

[研究新領域報導]

車籠埔斷層新期構造、古地震及槽溝開挖研究古地震

陳文山、宋國城、陳于高、張徽正、李元希、李錫堤

一、緒言

1999年9月21日1時47分，台灣發生本世紀最大的地震，地震規模 Ms 7.3 (Mw 7.6)，震央約位在集集鎮的北方 1-2 公里，震源發生在車籠埔斷層，深度約 8-10 公里。921 地震也是本世紀少見的大地震，尤其地表所形成的變形，如地表的隆起高度與地表破裂的長度是絕無僅有的大地震，另一個重要的因素是 921 地震發生在人口稠密的地區。因此吸引了全世界的地質、地震學家與地震工程專家來到台灣研究 921 地震的地震機制與形成的地質現象以及對於建築物所造成的破壞。

根據統計 921 地震造成 2539 人死亡與失蹤，約 12000 受傷，房屋全毀 51753 戶，半倒 54406 戶；如此巨大的傷亡僅次於 1935 年發生在新竹與后里的大地震，造成 3276 人死亡與失蹤，約 12053 受傷。近半世紀以來，台灣地區幾乎沒有發生規模超過 7 的地震，最近一次規模大於 7.0 的地震發生於 1951 年的花蓮-台東 (Ms 7.1)。但是以近百年以來在台灣島上所發生的地震規模大於 7 的地震共有 8 次來看，平均約每 15 年發生一次。但是從以下的資料相較美國加州百年以來的地震規模與次數以及現今的人口密度來看，就可以知道台灣是處在何等的地震危險區域。100 年以來 (1896 年台灣開始設有地震儀) 台灣發生 8 個規模大於 7 的地震；而 100 年以來加州發生 11 次規模 7.0 以上的地震，其中以 1906 年舊金山地震受損最為嚴重，造成約 3000 人死亡。現今台灣島的人口密度為 613 人/平方公里，人口密度為世界第二位；而加州人口密度約為 60 人/平方公里，是台灣島的十分之一。以此來看，未來台灣的地震災害可能將較加州嚴重數十數倍以上，也因為如此的地質與人文環境因素，美國地質調查所將台灣列為全球地震災害中的極危險地區之

一。

地質界對於台灣活動構造 (活動斷層、活動褶皺) 的研究缺乏長期與整體性的規劃研究。雖然於 1997 年起中央地質調查所與國科會同時進行活動斷層的研究計畫，但是對於目前所認定 42 條活動斷層的研究資料極為欠缺 [1,3]，尤其針對活動斷層的週期或發生率皆沒有任何的資料。921 地震之後政府才豁然了解到台灣是處於地震極危險區域之中，才開始規劃執行地震地質的研究。本計劃目的就是希望藉由槽溝挖掘 (圖一) 的研究來探查車籠埔斷層以及其他活動斷層的活動性。

二、古地震研究

古地震研究方法中槽溝挖掘研究是最主要的研究方法之一，首先美國於 70 年代之後極力的針對活動斷層的槽溝挖掘研究。這項研究是最直接可以從地下岩層中發現古地震的證據，並了解古地震斷層的斷層特性與活動性。地質學者與地震學者對於古地震以及地震再現週期的研究都有初步的成果，尤其針對加州 San Andreas 斷層的研究非常的詳細 [7,8,9]。

台灣數十年以來雖然也有從事古地震的槽溝挖掘研究，但是都未有正式發表的研究或是依照一般的研究程序。於 1999 年集集地震之後相繼已有多項針對車籠埔斷層與後甲里斷層的調查研究，並且針對車籠埔斷層的古地震發表相關的文獻 [4,5]。於過去一年當中本研究小組也相繼完成約 10 處的槽溝挖掘研究，並希望未來的研究成果能對於台灣地區各活動斷層的活動性有所了解。目前對於古地震的研究以加州 San Andreas 斷層的研究最詳細，但此斷層是屬於平移斷層。但是針對逆衝斷層的古地震研究較為欠缺，尤其台灣是全球數個正在進行造山運動的地區之一，這種造山運動的地質構造區的斷層大都屬於逆衝斷層。因此逆衝斷



圖一 槽溝分為兩階，地下剖面需詳細分層紀錄與採樣

層的特性與活動性對於建立地球的造山運動模式是極為關鍵的一環。因此，921 地震之後全世界眾多的地質與地震學家來到台灣進行研究，以期了解造山運動與逆衝斷層的發生機制。

三、槽溝研究結果

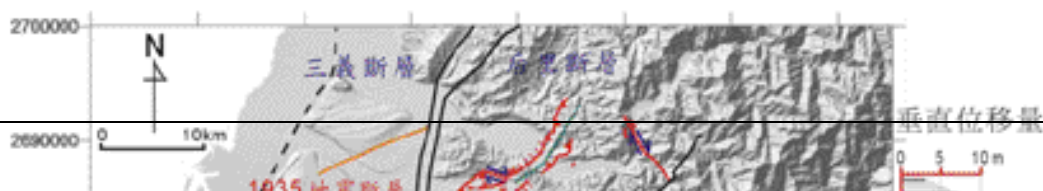
921 地震引發地表長約 100 公里的破裂，以及寬約 20 公里的隆起帶（圖二；[2,6]）。從 1976 年美國 Suppe 教授以台灣島造山帶所建立的薄皮構造理論以來，首次得到真正地殼活動的活生生例子。

本研究主要針對這種逆衝斷層進行古地震的研究，選定霧峰與南投地區進行車籠埔斷層的古地震研究，目前已經進行了 10 個槽溝挖掘研究（圖三）。以下就以霧峰的鳳梨園為例，此槽溝開挖區的地形受到 921 地震斷層的影響，形成了一道明顯的斷層崖，地表隆起約 1.7-2.5 公尺（圖四）。掘開地下剖面時發現有 2 條 921 地震形成的斷層以及 3 條以前地震所形成的斷層（n-1、n-2、n-3、n-4 斷層），表示之前車籠

埔斷層在此地曾有數次活動的紀錄。

從碳 14 與年代來看，921 地震的前一次古地震事件發生在約 200-400 年之前。之前在名間鄉與霧峰萬豐村的研究結果吻合，都顯示前一次的古地震可能發生在 200-400 年之前[4,5]。因此，重新整理 17 世紀以來台灣的地震記錄，瞭解何時的地震可能是造成 921 地震之前的古地震斷層。從 1624-1895 年各種文獻記載中可以發現有 6 個地震的規模可能在 7 以上，並且造成非常慘重的災情。其中以 1792 年與 1848 年的地震災區是位在現今的台中-彰化-嘉義地區。因此，本研究認為其中之一有可能是造成上一次車籠埔斷層的活動。

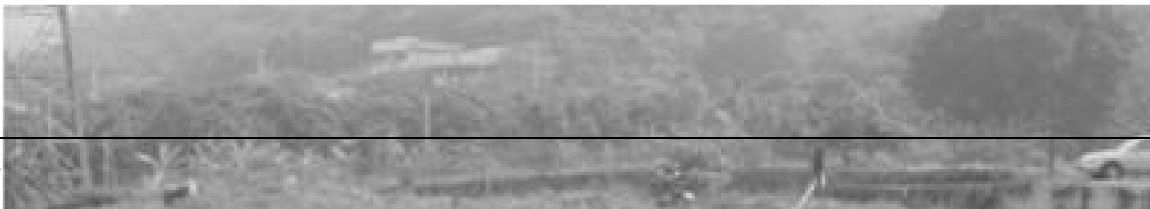
其餘 n-2、n-3、n-4 古斷層發生的年代因定年資料未完全，目前無法知道上限的年代，但從下部地層的定年年代表來看都發生在約 2000 年 B.P. 之後。以此推論車籠埔斷層的地震週期約為 200-400 年。目前的研究資料僅得知上一次地震發生的時間，但還無法以此資料來推論地震的週期與下一次地震可能發生的機率。



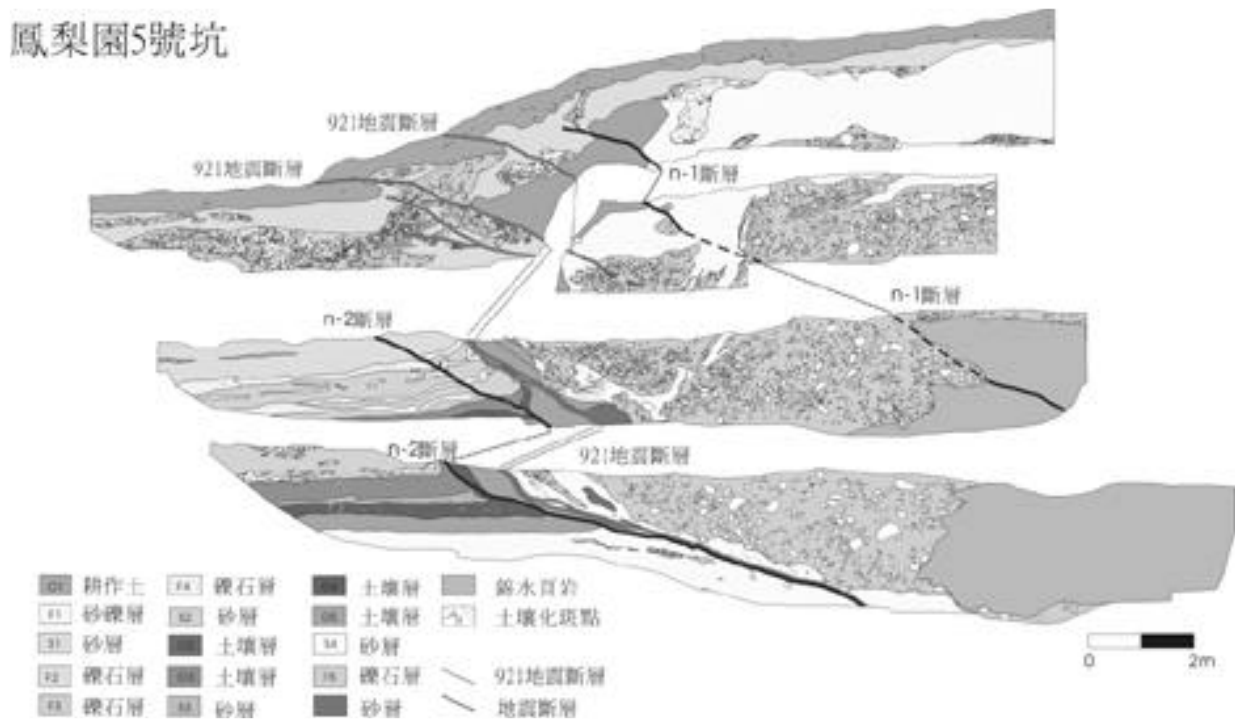
圖二 921 地震地表斷層位置圖

參考文獻

- [1] 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正，台灣活動斷層概論，第二版，經濟部中央地質調查所，122 頁(2000)。
- [2] 陳文山、陳于高、劉聰桂、黃能偉、林清正、宋時驊、李昆杰，921 集集大地震的地震斷層特性與構造意義：經濟部中央地質調查所特刊，14 期，139-154 頁(2000)。
- [3] 張徽正、林啟文、陳勉銘、盧詩丁，台灣活動斷層概論。經濟部中央地質調查所，103 頁(1998)。
- [4] W.S. Chen, Y.G. Chen, and H.C. Cheng, *Western Pacific Earth Sciences*, **1**, (3), 351 (2001).
- [5] W.S. Chen, Y.G. Chen H.C. Chang, Y.H. Lee and C.C. Lee, *Western Pacific Earth Sciences*, **1**, (4), 43 (2001).
- [6] W.S. Chen, B.S. Huang, Y.G. Chen, Y.H. Lee, C.N. Yang, C.H. Lo, H.C. Chang, Q.C. Sung, N.W. Huang, C.C. Lin, S.H. Sung, and K.J. Lee, *Bull. Seis. Soc. Am.*, **91**, 986 (2001).
- [7] D. P. Schwartz, and K. J. Coppersmith, *J. Geophys. Res.*, **89**, 5681 (1984).
- [8] K.E. Sieh, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **68**, 1421 (1978).
- [9] Sieh, K.E., and R.H. Jahns, *Geol. Soc. Am. Bull.*, **95**, 883 (1984).



圖三 鳳梨園開挖時的地下剖面



圖四 鳳梨園 5 號坑地層剖面素描圖