經濟部

計畫編號：B11026

110—111 年活動斷層地下地質探查（1/2）

成果報告書

（定稿本）

計畫主持人：童煜翔

協同主持人：顏呈仰、尤芊翔

研究員：謝承恩、李旺儒、邱子軒

計畫期程：中華民國 110 年 3 月至 110 年 12 月

中華民國 110 年 12 月

（本報告內容為階段性之區域地質調查成果，內容包括依據現階段資料之假設與推論，參考時請注意相關基本條件及其限制）

計畫編號：B11026

110—111年活動斷層地下地質探查（1/2）

成果報告書
（定稿本）

全程計畫：自 110 年 3 月至 111 年 12 月止
本年度計畫：自 110 年 3 月至 110 年 12 月止

計畫主持人：童煜翔
協同計畫主持人：顏呈仰、尤芊翔
研究員：謝承恩、李旺儒、邱子軒
執行單位：黎明工程顧問股份有限公司

中 華 民 國 110 年 12 月

（本報告內容為階段性之區域地質調查成果，內容包括依據現階段資料之假設與推論，參考時請注意相關基本條件及其限制）

目錄

目錄.....I
表目錄.....III
圖目錄.....IV
摘要.....VIII
Abstract.....IX
一、計畫概述.....1
(一)計畫背景.....1
(二)計畫目的.....1
二、計畫內容.....3
(一)工作項目.....3
(二)工作方法與步驟.....4
(三)工作完成數量.....8
三、小崗山斷層調查成果.....11
(一)基本資料及過去研究.....11
(二)地表地質調查成果.....20
(三)地質鑽探成果.....26
(四)C-14 定年成果.....31
(五)地下地質探查成果討論.....32
(六)活動斷層參數蒐集與更新.....38
四、車瓜林斷層調查成果.....40
(一)基本資料及過去研究.....40

(二)地表地質調查成果 48
(三)地質鑽探成果 54
(四)C-14 定年成果 58
(五)地下地質探查成果討論 59
(六)活動斷層參數蒐集與更新 64
五、口宵里斷層調查成果 65
(一)基本資料及過去研究 65
(二)地表地質調查成果 73
(三)地質鑽探成果 79
(四)C-14 定年成果 85
(五)地下地質探查成果討論 85
(六)活動斷層參數蒐集與更新 90
六、玉里斷層調查成果 92
(一)基本資料及過去研究 92
(二)淺層震測探查成果 103
(三)地下地質探查成果討論 109
(四)活動斷層參數蒐集與更新 111
七、結論 112
八、參考文獻 113

附錄

附錄一、岩心柱狀圖
附錄二、岩心照片
附錄三、C-14 定年報告
附錄四、口宵里斷層地質敏感區劃定草案

表目錄

表 2-1　本計年度畫標的斷層主要工作項目及說明 3
表 2-2　本計畫年度成果繳交項目 4
表 2-3　本計畫年度鑽探深度及編號表 8
表 2-4　本計畫 C-14 定年標本編號及定年成果 9
表 2-5　本計畫年度測線 21P-YLI-SM01 施測幾何參數 10
表 3-1　小崗山斷層參數表 38
表 4-1　車瓜林斷層鄰近區域地層比對表 41
表 4-2　燕巢、橋頭地區鑽探資料彙整表 46
表 4-3　車瓜林斷層參數表 64
表 5-1　口宵里斷層參數表 90
表 6-1　玉里斷層主要特性表 103
表 6-2　玉里三民車站測線（21P-YLI-SM01）施測幾何參數 106
表 6-3　玉里斷層參數表 111

圖目錄

圖 1-1　本計畫年度標的斷層位置分布圖 2
圖 2-1　本計畫年度工作流程示意圖 7
圖 3-1　小崗山斷層條帶地質圖 13
圖 3-2　小崗山斷層及沿線附近構造地形分析及判釋成果 14
圖 3-3　地球物理與地質鑽探調查位置分布圖 16
圖 3-4　小崗山斷層淺層震測剖面 17
圖 3-5　鑽井地質剖面(地層對比與沉積環境) 17
圖 3-6　大崗山東側之小崗山斷層地質剖面圖 18
圖 3-7　小崗山線形附近精密水準測量結果 19
圖 3-8　各井的平均抬升速率 19
圖 3-9　小崗山斷層於再興至大埔地區地形陰影及調查位置圖 22
圖 3-10　調查點 1，再興地區產業道路地形崖，鄰近小崗山斷層 23
圖 3-11　調查點 2，田厝地區田厝一路地形崖，鄰近小崗山斷層 23
圖 3-12　調查點 3，田厝地區產業道路地形崖，鄰近小崗山斷層 24
圖 3-13　調查點 4，大埔地區大埔一路地形崖，鄰近小崗山斷層 24
圖 3-14　小崗山斷層於大庄地區地形陰影及調查位置圖 25
圖 3-15　調查點 5，小崗山 4A 井東側地形崖(地調所，2020) 26
圖 3-16　本計畫於小崗山斷層沿線鑽探井位分布(1/2) 27
圖 3-17　本計畫於小崗山斷層沿線鑽探井位分布(2/2) 27
圖 3-18　小崗山 P1 地質剖面 34
圖 3-19　小崗山 P2 地質剖面 37

圖 4-1　車瓜林斷層鄰近區域平面地質圖 42
圖 4-2　車瓜林斷層鄰近區域地形與水系分布圖 43
圖 4-3　車瓜林斷層與旗山斷層之地下構造剖面示意圖 46
圖 4-4　燕巢平原區推測地質剖面 F-F' 46
圖 4-5　燕巢地區平原區鑽探井錄 47
圖 4-6　車瓜林斷層內門地區地形陰影及調查位置圖 49
圖 4-7　調查點 1，內門 121 鄉道東側，斷層地形崖 50
圖 4-8　調查點 2，內門 121 鄉道東側，斷層地形崖 50
圖 4-9　調查點 3，內門台 3 線西側二仁溪旁，斷層地形崖 51
圖 4-10　車瓜林斷層燕巢地區地形陰影及調查位置圖 52
圖 4-11　調查點 4，燕巢中鋼構北側地形崖，鄰近車瓜林斷層 53
圖 4-12　調查點 5，燕巢角宿路北側產業道路地形崖，鄰近車瓜林斷層 .53
圖 4-13　本計畫於車瓜林斷層沿線鑽探井位分布(1/2)..... 54
圖 4-14　本計畫於車瓜林斷層沿線鑽探井位分布(2/2)..... 54
圖 4-15　車瓜林 P1 地質剖面 61
圖 4-16　車瓜林 P2 地質剖面 63
圖 5-1　口宵里斷層分布圖..... 65
圖 5-2　口宵里斷層沿線區域地形圖 67
圖 5-3　口宵里斷層沿線區域地質圖 70
圖 5-4　口宵里斷層區域地質剖面圖 71
圖 5-5　劉陳灣地區之口宵里斷層地質露頭剖面 71
圖 5-6　口宵里斷層北端地質平面與剖面圖(曾文水庫蓄水區南岸)..... 72
圖 5-7　口宵里斷層曾文二號橋至照興地區地形陰影及調查位置圖 74

圖 5-8　調查點 1，曾庫公路西側，口宵里斷層上盤岩層 75
圖 5-9　調查點 2，興北曾庫公路西側地形崖，鄰近口宵里斷層 75
圖 5-10　調查點 3，照興北側，174 縣道旁產業道路，斷層地形崖 76
圖 5-11　調查點 4，照興北側，174 縣道旁產業道路，口宵里斷層下盤岩層 77
圖 5-12　調查點 5，照興 174 縣道旁產業道路，口宵里斷層地形崖 77
圖 5-13　調查點 6，照興 174 縣道旁，靠近興利商號，口宵里斷層上盤岩層 78
圖 5-14　調查點 7，照豐產業道路旁，口宵里斷層線鄰近露頭 78
圖 5-15　本計畫於口宵里斷層沿線鑽探井位分布(1/3)..... 79
圖 5-16　本計畫於口宵里斷層沿線鑽探井位分布(2/3)..... 80
圖 5-17　本計畫於口宵里斷層沿線鑽探井位分布(3/3)..... 80
圖 5-18　口宵里 P1 地質剖面 87
圖 5-19　口宵里 P2 地質剖面 88
圖 5-20　口宵里 P3 地質剖面 90
圖 6-1　玉里斷層斷層條帶地質圖 92
圖 6-2　玉里斷層區域地質圖..... 94
圖 6-3　過去地質鑽探及地球物理測線分布圖 96
圖 6-4　玉里 1 號、2 號鑽井地層柱狀圖 97
圖 6-5　玉里斷層北端反射震測探勘結果 99
圖 6-6　玉里斷層北側測線（15P-YLI-E1P）移位後深度剖面 99
圖 6-7　玉里斷層南測測線（15P-YLI-F2P）移位後深度剖面 100
圖 6-8　玉里研究區域初判之電性地層不連續帶線跡 101

圖 6-9　玉里斷層客城、長良、崙天-秀巒與萬朝測區位置圖 102
圖 6-10　本計畫測線位置與玉里斷層條帶地質圖 104
圖 6-11　測線位置與推測斷層位置分布正射影像 105
圖 6-12　測線 21P-YLI-SM01 現地施測幾何 105
圖 6-13　測線（21P-YLI-SM01）移位前（左圖）與位移後（右圖）雙程走時剖面 107
圖 6-14　測線（21P-YLI-SM01）速度模型（左圖）與移位後雙程走時剖面（右圖） 108
圖 6-15　測線（21P-YLI-SM01）震測剖面與速度模型疊圖 109
圖 6-16　測線（21P-YLI-SM01）移位後雙程走時剖面與解釋 110

摘要

本計畫目的為對小崗山斷層、車瓜林斷層、口宵里斷層、玉里斷層進行地質調查工作，工作期程自民國 110 年 3 月 24 日至 110 年 12 月 31 日止。

工作項目依序為蒐集前人資料，藉由地形判釋及地表地質調查後，分析斷層可能的分布位置作為調查選址之參考，依此規劃鑽探及地球物理探勘作業。地質鑽探調查部分，完成小崗山斷層 4 孔、車瓜林斷層 5 孔、口宵里斷層 6 孔，共計 15 孔地質鑽探工作，總鑽探長度共計 1,300 公尺，並完成 20 組碳十四定年作業，產製 7 條地質構造剖面。另針對玉里斷層進行總長 1,100 公尺之地球物理探測作業，並產製 1 條淺層震測剖面。

另外，本計畫針對口宵里斷層蒐集過去整體調查資料，完成口宵里斷層的地質環境、斷層性質、斷層參考點位置後，納入本計畫的斷層調查成果及地質剖面，繪製斷層跡分布圖及地質敏感區範圍圖，綜合所有成果編寫「活動斷層地質敏感區(口宵里斷層)劃定草案」。

關鍵詞：活動斷層、斷層特性、活動斷層地質敏感區、小崗山斷層、車瓜林斷層、口宵里斷層、玉里斷層、

The underground geological survey of active faults (1/2), 2021-2022

Abstract

This project provides the fault characteristics of the active faults, located in southwestern Taiwan which are Hsiaokangshan Fault, Chekualin Fault and Kouhsiaoli Fault. In addition, seismic profile survey of the active Yuli Fault in eastern Taiwan is documented in the project. The complement of geological investigation schedule of this project was held in Mar.24th , and ended in Dec.31st, 2021.

The investigation procedure of this project can be divided into several parts: (1)previous research data collection; (2)topography analysis; (3)surface geological survey. According to the documentation and investigation mentioned, deciding the possible site where located the active fault traces of target faults to do the geophysical exploration and drilling survey.

The drilling survey in this project has done 1,300-meter-long depth amount 4 boreholes of Hsiaokangshan Fault; 5 boreholes of Chekualin Fault; 6 boreholes of Kouhsiaoli Fault. There are also 20 sets of C-14 dating results selected in this project. An 1,100-meter-long reflection seismic profile in the eastern Taiwan presents the subsurface structure distribution of Yuli fault. Based on the documented data sets, total 7 geological profiles and several possible active fault traces are delineated in order to reveal the geological setting and fault characteristics of the 4 faults mention before.

The Active Fault Geological Sensitive Area of Kouhsiaolo Fault is delineated in this project. It is used the previous research results, borehole data sets, geophysical explorations and other topography analysis results. Therefore, the suggested fault traces, active fault geological sensitive area are plotted in the Active Fault Geological Sensitive Area of Kouhsiaoli Active Fault Delineation draft.

Key words: active faults, fault characteristics, geological sensitive area of active fault, Hsiaokangshan Fault, Chekualin Fault, Kouhsiaoli Fault, Yuli Fault

一、計畫概述

(一)計畫背景

臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊的碰撞帶，地震頻繁，引致本島斷層活動造成地表破裂、建築物倒塌與土壤液化等災情，往往造成嚴重傷亡與災損。經濟部中央地質調查所則依地質法規範，陸續進行活動斷層地質敏感區的劃定與公告，提供活動斷層相關的地質資訊，作為國土規劃、土地開發以及災害防治的參考。目前中央地質調查所已劃定與公告共 19 處活動斷層地質敏感區。

然而，現階段尚未劃定地質敏感區的活動斷層，大多受限於位置精度、參考點不足或缺乏活動性證據等原因，需進一步提升斷層位置精度或尋找可定年的材料判釋活動性。

此外，因近年來學界持續發現有活動證據的斷層，但足以判定斷層位置的控制點仍屬不足，導致整體斷層跡無法有效追縱，因而無法公告為活動斷層及劃設地質敏感區；已劃設為地質敏感區的斷層，因有部分區域之斷層跡尚缺乏可靠的控制點，而未能劃入地質敏感區範圍內，本計畫即針對上述斷層缺乏之參數資訊為目的，進行相關之地下地質探查。

(二)計畫目的

本案分 2 年調查活動斷層，第 1 年（110 年）鑽探為小崗山斷層、車瓜林斷層、口宵里斷層為優先，或中央地質調查所另指定其他斷層為次之；地球物理探勘以玉里斷層為優先（其他斷層次之），以作為次年度鑽探選址的參考(圖 1-1)。第 2 年（111 年）以利吉斷層、玉里斷層、初鄉斷層以及上一年度（110 年）尚需再補充調查的斷層為優先，或由中央地質調查所另指定其他斷層次之。

本計畫將針對本年度 4 條標的斷層(口宵里斷層、車瓜林斷層、小崗山斷層和玉里斷層)，對於位置精度不足或缺乏活動性證據部分列為調查的標的；藉由全取樣地質鑽探、地球物理探測以及 C-14 定年等方法，確認斷層跡位置與活動性。

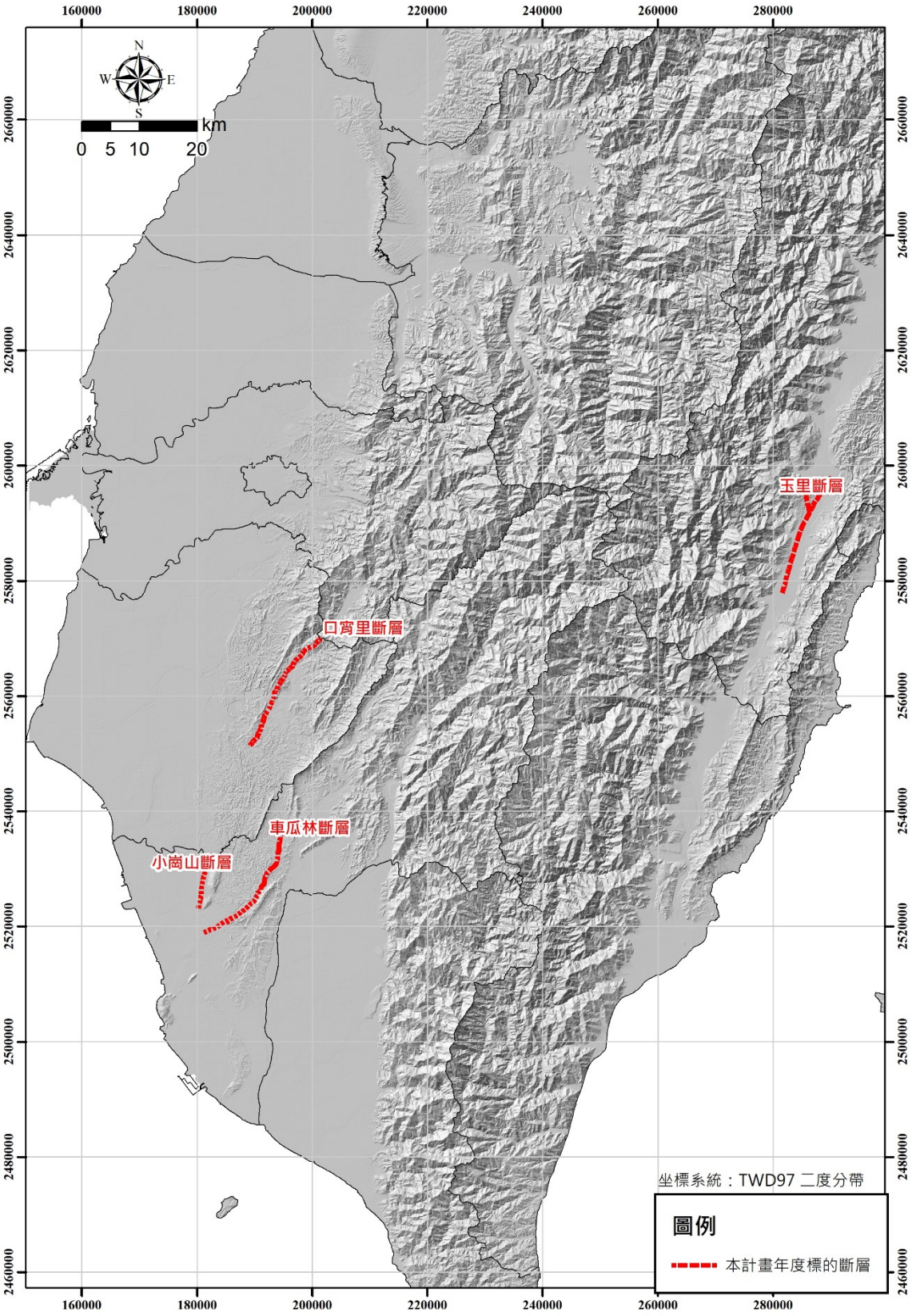


圖 1-1　本計畫年度標的斷層位置分布圖

Fig 1-1　Investigated active faults of this project

二、計畫內容

(一)工作項目

本計畫年度標的斷層為口宵里斷層、車瓜林斷層、小崗山斷層(臺灣本島西南部)及玉里斷層(臺灣本島東部),藉由全取樣地質鑽探調查、地球物理探查、C-14 採樣定年等資料，並同時彙整該區域可靠之工程鑽井或是露頭調查成果，依契約數量繪製各斷層之地質剖面(小崗山斷層 2 組；車瓜林斷層 2 組；口宵里斷層 3 組)，並編寫地下地質構造探查報告(表 2-1、表 2-2)。

此外，活動斷層地質敏感區(口宵里斷層)劃定草案編撰部分，將彙整近代相關之國內外地質文獻資料、工程地質報告、大地測量報告等資訊，並搭配最新探查之成果繪製口宵里斷層斷層跡、活動斷層地質敏感區等，完整呈現口宵里斷層鄰近區域之地形、水系、區域地質概況、斷層構造特性、斷層活動性、可能影響範圍等重要參數供未來國土利用規劃參考。

表 2-1　本計年度畫標的斷層主要工作項目及說明

Table 2-1　Job description of investigated active fault of the project

項次	本年度標的斷層	主要工作項目與內容		備註
		內業工作內容	外業工作內容	
一	小崗山斷層	1.地質鑽探資料彙整與分析。 2.C-14 定年校正。 3.地質剖面繪製。 4.地下地質探查報告編撰。 5.鑽探成果以「露頭記錄及岩心記錄調查作業行動資訊系統」建置輸入「工程地質探勘資料庫」。 6.活動斷層地質敏感區(口宵里斷層)劃定草案編撰。	1.地表地質調查。 2.岩心紀錄(含岩性紀錄、岩層柱狀圖、岩心影像、微構造影像)。 3.C-14 定年採樣。 4.全取樣地質鑽探。	1.C-14 定年標本由地表地質調查、岩心取樣取得。 2.地質剖面依序為小崗山 P1、小崗山 P2、車瓜林 P1、車瓜林 P2、口宵里 P1、口宵里 P2、口宵里 P3 剖面。
二	車瓜林斷層			
三	口宵里斷層			
四	玉里斷層	地質與地球物理探查成果彙整分析。	地球物理探勘現地施測。	

表 2-2　本計畫年度成果繳交項目

Table 2-2　Hand in items of this project

編號	項目	單位	數量
1	地質鑽探岩心取樣	公尺	1,300
2	岩心拍照及紀錄分析	公尺	1,300
3	岩心箱放置塑膠棧板	組	20
4	C-14 定年	組	20
5	鑽探剖面繪製與分析	組	7
6	地球物理探勘(地電阻或震測)	公尺	1,100
7	地下地質探查報告	式	1
8	活動斷層地質敏感區（口宵里斷層）劃定草案	式	1
9	成果報告書	份	15
10	光碟片	份	8
11	岩心紀錄*	式	1
12	圖資繳交	式	1

*岩心紀錄包含中央地質調查所「露頭記錄及岩心記錄調查作業行動資訊系統」及「工程地質探勘資料庫」系統

(二)工作方法與步驟

本計畫將透過文獻資料蒐集、地表調查、鑽探、地球物理探勘、定年等方法，調查活動斷層位置與蒐集野外斷層活動性資料，並整合地形、地質與野外資料撰寫調查報告。主要工作項目為地下地質探查報告與活動斷層地質敏感區（口宵里斷層）劃定草案。說明如下：

1.文獻資料蒐集及地表地質調查

(1)文獻資料蒐集

本計畫蒐集中央地質調查所出版之五萬分之一地質圖、兩萬五千分之一條帶地質圖、中油十萬分之一地質圖及日治時代油田地質圖等相關地質圖及說明書，了解各活動斷層各參數及地質背景，為求取精確之活動斷層所在及可能受影響之構造地形所在位置，收集過往相關參考文獻，包括像片基本圖、高精度數值地形圖(請中央地質調

查所協助提供)、衛星影像、航空照片與臺灣寶圖古地圖等，並從這些相對應之地形圖及影像圖進行比較。

(2)地表地質調查

由數值地形模型(DEM 或 DSM)進行構造地形等活動構造判釋。構造地形特徵往往是由內營力和外營力共同作用而形成，斷層與構造亦會造成地面斷裂、錯移(offset)或撓曲等現象，常留下異於常態的地形特徵。搭配蒐集文獻資料，於活動斷層沿線附近詳加調查，以徒步方式針對地形判釋分析成果得之線形構造為調查重點，其次為線形構造兩側。搭配使用手持式 GPS 配合衛星定位資料，確認露頭位置，以了解活動斷層沿線地層分布與其位態之變化。

地表地質調查重點主要為計畫區域及周邊之地質狀況，調查項目包括各地層之分布及區分、岩性組成、地層位態變化、地表變形特徵、構造線形延伸性、斷層構造証跡等。藉由地表地質調查成果顯示，提出本計畫活動斷層地質鑽探及地球物理探測建議位置。

2.地質鑽探

(1)鑽探作業規劃

鑽探位置與每一剖面實際安排鑽井孔數、深度需經執行本計畫專業地質技師建議，並經貴所同意或現場指定，地質井鑽探深度以規劃深度及鑽探總長達 1,300 公尺為原則，必要時貴所得視鑽探位置地質條件與施工狀況增減鑽探深度及數量，地質井鑽探每孔最少為 50 公尺，最深 200 公尺長。本次地質鑽探調查，皆採垂直探查孔，並採全程取樣隨即由專業地質技師進行判釋。

(2)鑽探進尺

鑽探進尺全程以鋼纜（wire-line）HQ 岩心全程取樣，使用專用帶鋼絲繩的打撈器，通過孔內鑽桿中心孔將裝有岩心的孔底內管提至地面，獲得岩心，從而減少下鑽次數和昇降鑽具的輔助時間，提高了鑽進效率，並能維持取樣之品質，所取出之岩心試體亦能作為日後斷層剪切面位置之佐證資料。

(3)鑽探取樣

本計畫地質鑽探應全程取樣，岩心取樣方法則按照 ASTM D2113-

83 之規定辦理，每次所取樣品長度以不超過 2 公尺為原則。每次取出岩心後，記錄岩心取樣率。為避免混淆試體，將於岩樣外標示明晰之標籤，註明孔號、岩心箱箱號、樣號、深度及取樣日期。此外，鑽探取樣時將控制鑽機之鑽桿擺動、轉速及水量，以避免岩心因鑽頭過份幌動而破裂或因受磨損沖刷而無法取得。

地質鑽探取樣之岩心應按深度依序存放於岩心箱內，岩心下方均需墊以半圓型塑膠片，岩心缺失部分需以保麗龍填缺空位並書寫缺失深度，岩心箱應標示相關鑽探資訊，並於完工運送、儲藏時堆疊放置塑膠棧板上。

(4)岩心紀錄與分析

本計畫岩心取樣後，由專業地質技師進行判釋，詳細記錄本案地質井岩心，建立地層柱狀圖，以貴所「露頭記錄及岩心記錄調查作業行動資訊系統」建置，並輸入至貴所「工程地質探勘資料庫」系統。

3.地球物理探勘(淺層反射震測)：

反射震測法利用人工震源產生震波，經地下地層界面反射，返回地表，被受波器紀錄下來，分析震波紀錄，可以測繪地下構造，包括地層厚度、位態、斷層或褶皺等。

反射震測原理最主要的是「同中點疊加」(Common Depth Point, CDP)。震測儀器為多波道系統，一次震源引發可收到許多條震波紀錄。因為震波紀錄中的反射信號不強，容易受到雜訊干擾，為了加強反射信號，需沿著測線連續施炸，得到多次紀錄，再收集其中之「中點」周圍的多條震波紀錄，處理後疊加起來，強化此點下方的反射信號。沿著測線點，將疊加後的反射震波紀錄排起來，就是地下構造的影像。

4.C-14 定年分析

C-14 定年法(carbon-14 dating)，是利用自然存在的 C-14 同位素的放射性定年法，用以確定原先存活的動物和植物的年齡的一種方法，可測定早至五萬年前含碳有機物質的年代，若樣本年代超過此一限制則不適用於 C-14 定年法。對於考古學與晚第四紀地質研究來講，這是一個準確的定年法技術。

而放射性碳實驗報告所得出之年代(常規放射性碳年齡)並無法直接反映樣本的生成年代，由於現實環境中宇宙射線的通量並不是一個

恆定的值，因此每一個時期內大氣中的 C-14 含量並不固定，因此要讓測定年代能準確的對應到樣本的可能生成年代，必須對測定年代使用校準曲線進行校準，以推測其可能形成之時間。C-14 校準曲線是由已知年代之樣本與測定年代相對應而建立的。對於陸地樣本而言，目前所通用的校準年代係透過現生與化石樹木之樹輪測定而校準的，此經過樹輪校正後之年代才是可供後續分析使用的年代。

本計畫 C-14 定年規劃送往美國 Beta 實驗室進行分析，樣品的全部化學處理和測試均在邁阿密實驗室完成，測試流程嚴格按照 ISO/IEC 17025:2005 標準執行。本計畫為釐清岩層與斷層活動之年代，因此針對地質鑽探岩心進行有機物樣本採樣，以供 C-14 定年分析之用，除採及集漂木及貝殼等大型樣品外，需在地層中仔細尋找焦炭(charcoal)碎片等小型樣品，本計畫採樣 20 組。

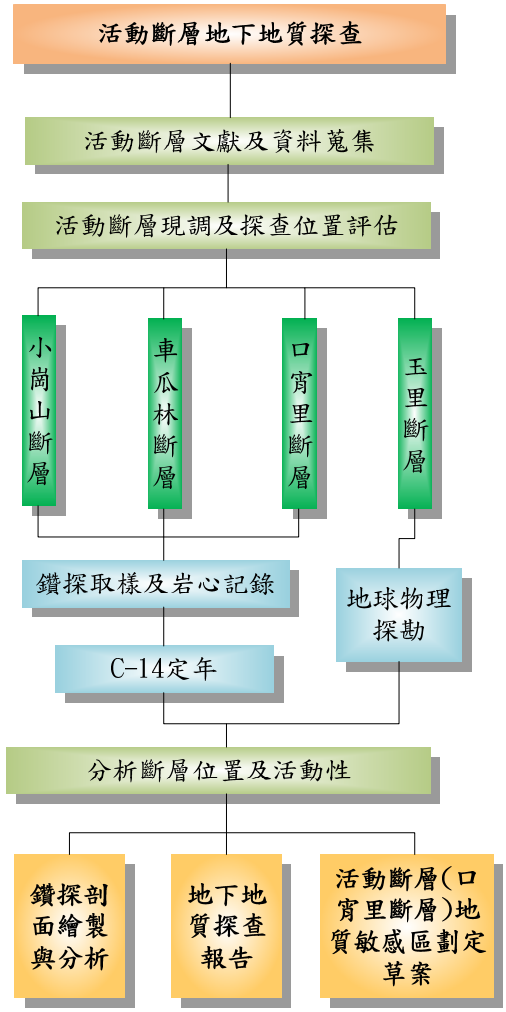


圖 2-1　本計畫年度工作流程示意圖

Fig 2-1　The investigation of active fault work flow of this project

(三)工作完成數量

1.全取樣鑽探

本計畫全取樣岩心深度共達 1,300 公尺。各鑽孔位置及詳細資料請參考表 2-3。

表 2-3　本計畫年度鑽探深度及編號表

Table 2-3　The boreholes detail of this project

編號	孔名	X [m]	Y [m]	Elevation (公尺)	實際井深 (公尺)
1	小崗山 4B	180157.698	2523061.912	17.77	100
2	小崗山 5A	180850.392	2526283.934	15.836	100
3	小崗山 5B	180782.38	2526289.856	14.237	50
4	小崗山 5C	180696.824	2526299.645	12.988	100
5	車瓜林 7A	184082.715	2520455.641	40.171	100
6	車瓜林 7B	184082.084	2520351.516	41.243	100
7	車瓜林 7C	183433.067	2520256.309	35.318	100
8	車瓜林 8A	195524.755	2538743.238	75.208	100
9	車瓜林 8B	195272.305	2538856.821	75.236	100
10	口宵里 1A	197812.573	2566824.086	119.958	100
11	口宵里 1B	197893.629	2566805.412	104.064	50
12	口宵里 2A	196775.657	2565807.49	102.02	100
13	口宵里 2B	196855.626	2565785.713	94.592	50
14	口宵里 3A	196514.657	2565259.052	85.234	100
15	口宵里 3B	196566.474	2565145.984	78.674	50
總深度					1,300

坐標系統：TWD97 二度分帶

2.C-14 定年

本計畫自取樣之岩心中取得大於 20 組試驗樣體進行定年，刪除部分可測內容物濃度不足之樣體，合計 20 組定年成果，以下詳列已測得之樣體成果(表 2-4)。

表 2-4　本計畫 C-14 定年標本編號及定年成果

Table 2-4　The C-14 dating results of the project

編號	標本編號	標本種類	採集位置	測定年代 (BP)	樹輪校正年代	備註
1	SKS-4B-20.3	charred material	小崗山 4B 井 20.3 公尺	5060 +/- 30 BP	3955 - 3783 cal BC (5904 - 5732 cal BP)	AMS
2	SKS-4B-26.1	Organic sediment	小崗山 4B 井 26.1 公尺	12170 +/- 30 BP	12208 - 12064 cal BC (14157 - 14013 cal BP)	AMS
3	SKS-4B-42.4	Plant material	小崗山 4B 井 42.4 公尺	8260 +/- 30 BP	7376 - 7176 cal BC (9325 - 9125 cal BP)	AMS
4	SKS-5B-6.15	Charred material	小崗山 5B 井 6.15 公尺	5600 +/- 30 BP	4462 - 4355 cal BC (6411 - 6304 cal BP)	AMS
5	SKS-5B-11.15	Charred material	小崗山 5B 井 11.15 公尺	5210 +/- 30 BP	4055 - 3958 cal BC (6004 - 5907 cal BP)	AMS
6	SKS-5B-17.7-p	Plant material	小崗山 5B 井 17.7 公尺	6180 +/- 30 BP	5216 - 5030 cal BC (7165 - 6979 cal BP)	AMS
7	SKS-5B-18.6	Organic sediment	小崗山 5B 井 18.6 公尺	8880 +/- 30 BP	8228 - 7943 cal BC (10177 - 9892 cal BP)	AMS
8	SKS-5B-36.1-p	Plant material	小崗山 5B 井 36.1 公尺	5110 +/- 30 BP	3880 - 3801 cal BC (5829 - 5750 cal BP)	AMS
9	SKS-5B-36.1-o	Organic sediment	小崗山 5B 井 36.1 公尺	7830 +/- 30 BP	6703 - 6591 cal BC (8652 - 8540 cal BP)	AMS
10	CKL-7A-2.55	Organic sediment	車瓜林 7A 井 2.55 公尺	2730 +/- 30 BP	928 - 810 cal BC (2877 - 2759 cal BP)	AMS
11	CKL-7A-5.5	Organic sediment	車瓜林 7A 井 5.5 公尺	1430 +/- 30 BP	584 - 658 cal AD (1366 - 1292 cal BP)	AMS
12	CKL-7A-16.1	Organic sediment	車瓜林 7A 井 16.1 公尺	20300 +/- 60 BP	22650 - 22232 cal BC (24599 - 24181 cal BP)	AMS
13	CKL-7A-18.6	Organic sediment	車瓜林 7A 井 18.6 公尺	22210 +/- 70 BP	24603 - 24331 cal BC (26552 - 26280 cal BP)	AMS
14	CKL-7B-6.1	Organic sediment	車瓜林 7B 井 6.1 公尺	1180 +/- 30 BP	770 - 900 cal AD (1180 - 1050 cal BP)	AMS
15	CKL-7C-55.2	Organic sediment	車瓜林 7C 井 55.2 公尺	28190 +/- 130 BP	30947 - 29835 cal BC (32896 - 31784 cal BP)	AMS
16	CKL-8A-1.5	Organic sediment	車瓜林 8A 井 1.5 公尺	250 +/- 30 BP	1624 - 1680 cal AD (326 - 270 cal BP)	AMS
17	CKL-8B-5.65	Organic sediment	車瓜林 8B 井 5.65 公尺	10660 +/- 30 BP	10781 - 10711 cal BC (12730 - 12660 cal BP)	AMS
18	CKL-8B-6.25	Organic sediment	車瓜林 8B 井 6.25 公尺	5640 +/- 30 BP	4541 - 4441 cal BC (6490 - 6390 cal BP)	AMS
19	KHL-1B-2.8-p	Plant material	口宵里 1B 井 2.8 公尺	1360 +/- 30 BP	638 - 690 cal AD (1312 - 1260 cal BP)	AMS
20	KHL-1B-2.8-o	Organic sediment	口宵里 1B 井 2.8 公尺	1520 +/- 30 BP	530 - 608 cal AD (1420 - 1342 cal BP)	AMS

3.淺層反射震測

本計畫針對年度標的斷層「玉里斷層」，進行淺層反射震測，測線一條(編號 21-YLI-SM1)，測線展距 1,100 公尺，符合契約數量。相關施測參數如表 2-5 所示。

表 2-5　本計畫年度測線 21P-YLI-SM01 施測幾何參數

Table 2-5　The seismic profile line 21P-YLI-SM01 details

測區	玉里三民車站	取樣率	1ms
測線名稱	21-YLI-SM1	測站間距	5m
測線方向	由東向西	炸點間距	15m
測站位置	0~1100m	重合數	36.8
炸點位置	0~1005m, 1100m	剖面總長	1100m
檔案編號	101~169	震源	震盪震源車
近支距	0m	紀錄器	筆記型電腦
紀錄長度	3000ms	頻道數	221
低切頻率	35Hz	高程基準面	100m

三、小崗山斷層調查成果

(一)基本資料及過去研究

小崗山斷層最早由孫習之(Sun, 1964)利用航照判讀地形，發現小崗山西側有 5 段排列成線狀的斷層小崖，東側為上升側，推測下方存在一條向東傾斜的逆斷層，命名為小崗山斷層。由於小崗山斷層可能截切晚期更新世地層(相當於崎頂層)，故暫列為第二類活動斷層。

1.斷層位置與長度

小崗山斷層分布位置自北由高雄市阿蓮區南蓮村向南延伸至燕巢鄉瓊林村，全長約 8 公里(圖 3-1；林啟文等，2009)。受限於小崗山斷層在地表特徵不明顯且缺乏直接露頭佐證，整體斷層位置精確度仍待後續研究加強，斷層南北兩端終止點尚無確切證據證實本斷層之延伸性。

2.地形與地質特性

(1)地形特性

孫習之(Sun, 1964)依據航照判釋結果，小崗山西側有 6 段排列成線狀的斷層小崖。

沈淑敏等(2006)由航照判釋發現，小崗山西側存在有 6 段斷續可連成線形的小崖，東高西低，崖高約 5 公尺、崖線與河流正交。除了小崗山北側一段保持較佳線形崖截切階地，其餘線形皆受不同程度人為破壞。

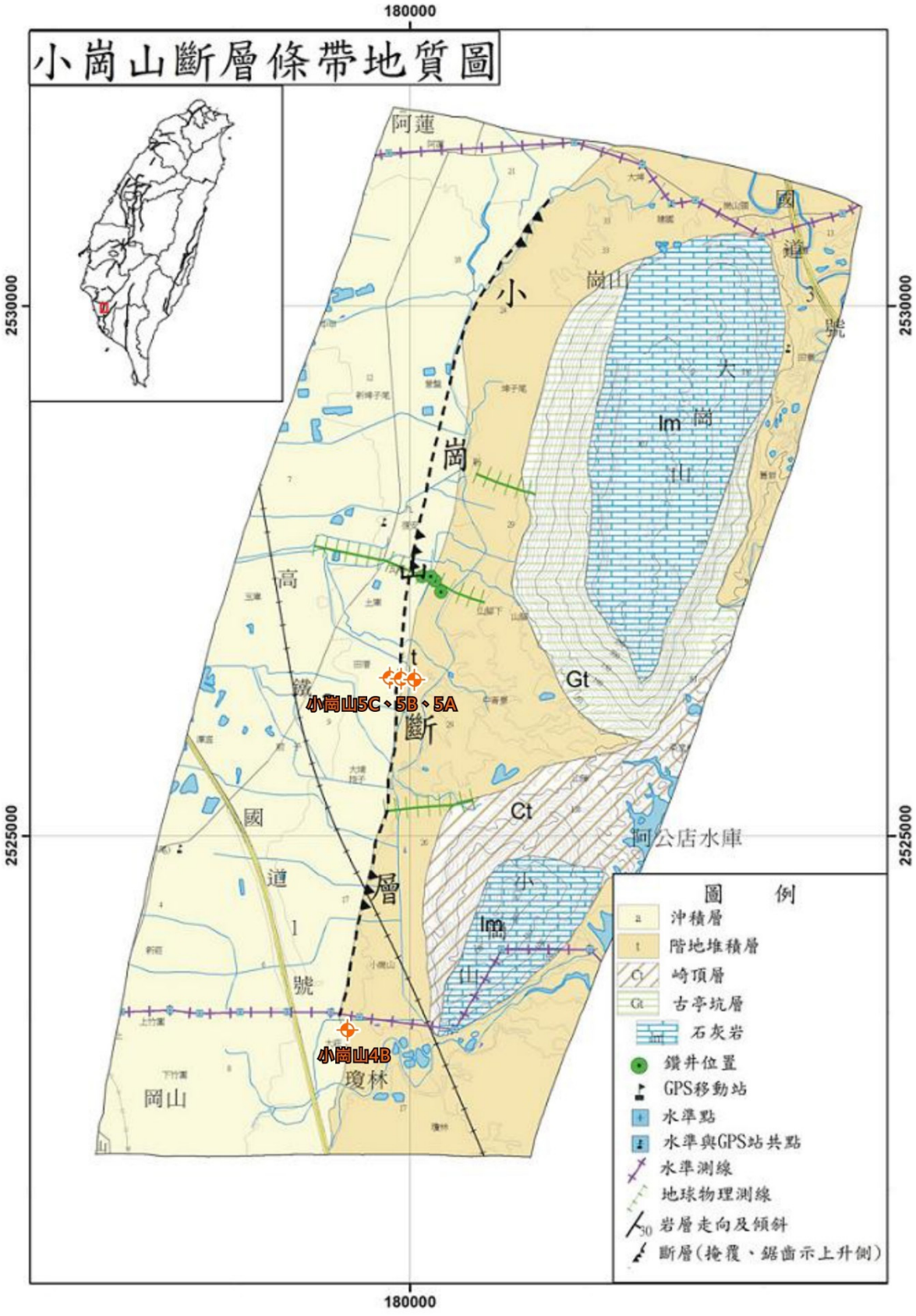
張國禎等（2014）利用 1m 解析度 LiDAR 地形資料顯示(圖 3-2)，本區主要地形特徵西側為平坦之沖積平原，東側則為起伏低緩之丘陵帶，兩者地形交界處，可見一突出之隆穹高區－大崗山及小崗山。大崗山西側地形較陡、東側稍平緩，小崗山基本上兩側對稱。東半側丘陵帶除了大、小崗山為地形突起外，其他部分為低緩、尚稱平整的低矮小丘。在曲流及河階部分，於南二高田寮交流道附近、大崗山北側之二仁溪河岸兩側發育一系列曲流，並形成不同高度之河階；於小崗山南側之阿公店溪下游，同樣形成曲流及河階。數值地形判釋結果顯示小崗山斷層地表線形位於平原與低緩之丘陵交界處，呈北北東

走向，高差約 4~6m，主要之構造地形特徵為構造小崖，以及崖線上方附近伴生之緩起伏面(小褶皺或壓力脊)，線形位置大致和地調所活動斷層位置相近。

(2)地質特性

小崗山斷層沿線出露的地層包括古亭坑層、崎頂層、階地堆積層與現代沖積層，茲依年代由老至新，分述各地層岩性如下：古亭坑層，以青灰色膠結不佳的厚層泥岩為主，夾薄層砂岩，其中夾有石灰岩透鏡體，林朝棨(1957)認為該石灰岩體為隆起珊瑚礁。崎頂層，分為上下兩段，下段以厚層砂質泥岩與泥質砂岩為主，愈往上部砂岩的比例增加與粒徑增大；上段則以疏鬆塊狀砂岩為主，夾泥岩與砂頁岩互層。階地堆積層，砂與泥為主，夾少部分礫石。現代沖積層，以砂層與泥層為主。斷層東側之大、小崗山為石灰岩岩體，大崗山基底為古亭坑層、小崗山基底為崎頂層，岩層傾向皆朝東南側傾斜。

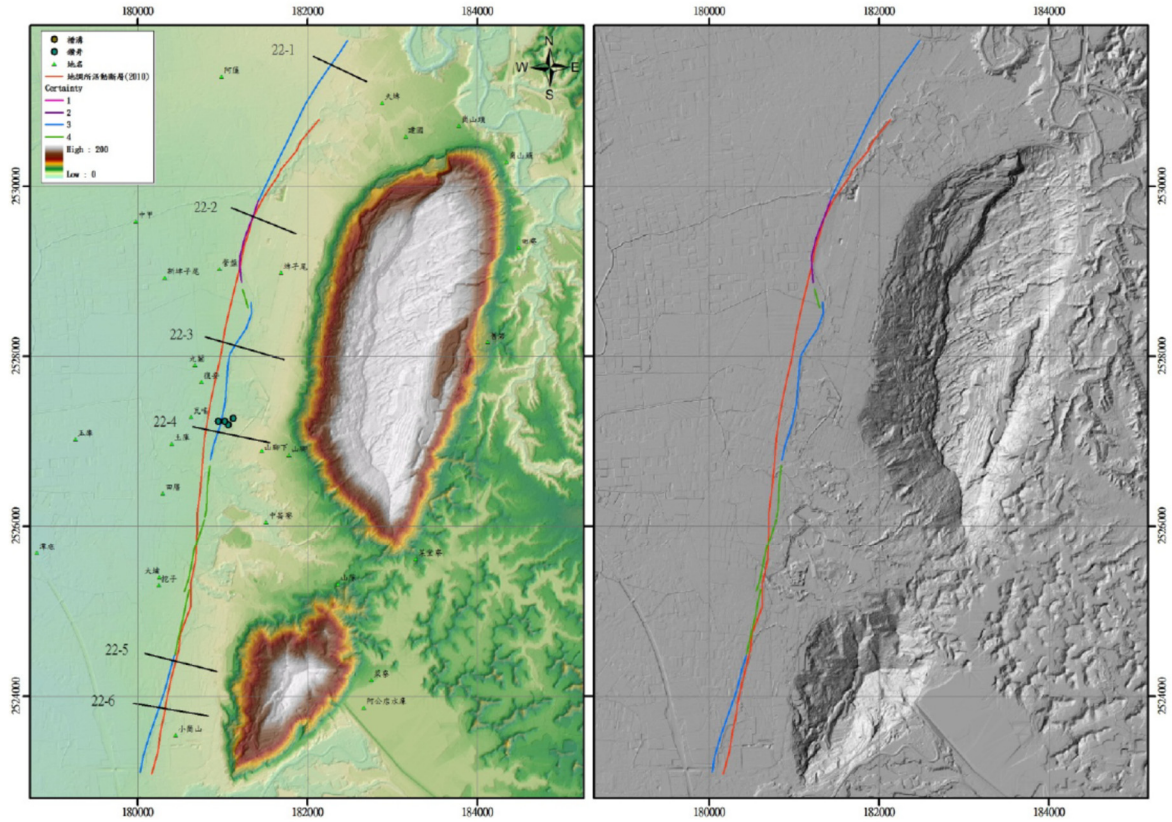
本斷層位於大、小崗山西側緩坡至與平原區交會處，地表淺層被現代沖積層掩覆，斷層東側(上盤)為古亭坑層、西側(下盤)為更新世-全新世沉積層(相當於崎頂層)，斷層面向東傾斜。斷層沿線目前僅有線形崖存在、並未發現露頭出露，故斷層性質皆依賴地下地質調查取得。



資料來源：林啟文等(2009)

圖 3-1　小崗山斷層條帶地質圖

Fig 3-1　The geological zone map of Hsiaokangshan active fault



資料來源：張國禎等(2014)

圖 3-2　小崗山斷層及沿線附近構造地形分析及判釋成果

Fig 3-2　The topography analysis of structural geology interpretations of Hsiaokangshan active fault

3.地下地質特性

(1)地球物理調查

翁群評(2001)使用淺層反射震測法進行 5 條測線探查，發現小崗山斷層錯動帶極為明顯，除了主斷層外亦有反傾斷層，表現出正斷層形態，而斷層兩側地層變化可能受到古亭坑層泥岩貫入體拱起所致，因此認為小崗山斷層屬於蠕動斷層。

石瑞銓等(2008)由淺層震測 08P-HKSF-AL-1 剖面影像配合鑽井資料解釋(圖 3-4)，指出斷層西側剖面地層連續性良好，剖面東側地層則僅出現於淺部。基盤由東往西漸深，古亭坑層與其西側晚更新世地層以一向東傾斜介面相接，推測該界面為小崗山斷層。由淺層震測 08P-HKSF-AL-2、08P-HKSF-AL-3 剖面，也能看到基盤由東往西漸深的相同現象。

中興工程(2012)在小崗山斷層沿線進行 2 條地電阻影像剖面，均

未顯示可能與斷層作用相關之地層側向不連續現象。

(2)地質鑽探調查

地調所於大崗山西側地形崖上方(崖高差約 4 公尺)進行山腳下 1 號井鑽探，於 33.6 公尺以下鑽遇粉砂岩間夾泥層，層理傾角約 50~70º，可能為古亭坑層。陳文山等(2008)認為井深 33.6 公尺處為全新世潮間帶與古亭坑層之不整合面，古亭坑層中常見密集滑動面，局部發育斷層泥。

陳文山等(2008)於大崗山西側高 14-1 縣道的階崖進行 3 孔地質鑽探(小崗山 1~3 號)，小崗山 1、2 號位於崖坡上，小崗山 3 號位於崖坡下，鑽井地質剖面如圖 3-5 所示。山腳下 1 號井(於 33.6 公尺處)及小崗山 1 號井(於 49.5 公尺處)均鑽遇古亭坑層並具有密集剪切面(傾角約 50~70º)，剪切面與層面大致平行，顯示位於斷層上盤但未鑽穿斷層，因而無法研判斷層傾角。小崗山 2 號與 3 號鑽井深度僅 70 公尺，未鑽遇古亭坑層。

陳文山等(2010)綜合 4 口鑽井沖積層結構與位態分析，沖積層未見任何的剪切帶構造，位於崖坡上小崗山 2 號井的沖積層傾角較大約 10~15º，崖坡兩側鑽井岩心層面傾角較緩約 0~10º，顯然岩心沖積層傾角與地形面呈現相同位態。另外，依據各井的 C-14 定年年代可以對比兩個等時面（isochronous surface），約為 7700~8000yr BP 與 11500~12000 yr BP；從等時面層態來看，崖坡處（1 號與 2 號井之間）的等時面（相當於沉積面）呈現較陡的斜面，顯然沖積層受到構造變形而傾斜，同時也造成等時面的變形。綜合前面的岩心與等時面位態，地形崖確實受到構造作用而產生，由於斷層未出露地表且上覆全新世沖積層未受斷層截切產生錯移，研判地表僅呈現褶皺變形。但全新世沖積地層已撓曲，故已具有相當的活動潛勢。

中興工程(2012)為評估小崗山斷層的位置及影響範圍，進行了 16 孔 30~250 公尺之深鑽(BL-1~BL-10、SKS-01a~SKS-06a，圖 3-6)。SKS-01a 的岩心根據超微化石分析及 C-14 定年成果，孔深 43.70～82.70 公尺為古亭坑層，較深的 82.70～250.00 公尺則為較年輕的崎頂層，證實小崗山斷層上盤古亭坑層逆衝至下盤崎頂層之上，43.8~82.7 公尺為主要擾動帶，82.70 公尺介面研判為斷層通過位置，主斷層介面傾角應大於 70º。各鑽孔深度 30 公尺以內地層側向對比

良好，顯示斷層近期未有明顯錯動。

地調所(2020)於小崗山剖面 P1(包含鑽井小崗山 1A、1B)、P2(小崗山 2A、2B)、P3(小崗山 3A、3B)、P4(小崗山 4A、4B)進行地質鑽探，依各地質鑽探剖面資料決定小崗山斷層控制點，共劃出 6 個斷層控制點並修正小崗山斷層線。各剖面上盤側鑽井 1A、2A、3A、4A 皆鑽遇晚更新世沉積層及剪切紋理，由 C-14 定年成果，推測小崗山斷層於 13,600~23,500 年前之間有活動紀錄。

由野外地質調查、地質鑽探結果顯示，均未發現小崗山斷層在地表造成剪動破裂的證據，斷層面也未向上切穿沖積層而是在沖積層形成撓曲現象，斷層可能不是沿著單一主要剪裂面發育。

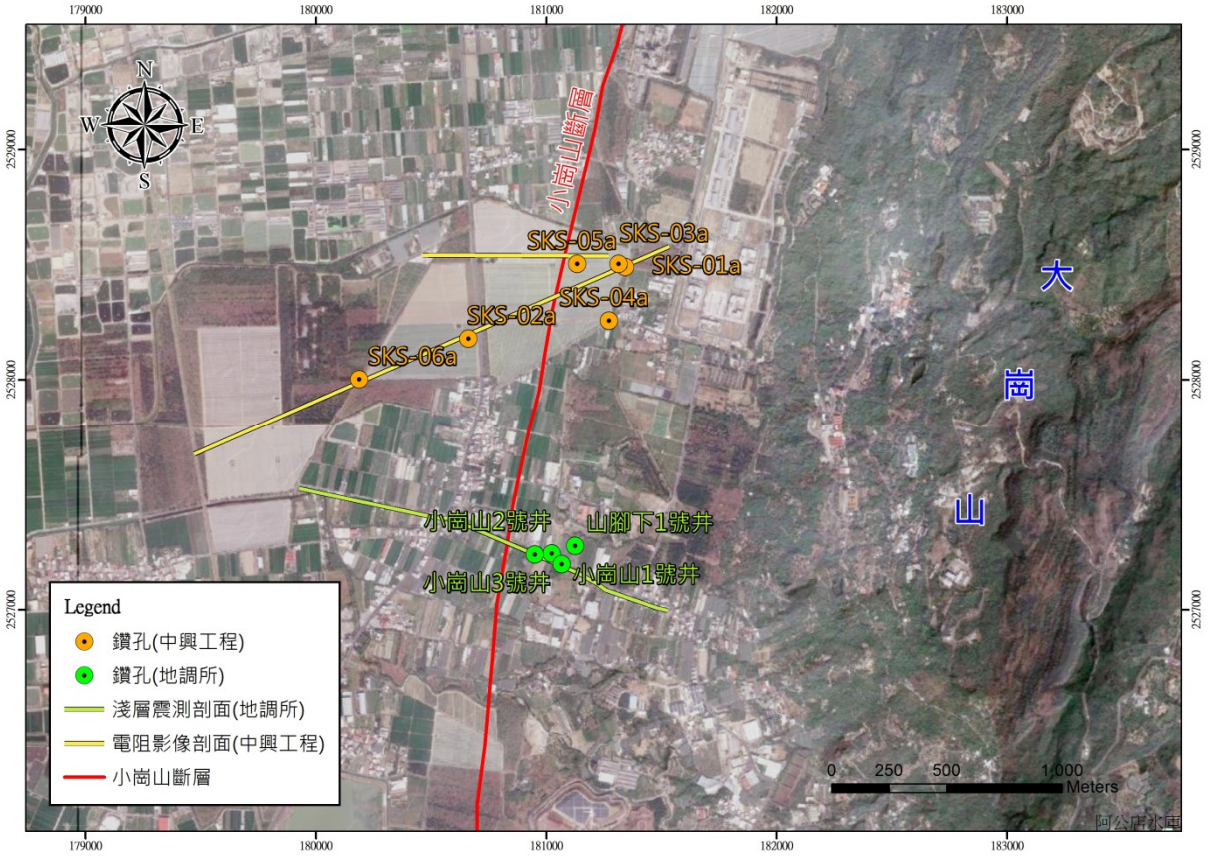
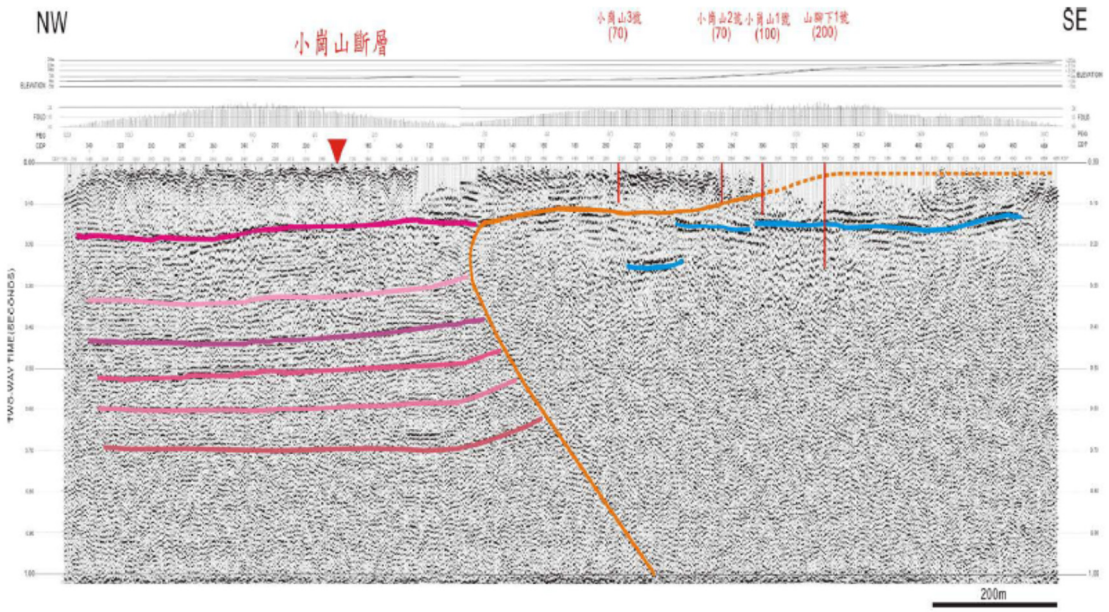


圖 3-3　地球物理與地質鑽探調查位置分布圖

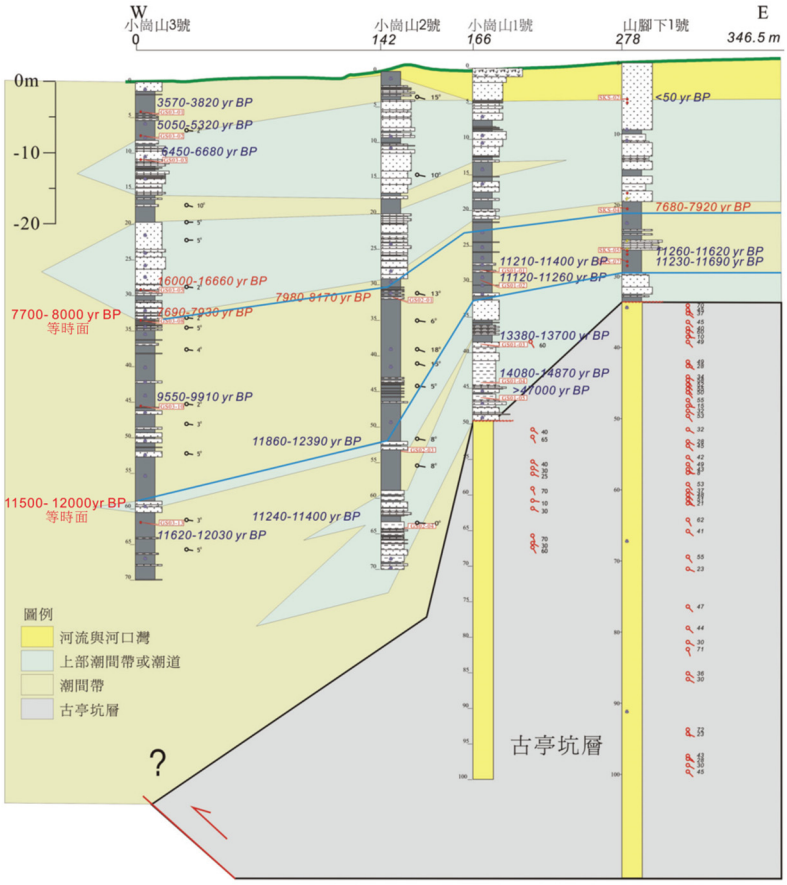
Fig 3-3　The location of geophysics survey lines and the boreholes



資料來源：石瑞銓等(2008)

圖 3-4　小崗山斷層淺層震測剖面

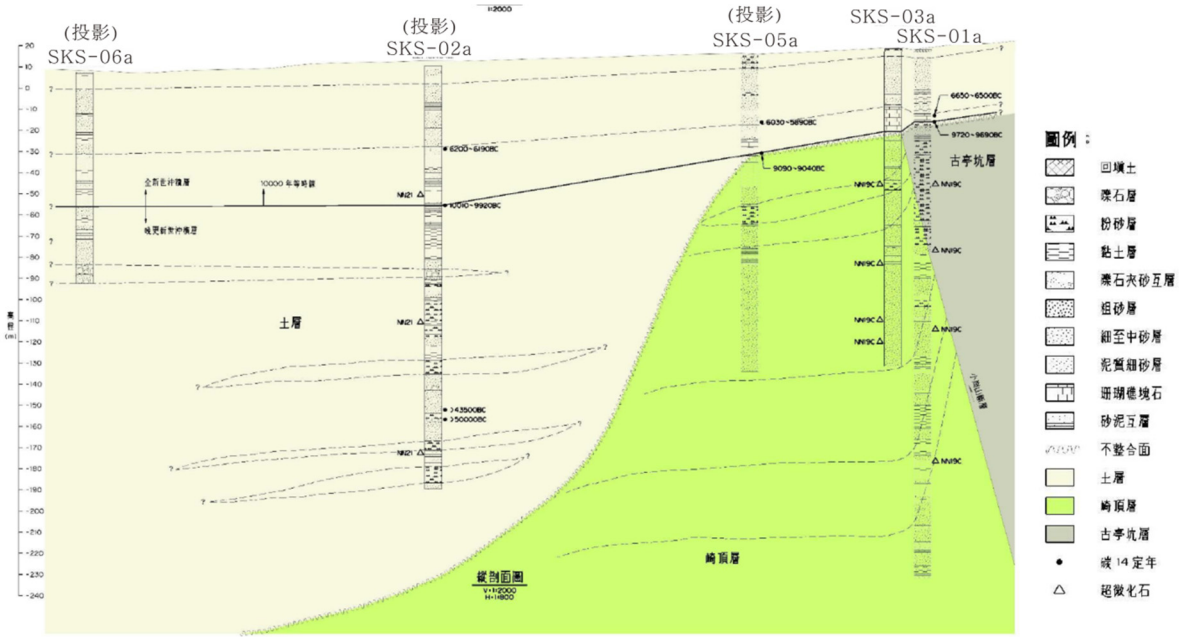
Fig 3-4　The shallow reflection seismic profile of Hsiaokangshan active fault



資料來源：陳文山等(2010)

圖 3-5　鑽井地質剖面(地層對比與沉積環境)

Fig 3-5　Boreholes with geological interpretation profile



資料來源：中興工程顧問股份有限公司(2012）

圖 3-6　大崗山東側之小崗山斷層地質剖面圖

Fig 3-6　The Hsiaokangshan active fault profile layout by Sinotech

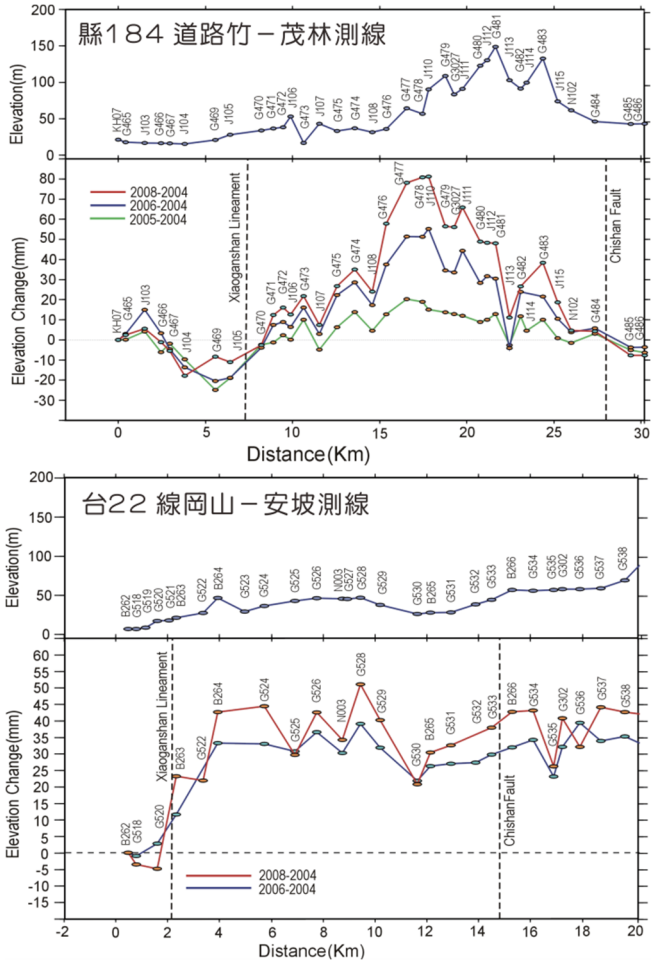
4.斷層活動特性

地調所跨越小崗山斷層兩條水準測線(圖 3-7)，皆顯示 2004~2008 年間小崗山斷層以東有抬升趨勢，北側的路竹-茂林測線抬升速度約 7.5~25 mm/yr 之間。南側的岡山-安坡測線平均抬升速度約 10~12 mm/yr 之間。

陳文山等（2010）認為地形崖確實受到構造作用而形成，然而表層全新世沖積層未受到斷層截切產生錯移，僅產生褶曲變形。由大崗山西側高 14-1 縣道階崖的 4 孔地質鑽探(小崗山 1~3 號、山腳下 1 號)之地層對比及 C-14 定年成果(圖 3-8)，推估出各井平均抬升速率後，可比較各井抬升速率差異來計算斷層滑移速率。然而現今量測到的地形崖高差及定年得知的小崗山 1~3 號抬升速率，可能為下方多條分支斷層或剪切帶共同產生的結果，且小崗山 1~3 號仍位於斷層變形帶範圍內，缺乏來自斷層影響帶以外的下盤抬升速率。另外，鑽井未鑽穿斷層亦帶無法得知斷層傾角參數，僅先以 45º 推估。故現階段依前述計算出小崗山斷層滑移速率至少大於 5.7±1.4 mm/yr。

地調所(2020)於小崗山 P1 剖面中發現全新世沖積層未受斷層活動影響，下覆的晚更新世沉積層有剪切紋理，結合 C-14 定年成果推估最近一次活動在 13,600~23,500 年前之間，顯示至少在晚更新世有

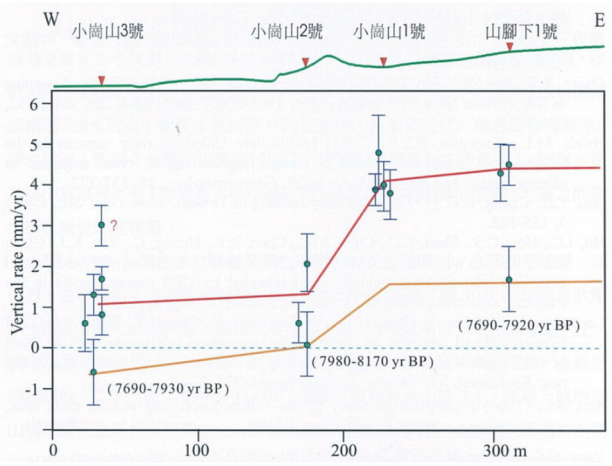
活動紀錄。



資料來源：林啟文等(2009)

圖 3-7　小崗山線形附近精密水準測量結果

Fig 3-7　The precision leveling results across the Hsiaokangshan active fault trace



資料來源：陳文山等(2010)

圖 3-8　各井的平均抬升速率

Fig 3-8　The uplifted rate of each observation well of Hsiaokangshan active fault

5.綜合評估與本次調查重點

小崗山斷層雖有地形崖特徵，但經由野外地質調查、地質鑽探以及地球物理探勘結果，均未發現地表有斷層存在證據，目前僅中興工程(2012)鑽遇主要斷層，其餘利用斷層兩側鑽井的岩性差異或鑽井發現的剪切面來劃定斷層控制點，控制點以外則利用地形崖的分布推測。

孫習之(Sun, 1964)及淑敏等(2006)利用航照、張國禎等（2014）利用 1m 解析度 LiDAR 地形資料，判釋斷層線形崖，顯示小崗山斷層地表線形分布於平原與丘陵交界處，大致呈北北東走向，沿線崖高差不超過 6 公尺，現況大多受不同程度人為破壞。

陳文山等（2008）藉由山腳下 1 號井與小崗山 1~3 號井岩心紀錄及 C-14 定年結果，東側斷層上盤古亭坑層具密集的剪切構造，而上覆的全新世沖積層未見任何剪切面，而沖積層出現被撓曲現象，為解釋這些淺層構造特性，可以用以下幾種構造模式解釋。一，單一斷層尖端未截切至地表，上覆淺層沉積層受到斷層轉折褶皺(fault-bend fold)影響而撓曲。其二，單一斷層尖端未截切至地表，上覆淺層沉積層形成三角剪動帶(trishear zone)。其三，複數斷層或剪切面構成寬大斷層帶，這些斷層尖端未截切地表，上覆淺層沉積層受到不等量變形。

目前鑽探調查已知小崗山斷層於晚更新世沉積層有剪切帶分布、於 SKS-01a 鑽井發現古亭坑層逆衝至崎頂層之上，顯示小崗山斷層具有活動的潛勢，至少於晚期更新世有活動紀錄，暫列第二類活動斷層。

綜觀至今調查成果，地調所(2020)已對小崗山斷層劃出 6 個斷層分布控制點，控制點之間依照地形崖線形來劃定斷層線，但小崗山斷層南端從再興(高 14-1 縣道)以南到大庄斷層終點，由於斷層覆蓋於厚層沖積層之下或人為開發擾動，地形崖特徵不明顯，整體斷層位置的可靠度仍待加強，需更多鑽探資料及地質剖面佐證，故選為本次調查區域。

(二)地表地質調查成果

本計畫調查重點範圍由再興(高 14-1 縣道)以南(包含田厝、大埔地區)到大庄小崗山斷層終點，依照經濟部中央地質調查所提供之 1 公尺網格

地形陰影圖，判釋可能由於小崗山斷層活動所造成的地形崖(詳圖 3-9、圖 3-14)，本調查區在斷層沿線區域在緩丘及平原交界處，存在有地形崖跡象，部分地形崖由於人為開發受到抹除不易辨認或確定度不高。以下分別就再興至大埔地區、大庄地區描述調查成果。

1.再興至大埔地區

本區域地形崖由地形陰影圖可看出大略趨勢(圖 3-9)，主要沿著緩丘及平原區邊界分布。再興地區產業道路地形崖高差約 1.5 至 2 公尺(圖 3-10，調查點 1)，道路兩側坡面有被填方作為養雞場使用，現況結構物未見到裂縫。田厝地區東西向之田厝一路，通過一南北向地形崖(圖 3-11，調查點 2)，地形崖東側較西側高約 2.5 公尺，現況坡面也有被挖填作為農地使用，再往南約 300 公尺另一條產業道路也有發現同樣的地形崖(圖 3-12，調查點 3)，地形崖高差約 1.5 公尺，路面及鄰近排水溝分布張裂縫。大埔地區之大埔一街工廠西側地形崖穿過鄰近聚落(圖 3-13，調查點 4)，現況隆起處路面有局部柏油重鋪痕跡及路旁水泥檔牆重做，未重鋪的路面也有多道破裂分布。

綜合前述調查及參考過去陳文山等(2010)、地調所(2020)鑽探孔位，本計畫於田厝地區調查點 2 規劃鑽井調查，本調查點地形崖急折不明顯，整體呈現緩斜面，故沿田厝一路地形崖，由東至西分別規劃小崗山 5A 井(100 公尺深)、小崗山 5B 井(50 公尺深)、小崗山 5C 井(100 公尺深)，以釐清小崗山斷層在地下之分布狀況。

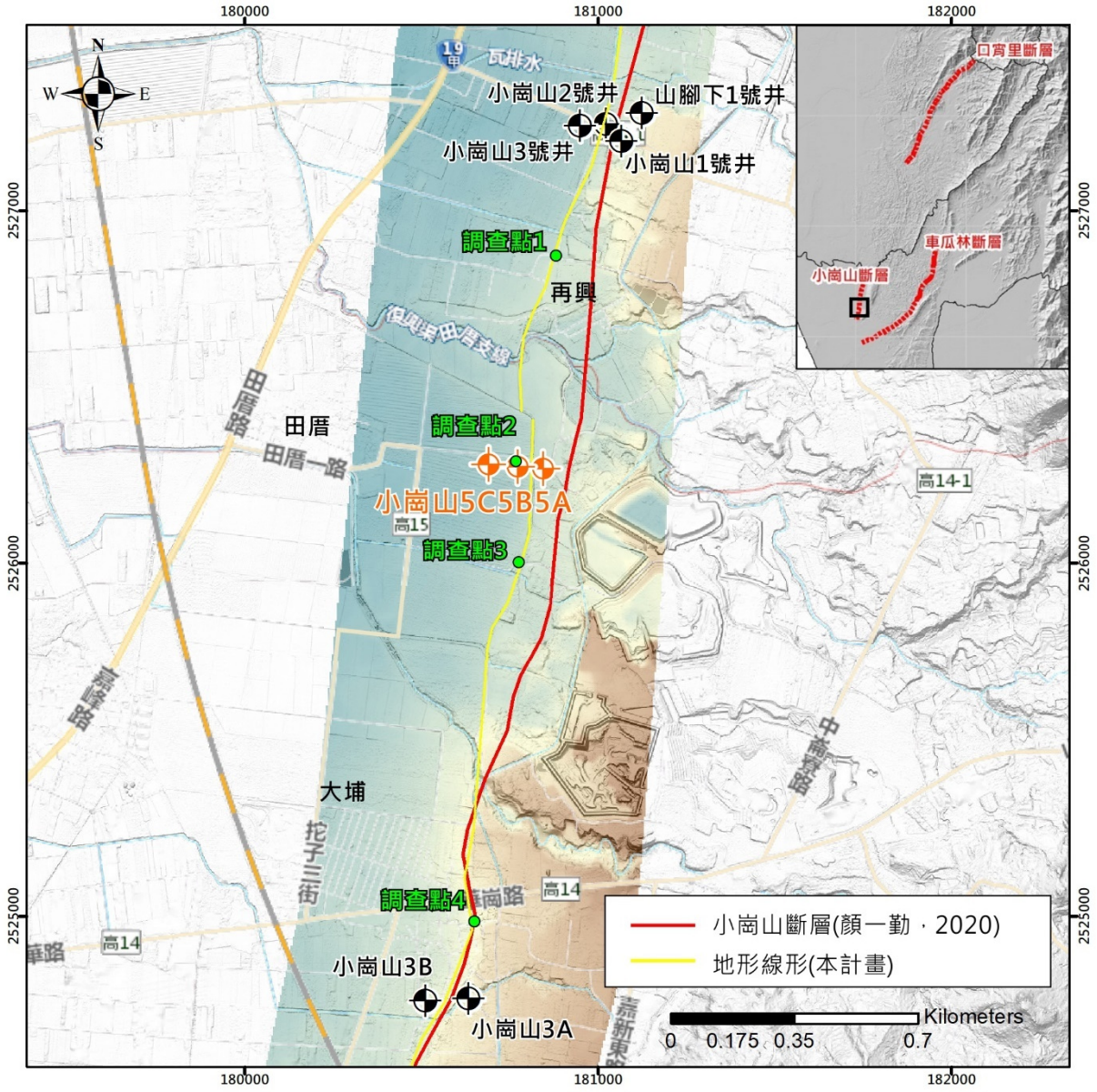


圖 3-9　小崗山斷層於再興至大埔地區地形陰影及調查位置圖

Fig 3-9　The hillshaded map and the fault trace of Hsiaokangshan active fault



圖 3-10　調查點 1，再興地區產業道路地形崖，鄰近小崗山斷層

Fig 3-10　Survey spot 1, the escarpment near Hsiaokangshan active fault



圖 3-11　調查點 2，田厝地區田厝一路地形崖，鄰近小崗山斷層

Fig 3-11　Survey spot 2, the escarpment near Hsiaokangshan active fault



圖 3-12　調查點 3，田厝地區產業道路地形崖，鄰近小崗山斷層

Fig 3-12　Survey spot 3, the escarpment near Hsiaokangshan active fault



圖 3-13　調查點 4，大埔地區大埔一路地形崖，鄰近小崗山斷層

Fig 3-13　Survey spot 4, the escarpment near Hsiaokangshan active fault

2.大庄地區

本區域地形崖由地形陰影圖來看(圖 3-14)，至大莊路以南已不易判別，根據地調所(2020)在小崗山 4A 井鑽探調查及地表調查成果。在小崗山 4A 井東側發現一地形隆起，並將欄杆錯移(圖 3-15，調查點 5；地調所，2020)，小崗山 4A 井則未鑽遇主要剪動帶，顯示該井下方應為小崗山斷層之分支斷層，主要斷層剪裂帶可能位於小崗山 4A 井的東側或西側。本計畫先於小崗山 4A 井東側 60 公尺處規劃小崗山 4B 井(100 公尺深)鑽井調查，以釐清小崗山 4A 井東側是否有主要斷層剪裂帶。

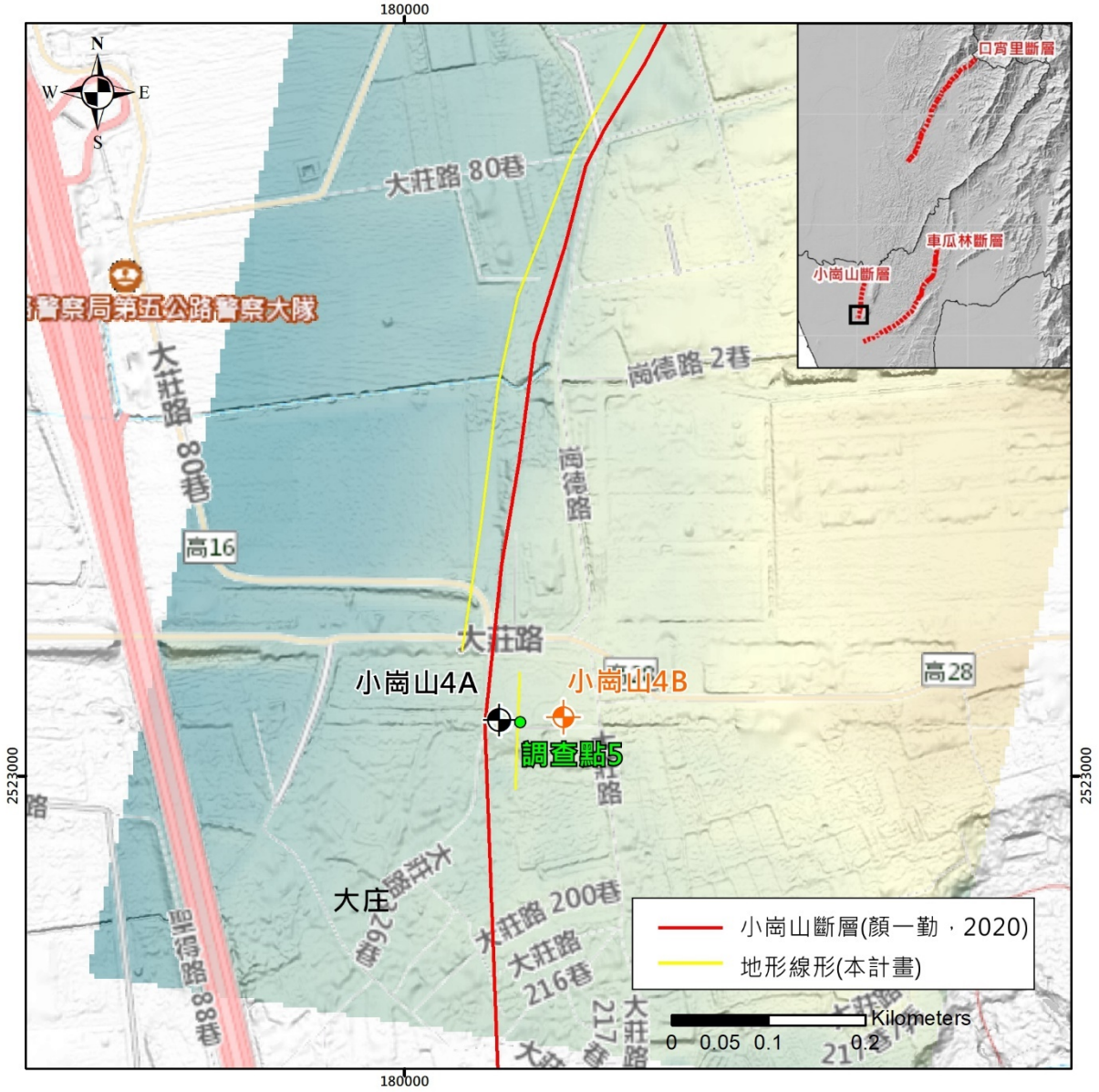


圖 3-14　小崗山斷層於大庄地區地形陰影及調查位置圖

Fig 3-14　The hillshaded map of Hsiaokangshan active fault in Da-Zhuang, Kaohsiung area



圖 3-15　調查點 5，小崗山 4A 井東側地形崖(地調所，2020)

Fig 3-15　The survey spot 5 near the eastern site of Hsiaokangshan active fault well 4A with escarpment(CGS, 2020)

(三)地質鑽探成果

本計畫經由前人文獻蒐集、地形判釋及地表地質調查後，於岡山田厝一路的地形崖兩側沿線規劃 3 孔地質鑽探井，以及在大庄地區小崗山 4A 井東側規劃 1 孔地質鑽探井，合計 4 孔地質鑽井，井位坐標及高程詳見表 2-3，岩心柱狀圖及岩心照片詳見附錄一及附錄二。鑽探孔位及地質剖面分布如圖 3-16、圖 3-17。



圖 3-16　本計畫於小崗山斷層沿線鑽探井位分布(1/2)

Fig 3-16　The borehole locations for Hsiaokangshan fault investigation(1/2)

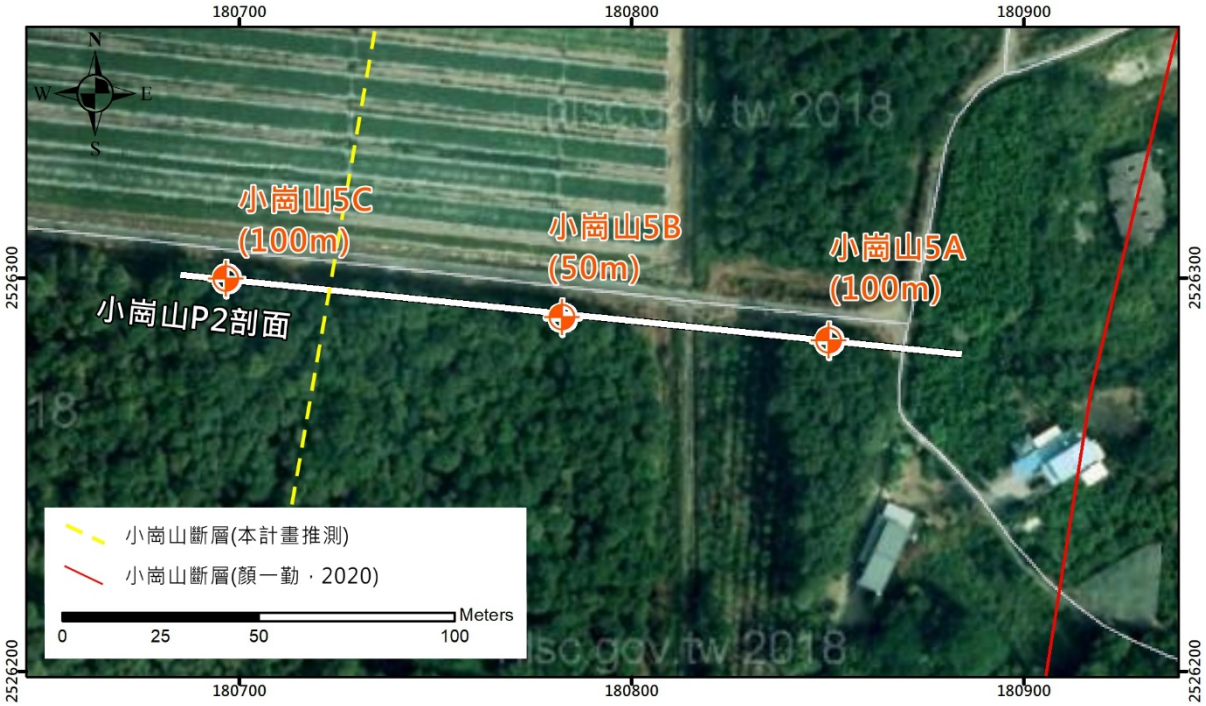


圖 3-17　本計畫於小崗山斷層沿線鑽探井位分布(2/2)

Fig 3-17　The borehole locations for Hsiaokangshan fault investigation(2/2)

1.小崗山 4B

位於高雄市岡山區大莊公園，TWD97 坐標為(180157.698, 2523061.912)，孔口高程為 17.77 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~1.90:回填土

1.90~2.35:灰棕色粉土質砂

2.35~3.80:棕灰色泥，偶夾炭屑

3.80~4.55:深棕色細砂

4.55~5.40:棕灰色泥夾粉砂

5.40~10.10:灰色極細砂偶夾泥

10.10~10.20:淺灰色中砂

10.20~11.10:深灰色砂質泥

11.10~12.35:灰色細至中砂，夾貝屑

12.35~12.55:灰色粉砂，夾貝屑

12.55~20.30:灰色細砂偶夾粉砂，夾貝屑

20.30~21.95:淺灰色極細砂夾粉砂，夾貝屑

21.95~31.70:色極細砂夾泥，夾貝屑

31.70~43.20:灰色泥夾極細砂，夾貝屑

43.20~45.65:灰色中砂夾泥，夾貝屑

45.65~57.70:灰色泥岩，偶夾粉砂岩，粉砂岩層夾貝屑

57.70~61.10:灰色泥質砂岩，貝屑化石富集

61.10~100.00:深灰色泥岩夾粉砂岩，夾貝屑

2.小崗山 5A

位於高雄市岡山區田厝一路與產業道路的路口，TWD97 坐標為(180850.392, 2526283.934)，孔口高程為 15.836 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~1.10 公尺:黃棕色粉土質砂

1.10~1.40 公尺:棕灰色粉砂，夾炭屑

1.40~3.95 公尺:淺棕灰色砂質黏土

3.95~11.10 公尺:黃灰色細砂

11.10~11.60 公尺:灰色泥質粉砂

11.60~13.90 公尺:棕灰色中砂

13.90~19.20 公尺:灰色細砂

19.20~24.00 公尺:灰色粉砂質黏土

24.00~31.20 公尺:黃灰色粉砂

31.20~32.00 公尺:黃灰色細砂

32.00~37.25 公尺:灰色泥質粉砂，偶夾細砂

37.25~38.10 公尺:黃灰色細砂

38.10~38.90 公尺:黃灰色粗砂

38.90~39.35 公尺:灰色粉砂質泥岩

39.35~51.15 公尺:淺灰色粉砂岩

51.15~52.10 公尺:灰色砂頁岩互層

52.10~58.90 公尺:棕灰色粉砂質泥岩

58.90~83.50 公尺:灰色粉砂岩夾深灰色砂質頁岩。深度 78.1~78.8m、83.1~83.5m 夾細砂岩

83.50~100.00 公尺:灰色粉砂岩，偶夾深灰色砂質頁岩

3.小崗山 5B

位於高雄市岡山區田厝一路，TWD97 坐標為(180782.38, 2526289.856)，孔口高程為 14.237 公尺，井深為 50 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~1.60 公尺:黃棕色粉砂質砂

1.60~3.80 公尺:青灰色泥，局部鏽染

3.80~4.50 公尺:棕灰色中砂

4.50~11.10 公尺:層狀灰色中砂，偶見貝類

11.10~12.00 公尺:灰色粉砂，偶夾泥

12.00~21.60 公尺:棕灰色細至中砂，偶見貝屑

21.60~22.20 公尺:灰色泥質粉砂

22.20~35.20 公尺:灰色粉砂質黏土

35.20~36.20 公尺:青灰色泥質砂

36.20~36.80 公尺:青灰色泥，呈現縞狀

36.80~40.60 公尺:青灰色粉土質泥，夾有粉砂

40.60~42.30 公尺:灰色細砂，偶夾貝屑

42.30~43.30 公尺:棕灰色泥岩，偶夾貝屑

43.30~46.80 公尺:淺棕灰色泥岩，呈現縞狀

46.80~50.00 公尺:淺灰色粉砂質泥岩，夾細砂岩

4.小崗山 5C

位於高雄市岡山區田厝一路與產業道路的路口，TWD97 坐標為(180696.824, 2526299.645)，孔口高程為 12.988 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.50:棕色粉土質砂

0.50~2.00:灰棕色泥質粉砂

2.00~4.00:棕色粉土質砂

4.00~4.35:棕灰色黏土

4.35~6.20:淺灰色黏土，局部鏽染

6.20~19.40:深灰色細至中砂層偶夾薄層粉砂，夾貝屑

19.40~20.65:灰色黏土

20.65~29.00:深灰色細砂，夾貝屑及完整貝殼，偶夾炭屑

29.00~33.90:淺灰色黏土，偶夾薄層粉砂

33.90~34.20:灰色粉砂

34.20~48.25:淺灰色黏土，偶夾薄層粉砂，偶見貝屑

48.25~51.20:灰色粉砂質黏土，偶見貝屑

51.20~52.70:灰色泥質粉砂，夾貝屑

52.70~53.20:灰色細砂，夾貝屑

53.20~58.50:淺灰色泥夾粉砂層，夾貝屑及大量黑色炭屑

58.50~61.00:灰色泥層，58.9m 發現層面變形跡象

61.00~62.50:灰色粉砂質泥，夾貝屑及炭屑

62.50~64.10:深灰色泥質粉砂，夾貝屑及炭屑

64.10~64.15:灰色礫石夾砂

64.15~64.50:灰色泥層，夾大量黑色炭屑

64.50~64.85:灰色礫石夾砂

64.85~65.55:灰色泥層

65.55~66.20:灰色泥質粉砂

66.20~66.25:灰色礫石夾砂

66.25~67.00:灰色泥層，偶夾炭屑

67.00~70.45:灰色泥質粉砂

70.45~85.00:灰色泥質細砂層，偶夾貝屑

85.00~85.25:灰色泥層

85.25~100.00:灰色泥質細砂層，偶夾貝屑

(四)C-14 定年成果

小崗山斷層挑選 5 組碳質樣本，送往美國 Beta Analytic 實驗室進行 AMS 放射性碳定年工作(Accelerator Mass Spectrometry Radiocarbon Dating)，分別進行木炭(Charred material)、有機沉積物(Organic sediment)放射性碳定年、植物(plant)放射性碳定年，取得兩種碳定年成果，其定年成果分析報告詳見附錄三，以下描述各樣本定年成果:

1. SKS-4B-20.3:本組取樣自小崗山 4B 井 20.3 公尺，定年分析物質為木炭，測得年代為 5060 +/- 30 BP。
2. SKS-4B-26.1:本組取樣自小崗山 4B 井 26.1 公尺，定年分析物質為有機沉積物，測得年代為 12170 +/- 30 BP。

3. SKS-4B-42.4:本組取樣自小崗山 4B 井 42.4 公尺，定年分析物質為植物，測得年代為 8260 +/- 30 BP。

4. SKS-5B-6.15:本組取樣自小崗山 5B 井 6.15 公尺，定年分析物質為木炭，測得年代為 5600 +/- 30 BP。

5. SKS-5B-11.15:本組取樣自小崗山 5B 井 11.15 公尺，定年分析物質為木炭，測得年代為 5210 +/- 30 BP。

6. SKS-5B-17.7-p:本組取樣自小崗山 5B 井 17.7 公尺，定年分析物質為植物，測得年代為 6180 +/- 30 BP。

7. SKS-5B-18.6:本組取樣自小崗山 5B 井 18.6 公尺，定年分析物質為有機沉積物，測得年代為 8880 +/- 30 BP。

8. SKS-5B-36.1-p:本組取樣自小崗山 5B 井 36.1 公尺，定年分析物質為植物，測得年代為 5110 +/- 30 BP。

9. SKS-5B-36.1-o:本組取樣自小崗山 5B 井 36.1 公尺，定年分析物質為有機沉積物，測得年代為 7830 +/- 30 BP。

本計畫小崗山斷層鑽探定年成果，於大庄地區從深度 20 至 40 公尺之間土層屬於細砂層偶夾泥層，從碳十四定年成果可見沉積年代距今 5060 年至 8260 年之間，沉積年代屬於全新世。於高雄市崗山區田厝一路，從深度 6 公尺至 40 公尺處全新世沖積層之間，土層性質屬於砂泥互層，從碳十四定年成果可見沉積年代距今 5210 至 7830 年間，證實本層為全新世砂泥層。本層層面傾角介於 0 至 10 度之間，顯示全新世以來確有構造抬升作用於本調查區。

(五)地下地質探查成果討論

本計畫於小崗山斷層沿線規劃 4 孔鑽探孔位(小崗山 4B、小崗山 5A、小崗山 5B、小崗山 5C)、2 組地質剖面(小崗山 P1 剖面、小崗山 P2 剖面)，用以推測小崗山斷層分布位置、斷層變形帶範圍。各剖面討論如下:

1.小崗山 P1 地質剖面

本剖面位於高雄市岡山區大莊路旁，剖面起點坐標為(180041.5, 2523057.1，TWD97)、終點坐標為(180228.3, 2523059.4，TWD97) 剖面

鑽井分別為小崗山 4A (100 公尺)、小崗山 4B(100 公尺)，剖面平面位置圖及地質剖面圖詳見圖 3-16、圖 3-18。

本剖面地表地形由於人為開發不甚明顯，僅有小崗山 4A 及小崗山 4B 井之間之步道及欄杆可能有潛移跡象，本剖面地層主要分為 4 層，由淺至深分別為回填層、全新世泥層、全新世砂泥互層、晚更新世砂泥層。回填層主要由黃棕色粉土質砂組成。全新世泥層以淺棕灰色砂質黏土或泥為主，偶夾局部粉砂。全新世砂泥互層，以泥及細砂為主，局部夾粉砂至極細砂層，夾有炭屑及貝屑富集層，推測屬全新世潮坪堆積物，本層分布於小崗山 4B 井 5.4 至 45.65 公尺。晚更新世砂泥層以灰色泥岩、泥質砂岩、粉砂岩為主，此層推測屬晚期更新世泥質潮坪堆積物，本層分布於小崗山 4B 井 45.65 公尺以下。

地質構造部分，小崗山 4B 井於 80 公尺深附近出現一系列剪切面，但剪切面不密集且帶寬約在 1 公分以內，過 80 公尺後至孔底 100 公尺僅出現零星剪切面。小崗山 4A 井剪切面更少，僅在 50 公尺深發現。

綜合前述，本剖面晚更新世砂泥層頂部在小崗山 4A 及 4B 井之間無顯著落差，剪切面分布稀疏，研判小崗山 4A 及 4B 井可能位於小崗山斷層上盤，推估小崗山斷層可能在小崗山 4A 井西側 50 至 100 公尺，主斷層傾角依據宏偉工程(2012)、地調所(2020)調查成果，推估應大於 70 度。

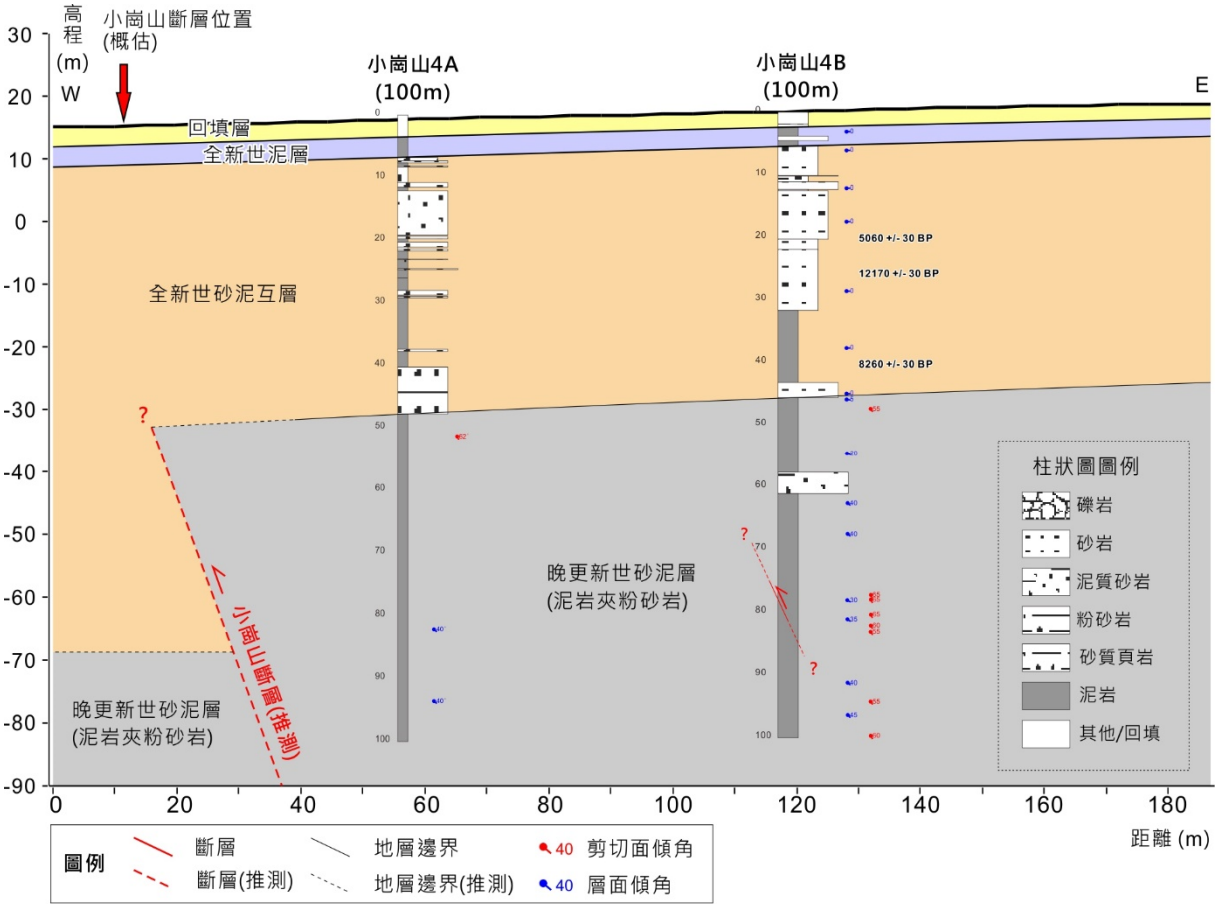


圖 3-18　小崗山 P1 地質剖面

Fig 3-18　The P1 geological structure profile of Hsiaokangshan fault

2.小崗山 P2 地質剖面

本剖面位於高雄市岡山區田厝一路旁，剖面起點坐標為(180684.9, 2526300.8，TWD97)、終點坐標為(180884.2, 2526280.6，TWD97) 剖面鑽井分別為小崗山 5A(100 公尺)、小崗山 5B(50 公尺)、小崗山 5C(100 公尺)，剖面平面位置圖及地質剖面圖詳見圖 3-17、圖 3-19。

本剖面地表地形崖由於人為開發不甚明顯,但現場地表仍可略見起伏，推測地形崖頂部位於水平距離 100 公尺處、地形崖趾部位於里程 186 公尺處，本剖面地層主要分為 4 層，由淺至深分別為回填層、全新世泥層、全新世砂泥互層、早全新世或晚更新世泥質砂層、晚更新世砂泥層。回填層主要由黃棕色粉土質砂組成。全新世泥層以淺棕灰色砂質黏土或泥為主，偶夾局部粉砂。全新世砂泥互層，以泥及細砂為主，局部夾粉砂至極細砂層，夾有炭屑及貝屑富集層，推測屬全新世潮坪堆積物，本層分布於小崗山 5A 井 3.95 至 38.90 公尺、小崗山 5B 井 3.80 至 42.30 公尺、小崗山 5C 井 4.00 至 61.00 公尺。早全新世或晚更新世泥質砂層主要為泥質砂層為主，夾數道 5 至 30 公分厚礫石堆積層，本層屬於完全無膠結的土層，同時也有剪裂帶分布，剪裂帶上、下兩側可見到明顯岩性差異，本層只分布在小崗山 5C 井 61.00 至 100.00 公尺，沉積年代尚無法確定，建議後續進行碳十四定年分析。晚更新世砂泥層以灰色泥層夾粉砂層為主，此層推測屬晚期更新世泥質潮坪堆積物，本層分布於小崗山 5A 井 38.90 公尺以下、小崗山 5B 井 42.30 公尺以下，本層的膠結情況良好，較近似於岩石特性。小崗山 5B 井 43.3 至 46.8 公尺深出現棕灰色泥，呈塊狀無層理，有鏽染痕跡，推測為晚更新世時期之潮坪表面。

地質構造部分，小崗山 5A 井自進入晚更新世砂泥層後(深度 38.90 公尺以下)出現一系列剪切面、夾深灰色剪裂泥，傾角介於 40 至 70 度之間。於 81.8、90.5 公尺則匯集剪切帶，傾角約在 40 度。整體來看小崗山 5A 井，並未發現剪切劇烈的斷層帶。

小崗山 5B 井自進入晚更新世砂泥層後(深度 42.30 公尺以下)出現一系列剪切面、夾灰黑色剪裂泥,往下至 50 公尺仍能見到許多剪切面。43.3 至 46.8 公尺深出現棕灰色泥，並在 45.6 公尺處分布一道傾角 30 度之剪切面，寬度 2 公分。

小崗山 5C 井自從進入早全新世或晚更新世泥質砂層可見許多切穿

砂層的剪切帶，剪切帶傾角介於 40 至 70 度，部分較寬的剪切帶上下盤岩性材料迥異，顯見這些剪切帶具有明顯的錯動量。

綜合前述，本剖面晚更新世砂泥層頂部在小崗山 5A 及 5B 井之間無顯著落差，且遍布剪切帶，可以確認小崗山 5A 及 5B 井都位於斷層上盤。但晚更新世砂泥層持續往西追蹤，在小崗山 5C 井已見不到本層，顯見本層頂部往西至小崗山 5C 井位置時，頂部高程已顯著下降，取而代之出現的是早全新世或晚更新世泥質砂層，同時該層也遍布剪切帶，若後續對本層定年發現為全新世早期沉積的土層，即能證明小崗山斷層在全新世確定有活動紀錄。小崗山 5C 井皆屬於未膠結紀錄較類似於小崗山斷層下盤的特徵，但該井卻有剪切帶貫穿其中，本計畫評估這些土層中的剪切帶應為小崗山斷層發展到土層中的延伸破裂，推測小崗山斷層已相當接近 5C 井下方或是位於 5B 和 5C 井之間。

根據前文小崗山 5C 井之調查成果，推估小崗山斷層應位於 5B 和 5C 井之間或貼近 5C 井之東側，主斷層傾角依據宏偉工程(2012)、地調所(2020)調查成果，推估應大於 70 度。

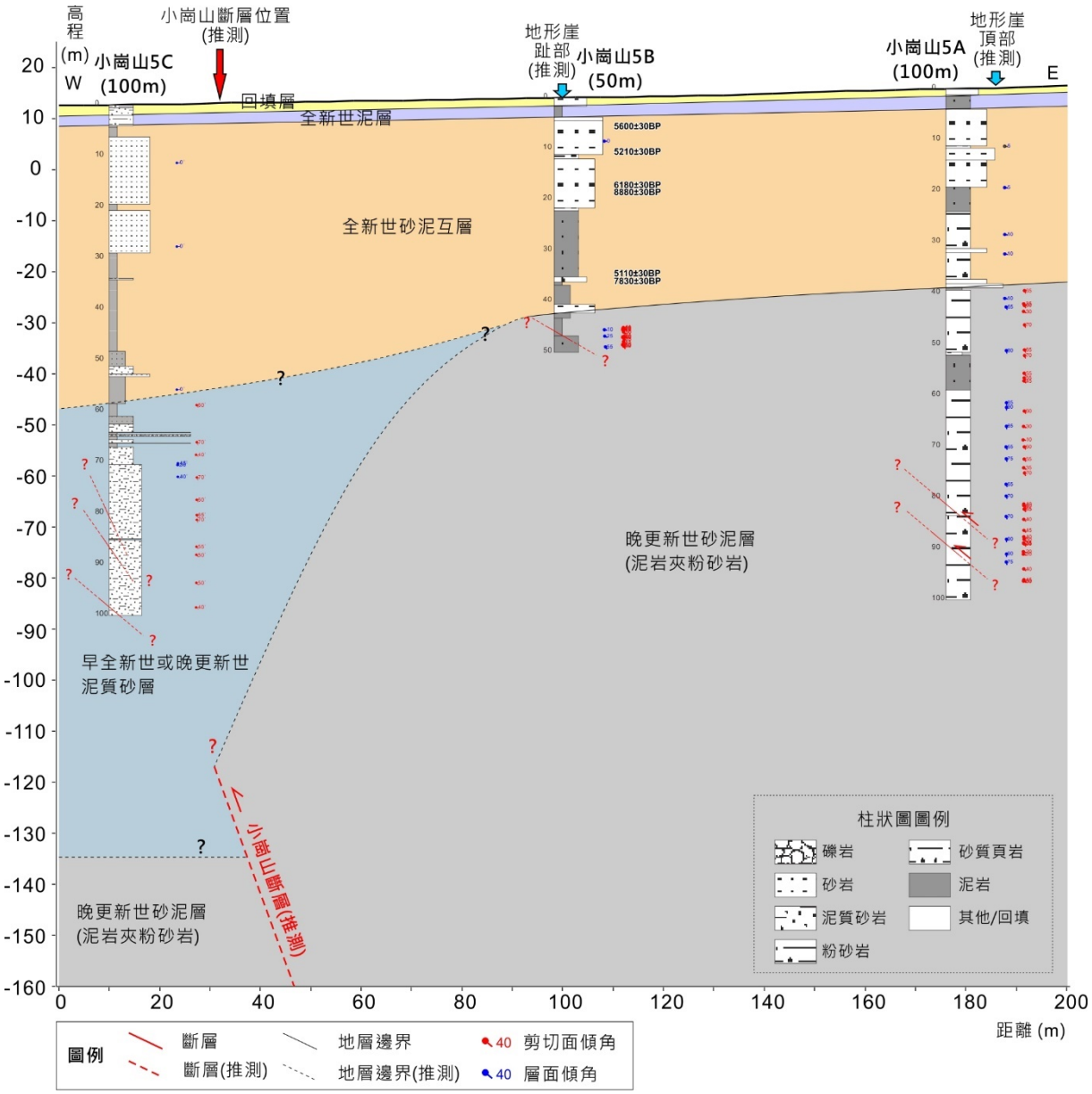


圖 3-19　小崗山 P2 地質剖面

Fig 3-19　The P2 geological structure profile of Hsiaokangshan Fault

(六)活動斷層參數蒐集與更新

表 3-1　小崗山斷層參數表

Table 3-1　Parameter table of Hsiaokangshan Fault

斷層參數	斷層參數數據	研究方法	參考文獻
斷層分段與破裂事件	A 小崗山斷層 B 小崗山斷層、梅嶺斷層	地形、岩層分布與對比	Sun, 1964；林啟文等，2009；陳文山等，2010
長度(km)	A：9 、B：31		
寬度(km)	斷坡(14.1)+斷坪:26.9	幾何模型； 深度 0~10km，傾角 45 度 深度 10~12km，傾角 9 度	胡植慶等，2015
破裂深度(km）	10-11	平衡剖面	鄭宏祺，2000
面積(km2)	A:127(斷坡)，242(斷坡+斷坪)	幾何模型；長度×寬度	胡植慶等，2015
	B:438(斷坡)，834(斷坡+斷坪)		
走向	呈東北ㄧ西南走向	地形、岩層分布與對比	Sun, 1964；林啟文等，2009；林啟文等，2010；陳文山等，2010
傾斜角度(度)	45 度	震測資料	石瑞銓等，2008；林啟文等，2009
	岩心剪切面大多呈 50-70 度	鑽井資料	陳文山等，2010
斷層機制	逆移斷層	地形、鑽井	林啟文等，2009；陳文山等；2010
短期滑移速率(mm/yr)	平行斷層走向分量 4.4 mm/yr（右移） 垂直斷層走向分量 8.3 mm/yr（壓縮） 高程方向兩側差異不明顯	(2002~2008)GPS 資料、水準測量	饒瑞鈞等，2008
	23-25（沿斷層面）	GPS 資料反演	蔡旻倩，2013

長期滑移速率 (mm/yr)	抬升速率 1.14.4mm/yr	鑽井資料樣本及定年計算抬升速率	陳文山等，2012
滑移虧損率 (slip deficit rate) (mm/yr)	上界 9.1 平均 5.4 下界 1.9	1. BLOCKS Model 2. DEFNODE Model 3. Baseline Inversion Model	景國恩等，2020
單一事件變位量 (m)	A:0.91(斷坡)1.11(斷坡+斷坪) B:1.27(斷坡)1.55(斷坡+斷坪)	1log D = 0.29 Mw - 1.84（逆斷層）	Wells and Coppersmith, 1994
最大可能地震規模	A:6.2(斷坡)6.5(斷坡+斷坪) B:6.7(斷坡)7.0(斷坡+斷坪)	Mw =4.33+0.90 log A σ=0.25 （逆斷層）	Wells and Coppersmith, 1994
	A:6.1(斷坡)6.4(斷坡+斷坪) B:6.6(斷坡)6.9(斷坡+斷坪)	$M = \log A + \frac{2}{3}\log\frac{\max(1,\sqrt{\frac{A}{H^2}})}{[1+\max(1,\frac{A}{H^2\beta})]/2} + const.,$ (各破裂事件面積引用本表)	Yen and Ma, 2011
地震復發間隔 (年)	A:100~200 B:400~500	各破裂事件特徵地震模式權重最高之地震復發間隔時間區間	胡植慶，2015
最近一次活動時間	N/A	N/A	N/A

註:本表參考自胡植慶等(2015)小崗山斷層參數表

四、車瓜林斷層調查成果

(一)基本資料及過去研究

1.斷層位置與長度

車瓜林斷層跨經高雄市內門區、田寮區及燕巢區，斷層跡總長度約 22 公里長(林啟文，2013；劉彥求與林啟文，2019；黃文正等，2019)。其斷層跡走向大致為東北-西南走向，車瓜林斷層西南段於燕巢區為沖積層掩覆，延伸至橋頭區存疑(林啟文，2013；劉彥求與林啟文，2019)。本斷層之斷層跡沿線尚存多處狀況良好之露頭得以作為控制點追蹤，其斷層帶寬度約數 10 公尺至 130 公尺，且顯見髮辮狀斷層泥條帶交織形成之斷層帶(劉彥求與林啟文，2019)，至燕巢以南由於受沖積層掩覆，延伸性存疑(圖 4-1)。

2.地形與地質特性

本斷層所經之區域，地形約為北東走向且為長條狀之丘陵地形，北段內門區地勢較高；西南段燕巢區域地勢較低，整體而言地形高程由東北向西南漸低(圖 4-2)。

因位於木柵斷層以西(古亭坑斷層以東)，且旗山斷層以北，又近地表出露之岩層以厚層泥岩為主，根據林啟文(2013)旗山圖幅之分類，由老至新地層可分為古亭坑層、崎頂層、大崗山石灰岩、階地堆積層、沖積層等，沉積年代可自晚中新世至全新世，地層之比對表請參考表 4-1。

其中，古亭坑層標準地點之岩性以厚層暗灰色泥岩為主，偶夾薄層砂岩；然而其於不同區域之岩性稍有變化，於內門地區，為暗灰色泥岩偶夾薄層砂岩；阿蓮地區，以暗灰色泥岩為主；田寮至燕巢區域以厚層泥岩為主偶夾薄層砂岩；崎溜山區域，砂泥岩互層、泥岩、砂岩與礫岩為主之層序，於林啟文(2013)旗山圖幅說明書中稱「雞南山透鏡體」。本層之厚度因不同區域而異，龍崎與左鎮地區厚約 2,280 公尺；旗山地區厚約 3,616 公尺；燕巢地區厚約 1,640 公尺。

崎頂層分為上、下段，下段以暗灰色泥岩與砂岩互層為主，夾有石灰岩；上段以厚層至塊狀細粒砂岩為主，偶夾暗灰色泥岩。本層之下段與古亭坑層整合接觸。車瓜林斷層之南端燕巢區域，出露本層之

下段，以厚層泥岩與厚層砂岩為主，亦出露雞冠山石灰岩，岩體延伸約 900 公尺，整體厚度約 7 公尺。

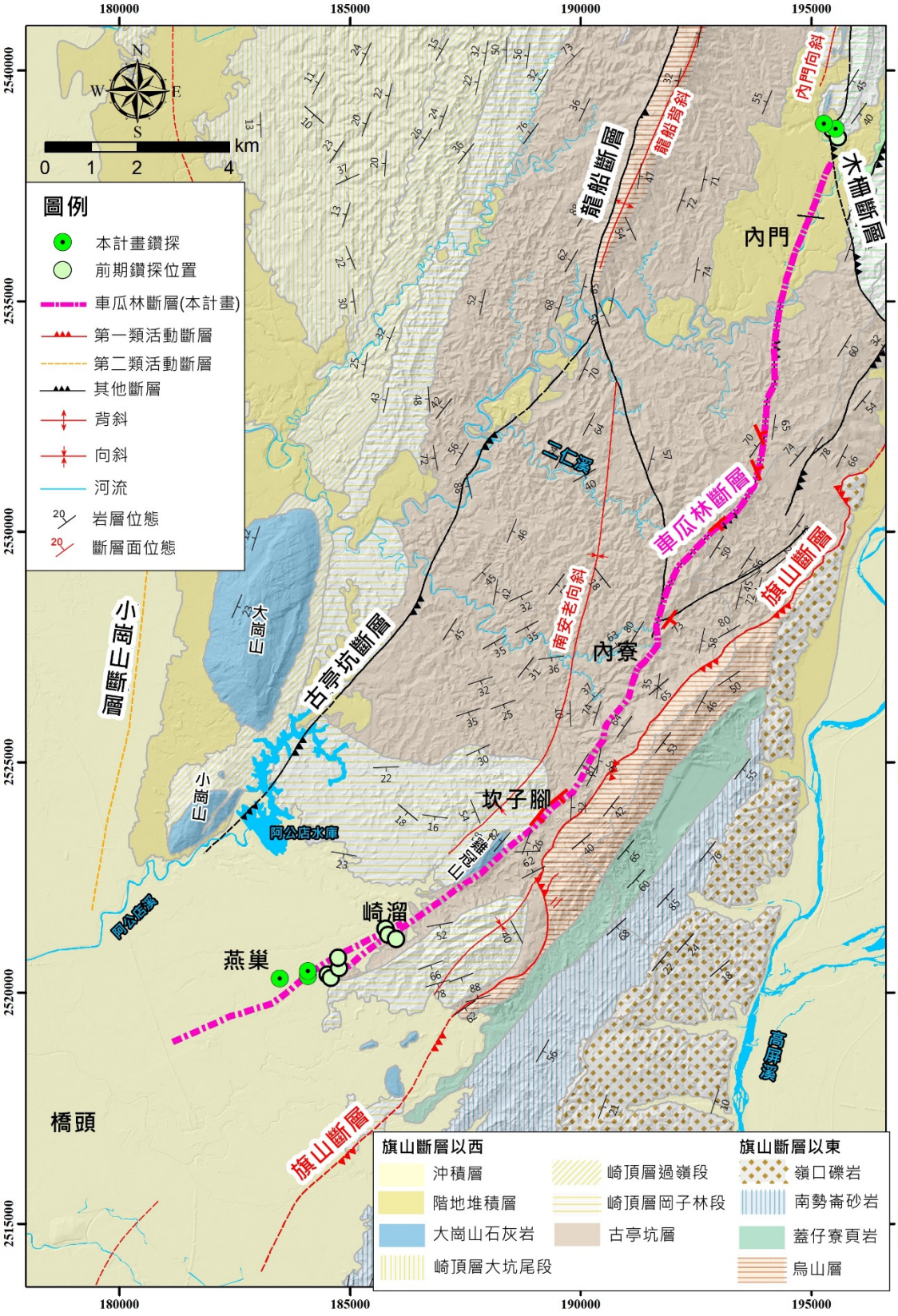
綜觀近期之車瓜林斷層精細調查成果，斷層帶位於泥岩層中，並無明顯之層位落差。根據劉彥求與林啟文(2019)，於橋子頭至崎溜，車瓜林斷層多以高角度由東向西逆衝，且可以泥岩層中出露之剪裂帶位置沿線追跡其位置，然而至崎溜以南燕巢區域，近地表為沖積層覆蓋，無明顯露頭得以做為斷層跡延伸之控制點。

表 4-1　車瓜林斷層鄰近區域地層比對表

Table 4-1　The stratigraphy table located in Chekualin Fault

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">吉田要
(1932)</td><td colspan="2" rowspan="2">鳥居敬造
(1932，1933)</td><td rowspan="2">耿文溥
(1981)</td><td colspan="3" rowspan="2">中國石油公司
(1989)</td><td colspan3="3">本(旗山)圖幅</td></tr>
<tr><td colspan="2">木柵斷層以西
旗山斷層以北</td><td>旗山斷層
以東</td><td>木柵斷層
以東</td></tr>
<tr><td colspan="2">大岡山石灰岩</td><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="3"></td><td colspan="2">大岡山石灰岩</td><td></td><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">崎頂層</td><td>砂岩層</td><td rowspan="3">崎頂層</td><td>砂岩層</td><td rowspan="2">嶺口礫岩</td><td rowspan="2">六雙層</td><td rowspan="2">嶺口礫岩</td><td rowspan="2" colspan="2">崎頂層</td><td rowspan="5">嶺口礫岩</td></tr>
<tr><td>石灰岩</td><td rowspan="2">頁岩質砂岩</td><td rowspan="2">關廟層</td></tr>
<tr><td>頁岩質砂岩</td><td>二重溪層</td></tr>
<tr><td rowspan="2">古亭坑層</td><td>砂質頁岩層</td><td rowspan="2">古亭坑層</td><td rowspan="2">砂質頁岩層</td><td rowspan="2">南化泥岩</td><td rowspan="3">古亭坑層</td><td rowspan="2">古亭坑層</td><td rowspan="3">古亭坑層</td><td>泥岩</td></tr>
<tr><td>砂岩層</td><td>砂岩層</td><td>大社層</td></tr>
<tr><td rowspan="4">木柵層</td><td>砂頁岩互層</td><td>木柵層</td><td>頁岩層</td><td>八張犁層</td><td>南勢崙砂岩</td><td>雞南山透鏡體</td><td>南勢崙砂岩</td><td>隘寮腳層</td></tr>
<tr><td rowspan="2">砂岩層</td><td rowspan="3">砂頁岩互層
(含石灰岩、玄武岩)</td><td rowspan="2">十六份頁岩</td><td rowspan="2">蓋仔寮頁岩</td><td>泥岩</td><td rowspan="2">蓋仔寮頁岩</td><td rowspan="2">鹽水坑頁岩</td></tr>
<tr><td>龍船透鏡體</td></tr>
<tr><td>礫岩層</td><td>南勢坑層</td><td>烏山層</td><td>泥岩</td><td>烏山層</td><td>糖恩山砂岩</td></tr>
<tr><td>砂頁岩互層</td><td>石內層</td><td colspan="3"></td><td colspan="2"></td><td>長枝坑層</td></tr>
</table>

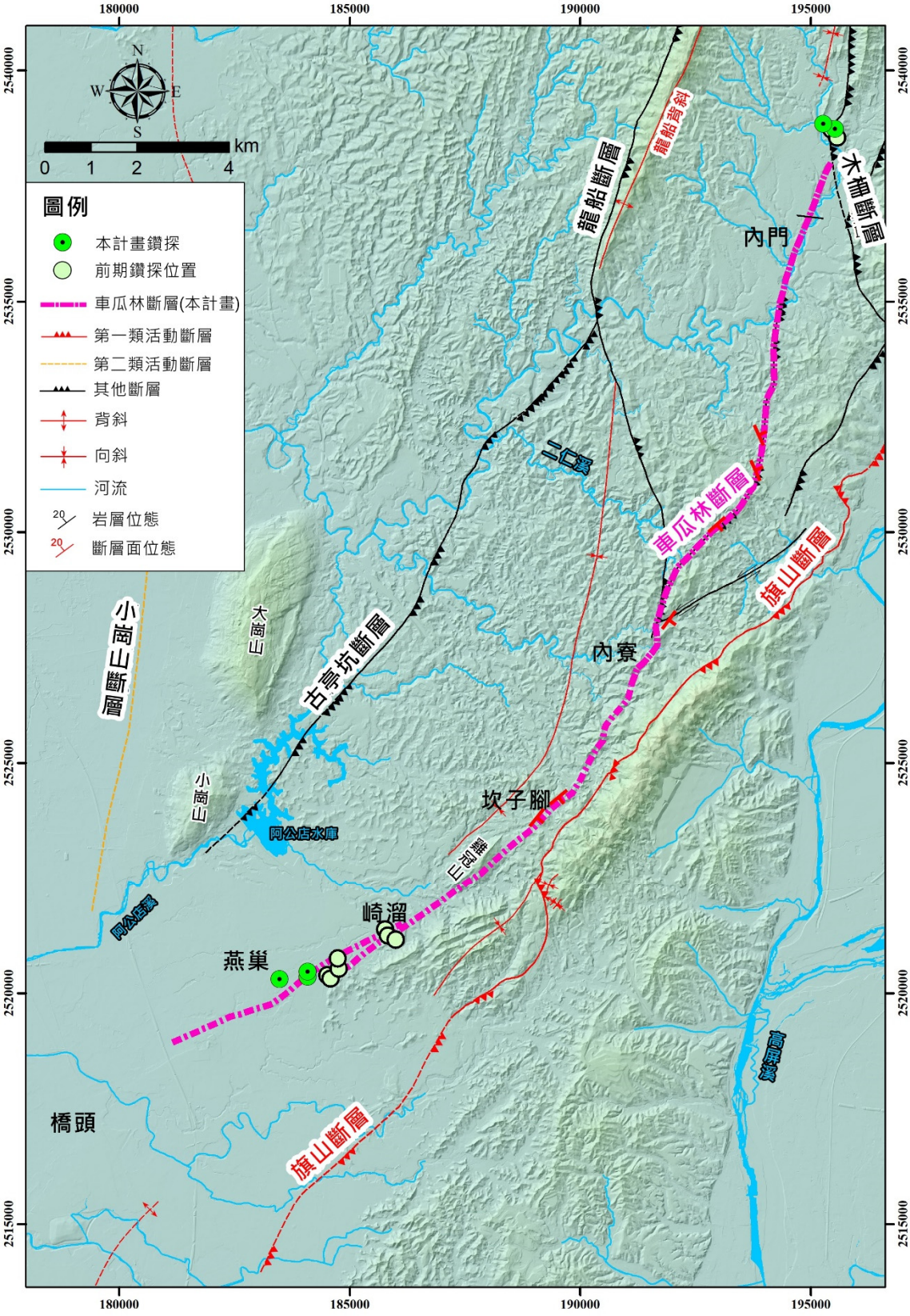
資料來源：林啟文(2013)



資料來源：改自林啟文(2013)；車瓜林斷層斷層跡改繪自黃文正等(2019)

圖 4-1　車瓜林斷層鄰近區域平面地質圖

Fig 4-1　The geological map of Chekualin Fault



資料來源：林啟文(2013)；車瓜林斷層斷層跡參考劉彥求與林啟文(2019)；斷層跡改繪自黃文正等(2019)

圖 4-2　車瓜林斷層鄰近區域地形與水系分布圖

Table 4-2　The stream and topography map of Chekualin Fault

3.地下地質特性

(1)內門地區

車瓜林斷層北端通過內門地區，本區地勢平坦，近地表覆蓋沖積層或階地堆積層等晚更新世至全新世尚未成岩固化之地質材料。以工程地質探勘資料庫查詢，本區並無鄰近優選之工程深鑽得以參考岩盤深度或剪裂帶位置；然而以二仁溪露頭及其他鄰近區域如內門區北側及田寮區公路沿線之鑽探成果推測，本區之沖積層厚度可概略估計厚約 10 公尺以內，甚至部分鑽孔顯示僅 2 公尺即鑽遇岩盤(暗灰色泥岩)。又根據林啟文(2013)、劉彥求與林啟文(2019)及黃文正等人(2020)等研究結果，顯示內門至崎溜地區之車瓜林斷層之剪裂帶發育特性，為古亭坑層(泥岩層)間之層間剪裂。

(2)內門地區以南至崎溜地區

本段近地表顯見出露之暗灰色泥岩層，而車瓜林斷層帶之剪裂構造亦可由地表露頭進行追跡，其寬度為 30 至 130 公尺不等(劉彥求與林啟文，2019；黃文正等人，2020)。本斷層之特性屬高角度逆衝斷層，且為層間滑動，僅部分區域出露明顯之線形崖(興勝宮以南至燕巢)。劉彥求與林啟文(2019)則將本區之地表地質調查成果依各區段不同之地質資訊繪製各區剖面。斷層於各區(由北至南)之地下構造特性概括如下(圖 4-3)：

a. A-A’地質剖面

地質構造剖面 A-A’為內門區竹筏寮區域，鄰斷層上盤存在約 50 公尺寬擾動帶，且為層間滑動之形式。斷層帶中之砂岩明顯受剪裂之影響而形成斷層角礫；斷層泥條帶寬度至多 1 公尺厚。

b. B-B’地質剖面

地質構造剖面 B-B’為內寮鄰近區域，下盤受剪裂作用影響，岩層呈現灰黑色且為髮辮狀交織斷層泥條帶；上盤之砂岩受擠壓形成緊密之小型褶皺型態，且存在 1 至 3 公尺寬之斷層角礫，且部分夾剪裂泥。

c. C-C’地質剖面

本區車瓜林斷層上盤存在數條與主斷層跡走向平行的分支斷

層；而車瓜林主斷層截切一向東傾斜斷層，下盤岩層向西傾斜(高角度)，同時發育一組低角度向東南傾斜之斷層帶。

d. D-D’地質剖面

本區車瓜林斷層帶寬度約 60 至 130 公尺，主斷層跡之位置位於崩塌地泥岩與雞冠山石灰岩之間。

e. E-E’地質剖面

本區因受沖積層覆蓋，但觀地形顯見隆起之線形崖連續，得以作為主斷層跡追跡之根據。於崎溜、興聖宮區域可見斷層帶露頭。

(3)燕巢與橋頭地區

本計畫目前以「工程地質探勘資料庫」之鑽探資料，針對平原地區燕巢、橋頭地區之工程鑽探(超過 50 公尺)評估該區域之近地表地下地質構造分布，以利後續全取樣地質鑽探精查作業進行。彙整之鑽探資訊如表 4-2 所示，各鑽探孔位請參考圖 4-1 及圖 4-2。總鑽深為 42 至 150 公尺不等，其中 KH331+764、KH91-E04、KH91-G03 三孔於接近 40 公尺鑽深處觸及岩盤。

以 KH331+764 與 KH331+420 僅相鄰約 300 公尺為例(圖 4-4、圖 4-5)，後者(KH331-420)總深度 70 公尺皆無鑽遇岩盤，其井錄顯示該處自地表至 70 公尺深處應為沖積層之砂、泥、礫石等尚未固結成岩之地質材料；而鑽孔 KH331+764 則顯示於地下 36.8 公尺鑽遇石灰岩層岩盤，若以此二鑽孔井錄資訊繪製地質圖，則顯示鄰近 300 公尺內岩盤之高程有甚大之落差，二孔位之間可能為斷層通過。

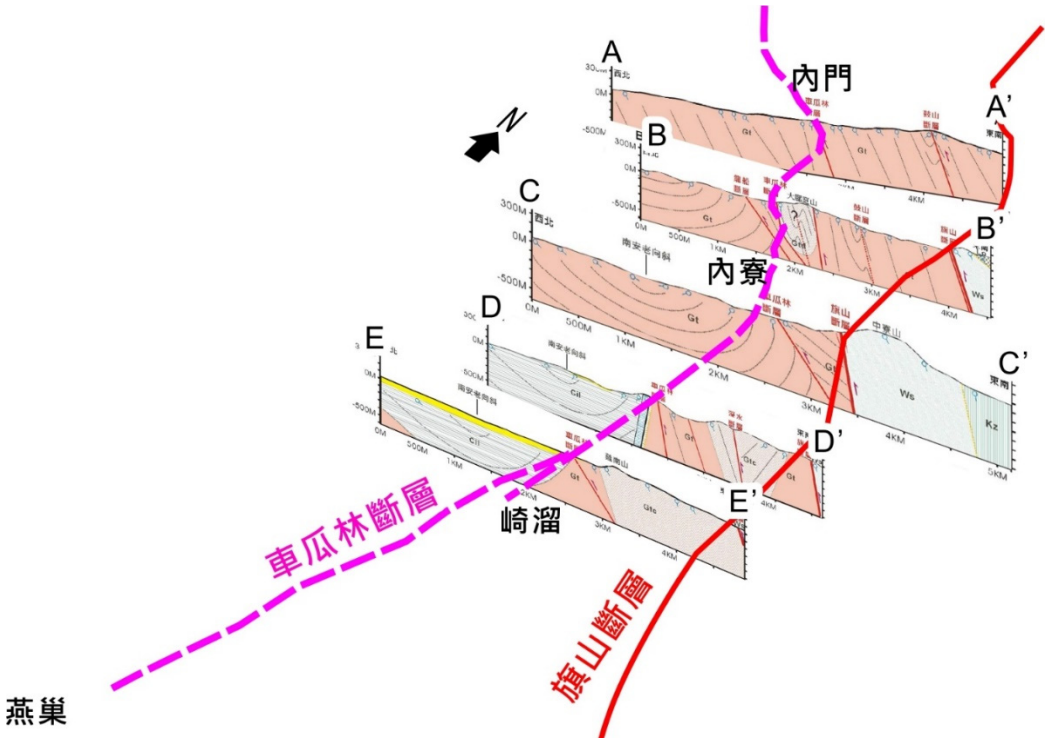
表 4-2　燕巢、橋頭地區鑽探資料彙整表

Table 4-2　The boreholes located in Yanchao district and Ciaotou in Kaohsiung

鑽孔編號	E [m]	N [m]	Z (m)	鑽深 (m)	備註
KH91-G02	179452.999	2517891	0	150	無入岩
KH331+764	182595.727	2519330	24.89	42	36.8m 入岩
KH331+420	182459.057	2519641	22.55	70	無入岩
BH-57	180857.209	2519184	10.49	60	無入岩
KH91-E04	179902.648	2516757	16	57.59	52.4 入岩
KH91-G03	183132.054	2517589	0	80	48.7m 入岩

備註：坐標系統採 TWD97 二度分帶

資料來源：經濟部中央地質調查所，工程地質探勘資料庫



資料來源：改自劉彥求與林啟文(2019)

圖 4-3　車瓜林斷層與旗山斷層之地下構造剖面示意圖

Fig 4-3　The 3D geological structure map of Chekualin Fault

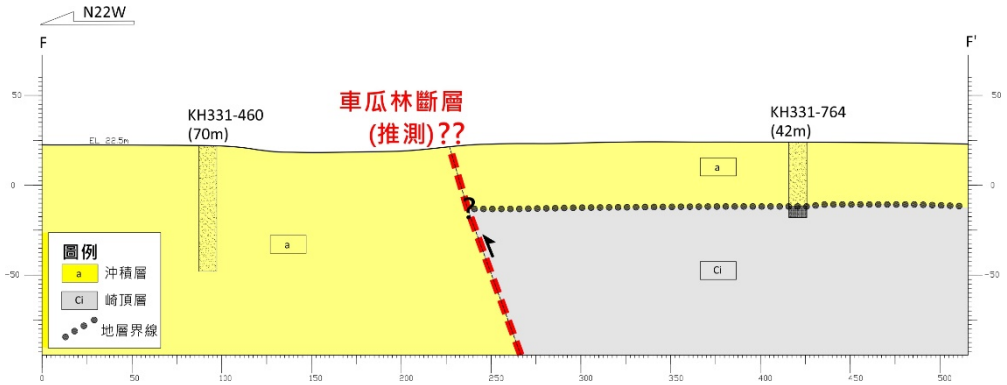
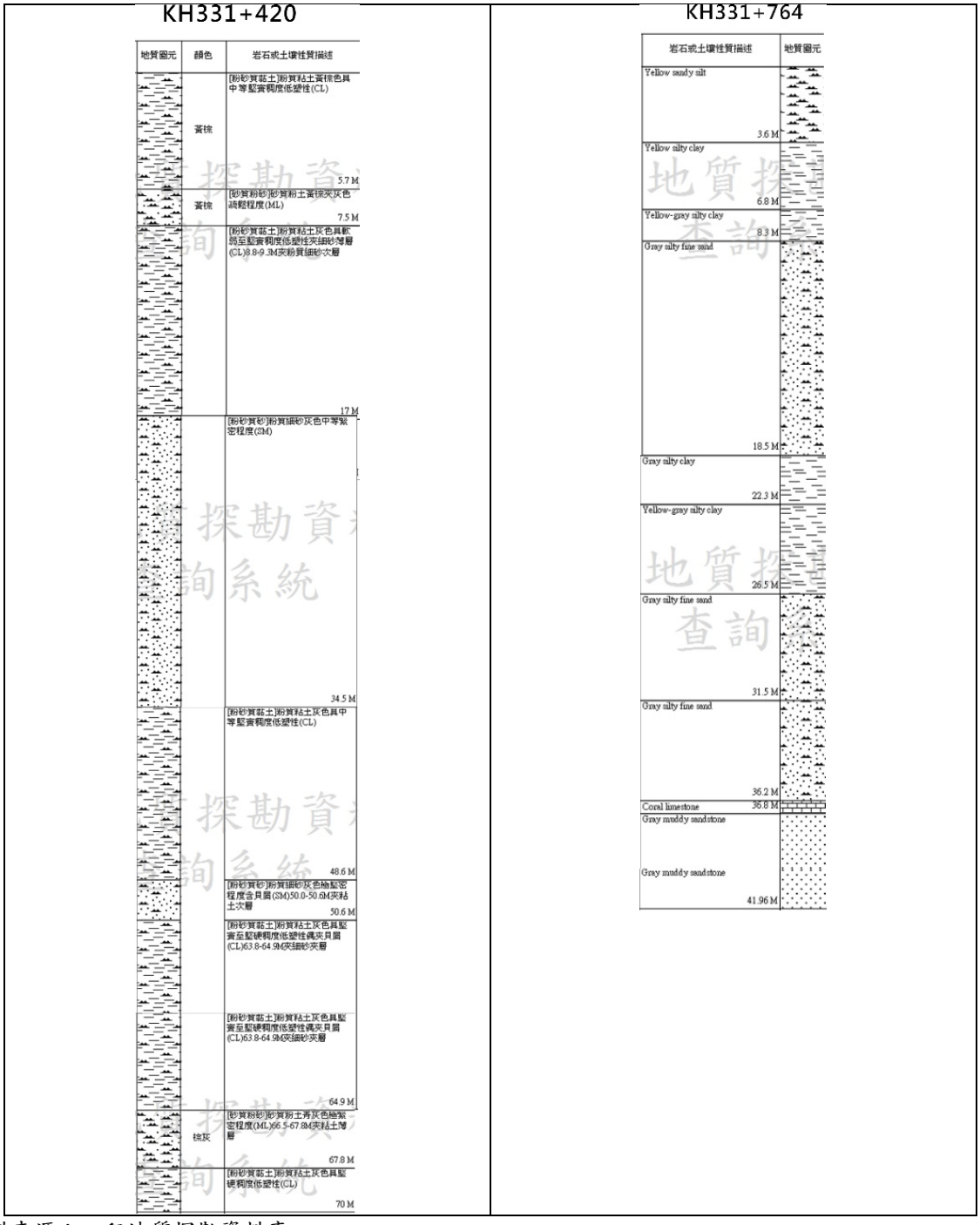


圖 4-4　燕巢平原區推測地質剖面 F-F'

Fig 4-4　The predicted geological structure profile of Chekualin Fault in Yanchao, Kaohsiung



資料來源：工程地質探勘資料庫

圖 4-5　燕巢地區平原區鑽探井錄

Fig 4-5　The selected boreholes of Chekualin Fault in Yanchao, Kaohsiung

4.斷層活動特性

劉彥求與林啟文(2019)以車瓜林斷層南端之排鑽成果，車瓜林 1B 井之 50.1 公尺處之碳質物定年，判定該處之斷層面傾角約 50 度，且於 49.8 公尺處見疏鬆砂岩層(崎頂層)逆衝至年代為 32730±240BP 沖積層之上，顯示車瓜林斷層南段於 10 萬年內曾有活動，該斷層至少屬於第二類活動斷層。

5.綜合評估與本次調查重點

車瓜林斷層北端位於內門以北，並與木柵斷層交會，近地表多為沖積層或是階地堆積層覆蓋，其斷層跡難以地表地質調查方式追跡，過去車瓜林 6A 井、車瓜林 6B 井皆鑽遇剪切帶，但剪裂帶密度較稀疏，未接近斷層面所在之強烈剪切帶，故本計畫規劃 2 孔(8A, 8B)鑽探計 200 公尺於內門，以釐清下方車瓜林斷層及木柵斷層確切的延伸情況。

車瓜林斷層南端進入燕巢以南，近地表也被階地堆積層覆蓋，地表地形由於位於平原區及人為開發，地形崖特徵不明顯以致不易判釋，如前所述部分工程鑽孔顯示平原區有斷層通過之可能，考慮本區未來有更多土地開發行為，故規劃 3 孔(7A, 7B, 7C)鑽探計 300 公尺於燕巢以南地區，以釐清本區下方車瓜林斷層確切的分布情況。

(二)地表地質調查成果

本計畫調查重點範圍分別為車瓜林斷層沿線內門以北、燕巢以南過去未補充鑽探地區，依照經濟部中央地質調查所提供之 1 公尺網格地形陰影圖，結合現場地形地質調查，判釋可能由於車瓜林斷層活動所造成的地形崖(詳圖 4-6、圖 4-10)。本計畫重點調查區由於接近斷層端點位移量可能減緩之因素，以及長期人為開發及整地行為，從陰影圖不易看出地形崖特徵。現場地形調查成果描述如下:

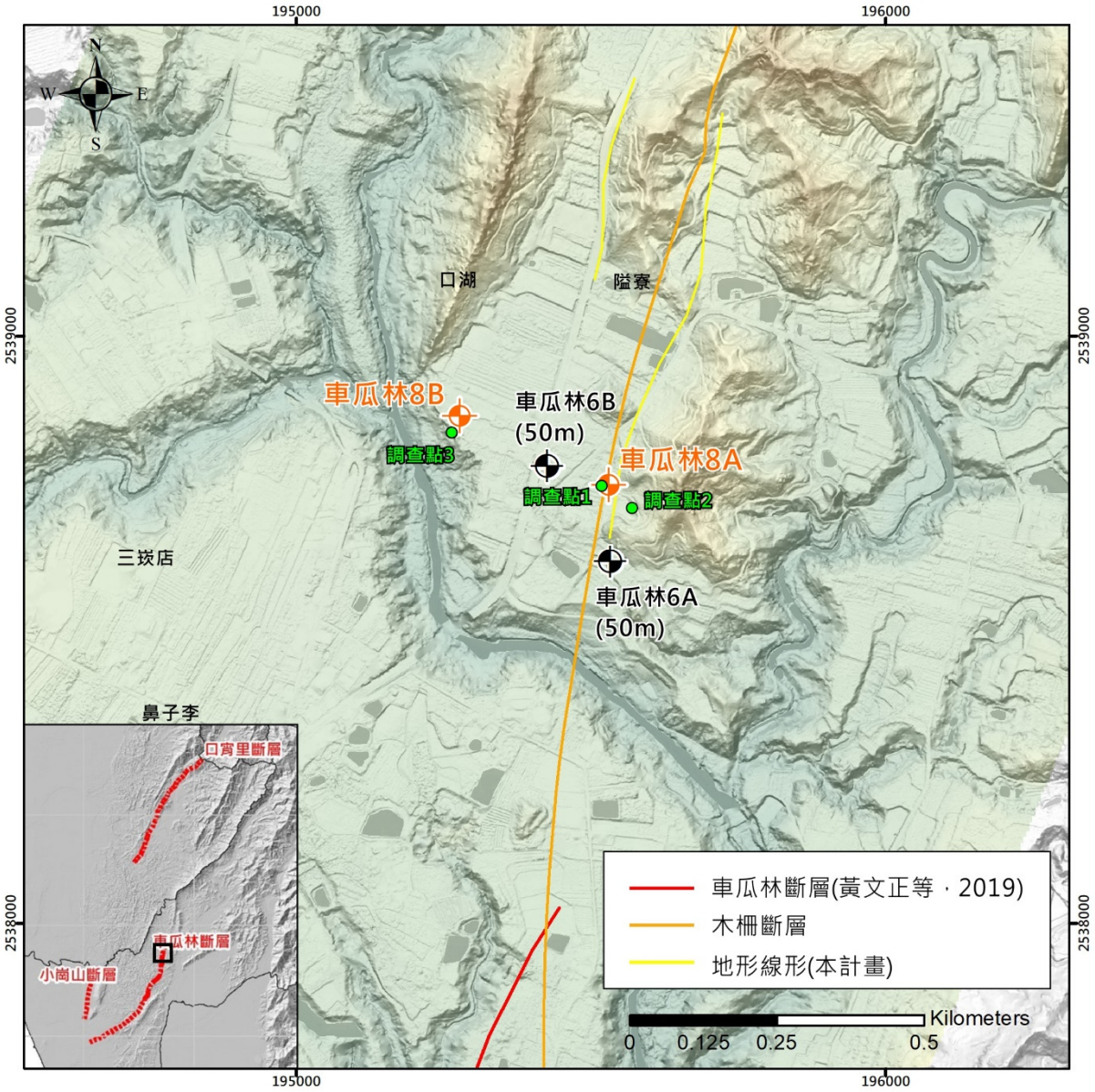


圖 4-6　車瓜林斷層內門地區地形陰影及調查位置圖

Fig 4-6　The hillshaded map with investigated location of Chekualin Fault in Neimen, Kaohsiung

1.車瓜林斷層北端內門以北地區

本區多為河階地堆積所形成之階地堆積層，地表由於人為農地開發，地形崖特徵不甚明顯，若斷層發育於階地堆積層下方則無法觀察到。本計畫參考黃文正等人(2019)繪製之車瓜林斷層線、中央地質調查所五萬分之一地質圖旗山圖幅(2013)，認為本區為車瓜林斷層和木柵斷層之重合帶。經地表地質調查及研判過去車瓜林 6A 及車瓜林 6B 井鑽探成果，推測木柵斷層或車瓜林斷層經過 6A 及 6B 井之間，位於內門高 121 鄉道旁小丘稜及河階交界之地形崖(圖 4-7，調查點 1；圖 4-8，調查點 2)，

故本計畫於調查點 1 規劃車瓜林 8A 井(100 公尺深)，以釐清下方斷層錯動性質及分布狀況。

另外，隘寮及口湖之間存在階地堆積，可能也代表該處下方有地質弱帶分布，導致侵蝕下刷後堆積形成階地，該處現況亦存在由於侵蝕導致之地形崖(圖 4-9，調查點 3)，本計畫於調查點 3 規劃車瓜林 8B 井(100 公尺深)，作為若車瓜林 8A 井未鑽遇主要剪裂帶之補充調查鑽孔。



圖 4-7　調查點 1，內門 121 鄉道東側，斷層地形崖

Fig 4-7　The survey spot 1at Neimen with fault scarp



圖 4-8　調查點 2，內門 121 鄉道東側，斷層地形崖

Fig 4-8　The survey spot 2 at Neimen with fault scarp



圖 4-9　調查點 3，內門台 3 線西側二仁溪旁，斷層地形崖

Fig 4-9　The survey spot 3 at Neimen near Erjen river with fault scarp

2.車瓜林斷層南端燕巢以南地區

本區沿線由於人為開發及農地整地，地形幾乎無起伏(圖 4-10)，於中鋼結構股份有限公司北側道路觀察到緩斜地形隆起(圖 4-11，調查點 4)，高差約 1 至 2 公尺，調查點 4 沿斷層往東北方約 100 公尺圍牆疑似有受斷層潛移導致破裂，惟跡象仍不明顯。本計畫規劃於地形崖兩側各一孔鑽井，分別為車瓜林 7B 井(100 公尺深，上盤側)、車瓜林 7B 井(100 公尺深，下盤側)，藉此釐清車瓜林斷層於地下之精確分布。

自中鋼結構股份有限公司往西側角宿路旁產業道路，地形呈現緩起伏(圖 4-12，調查點 5)，研判可能為車瓜林斷層前緣，本計畫於調查點 5 規劃車瓜林 7C 井(100 公尺深)。

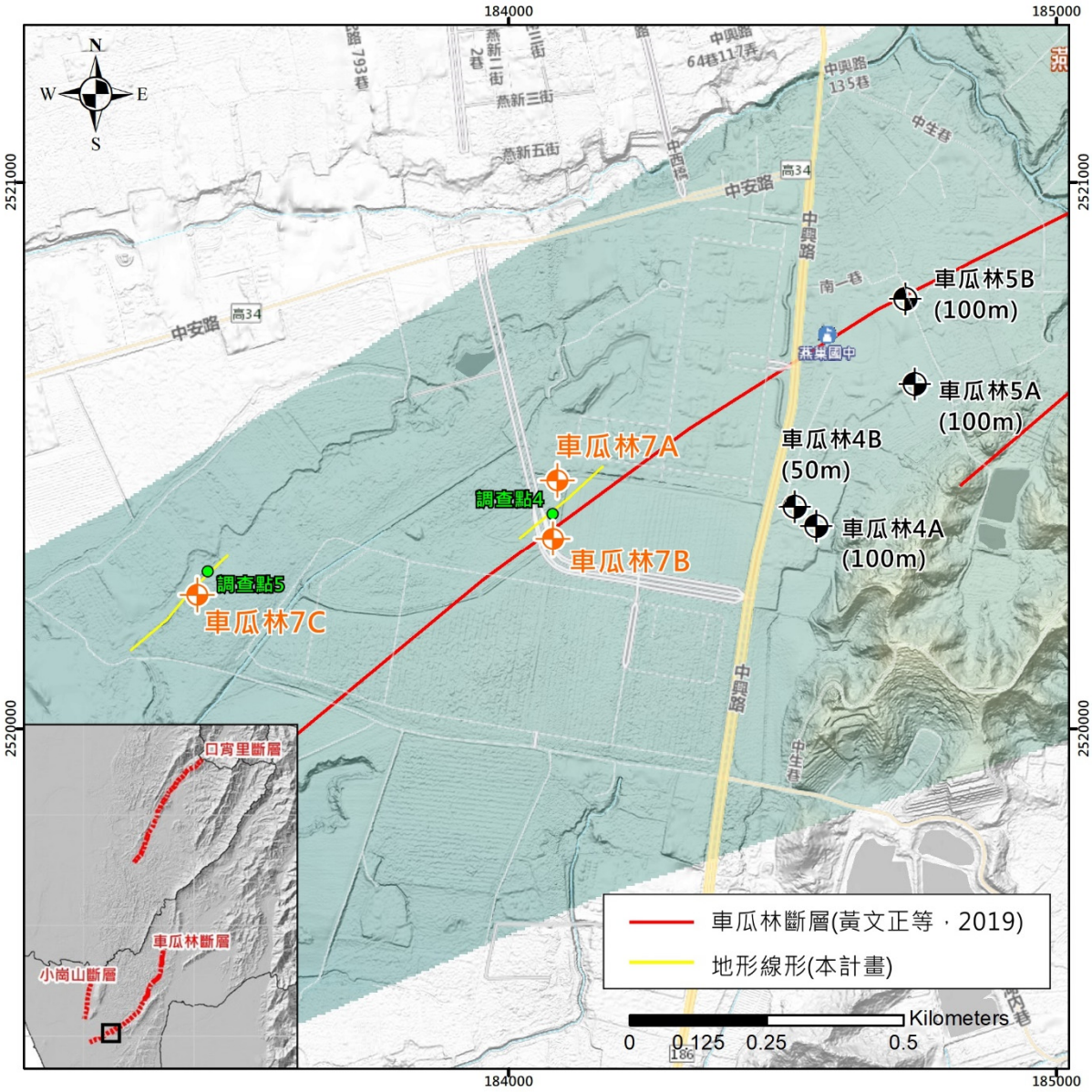


圖 4-10　車瓜林斷層燕巢地區地形陰影及調查位置圖

Fig 4-10　The hillshaded map with investigated spots of Chekualin Fault in Yenchao, Kaohsiung



圖 4-11　調查點 4，燕巢中鋼構北側地形崖，鄰近車瓜林斷層

Fig 4-11　The survey spot 4 escarpment at Yenchao, Kaohsiung, near Chekualin Fault



圖 4-12　調查點 5，燕巢角宿路北側產業道路地形崖，鄰近車瓜林斷層

Fig 4-12　The survey spot 4 escarpment at Yenchao, Kaohsiung, near Chekualin Fault

(三)地質鑽探成果

本計畫經由前人文獻蒐集、地形判釋及地表地質調查後，於車瓜林斷層北端內門區域及南端燕巢區域的地形崖沿線，分別規劃 2 孔及 3 孔的地質鑽探井位，合計 5 孔，井位坐標及高程詳見表 2-3，岩心紀錄及岩心照片詳見附錄一及附錄二。鑽探孔位分布如圖 4-13 及圖 4-14。

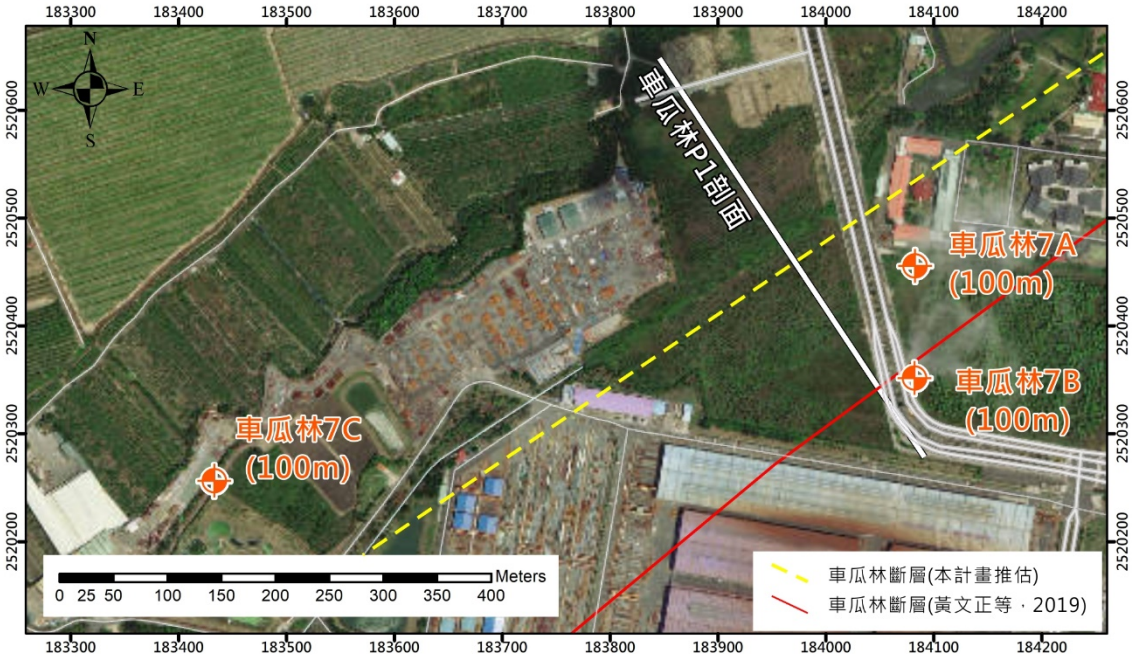


圖 4-13　本計畫於車瓜林斷層沿線鑽探井位分布(1/2)

Fig 4-13　The boreholes set long the Chekualin Fault(1/2)

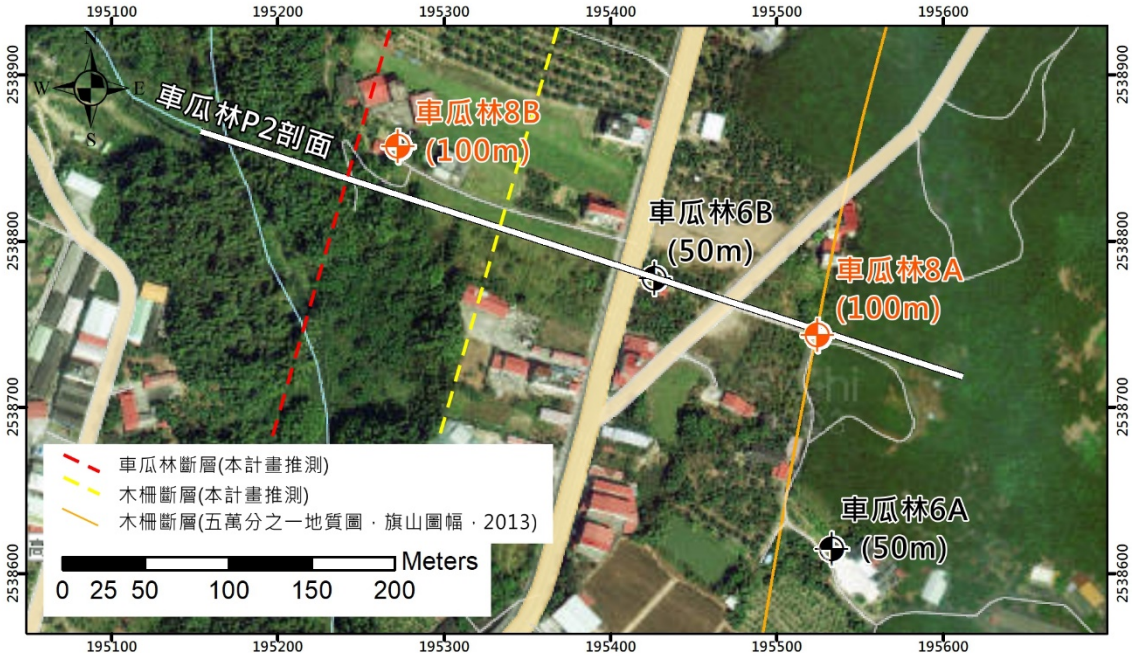


圖 4-14　本計畫於車瓜林斷層沿線鑽探井位分布(2/2)

Fig 4-14　The boreholes set long the Chekualin Fault(2/2)

鑽探成果描述如下:

1.車瓜林 7A

位於高雄市燕巢區中鋼結構股份有限公司北側道路旁，TWD97 坐標為(184082.715, 2520455.641)，孔口高程為 40.171 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.25:回填土

0.25~1.05:黃棕色粉砂

1.05~4.25:黃棕色粉土質砂夾極粗砂，偶夾炭屑

4.25~8.85:棕灰色粉砂質泥，偶夾炭屑

8.85~13.05:深灰色中砂，粒徑向上變細

13.05~13.25:淺灰色黏土

13.25~20.55:深灰色中砂為主，偶夾細砂及貝屑

20.55~100.00:灰色粉砂質泥岩，層理不明顯

2.車瓜林 7B

位於高雄市燕巢區中鋼結構股份有限公司北側道路旁，TWD97 坐標為(184082.084, 2520351.516)，孔口高程為 41.243 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~2.20:耕作土壤層，夾植物根系及碎屑

2.20~3.85:棕色砂質粉土，夾炭屑

3.85~6.55:棕灰色粉砂質泥，夾炭屑，偶夾深灰色黏土層

6.55~9.40:棕灰色粉砂，偶夾炭屑

9.40~17.00:深灰色中砂，偶夾貝屑

17.00~18.85:灰色細砂，偶夾貝屑

18.85~21.25:灰色粗砂，偶夾貝屑，貝類化石富集於本層層底

21.25~100.00:深灰色泥岩，偶夾薄葉層泥質粉砂岩，層理不明顯，局部夾銹染結核。

3.車瓜林 7C

位於高雄市燕巢區角宿路北側產業道路旁，TWD97 坐標為(183433.067, 2520256.309)，孔口高程為 35.318 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.70:回填土

0.70~1.20:棕灰色泥質砂

1.20~11.00:棕色粉土質砂

11.00~13.70:黃棕色中至粗砂砂偶夾礫石，夾炭屑

13.70~4.45:黃棕色中砂

14.45~14.60:棕灰色泥層，偶夾細砂

14.60~20.25:棕灰色中砂

20.25~22.80:灰色中砂

22.80~27.10:灰色細砂，夾極細砂

27.10~27.40:灰色黏土

27.40~30.50:棕灰色細砂夾極細砂層，細砂層層底貝屑富集

30.50~30.75:灰色粉砂

30.75~30.85:灰色黏土

30.85~32.90:棕灰色細砂夾極細砂層，細砂層層底貝屑富集

32.90~33.00:灰色極粗砂層

33.00~33.60:棕灰色細砂層夾貝屑

33.60~61.10:灰色泥岩夾細砂岩層，砂岩層呈薄透鏡或荷重構造，偶夾貝屑

61.10~64.15　棕灰色極細砂夾粉砂岩，零星散布貝屑

64.15~100.00　灰色泥岩夾細砂岩層，砂岩層呈薄透鏡或荷重構造，偶夾貝屑

4.車瓜林 8A

位於高雄市內門區高 121 鄉道東側產業道路旁，TWD97 坐標為(195524.755, 2538743.238)，孔口高程為 75.208 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~2.80:土壤層，粉砂質為主，夾植物根系

2.80~4.90:黃棕色砂質粉土，4.75~4.95m 未風化呈現灰色

4.90~5.70:淺棕灰色粉砂質黏土

5.70~10.40:棕灰色礫質泥層，夾泥屑。底層堆積礫石層，厚約 10 公分

10.40~12.10:灰色泥質粉砂岩

12.10~16.70:灰色層狀細砂岩夾粉砂岩

16.70~19.10:淺灰色粉砂岩

19.10~29.40:灰色極細砂岩夾粉砂岩，層序向上變細，偶夾炭屑及貝屑

29.40~56.90:灰色細砂岩夾中砂岩，中砂岩含碳屑

56.90~58.50:灰色中砂岩

58.50~79.20:灰色細砂岩偶夾中砂岩

79.20~79.75:灰色中砂岩，偶夾炭屑

79.75~85.40:灰色細砂岩夾中砂岩，中砂岩含碳屑

85.40~86.50:棕灰色中至粗砂，夾貝屑

86.50~4.30:灰色細砂岩夾中砂岩，中砂岩含碳屑

94.30~95.20:棕灰色中至粗砂，夾貝屑及炭屑

95.20~100.00:灰色細砂岩夾中砂岩，中砂岩含碳屑

5.車瓜林 8B

位於高雄市內門區台 3 線西側產業道路旁，TWD97 坐標為(195272.305, 2538856.821)，孔口高程為 75.236 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.45:回填土

0.45~5.75:棕灰色泥質粉砂，夾炭屑

5.75~7.00:棕灰色粉砂質泥

7.00~13.15:棕灰色泥質粉砂，粒徑向上變細

13.15~29.50:棕灰色粉砂質泥，由數個粒徑向上變細的沉積循環組成

29.50~32.00:棕灰色泥質粉砂

32.00~34.80:灰棕色礫質泥層，屬於基質支撐，夾炭屑

34.80~68.70:深灰色泥岩，混雜大量破碎帶與剪切面

68.70~100.00:灰色泥岩夾砂岩層，混雜大量破碎帶與剪切面

(四)C-14 定年成果

車瓜林斷層挑選 3 組碳質樣本，送往美國 Beta Analytic 實驗室進行 AMS 放射性碳定年工作(Accelerator Mass Spectrometry Radiocarbon Dating)，進行有機沉積物(Organic sediment)放射性碳定年，其定年成果分析報告詳見附錄三，以下描述各樣本定年成果:

1. CKL-8A-1.5:本組取樣自車瓜林 8A 井 1.5 公尺定年分析物質為有機沉積物，測得年代為 250 +/- 30 BP。

2. CKL-8B-5.65:本組取樣自車瓜林 8B 井 5.65 公尺定年分析物質為有機沉積物，測得年代為 10660 +/- 30 BP。

3. CKL-8B-6.25:本組取樣自車瓜林 8B 井 6.25 公尺定年分析物質為有機沉積物，測得年代為 5640 +/- 30 BP。

定年成果顯示，於高雄市燕巢區域，車瓜林 7A 井深度 2.55 至 5.5 公尺、車瓜林 7B 井深度 6.1 公尺，沉積年代介於 1430 至 2730 年前，屬於全新世沉積。車瓜林 7A 井深度 16.1 至 18.6 公尺土層屬於中砂偶夾貝屑，經沉積年代介於 20,300 至 22,210 年之間，屬於晚更新世海相砂層。車瓜林 7C 井深度 55.2 公尺沉積年代為 28,190 年前，推測屬於更新世晚期泥層。

高雄市內門區域，車瓜林 8A 井及車瓜林 8B 井所在之階地堆積層沉積年代介於 5640 至 10660 年前，推斷本區之階地為全新世以來沉積；現今之所見之各階地面，可能為受到鄰近構造抬升作用影響而形成分階之樣貌；根據本區之階地面分類與各階地之定年成果，與區域地形評析，顯示鄰近階地之車瓜林斷層可能在晚更新世至全新世以來活動，並影響

本區階地之發育。

(五)地下地質探查成果討論

本計畫於車瓜林斷層沿線規劃 5 孔鑽探孔位(車瓜林 7A、車瓜林 7B、車瓜林 7C、車瓜林 8A、車瓜林 8B)、3 組地質剖面(車瓜林 P1 剖面、車瓜林 P2 剖面、車瓜林 P3 剖面)，用以推測車瓜林斷層分布位置、斷層變形帶範圍。各剖面討論如下:

1.車瓜林 P1 地質剖面

本剖面位於高雄市燕巢區中鋼結構股份有限公司北側道路，剖面起點坐標為(183845.5, 2520648.1，TWD97)、終點坐標為(184091.3, 2520278.5，TWD97)，剖面鑽井分別為車瓜林 7A(100 公尺)、車瓜林 7B(100 公尺)、車瓜林 7C(100 公尺)，剖面平面位置圖及地質剖面圖詳見圖 4-13、圖 4-15。

本剖面地表地形崖頂部位於剖面水平距離 180 公尺處，地形崖趾部無法辨識，本剖面地層主要共可分為 3 層，由淺至深分別為回填層、晚更新世砂層、古亭坑層泥岩(或晚更新世泥岩)或晚更新世泥層。回填層分布於剖面地表至地下 10 公尺之間，主要由粉土質砂組成，晚更新世砂層分布在剖面地下 10 至 25 公尺之間，砂層常夾貝屑，晚更新世泥層主要分布在車瓜林 7A 井 20.55 公尺以下，岩性主要為粉砂質泥岩或泥質粉砂岩，20.55 至 47.5 公尺偏泥質，剪切面以黑色剪裂泥為主；47.5 至 100 公尺偏粉砂質，剪切面以脆性破裂為主。古亭坑層主要分布在車瓜林 7B 井 21.25 公尺以下，岩性為泥岩偶夾薄層粉砂岩。

地質構造部分，車瓜林 7A 井於深度 20.55 公尺進入晚更新世泥層後出現剪切面夾灰黑色剪裂泥，傾角介於 45 至 70 度之間、剪切面寬不超過 1 公分，至 65 公尺以下剪切面轉為脆性破裂，夾雜剪碎角礫。車瓜林 7B 井於深度 21.5 公尺後進入古亭坑層或晚更新世泥層後，出現大量細微剪切面夾灰黑色剪裂泥，但剪切面寬皆不超過 0.5 公分，傾角介於 40 至 50 度之間，整體來說剪切面並不密集，推測該井相較於車瓜林 7A 井距離斷層較遠。車瓜林 7C 井進入晚更新世泥層後，僅在 60 至 80 公尺間發現零星夾灰黑色剪裂泥的剪切面，傾角介於 30 至 70 度，岩層傾角由淺至深漸由 30 度轉至 10 度，推測岩層傾角變化原因可能由於西側的南安老向斜所影響，車瓜林 7C 應位於車瓜林斷層下

盤。

此外，車瓜林 7C 井 33.6 公尺以下，岩性主要為粉砂質泥岩夾砂岩，本層在車瓜林 7C 井的岩性相較於 7A、7B 井差異較大，泥岩層所夾砂岩層相當明顯；除此之外，針對晚更新世泥層與全新世砂層之介面高程比較，西側車瓜林 7A 及 7B 井位於海拔 21 公尺，東側車瓜林 7C 井介面降至海拔 2 公尺，兩處介面落差達 19 公尺，同時也發現晚更新世砂層在車瓜林 7C 井厚度相對厚的多，顯示兩處在晚更新世以來沉積速率有所差異，推測東側在晚更新世以來可能有抬升跡象，研判車瓜林斷層應通過車瓜林 7C 及車瓜林 7A 井之間。主斷層傾角依據劉彥求等(2019)，推測約為 70 度。

綜合前述，本剖面在車瓜林 7A 及 7B 井之間土層的水平方向變化沒有明顯差異，兩井晚更新世砂層可以水平追跡，顯示車瓜林斷層未通過車瓜林 7A 及 7B 井之間，推測應位於車瓜林 7A 及 7C 井之間(圖 4-15)。

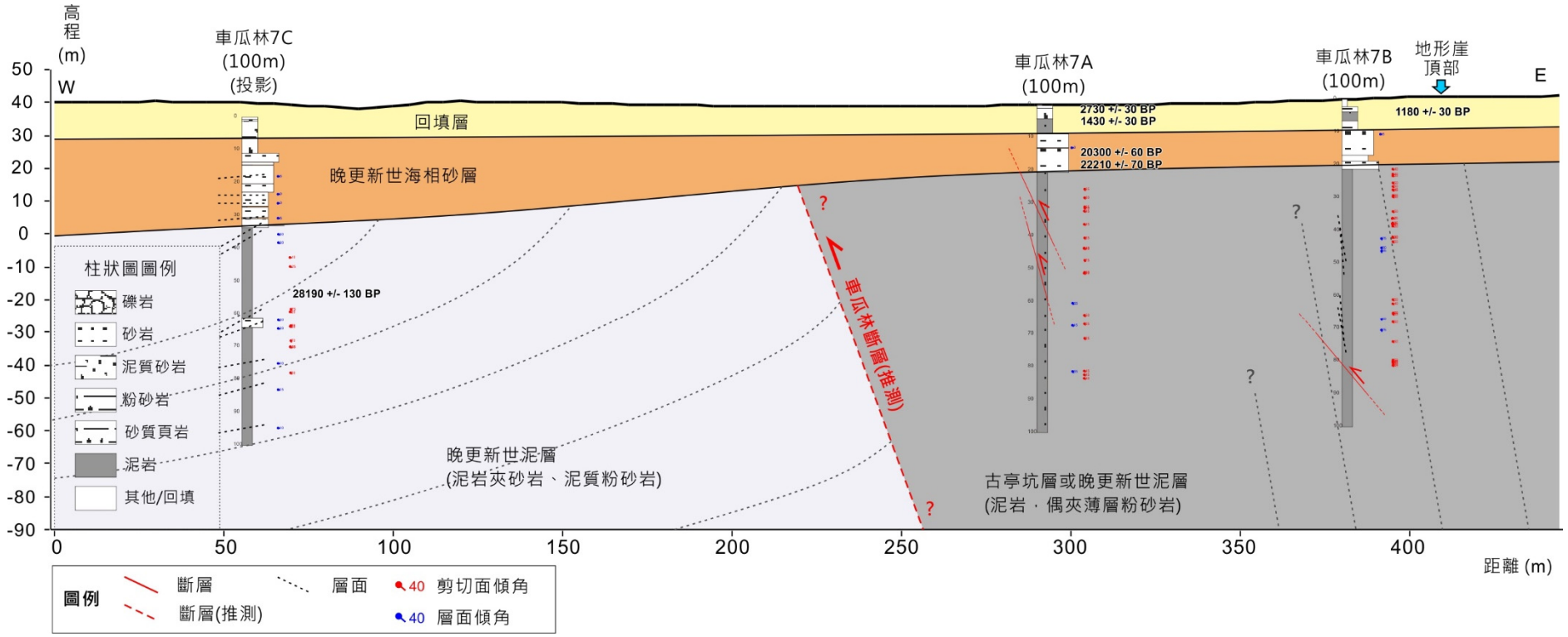


圖 4-15　車瓜林 P1 地質剖面

Fig 4-15　The geological structure profile P1 of Chekualin Fault

2.車瓜林 P2 地質剖面

本剖面位於高雄市內門區二仁溪附近，剖面起點坐標為(195153.2, 2538866.2，TWD97)、終點坐標為(195611.9, 2538718.5，TWD97)，剖面鑽井分別為車瓜林 6A(50 公尺)、車瓜林 6B(50 公尺)、車瓜林 8A(100 公尺)、車瓜林 8B(100 公尺)，剖面平面位置圖及地質剖面圖詳見圖 4-14、圖 4-16。

本剖面地表堆積全新世沖積層所形成之階地,地形崖頂部推測位於剖面水平距離 125 公尺處，地形崖趾部推測位於剖面水平距離 20 公尺處，本剖面地形崖亦可能是單純由水力作用因素所堆積。本剖面地層主要共可分為 5 層，由淺至深分別為表土層、全新世沖積層、崎頂層、古亭坑層、糖恩山砂岩。表土層分布於剖面地表淺層，主要由粉土質砂組成。全新世砂層在各井之間厚度不同，介於 5 至 30 公尺之間，主要為粉砂質泥或砂層組成，在車瓜林 8A 井偶夾小礫石。崎頂層分布於車瓜林 8B 井 68.70 公尺以下，岩性為灰色泥岩夾砂岩層，砂岩層為極細砂，本層判斷為崎頂層依據該層沉積環境為濱海至淺海環境，於內門地區以厚層砂岩及厚層泥岩互層為主，與鑽探成果大致符合，惟崎頂層下段岩性與古亭坑層的岩性為漸漸過渡之關係，分界不明顯且不易判別。古亭坑層分布於車瓜林 8B 井 34.80 至 68.70 公尺之間，岩性為泥岩，本層夾有劇烈剪切帶，本層判斷為古亭坑層依據該層沉積環境位於上部亞深海至大陸棚環境，岩性以塊狀泥岩為主，符合鑽探所觀察產狀。糖恩山砂岩分布於車瓜林 8A 井 12.10 公尺以下，以及車瓜林 6B 井 28.6 公尺以下，岩性主要為層狀砂岩。

地質構造部分，車瓜林 8B 井進入 34.80 公尺之古亭坑層泥岩後出現大量剪切帶，在 63.0 至 68.7 公尺之間特別劇烈，剪切帶傾角介於 60 至 70 度之間，通過 68.7 公尺後剪切面數量急遽減少，岩性亦轉為泥岩夾砂岩層，整體砂含量增大。

綜合前述，本計畫推估車瓜林斷層應通過車瓜林 8B 井。而剖面車瓜林 8A 井及 6B 井屬於糖恩山砂岩、西側車瓜林 8B 井淺部屬於古亭坑層，剖面兩側屬於不同地層，本計畫認為木柵斷層應有通過車瓜林 6B 井與 8B 井中間。

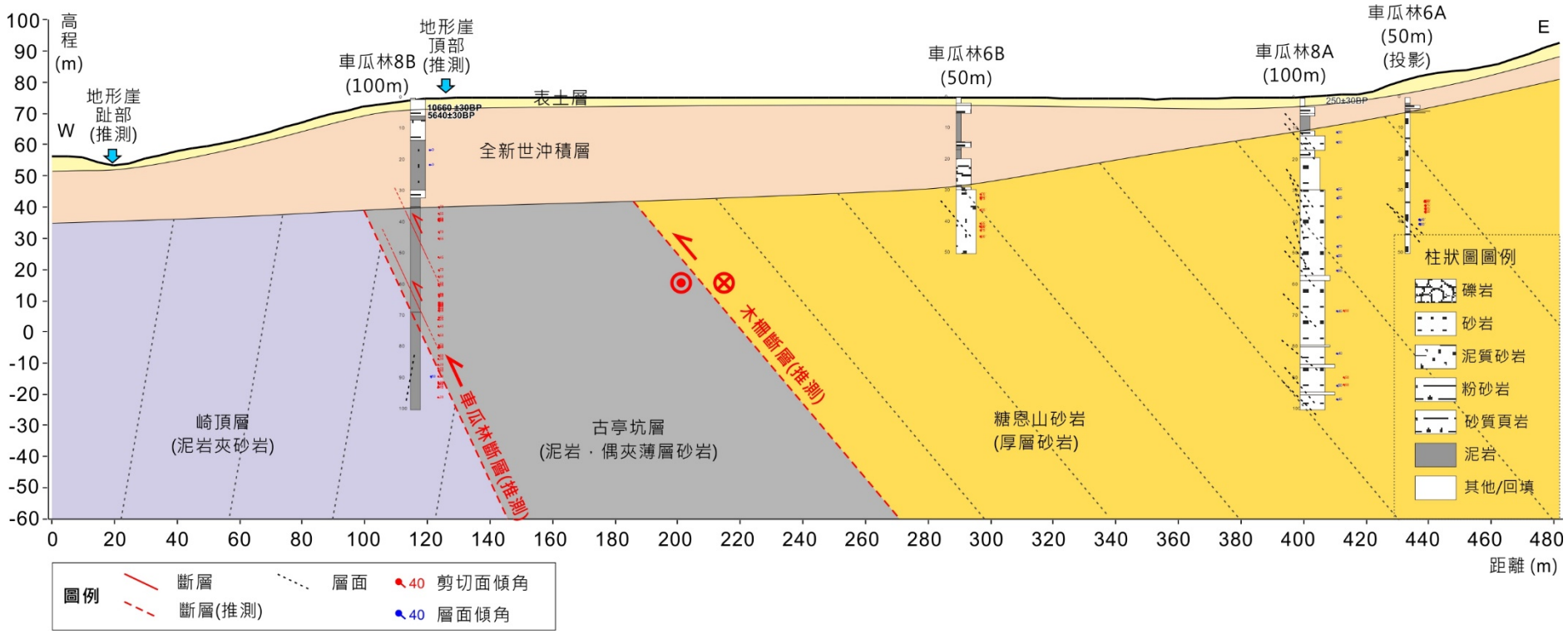


圖 4-16　車瓜林 P2 地質剖面

Fig 4-16　The geological structure profile P2 of Chekualin Fault

(六)活動斷層參數蒐集與更新

表 4-3　車瓜林斷層參數表

Table 4-3　Parameter table of Chekualin Fault

斷層參數	斷層參數數據	研究方法	參考文獻
長度(km)	22	地形、岩層分布、斷層出露	劉彥求等，2019
寬度(km)	N/A		
破裂深度(km)	大於 500 公尺	地質剖面	劉彥求等，2019
走向	東北-西南走向	地形、岩層分布、斷層出露	
傾角(度)	50 至 80 度	斷層出露、地質鑽探	本計畫推估；劉彥求等，2019
斷層機制	逆移斷層	地表地質調查、鑽探調查	林啟文等，2012；劉彥求等，2019
短期滑移速率(mm/yr)	水平方向壓縮 40~50mm/yr、左移分量 4mm/yr	大地監測(2011 年至 2016 年)	楊名、景國恩，2016
最近一次活動時間	32730 +/- 240 BP	地質鑽探、C-14 定年	劉彥求等，2019

註:本表參考各單位調查成果彙整而成，表格中反黑處為本計畫更新成果。

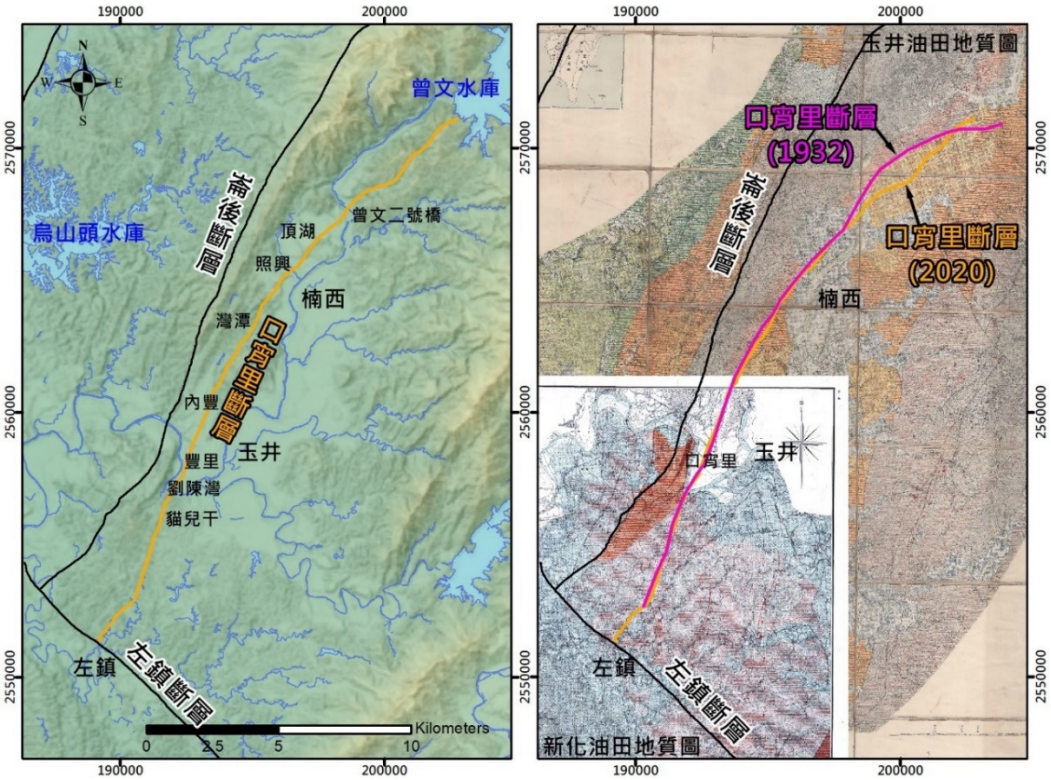
五、口宵里斷層調查成果

(一)基本資料及過去研究

口宵里斷層為東北走向、斷層面向西傾斜的逆斷層，最早係由鳥居敬造(1932)於新化油田地質圖中首先劃出，之後六角兵吉等人(1934)於玉井油田地質圖繪製完成口宵里斷層全線(圖 5-1)。中國石油公司十萬分之一地質圖-台南圖幅(1989)、五萬分之一臺灣地質圖-新化圖幅(何信昌等，2005)均有繪出。

1.斷層位置與長度

109 年劉彥求等及黃文正等對口宵里斷層進一步調查並修正口宵里斷層線分布，口宵里斷層北起嘉義縣大埔鄉(現曾文水庫蓄水區南岸)，向西南延伸經臺南市玉井區豐里(舊名口宵里，口宵里斷層得名於此聚落)、劉陳灣，最後向南延伸至左鎮並被左鎮斷層截切，斷層全長約 25 公里。



資料來源:左圖斷層線型參考 109 年活動斷層特性精細調查（2/4）成果、經濟部中央地質調查所全島活動斷層分布圖(2012)；右圖為臺南州新化油田地質圖(鳥居敬造等，1932）與臺南州玉井油田地質圖（六角兵吉等，1934）。

圖 5-1　口宵里斷層分布圖

Fig 5-1　Fault trace location of Kouhsiaoli Fault

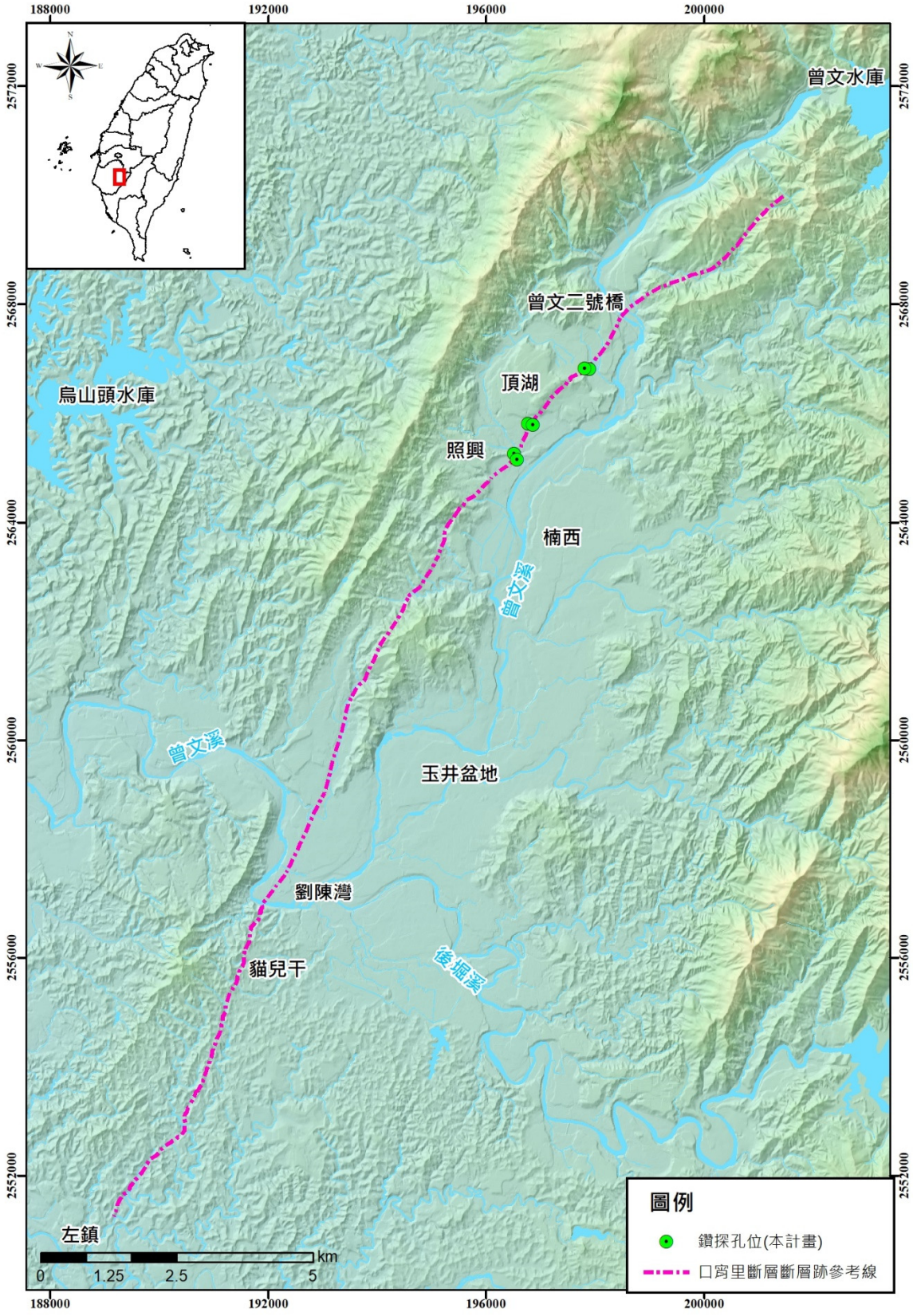
2.地形與地質特性

(1)地形特性

口宵里斷層鄰近地形詳見圖 5-2，玉井盆地範圍涵蓋臺南市玉井及楠西區，整體呈南北狹長狀盆地，北起曾文水庫、南至左鎮，形成因素為構造活動產生玉井向斜，且向斜軸部以泥岩為主易受侵蝕形成舟狀地形，而口宵里斷層則沿著玉井盆地西側分布。斷層沿線經過高程介於海拔 30 至 550 公尺，涵蓋丘陵、盆地與曲流地形，經過斗六山(標高 305 公尺)與口宵里山(標高 182 公尺)等山峰，低處則有曾文溪主流由北而南蜿蜒流經。

口宵里斷層由北而南的地形特徵分別描述如下。於曾文水庫南側至曾文二號橋一帶，呈現單面山或豚背嶺地形，主要為砂頁岩互層岩性差異侵蝕導致。口宵里斷層在曾文二號橋以北的深坑溪大致沿主流分布，確實度較更北方之竹頭尖區域高，但仍未發現明顯地形線形，而竹頭尖區域則幾乎看不出斷層跟地形之間關聯。

曾文二號橋至照興地區，於曾文溪的西岸為平坦的河階地形，黃文正等(2020)由空載光達數值地形影像及野外調查結果，發現有三階階地及兩道與斷層同向的地形崖，高差介於 3~10 公尺。灣潭在曾文溪西岸的階地，有一道與斷層同向的地形崖，高差約 40 公尺，崖長 700 公尺。內豐地區西側有兩階河階地，階地上出現數道與斷層同向的地形崖，高差介於 3~5 公尺。至劉陳灣地區，河階地地形未發現受斷層影響跡象。劉陳灣以南則為新化丘陵，為惡地地形，難以追跡斷層影響之地形特徵。



資料來源: 斷層跡修改自 109 年活動斷層特性精細調查（2/4）光達判釋地形圖。

圖 5-2　口穹里斷層沿線區域地形圖

Fig 5-2　The topography map along the Kouhsiaoli Fault

(2)地質特性

口宵里斷層上盤出露地層為竹頭崎層及北寮層，下盤為北寮層及玉井頁岩並上覆階地堆積層(圖 5-3)。隨著口宵里斷層滑移量向南北兩端逐漸減小，構造形貌漸由斷層轉為單斜褶皺與其軸部破裂，斷層北端上盤改為隘寮腳層與茅埔頁岩，下盤為竹頭崎層；斷層南端上下盤由於滑移量減小均為玉井頁岩。各地層描述如下:

竹頭崎層以灰色泥質砂岩為主，夾灰黑色砂頁岩互層，砂岩呈透鏡狀，常含貝殼碎屑與有孔蟲等化石，以及生痕化石，地形上常呈現明顯的豚背嶺。北寮層含上部的鏡面砂岩與下部的北寮頁岩兩段，鏡面砂岩以灰黑色細砂岩、泥質砂岩或粉砂岩為主，風化後常呈黃褐色，常見大型水道構造；北寮頁岩以泥岩為主，局部夾薄層細砂岩或粉砂岩。玉井頁岩以厚層之砂質泥岩為主，層理不明，夾薄層或凸鏡狀之粉砂岩，局部含微細之貝類化石碎屑與有孔蟲化石。階地堆積層由曾文溪、後堀溪與龜丹溪等搬運之泥砂及礫石構成，堆積在上述地層所構成岩盤之上。

口宵里斷層為逆斷層、可能帶有左移分量(黃文正等，2020)，走向為 N20~40°E，斷層面向西傾斜約 40 度，為烏山頭斷層之背衝斷層(地質剖面詳見圖 5-4)，斷層影響帶寬約 110 公尺，錯動形式為竹頭崎層沿斷層面向東逆衝至北寮層之上，主斷層周圍區域形成分支斷層及地層褶曲。斷層錯距落差最大位置在斷層中段，約位於劉陳灣附近，斷層錯距、斷層帶與擾動帶寬度向南北兩側迅速減小，目前斷層僅可追跡於曾文二號橋、貓兒干兩地之間，但仍可見地層位態受斷層擾動或變形跡象。以下由北而南描述沿線斷層構造特性:

a.曾文二號橋以北至竹頭尖地區:口宵里斷層主要走向為 N30~40°E，斷層兩側地層皆為上新世茅埔頁岩，顯示此區斷層滑移量已向北逐步遞減。斷層跡由於植被覆蓋鮮有露頭出露且地形特徵不明顯，斷層可能位置僅能由地層位態變化處，及一公尺光達數值地形陰影圖出現連續地形線形特徵處來推測。

b.曾文二號橋:黃文正等(2020)調查曾文二號橋岩層位態約為走向 N76°W，西側層面視傾角為 40°~60°向東傾斜，部分岩層有被褶曲的現象，東側層面傾角 22°S，斷層東側(下盤)岩層傾角較斷層西側

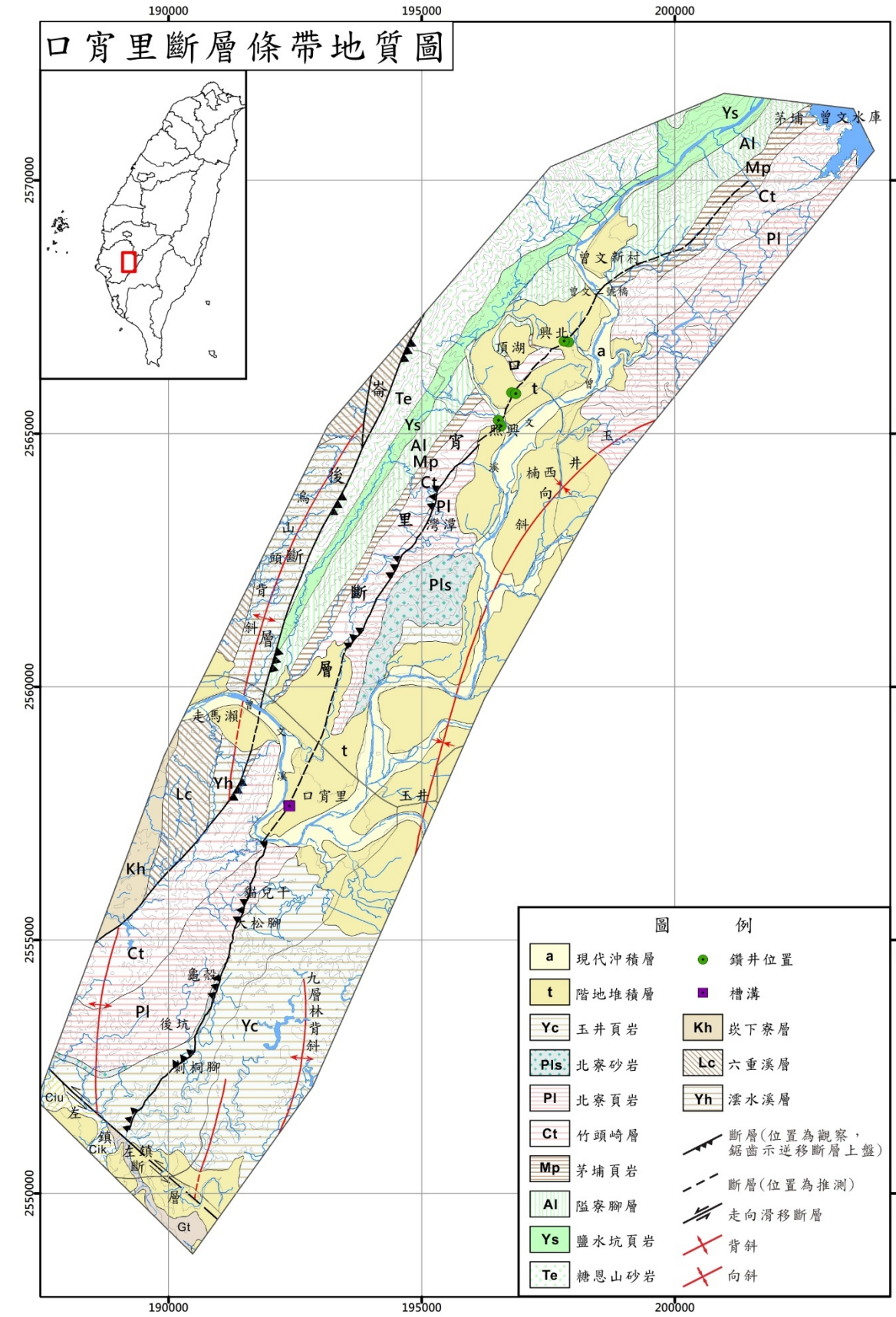
(上盤)和緩，目前斷層向北追跡僅可至曾文二號橋附近，以北無法確認斷層位置與變形現象；以南僅見單斜構造，軸部局部發育斷層，未見明確斷層錯動現象。

c.灣潭地區:出現明確地形崖及地層位態變化，斷層兩側地層傾角分別為 71°E(西側)、23°E(東側)，未發現明顯的剪切構造。

d.劉陳灣地區:曾文溪南岸露頭為最完整之口宵里斷層露頭(圖 5-5)，寬 1 公里、高 50 公尺，斷層約 40°向西傾斜，斷層帶寬約 32 公尺，上盤岩層岩性為厚層泥岩偶夾薄層砂岩、傾角為 70°E，上盤岩層可見撓曲、錯斷現象；下盤岩層岩性為青灰色厚層細粒砂岩夾中厚層細粒砂岩、傾角為 20°E，下盤岩層可見褶皺構造，上、下盤有明顯岩性差異。斷層帶東界可觀察到明顯界面截切過上方階地礫石層，顯示口宵里斷層為活動斷層。

e.貓兒干地區:本區出露有大量露頭，斷層上、下盤有岩性差異，上盤為薄層砂岩與頁岩互層、下盤為厚層泥岩，斷層面傾角界於 30°~40°，斷層兩側岩層傾角驟變。

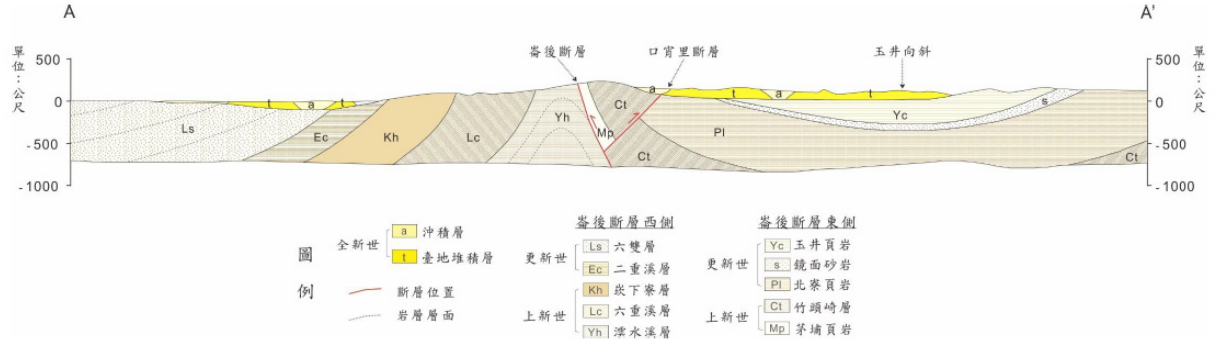
f.貓兒干以南:斷層上盤為北寮頁岩，下盤為玉井頁岩，兩地層岩性類似皆為砂質泥岩或厚層泥岩夾薄層砂岩，不易區分兩地層界線。整體來看，此段口宵里斷層西側岩層位態約為 N20~40°E/40~80°E，東側岩層位態約為 N20~50°E/10~20°E。到左鎮附近，斷層幾乎無位移量，僅在單斜軸軸部發現小規模西傾斷層，推測斷層在左鎮以北接近尖滅(劉彥求等，2020)。



資料來源:經濟部中央地質調查所五萬分之一地質圖，新化、甲仙圖幅。

圖 5-3　口宵里斷層沿線區域地質圖

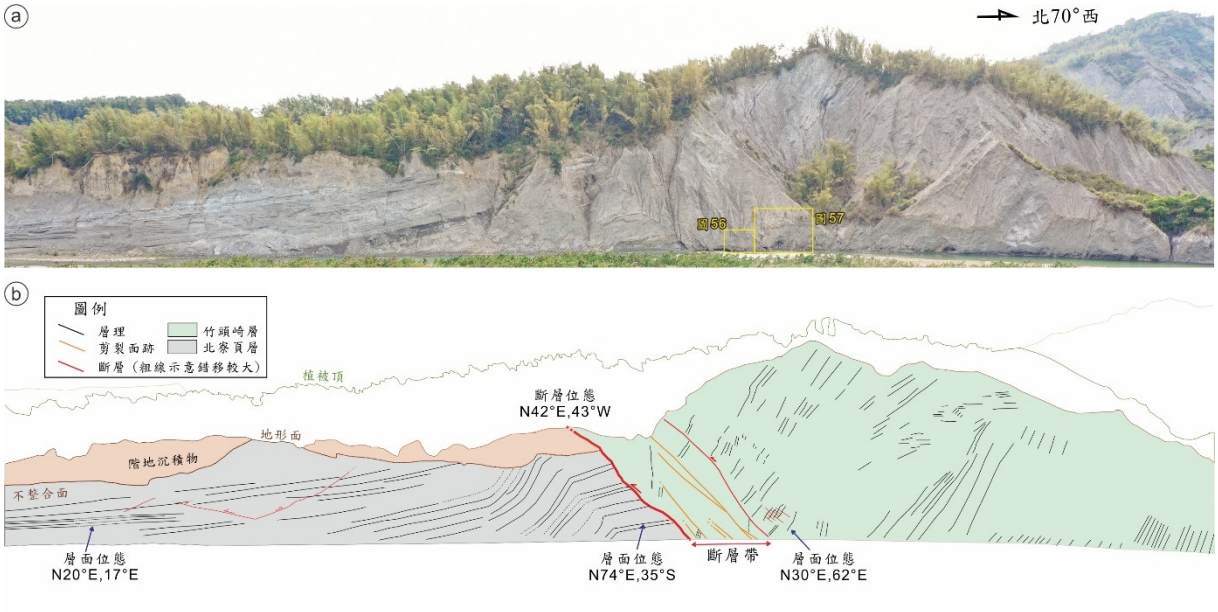
Fig 5-3　The geological map near the Kouhsiaoli Fault



資料來源：黃文正等(2020)

圖 5-4　口宵里斷層區域地質剖面圖

Fig 5-4　The geological long profile revealed the Kouhsiaoli Fault



資料來源：黃文正等(2020)

圖 5-5　劉陳灣地區之口宵里斷層地質露頭剖面

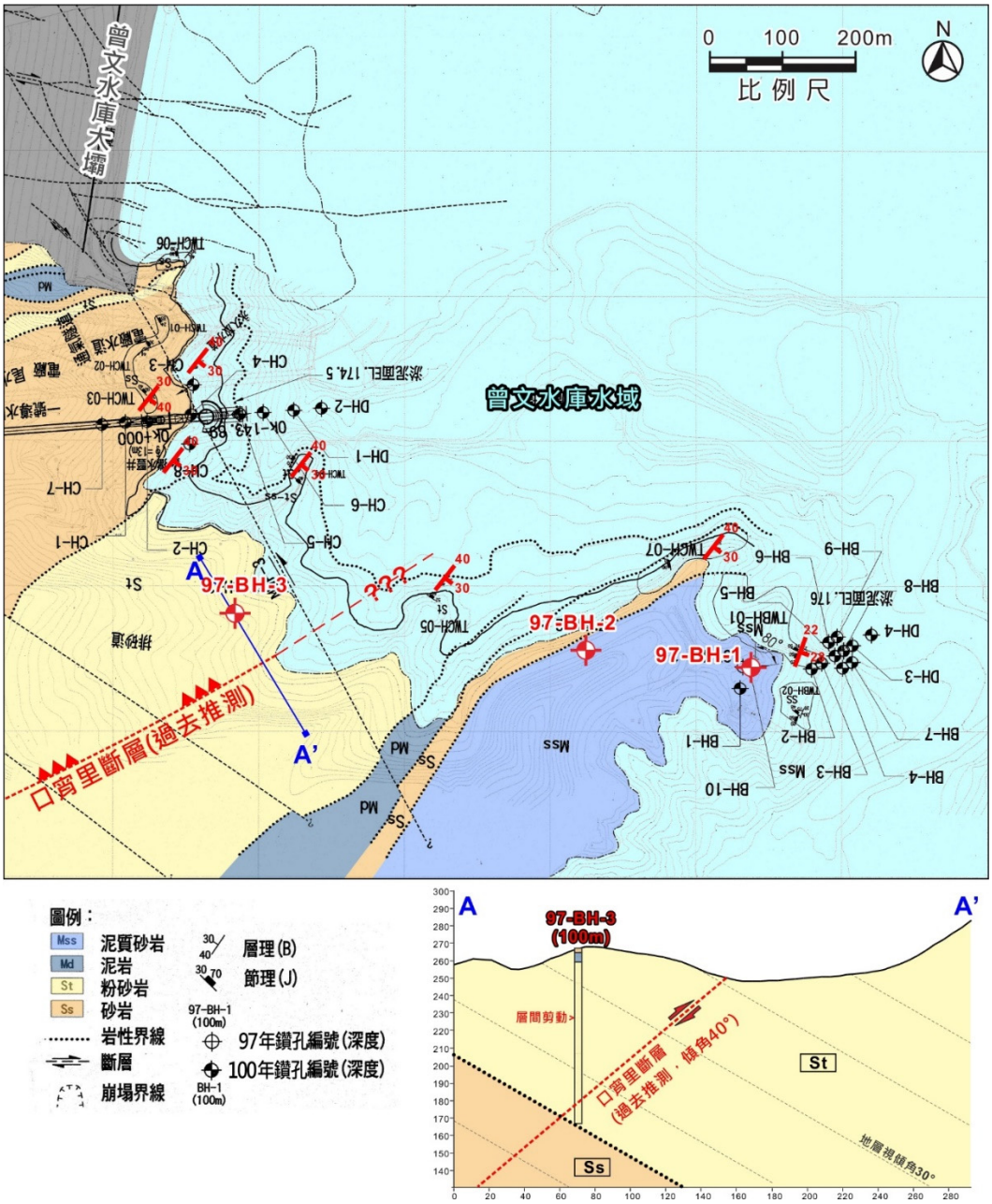
Fig 5-5　The outcrop with geological structure mapping at Liu-Chen bay at Yujing, Tainan

3.地下地質特性

根據經濟部南區水資源局(2011)於「曾文水庫水力排砂可行性規畫調查設計」一案於竹頭尖地區之地質調查成果及鑽孔 97-BH-1 至 97-BH-5，嘉 145 線道經過口宵里斷層兩側露頭未發現岩層位態發生明顯改變，岩層位態以 N40°E/30°E 為主，岩性皆為粉砂岩層。由口宵里斷層兩側鑽孔 97-BH-2(下盤側)、97-BH-3(上盤側)鑽探成果(地質平面與剖面圖詳見圖 5-6)，97-BH-3 於深度 80 公尺斷層預期通過處未發現剪裂帶，岩性為泥質砂岩或粉砂岩，岩層傾角約 30°左右，整體岩石品質良好、RQD 多介於 90 至 100，97-BH-2 之岩性及岩層傾角亦類似於 97-

BH-3。綜合前述，口宵里斷層應未延伸至曾文水庫，最北只延伸到竹頭尖。

黃文正等(2020)在劉陳灣曾文溪北岸層面位態急遽變化處進行槽溝 JSLT-02 開挖，槽溝全長 20 公尺、高 2.5~3 公尺，長邊方向為 N53°W，觀察到槽溝西側地層傾角大於槽溝東側，以及向西傾斜的剪切帶，然而未發現主斷層面。推測口宵里斷層於此處位切穿地表或是在更西邊的地方。



註:原始圖面南方在圖面上方，為方面閱讀改為北方在上，故圖面文字顛倒，特此說明。

資料來源：經濟部水利署南區水資源局(2011)

圖 5-6　口宵里斷層北端地質平面與剖面圖(曾文水庫蓄水區南岸)

Fig 5-6　The northern part geological map of Kouhsiaoli Fault

4.斷層活動特性

Hsieh & Knuepfer (2002)、劉彥求等(2020)、黃文正等(2020)皆有針對口宵里斷層沿線曾文溪河階地進行判釋分類以及定年，依此推估口宵里斷層的長期滑移速率。

Hsieh & Knuepfer (2002)由曾文溪沿岸河階地進行 C-14 定年，認為口宵里斷層至崙後斷層之間地塊呈現背斜形式抬昇，垂直抬升速率約為 10 mm/yr。劉彥求等(2020)於劉陳灣曾文溪南岸，由下盤礫石層內部撓曲不整合接觸關係、礫石層受斷層錯動的截切關係研判，礫石層堆積後至少可見 2 次活動事件，礫石層底部經由 C-14 定年為 12,670± 40BP，證實一萬兩千年相當於全新世以來有斷層活動紀錄。黃文正等(2020)認為曾文溪河階面出現高低落差與斷層活動有關連，對不同河階地沉積物進行 C-14 定年及 OSL 定年，口宵里斷層若 4,000 年內持續活動，則垂直滑移速率至少小於 9.5 mm/yr，斷層滑移速率小於 13.9 mm/yr，若 1.2 萬年內持續活動，則垂直滑移速率至少小於 3.2 mm/yr，斷層滑移速率須小於 4.6 mm/yr。

地調所 2002~2019 年間觀測 GPS 大地變形速度場(饒瑞鈞，2006；胡植慶等，2012，2016；景國恩等，2019)，跨越口宵里-烏山頭斷層在水平速度場上約有 1~3 mm/yr 速度差、在抬升速度上約有 5~10 mm/yr。

5.綜合評估與本次調查重點

口宵里斷層為東北走向、斷層面向西傾斜的逆斷層，斷層全長約 25 公里，斷層影響帶寬 110 公尺(黃文正等，2020)。

關於口宵里斷層位置的界定，在劉陳灣曾文溪南岸、貓兒干地區有明顯斷層而能明確界定斷層位置。貓兒干地區以南至斷層南端，由露頭中零星剪切帶及層面傾角變化處界定斷層位置。劉陳灣以北至斷層北端，缺乏直接斷層露頭證據，則由岩層傾角變化處或階地中出現地形線形崖位置來推測斷層可能位置，尤以曾文二號橋以北地形線形更不明顯。本計畫考慮曾文二號橋以北斷層線形不明顯，且照興地區有較多保全對象，故本次調查重點範圍針對曾文二號橋至照興之間地形線形進行地表地質調查及鑽探調查。

(二)地表地質調查成果

本計畫調查重點範圍由曾文二號橋南岸興北至照興，依照經濟部中

央地質調查所提供之 1 公尺網格地形陰影圖，判釋可能由於口宵里斷層活動所造成的地形崖(詳圖 5-7)，本調查區在斷層沿線區域分布有 1 至 3 階河階地，存在有複數地形崖，為了從中判別出由斷層活動所引致的地形崖，可藉由地層位態跨過斷層時產生變化之特徵，藉以判斷出斷層地形崖位置。

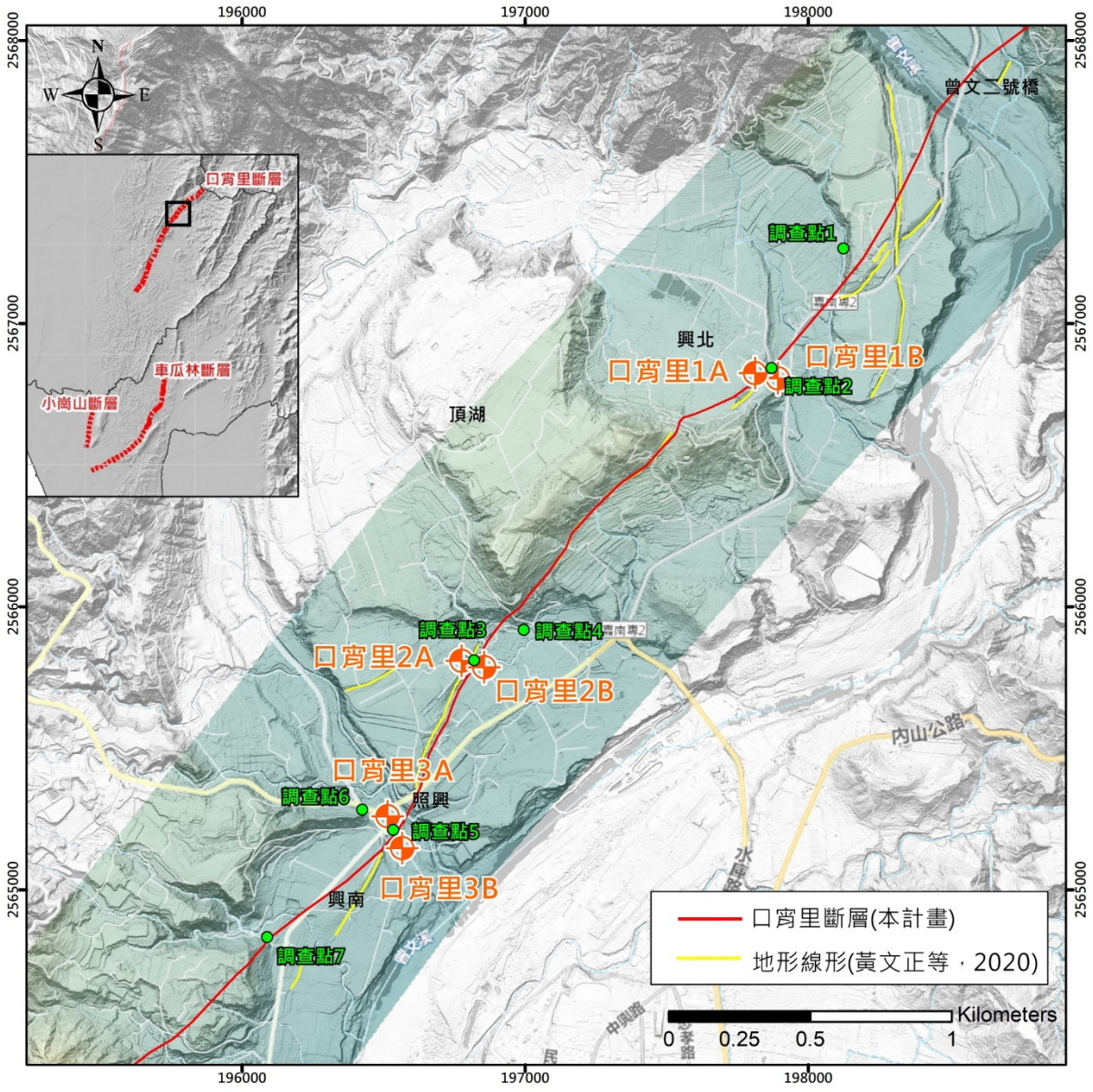


圖 5-7　口宵里斷層曾文二號橋至照興地區地形陰影及調查位置圖

Fig 5-7　The hillshaded map with investigated spots of Kouhsiaoli Fault in between Zeng-Wen and Zhaoxing, Tainan

1.興北地區

自北由曾文二號橋南側沿著曾庫公路，發現一道沿公路分布且與斷層走向平行的地形崖，在公路西側屬於竹頭崎層，砂岩層層傾角約為

45 度(圖 5-8，調查點 1)，公路東側地形崖趾部則堆積未受擾動礫石層。沿曾庫公路往南發現另一地形崖(圖 5-9，調查點 2)，崖線延伸良好、走向近似斷層走向，崖高約 10 公尺，本計畫參照地形崖分布及鄰近岩層位態分布，於地形崖頂部、趾部分別規劃口宵里 1A 井(100 公尺深)、口宵里 1B 井(50 公尺深)。



圖 5-8　調查點 1，曾庫公路西側，口宵里斷層上盤岩層

Fig 5-8　The survey spot 1 at western Zen-wen road, which on the hanging wall of Kouhsiaoli Fault



圖 5-9　調查點 2，興北曾庫公路西側地形崖，鄰近口宵里斷層

Fig 5-9　The survey spot 2 fault scarp, near western Zen-wen road with

2.照興地區

照興北側 174 縣道旁產業道路、鄰近照興宮的聚落，分布明顯地形崖(圖 5-10，調查點 3)，地形崖高差約 7 公尺，道路兩側地面、卵石護坡、圍牆等結構物有裂縫及多次修補痕跡(如照片紅色箭頭)，另本地形崖東側鄰近岩層(圖 5-11，調查點 4)朝東南傾斜 15 度，為口宵里斷層下盤。參照地形崖分布及鄰近岩層位態分布，本計畫於地形崖北側頂部、南側趾部分別規劃口宵里 2A 井(100 公尺深)、口宵里 2B 井(50 公尺深)。

往南至照興 174 縣道興利商號南方的產業道路，分布另一明顯地形崖(圖 5-12，調查點 5)，高差約 6 公尺，道路路面有裂縫及重鋪痕跡、圍牆也有裂縫及多次修補痕跡(如照片紅色箭頭)，在本地形崖鄰近西北側 174 縣道旁厚層砂岩層露頭(圖 5-13，調查點 6)，岩層朝東南側傾斜約 45 度，岩質完整，為口宵里斷層上盤。參照地形崖分布及鄰近岩層位態分布，本計畫於地形崖北側頂部、南側趾部分別規劃口宵里 3A 井(100 公尺深)、口宵里 3B 井(50 公尺深)。

至照興南側照豐產業道路(南 183 鄉道)西側河階地下方(圖 5-14，調查點 7)，露頭岩性為砂岩夾頁岩層，岩層呈現急遽撓曲現象，上盤側岩層向東傾斜，傾角介於 40 至 65 度之間，下盤側岩層向東傾斜，傾角約 15 度，撓曲帶岩層呈現破碎樣貌夾雜剪碎帶。



圖 5-10　調查點 3，照興北側，174 縣道旁產業道路，斷層地形崖

Fig 5-10　The survey spot 3 near the road No.174 at the northern Zhaoxing with fault scarp



圖 5-11　調查點 4，照興北側，174 縣道旁產業道路，口宵里斷層下盤岩層

Fig 5-11　The survey spot 4 near the road No.174 at Zhaoxing area. Outcrop shows the rock formation at the footwall of Kouhsiaoli Fault



圖 5-12　調查點 5，照興 174 縣道旁產業道路，口宵里斷層地形崖

Fig 5-12　The survey spot 5 near the road No.174 at Zhaoxing area. It shows the fault scarp which related to Kouhsiaoli Fault



圖 5-13　調查點 6，照興 174 縣道旁，靠近興利商號，口宵里斷層上盤岩層

Fig 5-13　The survey spot 6 near the road No.174. The rock formation on the hanging wall of Kouhsiaoli Fault



圖 5-14　調查點 7，照豐產業道路旁，口宵里斷層線鄰近露頭

Fig 5-14　The bended rock formation near the fault trace of Kouhsiaoli Fault

(三)地質鑽探成果

本計畫經由前人文獻蒐集、地形判釋及地表地質調查後，於曾文二號橋至照興之間的地形崖兩側沿線規劃 6 孔地質鑽探井位，井位坐標及高程詳見表 2-3，岩心紀錄及岩心照片詳見附錄一及附錄二。鑽探孔位分布如圖 5-15、圖 5-16、圖 5-17。

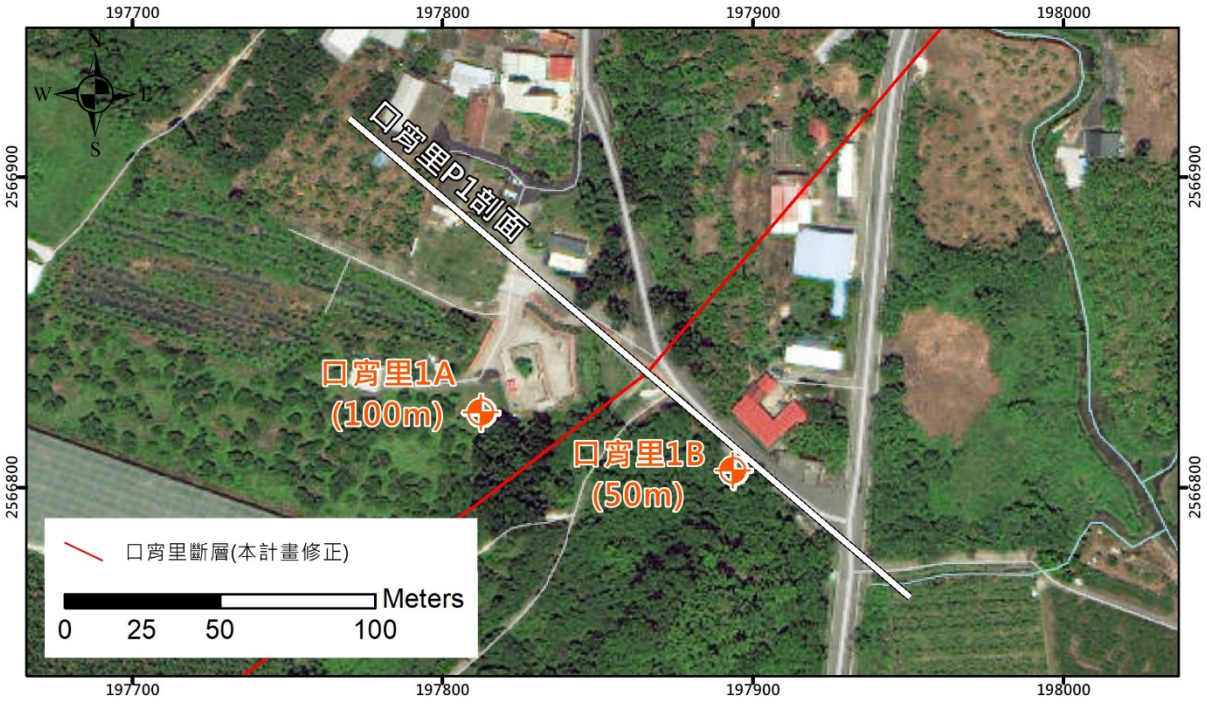


圖 5-15　本計畫於口宵里斷層沿線鑽探井位分布(1/3)

Fig 5-15　The boreholes set near the Kouhsiaoli Fault(1/3)

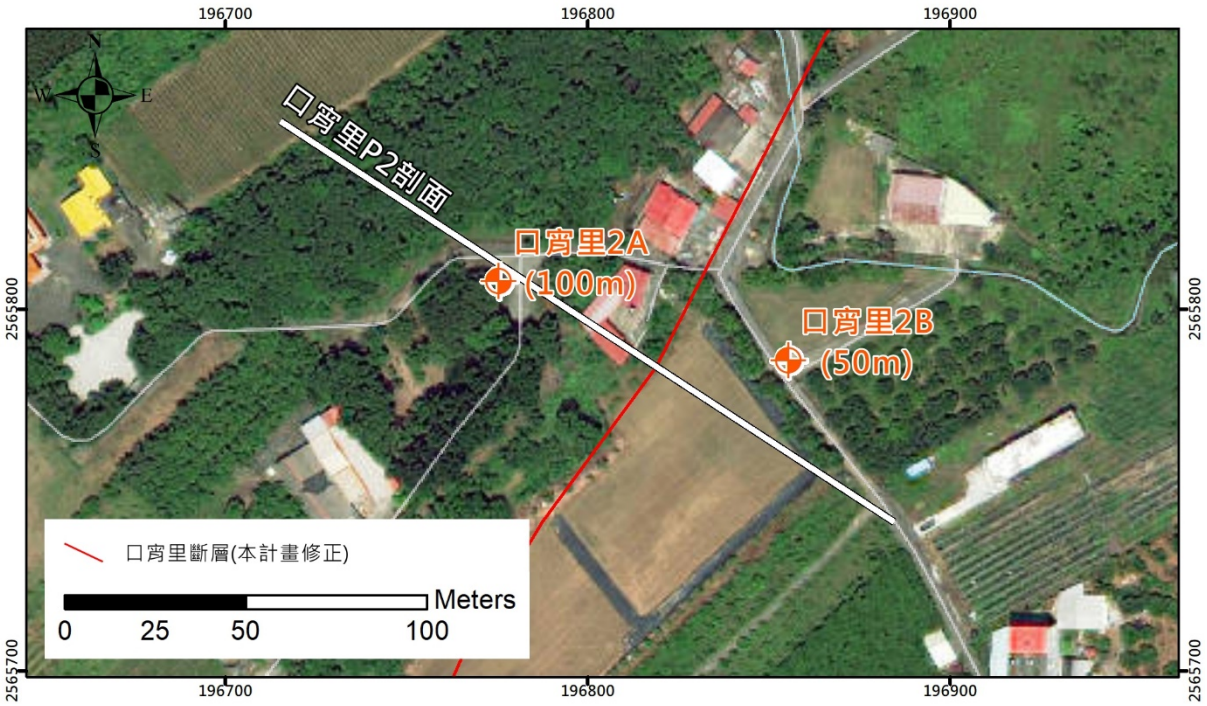


圖 5-16　本計畫於口宵里斷層沿線鑽探井位分布(2/3)

Fig 5-16　The boreholes set near the Kouhsiaoli Fault(2/3)

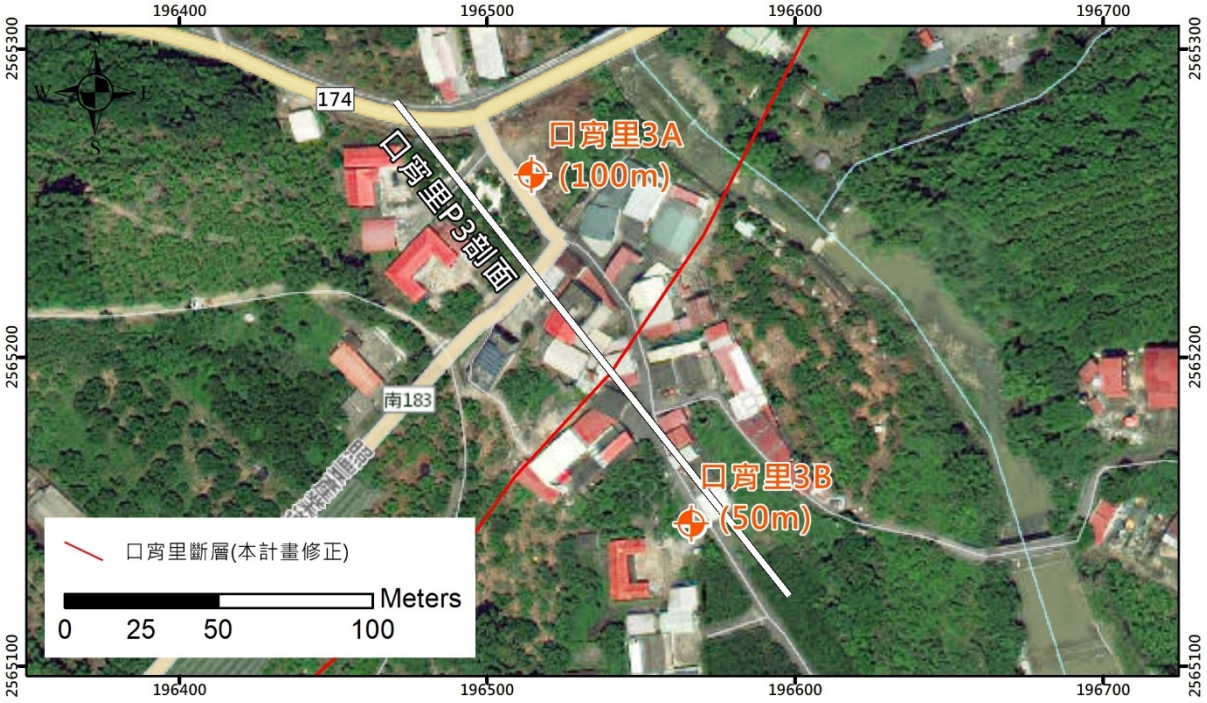


圖 5-17　本計畫於口宵里斷層沿線鑽探井位分布(3/3)

Fig 5-17　The boreholes set near the Kouhsiaoli Fault(3/3)

鑽探成果描述如下:

1.口宵里 1A

位於台南市楠西區照興里曾庫公路旁,TWD97 坐標為(197812.573, 2566824.086),孔口高程為 119.958 公尺,井深為 100 公尺,鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽,鑽探岩心成果描述如下。

0.00~3.80 公尺:棕黃色礫石夾砂質粉土,礫石呈現圓形直徑小於 8 公分,偶夾炭屑

3.80~8.30 公尺:灰色粉砂質砂岩,層理不明顯,局部岩體分布剪切面及破碎帶

8.30~9.00 公尺:淺灰色砂岩,以細砂為主偶夾粉砂岩,層理受擾動劇烈,夾雜泥球與砂球

9.00~13.00 公尺:灰色粉砂質砂岩,層理不明顯

13.00~16.25 公尺:灰色泥質砂岩,層理不明顯,局部分布細微黑色剪切面

16.25~20.20 公尺:深灰色粉砂質砂岩,偶夾細砂岩

20.20~27.50 公尺:深灰色粉砂岩,層理不明顯,夾雜淺切面與破碎帶

27.50~47.50 公尺:灰色粉砂質砂岩,偶夾薄葉層細砂岩,局部有生物擾動

47.50~51.65 公尺:深灰色泥質砂岩,偶夾炭屑,局部破碎帶分布

51.65~57.55 公尺:灰色粉砂質砂岩夾砂岩,偶夾泥球與貝屑,輕微生物擾動

57.55~58.70 公尺:深灰色泥質砂岩,層理不明顯

58.70~61.50 公尺:深灰色粉砂質砂岩夾砂,局部有生物擾動

61.50~67.90 公尺:灰色砂岩,中度生物擾動,夾貝屑

67.90~72.00 公尺:灰色粉砂質砂岩,偶夾貝屑

72.00~76.85 公尺:淺灰至深灰色砂岩,強烈生物擾動,偶夾貝屑

76.85~95.70 公尺:深灰色粉砂質砂岩,偶夾砂岩與貝屑,輕度生物擾動

95.70~98.30 公尺:深灰色粉砂質砂岩,夾淺灰色砂岩,強烈生物擾動並

夾貝屑與生痕

98.30~100.00 公尺:淺灰色砂岩，夾泥屑，強烈生物擾動

2.口宵里 1B

位於台南市楠西區照興里曾庫公路旁，TWD97 坐標為(197893.629, 2566805.412，孔口高程為 104.064 公尺，井深為 50 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.10 公尺:混凝土

0.10~0.60 公尺:棕黃色粉砂質砂

0.60~2.60 公尺:灰色粉砂質黏土，頂部局部風化

2.60~3.40 公尺:灰色中砂，偶夾礫石(直徑 5 至 10 公分)及貝屑

3.40~11.15 公尺:灰色細砂岩，層理不明顯，強烈生物擾動，偶夾貝屑

11.15~11.55 公尺:淺灰色中砂岩，夾泥屑，生物擾動劇烈

11.55~47.80 公尺:灰色細砂岩，層理不明顯，強烈生物擾動，偶夾貝屑

47.80~50.00 公尺:灰色中砂岩夾細砂岩，偶夾貝屑

3.口宵里 2A

位於台南市楠西區照興里曾庫公路旁，TWD97 坐標為(196775.657, 2565807.49)，孔口高程為 102.02 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.10 公尺:混凝土

0.10~1.20 公尺:棕色粉土質砂，夾炭屑與植物根系

1.20~5.85 公尺:黃棕色礫石夾粉土質砂，礫石大小介於 1 至 25 公分

5.85~10.70 公尺:灰色粉砂質砂岩偶夾細砂岩

10.70~12.20 公尺:灰色泥質砂岩偶夾薄葉層極細砂岩

12.20~15.30 公尺:灰色粉砂質砂岩偶夾細砂岩，夾破碎帶

15.30~15.70 公尺:淺灰色細砂岩夾灰色粉砂質砂岩，砂岩體呈薄透鏡狀，岩體破碎，岩層輕微褶曲

15.70~40.10 公尺:灰色粉砂質砂岩夾淺灰色細砂岩，夾密集剪切面及破碎帶，岩層褶曲

40.10~47.00 公尺:灰色粉砂岩夾薄葉層細砂岩，夾密集剪切面及破碎帶

47.00~54.20 公尺:灰色粉砂質砂岩偶夾細砂岩，夾密集剪切面及破碎帶

54.20~54.60 公尺:淺灰色中砂岩，膠結差

54.60~59.00 公尺:灰色粉砂質砂岩偶夾細砂岩，夾剪切面及破碎帶

59.00~59.80 公尺:淺灰色細至中砂岩夾灰色粉砂質砂岩

59.80~74.10 公尺:灰色粉砂質砂岩偶夾細砂岩

74.10~75.00 公尺:淺灰色中砂岩夾灰色粉砂質砂岩

75.00~100.00 公尺:灰色粉砂質砂岩偶夾淺灰色細砂岩

4.口宵里 2B

位於台南市楠西區照興里曾庫公路旁，TWD97 坐標為(196855.626, 2565785.713)，孔口高程為 94.592 公尺，井深為 50 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.25 公尺:混凝土

0.25~2.30 公尺:棕色粉砂質砂

2.30~3.25 公尺:棕色細砂，有水平層理

3.25~9.00 公尺:淺棕色礫石夾粉砂，礫石大小介於 1 至 25 公分

9.00~10.15 公尺:灰色細砂岩，層理不明顯

10.15~17.70 公尺:灰色粉砂質砂岩偶夾薄葉層細砂岩

17.70~18.00 公尺:淺灰色粉砂岩偶夾極細砂岩

18.00~33.60 公尺:灰色粉砂質砂岩夾細砂岩

33.60~33.80 公尺:淺灰色粉砂岩

33.80~50.00 公尺:灰色粉砂質砂岩夾細砂岩

5.口宵里 3A

位於台南市楠西區照興里曾庫公路與南 183 鄉道路口旁，TWD97 坐標為(196514.657,2565259.052)，孔口高程為 85.234 公尺，井深為 100 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.50 公尺:回填層

0.50~1.30 公尺:棕黃色粉砂質砂，具層理構造

1.30~7.60 公尺:棕色礫石夾粉土質砂，礫石直徑介於 1 至 20 公分

7.60~12.10 公尺:灰色泥質粉砂岩偶夾淺灰色細砂岩，地層局部褶曲

12.10~13.20 公尺:淺灰色細砂岩偶夾薄葉層頁岩

13.20~14.30 公尺:深灰色砂質頁岩

14.30~40.10 公尺:深灰色砂質頁岩與灰色細砂岩互層，砂岩層夾泥屑，地層局部褶曲

40.10~41.90 公尺:灰色中砂岩偶夾深灰色頁岩

41.90~63.00 公尺:深灰色粉砂質砂岩夾細砂岩，砂岩層疏鬆膠結不佳，岩層局部褶曲及破碎帶

63.00~67.00 公尺:深灰色頁岩與中砂岩互層，砂岩膠結良好

67.00~70.90 公尺:淺灰色中砂岩夾深灰色頁岩，砂岩膠結良好

70.90~71.90 公尺:淺灰色中至粗砂岩，砂岩膠結良好偶夾泥球及炭屑

71.90~80.30 公尺:深灰色頁岩與中砂岩互層

80.30~83.10 公尺:深灰色粉砂質砂岩夾細砂岩

83.10~100.00 公尺:深灰色砂質頁岩夾極細砂岩，砂岩膠結良好夾泥屑

6.口宵里 3B

位於台南市楠西區照興里南 183 鄉道旁產業道路，TWD97 坐標為(196566.474,2565145.984)，孔口高程為 78.674 公尺，井深為 50 公尺，鑽探方式為 HQ 孔徑垂直旋鑽，鑽探岩心成果描述如下。

0.00~0.10 公尺:混凝土

0.10~10.70 公尺:黃棕色礫石夾粉砂質砂，礫石直徑介於 1 至 10 公分之間

10.70~24.00 公尺:深灰色砂質頁岩偶夾砂岩

24.00~25.15 公尺:深灰色砂岩與頁岩互層，砂岩層膠結良好偶夾泥屑

25.15~36.00 公尺:深灰色砂質頁岩偶夾砂岩

36.00~39.60 公尺:灰色細砂岩，偶夾薄葉層深灰色頁岩

39.60~50.00 公尺:淺灰色細砂岩夾深灰色頁岩，砂岩膠結良好，輕度生物擾動

(四)C-14 定年成果

口宵里斷層挑選一組碳質樣本，送往美國 Beta Analytic 實驗室進行 AMS 放射性碳定年工作(Accelerator Mass Spectrometry Radiocarbon Dating)，分別進行有機沉積物(Organic sediment)放射性碳定年、植物(plant)放射性碳定年，取得兩種碳定年成果，其定年成果分析報告詳見附錄三，以下描述各樣本定年成果:

1. KHL-1B-2.8-p:本組取樣自口宵里 1B 井 2.8 公尺，定年分析物質為植物，測得年代為 1360 +/- 30 BP。

2. KHL-1B-2.8-o:本組取樣自口宵里 1B 井 2.8 公尺，定年分析物質為有機沉積物，測得年代為 1520 +/- 30 BP。

本計畫口宵里斷層鑽探調查區域沿線經過曾文溪河階地，靠近地表階地堆積層材料皆為礫石層夾粉砂，屬於水流較強的沉積環境，不易找到可供定年的碳屑。口宵里 1B 井位於口宵里斷層下盤曾文溪河階地上，於 2.8 公尺深測得沉積年代介於距今 1360 至 1520 年之間。

(五)地下地質探查成果討論

本計畫於口宵里斷層沿線規劃 6 孔鑽探孔位(口宵里 1A、口宵里 1B、口宵里 2A、口宵里 2B、口宵里 3A、口宵里 3B)、3 組地質剖面(口宵里 P1 剖面、口宵里 P2 剖面、口宵里 P3 剖面)，用以推測口宵里斷層分布位置、斷層變形帶範圍。各剖面討論如下:

1.口宵里 P1 地質剖面

本剖面位於台南市楠西區興北村曾庫公路旁，剖面起點坐標為(197769.8, 2566918.9，TWD97)、終點坐標為(197950.6, 2566764.7，TWD97)，剖面鑽井分別為口宵里 1A(100 公尺)、口宵里 1B(50 公尺)，剖面平面位置圖及地質剖面圖詳見圖 5-15、圖 5-18。

本剖面地表地形崖頂部位於水平距離 70 公尺處、地形崖趾部位於 134 公尺處，本剖面地層主要分為 2 層，由淺至深分別為全新世階地堆積層、上新世竹頭崎層。全新世階地堆積層以礫石夾粉砂層為主，上盤

側口宵里 1A 井為黃棕色礫石層，礫石占大部分比例、呈現顆粒支撐；下盤側口宵里 1B 為深灰色砂層偶夾礫石，泥質較多，碳十四定年顯示沉積年代距今 1360 至 1520 年之間，為近代曾文溪河階地堆積。竹頭崎層以中層至厚層粉砂質砂岩及細砂岩互層組成，口宵里 1A 井的竹頭崎層較接近粉砂質砂岩，部分分布的細砂岩層則有強烈生物擾動；口宵里 1B 井則為細至中砂岩為主，大部分岩層皆有劇烈生物擾動，整體上 1B 井砂岩粒徑及生物擾動程度較 1A 井高。

地質構造部分，口宵里 1A 井岩層傾角在地表至 40 公尺大致一致，介於 35 至 45 度，接近 40.2 公尺深度傾角變陡至 55 度，過該深度後岩層傾角維持在 20 至 25 度之間。口宵里 1A 井 5.5 公尺發現一系列斷層剪裂帶，傾角介於 30 至 65 度，剪裂帶帶寬約 20 公分；25.5 至 27.1 公尺分布另一系列剪裂帶，傾角介於 30 至 75 度，並夾一層厚 35 公分剪碎角礫，角礫間填充淺灰色泥質砂；39.5 至 40.4 公尺分布剪裂帶傾角介於 40 至 60 度，於 40.2 公尺分布一帶有泥質及剪碎角礫之破碎帶，往下則再未發現剪裂帶，岩層傾角一致。

口宵里 1B 井未發現與斷層相關聯構造，岩層傾角一致介於 15 至 20 度，研判該井岩層皆屬於未受斷層活動影響之斷層下盤。

綜合前述，本計畫推估口宵里斷層位於口宵里 1A 井深度 40.2 公尺岩層傾角變緩處，斷層面傾角依據本計畫在口宵里 1A 井 40 公尺附近量測到的 40 度剪裂帶、黃文正等(2020)在劉陳灣量測到的 43°W、劉彥求等(2020)在劉陳灣量測到的 38°W，本計畫評估後認為口宵里斷層面傾角為 40 度，斷層面於剖面水平距離 126 公尺處與地表交會。

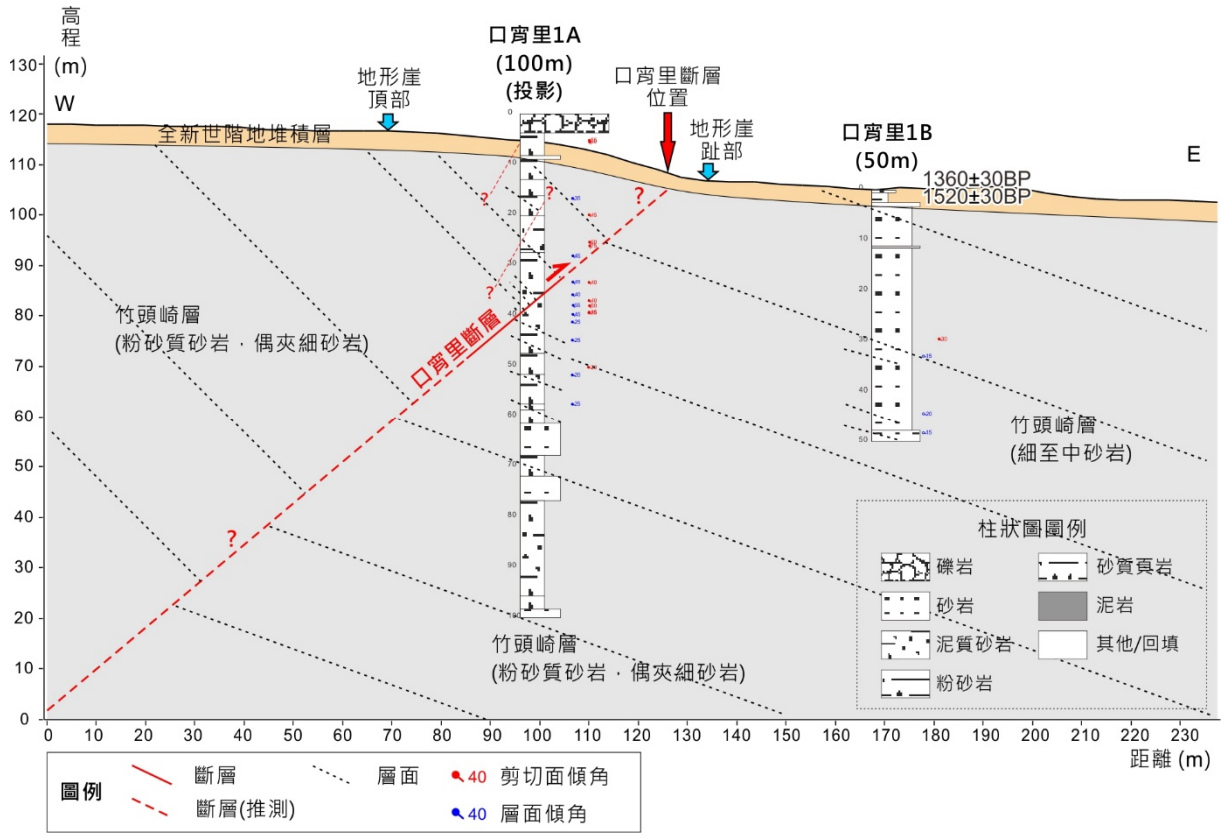


圖 5-18　口宵里 P1 地質剖面

Fig 5-18　The geological structure profile P1 of Kouhsiaoli Fault

2.口宵里 P2 地質剖面

本剖面位於台南市楠西區興北 174 縣道旁，剖面起點坐標為(196715.1, 2565851.8，TWD97)、終點坐標為(196884.6, 2565741.1，TWD97)，剖面鑽井分別為口宵里 2A(100 公尺)、口宵里 2B(50 公尺)，剖面平面位置圖及地質剖面圖詳見圖 5-16、圖 5-19。

本剖面地表地形崖頂部位於剖面水平距離 59 公尺處、地形崖趾部位於 119 公尺處，本剖面地層主要共可分為 2 層，由淺至深分別為全新世階地堆積層、上新世竹頭崎層。全新世階地堆積層在口宵里 2A 及口宵里 2B 井皆以黃棕色礫石夾粉砂層為主，階地堆積層厚度在下盤側口宵里 2B 井為 9 公尺，較上盤側 2A 井的 6 公尺更厚，推測上、下盤的階地堆積層同時沉積但兩側沉積速度不同。下方竹頭崎層在口宵里 2A 及口宵里 2B 井中岩性相當類似，皆為中層至厚層粉砂質砂岩偶夾細砂岩。

地質構造部分，口宵里 2A 井岩層傾角自地表往下由 60 度逐漸變陡，至 30 公尺附近傾角轉為 90 度並伴隨剪裂帶出現，經過剪裂帶後傾角馬上轉為 50 至 70 度，至 56.3 公尺的剪裂帶後傾角轉為 15 至 25

度的平緩岩層，自此傾角再無變化。口宵里 2A 井剪裂帶分布於 23.8 至 30.0 公尺之間，傾角介於 50 至 70 度，而 28.5 公尺附近岩層呈現垂直、分布密集剪裂帶(傾角接近 70 度)，研判為分支斷層、鄰近岩層出現劇烈撓曲；在 42.3、54.3、56.3 公尺亦出現伴隨岩層撓曲的剪裂帶，部分岩層呈現急折形貌，通過 56.3 公尺的剪裂帶後往下岩層回復平緩傾角 20 度，再未發現剪裂帶。

口宵里 2B 井未發現與斷層相關聯構造，岩層傾角一致介於 15 至 35 度，研判該井岩層皆屬於未受斷層活動影響之斷層下盤。

綜合前述，本計畫推估口宵里斷層位於口宵里 2A 井深度 56.3 公尺剪裂帶及岩層傾角變緩處，斷層面傾角本計畫評估為 40 度，斷層面於剖面水平距離 124 公尺處與地表交會。

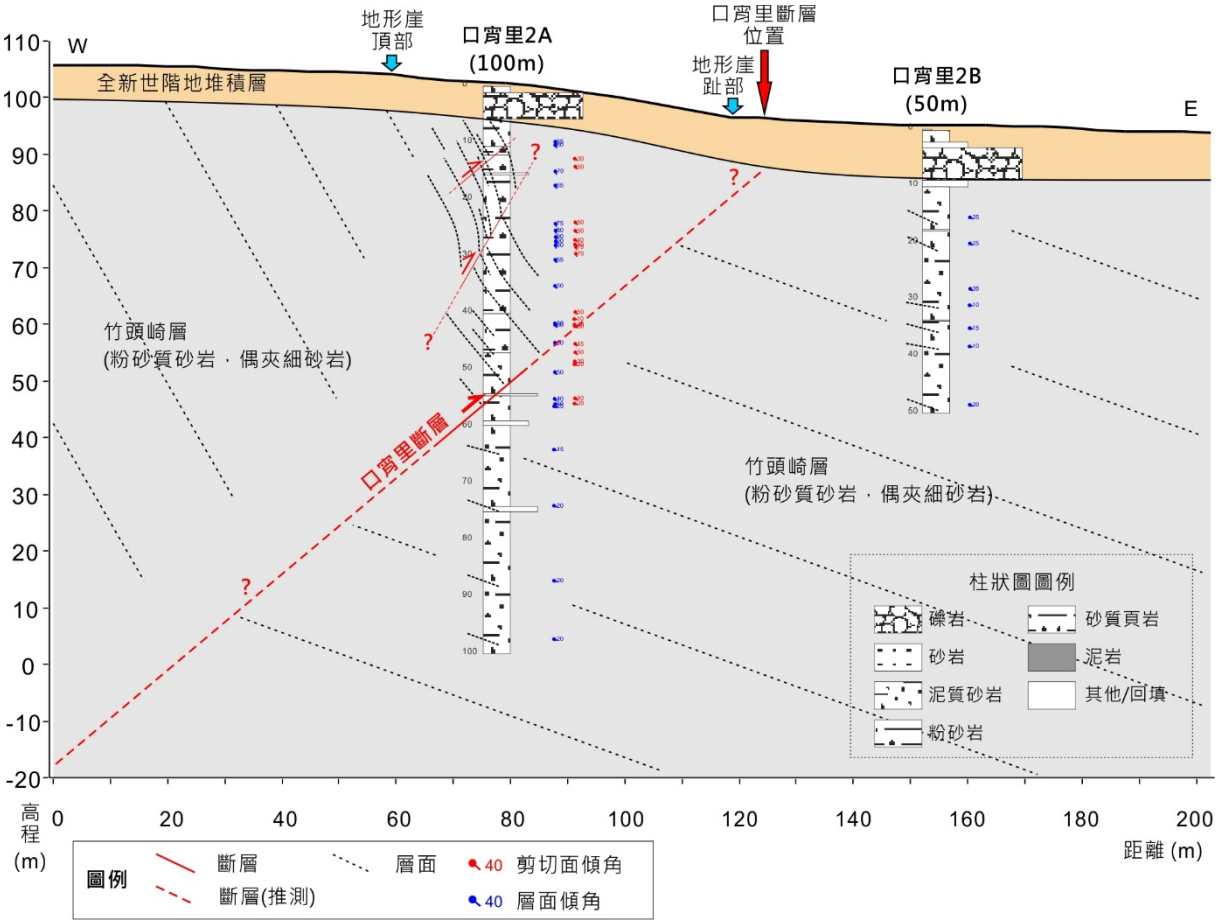


圖 5-19　口宵里 P2 地質剖面

Fig 5-19　The geological structure profile P2 of Kouhsiaoli Fault

3.口宵里 P3 地質剖面

本剖面位於台南市楠西區南 183 鄉道旁,剖面起點坐標為(196470.1, 2565283.1，TWD97)、終點坐標為(196597.9, 2565122.8，TWD97)，剖面鑽井分別為口宵里 3A(100 公尺)、口宵里 3B(50 公尺)剖面平面位置圖及地質剖面圖詳見圖 5-17、圖 5-20。

本剖面地表地形崖頂部位於剖面水平距離 84 公尺處、地形崖趾部位於 108 公尺處，本剖面地層主要共可分為 2 層，由淺至深分別為全新世階地堆積層、上新世竹頭崎層。全新世階地堆積層在口宵里 3A 及口宵里 3B 井皆以黃棕色礫石夾粉砂層為主,階地堆積層厚度在下盤側口宵里 3B 井為 10.7 公尺，較上盤側 3A 井的 7.6 公尺更厚，推測上、下盤的階地堆積層同時沉積但兩側沉積速度不同。下方竹頭崎層在口宵里 3A 及口宵里 3B 井中岩性相當類似，皆為砂質頁岩偶夾細砂岩。

地質構造部分，口宵里 3A 井在 60.2 公尺前岩層傾角介於 40 至 55 度，60.2 公尺後岩層傾角趨於一致，約在 15 度。在 36.5、52.4、54.3、60.2、62.95、63.4 公尺分布小褶皺，於 52.4、54.3、60.2 公尺處褶皺部分褶皺出現急折伴隨剪裂帶現象。

口宵里 3B 井未發現與斷層相關聯構造,岩層傾角一致介於 5 至 15 度，研判該井岩層皆屬於未受斷層活動影響之斷層下盤。

綜合前述，本計畫推估口宵里斷層位於口宵里 3A 井深度 60.2 公尺處，該處為最前緣之褶皺伴隨急折及剪裂帶構造，且該處以下深度地層趨於平緩。斷層面傾角本計畫評估為 40 度，斷層面於剖面水平距離 112 公尺處與地表交會。

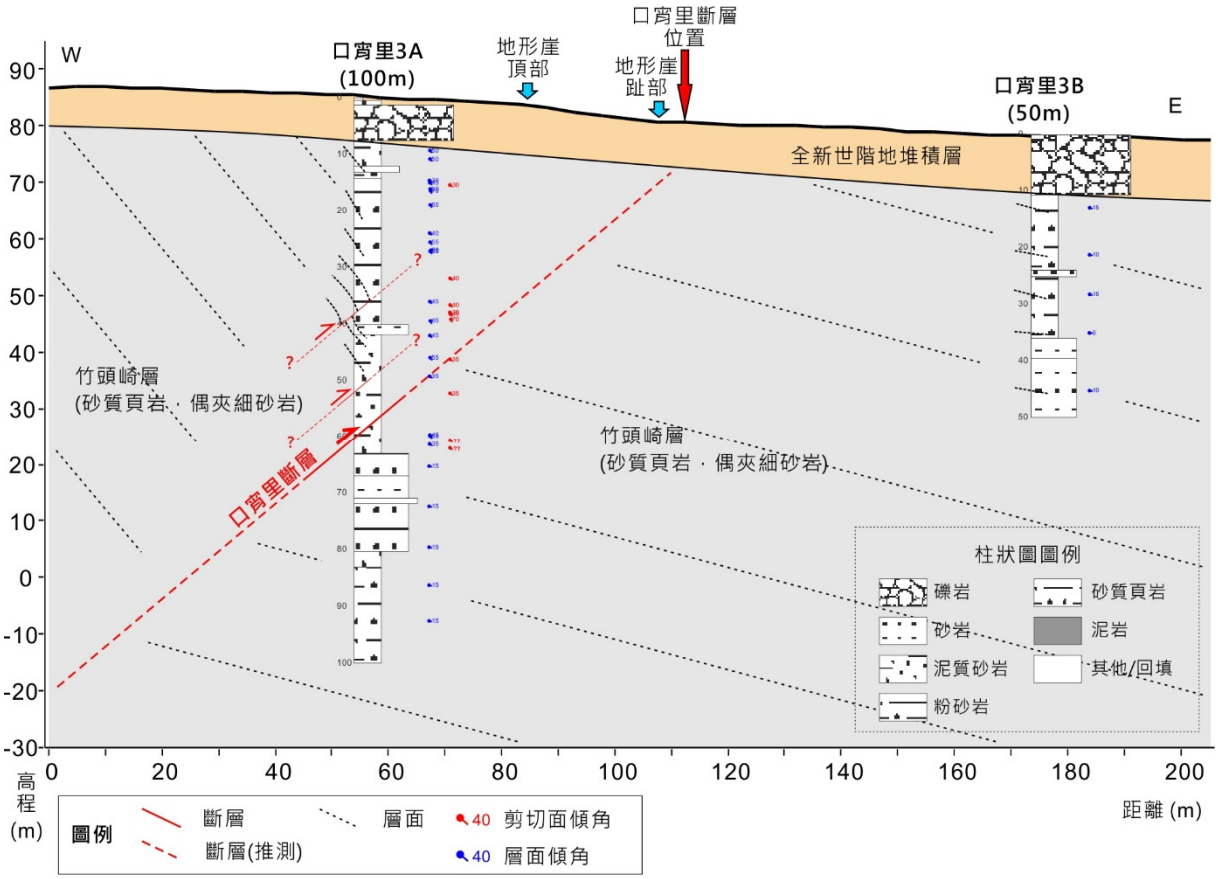


圖 5-20　口穹里 P3 地質剖面

Fig 5-21　The geological structure profile P3 of Kouhsiaoli Fault

(六)活動斷層參數蒐集與更新

表 5-1　口穹里斷層參數表

Table 5-1　Parameter table of Kouhsiaoli Fault

斷層參數	斷層參數數據	研究方法	參考文獻
長度(km)	24.4	地形、岩層分布、斷層出露	本計畫、黃文正等，2020
寬度(km)	0.78	以深度 0.5km、傾角 40 度計算	本計畫推估
破裂深度(km)	0.5	地質剖面	劉彥求等，2020
走向	東北-西南走向	地形、岩層分布、斷層出露	鳥居敬造，1932
傾角(度)	40 度，向西傾斜	斷層出露、鑽探岩心	劉彥求等，2020
斷層機制	逆移斷層	地表地質調查、鑽探調查	鳥居敬造，1932 劉彥求等，2020

短期滑移速率 (mm/yr)	水平方向 1~3 mm/yr 垂直方向 5~10mm/yr	GPS 資料(2002 至 2019 年)	景國恩等，2009
長期滑移速率 (mm/yr)	垂直方向大於 10 mm/yr	河階地沉積物定年分析	Hsieh & Knuepfer，2002
	垂直方向小於 3.2 mm/yr 斷層面方向小於 4.6 mm/yr (以 1.2 萬年內持續活動為前提)	河階地沉積物定年分析	黃文正等，2020
最近一次活動時間	12670 年以內至少兩次活動事件	地表地質調查、C-14 定年	劉彥求等，2020

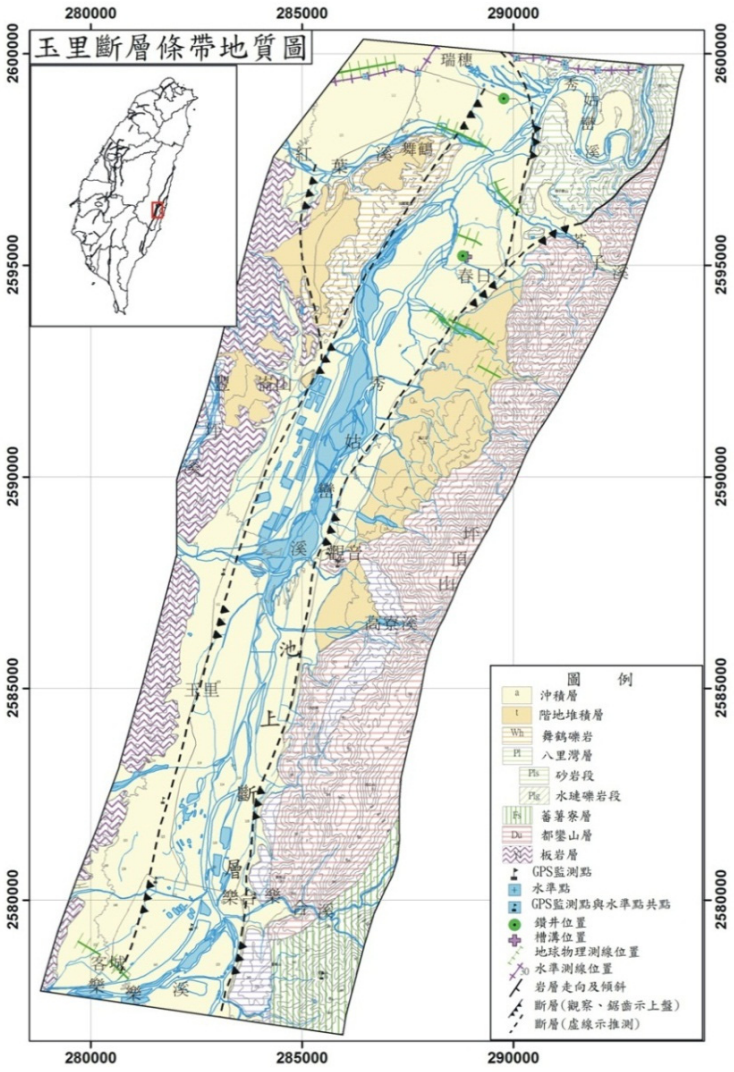
註:本表參考各單位調查成果彙整而成，表格中反黑處為本計畫更新成果。

六、玉里斷層調查成果

(一)基本資料及過去研究

1.斷層位置與長度

玉里斷層，為左移斷層兼具逆移分量，斷層跡呈北北東走向，屬地震斷層，由花蓮縣瑞穗鄉瑞良村向南延伸至玉里鎮客城里，長約 23 公里（徐鐵良，1955），玉里斷層條帶地質圖如圖 6-1 所示。此外，林啟文等人(2000)將臺灣東部的活動斷層分為七條(包含玉里斷層)，並詳述這七條活動斷層不同特性之分類、斷層分布範圍及斷層性質，推斷西元 1951 年 11 月 25 日的地震地表破裂可能為玉里斷層與池上斷層。



參考資料：林啟文(2009)；坐標系統：TWD67

圖 6-1　玉里斷層斷層條帶地質圖

Fig 6-1　The geological zone map of Yuli fault

2.地形與地表地質特性

(1)地形

花東縱谷為一北北東－南南西走向之谷地，最窄處約 1 公里寬，最寬處約 3 公里，總長約 180 公里，玉里斷層位於花東縱谷，由北到南依序經過紅葉溪、豐坪溪(太平溪)、卓溪、源城溪、樂樂溪等，斷層沿線分布舞鶴台地及一連串之沖積扇與階地，東側為秀姑巒溪及海岸山脈，其山脊高度約在 1,000 公尺上下；西側鄰近縱谷山脈屬中央山脈，高度多在海拔 1,000 公尺以上。

石再添等人(1983)分析縱谷中河階及斷層崖等地形特性，將縱谷分為北中南三區段，並列出 61 段地形學上的活動斷層，在縱谷中段有 26 條位於 1951 年 11 月 25 日的地震災害區域中。

其中鶴岡、瑞美、掃叭等線型在走向上亦延伸至斷層露頭，此線形雖位於板岩層與礫石層的交界，但未發現斷層地形特徵。由於這些斷層帶缺乏近期定年或槽溝開挖等資料證明其與這些地形崖形成的線型與斷層活動有關，該線型代表斷層活動的確實度則相對較低。

(2)區域地質

本區位於花東縱谷，為菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之間的板塊縫合線。縱谷本身為縫合帶，地表多為近代河流沖積層所覆蓋。縱谷以西屬大南澳片岩及其上覆之板岩區，地層屬崙山層(楊昭男等，1992)，劈理發達，局部變質度可達千枚岩；縱谷以東屬海岸山脈地質區，岩層以中新統火成岩與相關弧前盆地的新第三紀濁流式碎屑沉積岩組成，地層由老至年輕從中新世至全新世，依序為都巒山層、利吉層、蕃薯寮層、八里灣層、舞鶴礫岩至階地堆積層、沖積層。都巒山層(大江二郎，1939)以安山岩質角礫岩為主，含凝灰岩、集塊岩、礫岩、凝灰質砂岩與石灰岩等。利吉層(徐鐵良，1956)主要為青灰色泥岩，夾含各種大小、成份之外來角礫岩塊。蕃薯寮層(Chang, 1968)由泥岩與砂頁岩薄互層組成。八里灣層(Chang, 1968)由厚層礫岩與砂岩、砂頁岩層與泥岩組成。舞鶴礫岩(王源等，1992)岩性主要為中央山脈沖刷出的變質岩質礫石所構成，張瑞津等（1992）由黏土中漂木標本之碳十四定年結果，時代老於五萬年。階地堆積層及沖積層主要為礫石夾雜砂和少許黏土組成(圖 6-2)。

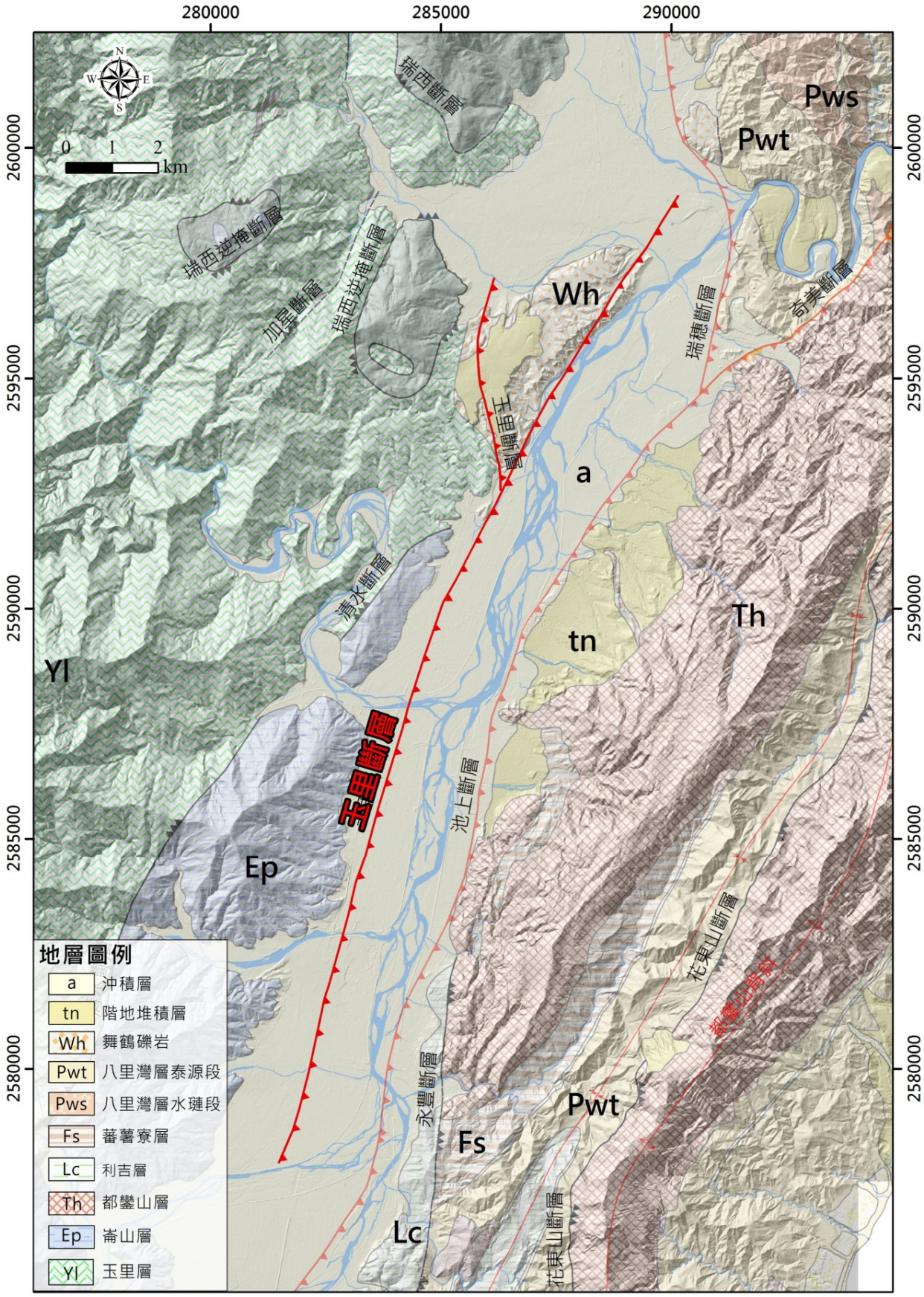


圖 6-2　玉里斷層區域地質圖

Fig 6-2　Regional geological map of Yuli fault

3.地下地質構造特性(地球物理與地質鑽探調查)

玉里斷層測區主要位於花蓮玉里秀姑巒溪與樂樂溪流域間,過去研究成果顯示地表露頭較少，破裂侷限在花東縱谷西側的沖積層中，欲了解玉里斷層之幾何型態須透過地下鑽探、地球物理探勘等資料加以判釋。本研究彙整過去玉里斷層之相關研究包括石瑞銓(2004)及中央地質調查所「重要活動斷層構造特性調查二期─活動斷層近地表構造特性調查(1/4)」(2015)之調查成果，將其鑽孔、地球物理測線位置分布繪製於圖 6-3，其研究成果詳述下：

(1)地質鑽探

經濟部中央地質調查所於玉里斷層北端有兩孔鑽井,玉里 1 號井位於玉里斷層北端東側與瑞穗斷層南端西側，井深達 200 公尺，全井岩心以泥岩夾粉砂岩為主，偶夾薄層砂岩，岩層膠結程度差。岩心中有數處斷層泥出現，且於約 180 公尺出現角礫狀砂岩，斷面傾角為 20~45°，但沒有大型斷層帶出露，研判未鑽至主斷層面；玉里 2 號井位於玉里斷層與池上斷層的中間偏東。鑽井資料深達 400 公尺，資料顯示 0~186 公尺為礫石層,186~400 公尺以粉砂岩與泥岩為主夾薄層砂岩與兩層礫石層，岩層傾角約 40~60°(圖 6-4)。

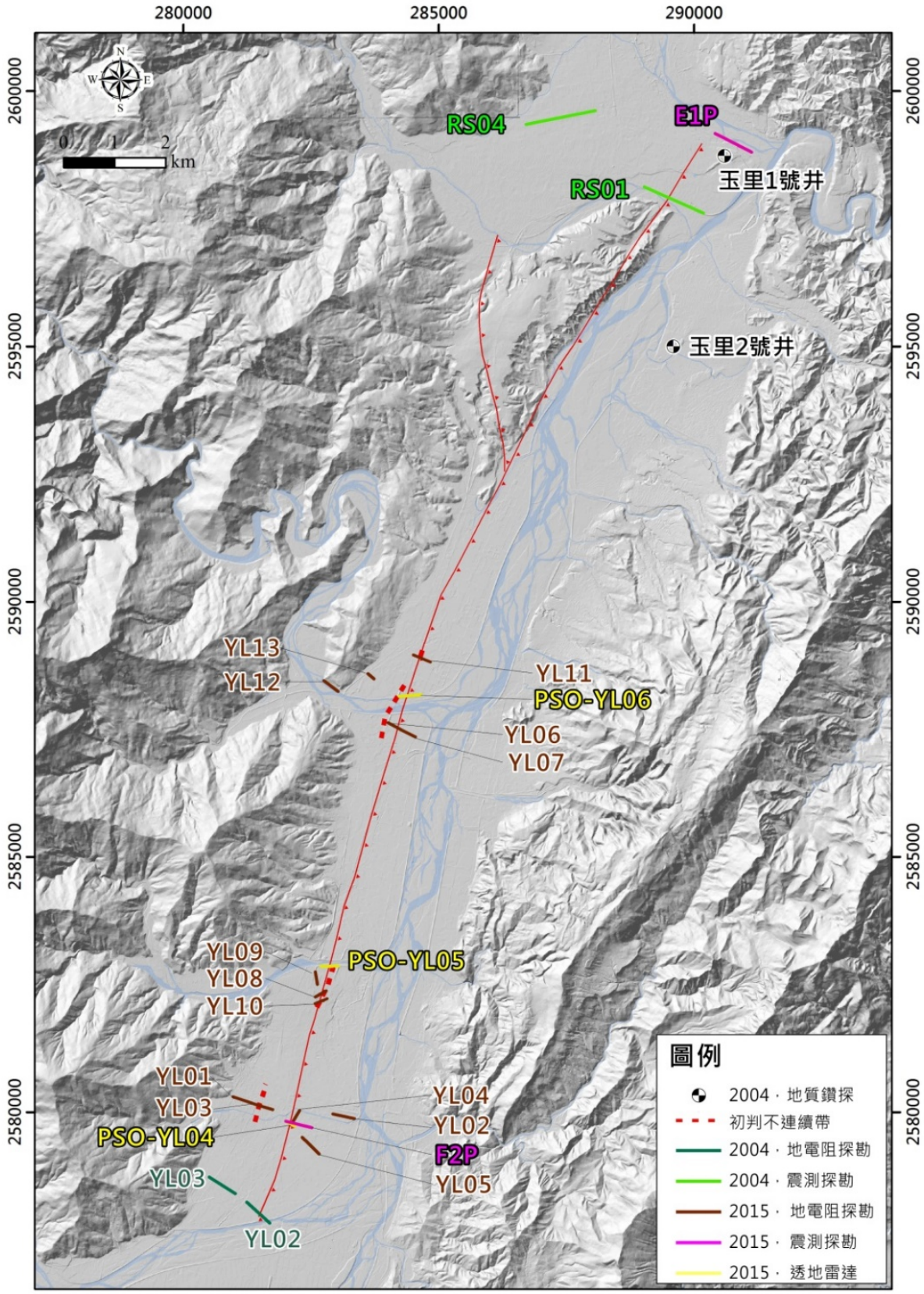
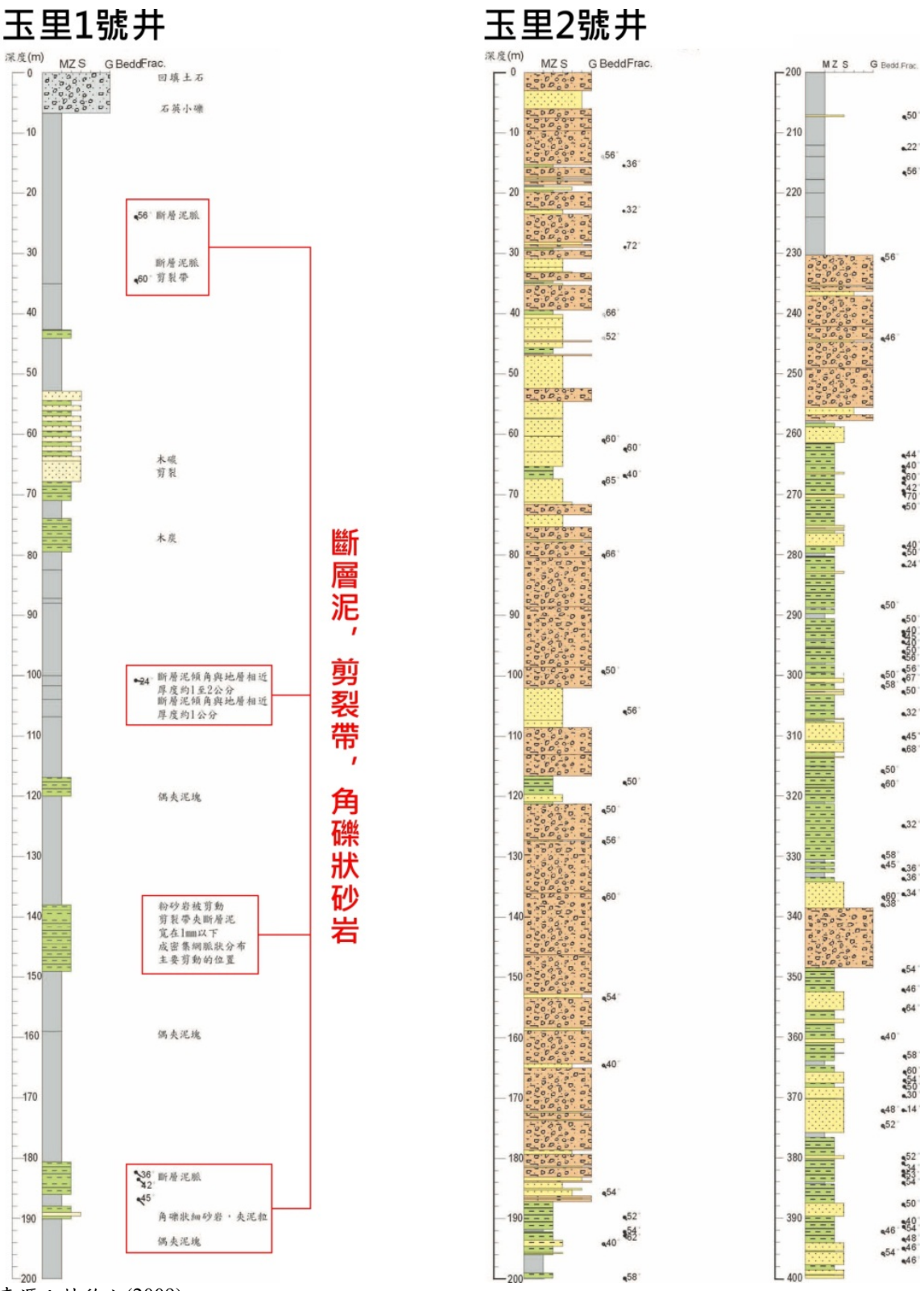


圖 6-3　過去地質鑽探及地球物理測線分布圖

Fig 6-3　The selected boreholes and geophysics survey line near the Yuli fault



資料來源：林啟文(2009)

圖 6-4　玉里 1 號、2 號鑽井地層柱狀圖

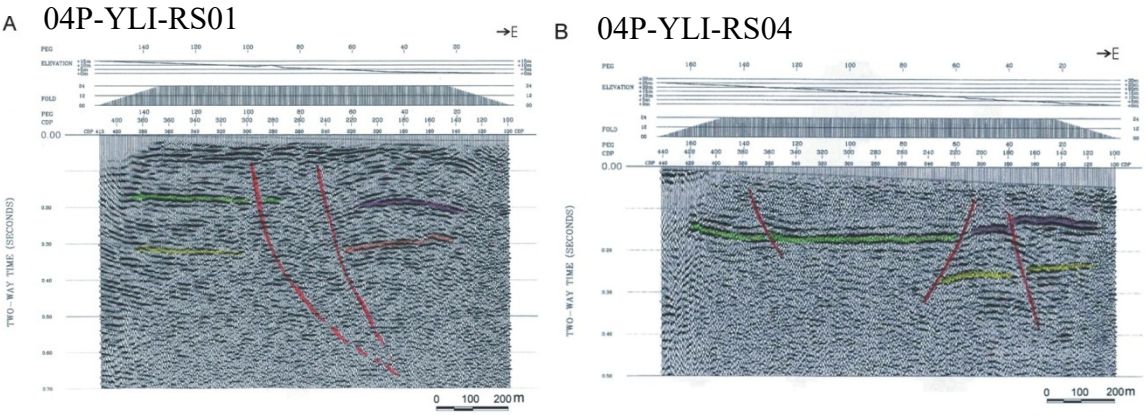
Fig 6-4　The stratigraphy histogram of Yuli well No.1 and No.2

(2)地球物理探勘

a.淺層震測探勘

石瑞銓等(2004)曾於玉里斷層施測兩條震測測線(04P-YLI-RS01與04P-YLI-RS04，測線位置皆位於玉里斷層北端)。震測線04P-YLI-RS04(圖 6-5)位於瑞穗鄉溫泉路北側的瑞穗台地，剖面西側下方反射訊號呈近水平，反射面(約 140 公尺)推測為中央山脈板岩與沖積層的交界，其界面以下無層狀訊號。剖面東側至深度約 450 公尺有良好的反射訊號，東西兩側的剖面影像非常不同，可能為地層界線或斷層帶。舞鶴台地東北震測剖面 04P-YLI-RS01(圖 6-5)位於瑞穗鄉泛舟中心南側的紅葉西堤防旁，跨越舞鶴台地東北側斷層露頭，剖面訊號可由表層至深度約 700 公尺，西側剖面為向東緩傾且層狀訊號連續，東側訊號顯示錯動與褶皺。

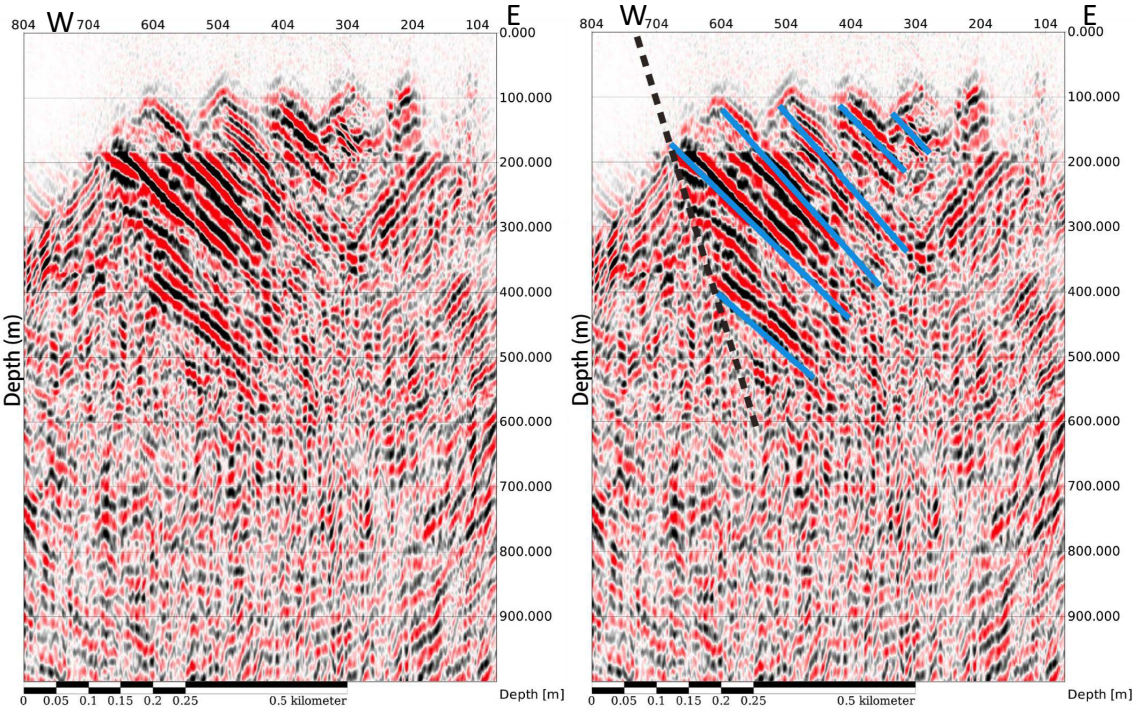
中央地質調查所於 2015 年使用 EWG-III 撞擊式震源，施作測線總長為 1,006 公尺，共施測 96 個炸點，並使用 192 波道數，以 2 公尺測站間距與 6 公尺的炸點間距，將成果繪製剖面如圖 6-6、圖 6-7 所示。玉里斷層北側(15P-YLI-E1P)震測最終剖面長度為 730 公尺，深層可辨釋反射層深達 1000ms 左右，可見剖面西測深部有些微東傾的沉積層，而剖面東側深部有微弱的西傾訊號，兩側訊號明顯不同，研判有斷層經過；於玉里斷層南側(15P-YLI-F2P) 最終剖面長度為 730m，震測成果可見 100 公尺深有因斷層錯動而產生東側層面相對於西側抬升的現象，研判應有受斷層作用形成褶皺與隆起。剖面東側為一穩定沉積盆地，約 200m 深處訊號由強轉弱。假設玉里斷層與池上斷層中間的沉積盆地由北到南變化不大，則可用位於玉里斷層北段的玉里 2 號井做地層對比。



資料來源：石瑞銓等(2004)

圖 6-5　玉里斷層北端反射震測探勘結果

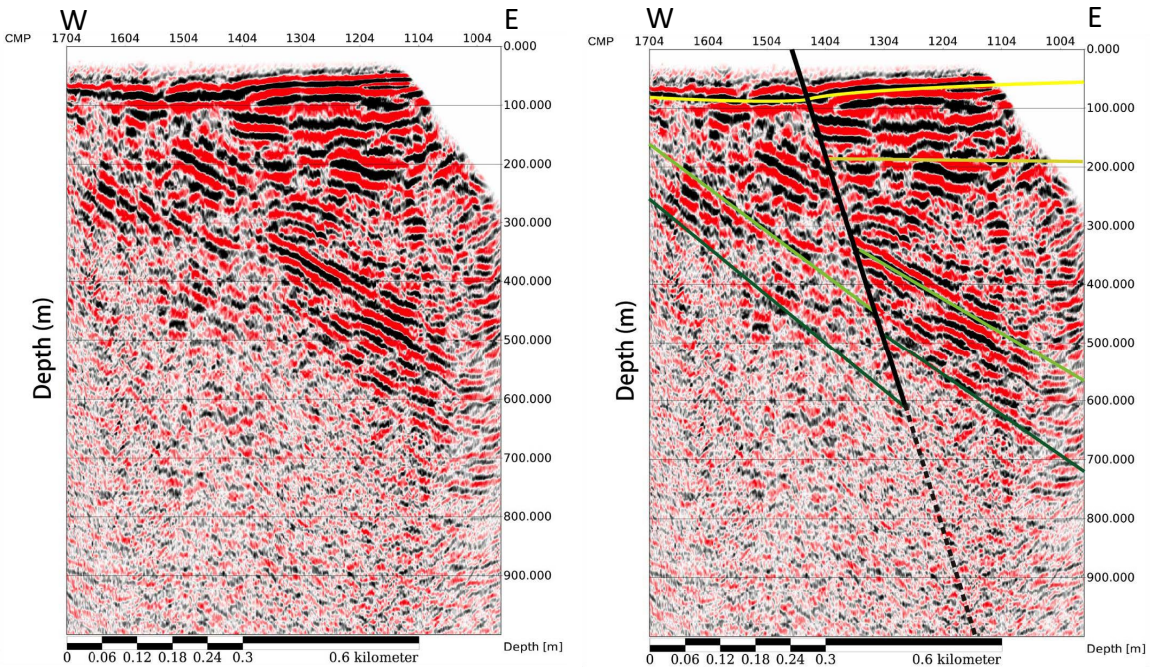
Fig 6-5　The reflection seismic profiles of northern Yuli fault



資料來源：經濟部中央地質調查所(2015)

圖 6-6　玉里斷層北側測線（15P-YLI-E1P）移位後深度剖面

Fig 6-6　The northern seismic survey line 15P-YLI-E1P depth profiles



資料來源：經濟部中央地質調查所(2015)

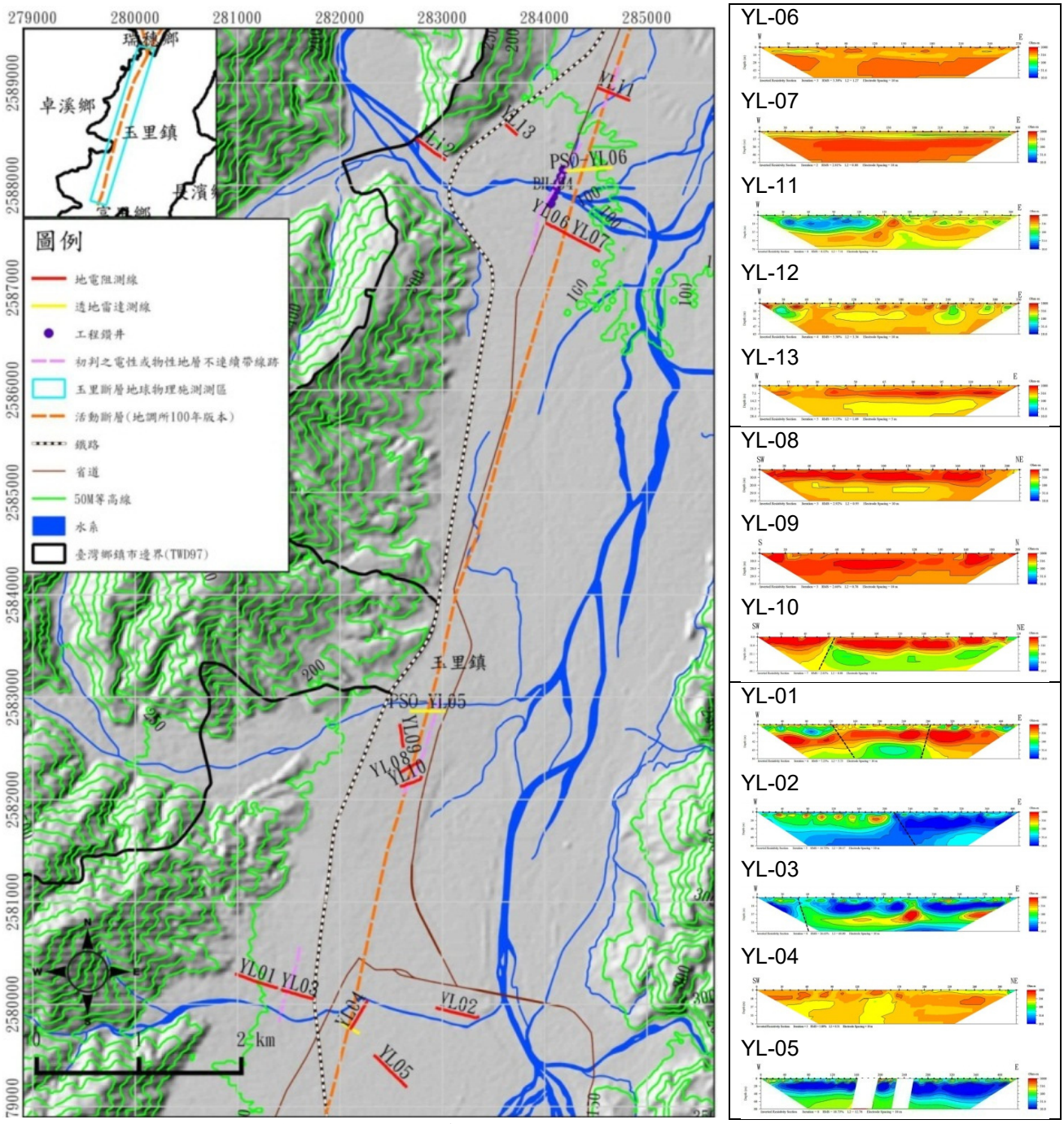
圖 6-7　玉里斷層南測測線（15P-YLI-F2P）移位後深度剖面

Fig 6-7　The southern seismic survey line 15P-YLI-E2P depth profiles

b.地電阻探勘

中央地質調查所(石瑞銓等，2004)曾針對玉里斷層調查工作，完成共計 2 條地電阻測線 04E-YLI-YL02、04E-YLI-YL03(圖 6-8)，其中 04E-YLI-YL03 測線下岩層約呈水平層態，電阻率連續且無構造存在跡象，其東南方 04E-YLI-YL02 測線探測結果，剖面中呈現高-低-高之層狀構造，但於西北端中層尖滅，可能有斷層存在。

中央地質調查所 2015 年完成秀姑巒溪西側的玉里一帶地區，共計 13 條地電阻有效測線之施測工作(圖 6-8)，總長度共計 3,855 公尺。初步描繪玉里斷層之地電阻電性地層不連續帶分布位置，其中研判電性地層不連續帶通過 YL11 測線中段，並沿台九號道路向南延伸至 YL10 測線西端，至玉里市區北側，通過 YL08 與 YL10 測線間，經 YL10 測線的西端，轉向南南西進入玉里市區內，經過舊玉里國小、圓環等地，最後經過 YL01 與 YL03 測線之間，再轉向南進入長良地區。

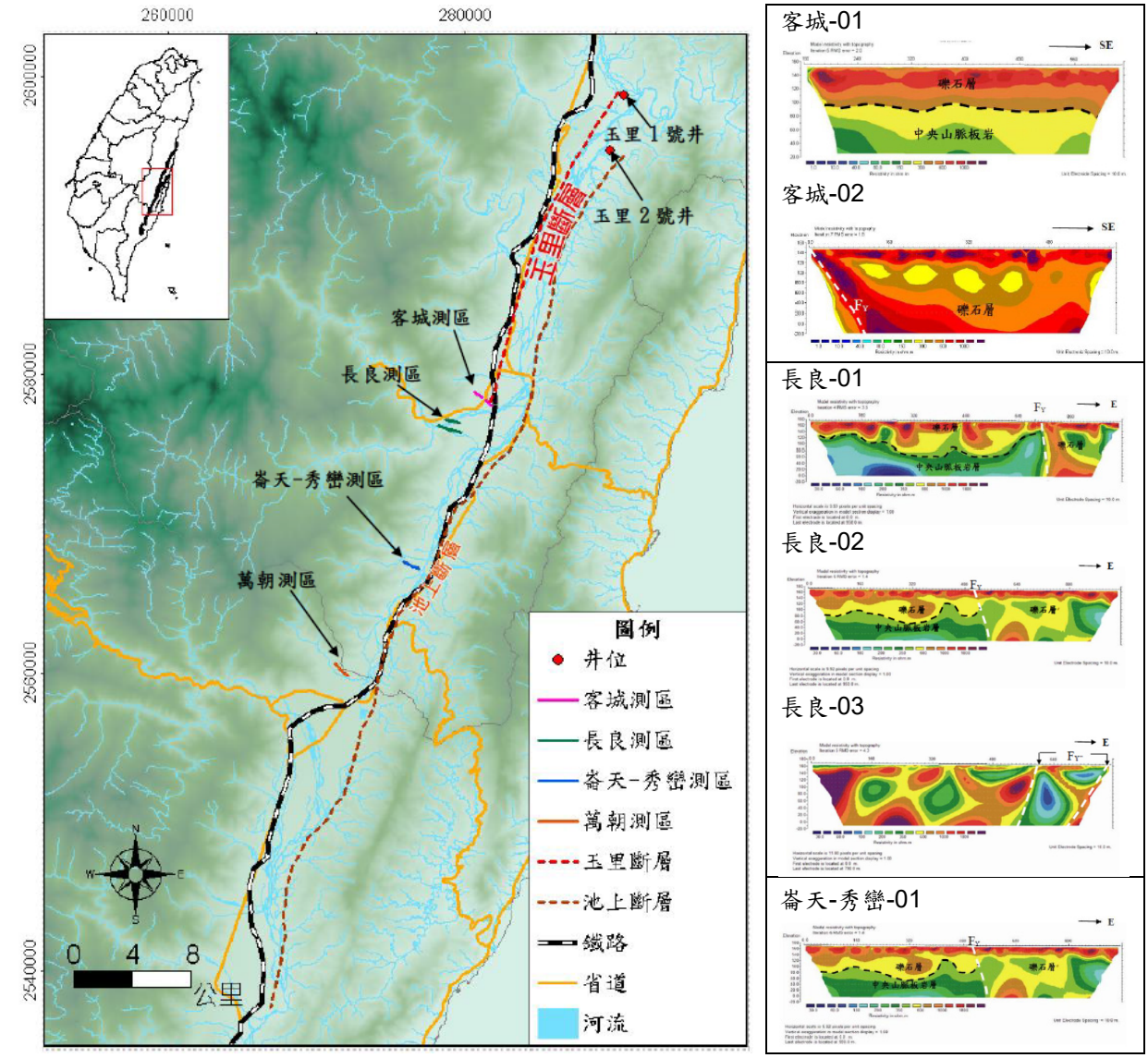


資料來源：經濟部中央地質調查所(2015)；坐標系統：TWD97

圖 6-8　玉里研究區域初判之電性地層不連續帶線跡

Fig 6-8　The electrical image profiles across the Yuli fault

另外，簡立凱(2015)於花東縱谷之地質構造研究，於客城、長良與崙天-秀巒測區之施測結果(圖 6-9)，施測剖面中的電性不連續為玉里斷層，斷層面向東傾斜。中央山脈板岩層位於下盤深部位置，在玉里地區電阻率 150-400Ω-m，在富里崙天地區電阻率 500-800Ω-m。上盤為縱谷堆積，在玉里地區電阻率 400- 1000Ω-m、在崙天-秀巒地區電阻率 100-400Ω-m。判釋成果認為玉里斷層經客城向南延伸通過長良至崙天-秀巒地區，但未達池上地區。



資料來源：簡立凱(2015)

圖 6-9　玉里斷層客城、長良、崙天-秀巒與萬朝測區位置圖

Fig 6-9　The electrical image profiles across the Yuli fault

4.斷層活動特性

西元 1951 年 11 月 25 日於 2 時 47 分與 2 時 50 分的兩次強震，玉里斷層東側抬升並略向北移動(台灣省氣象局，1952)，破裂軌跡由縱谷西側從三民向南斷續延伸至玉里國小、玉里鎮圓環、客城里，玉里國小內斷層東側的花壇上升 10 至 30 公分，東側教室向北移動 40 公分，地表破裂呈 N40°W；瑞穗至玉里段地表破裂不連續，多以雁形排列分布，侷限在縱谷西側的沖積層中，以左移為主；地表破裂共有 3 條，總長達 90 公里(楊蔭清，1953)。鄭世楠等對地震震央經重新定位(Cheng et al., 1996)，顯示 2 時 50 分的玉里地震，其地震震央位於成功東北東方外海，震源深度 36 公里，M_s=7.0，震源機制解顯示後者為帶左移分量的高角度逆斷層。

玉里斷層暫列為第一類活動斷層，該斷層主要特性如表 6-1。

表 6-1　玉里斷層主要特性表

Table 6-1　The fault characteristics of Yuli fault

長度(公里)	滑移特性	水平速度變化(mm/yr)		垂直速度變化(mm/yr)	最近一次活動時間
		平行斷層	垂直斷層		
26	左移兼具逆移	18.0 ±4.5	5.1±5.8	-0.8	1951 年

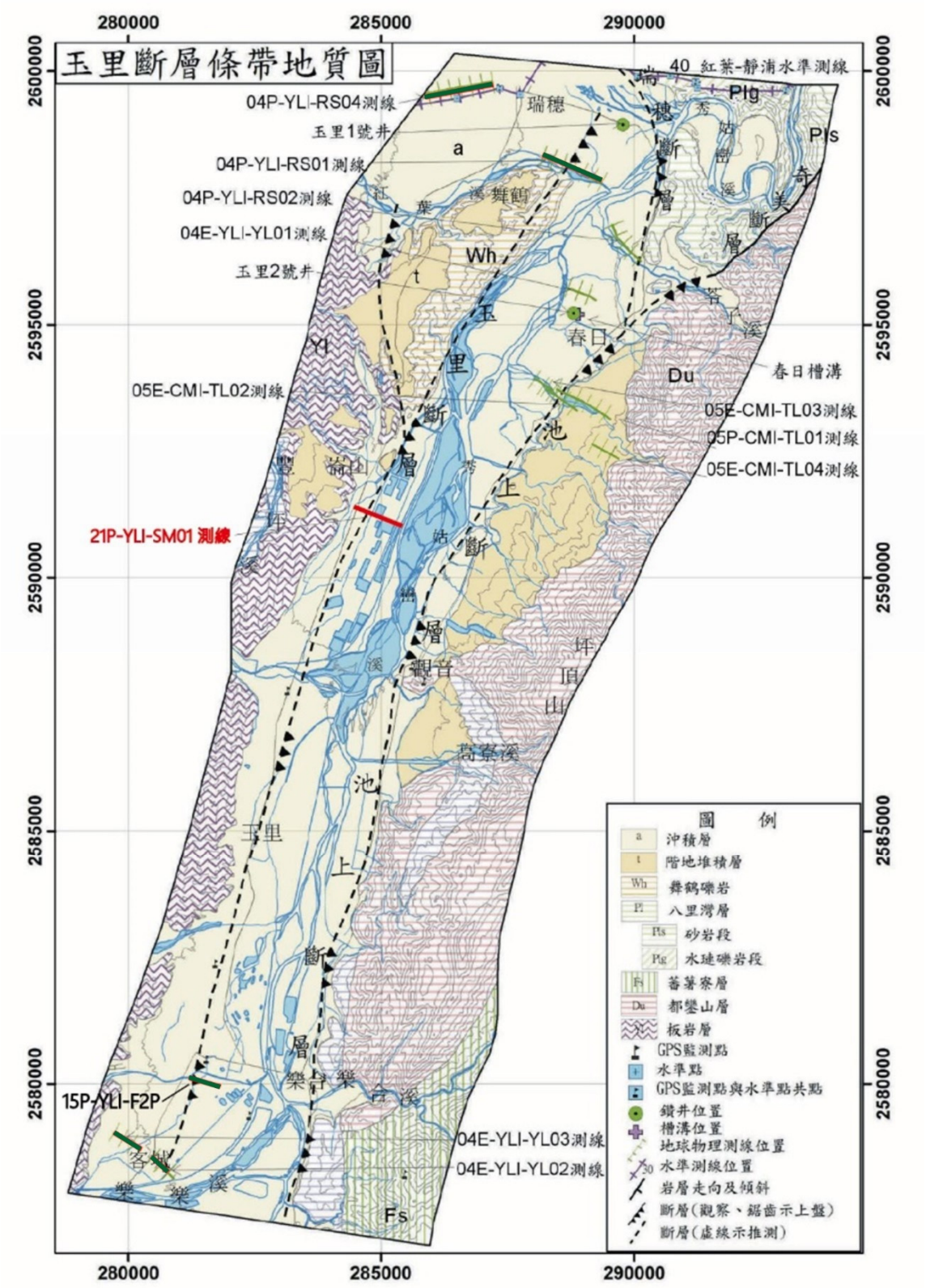
資料來源：林啟文(2007)

(二)淺層震測探查成果

1.施測位置與相關參數說明

本計畫使用 Mini Vib 震盪震源車為震源，測線總長度為 1100 公尺，共施測 69 個炸點，並使用 221 個波道數，以 5 公尺測站間距與 15 公尺炸點間距，由東為起點向西施測。

施測之測線編號為 21P-YLI-SM01，其它施測之幾何參數，請參考表 6-2。



備註：坐標系統 TWD67 二度分帶

圖 6-10　本計畫測線位置與玉里斷層條帶地質圖

Fig 6-10　The survey lines of this project along the Yuli fault trace

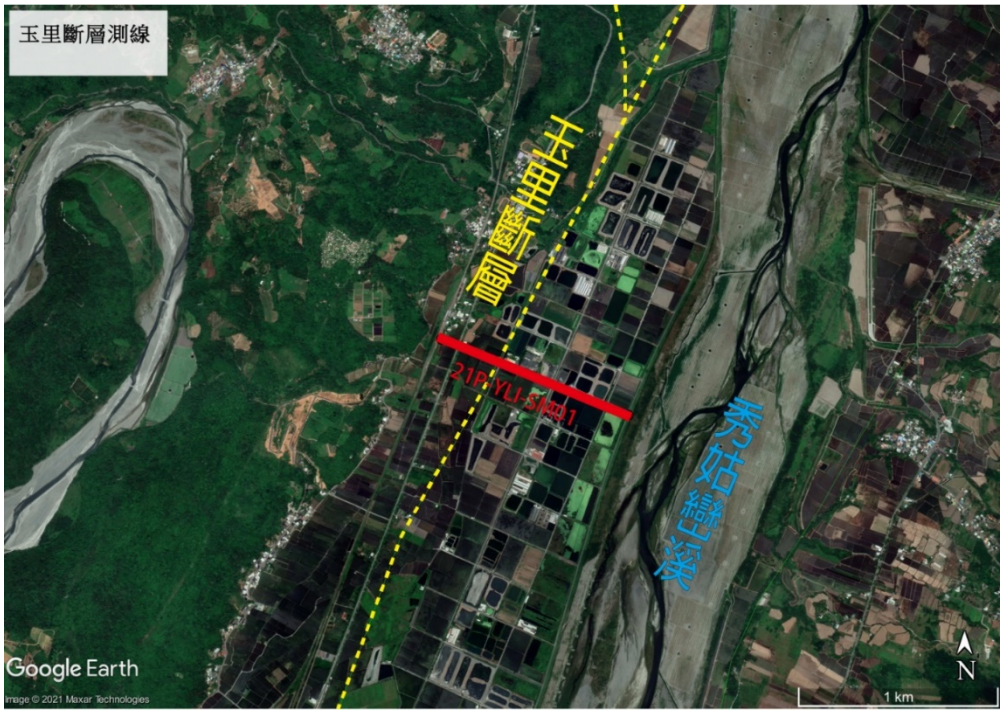


圖 6-11　測線位置與推測斷層位置分布正射影像

Fig 6-11　The orthoimage of survey line across the Yuli fault trace

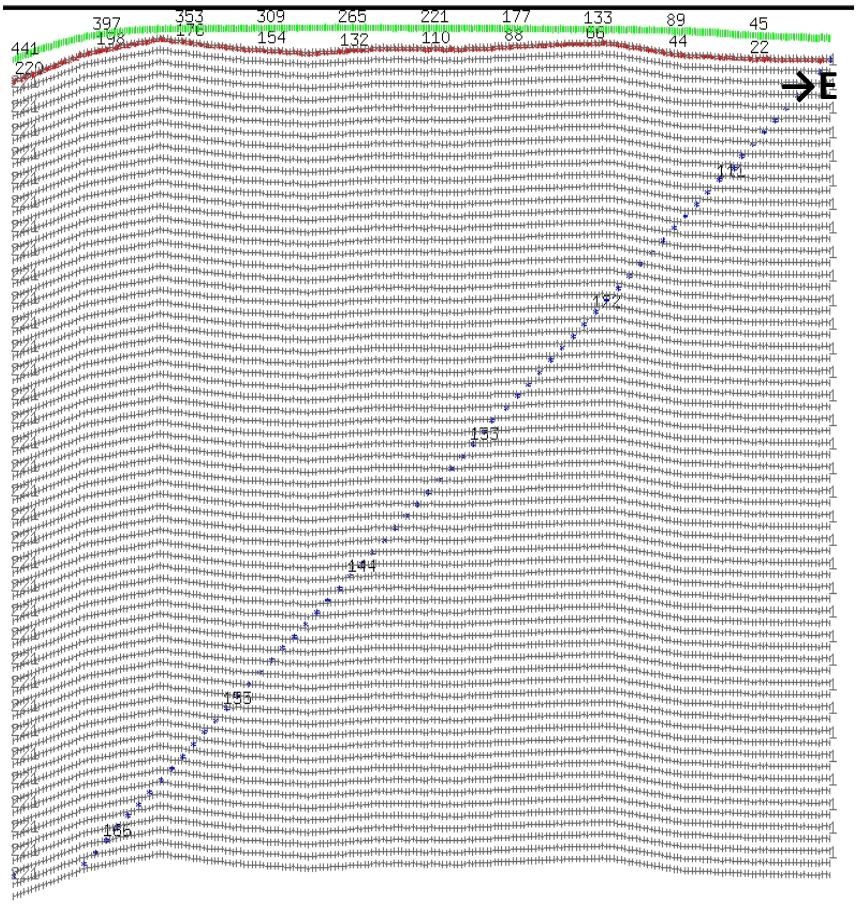


圖 6-12　測線 21P-YLI-SM01 現地施測幾何

Fig 6-12　The geometry of the survey lin 21P-YLI-SM01

表 6-2　玉里三民車站測線（21P-YLI-SM01）施測幾何參數

Table 6-2　The details of the survey line 21P-YLI-SM01

測區	玉里三民車站	取樣率	1ms
測線名稱	21-YLI-SM1	測站間距	5m
測線方向	由東向西	炸點間距	15m
測站位置	0~1100m	重合數	36.8
炸點位置	0~1005m, 1100m	剖面總長	1100m
檔案編號	101~169	震源	震盪震源車
近支距	0m	紀錄器	筆記型電腦
紀錄長度	3000ms	頻道數	221
低切頻率	35Hz	高程基準面	100m

2.施測成果展示與說明

野外資料因測線幾何筆直，經過彎線處理與資料處理後，最終剖面長度為 1,100 公尺。

移位處理前，雙程走時剖面上主要能量穿透達 400ms(圖 6-13)。根據風化層修正所得出的折射波速(約 2,000m/s)與此區速度模型的比較，可推測表層第一個強反射訊號為未固結的沖積層與沉積層的交界(圖 6-15)。移位處理後，傾斜的層面和構造將修正至正確的位置。

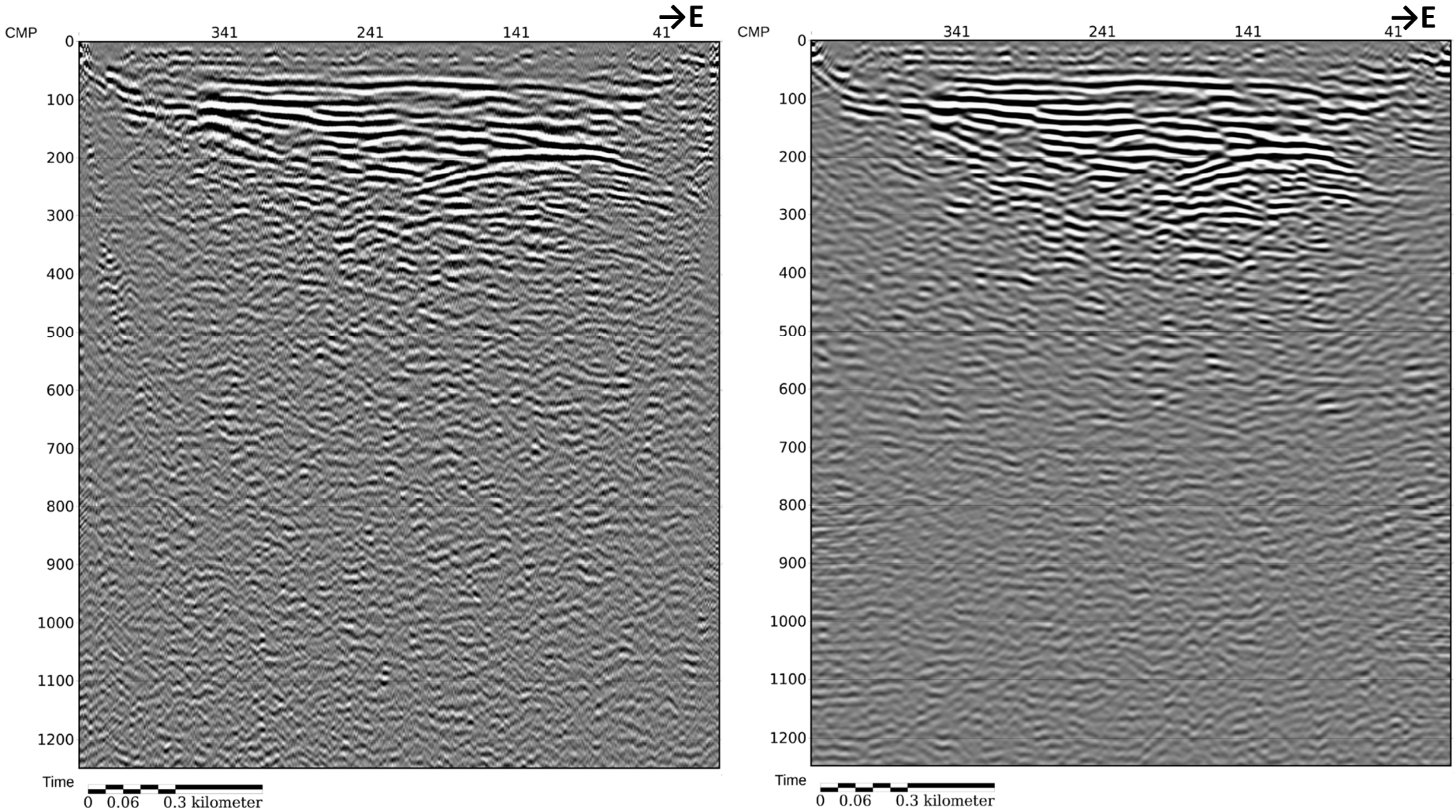
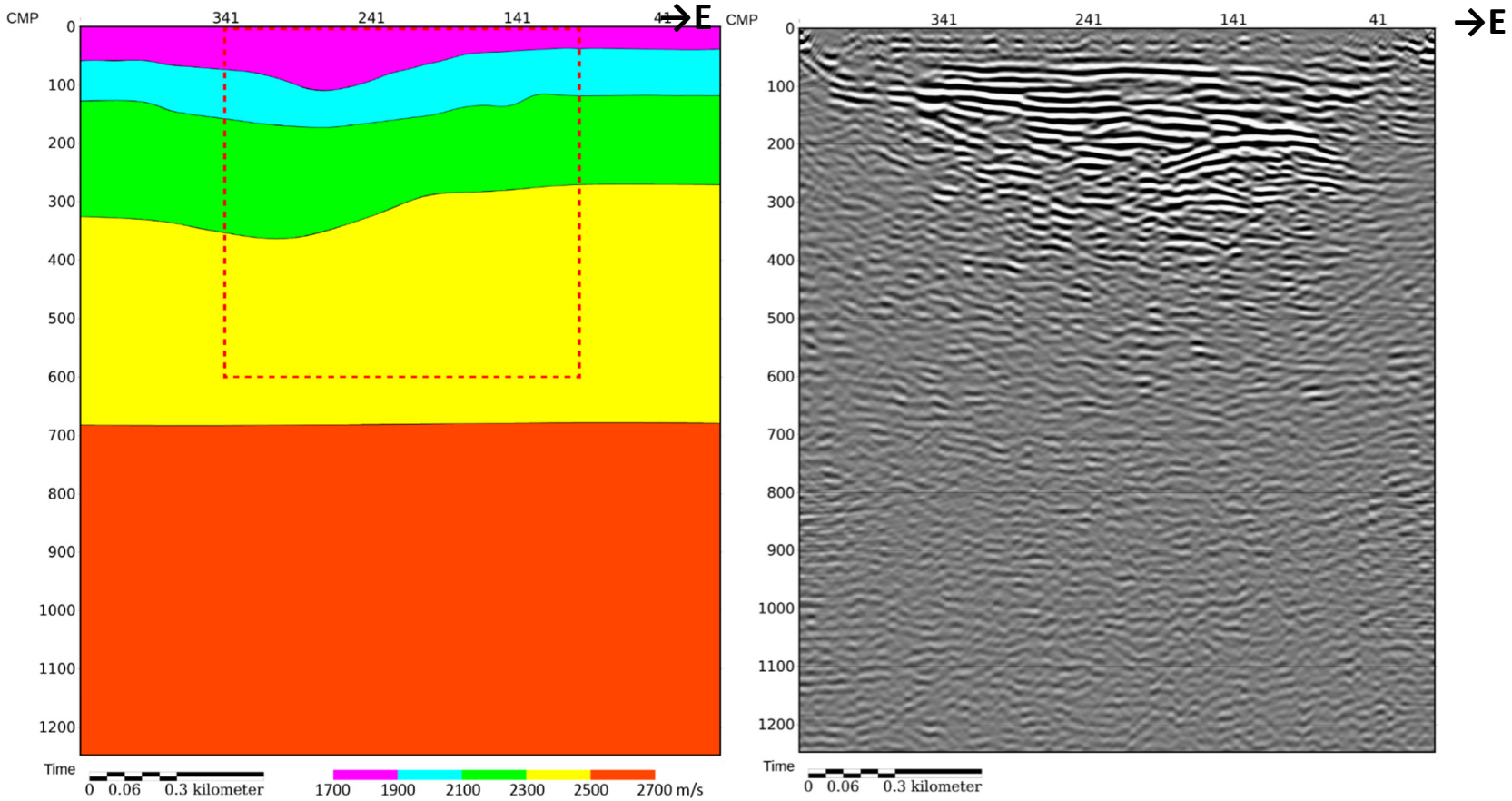


圖 6-13　測線（21P-YLI-SM01）移位前（左圖）與位移後（右圖）雙程走時剖面

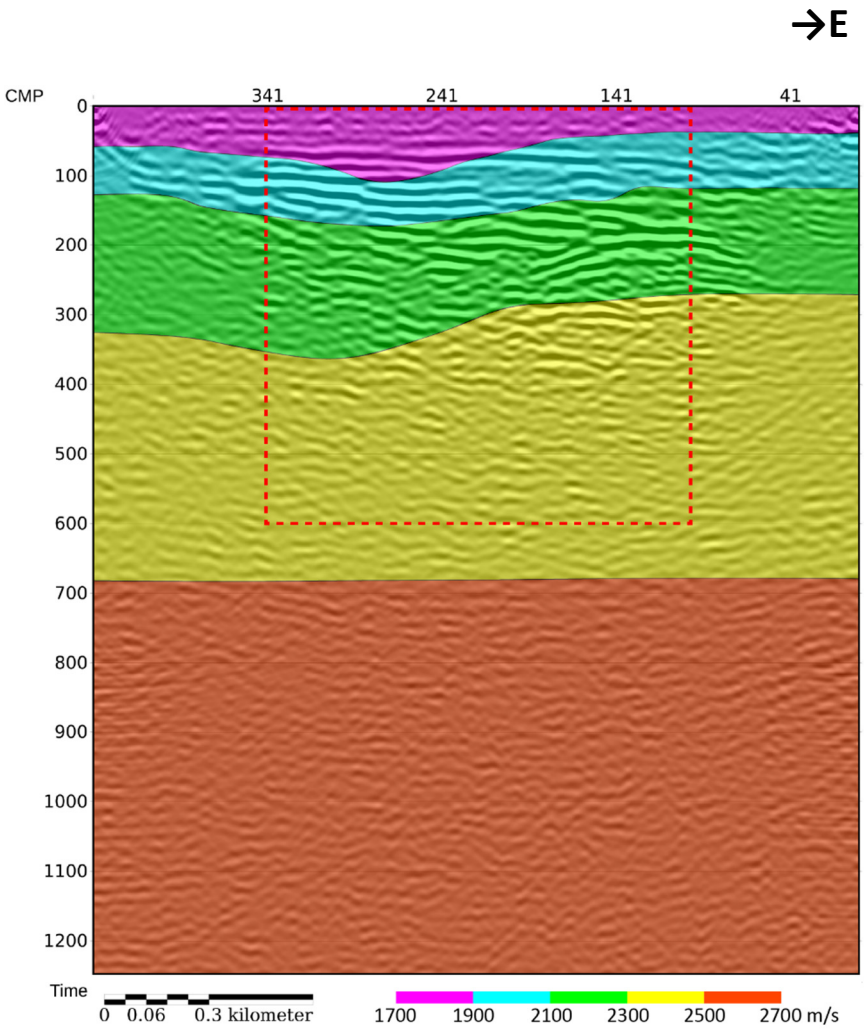
Fig 6-13　The two-way travel time profile with displacements of survey line 21P-YLI-SM01



備註：紅色虛線方框以外為外插速度

圖 6-14　測線（21P-YLI-SM01）速度模型（左圖）與移位後雙程走時剖面（右圖）

Fig 6-14　The velocity profile and the two-way travel time profile of survey line 21P-YLI-SM01



備註：紅色虛線方框以外為外插速度

圖 6-15　測線（21P-YLI-SM01）震測剖面與速度模型疊圖

Fig 6-15　Velocity profile with seismic profile of survey line 21P-YLI-SM01

(三)地下地質探查成果討論

表層至沉積層訊號連續近水平，剖面西側越往深處層面逐漸向東傾斜，西側下方反射面可能是沉積層與中央山脈板岩的交界，其反射界面以下無層狀訊號；而在剖面東側可見強反射面，且訊號顯示有岩層存在明顯折曲(褶皺)(圖 6-16)。

此解釋與西元 2004 年在玉里斷層北段所施測的 2 條震測測線(04P-YLI-RS01、04P-YLIF-RS04)所見相似，唯此測區不像北段可發現明確的斷層帶特徵，僅於剖面東側見到一小規岩層折曲。

推測本計畫之測區附近並無明顯造成地下岩層截切等形成不連續

面之情況。

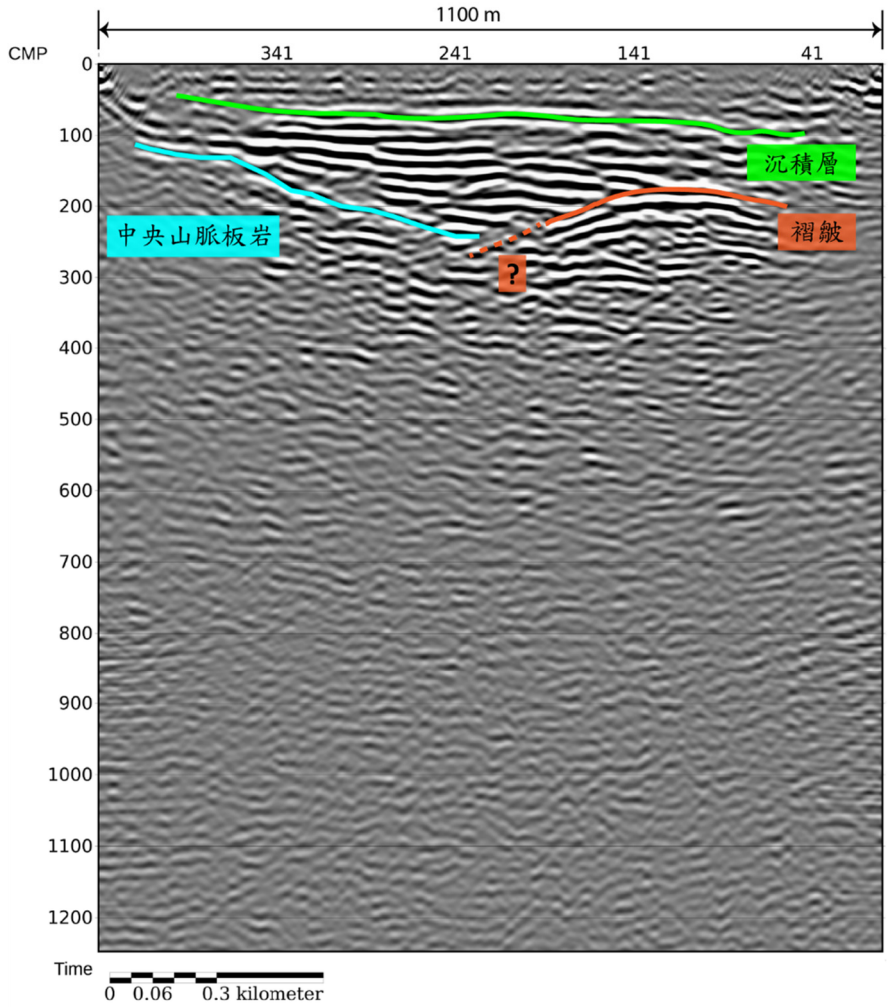


圖 6-16　測線（21P-YLI-SM01）移位後雙程走時剖面與解釋

Fig 6-16　Interpretation of survey line 21P-YLI-SM01

(四)活動斷層參數蒐集與更新

表 6-3　玉里斷層參數表

Table 6-3　Parameter table of Yuli fault

斷層參數	斷層參數數據	研究方法	參考文獻
長度(km)	23	地表地形、地質調查	徐鐵良，1955
寬度(km)	N/A	N/A	N/A
破裂深度(km)	N/A	N/A	N/A
走向	北北東走向	地形、岩層分布	林啟文等，2009
傾角(度)	推測可能為高傾角	N/A	本計畫； J.B.H. Shyu et al., 2007
斷層機制	左移斷層兼具逆移分量	N/A	徐鐵良，1955；林啟文等，2009
最近一次活動時間	1951 年縱谷地震	地表地形、地質調查	台灣省氣象所，1952； 楊蔭清，1953

註:本表參考各單位調查成果彙整而成。

七、結論

本計畫於小崗山斷層、車瓜林斷層與口宵里斷層進行野外地質調查工作，並於斷層沿線規劃 15 孔地質鑽井，鑽探總長 1,300 公尺，並完成此 8 組地下地質構造剖面，於玉里斷層進行反射震測探勘作業，產製 1,100 公尺震測剖面。另外本計畫整合前人研究與野外調查工作，修正口宵里斷層斷層跡位置並撰寫口宵里斷層地質敏感區劃定草案。本計畫調查成果總結如下:

(一)本計畫於小崗山斷層補充地質調查完成小崗山 P1 及 P2 地質剖面。小崗山 P1 剖面發現些微剪切面，顯示本剖面位於小崗山斷層上盤，斷層應位於本剖面西側，建議於小崗山 4A 井西側 50 公尺處補充 100 公尺深鑽井。小崗山 P2 剖面發現密集剪切面，但未鑽遇下盤，小崗山斷層應位於小崗山 5B、5C 井之間，建議於兩井之間補充 100 公尺深鑽探調查，應能鑽遇主要斷層剪切帶。

(二)本計畫於車瓜林斷層補充地質調查完成車瓜林 P1、P2 及 P3 地質剖面。車瓜林 P1 及 P2 剖面在東側上盤車瓜林 7A、7B 井發現密集剪切面，在西側車瓜林 7C 井鑽遇下盤，車瓜林斷層應通過本剖面車瓜林 7A、7C 井之間。車瓜林 P3 剖面於車瓜林 8B 發現劇烈斷層剪裂帶及剪裂帶內外岩性存在差異(崎頂層與古亭坑層)，且車瓜林 8B 及 6B 也存在層位落差(古亭坑層與糖恩山砂岩)，顯示木柵斷層通過車瓜林 6B 與 8B 井之間，車瓜林斷層通過車瓜林 8B 井。

(三)本計畫於口宵里斷層補充地質調查完成口宵里 P1、P2 及 P3 地質剖面。三組地質剖面皆鑽穿口宵里斷層上盤與下盤界線，上盤岩層常出現褶皺跡象並伴生剪切面，下盤岩層則和緩無構造活動跡象。本計畫依地質鑽探調查成果修正曾文二號橋至照興的口宵里斷層跡，彙整果去調查成果劃定斷層參考點及口宵里斷層全線斷層跡，撰寫口宵里斷層地質敏感區劃定草案。

(四)本計畫於玉里斷層補充地質調查完成 1,100 公尺反射震測剖面。成果顯示本剖面與北側 04P-YLI-RS01、04P-YLIF-RS04 剖面類似，但不像北側剖面可發現明確斷層面特徵，僅於剖面東側見到一小規岩層褶曲，推測本計畫之測區附近並無明顯造成地下岩層截切等形成不連續面之情況。

八、參考文獻

Chang, L.S (1968) A biostratigraphic study of the Tertiary in Coastal Range, eastern Taiwan, based on smaller foraminifera. (II. Northern Part). Proc. Geol. Soc. China, 11, 19-33.

Cheng, S. N., Yeh, Y. T. and Yu, M. S. (1996) The 1951 Taitung Earthquake in Taiwan. Jour. Geol. Soc. China, 39(3), 267-285.

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

Hsieh, M.L. and Peter, L.K. (2002) Synchroneity and morphology of Holocene river terraces in the southern Western Foothills, Taiwan: A guide to interpreting and correlating erosional river terraces across growing anticlines. Geological Society of America. Special Paper 358.

Sun, S. C. （1964） Photogeologic study of the Tainan-Kaohsiung Coastal plain area, Taiwan. Petrol. Geol. Taiwan, no.3, 39-51.

Teng, L.S. (1979) Petrographical study of the Neogene sandstones of the Fanshuliao Formation, northern Coastal Range, eastern Taiwan, (I. Norhern Part). Acta Geol. Taiwanica, 20,129-155

大江二郎 (1939) 台東圖幅及說明書 (十萬分之一)。臺灣總督府殖產局，第 861 號。(日文)

中興工程顧問股份有限（2012）高雄市金屬扣件物流倉儲產業園區申請設置計畫委託技術服務-活動斷層地質安全評估成果報告。高雄市政府經濟發展局。

石再添、張瑞津、黃朝恩、石慶得、楊貴三、孫林耀明 (1983) 台灣北部及東部活斷層的地形學研究。國立台灣師範大學地理學研究報告，第九期，21-72 頁。

石瑞銓、陳平護、呂明達、陳文山 (2004) 地震地質調查及活動斷層資料庫建置：淺層地球物理探勘（3/5），中央地質調查所研究報告。

石瑞銓、王維豪、李元希（2008）地震地質與地變動潛勢分析－斷層帶地下構造調查研究（2/4），中央地質調查所報告，共 127 頁。

宇佐美衛 (1939) 花蓮圖幅說明書 (五萬分之一)。臺灣總督府殖產局，第 863 號。(日文)

何春蓀 (1986) 臺灣地質概論(第二版)。經濟部中央地質調查所，共 164 頁。

林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000）臺灣活動斷層概論。五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書，經濟部中央地質調查所特刊，第 13 號。

林啟文、陳文山、饒瑞鈞 (2007) 臺灣活動斷層調查的近期發展。經濟部中央地質調查所特刊，第十八號，第 85-110 頁。

林啟文、陳文山、劉彥求、陳柏村（2009）台灣東部與南部的活動斷層，二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第 23 號，共 178 頁。

林啟文、盧詩丁、陳文山 (2012) 臺灣活動斷層分布圖 2012 年版說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第二十六號，第 1-30 頁。

林啟文 (2013) 旗山臺灣地質圖說明書 (五萬分之一)。經濟部中央地質調查所，圖幅第五十六號。

林朝棨（1957）臺灣地形，臺灣省通志稿，第一卷，第一冊。臺灣文獻委員會，共 424 頁。

徐鐵良 (1955) 臺灣之地震。台灣銀行季刊，第 7 卷，第 2 期，第 148-164 頁。

徐鐵良 (1956) 臺灣東部海岸山脈地質。臺灣省地質調查所彙刊，8 號，15-41 頁。

翁群評（2001）小崗山斷層及其附近構造。國立中央大學地球物理研究所碩士論文，共 84 頁。

黃文正、陳建志、波玫琳、顏一勤（2019）活動斷層特性精細調查（1/4）成果報告書，經濟部中央地質調查所報告，共 104 頁。

黃文正、陳建志、波玫琳、顏一勤（2020）活動斷層特性精細調查（2/4）成果報告書，經濟部中央地質調查所報告，共 107 頁。

陳文山、王源 (1996) 臺灣東部海岸山脈地質。經濟部中央地質調查所，臺灣地質之七，共 101 頁。

陳文山、松多信尚、石瑞銓、楊志成、游能悌、朱耀國、陳志壕與林啟文（2010）臺灣西部平原區隱伏在全新世沉積層下的新期構造－以小崗山斷層為例。經濟部中央地質調 查所特刊，第 24 號，第 75-91 頁。

張國楨（2014）近斷層高精度地形資料之判釋與分析總報告，中央地質調查所報告，共 329 頁。

張瑞津、石再添、沈淑敏、張政亮 (1992) 花東縱谷北段河階的地形學研究。國立臺灣師範大學地理研究報告。第 18 期，第 241-292 頁

楊昭男(Yang, Chao-Nan),王源(Wang, Yuan) (1985). Petrotectonic Study On The Yuli Belt Of The Tananao Schist In The Juisui Area, Eastern Taiwan. (Science Reports of the National Taiwan University ACTA Geologica Taiwanica=國立臺灣大學理學院地質學系研究報告，第 23 期, 第 153-180 頁). 臺北市：國立臺灣大學。

楊昭男、王源、陳文山 (1992) 玉里臺灣地質圖說明書(五萬分之一)。經濟部中央地質調查所，圖幅第四十八號。

楊蔭清 (1953) 四十一年來之花蓮地震。花蓮文獻，創刊號，67-71 頁。

劉彥求、林啓文 (2019) 臺灣南部車瓜林斷層的構造特性研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 34 號，第 53-82 頁，共 30 頁。

劉彥求、許晉瑋、林啓文 (2020) 口宵里斷層之構造特性與活動調查。經濟部中央地質調查所特刊，第 35 號，第 29-46 頁，共 18 頁。

經濟部水利署南區水資源局 (2011) 曾文水庫水力排砂等可行性規畫調查設計。

經濟部水利署南區水資源局 (2012) 曾文水庫防淤隧道工程基本設計圖。

經濟部中央地質調查所 (2015) 重要活動斷層構造特性調查二期─活動斷層近地表構造特性調查(1/4)。經濟部中央地質調查所報告，第 104-6 號，共 211 頁。

臺灣省氣象所 (1951) 中華民國四十年-地震報告。

簡立凱 (2015) 花東縱谷斷層之地電研究。國立中央大學地球科學學系博士論文，共 81 頁。