

車籠埔斷層古地震研究 - 竹山槽溝挖掘研究

陳文山¹、李龍昇¹、楊志成¹、顏一勤¹、

楊小青¹、劉力豪¹、張徽正²、李元希²

1. 台灣大學地質科學系
2. 經濟部中央地質調查所

前言

921 地震之後，地質學者才開始認識到地震可以造成如此巨大的地表斷層以及抬升量，同時也體會到台灣島是如此的變動，但也面臨與懷疑台灣的活動斷層到底有多少？這些活動斷層的活動性為何？因此，921 地震之後才正式有計畫的進行活動斷層調查以及斷層活動性研究。首先針對車籠埔斷層進行古地震研究，古地震研究目的是研究古代地震發生的時間以及每次地震造成的滑移量，來推測地震週期或發生機率。因此，古地震研究就須挖開斷層從地下剖面來了解古代地震所造成的移動量，以及由斷層與沉積層的關係來判斷地震發生的時代。

車籠埔斷層古地震研究

車籠埔斷層屬於造山帶前緣的逆衝斷層，其分界了台灣島兩個地質構造區，斷層上盤（東側）屬於西部麓山帶（造山帶, foreland），斷層下盤（西側）屬於台中盆地（前陸盆地, foreland basin）。此構造

環境的特性是西部麓山帶隨著逆衝斷層的上衝作用逐步向西移動，隆起並上衝超負在西側的台中盆地之上（陳等人, 2000a, 2000b, 2001; Chen et al., 2001c, 2001d）。台中前陸盆地受到西部麓山帶的重壓，而產生下陷作用，因此數十萬年以來台中盆地下陷了近千公尺。車籠埔斷層約形成於 70 萬年前，長期以來隨著斷層移動已經造成約 5000 公尺的垂直抬升量（陳等人, 2000a, 2001）。

921 地震之後，本研究已經針對車籠埔斷層進行約 10 處的槽溝挖掘研究調查。總合幾點有助於公共工程建設的研究結果：(1) 每次大地震造成地表破裂的位置並非只侷限於數公尺以內，最大的距離可以相距達 80 公尺。其變動則視覆蓋在斷層之上沖積層的厚度，疏鬆的沖積層越厚，斷層出露地表位置的變動性愈大。(2) 近千年來車籠埔斷層的活動週期可能為 300-400 年，921 地震之前的地震約發生在 150-400 年前，再之前的地震約發生於 700-800 年前(Chen et al., 2001a, 2001b; Chen et al., 2002)。(3) 每年車籠埔斷層的平均抬升量約 0.8 公分。

竹山槽溝古地震研究

構造：此次在竹山交流道的南側進行車籠埔斷層的槽溝挖掘調查，經過地表測量與調查結果表示 921 地震的斷層沿著河階崖出露地表在此處並造成上盤約 2 公尺的抬升，顯示這河階崖也是一個斷層崖（圖

1) 此處槽溝了出露極佳的地下構造剖面，槽溝兩側溝壁所呈現不同的構造結構。褶皺-逆衝斷層的褶皺型態可以分為斷層轉折褶皺 (fault-bend fold) 與斷層展延褶皺兩種型態 (Suppe, 1983)。竹山槽溝的地下結構同時呈現這兩種構造型態 (圖 2 a, b)。槽溝的南牆剖面呈現著以斷層作用為主的褶皺構造，此種褶皺構造稱為斷層展延褶皺 (fault-propagation fold, 圖 3)，也就是說斷層前端已經穿透到地表，斷層滑動時產生的脫逸褶皺，斷層上盤形成背斜構造，下盤形成向斜構造。如果斷層面不是呈現一個平面，而具有轉折的曲面時在斷層的轉折處經常形成一條背衝斷層 (back thrust, 圖 4)。槽溝的北牆剖面呈現以褶皺作用為主的構造，剖面中沒有呈現一條主要的斷層。褶皺帶兩側的岩層尚保存良好的連續性，其中只有數條移動量不大的次要斷層。這種褶皺構造型態稱為斷層轉折褶皺 (fault-bend fold, 圖 5, 6)，表示地表的變形是受到淺處地層的褶皺作用所造成，斷層前端尚未起切穿到地表。從剖面中量測地表的斷層面角度約為 30 度，但利用鑽井所量測的斷層深度以及槽溝斷層的位置計算斷層的角度約 24 度。地表斷層角度與地下較深斷層角度的差異，可能斷層切穿至地表 (自由度空間) 時造成角度些微的變化。

古地震事件：槽溝剖面中的紅線代表 921 地震時產生的斷層，南北牆都可以發現 921 地震產生的斷層。921 地震形成上盤被抬升約 2 公尺，

水平的移動量約 3.5 公尺。當回覆 921 地震的錯移量時，斷層兩側的地層還是無法對比，顯然地震之前地層已經被錯移。剖面中藍線代表古老的斷層，這些斷層都沒有切穿地表或只截切下部較老的沖積層而且還被年輕的沖積層覆蓋，表示年輕沖積層沉積時斷層已經被錯動了，這就代表一次的古地震事件。

從古老的斷層與沖積層的關係來看，除了 921 地震之外，還可以發現 2 次古地震事件所產生的斷層。但是將這三次地震造成岩層的錯動量回覆時，還發現斷層兩側的岩層依舊無法對比，顯然還有古地震事件沒有被發現。愈老的地震事件是愈不容易發現，因為愈早期的變形構造愈容易被之後的斷層所破壞。所以從目前的研究結果認為除 921 地震之外，至少還有 3 次的古地震事件，目前還沒有定年的資料所以古地震發生的年代還未知。

參考文獻

- 陳文山，鄂忠信，陳勉銘，楊志成，張益生，劉聰桂，洪崇勝，謝凱旋，葉明官，吳榮章，柯炯德，林清正，黃能偉 (2000a) 上-更新世台灣西部前陸盆地的演化 - 沈積層序與沈積物組成的研究：經濟部中央地質調查所彙刊, 13 期, 137-156 頁。
- 陳文山，陳于高，劉聰桂，黃能偉，林清正，宋時驊，李昆杰 (2000b) 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, 12 期, 139-154 頁。
- 陳文山，楊志成，黃柏壽，陳于高，石瑞銓，李元希，張徽正，黃能偉，林清正，宋時驊，李昆杰 (2001) 從台灣中部地區西部麓山帶的地質構造來看集集地震斷層的特性：地質, 21 期, 1 卷, 19-36 頁。
- Chen, W.S., Chen, Y.G., and Cheng, H.C. (2001a) Paleoseismic study of the

- Chelungpu fault in the Mingjian area: *Western Pacific Earth Sciences*, 1, 3, 351-358.
- Chen, W.S., Chen, Y.G., and Chang, H.C., Lee, Y.H., and Lee, C.C. (2001b) Paleoseismic study of the Chelungpu fault in the Wanfung area: *Western Pacific Earth Sciences*, 1, 4, 43-72.
- Chen, W.S., Ridgway, K.D., Horng, C. S., Chen, Y.G., Shea, K. S., and Yeh, M. G. (2001c) Stratigraphic architecture, magnetostratigraphy, and incised-valley systems of the Pliocene-Pleistocene collisional marine foreland basin of Taiwan: Eustatic and Tectonic Controls on Deposition: *Geol. Soc. Am. Bull.*, 113, 10, 1249-1271.
- Chen, W.S., Huang, B.S., Chen, Y.G., Lee, Y.H., Yang, C.N., Lo, C.H., Chang, H.C., Sung, Q.C., Huang, N.W., Lin, C.C., Sung, S.H., and Lee, K.J. (2001d) Chi-Chi Earthquake, 1999 September 21: A case study on the role of thrust-ramp structures for generating earthquakes: *Bull. Seis. Soc. Am.*, 91, 5.
- Chen, W. S., K.J., Lee, L.S., Lee, Daniel. J. Ponti, C., Prentice, Y.G., Chen, H.C., Chang, and Y.H. Lee(2002)Slip Rate and Recurrence Interval of the Chelungpu Fault For the Past 1900 Years: submitted to *Quaternary International*.
- Suppe, J., 1983, Geometry and kinematics of fault-bend folding: *Amer. Jour. of Science*, v.283, p.648-721.



圖 3 南牆剖面的構造以斷層作用為主，位在下盤地下 8 公尺深的礫石層隨著逆斷層的上衝已經位於上盤接近地表處，斷層兩側具有 8 公尺的落差。

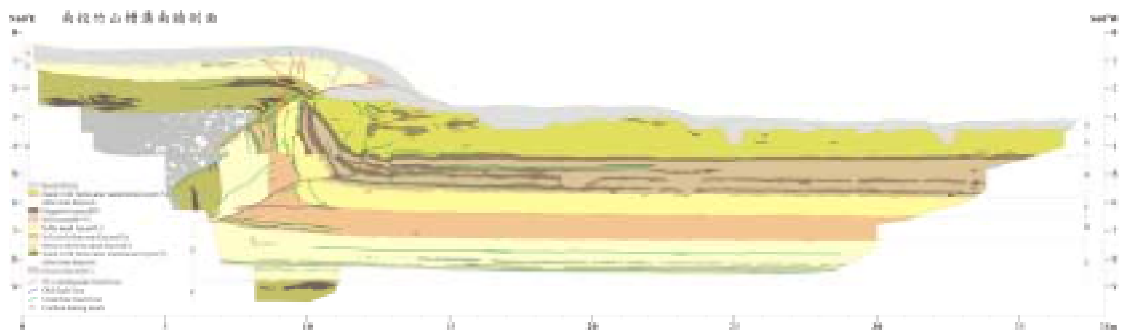


圖 4 南牆剖面述描圖,紅線為 921 地震產生的斷層,其他的斷層屬於之前形成的斷層。



圖 5 北牆剖面的構造以褶皺作用為主。

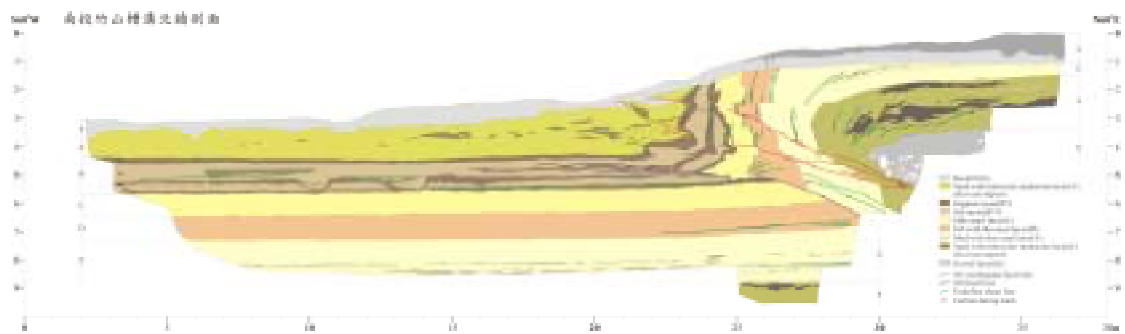


圖 6 北牆剖面述描圖,紅線為 921 地震產生的斷層,其他的斷層屬於之前形成的斷層,北牆地層的變形構造以褶皺為主。