



● 張志玲

# 深層崩塌 一小時前預警

2009年8月9日清晨，伴隨莫拉克颱風而來的強降雨，造成原是海拔1,600公尺的高雄獻肚山（現約600公尺）發生大規模的深層地層崩塌，大量土石泥流傾瀉而下，瞬間掩蓋小林村169戶民宅和附近的區域。另有部分泥流夾雜土石繼續向下滑動，先在旗山溪主河道形成堰塞湖，一小時後堰塞湖潰決，大水再度沖向被掩蓋的小林村……從中央地質調查所的調查報告可知，全台灣有潛在大規模崩塌危險的區域共有864處，其中94處會影響多達84個聚落的安全。對於這些可能發生的崩塌問題，該如何因應呢？

南華大學綠色科技碩士學位學程教授兼主任洪耀明博士表示，颱風來襲時，倘若暴雨持續不斷，就會抬升山坡地的地下水位，產生上方土體重量增加、某些地質破碎區土壤從地層裂隙中流失，以及內摩擦力減少等問題，最終造成土體滑動與地層崩塌。由此可知，地下水位上升與降雨量之間的確是關係密切，而地層是否崩塌則與地下水位的臨界高度有關。

位於南投縣仁愛鄉萬大水庫下游的右山脊是有名的地質破碎區，降雨時該處的地下水位會很快上升，萬一崩塌了，恐會危及河道及下方的發電廠。因此洪主任以該區為樣本，在科技部「滲流沖蝕破壞之研究」計畫中，設置雨量計，持續在觀測井內埋入地下水位計、傾斜儀等設備，並於 2008 年的辛樂克颱風及薔蜜颱風的兩次暴雨中，成功收集到完整的降雨及地下水數據。

這些資料讓他聯想到，這些降雨時觀測到的降雨量和地下水位的變化，應可藉由「推測地下水位到達臨界高度的時間」來推估地層崩塌的時間，如此便能提早預警，為附近居民爭取多一點的撤離時間。因此，他應用「人工類神經網路」（註 1）技術為工具撰寫了電腦軟體。首先把變化中的地下水位高度、降雨量、地質傾斜度等相關數據資料輸入電腦，再利用降雨及地下水位的資料，透過電腦演算精準預測了未來的地下水位。當預測的地下水位達到臨界高度時，就用它來推估地層可能崩塌的時間。

這是跨領域整合的創新技術，可精準預測未來一小時內的地下水位，也獲得「萬大水庫下游右山脊」、「廬山地滑地」等實例驗證成功。於是洪主任把相關成果以〈類神經網路工程即時預測地下水位的可行性〉（註 2）為題，發表於 2017 年 11 月的國際頂尖期刊《山體滑坡》（*Landslides*）。

上述論文讓洪主任衍生出另一個研究議題：以「即時預測地下水水位的方法」來「精準預測產生深層崩塌的地下水位」。後者又分成兩部分，其一是結合「無限邊坡理論」和「滲流破壞理論」來推導臨界的地下水位，這部分目前已進入室內試驗與現場驗證的階段。其二則是透過「有限元素法（註 3）」與「數值模式方式」預測「地層崩塌破壞的型態及其影響範圍」。

一般而言，傳統上用來處理地層崩塌問題的大地工程技術的成效非常有限，但若把環境變動、新興理論與新科技整合應用，積極開創新技術，就有機會減輕地層崩塌所帶來的危害。如今洪主任開發的「地層崩塌一小時前預警」的新技術，已在大地工程界引起很大震撼！

註 1：人工類神經網路是透過許多相連的人工神經元模仿生物神經網路的運作，屬於一種由電腦軟硬體組成的計算系統。

註 2：Feasibility of Using Artificial Neural Networks to Forecast Groundwater Levels in Real-Time。

註 3：有限元素法是推導及解析代數方程式的一種方法。

---

張志玲

本刊特約文字編輯

---

