編者的話

黃俊鴻

主題：0206 花蓮地震專刊

從小在花蓮長大，高中畢業後，負笈北上，花蓮逐漸變為故鄉。此次花蓮地震雖然規模不大，但重創花蓮，心有不捨。媒體報導出現之地名，如美崙台地、美崙溪、花蓮港、南濱、北濱、七星潭、花蓮大橋、統帥飯店、…，都是我成長的記憶，心靈的風景。地震後，返鄉勘災兩次，心想能為家鄉做點什麼事。有幸承蒙歐章煜總編輯與林銘郎執行長的支持鼓勵，得以有機會編輯此地震專輯，特致衷心謝意。

本專輯起頭三篇文章係由地球科學觀點來考察此次花蓮地震特性。首篇文章為中興工程顧問社謝銘哲等人所發表之「0206花蓮地震(M_L6.26)之震源破裂特性與地震動模擬分析初探」，該文應用錯動量分布反演與地震動模擬兩項技術，探討此地震之震源與地震動特徵。次篇為花蓮東華大學顏君毅老師之調查團隊與中央大學地科系徐乙君等人發表之「應用遙測技術觀測0206花蓮地震同震變形與地表調查成果」，此文詳細調查記錄此次地震之地表破裂跡，並應用雷達遙測與GPS技術說明其同震變形。第三篇著作為中央大學、中央氣象局、國震中心合作，由郭俊翔等人所發表之「0206花蓮地震強地動記錄與近斷層波形特徵」，該文主要分析強地動與微地動特性，並說明近斷層速度脈衝特徵。

後續三篇文章則以結構災損為主軸，分別為國震中心建物組、校舍耐震補強小組與橋梁組主筆發表此次震災調查結果。首先為鍾立來等人發表之「0206花蓮地震中高樓建築物倒塌之勘察」，該文報導中高樓層之震害現象、耐震細節缺失，以及近斷層地動特性對結構振動特性之影響。接續為蔣家憓等人所發表之「0206花蓮地震校舍表現探討」，此文統計花蓮地區校舍震損表現，探討損害原因，說明校舍補強之有效性。最後為宋裕祺等人所發表之「0206花蓮地震橋梁震損調查與分析」，該文針對花蓮大橋、七星潭大橋、花蓮市三號橋及尚志橋等四座橋梁，進行橋梁損傷完整勘察記錄，並分析可能損傷原因。

最後三篇則以大地工程與工程地質的角度來探討本次花蓮地震的災後地工調查。首先為許尚逸等人發表之「0206地震花蓮港震陷與土壤液化勘查」，此文報導花蓮港碼頭後線背填土液化震陷之現象，並對碼頭受震側移進行初步分析，亦報導其他液化地點與液化噴出物的粒徑試驗結果。接續為台大林銘郎教授領導研究團隊之調查成果，由詹佩臻等人所發表之「0206花蓮地震之斷層地表變形破裂與人工設施互制關係」，該文調查此次斷層地表變形破裂與人工設施互制關係，尤其對花蓮大橋與斷層之變形互制關係，進行了數值分析與現場調查。最後一篇為國家地震工程研究中心勘災團隊黃俊鴻等人發表之「2016紐西蘭Keikuora地震勘災摘要報告」，該文主要報導2016紐西蘭Keikuora地震災害與心得，供各界參考，雖與花蓮地震無關，但因屬性相同而列入。

此次0206花蓮地震之規模僅為M_L6.2，深度約6.3公里，卻因幾棟中高層集合住宅與飯店倒塌，造成可觀的人命財物損失，繼而重創花蓮的觀光產業。兩年前同一天發生的M_L6.6美濃地震，同樣在台南地區震倒好幾棟中高層建築物，其中維冠大樓的倒塌，造成115人死亡，是臺灣有史以來單一建築物倒塌罹難人數最多的災害。若以M_L7.0以上定義為大地震，

地工技術

這兩起地震事件算是發生機率高的中等規模地震，卻產生明顯的震災。這是否暗示台灣有很多耐震性不佳的中高層建築物，可能在未來的中大地震倒塌。因此，如何檢查評估出這些耐震性不佳之住商混合中高樓層建築物，並於短期間進行耐震補強或提出有效改善對策，實為政府地震防災之首要工作。

我母親的老家住在花蓮北濱海邊，常聽其提及所經歷之1951年花蓮大地震，敘述當時地震情景與南濱水門的災損與地變。后經拜讀鄭世楠教授之「歷史地震第五講-1951年花蓮台東第震序列」，瞭解到1951年10月22日05:43、11:29、13:42在花蓮近海分別發生M_L7.1、M_L7.0、M_L6.9三個地震事件，造成花蓮地區的重大傷亡。該次地震產生之米崙斷層痕跡，自七星潭經北埔機場南端公路，再經米崙山下之忠烈祠橋頭、由明禮國小往南濱水門。斷層線東側地塊向北移動40cm，東側地塊的北端七星山隆起1.2m。由於日據時代的地震報告記錄相當完整，因此中央地質調查所依據該次地震之地表破裂跡與後續的相關研究，於2016年12月公布並劃定米崙斷層地質敏感區。此次0206地震所產生之地表破裂跡，經中央地調所震後調查測繪後，顯示均落於地質敏感區範圍內，顯示此次地震與米崙斷層關係密切。另外一起歷史記錄顯示於1920年6月5日花蓮外海發生M_L7.5之大地震，造成5人死亡，20人受傷，273戶全倒，1275戶破損。因此，在花蓮地區規模大於M_L7.0以上的大地震，有可能30年就發生一次，0206花蓮地震之規模僅M_L6.2，且距離1951年已67年之久，顯示歐亞板塊擠壓之累積能量可能尚未完全釋放，花蓮地區之地震防災意識仍須戒慎警惕，不可鬆懈。米崙斷層敏感區附近之工程建設，均須對近斷層之耐震設計進行詳細檢討，確保耐震性能。

0206地震在花蓮地區所產生的土壤液化現象非常局部，並無引致明顯的災情，主要是東部海岸與高山相鄰，河川流徑甚短，因此沖積地層之顆粒較大，很多是較為堅硬的礫石地層，因此僅有局部自然沖積與人為回填之疏鬆土層才會發生液化，但對於礫石層是否會液化之疑慮則有待更多的相關研究來探討。另外值得一提的是，筆者與國震中心團隊前往災區調查時，在國民八街與國盛五街附近之建築物似乎有發現震陷痕跡，且建物之柱腳周緣有明顯滲砂之痕跡，但由於地表並無明顯噴砂現象，宜待後續調查加以釐清是否與土壤液化相關。另外在花蓮港的擴建碼頭後線地區發生疑似液化所產生之震陷，已經影響碼頭之作業功能。於後線地區觀察到有許多平行碼頭之縱向裂縫，沿著裂縫兩旁有噴出之砂礫，甚至卵石，至於是否為砂礫層液化，或是底部砂層液化，將上方回填之卵礫石噴出,仍需相關團隊對該場址進行更詳細的補充調查，以釐清原因。在本專輯論文「2016紐西蘭Keikuora地震勘災摘要報告」中亦有報導威靈頓市中心港(Center Port)的碼頭後線也發生與花蓮港類似的液化震陷現象，在現場也散布著噴出的大塊石。據文獻指出中心港後線是由岩塊與砂粒料混合回填而成。由此觀之，由大小石塊或卵礫石與砂料混合回填時，須確實震動夯實，不然細顆粒未能完全填充大顆粒骨架之空隙，受震時會產生大量之沉陷。在碼頭沉箱與後線交界處，由於沉箱結構先施工完成，其邊界回填土很難壓實，加上海浪會由沉箱塊間隙淘蝕細顆粒，也會造成細顆粒的流失。因此無論回填料的顆粒大小或性質，無論是否會有液化潛能，均須確實進行夯實，才能避免強烈地震作用下產生有害的沉陷。

0206花蓮地震由於震源深度較淺，因此強震影響範圍較小，對於山地邊坡的影響也是相當局部有限，並未產生重大災害。據報導，僅蘇花公路局部地點有落石現象，中橫路段的溪畔水庫的山壁有小規模崩坍，與月眉縣道之山坡有局部小崩坍，並未有中斷道路通行之大

地工技術

災情。沿台11線濱海公路也未發現因地震引致之邊坡損害。

近年來探討近斷層對結構物或地工結構物的影響研究相當的多，由於本次地震許多花蓮市區地震測站皆記錄有顯著速度脈波之波形，在地震工程界常稱之為近斷層波形。這種地震記錄之加速度反應譜，在長周期的反應較一般地震記錄為大，因此對於長周期之結構物的地震反應影響較大，如中高樓層建築物，長跨距之吊橋，隔震建築物等。不只是會放大長周期結構物之加速度反應，也會增加其反應位移與殘留位移，因此耐震設計須考慮此種特殊波形之影響。國震中心在台南的第二實驗中心就設計安裝了可模擬近斷層地震波形之振動台，未來可進行相關近斷層議題之地震工程實驗研究。

筆者在日本熊本地震與此次花蓮地震都有觀察到水平走向斷層之地表破裂跡疑似會隨地表上地形與地物而改變其破裂走向，而諸多台灣的研究團隊也已針對斷層破裂與地工結構物之互制行為做了一系列研究。在熊本地震有一地表破裂跡遇到一棟堅固的兩層鋼筋混凝土建築物時，轉向通過其鄰接之一層輕型木構建築物；此次花蓮地震，也發現在七星潭邊的一處地表破裂跡當要穿越一棟剛完工三層鋼筋混凝土建築物時，破裂跡轉向通過鄰接之一層鐵皮屋工廠內。熊本地震斷層之最大水平錯位約2m，但是穿切過的木造建築物，並未發生撕裂性之結構破壞，因此學界與研究單位應該對斷層地表破裂跡與地表障礙物之互制關係進行進一步的研究，才能清楚各種斷層地表破裂類型對人工結構物的危害，作為近斷層耐震設計之依據。

本次0206花蓮地震也對橋梁結構造成了損傷，諸如花蓮大橋、七星潭大橋、尚志橋與花蓮市三號橋等。其所遭遇的最大加速度都超過去耐震設計規範最強震區的震度(0.33g)，這些橋梁都僅產生尚可修復的損傷，並沒有產生落橋或倒塌性之結構災害，其耐震性能均符合當今對橋樑耐震性能之要求。其中，花蓮大橋、七星潭大橋均疑似被斷層直接切穿過，產生各種變形與損害。這些是世界上少見之案例，值得詳細研究，瞭解其機制，讓台灣有機會站在斷層地震工程學研究的前沿。

地震是自然現象，每次災害性地震都是對大自然對人類文明的考驗。鑑往知來，以史為鑑。過去災害性地震歷史，可提供人類社會從中學習防災經驗。本專輯係透過眾多研究單位、學校團隊與政府機構攜手合作才能完成的，在不同的研究領域與觀點的交織下，才始得一窺0206花蓮地震的全貌，故希望此0206花蓮地震專輯不僅是記錄下台灣地震歷史中的一頁，更能促進未來台灣地震工程相關研究領域的合作與發展。

最後感謝總編輯與編輯委員會支持、發表團隊與審查人的努力、排版與行政人員的辛勞，衷心致謝。