



編者的話

林銘郎

主題：莫拉克風災四週年

～ 複合型災害調查與重建專輯

2009年重創台灣的莫拉克颱風災害(八八風災)轉眼已過4年，在國人與政府共同努力下，讓基礎建設重建、家園重建、區域產業重建三大重建工作得以順利展開，大部份的災區已逐步恢復平靜的生活。回顧四年前在莫拉克風災之後，地工界(地工技術基金會、大地工程學會、以及許多地工界伙伴)發起民間自主勘災計畫，群策群力分工進行勘災工作，當年即時出版了地工技術122期-莫拉克颱風之地工災害專輯，將勘災成果與大眾共享，期能系統性地保存第一手勘災資料與經驗，除了提醒吾輩記取教訓，亦是後續重建與研究的重要資源，並於2009年12月25日舉辦了地工技術第23次研討會～莫拉克颱風之地工災害，該次研討會活動是地工技術基金會近幾年來所辦的研討活動大家反應最熱烈的一次，參加的人數也是最多的(詳見124期的報導)。地工技術的編輯群也決定在重建滿四年後2013年的9月，再編輯出版一期專輯-莫拉克風災四週年～複合型災害調查與重建。

莫拉克颱風災害是台灣自1959年八七水災後50年以來因颱風豪雨引致最大的天然災害事件，其具有下述特色：雨量超大、災區廣大、數量龐大的大規模崩塌、土石流、洪水等掩埋房舍人員無數、損毀橋樑百餘座、公路柔腸寸斷、破壞堤防護岸及沿岸房舍、造成水庫及堰壩受損或淤積。這些災害在基礎建設重建方面所引起注意的關鍵課題包括：極端氣候、巨型天然災害、複合型災害等。在這類極端氣候及巨型天然災害肆虐之下，我們應該就這種非常態性極端氣候條件產生的複合性災害，利用此次莫拉克災害案例，進行較深入的研究，研究成果可作為政府防災部門的參考應用。極端事件巨型天然災害的結果是災害規模大而且常是複合型災害，破壞的數量與規模是從點的局部破壞到線與面的全面破壞。就邊坡災害而言，從坡體崩壞如何從崩崖逐漸發展擴大，是否可以事先就將這些大規模邊坡破壞的潛在區域判釋出來；是否可以了解由劇烈降雨引致崩塌、然後崩塌誘發土石流的機制與影響範圍；是否可以

了解大範圍集水區內，豪雨引致河道的洪峰水位，分析在洪水水位變化中沖刷攻擊河堤趾部基礎擋土牆或洪水溢淹對河堤穩定性之影響；由於巨型天然災害後大自然復原所須時間較長，多種災因包括豪雨、地震、土砂遷移等可能先後或同時疊加於受災的區域；以及極端事件代表發生的機率低，其發生機率之迴歸期可能遠大於一般土木工程設施原有設計考量之使用年限，新設計工程結構如何因應這些發生機率低的極端事件進行經濟合理設計、已有結構物如何在有限的資源下合乎邏輯與經濟性的進行維修補強等問題，都值得細心深入研究。

本期專輯第一篇為公路總局新工組長鄧文廣博士和鍾漢賢先生所發表之「台24線第一號橋(霧台谷川大橋)之復建與挑戰」，台24線「第一號橋」位於屏東縣三地門鄉與霧臺鄉之交界，跨越隘寮北溪，是三地門鄉與霧臺鄉間重要橋樑，其在莫拉克颱風災害中原橋遭洪流沖毀，河道也被沖寬至200公尺，河床大量淤高，且原橋址上游附近就有大規模崩塌及土石流潛勢災害，形成重建橋梁橋墩甚高、基礎甚深之高風險及高挑戰性施工環境。莫拉克風災後，為加速山區道路跨河橋梁重建並減少對坡地大面積開挖，橋墩基礎大都設計為井筒式基礎，對於落墩於行水區之井筒基礎，考量河床堆積層有循環被沖刷之可能，故須將井筒基礎設置於岩盤面下，因而穿越河床堆積層之開挖可採臨時沉箱下沉以擋土，當沉箱坎入岩盤後再於岩盤內開挖井筒基礎。本工程最艱鉅處是矗立於主河道區的P3墩井筒基礎深度34公尺，墩柱高度74公尺，大概25層樓高，已超越國道六號國姓交流道68.1公尺高的橋墩，而成為國內橋墩高度最高之橋梁。本文除介紹本橋梁設計環境背景及設計考量因素外，針對P3墩井筒基礎施工過程中所遭遇湧水、開挖壁面坍孔等困境處理過程及其解決對策之成效進行報告與探討，並剖析上部結構各單元箱型梁不同施工法之特色及技術上須克服之難題，有助日後進行類似橋梁施工時之借鏡及精進作為之參考。目前下部結構(含井筒式基礎及墩柱)已施工完成，上部結構部份正施工中，預計2013年8月底竣工。

第二篇是農委會水土保持局科長尹孝元

2 編者的話

博士等所發表之「莫拉克風災後集水區水土保持策略分析與展望」，針對台灣中、南部各重大受災集水區共18處積極推動水土保持重建工作，相關工作主要以子集水區為單元，全方位考量土砂平衡、水文平衡、生態保育、環境營造及坡地管理等各影響層面，並評估各子集水區不同的致災潛勢後予以分級，接著針對各子集水區可能產生的土砂問題據以擬定相對應之水土保持策略及規劃後，最後再提出保育治理計畫並進行水土保持整治工作。期間同時針對各整治後的子集水區，依據集水區整體調查規劃參考手冊建立保護生命財產安全、土砂生產整治率、洪峰流量整治率及環境保育整治率等4項評估指標，進行成效評估，相關評估結果回饋至保育治理計畫，同時實施滾動式的檢討修正，以逐步達成各級災後集水區之水土保持目標，保障災區民眾生命財產的安全。

第三篇是台灣世曦工程顧問股份有限公司陳俊定正工程師等人所發表的「莫拉克災後公路邊坡及橋梁復建之地工挑戰」，以台18線阿里山公路59.1K為例，作為考慮長期重建為目標之重要公路相關設計與施工考量；另以嘉義縣道案例，說明其部份路段因災害範圍較廣、邊坡滑動面深度較深且需維持既有交通營運及受限工程經費等因素，僅能採較簡易之工法進行修復，採即壞即修之方式進行設計與施工的因應作法。在巨災過後，有些路段可能受限機關經費或破壞面範圍過大等因素，無法全面進行整治，亦建議加強監測以避免重覆致災之情事發生。

第四篇是經濟部中央地質調查所科長侯進雄博士等人發表之「莫拉克災區高解析度數值地形製作及地質災害調查」，文中詳細介紹了經濟部中央地質調查所自2010年起以3年時間利用空載光達完成莫拉克受災區域的地形掃描，產製1m X 1m高解析度數值地形及同步的航照正射影像，藉以建立災後高精度的數值地形資料庫，提供作為國土保育以及坡地土地利用與管理之基本資料，並應用於調查分析地質敏感區、地質特性與地形、地質災害潛勢評估與水系特性分析等；其中尤其是對於潛在大規模崩的判釋與調查視為重點工作，經過初步之判釋與現地調查結果，臺灣中部與南部地區可找出超過數百處可能屬於大規模崩塌的潛勢區域，並對於有聚落保全對象的崩塌潛勢區域設置單頻的GPS接收儀、雨量計與經緯儀測距儀器等簡易監測儀器，藉以觀察各崩場地的地表滑動趨勢與活動性，未來再針對高活動區域逐步進行地質鑽探、測傾管、孔內伸縮計、地表

伸張計、地層變位計等細部觀測。像這樣全面性的產製災後高解析度數值地形資料與大規模崩塌的潛勢區域的作法，可能是全世界之首創。

第五篇是華梵大學環境與防災設計學系陳晉琪教授等人所發表之「崩塌誘發土石流之數值模擬研究：以南台灣紅水仙野溪為例」，文中針對小集水區高崩塌率所引致之土石流災害事件，以南台灣六龜區新發村之紅水仙野溪為對象，收集與調查紅水仙集水區之水文與地文特性資料，並於室內外分析土砂漿體之流變特性，使用FLO-2D模式進行土石流案例之數值模擬研究，並探討土石流入流歷線、土石流流量與清水洪峰流量的關係，以及分析濃度與曼寧係數對模擬結果的影響。最後，比較現地調查資料，決定出適合於本案例之模擬參數。本文成果將可提供未來小集水區高崩塌率所引致之土石流災害事件模擬分析或評估土石流危險區域之參考。

第六篇是中央大學土木工程系黃文昭教授等人所發表之「極端降雨下堤防破壞機制探討－以舊寮一號堤防為例」，針對堤內外水位變化來探討堤防邊坡及堤防基礎擋土牆可能的四種破壞機制。研究結果顯示舊寮一號堤防之破壞機制可能為位於河流凹岸之河床受到淘刷，當堤內的水位接近堤頂時，而堤外水位剛開始洩降時，此時堤防會因為穩態滲流下之堤防邊坡破壞和堤防基礎的滑動破壞而導致其產生全面潰堤。由莫拉克颱風後之復建堤防設計斷面來看，其新的設計斷面最顯著的特點是增加了堤防基礎擋土牆下排樁，這些排樁在堤防基礎擋土牆穩定性分析中可發揮額外的摩擦阻抗而使得堤防基礎安全性上升，因此復建之堤防設計斷面是可以有效解決本文中所探討的特定破壞問題。

第七篇是台灣大學土木工程系楊峻等所發表之「極端氣候下之尖峰流量估算－以高屏溪流域為例」，颱風豪雨所造成之洪峰量常超出防洪結構物的設計標準，然而在檢視防洪結構物安全性的同時，卻往往因缺乏實測數據而造成評估上的困難。為求在未來極端氣候發生時能以有限的實測資料推估河川尖峰流量，本文以合理化公式為基礎，將其簡化後得到適用於極端氣候之尖峰流量計算公式，並藉由曼寧公式估算高屏溪流域在莫拉克颱風期間之水位與平均流速，為堤防安全性評估以及洪水溢流分析提供較為簡便的估算方法。文中將研究成果與水利署公布在莫拉克風災後所修訂公布之100年重現期尖峰流量計算結果以及莫拉克颱風之洪峰流量估算值進行雙重驗證，其比對結

果皆能顯示本文所採用之計算公式在高流量計算下與實測值及傳統計算模式上有不錯的吻合度。故在單純以求取河道尖峰流量為目的之情況下，本文以簡化後之合理化公式取代如單位歷線法等較為複雜之計算公式，不僅在參數給定及計算方面更為便利，並且在估算極端氣候下所產生之高尖峰流量以及洪水溢流預測上皆有一定準確度，使得研究者可快速取得所需的尖峰流量值以供研究之參考。

第八篇是淡江大學水資源及環境工程學系黃富國教授等人所發表之「荖濃河流域六龜區坡地受震位移之危害度分析」，本文針對莫拉克颱風後高雄荖濃河流域旁之六龜區坡地為例，利用與地震危害度譜和(hazard consistent)之成對震力參數(最大地表加速度PGA 及地震規模M)，考慮地文因子之變異性，應用蒙特卡羅模擬(Monte Carlo simulation, MCS)，來分析及探討邊坡受像莫拉克颱風之自然環境巨災衝擊後，將來受震所可能引致之Newmark 永久位移量，並繪製對應475年及2475年地震回歸期之永久位移危害度空間分布圖，本文成果可作為類似莫拉克災區邊坡擬定其邊坡受震防災策略之參考。

除了上述八篇與專輯主題相關之論文外，本專輯更納入工程案例回顧專欄，由中興工程顧問公司盧志杰、鄒瑞卿兩位先生所撰寫之「石門水庫開發工程簡述」，石門水庫工程自1956年7月開始興建、1964年6月竣工，其間在1963年9月安全渡過了葛樂禮颱風侵襲，自蓄水以來已經服役逾50年，營運期間雖歷經大壩心層加高、水庫淤泥排除、風災後加設分層取水工及發電廠改建為排砂隧道等重大工程議題，使水庫在安全狀況下得以永續經營利用，是一非常成功的工程案例，值得分享借鏡學習。

工程地質研討會(24)專欄，由國家災害防救科技中心柯明淳助理研究員等所撰寫之「大甲溪與青山電廠工程地質研討會與會報導」，大甲溪流域，自然資源豐富地質景觀迷人，谷關以溫泉聞名，地工技術基金會30周年紀念刊物-地工開物特刊的封面與許多珍貴的地質與工程照片，都見證了大甲溪中游谷關-德基的地質之美與工程成就。自集集地震後，大規模山崩土石流現象與大甲溪河道中的土砂遷移對谷關電廠、天輪壩、青山電廠復建工程、台八線中橫公路谷關德基段復建、谷關風景特定區等的影響甚鉅，甚或直接影響到這些大型土木水利工程的安全或功能，考驗了工程師的技藝工法與永續利用決心。其中台電公司大甲溪發電廠青山分廠位於大甲溪中游，為台電公司最大的慣常水力發電廠。2004

年敏督利颱風(72水災)，大甲溪流域德基水庫下游河段嚴重淤積，青山分廠遭洪水灌入，造成地下廠房區淹水，尾水出口遭土石掩埋。為儘早恢復青山分廠發電功能，繼續維護大甲溪相關發電設施及水壩安全與正常運作，並配合水利管理機關各項措施，確保大台中地區民生供水無虞，青山分廠目前正遵循「順應自然、尊重自然、不對抗自然」的基本原則，進行各項復建工程。利用此一現勘研討會，與會學員與中興工程顧問公司與臺灣電力公司的工程與地質先進們在復建工程的現地，展開了一場天、地、山、水、人間，藉由地質的紀錄，探討過去、現在以及未來永續經營的精彩對話。

地工開物特刊的封面與許多珍貴的地質與工程照片，廣受好評，因此未來每兩期的地工技術就會有一期地工照片說明專欄，記錄當時重要的工程建設照片與說明，本期由江政恩、何樹根兩位先生所提供的地工照片說明專欄「大甲溪電廠青山分廠復建工程」，所呈現的就是青山分廠工程在敏督利颱風後受損照片及復建過程中的珍貴照片，未來得以集結成冊，與讀者分享珍藏。

在本專輯即將付梓時刻，2013年8月31日的枋山二號隧道東口自強號脫軌意外受到媒體與國人矚目，由董家鈞教授等人提供特別報導專欄「枋山二號隧道東口自強號脫軌意外特別報導」，就其地質地形與天然災害潛勢背景與致災可能原因作一整理報導，提供給地工技術的讀者參考。

本專輯也要特別感謝中央大學李錫堤教授就此專題特色所提供之贈言：「活動造山帶的地質災害問題」，李教授諄諄善誘的說明，台灣位處歐亞板塊與菲律賓島弧的碰撞帶，因碰撞作用而造山，在台灣造山帶中，高密度的斷層、高頻度的地震、高速率的侵蝕、快速的地形變動等，加以颱風豪大雨侵襲，造成了複合型天然災害，並擴大了災害規模及其後續影響，加上近年來極端氣候更使得災害規模及頻度有提高的現象，在這種惡劣的環境下，我們必須更謹慎的來面對問題，並尋求與大自然共處之道。今年2013年8月8日，本人正好和李錫堤教授、董家鈞教授和董教授的學生在四川安縣大光包滑坡作現地調查，大光包滑坡崩滑體達7.5億立方公尺(是921草嶺地震滑坡的6倍)，於2008年5月12日汶川地震時受震滑落，是百年來世界最大的山崩之一，李教授一馬當先的爬上高差達500公尺兩側都是懸崖峭壁的山稜線，找到因新崩而出露的滑動面露頭與滑動材料，其追求事實真相的精神與嚴謹態度令人動容，足為典範。