經濟部

經濟部中央地質調查所報告第 100-11 號

計畫編號: 100-5226904000-05-03

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)

期末報告書

委託機關：經濟部中央地質調查所

執行機關：國立台灣大學地質科學系

中華民國 100 年 12 月

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)
100年度報告書

計畫主持人：陳文山

協同主持人：游能悌

研　究　員：楊小青

委託機關：經濟部中央地質調查所

執行機關：國立台灣大學地質科學系

中華民國 100 年 12 月

「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)」

目錄

目錄……..... Ⅰ

圖目錄……..... Ⅱ

表目錄……..... Ⅴ

摘要……1

第一章、前言……2

1-1 淺層鑽探與排鑽（古地震）……2

1-2 碳十四定年……5

第二章、新城斷層……8

2-1 前言……8

2-2 前人研究……9

2-3 斷層跡調查與 RTK 測量……21

2-4 斷層帶鑽井與岩芯紀錄……28

2-5 結論……31

參考文獻……33

第三章、新化斷層……36

3-1 前言……36

3-2 前人研究……37

3-3 斷層跡調查與 RTK 測量……39

3-4 斷層帶鑽井與岩芯紀錄……44

3-5 討論……59

3-6 結論……69

參考文獻……73

圖目錄

圖 2-1、竹苗地區晚更新世的構造走向呈東北東，新竹斷層與新城斷層……10

圖 2-2、11-11`號剖面，竹東丘陵南側（Namson, 1984）。……11

圖 2-3、12-12`號剖面，竹東丘陵南側（Namson, 1984）。……11

圖 2-4、13-13`號剖面，竹東丘陵北側（Namson, 1984）。……12

圖 2-5、湯振輝與徐兆祥（Tang and Hsu, 1970）震測剖面。……12

圖 2-6、楊耿明等（Yang *et al.*, 1994；Yang *et al*., 1996）73-PS-D1 震測剖面。……12

圖 2-7、楊耿明等（Yang *et al.*, 1994）73-PS-D1 震測剖面。……13

圖 2-8、楊耿明等（Yang *et al.*, 1994；Yang *et al*., 1996）73-PS-D2 震測剖面。……13

圖 2-9、1 號槽溝北牆，卓蘭層逆衝到晚期更新世的河流相砂礫層之上（二度分帶座標：251622, 2740536：TWD67）。……14

圖 2-10、a. 1 號槽溝北牆剖面，卓蘭層逆衝至晚更新世紅土與砂礫層之上，紅土層上覆沉積近代湖泊相砂泥層。b. 南牆剖面與北牆相似，但主斷層上盤有另一小斷層截切卓蘭層與上覆的砂礫層。……15

圖 2-11、黑色泥層受到上覆砂層液化作用擾動形成不平整層面，砂層向下擠壓產生荷重構造，泥層形成旋捲或火焰構造。……16

圖 2-12、2 號槽溝南北剖面都發現礫石層之上的砂泥互層被斷層錯移，主斷層上盤中亦有一剪切構造，截切卓蘭層與上覆的砂層。3 號槽溝……17

圖 2-13、3 號槽溝剖面皆發現紅土層與粉砂層被斷層截切，斷層下盤粉砂層具有與主斷層反向的逆衝剪切構造，被向西逆衝主斷層截切。……18

圖 2-14、頭前溪北岸新城斷層露頭，形成寬約 5 公尺斷層帶。上盤卓蘭層逆衝至近乎水平的香山相砂岩之上。……19

圖 2-15、新城斷層逆衝至 Ft2 河階礫石層之上，垂直錯移高度約 3.4 公尺，斷層尖端被現代沖積層覆蓋。……19

圖 2-16、飛鳳山丘陵地區，新城斷層位置圖。……22

圖 2-17、斷層下盤頭嵙山層的厚層礫岩（大茅埔礫岩）。……23

圖 2-18、此區域唯一發現的斷層跡位於三號高速公路西側（新力里）……..23
圖 2-19、東光國小北側線形崖可能為新城斷層的斷層崖。……..24
圖 2-20、頭前溪南岸，新城斷層截切 Lt 與 Ft 河階。……..26
圖 2-21、A－A`剖面地下構造剖面圖。……..26
圖 2-22、B－B`剖面地下構造剖面圖。……27
圖 2-23、寶山路南側，新城斷層條帶地質調查圖。……..27
圖 2-24、中港溪北側，新城斷層條帶地質調查圖。……..28
圖 2-25、中港溪北側線形崖的崖坡（朝西），頭份 1 區場址。……..29
圖 2-26、頭份 1 區鑽井，BH-1 與 BH-2 井鑽至斷層帶，斷層面傾角朝東 25º。……..30
圖 2-27、頭份 2 區鑽井，BH-1、BH-2 與 BH-3 井位於斷層下盤。……..31
圖 3-1、1946 年 12 月 5 日台南大地震地變圖……..37
圖 3-2、3 號槽溝東西牆剖面。……38
圖 3-3、2 號槽溝東西牆剖面。……39
圖 3-4、新化斷層沿線鑽井場址位置圖，本研究以 RTK 測量新化斷層跡，與前人開挖的槽溝位置圖。……40
圖 3-5、接天寺的東側至深坑橋，沿斷層跡通過農改場與畜產所（TWD97）。……41
圖 3-6、斷層東段，接天寺南側的斷層凹谷（鞍部西側）。……41
圖 3-7、斷層中段農改場的線形谷中水塘。……..42
圖 3-8、斷層中段畜產所 3 區的牧草區。……..42
圖 3-9、斷層中段畜產所 2 區牧草區的斷層線崖。……..43
圖 3-10、深坑橋至中央橋，沿線液化區通過農田 1 區與 2 區鑽井場址。.....……44
圖 3-11、河口灣河道沙洲相沉積物。……45
圖 3-12、河口灣沼澤溼地相沉積物。……45
圖 3-13、河口灣中央盆地相沉積物。……45
圖 3-14、畜產所 1 區剖面圖。……..46
圖 3-15、畜產所 1 區剖面恢復圖，恢復 1946 年台南地震同震變形的高差。……48

圖 3-16、畜產所 2 區剖面圖。……50
圖 3-17、畜產所 2 區剖面恢復圖，恢復 1946 年台南地震同震變形高差。……51
圖 3-18、畜產所 2 區剖面恢復圖，恢復 C/B 界限呈水平面。……51
圖 3-19、畜產所 3 區剖面圖。……52
圖 3-20、畜產所 3 區剖面恢復圖，恢復 1946 年台南地震同震變形高差。……52
圖 3-21、農田 1 區剖面圖。……53
圖 3-22、農田 1 區剖面恢復圖，恢復 C/B 界限呈水平面。……54
圖 3-23、農田 1 區剖面恢復圖，恢復 C1 的變形呈水平面。……55
圖 3-24、農田 2 區剖面圖。……56
圖 3-25、農田 2 區剖面恢復圖，恢復 C/B 界限呈水平面。……57
圖 3-26、紡織廠剖面圖。……58
圖 3-27、農田 2 區剖面恢復圖，恢復 C/B 界限呈水平面。……58
圖 3-28、農改所剖面圖。……59
圖 3-29、畜產所 3BH2 岩芯中的液化構造。……60
圖 3-30、畜產所 1BH2 岩芯中的剪切構造。……60
圖 3-31、畜產所 1 區岩芯中的液化、剪切構造。……62
圖 3-32、畜產所 2 區岩芯中的液化、剪切構造。……62
圖 3-33、畜產所 3 區岩芯中的液化、剪切構造。……63
圖 3-34、農田 1 區岩芯中的液化、剪切構造。……64
圖 3-35、農田 2 區岩芯中的液化、剪切構造。……64
圖 3-36、紡織廠岩芯中的液化、剪切構造。……65
圖 3-37、農改場岩芯中的剪切構造分佈。……66
圖 3-38、畜產所 1 區岩芯中的剪切構造分佈。……66
圖 3-39、畜產所 2 區岩芯中的剪切構造分佈。……67
圖 3-40、畜產所 3 區岩芯中的剪切構造分佈。……68
圖 3-41、測線 02P-SHF-SH-A 重合剖面(a)及其解釋(b)。……72

表目錄

表 1-1、工作計量表……3

表 1-2、鑽井位置表……3

表 1-3、碳十四定年標本……5

附錄

附錄一、鑽井岩芯紀錄……75

附錄二、期中報告審查意見改進表。……112

附錄三、期末報告審查意見改進表。……115

摘要

本年度工作已完成新城斷層與新化斷層的全線斷層跡調查，並以RTK精密測量（Real Time Kinematic measurement；即時動態測量）斷層跡位置。鑽井已完成九處的場址鑽探，新化斷層七處，新城斷層二處，共鑽取944.9公尺岩芯。古地震研究以排鑽方式針對新化斷層進行研究，有七口岩芯，每口約15公尺深，合計總長度為105.2公尺。

由頭份1區的鑽井岩芯分析，此區域斷層的傾角約25º，垂直斷距約20公尺，抬升速率為0.46 mm/yr，斷層面滑移速率為1.1 mm/yr。

從碳十四定年年代，古環境深度以及古海水面高度等關係，估算地殼垂直變動速率，顯示斷層跡兩側無法區別。然而畜產所區域（地震斷層區域）與農田區與紡織廠（液化區域）的變動速率有明顯差異，畜產所區域抬升速率為3-4.5 mm/y，農田區與紡織廠的抬升速率為0.8-2.3 mm/yr。

Abstract

The goal of our project is to investigate the precise measurement (Real Time Kinematic measurement) for fault trace of Hsincheng and Hsinhua faults and to understand fault behavior for considering in deformation characteristics. The study drilled well of 9 sites and the whole borehole length of 1050 m along the Hsincheng and Hsinhua faults which focus on the investigation of fault trace and paleoseismic studies.

Based on the well logging of Toufen No.1 borehole site along the Hsincheng fault, the core shows orientation of fault plane of 25ºE that occurs the vertical offset about 20 m of river terrace, and that implying slip rate of 1.1 mm/yr and vertical uplift rate of 0.46 mm/yr. Based on the well logging along the Hsinhua fault, the results show the vertical uplift rate of 3-4.5 mm/yr in the Hsinhua livestock research institute site and 0.8-2.3 mm/yr in the farm-field site.

第一章 前言

本年度（100 年度）「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)，研究主題主要針對新城斷層與新化斷層的**「斷層活動特性分析與評估」**與**「活動斷層的精確位置調查」**。

「斷層活動特性分析與評估」研究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 100 公尺排鑽取代，淺層鑽探以每場址有三口鑽井，井深 20-40 公尺，共計有 9 處場址。**「活動斷層的精確位置」**的調查與測繪以新城斷層、新化斷層為主要調查目標，斷層精確位置將以 RTK（Real Time Kinematic；即時動態測量）進行測繪。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既有調查資料，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。

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 25-35 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，新化斷層有 7 處鑽探場址，計有農改場、畜產所 1 區、畜產所 2 區、畜產所 3 區、農田 1 區、農田 2 區、紡織廠；另外排鑽則位在畜產所 1 區的區域內進行。新城斷層有 2 處鑽探場址，計有頭份 1 區與頭份 2 區。因此，本計畫鑽探井數共有 33 口，總深度共 944.9 公尺；排鑽共有 7 口，總深度為 105.2 公尺（表 1-1，1-2）。

表 1-1、工作計量表。

調查項目	單位與數量
淺層鑽探	33 口井，井深共 944.9 公尺。 新化斷層：27 口井，共 784.9 公尺。 新城斷層：6 口井，共 160 公尺。
排鑽	7 口井，井深共 105.2 公尺。
碳十四定年	50 個標本。

表 1-2、鑽井位置表(TWD97)。

井名（淺層鑽探）	井號	X	Y	井深	高程	執行單位	年度
農改所 1 號	NGBH1	182546.411	2551169.82	25	29	臺大地質系	100
農改所 2 號	NGBH2	182514.661	2551201.819	25	30.23	臺大地質系	100
農改所 3 號	NGBH3	182559.574	2551157.791	30	27.7	臺大地質系	100
畜產所 1 區 1 號	1BH1	181718.368	2550816.277	25.2	23	臺大地質系	100
畜產所 1 區 2 號	1BH2	181711.446	2550783.976	30.4	22.01	臺大地質系	100
畜產所 1 區 3 號	1BH3	181716.629	2550799.724	35.3	22.64	臺大地質系	100
畜產所 2 區 1 號	2BH1	181413.449	2550671.951	25	19.01	臺大地質系	100
畜產所 2 區 2 號	2BH2	181389.723	2550708.101	25.4	20	臺大地質系	100
畜產所 2 區 3 號	2BH3	181396.949	2550700.04	30.4	19.9	臺大地質系	100

畜產所 2 區加深 1 號	2AH1	181413.449	2550671.951	32	19.06	臺大地質系	100
畜產所 2 區加深 2 號	2AH2	181389.723	2550708.101	36	19.44	臺大地質系	100
畜產所 3 區 1 號	3BH1	181575.368	2550778.727	30.2	21	臺大地質系	100
畜產所 3 區 2 號	3BH2	181573.073	2550693.542	30	18.7	臺大地質系	100
畜產所 3 區 3 號	3BH3	181574.693	2550739.718	30	19.59	臺大地質系	100
畜產所 3 區排鑽 1 號	3AH1	181572.944	2550708.296	35	18.74	臺大地質系	100
畜產所 3 區排鑽 1 號	3AH2	181574.177	2550722.911	40	19.07	臺大地質系	100
畜產所 3 區排鑽 1 號	3AH3	181573.432	2550754.651	30	20.21	臺大地質系	100
畜產所 3 區排鑽 1 號	3AH4	181574.911	2550764.534	30	20.78	臺大地質系	100
農田 1 區 1 號	F1BH1	179480.595	2550268.637	25	11	臺大地質系	100
農田 1 區 2 號	F1BH2	179479.976	2550279.709	25	11	臺大地質系	100
農田 1 區 3 號	F1BH3	179477.981	2550290.076	30	11	臺大地質系	100
農田 2 區 1 號	F2BH1	179127.836	2550293.752	25	10	臺大地質系	100
農田 2 區 2 號	F2BH2	179141.637	2550276.752	25	9.24	臺大地質系	100
農田 2 區 3 號	F2BH3	179132.854	2550257.123	30	9	臺大地質系	100
紡織廠 1 號	FGBH1	178282.611	2550084.399	25	9	臺大地質系	100
紡織廠 2 號	FGBH2	178280.315	2550054.465	25	9.64	臺大地質系	100
紡織廠 3 號	FGBH3	178287.691	2550026.174	30	9.9	臺大地質系	100
頭份 1 區 1 號	TF1BH1	243416.468	2733399.212	20	29	臺大地質系	100
頭份 1 區 2 號	TF1BH2	243428.398	2733393.393	25	30.23	臺大地質系	100
頭份 1 區 3 號	TF1BH3	243386.916	2733416.109	25	27.7	臺大地質系	100
頭份 2 區 1 號	TF2BH1	243344.253	2733137.409	40	23	臺大地質系	100
頭份 2 區 2 號	TF2BH2	243396.137	2733133.303	25	22.01	臺大地質系	100
頭份 2 區 3 號	TF2BH3	243372.28	2733132.131	25	22.64	臺大地質系	100
合計				944.9			

井名（排鑽）	井號	經度	緯度	井深	高程	執行單位	年度
畜產所 1 區排鑽 1 號	1AH1	181713.256	2550789.075	15	22.14	臺大地質系	100
畜產所 1 區排鑽 2 號	1AH2	181714.397	2550792.22	15	22.35	臺大地質系	100
畜產所 1 區排鑽 3 號	1AH3	181714.393	2550794.483	15	22.37	臺大地質系	100
畜產所 1 區排鑽 4 號	1AH4	181715.784	2550796.939	15	22.51	臺大地質系	100
畜產所 1 區排鑽 5 號	1AH5	181716.335	2550803.395	15.2	22.8	臺大地質系	100
畜產所 1 區排鑽 6 號	1AH6	181717.269	2550807.221	15	22.84	臺大地質系	100
畜產所 1 區排鑽 7 號	1AH7	181717.779	2550811.692	15	22.88	臺大地質系	100
合計				105.2			

1-2 碳十四定年

本計畫針對鑽井岩芯的年代研究，共計完成 54 個標本的碳十四定年（表 1-3）。

表 1-3、碳十四定年標本

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
1BH1-2(11.4m)	11.6	8300-8210	-2	-14~-23	3.2~4.4	Beta
1BH1-4(17.3m)	5.7	8600-8450	-4	-14~-26.5	2.9~4.2	Beta
1BH1-5(18.2m)	4.8	8900-8590	-4	-12.5~-42.5	2.5~5.8	Beta
1BH2-4(15.3m)	6.7	8640-8520	-2	-15.5~-27	2.8~4.1	Beta
1BH2-5(16.9m)	5.1	9010-8720	-4	-19~-31	3.2~4.5	Beta
1BH2-6(20.7m)	1.3	9000-8650	-4	-18~-31	2.7~4.0	Beta
1BH2-9(29.9m)	-7.9	>43500	-2			Beta
1BH3-1(3.9m)	18.7	6850-6660	-2	-3.5~-8.5	3.6~4.3	Beta
1BH3-2(4.2m)	18.4	7250-6990	-2	-4~-12	3.5~4.5	Beta
1BH3-3(8.15m)	14.5	7920-7680	-2	-9~-19	3.3~4.5	Beta
1BH3-4(13.95m)	8.7	9020-8660	-2	-17~-31	3.2~4.6	貴儀中心
1BH3-7(28.7m)	-6.1	10400-10200	-2	-38~-51	3.3~4.5	Beta
2BH1-6(14.7m)	4.3	8190-8010	-4	-11~-22	2.4~3.7	Beta
2BH2-1(3.2m)	16.8	6890-6670	-2	-3.5~-9	3.3~4.0	Beta
2BH2-7(18.4m)	1.6	8980-8740	-4	-19~-42	2.8~5.3	Beta

2BH3-3(4.5m)	15.4	7150-6800	-2	-4~-11	3.1~4.0	Beta
2BH3-6(5.7m)	14.2	7160-6910	-2	-4~-11	2.9~3.8	Beta
2AH1-6(19.8m)	-0.7	13340-13190	-4	-71.5~-78.5	5.7~6.2	Beta
2AH1-11(23.7m)	-4.6	9400-9100	-2	-25~-35	2.5~3.4	Beta
3BH1-1(3.05m)	18.0	6900-6740	-2	-4~-9	3.5~4.2	Beta
3BH1-8(24.1m)	-3.1	9610-9470	-2	-30~-37	3.1~3.7	Beta
3BH2-1(2.9m)	15.8	7160-6950	-2	-4~-11	3.1~4.0	Beta
3BH2-3(10.15m)	8.6	8290-8120	-2	-12~-23	2.8~4.0	Beta
3BH2-7(29.55m)	-10.9	10500-10250	-2	-38~-53	2.8~4.2	Beta
3BH3-4(6.2m)	13.4	7920-7680	-2	-9~-19	3.2~4.3	Beta
3BH3-8(18.45m)	1.1	16760-16560	-4	-107~-117	6.7~7.3	Beta
3BH3-10(21.8m)	-2.2		-2			貴儀中心
3BH3-11(25.9m)	-6.3		-2			貴儀中心
F1BH1-1(5.5m)	5.5	510-320	-2	0	15-23？	Beta
F1BH1-6(9.25m)	1.8	7270-7176	-2	-5~-12	1.2~2.2	Beta
F1BH1-9(13.85m)	-2.9	7950-7790	-2	-10~-19	1.2~2.3	Beta
F1BH1-10(19.15m)	-8.2	8450-8380	-2	-14.5~-24.5	1.0~2.2	Beta
F1BH3-7(9.45m)	1.6	4840-4580	-2	-1~-2	0.9~1.2	Beta
F1BH3-9(10.15m)	0.9	7230-6950	-2	-4~-12	1.0~2.1	Beta
F1BH3-15(24.95m)	-14.0	8590-8420	-4	-15~-26	0.6~1.9	Beta
F1BH3-16(29.2m)	-18.2		-4			貴儀中心
F2BH1-1(7.25m)	2.8	7150-6900	-2	-4~-11	1.3~2.2	Beta
F2BH1-4(9.6m)	0.4	7270-7430	-2	-6~-13.5	1.2~2.1	貴儀中心
F2BH2-6(19.4m)	-10.4	8360-8180	-2	-13~-23.5	0.6~1.8	Beta
F2BH3-3(9.0m)	0.2	7310-7160	-4	-5~-12.5	1.3~2.3	Beta
F2BH3-6(19.0m)	-9.8	8980-8600	-2	-17~-42	1.1~3.8	Beta
F2BH3-7(21.1m)	-11.9	8750-8550	-2	-17~-27	0.8~2.0	Beta
F2BH3-8(27.45m)	-18.2	9000-8630	-4	-18~-42	0.4~3.1	Beta
FGBH2-2(7.9m)	1.7	490-300	-2	0	7.6~12.5？	Beta
1AH5-02(14.1m)	8.7		-2			貴儀中心
1AH7-04(12.65m)	10.2	8360-8180	-2	-13~-23.5	3.1~4.3	Beta
3AH1-5(21.7m)	-3.0	9470-9280	-4	-27.5~-36	3.1~3.9	Beta
3AH1-6(27.1m)	-8.4	9910-9600	-2	-32~-43	2.7~3.7	Beta
3AH1-7(30.95m)	-12.2	10560-10270	-2	-38.5~-54	2.8~4.1	Beta
3AH2-4(25.6m)	-6.5	9680-9540	-2	-31~-39	2.8~3.6	Beta
3AH3-6(18.3m)	1.9	8770-8590	-4	-17~-28	2.7~3.9	Beta

3AH3-11(25.55m)	-5.3	9910-9560	-2	-31.5~-43	2.9~4.0	Beta
TF2BH1-2(12.5m)	54.9	＞43500				Beta
TF2BH2-2(15.25m)	55.8	44630-43710				Beta

第二章 新城斷層

2.1 前言

鳥居與吉田（Torii and Yoshida, 1931）首先命名新城斷層，斷層出露於頭份至關西之間，呈北東走向；頭前溪北側的斷層兩側地層都屬於頭嵙山層，頭前溪南側上盤地層為卓蘭層，下盤為頭嵙山層（Tang and Hsu, 1970）。本計畫調查結果，認為頭前溪北側的斷層區段應該歸屬新竹斷層，無論由斷層走向或垂直斷距而言，斷層性質較相似於新竹斷層（本計畫暫時還是以新城斷層視之）。斷層介於東北東走向的新竹斷層與斗煥坪－大平地斷層之間，斗煥坪斷層屬於逆衝兼右移斷層（Yang *et al*., 1997），震測剖面顯示新城斷層垂直位移量約450-700公尺（Tang, 1968）。新城斷層與寶山背斜位在兩條東北東走向斷層之間，斷層與褶皺構造可能受到斗煥坪與新竹斷層的右移作用造成的扭曲變形構造（wrenching deformation）影響。由航照判釋與野外地形分析，都認為斷層截切紅土階地，愈老紅土階地面的崖坡高差愈大，研判受到新城斷層多次活動變形所造成（Ku, 1968；Huang, 1984；Tang, 1968；石再添等，1983，1985；楊貴三，1986；楊貴三與蔡怡真，2003；塗明寬與陳文政，1990；何信昌，1994；張瑞津等，1999）。

新城斷層屬於逆衝斷層，從地形特性分析大致分為兩個區域，頭前溪以北，斷層跡通過新竹縣芎林鄉丘陵地，至關西的西南方，呈東北東走向，全長約12公里；斷層兩側都屬於頭嵙山層香山相地層（下盤為大茅埔礫岩與楊梅層照門段，上盤為楊梅層照鏡段；圖2-1），之前研究在此區域的斷層跡最不明顯，資料最缺乏。頭前溪以南區域，由竹東鎮向南延伸至苗栗縣頭份東北方，呈東北走向，長約16公里。斷層截切中港溪北岸的紅土階地，造成階地變位，斷層跡較明顯，研究資料也較豐富（Tang, 1968；Huang, 1984；塗明寬與陳文政，1990；張徽正等，1998；林啟文等，2005）。斷層下盤屬於楊梅層照鏡段，上盤為卓蘭層與楊梅層照鏡，斷層垂直錯移量最大區域位於頭前溪階地的東南側（圖2-1）。

過去針對新城斷層有諸多研究，地質地形、地球物理探勘、構造與古地震等。這都是提供本計畫調查過程中非常重要的參考資料，以下就各項研究作簡單敘述。

2.2 前人研究

2.2.1 地質地形

古兆禎（Ku, 1963）由航照判釋與石再添等（1985）地形分析，認為斷層通過頭前溪南岸的紅土階地，愈老紅土階面崖坡高差愈大，研判受新城斷層多次活動所造成。頭前溪南側形成一系列的紅土河階（Lt1- Lt3）與未紅土化河階（Ft1-Ft2；圖2-1）。新城斷層截切頭前溪南岸河階，並於不同的階地形成高度不等的斷層崖（Huang, 1984；盧詩丁等，2000；陳文山等，2003）。斷層兩側階面高度差如下，Lt3紅土階地為70公尺，Lt2紅土階地為55公尺，Lt1紅土階地為40公尺，Ft2階地為20公尺（陳文山等，2003）。從河階高度差來看，Lt3紅土階地沉積之後新城斷層的垂直位移量可達70公尺以上，Ft2階地沉積之後斷層的垂直位移量達20公尺。這些階地都與頭前溪平行排列，最老的Lt3紅土階地位於最南側，依序由南向北形成河階，最年輕的Ft1階地位於頭前溪的南岸（圖2-1），從階地分布推測可能因新城與新竹斷層活動，造成上盤的頭前溪南側河道抬升形成階地，並造成河道逐漸向北遷移。

新城斷層跡出露最明顯區域位在頭前溪至中港溪之間的竹東丘陵，此區域的斷層垂直斷距較大，約450-700公尺，上盤卓蘭層逆衝在頭嵙山層香山相之上（中國石油公司，1978，1994）。斷層垂直斷距朝兩側逐漸降低，所以頭前溪以北區域，斷層兩側的岩盤都屬於頭嵙山層香山相，斷層跡亦不明顯。

黃鑑水（Huang, 1984）針對新城斷層的斷層跡調查工作是目前最完整的研究，頭前溪以南至中港溪區域共發現10處斷層露頭（圖2-1）；斷層走向N33-86°E，朝西南傾斜32-54°，斷層帶寬度約1-50公尺；不同階地被錯移高度有15公尺與50公尺。其他研究主要描述頭前溪（中正橋下游約400公尺）南岸與河床出露的斷層剖面，走向為N56°E，向東南傾斜34°，斷層截切未紅土化階地（楊貴三與蔡

怡真，2003；石同生等，2003；陳文山等，2003；林啟文等，2005）。其餘斷層跡位置依據槽溝挖掘與鑽井岩芯來確定（石同生等，2003；陳文山等，2003）。

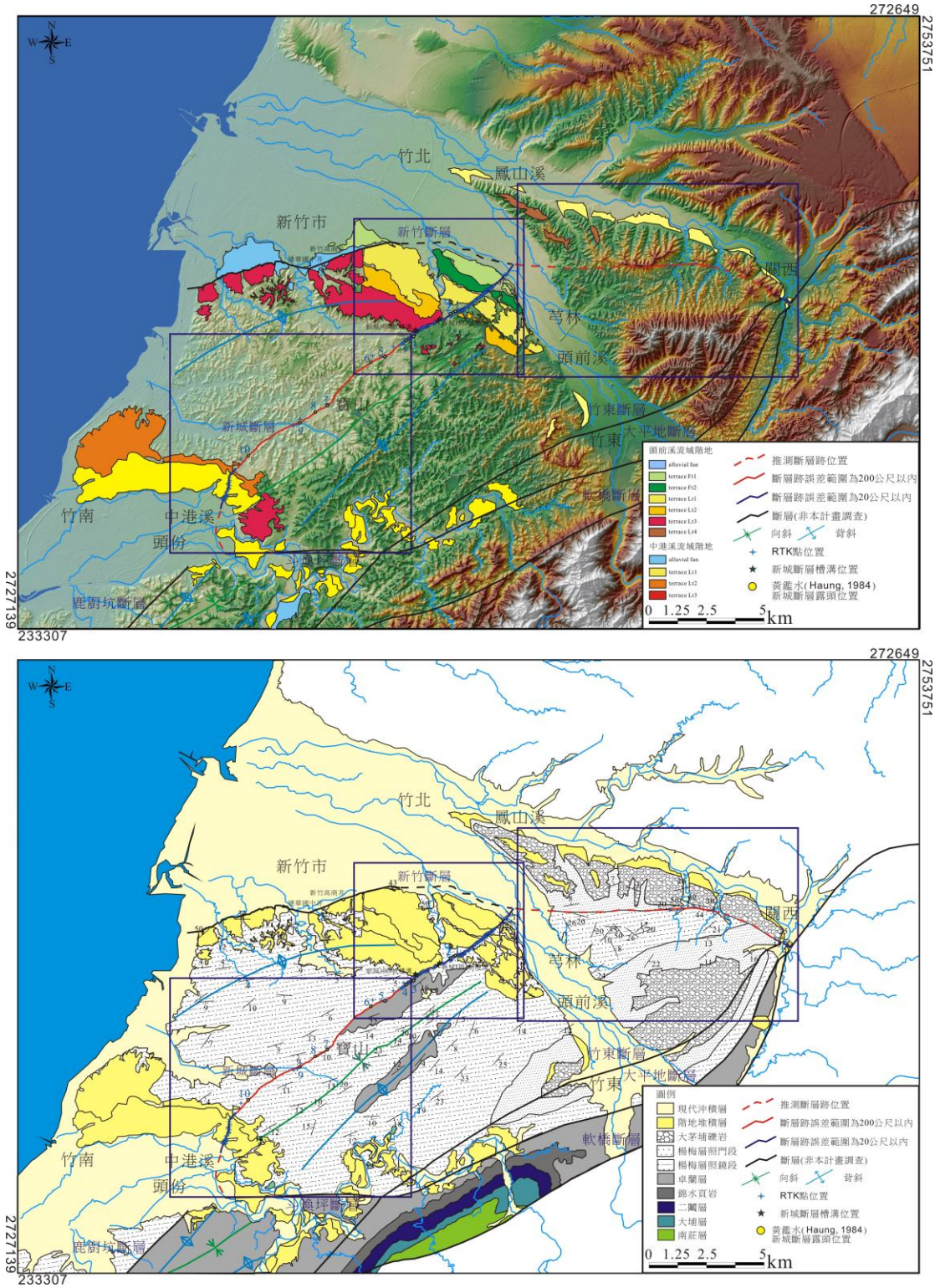


圖2-1、竹苗地區晚更新世的構造走向呈東北東，新竹斷層與新城斷層。此二斷層截切頭前溪南岸晚期更新世－全新世階地。紅色斷層線（新城斷層）沿線的黃

色圓圈為黃鑑水（Huang, 1984）調查發現斷層露頭地點（TWD67）。

2.2.2 地球物理探勘

中油油氣探勘調查在此區域共有三條反射震測剖面，橫跨新竹斷層、新城斷層、竹東斷層與大平地斷層（圖2-2，2-3，2-4；Namson, 1984）。震測剖面解釋有湯振輝與徐兆祥（圖2-5；Tang and Hsu, 1970），邱華燈（Chiu, 1971），Namson（圖2-2，2-3，2-4；1984），以及楊耿明等（圖2-6，2-7，2-8；Yang *et al.*, 1994；Yang *et al.*, 1996）。

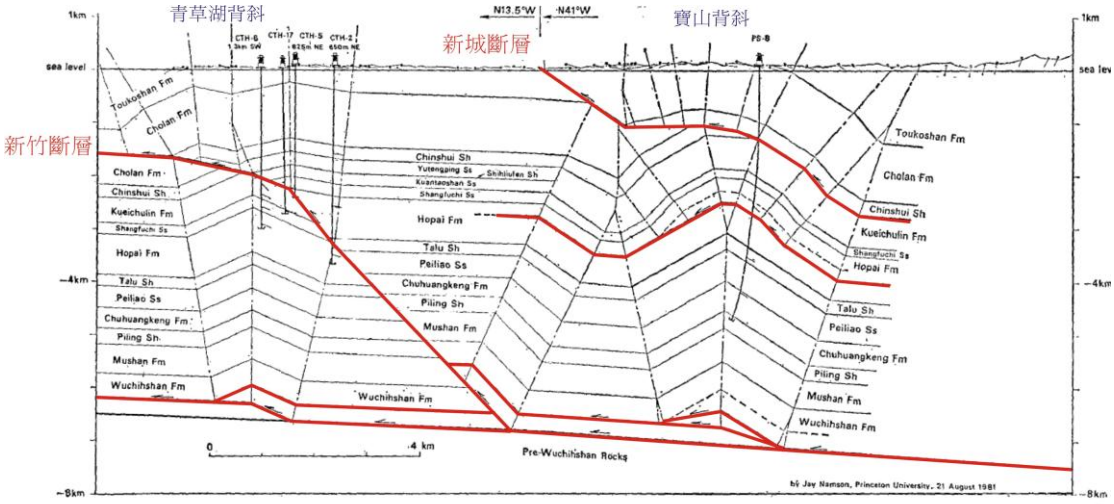


圖2-2、11-11`號剖面，竹東丘陵南側（Namson, 1984）。

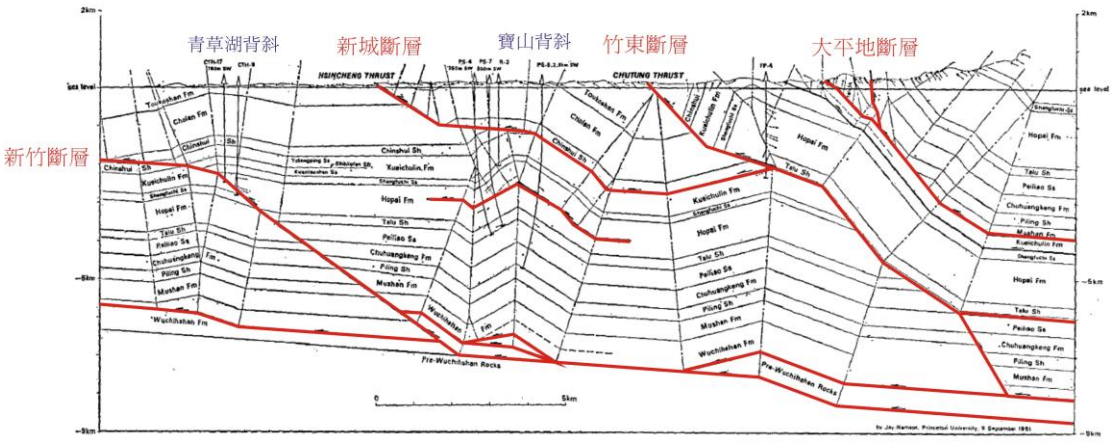


圖2-3、12-12`號剖面，竹東丘陵南側（Namson, 1984）。

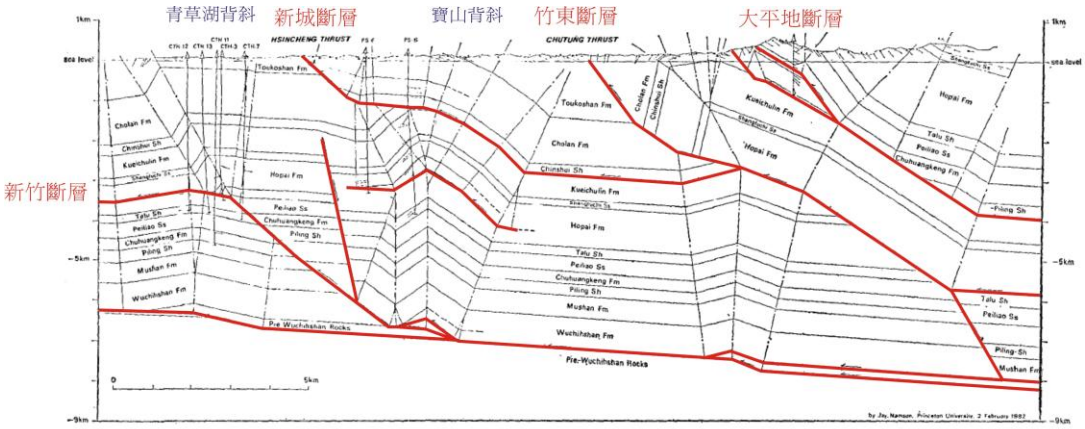


圖2-4、13-13`號剖面，竹東丘陵北側（Namson, 1984）。

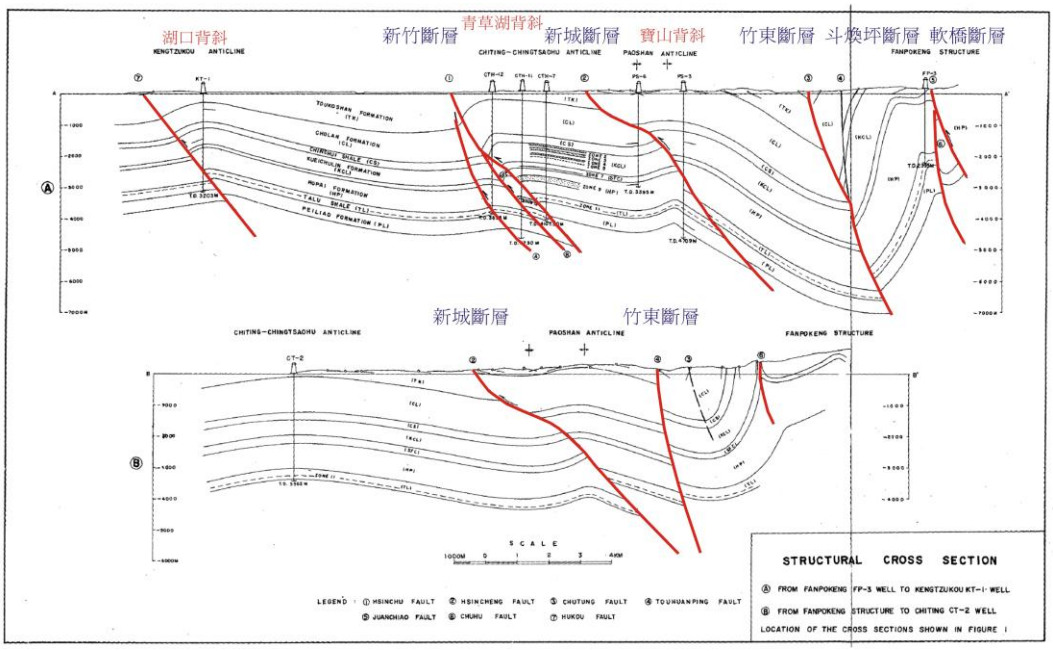


圖2-5、湯振輝與徐兆祥（Tang and Hsu, 1970）震測剖面。

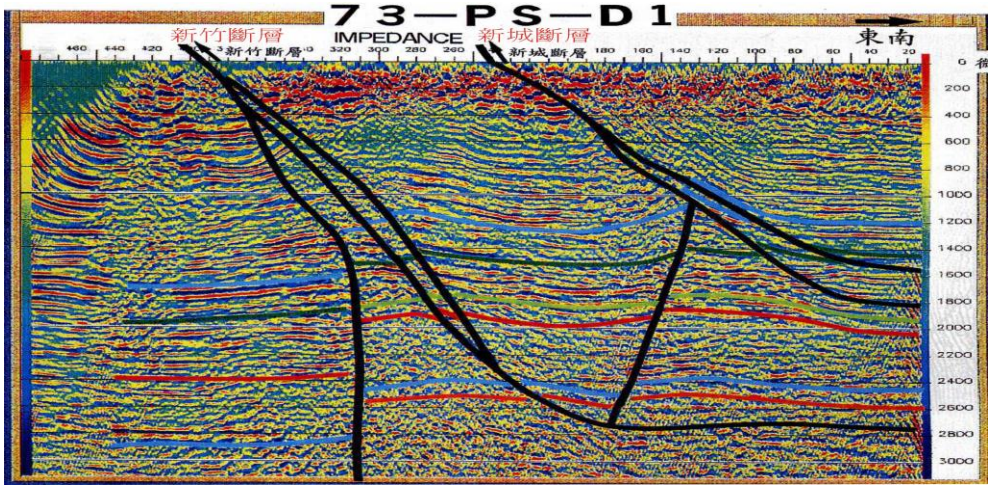


圖2-6、楊耿明等（Yang *et al.*, 1994；Yang *et al.*, 1996）73-PS-D1震測剖面。

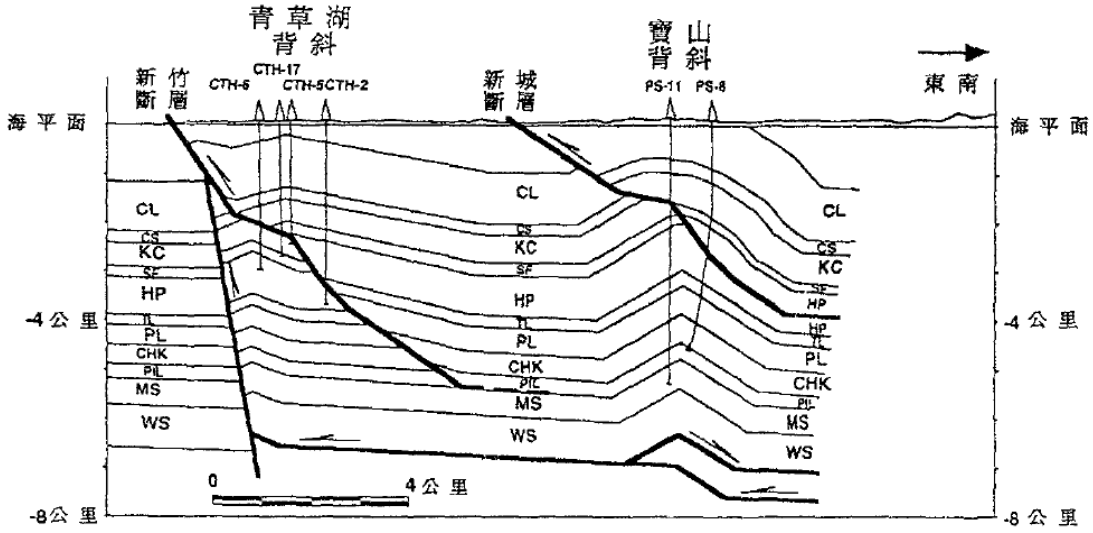


圖2-7、楊耿明等（Yang *et al.*, 1994）73-PS-D1震測剖面。

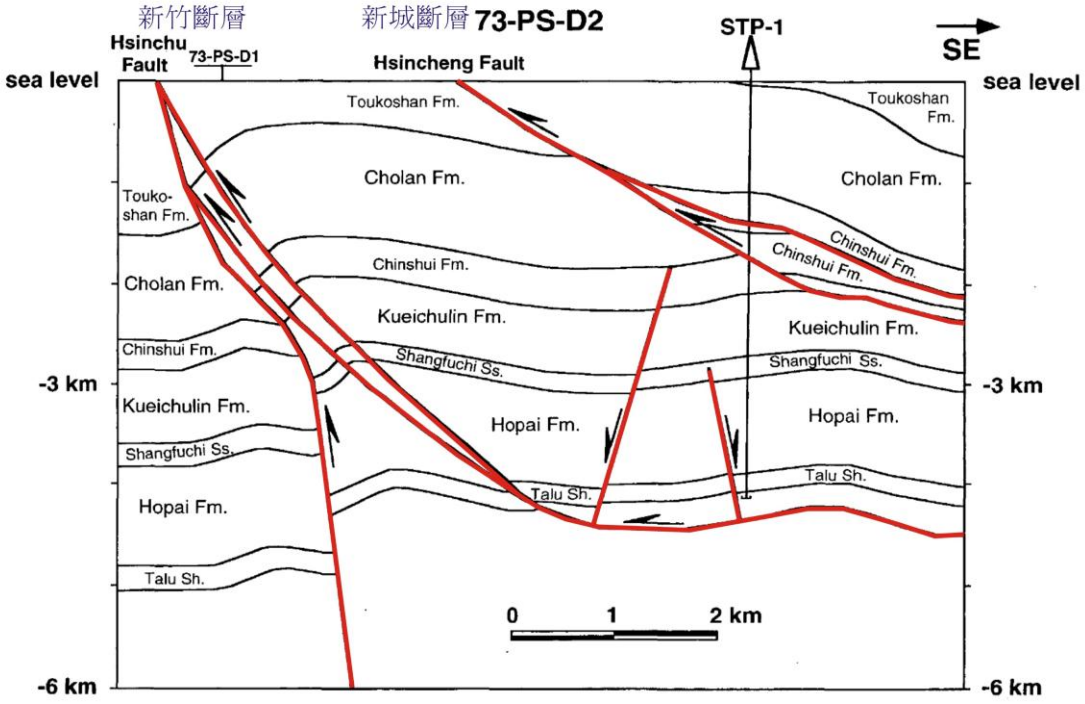


圖2-8、楊耿明等（Yang *et al.*, 1994；Yang *et al.*, 1996）73-PS-D2震測剖面。

震測剖面僅Namson（1984）與楊耿明等（Yang *et al.*, 1994）以平衡剖面方法解釋該地區的構造變形為斷層彎曲褶皺（fault-bend fold），其他研究則單純由震測圖解釋地下剖面斷層的位置與型態，但都認為新城斷層尖端已經截穿至地表，並於上盤形成寶山背斜，且斷層兩側地層有很大差異，下盤為頭嵙山層香山相（楊梅層照鏡段），上盤為卓蘭層，斷層垂直斷距約450-700公尺，但地下斷坡之上的垂直斷距約可達1000公尺（Yang *et al.*, 1994；楊耿明等，2002）。本研

究依據斷層垂直斷距認為頭前溪以北飛鳳山地區的斷層區段應該不屬於新城斷層，因為此區段的地表斷層垂直斷距約五百餘公尺。

2.2.3 古地震槽溝研究

雖然可利用新城斷層與各階地的截切關係，以及階地年代來估算斷層的長期活動速率。但如欲了解斷層近期的活動性或古地震時間，槽溝研究是唯一方法，經由槽溝挖掘剖面可以發現近期的古地震事件，並估算古地震事件的滑移量。陳文山等（2003）首先進行新城斷層的古地震研究，共開挖 3 處槽溝，都位於 Lt3 紅土階地的斷層崖（圖 2-1）。以下分別敘述 3 處槽溝以及 1 處野外露頭剖面的地層與構造特性，以及新城斷層的古地震事件與活動特性。

1 號槽溝（篤行營區，二度分帶座標 TWD67：251622, 2740536）

1 號槽溝位於篤行營區，槽溝開挖五階，長度約 150 公尺，深 10 公尺，寬 15 公尺（圖 2-9）。鑽探調查表示斷層兩側岩盤落差為 15 公尺，上盤屬於卓蘭層，下盤為頭嵙山層香山相砂岩。槽溝剖面上盤出露卓蘭層砂頁互岩層，上覆約 2 公尺厚河道礫石層。下盤沉積層由下而上分別為 1 公尺厚的河道礫石層、砂層（碳十四定年＞50,000 年）、透鏡狀河道礫石層、紅土砂泥層、湖泊相砂泥層與砂層（碳十四年代≤300 年），最上層的回填土層（圖 2-10）。



圖 2-9、1 號槽溝北牆，卓蘭層逆衝到晚期更新世的河流相砂礫層之上（二度分

帶座標 TWD67：251622, 2740536）。

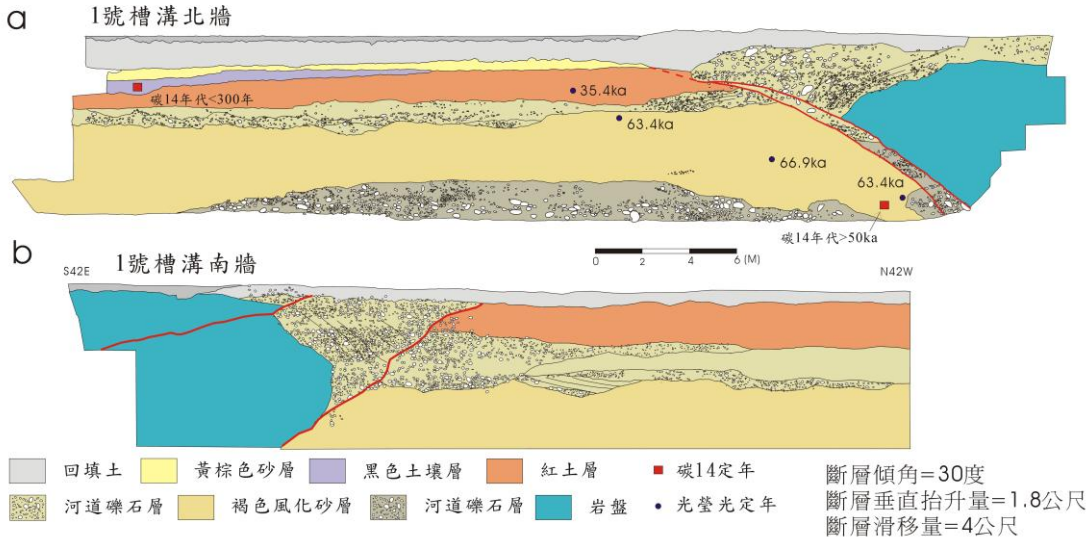


圖 2-10、a. 1 號槽溝北牆剖面，卓蘭層逆衝至晚更新世紅土與砂礫層之上，紅土層上覆沉積近代湖泊相砂泥層。b. 南牆剖面與北牆相似，但主斷層上盤有另一小斷層截切卓蘭層與上覆的砂礫層。

河道礫石層之上砂層的光螢光定年年代為 66.9 ka、63.4 ka 與 63.4 ka；與碳十四年代（碳十四定年＞50,000 年）吻合。砂層之上的透鏡狀河道礫石層含的礫石以砂岩為主，此河道沉積物屬於東側丘陵河流的堆積物，不屬於頭前溪沉積物，位於紅土層中的透鏡狀小河道礫石層的年代為 35.4 ka。由沉積層年代來看，1 號槽溝所處紅土台地形成年代約為 66.9-63.4 ka。

湖泊相砂泥層（黑色壤土層，黃棕色砂層）沉積於下盤紅土層之上，分為兩層，下部為含大量碳質黑泥，上部為砂層。湖泊沉積層總厚度約 1 公尺，砂層呈現塑性變形構造，如火焰構造、旋捲構造、砂管構造，顯示砂層沉積後產生液化現象（圖 2-11）。液化砂層位在下盤地表約 1-2 公尺深，被 1983 年的回填土層與含有瓷碗碎片的河道沉積層覆蓋。液化層年代＜300 年，顯然此處於近數百年之間曾遭受大地震影響。



圖 2-11、黑色泥層受到上覆砂層液化作用擾動形成不平整層面，砂層向下擠壓產生荷重構造，泥層形成旋捲或火焰構造。

地表受人為破壞，無法辨識斷層是否截切至地表，但斷層下盤的紅土層已被撓曲朝西傾斜，顯示紅土層形成之後斷層還持續活動。斷層走向 N88^{o} E、傾角 S30^{o}，上盤礫石層被拖曳至斷層帶（圖 2-10）。從斷層兩側層面對比，上層的砂岩質礫石層的垂直抬升量至少有 1.8 公尺，沿斷層面的最小滑移量約 4 公尺。上盤的另一截切岩盤的斷層，垂直滑移量約 50 公分，傾角 S40°。

2 號槽溝（篤行營區，二度分帶座標 TWD67：251683, 2740639）

2 號槽溝位於 1 號槽溝北側約 50 公尺，槽溝開挖二至三階，長度 30 公尺，深 4-6 公尺，寬 8 公尺。上盤岩層為卓蘭層砂頁互層，上覆約 2-4 公尺的沖積層，由下而上層序為淘選度良好的砂層、砂礫層、砂泥互層與紅壤層。下盤岩層與上盤相同，為砂泥互層與紅壤層。

斷層截穿至最表層的紅壤層，但表層遭受人為擾動，無法辨識是否截切至地表。從剖面的砂泥互層的錯移量來看，上下盤垂直落差 1.3 公尺，沿斷層面的最

小滑移量約 3 公尺，斷層傾角走向為 N55°E，S25°（圖 2-12）。主斷層上盤亦形成另一小斷層，切穿卓蘭層與砂層，但未截切砂礫層，但礫石層明顯受到撓曲，滑移量約 6 公分，傾角 S15°。

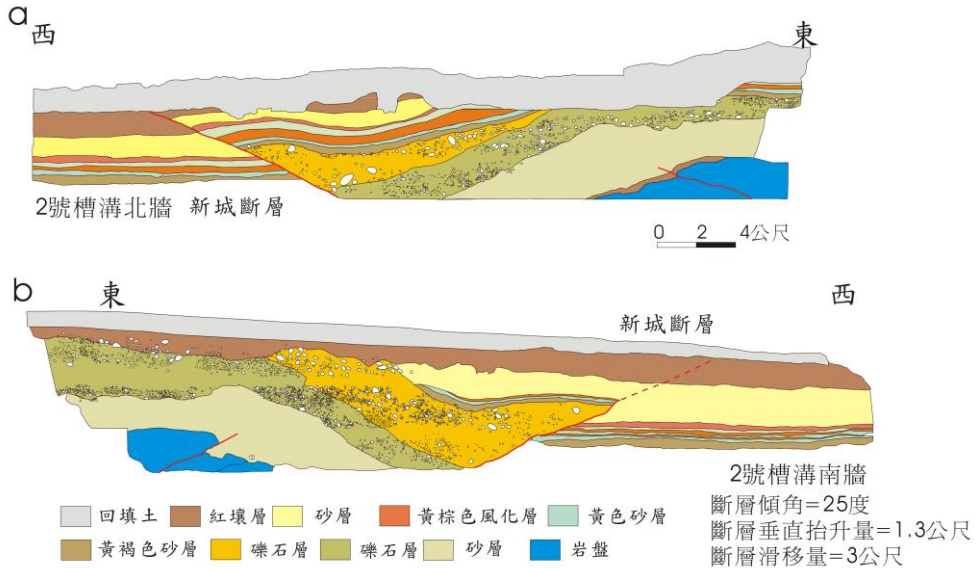


圖 2-12、2 號槽溝南北剖面都發現礫石層之上的砂泥互層被斷層錯移，主斷層上盤中亦有一剪切構造，截切卓蘭層與上覆的砂層（二度分帶座標 TWD67：251683, 2740639）。

3 號槽溝（寶山路，二度分帶座標 TWD67：250680, 2740086）

地層分為四層，最下兩層為黃褐色風化粉砂層，風化層中具有黑褐色風化紋。風化粉砂層之上為細粒的紅色土壤層，厚度不均下盤厚度較厚，表層屬於人為擾動的回填土（圖 2-13）。斷層出露於接近斷層崖下側（西側），槽溝剖面量測斷層走向 N44°E，傾角 S29°，接近地表處傾角遞減至 10°。紅土層受到斷層作用造成弧狀撓曲面。從斷層兩側紅土層層面對比，顯示逆衝斷層兩側地層具有 1.85 公尺垂直位移，沿斷層滑移量約 5.4 公尺（圖 2-13）。槽溝剖面中除了主斷層之外，下盤亦出露十數條小型剪切構造，剪切面傾向與新城斷層面相反，形成背衝剪切面。背衝剪切構造都被新城斷層所截切。由於主斷層不僅切穿紅土層，屬於較近的地震事件所造成。

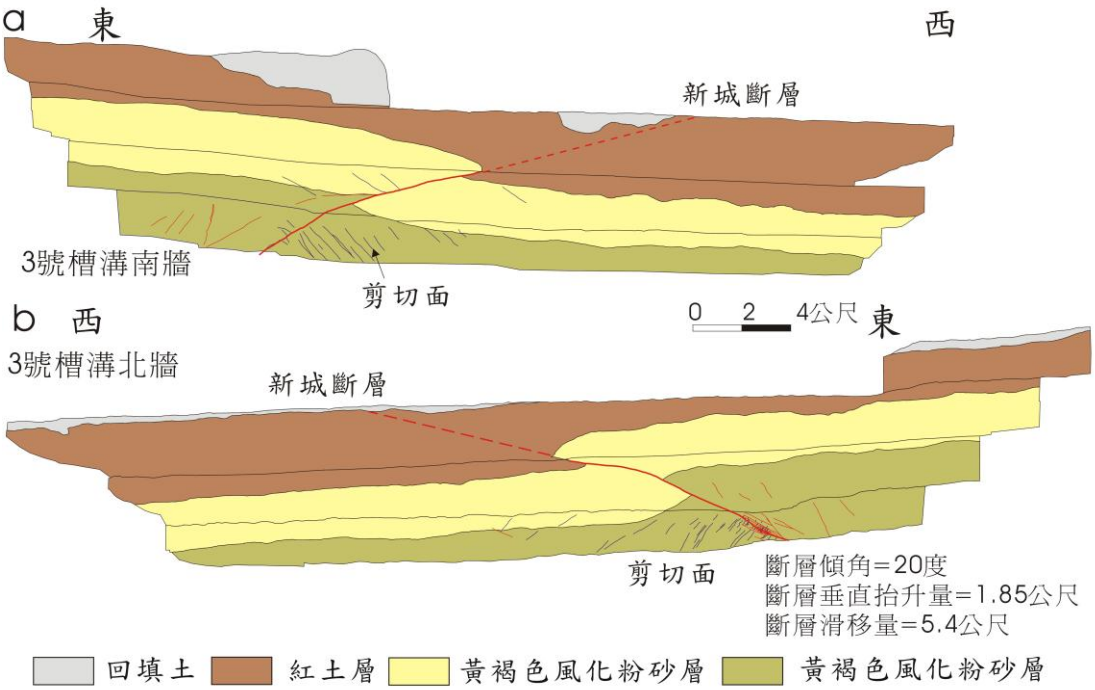


圖 2-13、3 號槽溝剖面的紅土層與粉砂層都被斷層截切，斷層下盤粉砂層具與主斷層反向的逆衝剪切構造，被向西逆衝主斷層截切（二度分帶座標 TWD67：250680, 2740086）。

頭前溪南岸露頭

露頭位於頭前溪南岸，中正橋下游約 400 公尺處，河床兩側清楚出露斷層露頭。河道北岸可見卓蘭層砂頁岩層逆衝至頭嵙山層香山相砂岩層之上，斷層剪切帶寬約 5 公尺。斷層傾角約 N50°E，地表斷層傾角 SE30°，斷層面擦痕顯示位移方向為 N40-60°W，屬於逆衝斷層（圖 2-14）。

頭前溪南岸露頭為 Ft1 河階，河拔高約 5 公尺。斷層截切河階礫石層，斷層兩側岩盤的垂直錯移量約 3.4 公尺，但是斷層被最上層近代砂礫層覆蓋，顯示近代形成的河階表面未受到斷層擾動，斷層走向約 N60°E，傾角 SE32°（圖 2-15）。



圖 2-14、頭前溪北岸新城斷層露頭，形成寬約 5 公尺斷層帶。上盤卓蘭層逆衝至近乎水平的香山相砂岩之上。



圖 2-15、新城斷層逆衝至 Ft2 河階礫石層之上，垂直錯移高度約 3.4 公尺，斷層尖端被現代沖積層覆蓋。

頭前溪南岸的 Ft1 階面在斷層兩側沒有明顯高差。Ft1 階地位於頭前溪的河拔高約數公尺的河岸，洪水時期階面會被淹沒。Ft1 面表層沉積層數十公分厚的內含物夾有塑膠物質，顯示近代頭前溪沉積物曾堆積至 Ft1 階面。所以頭前溪南岸 Ft1 階地的斷層兩側沒有呈現高差或斷層崖地形，原因是上盤的 Ft1 階地受到

近代河流沖蝕夷平，無法顯見斷層兩側的地形差異。新城斷層錯移的礫石層中採取一個漂木標本（圖 2-15），碳十四年代為 270±35 yr BP，代表礫石層屬於近 300 年以來的沉積層，也顯示新城斷層於近 300 年之內曾經活動（陳文山等，2003）。

從 3 處槽溝剖面的構造與沉積層的結構分析，新城斷層已截切至地表紅土層，造成紅土層擾動。限於槽溝地層屬於較老的 Lt3 紅土階地礫石層，以及地表已遭受人為擾動，無法從槽溝剖面分析古地震事件年代，但至少存在兩次古地震事件。之前研究，對於新城斷層活動性，與最近一次斷層活動時間並無詳細資料。從 FT1 階地的定年資料分析，新城斷層最近一次地震發生於 300 年以來。從台灣歷史地震紀錄來看，此期間在新竹地區發生的大地震共有三次紀錄，為西元 1811 年、1815 年與 1881 年。這三次地震都屬於規模較大地震，具有幾種特性，受震範圍遠達福建省與台灣南部地區，於桃竹苗地區造成重大傷亡，且陸續都有較大餘震（陳文山等，2002）。若以受震範圍評估地震規模，西元 1811 年與 1815 年地震可能屬於規模 7 以上大地震（蔡義本，1978；徐明同，1983；鄭世楠與葉永田，1989）。歷史地震紀錄分析，推測 1811 年與 1815 年之一地震可能與新城斷層最近一次的活動有關。而 1881 年地震可能不屬於新城斷層所造成。因為新竹地區於 1871 年已開始撰寫淡水廳志，假若 1881 年地震造成新竹地區的地表破裂，此時已有大量人口居住在新竹地區，必會造成重大的傷亡與建築物破壞，應該有非常詳細的文字記載。

由槽溝與野外剖面資料評估最近一次地震造成地表的抬升量，首先由頭前溪剖面來看，地表垂直抬升高度達 3.4 公尺。雖然槽溝的古地震事件都沒有年代資料，無法確定活動時間。但是頭前溪剖面的古地震事件是最近地震所造成，因此推測槽溝發現最近的古地震事件可能代表最近期地震造成的錯移。各槽溝於最近一次地震造成的垂直位移量，為 1.8 公尺（1 號槽溝）、1.3 公尺（2 號槽溝），與 1.85 公尺（3 號槽溝）。從上述評估最近地震造成的地表變形量約 1.3-1.85 公尺。此地表抬升量已可以比擬集集地震的地表變動，推測新城斷層的最近一次地震規模可能大於 7.0。另外，最老的 Lt3 紅土階地在新城斷層兩側形成的高差估

算階地形成後新城斷層的長期垂直抬升速率，Lt3 階地年代為 66.9-63.4 ka，斷層兩側高差為 70 公尺；以此估算抬升速率約 1.0 mm/yr。

2.3 斷層跡調查與 RTK 測量

本計畫其中之一調查目的，著重全線斷層跡與地形的勘查與斷層跡 RTK 測量，另外為斷層跡兩側的鑽井與古地震研究。依據鄰近新城斷層的地形特性，本研究劃分為三個區域來討論，一、頭前溪以北至鳳山溪以南區域，飛鳳山丘陵。二、頭前溪以南至寶山路南側區域，頭前溪階地。三、寶山路南側以南至中港溪，竹東丘陵區域。

一、頭前溪以北至鳳山溪以南的飛鳳山丘陵（圖 2-16）。此區域地形為頭嵙山層出露形成的丘陵地形，斷層兩側地層都屬於頭嵙山層（中油桃園－新竹圖幅，1978）。本研究認為此區段斷層應屬於新竹斷層，但本年度計畫還是依循原定為新城斷層來進行調查。此區域中僅有 115 縣道、竹 6-1 道路、竹 21 道路與竹 25 道路縱貫飛鳳山丘陵的東側，西側區域沒有任何道路截穿飛鳳山丘陵。因此，此區域調查除了沿這四條道路之外，還沿著斷層可能出露的河溝進行調查，主要在飛鳳山丘陵北側區域，即鳳山溪以南的各支流。由前人調查結果，表示此區段的斷層跡大致通過飛鳳山北側的稜線附近，地形陡峭且植被茂密，出露的露頭有限，能夠研判斷層跡的依據非常有限。大致上，僅依據斷層兩側地層岩性與岩層位態作研判，來界定可能斷層跡的位置。斷層下盤頭嵙山層的岩性為厚層礫岩（大茅埔礫岩）（圖 2-17），斷層上盤頭嵙山層香山相的岩性為厚層砂岩夾薄層泥岩（楊梅層照鏡段），上下盤的岩層位態大致相似，約呈現十幾度至二十幾度的傾斜，接近斷層帶時傾角則變陡。這些野外調查區域大致位於飛鳳山丘陵東側的支流河溝，經由野外的研判，依據岩性分佈逐漸縮小可能斷層跡出露範圍，本研究認為目前所訂定斷層跡位置的誤差範圍約在 100 公尺或 200 公尺之內。此區域唯一發現的斷層跡位於三號高速公路西側（新力里；圖 2-18）（林啟文等，

2005），二度分帶座標 TWD67：261654，2742970。另外，斷層最東端與大平地斷層交會處位於鳳山溪河道中的階地（十六張），階地有一與河流流向呈垂直的線形崖，崖坡走向呈北西 20°，與新城斷層走向相似，並形成反斜崖地形，階地岩盤屬於上盤的頭嵙山層香山相砂岩（楊梅層照門段），推測此階地崖可能為新城斷層形成的斷層崖（圖 2-19）。另一地點為頭前溪北岸（苳林）河階崖，此線形崖走向呈東西向，與頭前溪的流向垂直，研判此線形崖應為新城斷層產生的斷層崖（圖 2-16）。

此外，飛鳳山丘陵西側的斷層區段可能通過稜線附近，該地區沒有產業道路可到達，所以斷層跡僅能依據前人繪製的位置，斷層誤差範圍無法確定，可能有數百公尺範圍。

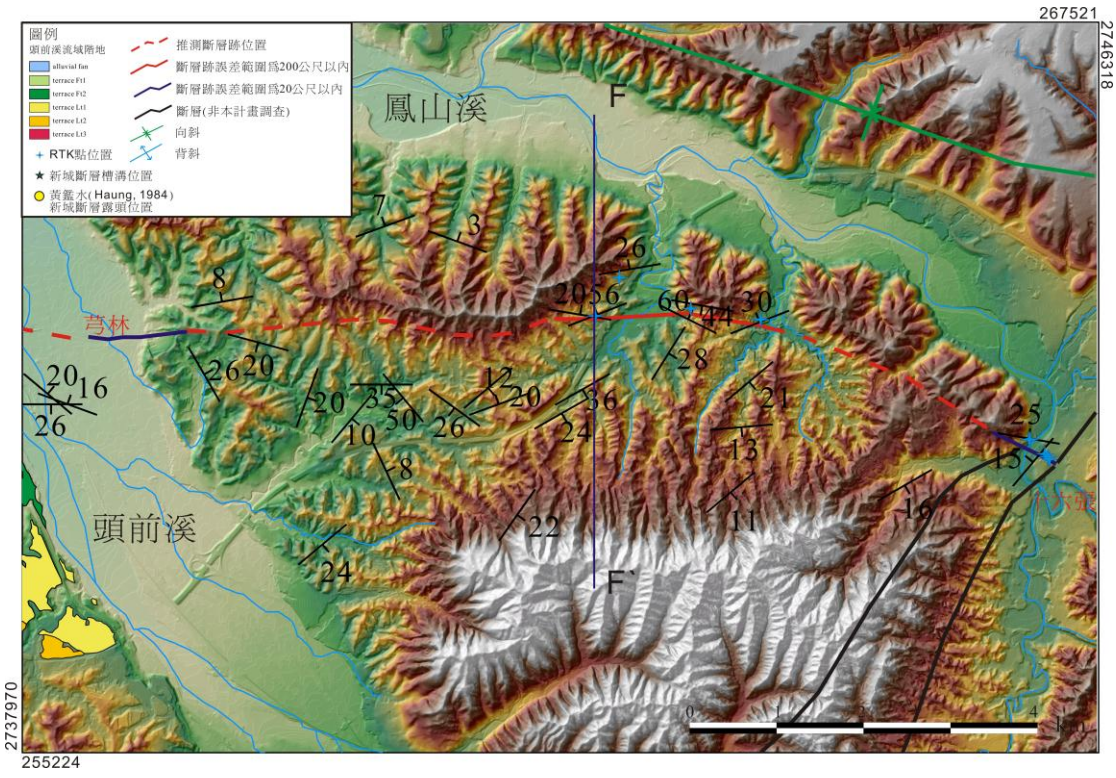


圖 2-16、飛鳳山丘陵地區，新城斷層位置圖（TWD67）。



圖 2-17、斷層下盤頭嵙山層的厚層礫岩（大茅埔礫岩）。

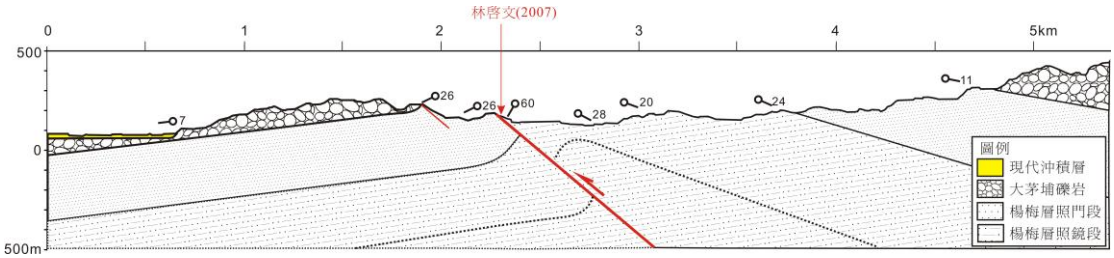


圖 2-18、此區域唯一發現的斷層跡位於三號高速公路西側（新力里），二度分帶座標 TWD67：261654，2742970。



圖 2-19、東光國小北側線形崖可能為新城斷層的斷層崖。

二、頭前溪以南至寶山路南側區域屬於頭前溪階地群，本區域為紅土化的高位階地與未紅土化的低位位階地。新城斷層截切此階地群，因此，地形特徵非常明顯，形成一線形的斷層崖（圖 2-20）。於先前調查中已有許多的鑽井與槽溝挖掘研究，大致上斷層跡位置即位在斷層崖坡的坡腳；且最近一次古地震事件發生在近三百年之內，所以崖坡受到侵蝕後退的距離應不大，但崖腳的斷層跡大都被崩積層覆蓋。所以，此區域的斷層跡除了依據先前槽溝挖掘出露的斷層跡與鑽井位置，以及野外出露剖面位置來訂定之外（石同生等，2003；陳文山等，2003；Huang, 1984），斷層跡位置則以崖坡的坡腳為基準，進行 RTK 測量。除上述的槽溝挖掘、鑽井與野外露頭有明確的斷層跡位置之外，其餘以斷層崖坡坡腳為基準。測量斷層跡的誤差，本研究認為約在兩側各 10 公尺的範圍之內。

此區段斷層截切頭前溪南岸的階地群（圖 2-20；高峰面 LT3、仙宮面 LT2、關東橋面 LT1、下員山面 FT2、麻園肚面 FT1；張瑞津等，2002），斷層兩側河階受斷層錯移的垂直高差分別為 85 m、60 m、40 m、20 m、3.4 m（劉力豪，2004）。

斷層跡共七個地點有明確的位置，1、頭前溪南岸（圖 2-14，2-15），2、柯

湖路 Lt2 階地崖的鑽探剖面（A-A`，B-B`剖面，圖 2-20，2-21）。3、柯湖路的 Lt2 階地之上，排鑽所示的地下構造剖面（圖 2-21），顯示地下斷層帶的位態為下部斷層角度約 45º，上部斷層角度約 15º，斷層跡應位在斷層崖的坡腳。4、Lt2 階地之上的排鑽所示，未鑽至斷層帶，但依據柯湖路的結果，斷層跡應同樣位於坡腳處的小階地崖坡腳。5、柯湖溪（路）的 Lt2 階地南側剖面（圖 2-20 的 site 2；Huang, 1984）。此露頭為圖 2-20 中的第 2 點，位於柯湖溪北岸 Lt2 階地下方剖面，之前可見卓蘭層逆衝至階地礫石層之上，但現今剖面僅見部份的卓蘭層與礫石層，斷層帶已被茂密的植被覆蓋，不可見。6、力行營區中的 1 號與 2 號槽溝，（圖 2-9、2-10、2-12）。7、新竹科學園區南側四面佛的 3 號槽溝，寶山路南側（圖 2-13）。

三、寶山路南側以南至中港溪，竹東丘陵區域（圖 2-23）。此區域主要依據黃鑑水（Huang, 1984）調查資料，由於許多地點已被人為改造（護坡與社區開發），以及植被等問題，未發現斷層露頭，僅依據斷層兩側的岩層位態與岩性作為研判，並進行斷層條帶地質的精查與量測（圖 2-24）。

其餘的斷層跡都未見出露的露頭，僅依據斷層兩側的岩性與岩層位態差異，以及地形特徵研判斷層跡位置，僅數個地點在斷層帶的鄰近岩層具有局部的剪切構造，以及岩性與岩層位態的變異。此區域斷層跡的誤差範圍估計，在黃鑑水（Huang, 1984）調查點而言，誤差範圍應在 100 公尺之內，而其間連接線的誤差範圍，推測應達 200 公尺。

此外，斷層跡延伸至中港溪北岸，截切 Lt 階地，形成一明顯的線形崖，本計畫此進行鑽井，確定此線形崖為斷層崖；此段斷層誤差範圍應在 20 公尺之內。

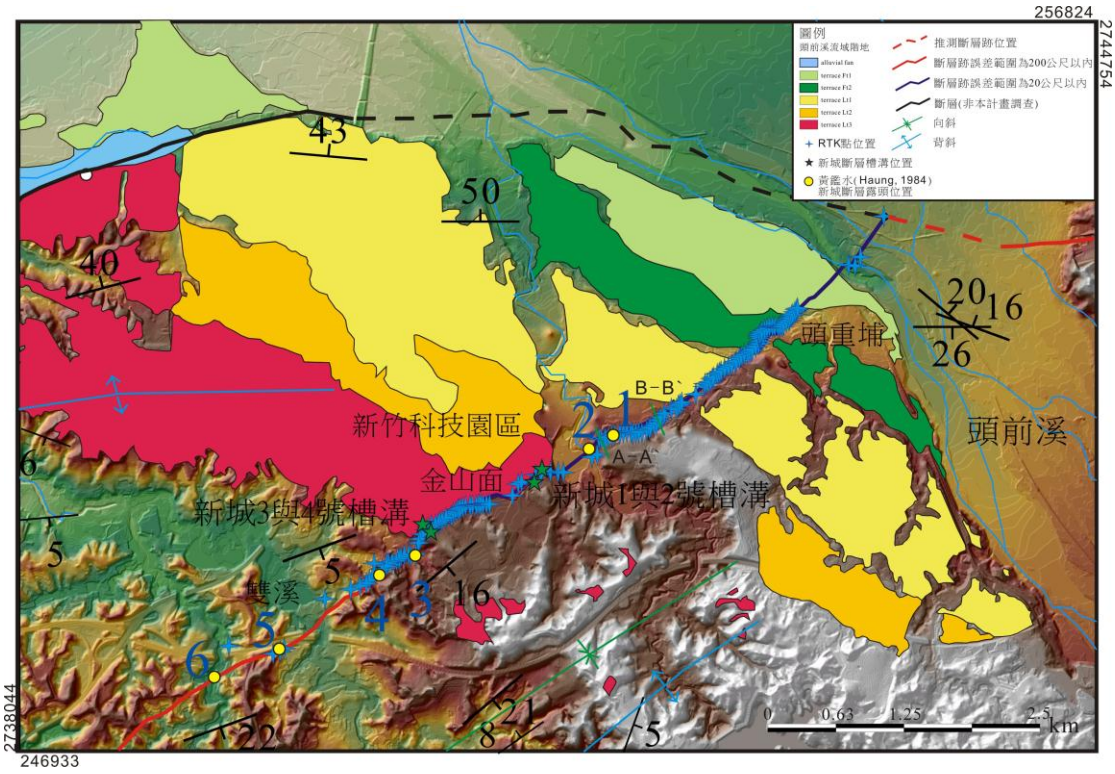


圖 2-20、頭前溪南岸，新城斷層截切 Lt 與 Ft 河階（TWD67）。

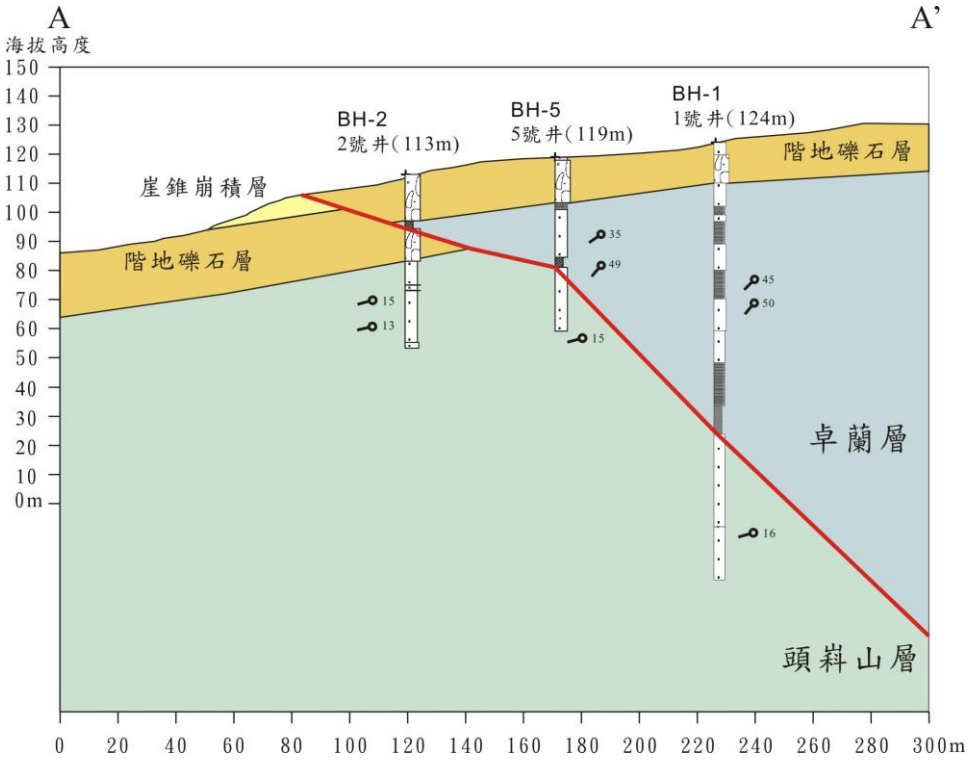


圖 2-21、A-A`剖面地下構造剖面圖（位置於圖 2-20）。

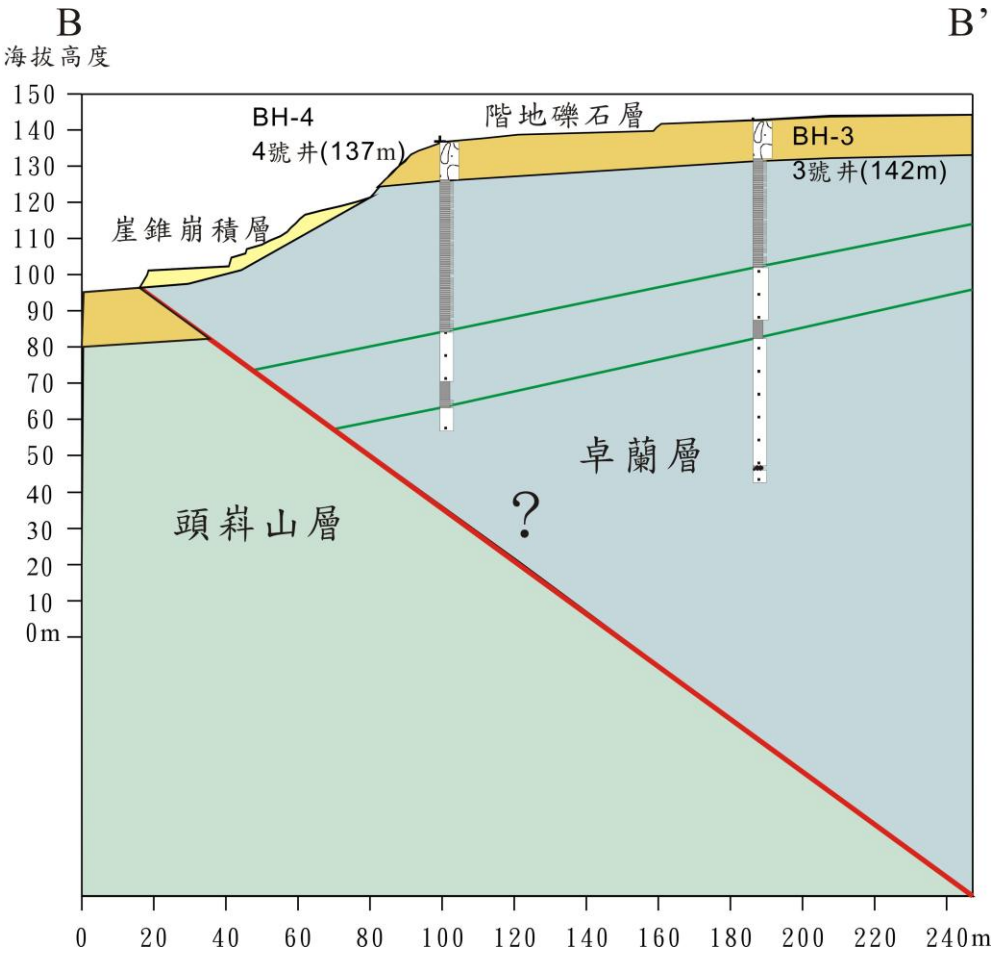


圖 2-22、B-B`剖面地下構造剖面圖（位置於圖 2-20）。

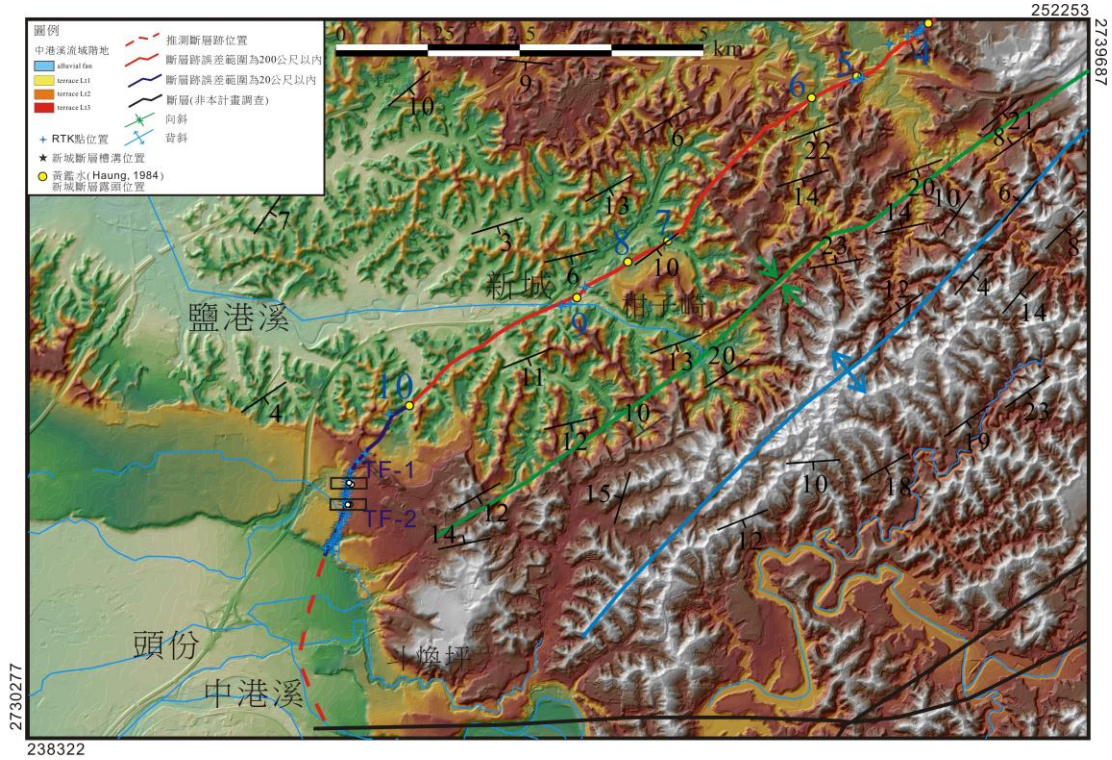


圖 2-23、寶山路南側，新城斷層條帶地質調查圖（TWD67）。

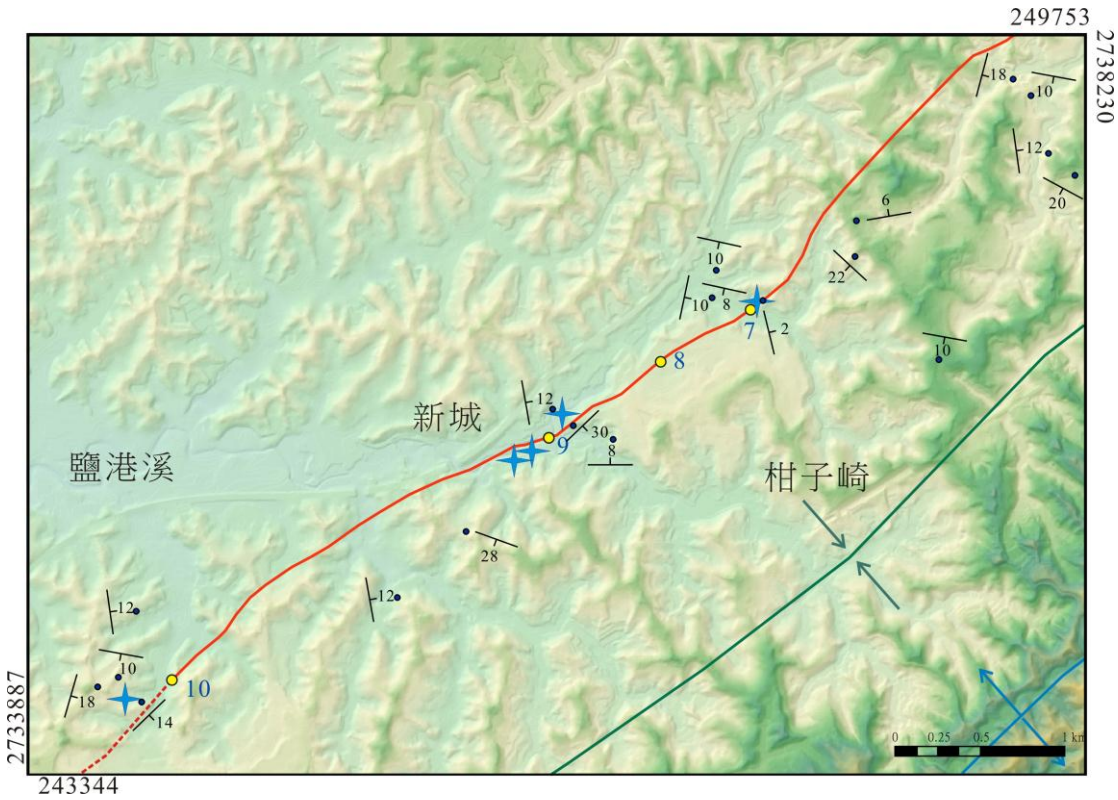


圖 2-24、中港溪北側，新城斷層條帶地質調查圖（TWD67），圖例如圖 2-23。

2.4 斷層帶鑽井與岩芯紀錄

本計畫以鑽井確定斷層跡位置的調查有一處，位於中港溪北岸紅土化階地的線形崖兩側。其他區域由於諸多因素故沒有進行鑽探，最北側飛鳳山丘陵區，因鑽探機具無法到達山區，所以沒有選擇鑽探場址。竹東丘陵區，除了黃鑑水（Huang, 1984）確定的斷層跡位置之外，其餘都位於山區，斷層跡研判較為困難，斷層跡兩側岩性與位態有時差異不大，且鑽探機具無法到達，沒有進行鑽探。頭前溪階地區域，由於確定斷層跡位置的地點有七處，以及存在明顯的斷層線形崖地形，所以不須再經由鑽探來確定位置。本計畫在中港溪北岸（新城斷層最南端）的階地，存在一約呈南北走向的線形崖進行鑽探。黃鑑水（Huang, 1984）訂定新城斷層南端位在此線形崖西側，地調所的新城斷層條帶地質圖亦將斷層跡訂定在同樣位置，於下坪的北東向河谷中（與國道1號公路相交）。雖然，該區域有諸多的鑽探，也由井下岩盤地層中發現一些剪切帶構造，但仍無法研判是否為

新城斷層。本研究基於南端新城斷層的位置，以及此階地崖與中港溪的流向垂直，研判此線形崖應不是河流侵蝕所造成的侵蝕崖（圖2-25）。所以在線形崖兩側選擇兩個場址進行鑽探。



圖2-25、中港溪北側線形崖的崖坡（朝西），頭份1區場址。

2.4.1 頭份1區（FT-1）

頭份1區（TF-1）位於線形崖的北側，共有三口鑽井（圖2-23；附錄一），垂直線形崖進行鑽探，頭份BH-2井位在現今的坡腳，BH-1與BH-3井位在較西側（圖2-26）。BH-2井在深度7.7-8.3公尺（剪切面角度約44°），之上7.0-7.7公尺（剪切面角度約60°）與3.0-3.3公尺（剪切面角度約40-50°）也具有剪切帶。其中以7.7-8.3公尺深的剪切帶為主斷層帶位置，其上為頭嵙山層香山相砂岩（0.9-7.7公尺，楊梅層照鏡段）逆衝在土壤化礫石層之上（TF1BH2井，附錄一，106頁）。7.7公尺深以下為河階堆積層，上部為礫石層，最下部為頭嵙山層香山相砂岩。從上下兩層頭嵙山層香山相砂岩的深度分析，斷層的垂直錯距約7公尺。

BH-1與BH-3井的沉積沉積層序相似，上層為薄層礫石層，之下為砂泥層與礫石層，最下部為頭嵙山層香山相砂岩。BH-1井位在BH-2井西側約15公尺，下

部的礫石層與頭嵙山層香山相砂岩的深度大致相似。但是，BH-1井上部砂泥層在2.7-3.1公尺深具有剪切構造。BH-1井的剪切帶與BH-2井剪切帶應屬於同一剪切帶構造，斷層面角度為25°。

從上述三口岩芯紀錄來看，BH-3井位於下盤，BH-1井位於斷層尖端，BH-2井則位於上盤。但現今的崖腳位置位在BH-1井，顯然此崖已被人為修飾後退十數公尺。

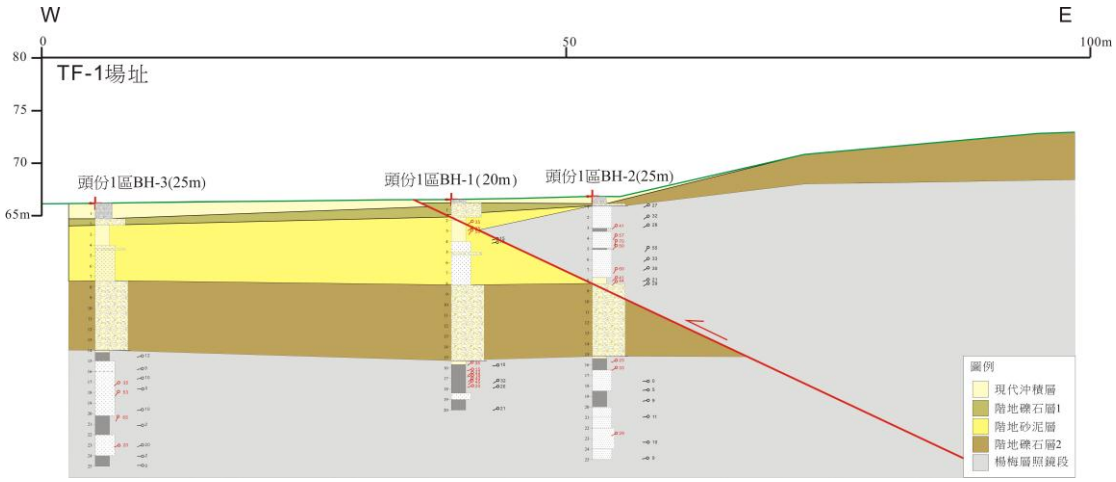


圖2-26、頭份1區鑽井，BH-1與BH-2井鑽至斷層帶，斷層面傾角朝東25°。

2.4.2 頭份2區（FT-2）

頭份2區（TF-2）位於線形崖的中段，共有三口鑽井（圖2-23；附錄一），垂直線形崖，頭份BH-2井位在現今的坡腳，BH-1井位在西側，BH-3位在東側（圖2-27）。三口鑽井岩芯的礫石與砂泥沉積層未見剪切構造，且層面近乎水平，地層都可以對比，但下部的頭嵙山層香山相（楊梅層照鏡段）砂岩則具有剪切構造。推測斷層還位於東側的現今坡崖上，此處地形面以遭人為修飾。

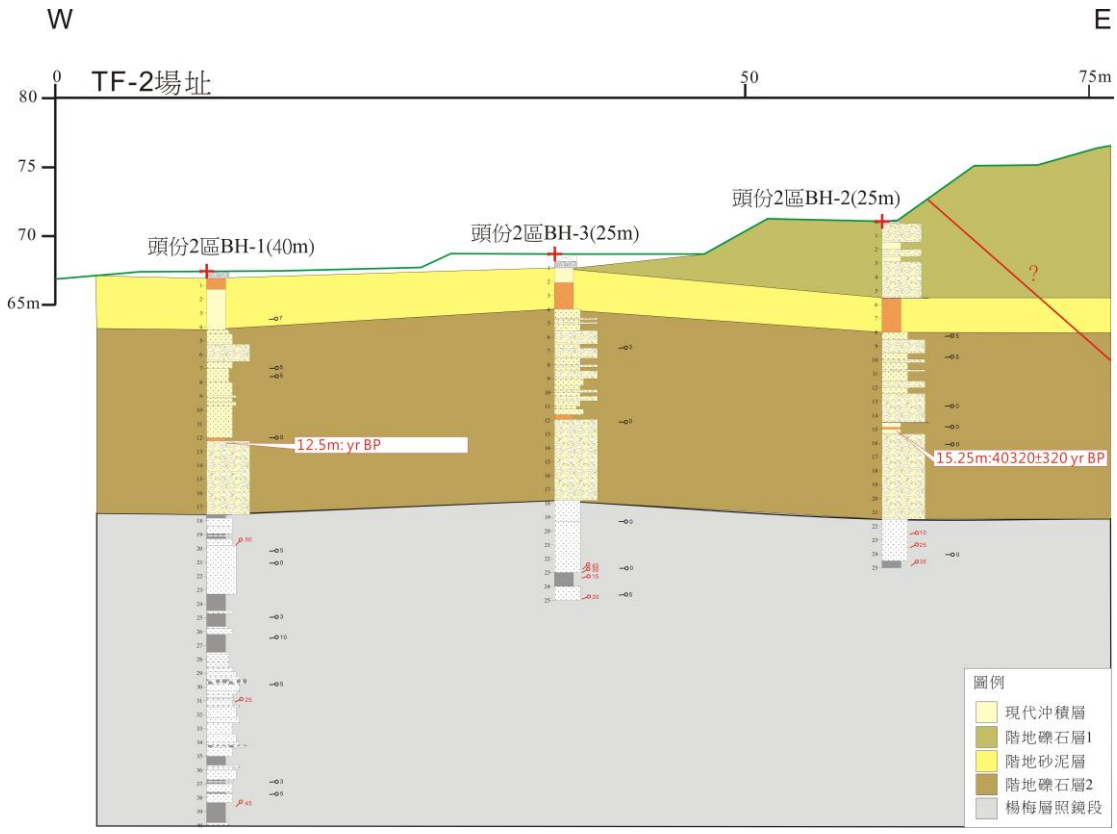


圖2-27、頭份2區鑽井，BH-1、BH-2與BH-3井位於斷層下盤。

2.5 結論

本研究針對新城斷層精確位置調查，由地形特性分析，劃分為三個區域來討論，一、頭前溪以北至鳳山溪以南區域的飛鳳山丘陵。二、頭前溪以南至寶山路南側區域的頭前溪階地。三、寶山路南側以南至中港溪的竹東丘陵區域。

飛鳳山丘陵屬於丘陵山地，可以研判斷層跡位置的地形特性非常有限。目前的調查僅有幾個區域的地形特徵與露頭較為明確，斷層跡東西兩端的十六張（東）與芎林（西）的河階崖，以及新力里的三號高速公路西側河谷的斷層露頭（林啟文等，2005）；此區域有兩條南北流向河谷，依據岩性與岩層傾向，大致可以推斷斷層位置約在 200 公尺範圍以內。

頭前溪以南至寶山路南側的頭前溪階地，此區域斷層截切河階，形成明顯的斷層崖地形，且先前的槽溝挖掘以及鑽探調查，斷層跡的範圍可以侷限在 20 公

尺以內。

寶山路南側以南至中港溪的竹東丘陵區域，此區域屬於丘陵地形，斷層跡較不明顯，主要依據黃鑑水（Huang, 1984）調查的八處露頭，以及本研究在南段河階崖的鑽探。丘陵地區的斷層誤差範圍大約可以侷限於 200 公尺以內，但是斷層露頭點之間位於丘陵山區的誤差可能較大。中港溪北岸河階崖（斷層崖）的誤差範圍約 20 公尺之內。

此外，由頭份 1 區的鑽井岩芯分析，此區域斷層的傾角約 25°，垂直斷距約 20 公尺，抬升速率為 0.46 mm/yr，斷層面滑移速率為 1.1 mm/yr。

參考文獻

中國石油公司台探總處（1994）桃園地質圖（1:100,000），中國石油公司出版。

丁信修、楊耿明、吳榮章（2002）新竹斷層面的特性。台灣石油地質，第 35 期，77-96 頁。

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，經濟部中央地調所特刊，第十四號，第 37-52 頁。

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

石再添、鄧國雄、張瑞津、楊貴三（1985）竹東台地的活動斷層與地形面。國立台灣師範大學地理教育，第 9 期，1-16 頁。

何信昌（1994）苗栗圖幅，圖幅第十二號。經濟部中央地質調查所，共 69 頁。

李元希、石同生、盧詩丁、林燕慧、林偉雄（2002）新城斷層與新竹斷層活動性研究。「台灣之第四紀」第九次研討會論文集，12-15 頁。

林啟文、鍾瑋、侯進雄（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。

林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧（2007）臺灣北部的活動斷層。經濟部中央地質調查所特刊，第十九號。

徐明同（1983）明清時代破壞性大地震規模之震度評估。中央氣象局氣象學報，第 29 卷，第 4 期，1-18 頁。

張瑞津、鄧國雄、劉明錡（1999）頭前溪階地之地形學研究。地理研究報告，第 31 期，61-81 頁。

張瑞津、沈淑敏、楊貴三（2002）地震地質調查及活動斷層資料庫建置：槽溝開挖與古地震研究計畫(1/5)－北部地區河階地形資料庫建置。經濟部中央地質調查所報告第 91-7 號，共 96 頁。

陳文山、李錫堤、陳于高（2002）槽溝開挖與古地震研究計畫(1/5)經濟部中央地質調查所「地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫」，九十一年度報告（上），共 97 頁。

陳文山、劉力豪、顏一勤、楊小青、李龍昇、游能悌、張徽正、石瑞銓、陳于高、李元希、林偉雄、石同生、盧詩丁（2003）新城斷層的古地震研究。經濟部中央地質調查所特刊。第十四號，第 11-23 頁。

蔡義本（1978）二十世紀以前台灣西部強烈地震之回顧。科學月刊，第 9 卷，第 11 期，31-35 頁。

楊貴三（1986）台灣活斷層的地形學研究－討論活斷層與地形面的關係。私立中國文化大學地學研究所博士論文，共 178 頁。

楊貴三、蔡怡真（2003）：台灣北部新竹與新城斷層之地形學研究，中央地質調查所特刊，第 14 號，25-35 頁。

楊耿明、洪日豪、饒瑞鈞、吳榮章、黃旭燦、梅文威、丁信修、徐祥宏、蔡錦椿（2002）斷層活動性觀測與地震潛勢評估調查研究：台灣陸上斷層帶地質構造與地殼變形調查研究(3/5)－新城斷層及其附近地區，經濟部地質調查所，52 頁。

鄭世楠、葉永田（1989）西元 1604 年至 1988 年台灣地震目錄。中央研究院地球科學所，共 255 頁。

劉力豪（2004）竹東丘陵的活動斷層古地震及相關活動性研究。台灣大學地質科學系碩士論文，共 90 頁。

劉桓吉（1989）新竹圖幅，圖幅第六號。經濟部中央地質調查所，共 53 頁。

塗明寬、陳文政（1990）中壢圖幅，圖幅第七號。經濟部中央地質調查所，共 31 頁。

盧詩丁、石同生、林啟文、黃文正、陳華玟、李元希、陳致信、張徽正（2000）台灣北部新竹地區活動斷層調查。中國地質學會年度論文集，308-310 頁。

Bolt, B.A. (1999) Earthquakes, (ed. by Bruce A. Bolt), W.H. Freeman and Company,

New York, p.235-237.

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

Huang, C.S. (1984) Quaternary faults in the coastal area between Hsinchu and Chunan, northwestern Taiwan, *Spec. Publ. Cent. Geol. Surv*., 3, 103-126.

Ku, C.C. (1963) Photogeologic study of terraces in northwestern Taiwan, *Mem. Geol. Soc. China*, 6, 89-92.

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. (1968) Photogeological observations on the low hilly terrain and coastal plain area of Hsinchu, Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 6, 71-79.

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

Torii, K., Yoshida, K. (1931) Report of the geological survey of the Miaoli and Chutung oil fields, Bureau of Productive Industries, Government-General of Taiwan, Publ. no, 585.

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

Yang, K.M., Ting, H.H., Wu, J.C., Chi, W.R. (1997) Geological model for complex structures and its implications for hydrocarbon exploration in northwestern Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 31, 1-42.

第三章 新化斷層

3.1 前言

1946 年 12 月 5 日晨 6 時 47 分，台南發生強烈地震，震央位於台南市東北方 15 公里的新化鎮那拔林，震源深度約 5 公里，預估地震規模為 M_L6.3。地震災害造成 74 人死亡，474 人受傷，房屋全倒 1971 棟，以永康鄉鹽行、烏水橋，埔子，以及新化鎮北勢等村的災情最為慘重（張麗旭等，1947）。

張麗旭等（1947）稱地表破裂為新化地震斷層（Hsinhua earthquake fault），斷層破裂帶起自那拔林，南至新化溪北 2 公里的北勢，長約 6 公里，走向為北 70° 東。北勢以西，斷層走向的延伸方向，地表出現許多地表變動遺跡，如噴砂、西北走向（北 30-60° 西）的地裂與地表撓曲（圖 3-1）。斷層屬於右移斷層，同震變形最大右移量為 2.0 公尺，最大垂直抬升量 0.76 公尺（行政院農業委員會畜產試驗所），斜移量可達 2.14 公尺，東南側為下降側（張麗旭等，1947）。由於新化斷層為歷史地震斷層，因此中央地質調查所的活動斷層分類屬於第一類活動斷層（張徽正等，1998；林啟文等，2000，2007）。本調查將以張麗旭等（1947）的台南大地震地變圖為依據，並參考之後的古地震研究資料（陳文山等，2002，2004；李錫堤等，2000），地球物理資料（邱朝聰，1997；石瑞銓等，1998，2003；黃勝群等，2004）；重新調查並選取槽溝挖掘地點以及鑽探孔位，來瞭解新化斷層位置以及古地震事件。

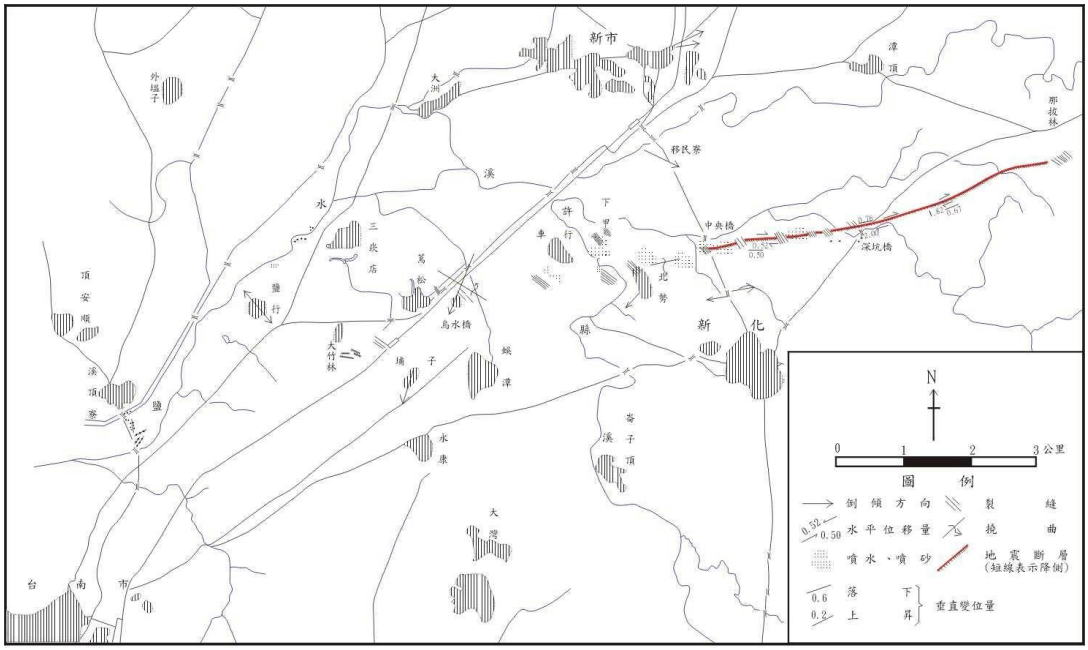


圖 3-1、1946 年 12 月 5 日台南大地震地變圖 (地調所重繪，張麗旭等，1947)。

3.2 前人研究

3.2.1 地球物理探勘

針對新化斷層的地球物理探勘共有七條淺層震測剖面，解釋新化斷層的淺部構造，部分震測剖面呈現出走向滑移斷層的開花狀構造，愈西側斷層呈現開花狀構造的擾動帶愈寬（石瑞銓等，1998，2003；黃勝群等，2004）。從地表地質結構分析，東側斷層區段出露地層屬於六雙層，西側區段則被現代沖積層覆蓋。所以西側新化斷層區段地表變形的擾動地層是屬於全新世沉積層，因此呈現較寬廣的開花狀變形帶。另外，新化斷層屬於右移的平移斷層，所以東側區段（那拔林）的斷層走向呈左旋，地形呈現壓力脊構造地形；西側區段則呈現拉張盆地的構造地形特性。

3.2.2 古地震槽溝研究

新化斷層的古地震槽溝挖掘共計有三處，一位於農業改良場（李錫堤，2000），另一位於農業改良場東側接天寺與第六公墓之間河谷北側界線（陳文山等，2004），以及畜產所（行政院農業委員會畜產試驗所），共有六個槽溝。畜產所的兩處槽溝未發現斷層擾動帶，本計畫依據現地地形研判，這兩

處槽溝的挖掘範圍應該偏移斷層跡的位置。陳文山等（2004）以第六公墓河谷的槽溝剖面分析地層與斷層關係，分辨出三次古地震事件，第一次古地震事件時間為略晚於9546-8644 yr BP，第二次事件為界於1865-1690 yr BP至1560-1400 yr BP之間（1630±170 yr BP）。第三次事件從斷層結構來看屬於右向平移斷層，且斷層切穿地表，應屬於1946年地震斷層的破裂帶（圖3-2，3-3）。第一次與第二次事件的斷層構造，無法推斷是否單純屬於正斷層或兼具有正斷層作用的平移斷層。但是由1946年的斷層特性以及地質地形特徵分析，此三次事件的古地震斷層應具有較大的水平錯動量，屬於右向平移斷層。

平移斷層會因斷層走向改變造成在斷層轉折處形成拉張與擠壓構造，如右移作用時在斷層走向右轉彎處會形成拉張盆地（pull-apart basin），產生正斷層構造，而左轉處則形成壓力脊（pressure ridge），產生逆斷層構造（Christie-Blick and Biddle, 1985）。由於，第一次與第二次的古地震斷層結構都具拉張型態的正斷層，第三次的1946年地震斷層顯示擠壓型態，這些變化可能因為每次斷層活動產生的應變與所處斷層區段的位態有密切關係。

從淺層震測剖面顯示，新化斷層擾動帶寬度約有數十公尺至數百公尺，呈開花狀構造，其中具有數條分支斷層，而槽溝開挖剖面長度卻僅有 20-30 公尺，只能涵蓋其中之一的支斷層。假若地震斷層活動時，僅造成其中之一或部分的分支斷層活動，則每處槽溝所獲得古地震事件可能只是部分的地震事件，而無法獲得完整的事件。因此，目前針對新化斷層的古地震研究僅有一處槽溝，所呈現古地震事件是不足以代表全新世以來完整的古地震時序（陳文山等，2004）。

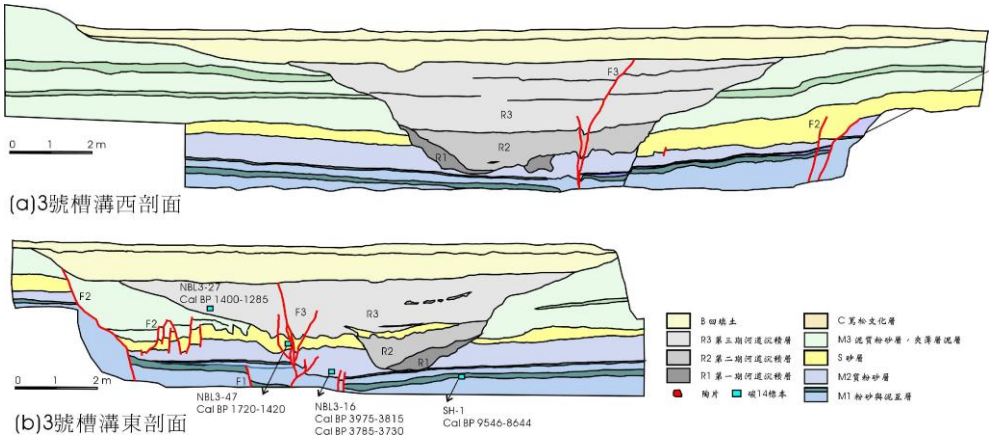


圖 3-2、3 號槽溝東西牆剖面。

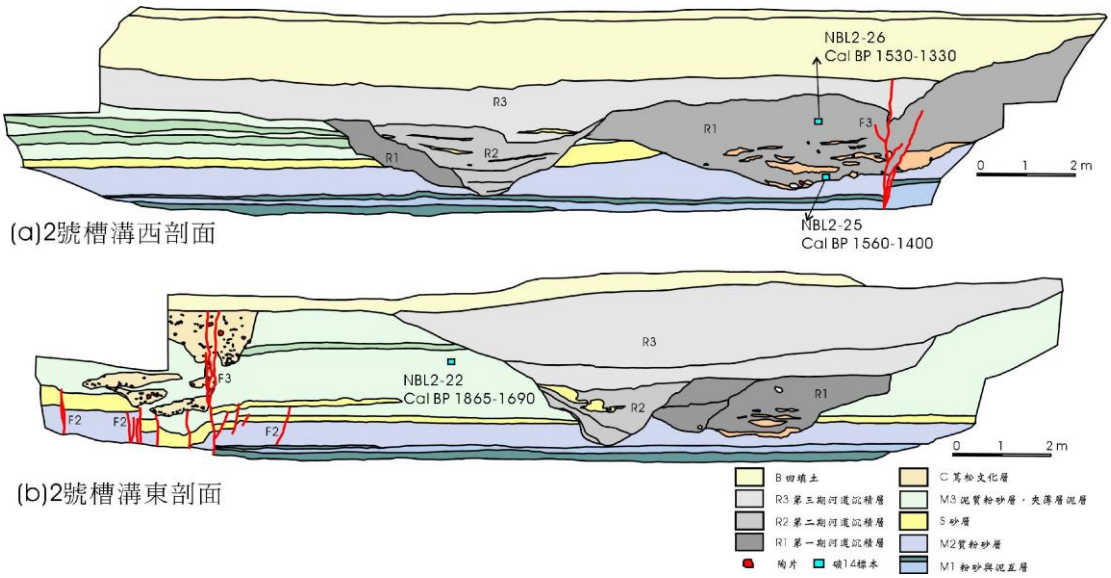


圖 3-3、2 號槽溝東西牆剖面。

本研究將過去針對新化斷層的各項研究，如鑽探、古地震槽溝，以及物理探勘的位置建立 GIS 檔案，作為今年度野外斷層跡製圖以及地質剖面依據。

3.3 斷層跡調查與 RTK 測量

本研究針對新化斷層跡調查，主要依據張麗旭等（1947）於地震之後調查的台南大地震地變圖（圖 3-1）；並且參考近期鑽探、古地震槽溝，以及物理探勘資料。首先依據張麗旭等（1947）針對台南地震造成的斷層跡（新化斷層）的野外描述。新化地震斷層東起那菝林，沿西南西走向達鹽行附近，全長約 12 公里。斷層東側區域有顯著的地表斷層露頭（3 公里，那菝林接天寺的東側至深坑橋），位於斷層凹谷中，現今已被沖積層覆蓋，2004 年槽溝挖掘，斷層位於谷地的北側界線。西側（3 公里；深坑橋以西至中央橋）地表變形不太明顯，但沿線產生許多地裂、地陷、噴砂與噴水等液化現象。斷層東端那菝林附近水平變位 20 公分，垂直位移約 10 公分；畜產試驗所（新化種馬牧場）水平變位 182 公分，垂直變位 76 公分；新化東北 2 公里的深坑橋（思橋）北側公路（台 20 號公路）上的水平變位達 2 公尺，垂直變位達 76 公分，為新化地震斷層最大變位的地點。變位情形雖然隨地不一，一般而言，斷層北側地塊相對向東北東移動並上昇，屬

於右向的平移斷層。

首先，依據 1946 年斷層跡走向（張麗旭等，1947）與地形特性探討新化斷層可能產生的變形型態，依據斷層走向分為三個區段，一、接天寺的東側至農業改良場。二、農業改良場至深坑橋。三、深坑橋至中央橋（圖 3-4）。

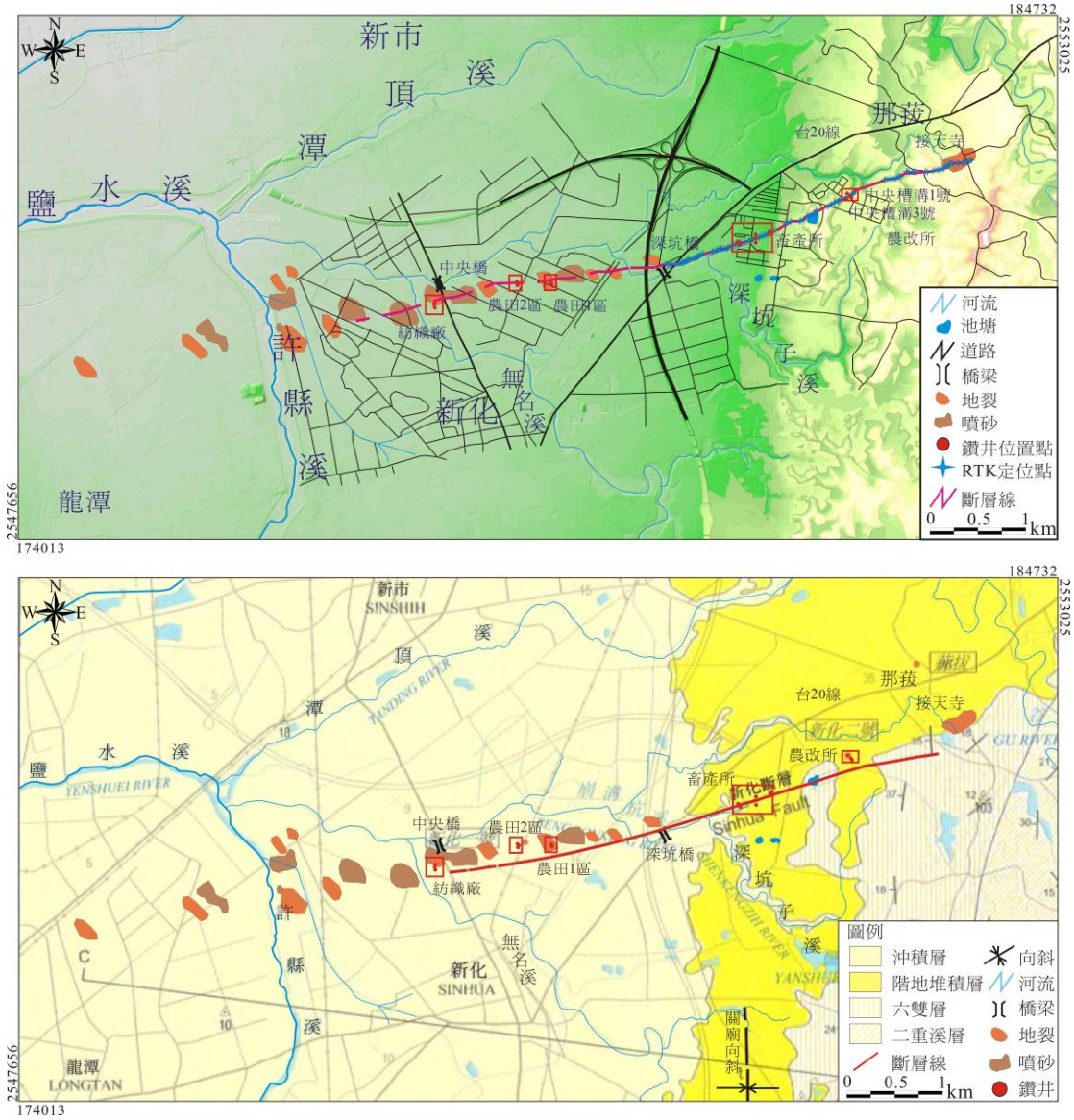


圖 3-4、新化斷層沿線鑽井場址位置圖，本研究以 RTK 測量新化斷層跡，與前人開挖的槽溝位置圖（TWD97）。

一、接天寺的東側至農業改良場是新化斷層的最東側，長約 1 公里，斷層跡通過新化丘陵，於丘陵中形成一走向約 N80°E 的線形斷層凹谷（圖 3-5），谷地寬約 10-30 公尺，現今已成為水塘或果園（圖 3-6）。新化丘陵出露地層屬於上

部崎頂層（六雙層），以砂岩夾薄層頁岩，屬於潮間帶淺海環境。1946 年地震斷層通過斷層凹谷，但現今凹谷已被開發成為果園或農地，無法研判斷層跡位置。本計畫利用 RTK 測量凹谷兩側邊界以及凹谷的中央線，谷地邊界作為斷層跡可能出露的範圍。

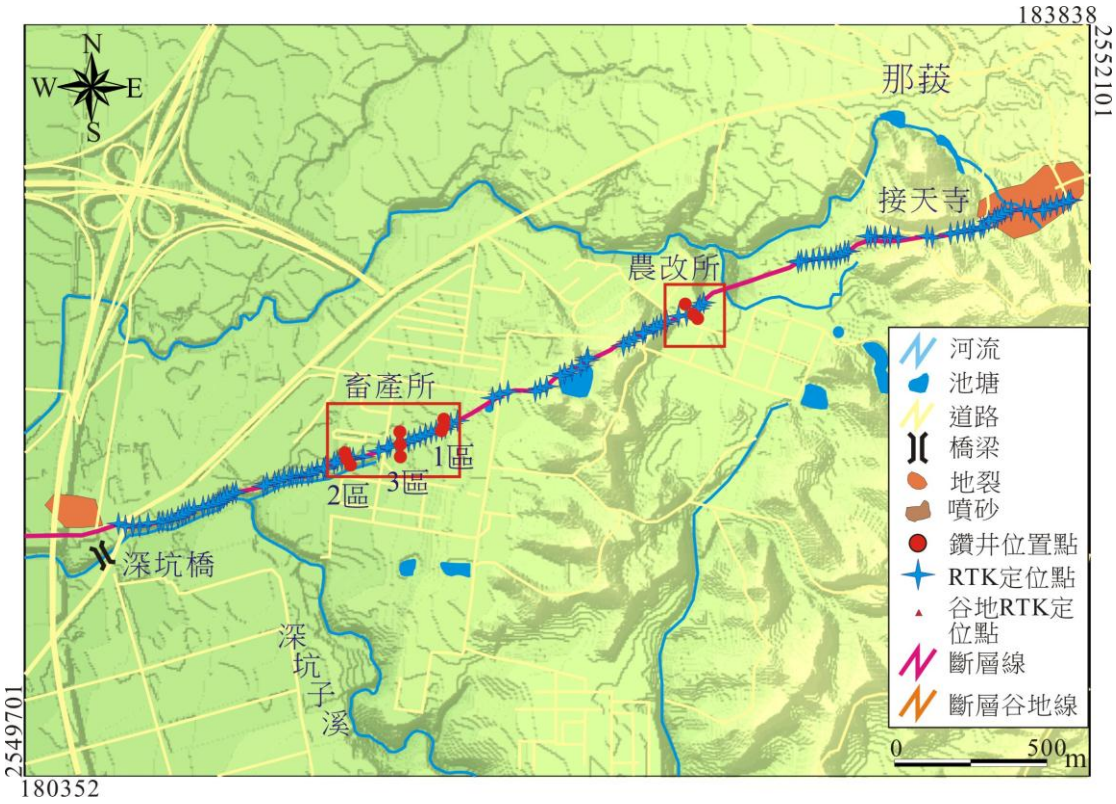


圖 3-5、接天寺的東側至深坑橋，沿斷層跡通過農改場與畜產所（TWD97）。



圖 3-6、斷層東段，接天寺南側的斷層凹谷（鞍部西側）。

二、農業改良場至深坑橋，之間為畜產試驗所（圖 3-5）。1946 年斷層跡經過農業改良場與畜產試驗所南側山丘中的凹谷與水塘（圖 3-7），之後進入畜產試驗所的牧草區（平原）（圖 3-8），此區段地形分為丘陵與平原。農業改良場至畜產試驗所，長約 2 公里，斷層跡走向 N60-70℃E。丘陵中的凹谷亦已經 RTK 做精密測量，凹谷寬度為 20-30 公尺，谷地範圍也為斷層跡可能出露範圍，故為斷層跡的誤差範圍。



圖 3-7、斷層中段農改場的線形谷中水塘。



圖 3-8、斷層中段畜產所 3 區的牧草區。

從農業改良場至深坑橋，長約 3 公里，斷層跡在畜產所的牧草區還保留 1946 年斷層形成的斷層線崖，高差約 1-2 公尺（圖 3-9）。但是張麗旭等（1946）紀錄此區域地震造成的高差為 76 公分，推測可能地震之前已經具有高差，或還有其他原因，在下一節中討論，此區域也是本研究主要鑽探的區域之一。斷層線崖已利用 RTK 做精密測量，同時也參考鑽井岩芯資料，誤差範圍僅數公尺。



圖 3-9、斷層中段畜產所 2 區牧草區的斷層線形崖。

三、深坑橋至中央橋（圖 3-10）。深坑橋以西區域，於張麗旭等（1947）的敘述，並沒有產生明顯的地表錯動，但具有液化現象，大致沿著東側畜產試驗所牧草區至深坑橋的地震斷層跡走向延伸，此液化區與地表變動區呈現約 N80°E 走向，但地形沒有任何地形高差。所以本研究認同地調所公布新化斷層跡位置，斷層跡實線最西端位在深坑橋（林啟文等，2007）。至於西側的液化區地表變動原因為何，或長期以來是否具有地殼變動等問題，因此本研究依據新化地震的液化區進行鑽探調查，查明是否具有液化原因或是否具地殼變動之情形。至於液化區的鑽井也已進行 RTK 測量。

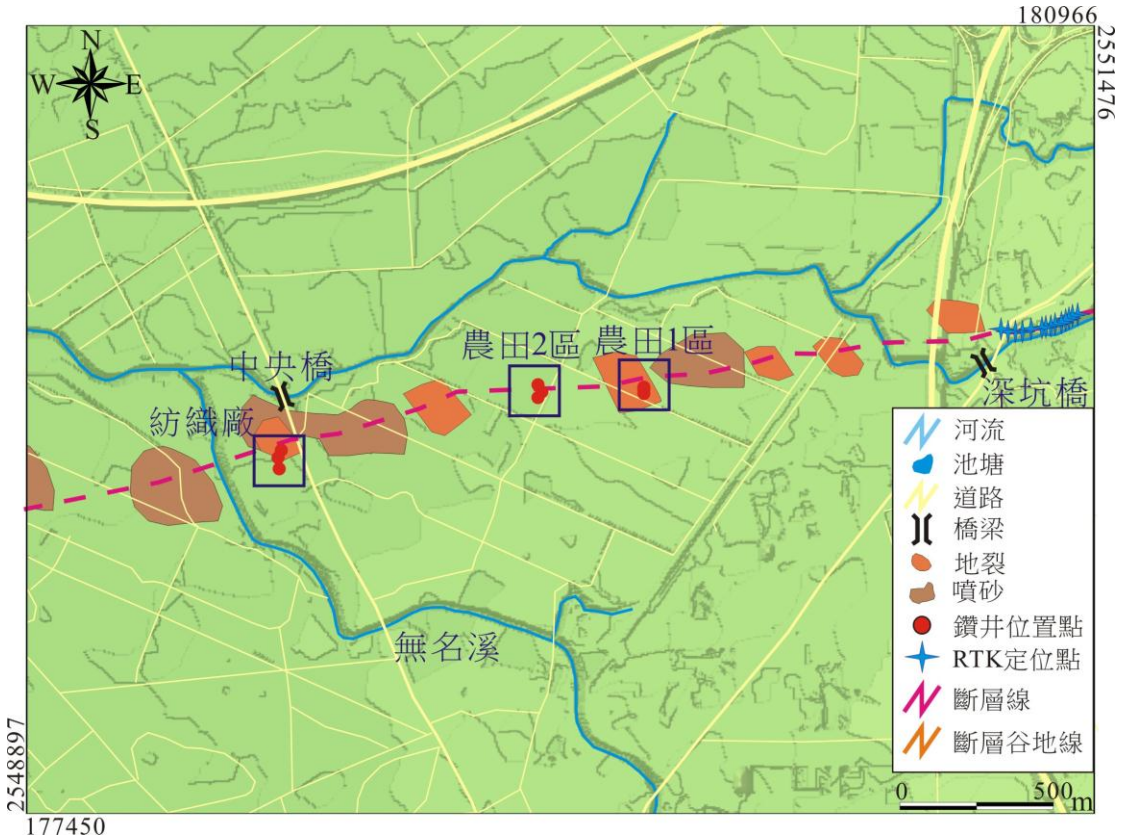


圖 3-10、深坑橋至中央橋，沿線液化區通過農田 1 區與 2 區鑽井場址（TWD97）。

3.4 鑽井岩芯紀錄

新化斷層沿線共進行七處的鑽探場址，計有農改所、畜產所 1 區、畜產所 2 區、畜產所 3 區、農田 1 區、農田 2 區，以及紡織廠，每處場址至少三口鑽井，鑽井深度分別為兩口 25 公尺深，一口 30 公尺深；全區域共有 27 口鑽井，總長度 944.9 公尺。由於畜產所 2 區在斷層南側未鑽至指標層（風化土壤層），所以增加兩口為 32 公尺與 36 公尺深的鑽井。畜產所 3 區增加四口，各為兩口 30 公尺、一口 35 公尺，與一口 40 公尺鑽井（每口岩芯的地層柱狀圖見附錄一）。

本研究依據岩芯的岩性特徵與岩相組合，將沉積層分為三種環境，一、河口灣河道沙洲，二、河口灣沼澤溼地，三、河口灣中央盆地（半淡水環境）。此種河口灣環境構成三種次環境與歷史紀錄四百年至二百年之前的古環境相似，屬於海灣（台江內海）內的河流與沼澤。一、河口灣河道沙洲，為厚砂層，淘選度佳，具平行與交錯層理，偶含碳質，不含化石（圖 3-11）。二、河口灣沼澤溼地，

以泥為主，偶夾薄層粉砂，偶有碳質泥層、微風化土壤層（圖 3-12）或生物擾動構造，不含化石。三、河口灣中央盆地（estuary central basin）屬於半淡水環境，以泥為主，偶夾薄層粉砂或砂層，含大量貝殼碎屑（塔螺或雲母貝等；圖 3-13）。其中的河口灣河道沙洲與沼澤溼地環境經常交互出現，或呈側向變化。從河口灣環境體系來看，河口灣河道沙洲與沼澤溼地呈現側向變化的次環境，而河口灣中央盆地屬於河口灣外側（海側）較深的環境。



圖 3-11、河口灣河道沙洲相沉積物。



圖 3-12、河口灣沼澤溼地相沉積物。



圖 3-13、河口灣中央盆地相沉積物。

從新化斷層中段至西段位於平原區的沿線鑽井岩芯紀錄，依據數層指標層的對比，並參考所有鑽井岩芯的碳十四定年資料，全區沉積層的層序大致劃分為五個岩段，由下而上 E、D、C、B、A，以及各岩段界限的碳十四定年年代（以圖 3-14 為例，各岩段是依據所有鑽井岩芯共同的特徵來劃分，以及綜合所有碳十四年代劃定各岩層界限的可能年代）。

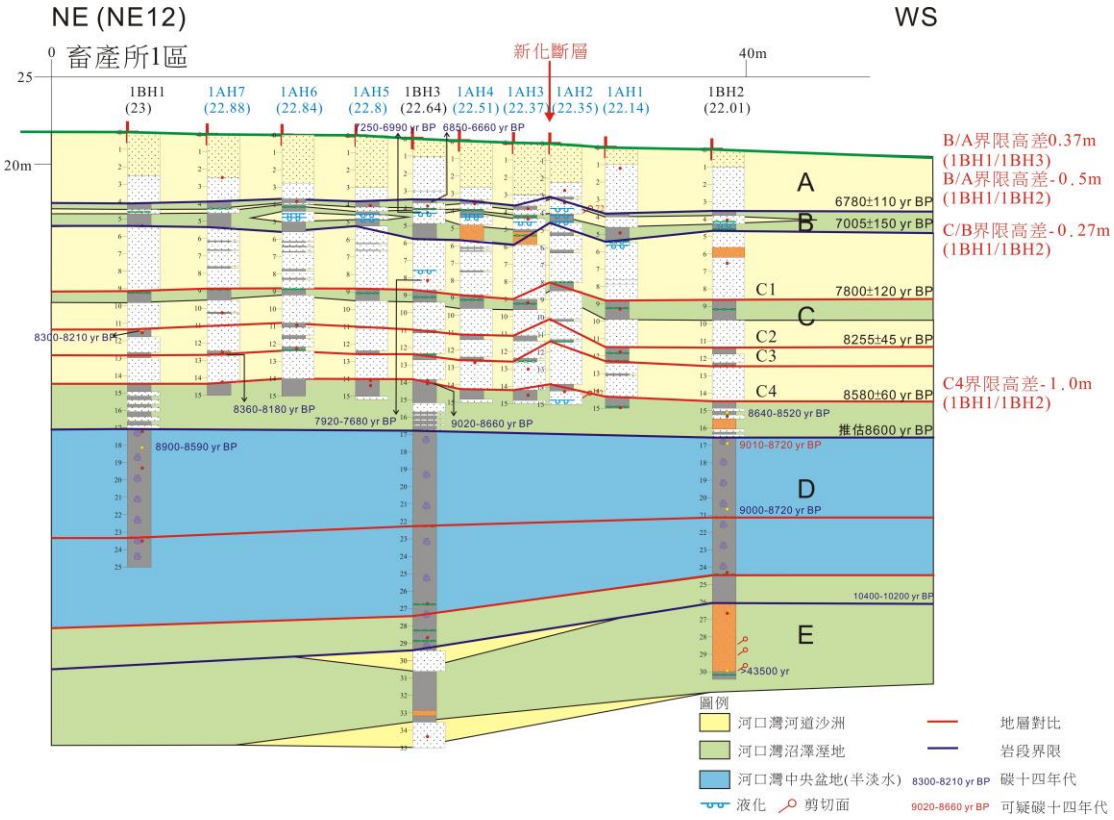


圖 3-14、畜產所 1 區剖面圖。

E 岩段位於最下層，本層僅出露在畜產所 1、2、3 區鑽井岩芯中，岩芯僅鑽至本層上部為厚層砂層，此砂層頂面是與 D 層的界限。砂層上下沉積層岩性為含碳質泥層（大都不含化石），並呈現微風化的土壤層。E 層屬於河口灣沼澤溼地至沙洲環境，年代由 9610-9470（9540±70）yr BP（3BH1 井）至一萬多年（1BH2 井）。

D 岩段岩性主要為泥層，偶夾砂層或粉砂層。泥層分為兩部分，下段為不含化石，但含碳質，其中偶見數層的碳質泥，屬於河口灣沼澤溼地環境。上段為含化石泥層，屬於河口灣中央盆地環境。此岩段是本區域在全新世（約一萬一千

年）以來，沉積環境最深的時期。

C 岩段岩性主要為厚砂層夾薄泥層，泥層不含化石，屬於河口灣沼澤溼地環境，厚砂層屬於河口灣河道沙洲環境。C 岩段底部為薄砂層與泥互層屬於河口灣沼澤溼地環境，其與 D 岩段界限為薄砂層，推估年代為~8600 yr BP。

B 岩段岩性主要厚泥層夾透鏡狀薄砂層，泥層不含化石，屬於河口灣沼澤溼地與局部河道沙洲環境；其與下部的 C 岩段界限的年代為 7005±150 yr BP。

A 岩段岩性主要為厚層砂層，偶夾薄泥層，屬於河口灣沼澤溼地環境；其與 B 岩段界限為砂層底面，推估年代為 6780±110 yr BP。

以下將敘述各場址的岩芯紀錄與對比，由於畜產所 1 區又增加七口排鑽鑽井代替槽溝挖掘，所以此場址在古地震研究在 3.4.1 畜產所 1 區中敘述。

3.4.1 畜產所 1 區（圖 3-14）

畜產所 1 區共有 10 口鑽井（附錄一），其中三口鑽井深度較深各為 25 公尺（1BH1）、30 公尺（1BH2）、35 公尺（1BH3），其餘七口井為排鑽（取代槽溝挖掘，因地表約 1-3 公尺深的耕作土層，地下水面約 1-2 公尺深），各為 15 公尺深。七口排鑽位置介於 1BH1 與 1BH2 井之間，南北鑽井場址的寬度為 35 公尺。

首先由較深的鑽井岩芯分析地層層序，從較深的 1BH2 與 1BH3 井岩性來看可分為 E 至 A 五個岩段，1BH1 井位鑽至 E 岩段。依據本研究在新化斷層沿線鑽取岩芯的碳十四定年年代的分析結果，以及依據岩性對比分層，顯示各岩段界限的年代，E/D 界限為 9540±70 yr BP 至~10000 yr BP，D/C 界限為~8600 yr BP，C/B 界限為 7005±150 yr BP，B/A 界限為 6780±110 yr BP；其餘在本場址的 C 岩段中可再細分對比幾個界限（時間面）C1、C2、C3、C4。C1 界限的年代為 7800±120 yr BP，C2 界限的年代為 8255±60 yr BP，C4 界限的年代為 8580±60 yr BP。

以下將由 1BH1、1BH2 與 1BH3 三口井分析岩層的特性，首先由地形來看鑽井的位置，1BH1 井位於北側地形較高的平面，1BH2 井位於南側位於地形低處，1BH3 井位於斜坡較上方（1AH2 井位於坡腳）。從岩芯中各地層界限的深度分析，南側 1BH2 井的地層界限深度與地形面都處於較深與較低，北側 1BH1 井

則都較高。相較北與南兩側 1BH1 與 1BH2 井的 C4 界限高差為 1.0 公尺，C/B 界限高差為 0.27 公尺，B/A 界限高差為 0.5 公尺。現今，從這兩口相距 35 公尺鑽井的地層界限深度的比較，顯示差異不大，約在 1 公尺以下。但是，1946 年台南地震在畜產所區域，新化斷層南側的地表下陷 0.75 公尺。若恢復此同震變形的高差，在地震之前的地層界限深度差異，則在 0.5 公尺之內（圖 3-15）。此差異是否為構造作用所為，是值得再評估。假若，鑽井的間距加寬，繼續朝南側，則地層界限深度差異可能會持續變大。北側距離約 50 公尺的畜產所 3 區的南北兩口井（相距約 100 公尺）的地層界限深度差異可達數公尺以上，即表示本場址南北兩側間距僅 35 公尺範圍之內，呈現差異較小是正常現象。從南側 1BH2 井的地形特徵來看，顯示可能還位在斜坡地形之上。

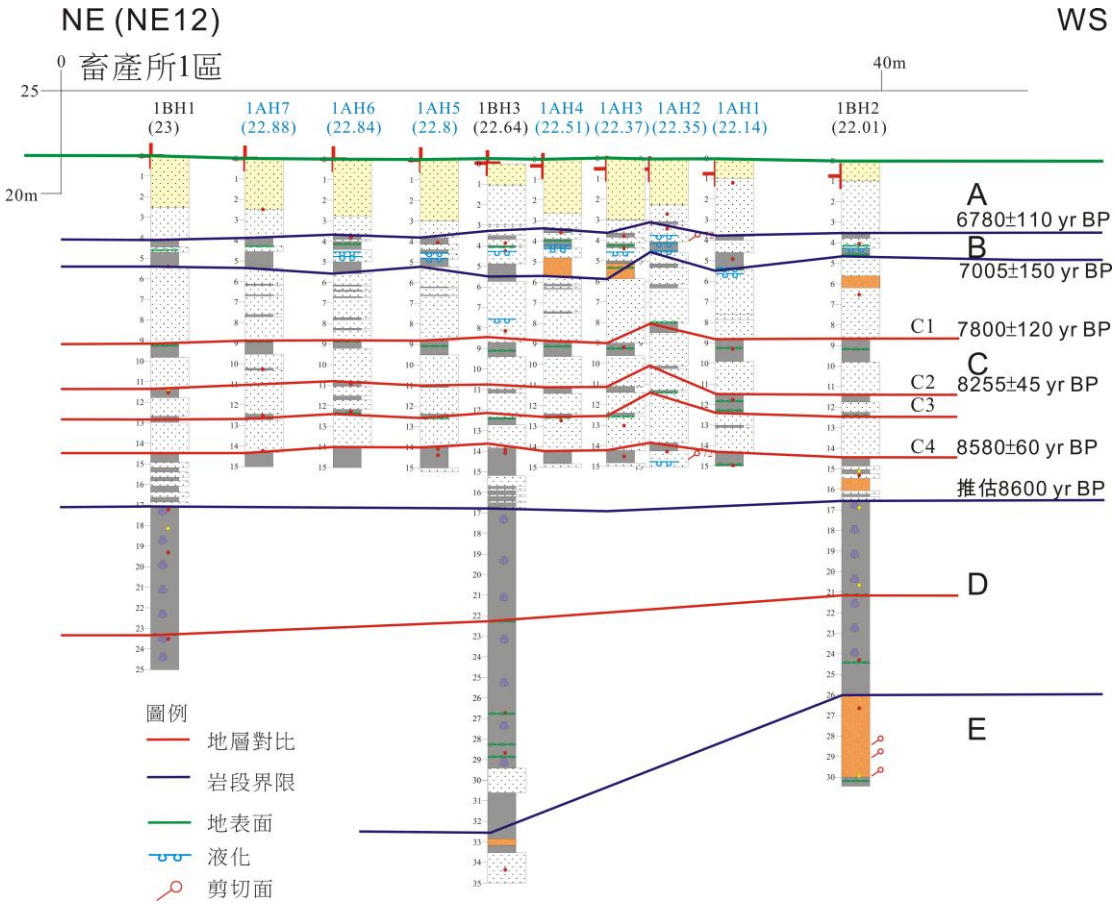


圖 3-15、畜產所 1 區剖面恢復圖，恢復 1946 年台南地震同震變形的高差。

由於畜產所區域的鑽探都顯示地表 1-3 公尺之內都受到人為的擾動，且地下水位約在 1-2 公尺以上，不適合較深的槽溝挖掘，因此利用排鑽方式調查地下沉

積層的變動狀態。本區域共進行 7 口鑽井，每井深度為 15 公尺，位於之前已有鑽探的 1BH1 與 1BH2 井之間。以下將針對畜產所 1 區總共 10 口鑽井岩芯來解釋各地層界限的變動情形。

鑽井場址的地形面顯示坡崖的崖腳位在 1AH2 與 1AH1 井之間。從畜產所 1 區 10 口岩芯的岩層界限（D/C、C4、C3、C2、C1、C/B、B/A 界限）的深度分析，南側 1AH1 與 1BH2 井的岩層界限都較北側井還深，其中以 1AH2 井的岩層界限深度較為不同，其都較兩側井的岩層界限還高（圖 3-14）。從岩層界限深度變化來看，顯然 1AH2 井受到構造作用所造成。由 D/C、C4、C3、C2、C1、C/B、B/A 界限與兩側井比較，其各界限的高差大致相似，顯示此變動是在 B/A 界限沉積之後所造成，從 A 岩段厚度比較，也顯示都較其他岩芯還薄，顯然此變動是在 A 岩段沉積之前或同時。

1946 年台南地震在畜產所的牧草區形成一走向 N60-70°E 的平移斷層，斷層南側最大下陷量約 0.76 公尺。假設地震前的地表面是呈現一微微向南的傾斜面（近乎水平），若欲恢復地震前的各井高度時，則將最西側的 1BH1 與 1AH1 井上升 0.76 公尺、1AH2 井上升 0.6 公尺、1AH3 井上升 0.5 公尺、1AH4 井上升 0.3 公尺、1BH3 井上升 0.2 公尺（圖 3-15）。圖 3-15 所示 1946 年地震前的各井岩層界限的深度，顯示除了 1AH2 井的差異之外，其餘在 1AH2 井南北兩側的各岩層界限深度大致相似，差距僅三十公分之內。1AH2 井的變動先前已述，可能在 A 岩段沉積當時產生的變動，垂直抬升約 0.8-1.3 公尺，而鄰近的鑽井可能也受到數十公分的變動。

3.4.2 畜產所 2 區（圖 3-16）

畜產所 2 區共有 5 口鑽井（附錄一），位於線形崖兩側，南北兩側各兩口，崖腳一口（2AH2 井），地層層序出現 E 至 A 五個岩段，南北鑽井距離約 50 公尺寬，現存近斷層的崖高為 0.9 公尺。地形的崖坡或岩芯中各岩段堆積深度變化位置，位於 2AH2 井與 2AH1 井之間，此處應是新化斷層位置。從各岩段的對比，顯示北側地層深度（海拔高度）較南側為高，E/D 界限相差 7.6 公尺

（2BH2/2BH1），D/C 界限高差 3.4 公尺（2BH2/2BH1），C/B 界限高差 1.2 公尺（2BH2/2BH1），B/A 界限高差 0.9 公尺（2BH2/2BH1）。

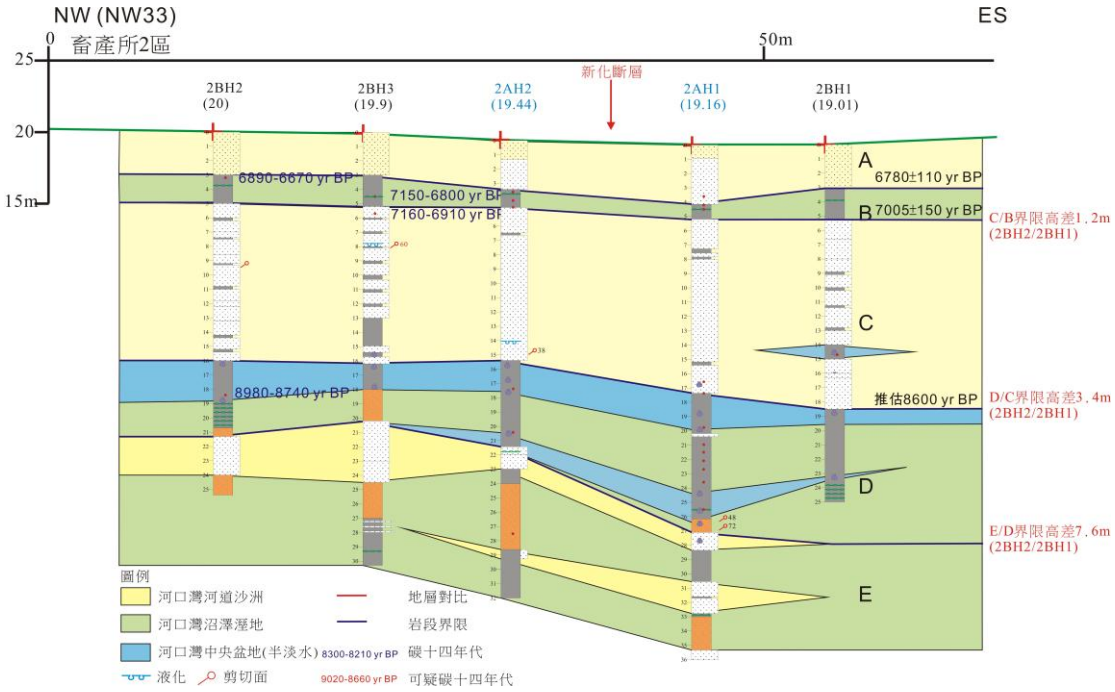


圖 3-16、畜產所 2 區剖面圖。

E 岩段頂面（E/D 界面）位於風化土壤層之中，原始地形面是否為水平面無法確定，另外亦可能岩性呈現犬牙交錯的界面，不屬於同一時間面。所以 E/D 界面在斷層兩側的高差不一定是構造作用形成的變化。1946 年新化斷層在畜產所牧草區造成 0.76 公尺的落差（斷層南側下陷）。恢復地震造成的變動，地震前的各岩層界限的高差，D/C 界限為 2.64 公尺，C/B 界限為 0.44 公尺，B/A 界限為 0.25 公尺（圖 3-17）。但是 2AH1 井的 B/A 界面則較 2BH2 井低 1.3 公尺，D/C 界面則低 1.6 公尺。顯示在 A 岩段沉積當時受到構造作用，造成 2AH1 井的下陷約 1.3 公尺。另外，若恢復 C/B 界限呈水平面，則 D 與 C 岩段的厚度在 2AH2 兩側仍有 5.7 公尺的差異，顯然在 D 與 C 岩段沉積時仍有很大的變動（圖 3-18）。

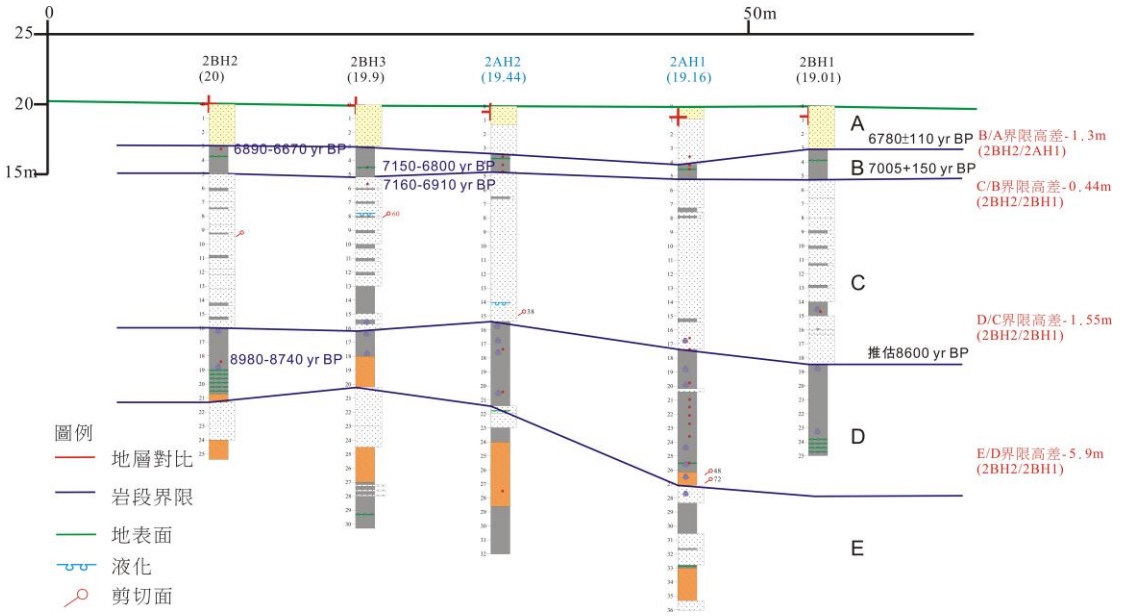


圖 3-17、畜產所 2 區剖面恢復圖，恢復 1946 年台南地震同震變形高差。

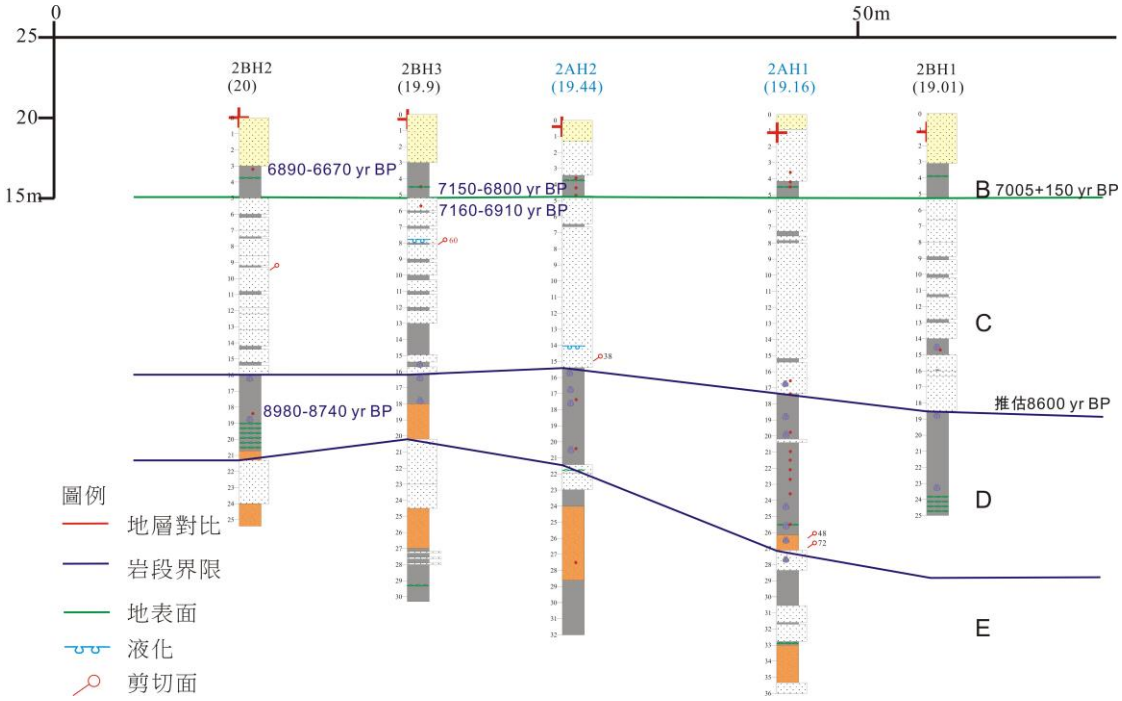


圖 3-18、畜產所 2 區剖面恢復圖，恢復 C/B 界限呈水平面。

3.4.3 畜產所 3 區（圖 3-19）

畜產所 3 區共有 7 口鑽井（附錄一），位於線形崖兩側，北側四口，南側三口（坡腳鑽井為 3AH2 井），地層層序出現 E 至 A 五個岩段，南北鑽井距離約 100 公尺寬，現存近斷層的崖高為 2.3 公尺。地形的崖坡或岩芯中各岩段堆積深度變化位置，位於 3AH2 井與 3AH1 井之間，此處應是新化斷層的位置。從各岩段的

對比，顯示北側地層深度較南側為高，D/C 界限高差 0.8 公尺（3BH1/3BH2），C/B 界限高差 0.9 公尺（3BH1/3BH2），B/A 界限高差 0.8 公尺（3BH1/3BH2）。1946 年新化斷層在畜產所牧草區造成 0.76 公尺的落差（斷層南側下陷）。假設地震前的地表面是呈現一微微向南的傾斜面（近乎水平），若欲恢復地震前的各井高度時，則將最西側的 3BH2 與 3AH1 井上升 0.76 公尺、3AH2 井上升 0.75 公尺、3BH3 井上升 0.6 公尺、3AH3 井上升 0.3 公尺（圖 3-20）。

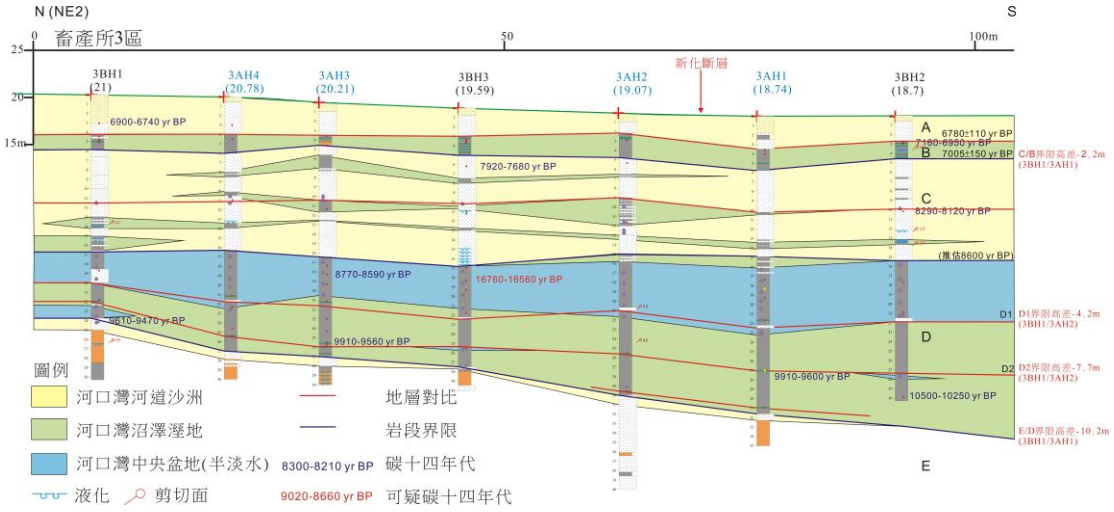


圖 3-19、畜產所 3 區剖面圖。

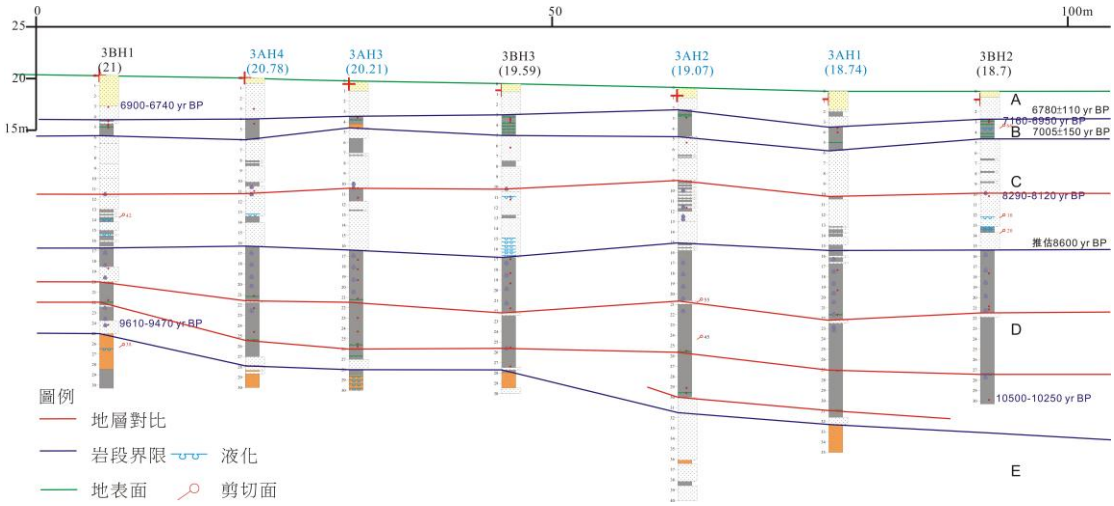


圖 3-20、畜產所 3 區剖面恢復圖，恢復 1946 年台南地震同震變形高差。

因此，地震之前的高差，D/C 界限高差 0.1 公尺，C/B 界限高差為 0.3 公尺，B/A 界限高差為 0.2 公尺。畜產所 3 區與 1 區有相似的地表變動，即位在坡腳的 3AH2 井的岩層界限變得較淺，B/A 界限高約 0.9 公尺（3BH1/3AH2），且 A 岩

段較薄。顯然此變動是在 A 岩段沉積之前或同時，垂直抬升約 0.9 公尺，而鄰近的鑽井可能也受到數十公分的變動。E 岩段頂面（E/D 界面）位於風化土壤層，原始地形面是否為水平面無法確定，亦可能是岩性呈現犬牙交錯的界面，不屬於同一時間面，E/D 界面在斷層兩側的高差不一定是構造作用形成的變化。

3.4.4 農田 1 區（圖 3-21）

農田 1 區位在深坑橋至中央橋之間，1946 年台南地震時，此區域地表沒有產生地表斷層，但是形成大面積的液化，分布在新化斷層向西的延伸線。此區域的進行鑽井目的，為了解液化區域地下沉積層的變動情形。農田 1 區共有三口鑽井（附錄一），南北相距約 20 公尺，由於地形平坦，所以僅選擇在台南地震的液化區之內。

岩性亦可以辨識出 A 至 D 岩段，從各岩段界面的深度來看，南側的地層界限較低。相較 D/C（或 C2）界限高差，F1BH2 井較 F1BH3 井高出 3.6 公尺。C1 界限高差，北側 F1BH3 井較南側 F1BH1 井還高 4.3 公尺。C/B 界限高差，北側 F1BH3 井較南側 F1BH1 井還高 1.9 公尺。

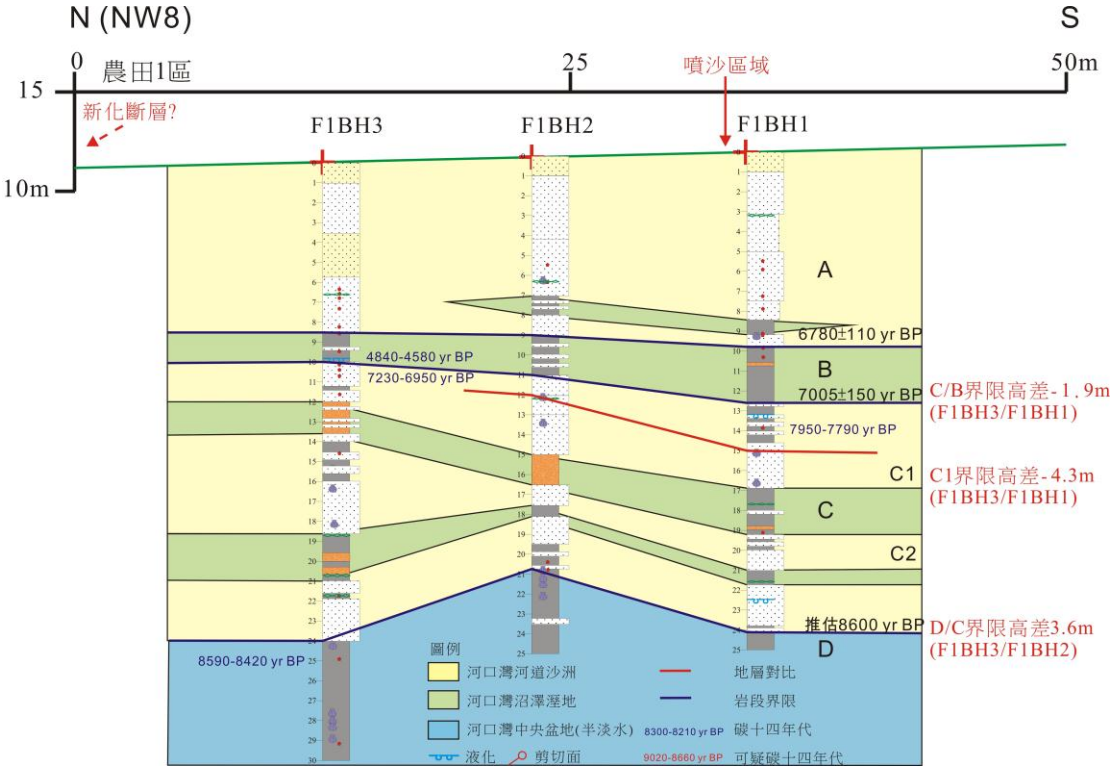


圖 3-21、農田 1 區剖面圖。

C 岩段沉積之後，造成 C/B 界限有 1.9 公尺高差，從 B 岩段厚度分析，F1BH1 井的厚度為 2.8 公尺，F1BH3 井的 1.5 公尺，顯示 B 岩段沉積時已經產生下陷。C1 界限高差為 4.3 公尺，恢復 C/B 界限的高差，則 C1 界限高差為 2.4 公尺，屬於 C1 至 C/B 界限的沉積期間造成的變形（圖 3-22）。D/C（或 C2）界限的變化較為不同，F1BH2 井中的 D/C 與 C2 界限高出兩側，顯然在 C2 界限沉積之後，C1 界限沉積之前有一次變動，造成 F1BH2 井的沉積層產生隆起。當恢復 C1 的變形，則 F1BH2 井的 D/C（或 C2）高出北側 F1BH3 井約 6.3 公尺，F1BH1 井的 D/C（或 C2）高出北側 F1BH3 井約 4.7 公尺（圖 3-23）。顯然在 D 岩段至下部 C 岩段沉積當時，北側的 F1BH3 井產生下陷。

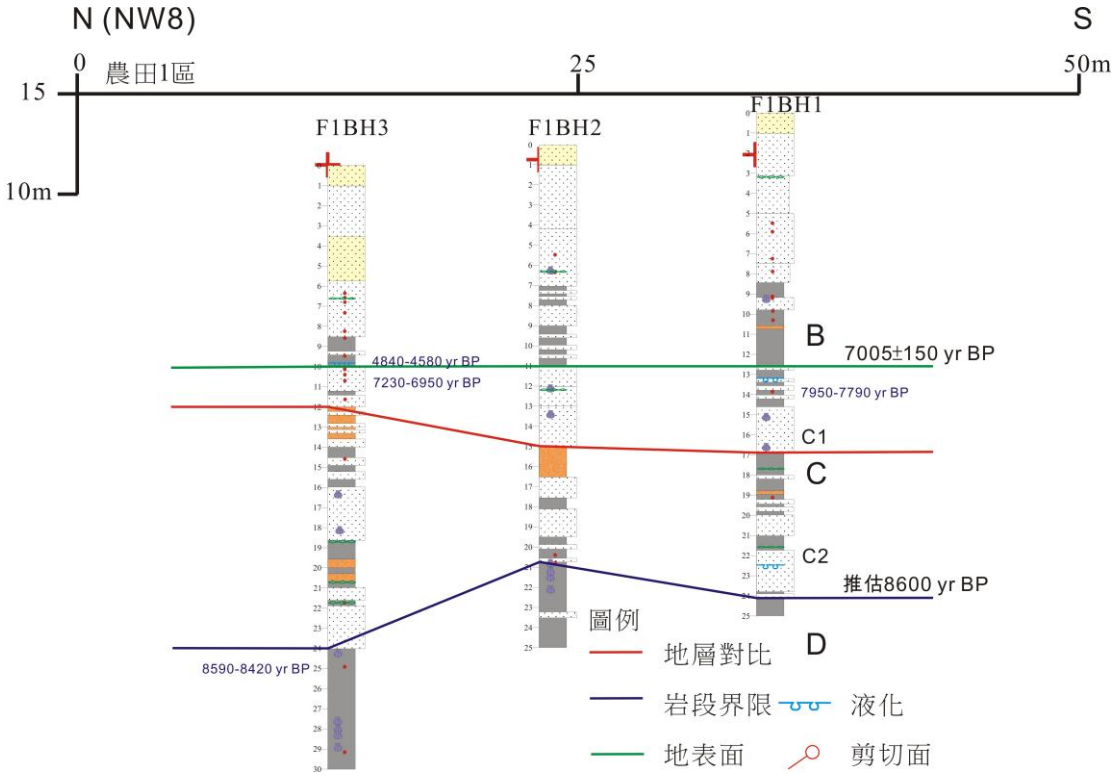


圖 3-22、農田 1 區剖面恢復圖，恢復 C/B 界限呈水平面。

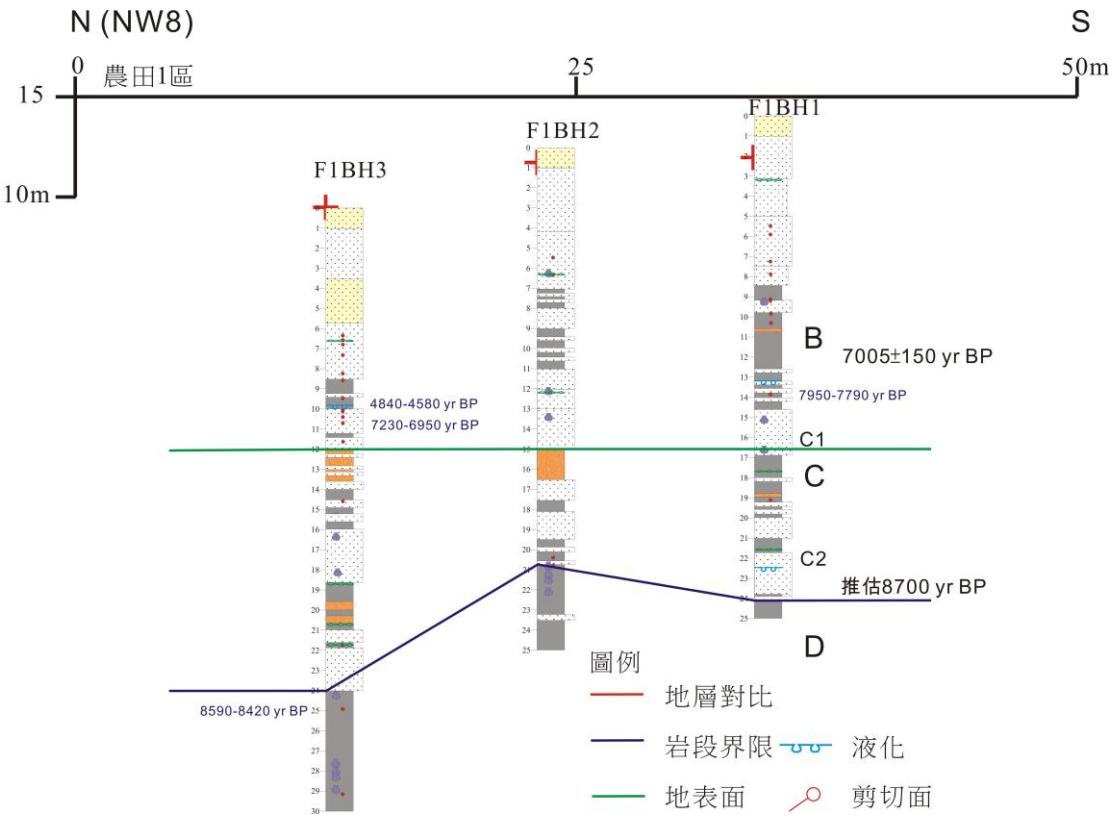


圖 3-23、農田 1 區剖面恢復圖，恢復 C1 的變形呈水平面。

3.4.5 農田 2 區（圖 3-24）

農田 2 區位在深坑橋至中央橋之間，位於農田 1 區的西側 1 公里，1946 年台南地震時，此區域地表沒有產生地表斷層，但是形成大面積的液化，液化區分布在新化斷層向西的延伸線。此區域鑽井目的，為了解液化區域地下沉積層的變動情形。農田 2 區共有三口鑽井（附錄一），南北相距約 35 公尺，由於地形平坦，所以選擇在台南地震的液化區之內。

此區域鑽井岩芯亦可以辨識出 A 至 D 岩段，B 岩段可再細分為 Ba、Bb 與 Bc 三個次岩段。從各岩段界限的深度來看，北側的地層界限深度較低，地層的變化位在 F2BH2 與 F2BH3 井之間。D/C 界限高差 1.4 公尺（F2BH1/F2BH2），C2 界限高差為 1.5 公尺（F2BH1/F2BH2），C1 界限高差 1.7 公尺（F2BH1/F2BH2），B1 界限高差 1.0 公尺（F2BH1/F2BH2）。

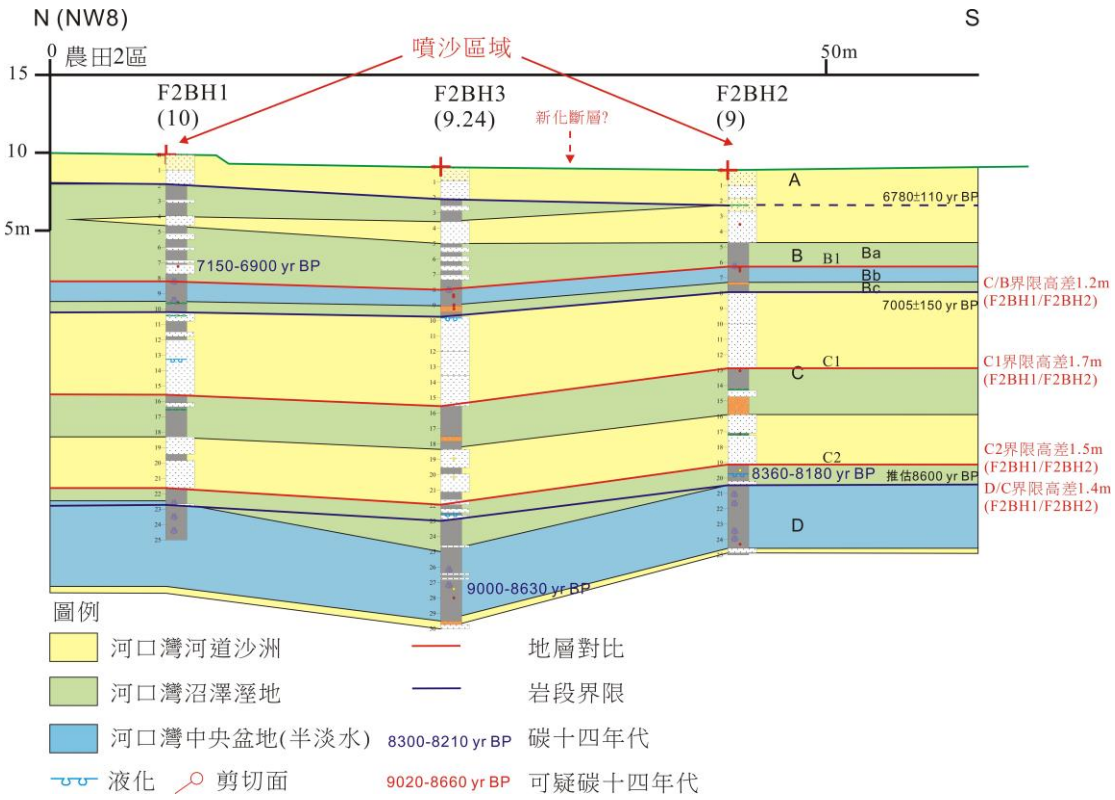


圖 3-24、農田 2 區剖面圖。

C/B 界限高差若為之後的構造活動所造成，則北側相對下陷 1.2 公尺。當恢復 C/B 界限的高差，則 D/C 界限高差 0.4 公尺，C2 界限高差為 0.5 公尺，C1 界限高差 0.7 公尺；此差異則是 B1 界限沉積之前所造成（圖 3-25）。但是，此小於 1 公尺的高差，也可能其他因素所造成，如液化作用造成地表不均勻的沉陷，而非斷層作用造成斷層兩側的變動。另外，從 C 與 B 岩段中的次岩段的厚度分析，顯然三口井的各次岩段厚度沒有太大變化，表示沉積過程中地表可能沒有太大的變動。

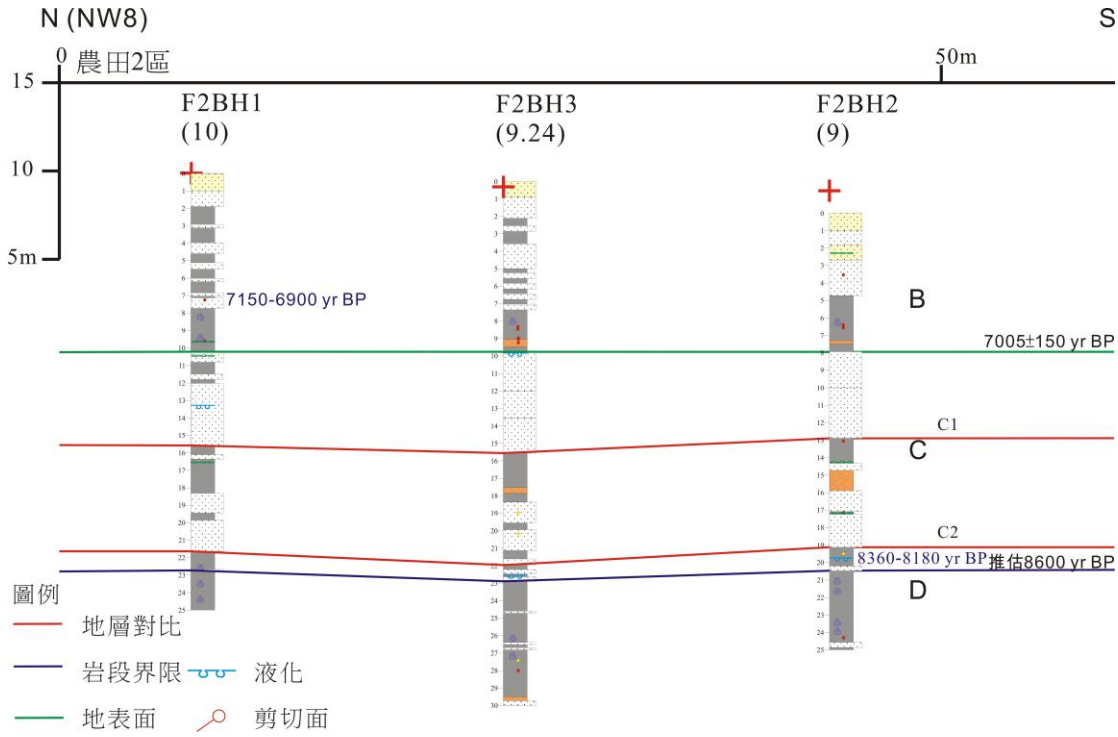


圖 3-25、農田 2 區剖面恢復圖，恢復 C/B 界限呈水平面。

3.4.6 紡織廠（圖 3-26）

紡織廠位在中央橋旁，1946 年台南地震時，此區域地表沒有產生地表斷層，但形成大面積的液化，位於農田 2 區的西側。鑽井目的，也是為了解液化區域地下沉積層的變動情形。紡織廠共有三口鑽井（附錄一），南北相距約 60 公尺，選擇在台南地震的液化區之內。

此區域鑽井岩芯亦可以辨識出 A 至 D 岩段，B 岩段可再細分為 Ba 與 Bb 兩個次岩段。從各岩段界面的深度來看，北側的地層界面較低，地層變化區位在 FGBH2 井附近。C1 界限高差 4.0 公尺（FGBH1/FGBH3），C/B 界限高差 4.6 公尺（FGBH1/FGBH3），B/A 界限高差 2.2 公尺（FGBH1/FGBH3）。

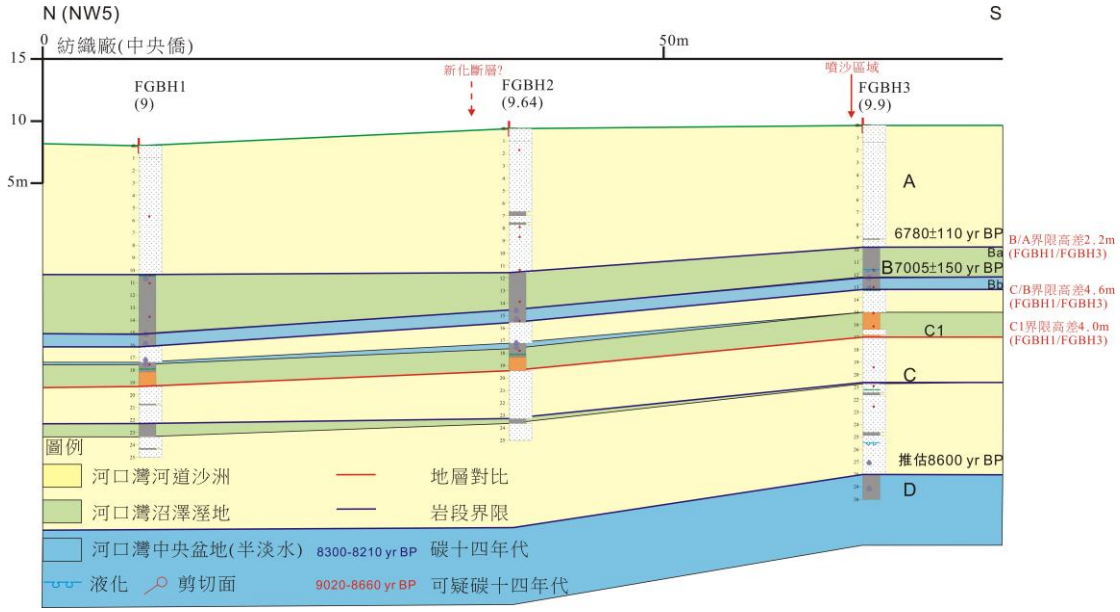


圖 3-26、紡織廠剖面圖。

C/B 界限高差 4.6 公尺可能是 B 與 A 岩段沉積過程所造成，因為位在抬升側的南側 FGBH3 井的 B 與 A 岩段較薄。Ba 次岩段的厚度變化顯示此時造成部分厚度的變化，位於抬升側的南側 FGBH3 井的 Ba 次岩段厚度為 2.4 公尺，位於下陷側的 FGBH1 井的 Ba 次岩段厚度為 4.8 公尺。恢復 C/B 界限高差，則 C1 界限在南側 FGBH3 井較低於北側 FGBH1 井約 0.6 公尺。此差異亦可能為地震所造成（圖 3-27）。

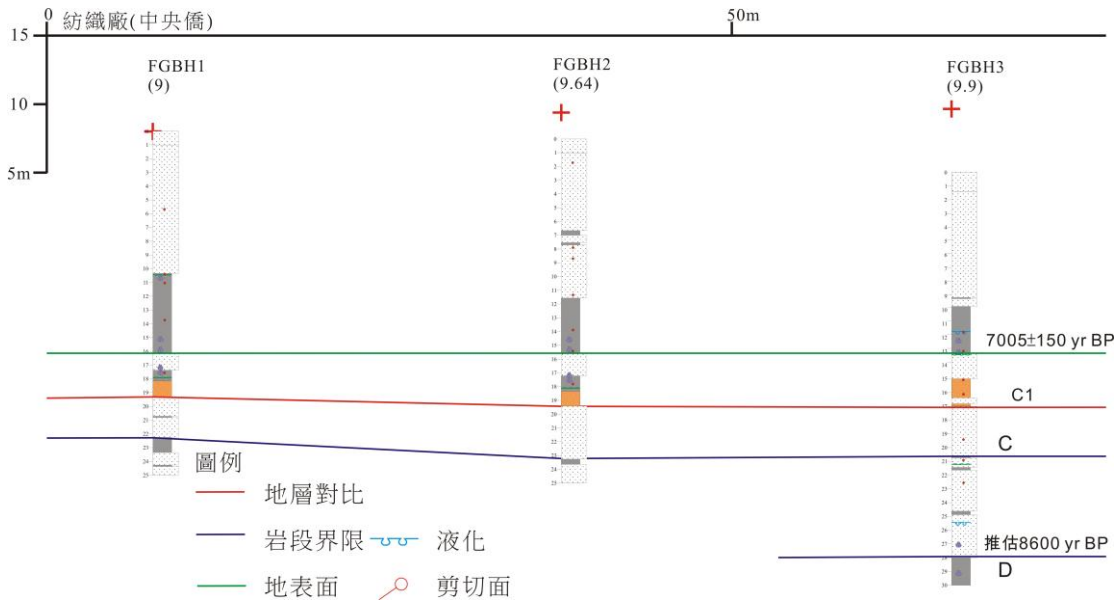


圖 3-27、農田 2 區剖面恢復圖，恢復 C/B 界限呈水平面。

3.4.7 農改所（圖 3-28）

農改所場址位在農改所辦公大樓南側丘陵的線型凹谷中，1946 年地震斷層通過凹谷，斷層走向為 N60-70ºE。本場址共有三口鑽井（附錄一），橫跨斷層走向。北側 NGBH2 井的岩性為厚層砂岩夾頁岩，地層傾角約為 20-30º，岩層由下至上具有密集的剪切構造，剪切面傾角大部份約呈 50-70º。位於中間的 NGBH1 井岩性以厚層砂岩為主，上下段各有一層厚層頁岩，地層傾角約為 22-32º，中段岩層以下具有密集的剪切構造，剪切面傾角大部份約呈 50-80º。南側的 NGBH3 井岩性以厚層砂岩為主，其間夾厚層頁岩，頁岩具土壤化；地層傾角約為 15-35º，岩芯中不具任何的剪切構造。

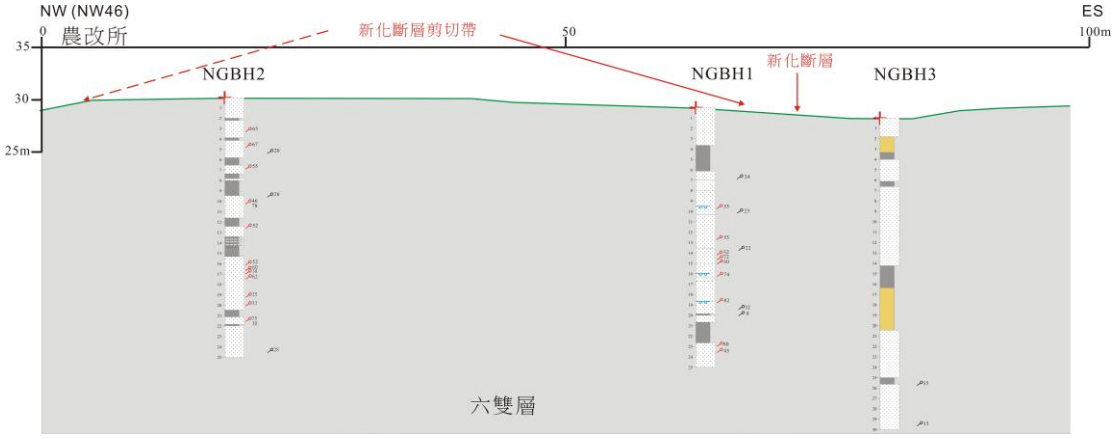


圖 3-28、農改所剖面圖。

從這三口鑽井的岩性與剪切構造的分布分析，研判斷層帶至少位於 FGBH1 至 FGBH2 井之間，並且還可能存在 FGBH2 井以北，剪切帶寬度至少有 50 公尺。

3.5 討論

3.5.1 液化構造

本計畫沿新化斷層跡與 1946 年的液化區進行七個場址以及一處排鑽場址的鑽探，這些區域在不同深度的沉積層當中存在許多的液化構造（圖 3-29）與剪切構造（圖 3-30）。



圖 3-29、畜產所 3BH2 岩芯中的液化構造。



圖 3-30、畜產所 1BH2 岩芯中的剪切構造。

液化構造可視為受到地震波影響造成的構造（處在平坦的地形），因此液化構造不一定是鄰近斷層產生的地震才可以造成，只需要地震震度大，即便遠在數

十公里外的地震亦可產生；如 2010/03/04 六龜地震時，在新化斷層沿線就產生液化現象。本研究於各岩芯中發現液化構造的上下沉積層都是維持水平狀態，液化層厚度約十數公分，是否為地表沈積物形成的液化構造，還是地層中的液化構造，目前無法非常確定，只能推斷大部分可能屬於地表的液化層。若是如此，則液化層可以視為沉積當時的地震所產生，但不一定為新化斷層活動產生的地震。

剪切構造則不同於地震引發的液化構造，其必須鄰近的斷層活動造成地層變形才會產生。但是，被斷層截切的地層應在斷層活動時，都早已經沉積而被埋藏在地下，所以被剪切擾動沉積層的年代並非為地震發生年代，而是應年輕於沉積年代。以下將描述各場址的這些沉積同時的變形構造，討論其與新化斷層的關係。

畜產所 1、2、3 區位於同一區域中（圖 3-31、3-32、3-33），本節合併討論，此區域沉積層發生液化現象主要在 B 岩段與 C 岩段中，A 岩段未發現任何的液化構造（因為岩性屬於砂層），D 與 E 岩段則少數岩芯可以發現。畜產所 1 區的 B 岩段中普遍都存在液化構造，鄰近的畜產所 3 區僅有一處，畜產所 2 區未發現。C 岩段中的液化構造普遍存在，但是畜產所 3 區則都出現在 C 岩段的下部，以及 E 岩段。這種小區域性的液化現象（數十至百餘平公尺範圍），如 B 岩段的液化構造大都位於同一砂層中，是否屬於地表的液化是值得探討的現象。假若 B 岩段的液化構造是屬於地層中的液化構造，則上覆的 A 岩段必然會發現脫水構造（砂脈或擾動現象），但是 A 岩段中皆未發現任何擾動現象，所以推測 B 岩段的液化構造屬於地表沉積物中發生的沈積同時的液化現象。

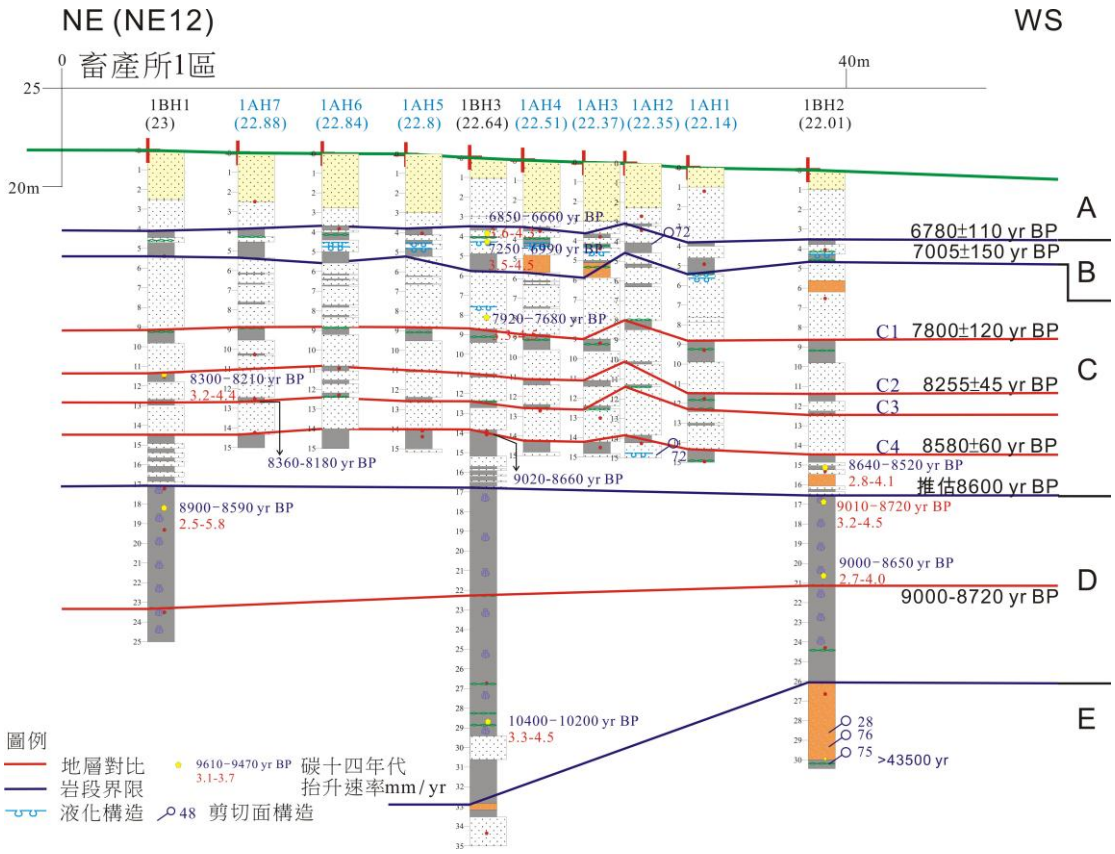


圖 3-31、畜產所 1 區岩芯中的液化、剪切構造。

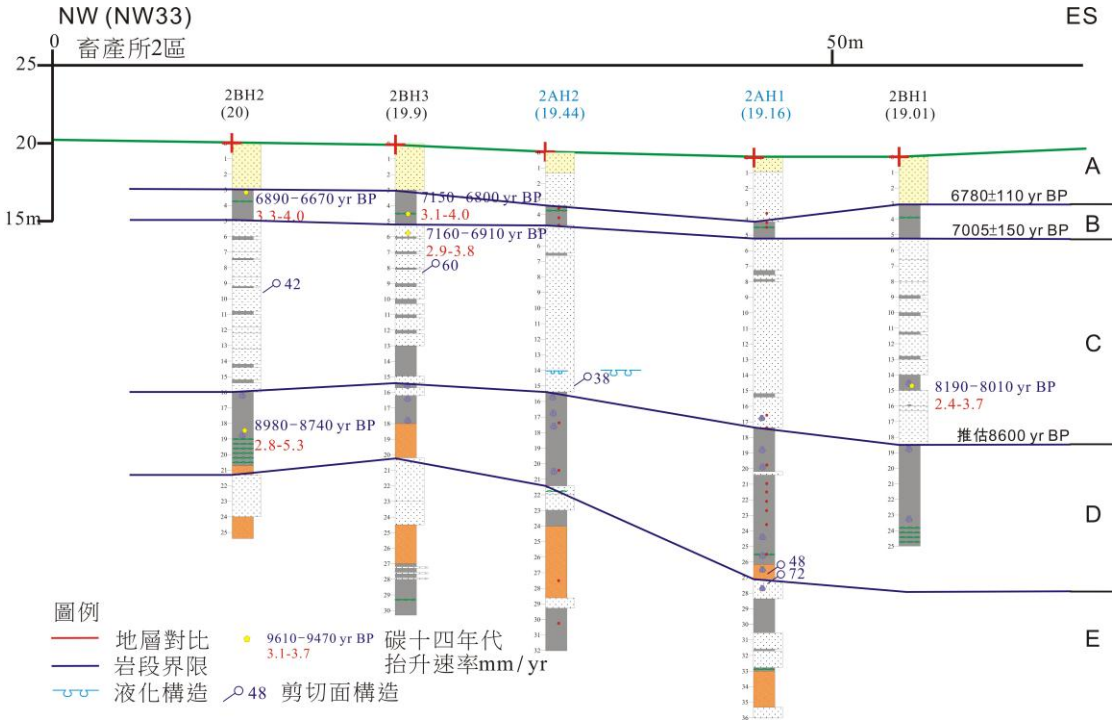


圖 3-32、畜產所 2 區岩芯中的液化、剪切構造。

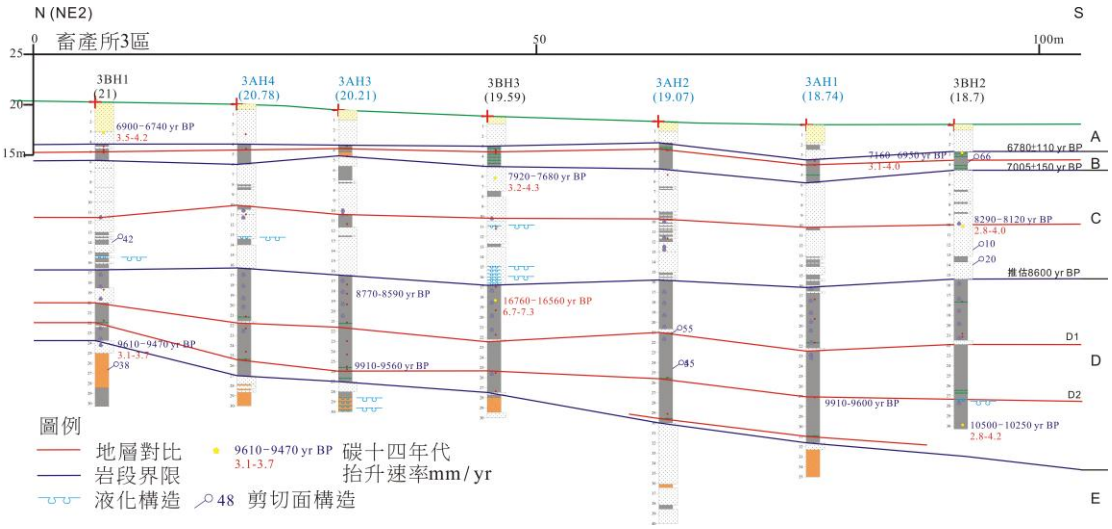


圖 3-33、畜產所 3 區岩芯中的液化、剪切構造。

農田 1、2 區（圖 3-34、3-35）與紡織廠（圖 3-36）都是 1946 年地震時的主要液化區域，但地下地層中僅零星出現液化構造，且地表的淺層砂層也不見 1946 年地震造成的液化構造（地表約 1 公尺深屬於耕作土層）。張麗旭等（1947）所述的液化構造為噴水與噴砂，所以地下受擾動的構造應是砂脈構造或火燄狀構造，其擾動範圍較小，可能僅有數公尺或數十公分範圍，所以已鑽井方式是無法有效發現此小範圍的擾動構造。假如是地表含水沉積層受到擾動，則可以呈現數十至百餘平公尺的擾動範圍。例如本研究挖掘的新城斷層的槽溝剖面，就可以地表淺層的液化擾動層，寬度達數十公尺（圖 2-11）。因此，本研究推測畜產所 1 區 B 岩段中液化構造可能屬於地表淺層的液化現象，年代約 7250-6990 yr BP。畜產所 3 區下部 C 岩段中液化構造亦可能屬於地表淺層的液化，年代約為 8400-8600 yr BP。

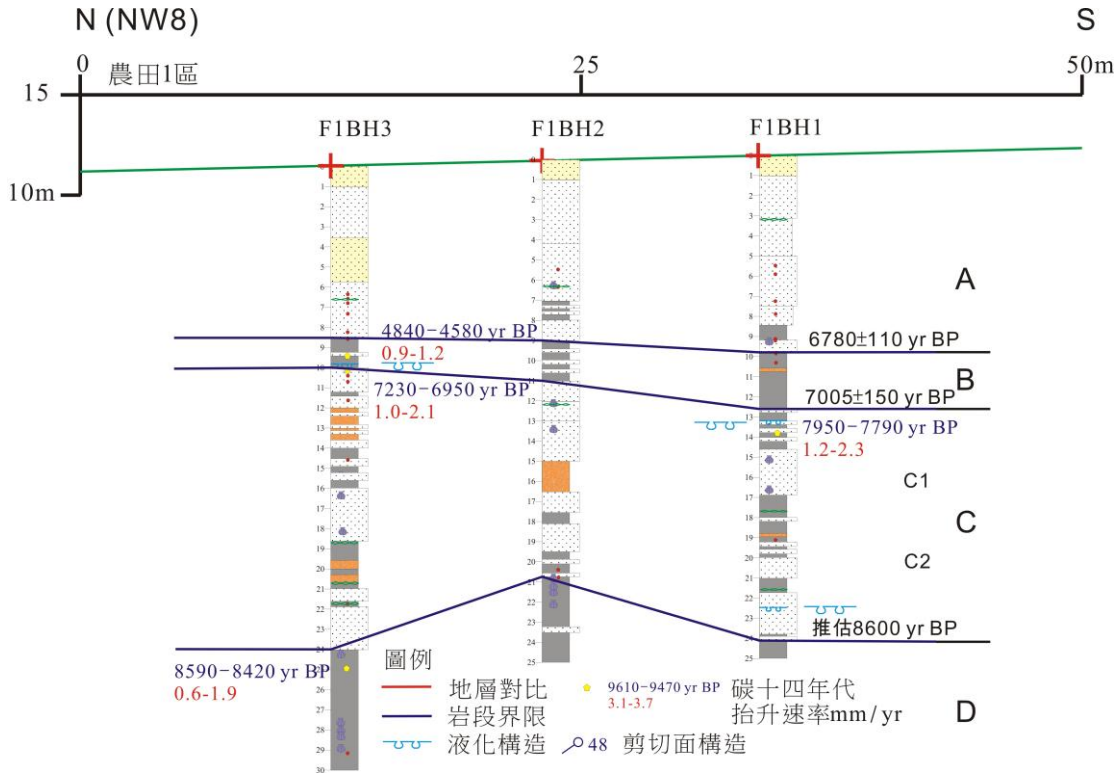


圖 3-34、農田 1 區岩芯中的液化、剪切構造。

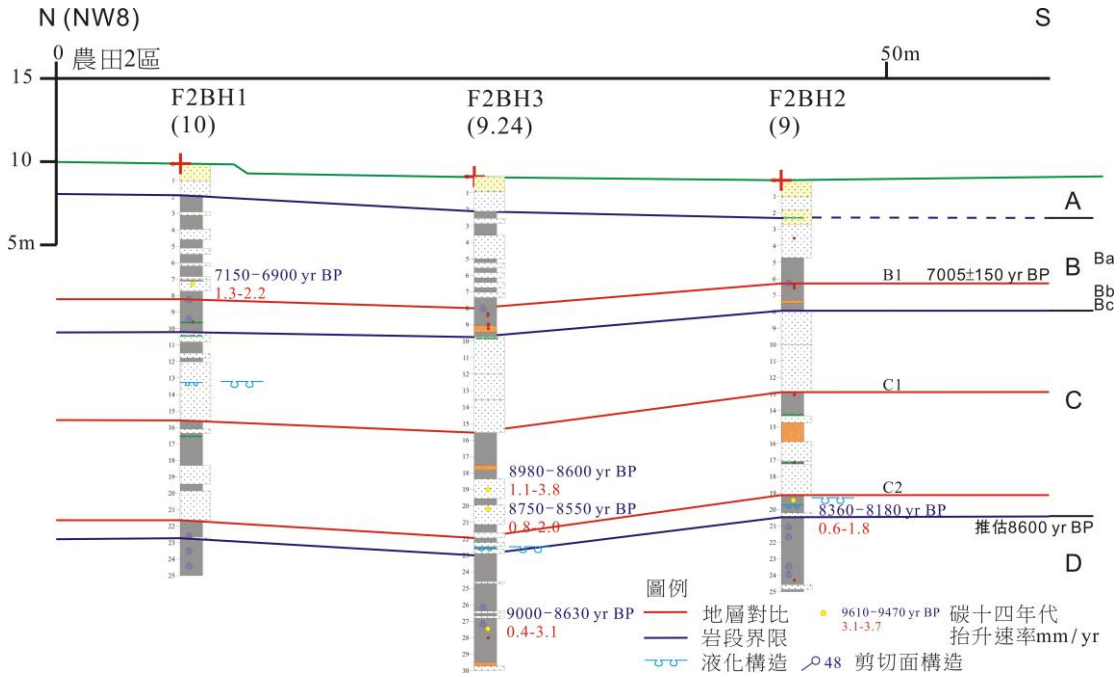


圖 3-35、農田 2 區岩芯中的液化、剪切構造。

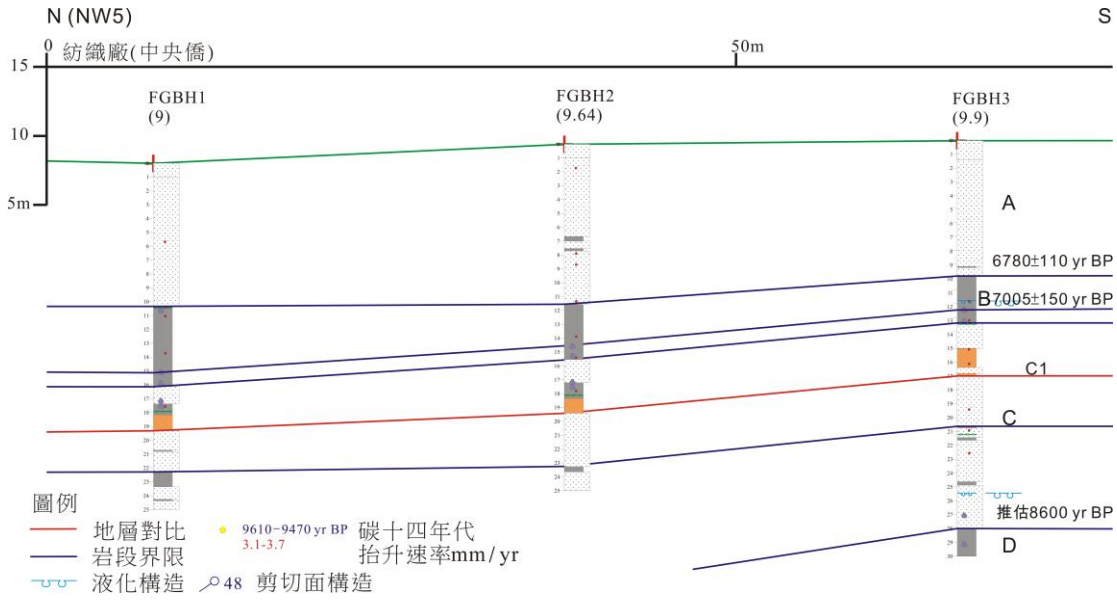


圖 3-36、紡織廠岩芯中的液化、剪切構造。

3.5.2 剪切構造

剪切構造主要分布在農改場與畜產所的鑽井岩芯中，農改場的 NGBH1 與 NGBH2 井中有密集的剪切構造（圖 3-37）；畜產所 1 區的 1AH2 與 1BH2 井（圖 3-38）；畜產所 2 區的 2BH2、2BH3、2AH1 與 2AH2 井（圖 3-39）；畜產所 3 區的 3AH2、3BH1 與 3BH2 井（圖 3-40）。而在 1946 年地震斷層西側液化區域的農田 1 區、農田 2 區與紡織廠的鑽井都未見剪切構造，可能顯示長期以來此區域淺層的變形可能呈現塑性變形為主，斷層尖端未截穿至淺層的沉積層中。

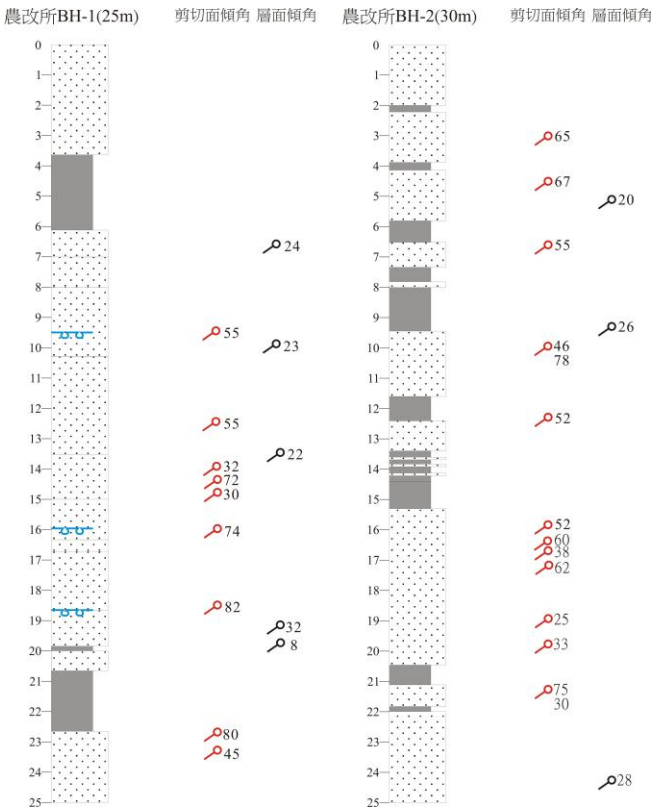


圖 3-37、農改場岩芯中的剪切構造分佈。

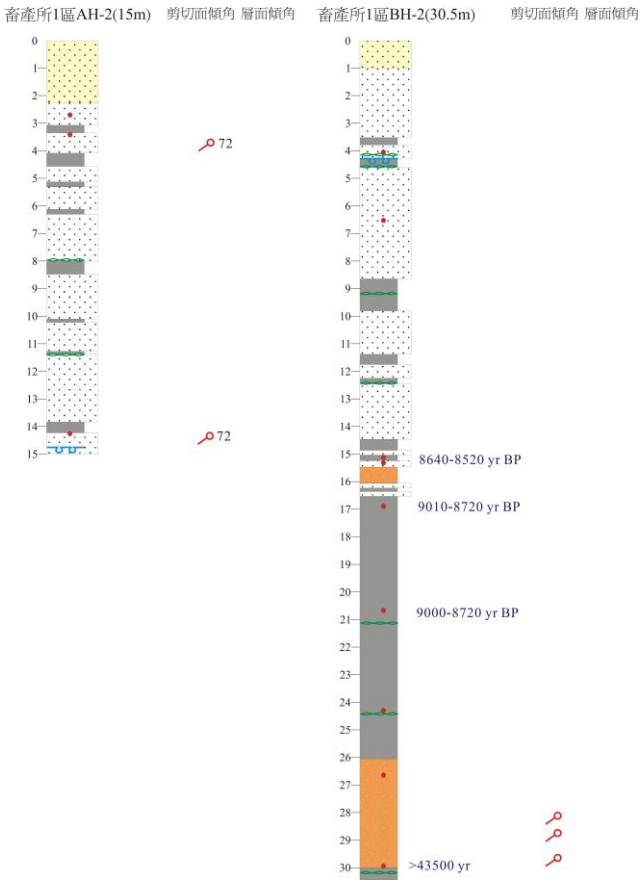


圖 3-38、畜產所 1 區岩芯中的剪切構造分佈。



圖 3-39、畜產所 2 區岩芯中的剪切構造分佈。

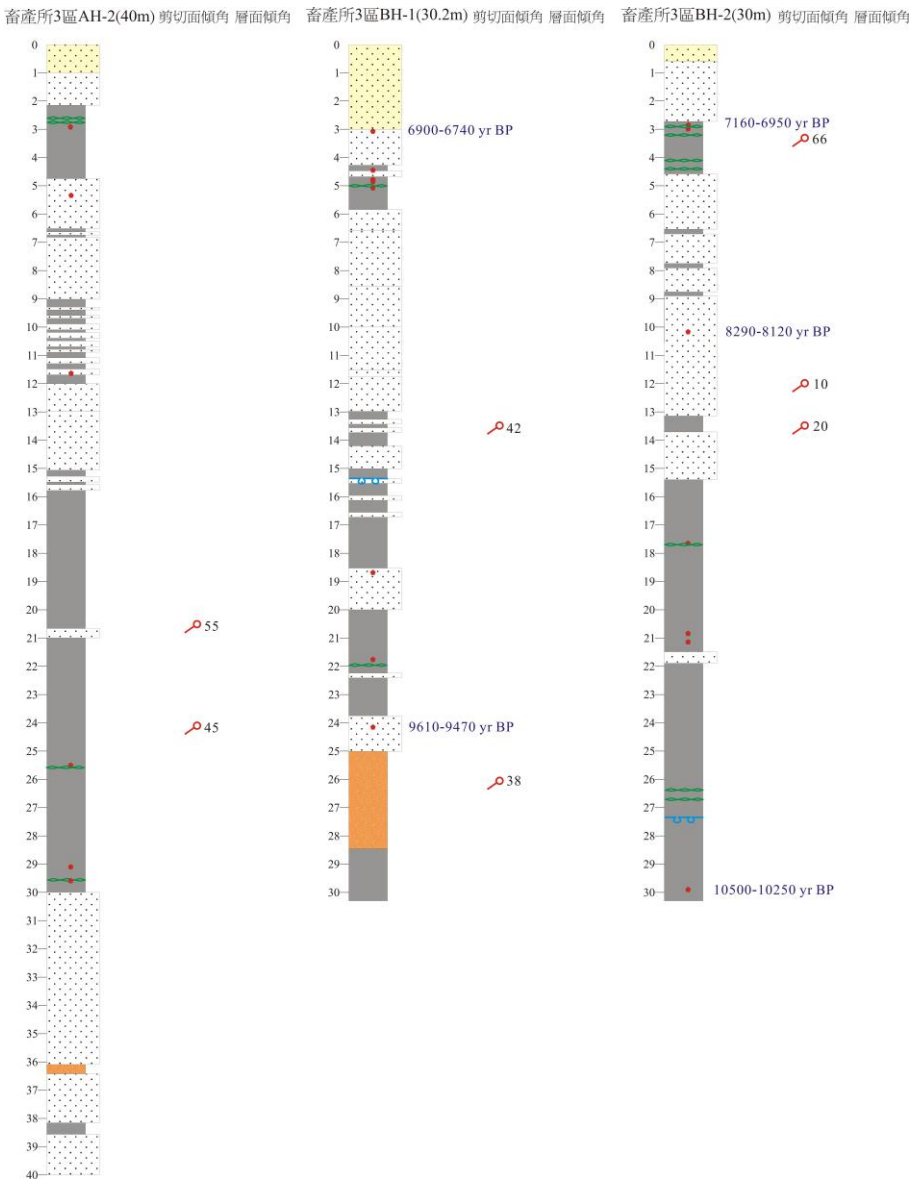


圖 3-40、畜產所 3 區岩芯中的剪切構造分佈。

畜產所 1 區 1AH2 井位於崖坡坡腳為 1946 年地震斷層跡可能位置，但表層沉積層未見擾動現象。從 1AH2 井的地層界限深度來看，是 B/A 界限沉積之後，A 岩段沉積同時造成的變動。而有一剪切構造位在 B 岩段的上部沉積層中，顯示使構造產生在 A 岩段沉積同時，或可能 1946 年地震所造成。另一剪切構造位在 C 岩段底部（14.3-14.6 公尺深）。畜產所 1 區 1BH2 井的剪切構造僅見於最下層的 E 岩段當中，深度為 28-30 公尺。

畜產所 2 區 2AH1 井的剪切構造位於 D 岩段底部，2BH2、2BH3、與 2AH2 井的剪切構造位於 C 岩段。畜產所 3 區 3BH1 與 3BH2 井的剪切構造位於 C 岩

段，3AH2 井剪切構造位於 D 岩段，另外 3BH1 井的剪切構造亦可見於 E 岩段中。雖然，這些剪切構造都是新化斷層活動所產生，但活動時間無法利用剪切面與沉積層的截切關係說明確切發生時間，僅能說明是在沉積層堆積之後所造成。從剪切構造分布的井位與深度，可說明在 E 岩段沉積之後（約 10000 年以來）應該有多次活動事件，並且剪切帶寬度至少可達 100 公尺（畜產所 3 區的 3BH1 至 3BH2 井）。

3.5.3 變動速率

本研究利用各岩芯的碳十四定年年代，古環境深度以及沉積當時古海水面高度等關係，估算各井的地殼垂直變動速率。依據研究的分析結果，顯示斷層跡兩側的垂直變動速率無法區別，畜產所區域大都為 3-4.5 mm/y 的抬升速率（圖 3-31、3-32、3-33），畜產所西側農田區（圖 3-34、3-35）與紡織廠（圖 3-36）約為 0.8-2.3 mm/y 的抬升速率。此結果顯示新化斷層東側的變形帶（1946 年地震斷層跡西側的畜產所）的抬升速率大於西側液化區域。

為何斷層跡兩側的垂直變動速率無法區別？從沉積層界限深度來看，確實可以發現斷層兩側的界限深度有明顯的差異與變形。此結果最重要的因素，是因為在估算垂直變動速率的數值，有三個參數具有誤差值，一為碳十四年代，另外為古海水面高度與估算的古環境深度。因此，每一個標本點所計算的垂直變動速率必然具有相當的誤差範圍，因此無法明顯區別斷層跡兩側的差異，但依據沉積層界限是具有不同的垂直變動。

3.6 結論

從前人的 GPS 觀測資料分析現今台南地區的地殼變形（1999 年 1 月－2000 年 8 月；侯進雄等，2002），顯示新化斷層兩側變形呈現極大差異，南側地塊朝西偏南 10° 移動，平均每年位移量約 37 公厘，北側亦朝西偏南 10° 移動，平均每年位移量約 18 公厘；顯然震間變形在斷層南側相對於北側地塊具每年 19 公厘朝西偏南 10° 方向的錯移。

GPS 觀測資料顯示現今地殼變形（震間變形），斷層兩側地殼位移方向為 W10ºS（N80ºE），與第一區段（東段）與第三區段（西段）的走向相同，但與第二區段（中段）斷層跡走向呈約 10º 的夾角。新化斷層屬於右向平移斷層，而新化斷層中段斷層跡走向呈現左轉，所以中段區域於斷層活動時會產生擠壓作用，呈現壓力脊地形。東西兩段的斷層跡走向與主應力方向平行，斷層帶結構會呈現拉張型態，從槽溝剖面揭露的斷層型態以及淺層震測剖面也都呈現開花狀拉張構造（圖 3-41；陳文山等，2002，2004；石瑞銓，2003；黃勝群，2004）。因此，新化斷層西側（第三區段）位於沖積平原區的斷層跡兩側幾乎沒有任何明顯受擠壓的隆起地形，僅呈現平坦的沖積平原。其原因是此區段的斷層活動型態屬於拉張作用，但鄰近斷層帶的地殼變形可能局部呈現抬升現象（估算的垂直變動速率）。從 1946 年台南地震的地表破裂或變形痕跡分析，西側斷層跡（為盲斷層）沿線呈現大規模的噴砂與噴水現象，顯示淺層沉積物中含大量地下水。鑽井資料分析亦顯示此區域淺層地層屬於全新世沉積層，與東段及中段斷層兩側地層屬於晚更新世崎頂層有很大差異。以下簡述本研究結果。

1. 本計畫已經完成 1946 年地震斷層（接天寺至深坑橋）的 RTK 測量，全長共六公里，其西側的液化區域，在鑽井位置亦已進行 RTK 測量。接天寺東側至農業改良場為新化斷層的最東端，長約 1 公里，谷地寬約 10-30 公尺，本計畫利用 RTK 測量凹谷中央線，但谷地邊界可能是長期以來斷層跡出露的範圍。

農業改良場至深坑橋，之間為畜產試驗所。1946 年斷層跡經過農業改良場與畜產試驗所南側山丘中的凹谷與水塘，之後進入畜產試驗所牧草區。農業改良場至畜產試驗所，長約 2 公里，凹谷亦已經 RTK 做精密測量。農業改良場至深坑橋，之間為畜產試驗所（行政院農業委員會畜產試驗所）。1946 年斷層跡經過農業改良場與畜產試驗所南側山丘中的凹谷與水塘，之後進入畜產試驗所的牧草區（平原），此區段地形分為丘陵與平原。農業改良場至畜產試驗所，長約 2 公里，斷層跡走向 N60-70ºE。丘陵中的凹谷亦已經 RTK 做精密測量，斷層跡誤差範圍約 20-30 公尺。從農業改良場至深坑橋，長約 3 公里，斷層跡在畜產所牧草

區，還保留 1946 年斷層形成的斷層線形崖，高差約 1-2 公尺。此區域已完成斷層線崖的 RTK 測量，同時也參考鑽井岩芯資料，1946 年地震斷層的誤差範圍僅數公尺。但是依據排鑽的岩芯特性，地下剪切帶範圍最大可達 100 公尺寬。深坑橋至中央橋區域，於張麗旭等（1947）敘述沒有地表錯動，但具有液化現象，地形沒有任何高差。並且本區域排鑽的岩芯特性，顯示沒有剪切構造，所以本研究認為此區域可能在全新世時期沒有地表破裂，所以認同地調所公布新化斷層跡位置，斷層跡實線最西端位在深坑橋。

2. 依據各場址排鑽的岩芯對比，以現今畜產所的斷層崖坡坡腳（可能為 1946 年地震斷層跡位置）為界，北側的地層界限的深度與地形面高度變化相似，呈現北高南低。當恢復 1946 年地震斷層在此區域的地表變動高度，相對為南側地表下陷 0.76 公尺，則地層界限還是呈現不平整，顯示地震之前還有受到更早時期斷層活動的影響。

深坑橋西側液化區域排鑽的岩芯對比，南北兩側岩芯的地層界面還是呈現高低的差異，農田 1 區南側較低，農田 2 區與紡織廠則北側較低。是否受到早期斷層活動造成的變動，還是液化產生地表的不等量變形，目前還無法研判。

3. 依據岩芯中液化構造的分布，本研究推測畜產所 1 區 B 岩段中液化構造可能屬於地表淺層的液化現象，年代約 7250-6990 yr BP。畜產所 3 區下部 C 岩段中液化構造亦可能屬於地表淺層的液化，年代約 8400-8600 yr BP。

4. 1946 年地震斷層西側液化區域的農田 1 區、農田 2 區與紡織廠的鑽井都未見剪切構造，可能顯示長期以來此區域淺層的變形可能呈現塑性變形為主，斷層尖端未截穿至淺層的沉積層中。

畜產所區域的剪切構造都是由新化斷層活動所產生，但是其活動時間無法利用剪切面與沉積層的截切關係說明確切發生時間，僅能說明在沉積層堆積之後所造成。從剪切構造分布的井位與深度，可以說明在 E 岩段沉積之後（約 10000 年以來）應該有多次的活動事件，並且剪切帶的寬度至少可達 100 公尺。

5. 利用各岩芯的碳十四定年年代，古環境深度以及沉積當時古海水面高度等關

係，估算各井的地殼垂直變動速率，顯示斷層跡兩側的垂直變動速率無法區別。但是，畜產所區域的抬升速率（3-4.5 mm/yr）大於農田區與紡織廠的抬升速率（0.8-2.3 mm/yr）。

6. 目前研究結果，尚無法有效確定新化斷層在 1946 年地震之前的地震時間，若以 2002 年的槽溝研究結果為依據，則最近一次地震發生在 1630±170 yr BP。

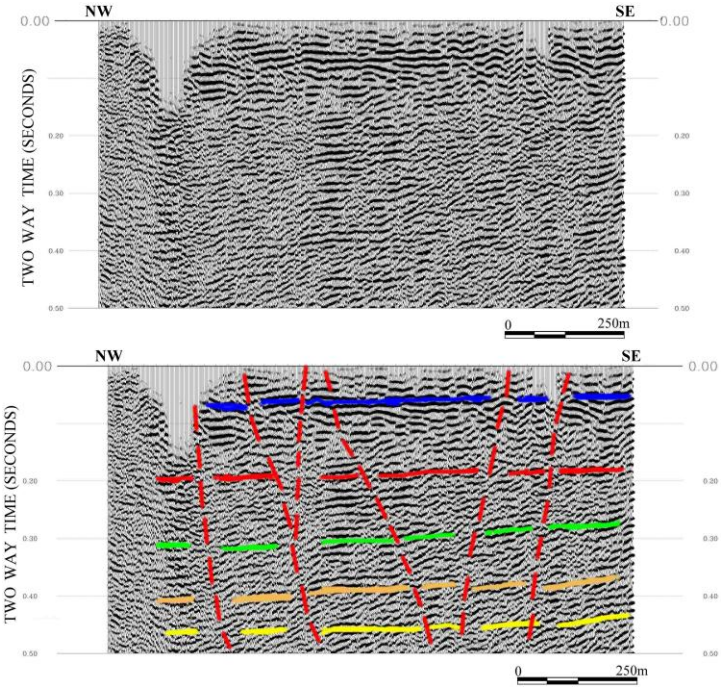


圖 3-41、測線 02P-SHF-SH-A 重合剖面(a)及其解釋(b)（黃勝群等，2004）。

參考文獻

石瑞銓、王乾盈、謝昭輝（1998）雲嘉南地區活動斷層震測調查，經濟部中央地質調查所活動斷層地球物理探勘計畫八十七年度報告，共 130 頁。

石瑞銓、陳平護、呂明達、陳文山（2003）活動斷層地球物理探勘計畫九十一年度報告(1/5)。經濟部地質調查所，共 165 頁。

陳文山、李錫堤、陳于高（2002）槽溝開挖與古地震研究計畫(1/5)(上)，經濟部中央地質調查所「地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫」研究報告，共 107 頁。

陳文山、李錫堤、石瑞銓、楊小青、楊志成、顏一勤、劉力豪、張徽正、侯進雄（2004）新化斷層的構造特性與古地震研究。經濟部中央地質調查所特刊，第十五號，111-119 頁。

李錫堤、鄭錦桐、紀立民、廖啟雯、廖卿妃（2000）槽溝開挖探查成果簡介。第三屆台灣活斷層調查研討會資料。

林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000）台灣活動斷層概論－五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書第二版，經濟部中央地質調查所特刊第十三號，共 122 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－二萬五千分之一活動斷層條帶地質圖說明書，經濟部中央地質調查所特刊第十九號，共 130 頁。

邱朝聰（1997）台灣西南地區之震測研究－西南海域之大陸棚及新化斷層為例，國立臺灣海洋大學應用地球物理研究所碩士學位論文，共 47 頁。

黃勝群、陳彥宏、石瑞銓、張徽正、林啟文、陳文山（2004）新化斷層帶之淺部構造特徵。經濟部中央地質調查所特刊，第十五號，99-110 頁。

臨時台灣土地測量局（1904）臺灣堡圖－1：20,000 地形圖，大目降幅。

張徽正、林啟文、陳勉銘、盧詩丁（1998）台灣活動斷層分布圖說明書，經濟部中央地質調查所特刊，第十號，共 103 頁。

張麗旭、周敏、陳培源（1947）民國 35 年 12 月 5 日台南之地震。臺灣省地質調查所彙刊，第一號，11-18 頁。

饒瑞鈞、胡植慶、詹瑜璋、洪日豪（2002）活動斷層監測系統計畫(1/5)，經濟部

中央地質調查所「地震地質調查與活動斷層資料庫建置計畫」研究報告，共 100 頁。

Bonilla, M.G. (1975) A review of recently active faults in Taiwan, *U. S. Geological Survey Open-File Report*, 75-41, 58pp.

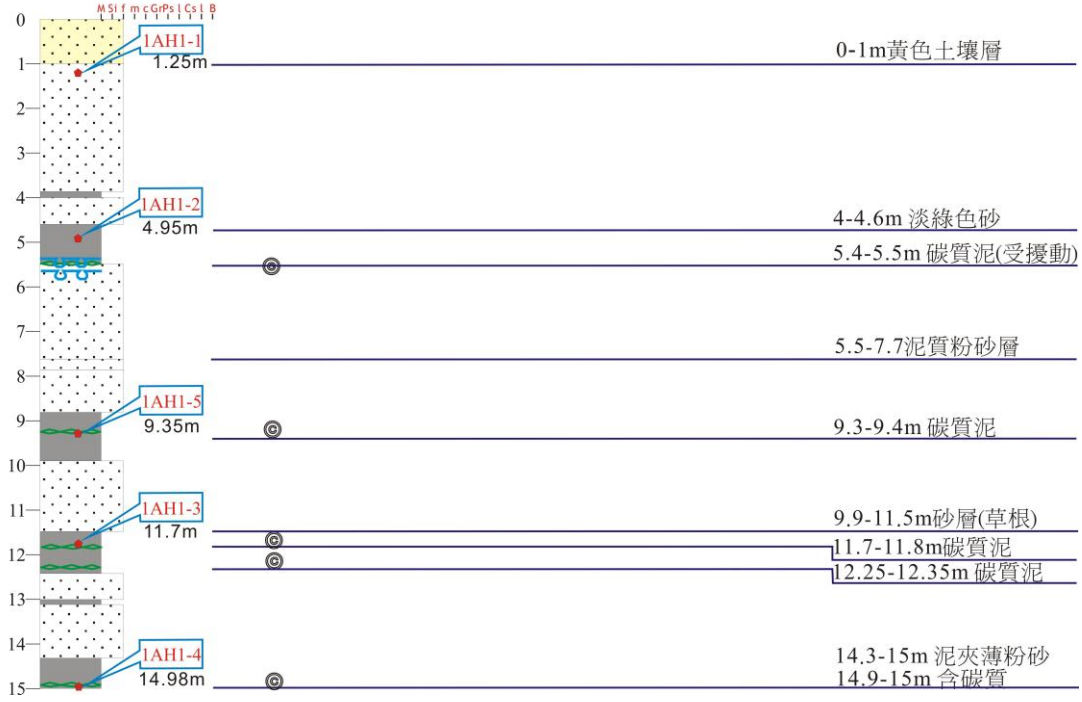
Bonilla, M.G. (1977) Summary of Quaternary faulting and elevation changes in Taiwan, *Mem. Geol. Soc. China*, 2, 43-55.

Christie-Blick, N., Biddle, K.T. (1985) Deformation and basin formation along strike-slip faults, *in* Biddle, K.T., Christie-Blick, N. Strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation, *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec.*, 37, 1-34.

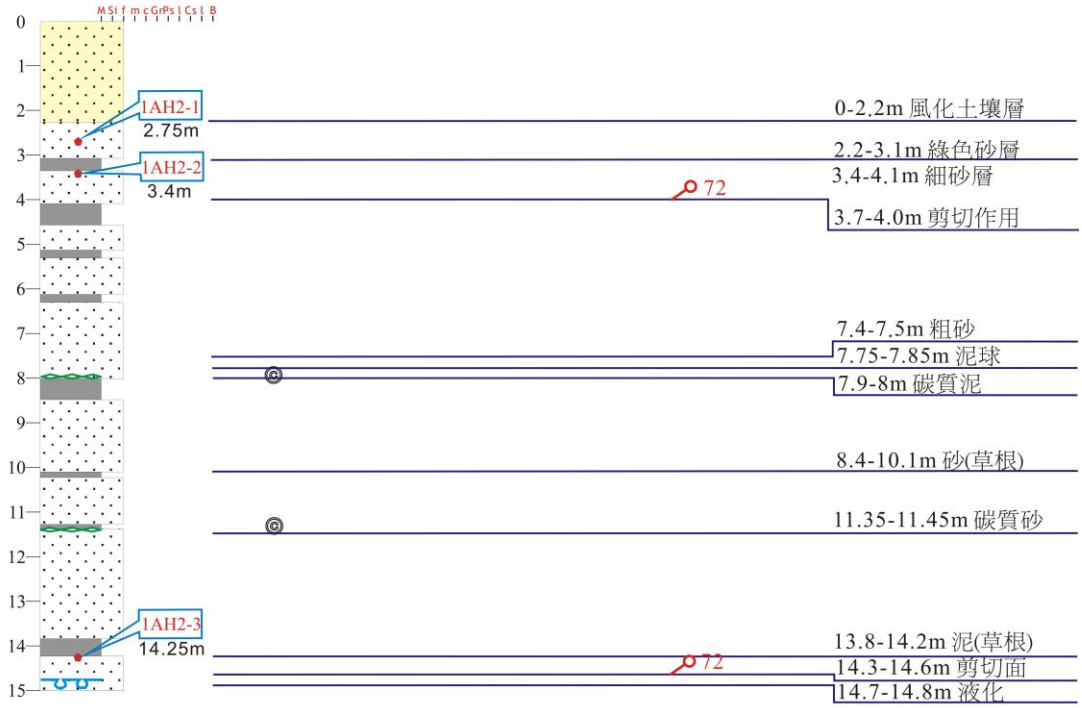
Wang, C.Y., Chen, G.P., Jong, D.T. (1994) The detection of active faults on Taiwan using shallow reflection seismics, *TAO*, 5, 2, 277-293.

附錄一、鑽井岩芯紀錄

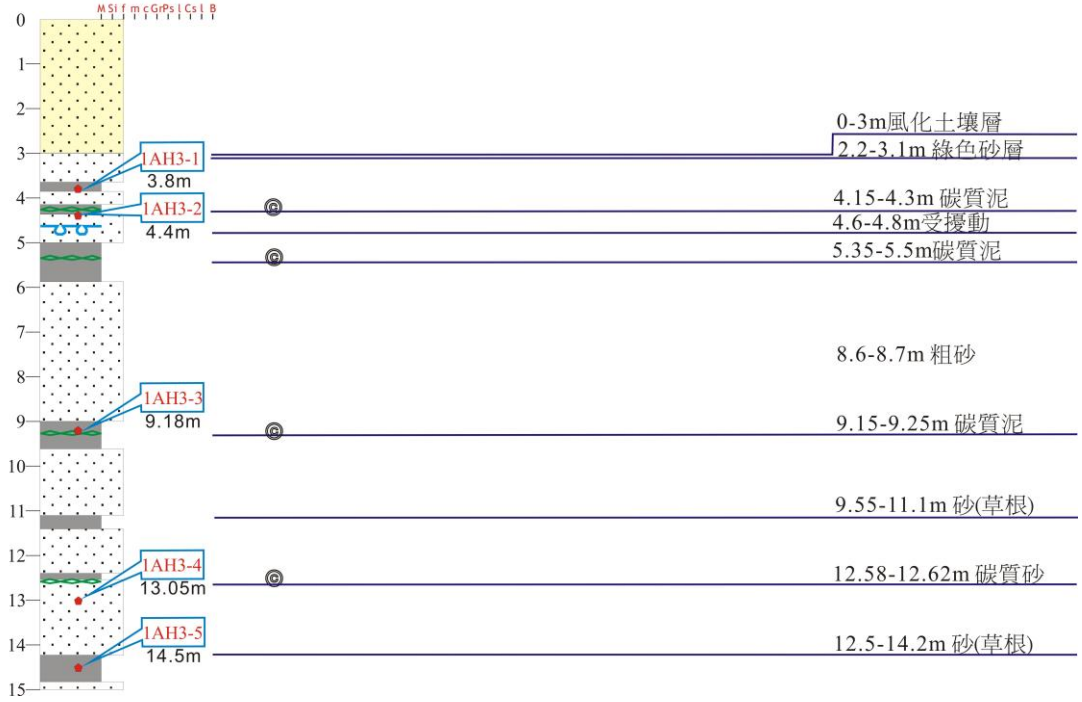
畜產所1區AH-1(15m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



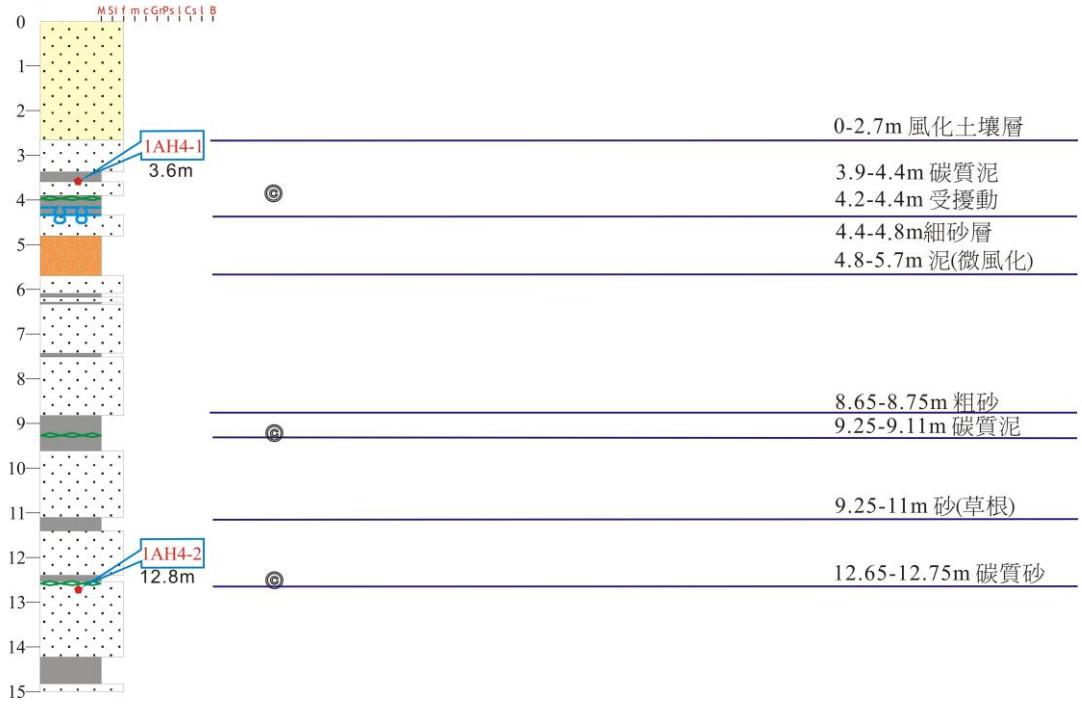
畜產所1區AH-2(15m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



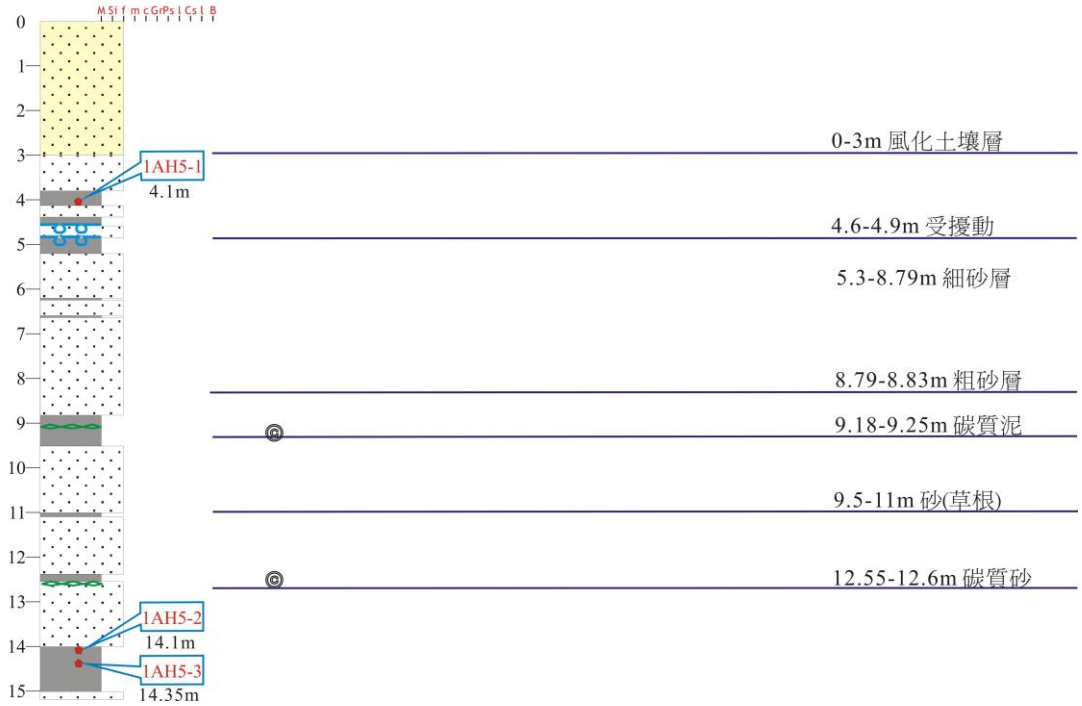
畜產所1區AH-3(15m) 碳質碎屑 貝殼化石 沉積特徵 剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



畜產所1區AH-4(15m) 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



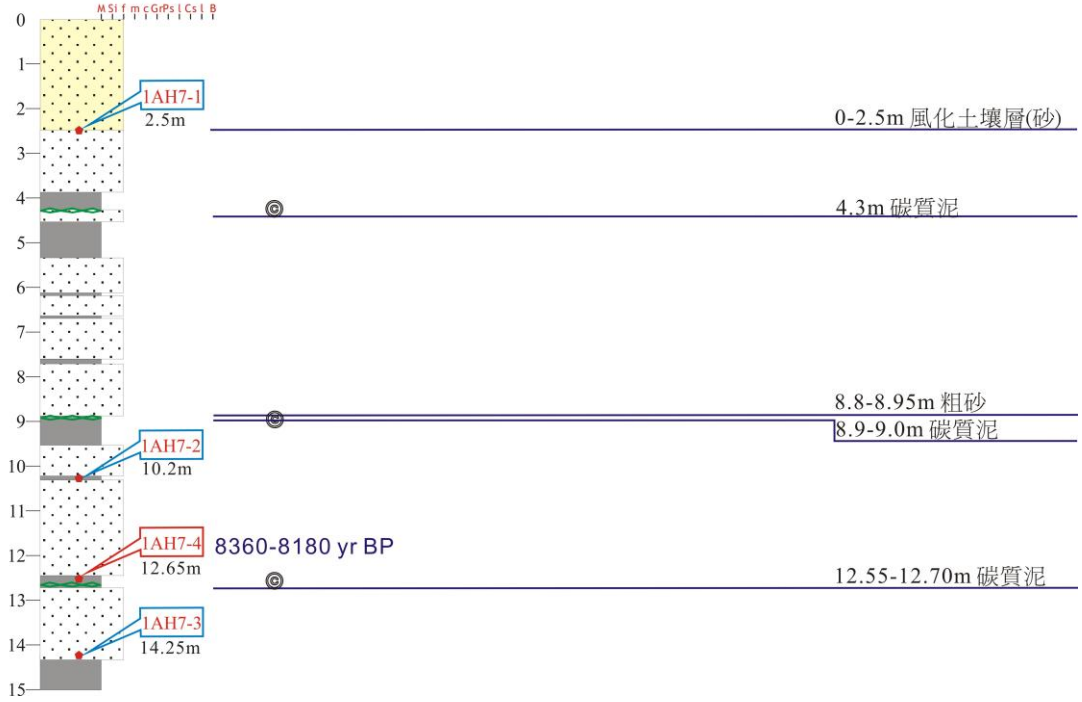
畜產所1區AH-5(15.1m)碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境

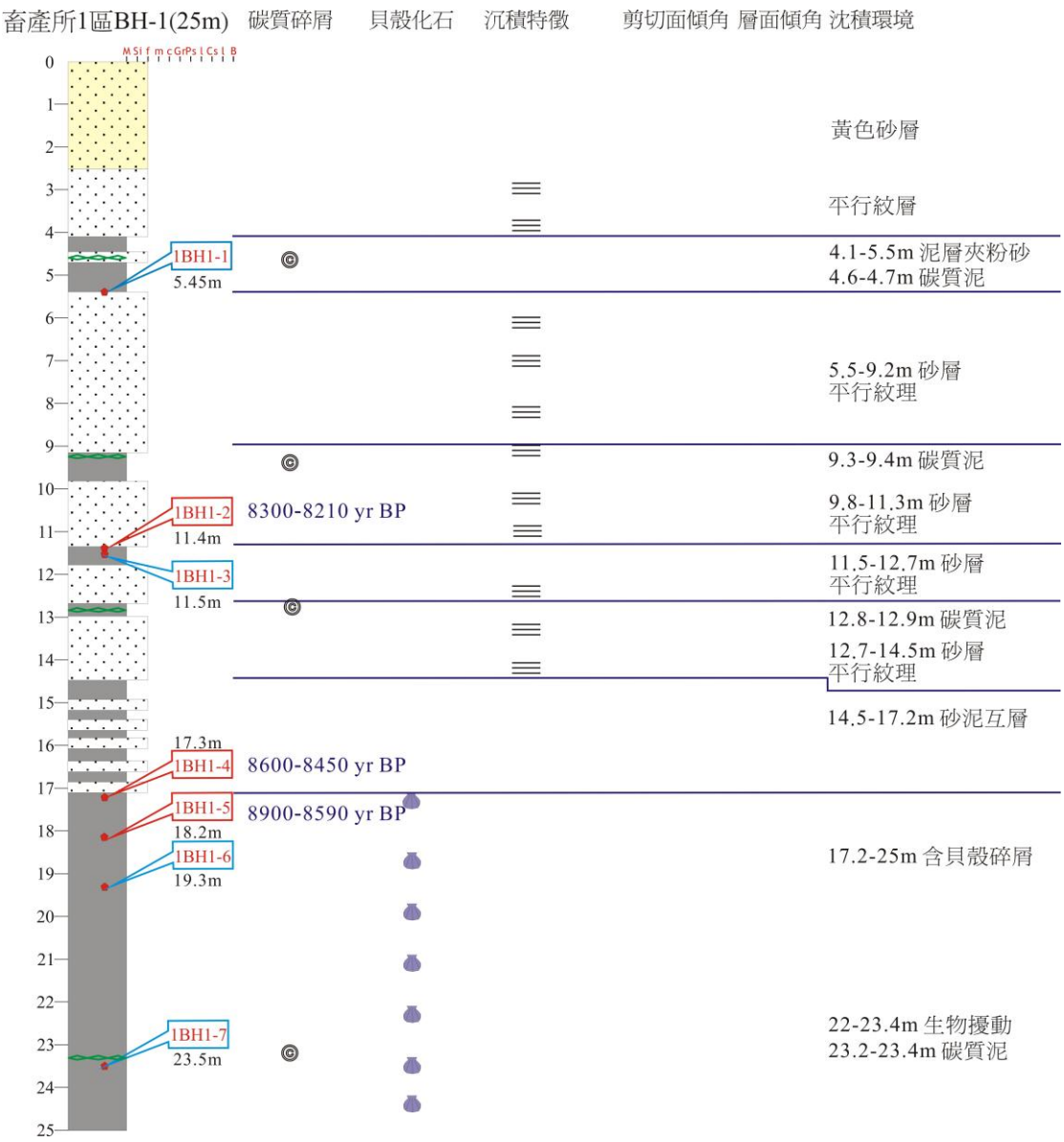


畜產所1區AH-6(15m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境

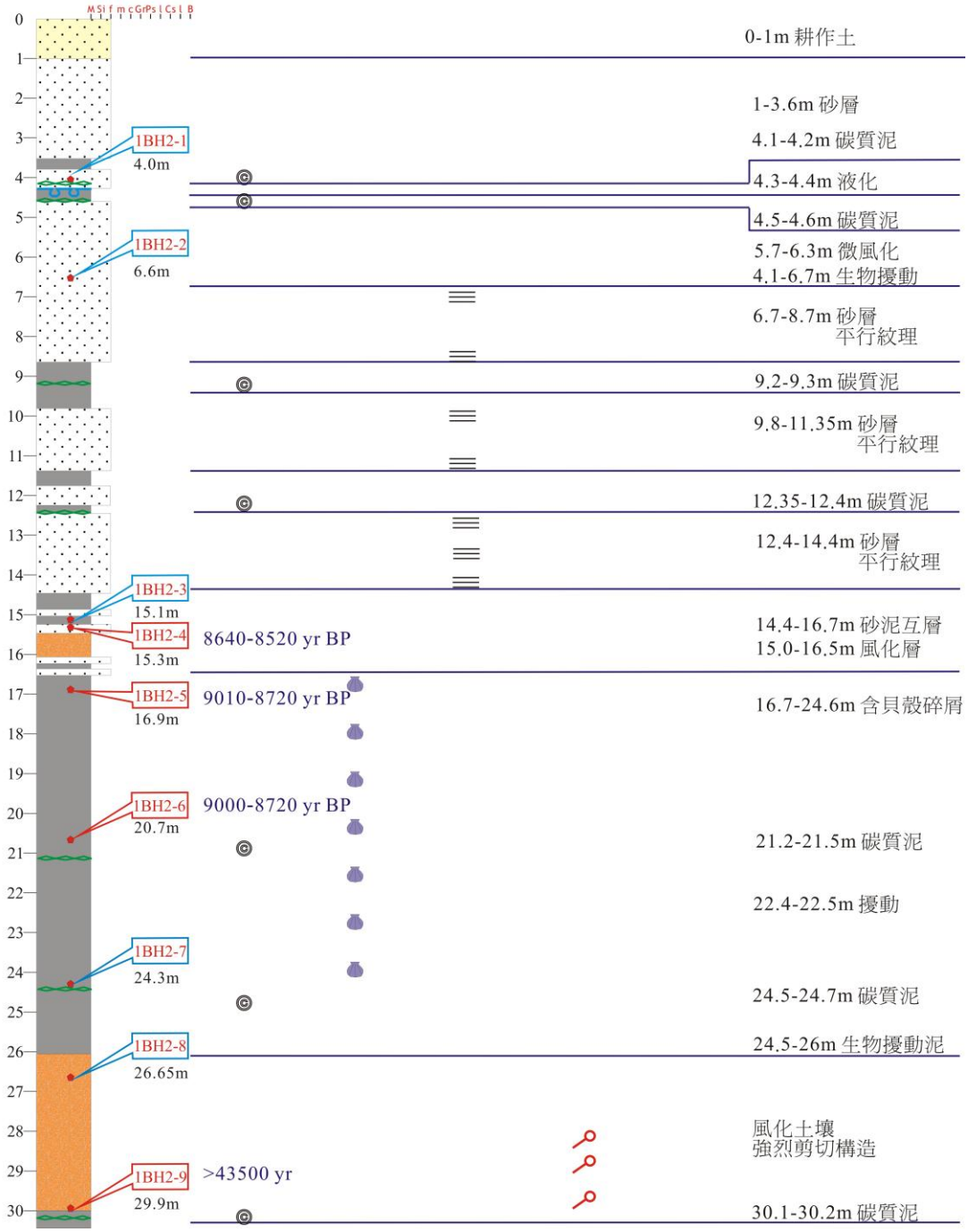


畜產所1區AH-7(15m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境

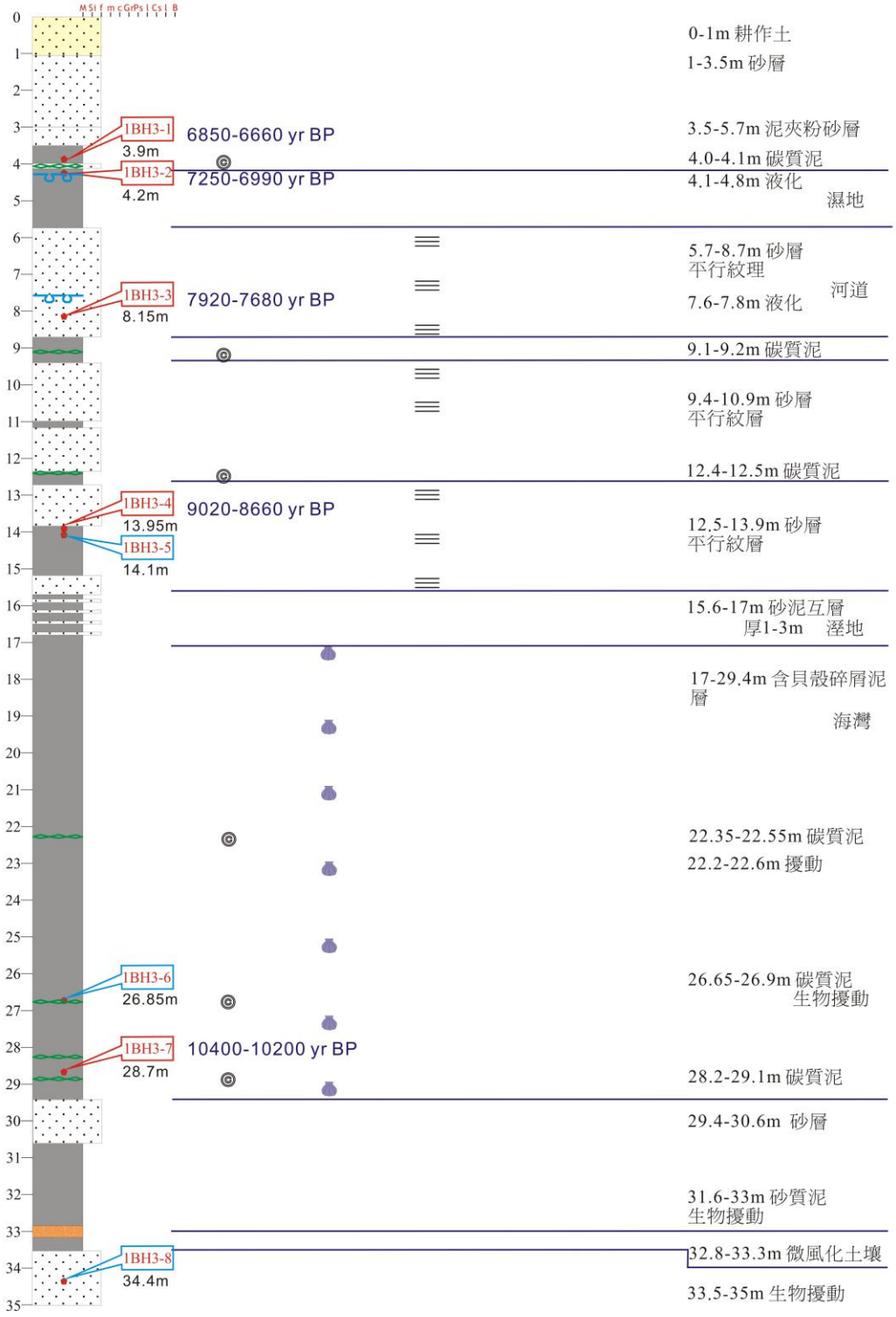


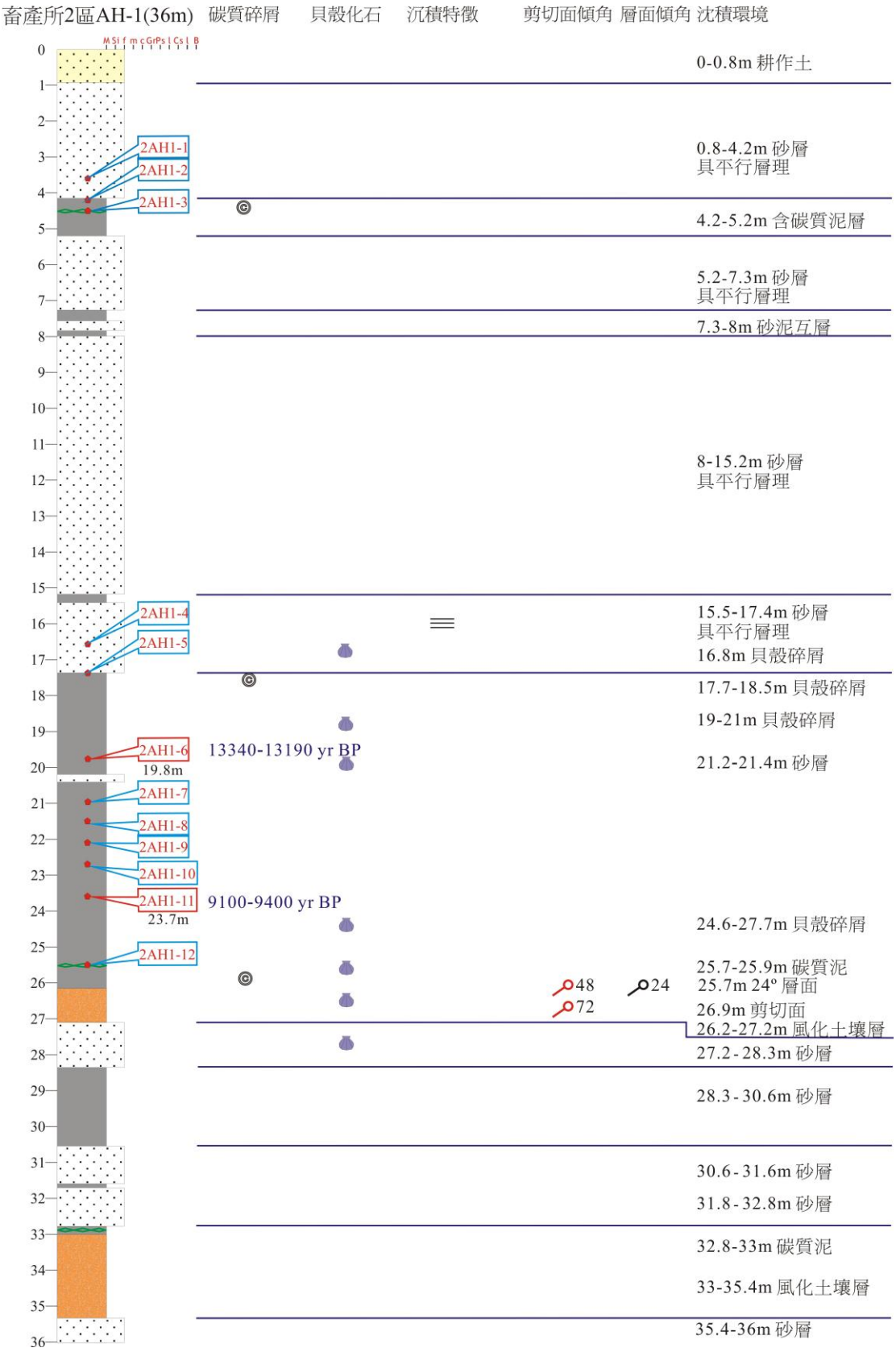

畜產所1區BH-1(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
1BH1-1
5.45m
1BH1-2
11.4m
1BH1-3
11.5m
17.3m
1BH1-4
1BH1-5
18.2m
1BH1-6
19.3m
1BH1-7
23.5m
8300-8210 yr BP
8600-8450 yr BP
8900-8590 yr BP
黃色砂層
平行紋層
4.1-5.5m 泥層夾粉砂
4.6-4.7m 碳質泥
5.5-9.2m 砂層
平行紋理
9.3-9.4m 碳質泥
9.8-11.3m 砂層
平行紋理
11.5-12.7m 砂層
平行紋理
12.8-12.9m 碳質泥
12.7-14.5m 砂層
平行紋理
14.5-17.2m 砂泥互層
17.2-25m 含貝殼碎屑
22-23.4m 生物擾動
23.2-23.4m 碳質泥

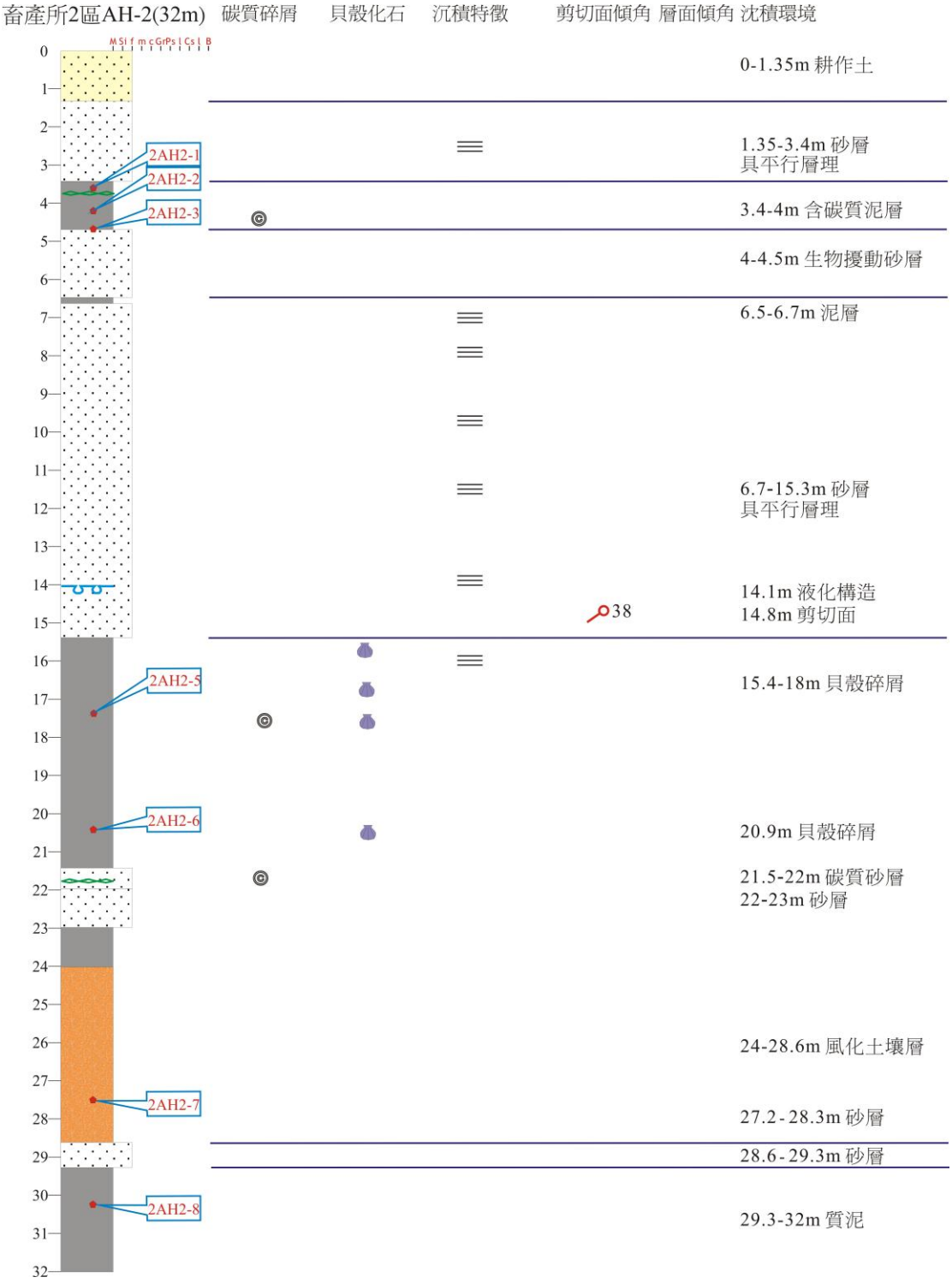
畜產所1區BH-2(30.5m)碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



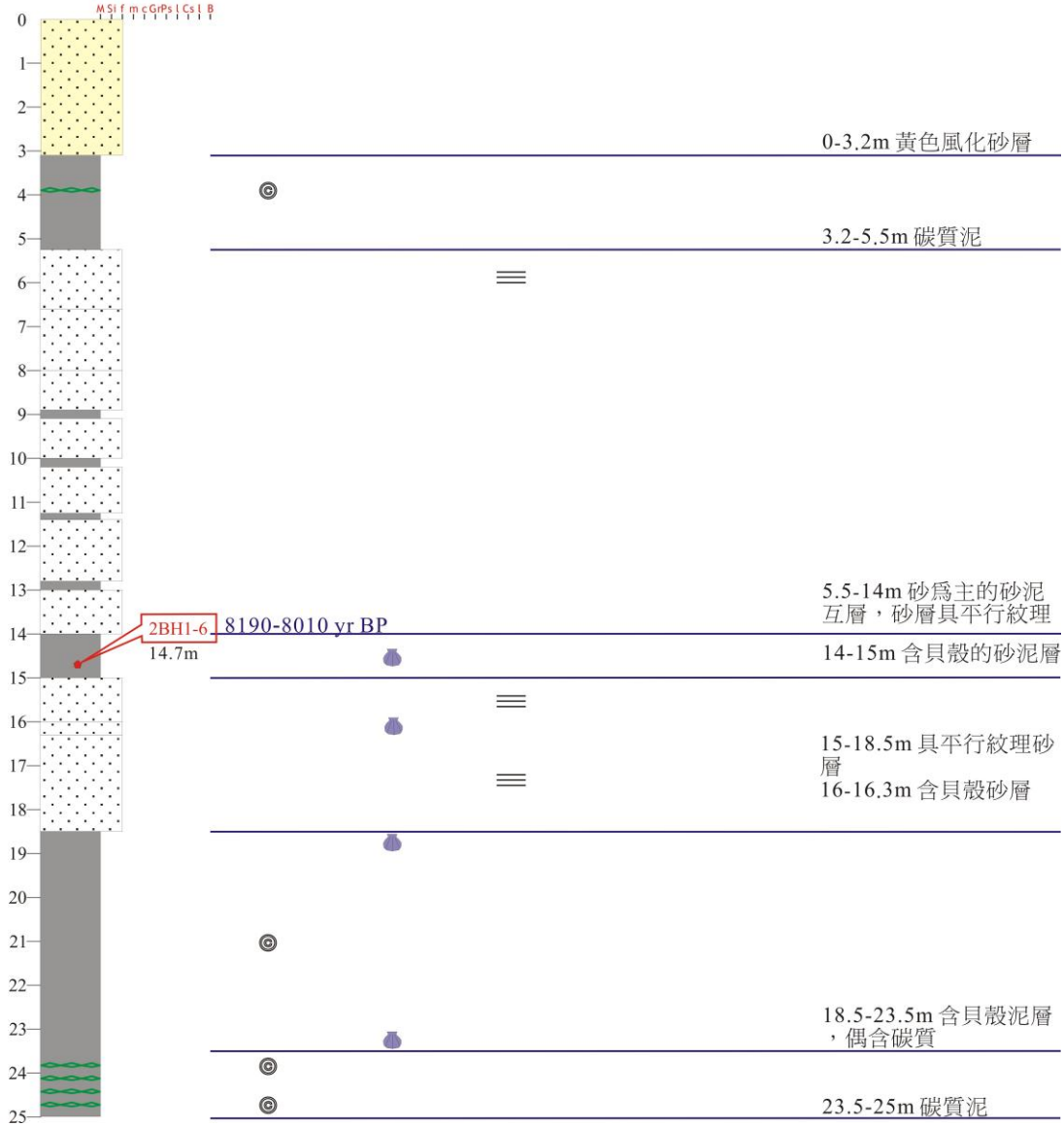
畜產所1區BH-3(35m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



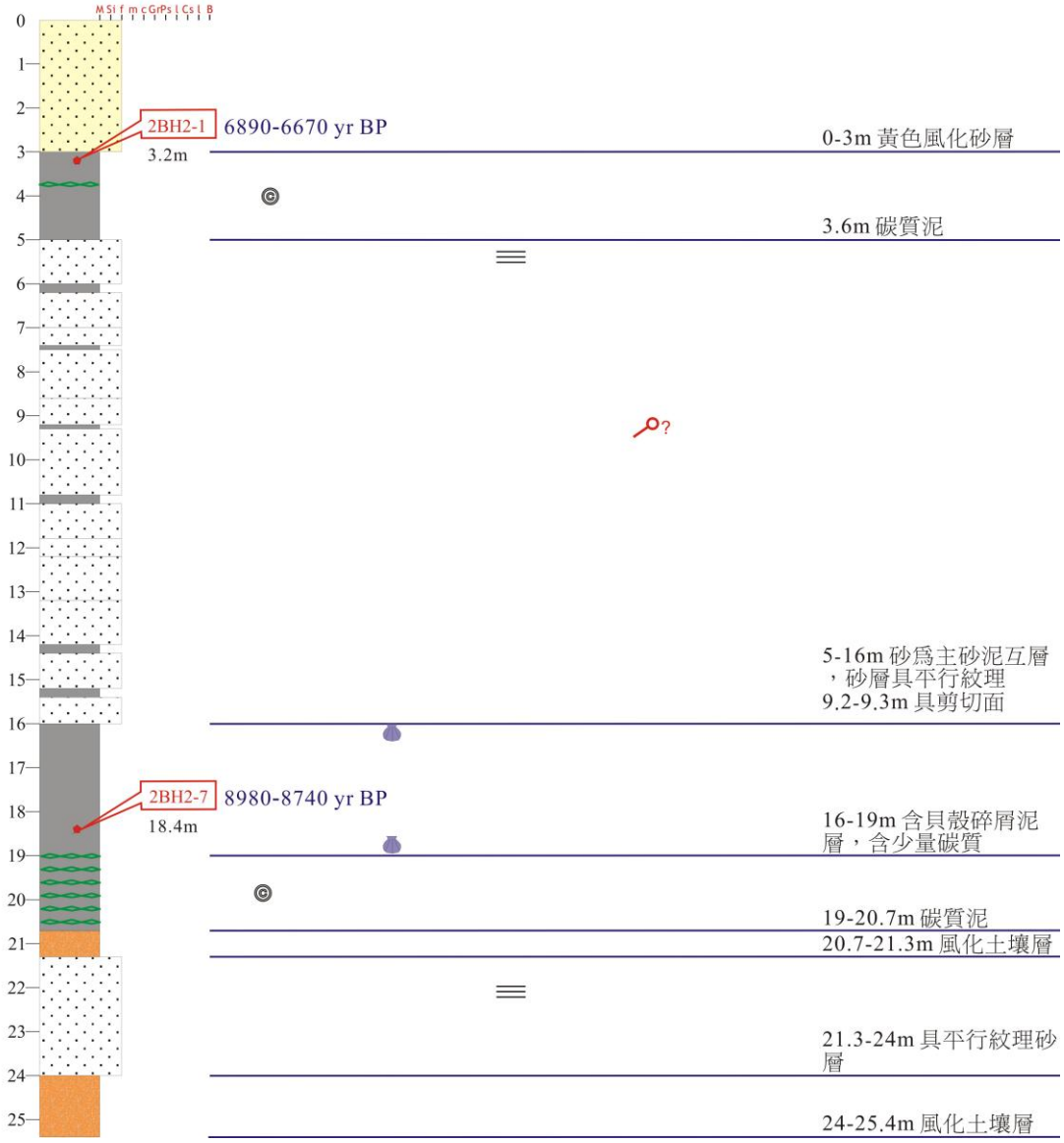

畜產所2區AH-1(36m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m cGr Ps l Cs l B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
2AH1-1
2AH1-2
2AH1-3
2AH1-4
2AH1-5
2AH1-6
19.8m
2AH1-7
2AH1-8
2AH1-9
2AH1-10
2AH1-11
23.7m
2AH1-12
13340-13190 yr BP
9100-9400 yr BP
48
72
24
0-0.8m 耕作土
0.8-4.2m 砂層
具平行層理
4.2-5.2m 含碳質泥層
5.2-7.3m 砂層
具平行層理
7.3-8m 砂泥互層
8-15.2m 砂層
具平行層理
15.5-17.4m 砂層
具平行層理
16.8m 貝殼碎屑
17.7-18.5m 貝殼碎屑
19-21m 貝殼碎屑
21.2-21.4m 砂層
24.6-27.7m 貝殼碎屑
25.7-25.9m 碳質泥
25.7m 24° 層面
26.9m 剪切面
26.2-27.2m 風化土壤層
27.2 - 28.3m 砂層
28.3 - 30.6m 砂層
30.6 - 31.6m 砂層
31.8 - 32.8m 砂層
32.8-33m 碳質泥
33-35.4m 風化土壤層
35.4-36m 砂層

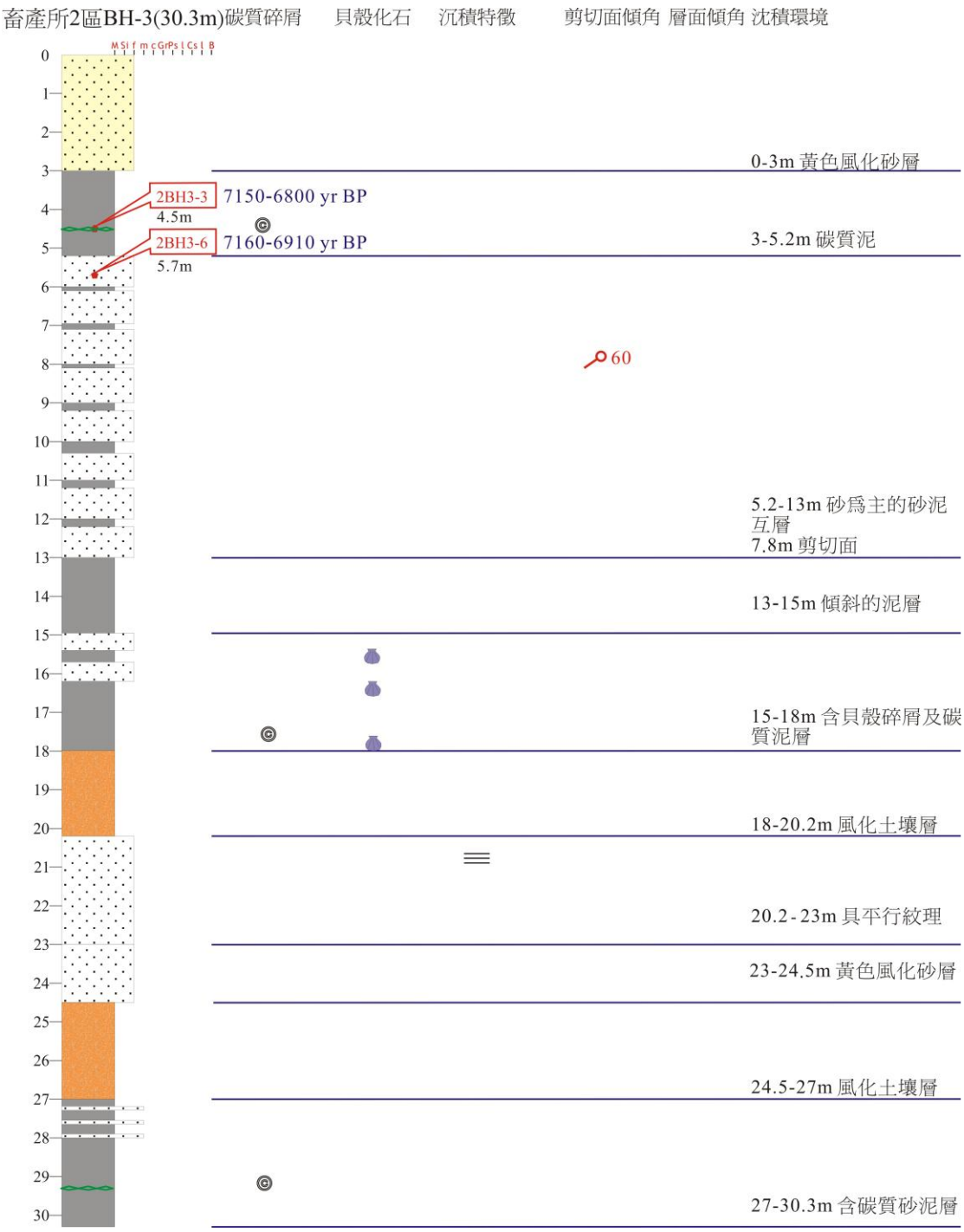

畜產所2區AH-2(32m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
2AH2-1
2AH2-2
2AH2-3
2AH2-5
2AH2-6
2AH2-7
2AH2-8
38
0-1.35m 耕作土
1.35-3.4m 砂層
具平行層理
3.4-4m 含碳質泥層
4-4.5m 生物擾動砂層
6.5-6.7m 泥層
6.7-15.3m 砂層
具平行層理
14.1m 液化構造
14.8m 剪切面
15.4-18m 貝殼碎屑
20.9m 貝殼碎屑
21.5-22m 碳質砂層
22-23m 砂層
24-28.6m 風化土壤層
27.2 - 28.3m 砂層
28.6 - 29.3m 砂層
29.3-32m 質泥

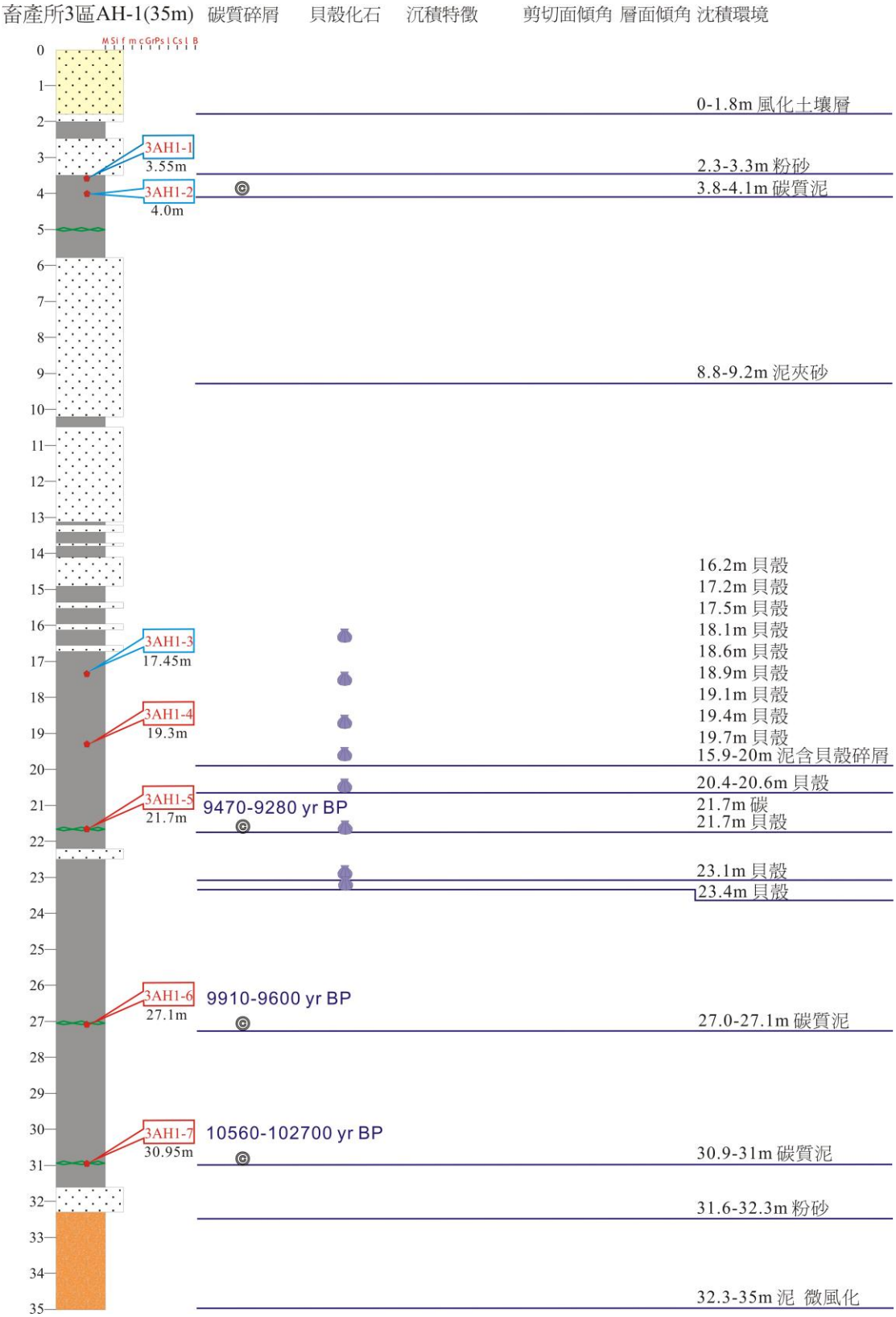
畜產所2區BH-1(25m) 碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



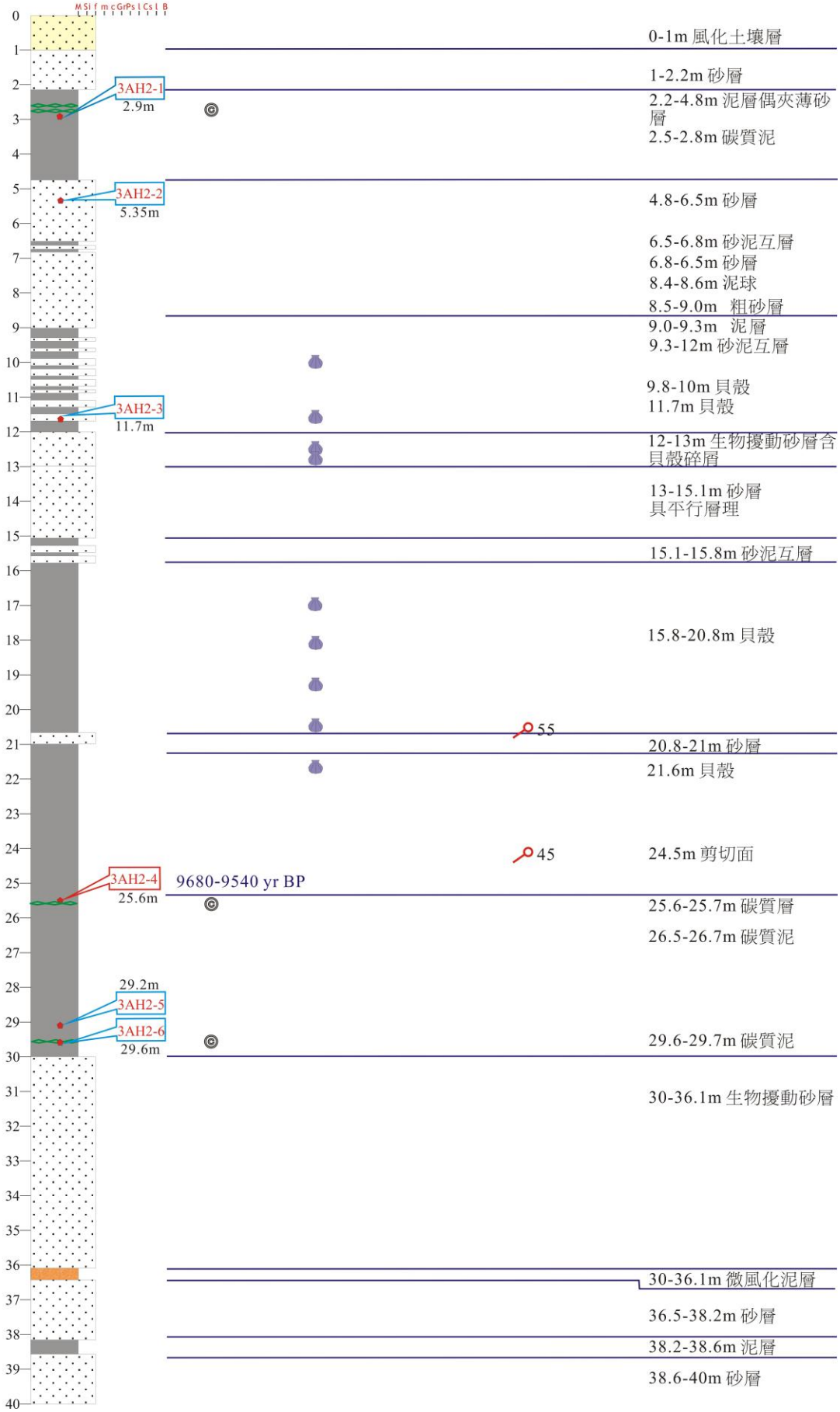
畜產所2區BH-2(25.4m)碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



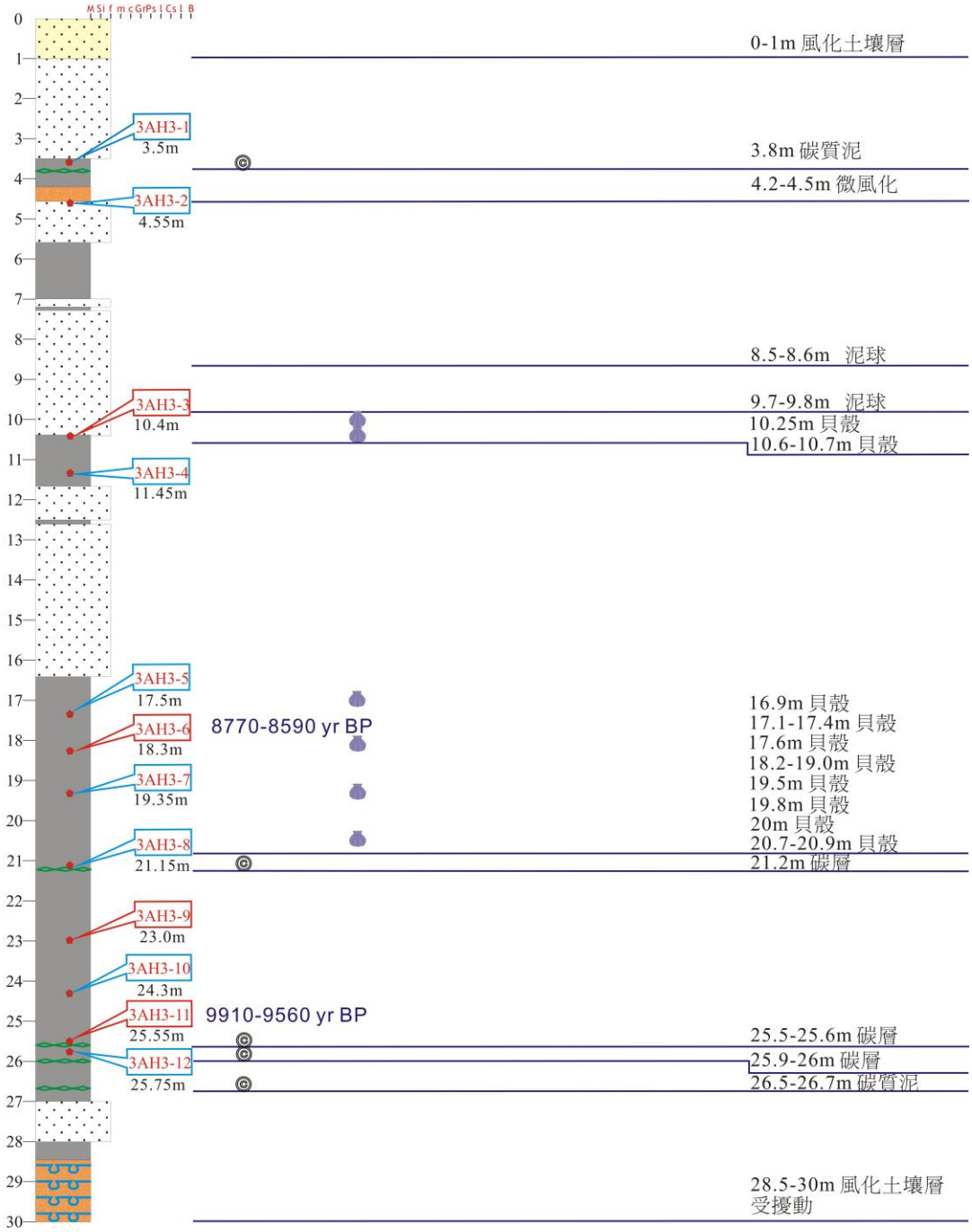

畜產所2區BH-3(30.3m)碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
2BH3-3
7150-6800 yr BP
4.5m
2BH3-6
7160-6910 yr BP
5.7m
60
0-3m 黃色風化砂層
3-5.2m 碳質泥
5.2-13m 砂爲主的砂泥互層
7.8m 剪切面
13-15m 傾斜的泥層
15-18m 含貝殼碎屑及碳質泥層
18-20.2m 風化土壤層
20.2 - 23m 具平行紋理
23-24.5m 黃色風化砂層
24.5-27m 風化土壤層
27-30.3m 含碳質砂泥層


畜產所3區AH-1(35m) 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
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
3AH1-1
3.55m
3AH1-2
4.0m
3AH1-3
17.45m
3AH1-4
19.3m
3AH1-5
21.7m
3AH1-6
27.1m
3AH1-7
30.95m
9470-9280 yr BP
9910-9600 yr BP
10560-102700 yr BP
0-1.8m 風化土壤層
2.3-3.3m 粉砂
3.8-4.1m 碳質泥
8.8-9.2m 泥夾砂
16.2m 貝殼
17.2m 貝殼
17.5m 貝殼
18.1m 貝殼
18.6m 貝殼
18.9m 貝殼
19.1m 貝殼
19.4m 貝殼
19.7m 貝殼
15.9-20m 泥含貝殼碎屑
20.4-20.6m 貝殼
21.7m 碳
21.7m 貝殼
23.1m 貝殼
23.4m 貝殼
27.0-27.1m 碳質泥
30.9-31m 碳質泥
31.6-32.3m 粉砂
32.3-35m 泥 微風化

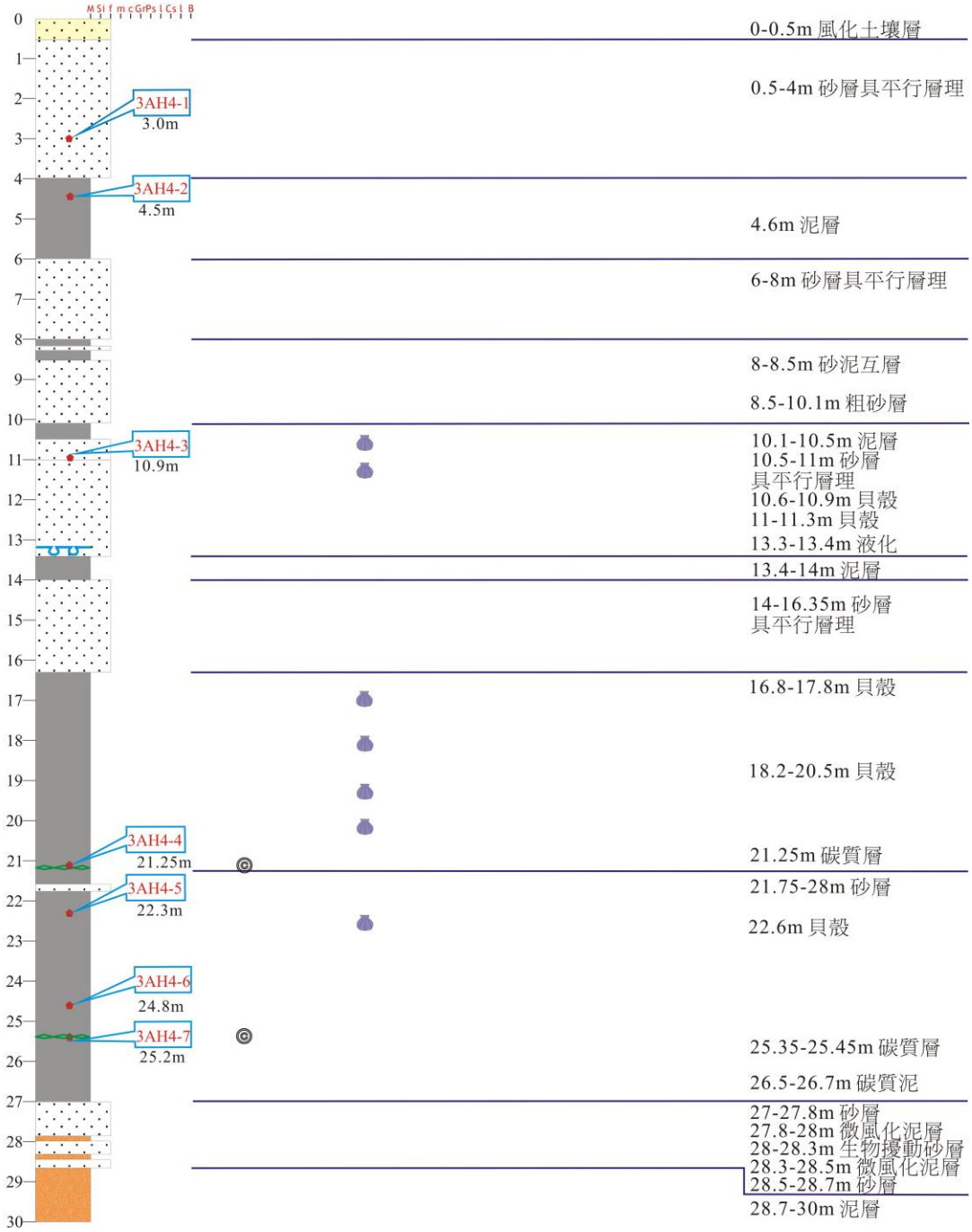
畜產所3區AH-2(40m) 碳質碎屑 貝殼化石 沉積特徵 剪切面傾角 層面傾角 沈積環境

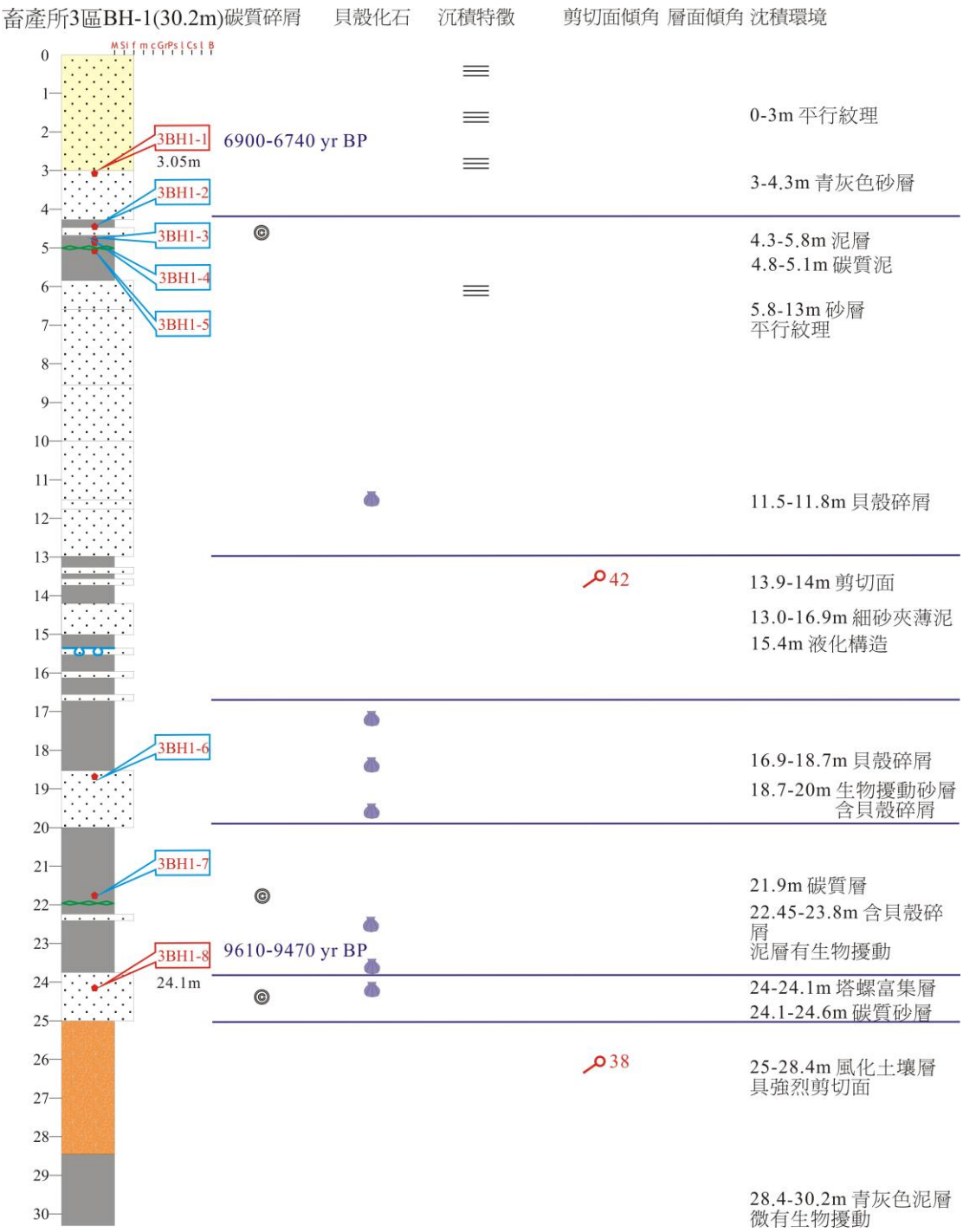


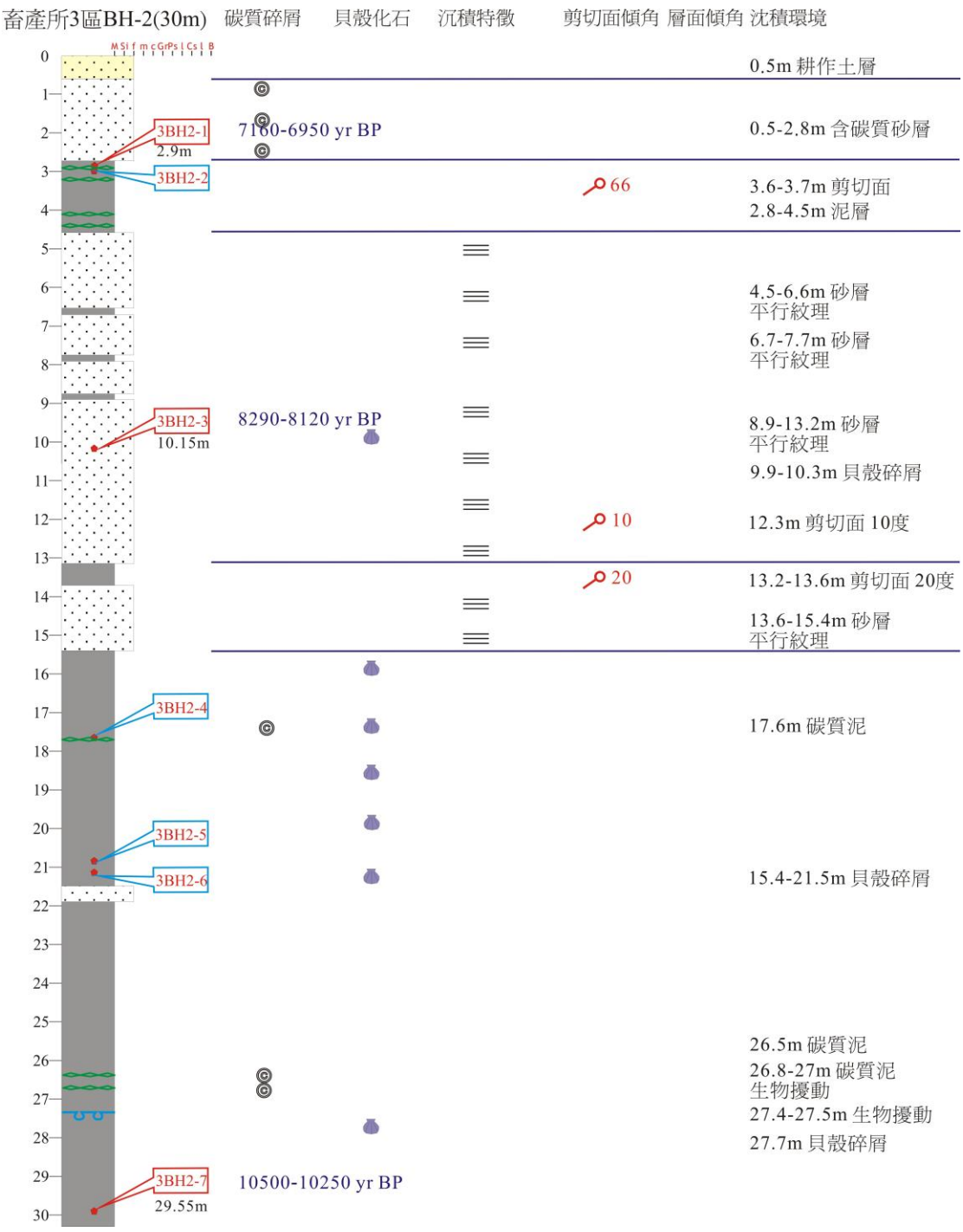
畜產所3區AH-3(30m) 碳質碎屑 貝殼化石 沉積特徵 剪切面傾角 層面傾角 沈積環境



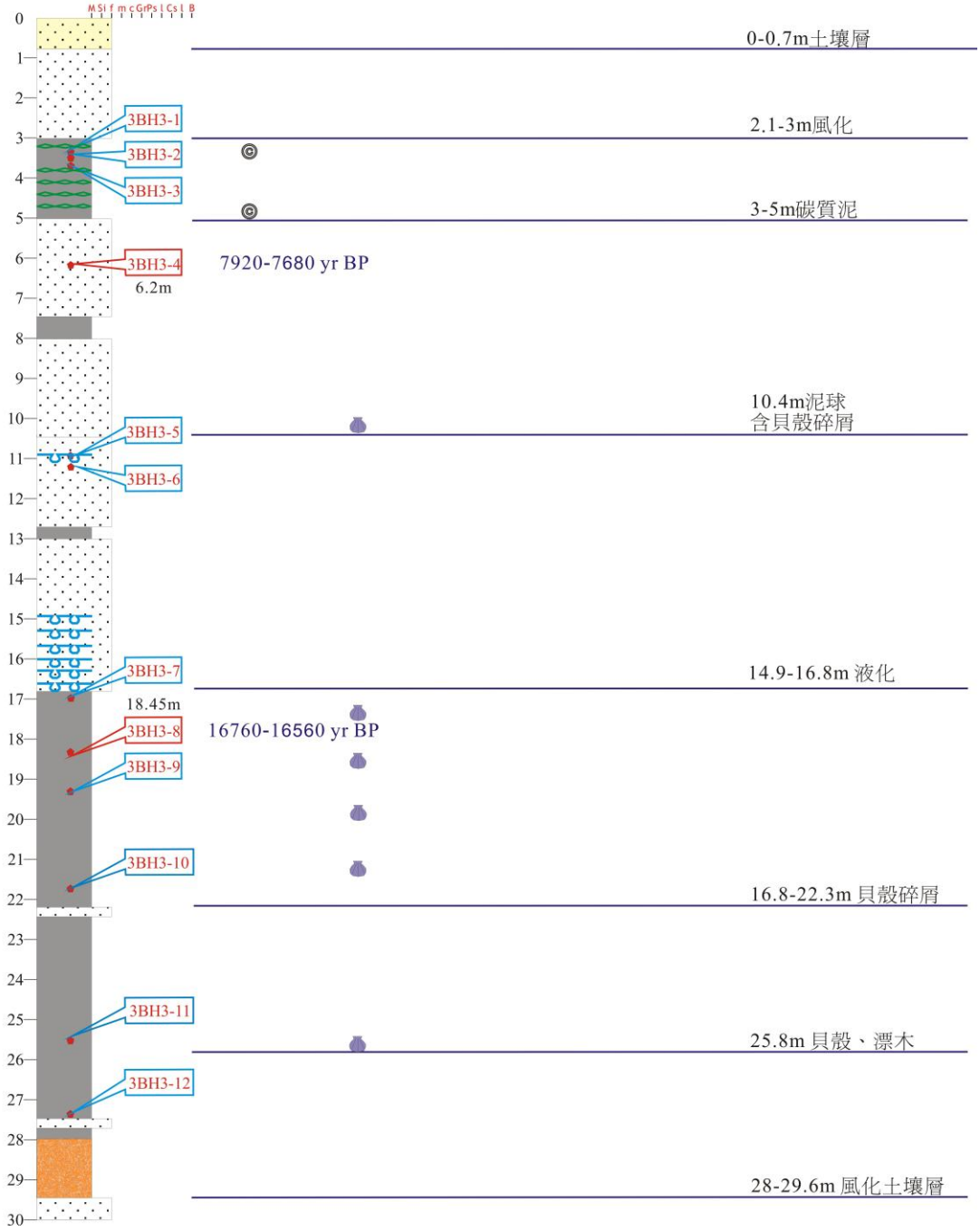
畜產所3區AH-4(30m) 碳質碎屑 貝殼化石 沉積特徵 剪切面傾角 層面傾角 沈積環境

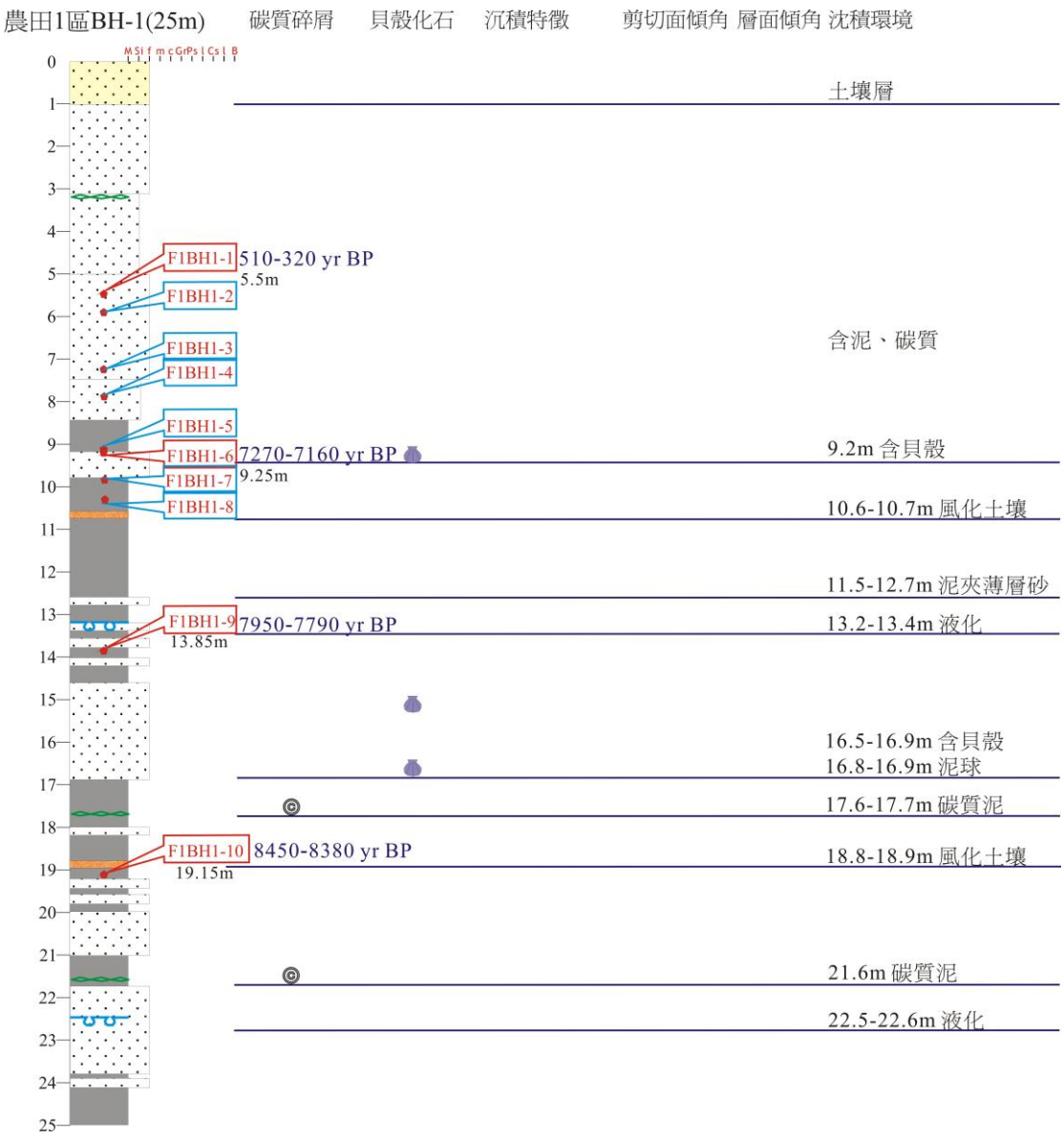


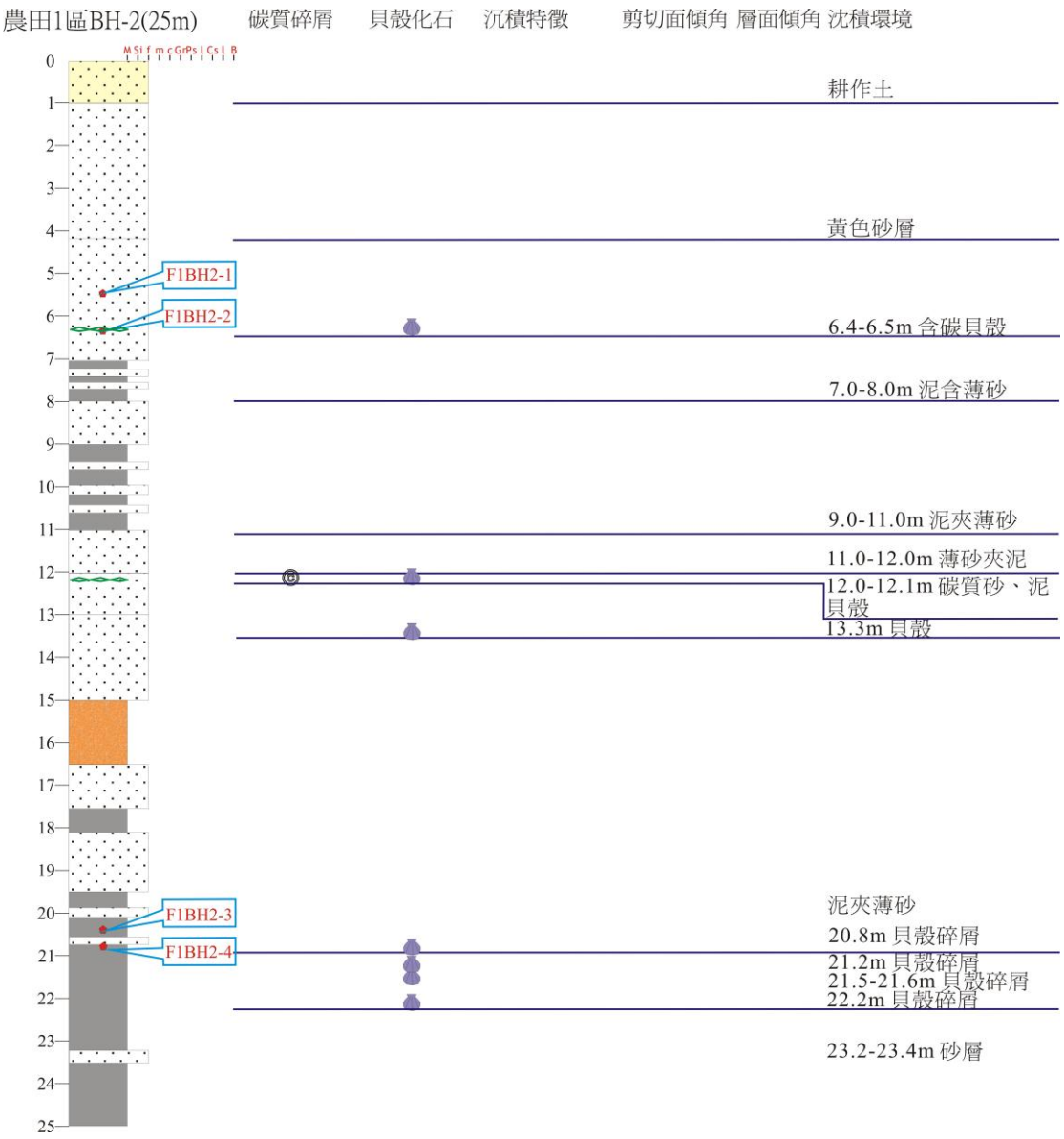

畜產所3區BH-1(30.2m)碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
3BH1-1
3.05m
6900-6740 yr BP
3BH1-2
3BH1-3
3BH1-4
3BH1-5
3BH1-6
3BH1-7
3BH1-8
24.1m
9610-9470 yr BP
42
38
0-3m 平行紋理
3-4.3m 青灰色砂層
4.3-5.8m 泥層
4.8-5.1m 碳質泥
5.8-13m 砂層
平行紋理
11.5-11.8m 貝殼碎屑
13.9-14m 剪切面
13.0-16.9m 細砂夾薄泥
15.4m 液化構造
16.9-18.7m 貝殼碎屑
18.7-20m 生物擾動砂層
含貝殼碎屑
21.9m 碳質層
22.45-23.8m 含貝殼碎屑
泥層有生物擾動
24-24.1m 塔螺富集層
24.1-24.6m 碳質砂層
25-28.4m 風化土壤層
具強烈剪切面
28.4-30.2m 青灰色泥層
微有生物擾動

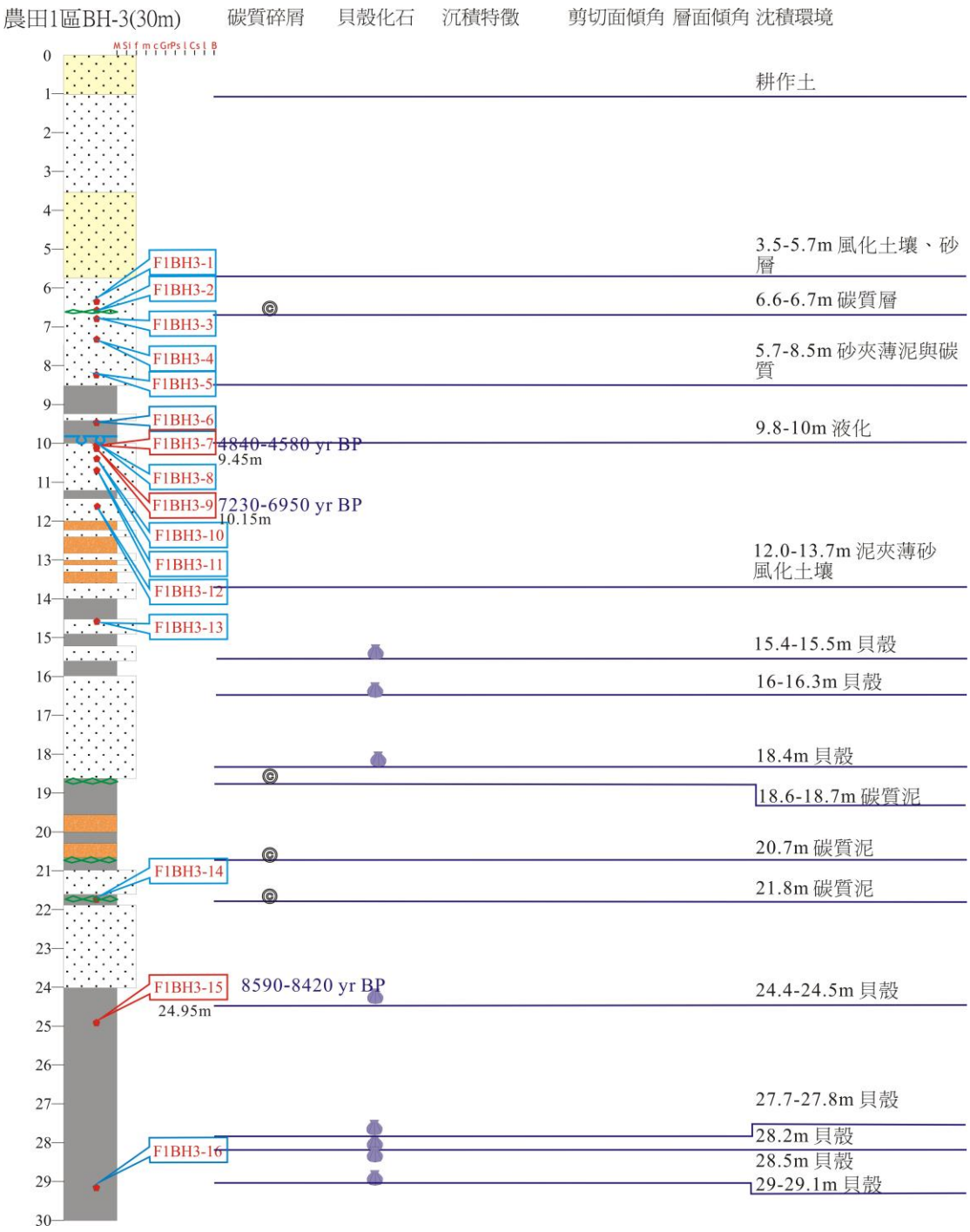

畜產所3區BH-2(30m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
3BH2-1
2.9m
3BH2-2
3BH2-3
10.15m
3BH2-4
3BH2-5
3BH2-6
3BH2-7
29.55m
7160-6950 yr BP
8290-8120 yr BP
10500-10250 yr BP
66
10
20
0.5m 耕作土層
0.5-2.8m 含碳質砂層
3.6-3.7m 剪切面
2.8-4.5m 泥層
4.5-6.6m 砂層
平行紋理
6.7-7.7m 砂層
平行紋理
8.9-13.2m 砂層
平行紋理
9.9-10.3m 貝殼碎屑
12.3m 剪切面 10度
13.2-13.6m 剪切面 20度
13.6-15.4m 砂層
平行紋理
17.6m 碳質泥
15.4-21.5m 貝殼碎屑
26.5m 碳質泥
26.8-27m 碳質泥
生物擾動
27.4-27.5m 生物擾動
27.7m 貝殼碎屑

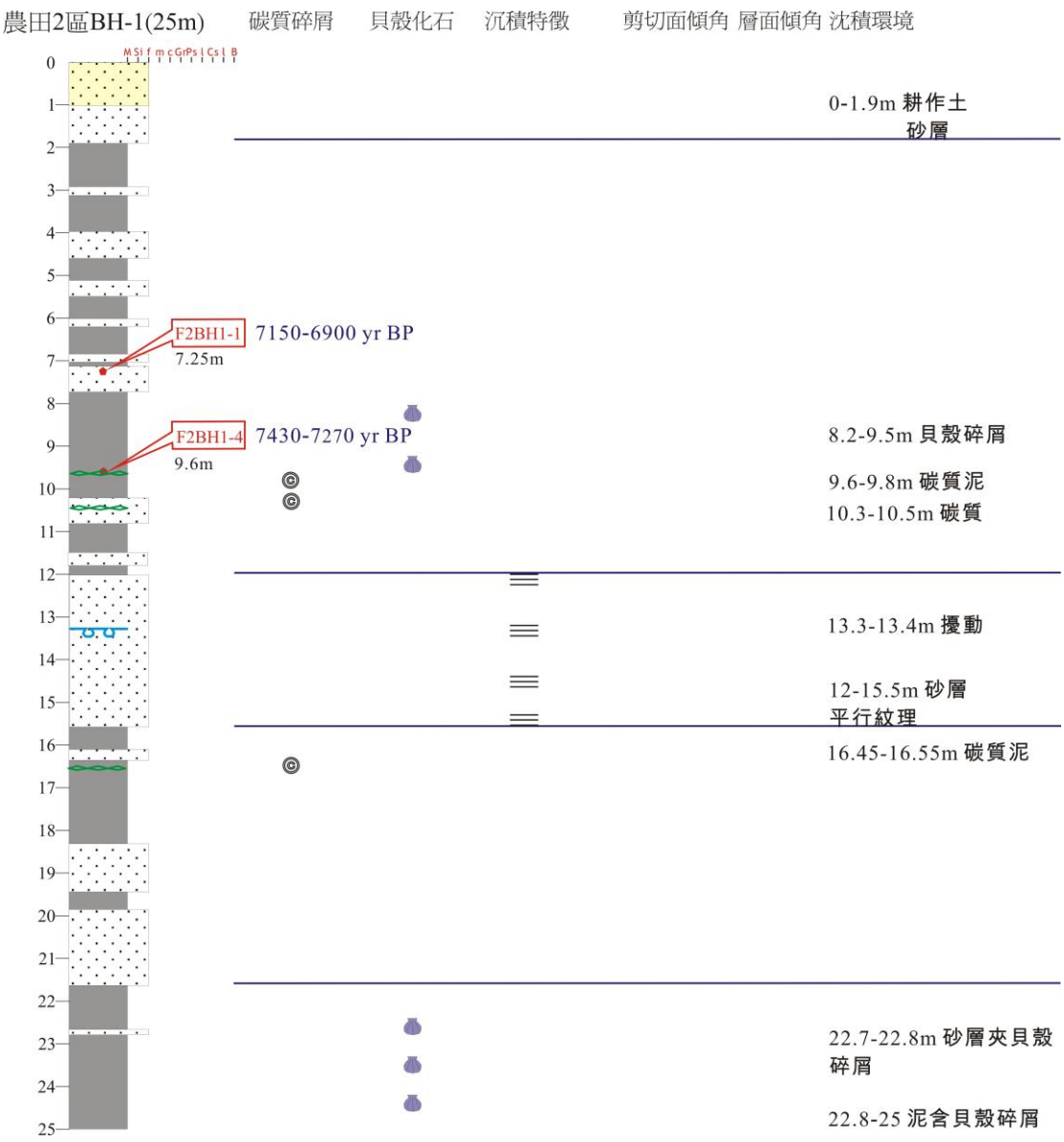
畜產所3區BH-3(30m)　碳質碎屑　貝殼化石　沉積特徵　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境

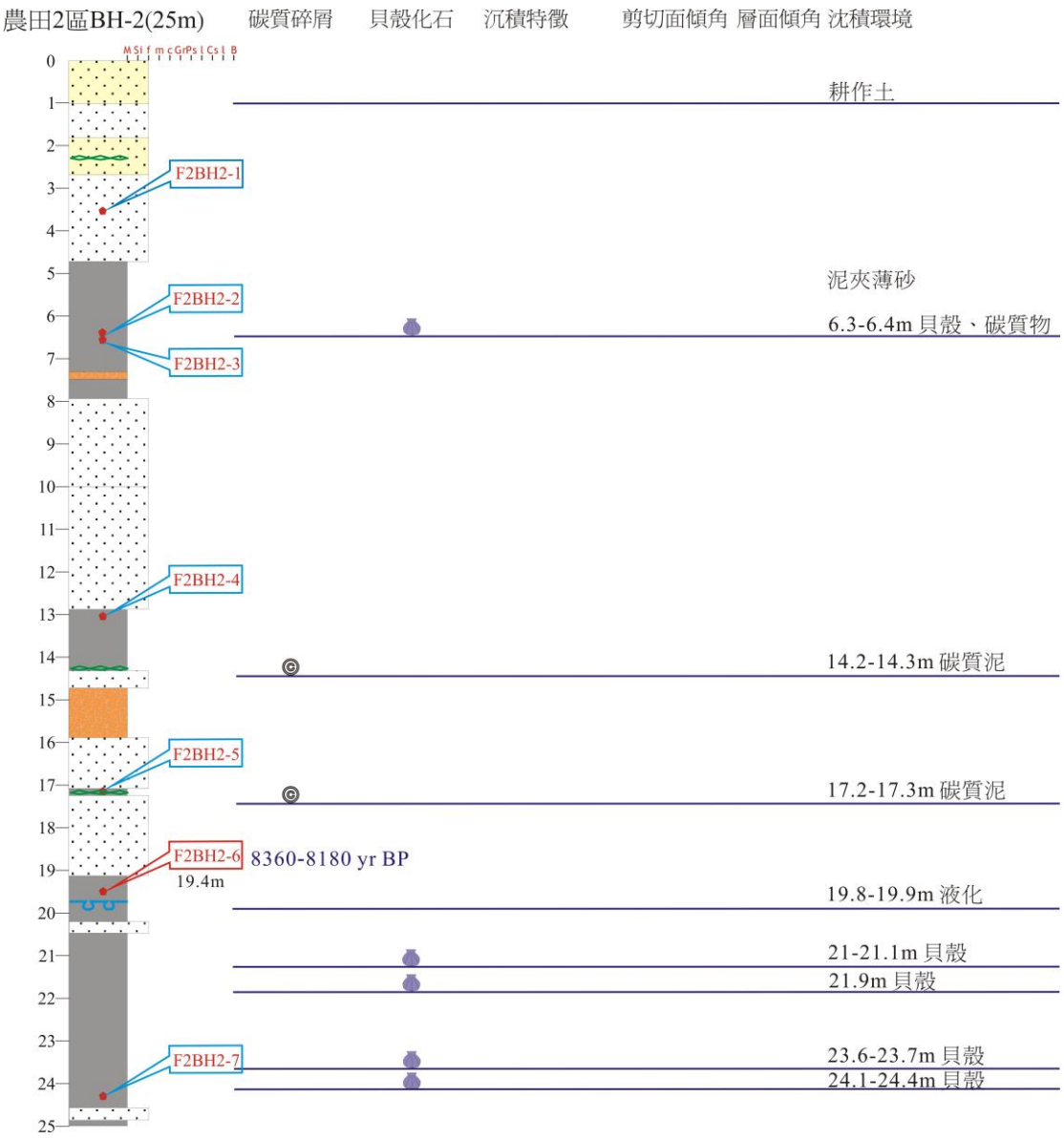


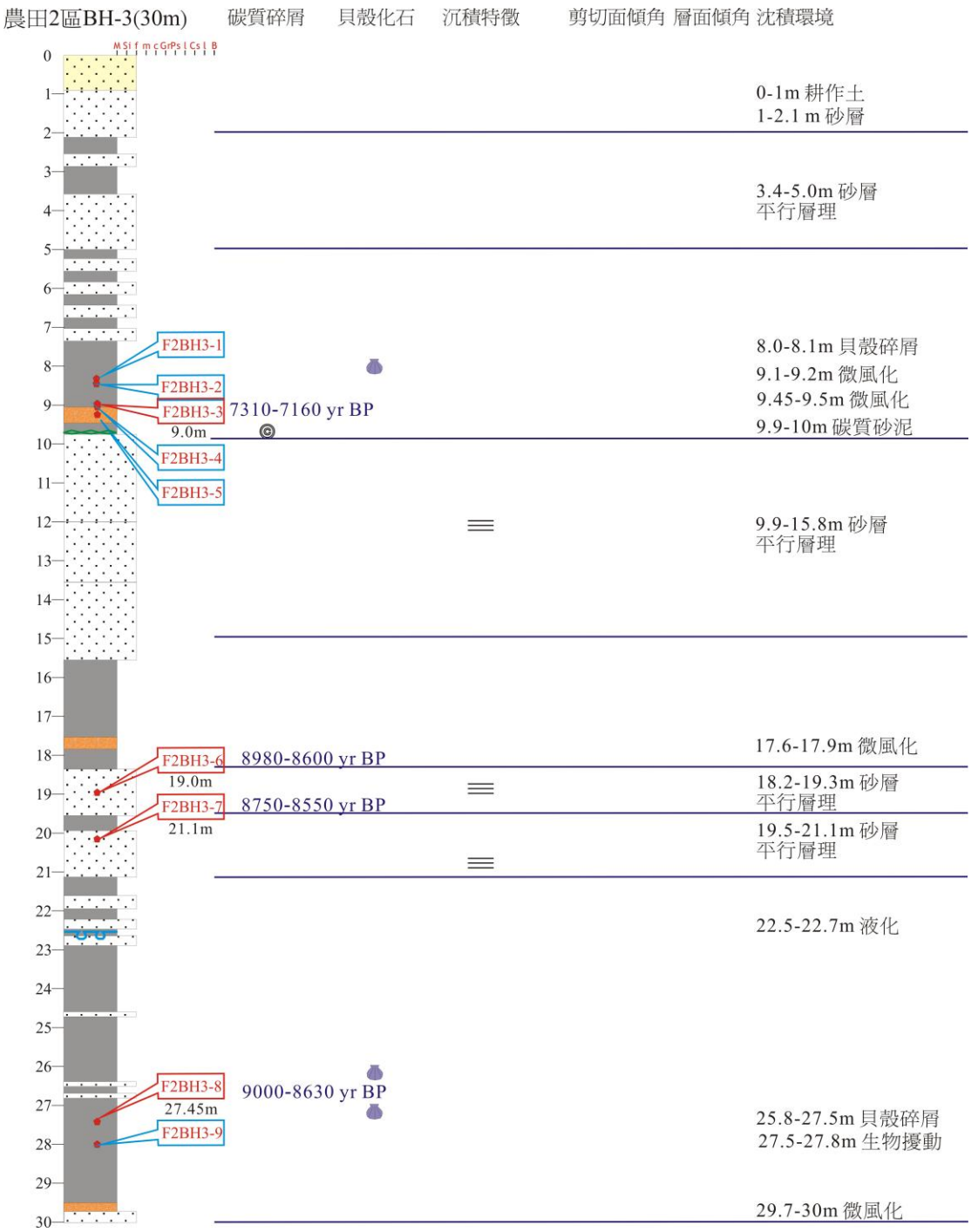

農田1區BH-1(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c Gr Ps Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
F1BH1-1
510-320 yr BP
5.5m
F1BH1-2
F1BH1-3
F1BH1-4
F1BH1-5
F1BH1-6
7270-7160 yr BP
9.25m
F1BH1-7
F1BH1-8
F1BH1-9
7950-7790 yr BP
13.85m
F1BH1-10
8450-8380 yr BP
19.15m
土壤層
含泥、碳質
9.2m 含貝殼
10.6-10.7m 風化土壤
11.5-12.7m 泥夾薄層砂
13.2-13.4m 液化
16.5-16.9m 含貝殼
16.8-16.9m 泥球
17.6-17.7m 碳質泥
18.8-18.9m 風化土壤
21.6m 碳質泥
22.5-22.6m 液化

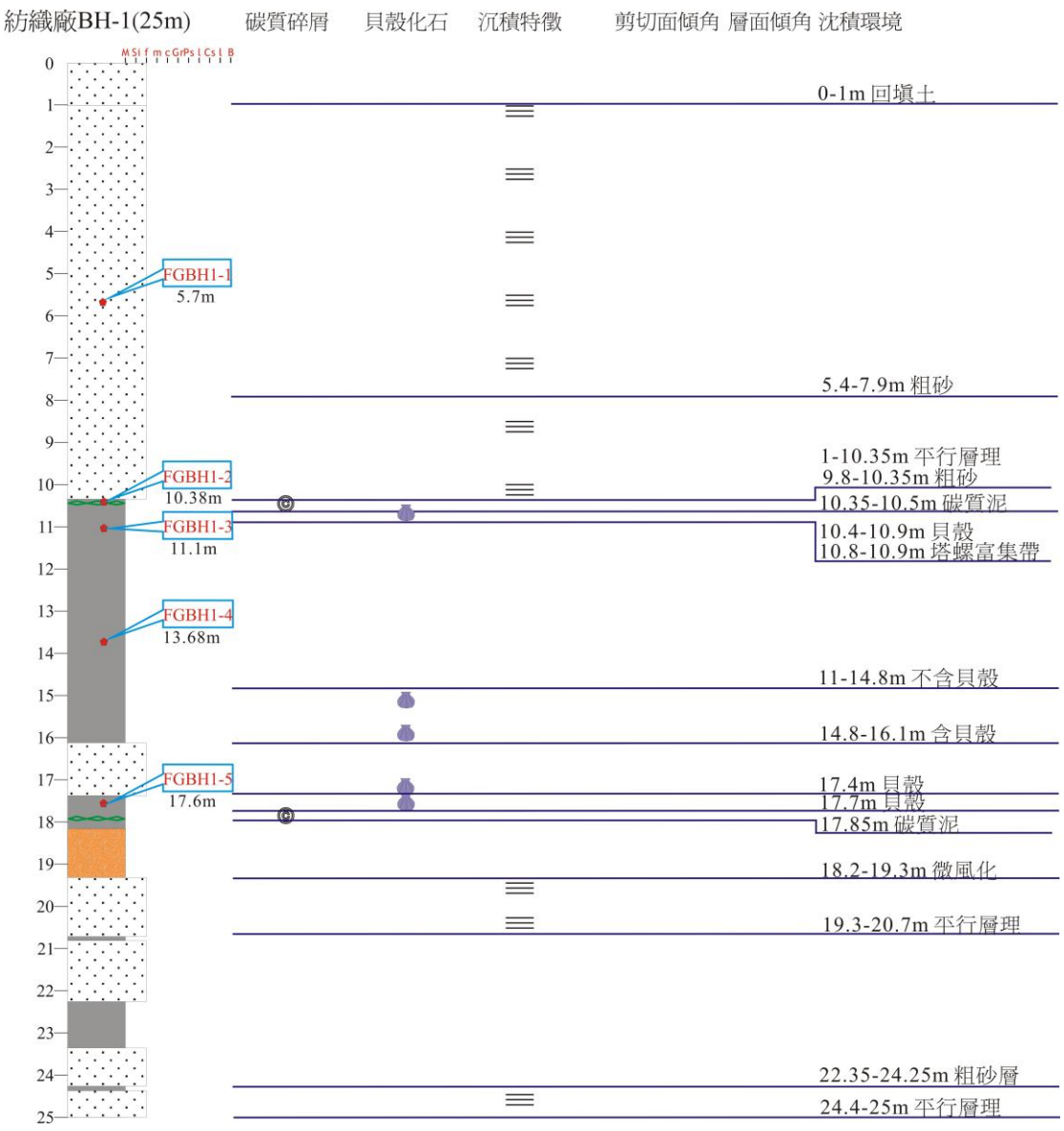

農田1區BH-2(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
F1BH2-1
F1BH2-2
F1BH2-3
F1BH2-4
耕作土
黃色砂層
6.4-6.5m 含碳貝殼
7.0-8.0m 泥含薄砂
9.0-11.0m 泥夾薄砂
11.0-12.0m 薄砂夾泥
12.0-12.1m 碳質砂、泥貝殼
13.3m 貝殼
泥夾薄砂
20.8m 貝殼碎屑
21.2m 貝殼碎屑
21.5-21.6m 貝殼碎屑
22.2m 貝殼碎屑
23.2-23.4m 砂層

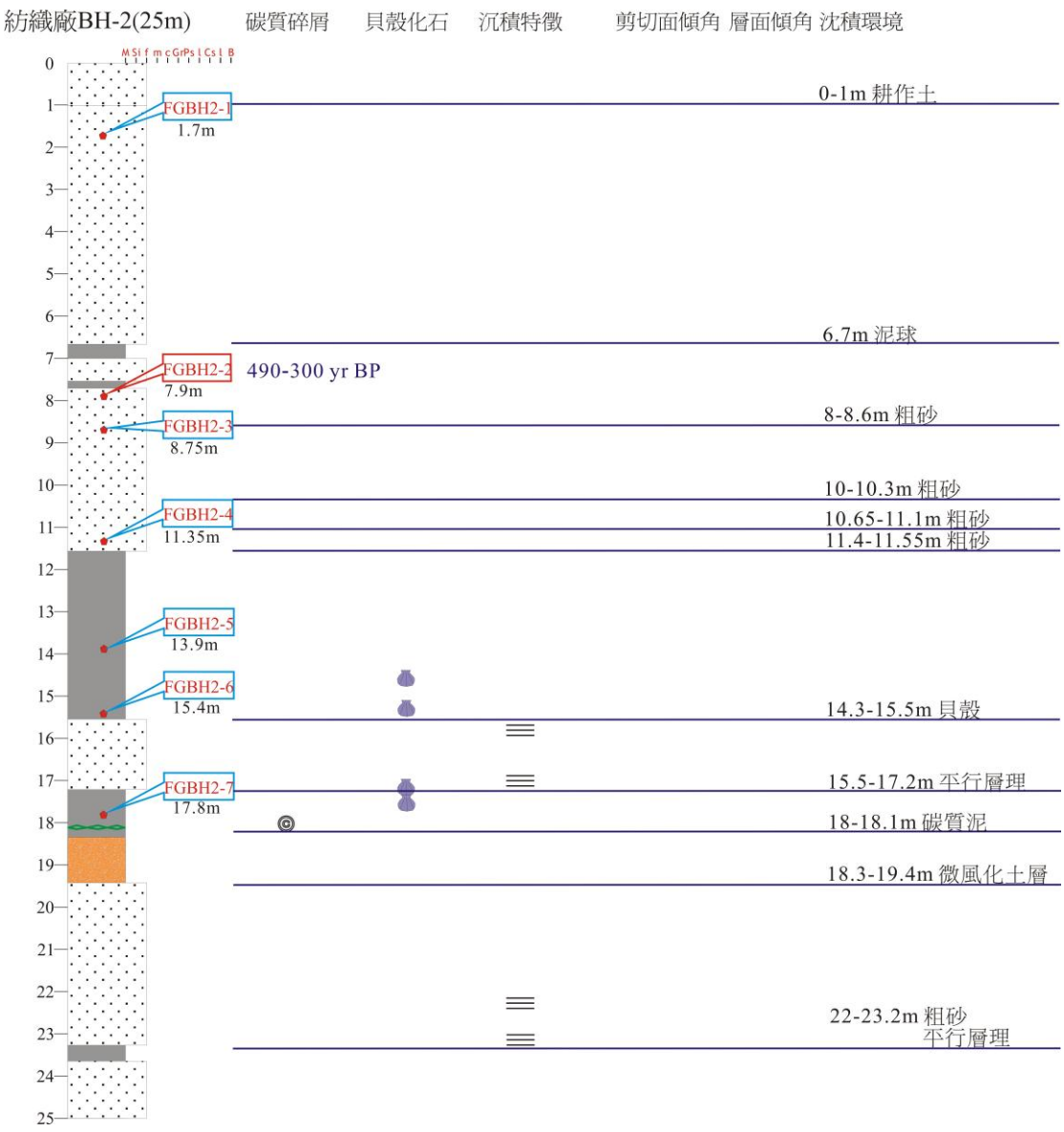

農田1區BH-3(30m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m cGr Ps l Cs l B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
F1BH3-1
F1BH3-2
F1BH3-3
F1BH3-4
F1BH3-5
F1BH3-6
F1BH3-7
4840-4580 yr BP
9.45m
F1BH3-8
F1BH3-9
7230-6950 yr BP
10.15m
F1BH3-10
F1BH3-11
F1BH3-12
F1BH3-13
F1BH3-14
F1BH3-15
8590-8420 yr BP
24.95m
F1BH3-16
耕作土
3.5-5.7m 風化土壤、砂層
6.6-6.7m 碳質層
5.7-8.5m 砂夾薄泥與碳質
9.8-10m 液化
12.0-13.7m 泥夾薄砂風化土壤
15.4-15.5m 貝殼
16-16.3m 貝殼
18.4m 貝殼
18.6-18.7m 碳質泥
20.7m 碳質泥
21.8m 碳質泥
24.4-24.5m 貝殼
27.7-27.8m 貝殼
28.2m 貝殼
28.5m 貝殼
29-29.1m 貝殼

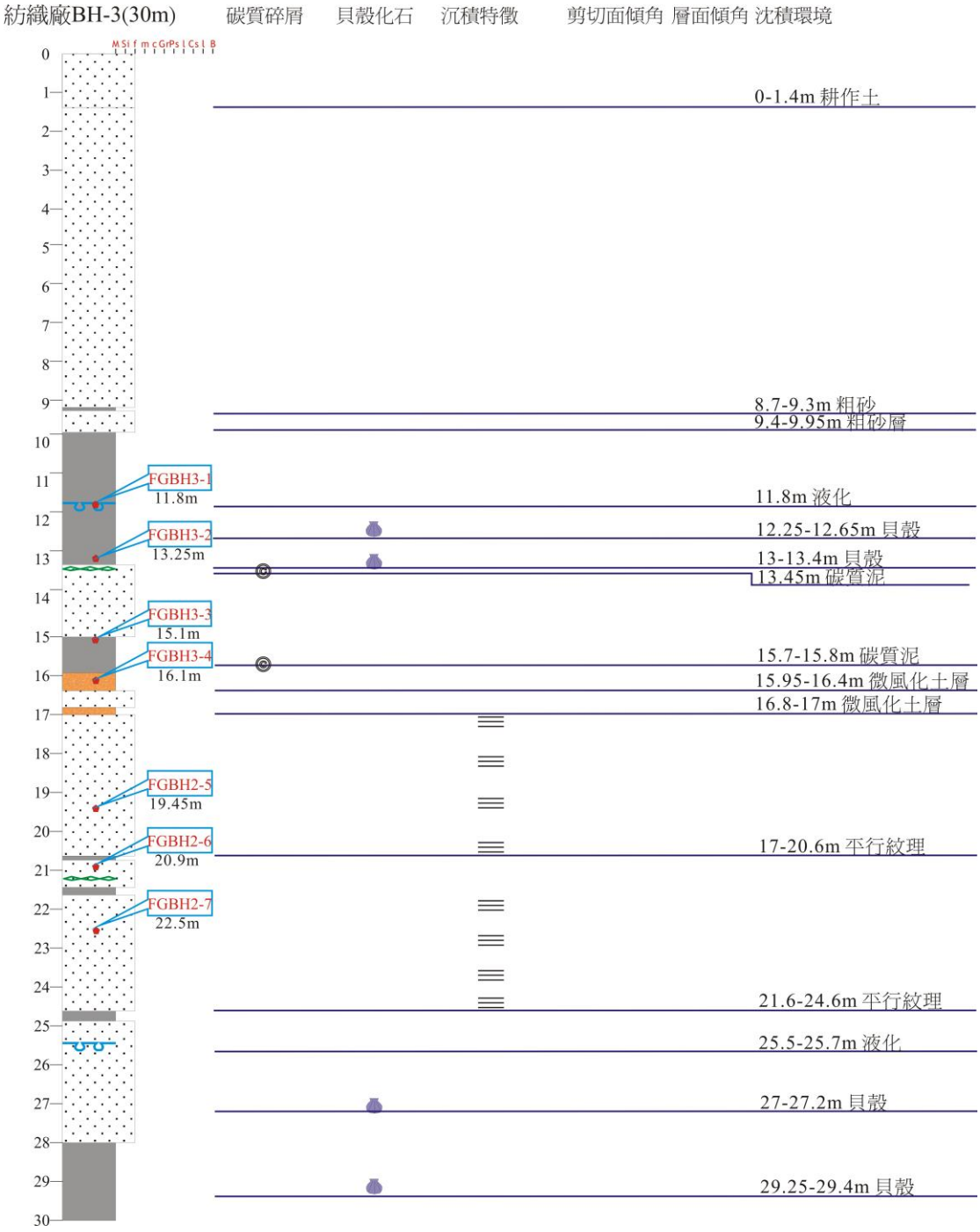

農田2區BH-1(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
F2BH1-1
7150-6900 yr BP
7.25m
F2BH1-4
7430-7270 yr BP
9.6m
0-1.9m 耕作土
砂層
8.2-9.5m 貝殼碎屑
9.6-9.8m 碳質泥
10.3-10.5m 碳質
13.3-13.4m 擾動
12-15.5m 砂層
平行紋理
16.45-16.55m 碳質泥
22.7-22.8m 砂層夾貝殼
碎屑
22.8-25 泥含貝殼碎屑

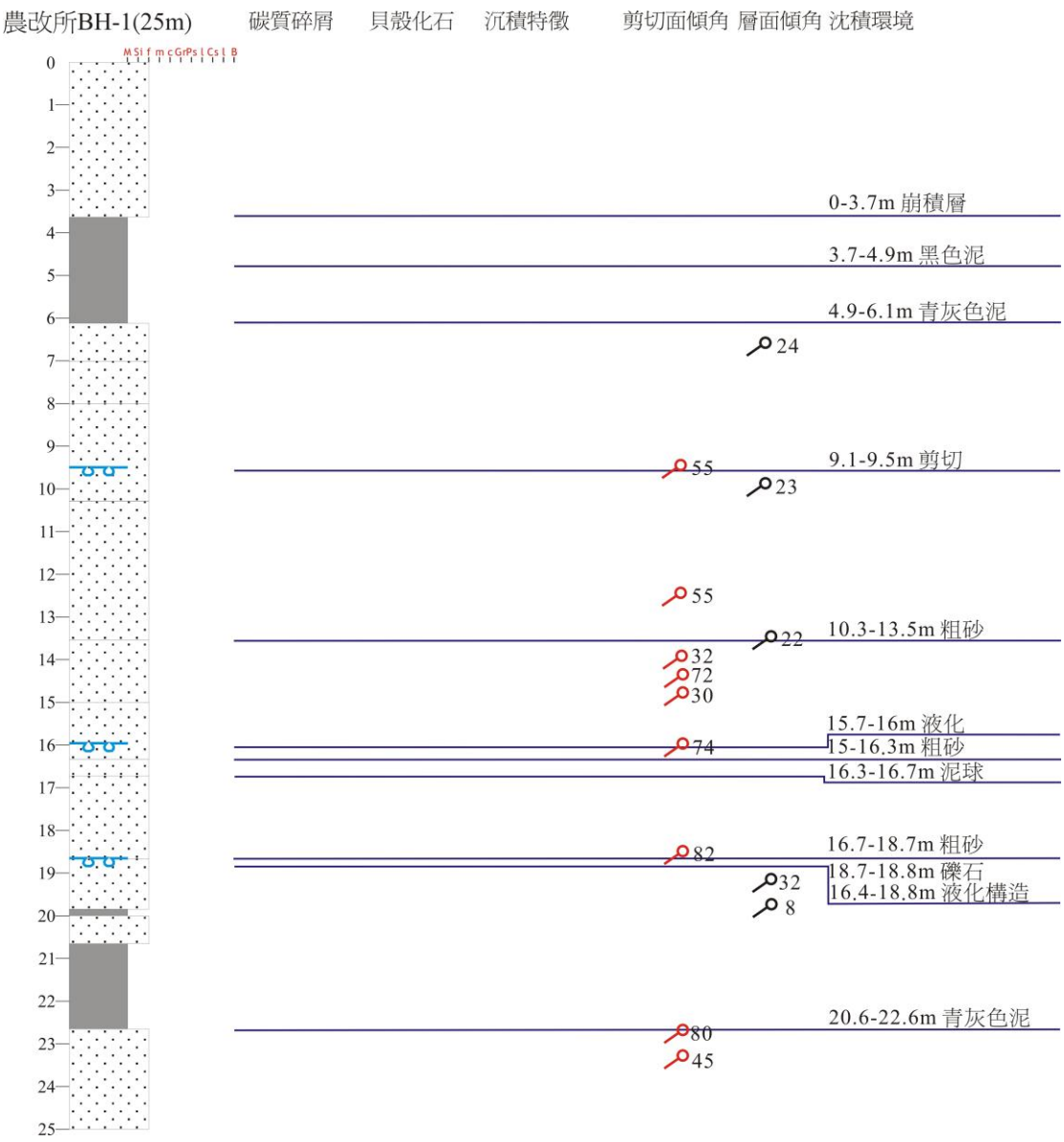

農田2區BH-2(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c Gr Ps Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
F2BH2-1
F2BH2-2
F2BH2-3
F2BH2-4
F2BH2-5
F2BH2-6
19.4m
F2BH2-7
8360-8180 yr BP
耕作土
泥夾薄砂
6.3-6.4m 貝殼、碳質物
14.2-14.3m 碳質泥
17.2-17.3m 碳質泥
19.8-19.9m 液化
21-21.1m 貝殼
21.9m 貝殼
23.6-23.7m 貝殼
24.1-24.4m 貝殼

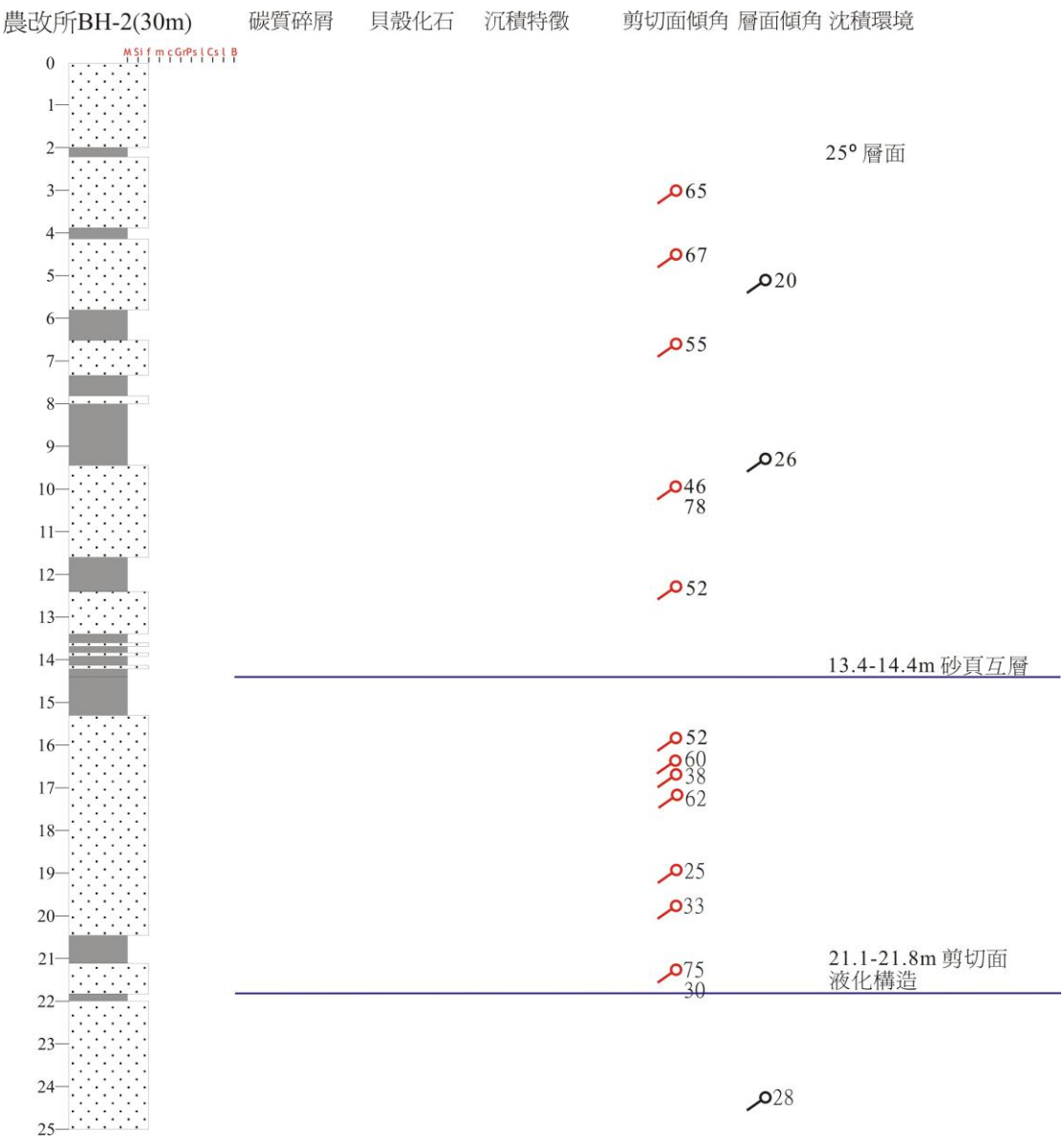

農田2區BH-3(30m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m cGr Ps l Cs l B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
F2BH3-1
F2BH3-2
F2BH3-3
9.0m
F2BH3-4
F2BH3-5
7310-7160 yr BP
F2BH3-6
19.0m
8980-8600 yr BP
F2BH3-7
21.1m
8750-8550 yr BP
F2BH3-8
27.45m
9000-8630 yr BP
F2BH3-9
0-1m 耕作土
1-2.1 m 砂層
3.4-5.0m 砂層
平行層理
8.0-8.1m 貝殼碎屑
9.1-9.2m 微風化
9.45-9.5m 微風化
9.9-10m 碳質砂泥
9.9-15.8m 砂層
平行層理
17.6-17.9m 微風化
18.2-19.3m 砂層
平行層理
19.5-21.1m 砂層
平行層理
22.5-22.7m 液化
25.8-27.5m 貝殼碎屑
27.5-27.8m 生物擾動
29.7-30m 微風化


紡織廠BH-1(25m)
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 Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
FGBH1-1
5.7m
FGBH1-2
10.38m
FGBH1-3
11.1m
FGBH1-4
13.68m
FGBH1-5
17.6m
0-1m 回填土
5.4-7.9m 粗砂
1-10.35m 平行層理
9.8-10.35m 粗砂
10.35-10.5m 碳質泥
10.4-10.9m 貝殼
10.8-10.9m 塔螺富集帶
11-14.8m 不含貝殼
14.8-16.1m 含貝殼
17.4m 貝殼
17.7m 貝殼
17.85m 碳質泥
18.2-19.3m 微風化
19.3-20.7m 平行層理
22.35-24.25m 粗砂層
24.4-25m 平行層理

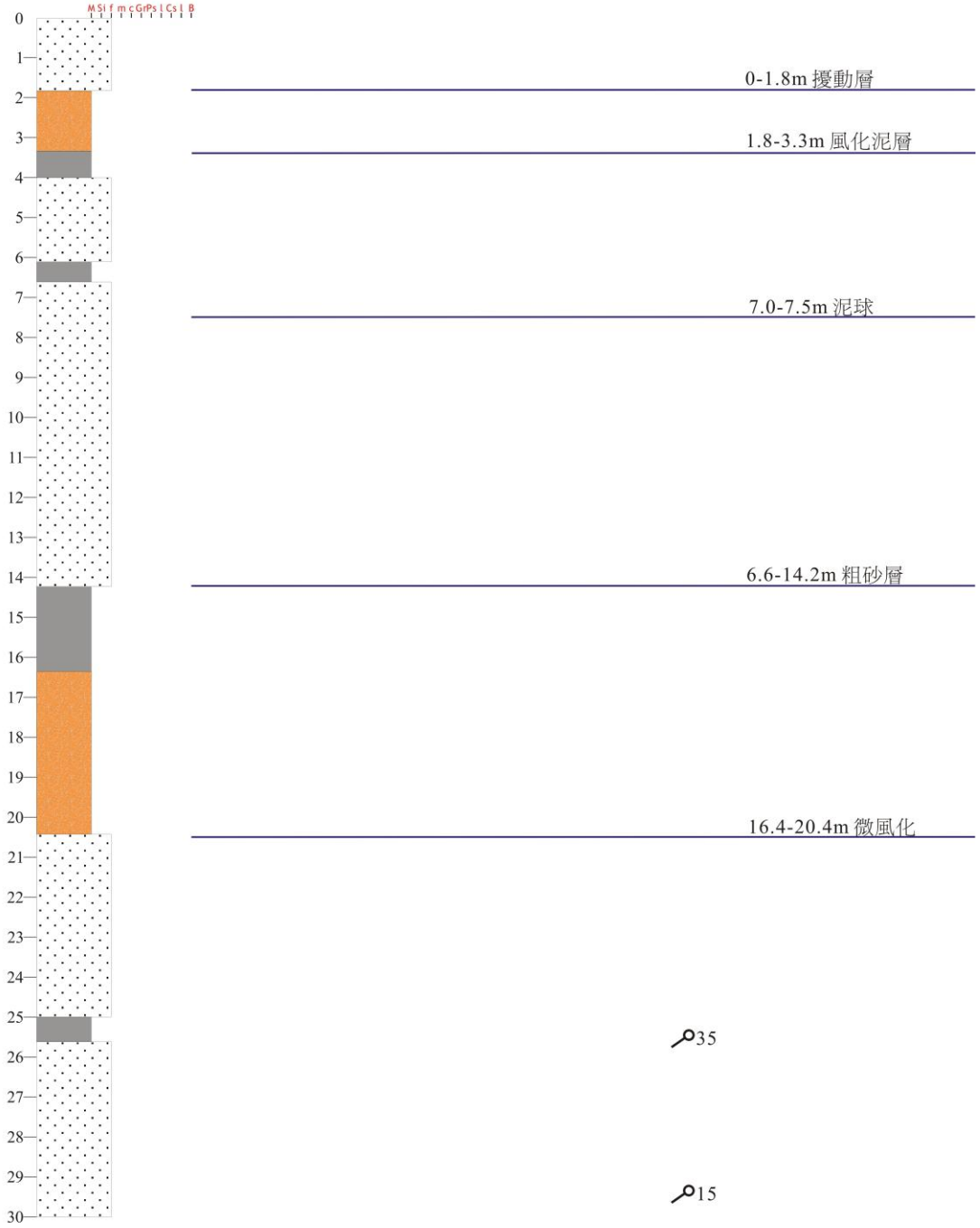

紡織廠BH-2(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs Cs B
FGBH2-1
1.7m
FGBH2-2
7.9m
490-300 yr BP
FGBH2-3
8.75m
FGBH2-4
11.35m
FGBH2-5
13.9m
FGBH2-6
15.4m
FGBH2-7
17.8m
0-1m 耕作土
6.7m 泥球
8-8.6m 粗砂
10-10.3m 粗砂
10.65-11.1m 粗砂
11.4-11.55m 粗砂
14.3-15.5m 貝殼
15.5-17.2m 平行層理
18-18.1m 碳質泥
18.3-19.4m 微風化土層
22-23.2m 粗砂
平行層理

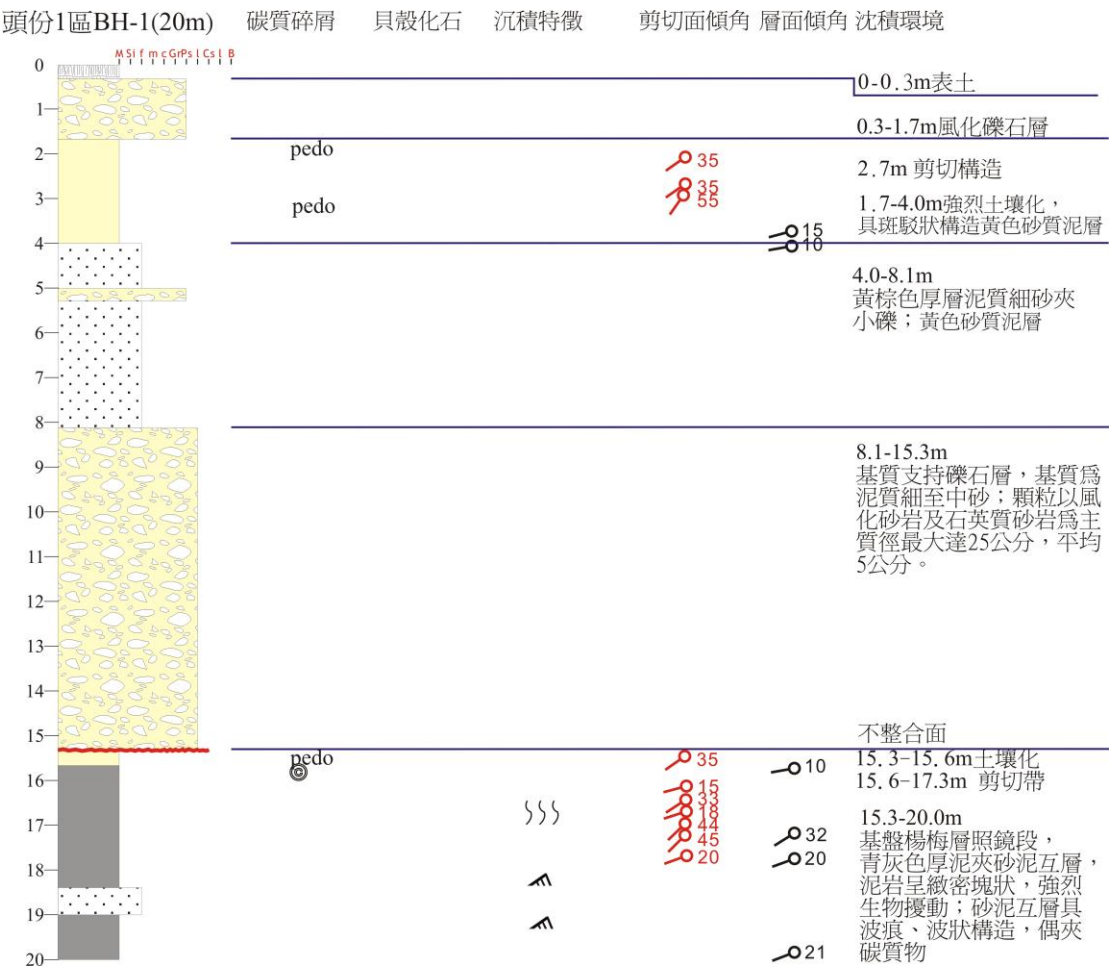

紡織廠BH-3(30m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c GrPs l Cs l B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
FGBH3-1
11.8m
FGBH3-2
13.25m
FGBH3-3
15.1m
FGBH3-4
16.1m
FGBH2-5
19.45m
FGBH2-6
20.9m
FGBH2-7
22.5m
0-1.4m 耕作土
8.7-9.3m 粗砂
9.4-9.95m 粗砂層
11.8m 液化
12.25-12.65m 貝殼
13-13.4m 貝殼
13.45m 碳質泥
15.7-15.8m 碳質泥
15.95-16.4m 微風化土層
16.8-17m 微風化土層
17-20.6m 平行紋理
21.6-24.6m 平行紋理
25.5-25.7m 液化
27-27.2m 貝殼
29.25-29.4m 貝殼

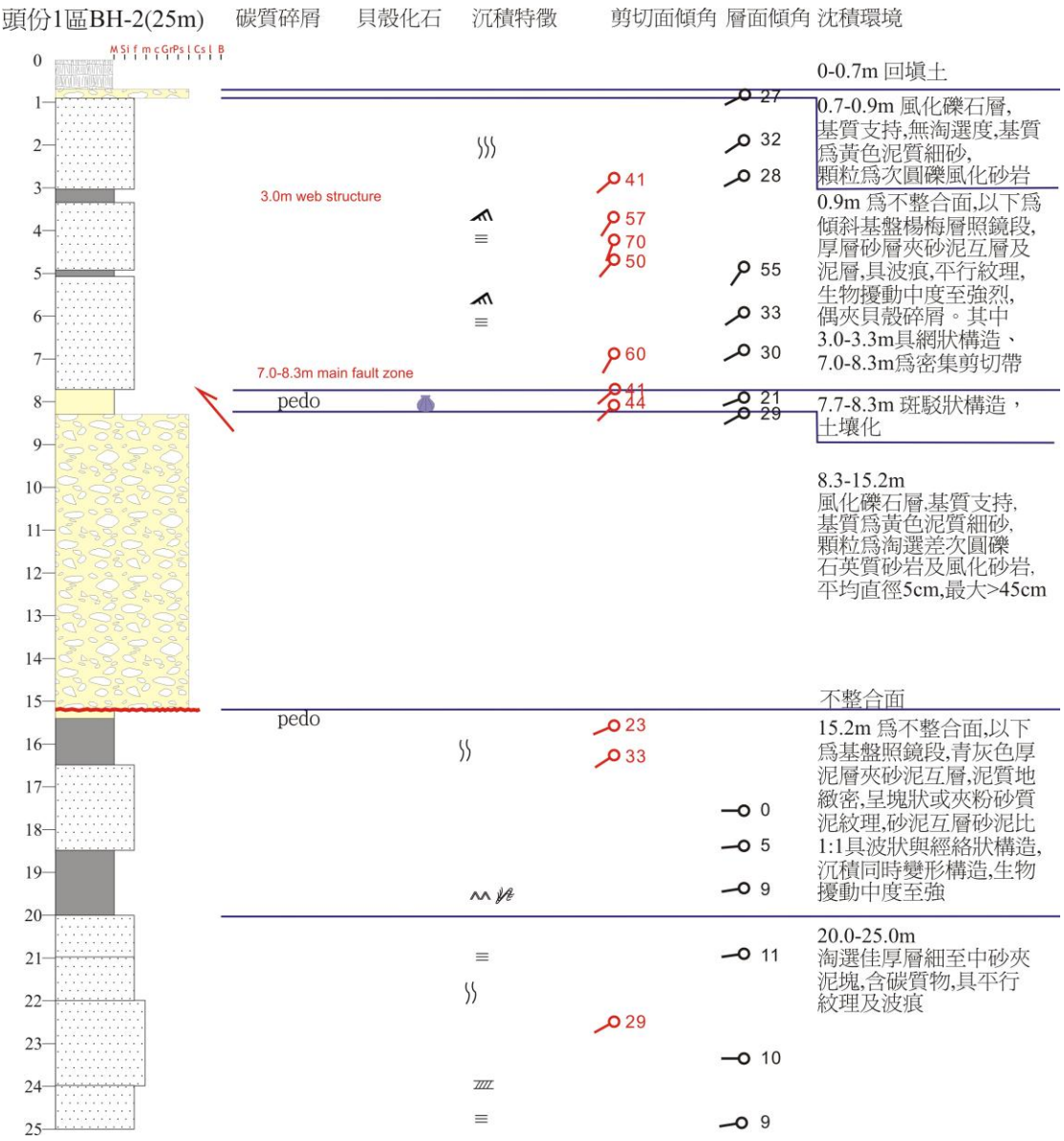

農改所BH-1(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角 層面傾角 沈積環境
M Si f m c Gr Ps l Cs l B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
0-3.7m 崩積層
3.7-4.9m 黑色泥
4.9-6.1m 青灰色泥
24
9.1-9.5m 剪切
55
23
55
10.3-13.5m 粗砂
22
32
72
30
15.7-16m 液化
74
15-16.3m 粗砂
16.3-16.7m 泥球
16.7-18.7m 粗砂
82
18.7-18.8m 礫石
16.4-18.8m 液化構造
32
8
20.6-22.6m 青灰色泥
80
45


農改所BH-2(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 Gr Ps Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
25° 層面
65
67
20
55
26
46
78
52
13.4-14.4m 砂頁互層
52
60
38
62
25
33
21.1-21.8m 剪切面
液化構造
75
30
28

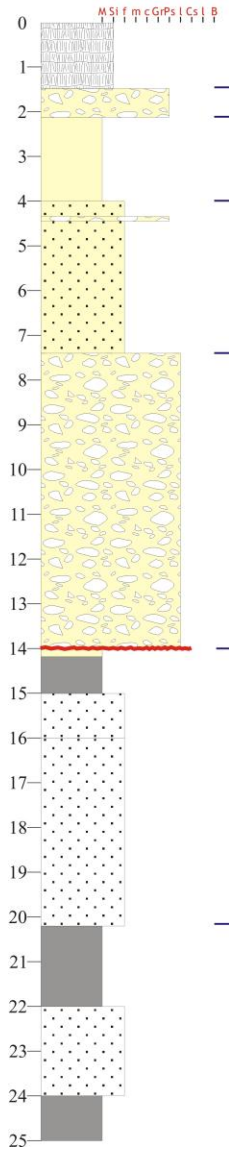
農改所BH-3(30m)　　碳質碎屑　　貝殼化石　　沉積特徵　　剪切面傾角 層面傾角 沈積環境




頭份1區BH-1(20m)
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 I Cs I B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
0-0.3m表土
0.3-1.7m風化礫石層
pedo
35
2.7m 剪切構造
pedo
35
55
1.7-4.0m強烈土壤化，
具斑駁狀構造黃色砂質泥層
15
10
4.0-8.1m
黃棕色厚層泥質細砂夾
小礫；黃色砂質泥層
8.1-15.3m
基質支持礫石層，基質爲
泥質細至中砂；顆粒以風
化砂岩及石英質砂岩爲主
質徑最大達25公分，平均
5公分。
不整合面
pedo
35
10
15. 3-15. 6m土壤化
15
33
15. 6-17.3m 剪切帶
16
44
15.3-20.0m
45
32
基盤楊梅層照鏡段，
20
20
青灰色厚泥夾砂泥互層，
泥岩呈緻密塊狀，強烈
生物擾動；砂泥互層具
波痕、波狀構造，偶夾
21
碳質物


頭份1區BH-2(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
3.0m web structure
7.0-8.3m main fault zone
pedo
pedo
41
57
70
50
60
41
44
23
33
29
27
32
28
55
33
30
21
29
0
5
9
11
10
9
0-0.7m 回填土
0.7-0.9m 風化礫石層,
基質支持,無淘選度,基質
爲黃色泥質細砂,
顆粒爲次圓礫風化砂岩
0.9m 爲不整合面,以下爲
傾斜基盤楊梅層照鏡段,
厚層砂層夾砂泥互層及
泥層,具波痕,平行紋理,
生物擾動中度至強烈,
偶夾貝殼碎屑。其中
3.0-3.3m具網狀構造、
7.0-8.3m爲密集剪切帶
7.7-8.3m 斑駁狀構造，
土壤化
8.3-15.2m
風化礫石層,基質支持,
基質爲黃色泥質細砂,
顆粒爲淘選差次圓礫
石英質砂岩及風化砂岩,
平均直徑5cm,最大>45cm
不整合面
15.2m 爲不整合面,以下
爲基盤照鏡段,青灰色厚
泥層夾砂泥互層,泥質地
緻密,呈塊狀或夾粉砂質
泥紋理,砂泥互層砂泥比
1:1具波狀與經絡狀構造,
沉積同時變形構造,生物
擾動中度至強
20.0-25.0m
淘選佳厚層細至中砂夾
泥塊,含碳質物,具平行
紋理及波痕

頭份1區BH-3(25m)　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



0-1.5m表土

1.5-2.1m風化礫石層

pedo

2.1-4.0m 土壤層
斑駁狀構造，sorted差，
夾細砂、小礫

pedo

4.0-7.4m
黃色泥質細砂，淘選差，
無層理，具斑駁狀構造
偶夾風化小礫石

7.4-14m顆粒支持礫石層
淘選不佳，顆粒以石英質
砂岩、風化砂岩爲主；
直徑平均5cm最大20cm
基質爲黃棕色泥、細砂

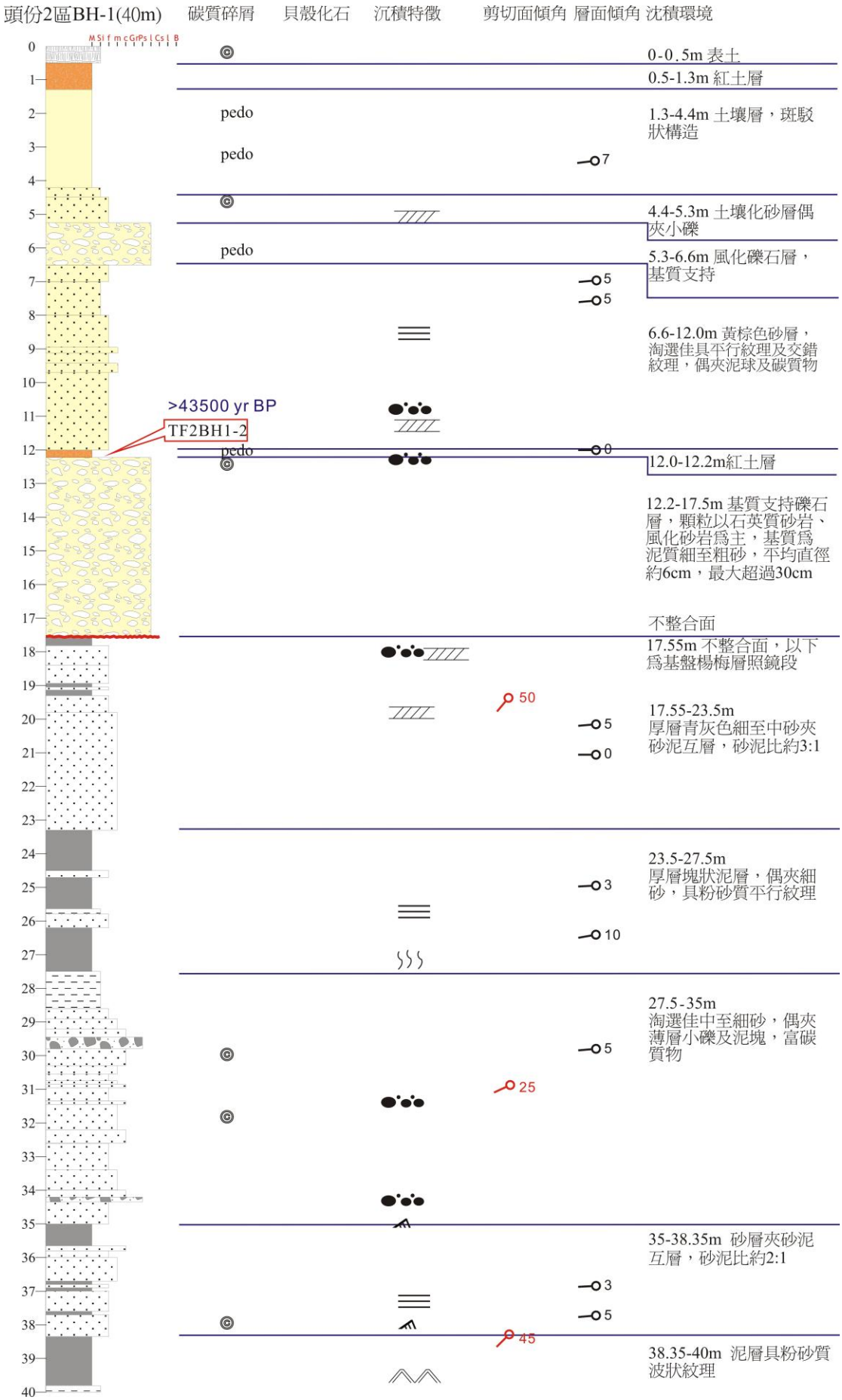
不整合面

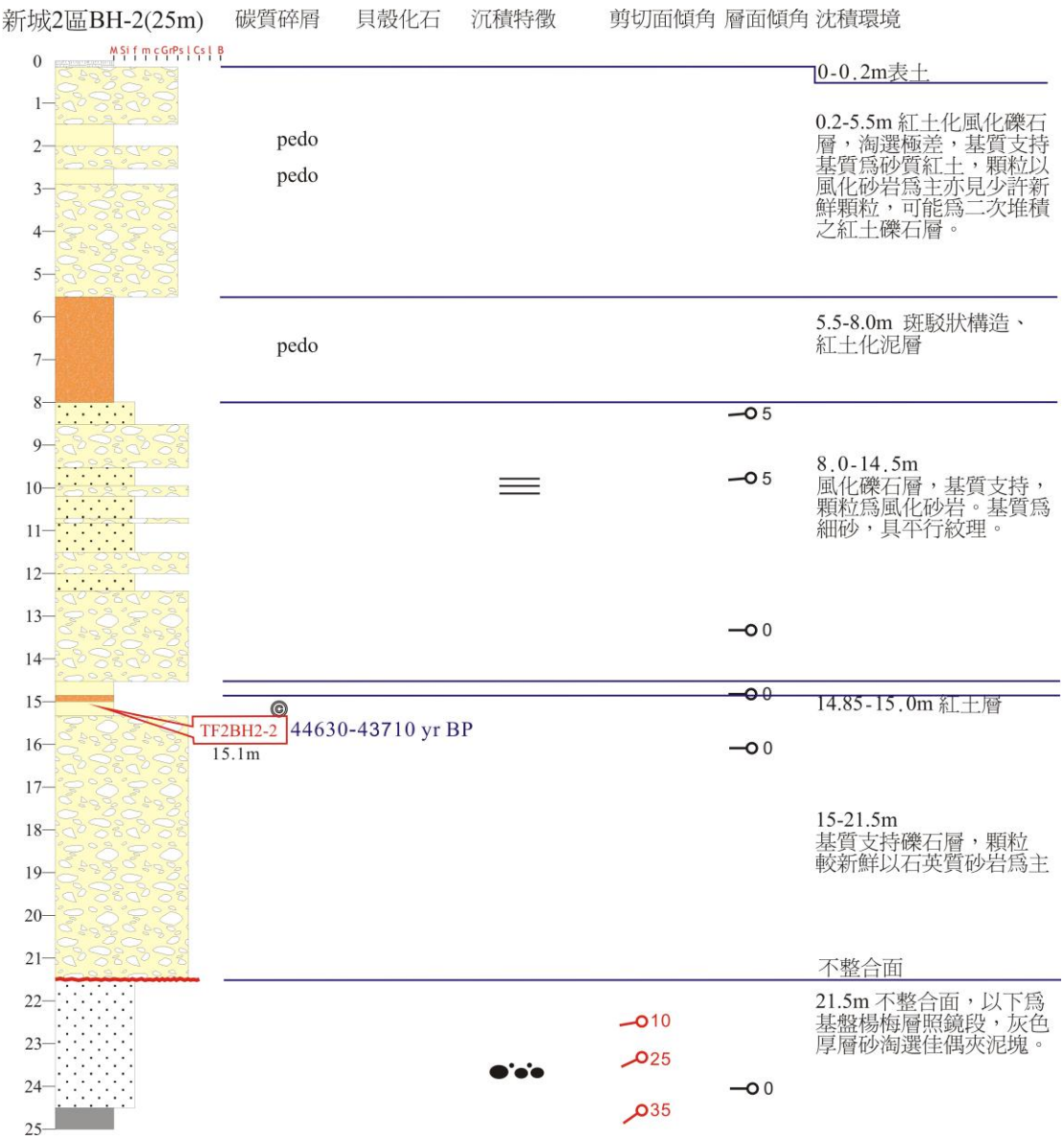
pedo

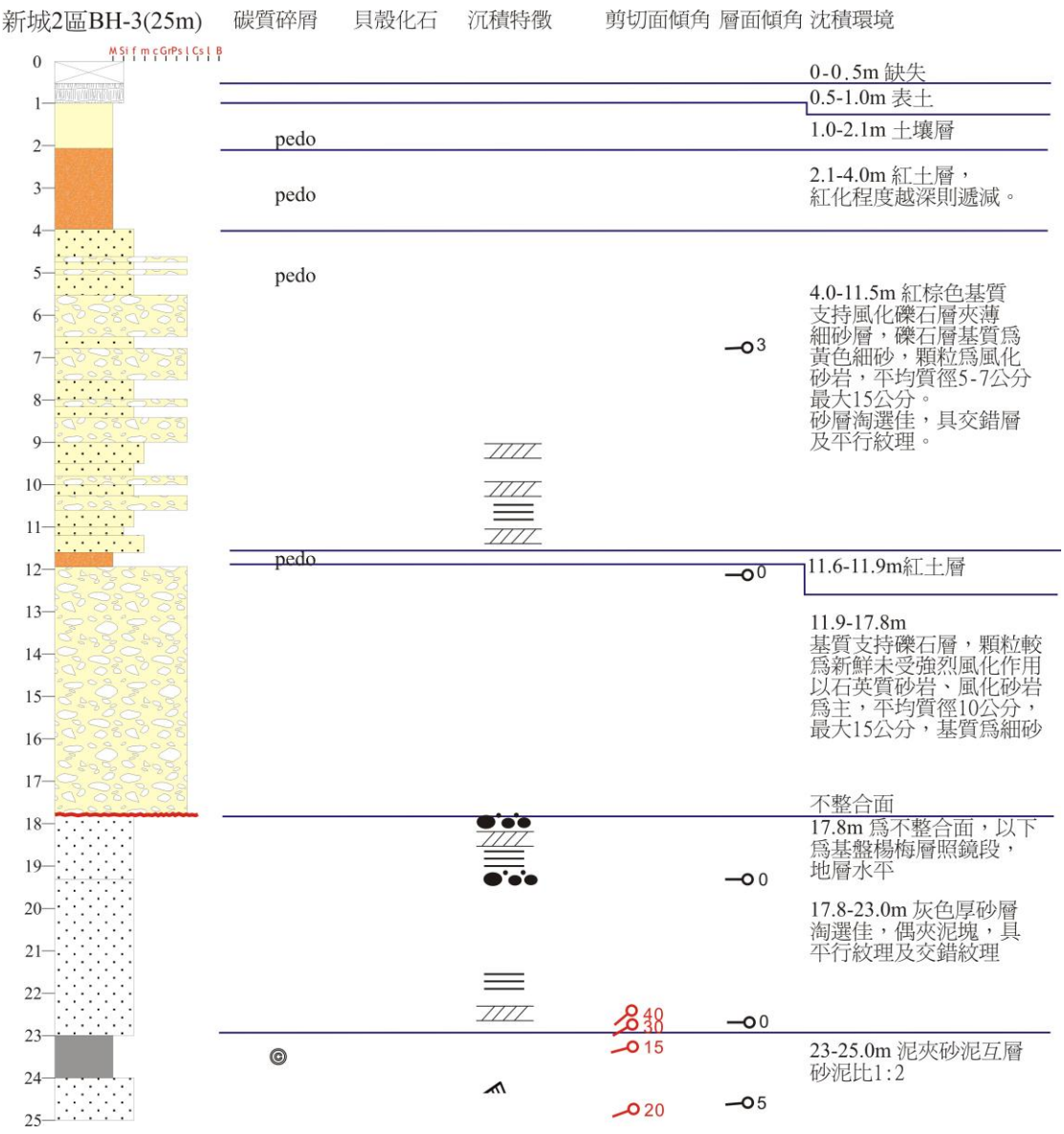
14-14.2m 土壤化

14.0m 爲不整合面，以下
爲基盤楊梅層照鏡段，
淘選佳厚砂層夾泥塊、
泥層，具沉積同時變形
構造

12
9
10
35
0
53
10
65
2
20.2-25m
緻密塊狀泥夾細砂層
20
20
2
0


頭份2區BH-1(40m)
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
0-0.5m 表土
0.5-1.3m 紅土層
pedo
pedo
1.3-4.4m 土壤層，斑駁狀構造
7
4.4-5.3m 土壤化砂層偶夾小礫
pedo
5.3-6.6m 風化礫石層，基質支持
5
5
6.6-12.0m 黃棕色砂層，淘選佳具平行紋理及交錯紋理，偶夾泥球及碳質物
>43500 yr BP
TF2BH1-2
pedo
0
12.0-12.2m紅土層
12.2-17.5m 基質支持礫石層，顆粒以石英質砂岩、風化砂岩爲主，基質爲泥質細至粗砂，平均直徑約6cm，最大超過30cm
不整合面
17.55m 不整合面，以下爲基盤楊梅層照鏡段
50
17.55-23.5m 厚層青灰色細至中砂夾砂泥互層，砂泥比約3:1
5
0
23.5-27.5m 厚層塊狀泥層，偶夾細砂，具粉砂質平行紋理
3
10
27.5-35m 淘選佳中至細砂，偶夾薄層小礫及泥塊，富碳質物
5
25
35-38.35m 砂層夾砂泥互層，砂泥比約2:1
3
5
45
38.35-40m 泥層具粉砂質波狀紋理


新城2區BH-2(25m)
碳質碎屑
貝殼化石
沉積特徵
剪切面傾角
層面傾角
沈積環境
M Si f m c Gr Ps Cs B
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
pedo
pedo
pedo
5
5
0
0
0
10
25
0
35
TF2BH2-2
15.1m
44630-43710 yr BP
0-0.2m表土
0.2-5.5m 紅土化風化礫石層，淘選極差，基質支持基質爲砂質紅土，顆粒以風化砂岩爲主亦見少許新鮮顆粒，可能爲二次堆積之紅土礫石層。
5.5-8.0m 斑駁狀構造、紅土化泥層
8.0-14.5m
風化礫石層，基質支持，顆粒爲風化砂岩。基質爲細砂，具平行紋理。
14.85-15.0m 紅土層
15-21.5m
基質支持礫石層，顆粒較新鮮以石英質砂岩爲主
不整合面
21.5m 不整合面，以下爲基盤楊梅層照鏡段，灰色厚層砂淘選佳偶夾泥塊。


新城2區BH-3(25m)
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
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
pedo
pedo
pedo
pedo
3
0
0
0
40
30
15
20
5
0-0.5m 缺失
0.5-1.0m 表土
1.0-2.1m 土壤層
2.1-4.0m 紅土層，
紅化程度越深則遞減。
4.0-11.5m 紅棕色基質
支持風化礫石層夾薄
細砂層，礫石層基質爲
黃色細砂，顆粒爲風化
砂岩，平均質徑5-7公分
最大15公分。
砂層淘選佳，具交錯層
及平行紋理。
11.6-11.9m紅土層
11.9-17.8m
基質支持礫石層，顆粒較
爲新鮮未受強烈風化作用
以石英質砂岩、風化砂岩
爲主，平均質徑10公分，
最大15公分，基質爲細砂
不整合面
17.8m 爲不整合面，以下
爲基盤楊梅層照鏡段，
地層水平
17.8-23.0m 灰色厚砂層
淘選佳，偶夾泥塊，具
平行紋理及交錯紋理
23-25.0m 泥夾砂泥互層
砂泥比1:2

附錄二、期中報告審查意見改進表

審查意見	處理情形
1. 期中報告內容充實，但仍應交代計畫目的、內容、進度及期末交付項目等報告內容。並應加強計畫目標之成果，如精查結果及斷層參數！如新化斷層是否能將位置進一步確定。	1. 已加入計畫目的、內容、進度及期末交付項目等報告內容。
2. 建議在各主要章節中，補充或引用一區域性地質圖，便於瞭解斷層之上下盤層位關係。	2. 已引用。
3. 部份文字錯漏部份，請參考主辦單位提供之期中報告書紙本修改。	3. 已修改。
4. 摘要的最後一段文字，目前語意似乎建議不需調查，建議修訂。	4. 已修訂。
5. 斷層沿線如具特殊的地形地貌與構造地形特徵，建議仔細觀察並繪於圖中，諸如構造凹谷、噴砂、崩塌、湧泉、土壤及風化特性等，並探究其與斷層跡或斷層帶之關係。	5. 已修訂。
6. 本研究應加強斷層帶特性的綜合了解，而非僅著重古地震研究。	6. 討論中會有斷層帶特性的描述。
7. 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、地形名稱及引用之鑽井位置，請參考主辦單位提供之期中報告書紙本修改補充之。同時建議加強圖說內容，使圖資易於瞭解。	7. 已修訂。
8. 新化斷層的西端延伸以及新城斷層的南端延伸建議作為調查的重點。此	8. 已修訂。

外，噴砂不見得是斷層破裂的証據，因此新化斷層西延的情況建議應有新的策略。	9. 已討論。
9. 本研究「活動斷層的精確位置」部份之報告書應朝敏感區劃定計畫書的內容書寫。斷層影響範圍之界定應配合地質法活動斷層敏感區劃定的定義，請業務單位與執行團隊討論。	10. 已有說明與區分。
10. 調查成果的表現，應補充斷層帶寬度或斷層跡位置可能範圍的分段評估。此外，斷層跡分實虛線表示，影響範圍建議亦應如此區分。	11. 已修訂。 12. 已修訂。
11. 第 6 頁、7 頁圖 1.6、1.7、1.8 何者為 73-PS-D1，73-PS-D2 剖面，請確認。	13. 已修訂。
12. 圖 2-1 之參考文獻應修改。	
13. 報告書中使用 2 度分帶坐標位置，由於包括過去的資料，應均說明係屬 TWD67 或 97 的坐標系統。	14. 已完成。 15. 已修訂。
14. 工作月數減少，建議加緊鑽探及開挖工作。	16. 已修訂。
15. 圖資與圖中之字體應儘量放大，必要時得使用 A3 紙張摺頁或橫置。	17. 已修訂。
16. 第 1 章中，地球物理剖面圖建議於小比例尺研究區域圖中標示剖面位置。	18. 關於計畫整合部份主辦單位已進行考量，將評估「近斷層高精度地形資料之判釋與分析（1/4）」案、及鑽井調查案之規畫進行後三年之計畫調整。
17. 第 2.2.1 地球物理探勘章節中，建議補充震測剖面位置圖及其震測成果圖。	
18. 本計畫建議加強與其他計畫的整合，如「近斷層高精度地形資料之判	

釋與分析（1/4）」之 Lidar 地形判釋計畫，以利整合計畫成果。	

附錄三、期末報告審查意見改進表

審查意見	處理情形
1. 請補充本報告書之英文摘要。	1. 已補充。
2. 建議在前言中，加強本案之調查目的與　目標說明；結論中則建議加強主要成果的描述，並在摘要與結論中評估斷層參數之修正成果。	2. 已補充。
3. 各章節中，請補附研究區域之地質圖，並將套疊本研究調查成果之斷層跡位置，供主辦單位做為地質敏感區劃定之參考。	3. 已補充，細部資料以電子檔案型式提供。
4. 報告書中建議對區域地質、斷層構造、地層分布、層位落差變化等有較詳細的交代。	4. 已補充。
5. 建議將鑽探報告、測量資料、1/5000斷層跡位置圖、鑽探岩芯照片等關於本研究之相關細部資料，以報告書或電子檔型式提供主辦單位使用。	5. 以電子檔案型式轉交主辦單位。
6. 報告書第 21 頁中、頭嵙山層與楊梅層之說明有混用的情形，建議採用其中一種較佳，或是在第 2 章前言中加入楊梅層的定義。	6. 已補充。
7. 新城斷層章節部份文獻缺漏，相關文件資料如主辦單位提供紙本，請補正。	7. 已補齊。

8.	本案 1/5000 斷層跡位置草圖中，推測斷層跡之劃定應參考斷層面傾角，並參考地形調整，請將現階段 1/5000 斷層跡的位置再進行調整。	8. 已修正。
9.	新城與新化斷層章節之地形圖上，常標示斷層位態，目的為何？建議應放在地質圖中。	9. 已修正。
10.	第 15 頁圖 2-10 中，年代 35.4ka 標本資料之所處地層，在文字中與圖片中描述不同，建請加以確定。	10. 已修正。
11.	第 39 頁，新化斷層東段接天寺一帶谷地之範圍，本案已評估為斷層可能的出露範圍，但確未說明詳細位置，建請說明評估的斷層可能出露範圍是位於谷地之兩側、南側或北側。	11. 已補充。
12.	部份文字錯漏部份，修改如紙本，請修正。	12. 已修正。
13.	表 1-2 鑽井位置表採用之座標格式應說明為 TWD67 或 97，同時橫座標與縱座標欄位名稱，不應以經度、緯度稱之，建議修改為 X,Y 或 E,N。	13. 已修正。
14.	摘要第 5 段中，建議說明畜產所所指為地震斷層區域，農田區與紡織廠為液化區域，以利瞭解本段意義。	14. 已修正。
15.	圖 3-14、16、19、21、24、26、28	15. 已修正。

	建議標示地表的斷層或噴砂位置，方便瞭解井位與古地震構造關係。	
16.	圖 3-14 圖例與圖部份重疊，建請略微調整。	16. 已修正。
17.	圖 3-28 之格式與其他剖面均不同，建請統一。	17. 已修正。
18.	新化斷層與新城斷層章節地圖中，新城斷層座標系統標示為 TWD67，新化斷層章節之標示為 TWD97，由於底圖資料相同，故請再確認座標系統是否正確。	18. 座標正確，為相同底圖轉為不同座標系統。
19.	建議評估地表崖階與實際斷層出露位置之差異，以利於調查時，斷層跡位置之確認。	19. 已補充。
20.	第 68 頁，新化斷層無法求得變動速率的另一原因，可能係因其右移斷層之特性，建請僅量以最合理的方式，評估橫移斷層滑移速率的求取方法。	20. 已評估。
21.	第 37 頁第 1 段，第 2 行：第一次古地震時間……其中 9546-8644yr BP 及 1865-1690yr BP 均為標本（SH-1,NBL2-22）或岩層代表年代，因此古地震之時期是否第一次古地震時間應晚於 9546-8644yr BP，第二次事件則晚於 1865-1690yr BP。建議	21. 已修正。

考量文字內容。	
22. 第 60 頁最後一行：「所以推測屬於地表與沉積同時……」是否意指「推測屬於地表同時的沉積同時液化現象」，建議調整文字說明。	22. 已修正。
23. 建議進一步分析新竹斷層及新城斷層之滑動面的層位關係，以協助確認飛鳳山地區之斷層屬於新竹斷層或新城斷層之一部份，較為合理。	23. 已補充。
24. 建議本計畫次年度標的斷層應與所內相關計畫搭配，並在先期調查評估後，善用經費規畫進行較有效的調查項目，以利計畫成果之取得。	24. 已進行商討。