

地震地質與地變動潛勢分析(1/4)

Earthquake Geology and Assessment of Surface Deformation (1/4)

主管單位：經濟部中央地質調查所

劉桓吉、盧詩丁、侯進雄、石同生、陳建良、林燕慧、劉彥求、許文靈、陳柏村、紀權宥、張雲翔、陳盈璇、鍾瑋、徐婉婷、郭育安、吳靜怡

Liu,Huan-Chi; Lu,Shih-Ting; Hou,Chin-Shyong; Shih,Tung-Sheng; Chen,Chien-Liang; Lin,Yen-Hui; Liu,Yen-Chiu; Sheu,Wen-Ling; Chen,Po-Tsun; Chi,Chuan-Yao; Zhang,Yun-Xiang; Chen,Yin-Hsuan; Chung, Wei; Hsu, Wan-Ting; Kuo,Yu-An; Wu,Ching-Yi

經濟部中央地質調查所

摘要

本計畫為4年期的計畫(2007至2010年)，除了延續上一階段「地震地質調查與活動斷層資料庫建置」計畫(2002至2006年)持續調查斷層位置及其性質外，此一階段針對斷層帶的地下構造，以及斷層的長短期滑移速率進行調查及分析，了解斷層帶的性質及斷層的活動特性，充實斷層活動潛勢評估所需的參數資料，為未來斷層的活動潛勢評估奠下基礎，並持續地震地質資訊的整合研究。96年度完成大甲斷層及清水斷層的斷層帶地下構造調查；探討大甲(清水)斷層、彰化斷層、中洲斷層與潮州斷層的斷層長期滑移速率；完成台灣南部地區部分活動斷層的短期滑移速率分析；在地震地質整合上，完成台灣中部及東部5條斷層的報告撰寫及上網，提供大眾查詢；編撰出版台灣西南部及台灣北部的活動斷層條帶地質圖說明書，提供各界參考。開發完成GPS連續觀測站的資料展示系統，已可即時提供44站觀測站之觀測資料，了解跨斷層帶地區地表的變形行為。

關鍵詞：活動斷層、地震地質、滑移速率、再現週期、地殼變形

Abstract

This project is a 4-year plan (2007-2010). Not only does it continue the goal of the plan in former stage to locate the active fault trace and to investigate the property of the major active fault in Taiwan, but also it has focus on the studying on structural profile of the fault zone and the characteristics of the fault activity. We plan to complete the structural profile of 3 fault zones and to get slip rate of 2 faults per year. Thus, totally, at least 12 structural profiles and 8 slip rates will be obtained by the end of this project. Besides, digesting and compiling the huge amount of data gathered by this project from different source reports or source data are always kept on going. In 2007, we had completed annual reports on 5 faults located in eastern and central Taiwan and these reports have been already available on the website of CGS to provide new data to the public for querying. We also had finished compiling the data of 9 faults of southwestern Taiwan and 8 faults of northern Taiwan into special issues of CGS. Recently, we got progress on the investigation of Tachia fault, Chishan fault, Chaochou fault and Henghun fault by field survey and drilling. The primary results are addressed in this content, too. Here, we develop a new system for instantly showing the information of 44 continuous GPS stations. It is easier to check the condition of each permanent GPS station now and contribute to understand the behaviors of the surface deformation across the active faults zones in Taiwan.

Keywords: Active Fault, Earthquake Geology, Slip Rate, Recurrence Interval, Crust Deformation.

一、斷層帶地下構造調查研究

由車籠埔斷層活動的案例來看，人命的傷亡並非只有發生在斷層的地表破裂處，整個斷層帶皆是可能發生的範圍，為此需加強斷層帶的地下構造研究。96 年度調查之斷層為大甲斷層、鐵砧山斷層及清水斷層。本項研究利用地質鑽探、淺震震測及構造分析來繪製斷層帶的地下構造剖面。

1.1 大甲斷層及鐵砧山斷層

大甲斷層為向東傾斜約 20-25 度低角度逆斷層，北起於大安溪，南至沙鹿附近，北端的邊界受控於東西向正斷層，南端邊界為泰安斷層，斷層尖端未出露地表，近地表處岩層受斷層傳遞褶皺作用，地層呈現高角度向東傾斜，並發育生長層序。大甲斷層之下尚有一深部的滑脫面斷層，以五指山層為滑脫面，此斷層為形成鐵砧山背斜主要的斷層，此深部斷層向南終止於大甲溪。

鐵砧山斷層特性過去僅限於地形證據，缺乏斷層露頭，本研究首次發現此斷層為向西傾斜低角度斷層，此斷層在北側分散為數條斷層，由於大甲斷層尖端的地層伴隨斷層的褶皺作用造成高角度傾斜，因此斷層尖端不易向前推進，而大甲斷層深處持續的滑動，為調適深部斷層的活動導致鐵砧山斷層(背衝斷層)的發育。

1.2 清水斷層(大肚斷層)

清水斷層過去定義北起大安溪南至大肚溪之間，但由本研究顯示清水斷層以沙鹿為界南北構造形態有別，北端構造近似於大甲斷層，因此考慮斷層區段作用，加上清水位在沙鹿以北，因此沿用舊有名稱而僅改其定義並不妥，因此建議重新定義一改稱大肚斷層，大肚斷層北起沙鹿南至大肚溪，由淺層及深部震測研究顯示，斷層為一碗型斷層(listric fault)，斷層向下延伸，最後接到以錦水頁岩為滑動面的滑脫面，斷層尖端未出露地表。

二、斷層長期滑移速率與再現週期研究

為了建立斷層的活動潛勢評估模式及奠下斷層活動斷層評估之基礎，一些斷層的活動性參數資料亟待研究，因此本項研究透過地質剖面挖掘、階地定年、地質鑽探等方法來進行大甲（清水）斷層、彰化斷層、中洲斷層與潮州斷層的斷層長期滑移速率與再現週期研究。

2.1 大甲（清水）斷層：

本斷層是中部地區褶皺-逆衝斷層帶的最西緣斷層，於后里台地西緣具有明顯的地形崖線型，由大甲東緣，向南延伸至大肚溪北岸。本年度共綜合大甲 1、2 號井等 9 孔岩心，以及河階的定年與變位資料來分析大甲斷層之特性，並估算大甲斷層的長期變動速率。大甲斷層之斷層面於大甲 2 號井 157 公尺深處，推測斷層尖端已達到鐵砧山西側的崖坡。而利用斷層兩側鑽井岩芯與定年分析大甲斷層南段區域，推估上盤的最大抬升速率為 0.4-2.6mm/yr，離斷層較遠處的下盤之沉降速率為 1.3-2.9mm/yr；合計得到大甲斷層的垂直滑移速率為 1.7-5.5mm/yr ($3.6\pm 1.9\text{mm/y}$)。

2.2 彰化斷層：

彰化斷層亦為中部地區最西緣的斷層，位於大肚台地西緣，呈現明顯的線形，從大肚溪往南延伸至濁水溪之間，本研究以彰化市 1、2 號井等 6 孔岩心之定年資料，估算彰化斷層兩側的變動速率。彰化斷層下盤處於沉降狀態，遠離斷層處沉降速率較大，為 8 至 2mm/yr；上盤最大變動速率約 2.3mm/yr；得到彰化斷層的垂直滑移速率為 10-4.3mm/yr。

2.3 中洲斷層：

位於台南縣大灣低地東側，呈南北走向，長約八公里，大地測量資料顯示中洲斷層可能存在之證據，本研究進行武東地區一南北走向的線型崖進行鑽探研究(武東 1~3 號井)，再綜合地形與沙崙農場等 10 孔岩心沉積物分析資料，得到中洲斷層上盤屬於全新世海階地形，下盤為大灣低地，兩側地形面高差最大可達十數公尺。下盤之大灣低地的沉降速率約為 0.4-3.0mm/yr，上盤的中洲台地的抬升速率約 1.7-4.7mm/yr。估得中洲斷層的垂直滑移速率約為 2.1-7.7mm/yr (4.9 ± 2.8 mm/y)。而若以 8000yrBP 與 10000yrBP 的等時面估算，垂直滑移速率為 5.8-6.4mm/yr。假設中洲斷層的斷層傾角約為 60 度來估算，其滑移速率約為 6.7-7.4mm/yr。

2.4 潮州斷層：

潮州斷層由高雄縣寶來向南至屏東縣枋寮入海，陸上部分長度約 100 公里，是台灣南部中央山脈與西部麓山帶之間的主要構造線，屬於逆斷層。在地形上，中央山脈西側地形呈現三條南北走向的線型崖，以東側的二條線形崖線性最明顯，本研究由野外調查配合青葉 1~3 號井等鑽探資料推測潮州斷層應位於第三條線形崖，即最西側，扇階面的西緣與平原交會處。於地質剖面可見扇階階地礫石層不整合在礫岩與泥岩之上。上盤的岩芯顯示泥岩層具強烈且密集的剪切面構造，而岩層與剪切面傾角隨深度變化產生改變，淺層岩層剪切面傾角約 30-60 度，顯示潮州斷層前緣呈現同構造沉積的生長褶皺的構造型態。陳文山教授認為潮州斷層跡位置尚位於青葉 3 號井西側，未來將在青葉 3 號井西側約 250 公尺處繼續進行青葉 4 號井鑽探來確定潮州斷層跡的位置。

三、地變動監測分析

台灣地區相較於世界其他地區而言，具有較高之應變速率與相對較短之地震重複週期，故可利用大地測量之方法在短時間內量測高精度之斷層活動狀況。

本項研究針對台灣全島活動斷層進行持續性之監測工作，藉由 GPS 及精密水準之觀測成果來探討各主要斷層的活動特性。96 年度除持續 GPS 點位與精密水準測線測量規劃外，亦對台灣地區震間期之地殼變形分析，同時針對台灣南部地區各主要活動斷層之短期滑移速率進行分析。

本所今年針對 2002 至 2006 年所設置之監測網點位(包含其中之 655 個 GPS 監測點；40 個 GPS 連續站及橫跨活動斷層的精密水準測線 28 條，長度 515 公里)，進行 GPS 與精密水準測線之重複性觀測；並新增設 96 個測量點位，以強化斷層活動性之解析能力。

全台灣震間期 813 個 GPS 移動站與 12 個 GPS 連續站的觀測資料分析結果指出，台灣本島相對於中國大陸邊緣測站 S01R 之水平速度場於台灣地區呈扇形分布，其速度量由台灣東南部約 88 mm/yr 向西北逐漸遞減至台灣西北部的近乎無變形。此外，也

發現三條主要呈北北東-南南西走向之速度不連續面，它們分別沿著東部縱谷斷層，造山前緣與變形前緣分佈。

根據活動斷層監測分析結果，顯示台灣主要斷層之滑移速率越往西就越小；南部地區的新化斷層、旗山斷層及鳳山斷層具潛移性質，可能和斷層於泥岩區中發育有關；其它斷層呈鎖定狀態累積應變具發震的能力。

四、地震地質資料整合

本計畫之理論基礎及方法，跨多項專業領域，包括地震地質學(含古地震研究)、地球物理學、構造地質學(含構造剖面分析、運動學分析)、大地測量學(含精密水準及GPS測量)等，並配合測量、鑽探、探溝、地物探勘等法，來了解主要活動斷層帶的地下構造及斷層的活動特性。近年來的研究已累積許多新的活動斷層調查成果，由於新資料與資訊亦大量的累積，地震地質資料的整合也一直持續進行。96年度最大的進展是在斷層條帶圖的說明書的編撰。

4.1 斷層條帶地質圖說明書

臺灣的西南部是地殼變動較劇烈的區域，為最優先進行活動斷層的精查的區域；另考量臺灣的北部為政經重要地區，亦優先進行調查，本年已彙整成本所2本特刊(林啟文等，2007a，林啟文等，2007b)，以下簡述整合成果。

1. 西南部的活動斷層

臺灣西南部地表或近地表長度大於5公里的活動斷層，包括九芎坑斷層、梅山斷層、大尖山斷層、木屐寮斷層、六甲斷層、觸口斷層(崙後斷層)、新化斷層、後甲里斷層與左鎮斷層等9條斷層，其個別性質如表1所示。九芎坑斷層，為逆移斷層，斷層截切更新世晚期的階地礫石層，由存疑性活動斷層改列為第二類活動斷層。梅山斷層為右移斷層，在1906年曾活動誘發梅山地震，列為第一類活動斷層。大尖山斷層分為2段，北段在1999年集集地震時曾活動，地表破裂顯現右移特性；南段則為的逆移斷層，均列為第一類活動斷層。木屐寮斷層，為逆移斷層，截切第四紀晚期的地層，由存疑性活動斷層改列為第二類活動斷層。六甲斷層，為逆移斷層，在地下淺部截切全新世地層，由存疑性活動斷層改列為第一類活動斷層。觸口斷層為逆移斷層，其具有潛移特性，列為第一類活動斷層。新化斷層為右移斷層，1946年曾誘發地震，由古地震調查結果顯示過去10,000年至少有3次的活動紀錄，列為第一類活動斷層。後甲里斷層為逆移斷層，斷層截切更新世晚期的地層，造成全新世地層的褶皺，暫列為第二類活動斷層。左鎮斷層，為左移斷層，目前仍未發現有截切更新世晚期地層的證據，列為第二類活動斷層。

2. 北部的活動斷層

臺灣北部地表或近地表長度大於5公里的活動斷層包括山腳斷層、南崁斷層、湖口斷層、大平地斷層、新竹斷層、新城斷層、竹東斷層與斗煥坪等共8條斷層。

山腳斷層，為正移斷層，可分為兩段，南段為第四紀沖積層所掩覆，北段為大屯山的火山岩所掩覆；由鑽探資料顯示，斷層造成上盤台北盆地的第三紀基盤的陷落，陷落現象與正移斷層作用向北延伸至大屯山區與金山地區，最近的一次活動時間可能在距今約11,000年以前，列為第二類活動斷層。南崁斷層，可能為正移斷層，依據鑽探資料與震測結果，未發現斷層存在的地質證據，暫列為存疑性活動斷層。湖口斷層，

為逆移斷層，研判屬於盲斷層形式或被近期沖積層所掩覆；斷層在距今 70,000 年內曾經活動過，列為第二類活動斷層。大平地斷層，為逆移斷層，可以分為 2 段，均未發現更新世晚期後的活動跡象，暫列為存疑性活動斷層。新竹斷層，為逆移斷層兼具右移性質，其證據大多為地下地質資料，可能為盲斷層形式或被近期沖積層所掩覆，列為第二類活動斷層。新城斷層，為逆移斷層，斷層截切時代距今約 300 年內的階地礫石層，為全新世曾經活動的斷層，改列為第一類活動斷層。竹東斷層，為逆移斷層，尚未發現更新世晚期以來的活動證據，暫列為存疑性活動斷層。斗煥坪斷層，為逆移斷層兼具右移性質，未發現更新世晚期以來的活動證據，暫列為存疑性活動斷層。

表 1 臺灣西南部活動斷層特性一覽表(摘自林啟文等，2007a)

斷層名稱	分類 *1	長度 (公里)	滑移特性 *2	跨斷層水平速度變化(公厘/年)*3		跨斷層垂直速度變化(公厘/年)*4		最近一次活動時間*5
				平行斷層走向	垂直斷層走向	精密水準	GPS	
九芎坑斷層	二	17	逆移	0.4±1.8	0.2±5.2	-15.3	2.3±6.2	<18,540 年
梅山斷層	一	13	右移	-0.3±2.8	0.3±2.6	-0.8	6.4±5.8	西元 1906 年
大尖山斷層	一	25	逆移兼具右移	6.0±4.8	0.3±4.2	-11.6	15.2±4.6	西元 1999 年
木屐寮斷層	二	7	逆移	-1.8±3.8	2.4±3.2	-	6.2±7.0	更新世晚期
六甲斷層	一	17	逆移兼具左移	-1.8±3.8	2.4±3.2	0.3	6.2±7.0	<10,000 年
觸口斷層	一	28	逆移	-2.2±3.1	8.8±2.9	3.1	6.2±9.8	<10,000 年
新化斷層	一	6	右移	-9.7±4.7	0.4±3.9	-5.0	2.8±9.3	西元 1946 年
後甲里斷層	二	12	逆移	-4.3±3.1	7.3±4.0	7.9	-1.6±8.3	更新世晚期
左鎮斷層	二	10	左移	1.3±8.4	6.9±8.4	-	3.6±8.3	更新世中晚期

表 2 臺灣北部活動斷層特性一覽表(摘自林啟文等，2007b)

斷層名稱	分類 *1	長度 (公里)	滑移特性 *2	跨斷層水平速度變化(公厘/年)*3		跨斷層垂直速度變化(公厘/年)*4		最近一次活動時間*5
				平行斷層走向	垂直斷層走向	精密水準	GPS	

山腳斷層(北 段)	二	21	正移	1.3±4.6	2.9± 7.4	-2.2	5.5±24.8	<11,000 年
(南 段)		13		4.2±6.2	1.0± 8.6	-10.8	-8.5± 20.7	
南崁斷層	存疑 性	14	正移	2.6±4.3	1.1± 4.1	-	-5.8± 10.7	—
湖口斷層	二	22	逆移	-1.4±2.7	5.4± 3.7	-2.1	-0.7±8.7	<70,000 年
大平地斷層	存疑 性	25	逆移	0.7±2.1	1.2± 2.5	3.7	-1.2±6.4	更新世中晚 期
新竹斷層	二	9	逆移兼右 移	-2.4±2.1	3.1± 2.2	-2.3	-1.7±7.6	更新世晚期
新城斷層	一	28	逆移	-0.7±2.2	1.5± 2.0	-7.8	-1.9±8.1	<300 年
竹東斷層	存疑 性	9	右移	0.7±2.1	1.2± 2.5	-	-1.2±6.4	更新世中晚 期
斗煥坪斷層	存疑 性	10	右移	0.7±2.1	1.2± 2.5	-17.8	-1.2±6.4	更新世中晚 期

註：

*1：第一類活動斷層，為過去10,000年內曾經活動過的斷層；第二類活動斷層，為過去100,000年內曾經活動過的斷層；存疑性活動斷層，為過去500,000年內活動過，但尚無法確定過去100,000年內是否活動過的斷層。

*2：為斷層兩側岩層的長期相對運動形式。

*3：平行斷層走向的速度分量，正值代表左移形式，負值代表右移形式。採用饒瑞鈞等（2006）的分析結果。

*4：正值代表抬升，負值代表下降。採用饒瑞鈞等（2006）的分析結果。

*5：除了歷史地震紀錄之外，本項資料為被斷層截切的岩層時代。

4.2 地質鑽探

本年度的活動斷層鑽探取樣作業一共針對旗山斷層、恆春斷層、潮州斷層、鹿野斷層、小崗山斷層與鳳山斷層等 6 條斷層進行 11 處岩心取樣鑽探，總計鑽探取樣岩心長度 2250 公尺。

旗山斷層屬於第一類活動斷層(林啟文等, 2000)，呈北東走向。由高雄縣旗山鎮向西南延伸至燕巢鄉，向南隱伏於全新世沖積層之下直至鳳山丘陵東側，長約 30 公里，為斷層面向東傾的移逆斷層，並具左移的分量。本年度計畫欲進一步瞭解旗山斷層在深水溪以南的延展情況，於橫山西南端保安宮附近地區進行 2 孔各深 200 公尺以及 1 孔深 100 公尺的鑽井取樣調查。分別為保安宮 1 號井、保安宮 2 號井以及保安宮 1-1 號井。

岩心的採樣的成果良好，保安宮 1 號井及 1-1 號井為鄰近的兩孔井，1-1 號井大約位在 1 號井北側 10 公尺處。兩者皆於地表淺處 60 公尺以內均鑽過一剪裂帶，研判該剪裂帶即為旗山斷層，斷層的上盤地層為南勢崙砂岩，下盤則為膠結不良的沖積層。保安宮 2 號井位在 1 號井西南側 400 公尺處，研判旗山斷層可能位在本井的西側。因此，根據調查的成果推斷，旗山斷層由深水溪往南大致呈北東走向延伸。

潮州斷層呈南北走向，由高雄縣寶來往南延伸至屏東縣枋寮，全長約 85 公里，屬於存疑性活動斷層(林啟文等，2000)。潮州斷層中段形成一連串的沖積扇階地，由地形判釋可以區分出三條活動構造線(石再添與鄧國雄，1983；石再添等，1986)。野外調查發現位於內埔鄉青葉一帶的階地底部出露西傾且具有層間滑動的砂泥層，在階地西緣有地層傾角加大的現象。由地形與地層來看，斷層可能於階地西側出露，因此在階地西側進行 2 孔鑽井，分別為青葉 1 號井(300 公尺)與青葉 2 號井(200 公尺)。

青葉 1 號井位於階地崖東側約 40 公尺，全井皆為砂泥層，偶夾薄層小礫層，地層傾角 20~45 度，具有明顯的層間滑動。青葉 2 號井位於青葉 1 號井北方約 450 公尺處，表層 34.2 公尺為礫石沖積層，34.2 公尺以下皆為砂泥層，礫石層與砂泥層呈不整合接觸。砂泥層傾角約在 20~30 度之間，偶見層間滑動。青葉 1 號井與青葉 2 號井皆未觀察到斷層的剪切構造，且青葉 1 號井表層 40 公尺地層與剪切面傾角相較於 40 公尺以下為陡，因此推測青葉階地的抬升應為一盲斷層所造成，僅造成地表砂泥層的變形，斷層的變形前緣應在階崖西側附近。

恆春斷層位於恆春古地東側，由海口往南延伸至馬鞍山，呈北北西走向，全長約 16 公里，屬於存疑性活動斷層(林啟文等，2000)。恆春斷層於地表並無出露，前人僅能由地形以及地層的分佈推測斷層的位置(陳文山等，2006；沈淑敏等，2006；李珀儂，2008)。本計劃欲利用深井鑽探來確認恆春斷層的確切位置，在恆春谷地東側地形崖附近進行了 3 孔鑽井，分別為海口 1 號井(200 公尺)、網紗 1 號井(300 公尺)以及鼻仔頭 1 號井(140 公尺)。

海口 1 號井位於海口村東側的海階，陳文山等(2006)利用淺層鑽探及地殼變動速率區分斷層上下盤，本研究於其所認定之上盤進行鑽探。此井 0~11.4 公尺為海階堆積物，11.4 公尺處與墾丁層不整合接觸，11.4 公尺以下全為墾丁層。網紗 1 號井位於網紗溪南岸，陳文山等(2005)認為網紗溪北岸的石灰岩屬於恆春斷層上盤，因此本研究於石灰岩體的西側進行鑽探。此井 0~96.9 公尺以砂層為主，偶夾崩積砂岩塊，96.9~300 公尺全為墾丁層。77.9~84 公尺出現泥質剪切帶，推測為恆春斷層的分支。鼻仔頭 1 號井位於恆春鎮第二公墓南側，為山前突起的丘陵。岩心 0~37 公尺為砂礫堆積層，37~140 公尺全為墾丁層。如以分隔墾丁層和第四紀地層的位置決定恆春斷層所在位置，以井下墾丁層所在深度及以剪切帶角度作為斷層角度估算斷層於地表位置，則斷層位置將較前人所繪位置更為西側。

鹿野斷層位於台東縣鹿野鄉到台東市之間，屬於第二類活動斷層(林啟文等，2000)。馬背 1 號井位於馬背谷地北側突起的小丘，紀權甯(2007)認為地形的突起為鹿野斷層抬升所造成。此井 0~77 公尺以泥岩為主，52.1~56.15 公尺有構造擾動的現象，77~127.7 公尺為礫石層，127.7~210 公尺為板岩與變質砂岩岩盤。本研究認為泥岩中的擾動帶為斷層位置，但是從擾動帶的規模與地形起伏的程度推測，此斷層應為鹿野斷層的前緣分支。

小崗山斷層屬於存疑性斷層(林啟文等，2000)。前人所指小崗山斷層之斷層線位置與實際地形崖距離約 1 公里，由於其地形崖呈線型分佈，因此仍選擇於線型崖上方鑽取 200 公尺長的山腳下 1 號井。山腳下 1 號井上部 12 公尺為極鬆軟的黃棕色細砂，12 公尺的不整合面以下則全為灰黑色傾斜約 50~60 度的泥岩為主，偶夾薄層砂質泥岩，岩心中常見輕微的層間滑動。

鳳山斷層屬於存疑性斷層(林啟文等，2000)，本所所繪之鳳山斷層位置與實際地形崖相差近 2 公里，最後選擇於線型崖上方，離崖線約 20 公尺下鑽 200 公尺，取名為周公厝 1 號井。取樣結果顯示通口岩心岩層均呈現近乎水平，無構造擾動現象，大致分為以下幾段：表層 6 公尺為表土層；6 公尺以下到 72.6 公尺間以黃棕色粗砂為主，

常夾數十公分至數公尺厚的基質支持的礫岩；72.6 公尺至 80.67 公尺間為以灰黑色中砂或細砂為主，局部含小礫；80.67 至 104 公尺間以灰黑色砂質泥為主，偶夾數十公分至 1 公尺左右厚的泥質砂；104 至 150.9 公尺間主要為灰黑色的細砂為主，在底部逐漸變粗而過渡到其下部的礫岩層；150.9 公尺至 200 公尺均屬礫岩，礫岩中偶夾 1 公尺以下的砂岩，並於 156~159.4 公尺間夾一層砂質泥岩。

斷層名稱	鑽井名稱	X 座標	Y 座標	深度 (公尺)	成果簡述
旗山斷層	保安宮 1 號井	185105	2517312	200	42 公尺以上具有剪切現象，以下至 78 公尺岩層受擾動呈高角度。
	保安宮 1-1 號井	185095	2517320	100	57.3 公尺以上具有剪切現象，以下至 95.7 公尺的岩層受擾動呈高角度。
	保安宮 2 號井	184713	2517179	200	71 公尺以上為鬆散的砂質地層，以下則為膠結良好的細粒砂岩與鬆散的砂質地層交替出現。
恆春斷層	海口 1 號井	220219	2443488	200	0 ~ 11.4 公尺為近代堆積層，11.4 公尺處與墾丁層不整合接觸。
	網紗 1 號井	223217	2436485	300	0 ~ 96.9 公尺以砂層為主，偶夾崩積砂岩塊，96.9 ~ 300 公尺全為墾丁層。77.9 ~ 84 公尺出現泥質剪切帶，推測為恆春斷層的分支，本井未打穿主斷層帶。
	鼻仔頭 1 號井	223441	2432484	140	0 ~ 37 公尺為近代堆積層，37 公尺處與墾丁層不整合接觸。
潮州斷層	青葉 1 號井	211041	2527480	300	全井以泥為主，偶夾小礫層。地層傾角 20 ~ 45 度，常見層間滑動。
	青葉 2 號井	211014	2527933	200	0 ~ 34.2 公尺為礫石沖積層，34.2 公尺以下為砂泥層，偶夾小礫層。沖積層與砂泥層為不整合接觸。砂泥層傾角在 20 ~ 30 度之間，偶見層間滑動。

鹿野斷層	馬背 1 號井	261389	2536233	210	0 ~ 77 公尺為泥岩，52.1 ~ 56.15 公尺受構造擾動；77 ~ 127.7 公尺為礫石層；127.7 ~ 210 公尺為板岩與變質砂岩岩盤。
小崗山斷層	山腳下 1 號井	180296	2527480	200	0 ~ 12 公尺為鬆散的砂層，12 公尺以下以黑色泥岩為主，傾斜 50~60 度，常見輕微的層間滑動。兩者呈不整合接觸。
鳳山斷層	周公厝 1 號井	186436	2505359	200	全口岩心以砂層及礫石層為主，地層皆呈水平，無構造擾動。

4.3 GPS 連續追蹤站

為了瞭解近斷層地區源自於斷層活動反應到地表的連續變形模式，本所針對斷層活動性較活躍或社經地位重要地區設置了 GPS 連續追蹤站，希望透過此種連續觀測的方式，取得近斷層地區地變動的連續變形資料，至今年底為止，本所共於近斷層地區設置 44 個連續觀測站，以上下盤配對、斷層帶面狀監測方式設站，觀測資料記錄時間間隔設定為 30 秒一筆及 1 秒 10 筆等二種方式。1 秒 10 筆的資料用於地震發生期間，可以幫助我們瞭解地震期間，斷層帶地區地表的變形行為；30 秒一筆的資料計算出每一個觀測站每日的精確坐標，長期下來，除可幫助我們瞭解斷層附近地區地表的連續變形行為及應變量累積、轉移的趨勢，也可輔助每年辦理定期性觀測（campaign）方式於連續性觀測上的不足。

目前追蹤站的觀測資料每日由遠端透過通訊方式自動回傳，檢核及重整後再匯入資料庫中，於分網整體平差計算後，公布初步的監測結果於本所一樓二部 LCD 上即時展示（GPS 追蹤站概況如表一）。

表一 地調所 GPS 追蹤站資料表（座標採 TWD67，96 年度新增 GS41-GS44 觀測站）

站號	站名	型式	N 坐標	E 坐標	開始接收日期
GS01	地調所	屋頂型	2764086.062	300473.170	91.6.17
GS02	新竹高工	屋頂型	2744908.631	247385.400	93.10.21
GS03	工研院	屋頂型	2741240.941	253627.250	93.10.19
GS04	大埔美農場	地上型	2610078.723	198834.760	93.10.16
GS05	半天寮淨水廠	屋頂型	2607354.774	205113.340	93.10.21
GS06	民國國中	屋頂型	2596118.722	203630.850	93.10.21
GS07	培英國小	屋頂型	2598006.215	213913.730	93.10.21

站號	站名	型式	N 坐標	E 坐標	開始接收日期
GS08	興華國小	屋頂型	2788643.850	299708.560	94.8.15
GS09	大鵬國小	地上型	2789248.912	314866.440	94.8.16
GS10	竹圍國中	地上型	2782251.980	295705.090	94.9.6
GS11	北投國小	屋頂型	2780870.953	299462.880	94.8.15
GS12	樂善國小	地上型	2771912.450	287790.680	94.9.6
GS13	國光國小	地上型	2768275.934	294813.630	94.8.16
GS14	西門國小	屋頂型	2744188.883	245071.440	94.9.13
GS15	雙溪國小	屋頂型	2740137.730	248209.890	94.9.13
GS16	寶山水庫	地上型	2738058.877	253379.360	94.9.13
GS17	太平國小	地上型	2606684.445	208933.810	94.9.14
GS18	嘉義農業試所	地上型	2598292.059	195421.100	94.9.14
GS19	保長國小	地上型	2774159.630	317753.143	95.7.12
GS20	龜山島	地上型	2748867.594	344175.934	95.8.4
GS21	大嘉國小	屋頂型	2666091.933	199596.544	95.6.10
GS22	快官交流道	地上型	2665349.261	209140.963	95.6.10
GS23	五光國小	地上型	2665749.712	213352.090	95.5.30
GS24	文祥國小	地上型	2658104.857	200963.091	95.5.30
GS25	寶山國小	地上型	2653782.034	212562.654	95.5.31
GS26	彰化農場	地上型	2640859.350	213120.215	95.5.31
GS27	名崗國小	地上型	2635884.785	206165.262	95.5.31
GS28	中崙加壓站	地上型	2553673.093	168679.463	95.6.17
GS29	潭頂自來水廠	地上型	2552972.089	179071.816	95.6.16
GS30	大橋國小	屋頂型	2546966.290	169866.114	95.6.25
GS31	西勢國小	屋頂型	2546765.230	174937.038	95.6.17
GS32	虎頭埤風景區	地上型	2547498.013	181226.653	95.6.23
GS33	永華國小	地上型	2540780.041	165888.052	95.6.22
GS34	南沙崙農場	地上型	2537942.174	174829.069	95.6.24
GS35	成大航太	地上型	2537515.285	178339.360	95.6.24
GS36	德化國小	屋頂型	2695350.486	211150.876	95.10.21
GS37	泰安服務區	地上型	2691150.348	218900.675	95.10.25
GS38	清水服務區	地上型	2686700.386	208550.866	95.10.21
GS39	龍井國小	屋頂型	2683000.376	207650.756	95.10.21
GS40	龍峰國小	屋頂型	2676950.865	205750.076	95.10.21

站號	站名	型式	N 坐標	E 坐標	開始接收日期
GS41	竹門國小	屋頂型	2586444.746	192466.365	96.11.23
GS42	東原國中	屋頂型	2574771.655	193255.865	96.11.23
GS43	果毅國小	地上型	2573173.434	184941.766	96.11.27
GS44	六甲國小湖東分校	屋頂型	2569222.877	187918.754	96.11.30

圖一 GPS 連續追蹤站分布圖，GS41-44 為 96 年度新增測站。

伍、結論

96 年度完成大甲斷層、鐵砧山斷層及清水斷層南段(大肚斷層)的斷層帶地下構造剖面調查繪製，目前資料顯示大甲斷層及大肚斷層均未出露地表。斷層長期滑移速率方面的調查研究，目前得到大甲(清水)斷層、彰化斷層、中洲斷層之長期垂直滑移速率。短期滑移速率分析研究上，顯示台灣主要斷層之滑移速率越往西就越小；南部地區之新化斷層、旗山斷層及鳳山斷層具潛移性質，可能和斷層於泥岩區中發育有關，其它斷層呈鎖定狀態累積應變具發震的能力。在震地質整合方面，96 年編撰出版台灣西南部及台灣北部的活動斷層條帶地質圖說明書，共計 17 條斷層；本所鑽井的最新研究結果顯示，旗山斷層位置於深水溪往南大致呈北東走向延伸；潮州斷層中段，斷層可能未出露地表，鑽探結果研判潮州斷層青葉階地的抬升係盲斷層活動結果所致；如以分隔墾丁層和第四紀地層的位置決定恒春斷層所在位置，則由恒春斷層鑽探結果研判斷層的實際位置較前人所繪位置及地形崖位置更為西側。

參考文獻

1. 石再添與鄧國雄 (1983) 潮州斷層帶的活斷層與地形。地理學研究，第七期，17-34 頁。
2. 石再添、鄧國雄、張瑞津、石慶得、楊貴三 (1986) 臺灣活斷層的地形學研究。國立台灣師範大學地理研究所地理研究報告，第十二期，1-44 頁。
3. 李珀儂 (2008) 南台灣恆春區域新期構造運動之研究。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 92 頁。
4. 林啟文、盧詩丁、石同生、黃文正(2000) 台灣活動斷層概論-五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書，第二版。經濟部中央地質調查所特刊，第 13 號，共 122 頁。
5. 林啟文、盧詩丁、石同生、劉彥求、林偉雄、林燕慧(2007a) 台灣西南部的活動斷層二萬五千分一活動斷層條帶圖說明書，經濟部中央地質調查所特刊，第十七號，共 141 頁。
6. 林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧(2007b) 台灣北部的活動斷層二萬五千分一活動斷層條帶地質圖說明書，經濟部中央地質調查所特刊，第十九號，共 130 頁。

7. 李元希、石瑞銓(2008) 斷層帶地下構造調查研究(1/4)，經濟部中央地質調查所 96 年度報告第 96-12 號(初稿)。
8. 沈淑敏、張瑞津、楊貴三、林雪美、林宗儀 (2006) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫：活動構造地形判釋及資料庫建置分析總報告。經濟部中央地質調查所報告，95-13 總。
9. 陳文山 (2006) 槽溝開挖與古地震研究計畫(總報告)—「槽溝開挖與古地震研究」與「光螢光定年」。經濟部中央地質調查所報告，95-08-1。
10. 陳文山、游能悌(2008) 斷層長期滑移速率與再現週期研究(1/4)，經濟部中地質調查所報告第 96-10 號，共 86 頁。
11. 陳文山、李偉彰、黃能偉、顏一勤、楊志成、楊小青、陳勇全、宋時驊 (2005) 恆春半島增積岩體的構造與地層特性：全新世恆春斷層的活動性。西太平洋地質科學，第 5 卷。
12. 紀權宵 (2007) 南段花東縱谷之新期構造研究—利吉斷層與鹿野斷層的活動特性。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 84 頁。
13. 饒瑞鈞、胡植慶(2008) 地變動監測分析(1/4)，經濟部中央地質調查所報告，第 96-11 號，共 152 頁。