

落石型山崩危害範圍劃設之應用

羅佳明* 鄭錦桐** 冀樹勇*** 紀宗吉**** 林銘郎*****

摘 要

本文主要以落石區危害範圍劃設與應用進行探討，而崩崖後退機制、崩退率、崖錐堆積發展均與其危害範圍有關。然而，落石源頭區之崩落量甚難估算，且落石區之崖錐堆積與其影響範圍均曾受人為擾動，故不易建置其影響範圍評估模式。鑒於此，本研究選取人為開發甚低之紅葉坪落石區為研究區域，藉由多期地形圖與航照了解其崖線與堆積地形、影響範圍之變化；並設計物理模型進行落石群堆積試驗，進而深入瞭解崖線崩退機制與崖錐堆積發展之關聯性，作為數值模擬比對之依據。再以分離元素模擬軟體（PFC3D）進行物理試驗模擬比對與紅葉坪落石事件全尺度案例模擬，藉此建立其影響範圍之形狀函數，期能作為後續國土規劃及落石防護工程設計之參考。

關鍵字：崩崖後退、崖錐堆積、物理模型、數值模擬、形狀函數

一、前 言

構成陡坡之節理岩塊受到重力作用，於邊坡上以自由落體、跳動、滾動等運動型態，最終停置於坡腳之過程，稱為落石（Rockfall）。落石常因重力或運動碰撞作用，使岩石沿節理弱面分離成數個岩塊，並逐次崩落於坡腳形成半錐狀堆積地形，稱之為崖錐（Talus）；而與崖錐周緣分離較遠之岩塊堆積範圍，即為落石影響範圍。近年來台灣地區大規模落石群災害事件頻繁（羅佳明等人，2007），諸如中橫馬陵隧道、花蓮長春祠、基隆市麥金路等落石災害事件（圖 1），導致山區重要聯外道路中斷及多處落石防護工程嚴重毀損。尤以於台東知本、龍泉溪大量落石崩塌形成堰塞湖與台北四獸山、紅葉坪源頭區大規模崖錐堆積等事件，亦間接嚴重威脅下游保全對象生命財產之安全。顯見台灣大規模落石崩塌所引

致之災害與威脅實不容忽視。

過去幾年許多研究曾針對既有崖錐地形進行調查及量測，並進一步推估可能形成崖錐地形之堆積過程及堆積趨勢（Blikra *et al.*, 1998; Hinchliffe *et al.*, 1999; Curry *et al.*, 2004）。然經現地自然或人為長期的擾動，已甚難推估其實際堆積地形之變化過程。亦有研究曾探討崩崖後退之機制與行為（Hutchinson *et al.*, 2001; Obanawa and Matusukura, 2008），並建立二維幾何關係式，計算其崩退後之堆積地形。然落石群力學機制、落石運動過程等相關因素極為複雜，故甚難單純以幾何數學模式表示。另外，Scheidegger（1973）、Evans 與 Hungr（1993）曾以崖頂落石崩落最高位置至落石運動最遠距離點間之水平夾角定義為 Fahrbo-schung 角度（F 角），由此量測並推估現地落石運動堆積範圍。然其堆積影響範圍往往隨著崩落量體、運動地形而有所變化，故無法單從 F 角推

* 中興工程顧問社大地工程研究中心副研究員
** 中興工程顧問社大地工程研究中心防災科技組組長
*** 中興工程顧問社大地工程研究中心經理
**** 經濟部中央地質調查所環境與工程地質組科長
***** 台灣大學土木工程研究所教授