

# 地工技術

## 編者的話

李安叡 洪濤

### 主題：大規模崩塌地之調查與分析

2019年初，感謝總編輯歐章煜老師以及編輯委員們的鼓勵與推薦，我們兩位很榮幸能接受地工技術「大規模崩塌地的調查與分析」專輯編輯的服務機會。本期由於配合出版順序之調整，我們兩位編輯從邀稿到最終的審查與出版，時間著實緊湊。沒有大家的鼎力協助，這樣艱鉅與緊湊的任務是無法完成的。

所謂大規模崩塌地，崩塌面積大於10公頃、崩塌體積超過10萬立方公尺、崩塌深度在10公尺以上者稱之。1990年發生梨山地滑，滑動區域面積約230公頃，地滑區包括松茂地區、老部落地區及新佳陽地區等。1999年921地震帶來南投九份二山與草嶺山崩塌，兩起事件共造成上百人喪身，並形成堰塞湖。2009年莫拉克颱風帶來小林村滅村事件，共計超過400人的死亡與失蹤，本事件也是國內因強降雨造成死亡人數最多案例。

大規模崩塌地過往都是發生破壞後，才受到大家的重視，崩塌地的整治則需要仰賴完整地質調查與專業的判釋、精確的數值分析、並須搭配完善的監測規劃，才有機會避免破壞再次發生，然而這些工作往往耗時費力，目前依然是工程界艱鉅的挑戰。本專輯有幸邀請國內在此領域的先進專家，與各位分享他們在大規模崩塌問題的鑽研與發現。內容包含現地調查、崩塌地判釋、模型試驗、數值分析與整治案例的探討，基本上與大規模崩塌地打交道所需考量的項目都做了探討與介紹，當然還包括目前一些較先進的且上未完全應用的數值分析技術。

本期共收錄十篇，第一篇由青山工程顧問廖瑞堂博士等所著作之「崩塌地深層滑動是坡地的重大疾病，但不是絕症~以阿里山公路五灣仔崩塌地為例」，以實際整治位於臺18線阿里山公路約42~45K間一處大規模深層滑動的崩塌地之案例做一完整探討。廖博士的團隊進行詳細的地質調查、地下水調查，找出其滑動

機制後，提出了分期整治規劃加以執行；廖博士等的成果探討如何透過深入與周延的調查，提出有效的整治對策，使五灣仔崩塌地的深層滑動，受到很好的控制。

第二篇由中央大學黃文昭教授等所著作之「以離心模型及數值模型探討岩石邊坡破壞之尺度效應影響」。黃教授等成果指出，隨順向坡尺度增加，坡體內部產生折彎變形區域亦更為明顯，堆積區的崩滑量體主要位於坡趾處，其正規化堆積長度隨尺度增加而增加，而正規化堆積高度則大致不變。簡化逆向坡模型之破壞以撓曲傾倒破壞為主，而坡體變形區下方為潛在破壞面，逐步向坡體內部及上方發展，隨逆向坡尺度增加，變形區及破壞區朝邊坡更內部發展，且範圍更大。

第三篇由成功大學林冠璋教授等所著作之「大規模崩塌之促崩降雨分析」，透過對寬頻地震網紀錄的崩塌訊號辨識，從中獲取崩塌的發生時間資訊，用於進行歷史災害事件的降雨資訊分析。此研究辨釋出158個由崩塌所引致的地動訊號，並成功與崩塌地配對。其中89處崩塌進一步統計了各崩塌事件發生時的平均降雨強度、降雨延時，以及有效降雨量，並以累積機率5%作為促崩降雨門檻，而獲得各種降雨警戒值。促崩降雨統計分析顯示大規模崩塌多數發生於累積降雨量大於497 mm、降雨延時24小時以上，綜合各項降雨條件將可做為制定大規模崩塌警戒模式之基礎。

第四篇由臺灣科技大學李安叡教授等所著作之「岩石邊坡自動化評估系統」。李教授等的研究關注在邊坡穩定的議題上，根據前人的研究，Hoek-Brown破壞準則比較Mohr-Coulomb破壞準則可提供較好的岩石邊坡穩定性評估。此外人工智慧技術提供了重複性工作的便利性並且可以維持其精準度，因此最後本研究再導入人工智慧的方式，可以更快速且方便的評估岩石邊坡的穩定性。

第五篇由成功大學洪瀟教授等所著作之「應用有限離散元素法於分析大規模同震山崩」。此研究以2016年熊本地震引致阿蘇地區大規模同震山崩事件為案例，透過鏈結有限元與分離元素法建構一同震山崩分析模式，完整分析山崩災害發生前期破壞機制暨崩塌起始後之動態滑移過程，並指出垂直向加速度對同震山崩的動態行為影響不顯著，但在破壞機制中於辨識崩塌發生時間扮演重要角色。洪教授的研究團隊成果提出鏈結有限離散元素法之概念，具應用於其它同時具破壞機制與動態行為之地工與防災議題之潛力。

第六篇由臺灣大學林美聆教授等所著作之「大規模崩塌判釋圈繪方法之建立及驗證」。林教授等主要探討大規模崩塌之圈繪判釋方法，選取兩案例研究區分別說明兩種方式之圖資判釋方法：研究案例一以航照配合數值地形方法應用於南投地區；研究案例二則以光達數值地形方法應用於高雄地區。分析成果發現：案例一大規模崩塌範圍和原本航照判釋大致相符合，案例二大規模崩塌則找出上坡方向第二處崩崖，並將範圍編修為較大之判釋範圍。林教授等建議大規模崩塌圈繪宜以彙整使用多尺度圖資進行判釋，並利用不同圖資判釋比對及穩定分析進行驗證，藉以建立大規模崩塌完整合理之圈繪，應可得到大規模崩塌之良好範圍成果。

第七篇由國家災防救科技中心陳麒文博士等所著作之「以土壤雨量指數建立臺灣坡地災害預警系統之可行性探討」。陳博士等利用2006 - 2017年間發生的坡地災害，分析臺灣誘發坡地災害發生之降雨事件期間的SWI與NSWI變化。陳博士等指出，平均來說，坡地災害發生在NSWI最大值出現後的3.42小時之內；並進一步將NSWI區分成六個範圍，依此對全臺灣的坡地災害發生的可能性，定義不同的警戒等級。最後陳博士提出，未來若能進一步串接即時雨量，甚至未來數小時的預估雨量，將可提供臺灣在坡地災害預警系統上的一重大突破。

第八篇由暨南國際大學王國隆教授等所著作之「運用差分干涉合成孔徑雷達技術(DInSAR)與模糊歸屬度分析邊坡潛在滑動範圍」。王教授等本運用模糊歸屬度重新分類DInSAR產製的地表垂直變形量，提出可快速分析出大面積內的潛在滑動範圍，結合多時序像對的劃設成果，提供潛在滑動區域的參考指標。

第九篇由中山大學林俊宏教授等所著作之「地球物理技術於大規模崩場地調查之應用評析」。林教授等將地球物理技術運用於大規模崩場地的調查，並針對如何調查與所使用的技術給出精闢見解。林教授等指出，大型崩場地調查之鑽探規劃前的先導調查，以被動式震測較具可行性；地電阻探測法不適合做為先導調查技術，但可搭配鑽孔進行孔對地地電阻探測法提升電阻深度解析度；應用電磁波技術之時域反射儀錯動監測技術可輔助測傾管以較經濟之方式達到滑動監測自動化之目標。

第十篇由雲林科技大學張睦雄教授等所著作之「土壤液化分析地下水位參數之設置」，探討土壤液化分析過程地下水位參數之錯置問題、以及可能造成影響。張教授等指出，關於鑽探水位如何設置，以鑽探作業與迴水循環停止後1日~1週之水位相較最為合適。

最後，非常感激陳宏宇老師贈言，「期勉大家研發災防科技 落實應用服務」，本專輯的內容不可說不完整。

考量目前全球暖化引起氣候劇烈變化，極端氣候發生的頻率已大增。臺灣位處環太平洋地震帶並肇因地質條件特殊之先天條件，對於極端氣候的影響更為敏感。我國工程與學術界一直以來，持續努力不懈的期待將大規模崩塌問題做更精進地探討，提出更有效的預防或處理對策。作為編者，我們兩位不再贅述，請各位學術界與工程界的先進詳閱各篇，期待與大家一起共同討論激發新想法，一同「研發災防科技 落實應用服務」，最終更有效地面對與克服大規模崩場地之挑戰。

# 地工技術

李安叡

洪濤

其實本人碩士班在臺科大林宏達教授的指導下完成連續壁開挖的三維數值分析模擬，屬於深開挖的工程問題。當年我只是想繼續念書，沒有想太多也沒太挑研究題目，因緣際會來到較為冷門的澳大利亞唸書，原因很簡單只是因為獎學金。還記得我的指導教授(Dr Richard Merifield)要求我利用電話面試，坦白說不緊張是騙人的。面試的當天早上，用零零落落的英文跟他聊完，很意外準備的一堆研究主題資料都沒用上，也沒問一些艱難的學術問題，只有提到碩士的題目與研究內容，其他就是話家常的聊些生活興趣等問題就結束了，最後他只說來申請。後來私下的聊天中得知，他要測試的只是我的勇氣，其他能力都可以再訓練，我想這或許我喜歡土木工程的原因，或許我們無法挑戰大自然，但是我們可挑戰科學知識，用以解決困難的工程問題。由於我有三維數值分析的背景，在我唸書的時代，工程界是知道三維邊坡穩定的問題，但是學術界的實際發表成果不算多，或許可算是某種程度的學用落差，推測多半是電腦運算速度的關係，不過也因此博士研究很重要的一部分是在處理邊坡三維數值分析的問題。我的研究主題從此也踏入了邊坡穩定的領域。

在澳大利亞，有少數地區可能有類似蘇花公路的問題，但是大多地方人煙稀少，不像蘇花公路對臺灣的重要性。由於澳大利亞幅員廣大，一般區域也不常見邊坡破壞問題，大多的邊坡穩定問題發生在礦場，但是礦場內的邊坡大多是臨時性的，因此設計上不會太計較，只要不遇到雨季，發生問題的機率不高，不像臺灣部分區域，一年四季都多雨，邊坡穩定問題時常發生。其次回臺執教後，個人認為臺灣的學生實力堅強，只是在思考與外語能力上需要加強，而我們是有本事與能力走到國際的，回臺灣是希望能將知識貢獻給臺灣的下一代工程師。

美國紐約哥倫比亞大學博士，學位專長為組成律模型(Constitutive Modeling)與其在深開挖工程(Deep Excavation)上之應用，指導教授為Prof. Hoe I. Ling和Prof. Victor N. Kaliakin。2015年，甫至成大土木系任教時，適逢南部國家地震工程研究中心設立、臺灣遭受繼九二一大地震後最嚴重的美濃地震之衝擊，造成臺南市嚴重傷亡；自己在參與成大土木、國震中心、與Geotechnical Extreme Events Reconnaissance (GEER)的合作勘災任務後，有機會在2016年美濃地震研討會口頭發表「美濃地震對中南部山區邊坡安全的影響」，進而得從務實面與災防面踏入坡地災害、山崩與相關研究領域。儘管九二一大地震時，自己不在臺灣，但或許也正因為如此，在當年即以埋下自己能為飽受自然災害衝擊的臺灣作出些貢獻之期許。猶記當時在國外的自己終能順利與家人們通話時的悸動。其實，也由於長年旅居海外的經歷，自己最大的心願一直是期盼能有機會回臺服務，致力於培育更多具國際競爭力的下一代工程人才。

很榮幸能參與編輯「大規模崩塌地之調查與分析」，首要衷心感激總編輯歐章煜老師以及編輯委員們的鼓勵、肯定與提攜。此外，感謝李安叡教授於編輯會議時，特別推薦我擔任編者，共同為大規模崩塌研究灌注熱情與努力。藉此機會，回顧研究地震導致之崩塌研究與探勘美濃地震之初，十分感激林銘郎老師、董家鈞老師和李錫堤老師不吝給予諸多指引與指導。最後，特別鳴謝本期所有作者與審查委員們鼎力相助與付出，讓本期得臻於至善。最後感謝陳宏宇老師贈言——期勉自己能跟上大家，不懈於「研發災防科技 落實應用服務」。

## 小啟

地工技術自1983創刊，即採用比銅版紙更高規格的雲銅紙(不會反光)印製，期望提供讀者最佳的閱讀品質。為響應環保愛地球並節能減碳，在不影響閱讀品質前提下，地工技術自159期起，將紙張磅數稍作調整，為環境保護略盡綿薄之力，特此說明。