案號 ： B11236

112-113 年斷層地下構造探查(1/2)

成果報告書(完整版)

委託機關 ： 經濟部地質調查及礦業管理中心

執行單位 ： 國立台灣大學

中華民國 112 年 12 月

目錄

目錄 i
圖目錄 iii
表目錄 x
摘要 xi
Abstract xii
第一章、緒論 1
1-1 計畫整體概述 1
1-2 計畫地質背景與工作內容 24
第二章、執行方法 36
2-1 震測原理介紹 36
2-2 反射震測法的野外工作 41
2-3 反射震測法之精度 46
2-4 野外施測儀器 47
2-5 野外測線選取 48
2-6 資料處理 53
2-7 震測資料解釋 57
第三章、嘉義斷層反射震測分析結果 63
3-1 資料處理流程 63
3-2 震測剖面解釋 78
第四章、新營斷層反射震測分析成果 86
4-1 資料處理流程 86

4-2 新營斷層剖面解釋..... 103
第五章、討論與結論 110
5-1 嘉義斷層調查結果與討論..... 110
5-2 新營斷層調查結果與討論..... 115
5-3 結論..... 118
第六章、未來展望 119
6-1 三維震測方式與原理..... 120
6-2 過去研究成果簡述..... 122
6-3 現在及未來可行方向..... 123
參考文獻 125
A 附錄：工作進度月報表
B 附錄：野外工作紀錄文件
C 附錄：工作會議記錄
D 附錄：專家會議記錄與意見回覆
E 附錄：教育訓練紀錄

圖目錄

1.1 鳳山溪構造附近區域地質圖（引用自臺灣地震模型，2020）。 . . . 3

1.2 苗栗錦水與永和山地區地質圖，五萬分之一苗栗圖幅局部（何信昌，1995）。 5

1.3 斗煥坪斷層條帶地質圖（林啟文等，2007）。 6

1.4 銅鑼構造區域地質圖（引用自臺灣地震模型，2020）。 7

1.5 嘉義東西走向地下構造剖面圖。嘉義斷層為隆起台地地下的盲斷層，並於上盤形成小梅背斜，紅色虛線為嘉義斷層的延伸線、藍色虛線為三角剪切變形帶的範圍。摘自陳文山等，2004。 8

1.6 嘉南平原東西走向地下構造剖面圖（摘自陳文山等，2004）。新營斷層上盤形成台地構造地形區，下盤為海岸平原構造地形區，紅色虛線為新營斷層的延伸線、藍色虛線為三角剪切變形帶的範圍。 9

1.7 臺南與高雄麓山帶、平原區以及陸海交界地區之地質構造，以及剖面位置圖。摘自黃旭燦，2003。 10

1.8 臺南地區地質圖。D5 為震測剖面位置。摘自 Le Béon et. al，2019。 11

1.9 D5 反射震測剖面。(a) 不含解釋線 (b) 含構造解釋線 (c) 基於純剪斷層彎曲褶 皺生長得概念模型 (d) D5 剖面 Asr 解釋。摘自 Le Béon et. al.，2019。. 12

1.10 純剪斷層彎曲褶皺的概念模型。摘自 Le Béon et. al.，2019。 .12

1.11 中洲構造區域地質圖（引用自臺灣地震模型，2020）。 14

1.12 口宵里斷層條帶地質圖（1/2），引用自林啟文等人（2021）。 . . 15

1.13 （續）口宵里斷層條帶地質圖（2/2），引用自林啟文等人（2021）。 16

1.14 高雄內門地區地質圖，五萬分之一旗山圖幅局部（林啟文，2013）。. 17

1.15 右昌斷層區域地質圖（引用自臺灣地震模型，2020）。. 18

1.16 仁武線形立體地形圖（引用自沈淑敏等，2006）。. 19

1.17 鳳山斷層（北段）立體地形圖（引用自沈淑敏等，2006）。. . . 20

1.18 礁溪斷層往東延伸至牛鬥斷層或稱北宜蘭構造之區域地質圖（引用自臺灣地震　模，2020）。. 21

1.19 宜蘭三星地區地質圖，五萬分之一三星圖幅局部（林啟文與林偉雄，1995）。. 23

1.20 反射震測野外工作示意圖。. 25

1.21 反射震測原理。. 26

1.22 嘉南地區地質圖、斷層與測線位置圖（地質圖摘自地調所），斷層跡參考陳文山等人，2006。. 27

1.23 剪力波速度構造圖，MF 為梅山斷層，CBT 為嘉義斷層，XA 為小梅背斜，CF 為九芎坑斷層。摘自鄭璟郁，2017。. 28

1.24 民雄—梅山東西震測剖面圖。摘自楊志成，2007。. 29

1.25 民雄—梅山東西震測剖面圖。摘自陳文山，2006。. 29

1.26 新營斷層西側平原區尚未有河階的發育，河階主要都分布在新營斷層東側木屐 寮斷層和六甲斷層以東的麓山帶地區。圖修改自陳文山等，2004。. 32

1.27 六甲斷層周圍地質圖。海岸平原區中紅色圓圈為井位、括號中數字為垂直抬升　速率，單位為 mm/yr。摘自楊志成，2005。. . . . 33

1.28 嘉南地區主要河流彎曲度、河床坡度以及河流兩側地形特徵。摘自陳文山等，2004。. 34

2.1 單震源與接收器的反射波線示意圖。 39

2.2 震源與接收器以同 CDP 點展開示意圖 39

2.3 單一震源，以展距擴展的地震訊號。 39

2.4 傾斜地層的炸點剖面與波線。 40

2.5 同 CDP 排列的波線在傾斜地層的狀況。 40

2.6 新營斷層測線 600 公尺處佈線照片。 42

2.7 新營斷層測線的結尾標記。 42

2.8 嘉義斷層測線的測線結尾標記。 43

2.9 野外測線的座標標定工作。 43

2.10 在農田邊佈放受波器的工作。 44

2.11 馬路上進行震盪車施測工作。 46

2.12 產業道路上震盪車施測工作。 46

2.13 震盪車運作時的交通錐告示牌。 46

2.14 本計畫使用之受波器。 49

2.15 主控室儀器配置。 49

2.16 新營斷層與測線位置之地圖，隱伏構造線的說明詳見 4-2 節，原圖比例尺為五千分之一。 51

2.17 嘉義斷層與測線位置之地圖，原圖比例尺為五千分之一。 52

2.18 震盪震源資料處理，左 2 條訊號構成 10 秒的震盪訊號，中間三張剖面為未交相關的 15 秒訊號，右邊為經過交相關處理的 5 秒炸點剖面。圖摘自 Yilmaz,2001。 53

2.19 炸點剖面與簡單波相標示。 54

2.20 資料處理流程圖。 56

2.21 沉積序列範例，不整合面以底線標示，圖取自 Vail(1987)。 . . 59

2.22 反射訊號屬性範例，圖摘自 Mitchum and Vail(1977)。 60

2.23 平行反射構型的範例，圖摘自 Mitchum and Vail(1977)。 61

2.24 發散反射構型的範例，圖摘自 Mitchum and Vail(1977)。 62

2.25 前積式反射構型的分類，圖摘自 Mitchum and Vail(1977)。 . . .62

3.1 CY_A 測線野外幾何輸入介面範例。 63

3.2 CY_A 測線施測幾何圖。 64

3.3 CY_A 測線經彎線修正後的 3D 施測幾何，綠線為修正後的 CDP 點分布。 64

3.4 炸點 253 號的頻譜分析圖。 65

3.5 炸點 253 號的表面波頻譜分析圖。 66

3.6 炸點 253 的濾波前(左)、後(中)、差異(右)比較圖。 67

3.7 折射波到時挑選統整圖。 68

3.8 折射波風化層修正前（左）後（右）比較圖。 69

3.9 炸點 253 的反射時窗自相關函數。 70

3.10 炸點 253 的解迴旋處理前(左)、後(中)、差異(右)比較圖。 . . 71

3.11 傾斜濾波前的炸點剖面 253 的表面波與反射波時窗，右圖為 FK 頻譜。 72

3.12 傾斜濾波後的炸點剖面 253 的表面波與反射波時窗，右圖為 FK 頻譜。 72

3.13 CDP1100-1199 的速度分析，左圖為定速疊加分析，右圖為速度譜分析，左圖　中 5 個疊加圖分別是套用右圖中 5 條速度函數的剖面預覽圖。. 73

3.14 嘉義斷層測線的速度分析結果。. 73

3.15 疊加剖面比較，經頻率濾波的剖面（左）與濾波後進行折射波風化層修正的剖面（右）。. 75

3.16 疊加剖面比較，經折射波風化層修正的剖面（左）與進行解迴旋濾波的剖面（右）。. 76

3.17 疊加剖面比較，經解迴旋濾波的剖面（左）與風化層修正與進行傾斜濾波的剖面（右）。. 77

3.18 時間剖面移位的前（左）、後（右）結果比較。. 80

3.19 CY 時間剖面反射屬性分析圖（0 至 1 秒）。. 81

3.20 CY 時間剖面反射屬性分析圖（1 至 2 秒）。. 82

3.21 CY 時間剖面旋轉剖面圖，數字對應圖 3.19、圖 3.20 中的反射序列。. 83

3.22 CY 未移位的深度剖面，橫軸及方向參照圖 2.17。。. 84

3.23 CY 移位後的深度剖面，橫軸及方向參照圖 2.17。。. 85

4.1 HY_A 測線野外幾何輸入介面範例。. 86

4.2 HY_A 測線施測幾何圖。. 87

4.3 HY_A 測線三維空間幾何圖。. 87

4.4 炸點 127 的全剖面頻譜。. 88

4.5 炸點 127 的表面波頻譜。. 89

4.6 炸點 127 的剖面經濾波前(左)、後(中)與差異(右)圖。. 90

4.7 折射波到時挑選統整圖。 91

4.8 折射波風化層修正前（左）後（右）比較圖。 92

4.9 炸點 123 的反射時窗自相關函數。 93

4.10 炸點 123 的解迴旋處理前(左)、後(右)比較圖，紅色圈內為被折射波蓋住的反射訊號。. 94

4.11 新營斷層測線的速度分析結果。 95

4.12 炸點 117 使用傾斜濾波的前（左）後（右）比較。 96

4.13 CDP400-499 的速度分析，左圖為定速疊加分析，右圖為速度譜分析，左圖中 5 個疊加圖分別是套用右圖中 5 條速度函數的剖面預覽圖。 97

4.14 疊加剖面比較，經折射波風化層修正前的剖面（左）與進行折射波風化層修正後 的剖面（右）。 99

4.15 疊加剖面比較，經折射波風化層修正的剖面（左）與進行解迴旋濾波的剖面(右)。 100

4.16 疊加剖面比較，經解迴旋濾波的剖面（左）與進行傾斜濾波後的剖面(右)。 101

4.17 新營斷層剖面移位前（右）後（左）的時間剖面。 102

4.18 新營斷層剖面未移前的深度剖面，橫軸及方向參照圖 2.16。 . . 105

4.19 新營斷層剖面位移後的深度剖面，橫軸及方向參照圖 2.16。 . . 106

4.20 新營斷層剖面位移後的深度剖面，淺藍色線為可能的斷層軌跡，深藍色線為斷層終點的地表投影線。橫軸及方向參照圖 2.16。. . . . 107

4.21 新營斷層時間剖面反射屬性分析圖（0 至 1 秒)。 108

4.22 新營斷層時間剖面反射屬性分析圖（1 至 2 秒)。 109

5.1 嘉義與新營斷層測線與參考剖面位置對應自地圖，修改自楊志成(2007)。 113

5.2 嘉義斷層剖面(圖 4.23)與參考剖面 S2 對應，參考剖面取自楊志成(2007)，剖面位置標於圖 5.1，剖面中黃色虛線為參考資料中的嘉義斷層。 114

5.3 新營斷層剖面(圖 4.19)與參考剖面 S3，參考剖面取自楊志成 (2007)，剖面位置標於圖 5.1，剖面中黃色虛線為參考資料中的 Frontal Thrust(右)、義竹斷層(左)，淺藍色虛線為圖 4.20 中的斷層線。 117

6.1 三維震測犁田法，左圖縱線為炸點分布，橫線為受波器分布，彼此交織成一模板，右圖為犁田方式，完成一塊模板後移動模板，直到測區皆被模板覆蓋為止(Spitzer et.al，2003)。 121

6.2 環炸法之炸點與受波器分布圖（管卓康，2014)。 121

6.3 二維與三維深度剖面重疊比對（管卓康，2014)。 124

表目錄

1 臺灣地區潛在性的斷層。 2

2 112-113 年斷層地下構造探查（1/2）之新營斷層調查交付項目整理表。 35

3 112-113 年斷層地下構造探查（1/2）之嘉義斷層調查交付項目整理表。 35

4 新營反射震測測線之位置資訊。 50

5 進行移位用的速度構造 78

摘要

近年來學界針對台灣陸上盲斷層的研究，根據河流曲度、河床坡度、河流兩側的地形特徵（階地、沖積扇等)與垂直抬升速率等因素，提出一些潛在的活動構造，由於受限於地表缺乏露頭，使地質的調查或地形的判釋成效不佳，以致於不易判斷斷層的位置與特性。

本研究案回顧了台灣各地可能的活動構造，最終挑選嘉義斷層與新營斷層為今年主要的盲斷層調查標的，並以反射震測法進行調查。在梅山斷層以北的華興溪南岸取得剖面 3490 公尺長的嘉義斷層剖面，以及新營斷層北界近八掌溪處取得 1730 公尺長的新營斷層剖面，震測剖面的反射訊號最深可解析 3.5 公里深。

嘉義斷層的調查結果顯示出地層訊號未受斷層切穿，反射訊號的連續性、頻率、震幅等也沒有劇烈變化，代表其地層沉積時期相當穩定，是近期才受到斷層活動影響，呈現出褶皺翼部的樣貌。新營斷層的調查結果顯示在深度 2 公里以上未受到斷層活動影響，2 公里以下的地層明顯受到擾動，推測可能有構造活動。對比前人文獻，研判該構造活動可能是原生正斷層受到擠壓，使東側地層隆起的隱伏斷層，而非滑脫面直接造成的斷層。

Abstract

In recent years, researchers have focused on studying blind faults in Taiwan, examining factors like river curvature, bed slope, and terrain features to identify potential active structures. However, due to a lack of surface exposure, geological investigations face challenges, hindering precise determination of fault locations and characteristics.

This study reviews potential active structures throughout Taiwan and selects the Chiayi Fault and the Xinying Fault as the main targets for this investigation. The investigation utilizes seismic reflection profiling. A 3490-meter-long profile of the Chiayi Fault is obtained on the south bank of Huaxing Creek north of the Meishan Fault, and a 1730-meter-long profile of the Xinying Fault is obtained near Bajhang River at the northern boundary of the fault. The maximum resolvable depth of seismic profiles is 3.5 kilometers.

The results of the Chiayi Fault investigation indicate that the stratigraphic signals are not cut by the fault, and there is no significant variation in the continuity, frequency, and amplitude of the reflection signal. This suggests that the stratigraphic deposition period was relatively stable and that fault activity has only recently affected it, showing the appearance of folded limbs. The results of the Xinying Fault investigation show that the layers above 2 kilometers in depth are not affected by fault activity, while layers below 2 kilometers show clear disturbance, suggesting possible structural activity. Comparing with previous literature, it is inferred that this structural activity may be the result of compressional forces on the original normal faulting, causing hidden reactivated fault, rather than a fault directly caused by décollement.

第一章、緒論

1-1 計畫整體概述

近年來學界針對臺灣陸地上斷層的研究，雖然提出一些潛在性的斷層或活動斷層，但這些斷層多數發表在小比例尺的地圖上，難以確認位置或是缺乏活動性證據。這些斷層往往受限於地表缺乏露頭，或為沖積層所覆蓋或是盲斷層，地表地質的調查或地形的判釋成效不佳，以致於不易判斷斷層的位置與特性，因此本計畫將針對一些位置不確定的斷層，以地球物理探勘的方法（反射震測）進行調查，以瞭解斷層位置與地下構造。本案分 2 年調查斷層，主要調查潛在性的斷層或其他斷層（如表 1）作為調查目標，預計每年調查 3 條斷層，原擬針對嘉義、新營及臺南斷層進行調查，因評選委員建議集中能量調查，考量現有資料臺南斷層沒有接近地表的跡象，故依工作會議討論結果將調查臺南斷層的測線長度移至新營斷層與嘉義斷層上。以下針對未來可能進行地球物理探勘之潛在性斷層，做一基本地質背景介紹與說明，而後針對本年度將進行之 2 條主要斷層，分別為嘉義斷層與新營斷層，進行較詳細之介紹。

表 1: 臺灣地區潛在性的斷層。

	斷層名稱
北部區域	鳳山溪構造
	鹿廚坑構造
	斗煥坪構造
	銅鑼構造
嘉南地區	嘉義斷層（112 年優先）
	新營斷層（112 年優先）
	臺南斷層
	中洲構造
	烏山頭構造（或稱崙後斷層）
高屏地區	木柵斷層（或稱平溪斷層）
	右昌斷層
	仁武線形
	鳳山斷層
東部地區	礁溪斷層
	牛門斷層
	冬山斷層
其他	主辦業務單位另指定斷層（包含尚未劃設地質敏感區的斷層或其他新發現的斷層）

(1)鳳山溪構造

位於桃園新竹交界地區的鳳山溪構造（圖 1.1），其東起桃園龍潭，往西經新竹新埔、湖口至新豐，呈西北西走向，全長約 30.4 公里（林啟文等，2007），為一右移構造（王昱，2003）。根據前人研究指出此構造以鳳山溪為界分為南北兩部分，截切湖口面（圖 1.1），而王昱（2003）於山區觀察到河流被右移錯動而形成斷頭河，且湖口斷層的崖有被右移的跡象，因此認為除了湖口斷層外，還有走向滑移的構造存在，Shyu et al.（2005）將之命名為「鳳山溪走向滑移構造」，林啟文等人（2007）則認為此段構造部分與湖口斷層相連，主要原因在於此構造野外露頭與地質調查資料，乃至地球物理調查資料皆甚少，

同時尚未有有關長期滑移速率之資料發表，故是一條值得關注且調查之斷層。

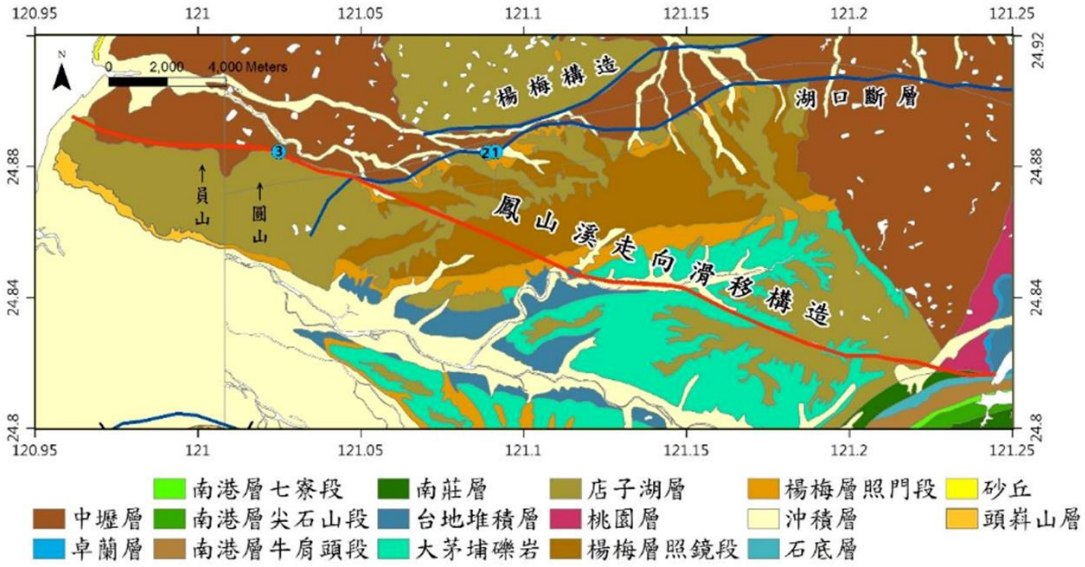


圖 1.1: 鳳山溪構造附近區域地質圖，(引用自臺灣地震模型，2020)。

(2) 鹿廚坑斷層

鹿廚坑斷層（圖 1.2）最早為江新春（Chiang,1970）利用深部震測資料發現永和山背斜西翼為一逆衝斷層所截，始稱為鹿廚坑斷層。黃鑑水等 (1984) 根據野外斷層露頭，認為鹿廚坑斷層於近地表斷層面為向東南傾約 40 至 80 度，上盤為卓蘭層，下盤為頭料山層。在南港溪以北，上盤岩層位態呈東北或西北走向、西傾十餘至二十餘度，但局部岩層在高鐵橋東側岩層陡傾至六十餘度，下盤岩層主要呈東北走向，傾角為向西傾約二十餘至三十餘度: 在南港溪以南，上盤岩層為東北走向，傾角轉陡至四十餘至五十餘度，下盤岩層在造橋一帶也是呈東北走向、向西傾三十餘度, 往南則轉緩至十餘度（何信昌，1994)。周稟珊（2017）認為鹿廚坑斷層在南港溪以北區域，上下盤岩性相近，為卓蘭層內的斷層。南港溪以南的區域岩層呈同斜構造，

岩層傾斜往西變緩，推估鹿廚坑斷層可能向西南方漸消失或未切穿地表，或地下形成一個向斜構造。

(3) 斗煥坪斷層

走向略呈東西之斗煥坪斷層（圖 1.3)，其東延部分在竹東圖幅內稱為大平斷層 （林啟文等，2007)，往西則被竹南沖積平原掩覆，其延展不明。前人研究認為斗煥坪斷層西延至竹南沖積平原後，成為二斷層，位於北側為頭份斷層，南側為竹南斷層（黃富文與周青，1985)，另有一斷層介於此二斷層之間，為頭份斷層。竹南斷層之落差約 145 公尺，而頭份斷層之落差為 140 公尺左右。

本斷層最早為本區域航照地質時所發現（湯振輝，1968)，其主要關鍵有二，其一為航照上能清楚辨識東西走向之線性斷崖，截切斗煥坪附近紅土礫石台地，另一則是峨嵋溪流路在大埔水庫附近呈 180 度之轉折，由此判斷其為一南側地盤相對上升並兼具右移性質之右滑逆斷層(right-reverse-slip fault)，而邱華燈〈1971〉認為此斷層為新竹與苗栗地區兩個向西北突出構造弧(structural salient)間的分界，其可能發育於頭嵙山層沈積之後，而可能在紅土臺地沈積之後再次活動，造成了斗煥坪附近斷層崖。此外，中港溪以南陸地之向西突出亦或與本斷層有關。

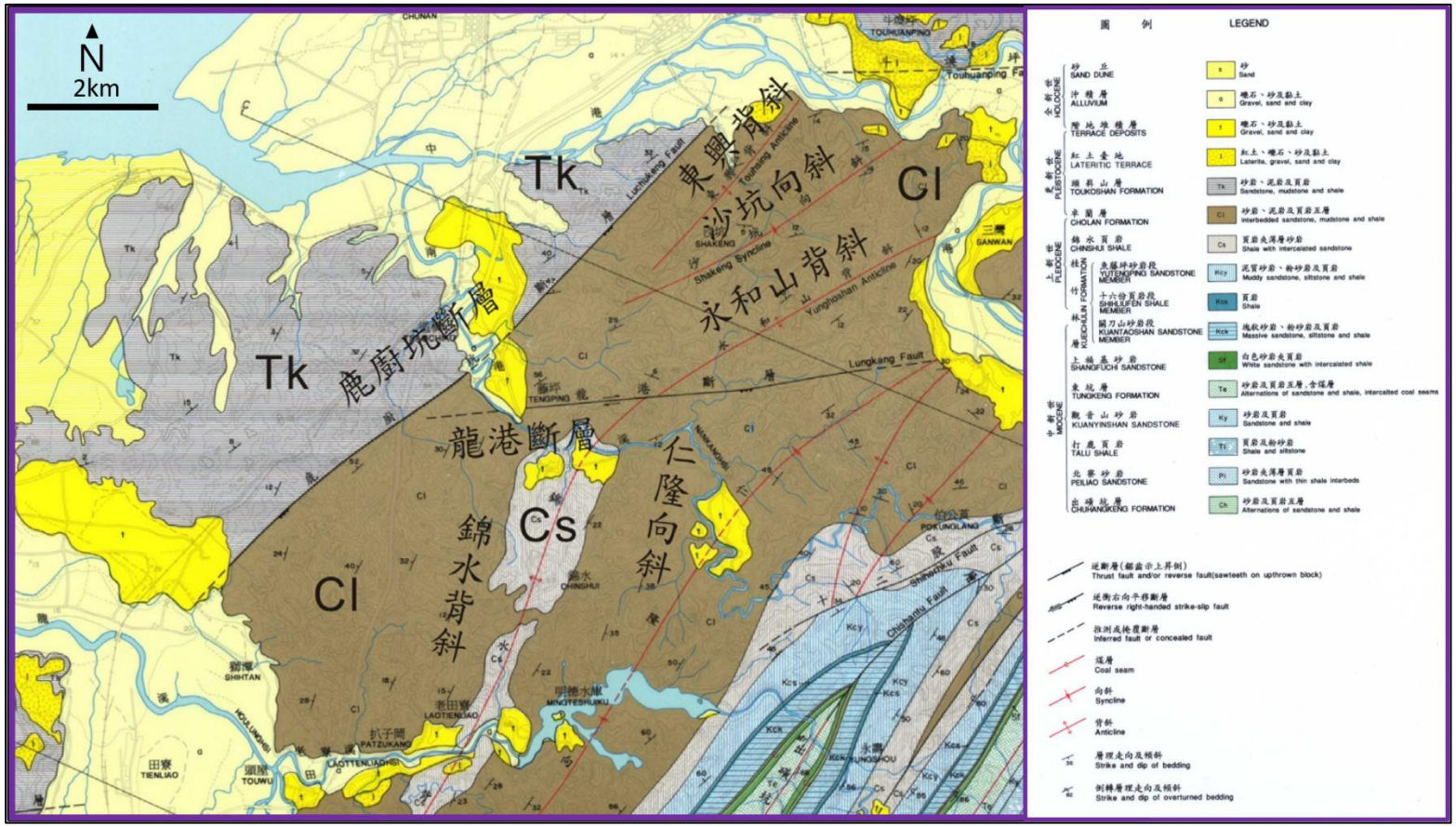


圖 1.2: 苗栗錦水與永和山地區地質圖，五萬分之一苗栗圖幅局部（何信昌，1995）。

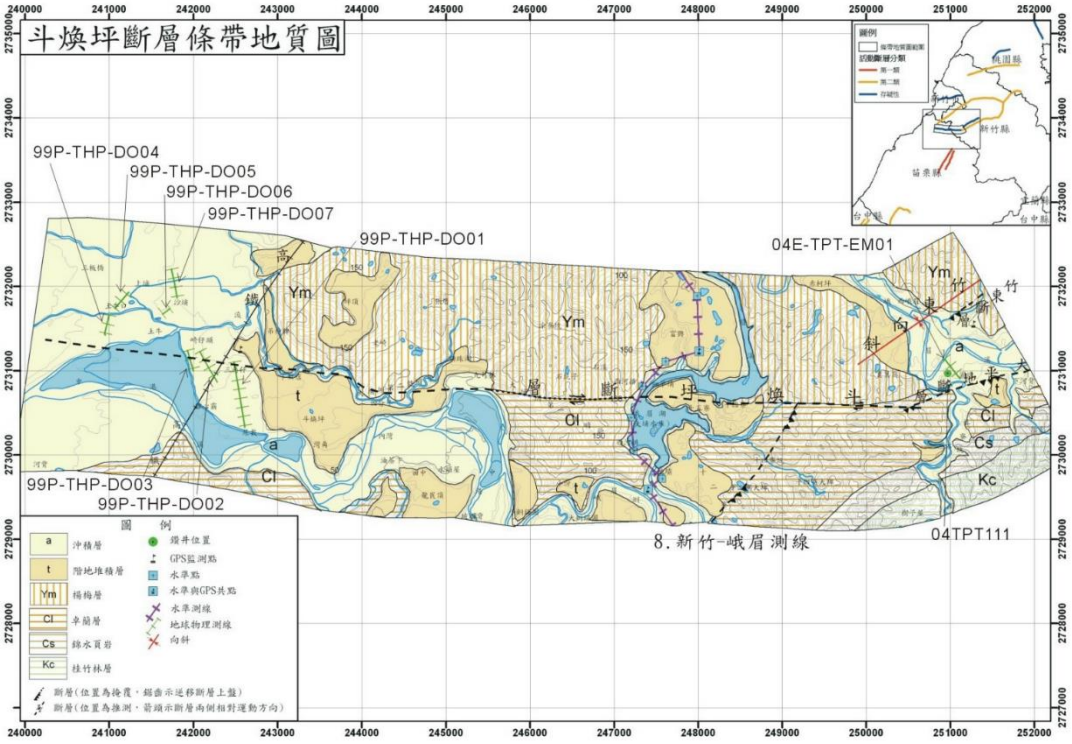


圖 1.3: 斗煥坪斷層條帶地質圖（林啟文等，2007）。

(4)銅鑼構造

銅鑼構造（圖 1.4）或稱銅鑼斷層（Ota et al.,2006），其北起苗栗西湖南緣，南經銅鑼至苗栗三義，走向呈南北向，其斷層全長約 15.7 公里，為向東逆衝的構造（臺灣地震模型，2020）。銅鑼構造西側有一系列向東傾之階地，同時發育數條向東流之小溪溝。斷層東側為頭嵙山層，上覆紅土台地堆積層，下盤則是沖積層。太田陽子調查此區域地形，繪製出階地分布圖，並將階地分為四階，第一階為最高階，分布最廣，第二階高度次之，以此類推，所有階地面皆傾斜向東(Ota et al., 2006)。

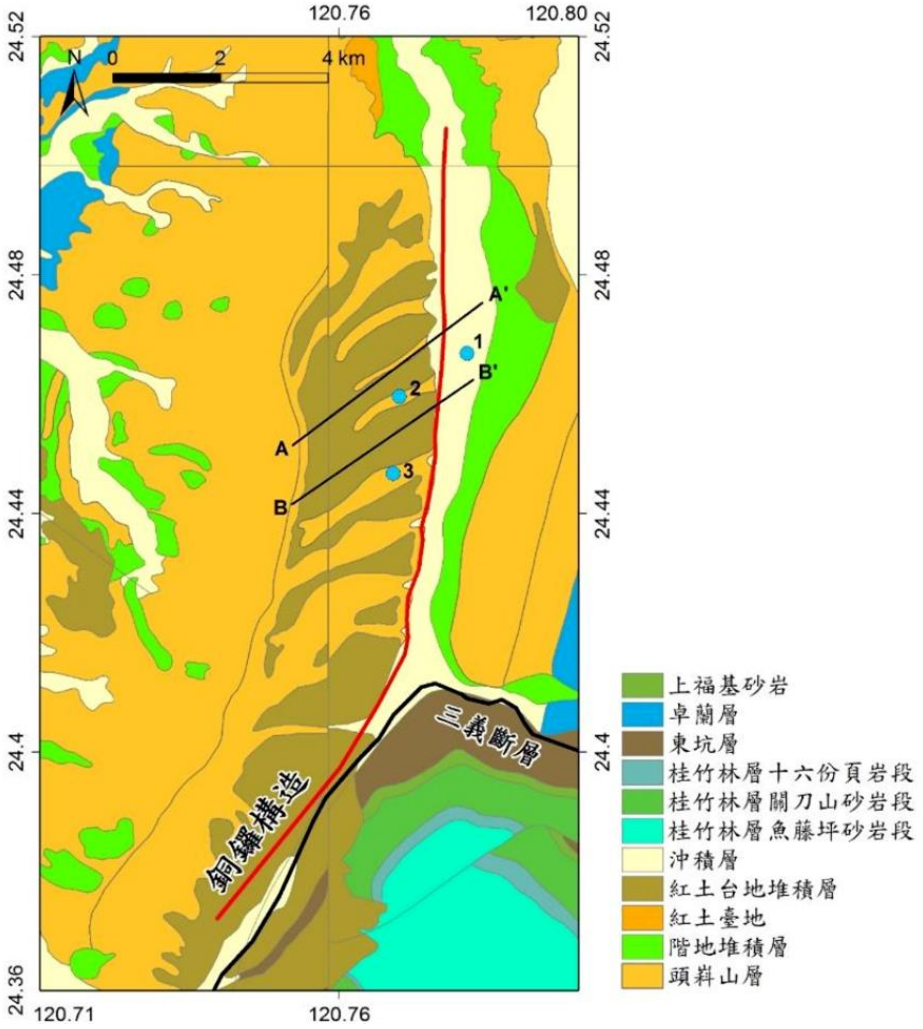


圖 1.4: 銅鑼構造區域地質圖（引用自臺灣地震模型，2020）。

(5) 嘉義斷層

嘉義斷層（圖 1.5）是一逆斷層，其北側以古坑斷層為界，南側則以竹崎的平移斷層系統爲分界，中間由梅山斷層截切可分為南北兩段，東側是木屐寮斷層、九芎坑斷層等一系列的褶皺逆衝帶，與嘉義前緣構造（Shyu et al., 2005）不同。由地形與構造來看，其顯示形成撓曲紅土台地的嘉義斷層有被梅山斷層所截切，可分為南北兩段，陳文山等（2004）指出梅山斷層以南的嘉義斷層的向西變動速率大於梅山

斷層以北區段的活動，GPS 資料亦顯示梅山斷層兩側向西位移速率每年相差約 5.9 公厘，屬於右移構造。

徐澔德等人認為之嘉義前緣構造為一存在於嘉南平原南北走向之構造，其截切許多河流，如北港溪、牛稠 朴子溪、八掌溪、急水溪等，然構造沿線無構造崖，僅因上盤地區有許多曲流，階地相對於河床高度越往東落差越大，因而推測是構造活動所造成階地抬升，導致河流下切（Shyu et al., 2005）。

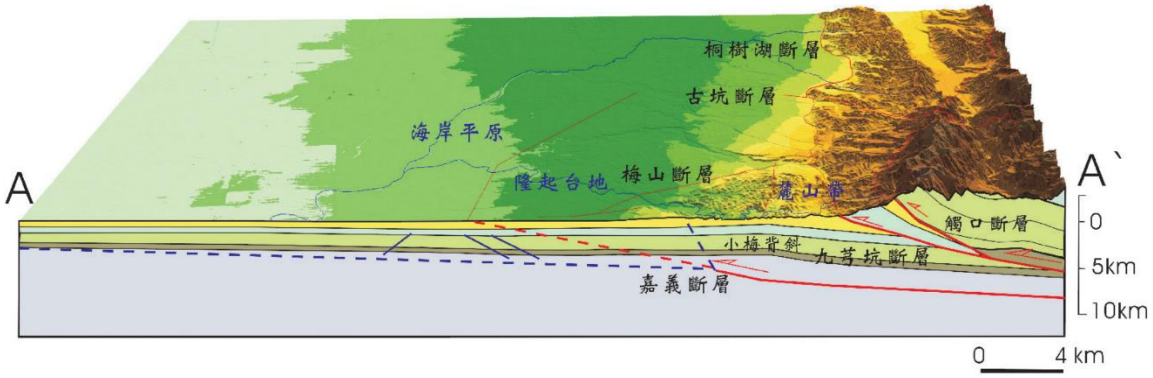


圖 1.5: 嘉義東西走向地下構造剖面圖。嘉義斷層為隆起台地地下的盲斷層，並於上盤形成小梅背斜，紅色虛線為嘉義斷層的延伸線、藍色虛線為三角剪切變形帶的範圍。摘自陳文山等，2004。

(6) 新營斷層

新營斷層（圖 1.6）為一逆斷層，前人認為其為嘉南海岸平原與全新世海階沉積物（或稱隆起台地）之分界存在一構造，其構造延伸至地表的位置約在嘉義市－後壁－六甲－新化－新市一線，以東屬於隆起台地區，以西為海岸平原下陷區，其開始活動的時間約 3,000-5,000 年前（楊志成等，2005; 陳文山等，2004）。新營斷層上盤微向西傾，且斷層位置鄰近六甲斷層，且根據平原區全新世的鑽井及定年資料來看，在新營斷層的上下盤的垂直抬升速率亦有明顯的差異，該斷層投影至地表上位置可推估為造山帶的變形前緣。

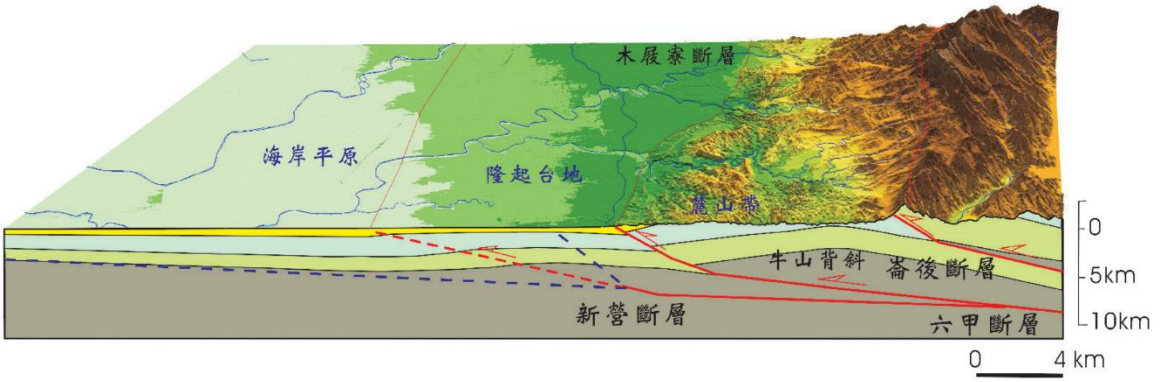


圖 1.6: 嘉南平原東西走向地下構造剖面圖（摘自陳文山等，2004）。新營斷層上盤形成台地構造地形區，下盤為海岸平原構造地形區，紅色虛線為新營斷層的延伸線、藍色虛線為三角剪切變形帶的範圍。

(7) 臺南斷層

有關臺南斷層，徐澔德認為其北起臺南將軍區，往南經七股、安南、中西、安平，延伸出海，大致呈南北走向，全長約 32.9 公里，並稱為臺南前緣構造（Shyu et al., 2005）。黃旭燦（2003）嘗試進行陸海交界區域性構造之綜合解釋分析（圖 1.7），而臺南背斜是一個褶皺與逆斷層帶的最前緣結構，其包括了一系列的三個背衝斷層。臺南斷層很可能向東延伸了 15 公里，從臺南背斜開始，並且在中新世長枝坑層系內向下移至更深的地層（Le Béon et. al，2019）。

臺南斷層的震測剖面（圖 1.8、1.9、1.10）顯示，臺南斷層目前僅發育於滑脫面（約 4 公里深），剖面中可以看到斷層所形成的三角剪切變形帶前緣（黃虛線），推測臺南斷層可能沿其持續發育，而剖面中此區域可以清楚看到向西傾的後甲里斷層。

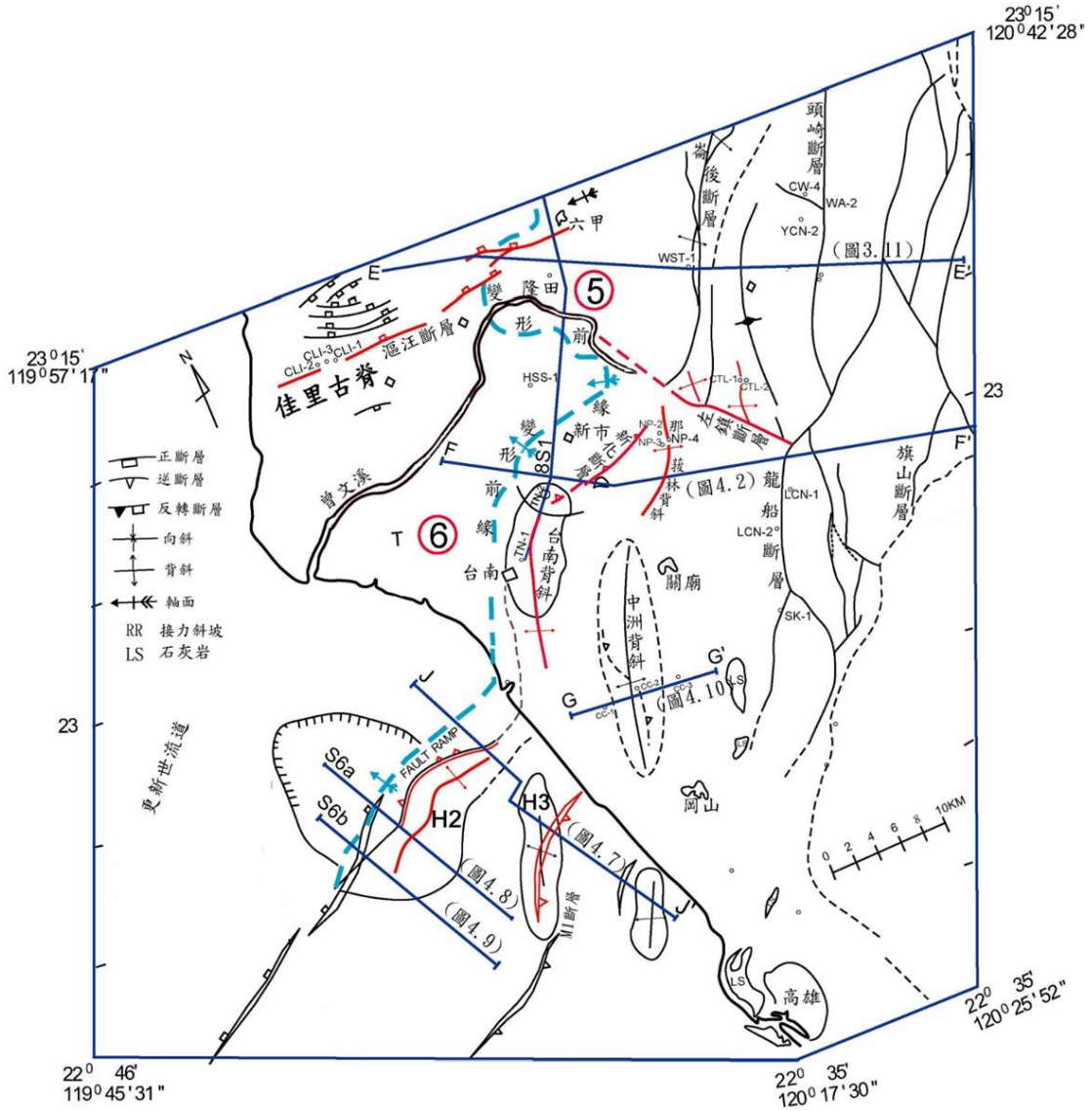


圖 1.7: 臺南與高雄麓山帶、平原區以及陸海交界地區之地質構造，以及剖面位置圖。摘自黃旭燦，2003。

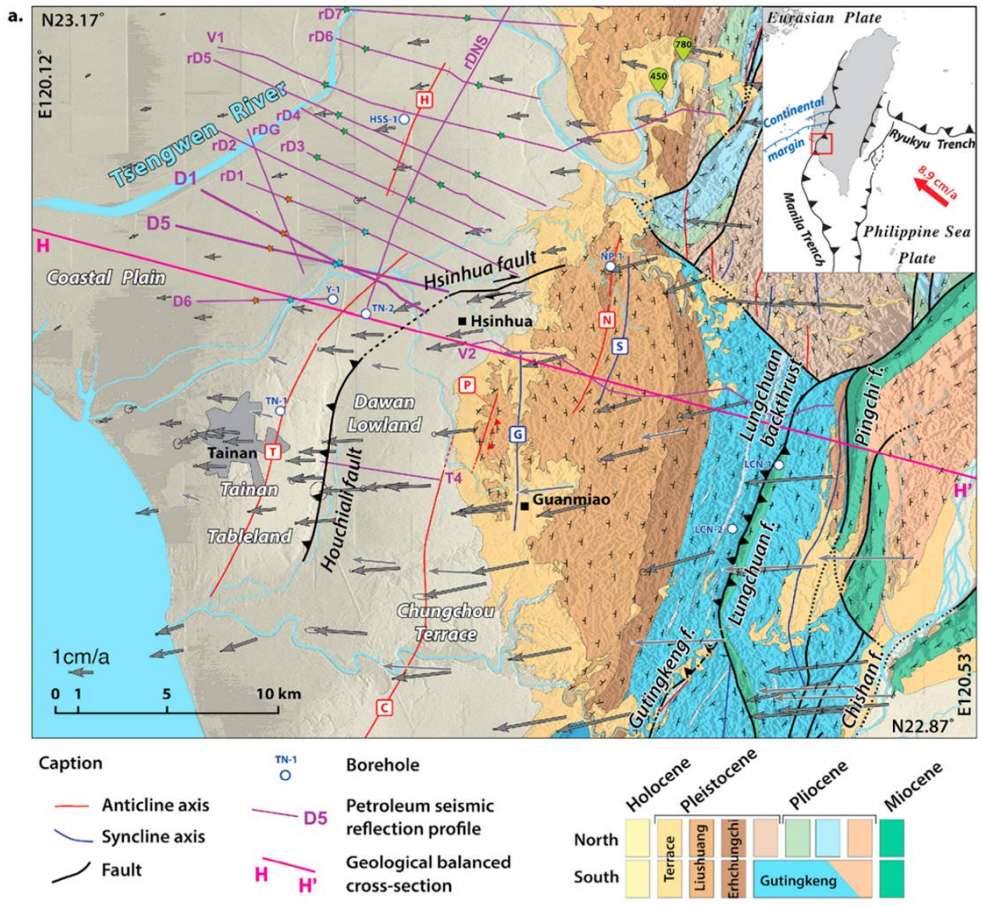


圖 1.8: 臺南地區地質圖。D5 為震測剖面位置。摘自 Le Béon et. al，2019。

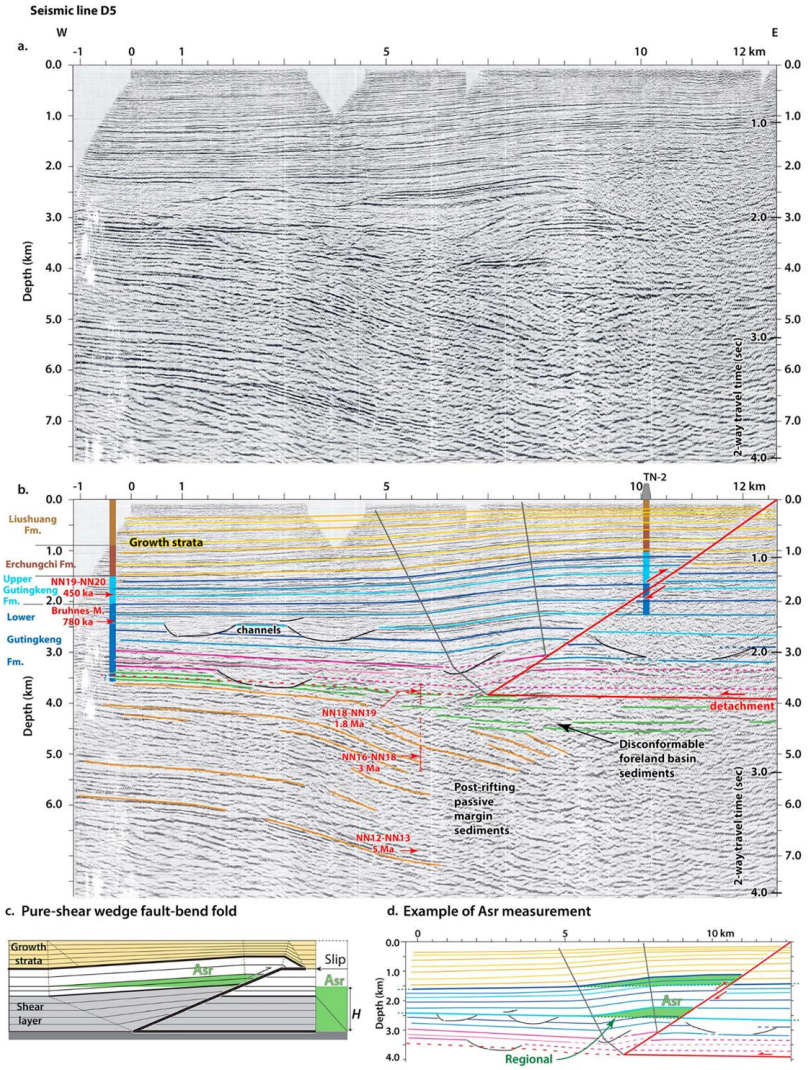


圖 1.9: D5 反射震測剖面。(a) 不含解釋線 (b) 含構造解釋線 (c) 基於純剪斷層彎曲褶皺生長得概念模型 (d) D5 剖面 Asr 解釋。摘自 Le Béon et. al.，2019。

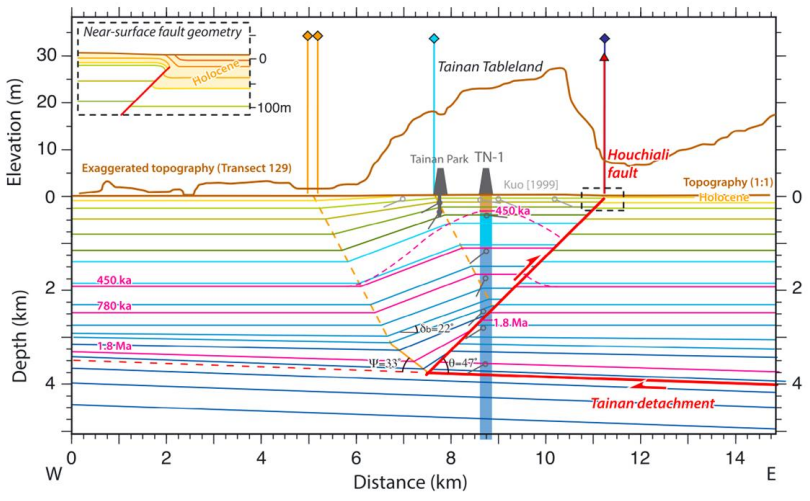


圖 1.10: 純剪斷層彎曲褶皺的概念模型。摘自 Le Béon et. al.，2019。

(8) 中洲構造

臺南地區，簡稱臺南平原，屬臺灣西南部沿海平原。直到最近，這個區域被認為是西麓前部相對活躍的地區。臺南平原自西向東分為臺南台地、大灣低地、中洲台地三大地形段。臺南台地高 30 公尺，南北長 12.5 公里，東西寬 4 公里。大灣低地平均海拔 6 公尺，向東升高，逐漸與中洲台地接合，中洲構造位於大灣低地與中洲台地交會處。中洲構造（圖 1.11）北起臺南官田，往南經大內、山上、新市、新化、關廟、歸仁至高雄阿蓮北部，山上以北呈西北走向，山上以南呈東北偏北走向，全長約 35.5 公里，為向西逆衝之構造。斷層東側為丘陵地形，河流旁有河階發育，西側為平原區。東側地層以曾文溪為界，以北為六雙層，以南為崎頂層，河流周圍為階地堆積層，斷層西側為全新世沖積層。Chen and Liu（2000）由鑽井資料中沈積物的古環境解釋與碳十四定年得知中洲河階（斷層上盤）抬升速率 4-7 mm/yr，大灣低地（斷層下盤）沉降速率 1mm/yr，因此斷層垂直變化速率為 5-8 mm/yr。

(9)烏山頭斷層（或稱崙後斷層）

崙後斷層，又稱烏山頭斷層，根據口宵里斷層地質條帶圖（圖 1.12 與圖 1.13），烏山頭斷層為逆移斷層，呈東北走向，由嘉義觸口東方向西南延伸至臺南縣左鎮鄉榮和村，長約 48 公里。崙後斷層並未發現截切更新世晚期地層的證據；近期的大地測量結果顯示，斷層兩側的水平速度差約 20 公厘/年，因此仍有明顯壓縮作用，但斷層可能以非震性的潛移方式活動（饒瑞鈞等，2006）。

林啟文等人（2021）於進行口宵里斷層相關研究時，認為口宵里斷層為烏山頭斷層的背衝斷層（backthrust），地處於變動速率相對較高區域，故推測烏山頭斷層可能也屬於活動斷層，然而仍需要進一步的岩層證據。

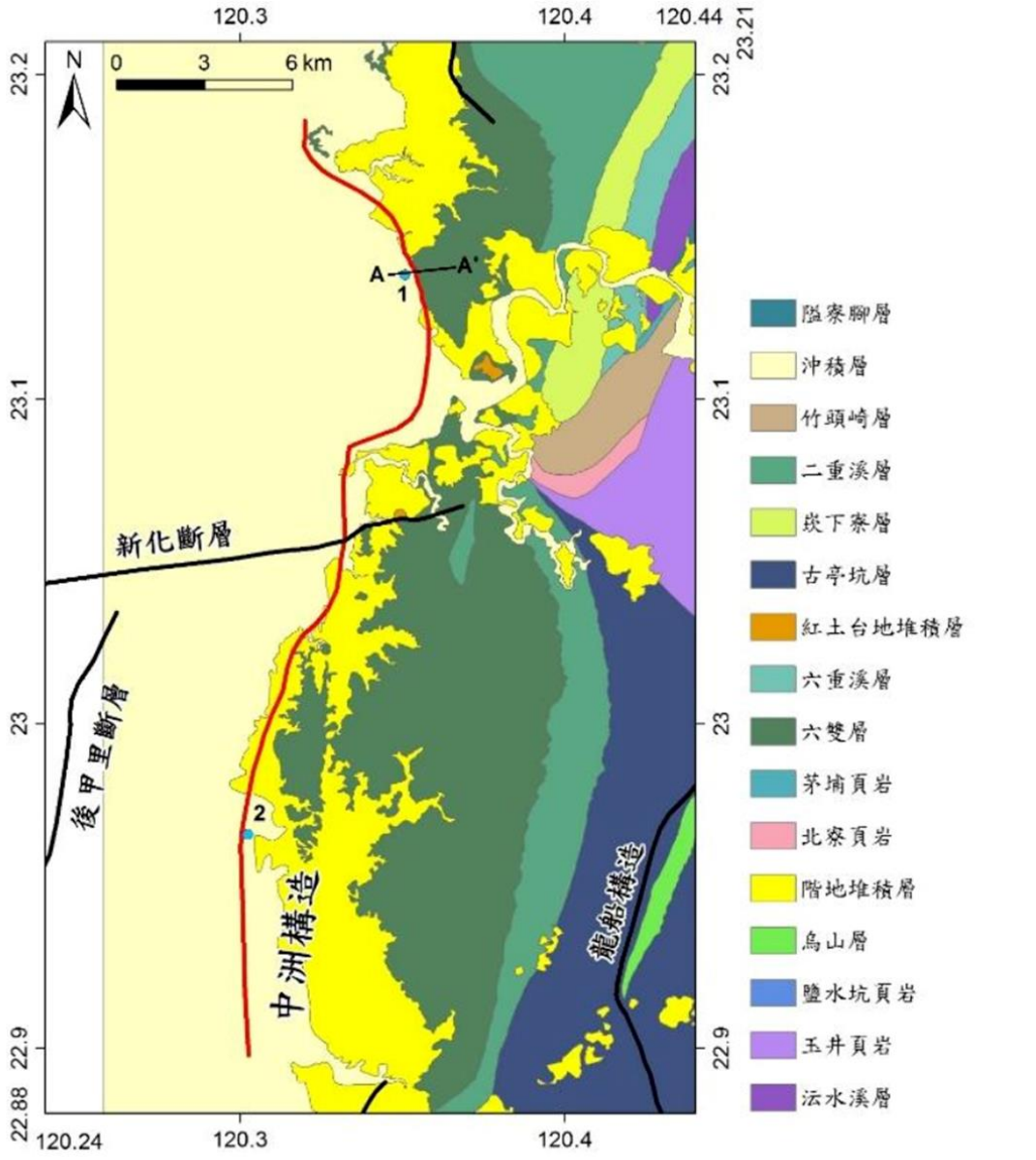


圖 1.11: 中洲構造區域地質圖（引用自臺灣地震模型，2020）。

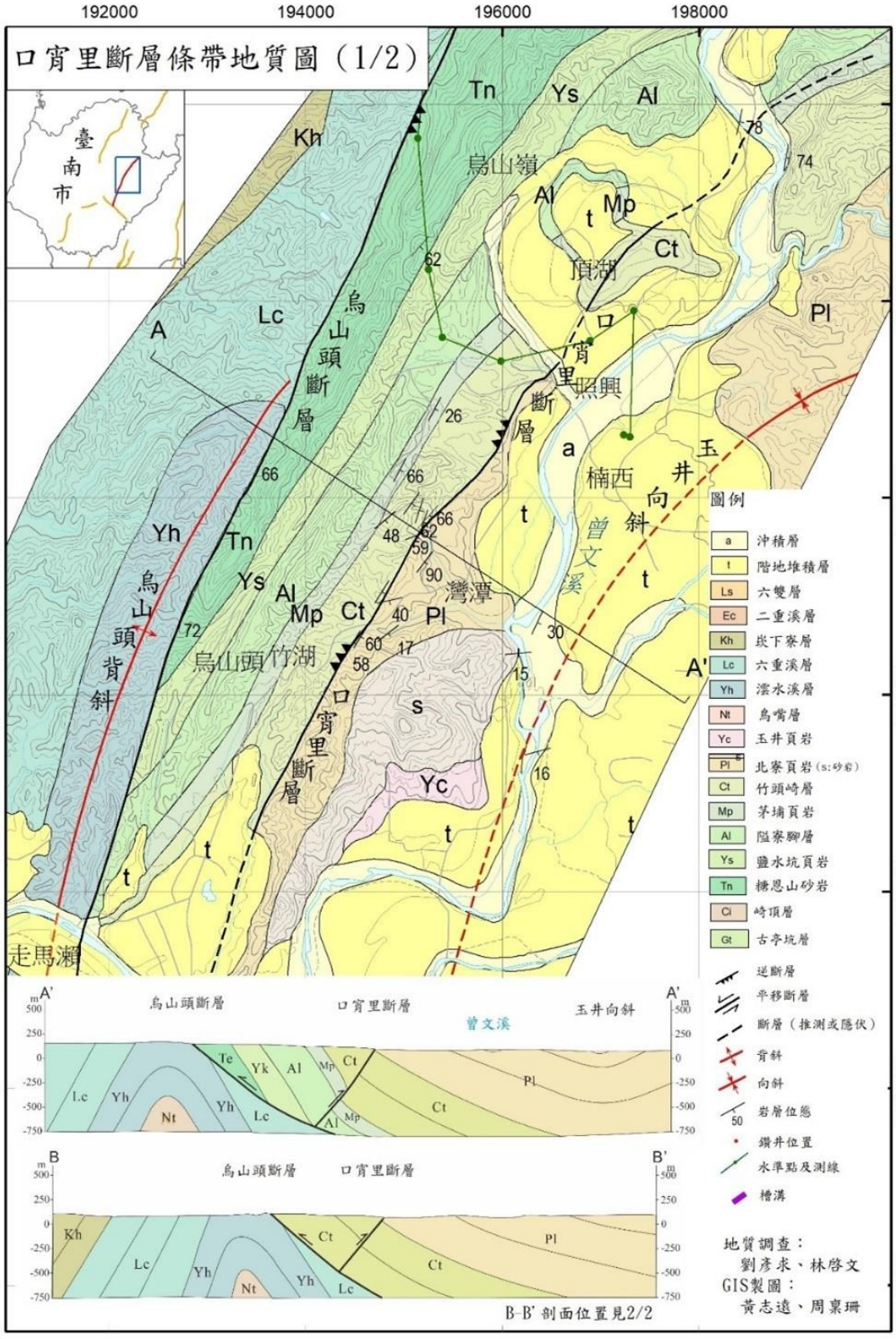


圖 1.12: 口宵里斷層條帶地質圖（1/2），引用自林啟文等人（2021）。

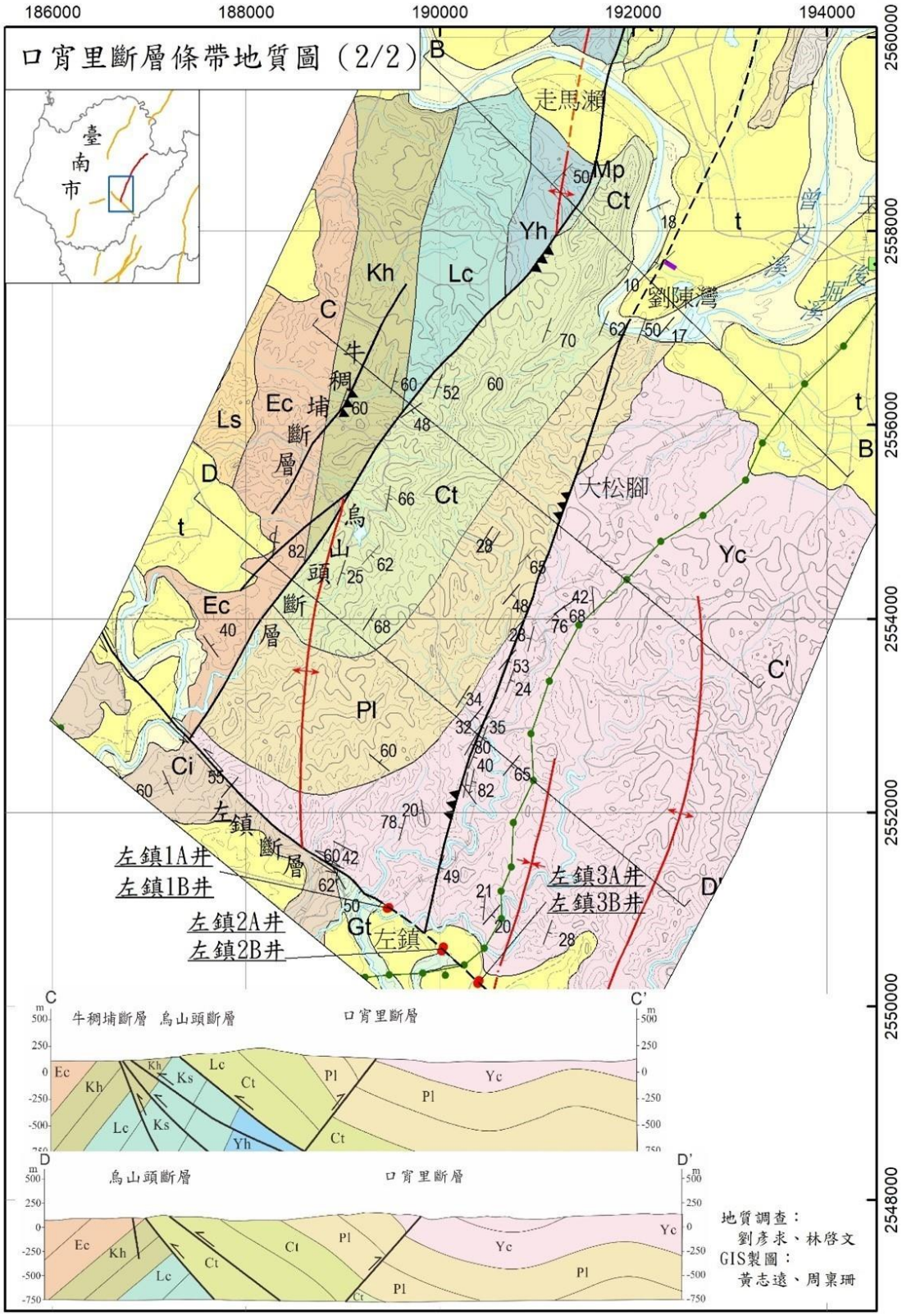


圖 1.13: （續）口宵里斷層條帶地質圖（2/2），引用自林啟文等人（2021）。

(10)木柵斷層

木柵斷層（圖 1.14）其與平溪斷層銜接，為向東傾之高角度逆斷層，北段為南北走向，南段則轉為東南走向。木柵斷層又稱平溪斷層或內門斷層，斷層東側為中新世長枝坑層及其以上之地層所覆蓋，西側則出露上新世的泥岩岩層，而木柵斷層有分隔上新更新世與中新世地層之作用存在，斷層落差達 1000 公尺以上。

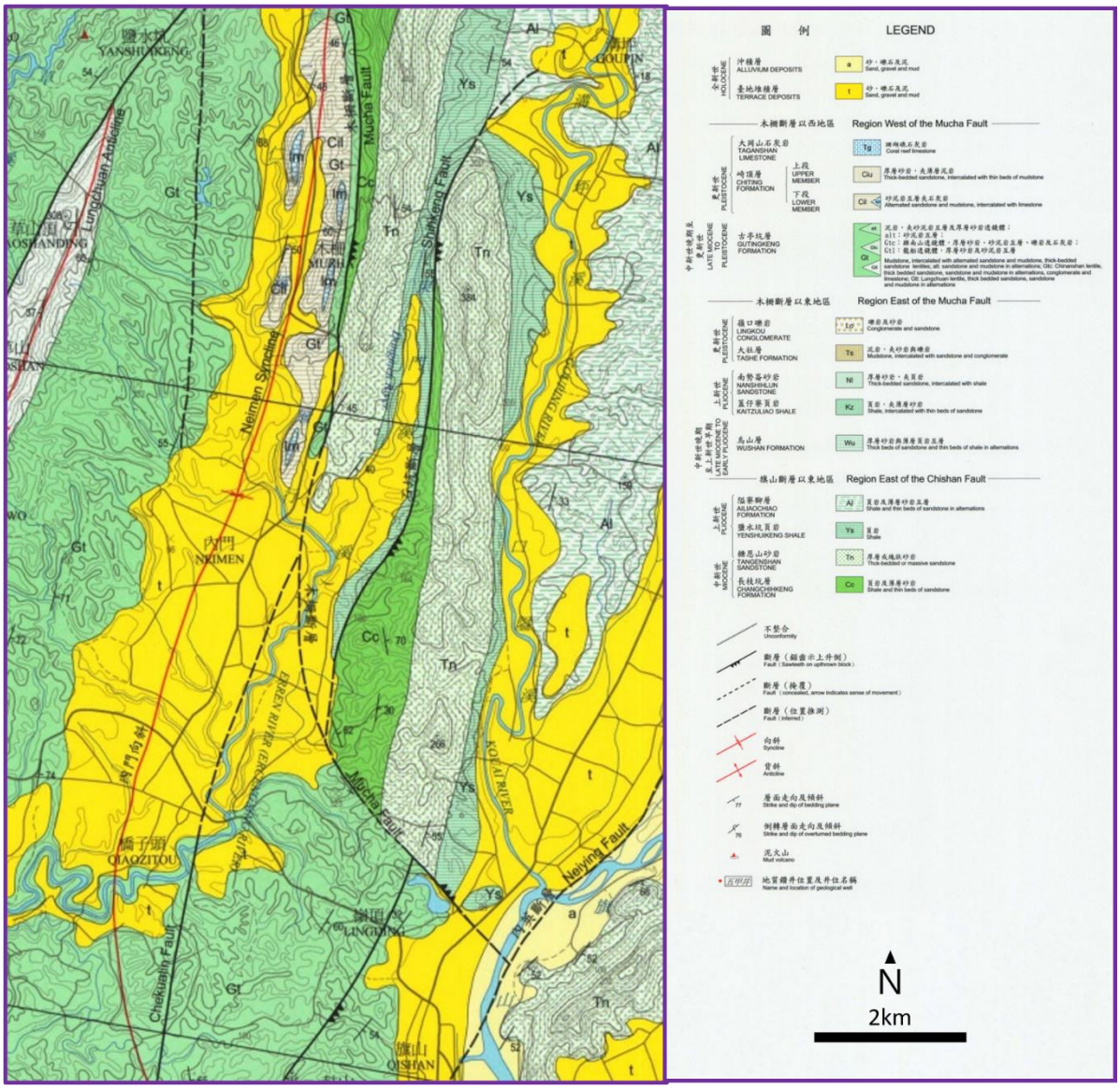


圖 1.14: 高雄內門地區地質圖，五萬分之一旗山圖幅局部（林啟文，2013）。

(11)右昌斷層

右昌斷層（圖 1.15）或稱右昌構造（Shyu et al.,2005），北起高雄燕巢，往西南經高雄橋頭、楠梓、左營至鼓山，大致呈東北走向，全長約 16.6 公里，為向西逆衝兼右移的斷層。高雄後勁台地主要位於高雄橋頭、楠梓、左營區一帶，為一頂面高程約 18-20 公尺，東北—西南走向之狹長台地，台地上覆全新世沉積物，台地兩側邊界可見東北—西南走向之線形崖（董騏銘，2021）。此構造主要位於沖積層中，構造東南側地勢相較於西北側高，南端的丘陵地為壽山，壽山岩層主要為古亭坑層及壽山石灰岩。由陳文山（2010）鑽井資料顯示，斷層之垂直滑移速率為 5.8 -6.4 公厘/年。

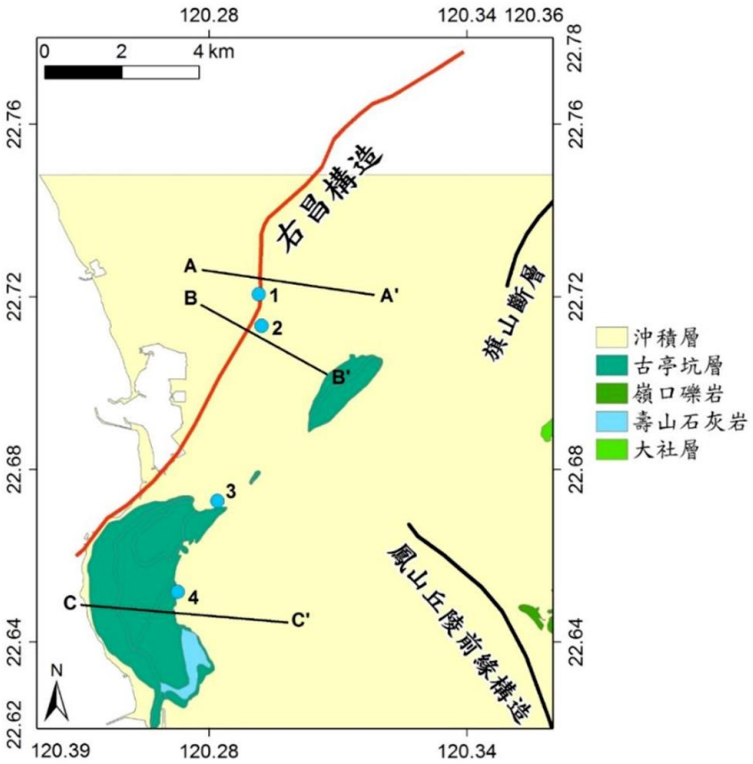


圖 1.15: 右昌斷層區域地質圖（引用自臺灣地震模型，2020）。

(12)仁武線形

仁武線形（圖 1.16）走向呈南南東，由仁武往南至南勢埔全長約 4 公里，沈淑敏等人（2006）利用地形判釋將其分為五小段線形崖，東高西低，與順向河直交，崖高 1-3 公尺，Deffontatins et al.（1997）同樣利用地形判釋，認為此線形崖與鳳山斷層為一條大的轉型斷層帶（transfer faults），本區地形特徵明顯，惟過往地質資料甚少，建議能列為未來調查重點。

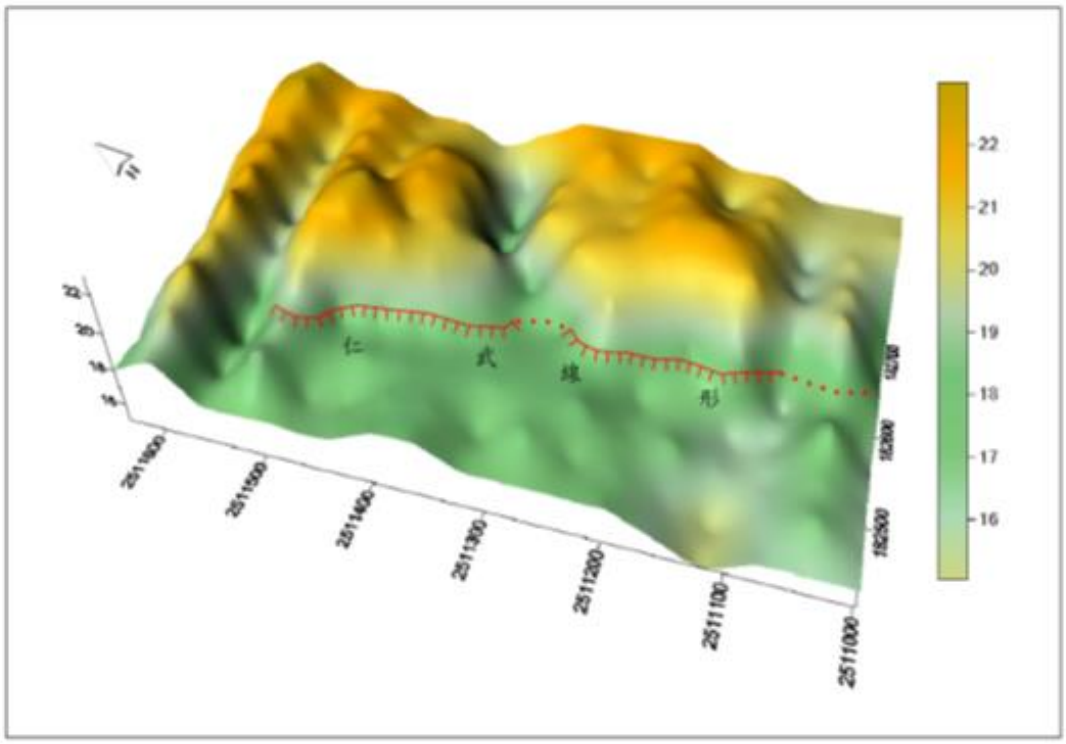


圖 1.16: 仁武線形立體地形圖（引用自沈淑敏等，2006）。

(13)鳳山斷層

鳳山斷層（圖 1.17）可能為逆移斷層，呈北北西轉南南東走向，由高雄鳳山東北方的崎子腳（相當於埤頂），沿鳳山丘陵的東緣向南延伸至拷潭附近，走向北北西（石再添等，1986）。地形上，向北延伸 3 公里至鳥松，向南延伸 9 公里至林園北側，全長約 20 公里。鳳山斷層有地形崖特徵（沈淑敏等，2006），但尚未有地質證據顯示斷層存在。沈淑敏等人（2006）利用地形判釋鳳山斷層，認為可分為三段，北段為大寮以北至鳥松在沖積平原（FP）有斷層小崖，崖高 1-3 公尺，西高東低（圖 1.14）。中段由大寮至義仁村（鳳山水庫東側）之間，由鳳山丘陵東流的順向河之谷底平原的東緣，如拷潭淨水廠、高港變電所、新厝等處均有南北向的線形崖，崖高約 8 公尺，西高東低。南段為義仁以南，呈撓曲崖（鳳山背斜東翼）。

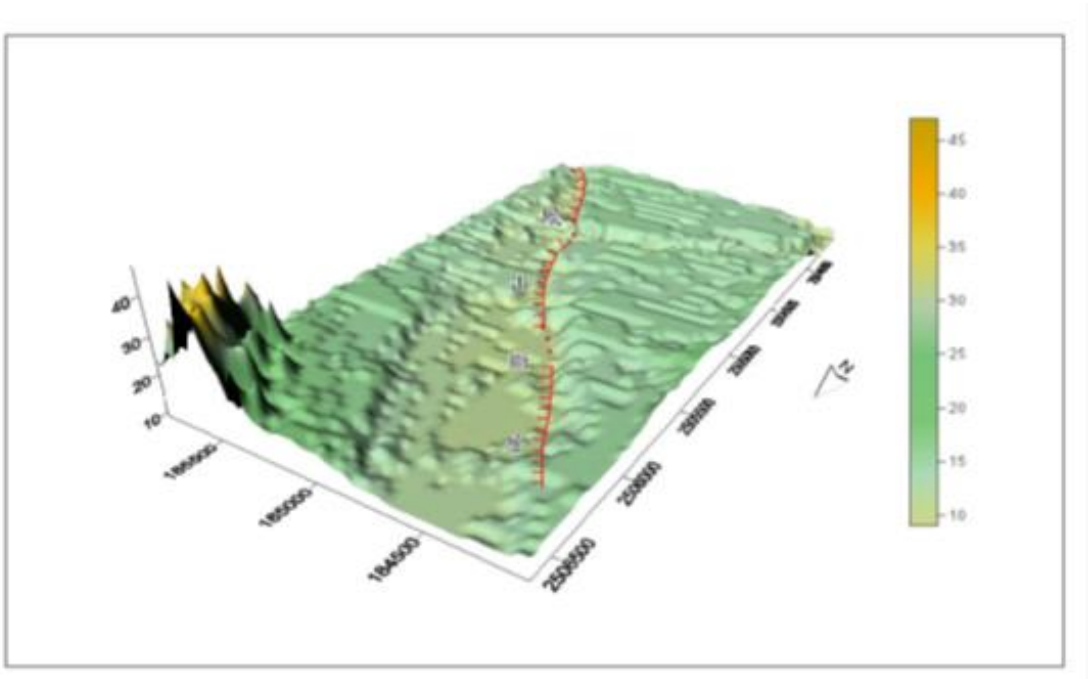


圖 1.17: 鳳山斷層（北段）立體地形圖（引用自沈淑敏等，2006）。

(14)礁溪斷層

礁溪斷層尚屬於定義較不明確之構造，黃鑑水與何信昌（1989）發表的地質圖幅未見該斷層存在，然而在礁溪另外標示一磨碧潭山斷層，磨碧潭山斷層與 1976 年江新春提出之鵠子斷層地點相似，而石政為（2011）認為鵠子斷層可能是磨碧潭山斷層。又臺灣地震模型（2020）則提出此為北宜蘭構造（Shyu et al., 2005），南起宜蘭大同，往東北經三星、員山、礁溪、頭城至貢寮，大致呈東北走向，全長約 74.9 公里，為南側沉降正斷層系統之構造（圖 1.18），認為構造北側為雪山山脈，南側為宜蘭平原。構造北側出露岩層主要有乾溝層、四稜砂岩、西村層、中嶺層，南側的宜蘭平原則由沖積層所組成。

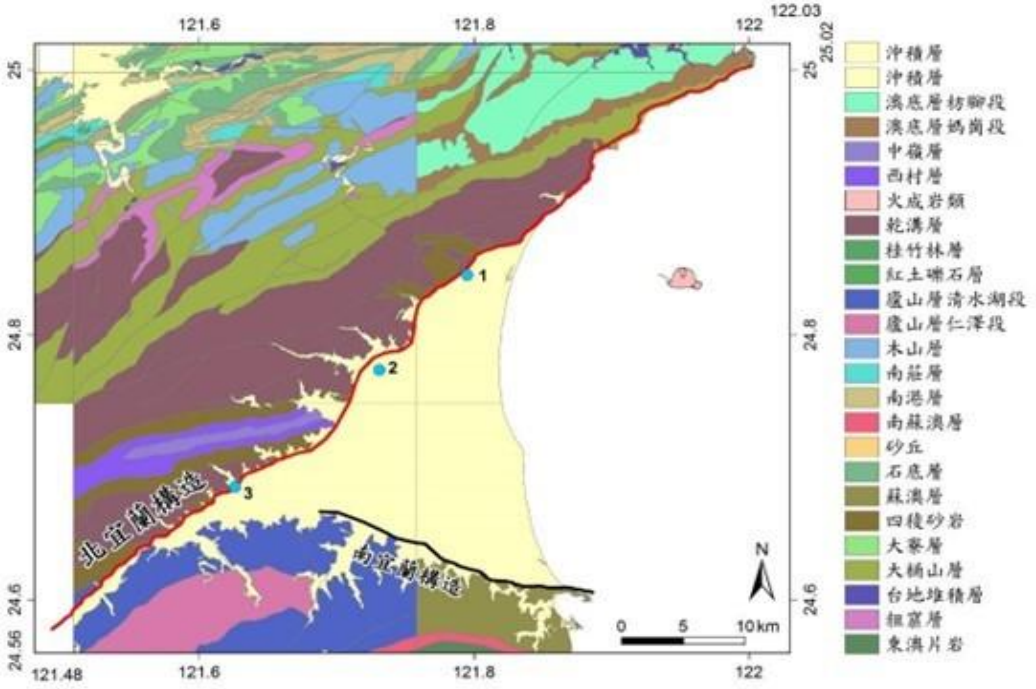


圖 1.18: 礁溪斷層往東延伸至牛門斷層或稱北宜蘭構造之區域地質圖（引用自臺灣地震模型，2020）。

(15)牛門斷層

牛門斷層（圖 1.19）位於宜蘭平原西端，大致與蘭陽溪平行。在牛門橋附近之南陽溪河谷北岸梵梵溪距村口約 500 公尺處均可看到新層露頭。牛門斷層北側所出露的地層為四稜砂岩，其南側則為廬山層的清水湖段。

在臺灣地質說明書（何春蓀，1986）中將早期所命名的牛門斷層改稱為梨山斷層。由於蘭陽溪牛橋南側出露約 30 公尺厚、以厚砂岩與薄層頁岩互層之岩層，吳永助（1976）認為與牛門橋北側的厚步岩層屬於相同的地層一眉溪砂岩。臺灣地震模型（2020）則將其延伸與礁溪斷層相連（Shyu et al., 2005）。

(16)冬山斷層

冬山斷層或稱南宜蘭構造（圖 1.15），因地質資料相當少，其命名、斷層長度，乃至斷層長度都有相當之爭議，經濟部中央地質調查所過去在五萬分之一蘇澳圖幅（林啟文與高銘健，2009），並繪製此構造，故本報告以臺灣地震模型（2020）相關介紹為基礎，進行介紹。

冬山斷層北起宜蘭三星鄉，往東南經冬山至蘇澳，大致呈西北走向，全長約 21.9 公里，為北側沉降之正移構造。構造南側為脊梁山脈，北側為宜蘭平原。構造南側出露岩層主要有廬山層清水段與仁澤段、蘇澳層，北側的宜蘭平原則由沖積層所組成。

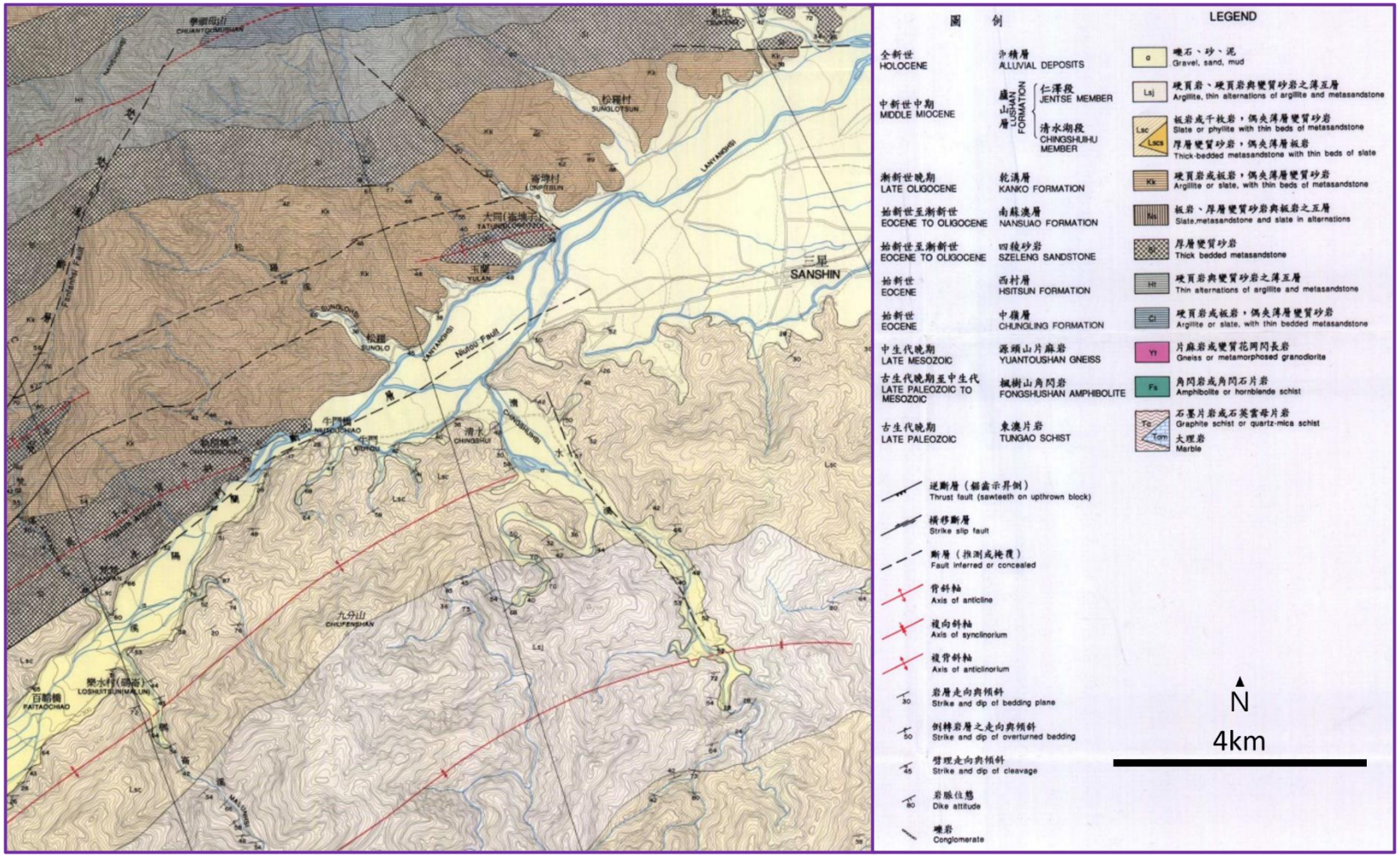


圖 1.19: 宜蘭三星地區地質圖，五萬分之一三星圖幅局部（林啟文與林偉雄，1995）。

1-2 計畫地質背景與工作內容

本計畫將透過文獻資料蒐集、地表地質調查、地球物理探勘方法，調查斷層位置與地下資料，並整合區域地形、地質與地球物理探勘剖面評估斷層位置與分析地下構造。地球物理探勘的方法採反射震測。工作內容如下：

- 蒐集標的斷層鄰近地區的地質與地下資料。
- 評估標斷層的位置以及可能的誤差。
- 分析斷層地下構造形貌。

(1) 反射震測技術

震測法是一種利用人工地震波在傳遞時受到介質影響產生的反射波 (圖 1.20)，製作地層影像方法，利用人為震源產生地震波，向地下發送可控制的地震訊號，傳遞期間經過各種地層材質介面，會遵守斯乃爾定律（Snell's Law）產生折射與反射，部分的折射波與反射波最終回到地表，這些訊號將由地表布置的地震儀接收，分析這些地震訊號可以得知地下速度構造、地層與斷層的位態與分布的影像 (圖 1.21)。

成像得以成功的關鍵，在於同中點疊加，野外施測時，震源與受波器位置已知，假設地層傾角為水平，地層界面反射點為震源與受波器位置中點的正下方，由此假設可得知震源與受波器的中點座標為同一點者，其反射訊號皆來自於同一個界面反射點，即同深度點的概念(Common Depth Point, CDP)，或稱為同中點，同中點的反射訊號依照

距離遠近來排列（即 CDP Domain），每個 CDP 點上會有許多震波組成，反射波的走時曲線呈現對稱雙曲線的形式，雙曲線的曲度則受到反射面的速度影響，分析這些雙曲線的速度，消除側向走時，使原本呈雙曲線的訊號收束成水平線，稱做垂直偏移修正 (Normal Move-Out,NMO)，將同一個 CDP 點上所有訊號疊加，即可得到該 CDP 點的零展距反射訊號，該 CDP 點組成的震波數量則稱為重合數。將所有 CDP 點的反射訊號都進行 NMO 修正後，便可得到所謂的震測剖面，也就是地層影像，重合數會影響影像品質，通常地震源與接收器的分布越密集，重合數就會越高，測線的設計需要考量測線長度與重合數、與成本之間的權衡。

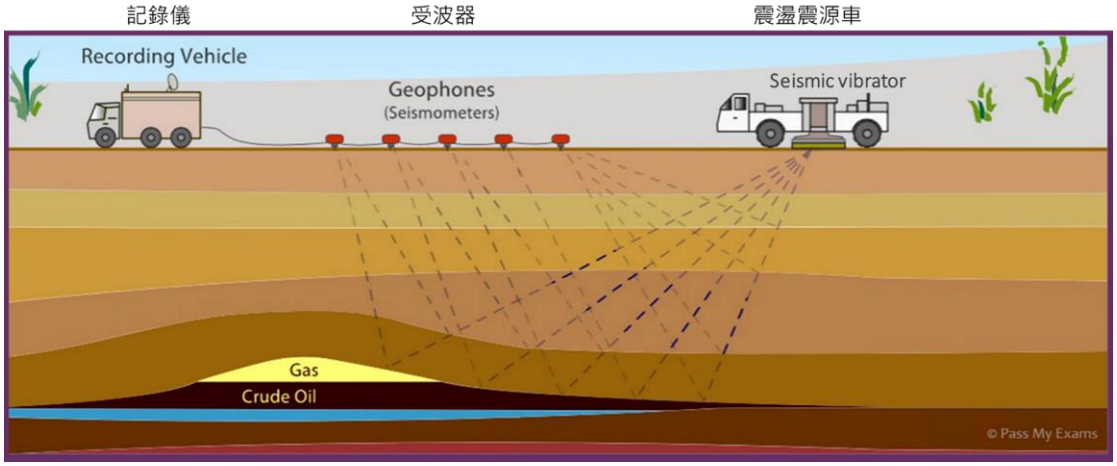


圖 1.20: 反射震測野外工作示意圖。

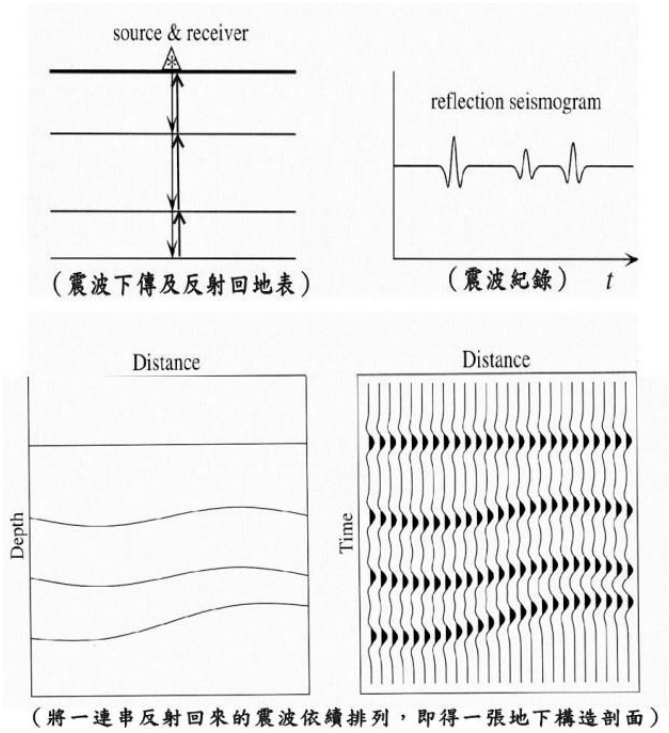


圖 1.21: 反射震測原理。

(2) 地質背景概述

嘉南地區的地質區域屬於西部海岸平原區和西部麓山帶，故本計畫將對嘉義斷層、新營斷層進行調查（圖 1.22），其中嘉義斷層調查測線簡稱 CY_A 測線，新營斷層調查測線簡稱 HY_A 測線。嘉義附近的平原區和麓山帶交界地區是臺灣活動地震帶之一，可以視為蓬萊造山運動變形前緣的一部分。斷層系統沿北港高區發育，其基底滑移面可能向東逐漸變深（Suppe 1980；1983）。由北港高區至新營、後壁之平原與麓山帶交界地區，在蓬萊運動之前存在著東西向的正斷層系統，受蓬萊運動的構造擠壓而再度復活成為逆斷層。自上新世以來，臺灣西南部地區一直位於臺灣西南前陸盆地的發育環境中（Lin，2002；李元希等，1997）。

鄭宏祺（2000）對西南部陸域進行恢復剖面並結合 GPS 資料分析認為，儘管此地區的斷層數量向南逐漸減少，然而 GPS 速度場卻

是增加的（Yu et al., 1997），顯示此區構造活動可能是以塑性變形之褶皺取代斷層之活動，或者可能沿基底滑離面以盲斷層形態發育（黃旭燦，2003）。以下將針對嘉義斷層及新營斷層，進一步介紹。



圖 1.22: 嘉南地區地質圖、斷層與測線位置圖（地質圖摘自地調所），斷層跡參考陳文山等人，2006。

(3) 嘉義斷層

嘉義斷層，逆斷層，北側以古坑斷層為界，南側則以竹崎的平移斷層系統爲分界，中間由梅山斷層截切可分為南北兩段，東側是木屐寮斷層、九芎坑斷層等一系列的褶皺逆衝帶（圖 1.5）。

地形 本區域地形分別有西側海岸平原區的平原以及麓山帶區域的台地，嘉義斷層西側平原區的河流大多呈曲流型態，沒有河階的發育，而此區的河階則主要都分布在嘉義斷層東側木屐寮斷層以東的麓山帶地區。陳文山等（2003）指出梅山斷層以南的嘉義斷層的向西變動速率大於梅山斷層以北區段的活動，GPS 資料亦顯示梅山斷層兩側向西位移速率每年相差約 5.9 公厘，屬於右移作用。

地質 本區域出露地層，九芎坑斷層以東屬於更新世之後隆起的西部麓山帶，西側則為更新世至全新世的隆起台地（小梅背斜）以及海岸平原，嘉義斷層則是在西側前陸盆地沉積型態為主的區域中，做為隆起台地與海岸平原的分界（陳文山等，2004），嘉義斷層南側的地表岩層為六雙層與薄層晚更新世礫石層，斷層北側地表岩層為厚層晚更新世礫石層。本區域的斷層多數皆為早期出現的正斷層，並依據其走向、傾斜與後期最大壓縮應力方向的關係，而可能局部或全部重新復活反轉為逆斷層（Suppe, 1986）或是走向斷層（Yang et al., 1997）的斷層型式再活動。由於嘉義斷層的逆衝作用因而形成上盤的小梅背斜，背斜西翼的紅土台地朝西傾斜，褶皺前緣向西沒入平原區。

速度構造 鄭璟郁（2017）由剪力波速度構造來看嘉義斷層與梅山斷層（圖 1.23），嘉義斷層確實是一個明顯的速度介面，整體低速與高速的介面由東北向西南延伸，在梅山斷層截切嘉義斷層的區域也有很明

顯的東西向速度介面，而速度差異可能與近地表材質有關，這與該區域的地質解釋相符，被視為海岸平原與西部麓山帶交界的嘉義斷層，東側是褶皺逆衝帶大量出露的先中新世地層可能為速度高區的原因，而海岸平原處於沉降的前陸盆地環境，近地表覆蓋著大量沉積物，顯現出低速的型態。

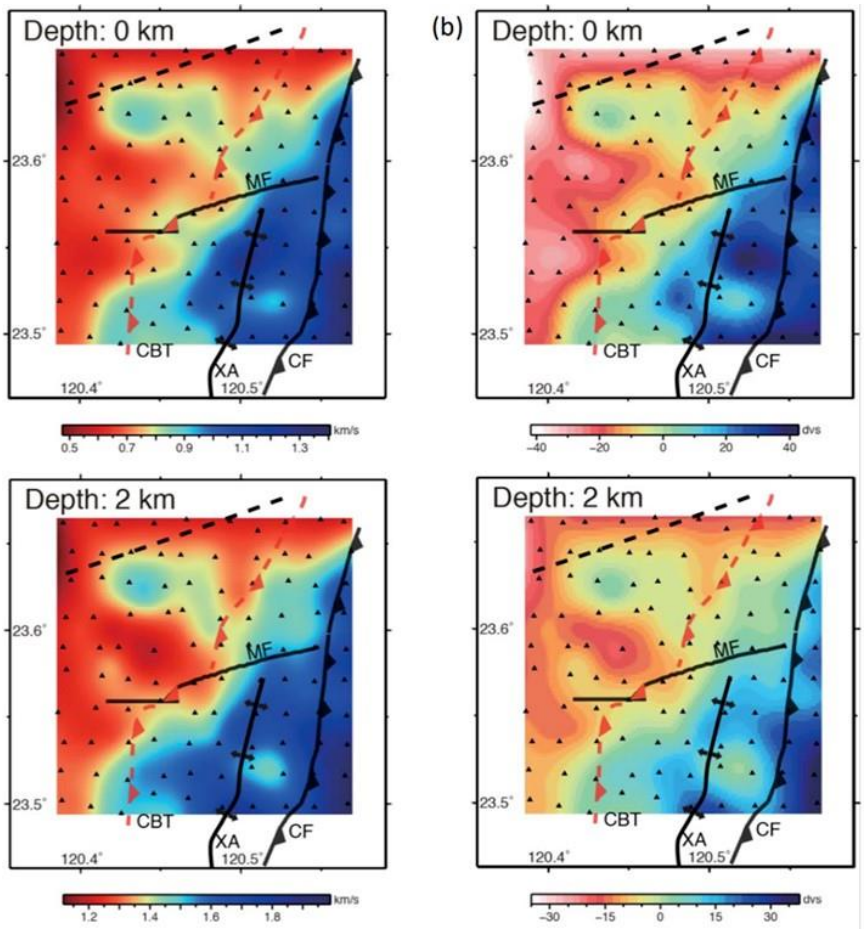


圖 1.23: 剪力波速度構造圖，MF 為梅山斷層，CBT 為嘉義斷層，XA 為小梅背斜，CF 為九芎坑斷層。摘自鄭璟郁，2017。

震測 石瑞銓等（1998）利用淺層震測研究，首先描繪梅山斷層在數百公尺或數公里淺處分岔為數條斷層，形成數百公尺的斷層擾動帶。而橫移斷層在地表淺處的結構呈現壓縮狀的開花構造（positive flower structure)；同時也造成地表隆起，產生撓曲的地形(石瑞銓等，2002；彭秋紋等，2004；陳文山等，2003)。Suppe and Namson（1979）認為小梅背斜構造是斷層彎曲形成的褶皺（fault-bend fold)，並解釋小梅背斜構造的底下具有一斷坪構造，當時尚未將此斷層命名。由震測剖面亦可發現梅山斷層向南傾斜 (石瑞銓等，2002)，至於是否與脫底斷層連接，則無法由震測剖面來解讀，陳文山等 (2006) 認為梅山斷層為嘉義斷層的側向斷坡（圖 1.24、圖 1.25)。

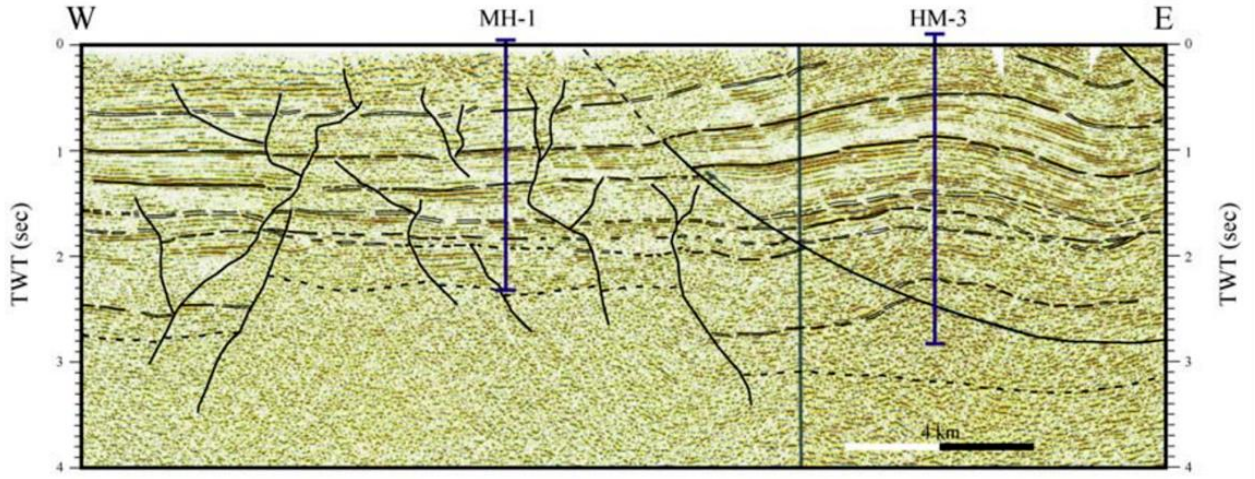


圖 1.24: 民雄—梅山東西震測剖面圖。摘自楊志成，2007。

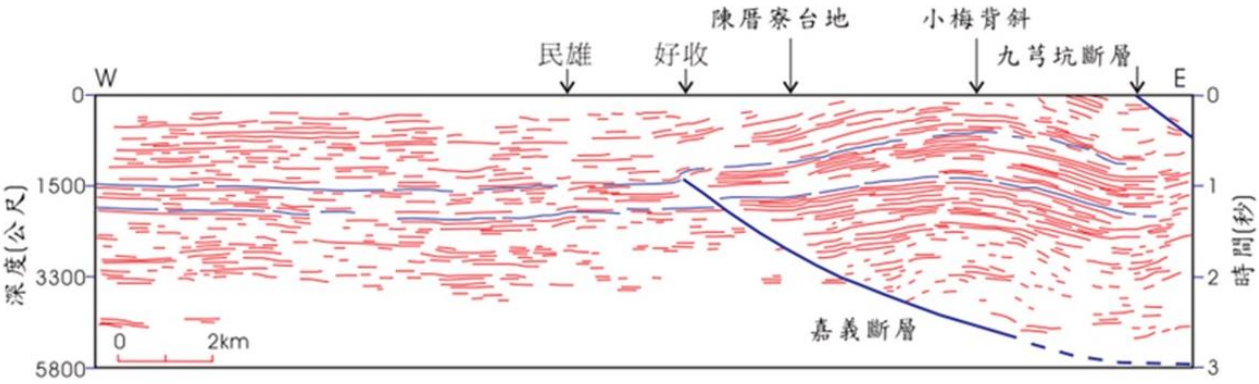


圖 1.25: 民雄—梅山東西震測剖面圖。摘自陳文山，2006。

(4) 新營斷層

新營斷層，逆斷層，構造延伸至地表的位置約在嘉義市－後壁－六甲－新化－新市一線，以東屬於隆起台地區，以西為海岸平原下陷區（圖 1.26），其開始活動的時間約 3,000-5,000 年前（楊志成等，2003; 陳文山等，2004）。新營斷層上盤微向西傾，且斷層位置鄰近六甲斷層，且根據平原區全新世的鑽井及定年資料來看，在新營斷層的上下盤的垂直抬升速率亦有明顯的差異（圖 1.27），該斷層投影至地表上位置可推估為造山帶的變形前緣。

地形 本區域地形分別有西側海岸平原區的平原以及麓山帶區域的台地，新營斷層西側平原區沒有河階的發育，而此區的河階則主要都分布在新營斷層東側木屐寮斷層和六甲斷層以東的麓山帶地區。本區域海岸本原以及隆起台地區的河床岩性相似都屬於全新世疏鬆的沖積層，因此可由河流彎曲度的變化推測與構造活動的關係。上游麓山帶河床岩性屬於上一更新世的砂頁岩岩盤，因此河流在此處的側觸能力會較中下游區域弱且緩慢，但因處在急速抬升的構造環境之下，河流以下蝕作用爲主，所以造成河流的彎曲度變小；從隆起台與海岸平原河流彎曲度來看，隆起台地區域的河流曲度大於海岸平原區域，顯示河流曲度與與構造活動間有其關係存在（圖 1.28）。由隆起台地與海岸平原之間由應變率來看，此兩個地形構造區皆處在擠壓變形的構造環境，壓縮量平均每年約 10 — 5 公厘，而麓山帶與隆起台地之間的壓縮量平均每年約 30 — 10 公厘，綜合地表變形來看，隆起台地的形成可解釋受到存在於地下的逆衝盲斷層作用，造成地表的隆起變形。

地質 西南部麓山帶地區由一系列覆瓦狀逆衝斷層與褶皺構成的褶皺－逆衝斷層帶，逆衝斷層多數都已發育並出露地表，而構造帶沿著一個脫

底斷層（detachment fault）向西逆衝（Suppe, 1986; Hung et al., 1999；楊耿明等，2001）。麓山帶西側的隆起台地與海岸平原因麓山帶前緣大都發育的盲斷層作用因而產生地表變形，地表作用也呈現向西位移以及地表的升降活動，隆起台地位在斷坡之上形成抬升，海岸平原則位於下盤形成下陷作用（圖 1.6）。

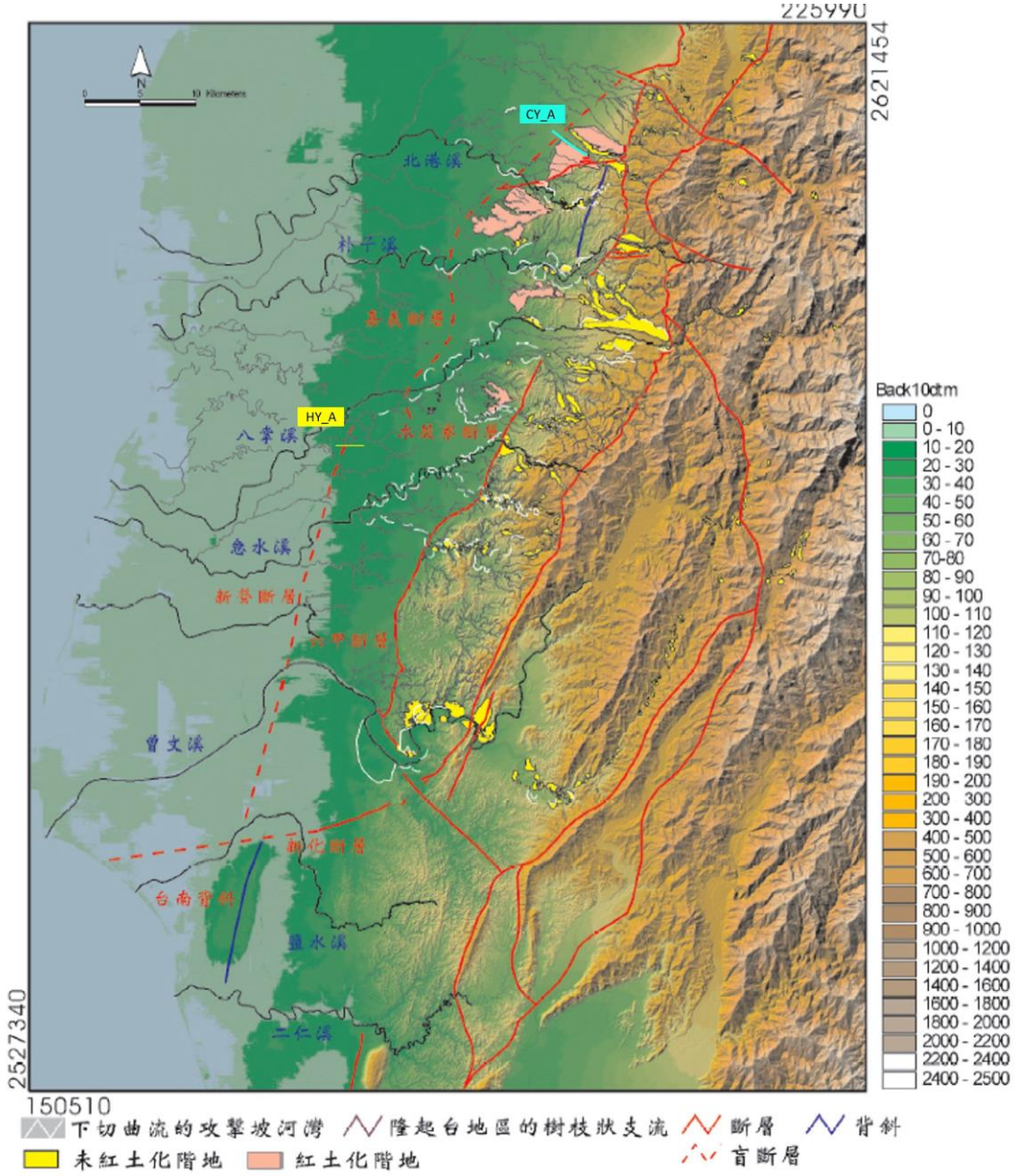


圖 1.26: 新營斷層西側平原區尚未有河階的發育，河階主要都分布在新營斷層東側木屐寮斷層和六甲斷層以東的麓山帶地區。圖修改自陳文山等，2004。

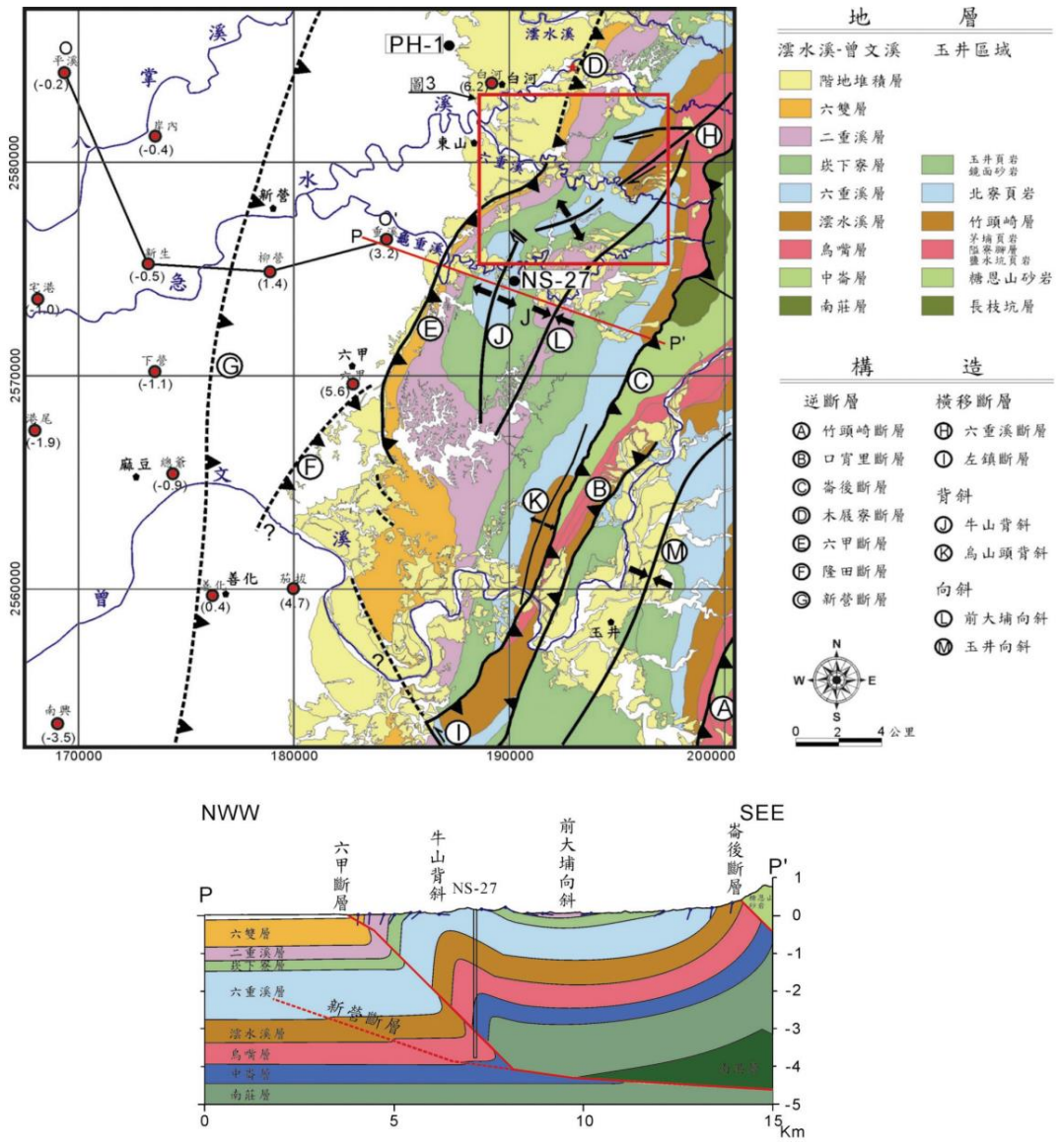


圖 1.27: 六甲斷層周圍地質圖。海岸平原區中紅色圓圈為井位、括號中數字為垂直抬升速率，單位為 mm/yr。摘自楊志成，2005。

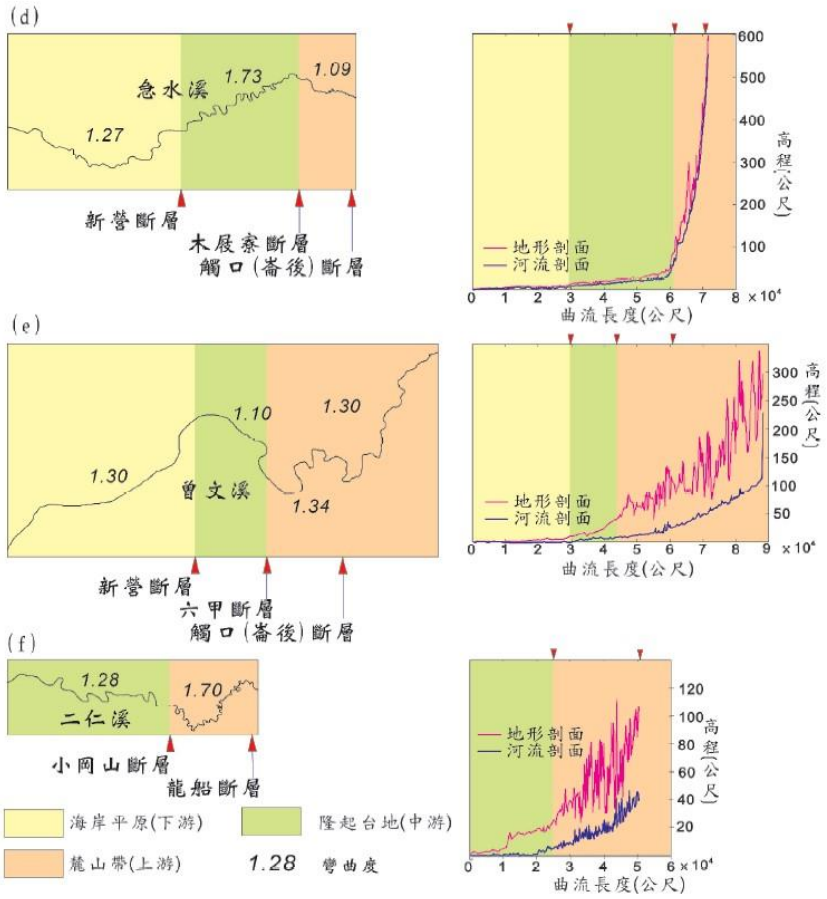


圖 1.28: 嘉南地區主要河流彎曲度、河床坡度以及河流兩側地形特徵。摘自陳文山等，2004。

(6) 本計畫交付工作項目

本計畫於工作會議決議，針對嘉義斷層進行 2000m 的反射震測剖面調查，而新營斷層則進行 1000m 的震測剖面調查，並以新營斷層之初步分析成果作為第一次交付項目內容。本案第一次交付的項目期中報告書，於 9 月底繳交，以新營斷層調查測線為主，包含測線編號、起點與終點坐標 (TWD97)、測線位置圖、剖面成果圖。本計畫期末交付內容為全案成果報告書，包含嘉義斷層與新營斷層的資料處理結果，斷層調查測線位置圖，包含測線編號、起點與終點座標 (TWD97)，其剖面成果、交付項目，交付數量列於表 2 與表 3。

表 2: 112-113 年斷層地下構造探查 (1/2) 之新營斷層調查交付項目整理表。

交付項目	交付數量	說明	備註
新營斷層調查測線	2435 公尺	列於表 4	已標註測線編號、起點與終點坐標 (TWD97)。
測線位置圖	1	如 (圖 2.16)	以 1/5000 為底圖繪製測線與剖面位置。
震測剖面成果	1730 公尺	如 (圖 4.18)	工作會議決議 1000 公尺。

表 3: 112-113 年斷層地下構造探查 (1/2) 之嘉義斷層調查交付項目整理表。

交付項目	交付數量	說明	備註
嘉義斷層調查測線	4200 公尺	列於表 4	已標註測線編號、起點與終點坐標 (TWD97)。
測線位置圖	1	如 (圖 2.17)	以 1/5000 為底圖繪製測線與剖面位置。
震測剖面成果	3490 公尺	如 (圖 3.22)	工作會議決議 2000 公尺。

第二章、執行方法

2-1 震測原理介紹

震測法是一種探查地下影像的方法，利用人工震源產生地震訊號，這些地震波與地球物質的響應，將由地表布置的密集地震儀接收，分析這些地震訊號可以得知地下速度構造、地層與斷層的位態與分布的影像。由於真實的地球並非均質，基本上地下自淺到深有表土風化層、地下水層、礫石層、沉積物、岩石基盤等多種材質，其材質各自有傳遞介質的速度、密度等物理參數，因此在材質驟變的區域，形成各種物理的介面。地震波自炸點位置開始以球面擴散的方式向地下傳遞，途中遭遇經過各種介面或斷層面，介質速度與密度的差異使的聲阻抗產生變化，會遵守斯乃爾定律（Snell's Law）產生折射與反射，反射訊號向上傳遞回地表，折射後的震波向更深處傳遞，拆分兩種地震波的能量比例受控於介面反射率（式 1）與入射角（式 2, 式 3）的關係，折射後的訊號在更深的介面達到臨界入射角後，產生全反射，最終回到地表。

$$R(0) = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2} \tag{1}$$

$$R(\theta) = R(0) - A sin^2(\theta) \tag{2}$$

$$A = 2\frac{V_S^2}{V_P^2}\left(\frac{\delta\rho}{\rho} + 2\frac{\delta V_S}{V_S}\right) \tag{3}$$

其中 $R(0)$ 是垂直入射的介面反射係數，ρ_1、ρ_2、V_1、V_2 分別是介面上下兩層介質的密度與速度，V_P、V_S 分別是介面上下兩層的平均 P 波與

S 波速度，ρ 是兩層的平均密度，$\delta\rho$ 是下層與上層的密度差，δV_S 是下層與上層的 S 波速度差 θ 是入射角。震測法所使用的地震訊號有折射波與反射波兩種，本計畫透過反射震測法進行調查，以下說明反射震測的原理。

CDP(Common Depth point，共同深度點）是反射震測最重要的觀念，也是成像得以成功的關鍵。假設地下構造的介面分層呈水平分布，以地表至地下的一層介面為例，從震源發出信號經介面反射返回地表，被接收器紀錄到，該紀錄訊號可用 $f(x)$ 表示（圖 2.1），x為震源與接收器的距離，又稱展距、支距（Offset），從圖中可見接收器會在 t_1 秒時收到反射訊號，地層界面反射點會落在震源與接收器位置中點上。若把展距對同一個反射點拓展，如圖 2.2，震波走時 t 可以透過幾何推導，得出與展距 X呈現雙曲線的關係（式 4）。

$$t_i^2 = t_0^2 + (\frac{X_i}{V})^2, i = 1,2,3 \qquad (4)$$

由於 X 與 t 都是已知，以及其雙曲線的展開方式，因此透過反射震測，可以分析的資訊就是地層速度 v 與地層厚度 h，經由垂直偏移修正（Normal moveout correction）將展距展開貢獻的水平方向走時去除，取得垂直方向走時 t_0，再除以地層速度 v 就可以得知該介面的視深度。

這樣的走時關係在以單一震源的情況下也有相似的現象，單一震源也就是野外工作時收取的原始資料（圖 2.1），若在地層水平分布的情況，走時曲線的分布與 CDP 展開的走時區線相似（2.19），然而在地層傾斜的情況下，就無法表現出對稱雙曲線的形式（圖 2.4），走時與展距的關係改寫為（5）式，雙曲線的對稱點不會落在零展距處，因此在

炸點剖面中，反射訊號雖呈現雙曲線的形式但並非對稱，因此無法單純使用炸點剖面來探查正確的地層速度與厚度。CDP 的好處就是在這一點發揮出來，對稱雙曲線的情況不只在水平地層的情況成立，在傾斜地層的情況也可以成立（圖 2.5），在此情況走時曲線中的速度項會參入地層傾角的資訊（式 6），計算的技巧是將 t_0 這一項從震源下方的層面垂向的走時，更換成以 CDP 點下方的層面法向量至地表的走時，因此走時曲線算式得以呈現對稱雙曲線，實質上以 CDP 展開是以波線的中間點對稱展開，也可以稱作同中點（CMP）展開，然而傾斜地層的反射點不會集中在一個點上，而是在反射介面的一段小範圍中。儘管如此，CDP 收集的資料仍然可以保持對零展距點呈現對稱雙曲線，僅地層傾角 θ 與速度 v 合在一起成為 $V/_{cos\theta}$，一樣可以透過分析 t_0 與速度來完成地層的解析，如同在水平地層的情況處理。甚至是多層地層介面，不論水平或傾斜地層，在 CDP 剖面中一樣可以呈現對稱雙曲線的形式，總的來說，CDP 法是反射震測得以成功的最重要關鍵。

$$t_i^2 = (t_0 cos\theta)^2 + (\frac{X_i}{V} + t_0 sin\theta)^2, i = 1,2,3 \qquad (5)$$

$$t_i^2 = t_0^2 + (\frac{x_i}{V/_{cos\theta}})^2, i = 1,2,3 \qquad (6)$$

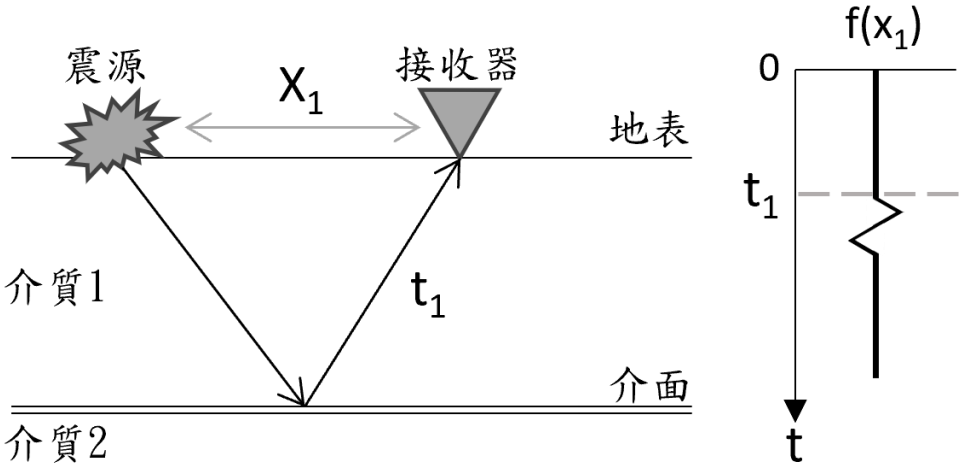


圖 2.1: 單震源與接收器的反射波線示意圖。

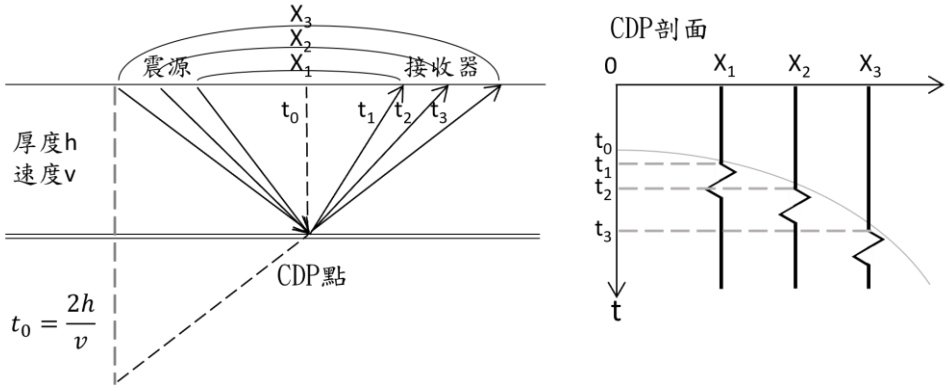


圖 2.2: 震源與接收器以同 CDP 點展開示意圖

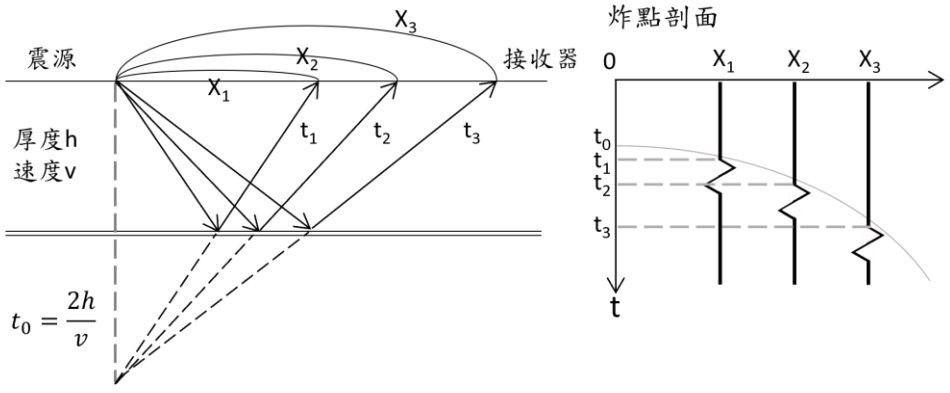


圖 2.3: 單一震源，以展距擴展的地震訊號。

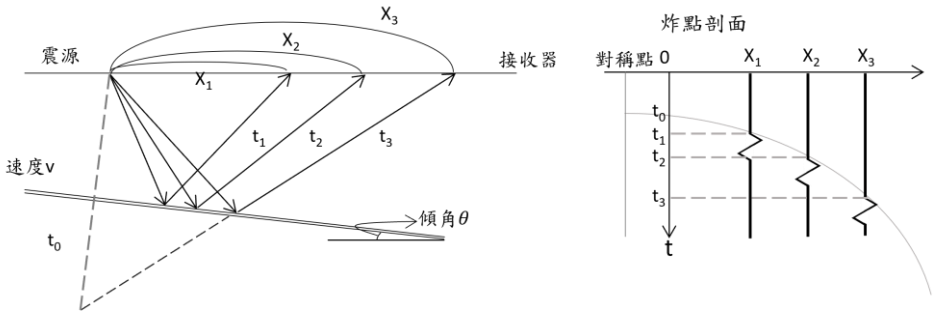


圖 2.4: 傾斜地層的炸點剖面與波線。

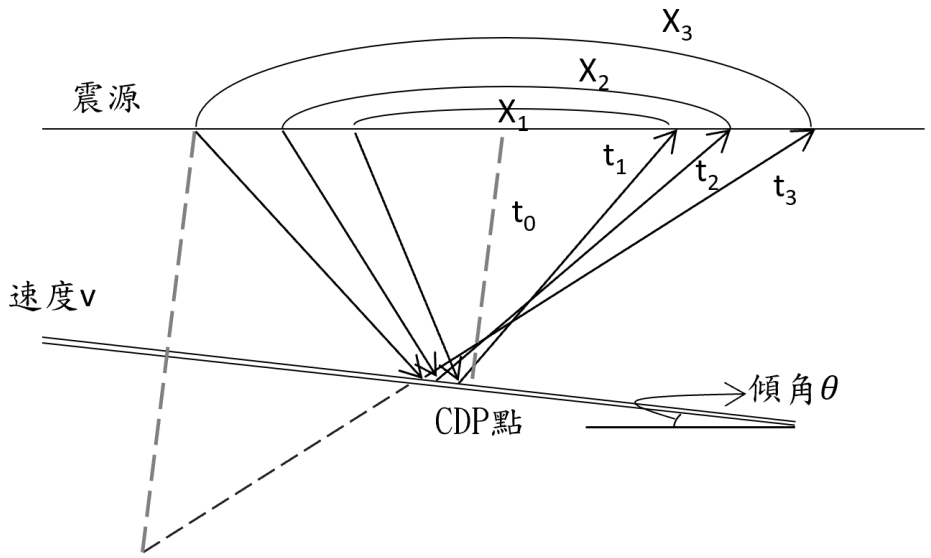


圖 2.5: 同 CDP 排列的波線在傾斜地層的狀況。

2-2 反射震測法的野外工作

依契約書規範，地球物體探勘剖面長度總長 3000 公尺，測線長度與位置視野外實際狀況或斷層特性而調整，為了適當地包覆可能的斷層位置，以及顧及良好的資料品及，最後規劃新營斷層的震測測線位於，震測剖面長度為 1730 公尺，合計測站 488 點，震源 80 點，CDP693 點，測線展開總共 2435 公尺（圖 2.6、2.7)。嘉義斷層震測剖面長度為 3490 公尺，合計測站 848 點，震源 200 點，CDP1431 點，測線展開總共 4200 公尺（圖 2.8)。測站與震源間距分別是 5 公尺與 15 公尺，每一個炸點皆使用 240 個受波器收取地震資料，探勘將在現地先行標定的座標上實施，主要工作流程如下：

- 在佈線前，先使用皮尺與噴漆沿著測線標記，每 5 公尺會在地上噴漆標記（圖 2.9)，每 20 公尺追加標記測線里程，測線結尾處有終點標記。

- 進行測勘時，會先進行受波器佈放（圖 2.10)，受波器的起始位置放於一個近站支距外，並沿線展開 250 組受波器，其中 240 個收取地震資料，10 個備用。

- 準備完成後，震源從 0 公尺處開始施測（圖 2.11)，並沿線推進，每次推進 15 公尺，每完成 8 個震源點施測，會進行移線工作，移線是為了推進測線，將前端的受波器向測線後端延伸佈放。移線與施測交錯進行，直到最後一個炸點完成。

- 為了維持測線筆直，測線路況不一定優良，有時會進入產業道路或是田間小路（圖 2.12)，或是需要交通引導，並與鄉里民眾說

明情況，有時會在交通錐上告知施工內容給過路人員參考（圖 2.13)。



圖 2.6: 新營斷層測線 600 公尺處佈線照片。



圖 2.7: 新營斷層測線的結尾標記。



圖 2.8: 嘉義斷層測線的測線結尾標記。



圖 2.9: 野外測線的座標標定工作。



圖 2.10: 在農田邊佈放受波器的工作。



圖 2.11: 馬路上進行震盪車施測工作。



圖 2.12: 產業道路上震盪車施測工作。



圖 2.13: 震盪車運作時的交通錐告示牌。

2-3 反射震測法之精度

反射震測的成像可信度仰賴整體的測勘規劃，包括震源與接收器的位置，紀錄器的參數等都是影響精度的因素，本計畫的測線規劃與選用儀器時，就已經考量探查目標需求的成像精確度，影響精確度本身有以下幾個因素：

- 測線規劃因素：空間解析度（測站間距）。
- 紀錄器參數：時間取樣率。
- 儀器限制因素：受波器頻率限制，震源頻率限制。

本計畫執行的測線規劃使用 5 公尺測站間距，以避免產生空間映頻效應 (Spatial Aliasing)，紀錄器在記錄每筆炸點剖面時使用 1ms 的時間取樣率，其 Nyquist frequency 為 500hz，因此可容許 500Hz 以下的地震訊號保持完整。震源的頻率分布從 20Hz 至 120Hz，以掃頻方式產生震動，回收震波的頻率主頻範圍會震源頻率相符，受波器使用 10hz 響應頻率，能夠完整收集 10Hz 以上的地震訊號。因此在測線設計良好的前提下，地層訊號倚靠建設性干涉疊加進行疊加增強，震波波長之四分之一是垂直方向的解析度，換句話說，若來自同一層的反射波，當訊號相位差不超過 90 度，都可以透過建設性干涉疊加來增強訊號。舉例來說，地層平均速度約為 2000m/s，根據頻率分析(圖 3.4、圖 4.4)，訊號主頻率範圍在 30Hz 至 100Hz 之間，因此可解析地層厚度最薄可以到 5 公尺，更薄的地層則沒有解析度。計畫使用 3 秒的紀錄長度，預計可以收回超過 3 公里深的反射訊號。

2-4 野外施測儀器

本研究計畫震源一共使用兩部震盪震源車（MiniVib，圖 2.11），為目前國科會補助之儀器服務計畫中心所提供。一部震盪車所輸出的能量可達 13000 磅，為傳統撞擊式震源的 23 倍。震源以掃頻方式輸出，震動器根據輸入訊號的時間序列製造地震波，不僅輸出能量優於傳統撞擊式震源，對路面的破壞力也比傳統震源小，是國際間泛用震源形式。在接收器方面，本計畫不使用傳統方法的纜線串聯接收器，跳脫接受器展距上的限制，因此計畫使用 250 台 SmartSolo 短周期攜帶式地震儀(圖 2.14)。本案實際施測波道數為 240，主要應用 240 台地震儀，其餘 10 台做為野外現場預備用。該儀器內建 10Hz 的感應器，具有 GPS 校時系統、32G 記憶體、鋰電池包等，電力能維持紀錄達 30 日，該儀器的已於本團隊先前的計畫購入，不足部分向國科會補助之儀器服務計畫中心（TEC）申請使用。

控制整體野外工作進程的關鍵是主機場控人員，人員會在主控室操作通訊系統，設定震盪車的震源頻率、震盪時間等參數，並控制震盪震源車發震的時機（圖 2.15)。啟動震源時，會透過無線電聯繫震盪震源車，震盪車完成震源後會回傳震源訊號與啟動時間，並存在主控室的紀錄器中。震盪車控制系統使用 Seismic Source 公司的 UE 控制系統，紀錄器使用 SmartSolo 受波器收集震源訊號與發震時間。

2-5 野外測線選取

由於受波器十分敏感，風吹草動、水流波浪的震動都可以清楚的記錄的到，更何況人為機械運作造成的訊號都會妨礙反射訊號的解析，故測線選定必須在人為影響較少的區域。首先，我們根據文獻資料定義的新營斷層與嘉義斷層的資料（陳文山等人，2004，陳文山等人，2005、陳文山等人，2006、楊志成等人，2004、楊志成，2007)，描繪於 Google Earth 上，根據衛星影像與街景挑選可行的施測區域，以農田或河堤邊為主，進入市區進行施測困難而且人為雜訊很大，所以通常不會考慮進市區作業，選定可行測線後，再進行現地勘查，確認預計測線上的廠房、馬路、排水渠道、地下管線等資訊，最終決定新營斷層測線 (HY-A) 設計在台南市後壁區長短樹，測線起始接近國道一號，向西延伸至接近南 82 縣道，夾在藥店口與下長短樹兩個村莊之間，總長 2435 公尺，剖面長度 1730 公尺（圖 2.16），嘉義斷層測線 (CY-A) 設計在嘉義縣大林鎮崎頭，自旱溪橋向西北延伸，於測線 1100 公尺至 1200 公尺間跨越國道三號 278.8 公里附近，總長 4200 公尺，剖面長度 3490 公尺（圖 2.17)，實際位置列於表 4。



圖 2.14: 本計畫使用之受波器。

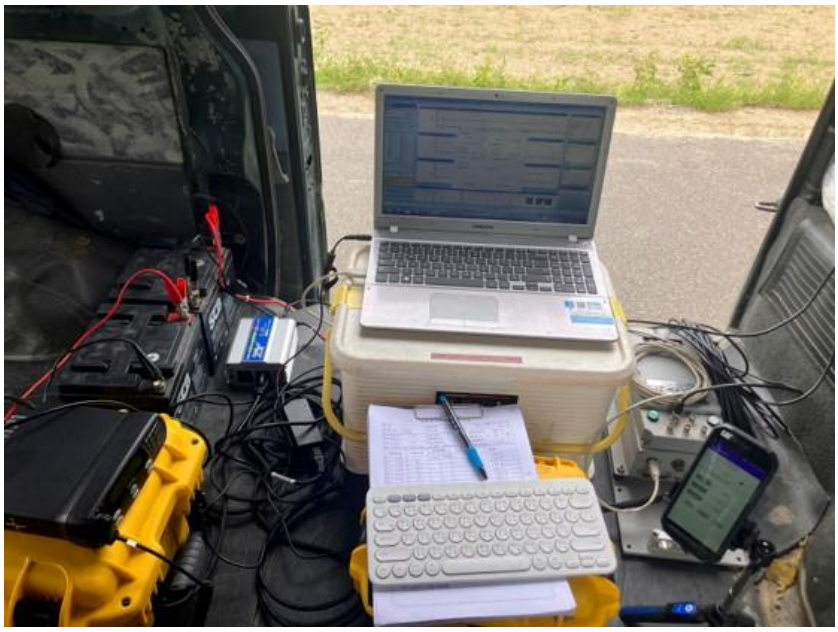


圖 2.15: 主控室儀器配置。

表 4: 本案測線之位置資訊。

項目	說明		備注
測線編號	CY-A		座標系統使用
測線長度	4200 公尺		二度分帶座標
測線起點座標	X:202598.0	Y:2610163.0	(TWD97)
測線終點座標	X:199338.0	Y:2612759.0	
震測剖面長度	3490 公尺		
剖面起點座標	X:202517.2	Y:2610180.0	CDP:35
剖面終點座標	X:199789.6	Y:2612333.9	CDP:1431
測線編號	HY-A		座標系統使用
測線長度	2435 公尺		二度分帶座標
測線起點座標	X:182234.6	Y:2584319.0	(TWD97)
測線終點座標	X:179809.8	Y:2584155.2	
震測剖面長度	1730 公尺		
剖面起點座標	X:182153.4	Y:2584317.0	CDP:36
剖面終點座標	X:180427.5	Y:2584198.4	CDP:728

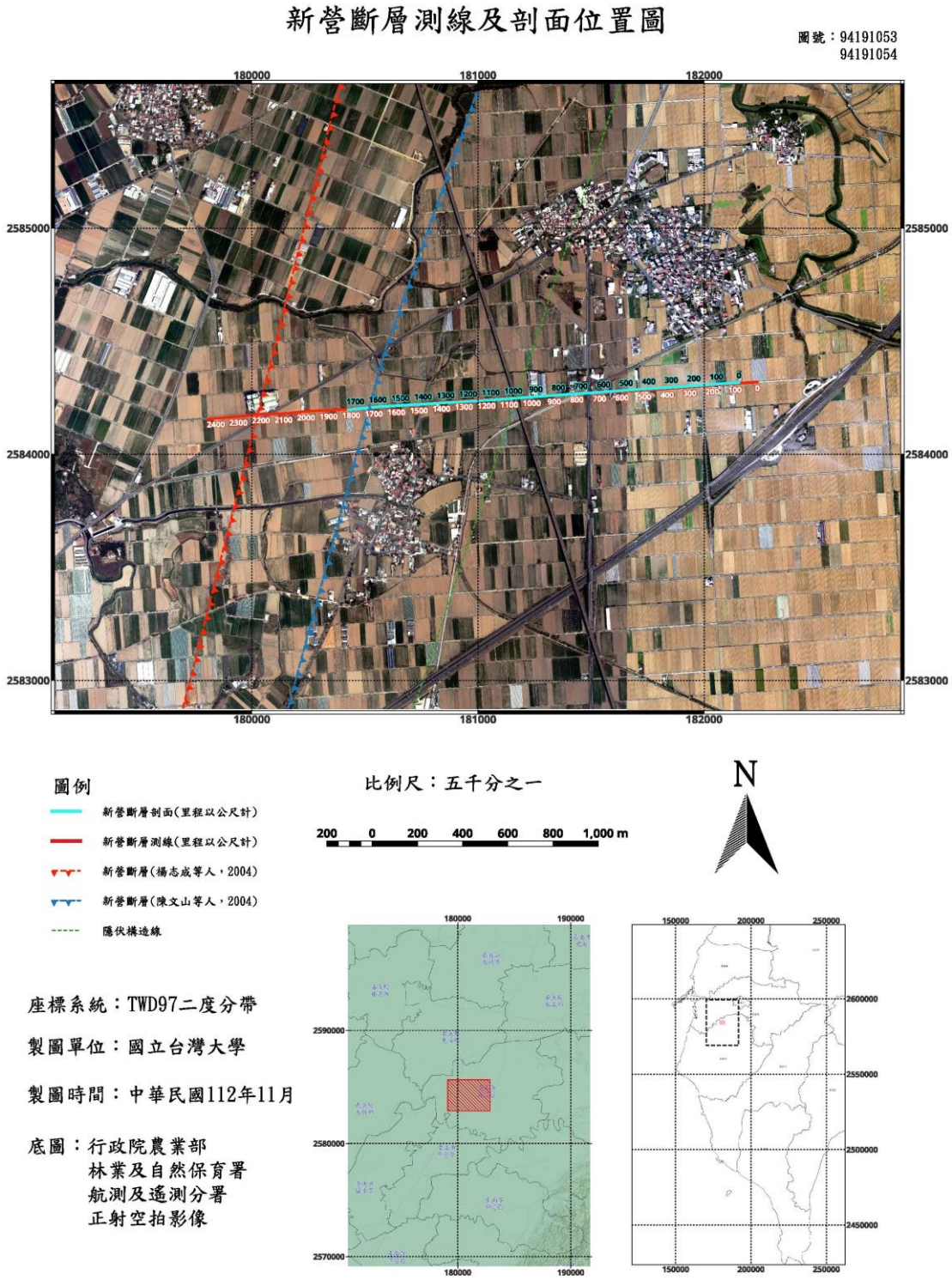


圖 2.16: 新營斷層與測線位置之地圖，隱伏構造線的說明詳見 4-2 節，原圖比例尺為五千分之一。

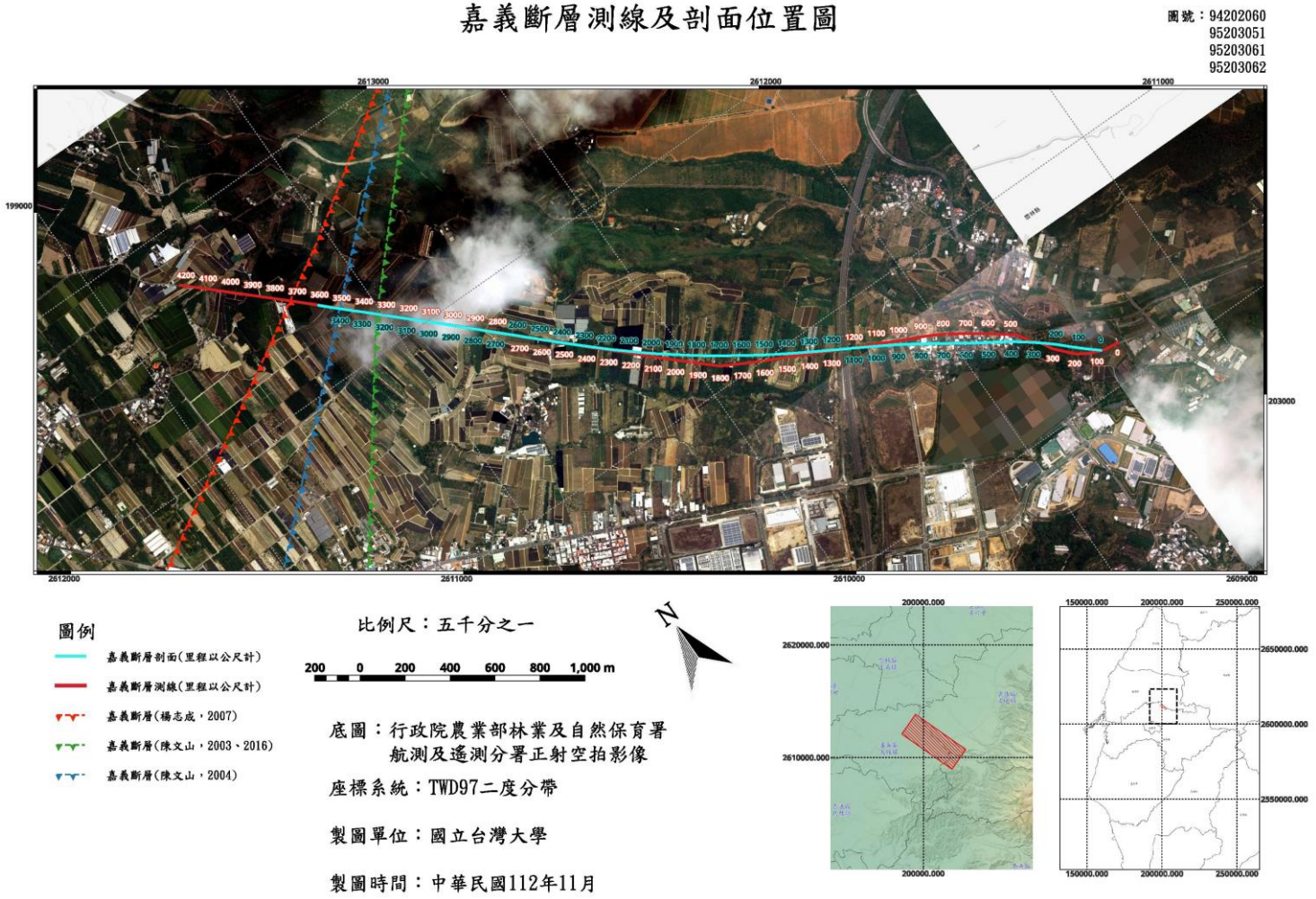


圖 2.17: 嘉義斷層與測線位置之地圖，原圖比例尺為五千分之一。

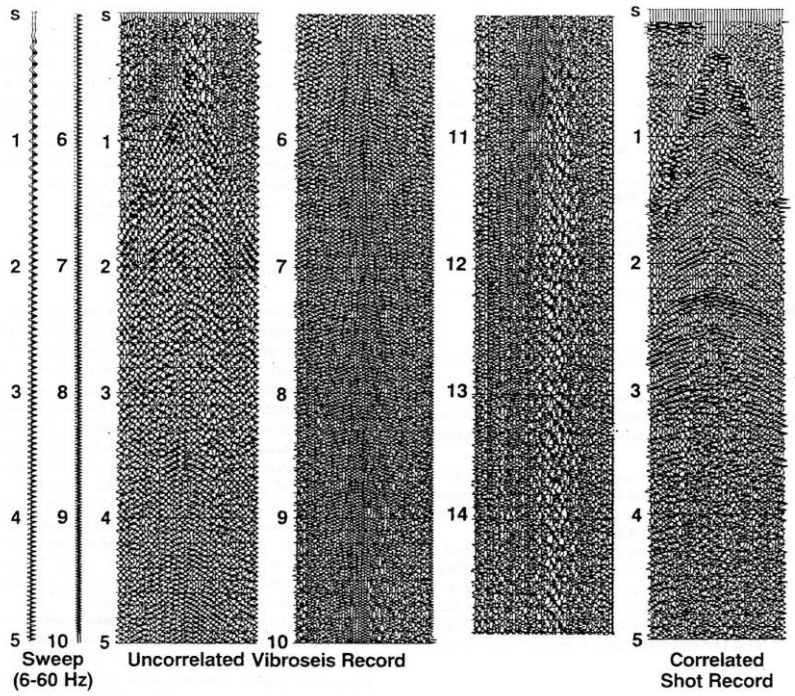


FIG. 1.1-20. Vibroseis correlation: the sweep signal is correlated with the recorded vibroseis record to get correlated field data. A 10-s sweep and 15-s recorded data yield a 5-s correlated record.

圖 2.18: 震盪震源資料處理，左 2 條訊號構成 10 秒的震盪訊號，中間三張剖面為未交相關的 15 秒訊號，右邊為經過交相關處理的 5 秒炸點剖面。圖摘自 Yilmaz, 2001。

2-6 資料處理

本計畫資料處理使用商用軟體 Paradigm Echos。主要資料處理流程分成重合前、中、後三段 (圖 2.20)，重合前的步驟目的為定義波線與強化炸點剖面的反射訊號清晰度，細部項目如下：

- 震源初步處理：野外施測時，單一震源位置會進行約 20 次發震，再向前推進，因此每一個炸點約有 20 筆剖面資料，由於是震盪式震源，原始資料需要經過與震源震盪波形交相關（圖 2.18）後才可以成為正規的炸點剖面，在將同炸點的所有剖面疊加，製成代表該點的炸點剖面（圖 2.19）。

- 施測幾何：在所有炸點剖面中的地震訊號上，賦予野外施測的實際資訊，建立波線之間的位置關係，包括震源位置、受波器位置、支距和中點位置等。

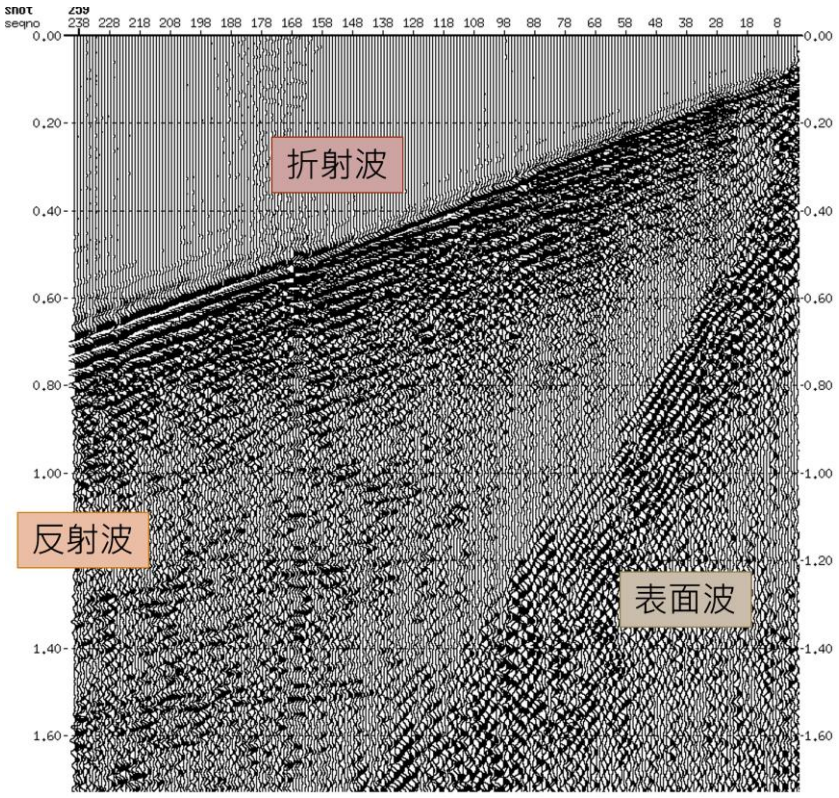


圖 2.19: 炸點剖面與簡單波相標示。

- 彎線修正：在建立施測幾何後，CDP 點的分布與測線的彎曲程度相關，需要考慮到真實測線位置，適度調整 CDP 位置，避免波線錯置到其他 CDP 點，增進成像的品質。
- 波線挑選：挑出資料中沒有訊號或是錯誤訊號的波線，這些錯誤可能源自於儀器損壞或沒有正當運作的結果，避免影響其他訊號而予以刪除。
- 頻率濾波：將波線經傅立葉轉換後分析其主頻率之振幅分布，再與設計的濾波器迴旋 (Convolution)，達成提振主頻率資訊的效

果，本研究之帶通濾波頻率使用低切 20Hz、低通 30Hz，高通 120Hz，高切 140Hz，並且以窄通濾波濾除 60Hz 之高壓電雜訊。

- 自動增益控制 (AGC)：用於修正振幅，由於訊號在深部較淺層不清晰，實施自動增益控制來強化深部訊號的振幅，用於展示剖面時顯現區域時窗內相對清楚的訊號。
- 近地表風化層修正與高層修正：地表通常為現生沉積物所覆蓋，儘管地表平整，近地表沉積物基盤面也可能存在崎嶇的地形，沿測線上的測站會受到不等量的走時延遲影響，修正此問題使得震源與受波器能夠在同一基準面上，對於反射波的成像有很重要的影響。
- 解迴旋濾波 (Deconvolution)：目的在於集中震源的能量，震源訊號經過地層反應後，原始脈衝訊號逐漸分散，導致回收的反射訊號以波包 (Envelope) 的形式被觀測到，解迴旋濾波使能量由波包收束成為脈衝波，同時能提高反射訊號的振幅與頻率。
- 傾斜濾波：可針對炸點剖面中某斜率的訊號做切除或保留，在炸點剖面中，折射波、空氣波、表面波等非反射訊號通常略呈直線，而且震幅比反射波強，相當程度上會干擾反射訊號的顯現，傾斜濾波可用於壓抑表面波、空氣波等連續性訊號，提振近支距的反射訊號。

重合中的步驟，主要在修正側向走時，將雙曲線拉平，速度分析的流程是：從 CDP 剖面中分析雙曲線的走時曲線，推測其地層反射速度，本計畫使用定速分析 (Constant velocity analysis) 與定速重合 (Constant velocity stack) 分析與速度譜 (Velocity spectrum) 等方法來決定地層介面速度。垂直走時偏移修正 (Normal

move-out)：根據速度去消除雙曲線的側向偏移走時，然而消除側向走時不一定能夠使反射訊號拉平，可能還存在剩餘的走時延遲，修正這個延遲使得反射訊號能夠真正拉平，這時需要以殘餘靜態修正來消除測站間的延遲走時。重合中的步驟圍繞在以上這三大步驟上，經過殘餘靜態修正後重新回到速度分析，可分析估計出更精確的地層速度。取得最適合的速度模型後，修正側向走時，進行重合處理，取得震測剖面，由於 NMO 會將訊號進行壓縮與拉張，因此 NMO 後會再次經過頻率濾波處理，消除重合時產生的雜訊與低頻訊號。重合後的額外步驟有移位（Migration）與時深轉換（Depth conversion），移位的目的是使震測剖面中的反射訊號移動到其真正的反射點上，因為反射震測使用的同中點疊加法建立在地層水平的假設下，若地層崎嶇或是構造複雜，垂直偏移修正後的訊號則不是真正的來自正下方的反射訊號，則需要透過移位處理。時深轉換的目的是計算深度剖面，震測剖面的垂直軸為時間，為了對應真實地層反射的深度，可由井測資料或是重合速度換算出的層間速度，對震測剖面做深度轉換，得到深度剖面。

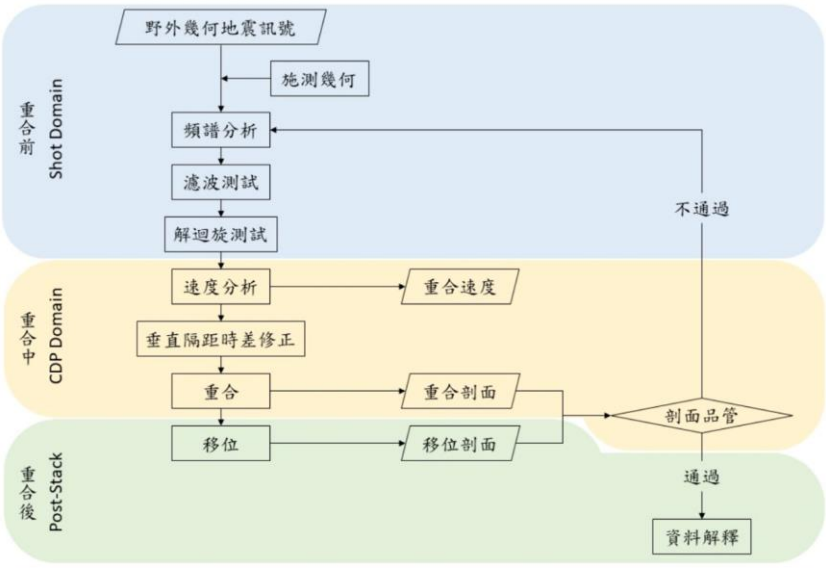


圖 2.20: 資料處理流程圖。

2-7 震測資料解釋

地下岩相的分析只能透過岩石資料才能夠觀察到目標地層的沉積相，需要鑽井並取岩心進行研究，但除特殊需要，一般都不會全深度採樣岩心，儘管可以使用井下電測等地球物理方法補足全井的資訊並做出連續的沉積相分析，一口井的資料只能代表該井位，對區域的理解仍然有限，要對一個區域有全盤的了解，除非耗費大成本密集鑽井之外，也可以透過地表的地球物理方法，對單井的地下岩相解釋進行區域性的延伸，反射震測在這樣的研究上成效顯著，自 1977 年後 Vail 等人提出震測層序的觀念，震測相的分析已在石油、煤炭等地下沉積礦產的探勘開發中廣泛應用在沉積相研究了。反射震測透過影像製作、剖面觀察得出地下反射訊號的分布，接著分析震測相是剖面解釋的重要步驟，依據時間剖面上所表現出來的反射波的面貌與特徵，進行沉積相的解釋與推斷。

震測地層學（Seismic Stratigraphy）是從震測資料解釋來做地層與堆積相研究（Mitchum et al, 1977a)。首先是分析堆積層序(Depositional sequence)，一個堆積層序是由一些相關的地層層繼產生的地層層序，與被頂部與底部的不整合面所界定（Mitchum et al, 1977b)。決定震測層序的邊界可以由反射訊號的終止來界定，訊號終止代表不整合面。同一個堆積層序的地層呈現整合，整合的層序屬同一個沉積環境產生，地層堆疊的時間是連續的，從下往上，由老至新排列。不整合面是地殼升降或是海水面升降造成沉積作用中斷現象，舊的地層表面受到侵蝕（水退，地層表面來到地表）或削蝕（水下侵蝕)，事件後重新開始沉積，產生上覆的新地層，不整合面的上下新舊兩個地層，呈現水平堆疊者稱平行不整合，若新地層以一個角

度與舊地層接觸，則稱交角不整合。在震測剖面中，平行不整合不是很容易辨識，當不整合面受風化、剝蝕較嚴重、造成側向明顯不均質時，可能產生連續性差、振幅強但變化大的反射訊號，或是不整合面上的不平整造成的繞射波。交角不整合的訊號可以在為疊加剖面觀察到，由於傾角會影響反射雙曲線的視速度，因此在炸點剖面或是 CDP 剖面中，相近時間出現兩組或是兩組以上的不同視速度的反射波，在疊加剖面中，交角不整合很容易觀測，在新舊地層以不同角度接觸，若以一個地層角度為基準，另一個角度的層序會沿著水平方向減薄，最後尖滅併入不整合面中，尖滅處會出現繞射波，不整合面本身的反射訊號波形與振幅視不穩定的。

在不整合面上，反射訊號終止的形式有削蝕 (Erosional truncation)、視截切 (Apperent truncation) 與、沉積尖滅 (Lapout)，其中沉積尖滅又分成頂覆 (Toplap)、上覆 (Onlap)、下覆 (Downlap) 等形式，根據以上類型來劃分震測地層層序 (seismic sequence)。以一個理想的沉積序列為例 (圖 2.21)，在地層層序內部可進一步細分為體系域 (system tract) ，體系域以最大海侵面 (Maximum flooding surface) 為界，這一介面在震測剖面上表現為很強的連續反射訊號，作為海進與海退的分界線，介面下有退積型反射構型，以視削截形式不整合，介面往上是海退的特徵，有頂覆行前積構型，以下覆形式與不整合面接觸。

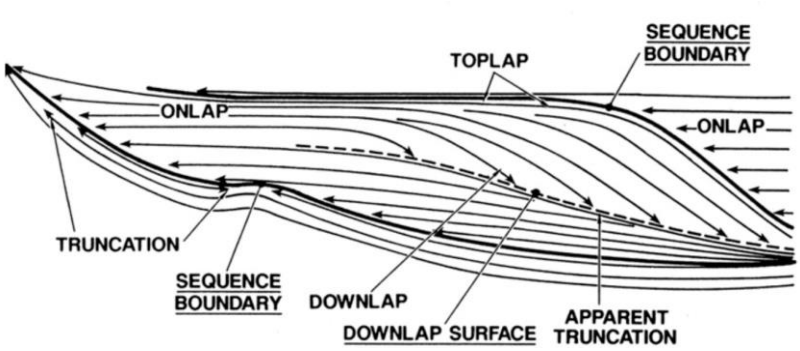


圖 2.21: 沉積序列範例，不整合面以底線標示，圖取自 Vail(1987)。

反射相分析（Sangree and Widmier, 1979）分成兩個部分，首先分析反射訊號的屬性（圖 2.22），以振幅、頻率與連續性為分析對象，振幅的強弱與聲阻抗（介質速度與密度）、反射訊號間距（根據間距與震波頻率，可能造成建設性或破壞性干涉，對振幅產生影響）及流體含量有關。反射訊號頻率與地層間距與流體含量有關係。連續性則與地層連續以及沉積作用有關。反射相分析第二部分是去分析反射訊號的反射結構 (Reflection configuration)，在二維反射震測剖面中，我們無法得知沉積構造的三維樣貌，僅能以反射構型 (Reflection pattern) 進行對比，若有完整三維影像，可以進一步分析震測相的單元外型，再進一步識別沉積體如沖積扇、近岸水下扇、三角洲、扇三角洲、陸坡和深海濁積扇等，以下我們介紹幾種常見震測反射構型。

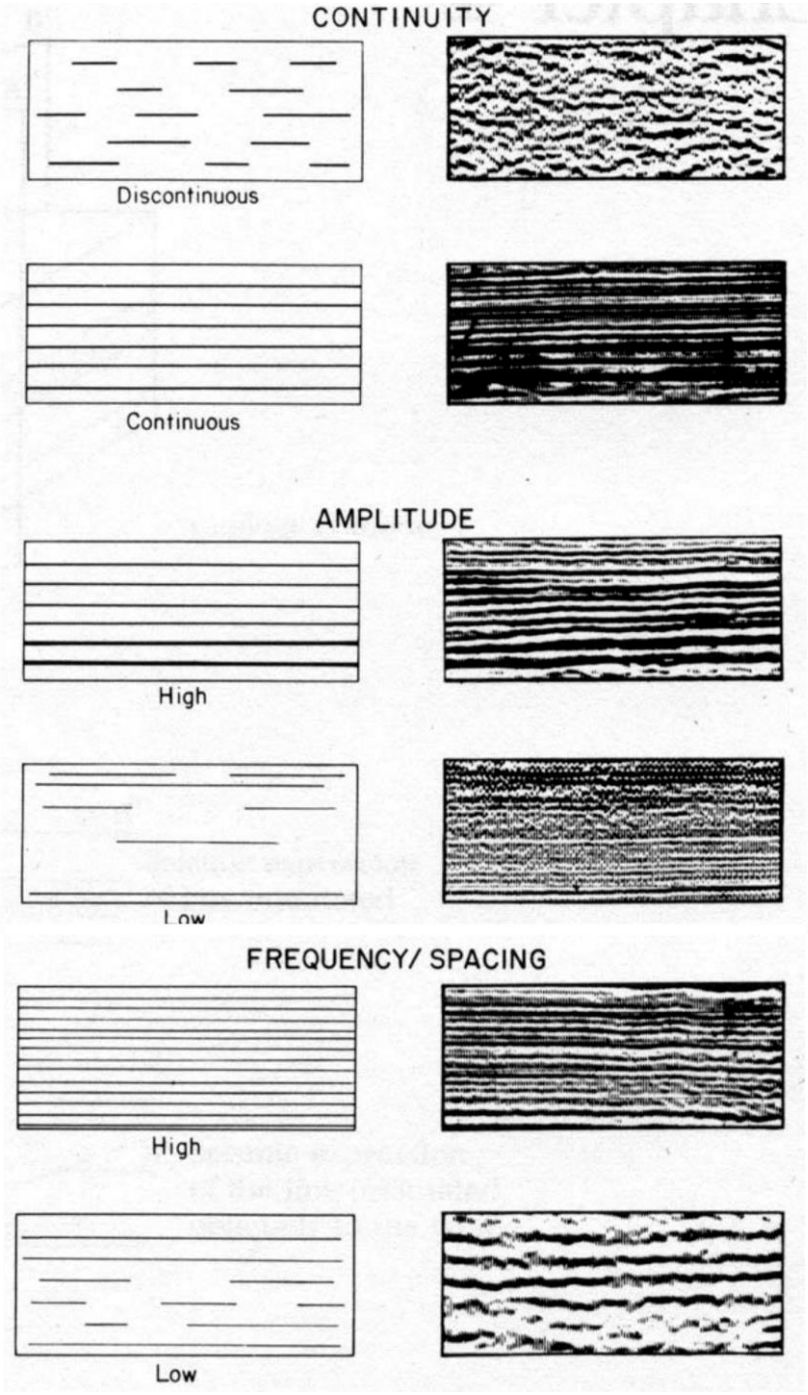


圖 2.22: 反射訊號屬性範例，圖摘自 Mitchum and Vail(1977)。

- 平行、次平行（Parallel and subparallel）反射構型（圖 2.23），在橫向上沉降速度均等的均勻垂向加積作用造成的產物，在陸棚、深海盆地、湖泊、沼澤中都有可能發育，沒有屬於特定的沉積環境特徵，但都是屬於穩定沉積的類型，此反射構型的連續性一般都很好。

- 發散（Divergent）反射構型（圖 2.24），在側向沉降速率有差異的環境下，岩層厚度向一個方向變薄，其特徵為反射訊號的間距向著一個方向逐漸減小，部分反射信號逐漸消失，從而使反射訊號的個數也朝一個方向逐漸減少，與之對應的地層單元的厚度也就相應減薄。

- 前積式（Prograding）反射構型（圖 2.25），前積構型是三角洲、扇三角洲、各種扇體以及大陸坡、碳酸鹽台地邊緣斜坡的典型特徵。標準的前積構型具有頂積層、前積層、底積層三個反射形式，根據三種反射層的發育程度，可以在進行細分成 6 種類型，分別是 S 型（Sigmoid）、頂積型或下覆型（Tangential oblique）、斜交型（Parallel oblique、Shingled）、雜亂型（Hummocky clinoforms）、複合型（Complex sigmoid-oblique）。

- 退積反射構型，當海平面快速上升，海岸線快速向陸地移動，造成陸棚邊緣附近沉積物來源減少，反射訊號的間格會向盆地方向減薄尖滅，尖滅點會隨時間向陸地方向前移動，與不整合面呈現（Apparent truncation）視削截的現象，此反射構型視海進體系域的經典特徵。

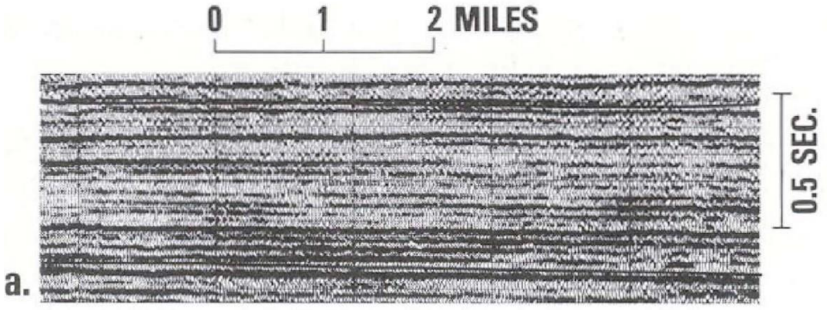


圖 2.23: 平行反射構型的範例，圖摘自 Mitchum and Vail(1977)。

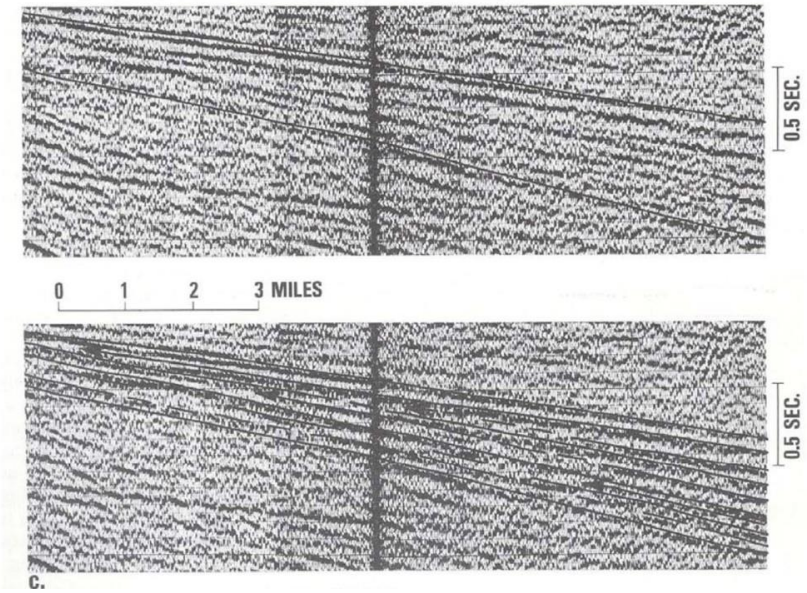


圖 2.24: 發散反射構型的範例，圖摘自 Mitchum and Vail(1977)。

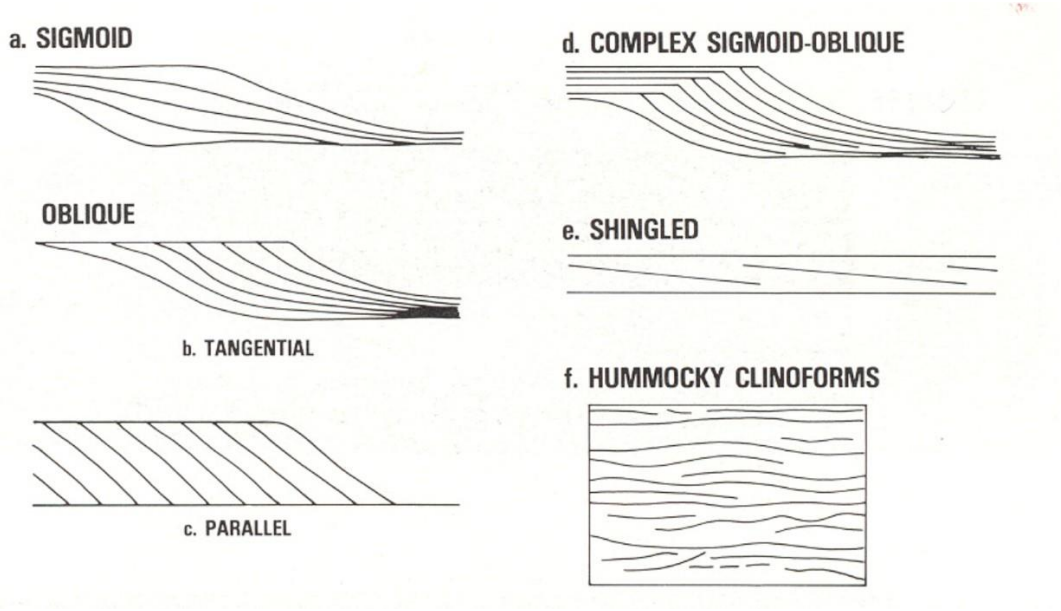


圖 2.25: 前積式反射構型的分類，圖摘自 Mitchum and Vail(1977)。

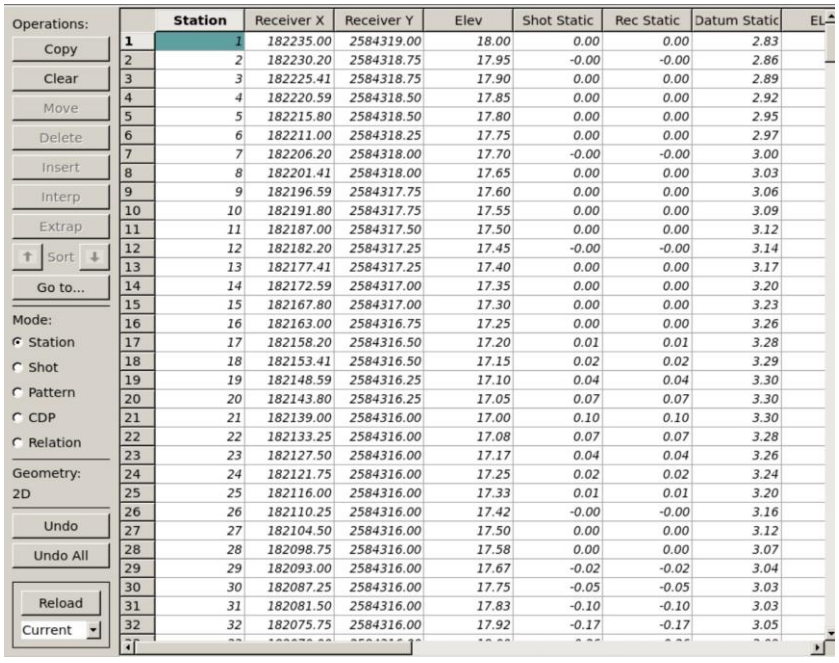
第三章、嘉義斷層反射震測分析結果

3-1 資料處理流程

嘉義斷層反射震測使用無線震測的方式進行，因此受波器的資料在野外時收取連續的震紀錄，結束施測後才會一併下載儀器中的資料，因此無法進行現地震源時間校正、震源交相關與即時展示炸點剖面等工作，這些在以往集線式震測資料收集系統中是基本的功能，因此需要額外收集震源起始時間與震源震盪時間序列等訊息，帶回實驗室進行前處理，以得到初始炸點剖面。

(1)施測幾何

施測幾何的建置是透過野外實際量測之測線座標以及施測紀錄表，輸入程式之中建立測站、炸點、炸點剖面對應關係等（圖 3.1），最後得出 2D 幾何關係（圖 3.2），確定 CDP 點的位置。



	Station	Receiver X	Receiver Y	Elev	Shot Static	Rec Static	Datum Static	EL
1	1	182235.00	2584319.00	18.00	0.00	0.00	2.83	
2	2	182230.20	2584318.75	17.95	-0.00	-0.00	2.86	
3	3	182225.41	2584318.75	17.90	0.00	0.00	2.89	
4	4	182220.59	2584318.50	17.85	0.00	0.00	2.92	
5	5	182215.80	2584318.50	17.80	0.00	0.00	2.95	
6	6	182211.00	2584318.25	17.75	0.00	0.00	2.97	
7	7	182206.20	2584318.00	17.70	-0.00	-0.00	3.00	
8	8	182201.41	2584318.00	17.65	0.00	0.00	3.03	
9	9	182196.59	2584317.75	17.60	0.00	0.00	3.06	
10	10	182191.80	2584317.75	17.55	0.00	0.00	3.09	
11	11	182187.00	2584317.50	17.50	0.00	0.00	3.12	
12	12	182182.20	2584317.25	17.45	-0.00	-0.00	3.14	
13	13	182177.41	2584317.25	17.40	0.00	0.00	3.17	
14	14	182172.59	2584317.00	17.35	0.00	0.00	3.20	
15	15	182167.80	2584317.00	17.30	0.00	0.00	3.23	
16	16	182163.00	2584316.75	17.25	0.00	0.00	3.26	
17	17	182158.20	2584316.50	17.20	0.01	0.01	3.28	
18	18	182153.41	2584316.50	17.15	0.02	0.02	3.29	
19	19	182148.59	2584316.25	17.10	0.04	0.04	3.30	
20	20	182143.80	2584316.25	17.05	0.07	0.07	3.30	
21	21	182139.00	2584316.00	17.00	0.10	0.10	3.30	
22	22	182133.25	2584316.00	17.08	0.07	0.07	3.28	
23	23	182127.50	2584316.00	17.17	0.04	0.04	3.26	
24	24	182121.75	2584316.00	17.25	0.02	0.02	3.24	
25	25	182116.00	2584316.00	17.33	0.01	0.01	3.20	
26	26	182110.25	2584316.00	17.42	-0.00	-0.00	3.16	
27	27	182104.50	2584316.00	17.50	0.00	0.00	3.12	
28	28	182098.75	2584316.00	17.58	0.00	0.00	3.07	
29	29	182093.00	2584316.00	17.67	-0.02	-0.02	3.04	
30	30	182087.25	2584316.00	17.75	-0.05	-0.05	3.03	
31	31	182081.50	2584316.00	17.83	-0.10	-0.10	3.03	
32	32	182075.75	2584316.00	17.92	-0.17	-0.17	3.05	

圖 3.1: CY_A 測線野外幾何輸入介面範例。

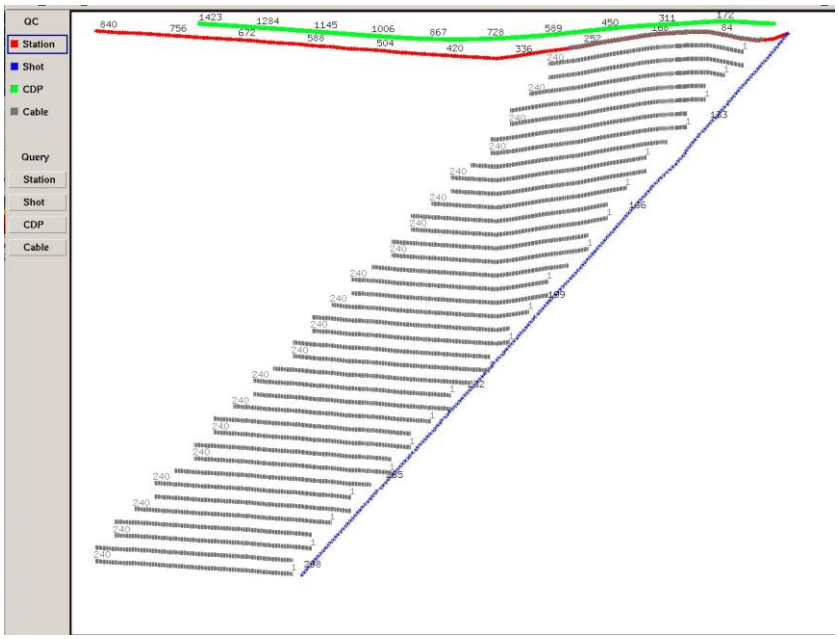


圖 3.2: CY_A 測線施測幾何圖。

(2) 彎線修正

野外測線的安排需要根據當地情況調整測線位置，因此 CDP 的位置可能無法與測線完全貼合，透過彎線修正重新調整 CDP 點在三維空間上的分布（圖 3.3），可以有效提升成像的精確度。

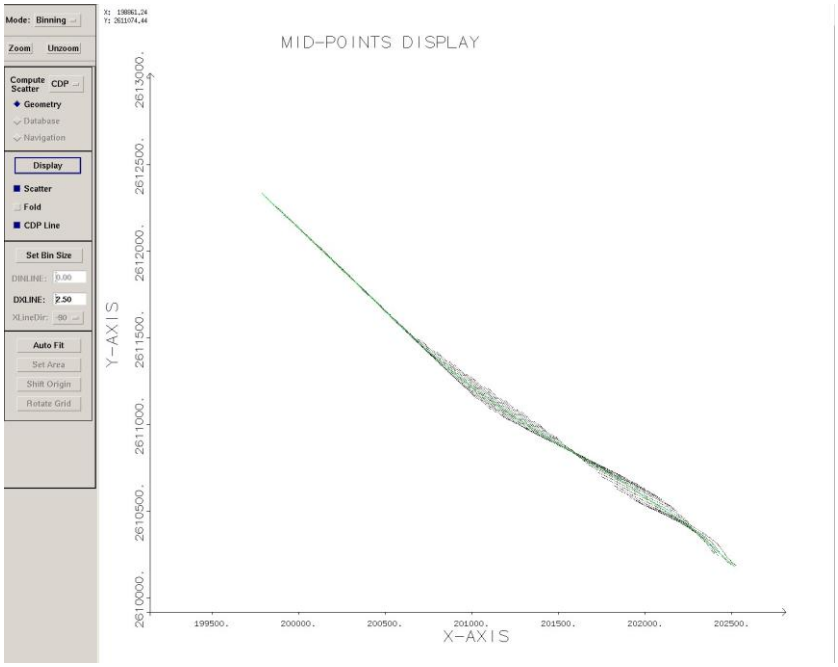


圖 3.3: CY_A 測線經彎線修正後的 3D 施測幾何，綠線為修正後的 CDP 點分布。

(3)頻率分析與頻率濾波

從炸點剖面中，進行複立葉分析，取得震波的頻譜資訊（圖 3.4），分析後得知訊號分布在 20Hz 至 120Hz 之間，這分佈與震盪震源的輸出頻寬一致，主要回收震波的頻率落在 20Hz 至 40Hz 之間，在進行小範圍分析表面波頻譜（3.5），表面波主頻集中在 20Hz 至 30Hz。因此使用帶通濾波，以 20 至 120 之間為通過頻段，濾除震源訊號以外的雜訊，並抑制部分表面波，濾波前後比較於圖 3.6。

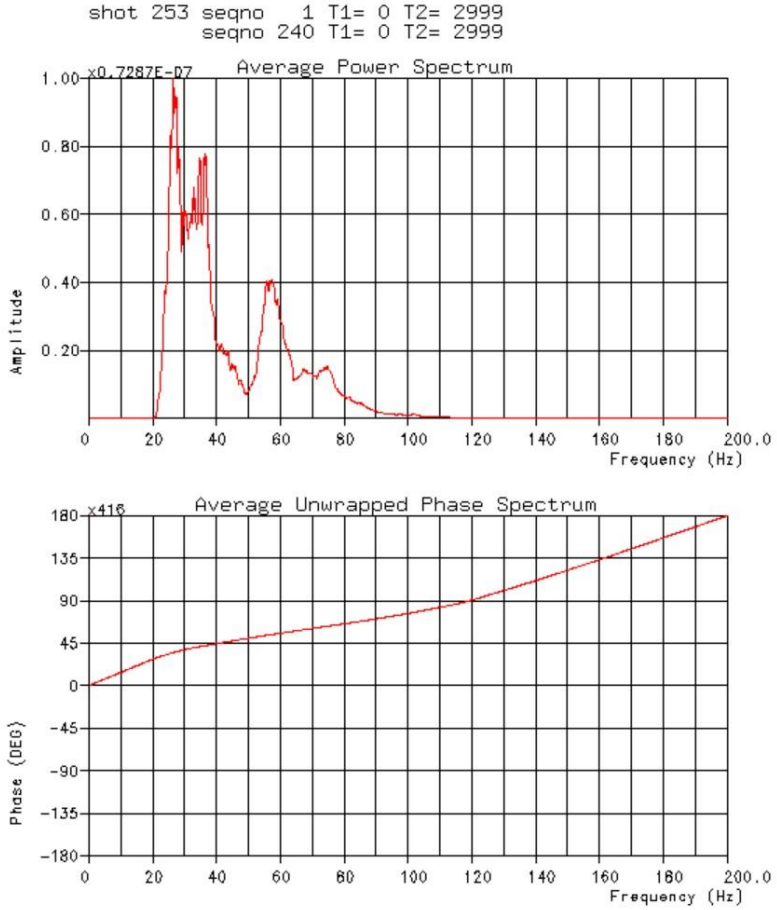


圖 3.4: 炸點 253 號的頻譜分析圖。

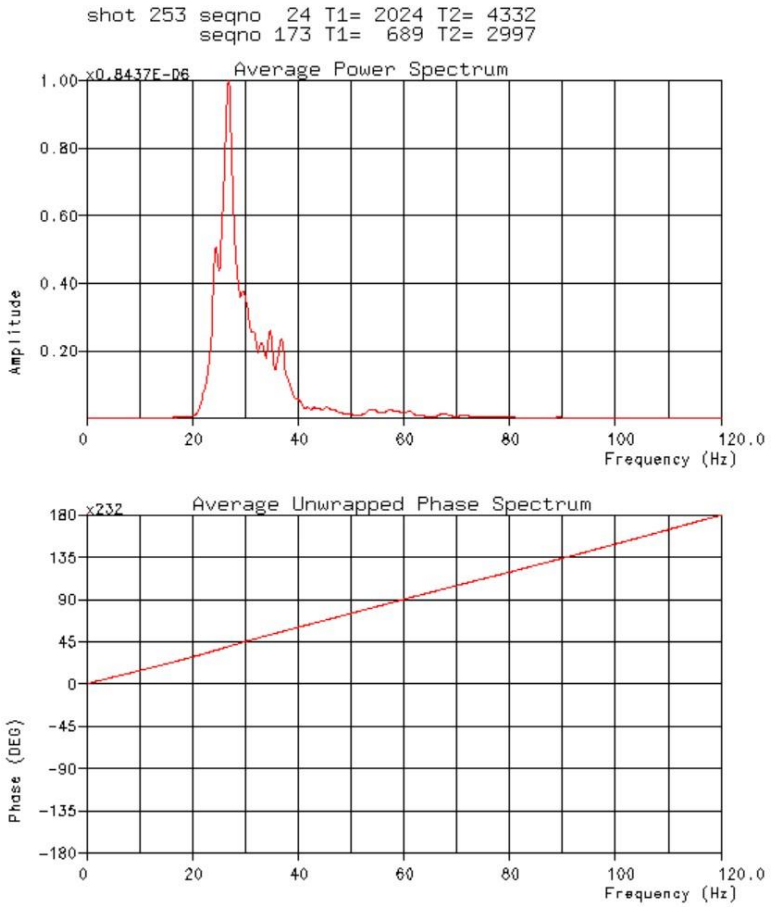


圖 3.5: 炸點 253 號的表面波頻譜分析圖。

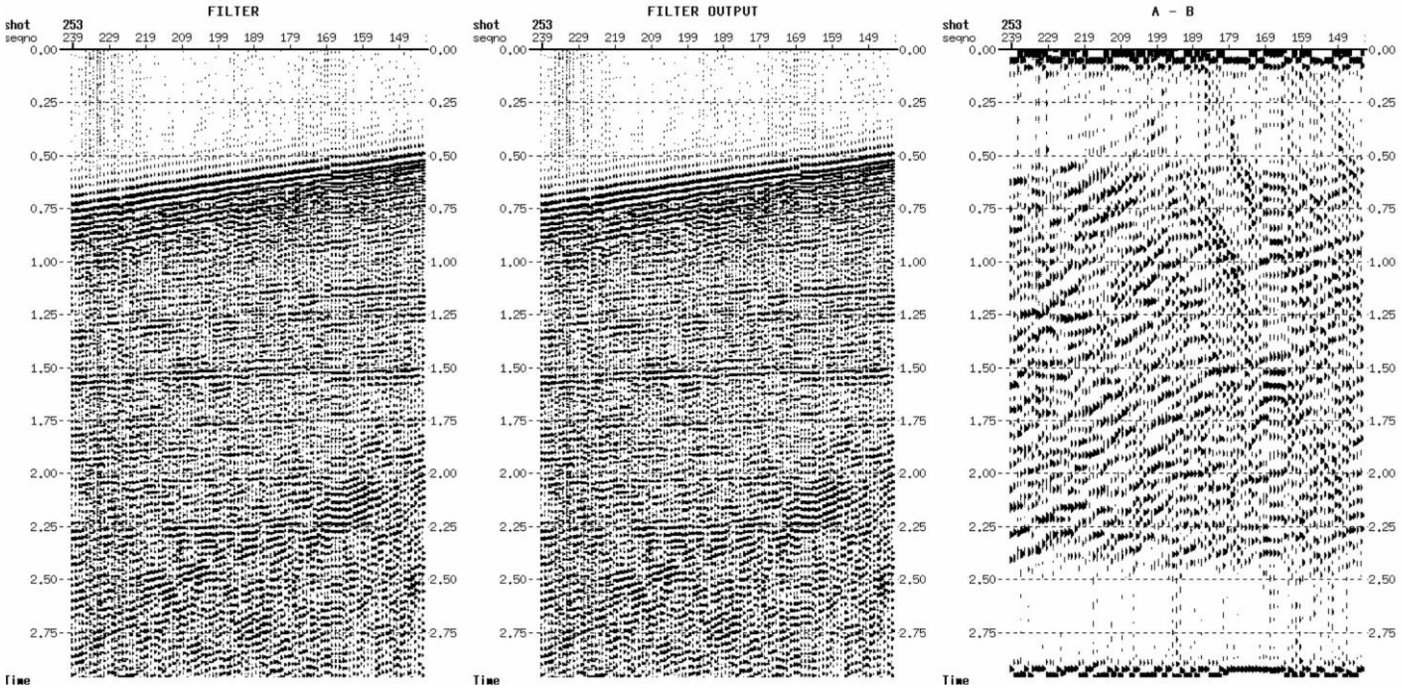


圖 3.6: 炸點 253 的濾波前(左)、後(中)、差異(右)比較圖。

(4)折射波風化層修正

根據炸點剖面的初達波分辨出折射波，進行到時挑選，最後分析折射波速度計算走時修正量（圖 3.7)，並得出折射層速度為 1969 m/s。修正前後的炸點剖面比對，折射波明顯較為平整（圖 3.8)。

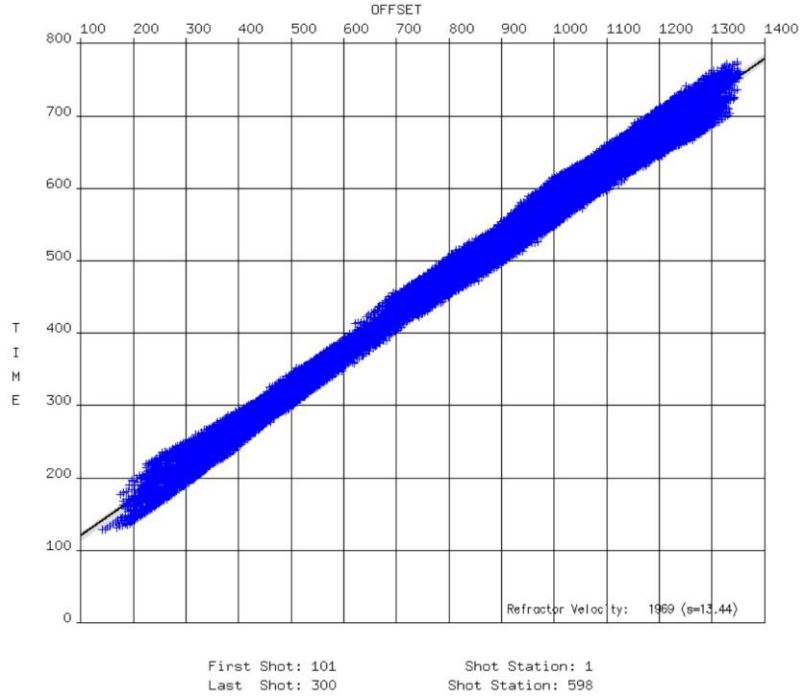


圖 3.7: 折射波到時挑選統整圖。

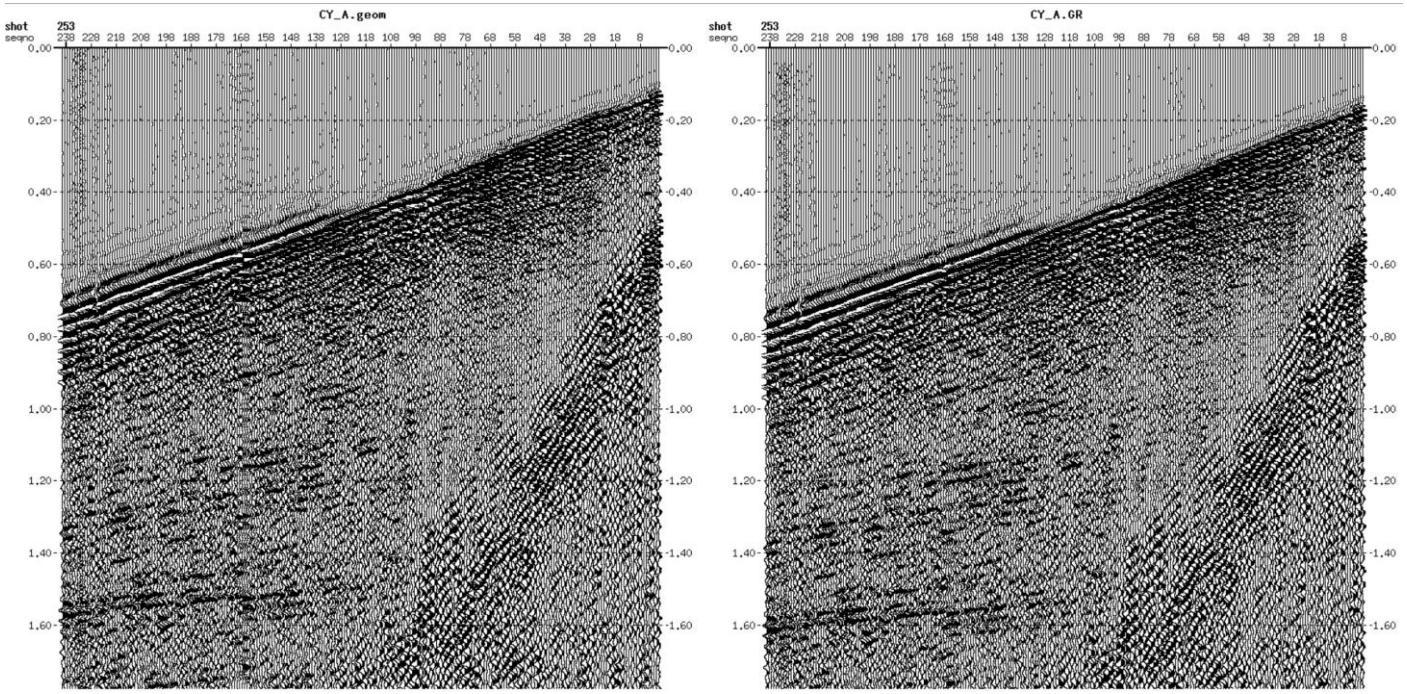


圖 3.8: 折射波風化層修正前(左)後(右)比較圖。

(5)解迴旋濾波

解迴旋濾波是為了減緩震源訊號非脈衝波特性所造成的影響，這在炸點剖面中會使反射訊號呈現複數訊號。為此須先透過反射訊號時窗的自相關函數判視（圖 3.9），因此選定從 channel 的 250ms 至 1750ms 到 channel240 的 1750 至 2500ms 進行解迴旋濾波器的設計時窗，選用 200ms 的 Operate length，切除第二個 Zero crossing 點以後的尾段訊號。處理完成後比較（圖 3.10）顯示出原本反射訊號為重複震盪訊號，處理後反射訊號震盪部分被移除，比較能判視各反射波之間的關係。

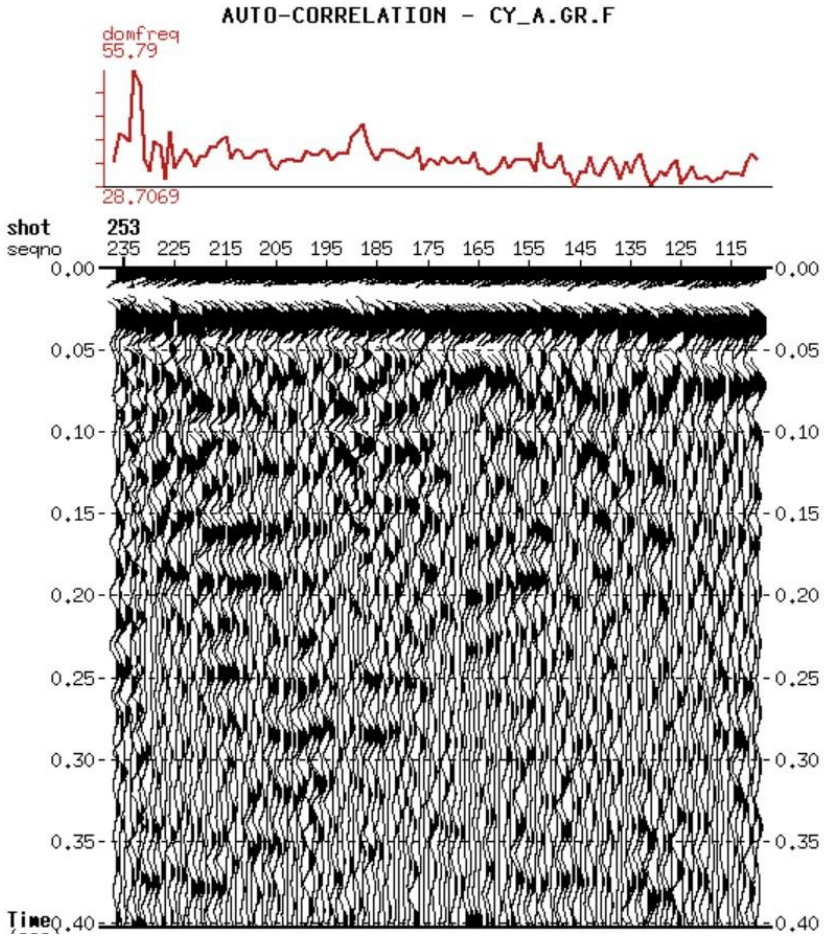


圖 3.9: 炸點 253 的反射時窗自相關函數。

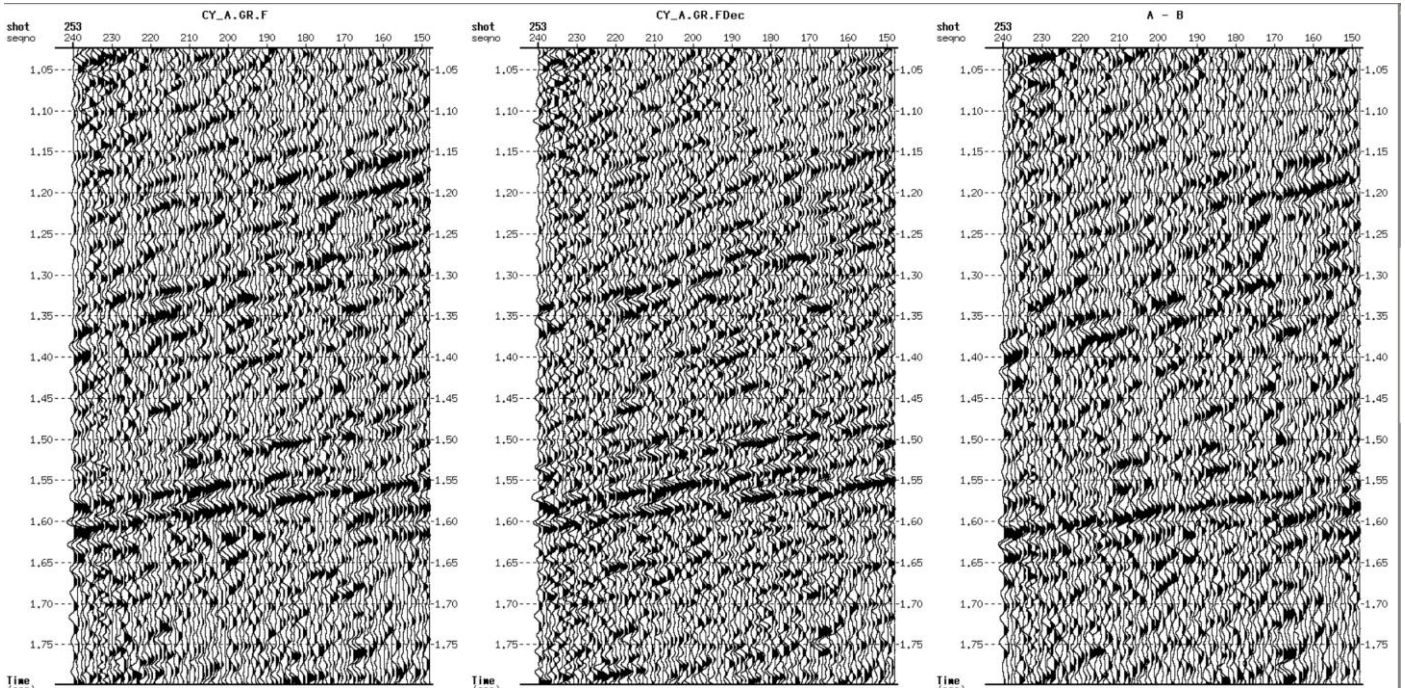


圖 3.10: 炸點 253 的解迴旋處理前(左)、厚(中)、差異(右)比較圖。

(6)傾斜濾波

傾斜濾波的目的在消除固定斜率段的訊號，這裡主要用來消除表面波雜訊，減弱其對近支距的反射波訊號的干擾，這裡設計一組斜率，分別是-0.18(ms/trace) 與 6.45(ms/trace)，抑制在此斜率範圍以外的訊號。濾波結果比較（圖 3.11、3.12)，顯示傾斜濾波強化了主要反射訊號，讓反射訊號更為連續，並且抑制表面波的訊號，較斜的訊號被較緩的訊號取而代之，然而這無法完全根除表面波的影響，實際上產生了些許人為訊號，使用較寬了斜率段也是避免產生太多人為訊號干擾反射波的形成。

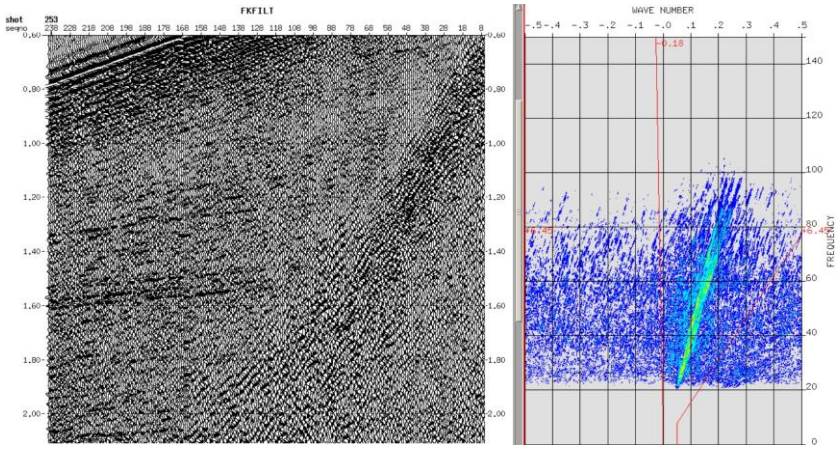


圖 3.11: 傾斜濾波前的炸點剖面 253 的表面波與反射波時窗，右圖為 FK 頻譜。

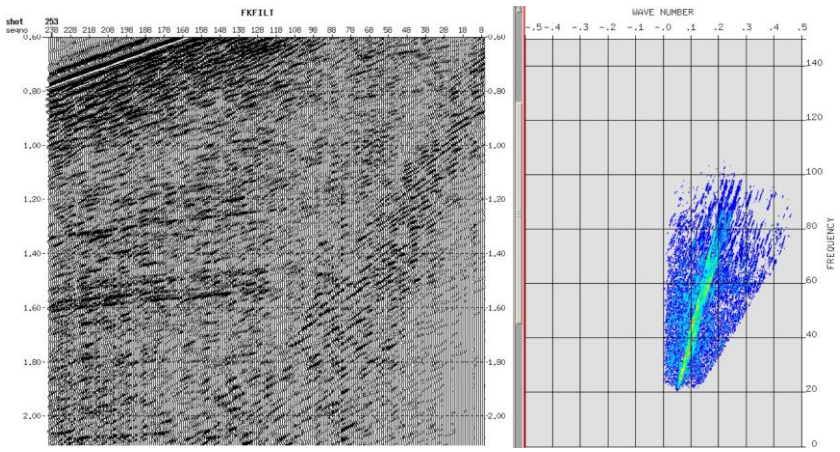


圖 3.12: 傾斜濾波後的炸點剖面 253 的表面波與反射波時窗，右圖為 FK 頻譜。

(7)速度分析

速度分析旨在尋找最適的重合速度，透過定速疊加（CVS）與速度譜（Vspec）來分析（圖 3.13），從圖中可以判式第 3 個疊加預覽圖有最好的訊號成像，其套用的速度函數在速度譜中對應到能量集中的區域。速度挑選結果總共有 11 組速度函數，自 CDP250 至 CDP1250，每 100 的 CDP 點挑選一組速度，最後結果展示成二維速度剖面（圖 3.14）。

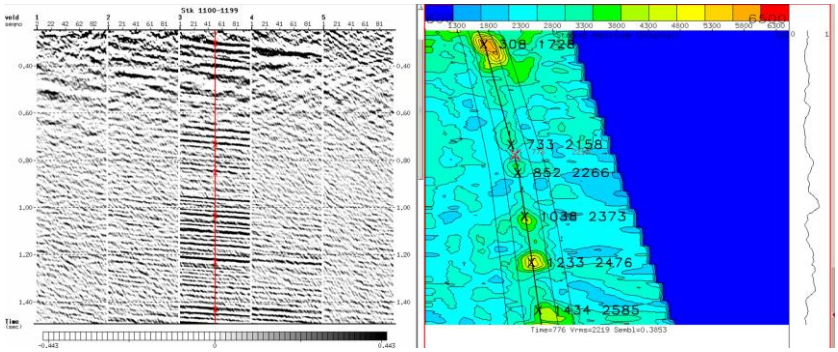


圖 3.13: CDP1100-1199 的速度分析，左圖為定速疊加分析，右圖為速度譜分析，左圖中 5 個疊加圖分別是套用右圖中 5 條速度函數的剖面預覽圖。

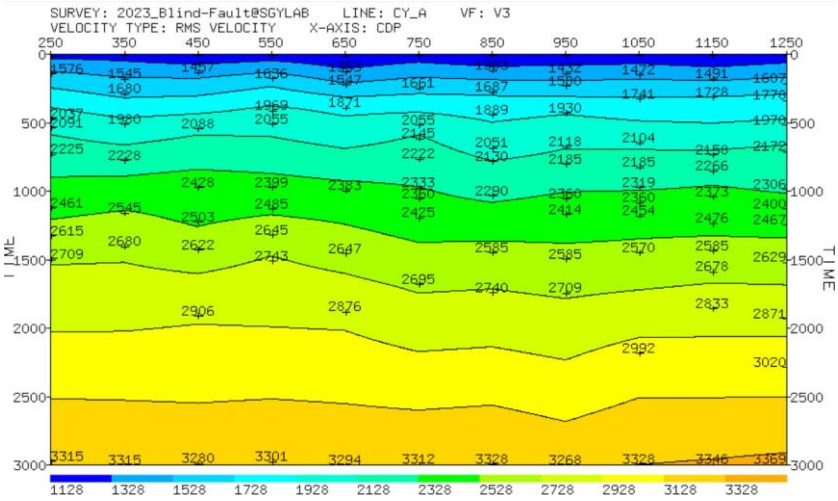


圖 3.14: 嘉義斷層測線的速度分析結果。

(8)垂直偏移修正與疊加

利用經前面步驟所完成的資料與速度分析的結果進行垂直偏移修正，為避免經垂直偏移修正產生的拉張訊號影響資料，會進行 Stretch Mute，將變形超過 30% 的訊號移除，最後進行疊加。在此將前段資料處理步驟的疊加結果分別比較，主要影響反射波成像品質的步驟分別是折射波風化層修正、解迴旋濾波、傾斜濾波等。

折射波風化層修正 圖 3.15 比較頻率濾波後，移除風化層效應的結果比較，在許多處反射訊號顯示更清楚，如 CDP475 至 CDP805 處的 0.25 秒深，CDP695 至 CDP1245 處的 0.4 至 0.8 秒深等淺層反射訊號均獲得加強。

解迴旋濾波 圖 3.16 比較折射波風化層修正後，進行解迴旋濾波的結果，反射訊號的成像變得比較細緻，頻率提高，比原本能夠區別各層面產生的主要反射訊號。

傾斜濾波 圖 3.17 比較解迴旋濾波後，進行傾斜濾波的結果，反射訊號的成像變得更連續。

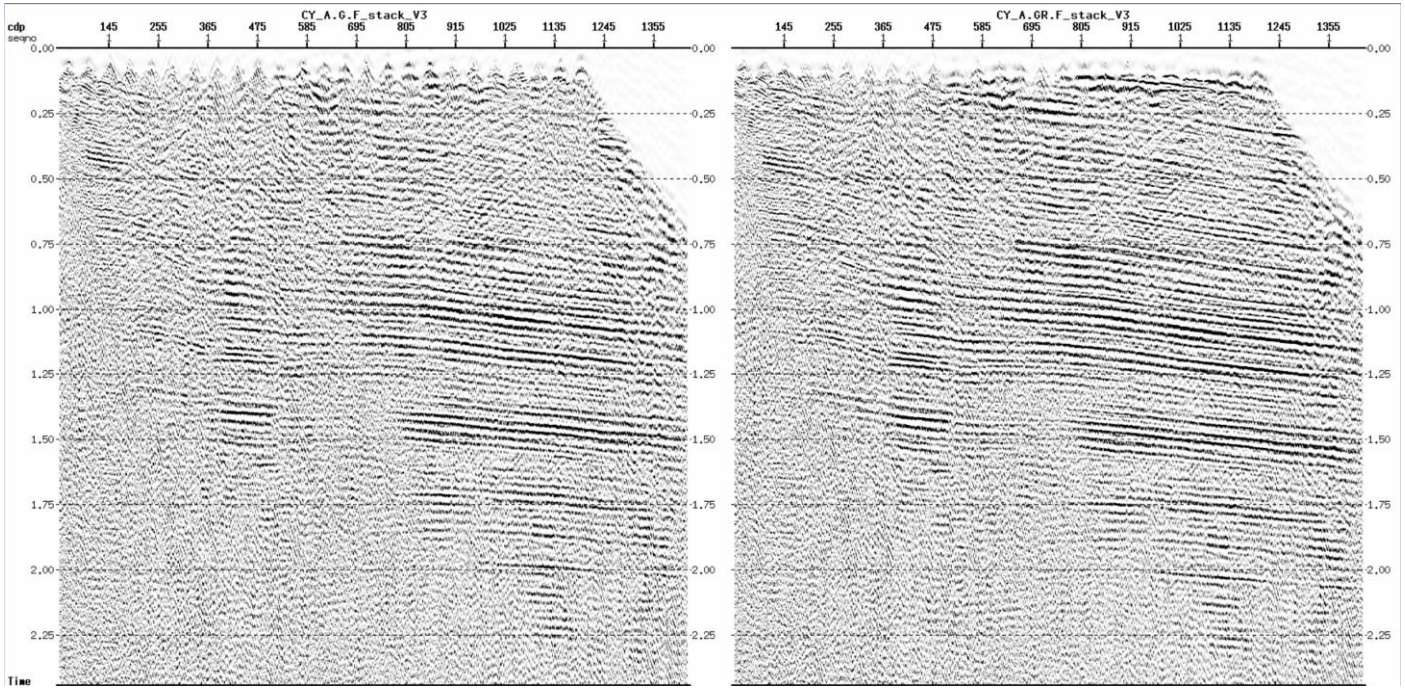


圖 3.15: 疊加剖面比較，經頻率濾波的剖面(左)與濾波後進行折射波風化層修正的剖面(右)。

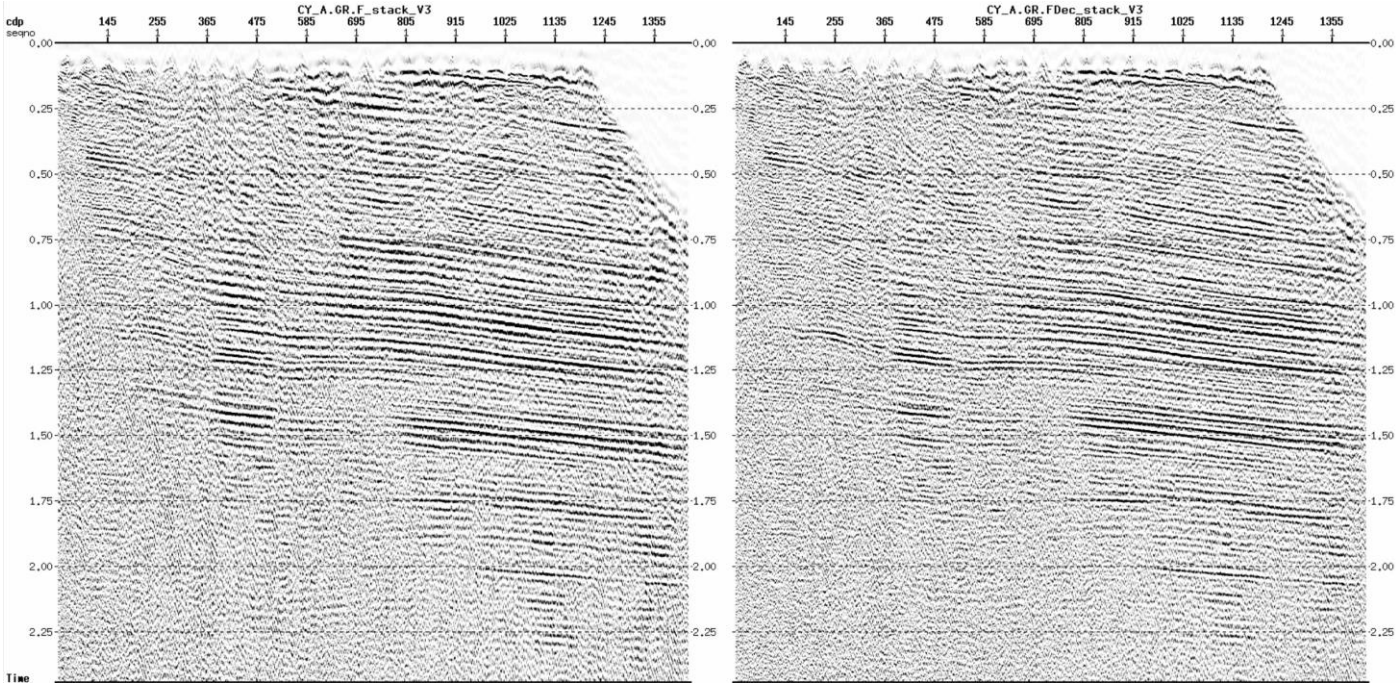


圖 3.16: 疊加剖面比較，經折射波風化層修正的剖面（左）與進行解迴旋濾波的剖面（右）。

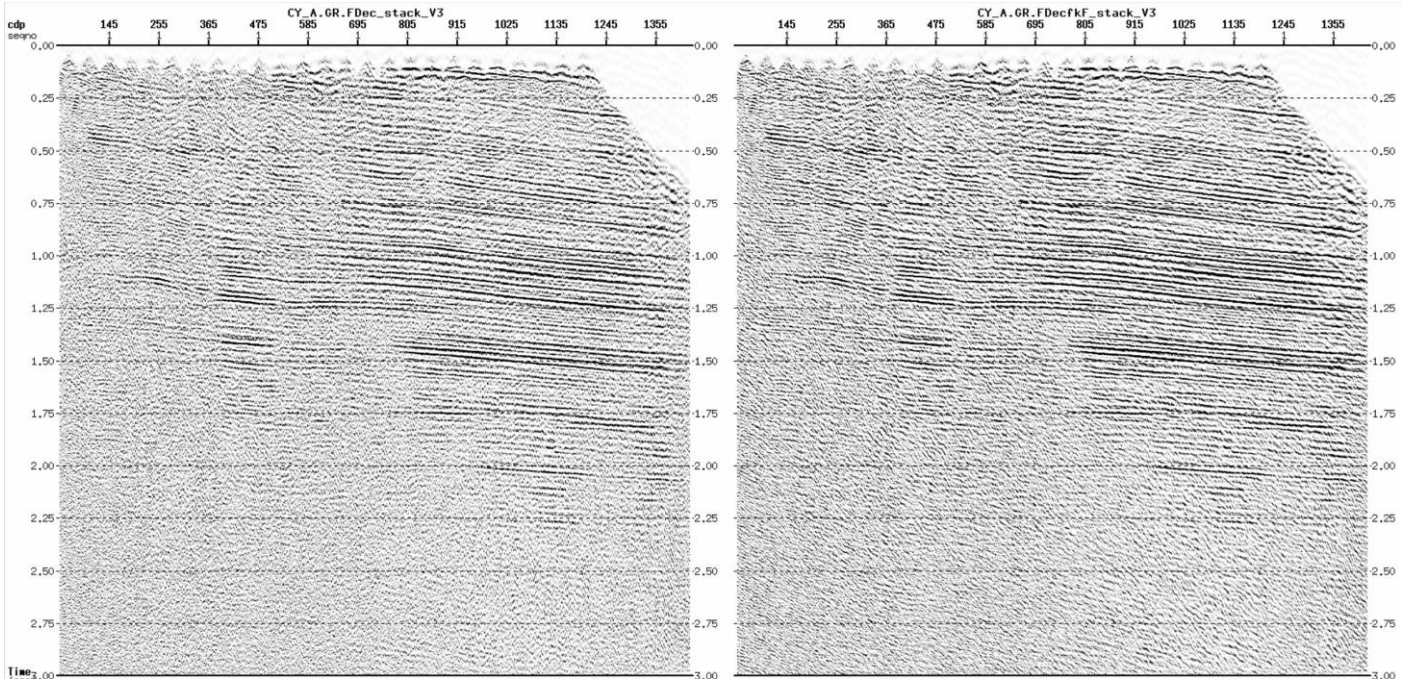


圖 3.17: 疊加剖面比較，經解迴旋濾波的剖面（左)進行傾斜濾波的剖面(右)。

(9) 移位與時深轉換

移位的方法使用可快速運算的 FK migration，給定一維速度構造進行移位計算，其速度構造列於表 5，移位後的剖面 (3.18) 與未移位的剖面訊號差異不大，主要是因為地層傾角很小，也未見明顯構造變形的訊號。時深轉換使用 CDP750 的速度函數進行，剖面方向修正為由西向東展示 (3.22)。

表 5: 進行移位用的速度構造

Time(ms)	Vel(m/s)
0	1200
200	1500
500	1860
1000	2200
1500	2550
2100	2900
2900	3000

3-2 震測剖面解釋

使用移位前後的震測剖面進行反射屬性分析，由淺至深的反射訊號有變化的部分予以分層，剖面中反射波頻率為 30Hz 至 100Hz，主頻約為 50Hz，能解析的地層厚度最薄為 5 公尺，更細微的構造則無法解析，因此分析的反射序列厚度並不會太薄。分析結果列於圖 3.19、圖 3.20，由於深部訊號連續性較差，可能已進入中新統或更古老地層，不在我們討論前陸盆地的範疇，因此只討論淺於 2 秒的反射訊號。

大多數反射訊號水平的堆疊，反射訊號呈現向西傾斜，應是受到最近期的構造作用影響，類比於楊志成 (2007) 的結果，該測線區域在背斜的西翼部，為了辨別各個反射相之間的沉積環境，我們將剖面順時針旋轉(圖 3.21)，以去除最近構造活動的影響，使反射序列呈水平，由於 CDP670 以東，以及深於 2 秒以下的訊號連濾性變差，在圖

3.21 中只討論靠近西側、深度淺於 2 秒的強反射訊號。圖中可以觀察出反射序列 1 至 4 為穩定堆疊，在旋轉剖面中呈水平，而反射序列 5 至 9 也是穩定堆疊，在旋轉剖面中傾角向東，反射序列 10 的向東傾斜更多，這代表反射序列 4 與 5、9 與 10 之間可能存在不整合面，除上述不整合之外，在層面之中沒有其他沉積事件在剖面中被發現，代表沉積環境相當穩定。

時間在剖面中，層面的傾角在水平方線的延伸上略有變化，在 CDP870 以東的區域傾角變緩，傾角變化的現象隨著深度也略有不同，在反射序列 7 中 CDP590 至 730 間呈現拱起，另一方面，這個彎曲現象在深部訊號造成較大的地層落差，從反射序列 8 至 11 中可以觀察到，反射訊號在 CDP590 以東的片段比西部深，可能是褶皺作用所造成。

最終深度剖面有 3490 公尺長、約 4.7 公里深的震測剖面（圖 3.22、 3.23)，在近地表 200 公尺以上，地層略呈水平，約在座標 1150 至 1650 公尺間，與底下地層呈交角不整合，自深度 250 公尺以下的地層，訊號連續性完整，沒有明顯錯斷，最深的反射訊號解析到 3.5 公里，但僅有在座標 2300 公以西有明顯連續性。炸點 180 至 202 的訊號受到當地建物影響，炸點剖面無法有效收集反射訊號，導致座標 1100 至 2000 公尺間資料品質受到雜訊干擾，深部訊號無法有效成像，最深只有到 2 公里。整體地層向西北傾斜，傾角約 7.9 度。

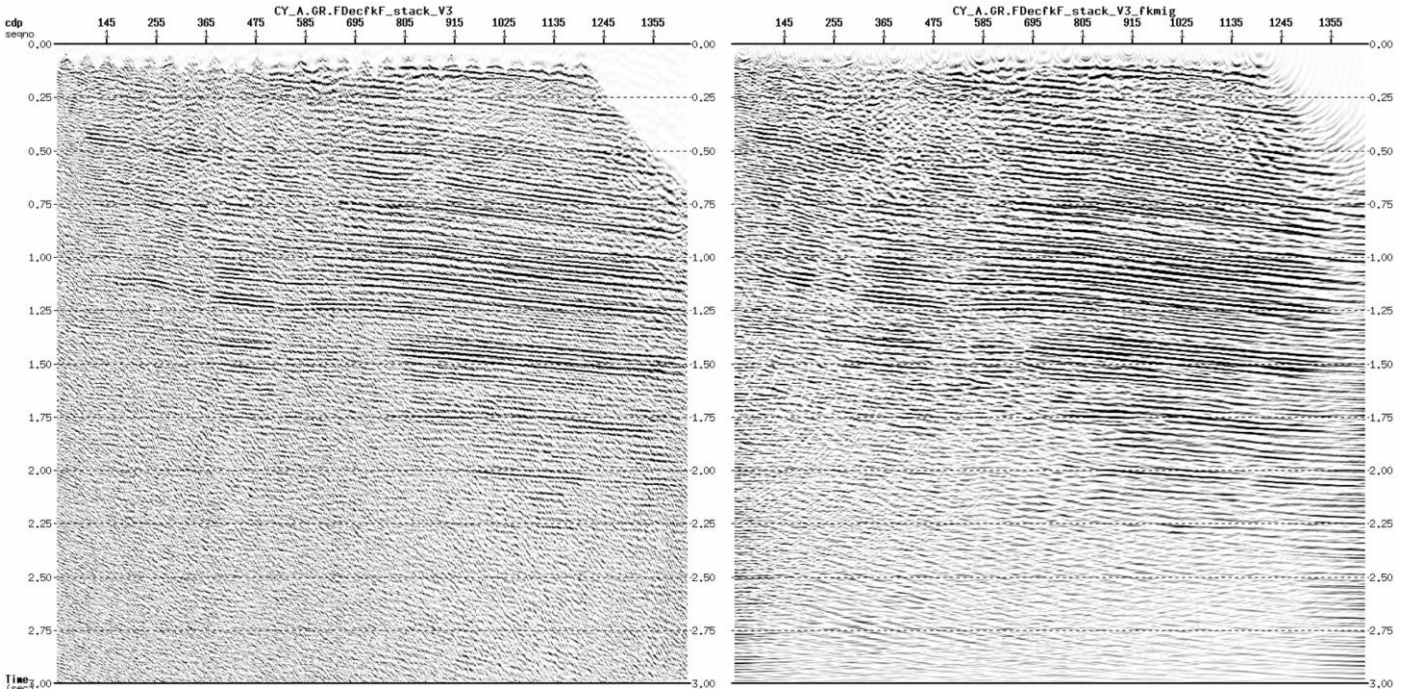
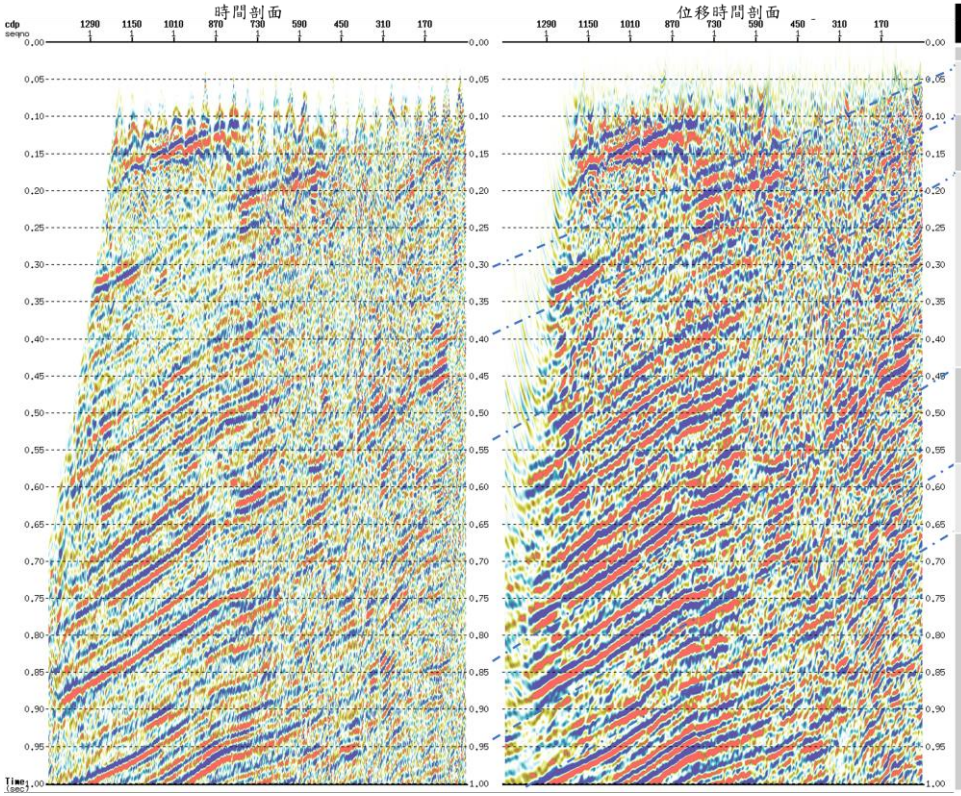
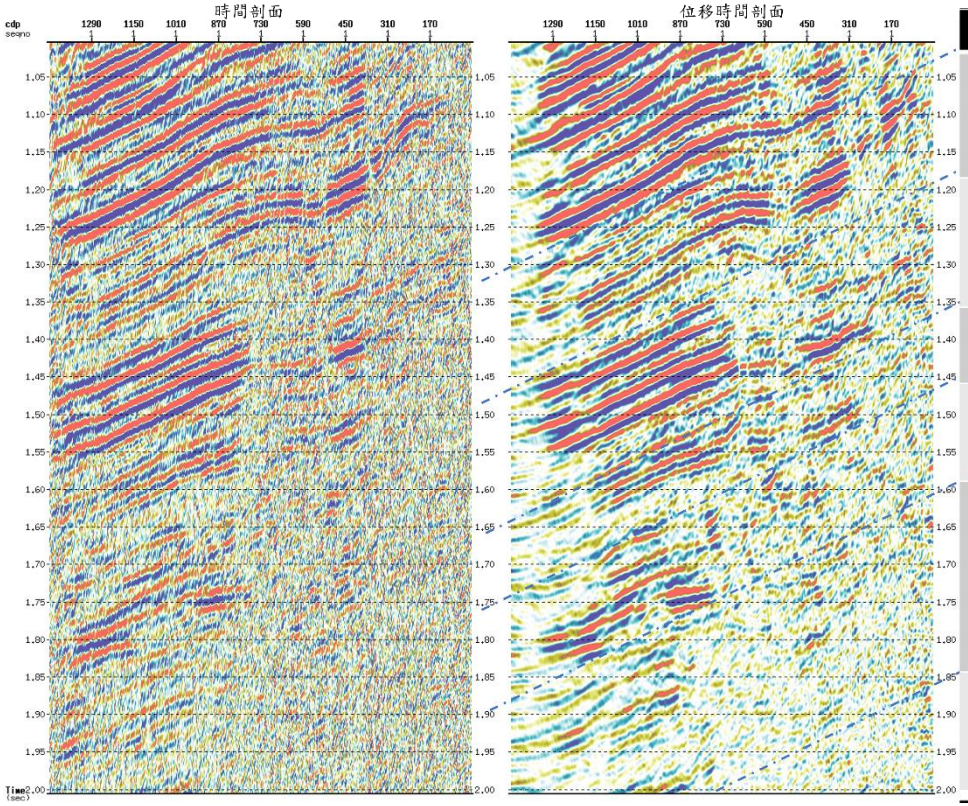


圖 3.18: 時間剖面移位的前（左）、後（右）結果比較。



振幅	頻率	連續性	序列
高	高	高	1
低	高	低	2
高	高	高	3
高	高	高	4
低	高	高	5
高	高	高	6

圖 3.19: CY 時間剖面反射屬性分析圖（0 至 1 秒）。



振幅	頻率	連續性	序列
低	高	高	7
高	高	高	8
低	高	高	9
低	低	高	10
低	低	高	11

圖 3.19: CY 時間剖面反射屬性分析圖（1 至 2 秒）。

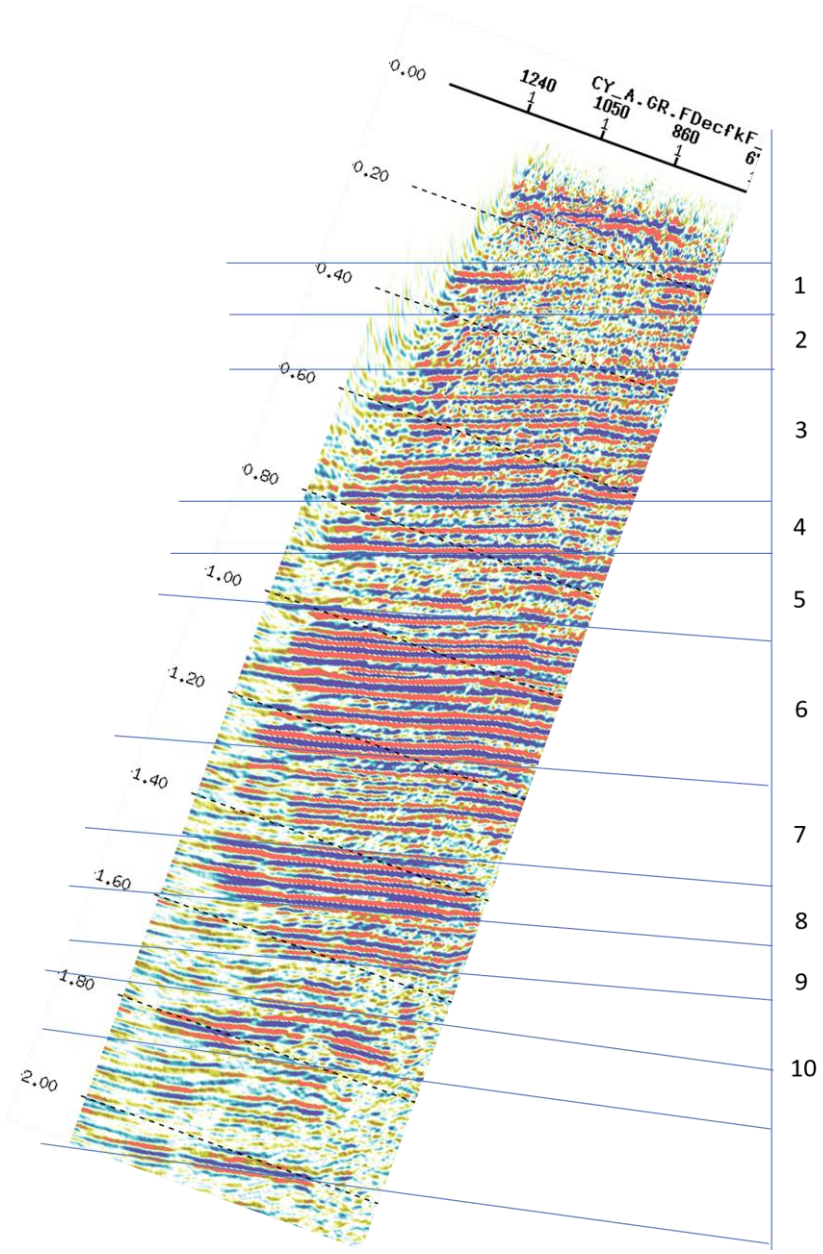


圖 3.21: CY 時間剖面旋轉剖面圖，數字對應圖 3.19、圖 3.20 中的反射序列。

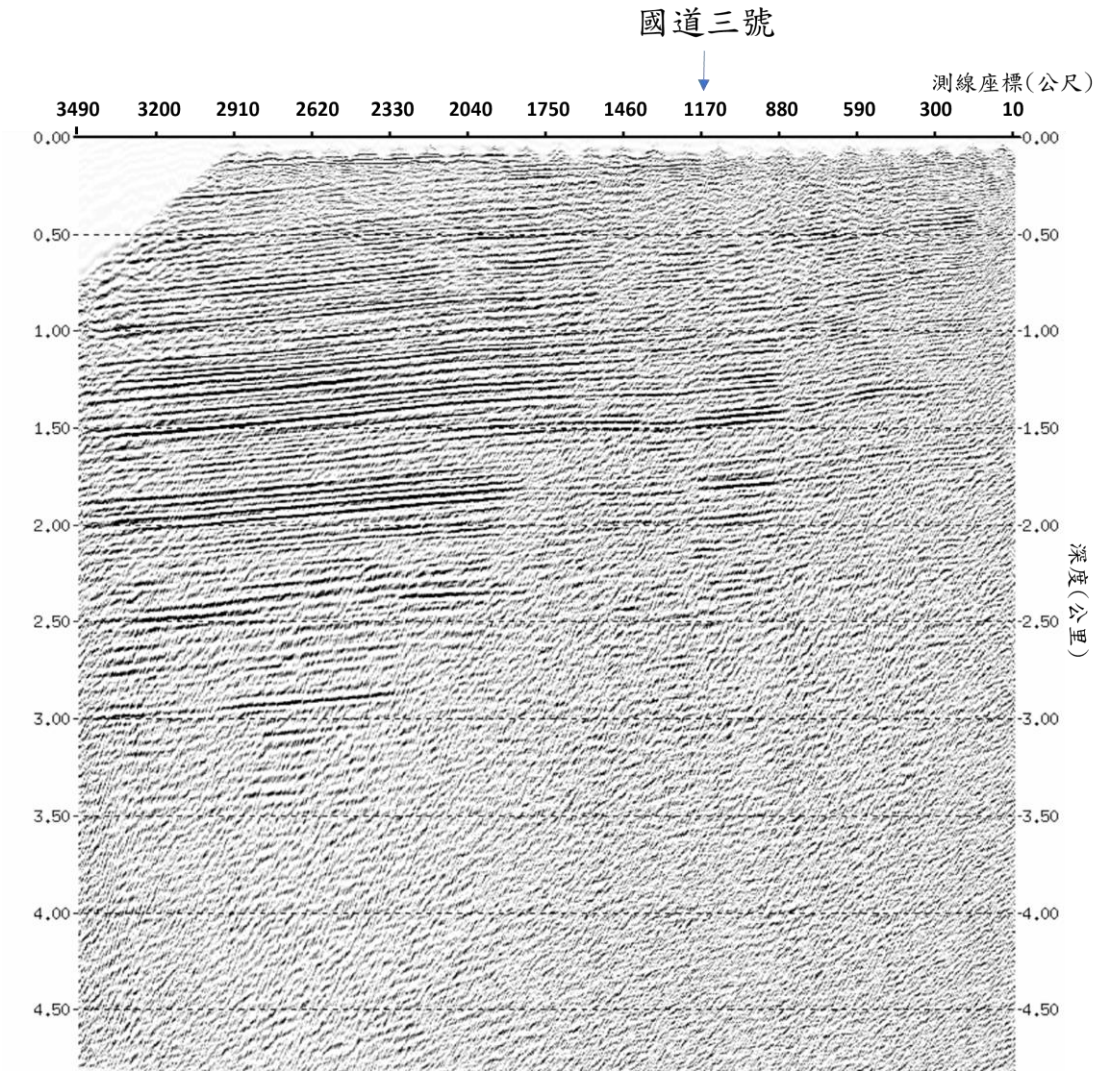


圖 3.22: CY 未移位的深度剖面，橫軸及方向參照圖 2.17。

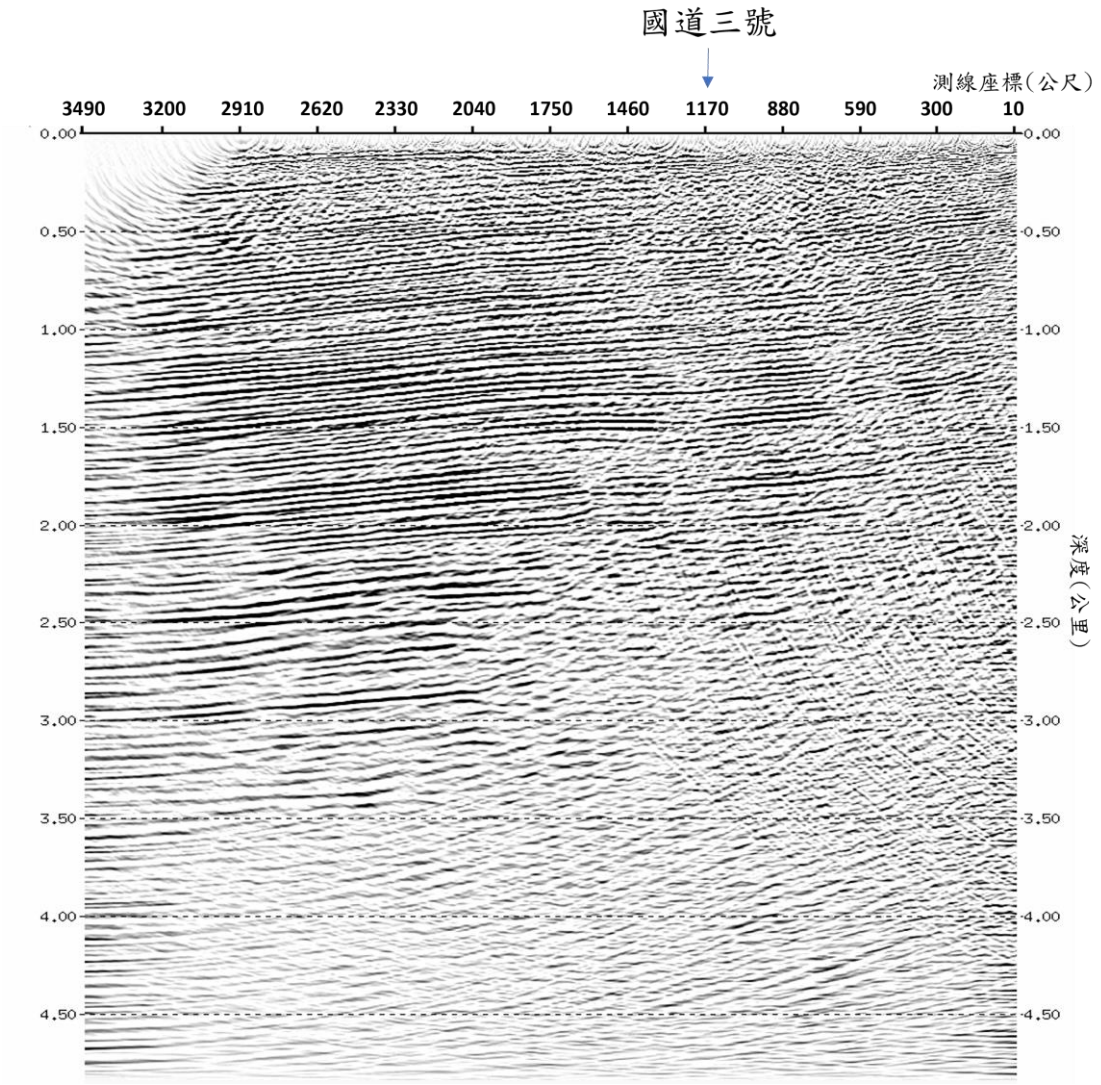


圖 3.23: CY 移位後的深度剖面，橫軸及方向參照圖 2.17。

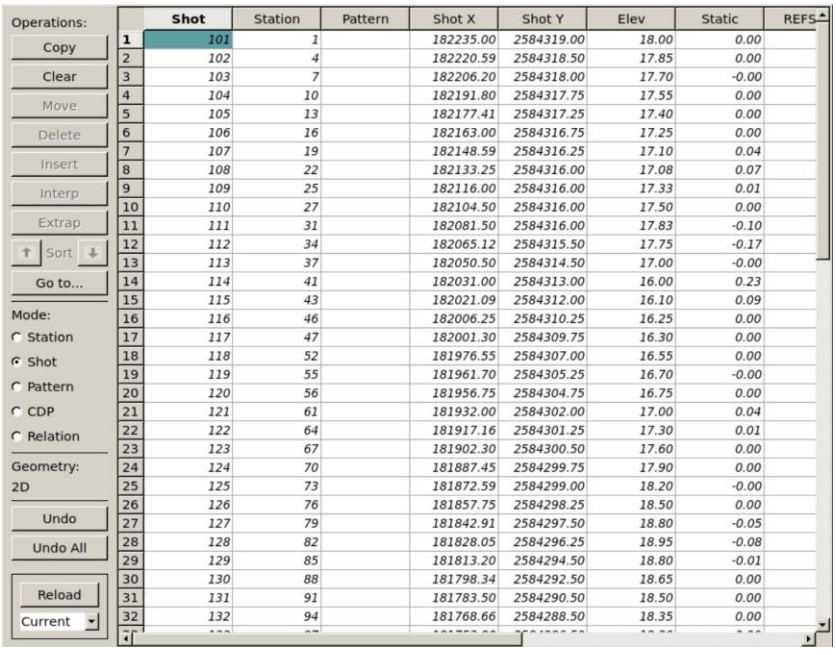
第四章、新營斷層反射震測分析成果

4-1 資料處理流程

嘉義斷層反射震測使用無線震測的方式進行，前處理的工作與嘉義斷層相同，以下詳述各項標準處理流程結果：

(1)施測幾何

施測幾何的建置是透過野外實際量測之測線座標以及施測紀錄表，輸入程式之中建立測站、炸點、炸點剖面對應關係等（圖 4.1），最後得出 2D 幾何關係（圖 4.2），確定 CDP 點的位置。



	Shot	Station	Pattern	Shot X	Shot Y	Elev	Static	REFS
1	101	1		182235.00	2584319.00	18.00	0.00	
2	102	4		182220.59	2584318.50	17.85	0.00	
3	103	7		182206.20	2584318.00	17.70	-0.00	
4	104	10		182191.80	2584317.75	17.55	0.00	
5	105	13		182177.41	2584317.25	17.40	0.00	
6	106	16		182163.00	2584316.75	17.25	0.00	
7	107	19		182148.59	2584316.25	17.10	0.04	
8	108	22		182133.25	2584316.00	17.08	0.07	
9	109	25		182116.00	2584316.00	17.33	0.01	
10	110	27		182104.50	2584316.00	17.50	0.00	
11	111	31		182081.50	2584316.00	17.83	-0.10	
12	112	34		182065.12	2584315.50	17.75	-0.17	
13	113	37		182050.50	2584314.50	17.00	-0.00	
14	114	41		182031.00	2584313.00	16.00	0.23	
15	115	43		182021.09	2584312.00	16.10	0.09	
16	116	46		182006.25	2584310.25	16.25	0.00	
17	117	47		182001.30	2584309.75	16.30	0.00	
18	118	52		181976.55	2584307.00	16.55	0.00	
19	119	55		181961.70	2584305.25	16.70	-0.00	
20	120	56		181956.75	2584304.75	16.75	0.00	
21	121	61		181932.00	2584302.00	17.00	0.04	
22	122	64		181917.16	2584301.25	17.30	0.01	
23	123	67		181902.30	2584300.50	17.60	0.00	
24	124	70		181887.45	2584299.75	17.90	0.00	
25	125	73		181872.59	2584299.00	18.20	-0.00	
26	126	76		181857.75	2584298.25	18.50	0.00	
27	127	79		181842.91	2584297.50	18.80	-0.05	
28	128	82		181828.05	2584296.25	18.95	-0.08	
29	129	85		181813.20	2584294.50	18.80	-0.01	
30	130	88		181798.34	2584292.50	18.65	0.00	
31	131	91		181783.50	2584290.50	18.50	0.00	
32	132	94		181768.66	2584288.50	18.35	0.00	

圖 4.1: HY_A 測線野外幾何輸入介面範例。

(2) 彎線修正

彎線修正重新調整 CDP 點在三維空間上的分布（圖 4.3），從水平面上，看似在新營斷層測線上效果不顯著，原因是該測線本身筆直，不像嘉義斷層有較明顯的彎曲路段。

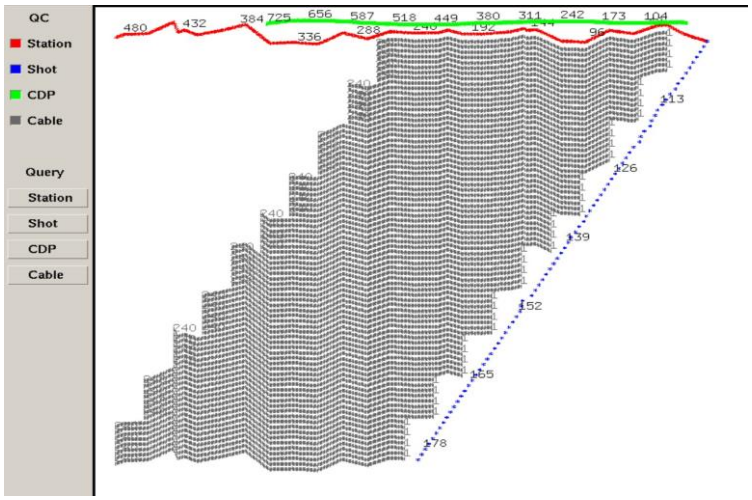


圖 4.2: HY_A 測線施測幾何圖。

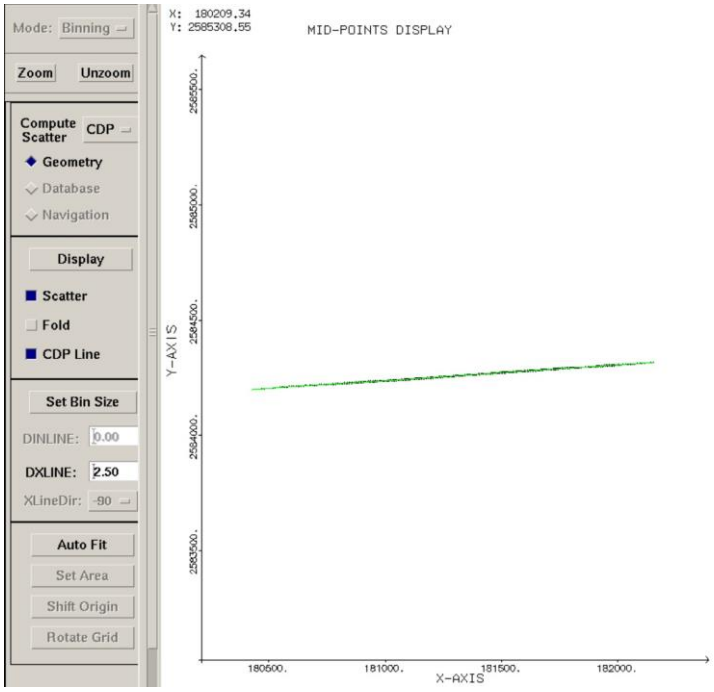


圖 4.3: HY_A 測線三維空間幾何圖。

(3)頻率分析與頻率濾波

從炸點剖面中，進行複立葉分析，取得震波的頻譜資訊（圖 4.4），分析後得知訊號分布在 20Hz 至 120Hz 之間，主要回收震波的頻率落在 20Hz 至 40Hz 之間，表面波頻譜分析（圖 4.5）發現表面波主頻集中在 25Hz 附近。這裡使用帶通濾波，以 20 至 120 之間為通過頻段，濾除震源訊號以外的雜訊，並抑制部分表面波，濾波前後比較於圖 4.6，比較差異可看見一個點震源現象位於測站 199 附近，可能是現地馬達或抽水工作等雜訊，由於頻率較低已被濾波器移除。

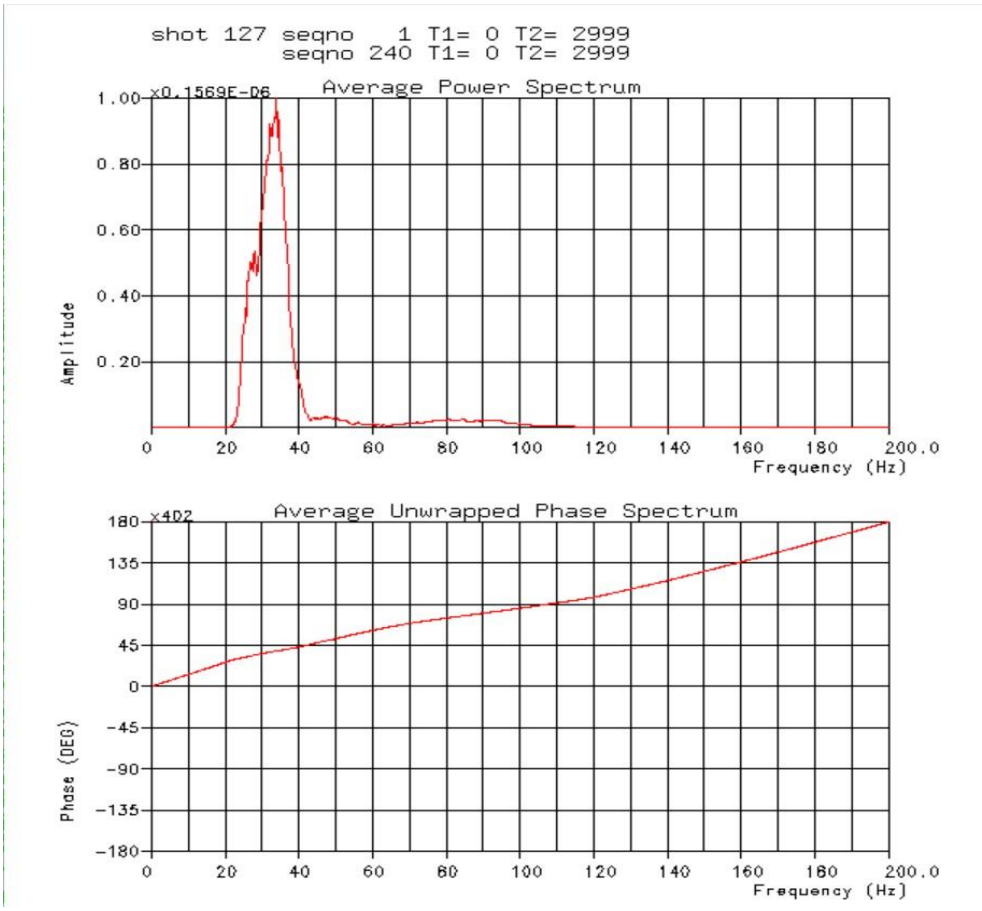


圖 4.4: 炸點 127 的全剖面頻譜。

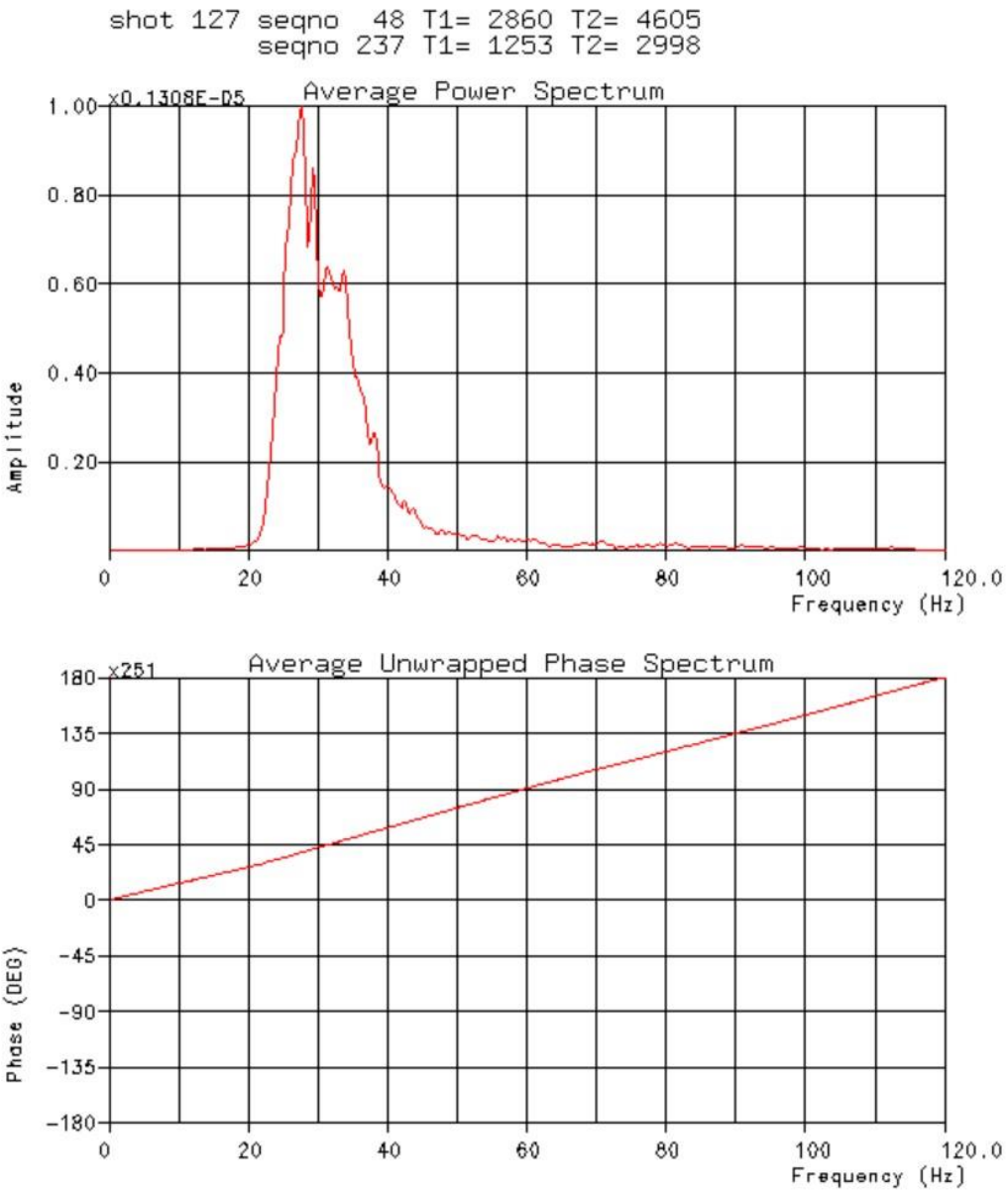


圖 4.5: 炸點 127 的表面波頻譜。

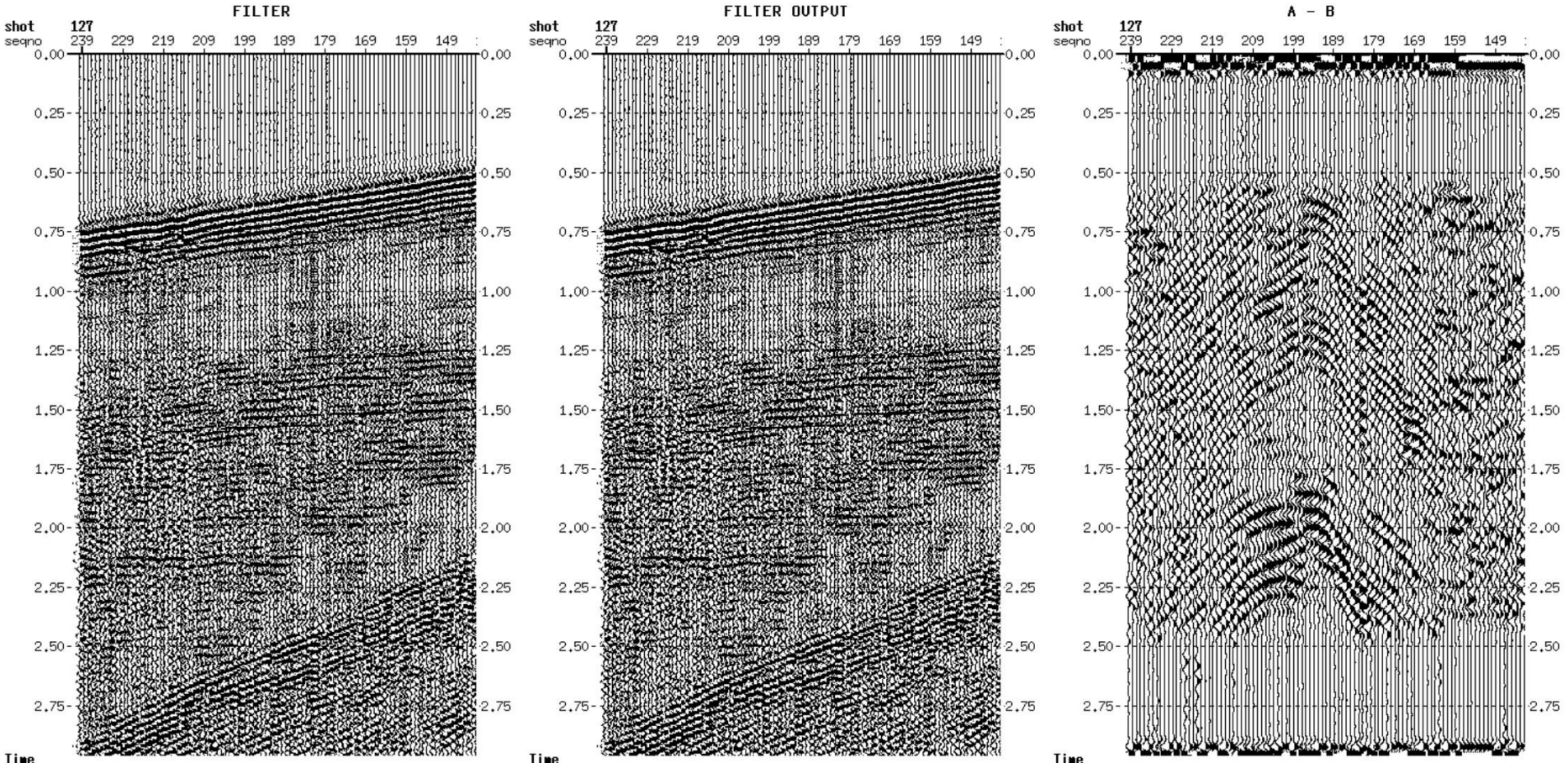


圖 4.6: 炸點 127 的剖面經濾波前(左)、後(中)與差異(右)圖。

(4)折射波風化層修正

根據炸點剖面的初達波分辨出折射波，進行到時挑選，最後分析折射波速度計算走時修正量（圖 4.7），並計算出折射波速度為 1762 m/s。修正前後的炸點剖面比對，折射波變化不顯著（圖 4.8）。

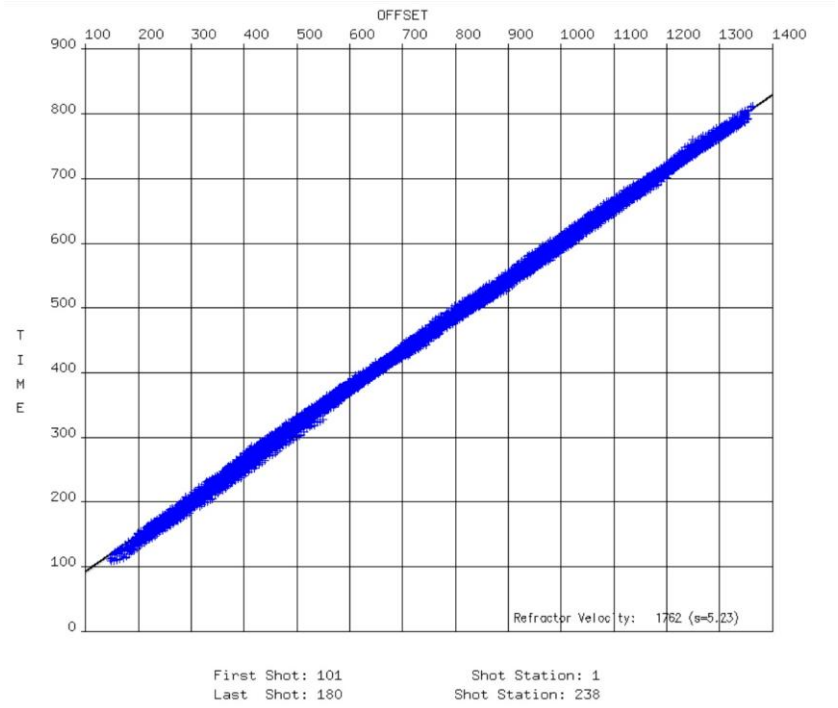


圖 4.7: 折射波到時挑選統整圖。

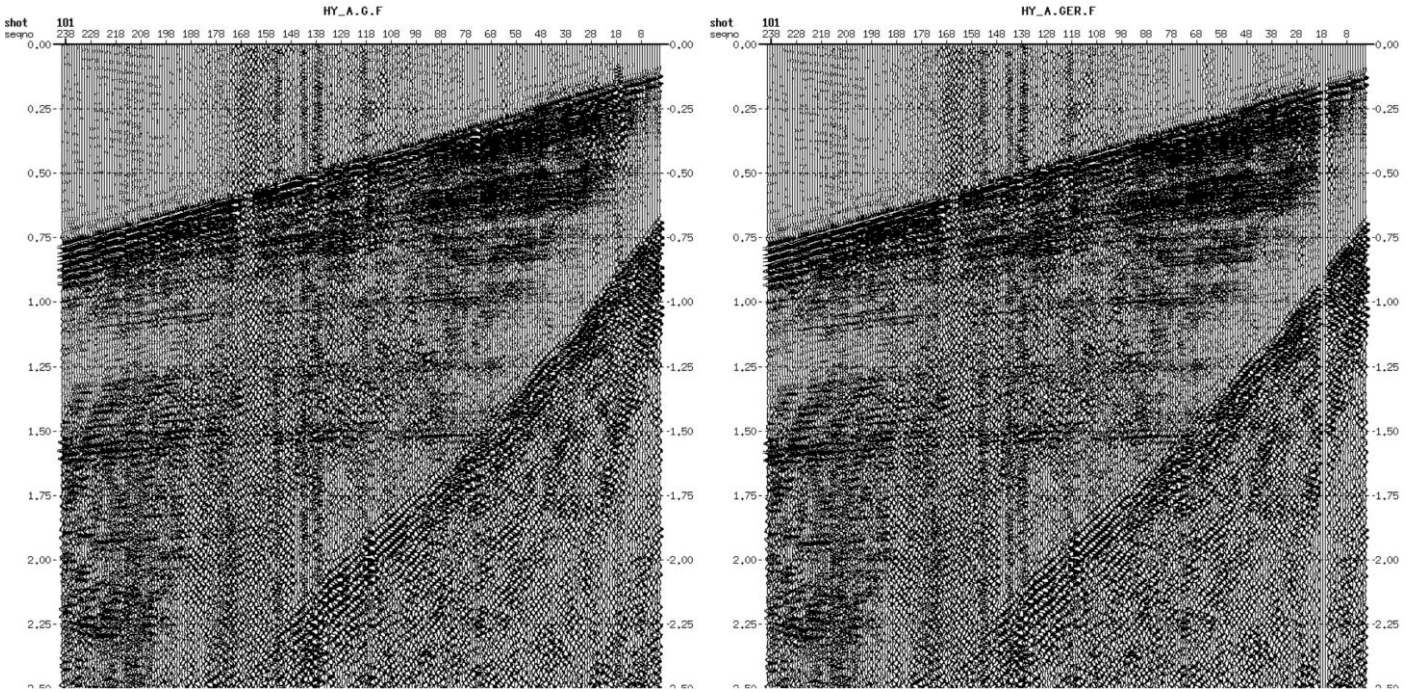


圖 4.8: 折射波風化層修正前（左）後（右）比較圖。

(5)解迴旋濾波

透過反射訊號時窗的自相關函數判視（圖 4.9），因此選定從 channel 的 250ms 至 1750ms 到 channel1000 的 1750 至 2500ms 進行解迴旋濾波器的設計時窗，選用 180ms 的 Operate length，切除第二個 Zero crossing 點以後的尾段訊號。處理完成後比較（圖 4.10），處理後震源訊號的尾波被移除，部分折射波訊號抑制後，近支距的反射波顯現出來。

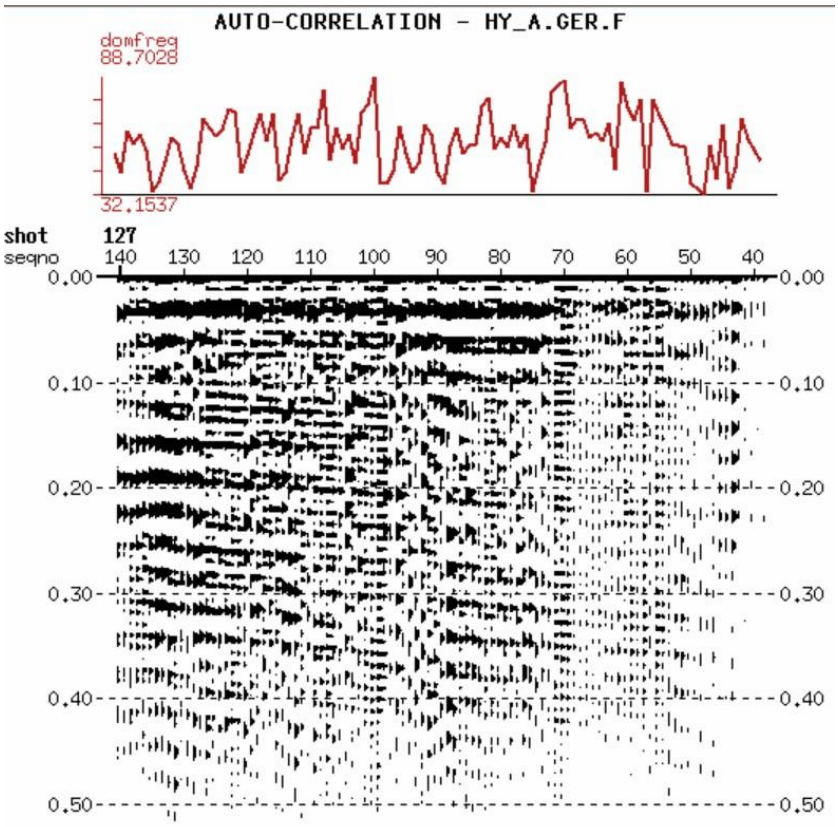


圖 4.9: 炸點 123 的反射時窗自相關函數。

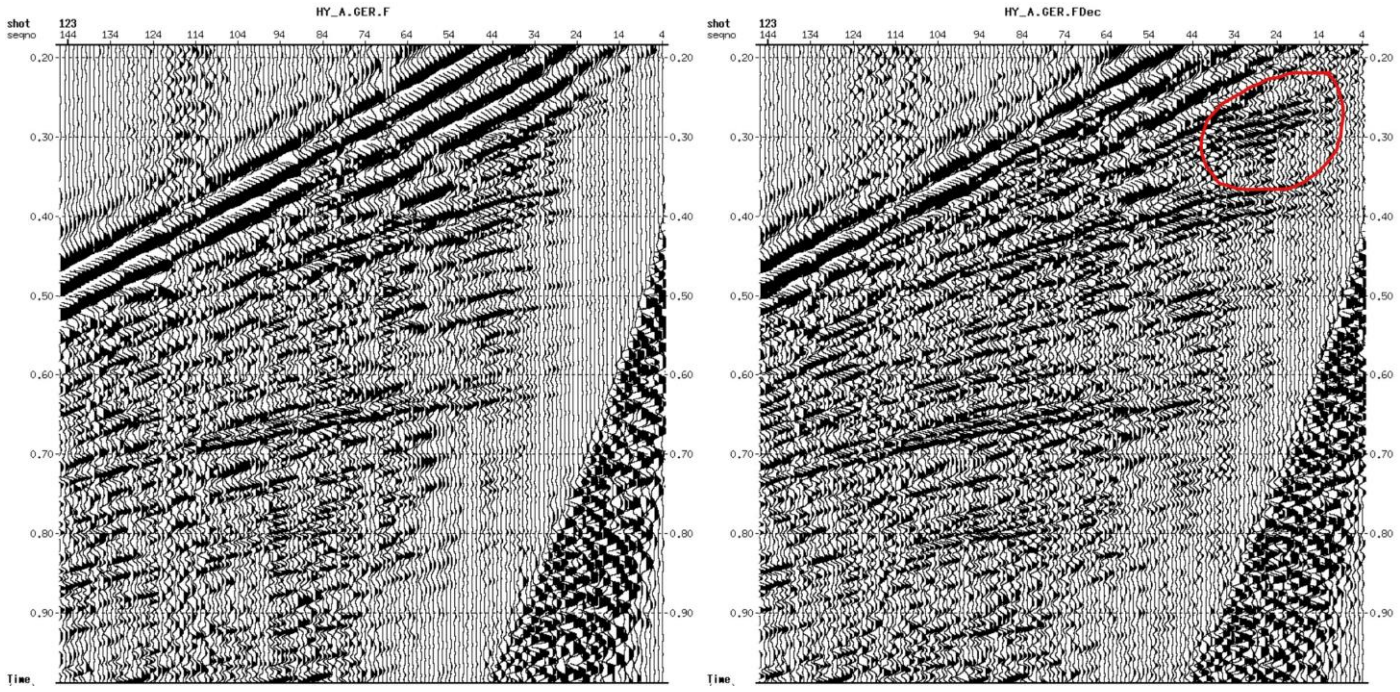


圖 4.10: 炸點 123 的解迴旋處理前(左)、後(右)比較圖，紅色圈內為被折射波蓋住的反射訊號。

(6)傾斜濾波

傾斜濾波使用斜率範圍-0.43(ms/trace) 與 5.11(ms/trace) 的通過頻率，抑制在此斜率範圍以外的訊號。濾波結果比較（圖 4.12)，顯示傾斜濾波強化了主要反射訊號，讓反射訊號更為連續，並且適當地抑制表面波的訊號。

(7)速度分析

透過定速疊加（CVS）與速度譜（Vspec）來分析（圖 4.13)，從圖中可以判式第 3 個疊加預覽圖有最好的訊號成像，其套用的速度函數在速度譜中對應到能量集中的區域。速度挑選結果總共有 11 組速度函數，自 CDP250 至 CDP1250，每 100 的 CDP 點挑選一組速度，最後結果展示成二維速度剖面（圖 4.11)。

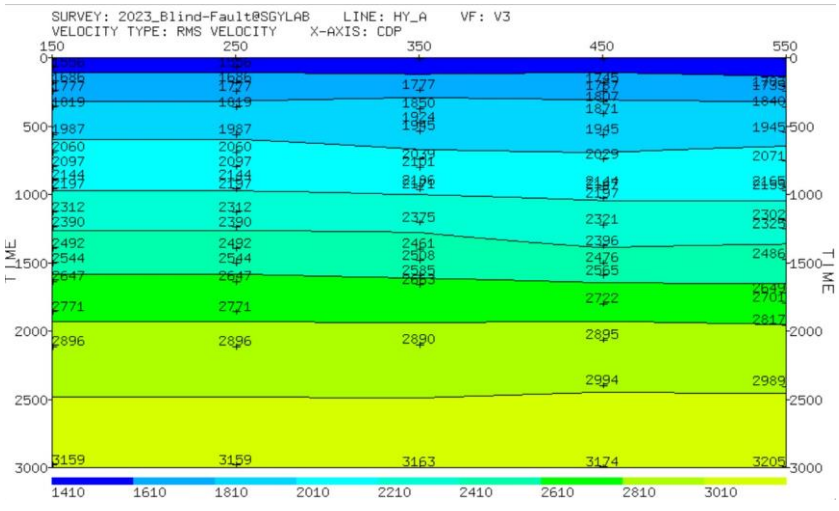


圖 4.11: 新營斷層測線的速度分析結果。

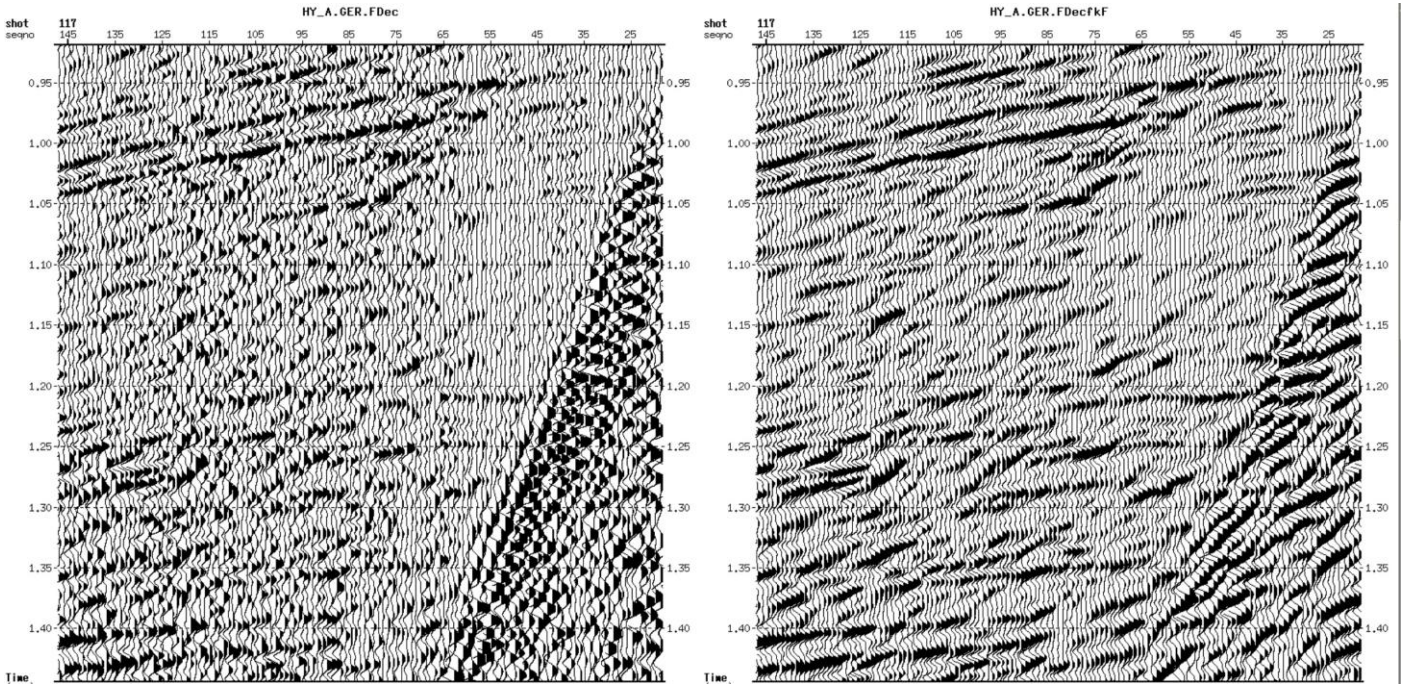


圖 4.12: 炸點 117 使用傾斜濾波的前（左）後（右）比較。

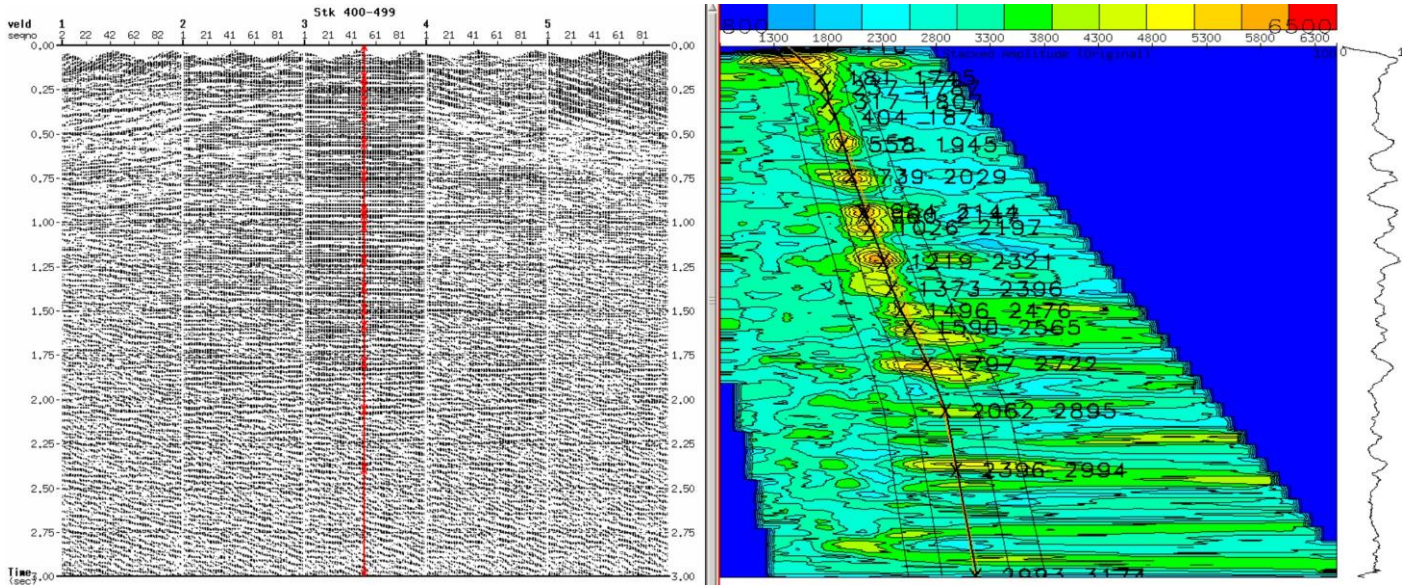


圖 4.13: CDP400-499 的速度分析，左圖為定速疊加分析，右圖為速度譜分析，左圖中 5 個疊加圖分別是套用右圖中 5 條速度函數的剖面預覽圖。

(8)垂直偏移修正與疊加

利用經前面步驟所完成的資料與速度分析的結果進行垂直偏移修正，為避免經垂直偏移修正產生的拉張訊號影響資料，會進行 Stretch Mute，將拉深超過 30% 的資料移除，最後進行疊加。在此將前段資料處理步驟的疊加結果分別比較，主要影響反射波成像品質的步驟分別是折射波風化層修正、解迴旋濾波、傾斜濾波等。

折射波風化層修正 圖 4.14 比較頻率濾波後，移除風化層效應的結果比較，由於資料品質較嘉義斷層測線好，改進的成效不顯著，僅 0.25 秒深以上的反射訊號連續性有些許強化。

解迴旋濾波 圖 4.15 比較折射波風化層修正後，進行解迴旋濾波的結果，反射訊號的成像，頻率提高，許多反射訊號的多次擺盪被削減，比原本能夠區別各層面產生的主要反射訊號。另外淺層 0.25 秒以上的反射訊號強化最為明顯，被折射波覆蓋的反射訊號變得清晰。

傾斜濾波 圖 4.16 比較解迴旋濾波後，進行傾斜濾波的結果，反射訊號的成像變得更連續，

(9) 移位與時深轉換

移位的方法使用可快速運算的 FK migration，給定一維速度構造進行移位計算，使用的速度構造與嘉義測線相同（表 5），移位後的剖面（4.17）與未移位的剖面訊號差異不大，主要是因為地層傾角很小，也未見明顯構造變形的訊號。最後使用 CDP350 的速度函數進行時深轉換，取得最終深度剖面，見圖 4.18、4.19。

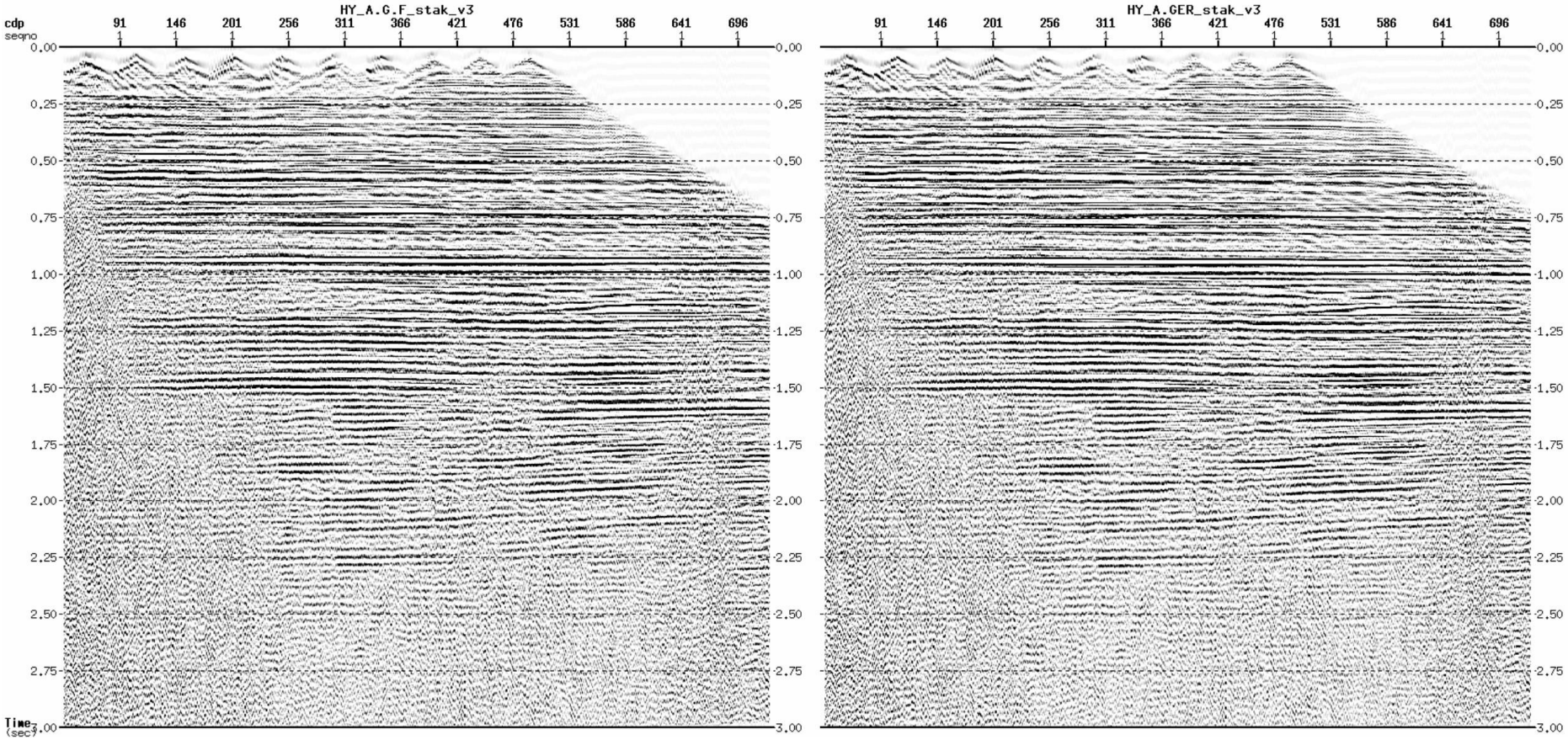


圖 4.14: 疊加剖面比較，經折射波風化層修正前的剖面（左）與進行折射波風化層修正後的剖面（右）。

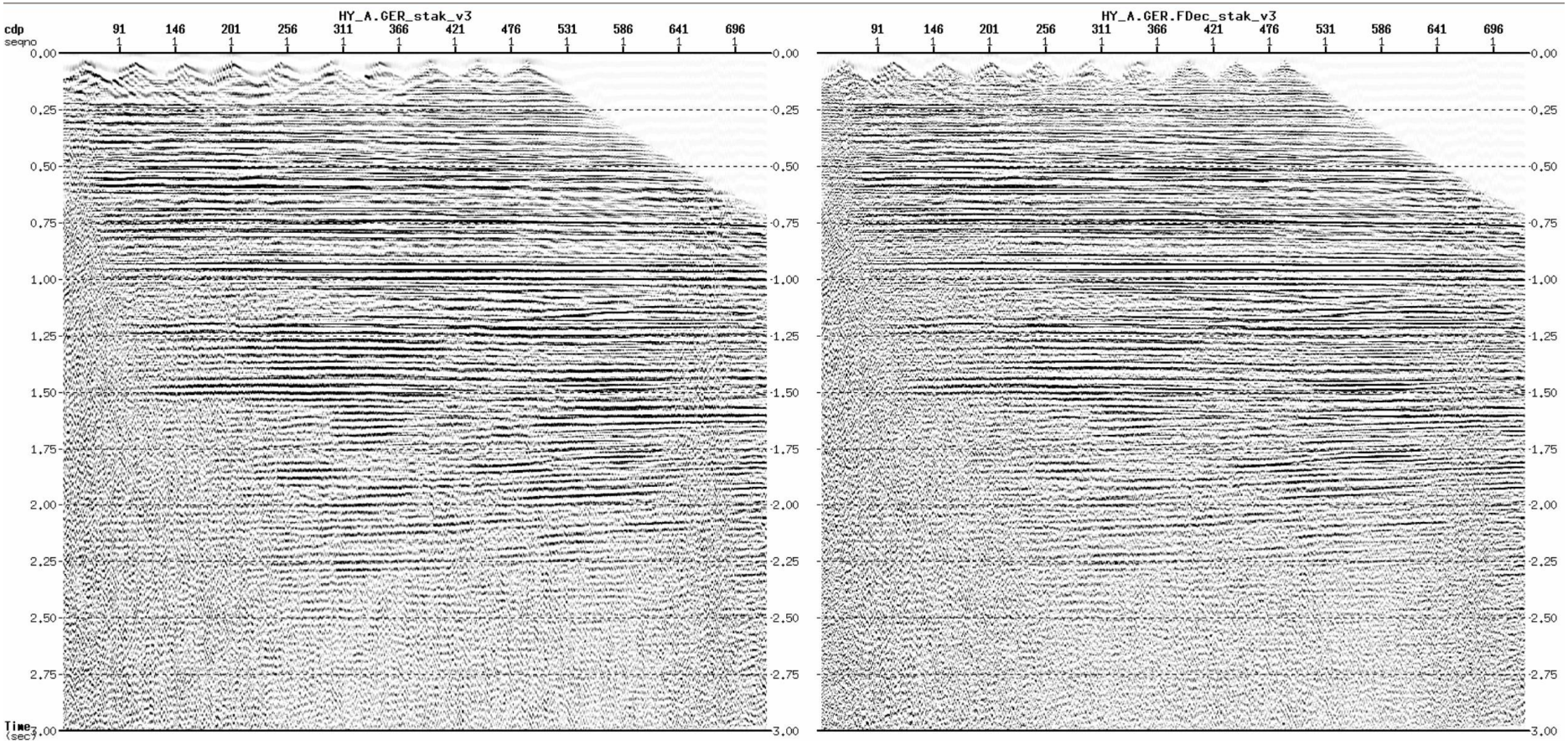


圖 4.15: 疊加剖面比較，經折射波風化層修正的剖面（左）與進行解迴旋濾波的剖面（右）。

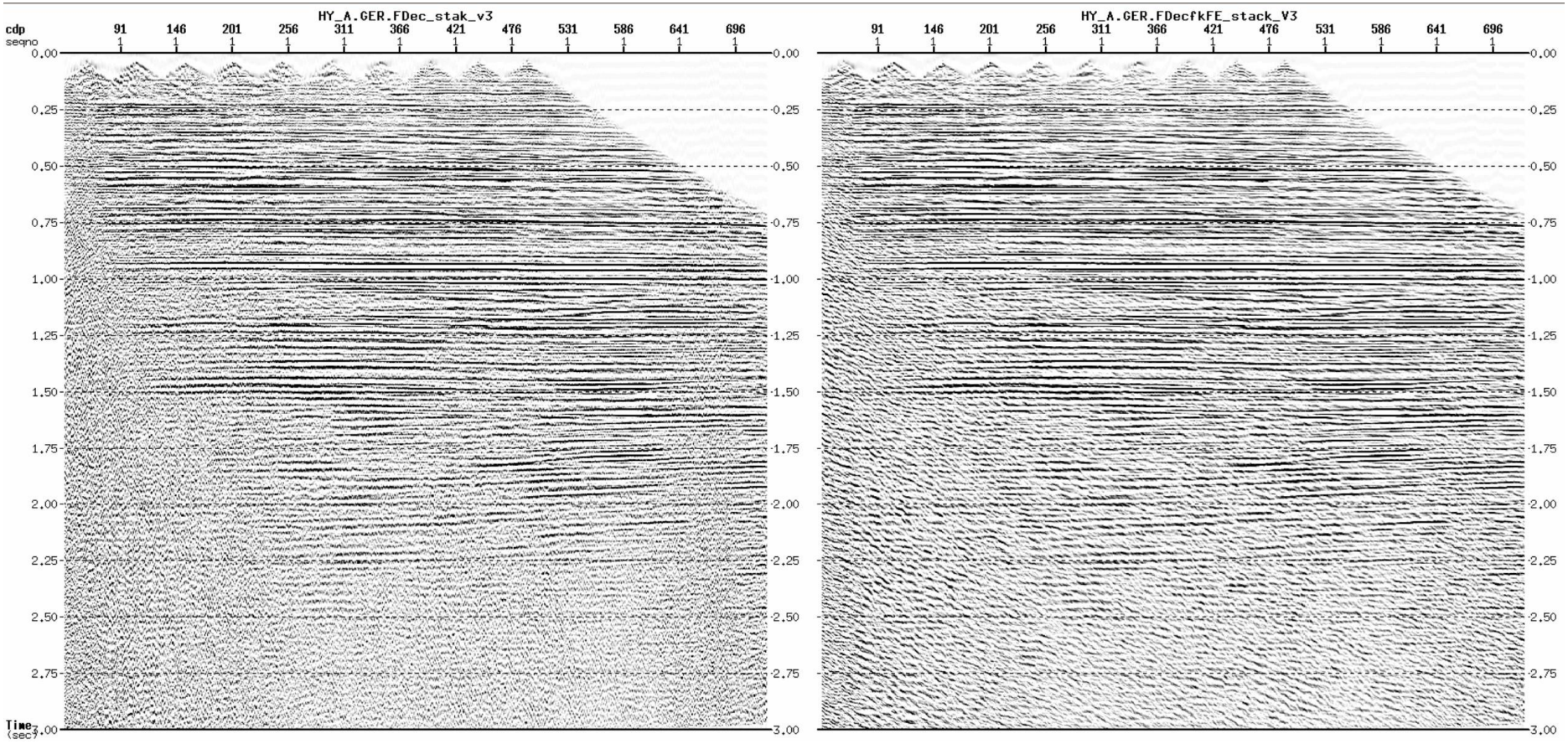


圖 4.16: 疊加剖面比較，經解迴旋濾波的剖面（左）與進行傾斜濾波後的剖面（右）。

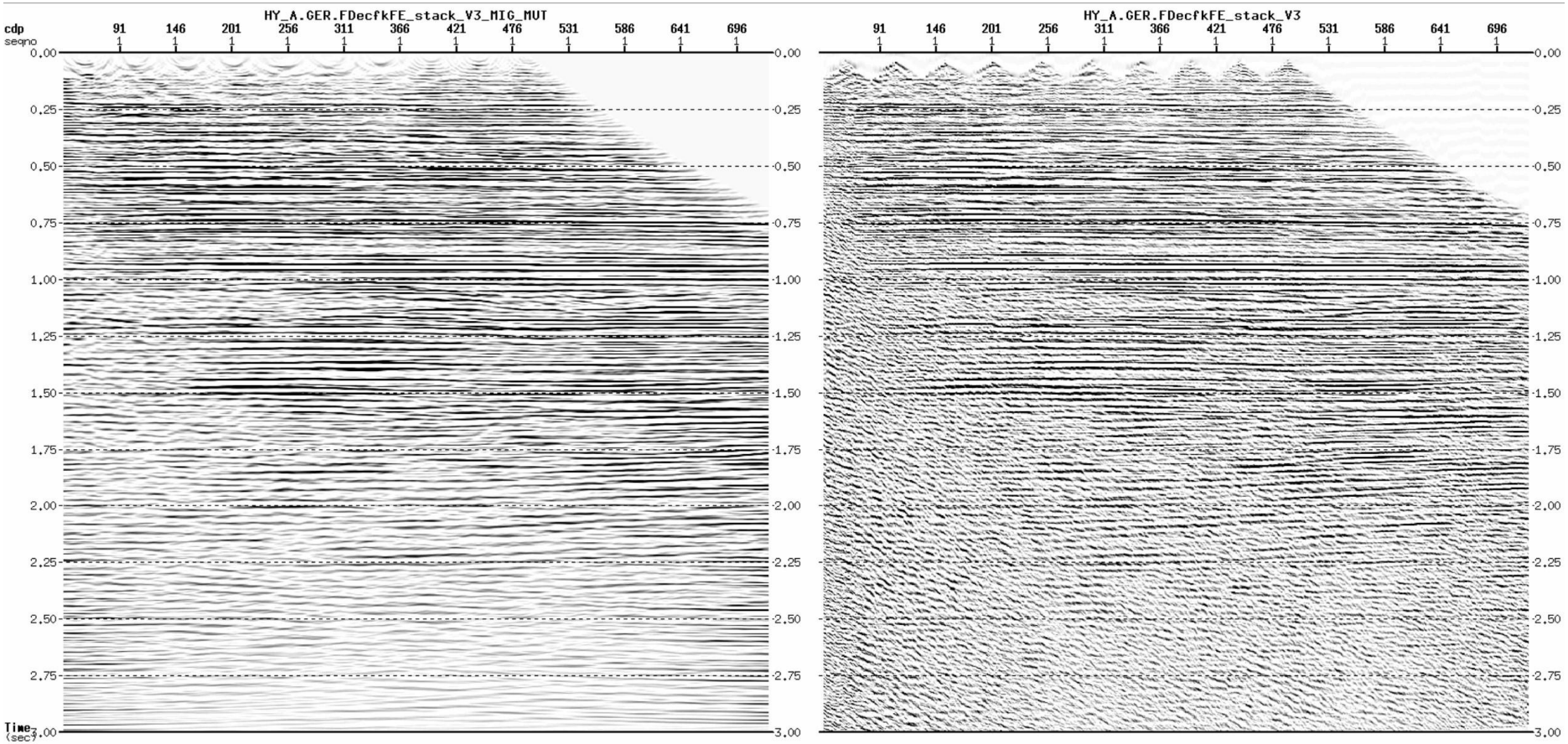


圖 4.17: 新營斷層剖面移位前（右）後（左）的時間剖面。

4-2 新營斷層剖面解釋

使用移位前後的震測剖面進行反射相分析比較，由淺至深的反射訊號有變化的部分予以分層，剖面中反射波頻率為 30Hz 至 100Hz，主頻約為 50Hz，能解析的地層厚度最薄為 5 公尺，更細微的構造則無法解析，因此分析的反射序列厚度並不會太薄。分析結果列於圖 4.21、圖 4.22，由於深部訊號連續性較差，可能已進入中新統或更古老地層，不在我們討論前陸盆地的範疇，因此只討論淺於 2 秒的反射訊號。

由於西部平原區長期屬於前陸盆地的沉積環境，因此絕大多數反射相顯示出的是水平或是次水平的反射構型（Reflection pattern），而根據振幅的強弱可以得知主要岩性均質與否，主要強且連續的反射層分布在序列 2、4、7、 9、11、14、15、21 等，其分部大多淺於 1 秒，其中有部分序列有細微的沉積構造，如序列 4、6、17 等，序列 4 的反射訊號有向西前積的現象，但厚度很薄，沒有明顯的頂、底積層，序列 6 也有發現向西進積的現象，同樣缺乏頂、底積層，而且斜向訊號有頂覆與底覆的現象，推測可能是斜交前積構型的反射相；序列 8、9 為兩個傾斜不同的反射訊號，序列 8 向西傾斜較序列 9 多，且頻率較低、連續性較差，序列 9 的強反射訊號向西尖滅，在序列 12 也有類似的情況發生，序列 12 頂層低頻訊號截切下方的高頻訊號，這截切的現象可能為侵蝕作用造成，序列 14 的訊號向西傾斜的角度略大於序列 15，以下覆形式接觸，因此反射序列 14 與 15 的強反射邊界是一個侵蝕介面。

反射序列 17 的訊號複雜，有強反射部分連續片段、弱反射區塊、部分反射訊號向西傾斜，因此視為複雜前積構型，這可能是高能條件下沉積所造成的。如沖積扇等常具此種前積構型；也可能是由於

重力滑動或構造變動使岩層發生強烈變形，如盆底扇、陸坡扇等可具此種構造。反射序列 18 至 24 的訊號連續性比序列 17 好，較接近水平與次水平反射構型，反射序列 18 至 24 在 CDP450 以東的部分，有明顯上拱的現象，這個現象則沒有發生在序列 16 以上（深度淺於 1 秒)。反射訊號變形可能是受到構造活動所影響，反射序列 18 至 25 在側線西緣呈現向東傾斜，至東側則因為上拱使傾角改變，序列 18 在 CDP415 處的上拱幅度很大，疑似有斷層切穿，但上層的反射序列 17 的訊號雜亂，難以辨別是否有錯斷，但其實反射序列17以下的地層在東側都有很明顯的頻率與傾角變化，而且有些部分出現繞射波的現象，可能是受到斷層影響，使兩側地層的反射訊號特形上有差異。

時深轉換後，深度剖面(圖 4.18、圖 4.19)中可以看到地層影像至 3 公里仍有反射訊號，從地表至 1 公里深，有很多細緻橫條紋的高頻反射訊號，這些地層訊號連續性良好，在座標 1100 公尺以東，層面呈水平分布，以西的層面些微向西傾斜，傾角約 2.5 度。較低頻的反射訊號主要分布在 1 公里至 3 公里深，在地表至 1 公里深的地層訊號沒有明顯錯斷，代表並未受到斷層活動影響。

在深度 1000 公尺以下地層影像較為紊亂，1200 至 1300 公尺深，有強反射訊號彎曲與交疊的現象，但其下置地層訊號無明顯錯斷，可能是此區有較高能的沉積事件發生。深度 1300 至 1750 公尺，反射訊號連續性良好。在深度 1750 至 2000 公尺處，測線 1000 公尺以東的反射訊號連續性良好，形狀向上拱起，頻率較低且震幅強，同深度的測線1000公尺以西的訊號頻率較高。2000 公尺深以下的反射訊號與以上訊號不同，層面開始向東傾斜，連續性變差，斷層活動造成的錯動顯示在1750公尺深以下的地層中(圖 4.20)，沿

著斷層線的東西兩側訊號特性不同，深度 1800 至 2000 公尺處，位移前剖面顯示出許多繞射訊號，位移後剖面可以看見微量的地層錯動(錯動量無法估計)介於座標 960 至 1060 之間。

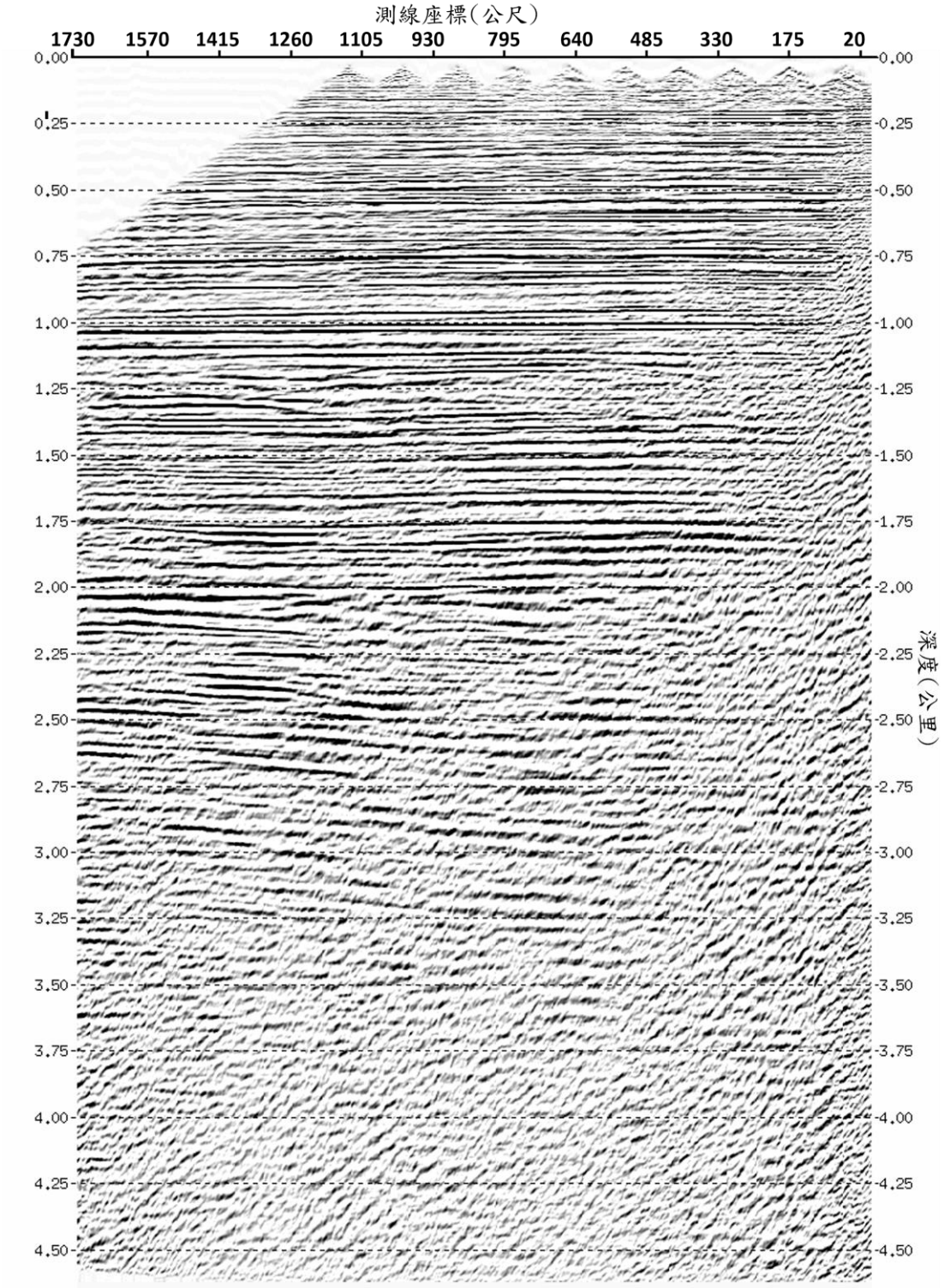


圖 4.18: 新營斷層剖面未移前的深度剖面，橫軸及方向參照圖 2.16。

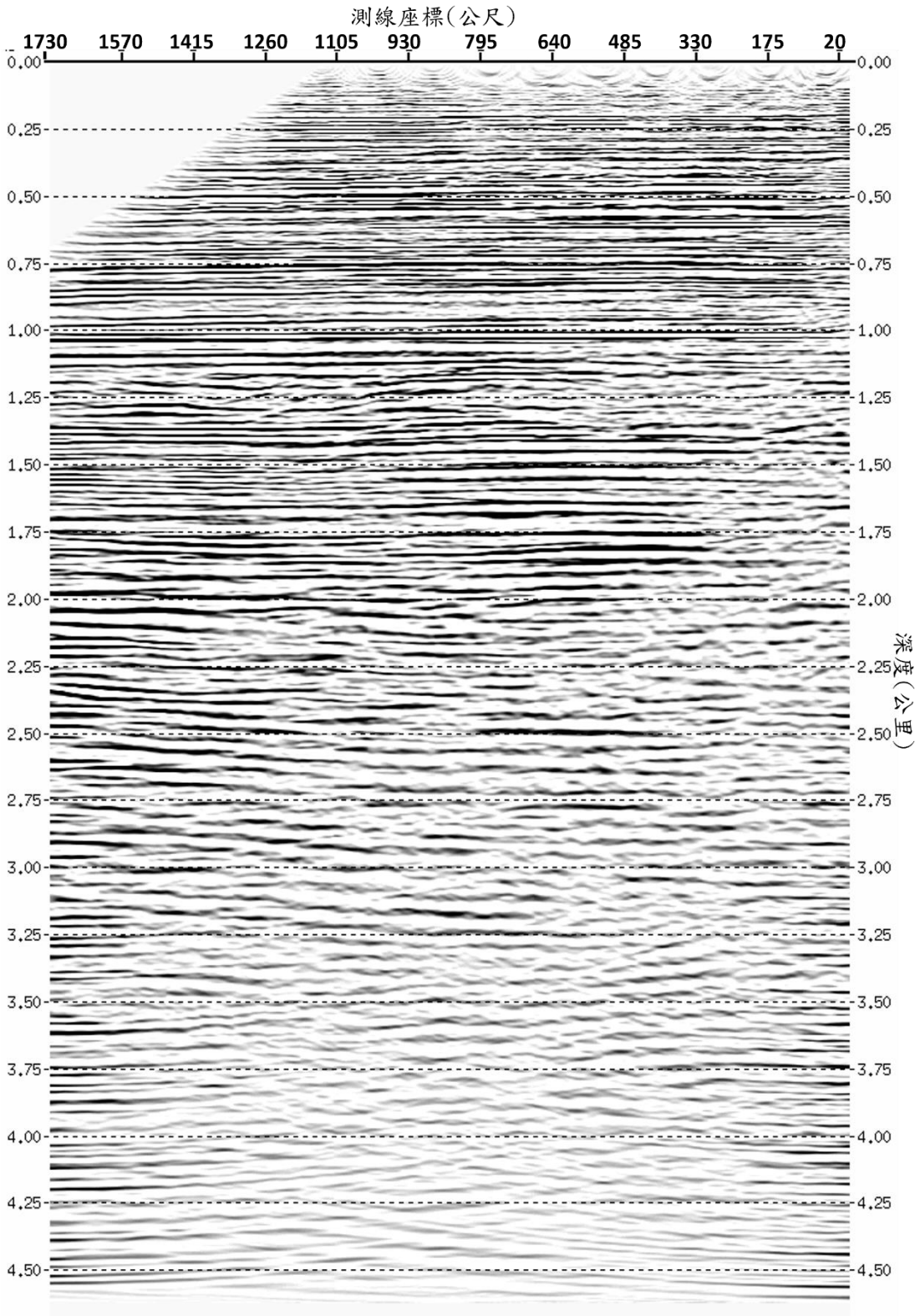


圖 4.19: 新營斷層剖面位移後的深度剖面，橫軸及方向參照圖 2.16。

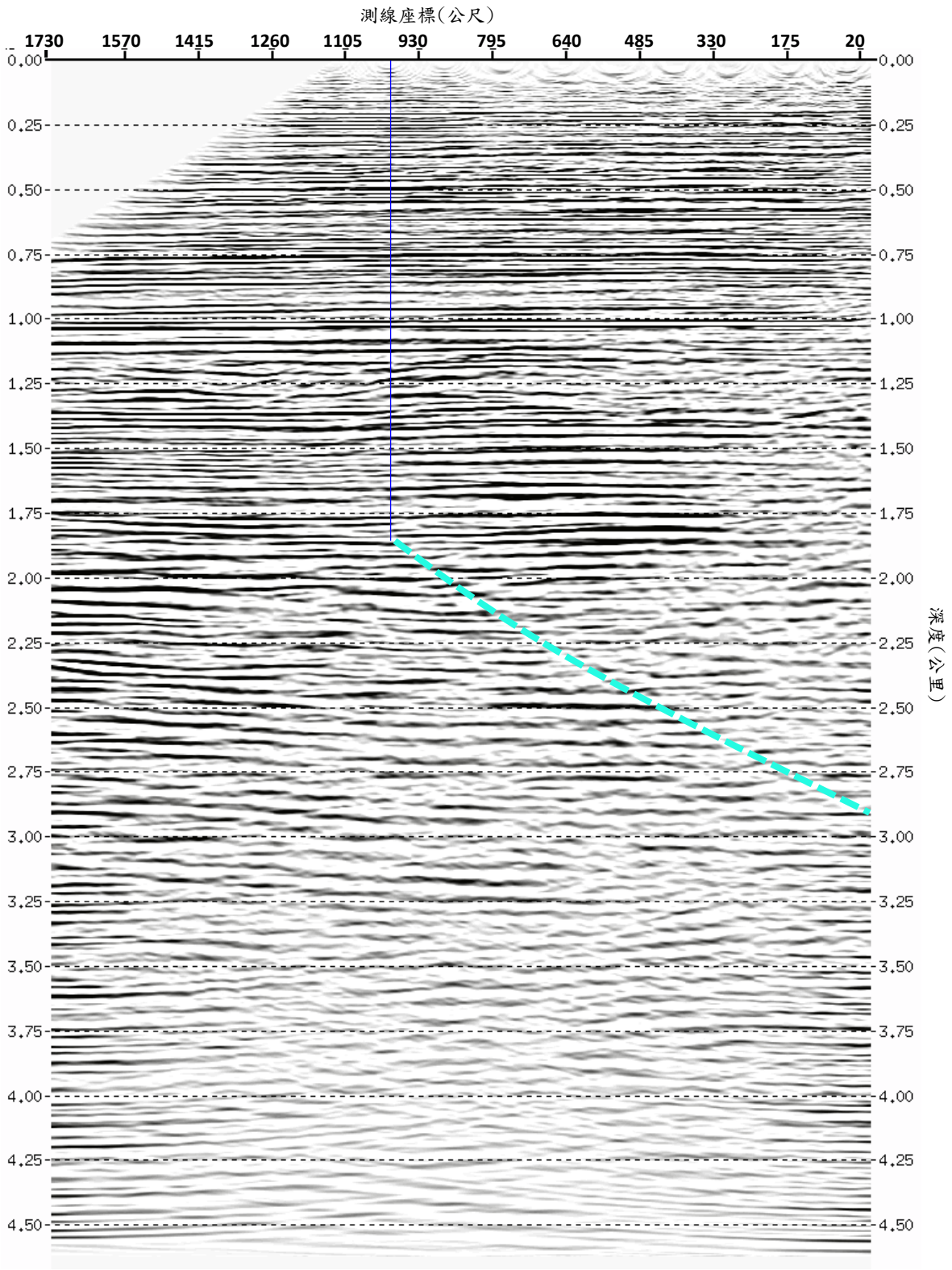
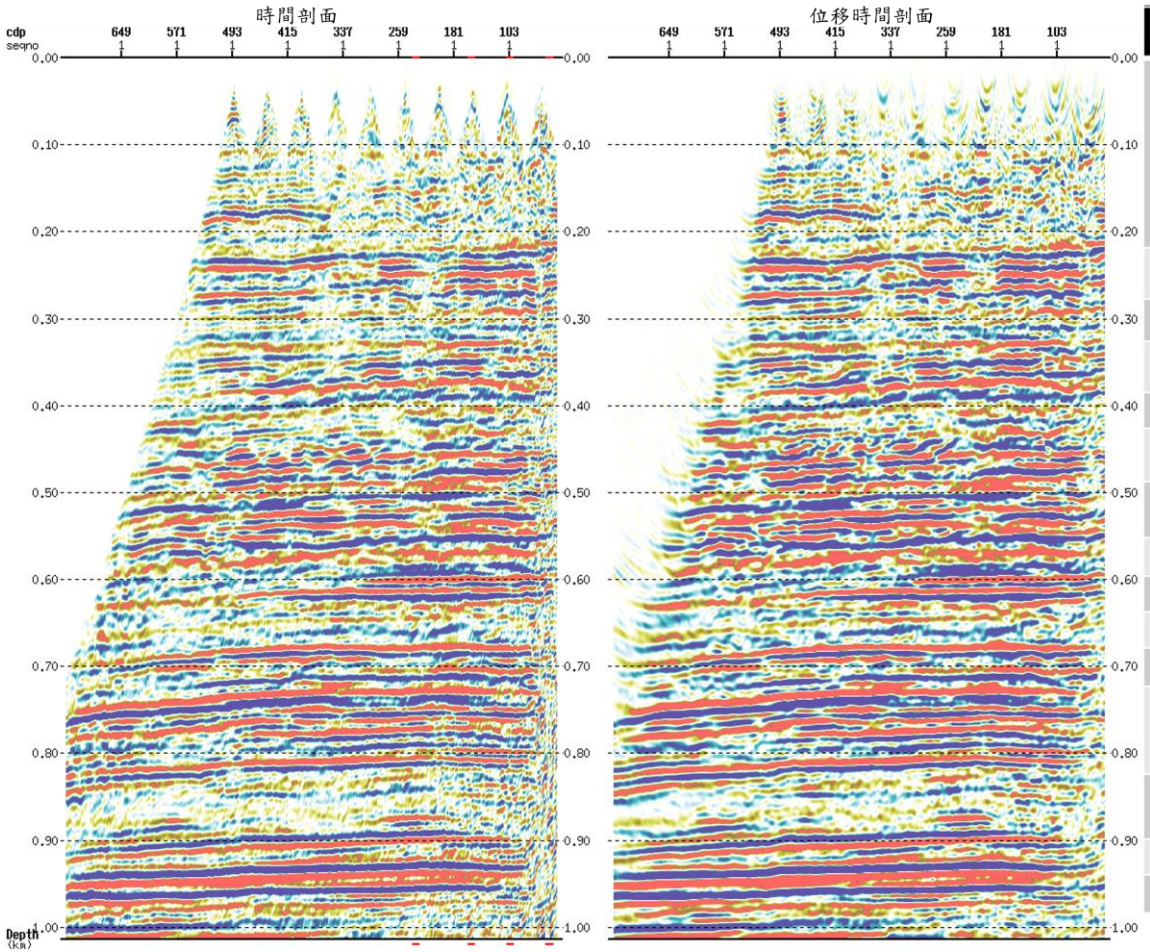
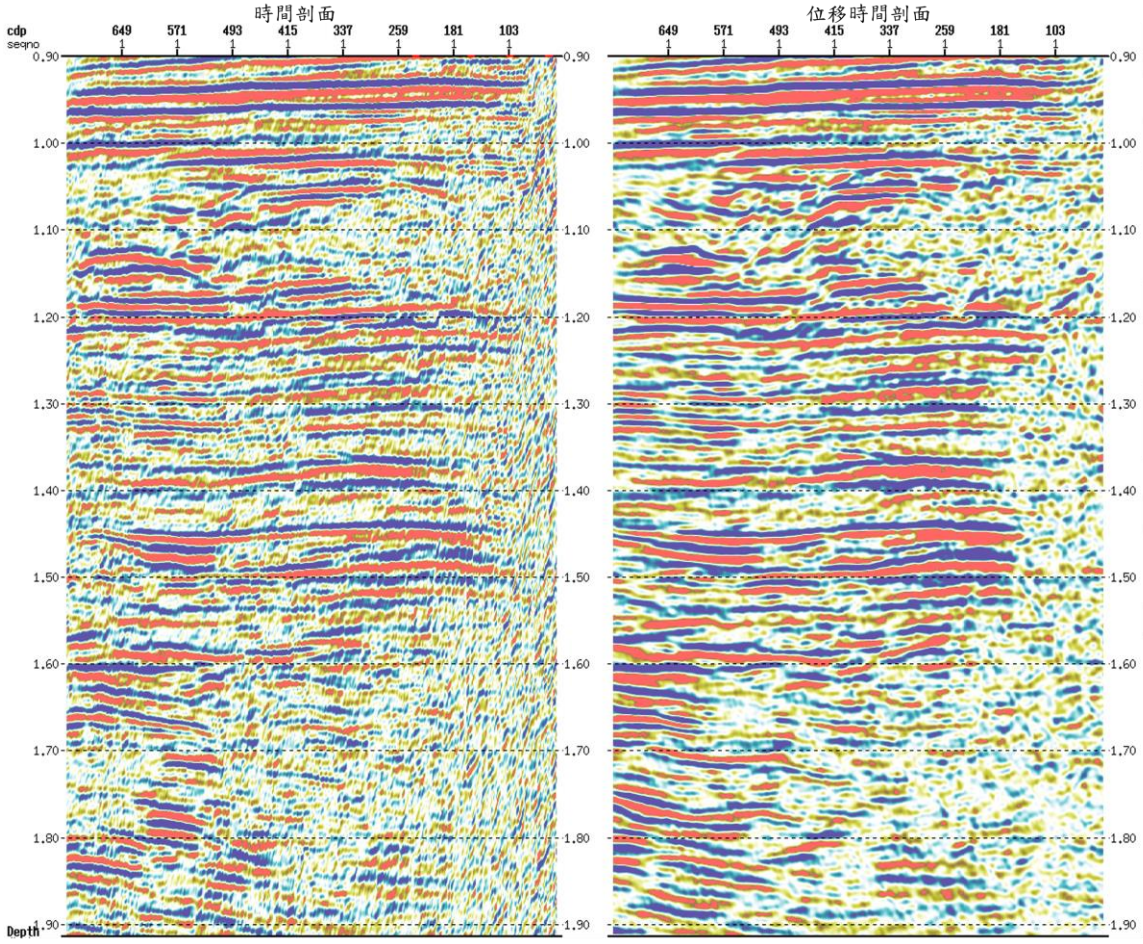


圖 4.20: 新營斷層剖面位移後的深度剖面，淺藍色線為可能的斷層軌跡，深藍色線為斷層終點的地表投影線，橫軸及方向參照圖 2.16。



振幅	頻率	連續性	序列
低	高	低	1
高	高	高	2
低	高	高	3
高	高	高	4
低	低	高	5
高	高	低	6
高	低	高	7
高	低	中	8
高	高	高	9
低	低	中	10
高	高	高	11
高	高	高	12
低	低	低	13
高	高	高	14
高	低	高	15

圖 4.21: 新營斷層時間剖面反射屬性分析圖（0 至 1 秒）。



振幅	頻率	連續性	序列
高	低	高	15
低	低	高	16
低	高	低	17
高	中	中	18
高	低	中	19
高	低	高	20
高	中	高	21
低	低	低	22
高	低	高	23
低	低	低	24
低	低	低	25

圖 4.22: 新營斷層時間剖面反射屬性分析圖（1 至 2 秒）。

第五章、討論與結論

5-1 嘉義斷層調查結果與討論

雲嘉南地區現階段已知的活動斷層，南北向如九芎坑斷層、木屐寮斷層，東西向如觸口斷層與梅山斷層，陳文山等（2003）根據梅山斷層南北之紅土台地分布，認為梅山斷層截錯台地 2.5 公里距離，並認為台地前緣存在一構造，認為為嘉義斷層，並認為以嘉義斷層，其東側為紅土階地堆積層，西側為海岸平原。

北港高區東緣至梅山地區的斷層進行評估工作，認為梅山斷層為一條重要構造線，區隔南北不同的構造系統區，其中梅山斷層以南台地之下存在一構造稱為小梅背斜（楊耿明等，2001；黃旭燦，2003)，陳文山（2006）認為陳厝寮台地底下有一條盲斷層-嘉義盲斷層，斷層上盤向西逆衝形成小梅背斜。

孫偉翔（2015）利用反射震測搭配三維構造視角技術，進一步探討梅山斷層與小梅背斜之關係，認為小梅背斜將鳥嘴層以上之地層往北傾，並認為背斜區域斷層兩側地層之傾角差異不大，且因其根據其震測剖面的背斜軸線距離差異，認為背斜軸線因梅山斷層作用下位移錯距達 2 公里，與陳文山（2003、2006）推測 2.5 公里，雖有一些差距，但都指出梅山斷層錯移其南北地層與地質構造。

楊志成等人（2007）根據梅山斷層以南之震測剖面分析，可以清楚看到小梅背斜拱起，嘉義盲斷層經過小梅背斜下方。在 1979 年，Suppe 與 Namson 認為小梅背斜構造是斷層彎曲褶皺（fault-bend fold)，並認為小梅背斜底下具有一斷坪構造，簡而言之，前人研究多利用梅山斷層以南之震測剖面等資料解釋與討論梅山斷層與小梅背斜之關係，故本計畫之嘉義斷層測線選址，參考前人研究之測線分布

(圖 5.1)，選在過往地質資料較少之區域，即梅山斷層北邊，跨出舒適圈也是需要的，雖然可能沒有結果，但沒有結果也是一個結果，未來可協助後人，更了解此區域。

本研究根據前段（第三章）以時間剖面進行反射相解釋，並以深度剖面與文獻資料對比，使地層資訊與構造活動的推測如圖 5.2。嘉義斷層造成錯斷的現象發生在崁下寮層、六重溪層、濁水溪層與南莊層地反射介面上，而這些介面分布在 1 至 3.5 公里深，並可以嘗試從解釋剖面中的各層介面對應到本計畫嘉義斷層剖面的各個反射序列，在圖 5.2 中，以東側邊界的深度軸為準，400 公尺深能對應到圖 3.19 的反射序列 3 與 4 的介面，可能對應到二重溪層與崁下寮層的介面，1000 公尺深的強反射可對應到反射序列 5 與 6 的介面，可能對應到崁下寮層與六重溪層的介面，並且在圖 3.21 中可以觀察到此介面的交角不整合現象，1500 公尺深的反射對應到反射序列 8 與 9 的介面，對應到文獻中六雙層與濁水溪層的介面，1700 公尺深至 1900 公尺深則對應到反射序列 10，可能是烏嘴層的反射訊號，1900 公尺深對應到反射序列 10 與 11 之間，也是一交角不整合的介面，可能是烏嘴層與南莊層之間的介面。

本研究震測剖面中，有關嘉義斷層部份，其各組反射訊號之間的厚度沒有明顯面化，反射訊號的連續性、頻率、振幅等也沒有劇烈變化，代表其地層沉積時期相當穩定，並未受到斷層作用影響，而現今呈現出褶皺翼部的樣貌，是在晚期才受到斷層活動影響，即未有反射訊號受到錯動，也沒有發現斷層面反射訊號，並沒有發現楊志成(2007)研究中地層錯斷發生在崁下寮層、六重溪層、濁水溪層與南莊層的對應反射介面的現象。

在本研究之剖面中，可解析到 3.5 公里深的介面反射訊號，可是 3 秒至 3.5 秒的深層反射介面的連續性不佳，這個原因與現地資料收集環境的影響有關，導致遠支距的訊號收集不完整，雖然本次出動兩部輕量級震盪振源車，但仍然無法得到較好的訊號，顯示此現象在陸地上之震測研究工作，相當難以避免，除非使用更重，更低頻的震盪車，不過這現象對本研究的剖面解釋工作影響不大，因從上覆地層介面的完整程度，相當程度能推論本研究的震測剖面中並未發現向東傾斜的嘉義斷層錯斷之現象，僅有褶皺作用影響造成地層向西傾斜。

此外，本團隊亦曾利用噪聲成像解析嘉義梅山斷層區域之三維淺層剪力波速度構造（鄭璟郁，2017），主因是嘉義盲斷層向西逆衝，將較高速的下部地層往上推擠，斷層上盤及鄰近區域質地緊密而使得斷層東側形成相對較高速。剪力波速度模型套疊在楊耿明等（2001）的震測解釋剖面，顯示模型絕對速度變化與剖面地層變化一致，岩層由南往北增厚，小梅背斜及鄰近區域的地層隆起也清楚可見。

綜合上述前人研究（陳文山，2006 與楊志成等，2007）與本研究剖面，本研究剖面雖然沒有斷層造成訊號錯斷，可能的解釋有二，其一為本研究成果不表示梅山斷層以北沒有嘉義斷層，僅能說明褶皺軸可能在測線更西緣，而嘉義斷層與黃旭燦（2003）認為之桐樹湖斷層，兩者間的關係，則更待釐清；其二為嘉義斷層造成地層錯動較大錯距位置在梅山斷層以南的陳厝寮台地上，雖然本研究的剖面並未觀察到斷層錯動地層之現象，但也許能反推，嘉義斷層可能在梅山斷層以北逐漸尖滅（pinch-out）。簡而言之，本研究跨出重要一步，往梅山斷層以北進行地球物理調查，然而成果顯示需要更多證據才能探明梅山斷層以北的嘉義斷層構造模式。

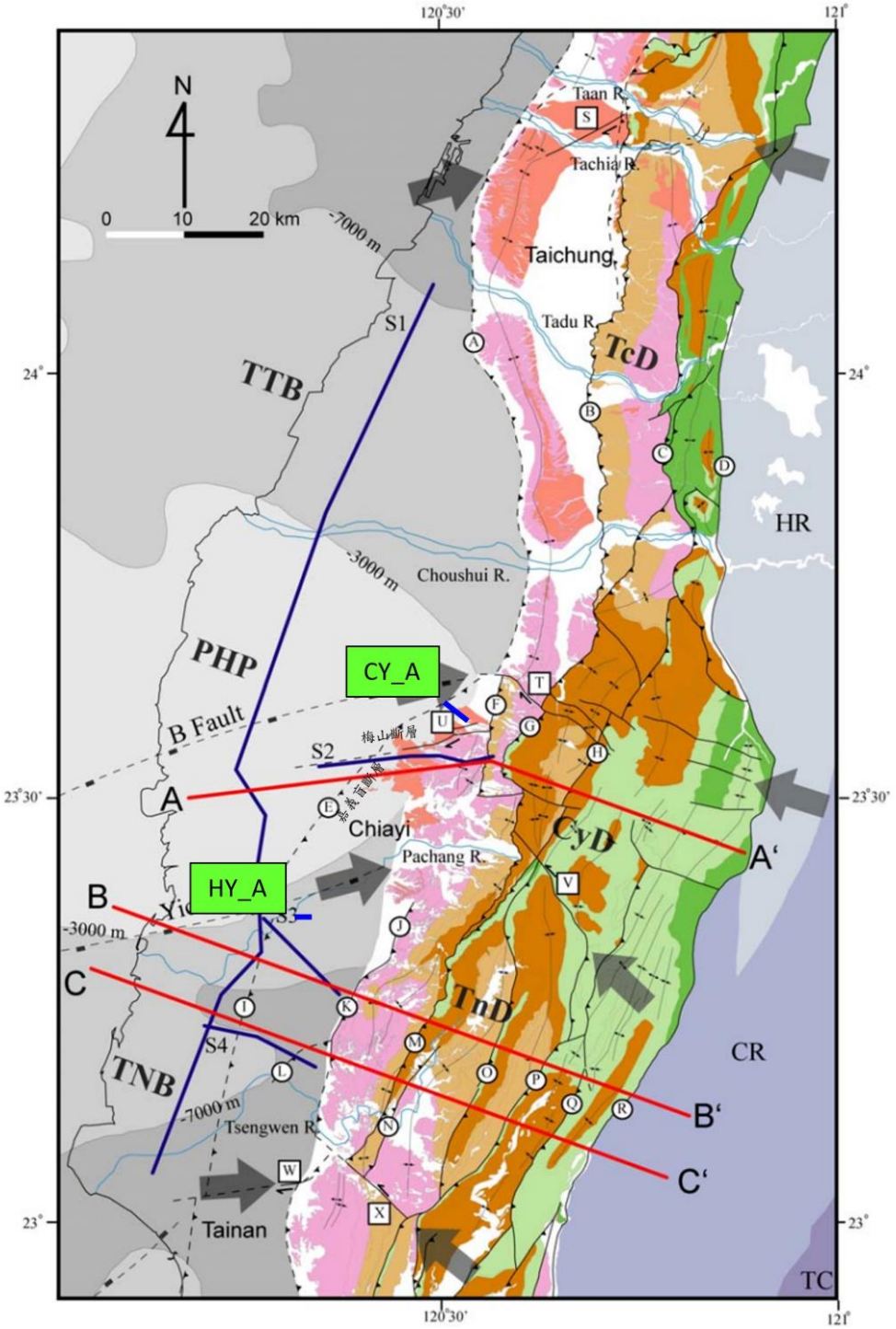


圖 5.1: 嘉義與新營斷層測線與參考剖面位置對應自地圖，修改自楊志成（2007）。

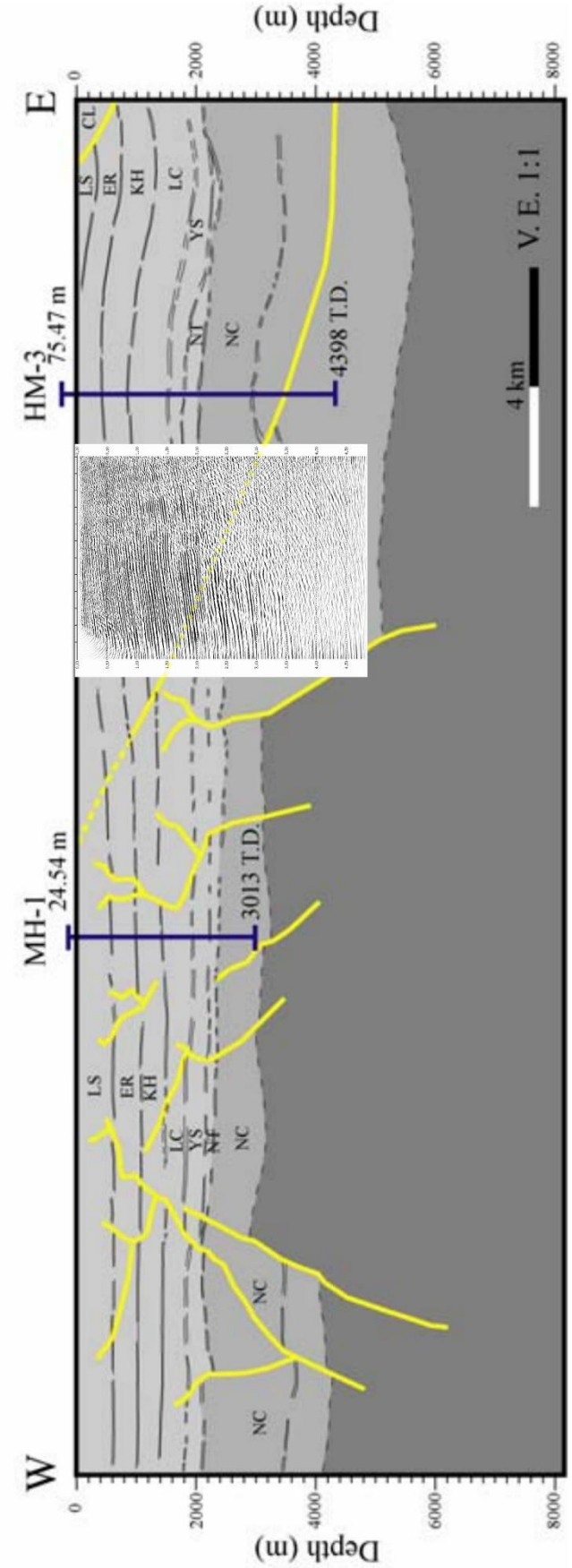


圖 5.2：嘉義斷層剖面(圖 4.23)與參考剖面 S2 對應，參考剖面取自楊志成（2007），剖面位置標於圖 5.1，剖面中黃色虛線為參考資料中的嘉義斷層。

5-2 新營斷層調查結果與討論

從前人文獻中，地表的研究點出河流曲度、河床坡度、河流兩側的地形特徵（階地、沖積扇等）等等因素的辨認活斷層的關鍵性要素(陳文山等人，2004，楊貴三與馮鈺棋，2005)，認為海岸平原為盲斷層的下盤，東邊的隆起台地正位於盲斷層之上，新營斷層上盤微向西傾，且斷層位置鄰近六甲斷層，新營斷層的上下盤的垂直抬升速率有明顯的差異（圖 1.25)，該斷層投影至地表上位置可推估為造山帶的變形前緣。以鄰近的震測剖面為參考剖面（圖 5.3)，可以看出新營斷層剖面的強反射面對應到各地層的情形，並與第四章的解釋內容進行對比（圖 4.19)， 600 公尺深的連續強反射，可能對應到反射序列 8 與 9 的邊界，在文獻中的剖面是六雙層與二重溪層的介面，1000 公尺深的強反射可能對應到二重溪層與崁下寮層的介面，也就是反射序列 14 至 15 之間，這是一個交角不整合的介面，1250 公尺深在圖 5.3 中為崁下寮層與六重溪層的介面，但對應不到剖面中的明確反射序列邊界，最接近的介面在 1100 公尺深的反射序列 16 與 17 的介面，而序列 17 很明顯與上覆和下覆的地層有很大的沉積環境差異，根據文獻中對崁下寮層的描述，下部有明顯的峽谷的蝕切現象，接著是泥岩相之弱反射相（黃旭燦，2003)，與反射序列 17 的震測相類似，六重溪層與濫水溪層的震測相類似，皆為上段沙頁岩互層的強反射與下段泥岩弱反射（黃旭燦，2003)，反射序列 18 約在 1400 公尺深，與上覆序列介面約延續到 1350 公尺，可能就是六重溪層與崁下寮層的侵蝕不整合面，1600 公尺深在圖 5.3 約是六重溪層與濫水溪層的介面，對應到反射序列 20 與 21 的弱到強反射訊號的介面，而反射序列 18 至 20、21 至 22 正好符合黃旭燦（2003）對六重溪層與濫水溪層震測相的描述，1900 公尺深在圖 5.3 對應到濫水溪層

與鳥嘴層的介面，但對應到反射序列 22 底部的強反射在 1750 公尺深，反射序列 23 的訊號分部約在 1750 公尺至 1900 公尺深，序列 25 以下開始地層向東傾斜頂部深度約在 2000 公尺深，比圖 5.3 的南莊層頂部仍淺 500 公尺，但在此剖面中，其向東傾斜的程度與上覆地層差異很大，推測可能已經進入南莊層。

由於該測線鄰近的斷層可能有新營斷層與義竹斷層（圖 5.1），參考剖面中將基底逆衝斷層與義竹斷層相連，但兩者特性不同，義竹斷層為近東西向的邊界正斷層，與欲調查的變形前緣之逆斷層不符合。以現有資料推論，2000 公尺以下地層向東傾斜，情況類似於圖 5.3 的南莊層以下，深部地層向東傾斜，基盤受到正斷層作用。在新營斷層剖面中，有構造活動的跡象，使 1000 公尺以下的地層，在東部有拱起的現象，研判該可能是原生正斷層受到擠壓，而構造活動沿著高角度的正斷層發育，地層錯動量不大，但是構造線東西兩側訊號的頻率有明顯區別，地層傾角也有變化，並沒有發現如楊志成(2007)、陳文山(2004)等人所預測的滑脫面造成的盲斷層。新營斷層剖面可能在深度 1000 公尺以上未受到構造活動影響，以下的地層明顯受到擾動，推測可能有斷層活動，構造線投影在地表的位置，約在測線座標 1000 公尺處(圖 4.20)，造成 1 至 2 公里的地層訊號在東側隆起。推測該構造屬於隱伏斷層，由於淺層地層訊號連續性良好，該斷層影響未達地表，可能並非活動構造。

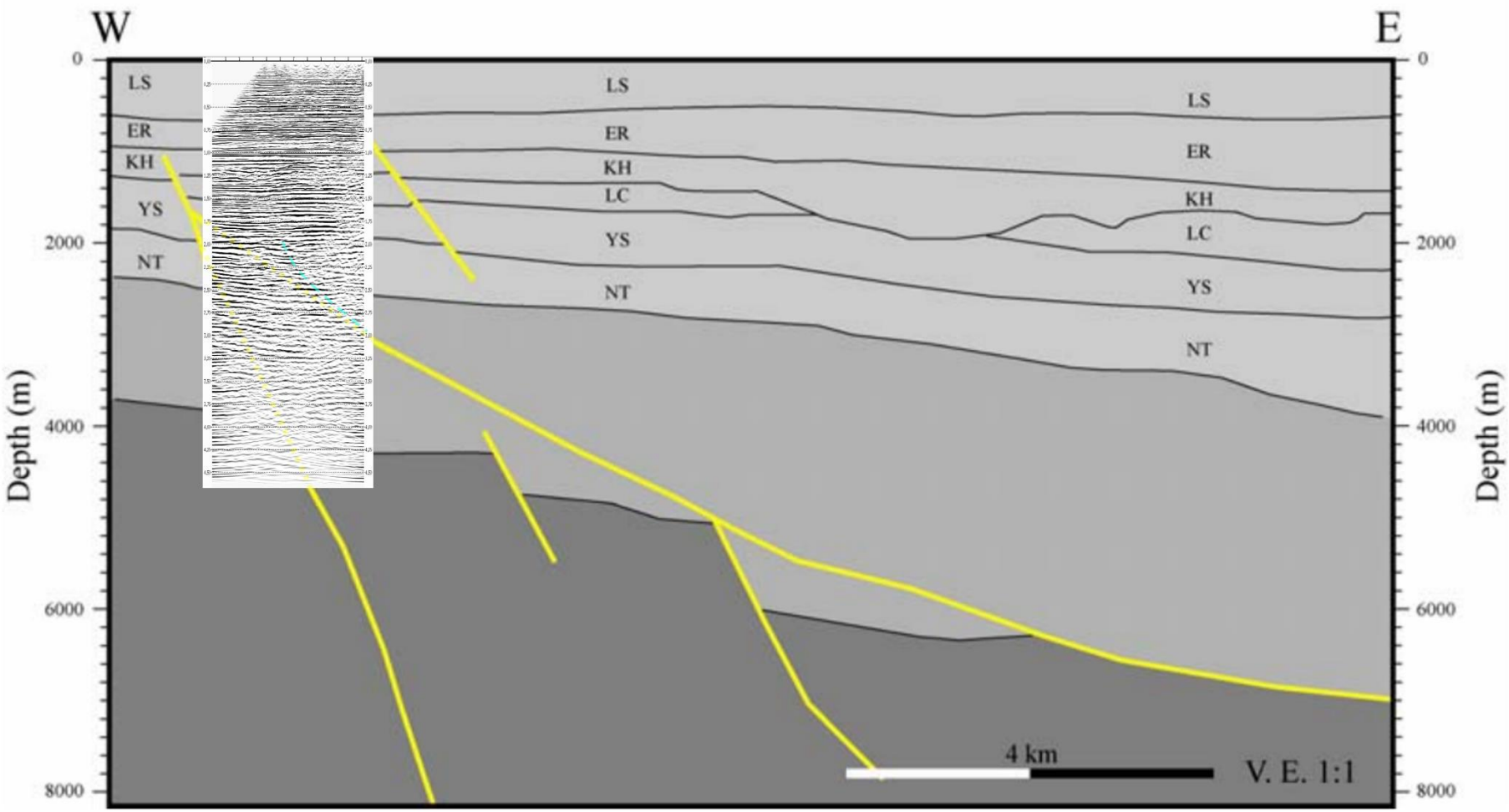


圖 5.3: 新營斷層剖面(圖 4.20)與參考剖面 S3，參考剖面取自楊志成 (2007)，剖面位置標於圖 5.1，剖面中黃色虛線為參考資料中的 Frontal Thrust(右)、義竹斷層(左)，淺藍色虛線為圖 4.20 中的斷層線。

5-3 結論

- 本研究計畫進行了嘉義斷層與新營斷層的地下盲斷層調查，以反射震測法實施，總共取得嘉義斷層剖面 3490 公尺與新營斷層剖面 1730 公尺，震測剖面可達 4 公里深，反射訊號最深可解析 3.5 公里深。

- 嘉義斷層的調查結果顯示出地層訊號未受斷層切穿，而是受到褶皺作用影響，整體地層向西北傾斜，傾角約 7.9 度，各組反射訊號之間的厚度沒有明顯面化，反射訊號的連續性、頻率、震幅等也沒有劇烈變化，代表其地層沉積時期相當穩定，並未受到斷層作用影響，而現今呈現出褶皺翼部的樣貌，是在晚期才受到構造活動造成。前人研究中，地層錯斷發生在崁下寮層、六重溪層、濁水溪層與南莊層地反射介面上，在本測線中並未發現。

- 新營斷層的調查結果顯示在深度 2 公里以上未受到斷層活動影響，從地表至 1 公里深，有很多細緻橫條紋的高頻反射訊號，這些地層訊號連續性良好，在座標 1100 公尺以東，層面呈水平分布，座標 1100 公尺以西的層面些微向西傾斜，傾角約 2.5 度。2 公里以下的地層明顯受到擾動，約在座標 1000 公尺，以東地層受構造活動影響拱起，推測可能有斷層活動。對比前人文獻，研判該構造活動可能是原生正斷層受到擠壓，使東側地層隆起的隱伏斷層，而非滑脫面直接造成的斷層。

第六章、未來展望

本案已確認利用利用高解析度反射震測探勘法能用來解析地下構造，尤其是深部可能發震之孕震構造，然而礙於經費配置，僅能得到一條二維剖面，無法更確切得知深部構造分布範圍，實屬可惜，現今國外油公司探勘已發展至三維震測，建議貴中心未來能朝此發展，三維震測優勢不僅能應用於地下構造探勘，尤其是都會區地底下可能之孕震構造，攸關民眾生命與財產安全，更是值得關心；此外，更能應用在現今國家正在推動之政策-二氧化碳封存。舉例來說，德國柏林西方的 Ketzin 二氧化碳地質封存先導試驗場址為例，作為說明。

利用鹽水層封存的方式，自 2008 年至今已注入 7 萬噸的二氧化碳，並設立監測井來觀察二氧化碳在灌注後的流動模式。灌注井位於背斜構造的南方，鑽井前並實施大規模三維及小規模近似三維震測，以瞭解地下構造的完整形貌，獲得穿透深度、頻率分布、及有效施測方式等資料，最終認定震盪式震源適合做為此計畫震測探勘使用震源。震測結果顯示出預計封存層 St 層上覆連續 K2 石膏層，並且預測灌注後二氧化碳移棲會向北部背斜高區移動。

Ketzin 計畫在灌注井附近有兩口的監測井，實施井下電測得到二氧化碳移棲的情形，並在於 2009 年灌注後再次實施三維震測，利用震波反映岩石密度、速度差異的特性，經與 2005 年灌注前的三維震測結果相減，準確的描繪出二氧化碳在儲集層內流動的情況，驗證了三維震測對監測二氧化碳在地下空間中移棲的可行性，此計畫的成功，就是未來三維震測必要之發展，而目前國內除了中油公司外，民間與學界缺乏相關技術與研究之能量，故建議不管是地下孕震構造探勘或是二氧化碳封存，皆必須朝此發展，本研究團隊，在 2014 年成

功利用以三維震測調查桃科園區二氧化碳封存井址地下構造（管卓康，2014），期望為國家培養合適之人才。有關高解析度反射震測探勘法已在前面章節做描述，本章節將簡述三維震測方式與原理、過去研究成果簡述，以及現在及未來可行方向。

6-1 三維震測方式與原理

三維震測的施測方式常見的有兩種：犁田法（Swath shooting；圖 6.1）與環炸法（Surrounding shooting；圖 6.2），犁田法比較常見用於較廣範圍的調查，受儀器數量的限制，受波器分成許多測線排列，而震源也程線形排列，兩線交織成一塊模板（Template），一個模板施測完成，再移動整塊模板，並與原模板有部分重疊，移動模板施測直到覆蓋整塊區域才完成全部施測。環炸法比較常用於小區域的探勘，受波器同犁田法成線排列，震源運行於受波器陣列之外環繞施測，受波器陣列也可視為模板，但不需重疊，移動後震源重新繞行施測。

顧名思義三維震測較二維多一個維度，施測幾何較為複雜，二維震測的震源與受波器接部於同一條線上，在處理跟解釋上即使反射訊號並非來自同一條線上，即側向來的訊號（Sideswipe），皆假設訊號源自與測線同向、或稱同方位角（Azimuth）的反射，無法以各種處理方式消除側向訊號，並且可能會汙染震測剖面。三維震測的波線散布於各個方位角，經過移位（Migration）以後能將訊號收束至其真實的反射點上，相同位置的二維與三維剖面，三維的訊號較為真實，在反射訊號的表現上，其反射特性較為明顯，無反射訊號的區域也較為乾淨，降低在解釋上誤判的可能。

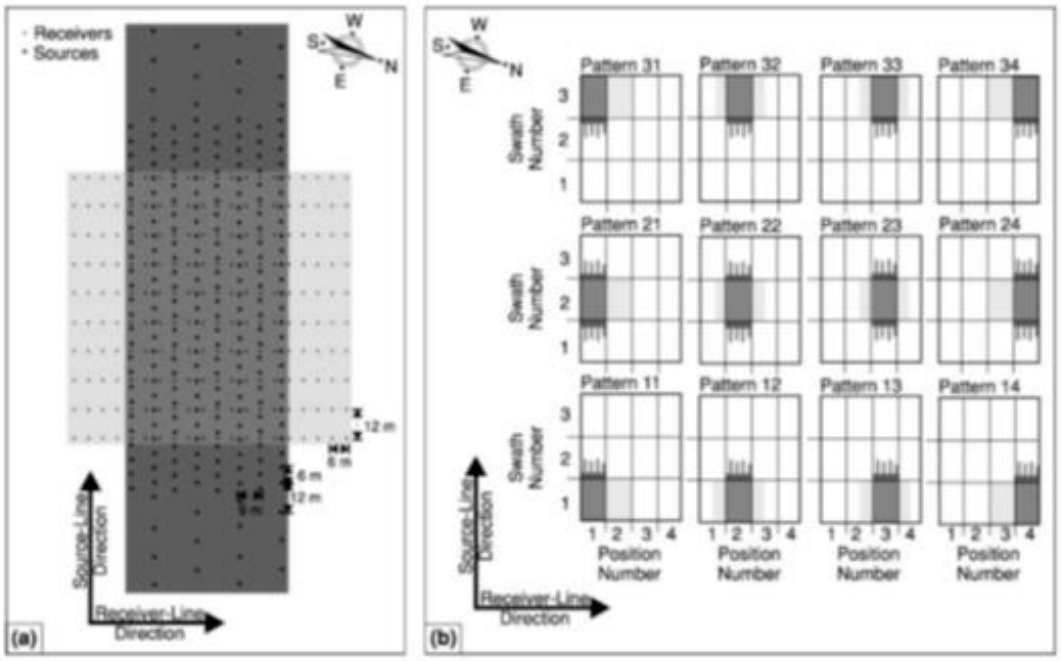


圖 6.1: 三維震測犁田法，左圖縱線為炸點分布，橫線為受波器分布，彼此交織成一模板，右圖為犁田方式，完成一塊模板後移動模板，直到測區皆被模板覆蓋為止（Spitzer et.al，2003)。

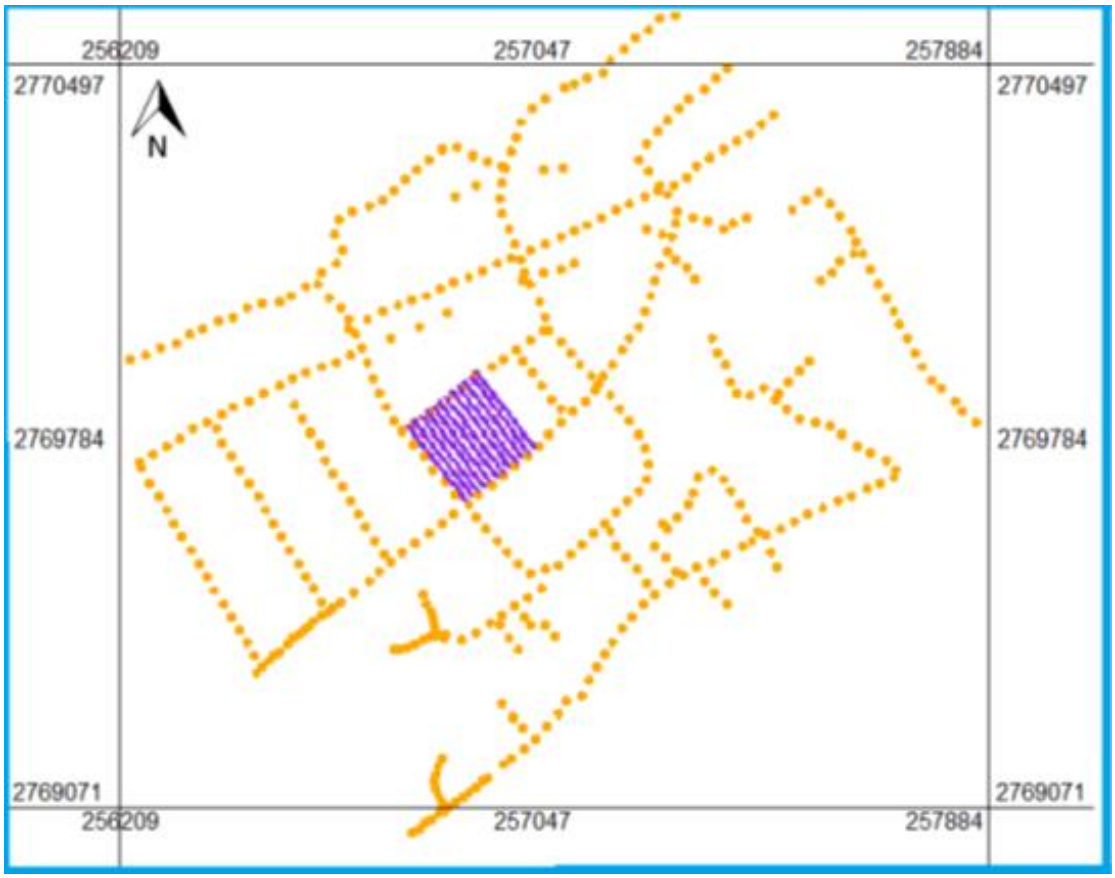


圖 6.2: 環炸法之炸點與受波器分布圖（管卓康，2014)。

6-2 過去研究成果簡述

以本團隊過去在桃園科技園區內執行探勘研究為例，我們共實施一條二維測線，及鑽井周圍的三維震測。二維測線略平行於海岸線，測線總長約 2300 公尺，方向由西南向東北，約在 1400 公尺處與三維震測交會，重疊約 800 公尺，重疊部分可進行反射訊號的交叉比對。在東北方三公里處有中油觀音一號井，其岩性以及地層深度資料可作為本測區震測地層的參考標準。

過去在常見的二維震測解釋上，兩條測線的交叉點比對為控制資料處理成效好壞的重點，若交叉點的反射訊號對應一致，解釋時才可以剖面構造才能交互延伸，此外交叉比對完成後，二維剖面的反射訊號可延伸至與其他剖面，完成面的概念解釋。本團隊使用二維剖面與三維資料以及三維資料自身做交叉比對。

二維深度剖面在 1400 公尺位置穿越三維剖面，有約 800 公尺剖面重疊，重疊部分可以進行交叉比對，圖 6.3 中可觀察到三維剖面訊號與二維剖面訊號深度相同，強振幅的訊號可完全相接，甚至強振幅訊號更為突顯，與弱振幅訊號的對比更加分明，因三維資料更為接近真實地下地層構造，且三維比二維有更高的重合數，訊噪比較高，另外二維反射訊號可能接收到非測線方向的側向反射，側向反射無法使用資料處理方法排除其影響，三維重合點的波線則來自各個角度，側向訊號已包含在三維訊號重合之範圍內，因此三維剖面的反射訊號較為正確。

觀音地區位於觀音高區東南側，地層自東南向西北上傾，可以預測灌注後，二氧化碳會往海域的方向移棲。根據觀音一號井資料，桂竹林層、南莊層、石底層砂岩具有良好的孔隙率與滲透率，且錦水頁岩孔隙率與滲透率極低，具有作為二氧化碳封存的條件。前人研究調

查結果顯示，桂竹林層與南莊層砂岩普遍存在於觀音地區，錦水頁岩在觀音地區厚度約一百公尺。封存層深度約 1000 公尺深，蓋層厚且完整，而且此區域受地震活動影響小，沒有活動斷層，且鄰近二氧化碳排放源（火力發電廠、煉鋼廠），具有作為二氧化碳地質封存的良好條件。藉由三維震測的調查，實施二氧化碳封存後可以本團隊之研究為基準，作為監控二氧化碳移棲監測的標準。

6-3 現在及未來可行方向

現在將進行的三維震測工作為探討臺灣東部三維孕震帶模型。主要因為在 2022 年 0918 池上地震的發生從其地表破裂至餘震分佈，顯示出其活動構造的複雜度，但在科學上可提供非常好的觀測資料，可以用來建構東部區域不僅小尺度的孕震構造甚至整個板塊地體架構。從地表破裂面來看，此次地震造成玉里與池上斷層皆產生錯動，也有非常多新的地表破裂被發現，在過去有許多地質模型曾提出來解釋東部地體構造，而玉里與池上斷層則為非常重要的關鍵斷層系統。

在地表調查中，玉里鎮樂樂溪南北岸發現玉里與池上斷層受這次地震影響而錯動至地表面，過去在地球物理探勘上僅有地電阻剖面。因此，本團隊預計在樂樂溪南北岸進行反射震測調查，以期能精細描繪出兩斷層的地下幾何形貌，並配合本實驗室在此區域佈設的長期寬頻地震網與臨時地震網所訂出的前-主-餘震序列分佈，來建構出該區的三維孕震帶模型。

綜合以上，臺灣都會地區之盲斷層或是地下淺部孕震構造，尤其是 2 公里以上之可能孕震構造，能藉由高解析度反射震測探勘法，然而對於構造走向與分布範圍則必須仰賴多條剖面與三維震測模式，本團隊將可協助規劃與執行；此外，本團隊曾使用二維及三維震測對二氧化碳封存場址，進行詳細調查，二維震測可以看出較大範圍地層

反射相，三維震測較二維震測的波線定位準確，反射訊號來自各方向，疊加後更為真實，可作為未來灌注二氧化碳後的比較基準(baseline)。

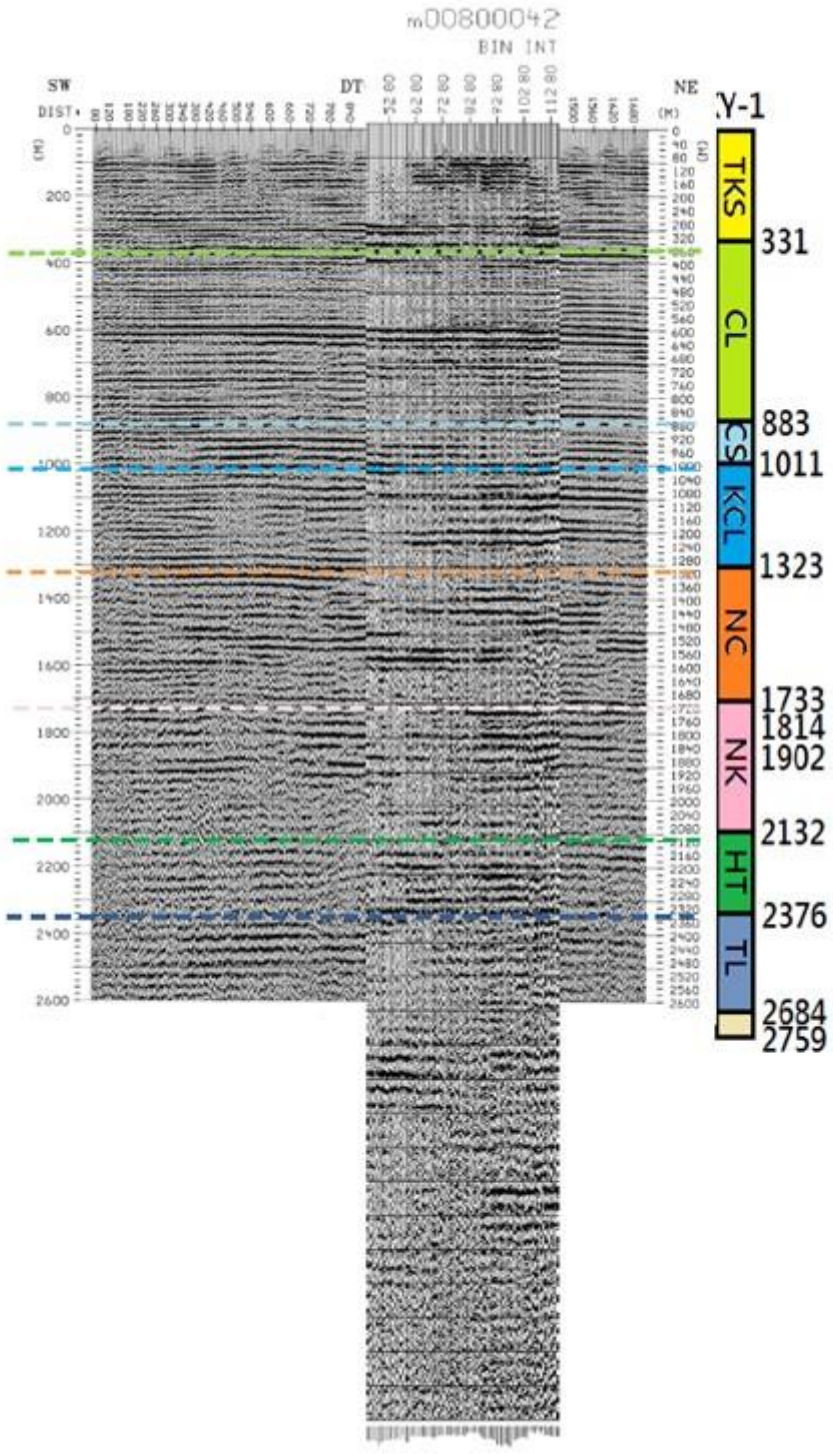


圖 6.3: 二維與三維深度剖面重疊比對（管卓康，2014）。

參考文獻

1. Chen, Y. G., & Liu, T. K. (2000). Holocene uplift and subsidence along an active tectonic margin southwestern Taiwan. *Quaternary Science Reviews*, *19*(9), 923-930.
2. Chiang, S. C. (1970). Seismic Interpretation of the Yunghoshan Anticline, Miaoli, Taiwan. *Petroleum Geology of Taiwan*, (7-8), 65.
3. Deffontaines, B., Lacombe, O., Angelier, J., Chu, H. T., Mouthereau, F., Lee, C. T., ... & Liew, P. M. (1997). Quaternary transfer faulting in the Taiwan Foothills: evidence from a multisource approach. *Tectonophysics*, *274*(1-3), 61-82.
4. Hung, J.H., Wiltschko, D. V., Lin H. C., Hickman, J. B., Fang, P., & Bock, Y. (1999) Structure and motion of the southwestern Taiwan fold and thrust belt, *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, 10(3), 543-568.
5. Le Béon, M., Marc, O., Suppe, J., Huang, M. H., Huang, S. T., & Chen, W. S. (2019). Structure and deformation history of the rapidly growing Tainan anticline at the deformation front of the Taiwan mountain belt. *Tectonics*, *38*(9), 3311-3334.
6. Lin, A. T., & Watts, A. B. (2002). Origin of the West Taiwan basin by orogenic loading and flexure of a rifted continental margin. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *107*(B9), ETG-2.
7. Mitchum Jr, R. M., Vail, P. R., & Sangree, J. B. (1977a). Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 6. Stratigraphic interpretation of seismic reflection patterns in depositional sequences: Section 2. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation.
8. Mitchum Jr, R. M., Vail, P. R., & Thompson III, S. (1977b). Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 2. The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis: Section 2. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation
9. Ota, Y., Lin, Y.-N. N., Chen, Y.-G., Chang, H.-C., Hung, J.-H. (2006) Newly found Tunglo Active Fault System in the fold and thrust belt in northwestern Taiwan deduced from deformed terraces and its tectonic significance. *Tectonophysics*, 417, 305-323.
10. Sangree, J. B., & Widmier, J. M. (1979). Interpretation of depositional facies from seismic data. *Geophysics*, 44(2), 131-160.

11. Shyu, J. B. H., Sieh, K., Chen, Y. G., & Liu, C. S. (2005). Neotectonic architecture of Taiwan and its implications for future large earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *110*(B8).
12. Suppe, J. O. H. N., & Namson, J. (1979). Fault-bend origin of frontal folds of the western Taiwan fold-and-thrust belt. *Petroleum Geology of Taiwan*, 16(22), 1.
13. Suppe, J. O. H. N. (1980) Imbricated structure of western foothills belt, south-central Taiwan. *Petro. Geol. Taiwan*, 17, 1-16.
14. Suppe, J. (1983) Geometry and kinematics of fault-bend folding. *American Journal of science*, 283(7), 684-721.
15. Suppe, J. O. H. N. (1986). Reactivated normal faults in the western Taiwan fold-and-thrust belt. *Mem. Geol. Soc. China*, 7, 187-200.
16. Vail, P. R. (1987). Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy: Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure.
17. Vail, P. R., Mitchum Jr, R. M., & Thompson III, S. (1977). Seismic stratigraphy and global changes of sea level: Part 4. Global cycles of relative changes of sea level.: Section 2. Application of seismic reflection configuration to stratigraphic interpretation.
18. Yang, K.M., Ting, H.H., Wu, J.C. and Chi. W.R. (1997) Geological model for complex structures and its implications for hydrocarbon exploration in northwestern Taiwan. *Petrol. Geol. Taiwan*, 31, 1-42.
19. Yilmaz, Ö. (2001) Seismic data analysis: Processing, inversion, and interpretation of seismic data. Society of exploration geophysicists.
20. Yu, S. B., Chen, H. Y., & Kuo, L. C. (1997) Velocity field of GPS stations in the Taiwan area. *Tectonophysics*, 274(1-3), 41-59.
21. 王昱（2003）桃園-新竹臺地區構造活動與地形特徵。國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，共 105 頁。
22. 石再添、鄧國雄、張瑞津、石慶得、楊貴三（1986）臺灣活斷層的地形學研究。國立臺灣師範大學地理研究所研究報告，第 12 期，第 1-44 頁。
23. 石政為（2011）利用反射震測探討宜蘭平原支基盤深度及構造演化。中央大學地球物理所碩士論文，共 110 頁。
24. 石瑞銓、王乾盈、謝昭輝（1998）雲嘉南地區活動斷層震測調查。經濟部中央地質調查所活動斷層地球物理探勘計畫八十七年度報告，共 130 頁。

25. 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：地球物探勘計畫（1/5)。經濟部中央地質調查所九十一年度委辦計畫期末報告，共 166 頁。
26. 何信昌（1994）五萬分之一臺灣地質圖說明書-苗栗，經濟部中央地質調查所。
27. 何春蓀（1986）臺灣地質概論：臺灣地質圖說明書。經濟部中央地質調查所，共 164 頁。
28. 吳永助 (1976) 清水土場地熱區及其外圍之地質。礦業技術，第 14 卷，第 12 期，第 484~490 頁。
29. 李元希、謝凱旋、黃敦友、何信昌、陳華玟、張徽正（1997）臺灣西南部前陸盆地的演化。第四屆地層研討會-臺灣西南部地區地質研討會大會手冊及論文摘要，第 64-73 頁。
30. 沈淑敏、張瑞津、楊貴三（2006）地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫：活動構造地形判釋及資料庫建置分析(2/2)。經濟部中央地質調查所研究報告，第 95-13 號，共 174 頁。
31. 周稟珊(2017)臺灣西北部錦水與永和山地區的地質構造研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 31 號，第 65-90 頁。
32. 林啟文（2013）五萬分之一臺灣地質圖說明書-旗山，經濟部中央地質調查所。
33. 林啟文、劉彥求、周稟珊、林燕慧（2021）臺灣活動斷層調查的近期發展。經濟部中央地質調查所彙刊，第 34 號，第 1-40 頁。
34. 林啟文、盧詩丁、石同生、陳致言、林燕慧 (2007) 台灣北部的活動斷層。中央地質調查所特刊，第 19 號，共 130 頁。
35. 林啟文與林偉雄(1995) 五萬分之一臺灣地質圖說明書－三星，經濟部中央地質調查所。
36. 林啟文與高銘健(2009) 五萬分之一臺灣地質圖說明書－蘇澳(第二版)，經濟部中央地質調查所。
37. 邱華燈(1971) 西臺灣北半部褶曲之研究。台灣石油地質，第 8 號，第 7-19 頁。
38. 孫偉翔（2015）梅山斷層帶震測三維構造解釋，國立中正大學碩士論文，共 106 頁。

39. 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、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。經濟部中央地質調查所特刊, 14, 137-146。
40. 陳文山、游能悌、松多信尚、楊小青（2010）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 99-09 總號，共 76 頁。
41. 陳文山、黃能偉、楊志成（2011）臺灣西南部更新世沈積層序特性與前陸盆地演化。經濟部中央地質調查所彙刊, 25, 1-38。
42. 陳文山、楊志成、楊小青、吳樂群、林啟文、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活動構造及構造分區。經濟部中央地質調查所彙刊, 17, 53-77。
43. 陳文山、葉明官、楊志成、石瑞銓、林啟文、侯進雄（2006）梅山斷層的構造特性。經濟部中央地質調查所彙刊, 19, 135-151。
44. 彭秋紋、石瑞銓、張徽正、林啟文、陳文山、石同生、盧詩丁（2004）梅山斷層與其淺部剪切帶構造特徵。經濟部中央地質調查所特刊，15，85-98。
45. 湯振輝(1968)臺灣省新竹區低丘陵及平原地帶航照地質之觀察。台灣石油地質，第 6 號，第 71-79 頁。
46. 黃旭燦（2003）台灣中南部褶皺逆衝斷層帶地質構造特徵分析。國立中央大學地球物理研究所博士論文，共 130 頁。
47. 黃富文與周青(1985)臺灣西北部打鹿砂岩儲集問題，探採研究彙報(中國石油公司)，第 8 期，第 25-40 頁。
48. 黃鑑水、劉桓吉、何信昌（1984）新竹－竹南海岸地區地質圖。經濟部中央地質調查所。
49. 黃鑑水與何信昌（1989）五萬分之一臺灣地質圖說明書－頭城，經濟部中央地質調查所。
50. 楊志成（2007). 台灣嘉南地區的發震構造分析及其前緣斷層的長期滑移速率研究。國立台灣大學地質科學研究所博士論文，共 116 頁。
51. 楊志成、陳文山（2003）嘉南地區曲流地形特徵與構造地形分區。中國地質學會九十二年年會暨學術研討會論文摘要，47。

52. 楊志成、顏一勤、宋時驊、黃能偉、陳勇全、陳文山、陳于高、吳樂羣、張徽正（2005）六甲斷層近萬年來滑移速率之探討。經濟部中央地質調查所特刊，16，1-16。
53. 楊耿明、洪日豪、吳榮章、黃旭燦（2001）台灣陸上斷層帶地質構造與地殼變形調查研究(1/5)－西南地區(觸口斷層)。經濟部中央地質調查所報告第 89-4 號。
54. 楊貴三、馮鈺棋（2005）。嘉義地區活斷層之地形學研究。地理研究，1-21。
55. 董騏銘（2021）高雄後勁台地區域之構造地形學研究，國立臺灣大學地質科學研究所，共 99 頁。
56. 管卓康，2014。以三維震測調查桃科園區 CCS 井址地下構造，國立中央大學碩士論文，共 103 頁。
57. 鄭宏祺（2000）台灣西南部台南至屏東地區地質構造之研究。中央大學地球科學系碩士論文，共 92 頁。
58. 鄭璟郁（2017）利用噪聲成像解析嘉義梅山斷層區域之三維淺層剪力波速度構造。中央大學地球物理所碩士論文，共 85 頁。
59. 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。

附錄 A

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表—112 年 4 月

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表—112 年 5 月

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表—112 年 6 月

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表—112 年 7 月

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表—112 年 8 月

經濟部地質調查及礦業管理中心委託專業服務工作進度月報表—112 年 9 月

經濟部地質調查及礦業管理中心委託專業服務工作進度月報表—112 年 10 月

經濟部地質調查及礦業管理中心委託專業服務工作進度月報表—112 年 11 月

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表

112年度 計畫名稱及編號	112-113年斷層地下構造探查（1/2）【B11236】	
執行單位及計畫主持人	國立臺灣大學 郭陳澔（02-33662932）	
執行期間及經費總額	112.4.28～112.12.15	新臺幣 2,860,000 元整
委託單位承辦人及電話	構造與地震地質組 莊釗鳴 (TEL:29462793轉253)	

執行進度及經費使用情況【自112年04月28日至112年04月30日】

本月工作內容	落後原因及改進方法
1. 製作勞務委託案契約書，按委員指示修改工作計畫書。	

預定完成進度 5 %	實際完成進度 5 %	進度差異比較：■符合□超前___%□落後___%

落後說明

計畫主持人簽章：郭陳澔

填表人：

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表

112年度 計畫名稱及編號	112-113年斷層地下構造探查（1/2）【B11236】	
執行單位及計畫主持人	國立臺灣大學 郭陳澔（02-33662932）	
執行期間及經費總額	112.4.28～112.12.15	新臺幣 2,860,000 元整
委託單位承辦人及電話	構造與地震地質組 莊釗鳴 (TEL:29462793轉253)	

執行進度及經費使用情況【自112年05月01日至112年05月31日】

本月工作內容	落後原因及改進方法
1. 修改工作計畫書、契約書用印與交付。 2. 與所方進行工作會議（討論修改測線標的）。 3. 進行本年度測線再勘查，確認選取之位置是否有機會解析出斷層型態與位置，以及相關事前準備工作。	

預定完成進度 5 %	實際完成進度 5 %	進度差異比較：■符合□超前___%□落後___%

落後說明

計畫主持人簽章：郭陳澔

填表人：

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表

112年度 計畫名稱及編號	112-113年斷層地下構造探查（1/2）【B11236】	
執行單位及計畫主持人	國立臺灣大學 郭陳澔（02-33662932）	
執行期間及經費總額	112.4.28～112.12.15	新臺幣 2,860,000 元整
委託單位承辦人及電話	構造與地震地質組 莊釗鳴 (TEL:29462793轉253)	

執行進度及經費使用情況【自112年06月01日至112年06月30日】

本月工作內容	落後原因及改進方法
1. 反射震測野外工作行前會議和清點儀器。 2. 進行嘉義斷層反射震測野外工作：(1)震盪車拖運至現場；(2)畫噴測線；(3)震測測線布設及施測。(4)當日資料品質確認。(5)整理與維護施測儀器。 3. 進行新營斷層反射震測野外工作：(1)震盪車拖運至現場；(2)畫噴測線；(3)震測測線布設及施測。(4)當日資料品質確認。(5)整理與維護施測儀器。 4. 共計嘉義斷層進行144個炸點；新營斷層進行54個炸點。	

預定完成進度 15 %	實際完成進度 15 %	進度差異比較：■符合□超前___%□落後___%

落後說明

計畫主持人簽章：郭陳澔

填表人：[illegible]

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表

112年度 計畫名稱及編號	112-113年斷層地下構造探查（1/2）【B11236】	
執行單位及計畫主持人	國立臺灣大學 郭陳澔（02-33662932）	
執行期間及經費總額	112.4.28～112.12.15	新臺幣 2,860,000 元整
委託單位承辦人及電話	構造與地震地質組 莊釗鳴 (TEL:29462793轉253)	

執行進度及經費使用情況【自112年07月01日至112年07月31日】

本月工作內容	落後原因及改進方法
1. 進行嘉義斷層、新營斷層震測測線資料處理，目前已進行的資料處理分析為「炸點剖面」資料處理、建立幾何模型(Assign the geometry)、彎線處理修正(Crook line correction)與波線編輯(Trace edit)。 2. 進行擬合最佳速度（或稱「速度分析」Velocity Analysis）、頻率濾波(Frequency filter)、疊加重和(stacking)，獲取初疊加剖面(Brute stack)。	

預定完成進度 35 %	實際完成進度 35 %	進度差異比較：■符合□超前___%□落後___%

落後說明

計畫主持人簽章：郭陳澔

填表人：[illegible]

經濟部中央地質調查所委託專業服務工作進度月報表

112年度 計畫名稱及編號	112-113年斷層地下構造探查（1/2）【B11236】	
執行單位及計畫主持人	國立臺灣大學 郭陳澔（02-33662932）	
執行期間及經費總額	112.4.28～112.12.15	新臺幣 2,860,000 元整
委託單位承辦人及電話	構造與地震地質組 莊釗鳴 (TEL:29462793轉253)	

執行進度及經費使用情況【自112年08月01日至112年08月31日】

本月工作內容	落後原因及改進方法
1. 進行嘉義斷層、新營斷層震測測線資料處理，目前已完成疊加剖面(Brute stack)。 2. 針對新營斷層側線資料進行初步解釋與分析，製作成第一期交付資料。 3. 配合辦理第二次工作會議（112/08/22）。	

預定完成進度 50 %	實際完成進度 50 %	進度差異比較：■符合□超前___%□落後___%

落後說明

計畫主持人簽章：郭陳澔　　填表人：簡卓康

經濟部地質調查及礦業管理中心委託專業服務工作進度月報表

112年度 計畫名稱及編號	112-113年斷層地下構造探查（1/2）【B11236】	
執行單位及計畫主持人	國立臺灣大學 郭陳澔（02-33662932）	
執行期間及經費總額	112.4.28～112.12.15	新臺幣 2,860,000 元整
委託單位承辦人及電話	構造與地震地質組 莊釗鳴 (TEL:29462793轉253)	

執行進度及經費使用情況【自112年09月01日至112年09月30日】

本月工作內容	落後原因及改進方法
1. 撰寫期中成果報告。 2. 針對嘉義斷層測線資料進行初步解釋與分析。	

預定完成進度 80 %	實際完成進度 80 %	進度差異比較：■符合□超前___%□落後___%

落後說明

計畫主持人簽章：郭陳澔　　填表人：[illegible]

經濟部地質調查及礦業管理中心委託專業服務工作進度月報表

112年度 計畫名稱及編號	112-113年斷層地下構造探查（1/2）【B11236】	
執行單位及計畫主持人	國立臺灣大學 郭陳澔（02-33662932）	
執行期間及經費總額	112.4.28～112.12.15	新臺幣 2,860,000 元整
委託單位承辦人及電話	構造與地震地質組 莊釗鳴 (TEL:29462793轉253)	

執行進度及經費使用情況【自112年10月01日至112年10月31日】

本月工作內容	落後原因及改進方法
1. 針對嘉義斷層、新營斷層測線資料進行近地表風化層修正與高層修正、重新速度分析、疊加剖面、移位以及時深轉換。 2. 撰寫期末報告初稿。	

預定完成進度 95 %	實際完成進度 95 %	進度差異比較：■符合□超前___%□落後___%

落後說明

計畫主持人簽章：郭陳澔　　填表人：簪卓康

經濟部地質調查及礦業管理中心委託專業服務工作進度月報表

112年度 計畫名稱及編號	112-113年斷層地下構造探查（1/2）【B11236】	
執行單位及計畫主持人	國立臺灣大學 郭陳澔（02-33662932）	
執行期間及經費總額	112.4.28～112.12.15	新臺幣 2,860,000 元整
委託單位承辦人及電話	構造與地震地質組 莊釗鳴 (TEL:29462793轉253)	

執行進度及經費使用情況【自112年11月01日至112年11月31日】

本月工作內容	落後原因及改進方法
1. 撰寫專家諮詢會會議簡報。 2. 修改期末報告內容。	

預定完成進度100%	實際完成進度100%	進度差異比較：■符合□超前___%□落後___%

落後說明

計畫主持人簽章：郭陳澔　　填表人：詹卓康

附錄 B

野外工作規劃表

嘉義斷層測線野外紀錄表

新營斷層測線野外紀錄表

2023 嘉義新營斷層震測野外工作　　05/20/2023 製

日	一	二	三	四	五	六
21(五月)	22	23 進駐	24 CY_A	25 CY_A	26 CY_A	27 CY_A
28 CY_A	29 CY_A	30 CY_A	31 搬運震源	1 HY_A	2 HY_A	3 HY_A
4 HY_A	5 收隊	6	7	8	9	10

2023					
測線	炸點	方向			
CY_A	200	東向西 + 不回炸			
HY_A	80	東向西 + 不回炸			
合計	280				

一、CY_A 測線: 大林鎮文心蘭產銷班



CY_A 測線（大林鎮文心蘭產銷班）：（由東往西）

雙震盪車參數20-120HZ 搖8秒收3秒 取樣率1ms

240波道無線低頻受波器，5m間距，15m炸。

近站支距 160m，8 點炸移線共 200 炸點（順炸 200 點）。

順炸 200 點範圍： 0~2985m

測線總長:199x15m=2985m +(239x5m+55m=1250m) = 4235m

二、HY_A 測線: 芳榮乾燥中心



HY_A 測線（芳榮乾燥中心）：（由東往西）

雙震盪車參數20-120HZ 搖8秒收3秒 取樣率1ms

240波道無線低頻受波器，5m間距，15m炸。

近站支距 160m，8 點炸移線。共 80 炸點（順炸 80 點）。

順炸 60 點範圍: 0~1185m

測線總長:79x15m=1185m +(239x5m+55m=1250m) = 2435m

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人 日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode_____□其他_____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	101	0	160	1355		
02	102	15	160	1355		
03	103	30	160	1355		
04	104	45	160	1355		
05	105	60	160	1355		
06	106	75	160	1355		
07	107	90	160	1355		
08	108	105	160	1355		
09	109	120	280	1475		
10	110	135	280	1475		
11	111	150	280	1475		
12	112	165	280	1475		
13	113	180	280	1475		
14	114	195	280	1475		
15	115	210	280	1475		
16	116	225	280	1475		
17	117	240	400	1595		
18	118	255	400	1595		
19	119	270	400	1595		
20	120	285	400	1595		
21	121	300	400	1595		
22	122	315	400	1595		
23	123	330	400	1595		
24	124	345	400	1595		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode____□其他____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	125	360	520	1715		
02	126	375	520	1715		
03	127	385	520	1715		
04	128	405	520	1715		
05	129	420	520	1715		
06	130	435	520	1715		
07	131	445	520	1715		
08	132	460	520	1715		
09	133	480	640	1835		
10	134	495	640	1835		
11	135	510	640	1835		
12	136	525	640	1835		
13	137	540	640	1835		
14	138	560	640	1835		
15	139	570	640	1835		
16	140	585	640	1835		
17	141	600	760	1955		
18	142	615	760	1955		
19	143	630	760	1955		
20	144	645	760	1955		
21	145	655	760	1955		
22	146	670	760	1955		
23	147	690	760	1955		
24	148	705	760	1955		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode____□其他____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	149	720	880	2075		
02	150	735	880	2075		
03	151	750	880	2075		
04	152	765	880	2075		
05	153	780	880	2075		
06	154	795	880	2075		
07	155	810	880	2075		
08	156	825	880	2075		
09	157	845	1000	2195		
10	158	855	1000	2195		
11	159	870	1000	2195		
12	160	885	1000	2195		
13	161	900	1000	2195		
14	162	915	1000	2195		
15	163	930	1000	2195		
16	164	945	1000	2195		
17	165	960	1120	2315		
18	166	975	1120	2315		
19	167	990	1120	2315		
20	168	1005	1120	2315		
21	169	1020	1120	2315		
22	170	1035	1120	2315		
23	171	1050	1120	2315		
24	172	1065	1120	2315		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日　■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode_____□其他_____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	173	1080	1240	2435		
02	174	1095	1240	2435		
03	175	1110	1240	2435		
04	176	1125	1240	2435		
05	177	1140	1240	2435		
06	178	1155	1240	2435		
07	179	1170	1240	2435		
08	180	1185	1240	2435		
09	181	1200	1360	2555		
10	182	1215	1360	2555		
11	183	1230	1360	2555		
12	184	1245	1360	2555		
13	185	1260	1360	2555		
14	186	1275	1360	2555		
15	187	1290	1360	2555		
16	188	1305	1360	2555		
17	189	1320	1480	2675		
18	190	1335	1480	2675		
19	191	1350	1480	2675		
20	192	1365	1480	2675		
21	193	1380	1480	2675		
22	194	1395	1480	2675		
23	195	1410	1480	2675		
24	196	1425	1480	2675		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode____□其他____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	197	1440	1600	2795		
02	198	1455	1600	2795		
03	199	1470	1600	2795		
04	200	1485	1600	2795		
05	201	1500	1600	2795		
06	202	1515	1600	2795		
07	203	1530	1600	2795		
08	204	1545	1600	2795		
09	205	1565	1720	2915		
10	206	1575	1720	2915		
11	207	1590	1720	2915		
12	208	1605	1720	2915		
13	209	1620	1720	2915		
14	210	1635	1720	2915		
15	211	1650	1720	2915		
16	212	1665	1720	2915		
17	213	1675	1840	3035		
18	214	1695	1840	3035		
19	215	1710	1840	3035		
20	216	1725	1840	3035		
21	217	1740	1840	3035		
22	218	1755	1840	3035		
23	219	1765	1840	3035		
24	220	1785	1840	3035		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode____□其他____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	221	1800	1960	3155		
02	222	1820	1960	3155		
03	223	1830	1960	3155		
04	224	1845	1960	3155		
05	225	1865	1960	3155		
06	226	1875	1960	3155		
07	227	1890	1960	3155		
08	228	1905	1960	3155		
09	229	1920	2080	3275		
10	230	1935	2080	3275		
11	231	1950	2080	3275		
12	232	1965	2080	3275		
13	233	1980	2080	3275		
14	234	1995	2080	3275		
15	235	2010	2080	3275		
16	236	2025	2080	3275		
17	237	2040	2200	3395		
18	238	2055	2200	3395		
19	239	2070	2200	3395		
20	240	2090	2200	3395		
21	241	2100	2200	3395		
22	242	2115	2200	3395		
23	243	2135	2200	3395		
24	244	2145	2200	3395		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode____□其他____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	245	2160	2320	3515		
02	246	2175	2320	3515		
03	247	2185	2320	3515		
04	248	2205	2320	3515		
05	249	2220	2320	3515		
06	250	2235	2320	3515		
07	251	2250	2320	3515		
08	252	2265	2320	3515		
09	253	2280	2440	3635		
10	254	2290	2440	3635		
11	255	2310	2440	3635		
12	256	2325	2440	3635		
13	257	2335	2440	3635		
14	258	2355	2440	3635		
15	259	2370	2440	3635		
16	260	2385	2440	3635		
17	261	2400	2560	3755		
18	262	2415	2560	3755		
19	263	2430	2560	3755		
20	264	2445	2560	3755		
21	265	2460	2560	3755		
22	266	2475	2560	3755		
23	267	2490	2560	3755		
24	268	2505	2560	3755		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode____□其他____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	269	2530	2680	3875		
02	270	2540	2680	3875		
03	271	2555	2680	3875		
04	272	2565	2680	3875		
05	273	2580	2680	3875		
06	274	2595	2680	3875		
07	275	2610	2680	3875		
08	276	2625	2680	3875		
09	277	2640	2800	3995		
10	278	2655	2800	3995		
11	279	2670	2800	3995		
12	280	2685	2800	3995		
13	281	2700	2800	3995		
14	282	2715	2800	3995		
15	283	2730	2800	3995		
16	284	2745	2800	3995		
17	285	2760	2920	4115		
18	286	2775	2920	4115		
19	287	2790	2920	4115		
20	288	2805	2920	4115		
21	289	2820	2920	4115		
22	290	2835	2920	4115		
23	291	2850	2920	4115		
24	292	2865	2920	4115		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：大林鎮文心蘭產銷班　測線名稱：CY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人 日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode_____□其他_____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	293	2880	3040	4235		
02	294	2895	3040	4235		
03	295	2910	3040	4235		
04	296	2925	3040	4235		
05	297	2940	3040	4235		
06	298	2955	3040	4235		
07	299	2970	3040	4235		
08	300	2985	3040	4235		
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：芳榮乾燥中心　測線名稱：HY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode____□其他____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	101	0	160	1355		
02	102	15	160	1355		
03	103	30	160	1355		
04	104	45	160	1355		
05	105	60	160	1355		
06	106	75	160	1355		
07	107	90	160	1355		
08	108	105	160	1355		
09	109	120	280	1475		
10	110	130	280	1475		
11	111	150	280	1475		
12	112	165	280	1475		
13	113	180	280	1475		
14	114	200	280	1475		
15	115	210	280	1475		
16	116	225	280	1475		
17	117	230	400	1595		
18	118	255	400	1595		
19	119	270	400	1595		
20	120	275	400	1595		
21	121	300	400	1595		
22	122	315	400	1595		
23	123	330	400	1595		
24	124	345	400	1595		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：芳榮乾燥中心　測線名稱：HY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode_____□其他_____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	125	360	520	1715		
02	126	375	520	1715		
03	127	390	520	1715		
04	128	405	520	1715		
05	129	420	520	1715		
06	130	435	520	1715		
07	131	450	520	1715		
08	132	465	520	1715		
09	133	480	640	1835		
10	134	495	640	1835		
11	135	505	640	1835		
12	136	525	640	1835		
13	137	540	640	1835		
14	138	560	640	1835		
15	139	570	640	1835		
16	140	585	640	1835		
17	141	600	760	1955		
18	142	615	760	1955		
19	143	630	760	1955		
20	144	645	760	1955		
21	145	660	760	1955		
22	146	675	760	1955		
23	147	690	760	1955		
24	148	705	760	1955		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：芳榮乾燥中心　測線名稱：HY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人　日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode____□其他____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	149	720	880	2075		
02	150	755	880	2075		
03	151	760	880	2075		
04	152	765	880	2075		
05	153	780	880	2075		
06	154	795	880	2075		
07	155	810	880	2075		
08	156	825	880	2075		
09	157	840	1000	2195		
10	158	855	1000	2195		
11	159	870	1000	2195		
12	160	885	1000	2195		
13	161	900	1000	2195		
14	162	915	1000	2195		
15	163	930	1000	2195		
16	164	945	1000	2195		
17	165	960	1120	2315		
18	166	975	1120	2315		
19	167	990	1120	2315		
20	168	1005	1120	2315		
21	169	1020	1120	2315		
22	170	1035	1120	2315		
23	171	1050	1120	2315		
24	172	1065	1120	2315		

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

反射震測野外探勘紀錄表

測 區：芳榮乾燥中心　測線名稱：HY_A　天氣：■晴□陰□雨□風

記 錄 員：阿珍　工作人數：7 人 日期：112 年 5 月 28 日 ■日□夜

測站間距(m)：5　近站支距(m)：160-60　震源間距(m)：15

時間取樣(ms)：1　紀錄長度(s)：3+8　頭尾方向：由 東 向 西

Low Cut(Hz)：No　High Cut(Hz)：No　Notch(Hz)：No

震源：■Mini Vib□砲車□其他__紀錄儀器：■Smartsolo 1 C 10 Hz□Geode_____□其他_____

檔案編號		炸點位置	測站位置		Switch	備註
			1	240		
01	173	1080	1240	2435		
02	174	1095	1240	2435		
03	175	1110	1240	2435		
04	176	1125	1240	2435		
05	177	1140	1240	2435		
06	178	1155	1240	2435		
07	179	1170	1240	2435		
08	180	1185	1240	2435		
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

測線記要（位階之測站、路口或橋頭之測站等）

附錄 C

2023 年 5 月 3 日工作會議紀錄

2023 年 8 月 22 日工作會議紀錄

2023 年 8 月 22 日工作會議用簡報

2023 年 11 月 7 日工作會議紀錄

2023 年 11 月 7 日工作會議審查意見回覆表

2023 年 11 月 7 日工作會議用簡報

經濟部中央地質調查所
「112-113年度斷層地下構造探查(1/2)」
工作會議紀錄

一、開會時間：112年5月3日（星期三）上午10時

二、開會地點：經濟部中央地質調查所構造與地震地質組5F會議室

三、主持人：石同生科長　　**紀錄**：莊釗鳴

四、出席單位人員：如簽名單

五、主席致詞：略

六、工作內容簡報：略

七、綜合討論及協調事項：

（一）考量本案於臺南斷層、嘉義斷層及新竹斷層各規劃1公里長度之反射震測剖面有測深不足的狀況，參酌評選委員意見，依招標規範規定修改本案斷層標的、位置與數量。

（二）根據中油反射震測剖面及相關文獻資料，臺南斷層未有明確錯移的跡象，或斷層位於更深的位置，擬取消臺南斷層之施測工作，其空出之測線長度移至嘉義斷層（總長度增加為2公里）。

（三）新營斷層測線長度維持1公里不變。

八、臨時動議：無

九、散會：上午11時40分

經濟部中央地質調查所
112 年度「112-113 斷層地下構造探查 (1/2)」勞務採購案
工作會議出（列）席人員簽名單

主辦單位：經濟部中央地質調查所構造與地震地質組

時間	112 年 5 月 3 日（星期一）上午 10 時整	地點	本所 5 樓會議室
主持人		紀錄	
經濟部中央地質調查所			
國立臺灣大學			
其他單位			

經濟部中央地質調查所
「112-113 年度斷層地下構造探查(1/2)」
工作會議紀錄

一、開會時間：112 年 8 月 22 日（星期二）上午 10 時

二、開會地點：經濟部中央地質調查所構造與地震地質組 5F 會議室

三、主持人：石同生科長　　**紀錄**：莊釗鳴

四、出席單位人員：如簽名單

五、主席致詞：略

六、工作內容簡報：略

七、綜合討論及協調事項：

（一）本次工作會議展示嘉義與新營斷層反射震測初步成果，其中新營斷層震測剖面長達 1730 公尺，請團隊先以新營斷層震測剖面作為本案第一期繳交項目內容。

（二）震測剖面顯示地下可能有褶皺或斷層等地質構造，請團隊精進震測資料處理與分析工作，提升震測剖面可獲取的地質資訊。

（三）本案規劃於 11 月辦理專家諮詢會議，擬邀請專家學者給予建議，請工作團隊配合辦理。

八、臨時動議：無

九、散會：上午 11 時 30 分

112-113年斷層地下構造探查（1/2）期中報告簡報

台灣大學地質科學系 郭陳澔

1

大綱

- 本期工作項目
- 研究工作規劃
- 野外工作流程
- 資料處理與分析
- 震測剖面展示
- 初步結果
- 未來工作項目

2

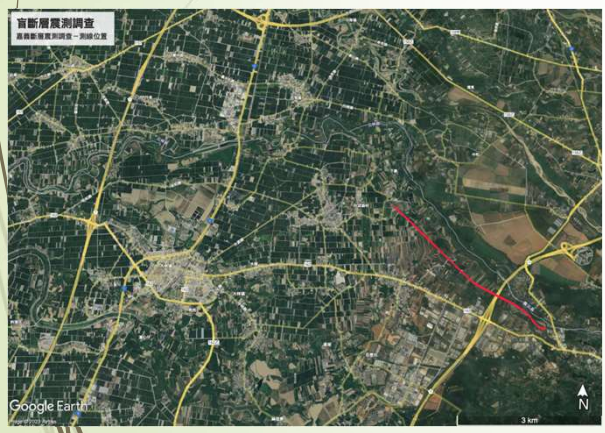
本期工作項目

- 根據服務計畫書，第五項計畫內容之(一)工作內容，預期工作項目：
  - 本年度進行 3 條標的斷層的調查。候選斷層以**嘉義斷層**、新營斷層、台南斷層、中洲斷層為優先。由前述 4 條斷層中選擇 3 條施作，或本所得因業務需要另指定斷層。
  - 斷層資料彙整
  - 斷層位置調查與評估
  - 斷層地下構造分析
- 根據服務計畫書，第六項驗收內容之(一)，第1期撥付項目項目：
  - 第 1 期款：繳交地球物理探勘剖面至少 1500 公尺(初步分析結果與說明)，經書面驗收合格後，依實作金額檢附發票或收據，請領第 1 期款， 惟第 1 期款請款上限以 150 萬元為限，實作數超出該上限者，於第 2 期款撥付時再行撥付。

3

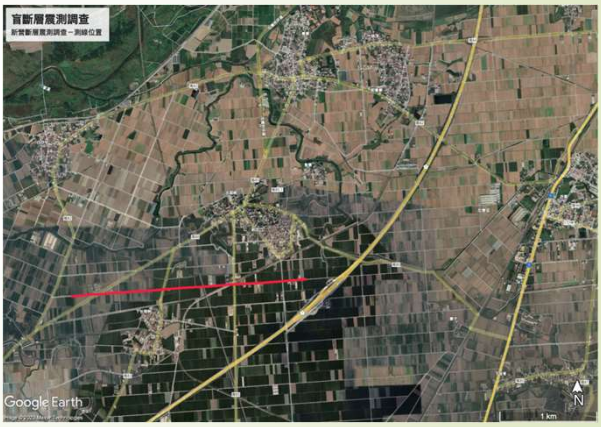
研究工作規劃-研究區域

嘉義斷層調查： CY-A



嘉義縣大林鎮崎頭

新營斷層調查： HY-A



台南後壁區長短樹

4

研究工作規劃-時程規劃

日	一	二	三	四	五	六
	(五月)22	23 進駐	24 CY_A	25 CY_A	26 CY_A	27 CY_A
28 CY_A	29 CY_A	30 CY_A	31 搬運震源	(六月)1 HY_A	2 HY_A	3 HY_A
4 HY_A	5 收隊	6	7	8	9	10

5

野外工作流程-震源

使用拖板車運送至施測區域附近，尋找空地停放，並放置告示與主動告知當地鄉民。





6

野外工作流程-畫線與佈線

畫線：在規劃路線上進行里程標記，CY-A與HY-A測線標記終止於4200m與2435m





7

野外工作流程-畫線與佈線

佈線：根據標記放置測站，若遭遇無法放置的位置(如馬路中央)，則斟酌移位。

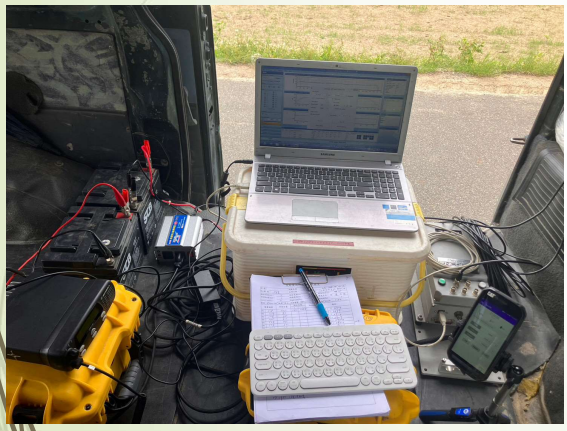




8

野外工作流程-收集資料

在野外架設主控站，進行震盪車通訊與控制，並將震源資訊紀錄存放。





9

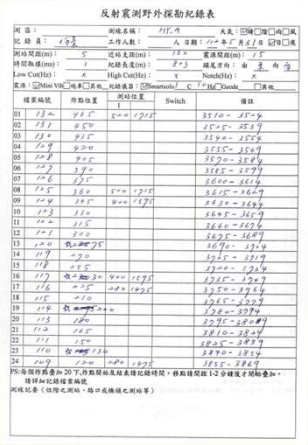
資料處理與分析-施測參數

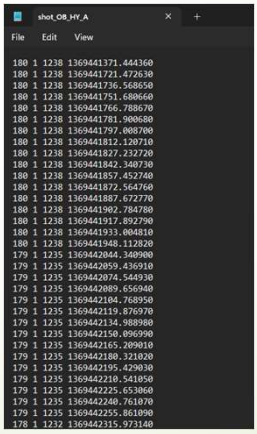
測線名稱	CY_A	HY_A
測線展開	**4235m**	**2435m**
測站數量/間距	**240**/5m	
震源數量/間距	**200**/15m	**80**/15m
近站支距	160至60m	
時間取樣率	1ms	
紀錄長度	**3**+8s	
施測方向	由東向西	由東向西

10

資料處理與分析

1. 野外紀錄　2. 震源時間　3. 測站資料


反射震測野外探勘紀錄表

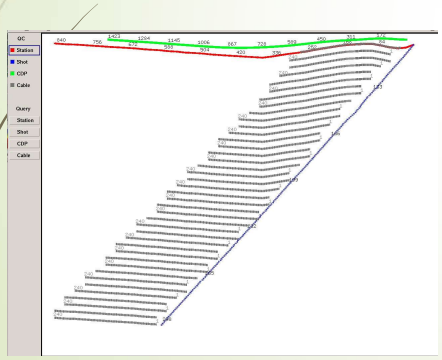


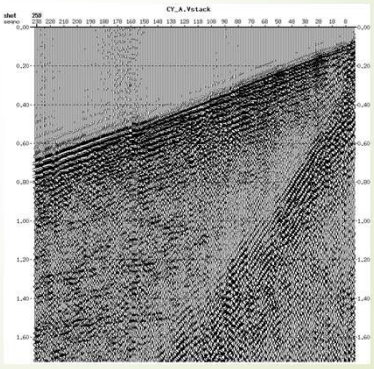


資料處理與分析

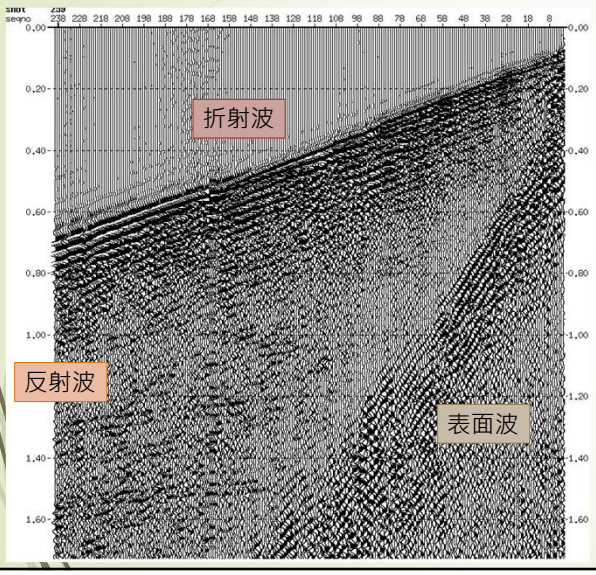
1. 野外紀錄　2. 震源時間　3. 測站資料

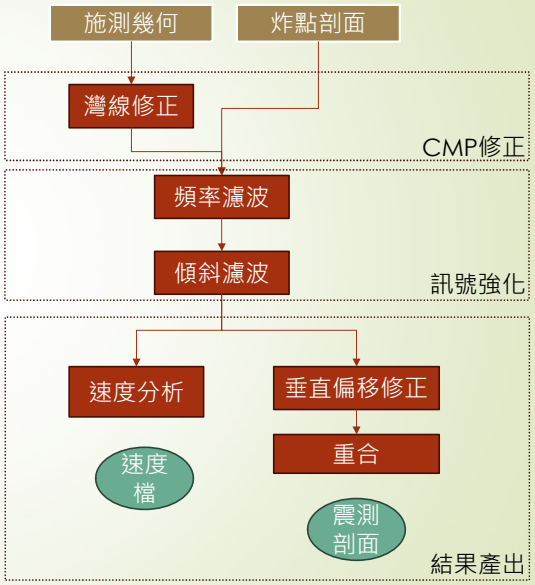
施測幾何　炸點剖面





資料處理與分析



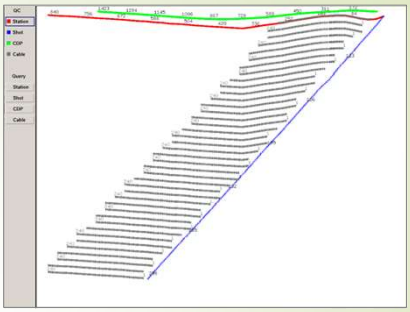


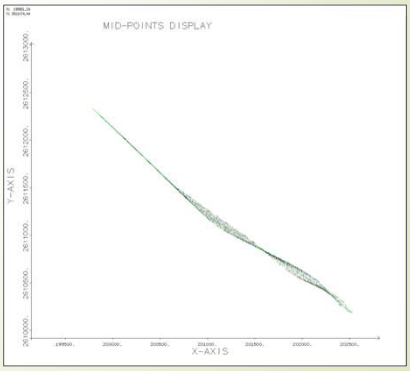
13

資料處理與分析

嘉義剖面長度約3.5公里



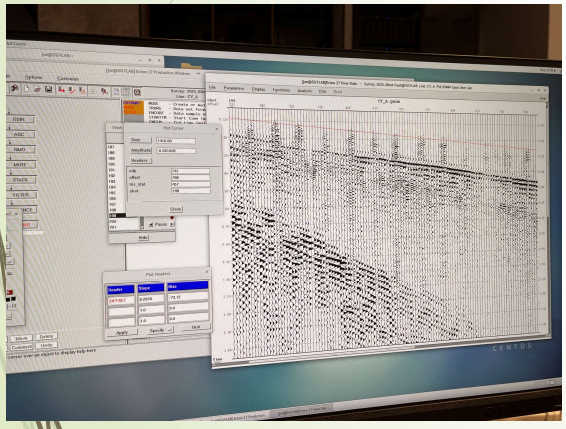


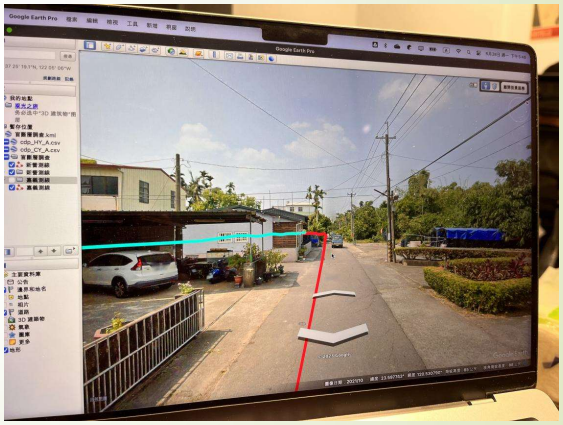


14

資料處理與分析

CY-A測線前段，接收器都有收到電線桿與震源共振的訊號，速度初步估算3,500m/s，而且重複出現，很規律跟電線間距相符（看街景圖）



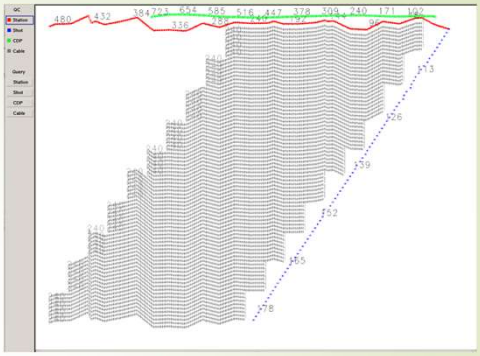


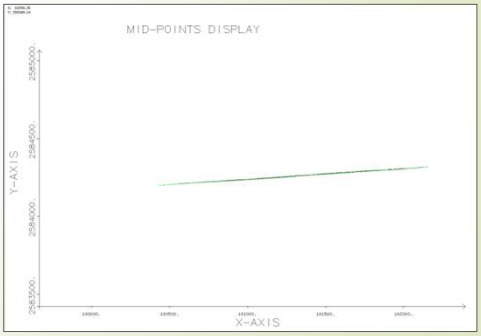
15

資料處理與分析

新營剖面長度約1.7公里

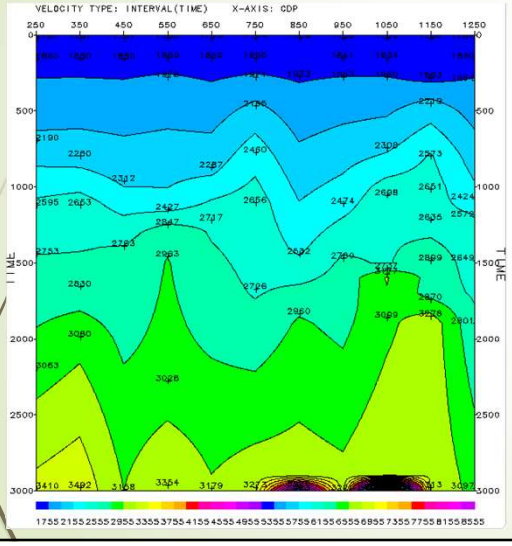


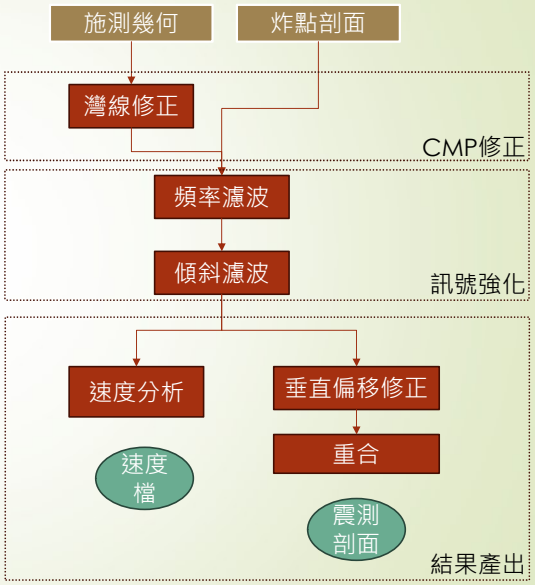




16

資料處理與分析





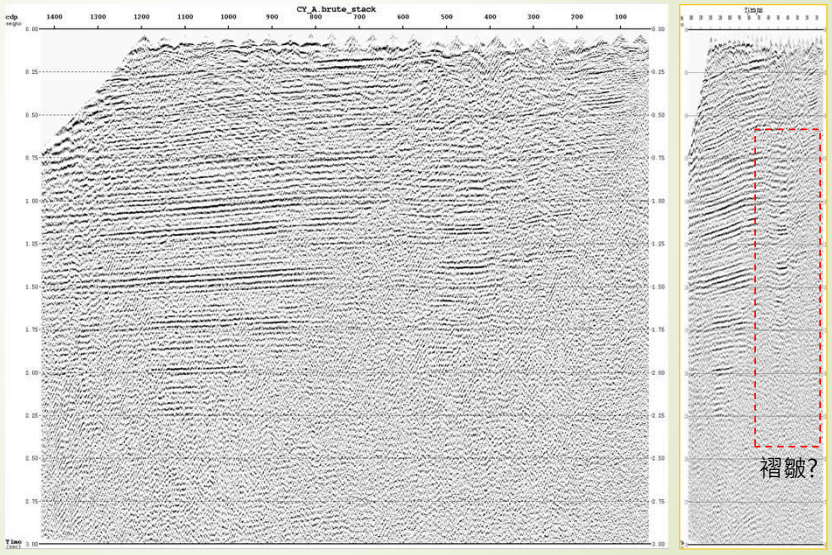
17

初步震測剖面展示 CY-A



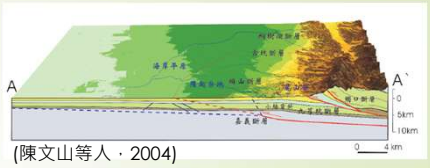
1. 反射訊號最深到 2.25 秒
2. 地層訊號向西傾斜，CMP500前在村莊內，訊號不連續，可能受到斷層影響，或是目前資料品質不足解析。

→ E 壓縮剖面

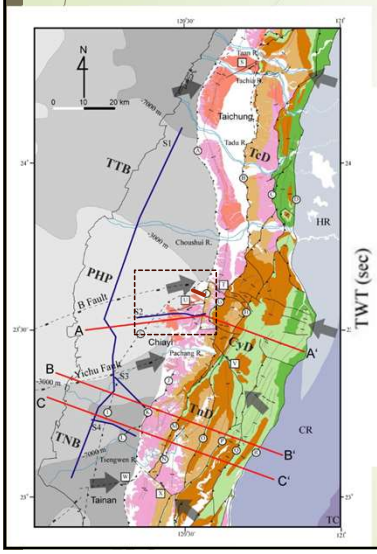


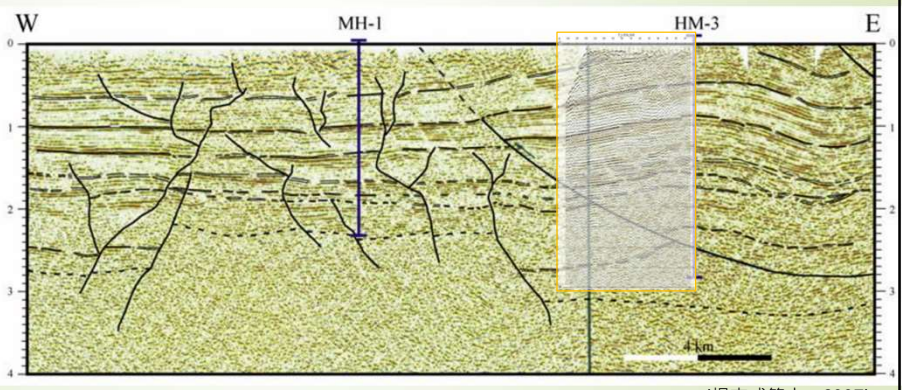
18

初步震測剖面展示 CY-A



(陳文山等人，2004)





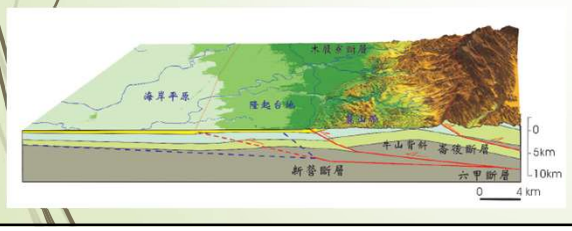
(楊志成等人，2007)

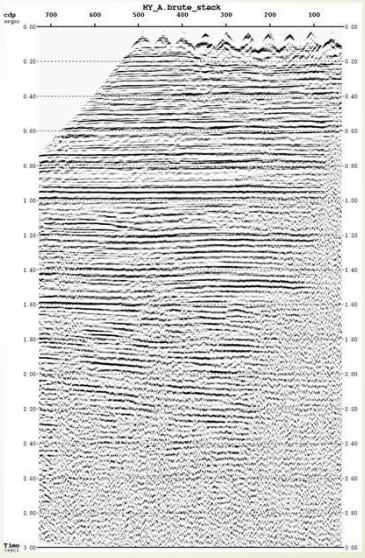
19

初步震測剖面展示 HY-A

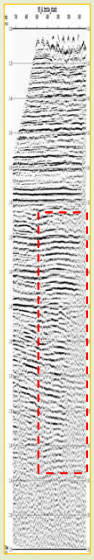


1. 反射訊號最深到 2.5 秒
2. 1秒以上地層未受到擾動
3. 斷層可能影響在1.2秒以下的地層，1.4~1.6秒訊號受到扭曲。





壓縮剖面

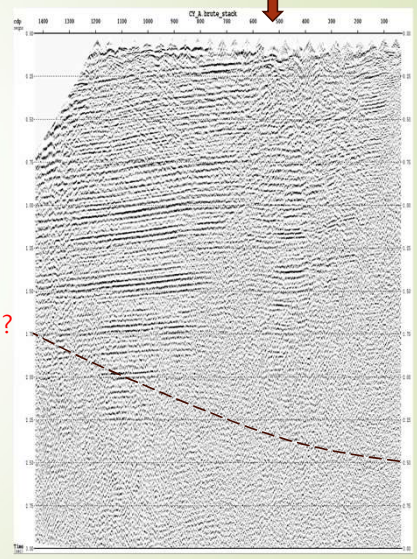


20

初步結果

- CY-A嘉義剖面整體地層向西傾斜，CMP400處以東傾角較高，以西傾角漸緩，有可能是受到斷層錯動，造成傾角變化的原因需要更細部資料處理才可釐清。
- 對比楊志成等人(2007)，嘉義盲斷層應出現在2秒以下，目前結果並未明顯看出有盲斷層切穿的現象。

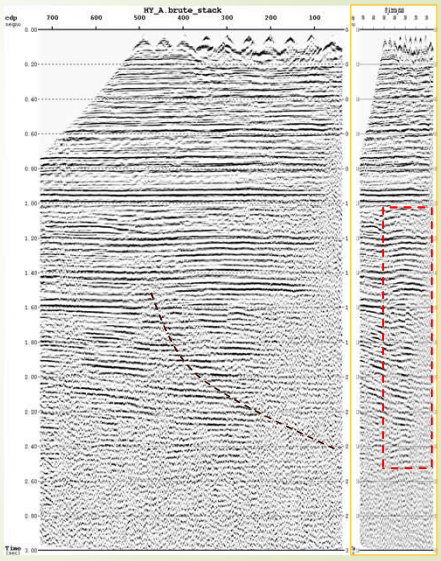
國道三號



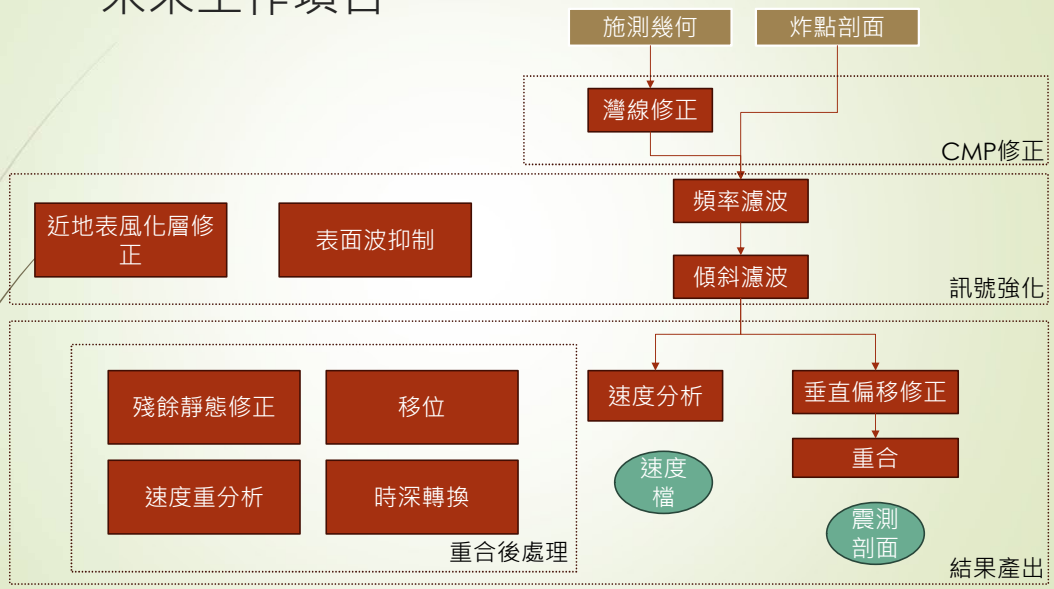
初步結果

- HY-A新營剖面的反射訊號在1秒以上近乎水平，1秒以下開始向東傾斜，1.4~1.6秒的訊號錯動量大，東側的地層可能受到抬升，可能是逆斷層的型態，但此錯動影響僅在1秒以下，可能近期沒有造成錯動。

壓縮剖面



未來工作項目



報告結束

敬請指教

附錄 D

2023 年 11 月 7 日專家會議紀錄

2023 年 11 月 7 日專家會議用簡報

2023 年 11 月 7 日專家會議審查意見回覆表

經濟部地質調查及礦業管理中心
「112-113 年度斷層地下構造探查(1/2)」
委託專業服務案專家諮詢會議會議紀錄

一、開會時間：112 年 11 月 7 日（星期二）下午 10 時 30 分

二、開會地點：本中心新北辦公室第 2 會議室

三、主持人：林組長啟文　　**紀錄：**莊釗鳴

四、出、列席單位及人員：詳如簽名單

五、主席致詞：略

六、主辦單位計畫摘要說明：略

七、受評單位簡報：略

八、綜合討論：略

九、綜合意見：

1. 本案嘗試利用反射震測法調查到地下 3 公里，方法可行。
2. 嘉義斷層如果有，可能會在更西邊或更東邊。
3. 新營斷層尖端位於地下 2 公里以上，沒有截切年輕的地層，濁水溪層或鳥嘴層以下才有被斷層擾動。
4. 若要更確切地了解地下構造三維幾何形貌，需要更多且更長的二維震測剖面建構，本案規模顯有不足。建議未來可研擬都會區地下構造探查，藉以了解地下構造的位置與幾何形貌。
5. 請說明本案測線位置選擇的理由，再敘明資料分析結果。
6. 報告書第一章諸論部分，建議對各”潛在”斷層描述的地質圖，除引用外，請彙整其他調查資料至五萬分之一的地質圖中。
7. 除震測資料外，過去地下地質相關的研究資料，如鑽探等，建議應一併考量。
8. 請標出圖 2.16、2.17、3.19、4.18、5.2、5.3 在圖 1.20 和 1.24 中的位置。
9. 圖 1.15 和圖 1.17 完全相同可整併。
10. 請釐清圖 1.4、1.8、1.12 及 1.15 中紅線所代表的地質意義。
11. 第 26~27 頁引用文獻（Yang et al., 1996; 1997)是描述臺灣西北

部的構造，和西南部的構造無關，不宜引用。

12. 報告書中部分引用文獻並未列入參考文獻目錄中。

13. 針對本計畫目前調查成果，應提出對後續研究建議，供承辦單位參考。

14. 若深部地層有受擾動而淺部地層未受擾動，應考量擾動或變形之時間，以推斷此構造之活動性。

15. 依本計畫所得結果，是否可結論嘉義與新營斷層並不存在，或是會在更西邊或更東邊?

16. 本計畫所完成的震測剖面品質相當好，並無主要往東傾斷層存在的現象，且淺部亦無明顯斷層存在。

17. 圖 4.17 移位前和移位後的震測成像，相對於圖 4.18 斷層位置的區域仍有些差異，故圖 4.18 採用移位前之剖面做斷層解釋是否得當宜加以討論。

18. 圖 4.18 所解釋的斷層位於圖 1.6 新營斷層前緣的 trishear zone 之內，請討論這兩者的關聯性以及新營斷層的活動性。

19. 新營斷層難以在震測剖面中顯現，報告中的斷層有檢討空間。

20. 嘉義盲斷層，主要落差位置應在南側，請綜整地質資料加入報告中。

十、決議：

請承攬單位（國立臺灣大學）參酌委員意見及契約書所列交付項目修改成果報告書。

十一、散會： 上午 11 時 40 分。

經濟部地質調查及礦業管理中心
GEOLOGICAL SURVEY and MINING MANAGEMENT AGENCY , MINISTRY of ECONOMIC AFFAIRS

112-113年斷層地下構造探查（1/2）專家會議簡報

台灣大學地質科學系 郭陳澔

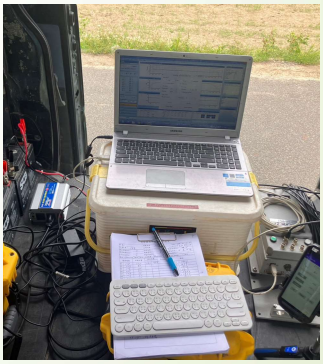
2023.11.07

1 大綱

- 本期工作項目
- 研究工作規劃
- 野外工作流程
- 資料處理與分析
- 震測剖面展示
- 結論







2

本期工作項目

- 根據服務計畫書，第五項計畫內容之(一)工作內容，預期工作項目：
  - 本年度進行 3 條標的斷層的調查。候選斷層以嘉義斷層、新營斷層、台南斷層、中洲斷層為優先。由前述 4 條斷層中選擇 3 條施作，或本所得因業務需要另指定斷層。 (原擬針對嘉義、新營及臺南斷層進行調查，因評選委員建議集中能量調查，考量現有資料臺南斷層沒有接近地表的跡象，故依工作會議討論結果將調查臺南斷層的測線長度移至新營斷層與嘉義斷層上)
  - 斷層資料彙整
  - 斷層位置調查與評估
  - 斷層地下構造分析

	斷層名稱
北部區域	鳳山溪構造
	鹿廚坑構造
	斗煥坪構造
	銅鑼構造
嘉南地區	嘉義斷層 (112 年優先)
	新營斷層 (112 年優先)
	臺南斷層 (112 年後續可能擴充)
	中洲構造
	烏山頭構造 (或稱嵩後斷層)
高屏地區	木柵斷層 (或稱平溪斷層)
	右昌斷層
	仁武線形
	鳳山斷層
東部地區	礁溪斷層
	牛門斷層
	冬山斷層
其他	主辦業務單位另指定斷層 (包含尚未劃設地質敏感區的斷層或其他新發現的斷層)

表 1: 臺灣地區潛在性的斷層。

3

預期完成工作項目及具體成果

嘉義斷層：由過去的震測剖面來看斷層延伸至地下約1500公尺左右，且小梅背斜等構造對地層的影響相對明顯，此外由剪力波速度構造來看一存在明顯速度介面。震測測線建議可規劃2000公尺長，預計測深可達2000公尺。預期成果可以探測地層如何受到嘉義斷層擾動，甚或可能錯斷的深度。過去在中油的震測資料結果，由於施測震源較低頻，淺層的解析度不足，此計畫可以提高淺層的解析度。

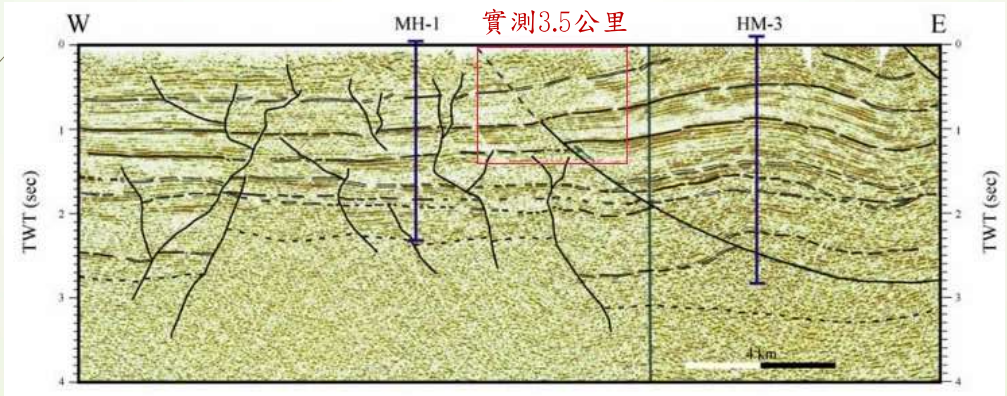
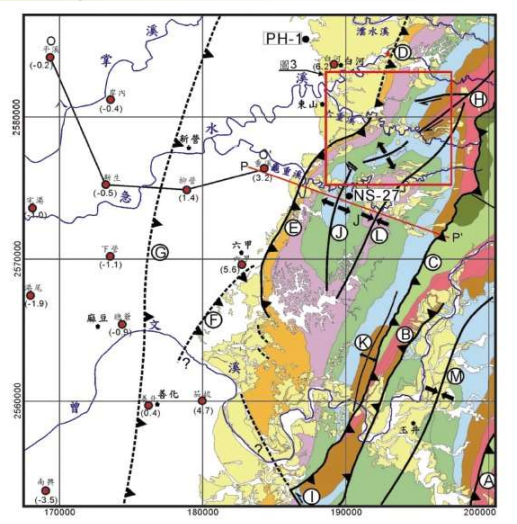


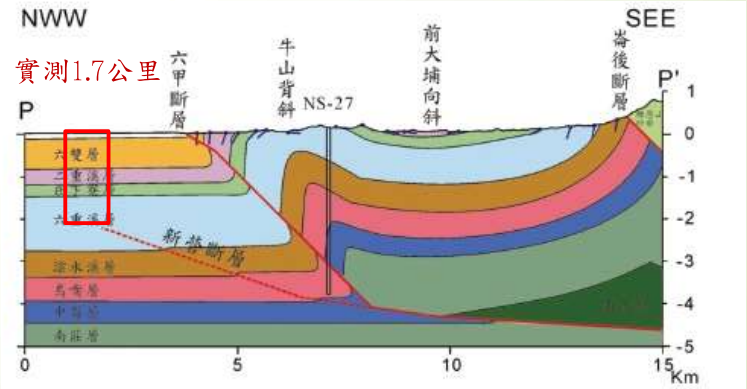
圖 4、民雄—梅山東西震測剖面圖。摘自楊志成，2007。紅色框框為此計畫預期施作的範圍，長度約 2 公里，測深約可達雙程走時 1.7 秒(2 公里)。

4

預期完成工作項目及具體成果

新營斷層：由構造剖面來看其位置在六甲斷層之下，深度約在地下2000-4000公尺深，震測解析深度剛好在邊緣，若欲探測，可以看該區淺層是否有受到斷層擾動，以及擾動的深度為何，可以規劃1500公尺的短測線，看是否有擾動痕跡。

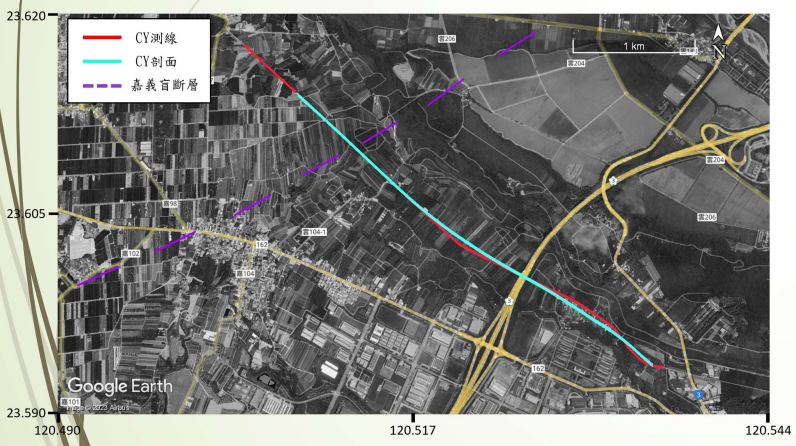




5

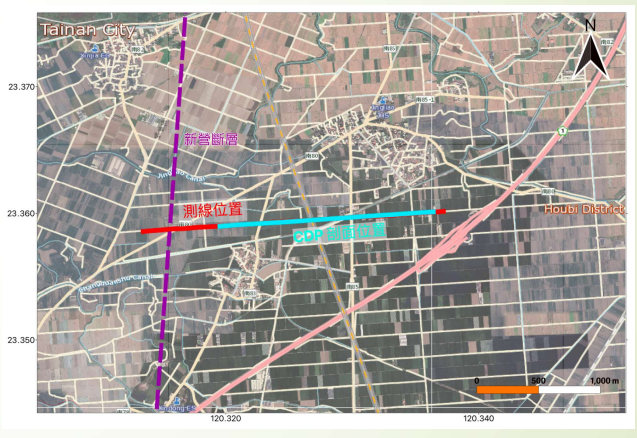
研究工作規劃-研究區域

嘉義斷層調查： CY-A



嘉義縣大林鎮崎頭

新營斷層調查： HY-A



台南後壁區長短樹

6

野外工作流程-震源

使用拖板車運送至施測區域附近，尋找空地停放，並放置告示與主動告知當地鄉民。





7

野外工作流程-畫線與佈線

畫線：在規劃路線上進行里程標記，CY-A與HY-A測線標記終止於4200m與2435m





8

野外工作流程-畫線與佈線

佈線：根據標記放置測站，若遭遇無法放置的位置(如馬路中央)，則斟酌移位。

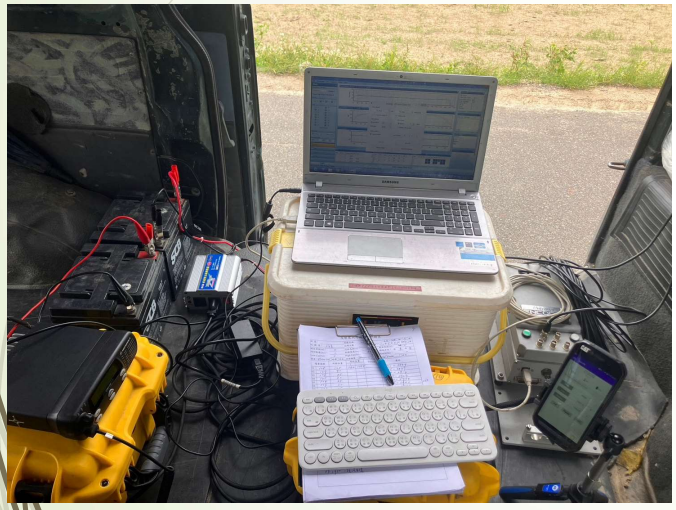




9

野外工作流程-收集資料

在野外架設主控站，進行震盪車通訊與控制，並將震源資訊紀錄存放。





10

資料處理與分析-施測參數

測線名稱	CY_A	HY_A
測線展開	**4200m**	**2435m**
測站數量/間距	**240**/5m	
震源數量/間距	**200**/15m	**80**/15m
近站支距	160至60m	
時間取樣率	1ms	
紀錄長度	**3**+8s	
施測方向	由東向西	由東向西

11

實測剖面長度與合約要求

交付項目	交付數量	說明	備註
新營斷層調查測線	2435 公尺	列於表4	已標註測線編號、起點與終點坐標 (TWD97)。
測線位置圖	1	如 (圖2.16)	以 1/5000 爲底圖繪製測線與剖面位置。
震測剖面成果	1730 公尺	如 (圖4.18)	達契約規範 1500 公尺。

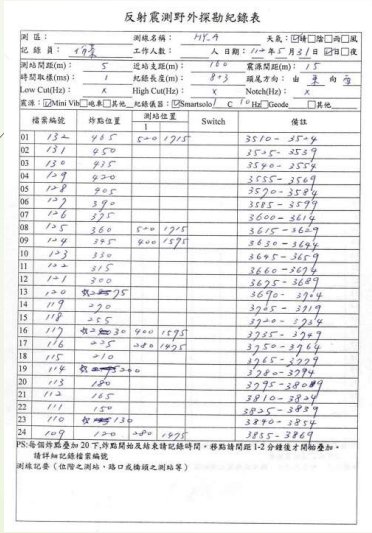
表 2: 112-113 年斷層地下構造探查 (1/2) 之新營斷層調查交付項目整理表。

交付項目	交付數量	說明	備註
嘉義斷層調查測線	4200 公尺	列於表4	已標註測線編號、起點與終點坐標 (TWD97)。
測線位置圖	1	如 (圖2.17)	繪製測線與剖面位置。
震測剖面成果	3490 公尺	如 (圖3.19)	達契約規範 2000 公尺。

表 3: 112-113 年斷層地下構造探查 (1/2) 之嘉義斷層調查交付項目整理表。

資料處理與分析

1. 野外紀錄

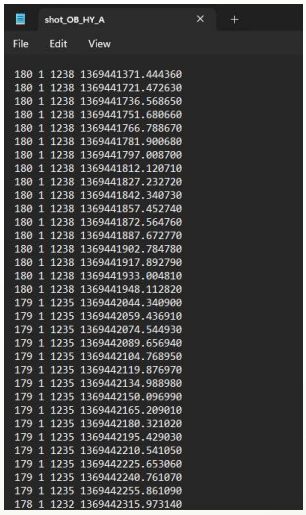


反射震測野外採勘紀錄表

檔案編號	炸點位置	測站位置		Switch	備註
		1			
01	134	985	500	1715	3510 - 3549
02	131	950			3550 - 3559
03	130	935			3540 - 3554
04	129	920			3555 - 3569
05	128	905			3570 - 3584
06	127	890			3585 - 3599
07	126	875			3600 - 3614
08	125	860	500	1715	3615 - 3629
09	124	845	900	1575	3630 - 3644
10	123	830			3645 - 3659
11	122	815			3660 - 3674
12	121	800			3675 - 3689
13	120	785			3690 - 3704
14	119	770			3705 - 3719
15	118	755			3720 - 3734
16	117	740	400	1575	3735 - 3749
17	116	725	900	1925	3750 - 3764
18	115	710			3765 - 3779
19	114	695			3780 - 3794
20	113	680			3795 - 3809
21	112	665			3810 - 3824
22	111	650			3825 - 3839
23	110	635			3840 - 3854
24	109	620	900	1925	3855 - 3869

PS:每個炸點疊加20下,炸點開始及結束錄紀錄時間,移點錄開距1-2分鐘後才開始疊加。
錄好加記錄檔案編號
測線記要(位階之測站、路口或橋頭之測站等)

2. 震源時間



shot_OB_HY_A

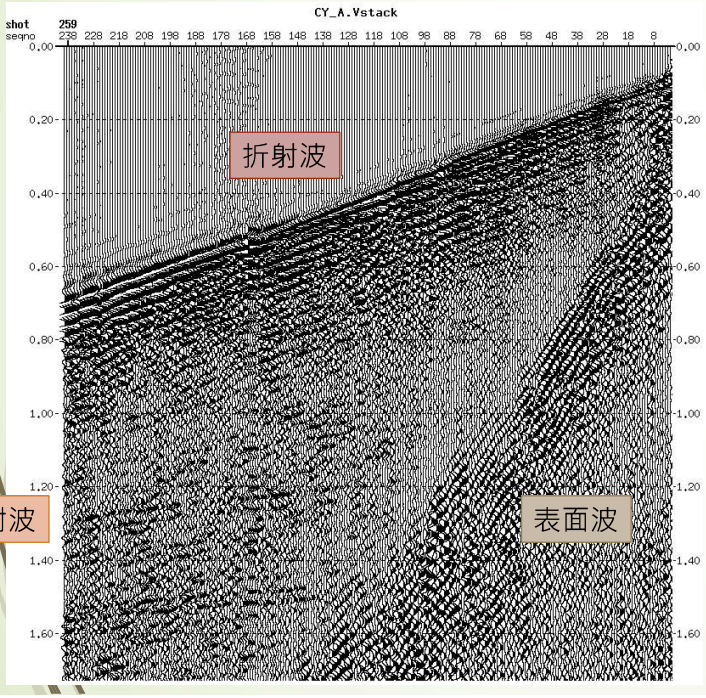
File Edit View

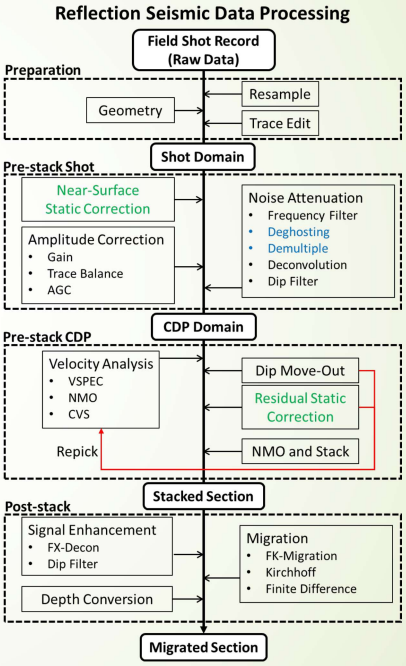
```
180 1 1238 1369441371.444360
180 1 1238 1369441721.472630
180 1 1238 1369441736.568650
180 1 1238 1369441751.680660
180 1 1238 1369441766.788670
180 1 1238 1369441781.900680
180 1 1238 1369441797.008700
180 1 1238 1369441812.120710
180 1 1238 1369441827.232720
180 1 1238 1369441842.340730
180 1 1238 1369441857.452740
180 1 1238 1369441872.564760
180 1 1238 1369441887.672770
180 1 1238 1369441902.784780
180 1 1238 1369441917.892790
180 1 1238 1369441933.004810
180 1 1238 1369441948.112820
179 1 1235 1369442044.340900
179 1 1235 1369442059.436910
179 1 1235 1369442074.544930
179 1 1235 1369442089.656940
179 1 1235 1369442104.768950
179 1 1235 1369442119.876970
179 1 1235 1369442134.988980
179 1 1235 1369442150.096990
179 1 1235 1369442165.209010
179 1 1235 1369442180.321020
179 1 1235 1369442195.429030
179 1 1235 1369442210.541050
179 1 1235 1369442225.653060
179 1 1235 1369442240.761070
179 1 1235 1369442255.861090
178 1 1232 1369442315.973140
```

3. 測站資料



資料處理與分析



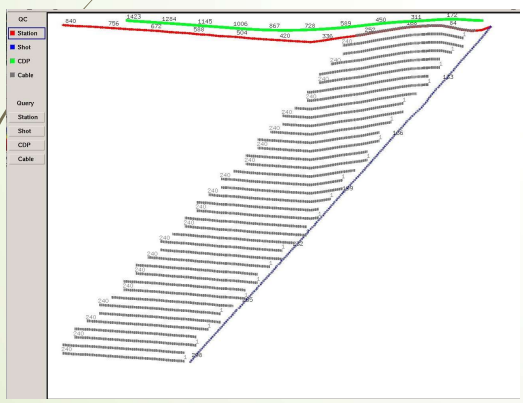


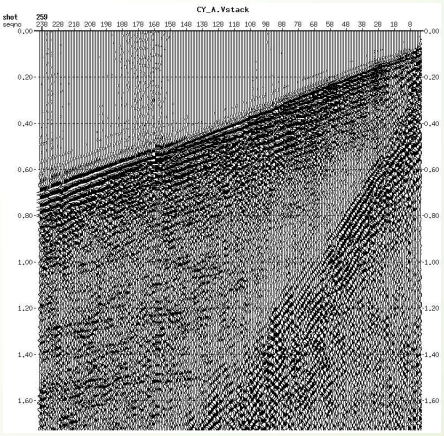
14

資料處理與分析

1. 野外紀錄
2. 震源時間
3. 測站資料

- 施測幾何
- 炸點剖面

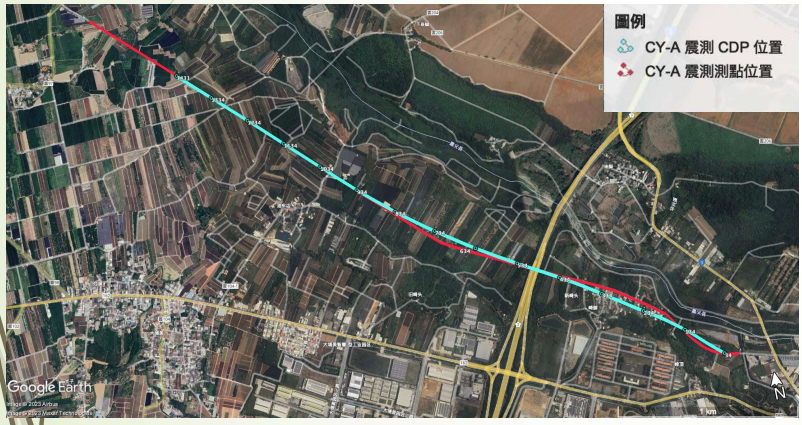


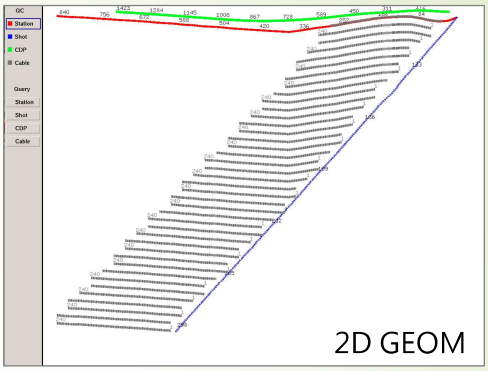


15

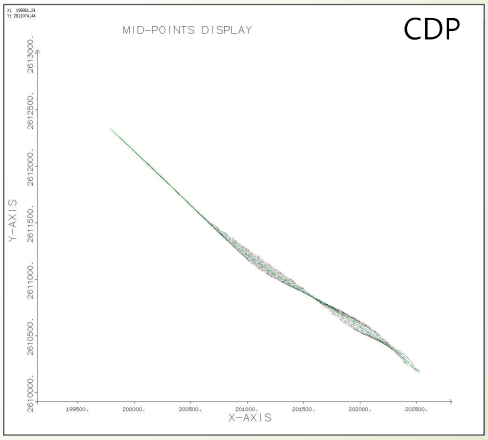
嘉義斷層測線
資料處理與分析

嘉義剖面長度約3.5公里





2D GEOM

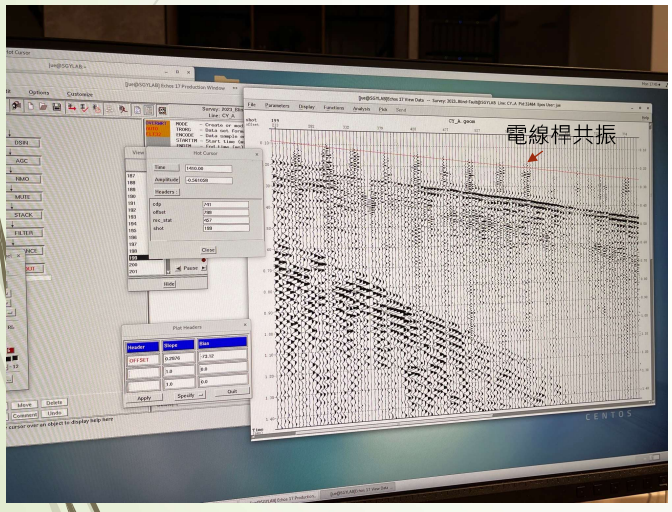


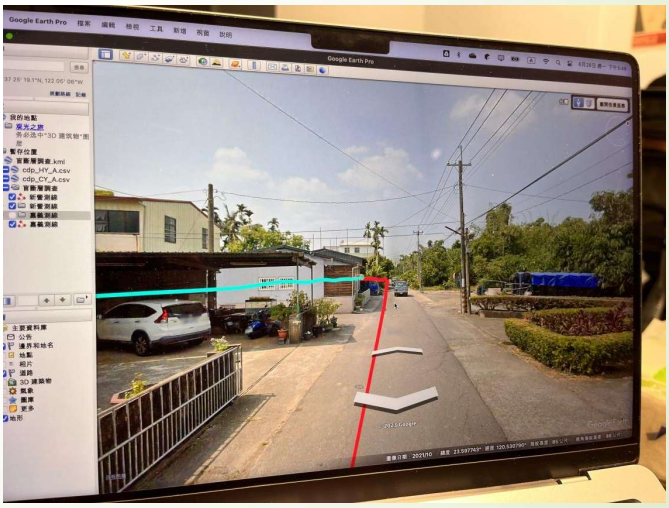
CDP

16

嘉義斷層測線
資料處理與分析

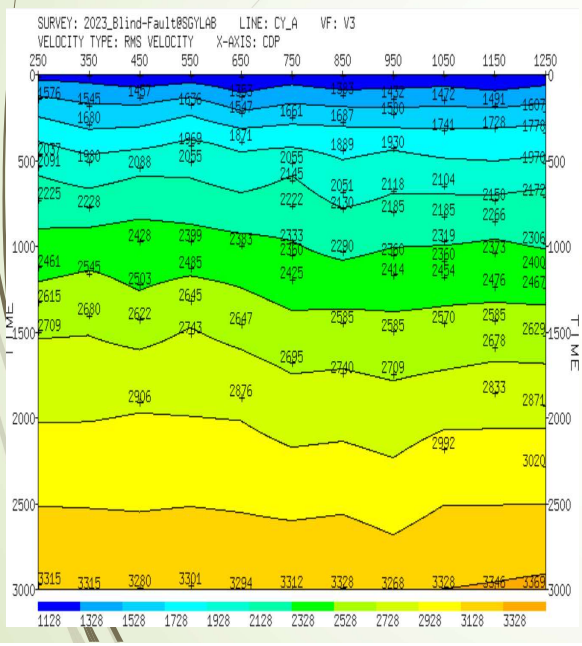
CY-A測線前段，接收器都有收到電線桿與震源共振的訊號，速度估算3,500m/s，而且重複出現，很規律跟電線間距相符（看街景圖）

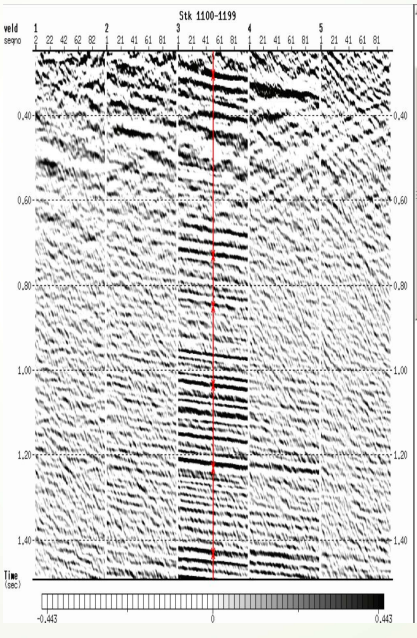


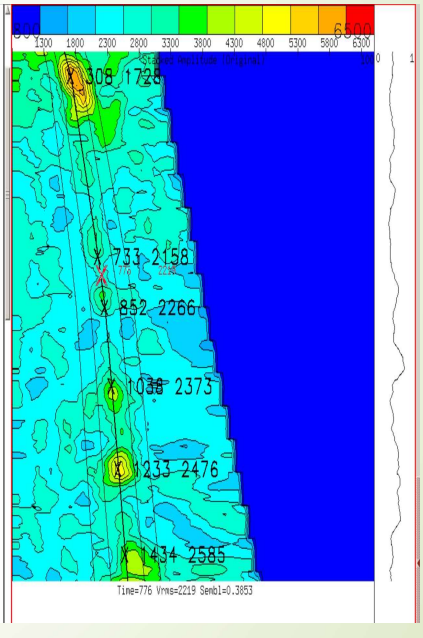


17

嘉義斷層測線
資料處理與分析







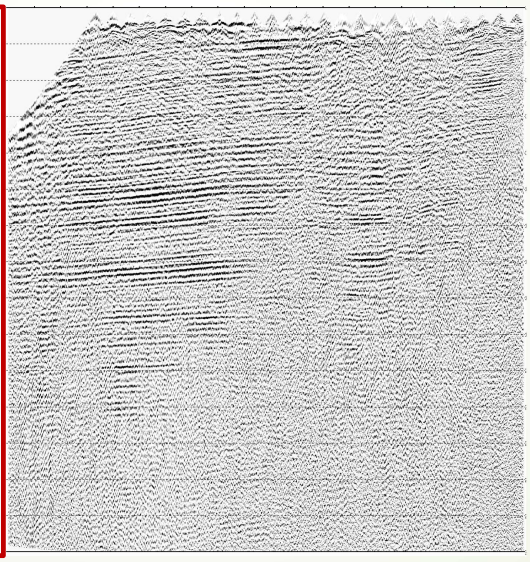
18

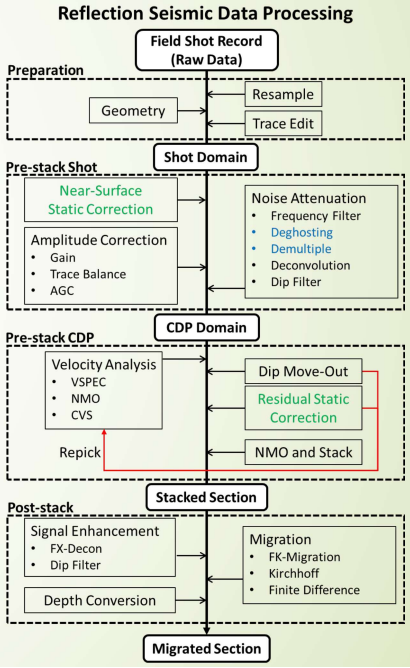
嘉義斷層測線處理結果比較

處理後剖面



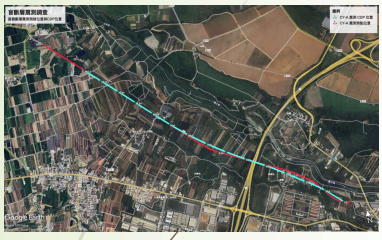
處理前剖面



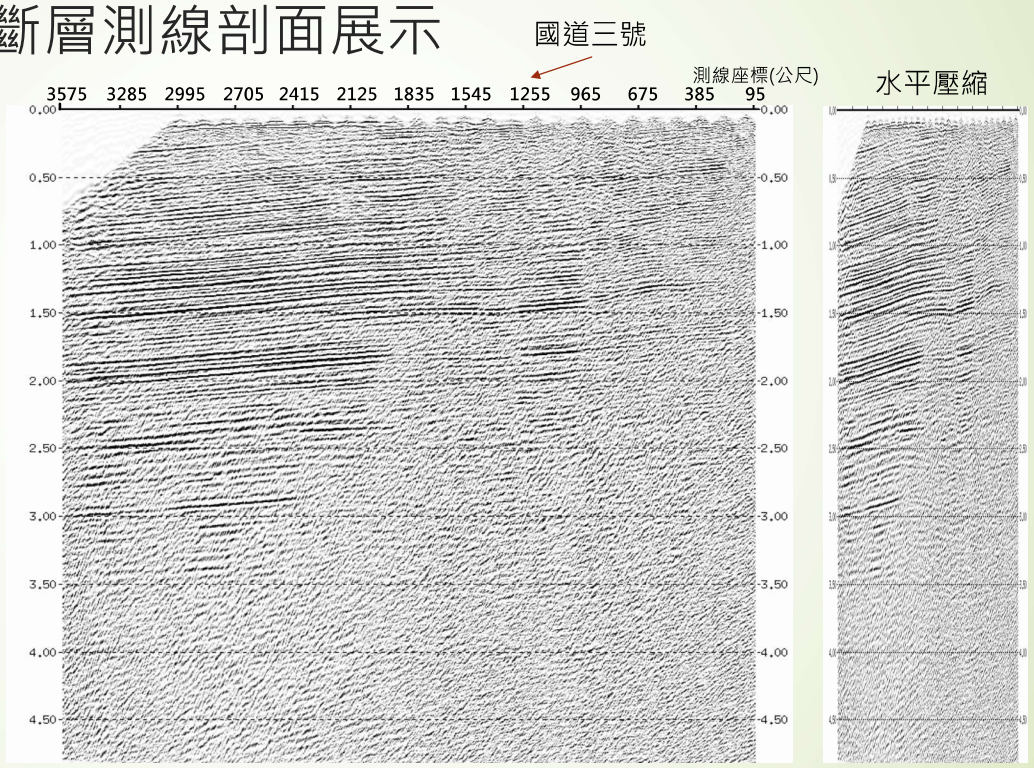


19

嘉義斷層測線剖面展示

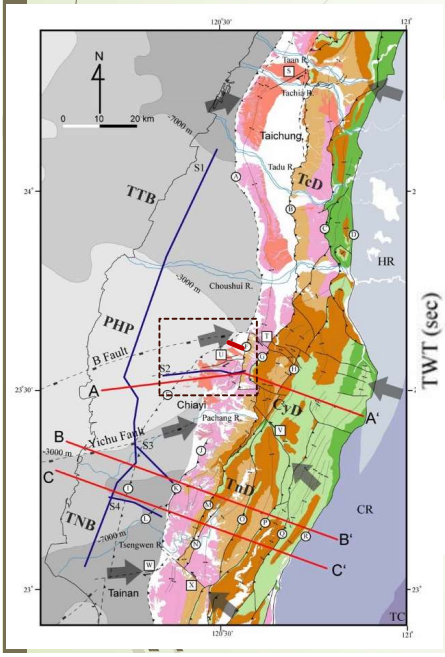


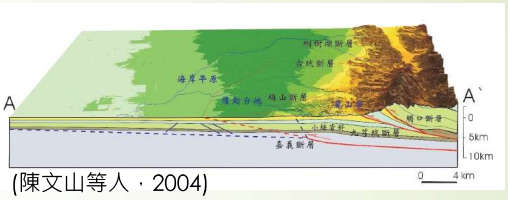
1. 反射訊號最深到 3.5公里。
2. 地層訊號向西傾斜，高速公路以東在村莊內，訊號品質不佳。



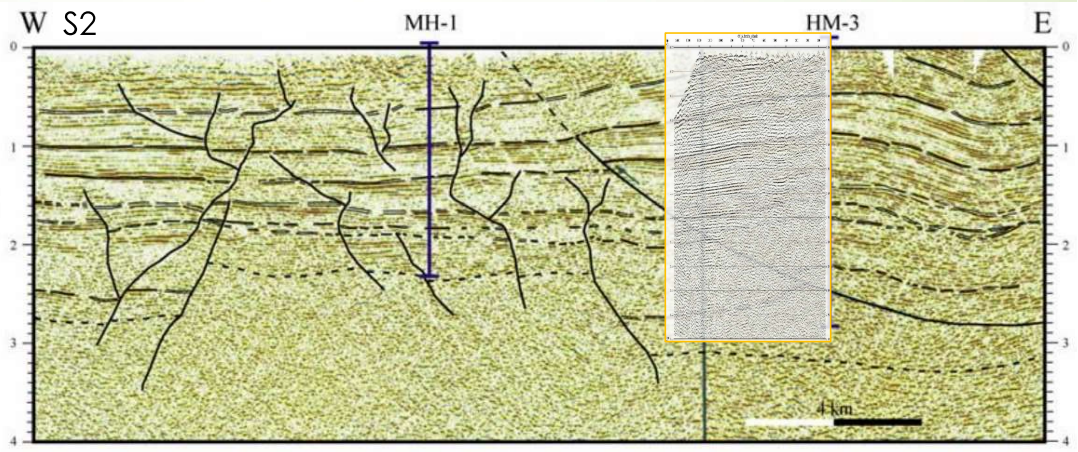
20

震測剖面比較





(陳文山等人，2004)

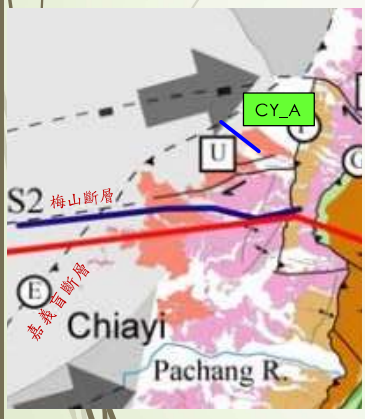


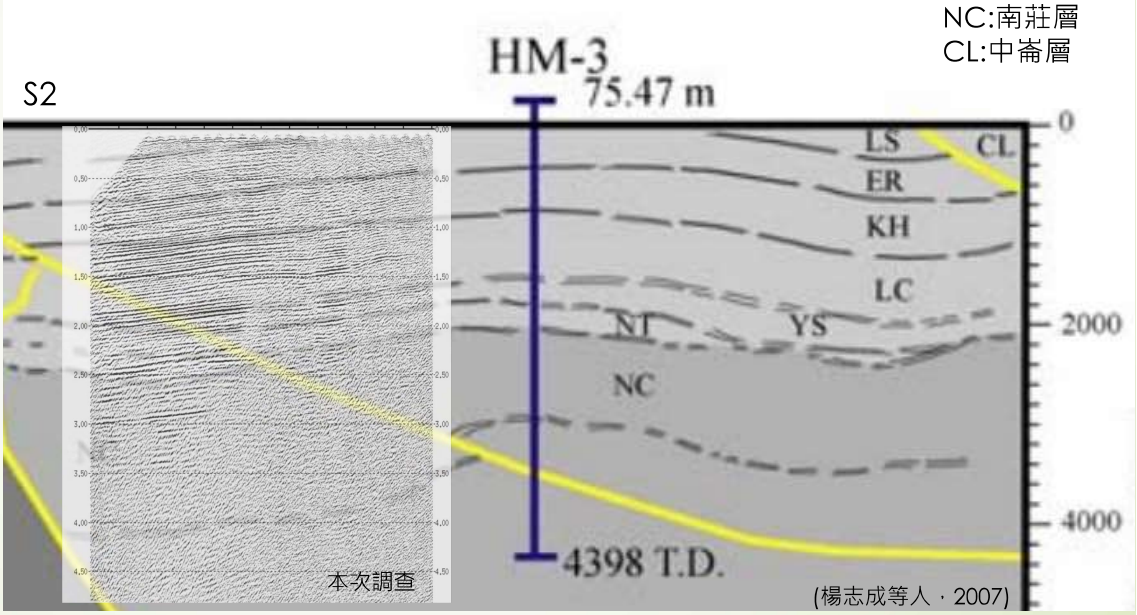
(楊志成等人，2007)

21

嘉義斷層測線深度剖面比對

LS: 六雙層
ER:二重溪層
KH:崁下寮層
LC:六重溪層
YS:濁水溪層
NT:鳥嘴層
NC:南莊層
CL:中崙層





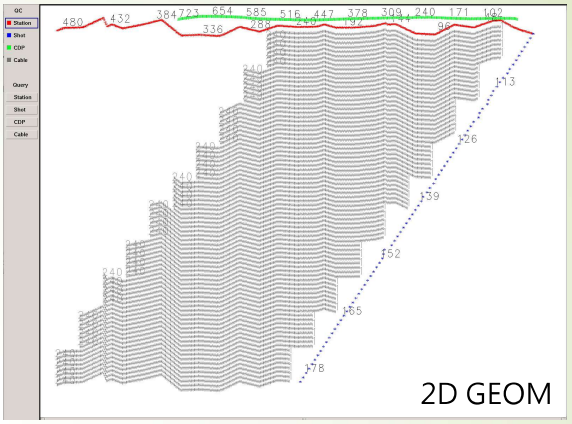
(楊志成等人，2007)

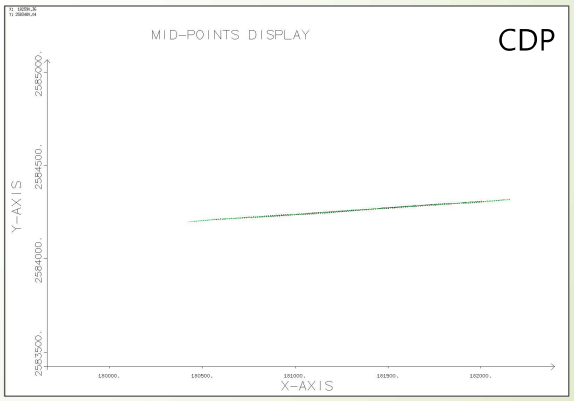
22

新營斷層測線
資料處理與分析

新營剖面長度約1.7公里

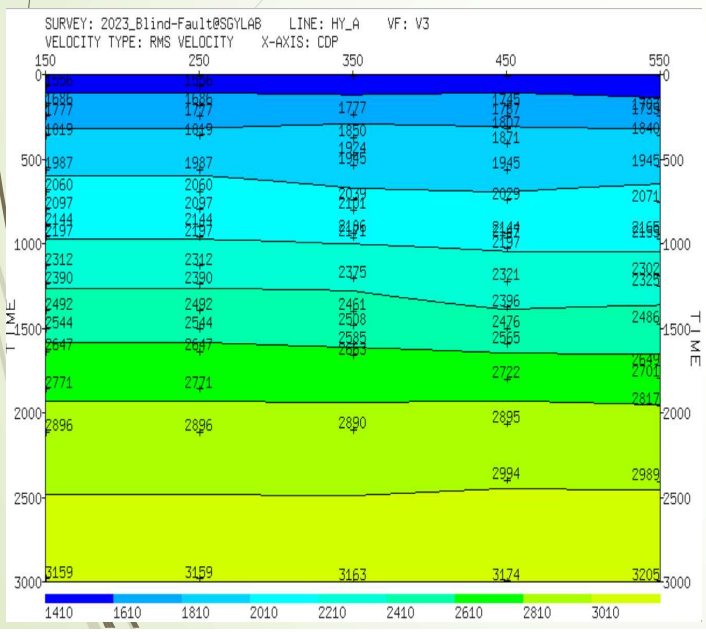


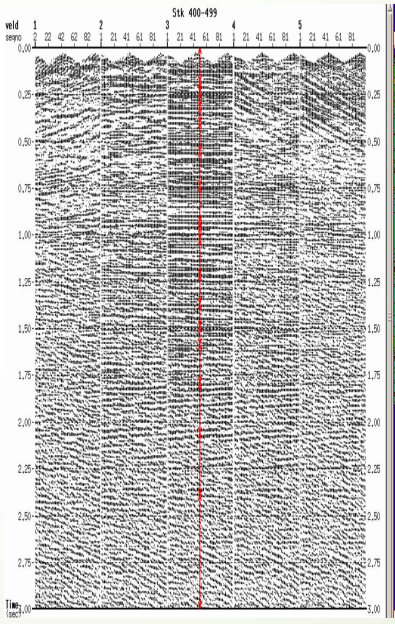


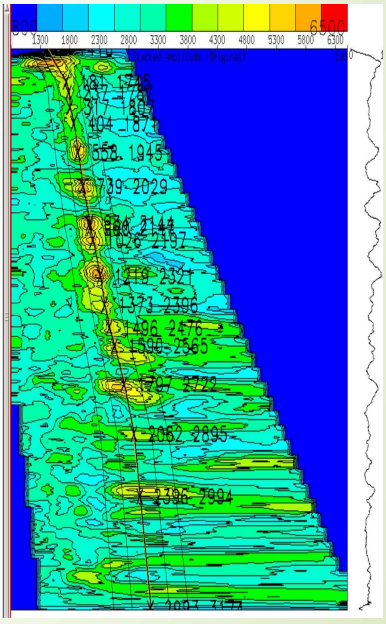


23

新營斷層測線
資料處理與分析



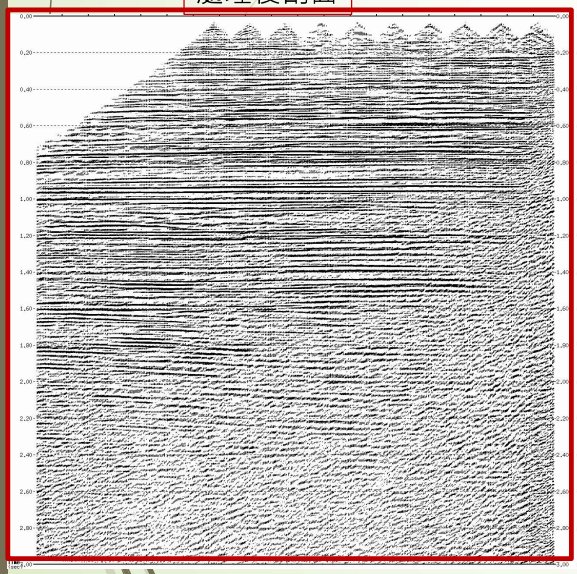




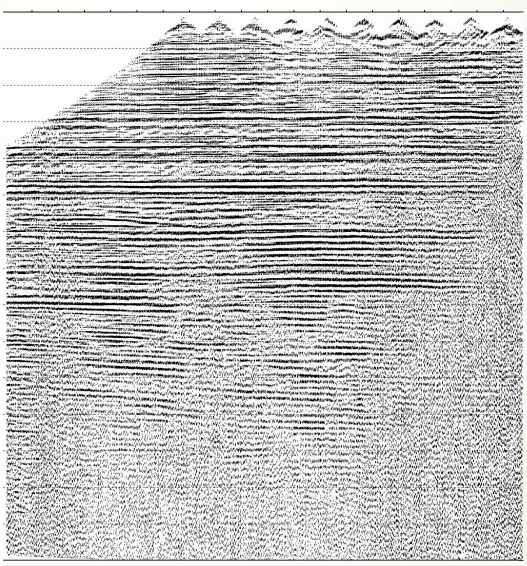
24

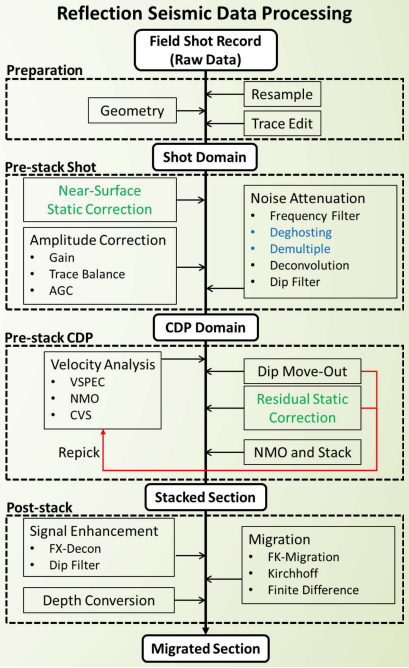
新營斷層測線
資料處理與分析

處理後剖面



處理前剖面



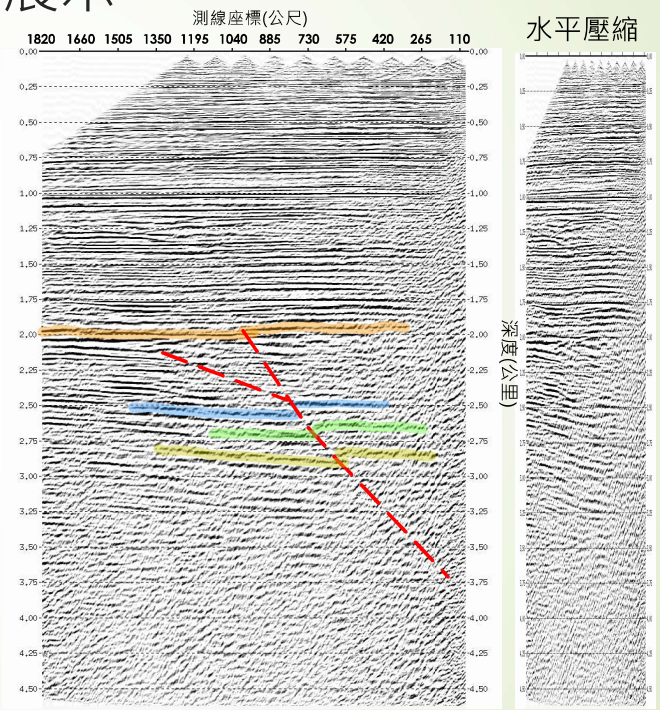


25

新營斷層測線剖面展示

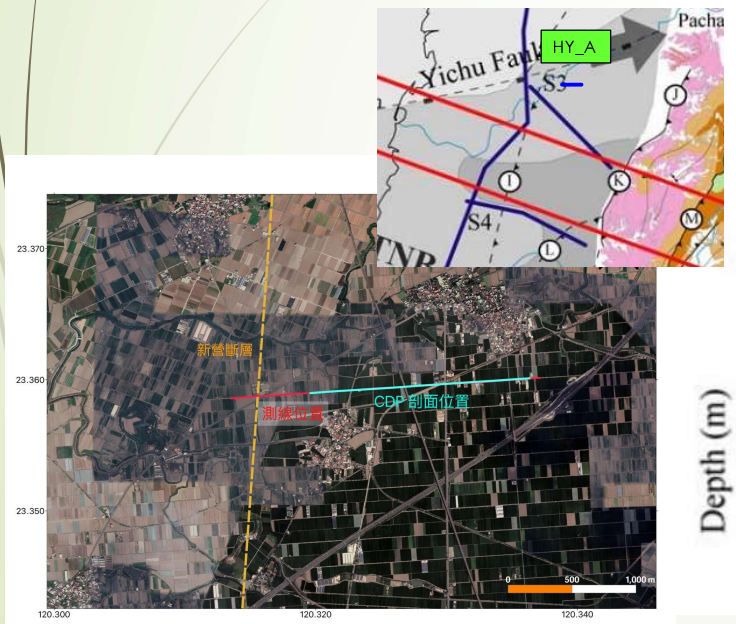


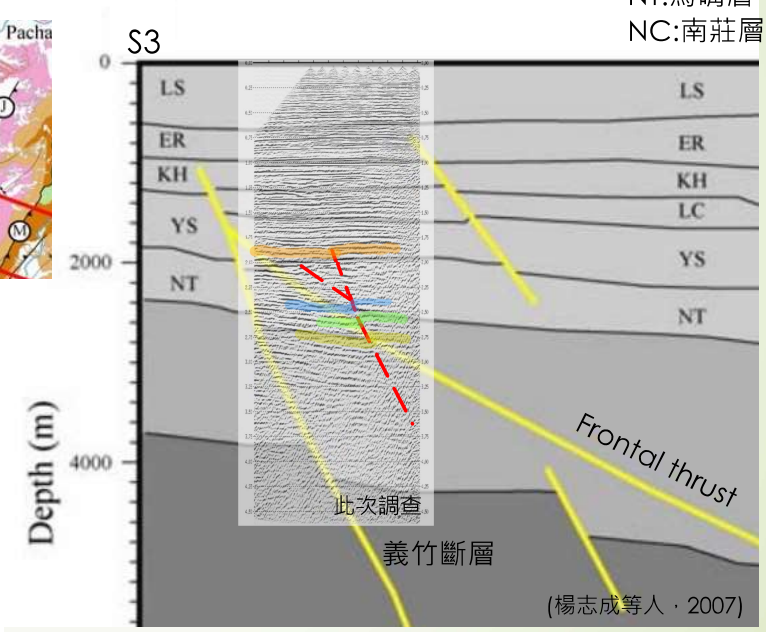
1. 反射訊號最深到 3.5公里。
2. 1公里以上地層未受到擾動，近水平。
3. 1.25至2公里訊號受到扭曲。
4. 斷層向東傾斜，傾角約60度。
5. 2公里以下地層，地層向東傾斜，斷層以西的傾角較陡，斷層以東的傾角較緩。



新營斷層測線深度剖面比對

LS: 六雙層
ER:二重溪層
KH:崁下寮層
LC:六重溪層
YS:濁水溪層
NT:鳥嘴層
NC:南莊層

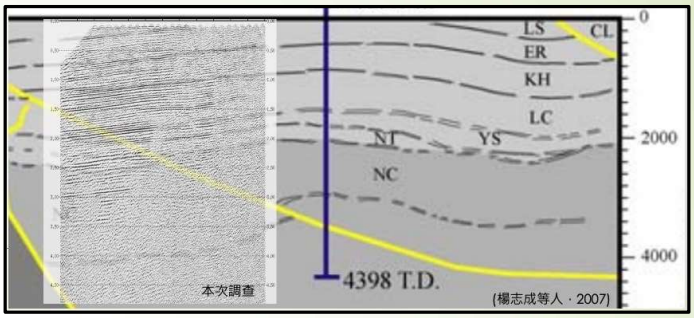


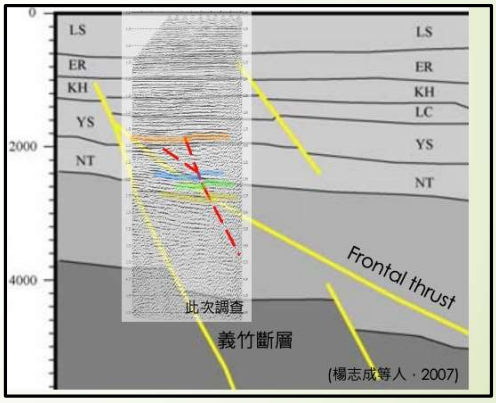


結論

雙震盪車震源與無線地耳之野外設備配置，在此兩區域可以探測深度達3.5公里，確實可以用來探測深部地下斷層構造。

- 嘉義斷層的調查結果
  - 地層受到褶皺作用影響，向西北傾斜，傾角約 7.9 度。
  - 前人研究中地層錯斷發生在崁下寮層(KH)、六重溪層(LC)、濁水溪層(YS)與南莊層(NC)的反射介面上，在本測線中並未發現斷層錯斷。
- 新營斷層的調查結果
  - 深度 2 公里以上未受到斷層活動影響。
  - 淺部地層訊號連續性良好，在座標 1100 公尺以東，層面呈水平分布，座標 1100 公尺以西的層面些微向西傾斜，傾角約 2.5 度。
  - 2 公里以下的地層明顯受到擾動，推測可能有斷層錯動的現象，斷層的傾角約為 60 度向東傾。
  - 斷層影響產生的剪裂帶在深度 2 公里至 2.5 公里之間 (濁水溪層(YS)與鳥嘴層(NT))，測線座標 1000 至 1350 公尺之間，剪裂帶反射訊號連續性差，並產生明顯的散射波訊號。





謝謝聆聽，敬請指教！

委員意見內容回覆表

委員意見	回覆內容
1. 本案嘗試利用反射震測法調查到地下 3 公里，方法可行。	感謝委員認可與肯定本計畫執行成果。
2. 嘉義斷層如果有，可能會在更西邊或更東邊。	感謝委員建議，根據本研究成果，若有構造線，可能需再往更西邊才機會有探測到褶皺軸。
3. 新營斷層尖端位於地下 2 公里以上，沒有截切年輕的地層，濫水溪層或鳥嘴層以下才有被斷層擾動。	感謝委員建議，根據本研究剖面之結果，構造活動確實沒有影響到年輕地層的跡象。
4. 若要更確切地了解地下構造三維幾何形貌，需要更多且更長的二維震測剖面建構，本案規模顯有不足。建議未來可研擬都會區地下構造探查，藉以了解地下構造的位置與幾何形貌。	感謝委員意見，已補充說明未來探勘工作的可能性評估，除了針對地質構造調查外，另外也能應用於二氧化碳封存等環境永續議題之應用，內容詳述於成果報告書第六章。
5. 請說明本案測線位置選擇的理由，再敘明資料分析結果。	感謝委員提醒，已補充說明測線位置選擇之理由，內容詳述於第二章第五節。
6. 報告書第一章諸論部分，建議對各”潛在”斷層描述的地質圖，除引 用外，請彙整其他調查資料至五萬分之一的地質圖中。	感謝委員建議，本研究盡量蒐集可能之構造與斷層的相關文獻，唯潛在構造為主體之研究並不豐富，未來希望國家能投入更多資源，讓產官學界一同調查清楚，除提升產業發展，更能保障人民生命財產安全。
7. 除震測資料外，過去地下地質相關的研究資料，如鑽探等，建議應一併考量。	感謝委員意見，目前已收集研究區域的文獻已震測為主，部分文獻有是當引用鄰近鑽僅資料，本計畫亦參考前人研究之地層對比結果，以協助解釋工作。
8. 請標出圖 2.16、2.17、3.19、4.18、5.2、5.3 在圖 1.20 和 1.24 中的位置。	感謝委員意見，已根據意見修改成果報告書。
9. 圖 1.15 和圖 1.17 完全相同可整併。	感謝委員意見，已根據意見修改成果報告書。
10. 請釐清圖 1.4、1.8、1.12 及	感謝委員意見，已根據意見修改成果

1.15 中紅線所代表的地質意義。	報告書。
11. 第 26~27 頁引用文獻(Yang et al., 1996; 1997)是描述臺灣西北部的構造，和西南部的構造無關，不宜引用。	感謝委員意見，已根據意見修改成果報告書。
12. 報告書中部分引用文獻並未列入參考文獻目錄中。	感謝委員意見，已根據意見修改成果報告書。
13. 針對本計畫目前調查成果，應提出對後續研究建議，供承辦單位參考。	感謝委員意見，已針對未來計畫方向進行討論，內容詳述於成果報告書第六章。
14. 若深部地層有受擾動而淺部地層未受擾動，應考量擾動或變形之時間，以推斷此構造之活動性。	感謝委員意見，資料解釋並對比文獻結果，可以約略推測擾動最淺的深度，以及可能對應的地層年代，內容補充敘述至第五章。
15. 依本計畫所得結果，是否可結論嘉義與新營斷層並不存在，或是會在更西邊或更東邊?	感謝委員意見，本計畫所探查的範圍之中，有發現褶皺等構造活動的現象構造活動敘述已補充敘述於第五章。。
16. 本計畫所完成的震測剖面品質相當好，並無主要往東傾斷層存在的現象，且淺部亦無明顯斷層存在。	感謝委員意見，構造活動敘述已補充敘述於第五章。
17. 圖 4.17 移位前和移位後的震測成像，相對於圖 4.18 斷層位置的區 域仍有些差異，故圖 4.18 採用移位前之剖面做斷層解釋是否得當宜 加以討論。	感謝委員意見，已根據內容補充位移後的震測剖面於第三章與第四章。
18. 圖 4.18 所解釋的斷層位於圖 1.6 新營斷層前緣的 trishear zone 之內，請討論這兩者的關聯性以及新營斷層的活動性。	感謝委員意見，關於新營斷層剖面中，構造活動的內容，已補充說明於第三章與第五章。
19. 新營斷層難以在震測剖面中顯現，報告中的斷層有檢討空間。	感謝委員意見，關於新營斷層剖面中，構造活動內容，已補充說明於第三章與第五章。
20. 嘉義盲斷層，主要落差位置應在南側，請綜整地質資料加入報告中。	感謝委員意見，已根據意見補充說明於第五章第一節。

附錄 E

2023 年 12 月 6 日教育訓練簽到表

2023 年 12 月 6 日教育訓練照片

經濟部地質調查及礦業管理中心
112 年度「112-113 斷層地下構造探查 (1/2)」勞務採購案
教育訓練出（列）席人員簽名單

主辦單位：區域地質組

時間	112 年 12 月 6 日（星期三）下午 2 時 30 分	地點	本所 5 樓會議室
主持人	石同生	紀錄	葉創雲
經濟部中央地質調查所			
梁勝雄	黃奇嘉		
李均合	林楊閔		
張恩維	鄭以仁		
國立臺灣大學			
許陳鵬			


反射震測法的原理與應用
震測與VSP


反射震測法的原理與應用
震測與VSP


大綱
• 震波測勘法簡介.....儀器、野外工作 P3
• CDP簡介.....反射震測核心概念 P13
• 反射震測資料處理.....從原始資料到震測剖面 P24
• 3D到4D 震測.....地球物理監測 P61
• VSP.....井下震測到光纖震測 P79


陸域反射震測野外作業
撞擊式震源
中油 Sercel 重型震源震源車
Mini-Vibrator