



## 編者的話

盧志杰、柯永彥

### 主題：關山-池上地震

臺灣位處常被稱為火環(Ring of Fire)之環太平洋地震帶上，過去曾發生多次大規模之災害性地震，例如1935年新竹-台中烈震、1951年花蓮-台東地震序列、1999年集集地震等。其中，集集地震是近百年來震央位於陸地的災害性地震中規模最大者，並對國家社會帶來極強烈衝擊，當時電視與媒體所揭露的災區情況，讓家毀人亡不僅是一個形容詞，更是令人難過的感同身受。然而，這些地震災害也驅使著地震工程研究人員不斷致力於地震防災研究，以期能讓共同居住在臺灣的民眾可以免於地震的威脅。

在1999年集集地震之後，臺灣仍陸續發生多次中度規模之災害性地震，其中包括2016年美濃地震、2018年花蓮地震以及本專刊所探討的2022年關山-池上地震等。為了從災難中學習其經驗與教訓，進一步改善民生基礎建築物的防災韌性，減少地震所帶來的衝擊。過去地工技術發展基金會均針對此類地震發行專刊，邀集各界專家、學者有系統地整理與介紹這些災害性地震的特性與其影響。2022年關山-池上地震主要包含分別發生於9月17日與9月18日、震央位於關山與池上兩地、芮氏規模為6.6與6.8之兩起強震，後者為近百年來規模僅次於1999年集集地震的陸上地震事件，地震發生後，花蓮南部與臺東北部數處建築與數座橋梁出現嚴重受損甚至倒塌，公路邊坡落石阻斷多處道路，地下管線亦有斷裂災情傳出，嚴重影響當地居民之生活。為了留下寶貴之地震特性與災損資料，供各界參考與研究，地工技術發展基金會亦針對此地震發行專刊。有幸承蒙王泰典執行長、吳建宏總編輯、林銘郎教授與黃俊鴻教授的支持鼓勵，得以有機會共同擔任此地震專刊之主編，特致衷心謝意。

本次專刊共納入11篇文章，內容包含地體構造、震源機制、地表破壞觀察、地工災害踏勘調查、震害區大地環境特性調查以及災後復舊策略與工程等，由地震學出發，涵蓋地震引致現象與其衝擊，並及於工程層面。各篇作者透過實際觀測、調查、研究或復舊工程之參與，分享其對於此次關山-池上地震的見解與看法，相信其寶貴的經驗及成果對從事地震研究與地震防災工程之學界與工程界朋友深具參考價值。

第一篇為臺灣大學地質科學系徐濬德教授等人所著之「中央山脈斷層系統：由2022年9月關山-池上地震之地表破裂特性得到的啟示」。本文藉由回顧過去的相關文獻，配合野外調查中觀察到的本次地震地表破裂特性，探討學界仍有爭議之中央山脈斷層系統整體特徵，並討論未來花東縱谷中南段區域的地震災害。文中詳細說明臺灣東部縱谷地區的縱谷斷層系統，並藉由此次關山-池上地震所產生的地表破裂特性，推論除了縱谷斷層系統外，縱谷西側、中央山脈東麓前緣亦存在中央山脈斷層，而玉里斷層實際上就是中央山脈斷層系統中的一個分支。文中特別指出，縱谷中南段的這兩個主要斷層系統皆有在未來產生地震災害的可能，需要多加留意。

第二篇為應用地質技師公會顏一勤理事長等人所著之「從『關山-池上地震』地表破裂與地下地質資料初探花東縱谷中段之大地構造」。本文利用鄰近地表破裂跡位置的既有槽溝與地質鑽探資料，建立淺層地下地質剖面資料，再將之與關山-池上地震所造成之地表破裂現象特徵相比對，探討本次地震的發震構造與現階段於花東縱谷中段已知的活動斷層間的關係，提出此次關山-池上地震為前述中

## 2 編者的話

央山脈斷層系統活動所造成之觀點，並推測池上斷層位置的地表破裂，係屬於中央山脈斷層活動後，沿池上斷層面滑移，而非屬池上斷層本身的發震構造有活動的現象。

第三篇為國家地震工程研究中心林哲民研究員等人所著之「關山地震與池上地震之震源與強地動特性評估」。本文利用強地動觀測網記錄，分析關山地震與池上地震之震源特性及強地動特性，並將相關災情與強震站所觀測地動波形之反應譜與現行耐震設計規範設計基準相比對。結果顯示，兩地震在多個近震央強震站都觀測到長週期及高地動速度之近斷層速度脈衝，而這兩次地震所引致的主要災情位置也與強地動分布有顯著之關連性，將有助於整體性展現這兩次地震之基本特性與地震災害間之關聯性。

第四篇為暨南國際大學土木工程系王國隆教授等人所著之「關山池上地震地表變形遙測觀察與衍生分析」。本文採用合成孔徑雷達差分干涉分析方法(DInSAR)，使用包括日本ALOS2 衛星與歐洲Sentinel-1衛星之資料偵測地震時之地表破裂跡位置與受力變形位置，並對DInSAR分析受限位置輔以無人載具方法進行補充分析，進行關山池上地震地表變形追蹤觀察與分析，並嘗試提出以地表變形速率做為地震前兆之假說。相較過去災害調查使用之遙感探測研究方法與技術，本研究所採用者已有長足進步，相信未來相關技術相當有潛力拓展到大地工程各領域之防災應用。

第五篇為中央大學太空及遙測研究中心徐乙君博士等人所著之「2022關山-池上地震的地表破裂調查與同震變形成果初探」。此研究針對此次地震造成之地表變形進行地表同震破裂調查，並配合DInSAR分析，觀察此次地震的地表變形分布，藉此對大區域構造進行初步探討。該文將調查成果以圖片、照片方式呈現於文中，使讀者容易閱讀。文末指出，該地區未來仍可能發生類似的地震，建議持續監測活動斷層沿線的地表變形與地震活動，值得相關相關主管單位參考。

第六篇為財團法人中興工程顧問社柳鈞元助理研究員等人所著之「從關山-池上地震地表破裂跡回饋評估東里地區跨活動斷層橋梁結構物之容許位移性能」。本文著重於東里地區地表破裂跡分布與鄰近鐵路橋梁受損情形，並針對新秀姑巒溪橋，以分離元素法進行數值分析，量化地表破裂跡對於新秀姑巒溪橋之影響，並探討災害風險與因應對策。所建議之分析方法與流程可作為未來跨活動斷層橋梁容許位移評估、鐵路橋梁改線或減緩與調適工法等方面之參考，協助實現「小位移可吸收，中位移可減損，大位移易復建」的性能設計理念。

第七篇為中央大學土木工程學系黃俊鴻教授等人所著之「液化土壤是天然的減震材料嗎?2022/09/18池上地震橋墩破壞模式的觀察與解釋」。本文詳細說明池上地震花蓮玉里高寮大橋與鐵路新秀姑巒溪橋之橋墩受震破壞模式的觀察與紀錄。其中，在高寮大橋EP2與EP4橋墩基礎及新秀姑巒溪橋的SP3橋墩，其上構結構完整且鄰近地表有噴砂現象，推判出其可能為土壤液化產生的減震效應所致。文中亦針對高寮大橋EP2與EP4橋墩基礎各種可能的破壞機制進行歸納整理，相關課題未來值得進一步深入研究。文末建議後續應進行之調查與研究工作，可供未來有興趣從事該處研究工作學者及復舊設計工程師參考。

第八篇為成功大學土木工程學系劉博翔先生(現為博士生)與吳建宏教授所著之「花東地區地盤微振量測與分析」。本文介紹該研究團隊在關山-池上地震後，於數個災害地區進行微振量測，並以單站水平-垂直頻譜比法評估地盤卓越頻率與放大係數，以識別場址效應與震損程度之關係，並展現部分受損建築結構體與地盤間可能有共振行為。本文所建議基於水平-垂直頻譜比所建立之脆弱指數有機會成為地震發生前的有效災損潛勢評估指標，值得持續蒐集資料，強化本方法於本土之適用性。

第九篇為公路總局第三區養護工程處王慶雄副處長等人所著之「918池上地震台20線

邊坡災害調查與復舊策略」。本研究團隊於地震後針對台20線南橫公路埡口以東路段進行現地勘查與紀錄，並識別地震所造成之各個災點與災損情況。台20線沿線地質條件變化大，尤其東側山區路段，地形除受地質構造影響外，岩體風化程度高、節理發達而非常破碎，98年莫拉克風災已嚴重受創，故本文另整合地震以外其他影響邊坡災損之致災原因進行探討，提出修復策略及整治構想，所述之內容將可供其他類似公路修復案例之重要參考。

第十篇為中興工程顧問股份有限公司呂斌豪技術經理所著之「臺鐵樂樂溪橋及新秀姑巒溪橋之震損調查與復舊工程」。本文詳細介紹關山-池上地震造成臺鐵花東線樂樂溪橋及新秀姑巒溪橋受損情況、搶修目標及修復情況。其中樂樂溪橋損壞之橋梁墩帽以鋼板包覆方式進行修復，而新秀姑巒溪橋則以國內軌道工程首次使用之「頂昇橫移」復位工法進行橋梁震後主梁錯位之修復，值得國內工程界參考。在工程團隊全力搶修下，該路段已於去年12月28日正式恢復花東線鐵路通車，較原先預估時程提前不少，亦是災區從震災迅速恢復並重新站起的象徵。

第十一篇為國家地震工程研究中心黃有志副研究員與中國文化大學地質學系曾佳漢助理教授等人所著之「熊本地震與關山-池上地震之特性比較」。在前面其他文章針對受地震影響地區進行探討之後，本文進一步將觸角延伸至同處環太平洋地震帶的日本，旨在比較2016年熊本地震與此次2022年關山-池上地震特性。熊本地震與臺東關山-池上地震此二個地震序列均非隱沒帶地震，都是先發生規模較小的地震，經過約一天再發生規模較大的地震，且斷層錯動均具有走向滑移特性，故兩者具有一定程度之相似性。本文以前述相似性為出發點，首先基於文獻與作者現勘見聞介紹2016年熊本地震，進一步切入此次關山-池上地震之觀察，有助於從不同角度瞭解地震所造成之影響，包括走向滑移斷層與逆衝斷層之致災特性差異，並基於比較結果提出省思。

災害性地震發生後，由於環境本身的自然變化以及災區復舊工程的推動，地震所造成之各種表徵往往很快遭受破壞。為了如實紀錄地震的影響，國內從事地震工程研究的專家、學者需要在地震災害發生後第一時間，應用各種觀測調查技術，甚至是立即動身前往受創最嚴重的區域，在危險及不便的環境條件下進行實地勘察，將災區基礎設施、房屋建築受損及自然環境表徵如實紀錄。因此，本專刊能夠在6月順利付梓，要特別感謝每一篇作者們的賜稿，展現災後的調查，以及辛苦數個月整理與分析後的具體成果。同時，也要特別感謝此特刊的直屬編輯與審稿委員們，能不吝在有限的作業期間內，惠予每一篇文章寶貴的建議與指正。更要感謝編輯人員的協助，讓每一篇文章都能夠展現出最佳的成果。