，下圖 10 為建築物損失分布主題圖，由此可了解各區域可能造成之建築物損壞情形。

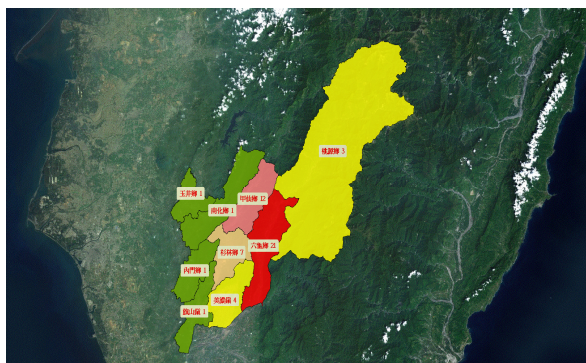


圖 10 建築物損失分布主題圖

而透過不同種類之震災早期評估主題圖可提供決策者不同之研判資訊，如下圖 11 為地表最大加速度之主題圖，藉此可了解地震造成各地地表運動情形及災情涵蓋範圍。

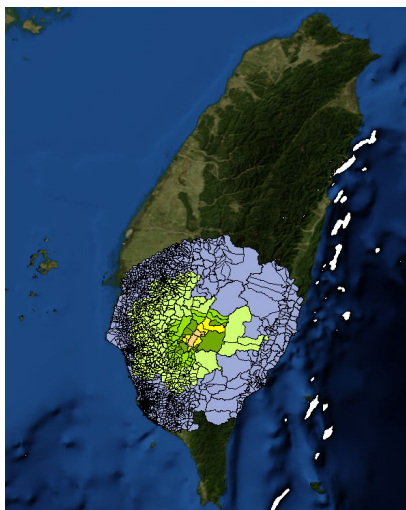


圖 11 地表最大加速度主題圖

此外，透過應用平台三維立體的展示，搭配數位高程地圖，使用者可依地形地貌之狀況進行觀測。其次，系統並可結合歷史活斷層圖之套疊，進行地震發生源頭等相關之研判與分析，如下圖 12。

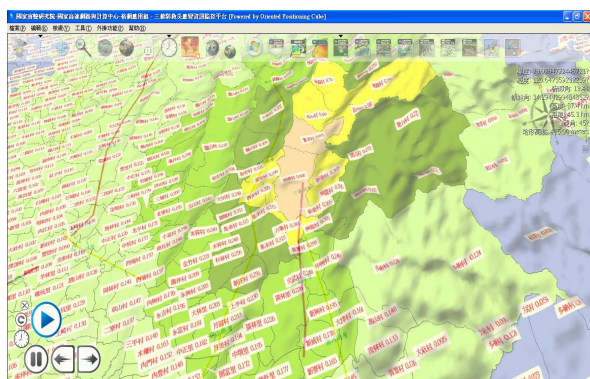


圖 12 地表最大加速度三維主題圖

應用平台亦可關閉上述主題圖來觀察影像圖，此外，並可配戴立體眼鏡，已幾近真實之虛擬地球來觀測災損地區實際的地形地貌及影像資訊，了解建築物分布情形、擬定物資集散地等。搭配此三維之操作介面，並可從不同之觀測方向來研擬救災作業，如下圖 13。

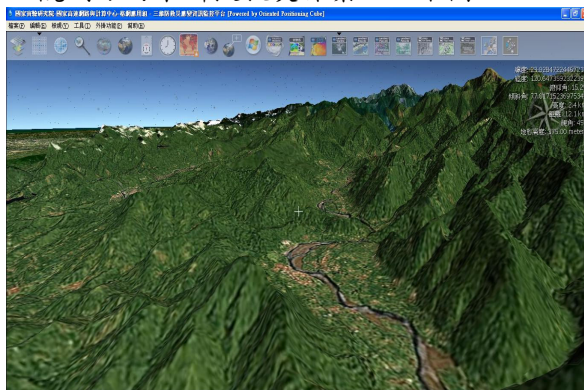


圖 13 三維地形地貌圖

除了震後之應用外，亦可運用此系統於平時之防救災演練或教育訓練。下圖 14 為套疊歷史活斷層圖，藉此可了解各地斷層分布情形，並可研擬各斷層帶發生地震時，救災作業之程序與應變。

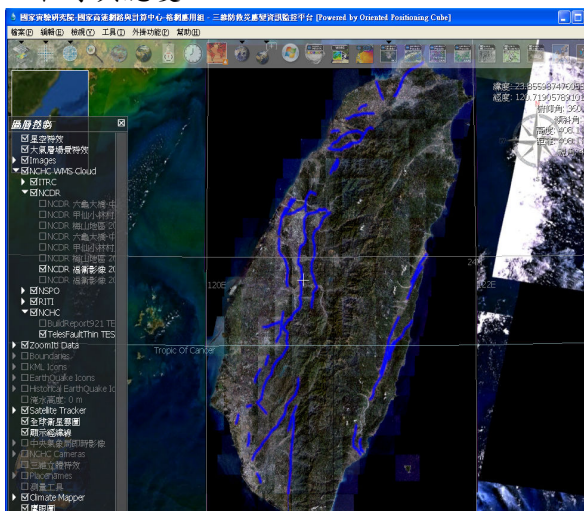


圖 14 歷史活斷層圖

此外，921 地震之歷史經驗是國人深刻的經驗與教訓，經驗的傳承將為後人帶來福祉。因此，應用平台可呈現 921 地震當時，各地建築物的損壞情形，並依據不同顏色區分損壞程度，如下圖 15 所示。

使用者並可依系統功能縮放至各建築物災損點，並可點選災損點，系統將開啟瀏覽器顯示各建築物之勘災調查表，從而得知建築物之基本資料、損害資料，並可查閱勘災當時之調查表格、現場照片等資訊，如圖 16，除可做為

國人教育之範本外，亦可作為未來結構分析之參考。

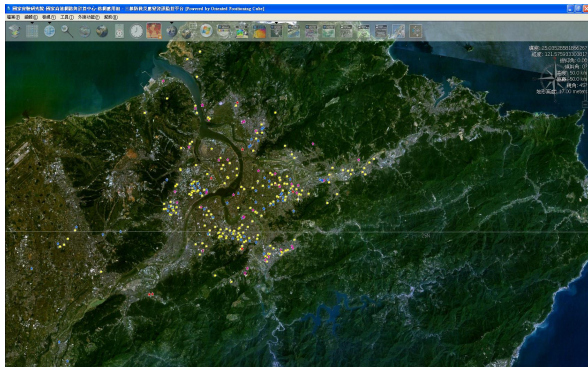


圖 15 921 地震建築物損壞分布圖

一、基本資料
建築物名稱：東新大樓南側大樓 調查人員：徐一榕
地址：台北市松山區慈祐里八德路四段666號
（查詢用地址：台北市松山區八德路四段666號）
樓層數：地上12層，地下2層
構造類別：鋼筋混凝土造
抗震力系統：立體抗彎矩剛構架 具磚牆
建造年代：不詳
用途：住商混合
平面形狀：矩形（東新大樓南側大樓）
平面尺寸：21.3公尺×28.6公尺（單層樓板面積609.18平方公尺）
立面形狀：有附樓
周圍地形：平原區
二、損害資料
損壞程度：2.嚴重破壞（補強或拆除）
損壞位置：非災區
有下列損壞狀況：
損壞力破壞：結構破壞、
附屬物的損壞
非災區
補充說明：本樓之破壞係因東新大樓導牆側壓所致，惟由地震引起，尚可能復原是否已損傷需作進一步鑑定
三、軟弱底層破壞描述
底層樓高：3.5m~5m
其他樓層平均高度：3.0m以下
底層與其他樓層高度比(%)：20~40
動地力強度與建物動地力強度比(%)：10~20
補充說明：

四、相關勘災表格及災情照片：
一、基本資料
建築物名稱：東新大樓南側大樓 調查人員：徐一榕
地址：台北市松山區慈祐里八德路四段666號
（查詢用地址：台北市松山區八德路四段666號）
樓層數：地上12層，地下2層
構造類別：鋼筋混凝土造
抗震力系統：立體抗彎矩剛構架 具磚牆
建造年代：不詳
用途：住商混合
平面形狀：矩形（東新大樓南側大樓）
平面尺寸：21.3公尺×28.6公尺（單層樓板面積609.18平方公尺）
立面形狀：有附樓
周圍地形：平原區
二、損害資料
損壞程度：2.嚴重破壞（補強或拆除）
損壞位置：非災區
有下列損壞狀況：
損壞力破壞：結構破壞、
附屬物的損壞
非災區
補充說明：本樓之破壞係因東新大樓導牆側壓所致，惟由地震引起，尚可能復原是否已損傷需作進一步鑑定
三、軟弱底層破壞描述
底層樓高：3.5m~5m
其他樓層平均高度：3.0m以下
底層與其他樓層高度比(%)：20~40
動地力強度與建物動地力強度比(%)：10~20
補充說明：

http://telep-1.ncree.org.tw/cedams/photos/台北市松山區慈祐里IGIFCH10001-4.gif
400張
停止播放

圖 16 921 建築物勘災調查表

7. 結論與展望

地震應變能力為防救災作業不可忽略之一環，地震發生之當下，如能提供更加完整之災情分析，加上更佳即時且詳細之影像資訊，這都將輔助救災作業之進行。本研究完成了應用三維立體地理資訊平台來輔助災情資訊的研判，提供建築物損壞、人員傷亡、地表震動強度等推估資訊。而這些資訊只是開端，救災作業尚需更多之輔助資訊方能更有效率來進行。

本研究未來之發展方向，將朝交通系統、民生系統、重要設施等結構物損害評估，如橋梁損壞、自來水管線災損、瓦斯管線災損等，此外輔以應變時期所需之避難需求，以作為救災人力物力和醫療資源派遣的決策支援系統。

參考文獻

[1] 葉錦勳，”地震災害損失評估方法”，土木技

術，第14期，4月號，73-80，1999。

[2] 葉錦勳，”地震災害損失評估與境況模擬”，科學發展月刊，第27卷，第3期，260-268，1999。

[3] 葉錦勳，”台灣地震損失評估系統的研發與在地震早期損失評估暨風險評估之應用”，中國土木水利工程學會會刊，第36卷，第4期，2009。

[4] 葉錦勳、簡文郁、鍾立來，”台灣震災早期評估系統之研發與應用”，中國土木水利工程學刊，第十六卷，第四期，第609~620頁，2004

[5] 葉錦勳、羅俊雄，”Haz-Taiwan 在台北市地震災害境況模擬之應用”，亞太工程科技學報，第一卷，第一期，2002。

[6] Lin, C-C. J. and C. H. Yeh “Applications of Early Seismic Loss Estimation (ESLE) in Disaster Management”, Proceeding, International Symposium on Society of Social Management Systems, (SSMS 2010), Kochi, Japan, March 2010.

[7] Lin, C-C. J., W. C. Chen, and C. H. Yeh, “Application of Taiwan Earthquake Loss Estimation System (TELES) on Seismic Disaster Simulation Website “, Proceeding, International Symposium on Social Management System, (ISMS 2007), YiChang, China, March 2007.

[8] Tsai, W.F., T.L. Chung, C. Chang, F.P. Lin, J.Y. Chang, P.Y. Li, C.Y. Sun, B.C. Chen, G.S. Chang, N.Y. Chen, D.S. Shih, Y.C. Wang, W.R. Su, T.M. Huang, C-C. J. Lin, and M.C. Chen, “Development of High-resolution Environmental Observation 3D Platform for Disaster Assessment”, Proceeding, International Conference in Commemoration of the 10th Anniversary of the 1999 Chi-Chi Earthquake, Taiwan, September 2009.

[9] Yeh, C. H. and C. H. Loh, 2001, "Methodology of Seismic Hazard Analysis and Damage Assessment", Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Vol. 3, No. 1, March 2001, pp. 21-34.

[10] Yeh, C. H., C. H. Loh and K. C. Tsai, 2006, "Overview of Taiwan Earthquake Loss Estimation System", Natural Hazards, 37, pp. 23-37.