

斷層活動特性分析與評估(2/4)

Analysis of fault characteristics (slip rate and recurrence interval): implications for seismic-hazard assessment (2/4)

主管單位：經濟部中央地質調查所

陳文山¹

游能悌²

楊小青³

Chen, Wen-shan

Yu, Neng-Ti

Yang, Hsiao-Chin

¹ 國立臺灣大學地質科學系

² 國立新竹教育大學應用科學系

³ 國立臺灣史前文化博物館

摘要

本年度（101 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(2/4)，研究主題針對新竹斷層、米崙斷層、旗山斷層與龍船斷層的「斷層活動特性分析與評估」與「活動斷層的精確位置」調查。

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

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

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

關鍵詞：都會區、地質災害敏感區、長期滑移速率、再現周期、斷層

Abstract

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

The paleoseismic study of the Milun fault show the Holocene deformation that

occurs the vertical offset of 4 m at least since 1820-1630 yr BP and the vertical offset of 0.8 m at least since <300 yr BP, and that implying vertical uplift rate of 5 mm/yr.

Based on the well logging across the Chishan fault, the result shows the vertical uplift rate of 0.5-1 mm/yr.

Keywords : metropolis, seismic hazards zones, long-term slip rate, recurrence interval, fault.

米崙斷層

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

七星潭經機場、東華大學教育學院至台 9 線公路區域，具明顯的線形崖地形，1951 年地震變形帶也沿此崖坡下發生。由於此區段大部分位在空軍機場之內無法進行 e-GPS 測量，所以僅依據地形來測繪。

東華大學教育學院（大門水池）至台 9 線公路，再至米崙山北端區域，受到米崙溪的侵蝕或其他構造作用的問題，地形較不明顯，所以本計畫在此區域進行鑽探，確定斷層跡位置。

米崙山西側坡崖經忠烈祠、明禮國小、花蓮署立醫院，至花崗山西側坡崖，地形崖較明確，但與 1951 年地震變形帶的位置差異非常大。依據 1951 年地震變形帶（東側變形帶）位置（楊蔭清，1953），由中正路以南區段並不位在崖坡下，而是位於較西側的平坦區域（中正路至公園路），之後於花崗國中（公園路與明禮路路口）轉向地形

高區的花崗山之上，此構造線型似乎無法從構造地形的觀點解釋斷層跡的構造意義。因此，本研究乃以構造地形的特徵為依據，在花崗山西側的崖坡下進行古地震槽溝挖掘，印證此崖坡是否為米崙斷層跡位置。所以中正路以南區域，本研究是依循構造地形崖的位置進行 e-GPS 測量。

本研究沿著米崙斷層跡進行五處的地質鑽探，兩處排鑽，以及兩個古地震槽溝。地質鑽探位置於七星潭、東華大學（2 處）、大陳新村、花崗山西坡，排鑽與古地震槽溝都與花崗山西側崖坡的鑽探位置相同（圖 1）。



圖 1、1951 年地震地表變形帶位置，橘線位置與明禮國小以北紅線的位置；紅線為地形崖位置及 e-GPS 量測位置。(TWD97)

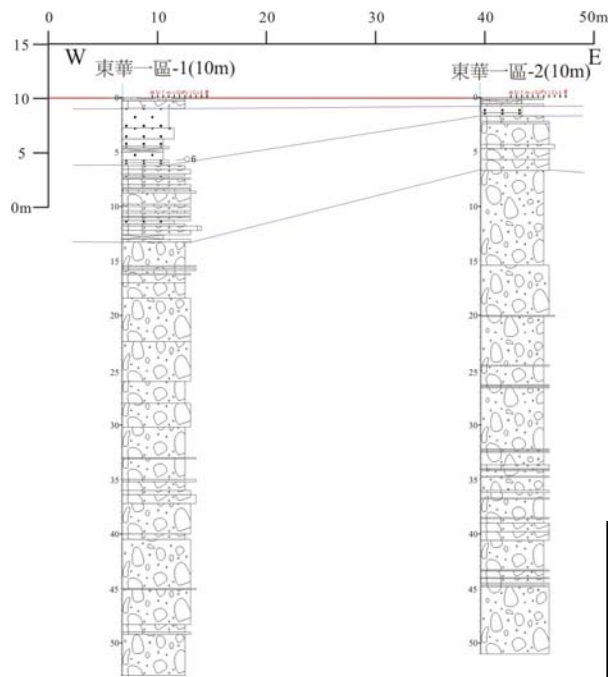
● 七星潭鑽井

七星潭鑽井場址位在東華大學通往七星潭華西路的最北端，華西路東側台地上方，米崙斷層的東側（圖 1）。此地點位在斷層崖坡之上，利用一口 50 公尺深的鑽井，調查斷層上盤地層是否屬於晚更新世米崙礫岩，或全新世礫石層；由於下盤位於空軍基地內，所以無法進行鑽井（現正在道路拓寬）。

七星潭一號井的岩性分為兩層，上層為顆粒支持結構的礫石層，不含基質，淘選度極佳，外形圓度極佳，屬於全新世的海灘礫石，與現今七星潭海岸礫灘的礫石岩性相似。下層為砂泥質礫石層，稍有膠結，呈基質顆粒支持結構礫石層，含有許多黑色片岩，與上層礫石層岩性有很大差異。淘選度極差，礫石為次圓狀至次角礫狀，屬於河流環境。本層層面已傾斜，應為米崙礫岩層。其與上層的海灘相礫石層呈交角不整合關係。此層中亦局部分布剪切構造。雖然，本計畫未於斷層西側（空軍機場）進行鑽井，但從井深 14.4 公尺處出露米崙礫岩而言，此線形崖應為米崙斷層位置。

● 東華大學

東華大學鑽井地點位在校區最北側，地形呈現一高約 1.5 公尺崖坡（東華二區），以及大門水塘南側（東華一區）。



東華一區岩芯的岩性，大致上可以分為三層，上為砂層，中為砂礫層，下為基質支持的砂泥質礫石層。沉積層對比如圖 2。

圖 2、東華一區一號與二號鑽井岩芯對比。

東華二區鑽井位於校園北側，位在斷層崖之上。東華二區鑽井岩芯岩性大致可分為兩層，上為砂礫石層，下為粗砂層。兩層界面的垂直位差約 10 公尺（圖 3），可能受到斷層的活動造成崖坡上的變形所致。

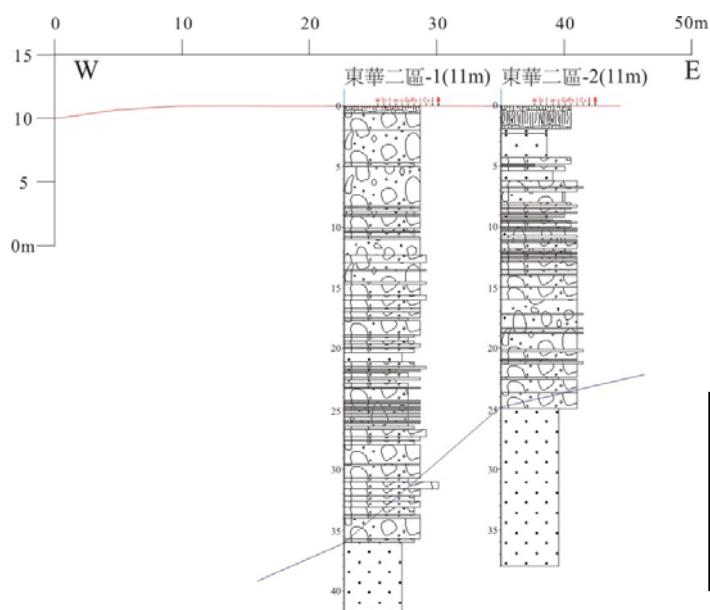
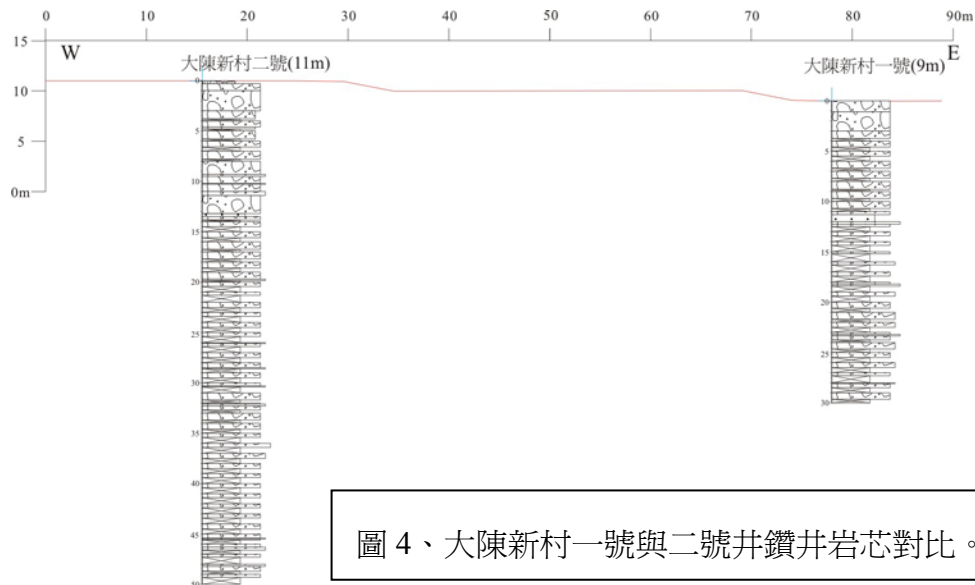


圖 3、東華二區一號與二號鑽井岩芯對比。

- 大陳新村

大陳新村位在美崙山北端斷層帶通過區域，由於呈現低窪地形，無法明確指示斷層跡位置，因此本研究嘗試以鑽井方式探勘可能斷層跡位置。採取的沉積物岩性為未膠結的礫石層，屬於含砂層夾小礫石層，基質沉積物大都在鑽取過程中遭沖洗。從岩性研判應屬於全新世的海灘相與河流相的砂層與礫石層。由岩性推測應屬於斷層西側堆積的沉積層。大陳新村一號與二號井都屬於礫石層，由於鑽取率不佳所以沉積層無法精確對比（圖 4）。



- 花崗山（軒轅派出所後側）

本場址位在花崗國中南側，軒轅派出所後側的崖坡，地形特徵屬於花崗山西側崖坡下，在崖坡上下兩側進行兩口鑽井，同時在此地點的兩處槽溝兩側配合各四口排鑽（圖 5）。

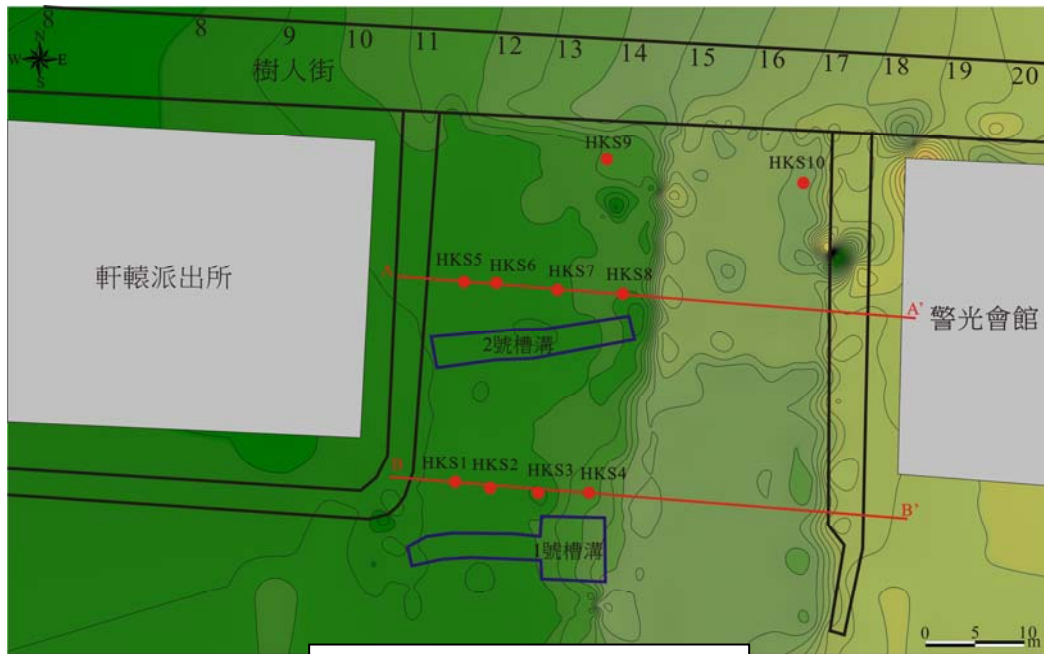
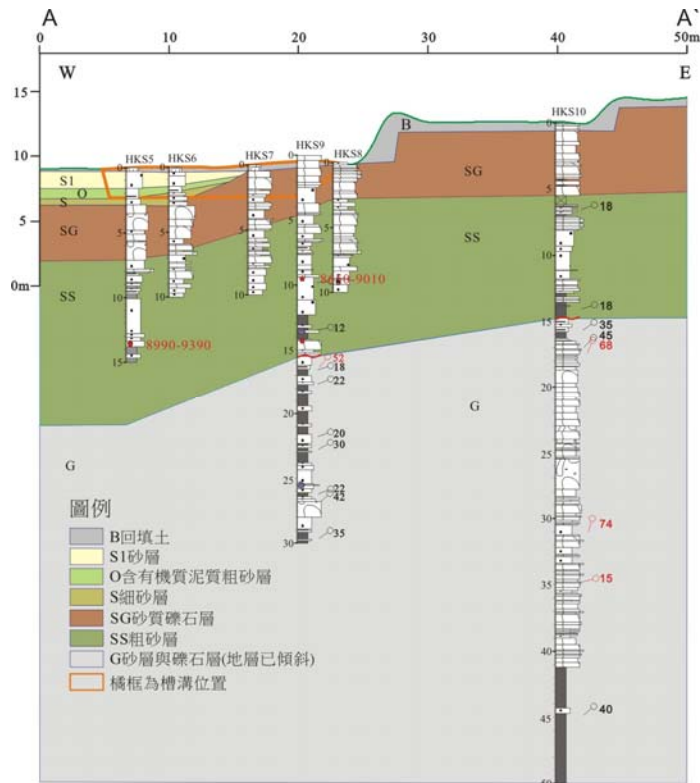


圖 5、槽溝與鑽井位置圖。

本場址的沉積層岩性可分為七層，由上而下，表層都屬於回填土（B層），以下為淘選度佳的粗砂層（S1層）、含有機質泥質粗砂層（O層）、選度佳的細砂層（S層）、基質支持結構的礫石層夾砂層（SG層）、選度佳的海相含貝類的粗砂層（SS層），之下為地層已傾斜的砂礫層（G層）。槽溝剖面的地層僅挖掘至SG層。另外，槽溝剖面中的S層又可以細分為S2砂層、M1泥層砂層與S3砂層。

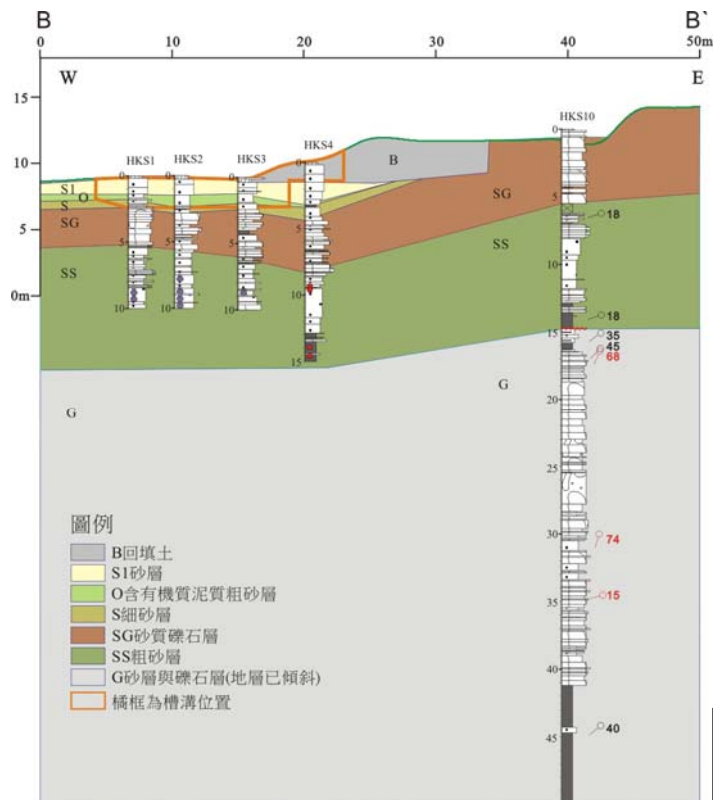
A-A'剖面中，於花崗山五號至八號井之間SG層與SS層界面對比，顯示之間呈現垂直位差有4.7公尺（圖6）。顯示在SG層或SS層沉積之後或沉積當時已經受到構造作用影響。花崗山九號至十號井的SS層與G層之間形成一交角不整合的沉積關係，SS層的地層傾斜角度約12-18度，而之下G層的地層傾斜角度較大。花崗山九號的G



層的地層傾斜角度約
18-35 度，花崗山十號的
G 層的地層傾斜角度約
35-45 度；此外兩井中都
具有局部的剪切構造。

圖 6、花崗山 A-A' 鑽井剖面。

B-B' 剖面中，S1 層、O 層、S 層、SG 層與 SS 層都朝東逐漸變深
且傾斜（圖 7），經過崖坡之後與花崗山十號的對比，顯示地層受到



變動呈現抬升與朝西傾
斜，SG 層與 SS 層界面的
高差為 3 公尺（花崗山
一號與十號井），表示
崖坡之下（西側）地層
已受到擾動。

圖 7、花崗山 B-B' 鑽井剖面。

本計畫在花崗山西側崖坡下進行兩處古地震槽溝的挖掘，兩處槽溝相距約 18 公尺（圖 5）。兩槽溝剖面出露沉積層層序相同，各可以分辨出七層沉積層，分別為 B 層（B1 與 B2）、S1 層、O 層、S2 層、M1 層、S3 層、SG 層。

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

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

O 層為灰黑色泥質砂層，含大量有機物質，厚度約 30-50 公分。由年代分析結果，O 層的沉積年代為 660 yr BP 至近代(<300 yr BP)。

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

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

S3 層為淘選度良好的中粒砂層，夾有透鏡狀粗粒砂層，層面同 M1 層。碳十四定年年代為 1820-1630 yr BP。

SG 層為礫石層，礫石直徑約 1-3 公分，淘選度良好，屬河流環境，出露在兩處槽溝的最底層，層面亦同 M1 層。

■ 花崗山一號槽溝

花崗山一號槽溝位於場址南側，全長約 19 公尺，深度 2-3 公尺（圖 8）。槽溝剖面的地層結構，呈現 M1 層以下的沉積層在槽溝的中央都呈現褶皺變形，地層朝東傾斜約 20 度。之上堆積的 S2 層，超覆堆積在 M1 層之上，呈交角不整合關係。顯然在 M1 層沉積之後，地層受到構造活動而褶皺變形。M1 層朝東傾斜之後，則逐漸變為平緩，垂直變形高度差約 120 公分。超覆堆積在 M1 層與 S2 層之上的 O 層呈現水平狀態，沒有變形。

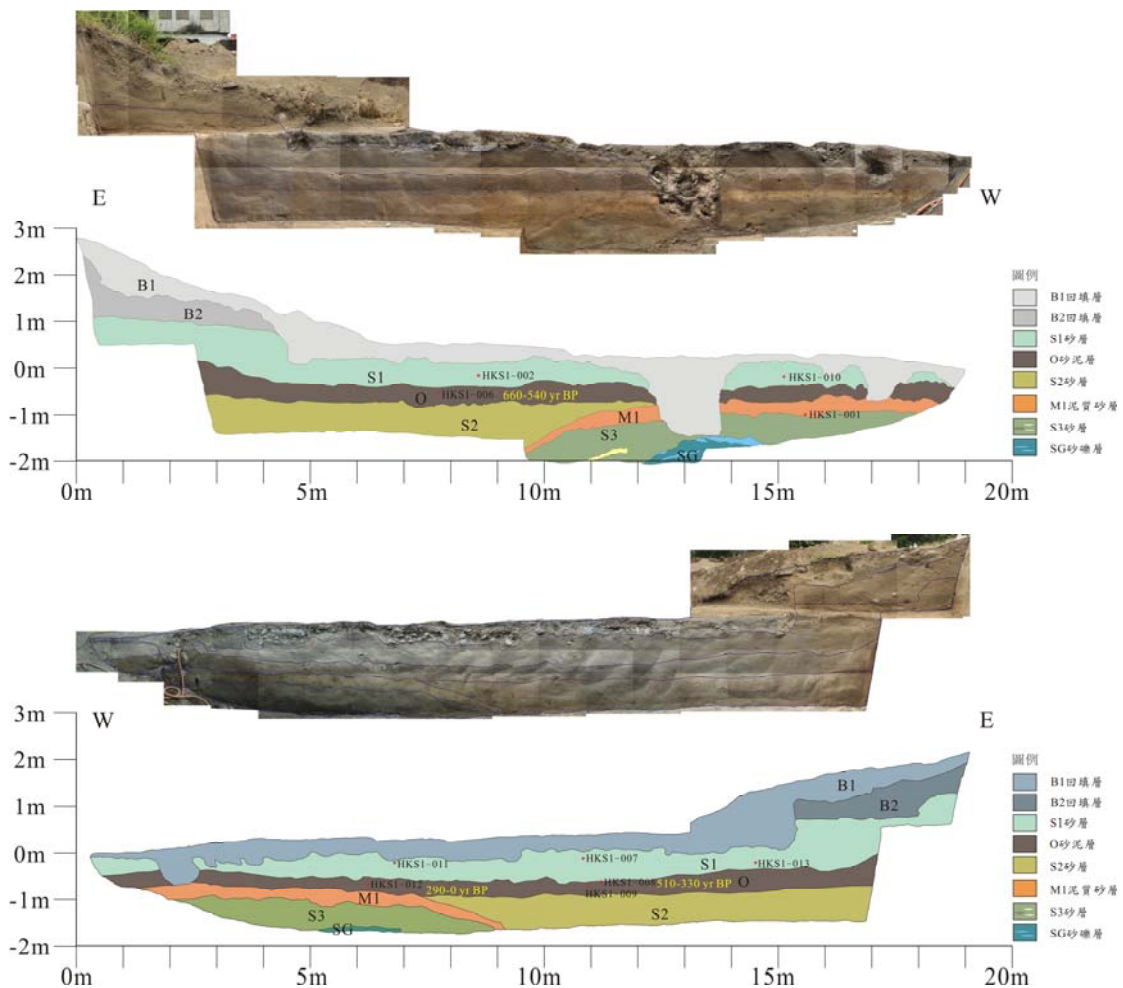


圖 8、花崗山一號槽溝；上圖為南牆剖面，下圖為北牆剖面。

■ 花崗山二號槽溝

花崗山二號槽溝位於此場址北側，全長約 19 公尺，深度 2 公尺（圖 9）。由於此處地表受到人為擾動，且擾動深度較深範圍較大，乃至部份地層的延伸性不清楚。從槽溝剖面呈現的完整性而言，北牆保存較佳。從北牆剖面來看，與花崗山一號槽溝剖面呈現同樣的結構，M1 層以下地層呈現褶皺彎曲，但沉積層傾斜方向相反，朝西傾斜約 20 度。S2 層同樣超覆堆積在 M1 層之上，O 層超覆堆積在 M1 與 S2 層之上，但是在東側褶皺上盤的高度顯然高出下盤約 70 公分，似

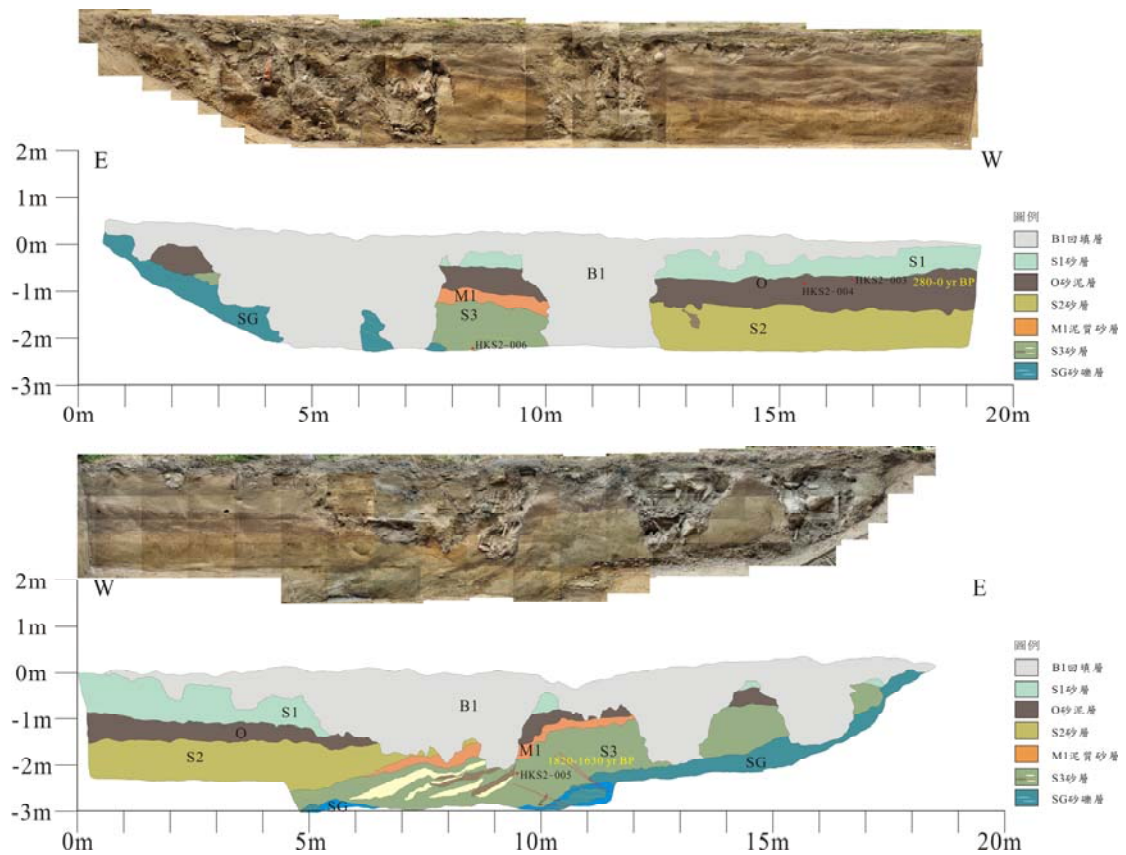


圖 9、花崗山二號槽溝；上圖為南牆剖面，下圖為北牆剖面。

乎在 0 層沉積之後還受到構造的變動；而 SG 層的高度差也至少有 300 公分。

米崙斷層的斷層跡位置應沿著米崙台地、米崙山與花崗山西側的崖坡。從槽溝地層剖面分析，約 1820-1630 yr BP (HKS2-005) 以來，至少造成斷層東側形成 4 公尺 (SG 層) 的高差 (長期抬升速率 >2.45 mm/yr)。<300 yr BP 以來，垂直變形量至少 80 公分 (0 層)。

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

新竹斷層

本計畫針對新竹斷層之斷層跡進行 e-GPS 測量。依據新竹斷層沿線的地形特性，本研究劃分為三個區域進行調查研究與討論，一、頭前溪河床，由芎林至赤土崎。二、頭前溪以西，由赤土崎經新竹市區，至新竹教育大學。三、由新竹教育大學至美山海岸（圖 10）。

芎林至赤土崎區段：由於頭前溪的侵蝕以及近代沖積層的堆積，此區段沒有呈現任何斷層造成的新期構造地形特徵，僅由之前在頭前溪河床的鑽井岩芯資料及河床露頭來研判斷層跡可能位置。研判斷新竹斷層位於經國大橋井與新竹 1 號井之間，兩井間距約 100 公尺（圖 11）。

頭前溪以西，由赤土崎經新竹市區，至新竹教育大學：此區域的斷層崖地形非常明確，並且有局部地點的鑽井岩芯控制，斷層跡位置較為明確。

新竹教育大學至美山海岸：此區斷層崖地形也非常明確，局部地點也有鑽井岩芯控制，所以斷層跡位置較明確。

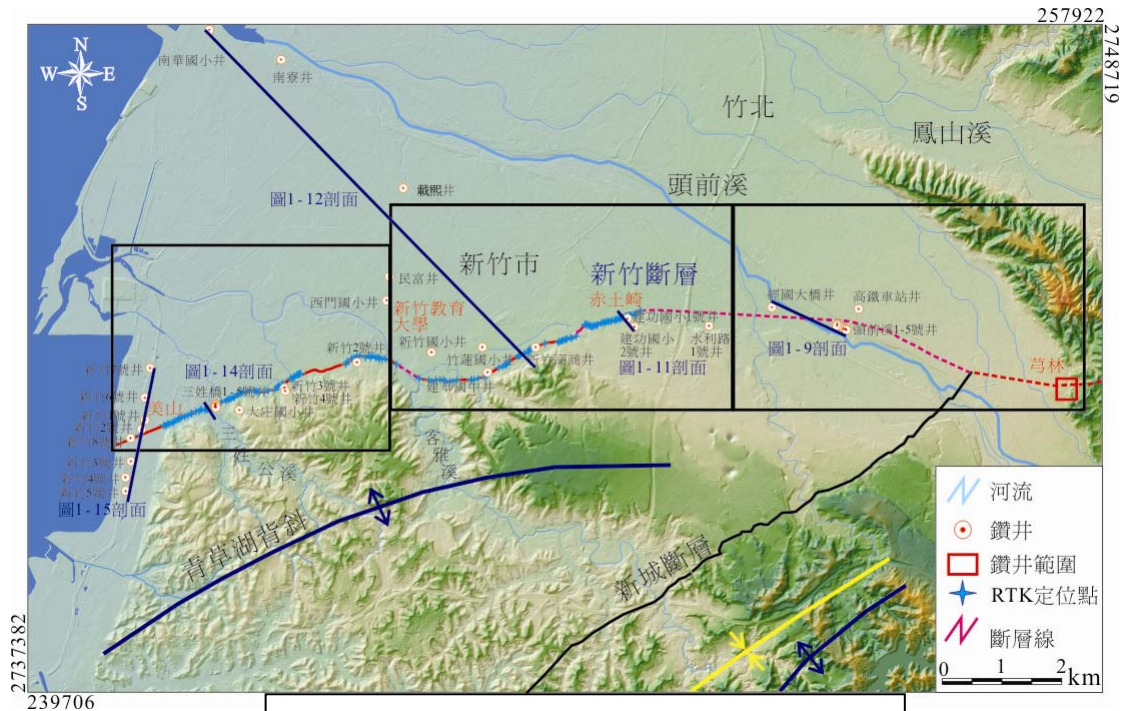


圖 10、e-GPS 量測位置與鑽井位置圖。

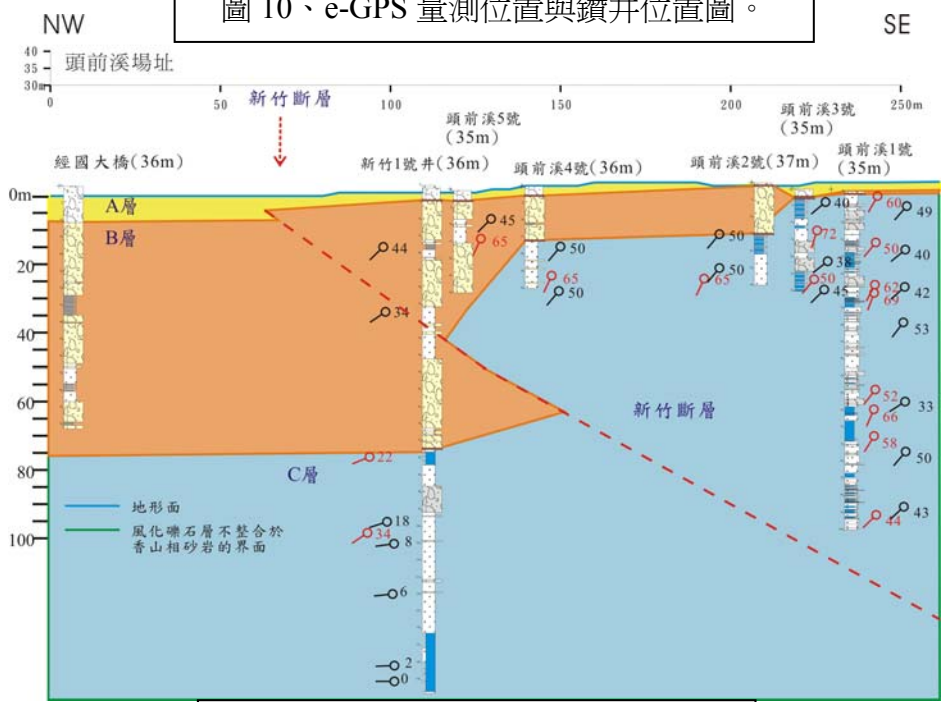


圖 11、頭前溪場址，鑽井剖面圖。

本區域的鑽井場址選擇了三處地點，一位於芎林，另二處位於新城斷層（或新竹斷層）最東端的東光與十六張階地崖兩側（圖 12）。

芎林場址：芎林 1 號井位在階地崖南側，芎林 2 號井位在北側

(推測位於下盤)。兩井的頭嵛山層地層位態幾近水平，與鄰近露頭的位態相近，地層中有些微剪切構造。由兩井的地層位態與地層產狀分析，研判斷層沒有通過兩井之間（圖 13）。

東光場址：東光 1 號井位在階地崖南側（上盤），2 號井位在北側（下盤）。兩井下層的頭嵛山層砂礫層的高差約 12.5 公尺。上盤的東光 1 號井中具有剪切構造，研判此階地崖是受到新城斷層（或新竹斷層）作用產生的斷層崖。從崖坡走向垂直河流的流向，顯示此崖坡應不是受到河流侵蝕所造成（圖 14）。

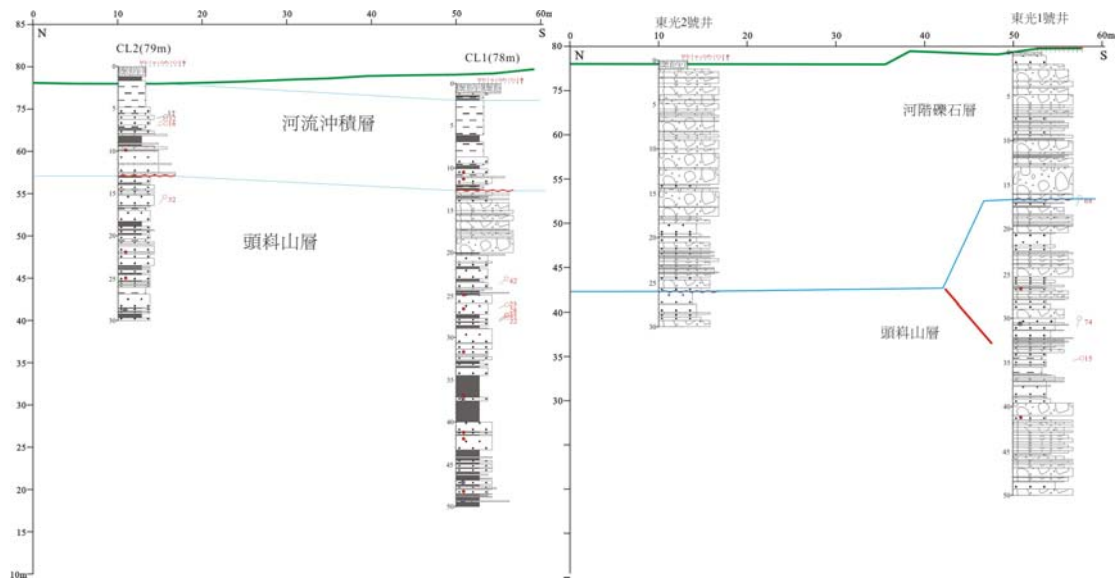


圖 13、芎林場址鑽井剖面圖。

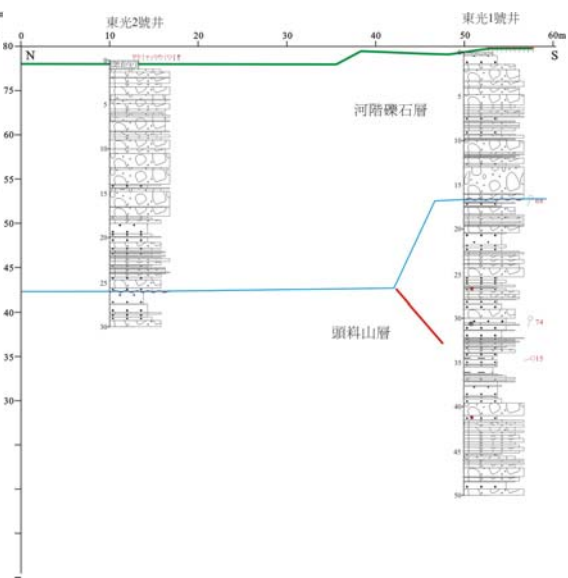


圖 14、東光場址鑽井剖面圖。

十六張場址：十六張場址位在東光場址東側約 1 公里，位於新城斷層與大平地斷層的交會處。十六張 1 號井位於新城斷層上盤，表層覆蓋 1.1 公尺的河階礫石層，不整合面之下為受到強烈剪切作用的岩盤，依岩性研判為桂竹林層（大埔層）。十六張 2 號井位於新城斷

層下盤，岩性為礫岩層，地層傾角約 20 度，屬於頭嵛山層。從斷層兩側的十六張 1 號與 2 號井的岩層關係，顯示桂竹林層（大埔層）逆衝覆蓋在頭嵛山層之上（圖 15）。

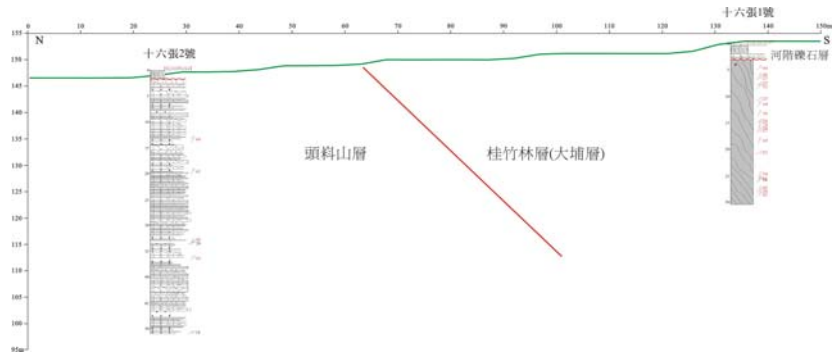


圖 15、十六張場址鑽井剖面圖。

旗山斷層

本計畫利用高雄地區的鑽井岩芯判讀旗山斷層的可能位置以及斷層的長期抬升速率。本計畫重新紀錄大社地區的 23 口鑽井，經碳十四定年與沉積環境解析，來估算各井位的長期抬升速率；並且利用之前在高雄都會區的鑽井研究（宋時驊，2001），推測旗山斷層跡位置。先前地調所在這區域以排鑽方式進行旗山斷層調查，因此本研究也利用這些排鑽，以岩芯柵狀剖面方式探討各排鑽剖面是否橫跨旗山斷層，以及長期抬升速率。這區域共有 6 個排鑽剖面，保安宮剖面、嘉誠剖面、大社 A 剖面、大社 B 剖面、仁雄剖面與澄清湖剖面。

保安宮剖面：保安宮剖面共有 2 口井，地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 16）。由於下層屬於更新世崎頂層，研判保安宮剖面位於旗山斷層下盤區域。

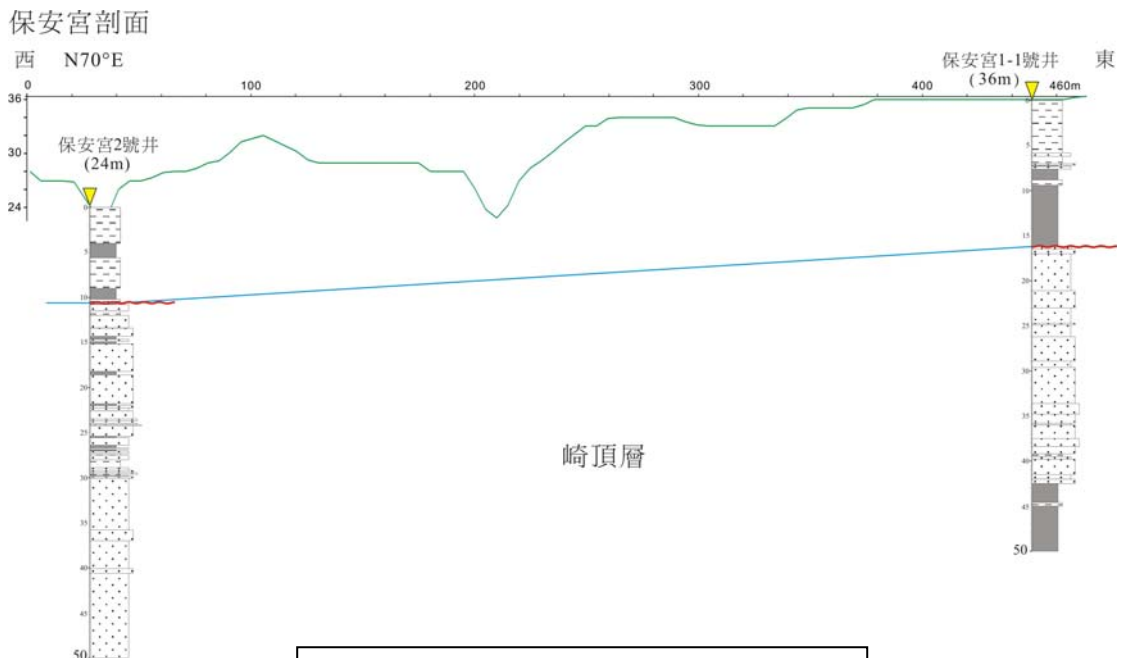


圖 16、保安宮剖面岩芯柵狀圖。

嘉誠剖面：嘉誠剖面共有 3 口井，地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖

17)。從嘉誠剖面 KH92-G01 井與嘉誠 1 號鑽井的碳十四定年資料分析，其 7500 yr BP 的時間面沒有高度差，且長期抬升速率也相同。由於下層都屬於更新世，所以嘉誠剖面也位於旗山斷層下盤區域。

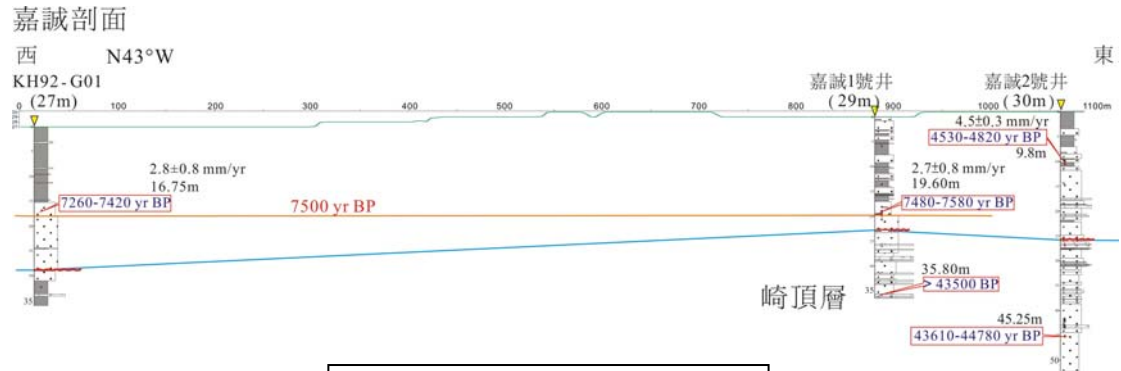


圖 17、嘉誠剖面岩芯柵狀圖。

大社 A 剖面：大社 A 剖面共有 7 口井，地層分三層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層與晚中新世烏山層，全新世沉積層不整合在崎頂層與烏山層之上（圖 18）。從岩盤地層的研判，顯然旗山斷層通過 KH92-G02 井與 KH92-G03-F 井之間。

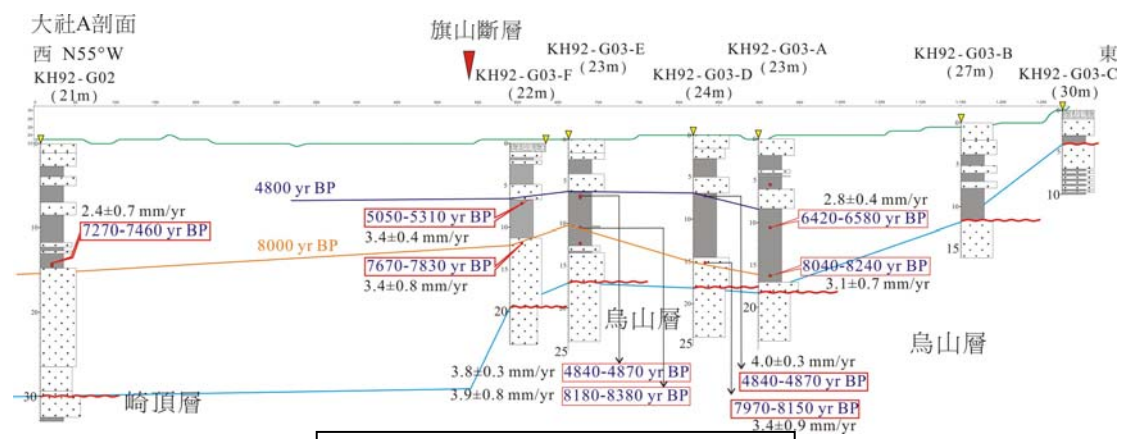


圖 18、大社 A 剖面岩芯柵狀圖。

大社 B 剖面：大社 B 剖面共有 3 口井，地層分為三層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層與晚中新世烏山層，全新世沉積層不整合在崎頂層與烏山層之上（圖 19）。從岩盤的地層研判，顯然旗山斷層通過大社 2 號井與 KH92-G03 井之間（圖 19）。

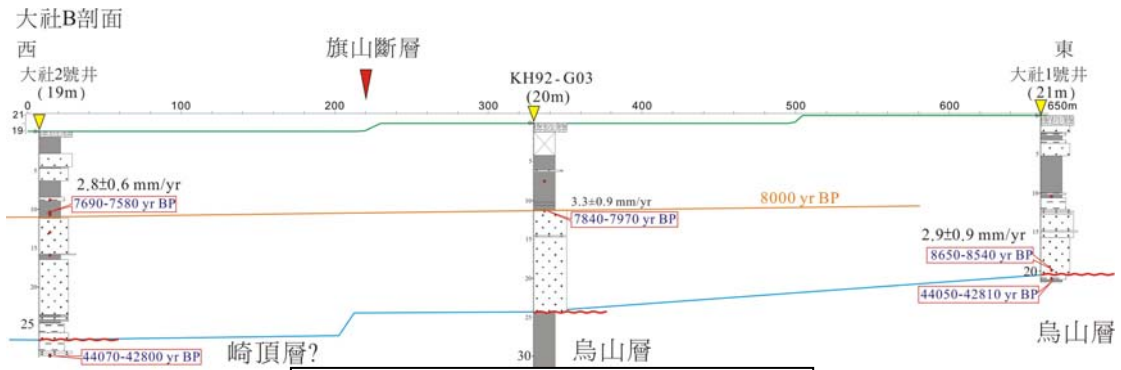


圖 19、大社 B 剖面岩芯柵狀圖。

仁雄剖面：仁雄剖面共有 2 口井，地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 20）。由於下層岩盤都屬於更新世崎頂層，所以仁雄剖面位於旗山斷層下盤區域。

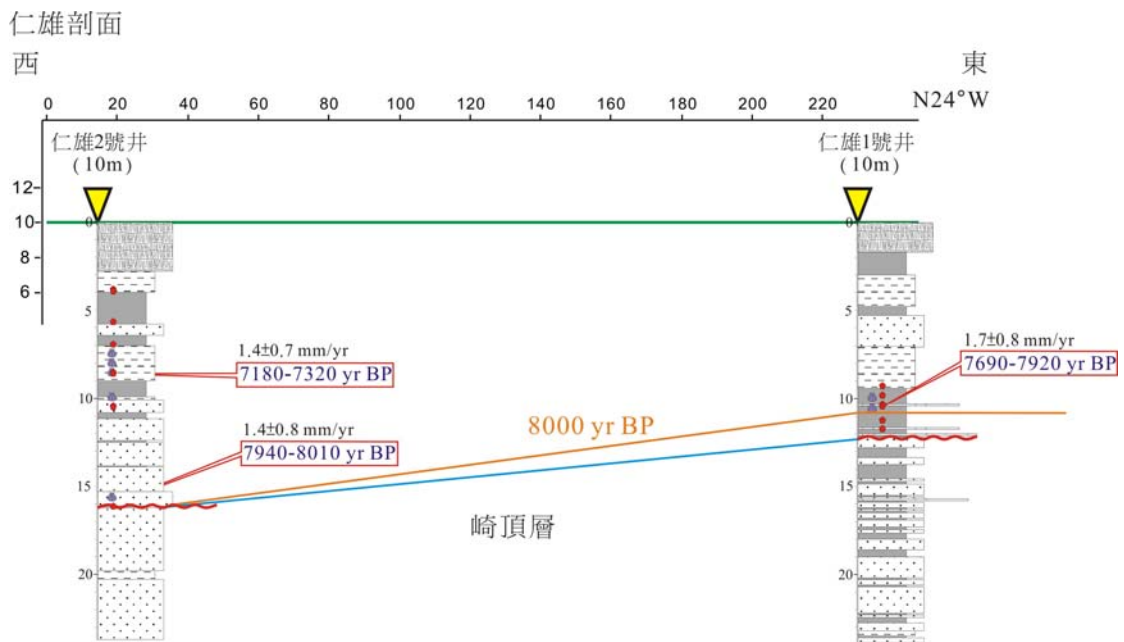


圖 20、仁雄剖面岩芯柵狀圖。

澄清湖剖面：澄清湖剖面有 3 口井，地層分兩層，上層為全新世海相沉積層，下層為更新世崎頂層，全新世沉積層不整合在崎頂層之上（圖 21）。由於下層岩盤都屬於更新世崎頂層，所以澄清湖剖面位於旗山斷層下盤區域。

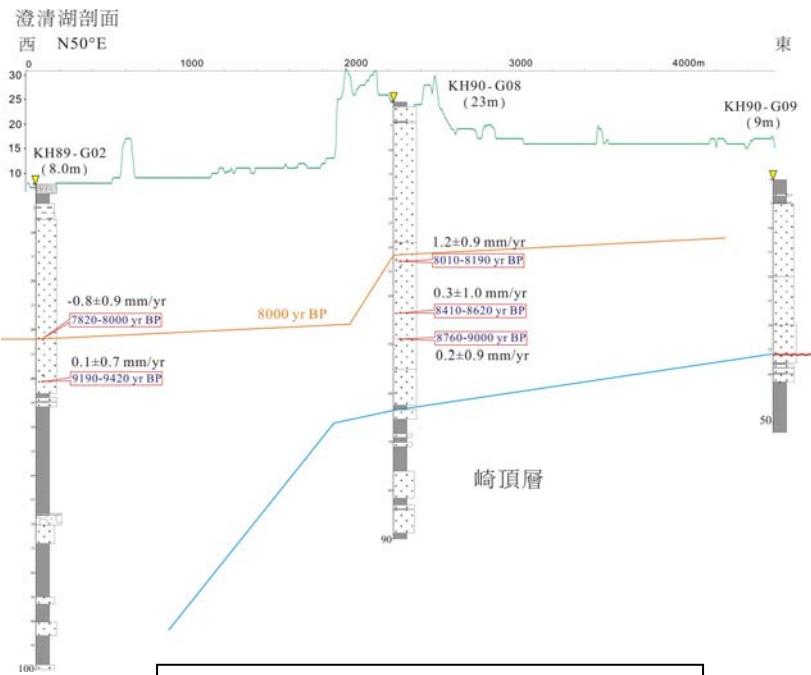


圖 21、澄清湖剖面岩芯柵狀圖。

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

從地表或井下的岩盤特性分析結果，研判旗山斷層由北向南延伸，經大社 A 與 B 剖面之間，之後轉向南經澄清湖東側與大社丘陵之間凹谷，再沿著鳳山丘陵西側進入海域。而澄清湖西側前緣應還存在一分支斷層（圖 22），造成澄清湖附近的丘陵地形，以及相較西側都會區為快速的抬升速率。

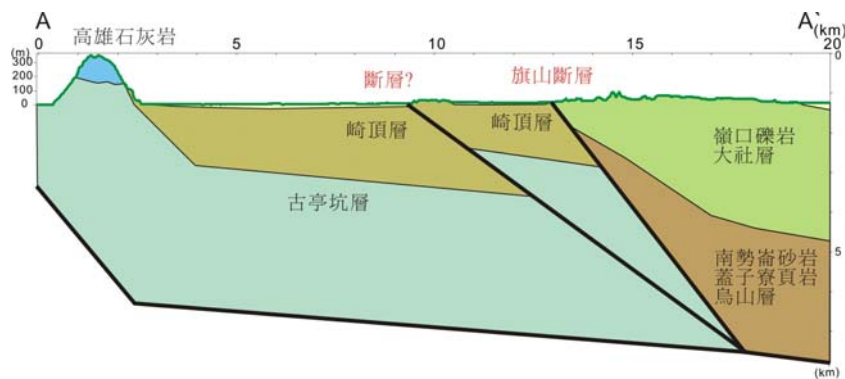


圖 22、高雄地區地下構造剖面示意圖。

龍船斷層

本研究針對龍船斷層調查分為北中南三個區域。

北段區域：為龍船背斜與小滾水背斜於軸部產生一逆衝斷層構造（圖 25），此斷層於北側稱龍船斷層，西南側稱古亭坑斷層。斷層兩側地層都屬於古亭坑層泥岩，依據超微化石研究顯示斷層上盤（東側）地層較老，屬於晚期中新世烏山層（吳榮章與梅文威，1985；吳沂全等，1993）。北側龍船背斜上盤的烏山層延伸至南側逐漸尖滅消失，小滾水背斜軸部沒有出露烏山層，地層為古亭坑層。

中段區域：屬於古亭坑層泥岩，斷層跡不明顯，但兩側岩層位態明顯不同，斷層西南側岩層呈西北走向朝西傾斜；東北側呈西北走向朝東傾斜。西南側的構造呈現一向斜，為南安老向斜，東北側亦為向斜，稱木柵向斜；兩個向斜軸的錯距約 5 公里，呈現右移作用。

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

本研究認為南北兩段的背斜軸部破裂斷層應屬於不同的斷層，

這兩段斷層都可以朝南與朝北延伸（圖 24）。北段龍船斷層向西南延伸可以連接古亭坑斷層（中油公司，1989）；北段龍船背斜同樣地朝西南延伸可連接小滾水背斜。依據此構造，北段龍船斷層與古亭坑斷層，屬於相同錯距與構造特性的斷層，龍船背斜與小滾水背斜也屬於同一背斜構造。原來畫為南段的龍船斷層（車瓜寮斷層），朝東北可以繼續延伸至旗山鎮西側，與斷層跡相同位置的背斜構造（車瓜寮背斜）同樣朝東北延伸至旗山鎮西側。從斷層結構而言，應是分屬於兩條不同的斷層。中段的龍船斷層，只是連接這兩條斷層的橫移斷層。

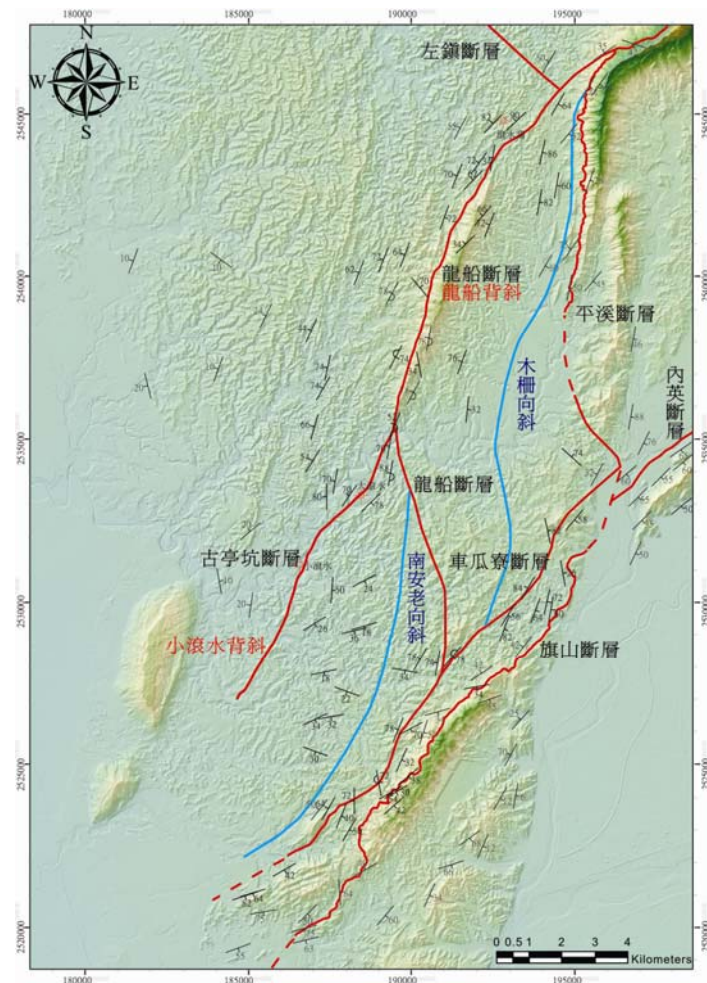


圖 24、鄰近龍船斷層與旗山斷層區域的構造地質圖。各斷層線都經由本計畫重新調查測繪，斷層名稱依據台南圖幅（中油公司，1989）。紅色實線與虛線為斷層；藍色線為向斜。岩層位態皆為本研究的調查資料。

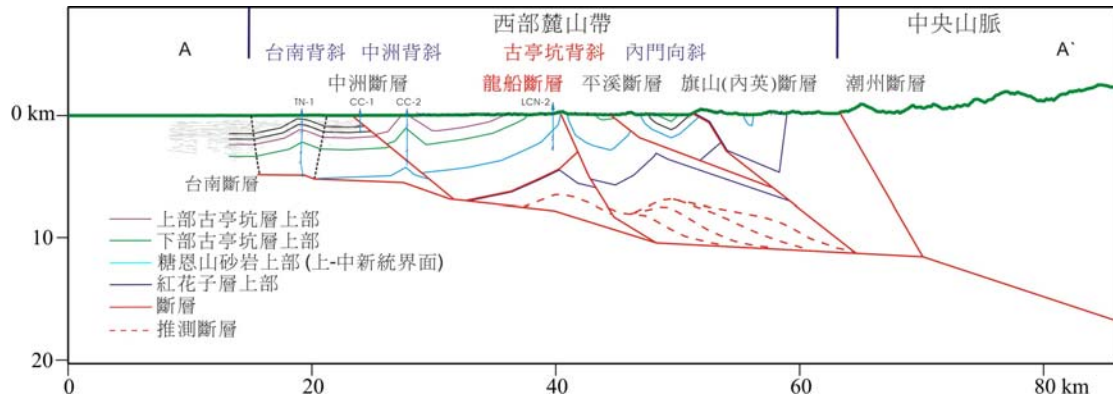


圖 25、古亭坑地區地質剖面示意圖。

參考文獻

中油公司台探總處（1978）十萬分之一台灣地質圖，桃園－新竹幅。

中油公司台探總處（1994）十萬分之一台灣地質圖，苗栗幅。

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

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

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

石瑞銓、王維豪、李元希（2009）地震地質與地動潛變分析一段層帶地下構造調查研究（3/4）。經濟部中央地質調查所報告，第 98-11 號，共 137 頁。

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

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

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

吳沂全、陳永隆、吳健一、宣大衛、吳榮章、陳煥彩（1993）龍船地區地層壓力梯度之

- 估算。探探研究彙報，第 16 期，396-411 頁。
- 吳榮章、梅文威（1985）高雄縣旗山至鳳山地區新第三紀及第四紀地層之生物地層與古沉積環境。探探研究彙報，第 8 期，58-75 頁。
- 宋時驊（2001）末次冰期以來高雄地區沉積層序之研究。國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，共 122 頁。
- 林啓文（2005）臺灣北部新城斷層與新竹斷層的一些構造特性。經濟部中央地質調查所特刊，第16號，41-54頁。
- 林啓文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧（2007）台灣北部的活動斷層。經濟部中央地質調查所特刊，第 19 號，共 130 頁。
- 林朝榮（1957）臺灣地形。台灣省文獻委員會出版，共 424 頁。
- 林燕慧、陳盈璇、侯進雄（2010）台灣西北部之地殼變形研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 24 號，171-188 頁。
- 洪瑛鈞、尤仁弘、林志平、廖志中、胡賢能、張振成（2006）地電阻剖面影像探測在新竹斷層調查之應用。岩盤工程研討會論文集，559-568 頁。
- 倪明倫（2004）新竹苗栗地區活動斷層地下構造震測調查研究。國立中央大學地球物理研究所碩士論文，共107頁。
- 徐兆祥、李重毅、李錦發、張淪龍、毛爾威（1997）臺灣西北東南向平移斷層及其地體構造意義，中國地質學會八十六年年會大會手冊及論文摘要，第309-312頁。
- 徐鐵良（1955）臺灣的地震。臺灣銀行季刊，第 7 期，39-63 頁。
- 陳文山、游能悌、楊小青（2009）地震地質與地變動潛勢分析計畫－斷層長期滑移速率與再現週期研究（4/4）。經濟部中央地質調查所報告第99號，99-5226904000-01-01。
- 陳文山、游能悌、楊小青（2010）重要活動斷層帶構造特性調查研究計畫斷層活動特性分析與評估(1/4)。經濟部中央地質調查所報告第100號，100-5226904000-05-03。
- 陳建良、林啓文、侯進雄（2008）臺灣西北部桃竹苗地區地殼變形初步研究。經濟部中央地質調查所特刊，第20號，223-251頁。

- 游明聖 (1995) 臺東縱谷北段(花蓮-瑞穗)活動斷層研究。經濟部中央地質調查所研究發展計畫 84-15, 共 51 頁。
- 黃旭燦、楊耿明、吳榮章、丁信修、李長之、梅文威、徐祥宏 (2004) 台灣陸上斷層帶地質構造與地殼變形調查研究(5/5)—新城斷層及其附近地區, 經濟部中央地質調查所報告, 第93-13號, 共72頁。
- 塗明寬、陳文政 (1990) 中壢圖幅及說明書。五萬分之一臺灣地質圖及說明書, 第 7 號, 第二版。經濟部中央地質調查所出版, 共 53 頁。
- 塗明寬、陳文政 (1991) 竹東圖幅及說明書。五萬分之一臺灣地質圖及說明書, 第 13 號。經濟部中央地質調查所出版, 共 87 頁。
- 楊耿明、吳榮章、丁信修、王佳彬 (1994) 竹苗麓山帶地下地質構造與油氣儲集。中油探採研究彙報, 第17期, 42-53頁。
- 楊貴三、蔡怡真 (2004) 臺灣北部新竹與新城斷層之地形學研究。經濟部中央地質調查所特刊, 第十四號, 25-35 頁。
- 楊蔭清 (1953) 四十一年來之花蓮地震。台灣文獻, 創刊號, 67-71 頁。
- 楊蔭清 (1953) 四十一年來之花蓮地震。台灣文獻, 創刊號, 67-71 頁。
- 鍾瑋 (2005) 桃園—新竹地區 GPS 衛星測量之初步研究。國立臺灣大學地質科學研究所碩士論文, 共 80 頁。
- 饒瑞鈞、余致義、洪日豪、胡植慶、李建成、詹瑜璋、許麗文 (2006) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置—活動斷層監測系統計畫 (5/5)。經濟部中央地質調查所研究報告 95-10 號, 共 241 頁。
- Bonilla, M.G. (1977) Summary of Quaternary faulting and elevation changes in Taiwan. *Mem. Geol. Soc. China*, 2, 43-56.
- Chen, R.C., Huang, S.T., Shen, H.C., Chi, W.R. (1994) The Structural Geology Relating to Petroleum Habitats of the Kuanyin and Uplift and Its Neighboring Basins. *Petrol. Geol. Taiwan*, 29, 75-104.
- Chen, Y.G., Shyu, J.B.H., Ota, Y., Chen, W.S., Hu, J.C., Tsai, B.W., Wang, Y. (2004) active

- structures as deduced from geomorphic features a case in Sinchu area, northwestern Taiwan, *Quaternary International*, 115-116, 189-199.
- Chiu, H.T. (1970) Structure features of the area between Hsinchu and Taoyuan, northern Taiwan, *Mem. Geol. Soc. China*, 13, 63-75.
- Chung, C.T. (1963) A study of the geology and petroleum potentialities of the Paoshan and Chingtsaohu area, Hsinchu, *Petrol. Geol. Taiwan*, 2, 221-240.
- Huang, S.T., Chen, R.C., Chi, W.R. (1993) Inversion Tectonics and Evolution of the Northern Taihsi Basin, Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 28, 15-46.
- Lee, C.I., Chang, Y.L., Mao, E.W., Tseng, C.S. (1993) Fault reactivation and structural inversion in the Hsinchu-Miaoli area of northern Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 28, 47-58.
- Namson, J. (1984) Structure of the western foothills belt, Miaoli-Hsinchu area, Taiwan: (III) central part, *Petrol. Geol. Taiwan*, 20, 35-52.
- Tang, C.H. (1963) Geology and oil potentialities of the Hukou Anticline, Hsinchu, *Petrol. Geol. Taiwan*, 2, 241-252.
- Tang, C.H. (1968) Photogeological observations on the low hilly terrain and coastal plain area of Hsinchu, Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 4, 35-52.
- Tang, C.H., Hsu, C.H. (1970) Subsurface geology and petroleum deposits in the Hsinchu area, *Petrol. Geol. Taiwan*, 7, 89-101.
- Yamaguchi, M., Ota Y. (2004) Tectonic interpretations of Holocene marine terraces, east coast of Coastal Range, Taiwan. *Quaternary International*, 115-116, 71-81.
- Yamaguchi, M., Ota Y. (2004) Tectonic interpretations of Holocene marine terraces, east coast of Coastal Range, Taiwan. *Quaternary International*, 115-116, 71-81.
- Yang, K.M., Wu, J.C., Ting, H.H., Wang, J.B., Chi, W.R. (1994) Sequential deformation in foothills belt, Hsinchu and Miaoli areas: Implications in hydrocarbon accumulation, *Petrol. Geol. Taiwan*, 29, 47-74.
- Yang, K.M., Wu, J.C., Wickham, J.S., Ting, H.H., Wang, J.B., Chi, W.R. (1996) Transverse

structures in Hsinchu and Miaoli areas: Structural model and evolution in the foothills belt, northwestern Taiwan, *Petrol. Geol. Taiwan*, 30, 111-150.

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

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