

經費來源：☐ 01 當年度公務預算 ☒ 02 委託補助計畫

機密(E)：☐ 是 ☒ 否

出國類別：☐ A 考察/訪問 ☒ B 學術會議/研討會

☐ C 進修/研究 ☐ D 工作會議

## 第 8 屆地震備災與風險評估國際研討會

### 出國報告書

單位名稱：國家災害防救科技中心 地震與人為組

出國人姓名職稱：柯孝勳 研究員兼組長

出國地點：日本廣島

出國日期：民國 113 年 9 月 25 日至 113 年 9 月 27 日

報告日期：民國 113 年 11 月 25 日

## 摘 要

第 8 屆地震備災與風險評估國際研討會(8th International Conference on Earthquake Preparedness and Risk Assessment) 為促進地震防災與風險評估領域多方合作與知識共享並跨學科、跨地域交流之國際學術研討會，主題涵蓋地震預測與監測、結構工程與耐震設計、地震風險評估與管理等 5 個專業領域。本研討會每 2 年舉辦一次，本屆為第 8 屆，將於 2024 年 9 月 25 日至 27 日於日本廣島舉辦，前 3 屆分別於第 7 屆 2022 年美國舊金山、第 6 屆 2018 年印尼日惹與第 5 屆 2016 年義大利那不勒斯舉行(2020 年因新冠疫情停辦)。本研討會除針對地震防災相關領域之最新發展與落實應用相關議題進行研討外，本屆並特別安排 special issue 針對能登半島地震相關研究進行討論。

本次投稿之論文"Construction and Application of the Three-dimensional Model of Active Faults in Taiwan"已獲主辦單位接受並安排於「Session B. Seismic Risk Assessment Models and Applications」進行口頭發表，內容主要以整合鑽井、震測、地震重定位序列、震源機制解等地科數據及分析技術，發展具空間屬性的台灣活動斷層三角網格模型與建構三維數值資料庫，並結合本中心協助 0918 池上地震、0403 花蓮地震應變作業情資研判之應用成果進行發表。藉由本次研討會，預計將本計畫應用現階段評估模式於支援國家地震應變情資研判之具體應用成果，與相關國際學者專家就地震防災應用層面分享技術與交流經驗。

本次出國經費由國科會計畫「大規模地震情境模擬及災損推估(2/4)」補助，本出國報告亦依規定提送國科會。

## 目 次

1. 目的.....	4
2. 研討會紀要 .....	4
3. 觀摩其他學者技術之心得重點說明.....	9
4. 出國效益.....	12

## 1.目的

本次投稿之論文"Construction and Application of the Three-dimensional Model of Active Faults in Taiwan"已獲主辦單位接受並安排於「Session B. Seismic Risk Assessment Models and Applications」進行口頭發表，內容主要以整合鑽井、震測、地震重定位序列、震源機制解等地科數據及分析技術，發展具空間屬性的台灣活動斷層三角網格模型與建構三維數值資料庫，並結合本中心協助 0918 池上地震、0403 花蓮地震應變作業情資研判之應用成果進行發表。

此外，藉由本次研討會，預計將本計畫應用現階段評估模式於支援國家地震應變情資研判之具體應用成果，與相關國際學者專家就地震防災應用層面分享技術與交流經驗，同時了解國際上目前針對地震防災或應變需求所新發展的地震衝擊與災損模擬相關技術，將有助於本計畫開發成果更具防災應用之實用性。

## 2.研討會紀要

### 2.1 論文發表重點

本次研討會假廣島國際會議中心（日文:広島国際会議場，英文:International Conference Center Hiroshima）舉行，由地人組柯孝勳博士與會（如圖 1），並發表論文「Construction and Application of the Three-dimensional Model of Active Faults in Taiwan」。



圖 1：地人組柯孝勳博士出席本次研討會(資料來源:攝於研討會場)

本次論文發表重點主要有：

- (1) 說明本研究三維數值模型的建構方法，以及台灣西部和東部的數據來源。西部使用鑽井和震測等技術建構構造平衡剖面，而東部則透過地震重定位序列和震源機制解來建立地下速度模型。不同剖面的斷層分布是通過 GOCAD 軟體進行擬合，可使模型在呈現斷層特性上更為精確(如圖 2)。
- (2) 本研究建置之三維數值模型能夠提供包括三角網格、等深線、走向分布和傾角分布等多種參數，這些細部參數使得對活動斷層的空間屬性有更為細緻的掌握(如圖 3)。
- (3) 本研究之研發成果，已應用於地震災害應變和斷層破裂模擬

上，包括關山-池上地震及花蓮地震的地震應變作業情資研判(如圖 4)。模型的改進使得斷層破裂模擬更加精確，模擬結果可以依據不同情境調整破裂面積、滑移量及破裂速度，這種技術上的改進有助於更完整掌握斷層活動特性(如圖 5)。

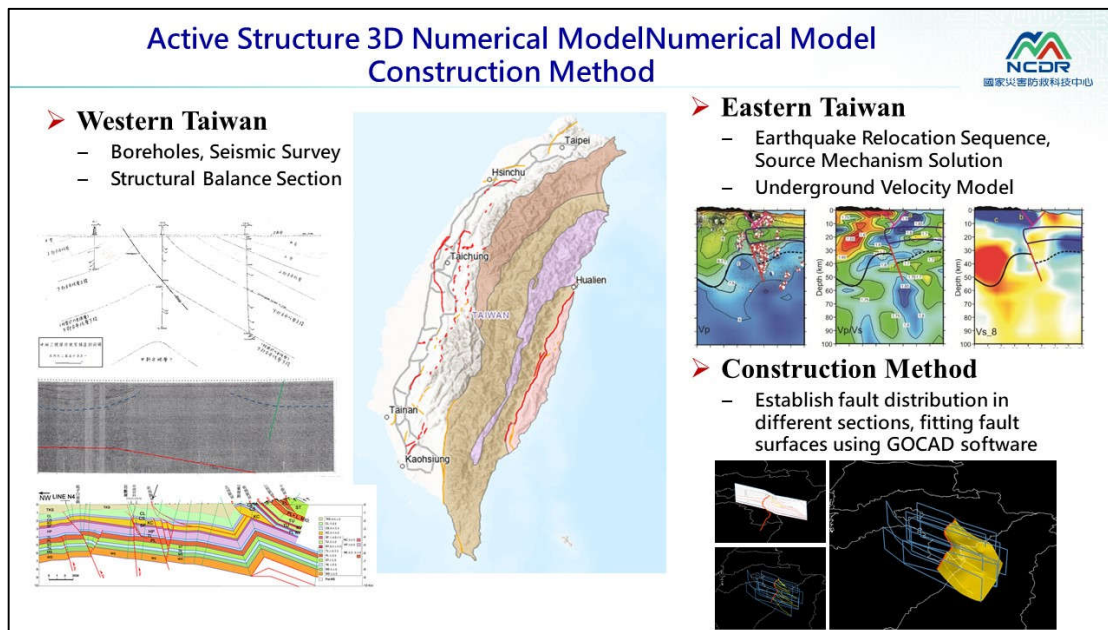


圖 2：說明建立三維斷層模型資料的技術與成果

(資料來源：出席研討會之發表簡報)

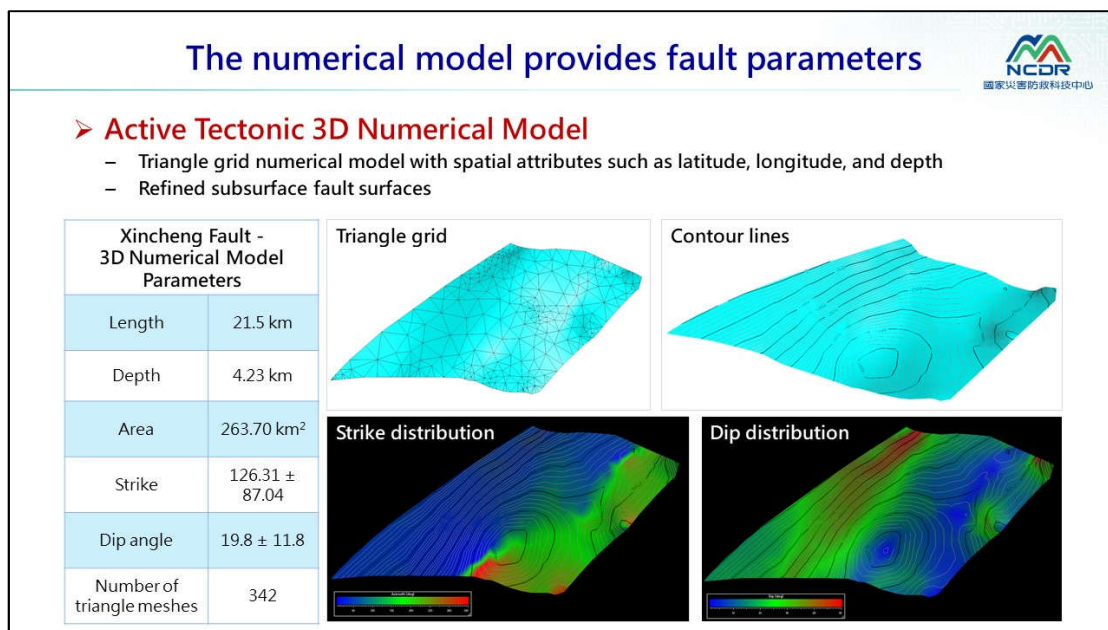


圖 3：說明三維斷層模型參數 (資料來源：出席研討會之發表簡報)

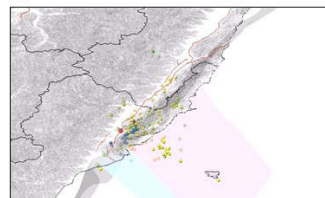
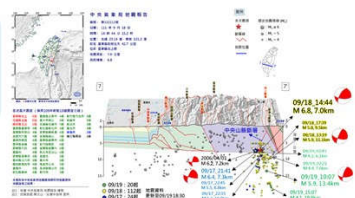


## Applications: Supporting Earthquake Disaster Response

### Modified geological profiles

### Source distribution display

2022/09/17-18  
Guanshan - Chishang  
Earthquake  
 $M_L$  6.6, 6.8



2024/04/03  
Hualien Earthquake  
 $M_L$  7.2

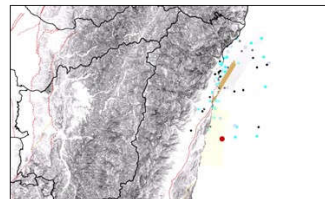
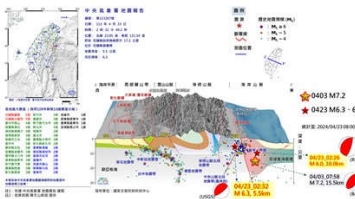


圖 4：說明相關技術應用支援地震應變之成果

（資料來源：出席研討會之發表簡報）

## Applications: Fault Rupture Simulation

### ➤ Fault rupture simulation refinement

- Previous fault simulations used relatively simplified fault models
- This study establishes surface numerical models for detailed rupture simulations
- The simulated rupture area, slip, and rupture speed can be adjusted according to different scenarios.

山腳斷層有限斷層模型參數設定			
震央位置	121.602 25.052	走向, 傾角, 滑移角	46.78, 44.36, -90.0
震源深度	17.4 km	背景滑移量	0.7m
有限斷層面	1057.652 km <sup>2</sup>	Asperity滑移量	1.5 m
地震矩規模( $M_w$ )	6.9	破裂速度	2.6 km/s

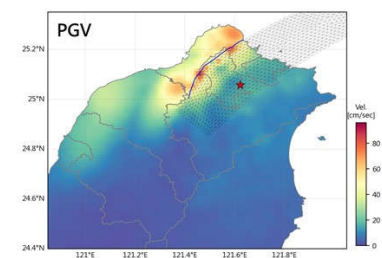
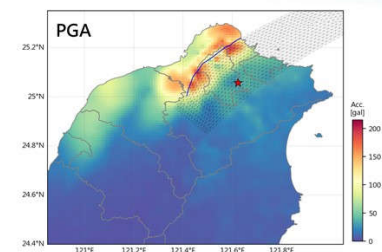
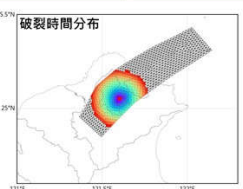
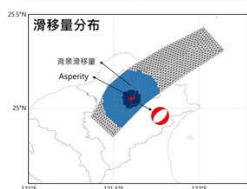


圖 5：說明相關技術於後續地震動模擬之應用延伸成果

（資料來源：出席研討會之發表簡報）

## 2.2 與會者回饋意見重點摘錄

與會者對於本計畫研發之地震衝擊分析與災損評估應用技術，據以強化情境模擬細緻度並結合地方政府實務操作，均表示肯定此發展方向之意，並針對後續技術面與應用面進行提問或提供回饋意見，重點彙整摘錄如下：

- (1) 簡報中提到 GOCAD 軟體，在三維數值模型建構技術中有何具體技術優勢？現場初步回應說明 GOCAD 軟體具有高精度的曲面建構功能，可根據地震和地質數據建立不同剖面的斷層分布，並進行精確擬合。這在構建三維地質模型時提供了技術支持，能夠更好地模擬斷層的幾何特性，進而提高地震風險評估的準確性。
- (2) 簡報中特別提到精細化曲面數值模型在斷層破裂模擬技術中的應用，有何技術創新或是使用上的優點？現場初步回應說明精細化曲面數值模型允許在斷層破裂模擬中精確控制破裂面積、滑移量和破裂速度，這對模擬真實地震事件中的複雜斷層行為非常重要。相比過往的簡化模型，本研究的技術創新在於能夠依據具體的情境進行調整，進而提升模擬的真實性和可靠性。
- (3) 可否分享此研究在應用三維數值模型技術精細化地下構造建模方面的挑戰和技術突破有哪些？現場初步回應說明在精細化地下構造建模中，包括高精度數據的獲取與處理、不同數據來源之間的整合以及對曲面幾何的準確擬合等，都是需克服的技術瓶頸，本研究在於藉由結合多源地質和地震數據，利用高效的數值方法和 GOCAD 軟體進行精確的斷層面擬合，進而解決建模精度和數據一致性方面的問題。



### 3. 觀摩其他學者技術之心得重點說明

本次研討會涵蓋地震預測與監測、結構工程與耐震設計、地震風險評估與管理等諸多領域，本報告將重點說明與本計畫相關研究課題之觀摩與交流心得。

#### 3.1 結合 InSAR 技術的地震活動監測與風險評估：

美國學者利用合成孔徑雷達干涉測量 (InSAR) 技術進行地震活動的監測，並結合三維數值模型來進行風險評估。InSAR 技術能藉由比較不同時間的雷達影像，準確測量地表變形，進而捕捉斷層活動的跡象，這對於早期識別可能的地震活動有相當的幫助。結合三維數值模型，研究人員能夠將地表變形轉化為斷層滑移，並將這些數據應用於地震預測和風險評估中。該模型不僅提供了更精確的斷層幾何參數，如走向、傾角和滑移量，還能模擬可能的破裂行為及其對周邊區域的影響，這項技術使得地震活動的空間分辨率明顯提高。

#### 3.2 應用數位地震網路的歐洲地震預警系統：

義大利學者介紹歐洲地中海地震中心 (EMSC) 所建置的一個涵蓋歐洲的數位地震網路，結合三維數值模型進行地震活動的即時預警。該系統透過分布在歐洲各地的地震儀收集地震波的到達時間數據，並利用震源機制解來精確定位地震的發生位置和深度。這些數據被即時輸入三維數值模型中，以模擬地震事件中斷層的破裂過程及其對地表的影響。三維模型能夠模擬斷層的動態破裂過程，包括破裂擴展的方向、速度以及破裂引起的地表位移，這些資訊對於提高地震預警的準確性有明確的幫助。

#### 3.3 應用深度學習技術輔助的地震預測模型前瞻研究：

日本學者與科技業者研究部門合作研發應用深度學習的地震預測模型技術，希望能用於改進地震活動預測的精度。該模型利用大規模地震數據訓練卷積神經網絡 (CNN)，能夠自動學習和提取與地

震發生相關的特徵。深度學習模型透過分析歷史地震數據中的空間和時間模式，進一步預測未來地震發生的可能性及其影響範圍。這種方法可以有效地克服傳統地震預測方法中對斷層參數依賴較大的問題。研究團隊後續還將深度學習模型與三維數值模擬結合，以更準確地模擬地震破裂過程及其對地表的影響。但發表的學者特別表示本研究僅為初步研究成果，相關成效與可靠度仍需更多數據的分析與研判。

#### 4.出國效益

- (1) 本次研討會中，多位國際學者介紹了新型數據整合技術與高效數值方法在地震風險評估中的應用，尤其是在三維模型構建方面的技術突破。藉由參與這些討論，本計畫後續得以深入了解如何透過結合多源地質和地震數據來優化斷層面建模的精度和一致性，並學習如何解決現有建模技術中遇到的數據不一致性問題，不僅能協助改進台灣活動斷層三角網格模型的建構過程，也能進一步提升三維數值資料庫在風險評估中的應用效率。
- (2) 出席此次國際研討會的另一項技術研發效益在於學習地震災害應變技術的精細化模擬與創新研發。本次會議中，針對能登半島地震的討論，以及多項先進的斷層破裂模擬技術展示，提供了寶貴的技術經驗，能夠提供本計畫的地震災害模擬技術研發參考。透過這些技術交流，本計畫後續得以深入了解如何在斷層破裂模擬中更加精細地控制破裂面積、滑移量和破裂速度，並根據不同地震情境進行動態調整。這些技術提升不僅能讓破裂模擬結果更加符合實際情況，還能提高應變過程中的準確性和可靠性，有助於強化地震應變系統的實用性。