

# 地震地質與活動斷層九十一年調查報告

## —新城斷層、彰化斷層、車籠埔斷層、梅山斷層與新化斷層

### Report of Investigation on Earthquake Geology and Active Faults, 2002 -the Hsinchen Fault, Changhua Fault, Chelungpu Fault, Meishan Fault and Hsinhua Faults

主管單位：國科會 計畫編號 91-1406-33-甲-00-00-00

林啟文、林偉雄、侯進雄、李元希、許文靈、盧詩丁、石同生、林燕慧、陳建良、黃存慧、  
劉彥求、廖振偉、王景平、張正宜、王菁穗、胡淑靜、吳靜怡、謝澤楨、余仲憲、陳玉琴  
經濟部中央地質調查所

#### 一、中文摘要

地震地質和活動斷層調查結果顯示，除了彰化斷層仍然隱伏地下，新城斷層、車籠埔斷層、梅山斷層和新化斷層均已穿出地表。新城斷層截切未紅土化的低位河階，顯示斷層在全新世曾經活動過，因此改列第一類活動斷層。彰化斷層由地表地質調查、鑽探和地球物理探勘結果均無法確認斷層延伸至地表附近，雖然地表有變動地形特徵—隆升的八卦台地，其成因來斷層擴展褶皺作用的結果，因此研判為一盲斷層。車籠埔斷層、梅山斷層和新化斷層均有歷史地震記錄。車籠埔斷層定年研究顯示以霧峰為界，北段前次活動時間約在 2,000 年前，南段則約在 600 年前。梅山斷層的調查結果未能確認斷層特性，該區的地形與地質特徵還受到鄰近觸口斷層與九芎坑斷層的影響，而九芎坑斷層因截切低位河階改列為第一類活動斷層。新化斷層的淺層震測結果顯示斷層擾動帶很寬，而槽溝開挖研究結果可辨識其過去活動過多次，近期活動方式可能以潛移作用為主。

#### Abstract

The result of investigation on earthquake geology and active faults shows that the Changhua fault is not exposed on the surface and is covered by overlying Quaternary deposits, whereas the Hsinchen

fault、Chelungpu fault、Meishan fault and Hsinhua fault all crop out on the surface. The Hsinchen fault cuts through non-lateritic fluvial terrace. This implies the fault was reactivated in Holocene, so it should be reclassified as an active fault of first category. The Changhua fault cannot be assured that it extends from subsurface to surface based on the data collected by the methods of drilling and geophysical exploration. There is an uplifted terrace next to the fault where it is a topographic high resulting from process of fault-propagation fold. Therefore, the Changhua fault is a blind fault. There are historic records of earthquakes caused by the reactivation of the Chelungpu fault、Meishan fault and Hsinhua fault. The Chelungpu fault can be subdivided into two segments based on activity according to the dating results. Northern segment was reactivated about 2000 years ago, whereas southern segment was reactivated about 600 years ago. The result of the study on the Meishan fault cannot be assured its characterization by now. The topographic and geologic features in the area next to the fault were influenced by Chukou fault and Chiuchiungkeng fault. The Chiuchiungkeng fault is re-classified as an active fault of first category, for it cuts through fluvial terrace. Based on the shallow seismic data, the deformation zone of the Hsinhua fault is wide. The features observed in the trenching sites show that it has been reactivated for several times in the past. The

style of its recent activity is mainly in the process of creeping.

## 二、前言

提供民眾防災資訊、預警，並力求在天然災害來襲時，達成減災目的，是政府施政主要方針。經濟部中央地質調查所為政府中主管地質資訊的唯一單位，有責任提供活動斷層明確資訊，並對活動斷層進行監測以達預警、防災之目標。在第二期防災型國家科技計畫防震組之地震災害潛勢分析計畫項下即規劃與活動斷層相關調查及研究項目，如 2.1 之 HAZ-Taiwan 相關資料庫之建置與維護；2.2 之地震災害潛勢分析；2.3 之活動斷層潛勢分析等調查研究工作。具體而言這些項目希望能回答以下問題：活動斷層的定位、斷層的性質、斷層的滑移速率，以及斷層的活動週期。我們工作的目標包括（1）針對每一活動斷層建立短期的滑移速率監測系統，主要以近斷層的密集 GPS 測站及精密水準測量監測，以五年時間完成活動斷層監測系統。

（2）分析每一條活動斷層長期的滑移速率，主要以槽溝開挖及活動地形研究為主。（3）確定活動斷層位置，主要經由地表地質調查、鑽井、地球物理探勘等方式，確定斷層位置及性質，並出版斷層條帶地質圖供外界參考。（4）區域構造環境研究，藉由區域性地質研究並配合地下地質、新期構造分析，以提供區域構造背景資料。

（5）建置活動斷層資料庫，整合近年來活動斷層研究資料，提供學界研究及民眾查詢之用。希望藉由這些工作目標，能落實進行地震災害評估及達到減災的目的。91 年活動斷層調查的標的分別為新城斷層、彰化斷層、車籠埔斷層、梅山斷層與新化斷層。

## 三、新城斷層

新城斷層位於新竹縣與苗栗縣，為逆移斷層。斷層北段由關西南方至頭前溪段呈東北東走向，長約 12 公里；南段由頭前溪延伸至頭份東北方的頂埔里，呈東北走向，長約 16 公里，兩段合計長約 28 公里。

### 1. 地形地質調查

在地形上新城斷層展現良好的線形，但在頭前溪以北並不佳。由地形面的對比，推論新城斷層可能在晚更新世以後有多次的活動記錄。在地質上，斷層的上盤在頭前溪以南出露錦水頁岩與卓蘭層，頭前溪以北則出露為頭嵙山層，斷層的下盤則出露頭嵙山層。由鑽探結果顯示，斷層上盤岩層傾角由地表向下逐漸變陡，與深層鑽探的結果一致，斷層中有兩個密集的剪裂帶。本年度在頭前溪南岸所發現的新露頭顯示，斷層截切未紅土化的低位河階，顯示斷層可能在全新世活動過。

### 2. 古地震調查

本年度在新竹科學園區進行兩個新城斷層槽溝開挖。篤行營區 1 號槽溝剖面因斷層上下盤地層中並無可供比對之指準層，因此無法判斷有幾次的古地震事件，僅能估算總抬升量至少有 15 公尺；另一位於上盤卓蘭層內的小剪切帶，是否為另一次古地震事件就很難推測，亦可能與主斷層的活動同時期。篤行營區 2 號槽溝剖面所見的主斷層切穿紅土面，故其可能為一次較近期的地震事件所造成。

### 3. 地球物理探勘

新城斷層的地球物理探勘結果發現，於新竹市東方的頭前溪南岸一帶，淺部岩層以低角度往東南方傾斜，而逆衝斷層的上下盤存在不同傾角的岩層，上盤角度較高而下盤角度稍小。在斷層南端於頭份與竹南一帶的探勘結果顯示，斷層有可能在當地往西南偏移，或在當地結束，而剖面的模糊帶則為這一轉折帶的表現。

### 4. 活動斷層監測系統

本年度於新竹地區共計新埋設 5 個 GPS 點和 9 個水準點，此外台灣大學亦同時於本地區新埋設 18 個 GPS 點和 1 個水準點。GPS 點位部分，在斗煥坪斷層的上盤，靠近獅潭斷層和神卓山斷層的地方共埋設 2 個點；在大平地斷層上盤近頭前溪，共埋設 3 個點；在新城斷層和竹東斷層間共埋設 8 個點；在新竹斷層和新城斷層間共埋設 4 個點；在新竹斷層的下盤共埋設 6

個點。水準測線主要沿縣道 122 跨越新竹及新城斷層。水準點位部分，在新竹市地區埋設 2 個點，另外的 8 個點是沿著縣道 122，靠近頭前溪，每隔一公里設置 1 點。測量方式包括：(1) 涵蓋本區兩個主要地質構造之 GPS 測量網 (20 公里x20 公里，51 點 (5 個新點，46 個舊點)，點位密度約為每 8 平方公里 1 點)；(2) 跨越新竹及新城斷層之水準測線 (26 點，其中 9 新點與 17 舊點，共 37 公里)。九十二年度將重測這些區域以進行位移分析。

#### 四、彰化斷層

彰化斷層位於彰化縣八卦台地的西緣，由烏溪南方經彰化市、員林、出水至田中東源里；斷層由彰化附近之北北西走向，至員林以南約呈南北走向，至田中轉為南北走向，長約 32 公里。本斷層包括以往所稱之彰化斷層、員林斷層與田中斷層。

##### 1. 地形地質調查

彰化斷層僅見地形特徵，未見直接地質證據，野外調查結果顯示，以往某些被稱為三角切面的特徵，經證實為層面。鑽探調查結果並無法確認斷層的存在，但可以証明八卦山背斜為一不對稱的褶皺，現今頭嵙山層中的部分小型斷層應為褶皺軸部發育的破裂。綜合地形地質調查結果研判，彰化斷層的前緣尚未穿出地表，屬於盲斷層，而以斷層擴展褶皺的模式發展。

##### 2. 地球物理探勘

彰化斷層 90 年度的施測結果顯示並無主要逆衝斷層存在的跡象。本年度於員林東方青山國小一帶，利用較長的測線展距來獲得較深的剖面，也可用於調查岩層厚度的變化。綜合所有震測剖面推論，彰化斷層在彰化以南一帶並未出露到地表，但在近地表處地層有小變形或破裂存在，這與地電測勘的結果也相吻合。綜合測線附近之地質調查結果，均未發現斷層存在證據，因此無法由震測剖面及地質證據上證實彰化斷層的位置及存在。但在震測剖面上可明顯看出地層有往西傾斜的構造現象，可視為八卦背斜西翼，但無法證實八

卦背斜與平原接壤處有斷層產生的錯動。

##### 3. 活動斷層監測系統

本年度在中部地區選定 2 條水準測量路線，一條主要沿著縣 150、投 36、與台 16 等道路，測線橫跨彰化斷層、車籠埔斷層及大茅埔-雙冬斷層，測線長約為 44 公里，點位間距為 0.5~2 公里，共 45 點。另一條水準測量路線同樣橫跨彰化斷層、車籠埔斷層及大茅埔-雙冬斷層，主要沿縣 148、台 14 等道路，以約每 1 公里埋設一點，測線長約為 66 公里，共 54 點。本區 GPS 監測網範圍為 25 公里x25 公里，34 新點 (5 個 GPS 與水準共點)，28 舊點，點位密度約為每 10 平方公里 1 點。

#### 五、車籠埔斷層

車籠埔斷層位於台中縣、台中市與南投縣，為逆移斷層，約呈南北走向，為誘發 1999 年 9 月 21 日地震之地震斷層。斷層為台中盆地與豐原、南投兩丘陵的交界線，自台中縣豐原沿丘陵西緣向南延伸經潭子、大里、太平、南投縣草屯、南投至名間，全長超過 80 公里。

##### 1. 地形地質調查

豐原以東：集集地震地表破裂於地形上沒有線形特徵，於地貌上也沒有任何不同，顯示其斷層跡附近岩性相同，因此在地形上無法辨識任何斷層存在證據。野外地質調查結果發現地表下未有明顯的斷層存在，斷層跡主要破裂於卓蘭層中，且破裂帶走向與岩層走向大略一致，推測其為順著層面形成層間滑動。

豐原—潭子段：車籠埔斷層跡及地震斷層在數位地形圖上並未有明顯的線性特徵，主斷層的上盤出露桂竹林層，九二一地震地表破裂則位於錦水頁岩、以及錦水頁岩與卓蘭層的交界，鑽探結果也顯示有數個明顯斷層泥帶，因此九二一地震斷層主要是位於車籠埔斷層的上盤，且地震斷層與數條舊斷層是主斷層 (車籠埔斷層) 所向上衍生的分叉斷層，故表現於地表上則為一斷層帶。

烏溪—濁水溪段：集集地震所造成的

地表破裂，在地形上位於平原與丘陵的交界，或丘陵區內。車籠埔斷層帶在各地的寬度由 200 至 600 公尺不等，涵蓋所有的錦水頁岩與卓蘭層底部，厚度約 200~400 公尺。由車籠埔斷層特性的分析結果，集集地震斷層大多位於其上盤，有些是沿著舊斷層帶再度活動，另外有一些則是在新的位置產生新的破裂。就此次地震所造成的岩層錯移量對照斷層兩側的層位落差 1500 公尺以上，車籠埔斷層應該已活動過多次，以致造成數百公尺的斷層帶。主斷層在地表下淺部衍生出數條分叉斷層，而呈現覆瓦展開型斷層的構造形貌，表現在地表上則為一斷層帶，集集地震斷層即為車籠埔斷層帶中的某些分叉斷層反應在地表面上的結果。

濁水溪以南：本區在車籠埔斷層的東側則另存在初鄉斷層，在初鄉橋東側可以發現斷層上盤為桂竹林層，下盤為卓蘭層與階地堆積層，斷層並延伸穿出地表，而所截切的階地時代約 13~14 千年，顯示初鄉斷層為近期曾活動的斷層。車籠埔斷層與初鄉斷層間出露卓蘭層，並具有一背斜與向斜構造，而非如其他南投地區為同斜構造，顯示濁水溪兩側的地質構造型態有極大差異，可能為西部麓山帶地區的一個重要過渡帶。此外，東埔蚋溪的發育 4 至 5 階的河階，若初鄉斷層兩側階地為斷層錯移的結果，則由現今階地的比高來分析，初鄉斷層應為左移斷層兼具逆衝分量，竹山地區的構造活動除了車籠埔斷層的活動之外，褶皺作用與初鄉斷層的活動，也承擔部分構造應力。

## 2. 古地震調查

豐原中正公園槽溝開挖結果，只有發現 921 地震斷層，並未發現任何老的古地震活動所遺留下來的證據。玄天上帝廟的開挖結果有一次古地震事件，約 2000 年前。

仙宮廟 2 號槽溝開挖結果，除了九二一地震事件造成地表隆起形成褶皺崖外，共發現四次古地震事件，將變形岩層回復後發現第一次古地震事件造成第一層與第二層土壤層呈斜交 6 度交角，其中間夾楔型的砂礫層是沈積在第一次古地震所形成

的崖坡上；第二次古地震事件造成土壤層 9 度交角，並有砂礫層超覆沉積；第三次古地震事件，造成土壤層 12 度交角，並上覆有一楔型的砂礫層；第四次古地震事件造成下覆崩積層 18 度傾角；其後的古地震事件就無法判斷。目前本槽溝尚無任何定年資料，因此無法估計，上次發生地震的時間與此斷層的地震週期。

文山農場槽溝剖面記錄九二一地震及 4 次古地震事件。九二一地震造成本區呈單斜形貌，此褶皺上下盤的高差約 0.9 公尺。由地層截切關係得知第一次古地震事件中，斷層作用錯移岩層，造成垂直位移約 0.5 公尺。第二次古地震事件中，斷層造成水平約 1.5 公尺，垂直約 0.9 公尺的位移量。第三次古地震事件中，斷層造成垂直位移量約 0.5 公尺，水平位移量 0.8 公尺，並傾動其層面約 22 度。第四次古地震事件中，原來水平沉積層受到傾動而向下撓曲，而上覆砂礫層則呈近水平堆積。中寮中二高一釋迦園 2 號槽溝結果，顯示有一次古地震事件，該地震事件形成一個高約 1.8 公尺的褶皺崖。

## 3. 地球物理探勘

潭子地區階地上的震測剖面中可見到遠離階地邊緣的東側岩層向東傾斜、西側岩層向西引曳現象，顯示階地西側仍有斷層存在，延伸至地表的位置約在階地邊緣。西側的沖積層的反射信號由東往西傾斜，並呈現一向西引曳的反射面，與中部地區大區域的構造形貌一致。由測區施測的結果可以發現斷層並未切過階地，可能位於階地的西緣，九二一地震地表破裂帶西側仍存在另一前緣斷層。

霧峰地區在跨過此次九二一地震斷層隆起處的測線剖面中，反射層受到極大的擾動，比對斷層於地表出現的隆起與破裂處，可以見到地下地層最大的擾動處與地表破裂處並不一致。由震測結果，顯示此地區斷層活動分佈的範圍極廣，這次地震後的斷層露頭只是此次地震於地表的表現位置而已，未來地震斷層也可能在這寬廣的斷層帶中活動。

大坑地區的震測結果顯示，西側平坦

岩層延伸到中央時中斷，有另一套岩層取代，再往東測淺部岩層出現明顯繞射信號，深部地層仍往東北延伸。相較本測線與鄰近地區的地形，由於測線中岩層錯斷處也可能是斷層於西側的位置，斷層露頭中的礫石可能僅為薄層的河階礫，因此研判九二一地震地表破裂帶西側仍有斷層存在。

#### 4. 活動斷層監測系統

如前所述，本年度在中部地區選定 2 條水準測量路線，測線橫跨彰化斷層、車籠埔斷層及大茅埔—雙冬斷層，長約為 44 公里。本地區 GPS 監測網範圍為 25 公里×25 公里，34 新點，28 舊點，點位密度約為每 10 平方公里 1 點。

### 六、梅山斷層

梅山斷層位於嘉義縣，1906 年嘉義大地震發生的地震斷層，為右移斷層，呈東北東走向。斷層由嘉義縣梅山延伸至民雄，長約 13 公里。

#### 1. 地形地質調查

1906 年梅山階地上田埂錯移現象可由航照判釋與野外調查予以確認。陳厝寮沖積扇向西凸出現象未必是梅山斷層活動所造成，因此處大尖山斷層亦向西凸出，位移量最大，故褶皺前緣向西凸出。陳厝寮沖積扇東側（小梅背斜區）反較沖積扇為低，可能是梅山斷層右移所產生之張裂下陷的結果，或小梅背斜及九芎坑斷層活動結果，九芎坑斷層因截切低位河階改列為第一類活動斷層。由於梅山斷層附近以礫石層為主，鑽探結果亦無法証實確切斷層位置。未來本區應著重梅山斷層、觸口斷層與九芎坑斷層間的關係，而以地質鑽探與監測系統為重點調查工作。

#### 2. 古地震調查

梅山斷層的槽溝開挖調查結果並未發現明顯的斷層構造，但在地表地形呈現一個約東西向高約 2 公尺的崖坡，並於崖坡處地下剖面中的礫石層呈現一高約 2 公尺的落差，此崖坡處亦沉積有崖錐堆積的礫石層以及呈楔型的紅土層。本研究認為此

崖坡是經由斷層作用所造成的斷層崖，南側為隆起側，北側為下陷側，從剖面來看擾動帶的寬度約有 2 公尺。本剖面於坡崖的北側最下層的紅色土壤層與礫石層呈現褶曲的現象，是否亦為構造所形成的崖坡，值得探討。由槽溝開挖結果無法解析古地震的事件，從斷層崖的沉積層來看，此構造應屬於較早期的構造作用，因崖錐堆積層已呈紅土化。

#### 3. 地球物理探勘

民雄東方平原區的震測結果，獲得一良好的走向滑移斷層剖面，可以明顯看出由西南往東北傾斜的地層，以及剖面中間深處寬約 70 公尺的斷層帶，斷層帶東側的岩層比西側的岩層高約 8 公尺，與地表調查地層抬升的方向一致，但抬升量較高。第二次將目標深度加深至 500 公尺以下，以得到良好的斷層構造。其結果顯示由西南往東北傾斜的地層，以及剖面中間深處寬約 300 公尺的斷層帶，證實了斷層往西潛伏至地下的證據。綜觀本地區地電與震測的調查結果顯示，梅山斷層於西側一帶，由中坑麻園農場一帶的實際位置可能在原先估計的北邊。該斷層較偏北且在豐收一帶轉彎的壓力，以致造成了當地所有剖面所顯現的寬廣的地層開花構造。

#### 4. 活動斷層監測系統

本年度水準路線為七條跨越梅山斷層之短測線（4~6 公里），共約 41 公里，測線涵蓋梅山斷層、九芎坑斷層及觸口斷層。其中新設水準點 21 點，舊有點位為 30 點。本地區 GPS 監測網範圍為 20 公里×20 公里，47 點（26 新點，21 舊點），點位密度約為每 8.5 平方公里 1 點。

### 七、新化斷層

新化斷層位於台南縣，屬於右移斷層，呈北北東走向，為 1946 年台南地震所造成的地震斷層。斷層由台南縣新化東北方約 5.5 公里之那菝林至新化西北方約 2 公里之北勢以東，長約 6 公里。

#### 1. 地質調查

新化斷層東段位於丘陵區，地形特徵

較為明顯，在航照上可觀察到丘陵錯移、疑似斷層線谷、疑似斷層池及河流轉彎等連續而明顯線形分布，由地形特徵及錯移地形的情况研判新化斷層過去可能即活動過多次；深坑橋以西地勢較為平坦，地形上的特徵較不明顯。鑽探結果顯示有數個小型剪切帶，但未發現較厚的斷層帶存在。再台南新化畜牧場的地表可以發現多組規則的裂隙，由量測之破裂方向資料與1946年的資料比對，當時在那拔林附近裂縫的走向為北偏西60~80度，深坑橋西側為北偏西60度，整體而言破裂多集中於北偏西30~80度之間，而在那拔林附近之破裂走向為北偏西60~80度，與測得其中一組北偏西70~80度的裂縫相符。而裂縫群密集出現在斷層線附近，所觀察到的兩組裂縫經分析為左剪的形式，並與1946年地震後調查的結果吻合；若此裂縫與新化斷層有關，則可能暗示新化斷層近期的活動方式以潛移作用為主。

## 2. 古地震調查

本研究四條槽溝及其延伸開挖的部份均已成功地挖掘到新化斷層的錯動帶，並發現多次古地震現象，且各槽溝中均明確找到西元1946年新化斷層的錯動面，同時，在NBL-2及NBL-3兩條槽溝中發現古河道沉積之泥碳層均已受過不只1946年之一次擾動變形，其底部亦有早一期地震之裂縫充填現象，故此古河道沉積至少受過較1946年更早之一次地震擾動。整體而言，新化斷層係處於橫移拉張之構造環境，在槽溝壁上出現視正斷層之表徵，實際上可能是橫移斷層常出現的所謂花狀構造。三條槽溝在斷層帶附近皆有現今地形及古地形面下凹暨古河道發育現象，此亦可能與橫移拉張運動有關。證據顯示，三次古地震的發生時間皆在台灣西南部蔦松文化期（400~2,000y B.P.）及其後。此文化層形成前另有斷層活動切穿全新世台南層，但未擾動文化層。台南層內部亦有斷層未截穿台南層。

## 3. 地球物理探勘

在本年度所調查的六條震測線中亦均

觀察到地層擾動錯位的現象存在，因此斷層的位置相當明確，惟由震測的結果推測斷層通過北勢之後，可能繼續向西延伸。如同梅山斷層一般，走向滑移斷層造成的開花構造很寬，代表斷層擾動帶範圍很廣。

## 4. 活動斷層監測系統

本年度建立一條由善化至關廟沿台19甲南北向橫跨新化斷層的水準測線，共22測點，長約30公里。並將原有橫跨台南台地東西向之水準測線沿台182公路再往東延伸17公里，約每一公里選一個水準點。此測線西起安平，東至龍崎，共33測點，長度約37公里。本地區GPS監測網範圍為25公里x25公里，74點，點位密度約為每8.5平方公里1點，涵蓋新化斷層、後甲里斷層及左鎮斷層。

## 八、討論與結論

新城斷層由地形面的對比，推論新城斷層可能在晚更新世以後有多次的活動記錄。在頭前溪南岸所發現的新露頭顯示，斷層截切未紅土化的低位河階，顯示斷層可能在全新世活動過。

彰化斷層僅見地形特徵，未見直接地質證據，鑽探調查結果並無法確認斷層的存在，現今頭嵙山層中的部分小型斷層應為褶皺軸部發育的破裂。綜合地形地質調查結果研判，彰化斷層的前緣尚未穿出地表，屬於盲斷層，而以斷層擴展褶皺的模式發展。未來應著重於跨斷層的GPS與精密水準測量，以進行滑移速率觀測。

車籠埔斷層可以分成數個地質區段：豐原以東變形作用層間滑動為主，發生於卓蘭層內，最近一次活動時期在2000年前；潭子至大坑段斷層集中於錦水頁岩內；大坑至名間段斷層發生於錦水頁岩與卓蘭層底部，為過去較為活躍的區段，1800年內有三次地震事件；竹山以南的大尖山斷層則為另一斷層區段，斷層發生於桂竹林層頂部。豐原以東是最不活躍的斷層區段，大坑至竹山段則為最活躍的區段，最近活動時代在300~700年之間。整體而言車籠埔斷層帶可能涵蓋桂竹林層底部至卓蘭層底部，厚度可達400公尺以上。

梅山斷層雖找到 1906 年地震斷層的遺跡，但仍然無法確認斷層帶特性。陳厝寮沖積扇東側反較沖積扇為低，可能是梅山斷層右移所產生張裂下陷的結果，或小梅背斜及九芎坑斷層活動結果，而九芎坑斷層因截切低位河階改列為第一類活動斷層。未來本區應著重梅山斷層、觸口斷層與九芎坑斷層間的關係，而以地質鑽探與堅測系統為重點調查工作。

新化斷層的斷層擾動帶可能很廣，而過去可能即活動過多次；新化畜產試驗所地面的兩組裂縫則可能暗示新化斷層近期的活動方式以潛移作用為主。因此新化斷層的角色可能並非僅是 1946 年的地震斷層，而是一條過去即曾經活動過，目前亦尚在活躍中的斷層。

## 參考文獻

- [1] 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正，「臺灣活動斷層概論—五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書」，經濟部中央地質調查所特刊十三號(台北縣，89 年)，共 122 頁。
- [2] 石瑞銓、陳平護、陳文山、呂明達，「地球物理探勘計畫(1/5)」，經濟部中央地質調查所「地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫」研究報告(台北縣，91 年)，共 155 頁。
- [3] 陳文山、李錫堤、陳于高，「槽溝開挖與古地震研究計畫(1/5)」，經濟部中央地質調查所「地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫」研究報告(台北市，91 年)，共 109 頁。
- [4] 張瑞津、沈淑敏、楊貴三，「臺灣島河階地形資料庫的建置(1/3)—北部地區」，經濟部中央地質調查所「地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫」研究報告(台北縣，91 年)，共 82 頁。
- [5] 饒瑞鈞、胡植慶、詹瑜璋、洪日豪，「活動斷層監測系統計畫(1/5)」，經濟部中央地質調查所「地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫」研究報告(台北縣，91 年)，共 100 頁。
- [6] 林啟文、石同生、石瑞銓，「臺灣中部南投地區的車籠埔斷層帶特性研究」，經濟部中央地質調查所彙刊十六號(台北縣，92 年)(已接受)。
- [7] 盧詩丁、石同生、林燕慧，「由地形及地質證據談新化斷層的活動特徵」，台灣之第四紀，第九次研討會，(台北縣，91 年)，148-149。
- [8] 侯進雄、賴典章、費立沅、王菁穗、陳文和，「高精度測量在車籠埔活動斷層監測與調查上之應用研究—九二一地震前後測量結果比較」：經濟部中央地質調查所特刊 - 九二一集集大地震專輯，第十二號，(台北縣，89 年)191—210 頁。
- [9] 賴典章、李錦發、侯進雄、費立沅、林朝宗等(1997)車籠埔斷層調查研究：台灣省住宅及都市發展處。
- [10] 李錦發、侯進雄、林朝宗、賴典章(1999)車籠埔斷層與 921 集集大地震：中國地球物理年會 88 年度年會—集集大地震特輯，7-36 頁。
- [11] 李錦發、侯進雄、費立沅、賴典章(1999)台灣中西部地殼變形觀測之初步結果：中國地球物理年會 88 年度年會論文集，227-231 頁。
- [12] 侯進雄、賴典章、費立沅(2000.08)九二一大地震前後車籠埔斷層監測第 19 屆測量學術及應用研討會論文集，760~769 頁。
- [13] 黃文正、陳致言、劉思妤、林燕慧、林啟文、張徽正「台灣中部大甲溪至頭汴溪九二一集集地震地表變形模式」，經濟部中央地質調查所特刊十二號(台北市，89 年)，63-87 頁。
- [14] 李元希、盧詩丁、石同生、饒瑞鈞，「集集地震斷層南段地表破裂的變形機制：逆斷層—走向滑移斷層板塊(TFF)三接點模式」經濟部中央地質調查所彙刊十五號(台北市，91 年)，87—101 頁。
- [15] 李元希、吳維毓、石同生、盧詩丁、謝孟龍、林啟文、黃文正、張徽正，「921 集集地震地表變形特性—埤豐橋以



- 東」,經濟部中央地質調查特刊第十二號(台北市,89年),19-40頁。
- [16]紀宗吉、邱增龍、李元希、劉桓吉,「車籠埔地震斷層沿線地表變形致災案例探討」,經濟部中央地質調查特刊第十二號(台北市,89年),235-254頁。
- [17]林偉雄,「集集地震所致地表變形-石岡和竹子坑地區」,經濟部中央地質調查特刊第十二號(台北市,89年),1-17頁。
- [18]Yu S.B., L.C. Kuo, Y.J. Hsu, H.H. Su, C.C. Liu, C.S. Hou, Jiin-Fa Lee, T.C. Lai, C.C. Liu, C.L. Liu, T.F. Tseng, C.S. Tsai, and T.C. Shin (2001) Preseismic deformation and coseismic displacements associated with 1999 Chi-Chi, Taiwan, Earthquake : Bull. Seismological Society of America, 91(5), 995-1012.
- [19]L.C. Kuo, Yu S.B., Y.J. Hsu, C.S. Hou., Y.H. Lee, C.S. Tsai , and C.S. Chen (2002) Impact of a Large Earthquake on a GPS Network : The Case of The 1999 Chi-Chi, Taiwan Earthquake; Survey Review, 36, 284(April 2002), 423-431.
- [20]Yuan-Hsi Lee, Wei-Yu Wu, Tung-Sheng Shih, Shih-Ding Lu, and Meng-Long Hsieh (2002), Measurements of slip vectors on the surface rupture of the 1999 Chi-Chi earthquake, western Taiwan, submit to Journal of Structural Geology.
- [21]Yuan-Hsi Lee, Shih-Ting Lu, Tung-Sheng Shih, Wei-Yu Wu, (2002) Comments on "A Vertical Exposure of the 1999 Surface Rupture of the Chelungpu Fault at Wufeng, Western Taiwan: Structural and Paleoseismic Implications for an Active Thrust Fault" by .C. Lee, Y.G. Chen, K.S. Sieh, K. Muller, W.S. Chen, H.T. Chu, C. Rubin, and R. Yeats, accept by Bulletin of the Seismological Society of American.
- [22]Chien-Cheng Huang, Yuan-Hsi Lee, His-Ping Liu, David K. Keefer, and Randall W. Jibson. (2001) Influence of Surface-Normal Ground Acceleration on the Initiation of the Jih-Feng-Erh-Shan Landslide during the 1999 Chi-Chi, Taiwan, Earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, 91, 5, pp.953-958.
- [23]Yue-Gau Chen, Wen-Shan Chen, Jian-Cheng Lee, Yuan-Hsi Lee, Chyi-Tyi Lee, Hui-Cheng Chang, and Ching-Hua Lo. (2001) Surface Rupture of 1999 Chi-Chi Earthquake Yields Insights on Active Tectonics of Central Taiwan. Bulletin of the Seismological Society of America, 91, 5, pp.977-985.
- [24]Meng-Long Hsieh, Yuan-Hsi Lee, Tung-Sheng Shih, Shih-Ting Lu, and Wei-Yu Wu. (2001) Could We Have Pre-located the Northeastern Portion of the 1999 Chi-Chi Earthquake Rupture Using Geological and Geomorphic Data? Atmospheric and Oceanic Sciences TAO, Vol. 12, No. 3, 461-484.
- [25]Yoko Ota, Chi-Yue Huang, Peter B. Yuan, Y. Sugiyama, Y. Lee, M. Watanabe, H. Sawa, M. Yanagida, S. Sasaki, D. Hirouchi and K. Taniguchi: (2001) Trenching Study at the Tsaotun Site in the Central Part of the Chelungpu Fault, Taiwan. Western Pacific Earth Science, vol.1, No. 4, p487-498.
- [26]Wen-Shan Chen, Yue-Gau Chen, Hui-Cheng Chang, Yuan-Hsi Lee and Jian-Cheng Lee, (2001) Paleoseismic Study of the Chelungpu Fault in the Wanfung Area. Western Pacific Earth Science, vol.1, No. 4, p499-506.



表一 91 年活動斷層鑽探結果簡表

斷層名稱	井名稱及說明編號	x 座標	y 座標	鑽探深度	鑽探位置	成果簡述
新城斷層	新城一號井	242345	2733750	50m	頭份鎮下坪私有地(直井)	鑽於下盤，以比對新城二號井岩層。
	新城二號井	242675	2733625	200m	頭份鎮下坪私有地(直井)	鑽遇斷層，52.2~52.4 公尺密集剪切葉理，岩層傾角 18 度逐漸變陡至 47 度，剪切葉理最密集處為 71~72.8 公尺。
	新城三號井	251158	2740291	40m	竹科力行二路、力行三路口工地(直井)	排鑽之一，岩層受斷層擾動。
	新城四號井	251157	2740304	30m	竹科力行二路、力行三路口工地(直井)	排鑽之二，岩層受斷層擾動。
	新城五號井	251152	2740327	30m	竹科力行二路、力行三路口工地(直井)	排鑽之三，鑽遇斷層，斷層帶由 13.5~17.2 公尺，17.2~17.6 公尺為沖積層礫石。
彰化斷層	員林一號井	209727	2648821	395m	高速鐵路八卦山隧道西口東南東方 600 公尺(直井)	未鑽遇斷層。0~100 公尺再沉積礫岩、除 240~300 公尺為砂岩、夾泥岩與砂頁岩互層外，其餘均以頭嵙山層礫岩為主。
車籠埔斷層	大坑一號	222213	2674703	300m	台中市大坑大里溪河床(直井)	鑽遇斷層，主斷層面出現於 130.6 公尺，下盤為沖積礫石層。
	竹山一號	219800	2632599	50m	竹山鎮竹林汽車旅館前(上盤)(直井)	鑽於下盤，以比對槽溝內岩層及變形特徵。
	竹山二號	219869	2632645	60m	竹山鎮竹林汽車旅館前(下盤)(直井)	在 53 公尺鑽穿斷層。
	桶頭一號	214134	2616326	454m	竹山鎮桶頭清水溪南岸(直井)	鑽遇斷層破碎帶，斷層傾角超過 75 度。
梅山斷層	梅山二號	202500	2609645	50m	梅山鄉三美庄私有地(斜井)	鑽遇擾動帶。
新化斷層	新化一號井	178360	2550510	100m	新化鎮台糖番子寮農場(直井)	井位位於斷層向西延伸可能位置上，但未鑽遇。
	新化二號井	181700	2551389	50m	新化鎮台南農業改良場(直井)	岩層有擾動現象。
	新化三號井	181693	2551424	100m	新化鎮台南農業改良場(直井)	鑽遇新化斷層，23.8~26.7 公尺，52.5~52.9 公尺斷層剪切帶。
	新化四號井	181681	2551406	200m	新化鎮台南農業改良場(直井)	岩層受擾動，83.2~83.4 公尺間的泥層有密集剪切葉理。

表二 91 年槽溝開挖成果一覽表

斷層名稱	槽溝名稱	槽溝位置	成果簡述
新城斷層	篤行營區 1 號槽溝	新竹科學園區篤行營區	斷層上下盤並無可供比對之指準層，無法判斷有幾次的古地震事件，總抬升量至少有 15 公尺；另一位於上盤卓蘭層內的小剪切帶，可能與主斷層的活動同時期。
	篤行營區 2 號槽溝	新竹科學園區篤行營區	主斷層切穿紅土面，可能為一次較近期的地震事件所造成。
車籠埔斷層	豐原中正公園槽溝	豐原市中正公園	只發現 921 地震斷層，並未發現任何老的古地震活動所遺留下來的證據。上一次地震事件約在 2000 年前。
	仙宮廟 2 號槽溝	豐原市仙宮廟	共可觀察到四次古地震事件，本槽溝尚無任何定年資料，無法估計上次發生地震的時間。
	文山農場槽溝	台中縣文山農場	本剖面記錄著包含 921 地震以及 4 次古地震事件記錄。第一次古地震事件，垂直位移約有 0.5 公尺；第二次古地震事件，造成水平 1.5 公尺，垂直 0.9 公尺的位移量；第三次古地震事件，垂直位移量約 0.5 公尺，水平位移量 0.8 公尺，並傾動其層面，由原本自然堆積的角度至 22 度左右；第四次古地震事件，原本水平沉積的砂層與砂礫層，均受到傾動而向下撓曲。
	中寮中二高一釋迦園 2 號	南投縣中寮釋迦園	前一次地震事件形成一個高約 1.8 公尺的褶皺崖，時間在在 700 年前。
	竹山槽溝	南投縣竹山鎮竹林汽車旅館前	921 地震在該處（上盤相對下盤）的抬升量約 2 公尺，而該槽溝顯示總抬升量約為 8 公尺，估計有 3~4 次古地震事件。上一次地震事件約在 200 年前。
梅山斷層	大埔美農場槽溝	嘉義縣大林鎮大埔美農場	本剖面並無發現明顯的斷層構造。但在地表地形呈現一個約東西向高約 2 公尺崖坡，於崖坡處地下剖面中的礫石層呈現一高約 2 公尺的落差。此崖坡處亦沉積有崖錐堆積的礫石層以及呈楔型的紅土層，可能是經由斷層作用所造成的斷層崖，南側為隆起側，北側為下陷側。由槽溝開挖結果無法解析古地震事件。
新化斷層	NBL-2 槽溝	台南縣新化鎮台南農業改良場	槽溝壁上出現視正斷層表徵，可能是橫移斷層常出現的所謂花狀構造。三次古地震的發生時間皆在台灣西南部蔦松文化期（400~ 2,000y B.P.）及其後。此文化層形成前另有斷層活動切穿全新世台南層，但未擾動文化層。
	NBL-3 槽溝	台南縣新化鎮台南農業改良場	槽溝中顯示有早期的斷層活動，延續到古河道沉積層下方之古土壤層，使斷層兩側的古土壤層厚度不同。

表三 91 年地球物理探勘測線一覽表

斷層名稱	測線名稱	測線位置	測線長度	成果簡述
新城斷層	篤行震測探勘	新竹科學園區篤行營區	500m	斷層上下盤存在不同傾角岩層，上盤角度較高而下盤角度稍小，可由測區的鑽井、地質與槽溝開挖資料證實。
	啟寶震測探勘	寶山鄉境內啟寶高爾夫球場南側	1230m	剖面東邊中可見清楚平整的地層，與出露地表的岩層型態一致。
	下坪震測探勘	頭份鎮境內西北側，與新竹縣寶山鄉緊鄰	1035m	地形界線可能是新城斷層之一重要的轉變位置。有可能斷層在此往西南偏移，也有可能斷層在此結束。
彰化斷層	員林青山震測探勘	員林鎮林厝仔	1750m	剖面中可見只是岩層的傾角較大，整條測線中並無斷層出露的現象。
	員林東方劉厝震測探勘	員林鎮劉厝	930m	在彰化以南一帶並未出露到地表，但在近地表處地層有小變形或破裂存在。
	員林東方劉厝地電探勘	員林東方青山國小與劉厝一帶	1530m	上部岩層連續性良好。
	彰化－烏溪地電探勘	彰化市北邊彰化-烏溪一帶	1530m	上部岩層連續性良好。
車籠埔斷層	大坑震測探勘	台中北屯中臺醫專前河岸（北岸）	960m	剖面中可見九二一地震斷層，其西側尚存在前緣斷層。
	大坑地電探勘	潭子、大坑一帶	1260m	地電阻層不連續推測為車籠埔斷層之舊斷裂帶，斷層傾角 60~80 度。
	霧峰吉峰地電探勘	霧峰吉峰國小東側	249m	地電阻不連續，推測為車籠埔斷層之新、舊位置，傾角約為 65 度向東。
	濁水－水底寮地電探勘	竹山鎮濁水-水底寮	496m	推測為車籠埔斷層之新、舊斷層帶，傾角約 60 度向東。
梅山斷層	豐收村震測探勘	民雄鄉好收農場西側豐收村北邊	600m	剖面中可見由西南往東北傾斜岩層，以及剖面中間深處寬約 300 公尺的斷層帶，證實斷層往西潛伏至地下的證據。
	中坑－開元后震測探勘	梅山鄉中坑－開元后	900m	剖面中的岩層型態隨地形呈現，由南往北傾斜，破裂帶清晰寬廣。
	三美震測探勘	梅山鄉三美庄	480m	剖面的左側（北邊）的信號很差，但右側的信號很清楚。
	梅山地電探勘	民雄鄉豐收村	550m	斷層較偏北，且在豐收一帶轉彎，以致造成了當地所有剖面所顯現的寬廣的開花構造。
新化斷層	縣道 19 甲震測探勘	新化鎮省道 19 甲上	1095m	岩層向北小角度傾斜。
	台糖鐵道震測探勘	新化鎮舊台糖鐵道上	181m	剖面經過的地下構造均為水平層。
	那拔林地電探勘	新化鎮台南農業改良場（直井）	192m	地電阻層不連續帶出現。

表四 91 年水準測線路線表

測線編號	路線	路線長度(公里)	控制點點數(個)	點位密度(點/公里)	施測日期	通過斷層名稱
A1	縣 122	37 公里(13 公里為本計畫;24 公里為一等二級)	26(9 新點, 17 舊點)	0.7	10/26-11/04	新竹、新城斷層
A2a	縣 150, 投 36, 台 16	44 公里(25 公里為本計畫;19 公里為一等二級)	45(21 新點, 24 舊點)	1.02	11/15-17、8/22-25	彰化、車籠埔及大茅埔-雙冬斷層
A2b	縣 148, 台 14	66 公里(23 公里為本計畫;43 公里為一等二級)	54(15 新點, 39 舊點)	0.82	7/26-8/27、11/14-22	彰化、車籠埔及大茅埔-雙冬斷層
A3	台 3, 台 19 及鄰近道路	41 公里	51(21 新點, 30 舊點)	1.24	11/20-24	梅山斷層
A4	台 19 甲	30 公里	22(20 新點, 2 舊點)	0.73	11/22-23	新化斷層
A5	縣 182	37 公里(第一次施測 20 公里)	33(13 新點, 20 舊點)	0.89	5/6-14、10/29-11/22	後甲里斷層
	總計	255 公里	231(99 新點, 132 舊點)	0.91		

新設點位：78 鋼棒，21 標石，共計 99 點，其中與 GPS 共點計 13 點。

實際本計畫施測共計 189 公里。

表五 91 年 GPS 監測網範圍及點數表

監測網編號	區域	範圍	控制點點數(個)	點位密度(平方公里/點)	施測日期	涵蓋斷層名稱
B1	新竹	20 公里×20 公里	51 (5 新點、46 舊點)	7.84	9/11-23	新竹及新城斷層
B2	彰化	25 公里×25 公里	62 (34 新點、28 舊點)	10.08	9/2-9	彰化及車籠埔斷層
B3	嘉義	20 公里×20 公里	47 (26 新點、21 舊點)	8.51	9/28-10/1	九芎坑、梅山、大尖山及觸口斷層
B4	台南	25 公里×25 公里	74 (39 新點、35 舊點)	8.45	8/12-17	後甲里、新化及左鎮斷層
	總計		234 (104 新點、130 舊點)	8.76		

新設點位：均為鋼棒，共計 91 點。

實際施測 234 點，其中新點 104 點(含共點 13 點)，舊點 130 點(含共點 22 點)。