

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

921 大地震崩塌地對河川輸砂衝擊之研究 (II)

The Impace of the 921 Earthquake-Induced Landslides on Fluvial Sediment Transport

計畫編號： NSC90-2116-M002-023

計畫期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 07 月 31 日

計畫主持人：徐美玲

執行機關：國立台灣大學地理環境資源學系

一、中文摘要

第一年度的研究發現，九九峰礫石層分布區崩塌地所生產的淤砂可能以土石流的型態為進入河道的主要方式，而本區土石流依其規模大小及發生區位大致上可以分成邊坡型和山谷型兩種。因此第二年度的研究乃以烏溪北岸，易達性較高的乾溪和田尾坑溪作為主要的研究區，進行此兩類型土石流發生機制的研究。

根據野外調查及室內航空照片及地形圖的研判資料，邊坡型土石流主要發生在內聚凸坡型的邊坡上，其崩塌區通常呈碗狀，並在下方出現一道4 - 6公尺寬的隘口。而其崩塌區的主軸長度、崩塌深度、崩塌面積和集水面積均較岩屑滑崩和岩屑滑落大，並具有統計顯著性。另外，發生土石流的山谷與未發生者在集水區面積、區內崩塌地面積比和河谷坡度三項地形參數的差異均呈現統計顯著性，其中以崩塌地面積佔集水區面積的比值最具統計顯著性，其次為集水區面積，最後才是坡度。初步歸納當發生崩塌的邊坡的上游集水區面積達1,000平方公尺，且為崩塌面積的 2 到 6 倍時，發生邊坡型土石流的機率較大。而當山谷的集水面積在15,000平方公尺以上，且區內崩塌地面積達20%以上，則極可能發生山谷型土石流。

關鍵詞：礫石層、崩塌地、土石流、地形閾值

Abstract

The sediment derived from landslides in the conglomerate formations in the Ninety-Nine Peaks area, is transported to the nearby channels by two major forms of debris flows. One is the slope-typed debris flow, the other is the valley-typed debris flow. This study aims to deduce the geomorphic thresholds for the two types of debris flows from data derived from field investigation and aerial photograph analysis of the Dry Creek and the Ten-wei-ken Chi watershed.

Study shows that the valley-typed debris flow always took place on converged convex slopes. They usually had a bowl-shaped appearance, with a constriction 4 to 6 meters wide below the sliding area. The main axis length, the depth of the slide and the size of both the sliding area and its watershed for slope-typed debris flows are all significantly greater than those for the other slope movements. Meanwhile, the watershed size and the total area of landslides inside the valleys where valley-typed debris flows took

place are significantly larger than those without such phenomenon. It is discovered that when the contributing area of a landslide exceeds 1,000 square meters, and also exceeds 2 to 6 times of the sliding area, slope-typed debris flows are very likely to take place. When a watershed is larger than 15,000 square meters, and the area of the landslides within them exceeds 20% of the watershed area, valley-typed debris flows also tend to take place.

Keywords: Conglomerate formation, landslides, debris flow, geomorphic threshold

二、緣由與目的

民國88年9月21在臺灣中部地區發生芮氏地震規模7.3級的大地震，該地震造成數千處總面積高達八千公頃以上的崩山。其中九九峰一帶崩塌地數量龐大，並且位置集中，值得進行仔細的觀測研究，以瞭解此等崩塌地的崩塌特性，以及崩塌物質進入河道輸砂系統的狀況。

本研究擬以三年進行，第一年度的研究重點在於九九峰一帶崩塌地的實地調查，選擇烏溪北岸，易達性較高的乾溪和田尾坑溪作為主要的研究區。初步發現該區乃以淺層的岩屑滑落、岩屑滑崩，小規模的邊坡型土石流，和大規模的山谷型土石流為主要的塊體運動方式。其中岩屑滑落和岩屑滑崩通常發生在山脊線附近，其崩塌物質通常堆積在坡腳，僅以緩慢的地表沖蝕向下移動。邊坡型土石流可以快速將較大量的物質移至坡腳，但是因為土石中的水分快速消散而使得大部分的崩塌

物質滯留在坡腳。至於山谷型的土石流則可將大量土石運抵河道，而對河道輸砂造成嚴重的衝擊。然初步調查發現，並不是所有的崩塌地都發展出土石流，因此針對這種地質條件算是相當均勻的地區進行調查，以尋求礫石層崩塌型態及環境條件與土石流發生間的相關性，探討土石流的發生機制，以利進一步推估集水區崩塌物質移動的過程。

三、結果與討論

本區邊坡運動除土石流外，尚包括岩屑滑崩、岩屑滑落等型態，觀察並比較其與邊坡型土石流發生區地形特徵的差異，可以有效凸顯發生邊坡型土石流的地形條件，野外調查主要的觀察項目包括：各崩塌地的形狀、發生在邊坡上位置、該邊坡的坡形，及發生區下方的隘口，並分別針對各崩塌地的發生區、流動區及堆積區的長、寬、高、坡度及面積等進行仔細地量測。而山谷型土石流的規模太大，野外調查著重在谷口堆積區的地形量測，並分析地形圖及航空照片圖以獲取谷口以上區域的地形參數。室內作業包括掃描五千分之一相片基本圖，以Imagine軟體將其轉成具有經緯度座標的數位地圖，又利用航照圖判識並描繪各支流集水區內的崩塌地，並藉由ArcView軟體將各支流集水區邊界及崩塌地數化在數位地圖上，以計算發生山谷型土石流山谷的集水區面積、平均河谷坡度、區內崩塌地面積及主要河谷長度等參數。利用簡單的統計及差異檢定歸納邊坡型土石流與其他崩塌類型間主要的地形

特徵差異，以及山谷型土石流發生山谷的主要地形特徵。

研究結果顯示，邊坡型土石流主要發生在內聚凸坡型的邊坡上，其崩塌區通常呈碗狀，並在下方出現一道 4-6 公尺寬的隘口。邊坡型土石流崩塌區的主軸長度、崩塌深度、崩塌面積和集水面積均較岩屑滑崩和岩屑滑落大，並具有統計顯著性。資料顯示，發生崩塌的邊坡，若其集水區面積達 1,000 平方公尺，且為崩塌面積的 2 到 6 倍時，比較可能發生邊坡型土石流。而發生土石流的山谷與未發生者在集水區面積、區內崩塌地面積比和河谷坡度三項地形參數的差異均呈現統計顯著性，其中以崩塌地面積佔集水區面積的比值最具統計顯著性，其次為集水區面積，最後才是坡度。發生土石流山谷的集水區面積以及區內崩塌地面積比率皆較未發生者為大。初步歸納當山谷的集水面積在 20,000 平方公尺以上，且區內崩塌地面積達 20% 以上，山谷極可能發生土石流。

將上述歸納所得的地形參數值，當作邊坡型土石流與山谷型土石流發生的地形閾值，選擇緊鄰田尾坑溪的油車坑溪集水區進行檢測。結果發現，油車坑的邊坡型土石流發生區的集水面積皆符合上述條件，即至少在 1,000 平方公尺以上，且為該邊坡崩塌面積的 2 至 6 倍，顯示此等閾值確實具有判別力。而油車坑溪集水區內凡是集水區面積達 20,000 平方公尺，且區內崩塌面積比例達 20% 以上者，皆如預期已經發生土石流，但是另有 3 個山谷面積雖未達 20,000 平方公尺的閾值，卻發生土石流。檢視此三個集水區的其他地形參數，發現該等集水區區內的崩塌面積比例高達 30% 以

上，但若再檢查其他小面積的集水區，發現當面積小於 15,000 平方公尺時，即使區內崩塌面積比例高達 40% 也未發生土石流。因此認為應將山谷型土石流的集水區面積閾值修正為 15,000 平方公尺，較為理想。

四、計畫成果自評

本研究原擬以野外崩塌地特性的調查結果配合河川輸砂資料，進行崩塌型態與輸砂特性的定量性研究。然因本區鄰近的水文觀測站有限，而相關的流量和懸浮固體濃度測量資料又不完整，僅能針對崩塌地的調查、分類和淤砂供應狀態進行定性分析，初步歸納不同型態崩塌類型發生地點與地形的關係，及推測其對河道輸砂的貢獻。另外，雖以立體航照製作崩塌前後的 DEM 資料，然因原始資料的精度與崩塌地崩塌深度或河谷地表變動程度大致相當，因此很難據以精確計算集水區淤砂的變動量。

五、參考文獻

- [1] 林炳森、馮賜陽、李俊明（1993）礫石層土石流發生特性之研究，中華水土保持學報，24（1）：55-64。
- [2] 何春蓀（1997）台灣地質概論，經濟部中央地質調查所。
- [3] 吳正雄（1985）林口台地林地之地形因素與土石流發生之關係研究，國立中興大學森林學系碩士論文。
- [4] 施邦築、謝正倫（1998）土石流特定水土保持之判識，土木技術第 1 卷第 1 期：200-211。

- [5] 連惠邦、趙世照 (1996) 溪床堆積土體崩壞模式及其土石流化之研究，中華水土保持學報 27 (3)：175-183。
- [6] 張石角 (1983) 台灣之土石流災害，洪水與泥沙災害學術研討會論文集：27-29。
- [7] 張石角 (1995) 台灣東部之環境地質分區與崩塌類型，工程環境會刊 14：59-85。
- [8] 張立憲 (1985) 土石流特性之探討，中華水土保持學報 16 (1)：135-141。
- [9] 張東炯、謝正倫 (1996) 東部蘭陽地區土石流現場調查與分析，中華水土保持學報 27 (2)：139-150。
- [10] 陳信雄 (1984) 土石流災害調查方法之研究 (一)，台灣大學森林學系。
- [11] 陳榮河 (1999) 國內土石流研究概況，第 2 屆土石流研討會文集：1-4。
- [12] 游繁結 (1987) 土石流之基礎研究 () 土石流發生機制之研究，國科會補助研究計畫。
- [13] 游繁結、林成偉 (1991) 土石流堆積特性之初步探討，中華水土保持學報 22 (2)：1-20。
- [14] 游繁結 (1992) 土石流堆積特性之探討 (2) 土石流之堆積型態，中華水土保持學報，23 (1)：1-16。
- [15] 游繁結 (1993a) 土石流堆積特性之探討 (3) 土石流重複堆積之特性，中華水土保持學報 24 (1)：45-53。
- [16] 游繁結 (1993b) 礫石層崩積土之土石流發生機制之研究，防災科技研究報告 82-24 號。
- [17] 黃宏斌 (1993) 非飽和堆積層土石流發生之臨界角度與含水量之關係研究，中華水土保持學報 24 (1)：21-27。
- [18] 劉格非 (1997) 土石流發生之原因及破壞機制 (上)，現代營建第 208 期：9-15。
- [19] 劉格非 (1997) 土石流發生之原因及破壞機制 (上)，現代營建第 209 期：21-27。
- [20] 謝正倫、江志浩、陳禮仁 (1992) 花東兩縣土石流調查與分析，中華水土保持學報 23 (2)：109-122。
- [21] Caine, N. (1980) The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flow, *Geografiska Annaler* 62 (1-2)：23-27.
- [22] Coussot, P., Meunier, M. (1996) Recognition, classification and mechanical description of debris flows, *Earth-Science Reviews* 40: 209-227.
- [23] Crozier, M. J. (1973) Techniques for the morphometric analysis of landslips, *Zeitschrift fur Geomorphologie* 17(1): 78-101.
- [24] Johnson, A. M., Rodine, J. R. (1984) Debris flow, In: Prior, D. B. (ed.) *Slope Instability*, John Wiley, New York, chapter 8.
- [25] Takahashi, T. (1978) Mechanical characteristics of debris flow, *J. Hydraulics Div, ASCE* 104(8): 1153-1169.