

建物地震衝擊視覺化模擬展示技術開發

許智豪、柯孝勳、塗冠婷、吳子修、林佳瑩、鄧敏政、劉淑燕

國家災害防救科技中心 地震與人為災害組

摘要

多維度、可視化展示為現今趨勢，透過三維近似化建物模型展示，可提升模擬結果細緻度外，也可增進決策效率與準確度，基此本研究深化地震衝擊分析研究工作，對三維建物模型與耐震屬性資料加值分析，應用高效能動態模擬工具，開發建物地震衝擊視覺化模擬展示技術，不僅完整記錄空間屬性資料外，也提供地震衝擊模擬視覺化的成果。國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)開發多維度地震衝擊動力分析展示圖台(Multi-Dimensional Urban Earthquake impact Simulation Platform, MDUES)，有效整合地震情境、建物耐震資料，模擬都市建物群地震衝擊動態視覺化場景，提供使用者對建物耐震資料查詢與主題分析應用。本技術已實際應用在地震衝擊情境分析，模擬建物動態受震的反應，透過多維度視覺化的演示，可對建物致災空間風險及不同場域之衝擊議題評估，提供

防災規劃與救援工作的重要參考。

一、簡介

為確保人民生命安全，有效對於地震災害風險評估，近年國際間許多國家都在積極開發有效模擬技術，來抑制地震衝擊帶來的人員傷亡和經濟損失，故採取科學合理的方法來發展都會區建物地震衝擊風險評估技術，有助於對於災害應變，防災規劃和災時救援，對降低都市地震災害風險具有重要價值。Paula Redweik et al. 2017; Muneo Hori et al. 2018; Zhai et al. 2019; Zhai and Chen 2020; Lu and Guan 2021，普遍發展城市地震災害風險、災害動態預測與風險評估相關技術，或整合多項科學發展成果與技術、建立多目標地震災害風險評估系統。

多維度、可視化展示為現今趨勢，不僅可提升視覺化查詢、展示應用外，已可提供專業的空間資訊分析。基於三維模型可完整記錄地物本身屬性資料與位相關係，提供使用者在不同應用層面時，結合數值化運算模式，達到資料分析的目的。本研究對三維建物模型與耐震屬性資料加值分析，開發建物地震衝擊視覺化模擬展示技術，係整合地震情境、耐震資料庫，模擬都市建物群地震衝擊動態視覺化場景，提供使用者對建物耐震資料查詢與主題分析應用。應用部分，本技術可實際使用於地震衝擊情境分析，

模擬建物動態受震的反應，分析建物致災空間風險與不同場域之防災議題討論，將有助於地震防災規劃和震後救援工作提供重要參考。

二、研究流程

本研究以地震情境模擬為基礎，整合地動模擬反應、建物動力分析模式與高效能動態歷時分析技術，建置建物地震衝擊視覺化模擬展示技術，其研究流程重點為建物模型三維資料庫，與建物多邊形動態實體化，相關說明如下：

（一）建物模型三維資料庫

建物模型資料庫建置首要步驟是確認建物多邊形輪廓，本研究由內政部國土測繪中心取得二維建物輪廓圖，然後結合財政部財政資訊中心的房屋稅籍資料，與中央大學合作利用建築物暴露度模型進行數據整合，直接交集與設定不同緩衝距離方式，將模型與稅籍資料初步結合，建置成為建物耐震屬性三維化資料庫，相關資訊包含建物編號、樓層數、房屋用途、座標位置、建照年代、構造形式、耐震設計等級等資訊，可作建物地震動力分析參數使用，資料庫建置作業程序如圖 1 所示。

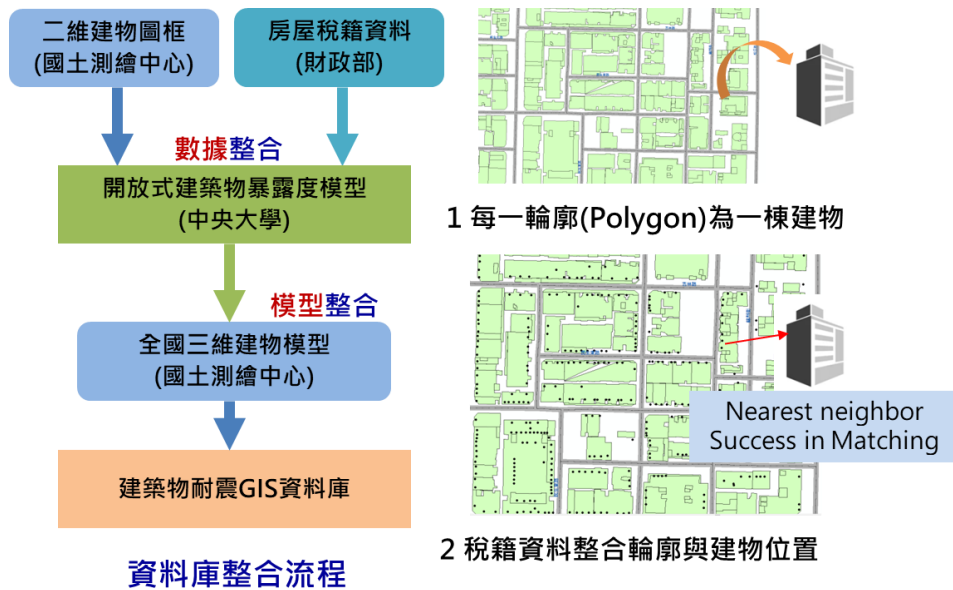


圖 1、建立建物三維模型的耐震屬性資料

(二) 建物多邊形動態實體化

為發展建物地震衝擊視覺化模擬展示技術，建物多邊形動態實體化為重要工作，作業程序詳如圖 2，重點如下說明：(1)建物識別與屬性資料確認：主要工作為確認建物外部多邊形範圍，然後與建物三維基礎資料整合到建物多邊形空間中，即可定義出單棟建物屬性資料，如建物高、構造型式和建造年代等資訊。(2)建物動力分析模擬：本研究參考 Xiong (2017)所提出建物時間歷時動力分析法，使用多自由度系統(Multi Degree of Freedom, MDOF)模型分析程序(圖 3)，執行建物非線性動力歷時分析，最終可得到各樓層受震反應之結果，(3)建物模型分層：將單棟建物進行樓層平面分層，然後依據建物地震衝擊反應(建物各樓層的位移量)，導入到對應的建物樓層多邊形節點上，

(4)多維度視覺化展示:建立建物位移量色錶，建物模型將依樓層的位移量數值進行套色功能，圖 4 為建物受震反應位移變形量與套色成果，在進行完整地震歷時模擬情境時，則可完整呈現建物地震動態歷時變形位移反應(圖 5)。

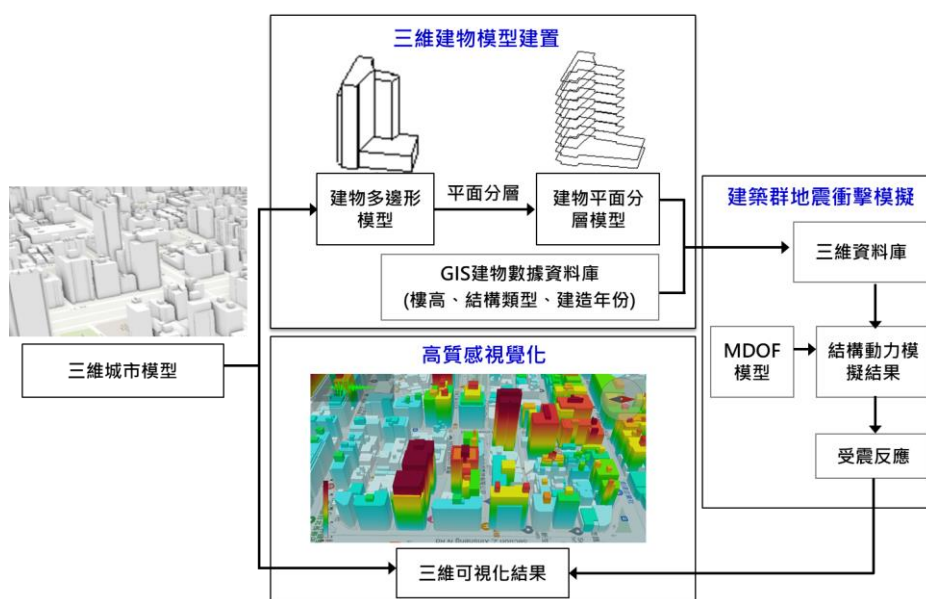


圖 2、建物多邊形動態實體化程序

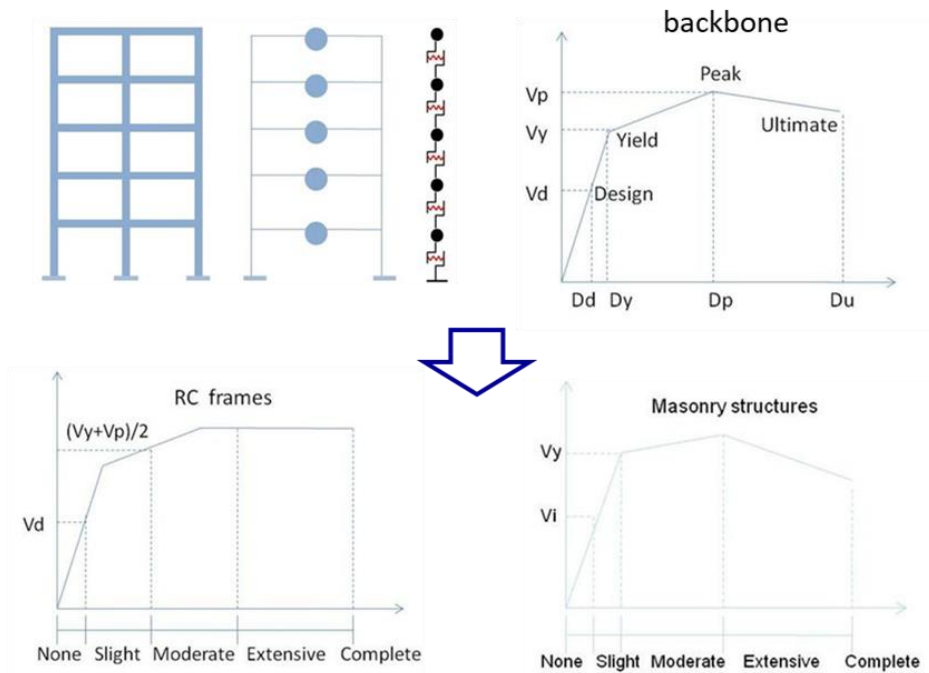


圖 3、建物時間歷時動力分析程序

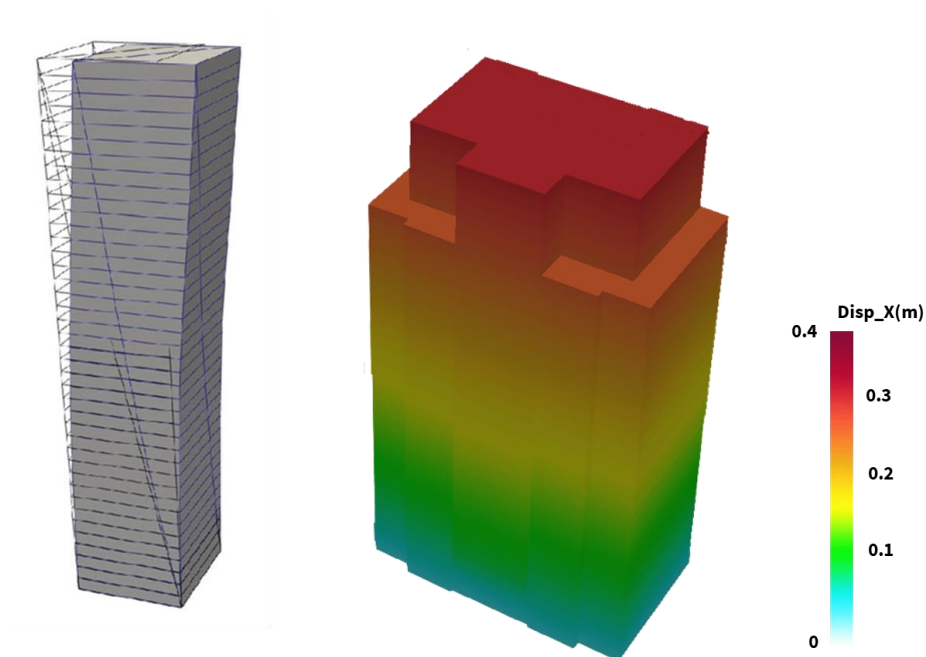


圖 4、建築物多邊形地震位移變形視覺化展示

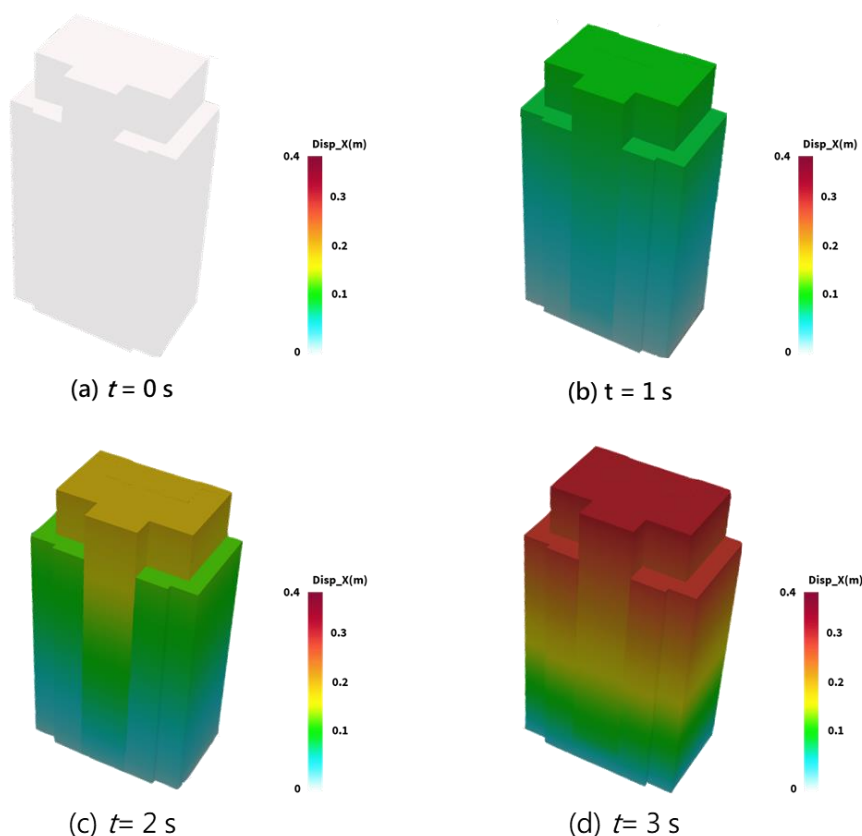


圖5、建築物地震動態歷時變形位移分析

三、視覺化模擬展示

(一) 三維視覺化

相較於傳統以二維主題圖表示，三維空間則是融入立體概念來描述實際場景，不僅可充分表現位置與空間的相位關係外，亦可傳達垂直立面關係。本研究利用視覺化模擬技術，將三維建物資訊進行加值應用，將三維建物件外部輪廓細緻化，賦予建物外觀資訊(如色錶套色功能、透明度、外牆紋理)，MDUES 展示圖台在視覺化展式上，以三維近似化建物模型結合高像素基礎底圖，傳遞建物幾何與位相資

訊，圖 6 為多維度城市視覺化場景，含三維建物近似模型(建物白模、擬真紋理模型)、正射航照圖(道路、植被、公園綠地與行道樹等)，圖 7 為高擬真建物多邊形模型。



圖 6、城市三維建物視覺化場景



圖 7、三維建物通用紋理模型

(二) 耐震屬性資料

建物耐震資料庫除可作分析功能外，也提供建物三維空間定位與查詢之功能，輔助使用者進行資料分析與查詢功能。MDUES 圖台展示完整建物群耐震三維屬性資料，如建物樓層數、使用類別、建造年代、構造形式、耐震等級等屬性資料，圖 8 為建物耐震基本屬性資料查詢功能。



圖 8、建物耐震基本屬性資料查詢

(三) 功能主題圖查詢

本研究對建物耐震資料庫加值應用，依照建物耐震特性進行分類，建構主題查詢功能，目前 MDUES 圖台提供建物構造形式、建照年代、使用類別查詢功能，在視覺化展示時利用三維模型套色功能，

可將三維建物多邊形輪廓依照資料類別進行套色，在大範圍的都會區展示時，可清楚展示建物類別的分布，圖 9 為依照建物構造形式分類主題分析結果。

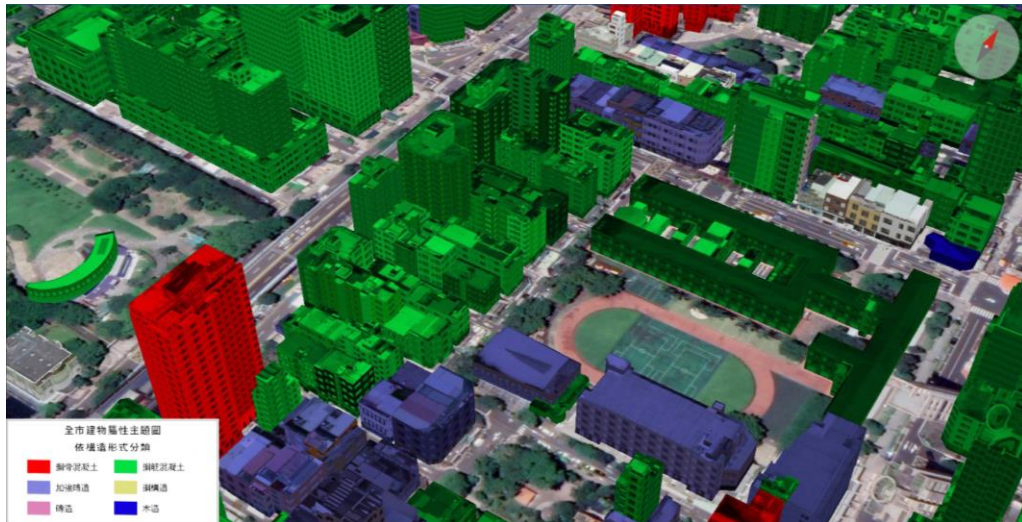


圖 9、建物構造形式分類主題分析

建物地震衝擊動態展示：利用地震衝擊情境評估，模擬建物地震衝擊動態視覺化展示，演示建物地震動態歷時變形位移反應，圖 10 為 MDUES 圖台建物地震動態歷時變形位移反應成果。

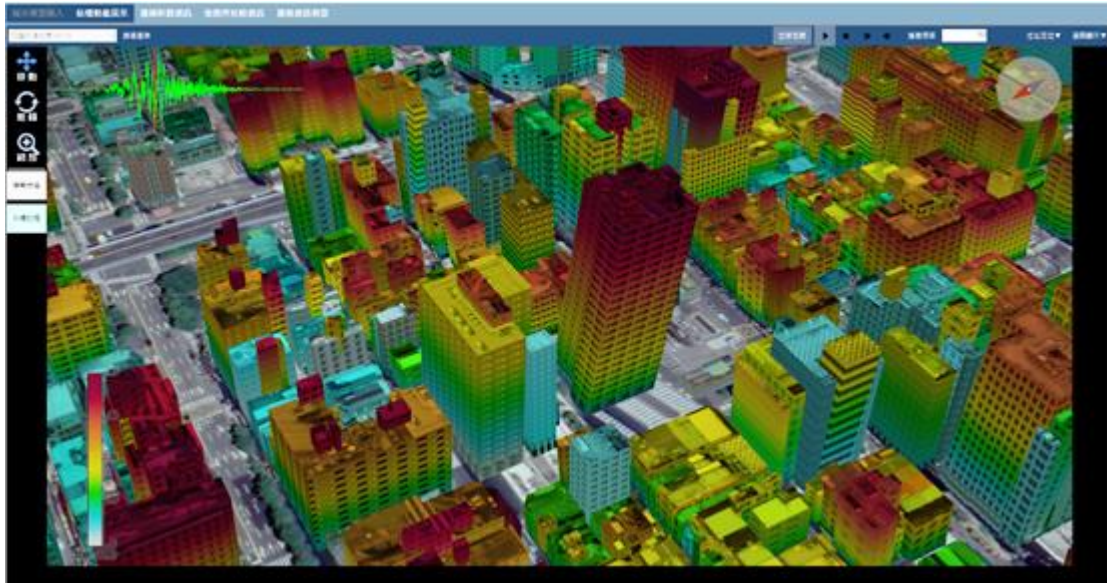


圖 10、MDUES 圖台建物地震動力模擬

四、結論

本研究發展建物地震衝擊視覺化模擬技術，開發多維度地震衝擊動力展示圖台 MDUES，有效整合建物地震衝擊成果與視覺化模擬技術，由傳統的二維主題圖，進階到三維動態視覺化分析與應用，不僅提升地震災害模擬結果的細緻度外，也可提高決策效率與準確度。本技術已實際應用於地震情境衝擊分析，模擬建物動態受震反應與損壞分析，配合耐震三維資料分析，可對建物致災空間風險及不同場域之衝擊議題評估，提供防災規劃與救援工作的重要參考。

參考文獻

1. Paula Redwelk., Paula Teves-Costa., Inês Vilas-Boas., and Teresa

- Santos., 2017. 3D City Models as a Visual Support Tool for the Analysis of Buildings Seismic Vulnerability: The Case of Lisbon. International Journal of Disaster Risk Science, 8, 308-325
2. Muneo Hori., Tsuyoshi Ichimura., Lalith Wijerathne., Hideyuki Ohtani., Jiang Chen., Kohei Fujita and Hiroyuki Motoyama., 2018. Application of High Performance Computing to Earthquake Hazard and Disaster Estimation in Urban Area. Frontiers in Built Environment, 4, 1-13
 3. Yongmei Zhai., Shenglong Chen., and Qianwen Ouyang., 2019 GIS-Based Seismic Hazard Prediction System for Urban Earthquake Disaster Prevention Planning. Sustainability, 11(9), 2620
 4. Yongmei Zhai and Shenglong Chen., 2020. A Seismic Hazard Prediction System for Urban Buildings Based on Time-History Analysis. Mathematical Problems in Engineering, 2020, 1-18
 5. Xinzheng Lu and Hong Guan., 2021. Visualization and High-Performance Computing for City-Scale Nonlinear Time-History Analyses. Earthquake Disaster Simulation of Civil Infrastructures, 641-711

6. Xiong Chen, Xinzheng Hu, Xuchuan Lin, Zhen Xu, and Liping Ye
2017. Parameter Determination and Damage Assessment for
THA-Based Regional Seismic Damage Prediction of Multi-Story
Buildings. Journal of Earthquake Engineering, 21(3). 461-485