

三探竹山槽溝—揭露地質構造變化之謎

文—蔣正興·圖—詹美律、徐家祥、范書睿

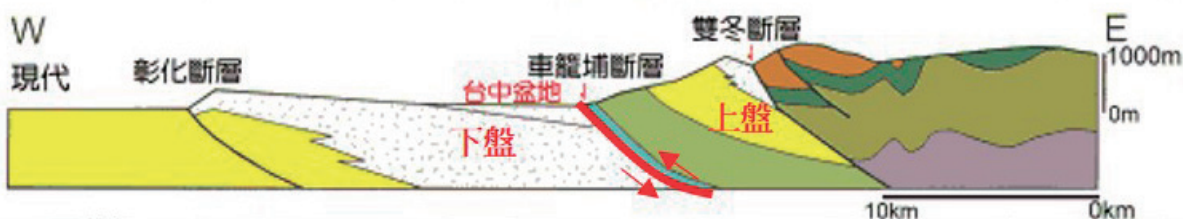


圖1 臺灣中部東西向的地質剖面圖。車籠埔斷層為中臺灣一系列的逆衝斷層之一(修改自陳文山, 1999)。

前言

1999年9月21日規模7.6的集集地震，造成95公里長的車籠埔斷層沿線地表破裂，科學家們為瞭解車籠埔斷層的活動週期及行為，進行了許多不同面向的研究，其中2001年經濟部中央地質調查所選址竹山，由臺大陳文山教授進行槽溝挖掘探索，揭露這條不安份斷層的神秘面紗。竹山槽溝不僅出露完整的地質剖面，更清楚記錄了多次古地震變形的遺跡，為了將此珍貴的地質剖面長久保存下來，教育部委託國立自然科學博物館，於此興建車籠埔斷層保存園區(以下簡稱竹山園區)，成為地震地質教育的場域。

地質簡介

車籠埔斷層為一條南北走向的逆衝斷層，斷層上盤出露相對較老的上新世錦水頁岩和卓蘭層，下盤出露相對較年輕的更新世頭嵙山層和現代沖積層(圖1)，而竹山園區的槽溝剖面所出露的地層為全新世(1萬1千7百萬年)以來的沖積層和河階堆積層。集集地震當時所造成的地表破裂，延續性極佳，大多出現在既有

三次的槽溝挖掘及剝製，意外窺看斷層的側向變化

2002年的開挖，槽溝南牆出露一條切穿至牆頂(地表)的斷層及被其截斷的褶皺，而北牆則出露出一個近乎完整的褶皺及多條未穿至地表的次要斷層，如此漂亮精彩的地質構造，隨即引來國內外學者的注目。然而，自開挖以來，槽溝歷經數次颱風及暴雨肆虐，牆面毀損嚴重，為了能保存珍貴的地質剖面，2005年剝製槽溝牆面，同年將槽溝回填，2012年底再由國立自然科學博物館重新開挖，前後共計3次的工程，每一次的開挖皆順著舊有的槽溝面擴挖。

2005年及2012年的擴挖北牆剖面，相較2002年的槽溝面相對後退了1公尺及3公尺，這3期的北牆剖面，在構造上有明顯的差異，牆上的一淺色土層在短短3公尺的距離，由一整塊逐漸變成數個不連續斷塊(圖2)，根據中央大學應用地質研究所黃文正教授研究，由於槽溝北牆恰巧位在主斷層的轉彎處，歪斜且不連續的斷層面使北牆的地質構造在短距離內有顯著的差異。相較之下，三次的南牆擴挖面的地質構造就無明顯的差異。目前竹山園區展示了2005年所剝製的南北牆地質剖面，及2012年重新開挖的槽溝，因此讀者可以前來參訪，嘗試比較兩者，窺看車籠埔斷層在地底下三度空間的變化(圖3)。

竹山園區週遭的地震遺跡

集集地震當時，斷層沿線都有嚴重的破壞，如今地震的地變及破壞證據，已逐漸不易察覺。然而在竹山園區周圍依舊留存著一些17年前的傷痕，包括抬升的路面、變形的建物、地面的裂痕及植物生長型態改變等現象。例如，園區東南側的小路，震後被抬升約1.5公尺，現已鋪上柏油，容易被忽略為普通的斜坡(圖4)。而道路東側的檳榔園除有明顯的坡地外，L型檳榔樹成為斷層曾經活動的重要佐證之一(圖5)。園區東側的三合院，現已無人居住，庭院雖鋪有柏油仍是雜草叢生，如果仔細觀察會發現，雜草多呈東北-西南排列，原來是沿著柏油間的裂縫生長，這些裂縫即為地震當時斷層擠壓造成的地表破裂痕跡(圖6)。而三合院主體，雖保存完整，但根據黃教授的研究顯示，若以二房(左側)為基準，三合院中間祭祀神明的正廳抬高約28公分，而大房約抬升18公分(圖7)，很可能是因為分支逆斷層錯動抬升所致，而三合院恰巧座落在此斷層的上緣處。再者，黃教授對比竹山園區周圍建築物震後毀損的狀況，認為此地震斷層造成上下盤區域不同的破壞程度，上盤區域受斷層影響相對較下盤

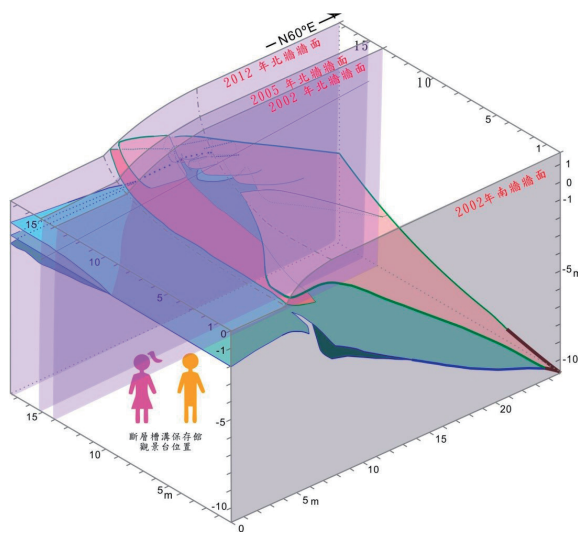


圖3 竹山槽溝的地質剖面三維示意圖。粉紅色與藍色色調的曲面為斷層面，紫色色調的垂直面為北牆槽溝面，灰色垂直面為南牆槽溝面。隨著槽溝擴挖，北牆的斷層跡有明顯的變化。(黃文正教授提供)。



圖4 竹山園區周圍的地變斜坡小路。原本近乎平坦的道路，集集地震後路面相對抬升1.5公尺，重鋪柏油後成為如今的坡路(箭頭處)。

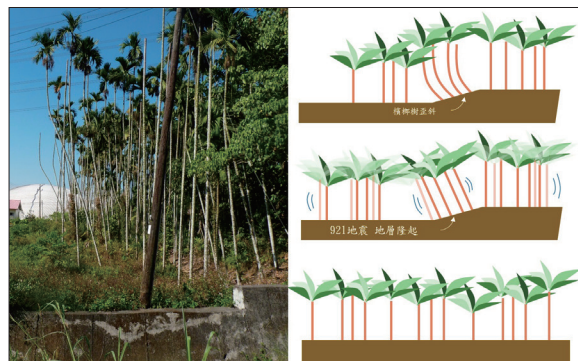


圖5 彎曲的檳榔樹。集集地震造成此處的檳榔樹隨同地表傾斜，檳榔樹有垂直生長的特性，因此地震發生數年後此處的檳榔樹呈「L型」，如右側卡通圖示意(由下而上)。



圖6 集集地震引致的地表破裂遺跡。竹山槽溝東邊約30米處的三合院，其庭院的柏油出現一系列方向性的地裂縫(部分以紅線示意於照片中)，為斷層引致的擠壓效應所造成，雜草沿部分裂縫生長。黑色箭頭指示壓應力的方向。



圖7 竹山槽溝東側的變形三合院(同上圖中建物)。中間的正廳為地震後抬升最高處(箭頭處)，紅色實線為地變後的牆界，虛線示意其原水平的位置。大門兩側的窗戶，因房屋不等量的抬升，而呈現約略向兩側傾斜。

大許多。這些珍貴的地震斷層活動遺址除供學術考察之外，也提供給大眾作為瞭解斷層活動的參考範例。