

梅山斷層與其淺部剪切帶構造特徵

The Mei-Shan fault and its Shear Zones Structure in the Near Surface

彭秋紋¹ 石瑞銓¹ 張徽正² 林啟文²
陳文山³ 石同生² 盧詩丁²

Chiu-Wen Peng¹, Ruey-Chyuan Shih¹, Hui-Cheng Chang², Chii-Wen Lin²,
Wen-San Chen³, Tung-Sheng Shih², Shih-Ting Lu²

ABSTRACT

In 1906, a major earthquake shocked the Chiayi-Meishan area in southwestern Taiwan, the associated right-lateral strike slip Meishan fault was traced from Meishan toward southwest until Minhsiung for about 13.5 km, and could have further extended toward the south of Hsingang for roughly 25 km. In this paper, we use shallow seismic reflection profiles to trace the Meishan fault and show its shear zone feature in the near surface structure between the Meishan and Minhsiung area. The results show that the Meishan fault zone could be up to 450 m wide, with the major fault plane steeply dipping to the south. The flower structure feature of a strike slip fault could be seen clearly in the near surface structure, in addition, from its scale we believe that the structure should be integrated from earthquakes of many times and the fault should be extended to west of the Minhsiung area. A major trend, striking in the SW-NE direction, of the Meishan fault, is consistent with that reported by Omori (1907); however, we believe the location of the fault in west of the Chungken to Minhsiung area should be shifted to the north.

前言

1906年嘉義梅山地震伴生的梅山斷層為一右向滑移斷層 (Omori, 1907)，該斷層從梅山往民雄向西南延伸約13.5公里，並可能潛伏在地表下而延伸至新港附

-
1. 國立中正大學應用地球物理所 (Institute of Applied Geophysics, National Chung-Cheng University)
 2. 經濟部中央地質調查所 (Central Geological Survey, MOEA)
 3. 國立台灣大學地質科學系 (Department of Geosciences, National Taiwan University)

近，全長達25公里。梅山斷層在開元后附近有最大的水平位移240公分，是台灣幾個地震斷層中水平位移最長的一個，但是最大的垂直位移在三美莊附近僅有180公分。由開元后往西後斷層位移量變小，於麻園寮附近只有120公分而在民雄附近則僅剩60公分。

過去曾進行多項與梅山斷層相關的研究與調查並且獲致相當豐盛的成果，如：地質和構造（林啟文等，2000；石同生等，2000；畢慶昌，1991）、地震規模與震源機制（葉永田與鄭世楠，1998；江準熙，1993）、地球物理測勘（林世珩，2003；賴錦淑，2002；吳宏傑，1998；謝昭輝，1989；王乾盈，1989；葉義雄等，1983及1988；李伯當及梁敬豪，1988；郭烈銘等，1985）、放射線元素（黃明哲及潘國樑，1988），或大地測量與工程地質（余水倍及劉啟清，1988；Shieh, 1987）等。然而，由於斷層沿線少有地質露頭，加上農耕頻繁而地表證據不易保存等影響，對於梅山斷層的位置仍有許多討論的空間存在。

本文主要以大森氏（Omori, 1907）當年所繪製的地表破裂為依據，於民雄以東區域利用淺層反射震測剖面，來說明梅山地震斷層之淺部地下構造特徵及其位置。這些剖面中部分是利用較早時期之施測資料重新處理，而大部分重要資料則都是在近期經過改進施測技術與資料處理方式而得到的關鍵剖面。

測線配置與前後期之施測方法異同

本文共使用了在梅山至民雄地區所施測的8條淺層反射震測測線來探討梅山斷層的淺部構造。這些測線的配置位置見於圖一，測線選擇的位置以Omori(1907)當年所描繪的地表破裂為主，並盡量往兩側延伸測線以涵蓋可能的範圍。震測施測方法則以同中點重合法為主。

同中點震測的原理是將野外各個測點所收集到的資料，重新組合成以相同反射點為基準的同中點聚合剖面，再經過速度分析以及時差修正後，將反射信號修正至同一位置後相疊加，得到能直接用以解釋地下構造的同中點重合剖面。它在石油探勘上已有相當顯著的成果，目前這也在淺部地層震測上被大量運用；然而，由於探勘深度不同，淺部震測的反射資料區塊與深部震測所涵蓋的範圍並不相同，淺層反射震測也的技術也還持續在演進中。

地滾波為淺層反射震測最主要的雜訊，為了增加測點記錄中反射訊號的有效視窗，之前的施測方法常將震源與受波器的最短支距增長，以拉開反射波與地面

波之時差。本文中於1997年之前的剖面便是以這種概念為主施測，受波器的間距採2公尺為主，另取最短近支距約60公尺。但是最佳短支距拉長後，淺部地層的影像卻往往受到更大的壓抑。經過陸續的改進，近年來我們已改採最短近支距5公尺，受波器間距5公尺的方式進行，如此不僅可以收集足夠的遠支距資料，也能有近支距資料來獲得近地表的資訊。當然要將測線展距拉長也需要有足夠的震源能量來配合。以前施測時的震源大多以撞擊式機械震源Dynasource為主，它的能量遠比使用大榔頭要高，但震源重複一次使用的循環時間太長，不容易重複進行多次垂直疊加，能量穿透的深度也不深。現今所使用的撞擊式震源JMS-MINI65，其單次撞擊的能量便比Dynasource多好幾倍，並可在短時間內對同一測點施行多次垂直重合，累積的能量足以到達目標深度。

除了改進了震源能量規模、受波器間距與測線展距外，早期施測時的每個受波器點僅使用單一受波器，目前我們已改採每個受波器均至少使用3個以上的受波器並聯來接收信號，來加強反射信號以及減低表面波的強度。

資料的紀錄早期主要是以16位元的24波道震測儀為主，現在則全部記錄於48波道24位元之震測儀上，信號取樣頻率採0.5毫秒，記錄1秒總長之記錄。因施測方式與儀器擺設不同，早期施測深度僅約200公尺，目前的目標深度已可達500公尺以上。

震測資料受到地表起伏以及地表的風化層厚度與速度隨測線改變的影響，會強烈影響震測影像的準確性，因此資料處理時靜態修正的步驟便非常重要。早期的施測方式很難進行靜態修正，而現行的施測方法則因為有足夠的近支距資料可以使用，可以較容易的來獲得靜態修正所需的速度。此外，在每條測線的處理上我們也全部以蜿蜒測線處理以及浮點基準面來作為測線的基準，讓剖面可以更符合實際的地形與地貌，回復重合剖面中地層於實際地形變化後的真實形貌。

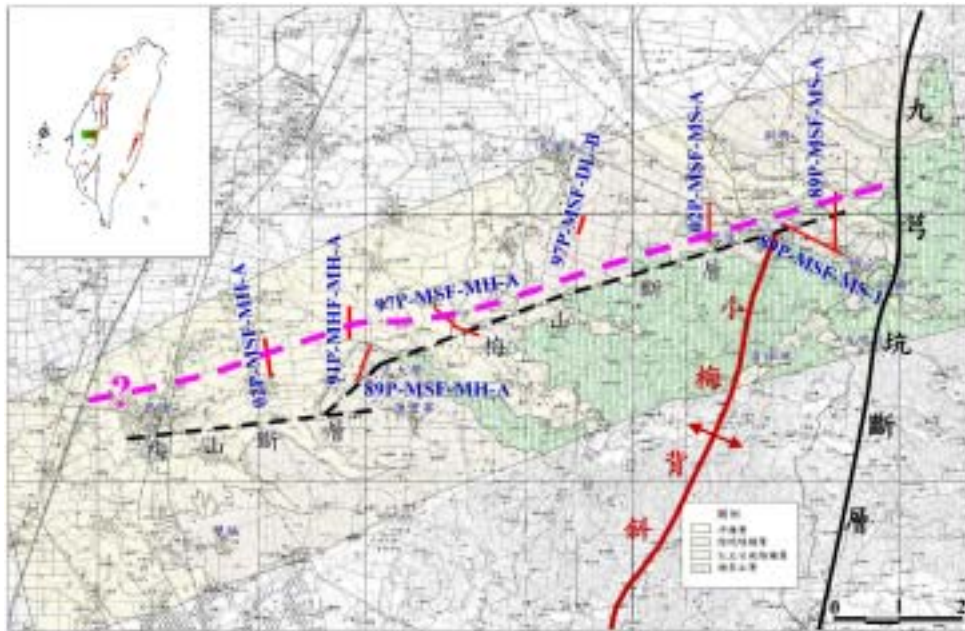
結果與討論

在本文中所使用的8條震測測線之配置位置見於圖一。各測線編號的前兩位數字為施測年份，而各測線的位置與所獲得的結果如下：

測線89P-MSF-MS-A為沿著梅山華山路施測的剖面，沿線地形平坦，測線為南北向全長約520公尺。施測時最近支距為50公尺，受波器間距5公尺，重合數為3。圖二(a)、(b)為測線89P-MSF-MS-A之重合剖面圖及其解釋。測線

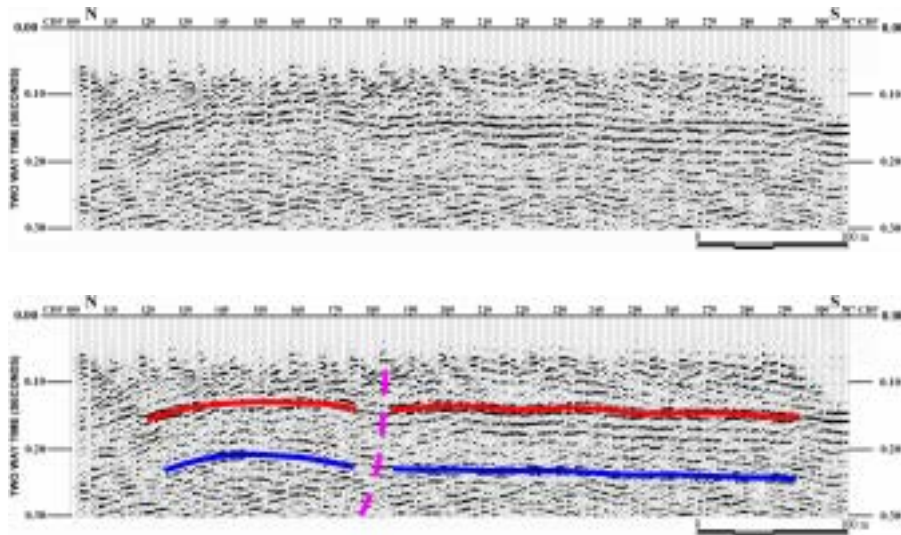
89P-MSF-MS-A剖面中反射信號僅在150ms，約110公尺深處附近出現。圖中可以看出南邊的地層和緩的往南傾斜，而北邊的地層則輕微的上拱，中間有一微小的落差存在，斷層可能便由此通過。這位置與Omori(1907)當年所描繪的地表破裂相當，然而該測線因測深不夠而且可以往北延展的施測空間有限，更完整的斷層型態仍不容易區分。

測線89P-MSF-MS-1則沿著西北-東南向的梅山中山路，位於小梅背斜上施測，沿線地形平坦，全長約990公尺。施測時最近支距為50公尺，受波器間距5公尺，重合剖面為3重合。圖三(a)、(b)為測線89P-MSF-MS-1之重合剖面圖及其解釋。測線89P-MSF-MS-1位於小梅背斜軸部偏東翼，剖面中可以看出地層由西北方往東南方傾斜的，西北側有一信號不連續處存在。這位置接近於Omori(1907)當年所描繪的地表破裂位置，但無法於此判斷是否為斷層經過的跡象。

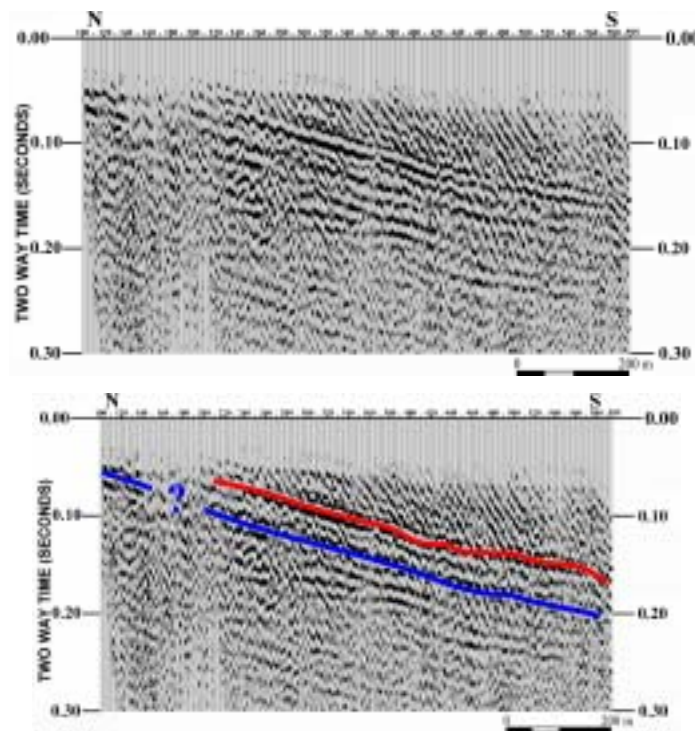


圖一 震測測線配置位置以及梅山斷層之延伸圖。圖中紅色線段為震測測線，黑色虛線為疑似斷層位置，粉紅色虛線為本文推論的斷層線。

Fig.1 Location map of the seismic lines and the extension of the Meishan fault. Red lines indicate the seismic lines; the black dash line represents the suspected fault trace, and the pink dash line stand for the proposed fault trace.

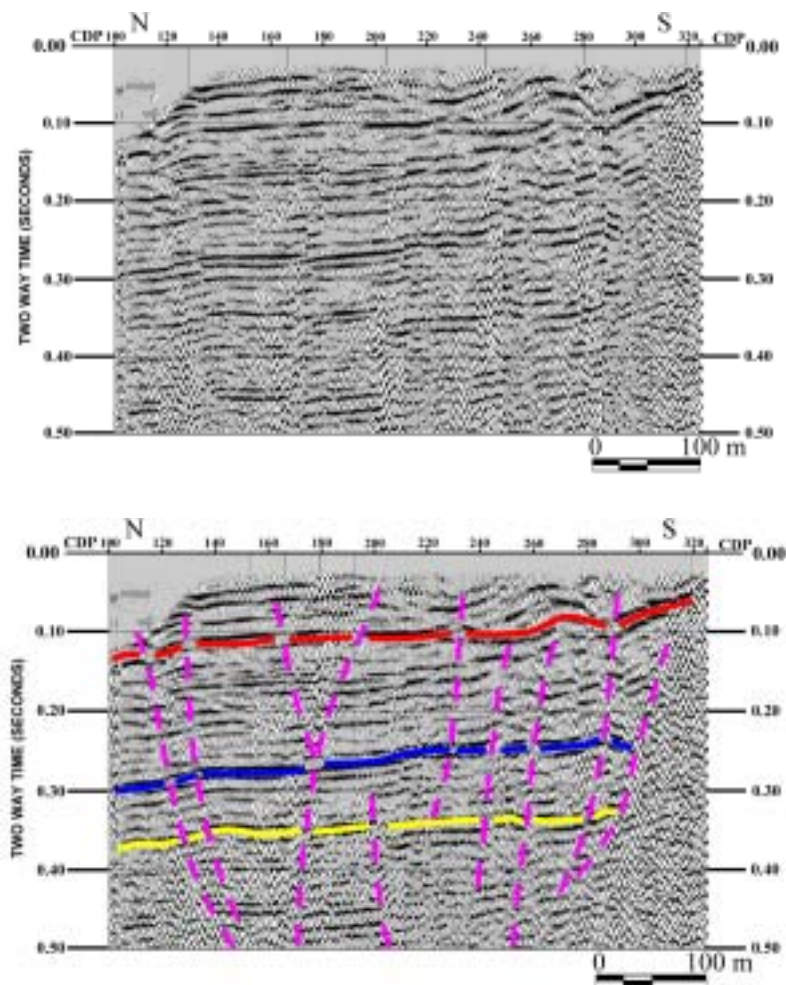


圖二 測線 89P-MSF-MS-A 之重合剖面(a)與其解釋(b)。
Fig.2 CMP stacked sections of the line 89P-MSF-MS-A (a) and its interpretation (b).



圖三 測線 89P-MSF-MS-1 之重合剖面(a)及其解釋(b)。
Fig.3 CMP stacked sections of the line 89P-MSF-MS-1 (a) and its interpretation (b).

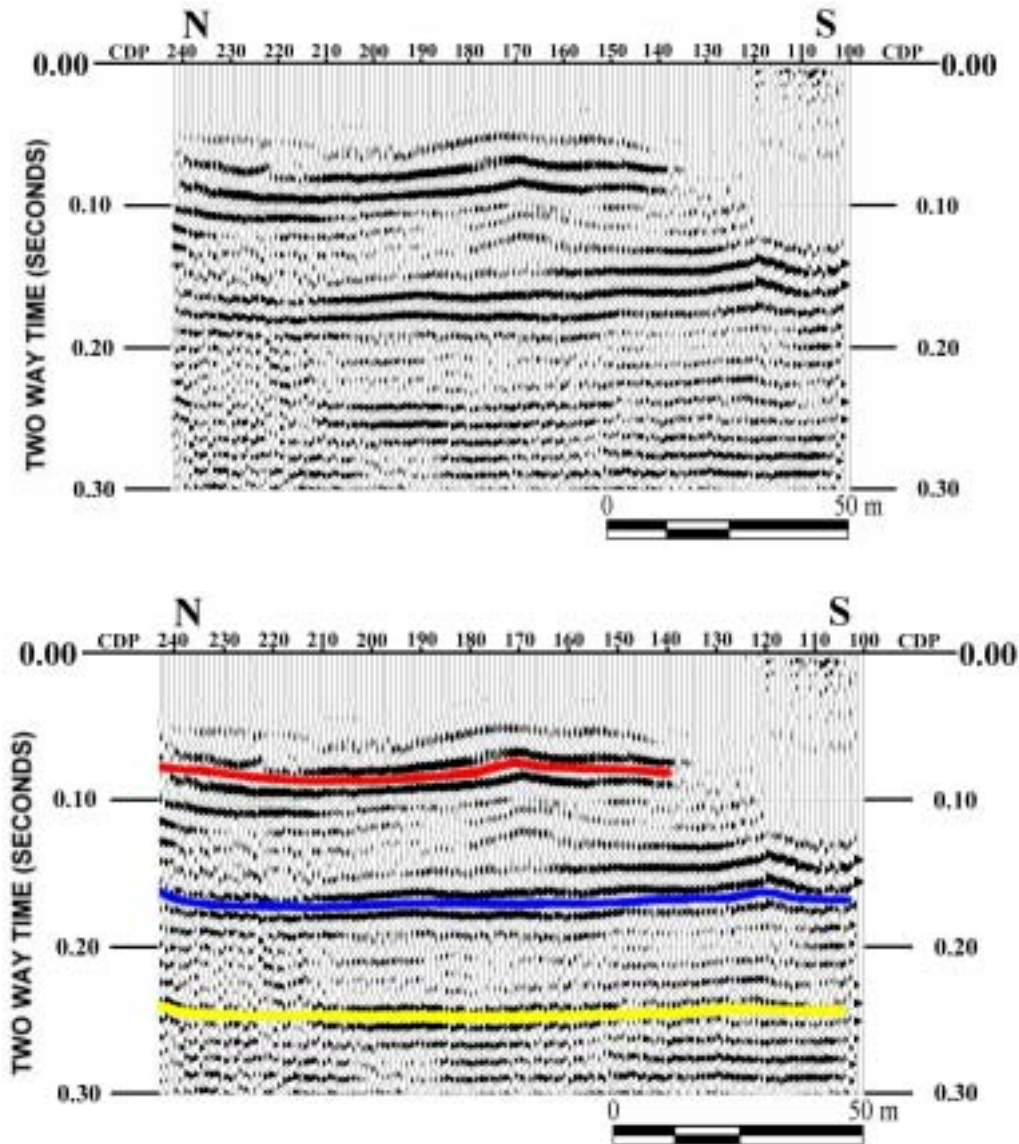
測線02P-MFS-MS-A位於梅山開元后，全長約565公尺，地形由南向北傾斜並有幾個階面存在。本測線施測時由北向南進行，最短近支距為5公尺，受波器陣列相距5公尺，重合數24。圖四(a)、(b)為本測線之重合剖面圖及其解釋。剖面中地層往北傾斜並出現寬廣的斷層破裂帶，這些破裂帶往地表的延伸處與地表地形的變化相吻合。剖面中南邊淺部地層的褶皺斷裂現象與梅山地區剖面89P-MSF-MS-A所表現的特徵一樣，也靠近於Omori(1907)當年所描繪的地表破裂處。此外，本測線因為測深深而且延展長，斷層的整體性較為清楚，從本剖面中可以看出寬約450公尺的斷層帶，而北邊的斷層界線可能才是斷層帶的北界。



圖四 測線 02P-MSF-MS-A 之重合剖面(a)及其解釋(b)。

Fig.4 CMP stacked section of the line 02P-MSF-MS-A (a) and its interpretation (b).

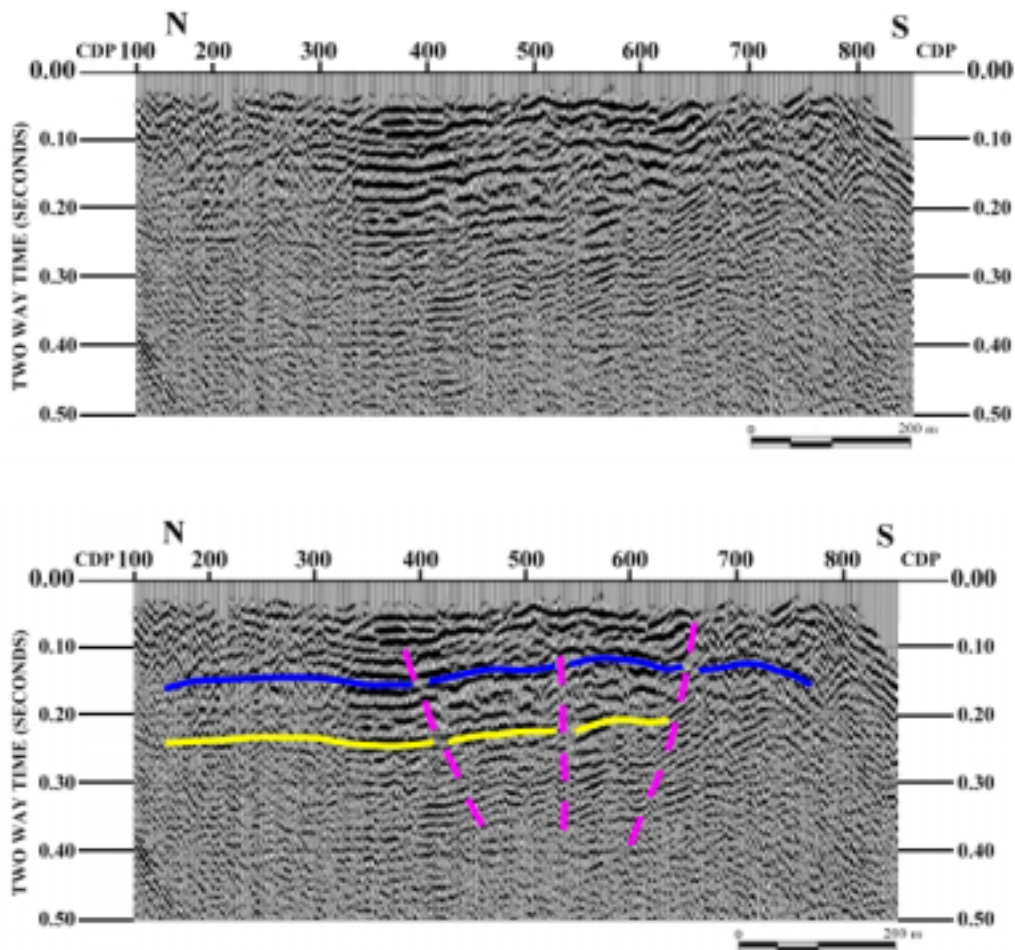
測線97P-MSF-DL-B長約170公尺，位於大埔美農場的產業道路，略呈東北-西南向，沿線地形平坦。測線最近支距46公尺，受波器間距2公尺，重合數24。圖五(a)、(b)為本測線之重合剖面圖及其解釋。本測線因為位置偏北，重合剖面中明顯而連續的反射信號說明當地地層相當連續且平坦並無斷層通過的跡象，可以作為遠離斷層帶的地層特徵。



圖五 測線 97P-MSF-DL-B 之重合剖面(a)及其解釋(b)。

Fig.5 CMP stacked sections of the line 97P-MSF-DL-B (a) and its interpretation (b).

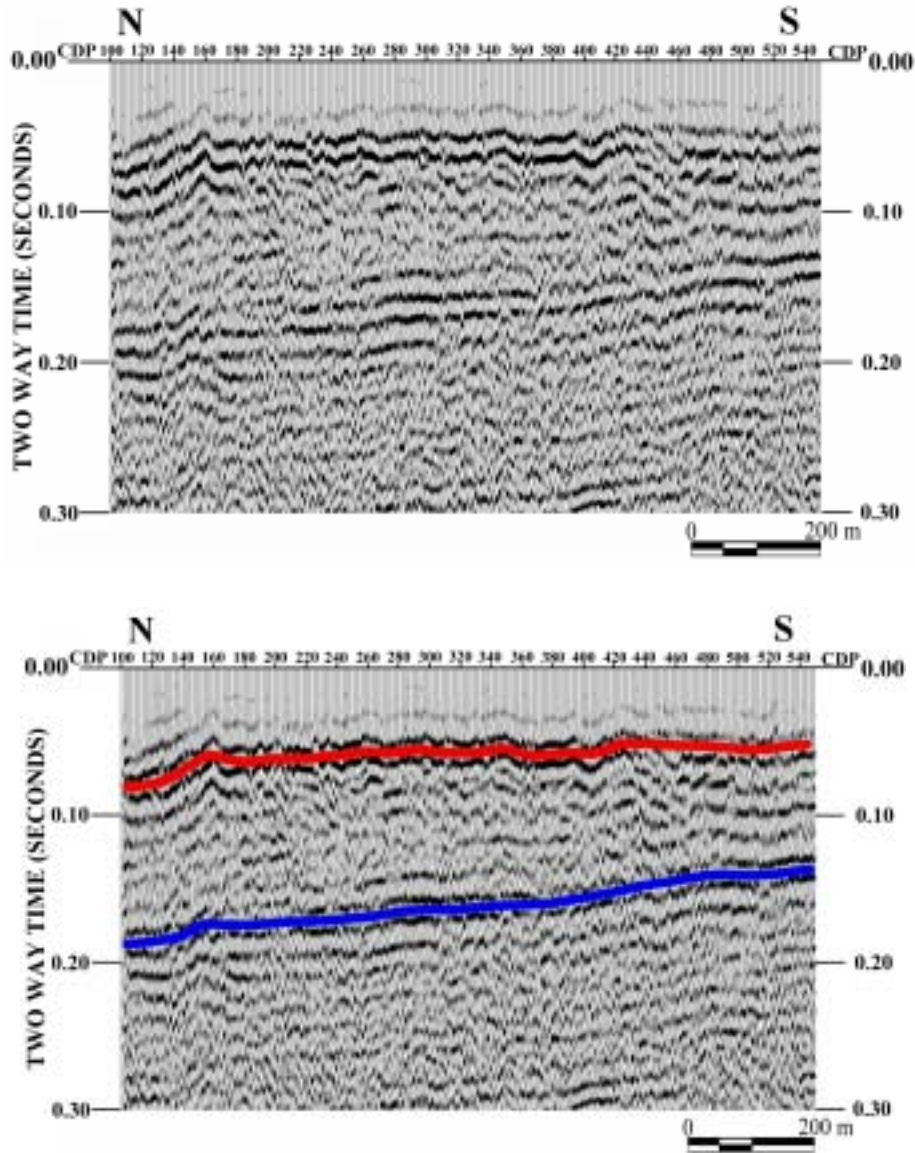
測線97P-MSF-MH-A位於中坑麻園農場附近嘉104號公路往南華大學的產業道路上，全長約1,125公尺，地形由東南先往西北方傾斜後再變為平坦。測線中最短近支距為36公尺，受波器間距3公尺。圖六(a)、(b)為本測線之重合剖面圖及其解釋。該剖面之反射信號可達250公尺深處，剖面中地層隨著地形呈現往西北方傾斜再變為平坦的跡象，但在地形轉折最激烈處有明顯褶皺斷裂之斷層現象出現，也可看出寬廣的斷層破裂帶。由此剖面往西，斷層逐漸延伸進入平原區域Omori(1907)當年所描繪的地表破裂在此仍沿著地形面前進，但施測的結果卻顯示另一種可能性。



圖六 測線 97P-MSF-MH-A 之重合剖面(a)及其解釋(b)。

Fig.6 CMP stacked section of the line 97P-MSF-MH-A (a) and its interpretation (b).

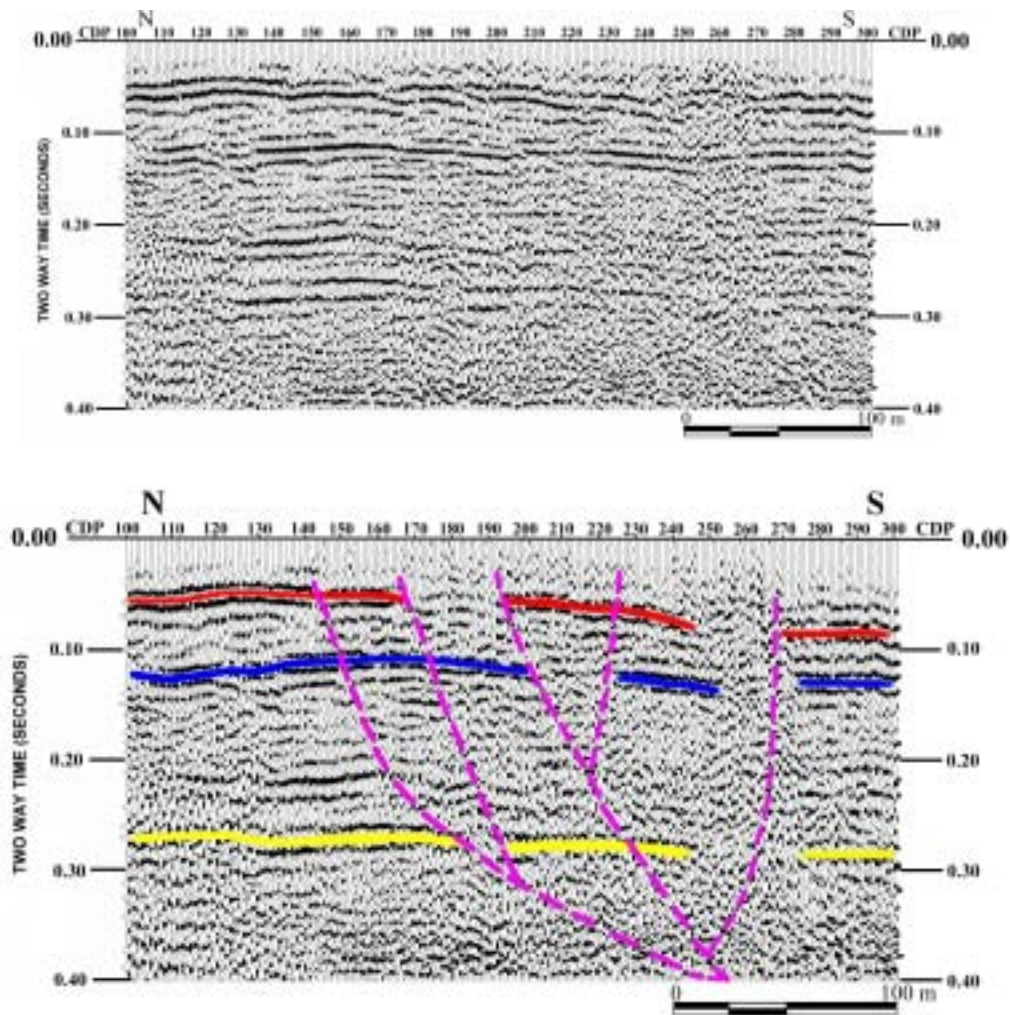
測線89P-MSF-MH-A位於民雄三興村中正大學棒球場旁，穿越嘉106公路，長1,125公尺，沿線地形平坦。測線之最近支距為50公尺，受波器間距5公尺，3重合。圖七(a)、(b)為本測線之重合剖面圖及其解釋。Omori(1907)的報告中斷層似應從此剖面南段經過，但從圖七剖面中可以清楚看出地層相當連續而且平坦，梅山斷層應該並未經過此剖面。



圖七 測線 89P-MSF-MH-A 之重合剖面(a)及其解釋(b)。

Fig.7 CMP stacked section of the line 89P-MSF-MH-A (a) and its interpretation (b).

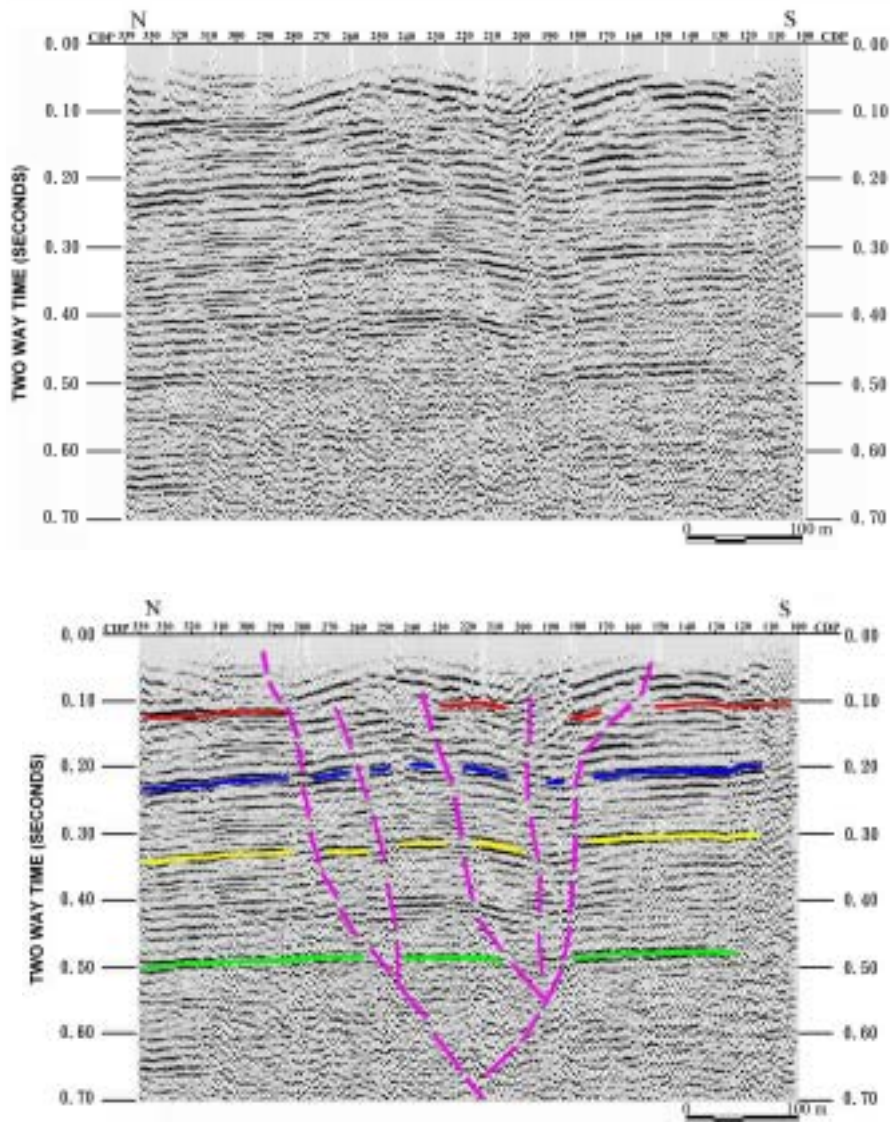
測線91P-MSF-MH-A位於民雄豐收村旁的產業道路，測線89P-MSF-MH-A的北邊。該測線沿線地形平坦，全長約400公尺。測線之最近支距為40公尺，受波器間距為4公尺。圖八(a)，(b)為本測線之12重合剖面圖及其解釋。圖八中剖面的反射信號明顯，地層由西南往東北傾斜並有輕微的變形上拱及多處的斷裂，斷層現象明顯。延伸這幾處的不連續可以見到明顯的花狀構造，而主斷層往南傾斜。這花狀構造也是梅山斷層為右移斷層的另一說明。這種淺部地層所表現寬廣的斷層帶，在更往西邊的剖面中也可見到，但於地面調查卻不容易表現，提供了斷層往西潛伏至地下的證據。



圖八 測線 91P-MSF-MH-A 之重合剖面(a)及其解釋(b)。

Fig.8 CMP stacked section of the line 91P-MSF-MH-A (a) and its interpretation (b).

測線02P-MSF-MH-A位於民雄鄉豐收村好收北邊的產業道路上，沿線地形平坦，測線最近支距為5公尺，每組接收器陣列相距5公尺，重合數24重合，測線全長約600公尺。圖九(a)，(b)為本測線之重合剖面圖及其解釋。剖面中可以明顯看出地層由西南往東北傾斜，以及剖面中間深處寬約400公尺的斷層帶花狀構造，主斷層以高角度往南傾斜。由這幾條剖面中開花狀構造的規模也可說明斷層已多次活動過才能有如此的規模，而斷層也會再往西與更深處延伸。



圖九 測線 02P-MSF-MH-A 之重合剖面(a)及其解釋(b)。

Fig.9 CMP stacked section of the line 02P-MSF-MH-A (a) and its interpretation (b).

綜合上述8條反射震波剖面所顯示的結果可見，梅山斷層的位置在開元后以西至南華大學以東的區域與地形有極大的關聯，斷層的南界的位置大致上已進入較高的紅土地堆積層，並以帶狀的分佈往北邊延伸，形成寬度可達450公尺的斷層帶（見圖四與圖六）。這種與地形的相關性可能與小梅背斜及其東側的九芎坑斷層抬升有關。在這一區域，梅山斷層走向滑移與逆衝分量皆充分表現，而遠離斷層帶後地層隨即變為非常的平整（見圖五）。梅山斷層由此往東延伸切過小梅背斜軸部進入梅山後穿越測線89P-MSF-MS-A，但位移量已變小（見圖二與圖三）。

梅山斷層在南華大學往西延伸至民雄一帶即與地形變化脫離，並未隨地形變化轉折向西南延伸（見圖七）。斷層持續往西延伸至測線91P-MSF-MH-A一帶再轉向西南並經過測線02P-MSF-MH-A（見圖八與圖九）。這一區域同時也出現約400公尺寬的花狀構造構造，說明梅山斷層主要以走向滑移狀態出現。梅山斷層持續向西延伸後地表破裂便不顯著，但剖面中仍可出現明顯的斷層構造，說明斷層開始潛入地下，並再往西延伸。由圖七、圖八與圖九的剖面也可說明，梅山斷層在南華大學往西一帶的實際位置應較原先所認為的位置往北移（見圖一）。

在本研究區域東側之九芎坑、大尖山及觸口斷層是屬於東北-西南走向的逆衝斷層，小梅背斜的產生也是與上述斷層的形成有相同的機制。梅山地區受到從更新世以來主要的板塊東南-西北向的擠壓，而梅山斷層的發展可能便扮演著邊界斷層的角色。有可能是梅山斷層南邊的地塊移動較快，而北邊較慢所造成的一個走向滑移的斷層帶。梅山斷層地形由西至東漸次升高，根據Omori (1907)所繪梅山斷層位置，從階地的分布形狀上並無法證實階地受到系統性錯移，但部分階地確有斷層通過之現象。梅山斷層雖是走滑為主，但其東側可能因逆衝分量存在的影響，斷層與附近區域的地形關係較深，但舊有的破裂受到侵蝕，使丘陵前緣向東南方後退，而梅山斷層西段則走向滑移分量逐漸增加而與地形的轉折拖勾。

結論

雖然梅山斷層沿線僅有很少的地質露頭，但由本文於梅山與民雄之間的區域所施測的8條淺層反射震測剖面可以說明梅山地震斷層之淺部地下構造特徵及梅山斷層帶之正確位置。這些剖面的穿透深度夠身並且具有解析度高，加上測線長度足以涵蓋斷層帶寬度，因此可以詳細地描繪梅山斷層淺部的構造特徵。由本文

中剖面可以明顯顯示梅山斷層於近地表處呈帶狀的分佈，主斷層以高角度往南傾斜，地表斷層帶寬度可達450公尺。震測剖面中寬廣的花狀構造為典型的走向滑移斷層特徵，花狀構造的規模也可說明梅山斷層已歷多次活動過才會如此寬大。比較本文研究結果與大森氏所繪製地表破裂位置，梅山斷層的構造線分佈大致上符合大森氏當年所繪製位置，但當斷層往西南延伸時，在中坑以西的區域並未隨著地形轉向西南，而是持續往西延伸後再於中正大學北邊一帶轉向西南，亦即梅山斷層在中坑以西至民雄間的確卻位置應較先前所繪製的地表破裂位置往北偏移（見圖一中粉紅色虛線處）。

誌謝

本文感謝中央地質調查所以及國科會的支持，也感謝謝昭輝教授與中油公司提供部分的資料。洪日豪教授與周錦德教授的寶貴意見也一併致謝。本文沒有中正大學總務處車輛的支援以及楊啟祥先生的幫助不可能完成。本文並感謝陳惠玲與洪文珊小姐以及所有參與野外工作與資料處理的人員。

參考文獻

- 王乾盈（1989）活動斷層調查震測資料處理系統之研究。行政院國家科學委員會防災研究報告77-50號，共66頁。
- 石同生、林啟文、盧詩丁（2000）活動斷層調查報告-梅山斷層，經濟部中央地質調查所施政計畫報告。
- 李伯當、梁敬豪（1988）活動斷層研究(五)活動斷層之甚低頻率電磁法探勘研究—嘉義、梅山斷層。行政院國家科學委員會防災科技研究報告76-44號，共13頁。
- 江準熙（1993）嘉南地區之震源機制與大地應力分析。氣象學報，第三十九卷，第三期，第187-201頁。
- 余水倍、劉啟清（1988）嘉義梅山及台東縱谷活動斷層之監測研究(II)。行政院國家科學委員會防災科技研究報告77-44號，第1-7頁。
- 林世珩（2003）梅山斷層東段之淺層震測影像新解釋。國立中正大學地震研究所碩士論文。
- 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000）台灣活動斷層概論(第二版) 五十萬分之一台灣活動斷層分布圖說明書。經濟部中央地質調查所等刊第十三號。
- 吳宏傑（1998）梅山斷層與新化斷層之淺層反射震測。國立中正大學地震研究所碩士論文。
- 郭烈銘、梁敬豪、張濟權、李伯當（1985）嘉義梅山地震斷層地電阻探勘研究。行政院國家科學委員會防災科技研究報告。

- 畢慶昌 (1991) 台灣嘉義梅山斷層之橫移斷層特徵。地質, 第十一卷, 第二期, 第111-119頁。
- 黃明哲、潘國樑 (1988) 活動斷層調查新技術之建立—熱紅外線掃描及放射性調查法。行政院國家科學委員會防災科技研究報告76-39號, 共36頁。
- 賴錦淑 (2002) 資料處理對剖面品質的影響- 以梅山斷層中坑-民雄段為例。國立中正大學應用地球物理研究所碩士論文。
- 葉永田、鄭世楠 (1998) 由歷史地震資料探討1906年梅山地震斷層的分佈。經濟部中央地質調查所 活斷層地球物理探勘計畫八十七年度報告。
- 葉義雄、陳光榮、王維豪、蔡義本 (1984) 1906年嘉義梅山地震斷層之觀測研究。國科會防災科技研究報告。
- 葉義雄、陳光榮、顏宏元、林正洪、王理文、黃維彰 (1988) 梅山斷層向西延伸之調查研究。國科會防災科技研究報告76-46號。
- 謝昭輝 (1989) 梅山斷層的震波測勘研究(II)。行政院國家科學委員會防災科技研究報告77- 65號, 共64頁。
- Omori, F. (1907) Preliminary Note on the Formosa Earthquake of March 17, 1906; Comparison of the Faults in the Three Earthquakes of Mino-Owari, Formosa, and San Francisco. *Imp. Earthquake Inves. Comm. Bull.*, 2, 53- 71.
- Shieh, C. I. (1987) Engineering aspect of the Meishan fault in southern Taiwan. *Memoir of the Geological Society of China*, 9, 383-396.