經濟部

經濟部中央地質調查所報告第102-9號

計畫編號: 102-5226904000-02-03

重要活動斷層構造特性調查研究計畫

斷層活動特性分析與評估(3/4)

期末報告書

委託機關：經濟部中央地質調查所

執行機關：國立台灣大學

中華民國102年12月

重要活動斷層構造特性調查研究計畫

斷層活動特性分析與評估(3/4)

102年度報告書

計畫主持人：陳文山

協同主持人：游能悌

研　究　員：楊小青

委託機關：經濟部中央地質調查所

執行機關：國立台灣大學地質科學系

中華民國102年12月

重要活動斷層構造特性調查研究計畫—斷層活動特性分析與評估(3/4)

目錄

目錄..... I

圖目錄..... Ⅲ

表目錄..... Ⅵ

附錄..... Ⅵ

中文摘要..... 1

英文摘要..... 1

第一章、前言..... 2

1-1 淺層鑽探、排鑽(古地震)與活動斷層的確切位置調查..... 4

1-2 碳十四定年…..... 6

1-3 地球物理調查..... 7

第二章、大甲斷層..... 8

2-1 前言..... 8

2-2 地形與 E-GPS 量測..... 11

2-2-1 大甲段..... 11

2-2-2 清水段..... 15

2-2-3 沙鹿段..... 17

2-2-4 龍井段..... 21

2-2-5 大肚段..... 22

2-3 結論..... 25

第三章、山腳斷層（北段）..... 27

3-1 前言..... 27

3-2 地形與 E-GPS 量測..... 29

3-2-1 金山平原段..... 29

3-2-2 北磺溪段..... 34

3-2-3 新北投至擎天崗段.....35
3-3 結論.....34
第四章、三義斷層.....37
4-1 前言.....37
4-2 古地震槽溝研究.....40
4-2-1 三義斷層一號槽溝.....42
4-3 鑽井岩心柵狀剖面.....44
4-3-1 A-A'剖面(1號槽溝）.....44
4-3-2 B-B'剖面(2號槽溝).....45
4-3-3 C-C'剖面.....46
4-3-4 D-D'剖面.....47
4-3-5 E-E'剖面.....48
4-4 結論.....49
第五章、梅山斷層.....50
5-1 前言.....50
5-2 鑽井岩性與地層對比.....53
5-2-1 好收場址（中正大學）.....53
5-2-2 中坑場址（南華大學西側）.....58
5-3 震測探勘（多波道表面波波速分析）.....60
5-3-1 研究方法.....60
5-3-2 資料收集與處理.....60
5-3-2-1 多波道表面波波速分析.....61
5-3-2-2 P 波折射法.....62
5-3-3 資料處理結果.....63
5-3-3-1 測線 1(中坑場址).....63
5-3-3-2 測線 2(好收場址).....63
5-3-4 震測解釋.....64
5-4 結論.....65

第六章、結論.....66
參考文獻.....68
附錄.....72

圖目錄

圖 2-1、大甲斷層位置圖，底圖為大甲圖幅與台中圖幅（TWD97）。.....9
圖 2-2、台中中部地質剖面（Simoes *et al*., 2007）。.....10
圖 2-3、台中中部地質剖面（Yue *et al*., 2005）。.....10
圖 2-4、台中中部地質剖面（Dominguez *et al*., 2003）。.....10
圖 2-5、台中地區數值模擬地形與大甲斷層位置（TWD97）。.....11
圖 2-6、鐵鉆山西側的線型崖為大甲斷層位置。.....12
圖 2-7、大甲斷層兩側地層與位態明顯差異，斷層跡位於一號井與二號井之間。.....13
圖 2-8、大甲 3 號井，位在崖坡之上（三清總道院旁），砂層與礫石層的層面角度約 30-50 度。.....13
圖 2-9、大甲段 E-GPS 量測位置（TWD97）。.....14
圖 2-10、E-GPS 量測的斷層跡位置（紅線）與各鑽井位置，紅色節點為分段位置，藍點為鑽井位置（沙鹿 2 號井、沙鹿 3 號井位置相近，點位於圖上重疊）（TWD97）。.....15
圖 2-11、五福圳沿線的線型崖，斷層跡（白色虛線）沿著崖坡與稻田交會處（朝東北東方拍攝）.....16
圖 2-12、清水段 E-GPS 量測位置（TWD97）。.....16
圖 2-13、大甲溪溪床淺層反射震測測線（07P-CSF-CS-1，藍色實線）位置，紅色虛線為斷層可能位置。（石瑞銓等，2010）.....17
圖 2-14、大甲溪溪床淺層反射震測測線（07P-CSF-CS-1）重合剖面(左側為東、右側為西)，剖面中並無斷層穿越之現象。（石瑞銓等，2010）.....17
圖 2-15、沙鹿鎮內的緩起伏崖崖坡地形（朝東方拍攝）。.....18
圖 2-16、沙鹿段 E-GPS 量測位置（TWD97）。.....19
圖 2-17、沙鹿區域鑽井剖面。.....20

圖 2-18、沙鹿區域鑽井抬升速率圖。.....20
圖 2-19、龍井地區的連續緩起伏坡崖地形（朝東方拍攝）。.....21
圖 2-20、龍井段 E-GPS 量測位置（TWD97）。.....22
圖 2-21、大肚區段南側渡船頭的反向河階崖（朝東北方拍攝）。.....23
圖 2-22、大肚段 E-GPS 量測位置（TWD97）。.....23
圖 2-23、大肚區域淺層反射震測測線（07P-CSF-TD-1，藍線；07P-CSF-TD-2，綠線）位置，紅色虛線為褶皺軸可能位置。（石瑞銓等，2010）.....24
圖 2-24、大肚區域淺層反射震測測線（07P-CSF-TD-1，上圖；07P-CSF-TD-2，下圖）重合剖面（左側為東方、右側為西方），剖面中地層由朝西傾轉為水平，並無斷層穿越的現象。（石瑞銓等，2010）.....24
圖 2-25、大甲斷層跡位置的 E-GPS 量測，大肚以南為褶皺軸位置（TWD97）。.....25
圖 3-1、金山區域山腳斷層條帶地質圖（中興工程顧問股份有限公司，2012），淺藍線 JS01 為淺層反射震測測線（Shih et al., 2006）（TWD97）。.....28
圖 3-2、金山平原北側淺層反射震測的 JS01 剖面（Shih *et al*., 2006）。.....28
圖 3-3、金山平原區域的山腳斷層北段位置與鑽井位置圖（TWD97）。.....29
圖 3-4、A-A’剖面岩心柵狀圖，山腳斷層位在 LNB-1 與 LNB-2 井之間。.....32
圖 3-5、B-B’剖面岩心柵狀圖，山腳斷層位在三界橋 2 號井與坡崖之間。.....32
圖 3-6、C-C’剖面岩心柵狀圖，山腳斷層位在崖坡與金山 5 號井與坡崖之間。.....33
圖 3-7、E-GPS 量測點與斷層跡位置（TWD97）。.....33
圖 3-8、山腳斷層地形特徵判釋圖，淺藍線為地滑區上方崩崖的稜脊，紅線為火山裂隙，橘線為岩盤裂隙；黃框為山腳斷層北段範圍，藍框為圖 3-9 範圍，綠框為圖 3-10 範圍。.....34
圖 3-9、竹子湖地區的地滑裂隙構造（藍線）與火山伸張裂隙（紅線）（TWD97）。.36
圖 3-10、七星山至新北投地區的 E-GPS 量測點與斷層跡位置（TWD97）。.....36
圖 4-1（a）、本研究重繪之三義斷層（黑色虛線）位置圖，底圖為東勢圖幅、國姓圖幅、大甲圖幅、台中圖幅。.....38
圖 4-1（b）、東勢圖幅、國姓圖幅、大甲圖幅、台中圖幅之地層與圖例。.....39
圖 4-2、大甲溪北岸三義斷層地下構造剖面。.....39

圖 4-3、重繪三義斷層與后里斷層位置（TWD97）。.....40
圖 4-4、大甲溪北岸剖面，三義支斷層截切晚更新世紅土階地礫石層，中新世東坑層逆衝在紅土階地礫石層之上。.....41
圖 4-5、三義斷層與支斷層（后里斷層）、鑽井、槽溝、柵狀剖面（藍線）與野外露頭剖面（藍框）位置（TWD97）.....41
圖 4-6、三義斷層 1 號槽溝北牆。.....42
圖 4-7、三義斷層 1 號槽溝南牆。.....43
圖 4-8、后里一號井（102TH01）。.....43
圖 4-9、后里二號井（102TH02）。.....44
圖 4-10、A-A’岩心柵狀剖面。.....45
圖 4-11、B-B’岩心柵狀剖面。.....46
圖 4-12、C-C’岩心柵狀剖面。.....47
圖 4-13、D-D’岩心柵狀剖面。.....48
圖 4-14、E-E’岩心柵狀剖面。.....48
圖 5-1、大森房吉調查 1906 年梅山地震，描繪的地表變動圖。.....51
圖 5-2（a）、梅山斷層（紅線）位置圖，底圖為北港圖幅、雲林圖幅、嘉義圖幅、中埔圖幅（TWD97）。.....51
圖 5-2（b）、北港圖幅，雲林圖幅，嘉義圖幅及中埔圖幅之地層與圖例。.....52
圖 5-3、1906 年梅山地震斷層與噴砂，及鑽井場址位置（TWD97）。.....52
圖 5-4、好收場址與中坑場址的鑽井位置圖，紅線為斷層線、橘線為鑽井剖面線、藍線為淺層震測測線。.....56
圖 5-5、好收場址 A-A’岩心柵狀剖面。.....57
圖 5-6、中坑場址 B-B’岩心柵狀剖面。.....59
圖 5-7、測點之頻率與速度關係圖。.....62
圖 5-8、測線的同中點頻散曲線。.....62
圖 5-9、測線地下走時曲線。.....62
圖 5-10、測線一的二維 P 波速度模型（受波器間距 1.5 公尺）。.....63
圖 5-11、測線一的二維 S 波速度模型。.....63

圖 5-12、測線二的二維 P 波速度模型(受波器間距 1.5 公尺)。.....64
圖 5-13、測線二的二維 S 波速度模型。.....64
圖 5-14、中坑場址 B-B’岩心柵狀剖面與 S 波速度模型剖面。.....65
圖 5-15、好收場址 A-A’岩心柵狀剖面與 S 波速度模型剖面。..... 65

表目錄

表 1-1、期末進度甘梯圖。.....3
表 1-2、計畫繳交項目對照表。.....3
表 1-3、鑽井位置表（TWD97）。.....4
表 1-4、碳十四定年標本表。.....6
表 1-5、淺層反射震測剖面資料表。.....7
表 2-1、沙鹿區域鑽井剖面，各井岩心定年資料與估算長期垂直抬升速率。（陳文山等，2010）.....26
表 5-1、梅山測線施測參數。.....61

附錄

附錄一、鑽井岩芯紀錄.....72
附錄二、期中審查意見與改進.....85
附錄三、期末審查意見表.....88

摘要

本年度（102 年度）研究主題針對三義斷層與梅山斷層的「斷層活動特性分析與評估」，以及山腳斷層北段與大甲斷層「活動斷層的精確位置」調查。「活動斷層的精確位置」已經完成山腳斷層北段與大甲斷層的 E-GPS 量測；其中山腳斷層北段斷層跡最明確的位置是金山平原北側的斷層崖之下，誤差範圍在 20 公尺以內，此區之外的則無法研判斷層跡確切位置。新北投至北磺溪區段山腳斷層都位在地滑區，斷層跡應已被地滑地塊掩埋，所以已無法從地表研判斷層跡的準確位置。大甲斷層北段從大安溪經大甲、清水至沙鹿的階地崖呈現線型崖的構造地形，斷層跡的誤差範圍約 20 公尺。中段從沙鹿經龍井至大肚北側區域是線型崖地形較不明顯區域，量測斷層跡的誤差範圍約 100 公尺。南段從大肚以南至大肚溪為崖線最不明顯的區段，依震測資料顯示大肚以南為摺皺構造形態。

「斷層活動特性分析與評估」針對三義斷層的調查，完成一處的古地震槽溝以及排鑽之調查與分析，三義斷層分為主斷層以及位於主斷層東側的支斷層（后里斷層），由鑽井資料可研判后里斷層之近地表傾角約在 40-50 度，，從槽溝剖面顯示斷層已經截穿紅土礫石層至地表，由於紅土礫石層無法尋找到焦碳提供碳十四定年，所以還無法研判最近一次的活動時間以及變動速率。梅山斷層經過排鑽調查，從全新世沉積層受斷層作用產生的高差，獲得垂直錯移速率約為 2.5mm/yr。

Abstract

The goal of project is to investigate the precise measurement (Real Time Kinematic measurement) for fault trace of the Dachia and northeastern part of the Sanchiao faults and to understand fault behavior for considering in deformation characteristics of the Sanyi, and Meishan faults. The study drilled well of 11 sites and 4 sites along the Meishan and Sanyi faults, respectively, which the whole borehole length of 700 m, that focus on the investigation of fault trace and paleoseismic studies, and one paleoseismic trenched sites excavated along the Sanyi fault. Based on the well logging across the Meishan fault, the result shows the vertical uplift rate of 2.5mm/yr.

第一章 前言

本年度（102 年度）「重要活動斷層構造特性調查研究計畫－斷層活動特性分析與評估(3/4)」，研究主題針對三義斷層與梅山斷層的「斷層活動特性分析與評估」，以及山腳斷層北段與大甲斷層「活動斷層的精確位置」調查。

三義斷層與梅山斷層主要調查目標為「斷層活動特性分析與評估」，調查目標為獲得斷層活動參數，因此利用地質剖面、槽溝挖掘，或淺層鑽探等方式進行調查。地質剖面與槽溝挖掘剖面長度至少 20 公尺，或以總深 90 公尺排鑽取代，淺層鑽探以每場址有 2-3 口鑽井，總井深度 600 公尺。本年度「活動斷層的精確位置」調查以山腳斷層北段與大甲斷層為調查目標，進行斷層精確位置的調查與測繪，考量本研究成果將應用於地質敏感區的劃設，故工作內容係斷層跡精確位置的野外調查與收集既有資料，並於缺乏資料處補充地下調查，將斷層的精確位置繪於五千分之一比例尺的地形底圖，並依調查資料分段評估斷層跡位置的可能範圍（表 1-1）。

本計畫在執行的過程中因應地質狀況，經主辦單位同意後，曾進行調查項目的調整，增加梅山斷層 P 波及 S 波，總長各 400 公尺之地球物理測勘；排鑽部分（取代槽溝挖掘）則由原規劃 8 孔共 80 公尺，調整為至少 2 孔，每孔至少 20 公尺，總深至少 90 公尺之數量，碳十四定年部分則調整為至少 10 個。相關調查項目與數量均已達成契約要求（表 1-2）。

表 1-1、期末進度甘梯圖：計畫進度控制及檢討之依據。

計畫名稱：斷層活動特性分析與評估(3/4)													
月次 工作項目	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月	第11月	第12月	備註
文獻資料收集													
野外調查													
地質剖面挖掘													
淺層鑽探（斷層活動性調查）													
定年													
報告撰寫													
期中報告													
期末報告													
修改報告													
查核點													
預定進度（累積數）	5	10	20	30	40	50	60	70	75	85	95	100	

表 1-2、計畫繳交項目對照表。

102 年度本計畫繳交項目		
	繳交項目(契約書規定)	完成數
1	地質剖面(或以排鑽取代，至少 2 孔井，每孔深度應大於 20 公尺，總深至少 90 公尺)	三義斷層排鑽共3孔，共100公尺，並收集2處槽溝資料。
2	地質鑽探(12-16 孔，總長 600 公尺)	梅山斷層及三義斷層共完成 12 孔，共 600 公尺。
3	地球物理調查(P 波及 S 波淺層震測各至少 400 公尺)	P 波及 S 波各完成 402 公尺。
4	碳 14 定年	共完成 12 個，如報告書第 7 頁。
5	「斷層活動特性分析與評估」研究報告書	如三義斷層及梅山斷層章節。
6	「活動斷層的精確位置」研究報告書	如大甲斷層及山腳斷層章節
7	剖面照片與素描的電子檔案	如報告書及附件光碟

1-1 淺層鑽探、排鑽（古地震）與活動斷層的確切位置調查

本計畫基於欲探討斷層長期滑移速率之目的，因此規劃三義斷層與梅山斷層為目標，本年度進行三義斷層的古地震槽溝研究（利用台灣自來水股份有限公司中區工程處委託聯合大地工程公司在后里一帶所進行的三義斷層古地震槽溝挖掘剖面），以及鑽井與排鑽研究（表 1-3）。

另外，本年度「活動斷層的精確位置」調查乃針對山腳斷層北段與大甲斷層，由於山腳斷層北段的斷層跡主要穿越大屯山山區，鑽探機具無法進入山區施作，以及斷層沿線有大規模的地滑區，本研究研判此區域大部分的斷層跡可能被地滑岩體覆蓋。而金山平原區域已有許多鑽探與地球物理探勘資料，所以此區段利用先前的研究資料來研判斷層跡位置（期中審查會議決議，因山腳斷層北段山區部分鑽探成效有限，不進行鑽井及地下剖面調查）。大甲斷層的「活動斷層精確位置」調查同樣也因為北段區域斷層跡位置明確，而南段區域大多位在都會區內，或斷層變形可能為褶皺變形，地表沒有呈現明顯的線型崖地形，故大甲斷層沿線地下資料將以收集固有資料為主。因此，本計畫所須 600 公尺的鑽探，乃針對三義斷層與梅山斷層的「斷層活動特性分析與評估」進行調查研究。另外，本研究也經同意採用淺層反射震測（S 波、P 波）方式進行勘查，協助精確研判斷層跡位置，以利鑽探調查，所以本研究在梅山斷層最西側的平原區域進行淺層反射震測（S 波、P 波）調查（表 1-5），以利鑽井位置的安排。

表 1-3、鑽井位置表（TWD97）。

102 年度本計畫鑽井							
井名（淺層鑽探）	井號	X(E)	Y(N)	井深(m)	高程(m)	執行單位*[1]	年度
好收 1 號	HS01	195866	2607428	50	42	臺大地質系	102
好收 2 號	HS02	195866	2607469	50	42	臺大地質系	102
好收 3 號	HS03	195894	2607502	80	42	臺大地質系	102
好收 4 號	HS04	195905	2607587	80	41	臺大地質系	102
好收 5 號	HS05	195908	2607635	80	40	臺大地質系	102
好收 6 號	HS06	196073	2607327	50	47	臺大地質系	102

好收 7 號	HS07	196053	2607015	25	56	臺大地質系	102
好收 8 號	HS08	196040	2607024	25	55	臺大地質系	102
中坑 1 號	NH01	197430	2607743	30	45	臺大地質系	102
中坑 2 號	NH02	197477	2607780	50	45	臺大地質系	102
中坑 3 號	NH03	197504	2607848	50	44	臺大地質系	102
后科 1 號	HL01	223398	2690189	30	265	臺大地質系	102
后科 2 號	HL02	223272	2690192	50	263	臺大地質系	102
后科 3 號	HL03	223141	2690082	20	256	臺大地質系	102
后科 4 號	HL04	222846	2689965	30	245	臺大地質系	102
合計				700			
93-99 年度地調所鑽井							
井名		X(E)	Y(N)	井深(m)	高程(m)	執行單位	年度
三界橋 1 號		312891	2791776	642	7	中央地調所	93
三界橋 2 號		312608	2791238	364	10	中央地調所	96
大甲 3 號		211142	2691948	160	65	中正地環系	96
大甲 4 號		213182	2694545	65	67.7	中正地環系	96
金山 4 號		313330	2792109	100	8.97	中央地調所	98
金山 5 號		312169	2791406	406	17.48	中央地調所	98
101 年度台灣電力公司鑽井							
井號		X(E)	Y(N)	井深(m)	高程(m)	執行單位	年度
LNB-01		313714	2792312	300	12.51	中興	101
LNB-02		313793	2792205	300	11	中興	101
LNB-03		313761	2792263	700	10.4	中興	101
96-102 年度中區水資源局工程鑽井							
井號		X(E)	Y(N)	井深(m)	高程(m)	執行單位	年度
96TC-09*[2]		223499	2688690	155	300.7	黎明	96
96TA-09		223698	2690520	30	212.6	黎明	96
96TA-10		223636	2690480	30	233.4	黎明	96
96TA-11		223677	2690364	30	270	黎明	96
97TD-06		223550	2688675	50	308.86	吉聯	97
101TF-11		224171	2688480	50	288.4	聯合大地	101
101TF-12		223341	2688815	150	282.2	聯合大地	101
101TF-15		223593	2690291	50	267.4	聯合大地	101

102BH-01	223221	2689161	150	276.5	聯合大地	102
102BH-02	223476	2688571	150	293.8	聯合大地	102
102BH-03	222919	2689181	300	251.8	聯合大地	102
102TH-01	223351	2688556	30	268.3	聯合大地	102
102TH-02	223336	2688558	30	267.3	聯合大地	102
102TH-03	223392	2688586	150	281.4	聯合大地	102
102TH-05	223266	2688599	30	263	聯合大地	102
102TH-09	223274	2688741	30	265.6	聯合大地	102
102TH-11	223232	2688722	30	262.0	聯合大地	102
102 年度中區水資源局槽溝剖面						
槽溝名稱	X(E)	Y(N)	長度(m)	高程(m)	執行單位	年度
后里 1 號槽溝	223337	2688586	40	267	聯合大地	102

*[1] 本表中之執行單位部分為簡稱，中興全名為中興工程顧問股份有限公司，黎明全名為黎明工程顧問股份有限公司，吉聯全名為吉聯資源開發股份有限公司，聯合大地全名為聯合大地工程顧問股份有限公司。

*[2] 96TC-09 為一傾角 60 度之斜井。

1-2 碳十四定年

本計畫針對鑽井岩心的年代研究，共計完成 12 個標本的碳十四定年（表 1-4）。

表 1-4、碳十四定年標本表，年代已校正。

102 年度本計畫定年樣本			
標本編號 Sample Code No.	海拔高度 (m)	碳十四年代(yr BP)	定年單位
HS1-10	36.5	3450-3360	Beta
HS2-01	19.4	>43500	Beta
HS2-03	7.3	>43500	Beta
HS4-01	32.65	1410-1330	Beta
HS4-02	29.5	3360-3210	Beta
HS4-04	22.7	8020-7880	Beta
HS5-01	28.2	2950-2780	Beta
HS5-03	21.7	7620-7510	Beta
HS5-05	20.1	7930-7700	Beta
NH1-04	37.4	>43500	Beta
NH2-05	37.3	640-520	Beta
NH3-02	25.7	>43500	Beta

1-3 地球物理調查

本計畫針對梅山斷層區域進行地球物理測勘，共計完成 2 條淺層反射震測測線的剖面（表 1-5）。

表 1-5、淺層反射震測剖面資料表。

102 年度本計畫淺層反射震測剖面			
名稱	探測類型	長度	位置
測線 1	P 波及 S 波	各 162 公尺	中坑場址
測線 2	P 波及 S 波	各 240 公尺	好收場址

第二章、大甲斷層

2-1 前言

大甲斷層位於大肚台地西側，是中部褶皺-逆衝斷層帶（西部麓山帶）最西側的前緣斷層，也是最近期形成的逆衝斷層（陳文山等，2001）。上盤地層屬於晚更新世頭嵙山層，是中部由東向西三條逆衝斷層上盤出露最年輕的地層；下盤地層為全新世沖積層，屬於前陸盆地環境，形成尚未隆起的海岸平原地形。

大甲斷層的向西逆衝作用，在斷層上盤形成大肚背斜，地形上形成褶皺隆起的大肚台地，大甲斷層位於大肚溪與大安溪之間（圖 2-1）。從中部地區的東西向構造剖面而言，主要構造為三條平行呈現疊瓦狀的逆斷層，由東向西分別為雙冬斷層、車籠埔斷層與大甲斷層。位於車籠埔斷層下盤與大甲斷層上盤之間的臺中盆地屬於大甲斷層的背負盆地（piggyback basin）。大甲斷層西側（下盤）的海岸平原區受到斷層的逆衝作用影響，形成沉陷的前陸盆地（foreland basin）。

大肚台地位在大甲斷層前端的斷坡之上，呈現斷層彎曲褶皺構造（fault-bend fold），在斷坡上產生褶皺（圖 2-2，Suppe and Namson, 1979；Simoes *et al*., 2007；圖 2-3，Yue *et al*., 2005）。前人對於大甲斷層的構造型態有不同看法，一者認為變形型態屬於斷層擴展褶皺（圖 2-4；Dominguez *et al*., 2003；Delcaillau *et al*., 1998；Chen *et al*., 2007）；另一認為斷坡之前，還有斷坪構造，變形屬於斷層彎曲褶皺（圖 2-3，Suppe and Namson, 1979；Simoes *et al*., 2007；圖 2-4，Yue *et al*., 2005）。至於斷坡尖端是否已經截穿並出露地表，或僅在地表形成褶皺變形（盲斷層），各有不同的看法。

大甲斷層尚未有研究明確指示斷層跡的確切位置，各研究大多依據地形特徵繪製、推測其位置位於大肚背斜西翼坡崖與平原交匯處，形成筆直的線型崖特徵，且具撓曲崖特徵，推測為斷層崖地形（石再添等，1983；沈淑敏，2005；Hsu and Chang, 1979）。以下從地形、地層位態與層序分析，大甲斷層上盤的背斜台地呈現東翼坡度較緩，西翼坡度較陡（圖 2-5）；東翼台地礫石層的岩層傾

角與坡面傾角相似，朝東傾斜約 6 度；而西翼岩層傾角為朝西約 10 度，但是近斷層尖端的岩層傾角則呈現高角度狀態，為朝西傾斜約 30-60 度。由岩層位態變化來看，位於斷層尖端的上盤地層屬於晚更新世頭嵙山層，岩層傾角突然變陡，呈現高角度位態，下盤的鑽井岩心顯示下盤地層為全新世水平地層，局部沉積層具有剪切構造，顯然在大肚台地與平原區交匯處的淺層沉積層已具有斷層構造（或剪切構造），推測局部地區的斷層尖端應在台地西側的向斜軸部截穿至地表（陳文山等，2006）。

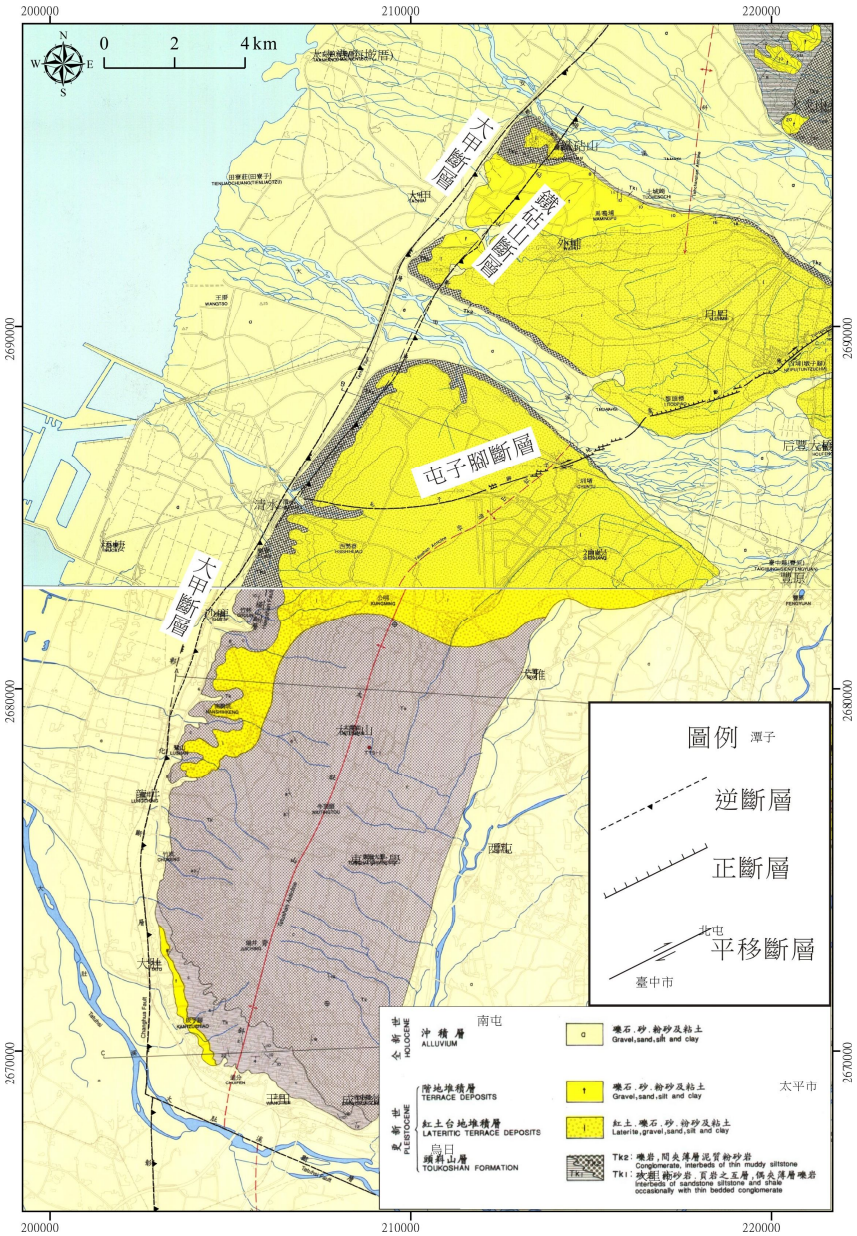


圖 2-1、大甲斷層位置圖，底圖為大甲圖幅（張憲卿，1994）與臺中圖幅（何信昌與陳勉銘，2000）（TWD97）。

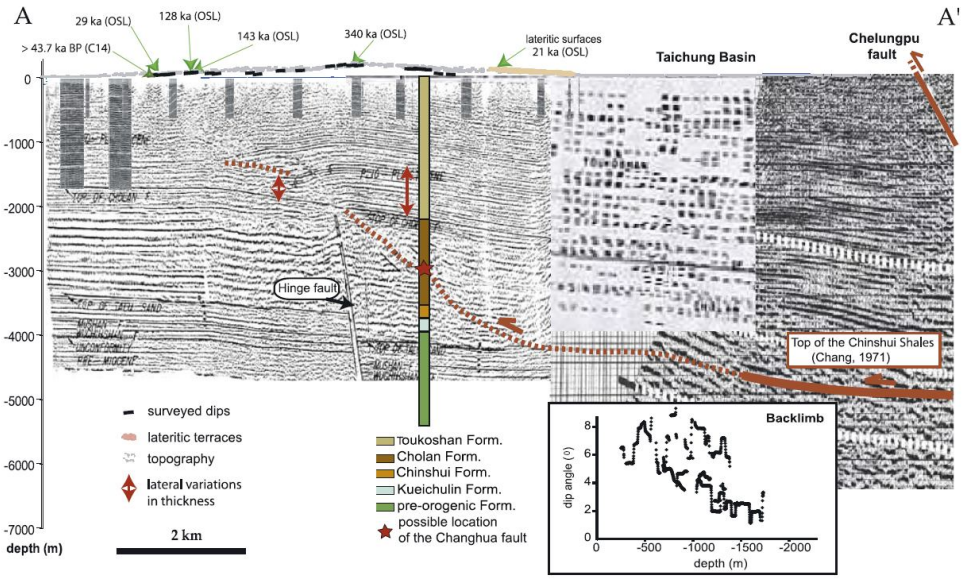


圖 2-2、臺灣中部地質剖面（Simoes *et al*., 2007）。

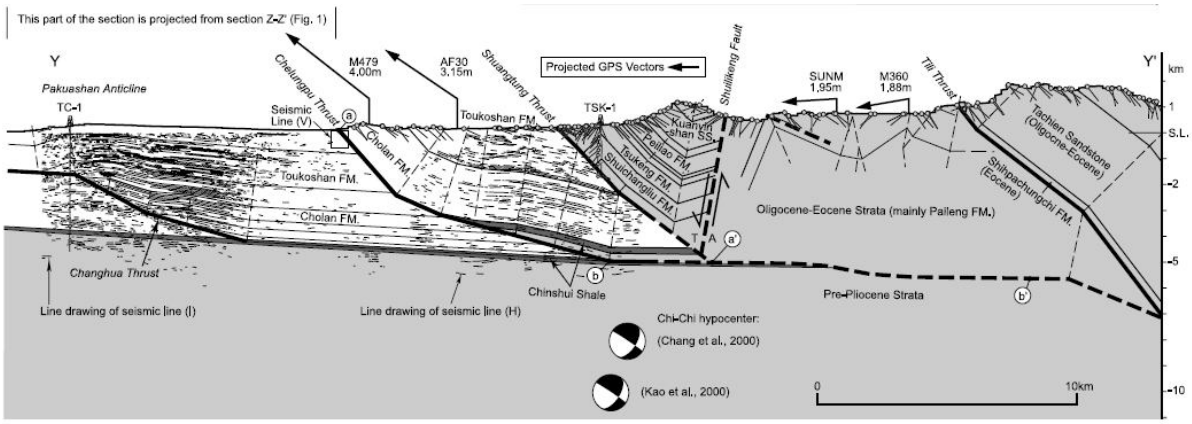


圖 2-3、臺灣中部地質剖面（Yue *et al*., 2005）。

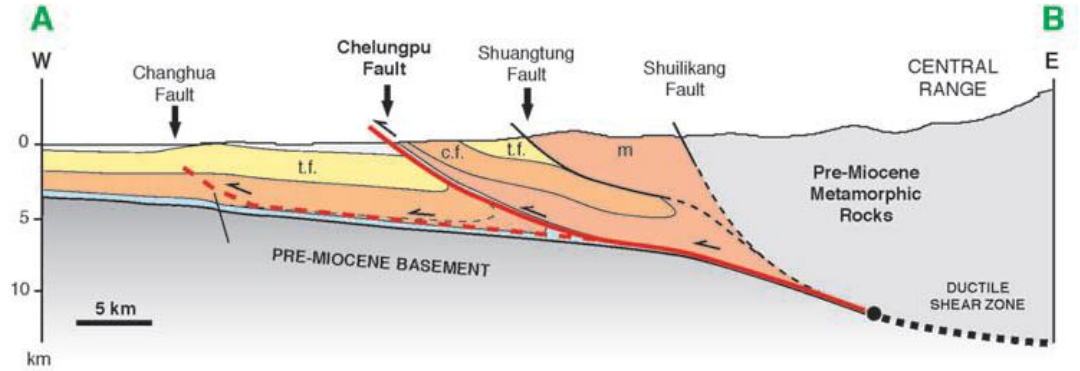


圖 2-4、臺灣中部地質剖面（Dominguez *et al*., 2003）。

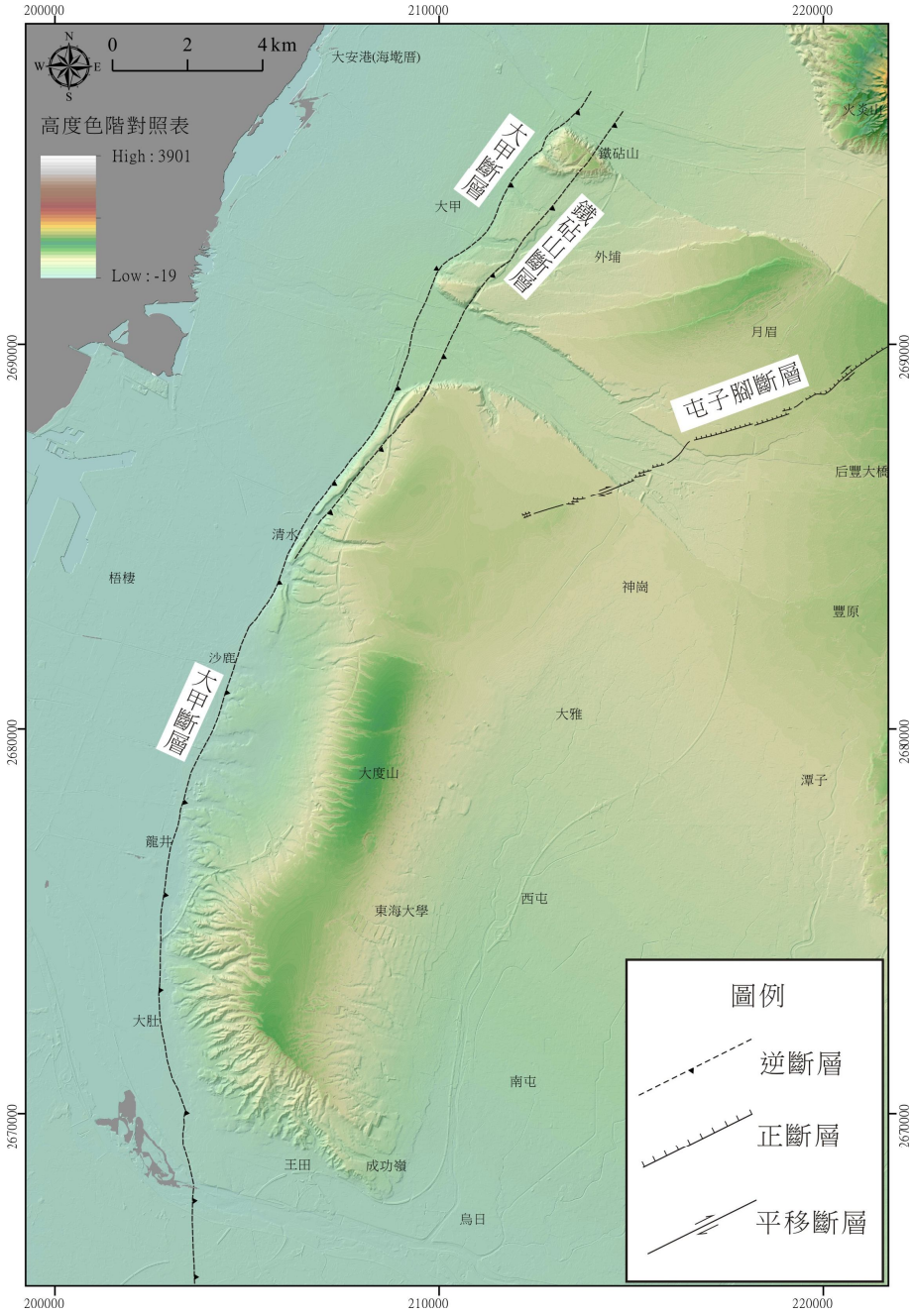


圖 2-5、臺中地區數值模擬地形與大甲斷層位置（TWD97）。

2-2 地形與 E-GPS 量測

本調查將大甲斷層分為大甲、清水、沙鹿、龍井、大肚等五段討論斷層沿線地形（圖 2-10）。

2-2-1 大甲段

大甲段位於大安溪至大甲溪之間，大肚台地與海岸平原交會處呈現明顯的

線型斷層崖地形（圖 2-6），崖線走向呈北東約 30 度，崖坡陡峭，最高崖差達 160 公尺。此區域已有鑽探資料（大甲 1 號與 2 號井；圖 2-7、圖 2-9），位於斷層兩側地層的位態、層位與年代明顯不同，斷層上盤位態約 30-50 度（朝西傾），並具有許多的剪切構造，下盤岩層未受變形呈水平狀態；顯示大甲斷層位於大甲 1 號與 2 號井之間。另外，大安溪南岸的露頭，斷層上盤近斷層崖的地層位態朝西傾斜約 45 度，與大甲 2 號井的地層傾角相似（圖 2-7）。

此段還有大甲 3 號井（圖 2-8、圖 2-9），位在崖坡之上（三清總道院旁），鑽取深度為 160 公尺（石瑞銓等，2010），全段岩心皆屬於礫石層，岩心的層面呈現傾斜狀態，淺層傾角為 40 度，向下地層傾角漸緩約 20-30 度之間；破裂面在淺部發育較多，大致在 40-50 度傾角；顯然崖坡的地層已受到構造作用產生褶皺，與地表岩層傾角相似（圖 2-8）。從大甲段的岩心柵狀剖面地層分析（圖 2-7），顯示此段的斷層尖端已經截穿至地表。

由於斷層崖地形非常清楚，E-GPS 量測斷層跡位置的誤差範圍在 20 公尺（圖 2-9）。E-GPS 量測的斷層跡位於大甲 1 號與 2 號井之間，大甲 1 號井在下盤，大甲 2 號井位在上盤（圖 2-10）。



圖 2-6、鐵砧山西側的線型崖為大甲斷層位置（朝南方拍攝）。

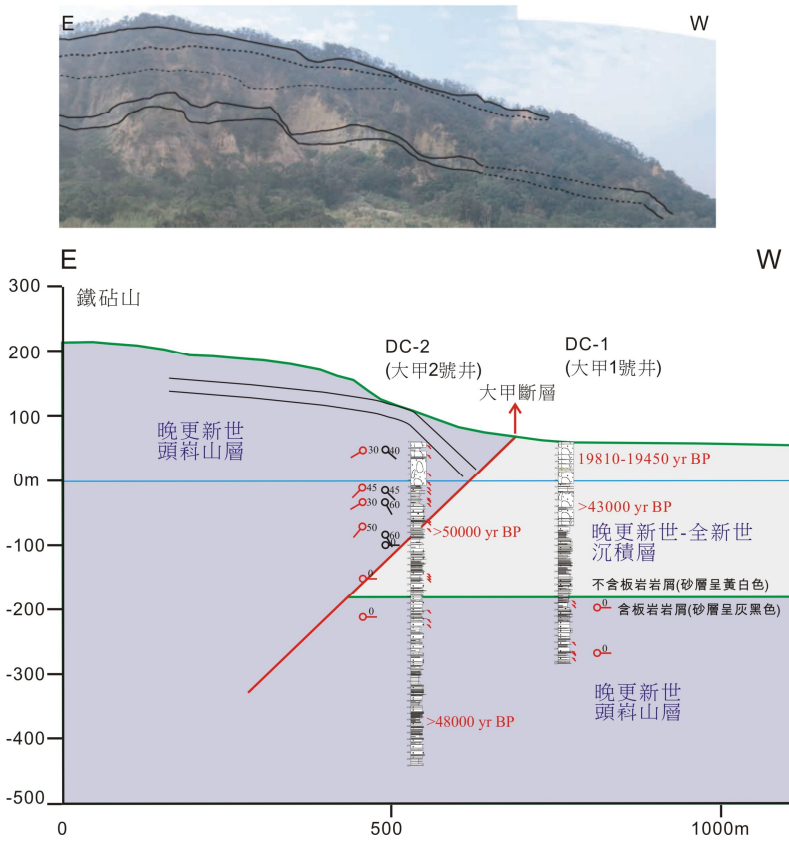


圖 2-7、大甲斷層兩側地層位態與岩性明顯差異，斷層跡位於大甲 1 號井與 2 號井之間。

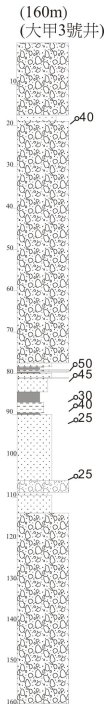


圖 2-8、大甲 3 號井，位在崖坡之上（三清總道院旁），砂層與礫石層的層面角度約 25-50 度。

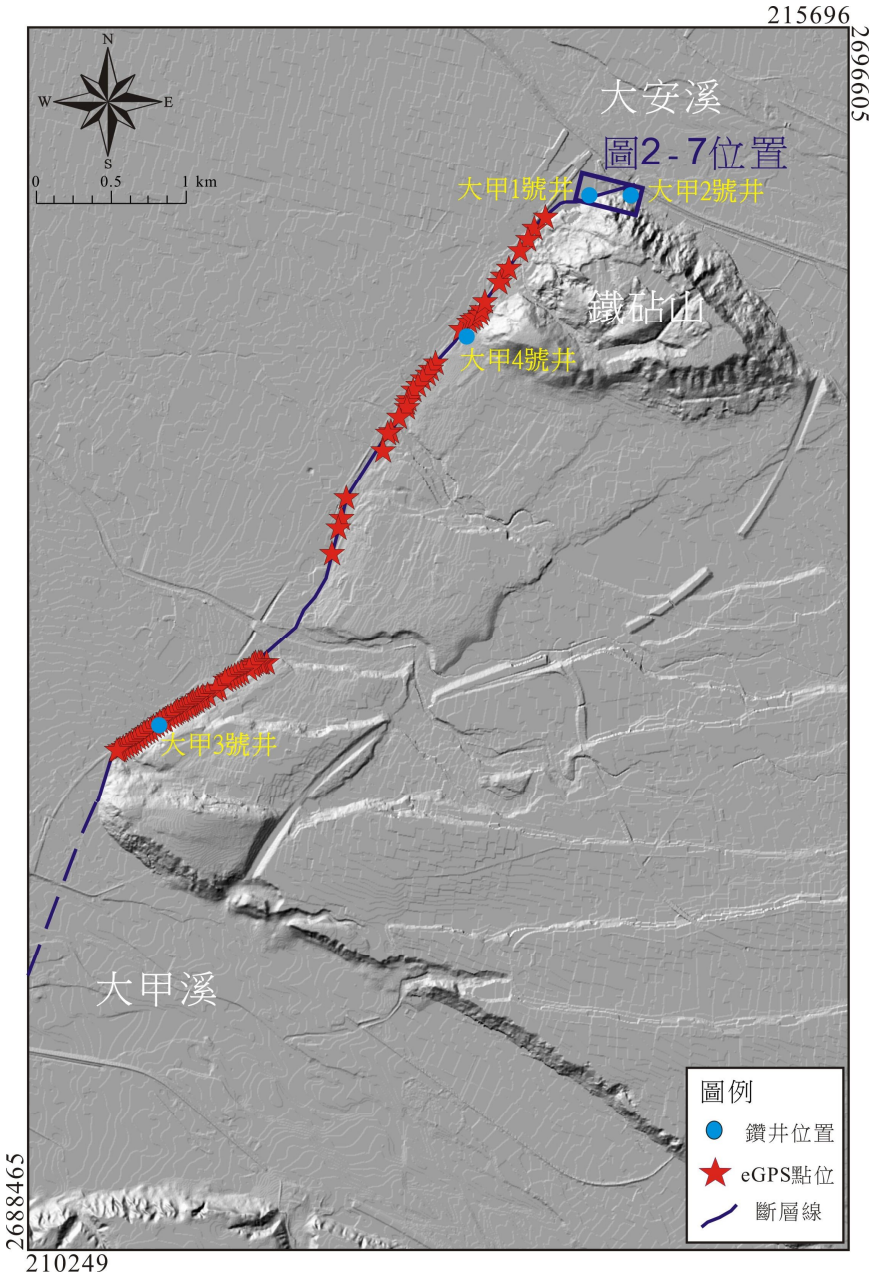


圖 2-9、大甲段 E-GPS 量測位置（TWD97）。

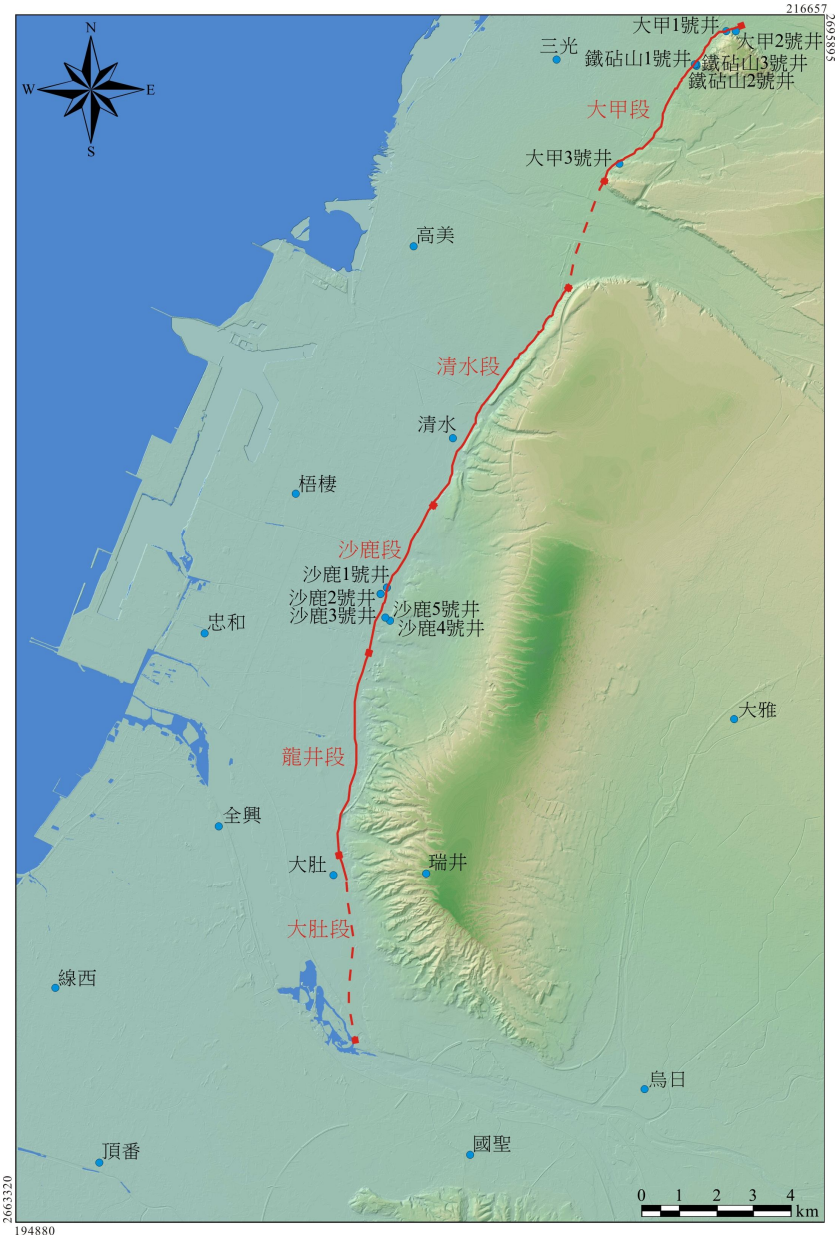


圖 2-10、E-GPS 量測的斷層跡位置（紅線）與各鑽井位置，紅色節點為分段位置，藍點為鑽井位置（沙鹿 2 號井、沙鹿 3 號井位置相近，點位於圖上重疊）（TWD97）。

2-2-2 清水段

清水段從大甲溪經清水至沙鹿北側，地形特徵與大甲段相同，呈明顯的線型斷層崖地形，崖線筆直，呈北東約 30 度走向，崖坡陡峭，最高崖差達 130 公尺（圖 2-11）。由於斷層崖地形非常清楚，E-GPS 量測斷層跡的誤差範圍在 20 公尺（圖 2-12）。清水段下盤有一口鑽井（清水井；圖 2-12），從岩心年代與古環境估算長期垂直抬升速率（約-0.6±0.9 至 0.6±0.9 mm/yr；圖 2-18、表 2-1），

大致處在沒有變動的構造環境，顯示清水井應位在大甲斷層下盤（圖 2-17、圖 2-18）。清水段線型崖北側的大甲溪溪床區域，過去進行過地球物理調查(淺層反射震測)，但未發現斷層的位置（石瑞銓等，2010；圖 2-13、圖 2-14）。



圖 2-11、五福圳沿線的線型崖，斷層跡（白色虛線）沿著崖坡與稻田交會處（朝東北東方拍攝），位置見圖 2-12。

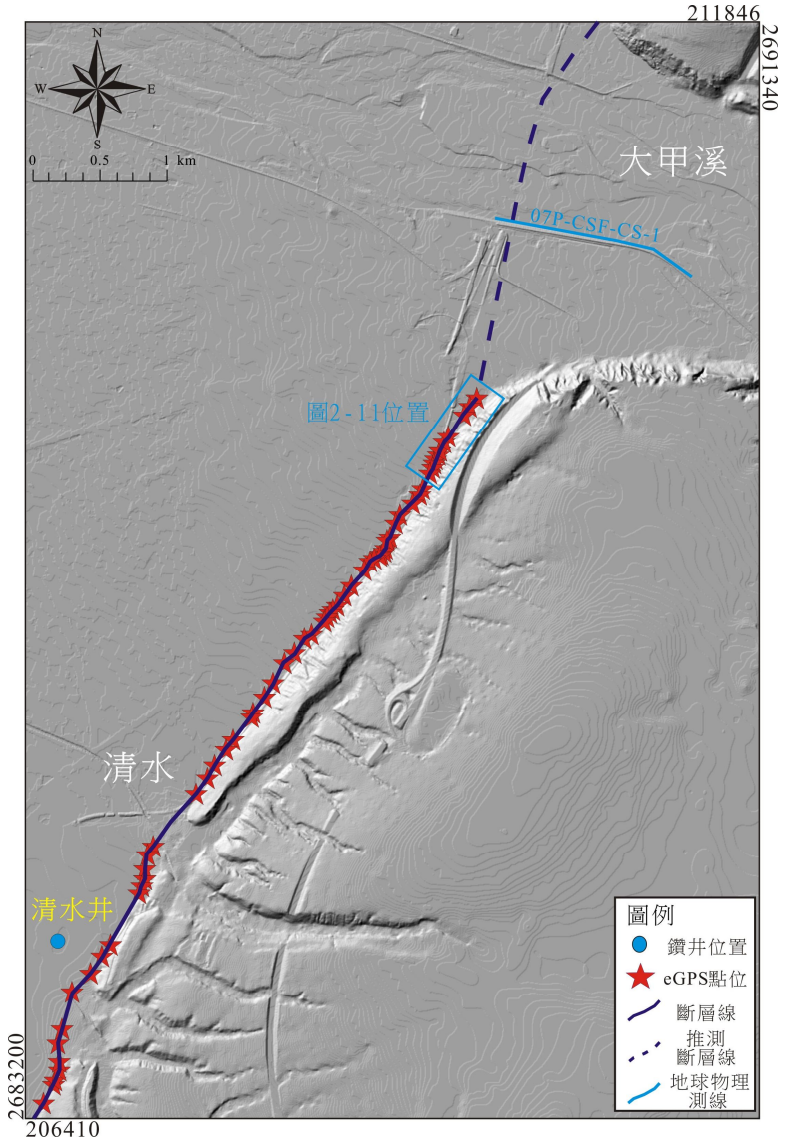


圖 2-12、清水段 E-GPS 量測位置（TWD97）。

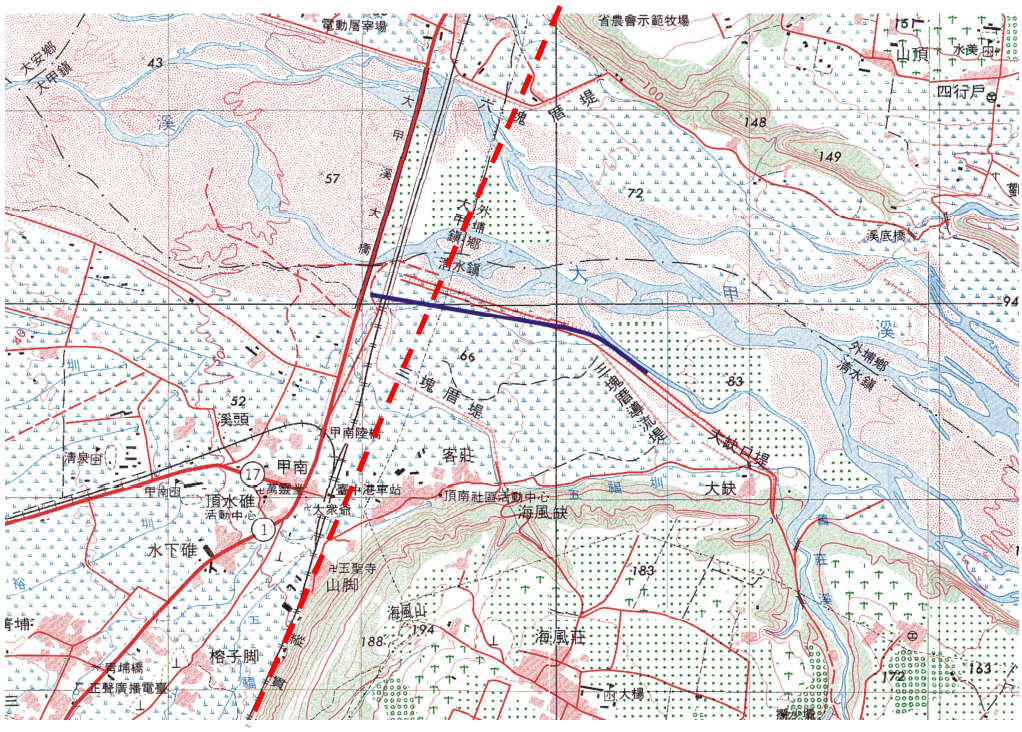


圖 2-13、大甲溪溪床淺層反射震測測線（07P-CSF-CS-1，藍色實線）位置，紅色虛線為斷層可能位置，底圖為清水 1/25,000 地形圖。（石瑞銓等，2010）

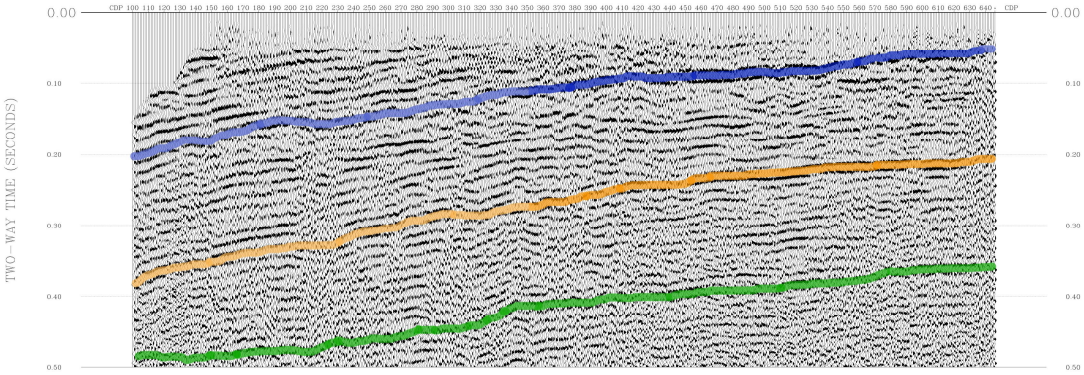


圖 2-14、大甲溪溪床淺層反射震測測線（07P-CSF-CS-1）重合剖面(左側為東、右側為西），剖面中並無斷層穿越之現象。（石瑞銓等，2010）

2-2-3 沙鹿段

沙鹿段從清水南側經沙鹿至龍井北側，此段地形不似北側大甲段與清水段呈現高陡的線型崖，由崖高約 30 公尺逐漸降低至至數公尺以下，崖坡呈緩起伏狀（圖 2-15）。緩起伏崖線地形不明顯，且受到多條東西向河流的切割，形成斷斷續續的崖坡地形，部分崖坡有人為修整消退情形（沙鹿鎮及其以南），消退

崖於東側形成較陡的線型崖（圖 2-15、圖 2-16）。

此段的斷層跡兩側都有鑽井（沙鹿 1 號至 5 號井；圖 2-16），由於沒有定年資料，所以無法研判各井的長期垂直抬升速率（陳文山等，2010）。但在距離人為線型崖線西側約 150 公尺的沙鹿 5 號井（圖 2-16），井深 50-70 公尺有許多的剪切構造，且由岩心年代與古環境估算長期垂直抬升速率，沙鹿 5 號井屬於抬升區域，其可能位於斷層上盤（圖 2-17、圖 2-18）。

由於斷層崖雖地形不明顯，但仍屬可分辨，並有鑽井資料控制，E-GPS 量測斷層跡的誤差範圍在 20 公尺（圖 2-16）。



圖 2-15、沙鹿鎮內（鎮南路）的緩起伏崖崖坡地形（朝東方拍攝），照片右側後方高區為人為修整消退的線型崖，位置見圖 2-16。

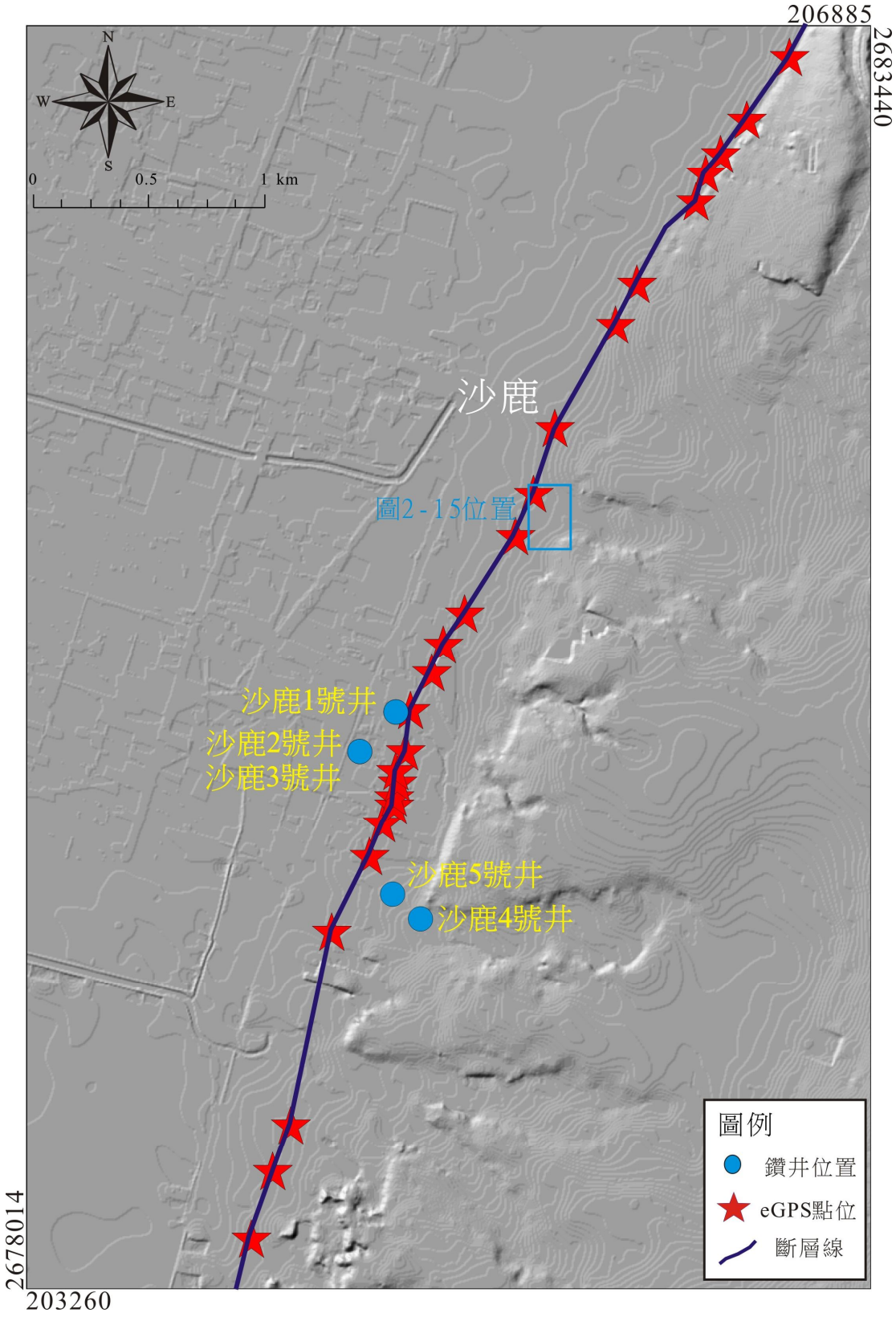


圖 2-16、沙鹿段 E-GPS 量測位置（TWD97）。

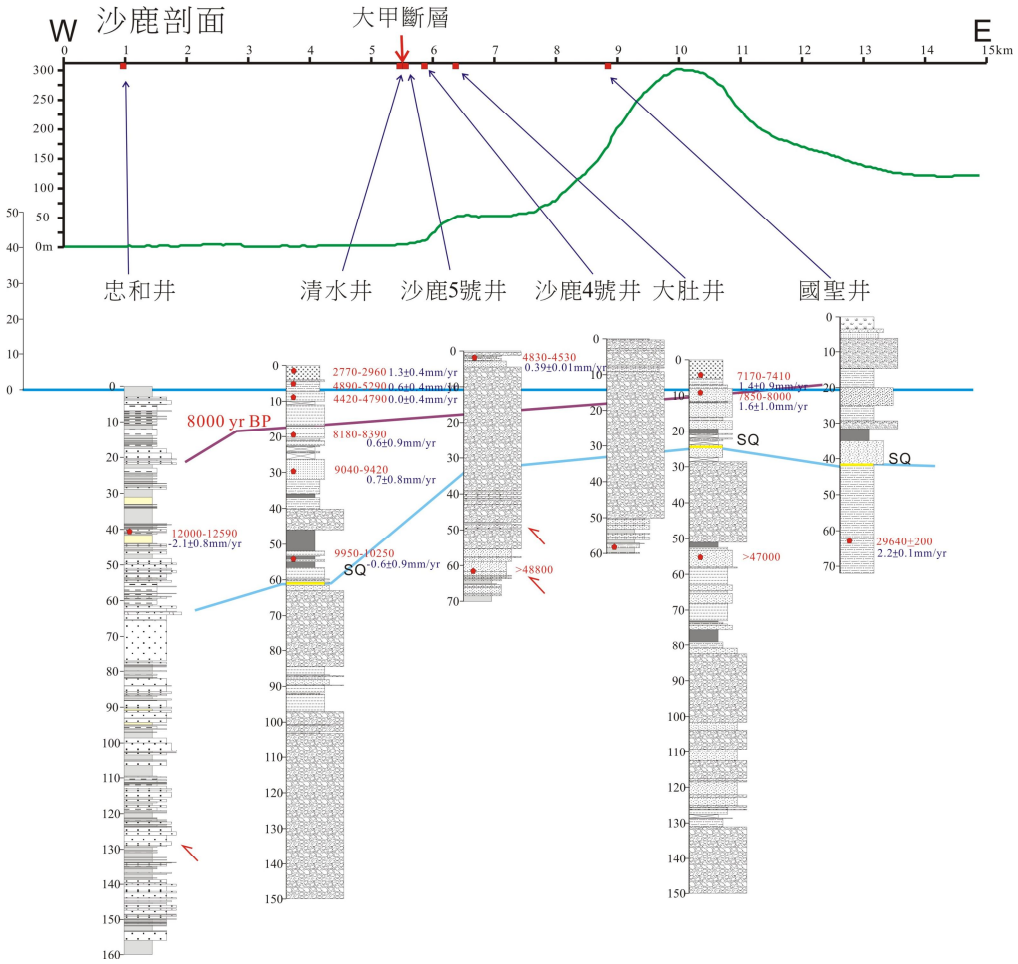


圖 2-17、沙鹿區域鑽井剖面（井位見圖 2-10）。

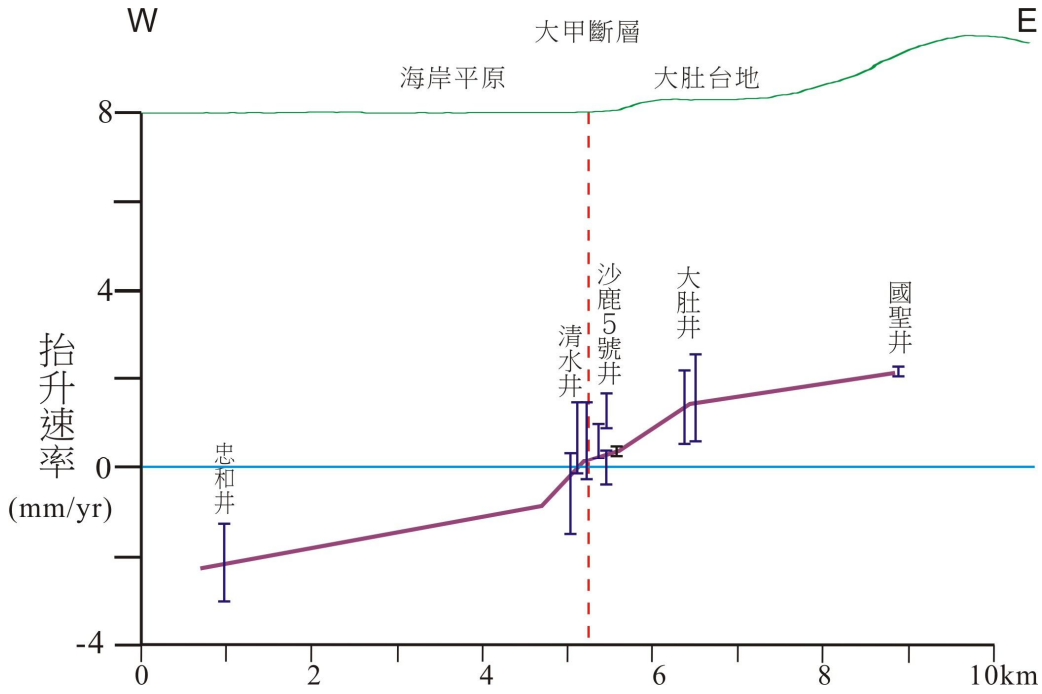


圖 2-18、沙鹿區域鑽井抬升速率圖（井位見圖 2-10）。

2-2-4 龍井段

龍井段從沙鹿南側經龍井至大肚北側，此段地形同北側沙鹿段一般呈緩起伏崖，崖高由約 20 公尺逐漸降低至數公尺以下（圖 2-19）。由於地形受人為挖掘破壞，以及東西向河流沖蝕，緩起伏崖遭侵蝕消退，於東側形成線型崖，原始緩起伏崖地形不明顯。

由於斷層崖地形不明顯，且無鑽井資料控制，E-GPS 量測斷層跡的誤差範圍較大，在 100 公尺內（圖 2-20）。



圖 2-19、龍井地區（龍井火車站前）的連續緩起伏坡崖地形（朝東方拍攝），位置見圖 2-20。

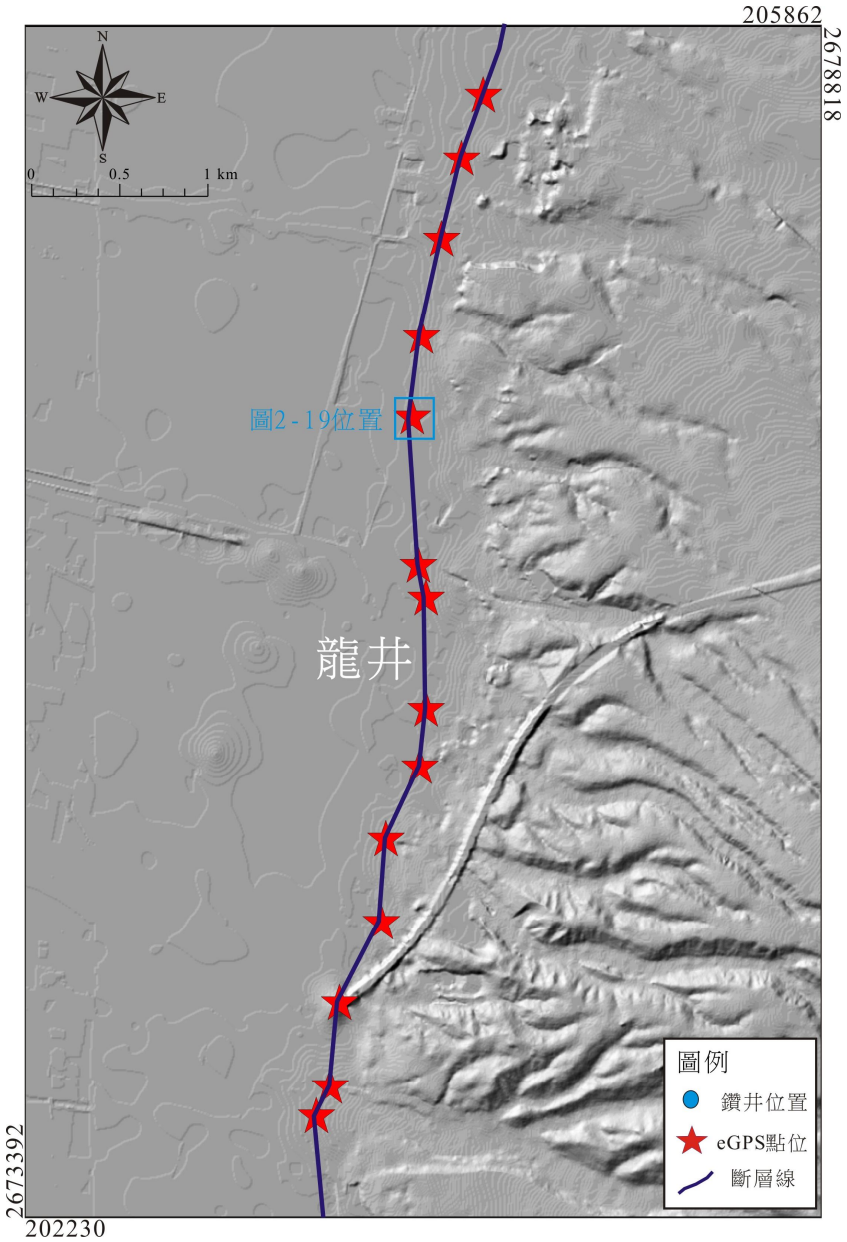


圖 2-20、龍井段 E-GPS 量測位置（TWD97）。

2-2-5 大肚段

大肚段由龍井以南至大肚溪，其中從大肚以南至大肚溪區域的崖線地形是大甲斷層沿線中最不明顯區段，但大肚溪北側的營埔地區有明顯呈北西走向的反向河階（渡船頭），崖高約 2 公尺，地形特徵推測可能為構造崖（圖 2-21），與大肚溪侵蝕產生的河階崖無關；但由震測資料顯示，營埔（渡船頭）以西區域，地下地層由朝西傾斜轉為水平，為受斷層影響形成的前緣褶皺變形，而褶皺的向斜軸部位在構造崖的西側約 400 公尺外（石瑞銓等，2010；圖 2-23，圖 2-24）。

由於龍井以南至大肚之間斷層崖地形不明顯，E-GPS 量測斷層跡的誤差範圍可能在 100 公尺內，而大肚以南至大肚溪區域依據反射震測剖面此區域可能為褶皺構造，斷層跡未出露地表（圖 2-22）。



圖 2-21、大肚段南側渡船頭（營埔）的反向河階崖（朝東北方拍攝），位置見圖 2-22。

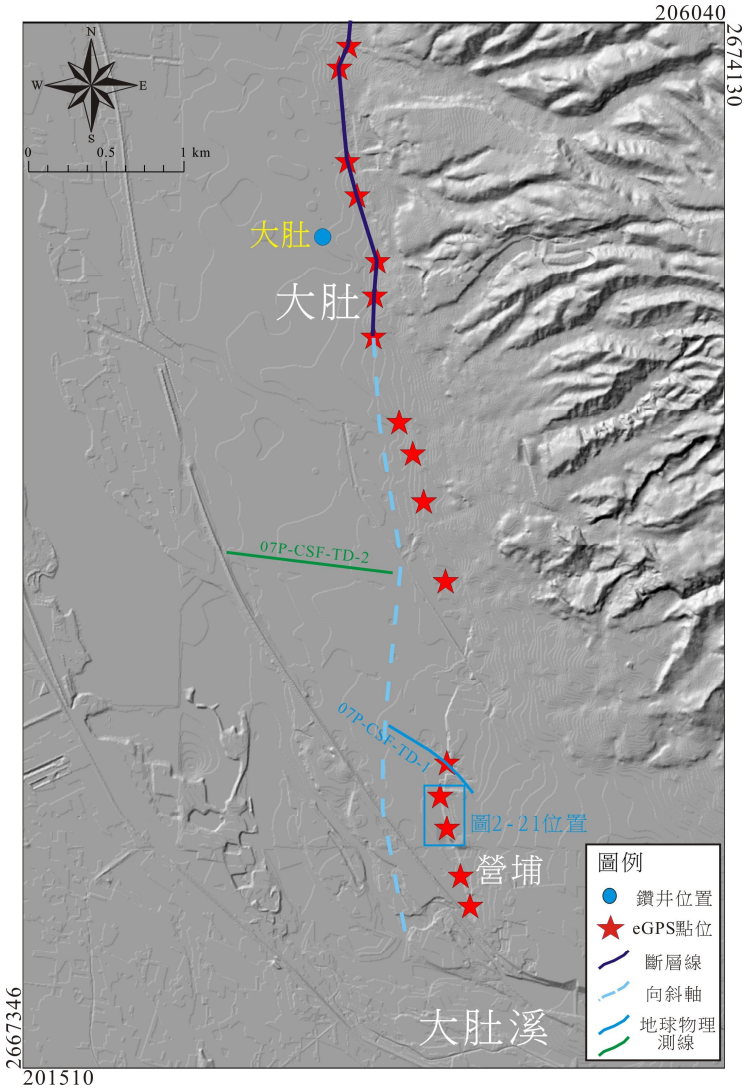


圖 2-22、大肚段 E-GPS 量測位置（TWD97）。

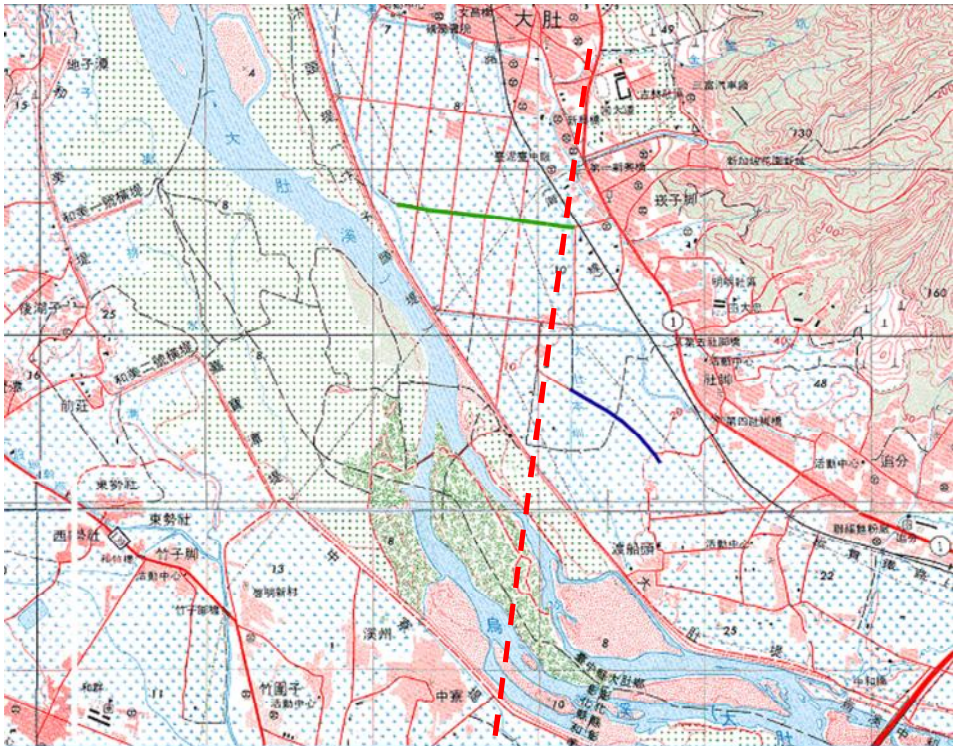


圖 2-23、大肚區域淺層反射震測測線（07P-CSF-TD-1，藍線；07P-CSF-TD-2，綠線）位置，紅色虛線為褶皺軸可能位置，底圖為沙鹿、彰化 1/25,000 地形圖。（石瑞銓等，2010）

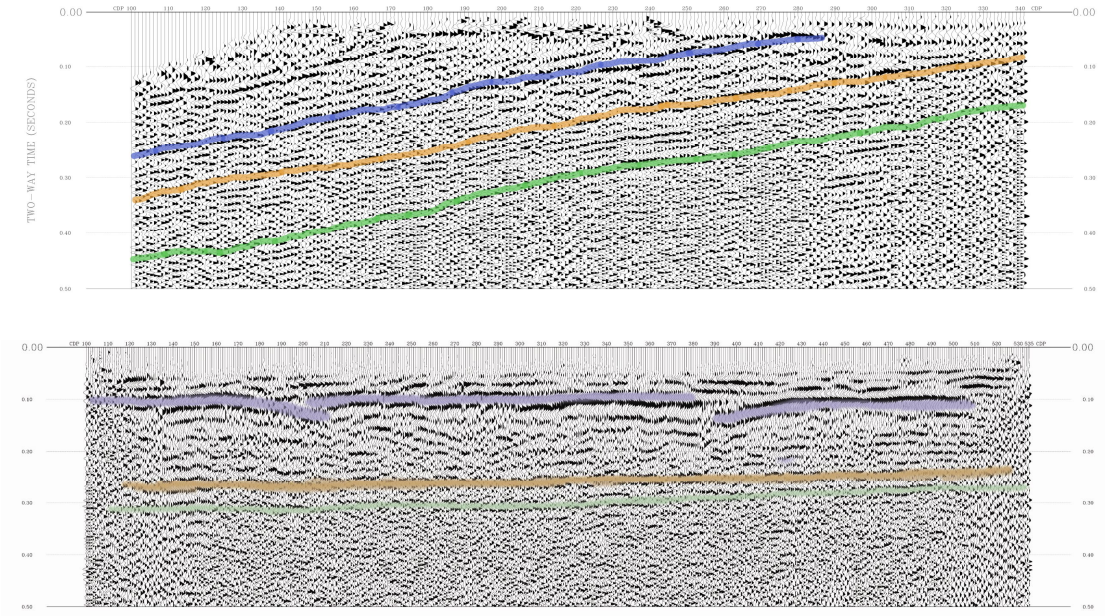


圖 2-24、大肚區域淺層反射震測測線（07P-CSF-TD-1，上圖；07P-CSF-TD-2，下圖）重合剖面（左側為東方、右側為西方），剖面中地層由朝西傾轉為水平，並無斷層穿越的現象。（石瑞銓等，2010）

2-3 結論

大甲斷層北從大安溪，南至大肚溪，全長約 30 公里，沿著大肚台地西側與海岸平原交會處的階地崖分布。北段區域從大安溪經大甲、清水至沙鹿的階地崖呈現線型崖的構造地形，由鑽井也表示崖線為斷層跡位置，顯示線型崖地形是大甲斷層截穿至地表的斷層跡位置。E-GPS 量測斷層跡的誤差範圍約 20 公尺。

中段從沙鹿至大肚區域是線型崖地形較不明顯區域，此段 E-GPS 量測斷層跡的誤差範圍約 100 公尺。此區階地崖呈緩隆起狀，遭人為開發或河流侵蝕，部分階地往東側消退，消退崖線形成坡度較陡的線型崖地形，但據鑽井資料（沙鹿 1-5 號井）顯示斷層位於此線型崖的西側，其應位於西側緩隆起階地崖的前緣。

南段從大肚至大肚溪為崖線最不明顯的區段，可能為褶皺構造，斷層跡可能尚未出露地表（圖 2-10、圖 2-25）。

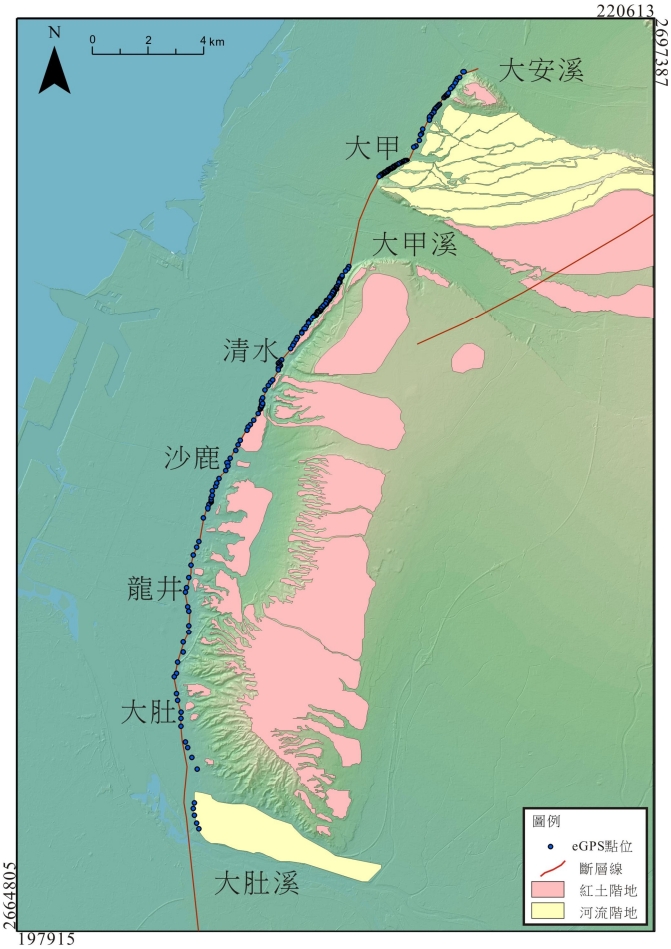


圖 2-25、大甲斷層跡位置的 E-GPS 量測，大肚以南為褶皺軸位置（TWD97）。

表 2-1、沙鹿區域鑽井剖面，各井岩心定年資料與估算長期垂直抬升速率。（陳文山等，2010）

井名與標本編號	標本採樣海拔高度 (m)	古環境水深 (m)	古海水面相距現今海水面高度差(m)	年代 (cal yr BP)	抬升速率 (mm/yr)
忠和 (CH-2)	-39	潮間帶 -2－+2	-57－-72	12590-12000	-2.1±0.8
忠和 (CH-3)	-191.6	潮間帶 -2－+2	-77	48870±1590	-2.3±0.1
國聖井 (GS-1)	-50	潮間帶 -2－+2	-116	29640±200	2.2±0.1
大肚井 (TD-1)	1.44	潮間帶 -2－+2	-4－-13	7410-7170	1.4±0.9
大肚井 (TD-2)	-1.6	潮間帶 -2－+2	-9－-20	8000-7850	1.6±1.0
大肚井 (TD-3)	-48.6	潮間帶 -2－+2		>47000	
清水井 (CS-2)	2.1	潮間帶 -2－+2	-1	5290-4890	0.6±0.4
清水井 (CS-3)	-0.2	潮間帶 -2－+2	0	4790-4420	0.0±0.4
清水井 (CS-4)	-13.4	潮間帶 -2－+2	-13－-24	8390-8180	0.6±0.9
清水井 (CS-5)	-23	潮間帶 -2－+2	-24－-34	9420-9040	0.7±0.8
清水井 (CS-6)	-47	潮間帶 -2－+2	-35－-48	10250-9950	-0.6±0.9

第三章、山腳斷層（北段）

3-1 前言

更新世以來（約一百多萬年），北部地區由造山的擠壓環境轉為後造山的拉張環境，在拉張作用之下，北部地區產生一些正斷層構造，位置通常沿著逆斷層反轉為正斷層（Teng, 1996；蕭力元等，1998）。新莊斷層與金山斷層是台灣北部最前緣的逆斷層，拉張作用下反轉為正斷層—山腳斷層。山腳斷層的斷層跡從台北盆地西南側樹林區朝北東方向沿伸（北東約 70 度走向）經關渡—新北投，之後穿越大屯火山群，再由金山平原北側進入東北海域，陸上全長約 37 公里。本研究區域乃針對大屯火山至金山平原區域的山腳斷層北段(係指地調所山腳斷層條帶地質圖幅南、北幅中之北幅區段）。

山腳斷層北段的下盤（北側）岩層為中新世南莊層與桂竹林層，近斷層上盤（南側）岩層為漸新世五指山層，斷層兩側都覆蓋了更新世火山岩（圖 3-1；林朝宗，1991；黃鑑水等，2005）。金山平原是山腳斷層北段沉陷形成的半地塹盆地，鑽井岩心（三界橋 1 號井）表示盆地基盤為漸新世五指山層，與上覆的晚更新世再積火山碎屑層以交角不整合沉積接觸，晚更新世再積火山碎屑岩厚度為 551.6 公尺（盧詩丁等，2005；林啟文等，2007）。

近幾年來針對山腳斷層北段有許多的調查資料，但斷層跡確切位置還是不明確，大致位置從台北盆地西北側的新北投復興崗朝東北延伸進入大屯火山地區，經七星山與南大屯山之間鞍部後，沿著北磺溪河谷經金山平原北側再延伸入東北部海域（林朝宗，2005；陳文山等，2003a，2009；Huang, 2003）。至於斷層跡位置，大多研究者都認為金山平原北側東西走向的階地崖坡下就是斷層跡位置（黃鑑水等，1991；詹瑜璋等，2005）。由鑽井與淺層反射震測表示斷層跡位置可能在崖坡南側平原區當中（Shih *et al*., 2006；圖 3-2）。

金山平原是北段山腳斷層沉陷作用產生的構造盆地，大量來自北磺溪的火山碎屑沉積物堆積在平原中，斷層跡被沉積層掩埋，確切位置不易以現今地形來研判。近期在此區域三界橋附近的地質鑽探，顯示金山地區歷經長期的構造沉陷

作用，斷層跡位置可能位於線型崖南側的沖積平原當中，距離線型崖約數十公尺（圖 3-3；盧詩丁等，2005；陳文山等，2009）。

本研究針對山腳斷層北段位置的精查，首先利用先前鑽井資料研判斷層局部位置（圖 3-3），位於平原北側區域的斷層跡可能受到沉積層的掩埋而無法準確研判，但還是依據各種資料進行研判，其位於北磺溪上游的斷層跡則進行野外調查來確定。

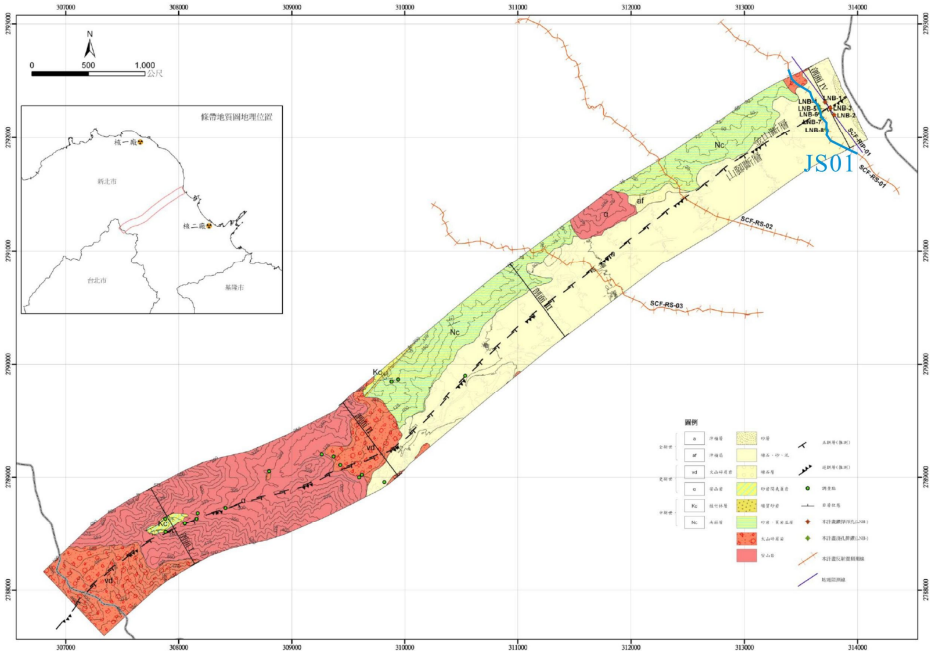


圖 3-1、金山區域山腳斷層條帶地質圖（中興工程顧問股份有限公司，2012），淺藍線 JS01 為淺層反射震測測線（Shih *et al*., 2006）（TWD97）。

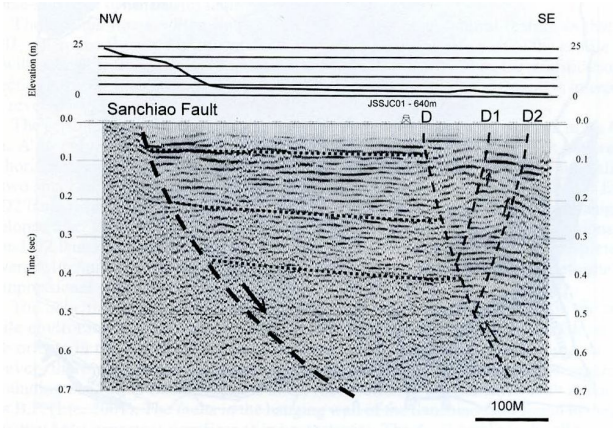


圖 3-2、金山平原北側淺層反射震測的 JS01 剖面（Shih *et al*., 2006），位置見圖 3-1。

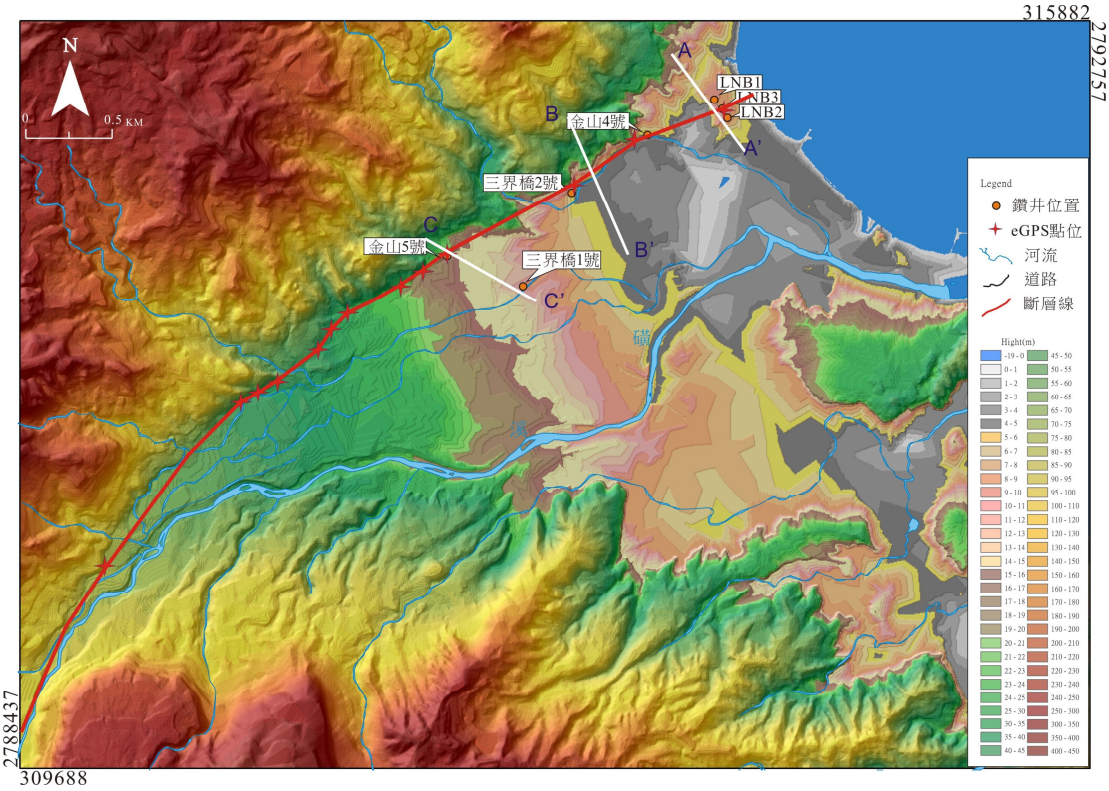


圖 3-3、金山平原區域的山腳斷層北段位置與鑽井位置圖（TWD97）。

3-2 地形與 E-GPS 量測

3-2-1 金山平原段

先前研究認為本區域的斷層跡可能位在平原北側線型崖以南的平原中，所以本研究彙整此地區的研究資料之後，再進行 E-GPS 量測。由於山腳斷層屬於正斷層特性，斷層上盤堆積數百公尺的巨厚沉積層，為了解山腳斷層位置，因而針對深井鑽井岩心來進行研究，計有中央地質調查所的三界橋 1 號井（井深 640 m）與三界橋 2 號井（井深 364 m），以及金山 4 號井（井深 100 m）與金山 5 號井（井深 406 m），中興工程公司的 LNB-1 井（井深 300 m）、LNB-2 井（井深 301.6 m）、LNB-3 井（井深 700 m）；總共 7 口深井鑽井岩心（圖 3-3），可提供金山平原北側的地下地質與構造。本研究利用鑽井岩心資料，將金山平原之下地層可分為四層，上部屬於未膠結的沖積層，分為兩層，上層為沙層與泥層，偶夾薄層礫石層，屬於全新世海進時期堆積的半淡水與河流環境，厚度約 50 公尺以內，越接近北側的崖坡，厚度越薄。下層為巨厚層的河流環境的再積火山礫石層，

偶夾薄層砂泥層，時代屬於晚更新世。沖積層之下為岩盤，再積火山礫石層不整合沉積在岩盤之上，岩盤有兩個時代的地層，金山斷層（逆斷層）上盤岩層為漸新世五指山層，下盤為中新世南莊層。由金山斷層反轉為正斷層的山腳斷層，大致沿著金山斷層再活動，但是斷層帶未必完全沿著金山斷層的斷層面活動，亦可能為在南莊層或五指山層之中。所以欲以岩盤作為研判斷層位置是有問題的，所以本研究就以兩井之間岩盤落差最大的位置，作為推估山腳斷層跡位置。雖然，可以利用地表地形再研判斷層位置，但是金山平原的沖積扇（辮狀河）還持續在堆積，而且堆積速率高於盆地的沉降速率，所以在平原區中可能不易呈現斷層崖地形。本研究也在沿線調查並未發現有明顯的斷層崖地形，所以斷層跡位置就以鑽井岩心作為依據，推測誤差距離約數十公尺之內。

首先利用東側接近海岸由中興工程公司鑽取的三口深井（LNB-1、LNB-2、LNB-3），分析地下地層與構造。三口鑽井垂直斷層跡走向排列（A-A’剖面），LNB-1 井位在北側，LNB-2 井位於南側；LNB-3 井位在兩井之間，深度最深達 700 公尺（圖 3-3）。

LNB-1 井鑽取深度 300 公尺，全新世砂泥層厚度為 43.25 公尺，晚更新世再積火山礫石層厚度為 24.5 公尺（底面深度 67.75 公尺），深度 67.75 公尺以下為中新世南莊層岩盤（圖 3-4）。

LNB-2 井鑽取深度 301.6 公尺，全新世砂泥層厚度為 49.9 公尺，此井未鑽至岩盤，晚更新世再積火山礫石層厚度至少 251.7 公尺。

LNB-3 井鑽取深度 700 公尺，全新世砂泥層厚度為 46.0 公尺，晚更新世再積火山礫石層厚度為 456.8 公尺（底面深度 502.8 公尺），深度 502.8 公尺以下為漸新世五指山層岩盤（圖 3-4）。從岩盤的岩性分析，502.8 公尺至 586.9 公尺為白色含礫石的粗粒石英砂岩，厚度 84.1 公尺，屬於漸新世五指山層。586.9 公尺以下的岩性為中細粒砂岩與砂頁互岩，岩性應屬於中新世南莊層。因此，研判深度 586.9 公尺的薄層斷層帶應是金山斷層。至於山腳斷層位置，依各上部沉積層

厚度變化，以及岩盤地層，推估應該位在 LNB-1 井與 LNB-3 井之間。從兩井的間距與岩盤深度推測，山腳斷層朝南的傾角約 80 幾度（圖 3-4）。

金山 4 號井位在 LNB-1 井西南側約 500 公尺（B-B’剖面），鑽井深度為 100 公尺，上層 24.3 公尺厚屬於全新世砂泥層，不整合沉積在中新世南莊層之上，不整合面深度為 24.3 公尺；從岩心研判金山 4 號井位在山腳斷層下盤（圖 3-5）。三界橋 2 號井位於崖坡之下，距離崖線約數十公尺，鑽井深度為 364 公尺，除地表數公尺的土壤層之外，以下至 360 公尺屬於再積火山礫石層，未鑽至岩盤。從崖坡上地表出露的中新世南莊層或金山 4 號井與鑽井下地層的對比，斷層位在鑽井位置與崖坡之間，中新世南莊層的落差至少 360 公尺，推估山腳斷層朝南的傾角約 80 幾度。

金山 5 號井位在三界橋 2 號井西南側約 700 公尺（C-C’剖面），鑽井深度為 406 公尺，除了地表數公尺的土壤層之外，至深度 382.4 公尺皆屬於再積火山礫石層，382.4 公尺至 406 公尺為中新世南莊層岩盤（圖 3-6）。三界橋 1 號井位於崖坡南側約 500 公尺，鑽井深度為 640 公尺，除了地表數公尺的土壤層之外，至深度 551.6 公尺皆屬於再積火山礫石層，551.6 公尺至 640 公尺為漸新世五指山層岩盤（圖 3-6）。

從崖坡上地表出露的中新世南莊層與鑽井下地層的對比，中新世南莊層的落差約 390 公尺，顯然斷層位在鑽井與崖坡之間，推估山腳斷層朝南傾角約 80 幾度；而金山斷層位在金山 5 號井與三界橋 1 號井之間。

從上述三個剖面的鑽井岩心與地表岩層對比，本研究認為山腳斷層應位在 LNB-1 井與 LNB-2 井之間，三界橋 2 號井北側與斷層崖之間，以及金山 5 號井北側與斷層崖之間。依據排鑽資料與地形特徵，研判金山平原北側的線型崖地形屬於斷層崖，所以 E-GPS 量測將依照上述鑽井岩心研判的結果以及斷層崖地形進行量測，誤差約 20 公尺以內（圖 3-7）。

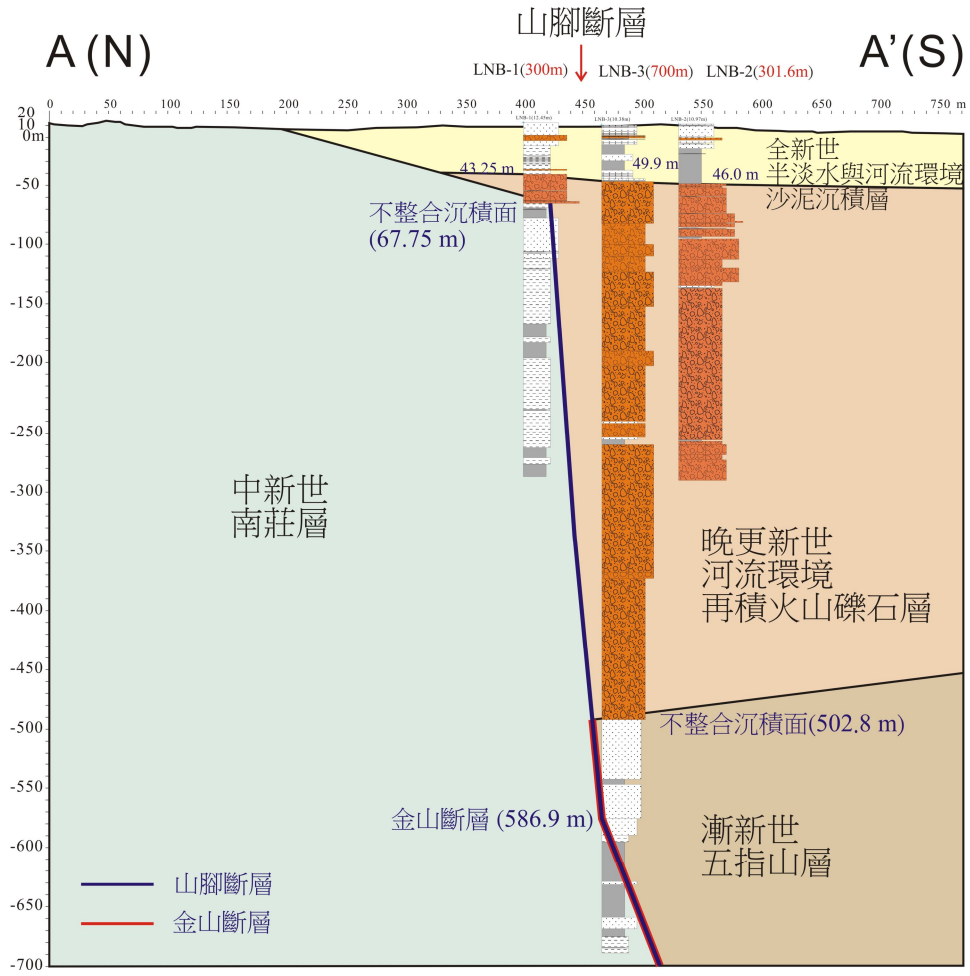


圖 3-4、A-A'剖面岩心柵狀圖，山腳斷層位在 LNB-1 與 LNB-2 井之間，剖面位置見圖 3-3。

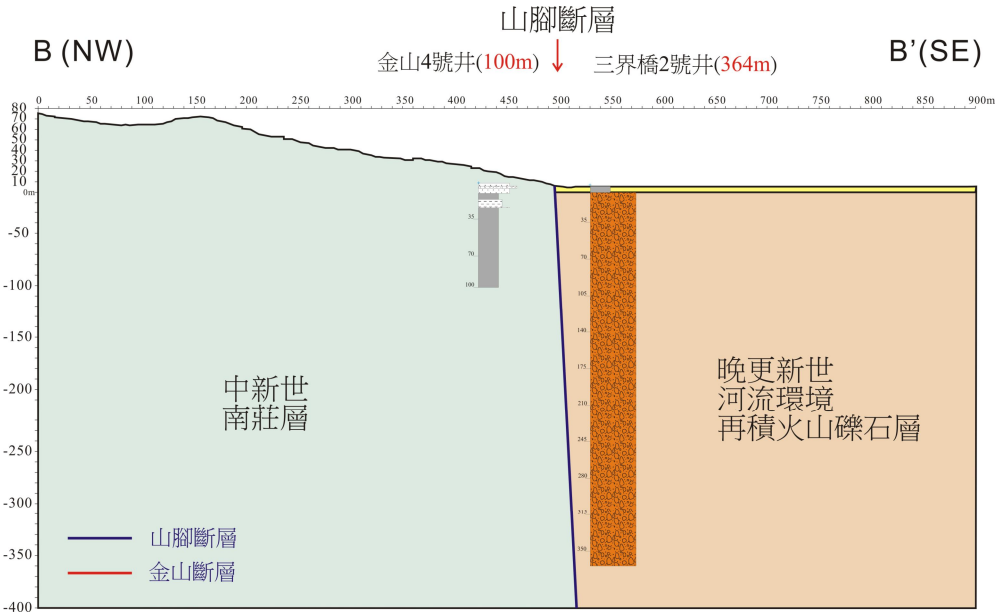


圖 3-5、B-B'剖面岩心柵狀圖，山腳斷層位在三界橋 2 號井與坡崖之間，剖面位置見圖 3-3。

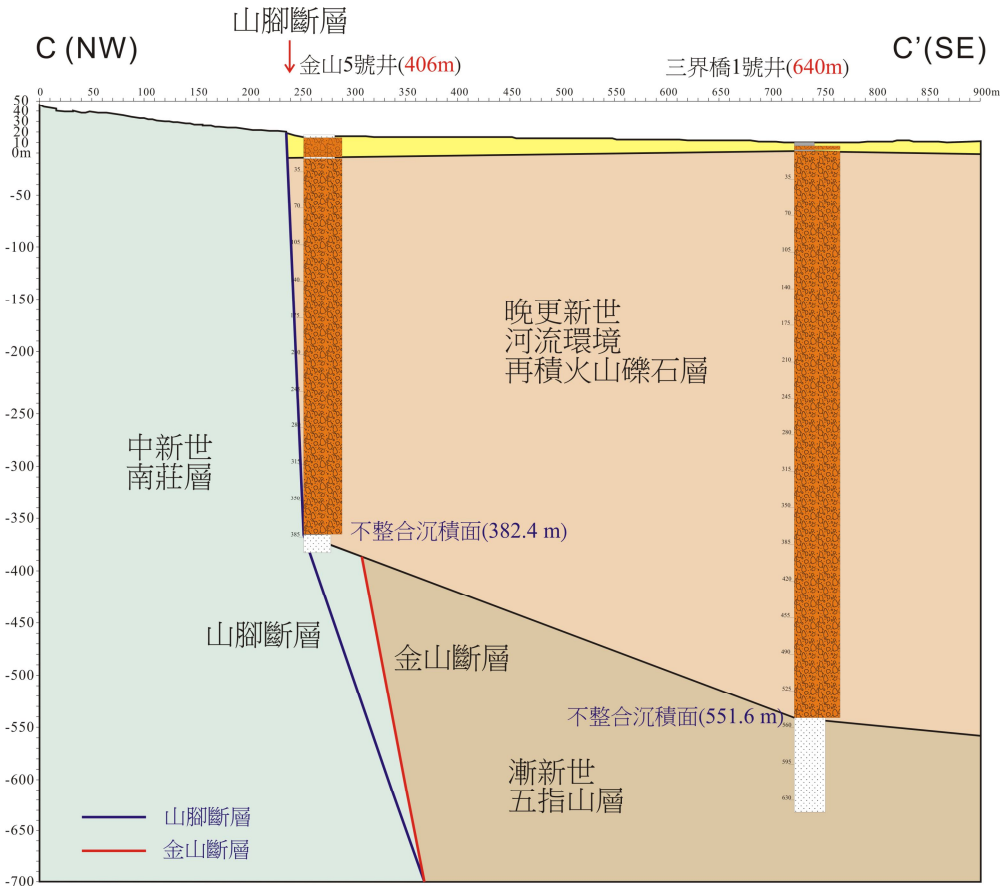


圖 3-6、C-C'剖面岩心柵狀圖，山腳斷層位在崖坡與金山 5 號井與坡崖之間，剖面位置見圖 3-3。

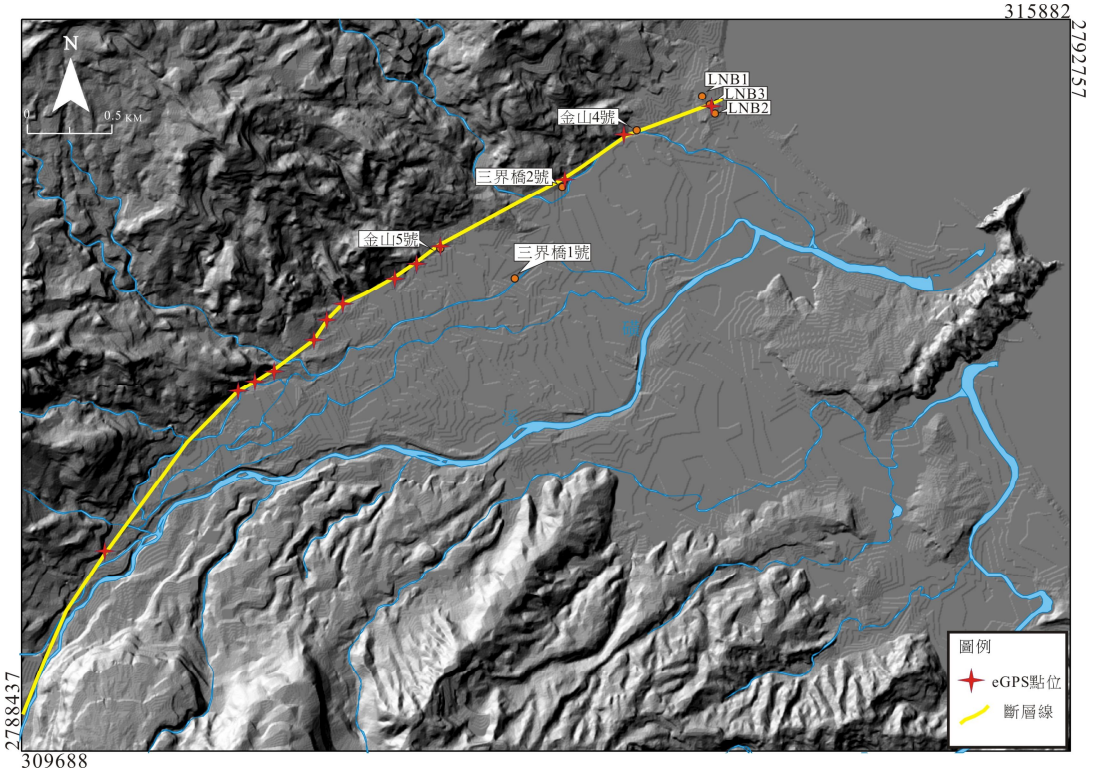


圖 3-7、E-GPS 量測點與斷層跡位置（TWD97）。

3-2-2 北磺溪段

北磺溪段從金山平原的西端進入大屯山區，沿北磺溪段至擎天崗鞍部，大致沿著北磺溪河流。由於此區段屬於茂密的森林，地形陡峭，所以地質調查有相當的難度。前人調查結果大致顯示，全區岩層大都屬於更新世火山岩，不整合在中新世沉積岩層之上，中新世南莊層與桂竹林層僅出露在北磺溪的北岸流域（中興工程顧問股份有限公司，2012）。因此從中新世南莊層與桂竹林層的出露位置來看，金山斷層或山腳斷層應位在北磺溪以南區域（圖 3-1）。從山腳斷層的正斷層特質而言，大致上斷層跡應沿著地形低區，即現今河谷。另外，從火山地形研判，北磺溪南岸區域保存相當完整的火山地形，而北岸區域則呈現許多大型的地滑區，以及地滑岩盤產生的裂隙（圖 3-8；陳文山等，2007）。顯然，山腳斷層從金山平原朝西南延伸可能沿著北磺溪北岸，至北磺溪源頭的擎天崗鞍部。由於此區段無法以出露地層精確地定訂斷層跡，況且大多無法下達河谷進行 E-GPS 量測，故僅依據地形特性推測可能斷層跡位置。

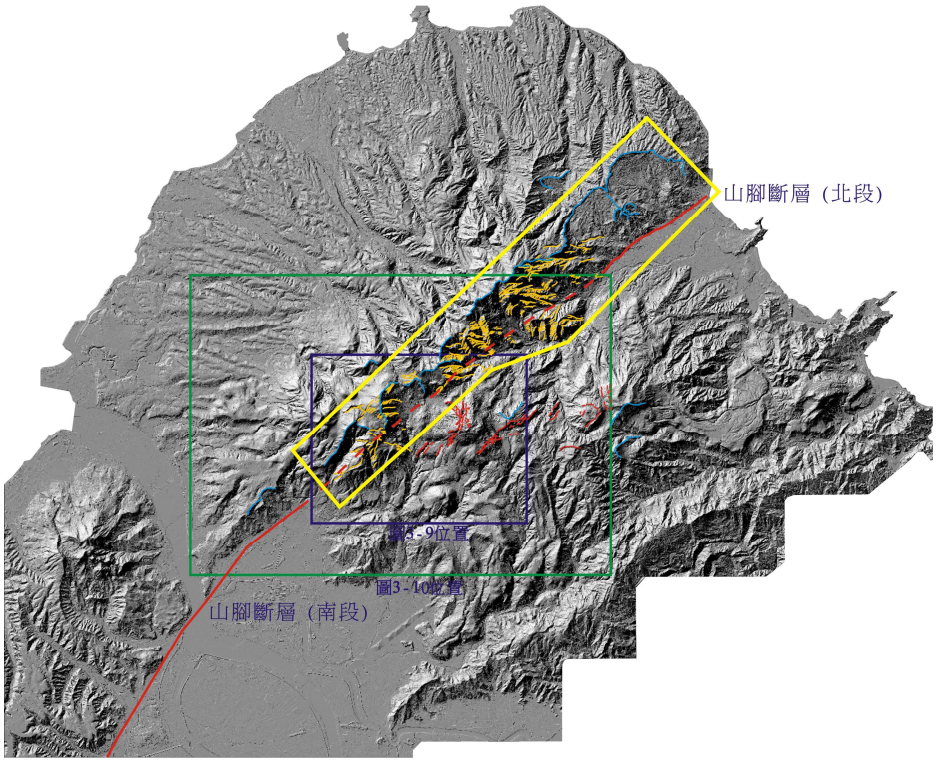


圖 3-8、山腳斷層地形特徵判釋圖，淺藍線為地滑區上方崩崖的稜脊，紅線為火山裂隙，橘線為岩盤裂隙；黃框為山腳斷層北段範圍，藍框為圖 3-9 範圍，綠框為圖 3-10 範圍。

3-2-3 新北投至擎天崗段

從擎天崗鞍部朝西南沿著南磺溪延伸，通過七星山與南大屯山之間的竹子湖至新北投，再從新北投往西南側進入台北盆地。擎天崗鞍部至新北投區段的斷層跡非常不明顯，地表岩層皆屬於更新世火山岩，地形特徵與北磺溪沿線相似，斷層跡兩側都呈現大規模的地滑區，以及岩層裂隙（圖 3-8、圖 3-9）。從圖 3-8 黃線區域顯示的地形來看，大屯火山區域中以此區塊內呈現最多的地滑地形以及岩層裂隙構造，區塊之外的火山地形就保存非常的完整。顯然，此帶狀區域可能受到正斷層上盤朝南的沉降作用，導致岩層產生朝南地滑，同時造成岩層產生裂隙。所以本研究研判山腳斷層應通過此地滑區，而斷層跡應該被地滑的岩層覆蓋，沒有出露地表，所以沒有呈現類似台北與金山盆地的線型斷層崖地形（圖 3-9）。

另外，從台北盆地堆積的晚更新世至今的沉積層，推測山腳斷層至少在 50 多萬年前就已經開始活動（陳文山等，2008）。因此，山腳斷層活動過程，大屯火山群火山同時也噴發大量火山岩，覆蓋在斷層之上，導致地表的斷層地形不明顯。但是受到山腳斷層作用產生地質結構的最大差異，是兩側的火山岩厚度有很大的不同，北磺溪兩側沉積岩岩盤的垂直落差可達 880 公尺，北磺溪南側斷層上盤區域的火山岩厚度較厚，達 1500 公尺；北磺溪北側的斷層下盤區域的火山岩厚度較薄，僅數百公尺；顯然山腳斷層大致沿著北磺溪溪谷分布（陳文山等，2003a，2008）。

因此依據地形特徵，研判大屯火山地區的斷層跡不明顯，所以 E-GPS 量測僅依崩塌地形特徵與斷層跡走向進行量測，誤差可達數百公尺（圖 3-10）。

3-3 結論

山腳斷層北段由新北投經大屯山竹子湖，再沿北磺溪至金山平原北側的斷層崖下，最後進入東北海域。此調查結果，認為山腳斷層北段斷層跡最明確的位置是金山平原北側的斷層崖之下。之後，沿北磺溪進入大屯山區至新北投區域，

斷層跡地形並不明確，主要原因是此區域內可能受到斷層活動的影響，呈現大規模地滑，將斷層跡覆蓋。所以 E-GPS 量測主要在金山平原的斷層崖，誤差範圍在 20 公尺以內，此區之外的山腳斷層跡，可能掩覆於大規模地滑之下，以目前的調查技術及方法，尚無法研判斷層跡確切位置。

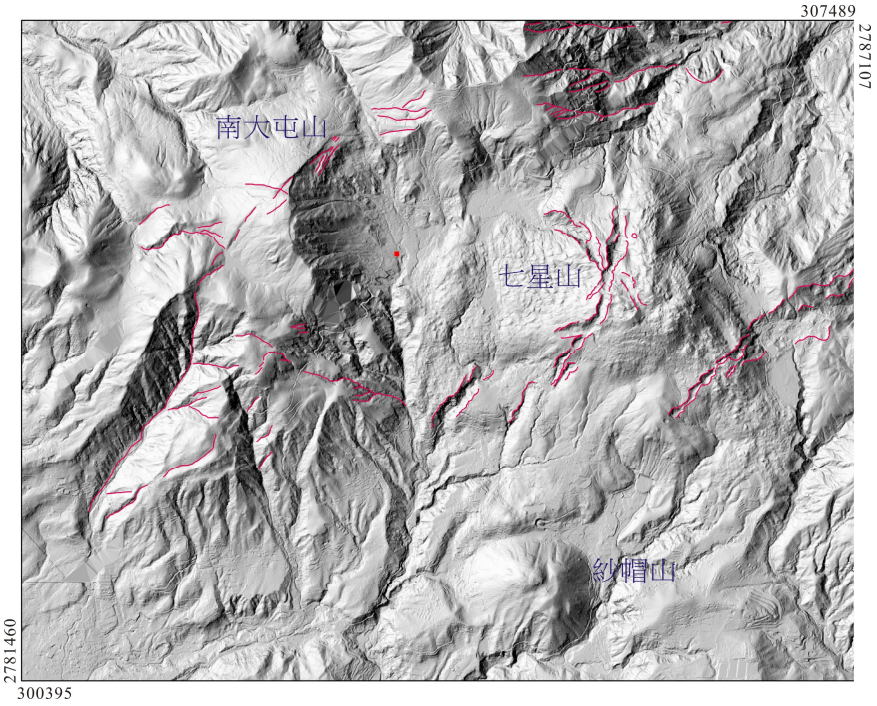


圖 3-9、竹子湖地區的地滑裂隙構造（藍線）與火山伸張裂隙（紅線），位置見圖 3-8（TWD97）。

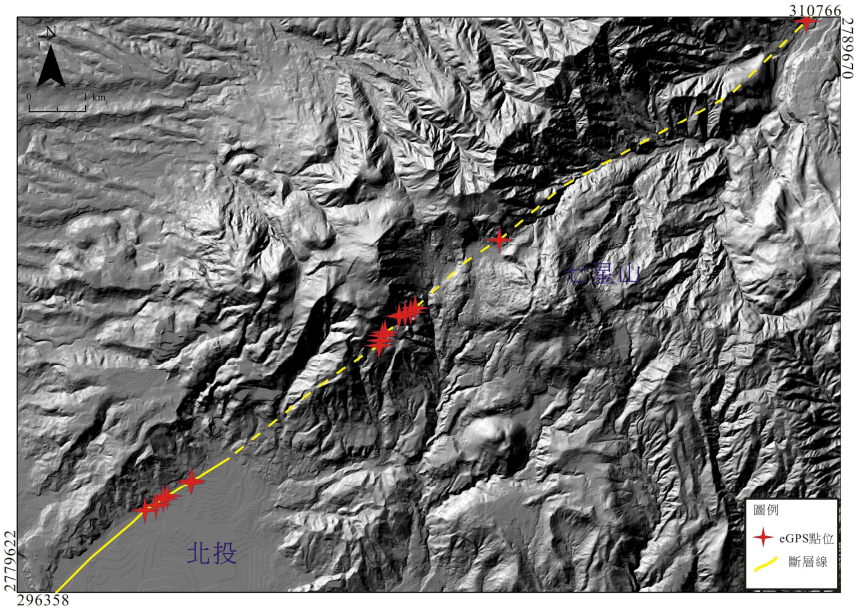


圖 3-10、七星山至新北投地區的 E-GPS 量測點與斷層跡位置，位置見圖 3-8（TWD97）。

第四章、三義斷層

4-1 前言

三義斷層分為主斷層以及位於主斷層東側的支斷層（后里斷層，位置相當於地調所，2013 版活動斷層分布圖中之三義斷層），三義斷層屬於逆移斷層，最北端呈東西走向，三義以南至豐原區域斷層走向轉為南北向，向南延伸至臺中市太平區草湖溪與車籠埔斷層連接（陳文山等，2001；Chen *et al*., 2003）。大安溪北岸區域，斷層上盤岩層為桂竹林層，下盤為頭嵙山層（圖 4-1，東勢圖幅，李錦發，2000；國姓圖幅，羅偉等，1999；大甲圖幅；張憲卿，1994）。大安溪以南（大甲圖幅；張憲卿，1994），三義斷層（主斷層）通過后里台地東側，桂竹林層逆衝至頭嵙山層之上，但被后里台地的紅土階地礫石層覆蓋，紅土面沒有產生變形。顯示在紅土階地礫石層沉積之後，沒有活動跡象（圖 4-2；陳文山等，2001；Chen *et al*., 2003）。

位於大甲溪北岸的三義斷層剖面（圖 4-4），於集集地震後河床被沖蝕，出露完整的地層剖面，發現原來所繪的三義斷層（大甲圖幅，張憲卿，1994）截切於桂竹林層之中，斷層兩側都屬於桂竹林層。依定義而言，三義斷層為桂竹林層逆衝於頭嵙山層之上，並為晚更新世紅土礫石層覆蓋；而此斷層為桂竹林層中的逆衝斷層，並錯動上覆的晚更新世礫石層，與原來三義斷層的定義不同，因而陳文山等（2001；Chen *et al*., 2003）將其重新命名為后里斷層，並認為三義斷層還位在更西側。本研究調查認為后里斷層可能為三義斷層的分支斷層，支斷層（后里斷層）位在主斷層（三義斷層）東側約數百公尺至一公里，斷層截穿過桂竹林層之中，並截切后里台地上覆的紅土階地礫石層，造成紅土階地（礫石層）的撓曲變形（圖 4-2；陳文山等，2001；Chen *et al*., 2003）。

另外，由一些工程鑽井顯示，三義斷層在大安溪至大甲溪之間的斷層跡被晚更新世后里台地的紅土階地礫石層覆蓋，階地礫石層沒有受到構造擾動；大甲溪以南也被近代沖積層覆蓋，地表未見有新期構造作用產生的地形（圖 4-3）。從地質與新期構造地形特性研判，三義斷層似乎在晚更新世以來已沒有活動。但是，由大地觀測結果，顯示至今中部地區還持續有大量的地殼變形作用。晚更新

世以來，三義斷層兩側的地殼變形（應變）為何？從新期構造地形特性來看，除了上盤區域的石岡斷層（集集地震斷層）屬於活動斷層之外，在石岡斷層與三義斷層之間的分支斷層（后里斷層）則是晚更新世以來另一主要的變形帶。分支斷層沿線都有新期構造作用產生的地形，大甲溪以南區域，造成紅土階地的錯斷與變形（李錦發，1994；黃鑑水與張憲卿，1994；陳文山等，2001；Chen *et al.*, 2003）；大安溪以北區域同樣也形成晚更新世紅土階地礫石層的錯斷與變形（林啟文等，2008）。

本研究主要目地為求取三義斷層的斷層參數，但是以現有的地質構造而言，三義斷層的主要斷層帶似乎在晚更新世以來已沒有活動，此區域主要的變形已轉移至上盤的分支斷層（后里斷層）。因此，本研究將針對其分支斷層進行調查，並藉由其它單位的槽溝剖面進行討論。

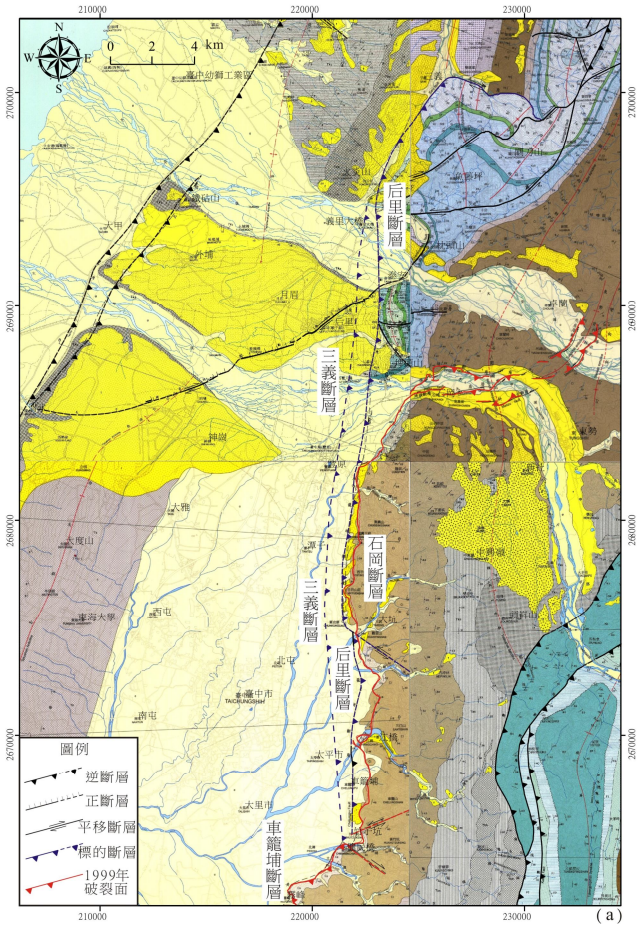


圖 4-1(a)、本研究重繪之三義斷層（黑色虛線）位置圖，底圖為東勢圖幅（李錦發，2000）；國姓圖幅（羅偉等，1999）；大甲圖幅（張憲卿，1994）；臺中圖幅（何信昌與陳勉銘，2000）（TWD97）。

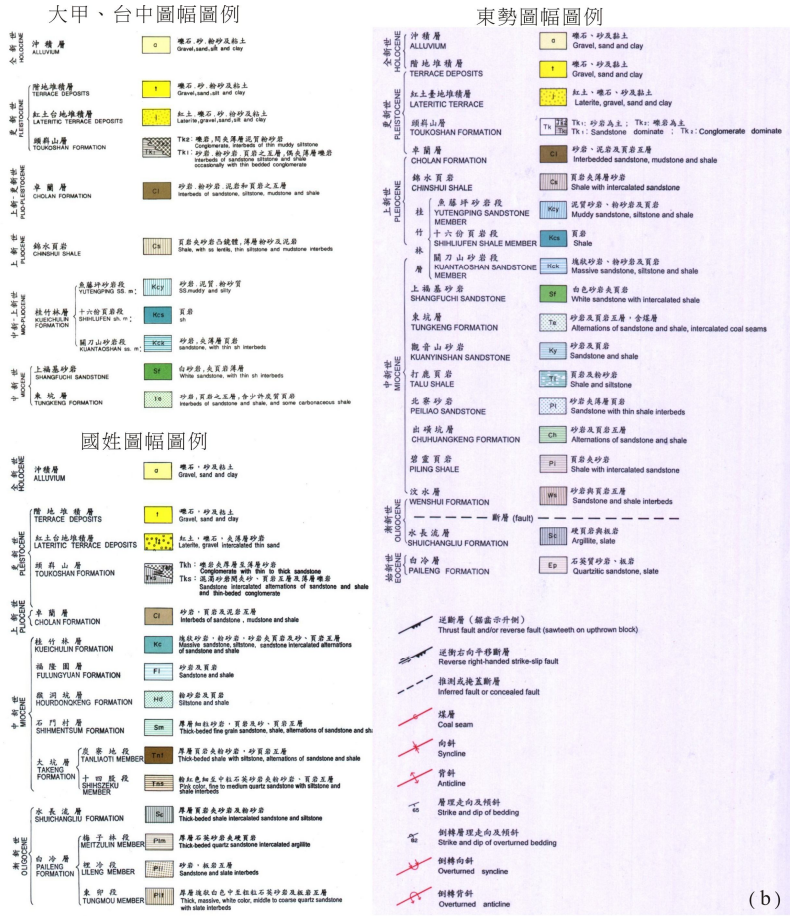


圖 4-1(b)、東勢圖幅，國姓圖幅，大甲圖幅及臺中圖幅之地層與圖例。

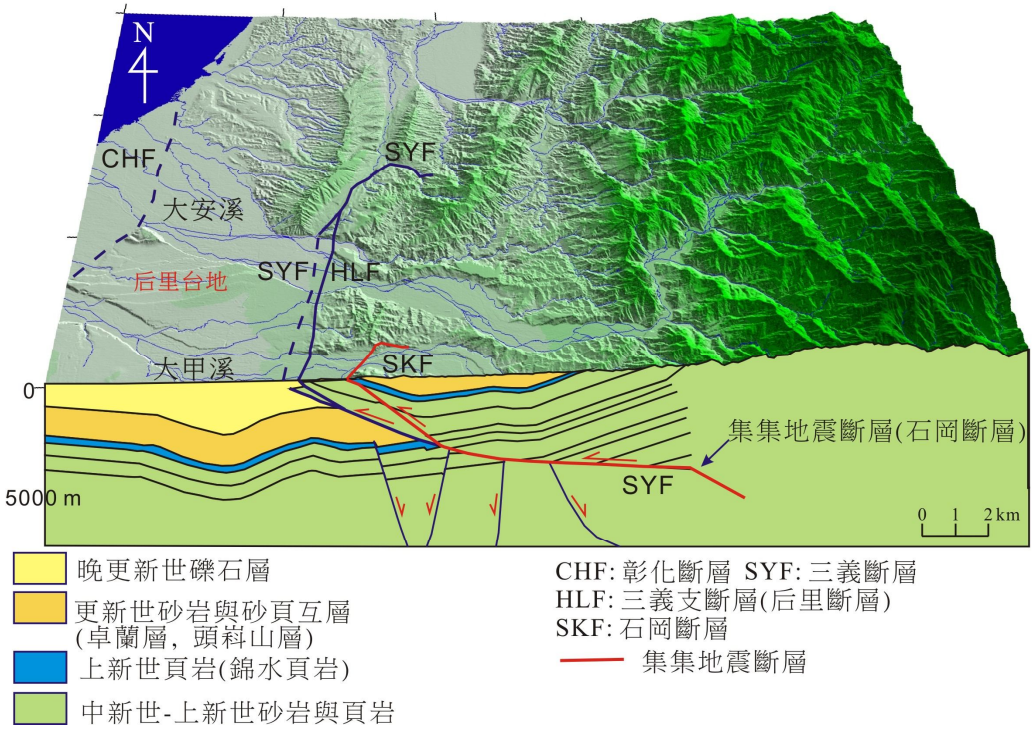


圖 4-2、大甲溪北岸三義斷層地下構造剖面。

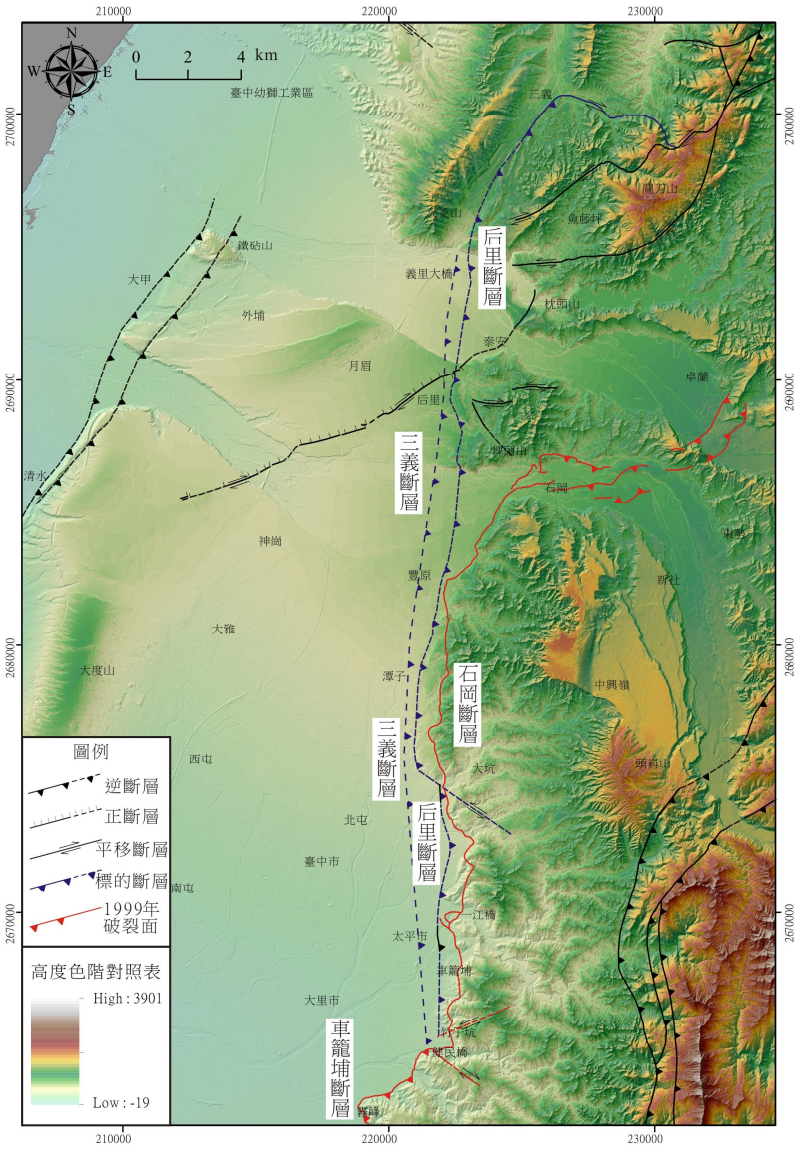


圖 4-3、重繪三義斷層與后里斷層位置（TWD97）。

4-2 古地震槽溝研究

三義斷層的支斷層（后里斷層）位於后里台地最東側，由於晚更新世以來仍有活動，造成晚更新世紅土階地礫石層的錯移與變形（圖 4-4）。本研究利用聯合大地工程顧問股份公司在三義支斷層的槽溝進行研究，該場址位於后里台地東側的崖坡下（圖 4-5）。由地電阻（RIP）與鑽井資料表示此崖坡地形是由三義斷層的支斷層所產生（聯合大地工程顧問股份公司調查資料）。因此，古地震槽溝位置選擇在崖坡下，槽溝全長 40 公尺，深度 6 公尺，分為兩階，階高 3 公尺，並於槽溝南側進行鑽探。

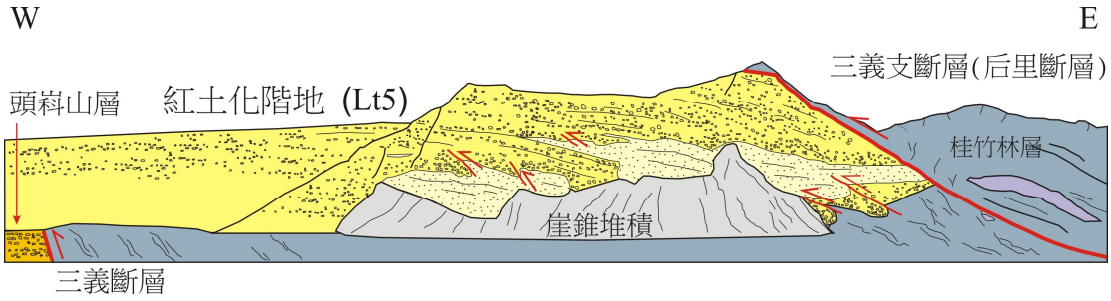


圖 4-4、大甲溪北岸剖面，三義支斷層截切晚更新世紅土階地礫石層，中新世桂竹林層逆衝在紅土階地礫石層之上，位置見圖 4-5。

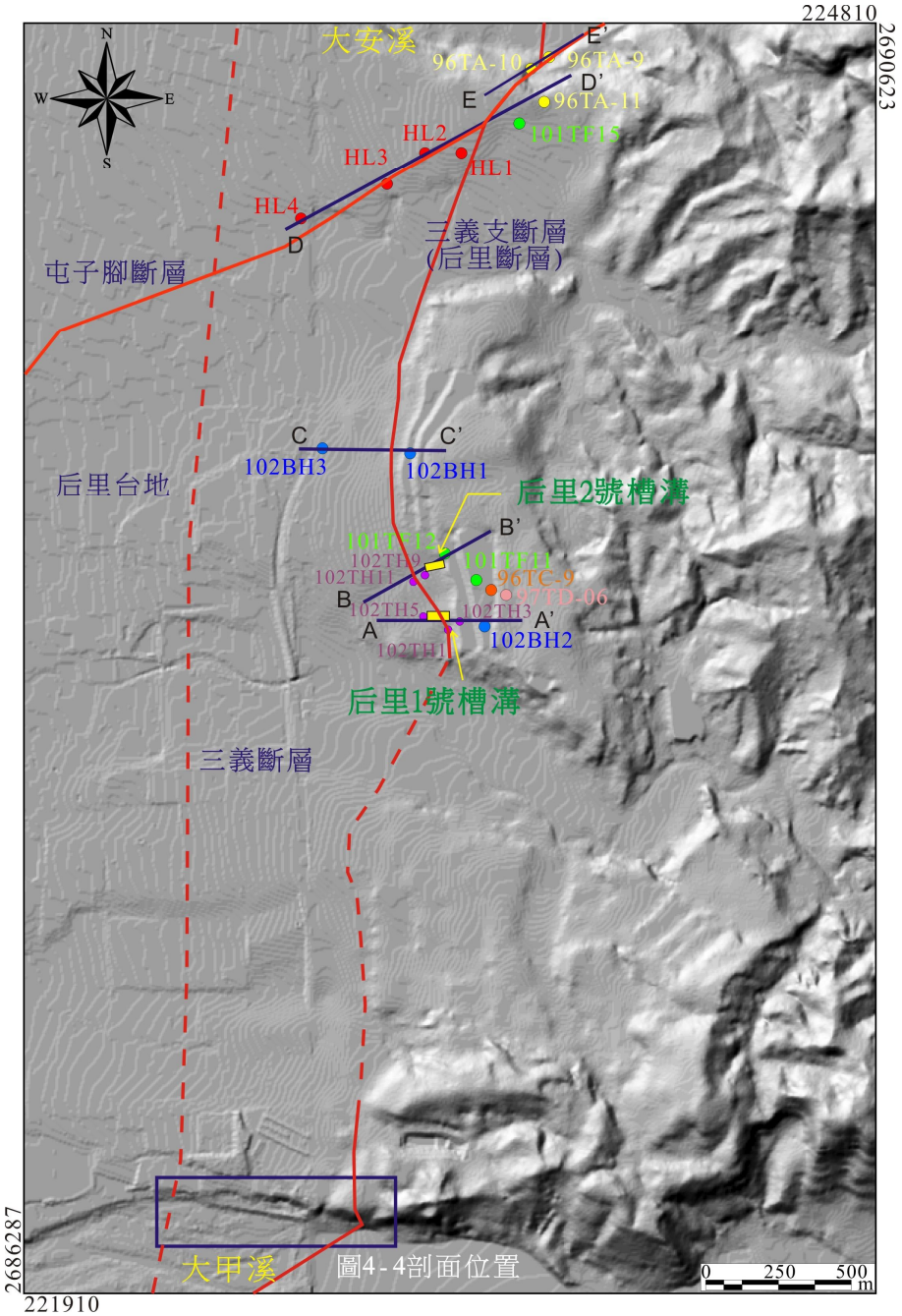


圖 4-5、三義斷層與支斷層（后里斷層）、鑽井、槽溝、柵狀剖面（藍線）與野外露頭剖面（藍框）位置（TWD97）。

4-2-1 三義斷層 1 號槽溝

三義斷層 1 號槽溝位於台地東側（后里馬場西北側），崖高約 20 公尺，槽溝位於崖腳，槽溝從崖腳朝西延伸 40 公尺，深度 6 公尺。

槽溝剖面的表層為紅土層，厚度由東（上盤）朝西（下盤）變厚，上盤厚度 1.8-4 公尺，下盤的紅土層厚度約 6-7.4 公尺，之下為厚層礫石層（圖 4-6、圖 4-7）。

北牆與南牆地層剖面產狀相似，礫石層僅出露在上盤（東），礫石層延伸至槽溝中央受到斷層截切中斷（圖 4-6、圖 4-7）。紅土層與礫石層中無法發現層面，所以剖面中的沉積層與構造的細部結構無法清楚呈現出來。斷層跡位置距離崖線約 20 公尺，顯示崖坡已朝東後退。

1 號槽構南測有兩口鑽井，后里 1 號井（102TH01；圖 4-8）與后里 2 號井（102TH02；圖 4-9），各鑽取 30 公尺。后里 1 號井位於上盤，岩性由 0 至 5.6 公尺為礫石層，5.6 至 9.5 公尺為具有剪切構造的紅土層，9.5 至 30 公尺為礫石層。后里 2 號井（102TH02）位於下盤，岩性由 0 至 7.4 公尺為紅土層，7.4 至 30 公尺為礫石層，沉積層中不具剪切構造。

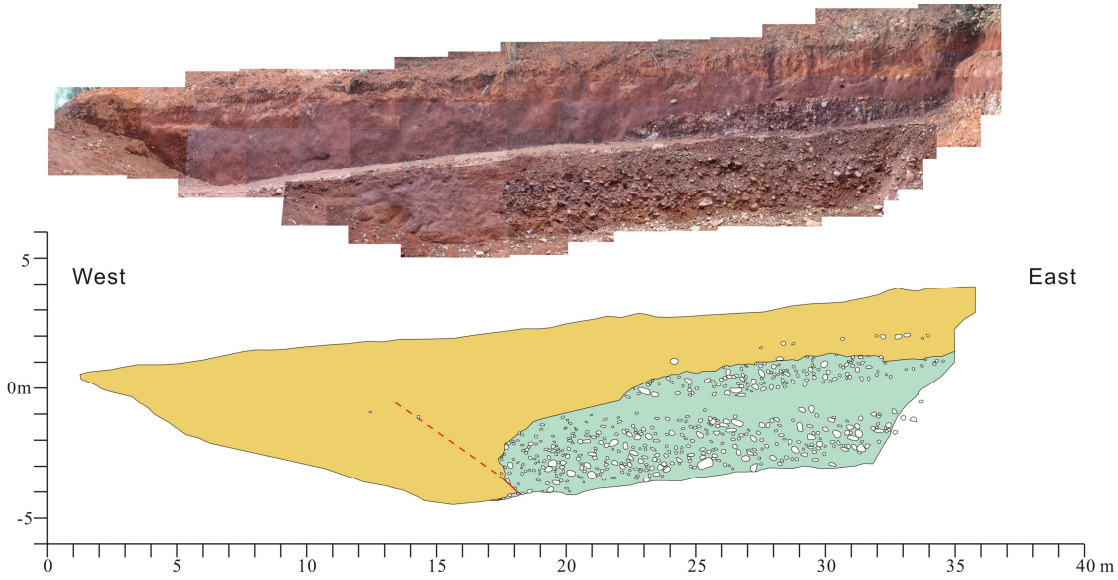


圖 4-6、三義斷層 1 號槽構北牆。

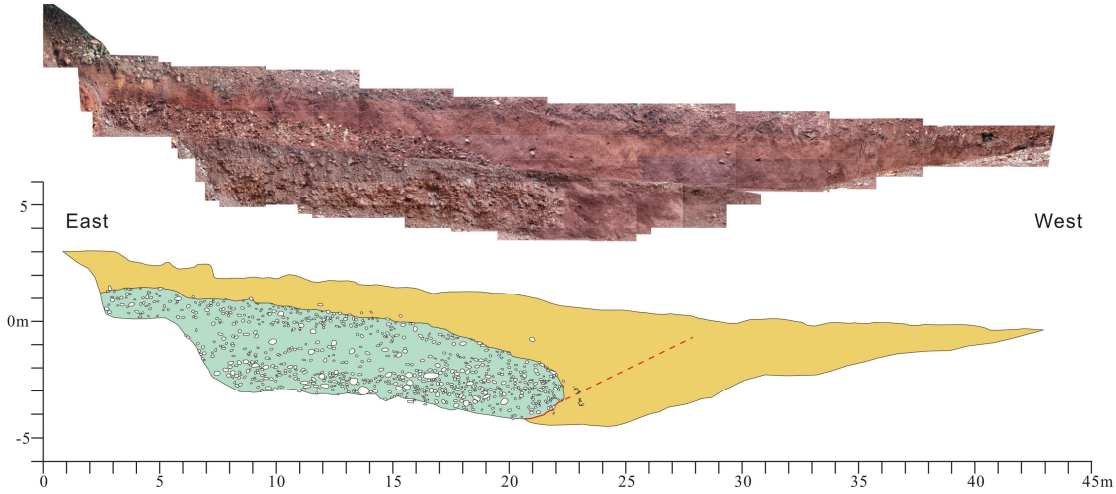


圖 4-7、三義斷層 1 號槽構南牆。

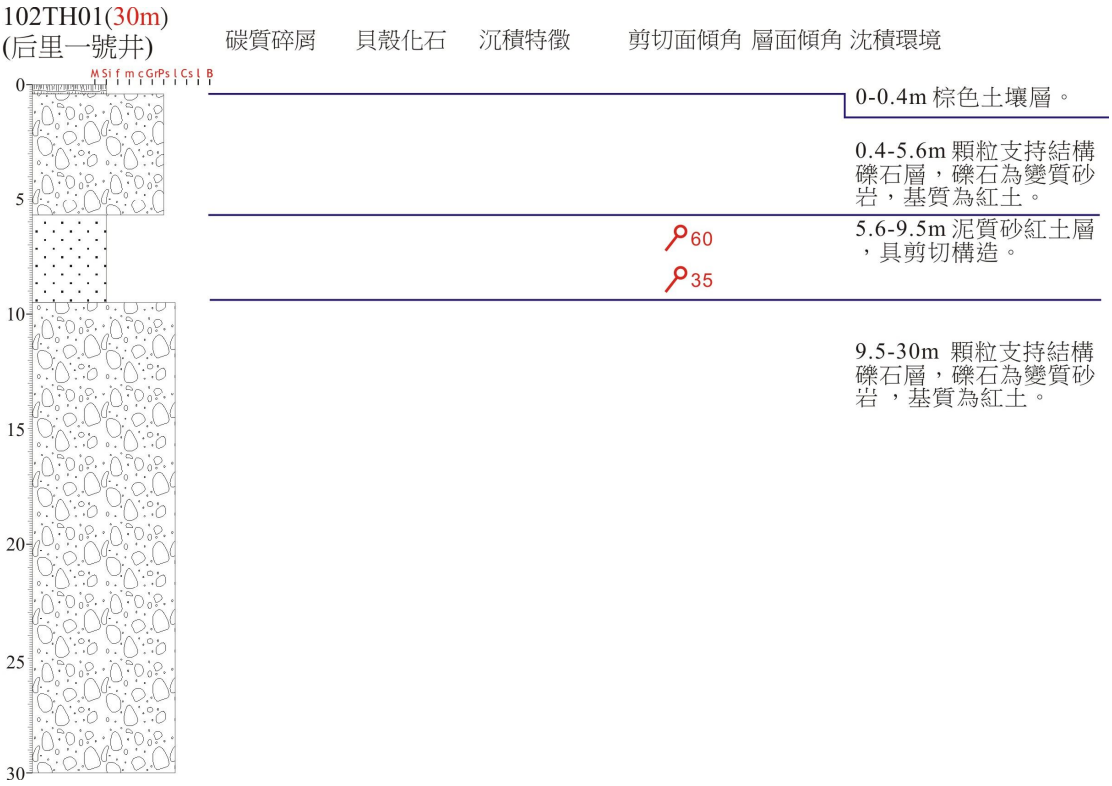


圖 4-8、后里 1 號井（102TH01）。



圖 4-9、后里 2 號井（102TH02）。

4-3 鑽井岩心柵狀剖面

4-3-1 A-A’剖面 (1 號槽溝)

A-A’剖面（圖 4-10）位在 1 號槽溝附近（圖 4-5），斷層上盤有 5 口鑽井，102TH-01（后里 1 號井）、102TH-03（后里 3 號井）、102BH2、96TC-09、97TD-06 井，下盤有 2 口鑽井，102TH-02（后里 2 號井）、102TH-05 井（后里 5 號井）（圖 4-5）。上盤的 102TH-01 井位在 1 號槽溝旁，其餘都位在崖坡之上。

上盤的 5 口鑽井，102TH-01 井在 5.6-9.5 公尺處有剪切構造，1 號槽溝出露的斷層可以與此井的剪切帶連接（圖 4-7）。102TH-03 井位在近斷層尖端處，距離斷層跡約 40 公尺，井深 112 公尺皆為礫石層，斷層可能截穿礫石層當中，因而未見剪切構造。102BH-02 井，距離斷層跡約 125 公尺，井深 150 公尺，礫石層厚度 43.5 公尺，不整合在中新世桂竹林層之上；井深至 146.6 公尺，可見中新世桂竹林層逆衝在晚更新世礫石層之上，此剪切帶為后里斷層帶。96TC-09 井為

60 度的斜井，距離斷層跡約 150 公尺，礫石層厚度 38.2 公尺（井深 44.1 公尺），不整合在中新世桂竹林層之上，井深 44.1 公尺以下為中新世桂竹林層，未鑽遇后里斷層帶。97TD-06 井，距離斷層跡約 200 公尺，礫石層厚度 44.3 公尺，以下屬於中新世桂竹林層。下盤的 2 口鑽井，102TH-02、102TH-05 井，岩性皆為礫石層。

從 A-A'岩心柵狀剖面（圖 4-10），顯示中新世桂竹林層逆衝至晚更新世的紅土礫石層之上，斷層尖端位在崖坡下約 20 公尺，斷層面傾角約 43 度朝東。

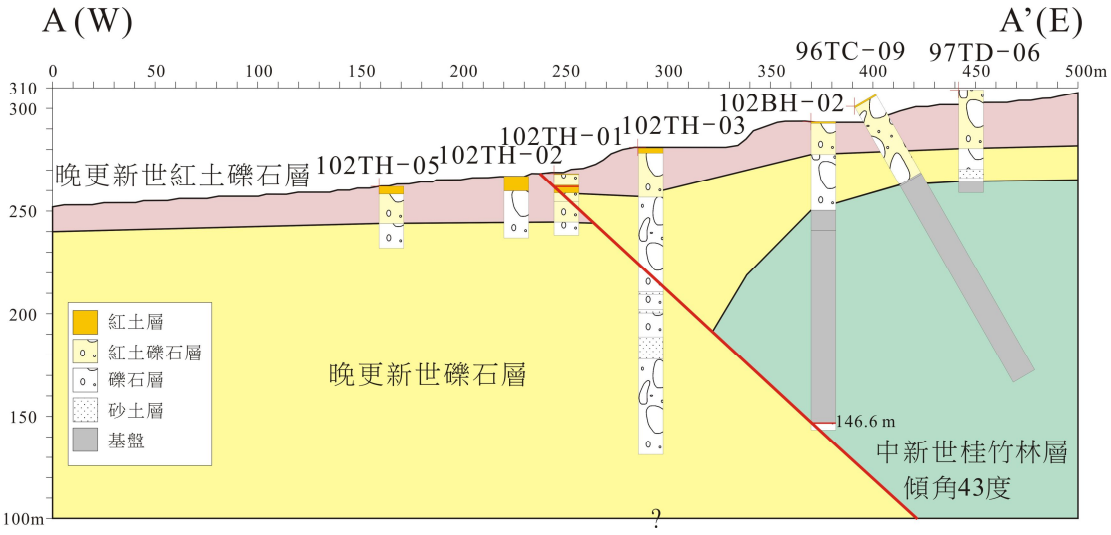


圖 4-10、A-A'岩心柵狀剖面，位置見圖 4-5。

4-3-2 B-B'剖面（2 號槽溝）

B-B'剖面（圖 4-11）位在 2 號槽溝附近（2 號槽溝未挖掘至斷層），斷層上盤有 3 口鑽井，101TF-12、101TF-11、96TC-09 井，下盤有 2 口鑽井，102TH-09、102TH-11 井（圖 4-5）。

上盤的 3 口鑽井，101TF-12 井位在崖坡之上，距離斷層尖端約 110 公尺，井深 150 公尺，紅土礫石層厚度 11 公尺，井深 11 公尺至 133 公尺為礫石層，不整合在其下的中新世桂竹林層之上，井深 133 公尺以下為中新世桂竹林層，至 149 公尺深，可見中新世桂竹林層逆衝在紅土礫石層之上，此剪切帶為后里斷層帶。101TF-11 井，距離斷層尖端約 150 公尺，井深 150 公尺，紅土礫石層厚度為 41 公尺，以下為中新世桂竹林層，未鑽遇后里斷層帶。96TC-09 井為 60 度的

斜井，距離斷層尖端約 180 公尺，井深 150 公尺，紅土礫石層厚度為 38.2 公尺（井深 44.1 公尺），以下為中新世桂竹林層，未鑽遇后里斷層帶。下盤的 2 口鑽井，102TH-09、102TH-11 井都為 30 公尺深，岩性皆為紅土礫石層。

從 B-B’岩心柵狀剖面（圖 4-11），顯示中新世桂竹林層逆衝至晚更新世的紅土礫石層之上，斷層尖端位在崖坡下約 70 公尺，2 號槽溝未見斷層，推測斷層尖端可能還在 2 號槽溝的西側，斷層面傾角約 43 度朝東。

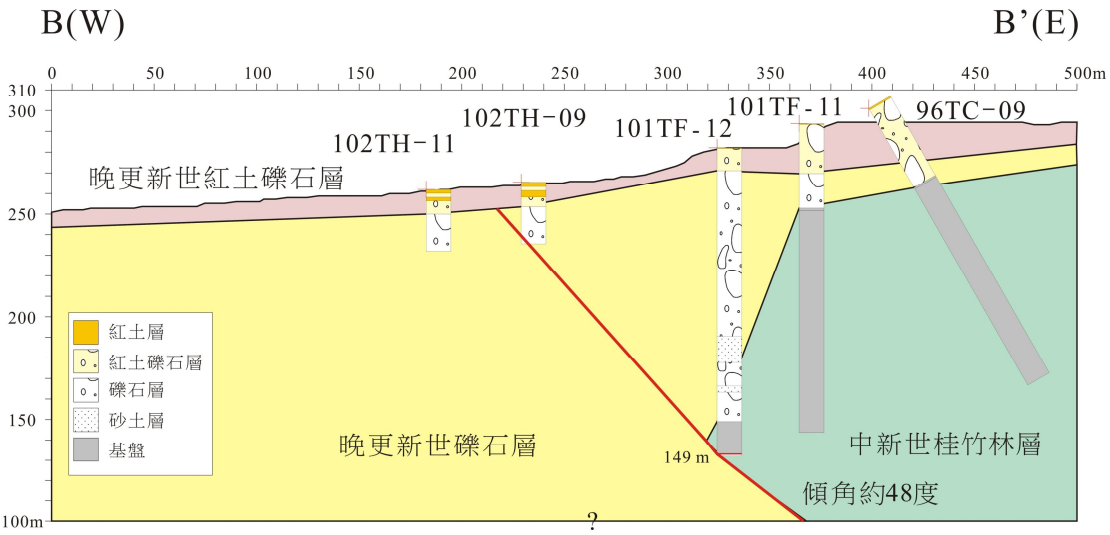


圖 4-11、B-B’岩心柵狀剖面，位置見圖 4-5。

4-3-3 C-C’剖面

C-C’剖面（圖 4-12）位在 2 號槽溝北側約 400 公尺，有 2 口鑽井，上盤為 102BH-01 井，下盤為 102BH-03 井（圖 4-5）。

位於上盤的 102BH-01 井深 150 公尺，井深 126 公尺以上為紅土礫石層，不整合在中新世桂竹林層之上，井深 130 公尺的中新世桂竹林層逆衝至紅土礫石層之上，井深 130 公尺為后里斷層帶位置。位於下盤的 102BH-03 井深 300 公尺，皆為紅土礫石層。

從 C-C’岩心柵狀剖面（圖 4-12），顯示中新世桂竹林層逆衝至晚更新世的紅土礫石層之上，推測斷層尖端可能位在崖坡下，斷層面傾角約 50 度朝東。

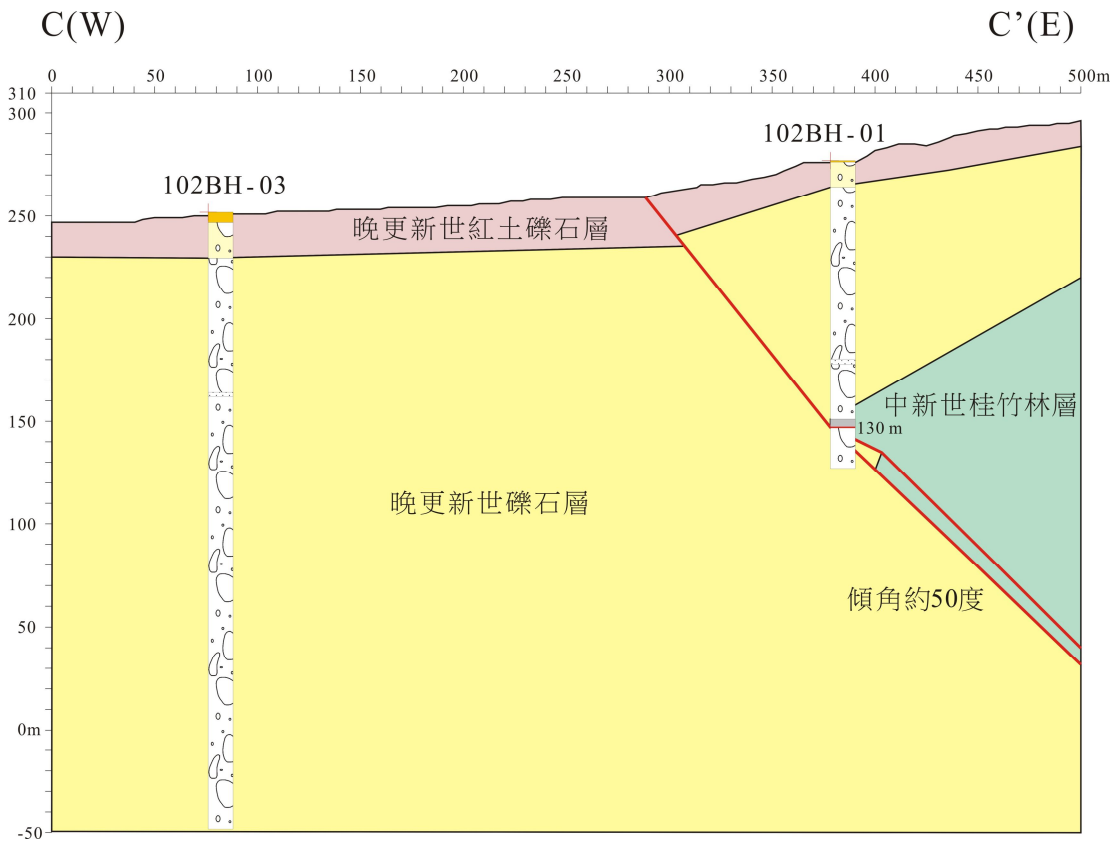


圖 4-12、C-C'岩心柵狀剖面，位置見圖 4-5。

4-3-4 D-D'剖面

D-D'剖面（圖 4-13）位在后里台地北側，約呈北東走向，截切三義支斷層（后里斷層）與屯子腳斷層（圖 4-5）。此區域共有 6 口鑽井，4 口為本計畫所鑽取，后科 1 號井（HL-01）、后科 2 號井（HL-02）、后科 3 號井（HL-03）及后科 4 號井（HL-04）（附錄一），外加由其它單位鑽取的 2 口井，101TF15 及 96TA-11。

6 口鑽井都位在后里台地階面上，位在斷層東側（上盤）的 101TF15 井與 96TA-11 井，分別僅有上部 12 公尺與 11.8 公尺的岩性屬於礫石層，其下皆為中新世桂竹林層，礫石層不整合在中新世桂竹林層之上。而位在斷層西側（下盤）的 HL-01、HL-02、HL-03、HL-04 井，井深為 20 至 50 公尺（附錄一），以 HL-02 井鑽取深度最深，井深 50 公尺，4 口岩芯的岩性都屬於礫石層。

依剖面對比顯示兩側的中新世岩盤深度至少有 40 公尺的落差，推側三義支斷層應位在 HL-01 井與 101TF15 井之間。由於岩心中沒有發現焦碳可提供定年，因而無法估算長期垂直變動速率。

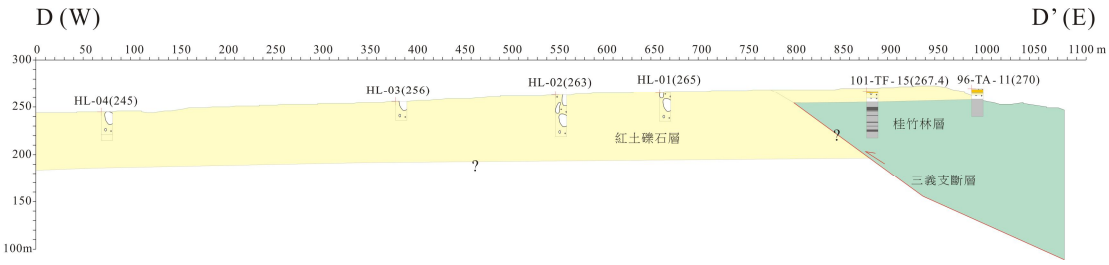


圖 4-13、D-D'岩心柵狀剖面，位置見圖 4-5。

4-3-5 E-E'剖面

E-E'剖面（圖 4-14）位在后里台地北側的崖坡下，屯子腳斷層的北側，共有 2 口鑽井，96TA-09 與 96TA-10 井（圖 4-5）。

96TA-10 井位在崖坡上，井深 30 公尺，岩性都屬於礫石層。96TA-09 井位在崖坡下，井深 30 公尺，表層至井深 6.1 公尺處為礫石層，井深 6.1-11.0 公尺屬於桂竹林層，井深 11.0-14.4 公尺為礫石層，井深 14.4-19.2 公尺為桂竹林層，井深 19.2-30 公尺為砂層與礫石層。顯然，此井中有兩處桂竹林層逆衝到紅土礫石層之上，斷層剪切帶位在 11.0 公尺與 19.2 公尺處（圖 4-14）。

從 E-E'岩心柵狀剖面（圖 4-14），顯示有兩處桂竹林層逆衝到紅土礫石層之上，推測三義支斷層（后里斷層）應通過 96TA-09 與 96TA-10 井之間。

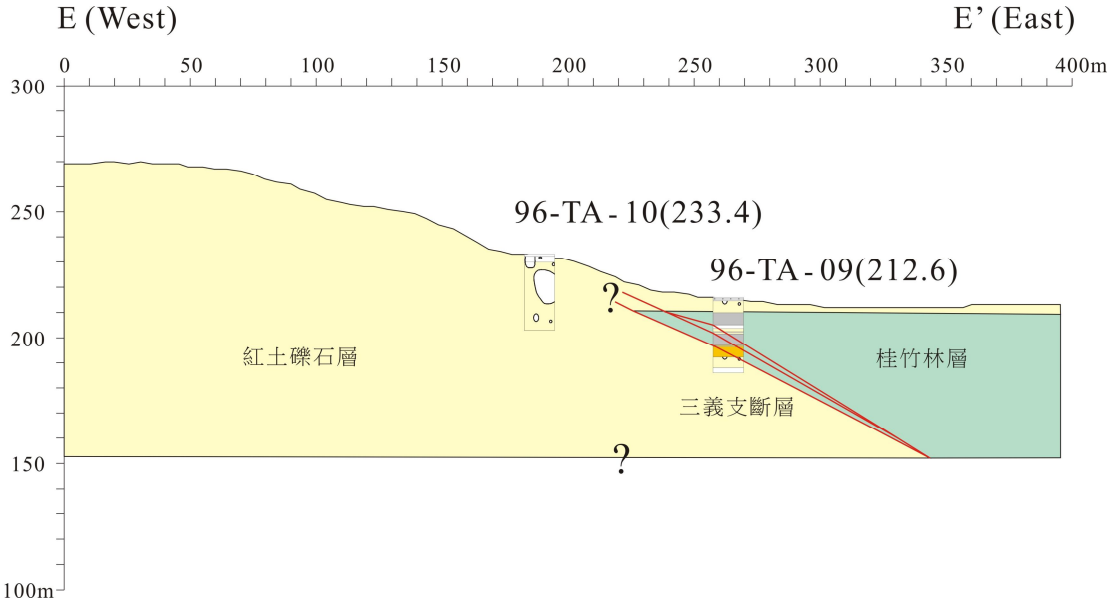


圖 4-14、E-E'岩心柵狀剖面，位置見圖 4-5。

4-4 結論

三義斷層主斷層通過后里台地東側，為桂竹林層逆衝至頭嵙山層之上，但被后里台地的晚更新世紅土階地礫石層覆蓋，紅土面沒有產生變形，顯示在紅土階地礫石層沉積之後，三義斷層主斷層沒有活動跡象。而從后里台地區域的地質剖面（大甲溪北岸）、槽溝以及鑽探岩心資料，顯示三義支斷層（后里斷層）截切晚更新世紅土台地礫石層，並在后里台地東側形成一斷層崖地形。因此，三義斷層近期的構造活動帶應位於支斷層（后里斷層）處。由於古地震槽溝中沒有發現焦碳可供定年，所以目前尚無法估算斷層的長期變動速率。

第五章、梅山斷層

5-1 前言

依據大森房吉（Omori, 1907a, b）描繪 1906 年梅山地震在梅山至民雄之間產生一系列北東東走向的右向橫移斷層，地表破裂由梅山向西經三美莊、開元后，最後沿三疊溪進入平原，斷層跡至民雄以西即消失轉變為走向一致的噴砂帶。破裂帶北側（大埔美）亦產生與破裂帶走向平行的噴砂帶（圖 5-1）。

百年以來，針對梅山斷層構造、古地震與地形有諸多研究（Omori, 1907a, b；Bonilla, 1975；Hsu and Chang, 1979；黃明哲等，1985；楊貴三，1986；董德輝，1987；石瑞銓等，1998，2002；盧詩丁與張徽正，1999；葉明官等，2000；石同生等，2002；陳文山等，2003b，2004；彭秋紋等，2004）。這些研究大致依據大森房吉（Omori, 1907a, b）繪製的地表破裂圖（圖 5-1），以及鄭世楠等（1997）彙整「日據時期臺灣地區地震資料之整理(I)(II)」的梅山地震斷層地裂、噴砂、噴水分佈的手繪圖再進行勘查。由於當時還沒有準確的地形圖，所以僅能依據描繪的地形與村落位置作對照，導致現今研究者對於地震斷層位置有諸多爭議，主要是開元后以西的斷層區段。石瑞銓等（1998）利用淺層震測首先描繪梅山斷層在數百公尺或數公里淺處分岔形成數百公尺寬的斷層擾動帶。地表淺處結構呈現壓縮的開花構造（positive flower structure）；也造成地表隆起產生撓曲地形（石瑞銓等，2002；彭秋紋等，2004；陳文山等，2003b）。鄰近梅山斷層兩側地層皆屬於六雙層，因此不易利用地層岩性的差異來判視（圖 5-2、圖 5-3）。地形特性上，僅見晚更新世紅土礫石層（38000 年前；黃鑑水等，1994）受到褶皺變形，是否為梅山斷層活動所造成，仍有爭議。

本研究為了梅山斷層的斷層參數求取，梅山斷層屬於右向橫移斷層，所以其中之一的斷層參數是考慮水平位移速率，乃須有關地形或指準層在水平方向的錯移，才可能估算水平的位移速率。所以本研究主要目的之一是進行微地形調查，由此評估水平位移速率。另外，斷層跡所經區域的地層皆屬於晚更新世六雙層與紅土礫石層，地層年代的確定乃是本研究最困難之處。

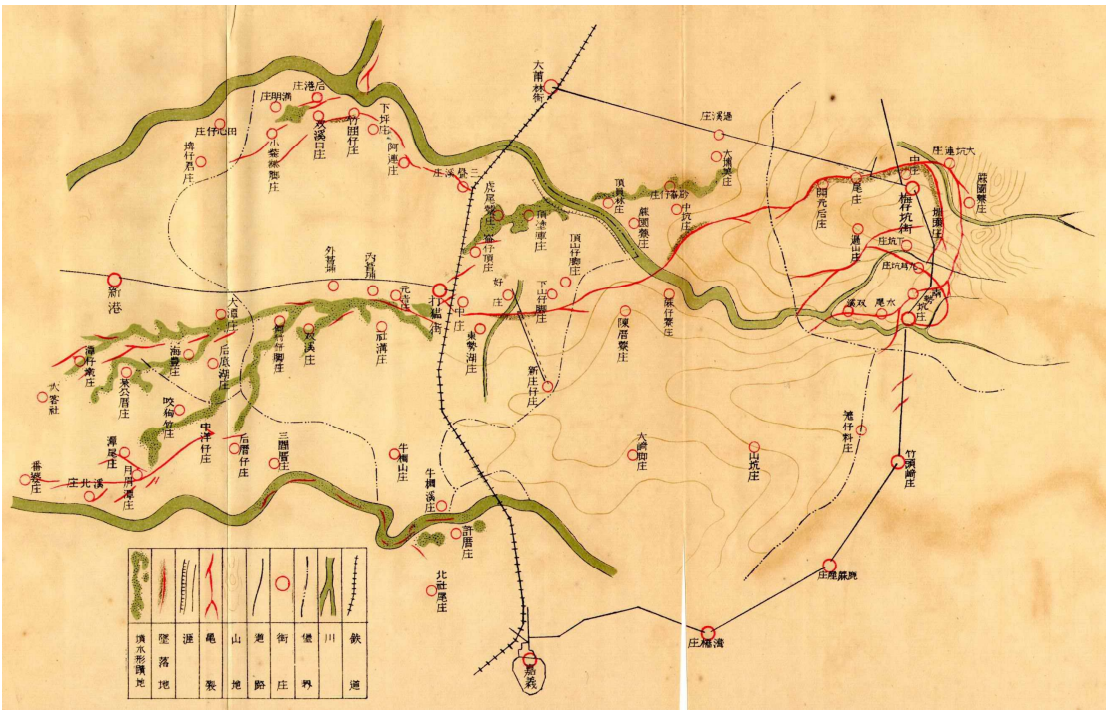


圖 5-1、大森房吉（Omori, 1907a, b）調查 1906 年梅山地震描繪的地表變動圖。

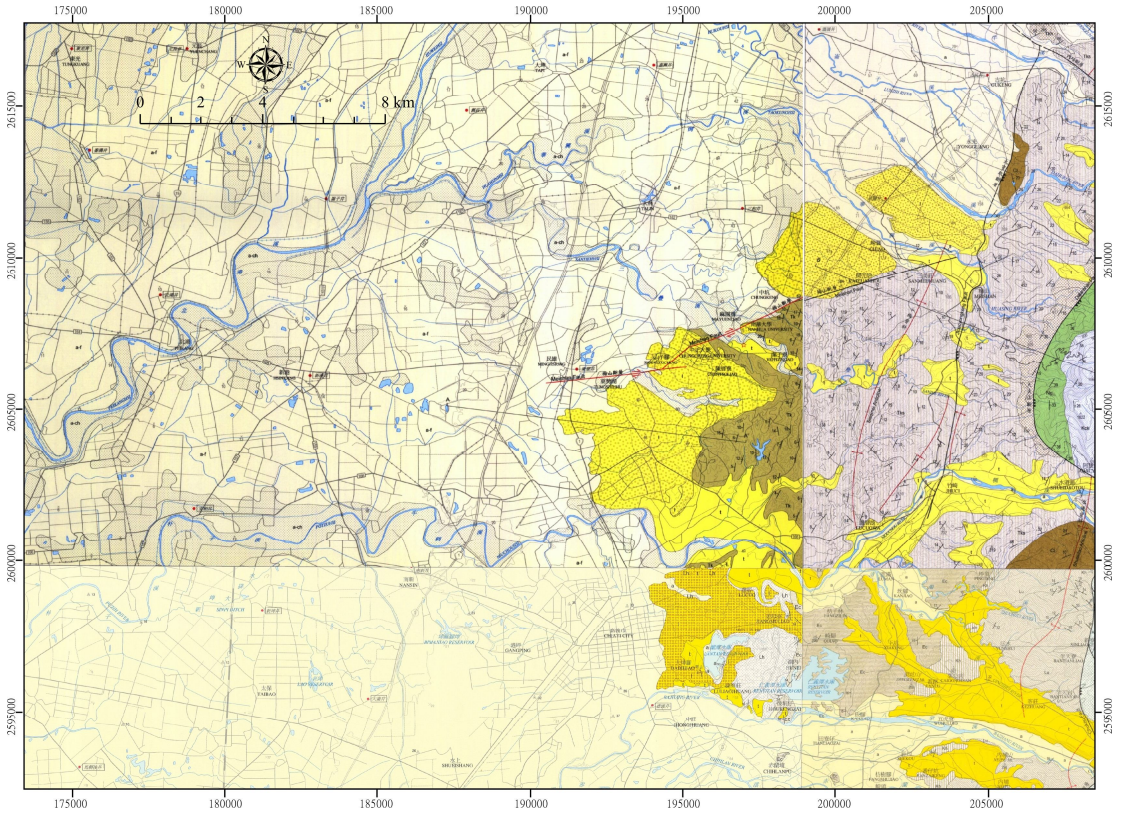


圖 5-2（a）、梅山斷層（紅線）位置圖，底圖為北港圖幅（賴慈華與賴典章，2002）、雲林圖幅（劉桓吉等，2004）、嘉義圖幅（張憲卿，2008）、中埔圖幅（邵屏華與高銘健，2009）（TWD97）。

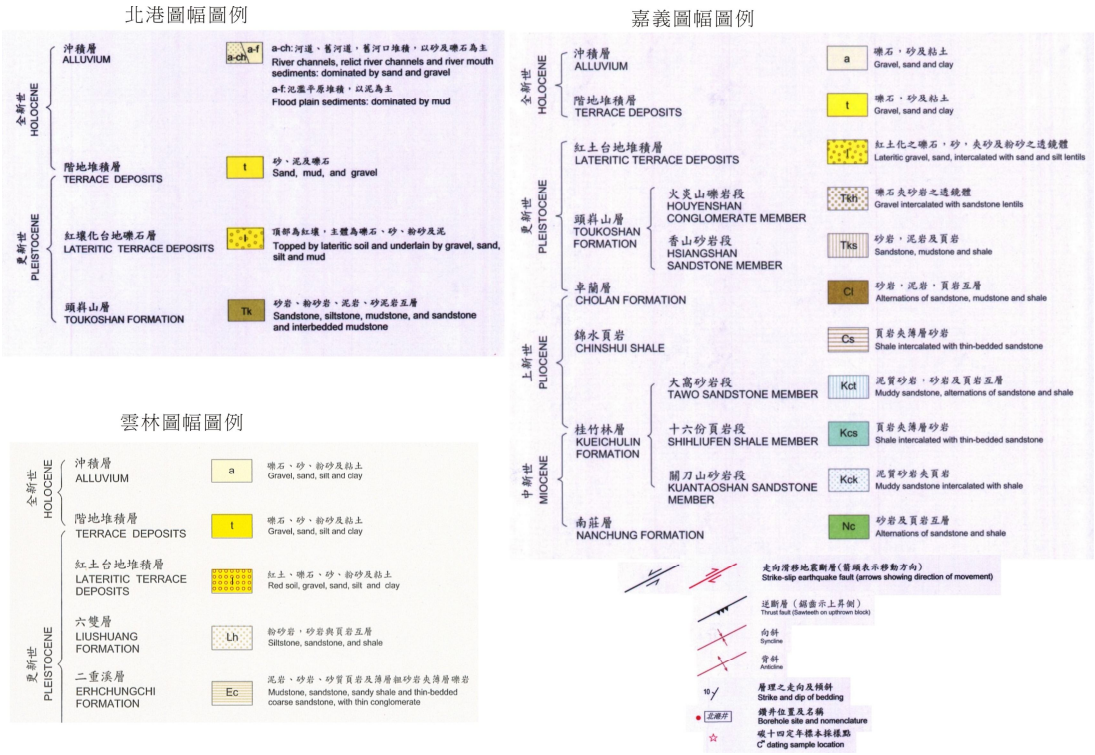


圖 5-2（b）、北港圖幅，雲林圖幅，嘉義圖幅及中埔圖幅的地層圖例。

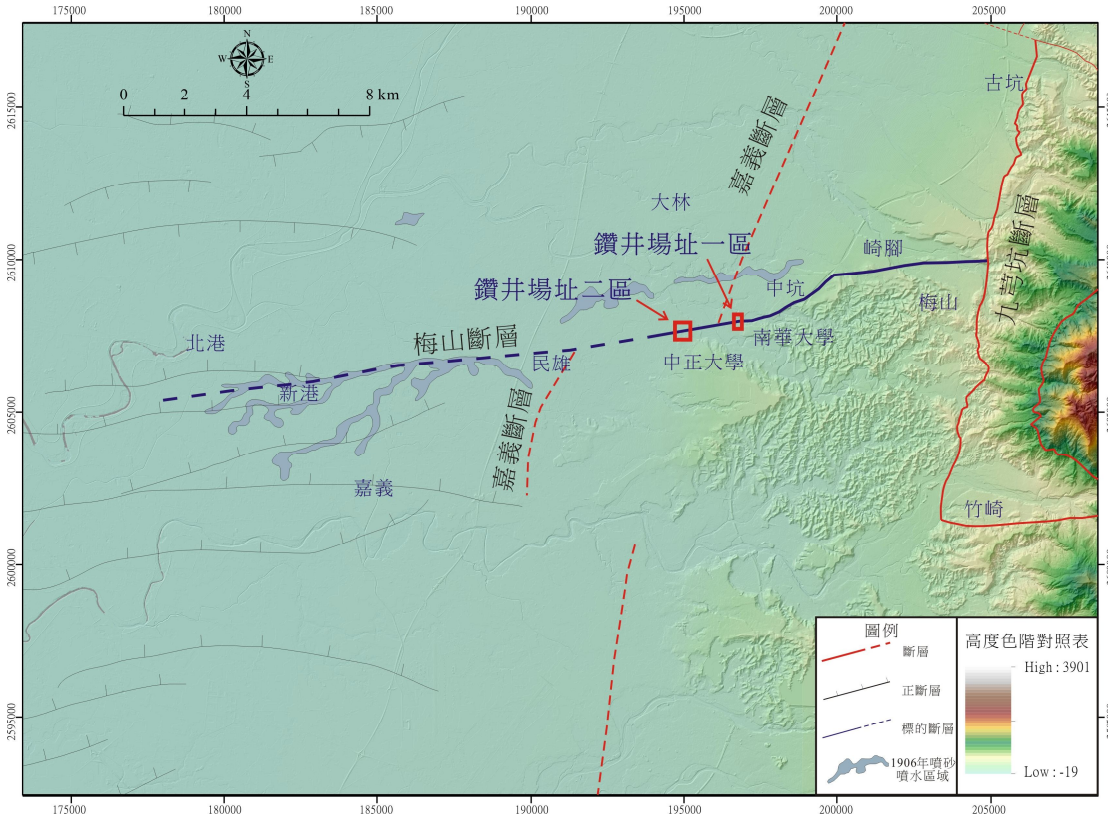


圖 5-3、1906 年梅山地震斷層與噴砂帶，以及鑽井場址位置（TWD97）。

5-2 鑽井岩性與地層對比

梅山斷層研究為「斷層活動特性分析與評估」，因此欲以鑽井方式來估算斷層的長期垂直變動速率，至於長期水平變動速率的估算，本計畫在 Lidar 地形判釋後，仍未在地表發現能用以推估水平錯移量的可對比地形，因而現階段無法評估水平變動速率。

本計畫鑽探場址有兩處，一位在南華大學北側的斷層崖兩側（中坑場址；圖 5-3），主要針對此處的紅土礫石層與岩盤的六雙層在斷層兩側的垂直錯移量。此處設置三口排鑽，並進行淺層反射震測（S 波、P 波）探勘。

另一鑽探場址位在中正大學西側（好收場址；圖 5-3），紅土台地礫石層沒入平原區的區域，也是 1906 年梅山斷層可能通過位置（Omori, 1907a, b）。此處在可能斷層跡的兩側進行八口排鑽，同時進行淺層反射震測（S 波、P 波）探勘。此場址的鑽探乃針對淺層全新世、紅土礫石層或六雙層在斷層兩側的垂直變動量與長期垂直變動速率的評估。

5-2-1 好收場址（中正大學）

好收鑽探場址位在中正大學西北側的崖坡下，為紅土礫石面潛入平原之下區域（圖 5-4），以及中正大學內。中正大學所在的傾斜紅土面與三疊溪之間有一東西走向的侵蝕崖，之前部份研究認為 1906 年地震造成的梅山斷層應該通過中正大學北側崖坡之下（石瑞銓等，2002；彭秋紋等，2004；陳文山等，2003b，2004），另一則認為經過中正大學內（北港圖幅；賴慈華與賴典章，2002）。由於，中正大學建校當時在校區內挖掘的槽溝未見有斷層跡象（黃明哲等，1985）。因此，本研究共鑽取 8 口井，3 口位在中正大學內，分別為好收 6 號井（HS06）、好收 7 號井（HS07）及好收 8 號井（HS08）；5 口在中正大學西北側崖坡下，分別為好收 1 號井（HS01）、好收 2 號井（HS02）、好收 3 號井（HS03）、好收 4 號井（HS04）及好收 5 號井（HS05）（圖 5-4；附錄二）。中正大學西北側崖坡下的 5 口排鑽（HS01-HS05），用以釐清斷層位置，並利

用堆積在紅土礫石層上沖積層的對比與定年，來估算斷層的長期垂直變動速率；校區內 3 口排鑽（HS06-HS08），則用以進行紅土台地之下地層與平原區地下地層的對比。

A-A’岩心柵狀剖面中，HS01 井至 HS05 井位在中正大學西北側，HS06 井位在校園內，位在 HS01 井東南側約 250 公尺。從推測梅山斷層跡位置來看，HS02 號井至 HS05 井位在斷層北側，HS01 井與 HS06 井位在斷層南側（圖 5-5）。

此區域地層分為兩層，上層為全新世沖積層，下層為晚更新世六雙層。經詳細的岩性分層與對比，全新世沉積層可以再細分為三層（Ha、Hb、Hc），晚更新世六雙層分為七層（Sa、Sb、Sc、Sd、Se、Sf、Sg）。這些岩層都可以在 6 口鑽井（HS01-HS06）中作很好的對比（圖 5-5；附錄二），岩性特性如下。

Ha 層：以細砂為主，偶夾薄層泥或粉砂及薄層顆粒支持結構礫石層；部分具平行紋理或低角度交錯紋理，生物擾動明顯；礫石層礫石為變質砂岩或泥塊。

Hb 層：主要為細砂與粉砂薄互層或粉砂質泥層，部分區域為細砂夾薄層顆粒結構礫石層，具平行紋理，底層呈現輕微斑駁狀風化；礫石為變質砂岩。

Hc 層：細砂夾薄層粉砂、泥與礫石層互層，砂中具平行紋理，偶夾碳屑；礫石層多為顆粒支持結構，部分為基質支持結構，礫石為變質砂岩。不整合覆蓋於其下晚更新世六雙層之上。本層與其上地層為全新世沖積層。

Sa 層：此層於剖面由南向北依次為顆粒支持結構礫石層、中或細砂向上變細至泥序列、厚粉砂層與細砂及粉砂泥層。顆粒支持結構礫石層淘選度不佳，礫石為變質砂岩。砂至泥序列，生物擾動強烈，頂部泥層含有機質。厚粉砂層與細砂及粉砂泥層，厚粉砂層呈現斑駁狀風化，其下的細砂及粉砂泥層中生物擾動明顯。

Sb 層：主要為泥、粉砂夾細砂層，頂部為一呈現斑駁狀風化的泥層，其下泥夾細砂層中生物擾動明顯，偶具平行紋理與低角度交錯紋理。

Sc 層：粉砂、泥與薄層細砂互層為主，偶夾薄層中砂，具平行紋理，生物擾動

輕微至明顯，偶含碳質碎屑。

Sd 層：泥與薄層粉砂、薄層細砂互層，具平行紋理、低角度交錯紋理，生物擾動輕微，散布貝殼碎屑，偶含碳質碎屑。

Se 層：有機泥層，生物擾動明顯，散布漂木或碳質碎屑，含少量貝殼碎屑。

Sf 層：上部為粉砂、細砂夾薄層泥，具平行紋理；下部為厚層泥偶夾粉砂、細砂，生物擾動明顯，含少量碳質碎屑。

Sg 層：頂部具一顆粒支持結構礫石層，淘選度不佳，礫石為變質砂岩或泥礫。礫石層之下為厚層泥、粉砂與細砂，砂中具平行紋理、低角度交錯紋理，部分泥、粉砂層位呈現斑駁狀風化。

從上述各井岩層對比，顯示位在北側鑽井 HS02 井至 HS05 井的全新世沉積層（Ha、Hb、Hc）與之下晚更新世六雙層（Sa、Sb、Sc、Sd、Se、Sf、Sg）都呈現近乎水平狀態，雖然地層各有厚薄變化。而位在斷層南側 HS01 井與 HS06 井的各地層高度都高於斷層北側 HS02 井至 HS05 井的各地層高程。

以下分別從全新世沖積層與晚更新世六雙層的地層高程變化來看斷層活動造成的變形。首先由全新世沖積層的高程，顯示地層高程變化位在 HS01 井與 HS02 井之間，而 HS02 井與 HS05 井間的地層高程則近乎沒有變化（圖 5-5）。由晚更新世六雙層的地層高程來看，最大的高程變化位在 HS01 井與 HS03 井之間，而 HS01 井與 HS02 井之間的高程變化較大，HS02 井與 HS03 井之間的高程變化較小（圖 5-5）。顯然，HS01 井與 HS03 井之間受到梅山斷層活動影響造成地層變形，而全新世沖積層在 HS02 井與 HS03 井之間的變形量幾近沒有，主要變形位在 HS01 井與 HS02 井之間。從上述全新世沖積層與晚更新世六雙層的高程變化，顯示 HS01 井與 HS03 井之間是梅山斷層的變形帶（圖 5-5）。

另外，在斷層南側 HS01 井與 HS06 井的全新世地層高程也略有差異，全新世地層高程變化都一致，呈現南側 HS06 井略高於北側 HS01 井的現象。此高程差異可由風化土壤層的分布查覺，HS06 井的風化土壤層高程較高於 HS01

井的風化土壤層；此斷層南側（上盤）的地層高程差異與紅土台地面的高程變化一致，其地層高程差異與紅土台地的長期變形有關，並非梅山斷層所造成的斷層變形（圖 5-5）。

好收區域的梅山斷層變形帶集中於 HS01 井與 HS03 井之間，斷層南側的地層高程差異與紅土台地面的高程變化一致，吻合梅山斷層屬於右移斷層的性質及斷層南側紅土台地地表的變形（圖 5-4）。

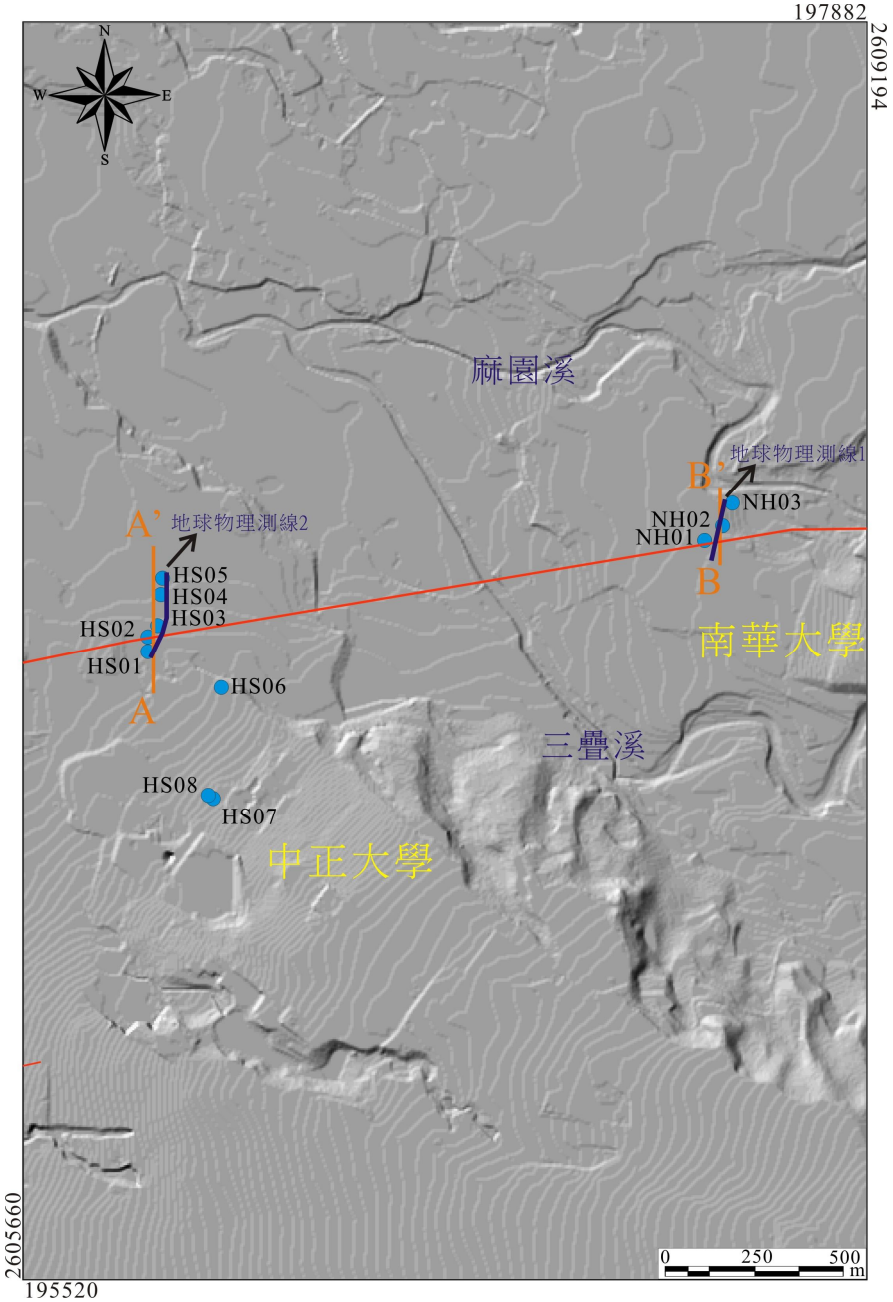


圖 5-4、好收場址與中坑場址的鑽井位置圖，紅線為斷層線、橘線為鑽井剖面線、藍線為淺層震測測線（TWD97）。

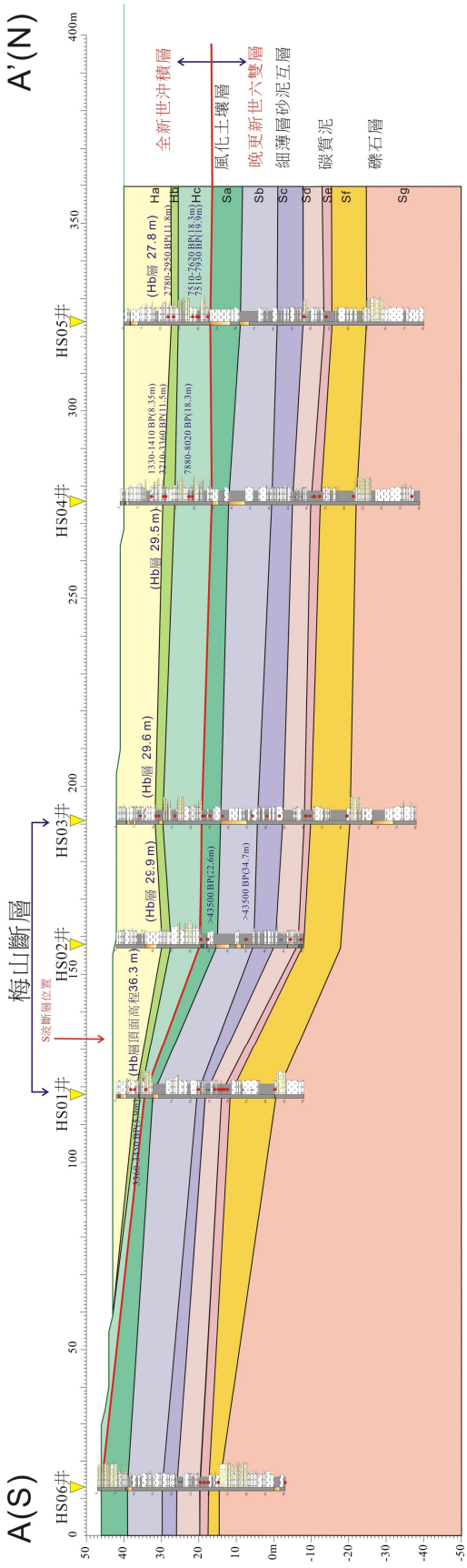


圖 5-5、好收場址 A-A’岩心柵狀剖面。

5-2-2 中坑場址（南華大學西側）

中坑鑽探場址位在南華大學西側的崖坡下，大致是紅土礫石面潛入平原沖積層下的位置（圖 5-4）。南華大學所在的傾斜紅土面與麻園溪之間有一東西走向的侵蝕崖，之前研究都認為 1906 年的梅山斷層應該此崖坡之下（黃明哲等，1985；楊貴三，1986；董德輝，1987；盧詩丁與張徽正，1999；石同生等，2002；石瑞銓等，1998，2002；彭秋紋等，2004；陳文山等，2003b，2004）。因此，本研究選擇南華大學西北側崖坡下進行三口排鑽，以釐清斷層位置，並利用堆積在紅土礫石層上沖積層的對比與定年，估算斷層長期滑移速率。

本場址配置三口鑽井，中坑 1 號井（NH01）、中坑 2 號井（NH02）及中坑 3 號井（NH03）。NH01 井位在推測梅山斷層跡南側，NH02 井與 NH03 井位在推測梅山斷層跡北側，NH01 井與 NH03 井間距 125 公尺。

此區域地層分為兩層，上層為全新世沖積層，下層為晚更新世六雙層。經詳細岩性分層與對比，全新世沉積層為一層（H），晚更新世六雙層分為五層（La、Lb、Lc、Ld、Le）。這些岩層都可以在 3 口鑽井（NH01-NH03）中作對比（圖 5-6；附錄二），岩性特性如下。

H 層：覆蓋於此區大部分地表淺層部分，以鬆散的沙土層為主，底部沉積淘選不佳的礫石層，此層不整合覆蓋於其下的風化土壤層之上。本層為全新世沖積層。

La 層：風化土壤層。

Lb 層：粉砂層或泥層為主，偶夾薄砂層，常具有輕微風化紋理。

Lc 層：青灰色薄砂泥互層。砂層中具明顯平行紋理，偶夾貝殼碎屑。

Ld 層：顆粒支持的礫石層，淘選不佳。

Le 層：輕微土壤化泥層為主，下覆棕黃色砂層。

從上述三口井的岩層對比，顯示位在北側 NH02 井與 NH03 井上覆為全新世沉積層（H），不整合在晚更新世六雙層（La、Lb、Lc、Ld、Le）之上，地

層呈水平狀態（圖 5-6）。而斷層南側 NH01 井中的地層海拔高程高於斷層北側 NH02 井與 NH03 井。從全新世沖積層厚度變化來看，顯然在斷層南側沒有堆積，而斷層北側堆積約十數公尺；晚更新世六雙層的地層高程，在南側較高，約高了 30 公尺。從地層的變化，本研究認為梅山斷層應通過 NH01 井與 NH02 井之間（圖 5-6）。

從上述全新世沖積層與晚更新世六雙層的高程變化，顯示中坑區域的梅山斷層變形帶集中於 NH01 井與 NH02 井之間，而地層高程與風化土壤層的高程變化一致，斷層南側都較高，吻合梅山斷層屬於右移斷層的性質以及斷層南側紅土台地地表的變形。

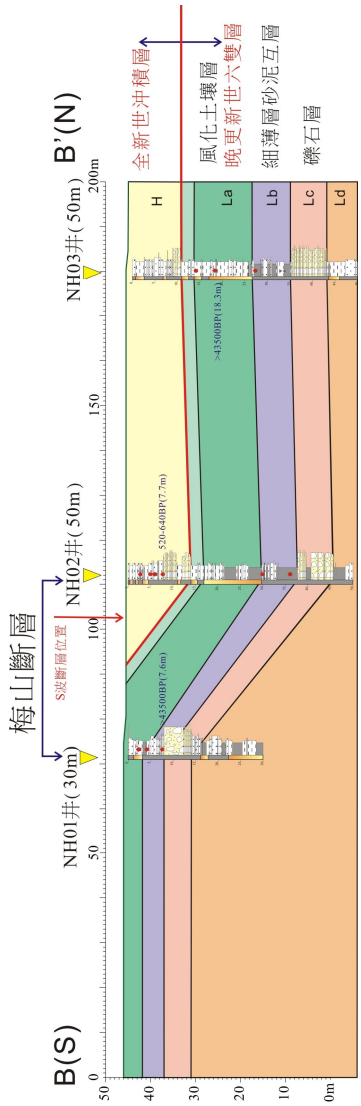


圖 5-6、中坑場址 B-B’岩心柵狀剖面。

5-3 震測探勘（多波道表面波波速分析）

5-3-1 研究方法

本研究為了觀察斷層在近地表的變形位置，利用多波道表面波波速分析方法（Multichannel Analysis of Surface Waves），此方法是快速且有效的非破壞性地球物理探測法，採用表面波之雷利波來探測地下淺部土層，利用表面波的頻散現象從頻率與速度關係圖獲得頻散曲線，在施測上較容易收集且快速。近年來表面波震測法應用於探測淺層地層 S 波波速技術研究已日趨成熟，使用 24 個受波器接收資料已充足。若再提高接收波道會使交對比分析後降低其信號品質，且在受波器間距 1.5 公尺且震源在 16 磅榔頭下敲兩次即可，次數再多會造成近支距的資料其振幅超過最大接收振幅。本研究方法缺點在於設備使用受波器為 4.5Hz 且測線擺長為 34.5 公尺使有效解析深度約 18 公尺深。因本研究為尋找斷層於近地表位置，所以利用此法了解近地表斷層帶內之 S 波波速變化情形。本研究亦使用 P 波折射法，利用折射波在地下界面傳遞的特性，使用 P 波折射法來觀察近地表 P 波速度變化，主要利用震測資料的直達波與折射波當信號，獲得地下走時曲線，再利用層析成像法（Tomography）用走時曲線逆推得到地下 P 波速度模型，與 S 波速度模型做對比，觀察近速地表速度變化情形。

5-3-2 資料收集與處理

本研究於嘉義縣民雄鄉南華路施測兩條南北走向測線（圖 5-4），震源利用 16 磅大榔頭每測點垂直重合 2 下，受波器間距 1.5 公尺測點間距亦為 1.5 公尺，實驗時利用 24 波道的震測資料分析地表 18 公尺內 S 波與 P 波的波速變化，受波器頻率為 4.5 Hz，詳細施測參數見表 5-1。

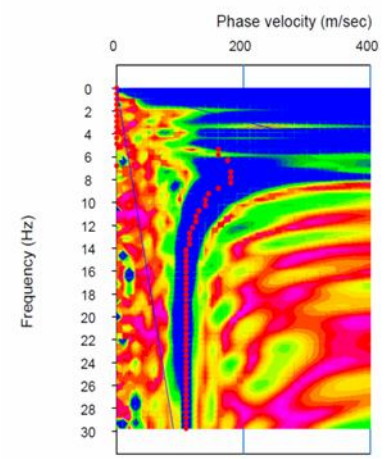
表 5-1、梅山測線施測參數

測線名稱	測線 1	測線 2
測線位置	南華路一段	南華路二段
震源	16 磅大榔頭	16 磅大榔頭
接收波道(個)	24	24
受波器種類	4.5 Hz 垂直式	4.5 Hz 垂直式
受波器間距(m)	1.5	1.5
炸點間距(m)	1.5	1.5
最大遠支距(m)	37.5	37.5
取樣間隔(ms)	0.25	0.25
記錄時間(sec)	2.048	2.048
測線總長(m)	163.5	238.5
測線走向	南→北	南→北
總炸測次數	126	179

5-3-2-1 多波道表面波波速分析

本研究為了觀察斷層近地表位置，利用多波道表面波波速分析（Multichannel Analysis of Surface Waves），採用表面波之雷利波來探測地下土層，利用表面波的頻散現象，即不同頻率的波以不同速度前進，從頻率與速度關係圖（圖 5-7）獲得不同頻率振幅最大位置獲得頻散曲線（圖 5-8），由頻散曲線獲得地下土層的一維 S 波速度，施測上較容易收集且快速。本方法分析頻散曲線獲得地下 S 波速度模型（Hayashi and Suzuki, 2004；Park *et al*., 1999；Xia *et al*., 1999；Xia *et al*., 2005）。MASW 除了可以獲得近地表的一維剪力波波速外，也可利用同 CMP 炸測時的幾何擺設，把來自同一反射點的波匯集起來，且把相

對應的幾何關係排列一起，獲得地下同中點剖面。這些同反射點信號再以交對比的分析方式去除時間差後疊加，可提高信號訊噪比，經由測點紀錄轉換至同中點剖面後，獲得二維的近地表 S 波波速模型。



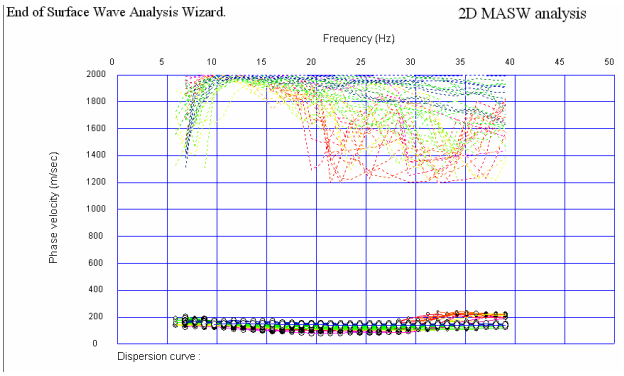


圖 5-7、測點之頻率與速度關係圖。　圖 5-8、測線的同中點頻散曲線。

5-3-2-2 P 波折射法

為了與 S 波波速模型比對，使用 P 波折射法來觀察近地表 P 波速度變化，主要利用震測資料的直達波與折射波當信號，獲得地下走時曲線（圖 5-9），再利用層析成像法（Tomography）用走時曲線逆推得到地下 P 波速度模型。

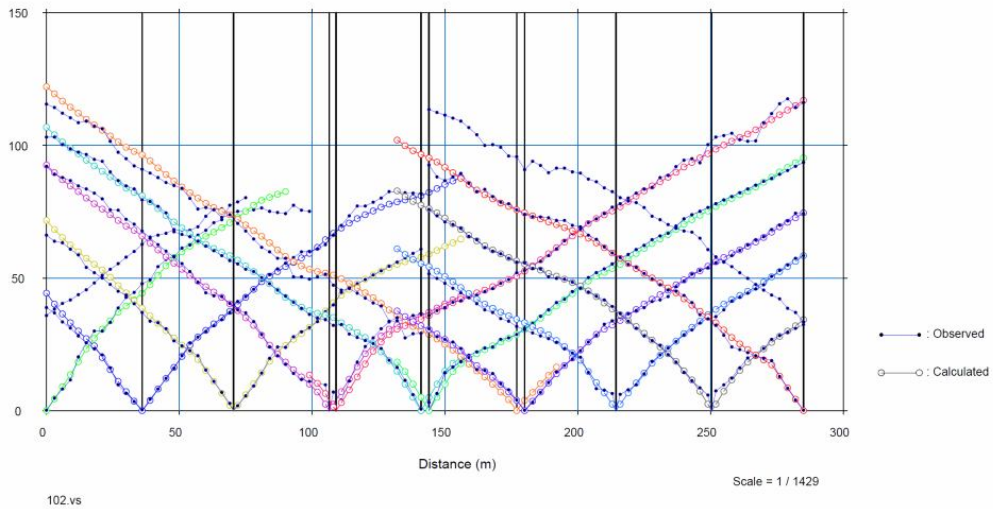


圖 5-9、測線地下走時曲線。

5-3-3 資料處理結果

5-3-3-1 測線 1（中坑場址）

測線 1 P 波速度模型：本測線於南華路一段施測約 170 公尺長的南北向測線（圖 5-4），P 波速度模型使用受波器 1.5 公尺擺設方式。圖 5-10 為測線一的二維 P 波速度模型，因地表高度變化情形為南往北傾斜，使整體波速變化有南往北傾斜現象，從地表速度約每秒 410 公尺往下漸增至約每秒 1400 公尺，圖中地面 10 公尺範圍內，橫向速度變化明顯變化在測線中約 90 公尺至 110 公尺處，變化範圍為每秒 500 公尺至每秒 900 公尺，10 公尺下則橫向速度變化不大。

南 北

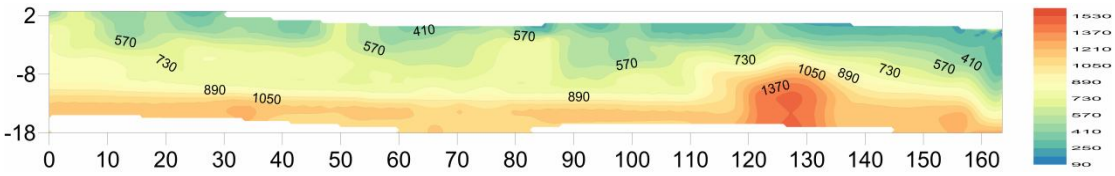


圖 5-10、測線一的二維 P 波速度模型（受波器間距 1.5 公尺）。

測線 1 S 波速度模型：圖 5-11 為測線一的二維 S 波速度模型，從地表速度約每秒 100 公尺往下漸增至約每秒 300 公尺，圖中地面 10 公尺範圍內，橫向速度變化明顯變化在測線中約 90 公尺至 110 公尺處，變化範圍為每秒 200 公尺至每秒 270 公尺，10 公尺下則橫向速度變化不大。

南 北

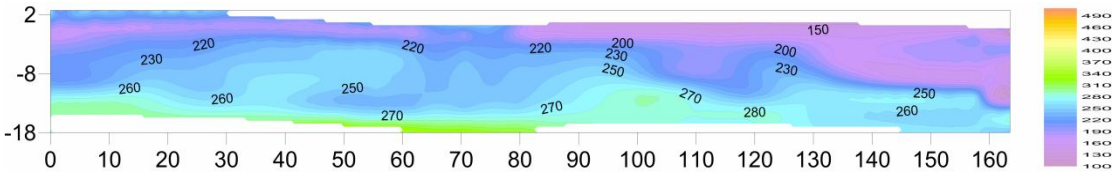


圖 5-11、測線一的二維 S 波速度模型。

5-3-3-2 測線 2（好收場址）

本測線於南華路二段施測約 240 公尺長的南北向測線（圖 5-4），P 波速度

模型使用受波器 1.5 公尺擺設方式。

測線 2 P 波速度模型：圖 5-12 為測線二的二維 P 波速度模型，因地表高度變化情形為南往北傾斜，使整體波速變化有南往北傾斜現象，從地表速度約每秒 400 公尺往下漸增至約每秒 1500 公尺，圖中地面 10 公尺範圍內，橫向速度變化明顯變化在測線中約 40 公尺至 70 公尺處，變化範圍為每秒 800 公尺至每秒 1450 公尺，以下則橫向速度變化不大。

南 北

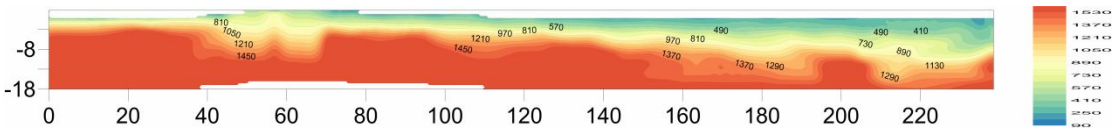


圖 5-12、測線二的二維 P 波速度模型（受波器間距 1.5 公尺）。

測線 2 S 波速度模型：圖 5-13 為測線二的二維 S 波速度模型，從地表速度約每秒 100 公尺往下漸增至約每秒 370 公尺，圖中橫向速度變化明顯變化在測線中約 20 公尺至 80 公尺處，變化範圍為每秒 160 公尺至每秒 300 公尺，以下則橫向速度變化不大。

南 北

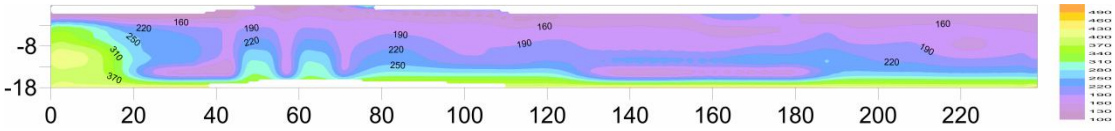


圖 5-13、測線二的二維 S 波速度模型。

5-3-4 震測解釋

測線 1，中坑場址的 S 波速度變化，該測線中離南側端點 80 公尺處有明顯的橫向速度變化，此外，80 公尺處以北的速度也有上下明顯的變化，該位置極可能是斷層近地表位置（圖 5-14）。測線 2，好收場址的 S 波速度剖面，該測線位於離南側端點 30 公尺與 70 公尺之間有一連續而明顯的速度低區（圖 5-15）。因 S 波波速不受地下水影響，該區間可能為較為破碎或受擾動，30 公尺與 70 公尺處可能是斷層擾動帶。

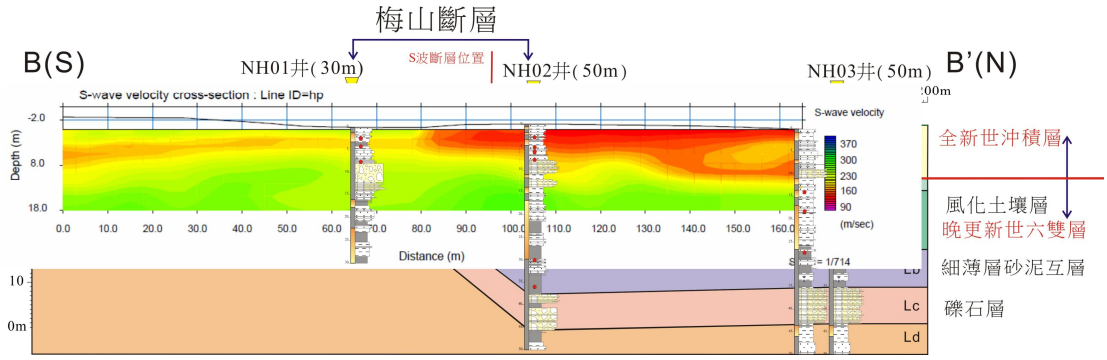


圖 5-14、中坑場址 B-B'岩心柵狀剖面與 S 波速度模型剖面。

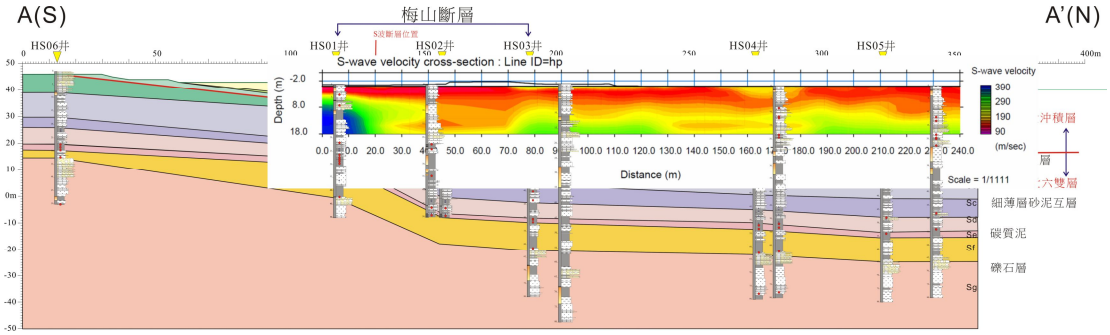


圖 5-15、好收場址 A-A'岩心柵狀剖面與 S 波速度模型剖面。

5-4 結論

從好收場址 A-A'岩心柵狀剖面與中坑場址 B-B'岩心柵狀剖面的地層對比，顯示斷層南側相對屬於上升盤，北側相對屬於沉降盤，此變動與現今紅土台地地形的變化相同，紅土台地的高程在斷層南側都較高。

本研究在好收場址的全新世沖積層有進行碳十四定年，在與六雙層不整合面之上 Hc 層的最老年代為 7880-8020 yr BP（HS05 井，深度 18.3 公尺，非在底部），推測 Hc 層底部年代可達 9000 年前。A-A'剖面中全新世沖積層的 Hb 層延伸最佳，出露在 HS01 井至 HS05 井中，其頂面的碳十四年代為 3360-3450 yr BP（HS01 井，深度 5.9 公尺），Hb 層頂面延伸至 HS02、HS03、HS04、HS05 井的深度各為 29.9 公尺、29.6 公尺、29.5 公尺、27.8 公尺。而斷層上升盤（南）的 HS01 井與沉降盤（北）的 HS05 井的高程差約為 8.5 公尺，從兩井 Hb 層頂面的高差與年代估算，此剖面梅山斷層的長期垂直變動（錯移）速率約為 2.5mm/yr。

第六章 結論

大甲斷層北從大安溪，南至大肚溪，全長約 30 公里，沿著大肚台地西側與海岸平原交會處的階地崖分布。北段區域從大安溪經大甲、清水至沙鹿的階地崖呈現線型崖的構造地形，由鑽井也表示崖線為斷層跡位置，顯示線型崖地形是大甲斷層截穿至地表的斷層跡位置。E-GPS 量測斷層跡的誤差範圍約 20 公尺。中段從沙鹿至大肚區域是線型崖地形較不明顯區域，此段 E-GPS 量測斷層跡的誤差範圍約 100 公尺。此區階地崖呈緩隆起狀，遭人為開發或河流侵蝕，部分階地往東側消退，消退崖線形成坡度較陡的線型崖地形，但據鑽井資料（沙鹿 1-5 號井）顯示斷層位於此線型崖的西側，其應位於西側緩隆起階地崖的前緣。南段從大肚至大肚溪為崖線最不明顯的區段，可能為褶皺構造，斷層跡可能尚未出露地表。

山腳斷層北段由新北投經大屯山竹子湖，再沿北磺溪至金山平原北側的斷層崖下，最後進入東北海域。此調查結果，認為山腳斷層北段斷層跡最明確的位置是金山平原北側的斷層崖之下。之後，沿北磺溪進入大屯山區至新北投區域，斷層跡地形並不明確，主要原因是此區域內可能受到斷層活動的影響，呈現大規模地滑，將斷層跡覆蓋。所以 E-GPS 量測主要在金山平原的斷層崖，誤差範圍在 20 公尺以內，此區之外的則無法研判斷層跡確切位置。

三義斷層主斷層通過后里台地東側，為桂竹林層逆衝至頭嵙山層之上，但被后里台地的晚更新世紅土階地礫石層覆蓋，紅土面沒有產生變形，顯示在紅土階地礫石層沉積之後，三義斷層主斷層沒有活動跡象。而從后里台地區域的地質剖面（大甲溪北岸）、槽溝以及鑽探岩心資料，顯示三義支斷層（后里斷層）截切晚更新世紅土台地礫石層，並在后里台地東側形成一斷層崖地形。因此，三義斷層近期的構造活動帶應位於支斷層（后里斷層）處。由於古地震槽溝中沒有發現焦碳可供定年，所以目前尚無法估算斷層的長期變動速率。

梅山斷層區域，從好收場址 A-A’岩心柵狀剖面與中坑場址 B-B’岩心柵狀

剖面的地層對比，顯示斷層南側相對屬於上升盤，南側相對屬於沉降盤，此變動與現今紅土台地地形的變化相同，紅土台地的高程在斷層南側都較高。利用好收場址 A-A’剖面中 Hb 層頂面的碳十四定年資料（3360-3450 yr BP，HS01 井，深度 5.9 公尺），及 Hb 層頂面於 HS01 井（斷層上升盤）及 HS05 井（斷層沉降盤）的分布深度（HS01 井，深度 5.9 公尺；HS05 井，深度 27.8 公尺），再配合 HS01 井與 HS05 井的高程差約為 8.5 公尺，從兩井 Hb 層頂面的絕對高差與年代估算，此剖面梅山斷層的長期垂直變動（錯移）速率約為 2.5mm/yr。而梅山斷層的橫移速率，由於缺乏明確指標層變形量及定年資料，目前尚無法評估。

參考文獻

石同生、盧詩丁、李元希、林燕慧、劉彥求、黃存慧、林偉雄、蕭力元、林啟文（2002）梅山斷層。經濟部中央地質調查所施政計畫報告－活動斷層調查報告。

石再添、張瑞津、黃朝恩、石慶得、楊貴三、孫林耀明（1983）臺灣北部與東部活斷層的地形學研究。臺灣師範大學地理研究所地理研究報告，第 9 期，20-72 頁。

石瑞銓、王乾盈、謝昭輝（1998）雲嘉南地區活動斷層震測調查。經濟部中央地質調查所活動斷層地球物理探勘計畫 87 年度報告，共 130 頁。

石瑞銓、陳平護、呂明達、陳文山（2002）地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫－淺層地球物理探勘（1/5），經濟部中央地質調查所 91 年度研究報告，共 166 頁。

石瑞銓、王維豪、李元希（2010）地震地質與地變動潛勢分析-斷層帶地下構造調查研究(4/4)，經濟部中央 地質調查所 99 年度報告第 99-11 號，共 132 頁。

李錦發（1994）三義斷層及其在新構造上的意義。地質，第 14 卷，第 1 期，73-96 頁。

李錦發（2000）東勢圖幅及說明書，五萬分之一台灣地質圖，第 18 號。經濟部中央地質調查所出版，共 117 頁。

沈淑敏、張瑞津、楊貴三（2005）地震地質調查及活動斷層資料庫建置計劃－活動構造地形判釋及資料庫建置分析（1/2）。經濟部中央地質調查所研究報告 94-13 號，共 80 頁。

何信昌、陳勉銘（2000）臺中圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖第 18 號。經濟部中央地質調查所，共 65 頁。

林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧（2007）臺灣北部的活動斷層。活動斷層條帶圖說明書。

林啟文、盧詩丁、石同生、林偉雄、劉彥求、陳柏村（2008）台灣中部的活動斷層，兩萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第 21 號，共 148 頁。

林朝宗（1991）三芝圖幅及說明書，五萬分之一台灣地質圖，第 1 號。經濟部中央地質調查所出版。

林朝宗（2005）山腳斷層與台北盆地西緣的地質構造。大台北地區火山活動與山腳斷層研討會論文集，191-197 頁。

邵屏華、高銘健（2009）中埔圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖第 45 號。經濟部中央地質調查所，共 87 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，第 21 期，1 卷，第 19-36 頁。

陳文山、楊志成、楊小青、劉進金（2003a）從火山地形探討大屯火山群的地層層序與構造。經濟部中央地質調查所彙刊，第 16 號，99-123 頁。

陳文山、石瑞銓、楊小青、楊志成、葉明官、李龍昇、劉力豪、顏一勤、彭秋雯、張徽正、林啟文、陳于高、李元希、林偉雄、石同生、盧詩丁（2003b）梅山斷層的構

造特性與古地震研究。經濟部中央地質調查所特刊，第十四號，150-160 頁。
陳文山、楊志成、楊小青、吳樂群、林啟文、張徽正、石瑞銓、林偉雄、李元希、石同生、盧詩丁（2004）從構造地形探討嘉南地區的活動構造。經濟部中央地質調查所彙刊，第十七號，53-77 頁。
陳文山、陳于高、楊志成、顏一勤、楊小青（2006）地震地質與活動斷層資料庫建置－槽溝開挖與古地震研究（5/5）。經濟部中央地質調查所研究計畫報告與總報告。
陳文山、楊志成、楊小青、劉進金、詹瑜璋、謝凱旋、謝有忠（2007）從 LiDAR 的 2 公尺×2 公尺數值模擬地形分析大屯火山群的火山地形。經濟部中央地質調查所彙刊，第二十號，101-128 頁。
陳文山、林朝宗、楊志成、費立沅、謝凱旋、龔慧敏、林佩儀、楊小青（2008）晚期更新世以來台北盆地沉積環境與構造演化的時空演變。經濟部中央地質調查所彙刊，第二十一號，61-106 頁。
陳文山、游能悌、松多信尚、楊小青(2009)地震地質與地變動潛勢分析計畫斷層長期滑移速率與再現週期研究 (3/4) ─期末報告書。經濟部中央地質調查所研究報告第 98-9 號。
陳文山、游能悌、松多信尚、楊小青(2010)地震地質與地變動潛勢分析計畫斷層長期滑移速率與再現週期研究─總報告。經濟部中央地質調查所。
陳肇夏、吳永助（1971）臺灣北部大屯地熱區之火山地質。中國地質學會會刊，第 14 號，5-20 頁。
張憲卿（1994）大甲圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖第 17 號。經濟部中央地質調查所，共 63 頁。
張憲卿（2008）嘉義圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖第 44 號。經濟部中央地質調查所，共 81 頁。
彭秋玟、石瑞銓、張徽正、林啟文、陳文山、石同生、盧詩丁（2004）梅山斷層與其淺部剪切帶構造特徵。經濟部中央地質調查所特刊，第 15 號，85-98 頁。
楊貴三（1986）臺灣活斷層的地形學研究－特論活斷層與地形面的關係。私立中國文化大學地學研究所博士論文。
黃明哲、王文龍、潘國樑、顏滄波（1985）活動斷層之航照地研究（二）：嘉義梅山地震斷層研究。行政院國家科學委員會防災科技研究報告 73-29 號。
黃鑑水、李錦發、劉桓吉（1991）台灣北部金山斷層之地質調查與探勘研究。行政院國家科學委員會防災科技研究報告 80-17 號，共 23 頁。
黃鑑水、張憲卿（1994）臺中縣大甲溪右岸之三義斷層露頭。地質，第 14 卷，第 1 期，248-250 頁。
黃鑑水、張憲卿、劉桓吉（1994）臺灣南部觸口斷層之地質調查與探勘。經濟部地質調查所彙刊，9 號，51-76 頁。
黃鑑水（2005）台北圖幅及說明書，五萬分之一台灣地質圖，第 4 號，第三版。經濟部中央地質調查所出版。
詹瑜璋、李建成、鄭鼎耀、劉進金、陳文山、胡植慶、陳柔妃、徐偉城（2005）大台北地區特殊地質災害調查與監測－高精度空載雷射掃描（LIDAR）地形測製與構造

地形分析（1/3）。經濟部中央地質調查所研究報告 94-04 號，共 143 頁。

葉明官、陳文山、石文卿、陳若玲 (2000) 從震測剖面來看梅山斷層的特性。中國地質學會八十九年度年會，第 106-108 頁。

董德輝（1987）臺灣西南部梅山活動斷層的活週期及機制。台灣大學地質學研究所碩士論文，共 65 頁。

劉桓吉、李錦發、紀宗吉（2004）雲林圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖第 38 號。經濟部中央地質調查所，共 65 頁。

鄭世楠、張建興、吳健富、葉永田、辛在勤（1997）日據時期臺灣地區地震資料之整理（I）（II）。中央研究院地球科學研究所與中央氣象局，IESCR-9703，1-1352 頁。

鄭俊昇（1995）大屯火山區的裂理系分析。國立中央大學應用地質研究所碩士論文。

盧詩丁、張徽正（1999）簡介地震與活動斷層調查案例－梅山斷層的調查與回顧。地質，第 18 卷，第 2 期，第 29-51 頁。

盧詩丁、劉彥求、衣德成、鍾令和（2005）山腳斷層調查與研究。經濟部中央地質調查所九十三年度報告書，第 100 頁。

蕭力元、黃旭燦、鄧屬予、林國安（1998）台灣新畿褶皺帶南段的構造特徵。台灣石油地質，32 期，133-153 頁。

賴慈華、賴典章（2002）麥寮、西螺、台西、北港圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖編號之第 29(麥寮)、30(西螺)、36(臺西)、37(北港)號圖幅。經濟部中央地質調查所，共 59 頁。

羅偉、吳樂群、陳華玟（1999）國姓圖幅及說明書，五萬分之一台灣地質圖，第 25 號。經濟部中央地質調查所出版，共 71 頁。

Bonilla, M.G. (1975) A review of recently active faults in Taiwan. U.S. *Geological Survey Open-File Report*, no.75-41, 58pp.

Chen, W.S., Chen, Y.G., Shih, R.C., Liu, T.K., Huang, N.W., Lin, C.C., Sung, S.H., Lee, K.J. (2003) Thrust-related river terrace development in relation to the 1999 Chi-Chi earthquake ruptures, Western Foothills, central Taiwan, *J. Asian Ear. Sci.*, 21, 473-480.

Chen, Y.G., Hung, J.H., Lai, K.Y., Lin, Y.N., Wilcox, T., Mueller, K. (2007) River Terrace Development in Response to Folding above Active Wedge Thrusts in Houli, central Taiwan. *J. Asian Ear. Sci.*, doi: 10.1016/j.jseaes.2006.07.023

Dominguez, S., Avouac, J.P., Michel, R. (2003) Horizontal coseismic deformation of the 1999 Chi-Chi earthquake measured from SPOT satellite images: Implications for the seismic cycle along the western foothills of central Taiwan. *J, Geophy. Res.*, 108, B2, 2083, doi:10.1029/2001JB000951

Delcaillau, B. Deffontaines, B., Floissac, L., Angelier, J., Deramond, J., Souquet, P., Chu, H.T., Lee, J.F. (1998) Morphotectonic evidence from lateral propagation of an active frontal fold; Pakuashan anticline, foothills of Taiwan. *Geomorphology*, 24, 263-290.

Hayashi, K. and Suzuki, H. (2004), CMP cross-correlation analysis of multi-channel

surface-wave data, *Exploration Geophysics*, 35: 7-13.

Hsu, T.L. and Chang, H.C. (1979) Quaternary faults in Taiwan. *Mem. Geol. Soc. China*, no.3, 155-165.

Huang, S.Y. (2003) Prehistoric Earthquakes along the Shanchiao Fault, Taipei Basin, Northern Taiwan. *A Thesis Presented to the Graduate Faculty of Central Washington University*, 83pp.

Omori, F. (1907a) Earthquake of Chiayi area, Taiwan, 1906. *Introduction of Earthquake*, 103-147.

Omori, F. (1907b) Preliminary note on the Formosa earthquake of March 17, 1906. *Bull. Imp. Earthquake Investigation Committee*, Vol.1, no.2, 53-69.

Park, C.B., Miller, R.D. and Xia, J. (1999), Multichannel analysis of surface waves, *Geophysics*, 64(3): 800-803.

Shih, R.C., Lin, C.W., Liu, H.C., Lu, S.T. (2006) Northward extension of the Shanchiao fault in northern Taiwan from the shallow seismic reflection images. *West Pacific Earth Sciences*, 6, 150-168.

Simoes, M., Avouac, J.P., Chen, Y.G., Singhvi, A.K. Wang, C.Y., Jaiswal, M., Chan, Y.C., Bernard, S. (2007) Kinematic analysis of the Pakuashan fault tip fold, west central Taiwan: Shortening rate and age of folding inception. *J. Geophy. Res.*, 112, B03S14, doi:10.1029/2005JB004198

Suppe, J., Namson, J. (1979) Fault-bend origin of frontal folds of the western Taiwan fold-and-thrust belt. *Petrol. Geo. Taiwan*, 16, 1-18.

Teng, L.S. (1996) Extensional collapse of the northern Taiwan mountain belt. *Geology,* 24, 950-952.

Xia, J., Chen, C., Tian, G., Miller, R.D., and Ivanov, J. (2005), Resolution of high frequency Rayleigh-wave data, Journal of Engineering and Environmental Geophysics, *Special Issue: Seismic Surface Waves*, 10(2): 99-110.

Xia, J., Miller, R.D. and Park, C.B. (1999), Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves, *Geophysics*, 64(3): 691-700.

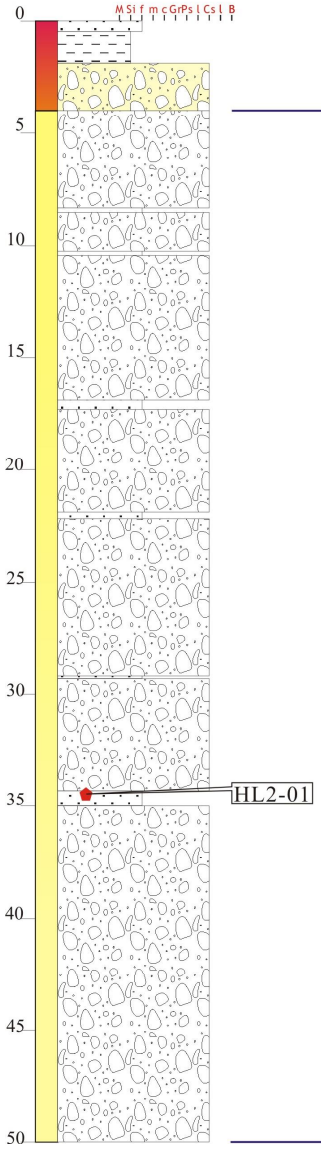
Yue, L.F., Suppe, J., Hung, J.H. (2005) Structural geology of a classic thrust belt earthquake: the 1999 Chi-Chi earthquake Taiwan (M_w = 7.6). *J. Struct. Geol.*, 27, 2058-2083.

附錄一、鑽井岩芯紀錄


HL01(30m)
(后科1號井)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps i Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
44
60
0-3.6m 粉砂層與顆粒支持結構礫石層，礫石為變質砂岩，呈現紅土化。
3.6-30.0m 顆粒支持結構礫石層偶夾薄層細砂層，礫石為砂岩與變質砂岩，細砂中生物擾動明顯。

HL02(50m)
(后科2號井)

碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境

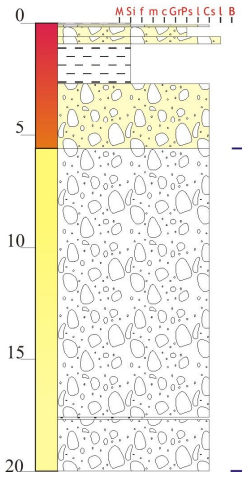


0-4.0m 細砂層、粉砂層與顆粒支持結構礫石層，礫岩為變質砂岩，呈現紅土化。

4.0-50.0m 顆粒支持結構礫石層偶夾薄層細砂層，礫石為砂岩與變質砂岩，細砂中生物擾動明顯，偶含有機質碎屑。

HL03(20m)
(后科3號井)

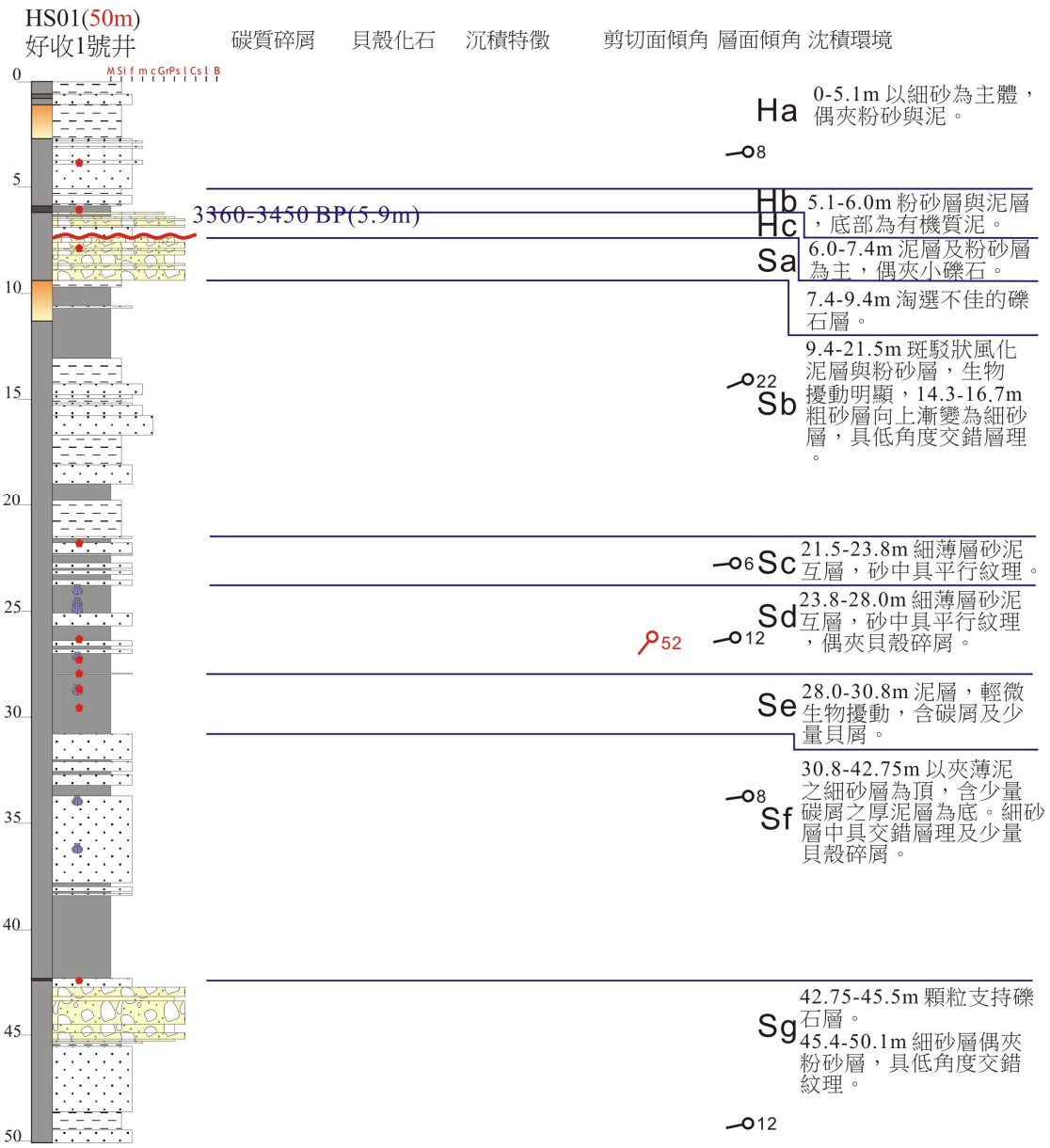
碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境

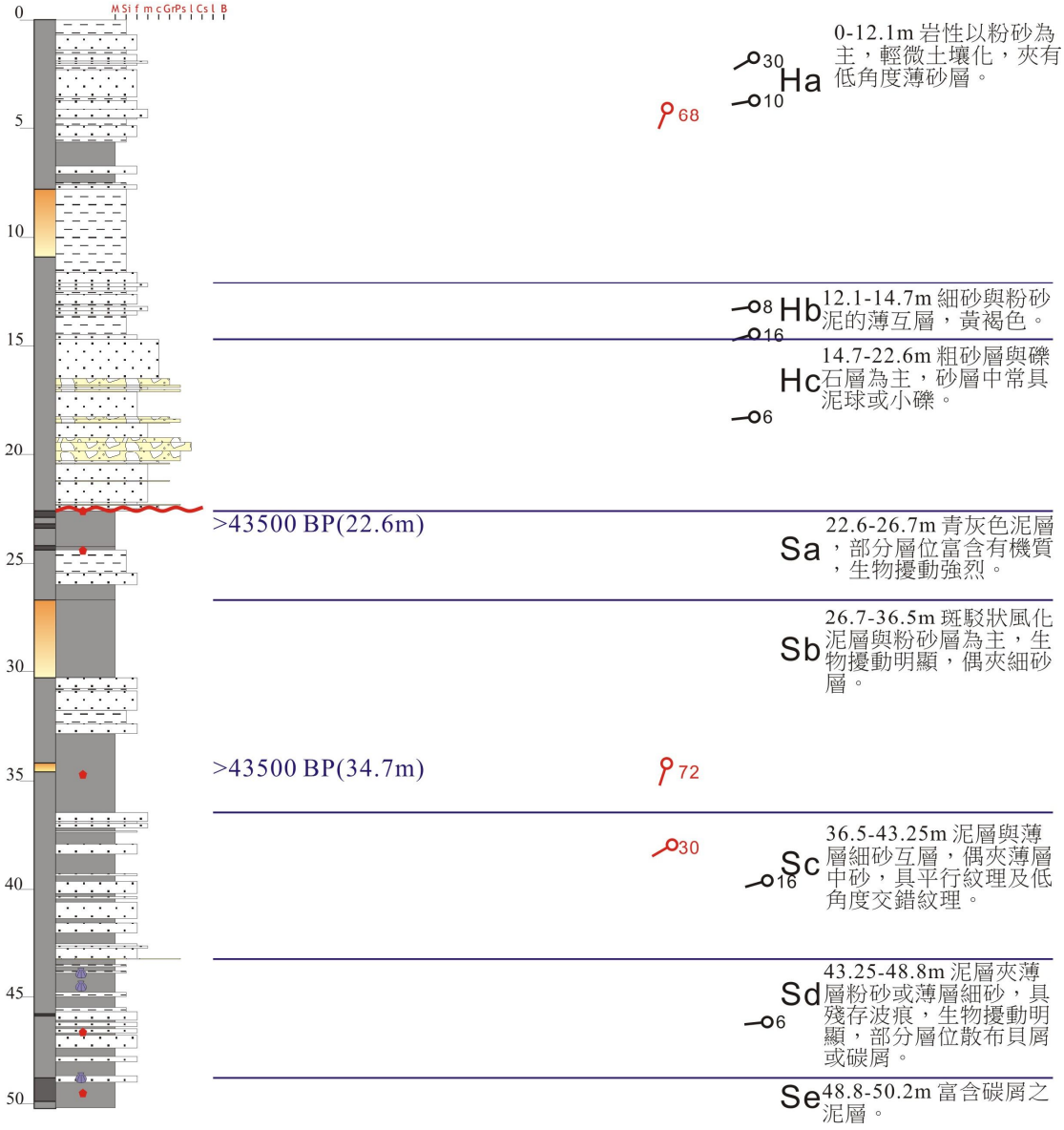


0-5.6m 礫石層中夾一粉砂層，呈現紅土化；上方礫石層為基質支持結構，下方礫石層為顆粒支持結構，礫石為變質砂岩。

5.6-20.0m 顆粒支持結構礫石層，礫石為砂岩與變質砂岩。

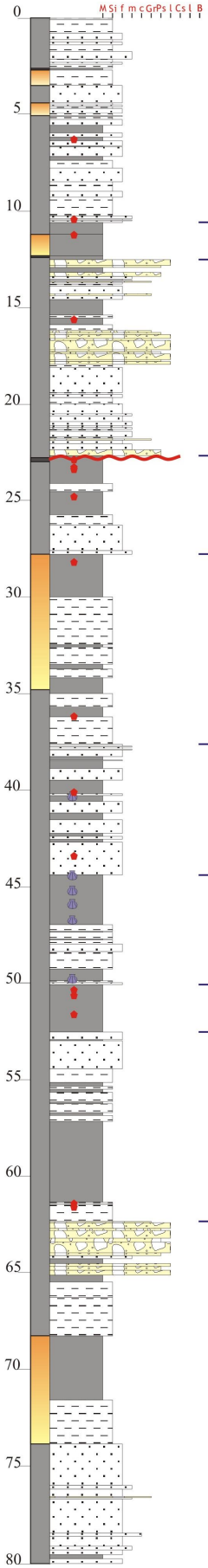

HL04(30m)
(后科4號井)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c Gr Ps Cs L B
0
5
10
15
20
25
30
HL4-01
HL4-02
0-0.6m 粉砂與礫石，礫石為變質砂岩，呈現紅土化。
0.6-2.15m 細砂，略具平行紋理。
2.15-23.65m 顆粒支持結構礫石層，礫石為砂岩與變質砂岩。
23.65-30.4m 細砂夾薄層粉砂層，略具平行紋理，生物擾動明顯，偶夾有機質薄層。
12
15


HS01(50m)
好收1號井
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
3360-3450 BP(5.9m)
Ha
0-5.1m 以細砂為主體，偶夾粉砂與泥。
8
Hb
Hc
5.1-6.0m 粉砂層與泥層，底部為有機質泥。
Sa
6.0-7.4m 泥層及粉砂層為主，偶夾小礫石。
7.4-9.4m 淘選不佳的礫石層。
22
Sb
9.4-21.5m 斑駁狀風化泥層與粉砂層，生物擾動明顯，14.3-16.7m 粗砂層向上漸變為細砂層，具低角度交錯層理。
6
Sc
21.5-23.8m 細薄層砂泥互層，砂中具平行紋理。
Sd
23.8-28.0m 細薄層砂泥互層，砂中具平行紋理，偶夾貝殼碎屑。
52
12
Se
28.0-30.8m 泥層，輕微生物擾動，含碳屑及少量貝屑。
8
Sf
30.8-42.75m 以夾薄泥之細砂層為頂，含少量碳屑之厚泥層為底。細砂層中具交錯層理及少量貝殼碎屑。
Sg
42.75-45.5m 顆粒支持礫石層。
45.4-50.1m 細砂層偶夾粉砂層，具低角度交錯紋理。
12


HS02(50m)
好收2號井
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
30
10
68
0-12.1m 岩性以粉砂為主，輕微土壤化，夾有低角度薄砂層。
Ha
8
16
Hb
12.1-14.7m 細砂與粉砂泥的薄互層，黃褐色。
14.7-22.6m 粗砂層與礫石層為主，砂層中常具泥球或小礫。
Hc
6
>43500 BP(22.6m)
22.6-26.7m 青灰色泥層，部分層位富含有機質，生物擾動強烈。
Sa
26.7-36.5m 斑駁狀風化泥層與粉砂層為主，生物擾動明顯，偶夾細砂層。
Sb
>43500 BP(34.7m)
72
30
16
36.5-43.25m 泥層與薄層細砂互層，偶夾薄層中砂，具平行紋理及低角度交錯紋理。
Sc
6
43.25-48.8m 泥層夾薄層粉砂或薄層細砂，具殘存波痕，生物擾動明顯，部分層位散布貝屑或碳屑。
Sd
48.8-50.2m 富含碳屑之泥層。
Se

HS03(80m)
好收3號井

碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



Ha 0-10.6m 具低角度交錯紋理中砂為底。岩性以細砂為主體，偶夾粉砂與泥。

Hb 10.6-12.5m 泥層，具生物擾動與斑駁狀風化。

Hc 12.5-22.7m 以顆粒支持礫石層為頂，以基質支持礫石層為底，礫石為砂岩。
本層內16-18米為顆粒支持礫石層，其上以泥為主體偶夾細砂，其下以細砂夾薄層粉砂與中砂。細砂具低角度交錯紋理。

Sa 22.7-27.8m 以礫岩層底為頂，以具平行紋理中砂為底。中砂向上變細成粉砂與含生物擾動與碳屑泥。

Sb 27.8-37.6m 厚泥層與厚層粉砂夾薄泥層，生物擾動明顯，斑駁狀風化。

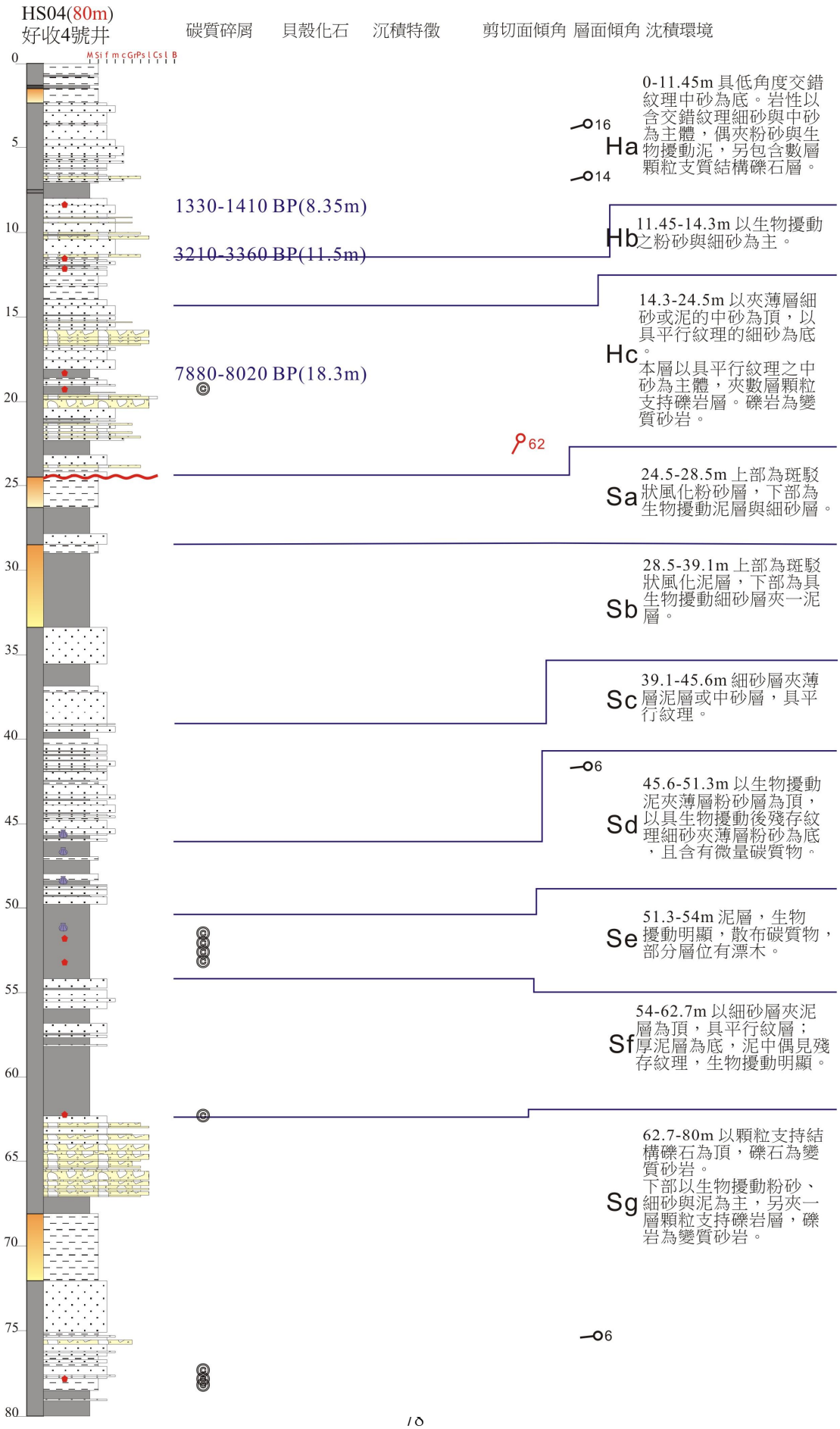
Sc 37.6-44.4m 泥與細砂互層，砂中具平行紋理，生物擾動輕微，偶有碳屑。

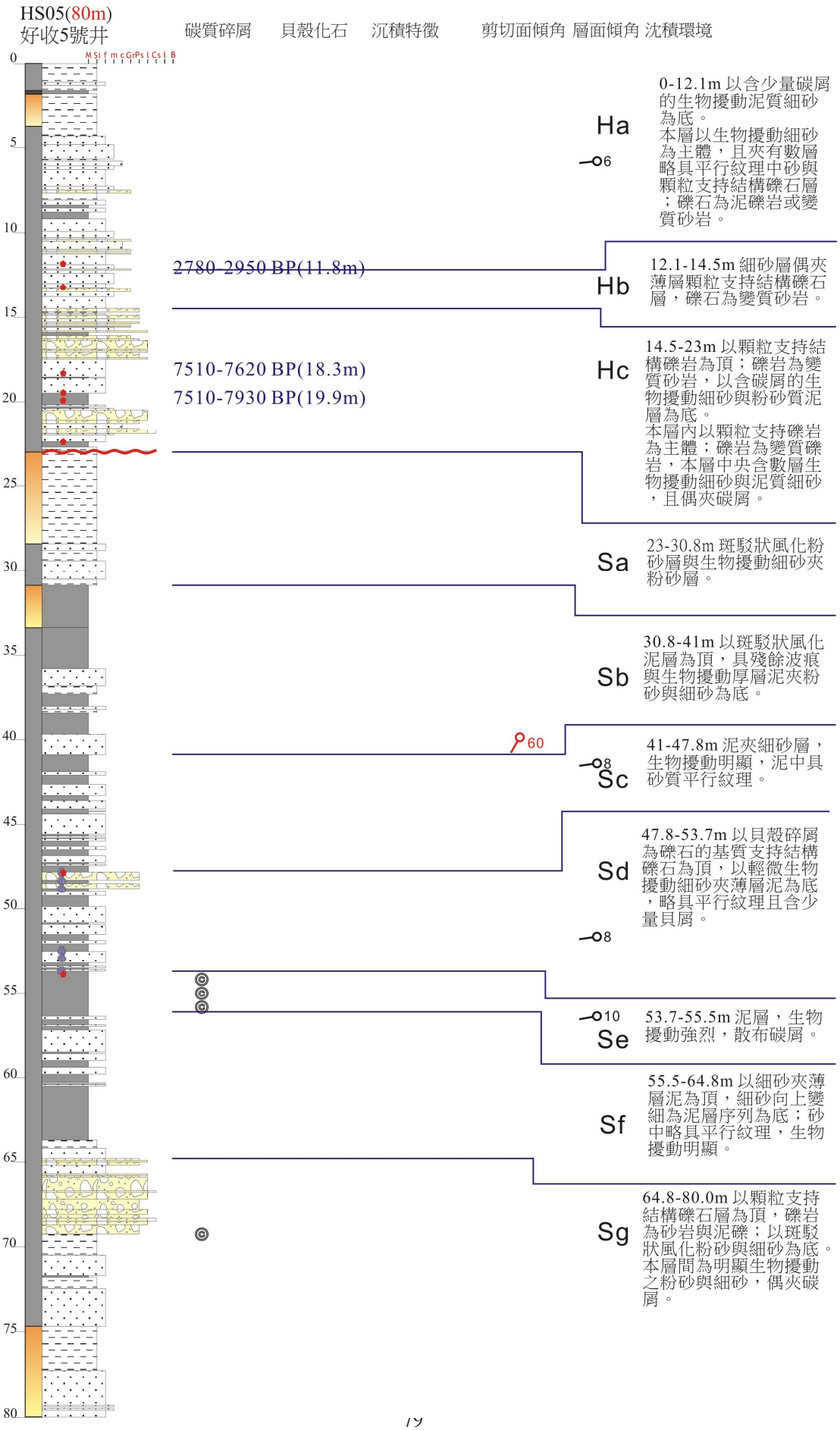
Sd 44.4-50.1m 以生物擾動泥層為主，底部為生物擾動粉砂夾薄層細砂。
本層以厚層泥層與細砂夾薄泥層為主體，散布貝屑。

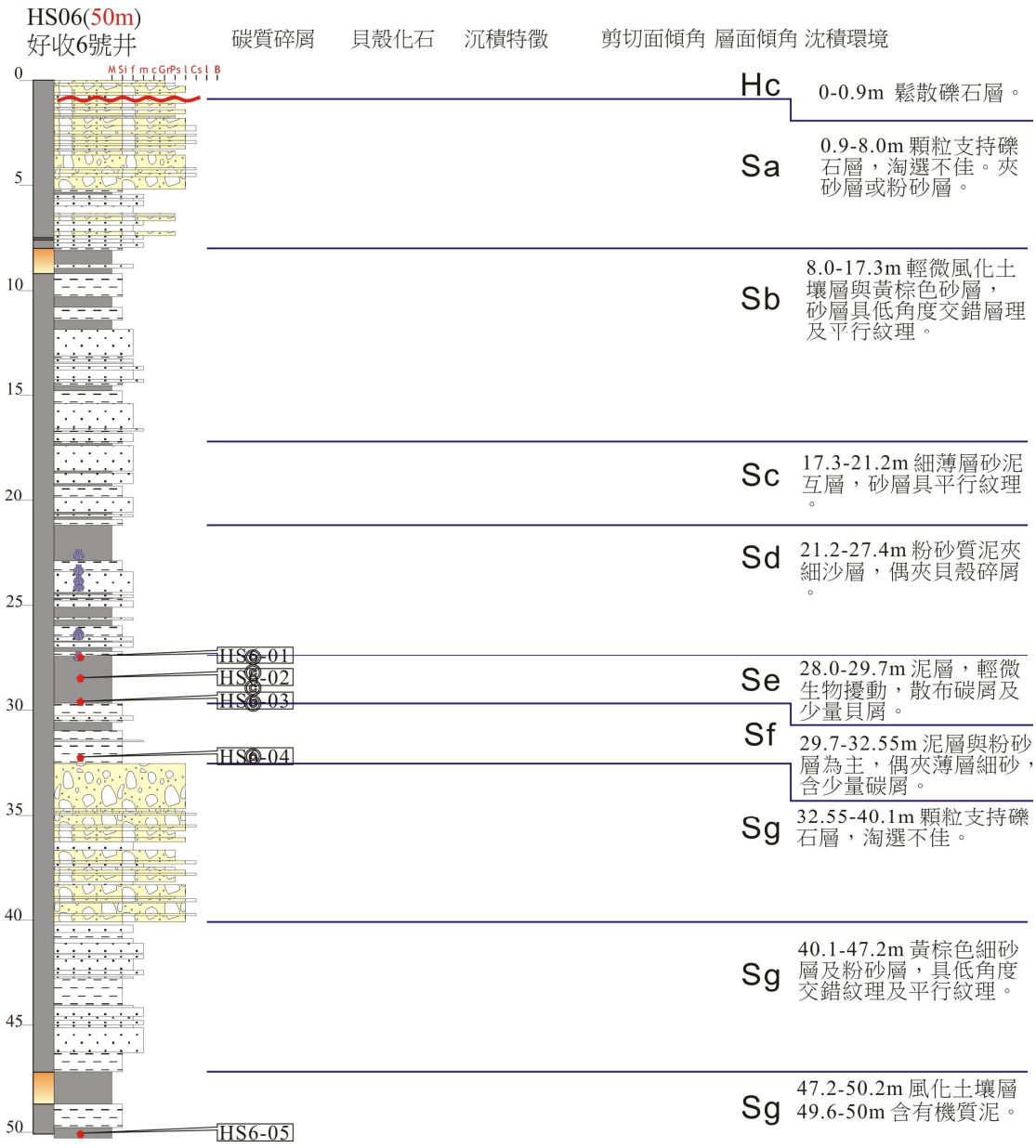
Se 50.1-52.55m 泥層，生物擾動明顯，散布碳屑，偶有貝屑。

Sf 52.55-62.35m 以細砂、粉砂夾薄泥層為頂，具低角度交錯紋理；
厚泥層偶夾粉砂層為底，生物擾動明顯，含少量碳屑。

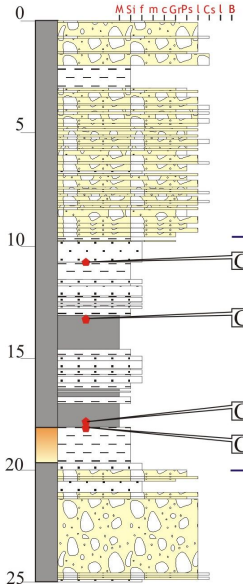
Sg 62.35-80.0m 以顆粒支持結構礫石層夾薄層細砂與泥層為頂，礫石為砂岩。
其下以厚層泥、粉砂細砂為主，生物擾動強烈。


HS04(80m)
好收4號井
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
1330-1410 BP(8.35m)
3210-3360 BP(11.5m)
7880-8020 BP(18.3m)
16
14
62
6
6
Ha
0-11.45m 具低角度交錯紋理中砂為底。岩性以含交錯紋理細砂與中砂為主體，偶夾粉砂與生物擾動泥，另包含數層顆粒支質結構礫石層。
Hb
11.45-14.3m 以生物擾動之粉砂與細砂為主。
Hc
14.3-24.5m 以夾薄層細砂或泥的中砂為頂，以具平行紋理的細砂為底。
本層以具平行紋理之中砂為主體，夾數層顆粒支持礫岩層。礫岩為變質砂岩。
Sa
24.5-28.5m 上部為斑駁狀風化粉砂層，下部為生物擾動泥層與細砂層。
Sb
28.5-39.1m 上部為斑駁狀風化泥層，下部為具生物擾動細砂層夾一泥層。
Sc
39.1-45.6m 細砂層夾薄層泥層或中砂層，具平行紋理。
Sd
45.6-51.3m 以生物擾動泥夾薄層粉砂層為頂，以具生物擾動後殘存紋理細砂夾薄層粉砂為底，且含有微量碳質物。
Se
51.3-54m 泥層，生物擾動明顯，散布碳質物，部分層位有漂木。
Sf
54-62.7m 以細砂層夾泥層為頂，具平行紋層；厚泥層為底，泥中偶見殘存紋理，生物擾動明顯。
Sg
62.7-80m 以顆粒支持結構礫石為頂，礫石為變質砂岩。
下部以生物擾動粉砂、細砂與泥為主，另夾一層顆粒支持礫岩層，礫岩為變質砂岩。


HS05(80m)
好收5號井
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m cGr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
2780-2950 BP(11.8m)
7510-7620 BP(18.3m)
7510-7930 BP(19.9m)
Ha
6
0-12.1m 以含少量碳屑的生物擾動泥質細砂為底。
本層以生物擾動細砂為主體，且夾有數層略具平行紋理中砂與顆粒支持結構礫石層；礫石為泥礫岩或變質砂岩。
Hb
12.1-14.5m 細砂層偶夾薄層顆粒支持結構礫石層，礫石為變質砂岩。
Hc
14.5-23m 以顆粒支持結構礫岩為頂；礫岩為變質砂岩，以含碳屑的生物擾動細砂與粉砂質泥層為底。
本層內以顆粒支持礫岩為主體；礫岩為變質礫岩，本層中央含數層生物擾動細砂與泥質細砂，且偶夾碳屑。
Sa
23-30.8m 斑駁狀風化粉砂層與生物擾動細砂夾粉砂層。
Sb
30.8-41m 以斑駁狀風化泥層為頂，具殘餘波痕與生物擾動厚層泥夾粉砂與細砂為底。
60
8
Sc
41-47.8m 泥夾細砂層，生物擾動明顯，泥中具砂質平行紋理。
Sd
47.8-53.7m 以貝殼碎屑為礫石的基質支持結構礫石為頂，以輕微生物擾動細砂夾薄層泥為底，略具平行紋理且含少量貝屑。
8
10
Se
53.7-55.5m 泥層，生物擾動強烈，散布碳屑。
Sf
55.5-64.8m 以細砂夾薄層泥為頂，細砂向上變細為泥層序列為底；砂中略具平行紋理，生物擾動明顯。
Sg
64.8-80.0m 以顆粒支持結構礫石層為頂，礫岩為砂岩與泥礫；以斑駁狀風化粉砂與細砂為底。本層間為明顯生物擾動之粉砂與細砂，偶夾碳屑。


HS06(50m)
好收6號井
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
HS6-01
HS6-02
HS6-03
HS6-04
HS6-05
Hc
0-0.9m 鬆散礫石層。
Sa
0.9-8.0m 顆粒支持礫石層，淘選不佳。夾砂層或粉砂層。
Sb
8.0-17.3m 輕微風化土壤層與黃棕色砂層，砂層具低角度交錯層理及平行紋理。
Sc
17.3-21.2m 細薄層砂泥互層，砂層具平行紋理。
Sd
21.2-27.4m 粉砂質泥夾細沙層，偶夾貝殼碎屑。
Se
28.0-29.7m 泥層，輕微生物擾動，散布碳屑及少量貝屑。
Sf
29.7-32.55m 泥層與粉砂層為主，偶夾薄層細砂，含少量碳屑。
Sg
32.55-40.1m 顆粒支持礫石層，淘選不佳。
Sg
40.1-47.2m 黃棕色細砂層及粉砂層，具低角度交錯紋理及平行紋理。
Sg
47.2-50.2m 風化土壤層
49.6-50m 含有機質泥。

HS07(25m)
(好收7號井)

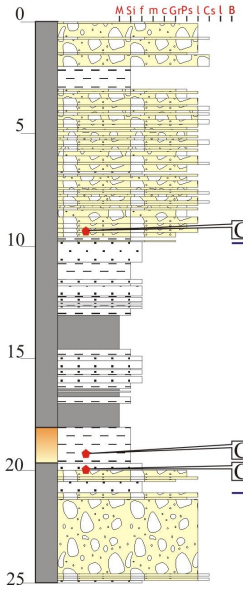


0-9.5m 本層以顆粒支持礫岩為主體；礫岩為變質砂岩，且夾薄層粉砂岩。

9.5-19.7m 以略具平行紋層細砂為頂，以具斑駁狀風化粉砂為底。本層中以生物擾動泥與波狀紋理粉砂與細砂為主。

19.7-25m 以顆粒支持礫岩為主體；礫岩為變質砂岩。本層間夾薄層平行紋理細砂層。

HS08(25m)
(好收8號井)

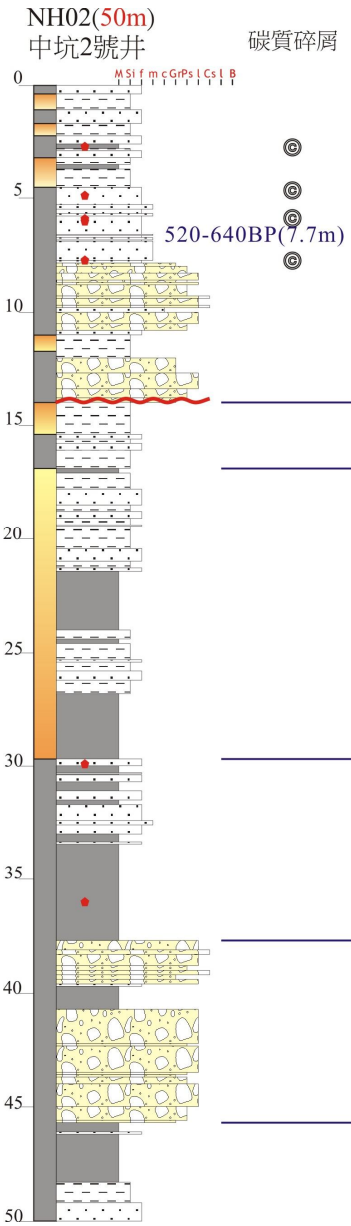


0-9.8m 以顆粒支持礫岩為主體；礫岩為變質砂岩。本層內含數層生物擾動粉砂層。

9.8-20m 以波狀紋理細砂與泥互層為頂，以具斑駁狀構造粉砂岩為底。本層以粉砂與泥為主體，略具波狀紋理。

20-25m 以顆粒支持礫岩為主，間夾略具平行紋層細砂岩。


NH01(30m)
中坑1號井
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
>43500BP(7.6m)
Lb
0-3.3m 風化土壤層。
Lc
3.3-8.0m 青灰色砂泥互層。由以砂質為主的底部漸變為由粉砂質泥為主的頂部。
Ld
8.0-14.1m 淘選不佳的礫石層。
Le
14.1-22.3m 砂泥互層。
Le
22.3-30m 以泥質為主，夾粉砂的風化土壤層。



H

0-14m 全新世沖積層，以鬆散的粉砂及細砂為主。
0-0.4m為耕作土層
0.4-4.5m粉砂質泥為主偶夾細砂層，具生物擾動及斑駁紋理
4.5-7.8m細砂層為主，偶夾薄泥層
7.8-14m淘選不佳的礫石層

La

14-16.9m 輕微風化的土壤層。

Lb

16.9-29.7m 風化土壤層。粉砂質泥為主，偶夾薄砂層。

Lc

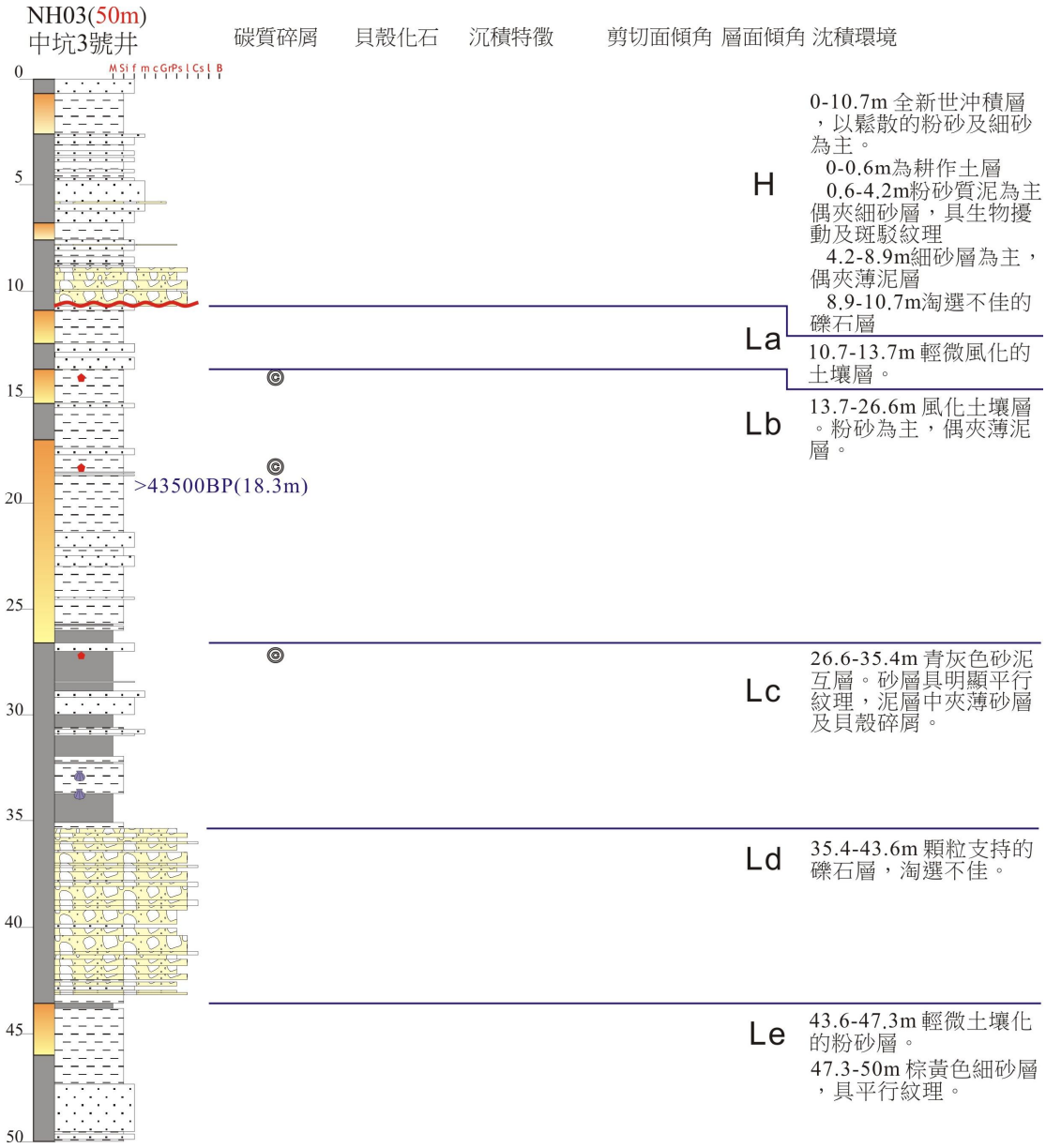
29.7-37.7m 青灰色砂泥互層。由以泥質為主的底部漸變為由細砂為主的頂部。

Ld

37.7-45.7m 顆粒支持的礫石層，淘選不佳。

Le

45.7-48.3m 輕微土壤化的粉砂質泥層。
48.3-50m 黃色細砂層。


NH03(50m)
中坑3號井
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
>43500BP(18.3m)
H
0-10.7m 全新世沖積層，以鬆散的粉砂及細砂為主。
0-0.6m為耕作土層
0.6-4.2m粉砂質泥為主偶夾細砂層，具生物擾動及斑駁紋理
4.2-8.9m細砂層為主，偶夾薄泥層
8.9-10.7m淘選不佳的礫石層
La
10.7-13.7m 輕微風化的土壤層。
Lb
13.7-26.6m 風化土壤層。粉砂為主，偶夾薄泥層。
Lc
26.6-35.4m 青灰色砂泥互層。砂層具明顯平行紋理，泥層中夾薄砂層及貝殼碎屑。
Ld
35.4-43.6m 顆粒支持的礫石層，淘選不佳。
Le
43.6-47.3m 輕微土壤化的粉砂層。
47.3-50m 棕黃色細砂層，具平行紋理。

附錄二、期中審查意見與改進

審查意見	處理情形
(一)整體意見	
1. 期中報告過於簡要，期中簡報之報告內容應補充於報告書之中並加強說明計畫目標之成果。	1.期末報告中已補充簡報資料及加強說明計畫目標。
2. 本計畫重點在「斷層活動特性分析與評估」，「斷層精確位置」應為前項工作的附屬工作。斷層分段為「斷層活動特性分析與評估」的重要工作。	2.斷層活動特性分析與評估工作進行前，均會進行斷層精確位置的確認，已整合說明於報告中。
3. 部份文字錯漏部份，部分地圖、剖面及照片分別缺乏方位、坐標、比例尺、地名、圖例、索引、主要地名、地形名稱，建議於期末報告前一併修改。部份文字錯漏，已標示於主辦單位提供之紙本，請修改。	3.已統一修正。
(1) 圖 2-15 在文字中表示為「可能為構造崖」，但在圖說仍標示為河階崖，應統一。	(1)已修正。
(2) 圖 3-2 之淺層反射震測剖面之位置應標示於圖 3-1 中。	(2)已修正。
(3) 部份圖資漏附比例尺、圖例說明、重要地名、未標示方位、比例尺及圖例，已標示於紙本，請補充(圖 2-1，2-8，2-10，2-12，2-14，2-17，4-1，4-5)。	(3)已修正。
(4) 圖 4-1(b)為圖 4-1 之圖例，應用彩色列印。	(4)已修正。
(5) 圖 2-16 中之大安溪應為大肚溪(烏溪)。	(5)已修正。
(6) 第 26 頁，第二段「紅土層由上盤朝下盤變薄，上盤厚 1.8-4 公尺，下盤厚至少 6 公尺」，描述前後無法對應，應為誤植。	(6)已修正。
(7) 目前報告書中仍有部分文字錯漏。	(7).已修正。
4. 淺層鑽探與排鑽的工作進度應加速進行。	4.遵照委員意見辦理，已於期末報告前完成所有工作。
5. 報告書內容資料如為引用前期調查資料，請標明引用之報告出處及年代。如第 29 頁「38000 年前」之出處，請註明文獻出處。	5.已於期末報告註明。
6. 期末報告須繪製 5000 分之 1 斷層位置分布圖。	6.已繳交附加資料
(二)山腳斷層(北段)：	
1. 山腳斷層在海域資料蒐集及分析後，確有向海域延伸(實際應是海域向陸地延伸)，斷層長度隨調查範圍擴大會有不斷增加的情形，因此，斷層分段的研究應列入活動特性	1.本報告之分段為地質調查所於製圖上所使用之分段，地質分段之定義尚無定論，本報告中已進行斷層位置精確程度的分

評估項目。陸地分成北段及南段的意義為何？希望有明確的說明。	段。
2.山腳斷層精確位置調查確有困難，斷層可能通過區域的可及性甚高，因此既有地質資料充足，本計畫至期中為止，似未見有關於斷層位置的新發現，如期末時斷層位置仍如以往，應加強說明以目前調查技術及方法無法取得新的突破。	2.已補充相關說明。
3.山腳斷層在大屯火山區的變形作用調查與研究請參考中央大學鄭俊昇的碩士論文。大屯火山區的斷裂分布也請參考陳肇夏與吳永助在地質學會會刊內的論文。	3.已參考相關研究資料。
4.第 17 頁，山腳斷層上、下盤之岩性請加強其正斷層特性的描述。	4.已於期末報告補充。
(三)三義斷層：	
1.三義斷層東側支斷層位置似較主斷層清楚，且為目前主要活動帶，如此在活動斷層圖是否應以東側支斷層為主要斷層？若原認定的主要斷層若已不再活動，則不宜再以活動斷層呈現，以免造成土地開發利用的困擾。	1.請地調所決定。
2.如果重新定義三義斷層，建議說明與原來所定義的車籠埔斷層的關係，亦即車籠埔斷層、三義斷層、后里斷層、九二一地震地表破裂的相對位置。	2.已於三義斷層章節中補充描述。
3.三義斷層調查重點在地質圖中三義斷層東側的活動線，支持加強在該處的槽溝挖掘與定年。	3.土地所屬單位未能同意，改採排鑽方式進行調查。
(四)大甲斷層：	
1.大甲斷層是否僅能由地形來確認其位置，建議多收集鑽探資料。	1.已補充該區域既有鑽井及地球物理調查資料。
2.報告書中大甲斷層、清水斷層與屯子腳斷層之位置於圖中有不一致之情形，應統一。	2.已修正
3.大甲斷層在鐵砧山附近地層錯距達數百公尺，斷層位置明確，值得去做槽溝開挖及定年研究，其餘位置即使屬盲斷層亦值得去做槽溝開挖及定年。	3.未有適合地點。
4.大甲溪台鐵山線鐵道橋北岸一帶之斷層露頭，曾有化石研究指出該岩盤所含有孔蟲年代相當於桂竹林層之年代，與本案所指東坑層不同。	4.已修正為桂竹林層。
(五)梅山斷層：	
1.梅山斷層是右移斷層，建議審慎評估淺層鑽	1.目前之調查方法及技術，並未

探是否可以提供斷層位置及錯移的資訊。 2.梅山斷層的斷層跡清楚繪於 Omori 的地圖中，建議以精確的轉繪技術套疊於現代的地形圖上，以方便後續調查。 決議事項： (一) 期中簡報內容及工作進度本所同意備查，請受委託單位依審查委員意見辦理，將處理情形條列說明，檢附於期末報告。 (二) 有關委辦單位提出將於梅山斷層進行地球物理調查（淺層震測），並進行較深的鑽井（約 100 公尺）以控制地下岩層分布情況；山腳斷層（北段）山區部分因成效有限，不進行鑽井及地下剖面調查；以及大甲斷層沿線地下資料將採資料收集為主等 3 事項，5 位出席委員均未表示反對意見，委辦單位得依規劃進行調查，但前述 3 事項若涉及調查工作總數量或調查經費變更時，仍須依契約書第十五條來文申請計畫變更。 (三) 請依契約書第五條規定，來函檢附第 2 期款請款收據、工作進度報告表及經費收支報告表，辦理第 2 期款請款事宜。	發現足以判斷橫移速率之指標，現階段　僅能提供垂直變動速率。 2.已套疊於 DTM 地形底圖之上。

附錄三、期末審查意見表

審查意見	處理情形
李委員錫堤：	
1. 山腳斷層及三義斷層精確位置的 ArcGis 電子檔案建議放入鑽孔位置，地物探測線位置，剖面位置及其他必要之參考點，以方便查閱及比對。	1.附上 ArcGis 電子檔案。
2. 報告中「山腳斷層北段」應係指作圖上的北段，而非 Fault segmentation 上的分段，請在報告中說明清楚。大屯火山是否 Fault segmentationg 上的分段點？亦請考慮並加以說明。	2.已於內文第 27 頁，3-1 節中說明。目前還尚未有充足資料可以討論是否於大屯火山區做為分段點。
3. 三義斷層帶的東側有活動分支出現而切穿紅土層貫穿至地表之情況。此為三義斷層之活動分支或活動線之所在。是否另命名為后里斷層宜慎重考慮仔細檢討。	3.參照命名優先權，此東側分支斷層應可稱為「后里斷層」，最終於活動斷層分布圖之命名則請地調所裁決。
4. 三義斷層及梅山斷層的活動性評估及斷層參數決定，將來還得開挖一系列的槽溝調查之，以求得斷層之重複間隔 (recurrence interval)。	4.需尋得適當地點及計畫經費。
林委員慶偉：	
1. 建議報告中應將研究方法稍加說明。	1.研究方法於之前報告已有說明，不須在每年報告中重復解說。
2. 宜說明本計畫使用數值地形之來源與精度。	2.本研究數質地形皆採用 5m 解析精度之 DTM 底圖。
3. 斷層跡精確位置調查，本文敘述之各項地形特徵及其位置應標示於數值地形圖上或以另圖表示。	3.地形特徵位置已補充標示於數質地形圖上。
4. 后里斷層與三義斷層之區別宜再說明。	4.已於內文第 37 頁，4-1 節中說明。
5. 大甲斷層南段於地形上斷層線崖並不明顯，斷層位置亦不能確定，因此是否能作出“量測斷層跡的誤差範圍約 100 公尺“，宜再斟酌。	5.此處描述已於文中修正。
6. 期中報告委員意見之回覆過於簡略，未來宜改進。	6. 已參考本意見。
林委員啟文：	
1. 圖 2-7 如何由岩心柱狀圖看出斷層尖端以截穿至地表？	1.此結論為參照野外露頭地層變形及岩芯剪切分布所得。
2. 圖 2-22 是否指示大甲斷層為延伸至此處，抑或斷層在營埔更西方？	2.此處構造為褶皺形態，虛線為摺皺變形的向斜軸線。

3. 由三義斷層的調查結果，是否指示三義斷層較支斷層(后里斷層)更具有活動性？若是如此，調查的策略似有失當(應著重更具活動性的主(支)斷層)。	3.依本研究調查而言，支斷層活動性較明顯。本研究所進行調查即針對此活動性較明顯的支斷層而為。
4. 結論並未針對三義斷層及梅山斷層的活動性進行評估。	4.梅山斷層僅有垂直變動速率，活動性尚無法評估。
(四) 張委員徽正：	
1. 應補充英文摘要。	1.已補充。
2. 本計畫分兩個工作重點，因此報告宜分兩部分分別說明。	2.將於下期計畫參考辦理。
3. 契約規定之工作項目、數量等宜於前言表列說明，並說明實作數量。	3.已於第 3 頁補充，表 1-2。
4. 圖 4-4 上覆之綠色部分是否為岩層，如為樹木，請刪除。	4.綠色部分為上覆植被，已移除修整。
5. 許多圖資欠缺圖例，請補正。	5.部分圖資為用文字標明，不附加圖例。
6. 三義斷層與后里斷層(或三義斷層支斷層)及金山斷層與山腳斷層宜作專節的區分與定義。	6.不須專節說明，目前還未有資料來定義金山斷層與山腳斷層的分段。后里斷層是三義斷層在東側的分支斷層。
7. 圖 4-1a 與圖 4-2 有關后里斷層之位置不一致。	7.構造線位置已修正。
8. 圖 2-10 與圖 2-22 圖示斷層之實線與虛線不一致。	8.構造線位置已修正。
謝委員凱旋：	
1. 本報告山腳斷層南北分段和地震活動性評估之分段點不相同，為避免外界誤用，須於內文中敘明。	1.已於內文第 27 頁，3-1 節中說明。
2. 圖 5-5，圖 5-6 所判釋於梅山斷層通過處地層之連接方式建議加上問號，以顯示地層可能受斷層錯動而產生不連續。	2.岩芯中未有明顯剪切構造，研判地層應仍保持連續，僅受斷層活動影響造成兩側變形，產生地層高程上的落差。
3. 圖 2-10，圖 2-16 沙鹿 3 號井未有井位點(藍點)標示，請修正或文字說明。	3.已補充文字說明。
4. 表 1-4，請比照表 1-2 及表 1-3 加上 1 欄標示「102 年度本計畫淺層反射震測剖面」，以便查閱。	4.已修正為第 7 頁，表 1-5。
業務單位：	
1. 請補充報告書書背、補充英文摘要等部分。請修正報告書封面之格式、報告之編號，請參照前期計畫之封面格式調。	1.已修正及補充。
2. 目錄頁前應仍有一頁封面說明頁，請補充。	2.已補充。
3. 圖目錄中部份圖名與文中之圖名不同，請	3.已修正說明。

再確認。	
4. 部分參考文獻錯漏或與文中描述不同，請修正。	4.已修正補充。
5. 部分文字錯漏請參考主辦單位提供之紙本修改。	5.已修正。
6. 圖 2-10 之圖說建議增加說明紅色節點為分段點。	6.已增加圖說。
7. 梅山斷層章節中坑場址之鑽井編號在不同圖表(表 1-1、圖 5-4 及 5-5)中均不同，請統一。	7.已修正統一鑽井編號。
8. 梅山斷層章節中敘述鑽井資料時均以井名說明，但在圖上均以圖號標示，難以對應，建議補充。	8.已統一採用井號。
9. 部分圖資未標示指北、照片方位(或拍攝方向)、坐標系統、圖例、指北或主要地名，請補充(圖 2-1、圖 2-6、圖 2-11、圖 2-14~2-15、圖 2-19、圖 2-21、圖 2-24、圖 3-1、圖 3-8~3-10、圖 4-4、圖 4-2) 。	9.圖資缺漏部分已進行修整。
10. 報告書中之重要地質圖、斷層跡位置圖、槽溝剖面圖比例尺過小，應在報告書中附上重點地區較大比例之圖資以供審閱。	10.圖版比例尺過小為受限於紙張版面大小，將來將考慮參照本意見。
11. 鑽井工作目前僅見鑽井柱狀圖，應將在報告書中附上較重要位置之岩心照片，並將完整岩芯照片標示日期後繳交地質調查所，以便後續研究使用。	11.完整岩芯照片資料已繳交地調所查驗。
決議事項：	
(一) 期末簡報內容、工作進度及項目符合契約書規定，本所同意備查。請執行單位依據委員意見與建議事項參酌修正報告書內容，並將審查意見之回覆說明檢附於正式期末報告書附錄，以利查核。	
(二) 報告書修正完後，請提送成果報告書及相關附件辦理驗收事宜，俟驗收完成後驗收完成後，請依據契約書相關規定來函申請撥付尾款及結案。	
(三) 經本會議（4 位委員出席及 1 位委員提書面意見）決議期末報告書依審查意見需稍加修改後可被接受，並同意由執行單位國立臺灣大學優先提出 103 年度「重要活動斷層構造特性調查研究計畫－斷層活動特性分析與評估(4/4)」案之服務建議書，請提交 103 年度之服務建議書，俾便辦理後續審查作業。	