

# 車籠埔斷層就是集集大地震的地震斷層？

文—蔣正興、詹美律·圖—詹美律

**啊**！有地震！每次感受到地震搖晃的時候，人們都不禁想問：地震是怎麼發生的？究竟是哪條斷層在活動？地震跟斷層到底有什麼不為人知的關係呢？讀了中央氣象局的「地震百問」一書，文中雖指出：「大地震發生後，常出現地表破裂的現象，那麼究竟是斷層滑移引發地震，還是地震造成斷層，目前其實尚無科學上的定論。但是，斷層經常是地震釋放能量的地方。」但仍不易了解地震與斷層的因果關係，未來臺灣地震一定發生在中央地質調查所(以下簡稱地調所)公布的33條活動斷層嗎？以1999年的921集集地震(以下簡稱集集地震)為例，科學家雖指出地震為車籠埔斷層再活動所致，但經部分科學家對比車籠埔斷層與集集地震的地震斷層，發現地震斷層比原來的車籠埔斷層還長，難道集集大地震的地震斷層與車籠埔斷層有所不同？地震時可能造成不同條斷層一起破裂或形成新的斷層？

斷層為岩石、岩體或地殼受壓力後發生相對位移的破裂面，也可以說是岩層中的弱帶，持續的應力會造成岩層扭曲。當應力超出岩層所能負荷強度時，岩層可能循此弱帶做快速的相對位移，或因破裂而發育出新的斷層，同時扭曲的岩層會回彈，並向各方釋放彈力波，而這樣的能量傳遞至地表，就是我們感受到的地震(圖1)。中央大學李錫堤教授指出，根據斷層與地震的關連，一般可分為兩類：一為地震斷層，即在地震的同時在地表上產生的明顯破裂帶；另一類為震源斷層，為地震時釋放應變能的主要斷層，但它不一定會出露至地表。有時候不太容易辨別地震斷層是否為震源斷層(圖2)，例如1906年嘉義的梅山地震，震後造成地表出現一條長13公里的明顯地震斷層，但學界至今仍無法確定此斷層是否就是釋放能量的震源斷層。

集集地震後我們所觀察到的岩層或水平、垂直位移以及褶皺等地表破裂現象，即為集集地震所造成的地震斷層。集集大地震的地震斷層與震源斷層是不是同一條呢？根據中央大學馬國鳳教授的研究，認為集集地震破裂機制很清楚地表現在震源機制上，因此造成地表破裂的地震斷層同樣可以認為釋放能量的震源斷層。在發生集集地震前，科學家認為車籠埔斷層往北延伸過大甲溪接三義斷層，往南延伸過濁水溪接大尖山斷層。但是，集集地震後臺大地質系陳文山教授等人進行野外調查及地球物理探勘研究發現，集集地震斷層其實只在南段沿著車籠埔斷層及大尖山斷層錯移而出現地表破裂，而北段則是破裂在車籠埔斷層上盤岩層的石岡斷層(如圖3)，因此，研究結果認為集集地震斷層不完全是循著車籠埔斷層沿線破裂。中央大學王乾盈教授團隊也對集集地震斷層作全面剖析，發現南、北兩段斷層破裂的方式及震波的傳遞特性差異相當大：南段錯動小但釋放出許多高頻的地震波；北段錯動大但釋放出較低頻的地震波。從集集地震斷層的地表破裂帶來看，我們同時可以觀察到：原來的車籠埔斷層的再次錯移，以及新的斷層破裂發育，並思辨出地震斷層、活動斷層、震源斷層的異同。在集集地震的過程中，岩層受到極大的應力作

用，地震尋求斷層弱帶產生錯動而釋放能量，但能量並不完全沿著車籠埔斷層釋放，北段可能因應力方向改變，誘發其周圍的斷層活動，更發育出一系列的分支斷層，此地震斷層南北段共在臺灣中心劃過一條長達約105公里的地表破裂。嚴格說來，集集地震斷層帶由南至北其實包含了部分的大尖山斷層、車籠埔斷層、岡山斷層及新破裂的分支斷層，顯示經集集地震後，臺灣西部的斷層帶又得被重新定義一次了。我們所認識的早期的車籠埔斷層與集集地震的地震斷層確實不盡相同，我們也了解每次新的地震可能造成不同條斷層同時破裂，或是不同長度的斷層破裂。

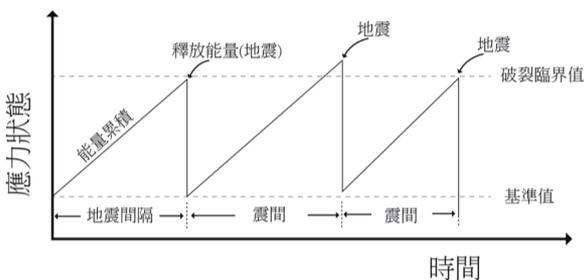


圖1 應力能量與能量累積釋放時間關係示意圖(修改自陳卉瑄, 2015)

我們在集集地震斷層中同時看到古斷層再次錯移、多條斷層連動，以及新斷層的發育，所以，地震斷層的形成可能是因古斷層的錯移而發育出來的分支或延伸。陳文山教授表示，斷層破裂長度越長，造成的地震規模就越大。觀察目前地調所公布的33條活動斷層(圖4)，會發現有些斷層可能在新地震後會一起活動，如北部的山腳斷層與海底斷層；中部的彰化、大甲、鐵砧山斷層；南部的恆春與海底斷層；東部的玉里、池上及利吉斷層等等，若連結起來都超過單一的斷層長度。以集集地震的模式為例，車籠埔斷層的錯移往南北方向分別觸動了大尖山與岡山斷層的滑動，造成105公里的破裂，並產生規模7.3的強震，不禁讓我們思考，若能量累積夠大時，地震觸發的斷層可能不僅一條，斷層連動所造成的地震強度更不容小覷。雖然地質學家已大致掌握臺灣的地體架構模型及震源機制等，但地質有太多的變因是我們無法預測的，地震斷層的觀念提供我們看待臺灣33條活動斷層的新思維。

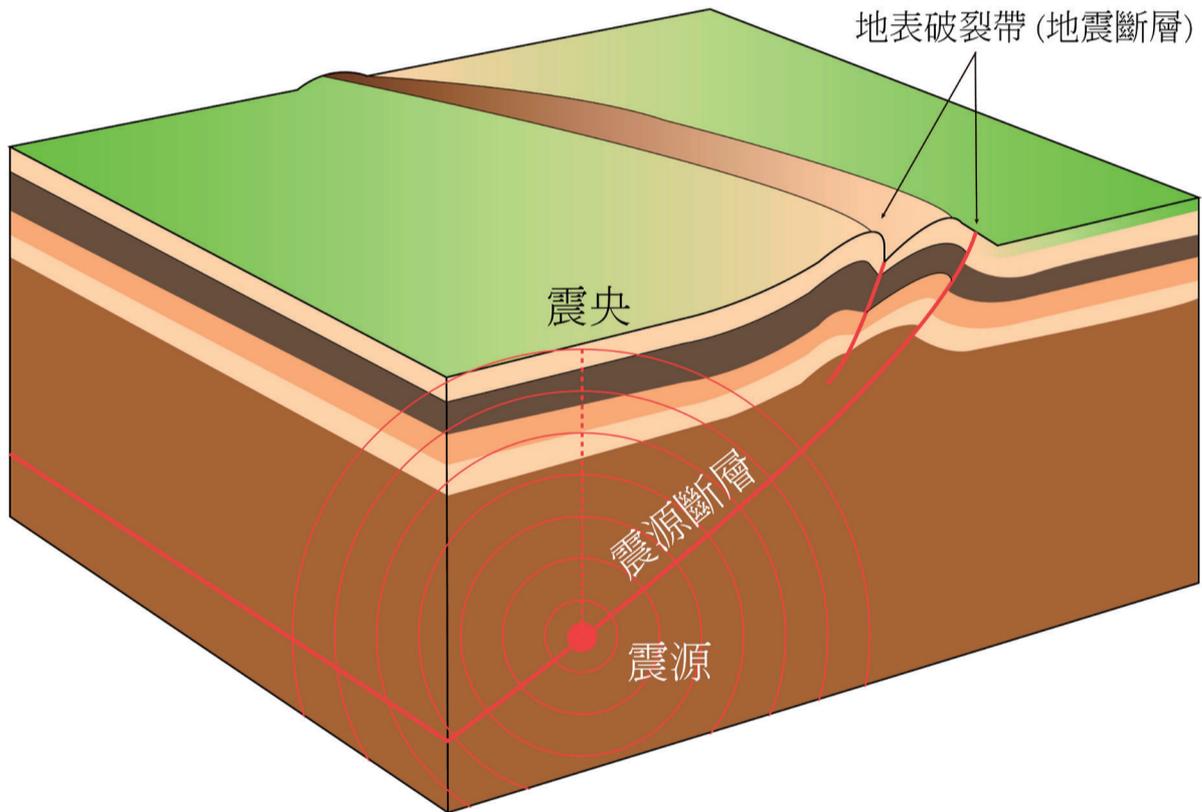


圖2 地震斷層與震源斷層的關係示意圖。地震時在地表上產生的明顯破裂帶為地震斷層；地震時釋放應變能的主要斷層為震源斷層。地震斷層不一定是震源斷層。



圖3 集集地震斷層(橘線)與車籠埔斷層(黑色虛線)位置示意圖，地震斷層在石岡附近走向轉為東北西南向。(修改自陳文山等人, 2000)

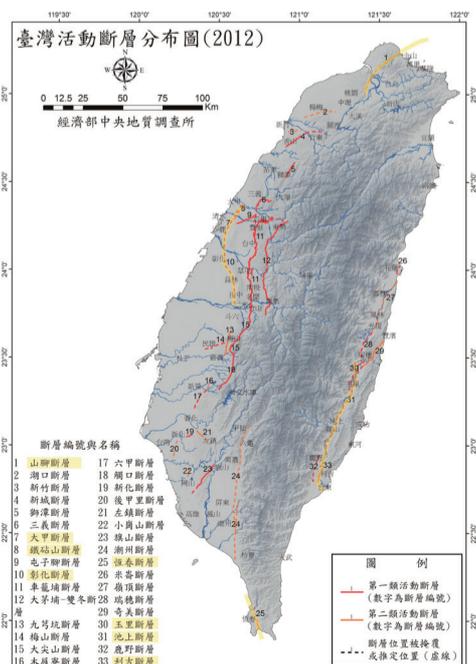


圖4 經濟部中央地質調查所2012年公布臺灣33條活動斷層分布圖。黃線代表可能連動之斷層。