

新化斷層的構造特性與古地震研究

Structural and Paleoseismologic studies of the Shinhua Fault, Southwest Taiwan

陳文山¹ 李錫堤² 石瑞銓³ 楊小青¹ 楊志成¹ 顏一勤¹
劉力豪¹ 張徽正⁴ 侯進雄⁴

Wen-Shan Chen¹, Chyi-Tyi Lee², Ruey-Chyuan Shih³, Hsiao-Chin Yang¹,
Chih-Cheng Yang¹, Yi-Ching Yen¹, Li-Hao Liu¹, Hui-Cheng Chang⁴,
Chin-Shyong Hou⁴

ABSTRACT

Available the 1946 earthquake rupture, tectono-geomorphic, paleoseismic and GPS measurements studies indicate that the Shinhua fault is a right-lateral strike-slip fault. And seismic reflection suggests that the fault displays a broadly extensional fault zone forming a flower structure. By discriminating from the coastal and alluvial deposits in the excavations, we identify three events at the Napalin site. The results of AMS dating show that, besides the recent earthquake event in 1946, two other prehistoric events occurred with an age about 9546-8644 years B.P., 1865-1690 years B.P., respectively.

前言

新化斷層在1946年發生規模6.3地震，斷層走向呈北東70度，為右向的斜移斷層(oblique strike-slip fault)，經調查顯示地表斷層由那荖林向西經玉峰寺與第六公墓之間鞍部，之後向西南至畜產實驗所（張麗旭等人，1947）。實驗所西側的地形不明顯，但依照文獻記載地震斷層經深坑橋至新化北側的中央橋，形成長約6公里的地表破裂。地震之後針對新化

1. 台灣大學地質科學系 (Dept. of Geosciences, National Taiwan University)

2. 中央大學應用地質研究所 (Institute of applied Geology)

3. 中正大學地球與環境科學系 (Dept. of Earth and Environ. Science, National Chung Cheng Univ.)

4. 經濟部中央地質調查所 (Central Geological Survey, MOEA)

斷層的研究並不多，沒有進一步有關資料，因此對於它的特性目前的了解僅限於屬於右向平移斷層。本文目的乃針對新化斷層的古地震研究，調查過程透過地表調查以及彙整鄰近地區的各種相關地下資料來了解新化斷層的性質，同時也參考張麗旭等人（1947）的調查結果。因此，槽溝位置選擇在玉峰寺與第六公墓之間鞍部西側進行古地震槽溝研究。

場址與斷層沿線地形特性

槽溝場址位在玉峰寺與第六公墓之間鞍部的西側，1946年地震斷層通過此鞍部，鞍部東西兩側河谷走向約呈東西向，斷層即沿著河谷向西延伸。地震斷層兩側的地形特徵如下，斷層北側主要為曾文溪的沖積平原；南側為隆起丘陵地與台南台地，顯示斷層兩側地形有顯著差異。另外由河階地形與全新世地層的分布來看，新化斷層南側分布有全新世的海階與河階，以及全新世海相沉積層已隆起形成的台南台地，顯然全新世以來斷層南側地殼呈現抬升與褶皺變形。斷層北側的全新世海相沉積層還位於海岸平原之下，顯然全新世以來還屬於沉降的構造環境（陳文山等人，2004）。

地層與沉積環境

槽溝剖面由下而上的地層層序如下（圖一），槽溝剖面的最下層為沼澤相粉砂與泥互層（M1），泥層中富含草本植物，經碳14定年的年代為9546-8644 yr BP（SH-1）。M1層之上為厚約50公分的淡黃色泥質粉砂層（M2），屬於江灣口環境，從3號槽溝東剖面M2層的碳14年代為3785-3730 yr BP（NBL3-16），以及1號槽溝的年代為4085-3860 yr BP（NBL1-4）。第三層為厚約20-40公分砂層（S），屬於河道沉積物，3號槽溝東剖面的碳14年代為1720-1420 yr BP（NBL3-47）。S層之上為至少厚約2公尺的泥質粉砂層（M3），夾薄層泥層，亦屬於近海岸的沼澤環境，槽溝剖面中出露最厚約3公尺，2號槽溝東剖面的碳14年代為1865-1690 yr BP（NBL2-22）（圖二）。泥質粉砂層之上沉積一套含礫的砂泥沉積層（F），此層呈寬約十數公尺至4公尺不等的槽狀河道構造，槽狀河道沉積層經常下切至下部的泥質粉砂層（M3）與泥層（S）。河道沉積物含大量有機質泥，並夾有薄層呈透鏡狀砂層，槽狀河道底面經常沉積礫石或陶片。由河道的外型與沉積物特性，可區分為三個時期的河道。從2號槽溝東西剖面沉積層的解析，第一期河道沉積物為泥質砂層，夾有透鏡狀淘選度良好的砂層，河道底部含大量的陶片與礫石；2號槽溝的碳14年代為1560-1400 yr BP（NBL2-25）與1530-1330 yr BP（NBL2-26）。第二期河道沉積物含大量的碳質泥，因此

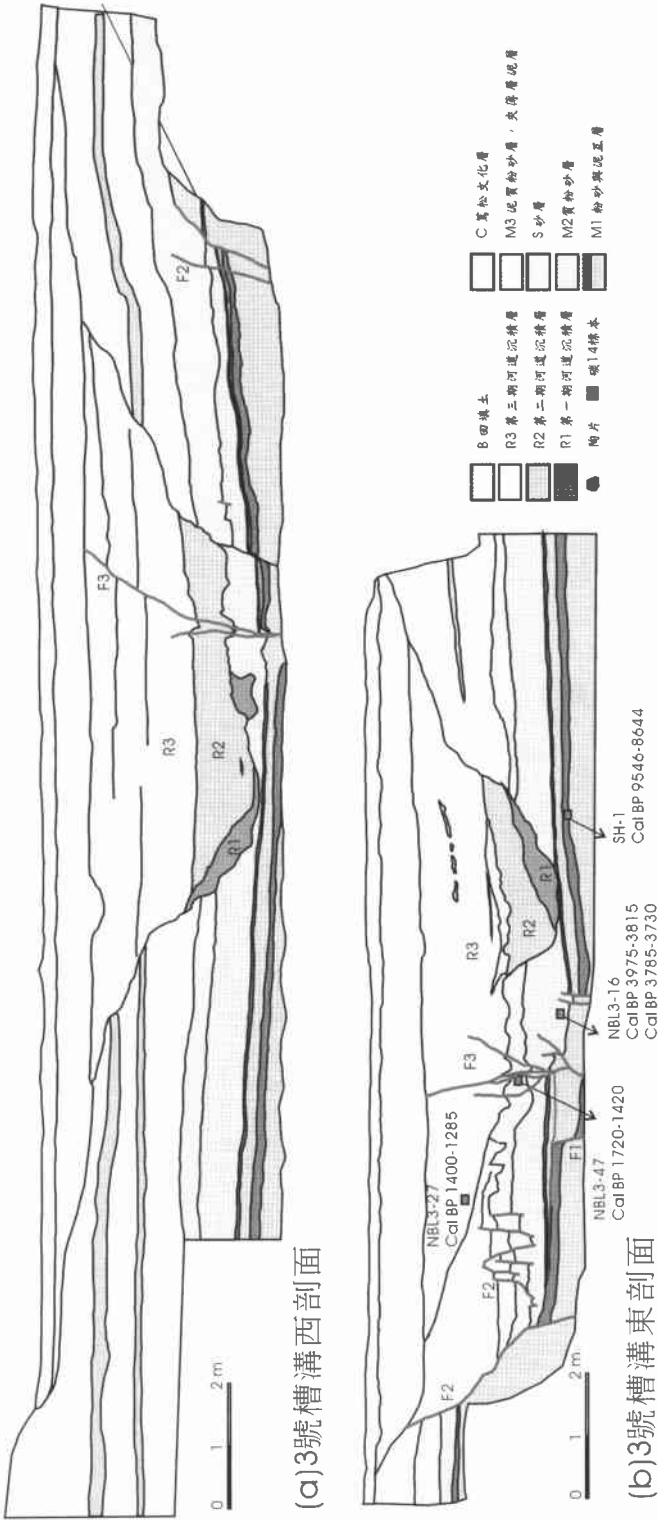
呈黑色的泥層，偶而夾有透鏡狀砂層。第三期河道沉積物為灰色泥，此最後期的河道重疊在前期河道之上，並侵蝕前期河道沉積物，3號槽溝的碳14年代為1400-1285 yr BP (NBL3-27)。

從槽溝剖面中河道位置對比，發現河道具有大幅度的彎曲；鄰近河流亦具有相似的特性，河寬約數公尺，沉積物都含大量植物碎屑的泥與砂層。本研究認為河道形成時期的環境已經屬於曾文溪沉積平原上的小溪流。從剖面的沉積層序分析，沉積環境向上逐漸變淺，由下游近海岸的江灣與沼澤環境轉變為中游的河道環境，從定年資料來看，M1與M2之間呈假整合，有部分沉積層缺失。

構造特徵與古地震事件

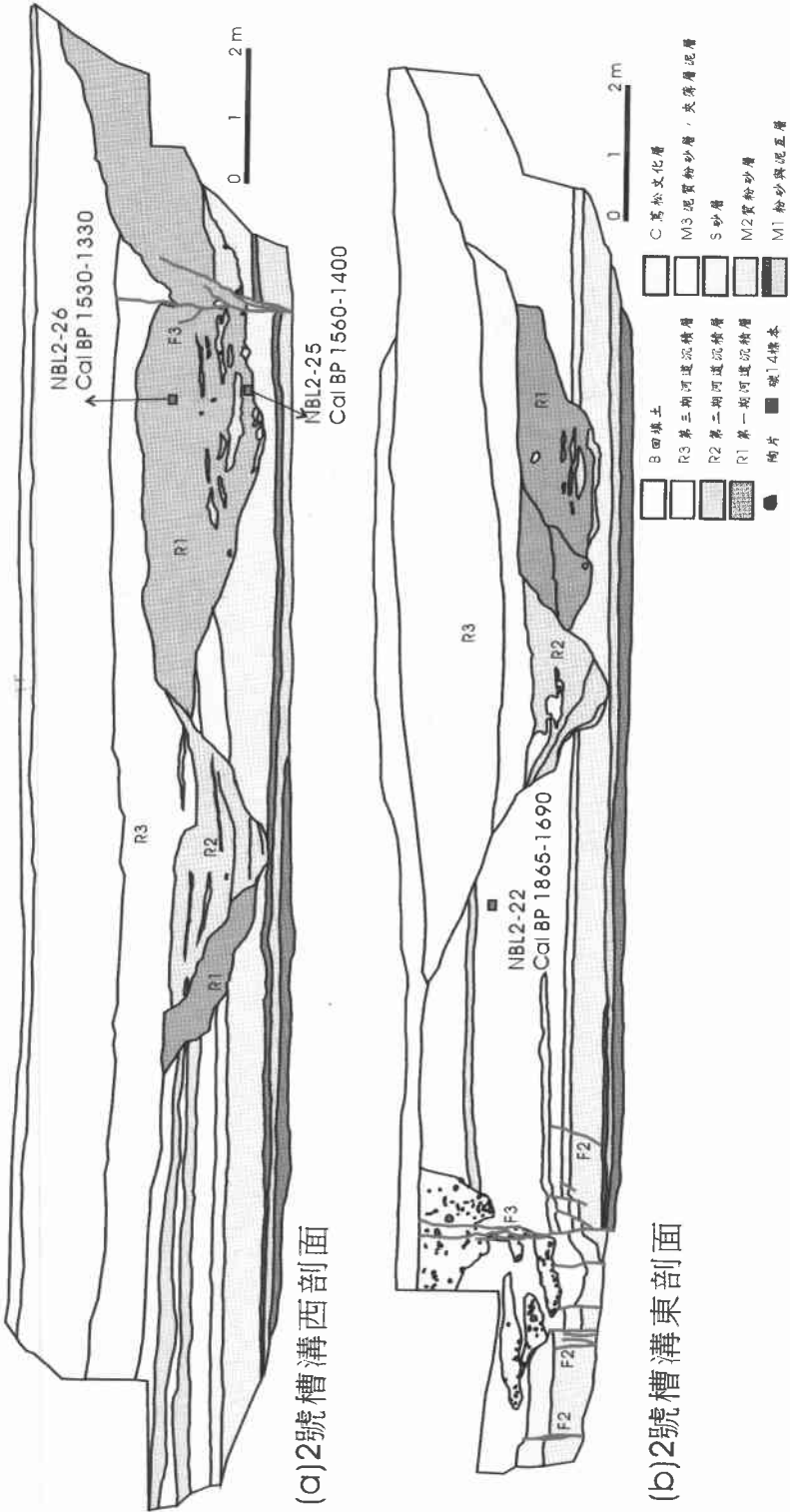
那菽林2與3號槽溝剖面（圖一、二），由沉積層與斷層相互截切關係可以區分三期古地震造成的斷層。第一期的斷層（F1）位於3號槽溝東剖面底部，斷層截切富含草本植物的M1泥層，造成約45公分的垂直錯移，南側為下降側，之後被兩層數公分泥層覆蓋，顯示斷層形成薄泥層沉積之前（圖一）。目前薄泥層沒有定年資料，因沉積環境與M1層相似，因此本研究推論F1斷層約發生於9546-8644 yr BP。第二期斷層（F2）在2與3號槽溝中普遍發現，F2斷層是由一系列兼具有正斷層作用的構造，形成半地塹的型態，主斷層出現在3號槽溝東剖面的北側，垂直落差約1.6公尺，其餘正斷層的垂直錯距約數十公分至十數公分，從S砂層的變形顯示主斷層為一傾角朝南的斷層（圖一）。斷層明顯截切至M3泥質粉砂層，因此古地震事件發生年代約為1865-1690 yr BP。第三期的斷層（F3）截切整個剖面，在3號槽溝截穿河道沉積層，被回填土覆蓋；1號與2號槽溝東剖面截切蔦松文化堆積層（圖三），且被回填土覆蓋。從槽溝剖面中斷層與沉積層的關係，雖無法判斷此斷層活動的時間，但從1號槽溝斷層切穿至地表，以及1946年地震斷層亦通過此位置（張麗旭等人，1947），顯然F3斷層為1946年產生的地震斷層。

F1與F2斷層型態都具有正斷層性質，而F3斷層兩側的岩層並不具明顯的上下錯移，斷層結構是數條斷層從槽溝底部向上呈現開展的構造（a suite of splays；圖二、三），此種開花狀結構（flower structure）經常呈現在斷層傾角接近垂直的平移斷層且具壓縮的構造型態（Lindvall *et al.*, 1989）。本研究除了垂直斷層開挖三個約呈南北走向的槽溝之外，亦沿著斷層線開挖兩個水平面的槽溝（圖四），目的為觀察沿斷層走向的變形。從水平剖面來看F3斷層發現斷層剪切帶呈雁行排列（en echelon），每一斷層的長度僅數公尺長，呈右移作用，斷層的錯距約僅數十公分至數公分，斷層走向約北偏東75-90度。水平剖面中除了呈



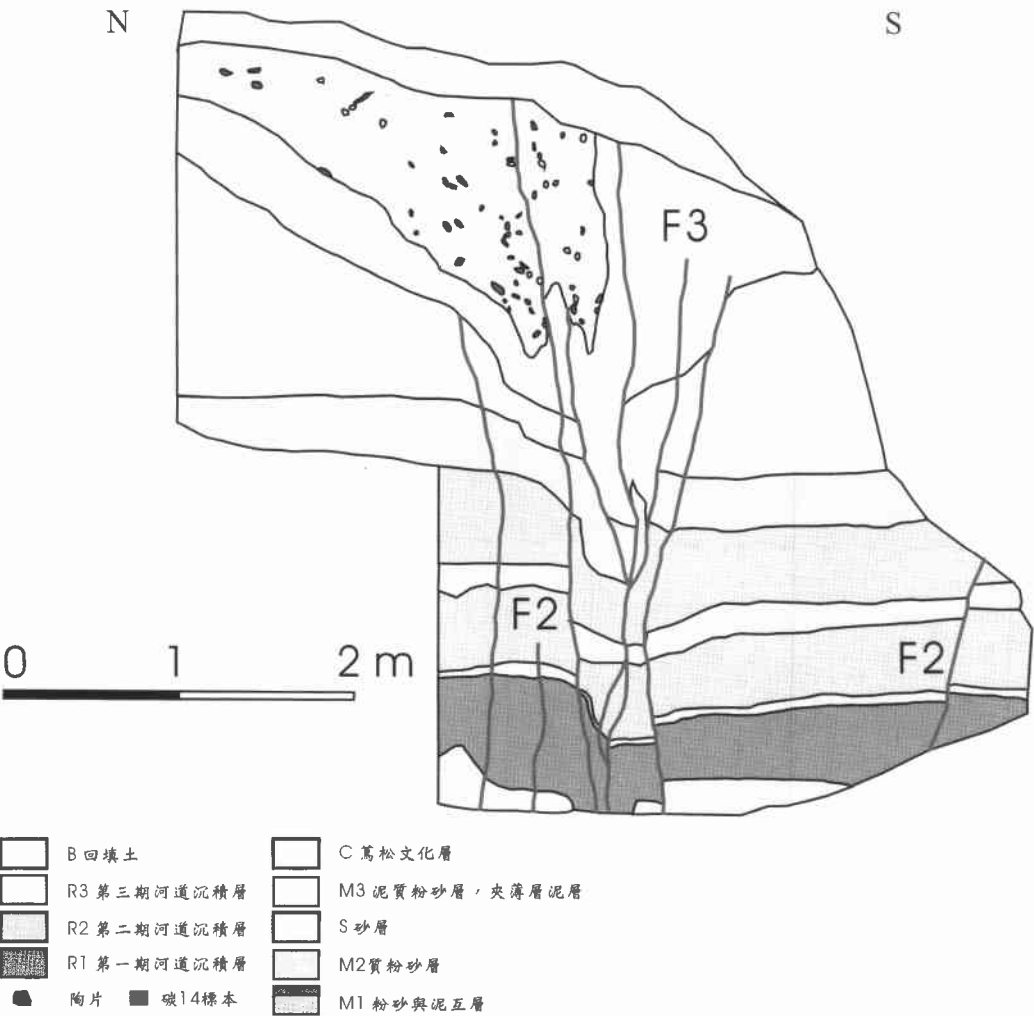
圖一 3號槽溝東西牆剖面。

Fig.1 Trench 3 profile, (a) show profile of the western wall and (b) of the eastern wall.



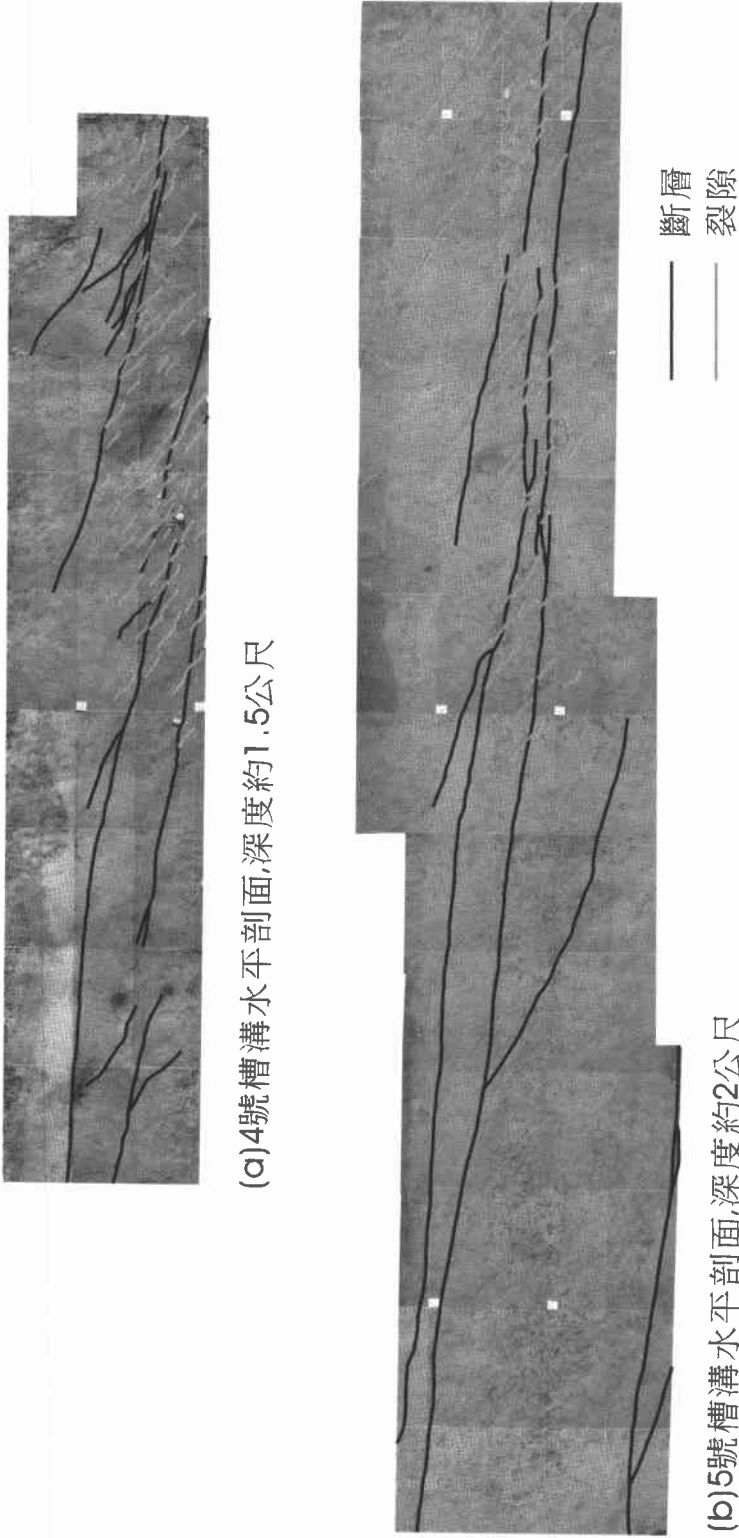
圖二 2號槽溝東西牆剖面。

Fig.2 Trench 2 profile, (a) show profile of the western wall and (b) of the eastern wall.



圖三 1 號槽溝東牆剖面。
Fig.3 Trench 1 profile shows profile of the eastern wall.

現具右移的斷層之外，還呈現一組與F3斷層呈36-42度夾角的雁行拉張裂隙（extension fractures），走向約北偏西64-70度。此裂隙構造僅發育在泥質沉積層中，它是槽溝開挖之後才發展出來的結構，本研究認為此裂隙可能顯示現今斷層帶的應變特性。



圖四 4 號與 5 號槽溝水平剖面。

Fig.4 Trench 4 and 5 horizontal profiles along the fault trace.

討論與結論

從地表地質與地形特性來看，新化斷層南側受到台南斷層向西逆衝產生褶皺的台南台地，而褶皺逆衝帶北側則以新化斷層為界；而斷層北側地塊尚屬於褶皺逆衝帶前緣沉降的前陸盆地，至今還未隆起，每年約沉降11-5公厘（陳文山等人，2004）。但為何新化斷層兩側地塊向西產生不等量位移？陳文山等人（2004）認為此地區第三紀至第四紀時發育許多北東東-南西西走向的正斷層，新化斷層南側屬於地壘的構造，基盤較淺，斷層北側屬於沉降較大的地塹。第四紀晚期受擠壓時，可能基於早期發育的正斷層以及基盤的型態，而在新化斷層兩側各自發展成為不同的褶皺逆衝帶，並成為西南部褶皺逆衝帶中重要且活躍的撕裂斷層（tear fault）。

本研究分析槽溝的地層與斷層關係，共分為三次的古地震紀錄，第一期形成時間約在9546-8644 yr BP，第二期時間約為1865-1690 yr BP。第三期的斷層結構來看屬於右向平移斷層，且斷層已經切穿至地表，應屬於1946年的地震斷層。第一期與第二期斷層構造，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來看，此三期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的改變造成在斷層轉折處形成拉張與擠壓的構造環境，如左移作用時在斷層走向向右轉彎處就會形成拉張盆地（pull-apart basin），並形成正斷層構造，而在向左轉彎處則形成壓力脊（pressure ridge），產生逆斷層構造（Christie-Blick and Biddle, 1985）。由於第一期與第二期的古地震斷層結構都具正斷層的拉張型態，另外1946年的地震斷層則顯示擠壓型態，這些變化可能因為每次斷層活動產生的應變與所處的斷層區段的位態有密切關係。以現今新化斷層兩側的地殼變形來看，從全球衛星定位系統監測結果分析（1999年1月－2000年8月；侯進雄等人，2002），顯示新化斷層兩側的變形有極大的差異，南側地塊朝西偏南10°移動，每年平均位移量約37公厘，北側亦朝西偏南10°移動，而每年平均位移量約18公厘；顯然斷層南側相對於北側地塊以每年約19公厘的速率朝西偏南10°方向產生錯移。另外，1946年地震斷層走向約呈北東70度（張麗旭等人，1947），因此由斷層走向以及斷層兩側的應變關係來看，斷層帶呈現拉張環境。從淺層震測剖面來看，新化斷層帶是由數條正斷層構成寬約數百公尺的變形帶，亦顯示長期以來新化斷層帶是呈現拉張的構造環境（石瑞銓，2003；黃勝群，2004）。

從鄰近區域的調查發現地表擾動帶至少寬約數十公尺以上，斷層跡並非僅有一處，槽溝南側的河溝中出露受斷層擾動的地層已呈垂直狀態。顯示新化斷層的構造特性與梅山斷層非常相似，平移斷層的變形帶在地表淺處都寬達數百公尺，（陳文山等人，2003）。因此，目前針對新化斷層的古地震研究僅有一處槽溝（即針對其中之一的斷層），所呈現的古地

震事件是不足以代表全新世以來完整的古地震時序，因為每次事件產生的地表斷裂位置極可能不在同一斷層，以此而言每處槽溝的研究結果都無法呈現完整的古地震層序。

誌謝

本研究經費來自經濟部中央地質調查所九十一年『地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫』—槽溝開挖與古地震研究計畫（1/5）（計畫編號：91ECA38104），特此致謝。

參考文獻

- 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，165頁。
- 張麗旭、周敏、陳培源（1947）民國三十五年十二月五日之台南地震。台灣省地質調查所彙刊，第1號，第11-23頁。
- 侯進雄、王菁穗、費立沅（2002）台灣西南地區地殼變形監測。第21屆測量學術及應用研討會論文集，第687-694頁。
- 黃勝群（2004）新化斷層剪切帶之淺部地下構造特徵。國立中正大學地震研究所碩士論文，91頁。
- 陳文山、石瑞銓、楊小青、楊志成、葉明官、李龍昇、劉力豪、顏一勤、彭秋雯、張徽正、林啓文、陳于高、李元希、林偉雄、石同生、盧詩丁（2003）梅山斷層的構造特性與古地震研究。活動斷層與地震地質專輯（一），經濟部中央地質調查所特刊，第十四號，第137-146頁。
- 陳文山、楊志成、楊小青、吳樂群、林啓文、張徽正、石瑞銓、林偉雄、李元希、石同生、盧詩丁（2004）從構造地形探討嘉南地區的活動構造。經濟部中央地質調查所彙刊，已接受。
- Christie-Blick, N., and Biddle, K.T. (1985) Deformation and basin formation along strike-slip faults, in Biddle, K.T., and Christie-Blick, N. Strike-slip deformation, basin formation, and sedimentation. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Spec. Pub. 37, 1-34.
- Lindvall, S.C., Rockwell, T.K., and Hudnut, K.W. (1989) Evidence fore prehistoric earthquakes on the Supperstition Hills fault from offset geomorphic features. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 79, 342-361.