經濟部中央地質調查所報告第 101-9 號
計畫編號: 101-5226904000-03-03

重要活動斷層構造特性調查研究計畫－
活動斷層特性分析與評估(2/4)
（期末報告）

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 101 年 12 月

重要活動斷層構造特性調查研究計畫
活動斷層特性分析與評估(2/4)（期末報告）

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 101 年 12 月

計畫名稱：「重要活動斷層構造特性調查研究計畫－活動斷層特性分析與評估(2/4)」

目錄

目錄……II

圖目錄……III

表目錄……Ⅶ

附錄……Ⅶ

摘要……1

第一章、前言……2

1-1 淺層鑽探與排鑽（古地震）……3

1-2 碳十四定年……7

1-3 工作成果……10

第二章、米崙斷層……11

2.1 地質地形特性……11

2.2 地球物理探勘……15

2.3 斷層跡調查與 e-GPS 測量……15

2.4 鑽井與古地震槽溝挖掘……17

2.5 古地震槽溝……36

2.6 討論……42

2.7 結論……43

參考文獻……43

第三章、新竹斷層……45

3.1 地質地形特性……45

3.2 地球物理探勘……48

3.3 斷層活動特性……49

3.4 斷層跡調查與 e-GPS 測量……52

3.5 鑽井……56
3.6 討論與結論……66
參考文獻……71
第四章、旗山斷層……75
4.1 地質地形特性……75
4.2 鑽井岩心柵狀剖面……77
4.3 討論……83
參考文獻……86
第五章、龍船斷層……87
5.1 地質地形特性……87
5.2 野外調查結果與討論……88
5.3 結論……89
參考文獻……93
第六章、結論……94
6.1 米崙斷層……94
6.2 新竹斷層……94
6.3 旗山斷層……95
6.4 龍船斷層……95

圖目錄

圖 2-1、1951 年地震米崙斷層的地表破裂圖與地震當時報紙所報導花蓮市的地表破裂分布圖。…….... 12
圖 2-2、1951 年地震地表變形帶位置(紅色線)及 e-GPS 量測位置。(TWD97)…..13
圖 2-3、花崗山區域放大圖。(TWD97)……...14
圖 2-4、地電阻施測成果,明禮路兩側呈現明顯差異..……..……15
圖 2-5、米崙山西側坡崖(台九線公路)..……...……16
圖 2-6、花崗國中大門,公園路與明禮路路口斷層跡....…....…….……..……17

圖 2-7、花崗山西側崖坡（樹人街）斷層跡.....17
圖 2-8、七星潭鑽井岩心.....19
圖 2-9、東華一區與東華二區鑽井位置圖，黑線為剖面位置。（TWD97）.....18
圖 2-10、東華一區一號鑽井.....21
圖 2-11、東華一區二號鑽井.....22
圖 2-12、東華一區一號與二號鑽井岩心對比.....23
圖 2-13、東華二區一號鑽井.....24
圖 2-14、東華二區二號鑽井.....25
圖 2-15、東華二區一號與二號鑽井岩心對比.....25
圖 2-16、大陳新村鑽井位置圖，白線為剖面位置。（TWD97）.....26
圖 2-17、大陳新村一號鑽井.....27
圖 2-18、大陳新村二號鑽井.....27
圖 2-19、大陳新村一號與二號井鑽井岩心對比.....28
圖 2-20、槽溝與鑽井位置圖.....28
圖 2-21、花崗山五號鑽井.....29
圖 2-22、花崗山六號鑽井.....30
圖 2-23、花崗山七號鑽井.....30
圖 2-24、花崗山八號鑽井.....30
圖 2-25、花崗山九號鑽井.....31
圖 2-26、花崗山十號鑽井.....32
圖 2-27、花崗山 A-A`鑽井剖面.....33
圖 2-28、花崗山一號鑽井.....33
圖 2-29、花崗山二號鑽井.....34
圖 2-30、花崗山三號鑽井.....34
圖 2-31、花崗山四號鑽井.....35
圖 2-32、花崗山 B-B`鑽井剖面.....35

圖 2-33、花崗山一號槽溝南牆.....37
圖 2-34、花崗山一號槽溝北牆.....38
圖 2-35、花崗山二號槽溝南牆.....40
圖 2-36、花崗山二號槽溝北牆.....41
圖 3-1、新竹地區地質圖..... 47
圖 3-2、新竹斷層位置圖與階地分布圖（TWD67）.....47
圖 3-3、Namson（1984）解釋新竹市東西向的構造平衡剖面，新竹斷層屬於斷層轉折褶皺型態，新城斷層屬於斷層擴展褶皺型態.....48
圖 3-4、楊耿明等（Yang et al., 1994）解釋新竹市東西向的構造剖面，新竹斷層與新城斷層屬於斷層擴展褶皺型態.....48
圖 3-5、桃竹苗地區相對於澎湖 S01R 監測站的 GPS 速度場（2001-2008 年）分析結果（林燕慧，2010）。底圖顏色代表年平均速度場，紅色箭頭代表連續站點位解算結果，灰色箭頭代表定期重測點點位解算結果.....51
圖 3-6、新竹地區地質構造剖面，引用 Namson (1984)平衡剖面與石瑞銓等（2009）。鑽井地點與新屋－觀音全新世藻礁估算的平均抬升速率.....51
圖 3-7、新竹斷層跡位置以及鑽井場址位置（TWD67）.....53
圖 3-8、e-GPS 量測位置與鑽井位置圖（TWD67）.....54
圖 3-9、頭前溪場址，鑽井剖面圖.....54
圖 3-10、赤土崎地區的斷層跡位於崖下排水溝位置.....55
圖 3-11、三姓宮溪河口沖積扇被新竹斷層截切形成的斷層崖，地調所三姓宮溪鑽井場址位於斷層崖兩側.....55
圖 3-12、芎林鑽井位置。（TWD97）.....55
圖 3-13、芎林 1 號井.....57
圖 3-14、芎林 2 號井.....58
圖 3-15、芎林場址鑽井剖面圖.....59
圖 3-16、東光與十六張鑽井位置。（TWD97）.....60

圖 3-17、東光與十六張鑽井區域地質圖。(TWD97)……..……60
圖 3-18、東光 1 號井..……61
圖 3-19、東光 2 號井..……..……..……62
圖 3-20、東光場址鑽井剖面圖..……63
圖 3-21、十六張 1 號井..……..……..……64
圖 3-22、十六張 2 號井..……..……..……65
圖 3-23、十六張場址鑽井剖面圖..……..…… .66
圖 3-24、赤土崎區域，由赤土崎一街、博愛路至學府路..…..……...67
圖 3-25、斷層跡由學府路南側經新竹高商、新竹高中、培英中學、建華國中、新竹教育大學，至成德路北側..……68
圖 3-26、成德路北側經崧嶺路之後，沿著中華路南側的斷層崖..……69
圖 3-27、沿著中華路南側的斷層崖坡，至美山海岸..……..……70
圖 4-1、旗山斷層位置圖..……..……77
圖 4-2、鑽井位置圖..……..……78
圖 4-3、鑽井剖面位置圖。(TWD67)..……..……79
圖 4-4、保安宮剖面岩心柵狀圖..…… .80
圖 4-5、嘉誠剖面岩心柵狀圖..……..……80
圖 4-6、大社 A 剖面岩心柵狀圖..……..……81
圖 4-7、大社 B 剖面岩心柵狀圖..……..……82
圖 4-8、仁雄剖面岩心柵狀圖..……..……82
圖 4-9、澄清湖剖面岩心柵狀圖..……..……83
圖 4-10、高雄都會區鄰近區域的鑽井地點的地殼的長期垂直抬升速率..……. 85
圖 4-11、高雄地區地下構造剖面示意圖..…….....84
圖 5-1、台南地質圖(1989)，涵蓋龍船斷層區域的局部地質圖..……90
圖 5-2、鄰近龍船斷層與旗山斷層區域的地質與地形圖..…… .91
圖 5-3、鄰近龍船斷層與旗山斷層區域的斷層分布圖...……..……....92

圖 5-4、古亭坑地區地質平衡剖面圖..……..……..93

表目錄

表 1-1、預期進度甘梯圖…..……..…… .3

表 1-2、工作計量表…..……..……..…… .4

表 1-3、鑽井位置表……..……4

表 1-4、碳十四定年標本……..……7

表 1-5、工作項目成果對照表……10

附錄

附錄一、鑽井岩芯紀錄……..……..……97

附錄二、期中報告審查意見改進表..……..……..……114

附錄三、期末報告審查意見改進表..……..……..……116

附錄四、活動斷層參數資料表..……..……..……126

摘要

本年度工作已完成新竹斷層與米崙斷層的全線斷層跡調查，並完成RTK精密測量斷層跡位置。鑽井完成八處的場址鑽探，分別為新竹斷層三處與米崙斷層五處，共鑽取746公尺岩芯；以及沿米崙斷層挖掘2處古地震槽溝。另外，針對旗山斷層的長期垂直抬升速率的估算，以及龍船斷層區域之調查。

米崙斷層的古地震與活動速率研究結果，表示1820-1630 yr BP以來，至少造成斷層東側形成4公尺的垂直變形量，<300 yr BP以來，垂直變形量至少80公分；長期抬升速率約5 mm/yr。

旗山斷層位置由地表或井下岩盤特性分析結果，研判旗山斷層由北向南延伸，經大社A與B剖面之間，之後轉向南經澄清湖東側與大社丘陵之間凹谷，再沿著鳳山丘陵西側進入海域。於澄清湖西側前緣另還存在一分支斷層，形成澄清湖的丘陵地形。鑽井岩芯所估算的長期抬升速率約0.5-1 mm/yr。

Abstract

The goal of our project is to investigate the precise measurement (Real Time Kinematic measurement) for fault trace of Hsinchu and Milun faults and to understand fault behavior for considering in deformation characteristics of the Milun, Chishan, and Longchuan faults. The study drilled well of 8 sites and the whole borehole length of 746 m along the Hsinchen (or Hsinchu) and Milun faults which focus on the investigation of fault trace and paleoseismic studies, and two paleoseismic trenched sites excavated along the Milun fault.

The paleoseismic study of the Milun fault show the Holocene deformation that occurs the vertical offset of 4 m at least since 1820-1630 yr BP and the vertical offset of 0.8 m at least since <300 yr BP, and that implying vertical uplift rate of 5 mm/yr. Based on the well logging across the Chishan fault, the result shows the vertical uplift rate of 0.5-1 mm/yr.

第一章 前言

本年度（101 年度）「重要活動斷層構造特性調查研究計畫－活動斷層特性分析與評估(2/4)」，研究主題針對新竹斷層、米崙斷層、旗山斷層的「斷層活動特性分析與評估」及「活動斷層的精確位置」調查，與龍船斷層區域之調查。

調查目標為獲得斷層活動參數，將利用地質剖面、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 80 公尺排鑽取代，淺層鑽探以每場址有 2-3 口鑽井，總井深度 650 公尺，共計有 8 處場址。本年度「活動斷層的精確位置」的調查與測繪以新竹斷層、米崙斷層為主要調查目標，進行斷層精確位置的調查與測繪，考量本研究的成果將應用於地質敏感區的規劃之上，故工作內容係將斷層（斷層帶）精確位置的野外調查與收集暨有調查資料，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一比例尺之地形底圖，並依調查資料分段評估斷層位置的可能分布範圍。旗山斷層主要調查目標，為「斷層活動特性分析與評估」；龍船斷層則調查斷層跡位置（表 1-1）。

表 1-1、預期進度甘梯圖：計畫進度控制及檢討之依據。

計畫名稱：活動斷層特性分析與評估(2/4)													
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（斷層跡調查）													
淺層鑽探（排鑽）													
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	75	85	90	95	100	

1-1 淺層鑽探與排鑽（古地震）

除了確定斷層跡位置與淺層斷層傾角目的外，本計畫另欲探討斷層長期滑移速率之目的，因而規劃在鑽探場址的斷層兩側進行鑽井，並預期鑽取沉積物中可採取 ^{14}C 定年材料，才能達到此研究預期目的。若屬於岩盤或是鑽取岩芯中沒有可定年材料時，就無法達到估算斷層長期滑移速率與再現週期。因此，場址的選擇條件必須非常慎重評估，研判是否具備上述地質條件。除了 ^{14}C 定年對比之外，亦可由層序作對比，如此才能夠在斷層兩側的鑽井岩芯中獲得同時期的沉積層（時間面），如此即可以估算斷層垂直變動速率，若鑽井可以鑽穿斷層，則可

獲得斷層近地表的位態，亦即可估算斷層淨滑移速率。

場址選擇評估首先由航照與野外調查判斷斷層跡（fault trace）位置，以及是否具備上述的地質條件，之後再於野外尋找鑽探與挖掘地質剖面的地點。由於本研究計畫預估每口鑽探深度約 25-70 公尺，所以事先必須預估斷層面可能傾角。通常選擇鑽探位置距離斷層跡約在 50 公尺以內，此距離才可能鑽穿斷層帶，並且在下盤可以鑽取晚期更新世－全新世沉積層，以供對比與採取 ^{14}C 定年標本。

本年度鑽探工作如下，新竹斷層有 3 處鑽探場址，計有苧林、東光、十六張。米崙斷層有 5 處鑽探場址，計有七星潭，東華一區、東華二區、大陳新村、花崗山西坡；2 處槽溝，位於花崗山西坡。總計，本計畫鑽探井數共有 23 口，總深度共 746 公尺（表 1-2，1-3）。

表 1-2、工作計量表。

調查項目	單位與數量
淺層鑽探	23 口井，井深共 746 公尺。 新竹斷層：6 口井，共 242 公尺。 米崙斷層：17 口井，共 504 公尺。
槽溝	2 處剖面，長度共約 38 公尺。
碳十四定年	21 個標本完成，7 個標本鑑定中，共計 28 個標本。

表 1-3、鑽井位置表。(TWD97)。

101 年度本計畫鑽井							
井名（淺層鑽探）	井號	X(E)	Y(N)	井深	高程	執行單位	年度
苧林 1 號	CL1	257411.178	2742483.342	50	78	臺大地質系	101
苧林 2 號	CL2	257453.990	2742532.353	30	80	臺大地質系	101
東光 1 號	TK1	267827.157	2741103.514	50	144	臺大地質系	101
東光 2 號	TK2	267815.998	2741141.901	30	143	臺大地質系	101
十六張 1 號	SLC1	268129.793	2741163.742	31	153	臺大地質系	101
十六張 2 號	SLC2	268132.248	2741274.085	51	148	臺大地質系	101
七星潭 1 號	CST1	314073.692	2657883.003	70	34	臺大地質系	101

東華 1 區 1 號	HS1-1	312820.478	2656174.845	53	10	臺大地質系	101
東華 1 區 2 號	HS1-2	312792.609	2656192.233	51	10	臺大地質系	101
東華 2 區 1 號	HS2-1	312923.498	2656326.216	42	11	臺大地質系	101
東華 2 區 3 號	HS2-2	312932.165	2656315.983	38	11	臺大地質系	101
大陳新村 1 號	DC1	312535.337	2655442.869	30	9	臺大地質系	101
大陳新村 2 號	DC2	312598.932	2655446.580	50	11	臺大地質系	101
花崗山 1 號	HKS1	312311.990	2652498.392	10	9.07	臺大地質系	101
花崗山 2 號	HKS2	312315.180	2652498.044	10	9.09	臺大地質系	101
花崗山 3 號	HKS3	312320.002	2652497.401	10	8.94	臺大地質系	101
花崗山 4 號	HKS4	312325.243	2652497.310	15	10.33	臺大地質系	101
花崗山 5 號	HKS5	312313.436	2652518.536	15	9.13	臺大地質系	101
花崗山 6 號	HKS6	312317.375	2652516.806	10	9.2	臺大地質系	101
花崗山 7 號	HKS7	312323.295	2652517.323	10	9.35	臺大地質系	101
花崗山 8 號	HKS8	312329.414	2652517.694	10	9.52	臺大地質系	101
花崗山 9 號	HKS9	312328.535	2652530.581	30	10.08	臺大地質系	101
花崗山 10 號	HKS10	312347.919	2652527.706	50	12.3	臺大地質系	101
合計					746		
87-100 年度地調所高屏區域鑽井							
井名（水文、工程）	井號	X(E)	Y(N)	井深	高程	執行單位	年度
中正	120101G1	185655.236	2503315.405	250.0	14.2	地質調查所	87
鳳鳴	641101G1	183764.376	2490698.14	250.0	9.2	地質調查所	87
五甲特公園	KH88-G01	183189.198	2498137.808	72.0	9	地質調查所	88
中鋼廠	KH88-G03	183191.200	2494569.824	103.0	5	地質調查所	88
鳳林國小	KH88-G05	182285.205	2491904.835	126.4	4	地質調查所	88
港埔國小	KH88-G07	186028.188	2489668.847	80.0	4	地質調查所	88
大社	120501G1	182911.714	2514720.707	250.0	17.5	地質調查所	89
灣內	120601G1	184087.666	2509365.396	250.0	18.4	地質調查所	89
莊敬	640501G1	180620.845	2506473.976	250.0	6.9	地質調查所	89
過埤	120102G1	184619.438	2499472.706	250.0	9.1	地質調查所	89
五權	640801G1	180439.209	2502530.787	250.0	5.2	地質調查所	89
民族國中	KH89-G02	181402.204	2504612.778	101.8	8	地質調查所	89
瑞豐國小	KH89-G07	181927.203	2500844.795	107.8	9	地質調查所	89
中鋼二	KH89-G11	184018.196	2492896.831	250.0	5	地質調查所	89
大華國小	KH90-G02	183066.196	2506036.772	100.0	26	地質調查所	90
鎮北國小	KH90-G03	185860.184	2504610.780	125.5	16	地質調查所	90

青年中學	KH90-G04	183816.194	2503400.784	300.0	13	地質調查所	90
鳳山國小	KH90-G05	184547.191	2502564.788	150.0	11	地質調查所	90
環保局綠地	KH90-G07	185054.189	2501160.795	100.0	12	地質調查所	90
兒童公園	KH90-G08	185151.189	2498999.804	153.0	23	地質調查所	90
過埤國小	KH90-G09	183430.197	2499721.801	100.0	9	地質調查所	90
楠陽國小	KH91-G09	182171.198	2513833.738	80.0	15	地質調查所	91
獅湖國小	KH91-G17	181254.204	2507865.764	80.0	10	地質調查所	91
橫山國小	KH92-G01	184121.188	2517028.724	80.0	27	地質調查所	92
大社國中	KH92-G02	183801.190	2514436.735	200.0	21	地質調查所	92
觀音國小	KH92-G03	183703.191	2513660.739	52.0	20	地質調查所	92
竹後國小	KH92-G04	181660.201	2512369.744	80.0	13	地質調查所	92
仁武國小	KH92-G05	183051.195	2511226.749	120.0	16	地質調查所	92
八卦國小	KH92-G06	181367.203	2510098.754	80.0	13	地質調查所	92
漢民國小	KH92-G12	184026.195	2496440.816	150.0	7	地質調查所	92
KH92-G03-A-F	KH92-G03-A-F				22-30	地質調查所	92
保安宮 1 號井		185934.180	2517106.724	200.0	36	地質調查所	96
保安宮 1-1 號井		185924.180	2517114.724	100.0	36	地質調查所	96
保安宮 2 號井		185542.182	2516973.725	200.0	25	地質調查所	96
北勢 1 號井	BS1	195843.133	2530398.669	60.0	53.0	地質調查所	100
北勢 2 號井	BS2	195793.133	2530496.669	100.0	53.0	地質調查所	100
深水 1 號井	SS1	186861.176	2519077.716	50.0	57.0	地質調查所	100
深水 2 號井	SS2	187102.175	2519069.716	100.0	57.0	地質調查所	100
橫山 1 號井	HS1	186139.179	2517605.722	100.0	39.0	地質調查所	100
橫山 2 號井	HS2	186127.179	2517834.721	50.0	45.0	地質調查所	100
嘉誠 1 號井	CC1	184755.186	2516444.727	50.0	29.0	地質調查所	100
嘉誠 2 號井	CC2	184904.185	2516318.727	100.0	30.0	地質調查所	100
大社 1 號井	DS1	184032.190	2513611.739	100.0	21.0	地質調查所	100
大社 2 號井	DS2	183375.193	2513581.739	50.0	19.0	地質調查所	100
仁雄 1 號井	ZS1	181231.204	2507872.764	100.0	10.0	地質調查所	100
仁雄 2 號井	ZS2	181147.204	2508071.763	50.0	10.0	地質調查所	100
101 年度本計畫槽溝剖面							
槽溝名稱	槽溝代號	X(E)	Y(N)	長度	高程	執行單位	年
花崗山 1 號溝	HKS-T1	312314.363	2652495.303	19	10	臺大地質系	101
花崗山 2 號溝	HKS-T2	312313.645	2652509.757	19	10	臺大地質系	101
合計				40			

1-2 碳十四定年

本計畫針對鑽井岩芯的年代研究，共計取得 28 個標本，完成 21 個標本的碳十四定年，目前仍有 7 個標本進行鑑定中（表 1-4）。

表 1-4、碳十四定年標本，年代為校正年代。

100 年度地調所定年樣本(旗山斷層)							
標本編號 Sample Code No.	海拔高度 (m)	碳十四年代 (yr BP)	古環境水深 (m)	古海水面高度 (m)	抬升速率 (mm/yr)	定年單位	備註
DS1_1990(19.9)	1.1	8650-8540	-4～0	-27～-16	2.9±0.9	Beta	1
DS2_1040(10.4)	8.6	7690-7580	-2～0	-16～-8	2.8±0.6	Beta	1
ZS1_1040(10.4)	-0.4	7920-7690	-2～2	-18.5～-9	1.7±0.8	Beta	1
ZS2_0855(8.55)	1.45	7320-7180	-2～2	-12.5～-5.5	1.4±0.7	Beta	1
ZS2_1610(16.1)	-6.1	8010-7940	-4～0	-20～-10.5	1.4±0.8	Beta	1
CC1_1960(19.6)	9.4	7580-7480	-2～2	-15～-7	2.7±0.8	Beta	1
CC2_0980(9.8)	20.2	4820-4530	-2～2	-1～-0.5	4.5±0.3	Beta	1
HKS1-006		660-540				Beta .	1
HKS1-008		510-330				Beta .	1
HKS1-012		,290-0				Beta	1
HKS2-003		280-0				Beta .	1
HKS2-005		1820-1630				Beta .	1
HKS-C05-1(13.6m)	-4.47	8990-9390				Beta .	1
89 年度地調所定年樣本(地下水觀測)							
標本編號 Sample Code No.	海拔高度 (m)	碳十四年代 (yr BP)	古環境水深 (m)	古海水面高度 (m)	抬升速率 (mm/yr)	定年單位	備註
港和(58.5)	-54.452	10200-9790	-5～0	-48～-34	-1.1±0.97	Beta	2
中洲(14.5)	-10.543	3440-3140	-2～2	-1～0	-3.1±0.9	Beta	2
中洲(127.3)	-123.343	13340-13120	-2～2	-78.5～-71	-3.7±0.5	Beta	2
中洲(147.1)	-143.143	16620-15840	0～2	-116～-104.5	-2.1±0.5	Beta	2
五權(9.7)	-4.462	6360-6060	-2～2	-5.5～-3	-0.05±0.5	Beta .	2
五權(64.3)	-59.062	12240-11750	-2～2	-67～-55.5	0.2±0.6	Beta .	2
鹽埕(9.65)	-7.788	6990-6710	-2～2	-9.5～-3.5	-0.2±0.7	Beta .	2
鹽埕(67.8)	-65.938	11170-10890	-5～0	-61.5～-44	-1.0±1.0	Beta .	2
小港(6.7)	-4.348	6660-6320	0～2	-7～-3.5	-0.03±0.4	Beta .	2
小港(63.2)	-60.848	11110-10680	-2～2	-61～-42	-0.9±1.1	Beta .	2
勝利(8.15)	-0.5	7160-7000	-2～2	-11～-4.5	1.1±0.7	Beta .	2
勝利(28)	-20	9430-9290	-5～0	-35.5～-27.5	1.5±0.7	Beta .	2

楠梓(22.3)	-4.3	5870-5600	-5～0	0～0	-0.3±0.4	Beta .	2
楠梓(45.1)	-27.1	1190-10650	-2～2	-61～-42	2.2±1.0	Beta .	2
88-92 年度地調所定年樣本(工程地質)							
標本編號 Sample Code No.	海拔高度 (m)	碳十四年代 (yr BP)	古環境水深 (m)	古海水面高度 (m)	抬升速率 (mm/yr)	定年單位	備註
誠正(6.35)	2.747	6990-6710	0～2	-9.5～-3..5	1.2±0.3	Beta	3
五甲特(24.2)	-17.111	8200-7940	-5～0	-22～-11	0.2±0.98	Beta	3
五甲特(42.75)	-35.661	9410-9120	-5～0	-35～-25	-0.4±0.8	Beta	3
中鋼(23.15)	-19.262	8330-8010	-5～0	-23.5～-11.5	0.07±1.0	Beta	3
民權(16.45)	-11.916	6650-6450	-2～0	-7～-3.5	-0.9±0.4	Beta	3
民權(34.75)	-30.216	8200-8020	-2～2	-22～-21.5	-1.0±0.3	Beta	3
民權(38.75)	-34.216	8130-7930	-2～2	-21～-11	-2.3±0.9	Beta	3
民權(49.85)	-45.316	8950-8630	-5～0	-30～-17.5	-2.2±1.0	Beta	3
民權(79.3)	-74.766	11870-10760	-2～2	-63～-43	-2.0±1.2	Beta	3
民族(32.95)	-24.944	8590-8400	0～2	-26～-15.5	-0.6±0.7	Beta .	3
民族(61.4)	-53.394	12180-11270	-5～0	-66～-53	0.7±0.7	Beta .	3
加工出口區(7.85)	-5.518	670-530	-2～2	0～0	-9.7±4.5	Beta .	3
加工出口區(98)	-95.668	13930-13710	-2～2	-89.5～-79	-0.8±0.5	Beta .	3
佛公(10.8)	-8.337	6900-6380	0～2	-9～-3.5	-0.5±0.6	Beta	3
佛公(74.95)	-72.487	11210-11070	-5～0	-61.5～-48	-1.4±0.8	Beta	3
佛公(85.35)	-82.887	13580-13320	-2～2	-79.5～-72.5	-0.5±0.4	Beta .	3
高雄車站(34.05)	-28.584	9300-9030	-5～0	-34～-24	0.3±0.8	Beta .	3
三民(5.45)	-3.079	6850-6660	0～2	-8.5～-3.5	0.3±0.5	Beta .	3
三民(44.57)	-42.199	9530-9390	-5～0	-36.5～-19	-1.3±1.2	Beta .	3
三民(66.5)	-64.129	13110-12930	-2～2	-78～-69	0.7±0.5	Beta .	3
新興 (50.9)	-47.705	11210-11100	-5～0	-61.5～-49	0.9±0.8	Beta	3
旗津(109.45)	-107.339	14030-13650	-5～0	-93～-79	-1.4±0.7	Beta .	3
瑞豐(45.9)	-37.653	9250-9010	-5～0	-33.5～-23.5	-0.7±0.8	Beta	3
101 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)	古環境水深 (m)	古海水面高度 (m)	抬升速率 (mm/yr)	定年單位	備註
89G02-3(32.1)	-24.1	7820-8000	-5－0	-10－-19.6	-0.8±0.9	Beta	4
KH89G02-1(40.6)	-32.6	9190-9420	-5－0	-26.3－-35.2	0.1±0.7	Beta	4
90G08-4(32.9)	-9.9	8010-8190	-5－0	-11.3－-21.7	1.2±0.9	Beta	4
90G08-2(43.5)	-20.5	8410-8620	-5－0	-14.7－-26.5	0.3±1.0	Beta	4
90G08-1(48.9)	-25.9	8760-9000	-5－0	-20－-30.7	0.2±0.9	Beta	4

92G05-4(18.9)	10.1	7760-7940	-2－0	-10－-18.9	3.3±0.7	Beta	4
92G05-2(31.2)	-2.2	9000-9130	-2－0	-23.5－-32.2	3.0±0.6	Beta	4
92G05-1(40.4)	-11.4	9960-10230	-2－0	-35.7－-48.3	3.1±0.7	Beta	4
G03F-2(11.8)	10.2	7670-7830	-5－0	-10.1－-17.7	3.4±0.8	Beta	4
G03F-1(7.3)	14.7	5050-5310	-2－0	-1－-2.2	3.4±0.4	Beta	4
G03E-3(10.5)	12.5	8180-8380	-2－0	-13－-23.8	3.9±0.8	Beta	4
G03E-1(6.8)	16.3	4840-4870	-2－0	-0.9－-1.8	3.8±0.3	Beta	4
G03D-2(15.1)	8.9	7970-8150	-5－0	-11.2－-21.3	3.4±0.9	Beta	4
G03D-1(7.2)	16.8	4840-4870	-2－0	-0.9－-1.8	4.0±0.3	Beta	4
G03A-3(16.2)	6.8	8040-8240	-2－0	-11.7－-22.3	3.1±0.7	Beta	4
G03A-2(10.6)	12.4	6420-6580	-2－0	-3.4－-6.4	2.8±0.4	Beta	4
92G03-1(11.3)	8.7	7840-7970	-5－0	-10.1－-19.2	3.3±0.9	Beta	4
92G02-A-2(14.2)	6.8	7270-7460	-2－0	-5.9－-13.7	2.4±0.7	Beta	4
92-G01-2(16.8)	8.3	7260-7420	-5－0	-5.8－-13.3	2.8±0.8	Beta	4
KH91-G11(10.2)	6.2	6210-6360	-5－0	-3.2－-5.3	2.1±0.5	Beta	4
92G14-1(175.6)	-174.6	>43500				Beta	4
HKS-C04-2(9.6m)	0.73	dating				Beta .	4
HKS-C04-3(13.9m)	-3.57	dating				Beta .	4
HKS-C05-1(13.5m)	-4.37	dating				Beta .	4
HKS-C09-1(9.5m)	0.58	dating				Beta .	4
HKS-C09-2(13.5m)	-3.42	dating				Beta .	4
HKS-C09-3(14.3m)	-4.22	dating				Beta .	4
HKS-C09-4(25.5m)	-15.42	dating				Beta .	4

1：經濟部中央地質調查所 100 年旗山斷層補充地質調查案

2：經濟部中央地質調查所 89 年臺灣地區地下水觀測網整體計畫

3：經濟部中央地質調查所 88~92 年高雄都會區工程地質調查報告

4：本研究資料

1-3 工作成果

本計畫應完成之工作項目預計成果與執行成果對照(表 1-5)。

表 1-5、工作項目成果對照表。

項目	預計成果	執行成果
地質剖面	1 處，至少 20 公尺	2 處，總長 38 公尺
地質鑽探	21 孔，總長 650 公尺	23 孔，總長 746 公尺
斷層活動特性與評估報告書	米崙斷層、旗山斷層	報告第 2 章、第 3 章
活動斷層的精確位置報告書	米崙斷層、新竹斷層	報告第 2 章、第 4 章
條帶狀地質圖	1/25,000 龍船斷層條帶狀地質圖修訂	報告第 5 章
電子檔案	地質剖面、活動斷層精確位置、1/5000 斷層位置圖	如附件光碟片
其它	野外勘查討論會(如進行地質剖面挖掘)	已舉辦:米崙斷層地質槽溝討論會
	地質剖面研究過程影片 30 分鐘(如進行地質剖面挖掘)	已繳交

第二章、米崙斷層

2.1 地質地形特性

花蓮市鄰近區域地形呈現一寬平的沖積扇，由花蓮溪與米崙溪沖積而成，平原東側形成隆起台地地形，此全新世台地稱為米崙台地。台地表面由晚全新世海灘相砂礫層與珊瑚礁所構成，晚全新世地層以交角不整合在晚更新世米崙礫岩之上。米崙台地－花崗山與沖積平原之間形成一線型的斷層崖地形，北段走向（米崙台地西側）約呈北東 55-60 度，位置從七星潭海岸沿著現今米崙台地西側崖坡下側（機場內），經東華大學（花蓮師範學院）大門內水塘，之後再向西南沿著美崙山西側，至美崙溪；台地面與沖積平原的高差由北而南約從 20 公尺至 40 公尺。南段（花崗山西側）走向約呈北西 10 度的線型崖，由美崙溪朝東南延伸，經明禮國小，經花蓮署立醫院後側的崖坡，經明禮路至花崗國中內，沿著花崗山西側崖坡；此依地形所繪的線型崖由七星潭至南濱海堤全長約 8 公里。晚更新世以來，米崙台地與花崗山受構造活動影響逐漸隆起形成台地地形，主要構造位於西側崖坡下的米崙斷層。

依照 1951 年記錄的地表變形位置（圖 2-1、2-2）（朱傚祖與游明聖，1995；林啟文等，2009）或前人所述位置（楊蔭清，1953；徐鐵良，1955），北側區段從七星潭海岸沿著現今崖坡下側（機場內），經東華大學（花蓮師範學院）大門內水塘，之後再向西南沿著美崙山西側；此區段大致沿著米崙台地西側的地形崖延伸；此區段的斷層跡位置與線型崖（斷層崖）地形特徵相當吻合。

米崙山以南至花蓮市區域，共畫有三條地表變形帶，其一為穿過米崙溪經過入明禮國小，經花蓮署立醫院大門前（中正路與明禮路路口），經明禮路西南側，再轉向東南側經花崗國中大門（公園路與明禮路路口），穿越校區至花崗山山頂，再轉向南側至南濱公園入海（圖 2-1、2-2）。其二的變形帶，自米崙溪南側分岔朝西南側，其一穿越中正路（中華電信東側），再經中山路與中華路路口，之後經舊火車站，再由南濱公園入海（圖 2-1、2-2）。另一位於最西側，自米崙溪南側分岔朝西南側，距離另一次要的變形帶約百餘公尺，自米崙溪南側分岔朝西南側，經中華電信後穿越中山路，再越中山路，至中華路與大禹街路口，沿著舊鐵

道至舊火車站與另一變形帶連接（圖 2-1、2-2）。依據 1951 年花蓮地震所繪斷層跡位置，南段的三條地表變形帶似乎與地形沒有關係，本研究將在討論一節中針對 1951 年花蓮地震地表破裂帶與現存地形崖的關係作討論。

依據 1951 年花蓮地震所紀錄地表破裂的幾何型態或地表變形分析（朱傚祖與游明聖，1995；林啟文等，2009），米崙斷層應屬於左移斷層，同震變形表示上盤（東側）抬升約 1.2 公尺，並朝東北水平位移約 2 公尺（楊蔭清，1953；徐鐵良，1955）。徐鐵良（1955）敘述在米崙山西側一帶，產生西北走向的地裂；另外在北埔飛機場南端與南濱海堤一帶產生地陷，也顯示米崙斷層屬於左移斷層（Bonilla, 1977）。

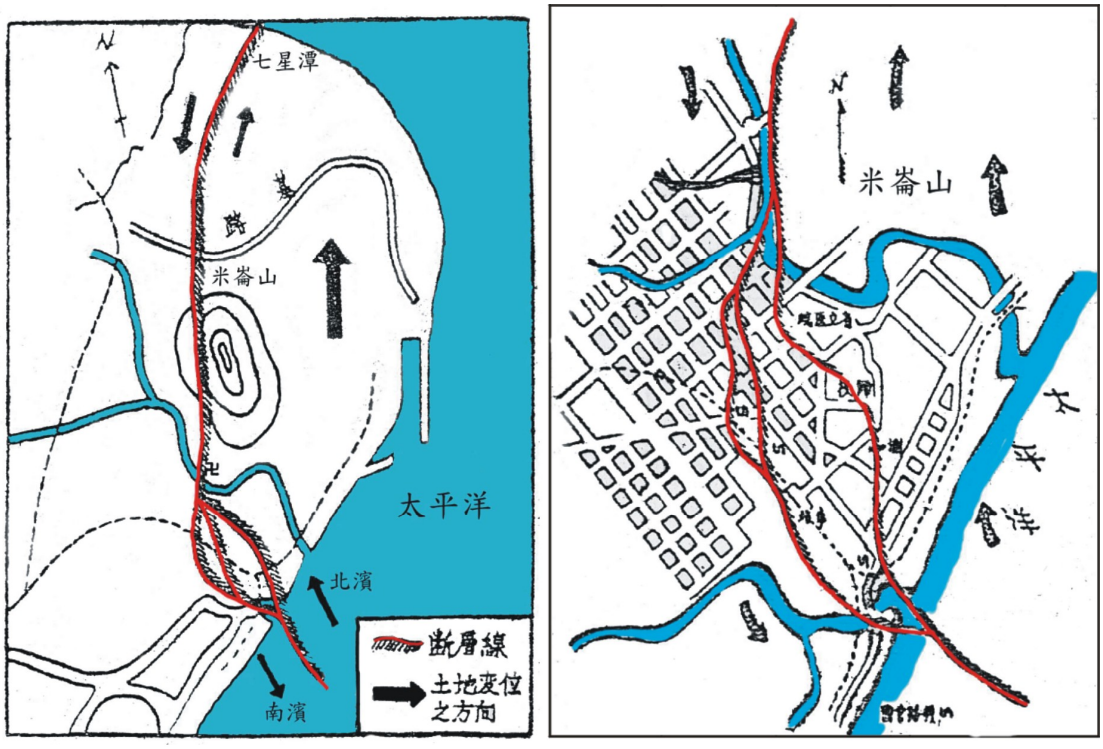


圖 2-1、1951 年地震米崙斷層的地表破裂圖(左)與地震當時報紙所報導花蓮市的地表破裂分布圖(右，重繪自朱傚祖與游明聖，1995)。



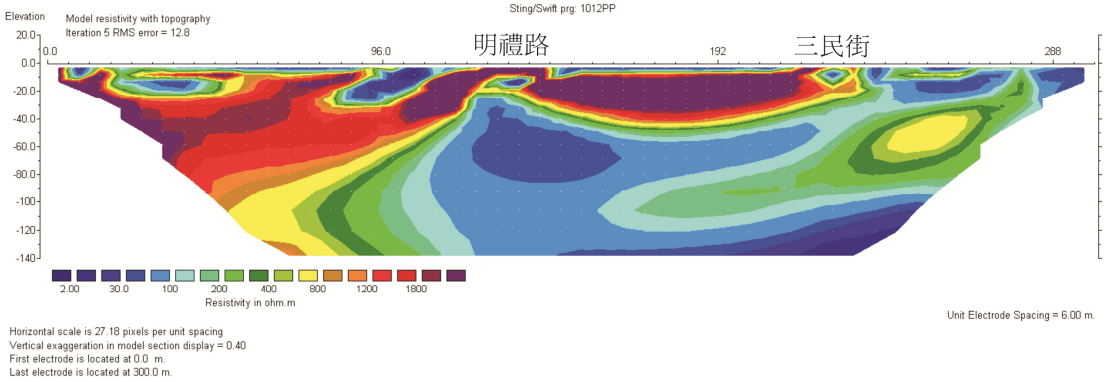
圖 2-2、1951 年地震地表變形帶位置，橘線位置與明禮國小以北紅線的位置；紅線為地形崖位置及 e-GPS 量測位置。（TWD97）



圖 2-3、花崗山區域放大圖(圖 2-1 黃框範圍) ；紅框為花崗山槽溝、鑽井範圍，綠點為鑽井位置，籃框為地電阻探勘測線範圍，紅線為地形崖位置及 e-GPS 量測位置。（TWD97）

2.2 地球物理探勘

過去地質調查所在米崙斷層跡沿線進行地電阻與淺層反射震測調查（石瑞銓等，2004），主要調查區域在北段東華大學校區附近，明確指示斷層跡位置，許多不連續面都無法表示斷層兩側地層的錯移現象，解釋地電阻差異可能是含水層所導致，認為局部含水層是斷層破碎帶造成的結果。近期在公園路進行地電阻探勘（圖 2-3），在花崗國中前的公園路與明禮路路口，沿著公園路兩側呈現明顯差異（圖 2-4）。



Pole-Pole Array施測成果(RES2DINV逆推軟體)
黃進淇 嘉進地質大地技師事務所
陳宜傑 霖昌工程有限公司

圖 2-4、地電阻施測成果，明禮路兩側呈現明顯差異。(剖面位置參照圖 2-3)

2.3 斷層跡調查與 e-GPS 測量

本計畫之一調查目的，著重米崙斷層全線斷層跡與地形勘查與斷層跡 e-GPS 測量，其餘利用鑽井調查斷層跡位置的資料。依據鄰近米崙斷層地形特性，本研究畫分為三個區域來討論，一、七星潭經機場至東華大學教育學院校區，至台 9 線公路。二、台 9 線公路至米崙山南端。三、米崙山北端西側經忠烈祠、明禮國小、花蓮署立醫院，再沿花崗山西側坡崖至南濱公園海岸。

七星潭經機場、東華大學教育學院至台 9 線公路區域，具明顯的線形崖地形，1951 年地震變形帶也沿此崖坡下發生。由於此區段大部分位在空軍機場之內無法進行 e-GPS 測量，所以僅依據地形來測繪，但南北兩端都存在明顯的崖線，所以北端的七星潭以及南端東華大學教育學院（大門水池）都進行 e-GPS

測量，此區段量測的斷層跡位置的誤差範圍可以在兩側共 20 公尺以內（圖 2-2）。

東華大學教育學院（大門水池）至台 9 線公路，再至米崙山北端區域，受到米崙溪的侵蝕或其他構造作用的問題，地形較不明顯，所以本計畫已規畫在此區域中進行鑽探，確定斷層跡位置，而此區段斷層跡位置的誤差範圍可達兩側共 100 公尺。

米崙山西側坡崖（圖 2-5）經忠烈祠、明禮國小、花蓮署立醫院，至花崗山西側坡崖，地形崖較明確，但與 1951 年地震變形帶的位置差異非常大，本研究認為前人所測繪的 1951 年地震變形帶位置似乎有些疑義是值得深入探討（討論一節中探討此問題）。依據 1951 年地震變形帶（東側變形帶）位置（楊蔭清，1953），由中正路以南區段並不位在崖坡下，而是位於較西側的平坦區域（中正路至公園路），之後於花崗國中（公園路與明禮路路口；圖 2-6）轉向地形高區的花崗山之上，此構造線型似乎無法從構造地形的觀點解釋斷層跡的構造意義。因此，本研究乃以構造地形的特徵為依據，在花崗山西側的崖坡下進行古地震槽溝挖掘，印證此崖坡是否為米崙斷層跡位置。所以中正路以南區域，本研究是依循構造地形崖的位置進行 e-GPS 測量，誤差範圍可在兩側共 20 公尺內（圖 2-2）。



圖 2-5、米崙山西側坡崖（台九線公路）為斷層跡位置。(朝東南拍攝)



圖 2-6、花崗國中大門，公園路與明禮路路口，斷層跡經過白色車輛附近。(朝東北拍攝)

2.4 鑽井與古地震槽溝挖掘

本研究沿著米崙斷層跡進行五處的地質鑽探，兩處排鑽，以及兩個古地震槽溝。地質鑽探位置於七星潭、東華大學（2 處）（圖 2-9）、大陳新村（圖 2-16）、花崗山西坡，排鑽與古地震槽溝都與花崗山西側崖坡的鑽探位置相同（圖 2-7）。由於大陳新村至七星潭沿線區域的淺層沉積物都為近代海灘相的小礫石層，其中沒有細粒的沙泥膠結物，所以岩心鑽取後常無膠結物質，僅餘礫石顆粒，岩心難以取得，本區之鑽井(如地調所美崙山 1 號井)均有類似情況。



圖 2-7、斷層跡通過花崗山西側崖坡，槽溝位在右側大樓（軒轅派出所）後方空地（樹人街）。(朝東拍攝)

2.4.1 七星潭鑽井

七星潭鑽井場址位在東華大學通往七星潭華西路的最北端，華西路東側台地上方，米崙斷層的東側（圖 2-2）。此地點位在斷層崖坡之上，利用一口 70 公尺深的鑽井（圖 2-8），調查斷層上盤地層是否屬於晚更新世米崙礫岩，或全新世礫石層；由於下盤位於空軍基地內，所以無法進行鑽井（現正在道路拓寬）。

七星潭一號井的岩性分為兩層，上層 14.4 公尺為顆粒支持結構的礫石層，岩性為來自大南澳片岩的礫石，不含基質（沙或泥），淘選度極佳，外形圓度極佳，屬於全新世的海灘礫石，與現今七星潭海岸礫灘的礫石岩性相似。下層為砂泥質礫石層（14.4-70 公尺），稍有膠結，呈基質顆粒支持結構礫石層，礫石主要含有大南澳片岩的岩性，但其中含有許多黑色片岩，與上層礫石層岩性有很大差異。淘選度極差，礫石為次圓狀至次角礫狀，屬於河流環境。本層層面已傾斜，應為米崙礫岩層。其與上層的海灘相礫石層呈交角不整合關係。此層中亦局部分布剪切構造。雖然，本計畫未於斷層西側（空軍機場）進行鑽井，但從井深 14.4 公尺處出露米崙礫岩而言，此線形崖應為米崙斷層位置。因為，此斷層崖高約 20 公尺，而斷層西側崖下沖積平原以下至少十數公尺深的沉積物都與本鑽井的上層海灘相礫石層相同，都為全新世的海灘相礫石層，顯然在線形崖兩側的地層都具有相當的垂直位移。建議未來的鑽井可以在線形崖西側進行一至二口的深井，來確定米崙礫岩的深度。

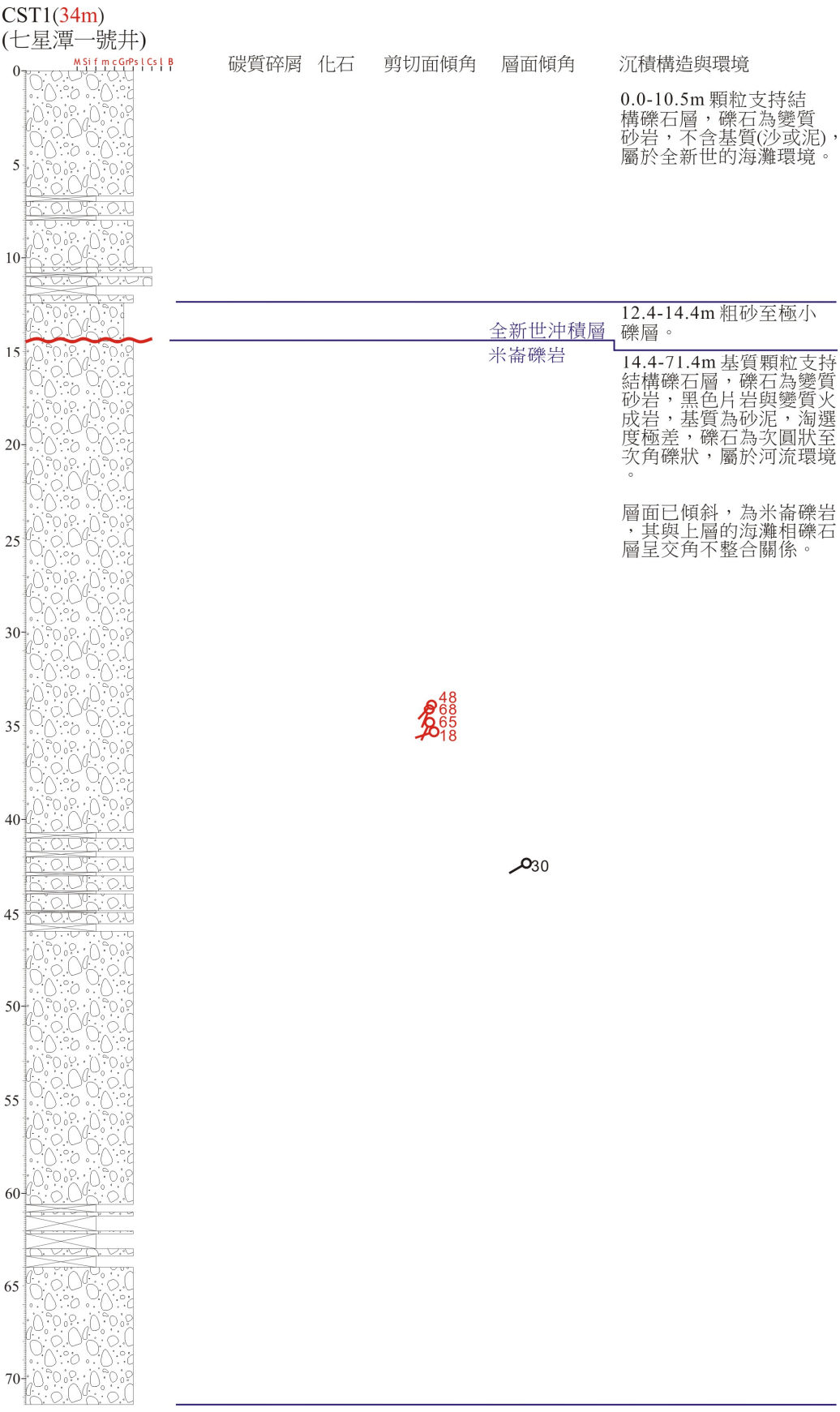

CST1(34m)
(七星潭一號井)
M Si f m c Gr Ps Cs B
碳質碎屑
化石
剪切面傾角
層面傾角
沉積構造與環境
0.0-10.5m 顆粒支持結構礫石層，礫石為變質砂岩，不含基質(沙或泥)，屬於全新世的海灘環境。
12.4-14.4m 粗砂至極小礫層。
全新世沖積層
米崙礫岩
14.4-71.4m 基質顆粒支持結構礫石層，礫石為變質砂岩，黑色片岩與變質火成岩，基質為砂泥，淘選度極差，礫石為次圓狀至次角礫狀，屬於河流環境。
層面已傾斜，為米崙礫岩，其與上層的海灘相礫石層呈交角不整合關係。
48
68
65
18
30
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70

圖 2-8、七星潭鑽井岩芯。

2.4.2 東華大學

東華大學先前已經進行鑽井，由於當時採取岩芯樣本不佳，所以本計畫再度針對此地點進行研究。此次選擇地點位在校區最北側，地形呈現一高約 1.5 公尺崖坡（東華二區），以及大門水塘南側（東華一區）（圖 2-9）。東華一區一號（圖 2-10）與二號（圖 2-11）岩芯的岩性，大致上可以分為三層，上層為砂層，中層為砂礫層，下層為基質支持的砂泥質礫石層。沉積層似乎可以對比（圖 2-12），東華一區一號（接近斷層跡）稍有沉降的現象，遠離崖坡（斷層跡）的抬升量較大。但由於岩芯的採取效果不佳，以及沉積層沒有定年資料，其對比尚有待更多的資料，或利用更深鑽井，利用岩盤（米崙礫岩）的垂直位差作對比。

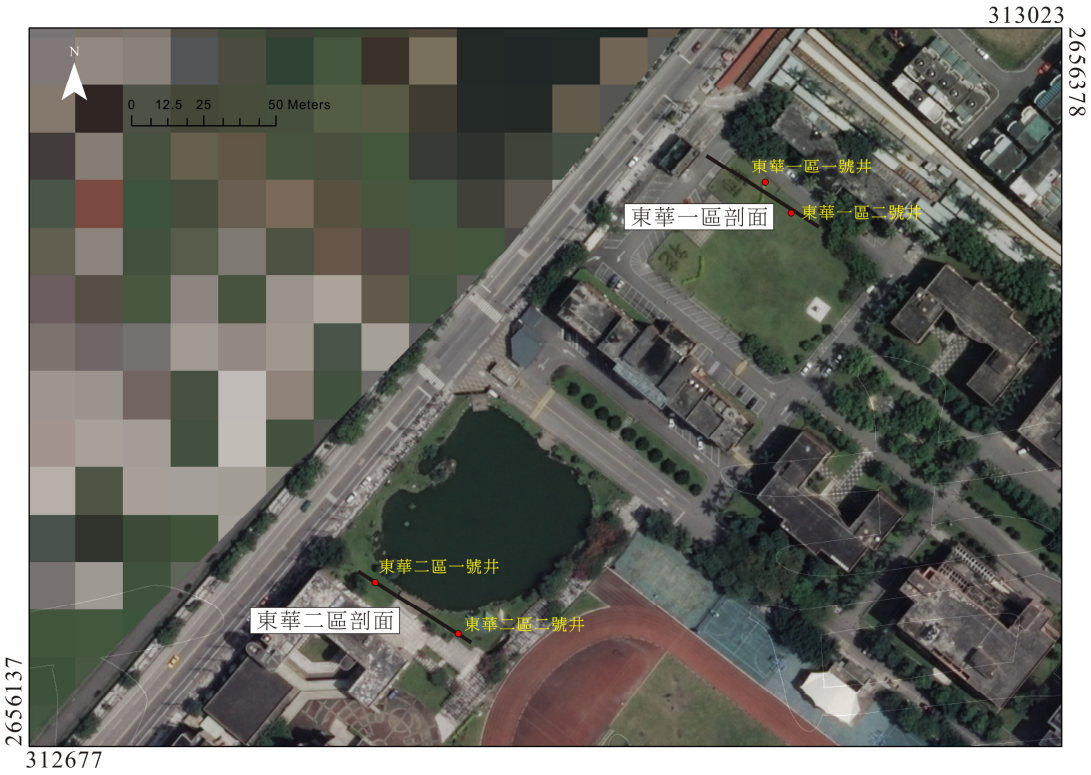


圖 2-9、東華一區與東華二區鑽井位置圖，黑線為剖面位置。（TWD97）


HS1-1(10m)
(東華一區一號井)
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
6
0-0.3m 水泥，0.3-1.0m 人爲回填層。
1.0-2.8m 中砂層。
2.8-3.8m 粗砂層。
3.8-4.5m 細砂層。
4.5-5.0m 中砂層。
4.5-6.25m 細砂與薄中砂層，具平行紋層。
6.25-7.2m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩，縫隙充填中砂。
7.2-7.4m 中砂層。
7.4-11.3m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩，縫隙充填中砂或粗砂。
11.3-11.6m 粗砂層，偶夾小礫石。
11.6-13.2m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩。
13.2-53m 基質支持結構礫石層，礫石爲變質岩，基質爲細粒的砂泥質砂沉積物，淘選度差。

圖 2-10、東華一區一號。


HS1-2(10m)
(東華一區二號井)
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
MSfmcGPsICsIB
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
0-1.0m 砂礫土壤層。
1.0-1.7m 細砂層夾中砂薄層。
1.7-2.4m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩，縫隙充填中砂或粗砂。
2.4-7.0m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩。
7.0-50.4m 基質支持結構礫石層，礫石爲變質岩， 基質爲細粒的砂泥質砂沉積物，淘選度差。

圖 2-11、東華一區二號。

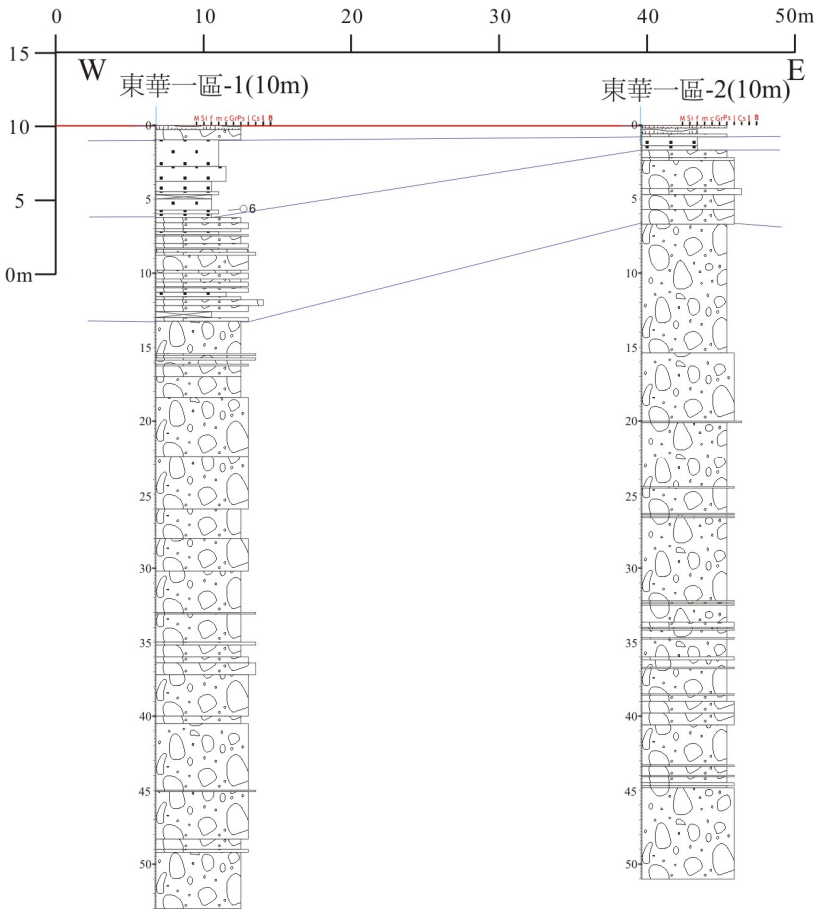


圖 2-12、東華一區一號與二號鑽井岩芯對比。(位置參照圖 2-9)

東華二區鑽井有兩口，位於校園北側，都位在斷層崖之上。東華二區一號（圖 2-13）與二號（圖 2-14）鑽井岩芯岩性大致可分為兩層，上層為砂礫石層，下層為粗砂層。兩層界面的垂直位差約 10 公尺（圖 2-15），可能受到斷層的活動造成崖坡上的變形所致，遠離崖坡（斷層跡）的抬升量較大，與東華一區的變動相似。

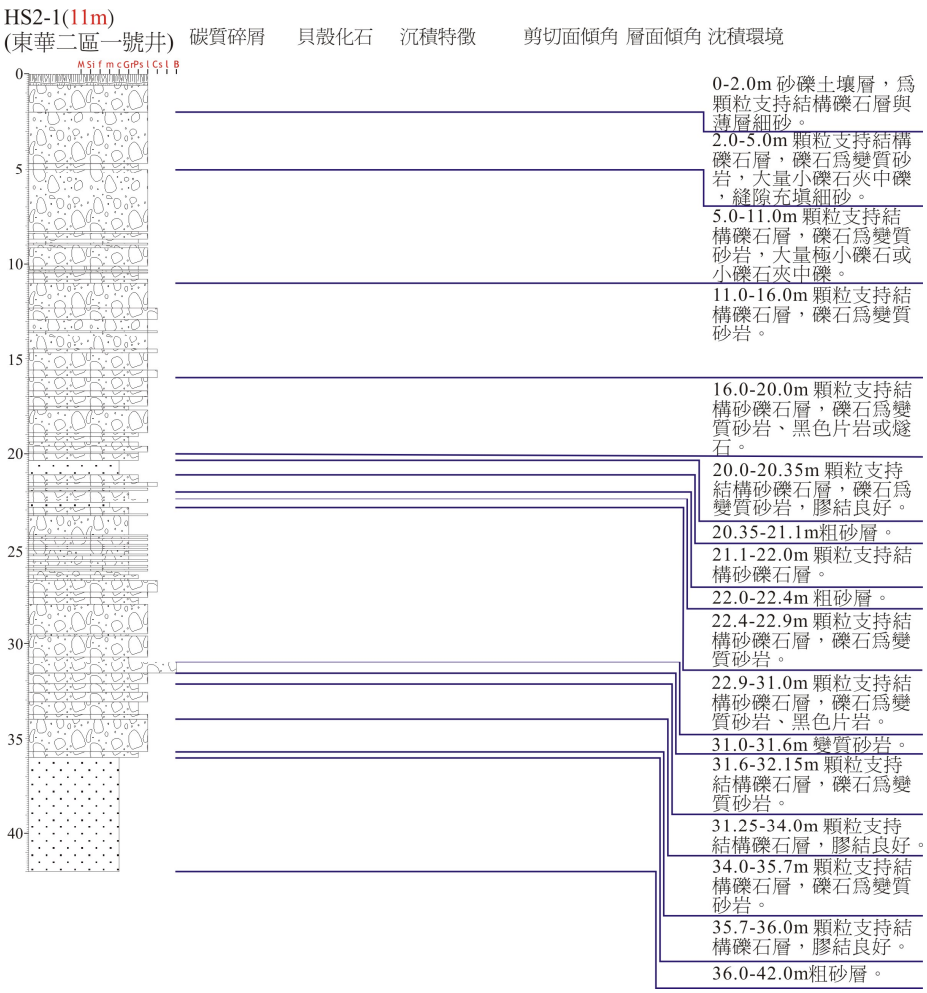


圖 2-13、東華二區一號鑽井。

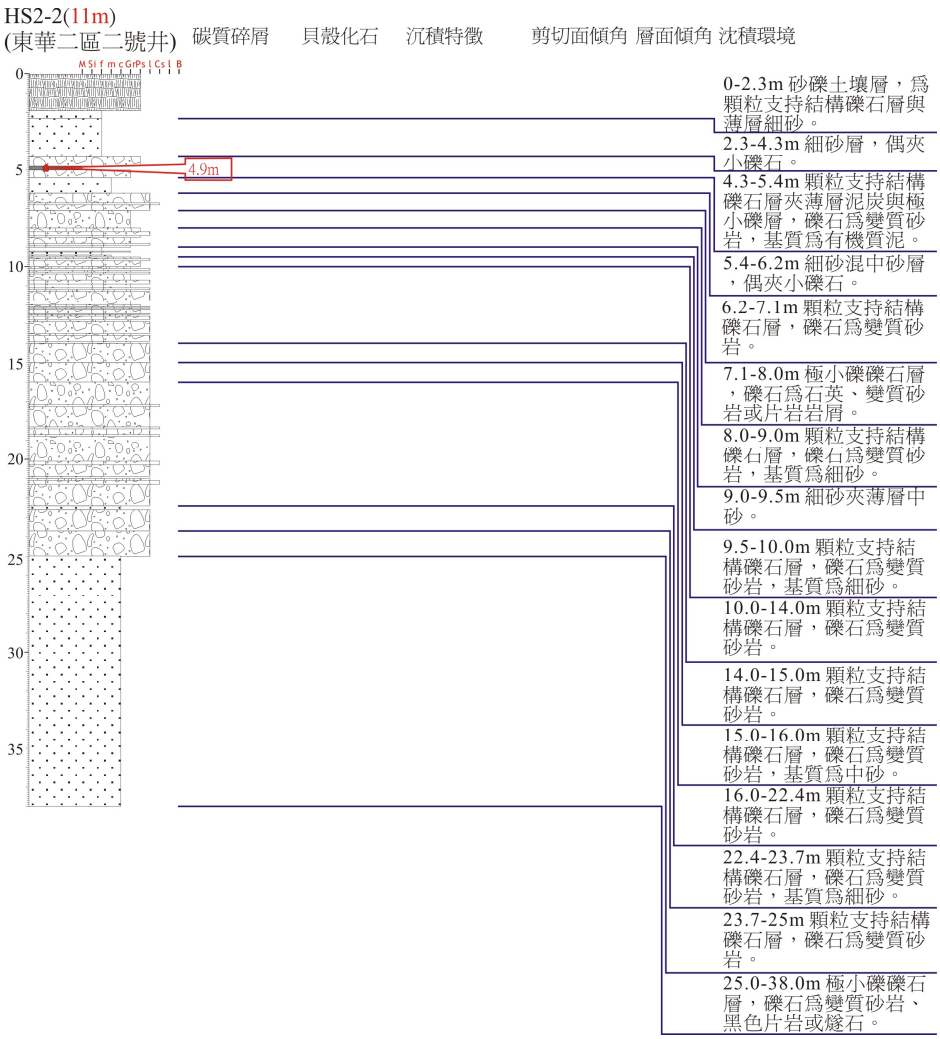


圖 2-14、東華二區二號鑽井。

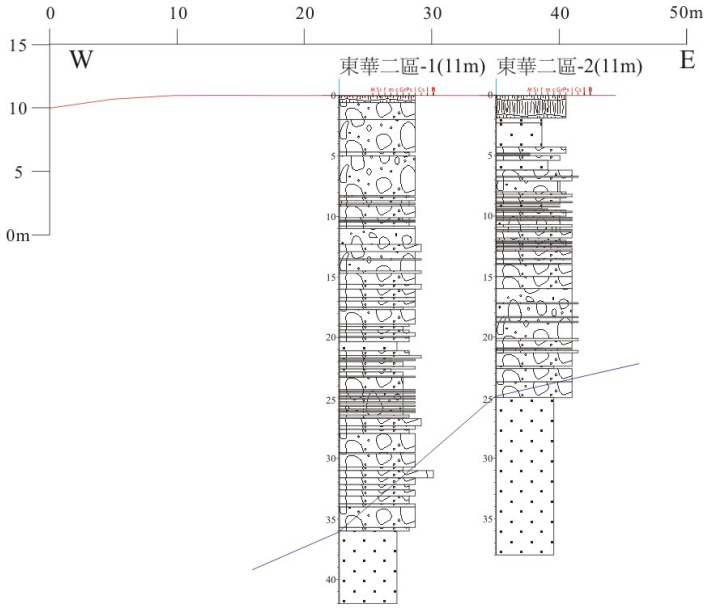


圖 2-15、東華二區一號與二號鑽井岩芯對比。(位置參照圖 2-9)

2.4.3 大陳新村

大陳新村地點位在美崙山北端，此地點也是斷層帶通過區域，由於呈現低窪地形，無法明確指示斷層跡位置，因此本研究嘗試以鑽井方式探勘可能斷層跡位置。此地點共安排兩口鑽井，大陳一號與大陳二號井（圖 2-16），深度各約 30 與 45 公尺。採取的沉積物岩性為未膠結的礫石層，屬於含砂層夾小礫石層，所以基質沉積物大都在鑽取過程中已被沖洗。從岩性研判應屬於全新世的海灘相與河流相的砂層與礫石層。兩口井的岩性相似，由岩性推測應屬於斷層西側（下盤）堆積的沉積層。大陳新村一號（圖 2-17）與二號井（圖 2-18），都屬於礫石層，由於鑽取率不佳所以沉積層無法精確對比（圖 2-19），但從岩性分析都為未膠結的砂層與礫石層，推測還屬於全新世的河流相礫石層。



圖 2-16、大陳新村鑽井位置圖，白線為剖面位置。（TWD97）

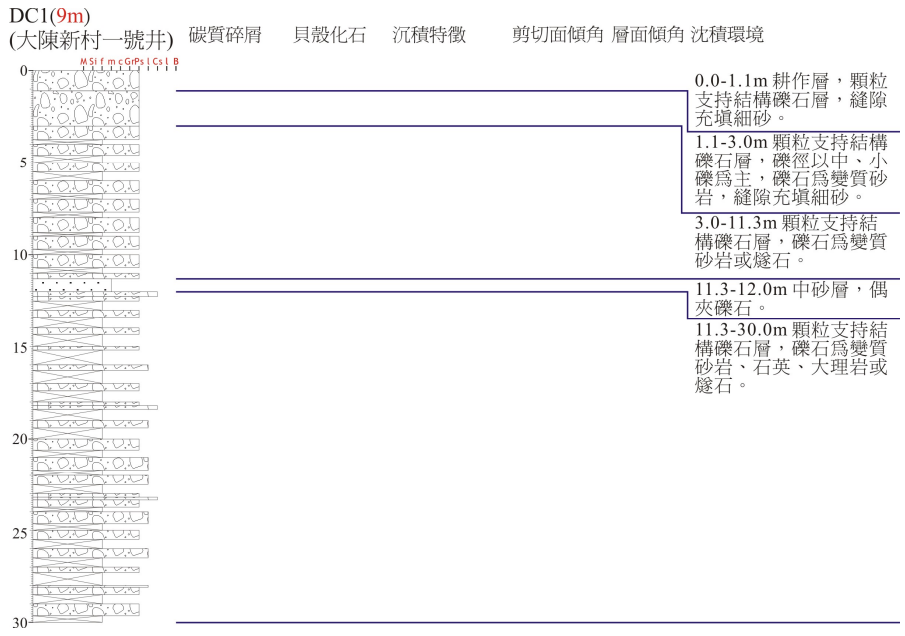


圖 2-17、大陳新村一號鑽井。

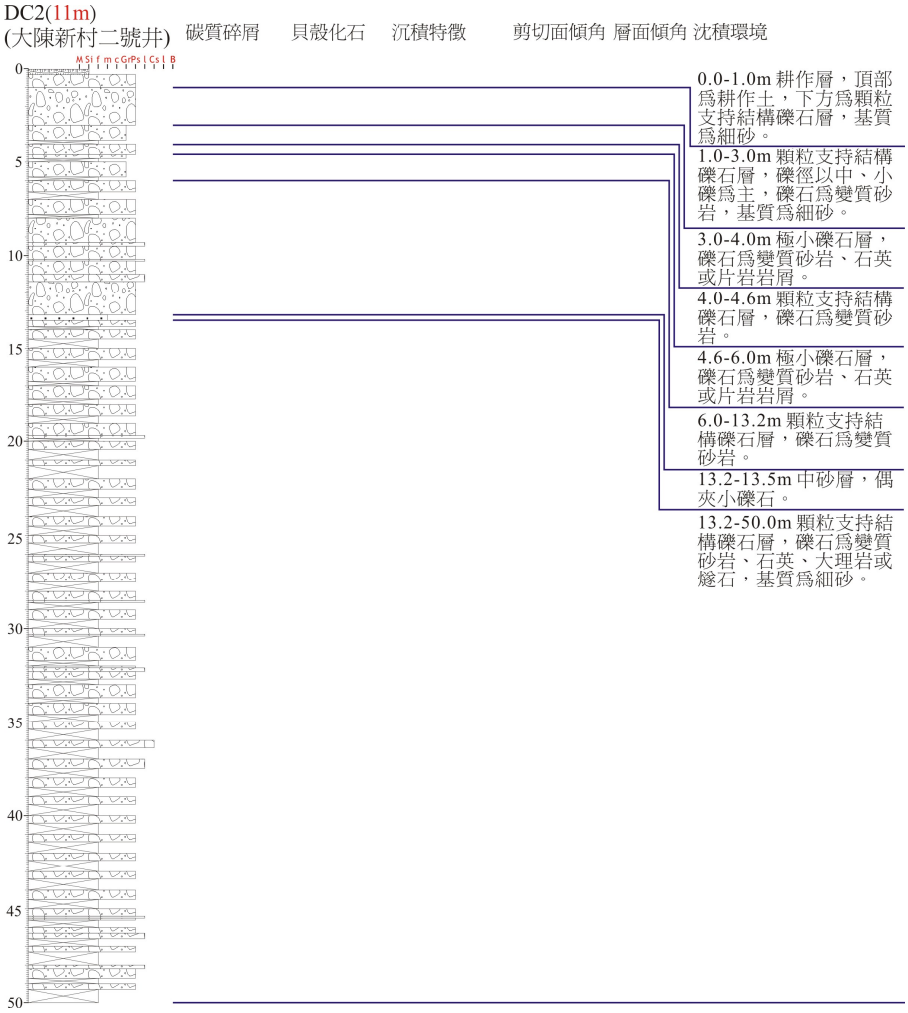


圖 2-18、大陳新村二號鑽井。

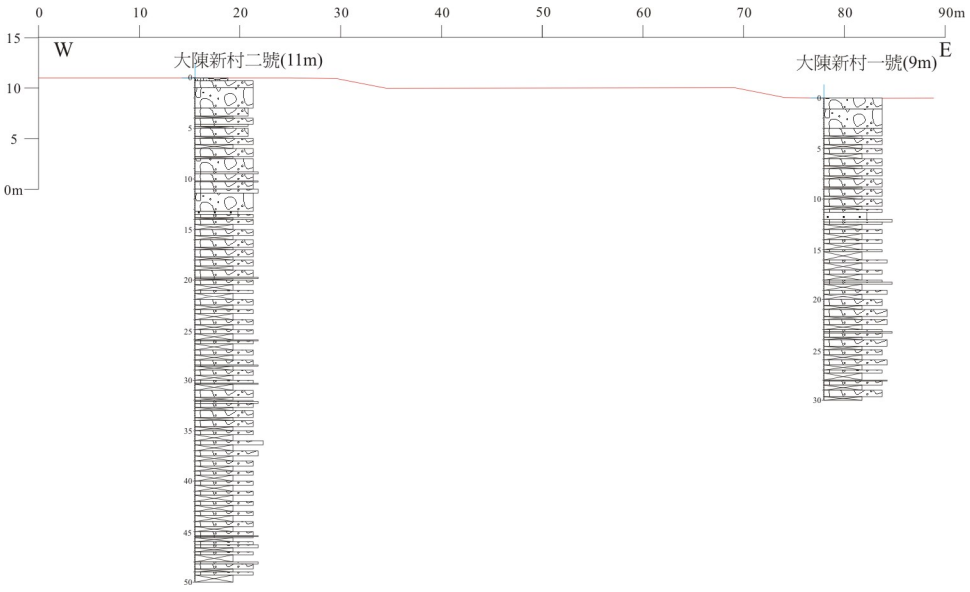


圖 2-19、大陳新村一號與二號井鑽井岩芯對比。(位置參照圖 2-16)

2.4.4 花崗山（軒轅派出所後側）

本場址位在花崗國中南側，軒轅派出所後側的崖坡，地形特徵屬於花崗山西側崖坡下，在崖坡上下兩側進行兩口深約 50 公尺與 30 公尺的鑽井，同時在此地點的兩處槽溝兩側配合各四口排鑽，分別為各三口 10 公尺與一口 15 公尺鑽井，因而此場址共有 10 口鑽井（圖 2-3，圖 2-20）。以下分別就鑽井以及槽溝剖面出露的沉積層的岩性先進行分層描述，再就岩性做對比。

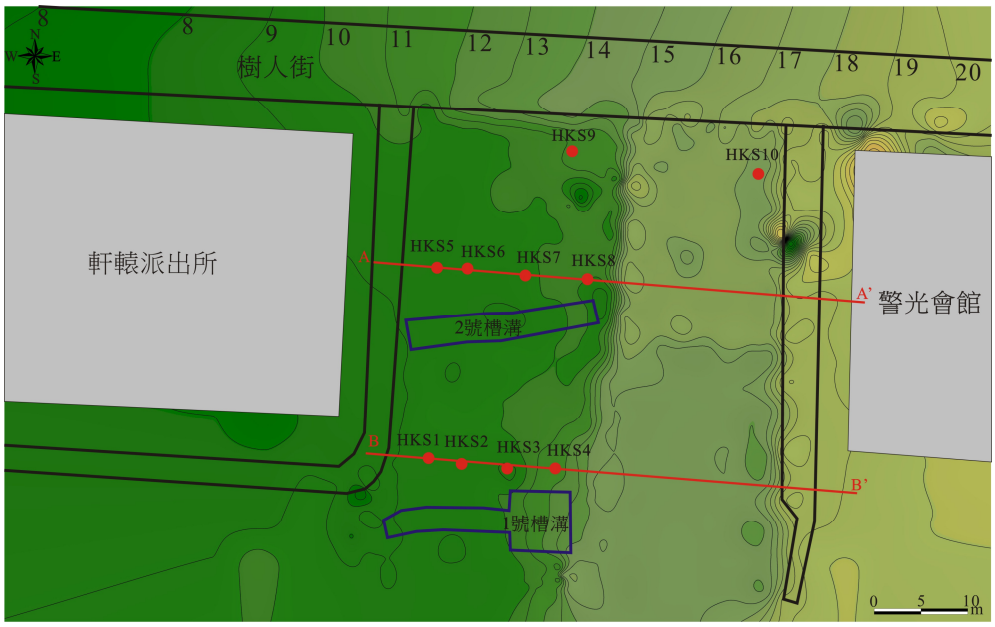


圖 2-20、槽溝與鑽井位置圖，位置如圖 2-3 所示，紅線為剖面位置。

本場址的沉積層岩性可分為七層，由上而下，表層都屬於回填土（B 層），

以下為淘選度佳的粗砂層（S1 層）、含有機質泥質粗砂層（O 層）、選度佳的細砂層（S 層）、基質支持結構的礫石層夾砂層（SG 層）、選度佳的海相含貝類的粗砂層（SS 層），之下為地層已傾斜的砂礫層（G 層）。槽溝剖面的地層僅挖掘至 SG 層。另外，槽溝剖面中的 S 層又可以細分為 S2 砂層、M1 泥層砂層與 S3 砂層。

首先，由 A-A'剖面的花崗山五號（圖 2-21）、六號（圖 2-22）、七號（圖 2-23）至八號（圖 2-24），以及花崗山九（圖 2-25）號與十號（圖 2-26）鑽井岩芯的地層對比，於花崗山五號至八號井之間 SG 層與 SS 層界面對比，顯示之間呈現垂直位差有 4.7 公尺（圖 2-27）。顯示在 SG 層或 SS 層沉積之後或沉積當時已經受到構造作用影響。

花崗山九號至十號井的 SS 層與 G 層之間形成一交角不整合的沉積關係，SS 層的地層傾斜角度約 12-18 度，而之下 G 層的地層傾斜角度較大。花崗山九號的G層的地層傾斜角度約18-35度，花崗山十號的G層的地層傾斜角度約35-45度；此外兩井中都具有局部的剪切構造。

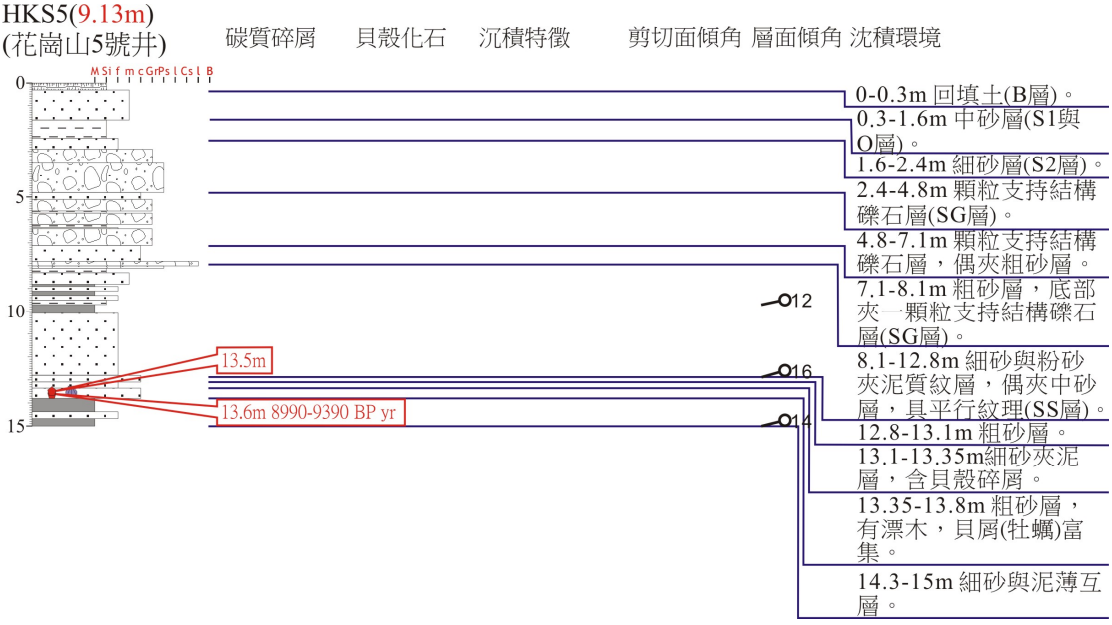


圖 2-21、花崗山五號鑽井。

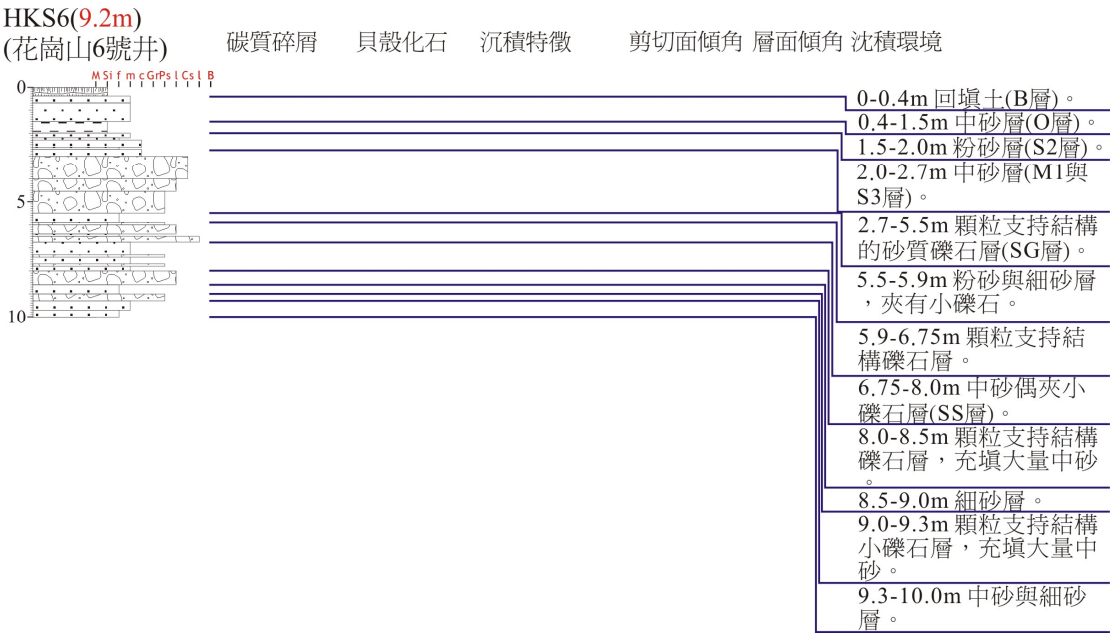


圖 2-22、花崗山六號鑽井。



圖 2-23、花崗山七號鑽井。

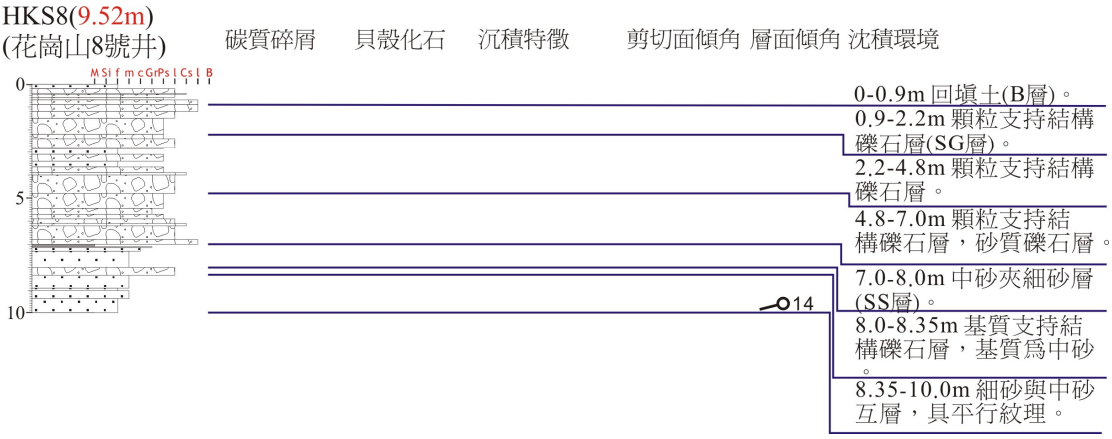


圖 2-24、花崗山八號鑽井。

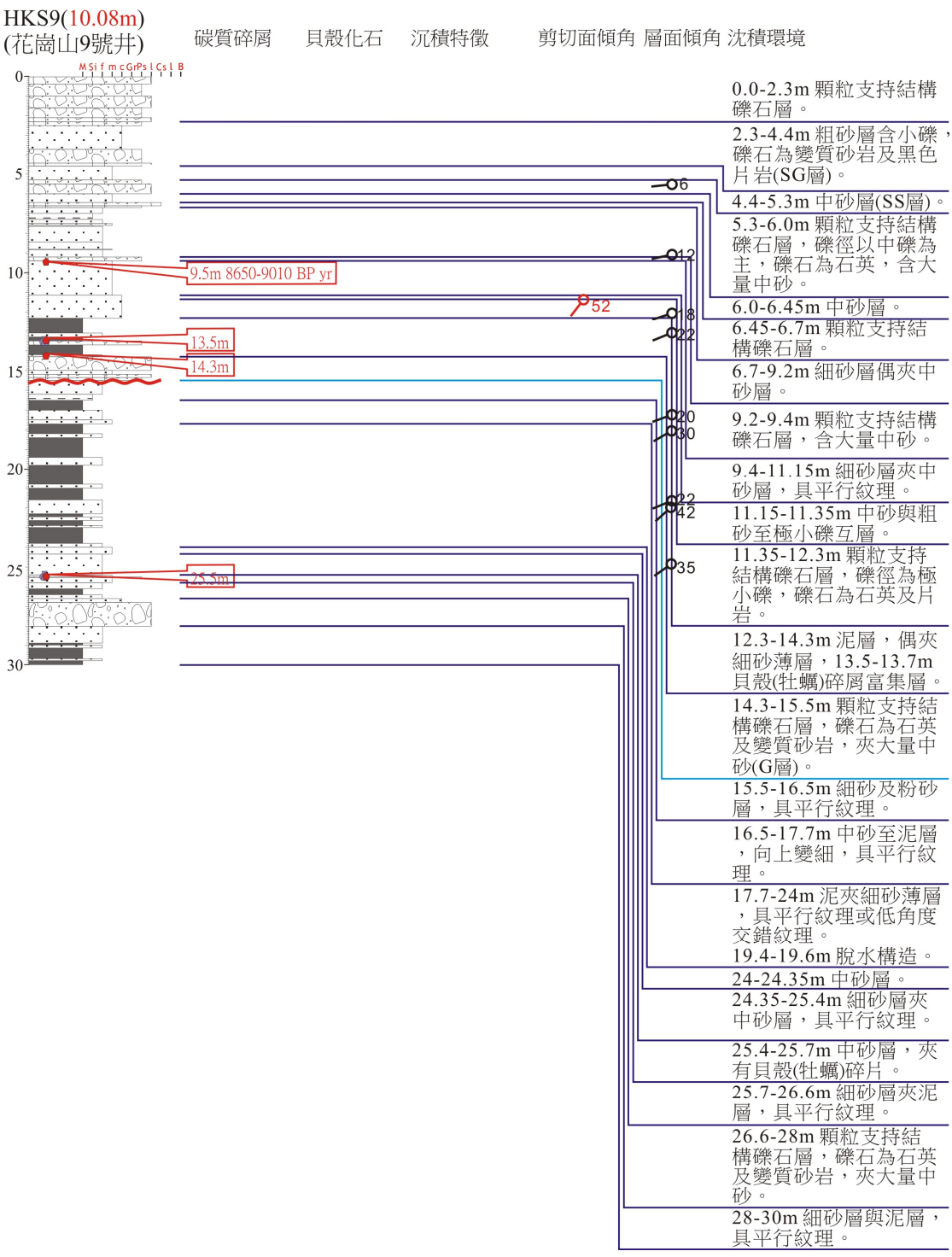


圖 2-25、花崗山九號鑽井。

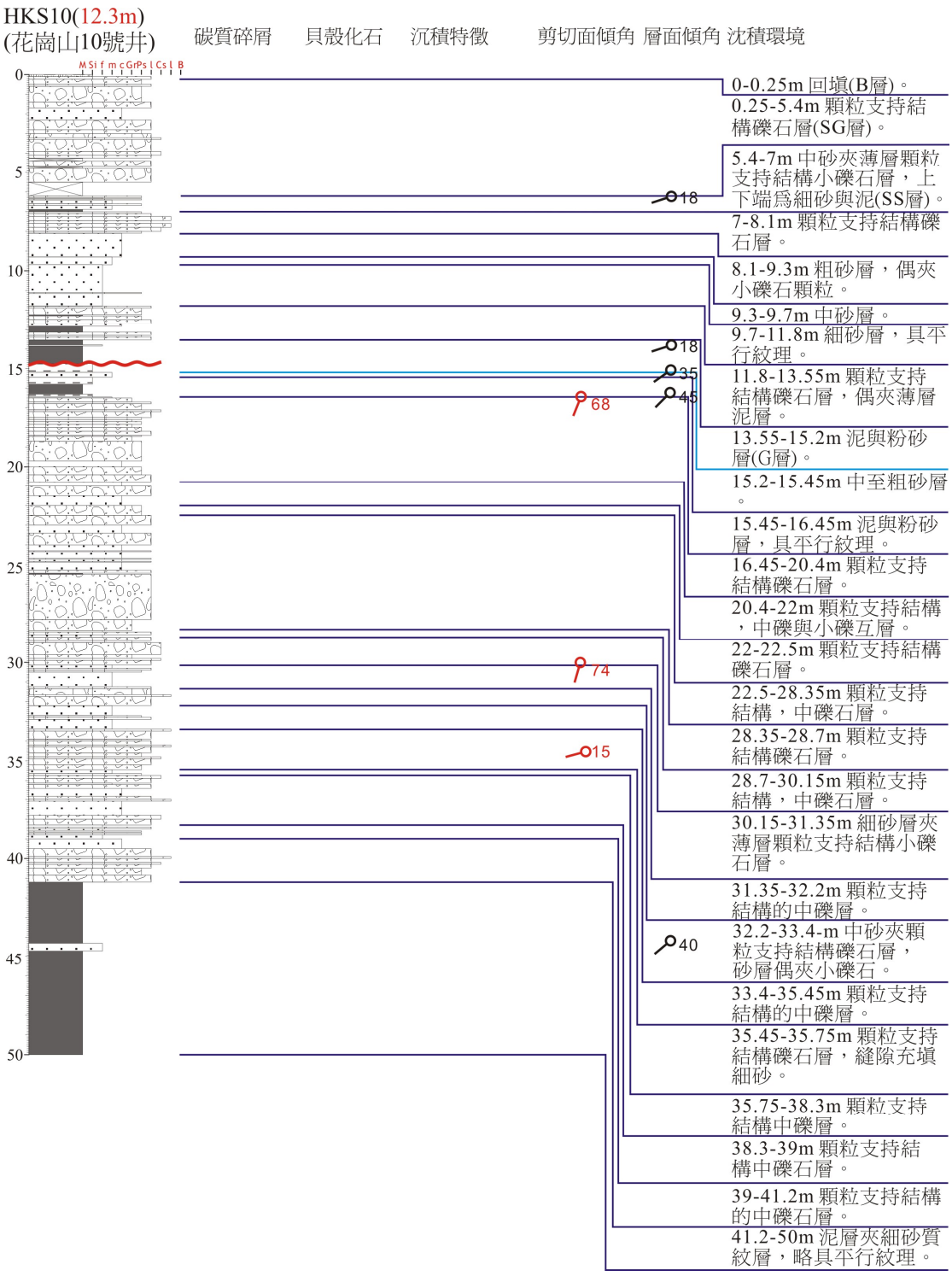


圖 2-26、花崗山十號鑽井。

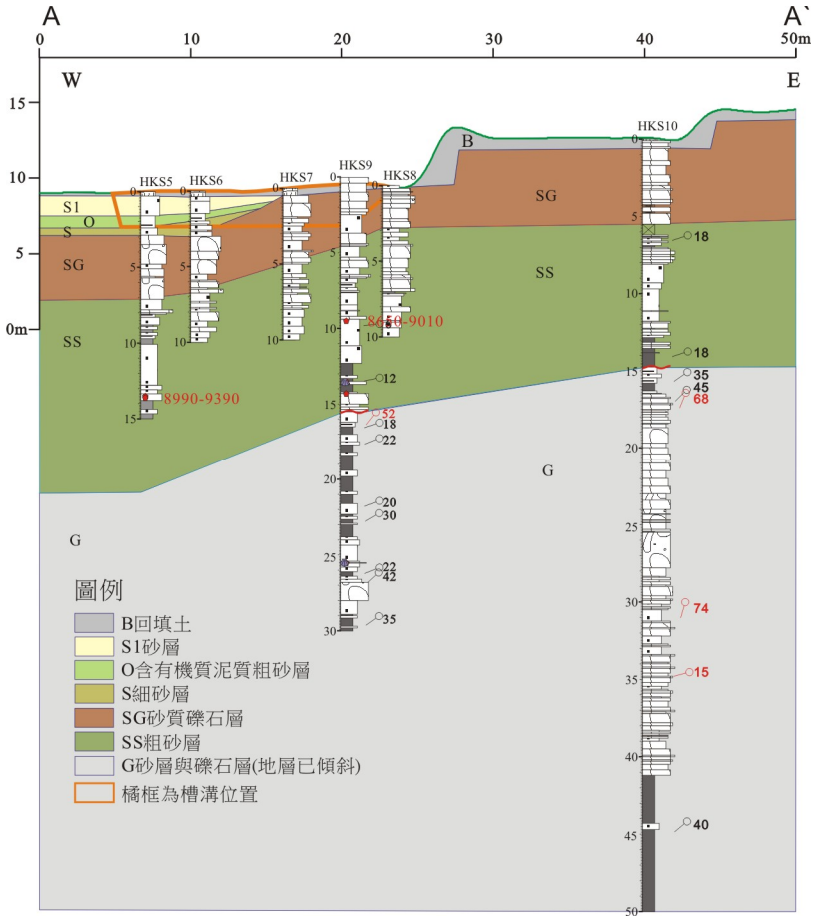


圖 2-27、花崗山 A-A`鑽井剖面，橘線為槽溝範圍。(位置參照圖 2-20)

由 B-B'剖面的花崗山一號（圖 2-28）、二號（圖 2-29）、三號（圖 2-30）至四號（圖 2-31）以及十號（圖 2-26），S1 層、O 層、S 層、SG 層與 SS 層都朝東逐漸變深且傾斜（圖 2-32），經過崖坡之後與花崗山十號的對比，顯示地層受到變動呈現抬升與朝西傾斜，SG 層與 SS 層界面的高差為 3 公尺（花崗山一號與十號井），表示崖坡之下（西側）地層已受到擾動。

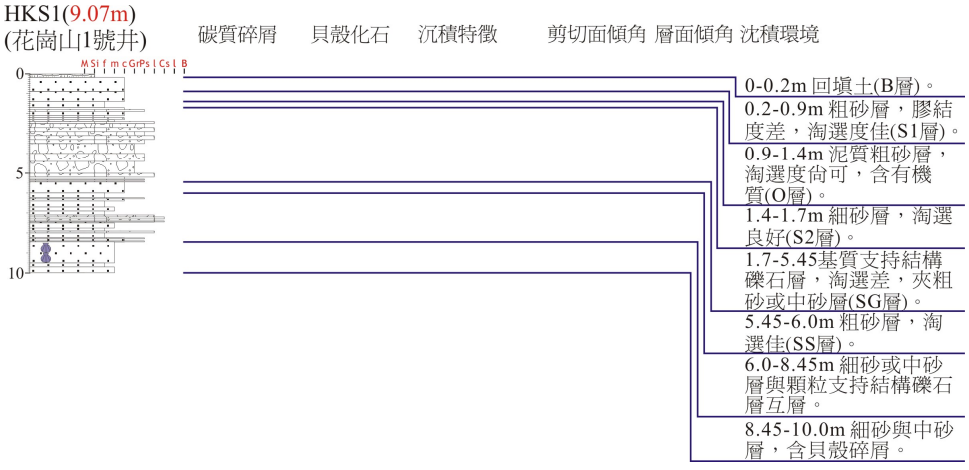


圖 2-28、花崗山一號鑽井。



圖 2-29、花崗山二號鑽井。

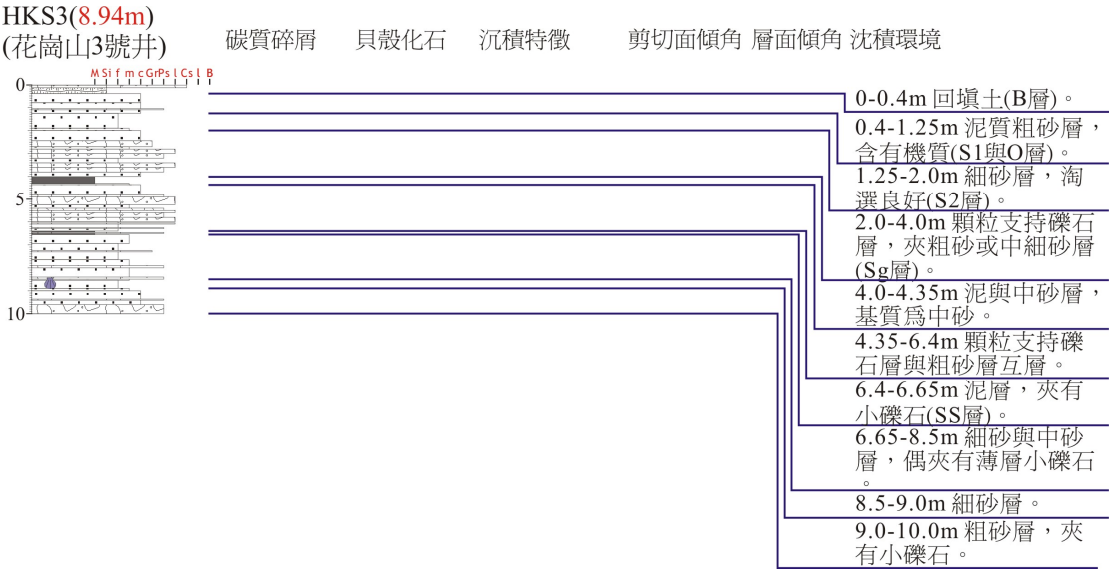


圖 2-30、花崗山三號鑽井。

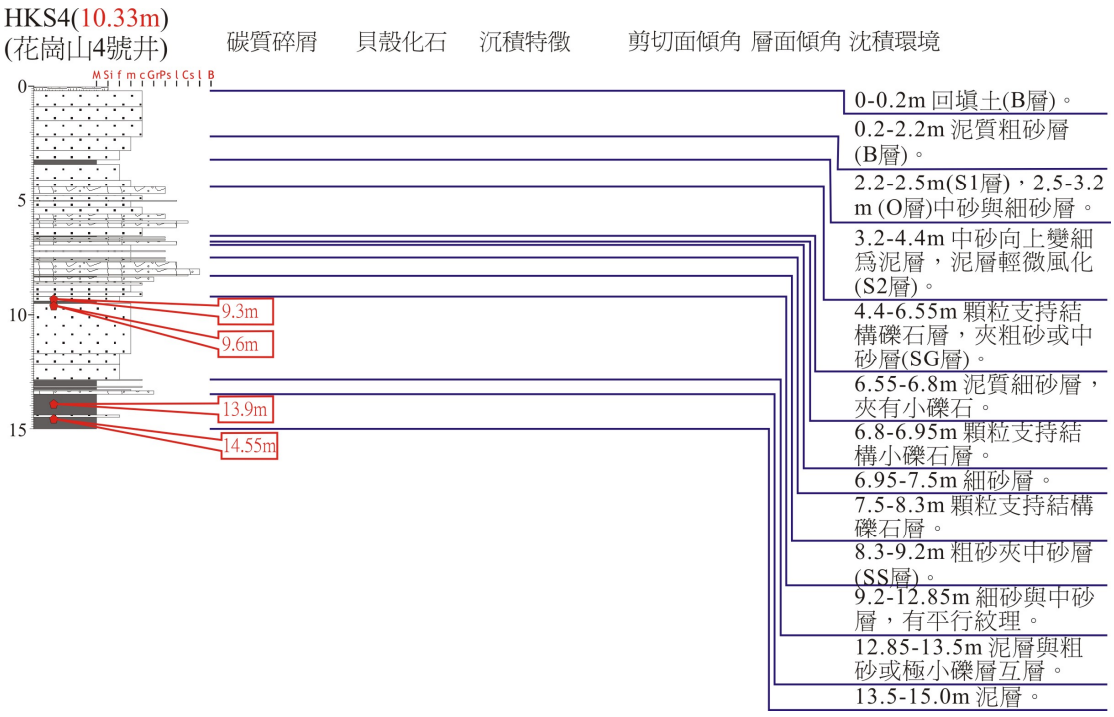


圖 2-31、花崗山四號鑽井。

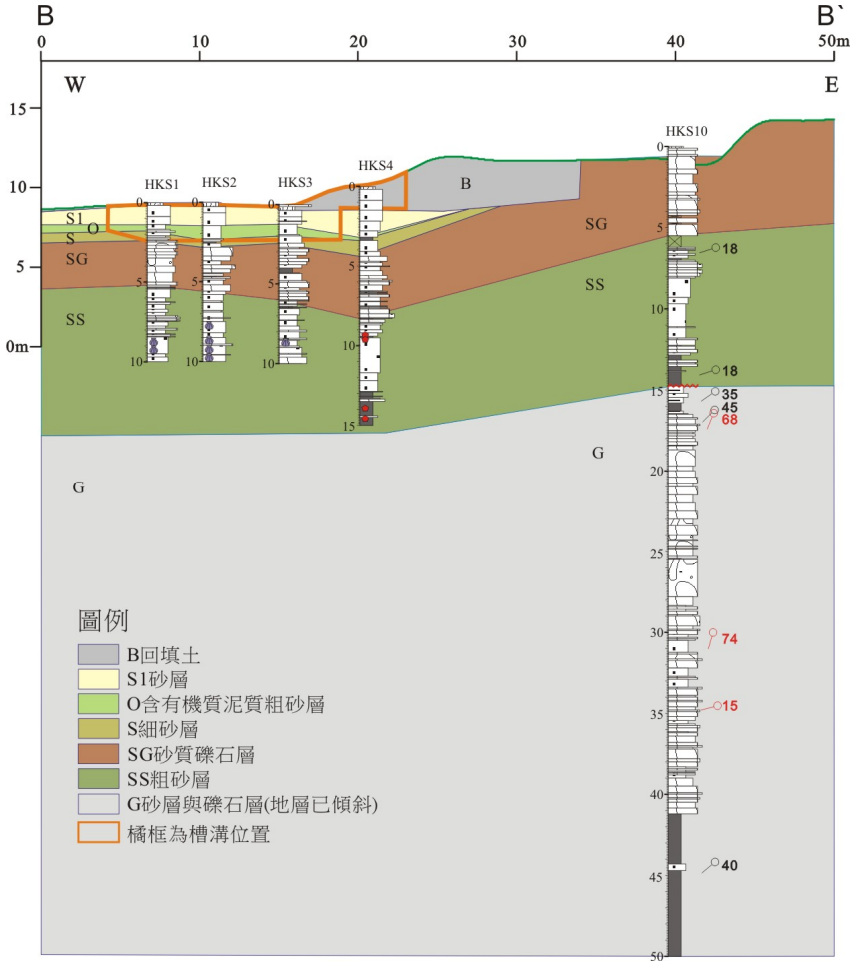


圖 2-32、花崗山 B-B`鑽井剖面，橘線為槽溝範圍。(位置參照圖 2-20)

2.5 古地震槽溝

本計畫在花崗山西側崖坡下進行兩處古地震槽溝的挖掘，花崗山一號槽溝與二號槽溝，各挖掘 1-2 階，深度 2-3 公尺，兩處槽構相距約 18 公尺（圖 2-20）。兩槽溝剖面出露沉積層層序相同，各可以分辨出七層沉積層，分別為 B 層（B1 與 B2）、S1 層、O 層、S2 層、M1 層、S3 層、SG 層。

B 層為回填土層，分為兩層 B1 與 B2 層，皆為人為填土，含各種人造物品。

S1 層為淘選度良好的黃灰色砂層，上層可能受到人為擾動，夾有鐵線，最厚約有 1 公尺，局部夾有礫石。

O 層為灰黑色泥質砂層，含大量有機物質，厚度約 30-50 公分。碳十四定年年代為 290-0 yr BP（HKS1-012）、280-0 yr BP（HKS2-003）、510-330 yr BP（HKS1-008）、660-540 yr BP（HKS1-006）。由年代分析結果，O 層的沉積年代為 660 yr BP 至近代（＜300 yr BP）（表 1-4）。

S2 層為土黃色泥質砂層，出露厚度約 50 公分，超覆沉積在下部 M1 層之上，呈現交角不整合現象。

M1 層呈現微風化泥層，厚度僅約 10-20 公分，一號槽溝內分布於槽溝西端至中央處，呈現朝東傾斜；二號槽溝內分布於槽溝東側至中央處，呈現朝西傾斜。

S3 層為淘選度良好的中粒砂層，夾有透鏡狀粗粒砂層，層面同樣呈現朝東(一號)與朝西(二號)傾斜。碳十四定年年代為 1820-1630 yr BP（HKS2-005）（表 1-4）。

SG 層為礫石層，礫石直徑約 1-3 公分，淘選度良好，屬於河流環境，出露在兩處槽溝的最底層，層面同樣呈現朝東(一號)與朝西(二號)傾斜。

2.5.1 花崗山一號槽溝

花崗山一號槽溝位於場址南側，全長約 19 公尺，深度 2-3 公尺（圖 2-33、圖 2-34）。槽溝剖面的地層結構，呈現 M1 層以下的沉積層（包括 S3 層與 SG 層）在槽溝的中央都呈現褶皺變形，地層朝東傾斜約 20 度。之上堆積的 S2 層，超覆堆積在 M1 層之上，呈交角不整合關係。顯然在 M1 層沉積之後，地層受到構造活動而褶皺變形。M1 層朝東傾斜之後，則逐漸變為平緩，垂直變形高度差約 120 公分。超覆堆積在 M1 層與 S2 層之上的 O 層呈現水平狀態，沒有變形。

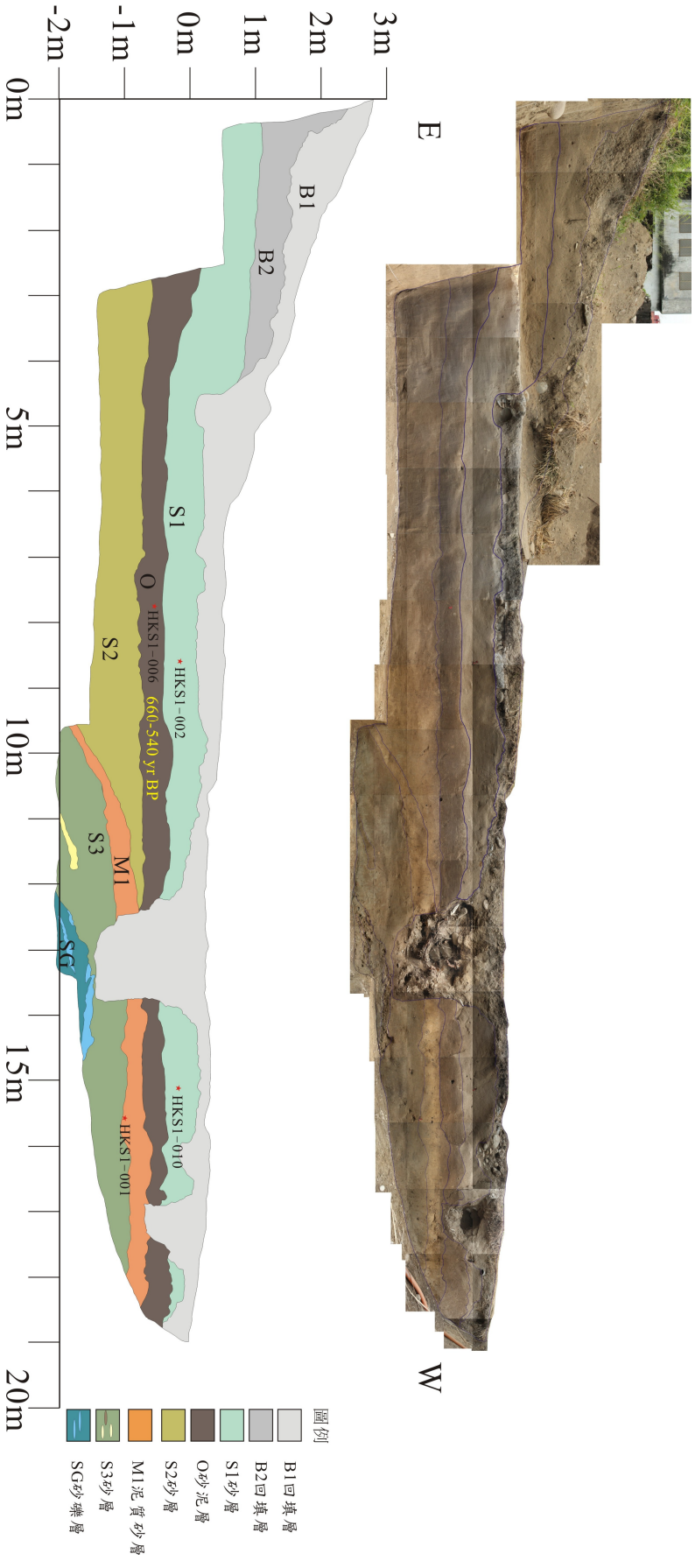


圖 2-33、花崗山一號槽溝南牆。

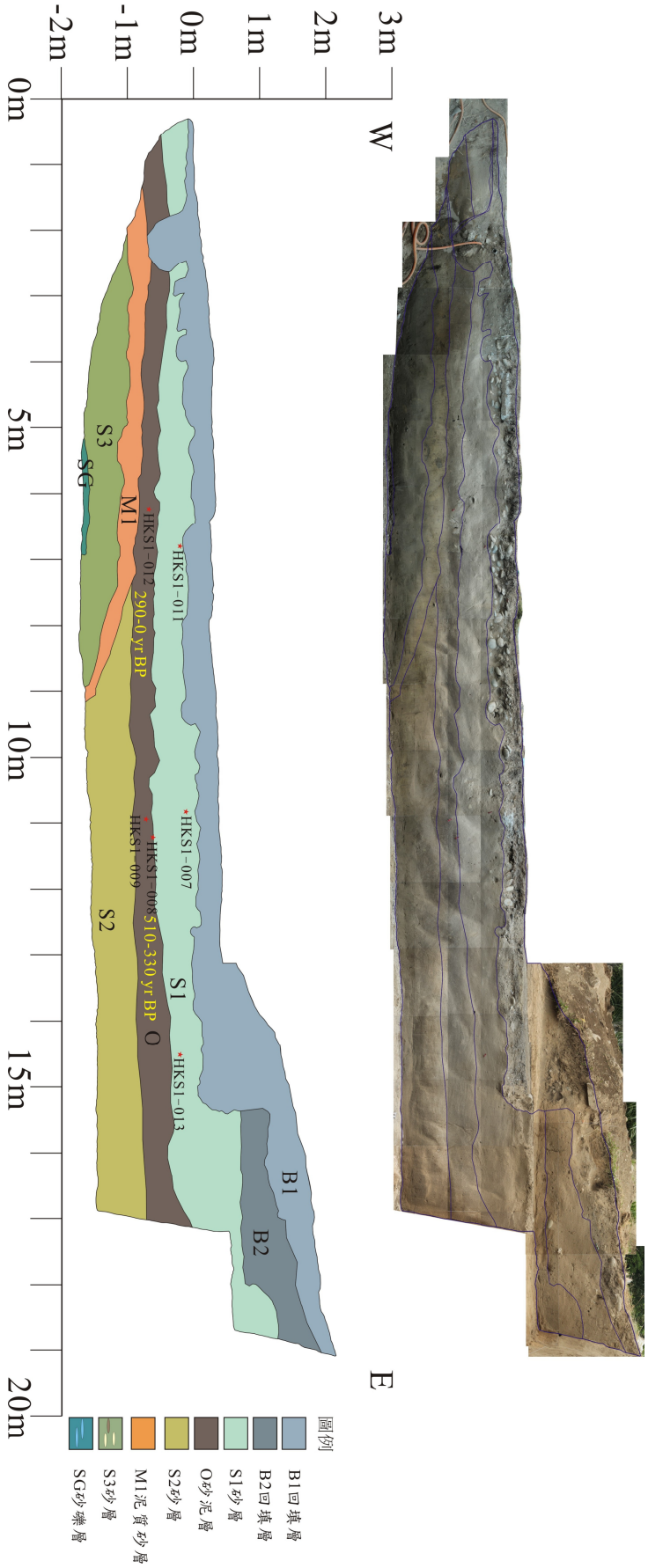


圖 2-34、花崗山一號槽溝北牆。

2.5.2 花崗山二號槽溝

花崗山二號槽溝位於此場址北側，全長約 19 公尺，深度 2 公尺（圖 2-35、圖 2-36）。由於此處地表受到人為擾動，且擾動深度較深範圍較大，乃至部份地層的延伸性不清楚。從槽溝剖面呈現的完整性而言，北牆保存較佳。從北牆剖面來看（圖 2-36），與花崗山一號槽溝剖面呈現同樣的結構，M1 層以下地層呈現褶皺彎曲，但沉積層傾斜方向相反，朝西傾斜約 20 度。S2 層同樣超覆堆積在 M1 層之上，O 層超覆堆積在 M1 與 S2 層之上，但是在東側褶皺上盤的高度顯然高出下盤約 70 公分，似乎在 O 層沉積之後還受到構造的變動；而 SG 層的高度差也至少有 300 公分。

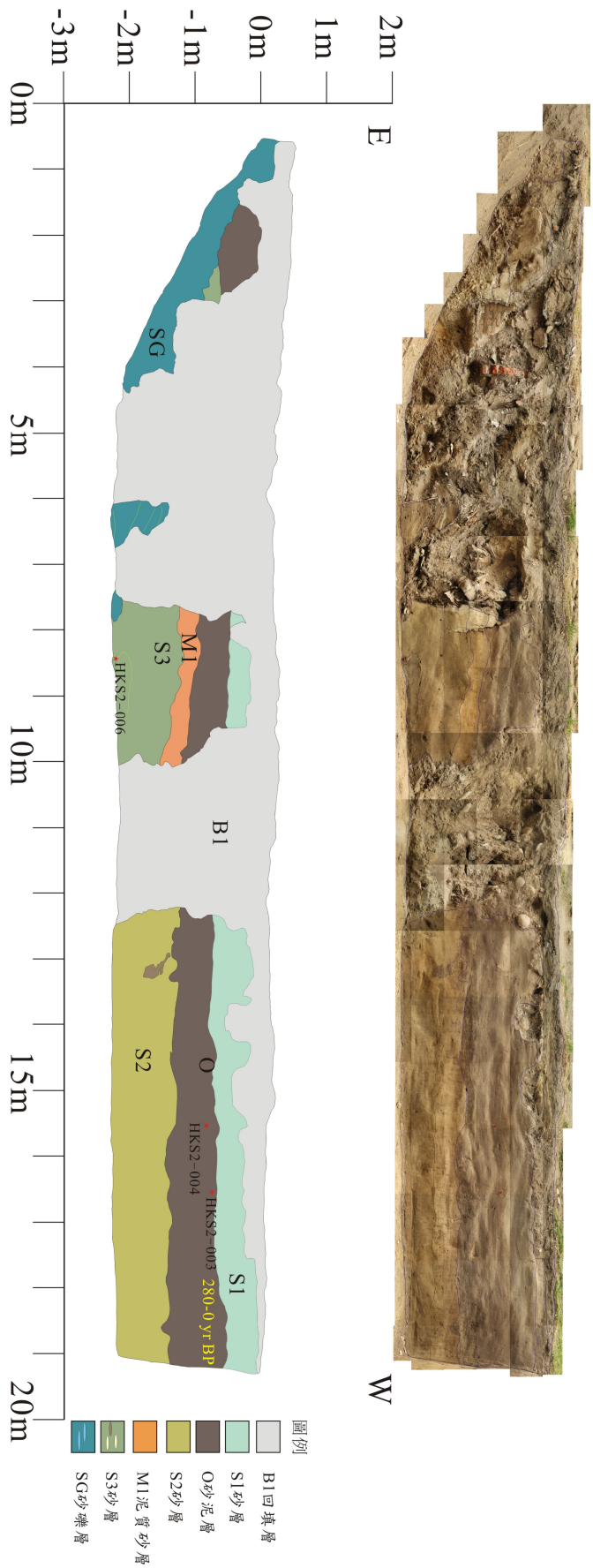


圖 2-35、花崗山二號槽溝南牆。

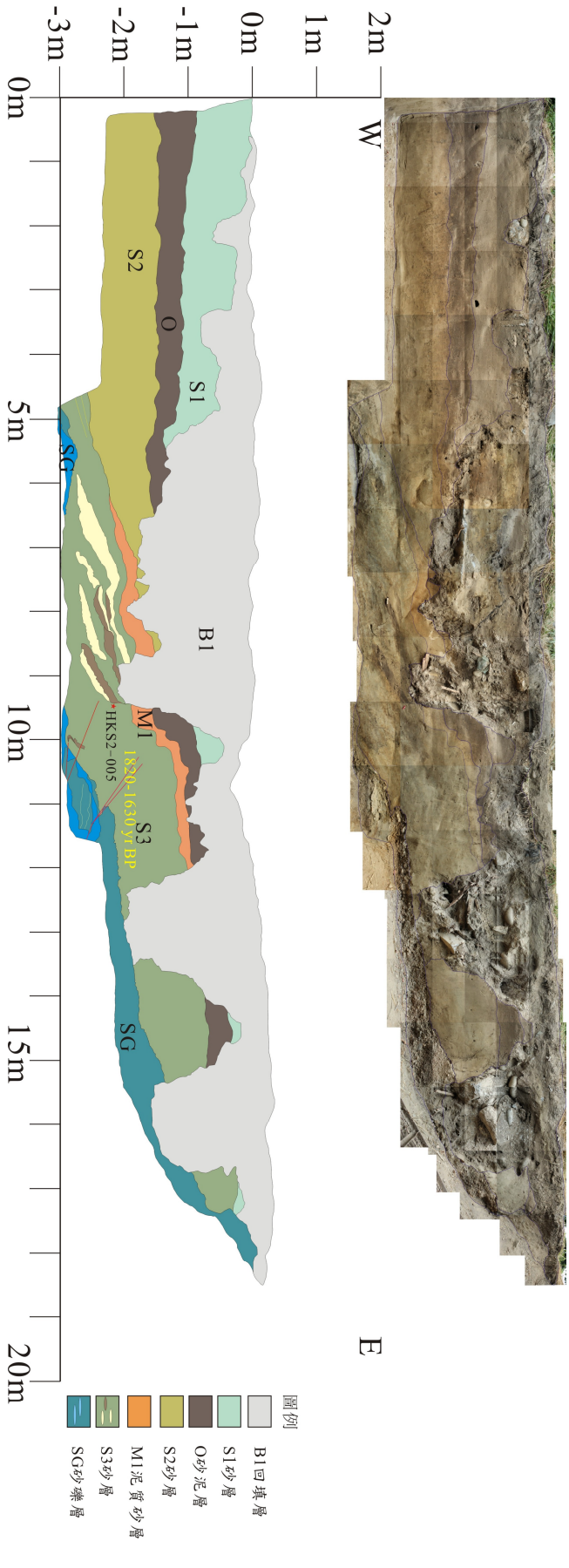


圖 2-36、花崗山二號槽溝北牆。

2.6 討論

2.6.1 米崙斷層跡位置

從所繪的 1951 年斷層跡位置（圖 2-1、2-2）（朱傚祖與游明聖，1995；林啟文等，2009），通過市區的三條斷層跡的沿線地形似乎沒有呈現構造地形特徵。本研究認為此繪於市區的三條斷層跡有幾種可能的原因，一是地表結構物受損較嚴重的地點、地裂或液化地點，而不是斷層的地表破裂跡。另一，由於沒有長期構造變動累積產生的構造地形特徵，可能是米崙斷層首次產生的地表破裂跡。雖然，這兩種推測都具有可能性，但基於斷層長期活動大都還是沿著既有的破裂帶活動的特性，例如北段 1951 年斷層跡還是沿著斷層崖產生破裂。本研究認為米崙斷層跡位置還是應該以長期活動的位置為準，所以應繪於米崙台地、米崙山以及花崗山西側的崖線附近，這也是本研究為何槽溝場址選擇在花崗山西側的崖坡下的原因。

本研究將地形明確地點進行 e-GPS 量測定位，除了花蓮機場內斷層崖無法量測之外，主要斷層跡位置是從東華大學（原花蓮師範學院）經美崙山西側的斷層崖，經過美崙溪以南則以花崗山西側的斷層崖（圖 2-1、2-2）。量測區域有七星潭、東華大學校門，以及美崙山西側，花蓮署立醫院，以及花崗國中大門至槽溝位置。

2.6.2 古地震槽溝研究

從古地震槽溝剖面的地層分析，M1 層沉積之後，地層產生褶皺變形；O 層（660－<300 yr BP）在花崗山二號槽溝北牆呈現變形，垂直變形量至少 80 公分，應在沉積之後受到斷層活動影響；但是花崗山一號槽溝中卻呈現水平狀態，推測近期的變形帶可能發生在一號槽溝剖面的東側，未挖掘到。從兩處槽溝的變形來看，其褶皺變形的傾向相反，顯然主要變形帶位於一號與二號槽溝變形帶之間，從變形型態特性來看，認為是拉張作用造成的沉陷構造。從斷層跡走向以及當時紀錄的左移的活動型態來看，斷層走向在美崙溪附近呈現右轉，顯然美崙溪至南濱公園的斷層區段應處於橫移拉張變形的構造環境；本槽溝呈現的構造現象是吻合此區段斷層活動產生的橫移拉張變形型態。

2.7 結論

米崙斷層的斷層跡位置應沿著米崙台地、米崙山與花崗山西側的崖坡。從槽溝地層剖面分析，約 1820-1630 yr BP（HKS2-005）以來，至少造成斷層東側形成 4 公尺（SG 層）的高差（長期抬升速率＞2.45 mm/yr）。<300 yr BP 以來，垂直變形量至少 80 公分（O 層）。

米崙台地表面的全新世沉積物為海灘相砂礫石與局部珊瑚礁，從海拔高度 12 公尺珊瑚礁的碳十四定年年代為 2620-2300 yr BP（Yamaguchi and Ota, 2004），由於鑽井岩心(七星潭 1 號)內未能取得定年樣本，因此採用此珊瑚礁定年年代進行長期抬升速率估算，估算長期抬升速率約 5 mm/yr。近期大地觀測結果，顯示米崙台地相對西側沖積平原區的抬升速率約 4.4±3.3 mm/yr，水平位移速率約 8.5±3.0 mm/yr（Yu *et al*., 1990）；顯然米崙斷層的長期抬升速率約 5 mm/yr。

由槽溝剖面的變形分析，長期以來此崖坡就受到米崙斷層活動的影響，二號槽溝北牆的 O 層（660－<300 yr BP）呈現明顯變形，雖然一號槽溝未見變形，本研究認為 1951 年的地表變形帶還是通過此崖坡之下。

參考文獻

石瑞銓、陳平護、呂明達、陳文山（2004）地震地質調查及活動斷層資料庫建置－淺層地球物理探勘（3/5）。經濟部中央地質調查所報告第 97-11 號，共 127 頁。

朱傚祖、游明聖（1995）花東縱谷活動斷層調查研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC-83-0202-M47-001，共 176 頁。

林啟文、陳文山、劉彥求、陳柏村（2009）台灣東部與南部的活動斷層。經濟部中央地質調查所特刊第 23 號，第 11-19 頁。

徐鐵良（1955）臺灣的地震。臺灣銀行季刊，第 7 期，39-63 頁。

游明聖（1995）臺東縱谷北段(花蓮—瑞穗)活動斷層研究。經濟部中央地質調查所研究發展計劃 84-15，共 51 頁。

楊蔭清（1953）四十一年來之花蓮地震。台灣文獻，創刊號，67-71 頁。

Bonilla, M.G. (1977) Summary of Quaternary faulting and elevation changes in Taiwan. *Mem. Geol. Soc. China*, 2, 43-56.

Yamaguchi, M., Ota Y. (2004) Tectonic interpretations of Holocene marine terraces, east coast of Coastal Range, Taiwan. *Quaternary International*, 115-116, 71-81.

Yu, S.B., Jackson, D.D., Yu, G.K. and Liu, C.C. (1990) Dislocation model for crustal deformation in the Longitudinal Valley area, eastern Taiwan. *Tectonophysics*, 183, 97-109.

第三章、新竹斷層

3.1 地質地形特性

新竹斷層斷層跡位置，由新竹市西側大庄里美山海岸東側山麓前緣的階地崖，向東延伸經三姓公溪、客雅溪、新竹市（新竹教育大學，學府路，建功國小），之後於竹東階地群西北端的赤土崎進入頭前溪河床。由於頭前溪河床被現代沖積層覆蓋，斷層跡位置不明顯。洪瑛鈞等（2006）利用地電阻探勘，在三姓公溪、經國橋、竹北六家的階地崖的地電阻探勘，明顯呈現地電阻不連續的結構，認為是新竹斷層所經之處。大部分研究認為新竹斷層向東延伸至頭前溪北岸的芎林與新城斷層會合成為一條斷層，之後延伸至關西。新竹斷層由美山至芎林的長度約16 公里，未包括延伸至西側海域的區段（圖 3-1，圖 3-2）。

斷層兩側岩層，下盤（北側）地形呈現平坦的海岸沖積平原，淺層數十公尺以上都為晚期更新世至全新世的海相與陸相沖積層覆蓋，沖積層之下屬於頭嵙山層香山相砂岩（楊梅層）。上盤竹東丘陵出露岩層為頭嵙山層香山相砂岩（楊梅層），最上層為晚期更新世紅土階地礫石層，交角不整合覆蓋在香山相砂岩之上。新竹斷層屬於逆斷層，在斷層前緣形成青草湖背斜構造。前人對於新竹斷層產生的褶皺構造型態有不同的解釋，一為斷層轉折褶皺（圖 3-3；fault-bend fold；Namson, 1984；Lee *et al*., 1993；黃旭燦等，2004），另一為斷層擴展褶皺（圖 3-4；fault-propagation fault；Chung, 1963；Tang and Hsu, 1970；Yang *et al*., 1994）。無論屬於何種型態的斷層，都認為新竹斷層兩側的垂直錯移量不大，以褶皺變形為主。

新竹地區地形大致可以依據新竹斷層為界，劃分為兩個地形單元，斷層上盤（南側）屬於竹東丘陵，以及河階地形，下盤（北側）受晚期更新世以來的海岸侵蝕與堆積作用，地形呈現平坦的海岸沖積平原。長期以來，由於新竹斷層的逆移活動造成晚期更新世紅土化階地與全新世未紅土化階地產生錯移與變形。目前就上盤區域階地比高（與現生河床面的高度差），以分為五階（圖 3-2；石再

添等，1985；楊貴三與蔡怡真，2004；Chen *et al*., 2004）。

新竹斷層的垂直錯距推測約為 200-750 公尺（Tang and Hsu, 1970；Chiu, 1970），小於新城斷層（600-700 公尺；Tang and Hsu, 1970），大於北側的湖口斷層（200 公尺；Tang, 1963）。目前頭前溪以西，由地質鑽探結果顯示斷層截切更新世晚期沖積層，造成淺部岩層變型，呈現高角度傾斜（光復中學下的岩層傾角達 70-80 度）。

前人對於新竹斷層的看法相當分歧，首先由丹桂之助（1933）經地形觀察，認為竹東丘陵北緣有一長約 4.5 公里、呈北北東走向的線形崖為斷層崖。林朝棨（1957)認為此地形崖部分為海蝕崖。湯振輝與徐兆祥(Tang, 1968；Tang and Hsu, 1970）依航照判釋則認為是後退的斷層崖，並發現光復中學西北方 500 公尺處頭嵙山層傾角近垂直。邱華燈（Chiu, 1970）由鑽井資料認為新竹斷層截切青草湖背斜北翼，斷層面向南傾 50 度，層位落差約 600 公尺。石再添等（1985）則認為新竹斷層由光復中學附近延伸至新竹市西南方的美山村；並依航照判釋頭前溪、客雅溪及三姓公溪的階地上有斷層小崖地形，斷層上盤十八尖山因擠壓而形成壓力脊。楊貴三與蔡怡真（2004）認為三姓公溪谷口的階地受斷層截切，高差分別為 3.7 公尺與 0.7 公尺。陳于高等（Chen *et al.,* 2004）由航照判釋及數值地形模型認為新竹斷層由數條分支斷層所組成，另提出一組沿著河階崖錯動的扭轉斷層（wrench fault），為西北西走向的右移斷層，走向正交於新竹斷層與新城斷層。林啟文等（2007）由野外調查結果在頭前溪河床露頭發現一系列小規模褶皺位於新城斷層下盤，研判受到新城斷層壓縮所致，並認為河床特徵顯示新竹斷層並未通過頭前溪。江婉綺與劉桓吉（2011）依據 Namson（1984）平衡剖面中基底滑脫面深度在客雅溪兩側有明顯的落差，認為客雅溪河床中存在一撕裂斷層（tear fault），以右移方式截切新竹斷層為東西兩段。至於飛鳳山丘陵相關露頭報導則相當少，多以線形與岩性差異追蹤斷層跡位置（塗明寬與陳文政，1990，1991；中油公司，1978，1994；林啟文等，2007）。之前研究，新竹斷層僅有兩

處鑽井剖面（三姓橋 1 至 5 號、新竹 3 至 4 號）確認主斷層截切基盤岩層，其餘地區僅依照線形崖的延續性，因此斷層跡位置並不確定。

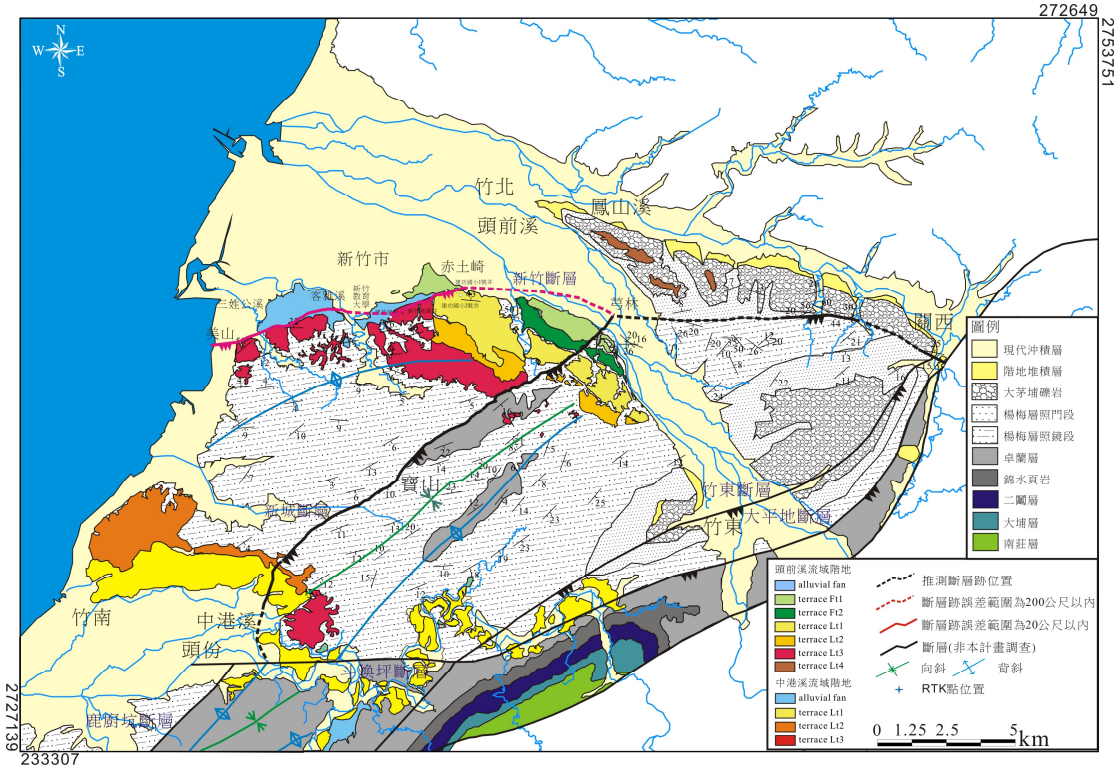


圖 3-1、新竹地區地質圖。（TWD67）

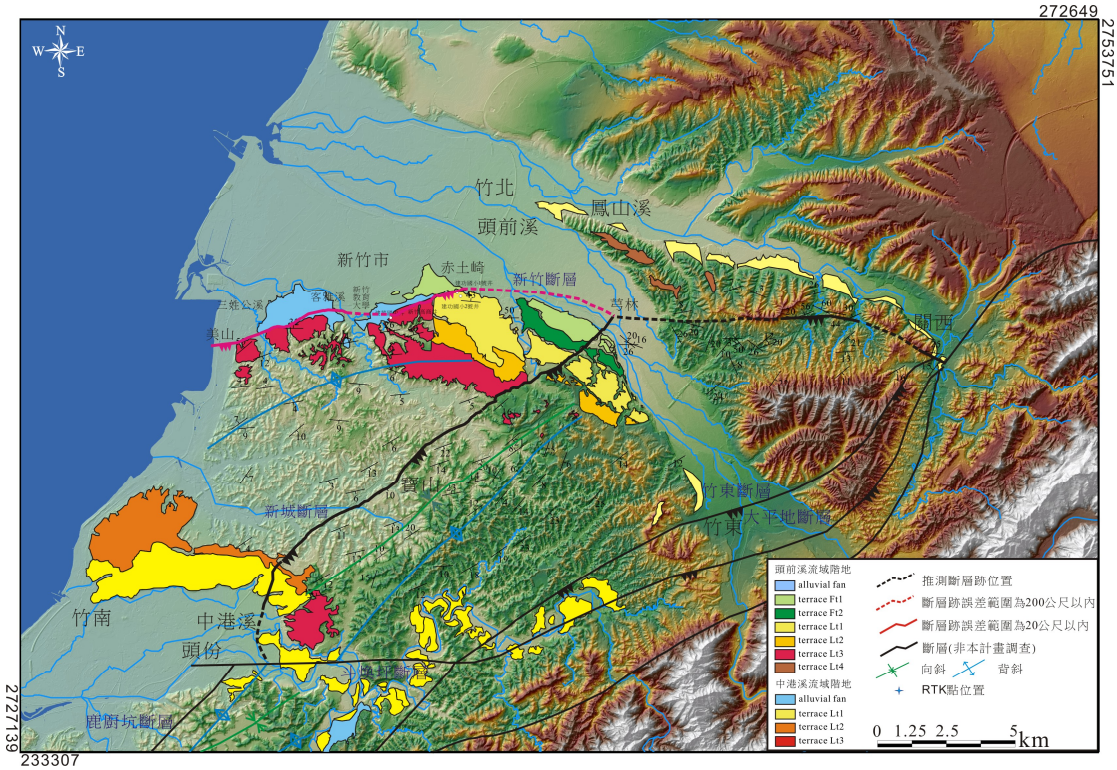


圖 3-2、新竹斷層位置圖與階地分布圖。（TWD67）

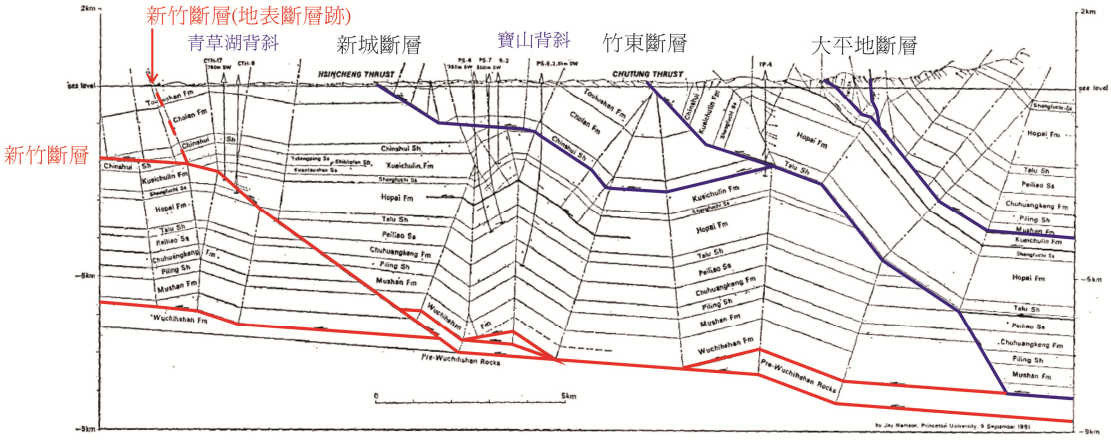


圖 3-3、Namson（1984）解釋新竹市東西向的構造平衡剖面，新竹斷層屬於斷層轉折褶皺型態，新城斷層屬於斷層擴展褶皺型態。

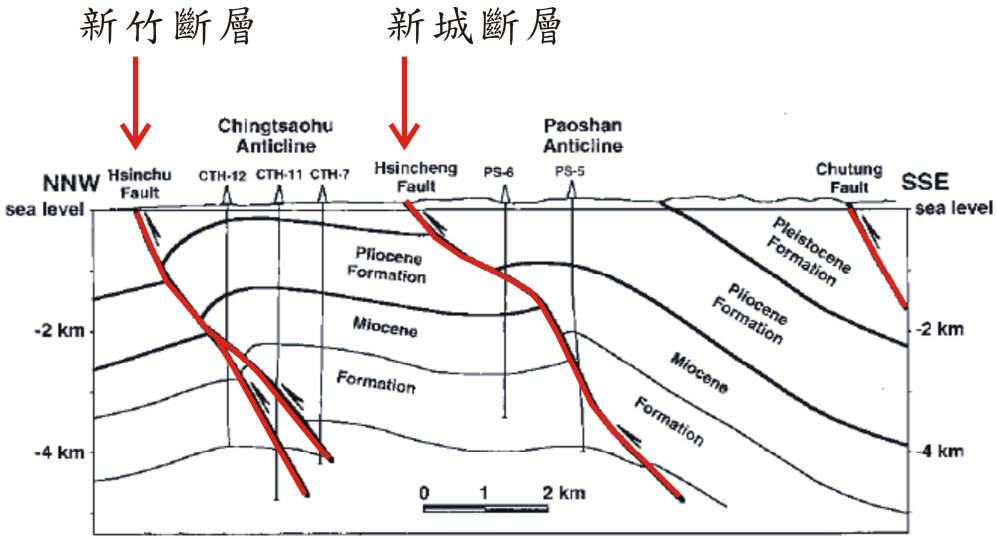


圖 3-4、楊耿明等（Yang *et al*., 1994）解釋新竹市東西向的構造剖面，新竹斷層與新城斷層屬於斷層擴展褶皺型態。

3.2 地球物理探勘

新竹外海區域具有一系列近東西向地壘與地塹（horst and graben）構造，為始新世至漸新世時期張裂產生的正斷層，蓬萊造山運動期間經構造反轉而復活呈為走向滑移斷層或高角度逆斷層。張裂時期的正斷層構造對於近期擠壓活動發育的逆斷層或橫移斷層構造的影響甚鉅，許多學者認為這些反轉構造或可與陸上的

逆斷層構造連結，如湖口斷層與新竹斷層等（Huang *et al*., 1993；Lee *et al*.,1993；Chen *et al*., 1994；楊耿明等，1994；徐兆祥等，1997）。

各研究對於活動構造模式的看法不一，Namson（1984）的平衡剖面解釋青草湖背斜為斷層彎曲褶皺（圖3-3），新竹斷層並未穿至地表而在地底下轉緩往北延伸。楊耿明等（Yang *et al.*, 1994, 1996）根據震測剖面解釋青草湖為斷層擴展褶皺，且認為新竹斷層在地下分為三條高角度的逆衝斷層，其中之一沿著古正斷層面反轉而成。另外，新竹斷層淺部斷層面為新城斷層北端的側斜坡面（圖3-4）。

倪明倫（2004）由 13 條淺層震測線認為新竹斷層從西邊美山村的位置沿著竹東丘陵北緣向東略呈一弧型，經清華大學後向南進入頭前溪河床內，向東與新城斷層相交後通過飛鳳山丘陵，最東緣通過東安國小，直接與大平地斷層相接。石瑞銓等（2009）進行淺層反射震測，認為新竹斷層受前期的正斷層影響，在東西兩段有迥異的構造形態：新竹東段以褶皺作用為主，斷層呈高角度向南傾斜，斷層尖端未出露地表；西段則出現另一組傾向相反的逆斷層。

3.3 斷層活動特性

新竹斷層的短期活動性研究，由 GPS 速度場觀測資料顯示桃竹苗地區處於全島較小速度場的區域，大多小於 5 mm/yr（Yu *et al.*, 1997）；位移場具由北往南逆時針旋轉趨勢，表示斷層之間的地殼均以滑移與旋轉來調適應力（陳建良等，2008；林燕慧等，2010；圖 3-5）。目前研究都認為新竹斷層近期呈鎖定狀態（饒瑞鈞等，2006；林燕慧等，2010）。林啟文（2005）由 2001-2004 年 GPS 資料顯示新竹斷層上盤向西北方以 5-15 mm/yr 移動，指示竹東丘陵西緣及頭前溪下游區域整體位移趨勢相當一致，較明顯差異是新竹斷層與新城斷層之間區域，呈現壓縮特性。鍾瑋（2005）由 GPS 資料認為新竹斷層近期兼具右移與逆移特性。饒瑞鈞等（2006）利用 2002-2006 年間跨越斷層的 GPS 速度場的變化

量表示平行新竹斷層的分量為向西 2.3mm/yr；垂直斷層的分量為 3.1mm/yr，認為屬於右移與壓縮形式。林燕慧等（2010）由橫跨新竹斷層與新城斷層的兩條水準測線認為上盤的抬升量均在近斷層處減小，顯示斷層屬於鎖定狀態。

長期活動速率研究利用鑽井岩芯解析古環境、碳十四年代與古海水面高度資料探討斷層兩側的長期抬升速率。經新竹海岸平原區的鑽井岩芯紀錄，大庄剖面、新竹高商剖面、建功國小剖面、頭前溪剖面等四個剖面結果，估算斷層兩側的抬升速率為＜1.2 mm/yr（陳文山等，2009）。

另外，由新竹縣香山海岸 8 口鑽井岩芯以及碳十四定年資料分析，顯示新竹斷層在全新世以來還持續活動，但是相較台灣其他褶皺－逆衝斷層帶最前緣構造的活動性而言，本區域的長期抬升速率呈現較緩慢的變動，約~1 mm/yr（圖 3-6），此結果應該與現今台灣造山運動在各區域產生的應變大小有關。從 GPS 與水準測量資料顯示此區域的水平（可能小於 1 mm/yr）與垂直（1.3-1.8 mm/yr）應變量屬於較小區域（陳建良等，2008）；可能是導致長期抬升速率較小的結果。

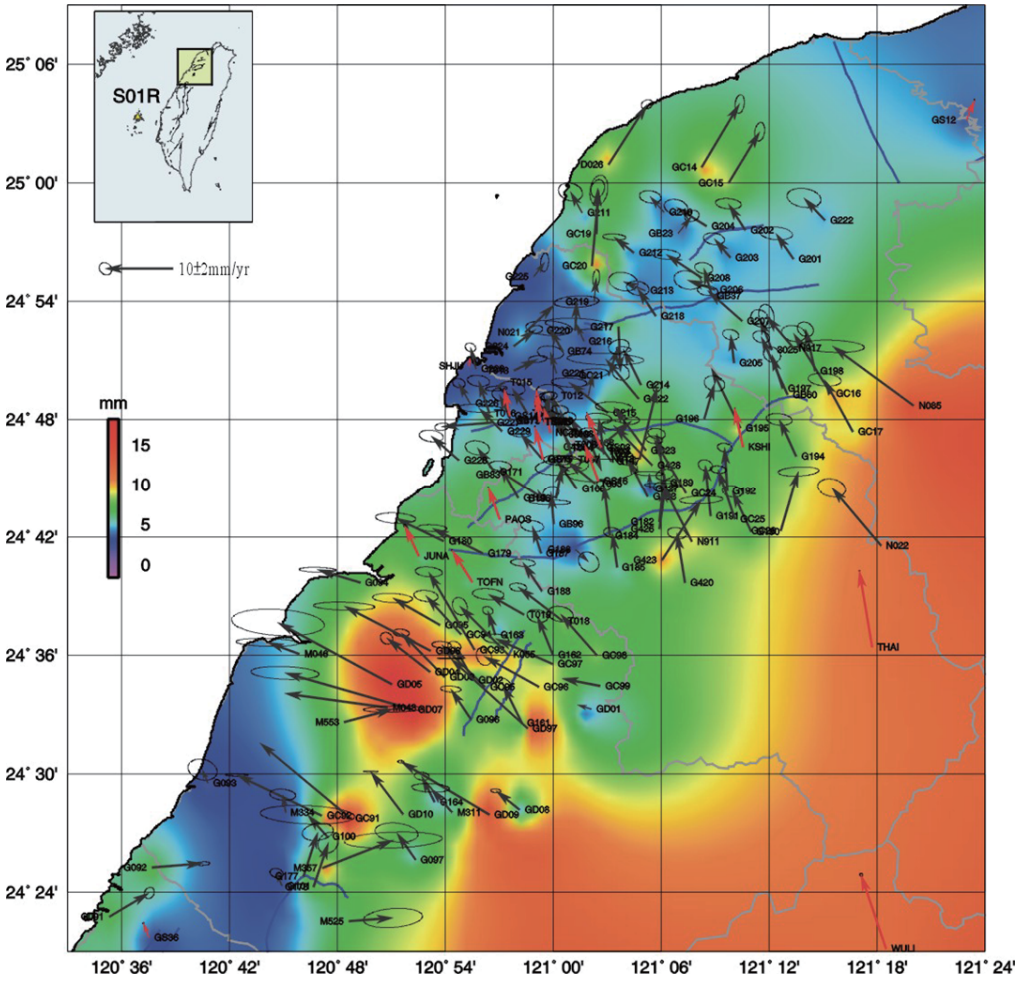


圖 3-5、桃竹苗地區相對於澎湖 S01R 監測站的 GPS 速度場（2001-2008 年）分析結果（林燕慧等，2010）。底圖顏色代表年平均速度場，紅色箭頭代表連續站點位解算結果，灰色箭頭代表定期重測點點位解算結果。

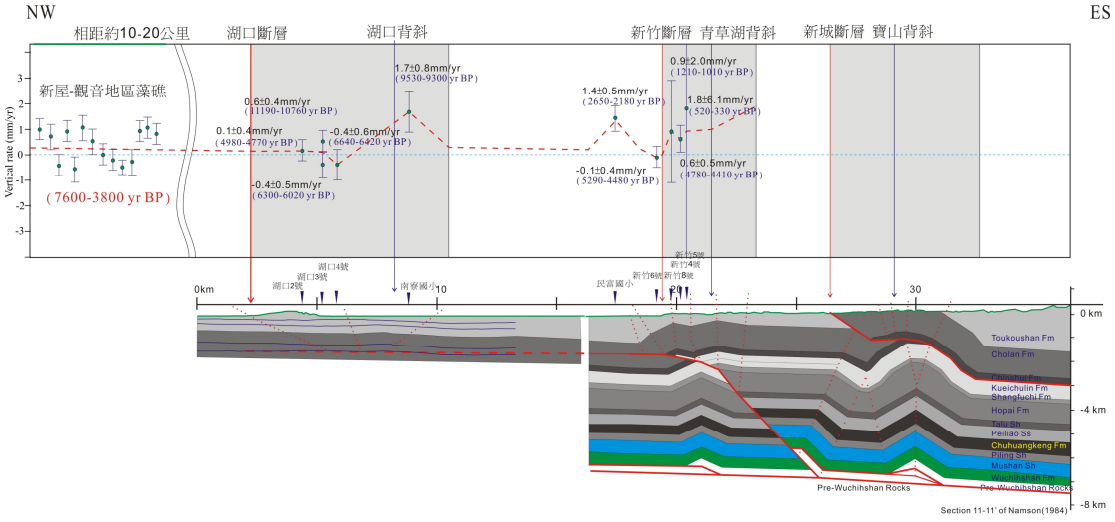


圖 3-6、新竹地區地質構造剖面，引用 Namson (1984)平衡剖面與石瑞銓等（2009）。鑽井地點與新屋－觀音全新世藻礁估算的平均抬升速率。

3.4 斷層跡調查與 e-GPS 測量

本計畫其中之一目的，著重於斷層跡的地形勘查與斷層跡的 e-GPS 測量，以及利用鑽井方法確定部分斷層的斷層跡。依據新竹斷層沿線的地形特性，本研究劃分為三個區域進行調查研究與討論，一、頭前溪河床，由苓林至赤土崎。二、頭前溪以西，由赤土崎經新竹市區，至新竹教育大學。三、由新竹教育大學至美山海岸（圖 3-7，圖 3-8）。

由苓林至赤土崎區段，沿著頭前溪河床，由於頭前溪的侵蝕以及近代沖積層的堆積，此區段沒有呈現任何斷層造成的新期構造地形特徵，僅由之前在頭前溪河床的鑽井岩芯資料研判斷層跡可能位置。前期計畫中針對新竹斷層調查時（陳文山等，2010），頭前溪剖面（D-D`剖面）共有 7 口鑽井，頭前溪 1 號至 5 號井、新竹 1 號井與經國大橋井。由經國大橋井至新竹 1 號井位於斷層下盤，近代沖積層（A 層）堆積在風化礫石層之上（B 層），風化礫石層不整合沉積在頭嵙山層（C 層）之上（圖 3-8，圖 3-9）。上盤鑽井為頭前溪 1 號至 5 號井，風化礫石層（B 層）不整合沉積在頭嵙山層（C 層）之上。頭前溪 1 號井與新竹 1 號井較近斷層，礫石層已受傾動，地層傾斜角度約 30-50º，岩層具密集的剪切構造，剪切面傾角約 44-70º。下盤經國大橋井的風化礫石層（B 層）較厚，超過 71 公尺。研判新竹斷層位於經國大橋井與新竹 1 號井之間，兩井間距約 100 公尺。新竹 1 號井的風化礫石層厚度 77 公尺，推測新竹斷層大約位於井深 40 公尺處，其上下岩層傾角相差 16º，上部變形較大，下部變形逐漸變小。目前此河床區段僅有此處有鑽井與河床露頭可以控制新竹斷層跡的位置（圖 3-8），此區段斷層跡位置的誤差範圍可達兩側共 100 公尺或以上。

第二區域，頭前溪以西，由赤土崎（圖 3-8）經新竹市區，至新竹教育大學，此區域的斷層崖地形非常明確（圖 3-10），並且有局部地點的鑽井岩芯控制，斷層跡位置較為明確。斷層跡位置沿著赤土崎至新竹教育大學西側的 Lt1 與 Lt3 紅土階地崖坡下（圖 3-1）。其間有鑽井岩芯控制的地點，如建功國小（圖 3-8，

圖 3-11）、新竹高商井與建華國小（圖 3-8，圖 3-12）等，此區域量測的斷層跡位置誤差範圍可以在兩側共 20 公尺以內（圖 3-8）。

新竹教育大學至美山海岸的斷層崖地形也是非常明確，局部地點也有鑽井岩芯控制，所以斷層跡位置較明確。其間除了，新竹教育大學的客雅溪河口區域的斷層跡較不明確外，其餘處斷層崖地形明確，如三姓公溪河口沖積扇受到新竹斷層活動形成一垂直河流走向的線性崖（圖 3-13），並有鑽探證明此崖為斷層崖地形（圖 3-8，圖 3-14）；另外於美山海岸也有鑽井確定斷層跡位置（圖 3-8，圖 3-15），此區域量測的斷層跡位置誤差範圍可以在兩側共 20 公尺以內（圖 3-8）

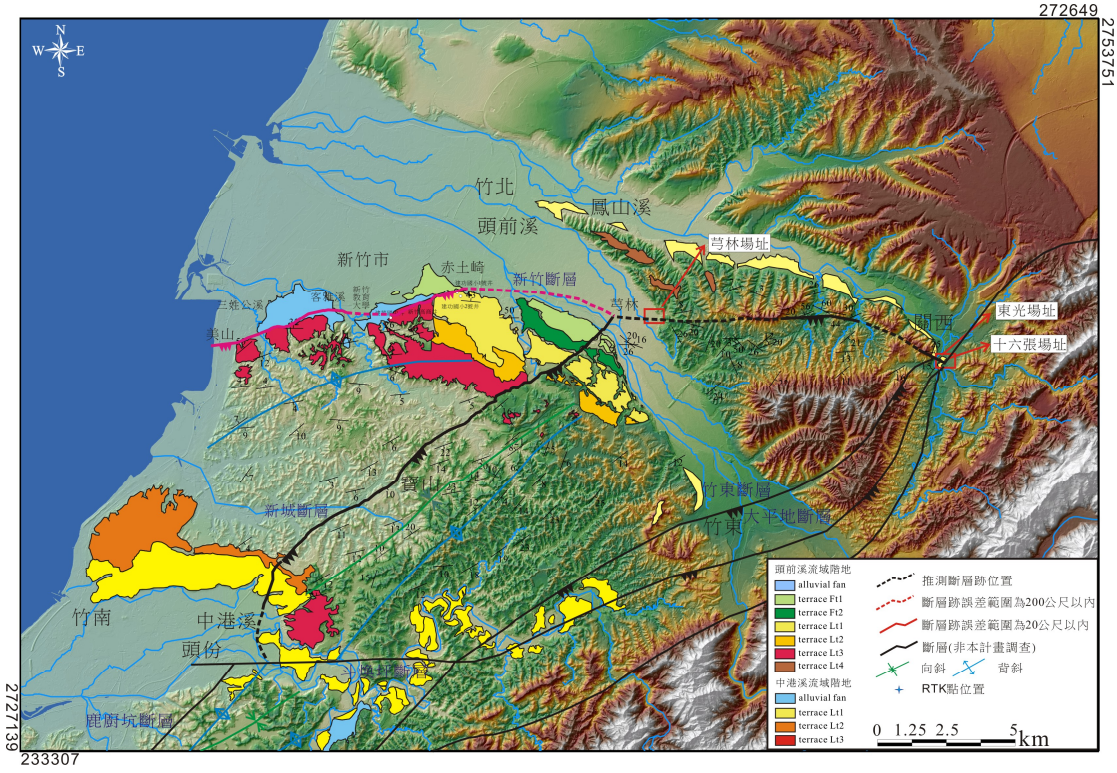


圖 3-7、新竹斷層跡位置與鑽井場址位置。（TWD67）

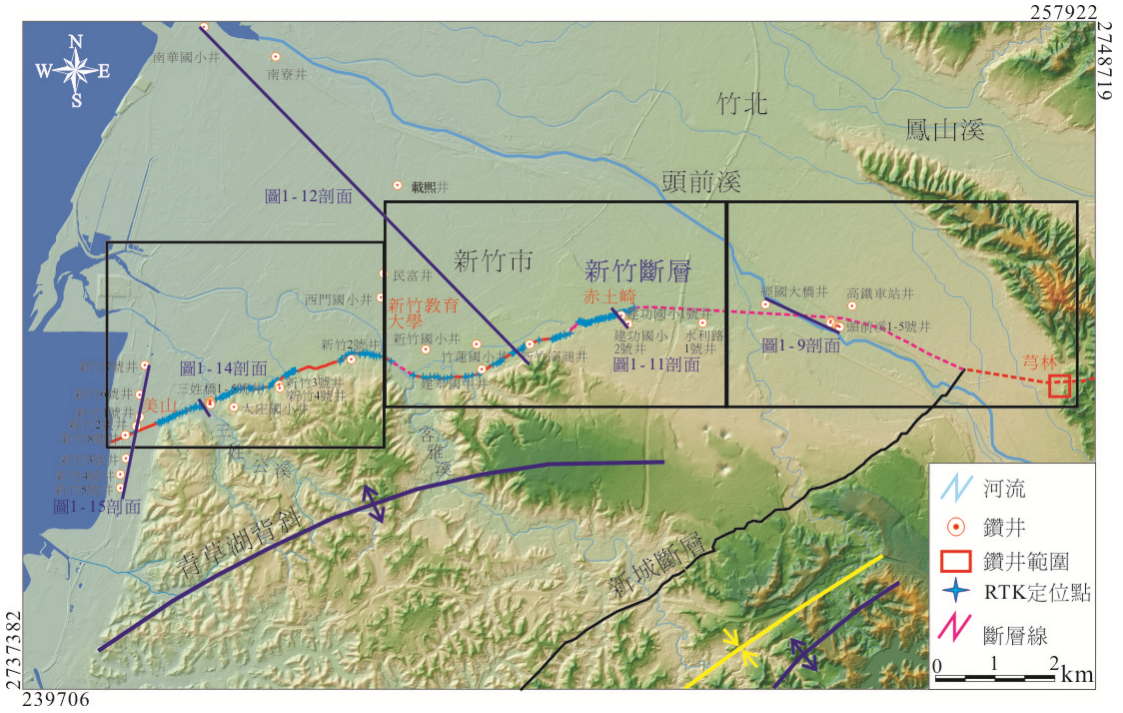


圖 3-8、e-GPS 量測位置與鑽井位置圖。（TWD67）

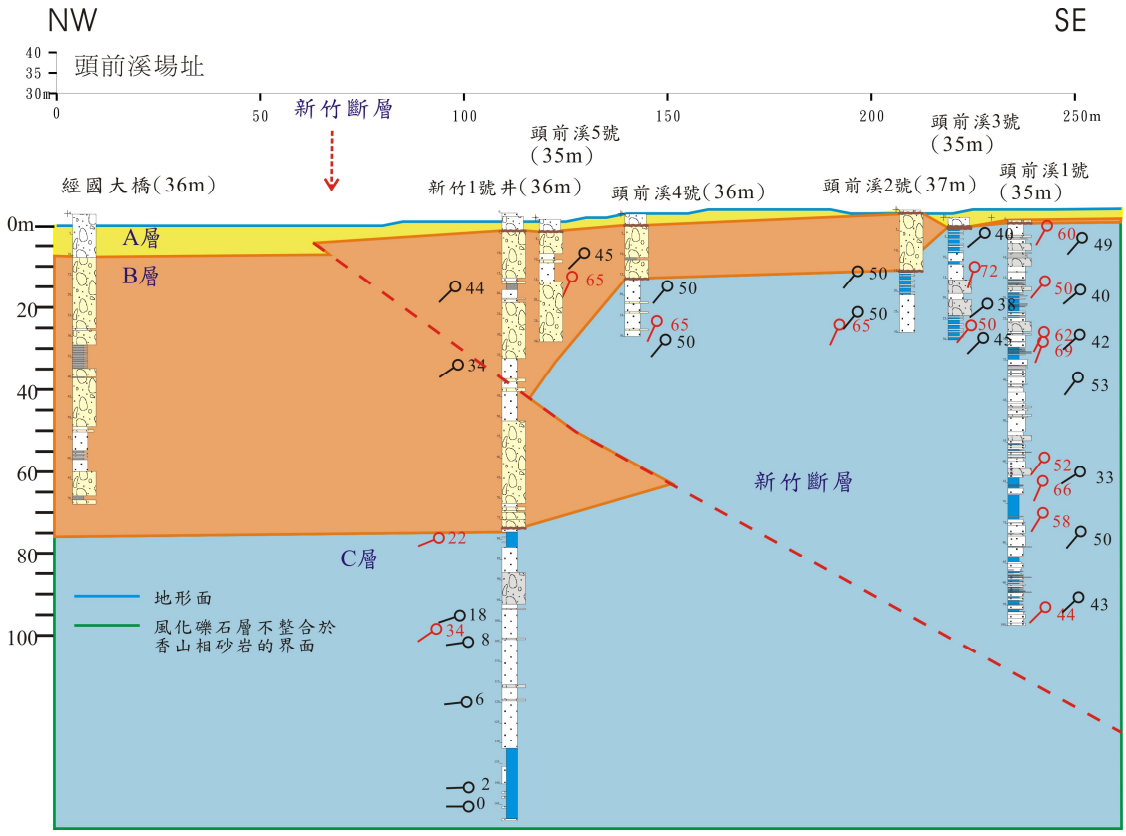


圖 3-9、頭前溪場址，鑽井剖面圖。



圖 3-10、赤土崎地區的斷層跡位於崖下排水溝位置。(朝西南拍攝)



圖 3-11、三姓公溪河口沖積扇被新竹斷層截切形成的斷層崖。(朝西南拍攝)

3.5 鑽井

本區域的鑽井場址選擇了三處地點，一位於芎林，另二處位於新城斷層（或新竹斷層）最東端的東光與十六張階地崖兩側（圖 3-7）。

3.5.1 芎林場址（圖 3-7、圖 3-12）

芎林 1 號井位在階地崖南側，芎林 2 號井位在北側（推測位於下盤）。芎林 1 號井（圖 3-13）海拔 78 公尺，上段 20 公尺岩芯為近代河流的沖積層，不整合在頭嵙山層香山相砂頁岩層之上。沖積層下段約 7 公尺為礫石層（13-20 公尺深），上段為厚約 12 公尺的砂夾泥層。芎林 2 號井（圖 3-14）海拔 79 公尺，上段 3 公尺岩芯為近代河流沖積層，不整合在頭嵙山層香山相砂頁岩層之上。兩井的頭嵙山層地層位態幾近水平，與鄰近露頭的位態相近，地層中有些微剪切構造。由兩井的地層位態與地層產狀分析，研判斷層沒有通過兩井之間（圖 3-15）。



圖 3-12、芎林鑽井位置，位置如圖 3-7 所示，白線為剖面位置。（TWD97）

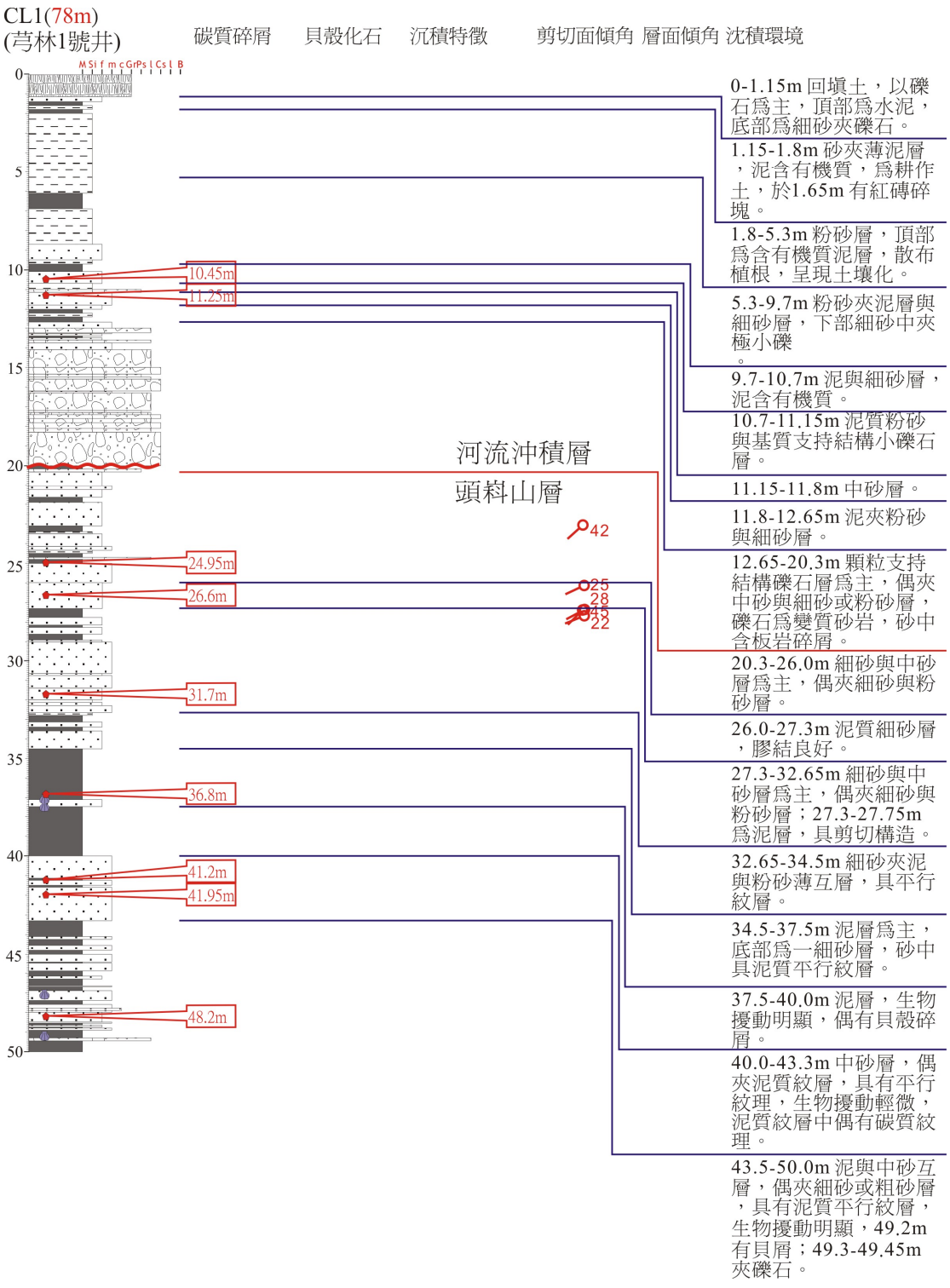

CL1(78m)
(芎林1號井)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
10.45m
11.25m
24.95m
26.6m
31.7m
36.8m
41.2m
41.95m
48.2m
河流沖積層
頭料山層
42
25
28
45
22
0-1.15m 回填土，以礫石爲主，頂部爲水泥，底部爲細砂夾礫石。
1.15-1.8m 砂夾薄泥層，泥含有機質，爲耕作土，於1.65m 有紅磚碎塊。
1.8-5.3m 粉砂層，頂部爲含有機質泥層，散布植根，呈現土壤化。
5.3-9.7m 粉砂夾泥層與細砂層，下部細砂中夾極小礫。
9.7-10.7m 泥與細砂層，泥含有機質。
10.7-11.15m 泥質粉砂與基質支持結構小礫石層。
11.15-11.8m 中砂層。
11.8-12.65m 泥夾粉砂與細砂層。
12.65-20.3m 顆粒支持結構礫石層爲主，偶夾中砂與細砂或粉砂層，礫石爲變質砂岩，砂中含板岩碎屑。
20.3-26.0m 細砂與中砂層爲主，偶夾細砂與粉砂層。
26.0-27.3m 泥質細砂層，膠結良好。
27.3-32.65m 細砂與中砂層爲主，偶夾細砂與粉砂層；27.3-27.75m 爲泥層，具剪切構造。
32.65-34.5m 細砂夾泥與粉砂薄互層，具平行紋層。
34.5-37.5m 泥層爲主，底部爲一細砂層，砂中具泥質平行紋層。
37.5-40.0m 泥層，生物擾動明顯，偶有貝殼碎屑。
40.0-43.3m 中砂層，偶夾泥質紋層，具有平行紋理，生物擾動輕微，泥質紋層中偶有碳質紋理。
43.5-50.0m 泥與中砂互層，偶夾細砂或粗砂層，具有泥質平行紋層，生物擾動明顯，49.2m 有貝屑；49.3-49.45m 夾礫石。

圖 3-13、芎林 1 號井。

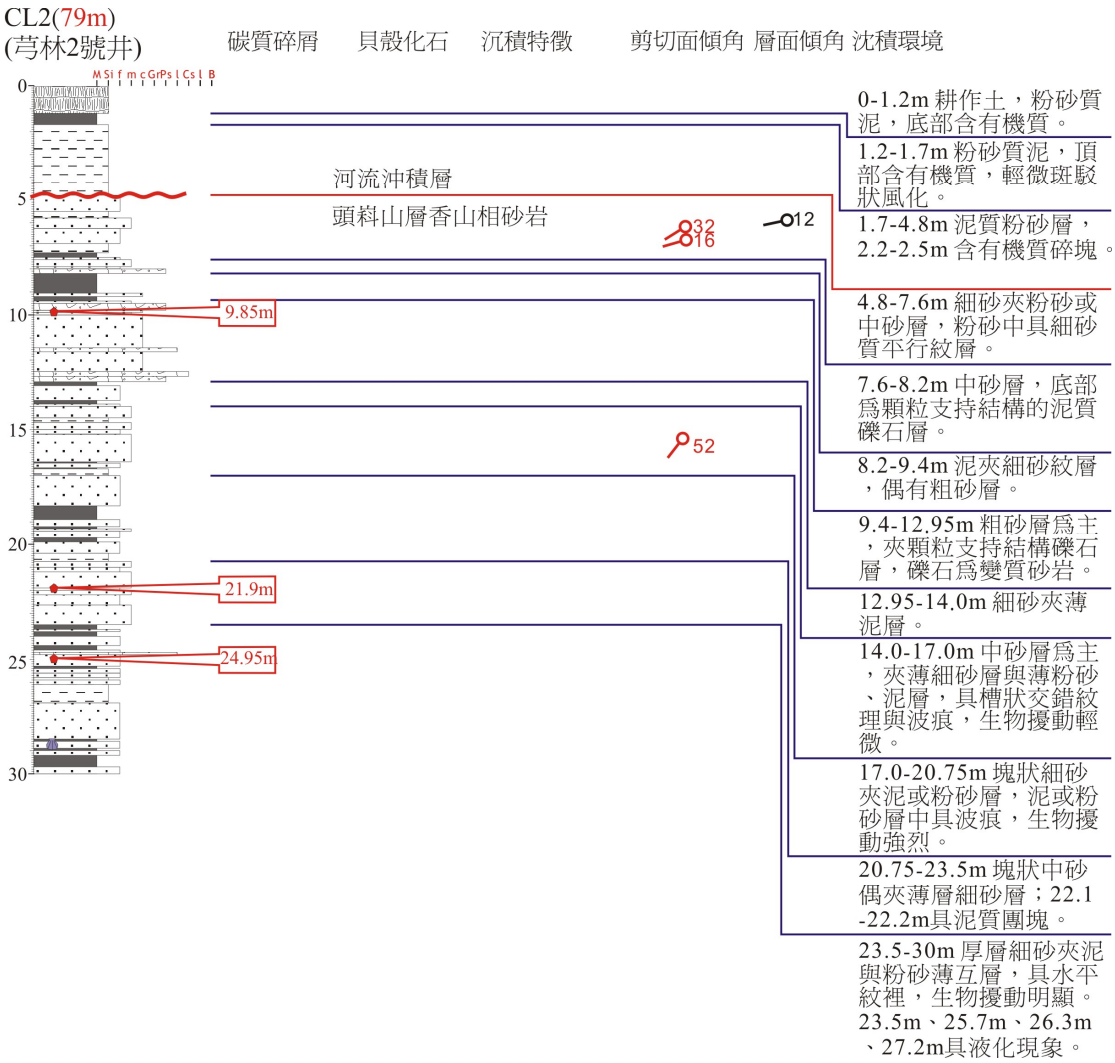

CL2(79m)
(芎林2號井)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
9.85m
21.9m
24.95m
河流沖積層
頭嵙山層香山相砂岩
32
16
12
52
0-1.2m 耕作土，粉砂質泥，底部含有機質。
1.2-1.7m 粉砂質泥，頂部含有機質，輕微斑駁狀風化。
1.7-4.8m 泥質粉砂層，2.2-2.5m 含有機質碎塊。
4.8-7.6m 細砂夾粉砂或中砂層，粉砂中具細砂質平行紋層。
7.6-8.2m 中砂層，底部爲顆粒支持結構的泥質礫石層。
8.2-9.4m 泥夾細砂紋層，偶有粗砂層。
9.4-12.95m 粗砂層爲主，夾顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩。
12.95-14.0m 細砂夾薄泥層。
14.0-17.0m 中砂層爲主，夾薄細砂層與薄粉砂、泥層，具槽狀交錯紋理與波痕，生物擾動輕微。
17.0-20.75m 塊狀細砂夾泥或粉砂層，泥或粉砂層中具波痕，生物擾動強烈。
20.75-23.5m 塊狀中砂偶夾薄層細砂層；22.1-22.2m具泥質團塊。
23.5-30m 厚層細砂夾泥與粉砂薄互層，具水平紋裡，生物擾動明顯。23.5m、25.7m、26.3m、27.2m具液化現象。

圖 3-14、芎林 2 號井。

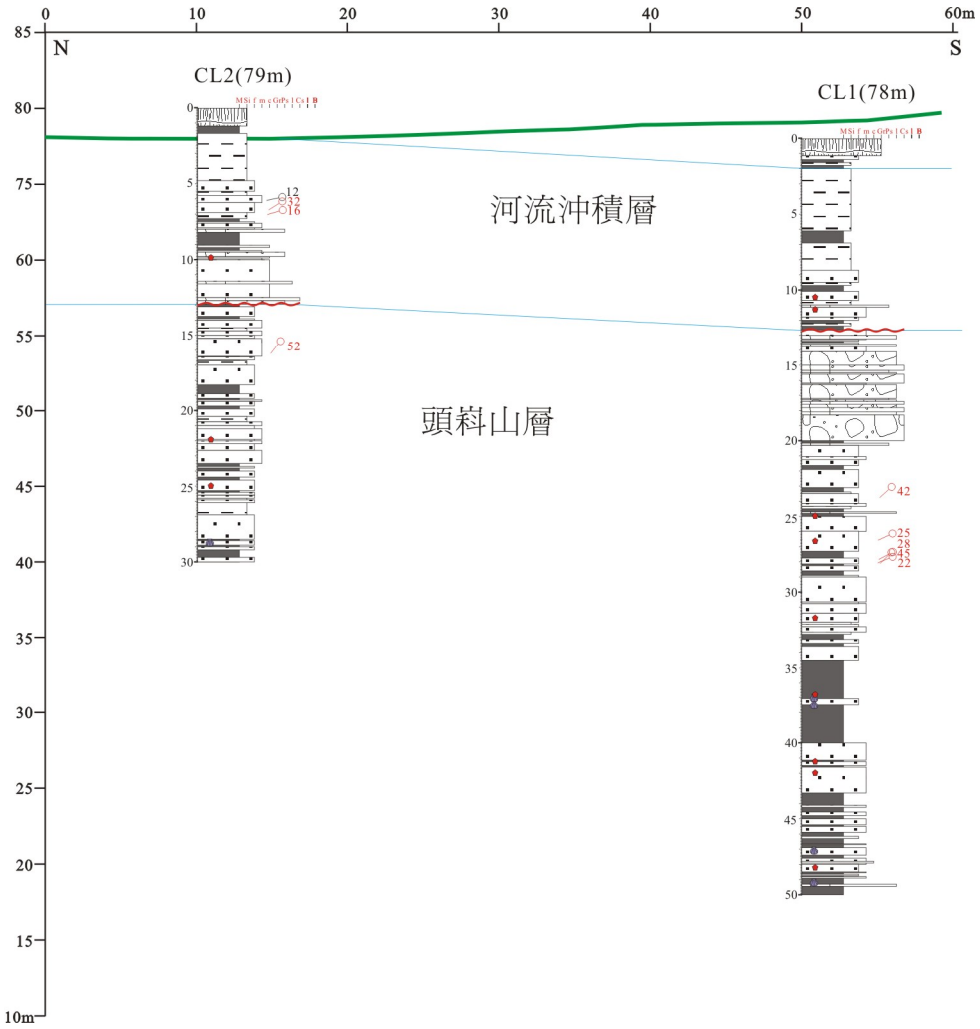


圖 3-15、芎林場址鑽井剖面圖。(位置參照圖 3-12)

3.5.2 東光場址（圖 3-7、圖 3-16）

東光 1 號井位在階地崖南側（上盤），鑽取 50 公尺岩芯（圖 3-18），東光 2 號井位在北側（下盤），鑽取 30 公尺岩芯（圖 3-19）。東光 1 號井海拔 145 公尺，上段 20 公尺岩芯為近代河流沖積層，以礫石層為主，偶夾薄砂層，之下為青灰色或黃色砂層夾薄層礫石層，屬於頭嵙山層砂礫層；下段砂層中偶見剪切構造。

東光 2 號井海拔 143 公尺，上段為厚層礫石層，偶夾薄砂層，之下為厚砂層夾薄層礫石層。此段岩性與東光 1 號井約 25 公尺以上岩性相同，屬於頭嵙山層砂礫層（圖 3-20）。東光 1 號井位於一崖高約 2 公尺上方，東光 2 號井位在崖下。兩井下層的頭嵙山層砂礫層的高差約 12.5 公尺。上盤的東光 1 號井中具有

剪切構造，研判此階地崖是受到新城斷層（或新竹斷層）作用產生的斷層崖。從崖坡走向垂直河流的流向，顯示此崖坡應不是受到河流侵蝕所造成。

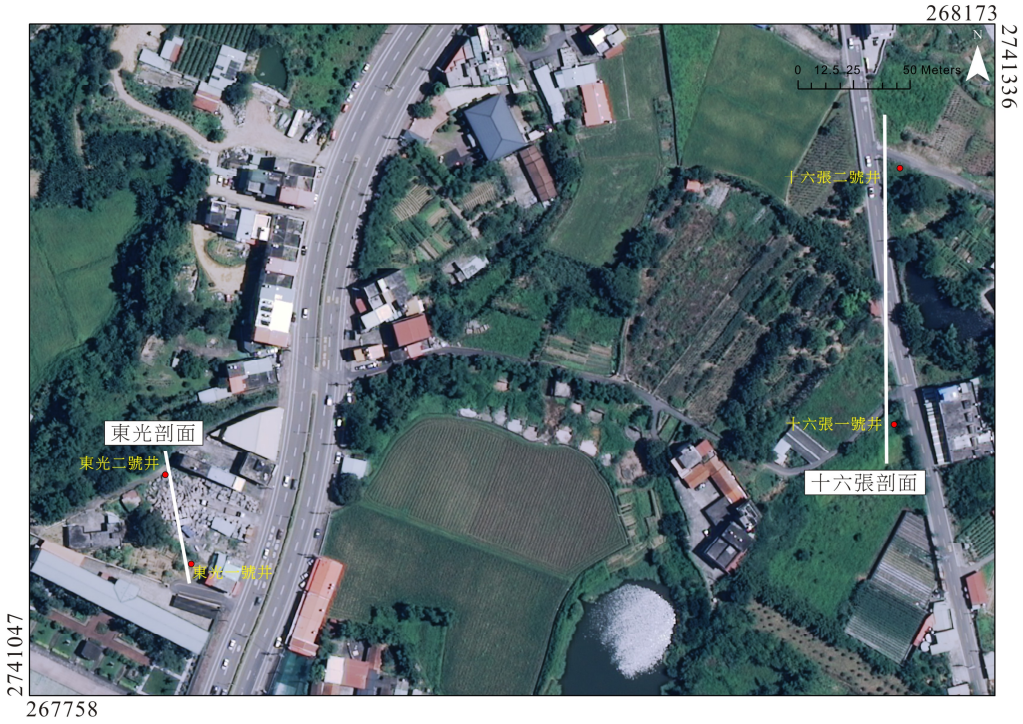


圖 3-16、東光與十六張鑽井位置，位置如圖 3-7 所示，白線為剖面位置。（TWD97）

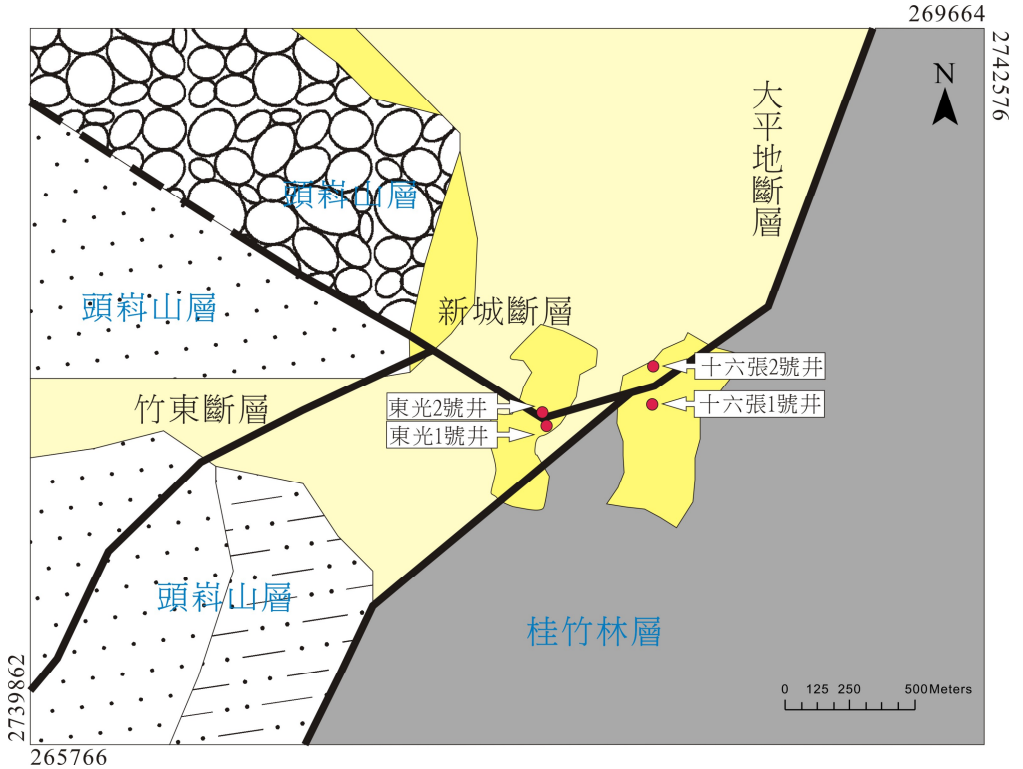


圖 3-17、東光與十六張鑽井區域地質圖，位置如圖 3-7 所示。（TWD97）

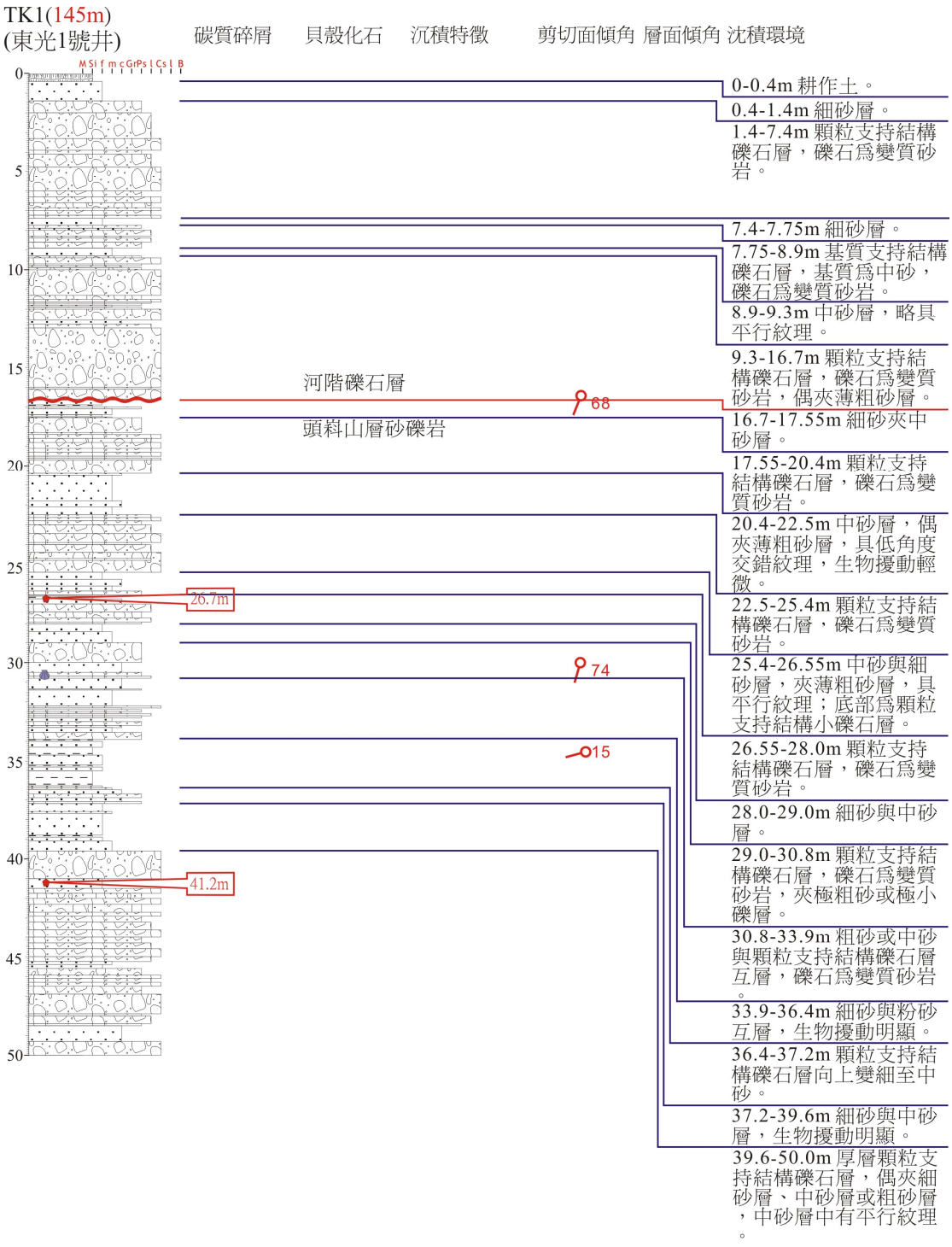

TK1(145m)
(東光1號井)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs L B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
河階礫石層
頭嵙山層砂礫岩
68
74
15
26.7m
41.2m
0-0.4m 耕作土。
0.4-1.4m 細砂層。
1.4-7.4m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩。
7.4-7.75m 細砂層。
7.75-8.9m 基質支持結構礫石層，基質爲中砂，礫石爲變質砂岩。
8.9-9.3m 中砂層，略具平行紋理。
9.3-16.7m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩，偶夾薄粗砂層。
16.7-17.55m 細砂夾中砂層。
17.55-20.4m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩。
20.4-22.5m 中砂層，偶夾薄粗砂層，具低角度交錯紋理，生物擾動輕微。
22.5-25.4m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩。
25.4-26.55m 中砂與細砂層，夾薄粗砂層，具平行紋理；底部爲顆粒支持結構小礫石層。
26.55-28.0m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩。
28.0-29.0m 細砂與中砂層。
29.0-30.8m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩，夾極粗砂或極小礫層。
30.8-33.9m 粗砂或中砂與顆粒支持結構礫石層互層，礫石爲變質砂岩。
33.9-36.4m 細砂與粉砂互層，生物擾動明顯。
36.4-37.2m 顆粒支持結構礫石層向上變細至中砂。
37.2-39.6m 細砂與中砂層，生物擾動明顯。
39.6-50.0m 厚層顆粒支持結構礫石層，偶夾細砂層、中砂層或粗砂層，中砂層中有平行紋理。

圖 3-18、東光 1 號井。


TK2(143m)
(東光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
0-1.0m 耕作土，以細砂爲主，頂部0.1m爲水泥。
1.0-17.6m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩，偶夾薄層中砂層。
14.1-14.4m 中砂層。
17.6-18.4m 顆粒支持結構小礫石層向上變細至中砂層，礫石爲變質砂岩。
18.4-20.55m 中砂層爲主，夾一粗砂層。
20.55-26.1m 顆粒支持結構礫石層，間夾薄層粗砂層，粗砂中略具低角度交錯紋理。
河階礫石層
頭料山層砂礫岩
26.1-28.6m 顆粒支持結構小礫石層向上變細至細砂層，礫石爲變質砂岩。
28.6-30.0m 顆粒支持結構小礫石層向上變細至中砂層，礫石爲變質砂岩。

圖 3-19、東光 2 號井。

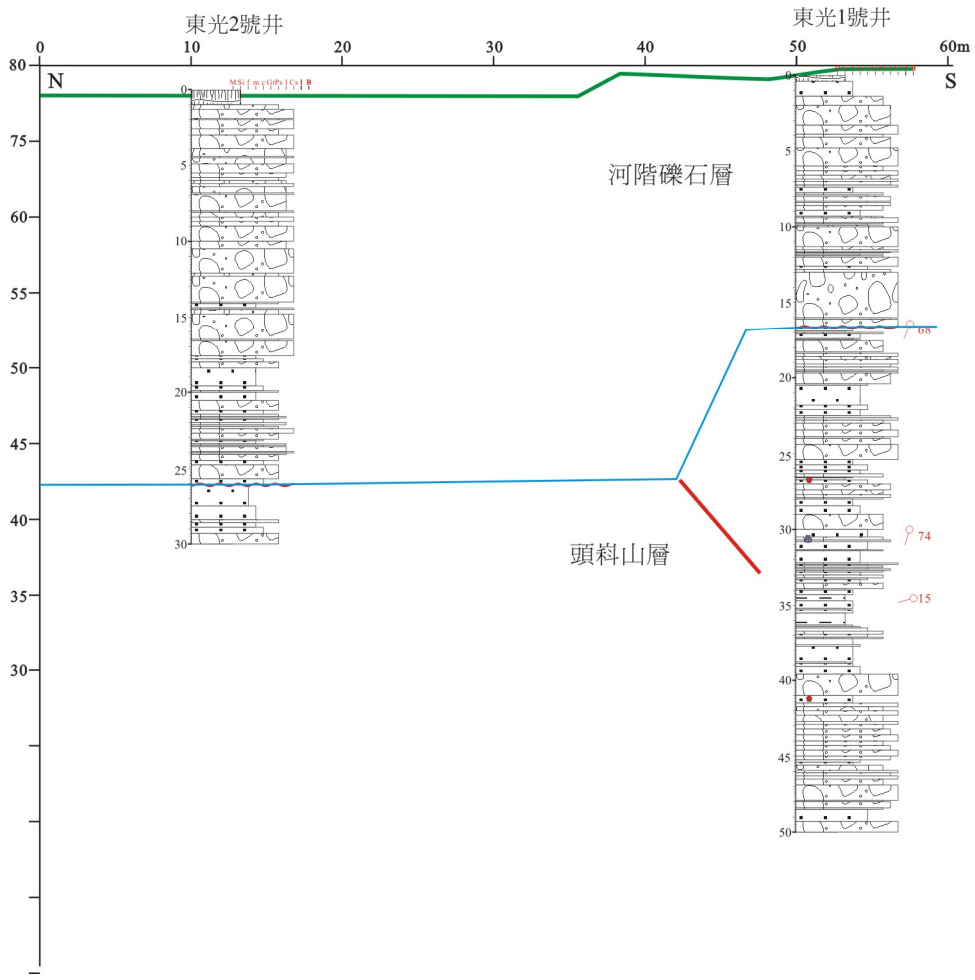


圖 3-20、東光場址鑽井剖面圖。(位置參照圖 3-16)

3.5.3 十六張場址（圖 3-7、圖 3-16）

十六張場址位在東光場址東側約 1 公里，位於新城斷層與大平地斷層的交會處，新城斷層北側屬於頭嵙山層，南側屬於桂竹林層（大埔層）。十六張 1 號井（圖 3-21）位於新城斷層上盤，表層覆蓋 1.1 公尺的河階礫石層，不整合面之下為受到強烈剪切作用的岩盤，依岩性研判為桂竹林層（大埔層）。十六張 2 號井（圖 3-22）位於新城斷層下盤，岩性為礫岩層，地層傾角約 20 度，屬於頭嵙山層。從斷層兩側的十六張 1 號與 2 號井的岩層關係，顯示桂竹林層（大埔層）逆衝覆蓋在頭嵙山層之上（圖 3-23）。

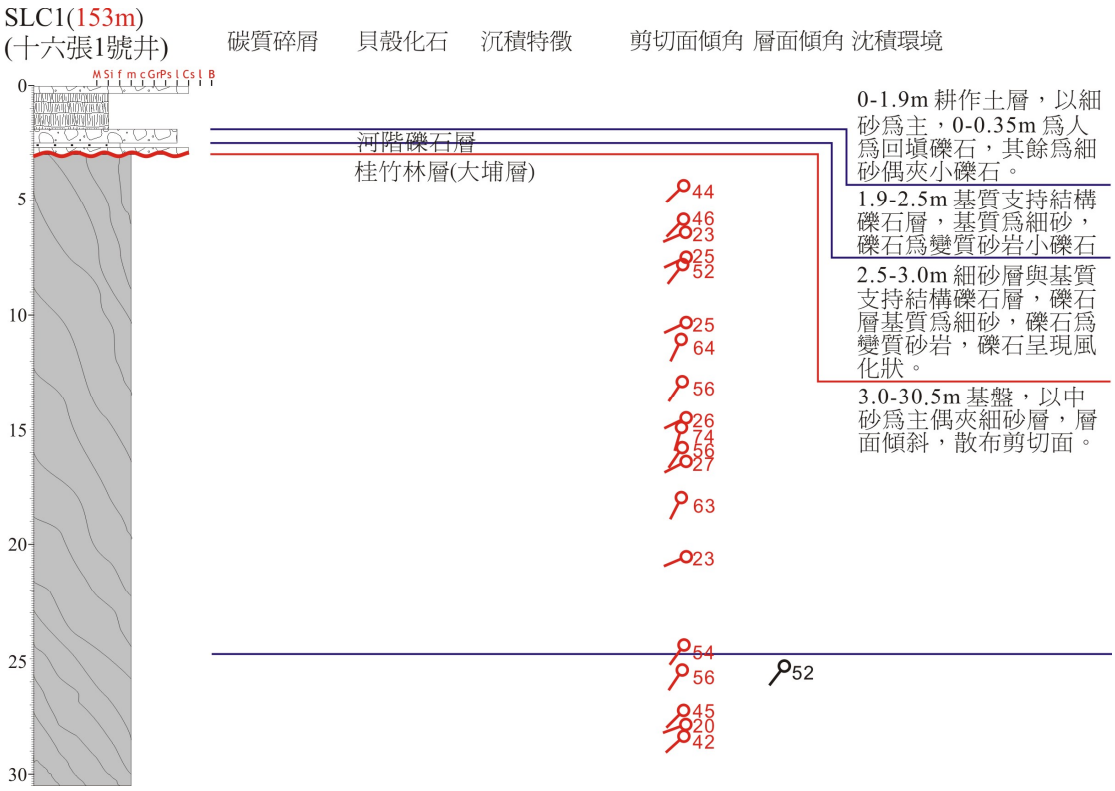

SLC1(153m)
(十六張1號井)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
河階礫石層
桂竹林層(大埔層)
0-1.9m 耕作土層，以細砂爲主，0-0.35m 爲人爲回填礫石，其餘爲細砂偶夾小礫石。
1.9-2.5m 基質支持結構礫石層，基質爲細砂，礫石爲變質砂岩小礫石
2.5-3.0m 細砂層與基質支持結構礫石層，礫石層基質爲細砂，礫石爲變質砂岩，礫石呈現風化狀。
3.0-30.5m 基盤，以中砂爲主偶夾細砂層，層面傾斜，散布剪切面。
44
46
23
25
52
25
64
56
26
74
56
27
63
23
54
56
52
45
20
42

圖 3-21、十六張 1 號井。

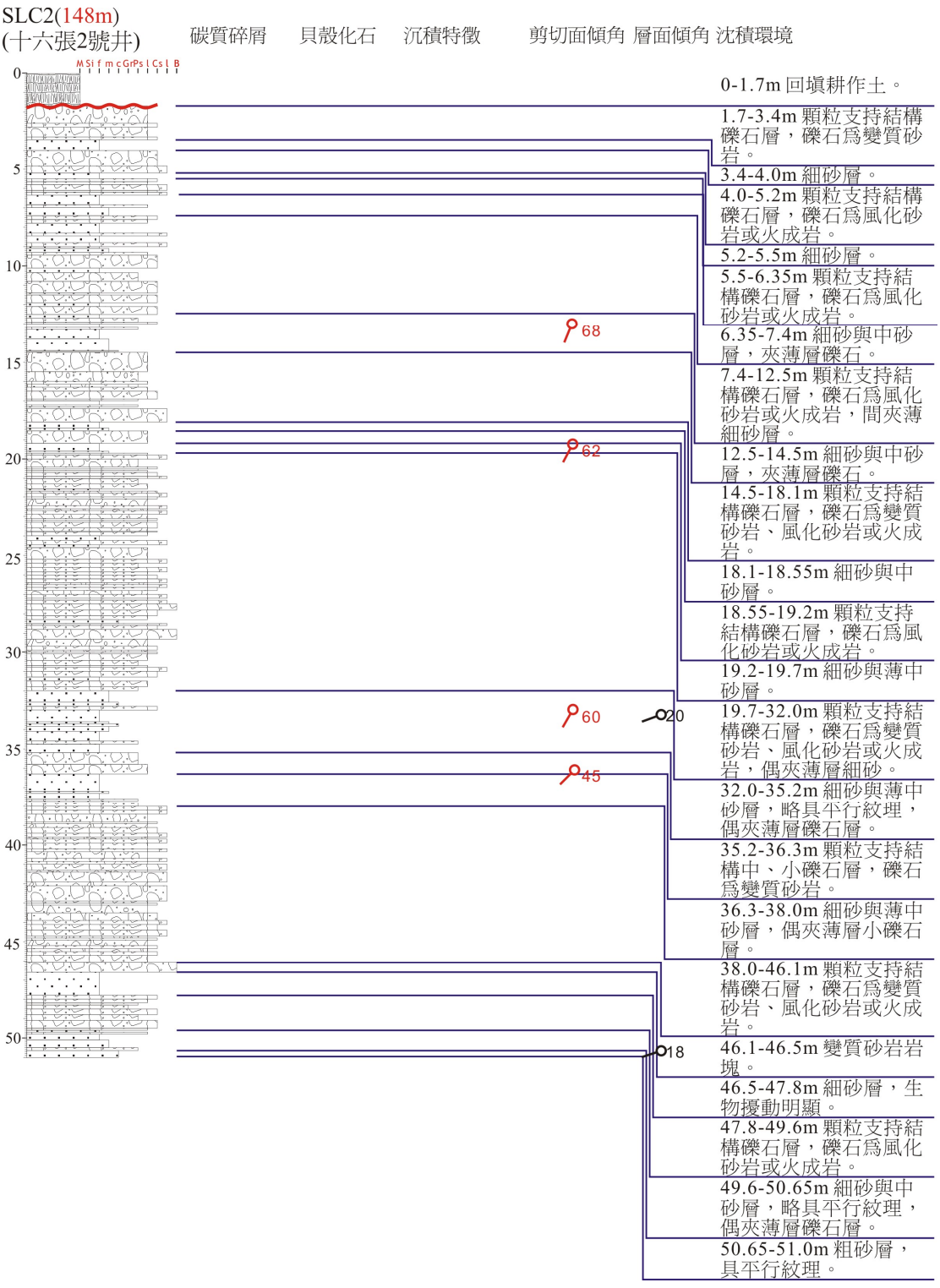

SLC2(148m)
(十六張2號井)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
68
62
60
45
20
18
0-1.7m 回填耕作土。
1.7-3.4m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩。
3.4-4.0m 細砂層。
4.0-5.2m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲風化砂岩或火成岩。
5.2-5.5m 細砂層。
5.5-6.35m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲風化砂岩或火成岩。
6.35-7.4m 細砂與中砂層，夾薄層礫石。
7.4-12.5m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲風化砂岩或火成岩，間夾薄細砂層。
12.5-14.5m 細砂與中砂層，夾薄層礫石。
14.5-18.1m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩、風化砂岩或火成岩。
18.1-18.55m 細砂與中砂層。
18.55-19.2m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲風化砂岩或火成岩。
19.2-19.7m 細砂與薄中砂層。
19.7-32.0m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩、風化砂岩或火成岩，偶夾薄層細砂。
32.0-35.2m 細砂與薄中砂層，略具平行紋理，偶夾薄層礫石層。
35.2-36.3m 顆粒支持結構中、小礫石層，礫石爲變質砂岩。
36.3-38.0m 細砂與薄中砂層，偶夾薄層小礫石層。
38.0-46.1m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲變質砂岩、風化砂岩或火成岩。
46.1-46.5m 變質砂岩岩塊。
46.5-47.8m 細砂層，生物擾動明顯。
47.8-49.6m 顆粒支持結構礫石層，礫石爲風化砂岩或火成岩。
49.6-50.65m 細砂與中砂層，略具平行紋理，偶夾薄層礫石層。
50.65-51.0m 粗砂層，具平行紋理。

圖 3-22、十六張 2 號井。

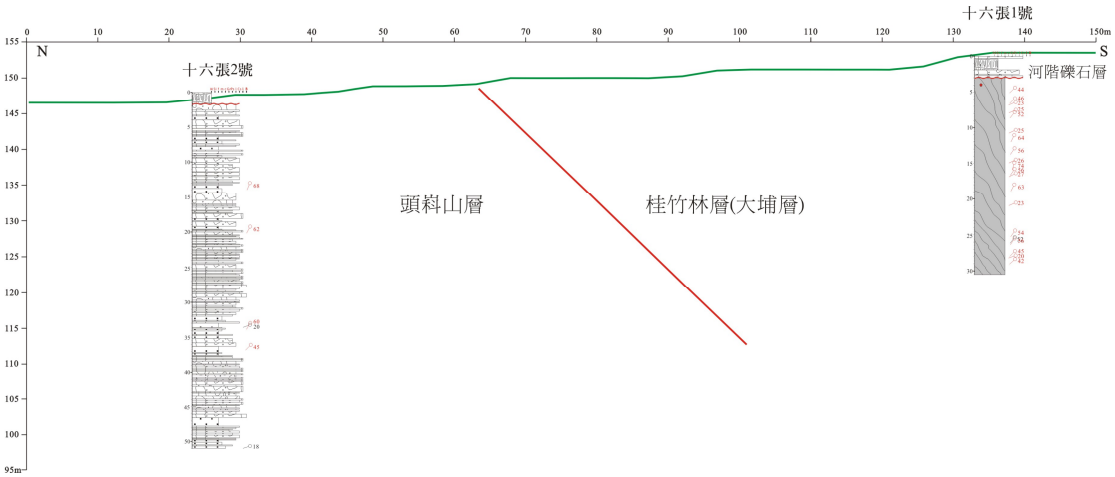


圖 3-23、十六張場址鑽井剖面圖。(位置參照圖 3-16)

3.6 討論與結論

本研究大致將斷層跡明確的地點進行 e-GPS 量測定位（圖 3-24，圖 3-25，圖 3-26，圖 3-27；圖 3-24 至圖 3-27 由東向西排列），主要位在赤土崎至美山海岸之間的線形斷層崖。由東向西切確的位置，由赤土崎一街、博愛街、學府路（圖 3-24）；之後的斷層跡由學府路南側經新竹高商（圖 3-25）、新竹高中、培英中學、建華國中、新竹教育大學，至成德路北側（圖 3-26）。成德路北側經崧嶺路之後，沿著中華路南側的斷層崖，最後由美山進入海域（圖 3-26，圖 3-27）。這區段的斷層跡除了有線形崖地形之外，還有多處地點有鑽井岩芯的控制，所以斷層跡位置較明確。



圖 3-24、赤土崎區域，由赤土崎一街、博愛路至學府路（圖 3-23 至圖 3-26 由東向西排列）。（TWD97）

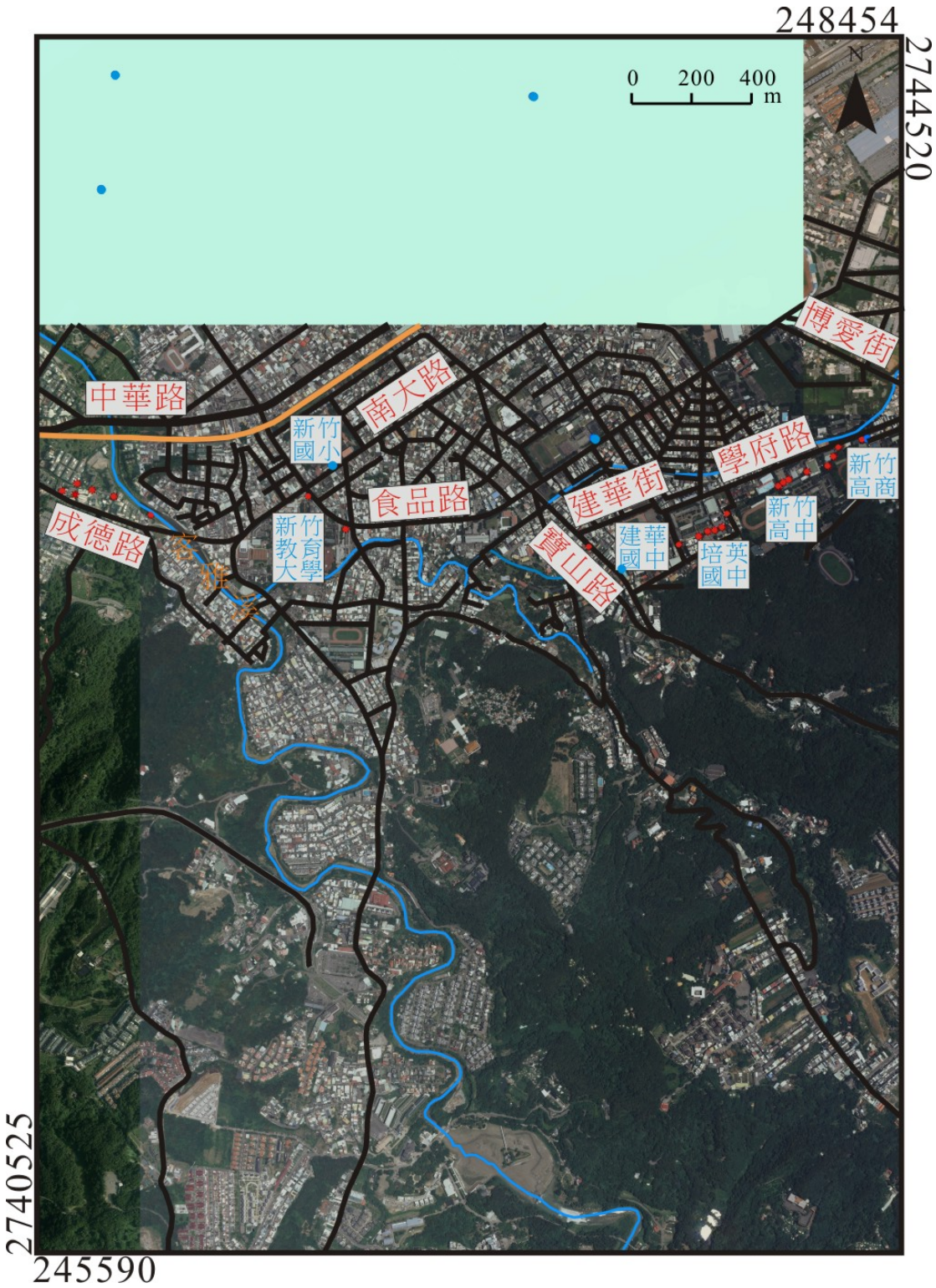


圖 3-25、斷層跡由學府路南側經新竹高商、新竹高中、培英中學、建華國中、新竹教育大學，至成德路北側。（TWD97）

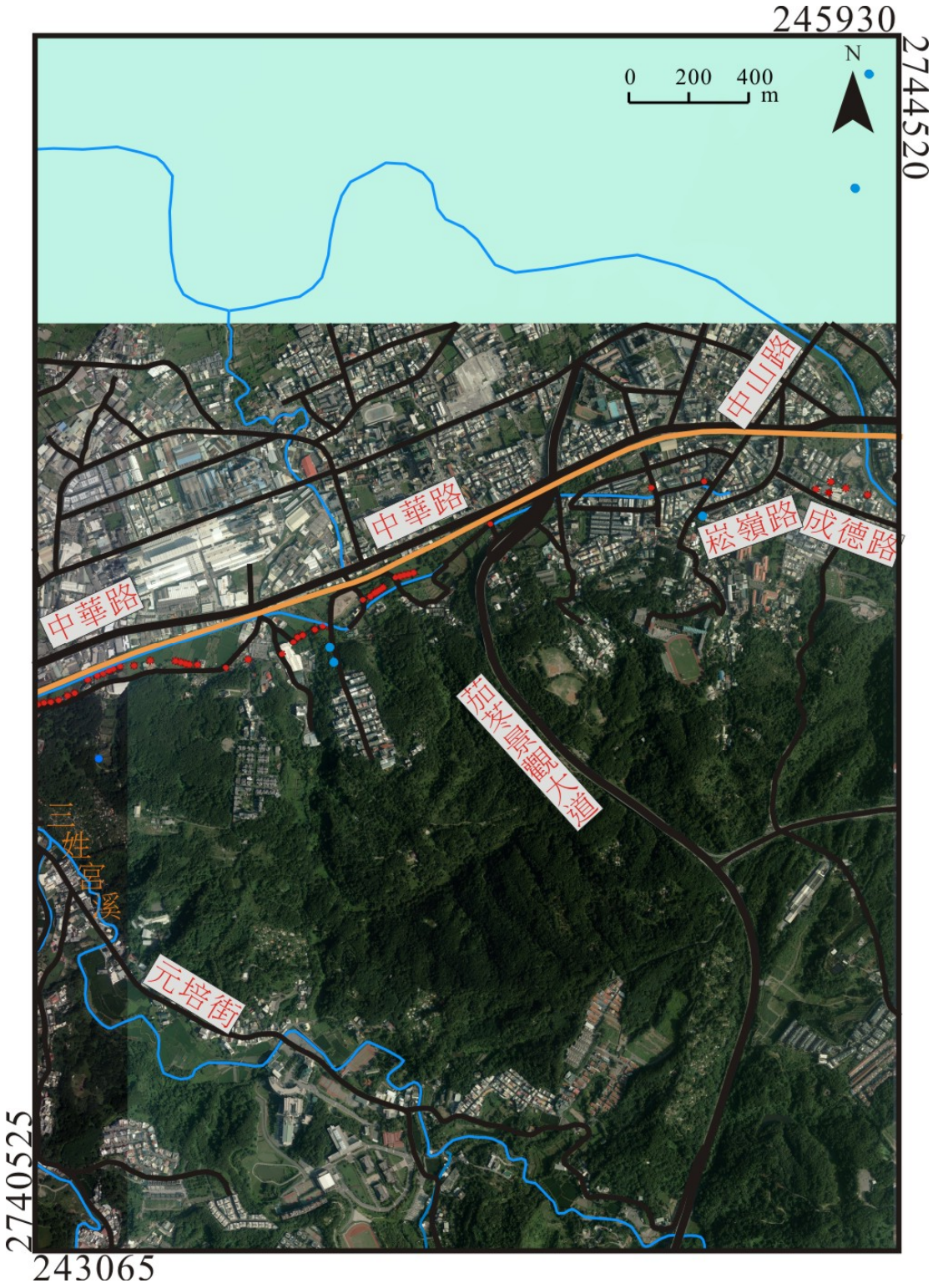


圖 3-26、成德路北側經崧嶺路之後，沿著中華路南側的斷層崖。（TWD97）

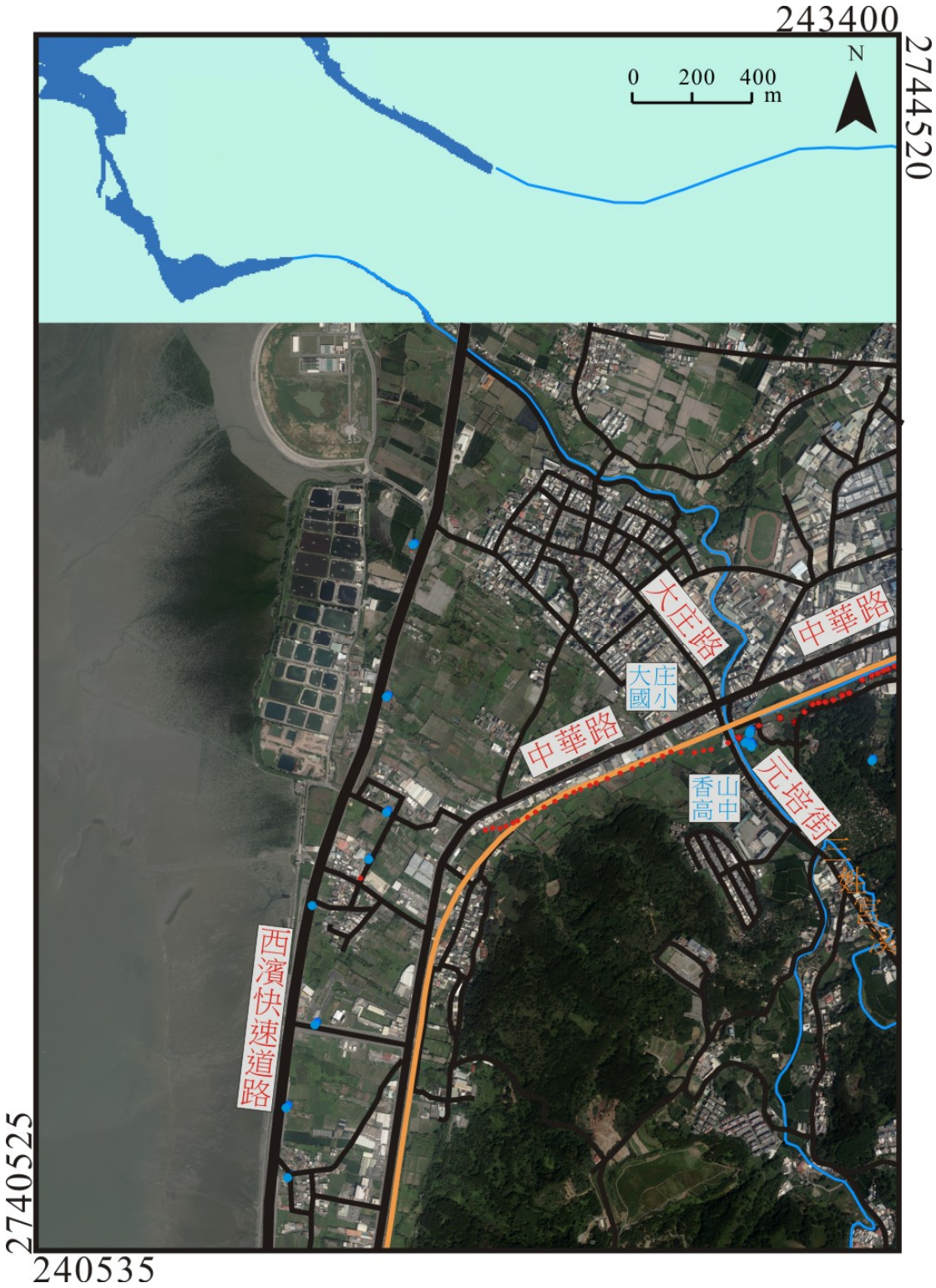


圖 3-27、沿著中華路南側的斷層崖坡，至美山海岸。（TWD97）

本區域共選擇三處鑽井場址，位於芎林、東光與十六張的階地崖，崖線兩側各進行兩口鑽井。從鑽井岩芯特性研判，芎林的鑽井並未橫跨斷層跡，而東光與十六張鑽井皆橫跨在新城斷層兩側。東光場址上盤的東光 1 號井位在竹東斷層

西側，與新城斷層上盤；東光 2 號井位在新城斷層下盤，上下盤地層都屬於頭嵙山層。十六張 1 號井位於新城斷層上盤，而上盤區域又處在竹東斷層與大平地斷層之間，地層屬於桂竹林層（大埔層），十六張 2 號井位於新城斷層下盤，以及大平地斷層西北側，地層屬於頭嵙山層。十六張兩口鑽井岩芯的岩層與上述地表地層吻合，十六張 1 號井為桂竹林層（大埔層），2 號井為頭嵙山層，所以此斷層崖是屬於新城斷層形成的斷層崖，可以連接西側東光的斷層崖。

新竹斷層朝西延伸與新城斷層連接，之後由芎林至十六張的斷層區段是屬於何者的斷層區段？從本區域西部麓山帶的構造分析，內麓山帶（地層以中新統為主）的逆衝斷層都呈南北走向，主應力場約呈東西向；外麓山帶（地層以上－更新統為主）的逆衝斷層約呈東西走向，主應力場約呈西北向。芎林至十六張的斷層區段的走向略呈東西走向，所以推測此區段斷層近期的活動特性應與新竹斷層的活動性較為相關，主應力場為朝西北向的逆衝作用，與現今的大地觀測結果相同，呈現北西 45-60 度，右移的逆衝作用。

參考文獻

中油公司台探總處（1978）十萬分之一台灣地質圖，桃園－新竹幅。

中油公司台探總處（1994）十萬分之一台灣地質圖，苗栗幅。

丹桂之助（1933）臺灣新竹州竹東台地之地形考察。地學雜誌，第 46 卷，536 期，35-43 頁。（日文）

石再添、鄧國雄、張瑞津、楊貴三（1985）竹東台地的活斷層與地形面。國立台灣師範大學地理研究所研究報告，第 12 期，1-44 頁。

石瑞銓、王維豪、李元希（2009）地震地質與地動潛變分析－段層帶地下構造調查研究（3/4）。經濟部中央地質調查所報告，第 98-11 號，共 137 頁。

江婉綺、劉桓吉（2011）新竹圖幅及說明書。五萬分之一臺灣地質圖及說明書，第 6 號，第二版。經濟部中央地質調查所出版，共 47 頁。

林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧（2007）台灣北部的活動斷層。經濟部中央地質調查所特刊，第 19 號，共 130 頁。

林啟文（2005）臺灣北部新城斷層與新竹斷層的一些構造特性。經濟部中央地質調查所特刊，第16號，41-54頁。

林朝棨（1957）臺灣地形。台灣省文獻委員會出版，共 424 頁。

林燕慧、陳盈璇、侯進雄（2010）台灣西北部之地殼變形研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 24 號，171-188 頁。

洪瑛鈞、尤仁弘、林志平、廖志中、胡賢能、張振成（2006）地電阻剖面影像探測在新竹斷層調查之應用。岩盤工程研討會論文集，559-568 頁。

倪明倫（2004）新竹苗栗地區活動斷層地下構造震測調查研究。國立中央大學地球物理研究所碩士論文，共107頁。

徐兆祥、李重毅、李錦發、張渝龍、毛爾威（1997）臺灣西北東南向平移斷層及其地體構造意義，中國地質學會八十六年年會大會手冊及論文摘要，第309-312頁。

黃旭燦、楊耿明、吳榮章、丁信修、李長之、梅文威、徐祥宏（2004）台灣陸上斷層帶地質構造與地殼變形調查研究(5/5)─新城斷層及其附近地區，經濟部中央地質調查所報告，第93-13號，共72頁。

陳文山、游能悌、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（4/4）。經濟部中央地質調查所報告第99號，99-5226904000-01-01。

陳文山、游能悌、楊小青（2010）重要活動斷層帶構造特性調查研究計畫斷層活動特性分析與評估(1/4)。經濟部中央地質調查所報告第100號，100-5226904000-05-03。

陳建良、林啟文、侯進雄（2008）臺灣西北部桃竹苗地區地殼變形初步研究。經濟部中央地質調查所特刊，第20號，223-251頁。

塗明寬、陳文政（1990）中壢圖幅及說明書。五萬分之一臺灣地質圖及說明書，第 7 號，第二版。經濟部中央地質調查所出版，共 53 頁。

塗明寬、陳文政（1991）竹東圖幅及說明書。五萬分之一臺灣地質圖及說明書，第 13 號。經濟部中央地質調查所出版，共 87 頁。

楊耿明、吳榮章、丁信修、王佳彬（1994）竹苗麓山帶地下地質構造與油氣儲集。中油探採研究彙報，第17期，42-53頁。

楊貴三、蔡怡真（2004）臺灣北部新竹與新城斷層之地形學研究。經濟部中央地質調查所特刊，第十四號，25-35 頁。

鍾璋（2005）桃園─新竹地區 GPS 衛星測量之初步研究。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文，共 80 頁。

饒瑞鈞、余致義、洪日豪、胡植慶、李建成、詹瑜璋、許麗文（2006）地震地質調查及活動斷層資料庫建置－活動斷層監測系統計畫（5/5）。經濟部中央地質調查所研究報告 95-10 號，共 241 頁。

Chen, R.C., Huang, S.T., Shen, H.C., Chi, W.R. (1994) The Structural Geology Relating to Petroleum Habitats of the Kuanyin and Uplift and Its Neighboring, Basins. *Petrol. Geol. Taiwan*, 29, 75-104.

Chen, Y.G., Shyu, J.B.H., Ota, Y., Chen, W.S., Hu, J.C., Tsai, B.W., Wang, Y. (2004) active structures as deduced from geomorphic features a case in Sinchu area, northwestern Taiwan, *Quaternary International*, 115-116. 189-199.

Chiu, H.T. (1970) Structure features of the area between Hsinchu and Taoyuan, northern Taiwan, *Mem. Geol. Soc. China*, 13, 63-75.

Chung, C.T. (1963) A study of the geology and petroleum potentialities of the Paoshan and Chingtsaohu area, Hsinchu, *Petrol. Geol. Taiwan*, 2, 221-240.

Huang, S.T., Chen, R.C., Chi, W.R. (1993) Inversion Tectonics and Evolution of the Northern Taihsi Basin, Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 28, 15-46.

Lee, C.I., Chang, Y.L., Mao, E.W., Tseng, C.S. (1993) Fault reactivation and structural inversion in the Hsinchu-Miaoli area of northern Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 28, 47-58.

Namson, J. (1984) Structure of the western foothills belt, Miaoli-Hsinchu area, Taiwan: (III) central part, *Petrol. Geol. Taiwan*, 20, 35-52.

Tang, C.H., Hsu, C.H. (1970) Subsurface geology and petroleum deposits in the Hsinchu area, *Petrol. Geol. Taiwa*n, 7, 89-101.

Tang, C.H. (1968) Photogeological observations on the low hilly terrain and coastal plain area of Hsinchu, Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 4, 35-52.

Tang, C.H. (1963) Geology and oil potentialities of the Hukou Anticline, Hsinchu, *Petrol. Geol. Taiwan*, 2, 241-252.

Yang, K.M., Wu, J.C., Ting, H.H., Wang, J.B., Chi, W.R. (1994) Sequential deformation in foothills belt, Hsinchu and Miaoli areas: Implications in hydrocarbon accumulation, *Petrol. Geol. Taiwan*, 29, 47-74.

Yang, K.M., Wu, J.C., Wickham, J.S., Ting, H.H., Wang, J.B., Chi, W.R. (1996) Transverse structures in Hsinchu and Miaoli areas: Structural model and evolution in the foothills belt, northwestern Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 30, 111-150.

Yu, S.B., Chen, H.Y., Kuo, L.C. (1997) Velocity field of GPS stations in the Taiwan area, *Tectonophysics*, 274, 41-59.

第四章、旗山斷層

4.1 地質地形特性

旗山斷層是西南部麓山帶中位於最東側的逆衝斷層，也是西南部麓山帶中最早產生的逆衝斷層（潮州斷層除外），形成於早期更新世（陳文山等，2011）。新期構造特性，以 GPS 觀測結果，旗山斷層的近期活動具有右移特性，但對於其它的構造特性還沒有深入探討與資料。

陳文山等（2005b）認為旗山斷層南段（旗山鎮以南）位在楠梓仙溪西側，由地形構造顯示較北段斷層活躍，建議北段旗山斷層應回歸原始命名為內英斷層（飯塚保五郎，1928），南段則稱為旗山斷層（吉田要，1932）。南段區域的斷層上盤地層主要為烏山層，逆衝在古亭坑層之上；斷層北端（旗山鎮南側）亦見嶺口礫岩逆衝在古亭坑層之上。

旗山斷層由旗山鎮東側朝西南延伸，經中寮山西麓，於燕巢附近進入高雄平原，再沿著大社與鳳山丘陵的西側進入西南海域；斷層呈東北-西南走向，至高雄市區轉為東南走向的高角度逆斷層（圖 4-1）。斷層上盤（東側）主要為晚中新世砂岩與泥頁互層（烏山層、蓋子寮頁岩、南勢崙砂岩），以及更新世的大社層與嶺口礫岩；然而旗山斷層下盤（西側）為厚層的上－更新世古亭坑頁岩與崎頂層（Tsan and Keng，1968；Hsieh，1970；台南地質圖，1989）。從地層關係，推估斷層兩側的地層垂直錯距至少有 2000 公尺。

以下簡單敘述旗山斷層幾處地質剖面（圖 4-1），（1）武鹿坑位於旗山鎮南側約 1 公里，剪切帶僅寬約數十公分。此區域未見嶺口礫岩不整合於烏山層之上，僅見嶺口礫岩逆衝至古亭坑層之上。（2）中寮山區域斷層出露在高 40 縣道或道路兩側，沿路主要出露烏山層的厚層砂岩；下盤為古亭坑層泥岩，具強烈且寬的剪切帶，最寬斷層擾動帶達 300 公尺。此區段的斷層向南延伸經二高中寮隧道上方，再經高師大校區西側。中寮隧道以南至深水坑溪，斷層帶沿線上下盤都有泥火山活動。（3）深水坑溪為最南側的斷層露頭，斷層沿深水坑溪由東北向西南延伸，經省 22 號道路之後的斷層跡不明顯。上盤為晚期中新世烏山層，下盤為更新世古亭坑層石尖段，露頭顯示烏山層厚層砂岩逆衝到古亭坑層泥岩之上，斷層剪切帶寬約十數公尺。野外調查，深水溪北岸露頭發現被旗山斷層錯動

的全新世河階礫石層，礫石層與崩積層年代為 7189±160 BP，顯示旗山斷層在全新世尚有活動（陳文山等，2005b）。（4）大社區域的斷層向南延伸經省 22 號道路以南即被沖積層覆蓋，先前的研究對於斷層延伸有不同看法，大都認為向西南延伸至鳳山丘陵西側（陳文山等，2005b）。此區段露頭顯示位在平原東側丘陵地出露的地層屬於烏山層，大社層不整合在其上；平原區（高雄都會區）淺層屬於全新世沉積層，沉積層之下為更新世崎頂層或古亭坑層，壽山與半屏山亦出露崎頂層與古亭坑層。從地表與地下的地層結構分析，於高雄都會區東側與丘陵地（烏山層至大社層）之間應具有一條斷層，其構造特性為東側烏山層逆衝至西側的崎頂層與古亭坑層之上；此斷層沿大社丘陵西側向南延展經鳳山丘陵西側，再進入西南海域。鳳山丘陵的地表為大社層，本研究認為鳳山丘陵的地質結構應與北側大社丘陵相同，大社層不整合在烏山層之上；因此旗山斷層應位在鳳山丘陵西側。

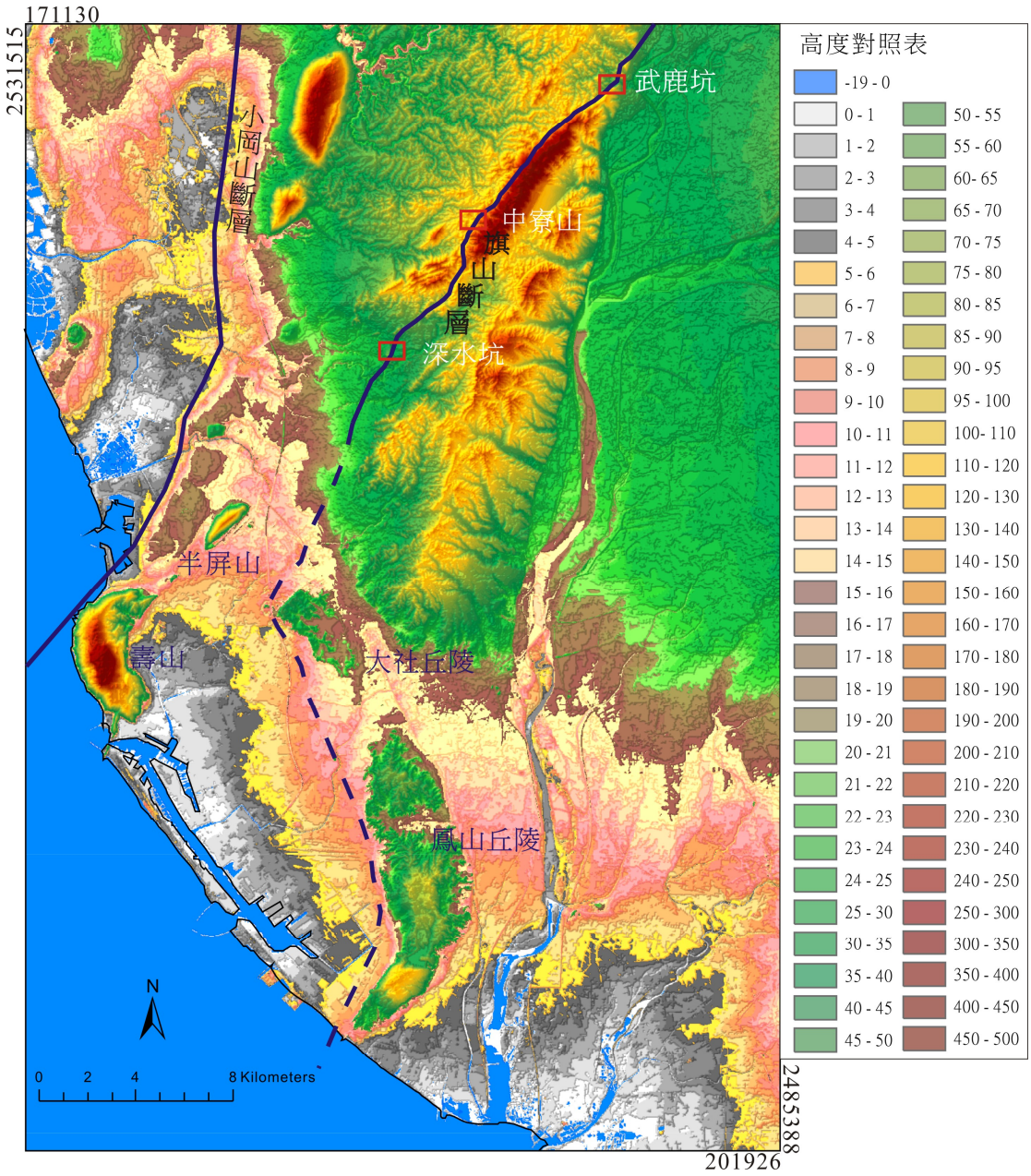


圖 4-1、旗山斷層位置圖（本研究之前推測旗山斷層的位置）。（TWD67）

4.2 鑽井岩芯柵狀剖面

本計畫利用高雄地區的鑽井岩芯判讀旗山斷層的可能位置以及斷層的長期抬升速率。斷層跡位置可以利用岩芯中岩盤的地層特性研判鑽井位置所在是屬於上盤或下盤，或利用各鑽井資料估算抬升速率的變化推測斷層跡位置。

本計畫重新紀錄大社地區的 23 口鑽井，經碳十四定年與沉積環境解析，來估算各井位的長期抬升速率（圖 4-2）；並且利用之前在高雄都會區的鑽井研究（宋時驊，2001），推測旗山斷層跡位置。先前地調所在這區域以排鑽方式進

行旗山斷層調查，因此本研究也利用這些排鑽，以岩芯柵狀剖面方式探討各排鑽剖面是否橫跨旗山斷層，以及長期抬升速率。這區域共有 6 個排鑽剖面，保安宮剖面、嘉誠剖面、大社 A 剖面、大社 B 剖面、仁雄剖面與澄清湖剖面（圖 4-3）。

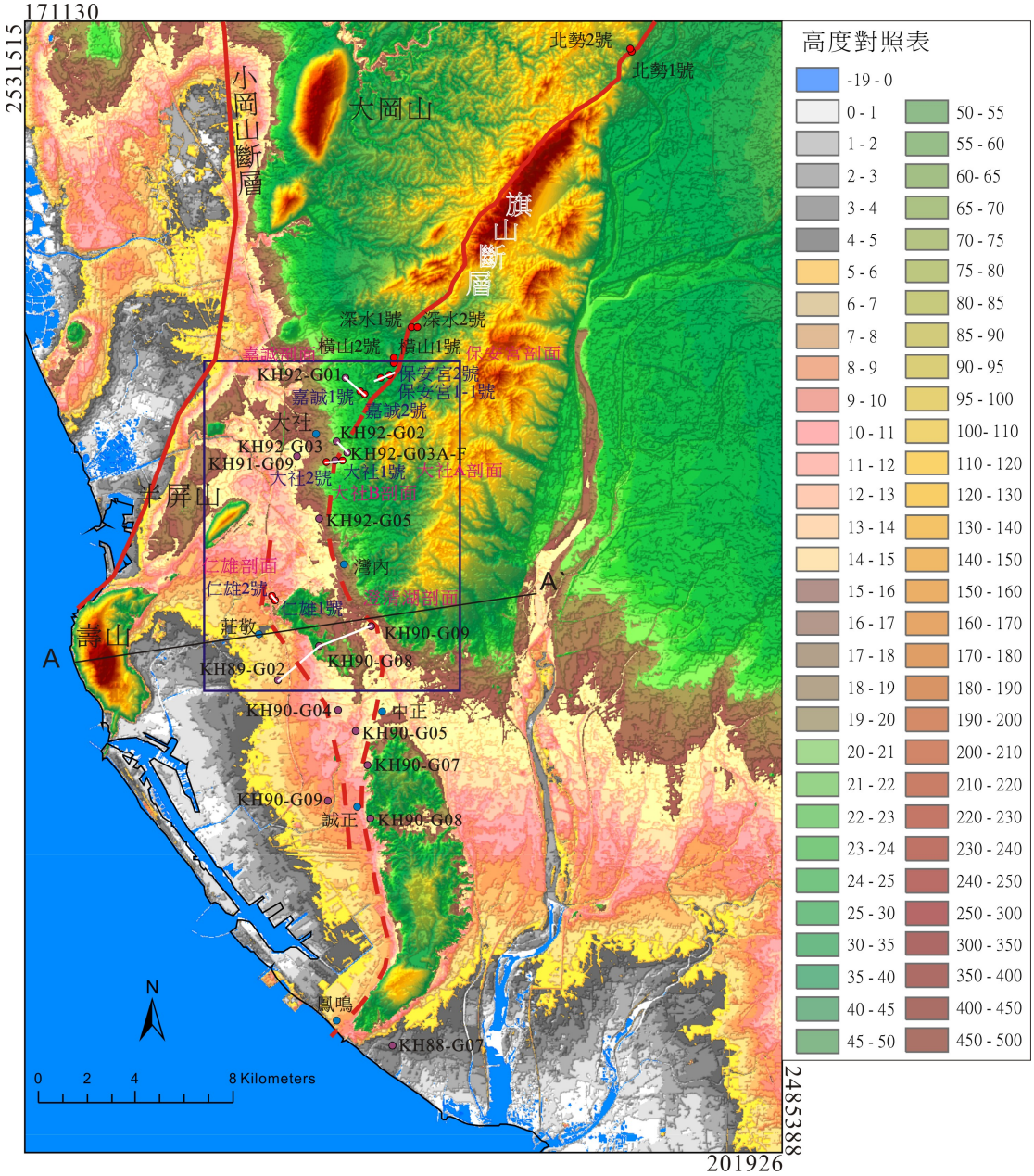


圖 4-2、鑽井位置圖，本研究依據岩心的岩性推側旗山斷層位置通過澄清湖與大社丘陵之間，澄清湖西側可能還存在一分支斷層。（TWD67）

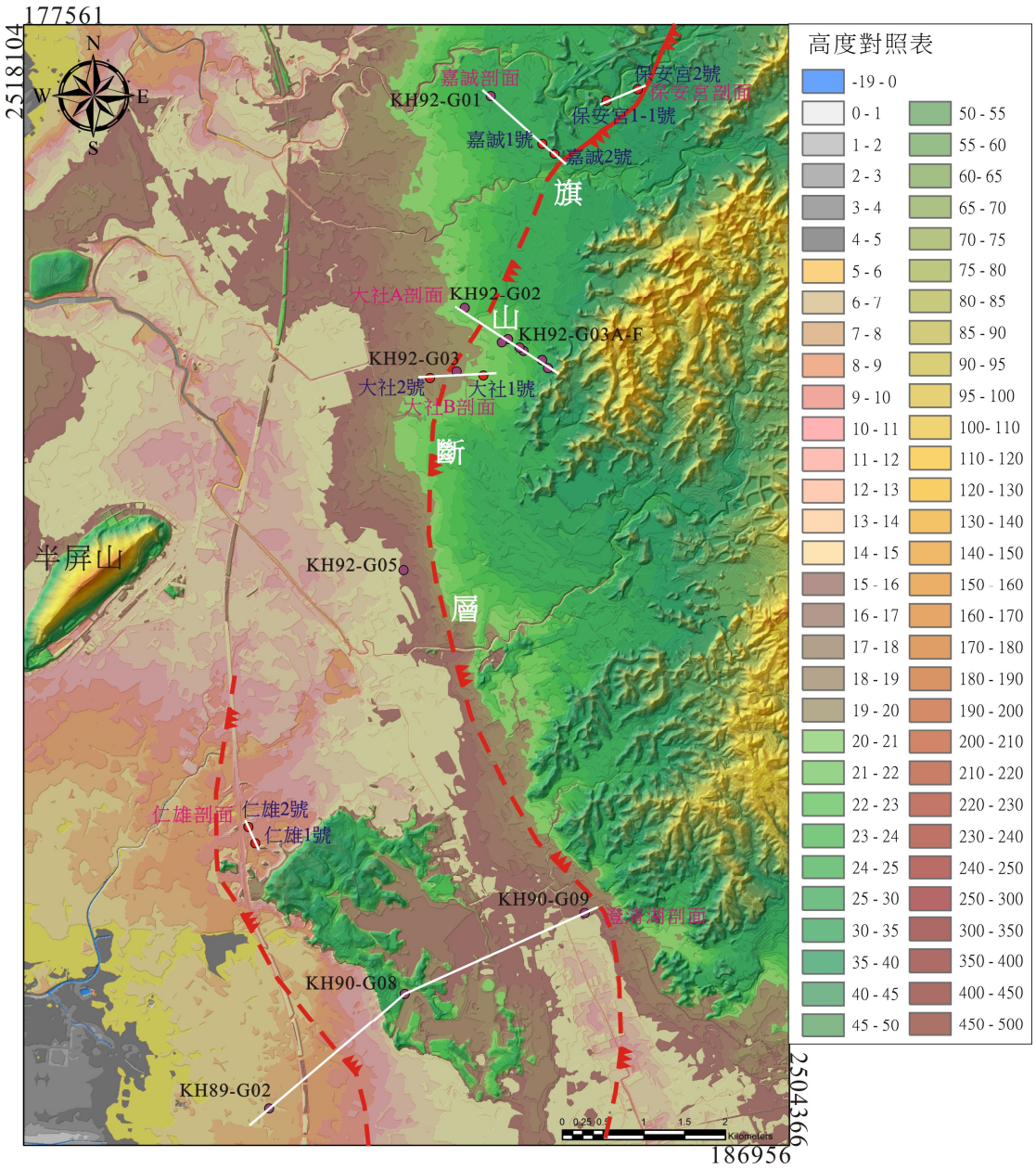


圖 4-3、鑽井剖面位置圖(圖 4.2 藍框範圍放大)。（TWD67）

4.2.1 保安宮剖面

保安宮剖面共有 2 口井，保安宮 1 號與保安宮 2 號（附錄一），地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 4-4）。由於下層屬於更新世崎頂層，研判保安宮剖面位於旗山斷層下盤區域。

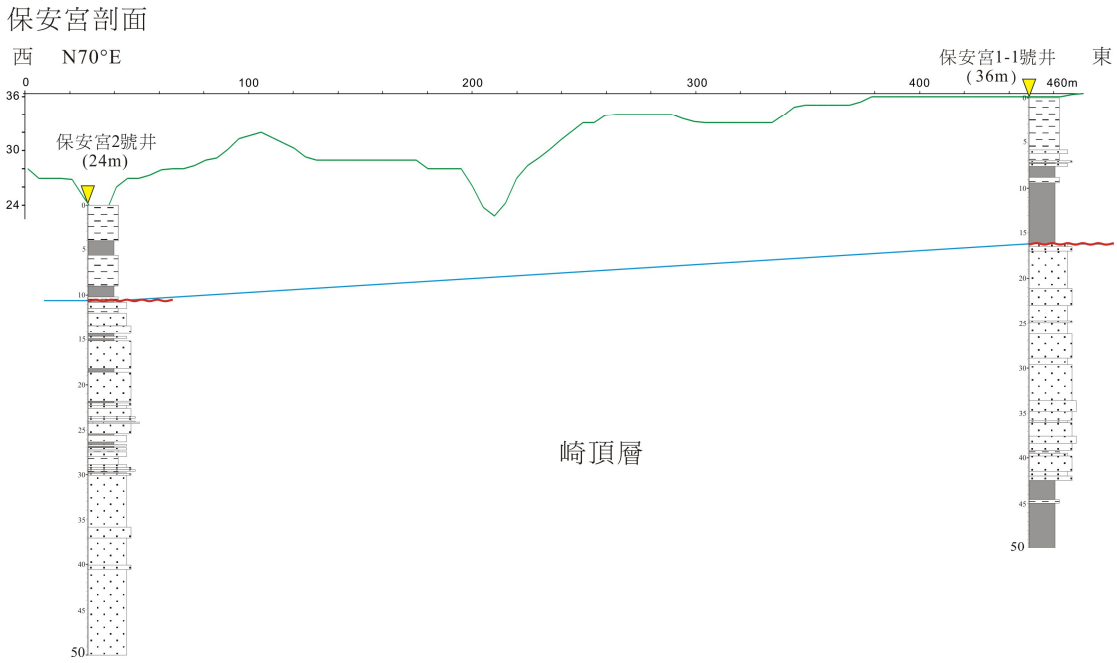


圖 4-4、保安宮剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.2 嘉誠剖面

嘉誠剖面共有 3 口井，KH92-G01 井、嘉誠 1 號與嘉誠 2 號（附錄一），地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 4-5）。從嘉誠剖面 KH92-G01 井與嘉誠 1 號鑽井的碳十四定年資料分析，其 7500 yr BP 的時間面沒有高度差，且長期抬升速率也相同。由於下層都屬於更新世崎頂層，所以嘉誠剖面也位於旗山斷層下盤區域。

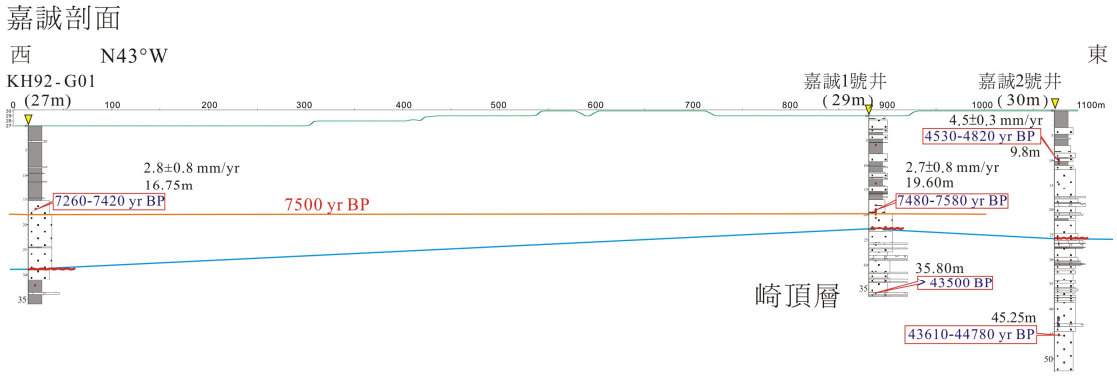


圖 4-5、嘉誠剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.3 大社 A 剖面

大社 A 剖面共有 7 口井，KH92-G02 井、KH92-G03-F 井、KH92-G03-E 井、KH92-G03-D 井、KH92-G03-A 井、KH92-G03-B 井、KH92-G03-C 井（附錄一）。地層分三層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層與晚中新世烏山層，全新世沉積層不整合在崎頂層與烏山層之上（圖 4-6）。

KH92-G02 井位於剖面的最北側，全新世海相沉積層不整合沉積在崎頂層之上，其餘的鑽井位於較南側，全新世海相沉積層不整合沉積在烏山層之上；從岩盤地層的研判，顯然旗山斷層通過 KH92-G02 井與 KH92-G03-F 井之間(圖 4-6)。由各鑽井所估算的長期抬升速率，位於下盤 KH92-G02 井為 2.4±0.7 mm/yr；位在上盤較前端三口鑽井（KH92-G03-F 井、KH92-G03-E 井、KH92-G03-D 井）的長期抬升速率約 3.4±0.8 mm/yr 至 4.0±0.3 mm/yr，相較下盤的長期抬升速率還快，約 1.0-1.6 mm/yr。

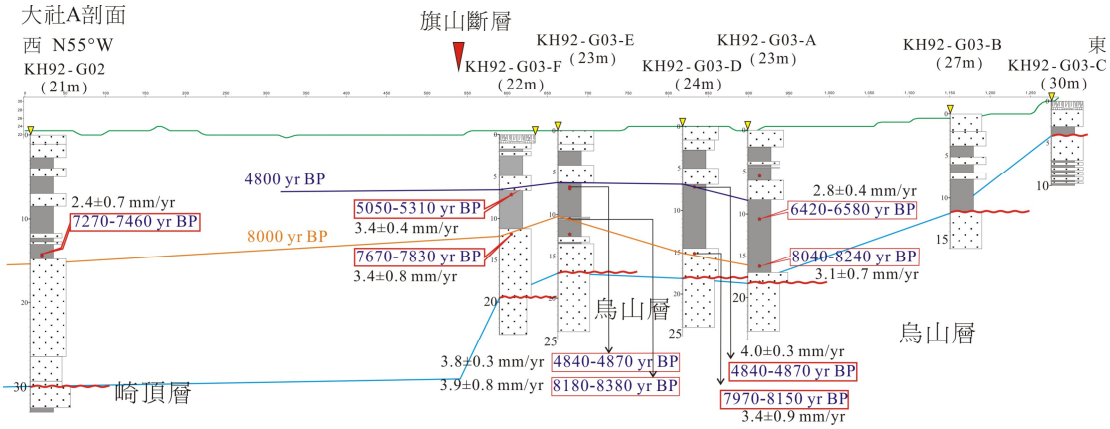


圖 4-6、大社 A 剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.4 大社 B 剖面

大社 B 剖面共有 3 口井，大社 2 號井、KH92-G03 井、大社 1 號井（附錄一）。地層分為三層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層與晚中新世烏山層，全新世沉積層不整合在崎頂層與烏山層之上（圖 4-7）。

大社 2 號井位於剖面的北側，全新世海相沉積層不整合沉積在崎頂層之上，KH92-G03 井與大社 1 號井位於南側，全新世海相沉積層不整合沉積在烏山層之上；從岩盤的地層研判，顯然旗山斷層通過大社 2 號井與 KH92-G03 井之間（圖 4-7）。由各鑽井所估算的長期抬升速率，位於下盤的大社 2 號井為 2.8±0.6 mm/yr；位在上盤 KH92-G03 井的長期抬升速率約 3.3±0.9 mm/yr，相較下盤的長期抬升速率還快，約 0.5 mm/yr。

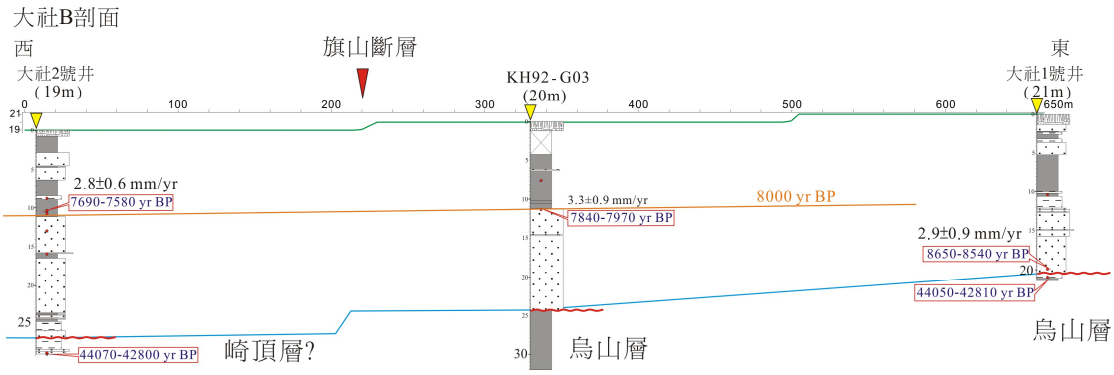


圖 4-7、大社 B 剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.5 仁雄剖面

仁雄剖面共有 2 口井，仁雄 1 號井與仁雄 2 號井（附錄一）。地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 4-8）。由於下層岩盤都屬於更新世崎頂層，所以仁雄剖面位於旗山斷層下盤區域。

仁雄 1 號井的長期抬升速率為 1.7±0.8 mm/yr，仁雄 2 號井為 1.4±0.8 mm/yr，仁雄 1 號井略快於 2 號井。

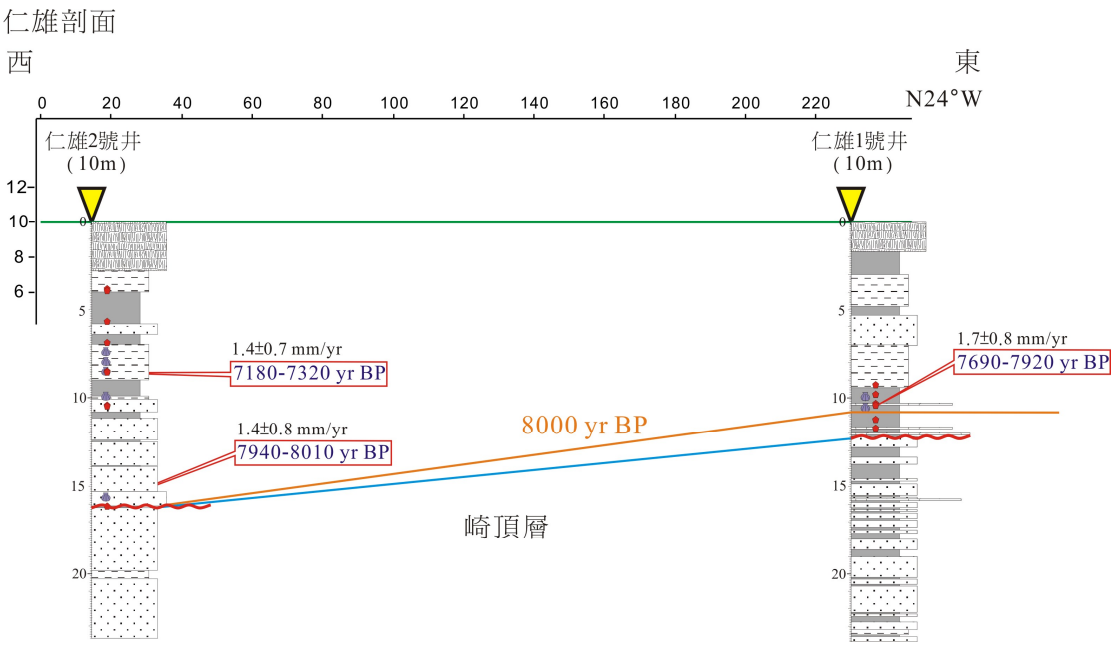


圖 4-8、仁雄剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.6 澄清湖剖面

澄清湖剖面有 3 口井，KH89-G02 井、KH90-G08 井、KH90-G09 井（附錄一）。地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 4-9）。KH90-G08 井與 KH90-G09 井的下層研判

屬於崎頂層，KH89-G02 井則未達至岩盤（崎頂層或古亭坑層）。由於下層岩盤都屬於更新世崎頂層，所以澄清湖剖面位於旗山斷層下盤區域。

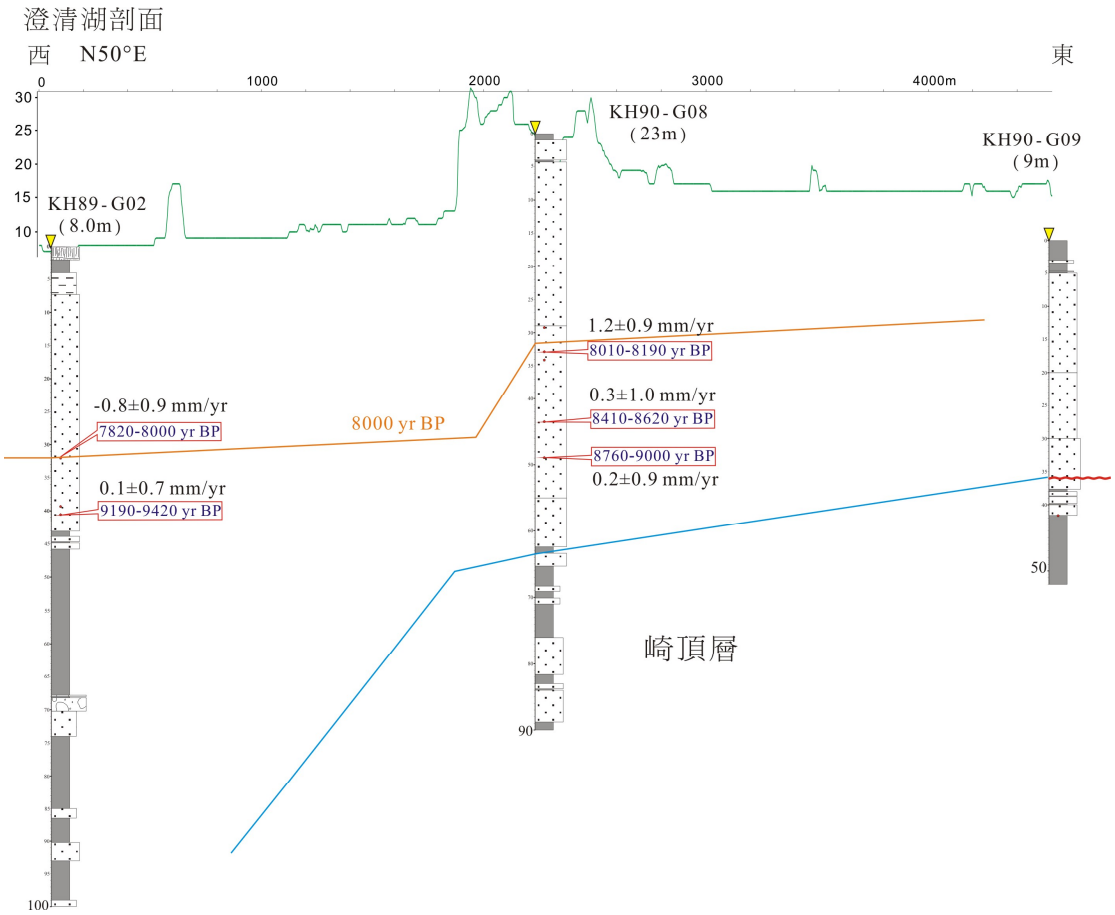


圖 4-9、澄清湖剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.3 討論與結論

從以上六個岩芯柵狀剖面的地下岩盤岩性分析，保安宮剖面、嘉誠剖面、仁雄剖面與澄清湖剖面的岩盤都屬於崎頂層，顯然位於旗山斷層下盤區域。大社 A 剖面與大社 B 剖面北側鑽井的岩盤屬於崎頂層，而南側鑽井的岩盤屬於烏山層，旗山斷層通過剖面之間，大社 A 剖面位於 KH92-G02 井與 KH92-G03-F 井之間（圖 4-6），大社 B 剖面位於大社 2 號井與 KH92-G03 井之間（圖 4-7）。

從各井的長期抬升速率分析，大社 A 剖面上盤速率約 3.4±0.8 mm/yr 至 4.0±0.3 mm/yr，下盤為 2.4±0.7 mm/yr；大社 B 剖面上盤速率約為 3.3±0.9 mm/yr，下盤為 2.8±0.6 mm/yr（圖 4-10）。而位於北側下盤區域嘉誠剖面的速率約為 2.7±0.8 mm/yr 與 2.8±0.8 mm/yr，與鄰近大社 A 剖面與 B 剖面的速率相似；南側仁雄剖面與澄清湖剖面下盤的速率較低，仁雄剖面為 1.4±0.7 mm/yr 與 1.4±0.8

mm/yr，澄清湖剖面為 1.2±0.9 mm/yr 或 0.2±0.9 mm/yr、0.3±1.0 mm/yr（圖 4-10）。大致上，仁雄至澄清湖區域，大社丘陵西側（旗山斷層下盤）的長期抬升速率約 1.4±0.7 mm/yr 至 1.2±0.9 mm/yr（暫不考慮 KH90-G08 井的 0.2±0.9 mm/yr、0.3±1.0 mm/yr）。鳳山丘陵西側誠正井的長期抬升速率約 1.2±0.3 mm/yr（圖 4-10），但在高雄都會區的長期抬升速率約 0.9±0.8 mm/yr 至-3.7±0.5 mm/yr 大都處於沉降的環境（圖 4-10）。從大社地區的旗山斷層兩側鑽井岩芯初步估算長期抬升速率約 0.5-1 mm/yr。

從地表或井下的岩盤特性分析結果，研判旗山斷層由北向南延伸，經大社 A 與 B 剖面之間，之後轉向南經澄清湖東側與大社丘陵之間凹谷，再沿著鳳山丘陵西側進入海域（圖 4-11）。而澄清湖西側前緣應還存在一分支斷層（圖 4-11），造成澄清湖附近的丘陵地形，以及相較西側都會區呈現較快速的抬升速率。

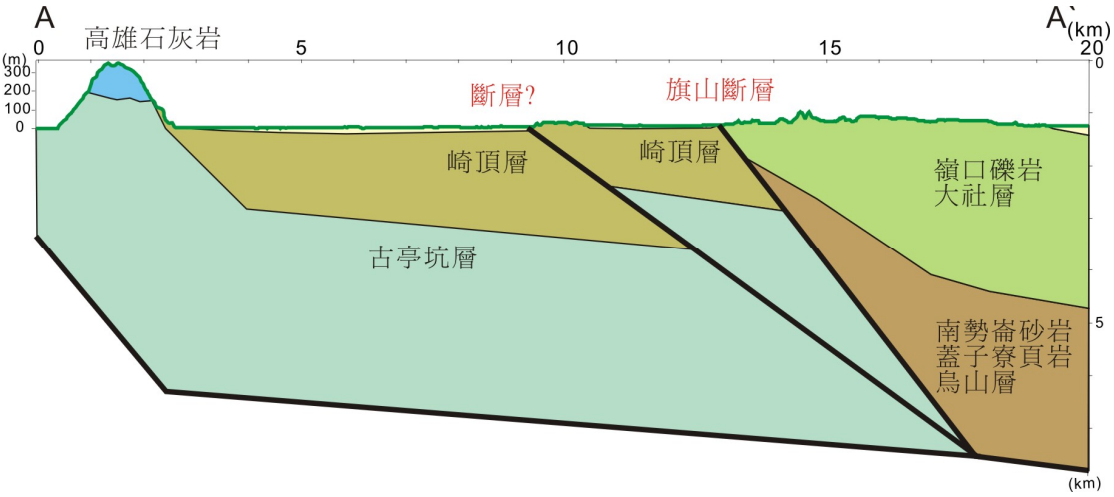


圖 4-11、高雄地區地下構造剖面示意圖。

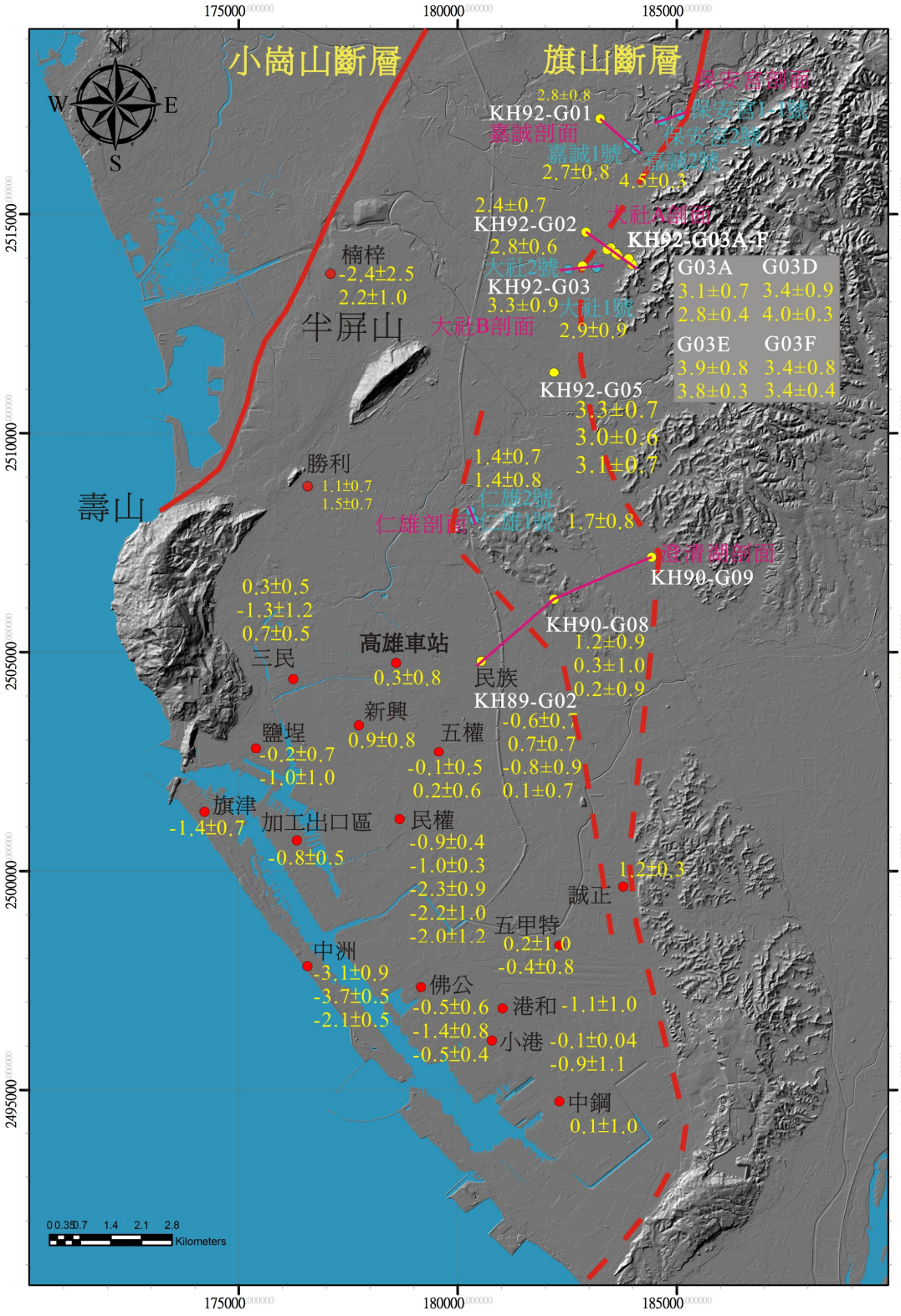


圖 4-10、高雄都會區鄰近區域的鑽井地點的地殼的長期抬升速率。

參考文獻

中國石油公司台探總處，“台南地質圖（1:100,000）”，中國石油公司出版，1989。

吉田要（1932）高雄州旗山南西部油田調查報告及旗山南西部油田地質圖（三萬分之一）。臺灣總督府殖產局，第 610 號，共 162 頁。

宋時驊（2001）末次冰期以來高雄地區沉積層序之研究。國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，共 122 頁。

陳文山、黃能偉、游能悌、周飛宏、顏一勤、宋時驊、楊志成、楊小青（2005b）地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫－槽溝開挖與古地震研究計畫（4/5）－旗山與龍船斷層條帶地質圖說明書。經濟部中央地質調查所報告第 94-08-2 號，共 48 頁。

陳文山、黃能偉、楊志成（2011）臺灣西南部更新世沈積層序特性與前陸盆地演化。經濟部中央地質調查所特刊，第二十五號，第 1-38 頁。

飯塚保五郎（1928）臺灣油田地質概查報告－第六區油田。日本海軍省出版，第 115-146 頁。

Hsieh, S.H. (1970) Geology and gravity anomalies of the Pingtung Plain, Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, 13, 76-89.

Tsan, S.F. and Keng, W.P. (1968) The Neogene rocks and major structural features of southwestern Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, 11, 45-49.

第五章 龍船斷層

5.1 地質地形特性

龍船斷層調查始於吉田要（1931）的『狗氳氤附近地形及地質圖』與鳥居敬造（1930）的『龍船附近地形及地質圖』調查。徐慶雲（1975）、孫習之與施垚鑫（1960）以及余輝龍等（1980）調查，之後台灣石油公司彙編十萬分之一的臺南地質圖（中油公司，1989；圖 5-1）。

龍船斷層位於西南部新化丘陵的泥岩區，兩側岩層主要為上新世至更新世古亭坑層與晚中新世烏山層，斷層上盤（東側）出露較老的晚中新世烏山層（圖 5-1）。首先由臺南地質圖（中油公司，1989；圖 5-1）的斷層位置來看，北段（二仁溪以北）龍船斷層走向約呈北東 20 度，最北端與平溪斷層連接，中段斷層跡由二仁溪以南走向轉為北西約 20 度;南段再轉為北東約 50 度,與旗山斷層平行,距離旗山斷層西側（下盤）約 1 公里。由臺南地質圖（中油公司，1989）中的龍船斷層結構以及呈 S 型斷層跡的特徵來看，似乎不太吻合斷層的特性與幾何型態。北段龍船斷層的斷層特性屬於龍船背斜軸部的破裂斷層，呈現高角度斷層，朝東約 60-80 度（圖 5-2，圖 5-3，圖 5-4）。中段斷層特性屬於右向橫移斷層，屬於龍船斷層的側向斷坡（lateral ramp），是連接龍船斷層與車瓜寮斷層的以橫移作用為主的斷層（圖 5-3），斷層兩側的向斜構造有東側木柵向斜與西側南安老向斜，其間被錯移約 5 公里。南側的車瓜寮斷層（原來命為龍船斷層）結構屬於背斜軸部的破裂斷層，此背斜構造尚未命名（暫命名為車瓜寮背斜），其可以朝東北延伸至旗山鎮西側，被平溪斷層截切，斷層跡（背斜）走向與旗山斷層平行。依據上述的斷層結構分析，南北兩段皆屬於背斜軸部破裂的斷層，但不屬於同一背斜構造，而中段則屬於右向橫移斷層。

5.2 野外調查結果與討論

本研究針對龍船斷層調查分為三個區域，北區針對龍船背斜軸部的龍船斷層與西南側小滾水背斜軸部的古亭坑斷層，構造線呈北東走向；中區針對龍船斷層朝東南側延伸區段，斷層呈西南走向；南區針對與旗山斷層平行的斷層區段，斷層呈北東走向（中油公司，1989；圖 5-1）。

北段區域，從整體的構造特徵而言，呈背斜構造為龍船背斜與小滾水背斜，並於軸部產生一逆衝斷層構造（圖 5-4），此斷層於北側稱龍船斷層，西南側稱古亭坑斷層，中油公司將這兩個構造以一東西走向的小斷層分隔（中油公司，1989；圖 5-1）。斷層兩側地層都屬於古亭坑層泥岩，依據超微化石研究顯示斷層上盤（東側）地層較老，屬於晚期中新世烏山層（吳榮章與梅文威，1985；吳沂全等，1993）。本研究調查顯示龍船斷層兩側岩層都呈現高角度，約 60-80 度朝向背斜兩側，甚至有些倒轉地層；而小滾水背斜兩側岩層的傾角同樣呈現高角度，但南側岩層則較緩，約 40-60 度，兩個背斜軸部都有泥火山。位於北側的龍船背斜上盤的烏山層延伸至南側則逐漸尖滅消失，小滾水背斜軸部沒有出露烏山層，地層為古亭坑層。

中段區域，屬於古亭坑層泥岩，斷層跡不明顯，但位於斷層跡兩側岩層位態明顯不同，斷層西南側岩層呈西北走向朝西傾斜；東北側呈西北走向朝東傾斜。西南側的構造呈現一向斜，為南安老向斜，東北側亦為向斜，稱木柵向斜；兩個向斜軸的錯距約 5 公里，呈現右移作用。

南段區域，臺南地質圖（中油公司，1989）中所繪龍船斷層位在旗山斷層下盤，距離約數百公尺至 2 公里，走向由北西 70 度轉為北東約 50 度，與旗山斷層走向大致平行。本研究野外調查結果，其位在旗山斷層下盤（西北側），最近距離約 0.5-1 公里，推測屬於旗山斷層前緣（下盤）的分支斷層，兩側岩層皆為古亭坑層，且呈現背斜構造，此構造朝東北方延伸至旗山鎮西側。

5.3 結論

本研究認為南北兩段的背斜軸部破裂斷層應屬於不同斷層，這兩段斷層都可以朝南與朝北延伸（圖 5-2，圖 5-3）。北段龍船斷層向西南延伸可以連接古亭坑斷層（中油公司，1989）；北段龍船背斜同樣地朝西南延伸可連接小滾水背斜。依據構造特性，北段龍船斷層與古亭坑斷層，屬於相同錯距與構造特性的斷層，龍船背斜與小滾水背斜也屬於同一背斜構造。原來定訂為南段的龍船斷層（車瓜寮斷層），朝東北可以繼續延伸至旗山鎮西側，與斷層跡相同位置的背斜構造（車瓜寮背斜）同樣朝東北延伸至旗山鎮西側。從斷層結構而言，應分屬於兩條不同的斷層。中段的龍船斷層，只是連接這兩條斷層的橫移斷層。

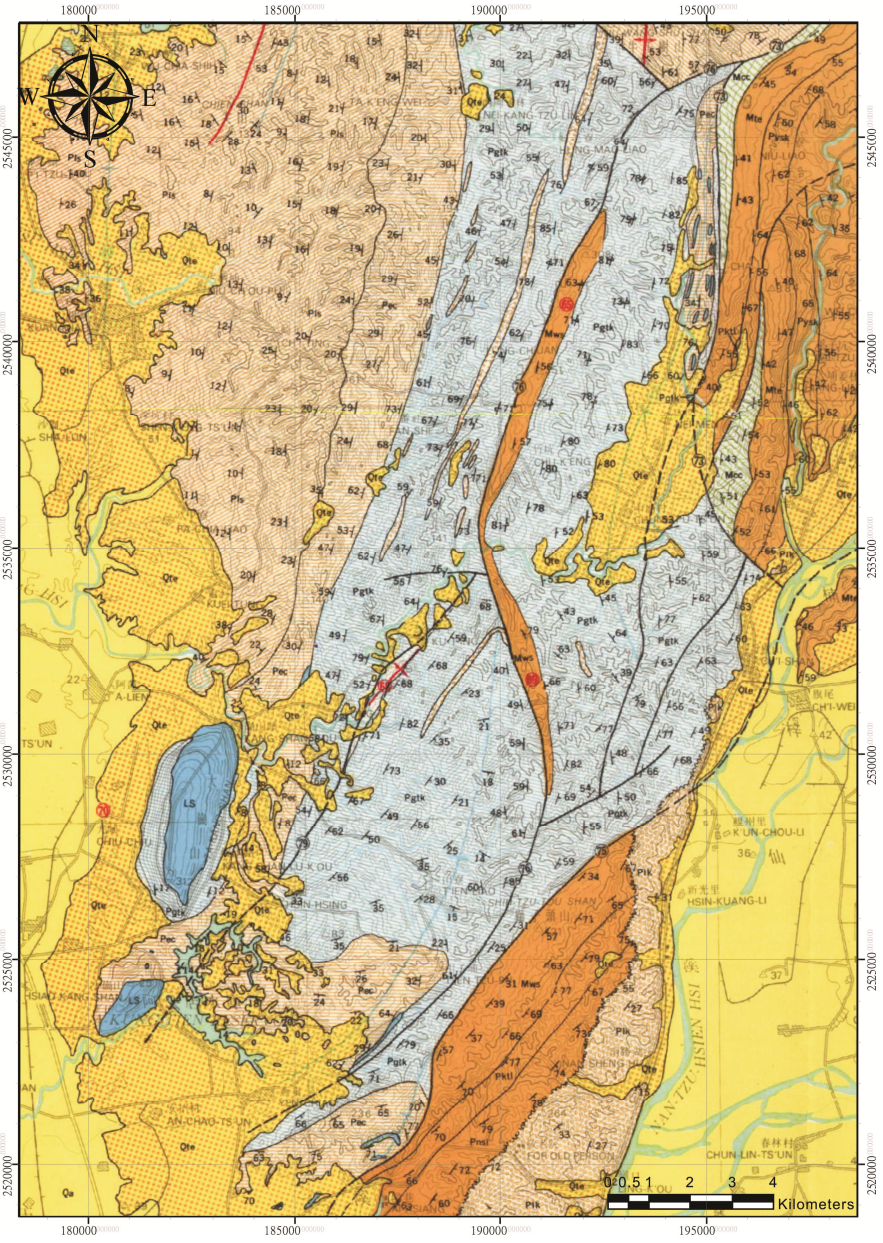


圖 5-1、台南地質圖（中油公司，1989），涵蓋龍船斷層區域的局部地質圖。

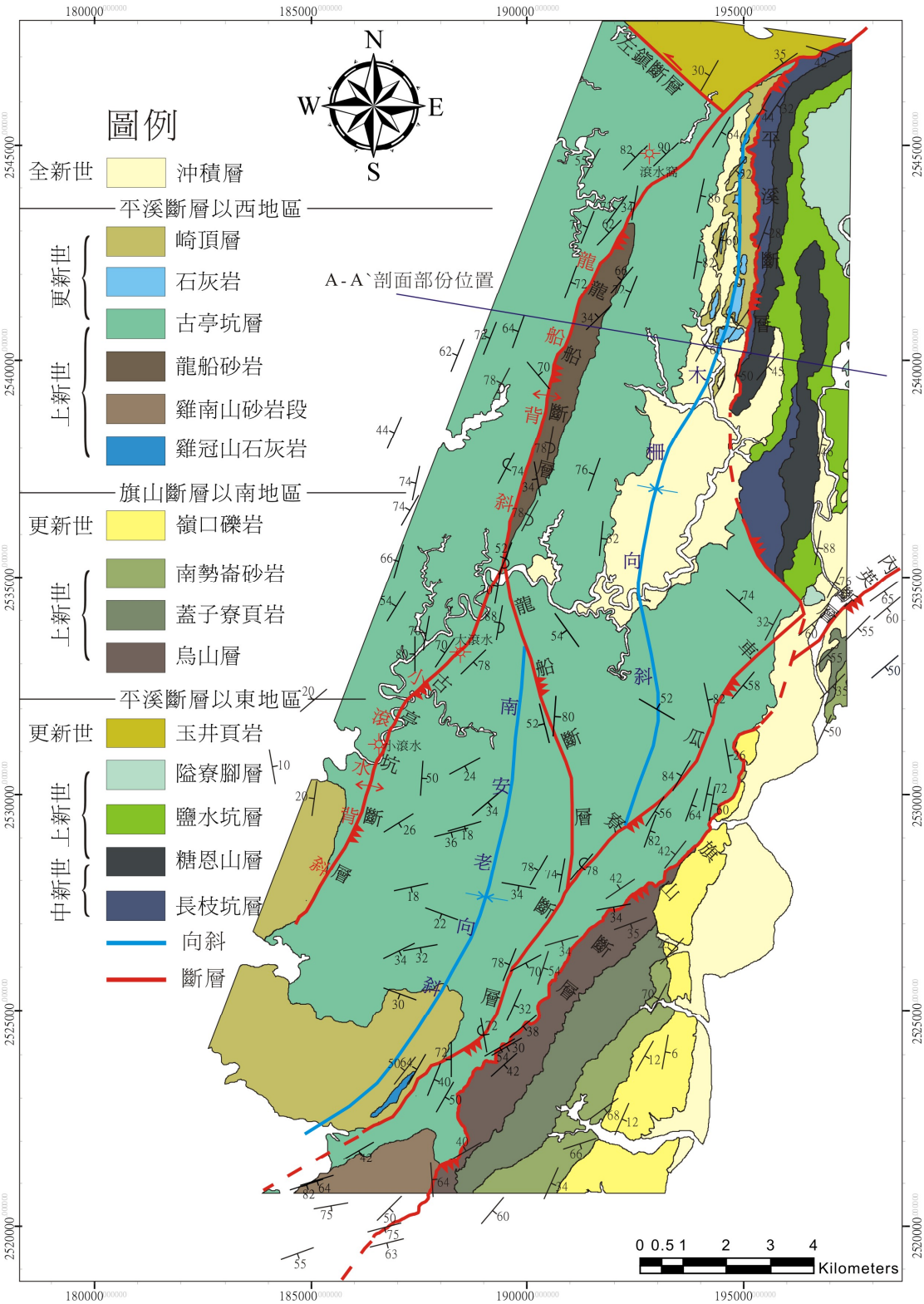


圖 5-2、鄰近龍船斷層與旗山斷層區域的構造地質圖。各斷層線都經由本計畫重新調查測繪，斷層名稱依據台南圖幅（中油公司，1989）。紅色實線與虛線為斷層；藍色線為向斜。岩層位態皆為本研究的調查資料。

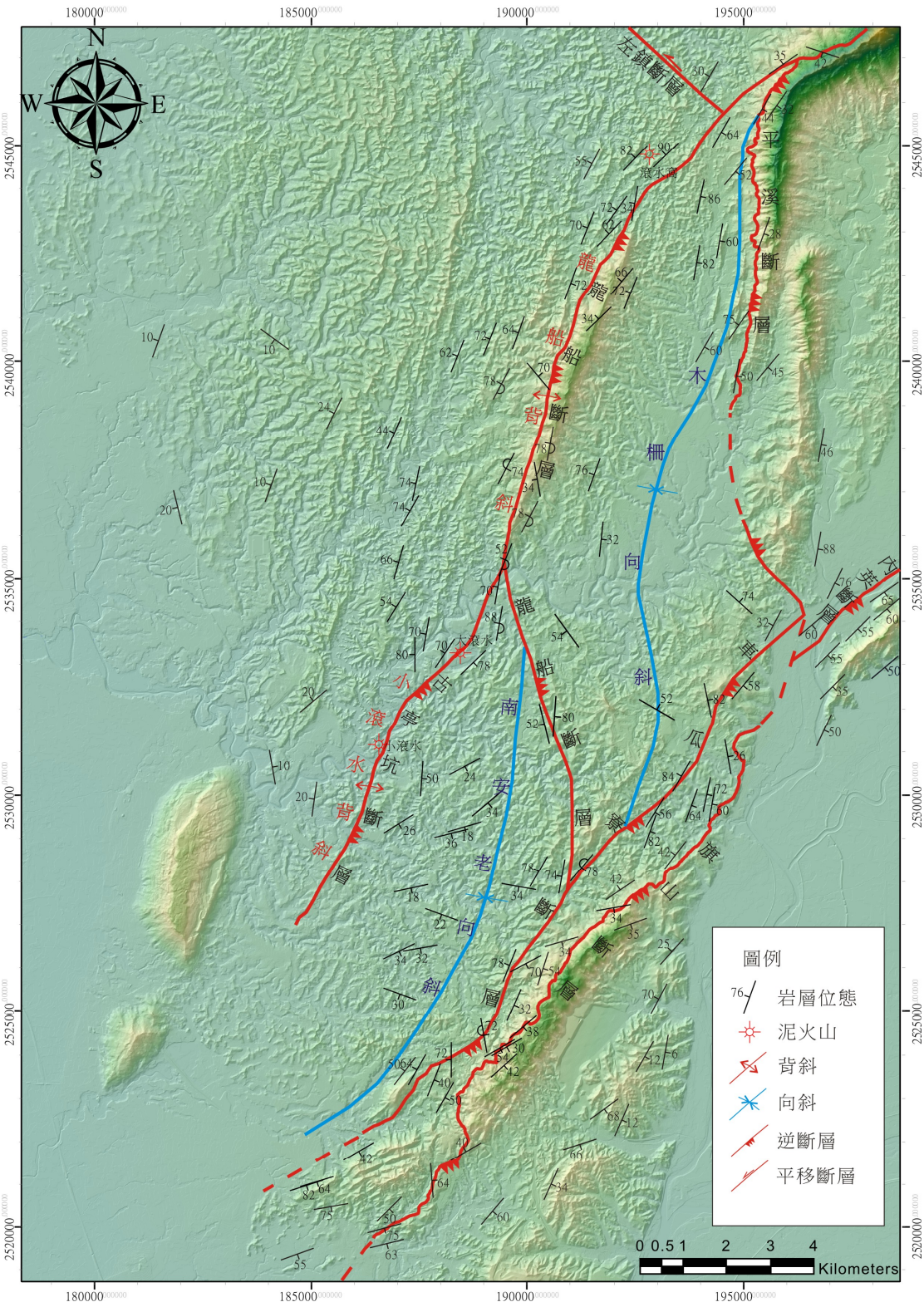


圖 5-3、紅色實線為本研究測繪的龍船斷層位置，藍色實線為古亭坑斷層。橘色實線為車瓜寮斷層與車瓜寮背斜構造，岩層位態皆為本研究的調查資料。

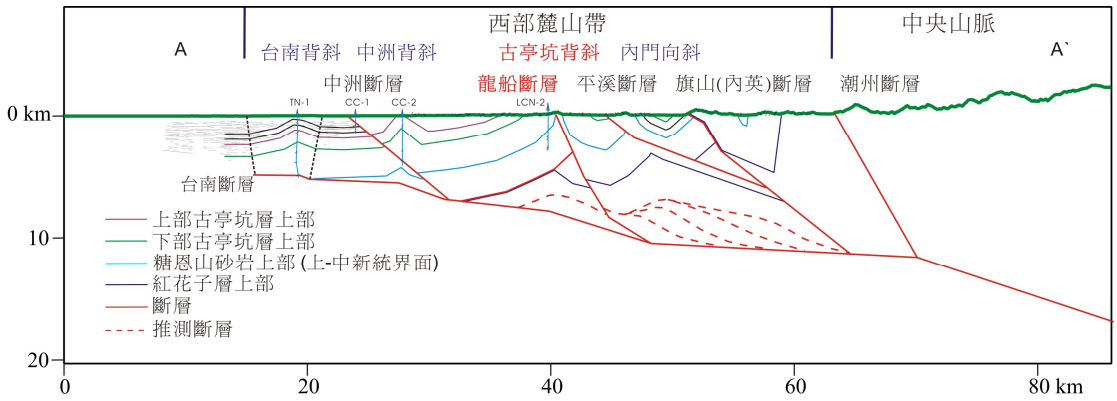


圖 5-4、古亭坑地區地質剖面示意圖，剖面位置見圖 5-2。

參考文獻

中國石油公司臺灣油礦探勘總處（1989）臺南地質圖（1:100,000），中國石油公司出版。

余輝龍、施輝煌、黃春盛、何智剛、曾寶樹（1980）台南縣龍船及高雄縣坑內，小滾水構造重點地質核查報告。台灣油礦探勘總處測勘處。共 26 頁。

吉田要（1931）狗氳氤附近地形及地質圖。台灣總督府殖產局。

吳沂全、陳永隆、吳健一、宣大衛、吳榮章、陳煥彩（1993）龍船地區地層壓力梯度之估算。探採研究彙報，第 16 期，396-411 頁。

吳榮章、梅文威（1985）高雄縣旗山至鳳山地區新第三紀及第四紀地層之生物地層與古沉積環境。探採研究彙報，第 8 期，58-75 頁。

徐慶雲（1975）台南縣坑內、龍船及高雄縣小滾水構造地質核查報告。台灣油礦探勘總處測勘處。共 16 頁。

孫習之、施垚鑫（1960）高雄縣大崗山至鳳山區間地質調查報告。台灣油礦探勘總處測勘處。共 12 頁。

鳥居敬造（1930）龍船附近地形及地質圖。台灣總督府殖產局。

第六章 結論

6.1 米崙斷層

米崙斷層的斷層跡位置應沿著米崙台地、米崙山與花崗山西側的崖坡。從槽溝地層剖面分析，約 1820-1630 yr BP（HKS2-005）以來，至少造成斷層東側形成 4 公尺（SG 層）的高差（長期抬升速率＞2.45 mm/yr）。<300 yr BP 以來，垂直變形量至少 80 公分（O 層）。

米崙台地表面的全新世沉積物為海灘相砂礫石與局部珊瑚礁，從海拔高度 12 公尺珊瑚礁的碳十四定年年代為 2620-2300 yr BP（Yamaguchi and Ota, 2004），由於鑽井岩心(七星潭 1 號)內未能取得定年樣本，因此採用此珊瑚礁定年年代進行長期抬升速率估算，估算長期抬升速率約 5 mm/yr。近期大地觀測結果，顯示米崙台地相對西側沖積平原區的抬升速率約 4.4±3.3 mm/yr，水平位移速率約 8.5±3.0 mm/yr（Yu *et al*., 1990）；顯然米崙斷層的長期抬升速率約 5 mm/yr。

由槽溝剖面的變形分析，長期以來此崖坡就受到米崙斷層活動的影響，二號槽溝北牆的 O 層（660－<300 yr BP）呈現明顯變形，雖然一號槽溝未見變形，本研究認為 1951 年的地表變形帶還是通過此崖坡之下。

6.2 新竹斷層

新竹斷層的明確斷層跡主要位在赤土崎至美山海岸之間的線形斷層崖，由東向西切確的位置，由赤土崎一街、博愛街、學府路；之後的斷層跡由學府路南側經新竹高商、新竹高中、培英中學、建華國中、新竹教育大學，至成德路北側。成德路北側經崧嶺路之後，沿著中華路南側的斷層崖，最後由美山進入海域。這區段的斷層跡除了有線形崖地形之外，還有多處地點有鑽井岩芯的控制，所以斷層跡位置較明確。

本計畫共選擇三處鑽井場址，位於苓林、東光與十六張的階地崖，崖線兩側各進行兩口鑽井。從鑽井岩芯特性研判，苓林的鑽井並未橫跨斷層跡，而東光與十六張鑽井皆橫跨在新城斷層兩側。東光場址上盤的東光 1 號井位在竹東斷層西側，與新城斷層上盤；東光 2 號井位在新城斷層下盤，上下盤地層都屬於頭嵙

山層。十六張 1 號井位於新城斷層上盤，而上盤區域又處在竹東斷層與大平地斷層之間，地層屬於桂竹林層（大埔層），十六張 2 號井位於新城斷層下盤，以及大平地斷層西北側，地層屬於頭嵙山層。十六張兩口鑽井岩芯的岩層與上述地表地層吻合，十六張 1 號井為桂竹林層（大埔層），2 號井為頭嵙山層，所以此斷層崖是屬於新城斷層形成的斷層崖，可以連接西側東光的斷層崖。

新竹斷層朝西延伸與新城斷層連接，之後由芎林至十六張的斷層區段是屬於何者的斷層區段？從本區域西部麓山帶的構造分析，內麓山帶（地層以中新統為主）的逆衝斷層都呈南北走向，主應力場約呈東西向；外麓山帶（地層以上－更新統為主）的逆衝斷層約呈東西走向，主應力場約呈西北向。芎林至十六張的斷層區段的走向略呈東西走向，所以推測此區段斷層近期的活動特性應與新竹斷層的活動性較為相關，主應力場為朝西北向的逆衝作用，與現今的大地觀測結果相同，呈現北西 45-60 度，右移的逆衝作用。

6.3 旗山斷層

從旗山區域內六個岩芯柵狀剖面的地下岩盤岩性分析，保安宮剖面、嘉誠剖面、仁雄剖面與澄清湖剖面的岩盤都屬於崎頂層，顯然位於旗山斷層下盤區域。大社 A 剖面與大社 B 剖面北側鑽井的岩盤屬於崎頂層，而南側鑽井的岩盤屬於烏山層，旗山斷層通過剖面之間，大社 A 剖面位於 KH92-G02 井與 KH92-G03-F 井之間（圖 4-6），大社 B 剖面位於大社 2 號井與 KH92-G03 井之間（圖 4-7）。

從地表或井下的岩盤特性分析結果，研判旗山斷層由北向南延伸，經大社 A 與 B 剖面之間，之後轉向南經澄清湖東側與大社丘陵之間凹谷，再沿著鳳山丘陵西側進入海域（圖 4-11）。而澄清湖西側前緣應還存在一分支斷層（圖 4-11），造成澄清湖附近的丘陵地形，以及相較西側都會區呈現較快速的抬升速率。

6.4 龍船斷層

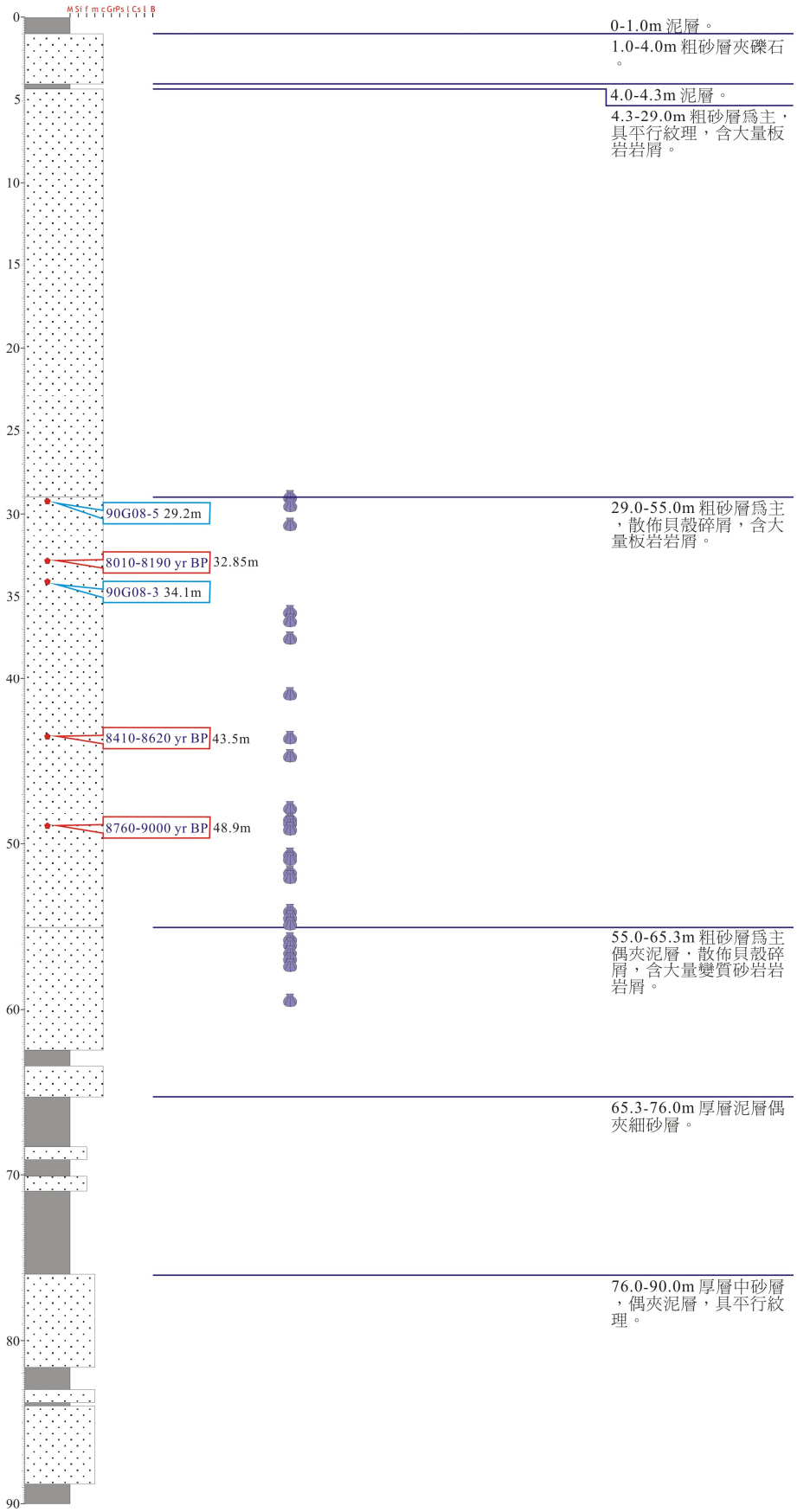
本研究針對龍船斷層調查分為三個區域，北區針對龍船背斜軸部的龍船斷層與西南側小滾水背斜軸部的古亭坑斷層，構造線呈北東走向；中區針對龍船斷

層朝東南側延伸區段，斷層呈西南走向；南區針對與旗山斷層平行的斷層區段，斷層呈北東走向（中油公司，1989；圖 5-1）。

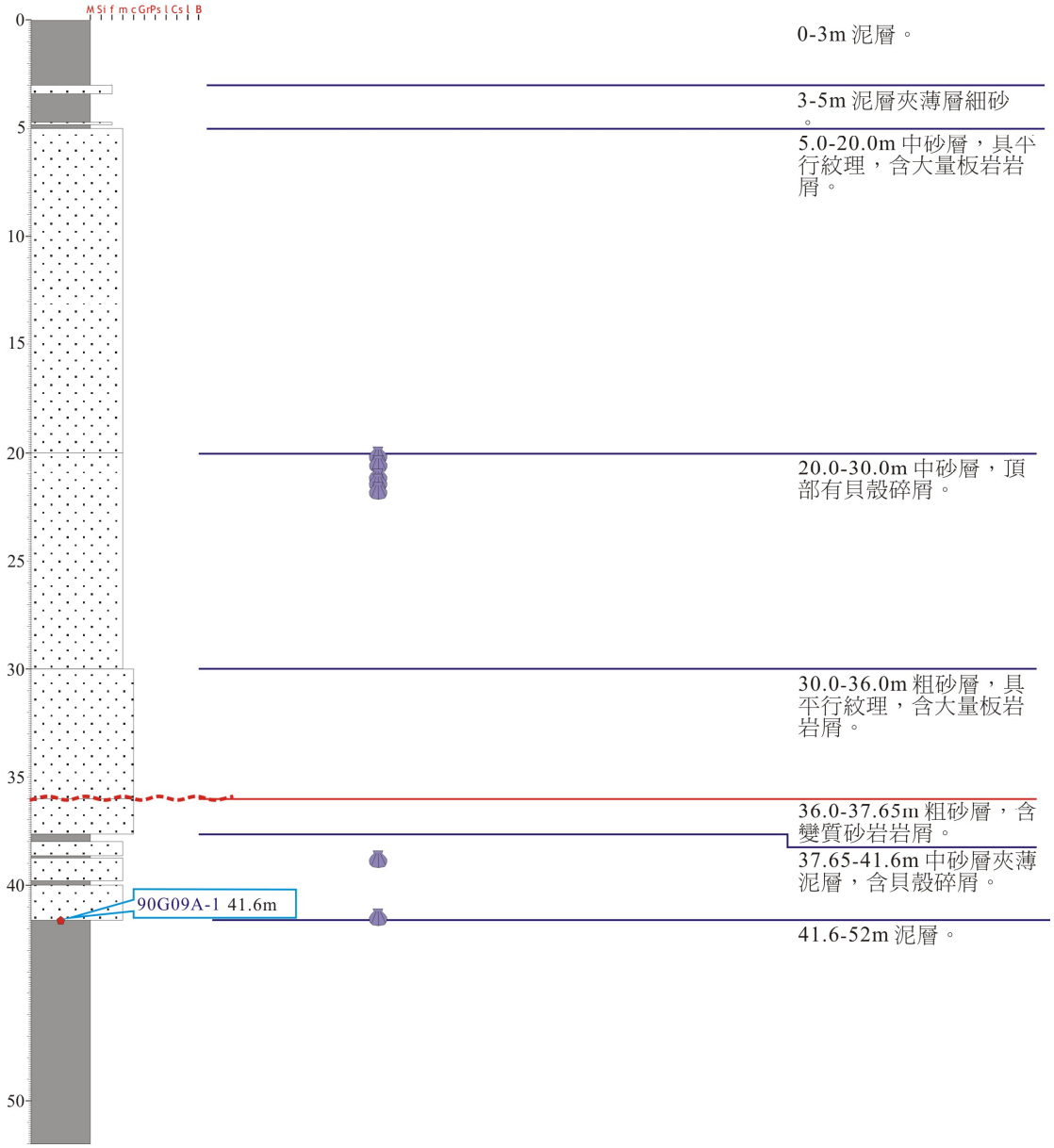
本研究認為南北兩段的背斜軸部破裂斷層應屬於不同斷層，這兩段斷層都可以朝南與朝北延伸（圖 5-2，圖 5-3）。北段龍船斷層向西南延伸可以連接古亭坑斷層（中油公司，1989）；北段龍船背斜同樣地朝西南延伸可連接小滾水背斜。依據構造特性，北段龍船斷層與古亭坑斷層，屬於相同錯距與構造特性的斷層，龍船背斜與小滾水背斜也屬於同一背斜構造。原來定訂為南段的龍船斷層（車瓜寮斷層），朝東北可以繼續延伸至旗山鎮西側，與斷層跡相同位置的背斜構造（車瓜寮背斜）同樣朝東北延伸至旗山鎮西側。從斷層結構而言，應分屬於兩條不同的斷層。中段的龍船斷層，只是連接這兩條斷層的橫移斷層。

附錄一

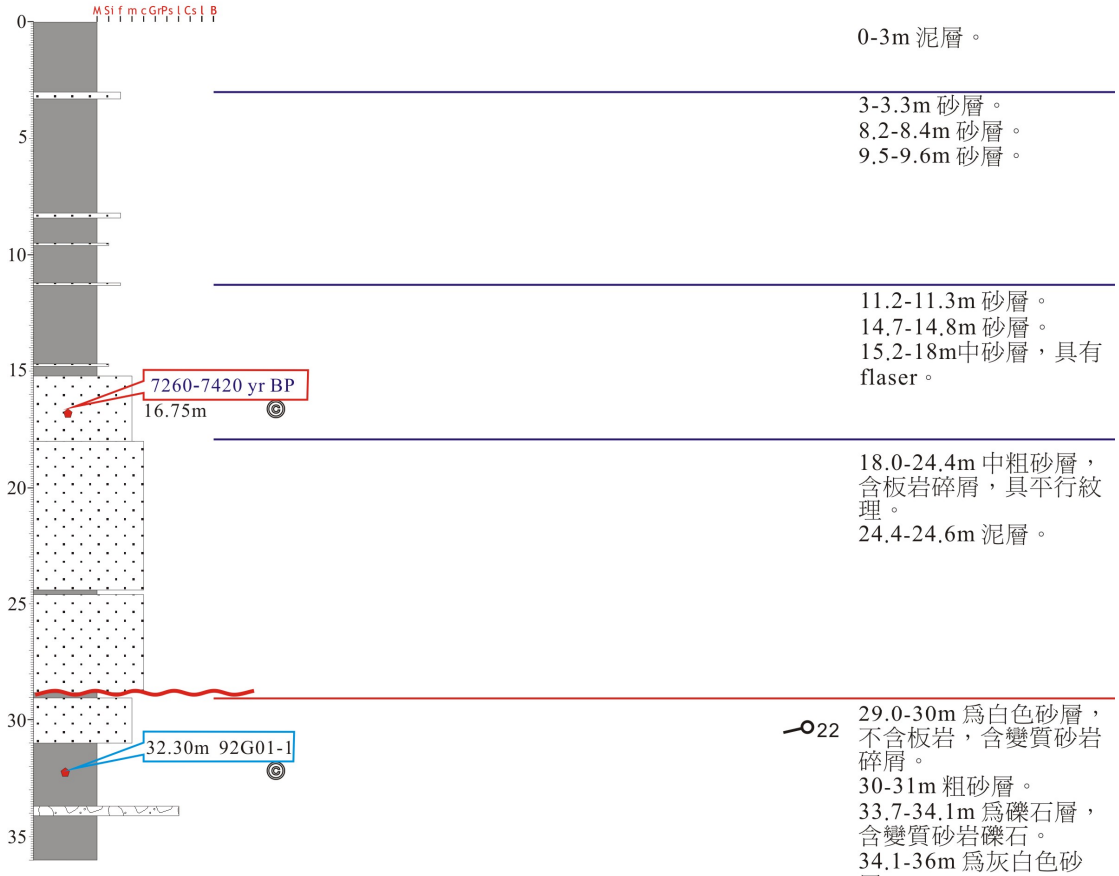
KH90-G08(23m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



KH90-G09(9m)　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



KH 92-G01(27m)　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



0-3m 泥層。

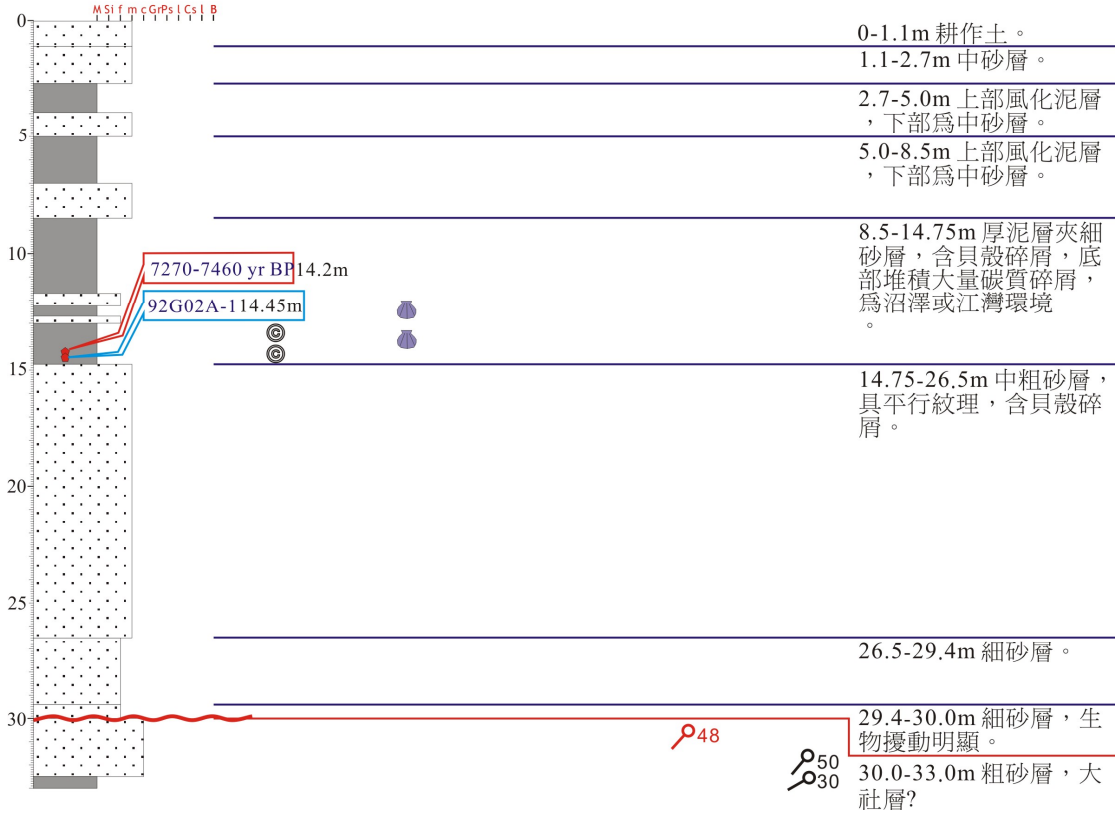
3-3.3m 砂層。
8.2-8.4m 砂層。
9.5-9.6m 砂層。

11.2-11.3m 砂層。
14.7-14.8m 砂層。
15.2-18m中砂層，具有flaser。

18.0-24.4m 中粗砂層，含板岩碎屑，具平行紋理。
24.4-24.6m 泥層。

29.0-30m 爲白色砂層，不含板岩，含變質砂岩碎屑。
30-31m 粗砂層。
33.7-34.1m 爲礫石層，含變質砂岩礫石。
34.1-36m 爲灰白色砂層。

KH92-G02(21m)　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



0-1.1m 耕作土。
1.1-2.7m 中砂層。

2.7-5.0m 上部風化泥層，下部爲中砂層。

5.0-8.5m 上部風化泥層，下部爲中砂層。

8.5-14.75m 厚泥層夾細砂層，含貝殼碎屑，底部堆積大量碳質碎屑，爲沼澤或江灣環境。

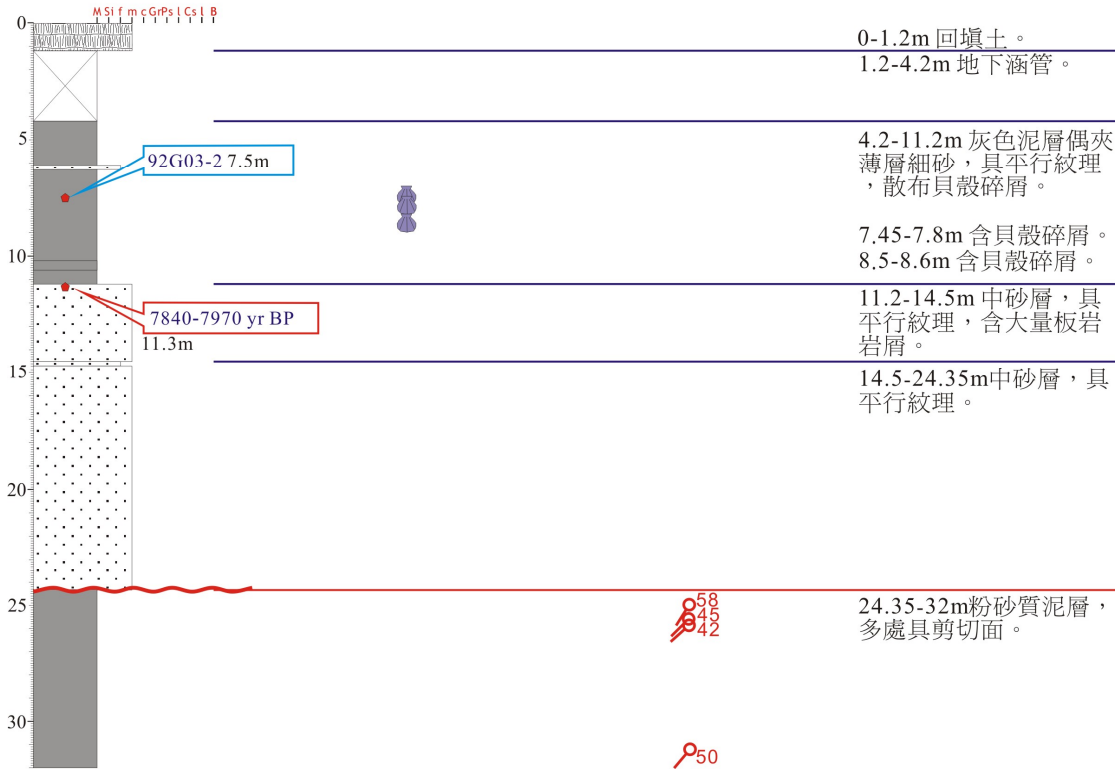
14.75-26.5m 中粗砂層，具平行紋理，含貝殼碎屑。

26.5-29.4m 細砂層。

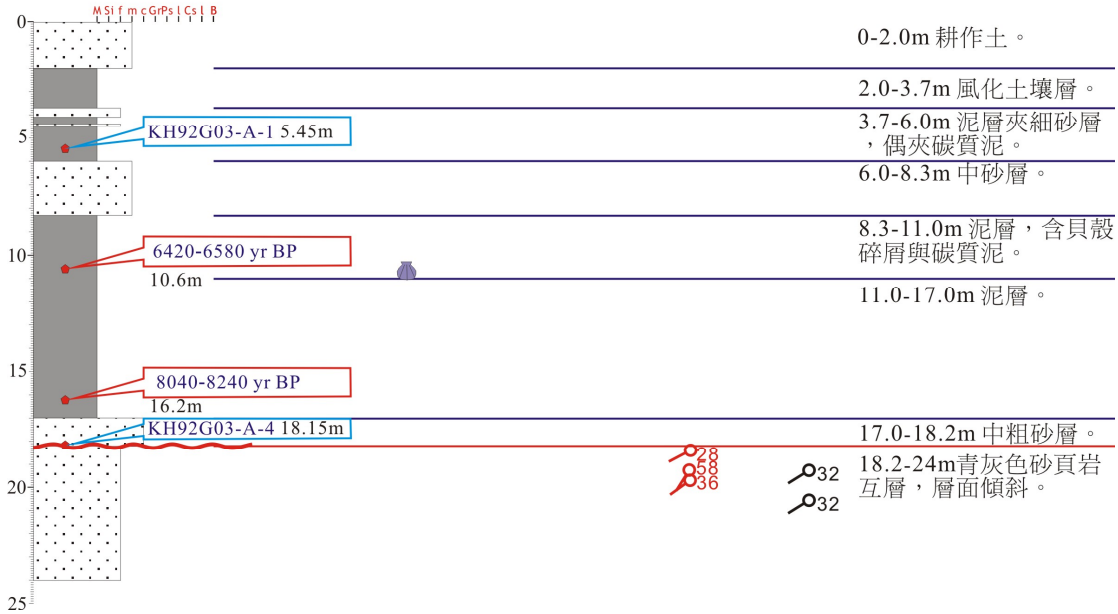
29.4-30.0m 細砂層，生物擾動明顯。

30.0-33.0m 粗砂層，大社層?

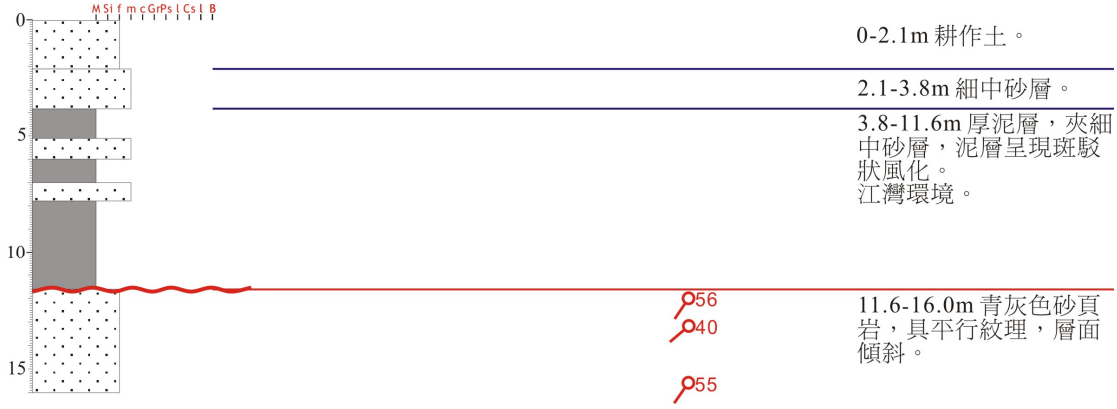
KH92-G03(19m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



KH92-G03-A(23m)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



KH92-G03-B(27m)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



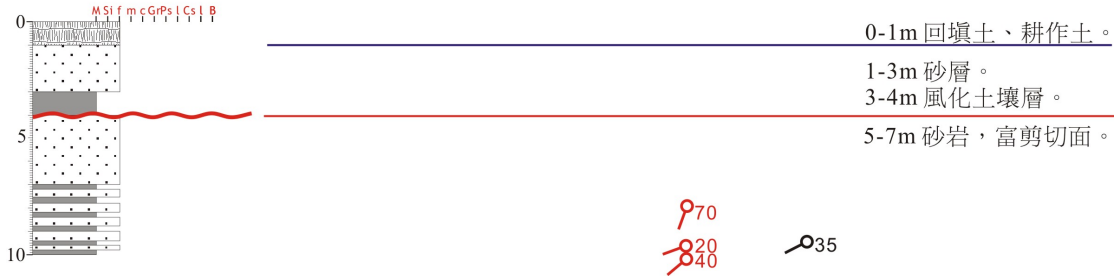
0-2.1m 耕作土。

2.1-3.8m 細中砂層。

3.8-11.6m 厚泥層，夾細中砂層，泥層呈現斑駁狀風化。
江灣環境。

11.6-16.0m 青灰色砂頁岩，具平行紋理，層面傾斜。

KH92-G03-C(30m)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

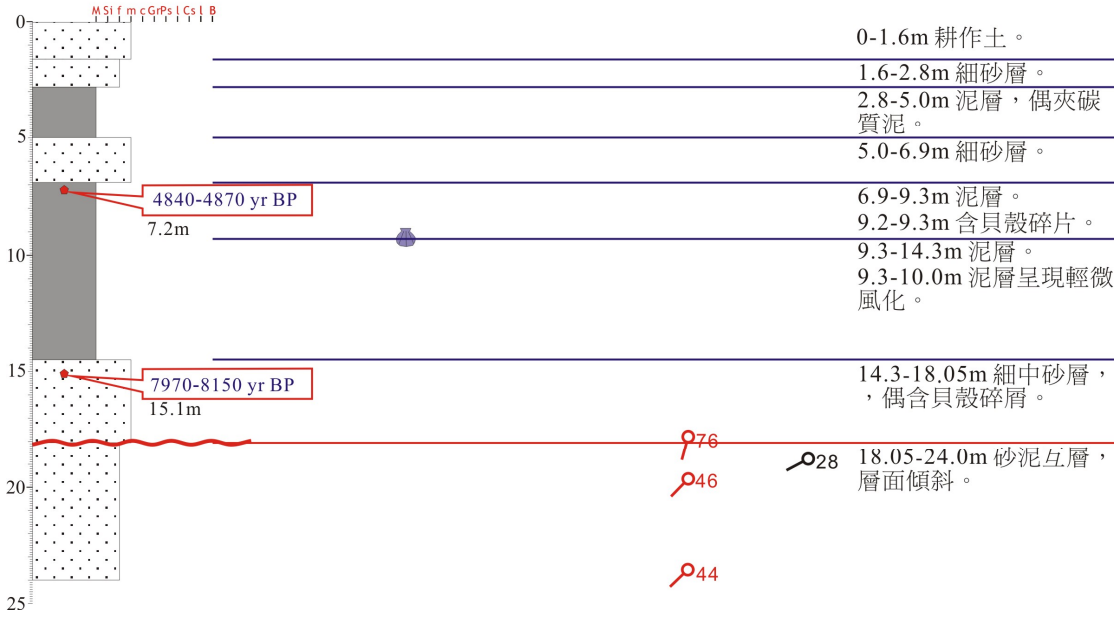


0-1m 回填土、耕作土。

1-3m 砂層。
3-4m 風化土壤層。

5-7m 砂岩，富剪切面。

KH92-G03-D(24m)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



0-1.6m 耕作土。

1.6-2.8m 細砂層。

2.8-5.0m 泥層，偶夾碳質泥。

5.0-6.9m 細砂層。

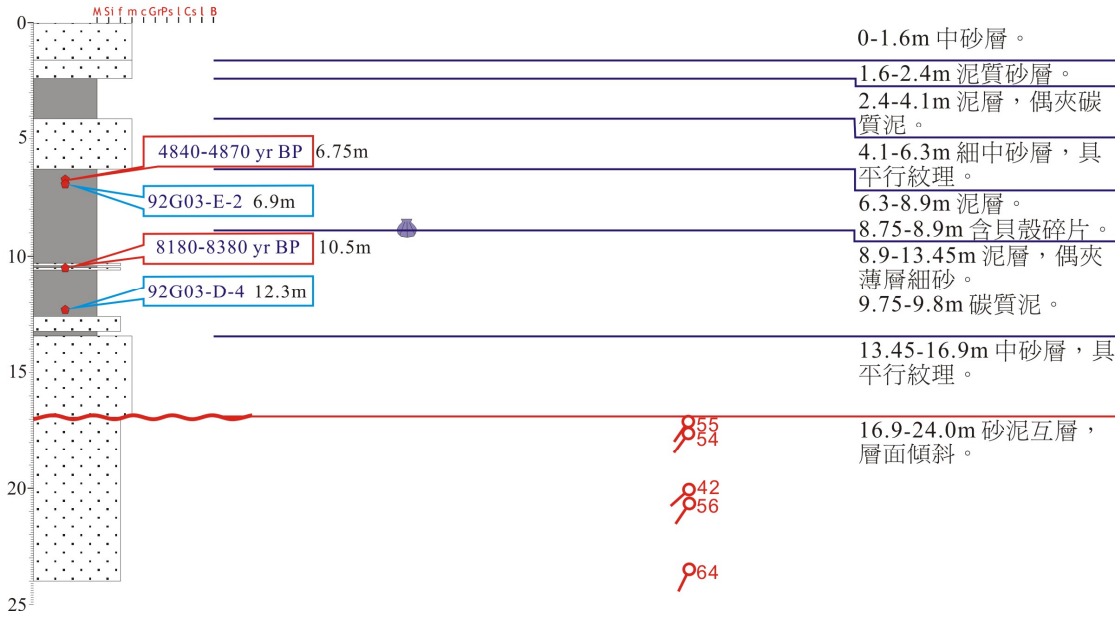
6.9-9.3m 泥層。
9.2-9.3m 含貝殼碎片。

9.3-14.3m 泥層。
9.3-10.0m 泥層呈現輕微風化。

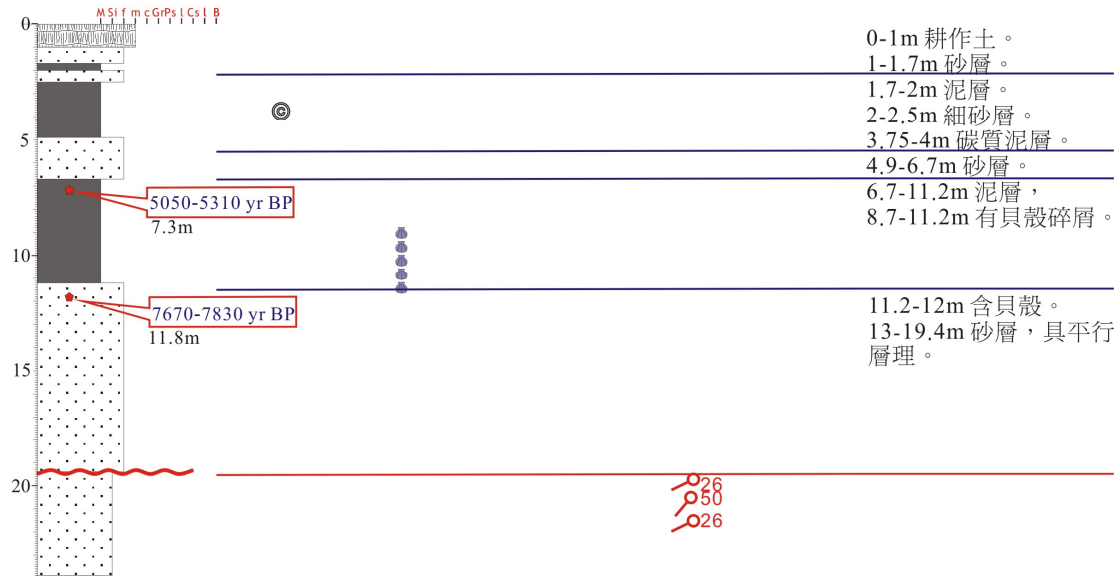
14.3-18.05m 細中砂層，，偶含貝殼碎屑。

18.05-24.0m 砂泥互層，層面傾斜。

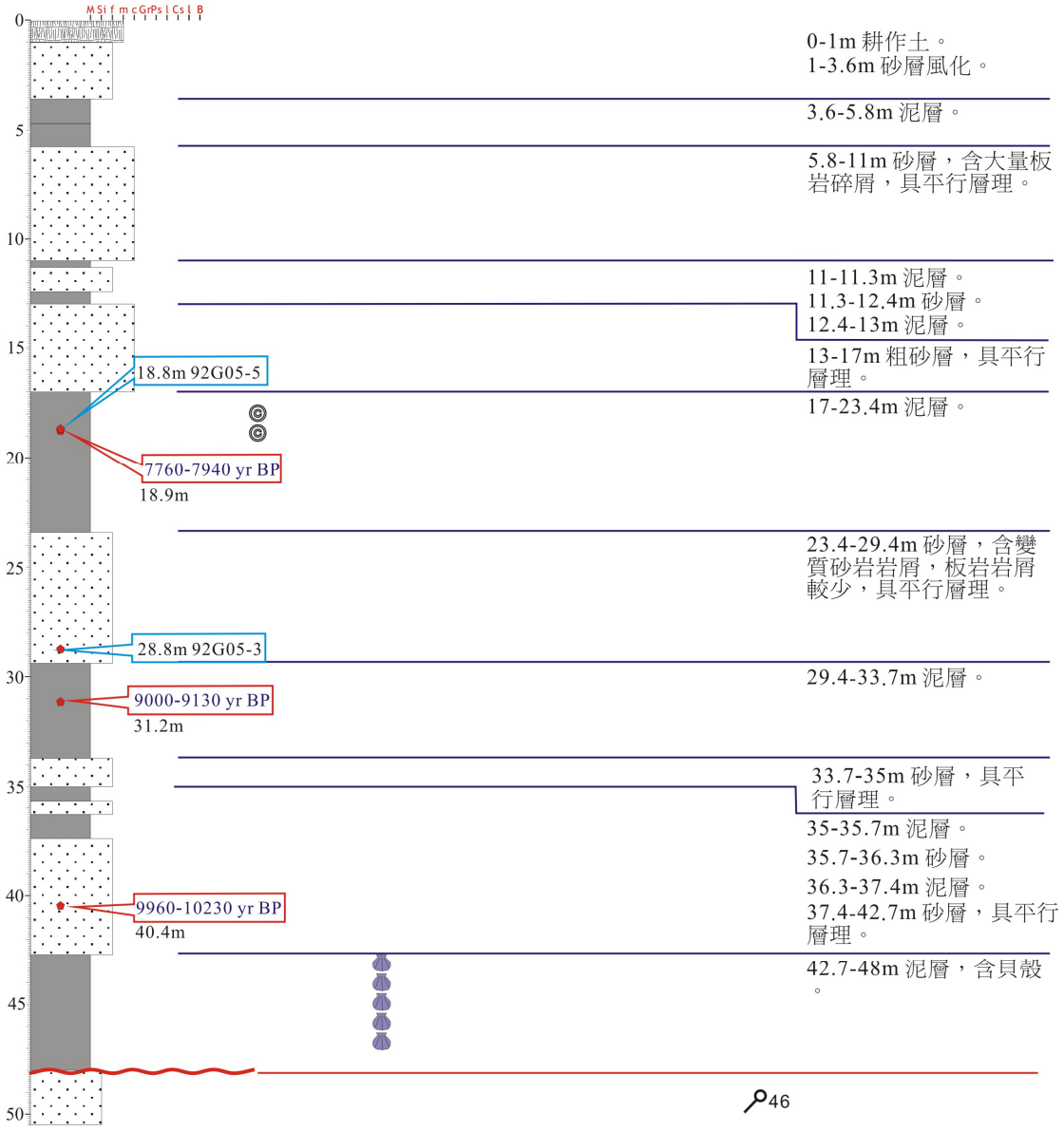
KH92-G03-E(23m) 碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



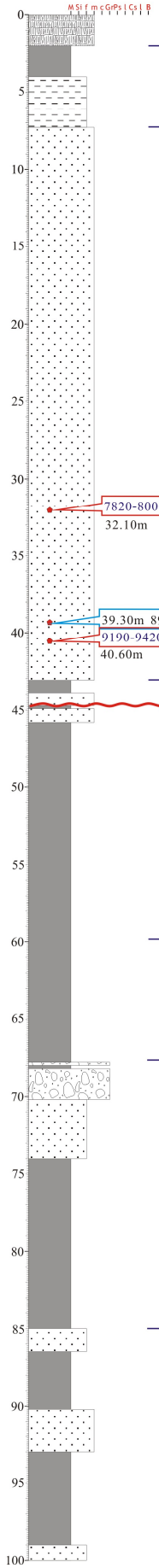
KH92 G03-F(21m) 碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



KH92-G05 (50m)　碳質碎屑　貝殼化石　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



KH89-G02(8m)　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



0-2m 回填土。

2-4m 風化土壤層。
4-7.3m 細砂夾泥層。

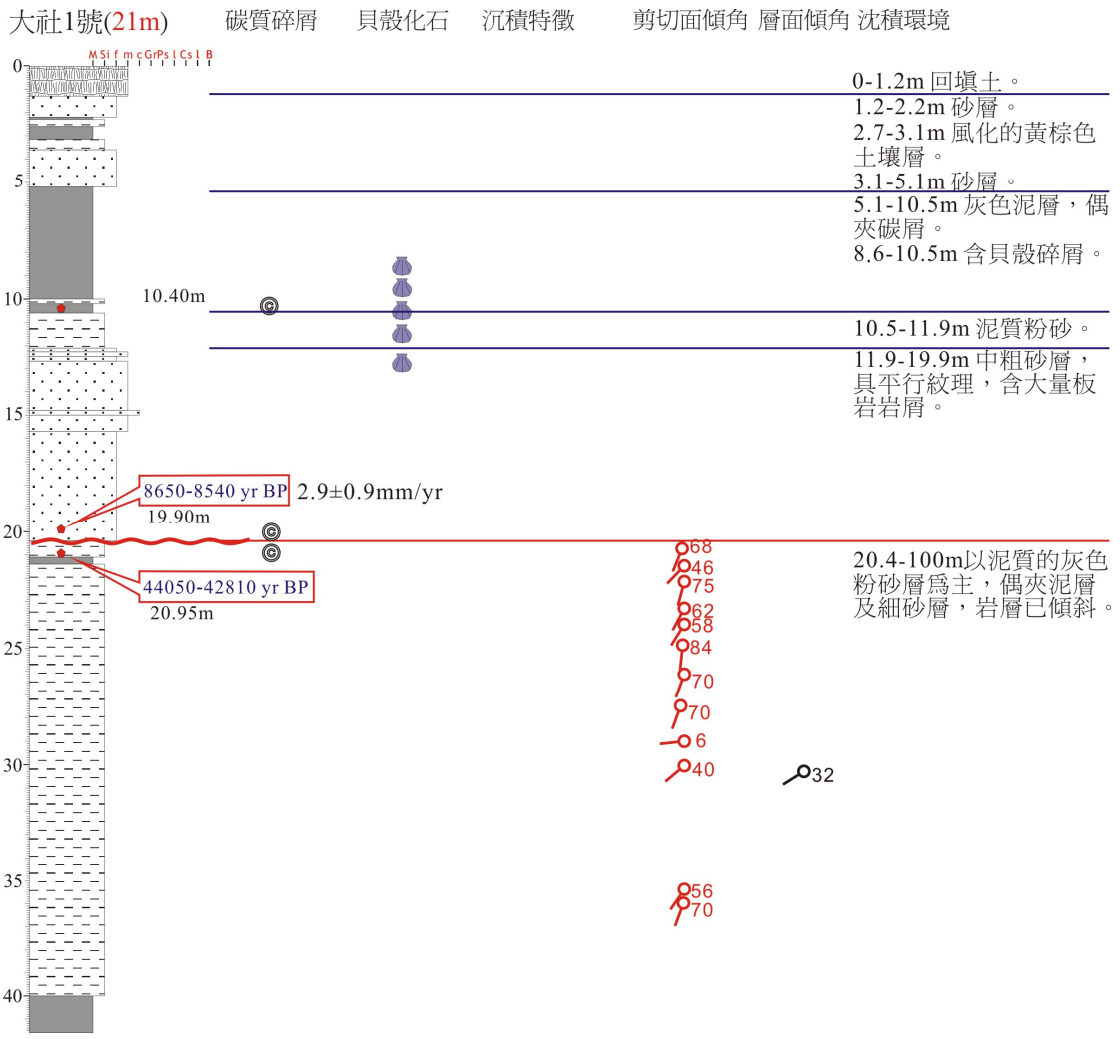
7.3-43.1m 砂層，具平行層理，含許多板岩岩屑。
28-29m 、30-35m 含貝殼碎屑。

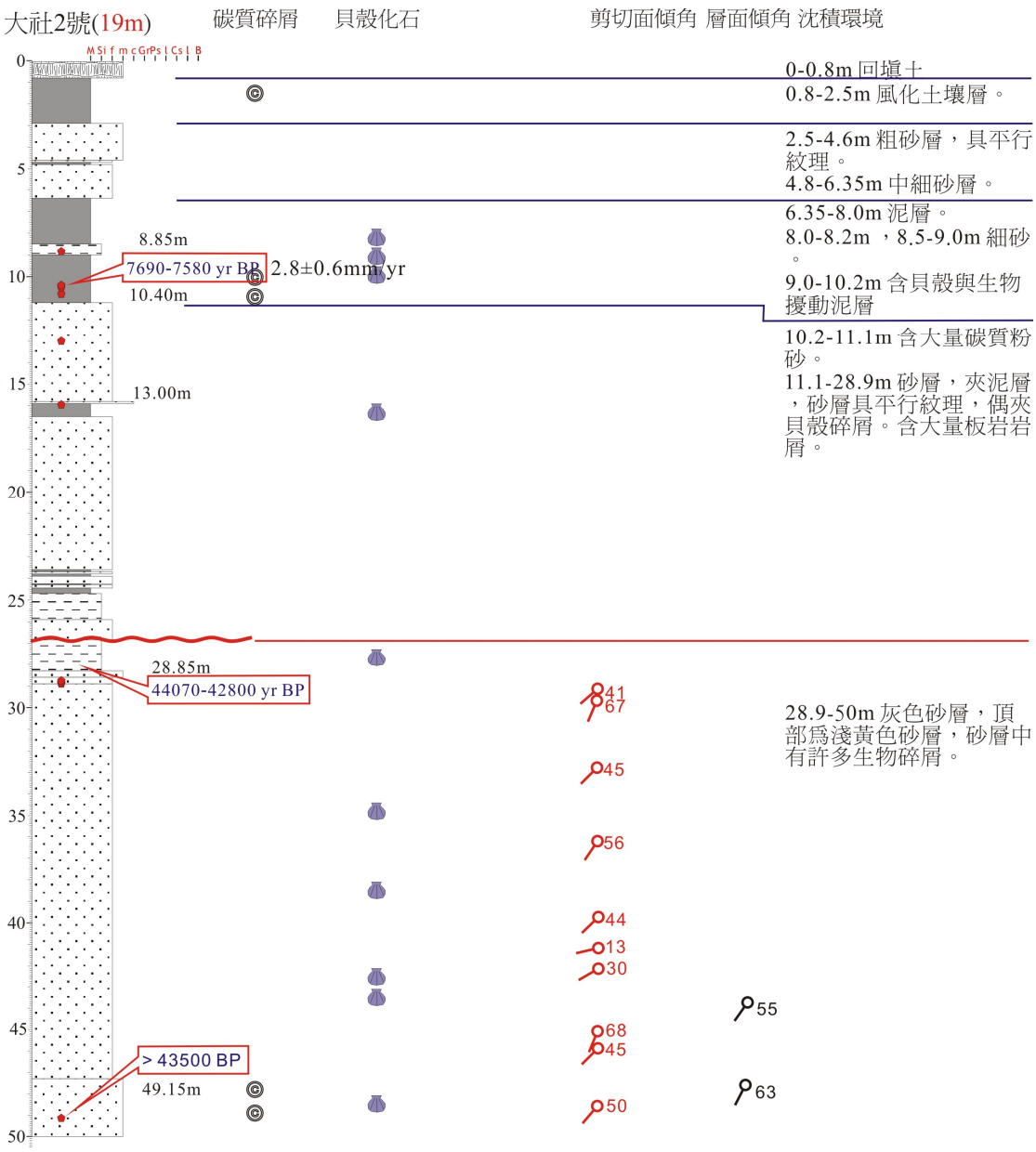
43.1-44.9m 泥層。
44.7-44.9m 泥層。
45.8-52m 泥層。

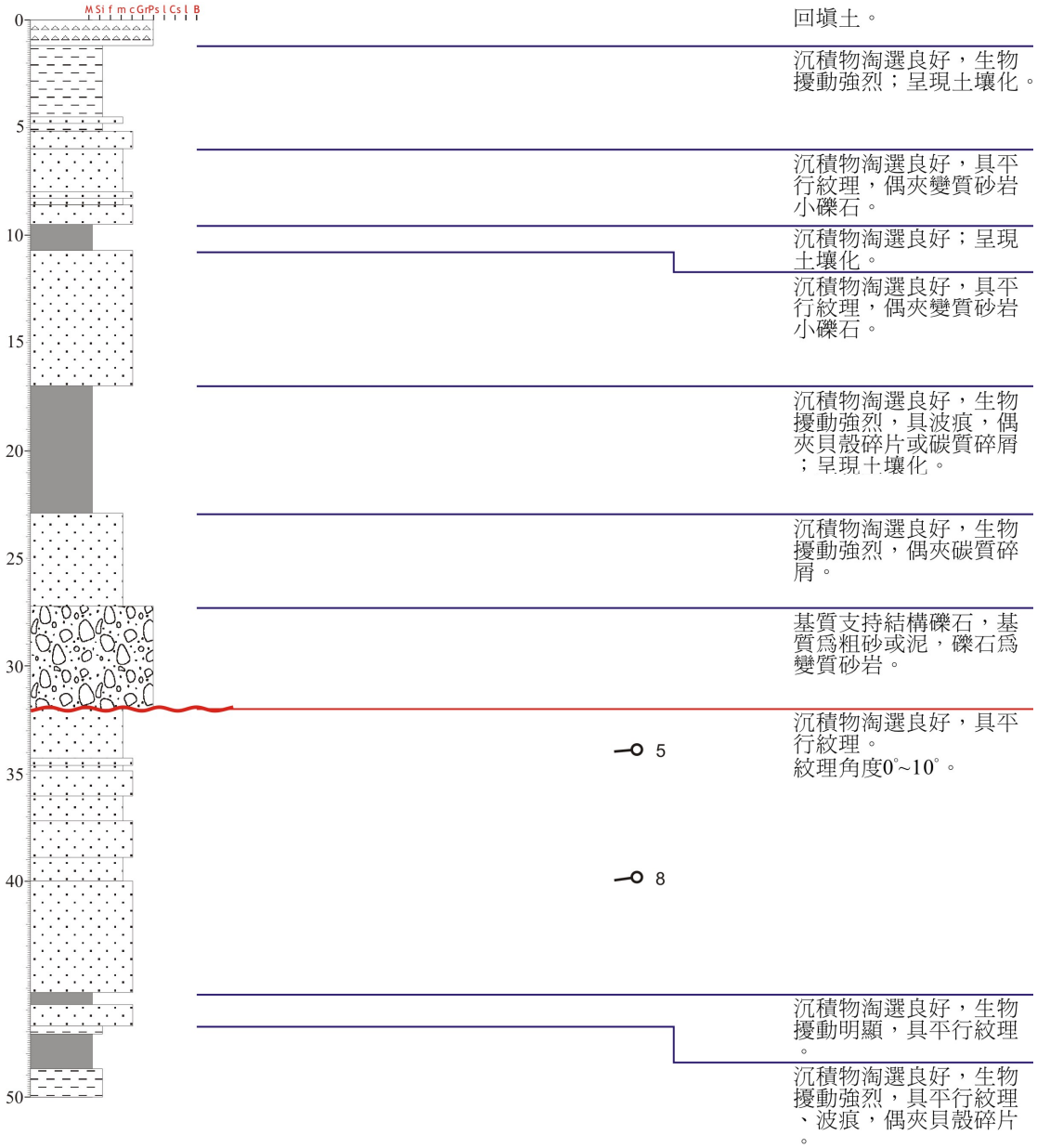
60-64m 含碳質泥岩層(風化土壤層)。

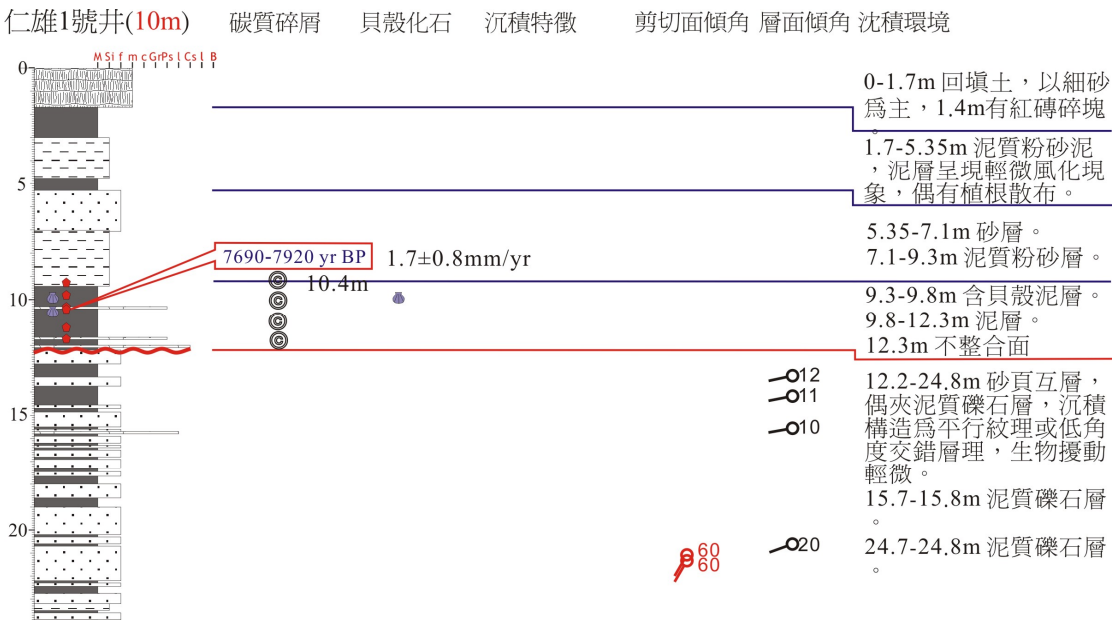
67.8-68m 礫石層。
68.2-70.2m 礫石層。
70.2-74m 砂夾泥層，黃白色砂不含板岩。

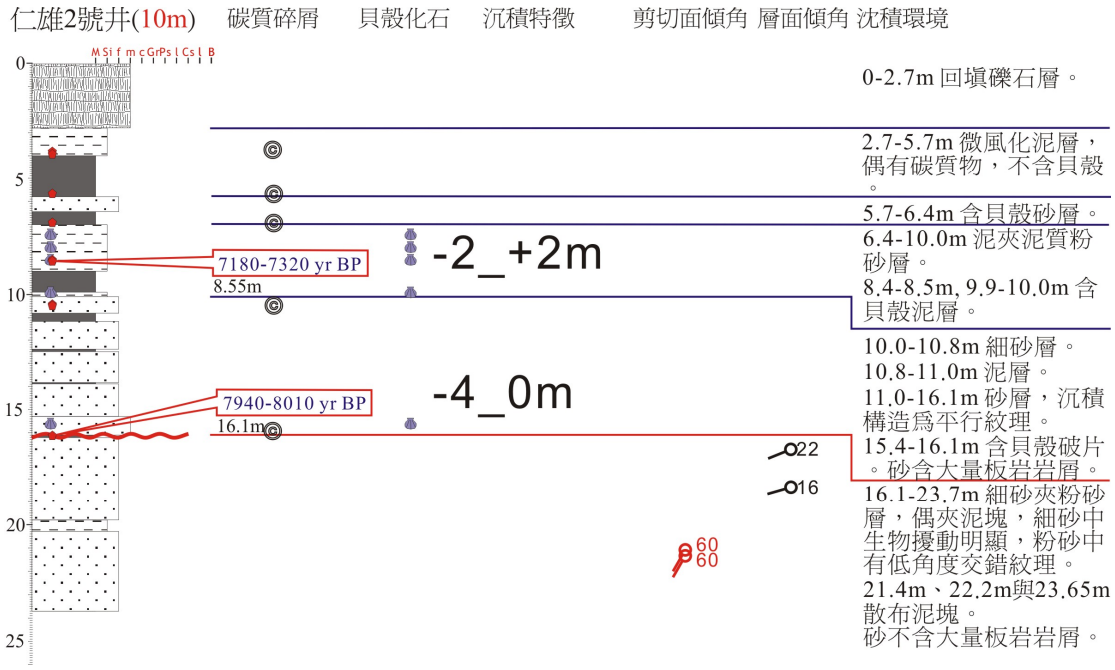
85-86.5m 黃色砂岩層。
90.2-93m 礫石層。
93-99m 含貝殼碎屑之砂泥層，有生物擾動痕跡。

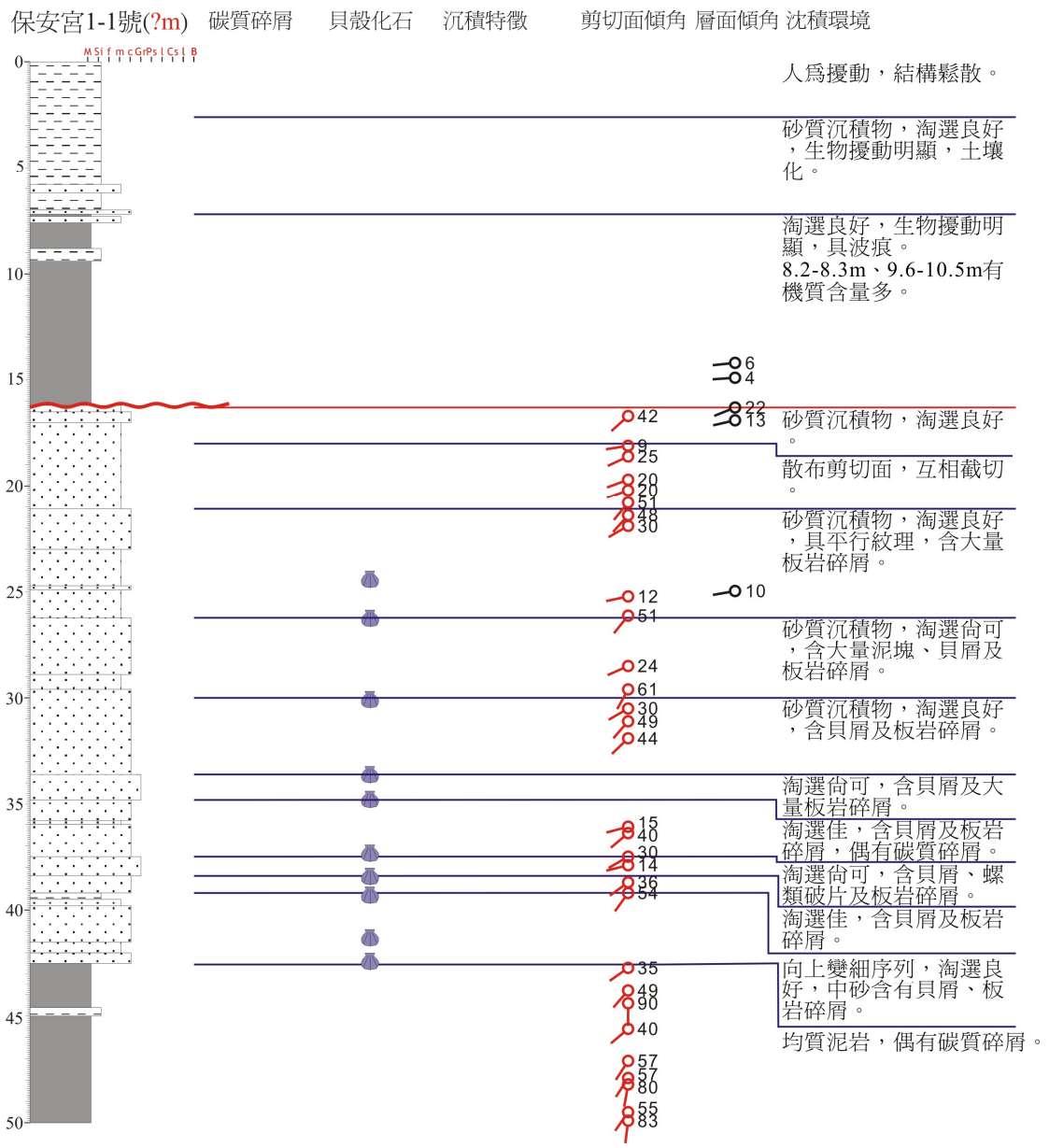

大社1號(21m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
0-1.2m 回填土。
1.2-2.2m 砂層。
2.7-3.1m 風化的黃棕色土壤層。
3.1-5.1m 砂層。
5.1-10.5m 灰色泥層，偶夾碳屑。
8.6-10.5m 含貝殼碎屑。
10.40m
10.5-11.9m 泥質粉砂。
11.9-19.9m 中粗砂層，具平行紋理，含大量板岩岩屑。
8650-8540 yr BP
2.9±0.9mm/yr
19.90m
44050-42810 yr BP
20.95m
20.4-100m以泥質的灰色粉砂層爲主，偶夾泥層及細砂層，岩層已傾斜。
68
46
75
62
58
84
70
70
6
40
32
56
70

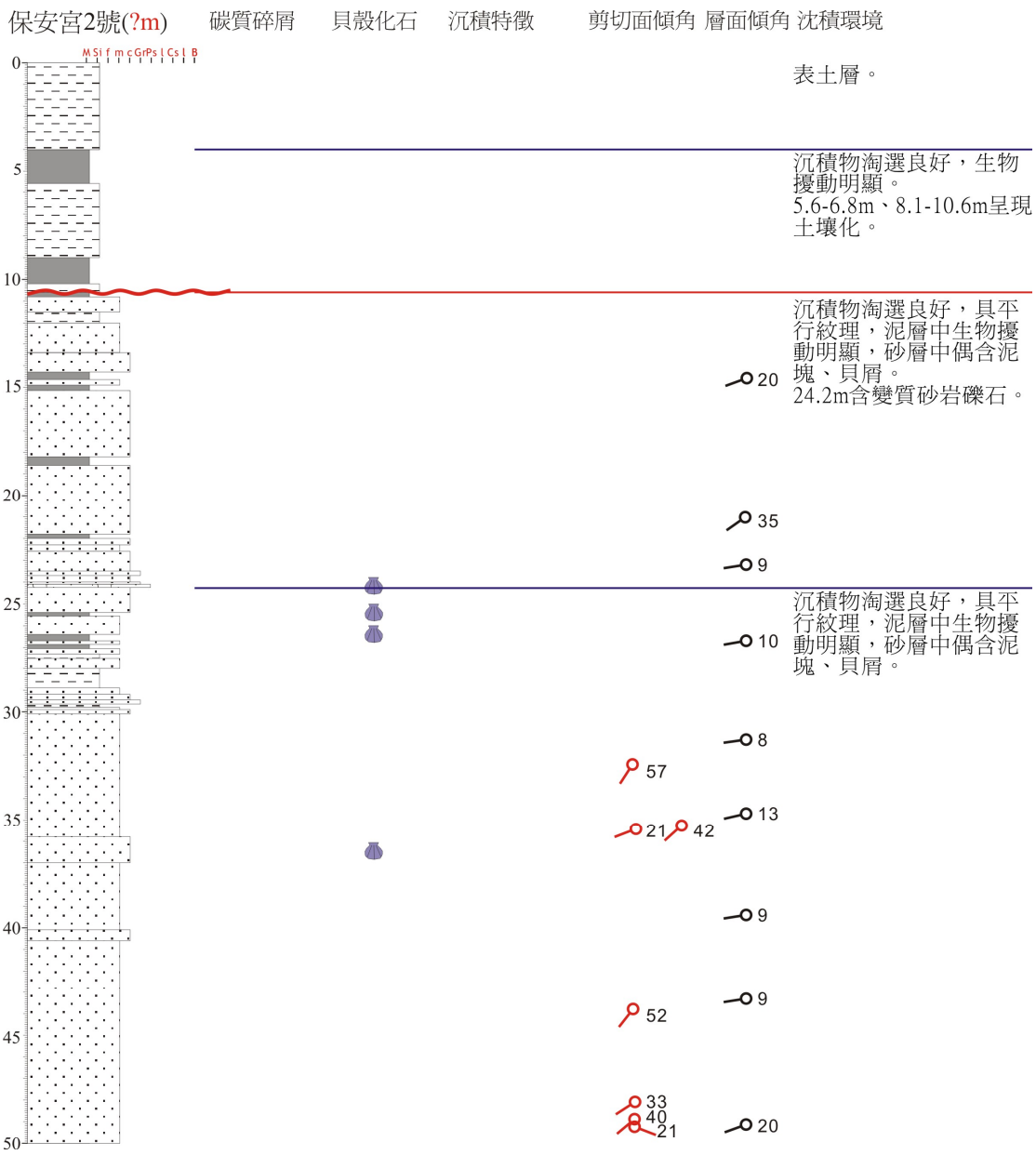

大社2號(19m)
碳質碎屑
貝殼化石
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
8.85m
7690-7580 yr BP
2.8±0.6mm/yr
10.40m
13.00m
28.85m
44070-42800 yr BP
> 43500 BP
49.15m
0-0.8m 回填土
0.8-2.5m 風化土壤層。
2.5-4.6m 粗砂層，具平行紋理。
4.8-6.35m 中細砂層。
6.35-8.0m 泥層。
8.0-8.2m ，8.5-9.0m 細砂。
9.0-10.2m 含貝殼與生物擾動泥層
10.2-11.1m 含大量碳質粉砂。
11.1-28.9m 砂層，夾泥層，砂層具平行紋理，偶夾貝殼碎屑。含大量板岩岩屑。
28.9-50m 灰色砂層，頂部爲淺黃色砂層，砂層中有許多生物碎屑。
41
67
45
56
44
13
30
55
68
45
63
50

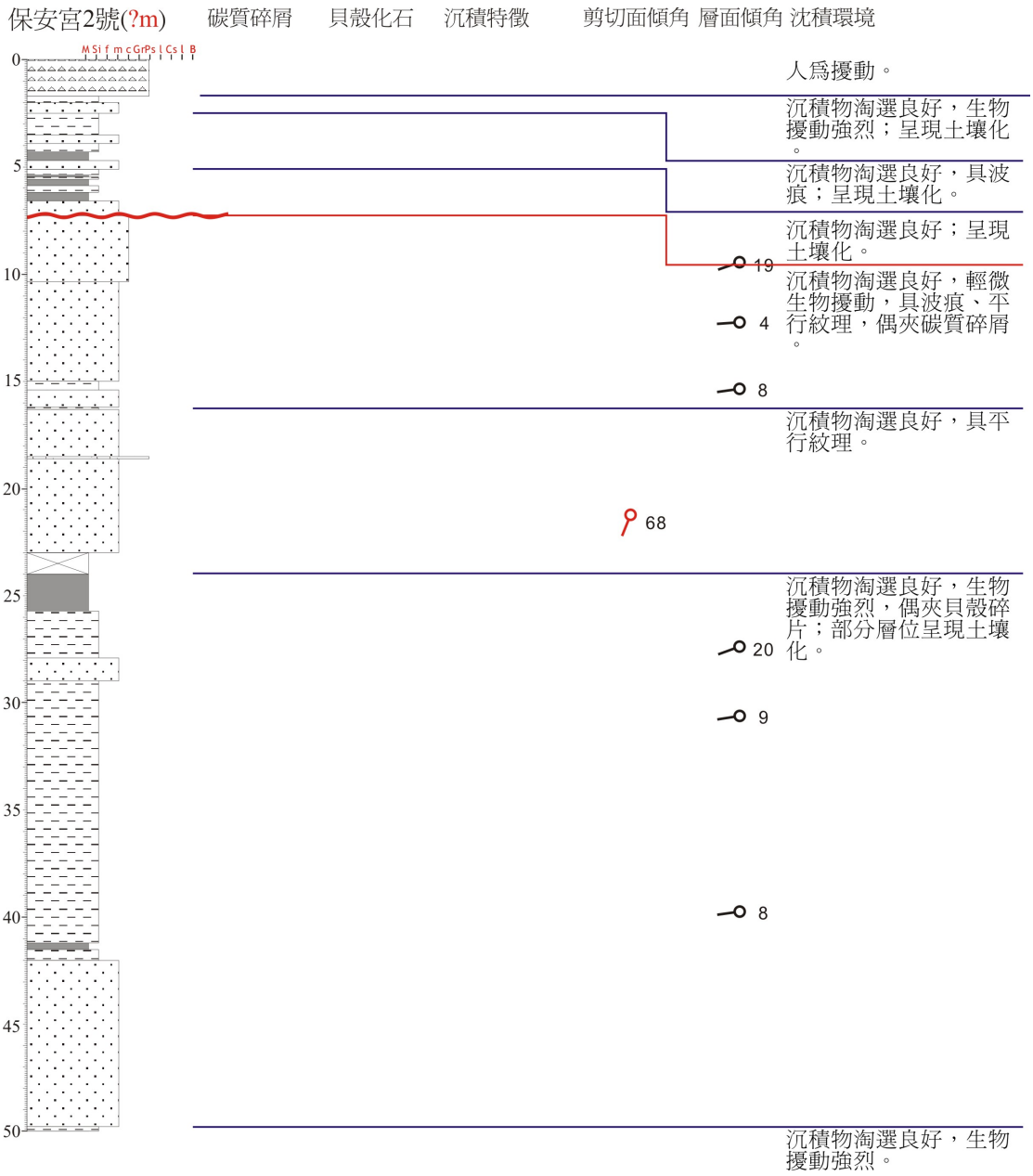

中正(?m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
50
回填土。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈；呈現土壤化。
沉積物淘選良好，具平行紋理，偶夾變質砂岩小礫石。
沉積物淘選良好；呈現土壤化。
沉積物淘選良好，具平行紋理，偶夾變質砂岩小礫石。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈，具波痕，偶夾貝殼碎片或碳質碎屑；呈現土壤化。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈，偶夾碳質碎屑。
基質支持結構礫石，基質爲粗砂或泥，礫石爲變質砂岩。
沉積物淘選良好，具平行紋理。
紋理角度0°~10°。
5
8
沉積物淘選良好，生物擾動明顯，具平行紋理。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈，具平行紋理、波痕，偶夾貝殼碎片。

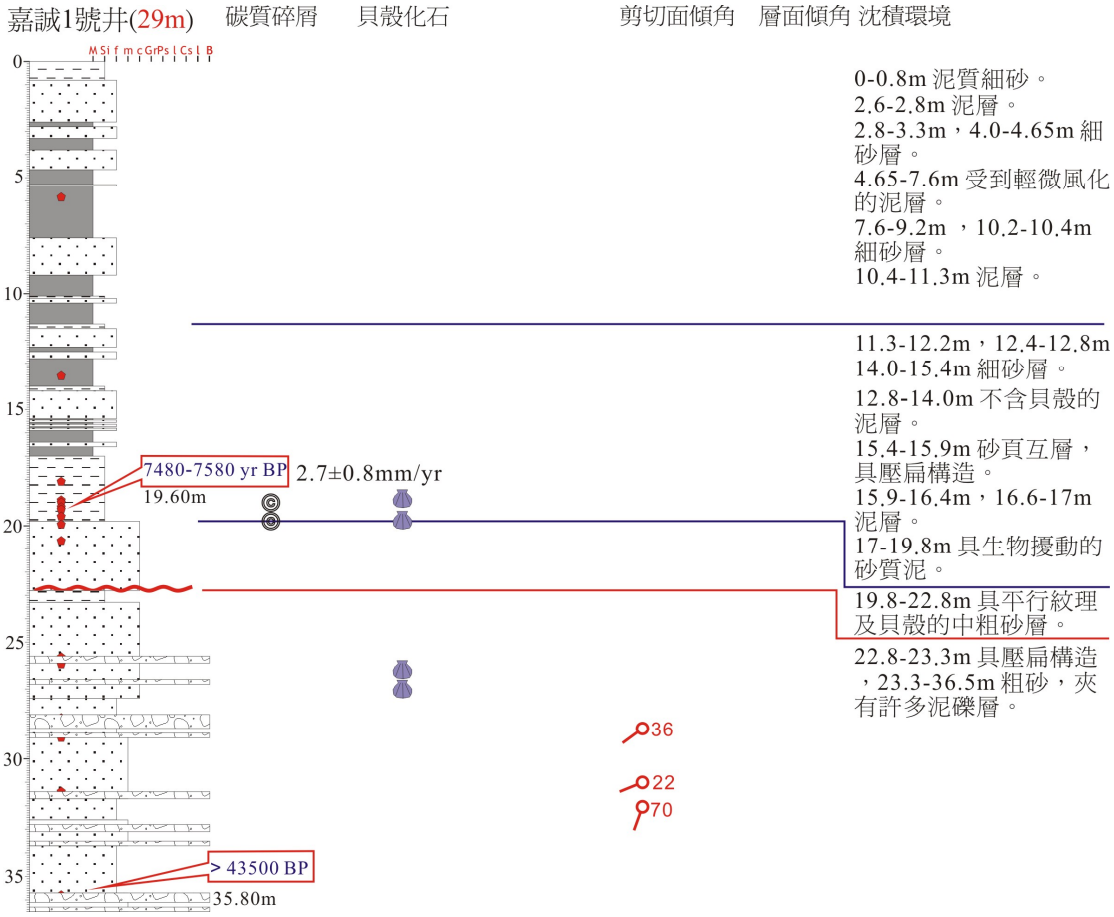

仁雄1號井(10m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
7690-7920 yr BP
1.7±0.8mm/yr
10.4m
12
11
10
20
60
60
0-1.7m 回填土，以細砂為主，1.4m有紅磚碎塊。
1.7-5.35m 泥質粉砂泥，泥層呈現輕微風化現象，偶有植根散布。
5.35-7.1m 砂層。
7.1-9.3m 泥質粉砂層。
9.3-9.8m 含貝殼泥層。
9.8-12.3m 泥層。
12.3m 不整合面
12.2-24.8m 砂頁互層，偶夾泥質礫石層，沉積構造為平行紋理或低角度交錯層理，生物擾動輕微。
15.7-15.8m 泥質礫石層。
24.7-24.8m 泥質礫石層。

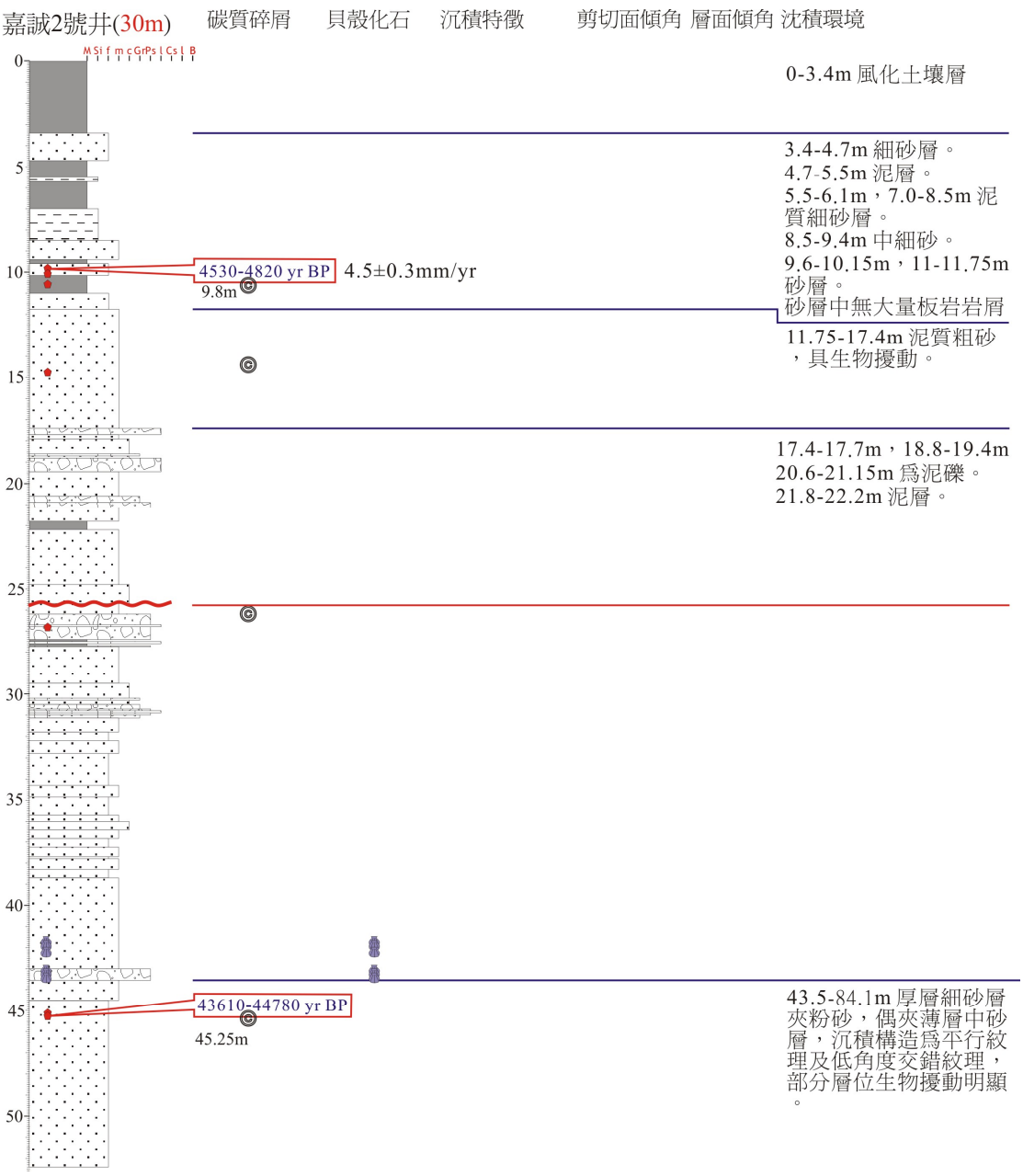

仁雄2號井(10m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
7180-7320 yr BP
8.55m
-2_+2m
7940-8010 yr BP
16.1m
-4_0m
22
16
60
60
0-2.7m 回填礫石層。
2.7-5.7m 微風化泥層，偶有碳質物，不含貝殼。
5.7-6.4m 含貝殼砂層。
6.4-10.0m 泥夾泥質粉砂層。
8.4-8.5m, 9.9-10.0m 含貝殼泥層。
10.0-10.8m 細砂層。
10.8-11.0m 泥層。
11.0-16.1m 砂層，沉積構造為平行紋理。
15.4-16.1m 含貝殼破片。砂含大量板岩岩屑。
16.1-23.7m 細砂夾粉砂層，偶夾泥塊，細砂中生物擾動明顯，粉砂中有低角度交錯紋理。
21.4m、22.2m與23.65m散布泥塊。
砂不含大量板岩岩屑。


保安宮1-1號(?m)
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
人爲擾動，結構鬆散。
砂質沉積物，淘選良好，生物擾動明顯，土壤化。
淘選良好，生物擾動明顯，具波痕。
8.2-8.3m、9.6-10.5m有機質含量多。
6
4
22
13
42
砂質沉積物，淘選良好。
9
25
20
20
51
48
30
散布剪切面，互相截切。
砂質沉積物，淘選良好，具平行紋理，含大量板岩碎屑。
10
12
51
砂質沉積物，淘選尚可，含大量泥塊、貝屑及板岩碎屑。
24
61
30
49
44
砂質沉積物，淘選良好，含貝屑及板岩碎屑。
淘選尚可，含貝屑及大量板岩碎屑。
15
40
30
14
36
54
淘選佳，含貝屑及板岩碎屑，偶有碳質碎屑。
淘選尚可，含貝屑、螺類破片及板岩碎屑。
淘選佳，含貝屑及板岩碎屑。
35
49
90
40
向上變細序列，淘選良好，中砂含有貝屑、板岩碎屑。
均質泥岩，偶有碳質碎屑。
57
57
80
55
83


保安宮2號(?m)
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
表土層。
沉積物淘選良好，生物擾動明顯。
5.6-6.8m、8.1-10.6m呈現土壤化。
沉積物淘選良好，具平行紋理，泥層中生物擾動明顯，砂層中偶含泥塊、貝屑。
24.2m含變質砂岩礫石。
沉積物淘選良好，具平行紋理，泥層中生物擾動明顯，砂層中偶含泥塊、貝屑。
20
35
9
10
8
57
13
21
42
9
9
52
33
40
21
20


保安宮2號(?m)
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
人爲擾動。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈；呈現土壤化。
沉積物淘選良好，具波痕；呈現土壤化。
沉積物淘選良好；呈現土壤化。
19
沉積物淘選良好，輕微生物擾動，具波痕、平行紋理，偶夾碳質碎屑。
4
8
沉積物淘選良好，具平行紋理。
68
沉積物淘選良好，生物擾動強烈，偶夾貝殼碎片；部分層位呈現土壤化。
20
9
8
沉積物淘選良好，生物擾動強烈。


嘉誠1號井(29m)
碳質碎屑
貝殼化石
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
7480-7580 yr BP
19.60m
2.7±0.8mm/yr
> 43500 BP
35.80m
36
22
70
0-0.8m 泥質細砂。
2.6-2.8m 泥層。
2.8-3.3m，4.0-4.65m 細砂層。
4.65-7.6m 受到輕微風化的泥層。
7.6-9.2m ，10.2-10.4m 細砂層。
10.4-11.3m 泥層。
11.3-12.2m，12.4-12.8m
14.0-15.4m 細砂層。
12.8-14.0m 不含貝殼的泥層。
15.4-15.9m 砂頁互層，具壓扁構造。
15.9-16.4m，16.6-17m 泥層。
17-19.8m 具生物擾動的砂質泥。
19.8-22.8m 具平行紋理及貝殼的中粗砂層。
22.8-23.3m 具壓扁構造，23.3-36.5m 粗砂，夾有許多泥礫層。


嘉誠2號井(30m)
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
0-3.4m 風化土壤層
3.4-4.7m 細砂層。
4.7-5.5m 泥層。
5.5-6.1m，7.0-8.5m 泥質細砂層。
8.5-9.4m 中細砂。
9.6-10.15m，11-11.75m 砂層。
砂層中無大量板岩岩屑
11.75-17.4m 泥質粗砂，具生物擾動。
17.4-17.7m，18.8-19.4m
20.6-21.15m 爲泥礫。
21.8-22.2m 泥層。
43.5-84.1m 厚層細砂層夾粉砂，偶夾薄層中砂層，沉積構造爲平行紋理及低角度交錯紋理，部分層位生物擾動明顯。
4530-4820 yr BP
4.5±0.3mm/yr
9.8m
43610-44780 yr BP
45.25m

附錄二、期中報告審查意見改進表

審查意見	處理情形
1. 期中報告過於簡要，內容應補充交代計畫目的、內容、進度及期末交付項目等報告內容，並應增加進度評估、摘要等章節，加強說明計畫目標之成果。	1.已補充
2. 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，請補充。	2.已修正
3. 引用之鑽井位置、地球物理剖面圖建議補充於報告書中，並於小比例尺研究區域圖中標示剖面位置，並建議加強圖說內容，使圖資易於瞭解。	3.已補充
4. 建議新增一個新章節說明槽溝的選址過程及進度。	4.已補充說明
5. 米崙斷層跡建議研究早期航照。同時該斷層 Strike-slip 為主的斷層，鑽探位置應注意。	5.已注意此斷層特性
6. 米崙斷層於東華教育學院校區，東華大學教育學院與七星潭間之榮工處大理石廠過去曾有調查計畫，建議一併收集相關資料，供調查井位選址和分析之參考。	6.已注意此資料
7. 建議小礫石層仍採鑽石鑽頭旋轉式岩心鑽探全程取樣，以利斷層之地質評估。礫石層以下，建議仍採 HQ size 全程取樣。	7.已注意

8. 旗山斷層往南延伸是傾向偏南或西南，請在期末報告加入去年補充地質鑽探資料進一步分析，綜合納入考慮。	8.已補充
9. 南二高切過旗山、龍船斷層之監測資料未來應收集一起討論活動性!	9.尚未有此資料
10. 建議參考中油內部二萬分之一地質圖做龍船斷層的地質評估	10.已注意此資料
11. 圖 1-3(第 4 頁)新竹斷層活動面低於新城斷層者，然圖 1-1 等(圖 1-8)之平面資料顯示兩者截交關係，請評估合理性。	11.
12. 新竹斷層是否部分位置要稱為斷層線崖，確認之後再稱為斷層崖。同時，所有圖表中的新竹斷層位置要統一。	12.已修正

附錄三、期末報告審查意見改進表

審查意見	處理情形
（一）報告書書、圖、文件格式：	
1. 請補充報告書書背、第 1 章最後 1 節需說明計畫應繳交項目、附錄，及補充總結或結論章節，就本年度計畫內容與成果進行完成說明。	1. 已修正。
2. 各章節建議均增列一小節說明正式成果。	2. 已在結論中補充。
3. 摘要部分請增加新竹斷層與龍船斷層的調查成果，英文摘要部分則應加強內容及篇幅。	3. 已修正。
4. 部分圖、表說明或章節標題與內容位在不同頁面(表 1-1、3.5 章節標題、圖 5-1…)，請調整。	4. 已修正。
5. 部分圖資及航照與衛星影像未標示指北、坐標系統、索引圖(index map)、圖例(含色彩標高對比圖)或主要地名，請補充(圖 2-1、圖 2-16、圖 3-21~圖 3-24、圖 4-1、圖 4-2、圖 5-2、圖 5-3) ，請改正。	5.已修正。
6. 部分圖資鑽孔位置或地	6.已修正。

下剖面漏標或標示不清，或因比例尺過小而圖徵重疊，以致難以對照閱讀，請改正。	
7. 報告書中之地質圖，應依地質圖製作標準進行測繪，不同地層應附對比表、斷層應標示斷層型態、並應將構造名稱沿斷層走向清楚標示，以便審閱。	7.已修正
8. 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，槽溝剖面圖亦應提供大圖供審，並將完整檔案附於附錄供參。圖 2-29, 2-30, 2-31, 2-32 為槽溝調查成果，建議採橫幅滿版照片，較為清楚。	8.已修正附加
9. 岩芯柱狀圖因鑽井深度不同，可採不同比例，較深的井用較小比例繪製，較淺井則以較大比例繪製，以利完整展示岩芯內容。	9.為利於相互對比,岩心比例仍維持統一規格。

10. 第 13 頁圖 2-2 請標示剖面方向，如東北和西南，請註明公園路剖面測線，鑽井岩性柱狀圖不同岩性，如礫石顆粒支持和基質支持兩類，則其標示符號需不同，以作區別。	10.側線位置已標示
11. 鑽井工作目前僅見鑽井柱狀圖，建議在報告書中附上較重要位置之岩心照片，並將完整岩心照片標示日期後繳交地質調查所，以便後續研究使用。	11.岩心照片以電子檔案形示交付地質調查所。
12. 表 1-3，表 1-4 因涉及不同年度計畫，建議將本年度獨立，而將它年度資料拆開表示，或在現有表格中用更清楚的標示，已分別不同計畫與年度之產製結果。	12.已修正。
13. 表 1-4 本年度碳 14 定年成果表中，請將原始定年結果繳付本所留存，並在表格中標示年代是否已經校正。	13.已修正。
14. 1/5000 之斷層跡調查成	14.以數值檔形示交付地質調查

果圖之資料應提交於附錄之中，並繳交數值檔供後續地質敏感區劃定參考使用。	所。
15. 表 1-3，因使用 TWD97 坐標系統，因此經度與緯度應該為 X(E)與 Y(N)。	15.已修正。
（二）報告書圖資與文字描述：	
1. 在米崙斷層章節表示 1951 年之地震斷層可能位於槽溝開挖處，但在 O 層(約 600B.P.)未見明顯變形，應無法證明 1951 年之地震斷層崖位於此處，建請考量修正。	1. 已說明。
2. 第 11 頁米崙斷層章節中，描述斷層為左向平移或左向轉移名詞建議釐清統一。	2.已統一修正。
3. 米崙斷層章節中，描述構造環境為拉張(tension)環境，但理論上若斷層系統為逆移兼具橫移系統之斷層構造，該構造環境建議以橫移拉張(transtension)描述。	3.已修正。
4. 米崙斷層章節中，部分文	4. 已修正。

字反覆出現，建請修正。	
5. 第 16 頁七星潭一號井深度應為 70 公尺，p17 圖 2-6 井錄卻為 50 公尺，描述為「14.4-70 公尺基質顆粒支持」，請修正。	5. 已修正。
6. 圖 2-1 1951 地震地表破裂跡圖徵與東華大學一帶之橘線重複，建議更改其中之一，以免造成誤解。	6.已修正。
7. 圖 2-23，2-28 建議標繪槽溝挖掘位置。	7.已標註。
8. 第 13 頁圖 2-2 顯示近期於明禮路附近的地電探勘成果，建議增列測線位置以利資料判讀。	8.測線位置已標示。
9. 圖 2-16,2-23,2-28 高程與鑽井標高不同，應非絕對高程，應於圖說中說明。	9.已修正。
10. 依據第 33 頁米崙斷層槽溝之說明，表 1-2 之槽溝總長應約 38 公尺。	10.已修正。
11. 旗山斷層章節中，圖 4-1 與 4-2 之斷層標示不同，應確認後統一標示。且該斷層位置如建議修改，應	11.已修正。

與該區域其他前人研究進行比對討論，於報告書中說明斷層位置變化之情形，以利斷層災害的潛勢評估。	
12. 圖 5-4 應非平衡剖面，而僅為構造示意圖，建議修正圖說或圖資內容。	12.已修正。
13. 部分文字錯漏，請修正 i. 「P18/L7 垂直位差錯作對比」，應為多字。 ii. p6、p13、p14、p33、p45、p69、p80 等處「本計劃」應為「計畫」。 iii. p13 最後一段第 1 行「具明顯的線型崖」應為「線形」。 iv. 第三章內文多處提及「三姓宮溪」應為「三姓公溪」，請修正。 v. p10 最後一行有關米崙斷層變形帶之敘述,“穿越中山路, 再穿越中山路”, 第二個中山路是否有誤,	13.已修正。

請查核. vi. p36 第 2 段第 4 行「發生在槽溝剖面的東側」應為「槽溝一剖面」，請修正。 vii. p41「地壘與地塹（horse and graben）」應為「horst」，請修正。 viii. p77 第 2 段倒數第 6 行「東側內門向斜」但在後續的圖 5-2、5-3、5-4 皆標示為「木柵向斜」，請確認修正。 ix. p78 第 3 段最後一行「呈現左移作用」是否應為「右移」？請確認。	
14. 部分參考文獻部分文獻年獻與文中描述不同或錯漏，請參考主辦單位提供紙本參考改正。部分參考文獻有引用未列，有列未引用，應修訂。	14.已修正。
（三）其它建議： 1. 摘要中有關米崙斷層長	1. 已在文中討論，長期與短期速

	期抬升速率提及 4 公尺變形量和 80 公分垂直位移量，依其年代計算都不超過 3mm/yr，但結論為 5mm/yr。在第 36 頁結論中以海拔 12 公尺珊瑚礁定年估算之長期抬升速率約 5mm/yr，但其他資料仍有差異，請再加強說明或討論長期抬升速率之取捨及依據。	率的差異與斷層的活動行為有密切關係。
2.	對斷層之描述常引用不同文獻，而有不同說法，是否有任何判斷而做結論，應加以說明。	2. 旗山斷層已經修改為旗山鎮以南的區段。
3.	本計畫目標一為位置精查，另一為斷層參數求取，結論中針對參數僅列出長期抬升速率，建議加入已有結論之其他數據。	3. 已將地調所活動斷層參數表附於附錄四。
4.	米崙斷層 1951 地震地表破裂位置之原始資料請收集並加入本報告，以供未來敏感區劃設及基地調查之參考。	4. 無法加入原始資料，因該文獻僅有概略圖示，詳細內容請參閱該章節內前人研究資料。
5.	評估斷層可能分布之範圍在米崙斷層章節中有	5.已修正。

	說明實際寬度，但該寬度(20 公尺或 100 公尺)並未說明是否單指一側或雙側，總計或各別，建議應予以說明。	
6.	新竹斷層之斷層精確位置調查方面，雖有分段說明斷層特性，但未如米崙斷層標示明確之評估可能分布範圍，請補充。	6.已修正。
7.	新竹斷層的運動特性、基本性質及斷層型式應在該章小節時進行統整說明。	7. 已說明。
8.	飛鳳山區段斷層之性質與歸屬新竹斷層或新城斷層應進行評估說明，如有其他地質問題未於本案釐清，可補充對於後續調查之相關建議。	8. 已說明。
9.	旗山斷層與米崙斷層之長期抬升速率在本研究的估算中似乎過小，建議再考量。	9. 已說明。
10.	龍船斷層及旗山斷層章節中，如涉及多種不同系統之地層討論，應說明地	10.已修正。

層對比關係，且比對地層時不應使用不同地層系統的同一層位來區分上下盤，請修改。 11. 第 79 頁中油地質圖中，南邊的部分沒有砂岩，應該是泥岩，請於龍船斷層地質圖中修正。	11. 本圖中並沒有畫此砂岩。

附錄四、活動斷層參數資料表

2010.05 版

斷層名稱	分類	長度（km）	滑移特性	斷層傾角(度/方向)	GPS 跨斷層水平速度變化（mm/yr）		跨斷層垂直速度變化（mm/yr）			短期滑移速率（mm/yr）	長期滑移速率（mm/yr）	再現週期（yr）	最近一次活動時間（yr）	可能最大地震規模(M)
					平行斷層走向	垂直斷層走向	精密水準	GPS	地質證據					
1 山腳斷層(北)	二	22＊	正移 a	>60/東 a	-0.6±5.2b	-1.2±6.2b	-2.2b	2.1±10.2b		2.2 v			<11,000a	(6.9)
山腳斷層(南)		13a			-1.3±5.8b	-5.0±7.4b	-10.8 b	2.3±12.3b	1.8c 1.2u					
2 湖口斷層	二	21＊	逆移 a	~40/南 a	+0.2 ± 3.2b	4.1 ± 4.2b	-2.1 b	1.2 ± 7.8b			0.2~4.1◎		＜70,000a	（6.6）
3 新竹斷層	二	10＊	逆移兼右移 a	~45/南 a	+0.9 ± 2.5b	2.9 ± 2.6b	-2.3 b	0.9 ± 8.4b	<1.2w		0.5~1.3◎		更新世晚期	（6.2）
4 新城斷層	一	29＊	逆移 a	~30/南 a	+0.2 ± 3.0b	1.2 ± 2.5	-7.8 b	-0.3 ± 7.9b	~1a		0.7~1.6d 0.2~1.3◎	2000d	＜300 a	（6.8）
5 獅潭斷層	一	11＊	逆移 e	>60/西 e	-0.7 ± 1.6b	0.9 ± 2.7b	-	2.1 ± 7.2b		1.3v			A.D.1935	7.1 （6.3）
6 三義斷層	一	34＊	逆移 e	40-60/東 e	-0.2e	0.7e	-0.1e	-14.5e		20.3-34.5b			全新世?e	（6.8）
7 大甲斷層(北)	一	8e	逆移 e	40-50/東 e	+1.3 ± 2.9b	2.9 ± 3.1b	-2.0e	-4.1 ± 8.9b	1.7-5.5f			(552)b	全新世?e	（6.8）
大甲斷層(南)		23＊		/東	+0.3 ± 2.6b	0.2 ± 1.8b	-3.1e	2.4 ± 8.4b						
8 鐵砧山斷層	一	13e	逆移 e	/西	+1.3 ± 2.9b	2.9 ± 3.1b	0.4e	-4.1 ± 8.9b					全新世?e	（6.4）
9 屯子腳斷層	一	14e	右移 e	高角度	-3.2e	1.5e	0.1e	4.0e		5.2-12.7b		(141)b	A.D.1935	7.1 （6.4）
10 彰化斷層	一	36e	逆移 e	/東	-0.9 ± 2.1b	3.5 ± 2.4b	6.3e	9.2 ± 4.1b	4.3-10.3f	2.0-6.8 v		(407)b	全新世?e	（6.9）
11 車籠埔斷層(北)	一	38e	逆移 e	~40/東 e	-3.6 ± 3.2b	4.1 ± 5.0b	4.1e	12.8 ± 9.2b	3.47o	6.6-24.9 v	~6.94o	200-700o (546)b	A.D.1999	7.3 （7.3）
車籠埔斷層(南)		38e		~40/東 e	-7.2 ± 7.1b	13.4 ± 8.2b	3.9e	3.4 ± 6.1b						
12 大茅埔—雙冬斷層	一	69e	逆移 e	~45/東 e	-3.0e	4.2e	4.1e	3.5e		8.7-47.8b		(2894)b	A.D.1999	（7.2）
13 九芎坑斷層	二	16＊	逆移 g	20-30/東 g	+0.8 ± 2.6b	2.3 ± 3.9b	-15.3g	4.7 ± 8.9b		14.3-20.7b	0.7~0.9◎	(199)b	＜18,540g	（6.5）
14 梅山斷層	一	15＊	右移 g	>60g	+1.6 ± 3.2b	0.9 ± 3.3b	-0.8g	5.8 ± 2.3b		5.3 v		(162)b	A.D.1906	7.1 （6.4）
15 大尖山斷層	一	29＊	逆移兼右移 g	>60/東 g	-2.6 ± 3.9b	0.5 ± 3.8b	-11.6g	13.6 ± 10.7b					A.D.1999	（6.7）
16 木屐寮斷層	二	7g	逆移 g	/東 g	+2.0 ± 3.6b	2.3 ± 2.9b	-	9.3 ± 8.4b	5.6±2.0n 6.33±0.06o	15.1-22.9 v	12.7o 11.2±4.0f	(430)b	更新世晚期 g	（6.0）
17 六甲斷層	一	16＊	逆移兼左移 g	~30/東 g	+2.0 ± 3.6b	2.3 ± 2.9b	0.3g	9.3 ± 8.4b	5.6±2.0n 6.33±0.06o	15.1-22.9 v	12.7o 11.2±4.0f	(430)b	＜10,000g	（6.5）
18 觸口斷層	一	27＊	逆移 g	50-60/東 g	+3.2 ± 4.2b	11.1±3.4b	3.1g	3.8 ± 7.2b		5.3-16.7b		(1314)b	＜10,000g	（6.8）
19 新化斷層	一	6g	右移 g	>60g	+8.8 ± 3.9b	1.6 ± 4.2b	-5.0g	3.2 ± 8.9b		11.4 v		(188)b	A.D.1946	6.1 （6.0）
20 後甲里斷層	二	12g	逆移 g	>35/西 g	+3.5 ± 2.8b	6.2 ± 3.8b	7.9g	-0.4 ± 7.6b	5-6g	5.2-9.5b	5.4~5.5◎	(936)b	更新世晚期 g	（6.3）

斷層名稱	分類	長度（km）	滑移特性	斷層傾角(度/方向)	GPS 跨斷層水平速度變化（mm/yr）		跨斷層垂直速度變化（mm/yr）			短期滑移速率（mm/yr）	長期滑移速率（mm/yr）	再現週期（yr）	最近一次活動時間（yr）	可能最大地震規模(M)
					平行斷層走向	垂直斷層走向	精密水準	GPS	地質證據					
21 左鎮斷層	二	13＊	左移 g	>60/北 g	-1.4 ± 8.6b	6.3 ± 7.9b	-	4.1 ± 7.9b					更新世中晚期 g	（6.2）
22 小崗山斷層	二	8h	逆移 s	45/東 n	+3.6 ± 2.8b	8.6 ± 3.1		9.7 ± 8.9b	4.4±0.6n ≧3.3±1.1w	14.1-20.2b	≧5.7±1.4x	(867)b	更新世晚期 s	（6.1）
23 旗山斷層**	一	26＊	逆移 s	50/東 n	+4.2 ± 5.7b	5.4 ± 7.2b	-3.6b	-1.2 ± 13.4b	**0.5~1****	<5.0 v			距今 7,189 年前 s	（6.8）
24 潮州斷層	二	90＊	逆移 s	70-80/東 n	-1.1 ± 3.4b	0.3 ± 1.8b	-3.6b	6.9 ± 8.4b		<5.0 v			更新世晚期 s	（7.3）
25 恆春斷層	二	16s	逆移 h	/東 n	-3.9 ± 3.9b	5.4 ± 4.4b	1.0b	-0.7 ± 6.2b	7.5±0.14o	42.1v			更新世晚期 s	（6.5）
26 米崙斷層**	一	8s	左移兼逆移 s	/東 n	-8.4±5.7b	6.8±6.3bb	-17.9b	8.7±16.9b	**5****				A.D.1951	7.3 （6.1）
27 嶺頂斷層※	二	36＊	左移兼逆移 s	/東 n	-8.4 ± 5.7b	6.8 ± 6.3b	-19.6b	8.7 ± 16.9b					更新世晚期	（6.8）
28 瑞穗斷層※	一	24＊	逆移兼左移 s	40-60/東 s	-	-	-		12.5-16.0o		21.6-27.7o 24±2s 24.6~31.4◎ 3.8~4.0◎	170-210o 190±20s	A.D.1951	（6.8）
29 奇美斷層	二	23＊	逆移 s	80/東 p	-6.5 ± 2.3b	4.1 ± 8.7b	3.9b	7.9 ± 10.1b					＞2000o 更新世晚期 s	（6.8）
30 玉里斷層	一	23s	左移兼逆移 s	30/東 j	-14.5 ± 3.6b	5.6 ± 4.9b	-0.8b	13.2 ± 17.6b	12.5-16.0k		21.6-27.7k 1.9~2.2◎	170-210k	A.D.1951	7.3 （6.7）
31 池上斷層	一	64＊	左移兼逆移 s	67/東 o		17-19l	15-16.5m	12-28m	23.5-27n >8.3o		26-30n 15.6~17.0◎	50-125n	A.D.2003o	6.6 （7.2）
32 鹿野斷層	一	18＊	逆移 s	/東 n		13-15q		26r	~3o 5.5w 1.85w		5.4w	2100w	更新世晚期 s <1890-2110w	（6.5）
33 利吉斷層	二	25＊	逆移 h	67/東 o	-20-30r	10-20r	2r		~3o		12.2~13.3◎		更新世晚期 s	（6.5）

註：

****本年度計畫產製斷層參數。**

※ 於台灣東部與南部的活動斷層－二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書（林啟文等，2009）中新增嶺頂斷層與瑞穗斷層；嶺頂斷層原被稱為月眉斷層（林啟文等，2000），瑞穗斷層一部分屬於徐鐵良（1955）所稱的玉里斷層北段。

＊依據本所 2010 年 4 月 23 日修訂之活動斷層圖資。

◎利用地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫－活動構造地形及資料庫建置分析（沈淑敏等，2005；2006）之變動地形（階面變位量）資料、地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫－槽溝開挖與古地震研究計畫（總報告）：二、「熱螢光與光螢光定年」（陳于高等，2006）與臺灣東部晚第四紀地質調查及地形演育研究（劉平妹與謝孟龍，2006；2007）及相關研究之定年資料推算之長期滑移速率。

I.資料主要摘自:

a. 林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧（2007）台灣北部的活動斷層－二萬五千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 19 號，共 130 頁。

b. 饒瑞鈞、李元希、胡植慶（2008）地震地質與地變動潛勢分析－地變動監測分析（2/4）。經濟部中央地質調查所研究報告 97-10 號，共 270 頁。

c. 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.

d. 石同生、盧詩丁、林偉雄、李元希（2003）新城斷層定位與斷層活動性研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 14 號，第 37-52 頁。

e. 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－二萬五千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。

f. 陳文山、游能悌、松多信尚、楊小青（2008）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（1/4）－期末報告書。經濟部中央地質調查所研究報告 96-10 號，共 86 頁。

g. 林啟文、盧詩丁、石同生、劉彥求、林偉雄、林燕慧（2008）台灣西南部的活動斷層－二萬五千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 17 號，共 141 頁。

h. 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000）台灣活動斷層概論－五十萬分之一台灣活動斷層分布圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第 13 號，共 122 頁。

i. 石再添、張瑞津、黃朝恩、石慶得、楊貴三、孫林耀民（1983）臺灣北部與東部活動斷層的地形學研究。國立臺灣師範大學地理學研究報告，第 9 號，第 20-72 頁。

j. Shyu, J.B.R., Sieh, K., Avouac, J.P., Chen, W.S., Chen, Y.G. (2006) Millennial slip rate of the Longitudinal Valley fault from river terraces: Implications for convergence across the active suture of eastern Taiwan: JGR, 111, B08403.

k. Chen, W.S., Yen, I.C., Fengler, K.P., Rubin, C.M., Yang, C.C., Yang, H.C., Chang, H.C., Lin, C.W., Lin, W.H., Liu, Y.C., Lin, Y.H. (2007) Late Holocene Paleoearthquake Activity along the Juisui Fault of the Middle Longitudinal Valley Fault, Eastern Taiwan: Eath and Planetary Science Letters, 264, 420-437.

l. Lee, J.C., Angelier, J., Chu, H.T., Hu, J.C., and Jeng, F.S. (2001) Continuous monitoring of an active fault in a plate suture zone: a creepmeter study of the Chihshang active fault, eastern Taiwan, Tectonophysics, 333, 219-240.

m. Lee, J.C. , Angelier, J., Chu , H.T., Hu, J.C., Jeng, F.S. and Rau, R.J. (2003) Active Fault Creep Variations at Chihshang, Taiwan, Revealed by Creepmeter Monitoring, 1998-2001 . Journal of Geophysical Research, 108, B11, 2528, doi:10.10129/2003JB002394.

n. 陳文山、游能悌、松多信尚、楊小青（2008）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（2/4）。經濟部中央地質調查所研究報告 97-9 號，共 75 頁。

o. 陳文山（2006）地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫－槽溝開挖與古地震研究計畫（總報告）：一、「新期構造、古地震與槽溝開挖研究」。經濟部中央地質調查所研究報告 95-08 總號，共 133 頁。

p. Chen, W.S., Huang,M.T., Liu, T.K. (1991) Neotectonic significance of the Chimei fault in the coastal range, eastern Taiwan: Proc. Geol. Soc. China, 34, 1, 43-56.

q. Yu, S.B. and Kuo, L.C. (2001) Present-day crustal motion along the Longitudinal Valley Fault. Eastern Taiwan: Tectonophysics, 333, 199-217.

r. Yu, S.B., Yu, G.K., Kuo, L.C., Lee, C. (1992) Crustal deformation in the southern Logitudinal Valley area, eastern Taiwan: Proc. Geol. Soc. China, 35, 3, 219-2306.

s. 林啟文、陳文山、劉彥求、陳柏村（2009）台灣東部與南部的活動斷層－二萬五千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 23 號，編印中。

t. 紀權窅（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。國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，共 84 頁。

u.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) 晚期更新世以來臺北盆地沉積層序架構與構造的時空演變. 經濟部中央地質調查所彙刊，第 21 號，第 61-106 頁。

v. 饒瑞鈞、李元希、胡植慶（2009）地震地質與地變動潛勢分析－地變動監測分析（3/4）。經濟部中央地質調查所研究報告 98-10 號，共 354 頁。

w. 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 98-9 號，共 125 頁。

x. 陳文山、松多信尚、石瑞銓、楊志成、游能悌、朱耀國、陳志壕、林啟文、劉桓吉、盧詩丁、劉彥求、林燕慧、陳柏村（2010） 新期構造研究專輯（二），經濟部中央地質調查所特刊，第 24 號，第 75-92 頁。

II.各欄位資料內容說明如下。

1. 斷層名稱：編號及名稱採用台灣活動斷層概論第二版（林啟文等，2000）。
2. 分類：分為第一類（一）、第二類（二）、存疑性（疑）等 3 類。
3. 長度：採用地調所各分區活動斷層條帶地質圖說明書所述之斷層長度。
4. 滑移特性：分為正移、逆移及橫移（左移及右移）3 類，部分斷層兼具不同特性。

5. 斷層傾角：描述斷層傾角及傾斜方向。
6. GPS 跨斷層水平速度變化：資料採用饒瑞鈞等（2008）的分析結果，分為平行及垂直斷層走向 2 部分，平行部分正值代表左移形式，負值代表右移形式。
7. 跨斷層垂直速度變化：分為精密水準、GPS 及地質證據等 3 類調查方式所獲取的資料；測量分析資料採用饒瑞鈞等（2008）的分析結果，正值代表抬升，負值代表下降。地質證據部份採用陳文山等（2006）、陳文山等（2008）的分析結果。
8. 短期滑移速率：優先考量現地調查所分析取得的近期滑移速率；括號內資料採用饒瑞鈞等（2008）分析結果，係利用斷層模型模擬計算的滑移速率，唯模擬時所設定的斷層幾何參數（長度及傾角）與本表並不一致。
9. 長期滑移速率：優先考量由古地震事件分析取得的滑移速率，括號內為由地質證據所得垂直抬升/下陷速率考量斷層角度計算而得。資料採用陳文山等（2006）、陳文山等（2008）的分析結果。
10. 再現週期：優先考量由古地震事件分析取得，括號係利用斷層模型模擬計算所得。資料採用陳文山等（2006）、陳文山等（2008）及饒瑞鈞等（2008）。
11. 最近一次活動時間：採用歷史地震紀錄或地層錯移紀錄。
12. 可能最大地震規模：採用歷史地震紀錄（M_L），資料摘自「台灣十大災害地震圖集（1999）」及氣象局觀測資料；括號內為依本表各斷層長度由 Wellls and Coppersmith（1994）公式計算之地震規模(Mw)。

經濟部中央地質調查所報告第 101-9 號
計畫編號: 101-5226904000-03-03

重要活動斷層構造特性調查研究計畫－
活動斷層特性分析與評估(2/4)
（期末報告）

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 101 年 12 月

重要活動斷層構造特性調查研究計畫
活動斷層特性分析與評估(2/4)（期末報告）

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 101 年 12 月

第四章、旗山斷層

4.1 地質地形特性

旗山斷層是西南部麓山帶中位於最東側的逆衝斷層，也是西南部麓山帶中最早產生的逆衝斷層（潮州斷層除外），形成於早期更新世（陳文山等，2011）。新期構造特性，以 GPS 觀測結果，旗山斷層的近期活動具有右移特性，但對於其它的構造特性還沒有深入探討與資料。

陳文山等（2005b）認為旗山斷層南段（旗山鎮以南）位在楠梓仙溪西側，由地形構造顯示較北段斷層活躍，建議北段旗山斷層應回歸原始命名為內英斷層（飯塚保五郎，1928），南段則稱為旗山斷層（吉田要，1932）。南段區域的斷層上盤地層主要為烏山層，逆衝在古亭坑層之上；斷層北端（旗山鎮南側）亦見嶺口礫岩逆衝在古亭坑層之上。

旗山斷層由旗山鎮東側朝西南延伸，經中寮山西麓，於燕巢附近進入高雄平原，再沿著大社與鳳山丘陵的西側進入西南海域；斷層呈東北-西南走向，至高雄市區轉為東南走向的高角度逆斷層（圖 4-1）。斷層上盤（東側）主要為晚中新世砂岩與泥頁互層（烏山層、蓋子寮頁岩、南勢崙砂岩），以及更新世的大社層與嶺口礫岩；然而旗山斷層下盤（西側）為厚層的上－更新世古亭坑頁岩與崎頂層（Tsan and Keng，1968；Hsieh，1970；台南地質圖，1989）。從地層關係，推估斷層兩側的地層垂直錯距至少有 2000 公尺。

以下簡單敘述旗山斷層幾處地質剖面（圖 4-1），（1）武鹿坑位於旗山鎮南側約 1 公里，剪切帶僅寬約數十公分。此區域未見嶺口礫岩不整合於烏山層之上，僅見嶺口礫岩逆衝至古亭坑層之上。（2）中寮山區域斷層出露在高 40 縣道或道路兩側，沿路主要出露烏山層的厚層砂岩；下盤為古亭坑層泥岩，具強烈且寬的剪切帶，最寬斷層擾動帶達 300 公尺。此區段的斷層向南延伸經二高中寮隧道上方，再經高師大校區西側。中寮隧道以南至深水坑溪，斷層帶沿線上下盤都有泥火山活動。（3）深水坑溪為最南側的斷層露頭，斷層沿深水坑溪由東北向西南延伸，經省 22 號道路之後的斷層跡不明顯。上盤為晚期中新世烏山層，下盤為更新世古亭坑層石尖段，露頭顯示烏山層厚層砂岩逆衝到古亭坑層泥岩之上，斷層剪切帶寬約十數公尺。野外調查，深水溪北岸露頭發現被旗山斷層錯動

的全新世河階礫石層，礫石層與崩積層年代為 7189±160 BP，顯示旗山斷層在全新世尚有活動（陳文山等，2005b）。（4）大社區域的斷層向南延伸經省 22 號道路以南即被沖積層覆蓋，先前的研究對於斷層延伸有不同看法，大都認為向西南延伸至鳳山丘陵西側（陳文山等，2005b）。此區段露頭顯示位在平原東側丘陵地出露的地層屬於烏山層，大社層不整合在其上；平原區（高雄都會區）淺層屬於全新世沉積層，沉積層之下為更新世崎頂層或古亭坑層，壽山與半屏山亦出露崎頂層與古亭坑層。從地表與地下的地層結構分析，於高雄都會區東側與丘陵地（烏山層至大社層）之間應具有一條斷層，其構造特性為東側烏山層逆衝至西側的崎頂層與古亭坑層之上；此斷層沿大社丘陵西側向南延展經鳳山丘陵西側，再進入西南海域。鳳山丘陵的地表為大社層，本研究認為鳳山丘陵的地質結構應與北側大社丘陵相同，大社層不整合在烏山層之上；因此旗山斷層應位在鳳山丘陵西側。

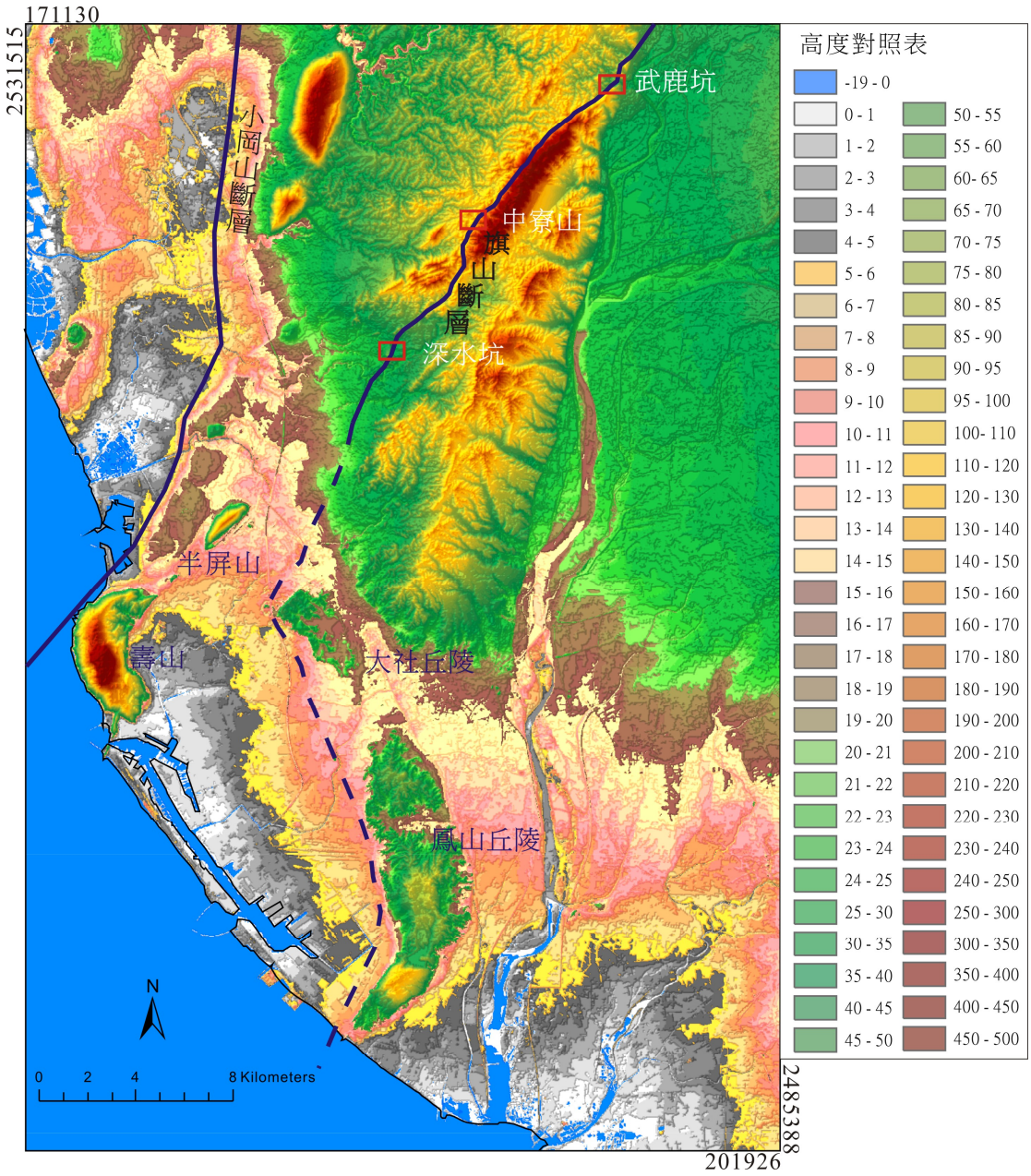


圖 4-1、旗山斷層位置圖（本研究之前推測旗山斷層的位置）。（TWD67）

4.2 鑽井岩芯柵狀剖面

本計畫利用高雄地區的鑽井岩芯判讀旗山斷層的可能位置以及斷層的長期抬升速率。斷層跡位置可以利用岩芯中岩盤的地層特性研判鑽井位置所在是屬於上盤或下盤，或利用各鑽井資料估算抬升速率的變化推測斷層跡位置。

本計畫重新紀錄大社地區的 23 口鑽井，經碳十四定年與沉積環境解析，來估算各井位的長期抬升速率（圖 4-2）；並且利用之前在高雄都會區的鑽井研究（宋時驊，2001），推測旗山斷層跡位置。先前地調所在這區域以排鑽方式進

行旗山斷層調查，因此本研究也利用這些排鑽，以岩芯柵狀剖面方式探討各排鑽剖面是否橫跨旗山斷層，以及長期抬升速率。這區域共有 6 個排鑽剖面，保安宮剖面、嘉誠剖面、大社 A 剖面、大社 B 剖面、仁雄剖面與澄清湖剖面（圖 4-3）。

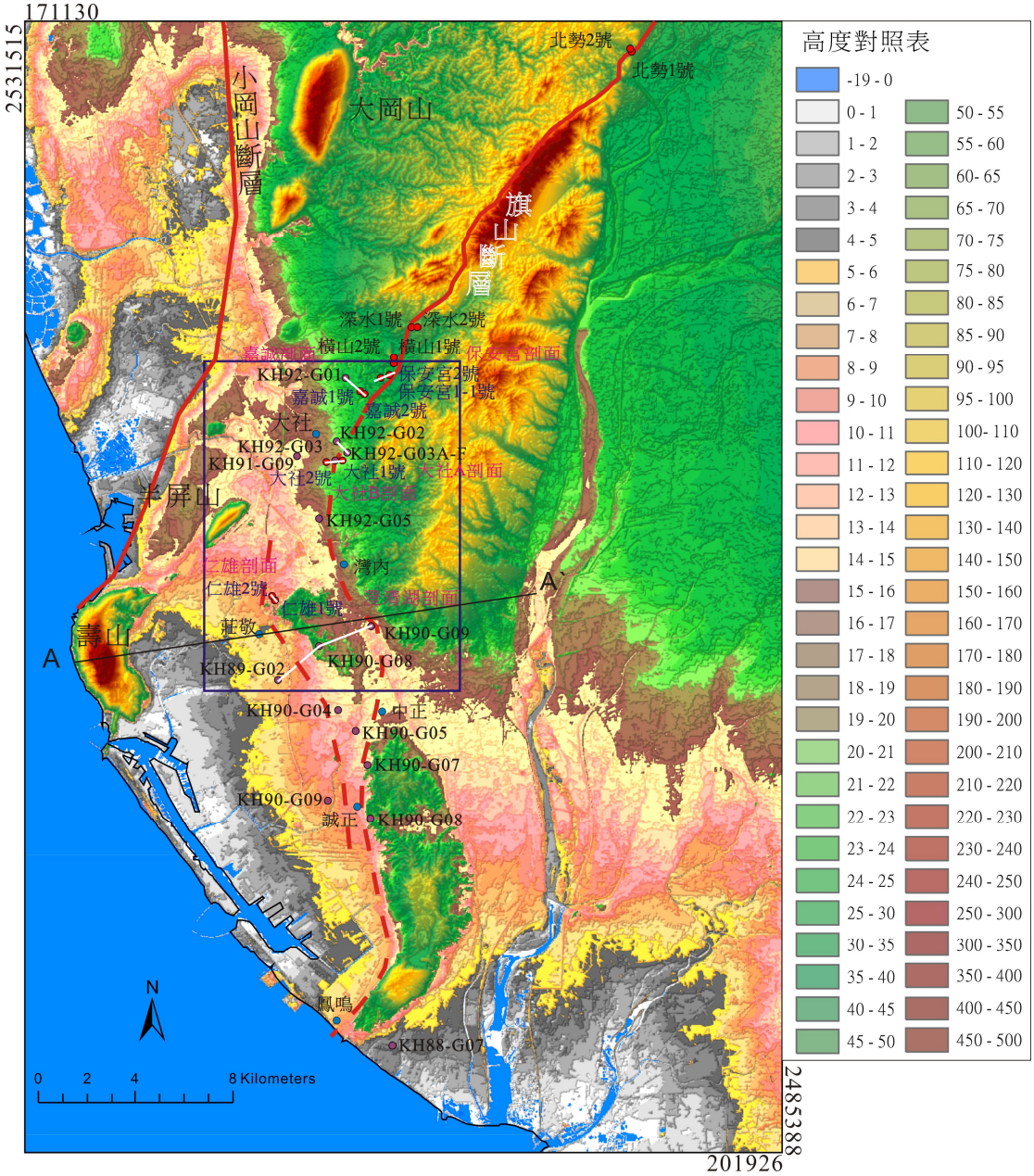


圖 4-2、鑽井位置圖，本研究依據岩心的岩性推側旗山斷層位置通過澄清湖與大社丘陵之間，澄清湖西側可能還存在一分支斷層。（TWD67）

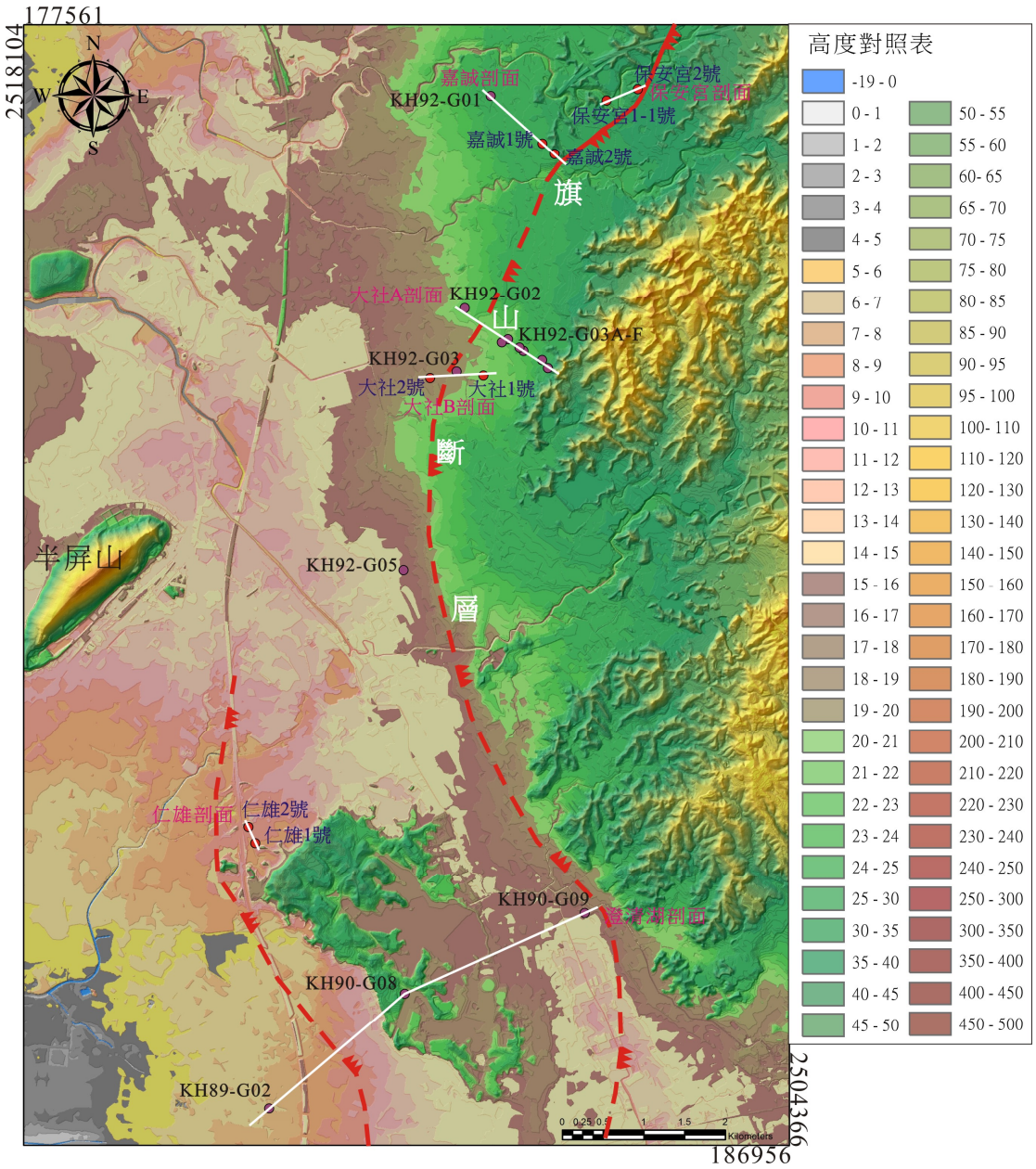


圖 4-3、鑽井剖面位置圖(圖 4.2 藍框範圍放大)。（TWD67）

4.2.1 保安宮剖面

保安宮剖面共有 2 口井，保安宮 1 號與保安宮 2 號（附錄一），地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 4-4）。由於下層屬於更新世崎頂層，研判保安宮剖面位於旗山斷層下盤區域。

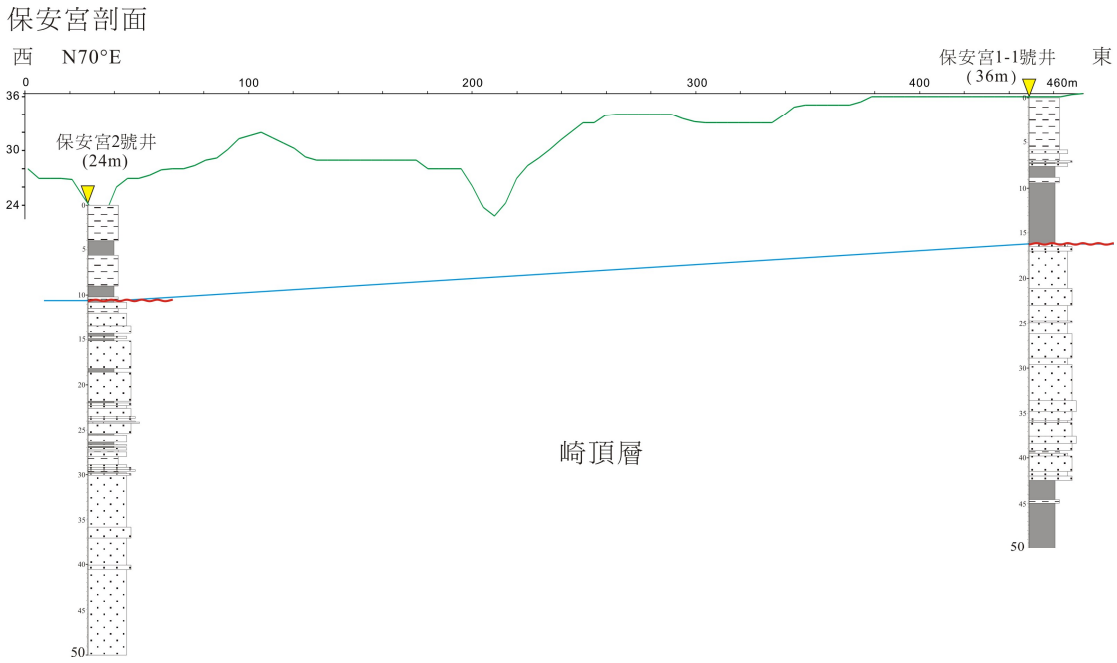


圖 4-4、保安宮剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.2 嘉誠剖面

嘉誠剖面共有 3 口井，KH92-G01 井、嘉誠 1 號與嘉誠 2 號（附錄一），地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 4-5）。從嘉誠剖面 KH92-G01 井與嘉誠 1 號鑽井的碳十四定年資料分析，其 7500 yr BP 的時間面沒有高度差，且長期抬升速率也相同。由於下層都屬於更新世崎頂層，所以嘉誠剖面也位於旗山斷層下盤區域。

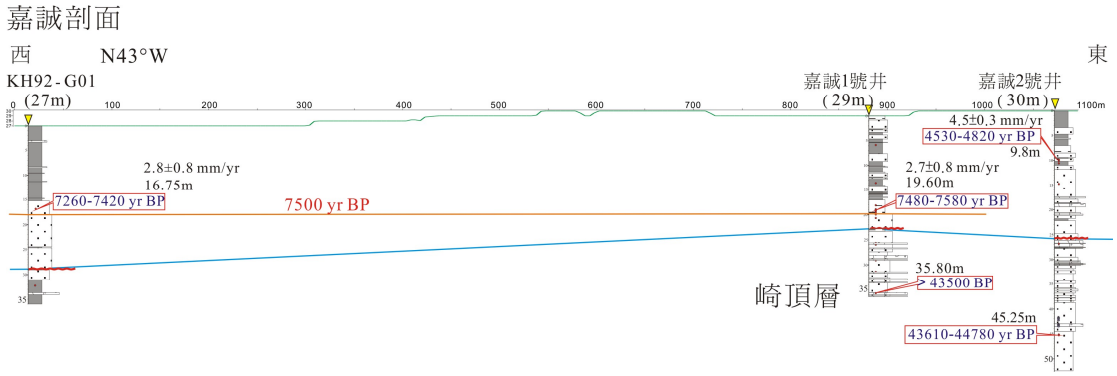


圖 4-5、嘉誠剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.3 大社 A 剖面

大社 A 剖面共有 7 口井，KH92-G02 井、KH92-G03-F 井、KH92-G03-E 井、KH92-G03-D 井、KH92-G03-A 井、KH92-G03-B 井、KH92-G03-C 井（附錄一）。地層分三層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層與晚中新世烏山層，全新世沉積層不整合在崎頂層與烏山層之上（圖 4-6）。

KH92-G02 井位於剖面的最北側，全新世海相沉積層不整合沉積在崎頂層之上，其餘的鑽井位於較南側，全新世海相沉積層不整合沉積在烏山層之上；從岩盤地層的研判，顯然旗山斷層通過 KH92-G02 井與 KH92-G03-F 井之間(圖 4-6)。由各鑽井所估算的長期抬升速率，位於下盤 KH92-G02 井為 2.4±0.7 mm/yr；位在上盤較前端三口鑽井（KH92-G03-F 井、KH92-G03-E 井、KH92-G03-D 井）的長期抬升速率約 3.4±0.8 mm/yr 至 4.0±0.3 mm/yr，相較下盤的長期抬升速率還快，約 1.0-1.6 mm/yr。

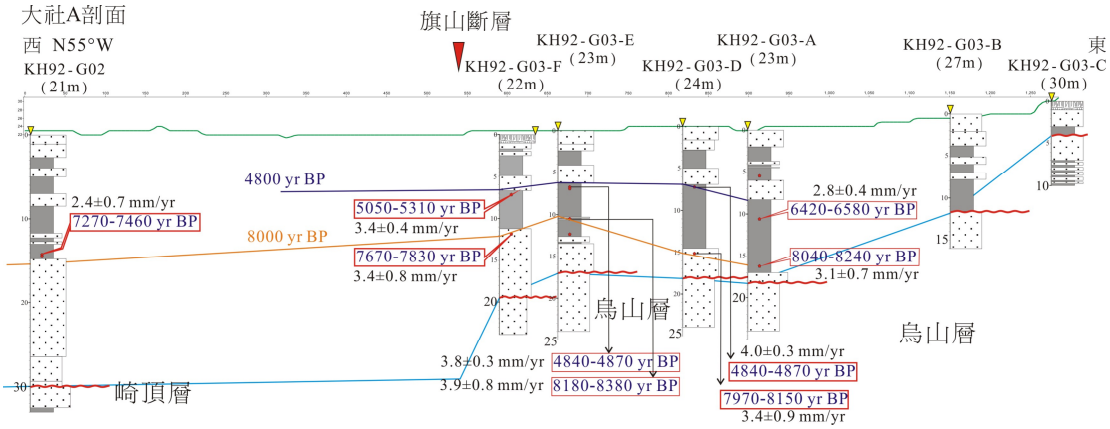


圖 4-6、大社 A 剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.4 大社 B 剖面

大社 B 剖面共有 3 口井，大社 2 號井、KH92-G03 井、大社 1 號井（附錄一）。地層分為三層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層與晚中新世烏山層，全新世沉積層不整合在崎頂層與烏山層之上（圖 4-7）。

大社 2 號井位於剖面的北側，全新世海相沉積層不整合沉積在崎頂層之上，KH92-G03 井與大社 1 號井位於南側，全新世海相沉積層不整合沉積在烏山層之上；從岩盤的地層研判，顯然旗山斷層通過大社 2 號井與 KH92-G03 井之間（圖 4-7）。由各鑽井所估算的長期抬升速率，位於下盤的大社 2 號井為 2.8±0.6 mm/yr；位在上盤 KH92-G03 井的長期抬升速率約 3.3±0.9 mm/yr，相較下盤的長期抬升速率還快，約 0.5 mm/yr。

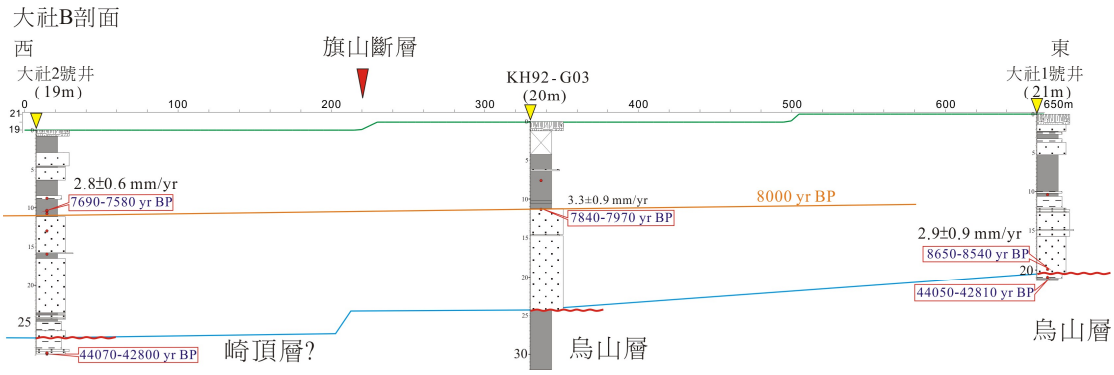


圖 4-7、大社 B 剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.5 仁雄剖面

仁雄剖面共有 2 口井，仁雄 1 號井與仁雄 2 號井（附錄一）。地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 4-8）。由於下層岩盤都屬於更新世崎頂層，所以仁雄剖面位於旗山斷層下盤區域。

仁雄 1 號井的長期抬升速率為 1.7±0.8 mm/yr，仁雄 2 號井為 1.4±0.8 mm/yr，仁雄 1 號井略快於 2 號井。

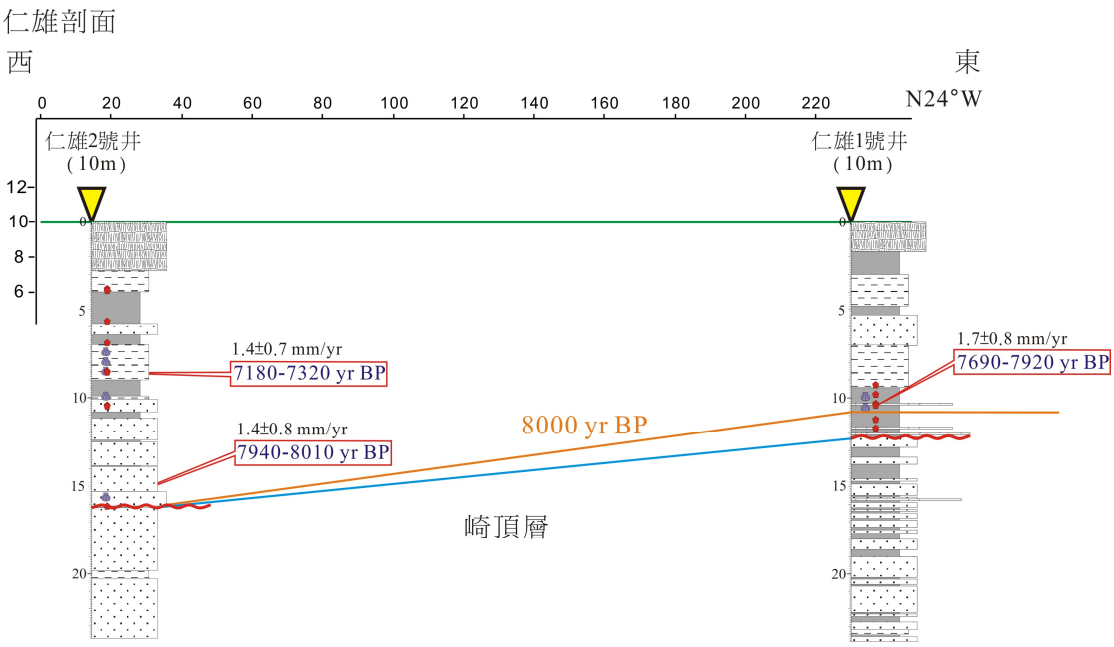


圖 4-8、仁雄剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.2.6 澄清湖剖面

澄清湖剖面有 3 口井，KH89-G02 井、KH90-G08 井、KH90-G09 井（附錄一）。地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 4-9）。KH90-G08 井與 KH90-G09 井的下層研判

屬於崎頂層，KH89-G02 井則未達至岩盤（崎頂層或古亭坑層）。由於下層岩盤都屬於更新世崎頂層，所以澄清湖剖面位於旗山斷層下盤區域。

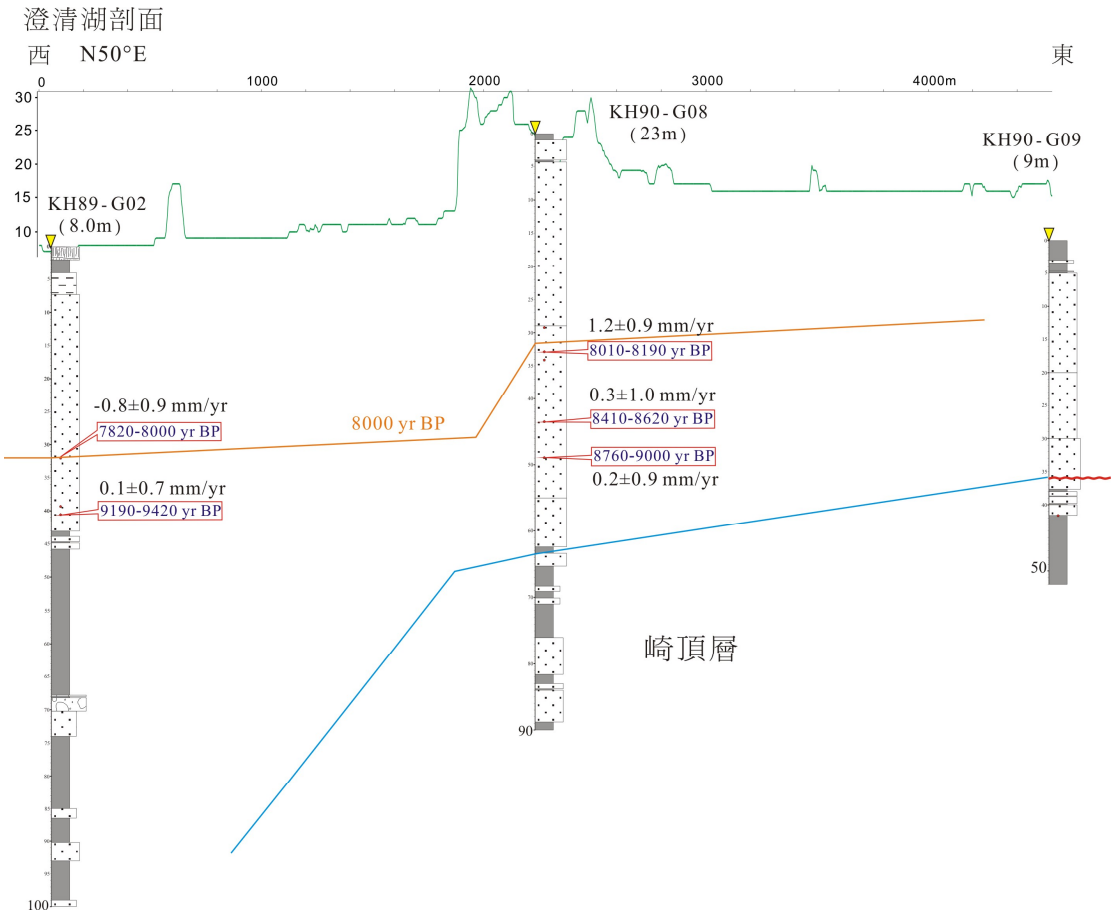


圖 4-9、澄清湖剖面岩芯柵狀圖。(位置參照圖 4-3)

4.3 討論與結論

從以上六個岩芯柵狀剖面的地下岩盤岩性分析，保安宮剖面、嘉誠剖面、仁雄剖面與澄清湖剖面的岩盤都屬於崎頂層，顯然位於旗山斷層下盤區域。大社 A 剖面與大社 B 剖面北側鑽井的岩盤屬於崎頂層，而南側鑽井的岩盤屬於烏山層，旗山斷層通過剖面之間，大社 A 剖面位於 KH92-G02 井與 KH92-G03-F 井之間（圖 4-6），大社 B 剖面位於大社 2 號井與 KH92-G03 井之間（圖 4-7）。

從各井的長期抬升速率分析，大社 A 剖面上盤速率約 3.4±0.8 mm/yr 至 4.0±0.3 mm/yr，下盤為 2.4±0.7 mm/yr；大社 B 剖面上盤速率約為 3.3±0.9 mm/yr，下盤為 2.8±0.6 mm/yr（圖 4-10）。而位於北側下盤區域嘉誠剖面的速率約為 2.7±0.8 mm/yr 與 2.8±0.8 mm/yr，與鄰近大社 A 剖面與 B 剖面的速率相似；南側仁雄剖面與澄清湖剖面下盤的速率較低，仁雄剖面為 1.4±0.7 mm/yr 與 1.4±0.8

mm/yr，澄清湖剖面為 1.2±0.9 mm/yr 或 0.2±0.9 mm/yr、0.3±1.0 mm/yr（圖 4-10）。大致上，仁雄至澄清湖區域，大社丘陵西側（旗山斷層下盤）的長期抬升速率約 1.4±0.7 mm/yr 至 1.2±0.9 mm/yr（暫不考慮 KH90-G08 井的 0.2±0.9 mm/yr、0.3±1.0 mm/yr）。鳳山丘陵西側誠正井的長期抬升速率約 1.2±0.3 mm/yr（圖 4-10），但在高雄都會區的長期抬升速率約 0.9±0.8 mm/yr 至-3.7±0.5 mm/yr 大都處於沉降的環境（圖 4-10）。從大社地區的旗山斷層兩側鑽井岩芯初步估算長期抬升速率約 0.5-1 mm/yr。

從地表或井下的岩盤特性分析結果，研判旗山斷層由北向南延伸，經大社 A 與 B 剖面之間，之後轉向南經澄清湖東側與大社丘陵之間凹谷，再沿著鳳山丘陵西側進入海域（圖 4-11）。而澄清湖西側前緣應還存在一分支斷層（圖 4-11），造成澄清湖附近的丘陵地形，以及相較西側都會區呈現較快速的抬升速率。

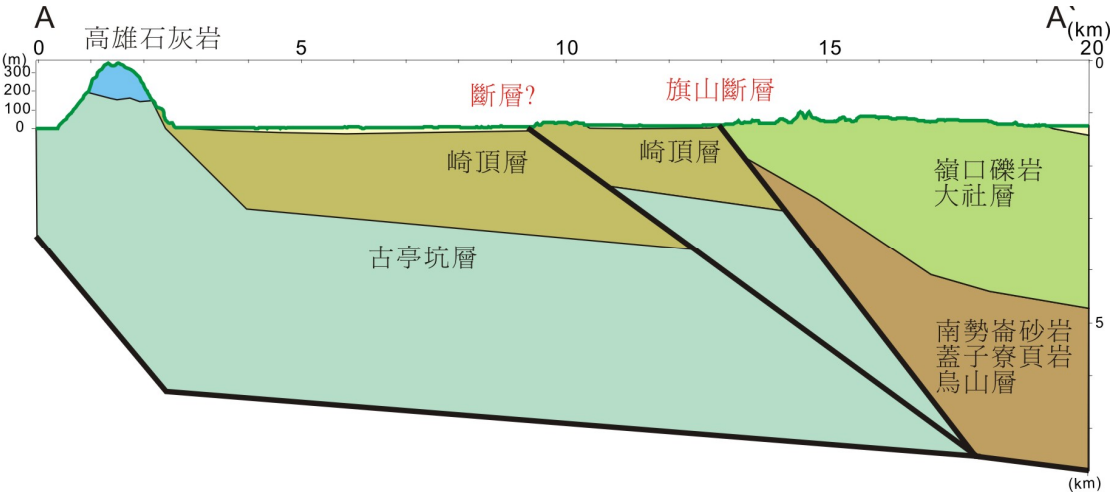


圖 4-11、高雄地區地下構造剖面示意圖。

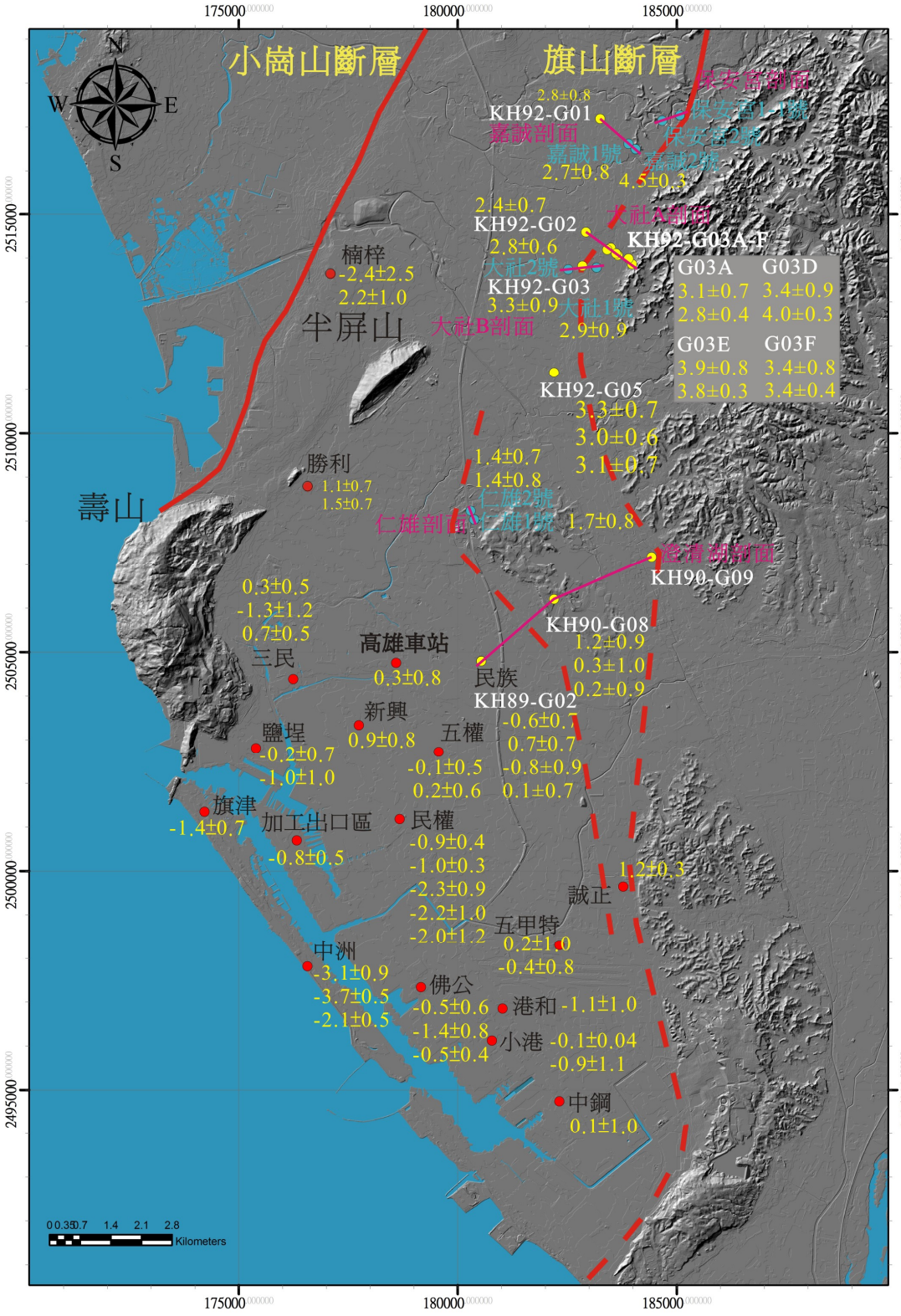


圖 4-10、高雄都會區鄰近區域的鑽井地點的地殼的長期抬升速率。

參考文獻

中國石油公司台探總處，“台南地質圖（1:100,000）”，中國石油公司出版，1989。

吉田要（1932）高雄州旗山南西部油田調查報告及旗山南西部油田地質圖（三萬分之一）。臺灣總督府殖產局，第 610 號，共 162 頁。

宋時驊（2001）末次冰期以來高雄地區沉積層序之研究。國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，共 122 頁。

陳文山、黃能偉、游能悌、周飛宏、顏一勤、宋時驊、楊志成、楊小青（2005b）地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫－槽溝開挖與古地震研究計畫（4/5）－旗山與龍船斷層條帶地質圖說明書。經濟部中央地質調查所報告第 94-08-2 號，共 48 頁。

陳文山、黃能偉、楊志成（2011）臺灣西南部更新世沈積層序特性與前陸盆地演化。經濟部中央地質調查所特刊，第二十五號，第 1-38 頁。

飯塚保五郎（1928）臺灣油田地質概查報告－第六區油田。日本海軍省出版，第 115-146 頁。

Hsieh, S.H. (1970) Geology and gravity anomalies of the Pingtung Plain, Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, 13, 76-89.

Tsan, S.F. and Keng, W.P. (1968) The Neogene rocks and major structural features of southwestern Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, 11, 45-49.

第五章 龍船斷層

5.1 地質地形特性

龍船斷層調查始於吉田要（1931）的『狗氳氤附近地形及地質圖』與鳥居敬造（1930）的『龍船附近地形及地質圖』調查。徐慶雲（1975）、孫習之與施垚鑫（1960）以及余輝龍等（1980）調查，之後台灣石油公司彙編十萬分之一的臺南地質圖（中油公司，1989；圖 5-1）。

龍船斷層位於西南部新化丘陵的泥岩區，兩側岩層主要為上新世至更新世古亭坑層與晚中新世烏山層，斷層上盤（東側）出露較老的晚中新世烏山層（圖 5-1）。首先由臺南地質圖（中油公司，1989；圖 5-1）的斷層位置來看，北段（二仁溪以北）龍船斷層走向約呈北東 20 度，最北端與平溪斷層連接，中段斷層跡由二仁溪以南走向轉為北西約 20 度;南段再轉為北東約 50 度,與旗山斷層平行,距離旗山斷層西側（下盤）約 1 公里。由臺南地質圖（中油公司，1989）中的龍船斷層結構以及呈 S 型斷層跡的特徵來看，似乎不太吻合斷層的特性與幾何型態。北段龍船斷層的斷層特性屬於龍船背斜軸部的破裂斷層，呈現高角度斷層，朝東約 60-80 度（圖 5-2，圖 5-3，圖 5-4）。中段斷層特性屬於右向橫移斷層，屬於龍船斷層的側向斷坡（lateral ramp），是連接龍船斷層與車瓜寮斷層的以橫移作用為主的斷層（圖 5-3），斷層兩側的向斜構造有東側木柵向斜與西側南安老向斜，其間被錯移約 5 公里。南側的車瓜寮斷層（原來命為龍船斷層）結構屬於背斜軸部的破裂斷層，此背斜構造尚未命名（暫命名為車瓜寮背斜），其可以朝東北延伸至旗山鎮西側，被平溪斷層截切，斷層跡（背斜）走向與旗山斷層平行。依據上述的斷層結構分析，南北兩段皆屬於背斜軸部破裂的斷層，但不屬於同一背斜構造，而中段則屬於右向橫移斷層。

5.2 野外調查結果與討論

本研究針對龍船斷層調查分為三個區域，北區針對龍船背斜軸部的龍船斷層與西南側小滾水背斜軸部的古亭坑斷層，構造線呈北東走向；中區針對龍船斷層朝東南側延伸區段，斷層呈西南走向；南區針對與旗山斷層平行的斷層區段，斷層呈北東走向（中油公司，1989；圖 5-1）。

北段區域，從整體的構造特徵而言，呈背斜構造為龍船背斜與小滾水背斜，並於軸部產生一逆衝斷層構造（圖 5-4），此斷層於北側稱龍船斷層，西南側稱古亭坑斷層，中油公司將這兩個構造以一東西走向的小斷層分隔（中油公司，1989；圖 5-1）。斷層兩側地層都屬於古亭坑層泥岩，依據超微化石研究顯示斷層上盤（東側）地層較老，屬於晚期中新世烏山層（吳榮章與梅文威，1985；吳沂全等，1993）。本研究調查顯示龍船斷層兩側岩層都呈現高角度，約 60-80 度朝向背斜兩側，甚至有些倒轉地層；而小滾水背斜兩側岩層的傾角同樣呈現高角度，但南側岩層則較緩，約 40-60 度，兩個背斜軸部都有泥火山。位於北側的龍船背斜上盤的烏山層延伸至南側則逐漸尖滅消失，小滾水背斜軸部沒有出露烏山層，地層為古亭坑層。

中段區域，屬於古亭坑層泥岩，斷層跡不明顯，但位於斷層跡兩側岩層位態明顯不同，斷層西南側岩層呈西北走向朝西傾斜；東北側呈西北走向朝東傾斜。西南側的構造呈現一向斜，為南安老向斜，東北側亦為向斜，稱木柵向斜；兩個向斜軸的錯距約 5 公里，呈現右移作用。

南段區域，臺南地質圖（中油公司，1989）中所繪龍船斷層位在旗山斷層下盤，距離約數百公尺至 2 公里，走向由北西 70 度轉為北東約 50 度，與旗山斷層走向大致平行。本研究野外調查結果，其位在旗山斷層下盤（西北側），最近距離約 0.5-1 公里，推測屬於旗山斷層前緣（下盤）的分支斷層，兩側岩層皆為古亭坑層，且呈現背斜構造，此構造朝東北方延伸至旗山鎮西側。

5.3 結論

本研究認為南北兩段的背斜軸部破裂斷層應屬於不同斷層，這兩段斷層都可以朝南與朝北延伸（圖 5-2，圖 5-3）。北段龍船斷層向西南延伸可以連接古亭坑斷層（中油公司，1989）；北段龍船背斜同樣地朝西南延伸可連接小滾水背斜。依據構造特性，北段龍船斷層與古亭坑斷層，屬於相同錯距與構造特性的斷層，龍船背斜與小滾水背斜也屬於同一背斜構造。原來定訂為南段的龍船斷層（車瓜寮斷層），朝東北可以繼續延伸至旗山鎮西側，與斷層跡相同位置的背斜構造（車瓜寮背斜）同樣朝東北延伸至旗山鎮西側。從斷層結構而言，應分屬於兩條不同的斷層。中段的龍船斷層，只是連接這兩條斷層的橫移斷層。

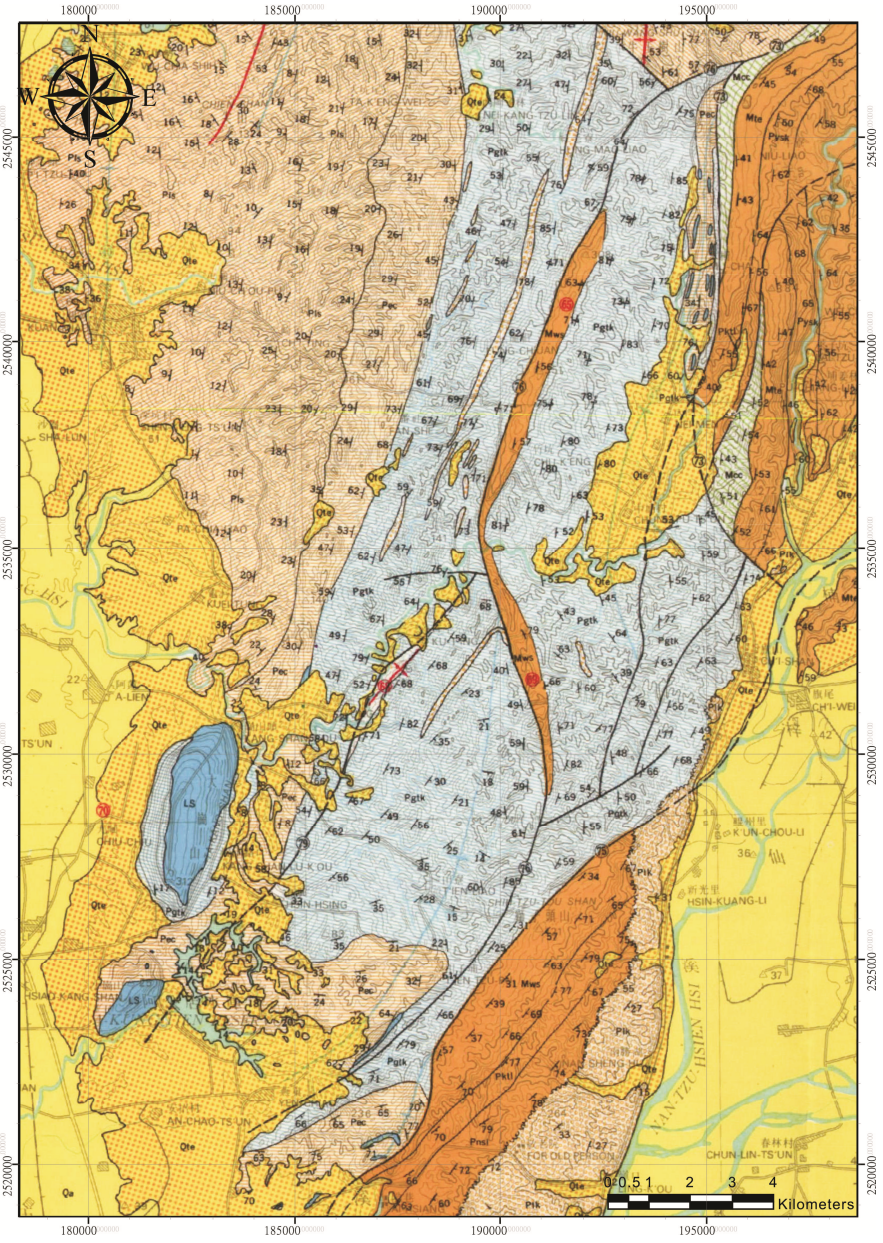


圖 5-1、台南地質圖（中油公司，1989），涵蓋龍船斷層區域的局部地質圖。

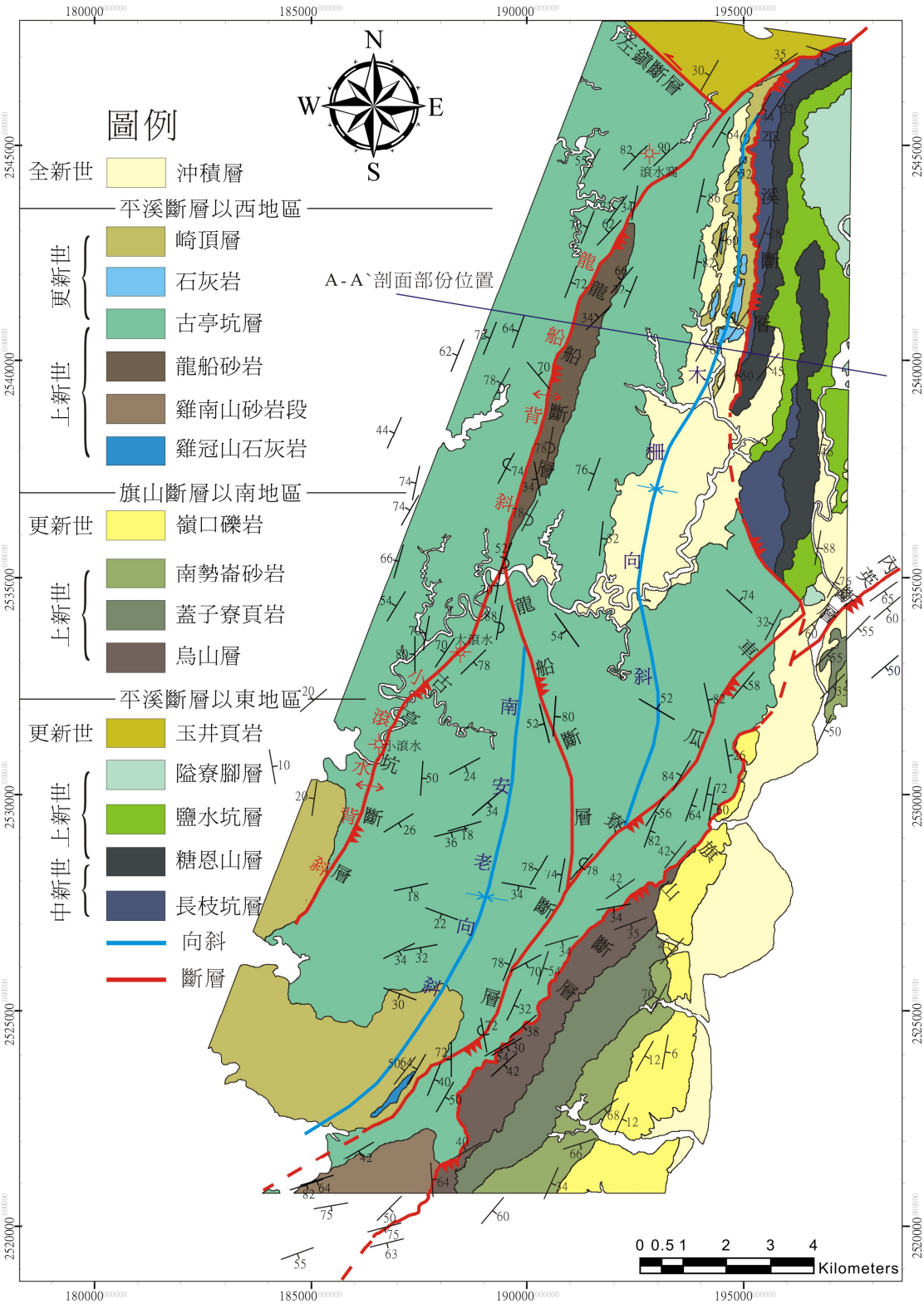


圖 5-2、鄰近龍船斷層與旗山斷層區域的構造地質圖。各斷層線都經由本計畫重新調查測繪，斷層名稱依據台南圖幅（中油公司，1989）。紅色實線與虛線為斷層；藍色線為向斜。岩層位態皆為本研究的調查資料。

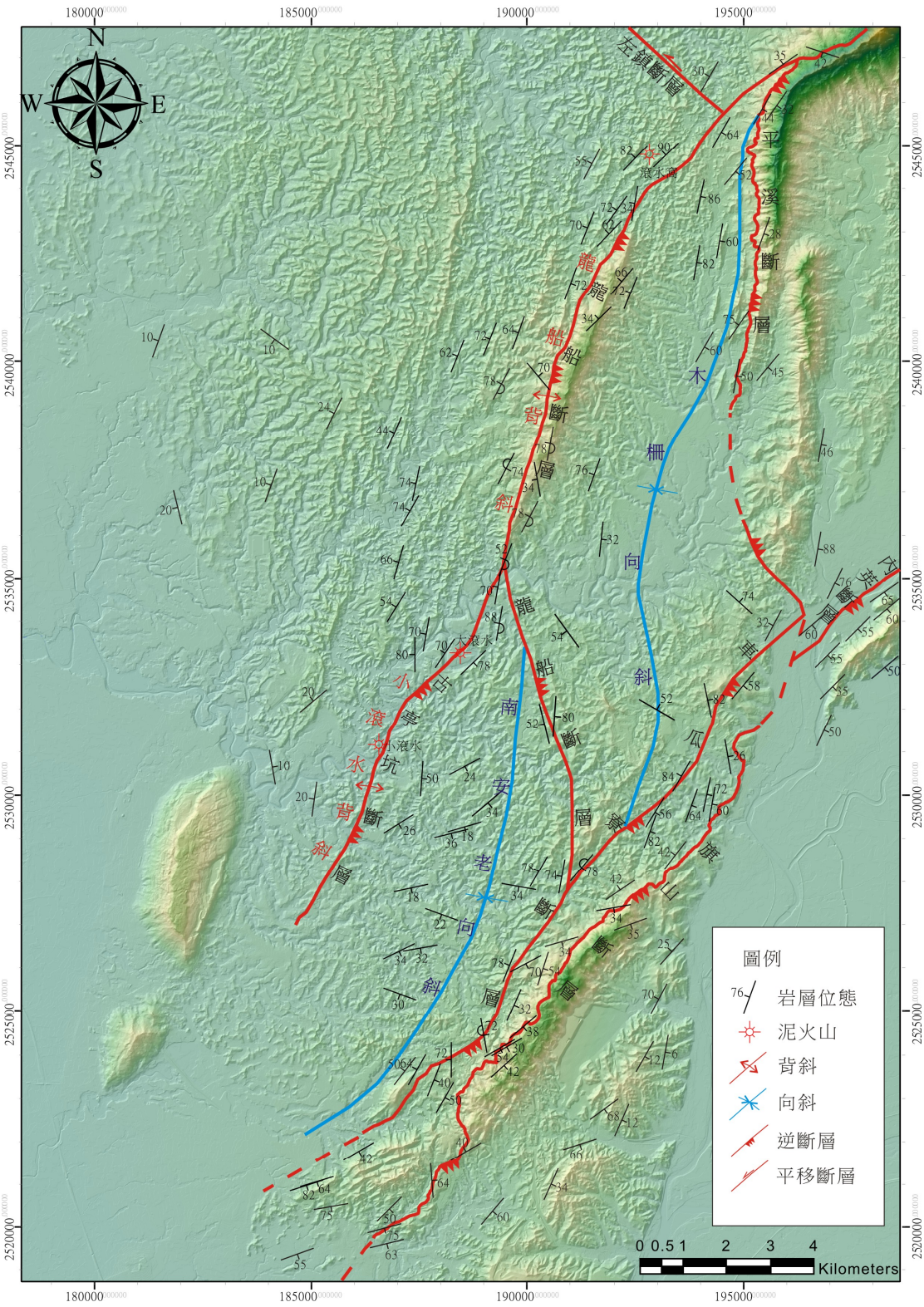


圖 5-3、紅色實線為本研究測繪的龍船斷層位置，藍色實線為古亭坑斷層。橘色實線為車瓜寮斷層與車瓜寮背斜構造，岩層位態皆為本研究的調查資料。

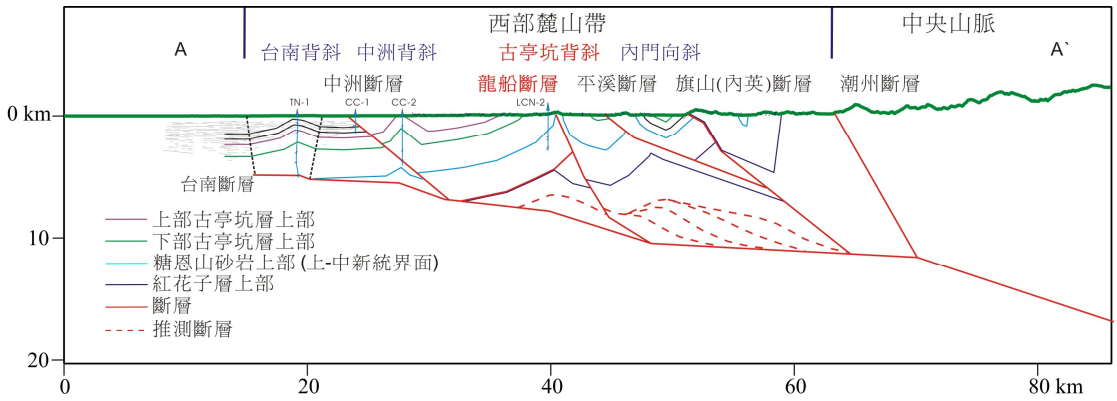


圖 5-4、古亭坑地區地質剖面示意圖，剖面位置見圖 5-2。

參考文獻

中國石油公司臺灣油礦探勘總處（1989）臺南地質圖（1:100,000），中國石油公司出版。

余輝龍、施輝煌、黃春盛、何智剛、曾寶樹（1980）台南縣龍船及高雄縣坑內，小滾水構造重點地質核查報告。台灣油礦探勘總處測勘處。共 26 頁。

吉田要（1931）狗氳氤附近地形及地質圖。台灣總督府殖產局。

吳沂全、陳永隆、吳健一、宣大衛、吳榮章、陳煥彩（1993）龍船地區地層壓力梯度之估算。探採研究彙報，第 16 期，396-411 頁。

吳榮章、梅文威（1985）高雄縣旗山至鳳山地區新第三紀及第四紀地層之生物地層與古沉積環境。探採研究彙報，第 8 期，58-75 頁。

徐慶雲（1975）台南縣坑內、龍船及高雄縣小滾水構造地質核查報告。台灣油礦探勘總處測勘處。共 16 頁。

孫習之、施垚鑫（1960）高雄縣大崗山至鳳山區間地質調查報告。台灣油礦探勘總處測勘處。共 12 頁。

鳥居敬造（1930）龍船附近地形及地質圖。台灣總督府殖產局。

第六章 結論

6.1 米崙斷層

米崙斷層的斷層跡位置應沿著米崙台地、米崙山與花崗山西側的崖坡。從槽溝地層剖面分析，約 1820-1630 yr BP（HKS2-005）以來，至少造成斷層東側形成 4 公尺（SG 層）的高差（長期抬升速率＞2.45 mm/yr）。<300 yr BP 以來，垂直變形量至少 80 公分（O 層）。

米崙台地表面的全新世沉積物為海灘相砂礫石與局部珊瑚礁，從海拔高度 12 公尺珊瑚礁的碳十四定年年代為 2620-2300 yr BP（Yamaguchi and Ota, 2004），由於鑽井岩心(七星潭 1 號)內未能取得定年樣本，因此採用此珊瑚礁定年年代進行長期抬升速率估算，估算長期抬升速率約 5 mm/yr。近期大地觀測結果，顯示米崙台地相對西側沖積平原區的抬升速率約 4.4±3.3 mm/yr，水平位移速率約 8.5±3.0 mm/yr（Yu *et al*., 1990）；顯然米崙斷層的長期抬升速率約 5 mm/yr。

由槽溝剖面的變形分析，長期以來此崖坡就受到米崙斷層活動的影響，二號槽溝北牆的 O 層（660－<300 yr BP）呈現明顯變形，雖然一號槽溝未見變形，本研究認為 1951 年的地表變形帶還是通過此崖坡之下。

6.2 新竹斷層

新竹斷層的明確斷層跡主要位在赤土崎至美山海岸之間的線形斷層崖，由東向西切確的位置，由赤土崎一街、博愛街、學府路；之後的斷層跡由學府路南側經新竹高商、新竹高中、培英中學、建華國中、新竹教育大學，至成德路北側。成德路北側經崧嶺路之後，沿著中華路南側的斷層崖，最後由美山進入海域。這區段的斷層跡除了有線形崖地形之外，還有多處地點有鑽井岩芯的控制，所以斷層跡位置較明確。

本計畫共選擇三處鑽井場址，位於苓林、東光與十六張的階地崖，崖線兩側各進行兩口鑽井。從鑽井岩芯特性研判，苓林的鑽井並未橫跨斷層跡，而東光與十六張鑽井皆橫跨在新城斷層兩側。東光場址上盤的東光 1 號井位在竹東斷層西側，與新城斷層上盤；東光 2 號井位在新城斷層下盤，上下盤地層都屬於頭嵙

山層。十六張 1 號井位於新城斷層上盤，而上盤區域又處在竹東斷層與大平地斷層之間，地層屬於桂竹林層（大埔層），十六張 2 號井位於新城斷層下盤，以及大平地斷層西北側，地層屬於頭嵙山層。十六張兩口鑽井岩芯的岩層與上述地表地層吻合，十六張 1 號井為桂竹林層（大埔層），2 號井為頭嵙山層，所以此斷層崖是屬於新城斷層形成的斷層崖，可以連接西側東光的斷層崖。

新竹斷層朝西延伸與新城斷層連接，之後由芎林至十六張的斷層區段是屬於何者的斷層區段？從本區域西部麓山帶的構造分析，內麓山帶（地層以中新統為主）的逆衝斷層都呈南北走向，主應力場約呈東西向；外麓山帶（地層以上－更新統為主）的逆衝斷層約呈東西走向，主應力場約呈西北向。芎林至十六張的斷層區段的走向略呈東西走向，所以推測此區段斷層近期的活動特性應與新竹斷層的活動性較為相關，主應力場為朝西北向的逆衝作用，與現今的大地觀測結果相同，呈現北西 45-60 度，右移的逆衝作用。

6.3 旗山斷層

從旗山區域內六個岩芯柵狀剖面的地下岩盤岩性分析，保安宮剖面、嘉誠剖面、仁雄剖面與澄清湖剖面的岩盤都屬於崎頂層，顯然位於旗山斷層下盤區域。大社 A 剖面與大社 B 剖面北側鑽井的岩盤屬於崎頂層，而南側鑽井的岩盤屬於烏山層，旗山斷層通過剖面之間，大社 A 剖面位於 KH92-G02 井與 KH92-G03-F 井之間（圖 4-6），大社 B 剖面位於大社 2 號井與 KH92-G03 井之間（圖 4-7）。

從地表或井下的岩盤特性分析結果，研判旗山斷層由北向南延伸，經大社 A 與 B 剖面之間，之後轉向南經澄清湖東側與大社丘陵之間凹谷，再沿著鳳山丘陵西側進入海域（圖 4-11）。而澄清湖西側前緣應還存在一分支斷層（圖 4-11），造成澄清湖附近的丘陵地形，以及相較西側都會區呈現較快速的抬升速率。

6.4 龍船斷層

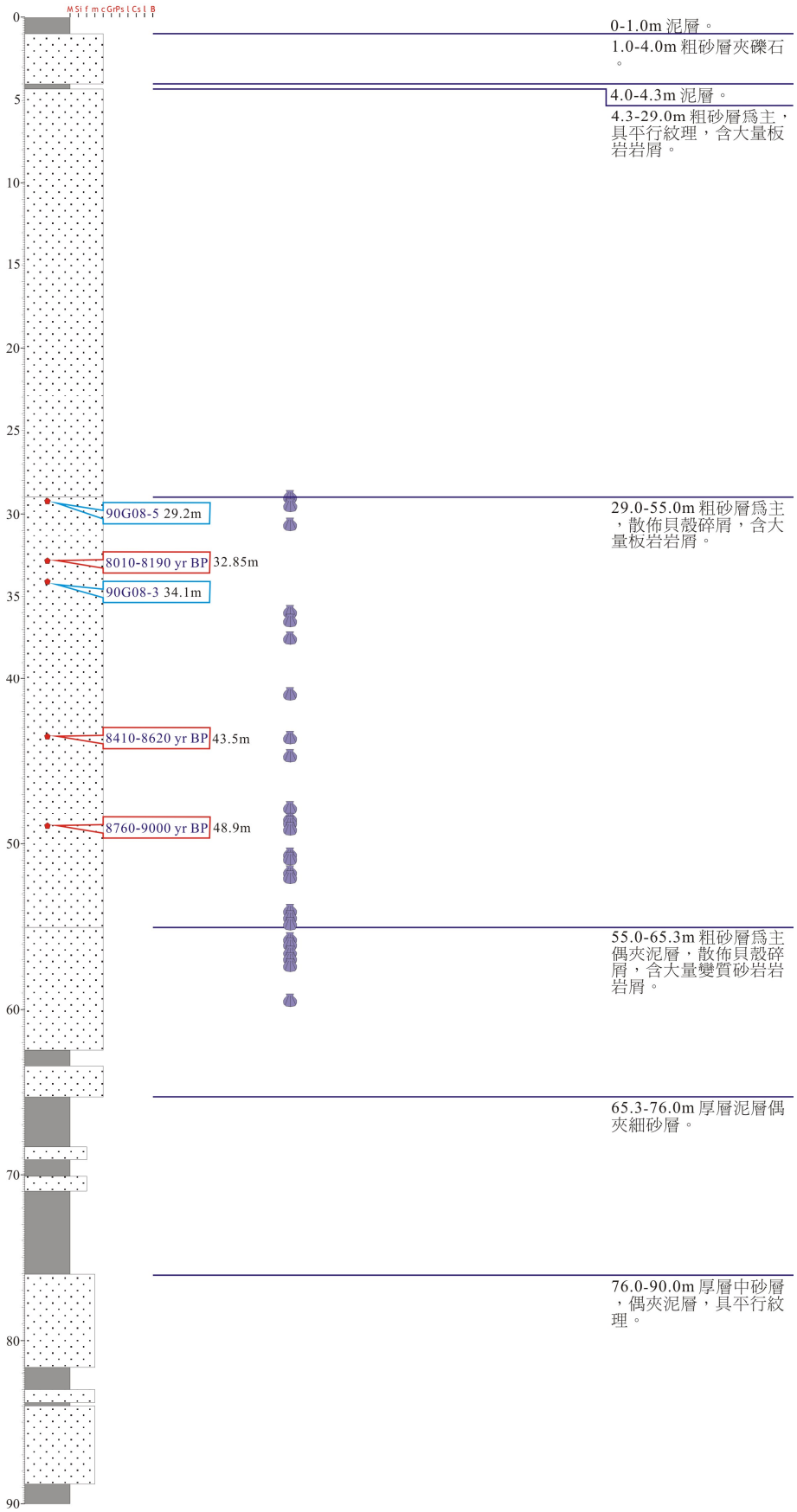
本研究針對龍船斷層調查分為三個區域，北區針對龍船背斜軸部的龍船斷層與西南側小滾水背斜軸部的古亭坑斷層，構造線呈北東走向；中區針對龍船斷

層朝東南側延伸區段，斷層呈西南走向；南區針對與旗山斷層平行的斷層區段，斷層呈北東走向（中油公司，1989；圖 5-1）。

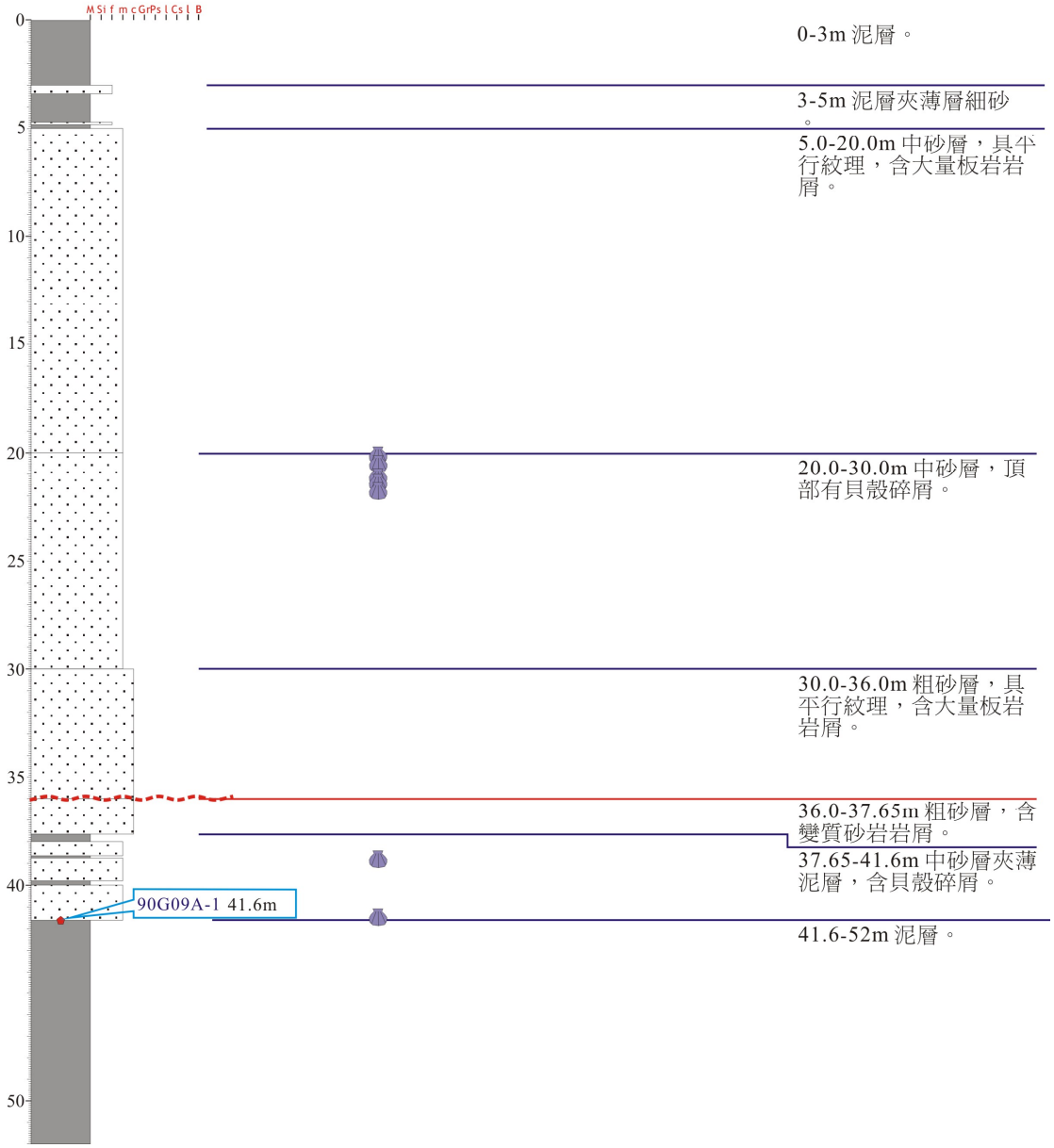
本研究認為南北兩段的背斜軸部破裂斷層應屬於不同斷層，這兩段斷層都可以朝南與朝北延伸（圖 5-2，圖 5-3）。北段龍船斷層向西南延伸可以連接古亭坑斷層（中油公司，1989）；北段龍船背斜同樣地朝西南延伸可連接小滾水背斜。依據構造特性，北段龍船斷層與古亭坑斷層，屬於相同錯距與構造特性的斷層，龍船背斜與小滾水背斜也屬於同一背斜構造。原來定訂為南段的龍船斷層（車瓜寮斷層），朝東北可以繼續延伸至旗山鎮西側，與斷層跡相同位置的背斜構造（車瓜寮背斜）同樣朝東北延伸至旗山鎮西側。從斷層結構而言，應分屬於兩條不同的斷層。中段的龍船斷層，只是連接這兩條斷層的橫移斷層。

附錄一

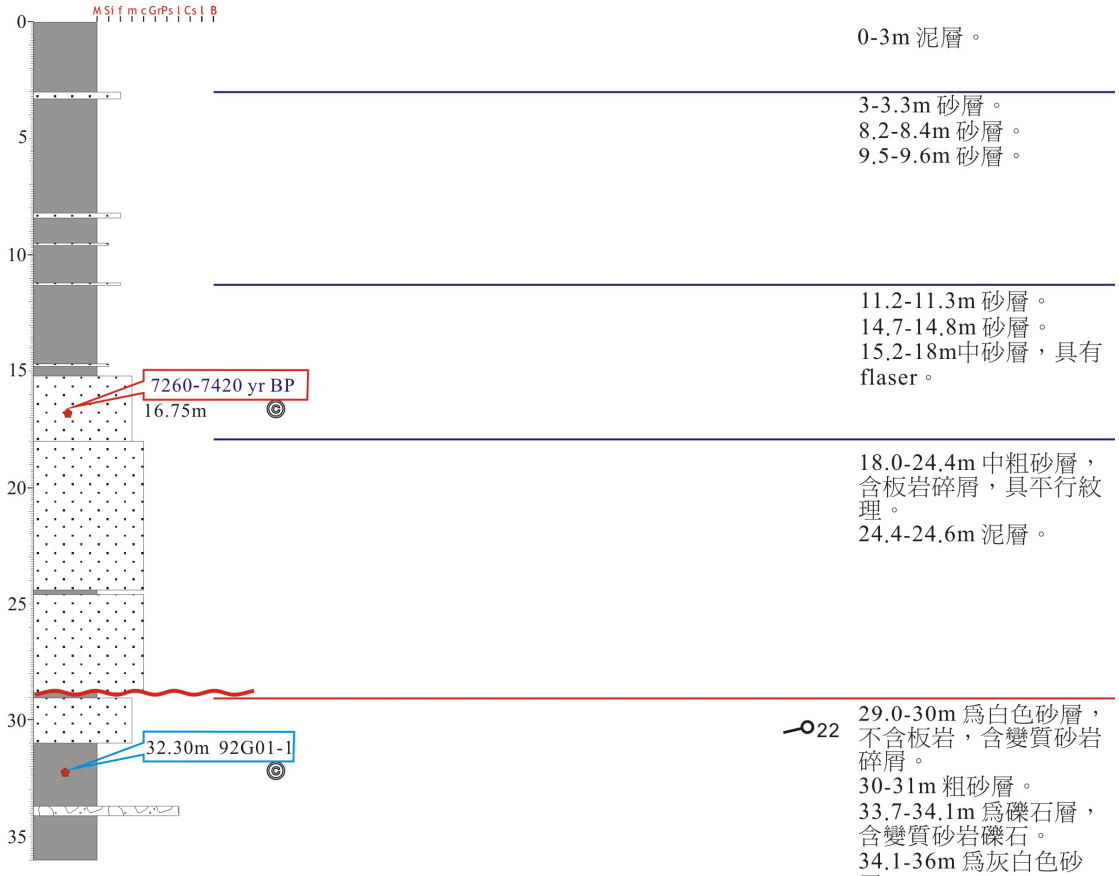
KH90-G08(23m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



KH90-G09(9m)　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



KH 92-G01(27m)　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



0-3m 泥層。

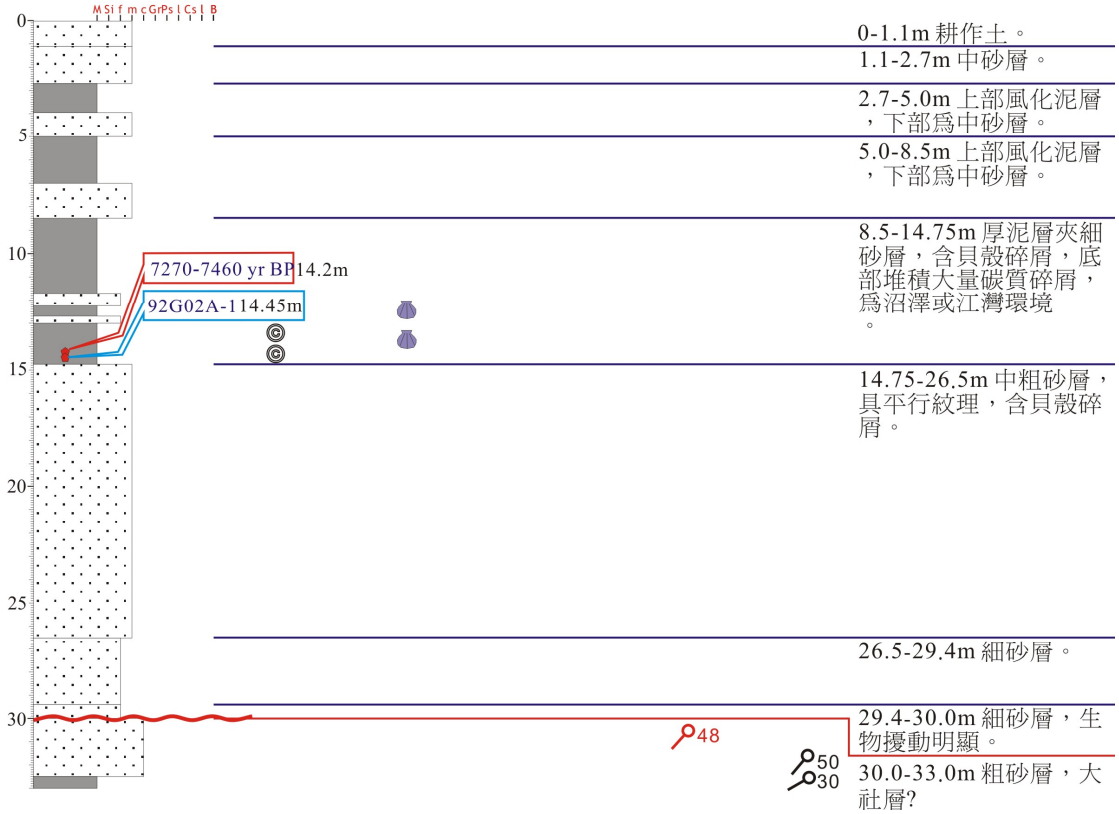
3-3.3m 砂層。
8.2-8.4m 砂層。
9.5-9.6m 砂層。

11.2-11.3m 砂層。
14.7-14.8m 砂層。
15.2-18m中砂層，具有flaser。

18.0-24.4m 中粗砂層，含板岩碎屑，具平行紋理。
24.4-24.6m 泥層。

29.0-30m 爲白色砂層，不含板岩，含變質砂岩碎屑。
30-31m 粗砂層。
33.7-34.1m 爲礫石層，含變質砂岩礫石。
34.1-36m 爲灰白色砂層。

KH92-G02(21m)　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



0-1.1m 耕作土。
1.1-2.7m 中砂層。

2.7-5.0m 上部風化泥層，下部爲中砂層。

5.0-8.5m 上部風化泥層，下部爲中砂層。

8.5-14.75m 厚泥層夾細砂層，含貝殼碎屑，底部堆積大量碳質碎屑，爲沼澤或江灣環境。

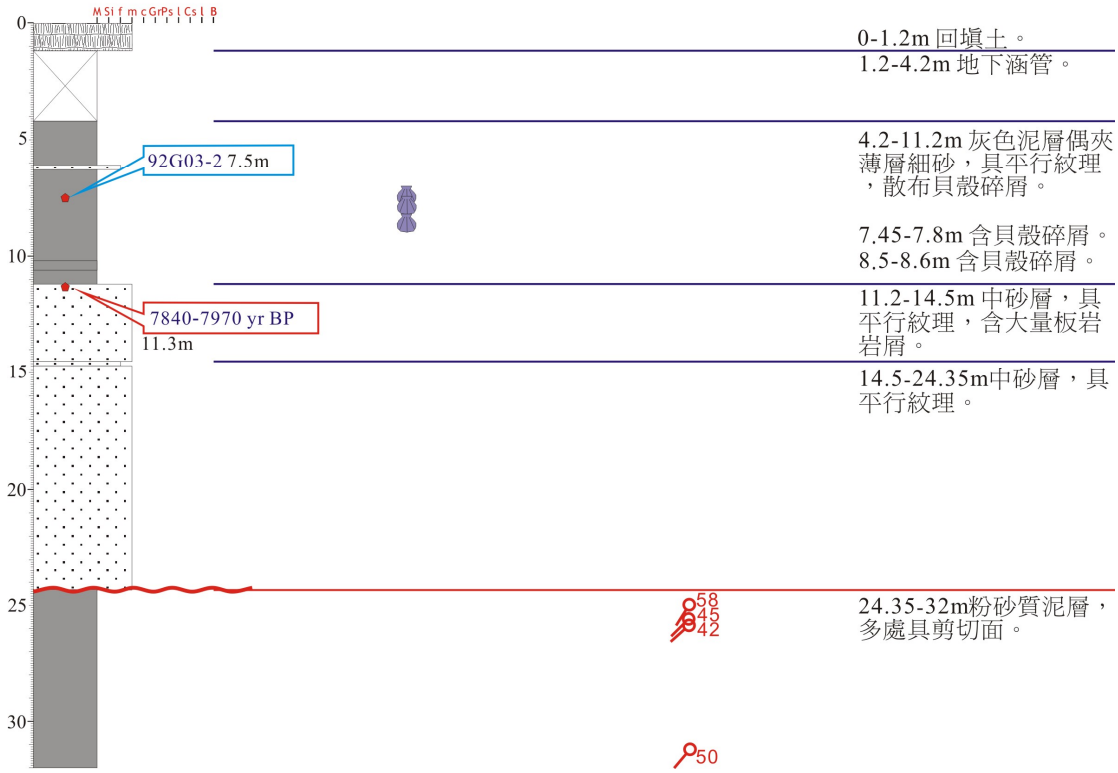
14.75-26.5m 中粗砂層，具平行紋理，含貝殼碎屑。

26.5-29.4m 細砂層。

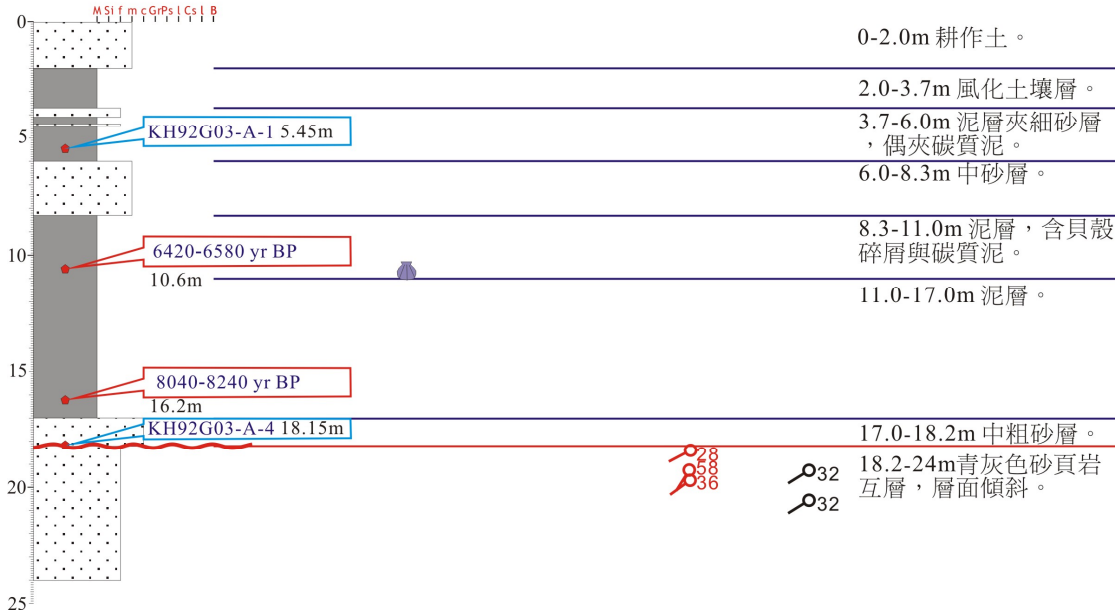
29.4-30.0m 細砂層，生物擾動明顯。

30.0-33.0m 粗砂層，大社層?

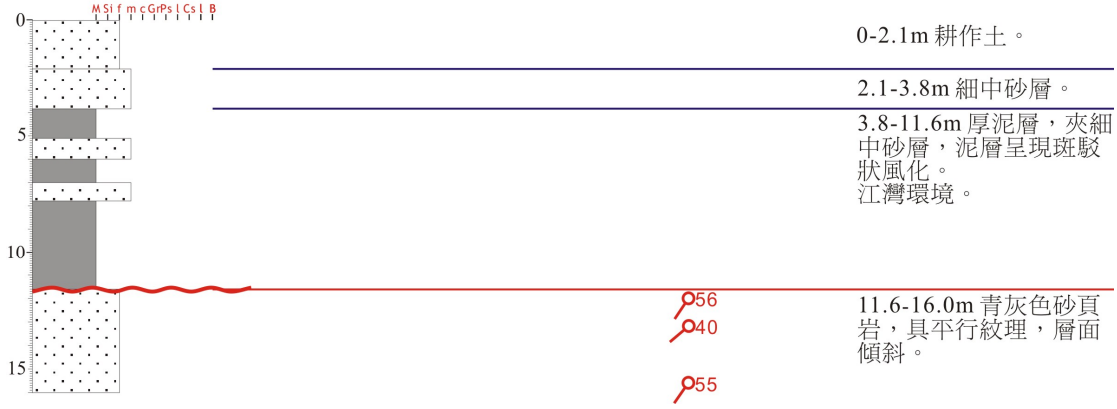
KH92-G03(19m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



KH92-G03-A(23m)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



KH92-G03-B(27m)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



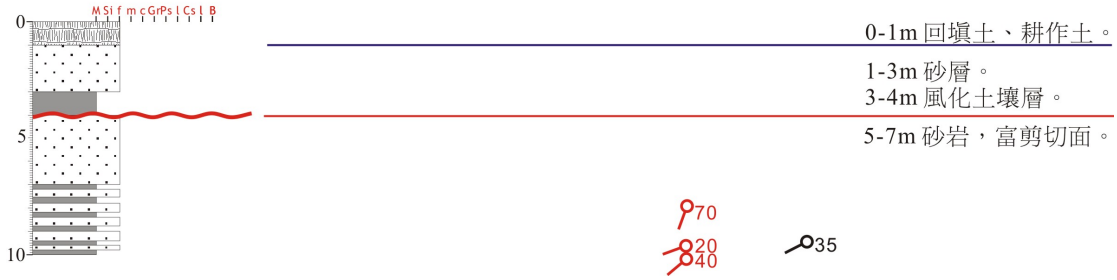
0-2.1m 耕作土。

2.1-3.8m 細中砂層。

3.8-11.6m 厚泥層，夾細中砂層，泥層呈現斑駁狀風化。
江灣環境。

11.6-16.0m 青灰色砂頁岩，具平行紋理，層面傾斜。

KH92-G03-C(30m)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

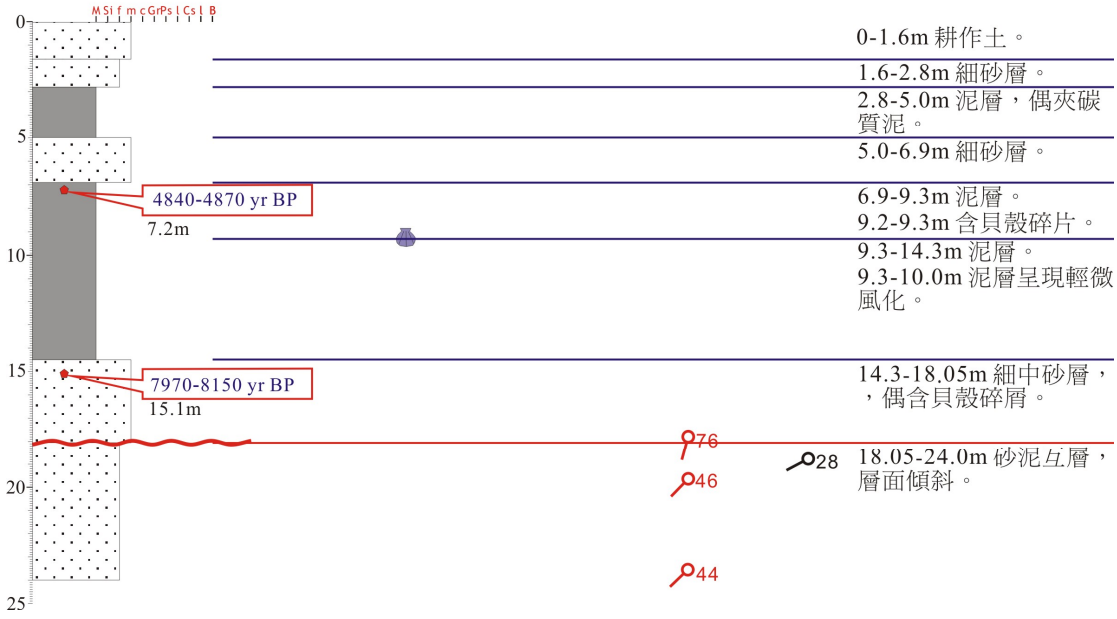


0-1m 回填土、耕作土。

1-3m 砂層。
3-4m 風化土壤層。

5-7m 砂岩，富剪切面。

KH92-G03-D(24m)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



0-1.6m 耕作土。

1.6-2.8m 細砂層。

2.8-5.0m 泥層，偶夾碳質泥。

5.0-6.9m 細砂層。

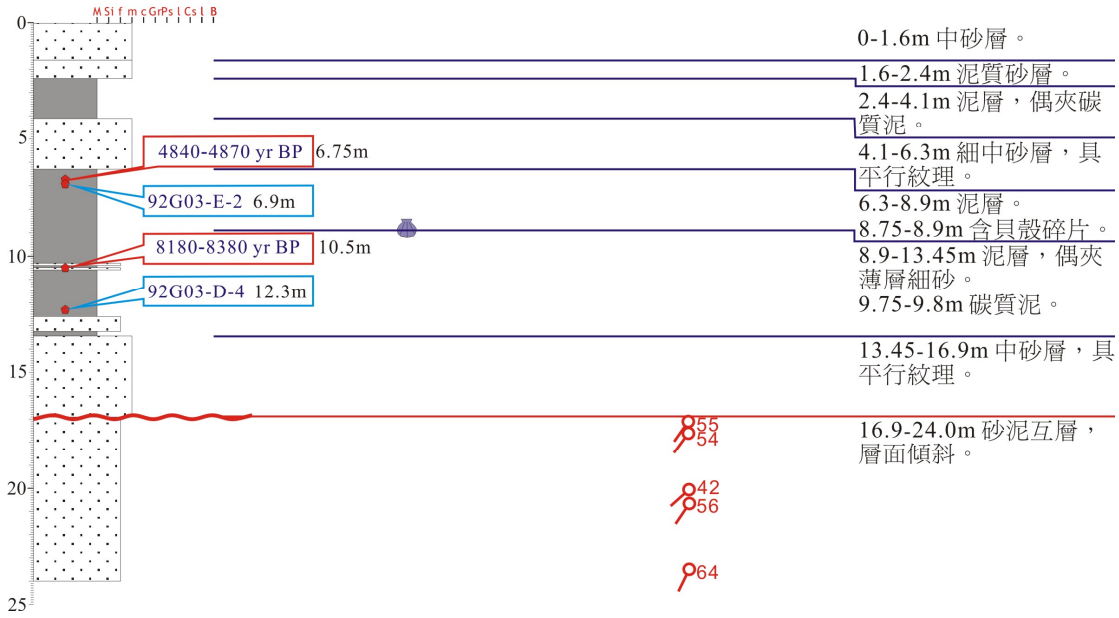
6.9-9.3m 泥層。
9.2-9.3m 含貝殼碎片。

9.3-14.3m 泥層。
9.3-10.0m 泥層呈現輕微風化。

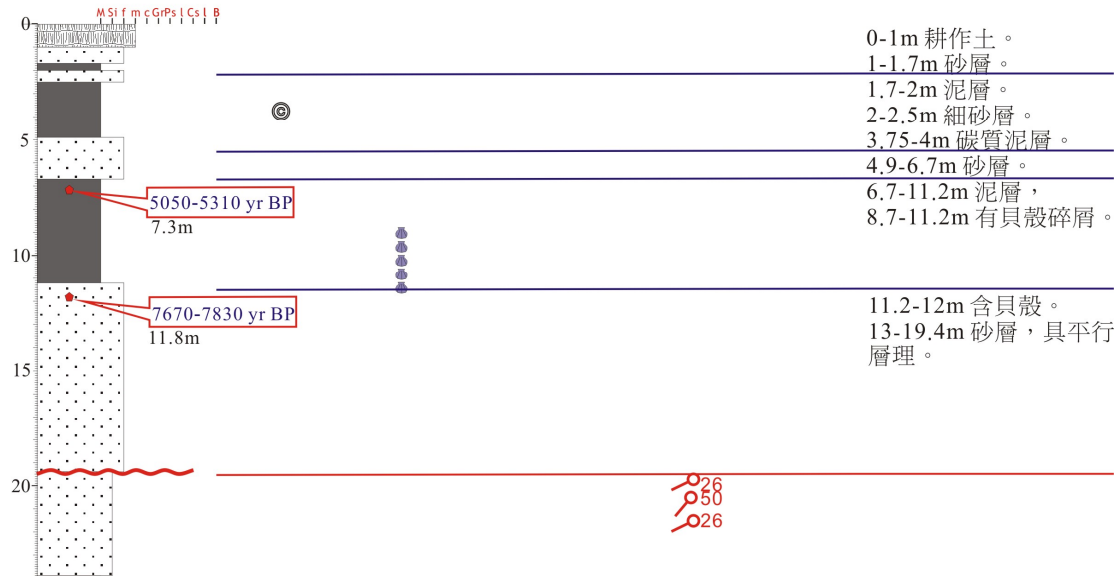
14.3-18.05m 細中砂層，，偶含貝殼碎屑。

18.05-24.0m 砂泥互層，層面傾斜。

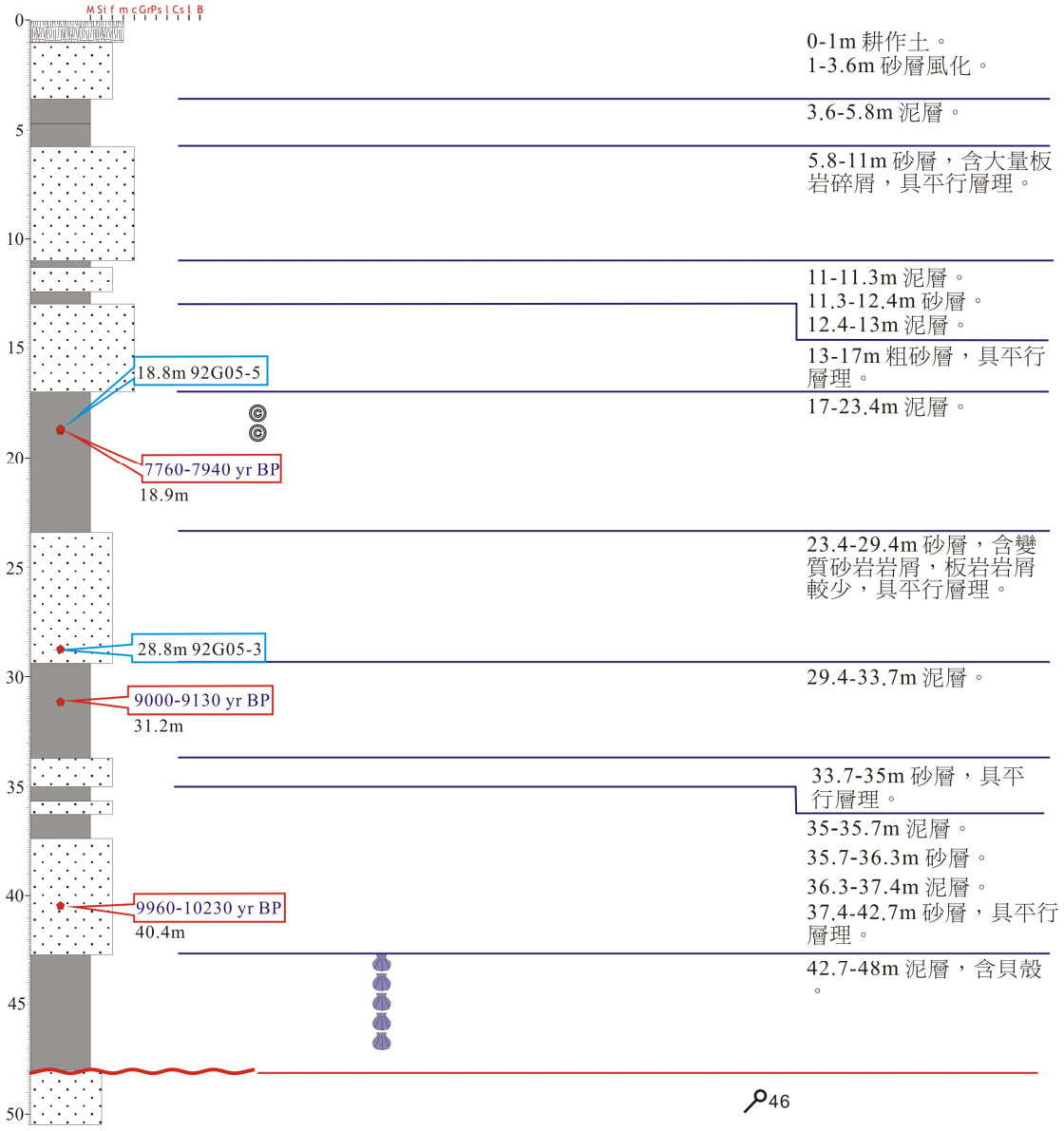
KH92-G03-E(23m) 碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



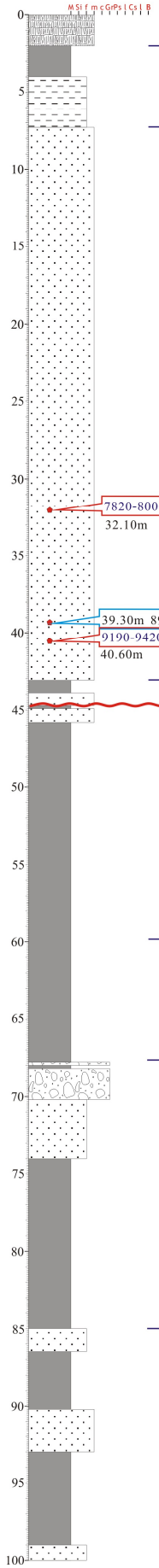
KH92 G03-F(21m) 碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



KH92-G05 (50m)　碳質碎屑　貝殼化石　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



KH89-G02(8m)　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



0-2m 回填土。

2-4m 風化土壤層。
4-7.3m 細砂夾泥層。

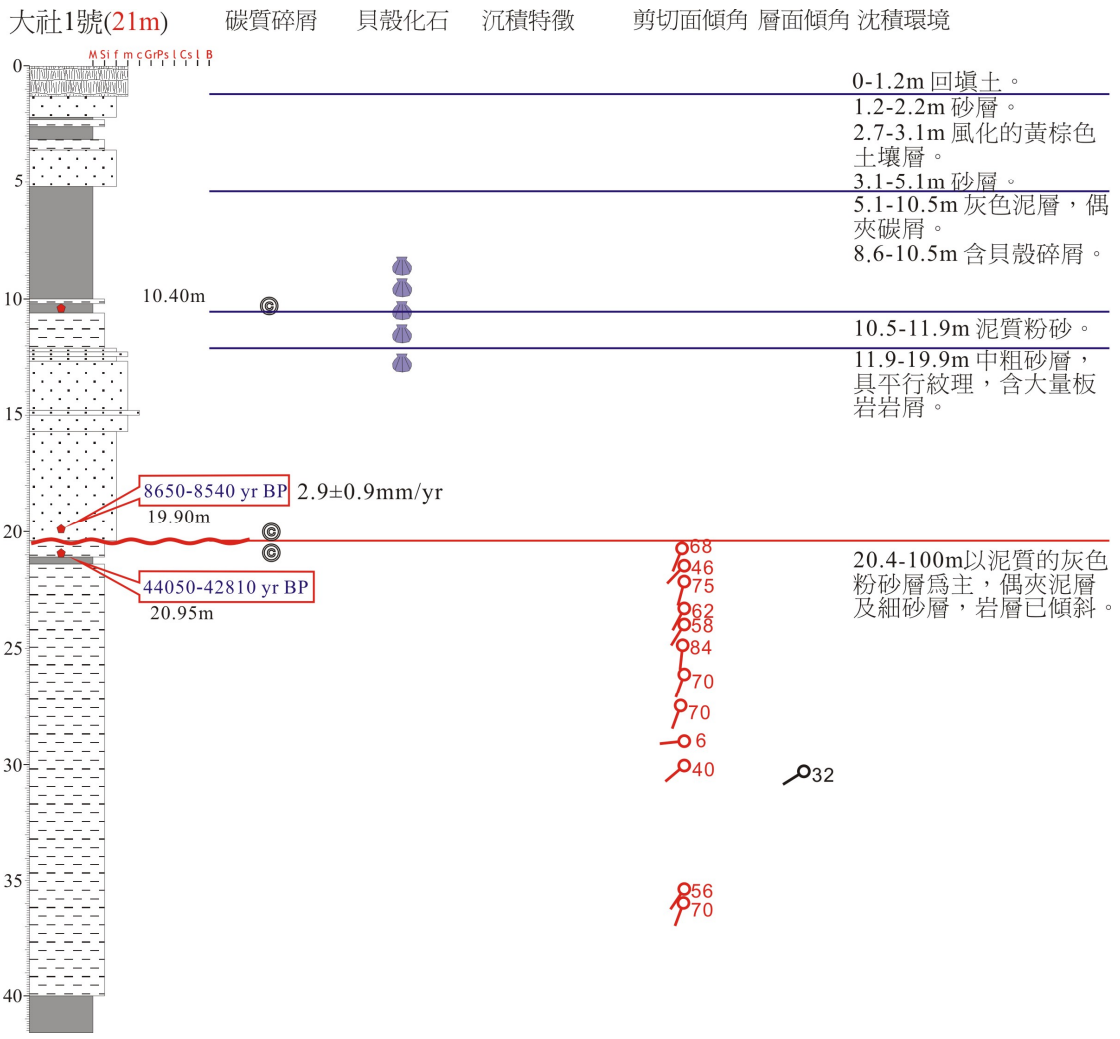
7.3-43.1m 砂層，具平行層理，含許多板岩岩屑。
28-29m 、30-35m 含貝殼碎屑。

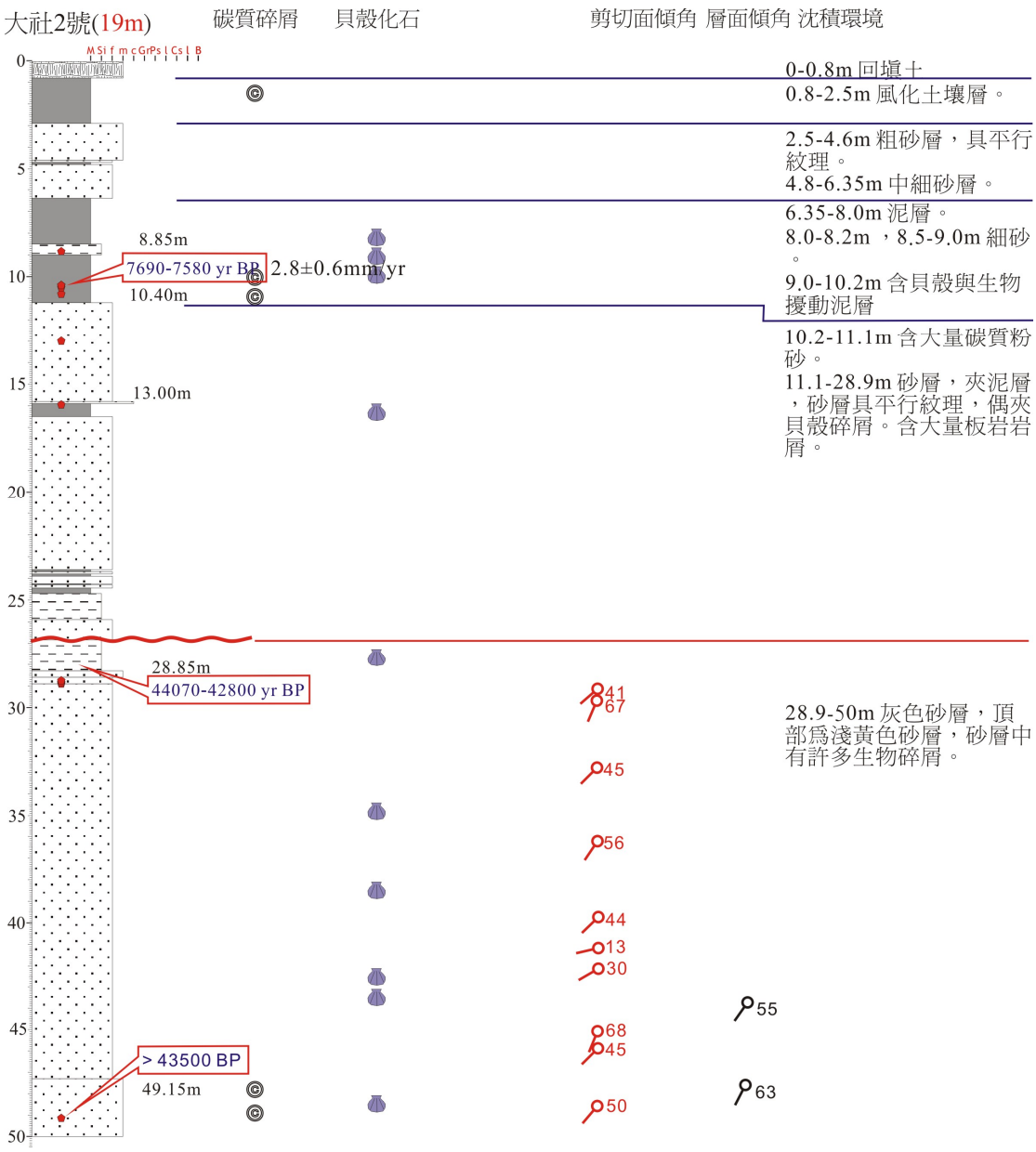
43.1-44.9m 泥層。
44.7-44.9m 泥層。
45.8-52m 泥層。

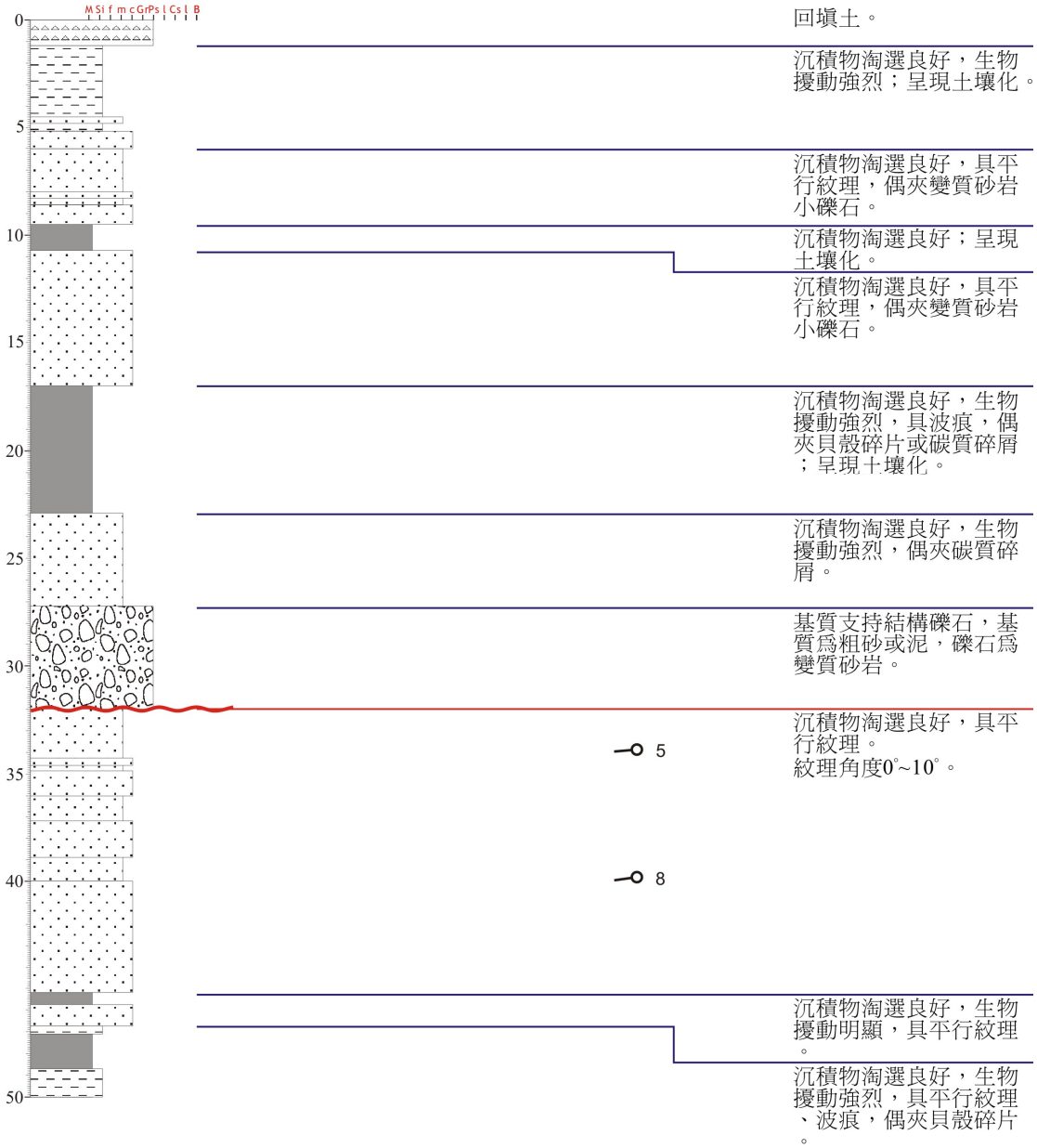
60-64m 含碳質泥岩層(風化土壤層)。

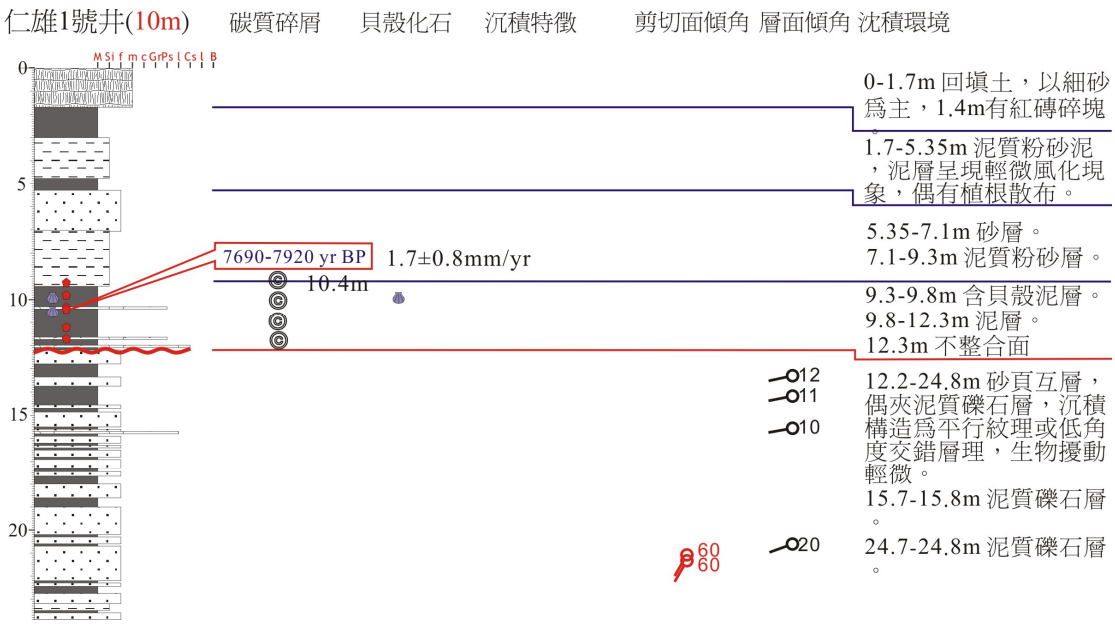
67.8-68m 礫石層。
68.2-70.2m 礫石層。
70.2-74m 砂夾泥層，黃白色砂不含板岩。

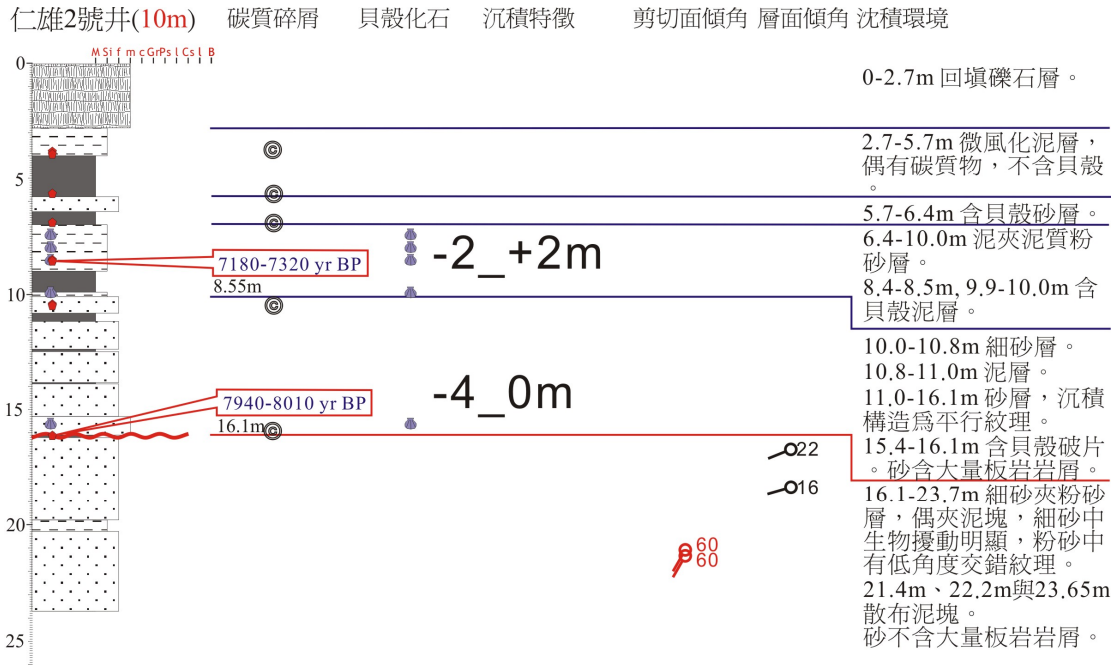
85-86.5m 黃色砂岩層。
90.2-93m 礫石層。
93-99m 含貝殼碎屑之砂泥層，有生物擾動痕跡。

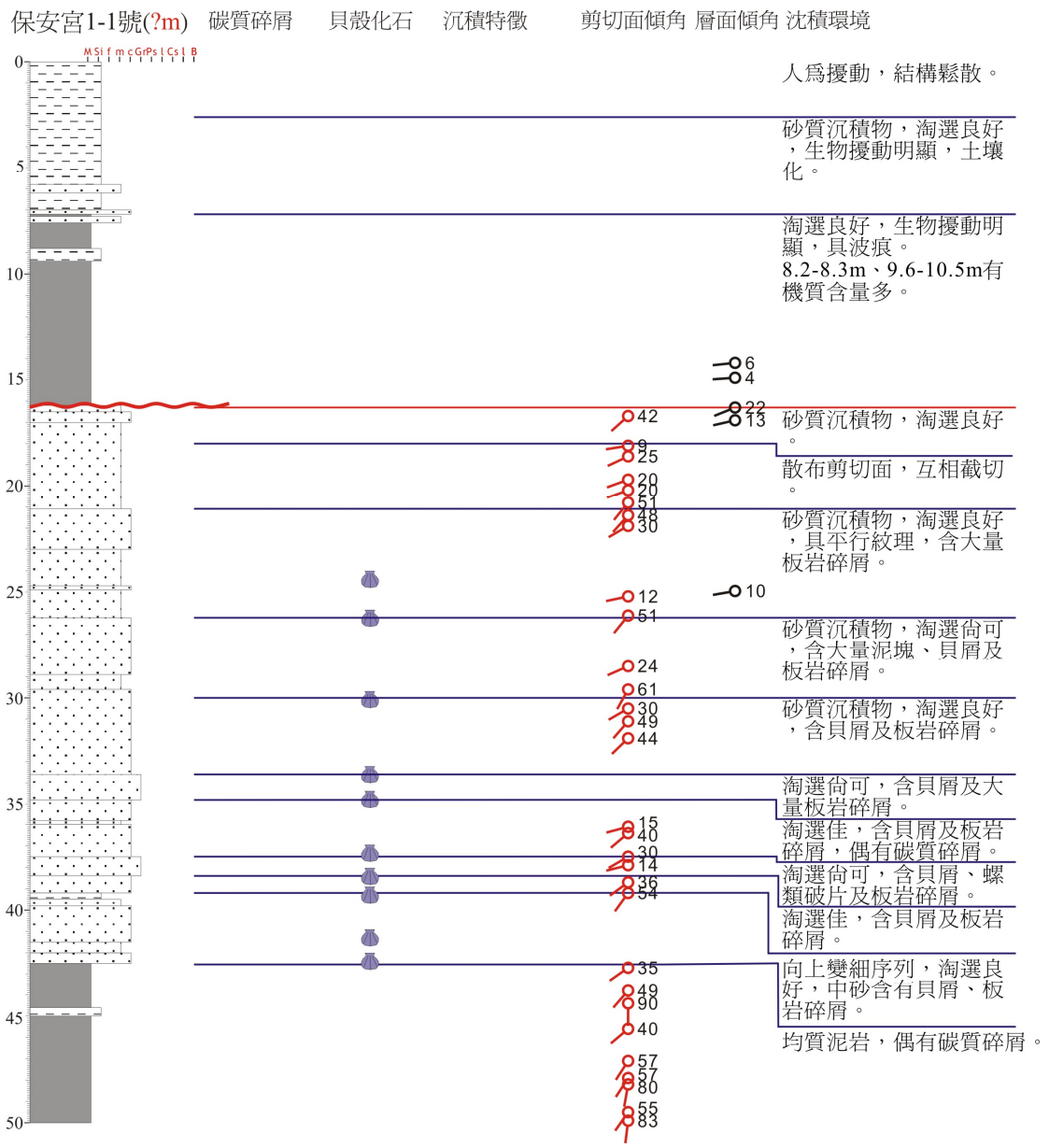

大社1號(21m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
0-1.2m 回填土。
1.2-2.2m 砂層。
2.7-3.1m 風化的黃棕色土壤層。
3.1-5.1m 砂層。
5.1-10.5m 灰色泥層，偶夾碳屑。
8.6-10.5m 含貝殼碎屑。
10.40m
10.5-11.9m 泥質粉砂。
11.9-19.9m 中粗砂層，具平行紋理，含大量板岩岩屑。
8650-8540 yr BP
2.9±0.9mm/yr
19.90m
44050-42810 yr BP
20.95m
20.4-100m以泥質的灰色粉砂層爲主，偶夾泥層及細砂層，岩層已傾斜。
68
46
75
62
58
84
70
70
6
40
32
56
70

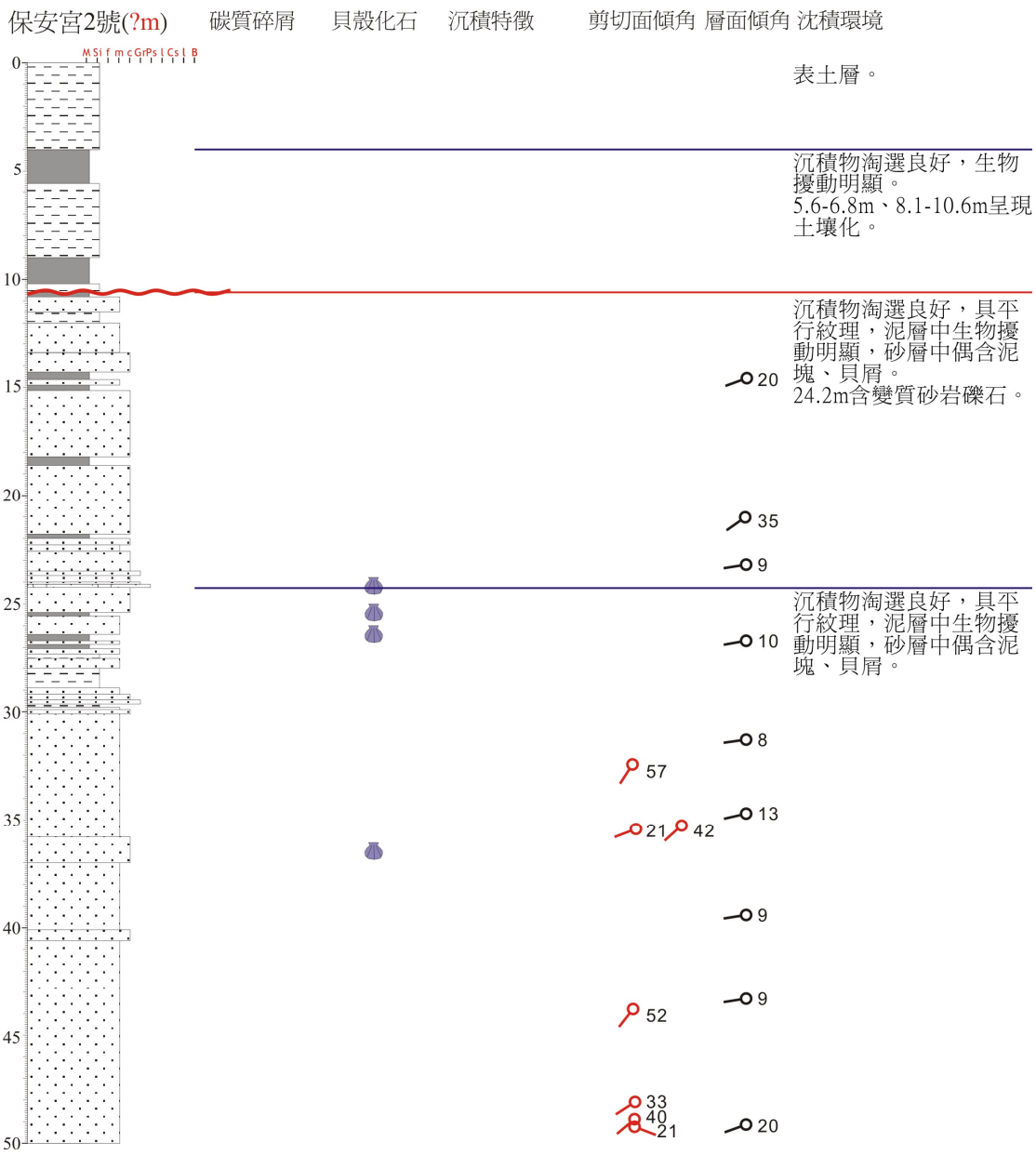

大社2號(19m)
碳質碎屑
貝殼化石
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
8.85m
7690-7580 yr BP
2.8±0.6mm/yr
10.40m
13.00m
28.85m
44070-42800 yr BP
> 43500 BP
49.15m
0-0.8m 回填土
0.8-2.5m 風化土壤層。
2.5-4.6m 粗砂層，具平行紋理。
4.8-6.35m 中細砂層。
6.35-8.0m 泥層。
8.0-8.2m ，8.5-9.0m 細砂。
9.0-10.2m 含貝殼與生物擾動泥層
10.2-11.1m 含大量碳質粉砂。
11.1-28.9m 砂層，夾泥層，砂層具平行紋理，偶夾貝殼碎屑。含大量板岩岩屑。
28.9-50m 灰色砂層，頂部爲淺黃色砂層，砂層中有許多生物碎屑。
41
67
45
56
44
13
30
55
68
45
63
50

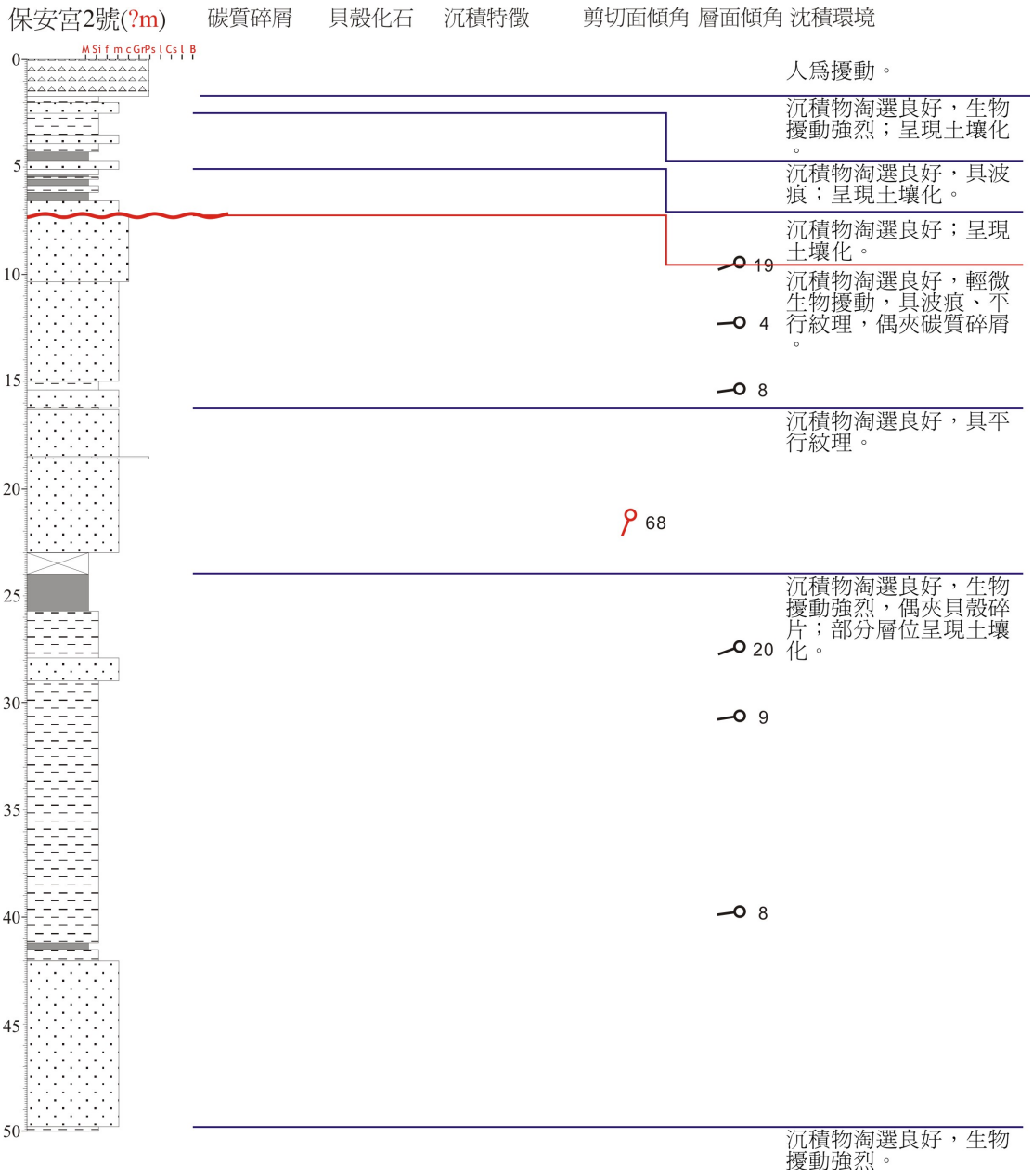

中正(?m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
5
10
15
20
25
30
35
40
50
回填土。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈；呈現土壤化。
沉積物淘選良好，具平行紋理，偶夾變質砂岩小礫石。
沉積物淘選良好；呈現土壤化。
沉積物淘選良好，具平行紋理，偶夾變質砂岩小礫石。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈，具波痕，偶夾貝殼碎片或碳質碎屑；呈現土壤化。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈，偶夾碳質碎屑。
基質支持結構礫石，基質爲粗砂或泥，礫石爲變質砂岩。
沉積物淘選良好，具平行紋理。
紋理角度0°~10°。
5
8
沉積物淘選良好，生物擾動明顯，具平行紋理。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈，具平行紋理、波痕，偶夾貝殼碎片。

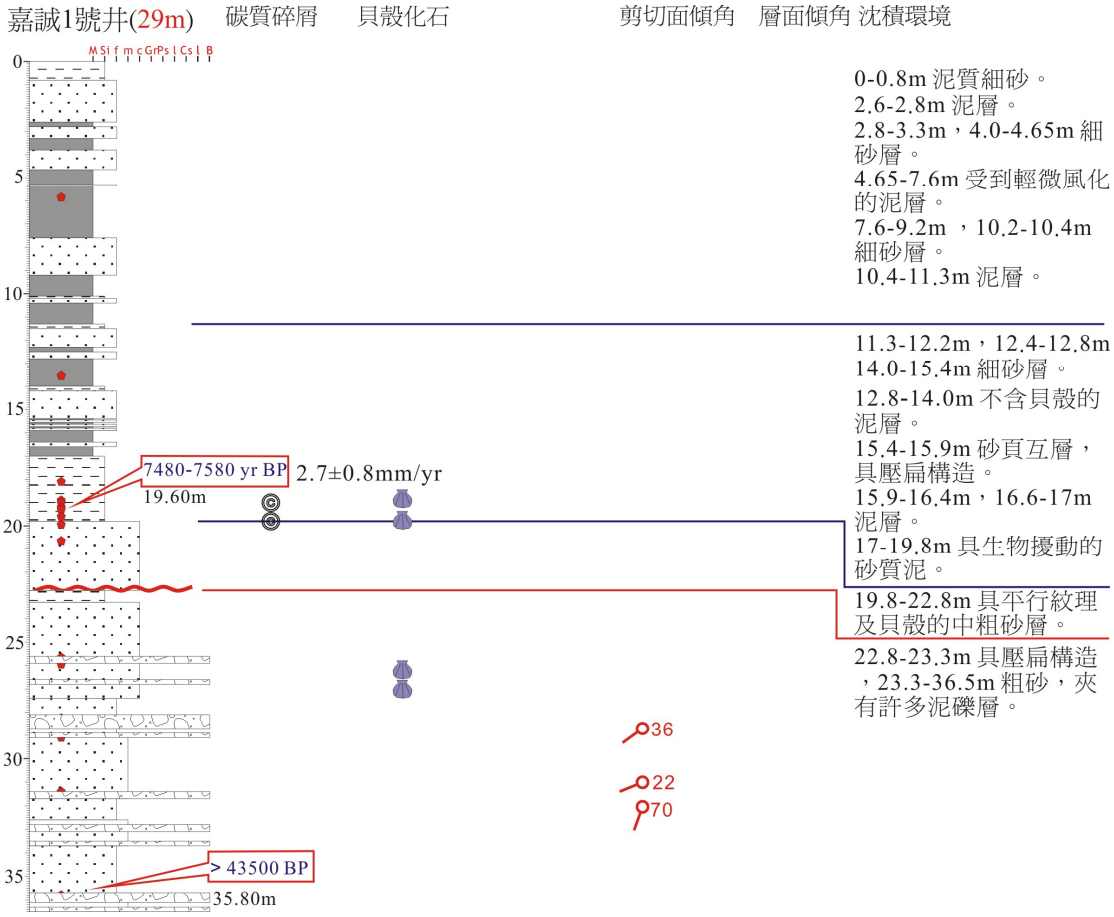

仁雄1號井(10m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
7690-7920 yr BP
1.7±0.8mm/yr
10.4m
12
11
10
20
60
60
0-1.7m 回填土，以細砂為主，1.4m有紅磚碎塊。
1.7-5.35m 泥質粉砂泥，泥層呈現輕微風化現象，偶有植根散布。
5.35-7.1m 砂層。
7.1-9.3m 泥質粉砂層。
9.3-9.8m 含貝殼泥層。
9.8-12.3m 泥層。
12.3m 不整合面
12.2-24.8m 砂頁互層，偶夾泥質礫石層，沉積構造為平行紋理或低角度交錯層理，生物擾動輕微。
15.7-15.8m 泥質礫石層。
24.7-24.8m 泥質礫石層。

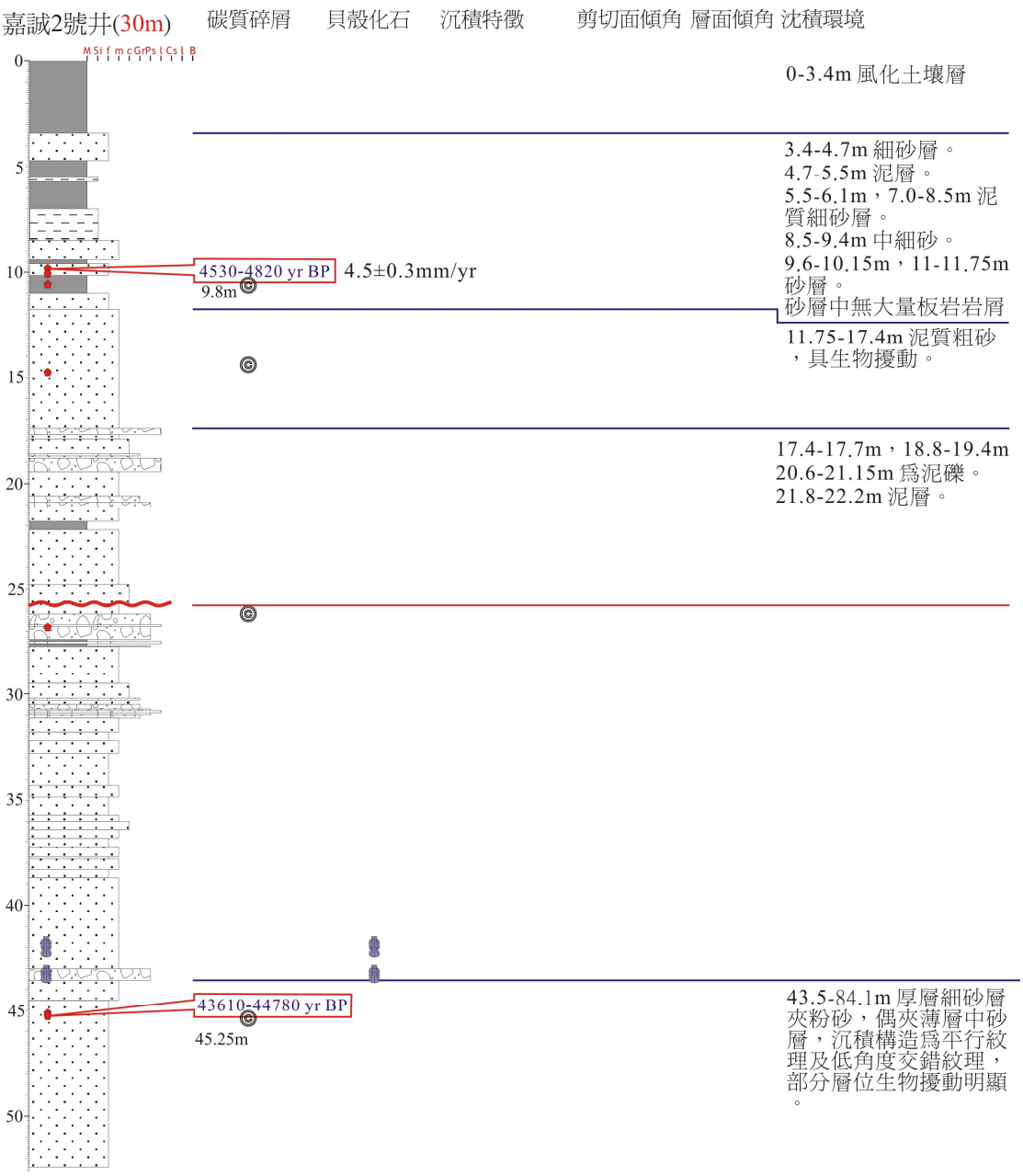

仁雄2號井(10m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
5
10
15
20
25
7180-7320 yr BP
8.55m
-2_+2m
7940-8010 yr BP
16.1m
-4_0m
22
16
60
60
0-2.7m 回填礫石層。
2.7-5.7m 微風化泥層，偶有碳質物，不含貝殼。
5.7-6.4m 含貝殼砂層。
6.4-10.0m 泥夾泥質粉砂層。
8.4-8.5m, 9.9-10.0m 含貝殼泥層。
10.0-10.8m 細砂層。
10.8-11.0m 泥層。
11.0-16.1m 砂層，沉積構造為平行紋理。
15.4-16.1m 含貝殼破片。砂含大量板岩岩屑。
16.1-23.7m 細砂夾粉砂層，偶夾泥塊，細砂中生物擾動明顯，粉砂中有低角度交錯紋理。
21.4m、22.2m與23.65m散布泥塊。
砂不含大量板岩岩屑。


保安宮1-1號(?m)
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
人爲擾動，結構鬆散。
砂質沉積物，淘選良好，生物擾動明顯，土壤化。
淘選良好，生物擾動明顯，具波痕。
8.2-8.3m、9.6-10.5m有機質含量多。
6
4
22
13
42
砂質沉積物，淘選良好。
9
25
20
20
51
48
30
散布剪切面，互相截切。
砂質沉積物，淘選良好，具平行紋理，含大量板岩碎屑。
10
12
51
砂質沉積物，淘選尚可，含大量泥塊、貝屑及板岩碎屑。
24
61
30
49
44
砂質沉積物，淘選良好，含貝屑及板岩碎屑。
淘選尚可，含貝屑及大量板岩碎屑。
15
40
30
14
36
54
淘選佳，含貝屑及板岩碎屑，偶有碳質碎屑。
淘選尚可，含貝屑、螺類破片及板岩碎屑。
淘選佳，含貝屑及板岩碎屑。
35
49
90
40
向上變細序列，淘選良好，中砂含有貝屑、板岩碎屑。
均質泥岩，偶有碳質碎屑。
57
57
80
55
83


保安宮2號(?m)
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
表土層。
沉積物淘選良好，生物擾動明顯。
5.6-6.8m、8.1-10.6m呈現土壤化。
沉積物淘選良好，具平行紋理，泥層中生物擾動明顯，砂層中偶含泥塊、貝屑。
24.2m含變質砂岩礫石。
沉積物淘選良好，具平行紋理，泥層中生物擾動明顯，砂層中偶含泥塊、貝屑。
20
35
9
10
8
57
13
21
42
9
9
52
33
40
21
20


保安宮2號(?m)
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
人爲擾動。
沉積物淘選良好，生物擾動強烈；呈現土壤化。
沉積物淘選良好，具波痕；呈現土壤化。
沉積物淘選良好；呈現土壤化。
19
沉積物淘選良好，輕微生物擾動，具波痕、平行紋理，偶夾碳質碎屑。
4
8
沉積物淘選良好，具平行紋理。
68
沉積物淘選良好，生物擾動強烈，偶夾貝殼碎片；部分層位呈現土壤化。
20
9
8
沉積物淘選良好，生物擾動強烈。


嘉誠1號井(29m)
碳質碎屑
貝殼化石
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
7480-7580 yr BP
19.60m
2.7±0.8mm/yr
> 43500 BP
35.80m
36
22
70
0-0.8m 泥質細砂。
2.6-2.8m 泥層。
2.8-3.3m，4.0-4.65m 細砂層。
4.65-7.6m 受到輕微風化的泥層。
7.6-9.2m ，10.2-10.4m 細砂層。
10.4-11.3m 泥層。
11.3-12.2m，12.4-12.8m
14.0-15.4m 細砂層。
12.8-14.0m 不含貝殼的泥層。
15.4-15.9m 砂頁互層，具壓扁構造。
15.9-16.4m，16.6-17m 泥層。
17-19.8m 具生物擾動的砂質泥。
19.8-22.8m 具平行紋理及貝殼的中粗砂層。
22.8-23.3m 具壓扁構造，23.3-36.5m 粗砂，夾有許多泥礫層。


嘉誠2號井(30m)
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
0-3.4m 風化土壤層
3.4-4.7m 細砂層。
4.7-5.5m 泥層。
5.5-6.1m，7.0-8.5m 泥質細砂層。
8.5-9.4m 中細砂。
9.6-10.15m，11-11.75m 砂層。
砂層中無大量板岩岩屑
11.75-17.4m 泥質粗砂，具生物擾動。
17.4-17.7m，18.8-19.4m
20.6-21.15m 爲泥礫。
21.8-22.2m 泥層。
43.5-84.1m 厚層細砂層夾粉砂，偶夾薄層中砂層，沉積構造爲平行紋理及低角度交錯紋理，部分層位生物擾動明顯。
4530-4820 yr BP
4.5±0.3mm/yr
9.8m
43610-44780 yr BP
45.25m

註：

****本年度計畫產製斷層參數。**

※ 於台灣東部與南部的活動斷層－二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書（林啟文等，2009）中新增嶺頂斷層與瑞穗斷層；嶺頂斷層原被稱為月眉斷層（林啟文等，2000），瑞穗斷層一部分屬於徐鐵良（1955）所稱的玉里斷層北段。

＊依據本所 2010 年 4 月 23 日修訂之活動斷層圖資。

◎利用地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫－活動構造地形及資料庫建置分析（沈淑敏等，2005；2006）之變動地形（階面變位量）資料、地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫－槽溝開挖與古地震研究計畫（總報告）：二、「熱螢光與光螢光定年」（陳于高等，2006）與臺灣東部晚第四紀地質調查及地形演育研究（劉平妹與謝孟龍，2006；2007）及相關研究之定年資料推算之長期滑移速率。

I.資料主要摘自:

a. 林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧（2007）台灣北部的活動斷層－二萬五千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 19 號，共 130 頁。

b. 饒瑞鈞、李元希、胡植慶（2008）地震地質與地變動潛勢分析－地變動監測分析（2/4）。經濟部中央地質調查所研究報告 97-10 號，共 270 頁。

c. 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.

d. 石同生、盧詩丁、林偉雄、李元希（2003）新城斷層定位與斷層活動性研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 14 號，第 37-52 頁。

e. 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－二萬五千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。

f. 陳文山、游能悌、松多信尚、楊小青（2008）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（1/4）－期末報告書。經濟部中央地質調查所研究報告 96-10 號，共 86 頁。

g. 林啟文、盧詩丁、石同生、劉彥求、林偉雄、林燕慧（2008）台灣西南部的活動斷層－二萬五千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 17 號，共 141 頁。

h. 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000）台灣活動斷層概論－五十萬分之一台灣活動斷層分布圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第 13 號，共 122 頁。

i. 石再添、張瑞津、黃朝恩、石慶得、楊貴三、孫林耀民（1983）臺灣北部與東部活動斷層的地形學研究。國立臺灣師範大學地理學研究報告，第 9 號，第 20-72 頁。

j. Shyu, J.B.R., Sieh, K., Avouac, J.P., Chen, W.S., Chen, Y.G. (2006) Millennial slip rate of the Longitudinal Valley fault from river terraces: Implications for convergence across the active suture of eastern Taiwan: JGR, 111, B08403.

k. Chen, W.S., Yen, I.C., Fengler, K.P., Rubin, C.M., Yang, C.C., Yang, H.C., Chang, H.C., Lin, C.W., Lin, W.H., Liu, Y.C., Lin, Y.H. (2007) Late Holocene Paleoearthquake Activity along the Juisui Fault of the Middle Longitudinal Valley Fault, Eastern Taiwan: Eath and Planetary Science Letters, 264, 420-437.

l. Lee, J.C., Angelier, J., Chu, H.T., Hu, J.C., and Jeng, F.S. (2001) Continuous monitoring of an active fault in a plate suture zone: a creepmeter study of the Chihshang active fault, eastern Taiwan, Tectonophysics, 333, 219-240.

m. Lee, J.C. , Angelier, J., Chu , H.T., Hu, J.C., Jeng, F.S. and Rau, R.J. (2003) Active Fault Creep Variations at Chihshang, Taiwan, Revealed by Creepmeter Monitoring, 1998-2001 . Journal of Geophysical Research, 108, B11, 2528, doi:10.10129/2003JB002394.

n. 陳文山、游能悌、松多信尚、楊小青（2008）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（2/4）。經濟部中央地質調查所研究報告 97-9 號，共 75 頁。

o. 陳文山（2006）地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫－槽溝開挖與古地震研究計畫（總報告）：一、「新期構造、古地震與槽溝開挖研究」。經濟部中央地質調查所研究報告 95-08 總號，共 133 頁。

p. Chen, W.S., Huang,M.T., Liu, T.K. (1991) Neotectonic significance of the Chimei fault in the coastal range, eastern Taiwan: Proc. Geol. Soc. China, 34, 1, 43-56.

q. Yu, S.B. and Kuo, L.C. (2001) Present-day crustal motion along the Longitudinal Valley Fault. Eastern Taiwan: Tectonophysics, 333, 199-217.

r. Yu, S.B., Yu, G.K., Kuo, L.C., Lee, C. (1992) Crustal deformation in the southern Logitudinal Valley area, eastern Taiwan: Proc. Geol. Soc. China, 35, 3, 219-2306.

s. 林啟文、陳文山、劉彥求、陳柏村（2009）台灣東部與南部的活動斷層－二萬五千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 23 號，編印中。

t. 紀權窅（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。國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，共 84 頁。

u.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) 晚期更新世以來臺北盆地沉積層序架構與構造的時空演變. 經濟部中央地質調查所彙刊，第 21 號，第 61-106 頁。

v. 饒瑞鈞、李元希、胡植慶（2009）地震地質與地變動潛勢分析－地變動監測分析（3/4）。經濟部中央地質調查所研究報告 98-10 號，共 354 頁。

w. 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 98-9 號，共 125 頁。

x. 陳文山、松多信尚、石瑞銓、楊志成、游能悌、朱耀國、陳志壕、林啟文、劉桓吉、盧詩丁、劉彥求、林燕慧、陳柏村（2010） 新期構造研究專輯（二），經濟部中央地質調查所特刊，第 24 號，第 75-92 頁。

II.各欄位資料內容說明如下。

1. 斷層名稱：編號及名稱採用台灣活動斷層概論第二版（林啟文等，2000）。
2. 分類：分為第一類（一）、第二類（二）、存疑性（疑）等 3 類。
3. 長度：採用地調所各分區活動斷層條帶地質圖說明書所述之斷層長度。
4. 滑移特性：分為正移、逆移及橫移（左移及右移）3 類，部分斷層兼具不同特性。

5. 斷層傾角：描述斷層傾角及傾斜方向。
6. GPS 跨斷層水平速度變化：資料採用饒瑞鈞等（2008）的分析結果，分為平行及垂直斷層走向 2 部分，平行部分正值代表左移形式，負值代表右移形式。
7. 跨斷層垂直速度變化：分為精密水準、GPS 及地質證據等 3 類調查方式所獲取的資料；測量分析資料採用饒瑞鈞等（2008）的分析結果，正值代表抬升，負值代表下降。地質證據部份採用陳文山等（2006）、陳文山等（2008）的分析結果。
8. 短期滑移速率：優先考量現地調查所分析取得的近期滑移速率；括號內資料採用饒瑞鈞等（2008）分析結果，係利用斷層模型模擬計算的滑移速率，唯模擬時所設定的斷層幾何參數（長度及傾角）與本表並不一致。
9. 長期滑移速率：優先考量由古地震事件分析取得的滑移速率，括號內為由地質證據所得垂直抬升/下陷速率考量斷層角度計算而得。資料採用陳文山等（2006）、陳文山等（2008）的分析結果。
10. 再現週期：優先考量由古地震事件分析取得，括號係利用斷層模型模擬計算所得。資料採用陳文山等（2006）、陳文山等（2008）及饒瑞鈞等（2008）。
11. 最近一次活動時間：採用歷史地震紀錄或地層錯移紀錄。
12. 可能最大地震規模：採用歷史地震紀錄（M_L），資料摘自「台灣十大災害地震圖集（1999）」及氣象局觀測資料；括號內為依本表各斷層長度由 Wellls and Coppersmith（1994）公式計算之地震規模(Mw)。