

地工技術

編者的話

顧承宇

主題：大區域坡地災害調查與分析技術

台灣位於呂宋島弧與歐亞板塊之接觸帶，地殼變動激烈而造成臺灣大地多條重大斷裂帶，另斷層活動度高，亦造就出陡峻的地形與脆弱多變的地質環境，特別是自集集地震後，岩盤受到劇烈擾動而非常破碎，先天地質條件不佳，加上近幾年來數次的颱風事件，加速導致山區發生大規模的山崩與土石流，以致各地的受災範圍與程度均遠較過去為烈，嚴重地危害到民眾生命與財產的安全。

聯合國氣候變遷專家小組提出之氣候變遷評估報告指出，人類溫室氣體排放與全球溫度變化具有緊密關係，其中人類活動的影響已列為「非常可能」就是當前全球暖化的主因，而全球暖化又是造成氣候變遷的主要因素。依據研究結果顯示，全球溫度每增加1度，台灣前10%強降雨就會增加約140%。受全球氣候變遷影響，台灣地區極端氣候發生之頻率也有升高趨勢，2004年至2008年(薔蜜、辛樂克、卡玫基颱風)台灣地區出現單日近1000公厘、3日近2000公厘降雨量，2009年(莫拉克颱風)88水災屏東縣更發生單日超過1400公厘降雨量，2010年豪雨造成蘇花公路全面性坡地與土石流災害，接連幾次極端降雨，均在台灣北中南各地造成嚴重大區域之邊坡崩塌與土石流災害。

由全球其他地區氣象資料顯示，未來異常氣候所造成之大量降雨恐將成為常態，而台灣地區地形特殊，高山林地及法定山坡地即佔全島面積74%，極易因氣候異常變遷而產生崩塌與土石流災害，不僅危及山坡地居民安全，更可能導致下游都市環境災害。世界銀行2005年之研究報告統計全球包括颶風、旱災、水災、地震、火山、與山崩等六種天然災害，此報告指出全世界遭受複合天然災害名列前矛的國

家，台灣高居第一名，有73.1%的土地與人口曝露於高達四種天然災害的環境。台灣的複合天然災害多數是與邊坡問題有關，因颱風侵台機率高，常挾帶豪雨誘發坡地災害(山崩與土石流災害)，加上全球氣候變遷使氣候變化更為嚴峻，促使極端規模與大區域之坡地災害發生頻率與規模增加，易造成個人生命財產損失以及影響國家整體經濟發展，正如2009年莫拉克風災損失與傷亡更是始料所未及。

大區域坡地災害所形成之崩場地、裸露地等，經由極端氣候所挾帶之極端降雨將土砂輸送至河道，形成土石流或河道輸砂行為，進而將土砂向下游輸送，對水庫帶來大量之土砂淤積問題，而在流域之上、中、下游形成大規模土砂生產及移動造成的複合型土砂災害。因此大地工程坡地災害問題恐無法持續利用以往工程技術對單一邊坡進行整治等方式看待，坡地災害問題調查與分析方法應朝向以流域為單元之大區域坡地災害調查與分析方式行之。有鑑於此，「地工技術」本期特邀近年國內大地工程界與「大區域坡地災害調查與分析技術」有關之產官學文章十篇及一篇技術短文收錄於本專輯，各篇文章以能包含與地工技術本期相關主題之不同特色為主。

本期第一篇文章係由洪如江教授提供之臺灣大地重要斷裂帶的演化與災難性岩土災害一文為始，由臺灣地體構造與重大斷裂帶之特性探討災難性岩土災害發生潛勢，另針對臺灣地區主要八條斷裂帶已發生災難性災害及具災難性災害之潛勢進行了詳盡之討論，是對於大區域坡地災害發生原因極具參考價值之文章。而考量本專輯主題及「地工技術」文章以實用之工程案例、新工法及新技術為定位，考量大區域坡地災害及複合型土砂災害所貫連之主題，在本次專輯主題「大區域坡地災害調查與分析

技術」下規劃四子議題分別為一、大區域坡地災害管理，二、大區域坡地災害調查技術，三、大區域坡地災害分析技術，四、大區域坡地災害與泥砂產量分析技術等，各篇文章作者皆為相關領域之專家，同時所撰寫之內容與案例亦為近來重要之案例，專輯內容豐富，為一相當完整之專輯。

「大區域坡地災害管理」子議題收錄有兩篇文章，第一篇由經濟部中央地調所之陳勉銘與費立沅所撰之「山崩與地滑地質敏感區劃設」，文章中主要介紹「順應自然」以及「防災重於救災、離災優於防災」的策略，才是災害預防的關鍵。同時闡述地質敏感區及開發行為觸及各類型已公告之地質敏感區域，即應「加強地質調查」、「評估地質安全」，並提出因應對策，本文以中央主管機關之角度提出對於大區域坡地災害管理之因應對策，同時並說明未來山坡地開發行為可能面臨之轉變。而第二篇文章由農委會水土保持局之陳振宇等人共撰之「台灣地區土石流風險管理成效評估」，文章中主要介紹國際上進行坡地災害管理之風險概念，並將土石流風險量化分析，針對大區域內每條土石流潛勢溪流進行量化風險之計算，使主管機關依據風險高低進行相對應管理之策略手段。兩篇文章均以政府主管機關之角色探討坡地災害預防與管理之策略與對策，對於國內未來山坡地開發具有相當長遠之影響，是絕佳之參考資料。

「大區域坡地災害調查技術」子議題收錄有三篇文章，第一篇由達雲科技有限公司之劉進金等所撰之「空載光達技術於大區域坡地災害調查與分析之應用」，文章中主要介紹臺灣空載光達技術之發展，並以實舉說明空載光達用於山崩災害的特色，由台灣空載光達發展三個重要里程碑之時間點與推動工作說明空載光達加值整合應用之特色，同時有提出空載光達應用於坡地災害防災與減災之願景。本文鉅細靡遺的介紹了最新發展之空載光達技術，此項新技術對於大區域災害調查提供了極為有用之

工具，相信可大幅改變過去傳統測量之限制。第二篇文章由國家災害防救科技中心之劉哲欣等人共撰之「大規模崩塌災害調查方法探討」，文章中主要介紹現階段國內外崩塌災害潛勢調查工作方法，並依照目前國內已有之調查資料，由全國集水區到坡面不同尺度之崩塌災害調查方法進行探討，以期提供國內山坡地相關管理單位未來進行大規模崩塌災害調查方法之參考。而第三篇文章由亞新工程顧問股份有限公司之黃建忠等所撰之「台灣中部流域環境地質災害調查與分析」，文章中主要介紹利用地理資訊系統作為環境地質災害工作平台，進行台灣中部大甲溪、烏溪及濁水溪等流域之山崩、土石流及順向坡調查工作，並建立環境地質基本資料庫。同時，也藉由地理資訊系統空間分析之功能，整合地形與地質之環境特性，探討環境地質災害之空間分布及與環境特性之相關性。本子議題收錄之三篇文章分別由空載光達、不同尺度之崩塌災害調查方法與地理資訊系統等各項新技術與新方法切入「大區域坡地災害調查技術」子議題，相信可提供未來大區域坡地災害調查工作所需之重要資訊。

「大區域坡地災害分析技術」子議題收錄有三篇文章，第一篇由國立中央大學之李錫堤與經濟部中央地調所之費立沅共所撰之「山崩災害分析與廣域製圖」，文章中主要介紹臺灣地區目前全國性山崩潛感/災害分析與廣域製圖的經驗，同時說明分析與製圖之重點並探討以往山崩潛感分析之一些基本問題及廣域山崩潛感分析問題之解決辦法，本文對於製作大區域山崩潛感圖提供了非常寶貴與完整之資訊。第二篇文章由財團法人中興工程顧問社之譚志豪等人共撰之「集水區降雨促崩潛勢分析」，文中介紹結合定率模式與最佳化技術之廣域降雨促崩潛勢分析方法，利用美國地質調查所發展之區域性暫態降雨入滲邊坡網格穩定分析模式藉以預測集水區內降雨誘發岩屑崩滑之發生時間、規模及空間分布，本文對於極端降雨引致邊坡崩塌之預測技術有值得參考之分析方法，

尤其對於大區域問題之分析預測技術相當具參考價值。而第三篇文章由成功大學土木工程學系之吳建宏等人共撰之「非連續體變形分析模擬地震地滑應用案例」，文中探討屬於不連續元素數值分析法之非連續體變形分析法在地震引致邊坡破壞模擬的可行性。文中除介紹非連續體變形分析法的理論之外，並將地震效應加入傳統非連續體變形分析法，最後更以2008年日本發生岩手・宮城內陸地震所引致荒砥澤大規模邊坡崩塌為案例，分析該邊坡崩落的行為。本篇文章利用之非連續體變形分析法分析大規模邊坡壞後之崩落行為，對於危險邊坡後續影響範圍之劃定，提出一新方法，很值得工程界參考。本子議題收錄之三篇文章均是大區域坡地災害分析技術之新方法，與傳統針對單一邊坡進行分析之方式不同，相信可提供未來大區域坡地災害分析工作所需之重要資訊。

「大區域坡地災害與泥砂產量分析技術」子議題收錄有兩篇文章，第一篇由國立中興大學水土保持學系之林德貴等所撰之「應用土壤沖蝕及崩塌潛勢模式推估集水區之泥砂生產量」，文章主要介紹土壤沖蝕模式及崩塌潛勢模式來推估石門水庫集水區之泥砂生產量，並針對集水區坡面沖蝕量及艾利颱風事件後之坡地崩塌量兩個主要泥砂生產源進行分析與探討。而第二篇文章財團法人中興工程顧問社之林伯勳等所撰之「石門水庫集水區土砂監測與治理成效評估」，本篇文章屬技術短文，主要介紹「河道」、「坡面」及「整體集水區」等三種不同區域之監測技術並配合現地監測，作為未來土砂災害追蹤及整治效率評估依據。兩篇文章均探討大區域坡地災害所形成之複合型土砂災害對石門水庫之影響，可提供石門水庫集水區治理與永續發展重要之參考資料。

在邁入二十一世紀全球氣候變遷之影響下，我們將面對更為嚴峻的挑戰，大地工程師在面對坡地災害相關問題的時候，或許可以更為謙卑之心態，採取順天應人的態度並以不同尺度之思維進行完整的調查、規劃、分析設計

與施工考量。於面臨大區域坡地災害及複合型土砂災害之同時，亦需不斷持續發展新技術與新方法以邁向永續發展。編者期望藉由本期地工技術的出版，邀請國內外專家學者為文闡述近年來有關大區域坡地災害調查與分析技術之發展與現況，以分享國內大地工程界，亦期能提供地工界同仁更有助益的最新資訊。

編者感謝經濟部中央地質調查所林朝宗所長給予本期贈言，亦感謝本期諸位作者盛情提供精彩文稿，同時也感謝多位熱心之專家學者義務協助審稿、校對、與編輯等工作，使本期地工技術專輯內容豐富與完整，惟疏漏之處恐所難免，收錄文稿之內容亦不代表地工技術基金會之立場。最後，也一併感謝各單位熱情贊助本期地工技術雜誌廣告。