

多維度都市地震動態衝擊分析模型技術應用

Development and Application of a Model for Multidimensional Urban Earthquake Impact Simulation

國家災害防救科技中心 地震與人為災害組

Earthquake and Man-made Disaster Division, National Science and Technology Center for Disaster Reduction

摘要

三維建物模型於地區的災害環境診斷、受災情境模擬有空間的優越性。本專案發展多維度都市地震衝擊動態分析模型技術，藉簡化建物動力分析模型，結合建物耐震三維資料庫，建置出都市建物動力基礎模型，在地震情境下，分析建物動態受震反應與受災情境。此外，為配合近年建物三維資料庫之發展，本專案應用 AI 大數據分析輔助地震衝擊模擬工作，藉由收集現有建築物初評資料(PSERCB 資料庫)，利用人工智慧大數據深度學習，了解建物致災原因與風險分析之重要特徵因子，進而推估單棟建物的耐震能力，震後可依據實際地動特性資料進行建築物衝擊，快速評估都會區的高風險熱區，研究成果能提供防災與救災單位作為提升地震應變輔助決策之參考。

關鍵字：建物三維動力分析、耐震數據庫、AI 大數據分析、視覺化模擬

ABSTRACT

Earthquakes can cause severe damage and substantial economic losses to modern cities. Therefore, accurate and efficient simulations of seismic damage to buildings have become an indispensable part of earthquake hazard mitigation efforts worldwide. Multidimensional visualization of earthquakes is a current trend in simulation. In this study, a dynamic, multidimensional simulation method for analyzing impacts on to buildings was developed. The method employs three-dimensional dynamic analysis and data from a seismic capacity database. High-performance computing is applied to a polygonal model, and applying the artificial-intelligence (AI) technique to analysis seismic capacity data, and the seismic response of each building in an urban environment is calculated. Thus, in this study, the multidimensional urban earthquake impact simulation method was established, and visualization of the disaster risks and impact on a specified area. The outcomes of such analysis can provide a crucial reference for city planning, post-earthquake rescue operations, and seismic damage assessment.

Key Words: structural seismic response, seismic capacity database, artificial-intelligence (AI), visualization display simulation.

一、前言

地震具有突發性、不確定性，以及瞬間造成損壞之特性，具有更高的威脅，尤其因大量建物損壞導致連鎖性的災害衝擊，更擴大地震災害損失的規模，故如何於震後快速分析地震災害衝擊的高風險熱區，提升震後快速恢復能力，是為降低地震災害損失之重要關鍵。本專案擬透過簡化建物動力分析模型，結合本中心建立之建物耐震屬性三維資料庫，發展多維度都市建物動力基礎模型，然後分析建物受災風險與受災情境，此外，近年政府積極推動危老建物補強與改建，並已建立建物評估與現勘資料，本專案發展 AI 人工智慧輔助地震衝擊評估技術，採用危老建物耐震評估大數據資料(PSERCB 資料庫)(宋裕祺等人,2017)，作為深度學習對象，可瞭解建物受災可能原因與風險分析的重要特徵因子，開發人工智慧深度學習求解演算法，可快速推估出建築物耐震能力，預期研究成果將能提供防災與救災單位作為提升地震應變輔助決策之參考。

二、專案研究方法

本專案以地震情境模擬為基礎，開發三維數值建物分析資料庫，透過簡化建物動力分析模型，結合耐震三維資料庫，建構都市建物動力基礎模型，非線性遲滯模型參數使用上，引用國內外的研究理論值或實驗數據，如建築物非線性遲滯模型參數採用 Xiong et al.(2017)與 Steelman and Hajjar (2009)研究結果，爾後利用電腦進行地震衝擊動力評估，分析建物受災風險與受災情境，成果視覺化展示，擬採用高效能 CPU/GPU 對大量建物樓層進行渲染，可有效模擬建物受震位移變形反應，圖 1 為建物三維化耐震資訊視覺化展示技術流程。

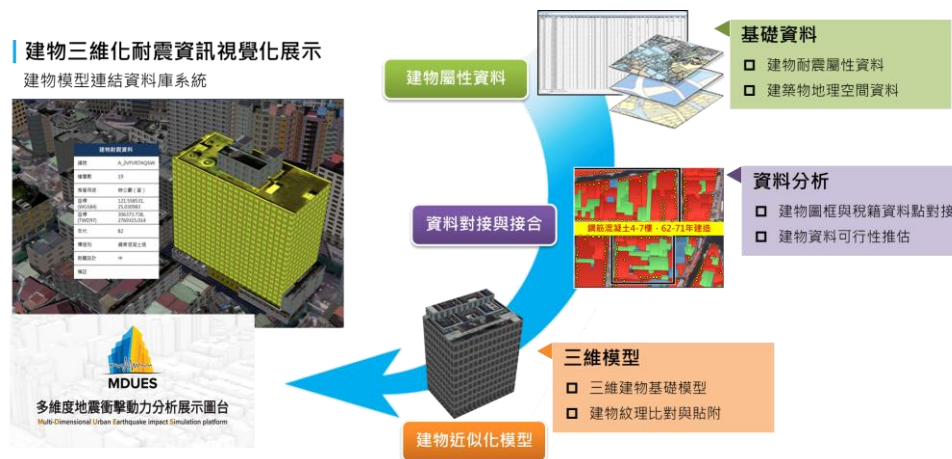


圖 1、建物耐震資訊視覺化展示技術分析流程

本專案整合現有建築物初評資料(PSERCB 資料庫)，做為建物耐震能力分析參數，如建築物型式、建物使用類別、地盤種類、近斷層特性，與建造年代之大數據資料，應用 AI 人工智慧模擬技術，分析建築物受震後可能原因與風險分析重要特徵因子，開發建物 AI 人工智慧耐震力深度學習求解演算法，可快速推估出建築物耐震能力，圖 2 為 AI 人工智慧技術輔助地震衝擊風險分析流程。

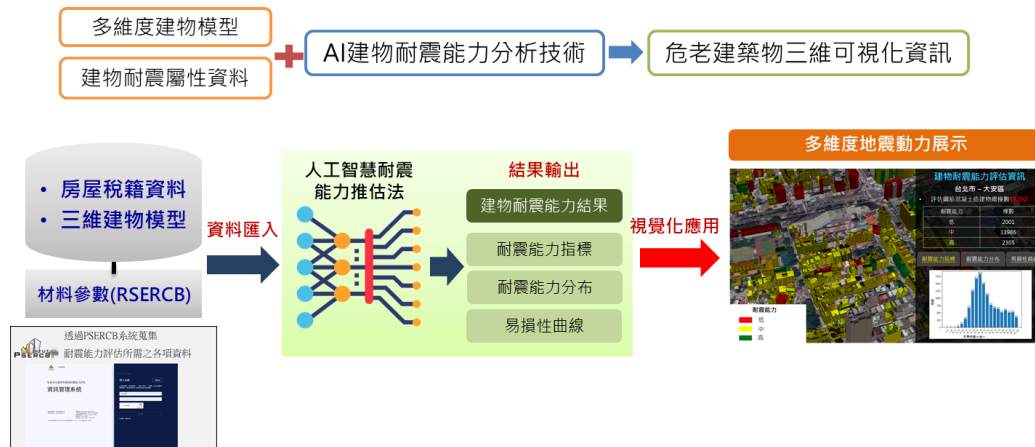


圖 2、應用 AI 人工智慧技術輔助地震衝擊風險分析流程

三、專案亮點成果

● 多維度地震動態衝擊分析方法建立

本專案發展地震衝擊風險三維化動態分析模型，透過簡化建物動力分析模型，結合耐震三維資料庫，建置都市建物動力基礎模型，本研究採用非線性多自由度剪力模型，結合房屋稅籍資料的基本耐震屬性資料，建置都會區剪力屋動力分析模式，與不同構造別建物的非線性遲滯模型，爾後利用電腦進行地震衝擊動力評估，分析建物受災風險與受災情境，圖 3 為建物 AI 耐震能力評估三維視覺化分析成果展示。

● 三維數值建物分析資料庫開發

本專案結合房屋圖框與房屋稅籍資料，使用建物暴露度模型進行數據整合與細緻化作業，最終開發成為三維數值建物分析資料庫，可提供後續分析建物動力分析模式之數據參考。並提供單一建物模型耐震資訊如房屋用途、建照年代、構造形式、耐震設計等級等，可提供建物結構動力分析之重要參數(如質量、阻尼、勁度矩陣等)分析使用。

● AI 技術輔助地震衝擊分析技術應用

開發 AI 人工智慧輔助地震衝擊主題式分析模組，透過既有建物耐震能力初步評估資料進行數據分析，將現有之建築物評估資料透過深度學習方式，分析建物受災可能原因與風險分析之重要特徵因子，開發人工智慧深度學習求解演算法，迅速推估出單一建築物耐震能力，本專案所開發之 AI 技術建物地震衝擊模組，包括耐震能力評估模組、快評分析模組，協助地震應變所需，震後接收地動與建物資料，利用求解演算法推估模型損壞風險機率值，結果採用視覺化成果展示，如圖 4 所示。

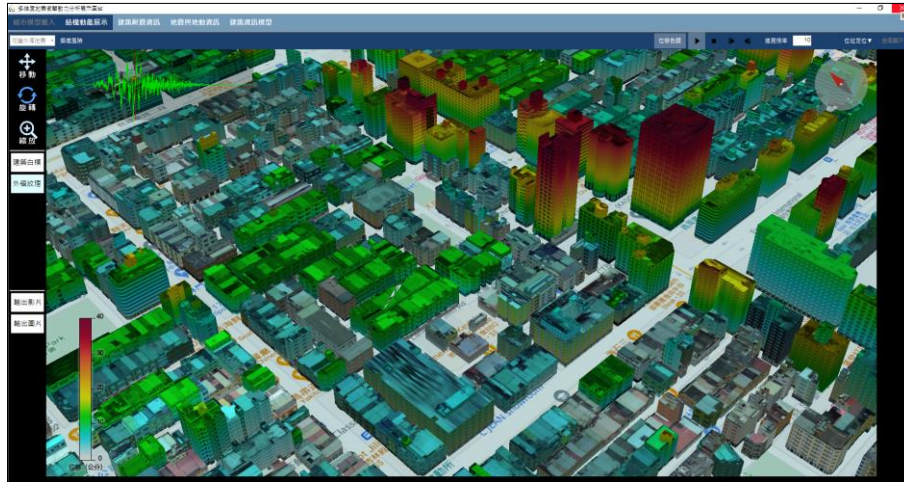


圖 3、模擬地震之建物動態分析視覺化成果

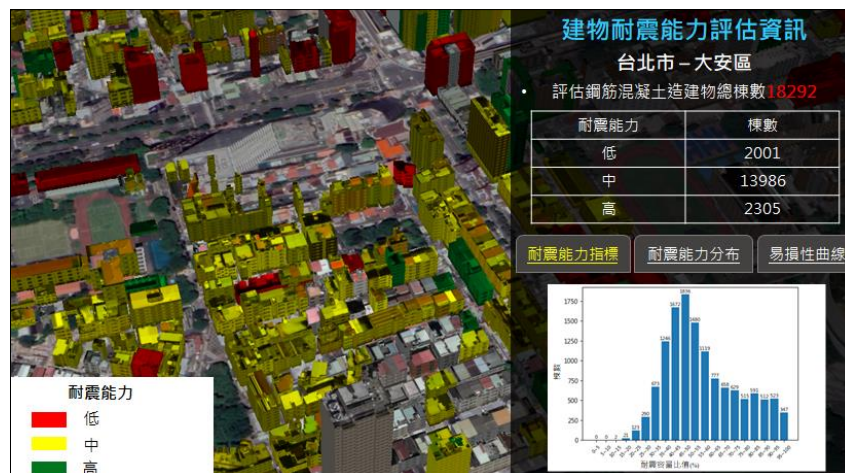


圖 4、應用 AI 輔助建物耐震力評估分析成果展示

四、 結論與建議

本專案發展多維度地震動態衝擊分析模型技術，由收集三維建物近似模型資料，透過簡化建物動力分析模型，與結合耐震三維資料庫，建置都市建物動力基礎模型，並進行地震衝擊動力評估，求得建物受災風險與受災情境，此外，為配合建物三維資料庫之發展，收集現有建物初評資料，應用 AI 人工智慧大數據深度學習，開發人工智慧深度學習求解演算法，迅速推估出單一建築物耐震能力，本專案所開發之 AI 技術建物地震衝擊模組，震後依據實際地震資料進行建物衝擊，分析地震災害衝擊的高風險熱區，推估結果以三維視覺化技術進行展示，提供防災與救災單位進行地震應變資訊之參考。

五、 參考文獻

1. 宋裕祺、蔡益超、陳建忠、賴明俊、邱毅宗、陳俊榕、林宏軒、陳長佑、顏志良 (2017)。鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估系統 PSERCB 之建置與應用。結構工程，32(4)，60-87。
2. Xiong, C., Lu, X., Lin, Z., Xu, Z., Ye, L. (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.
3. Steelman J., Hajjar J. F., (2009). Influence of Inelastic Seismic Response Modeling on Regional Loss Estimation, *Engineering Structures* 31, 2976-2987.



4.