

梅山斷層的構造特性與古地震研究

Structural and Paleoseismologic studies of the Meishan Fault,
Southwest Taiwan

陳文山¹、石瑞銓²、楊小青¹、楊志成¹、葉明官³、李龍昇¹、
劉力豪¹、顏一勤¹、彭秋雯²、張徽正⁴、陳于高¹、李元希⁴、
林偉雄⁴、石同生⁴、盧詩丁⁴

Wen-Shan Chen¹, Ruey-Chyuan Shih², Chih-Cheng Yang¹,
Ming-Guang Yeh³, Qiu-Wen Peng², Hsiao-Chin Yang¹, Long-Sheng Lee¹,
Li-Hao Liu¹, Yi-Ching Yan¹, Hui-Cheng Chang⁴, Yue-Gau Chen¹,
Yuan-Hsi Lee⁴, Wei-Hsiung Lin⁴, Tung-Sheng Shih⁴, Shih-Ting Lu⁴

ABSTRACT

Available the 1906 earthquake rupture, geomorphic structures and GPS measurements data indicate that the Meishan fault is a right-lateral strike-slip fault. Seismic reflection suggests that the fault displays a broad, complex system of high-angle faults forming a flower structure. In addition, the fault trace may extend further westward to the coastal plain. Based on the late Quaternary stratigraphic features and subsidence rate of the coastal plain, it is suggested that the northern sided block of the fault downthrow to the north. However, the Meishan fault should be expected to utilize the inheritable fracture zone of the Tertiary normal fault since the late Pleistocene

前言

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

²中正大學地球與環境科學系(Dept. of Earth and Environ. Science, National Chung Cheng Univ.)

³中國石油公司臺灣油礦探勘總處(Exploration Department Taiwan Petroleum Exploration Division)

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

梅山斷層是1906年嘉義地震產生的地表斷層，斷層呈北東東走向，為右移斷層（Omori, 1907）。野外調查顯示地表斷層由現今的梅山向西延伸經三美莊、開元后，之後可能沿著中坑山與南華大學北側的地形崖向西南延伸。過去數十年之中針對梅山斷層的古地震、斷層位置與構造特性有諸多研究（Bonilla, 1975；Hsu and Chang, 1979；黃明哲等，1985；楊貴三，1986；董德輝，1987；盧詩丁與張徽正，1999）。本研究主要針對梅山斷層的古地震研究，但因諸多人為與環境因素而無法尋得恰當的場址，因而無法在1906年的地震斷層開挖。但於調查過程中，由地形以及透過淺層震測的研究認為梅山斷層並非僅有1906年的斷層線，而是呈現一個寬約數百公尺的斷層擾動帶。因此本研究選擇其中之一的斷層帶作為先期古地震研究的場址，此場址位於開元后西北方約700公尺處的紅土台地之上（台糖大埔美農場）。此處地表呈現一高約2公尺的地形崖，崖線約呈東西走向與1906年地震斷層線平行（圖一）。

場址地形

槽溝場址位在南二高梅山交流道東側約500m台糖大埔美農場的甘蔗園。甘蔗園位在紅土台地之上，台地北側有一約東西走向的地形崖，崖高約2公尺（圖二）。此線型崖的南側為153高地，高地北側為一向北傾斜的紅土台地面，傾斜面與紅土台地的交接處約呈東西走向的坡崖（坡崖受到整地造成人工修飾的地形），高地的岩層為傾斜的六雙層。153高地的南側為大埔美溪，1906年地震斷層即由開元后向西延伸通過大埔美溪（圖一）。

野外調查認為紅土台地的線型崖與153高地北側坡崖以及大埔美溪可能屬於構造作用所造成的地形（圖一）。因此在台地的東側與線型崖走向垂直進行淺層震測（圖三），發現上述兩個線型崖以及大埔美溪都與震測剖面所呈現的斷層位置大致接近，推測這些地形特徵可能與南側的梅山斷層的作用有密切的關係。因此，本研究決定在紅土台地高差約2m的坡崖處進行古地震研究。

地層

槽溝剖面呈現的地層由下而上有河道礫石層、崖錐堆積層、紅土化土壤、未紅土化土壤以及回填土與受到耕作擾動的表土，共分為5層（圖四、圖五、圖六；座標200960, 2610235）。槽溝下部出露的地層為礫石層，為河道沉積層，礫石岩性主要為變質砂岩，具有明顯的層理與交錯層構造。河道礫石層與槽溝的南側形成一高約2公尺的向北傾斜的斜坡崖，坡面上堆積一層淘選度不好，以紅土為主含礫石的崖錐堆積層。紅土化土壤層則形成在崖錐堆積層與河道礫石層之上，厚度變化較大約0.4-2公尺，接近崖坡的厚度變厚，崖坡以上沒有紅土層，可能受到侵蝕。崖坡以下的紅土層之上為厚約0.1-0.5公尺的黃色土壤層，主要由細砂至泥的沉積層。於1號槽溝的東側剖面中發現有一呈漏斗狀的噴砂構造，噴砂中含有下層的河道礫石（圖七）。漏斗狀砂層截切下層的含粉砂的黃色土壤層與紅土層。土壤層之上為回填土與耕作土。2號槽溝剖面的紅土層之上亦堆積未紅土化的崖錐礫石層以及砂層。

構造特徵

台糖大埔美農場1與2號槽溝（圖五、圖六；梅山斷層）剖面，雖然槽溝剖面中並沒有發現明顯的斷層構造，但槽溝的地形呈現一高約2公尺的崖坡，於崖坡處剖面中的河道礫石層呈現高約2公尺的落差，並於崖坡上沉積一層楔型的崖錐堆積層。剖面中的河道礫石中具有明顯的層理與大型的交錯層理，而於崖坡下側寬約3公尺的礫石層中即沒有任何的沉積構造。本研究認為此崖坡可能為構造作用造成的斷層崖，因此崖坡下部礫石層的層理與沉積構造受到輕微變形。此崖錐堆積層經碳14定年表示沉積年代為Cal BP 12,830-11,900年，因此推論此時梅山斷層曾有活動並造成此斷層崖。

1號槽溝的噴砂構造可截切至地表附近，並受到耕作擾動所破壞，經碳14定年為小於300年（Cal B.P. 280-180, Cal B.P. 150-10）。本研究認為此噴砂構造可能為1906年地震所造成的構造，因為由1906年地表產生噴砂的區域來看，在大埔美莊有一東西方向的噴砂帶，大致可以延伸至槽溝的位置。

討論

梅山斷層於1906年地震產生地表斷裂，野外調查顯示1906年地表斷裂屬於右移的平移斷層（Omori, 1907）。目前對於1906年地震斷層的位置尚有爭議，尤其在開元后以西的區段。本研究依照地形特徵認為開元后以西區段可能是沿著中坑山北側的崖坡，之後斷層轉為西南走向，沿著中坑山西側至埤頭的崖坡，至南華大學台地北側的地形崖之後轉向約呈東西走向，經中正大學所在紅土台地的北側向西延伸，之後斷層即不明顯。Omori（1907）的調查亦表示於中正大學以西地區的地表斷層即不明顯，但沿斷層向西延伸方向的地表呈現一系列的噴砂帶。

本研究雖然無法由槽溝剖面的結構來判釋屬於何種型態的斷層，但經野外地形勘查亦可顯示梅山斷層長期以來的活動型態。西南部地區唯一出露紅土台地地區位於從民雄至白河，其地形為向西傾斜的台地，台地的隆起主要受到嘉義斷層的逆衝作用造成上盤褶皺所構成（圖八；葉明官等，2000）。台地向西傾斜，造成紅土台地向西沒入平原之下。但位於民雄地區的紅土台地沒入平原區的位置有錯移現象，三疊溪以北紅土台地位在較東側，以南的紅土台地則向西突出。其分界即為梅山斷層所經之處，從台地的位置來看亦顯示受到右移作用。從台地沒入位置來看，紅土台地受到梅山斷層錯移約2-2.5公里，表示紅土台地形成後已受到梅山斷層的右移作用。此地區紅土台地經碳14定年表示沉積年代約距今38,000年（黃鑑水等，1994；本研究的碳14定年亦為38,000年），若以此估算台地形成後所受的水平錯移量，約每年5-6公分。但由現今的GPS測量結果則顯示在921地震之前斷層兩側每年平均水平錯移量約僅有0.4-0.5公分（侯進雄等，2002）。從以上資料來看，梅山斷層長期與短期錯移量有如此大的差異。本研究認為這是值得深入探討的問題，例如此差異的可能因素是否現今梅山斷層處於鎖定的階段，是否應考慮同震變形的錯移量，以及是否梅山斷層開始活動的時間應更早等等。

梅山斷層除了將紅土台地錯移變位之外，在斷層沿線台地也同時受到變形，如中坑山西側的斷層區段由約東西走向轉為西南走向，形成此區段的岩層受到擠壓（壓力脊），形成中坑山的岩層與紅土台地礫石層傾斜角度達70度。雖然此區域屬於小梅背斜西翼的構造，但背斜兩翼的地層傾斜角度大約在10-30度之間，因此中坑山岩層傾斜角度較大的因素主要是梅山斷層在此轉向西南走向，形成南

側地塊向西移動時在此處產生擠壓現象，以致轉彎處的地層產生壓縮造成地層傾角變陡。

梅山斷層除了Omori (1907) 調查1906年所造成的地表破裂位置之外，本研究由地形、GPS資料以及井下資料認為梅山斷層尚可繼續向西延伸。以下將由各種地質資料來討論梅山斷層的延伸性。

從紅土台地的分布來看，梅山斷層北側的紅土台地出露於南華大學，南側的紅土台地則向西突出，可分布至嘉義市，顯然在梅山斷層兩側紅土台地有被錯移的現象。本研究認為斷層應沿著1906年地震斷層向西延伸，大致與1906年在民雄西側的噴砂與地裂帶吻合。從GPS資料來看，在西側海岸平原區所量測資料亦顯示梅山斷層兩側的向西位移速率每年相差約3公厘，而921地震時海岸平原區的同震變形亦似乎以梅山斷層為界（侯進雄等，2002），從地表變形速率來看斷層亦可向西延伸至海岸平原區。從梅山斷層的位置來看，其與此區域第三紀發育一系列正斷層的走向非常一致，約北偏東10度。本研究認為梅山斷層是沿著地下正斷層構造再活動的平移斷層。

由全新世以來海岸平原區的沉降速率以及斷層兩側的地層厚度都可以顯示有極大的差異。嘉義市西側海岸平原地區，梅山斷層的南側區域在全新世的盆地陷量約平均每年0.3公厘，北側約為0.8公厘（吳樂群，1999；黃郁婷，2001）。另外以梅山斷層兩側紅土台地礫石層的厚度來看，斷層北側的礫石層厚度較厚，至少可達50公尺，而南側礫石層厚度僅有十數公尺至數公尺；顯然紅土台地礫石層沉積之前梅山斷層早已開始活動。

結論

1906年的調查雖已顯示梅山斷層屬於右移斷層，而本研究從斷層兩側的地質資料分析提供更詳細對於梅山斷層的構造特性。從地形調查、槽溝挖掘以及配合淺層震測的資料顯示，梅山斷層地表所呈現的是一個寬約數百公尺由右移斷層造成的斷層擾動帶。震測剖面顯示造成此寬廣斷層帶是因為橫移斷層作用在地表淺層形成開花構造（flower structure），形成數條斷層構造。從153高地地區的震測與槽溝開挖研究可相互印證此一現象。梅山斷層除了1906年所造成的地表破裂位置之外，尚可向西繼續延伸，其右移的運動造成南側地塊的紅土台地向西突出。

另外，從斷層兩側晚更新世以來的沉積厚度與沉降速率分析，北側地塊屬於下降側。

誌謝

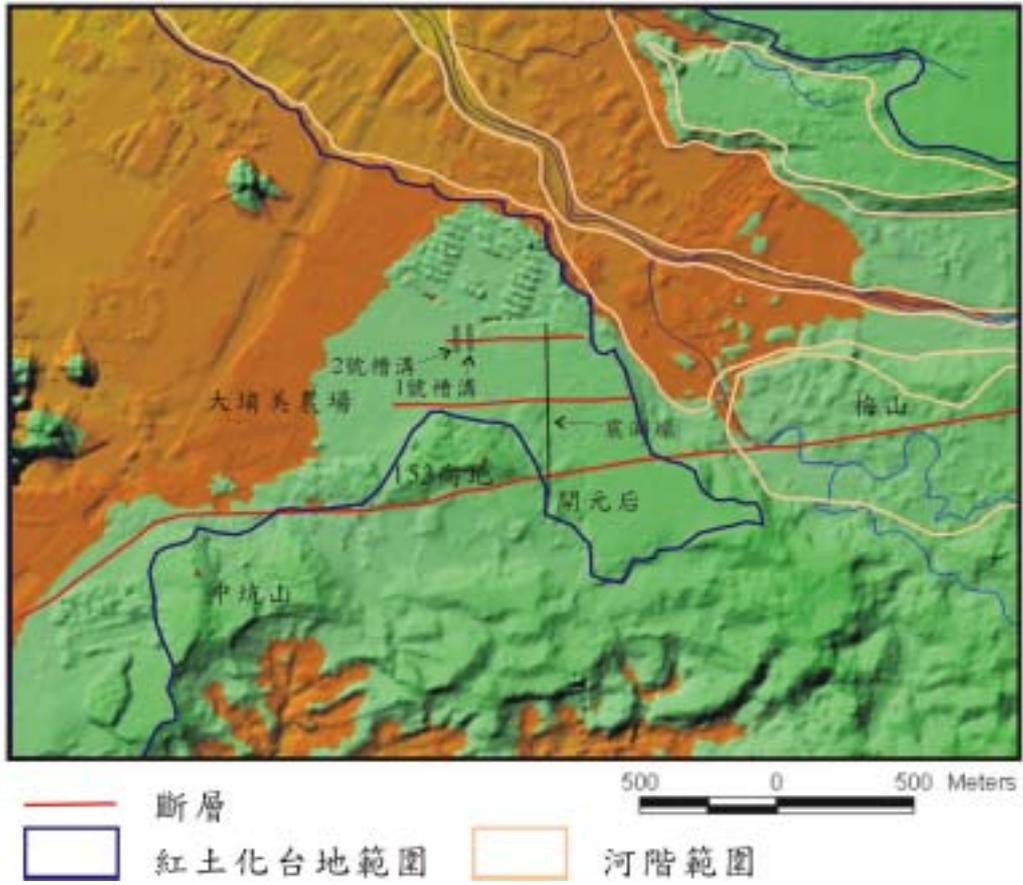
本研究經費來自經濟部中央地質調查所之九十年『斷層活動性調查』—新期構造、古地震與槽溝開挖研究，以及九十一年『地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫』—槽溝開挖與古地震研究計畫（1/5）（計畫編號：91ECA38104），特此致謝。

參考文獻

- 吳樂群（1999）嘉南平原沉積物與沉積環境分析及地層對比研究。經濟部中央地質調查所報告第88-015號，共212頁。
- 黃郁婷（2001）嘉南平原曾文溪流域晚第四系之沉積環境暨層序初探。國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，共187頁。
- 黃明哲、王文能、潘國樑、顏滄波（1985）活動斷層之航照地質研究（II）嘉義梅山地震斷層研究。國科會防災科技研究報告73-29號，共42頁。
- 黃鑑水、張憲卿、劉桓吉（1994）台灣南部觸口斷層之地質調查與探勘。經濟部中央地質調查所彙刊，第9期，第51-76頁。
- 葉明官、陳文山、石文卿、陳若玲（2000）從震測剖面來看梅山斷層的特性。中國地質學會八十九年度年會，第106-108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。
- 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。
- 董德輝（1987）台灣西南部梅山活動斷層的活動週期即機制。國立台灣大學地質學研究所碩士論文，共65頁。
- 盧詩丁、張徽正（1999）簡介地震與活動斷層調查案例—梅山斷層的調查與回顧。地質，第18卷，第2期，第29-51頁。
- Bonilla, M.G. (1975) A review of recently active faults in Taiwan: U. S. Geological Survey Open-File Report, no.75-41, 58pp.

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

Omori, F. (1907) Preliminary note of the Formosa earthquake of March 17, 1906: Bull. Imp. Earthquake Investigation Committee, Vol. 1, no.2, 53-69.



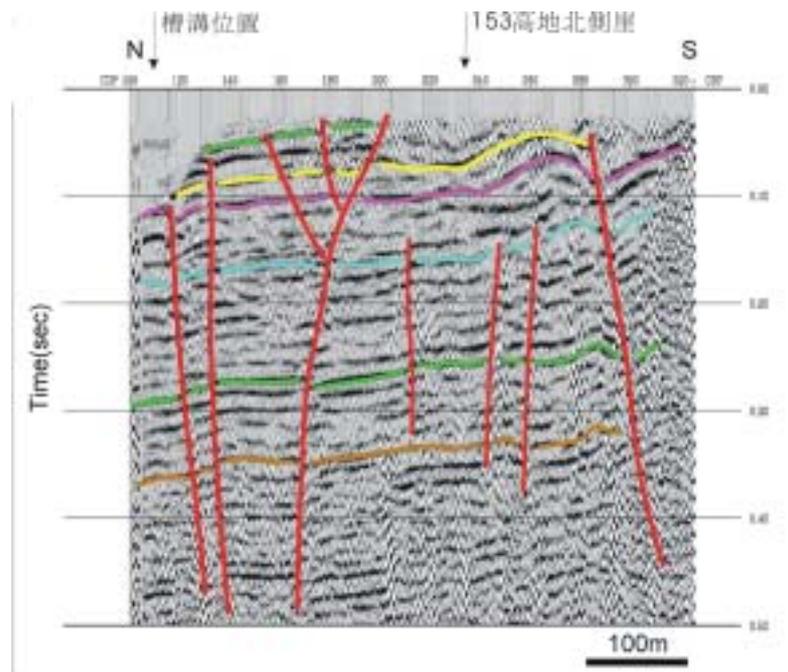
圖一 槽溝場址附近地區地形與斷層位置。

Fig.1 Location of the trenching sites and the Meishan fault.



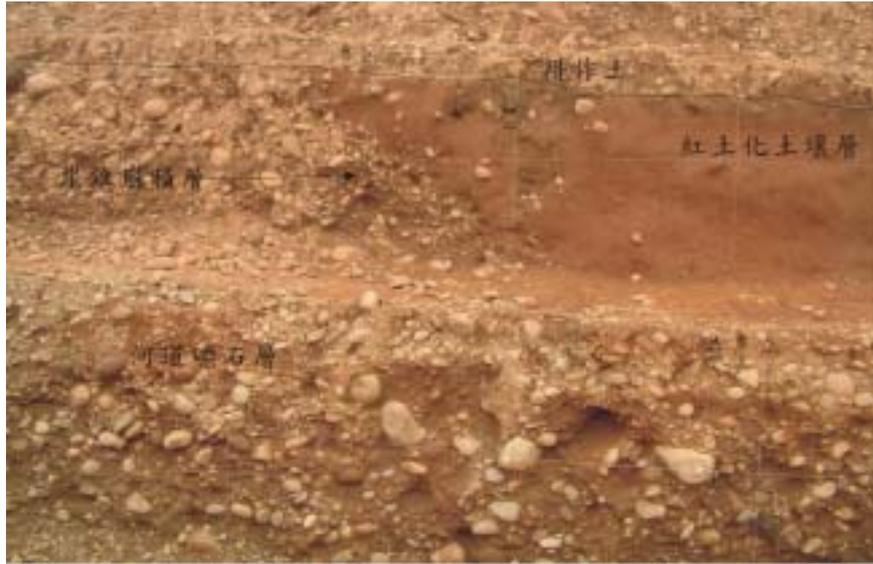
圖二 紅線為 153 高地北側的斷層崖線，照片下側為另一斷層所造成的崖坡，此處即為槽溝位置，槽溝垂直崖坡開挖。

Fig.2 The Meishan fault is developed fault scarp along the 153 hillside (labeled the red line).



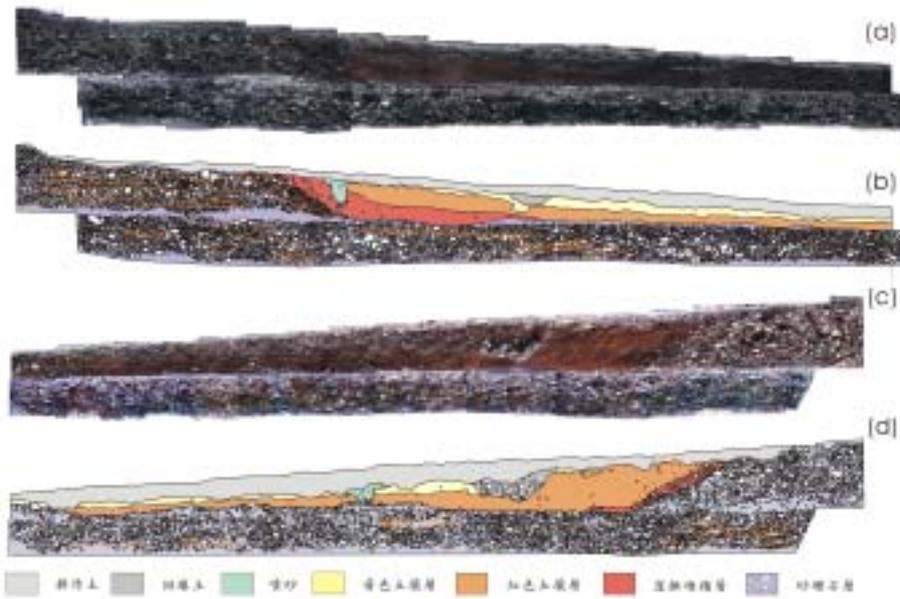
圖三 震測剖面顯示梅山斷層呈寬約數百公尺的擾動帶，槽溝位在測線最北側的斷層，153 高地位在剖面南側地層被撓曲的位置。

Fig.3 Seismic profile showing a disturbed zone of the Meishan fault is about 300-400 meters wide.



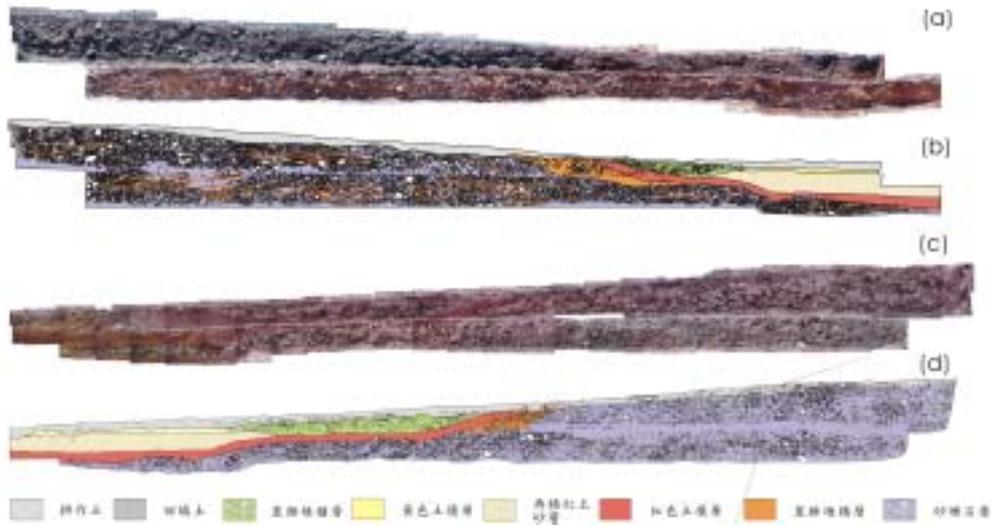
圖四 1 號槽溝剖面，部為河道礫石層，礫石層受到斷層作用形成斷層崖，崖上形成一楔形的崖錐崩積層，之上為紅土層與耕作土。

Fig.4 Trench 1 reveals the various deposits of laterite, fluvial and colluvial gravel deposits. Colluvial wedges are deposited along fault scarp.



圖五 梅山斷層 1 號槽溝面圖，a、b 為西牆剖面，c、d 為東牆剖面。

Fig.5 Trench 1 profile, (a) and (b) show profile of the western wall and (c), (d) of the eastern wall.



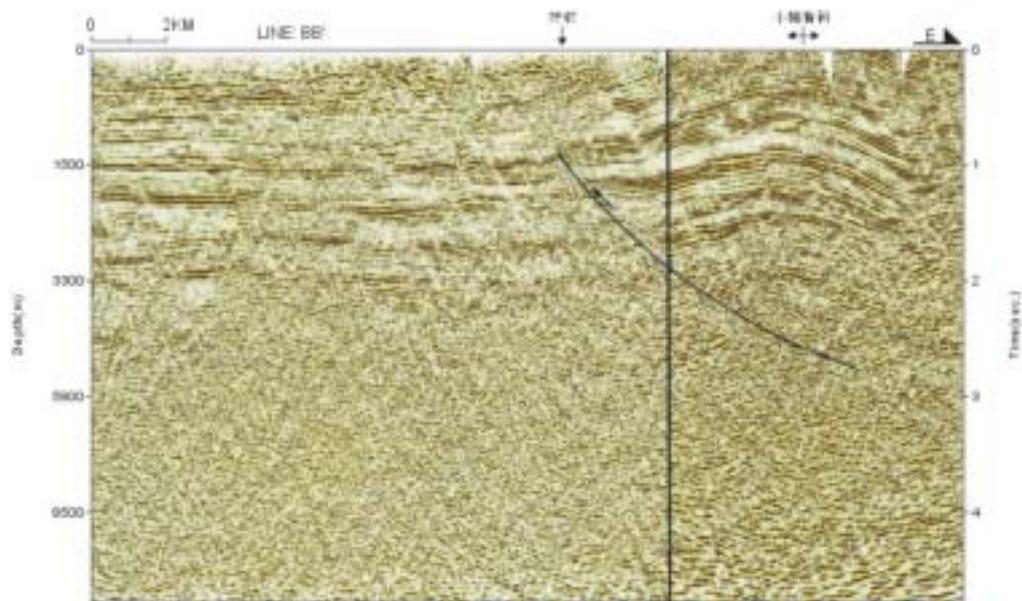
圖六 梅山斷層 2 號槽溝剖面， a、b 為西牆剖面， c、d 為東牆剖面。

Fig.6 Trench 2 profile, (a) and (b) show profile of the western wall and (c), (d) of the eastern wall.



圖七 1 號槽溝下盤紅土層中的漏斗狀噴砂構造，下層河道礫石層向上被擠出，砂層中經碳 14 定年為小於 300 年，推測是 1906 年地震造成的噴砂構造。

Fig.7 Trench 1 reveals a funnel-shaped sandy gravel dike that the radiocarbon dates yield the modern age (<300 BP yr). It suggests that the sand dike was formed during 1906 earthquake.



圖八 沿中正大學的紅土台地面呈東西走向的震側剖面，紅土台地位在小梅背斜的西翼，小梅背斜是受到嘉義斷層的逆衝作用所造成的褶皺構造，斷層延伸至地表的位置約在好收附近，亦即紅土台地隱沒至沖積平原之下的位置。

Fig.8 The seismic profile shows a blind thrust of the Chiayi fault and a fault related fold of the Hsiaomei anticline.