

# 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 ( III )

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

計畫編號： NSC91-2116-M002-027

計畫期限：91年8月1日至92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

前兩年的研究發現，九九峰礫石層分布區崩塌地所生產的淤砂可能以邊坡型和山谷型土石流的型態進入河道。第三年度的研究乃以九二一大地震前後的數值地形資料，估算該區的地形變動量，並分析地震前後河川輸砂量的變化。

數化民國87年1/5000相片基本圖的等高線，以Arc/Info軟體將其轉成20×20公尺的網格式地形高程模型 ( DEM )，再利用Imagine軟體校正為TWD97的投影系統，做為九二一地震前的地形資料。然後與內政部在九二一地震後所測繪製作的20×20公尺DEM，以Arc/Info軟體進行高程比對，估算研究區地形的變動量。結果面積4.35平方公里的乾溝溪流域，侵蝕量達841,000立方公尺，而堆積量達289,000立方公尺，估計從流域移出的土方量約為552,000立方公尺。另外，收集研究區下游及鄰近集水區的烏溪橋、大肚橋與南岡大橋水文測站的流量與懸移質輸砂量的資料，分析各站在九二一地震前後，平時與豪大雨時的流量與懸移質濃度的率定曲線，並以其推算各年的總懸移質輸砂量。比較率定曲線，發現南岡大橋及大肚橋地震後的懸移質淤砂濃度有稍大於地震前的趨勢。不過以年輸砂量而言，地震後卻因豪大雨的出現頻率

有限，因此年平均輸砂量還不及地震前。可見得，豪大雨的發生頻率是本區淤砂輸送的主要控制因子。

關鍵詞：崩塌地、土石流、豪大雨、懸移質淤砂

#### *Abstract*

Preliminary research in the previous two years concluded that 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 channelized debris flow. This study aims to estimate the topographic change and the fluvial sediment transport characteristics induced by the Chi-Chi Earthquake.

The 1998 1: 5000 contour maps was first digitized and then converted into 20 x 20 meter DEM by Arc/Info software. This DEM represents the topography before the Chi-Chi Earthquake. The topography after the Chi-Chi Earthquake is represented by the 20 x 20 meter DEM produced by the Ministry of Interior after the event. The pre-event DEM was subsequently transferred

into the TWD97 projection for consistency, and compared with the post-event DEM to estimate the topographic change induced by the Chi-Chi Earthquake. In the Gun-Chi watershed, the estimated quantities of erosion and deposition are about 841,000 cubic meters and 289,000 cubic meters in respective, which results in a sediment transport rate of 552,000 cubic meters for the watershed.

Hydrological data from three nearby gauge stations were collected and analyzed. By fixing the coefficient of the regression lines, the intercepts derived from data collected before and after the Chi-Chi Earthquake were compared. It showed that the sediment concentration before the Chi-Chi Earthquake was slightly greater than that after the earthquake indicating that similar flow discharge carries more sediment in the post-event period. However, the estimated annual sediment transport rates after the Chi-Chi Earthquake did not exhibit significant change from pre-earthquake years. It is thus concluded that fluvial conditions may be more important in controlling the total sediment transport.

Keywords: landslides, debris flow, intense rainfall, suspended sediment.

## 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。

其中九九峰一帶崩場地數量龐大，並且位置集中，值得進行仔細的觀測研究，以瞭解此等崩場地的崩塌特性，以及崩塌物質進入河道輸砂系統的狀況。

本研究分三年進行，第一年度的研究重點發現淺層的岩屑滑落、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研究區主要的塊體運動方式。第二年的研究發現，並不是所有的崩場地都發展出土石流，只有當其集水區面積達1,000平方公尺，且為崩塌面積的2到6倍時，才比較可能發生邊坡型土石流。而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，或者集水區面積接近20,000平方公尺，但區內崩塌面積達30%以上時，就可能發生山谷型土石流。顯見崩塌雖提供土石材料，仍賴合適的集水區水文條件才能有效輸送淤砂。第三年則擬利用地形數值模型的比對，估算研究區在九二一地震前後的地形變動量，並分析相關的雨量和河川水文與輸砂資料，探討九二一地震所引發的崩塌可能對河川輸砂的影響。

## 三、結果與討論

本研究數化民國87年1/5000相片基本圖上的計曲線，再利用 Arc/Info 軟體將其轉成 20×20 公尺的網格式地形高程模型 (DEM)，以代表九二一地震前的地形。九二一地震後的地形則以民國八十九年內政部委製的 20×20 公尺的 DEM 資料為代表。由於內政部的 DEM 所使用的投影系統已由 TWD67 改為 TWD97，因此先將自行生產的九二一地震前 DEM 轉換為 TWD97 的

座標系統以利比對。比對 DEM 的高度時，若將地震後比地震前低者視為侵蝕，高者視為堆積，則面積 4.35 平方公里的乾溝溪流流域的總侵蝕量達 841,000 立方公尺，堆積量達 289,000 立方公尺，估計從流域移出的土方量約為 552,000 立方公尺。而比較地震

前後地形變動量的分布狀態，發現地震後比地震前標高低 5 到 15 公尺者出現的次數最多。不過檢視 DEM 計算結果發現許多山頭的標高在地震後比地震前還高，而堆積高度也有高到 80 公尺者，顯見兩次 DEM 的空間對位可能稍有誤差。

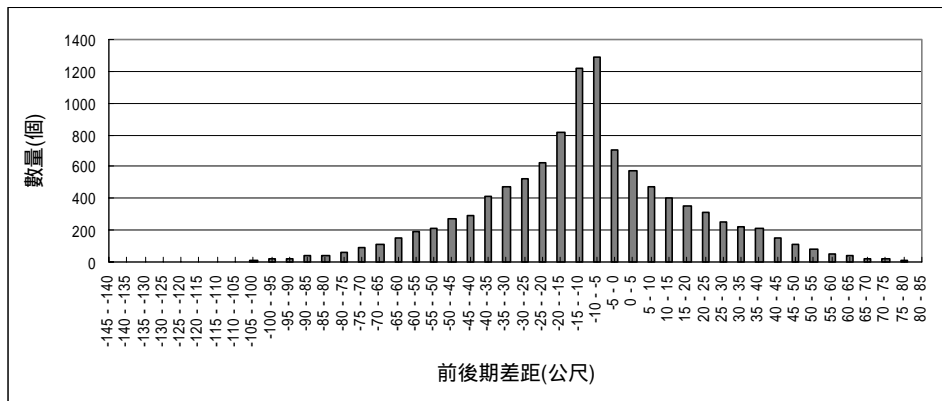


圖 1 地形變動量的頻率分布

收集九九峰下游水文測站烏溪橋、大肚橋的流量和懸移質資料，但因烏溪橋站在地震時損壞，僅有地震前的水文觀測資料，因此另選研究區西南烏溪另一條支流上的測站南岡大橋站進行分析。首先利用各站自 1987 年以來每年約 36 筆的懸移質採樣資料，分別訂定地震前後的懸移質濃

度與流量的率定曲線，結果所得迴歸線的判定係數均小於 0.42，又因一般河川的輸砂乃以豪大雨發生時最為顯著，因此利用北山和萬興兩個雨量站的資料，分析豪大雨事件，再從中取得相對的懸移質採樣資料，求算懸移質與流量的雙對數迴歸曲線，所得結果如表 1 所示。

表 1 各水文站懸移質與流量率定曲線

測站	觀測時期	觀測筆數	豪大雨	雙對數迴歸線	R <sup>2</sup>
烏溪橋	地震前 1987-1999	452	37	Y = 1.9367X - 0.3758	0.79
南岡大橋	地震前 1987-1999	452	37	Y = 2.0081X + 0.0772 Y = 2.0118 X + 0.0631	0.90
	地震後 1999 -2001	66	11	Y = 2.0255X + 0.2720 Y = 2.0118X + 0.2882	0.97
大肚橋	地震前 1987-1999	467	35	Y = 2.2223X - 1.4308 Y = 1.9246X - 0.7187	0.92
	地震後 1999 -2001	62	5	Y = 1.6268X + 0.3207 Y = 1.9246X - 0.4188	0.52

表 2 總懸移質輸砂量的變化

單位:千公噸

測站	觀測時間	觀測年數	平均值	範圍	標準差
烏溪橋	地震前 1987-1999	12.7	1846.080	1152.190 ~ 3059.590	486.350
南岡大橋	地震前 1987-1999	12.7	4533.329	1989.638 ~ 2879.228	254.481
	地震後 1999-2001	2.3	4644.276	2045.255 ~ 2438.302	208.675
大肚橋	地震前 1987-1999	12.7	2411.472	3527.775 ~ 6101.680	814.386
	地震後 1999-2001	2.3	2232.976	4486.415 ~ 4844.010	204.182

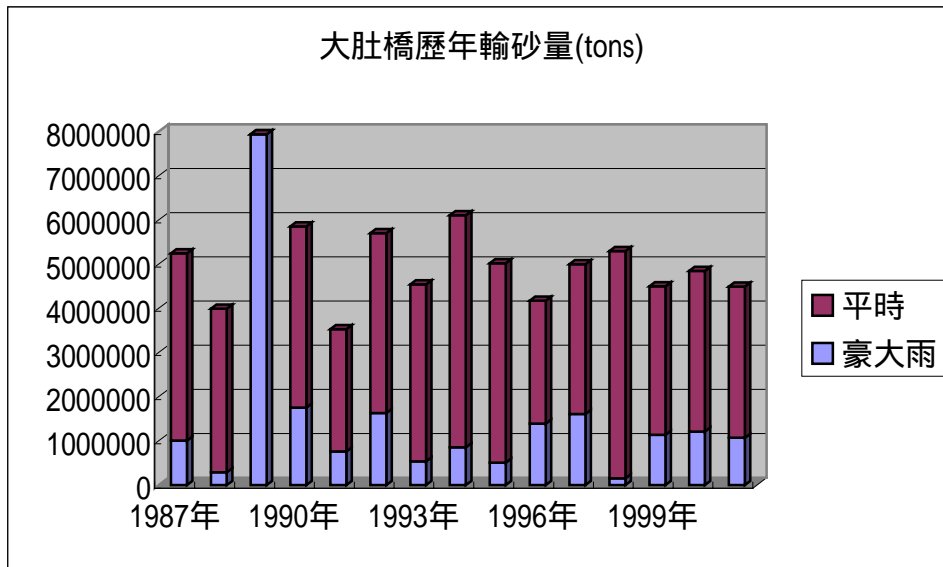


圖 2 九二一地震前後河川的輸砂量

為了比較九二一地震發生前後，豪大雨時河川懸移質輸砂情況，乃以各站地震前後兩條迴歸線斜率的平均值，做為新迴歸線的斜率，然後利用原資料計算兩條新迴歸線的截距。結果發現地震後率定曲線的截距均高於地震前者（表 1），顯示九二一地震所導致的崩塌物質可能有增加河川懸移質濃度的趨勢。

接著利用各年平時流量與懸移質的率定曲線，及地震前後豪大雨與懸移質的率定曲線，推估各年的總懸移質輸砂量（表 2、圖 2）發現地震後的年輸砂量並不顯著高於地震前，仔細檢查北山和萬興兩雨量測站的降雨狀況，發現九二一大地震後，各年出現豪大雨的次數稍微偏低。顯見九

二一地震雖然引發許多崩塌，也產生大量崩塌物質，但是其輸送仍賴豪雨產生具有較高能量的河川流量，才能有效地予以搬運。

#### 四、計畫成果自評

相較於九二一地震後的新地圖，1998 年的相片基本圖等高線較為平滑，其可能隱含繪製時良好的地表植物覆蓋，阻礙實際地形面的測繪。再經過數化及轉檔所得到的 DEM，其可能的誤差，經過採樣比對後，發現 92% 的採樣點誤差值在 ±10 公尺之內。另外，地震前後兩次地形資料的原投影系統並不一樣，雖經轉換仍無法完全

確保空間對位的正確性，因此估計的侵淤量可能有所偏差。

本研究原擬以野外崩場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。然因原始資料的精度與崩場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地形的實際變動量。而本區鄰近的雨量和水文觀測站有限，相關的流量和懸浮固體濃度測量資料也不完整，因此無法直接進行崩塌量與輸砂量的相關性評比。不過，初步的分析顯示本區的河川輸砂量與豪大雨密切相關，應該值得繼續深入探討。

## 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] 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。
- [4] 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。
- [5] 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。
- [6] 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。
- [7] 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。
- [8] 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。
- [9] 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。
- [10] 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。
- [11] Caine, N. (1980) The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flow, *Geografiska Annaler* 62 (1-2): 23-27.
- [12] Coussot, P., Meunier, M. (1996) Recognition, classification and mechanical description of debris flows, *Earth-Science Reviews* 40: 209-227.
- [13] Takahashi, T. (1978) Mechanical characteristics of debris flow, *J. Hydraulics Div, ASCE* 104(8): 1153-1169.