

九份二山山崩前後構造地形特徵及坡體破壞機制探討

吳秋雅、詹瑜璋、胡植慶

財團法人中興工程顧問社、中央研究院地球科學研究所、臺灣大學地質科學系

摘要

一九九九年九月二十一日台灣發生芮氏規模7.3集集大地震，集集地震誘發數個規模龐大的山崩，南投縣國姓鄉的九份二山山崩即為其中之一。此山崩事件搬運了大約34百萬立方公尺的物質到其下方的澀子坑溪溪谷中，並造成三個堰塞湖。崩塌區位於大岸山向斜的西翼，是典型的順向坡地形。此地震誘發之山崩非常獨特，本研究希望透過分析地震前後之地形及構造特徵，以瞭解原始地形及構造特徵是否顯示出此區域之不穩定，並探討九份二山山崩可能的坡體破壞機制。

爲了要瞭解地形與構造特徵，選擇以數值高程模型爲研究工具，因其能將地表形貌紀錄下來，且利於作空間上的分析與進一步的地質判釋。另外爲了研究山崩之地形與構造變遷，需要跨越事件前後的地形資料，然而震前唯一的地形資料爲1986年40 m的數值高程模型，實在無法滿足關鍵的構造及地形分析，因此依照航空攝影測量法，重新製作震前1998年九份二山地區2 m數值高程模型。震後則有1999年與2002年解析度分別爲9 m與1 m的數值高程模型，本研究使用這三筆資料分析本區之構造及地形。

透過DEM的分析發現，九份二山地區震前的不連續面特徵有裂隙、節理及三個斷層弱帶。震前本區域順向坡上之裂隙與水系的發展，與節理的關係密切；震後之崩塌區邊界，與大岸山向斜及震前的節理、裂隙分布相當一致，堆積區則被澀子坑溪周圍的山脈阻擋，暗示著九份二山地區的地形發育深受構造型態影響。坡腳在山崩前後的DEM地形特徵相當類似，山崩事件可能只稍微破壞坡腳地形，或是被崩塌物質覆蓋，因此坡體真正的破壞面應在坡腳上方。

九份二山崩塌區因坡面上之節理、裂隙及水系的發展、侵蝕，削弱坡體的側向支撐。集集地震造成的強地動使得坡體沿層間破裂，加上由裂隙及節理滲入層間的地表水削弱層間的摩擦力，地層的重力位能幾乎由下方的岩層所支撐。坡面上既存的斷層弱帶無法承受坡體的重力，而發生剪切（shearing off）或拱曲（buckling）破壞。庫侖—莫耳破壞準則的評估顯示，九份二山山崩爲剪切破壞機制的情況下，坡體必須存在斷層、節理或裂隙等不連續面，則剪切面很可能沿坡腳上方既存的斷層帶發展。

野外調查的證據則較支持拱曲破壞機制，拱曲軸很可能沿崩塌面上的斷層弱帶發育，依此弱帶至坡頂的有效坡長反求坡體的整體楊氏係數爲16.89~22.68 GPa。因此有斷層弱帶之岩體，其楊氏係數應小於所求之整體楊氏係數；而無斷層弱帶之完整岩體，其楊氏係數應大於所求之整體楊氏係數。本研究提出九份二山山崩應爲坡體沿層面破裂滑動，並沿著震前已存在的斷層弱帶拱曲或剪切破壞，而非坡腳的破壞造成。