

紅菜坪地滑研究

李彥良¹ 李錦發¹ 魏正岳¹ 黃安斌² 林慶偉³ 林銘郎⁴ 董家鈞⁵

¹經濟部中央地質調查所

²國立交通大學土木工程學系

³國立成功大學地球科學系

⁴國立台灣大學土木工程學系

⁵國立中央大學應用地質學系

摘要

本研究以紅菜坪地滑為對象進行一系列監測、調查與分析，結果顯示紅菜坪地滑範圍約達100公頃，崩積土方量在5000萬立方公尺以上，921地震時發生大規模滑動，其最大水平位移量約24公尺，之後並無大規模滑動現象，僅於部分地區持續有小規模滑動，但經由邊坡穩定與相關分析結果顯示，此地滑區未來仍有可能因地震或豪雨引發大規模滑動，應持續觀察地滑區之變化。

前言

1999年9月21日集集地震在中部地區造成數千處大小不一的山崩，其中有草嶺、九份二山等大規模山崩災害，而位於九份二山的西側，同屬集集地震山崩之紅菜坪大型深層地滑，由於地表上不易觀察，較少受到關注。紅菜坪地滑區位於南投縣中寮鄉之永祿溪東南岸，其滑動機制複雜，無論從地表地形或地層移動來觀察，亦或從理論上來做力學行為分析都有其高度之挑戰性，若能夠為此類坡地滑動建立一有效之監測與安全分析系統，將有助於國內地質災害之防制。

研究方法與成果

本研究於紅菜坪地滑區進行一系列調查、監測與分析，以深入探討紅菜坪之滑動機制，以下為主要工作項目與成果：

（一）航遙測影像分析

利用多期航遙影像進行山崩立體判讀與影像標的物座標變化判釋，結果顯示紅菜坪地滑範圍約達100公頃，估計崩積土方量在5000萬立方公尺以上，地滑區上部並有零星之崩場地分佈，此地滑區於921地震時造大規模滑動，其最大水平位移量約24公尺，較大的位移方向多呈北北西與西北走向，此外於其他時期之影像分析本地區並無明顯地滑行為，僅於局部地區有崩塌變化。

（二）鑽探、岩石力學試驗與監測

本研究共進行13處鑽孔，鑽探總深度約800公尺，採全岩心取樣，並於鑽孔內裝設各式監測儀器，包含傾斜管、水壓計、BOTDR伸張儀

與 FBG 偏斜儀（表一），取得之岩心試體於室內進行相關物性試驗與力學試驗，以分析地層材料之相關參數。鑽探調查結果顯示，所有鑽孔最上方均為崩積層，各處厚度不一，最大厚度可達 82 公尺，崩積層以下岩性則以頁岩為主，並於 BH-1 崩積層與頁岩交界面，發現傾角約 21° 之擦痕。地層滑移監測顯示，第 4 鑽孔之傾斜儀於監測期間有 5mm 滑移量，而在第 11 鑽孔與鄰近之第 13 鑽孔之 FBG 偏斜儀與傾斜儀監測系統其監測最大位移都在 10mm 左右（圖一），此外其他鑽孔之監測並無明顯滑移，顯示地滑於部分地區仍持續有小規模滑動，但整體而言，此地滑區於監測期間並無大規模滑動現象發生。

（三）地形與地質調查

現地調查結果可將範圍內地滑塊體分為 A、B、C 等三大區塊，並大致可將調查區域內崩塌破壞型態區分成岩體滑動、平面型滑動、弧型淺層滑動、岩屑崩滑及河岸侵蝕等破壞型態。地滑範圍內於岩層上方覆有厚層之崩積層，鄰近地區岩性以頁岩為主，於地滑冠部地區則有厚層砂岩分佈。

（四）邊坡穩定與變形分析

由極限平衡法分析結果得知，紅菜坪區域在無地震力作用下其安全係數大於 2，但當地震力作用且地層材料強度弱化的情形下，其安全係數將下降至 0.72。而崩積層內因豪雨而產生滑動，在常態地下水位下其安全係數約 1.5，當地下水位上升且崩積層達到飽和，則其安全係數下降至 0.96。

（五）地滑預警值界定

由累積降雨量與地下水位預警值分析結果得知，當累積降雨量達 860mm，地下水位昇高 1.25m 時即為該區之臨界狀態，尤其當總累積雨量到達 1000~1300mm 時，地下水位將開始產生約 38cm~45cm 之升降變化，地層滑移可能性較大。而地震預警值分析結果得知，當地震引發水平加速度約 0.18g 時，以及水平與垂直地震加速度同時作用 0.11g 時將可能造成該地滑區不穩定可能性較大（圖二、圖三）。

結語

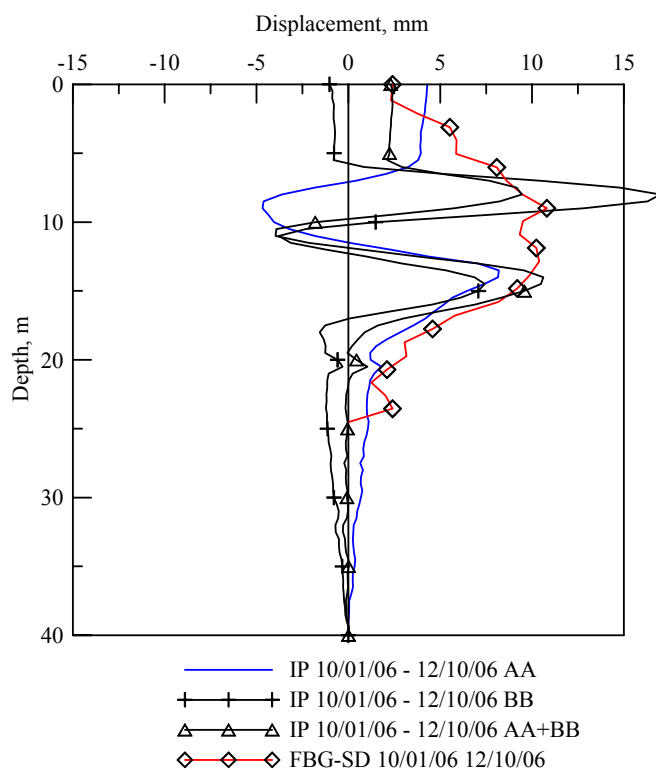
紅菜坪地滑面積廣大，其上並覆蓋巨厚崩積層，未來不排除因豪雨或地震引發再滑動的可能，未來如發生瞬間滑動，崩積土方將堵塞永祿溪形成大型堰塞湖，將威脅永祿溪下游沿線聚落之生命財產安全，相關單位應加以重視與防範。

參考書目

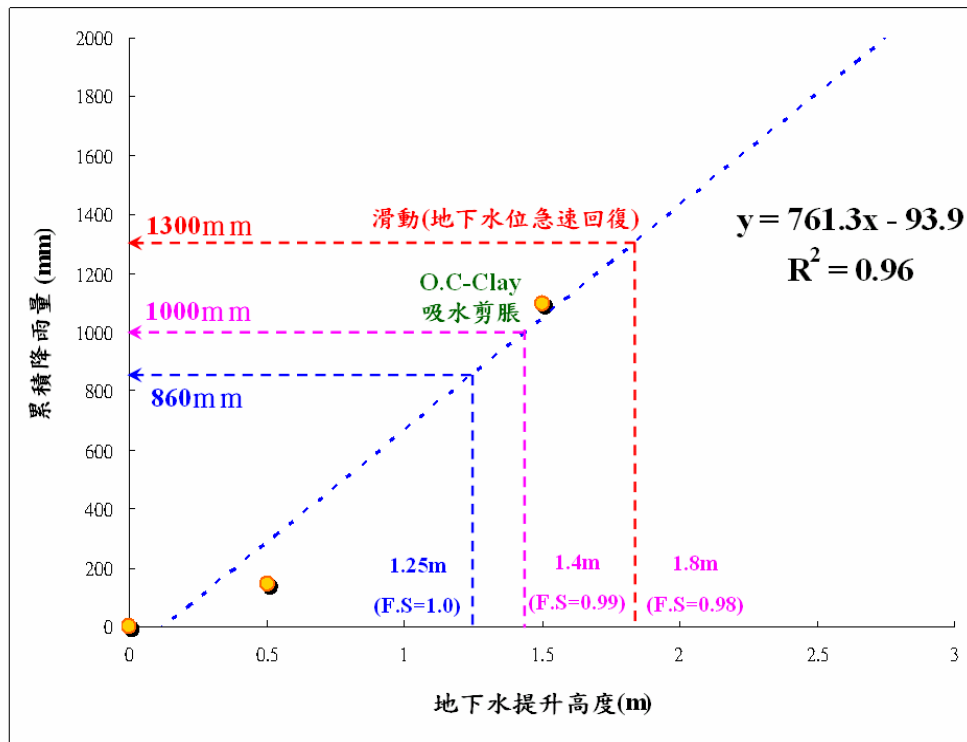
- 李錦發、魏正岳，2003. 紅菜坪地滑研究，經濟部中央地質調查所 92 年度型研究發展專題。
- 黃鑑水等，2000. 五萬分之一埔里地質圖及說明書，經濟部中央地質調查所。

表一 各鑽孔資料與監測儀器安裝情形

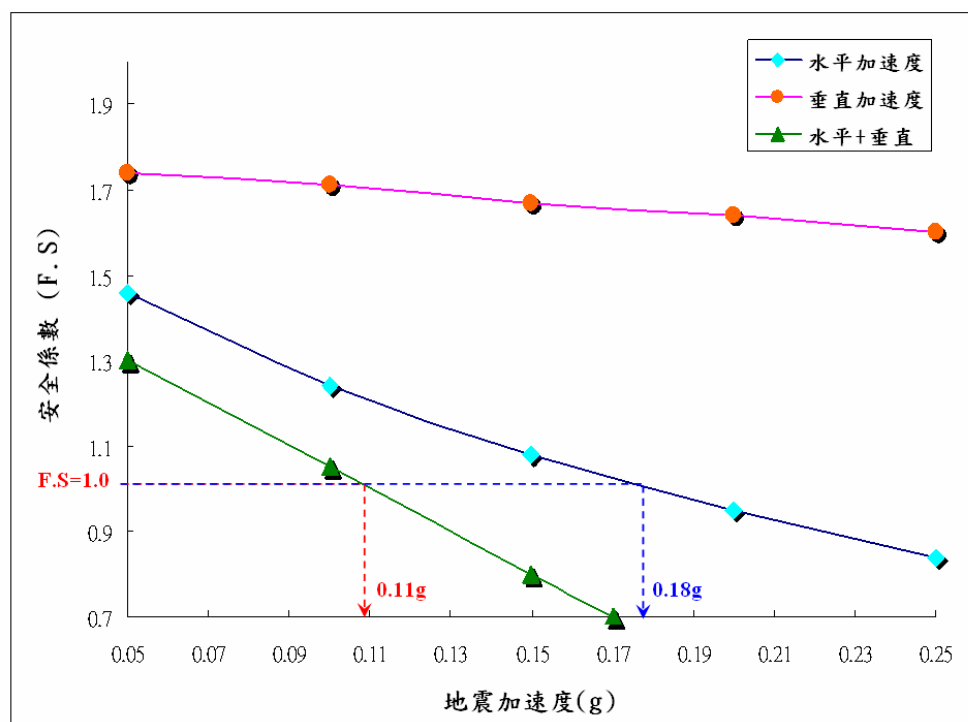
孔號	鑽孔口高程(m)	鑽井總深(m)	崩積層厚度(m)	岩盤之高程(m)	儀器安裝
BH-01	591	92	82.35	508.65	傾斜管放至 91 m，底部 25m 安裝 FBG-SD
BH-02	591	84	82.35	508.65	雙水壓計放至 32.8 & 82.7 m
BH-03	590	67	63.2	526.8	雙水壓計放至 39.2 & 63.1 m
BH-04	588	78.5	68.4	519.6	傾斜管放至 78 m
BH-05	590	58	51.5	538.5	傾斜管放至 57 m 底部管外安裝 34m 之 BOTDR 伸張儀，內部安裝 25m 之 FBG-SD
BH-06	712	19	13.2	698.8	傾斜管放至 19 m
BH-07	709	30	27	682	雙水壓計放至 15 & 27m
BH-08	713	50	12	701	傾斜管放至 44 m 底部管外安裝 34m 之 BOTDR 伸張儀，頂部安裝 25m 之 FBG 偏斜儀
BH-09	595	128	76.85	518.15	雙水壓計放至 26 & 112 m
BH-10	584	71	37.35	546.65	雙水壓計放至 37 & 53m
BH-11	522	40	5.3	516.7	BOTDR 伸張儀（從地表至 36m 深度安裝於傾斜管外部）與 FBG 偏斜儀（從地表至 30m 深度安裝於傾斜管內部），
BH-12	520	40	6.5	513.5	雙水壓計放至 7 & 25m
BH-13	518	40	6.5	511.5	傾斜管



圖一 紅葉坪地滑區第 11 鑽孔與第 13 鑽孔之監測讀數比較



圖二 紅菜坪地滑區地下水位上升高度-累積降雨量與穩定分析結果關係圖



圖三 紅菜坪地滑區水平&垂直地震加速度與穩定分析結果關係圖