經濟部

經濟部中央地質調查所報告第 96-10 號

計畫編號: 96-5226902000-04-01

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

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

中華民國九十七年三月

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)－

計畫主持人：陳文山

協同主持人：游能悌

研　究　員：松多信尚、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

中華民國九十七年三月

目　　錄

頁次
目錄……i-ii
圖目錄……iii-vi
表目錄……vii
審查委員意見改進表……viii-x
摘要……1
英文摘要……2
第一章、前言……3
1-1 淺層鑽探……3
1-2 階地定年……4
1-3 槽溝與地質剖面挖掘……4
1-4 碳十四定年……5
第二章、大甲斷層之長期滑移速率……7
2-1、地質構造……7
2-2、地形……8
2-3、鑽井岩芯……11
2-3-1、大安溪場址……11
2-3-2、鐵砧山場址……18
2-3-3、沙鹿場址……22
2-4、長期滑移速率……26
第三章、彰化斷層之長期滑移速率……36
3-1、地質構造……36
3-2、地形……36
3-3、鑽井岩芯……39

3-3-1、彰化市場址……39
3-4、長期滑移速率……40
第四章、潮州斷層之長期滑移速率……49
4-1、地質構造……49
4-2、地形……50
4-3、青葉地質剖面……52
4-4、鑽井岩芯……54
第五章、中洲斷層之長期滑移速率……60
5-1、地質構造……60
5-2、地形……61
5-3、鑽井岩芯……62
5-4、長期滑移速率……65
第六章、九芎坑斷層之長期滑移速率……68
6-1、地質構造……68
6-2、地形……68
6-3、古坑槽溝場址……69
6-4、鑽井岩芯……72
6-4-1 古坑場址……73
第七章、大平地斷層之長期滑移速率……75
7-1、地質構造……75
7-2、地形……76
7-3、高種山槽溝場址(龍潭)……76
第八章、總論……79
參考文獻……80
附件一、鑽井座標、井深與槽溝座標。……82
附件二、標本 ^{14}C 定年年代……83

圖目錄

圖 1-1、彰化市建國技術學院頂面階地(L1 階地,圖 2-1)。.....5
圖 1-2、八卦台地南段頂面的紅土化河階(M4 階地,圖 2-1)。.....6
圖 2-1、大肚台地與八卦台地階地群。.....8
圖 2-2、后里台地與大肚台地階地分布,與相關構造線。.....10
圖 2-3、大甲斷層與彰化斷層沿線鑽井位置圖。.....12
圖 2-4、大安溪場址位於鐵砧山北側、鐵砧山場址位於鐵砧山西南側。.....13
圖 2-5、大甲 1 號井岩芯紀錄,位於大甲斷層下盤,井深共 343 公尺。.....15
圖 2-6、大甲 2 號井岩芯紀錄，位於大甲斷層上盤，井深 500 公尺，主斷層位於 157 公尺處。.....17
圖 2-7、鐵砧山北側的大甲 1 號與大甲 2 號井剖面圖，推測斷層跡位於崖坡下側。.....18
圖 2-8、鐵砧山 3 號井岩芯紀錄,鑽井位於大甲斷層下盤。.....20
圖 2-9、鐵砧山 2 號井岩芯紀錄,鑽井位於大甲斷層上盤。.....21
圖 2-10、鐵砧山場址地形剖面與鑽井位置圖，鐵砧山 1 號井由中正大學團隊所鑽取的岩芯。.....21
圖 2-11、沙鹿場址位於沙鹿南側,鑽井位在台 3 線道路兩側。.....22
圖2-12、沙鹿4號井岩芯紀錄。.....24
圖2-13、沙鹿5號井岩芯紀錄。.....25
圖 2-14、沙鹿場址地形剖面與鑽井位置。.....26
圖 2-15、華龍井岩芯紀錄。.....29
圖 2-16、三光井岩芯紀錄。.....30
圖 2-17、清水井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。.....31
圖 2-18、忠和井岩芯紀錄,圖例如圖 2-5。.....32
圖 2-19、大肚井岩芯紀錄,圖例如圖 2-5。.....33
圖 2-20、國聖井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。.....33

圖 2-21、大肚台地北段區域鑽井剖面圖。.....34
圖 2-22、大肚台地南段區域鑽井剖面圖。.....35
圖 2-23、大肚台地南段區域的大甲斷層兩側地殼垂直變動速率。.....35
圖 3-1、八卦台地的階地分布，以及彰化斷層（紅色虛線）與八卦山背斜（藍色虛線）位置。.....38
圖 3-2、紅線為彰化斷層位置，大致沿著河道，右側為八卦台地，彰化市 1 號（CHC1）井位於崖上的 L4 階地，彰化市 2 號（CHC2）位於斷層下盤。.40
圖 3-3、彰化市 1 號井岩芯紀錄。.....43
圖 3-4、彰化市 2 號井岩芯紀錄。.....44
圖 3-5、彰化市場址岩芯剖面圖。.....45
圖 3-6、彰化 1 號井岩芯紀錄。.....45
圖 3-7、員林井岩芯紀錄。.....46
圖 3-8、社頭井岩芯紀錄。.....46
圖 3-9、大肚台地兩側岩芯剖面圖。.....47
圖 3-10、彰化斷層兩側各鑽井位置的垂直變動量。.....48
圖 3-11、彰化斷層兩側地殼垂直變動速率，下盤井位置見圖 2-3。.....48
圖 4-1、潮州斷層沿線扇階地形。.....49
圖 4-2、砂泥岩層位於青葉扇階之下，階地表層礫石層不整合在砂泥岩層之上。.....51
圖 4-3、左圖為礫岩層，右圖為礫岩層不整合沉積在砂泥層之上。.....51
圖 4-4、青葉場址位於青葉扇階的最西側，淺藍色線圈繪區域為礫岩層出露區域。鑽井（青葉 3 號井）位於礫岩層西側。.....52
圖 4-5、青葉地質剖面，西側出露礫岩層，階地之下為泥岩層。.....53
圖 4-6、青葉扇階礫石層不整合於下側的泥岩層之上（朝北拍攝）。.....53
圖 4-7、青灰色礫岩層不整合在右側的泥岩層（竹葉覆蓋處）之上。.....54

圖 4-8、青葉 1 號井岩芯紀錄。.....56
圖 4-9、青葉 2 號井岩芯紀錄。.....57
圖 4-10、青葉 3 號井。.....58
圖 4-11、青葉場址鑽井岩芯剖面圖。.....59
圖 5-1、武東場址與鄰近地區鑽井位置圖。.....60
圖 5-2、武東 1-3 號井位於中洲斷層上盤。.....61
圖 5-3、武東 1 號井岩芯紀錄。.....63
圖 5-4、武東 2 號井岩芯紀錄。.....63
圖 5-5、武東 3 號井岩芯紀錄。.....64
圖 5-6、武東場址鑽井岩芯剖面圖。.....64
圖 5-7、中洲斷層兩側大灣低地至中洲台地鑽井岩芯剖面圖。.....66
圖 5-8、中洲台地東西剖面，中洲斷層兩側岩盤的長期抬升速率。.....67
圖 6-1、古坑場址位於古坑東側丘陵與平原交會處。.....69
圖 6-2、古坑槽溝全長約 20 公尺。.....70
圖 6-3、古坑槽溝剖面大部分為礫石沉積物。.....71
圖 6-4、南牆第一階剖面。.....71
圖 6-5、南牆剖面。.....71
圖 6-6、北牆第一階剖面。.....72
圖 6-7、北牆剖面。.....72
圖 6-8、古坑 2 號鑽井岩芯紀錄。.....73
圖 6-9、古坑 3 號鑽井岩芯紀錄。.....74
圖 6-10、古坑場址鑽井岩芯剖面圖。.....74
圖 7-1、高種山槽溝場址位置。.....75
圖 7-2、小竹坑山位於石門大壩的西側約 1 公里，高種山的東側約 1 公里。大平地斷層的左側(北)為晚期更新世的店子湖期紅土階地，右側(南)為中新世南莊層，照片位置於圖 7-1。.....76

圖 7-3、高種山槽溝呈南北走向，長度為 34 公尺。.....77
圖 7-4、槽溝北側上覆磚瓦廢棄層。.....77
圖 7-5、磚瓦層之下為廢棄砂土層夾有零星的磚瓦。.....78
圖 7-6、高種山剖面。.....78

表目錄

表一、工作計量表。……..……6

審查委員意見改進表

期末審查：

（一）委員意見及建議事項

審查意見	處理情形
（一）最後應加專章進行總結與討論，將本年度資料彙整與討論本計劃成果的意義，並說明成果中滑移速率再現週期等數據資料之誤差範圍、造成誤差之原因、自然環境限制以及數據意義說明等內容。	已經在第八章總結中說明。
（二）報告的最後應有一章作為總結，並補充一章節介紹研究方法與範圍、以及包含專業名詞，數據評估方法、基本假設等內容。	已經補充第八章－總結。專業名詞已在各章節中說明。
（三）修訂報告的文字格式、圖表內容、數據資料、參考文獻順序等錯誤之處，文獻排列方式宜修正；「^{14}C」為正確用法，不應標記為「C^{14}」；p17 大甲鑽井記錄的剪切面傾角前後標示不一致；fig4.5 字太小(p52)；大甲斷層於岩心中的位置前後敘述不一致。	已修改。
（四）部分圖資缺乏方位、座標、比例尺、圖例：如照片中的方位應標示、圖表的指北與經緯度及柱狀圖的圖例應加註。	已修改。

（五）規劃書中可提及第一年度計畫目標斷層尚未完成調查的工作容，並於第二年進行補充調查，而變更調查目標斷層的工作，一定要先經過行文申請的程序。	將於第二年度計畫書中詳細說明。
（六）研究工作成果為評估斷層的長期滑移速率，但卻未能了解斷層的幾何型貌，僅能瞭解其上升速率(垂直變動速率)，此滑移速率為是剖面上之視速率，仍須考慮走向速率才是真實速率，應在報告中說明，並可參考 GPS 等水平向速率資料加以評估。	已修改，並補充說明。
（七）青葉 1、2 號井的砂泥岩層為什麼地層，應做判斷；文中提到的青葉 4 號井資料應補上，否則則不應提及。	已修改。
（八）斷層構造之地形剖面盡量垂直斷層線。	已修改。
（九）目前結果看來，岩心資料僅能估算出地殼垂直方向的變動速率，並沒有斷層滑移速率及再現週期的成果。	斷層滑移速率必須配合較深層的斷層角度，以及進行模式的估算。
（十）研究計畫的方法以及專業名詞的解釋應寫於文中，以利各界參考時可以清楚了解。(如：長期滑移速率的”長期”、”等時面”的意義、斷層變形模式”trishear”和”fault-bend fold”)	已修改。

（十一）p31 提到湖泊相沉積環境及高沉降現象請加以說明。p51 生長褶皺構造部份可在原理中說明；大平地斷層請以剖面示意其斷層構造	已修改。
（十二）中洲斷層在地質剖面上看來與車籠埔斷層類似，建議以深井鑽探調查；p73 圖 6-10 九芎坑斷層可在露頭與 2 號井之間鑽井。	將於第二年度計畫書中詳細說明。
（十三）斷層線跡和地調所有差異，宜加入地調所版本做參考比較和描述。	已修改。
（十四）建議不易進行槽溝工作的部份可改做排鑽，亦可由地層對比找出古地震事件；斷層角度的求得利用淺層震測可能比較經濟。	將於第二年度計畫書中詳細說明。

摘要

整合本研究以及之前的鑽井岩芯資料，以下探討大甲斷層、彰化斷層以及中洲斷層的變動速率。大甲斷層北段區域，由大甲 1、2 號井的地層與剪切面位態，顯示大甲斷層位在大甲 2 號井井深 157 公尺（海拔深度 78 公尺），且斷層尖端應截切至鐵砧山西側的崖坡。大甲斷層南段區域，利用斷層兩側鑽井岩芯與定年分析，上盤的最大抬升速率約 0.4-2.6 mm/yr，遠離斷層下盤的沉降速率約為 1.3-2.9 mm/yr；因此大甲斷層的垂直滑移速率為 1.7-5.5 mm/yr（3.6±1.9 mm/yr）。彰化斷層兩側的變動速率，西側的彰化斷層下盤變動速率，愈遠離斷層時沉降速率愈大，約 8 至 2 mm/yr；上盤最大垂直抬升速率約 2.3 mm/yr；若以此估算彰化斷層的垂直滑移速率，約為 10.3-4.3 mm/yr。

從地形特性以及岩芯沉積物分析，中洲斷層上盤屬於全新世海階地形，下盤為大灣低地，兩側地形面高差約十數公尺。大灣低地的沉降速率約為 0.4-3.0 mm/yr，中洲台地的抬升速率約 1.7-4.7 mm/yr。推估中洲斷層的垂直滑移速率約為 2.1-7.7 mm/yr（4.9±2.8 mm/yr）。若以 8000 yr BP 與 10000 yr BP 的等時面估算，垂直滑移速率為 5.8-6.4 mm/yr。假設中洲斷層的斷層傾角約為 60º，則傾向滑移速率約為 6.7-7.4 mm/yr。

本研究在青葉扇階的最前緣測量地形並繪製地質剖面，地質剖面呈現一礫岩層交角不整合在泥層之上，扇階階地礫石層則不整合在礫岩與泥岩之上。從地層結構研判此三套地層的沉積關係，顯示潮州斷層尖端沉積層堆積呈現生長褶皺的構造型態。由鑽井岩芯顯示泥岩層具強烈且密集的剪切面構造，岩層與剪切面傾角隨深度變化產生改變，淺層岩層剪切面傾角約 30-60º。由三口鑽井岩芯來看，潮州斷層跡位置尚位於青葉 3 號井西側。

九芎坑斷層與大平地斷層槽溝場址由於堆積有厚層的沉積層與回填土層，造成研判斷層跡位置不易，因而沒有發現斷層。

Abstract

Integrating with this study and previous borehole data, we will estimate the deformation rate of the Tachia, Changhua, and Chungchou faults. Based on the bedding and shear plane attitude of the Tachia 1 (DC1) and 2 (DC2) boreholes in the northern segment of the Tachia fault, it appeared that the major fault is located at 157 m deep of the Tachia 2 borehole, and the fault tip should cut through the surface along the Tiechanshan foothills scarp. Utilizing borehole logging with ^{14}C dating data on both sides of the Tachia and Changhua faults, we estimate that the maximum uplift rat on the hanging wall is about 0.4-2.6 mm/yr, and the subsided rate on the footwall is 1.3-2.9 mm/yr. Therefore, the vertical slip rate of the Tachia fault is estimated about 1.7-5.5 mm/yr (3.6±1.9 mm/yr). The deformation rate on the footwall of the Changhua fault is the larger to subside where is far away from the fault from 2 to 8 mm/yr, the maximum uplift rate on the hanging wall is 2.3 mm/yr. The vertical slip rate of the Changhua fault is about 4.3-10.3 mm/yr.

Based on the topographical characteristic and Holocene sedimentary environment, the hanging wall of the Chungchou fault shows an uplifted marine terrace, the footwall of the fault displays a subsided lowland. The subsided rate on the Dawan lowland is about 0.4-3.0 mm/yr, the uplift rate on the Chungchou marine terrace is about 2.1-7.7 mm/yr. In addition, in this study we get more ^{14}C dating data which can be correlated with two time-lines (isochronous surface) of 8000 and 10000 year BP which conspicuously extend the studied cross section. Based on the relative high of the two isochronous surfaces on both sides of the Chungchou fault, we estimate the vertical slip rate of 5.8-6.4 mm/yr. If the fault dip is about 60º, the long-term slip rate is about 6.7-7.4 mm/yr.

The stratigraphic cross section on the hanging wall of the Chaochou fault (the Chinye site) shows three lithologic units of mudstone, conglomerate and terrace deposits, that the contact relationships between them display an angular unconformity. The borehole logging has shown intensive shearing within the mudstone about 30-60º in shallow depth, it reveals that the site is nearly the fault trace.

The trenched sites along the Chiuchiungkeng and Tapingti faults shows a thick sediments and backfills, therefore it is difficult to judge the fault trace.

第一章、前言

本年度（96 年度）「斷層長期滑移速率與再現週期研究（1/4）」計畫的研究主題乃針對大甲斷層、彰化斷層、潮州斷層，由於大甲斷層與彰化斷層無法尋得適當的槽溝挖掘地點，本研究於期中已經徵得甲方同意，另以九芎坑斷層與大平地斷層代替。以下將分別描述各斷層的構造與地形、鑽探、階地挖掘與定年、以及槽溝等研究，並探討各斷層的長期滑移速率與再現週期。

本年度研究對象與內容為大甲斷層、彰化斷層與潮州斷層的斷層長期滑移速率與再現週期研究。針對斷層長期滑移速率與再現週期研究目的，本計畫乃利用以下幾種方法來探討本研究之目的。（1）淺層鑽探，（2）階地定年，（3）地質剖面挖掘。以下先就針對此三種研究方法的程序以及其必要性作深入討論。

1-1 淺層鑽探

除了可以確定斷層跡位置與淺部斷層角度之外，針對本計畫欲探討斷層長期滑移速率的研究目的，因而鑽探場址的選擇則必須規劃在上盤與下盤各鑽取一口鑽井，並且上盤的鑽井必須位於晚更新世-全新世河階之上，預期在沉積物中採取可供 ^{14}C 定年的材料，如此才能達到此目的。假如上盤地表地層屬於岩盤，或是鑽取岩芯沒有可定年材料時，就無法達到估算斷層長期滑移速率與再現週期的目的。因此，上盤場址的選擇條件必須非常慎重評估，研判是否具備上述的地質條件。下盤鑽探場址同樣必須慎重評估，預估鑽遇的沉積層序可以與上盤沉積層對比；除了 ^{14}C 定年對比之外，亦可由層序作對比。因此，選擇下盤場址須研判是否與上盤場址屬於同時期的沉積面，如此才能夠在上下盤的鑽井岩芯中獲得同時期堆積的沉積層，便可以此來估算斷層垂直抬升速率，若又可獲得斷層傾角，即可再估算斷層的長期淨滑移速率。

選擇場址首先由航照與野外調查判斷可能斷層跡（fault trace）的位置，以及是否具備適合研究的地質條件，之後再於野外尋找鑽探地點。由於本研究計畫預估每口鑽探深度約 30-100 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至較年輕的沉積層，以供對比與採取定年標本。

本年度鑽探工作規劃如下，大甲斷層共有兩個鑽探場址，鐵砧山場址（2口）與沙鹿場址（2口）；彰化斷層有一處鑽探場址，彰化市場址（2口）；潮州斷層有一處鑽探場址，青葉場址（1口），以及一處地質剖面；九芎坑斷層有一處鑽探場址，古坑場址（2口），以及一處槽溝；中洲斷層有一處鑽探場址，武東場址（3口）；大平地斷層一處槽溝（表一）。

本研究除了針對計畫所鑽取的岩芯進行紀錄之外，也重新紀錄鄰近地區的地質調查所鑽井岩芯（19 口井）來探討斷層的長期滑移速率；如大甲斷層相關的鑽井岩芯計有大甲1號井、大甲2號井，華龍井、三光井、忠和井、清水井、大肚井、國聖井；與彰化斷層相關的鑽井岩芯計有員林井、員林2號井、彰化1號井、彰化2號井、社頭井；潮州斷層相關的鑽井岩芯計有青葉1號井與青葉2號井；與中洲斷層相關的鑽井岩芯計有文賢井、依仁井、台南高鐵井與沙崙農場井。

本研究與今年度共鑽取12口井，為鐵砧山2號井、鐵砧山3號井、沙鹿4號井、沙鹿5號井、彰化市1號井、彰化市2號井、九芎坑2號井、九芎坑3號井、武東1號井、武東2號井、武東3號井以及青葉3號井；鑽井深度共790公尺（表一，附件一）。

1-2 階地定年

通常以未紅土化或微紅土化階地進行探坑挖掘(推估沉積年代在 ^{14}C 定年範圍之內），深度約2公尺，長度約5-10公尺，進行 ^{14}C 標本採樣。由階地年代以及與現今河床比高計算該處地殼的抬升速率。

本研究於八卦台地共進行10處掘坑（圖1-1，1-2，表一），並尋得5處人為開挖掘坑，以及5處地質剖面。由於這些區域都屬於紅土化階地地形，地表強烈風化作用，導致在掘坑與自然剖面中都無法尋得可供 ^{14}C 定年標本，僅有一處掘坑在河流礫石層之下的砂層中採得1個標本（NT-5；1.5公尺深），經 ^{14}C 定年所獲得年代為510-310 yr BP（附件二）；顯然屬於近代河流堆積層。

1-3 槽溝與地質剖面挖掘

古地震研究是藉由挖掘淺層地質剖面，從受構造擾動沈積層來分析斷層的

活動（古地震）事件，以及每次大地震事件造成的變形量。之後再由沉積層年代（^{14}C 定年法）來確定斷層活動（大地震）時間；由古地震時間與變形量（估算長期滑移速率）探討斷層的活動性，並估算下次大地震發生時間或機率。地質剖面是針對具有受斷層作用形成的構造剖面，而地質構造出露狀況是因地而異，台灣山麓前緣經常堆積大量崖錐崩積層，造成斷層跡被厚層沉積物覆蓋；此外台灣河流的侵蝕速率快，經常在河岸岩壁出露良好的地質剖面。所以本研究依據野外的自然與人為條件選擇洽當的地質剖面進行研究。若野外出露清晰的斷層剖面時，將以人工或機械清理露頭剖面，並詳細描繪與紀錄。假如有適當的挖掘場址將進行地下地質剖面挖掘。由於大甲斷層與彰化斷層的斷層跡大都位於道路、鐵路以及建築物範圍，或被厚層的礫石沖積層覆蓋，經甲方同意以九芎坑斷層與大平地斷層進行古地震研究。因此在九芎坑斷層與大平地斷層進行兩處槽溝挖掘，各為 20 公尺與 34 公尺長，槽溝總長度共 54 公尺；另外沿潮州斷層完成一地質剖面的量測與紀錄，長度為 140 公尺（表一）。

1-4 ^{14}C 定年

本年度針對階地堀坑以及鑽井岩芯的研究共有 25 標本進行 ^{14}C 定年（附件二，表一）。



圖 1-1、彰化市建國技術學院頂面階地（L1 階地，圖 2-1）。



圖 1-2、八卦台地南段頂面的紅土化河階（M4 階地，圖 2-1）。

表一、工作計量表。

調查項目	單位與數量
淺層鑽探	12 口井、井深共 790 公尺。
階地堀坑	10 坑數。
槽溝與地質剖面	槽溝 2 處長度共 54 公尺；地質剖面 1 處長度 140 公尺。
^{14}C 定年	25 個。

第二章、大甲斷層之長期滑移速率

2-1、地質構造

大甲斷層是中部地區褶皺-逆衝斷層帶的最前緣斷層，也是最近期形成的逆衝斷層。由於大甲斷層朝西的逆衝作用，於斷層上盤形成褶皺構造（大肚背斜），地形特徵上形成大肚台地（圖 2-1）。由東向西的構造地形特性來看，東側台中盆地屬於背負盆地（piggyback basin），大肚台地屬於大甲斷層斷坡上形成的背斜構造，西側海岸平原區屬於大甲斷層下盤的前陸盆地（foreland basin）。大甲斷層至今尚未有任何研究明確指示斷層跡位置，目前各研究所繪製地表斷層跡位置大都依據地形特徵推測位於大肚背斜西翼坡崖與平原的交會處。另外，斷層是否已經截穿至地表尚有不同看法，大都認為大甲斷層屬於盲斷層構造。陳文山等（2006）在大肚台地西側崖坡下的河階崖進行鑽探，在全新世沉積層中局部具有剪切構造，顯然在大肚台地與平原區交會處的淺處沉積層已具有斷層構造，此現象是否代表斷層尖端已經截穿地表，或僅代表向斜褶皺軸部產生局部的剪切構造，此問題將在本研究中討論。

台地地形呈現東側坡面較緩，西側坡度較陡（圖 2-2）；東斜面台地礫石層的岩層與坡面傾角相似，朝東約 6º；由野外露頭量測西側岩層傾角朝西約 10º，但是近斷層尖端的岩層傾角則呈現高角度狀態，朝西傾斜約 30-60º。目前，大甲斷層雖未有野外或鑽井資料確定斷層跡位置。但從岩層位態變化來看，斷層尖端頭嵙山層的傾角突然變陡，且呈現高角度位態，推測局部斷層區段的尖端可能已經在向斜軸部截穿至地表。

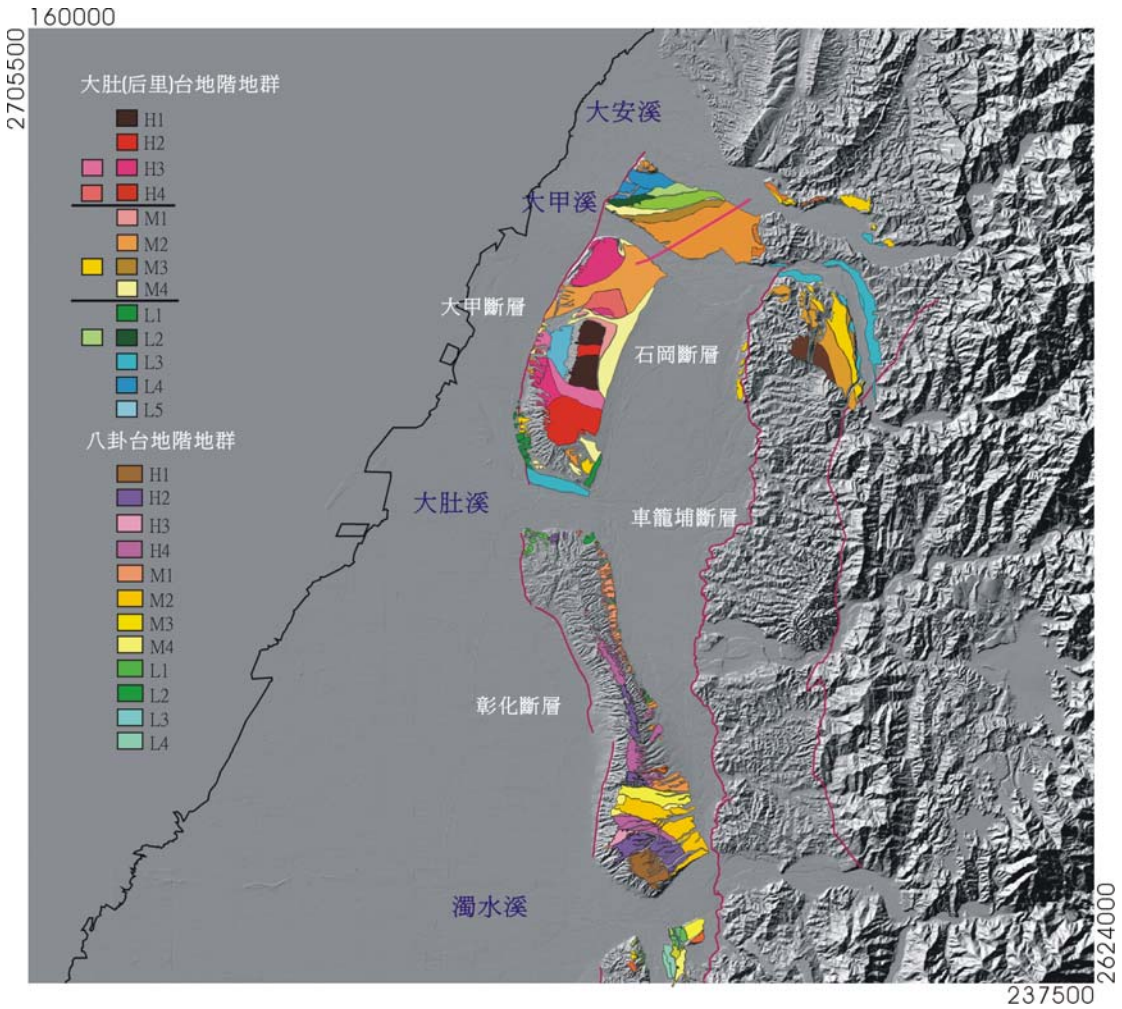


圖 2-1、大肚台地與八卦台地階地群，H：高位階地，M：中位階地，L：低位階地。

2-2、地形

本研究欲以河階定年與變位來估算大甲斷層的長期變動速率，因此必須將變位階地作詳細劃分，以利對比與估算變形量以及滑移速率。經航照判讀將以及由 DTM 數值地形比對，將大肚台地、后里台地與新社階地的階地詳細分階，共劃分 13 階（圖 2-2）。此三區域的階地尚無法相互對比，因此圖 2-2 所示階地對比是依據少部分延伸較大的階地面作為區域性的指準層。區域性階地對比則分為大肚台地、后里台地與新社台地階地群。大肚台地階地群分布在大肚台地，由大甲溪至大肚溪（烏溪）；后里階地群則分布在大甲溪至大安溪之間的后里台地；新社階地群位於石岡斷層（921 地震斷層）上盤。陳文山等人（Chen *et al.*, 2003）已討論新社階地群的對比，認為新社階地群的最高階地 M2 可以對比至后里台地

階地群的最老階地。以下將針對大肚台地與后里台地群的成因與對比作簡單討論。

晚更新世，大肚台地開始隆起形成台地地形，隆起過程中持續受到大安溪、大甲溪與大肚溪的侵蝕。因此，大肚台地面呈現複雜的多重河階面，現今台地面除了保存局部原始地形面之外（H1 階面，圖 2-2），其餘階地面都是在台地隆起過程中受到大安溪、大甲溪與大肚溪侵蝕堆積的河階。H 與 M 階地（紅土化階地）屬於早期形成的階地，之後受到大肚背斜的褶皺作用而呈現撓曲地形面；L 階地面（未紅土化階地，或微紅土化階地）屬於較晚期形成的階地，僅呈現向東傾動現象。由於 H 與 M 階地形成同時持續受到構造的抬升作用，階面形成之後還受到河流切割侵蝕，因此現今地形還保存有四處的風口地形（wind gap）；如圖 2-2 的 H1 階地之間 H2 階地，就是 H1 階地抬升之後受到河流切割，而在 H1 階地之間形成風口地形（H2 階地）。

大肚台地的階地共 10 階，為 H1、H2、H3、H4、M1、M2、M3、M4、L1 與 L5（圖 2-2）。H1 階地位在大肚台地中段，地形面最高且已呈現撓曲，為大肚台地最老地形面，代表大肚台地的頭嵙山層最後期沉積的地形面，其餘階地都是大肚台地隆起後侵蝕與堆積產生的階地。從上述階地面位態來看，H2、H3、H4、M1、M2、M3 與 M4 都呈現撓曲或傾動的地形面，階地面朝向大肚背斜兩翼傾斜，且在大肚台地稜線上形成數個風口地形。L 低位河階較為年輕，且狹小的階地面不易呈現撓曲地形面，僅在大肚溪北岸分布廣闊的 L5 階地呈現反向階面的地形，L5 階面朝上游傾動，顯然受到大甲斷層活動形成的背斜構造所影響。

M2 階地是后里階地群最老的階地，可以延伸至大肚台地北側，本研究由野外調查發現后里台地的階地礫石層不整合在一海相砂岩層之上，此褶皺傾斜砂岩層呈現背斜構造，后里階地群就位於背斜軸部，本研究將此背斜構造稱為后里背斜。另外，由后里台地最老的 M2 階地的分布與位態，顯示后里台地東側的 M2 階地面朝東傾斜，呈現撓曲現象，且 M2 階地亦延伸至鐵砧山頂面，並與下部的厚層礫石層（大肚台地的頭嵙山層）呈不整合沉積接觸關係。由 M2 階地分布與

位態顯示后里台地西側呈現一背斜構造（后里背斜），位在階地下伏岩層也呈現背斜構造。此外，背斜軸部的階地群（M3、M4、L1、L2、L3、L4 與 L5）呈現由東向西逐漸變低，此階地群是大安溪的侵蝕堆積所產生，因受到后里背斜的隆起作用，造成河道逐漸朝西北遷移，背斜東翼較老的河階逐漸隆起，形成較高位階地（圖 2-2）。M2 階地除了分布在后里台地之外，亦延伸至大肚台地北段，M2 階地並截切 H3 階地，在大肚台地上呈現風口（wind gap）地形（圖 2-2）。另外，M2 階地也呈現撓曲現象，顯然階地形成之後持續受大肚背斜的褶皺作用產生撓曲地形面 (flexural surface)。

后里台地西側位於背斜軸部的 M4、L2、L3、L4 與 L5 階地向西延伸至大肚台地西緣時受到大甲斷層作用，形成一北東向的階地崖；大甲斷層下盤則沒有形成任何的階地地形。

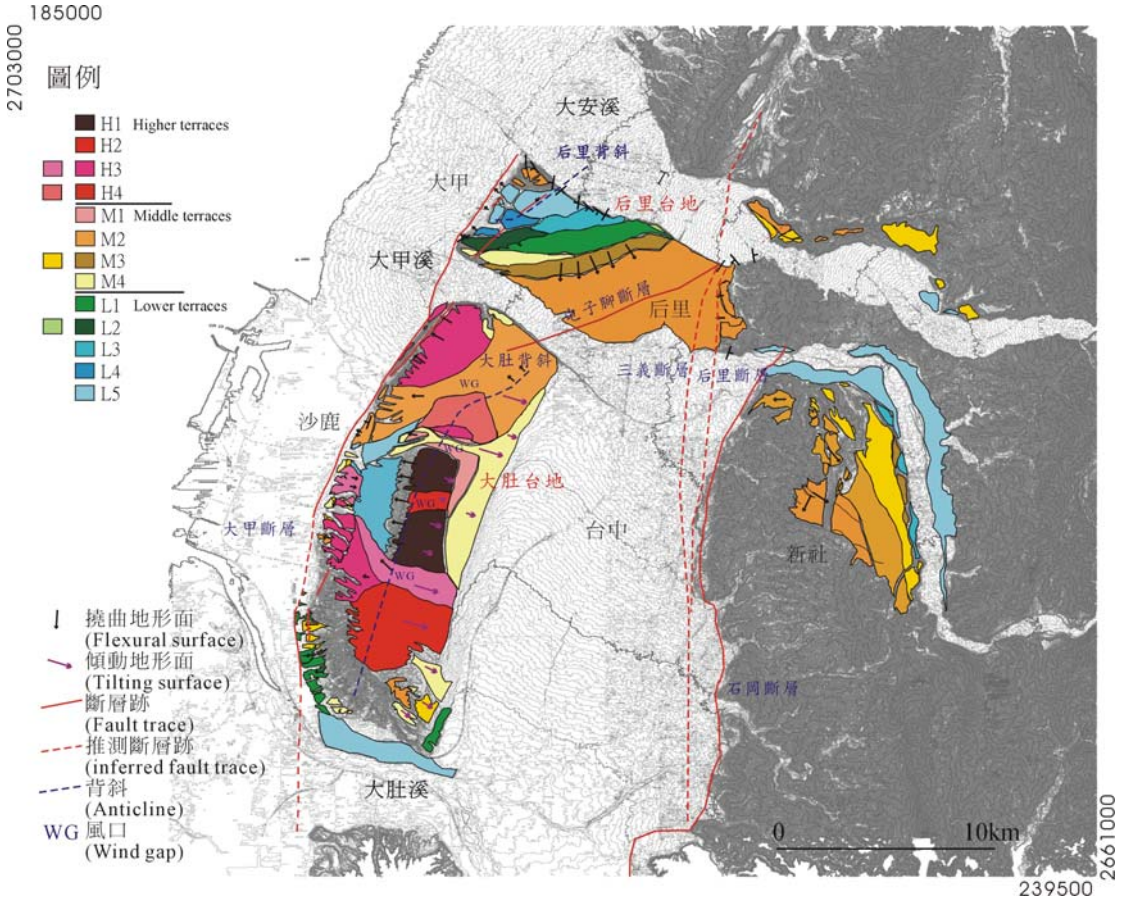


圖 2-2、后里台地與大肚台地階地分布，與相關構造線。

2-3、鑽井岩芯

本計畫在大甲斷層沿線共有兩處鑽探場址進行調查，鐵砧山與沙鹿場址，以及一處於 95 年由地調所進行的鑽探場址，位於鐵砧山北側，本研究稱為大安溪場址。

2-3-1、大安溪場址

地質調查所於 95 年度在鐵砧山北側的大安溪南岸進行兩口鑽井（圖 2-3，2-4），大甲 1 號井（圖 2-5）位於大甲斷層下盤，大甲 2 號井（圖 2-6）位於大甲斷層上盤。本研究亦針對此兩口井進行岩芯紀錄，岩芯顯示斷層下盤的大甲 1 號井的地層傾角近乎水平，沒有受到擾動，僅在井深 250-340 公尺之間具有數個水平剪切面構造。大甲 2 號井地層受到構造擾動較大，157 公尺以上地層傾角呈現 40-60º，與地表露頭的地層傾角相似，157 公尺以下地層傾角近乎水平（圖 2-7）。剪切面構造在 150 公尺以上的傾角約 30-50º；以下剪切構造位在 200-220 公尺與 277-286 公尺之間，傾角近乎水平，與層面傾角平行，呈現層間滑移構造。

目前由大甲 1 號與 2 號井的岩性來作對比尚有困難，但本研究從事岩芯紀錄時亦進行砂質沉積物組成的肉眼辨識，依組成分為兩類型的砂質沉積物，一為含大量板岩岩屑，沉積物顏色呈灰黑色，另一為不含板岩岩屑或少量，沉積物顏色呈黃白色。大甲 2 號井的岩性分界在井深 224.7 公尺處，之上為不含板岩岩屑的沉積層，之下則含大量板岩岩屑沉積層；大甲 1 號井岩性分界約在 225 公尺處。岩性轉變的深度與大甲 2 號井相同，顯然在此深度的沉積層沒有產生垂直錯移（圖 2-7）。另外，由大甲 2 號井的岩層傾角與剪切構造分布，本研究認為主要的斷層應位於 157 公尺處，因上下岩層傾角截然不同，且剪切面傾角亦不同，且上盤剪切面傾角與主斷層面傾角大致相似。

本研究為估算大甲斷層的長期滑移速率，在各鑽井或各斷層上盤河階都進行 ^{14}C 定年標本採樣。大安溪場址在大甲 1 號井與大甲 2 號井各有 2 個定年標本。大甲 2 號井在斷層上盤井深 144.5 公尺（海拔-64 公尺）處的 ^{14}C 定年為>50000 yr BP (DC2-1)， 436.5 公尺（海拔-356 公尺）處的 ^{14}C 定年為>48000 yr BP (DC2-2)（圖 2-7，附件二）。大甲 1 號井在斷層下盤井深 26.8 公尺（海拔 37.2 公尺）與 104.5 公尺（海拔-40.5 公尺）各採取一個標本，定年年代分別為 19810-19450 yr BP (DC1-1)與>43000 yr BP (DC1-2)。鄰近大安溪場址下盤區域尚有其他鑽井，大安

溪北岸的華龍井與南岸的三光井（圖 2-3）。華龍井井深 85.22 公尺（海拔-45.22 公尺），147.55 公尺（海拔-107.75 公尺）各有一個標本，年代分別為 43850±750 yr BP (HL-1)與 48770±1270 (HL-2)。三光井井深 132.3 公尺（海拔-116.3 公尺）標本，年代為 46990±1260 yr BP（附件二）。

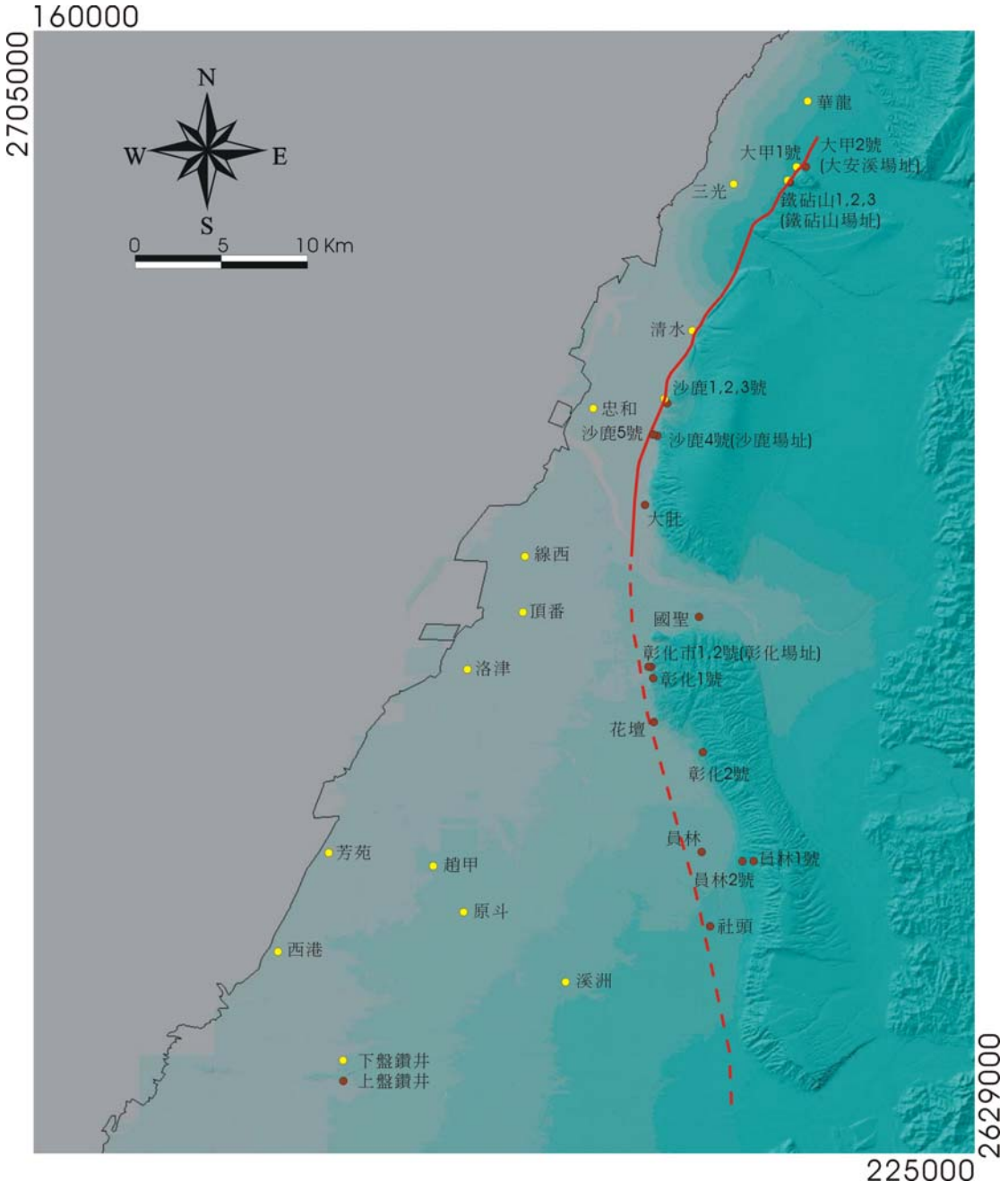


圖 2-3、大甲斷層與彰化斷層沿線鑽井位置圖。

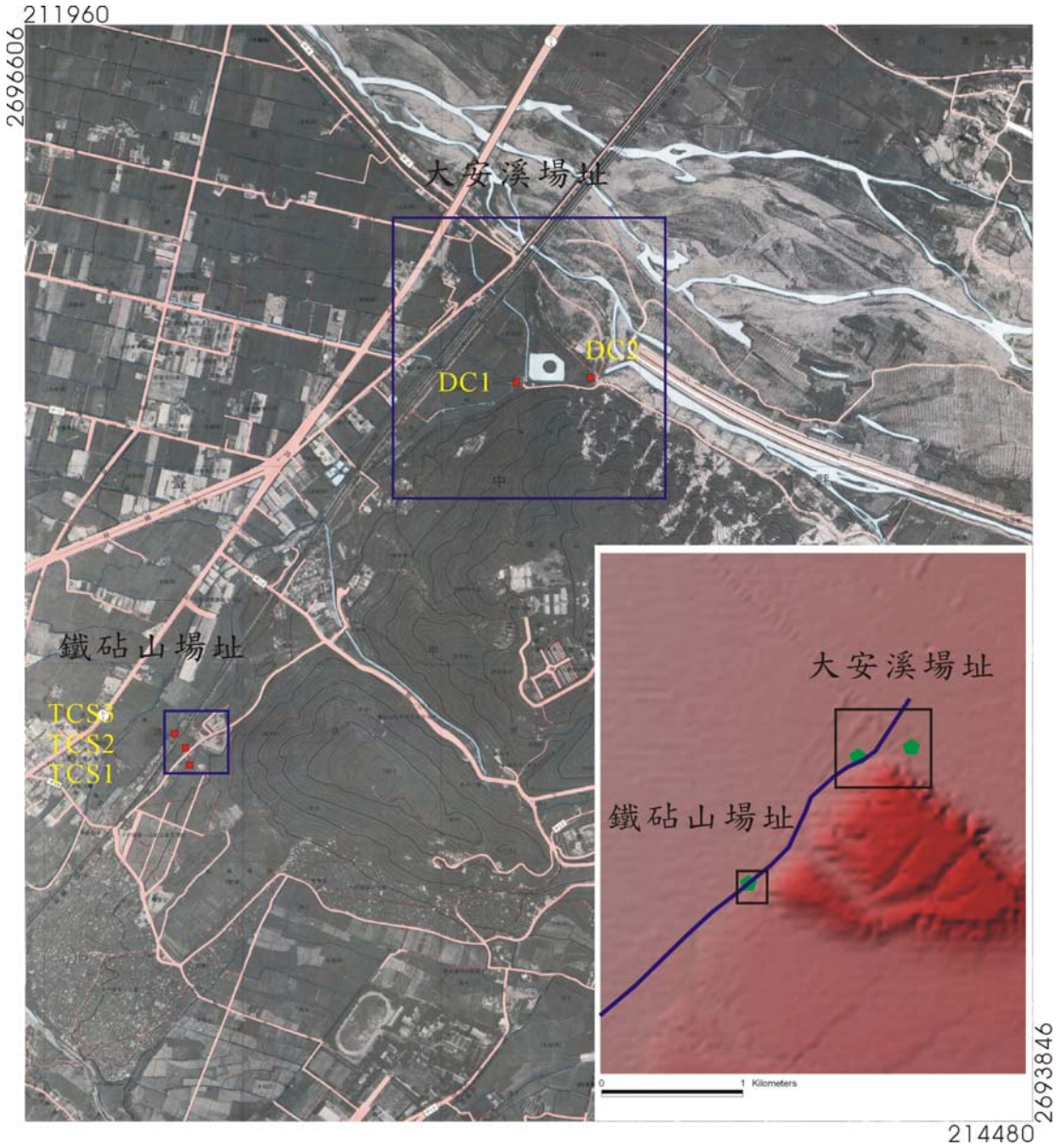
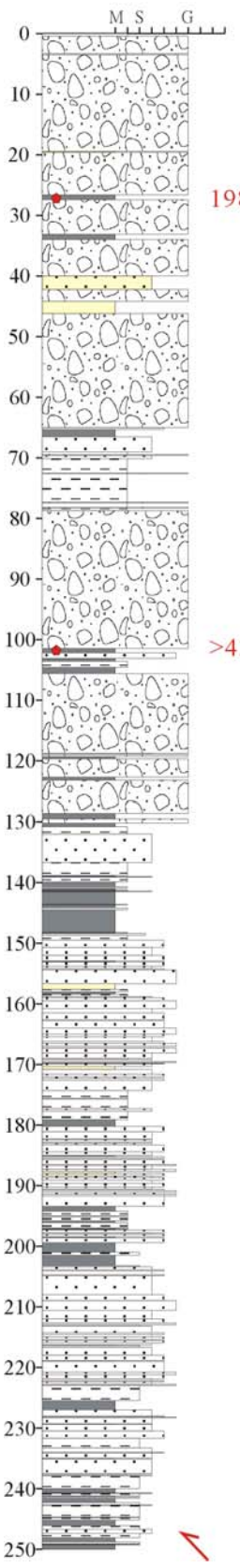


圖 2-4、大安溪場址位於鐵砧山北側，鐵砧山場址位於鐵砧山西南側。



剪切面傾角　層面傾角

沉積構造特徵

19810-19450(DC1-1)

>43000(DC1-2)

基質支持結構礫石層，基質含大量板岩碎屑，礫石成分以變質砂岩爲主。
0.4-4.4公尺，礫石粒徑爲小礫-巨礫。
4.4-19.3公尺，基質紅土化。
19.3-26.6公尺，紅土化。
26.6-27.4公尺，泥層土壤化。
40.0-42.2公尺，砂層土壤化
44.2-45.5公尺，泥層土壤化
45.8-65.1公尺，礫石粒徑爲小礫至巨礫。

65.3-76.6公尺，厚層粉砂頂部夾砂及泥層，沉積構造具平行紋理，泥層含少量碳。

基質支持結構的礫石層，基質含有大量板岩碎屑，礫石成分以變質砂岩爲主。
78.7-101.1公尺，礫石粒徑爲小礫至巨礫。
101.4-105.6公尺，泥層夾粉砂、粗砂層，102.3-103.1公尺，呈斑駁狀風化，沉積構造具平行紋理。

128.6-129.5公尺，泥層呈斑駁狀風化。

130.2-149.5公尺，泥夾薄層粉砂、細砂，沉積構造具平行紋理、波痕。
145.7-149.2公尺，泥層呈斑駁狀風化。

厚砂層夾泥層或泥與粉砂互層，砂含大量石英碎屑，多處向上變細序列及土壤化。(156.7-157、170.3-170.8、197-197.3)、灰壤(177.7-177.9、179.1-179.3、327.5-328、336.9-337.3、339.2-339.6)，沉積構造具平行紋理、波痕及低角度交錯層理，偶有平板狀交錯層理、崩移構造，含碳屑、貝殼碎屑。

228-231.7公尺，含硬頁岩碎屑。

249.8-249.9公尺，剪切帶。



圖 2-5、大甲 1 號井岩芯紀錄，位於大甲斷層下盤，井深共 343 公尺。


剪切面傾角
層面傾角
沉積構造特徴
M S G
>50000 yr BP(DC2-1)
不含板岩岩屑或少量
含大量板岩岩屑

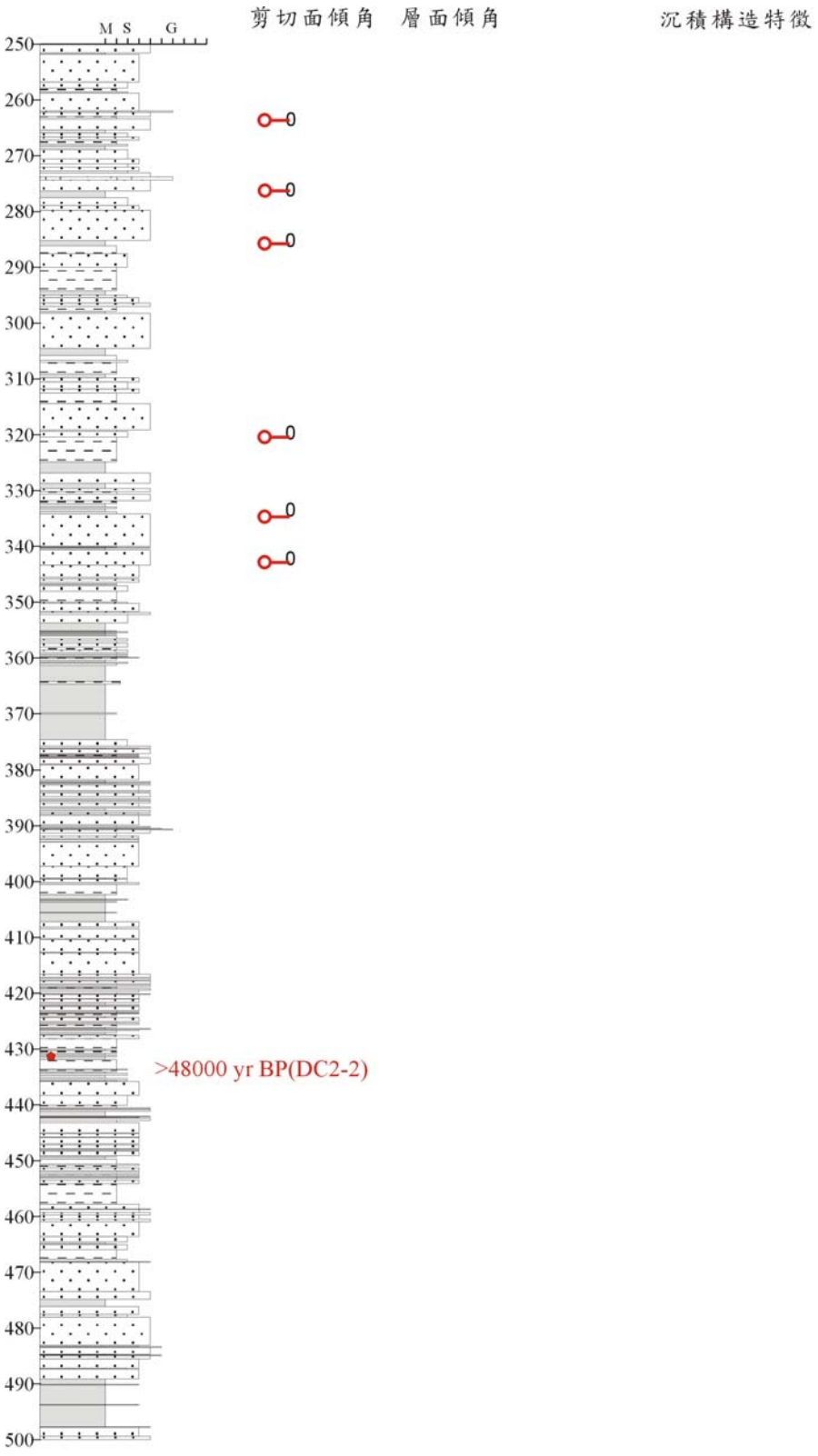


圖 2-6、大甲 2 號井岩芯紀錄，位於大甲斷層上盤，井深 500 公尺，主斷層位於 157 公尺處，圖例如圖 2-5。

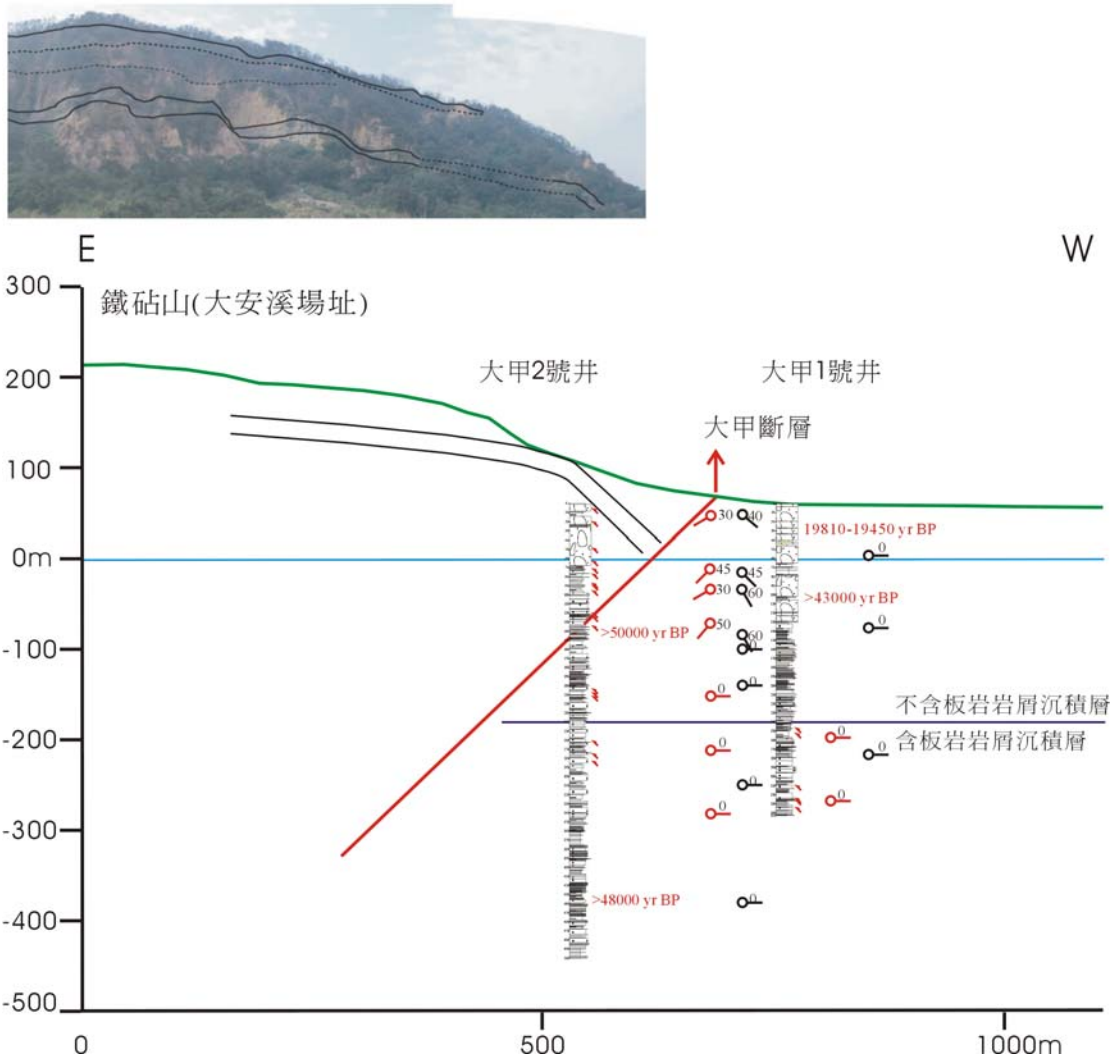


圖 2-7、鐵砧山北側大甲 1 號與大甲 2 號井剖面圖，推測斷層跡位於崖坡下側。

2-3-2、鐵砧山場址

鐵砧山場址位於大甲斷層北段（大甲溪北岸），鐵砧山西側的階地崖（斷層崖）的兩側（圖 2-3，2-4）。鐵砧山南側由於后里背斜的活動形成一系列河階（后里台地階地群），河階共有 10 階，河階高度依序由南向北逐漸變低，為大安溪古河道向西北遷移造成的河階群（圖 2-2）。本研究選擇的鐵砧山場址位於河階群最西側的 L5 河階之上，斷層崖走向大致垂直大甲溪流向，階地被大甲斷層截切，形成北東走向階地崖，鐵道沿著線型崖坡下。鐵砧山場址的鑽井位在鐵道兩側，下盤鑽井鐵砧山 3 號井（TCS-3）位於崖坡下（鐵道西側），上盤鑽井有兩處，鐵砧山 2 號井（TCS-2）鄰近斷層崖約 5 公尺，位於崖坡之上，鐵砧山 1 號井（TCS-1，此井由另一計畫負責鑽探）鄰近斷層崖約 30 公尺，位於 L5 河

階上。

鐵砧山 3 號井（圖 2-8）位於 L5 階地崖西側，位於斷層下盤，此井鑽取深度為 70 公尺，沉積物岩性皆為礫石層，表層 8 公尺為含有紅土礫石層，研判屬於再積性紅土礫石層，應侵蝕自上盤的紅土礫石層（頭嵙山層）。鐵砧山 2 號井位於上盤（圖 2-9），鑽取深度為 30 公尺，沉積物岩性皆屬於礫石層。由於此兩口井岩性都為礫石層，因而無法由岩性作地層對比，經鑽井岩芯研判亦沒有發現具有剪切面構造（圖 2-10）。



圖 2-8、鐵砧山 3 號井岩芯紀錄，鑽井位於大甲斷層下盤，圖例如圖 2-5。

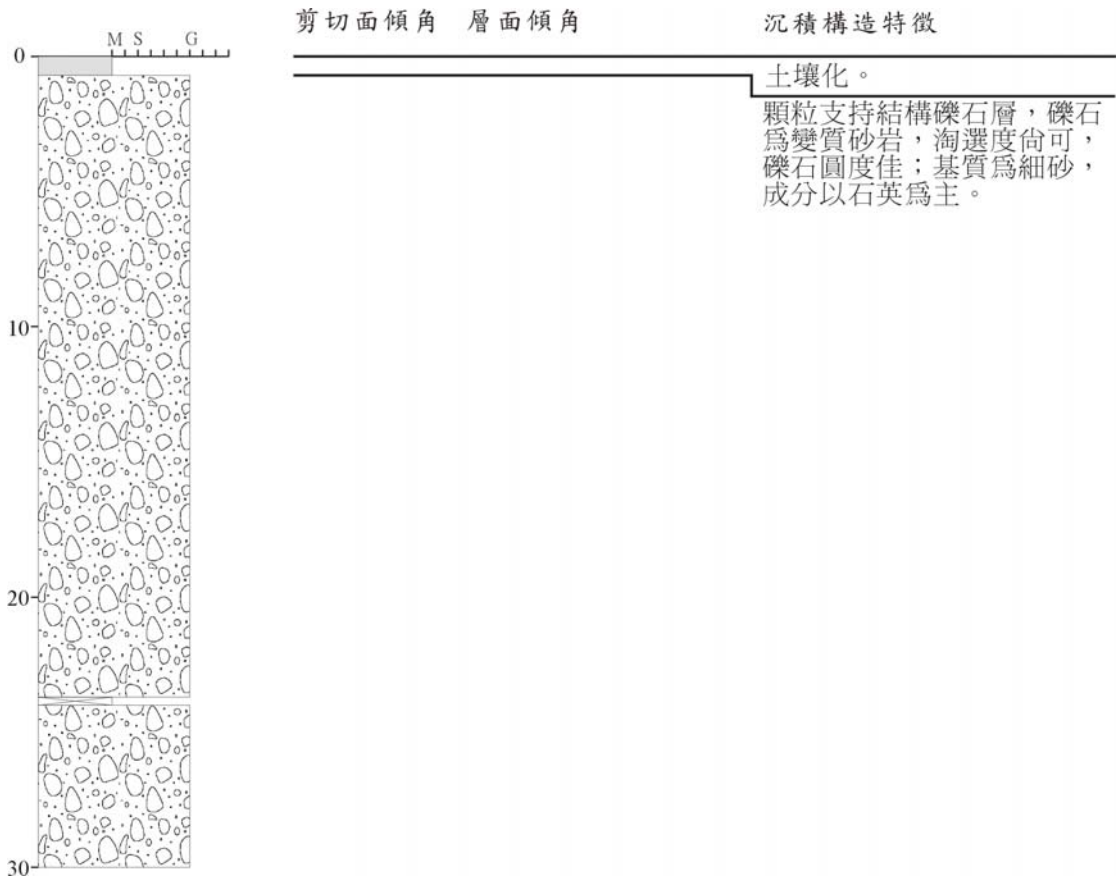


圖 2-9、鐵砧山 2 號井岩芯紀錄，鑽井位於大甲斷層上盤，圖例如圖 2-5。

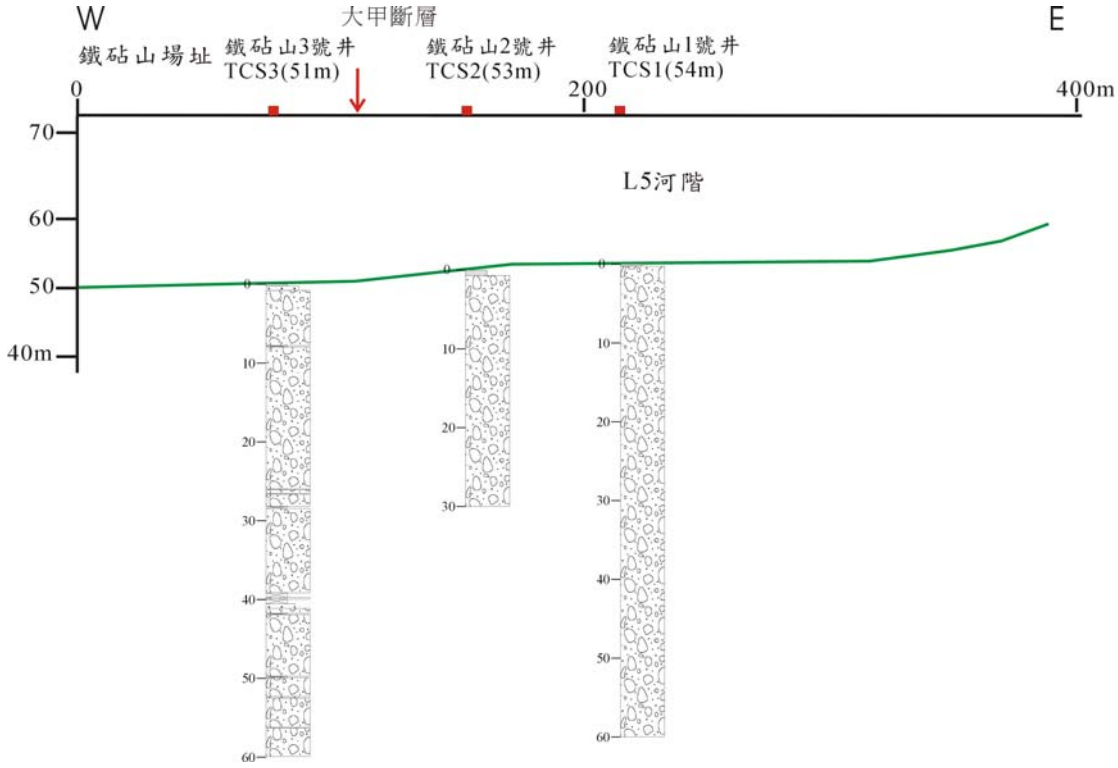


圖 2-10、鐵砧山場址地形剖面與鑽井位置圖，鐵砧山 1 號井由中正大學團隊所鑽取的岩芯。

2-3-3、沙鹿場址

沙鹿場址的鄰近地形由一系列的 M1、M2、M3、M4、M5、L4 階地分布在台一線省道東側，L5 階地分布在台一線省道兩側（圖 2-3，2-11）。依地形特徵，階地崖有兩條，一為沿著台一線省道，另一為 L5 階地與平原交會處。鑽探場址選擇在台一線省道崖線兩側（沙鹿 4 號井 SL4 井與沙鹿 5 號井 SL5 井）的 L5 階地之上。

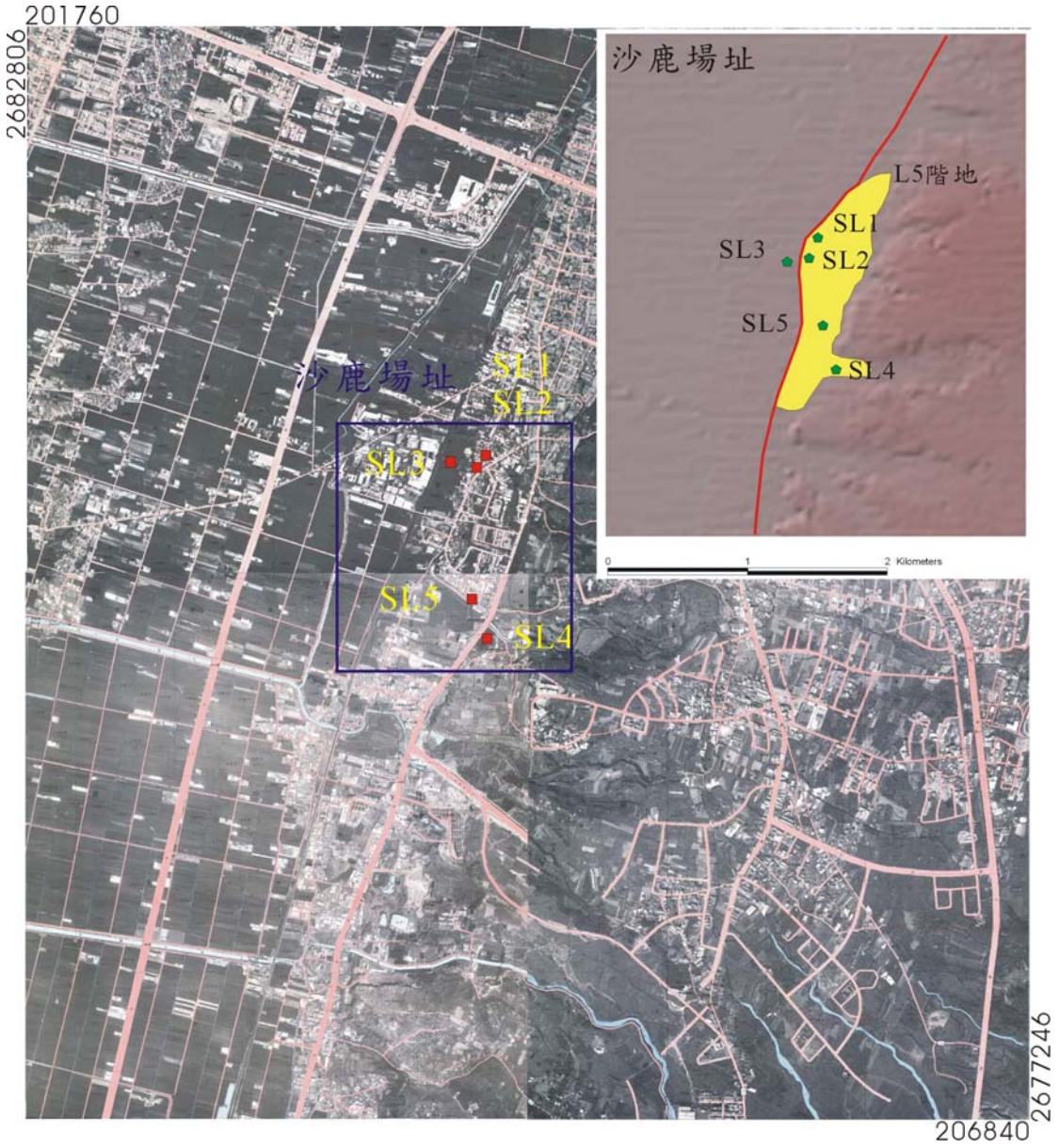


圖 2-11、沙鹿場址位於沙鹿南側，鑽井位在台一線道路兩側。

沙鹿場址，針對兩個階地崖進行研究，台一線省道的側階地高差為4公尺；東側沙鹿4號井（海拔高度15公尺）位在L5階地之上（圖2-11），鑽井深度為60公尺（圖2-12），鑽井北側約30公尺處為M2與M3階地（紅土化階地）。井深0-50公尺的岩性為含砂礫石層，間夾薄砂層，屬於河流環境；50-60公尺處為砂泥層，含有貝殼碎屑，屬於潮間帶環境（圖2-12）。沙鹿5號井（海拔高度11公尺）位於台一線省道線型崖西側的L5階地之上（海拔高度11公尺，圖2-13）。井深0-55.3公尺岩性為含砂礫石層，間夾薄砂層，屬於河流環境；55.3-64.3公尺岩性為含貝殼碎屑的海相砂層，64.3-65.3公尺為泥層，65.3-67.7公尺為含貝殼碎屑的海相砂層，67.7-70公尺為泥層。從上部厚層的河流礫石層與之下海相砂層與泥層界面深度來看，兩井之間高差約為11公尺（圖2-14）。沙鹿5號井在井深約57公尺以下呈現多處的剪切面構造，剪切面傾角約12-30º；沙鹿4號井則未見任何的剪切面構造。依此研判，西側線型崖應屬於大甲斷層產生的斷層崖，而東側的線型崖（台一線省道）則可能是受侵蝕所造成的線型崖。

鄰近沙鹿場址的鑽井研究，有之前地調查所進行的清水井、大肚井與忠和井（圖2-3），此三口井都位於大甲斷層的下盤，清水井位於沙鹿場址北側鄰近斷層崖；大肚井位於沙鹿場址南側鄰近斷層崖；忠和井位於沙鹿場址西側，但較遠離斷層崖。

沙鹿場址在沙鹿4號井在58.55公尺（海拔-43.55公尺）有一貝殼樣本，由於此樣本量太少，無法測出年代。沙鹿5號井在3.15公尺（海拔7.85公尺）與62公尺（海拔-51公尺）各有一個定年標本，^{14}C定年年代分別為4830-4530yr BP（SL5-5）與＞48800yr BP（SL5-1）（附件二）。沙鹿5號井深62公尺（海拔-51公尺）的年代大於5萬年，由年代研判此井應位在大甲斷層的上盤，因為下盤區域屬於構造沉降環境，通常在此深度的沉積層年代都屬於全新世的海相沉積物，如鄰近海岸平原區諸多鑽井，忠和井與清水井（圖2-3）。

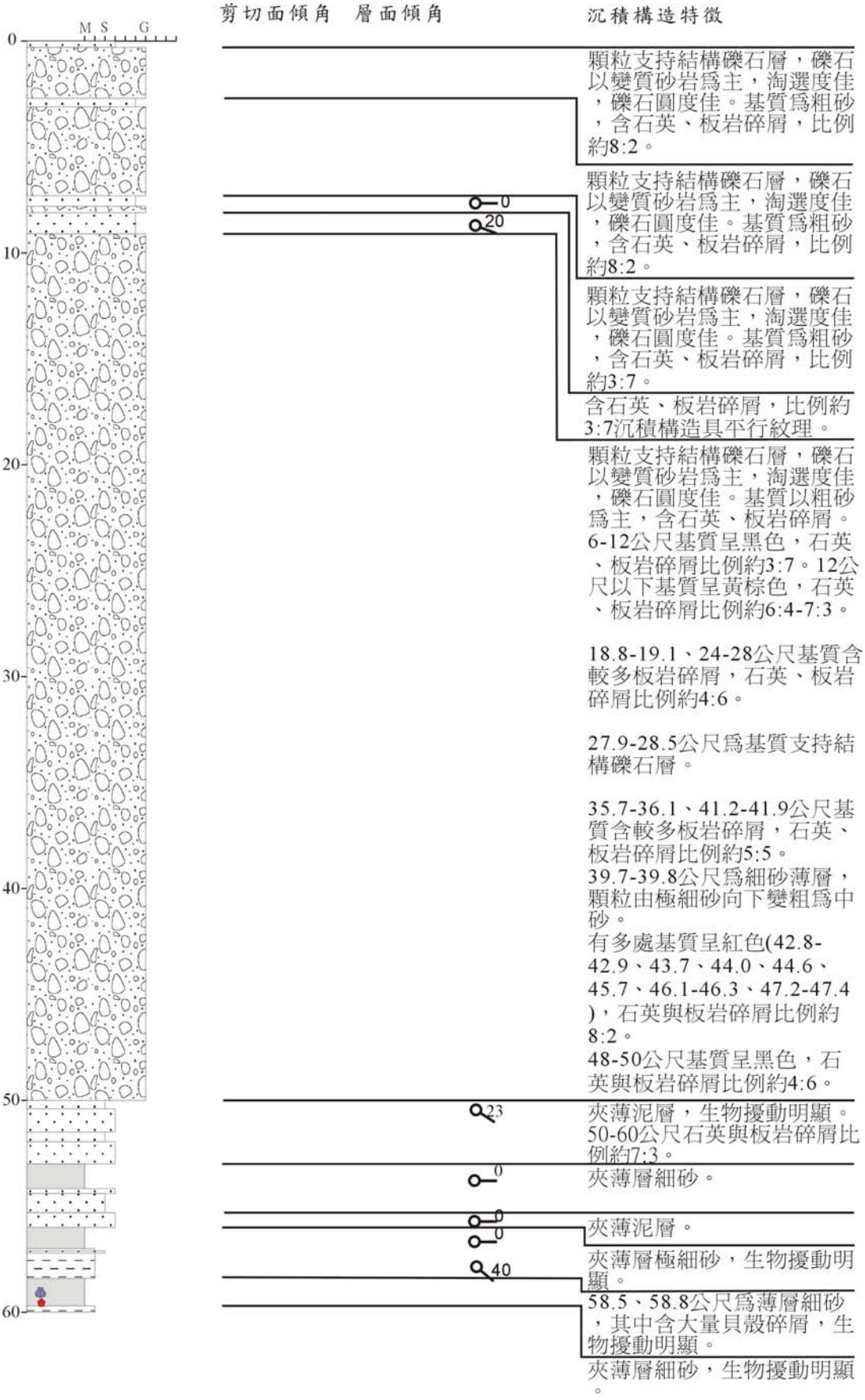


圖2-12、沙鹿4號井岩芯紀錄，圖例如圖2-5。

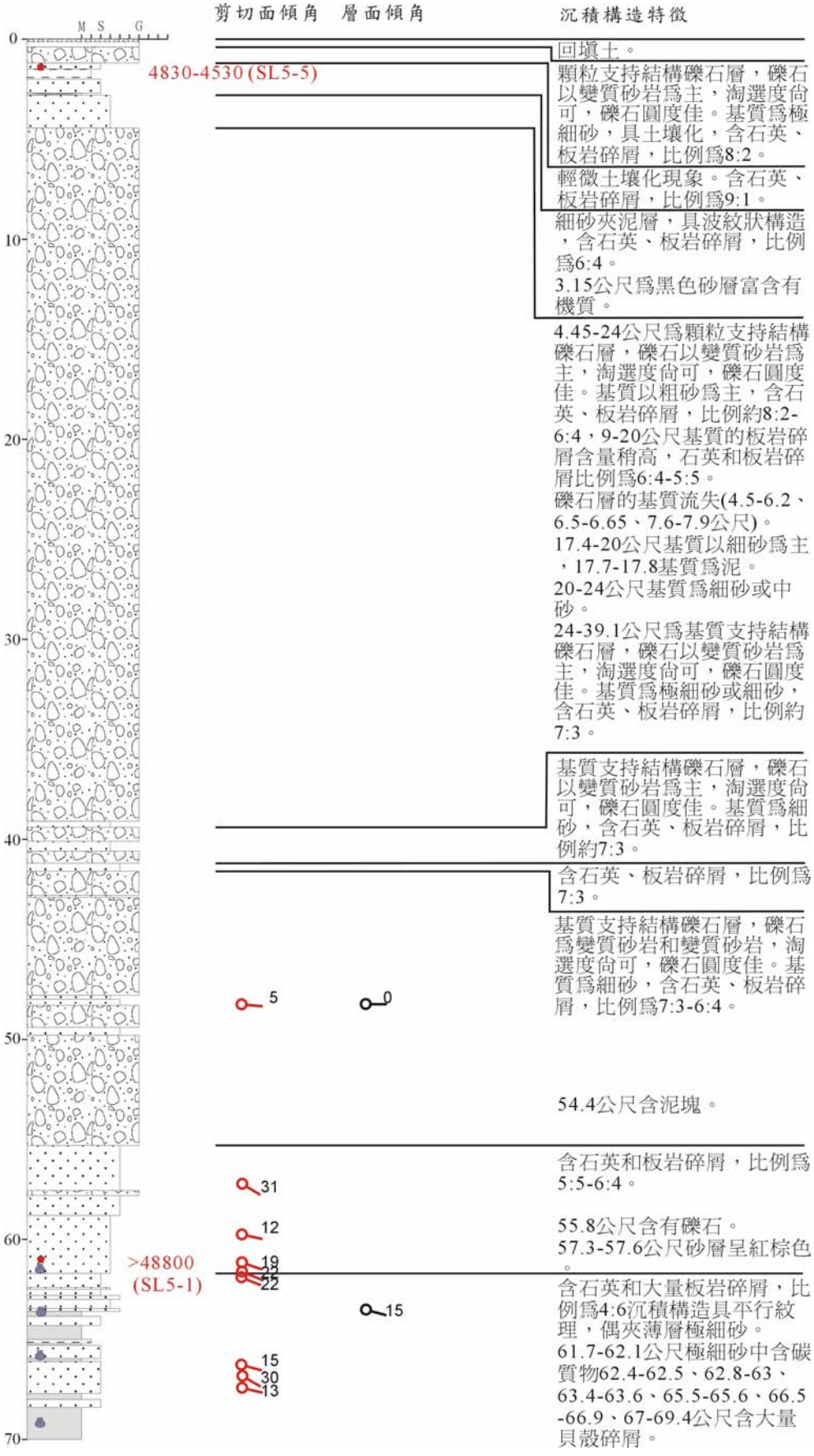


圖2-13、沙鹿5號井岩芯紀錄，圖例如圖2-5。

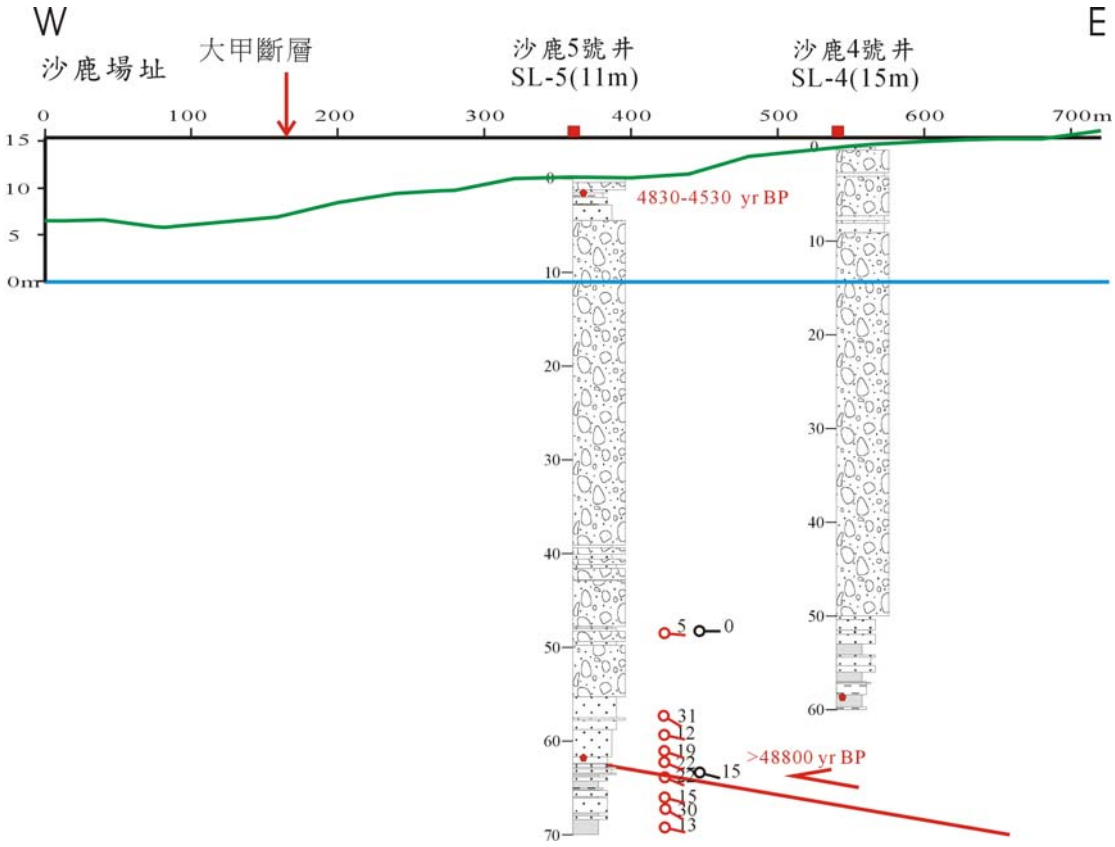


圖 2-14、沙鹿場址地形剖面與鑽井位置。

2-4、長期滑移速率

本研究在大甲斷層沿線共有 3 個研究調查場址，由北而南計有大安溪場址、鐵砧山場址與沙鹿場址，除此之外，為配合研究目的亦針對場址鄰近的鑽井重新進行岩芯紀錄與探討，計有華龍井（圖 2-15）、三光井（圖 2-16）、清水井（圖 2-17）、忠和井（圖 2-18）、大肚井（圖 2-19）與國聖井（圖 2-20）。華龍井與三光井鄰近大安溪場址，清水井、忠和井、大肚井與國聖井鄰近沙鹿場址，因此分別為南北兩個區域針對大甲斷層進行討論（圖 2-21，2-22）。

北段區域，由於鐵砧山場址兩口井（TCS2，TCS2）皆為礫石層，中正大學鑽取的鐵砧山 1 號井（TCS1）60 公尺深亦皆為礫石層，且沒有定年資料所以暫不在此討論。從大甲 1 與 2 號井岩芯的地層與剪切帶傾角可以顯示大甲斷層應位於大甲 2 號井的井深約 157 公尺處（圖 2-7）。大甲 1 與 2 號井的年代僅大甲 1 號井的 DC1-1 的年代為 19810-19450 yr BP，其餘的年代都老於 4 萬年（圖 2-21）。由於 DC1-1 標本的沉積層屬於沖積扇環境，目前很難估算沉積當時沖積扇相對現今的高度，因而無法計算大甲 1 號井所處位置的垂直變動量。標本採樣點的沉

積環境若屬於海相即可以由相對古海水面的高度來估算沉積以來的抬升速率，估算方法是由現今採樣點的海拔高度減去古海水面的海拔高度，在減去古環境深度，剩餘值為垂直的變動高度；再由變動高度除以採樣點的絕對年代，即為垂直變動速率。以下所估算的鑽井都屬於海相環境。鄰近此區的下盤尚有兩口鑽井為大安溪北岸的華龍井與南岸的三光井，華龍井的 HL-1 標本年代為 43850±750 yr BP，位於海拔下 45.22 公尺，屬於潮間帶環境，當時海水面高度較現今低約 79 公尺，以此估算距今有 0.8±0.1 mm/yr 的沉降速率（圖 2-21）。HL-2 標本位於海拔下 107.75 公尺，屬於河流環境，由於無法預估距今的變動量，所以也無法估算變動速率。三光井的 SK-1 標本年代為 46990±1260 yr BP，位於海拔-116.3 公尺，屬於潮間帶環境，當時海水面高度較現今低約 77 公尺，以此估算距今有 0.8±0.1 mm/yr 的沉降速率（圖 2-21）；此沉降速率與華龍井相當，顯然北段區域大甲斷層下盤的沉降速率約為 0.8 mm/yr。至於大甲斷層在北段區域的斷層面傾角為何？本研究由上盤大甲 2 號井的井深 145 公尺處主斷層帶的剪切面傾角研判，推測大甲斷層面的傾角約 40-50º。由於上盤區域目前還沒有年代資料可供估算垂直變動速率，所以尚無推估大甲斷層的滑移速率。

南段區域，計有沙鹿場址的沙鹿 4 號井與沙鹿 5 號井，以及清水井、大肚井、忠和井與國聖井（圖 2-22）。由地形研判清水井位於線型崖西側，推斷位於大甲斷層下盤或鄰近斷層跡；忠和井鄰近海岸線，屬於大甲斷層的下盤；大肚井位於線型崖的東側，屬於大甲斷層上盤；沙鹿 4 與 5 號井鄰近線型崖東側，亦屬於大甲斷層上盤，國聖井較遠離斷層跡，大致位於大肚背斜軸部（圖 2-3）。清水井共有 6 個 ^{14}C 定年標本，環境皆屬於淺海潮間帶環境，依據各標本年代以及當時海水面高度估算距今的垂直變動速率，CS-1 為 1.3±0.4 mm/yr、CS-2 為 0.6±0.4 mm/yr、CS-3 為 0.0±0.4 mm/yr、CS-4 為 0.6±0.9 mm/yr、CS-5 為 0.7±0.8 mm/yr、CS-6 為-0.6±0.9 mm/yr（附件二）。由上述資料研判清水井在全新世以來的變動速率，大體而言屬於些微抬升狀態，僅少部分資料看來具有些微的沉降或沒有變動（圖 2-22）。忠和井共有 2 個 ^{14}C 定年標本，皆屬於淺海潮間帶環境，依據各標本年代以及當時海水面高度來估算距今的垂直變動速率，CH-2 為 -2.1±0.8 mm/yr，CH-3 為-2.3±0.1 mm/yr（附件二）；顯示忠和井位置屬於沉降環境，沉降速率約為 1.3-2.9 mm/yr。大肚井共有 3 個 ^{14}C 定年標本，都屬於潮間帶環境，依據各標本年代以及當時海水面高度來估算距今的垂直變動速率，TD-1

為 1.4±0.9 mm/yr、TD-2 為 1.6±1.0 mm/yr；由於 TD-3 的年代為＞47000 yr BP（圖 2-23），無法得知沉積當時海水面高度而無法估算變動速率。由上述資料研判大肚井在全新世以來的變動屬於抬升狀態，變動速率約為 0.5-2.6 mm/yr。沙鹿 5 號井鄰近斷層跡的上盤，SL5-5 的抬升速率約 0.39±0.01 mm/yr。國聖井位置大致位於大肚背斜（八卦山背斜）的軸部，僅有 1 個 ^{14}C 定年標本，年代為 29640±200 yr BP，屬於潮間帶環境，估算抬升速率約 2.2±0.1 mm/yr（圖 2-23）。另外，由現今的 8000 yr BP 等時面的海拔高度來看，斷層上盤較下盤高約 15 公尺（圖 2-22），斷層上盤的抬升作用較快。

從大甲斷層南段區域的資料研判，近斷層跡上盤的抬升速率約 0.4-2.6 mm/yr（大肚井），遠離斷層下盤的沉降速率約為 1.3-2.9 mm/yr（忠和井）（圖 2-23）。但是近斷層的變動速率較為不明確（清水井），似乎處於變動速率不大的狀態，雖然部分資料顯示略有抬升，但變動速率約在±1 mm/yr 之間。清水井處於變動速率不大狀態的原因，可能是位於斷層的尖端，或斷層尖端的三角剪動帶（trishear zone）的軸部，以致呈現長期的變動速率不明顯。

由大甲斷層兩側分析獲得的垂直變動速率，是代表各鑽井地點相對某一基準點（海水面）的變動速率，而不是代表斷層的垂直滑移速率；斷層垂直滑移速率應是斷層上盤相對下盤地殼的變動速率，因而針對大甲斷層的垂直滑移速率而言，應為 1.7-5.5 mm/yr（3.6±1.9 mm/yr，相對遠端忠和井）。

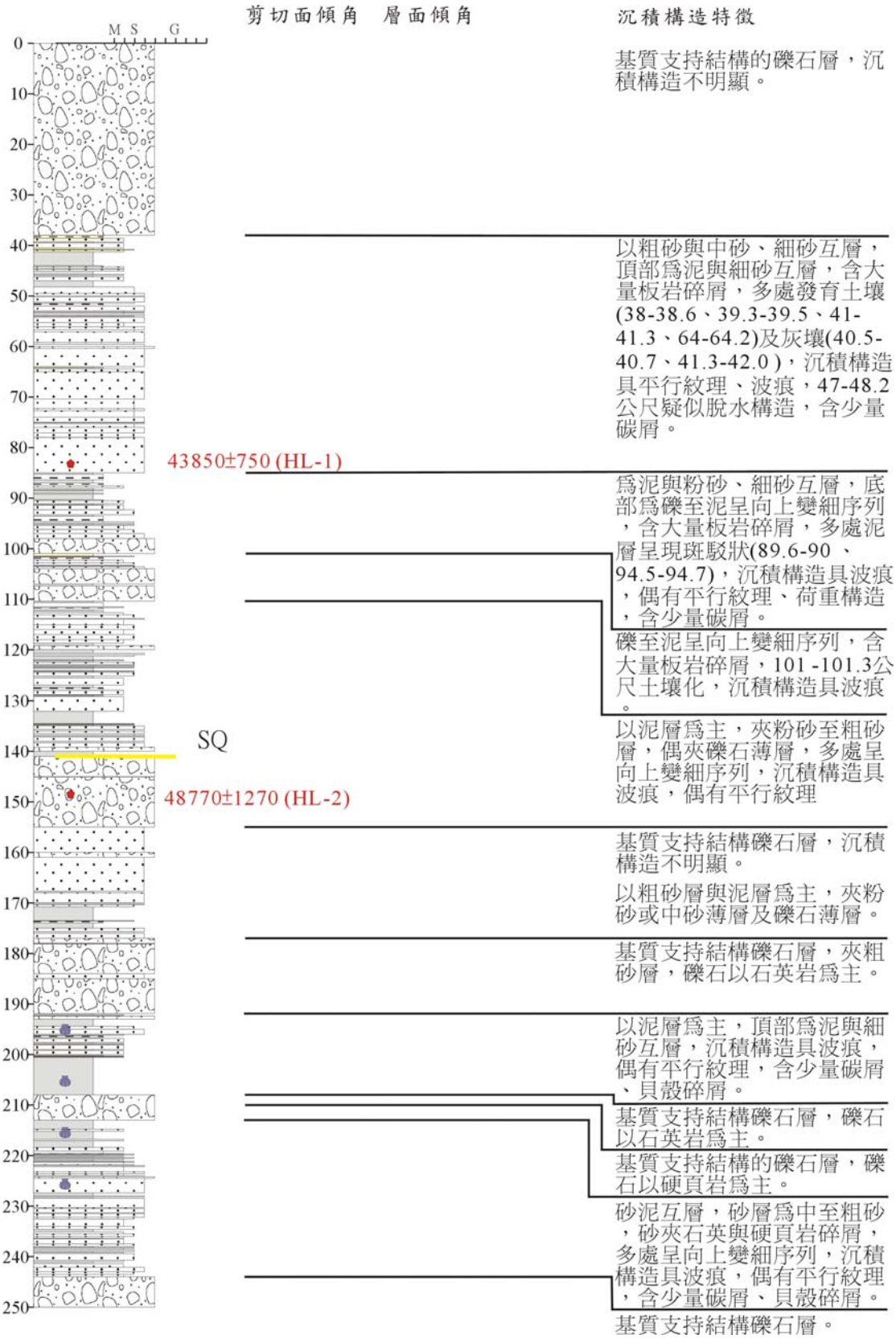


圖 2-15、華龍井岩芯紀錄，SQ（層序界面）是末次冰期的低水位時期產生的不整合面（土壤化），圖例如圖 2-5。

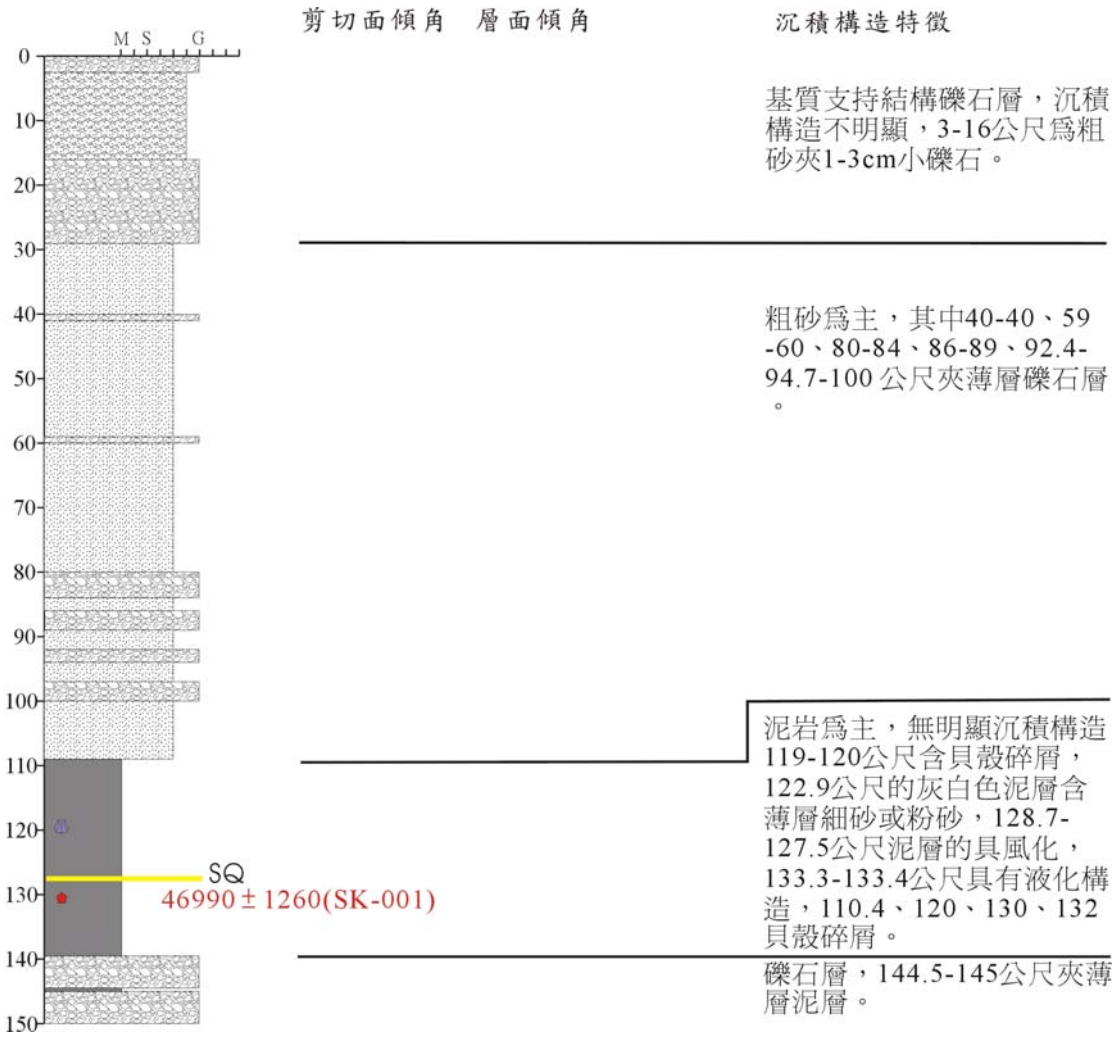


圖 2-16、三光井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

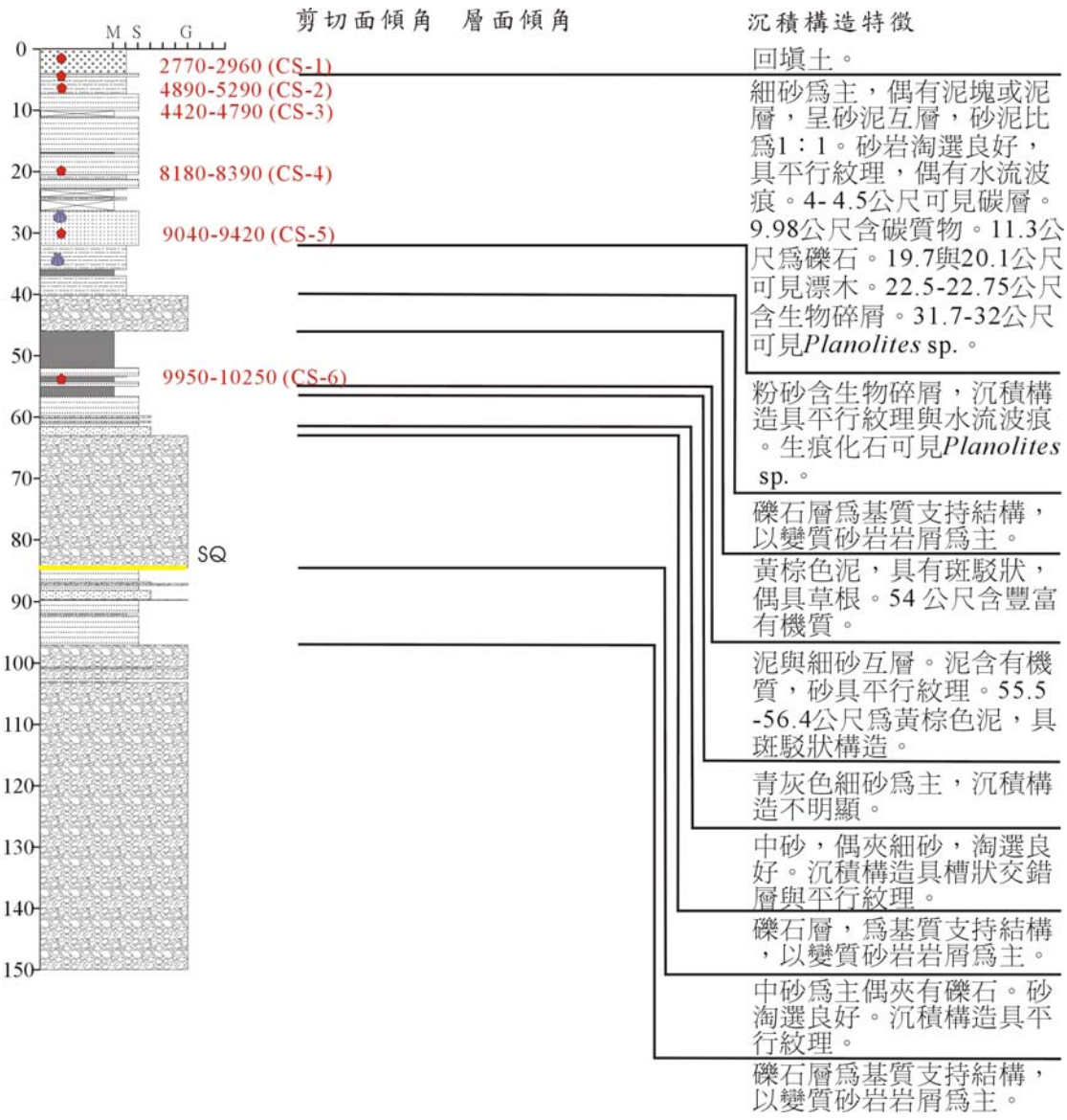


圖 2-17、清水井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

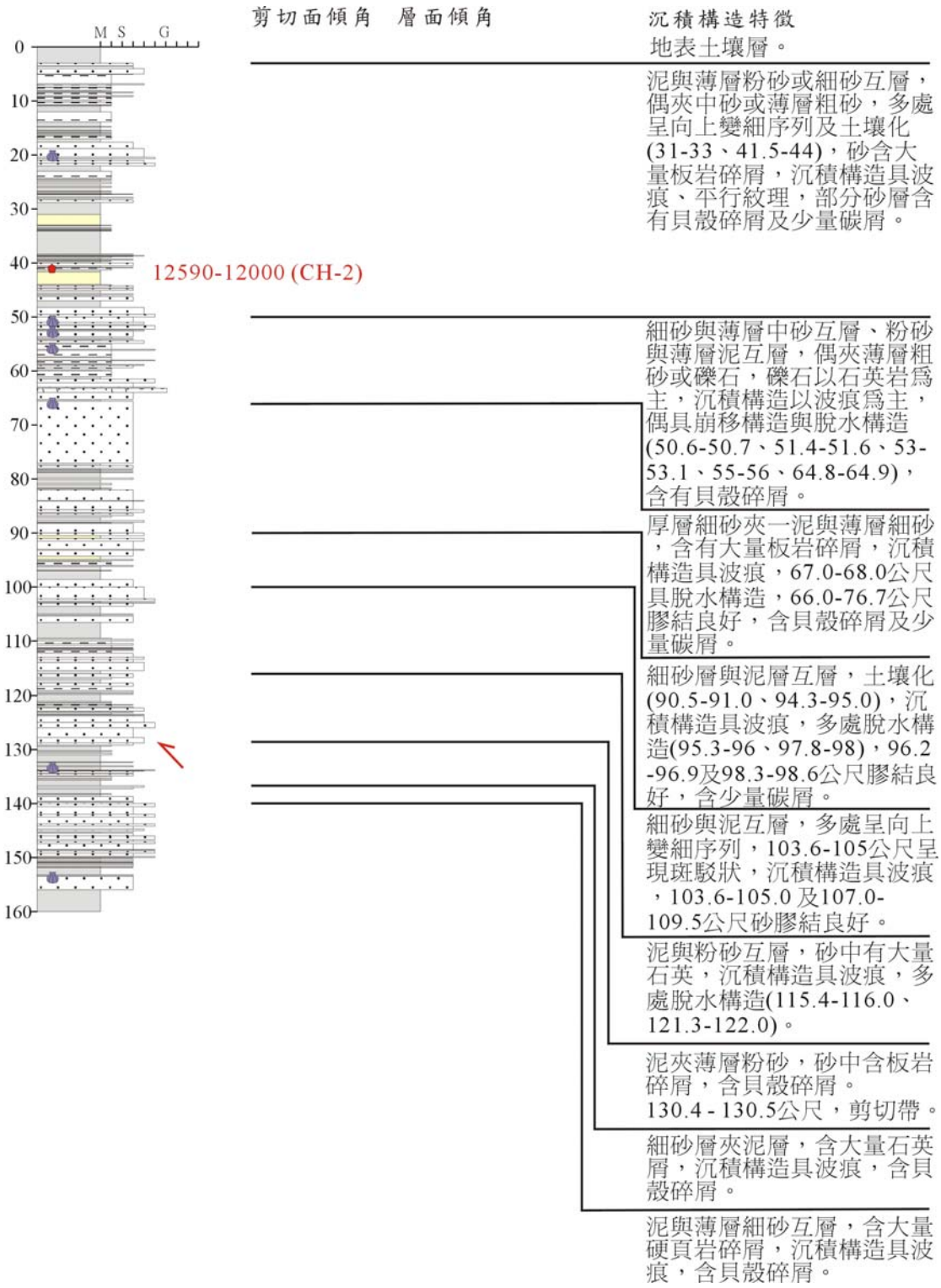


圖 2-18、忠和井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

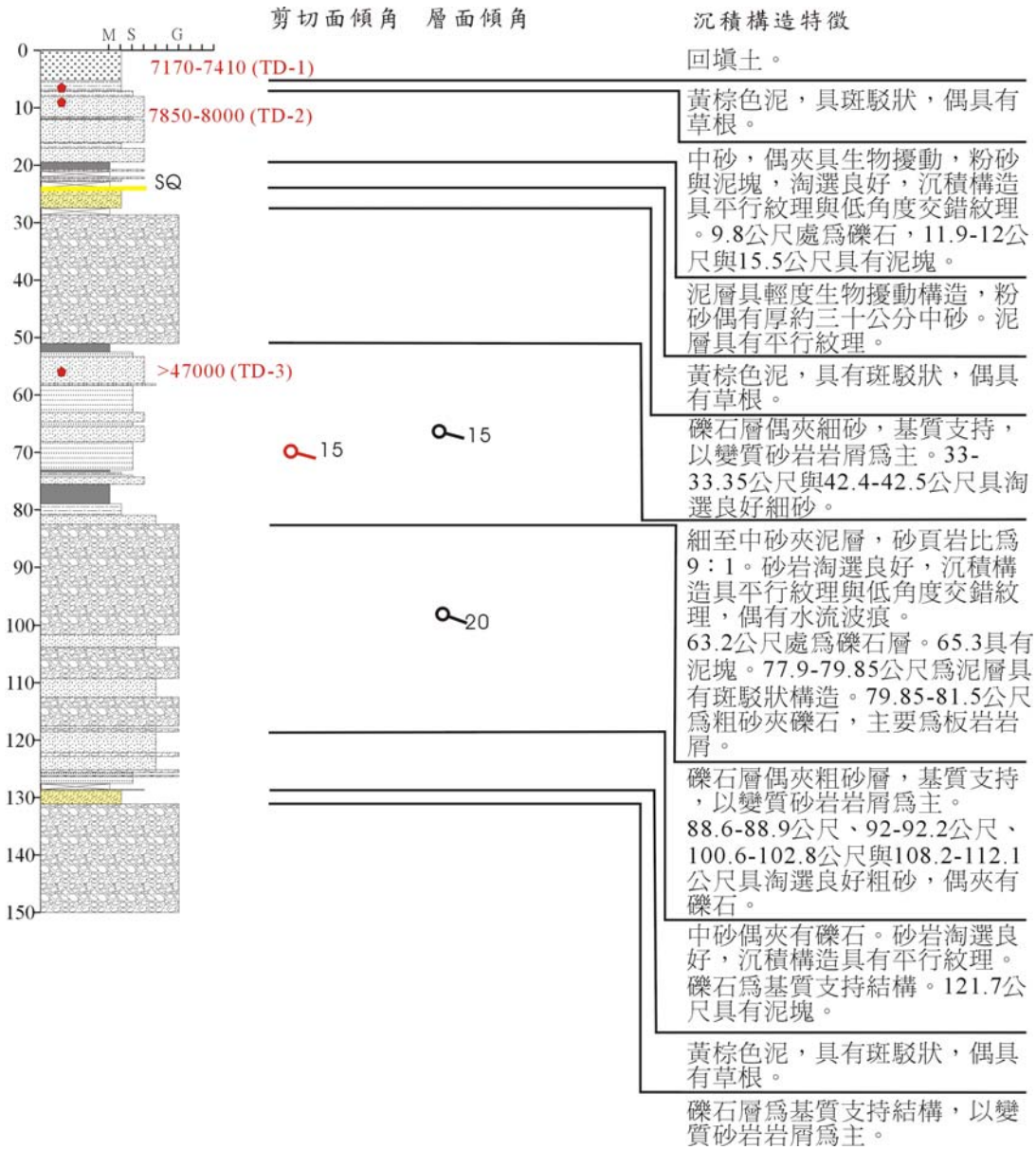


圖 2-19、大肚井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

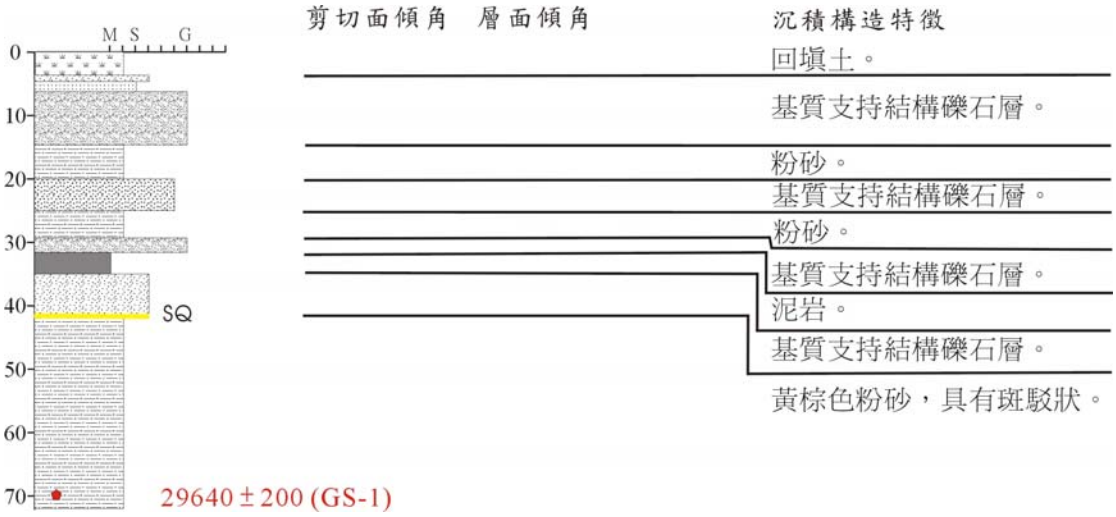


圖 2-20、國聖井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。



圖 2-21、大肚台地北段區域鑽井剖面圖。

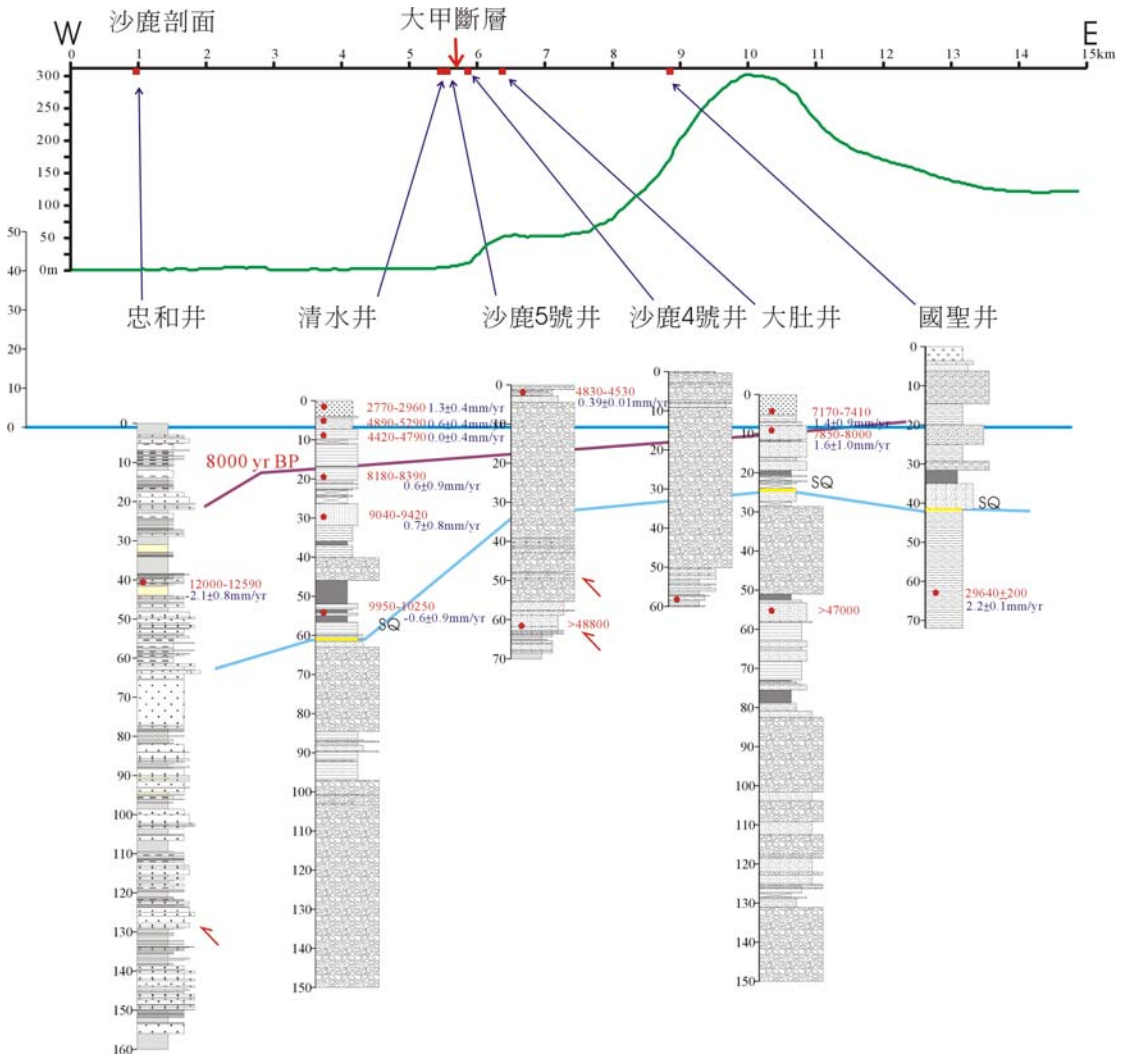


圖 2-22、大肚台地南段區域鑽井剖面圖，紫色線為 8000 yr BP 的等時面，淺藍色線為 SQ 的對比面。

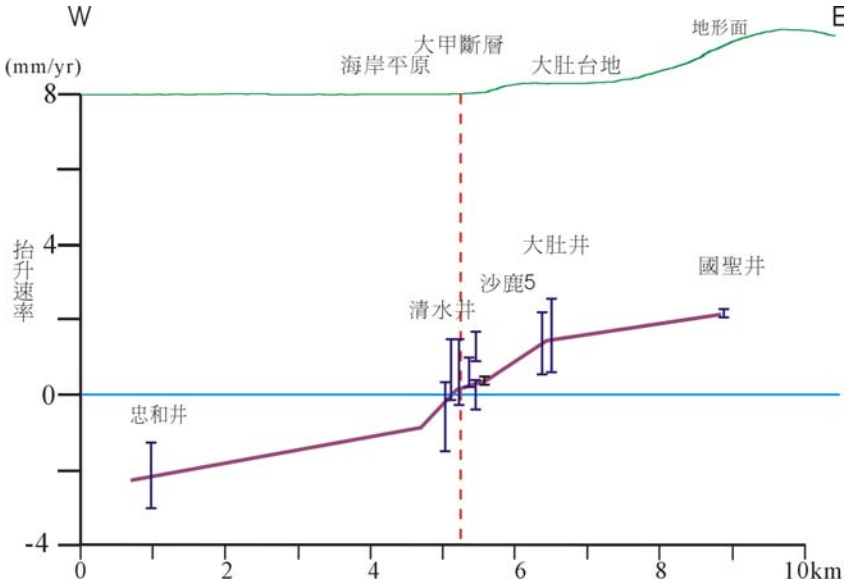


圖 2-23、大肚台地南段區域的大甲斷層兩側地殼垂直變動速率。

第三章、彰化斷層之長期滑移速率

3-1、地質構造

彰化斷層屬於中部地區褶皺-逆衝斷層帶最西緣的斷層，斷層延伸範圍位於大肚溪與濁水溪之間（圖 3-1）。由於斷層向西逆衝，上盤形成八卦山背斜，背斜軸部位於八卦山台地稜線西側。斷層跡或斷層尖端變形帶延伸至地表大致位在台地西側崖坡與平原的交會處。斷層走向的延伸範圍位於大肚溪與濁水溪之間（圖 3-1）。彰化斷層是否已經截切至地表，有不同的看法。Suppe（1986）與 Simoes *et al.* (2007)由震測剖面解釋認為彰化斷層屬於斷層擴展褶皺的型態（fault-propagation fault），斷層尖端尚未截穿地表。陳勉銘等人（2007）由斷層兩側鑽探岩芯的對比，認為北段區域（彰化市-花壇）的斷層已經截穿至地表，而中段區域（花壇-員林）的斷層屬於盲斷層。目前，對於彰化斷層的斷層跡位置尚未有明確的資料，此區段雖有淺層震測資料，但由於堆積厚層礫石，導致資料解析度不佳，所以無法明確指示斷層跡位置。

3-2、地形

八卦台地地形與北側大肚台地相似，呈現東緩西陡的台地地形面，岩層傾角與台地面地形相似，東側地層傾角大致與台地地形面平行，西側地層較陡，傾角約 20^{o}朝西，但至斷層尖端的傾角急遽變陡可達約 30-40^{o}。

本研究經航照判讀，將八卦台地（包括竹山階地群）上的階地詳細分層，共劃分 11 階（圖 3-1）。階地主要分布在八卦台地南段與台地的東側面。H1 階地為八卦台地上位於最高地形面的階地，代表八卦台地頭嵙山層最後沉積的地形面，其餘階地都是八卦台地開始隆起後侵蝕堆積的階地。其中位於南段的 H2、H3、H4、M1、M2、M3、M4 階地面積範圍較廣，稜線亦呈現風口地形，兩側階地較高（H1 與 H2），之間分布的階地大致由南向北逐漸變低；此階地群是由濁水溪在八卦台地隆起初期侵蝕堆積產生的階地。階地面階朝東傾斜，沒有呈現被撓曲的地形面，八卦山背斜大致位在稜線西側。另一階地群位在八卦台地東斜

面與台中盆地交會處或位於大肚溪南岸，此階地群的階面坡度都較南段階地群階面坡度為緩，雖然都是八卦台地隆起之後形成的階地，但此些坡面較緩的階地應屬於較年輕的階地群，受到傾動較小（圖 3-1）。

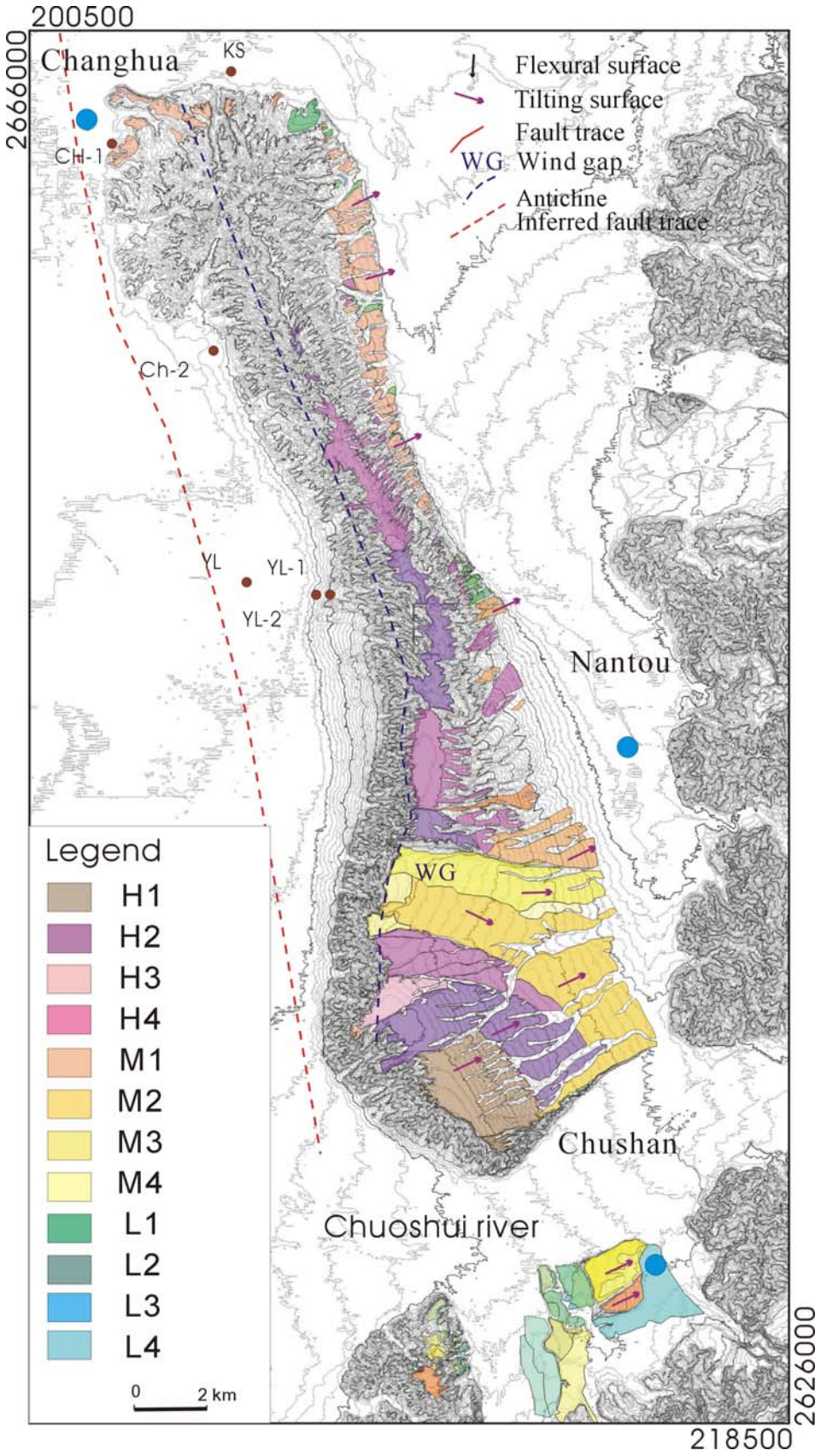


圖 3-1、八卦台地的階地分布，以及彰化斷層（紅色虛線）與八卦山背斜（藍色虛線）位置。

3-3、鑽井岩芯

本研究在彰化斷層沿線的鑽探場址僅有一處，為彰化市場址，但之前鄰近此斷層的鑽井共 5 口（圖 2-3，3-1），計有彰化 1 號井、彰化 2 號井、員林井、員林 2 號井、國聖井、社頭井。本研究重新紀錄各井岩性，將於本節中深入討論。

3-3-1、彰化市場址

彰化市場址位於建國技術學院南側約 500 公尺處，地形特徵是八卦台地東側（八卦山背斜東翼）出露頭嵙山層砂岩，岩盤上零星分布河階，丘陵（台地）西側為一呈西北走向的線型崖，建國技術學院位於線型崖之上（大門即位於線型崖之上），崖坡下側為一小河流與線型崖平行。鑽井佈置於建國技術學院南側線型崖（斷層崖）的兩側，上盤的彰化市 1 號井（CHC1）位於 L4 階地之上，此處崖高約 5 公尺，下盤的彰化市 2 號井（CHC2）位於河流西側（圖 3-2）。

彰化市 1 號井岩性為薄層礫石夾砂層，偶而夾薄層泥層，由岩性組成研判屬於河流沉積環境，與現今環境非常相似（圖 3-3）。彰化市 1 號井有 2 個 ^{14}C 定年標本，CHC1-1 位於井深 17.4 公尺（海拔高度 0.6 公尺），屬於河流環境，年代為 7490-7340 yr BP，CHC1-2 位於井深 23.2 公尺（海拔高度-5.2 公尺），屬於河流環境，8740-9540 yr BP。彰化市 2 號井岩性亦為礫石夾砂層與泥層（圖 3-4），砂泥層含有大量碳質與少量藍鐵礦，依岩性研判亦屬於河流環境。彰化市 2 號井有 4 個 ^{14}C 定年標本，CHC2-1 位於井深 4.55 公尺（海拔高度 8.45 公尺），屬於河流環境，年代為 3410-3600 yr BP；CHC2-3 位於井深 13.9 公尺（海拔高度 -0.9 公尺），屬於河流環境，年代為 6670-6480 yr BP；CHC2-7 位於井深 44.4 公尺（海拔高度-31.4 公尺），屬於河流環境，年代為 20210±120 yr BP；CHC2-9 位於井深 64.7 公尺（海拔高度-51.7 公尺），屬於河流環境，年代為 31410±440 yr BP。從這兩口井河流沉積層的年代來看，顯示同時代沉積層似乎沒有垂直錯移的現象（圖 3-5），研判此兩口井位置都還位於彰化斷層上盤（鄰近 150 公尺處有一傾向西約 30°的頭嵙山層砂岩）。由於兩口井 70 公尺的沉積層都屬於河流環境，因而也無法以此估算垂直變動速率。



圖 3-2、紅線為彰化斷層位置，大致沿著河道，右側為八卦台地，彰化市 1 號（CHC1）井位於崖上的 L4 階地，彰化市 2 號（CHC2）位於斷層下盤。

3-4、長期滑移速率

本研究區域除了彰化市 1、2 號井（陳勉銘等，2008）之外，還配合鄰近的鑽井資料（圖 3-1），彰化 1 號井（圖 3-6）、彰化 2 號井、員林 2 號井、員林井（圖 3-7）、社頭井（圖 3-8）、與國聖井（圖 2-20）。國聖井大致位於大肚背斜（八卦山背斜）軸部，井深 62 公尺處（海拔高度-44 公尺）的 ^{14}C 定年標本年代為 29640±200 yr BP，屬於潮間帶環境，估算抬升速率約 2.2±0.1 mm/yr（圖 3-9）。彰化 1 號井位於彰化市場址的南側（圖 2-3），亦鄰近斷層跡的上盤，此

井共有 4 個 ^{14}C 定年標本年代，CH1-1 位於井深 20 公尺（海拔高度 11 公尺），屬於河流環境，年代為 29230±340 yr BP；CH1-2 位於井深 68 公尺（海拔高度-37 公尺），屬於潮間帶環境，年代為 34390±630 yr BP，估算抬升速率約 1.5±0.1 mm/yr；CH1-3 位於井深 72 公尺（海拔高度-41 公尺），屬於潮間帶環境，年代為 34840±680 yr BP，估算抬升速率約 1.5±0.1 mm/yr；CH1-4 位於井深 78 公尺（海拔高度-53 公尺），屬於潮間帶環境，年代為 42160±1650 yr BP，估算抬升速率約 0.7±0.1 mm/yr。彰化 2 號井位於彰化 1 號井的南側約 6 公里，CH2-1 標本位於井深 140 公尺（海拔高度-90 公尺），沉積環境屬於潮間帶，年代為 44490±2220 yr BP，估算沉降速率約 0.2±0.1 mm/yr。員林 2 號井位於員林井東側約 2 公里，YL2-1 位於井深 110 公尺（海拔高度-57 公尺），屬於潮間帶環境，年代為 37350±510 yr BP，估算抬升速率約 0.8±0.1 mm/yr；YL2-2 位於井深 125 公尺（海拔高度-72 公尺），屬於潮間帶環境，年代為 37870±630 yr BP，估算抬升速率約 0.4±0.1 mm/yr。社頭井位於員林的南側（圖 2-3），共有 2 個 ^{14}C 定年標本年代，ST-1 井深 21.3 公尺（地面海拔高度 35 公尺），年代為 8600-8430 yr BP，屬於湖泊環境；ST-3 位於井深 28.7 公尺，年代為 9900-9550 yr BP，屬於湖泊環境，由於無法確定沉積當時的古地形面高度，因此無法估算垂直變動速率。員林井共有 4 個 ^{14}C 定年標本年代，YL-1（7660-7430 yr BP）、YL-2（7670-7470 yr BP）、YL-3（13970-13570 yr BP）都屬於湖泊環境，也無法估算垂直變動速率。YL-4 位於井深-53.5 公尺，屬於潮間帶環境，年代為 38390±940 yr BP，估算抬升速率約 0.7±0.04 mm/yr。由北段區域彰化斷層上盤的國聖井與彰化 1 號井的變動速率來看，其垂直抬升速率約為 1.4-2.3 mm/yr；南段區域的員林井與員林 2 號井的資料都呈現抬升現象，約為 0.4-0.8 mm/yr（圖 3-9；3-10）。由圖 3-9 的東西剖面來看，員林井與彰化 1 號井之間的 30000 yr BP 與 40000 yr BP 等時面呈現東低西高現象，顯示東側彰化 1 號井的垂直抬升速率較大。

整合上述可估算變動速率的鑽井以及利用地質調查所之前進行濁水溪沖積扇區域水文地質調查時的定年資料，由於目前無法重新紀錄岩芯，但依據北側大甲斷層下盤以及西南部區域的鑽井岩芯，都顯示全新世海岸平原區的海相沉積層大都屬於潮間帶或下潮帶環境。本研究暫時以潮間帶環境作為假設，來估算晚更新世以來各井的變動速率。大體而言，位於西側鑽井位置屬於沉降環境，東側鑽井位置屬於抬升環境，假若以抬升與沉降區域來劃分斷層尖端延伸至地表的位

置，大致在花壇井與員林井的西側，較前人推測斷層跡位置還位於西側（圖 3-10）。由各井所估算的垂直變動速率顯示彰化斷層下盤的變動速率，愈遠離斷層時沉降速率愈大，約 8 至 2 mm/yr；上盤的最大變動速率約 2.3 mm/yr。若以此估算彰化斷層的垂直滑移速率（國聖井或花壇井相對西港井），約為 10.3-4.3 mm/yr（圖 3-11）。

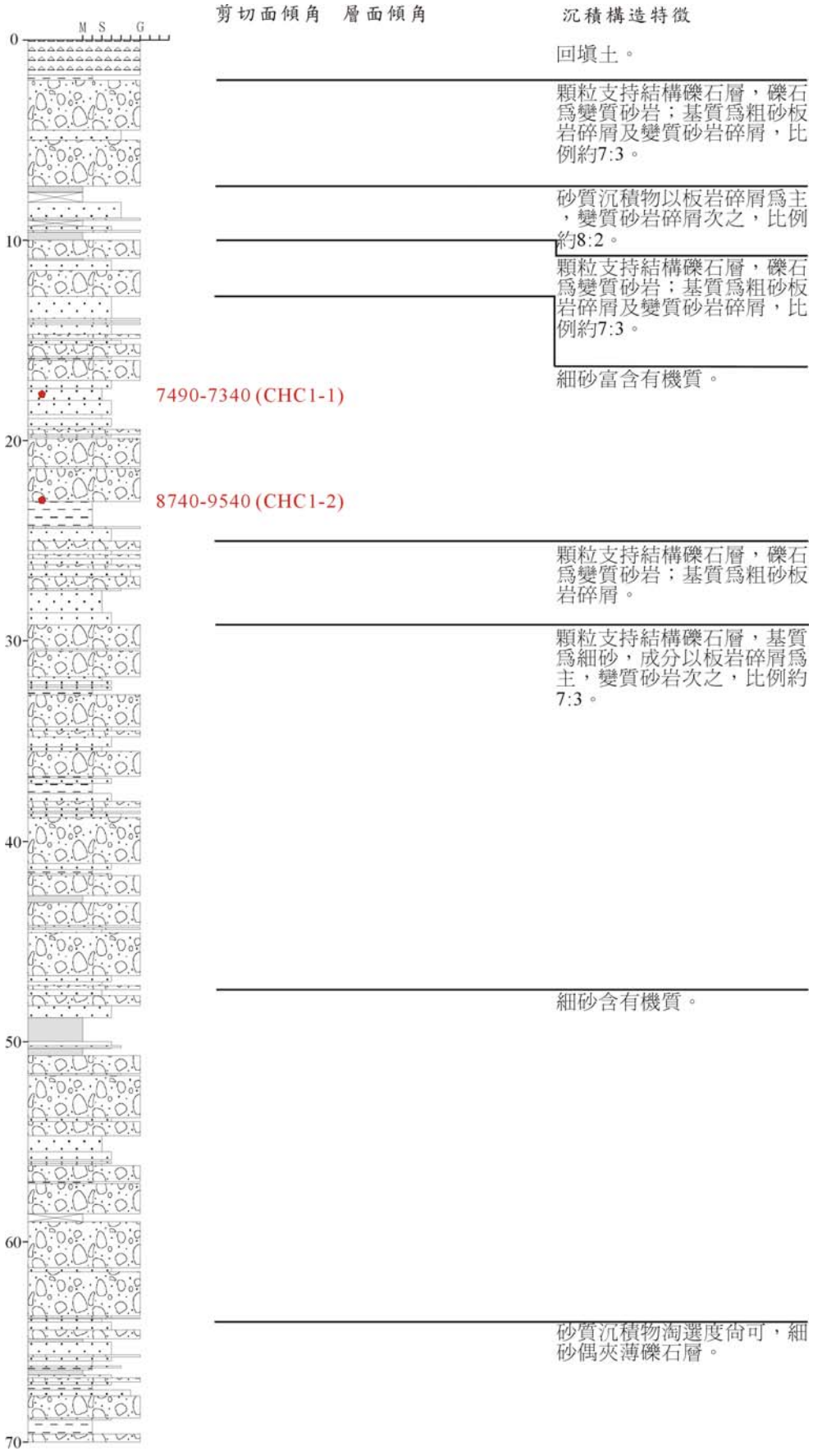


圖 3-3、彰化市 1 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

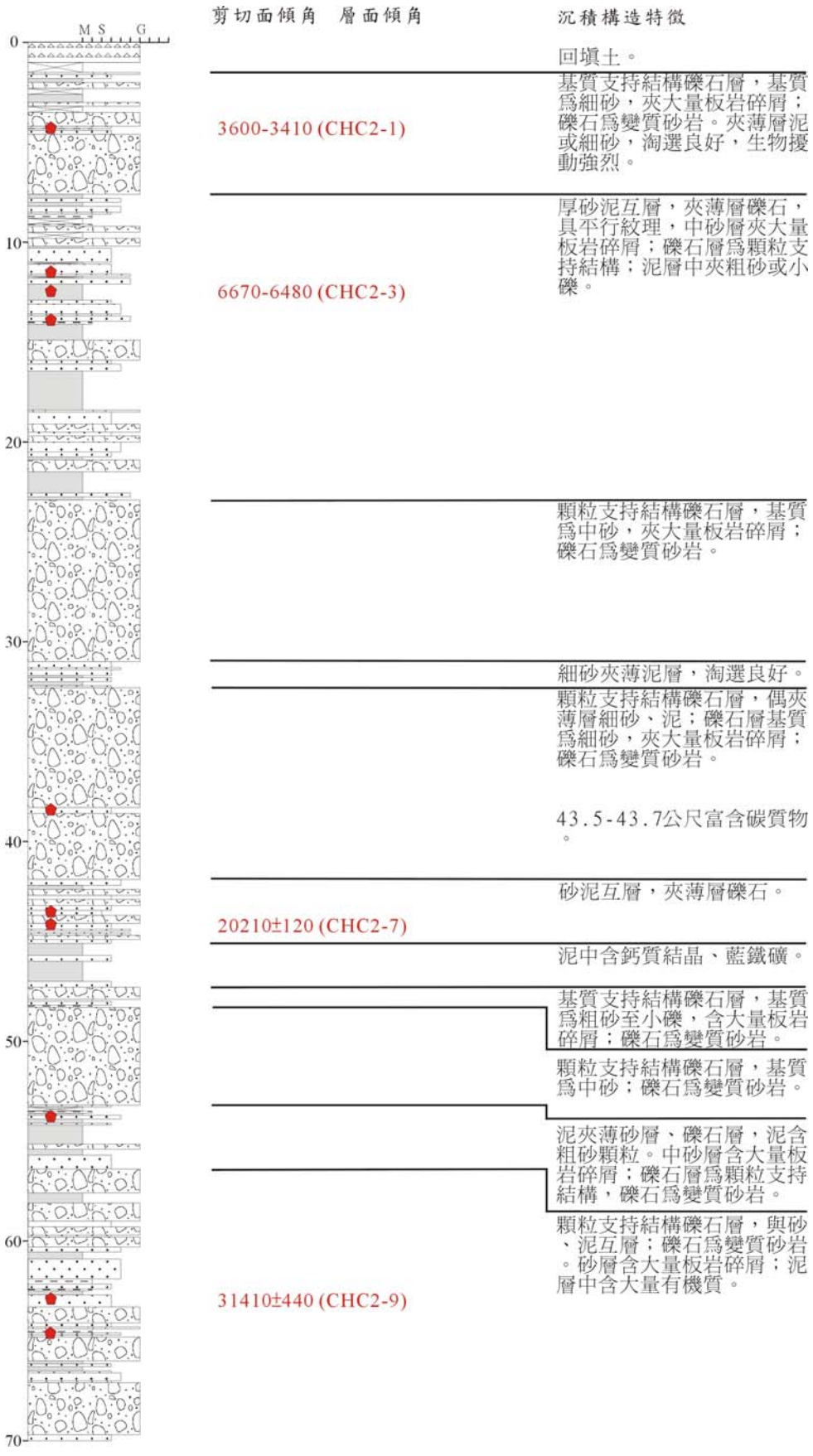


圖 3-4、彰化市 2 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

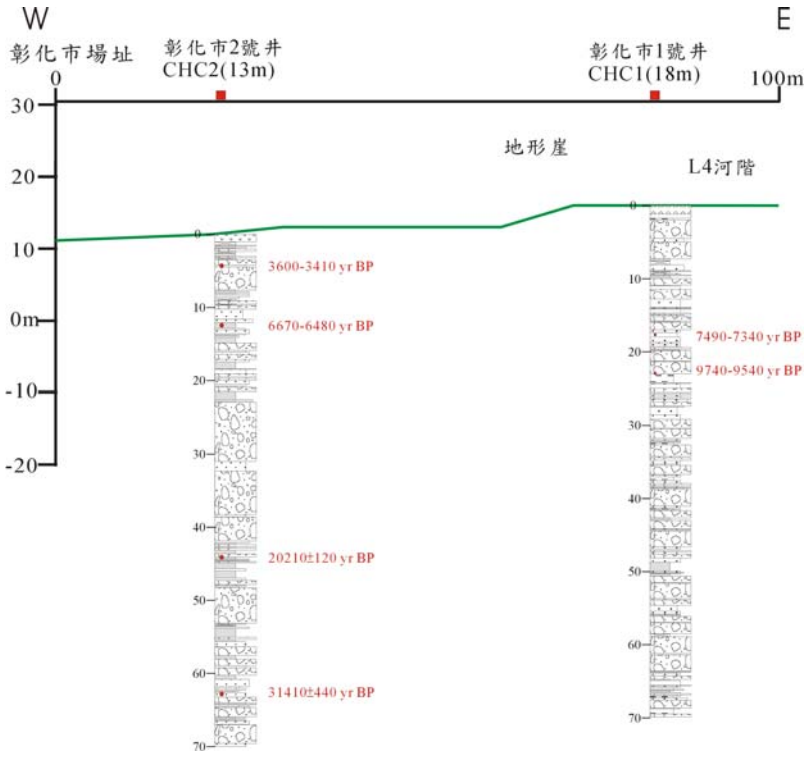


圖 3-5、彰化市場址岩芯剖面圖。

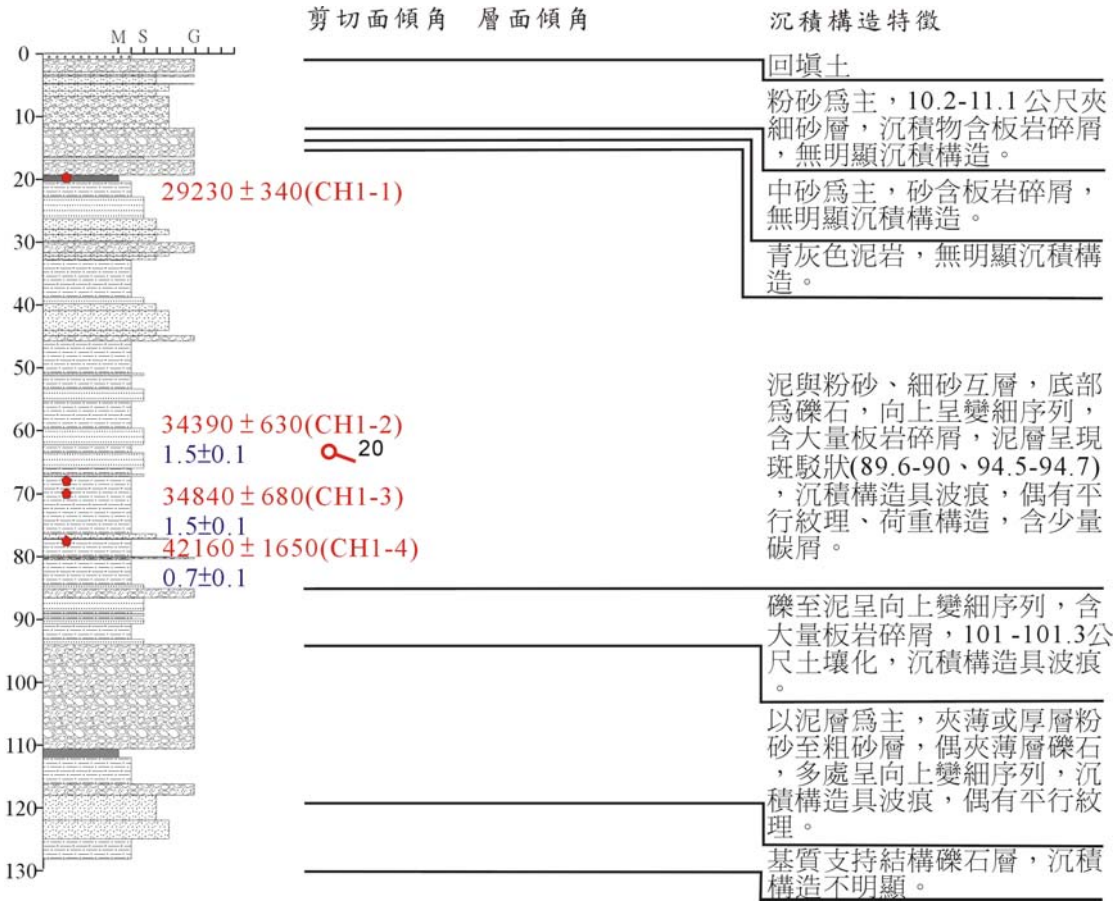


圖 3-6、彰化 1 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

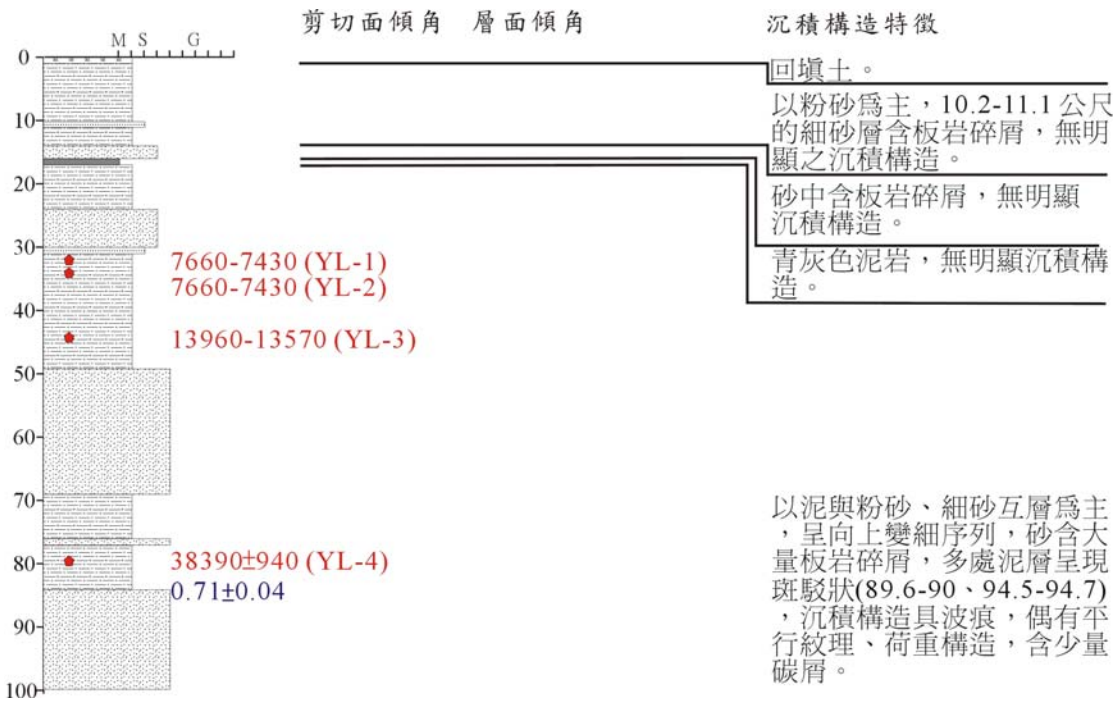


圖 3-7、員林井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。



圖 3-8、社頭井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

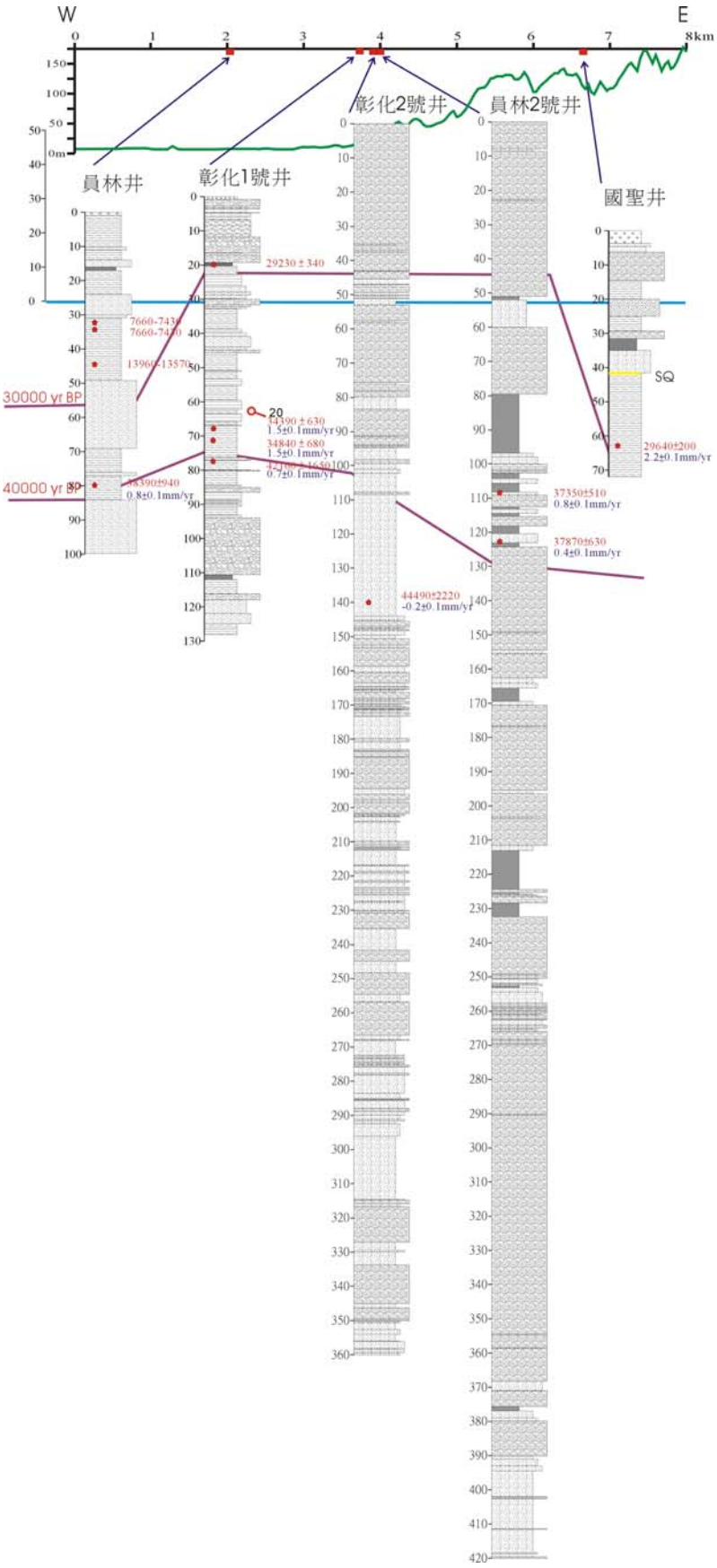


圖 3-9、彰化斷層上盤鑽井剖面，紫色線為 30000 yr BP 與 40000 yr BP 的等時面。

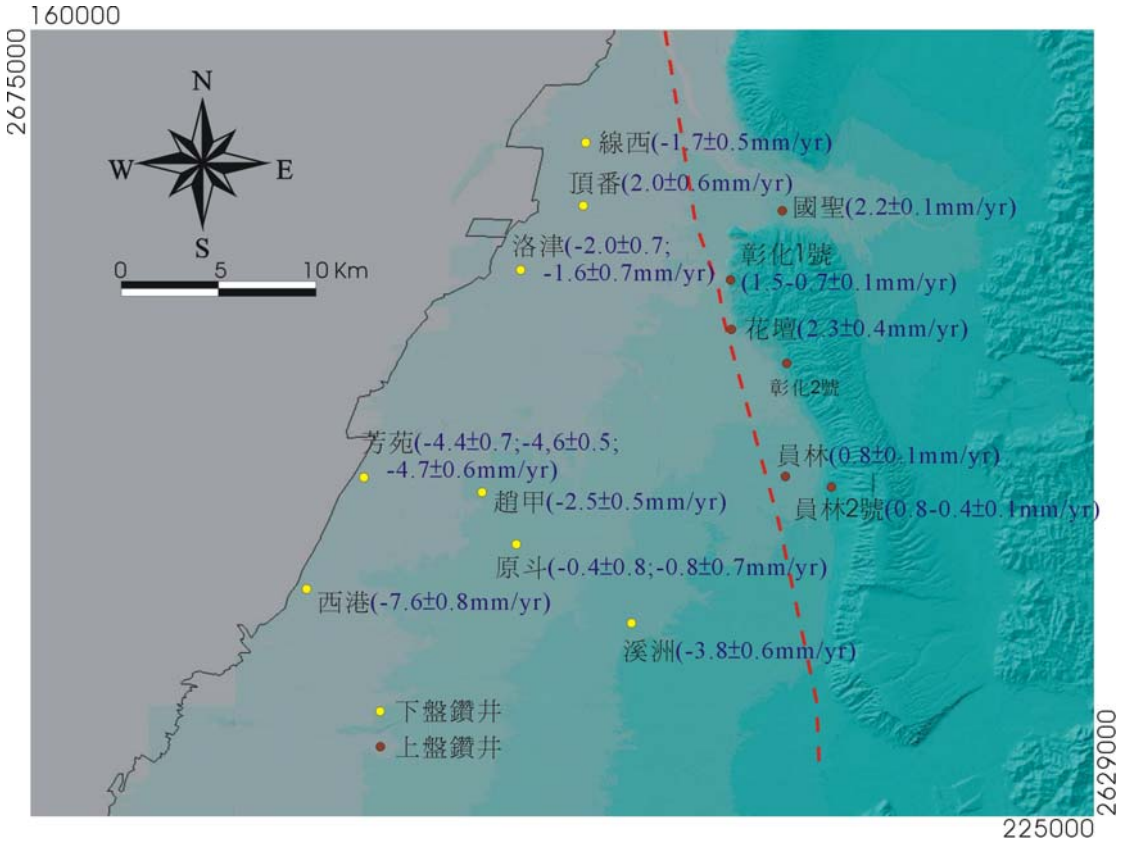


圖 3-10、彰化斷層兩側各鑽井位置的垂直變動量。

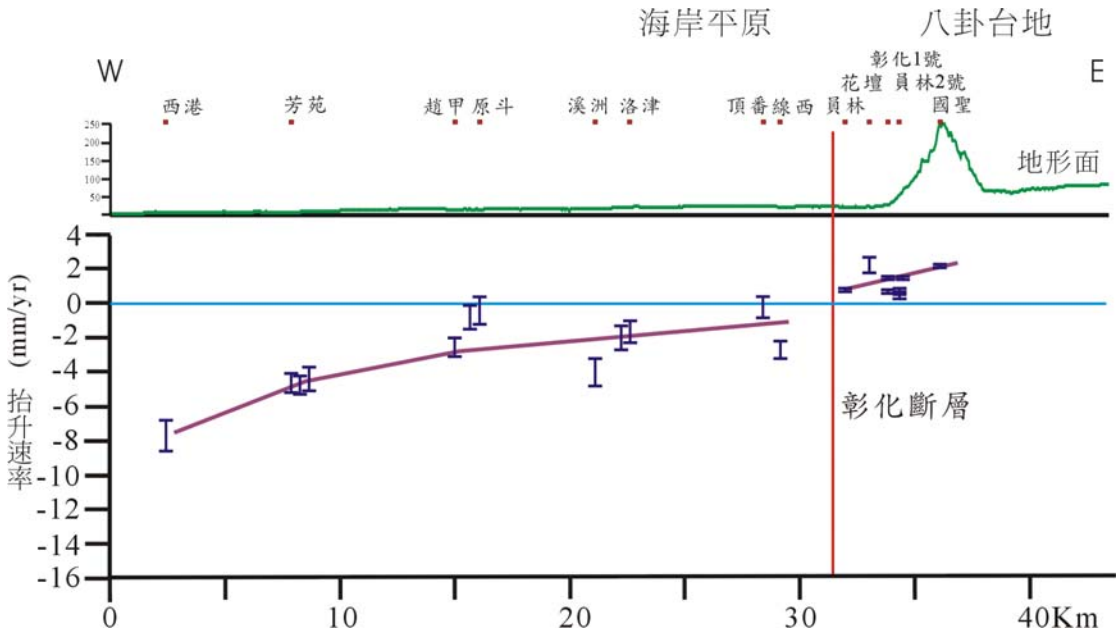


圖 3-11、彰化斷層兩側地殼垂直變動速率。

第四章、潮州斷層之長期滑移速率

4-1、地質構造

潮州斷層位於高雄縣寶來以南至屏東縣枋寮，是台灣南部劃分中央山脈與西部麓山帶地質構造區的主要構造線，南北延伸約 100 公里，由斷層兩側地層接觸關係，潮州斷層的活動特性應屬於逆斷層。北段斷層首先由鳥居敬造（1933）命名為土壟灣斷層，南段由富田（Tomita, 1955）命名為潮州斷層。潮州斷層沿著荖濃溪河床向南延伸進入屏東平原時，由於此區段斷層跡大都被全新世沖積層覆蓋，造成斷層位置不明顯，一般推測斷層跡大致沿著沖積扇階崖的西側（青葉扇階－老埤農場扇階）（陳文山等，2005）。隘寮溪以北區段，中央山脈前緣呈現許多紅土化沖積扇階地，潮州斷層跡的位置可能位於扇階西側的線型崖（圖 4-1）。

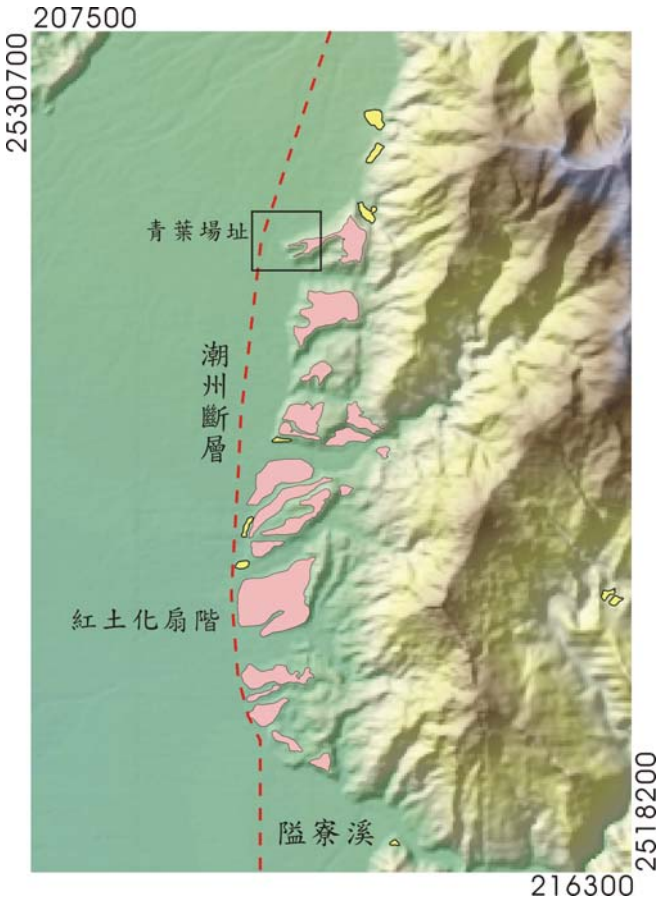


圖 4-1、潮州斷層沿線扇階地形。

本區域在中央山脈西側地形呈現三條南北走向的線型崖（石再添等，1984；楊貴三，1986），最東側線形崖的崖面朝西，第二條線形崖位在主要扇階面的東

側，崖面朝東，崖坡坡度較其東側線形崖的崖坡為陡峭；第三條線形崖位在最西側，在扇階面的西緣，與平原交會處。整體地形而言，中央山脈西側與沖積扇階地之間存在一南北走向的凹谷，谷地西側為向西傾斜的扇階。

前人解讀潮州斷層位置大都以這三條南北走向的線形崖地形作為潮州斷層考量對象。此三條線形崖以東側的二條線形崖線性最明顯，且具有與斷層走向平行的線形凹谷地形。因此，前人研究大都認為潮州斷層位在中央山脈前緣（最東側）的線形崖位置（林朝棨，1957；Bonilla, 1975；Wang, 1976；Hsu *et al.*, 1985；張慧中，1986）。石再添等（1984）、楊貴三（1986）與陳文山等（2004，2005）則將潮州斷層訂定在最西側的線形崖。石再添等（1984）與楊貴三（1986）將最東側的線形崖稱為安坡斷層、賽嘉斷層、三地門斷層與佳義斷層；居中的線形崖位置稱為阿烏斷層、廣興斷層與平頂山斷層。陳文山等（2004，2005）認為最東側線形崖是山前沖積扇與中央山脈的沉積接觸關係，而不是斷層接觸關係。

本研究野外調查顯示扇階的地質結構呈現以下的現象，扇階是中央山脈河流進入平原區時於山前堆積的沖積扇環境，沖積扇堆積層僅有數公尺至十數公尺厚的礫石層，不整合堆積在傾斜的晚更新世砂泥層之上（圖 4-2）（部分區域為礫石層），陳文山等人（2005）將此砂泥層與礫石層稱為紅水坑礫岩。由沉積物岩性與組成特性，此砂泥層是來自中央山脈堆積的河流相與湖泊相沖積層。以沉積環境與地層關係研判此陸相沉積層是不整合於中央山脈板岩層之上。若以地質結構而言，潮州斷層應位在此砂泥層的西側。野外量測砂泥層位態，顯示在階地前緣（青葉扇階）的地層傾向已呈高角度變形，傾角約 30-40º向西，顯然扇階前緣已產生劇烈變形。此外，此砂泥層之上另沉積一礫岩層，以交角不整合沉積在砂泥層之上（圖 4-3）；此礫岩層出露於青葉扇階的最前端，同時在青葉 3 號井下亦可以發現此礫岩層。

4-2、地形

青葉場址位在青葉沖積扇階地西側最前端（圖 4-4），階地前端形成一線型崖地形。場址的東側為青葉扇階，階面向西傾斜約 4º，為早期中央山脈前緣形成的沖積扇。隘寮溪以北的一系列扇階地形（圖 4-1），都是由中央山脈河流堆積形成的聯合沖積扇地形，後期受到潮州斷層活動影響，形成扇階地形，並於扇階前緣產生一南北走向的線型崖。但是此線型崖的位置是否為潮州斷層的斷層跡位置，或已經受到荖濃溪侵蝕形成的侵蝕崖地形，這也是本研究想要探討的問題。



圖 4-2、砂泥岩層位於青葉扇階之下，階地表層礫石層不整合在砂泥岩層之上。



圖 4-3、左圖為礫岩層，右圖為礫岩層不整合沉積在砂泥層之上。

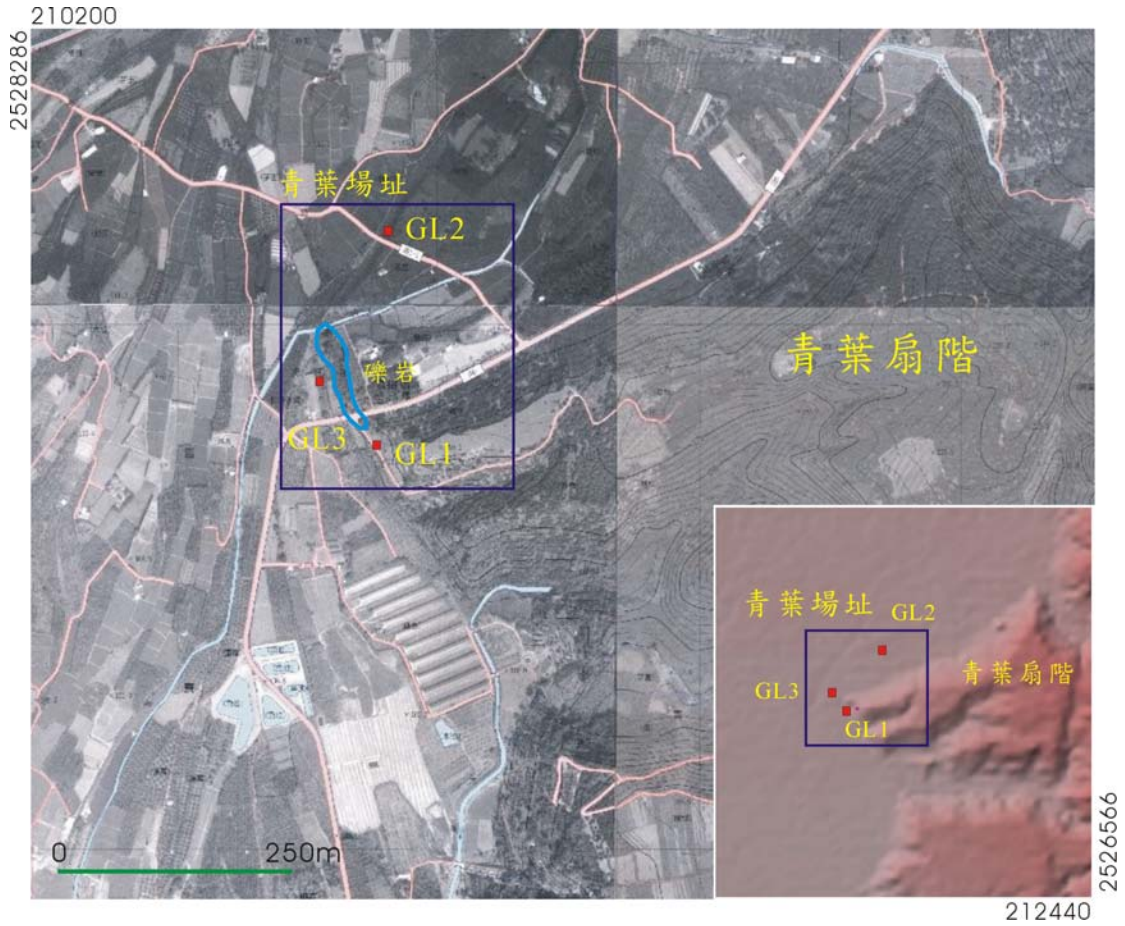


圖 4-4、青葉場址位於青葉扇階的最西側，淺藍色線圈繪區域為礫岩層出露區域。鑽井（青葉 3 號井）位於礫岩層西側。

4-3、青葉地質剖面

本研究在青葉扇階的最前緣測量地形並繪製地質剖面，青葉場址地質剖面的長度約 140 公尺（圖 4-5）。地質剖面東側為青葉扇階的階地礫石層不整合在砂泥岩之上（圖 4-6），西側竹林位置出露一傾角朝西南約 72°的礫岩，礫岩層不整合在砂泥層之上；本研究於礫岩中採得一個漂木標本，^{14}C 定年年代為＞47900 yr BP（圖 4-7）。從地質剖面的地層結構研判泥岩層沉積後受到傾動，之後礫岩層不整合沉積在泥岩之上。礫岩沉積後持續受到潮州斷層活動的作用而傾動。此後沖積扇礫石層再堆積於泥岩與礫岩層之上。從青葉場址的三套地層的沉積關係，顯示此區域可能鄰近潮州斷層的尖端（上盤），因此沉積層堆積過程中持續受到斷層活動而產生變形與擾動，呈現生長褶皺構造（growth fold；構造活動的同時伴隨沉積作用，造成沉積層隨著構造作用而產生褶皺變形）。

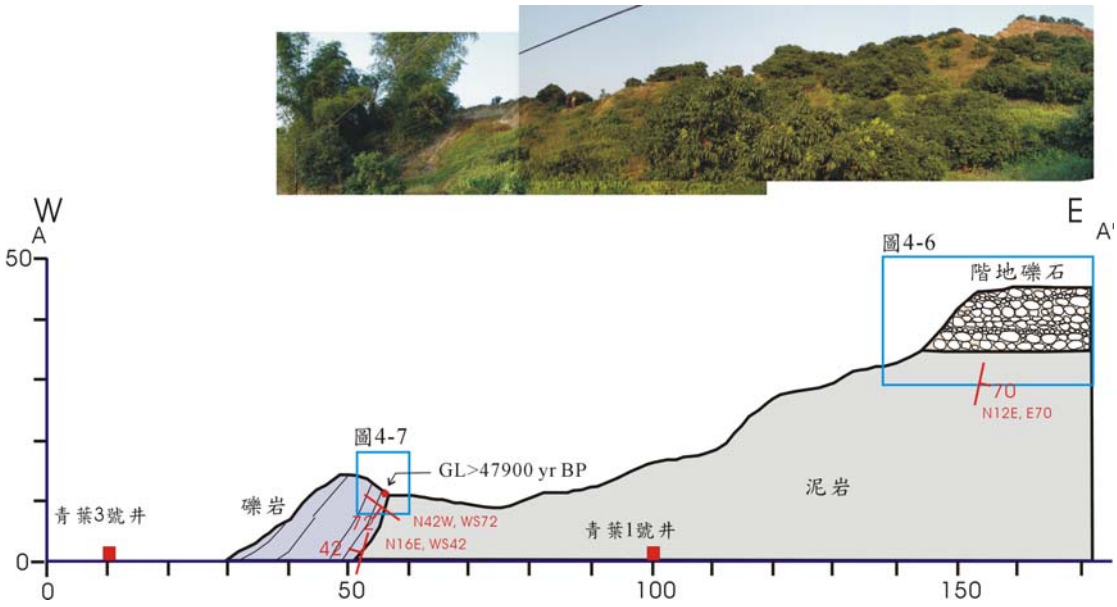


圖 4-5、青葉地質剖面，西側出露礫岩層，階地之下為泥岩層。



圖 4-6、青葉扇階礫石層不整合於下側的泥岩層之上（朝北拍攝）。



圖 4-7、青灰色礫岩層不整合在右側的泥岩層（竹葉覆蓋處）之上。

4-4、鑽井岩芯

潮州斷層研究區域位於青葉階地西側階崖的前端，此區域共有 3 口井，青葉 1、2、3 號井，青葉 1、2 號井屬於地質調查所 96 年度的鑽井，青葉 3 號井是本計畫所規劃的研究井。青葉 1 號井位於階崖東側（斷層上盤），青葉 2 號井位於青葉 1 號井的北側約 500 公尺；青葉 3 號井位於青葉 1 號井西側約 50 公尺，位於階崖西側約 15 公尺。

青葉 1 號井的岩性以泥岩為主的岩層，其間偶夾有薄層粉砂岩、砂岩與礫岩，岩性與地表出露泥岩層相似。鑽井岩芯中岩層已經傾斜且具密佈剪切面構造，岩層與剪切面傾角隨深度變化產生改變，主要變化大致位於井深 138 公尺處，之上岩層的傾角約呈 30-50º，剪切面傾角約 30-60º；之下岩層與剪切面傾角較緩，岩層傾角約 10-25º，剪切面傾角約 20-50º（圖 4-8）。由於鑽井岩芯沒有定位，至於岩層朝向何處傾斜則無法得知；但依據石瑞銓教授於此處的淺層震測顯示岩層大致朝西傾斜，此位態大致也與階崖前端礫岩的不整合面傾向相同。

青葉 2 號井岩性大致與青葉 1 號井岩性相同，以泥岩為主，夾薄層粉砂岩、

砂岩與礫岩，井深 34 公尺以上屬於近代的未膠結礫石沖積層；岩層傾角約 20-35º，剪切面傾角約 20-40º（圖 4-9）。

青葉 3 號井位於階崖前端礫岩層西側約 15 公尺處，井深 8 公尺以上為地表堆積的礫石層，井深 34 公尺以上為已經傾斜的礫岩，岩層傾角約 30-50º，即為東側地表出露的礫岩層；以下為泥岩，不整合面傾角 45º（圖 4-10）。泥岩中的剪切面構造僅有 1 處，較青葉 1、2 號井少。

從目前青葉 1、2、3 號鑽井岩性來看，此夾薄層砂岩與礫岩的泥岩層應與北側地區的紅水坑礫岩屬於同時期沉積的岩層，因為泥岩層中含有大量板岩碎屑，都是來自東側中央山脈河流的沉積物，而不是來自荖濃溪沉積物，雖然岩性與沉積環境略有不同。由紅水坑礫岩的沉積關係（陳文山等，2004，2005）研判泥岩應不整合堆積在中央山脈板岩之上，因此推測潮州斷層位置應還位於青葉 3 號井西側（圖 4-11）。另外，泥岩中具有強烈剪切構造特性，顯然階地崖應鄰近潮州斷層跡，雖然線型崖曾受荖濃溪侵蝕而後退。本研究將在青葉 3 號井西側約 250 公尺處繼續進行青葉 4 號井鑽探來確定潮州斷層跡的位置。

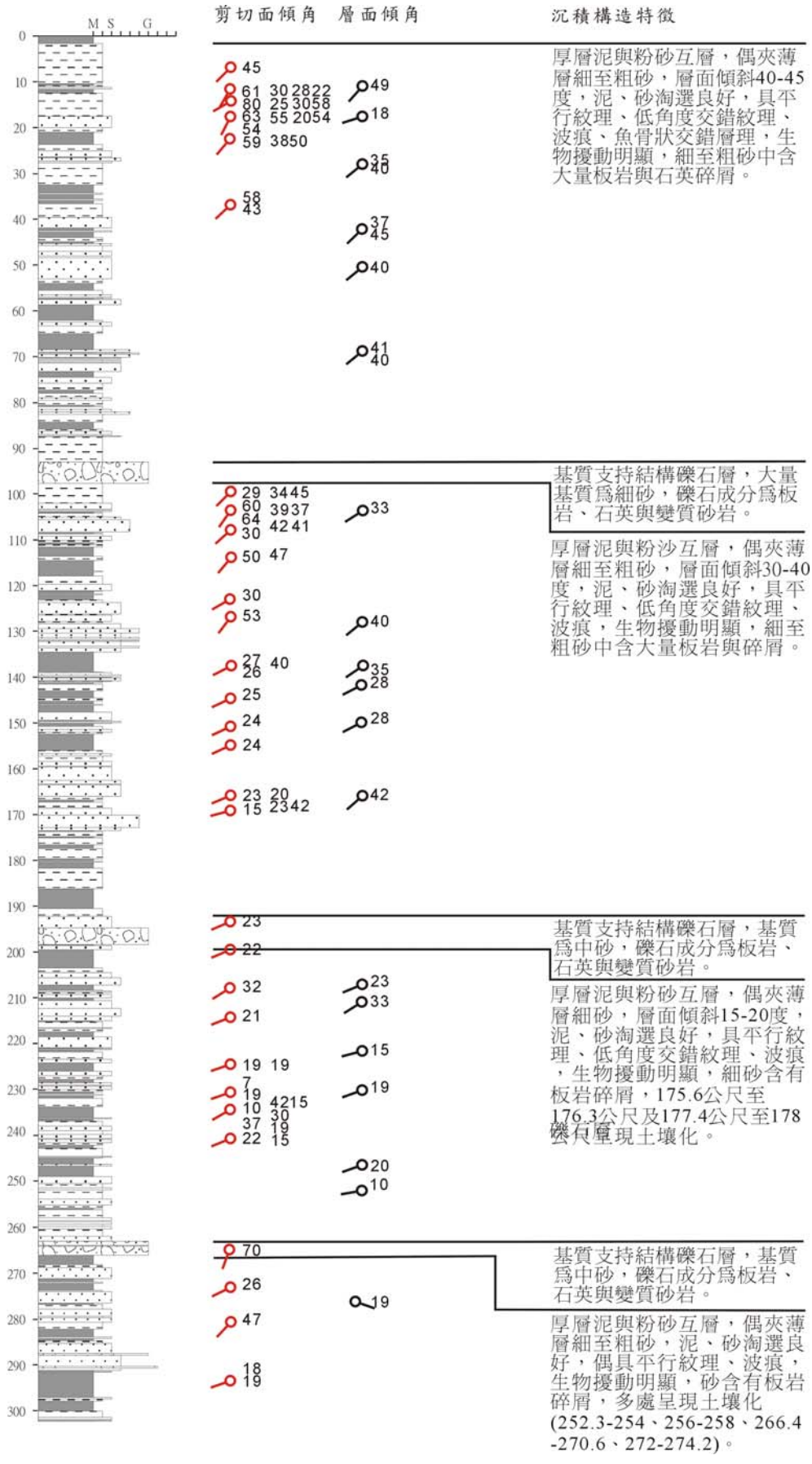


圖 4-8、青葉 1 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

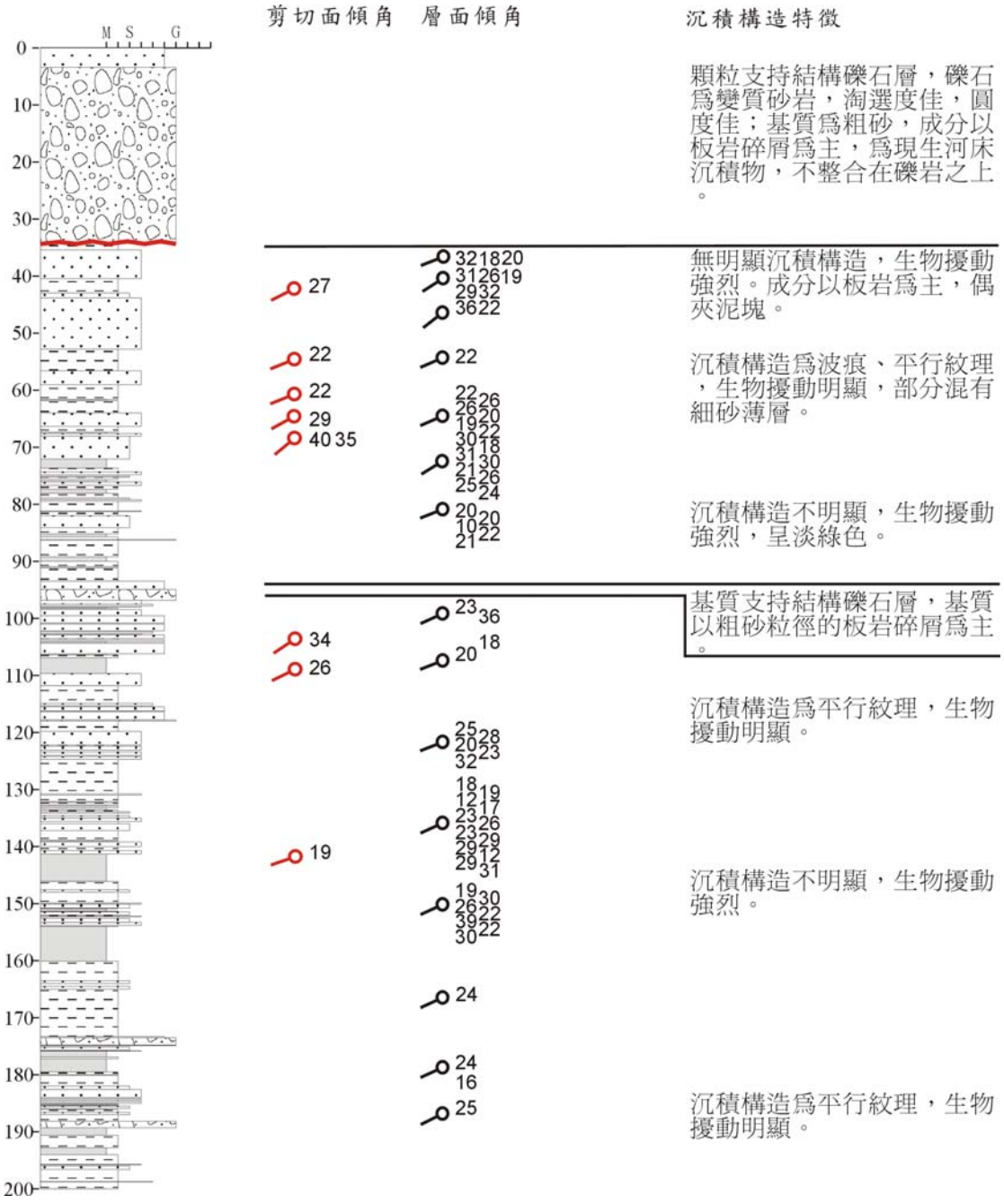


圖 4-9、青葉 2 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

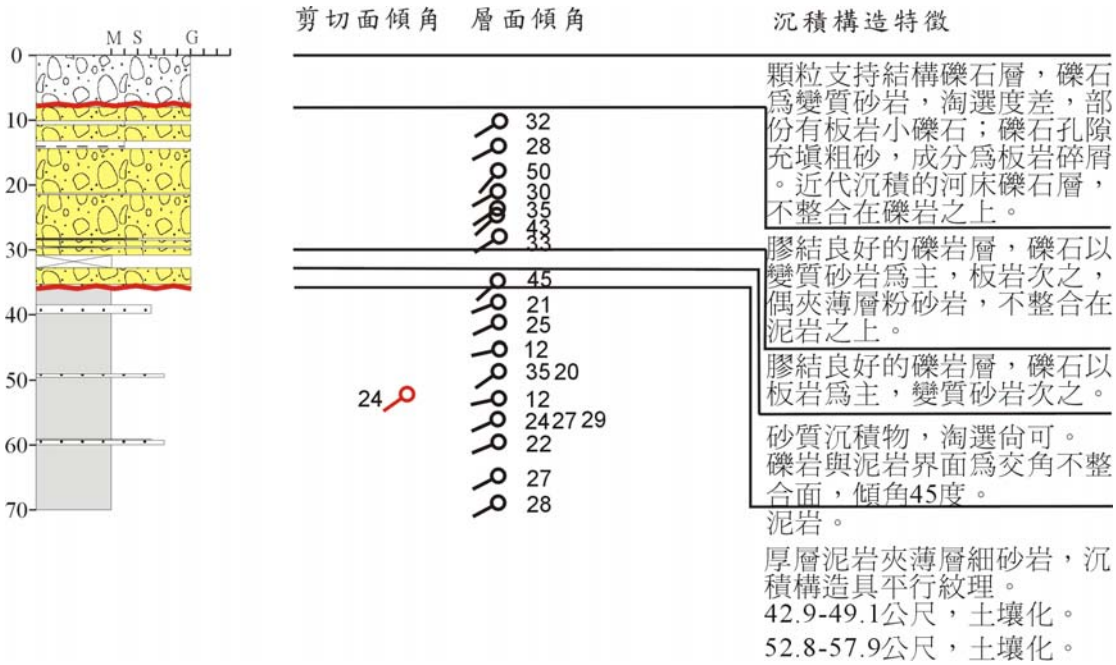


圖 4-10、青葉 3 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

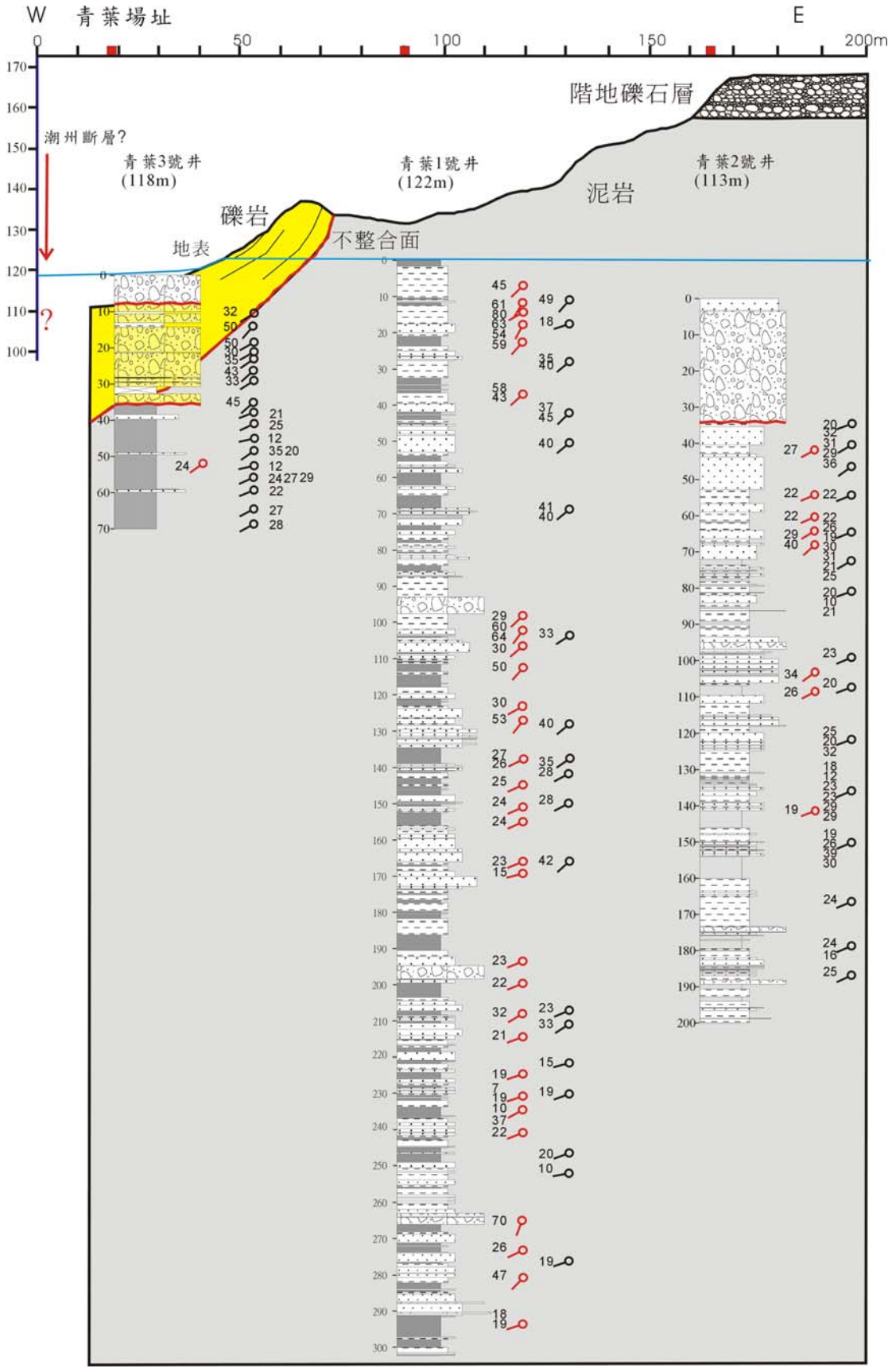


圖 4-11、青葉場址鑽井岩芯剖面圖。

第五章、中洲斷層之長期滑移速率

5-1、地質構造

目前相關中洲斷層的研究資料非常欠缺，之前研究大都引用中油研究報告，或以大地測量資料說明在大灣低地東側可能存在中洲斷層。本研究為了探討此一斷層是否存在的問題，以及斷層變動速率，因此選定武東地區一東北走向的線型崖進行鑽探研究（武東 1 號井、武東 2 號井、武東 3 號井）（圖 5-1、5-2）。

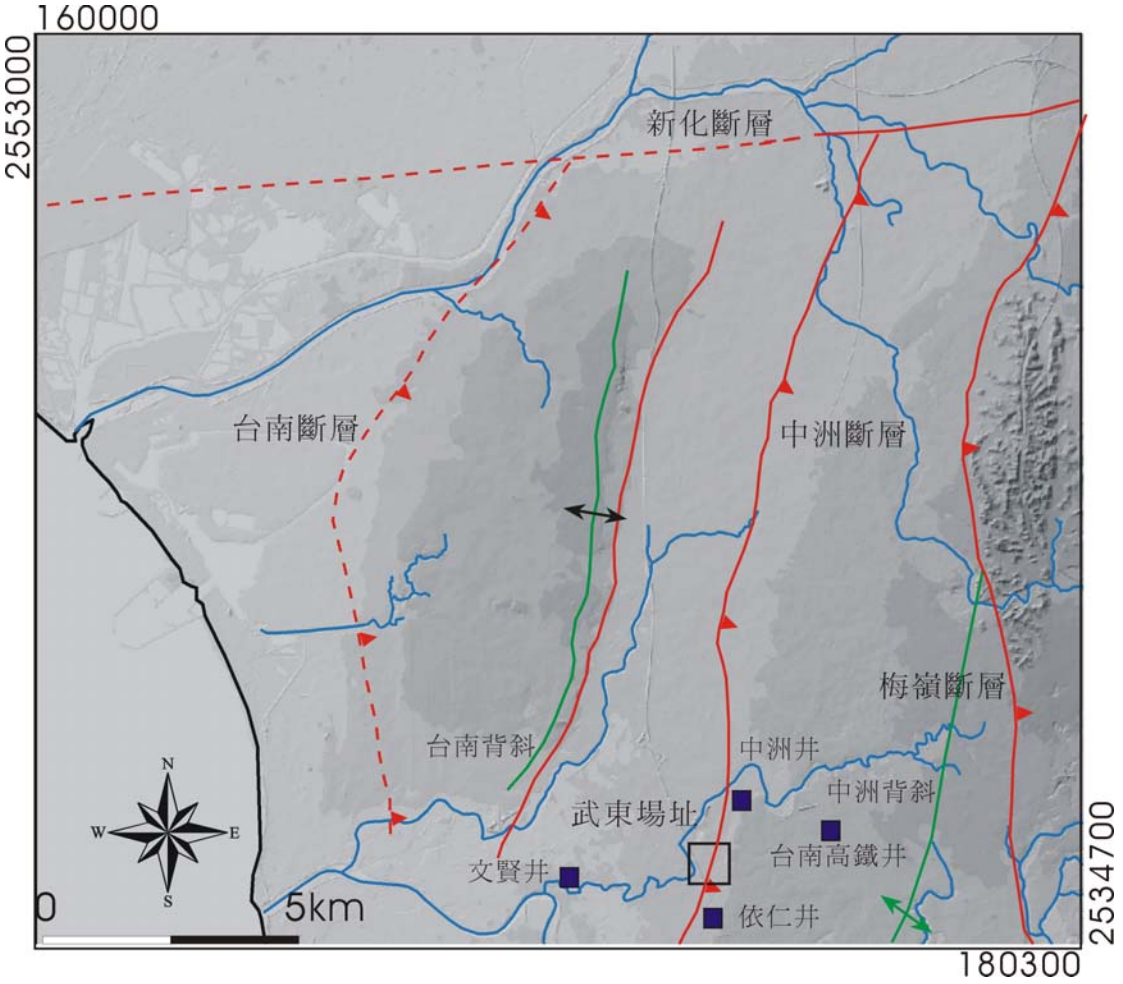


圖 5-1、武東場址與鄰近地區鑽井位置圖。

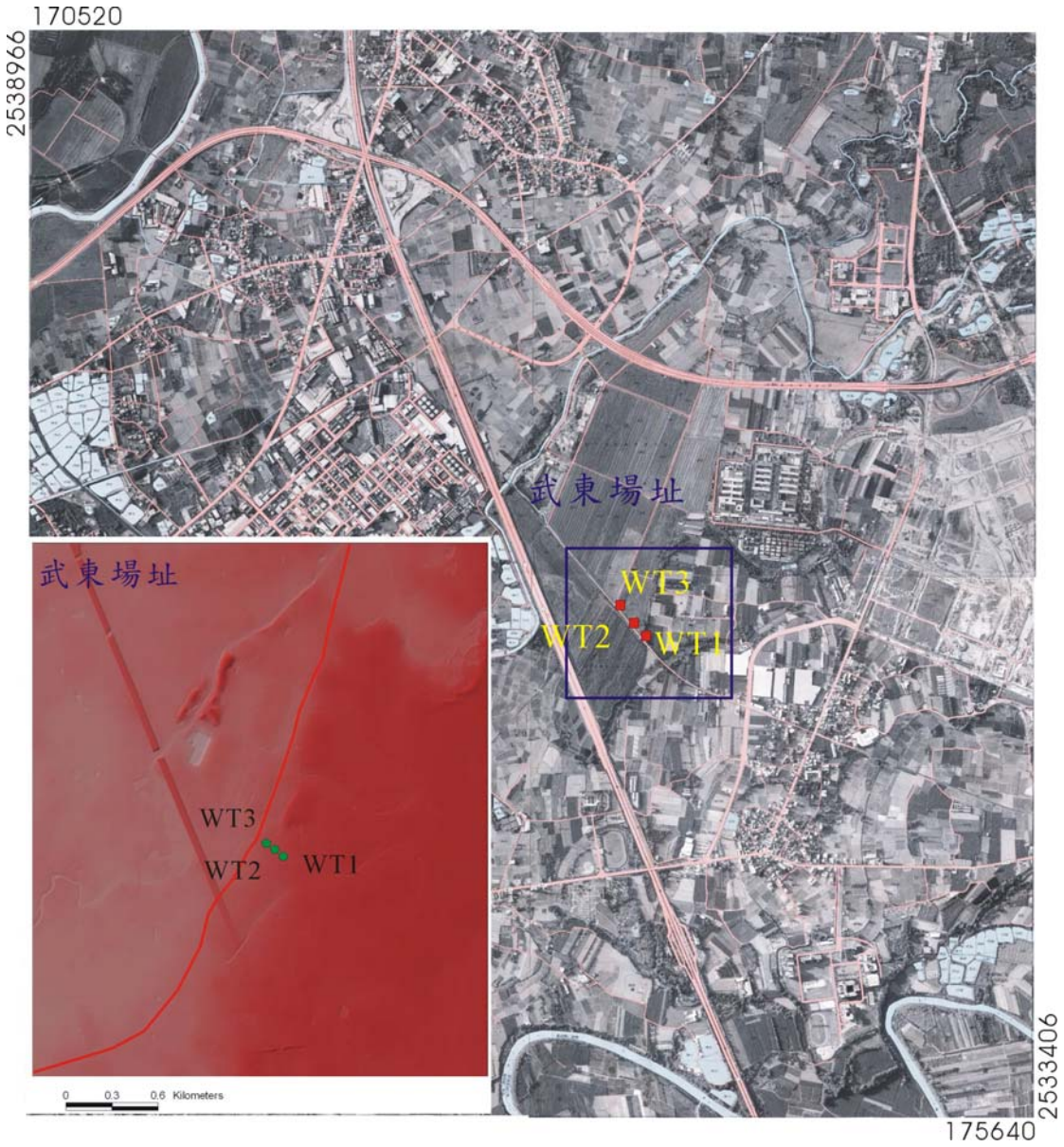


圖 5-2、武東 1-3 號井位於中洲斷層上盤。

5-2、地形

大灣低地與中洲台地之間存在一條明顯呈北東走向的線型崖，之前研究認為此處可能為中洲斷層跡位置。本研究選擇在武東地區線型崖兩側進行地質鑽探，地形特性呈現線型崖東側為平坦的中洲台地面，由井下沉積物分析此台地地形為全新世形成的海階，線型崖坡為一朝西緩斜坡，向西逐漸延伸進入大灣低地。線型崖西側為平坦的低地，更西側為隆起台南台地。武東 1 號井鑽井位於線型崖東側的中洲台地面上，武東 2 號與武東 3 號井則位於 1 號西側緩坡之上（圖 5-1，5-2）。

5-3、鑽井岩芯

武東 1 號井（WT1）的地層特性（圖 5-3），由地表至井深 45 公尺處屬於全新世海相沉積層，之下為傾斜的六雙層，井深 45 公尺處為不整合面。全新世海相沉積層屬於潮間帶環境，含有貝殼碎屑，41.3 公尺處沉積層的 ^{14}C 定年為 9320-9700 cal yr BP（附件二）。岩芯中的六雙層受到斷層的強烈剪切作用，剪切面傾角約為 60-80º，地層傾角也大致與剪切面傾角平行約 60-80º。武東 1 號井的鑽井深度為 100 公尺，尚未鑽穿六雙層。

武東 2 號井（WT2）位於武東 1 號井西側約 100 公尺，地層特性（圖 5-4）與武東 1 號井相似，44 公尺以上屬於全新世海相沉積層，環境亦屬於潮間帶環境。沉積層呈水平狀態，以下岩層同屬於六雙層的砂頁岩，剪切面傾角約 40-70º，地層傾角約 30-70º。武東 3 號井（WT3）位於武東 2 號井西側約 100 公尺，地層特性（圖 5-5）與上述兩口井相似，53 公尺以上屬於全新世海相沉積層，沉積環境亦屬於潮間帶環境；以下同屬於六雙層的砂頁岩，剪切面傾角約 45-85º。

由上述三口井岩性對比，顯示全新世海相沉積層與六雙層的不整合面大致位於海拔下約 30-45 公尺之間（圖 5-6）。由於六雙層岩層受到強烈剪切作用，研判此三口井是處於斷層擾動帶之中，本研究預期利用鑽穿斷層帶來確定斷層面角度與位置，但由於斷層剪切帶太寬（至少 200 公尺），導致武東 3 號井至 100 公尺深都還處於岩盤的剪切帶之中。目前僅能確定斷層跡還位於武東 3 號井西側，但本研究首次確定中洲台地西側線型崖確實是由中洲斷層造成的斷層崖。

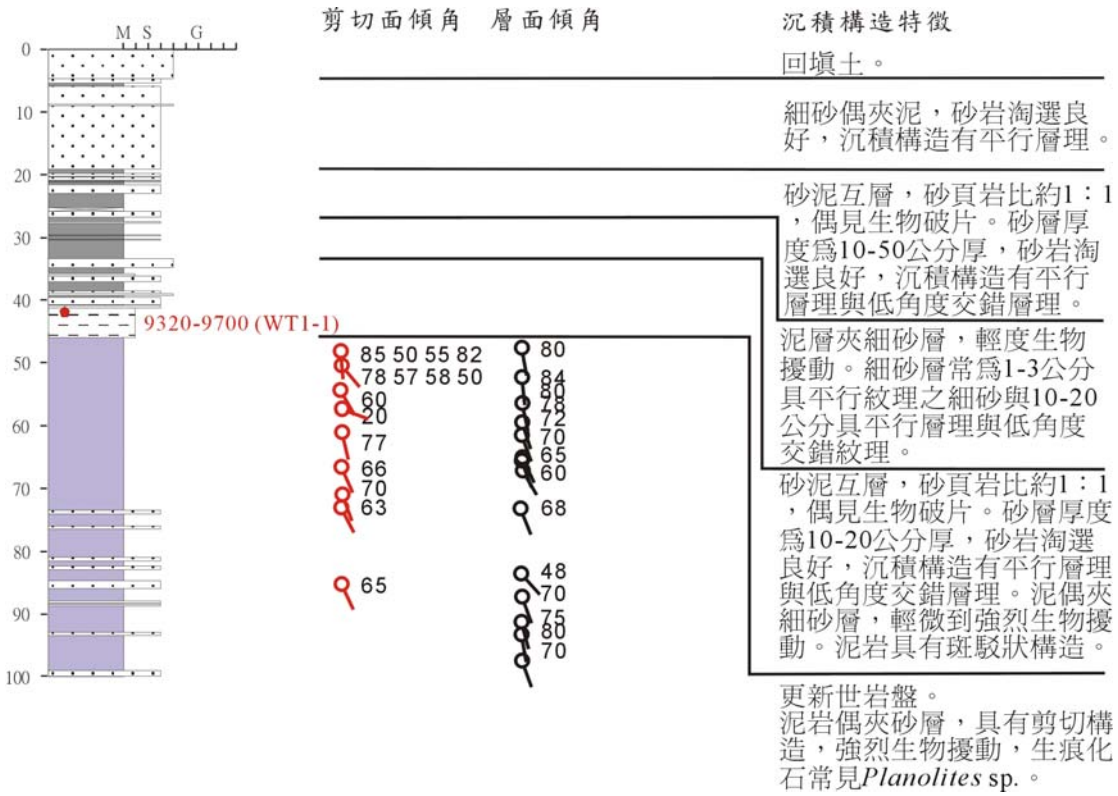


圖 5-3、武東 1 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

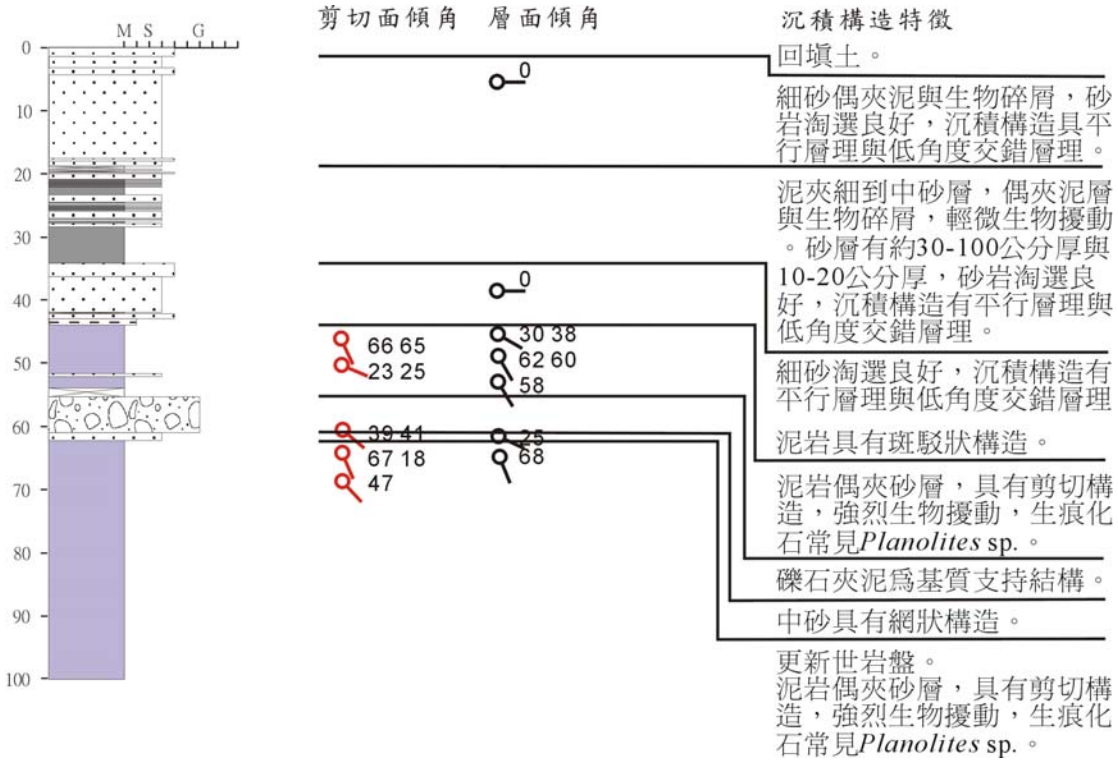


圖 5-4、武東 2 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

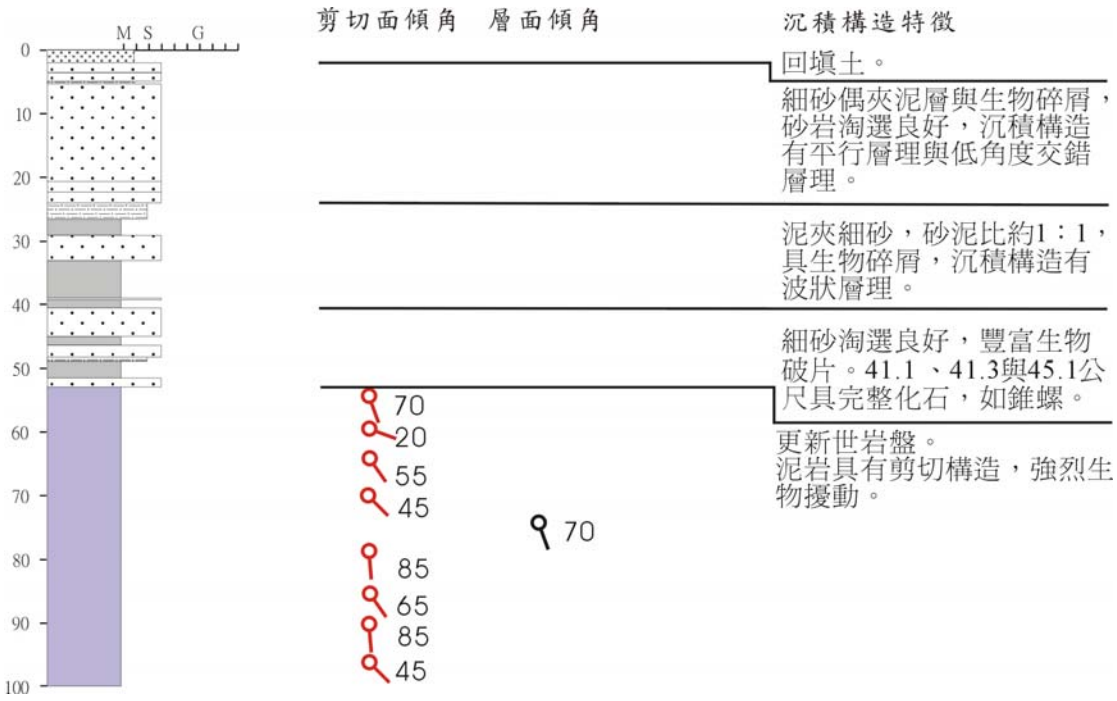


圖 5-5、武東 3 號井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

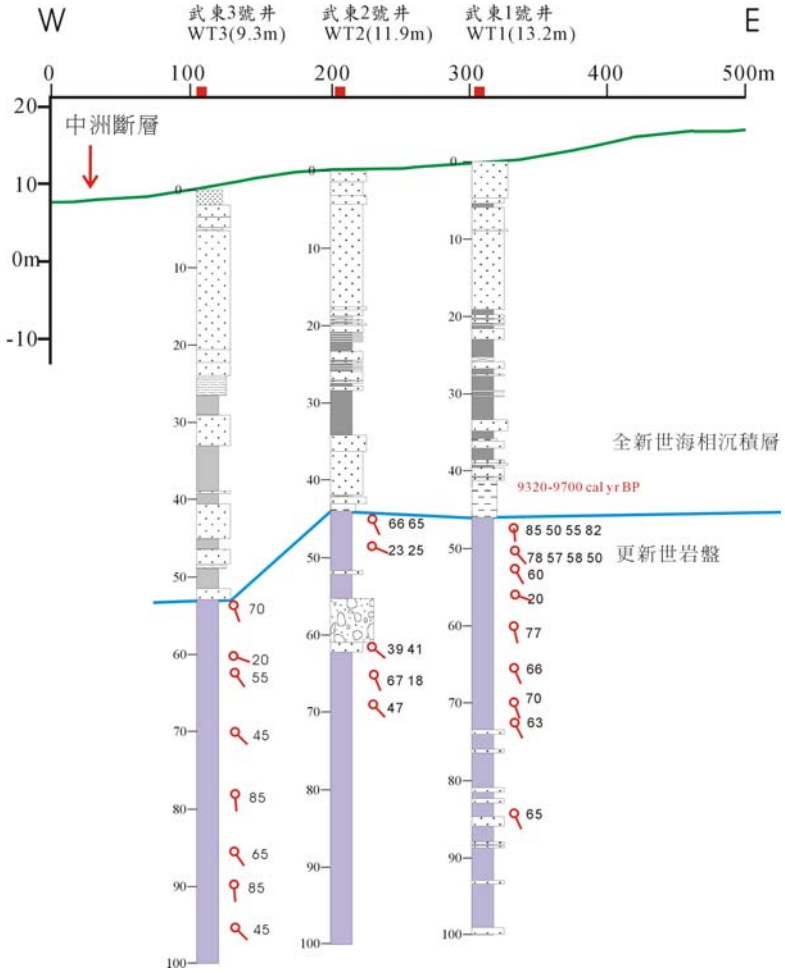


圖 5-6、武東場址鑽井岩芯剖面圖，藍色線為全新世沉積層與晚更新世岩盤的不整合面。

5-4、長期滑移速率

從地形特性以及岩芯沉積物分析，中洲斷層上盤屬於全新世海階地形，下盤為大灣低地，兩側地形面高差約十數公尺（圖 5-6）。之前地質調查所於大灣低地（洲斷層下盤）的鑽井有文賢井，中洲斷層上盤有依仁井、台南高鐵井與沙崙農場井（圖 5-1）。本研究將由武東場址以及鄰近的鑽井岩芯以及 ^{14}C 定年資料分析中洲斷層的長期滑移速率（附件二，圖 5-7，5-8）。武東場址共計有 3 口鑽井（武東 1、2、3 號井，圖 5-6），場址位於中洲台地西側的崖坡上，最西側的武東 3 號井至井深約 53 公尺鑽遇更新世岩盤，岩層受到強烈剪切構造擾動，岩層傾角達 70º，顯然武東 3 號井位於斷層前端的擾動帶，但鑽至 100 公尺深尚未鑽穿岩盤。本研究於岩盤之上的海相沉積層中測得一個 ^{14}C 年代為 9320-9700 yr BP，顯然岩盤之上屬於全新世沉積層。岩芯產狀與之前此區域鑽井岩芯的岩性相似，全新世海相沉積層不整合沉積在岩盤之上（圖 5-7）。本研究為了探討中洲斷層的長期滑移速率，整合鄰近鑽井計有文賢井、依仁井、台南高鐵井與沙崙農場井，這些鑽井也有諸多的 ^{14}C 定年資料（附件二）。由定年年代、沉積環境以及沉積層的海拔高度估算各井所在位置於全新世以來的垂直變動速率。文賢井位於中洲斷層西側的大灣低地，由上述資料估算的構造活動特性，顯示沉降速率約為 0.4-3.0 mm/yr（圖 5-8）。其餘鑽井皆位在中洲斷層的上盤，構造活動特性都屬於抬升的狀態，但顯示近斷層的抬升速率較小，約為 0-2.4 mm/yr（武東 1 號井，依仁井）；遠離斷層跡的抬升速率較大，約為 1.7-4.7 mm/yr（台南高鐵井，沙崙農場井）（圖 5-8）。現今斷層上盤地形面呈現西低東高的特性似乎與抬升速率的變化有密切關係，由武東場址的岩盤岩性顯示斷層剪切帶至少寬約 200 公尺以上，推測上盤的抬升作用是經由數條呈疊瓦狀斷層的作用所造成，因而造成遠離斷層的上盤區域抬升量較大。由遠離斷層的台南高鐵井與沙崙農場井以及大灣低地的變動速率來看，中洲斷層的垂直滑移速率約為 2.1-7.7 mm/yr（4.9±2.8 mm/yr）。利用武東鑽井剖面沉積層的 ^{14}C 定年年代對比，可以訂定 8000 yr BP 與 10000 yr BP 的等時面（等時面的位置相當於當時的沉積地形面），因此由中洲斷層兩側等時面具有數十公尺的高差，顯示斷層兩側具有不等量的抬升作用。由文賢井與台南高鐵井的對比，8000 yr BP 等時面有 46 公尺高差，10000 yr BP 等時面有 64 公尺高差；由年代估算，8000 yr BP 至今斷層的垂直滑移速率為 5.8 mm/yr，10000 yr BP 至今斷層的垂直滑移速率為 6.4 mm/yr。假設中洲斷層的斷

層傾角約為 60º（武東 3 號井），則中洲斷層的滑移速率約為 6.7-7.4 mm/yr。

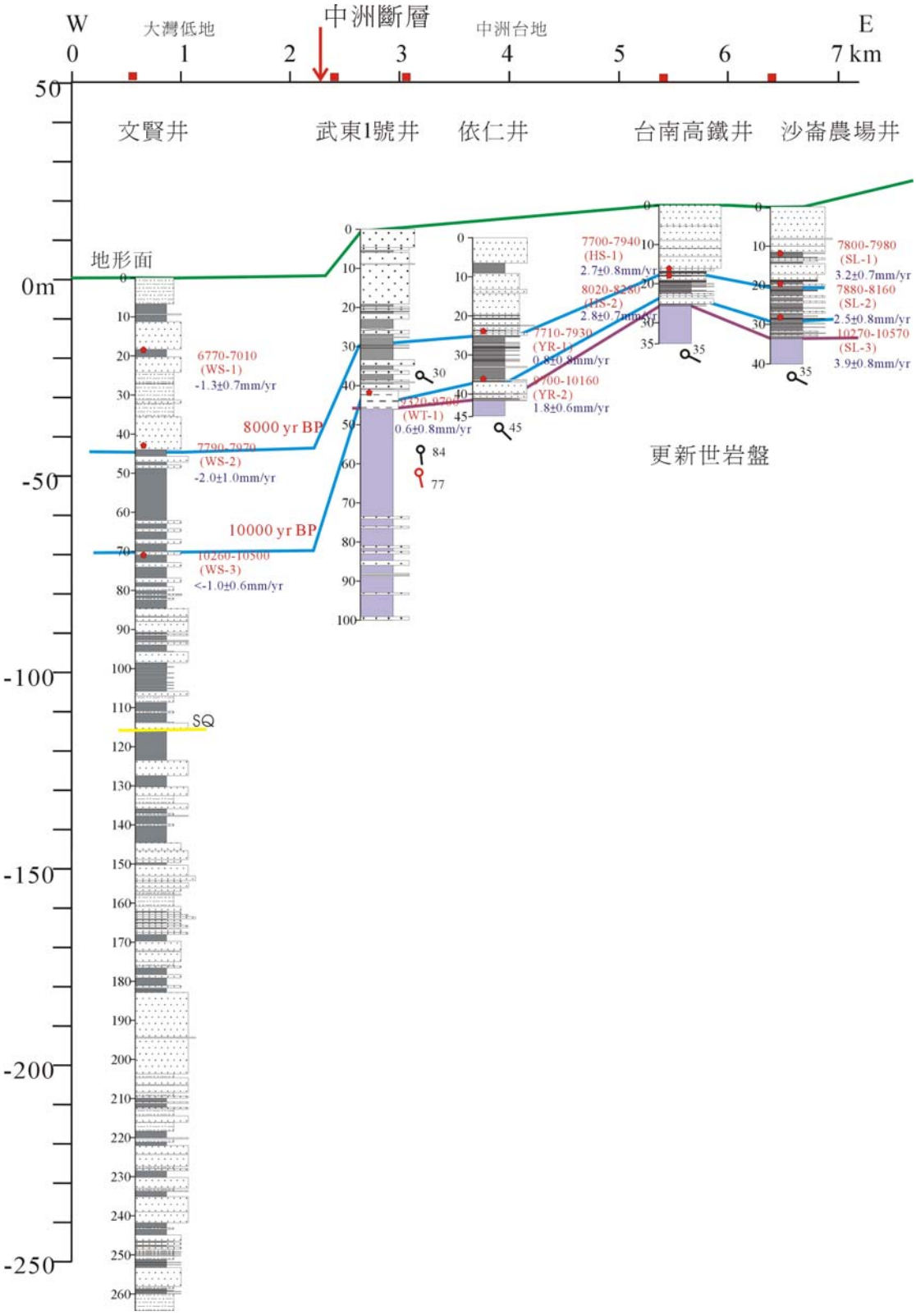


圖 5-7、中洲斷層兩側大灣低地至中洲台地鑽井岩芯剖面圖，藍色線為 8000 yr BP 與 10000 yr BP 的等時面，紫色線為全新世沉積層與晚更新世岩盤的不整合面。

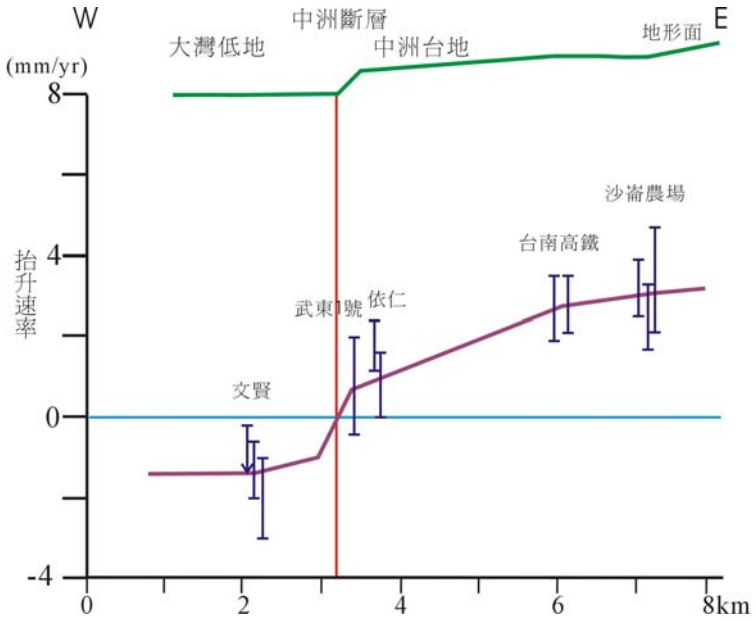


圖 5-8、中洲台地東西剖面，中洲斷層兩側岩盤的長期抬升速率。

第六章、九芎坑斷層之長期滑移速率

6-1、地質構造

從台灣西南部地區晚更新世沉積盆地的演化來看，外麓山帶大致於晚更新世隆起形成山脈，前人研究亦表示麓山帶區域存在許多晚第四紀以來的活動構造（Bonilla, 1975; Hsu and Chang, 1979；林啟文等，2000；陳文山等，2003）。西南麓山帶由多條呈疊瓦狀排列的逆斷層構成，大尖山斷層、九芎坑斷層、嘉義斷層（陳文山等，2006）。九芎坑斷層首先由中國石油公司訂定的斷層，位於石牛溪（古坑斷層）與八掌溪之間，但於嘉義地質圖中僅以虛線標示斷層位置（中國石油公司台探總處，1986）。陳文山等（2003）首先重新調查繪製九芎坑斷層位置圖，以及古地震研究。

西南部麓山帶前緣地區的斷層型態分為兩種，除了向西的逆斷層之外，另一呈北西西與南西西走向的橫移斷層有古坑斷層、梅山斷層與竹崎斷層。九芎坑斷層的延伸範圍介於古坑斷層與竹崎斷層之間。九芎坑斷層上盤岩層為卓蘭層的泥岩與砂頁岩互層，下盤以厚層砂岩為主的六雙層（陳文山等，2003）。九芎坑斷層在數個河流剖面中有完整的露頭出露，石牛溪與大湖口溪，這些剖面皆可發現卓蘭層泥岩逆衝覆蓋於晚期更新世與全新世的礫石層之上（林煌棋，1996；林慶偉，1999a，b；陳文山等，2003）。

6-2、地形

陳文山等（2003）將西南部的地形畫分為三個構造地形單元，九芎坑斷層上盤屬於麓山帶構造地形區，與嘉義斷層之間屬於隆起台地構造地形區，嘉義斷層下盤為海岸平原（前陸盆地）。以下將探討各區地形特徵以及與九芎坑斷層的關係。九芎坑斷層兩側地形有很大差異，上盤地形較高且地形坡度較大，約在15-35^{o}之間，下盤隆起台地區的坡度約 10^{o}以下。從河流型態來看，海岸平原區河流屬於曲流型態，但隆起台地與丘陵（九芎坑斷層上盤）屬於下切曲流與辮狀河。從河床坡度分析發現九芎坑斷層兩側河床坡度有明顯差異，上盤河流坡降為每公里 140 公尺，下盤坡降為每公里小於 10 公尺。從河床坡度變化以及地形坡度分析表示九芎坑斷層兩側亦明顯不同，顯示九芎坑斷層上盤持續的抬升造成斷層兩側地形的變異。

本研究選擇古地震槽溝位於石牛溪與大湖口溪之間（古坑東側），地形屬於山麓與沖積扇的交會處（圖 6-1）。山麓前緣形成一長約 100 公尺的線型崖，本研究即在線型崖進行槽溝挖掘與鑽探。場址的南側約 50 公尺有一小河流垂直線型崖呈東西流向，線型崖東側的河流剖面出露有卓蘭層砂泥岩，但被現生河階礫石層覆蓋（河階高度約 3 公尺）；線型崖西側的河流剖面僅出露現生河階礫石層。

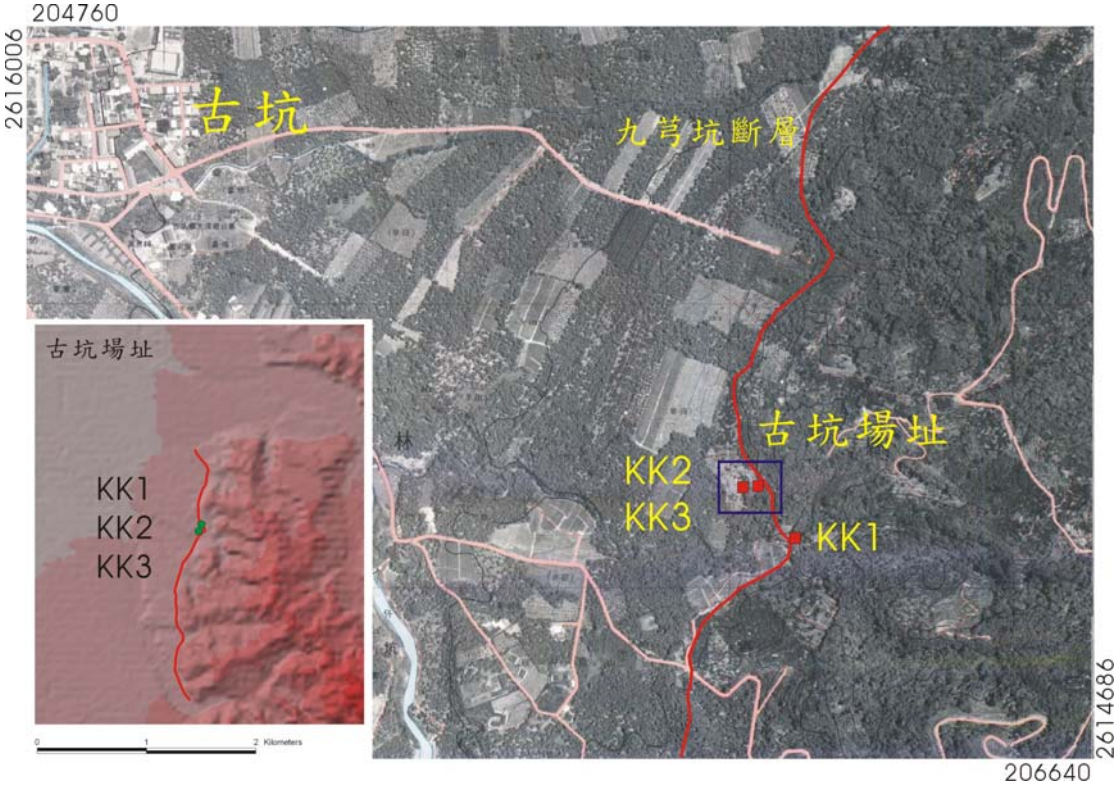


圖 6-1、古坑場址位於古坑東側丘陵與平原交會處。

6-3、古坑槽溝場址

古坑槽溝走向垂直山麓前緣的線型崖進行開挖，線型崖東側呈現小面積的階地地形。槽構規模分為兩階，長約 17 公尺，寬約 8 公尺，深約 4-5 公尺（圖 6-2，6-3）。槽溝位於崖坡下側，在槽溝東側堆積一楔型的 S1 砂層，向西尖滅。南牆剖面的 S1 楔型砂層之下為一厚層呈顆粒支持結構的 G1 礫石，厚約 1 公尺，屬於山前沖積扇河流環境，礫石層向西逐漸尖滅，轉變為厚層 S1 砂層（圖 6-4，

6-5）。G1 礫石層之下為一厚約 10-20 公分 S2 砂層，僅出露於南牆剖面。砂層之下為一至少厚 2 公尺的 G2 礫石，礫石呈顆粒支持結構，屬於山前沖積扇河流環境，礫石層向西逐漸尖滅，轉變為厚層 S3 砂層。G2 礫石層在北牆剖面（圖 6-6，6-7），有一厚約 20-30 公分的透鏡狀砂層夾在礫石層之中，此透鏡狀砂層僅出露於北牆剖面。北牆剖面層序與南牆相似，但沒有堆積 S2 砂層。



圖 6-2、古坑槽溝全長約 20 公尺。



圖 6-3、古坑槽溝剖面大部分為礫石沉積物。



圖 6-4、南牆第一階剖面。

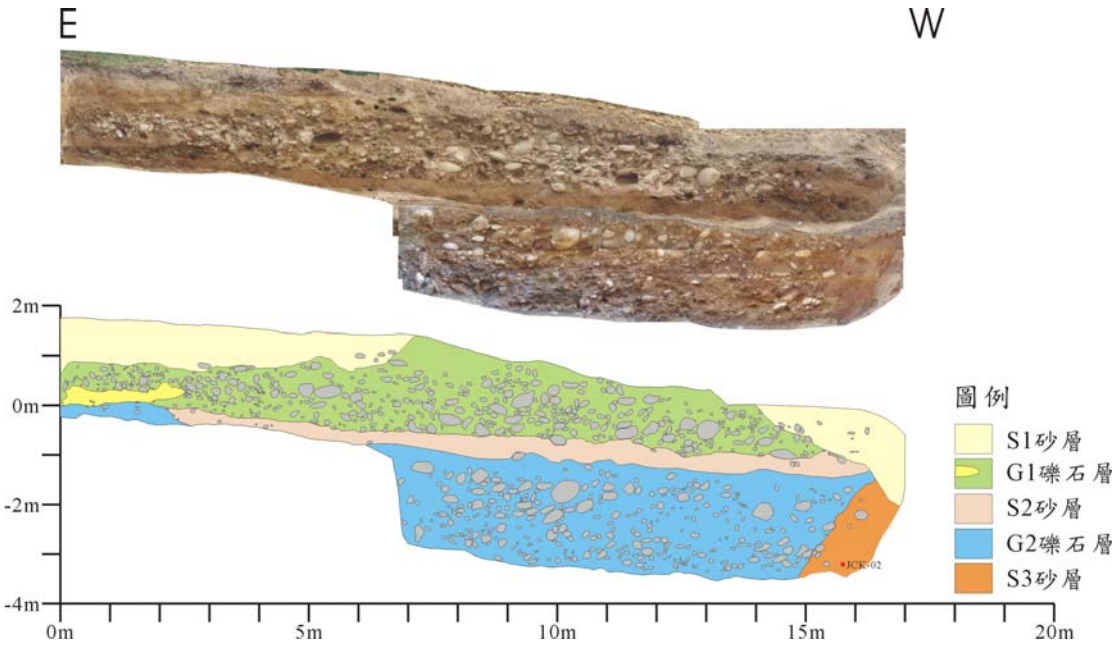


圖 6-5、南牆剖面。



圖 6-6、北牆第一階剖面。

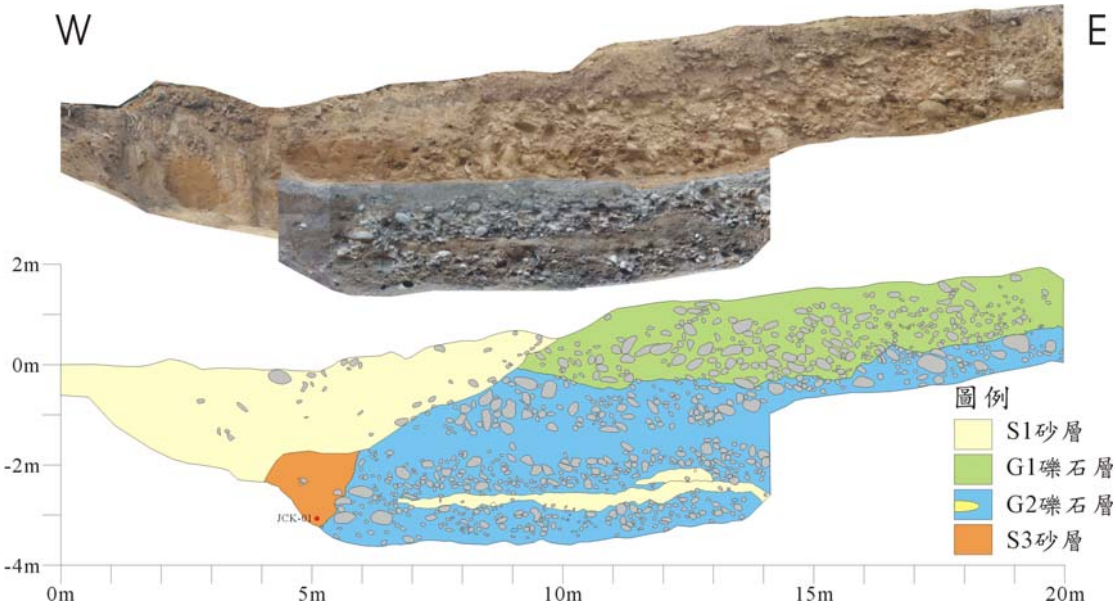


圖 6-7、北牆剖面。

從整體槽溝剖面出露沉積層的岩性分析，顯示此場址的沉積環境屬於山麓前緣沖積扇環境，以厚層礫石為主，偶夾薄層的透鏡狀砂層。從槽溝剖面的結構分析，此處似乎沒有受到斷層擾動的跡象，研判斷層跡的位置應位於槽溝東側，小階地與山麓交會處。因此，利用鑽井來確定斷層跡可能的位置。

6-4、鑽井岩芯

本研究於古坑場址有兩口鑽井，每口深度 30 公尺，古坑 3 號井位於槽溝右側，為探查此處（下盤）地下的沉積層特性，古坑 2 號井位於槽溝東側的河階之上，探查此河階崖是否為斷層形成的斷層崖。

6-4-1 古坑場址

古坑 2 號井位於槽溝東側距離約 20 公尺，位於山麓前階面之上，鑽探深度 30 公尺（圖 6-8）。岩芯岩性以厚層礫石為主，並於 14.7-15.7 公尺處夾灰色砂泥層。古坑 3 號井位於槽溝右側（南側）約 5 公尺，距離古坑 2 號井約 30 公尺，鑽探深度 30 公尺。0-11.7 公尺岩芯岩性為為礫石層，與槽溝剖面出露 4 公尺的礫石層相似，11.7-12.7 公尺為灰色砂泥層，12.7-30 公尺為礫石層，顯然同屬於沖積扇沉積環境，而灰色砂泥層與古坑 2 號井深度為 14.7-15.7 公尺的灰色砂泥層可以對比（圖 6-9）。

從兩口井的砂泥層對比來看，雖然兩井之間地形面具有 3.5 公尺高差，但是砂泥層在兩井間僅具有約數十公分高差，顯示砂泥層並沒有產生錯移現象。依兩井沉積層對比，古坑 2 號井東側約 25 公尺處已經出露卓蘭層泥岩層，而古坑 2 號井井深 30 公尺尚未鑽遇岩盤，顯示在 25 公尺距離之內岩盤面的高差至少 30 公尺以上，推測斷層應位於古坑 2 號井東側（圖 6-10）。

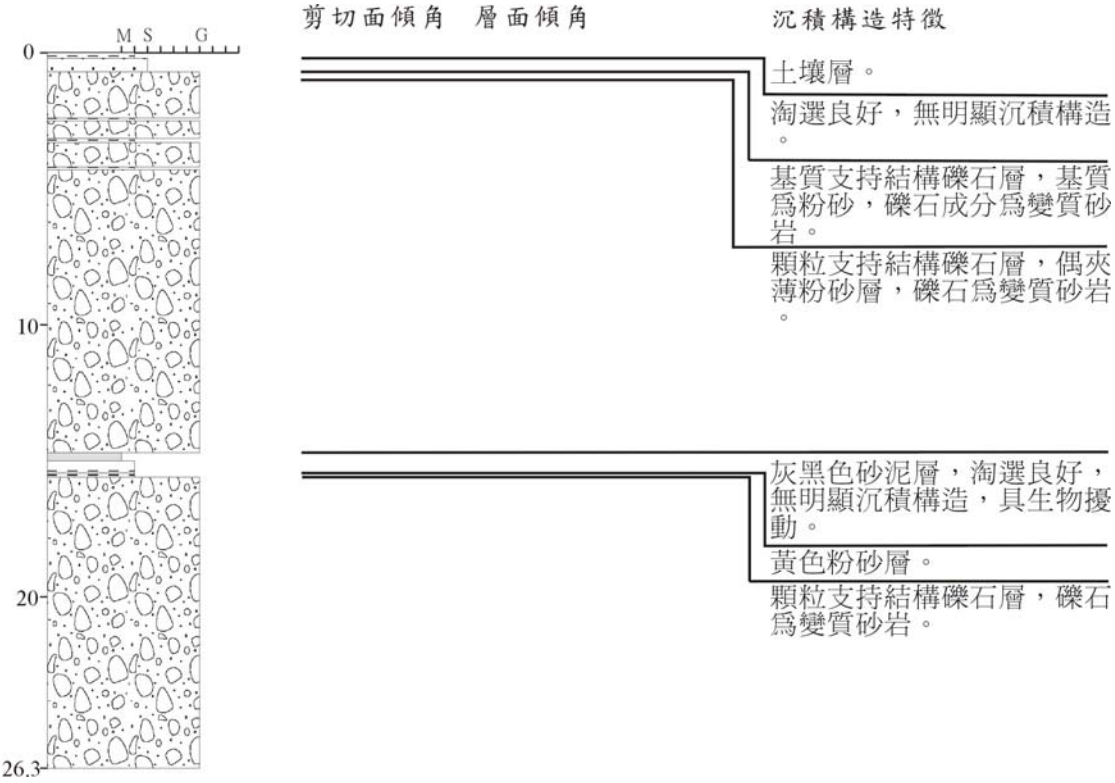


圖 6-8、古坑 2 號鑽井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

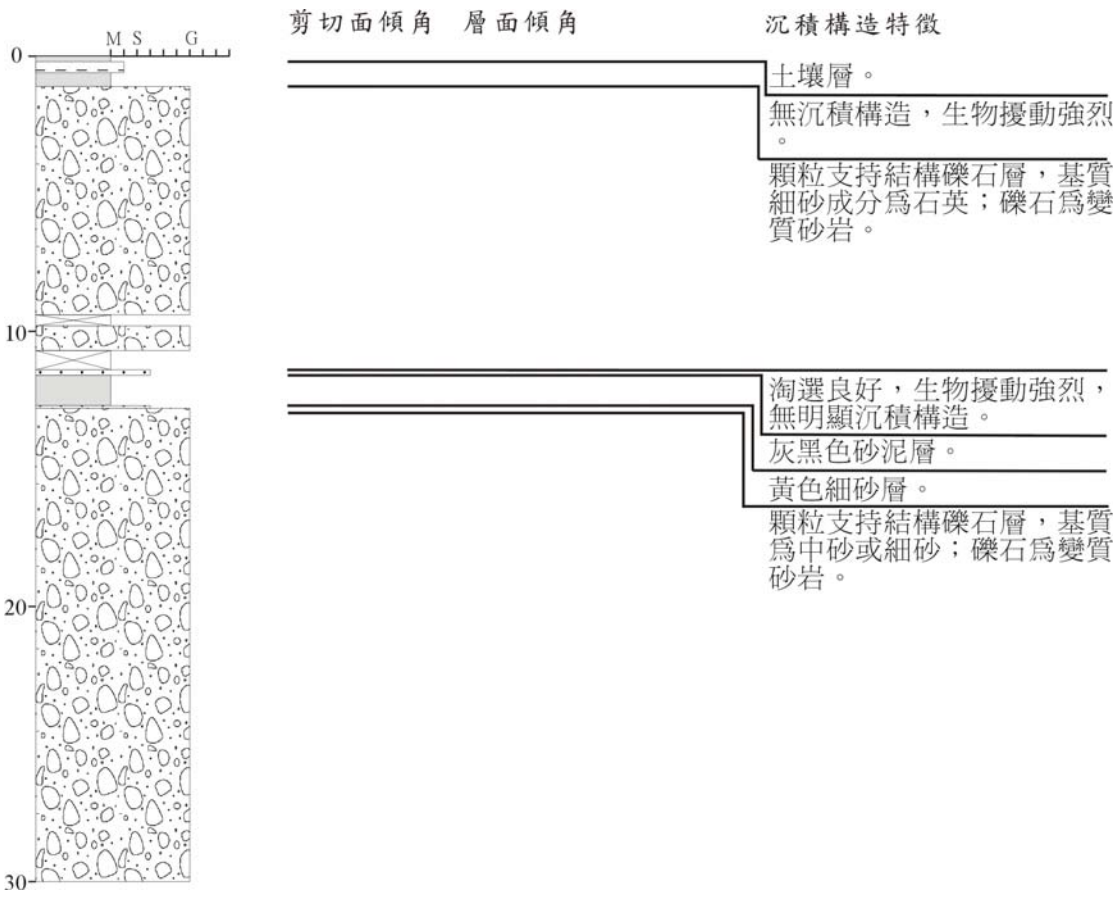


圖 6-9、古坑 3 號鑽井岩芯紀錄，圖例如圖 2-5。

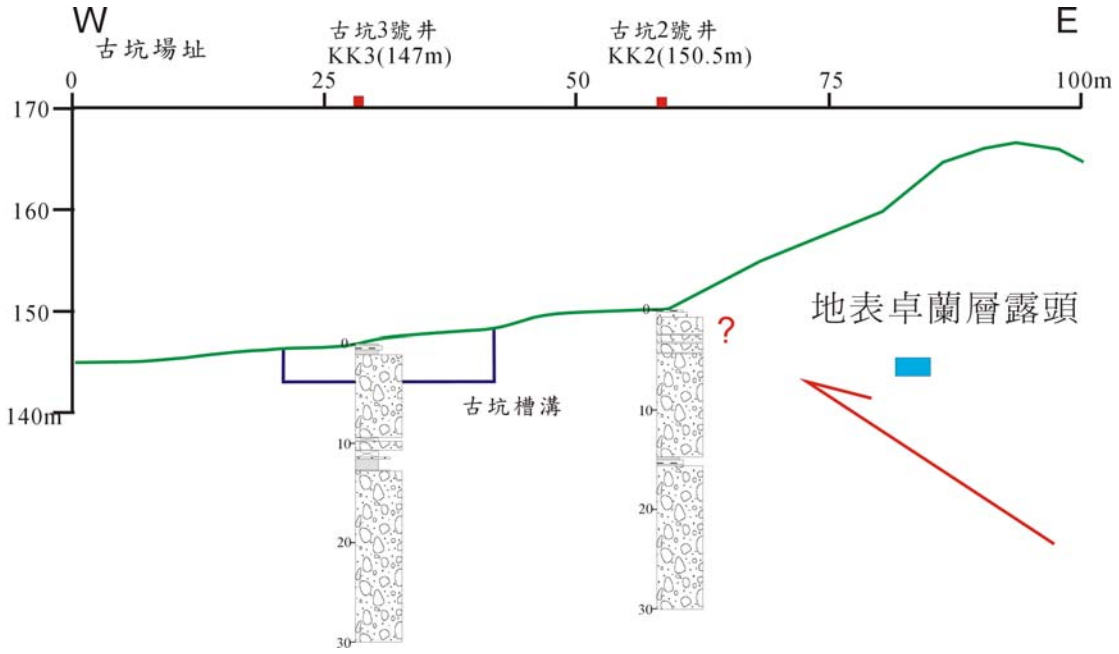


圖 6-10、古坑場址鑽井岩芯剖面圖。

第七章、大平地斷層之長期滑移速率

7-1、地質構造

大平地斷層由苗栗縣中港溪向北東方向延伸，沿著峨嵋溪再經新竹縣頭前溪（竹東大橋附近），之後再沿著鳳山溪西岸向北東方向延伸，經大漢溪（石門大霸北側）；全長約 50 公里。大平地斷層是台灣北部地區其中一條主要斷層，劃分北部地區外麓山帶與內麓山帶的界線斷層，斷層東側內麓山帶地質區的岩層屬於中新統，岩層與構造線都呈北東走向 30-45º；斷層西側外麓山帶地質區的岩層屬於上新統-更新統，岩層與構造線都呈北東走向 70-80º（圖 7-1）。大平地斷層是由中新統逆衝在晚期更新統之上。

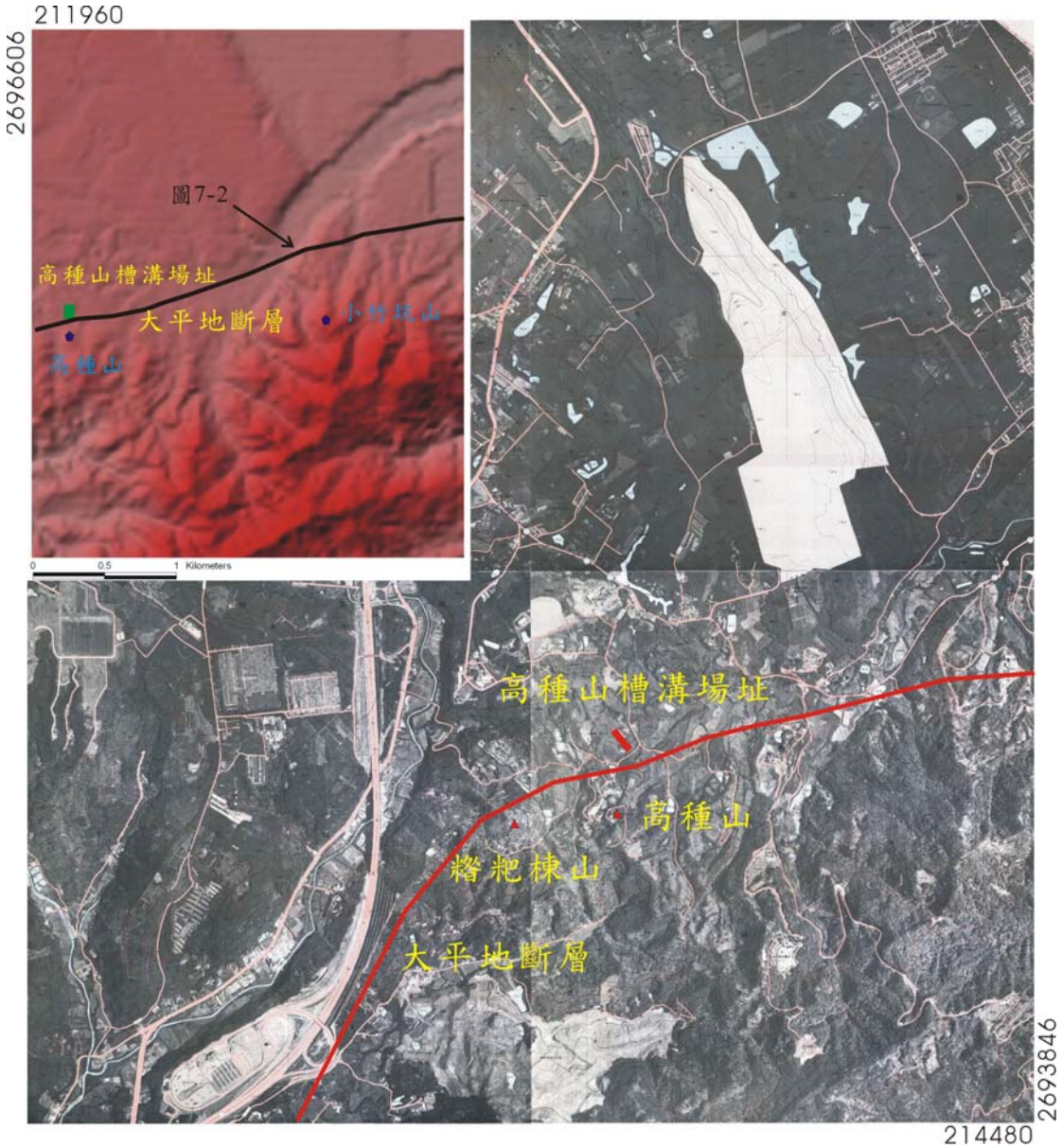


圖 7-1、高種山槽溝場址位置。

研究區域位於大平地斷層最北端的高種山與小竹坑山，斷層兩側岩層為南莊層逆衝在晚更新世店子湖期的礫石層之上（圖 7-1、7-2）。槽溝場址選擇在高種山西北側的崖坡下，崖坡北側地層屬於店子湖期礫石層，高種山東南側出露南莊層。



圖 7-2、小竹坑山位於石門大壩的西側約 1 公里，高種山的東側約 1 公里。大平地斷層的左側(北)為晚期更新世的店子湖期紅土階地，右側(南)為中新世南莊層，照片位置於圖 7-1。

7-2、地形

槽溝場址位於高種山崖坡下（西北側），鄰近槽溝場址的南側屬於麓山帶的丘陵地形，有榕粑棟山與高種山，斷層可能沿著兩個山丘的西北側。榕粑棟山與高種山西北側為平坦的晚更新世紅土化階地（店子湖期礫石層）（圖 7-1）。

7-3、高種山槽溝場址（龍潭）

高種山槽溝場址開挖的長度為 34 公尺，寬約 6 公尺，深為 4-5 公尺(圖 7-3)。槽溝呈現沉積層皆屬於回填土層（圖 7-3），上部厚約 2 公尺的廢棄磚瓦層（圖 7-4），下部厚約 2-3 公尺含少量磚瓦的砂土層（圖 7-5）。

由於高種山槽溝的堆積層厚約 4-5 公尺皆為廢棄回填土層，因而無法發現斷層。但由鄰近區域的地質調查，在高種山北側山坡還有局部的紅土礫石層，依此研判斷層可能位於高種山北側山腰（圖 7-6），建議可以在高種山北側產業道路旁進行地質鑽探，應可鑽遇大平地斷層。



圖 7-3、高種山槽溝呈南北走向，長度為 34 公尺。



圖 7-4、槽溝北側上覆磚瓦廢棄層。

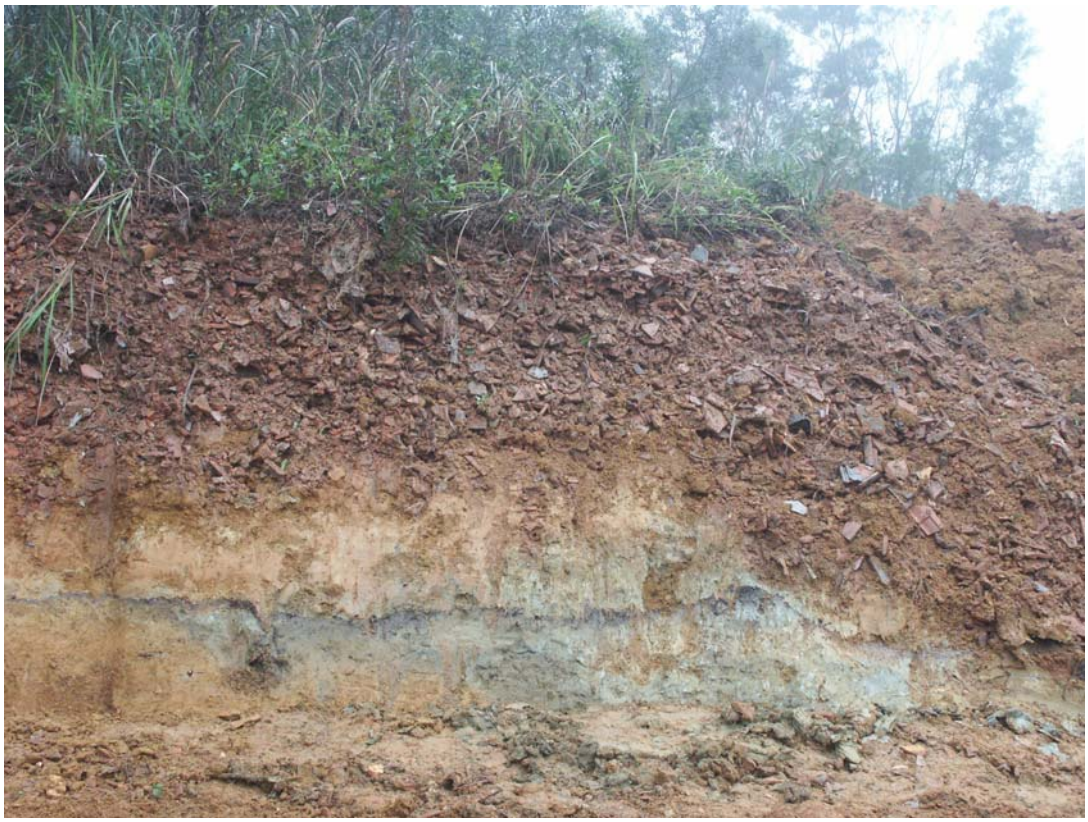


圖 7-5、磚瓦層之下為廢棄砂土層夾有零星的磚瓦。

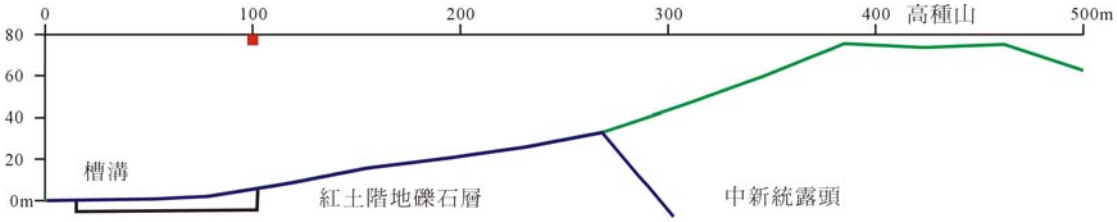


圖 7-6、高種山剖面。

第八章、總論

96 年度「斷層長期滑移速率與再現週期研究（1/4）」計畫的研究主題乃針對大甲斷層、彰化斷層、潮州斷層、中洲斷層、九芎坑斷層與大平地斷層。本研究主要以鑽井岩芯的沉積環境分析、槽溝與階地挖掘，以及 ^{14}C 定年的分析來探討上述斷層的斷層長期滑移速率與再現週期研究。

今年度的研究成果主要有大甲斷層、彰化斷層與中洲斷層的斷層長期滑移速率，而九芎坑斷層與大平地斷層古地震研究沒有發現古地震遺跡，因此沒有斷層再現週期的相關成果。

大甲斷層北段區域，由大甲 1、2 號井地層與剪切面位態，顯示大甲斷層位在大甲 2 號井井深 157 公尺（海拔深度 78 公尺），且斷層尖端應截切至鐵砧山西側崖坡。大甲斷層南段區域，利用斷層兩側鑽井岩芯與定年分析，上盤的最大抬升速率約 0.4-2.6 mm/yr，遠離斷層下盤的沉降速率約為 1.3-2.9 mm/yr；因此大甲斷層的垂直滑移速率為 1.7-5.5 mm/yr（3.6±1.9 mm/yr）。彰化斷層西側下盤的變動速率愈遠離斷層時沉降速率愈大，約 8 至 2 mm/yr；上盤最大變動速率約 2.3 mm/yr；若以此估算彰化斷層的垂直滑移速率，約 10.3-4.3 mm/yr。

從地形特性以及岩芯沉積物分析，中洲斷層上盤屬於全新世海階地形，抬升速率約 1.7-4.7 mm/yr，下盤大灣低地的沉降速率約為 0.4-3.0 mm/yr，推估中洲斷層的垂直滑移速率約為 2.1-7.7 mm/yr（4.9±2.8 mm/yr）。若以 8000 yr BP 與 10000 yr BP 的等時面估算，垂直滑移速率為 5.8-6.4 mm/yr。假設中洲斷層的斷層傾角約為 60º，沿斷層面滑移速率（dip-slip rate）約為 6.7-7.4 mm/yr。

參考文獻

石再添等（1984）台灣西部與南部活斷層的地形學研究。國立台灣師範大學地理學研究，10，第 49-94 頁。

林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000）台灣活動斷層概論。經濟部中央地質調查所特刊，第 13 號，共 122 頁。

林朝棨（1957）地形。台灣省通志稿卷一，台灣省文獻委員會，共 424 頁。

林煌棋（1996）嘉南地區麓山帶地質構造之研究。國立中央大學地球物理研究所碩士論文，共 144 頁。

林慶偉、吳炫宗、蕭崇利（1999a）嘉義地區活動斷層研究：梅山斷層與九芎坑斷層之初步研究。中國地質學會 88 年年會論文集，279-280 頁。

林慶偉、吳炫宗、朱偉嘉（1999b）九芎坑斷層與新化斷層之地表構造現象。第二屆台灣活動斷層調查研討會，11-15 頁。

鳥居敬造（1933）高雄洲旗山油田調查報告。台灣總督府殖產局出版。第 633 號，共 36 頁。

陳文山、楊志成、石瑞銓、楊小青、顏一勤、陳于高、張徽正、林啟文、林偉雄、李元希、石同生、盧詩丁（2003）九芎坑斷層的斷層特性與活動性研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 14 期，113-128 頁。

陳文山、楊志成、吳樂群、楊小青、陳勇全、顏一勤、劉力豪、黃能偉、林啟文、張徽正、石瑞銓、林偉雄（2004）沉降環境的山麓河谷地形特性－探討台北盆地、蘭陽平原與屏東平原鄰近山麓地形與構造的關係。經濟部中央地質調查所彙刊經濟部中央地質調查所彙刊，第 17 期，第 79-106 頁。

陳文山、葉明官、楊志成、石瑞銓、林啟文、侯進雄（2006）梅山斷層的構造特性。經濟部中央地質調查所彙刊，第 19 號，135-151 頁。

陳文山、陳勇全、游能悌、顏一勤、楊志成、石同生（2005）潮州斷層沿線的地層與地形特性－重新檢討斷層的構造特性與位置，經濟部中央地質調查所特刊，第 16 期，75-90 頁。

陳勉銘、陳華玟、朱傚祖、謝凱旋（2008）從鑽探岩芯探討彰化斷層的特性。經濟部中央地質調查所彙刊經濟部中央地質調查所彙刊（付印中）。

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

張慧中（1986）台灣南部潮州斷層北段之新期構造研究。國立台灣大學地質學研究所碩士論文，共67頁。

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

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

Hsu, C.M., Chang, F.C. Wang, Y., (1985) Fault-induced fissures at the Tulungwan fault zone, southern Taiwan, and its neo-tectonic implications: *Acta Geologica Taiwanica*, 23, 197-207.

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

Simoes, M., Avouac, J.P., Chen, Y.G., Singhvi, A.K., Wang, C.Y., Jaiswal, M., Chan,

Y.C., and Bernard, S. (2007) Kinematic analysis of the Pakushan fault tip fold, west central Taiwan: Shortening rate and age of folding inception: *J. Geophys. Res.*, 112, B03S14, doi:10.1029/2005JB004198.

Suppe, J. (1986) Reactivated normal faults in the western Taiwan fold-thrust belt: *Geological Society China Memoir*, 7, 187-200.

Tomita, Y. (1955) Some geomorphological considerations to the Chaochou fault in south Taiwan (Formosa), China, Science Reports, Tohoku University, Series 3: *Mineralogy, Petrology, and Economic Geology*, 4, 59-66.

Wang, S. (1976) ERTS-1satellite imagery and its application in regional geologic study of southwestern Taiwan: *Petrol .Geol. Taiwan*, 13, 37-57.

附件一、鑽井座標、井深與槽溝座標。

井號	井名	座標 X67	座標 Y67	井深 (m)	井位高程 (m)	調查單位	備註
TCS2	**鐵砧山 2 號井**	**212338**	**2694799**	**30**	**60.0**	**台大地質系**	**96 年**
TCS3	**鐵砧山 3 號井**	**212324**	**2694839**	**60**	**58.0**	**台大地質系**	**96 年**
SL4	**沙鹿 4 號井**	**204120**	**2679806**	**60**	**15.0**	**台大地質系**	**96 年**
SL5	**沙鹿 5 號井**	**204040**	**2680046**	**70**	**11.0**	**台大地質系**	**96 年**
CHC1	**彰化市 1 號井**	**202989**	**2661949**	**70**	**18.0**	**台大地質系**	**96 年**
CHC2	**彰化市 2 號井**	**202944**	**2662005**	**70**	**13.0**	**台大地質系**	**96 年**
KK2	**九芎坑 2 號井**	**206072**	**2615192**	**30**	**150.5**	**台大地質系**	**96 年**
KK3	**九芎坑 3 號井**	**206047**	**2615178**	**30**	**147.0**	**台大地質系**	**96 年**
WT1	**武東 1 號井**	**173634**	**2535900**	**100**	**13.2**	**台大地質系**	**96 年**
WT2	**武東 2 號井**	**173564**	**2535972**	**100**	**11.9**	**台大地質系**	**96 年**
WT3	**武東 3 號井**	**173501**	**2536054**	**100**	**9.3**	**台大地質系**	**96 年**
GL3	**青葉 3 號井**	**210952**	**2527653**	**70**	**118.0**	**台大地質系**	**96 年**
HL	華龍井	213625	2700250	160	40.0	地調所水文組	95 年
DC1	大甲 1 號井	213120	2695686	343	64.0	地調所構地組	95 年
DC2	大甲 2 號井	213501	2695795	500	79.0	地調所構地組	95 年
TCS1	鐵砧山 1 號井	212358	2694775	160	69.0	中正地環科系	96 年
SK	三光井	208625	2694937	151	16.0	地調所水文組	95 年
CS	清水井	205810	2684730	151.3	6.6	地調所水文組	94 年
CH	忠和井	199114	2679471	250	2.4	地調所水文組	94 年
TD	大肚井	202616	2672938	150.5	7.4	地調所水文組	94 年
GS	國聖井	206264	2665364	200	21.1	地調所水文組	83 年
TF	東芳井	199966	2662267	230	10.9	地調所水文組	86 年
YL	員林井	206624	2649675	204	26.5	地調所水文組	83 年
ST	社頭井	207082	2643996	250	35.0	地調所環工組	94 年
GL1	青葉 1 號井	211080	2527486	300	122.0	地調所構地組	96 年
GL2	青葉 2 號井	211240	2527846	200	113.0	地調所構地組	96 年
CH1	彰化 1 號井	203074	2661119	130 斜井 150	31.0	地調所區域地質組	90 年
	高種山槽溝	**270720**	**2745526**			**台大地質系**	**96 年**
	古坑槽溝	**206040**	**2615206**			**台大地質系**	**96 年**
	青葉地質剖面	**211080**	**2527526**			**台大地質系**	**96 年**

1、粗黑體字為本研究的鑽井。

附件二、標本 ^{14}C 定年年代

井名與標本編號	標本採樣海拔高度 (m)	古環境水深 (m)	古海水面相距現今海水面高度差(m)	年代 (cal yr BP)	抬升速率 (mm/yr)
沙鹿 5 號 SL5-1	**-51.0**	**潮間帶 -2－+2**		**>48800**	
沙鹿 5 號 SL5-5	**+7.85**	**河流**	**-2 (現今河床海拔高度 6 m)**	**4830-4530**	**0.39±0.01**
彰化市 1 號 CHC1-1	**-0.6**	**河流**	**-6－-13**	**7490-7340**	
彰化市 1 號 CHC1-2	**-5.2**	**河流**	**-15－-27**	**8740-8540**	
沙鹿 4 號 SL4-1	**-43.55**	**潮間帶 -2－+2**		**無法測得年代**	
大甲 1 號 DC1-1	**-37.2**	**沖積扇**	**-123－-126**	**19810-19450**	
大甲 1 號 DC1-3	**-40.5**	**河流**		**>43000**	
大甲 2 號 DC2-1	**-64**	**河流**		**>50000**	
大甲 2 號 DC2-3	**-356**	**河流**		**>48000**	
華龍 HL-1	**-45.22**	**潮間帶 -2－+2**	**-79**	**43850±750**	**-0.8±0.1**
華龍 HL-2	**-107.75**	**河流**		**48770±1270**	
忠和 CH-2	**-39**	**潮間帶 -2－+2**	**-57－-72**	**12590-12000**	**-2.1±0.8**
忠和 CH-3	**-191.6**	**潮間帶 -2－+2**	**-77**	**48870±1590**	**-2.3±0.1**
社頭 ST-1	**13.7 (地表海拔高度 35m)**	**湖泊**		**8600-8430**	
社頭 ST-3	**6.3 (地表海拔高度 35m)**	**湖泊**		**9900-9550**	

三光 SK-1	**-116.3**	**潮間帶 -2－+2**	**-77**	**46990±1260**	**-0.8±0.1**
彰化市 2 號 CHC2-1	**+8.45**	**河流**		**2600-3410**	
彰化市 2 號 CHC2-3	**-0.9**	**河流**		**6670-6480**	
彰化市 2 號 CHC2-7	**-31.4**	**河流**		**20210±120**	
彰化市 2 號 CHC2-9	**-51.7**	**河流**		**31410±440**	
武東 1 號 WT-1	**-29.3**	**潮間帶 -2－+2**	**-27－-39**	**9700-9320**	**0.4±0.8**
青葉剖面 CY-1		**河流**			
南投階地 NT-5		**河流**		**510-310**	
武東 1 號井 (WT-1)	**-28.8**	**潮間帶 -2－+2**	**-28－-40**	**9320-9700**	**0.6±0.8**
青葉階地 (礫岩層) GL				**＞47900**	
國聖井 (GS-1)	-50	潮間帶 -2－+2	-116	29640±200	2.2±0.1
彰化 1 號井 (CH-1)	11	河流	-110	29230±340	
彰化 1 號井 (CH-2)	-37	潮間帶 -2－+2	-90	34390±630	1.5±0.1
彰化 1 號井 (CH-3)	-41	潮間帶 -2－+2	-90	34840±680	1.5±0.1
彰化 1 號井 (CH-4)	-47	潮間帶 -2－+2	-79	42160±1650	0.7±0.1
大肚井 (TD-1)	1.44	潮間帶 -2－+2	-4－-13	7410-7170	1.4±0.9
大肚井 (TD-2)	-1.6	潮間帶 -2－+2	-9－-20	8000-7850	1.6±1.0
大肚井 (TD-3)	-48.6	潮間帶 -2－+2		>47000	
清水井	4.6	沼澤	0	2960-2770	1.3±0.4

(CS-1)		0－+2			
清水井 (CS-2)	2.1	潮間帶 -2－+2	-1	5290-4890	0.6±0.4
清水井 (CS-3)	-0.2	潮間帶 -2－+2	0	4790-4420	0.0±0.4
清水井 (CS-4)	-13.4	潮間帶 -2－+2	-13－-24	8390-8180	0.6±0.9
清水井 (CS-5)	-23	潮間帶 -2－+2	-24－-34	9420-9040	0.7±0.8
清水井 (CS-6)	-47	潮間帶 -2－+2	-35－-48	10250-9950	-0.6±0.9
員林井 (YL-1)	-6.5 (地表海拔高度 26.5m)	湖泊		7660-7430	
員林井 (YL-2)	-8.5 (地表海拔高度 26.5m)	湖泊		7670-7470	
員林井 (YL-3)	-19.5 (地表海拔高度 26.5m)	湖泊		13960-13570	
員林井 (YL-4)	-53.5 (地表海拔高度 26.5m)	潮間帶 -2－+2	-85－-90	38390±940	0.8±0.1
文賢井 (WS-1)	-15.7	潮間帶 -2－+2	-4－-9	6770-7010	-1.3±0.7
文賢井 (WS-2)	-35.6	上部下潮帶 -10－+2	-10－-18	7790-7970	-2.0±1.0
文賢井 (WS-3)	-65.8	下部遠濱帶 <-10	-39－-51	10260-10500	<-1.0±0.6
依仁井 (YR-1)	-7.5	潮間帶 -2－+2	-10－-18	7710-7930	0.8±0.8
依仁井 (YR-2)	-21.1	潮間帶 -2－+2	-35－-43	9700-10160	1.8±0.6
沙崙農場井 (SL-1)	11	潮間帶 -2－+2	-11－-18	7800-7980	3.2±0.7
沙崙農場井 (SL-2)	3.8	潮間帶 -2－+2	-12－-20	7880-8160	2.5±0.8
沙崙農場井	-5.9	潮間帶	-40－-52	10270-10570	3.9±0.8

(SL-3)		-2－+2			
台南高鐵井 (HS-1)	7.2	潮間帶 -2－+2	-10－-18	7700-7940	2.7±0.8
台南高鐵井 (HS-2)	6.1	潮間帶 -2－+2	-13－-21	8020-8280	2.8±0.7
彰化 2 號井 (CH2-1)	-90	潮間帶 -2－+2	-80	44490±2220	-0.2±0.1
員林 2 號井 (YL2-1)	-57	潮間帶 -2－+2	-85－-90	37350±510	0.8±0.1
員林 2 號井 (YL2-2)	-72	潮間帶 -2－+2	-85－-90	37870±630	0.4±0.1

1、台灣西部海岸最大潮差約為 4 公尺，因此潮間帶、上部下潮帶與下部下潮帶的古水深各以±2、-10－+2 與＜-10 公尺估算。

2、粗黑體字為本研究 ^{14}C 定年資料。