訪國家災害防救科技中心主任

陳宏宇

談 大地工程的科技防災

整理：吳文隆 ▫ 攝影：倉朝陽

壹、前言

陳宏宇主任，1978年畢業於中國文化大學地質學系，1989年於英國倫敦大學地質科學系，獲得博士學位。陳主任專長領域為地質災害、山坡地開發、工程地質及防救災科技，大學畢業後服務於亞新工程顧問公司三年，經工程實務歷練後，出國深造學成歸國，曾擔任臺灣大學地質科學系副教授、教授、系主任及理學院副院長等職，作育英才，所指導碩博士生畢業後服務於國內外各大學、工程顧問公司及公家機關等，多有優良表現。

陳主任擔任中華民國工程環境學會理事長，協助政府調查地質災害及原住民居住地安全評估，貢獻卓著，並擔任中華民國地質學會理事，積極參與會務活動，協助出版地質學術及工程刊物，提升國內地質研究水準，由於學養俱豐，嫻熟國土開發計畫業務，受聘臺北市政府都市計畫委員會委員、內政部區域計畫委員會委員、行政院國家永續發展委員會委員，為國土開發貢獻所學。陳主任除了擔任國際期刊在地質災害相關領域之編審委員外，亦曾分別受到國外學校的邀請，前往美國哥倫比亞大學及英國劍橋大學擔任訪問教授，促進國際交流與學術研究合作，常與諸多國外學者共同發表學術論文，並曾榮登於國際知名刊物科學(Science)、自然(Nature)期刊上，普受好評。

在一個初冬的上午，本期刊來到新北市新店區的一棟高標準之耐震、防洪、防火的現代化大樓－國家災害防救科技中心專訪陳主任。在兩個多小時訪談中，陳主任侃侃而談，細說對臺灣地質災害以及防救災科技如數家珍，先進務實的災害防救觀念，令大家印象深刻，謝謝陳主任以其個人的優異研究成果及寶貴的閱歷，分享心得及對未來前瞻性議題的看法。

貳、訪談紀要

問：請問陳主任過去求學經過，以及為何選地質科學？過去教學生涯中，願意分享大家的經驗？

答：說來話長，或許你們不相信，高中時期我對地球科學並沒有很大的興趣，在1974年的大專聯考中，因為考試成績很不理想，被分發至中國文化大學的地質學系，似乎冥冥中註定這一輩子就與地質科學結緣了。從大學時期的

開始接觸，對地質科學也從初步的瞭解中而逐漸產生興趣。1977年9月23日國道中山高速公路汐止收費站附近，因連日豪雨作用造成順向坡滑動，破壞災區範圍很大，災情慘重，老師帶著我們一群人至現場勘查，內心感受很深，對山崩與地質的關係有更深刻的體會，學習動力也與日俱增。1980年服完兵役後，進入亞新工程顧問公司服務，開始第一件的職場工作。從現場地質鑽探監工、地表地質調查、坡地調查等項目起步，並利用地質立體投影圖，進行邊坡穩定分析，並且涵蓋了坡體整治設計等規劃工作。工作期間，承蒙了歐晉德博士、胡邵敏博士、游坤、熊谷鎰、林永光、郭文祥等諸位先生從旁細心指導與協助，讓自己對於工程地質的實務有更進一步的瞭解。每天工作很充實，全國到處跑，那時體格健壯，皮膚曬得黝黑。公司只要有高速公路及其他工程發生山崩或邊坡滑動事件，我大概就會被分派至現場進行調查工作，久而久之便能駕輕就熟的處理各不同之災害事件，感覺很不錯，工作也很有成就感。

1984年間之偶然機會，我申請到英國倫敦大學國王學院地質科學系就讀，並獲得英方獎助金的提供，就離開亞新工程顧問公司，負笈飄洋到英國深造。在英國進修學習地質科學，在那濃郁學術研究風氣環境中，我就像海綿般的盡情吸收與挖掘工程地質領域中的無盡

(左1)陳正勳副理 (左2)吳文隆經理

寶藏。1989年獲得博士學位後，毅然回國服務，受聘於國立臺灣大學地質科學系擔任副教授，開始從事教職的工作，也將臺灣野外地質調查、山崩作為研究的重點。沒有多久，於1990年6月23日，中度颱風歐菲莉挾帶強風豪雨侵襲臺灣，花蓮縣秀林鄉銅門村，降雨強度達106mm/hr，累積近800mm的暴雨量造成銅門村13鄰旁小野溪溝，因山崩形成土石流，活埋原住民太魯閣族36人，房屋32棟全毀、11棟半毀，這是大家印象中第一個發生土石流災害的地方，我和土木系及生工系的老師們，在第一時間就親赴現場進行勘查工作。因銅門村

(右3)李順敏資深協理 (右2)王炤烈副總經理 (右1)陳宏宇主任

地處河階且緊臨陡峭山坡，加以附近地質構造破碎，極易產生崩坍，原住民居住地點非常危險，本來就不適合人民居住的地方，就極力建議不要在原址重建，必須要遷村，以免重複致災。從此以後，每次地質災害的發生，自己都會親赴現場調查瞭解，收集資料並進行研究，三十幾年來，各種地質災害幾乎無役不與，也讓自己瞭解到大自然的力量，威力無窮。

1994年8月6日道格強烈颱風來襲，造成台21線新中橫公路道路山崩，臺大實驗林和社營林區出現地層滑動事件，為了要瞭解災情，學校指派蔣本基、陳榮河、邱昌平等12位教授和我組成13個人的調查小組，前往災區調查，由於那時我是比較年輕及耐操的老師，所以大家共推我擔任小組召集人，負責各項聯絡及資料整合工作，在彙整調查報告後，順利完成了任務。隔兩年 (1996年)來了一個更大的強烈颱風賀伯，災情更嚴重，那時臺大陳維昭校長就請我們團隊再度去災區調查，當時許多當地居民因不瞭解周遭之地質環境，認為臺大實驗林所管理的轄區沒有做好水土保持的工作，而造成山崩及土石流的災害，在勘災期間，受到不少居民及輿論的質疑，甚至不諒解。還好勘災

團隊的成員對災區做了詳細的調查分析，瞭解致災原因，並面對民眾及媒體，詳實而努力的說明，讓大家清楚真相，取得大家的信任，終能順利解決各項疑點。

問：在2009年莫拉克風災，豪大雨作用造成臺灣中南部水災、山崩、土石流等重大災害，山區道路柔腸寸斷，政府委託您進行中南部原住民居住地安全評估調查，請問當時是如何完成此項任務？

答：2009年8月8日莫拉克颱風，引進西南氣流，短短的三天時間降下了近3,000mm的雨量，造成臺灣中南部山嶺地區之山崩、土石流等災害，道路路基流失，橋梁倒塌沖毀，道路柔腸寸斷，交通癱瘓，民眾家園被吞噬，房屋受損1,200棟以上，財產損失嚴重，人民死傷超過700人，災害之慘重，為歷年之最。

行政院莫拉克風災重建推動委員會為了更進一步了解分布於中南部山嶺地區之原住民聚落，是否能夠繼續居住，需要專業人員進行該聚落之安全評估作業。同年9月6日(星期日)下午五點，重建會陳振川副執行長及經建會黃萬翔副主委，邀請學者、專家假經建會之會議室召開臨時會議，希望能夠藉著大家的專業知識與經驗，儘快的進行各居住地的安全評估工作，會中受到大家的推舉，擔任了召集人的工作。由於工作量龐大，時間緊迫，因此邀集了全國土木、結構、水利、大地、水保、應用地質等六個技師公會的技師，14所大專院校的學者，以及中華、中興、中鼎、亞新工程顧問公司的專家們，共同組成勘災團隊，分成12個小組，親赴各受災聚落進行調查。由於當時仍有部分山區道路中斷，而且天氣尚未穩定，在險惡環境下，為了親赴現場調查，許多學者、專家還冒著生命危險搭乘直昇機進入災區進行評估工作。第一階段歷時12個星期的時間，完成55個受災村落的調查結果。第一階段的工作結束後，大家並親赴災區舉辦了32場公聽會與居民面對面溝通，說明調查評估結果，讓居民能夠真實的了解他們居住地的安全狀況，以便進行遷村或重建的工作。在整個勘災工作期間，所有的學者、專家們無私無我的全心投入，讓自己感念萬分。到現在為止，每次遇到這些伙伴，心頭總會湧上十二萬分的謝意！

問：臺灣地質構造複雜，地形陡峭，河川侵蝕嚴重，加上豪雨及地震作用，請問我們應如何面對土地開發的問題？

答：臺灣地質構造複雜，除地震頻繁外，板塊運動每年約以0.5~0.7公分的速率向上抬昇，

陳宏宇主任

而颱風豪雨所造成侵蝕作用每年約有0.3~0.6公分，抬昇速率幾乎與侵蝕速率相等，所以高山之土石就由河流帶下來，形成沖積平原或流入海中。根據研究臺灣有150條河流在近30年來，每年輸出量約3.84億噸土砂，占全世界約1.9%，反觀巴西的亞馬遜河、中國的長江每年輸出量約4.8億至12億噸的土砂，但臺灣面積比亞馬遜河或中國長江流域面積小很多，只佔全世界陸地面積的0.02%，簡直是小巫見大巫，可見臺灣的河流沖刷量，高得嚇人。

也就是這樣的特殊環境，臺灣許多地區皆位於地質敏感區，加上山坡地違法使用，種植高經濟作物，土地的超限利用、濫墾、濫植，興建民宅、民宿、旅館，都未能有效管制，使得山嶺地區之過度開發處處可見。每逢地震或颱風豪雨來臨時，即產生嚴重的災情，歷史的教訓，一幕一幕的重演。其實，這些不應該是宿命，也不應該是歷史的共業，而是我們大家要一起共同面對解決的嚴肅問題。事實上，我國山坡地建築之法令及相關規定已足夠完整，只是欠缺執行力的實現而已。例如南投縣信義鄉台21線里程105k旁之隆華國小的校址，位於地質敏感區，過去多年，經過學者、專家的評估為不安全，不應該原址重建任何建物，但自1996年賀伯颱風至今，該校區已經因為颱風豪雨的作用而倒塌沖毀三次，卻也經過三次的原地重建，直至莫拉克颱風將整個校區的建物沖刷並搬離至河床上，令人觸目驚心，真是打死不怕，置師生安全於險境。

記得1996年賀伯颱風造成神木村土石流災害，死傷嚴重，由於位於地質敏感區屬不安全村落，當時就有許多學者、專家主張不能重建，要遷村，但居民希望回去原址，反對遷村，嗣後歷經多次重複致災，不斷地受到土石流的肆虐，居民最後終於想通了，搬離了這個地質災害的夢魘地區。回憶當時，有關地質敏感及遷村的說明，常常受到居民及地方政府的冷嘲熱諷。不過大家還是就事論事，秉持知識份子的良心，說出專業上的判斷。近20年來，極端氣候的衝擊，讓大家總感受到大自然的力量，我們無法人定勝天，必須與老天共存共榮。豪大雨來臨時，該暫時撤離潛在的地質敏感區時，就應聽從指令，儘速撤離。我經常說：「短暫十個小時的委屈，可以保全一生的生命，永續一世的幸福」。日本廣島縣廣島市安佐南北區，於2014年8月20日凌晨3點20分左右發生土石流災害，造成74人死亡，44人輕重傷的慘劇，從現場空照圖發現，災區上邊坡林相完整，坡腳處卻是房舍密集、土地過度開發。因此，在2個半小時累積降雨量達247mm之「短延時，強降雨」的衝擊下，再度重演1999年之土石流及山崩災害，實在令人感觸很深。

陳宏宇主任介紹中央災害應變中心

問：當前面對全球氣候變遷，自然條件變化無法掌握，在工程規劃要考量那些方面？

答：近年來全球氣候變遷，極端氣候異於以往，世界不是發生特大豪雨而造成水災，就是不下雨而發生乾旱缺水情形。另外，氣溫方面的變化幅度也變大，常常是處於極冷氣流與高溫熱浪間，這種自然條件的變化是無法掌握的。根據國家災害防救科技中心過去的研究顯示，極端強降雨的颱風在2000年以後發生的頻率，遠超過1970~1999年期間，而2009年8月8日重創臺灣的莫拉克颱風，更是史上排名第一的極端強降雨颱風。這些無法預測的變化，在工程規劃方面，不宜用過去慣用的思考方式來進行，而是要以災害風險的全新思維，包括資料的收集、詳細的環境調查及分析，提高工程的設計標準，加強該項工程及其周遭環境設施之防災能力，同時也需要開發關鍵技術，以及整合各項因子，來進行極端氣候之災害風險的分析與評估，繪製災害風險地圖，以最佳的規劃，考量各種災害發生的情境，才可以降低氣候變遷之災害衝擊。

問：貴中心在地質、大地工程科技防災等方面之研究成果，有那些值得與大家分享的寶貴經驗。

答：本中心前身最早於1997年11月行政院國家科學委員會成立「防災國家暨科技計畫辦公室」，主持人由顏清連教授擔任。2003年7月改制成立「國家災害防救災科技中心」隸屬財團法人國家實驗研究院，為政府之災害防救科技幕僚。在陳亮全前主任率領同仁的努力下，並配合政府的組織再造，有效率而持續地推動、落實災害防救的研發及應用工作。本中心於2014年5月6日改制成「行政法人」，隸屬科技部下的行政法人機構，以便順利執行各項防救災任務，在此同時我的職務也由本中心兼職副主任，調整為專職主任。

本中心核心研究的課題相當多，牽涉專業領域的範圍很大，因此必須整合跨域之研發能量，考量災害變化與國際防災的趨勢，並配合政府與實務的需求，規劃推動一系列災防研發的課題，包含：颱風、洪水、地震等應變與減災研究，進行氣候變遷、複合性災害等新興議題的規劃，並推動防災資訊、社會經濟面向的研發、政策體制的研議、國際交流的合作等各項工作，希望能夠運用堅實的研究成果來協助

政策的執行，進而提升社會整體的抗災能力。此外也透過協力(大專院校、研究機構)機制，強化地方政府災害防救作業的效能，並加強基層防災教育、防災社區之推動工作，以有效減輕災害事件之危害，其成效正在逐年的展現。

另外，本中心也協助「行政院災害防救專家諮詢委員會」的學者、專家們，彙整諸多災害防救工作上的科技研發資訊，提供政府一些政策建議及諮詢。

問：貴中心為災害防救科技幕僚，在平時、災害應變期間、重大災害後之工作有那些？

答：山崩、土石流、颱風、洪水、地震等自然災害是無情的，所以大家要體會及實踐「災前預警」、「災中整備」、「災後復建」等三個原則，平時就須要有充分的準備與調查分析研究。本中心在平時，便會針對防災與減災科技的議題，進行研發規劃與應用落實的研究，與國內大專院校如臺大、成大等10個學校簽約，進行長期的合作研究計畫。在政府機關方面，與內政部營建署、交通部中央氣象局、公路總局、經濟部水利署、農委會水保局等，也有合作的研發工作。平時最重要的便是做好基本資料的建置，預測模式的開發，疏散避難計畫之規劃等，例如從某個地區氣象降雨量之資訊中，要能預測該地區地表會有多少淹水狀況出現？會不會造成周遭集水區產生土石流、山崩災害？淹水有多高?要能事先進行預測評估，並於事件後至現地進行調查及驗證，若模式預測不準，則需經常配合現地情況加以修正，以便提供應變使用。

於災害應變期間，本中心為科技部災害應變的窗口，協助參與「中央災害應變中心」進行情資研判的工作。標準作業程序為當中央氣象局發佈海上颱風警報及陸上颱風警報時，本中心工作同仁配合中央災害應變中心進行「二級開設」及「一級開設」的階段作業，各相關單位人員全天候24小時進行颱風登陸前、後之各種情資的匯整及研判工作，直至陸上颱風警報解除為止。

在「中央災害應變中心」因為陸上颱風警報的發布而進入「一級開設」的作業階段時，大概就是本中心工作同仁們最為忙碌的時候了，他們必須將平常研發建置的基本資訊，以及介接各相關部會的分析資料，就雨量分布的「氣象」，淹水狀況的「水象」，以及山崩、土石流潛勢的「土象」，一併整合進行情資的分析、研判，以提供給「中央災害應變中心」的指揮官，作為防救災決策的參考。這個為指揮官提供參謀作業的方式，也就是毛治國院長多年來強調「為指而參」的運作程序，已經被

落實在這個指揮系統上了。

歷年來的這些情資研判資料，以及各項示警資訊和現地監測的實際變化，都被建置於本中心網站內的「災害示警平台」。

在災害應變中較為特殊的，當屬2014年7月31日深夜，在高雄市前鎮區、苓雅區發生的石化氣爆炸事件。氣爆事件發生當時，自己正在日本訪問，得知訊息後，立刻取消行程，於隔日8月1日馬上搭機回臺北，並和中心同仁一起進駐應變中心，將災區之各種地下管線，包括電訊、電力、瓦斯、自來水管、油管、工業用管線、排水管、排水箱涵等一一套繪於圖上，並惠請高雄第一科技大學利用遙控小飛機(UAV)，第一時間進行災區之空中攝影，以瞭解現場實際爆炸的狀況，以及災區的實際範圍。

從第一時間的管線匯整資料以及空拍照片，我們發現氣爆是沿著凱旋三路的排水箱涵發生，箱涵內可能尚殘留著丙烯化合物，而午後雷陣雨的狀況，可能會使得已經破壞的排水箱涵鄰近區域，因為排水系統的損壞，會產生淹水現象。因此建議相關單位不僅要先行疏散箱涵氣爆沿線的住家，並且應該於氣爆現場建置大型抽水機，以利午後局部雷陣雨的排水用途。由於匯整資料快速，情資研判正確。因此，第一階段的避災、減災工作，便能很快的達成。

問：我國災科技工作與國外防救災科技水準有何差異？

答：我們臺灣位於環太平洋地震帶，地震頻繁，地形陡峭、地質構造複雜，加上位於北半球太平洋颱風最頻繁的路徑上，颱風多、降雨量大。依據世界銀行2005年出版的報告「天然災害熱區－全球風險分析」中指出，臺灣是世界上最易受到天然災害威脅的地方，報告指出約有73%的人口與土地面積有三種以上災害可能威脅之地區，屬全球災害高風險的區域。因此我國早在1997年11月國科會成立「防災國家型科技計畫辦公室」，至今成立本中心，已歷17個寒暑，長期投入人力、物力、財力進行研究與災害分析與推廣應用，資料累積愈來愈多，經驗愈來愈豐富，成效也愈來愈顯著。除平常有許多國外機構、單位、學者來參訪外，本中心與世界上許多國家也有合作，包括日本、南韓、美國以及義大利等，並因為中心同仁擔任APEC緊急應變工作小組(EPWG)的共同主席職務，推升了我國防救災科技與國際專業的接軌，並促進了災防科技在國際上的合作與

交流分享。目前本中心之災防科技的研發、應用及建置方面，是相當具有國際的水準，但由於我們天然災害較其他國家多，因此仍須持續不斷地努力，建置各種災害潛勢的分析模式，進行多樣性的災害分析工作，隨時掌握各項可能的災害衝擊，以降低災害的風險。

後記

承蒙　陳主任於公務繁忙中撥冗接受專訪，讓本刊大開眼界。他從過去學習生涯，以及參與歷次山崩、土石流災害調查之經驗，到臨危授命辦理莫拉克風災之原住民居住地的安全評估調查工作的精神，令人動容。他也對臺灣所面對土地開發的問題、災防科技中心的設立，以及核心研究課題，目前災防工作，及和

(左)王炤烈副總經理　(右)陳宏宇主任

國際間交流的情形，提出看法與建議。訪談中陳主任很關心臺灣工程建設所要考量的防災理念，也對臺灣寶島這一塊土地非常的熱愛，陳主任踏過每一處的災區，拍照達十萬張以上，可謂無役不與，領導災害防救科技中心全體同仁，積極從事防救災科技的研發應用，為建立一個美好、安全的家園，確保人民生命財產安全而努力不懈，令人由衷的佩服。

(左1)王炤烈副總經理　(左2)陳宏宇主任　(右3)李順敏資深協理　(右2)吳文隆經理　(右1)陳正勳副理