

# 新竹東方新城斷層之P波與SH波淺層震測調查

## P and SH waves Shallow Seismic Reflection Survey of the Hsincheng Fault at Eastern Hsinchu

石瑞銓<sup>1</sup> 陳文山<sup>2</sup> 林啟文<sup>3</sup>

Ruey-Chyuan Shih<sup>1</sup>, Wen-Shan Chen<sup>2</sup>, and Chii-Wen Lin<sup>3</sup>

### ABSTRACT

The Hsincheng fault is located in the mountain front of the northwestern Taiwan; the fault-trace strikes roughly NE to SW, and is now categorized in the group of the most active faults. In this paper, we show shallow seismic reflection images of the fault beneath a terrace at south of the Touchien river in eastern Hsinchu, by using the P and SH waves reflection methods. The fault can be identified clearly on the seismic profiles; the fault-trace projects to the surface with a small offset northwest to the previous suspected position. In addition, the results from the P and SH waves reflection survey show both of the strata on the hanging-wall and the footwall dipping to the SE, but with different angle. The dipping angle of the hanging-wall is slightly larger than that of the footwall, which was also agreed by the geologic observations. This paper shows not only the image of the Hsincheng fault, but also illustrates the advantage of the integration of the P and SH waves seismic reflection methods.<sup>1</sup>

### 前言

新竹地區屬於西部麓山帶地質構造區，斷層-褶皺構造一直延伸至新竹外海，以大平地斷層為界這地區的構造系統大致分為東側的內麓山帶與西側的外麓山帶兩個斷層-褶皺構造帶。內麓山帶的地層以中新世岩層為主，構造屬於緊密的褶皺構造並伴隨逆衝斷層；而外麓山帶的岩層較年輕，屬於上-更新世岩

---

1 國立中正大學地震研究所 (Institute of Seismology, National Chung Cheng University)  
2 國立台灣大學地質科學系 (Dept. of Geological Sciences, National Taiwan University)  
3 經濟部中央地質調查所 (Central Geological Survey, MOEA)

層，褶皺構造屬於開放式型態的斷層延展褶皺帶，是由逆衝斷層構造在上盤形成的背斜構造（陳文山等，2003）。

新城斷層為往東南傾斜的逆移斷層，位於外麓山帶的斷層-褶皺構造區中，斷層的北段呈東北東走向，由關西南方延伸至頭前溪北，斷層南段由頭前溪南延伸至頭份一帶，呈東北東走向，全長約28公里（林啓文等，2000）。根據盧詩丁等（2000）的調查，新城斷層南段的露頭較為明顯，斷層傾角約40度向南，而斷層北段的露頭則不佳，基本上斷層兩側的岩性差異不大。Chen, et al(2003)與陳文山等（2003）的研究也說明了新城斷層為一級活動斷層的特性。

本文研究區域位於新竹東方（見圖1），這地區的地形主要呈低矮的丘陵地的地形，且位在頭前溪的南側形成許多不同高度的河階地形，本文的調查區域就位於其上，調查範圍內地勢平坦，並無地形特徵以判別斷層的位置，圖1中之斷層線為中央地質調查所公佈之斷層位置（林啓文等，2000）。

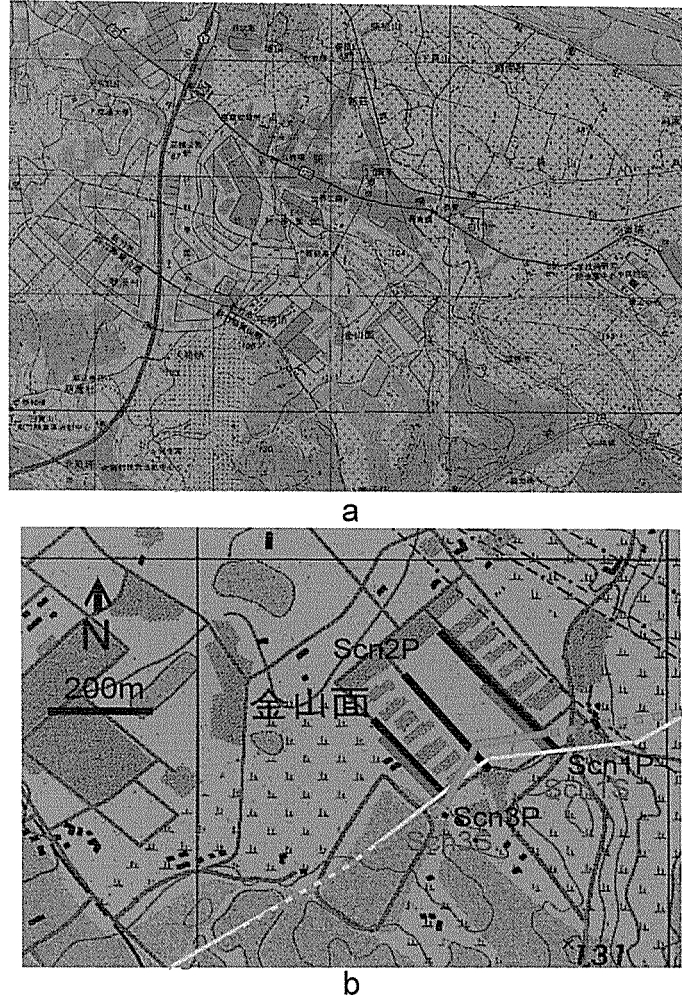
## 反射震測調查方法

淺層反射震測技術的發展始於P波反射，並已獲得相當的成果。然而，P波淺層反射因波速高、波長長且容易受表面波干擾而降低其淺部的解析能力。近地表處S波淺層反射能比P波具有較好的解析度，目前由於高能量S波震源已陸續開發引進，S波反射技術的發展已日益成熟。本次的震測調查先於測區內以P波進行較長支距，貫穿深度較深的剖面，再以SH波於關鍵位置進行震測，來獲得近地表處的構造影像。

本文中P波與SH波震測調查皆使用2000焦耳之高能迷你機械式撞擊震源(JMS Mini65)，而P波震測利用了以2個14Hz與1個100Hz並連組合的垂直受波器陣列來接收反射，單一受波器間距為1公尺；SH波震測則利用2個一組之28Hz水平受波器陣列來接收反射，間距亦為1公尺，信號則記錄於24位元之48波道震測儀(Geometrics StrataVisor NX)。P波震測施測時受波器間距採5公尺，最近支距5公尺，最遠支距240公尺，炸點間距2.5公尺，每個測點40次垂直重合，重合後剖面之平均重合數為48，記錄時間1秒。SH波震測施測時受波器間距為3公尺，最近支距3公尺，最遠支距144公尺，炸點間距1.5公尺，每個測點60次垂直重合，重合後剖面之平均重合數亦為48，記錄時間2秒。震測資料以同中點重合方式處理，利用紐西蘭地質與核能研究所開發之資料處理軟體GLOBE Claritas於SUN工作站上執行。

## 調查結果

圖1為本文調查之測區位置圖，圖1a中圓圈為測區範圍而橘黃色線則代表新城斷層之斷層線，圖1b為測線配置圖，包括3條P波與2條SH波震測線。調查區域內地勢平坦，測線佈於柏油路上，測點紀錄中即可見到清楚之反射信號。

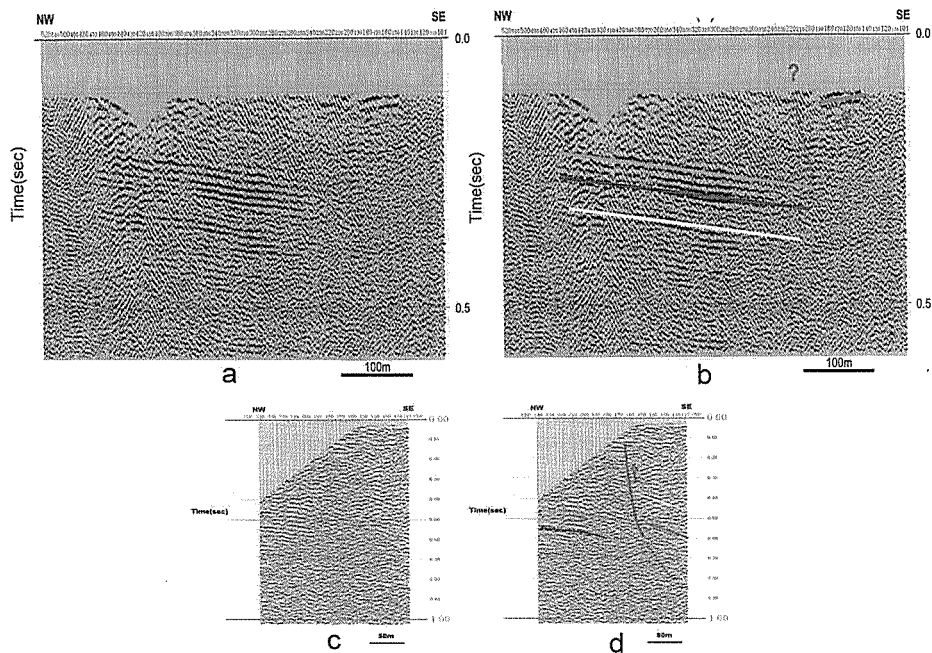


圖一 1/250,000測區位置圖。圖(a)中圓圈範圍為本文之調查區域，橘黃色線代表經濟部中央地質調查所公佈之新城斷層位置。圖(b)為測線配置圖，包括3條P震測測線(黑色線)與2條SH波測線(藍色線)，圖中紅色線為斷層之地表投影位置。

Fig.1 Location map of the study area. (a) the red circle shows the study area and the orange line shows the fault-trace. (b) shows the deployment of the P (black) and SH (blue) waves survey lines, and the red line represents the surface projection of the fault.

### 3.1 測線SCn1

測線SCn1位於測區之東北方，P波測線（SCn1P）長度約650公尺，深度可達600公尺。圖2a為SCn1P之48重合P波震測剖面圖，圖2b為SCn1P之解釋剖面。剖面中間以及以西部分，信號一致地往東南方傾斜，無斷層通過之跡象，然剖面右方之信號品質極難研判是否有斷層經過。爲了瞭解該區域之詳細構造，本次調查中再沿著測線SCn1的東南段實施了SH波震測（SCn1S）。



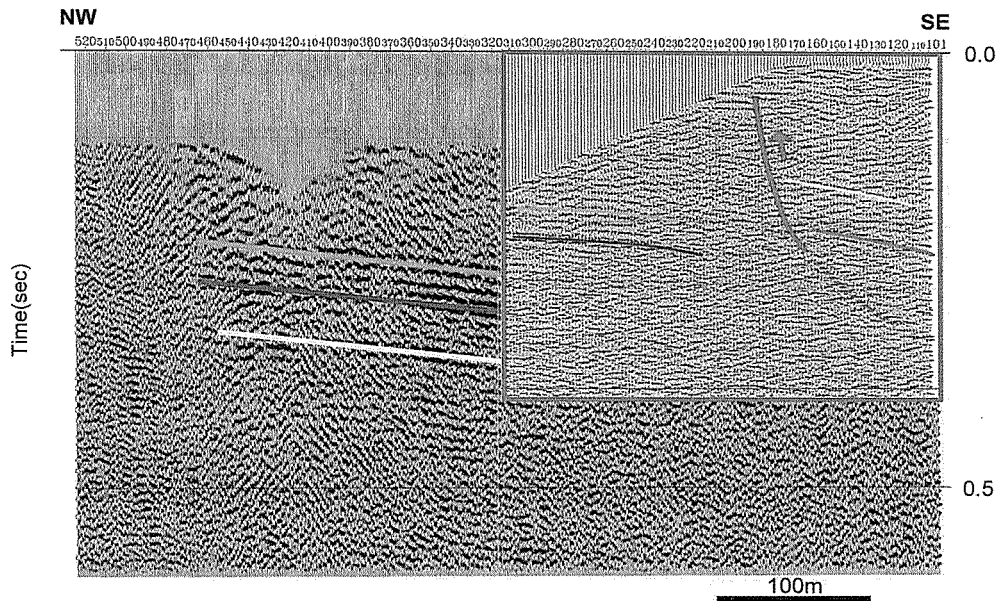
圖二 (a) 為測線SCn1P之48重合P波剖面，長約650公尺，深約600公尺。(b) 為測線SCn1P之解釋剖面。剖面中間以及以西部分之信號一致地往東南方傾斜，無斷層通過之跡象；然剖面右方之信號品質不良，極難研判是否有斷層經過。(c) 為測線SCn1S之SH波48重合剖面，長約250公尺，深約400公尺。(d) 為測線SCn1S之解釋，斷層以紅色線條表示。

Fig.2 The 48-fold P wave profile of the line SCn1P (a), about 650m long and 600m deep, and its interpreted section (b), in which the SE dipping strata from center to the west are clear, but not in the right portion. (c) the 48-fold SH wave profile of the line SCn1S, about 250m long and 400m deep, and the interpreted section (d), in which the fault is interpreted with red line.

圖2c為測線SCn1S之48重合SH波重合剖面，長約250公尺，深約400公尺。由於測線SCn1S跨越了斷層帶，信號品質較差；然而該測線經過不同參數所處理之重合剖面均可清楚的研判出斷層(石瑞銓等, 2002)。圖2d為該剖面之解釋，

圖中斷層以紅色線條表示，剖面中斷層兩側之地層一致地往東南方傾斜，但傾角不同。

圖3為則測線SCn1之P波與SH波整合解釋剖面，剖面中斷層上下盤的地層皆往東南方傾斜，但斷層上盤地層的角度較陡，而下盤地層的角度較平緩。

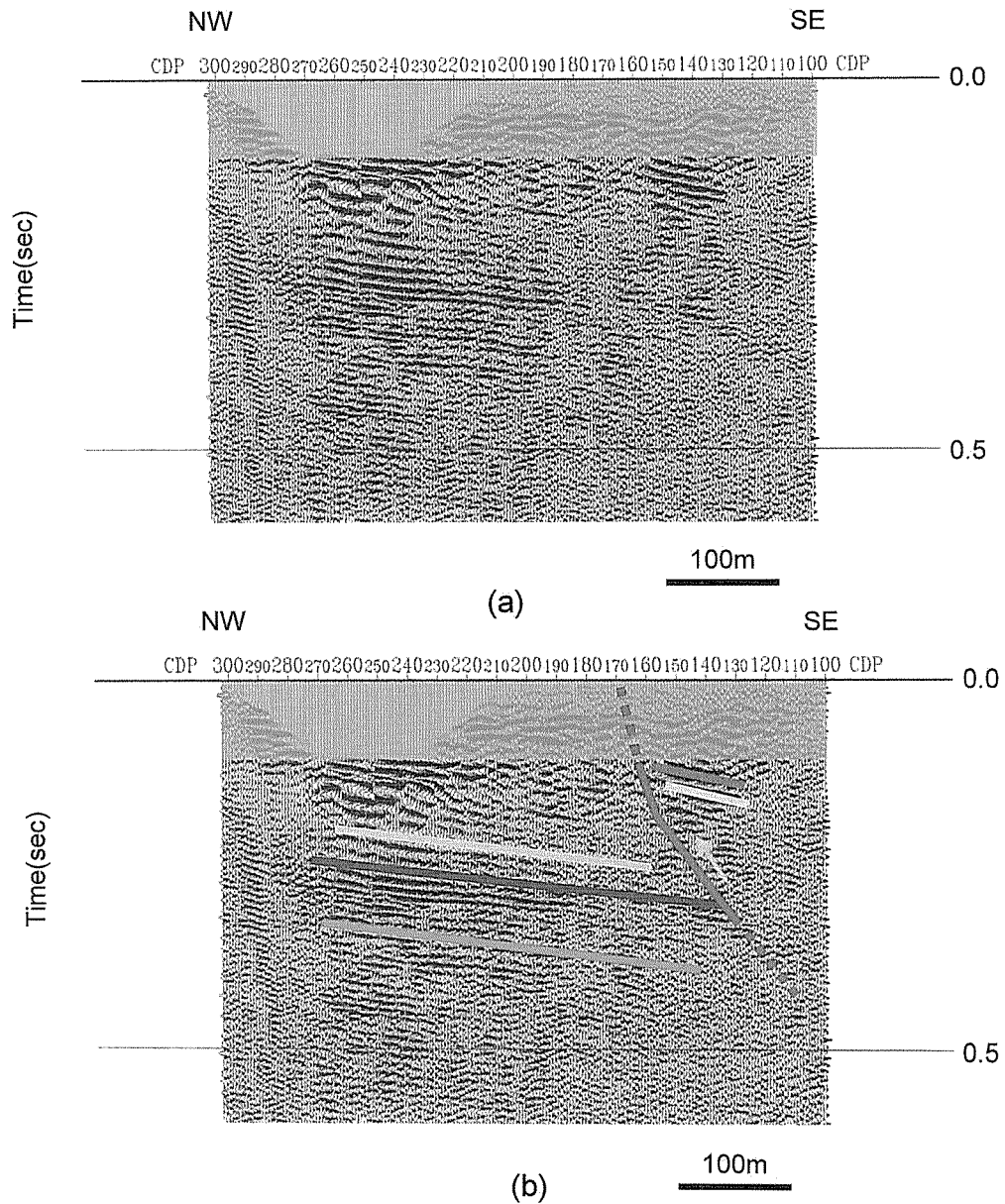


圖三 P波測線SCn1P與SH波測線SCn1S之整合剖面，圖中紅色範圍內為SH波剖面涵蓋之區域。剖面中岩層一致地以低角度往東南方傾斜，斷層以紅色線條表示。

Fig.3 The integrated profile of the P wave profile line SCn1P and the SH wave profile SCn1S. The red rectangle area shows the SH wave profile. In this figure, the strata show dipping to the SE and the fault is interpreted with red line.

### 3.2 測線SCn2

測線SCn2位於測區中央，圖4a為測線SCn2P之48重合P波剖面，長度約500公尺，深度約600公尺，圖4b為SCn2P之解釋剖面，剖面中斷層以紅色線條表示。剖面中岩層一致地以低角度往東南方傾斜，逆衝斷層亦往東南方傾斜，以不同傾角的上下盤地層為界，斷層上盤之地層角度較高而下盤角度稍小。

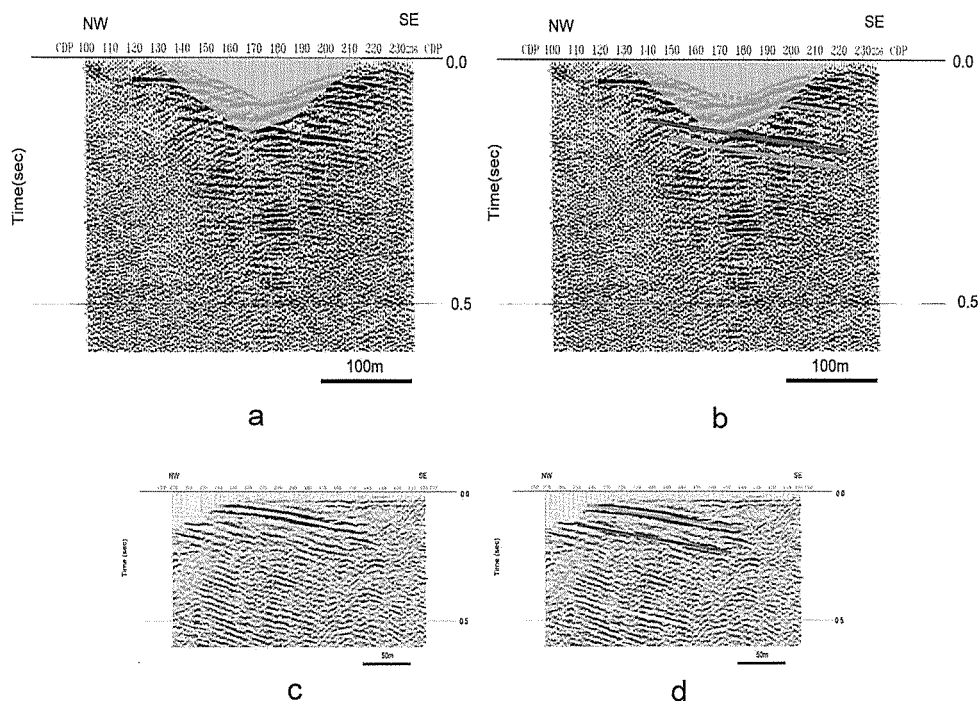


圖四 (a) 測線SCn2P之48重合P波淺層震測剖面，長約500公尺，深約600公尺。圖中灰色半透明掩蓋部分為淺部雜訊。(b) 為測線SCn2P之解釋剖面，圖中紅色線條為斷層線。剖面中岩層一致地以低角度往東南方傾斜，然逆衝斷層上盤之地層角度較高而下盤角度稍小。

Fig.4 (a) the 48-fold P wave profile of the line SCn2P, about 500m long and 600m deep, in which the noise area are shaded. (b) is the interpreted section, in which both of the strata on the hanging-wall and the footwall dipping to the SE, but with different angle.

### 3.3 測線SCn3

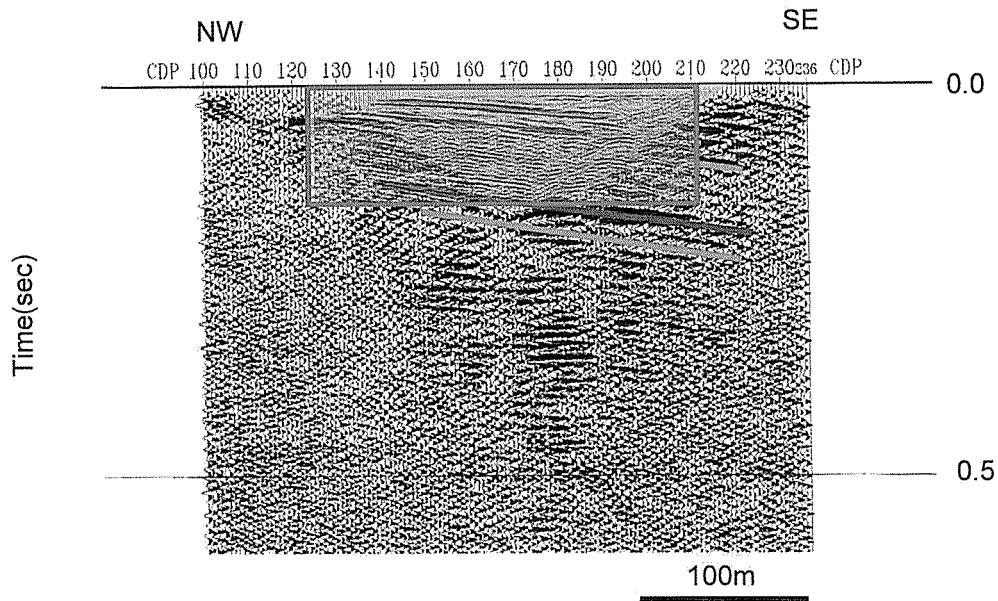
測線SCn3位於本測區的最西邊，圖5a為P波淺層震測剖面（SCn3P），長約350公尺，深約600公尺。由於測區之展距有限，測線配置的限制造成了剖面中間近地表部分之信號缺口，圖中以半透明灰色來遮蓋淺部雜訊。圖5b為SCn3P之解釋剖面，其中信號一致地往東南方傾斜，並無斷層通過之跡象。為了進一步P波剖面的可靠性，沿著測線SCn3P實施了SH波淺層震測（SCn3S）。圖5c即為SCn3S之SH波48重合剖面，長約250公尺，深約200公尺。圖5d為SCn3S之解釋剖面，剖面中淺部地層均往東南方傾斜，無斷層切過之跡象，



圖五 (a) 為測線SCn3P之P波48重合剖面，長約350公尺，深約600公尺。(b) 為測線SCn3P之解釋剖面，剖面中信號一致地往東南方傾斜，並無斷層通過之跡象；然測線中間近地表部分因測線配置限制而不清楚。(c) c為測線SCn3S之SH波48重合剖面，長約250公尺，深約200公尺。(d) 為測線SCn3S之解釋剖面，剖面中淺部地層均往東南方傾斜。

Fig.5 The 48-fold P wave profile of the line SCn3P (a), about 350m long and 600m deep, in which the noise area are shaded. (b) the interpreted section of the line SCn3P, in which the SE dipping strata are seen, but the image in the middle at the shallow part is not clear. (c) the 48-fold SH wave profile of the line SCn3S, about 250m long and 200m deep. (d) the interpreted section of the line SCn3S, in which the strata show dipping to the SE.

若將P波反射剖面與SH波反射剖面依比例整合解釋（如圖6），可以發現測線SCn3底下之地層由淺至深一致地往東南方傾斜，並無斷層經過。圖6圖中SH波剖面以半透明顯示，以便清楚地看出P波剖面與SH波剖面中地層之一致性。



圖六 P波測線SCn3P與SH波測線SCn3S之整合剖面，圖中紅色範圍內為SH波剖面涵蓋之區域。剖面中岩層一致地以低角度往東南方傾斜，並無斷層通過。

Fig.6 The integrated profile of the P wave profile line SCn3P and the SH wave profile SCn3S. The red rectangle area shows the SH wave profile. In this figure, the strata show dipping to the SE without indication of fault.

## 結論

圖3與圖6的整合剖面中明顯的顯示出P波與SH波整合震測之優異性。P波剖面能夠穿透較深的地層，但是SH波剖面有較高的解析度，並且能夠解析較淺部的地層。欲獲得近地表處的構造，除了提高震波頻率外，採用波速較慢的SH波反射也是非常有效的方法。綜合本次調查結果顯示，本區域於600公尺以上之地層一致地往東南方傾斜，逆衝斷層亦然，而斷層上盤之地層傾角較陡而下盤地層之傾角較平緩。由於斷層由測線SCn1與測線SCn2中之東南方經過，而未經過測線SCn3，斷層於本測區之延伸位置於測線SCn1與測線SCn3之間應比原先瞭解的位置往西北方偏移，而在測線SCn3一帶的斷層位置應稍微往東南方偏移（見



圖1b)，並且於測線SCn1與測線SCn3之間有一轉折存在。本文調查範圍內的區域構造與地質調查觀察相符而槽溝開挖結果也證實了本次震測調查的準確性（陳文山等，2003）。

## 誌謝

本文感謝國科會與經濟部中央地質調查所的研究經費資助。調查期間中正大學協助支援大型貨車以及同學們與楊啓祥先生協助野外調查亦一併誌謝。

## 參考文獻

- 石瑞銓、陳平護、呂明達、陳文山（2002）地震地質調查及活動斷層資料庫建置：淺層地球物理探勘（1/5），中央地質調查所研究報告，共166頁。
- 林啓文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000）台灣活動斷層概論—五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書，第二版。經濟部中央地質調查所特刊，第十三號，共122頁。
- 陳文山、陳于高、石瑞銓、胡植慶、詹瑜璋、李建成、洪淑蕙（2003）新竹科學園區活動斷層地震地質學研究，國科會研究報告，共90頁。
- 盧詩丁、石同生、林啓文、黃文正、陳華玟、陳致言、張徽正（2000）台灣北部新竹地區活動斷層調查，中國地質學會89年年會論文集，308-310。
- Chen, Y. -G., J. B. H. Shyu, Y. Ota, W. -S. Chen, J. -C. Hu, B. -W. Tsai, and Y. Wang (2003) Active structures as deduced from geomorphic features: a case in Hsinchu area, northwestern Taiwan: *Quaternary International*, accepted.